共同研究報告書
整理番号第 320 号

すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法の開発に関する共同研究報告書（その 1）

平成 17 年 7 月

独立行政法人土木研究所耐震研究グループ（耐震）
株式会社構造計画研究所
パシフィックコンサルタンツ株式会社
八千代エンジニヤリング株式会社
オイレス工業株式会社
川口金属工業株式会社
三協オイルレス工業株式会社
日本鋳造株式会社
株式会社ビービーエム

Copyright © (2005) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

共同研究報告書
整理番号第 320 号

すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法の開発に関する共同研究報告書（その 1）

平成 17 年 7 月

独立行政法人土木研究所耐震研究グループ（耐震）上席研究員　運上茂樹
株式会社構造計画研究所耐震技術部土木構造室室長　為広尚起
パシフィックコンサルタンツ株式会社交通事業本部構造部技術次長　山本一敏
八千代エンジニヤリング株式会社総合技術本部統括担当部長　前原康夫
オイレス工業株式会社取締役免制震カンパニー技術開発統括　下田郁夫
川口金属工業株式会社技術本部技術 1 部部長代理　鵜野禎史
三協オイルレス工業株式会社技術部部長　樋口正弘
日本鋳造株式会社エンジニアリング開発部商品開発グループリーダー　原田孝志
株式会社ビービーエム常務取締役技術本部統括　配野英朗
（いずれも代表者のみを記す）

要旨

本報告書は、独立行政法人土木研究所と民間 8 社との共同研究として平成 16～17 年度の予定で実施している「すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法の開発」に関する共同研究について、初年度に当たる平成 16 年度に実施した研究成果について取りまとめたものである。

本共同研究では、従来のゴム系の免震支承を用いた免震設計の適用範囲を拡大するとともに、従来の免震設計よりもさらに地震力の遮断を図りコスト縮減と耐震性の向上の両立を可能とする免震技術の開発を行うため、すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する免震橋梁についてその設計モデルと性能照査法の開発を行い、設計ガイドラインとしてまとめることを目的としている。平成 16 年度は、地震力遮断デバイスの設計モデル及び免震橋梁の耐震性能照査法の開発について解析・実験的な検討を実施した。

キーワード：道路橋、免震設計、地震力遮断、すべり系支承、摩擦、減衰、設計モデル、耐震性能照査法、

まえがき

積層ゴム系の免震支承を用いて橋梁の長周期化と高減衰化により地震力の低減を図る免震設計は、一般的に採用されるようになっている。しかしながら、ゴム系の免震支承を用いた免震橋の場合には、地盤条件や周期特性、構造条件などから適用範囲が限定されること、また、免震支承のサイズが大きくなりやすく割高になる場合があることや相対的に大きな支承変位を確保するために伸縮装置など桁端部の変位対策が必要とされること等から、橋全体としてのコスト縮減に貢献するまでには至っていない。一方、最近では、コスト縮減を目的とした機能分離型の支承構造として、すべり摩擦型の支承と水平力を受け持つゴムバッファ構造を組み合わせた支承構造が採用される場合も出てきているが、このような摩擦効果の影響を適切に取り込んだ設計法は確立していない現状にある。

このような背景から、免震設計の適用範囲を拡大するとともに、従来の免震設計よりもさらに地震力の遮断を図りコスト縮減と耐震性の向上の両立を可能とする免震技術の開発を行うため、すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する免震橋梁についてその設計モデルと性能照査法の開発を行い、設計ガイドライン(案)としてとりまとめることを目的として、独立行政法人土木研究所と株式会社構造計画研究所、パシフィックコンサルタンツ株式会社、八千代エンジニヤリング株式会社、オイレス工業株式会社、川口金属工業株式会社、三協オイルレス工業株式会社、日本鋳造株式会社及び株式会社ビービーエムの 8 社において平成 16～17 年度の予定で「すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法の開発」に関する共同研究を実施している。

本報告書は、初年度に当たる平成 16 年度に実施した共同研究の成果について取りまとめたものである。

独立行政法人土木研究所
耐震研究グループ（耐震）
上席研究員　　運　上　茂　樹

共同研究参加者名簿

会社名	氏名	所属・役職名	備考
独立行政法人土木研究所	運上　茂樹	耐震研究グループ (耐震)上席研究員	
	遠藤　和男	耐震研究グループ (耐震)主任研究員	
	岡田　太賀雄	耐震研究グループ (耐震)研究員	
(株)構造計画研究所	為広　尚起	耐震技術部 土木構造室室長	
	金山　亨	耐震技術部 土木構造室	
	井塚　孝弘	耐震技術部 土木構造室	2004.11～
パシフィックコンサルタンツ(株)	山本　一敏	交通事業本部 構造部技術次長	
	後藤　僚一	交通事業本部 構造部	
	西村　学	大阪本社交通技術部	
	西谷　真吾	中部本社第一技術部	
八千代エンジニヤリング(株)	前原　康夫	総合技術本部 統括担当部長	
	中田　恒和	北陸支店 技術部部長	
	御園生　静栄	総合技術本部　橋梁部 技術第三課課長	
	小倉　裕介	総合技術本部　橋梁部 技術第三課主任	
	石川　義樹	東京事業部耐震保全部 技術第一課主任	～2004.8
	佐藤　公紀	総合技術本部　橋梁部 技術第三課	2004.9～
	名古屋　和史	総合技術本部　橋梁部 技術第三課	
オイレス工業(株)	下田　郁夫	取締役免制震カンパニー 技術開発統括	
	池永　雅良	免制震カンパニー 技術開発部長	
	宇野　裕惠	免制震カンパニー 支承設計部長	
	宮崎　充	免制震カンパニー 技術開発部　課長	
	佐藤　新治	免制震カンパニー 技術開発部　主任	
	荒水　照夫	免制震カンパニー 技術開発部	
	横川　英彰	免制震カンパニー 支承設計部	
	田中　弘紀	免制震カンパニー 支承設計部	
川口金属工業(株)	鵜野　禎史	技術本部技術1部部長代理	
	姫野　岳彦	技術本部技術1部開発課	2004.10～
	炭村　透	技術本部技術2部2課	
	谷　憲一	技術本部技術1部開発課	2004.10～
三協オイルレス工業(株)	樋口　正弘	技術部部長	
	牛嶋　昭夫	技術部プラント技術課	
日本鋳造(株)	原田　孝志	エンジニアリング事業部エンジニアリング 開発部商品開発グループリーダー	
	石山　昌幸	エンジニアリング事業部エンジニアリング 開発部商品開発グループ	
(株)ビービーエム	配野　英朗	常務取締役技術本部統括	
	今井　隆	取締役技術部長	
	田中　健司	設計部部長	
	荒木　勝美	設計部部長	
	立川　昌広	設計部第三設計グループ長	
	坂井　教真	設計部第四設計グループ長	

すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法の開発に関する共同研究報告書（その 1）

目次

Ⅰ．研究目的 ----------

Ⅱ．研究開発の全体計画および平成 16 年度の研究体制 ----------

Ⅲ．平成 16 年度の研究成果 ----------

１．地震力遮断システムへの要求性能の明確化 ----------

１．１　平成 16 年度検討成果の概要----------

１．１．１　地震力遮断システムを構成するデバイス ----------

１．１．２　すべり系支承に対する要求性能 ----------

１．１．３　すべり系支承に対する性能検証項目 ----------

１．２　性能検証試験法に関する検討----------

１．２．１　用語の定義 ----------

１．２．２　試験体形状に関する検討 ----------

１．２．３　性能検証試験法 ----------

１．２．４　性能検証試験法の検討に用いた技術資料 ----------

１．３　平成 17 年度の検討方針----------

１．３．１　すべり系支承における性能検証試験法の決定 ----------

１．３．２　実験データに基づくすべり系支承の性能検証実施例の整理 ----------

１．３．３　復元力装置における性能検証項目の整理 ----------

１．３．４　製品出荷検査に関する品質管理項目の整理 ----------

２．デバイスの性能及び各種依存性の検証 ----------

２．１　既往データの整理 ----------

２．１．１　既往データの収集 ----------

２．１．２　データ集（表･グラフ） ----------

２．１．３　データ集（摩擦係数データベース） ----------

２．２　データの検討 ----------

２．２．１　最大静摩擦特性に関する検討 ----------

２．２．２　繰り返し回数に関する依存性の検証 ----------

２．３　摩擦係数の算定方法 ----------

２．３．１　研究成果の概要 ----------

２．３．２　摩擦係数算定方法（Y 切片法） ----------

２．３．３　検討結果 ----------

３．デバイスの設計モデルの開発
３．１　デバイスの性能、各種依存性、ばらつき及びモデル化の方法の整理
３．１．１　摩擦係数の評価
３．１．２　摩擦係数のモデル化
３．１．３　依存性を考慮した既存の摩擦係数算定式の例
３．１．４　摩擦係数特性式の比較
３．１．５　既往のデータと依存性式のフィッティング
３．２　依存式パラメータの設定（回帰分析）手法
３．２．１　回帰分析法の整理
３．２．２　摩擦特性評価式の整理
３．２．３　回帰例
３．２．４　補足資料
４．免震橋梁の地震応答特性と性能照査方法
４．１　平成 16 年度検討成果の概要
４．２　検討対象モデル
４．２．１　単橋脚モデル
４．２．２　不等橋脚モデル
４．３　ベンチマーク解析
４．４　減衰モデルの検討
４．４．１　粘性減衰モデルに関する検討
４．４．２　減衰エネルギーによる比較
４．４．３　外力モデルを用いた比較
４．４．４　減衰モデルに関する総括
４．５　バッファ剛性のパラメータ解析
４．５．１　固有振動解析結果
４．５．２　減衰モデルによる影響
４．５．３　橋脚耐力による影響
４．５．４　バッファ剛性のパラメータ解析総括
４．６　単橋脚の振動台実験に対するトレース解析
４．６．１　供試体データ
４．６．２　解析データ
４．６．３　トレース解析結果
４．７　平成 17 年度の検討方針
５．関連既往文献
５．１　文献整理方法
５．２　文献要旨
５．３　既往関連文献に関する総括
６．振動台実験
６．１　平成 16 年度検討成果の概要

６．２　目的 ----------
６．３　振動台及び供試体 ----------
６．３．１　3 次元大型振動台 ----------
６．３．２　実験供試体の検討----------
６．３．３　すべり支承・ゴムバッファ----------
６．４　実験手法 ----------
６．４．１　計測項目----------
６．４．２　実験ケース----------
６．４．３　実験前条件----------
６．５　実験結果 ----------
６．５．１　実験結果一覧----------
６．５．２　時刻歴波形----------
６．５．３　荷重-変位関係----------
６．５．４　摩擦係数-変位関係----------
６．５．５　摩擦係数-速度・面圧関係----------
６．６　考察 ----------
６．６．１　軸力の変動----------
６．６．２　すべり支承の摩擦特性----------
６．６．３　各種要因が応答へ及ぼす影響----------
６．７　平成 17 年度の検討方針 ----------
付録 ----------
全体会議議事録 ----------

Ⅰ．研究目的

すべり系の免震支承がまだ一般的となっていない理由としては、従来の金属系の可動支承において腐食等により十分に機能しない例が多かったこと（耐久性を考慮した材料やすべり機構に対する配慮）、すべり特性の確実性・安定性、材料の腐食・ゴミ等の付着を考慮したすべり特性の長期安定性、3 次元的な入力に対する免震支承（アイソレータ及びダンパー）としての確実性、残留変形の復元性等が必ずしも十分に検証されていない点が考えられる。またこれらを考慮した解析法や設計法が十分に確立されていない点も挙げられる。

しかしながら、すべり系の免震支承の場合には、摩擦力を適切に制御し、確実にすべりを生じさせることができれば、原理的には摩擦力以上の力は伝達しないというシンプルな機構となるため、ゴム系の免震支承と同様な免震効果を得られる機構であること、耐鉛直荷重性が高くなるため支承サイズを小さくできること、等の利点がある。従って、すべり系免震支承の実用化に際しては、性能の検証方法及び設計法の確立が必要と考えられる。

このような目標に基づいて、本共同研究では以下の課題を設定した。

（1）すべり系支承を用いた地震力遮断デバイスの設計モデルの開発

1）地震力遮断デバイスの要求性能の明確化

①使用材料及びメカニズム

②使用材料及びメカニズムに応じたすべり特性

③残留変位特性

④耐久性・排水性構造

⑤荷重抵抗に対する構造（橋軸直角方向に対する荷重抵抗、アップリフト対策、等）

2）デバイスの性能及び各種依存性の検証

①標準試験方法

②摩擦係数（摩擦係数の各種依存性）

繰返し載荷（摩耗）、履歴経験、支圧応力度、変形速度、温度変化、腐食・ゴミ等の付着による影響

3）デバイスの設計モデルの開発

①力学モデルの確立（すべりモデル、等価線形化）

4）復元機構構造

①バッファ構造

②変位制限構造、復元機構

（2）地震力遮断機構を有する免震橋梁の性能照査法

1）免震橋梁の地震応答特性への影響検証

①載荷実験・振動台実験に基づく挙動検証、解析法検証のための基礎データ

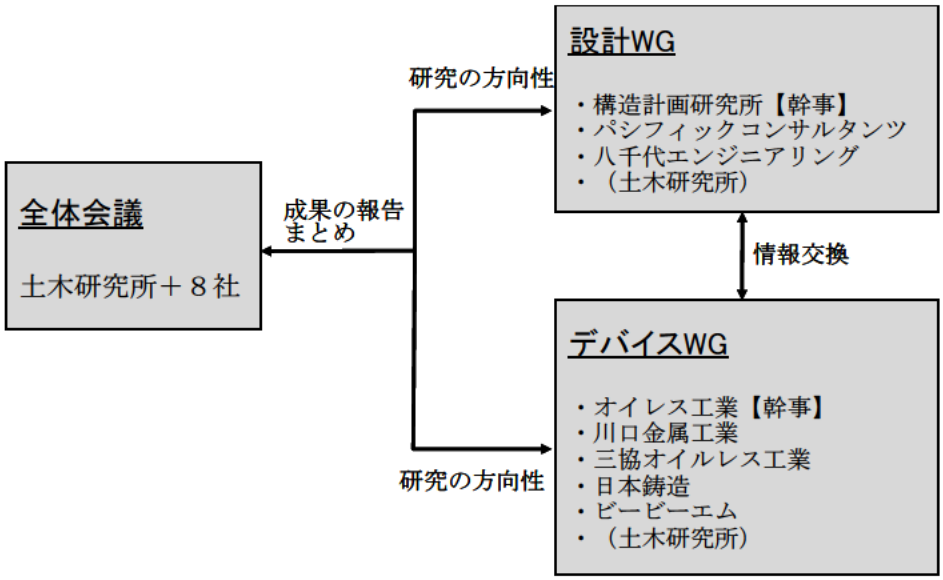
②各種依存性（水平・鉛直入力の入力条件、等）の影響検証

2）免震橋梁の性能照査法の開発

①上記（１）に基づくデバイスの設計モデル（摩擦係数の設定法）
②応答解析モデル（鉛直動の影響等を含む）
③限界状態及び性能照査法（支承、上部構造、下部構造）
３）免震設計マニュアル（案）の作成
①設計思想（橋の限界状態、すべり、残留変位、復元性、等）
②免震支承の設計モデル（摩擦係数の設定法）
③応答解析モデル（鉛直動の影響等含む）
④性能照査法
⑤構造細目（防食・防塵対策等の支承細目、桁端部構造、フェイルセーフ構造）

Ⅱ．研究開発の全体計画及び平成 16 年度の研究体制

平成 16 年度の研究実施体制は以下の通りとした。



また、Ⅰ.研究の目的で述べた各研究項目の概略工程及び主な分担は以下の通りである。

研究項目	研究細目	概略工程		分担		
		H16	H17	設計	デバイス	土研
すべり系支承を用いた地震力遮断デバイスの設計モデルの開発	地震力遮断デバイスへの要求性能の明確化	←→			◎	○
	デバイスの性能及び各種依存性の検証	←→	→		◎	○
	デバイスの設計モデルの開発	←→	→		◎	○
地震力遮断機構を有する免震橋梁の性能照査法の開発	免震橋梁の地震応答特性への影響検証	←→	→	◎		○
	免震橋梁の性能照査法の開発	←→	→	◎		○
	免震設計マニュアル（案）の作成	←→	→	○	○	◎

１．地震力遮断システムへの要求性能の明確化

地震力遮断機構（システム）を用いた橋梁の免震化を実現するためには、そのシステムを構成する各デバイスが設計で要求する種々の性能を確実に発揮できるものでなければならない。また、その採用にあたっては、デバイスが有する性能を詳細に把握した上で、力学的特性を適切にモデル化し、橋梁の常時および地震時における挙動を解析等により検証する必要がある。このため、本項では地震力遮断システムを構成するデバイスに必要な要求性能の明確化とその性能検証手法についての検討を行った。

１．１　平成 16 年度検討成果の概要

１．１．１　地震力遮断システムを構成するデバイス

地震力遮断システムを構成するデバイスには、様々な組み合わせが考えられるが、その一例として「機能分離型支承」と呼ばれる支承システムが挙げられる[1)]。この支承システムは、主として、

① 主桁下に設置され、常時機能（鉛直力支持機能、桁の活荷重たわみに対する回転機能、水平移動機能等）を受け持つ、すべり機構を有する支承

② 横桁下等に設置され、地震時機能（水平力支持機能、水平移動機能等）を受け持つ、復元力性能を有する装置（この装置には一般に積層ゴム構造が採用されており，また、従来の鉛直力を同時に負担するゴム支承と区別して、ゴムバッファと呼ぶことが多い）

の 2 つの支承から構成されている。

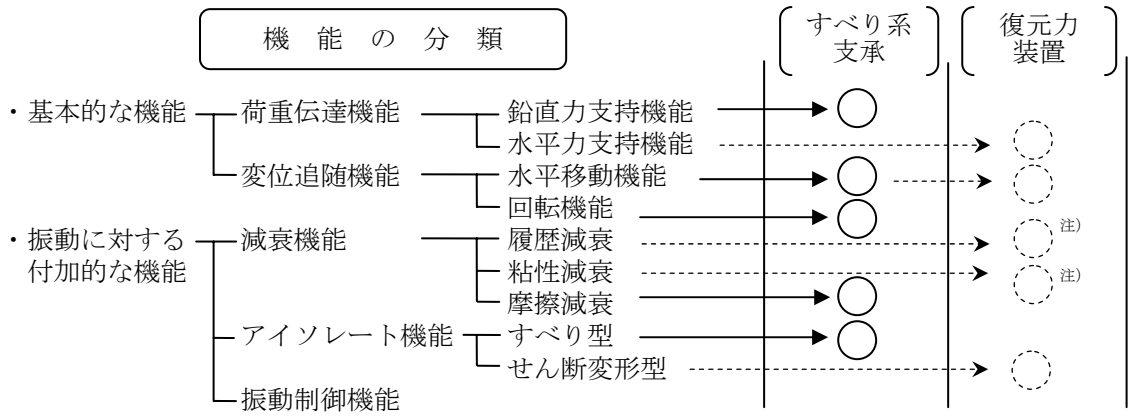
本共同研究が目指している地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法の適用範囲としては、必ずしも上記のようなシステムに限定しているものではないが、地震後の残留変位の発生を抑制する必要性等を考慮すると上記②のようなゴムバッファなどによる復元力装置を併設することが現在のところ実用的であると考えられる。そこで、ここでは、機能分離型支承のように地震力を遮断する（アイソレート機能を有する）すべり系支承と復元力機能を有するゴムバッファからなるシステムを想定して検討を行うこととした。

なお、2 種類のデバイスのうち、本年度はすべり系支承に関する検討に重点を置き、次年度には、ゴムバッファに関する検討を進めることとした。

１．１．２　すべり系支承に対する要求性能

従来、可動支承として分類されている支承形式には、主として桁の温度伸縮等による静的な水平移動機能が要求されてきた。一方、本共同研究で検討を行うすべり系支承に対しては、上記の他、地震時の動的なすべり挙動が要求されることになる。したがって、このようなすべり機構を免震装置として採用するためには、これまでの可動支承に対する性能検証・品質管理手法だけでなく、新たに動的な挙動に対する安定性や耐久性の検討、摩擦特性が設計で想定した範囲内であることに対する検証などの十分な配慮が必要となる。

これらのことから、地震力遮断システムにおけるすべり系支承として必要な基本的機能の分類を明確にし、それらに対する性能検証手法を確立することが重要であると考えられる。そこで、道路橋支承便覧[1)]を参考に図 1.1 のような整理を行い、これらの各項目に対して性能検証手法の検討を進めることとした。



注）必要に応じて要求される機能

図 1.1　すべり系支承に必要な機能

１．１．３　すべり系支承に対する性能検証項目

「建設省 道路橋の免震設計法マニュアル（案）」（平成 4 年 10 月：（財）土木研究センター）[2)]（以下免震マニュアルと呼ぶ）によると、免震装置のエネルギー吸収機構として、

① 変位依存型免震装置
② 摩擦型免震装置
③ 速度依存型免震装置

の 3 つが取り上げられており、本共同研究で対象としているすべり系支承は②摩擦型免震装置に分類されることになる。

そこで、免震マニュアルを参考としつつ、図 1.1 をもとに摩擦型免震装置に対する性能検証試験項目の整理を行った。表 1.1～表 1.3 に整理した試験項目の概要を試験名称および対応する機能分類に着目して示す。

ここで、整理に際しては、主として地震時における特性を確認するための項目については「動的特性試験」、常時における静的な特性を確認するための項目については「静的特性試験」として分類し、また、橋梁用支承として長期にわたる供用期間に対する安定性を確認するための項目として「耐久性試験」の 3 つに大別しており、さらに、それぞれ免震マニュアルと対比する形式で検討を進め、平成 4 年の免震マニュアル発行以降、現在に至るまでの最新の研究知見等をふまえ、必要に応じてこれらに修正、追加、削除等を行った。また、図 1.1 の機能分類との対応については、下記の記号を試験項目の欄に（　）付きで

付記することとした。

＜機能分類記号＞

a　：　基本的な機能　－　荷重伝達機能（鉛直力支持機能）

b　：　基本的な機能　－　変位追随機能（水平移動機能）

c　：　基本的な機能　－　変位追随機能（回転機能）

d　：　振動に対する付加的な機能　－　減衰機能（摩擦減衰）

e　：　振動に対する付加的な機能　－　アイソレート機能（すべり型）

なお、各試験項目の詳細については後述する各項を参考とされたい。

表 1.1　「動的特性試験」における試験の名称

試験項目（機能分類）	試験の名称	参考）免震マニュアルでの名称
基本特性の確認（d，e）	すべり系免震装置の摩擦係数を確認するための基本特性試験	設計に用いた免震装置の等価剛性 K_B および等価減衰定数 h_B を確認するための試験
総移動距離（すべり距離）に対する基本特性の確認（d，e）	すべり系免震装置の正負連続くり返し載荷に対する基本特性試験	地震時保有水平耐力法に用いる免震装置の設計変位 U_B による 50 回の正負連続くり返し載荷試験
１シリーズ内での安定性確認（d，e）	くり返し載荷に対する安定性確認試験	<常時荷重の変動、温度変化等の環境条件に対する安定性を確認する試験> くり返し載荷に対する安定性
連続する２シリーズ内での安定性確認（d，e）	履歴経験に対する安定性確認試験	<常時荷重の変動、温度変化等の環境条件に対する安定性を確認する試験> 履歴経験に対する安定性
支圧（面圧）による依存性検証（d，e）	支圧応力度の変化に対する依存性確認試験	<常時荷重の変動、温度変化等の環境条件に対する安定性を確認する試験> 支圧応力度の変化に対する安定性
速度による依存性試験検証（d，e）	変形速度の変化に対する依存性確認試験	<常時荷重の変動、温度変化等の環境条件に対する安定性を確認する試験> 変形速度の変化に対する安定性
温度（外気温）による依存性検証（d，e）	外気温の変化に対する依存性確認試験	<常時荷重の変動、温度変化等の環境条件に対する安定性を確認する試験> 温度変化に対する安定性
形状による依存性検証（d，e）	形状の違いに対する依存性確認試験	－該当なし－
異物に対する安定性確認（d，e）	異物の進入に対する安定性確認試験	－該当なし－

注）「免震マニュアルでの名称」の欄で「該当なし」となっている項目は本共同研究において新規に追加したものである。（以下、表 1.2、表 1.3 においても同様）

表 1.2　「静的特性試験」における試験の名称

試験項目（機能分類）	試験の名称	参考）免震マニュアルでの名称
緩速特性の確認 （b）	橋桁の緩速変形に対する摩擦係数を確認するための基本特性試験	クリープ、乾燥収縮、温度変化などの影響による緩速変形による水平反力特性
安定性の確認 （b）	温度変化に伴う常時の水平くり返し変位に対する安定性確認試験	温度変化に伴う常時の水平くり返し変位に対する耐久性を確認するための試験
鉛直耐荷力性能の確認（a）	鉛直荷重に対する限界状態を確認するための基本特性試験	－該当なし－

表 1.3　「耐久性試験」における試験の名称

試験項目（機能分類）	試験の名称	参考）免震マニュアルでの名称
経年変化特性の確認 （a，b，d，e）	周辺環境による材料の経年劣化等に対する性能安定性確認試験	－該当なし－

先に示した機能分類のうち、「c：回転機能」の活荷重たわみによる桁の回転変位への追随性能については、すべり系支承において特有の問題ではなく、また回転機能を担う構造自体についても従来の支承構造と同等なものが採用されることが多いと考えられるため、基本的には道路橋支承便覧 [1)]等を参照し、その回転変位吸収機構に見合った検証を行えばよいものと判断できる。よって、ここではこの点には言及せず、特にすべり特性に着目した性能検証について示している。

１．２　性能検証試験法に関する検討

先の「１．１　平成 16 年度検討成果の概要」の項で示したように、本年度はすべり系支承の性能検証試験法に関する検討を中心に議論を行った。ここでは、その詳細について述べることとする。

１．２．１　用語の定義

試験法の詳細を検討するにあたり、まず用語の定義について整理を行った。

具体的には、試験名称の種類を試験の目的ごとに 3 つに分類し、これらの用語を各試験名称の末尾に付記することで試験の目的の把握が容易となるように配慮することとした。（表 1.1～表 1.3、表 1.6～表 1.8 参照）

① 基本特性試験

標準的な載荷条件に対する試験体の基本特性を測定する試験であり、この試験結果に対しては数値的な良否判定は行わず、外観上、有害な損傷等がないことなどを確認する。なお、有害な損傷とは免震効果に影響を及ぼすような構造的な損傷のことを示す。

② 安定性確認試験

ある載荷条件の範囲内に対して、デバイスの特性が安定していることを確認するための試験であり、「安定している」と設計上みなすことができる数値的な基準により判定を行う。ただし、その数値的な判定基準の設定については別途パラメトリックスタディ等による解析的な検討が必要であるため、ここではその思想のみを定義している。

③ 依存性確認試験

ある載荷条件の範囲内に対して､デバイス特性の変動状況を検証するための試験であり、この試験結果をもとに特性の定式化を行い、これを解析上のモデル化に取り込むこととする（安定性の判定は行わない）。ただし、デバイス特性の依存性を考慮した解析的検討の結果、応答値に設計上有意な差が生じないことが確認された場合には、この検討の際に用いた依存性の変動幅を上記②の安定性確認試験における判定基準として採用し、本試験を安定性確認の一環として取り扱うことも考えられる。

１．２．２　試験体形状に関する検討

デバイスの性能検証を行う際には､実橋梁に用いるデバイス形状と同等な試験体を用い、また、実際に生じることが予想される最大の載荷条件によることが望ましい。しかしながら、地震時におけるすべり速度は 100～200 cm/sec あるいはそれ以上の高速域となることも想定され、これを実大スケールで試験を行うことは試験機能力の制約等の点から現実的ではないことが多い。そこで、デバイスの力学的特性を把握するための性能検証試験においては、ある程度の縮小モデル試験体を用いる必要性が生じるため、ここでは、現時点で各支承メーカーが所有する試験機能力についての調査を行い、実状に見合った形状設定を行うための資料をとりまとめた。

調査には共同研究に参画している支承メーカーのうち 4 社を対象として、下記の条件のもと試験可否に関するヒアリングを行った結果を表 1.4、表 1.5 に示す。

ヒアリング条件

・試験体（すべり材）形状

試験時にすべり材に作用させる面圧を便宜的に 20N/mm^2 と設定して試算

・必要水平荷重

すべり材の摩擦係数としては、今後、種々のものが提案されることを想定して、ここでは、μ＝0.1～0.3 の範囲を設定し、載荷する鉛直荷重にこの摩擦係数を乗じて試験機能力として必要となる水平荷重値を試算

・必要面板サイズ

上記で設定した試験体を設置できること､および試験時のすべり距離を±15cm と想定した場合に必要となる試験機の面板サイズを試算（ただし、実際の試験の安全性を考慮し、余裕量（5cm）を付加して試算している）

表 1.4　試験機能力から求まる試験実施の可否（平成 16 年度現在）

試験条件				ＢＢＭ	ｵｲﾚｽ工業	日本鋳造	川口金属
鉛直荷重（kN）	すべり材形状（20N/mm^{2}を想定）	水平荷重（μ=0.10～0.30 を想定）	必要面板サイズ				
500	φ180	50～150kN	530mm	○	○	○	○
1000	φ250	100～300 kN	600mm	○	○	○	○
2000	φ360	200～600 kN	710mm	△	×	○	△
3000	φ440	300～900 kN	790mm	×	×	×	×
4000	φ500	400～1200 kN	850mm	×	×	×	×
5000	φ560	500～1500 kN	910mm	×	×	×	×

注）正弦波加振、±15cm、0.5Hz（最大速度約 50cm/sec）を条件に各社所有の試験機能力から実施の可否を判定した

（○：実施可、×：取付け不可または載荷能力不足、△：すべり材の種類によっては、水平力不足の可能性あり（μ=0.30 は不可など））

表 1.5　各社所有の試験機能力（平成 16 年度現在）

試験機能力	ＢＢＭ	ｵｲﾚｽ工業	日本鋳造	川口金属
鉛直載荷能力	2000 kN	3000 kN	2000 kN	2000 kN
水平載荷能力	400 kN	300 kN	1000 kN	400 kN
面板サイズ	800 mm	600 mm	800 mm	850 mm
限界条件（実施不可となる要因）	水平荷重	面板サイズ	鉛直荷重	水平荷重

注）ここに示した試験機能力の一覧は、加振速度として 50cm/sec が発揮できる試験機のみを対象としているので、速度条件の制約を取り除けば、各社所有試験機は上表よりも大型のものも存在する。

この結果をふまえ、標準的な試験体の大きさの決定、および試験の実施が困難な実大スケールモデルにおける性能予測手法等について今後検討する予定である。

１．２．３　性能検証試験法

ここでは、すべり系支承に対する要求性能をふまえ、それらを検証するための試験法についてとりまとめを行った。ただし、各試験法のうち共通試験体の形状設定や基本となる載荷速度、載荷変位等の詳細な数値設定に関しては、これらの根拠を明確に整理する段階には至っていないことから本年度は統一見解を得ることはできなかった。このため、これらはあくまでも参考値としての取り扱いになるので、留意されたい。また、議論が収束し

ていない箇所については、各意見を付記する形式でまとめている。

（１）試験条件の設定にあたってのポイント

各試験条件の詳細については後述するが、それらのうち共通事項としてあげられる基本条件の設定については下記の思想によりとりまとめを行った。ただし、一部については今後も継続課題として取り扱う予定であるので、それらについては、現時点までの意見を付記している。

① 基準支圧応力度の定義

最大許容支圧応力度（死荷重 R_d＋活荷重 R_l＝全反力 R_{max} 載荷時におけるすべり材の許容支圧応力度）に対して、上部工の死荷重比率（R_d／R_{max}）を 0.7 程度と仮定して求まる死荷重相当載荷時のすべり材の支圧応力度を基準支圧応力度と定義することとした。

注）R_d／R_{max} については、一般に鋼橋で 0.6 程度、ＰＣ橋で 0.7～0.8 となることから、これらの中央値として、ここでは便宜的に 0.7 と設定した。

② 試験温度（外気温）の設定

免震マニュアルでは試験時の温度を「+20℃」と設定しているが、実際の試験環境としてこれを実現するには相応の設備が必要となる。また、外気温の変動に対する検証については、-10℃～+40℃の範囲で温度依存性の確認試験の実施を規定しているため、この結果から外気温の違いはデータを補正することが可能であると考えられる。

従って、試験の便を考慮して、「室温」での実施を基本とした。

③ 加振回数の設定

正弦波による 10 回加振を基本とし、10 回の摩擦係数の平均値を当該試験条件における特性値として定義した。（詳細については後述する「２．３　摩擦係数の算定方法」を参照のこと）

なお、ここで示す加振回数とは摩擦係数の評価に用いる繰り返し加振回数であり、例えば高速試験などを行う際に目標振幅まで徐々に変位を増大させる漸増加振（スロースタート）や加振終了時の慣性力による試験機への負荷を低減するために徐々に変位を小さくさせて停止させる漸減加振（スローストップ）などを行う場合には、これらは加振回数に含めないものとする。また、加振 1 回目の履歴曲線は 2 回目以降に比べ、大きく異なる性状を示す場合があるため、これは動摩擦特性の評価からは切り離すこととした。したがって、実際の試験にあたっては摩擦特性を評価するための加振データが少なくとも 10 回以上得られるように試験条件を設定する必要がある。

→　ここでは、加振 1 回目の履歴曲線を摩擦係数の評価から除外しているが、履歴減衰としての評価ではなく、下部構造への力としての伝達を考慮する必要性なども考えられることから、この点については今後の継続検討課題とした。

④ 加振変位の設定

免震マニュアルには設計変位 U_B、有効設計変位 U_{Be}、ひずみ振幅 100%、変位振幅 15cm 等が記載されており、特に 100%、15cm の設定については「・・・による依存性は免震装置に与える変位にはあまりよらないことから、試験の便を考え・・・」とある。この

ため、ここでは従来の規定に準拠し「±15cm」をとした。

→ ただし、過去の実験例では±10cm で行っているケースが多いことや、また、日本道路公団におけるゴム支承標準供試体（□400mm：9mm×6 層）に対する基本特性試験（せん断ひずみ±175%）を想定した場合、加振変位は±9.45cm として評価していることなどから、±10cm とすることにより、これまでの事例との整合性が図りやすいという特徴がある。このような議論を受け、加振変位の設定については、次年度においての継続課題とした。

⑤ 加振速度の設定

免震マニュアルでは、加振振動数を 0.5Hz とした理由として、「免震橋の固有周期が 0.7～2 秒あたりにある場合が多いとともに、載荷装置の特性や試験方法等を考慮したもの」と記述されている。そこで、加振振動数 0.5Hz（固有周期 2.0sec）、加振水平変位 15cm とした場合の速度を求めると 50cm/sec となり、速度依存型免震装置の場合に標準としている速度と一致する。よって、ここでは「50cm/sec」による加振を基本とした。

→ この点については、前項での意見にもあるように過去のデータでは水平変位±10cm、加振速度約 30cm/sec としているものが多いことから、上記同様、継続検討課題としている。

（２）試験内容詳細

表 1.6～表 1.8 に各試験法の詳細を一覧表としてまとめて示す。また、表 1.9 には本共同研究内で議論の対象となったが、検討結果、その有効性に疑問が残ることからここでは適用を除外したものを示している。

なお、表中の「No.」の欄には、先の用語の定義において示した試験名称の種類と対応させた分類番号として下記のルールによりナンバリングした記号を付記している。

A：基本特性試験

この試験結果に対しては数値的な良否判定は行わず、外観上において有害な損傷等がないことなどを確認する。

B：安定性確認試験

「安定している」と設計上みなすことができる数値的な基準により判定を行う。ただし、その数値的な判定基準の設定については別途パラメトリックスタディ等による解析的な検討が必要。

C：依存性確認試験

ある載荷条件の範囲内に対して、デバイスの特性の変化状況を検証するための試験であり、この試験結果をもとに特性の定式化を行い、これを解析上のモデル化に取り込むこととする。

例）A1-1

→ 「試験名称による分類記号」「試験名称分類内の通し番号」-「全体の通し番号」

また、試験項目の欄のうち下欄は免震マニュアルにおける試験名称を示している。

表 1.6　動的特性試験（その１）

No.	試験項目	免震マニュアル（平成4年）	共同研究案（平成16年）	備　　考
動的特性A1-1	「すべり系免震装置の摩擦係数を確認するための基本特性試験」 ↑ （7.2.2） 設計に用いた免震装置の等価剛性K_Bおよび等価減衰定数h_Bを確認するための試験	温度　+20℃ 載荷荷重　設計支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　レベル２地震動有効設計変位 振動数　橋の固有周期相当 加振回数　10回 判定基準　平均摩擦係数を用いて算定された免震装置の等価剛性および等価減衰定数は、設計値に対し±10%以内	温度　室温 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±15cm*1) 加振速度　50cm/sec*2) 加振回数　10回 判定基準　有害な損傷がないこと 注) 動的特性 A2-2 における 1 シリーズ目の試験結果を用いても良い	○免震マニュアルの記述では、実製品の出荷検査と類似した試験条件を設定しており、また、それに見合った判定基準が定められている。しかしながら、ここでとりまとめている試験方法は特定の試験体を対象とした性能検証項目の位置づけであるため、本試験を「すべり材の基本特性を確認するための試験」として実施することとし、判定基準の数値的な管理の方を削除した。このため、実製品における出荷時の性能確認試験（判定基準）については、別途品質管理要領の検討の際に定めるものとする。 ***1), *2）水平変位、加振速度の数値設定については参考値扱いとし、次年度への継続検討課題とする。（以下の注釈も同様）**
動的特性A2-2	「すべり系免震装置の正負連続くり返し載荷に対する基本特性試験」 ↑ （7.2.3） 地震時保有水平耐力法に用いる免震装置の設計変位U_Bによる50回の正負連続くり返し載荷試験	温度　+20℃ 載荷荷重　設計支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　レベル２地震動設計変位 振動数　0.5Hz（ただし、0.1Hz程度までは下げても良い） 加振回数　50回 判定基準　有害な損傷がないこと	温度　室温 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±15cm*1) 加振速度　50cm/sec*2) 加振回数　20回（10回×2シリーズ） 判定基準　有害な損傷がないこと	○道路橋示方書Ⅴ耐震設計編（p145 条文(2)、p146 解説(2)）には下記の記述がある 「免震支承は、レベル２地震動に対する設計変位U_Bによる正負交番繰返し載荷に対して安定なものを用いる」 「繰返し載荷回数としては、一般にタイプⅠ地震動では50回程度（30回程度に余裕を付加）を、タイプⅡ地震動では15回程度（7～8回程度に余裕を付加）を目安として良い」 ○H4免震マニュアルの試験項目に従えば道示の解説にある「免震支承のエネルギー吸収能力が地震によるエネルギー入力に対して十分な余裕があるように」という主旨を確認できることになるが、その一方で、地震時に生じる変位量としてはU_Bの最大振幅を１、２度経験した以降は、これよりも小さい変位振幅のくり返しとなると考えられるため、単にU_Bを50回載荷させることは試験条件としては過酷な設定と考えられる。また、すべり系免震支承の場合、摩擦熱による吸収エネルギーの累積に伴う温度上昇が著しく大きくなるために試験条件の設定によっては過度に摩耗が進行するなどの問題も懸念される。 ○そこで、１回の地震における総すべり距離を指標として整理することを考えると、振幅±15cmの10回加振で合計6m、20回加振で合計12mのすべり距離となり、一方、１自由度系の非線形解析結果注）後述する「1.2.4」を参照によれば総すべり距離は概ねタイプⅠで4m以下、タイプⅡで10m以下となることが確認されていることから、ここでは振幅±15cmの20回加振を行うことを提案した。（なお、後述する類似した試験項目への汎用性を考慮して、10回加振の試験を2シリーズ行うこととした）

表1.6　動的特性試験：続き（その２）

動的特性B1-3	「くり返し載荷に対する安定性確認試験」 ↑　（7.2.5［1］） くり返し載荷に対する安定性	温度 載荷荷重 水平変位変位 振動数 加振回数 判定基準	+20℃ 設計支圧応力度相当の鉛直荷重 レベル２地震動有効設計 0.5Hz 10回 1～3回に対して変化率30%以内および4～10回に対して変化率10%以内	温度 載荷荷重 水平変位 加振速度 加振回数 判定基準	室温 基準支圧応力度相当の鉛直荷重 ±15cm*1) 50cm/sec*2) 10回 変化率（　）%以内*3)	○本試験は上記のA2-2「すべり系免震装置の正負連続くり返し載荷に対する基本特性試験」と同じ試験条件となるため、A2-2で実施した1シリーズ目の結果により判定することも可能である。 ***3）判定基準の設定については別途検討を要する。（以下の注釈も同様）**
No.	試験項目	免震マニュアル（平成4年）		共同研究案（平成16年）		備　　考
動的特性B2-4	「履歴経験に対する安定性確認試験」 ↑　（7.2.5［2］） 履歴経験に対する安定性	温度 載荷荷重 水平変位変位 振動数 加振回数 判定基準	+20℃ 設計支圧応力度相当の鉛直荷重 レベル２地震動有効設計 0.5Hz 10回（2シリーズ目の実施） 1シリーズ目と2シリーズ目の変化率が10%以内	温度 載荷荷重 水平変位 加振速度 加振回数 判定基準	室温 基準支圧応力度相当の鉛直荷重 ±15cm*1) 50cm/sec*2) 10回（2シリーズ目の実施） 1シリーズ目と2シリーズ目の変化率が（　）%以内*3)	○本試験は上記のA2-2「すべり系免震装置の正負連続くり返し載荷に対する基本特性試験」と同じ試験条件となるため、A2-2で実施した1シリーズ目と2シリーズ目の結果により判定することも可能である。
動的特性C1-5	「支圧応力度の変化に対する依存性確認試験」 ↑　（7.2.5［3］） 支圧応力度の変化に対する安定性	温度 載荷荷重 水平変位 振動数 加振回数 判定基準	+20℃ 設計支圧応力度相当、設計支圧応力度の1/2相当、最大支圧8N/mm^{2}相当の鉛直荷重 ひずみ振幅±100%or±15cm 0.5Hz 10回 平均摩擦係数の変化率20%以内	温度 載荷荷重 水平変位 加振速度 加振回数 結果の処理	室温 基準支圧応力度に対して0.5～1.5倍の支圧応力度相当の鉛直荷重を想定し、その範囲内から3点以上の載荷荷重を設定する ±15cm*1) 50cm/sec*2) 10回 面圧依存性の評価	○すべり材料の中には支圧応力度に対する依存性がなく、免震マニュアルのように「安定性確認試験」を行えばよいものもあると考えられるが、ここでは、現時点で一般的なPTFEを想定して、“支圧応力度による依存性を評価するための試験”との位置づけにより試験項目を設定した。 ○依存性を定式化するためには、パラメーターとなる支圧応力度に対して種々の設定が必要となるが、ここでは、実験により確認しておかなければならない項目として、地震時に鉛直荷重の変動が想定される区間（死荷重反力相当に対して0.5～1.5倍の範囲と仮定）で最低限設定すべき条件の数（3点）を規定することにとどめている。これは、依存性の発生傾向（1次関数、n次関数、指数関数など・・・）によって必要となるサンプル数が異なるため、対象とするすべり材の材料特性に応じてデータ数を個々に設定できることとした。

表1.6　動的特性試験：続き（その３）

動的特性C2-6	「変形速度の変化に対する依存性確認試験」 ↑　（7.2.5［4］） 変形速度の変化に対する安定性	温度　+20℃ 載荷荷重　設計支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　ひずみ振幅±100%or±15cm 振動数　0.1、0.5、1.0Hz（15cm加振時の速度：9、47、94cm/sec） 加振回数　10回 判定基準　平均摩擦係数の変化率20%以内	温度　室温 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±15cm[*1)] 加振速度　0.5～50cm/secの範囲で3点以上の速度を設定する 加振回数　10回 結果の処理　速度依存性の評価	○すべり材料の中には速度に対する依存性がなく、免震マニュアルのように「安定性確認試験」を行えばよいものもあると考えられるが、ここでは、現時点で一般的なPTFEを想定して、“すべり速度による依存性を評価するための試験”との位置づけにより試験項目を設定した。 ○依存性を定式化するためには、パラメーターとなるすべり速度に対して種々の設定が必要となるが、ここでは、実験により確認しておかなければならない項目として、地震時に発生することが想定される速度（100～200cm/sec程度）に対して実際に試験が可能な領域（一般に50cm/sec程度）において最低限設定すべき条件の数（3点）を規定するにとどめている。これは、依存性の発生傾向（1次関数、n次関数、指数関数など・・・）によって必要となるサンプル数が異なるため、対象とするすべり材の材料特性に応じてデータ数を個々に設定できることとした。
No.	試験項目	免震マニュアル（平成4年）	共同研究案（平成16年）	備　考
動的特性C3-7	「外気温の変化に対する依存性確認試験」 ↑　（7.2.5［6］） 温度変化に対する安定性	温度　-10℃、+20℃、+40℃ 載荷荷重　設計支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±15cm 振動数　0.5Hz 加振回数　10回 判定基準　平均摩擦係数の変化率30%以内	温度　-10℃～+40℃の範囲から3点以上の外気を設定する[*4)] 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±15cm[*1)] 加振速度　50cm/sec[*2)] 加振回数　10回 結果の処理　温度依存性の評価	○一般にすべり材料の摩擦特性は外気温度に対する依存性はほとんどないものと思われるため、免震マニュアルのように「安定性確認試験」を行えばよいものと考えられるが、ここでは、依存性試験の書式に統一させ、“外気温度による依存性を評価するための試験”との位置づけにより試験項目を設定した。 ○依存性を定式化するためには、パラメーターとなる外気温度に対して種々の設定が必要となるが、ここでは、実験により確認しておかなければならない項目として、免震マニュアルに規定されている外気温度の範囲（-10℃～+40℃：寒冷地に属さない普通地方を想定）に対して最低限設定すべき条件の数（3点）を規定するにとどめている。これは、依存性の発生傾向（1次関数、n次関数、指数関数など・・・）によって必要となるサンプル数が異なるため、対象とするすべり材の材料特性に応じてデータ数を個々に設定できることとした。 ***4）-10℃による試験はゴム支承の場合とは異なり恒温槽から取り出すと同時に結露が発生することなどから実際の試験は設備的に困難である可能性があるため、その実施・方法等については継続検討を要する。**

表 1.6　動的特性試験：続き（その４）

動的特性 C4-8	形状の違いに対する依存性確認試験	－規定なし－	温度　室温 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±15cm[*1)] 加振速度　50cm/sec[*2)] 試験体形状　試験体の大きさを変化させて3体（備考参照）を設定する[*5)] 加振回数　10回 結果の処理　形状依存性の評価	○性能検証に用いる試験体の大きさは試験機の性能によって選定することになるが、実際には種々の形状となる実製品の特性をある試験体形状（大きさ）により得られた結果から推定する必要がある。そのため、同一試験条件の下、試験機の性能上、実施可能な最大サイズを１体、基本特性を確認するための汎用的なサイズを１体、要素試験用の縮小サイズとして１体の合計３体の実施を規定した。 ***5）標準的な試験体のサイズを定める必要性が考えられることから継続検討課題とする。**
動的特性 B3-9	異物の進入に対する安定性確認試験	－規定なし－	温度　室温 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±15cm[*1)] 加振速度　50cm/sec[*2)] 加振回数　10回 異物の種類　水、塵芥等 判定基準　変化率（　）％以内[*3)]	○異物として粉塵を用いる場合には、すべり機構の設置場所により下記のようなものが参考としてあげられる。 ・SUSが上沓側に設置される場合（すべり面に異物が堆積しにくい構造） → JIS Z8901　関東ローム ・SUSが下沓側に設置される場合（すべり面に異物が堆積しやすい構造） → けい砂 ○構造的な特性により異物がすべり面に混入しない方策を講じ、その効果が確認できれば、本試験を簡略化することも可能である。

表 1.7　静的特性試験（その１）

No.	試験項目	免震マニュアル（平成4年）	共同研究案（平成16年）	備　　考
静的特性 A3-10	「橋桁の緩速変形に対する摩擦係数を確認するための基本特性試験」*6) ↑ (7.3.5) クリープ、乾燥収縮、温度変化などの影響による緩速変形による水平反力特性	温度　+20℃ 載荷荷重　設計支圧応力度相当の鉛直荷重 試験方法　外挿法、応力緩和法 結果の処理　0.0001cm/sec時の特性を求め、緩速変形に対する水平反力を求める	温度　室温 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±1cm程度 加振速度　0.0001cm/sec程度 加振回数　3回 判定基準　有害な損傷がないこと	○C2-6「変形速度の変化に対する依存性確認試験」により速度に関する依存式を得ることができているため、本試験の実施の必要性は低いものと考えられるが、しかしながら、C2-6では試験の便を考慮して低速域を0.5cm/secと設定しているため、これは一概には「緩速特性」とみなせるような速度とは言い難く、直接的なデータは得られていない。そこで、ここでは変位振幅を小さく抑え、また、載荷回数を3回とすることで、より低速な試験が可能となるように条件を設定している。 ○なお、水平変位および加振速度の設定については、試験機の能力などを勘案し、適宜、設定して良いこととした。 ***6）本試験を静摩擦特性の確認との位置づけとし、現行の可動支承の設計法における摩擦係数決定の根拠（PTFE+SUS系ではμ＝0.10など）を明確にするための試験に活用可能であるかの検討、また、ここで示した試験法では試験時間が17.5時間必要であり、これほどの時間をかけて本来の意味での静摩擦特性が測定可能であるかの検討など今後の継続課題とした。**
静的/動的特性 B4-11	「温度変化に伴う常時の水平くり返し変位に対する安定性確認試験」 ↑ (7.3.2) 温度変化に伴う常時の水平くり返し変位に対する耐久性を確認するための試験	温度　記述なし 載荷荷重　設計支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　せん断ひずみ20%相当 振動数　特に規定しないが、一般の疲労試験程度の振動数をとってもよい 加振回数　20,000回 判定基準　加振前後における変化率が±10%以内。損傷が生じないこと	温度　室温 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　総すべり距離で350m以上 加振速度　特に規定しないが、一般の疲労試験程度の速度をとってもよい 加振回数　（備考参照） 判定基準　試験加振前後における変化率が（　）%以内*3)　損傷が生じないこと ※本試験実施前後において、A1-1に示す試験を実施し、その変化率が（　）%以内*3) であることを確認する	○免震マニュアルに示されている20,000回の加振回数は、1日に1サイクルの正負くり返しが生じるものとして、それを約50年見込みんだものである。（365日×50回＝18250回） ○すべり材料の耐久性評価の場合、加振回数よりも総すべり距離の設定の方が重要となることから下記のような試算に基づき試験条件を設定した。 1) 5径間鋼連続橋（スパン40m=橋長200m）を想定。→　伸縮桁長：100m 2) 温度変化範囲を1日で15℃、年間を通しては50℃と見込むと、総すべり距離は、 1年　→　100m×0.012×（15℃×365日＋25℃×4）＝6.69m 50年　→　6.69m×50年＝334.5m。よって、約350mとなる。 3) 試験条件としては、この総すべり距離を確保することを定め、水平変位と加振回数は試験の便などを考慮して任意に設定して良いこととした。 例）振幅±15cm→584回加振で350.4mとなるので、600回の加振を行う 振幅±10cm→875回加振で350mとなるので、900回の加振を行うなど

表 1.7　静的特性試験：続き（その２）

静的特性 A4-12	鉛直荷重に対する限界状態を確認するための基本特性試験	－規定なし－	温度　室温 載荷荷重　鉛直荷重を漸増させ、有害な損傷が発生した時点、もしくは最大許容支圧応力度の3倍以上[*7)] に相当する荷重まで載荷させる 判定基準　最大許容支圧応力度の3倍以上[*7)] 耐荷力を有すること	○すべり材に鉛直荷重のみを単純に漸増載荷させていき、その限界性能を確認する。 ***7）ここでは最大許容支圧応力度の3倍以上の耐力を要求性能としたが、この数値設定については別途検討を要する。**

表 1.8　耐久性試験項目

No.	試験項目	免震マニュアル（平成4年）	共同研究案（平成16年）	備　　考
動的特性/材料特性 B5-13	周辺環境による材料の経年劣化等に対する性能安定性確認試験	－規定なし－	温度　室温 載荷荷重　基準支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　±15cm[*1)] 加振速度　50cm/sec[*2)] 加振回数　10回 材料の状態　備考の試験を実施したもの 判定基準　A1-1（基本特性試験）の結果との変化率が（　）%以内[*3)]	○周辺環境による影響検討手法としては、例えば、下記のような項目があげられる。試験に際してはこれらを参考に、対象とするすべり材の材料特性に応じて適切に設定する必要がある。 a)実構造物による検証　：　10～50年相当の供用期間を経過した実橋に用いられたすべり材による試験 b)暴露試験　：　支承環境を模擬した条件によるすべり材料の暴露試験 c)熱劣化促進試験　：　主に高分子材料の劣化についての促進試験 e)塩水噴霧試験　：　主に金属系材料の発錆についての促進試験 f)サンシャインウェザーメーター試験　：　紫外線等による材料の劣化を確認するための試験 g)吸水試験　：　吸水性のある材料を用いた場合の吸水性を確認するための試験

表 1.9　適用を除外した項目（その１）

No.	試験項目	免震マニュアル（平成4年）	共同研究案（平成16年）	備　　考
動的特性	免震装置に生じる残留変位を確認するための試験（7.2.4）	温度　+20℃ 載荷荷重　設計支圧応力度相当の鉛直荷重 水平変位　設計変位を与え、静かに解放する 振動数　解放後自由振動 放置時間　解放後5秒 判定基準　設計変位の10%以内	削　　除	○摩擦型免震装置の場合、残留変位の抑制機構はすべり系支承とは別途設けられることになる。従って、すべり材の性能検証とは別の問題となるため、ここでは削除することとした。
動的特性	静的予変位に対する安定性（7.2.5［5］）	静的予変位を与えた場合と与えない場合とで基本特性試験を実施し、その変化率を検証する。	削　　除	○変位依存型免震装置に対する規定であるため摩擦型免震装置には該当しない。よって、この項目は削除することとした。
動的特性	すべり摩擦によって生じる摩擦熱を確認するための試験		規定しない	○すべり面の摩擦熱を検証することにより各種の依存性の発生機構をより詳細に分析することが可能になると思われるが、摩擦熱自体とすべり系免震支承の性能評価とは必ずしも直結するものではない。また、支圧応力度やすべり速度、外気温さらには試験体形状による放熱の状況など摩擦熱に影響を与える要因は数多く考えられ、その試験を義務づける必要性は低いと判断されるため、ここでは規定しないこととした。
動的特性	支圧（P）-速度（V）条件の組み合わせ載荷による限界状態を確認するための試験		規定しない	○機械軸受けなどにおいては、すべり材料の摩擦特性を評価する指標のひとつとしてPV値が用いられることが多い。（PV値：支圧Pと速度Vを種々に変化させていくと、ある載荷条件では急激に摩耗量が増大するなどの現象が発生するため、軸受けなどの数万回以上におよぶ摺動部材の使用限界条件を規定するための数値） しかしながら、橋梁用支承の場合、ある程度の速度を伴ったすべり変位の回数は地震時のみに限定されるため、軸受けなどに比べると非常に繰り返し回数が少なく、PV値の本来の意味合いからは異なった状態で使用されることになる。よって、ここではPV値に関する検証については規定しないこととした。

表 1.9　適用を除外した項目（その２）

静的特性	クリープによる圧縮変形量を確認するための試験（7.3.3）	温度 載荷荷重 載荷時間 結果の処理 判定基準	+20℃ 設計支圧応力度相当の鉛直荷重 1,000時間 100、1,000時間の結果から供用年数に相当するクリープ量を算定 ゴム総厚の5%	削　　除	○すべり材料の場合は、ゴム系の材料とは異なり鉛直荷重によるクリープ変形量は微少であると考えられる。そのため、本試験を実施して確認する必要は少ないものと判断し、ここでは削除することとした。

１．２．４　性能検証試験法の検討に用いた技術資料

前述の表 1.6 の A2-2「すべり系免震装置の正負連続くり返し載荷に対する基本特性試験」において実際の地震時応答の際に発生するものと想定される総すべり距離の試算をもとに条件を暫定的に設定した。ここでは、その検討の際に用いた解析例を技術資料として以下に示す。

＜総すべり距離に関する試算解析＞

・対象モデル（図 1.2）

１自由度系モデル（バネ－質点系　：　支承バネ－上部工質量）

・支承バネ（図 1.3）

すべり系支承としてのバイリニアモデル＋ゴムバッファとしての線形バネ要素

注）すべり系支承の摩擦係数は μ =0.1 と設定した

・入力地震動

道路橋示方書スペクトルフィッティング波形

Ⅱ種地盤上のタイプⅠおよびタイプⅡにおける地震波形

・固有周期

ゴムバッファの周期として、1sec と 2sec を設定

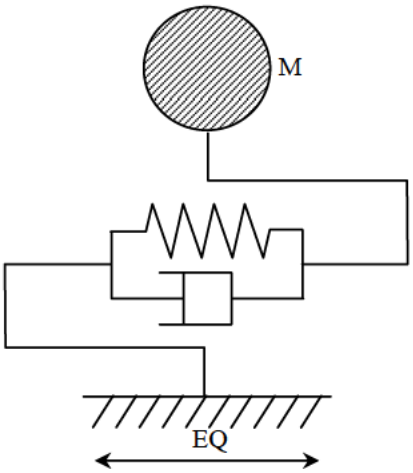


図 1.2　１自由度系モデル

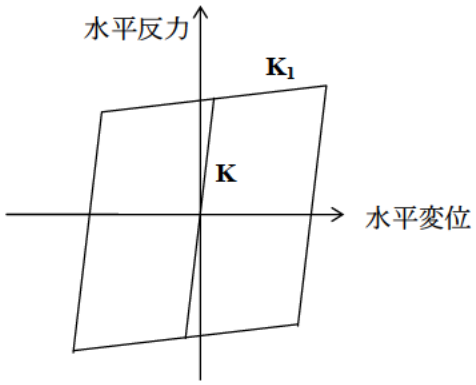


図 1.3　支承部のモデル

・粘性減衰のモデル化

支承部のモデルに減衰定数を設定し、剛性比例型を含む Rayleigh 減衰を使用すると、非常に大きな値をもつ初期剛性 K（摩擦現象の初期剛性）の影響を受け、解析上、減衰マトリックス［C］が過大評価されてしまう懸念が生じる。そこで本解析では、すべり系支承の減衰定数の設定値は 0%とするが、別途、ゴムバッファ（図 1.3 における K1）に相当するモデルとして減衰要素（ダッシュポット）を付加し、ここに天

然ゴム系要素の減衰定数として h=3%を見込むこととした。

したがって、運動方程式における減衰評価は、

$$M\ddot{x}+C\dot{x}+Kx=-M\ddot{x}_0 \Leftrightarrow \ddot{x}+\frac{C}{M}\dot{x}+\frac{K}{M}x=-\ddot{x}_0 \Leftrightarrow \ddot{x}+2h\omega\dot{x}+\omega^2 x=-\ddot{x}_0$$

より、$C=2h\sqrt{K_1\times M}$ で表される減衰マトリックスを考慮することとした。

・解析手法

直接積分法による非線形時刻歴応答解析

数値積分法　→　Newmark の β 法（β=1/4)

積分時間間隔　→　1/1000 秒

非線形部材の収束計算を行う

不平衡力は次ステップに加える

解析結果（支承部の応答変位波形）

支承部に生じる応答変位の時刻歴波形および応答変位の累積値（総すべり距離）の集計結果を図 1.4～図 1.7 に示す。

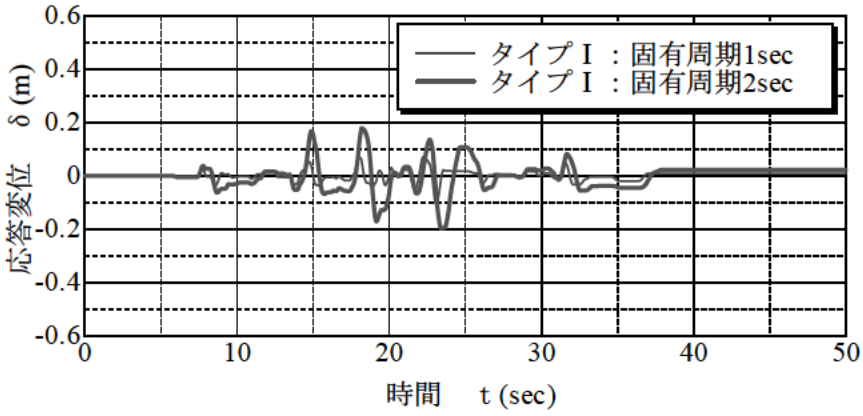


図 1.4　応答波形（タイプⅠ）

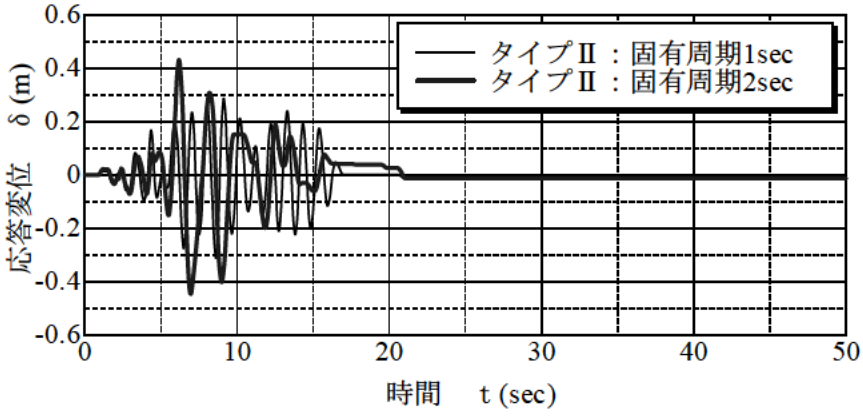


図 1.5　応答波形（タイプⅡ）

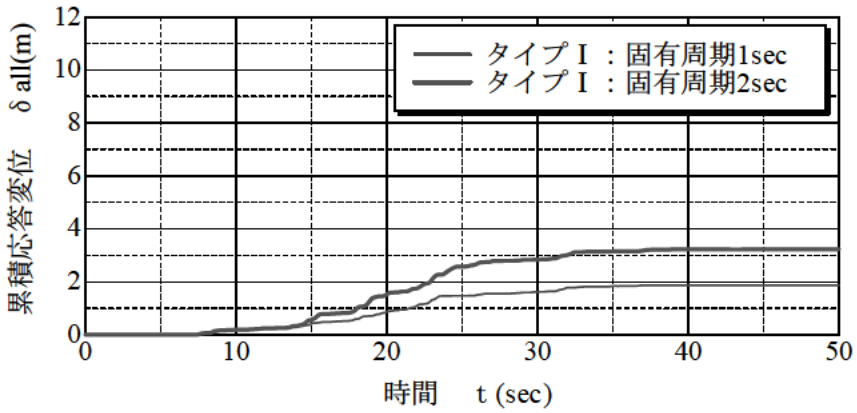


図 1.6　応答変位の累積値（総すべり距離）（タイプⅠ）

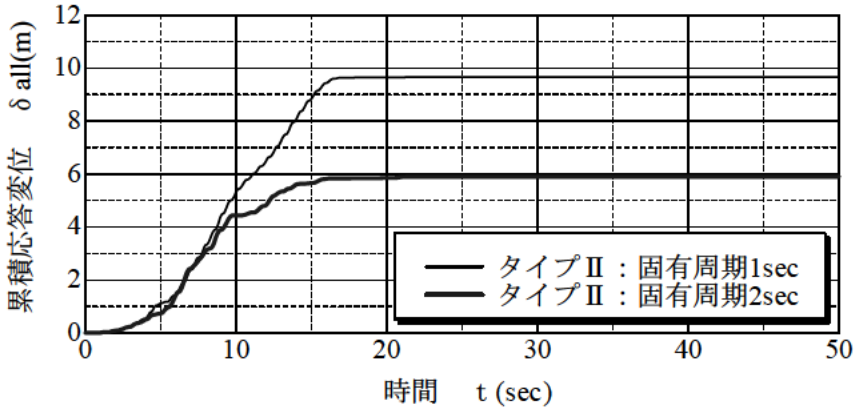


図 1.7　応答変位の累積値（総すべり距離）（タイプⅡ）

この結果からタイプⅠ地震動では 4m 以下、タイプⅡ地震動でも 10m 以下となっていることが分かる。この検討結果を受けて、先の A2-2 における試験項目では総すべり距離の値を暫定的に定めた。

しかしながら、ここでの検討は限られた地震波形、構造物特性に対するものであるため、この結果のみをもって一般化することはできない。また、波形特性についてもスペクトルフィッティングを行ったものよりも実波形を用いる必要性なども考えられるため、これらについては今後継続して検討を行い、合理的な試験条件の設定につなげていく予定である。

１．３　平成 17 年度の検討方針

本年度の研究成果をふまえ、次年度への検討課題を本文中にも幾つか項目を記したが、ここでは全体を通しての概要をとりまとめる。

１．３．１　すべり系支承における性能検証試験法の決定

本年度はすべり系支承の性能検証方法について整理を行ったが、表 1.6～表 1.8 に示したように、試験条件の細部に関しては合意が得られていないため、引き続き協議を行い、こ

れらのとりまとめを行う。

１．３．２　実験データに基づくすべり系支承の性能検証実施例の整理

最終的に決定した性能検証試験項目と過去に実施された試験データとを照らしあわせて、現在までに得られている既往デバイスの特性値の整理を行い、それらから得られる各すべり材の依存性等に関する技術データをとりまとめ、データ集としての活用を図る。

さらに、現在までに実施されたことがない試験項目については次年度内での実施あるいは、これまでの知見から推測される傾向などを検討する。

１．３．３　復元力装置における性能検証項目の整理

すべり系免震支承と併設される復元力装置としてのゴムバッファには、従来の積層ゴム支承と同等品が用いられることが多いが、この場合、ゴム支承は鉛直荷重を支持しないことから以下のような点に関する検討が必要であると考えられる。

1) 従来と同じ積層ゴム支承を用いた場合、鉛直荷重を支持しないことからゴム内部での応力状態はこれまでに想定しているものとは異なり、そのバネ特性なども変化する可能性がある。
   → 無負荷状態あるいは低面圧状態での性能検証が必要となる
2) 鉛直荷重の制約から解放されることにより、耐疲労性などの要求性能が緩和されることになる。このため、水平追随性能に特化した新しいゴム材料の開発が期待される。
   → この場合、新材料に対する性能検証が必要となる

また、一方、ゴム系のデバイスではなく、粘性体を用いたダンパー材など全く新しいデバイスも想定される。

以上のことから、先に検討を進めているすべり系支承における性能検証試験項目と対比を行いながら、ゴムバッファ等の復元力装置についても整理を進める必要がある。

なお、その際の概要として、上記 1)のケースについて整理した例を表 1.10～表 1.12 に示す。

表 1.10　動的特性試験（その１）

着目点	試験の名称／すべり支承	試験の名称／ゴムバッファ
基本特性の確認	すべり系免震装置の摩擦係数を確認するための基本特性試験	ゴムバッファの等価剛性 K_B および等価減衰定数 h_B を確認するための基本特性試験
総移動距離（すべり距離）に対する基本特性の確認	すべり系免震装置の正負連続くり返し載荷に対する基本特性試験	ゴムバッファの正負連続くり返し載荷に対する基本特性試験
１シリーズ内での安定性確認	くり返し載荷に対する安定性確認試験	くり返し載荷に対する安定性確認試験
連続する２シリーズ内での安定性確認	履歴経験に対する安定性確認試験	履歴経験に対する安定性確認試験

表 1.10　動的特性試験：続き（その２）

着目点	試験の名称／すべり支承	試験の名称／ゴムバッファ
支圧（面圧）による依存性検証	支圧応力度の変化に対する依存性確認試験	－ （不要）
速度による依存性試験検証	変形速度の変化に対する依存性試験確認試験	変形速度の変化に対する依存性試験確認試験
温度（外気温）による依存性検証	外気温の変化に対する依存性確認試験	外気温の変化に対する依存性確認試験
形状による依存性検証	形状の違いに対する依存性確認試験	形状の違いに対する依存性確認試験
異物に対する安定性確認	異物の進入に対する安定性確認試験	－ （不要）
予変位の影響	－	静的予変位に対する安定性

表 1.11　静的特性試験

着目点	試験の名称／すべり支承	試験の名称／ゴムバッファ
緩速特性の確認	橋桁の緩速変形に対する摩擦係数を確認するための基本特性試験	橋桁の緩速変形に対する摩擦係数を確認するための基本特性試験
安定性の確認	温度変化に伴う常時の水平くり返し変位に対する安定性確認試験	温度変化に伴う常時の水平くり返し変位に対する耐久性確認試験
鉛直耐荷力性能の確認	鉛直荷重に対する限界状態を確認するための基本特性試験	－ （不要）

表 1.12　耐久性試験

着目点	試験の名称／すべり支承	試験の名称／ゴムバッファ
経年変化特性の確認	周辺環境による材料の経年劣化等に対する性能安定性確認試験	－ （ゴム材料は同等であるため、過去のデータにより検証済み）

１．３．４　製品出荷検査に関する品質管理項目の整理

上記まではすべて実製品とは別途行う「性能検証」の位置づけであり、これを実際の製品出荷検査時において義務づけることは現実的ではない。よって、出荷検査（日常検査）の位置づけで必要となる項目を整理し、道路橋支承便覧 [1)]で網羅できていない箇所があればそれを補うための検討を行う。

参考文献

1)　日本道路協会：道路橋支承便覧，丸善，2004.4

2)　土木研究センター：建設省 道路橋の免震設計法マニュアル（案），1992.10

２．デバイスの性能および各種依存性の検討

２．１　既往データの整理

２．１．１　既往データ収集

すべり系支承を用いた地震力遮断デバイスの設計モデル開発のために既往デバイスの試験データを収集、整理をおこなった。

収集項目として挙げられたのは以下の 5 項目。

・滑り材の種類と組み合わせ

・供試体サイズ

・試験条件

・試験結果

・試験結果の整理方法

各社から提供された資料は 2.1.2 データ集（表･グラフ）のとおりで、試験条件をまとめた表 2.2 とそれに対応するグラフ(図 2.1～図 2.24)と履歴曲線(図 2.25～図 2.37)がある。

滑り材と相手材の組み合わせを表 2.1 に示す。

表 2.1　滑り材と相手材の組み合わせ

滑り材	相手材
充填材入ＰＴＦＥ	SUS
ＰＴＦＥ複層系材料	〃
ＰＴＦＥ樹脂系材料	〃
充填材入ＰＴＦＥ	フッ素樹脂コーティング
繊維強化熱硬化樹脂	〃
ナイロン系滑り材	〃

また、各種依存性の評価をするため、加振回数毎に摩擦係数を算定した摩擦係数データベース(2.1.3)を作成した。

今後の検討課題としては、加振繰り返し回数（摺動距離）に関する依存性(2.2.2）等がある。

２．１．２　データ集(表･グラフ)

表 2.2 に各社から提出された試験結果の資料の一覧を示す。図 2.1～2.37 はこれら資料を個別にまとめたものである。表中の試験体サイズにおける実機、縮小、要素はそれぞれ製品、製品の縮小モデル、すべり材のみの試験体を意味する。図 2.3、図 2.9、図 2.29、図 2.31 の特記事項にある FPS とは摺動面を振子状にした免震支承であり、支承単体で復元力特性を有するものである。

なお、本項の資料は各社が過去に実施した試験結果をまとめたものであり、前章の試験項目との関連性はない。

表 2.2　滑り材と相手材の組み合わせ

項目No.	試験項目	試験体サイズ	大きさ･寸法					試験条件						試験結果
			すべり材		相手材									
		実機or縮小or要素	大きさ	材質	大きさ	材質	表面	変位	面圧	振動数	速度	回数	その他条件	
			mm		mm			±mm	N/mm2	Hz	mm/sec	cycle		
PWRI-1	速度依存試験	実機×8	φ210（φ240）	充填材入PTFE	290×500	SUS316	No.2B	70(30)	20	－	1.9,44,94.2 132,220	10(3)	－	
PWRI-2	面圧依存試験	実機×8	φ210（φ240）	充填材入PTFE	290×500	SUS316	No.2B	70	5,10,20,30	0.5	220	10	－	
O-1	面圧･速度試験	縮小	φ38	PTFE複層系材料PTFE樹	□200	SUS	－	0～15	※1 160,315,490 700	0.16～7.1	5.0,37.5,75 0,150.0,275 0 525 0	1	漸増波使用	0.025～0.2
O-2	速度依存試験	要素	60×95	充填材入りPTFE	100×197	SUS04	－	20	※1 70	－	0.8,10,20,30,40,60	100	三角波	0.08～0.13
O-3	磨耗特性試験	要素	60×95	充填材入りPTFE	100×197	SUS04	－	20	※1 150	－	1	20000	三角波	0.028～0.088
O-4	磨耗特性試験	要素	300×300	充填材入りPTFE	360×470	SUS04	－	20	※1 150	－	1	10000	三角波	0.03～0.058
O-5	面圧･速度試験	実機	φ 100,150,200,400	充填材入りPTFE	□ 550,600,700,950	SS400+Crﾒｯｷ,AC7A	防錆潤滑皮膜処理	100,200	14.7,19.6	－	10,50,100,200,300	4	－	0.01～0.052
O-6	速度依存試験	実機	φ600,850	充填材入りPTFE	1150×900	SUS316	#400	100	10,20		15,100,200 400 600	10(5)	－	0.068～0 12
O-7	面圧･速度試験	要素	φ40×2,60×2,100,200	繊維強化熱硬化樹脂	600×210	SUS316	フッ素樹脂コーティング	200	20,60	－	100,200,300,400,500,600	10	－	0.009～0.069
O-8	面圧･速度試験	要素	φ40×2,60×2,100×2	繊維強化熱硬化樹脂	800×200	SUS316	フッ素樹脂コーティング	100	20,60	－	100,500,1000,1500,2000	6～10	－	0.008～0.073
O-9	面圧･速度試験	要素	φ100	充填材入りPTFE	320×180	SUS316	2B仕上げ	100	1,3,5	－	10,100,300,600	10	－	0.136～0.210
K-1	面圧依存試験	実機	φ190	充填材入りPTFE	350×550	SUS316	－	100	5,10,20,30	0.5	314(max)	10	－	0.084～0 167
K-2	速度依存試験	実機	φ190	充填材入りPTFE	350×550	SUS316	－	100	20	0.01,0.1,0.5 1 0	6.3,63,314,628(max)	10	－	0.103～0 12
K-3	耐久性試験	実機	φ160	充填材入りPTFE		SUS316	－	7.5	30	－	2(max)	37500	－	0.044～0 082
K-4	面圧依存試験	実機	φ190	ナイロン系すべり材	350×550	SUS316	フッ素コーティング	100	5,10,20,30	0.5	314(max)	10	－	0.036～0 063
K-5	速度依存試験	実機	φ190	ナイロン系すべり材	350×550	SUS316	フッ素コーティング	100	20	0.01,0.1,0.5,1.0	6.3,63,314,628(max)	10	－	0.04～0.081
K-6	耐久性試験	縮小	φ60	ナイロン系すべり材	270×370	SUS316	フッ素コーティング	30	60	0.0017	0.32(max)	18500	3000回ごとに20N/mm^2, ±100mm, 0.5Hzでμを測定	0.056～0.061
K-7	面圧依存試験	実機	□250	充填材入りPTFE	290×580	SUS316	－	100	3,5,8,10	0.5	314(max)	10	－	0.12～0 145
K-8	速度依存試験	実機	□250	充填材入りPTFE	290×580	SUS316	－	100	5	0.01,0.1,0.5 1 0	6.3,63,314,628(max)	10	－	0.109～0 16
K-9	50回繰返し試験	実機	□250	充填材入りPTFE	290×580	SUS316	－	150	5	0.5	471(max)	50	－	0.098～0.193
N-1	面圧･速度依存	実機	φ260	充填材入りPTFE	□540	SUS316	鏡面仕上げ	100	5,10,20,30	－	4,10,100,400,800,1200	各10	－	0.05～0.16
N-2	耐久性試験	実機	φ160	充填材入りPTFE	180×210	SUS316	No.2B	7.5	30	－	2	37500	－	0.08～0.06
S－1	面圧･速度試験	要素	□50×4(ｲﾝﾛはめ込み)	充填材入りPTFE	100×200	SS400	3.2S＋無電解ﾆｯｹﾙﾒｯｷ（20μm）	90	16,24,30	－	0.9,1.8,9,12,6,18,21	30	sin波	0.043～0.123
S－2	面圧･速度試験	要素	□50×4(ｲﾝﾛはめ込み)	充填材入りPTFE	100×200	SS400	3.2S＋無電解ﾆｯｹﾙﾒｯｷ（20μm）	20	16,24,30	－	0.02,0.04,0.09,0.18,0.9 1 8	30	sin波	0.021～0.078



図 2.1　充填材入 PTFE-SUS
速度依存試験(PWRI-1)

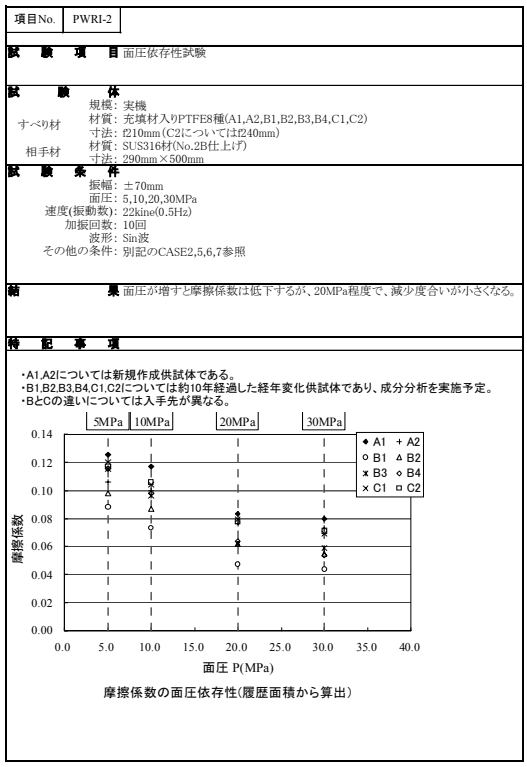


図 2.2　充填材入 PTFE-SUS
面圧依存試験(PWRI-2)

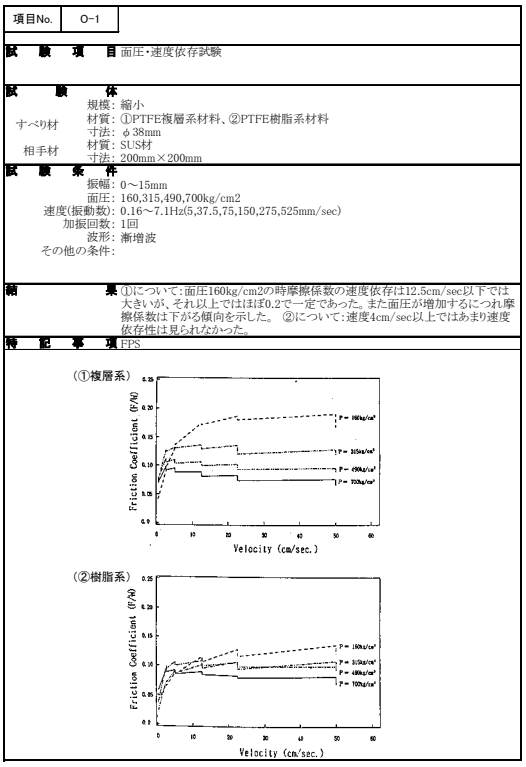


図 2.3　PTFE 複層系-SUS、PTFE
樹脂系材量-SUS 面圧速度依存試験(O-1)

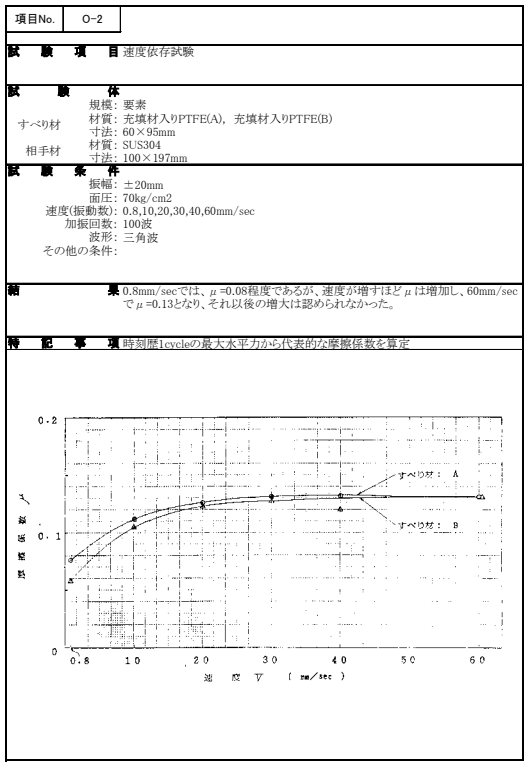


図 2.4　充填材入-SUS
速度依存試験(O-2)

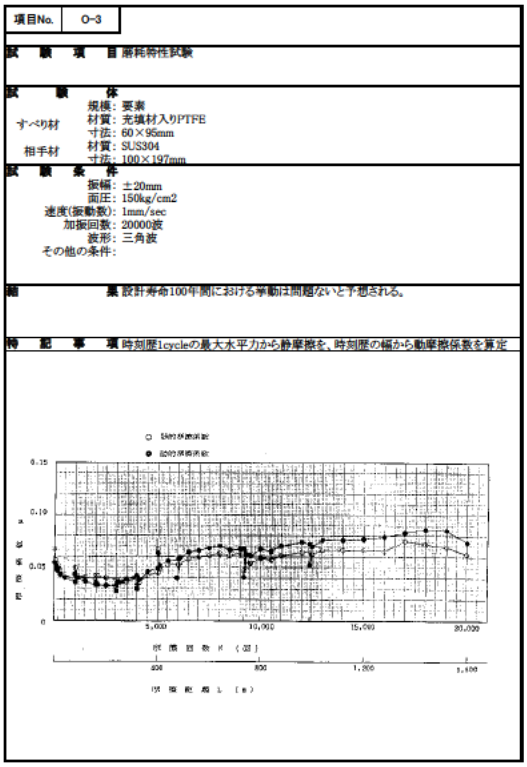


図 2.5　充填材入 PTFE
磨耗特性試験 (0-3)

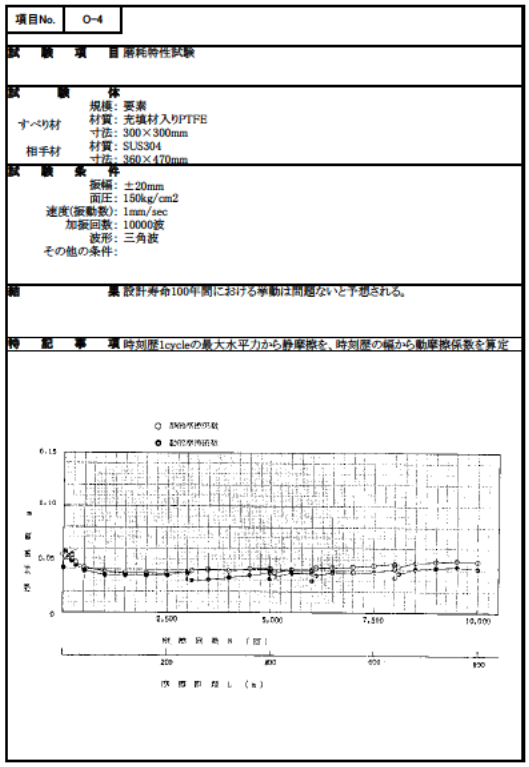


図 2.6　充填材入 PTFE
磨耗特性試験 (0-4)

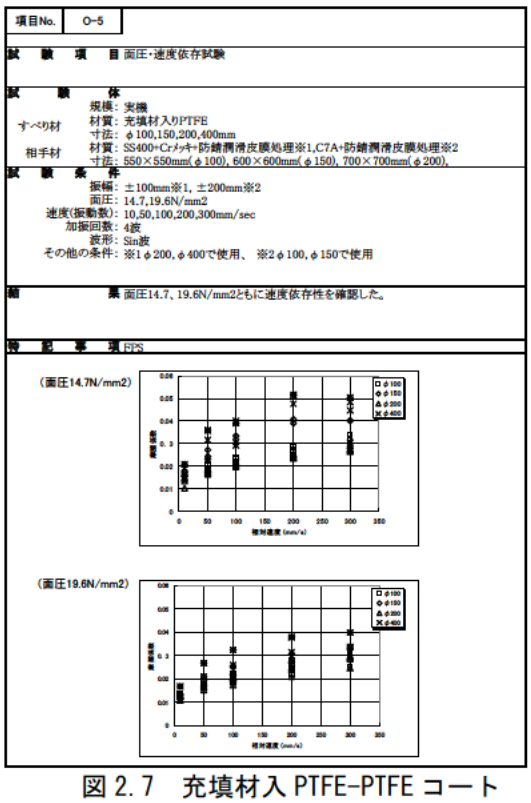


図 2.7　充填材入 PTFE-PTFE コート
面圧速度依存試験 (0-5)

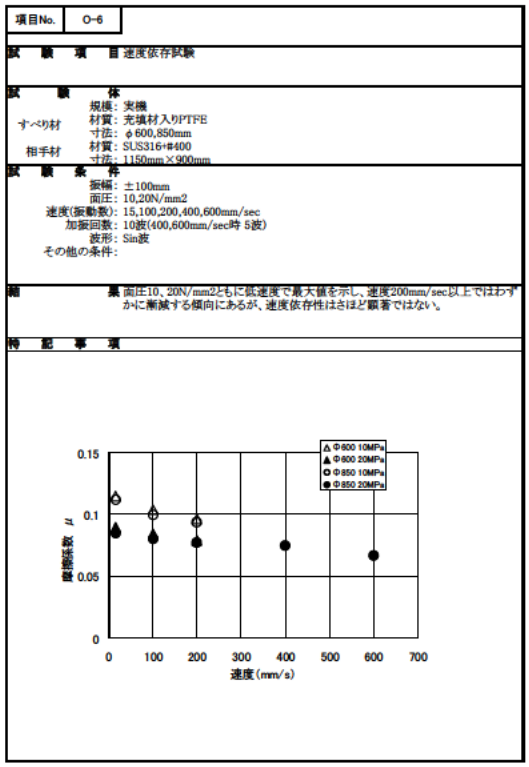


図 2.8　充填材入 PTFE-SUS
速度依存試験 (0-6)

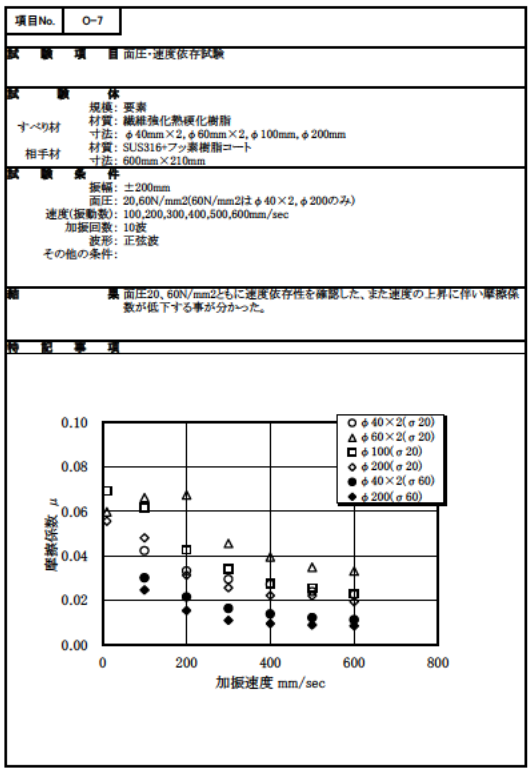


図 2.9　繊維強化熱硬化樹脂-PTFE コート
面圧速度依存試験(0-7)

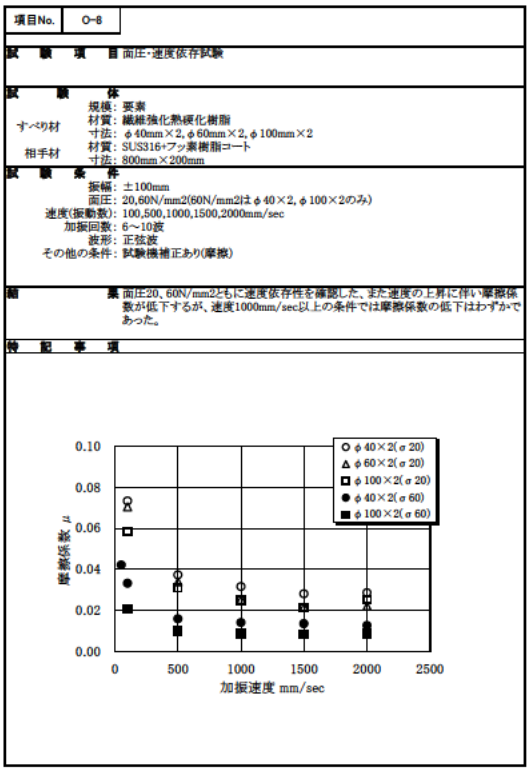


図 2.10 繊維強化熱硬化樹脂-PTFE コート
面圧速度依存試験(0-8)

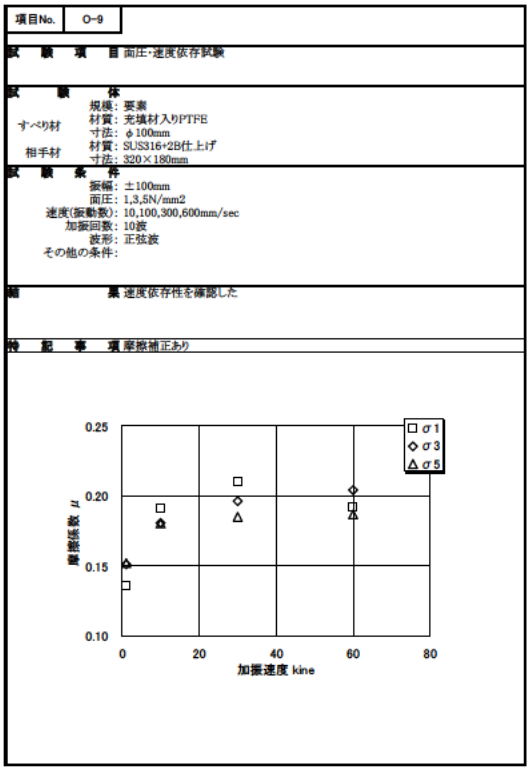


図 2.11　充填材入 PTFE-SUS
面圧速度依存試験(0-9)

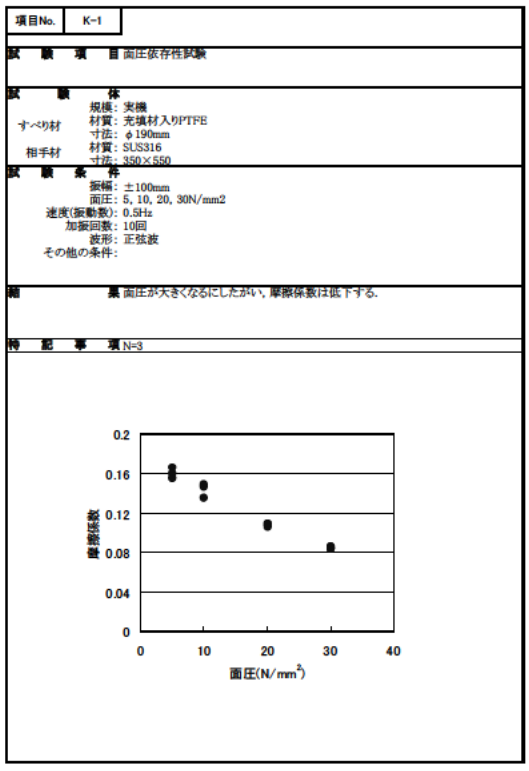


図 2.12　充填材入 PTFE-SUS
面圧依存試験(K-1)

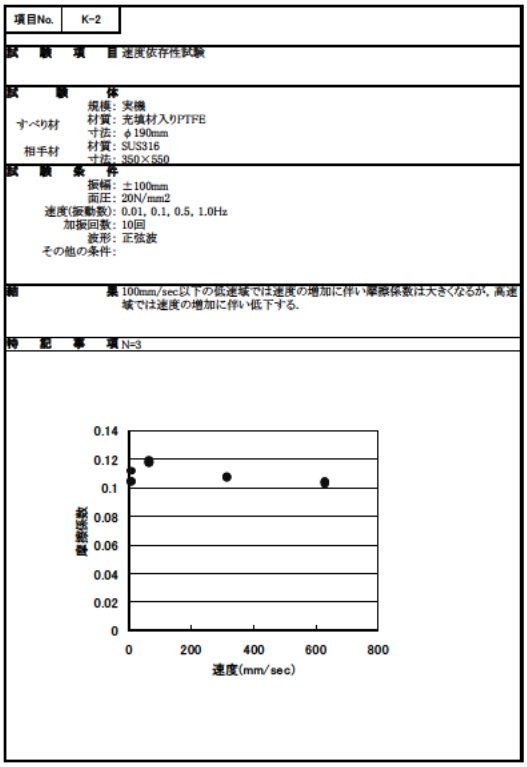


図 2.13　充填材入 PTFE-SUS 速度依存試験(K-2)

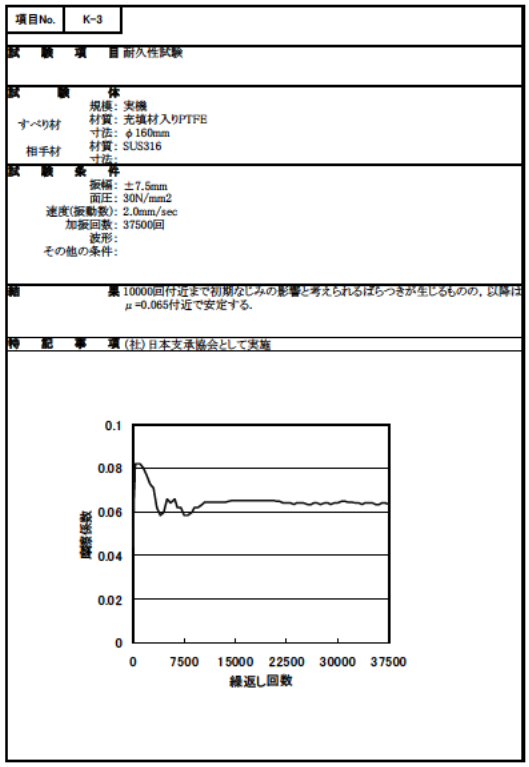


図 2.14　充填材入 PTFE-SUS 耐久試験(K-3)

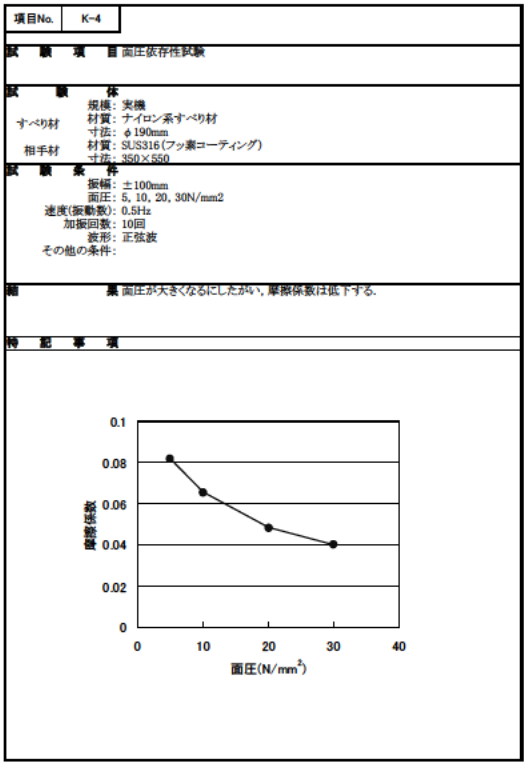


図 2.15　ナイロン系滑り材-PTFE コート面圧依存試験(K-4)

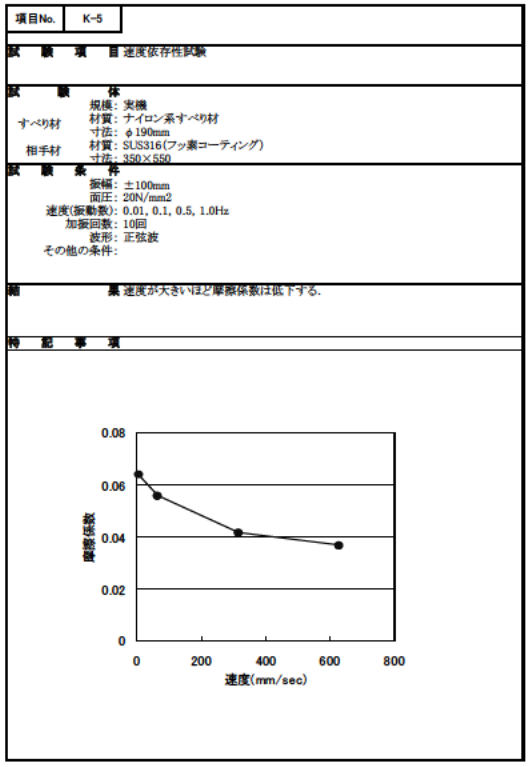


図 2.16　ナイロン系滑り材-PTFE コート速度依存試験(K-5)

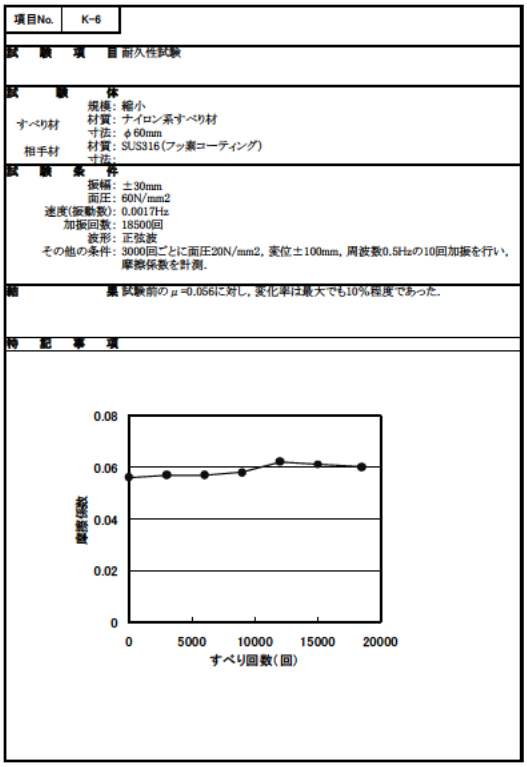


図 2.17　ナイロン系滑り材-PTFE コート耐久試験(K-6)

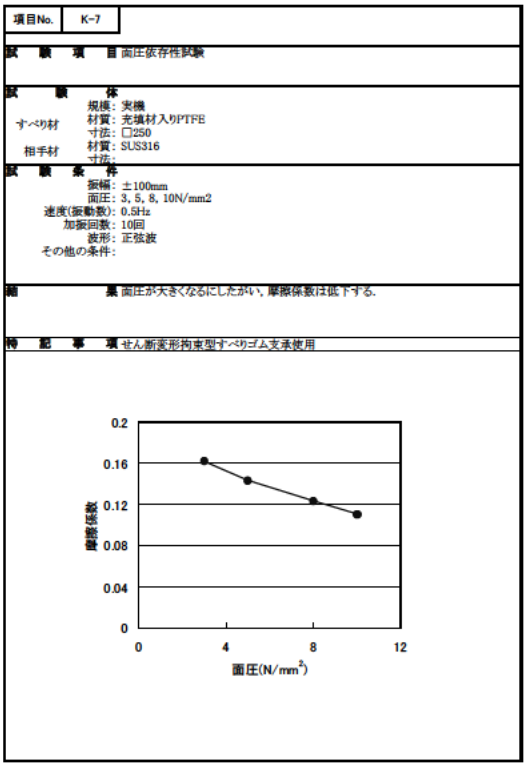


図 2.18　充填材入 PTFE-SUS 面圧依存試験(K-7)

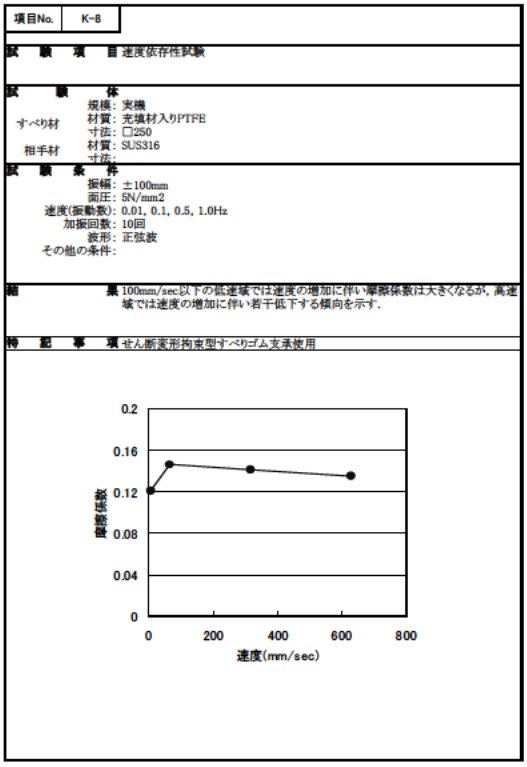


図 2.19　充填材入 PTFE-SUS 速度依存試験(K-8)

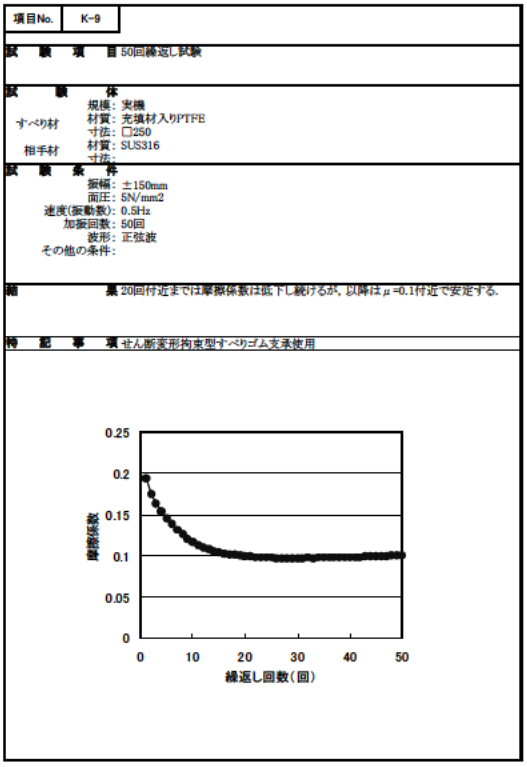


図 2.20　充填材入 PTFE-SUS 50 回繰返し試験(K-9)

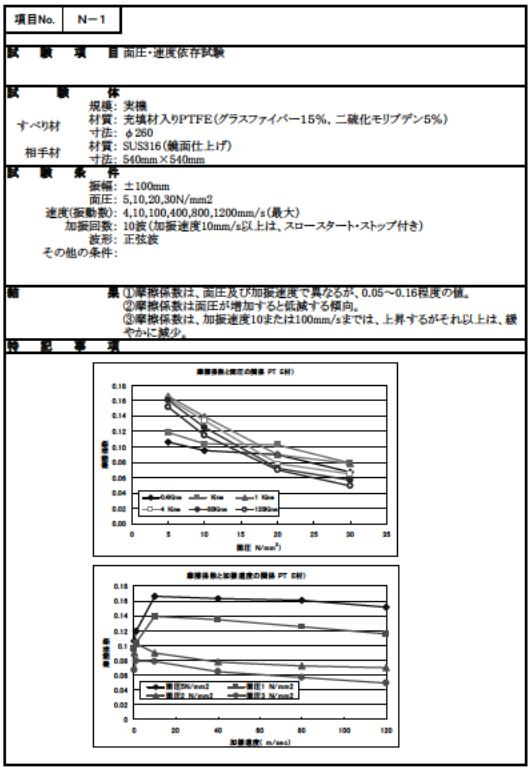


図 2.21　充填材入 PTFE-SUS
面圧速度依存試験(N-1)

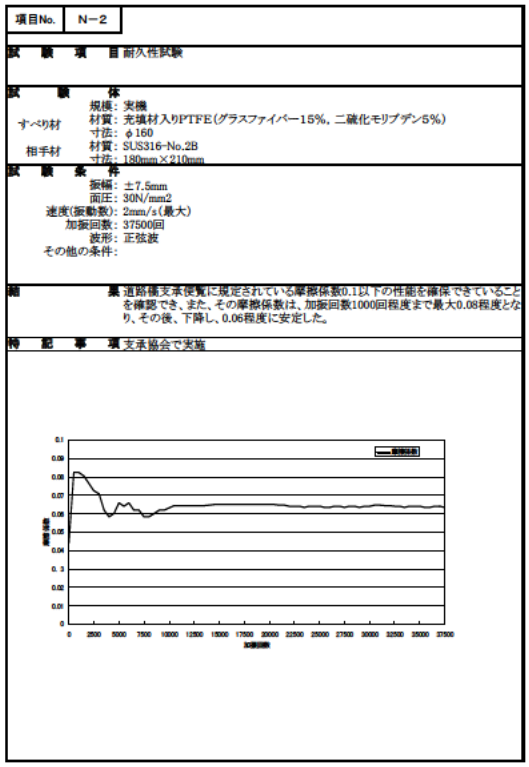


図 2.22　充填材入 PTFE-SUS
耐久試験(N-2)

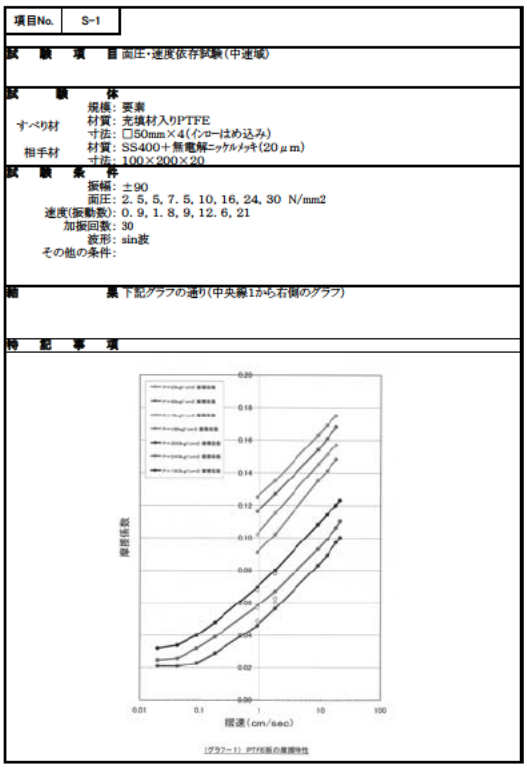


図 2.23　充填材入 PTFE-SS400
面圧速度依存試験(S-1)

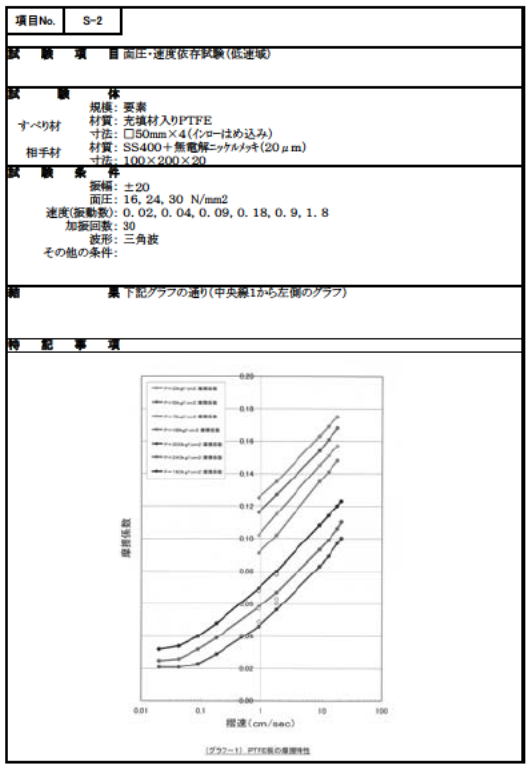


図 2.24　充填材入 PTFE-SS400
面圧速度依存試験(S-2)

項目No.	PWRI-1
試験項目	速度依存性試験
試験体 すべり材	材質：充填材入りPTFE(A2) 寸法：φ210mm
試験体 相手材	材質：SUS316材(No.2B仕上げ) 寸法：290mm×500mm
試験条件	振幅±70mm、面圧20MPa、速度(振動数)4.4kine(0.1Hz) 加振回数10回、波形sin波
特記事項	case3

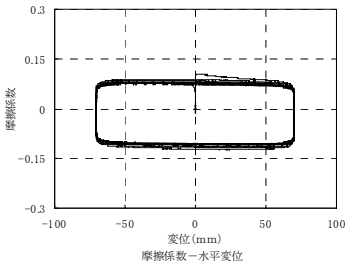


図 2.25　履歴曲線　(PWRI-1)

項目No.	PWRI-1
試験項目	速度依存性試験
試験体 すべり材	材質：充填材入りPTFE(C2) 寸法：φ240mm
試験体 相手材	材質：SUS316材(No.2B仕上げ) 寸法：290mm×500mm
試験条件	振幅±30mm、面圧20MPa、速度(振動数)0.19kine(0.01Hz) 加振回数3回、波形sin波
特記事項	case1

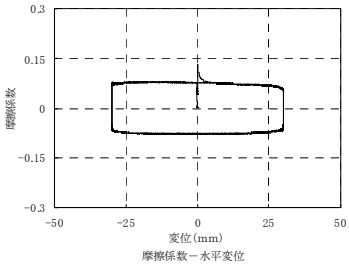


図 2.26　履歴曲線　(PWRI-1)

項目No.	PWRI-2
試験項目	面圧依存性試験
試験体 すべり材	材質：充填材入りPTFE(A1) 寸法：φ210mm
試験体 相手材	材質：SUS316材(No.2B仕上げ) 寸法：290mm×500mm
試験条件	振幅±70mm、面圧5MPa、速度(振動数)22.0kine(0.5Hz) 加振回数10回、波形sin波
特記事項	case5

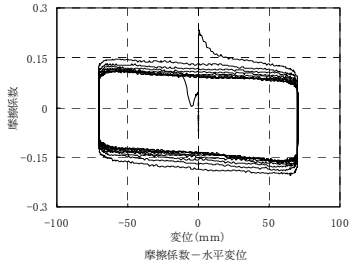


図 2.27　履歴曲線　(PWRI-2)

項目No.	PWRI-2
試験項目	面圧依存性試験
試験体 すべり材	材質：充填材入りPTFE(B2) 寸法：φ210mm
試験体 相手材	材質：SUS316材(No.2B仕上げ) 寸法：290mm×500mm
試験条件	振幅±70mm、面圧30MPa、速度(振動数)22.0kine(0.5Hz) 加振回数10回、波形sin波
特記事項	case7

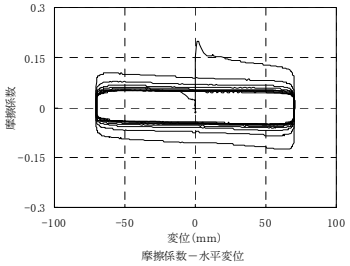


図 2.28　履歴曲線　(PWRI-2)

項目No.	O-1
試験項目	面圧・速度依存試験
試験体 すべり材	材質: ①PTFE複層系材料、②PTFE樹脂系材料 寸法: φ38mm
試験体 相手材	材質: SUS材 寸法: 200mm×200mm
試験条件	0～15mm 160,315,490,700kg/cm2 0.16～7.1Hz(5,37.5,75,150,275,525mm/sec)
特記事項	漸増波、FPS

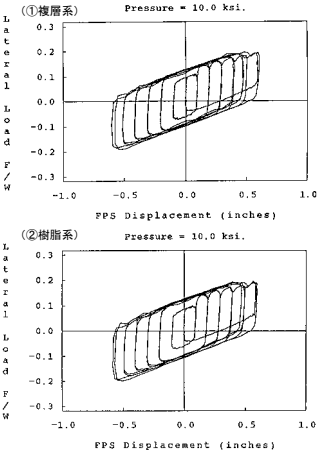


図 2.29　履歴曲線　(0-1)

項目No.	O-3
試験項目	磨耗特性試験
試験体 すべり材	材質: 充填材入りPTFE 寸法: 60×95mm
試験体 相手材	材質: SUS304 寸法: 100×197mm
試験条件	±20mm 150kg/cm2 1mm/sec
特記事項	

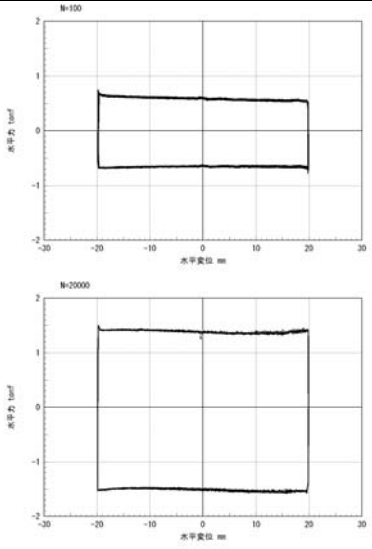


図 2.30　履歴曲線　(0-3)

項目No.	O-5
試験項目	面圧・速度依存試験
試験体 すべり材	材質: 充填材入りPTFE 寸法: φ200mm
試験体 相手材	材質: SS400+Crメッキ+防錆潤滑皮膜処理 寸法: 700×700mm
試験条件	面圧:150kgf/cm2， 速度:100mm/sec 振幅:±200mm ， 加振回数:4波
特記事項	FPS

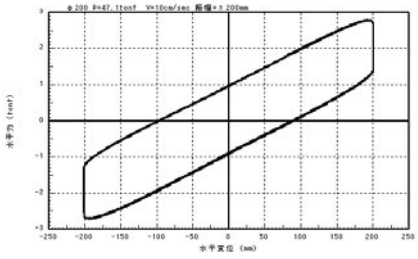


図 2.31　履歴曲線　(0-5)

項目No.	O-6
試験項目	速度依存試験
試験体 すべり材	材質: 充填材入りPTFE 寸法: φ600mm
試験体 相手材	材質: SUS316+#400 寸法: 1150mm×900mm
試験条件	面圧:20N/mm2， 速度:100,400mm/sec 振幅:±100mm ， 加振回数:11波(100mm/sec時)， 5波(100mm/sec時)
特記事項	

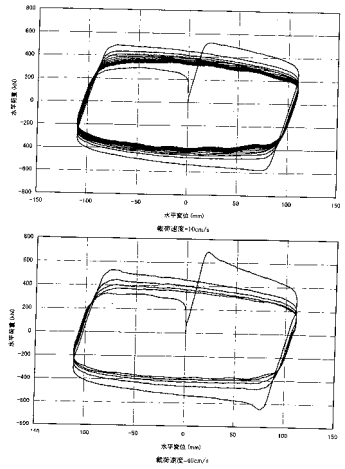


図 2.32　履歴曲線　(0-6)

項目No.	O-7

試　験　項　目 面圧 速度依存試験

試　験　体

すべり材　材質: 繊維強化熱硬化樹脂
寸法: φ100mm

相手材　材質: SUS316+フッ素樹脂コート
寸法: 600mm×210mm

試　験　条　件 面圧:20N/mm2
速度:100,600mm/sec

特　記　事　項

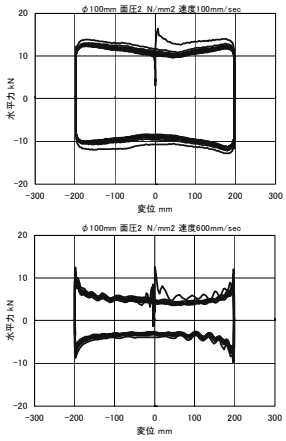


図 2.33　履歴曲線　(0-7)

項目No.	O-8

試　験　項　目 面圧・速度依存試験

試　験　体

すべり材　材質: 繊維強化熱硬化樹脂
寸法: φ100mm×2

相手材　材質: SUS316+フッ素樹脂コート
寸法: 800mm×200mm

試　験　条　件 面圧:20N/mm2
速度:500mm/sec,1500mm/sec

特　記　事　項 試験機補正(摩擦)あり

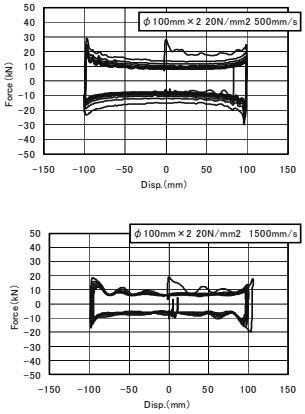


図 2.34　履歴曲線　(0-8)

項目No.	O-9

試　験　項　目 面圧 速度依存試験

試　験　体

すべり材　材質: 充填材入りPTFE
寸法: φ100mm

相手材　材質: SUS316+2B仕上げ
寸法: 320×180mm

試　験　条　件 面圧:3N/mm2
速度:100mm/sec

特　記　事　項

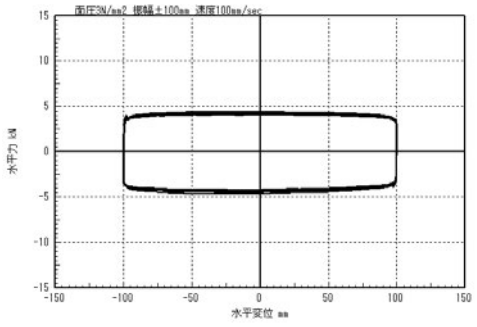


図 2.35　履歴曲線　(0-9)

項目No.	K-2

試　験　項　目 速度依存性試験

試　験　体

すべり材　材質: 充填材入りPTFE
寸法: φ190mm

相手材　材質: SUS316
寸法: 350×550

試　験　条　件 振幅:±100mm　面圧:20MPa
周波数:0.5Hz　加振回数:10回
波形:正弦波

特　記　事　項 5サイクル目の履歴曲線

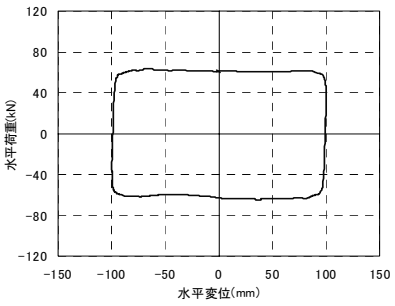


図 2.36　履歴曲線　(K-2)

項目No.	K-5

試験項目 速度依存性試験

試験体

すべり材
材質: ナイロン系すべり材
寸法: φ190mm

相手材
材質: SUS316(フッ素コーティング)
寸法: 350×550

試験条件 振幅:±100mm　面圧:20MPa
周波数:0.5Hz　加振回数:10回
波形:正弦波

特記事項 5サイクル目の履歴曲線

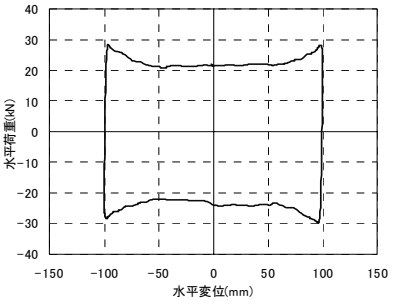


図 2.37　履歴曲線　(K-5)

２．１．３　データ集(摩擦係数データベース)

本項で記載のデータベースにおいて「マニュアルとの整合性」とあるのは 2.3 摩擦係数の算定法における切片法の 10 回平均の評価の可否についてである。

項目No.	供試体サイズ(実機-簡小-)	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	対象	試験条件 変位 土mm	試験条件 面圧 N/mm2	試験条件 速度 mm/sec	試験条件 振動数 Hz	試験条件 加振回数 波	試験条件 総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	その他の条件 補正項目	その他の条件 加振条件	特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数 1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		A1	0.0 3	2.71	1.02	0.98	0.116	0.044	0.042																			
PWRI-1.2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A1	0.0 3	1. 3	1.07	0.96	0. 35	0.089	0.085	0.084	0.0 3	0.082	0.082	0.081	0.080	0.080											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	44	0.1	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A1	0.104	1.24	1.09	0.94	0.128	0.1 3	0.109	0.106	0.105	0.102	0.101	0.099	0.099	0.098											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	132	0.3	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A1	0.098	1.67	1.17	0.90	0.163	0.115	0.107	0.102	0.098	0.095	0.093	0.091	0.090	0.088											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	5	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A1	0.125	1.25	1.21	0.92	0.157	0.151	0.138	0. 30	0.123	0.119	0.118	0.116	0.115	0.116											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	10	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A1	0.117	1.14	1.20	0.87	0. 33	0.140	0.130	0.123	0.119	0.115	0.110	0.108	0.106	0.102											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	30	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A1	0.080	1.99	1.21	0.88	0.159	0.096	0.089	0.084	0.080	0.078	0.076	0.074	0.072	0.071											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	30	20	94.2	0.5	10	300	in波	○	切片法	慣性力補正		A1	0.097	1.25	1.16	0.90	0.121	0.1 3	0.106	0.102	0.098	0.095	0.093	0.090	0.089	0.087											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		A2	0.044	2.04	1. 3	0.97	0.089	0.042	0.045																			
PWRI-1.2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A2	0.076	1.69	1.10	0.96	0.128	0.0 3	0.078	0.077	0.075	0.075	0.074	0.074	0.074	0.073											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	44	0.1	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A2	0.094	1.05	1.09	0.95	0.099	0.102	0.099	0.096	0.094	0.093	0.091	0.091	0.090	0.089											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	132	0.3	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A2	0.087	1.39	1.17	0.91	0.121	0.1 3	0.095	0.091	0.087	0.085	0.083	0.082	0.081	0.080											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	5	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A2	0.106	0.75	1.15	0.93	0.079	0.122	0.112	0.109	0.106	0.103	0.102	0.099	0.098	0.100											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	10	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A2	0.100	1.35	1.23	0.87	0. 35	0.123	0.113	0.105	0.102	0.098	0.094	0.092	0.090	0.087											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	30	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		A2	0.0 3	2.00	1.20	0.89	0.145	0.087	0.080	0.076	0.0 3	0.071	0.068	0.067	0.066	0.065											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	30	20	94.2	0.5	10	300	in波	○	切片法	慣性力補正		A2	0.094	1.19	1.17	0.90	0.112	0.110	0.1 3	0.099	0.095	0.092	0.089	0.088	0.087	0.084											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B1	0.0 3	1.88	1.01	0.99	0.119	0.064	0.063																			
PWRI-1.2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B1	0.047	3.20	1.40	0.88	0.151	0.066	0.054	0.048	0.045	0.043	0.043	0.041	0.042	0.041											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	44	0.1	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B1	0.072	1.88	1. 3	0.95	0. 35	0.082	0.075	0.073	0.072	0.071	0.070	0.069	0.069	0.069											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	132	0.3	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B1	0.060	2.76	1.35	0.88	0.165	0.081	0.067	0.062	0.059	0.056	0.054	0.0 3	0.052	0.053											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	5	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B1	0.088	1.32	1.47	0.81	0.116	0.130	0.108	0.092	0.086	0.080	0.078	0.075	0.074	0.071											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	10	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B1	0.0 3	2.14	1.49	0.82	0.156	0.109	0.087	0.077	0.071	0.067	0.063	0.0 3	0.060	0.060											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	30	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B1	0.044	4.08	1.47	0.85	0.181	0.065	0.052	0.046	0.0 3	0.041	0. 39	0.039	0.038	0. 38											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	30	20	94.2	0.5	10	300	in波	○	切片法	慣性力補正		B1	0.060	2.67	1.42	0.86	0.161	0.086	0.070	0.063	0.058	0.056	0.055	0.0 3	0.052	0.052											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B1	0.064	0.85	1.00	1.00	0.054	0.064	0.064																			
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B1	0.052	2.39	1.47	0.83	0.125	0.077	0.062	0.055	0.050	0.048	0.046	0.045	0.044	0.043											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B1	0.064	0.92	1.01	0.99	0.059	0.064	0.063																			
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B2	0.071	1.18	1.01	0.99	0.083	0.071	0.070																			
PWRI-1.2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B2	0.062	2.79	1.41	0.85	0.173	0.087	0.073	0.065	0.060	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	44	0.1	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B2	0.087	1.87	1.16	0.93	0.162	0.101	0.092	0.089	0.086	0.085	0.083	0.082	0.081	0.081											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	132	0.3	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B2	0.0 3	2.15	1.37	0.86	0.157	0.099	0.083	0.076	0.071	0.068	0.066	0.065	0.063	0.063											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	5	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B2	0.098	1. 3	1.44	0.82	0.140	0.141	0.116	0.104	0.097	0.090	0.087	0.084	0.082	0.080											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	10	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B2	0.087	1.88	1.52	0.78	0.164	0.132	0.107	0.092	0.085	0.079	0.075	0.072	0.071	0.068											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	30	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B2	0.055	3.54	1.48	0.82	0.195	0.082	0.065	0.057	0.0 3	0.050	0.049	0.047	0.046	0.045											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	30	20	94.2	0.5	10	300	in波	○	切片法	慣性力補正		B2	0.082	2.15	1.31	0.90	0.177	0.108	0.092	0.085	0.080	0.077	0.076	0.075	0.075	0.074											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B2	0.070	1.18	1.00	1.00	0.083	0.071	0.070																			
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B2	0.069	2.22	1.48	0.82	0.152	0.102	0.082	0.072	0.066	0.063	0.060	0.058	0.057	0.056											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B3	0.076	1.06	1.02	0.98	0.080	0.075	0.077																			
PWRI-1.2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B3	0.062	2.90	1.26	0.93	0.179	0.078	0.067	0.062	0.060	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	44	0.1	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B3	0.090	1.18	1.09	0.97	0.106	0.098	0.093	0.090	0.089	0.088	0.088	0.088	0.087	0.087											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	132	0.3	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B3	0.077	1.98	1.23	0.92	0.153	0.094	0.084	0.079	0.076	0.074	0.073	0.072	0.071	0.071											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	5	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B3	0.115	1.17	1.25	0.90	0. 35	0.144	0.126	0.119	0.112	0.112	0.107	0.108	0.104	0.105											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	10	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B3	0.096	1.48	1.30	0.88	0.143	0.125	0.109	0.099	0.094	0.091	0.089	0.088	0.086	0.085											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	30	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B3	0.059	2.68	1.35	0.87	0.159	0.080	0.068	0.061	0.058	0.055	0.054	0.0 3	0.053	0.052											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	30	20	94.2	0.5	10	300	in波	○	切片法	慣性力補正		B3	0.086	1.81	1.28	0.90	0.156	0.110	0.095	0.088	0.084	0.081	0.080	0.078	0.078	0.077											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B3	0.080	0.82	1.00	1.00	0.066	0.080	0.080																			
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B4	0.076	1.59	1.00	1.00	0.120	0.076	0.076																			
PWRI-1.2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B4	0.064	2.36	1.39	0.84	0.152	0.089	0.075	0.067	0.0 3	0.060	0.058	0.057	0.055	0.054											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	44	0.1	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B4	0.089	1.19	1.16	0.94	0.105	0.1 3	0.094	0.090	0.088	0.087	0.086	0.085	0.084	0.083											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	132	0.3	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B4	0.076	1.82	1.37	0.86	0. 38	0.104	0.087	0.079	0.074	0.071	0.069	0.067	0.066	0.065											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	5	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B4	0.116	0.80	1.41	0.80	0.092	0.162	0.140	0.123	0.117	0.108	0.104	0.098	0.096	0.093											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	10	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B4	0.098	1.84	1. 3	0.80	0.180	0.139	0.118	0.104	0.096	0.090	0.088	0.084	0.082	0.079											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	30	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		B4	0.054	3.41	1.52	0.82	0.183	0.082	0.064	0.056	0.051	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	30	20	94.2	0.5	10	300	in波	○	切片法	慣性力補正		B4	0.075	2.11	1.27	0.93	0.157	0.095	0.081	0.075	0.071	0.070	0.069	0.069	0.070	0.070											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		B4	0.077	0.96	1.00	1.00	0.074	0.077	0.077																			

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	試験条件 対象	試験条件 変位 ±mm	試験条件 面圧 N/mm2	試験条件 速度 mm/sec	試験条件 振動数 Hz	試験条件 加振回数	試験条件 総移動距離 mm	試験条件 加振波形	マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	その他の条件 補正項目	その他の条件 加振条件	その他の条件 特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数 1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		C1	0.072	1.33	1.02	0.98	0.095	0.070	0.0 3																			
PWRI-1.2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C1	0.079	1.66	1.11	0.95	0. 32	0.088	0.0 3	0.080	0.078	0.078	0.077	0.077	0.076	0.075											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	44	0.1	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C1	0.092	1.11	1.04	0.98	0.102	0.096	0.094	0.093	0.0 3	0.092	0.091	0.091	0.090	0.090											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	132	0.3	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C1	0.086	1.27	1.10	0.96	0.110	0.094	0.089	0.087	0.085	0.084	0.084	0.084	0.083	0.083											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	5	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C1	0.120	0.80	1.09	0.96	0.096	0.130	0.125	0.123	0.117	0.117	0.116	0.118	0.115	0.114											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	10	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C1	0.104	0.79	1.10	0.95	0.082	0.114	0.107	0.107	0.104	0.102	0.102	0.100	0.100	0.099											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	30	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C1	0.069	1.60	1.20	0.92	0.110	0.082	0.075	0.070	0.068	0.066	0.065	0.064	0.064	0.063											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		C1	0.079	1.08	1.00	1.00	0.086	0.079	0.079																			
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		C2	0.077	1.75	1.00	1.00	0. 34	0.076	0.077																			
PWRI-1.2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C2	0.078	1.68	1. 3	0.97	0. 31	0.088	0.082	0.079	0.077	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	44	0.1	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C2	0.0 3	0.99	1.07	0.96	0.092	0.100	0.097	0.094	0.0 3	0.092	0.091	0.090	0.090	0.089											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	20	132	0.3	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C2	0.089	1.46	1. 3	0.93	0. 30	0.100	0.095	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.084	0.083											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	5	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C2	0.117	1.22	1.15	0.94	0.142	0.134	0.124	0.118	0.115	0.1 3	0.113	0.111	0.112	0.110											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	10	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C2	0.106	1.01	1.10	0.95	0.107	0.116	0.111	0.108	0.106	0.105	0.104	0.1 3	0.102	0.101											
PWRI-2	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	70	30	220	0.5	10	700	in波	○	切片法	慣性力補正		C2	0.071	1.77	1.21	0.90	0.125	0.086	0.078	0.073	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	動的	30	20	94.2	0.5	10	300	in波	○	切片法	慣性力補正		C2	0.094	1.14	1.10	0.94	0.107	0.1 3	0.099	0.097	0.094	0.0 3	0.092	0.091	0.090	0.089											
PWRI-1	実機	φ210	充填材入PTFE	90×500	SUS316	No. B	静的	30	20	1.9	0.1	3	90	in波	×	切片法	慣性力補正		C2	0.078	1.18	1.00	1.00	0.092	0.078	0.078																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.015	1.44	1.02	0.98	0.022	0.016	0.015	0.015																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.022	0.96	1.01	0.99	0.021	0.022	0.022	0.022																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.028	0.86	1. 3	0.97	0.024	0.027	0.028	0.029																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.036	0.89	1.00	1.00	0. 32	0.036	0.036	0. 36																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.040	0.95	1.01	0.99	0. 38	0.041	0.041	0.040																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.020	1.23	1.02	0.97	0.025	0.020	0.020	0.019																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.025	1.06	1.04	0.97	0.027	0.026	0.025	0.024																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.028	0.94	1.01	0.99	0.026	0.028	0.028	0.028																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.034	0.87	1.00	1.00	0. 30	0. 34	0.034	0. 34																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.041	0.79	1.00	1.00	0. 33	0.041	0.041	0.041																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.018	1.04	1.01	0.98	0.018	0.018	0.018	0.017																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.029	0.69	1.00	1.00	0.020	0.029	0.029	0. 30																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.036	0.70	1.01	0.99	0.025	0. 36	0.036	0. 36																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.0 3	0.67	1.00	0.99	0.029	0.043	0.0 3	0.043																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.046	0.65	1.01	0.98	0. 30	0.045	0.047	0.046																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.022	1.08	1.01	0.99	0.024	0.022	0.022	0.022																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.037	0.72	1.01	0.99	0.027	0. 36	0.037	0. 37																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.045	0.69	1.01	0.99	0. 31	0.045	0.045	0.045																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.055	0.74	1.00	1.00	0.040	0.055	0.055	0.055																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.0 3	0.59	1.01	0.98	0. 37	0.062	0.0 3	0.063																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.015	1.50	1. 3	0.98	0.022	0.015	0.015	0.015																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.021	0.98	1.00	1.00	0.021	0.021	0.022	0.021																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.027	0.85	1.00	1.00	0.023	0.027	0.027	0.027																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.033	0.78	1.00	1.00	0.026	0. 34	0.033	0. 34																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.038	0.79	1.01	0.99	0. 30	0. 39	0.038	0. 38																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.017	1.17	1. 3	0.98	0.020	0.018	0.017	0.017																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.022	1.08	1.05	0.96	0.024	0.023	0.022	0.021																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.025	0.97	1.01	0.99	0.024	0.025	0.025	0.025																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.030	0. 3	1.01	0.99	0.025	0. 30	0.031	0. 30																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.038	0.71	1.00	0.99	0.027	0. 38	0.038	0. 38																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.018	1.15	1. 3	0.98	0.020	0.018	0.018	0.017																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.029	0.82	1.00	1.00	0.024	0.029	0.029	0. 30																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.036	0.91	1.00	1.00	0. 33	0. 36	0.036	0. 36																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.042	0.98	1.02	0.98	0.042	0.043	0.0 3	0.042																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.045	0.85	1.01	0.98	0. 38	0.044	0.045	0.045																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.025	0.99	1.01	0.99	0.024	0.025	0.024	0.024																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.040	0. 3	1.00	1.00	0.029	0.040	0.040	0.040																		
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP5	0.048	0. 3	1.00	1.00	0.030	0.049	0.048	0.048																		

項目No.	供試体サイズ(実機・振小・	すべり材		相手材			試験条件								その他の条件					動摩擦係数	摩擦係数																												
		大きさ	材質	大きさ	材質	表面	対象	変位	面圧 N/ 2	速度 /	振動数 H	加振回数	総移動距離	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項		1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP5	0.057	0.66	1.00	1.00	0. 38	0.057	0.057	0.057																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP5	0.065	0. 3	1.02	0.97	0.041	0.0 3	0.065	0.066																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.015	1.29	1. 3	0.98	0.019	0.015	0.015	0.015																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.021	0. 3	1.01	0.99	0.020	0.021	0.021	0.021																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.026	0.91	1.01	1.00	0.024	0.026	0.026	0.026																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.033	0.92	1.01	0.98	0. 30	0.032	0.033	0. 33																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.038	0.95	1.01	0.99	0. 36	0.038	0.038	0. 38																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.017	1.21	1.01	0.99	0.021	0.017	0.017	0.017																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.022	1.12	1.05	0.97	0.025	0.023	0.022	0.021																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.024	1.04	1.01	1.00	0.025	0.025	0.024	0.024																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.030	0.95	1.01	0.99	0.029	0.030	0.030	0. 30																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.038	0.72	1.01	0.99	0.027	0.038	0.038	0. 37																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.017	1. 3	1.01	0.99	0.020	0.018	0.017	0.017																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.029	0.86	1.01	0.99	0.025	0.029	0.029	0.029																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.035	0.71	1.00	1.00	0.025	0.035	0.035	0. 35																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.041	0.94	1.01	0.99	0. 38	0.042	0.041	0.041																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.044	0.84	1.02	0.96	0. 37	0.042	0.045	0.045																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P4	0.021	1.25	1.01	0.99	0.027	0.021	0.021	0.021																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P4	0.037	0.82	1.01	0.99	0. 30	0.037	0.036	0. 37																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P4	0.044	0.67	1.00	1.00	0. 30	0.044	0.044	0.044																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P4	0.052	0.69	1.00	0.99	0. 36	0.052	0.052	0.052																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P4	0.059	0.61	1.01	0.98	0. 36	0.058	0.060	0.060																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.0 3	1.22	1.01	0.99	0.015	0.0 3	0.013	0.013																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.017	1.15	1.00	1.00	0.019	0.017	0.017	0.017																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.020	1.12	1.01	0.99	0.022	0.020	0.020	0.020																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.024	0.98	1.01	0.99	0.024	0.025	0.024	0.024																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.029	0.85	1.01	0.99	0.025	0.029	0.029	0.029																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.015	1.28	1.02	0.99	0.019	0.015	0.015	0.015																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.019	1.17	1. 3	0.97	0.022	0.019	0.019	0.018																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.021	1.10	1.01	0.99	0.023	0.022	0.021	0.021																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.026	1.00	1.01	0.99	0.026	0.026	0.026	0.025																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.033	0.88	1.01	0.99	0.029	0.033	0.033	0. 33																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.0 3	1.41	1. 3	0.97	0.019	0.014	0.013	0.013																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.021	1.00	1.02	0.98	0.021	0.022	0.021	0.021																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.026	0.87	1.00	1.00	0.022	0.026	0.026	0.026																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.031	0.85	1.00	1.00	0.027	0.031	0.031	0. 31																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.033	0.87	1. 3	0.96	0.029	0.032	0.033	0. 34																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.017	1.22	1.02	0.98	0.021	0.018	0.017	0.017																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.028	0.90	1.02	0.98	0.025	0.028	0.028	0.027																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.034	0.79	1.00	1.00	0.027	0.034	0.034	0. 34																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.041	0. 3	1.01	0.99	0. 30	0.041	0.042	0.042																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.047	0.67	1.04	0.94	0. 32	0.045	0.048	0.049																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.0 3	1.20	1.04	0.96	0.015	0.012	0.0 3	0.013																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.016	1.17	1.00	0.99	0.019	0.016	0.016	0.016																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.018	1.17	1.02	0.98	0.021	0.019	0.018	0.018																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.022	1.14	1.01	0.99	0.025	0.022	0.022	0.022																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.025	1.04	1.01	0.99	0.026	0.025	0.025	0.025																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.014	1.29	1.01	0.99	0.018	0.014	0.014	0.014																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.017	1.29	1.02	0.99	0.022	0.018	0.017	0.017																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.020	1.23	1.01	0.99	0.024	0.020	0.020	0.020																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.025	1.07	1.01	0.99	0.026	0.025	0.024	0.024																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.029	0.94	1.02	0.97	0.027	0.029	0.029	0.028																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.012	1.37	1.01	0.99	0.017	0.013	0.0 3	0.012																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.018	1.20	1.02	0.99	0.022	0.019	0.018	0.018																			
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.022	0.97	1.01	0.99	0.022	0.022	0.022	0.023																			

項目No.	供試体サイズ(実機:横小)	すべり材		相手材		試験条件								その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																				
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ×mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP2	0.028	0.98	1.02	0.99	0.027	0.028	0.028	0.027																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP2	0.030	0.90	1．3	0.96	0.027	0.029	0.030	0．31																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP2	0.015	1.35	1.04	0.97	0.021	0.016	0.015	0.015																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP2	0.024	1.10	1．3	0.97	0.027	0.025	0.024	0.024																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP2	0.031	0．3	1.01	0.99	0.026	0.031	0.031	0．31																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP2	0.039	0.98	1.00	0.99	0．39	0.039	0.039	0．39																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP2	0.039	0.84	1.06	0.93	0．33	0.036	0.039	0.041																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.014	1．3	1.02	0.98	0.021	0.014	0.014	0.013																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.017	1.20	1.00	1.00	0.021	0.017	0.017	0.017																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.020	1.14	1.02	0.98	0.023	0.020	0.020	0.020																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.025	1.04	1.01	0.99	0.026	0.025	0.025	0.025																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.029	0.97	1.01	0.99	0.029	0.030	0.029	0.029																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.017	1.39	1.01	0.99	0.024	0.017	0.017	0.017																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.020	1.28	1.02	0.98	0.025	0.020	0.020	0.019																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.023	1.20	1.02	0.98	0.027	0.023	0.023	0.022																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.028	1.06	1.02	0.99	0.029	0.028	0.027	0.027																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP1	0.032	0.98	1.02	0.99	0．31	0.032	0.032	0．31																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.014	1.38	1．3	0.99	0.019	0.014	0.013	0.013																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.020	1．3	1.01	0.99	0.022	0.020	0.020	0.019																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.025	1．3	1.01	0.99	0.025	0.025	0.024	0.025																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.031	0．3	1.00	1.00	0.029	0.031	0.031	0．31																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.032	0.74	1．3	0.95	0.024	0.031	0.033	0．33																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.016	1.39	1.01	0.99	0.023	0.016	0.016	0.016																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.024	1.17	1.01	0.99	0.028	0.024	0.024	0.023																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.030	1.02	1.01	0.99	0．31	0.031	0.030	0．30																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.039	0．3	1.01	0.99	0．36	0.039	0.039	0．39																
O-5	実機	φ100	充填材入PTFE	50×550	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.042	0.86	1.01	0.99	0．36	0.042	0.042	0.042																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.016	1.34	1.02	0.99	0.022	0.017	0.016	0.016																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.023	1．3	1.00	1.00	0.024	0.023	0.023	0.023																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.028	1.04	1.01	0.99	0.029	0.028	0.028	0.028																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.035	0.96	1.01	0.99	0．34	0.035	0.035	0．35																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.042	0.92	1.01	0.99	0．38	0.041	0.042	0.042																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.017	1.40	1.02	0.97	0.024	0.017	0.017	0.016																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.023	1.04	1.05	0.95	0.024	0.024	0.023	0.022																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.027	1.05	1.01	0.98	0.028	0.027	0.027	0.026																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.033	0.89	1.01	0.99	0．30	0.033	0.034	0．33																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P7	0.038	0.89	1.01	0.99	0．34	0.038	0.039	0．38																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.016	1.30	1.04	0.97	0.021	0.017	0.016	0.016																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.023	1.08	1.01	0.99	0.025	0.023	0.024	0.023																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.029	0.95	1.00	1.00	0.027	0.029	0.029	0.029																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.037	0.94	1.02	0.98	0．34	0.036	0.037	0．37																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.0 3	0．3	1.01	0.99	0．35	0.042	0.0 3	0.043																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.018	1.30	1.01	0.98	0.024	0.019	0.019	0.018																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.025	1.04	1.04	0.96	0.026	0.026	0.025	0.024																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.029	0.95	1.02	0.99	0.027	0.029	0.029	0.028																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.036	0.84	1.00	1.00	0．30	0．36	0.036	0．35																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P6	0.040	0．3	1.01	0.99	0．34	0.040	0.040	0.040																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.014	1.20	1.01	0.99	0.017	0.014	0.014	0.014																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.020	0.98	1.00	1.00	0.020	0.020	0.020	0.020																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.025	0.98	1.01	0.99	0.024	0.025	0.025	0.025																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.032	0.87	1.01	0.99	0.028	0．32	0.032	0．32																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.037	0.84	1.00	1.00	0．31	0．37	0.037	0．37																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.015	1.09	1.01	0.99	0.016	0.015	0.015	0.015																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.020	1.09	1.04	0.98	0.022	0.021	0.020	0.020																
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	フッ素樹脂コート	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P5	0.023	1.09	1.01	0.98	0.025	0.023	0.023	0.023																

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材		相手材			試験条件								その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																			
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP5	0.028	0.97	1.01	0.99	0.027	0.028	0.028	0.027															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP5	0.031	0. 3	1.01	1.00	0.029	0.031	0.031	0. 31															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.014	0.97	1.01	0.99	0.013	0.014	0.014	0.014															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.019	0.88	1.01	0.99	0.017	0.019	0.019	0.019															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.023	0.86	1.00	1.00	0.019	0.023	0.023	0.022															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.028	0.81	1.00	1.00	0.022	0.028	0.028	0.028															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.032	0.79	1.00	0.99	0.025	0.032	0.032	0. 31															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.015	1. 3	1.01	0.99	0.017	0.015	0.015	0.015															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.021	0.89	1.02	0.99	0.018	0.021	0.020	0.020															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.024	0.81	1.02	0.98	0.019	0.024	0.024	0.023															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.028	0.78	1.01	0.99	0.022	0.028	0.028	0.028															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP4	0.031	0.78	1.01	0.99	0.025	0.032	0.031	0. 31															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP3	0.022	1.08	1. 3	0.97	0.024	0.023	0.022	0.022															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP3	0.037	0. 3	1.00	1.00	0. 35	0.037	0.037	0. 38															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP3	0.045	0.76	1.00	1.00	0. 34	0.045	0.045	0.044															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP3	0.051	0.75	1.02	0.98	0. 38	0.052	0.051	0.050															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS TP3	0.054	0.72	1.02	0.98	0. 39	0.055	0.054	0.053															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.030	0.82	1. 3	0.98	0.025	0.031	0.030	0. 30															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.049	0.64	1.01	0.99	0. 31	0.049	0.049	0.050															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.059	0.64	1.01	0.99	0. 38	0.058	0.059	0.059															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.069	0.62	1.00	0.99	0.043	0.069	0.069	0.068															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P3	0.072	0.57	1.01	0.99	0.041	0.071	0.072	0.071															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.0 3	1.15	1.01	0.99	0.015	0.0 3	0.013	0.013															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.018	1.29	1.01	0.99	0.024	0.018	0.018	0.018															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.021	1.17	1.01	0.99	0.025	0.021	0.021	0.021															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.026	1.11	1.01	1.00	0.029	0.026	0.026	0.026															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.030	1.04	1.00	1.00	0. 31	0.030	0.030	0. 30															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.016	1. 3	1.01	0.98	0.018	0.015	0.016	0.016															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.020	0.98	1.04	0.96	0.020	0.021	0.020	0.020															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.022	1.01	1.00	0.99	0.022	0.022	0.022	0.022															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.027	1.04	1.00	0.99	0.028	0.027	0.027	0.027															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P2	0.030	1.00	1.01	0.99	0.029	0.030	0.030	0.029															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.0 3	0.99	1.01	0.99	0.013	0.0 3	0.013	0.014															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.019	0.95	1.01	0.99	0.018	0.019	0.018	0.019															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.022	1.14	1.01	0.99	0.025	0.022	0.022	0.021															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.027	1.05	1.00	1.00	0.028	0.027	0.027	0.027															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	19.6	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.030	1.00	1.00	1.00	0. 30	0.030	0.030	0. 30															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	10	0.016	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.015	1.18	1.01	0.99	0.018	0.015	0.015	0.015															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	50	0.080	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.020	0.97	1. 3	0.98	0.020	0.021	0.020	0.020															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	100	0.159	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.023	0.97	1.01	0.99	0.023	0.024	0.023	0.023															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	200	0.318	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.028	0.90	1.01	1.00	0.025	0.028	0.028	0.028															
O-5	実機	φ150	充填材入PTFE	00×600	AC7A	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	100	14.7	300	0.477	3	1200	in波	×	切片法			FPS P1	0.031	0.90	1.01	0.99	0.028	0.032	0.031	0. 31															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	14.7	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS P3	0.015	1.34	1.00	1.00	0.020	0.015	0.015	0.015															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	14.7	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS P3	0.018	1.25	1.02	0.98	0.023	0.019	0.018	0.018															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	14.7	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS P3	0.021	1.15	1.02	0.98	0.024	0.021	0.021	0.020															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	14.7	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS P3	0.025	1.10	1.01	0.99	0.027	0.025	0.024	0.024															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	14.7	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS P3	0.028	0.98	1.02	0.99	0.027	0.028	0.028	0.027															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	19.6	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS P2	0.0 3	1.20	1.00	0.99	0.015	0.012	0.0 3	0.013															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	19.6	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS P2	0.017	1.19	1.01	0.99	0.020	0.017	0.016	0.016															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	19.6	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS P2	0.019	1.14	1.01	0.99	0.022	0.020	0.019	0.019															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	19.6	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS P2	0.024	1.02	1.01	0.99	0.025	0.024	0.025	0.025															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	19.6	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS P2	0.030	0.94	1.01	1.00	0.028	0. 30	0.030	0. 30															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	14.7	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS P2	0.015	1.30	1.01	0.99	0.019	0.015	0.014	0.015															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	14.7	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS P2	0.018	1.18	1. 3	0.98	0.021	0.018	0.018	0.017															
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	ﾌｯ素樹脂ｺｰﾄ	動的	200	14.7	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS P2	0.020	1.12	1.02	0.99	0.023	0.021	0.020	0.020															

項目No.	供試体サイズ(実機-縮小-)	すべり材		相手材			試験条件									その他の条件					動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																						
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP2	0.025	1.04	1.02	0.98	0.026	0.025	0.025	0.024																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP2	0.027	0.95	1.01	0.99	0.026	0.028	0.027	0.027																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.012	1.34	1.00	0.99	0.015	0.012	0.012	0.011																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.015	1.18	1.00	1.00	0.018	0.015	0.015	0.015																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.018	1.19	1.02	0.99	0.021	0.018	0.018	0.017																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.021	1.08	1.00	0.99	0.023	0.021	0.021	0.021																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.025	1.03	1.01	0.99	0.026	0.025	0.025	0.025																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.013	1.36	1.00	1.00	0.018	0.013	0.013	0.013																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.017	1.14	1.00	1.00	0.020	0.017	0.017	0.017																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.020	1.03	1.02	0.98	0.022	0.020	0.020	0.019																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.024	1.02	1.02	0.99	0.024	0.024	0.024	0.024																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.027	0.99	1.01	0.99	0.027	0.027	0.027	0.027																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.029	0.72	1.01	1.00	0.021	0.029	0.029	0.029																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.045	0.71	1.00	0.99	0.032	0.045	0.045	0.045																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.052	0.73	1.00	0.99	0.032	0.052	0.052	0.051																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.057	0.72	1.02	0.98	0.041	0.058	0.057	0.056																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS TP1	0.058	0.75	1.04	0.97	0.043	0.060	0.058	0.056																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.039	0.98	1.00	1.00	0.038	0.038	0.039	0.039																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.059	0.79	1.00	1.00	0.046	0.059	0.059	0.059																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.068	0.77	1.01	0.99	0.053	0.068	0.069	0.069																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.075	0.71	1.00	0.99	0.053	0.075	0.075	0.074																		
O-5	実機	φ200	充填材入PTFE	00×700	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.077	0.74	1.03	0.98	0.057	0.079	0.077	0.076																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.011	1.03	1.02	0.99	0.015	0.011	0.011	0.011																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.018	0.90	1.01	0.99	0.017	0.018	0.019	0.018																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.023	0.91	1.00	1.00	0.021	0.023	0.023	0.023																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.028	0.88	1.02	0.98	0.025	0.029	0.028	0.027																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.031	0.87	1.03	0.98	0.027	0.032	0.031	0.030																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.011	1.17	1.00	1.00	0.013	0.011	0.011	0.011																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.016	1.03	1.00	1.00	0.017	0.017	0.017	0.016																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.020	1.01	1.01	0.99	0.021	0.020	0.021	0.020																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.025	0.93	1.00	0.99	0.023	0.025	0.025	0.025																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.028	0.91	1.01	0.99	0.025	0.028	0.028	0.028																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.03	1.24	1.01	0.99	0.016	0.03	0.012	0.013																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.021	1.03	1.01	0.99	0.022	0.021	0.021	0.021																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.026	0.93	1.02	0.99	0.024	0.027	0.026	0.026																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.032	0.90	1.02	0.98	0.028	0.032	0.031	0.031																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	19.6	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.034	0.84	1.01	0.99	0.028	0.034	0.034	0.034																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	10	0.008	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.019	1.18	1.01	1.00	0.023	0.019	0.019	0.019																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	50	0.040	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.032	1.00	1.01	0.99	0.032	0.032	0.032	0.032																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	100	0.080	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.040	0.92	1.02	0.98	0.037	0.041	0.040	0.039																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	200	0.159	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.048	0.91	1.02	0.98	0.043	0.049	0.048	0.047																		
O-5	実機	φ400	充填材入PTFE	50×950	SS400	フッ素樹脂コート	動的	200	14.7	300	0.239	3	2400	in波	×	切片法			FPS P1	0.048	0.86	1.01	0.99	0.041	0.048	0.049	0.049																		
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	100	0.080	10	8000	in波	○	切片法				0.03	1.36	1.05	0.99	0.059	0.045	0.03	0.043	0.03	0.03	0.03	0.043														
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	200	0.159	10	8000	in波	○	切片法				0.034	1.94	1.10	0.97	0.066	0.037	0.035	0.034	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.035										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	300	0.239	10	8000	in波	○	切片法				0.029	2.36	1.08	0.96	0.069	0.032	0.029	0.028	0.028	0.029	0.030	0.029	0.029											
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	400	0.318	10	8000	in波	○	切片法				0.028	2.58	1.18	0.90	0.073	0.033	0.029	0.026	0.028	0.028	0.025	0.027	0.028	0.028										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	500	0.398	10	8000	in波	○	切片法				0.024	3.02	1.35	0.85	0.073	0.033	0.028	0.026	0.022	0.021	0.022	0.022	0.025	0.021										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	600	0.477	10	8000	in波	○	切片法				0.022	3.34	1.12	0.87	0.074	0.021	0.024	0.025	0.022	0.025	0.019	0.022	0.021	0.020										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	100	0.080	10	8000	in波	○	切片法				0.030	1.72	1.15	0.93	0.052	0.035	0.031	0.031	0.030	0.031	0.029	0.029	0.029	0.028										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	200	0.159	10	8000	in波	○	切片法				0.022	2.30	1.24	0.91	0.050	0.027	0.023	0.023	0.022	0.020	0.021	0.021	0.020	0.020										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	300	0.239	10	8000	in波	○	切片法				0.017	3.02	1.23	0.88	0.051	0.021	0.019	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.015										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	400	0.318	10	8000	in波	○	切片法				0.014	3.56	1.37	0.84	0.051	0.020	0.017	0.014	0.014	0.03	0.013	0.012	0.03	0.013										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	500	0.398	10	8000	in波	○	切片法				0.012	3.84	1.31	0.79	0.047	0.016	0.014	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.011										
O-7	要素	φ40×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	600	0.477	10	8000	in波	○	切片法				0.011	4.20	1.28	0.81	0.046	0.014	0.012	0.012	0.012	0.010	0.010	0.009	0.010	0.009										
O-7	要素	φ60×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	100	0.080	10	8000	in波	○	切片法				0.067	1.27	1.07	0.96	0.085	0.071	0.068	0.067	0.067	0.066	0.065	0.065	0.064	0.064										

項目No.	供試体サイズ(実機・模小)	すべり材		相手材		試験条件								その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																				
		大きさ mm	材質	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの充合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
O-7	要素	φ60×2	AF P	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	200	0.159	10	8000	in波	○	切片法				0.068	1.25	1.08	0.96	0.085	0.0 3	0.070	0.069	0.068	0.067	0.066	0.066	0.065	0.065										
O-7	要素	φ60×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	300	0.239	10	8000	in波	○	切片法				0.046	1.90	1.16	0.92	0.088	0.054	0.049	0.047	0.046	0.045	0.045	0.044	0.043	0.043										
O-7	要素	φ60×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	400	0.318	10	8000	in波	○	切片法				0.040	2.15	1.18	0.91	0.086	0.048	0.043	0.041	0.040	0.039	0. 38	0.038	0. 37	0. 37										
O-7	要素	φ60×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	500	0.398	10	8000	in波	○	切片法				0.035	2.37	1.15	0.94	0.084	0.040	0.037	0. 36	0.035	0.034	0. 34	0.034	0. 33	0. 33										
O-7	要素	φ60×2	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	600	0.477	10	8000	in波	○	切片法				0.033	2.32	1.10	0.96	0.078	0.037	0.035	0. 34	0.033	0.033	0. 33	0.032	0. 32	0. 32										
O-7	要素	φ100	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	10	0.008	10	8000	in波	○	切片法				0.069	0.99	1.01	0.98	0.069	0.068	0.069	0.069	0.069	0.069	0.070	0.070	0.070	0.070										
O-7	要素	φ100	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	100	0.080	10	8000	in波	○	切片法				0.062	1.59	1. 3	0.94	0.099	0.070	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.059	0.058										
O-7	要素	φ100	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	200	0.159	10	8000	in波	○	切片法				0.0 3	2.04	1.21	0.92	0.089	0.052	0.046	0.045	0.0 3	0.042	0.041	0.041	0.040	0.040										
O-7	要素	φ100	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	300	0.239	10	8000	in波	○	切片法				0.034	2. 3	1.26	0.89	0.101	0.0 3	0.038	0. 35	0.034	0.033	0. 32	0.032	0. 31	0. 31										
O-7	要素	φ100	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	400	0.318	10	8000	in波	○	切片法				0.027	3.40	1.25	0.93	0.094	0.034	0.029	0.028	0.027	0.026	0.026	0.026	0.026	0.026										
O-7	要素	φ100	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	500	0.398	10	8000	in波	○	切片法				0.026	3.36	1.20	0.90	0.086	0.031	0.028	0.027	0.026	0.025	0.025	0.024	0.023	0.023										
O-7	要素	φ100	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	600	0.477	10	8000	in波	○	切片法				0.023	3.64	1.16	0.91	0.083	0.026	0.024	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	10	0.008	10	8000	in波	○	切片法				0.056	1. 3	1. 3	0.98	0.057	0.057	0.057	0.056	0.056	0.055	0.055	0.055	0.055	0.054										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	100	0.080	10	8000	in波	○	切片法				0.048	1.76	1.21	0.89	0.085	0.058	0.053	0.050	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	200	0.159	10	8000	in波	○	切片法				0.032	2.40	1.24	0.90	0.076	0.039	0.034	0. 32	0.031	0.030	0. 30	0.029	0.029	0.028										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	300	0.239	10	8000	in波	○	切片法				0.026	3.67	1.28	0.88	0.096	0.033	0.029	0.027	0.026	0.025	0.024	0.024	0.023	0.023										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	400	0.318	10	8000	in波	○	切片法				0.023	4.09	1.31	0.86	0.093	0.030	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021	0.020	0.020	0.020										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	500	0.398	10	8000	in波	○	切片法				0.022	4.35	1.30	0.87	0.097	0.029	0.025	0.023	0.022	0.021	0.021	0.020	0.020	0.019										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	20	600	0.477	10	8000	in波	○	切片法				0.019	4.35	1.26	0.89	0.083	0.024	0.021	0.020	0.019	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	10	0.008	10	8000	in波	○	切片法				0.056	1. 3	1. 3	0.98	0.057	0.057	0.057	0.056	0.056	0.055	0.055	0.055	0.055	0.054										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	100	0.080	10	8000	in波	○	切片法				0.025	2.25	1.28	0.87	0.056	0.032	0.028	0.026	0.025	0.024	0.023	0.023	0.022	0.022										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	200	0.159	10	8000	in波	○	切片法				0.016	2.90	1.27	0.87	0.045	0.020	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.014	0.014										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	300	0.239	10	8000	in波	○	切片法				0.011	4.44	1.27	0.88	0.049	0.014	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	400	0.318	10	8000	in波	○	切片法				0.010	5.09	1.21	0.90	0.049	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	500	0.398	10	8000	in波	○	切片法				0.009	5. 3	1.23	0.90	0.046	0.011	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008										
O-7	要素	φ200	AFRP	00×210	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	200	60	600	0.477	10	8000	in波	○	切片法				0.009	4.95	1.23	0.90	0.043	0.011	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008										
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	50	0.080	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.044	1.14	1.07	0.97	0.050	0.047	0.045	0.044	0.044	0.044	0.043	0.0 3	0.043	0.043										
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	100	0.159	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.035	1.20	1.10	0.96	0.042	0.039	0.036	0. 36	0.035	0.035	0. 35	0.034	0.034	0. 34										
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	500	0.796	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.018	1.91	1.21	0.91	0. 34	0.022	0.019	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.016										
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	1000	1.592	7	2800	in波	×	切片法	摩擦補正			0.012	2.57	1.39	1.20	0. 31	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.015										
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	1500	2.387	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.008	3.17	1.88	1.72	0.027	0.016	0.015	0.015	0.015	0.014											
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	2000	3.1 3	4	1600	in波	×	切片法	摩擦補正			0.008	5.46	1. 3	1.72	0.046	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014											
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	100	0.159	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.078	1.12	1.08	0.98	0.087	0.085	0.079	0.078	0.078	0.078	0.077	0.076	0.077	0.076										
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	500	0.796	8	3200	in波	×	切片法	摩擦補正			0.037	1.57	1.24	1.05	0.059	0.046	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039	0. 39										
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	1000	1.592	7	2800	in波	×	切片法	摩擦補正			0.028	2.37	1.34	1.21	0.066	0.037	0.037	0. 37	0.036	0.035	0. 34	0.034											
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	1500	2.387	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.018	2. 3	1.86	1.74	0.053	0.034	0.033	0. 33	0.032	0.032											
O-8	要素	φ40	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	2000	3.1 3	4	1600	in波	×	切片法	摩擦補正			0.014	6.20	2.29	2.22	0.084	0.030	0.031	0. 30	0.030												
O-8	要素	φ60	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	100	0.159	7	2800	in波	×	切片法	摩擦補正			0.055	1.60	1.46	1.21	0.089	0.081	0.074	0.071	0.070	0.069	0.068	0.067											
O-8	要素	φ60	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	500	0.796	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.027	2.55	1.59	1.16	0.070	0.044	0.038	0. 35	0.034	0.033	0. 32	0.032											
O-8	要素	φ60	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	1000	1.592	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.018	3. 3	1.78	1.35	0.055	0.031	0.028	0.026	0.025	0.024	0.024												
O-8	要素	φ60	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	1500	2.387	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.011	4.74	1.95	1.71	0.050	0.021	0.019	0.018	0.018	0.019												
O-8	要素	φ60	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	2000	3.1 3	9	3600	in波	×	切片法	摩擦補正			0.009	3.95	2.57	2.11	0. 37	0.024	0.020	0.020	0.021													
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	100	0.159	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.022	1.76	1.28	0.87	0. 38	0.028	0.024	0.022	0.022	0.021	0.020	0.020	0.019	0.019										
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	500	0.796	8	3200	in波	×	切片法	摩擦補正			0.009	2.90	1.52	0.96	0.027	0.014	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009										
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	1000	1.592	7	2800	in波	×	切片法	摩擦補正			0.007	3.54	1.56	1.14	0.024	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008											
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	1500	2.387	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.005	4.71	1.97	1.67	0.023	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008												
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	60	2000	3.1 3	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.005	6.98	2.10	1.55	0. 36	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008												
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	100	0.159	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.060	1.44	1.21	0.90	0.087	0.0 3	0.065	0.062	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054										
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	500	0.796	8	3200	in波	×	切片法	摩擦補正			0.030	2.42	1.61	0.91	0.072	0.047	0.039	0. 35	0.032	0.030	0.029	0.028	0.027										
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	1000	1.592	6	2400	in波	×	切片法	摩擦補正			0.017	3.68	1. 3	1.24	0.063	0.032	0.029	0.026	0.024	0.023	0.021												
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	1500	2.387	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.0 3	3.81	2.04	1.62	0.048	0.026	0.024	0.022	0.021	0.021												
O-8	要素	φ100	AFRP	00×800	SUS316	フッ素樹脂コート	動的	100	20	2000	3.1 3	5	2000	in波	×	切片法	摩擦補正			0.012	6.81	1.99	1.61	0.082	0.023	0.024	0.022	0.020	0.019												
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	1	10	0.016	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.133	0.80	1.11	0.95	0.106	0.138	0.147	0. 36	0.128	0.126	0.126	0.128	0.132	0. 33										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	1	100	0.159	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.188	0.88	1.02	0.98	0.165	0.184	0.185	0.188	0.1 3	0.187	0.189	0.190	0.190	0.191										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	1	300	0.477	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.211	1.95	1.11	0.95	0.413	0.234	0.223	0.215	0.212	0.207	0.204	0.2 3	0.201	0.201										

項目No.	供試体サイズ 実機・擬似・	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	試験条件 対象	試験条件 変位 ±mm	試験条件 面圧 N/mm2	試験条件 速度 mm/sec	試験条件 振動数 Hz	試験条件 加振回数 波	試験条件 総移動距離 mm	試験条件 加振波形	試験条件 マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	その他の条件 補正項目	その他の条件 加振条件	その他の条件 特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	1	600	0.955	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.180	4.96	1.25	0.89	0.892	0.225	0.187	0.199	0.176	0.174	0.168	0.160	0.163	0.167										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	3	10	0.016	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.149	0.89	1.01	0.97	0. 34	0.144	0.149	0.149	0.150	0.151	0.150	0.150	0.150	0.150										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	3	100	0.159	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.181	1.30	1.06	0.97	0.235	0.1 3	0.186	0.183	0.181	0.179	0.179	0.177	0.177	0.176										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	3	300	0.477	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.197	1. 3	1.07	0.97	0.281	0.210	0.205	0.198	0.195	0.195	0.194	0.192	0.192	0.191										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	3	600	0.955	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.202	2.42	1.14	0.91	0.487	0.230	0.200	0.209	0.198	0.190	0.184	0.1 3	0.205	0.203										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	5	10	0.016	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.150	0.96	1.06	0.95	0.143	0.144	0.143	0.144	0.147	0.149	0.151	0.154	0.156	0.159										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	5	100	0.159	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.180	0.96	1.01	0.99	0.172	0.179	0.180	0.179	0.179	0.178	0.179	0.180	0.180	0.181										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	5	300	0.477	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.186	1.26	1.07	0.98	0.235	0.198	0.191	0.187	0.184	0.184	0.183	0.1 3	0.182	0.182										
O-9	要素	φ100	充填材入PTFE	20×180	SUS316	No. B	動的	100	5	600	0.955	10	4000	in波	○	切片法	摩擦補正			0.1 3	1.85	1.10	0.93	0.340	0.200	0.202	0.184	0.185	0.188	0.176	0.170	0.172	0.174										
K-1	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	5	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.167	2.07	1.06	0.97	0.346	0.178	0.173	0.168	0.166	0.165	0.163	0.1 3	0.164	0.163										
K-1	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	10	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.147	1.70	1.08	0.95	0.250	0.159	0.153	0.149	0.147	0.147	0.144	0.1 3	0.142	0.140										
K-1	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.110	1.79	1.16	0.90	0.197	0.127	0.119	0.114	0.111	0.108	0.106	0.104	0.101	0.099										
K-1	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	30	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.087	1.91	1.24	0.87	0.166	0.108	0.098	0.092	0.087	0.083	0.081	0.079	0.077	0.076										
K-2	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	6.2 32	0.01	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.104	0.90	1. 3	0.94	0.094	0.099	0.102	0.104	0.105	0.105	0.106	0.106	0.107	0.107										
K-2	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	62. 32	0.1	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.118	1.40	1.07	0.95	0.165	0.125	0.122	0.120	0.118	0.117	0.116	0.115	0.114	0.112										
K-2	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	314.16	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.108	1.84	1.16	0.91	0.198	0.125	0.116	0.111	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098										
K-2	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	628.32	1	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.104	2.21	1.18	0.91	0.230	0.123	0.114	0.109	0.105	0.102	0.098	0.098	0.095	0.095										
K-1	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	5	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.156	2.28	1.06	0.98	0.355	0.165	0.157	0.156	0.156	0.155	0.154	0.154	0.154	0.155										
K-1	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	10	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.150	1.97	1.05	0.98	0.295	0.158	0.152	0.150	0.150	0.148	0.149	0.148	0.148	0.147										
K-1	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.110	1.77	1.11	0.94	0.195	0.122	0.116	0.113	0.111	0.109	0.107	0.106	0.104	0.103										
K-1	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	30	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.087	2.10	1.20	0.89	0.181	0.104	0.095	0.090	0.087	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077										
K-2	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	6.2 32	0.01	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.121	0.99	1.01	0.99	0.119	0.122	0.122	0.121	0.121	0.121	0.121	0.120	0.120	0.120										
K-2	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	62. 32	0.1	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.124	1.44	1.09	0.94	0.178	0.135	0.130	0.127	0.125	0.123	0.121	0.119	0.118	0.117										
K-2	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	314.16	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.109	1.92	1.15	0.92	0.210	0.125	0.117	0.112	0.110	0.107	0.105	0.1 3	0.102	0.101										
K-2	実機	φ190	充填材入PTFE	50×550	SUS316	No. B	動的	100	20	628.32	1	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.106	2.20	1.20	0.90	0.233	0.126	0.116	0.110	0.106	0.103	0.100	0.098	0.097	0.095										
K-4	実機	φ190	フッ素系すべり材ナシ	50×550	SUS316	フッ素コート	動的	100	5	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.079	4.91	1.04	0.96	0.386	0.081	0.081	0.080	0.079	0.080	0.075	0.078	0.077	0.076										
K-4	実機	φ190	フッ素系すべり材ナシ	50×550	SUS316	フッ素コート	動的	100	10	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.064	3.38	1.11	0.96	0.216	0.071	0.067	0.064	0.064	0.063	0.061	0.062	0.061	0.061										
K-4	実機	φ190	フッ素系すべり材ナシ	50×550	SUS316	フッ素コート	動的	100	20	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.049	2.58	1.07	0.96	0.125	0.052	0.050	0.049	0.048	0.047	0.048	0.048	0.047	0.047										
K-4	実機	φ190	フッ素系すべり材ナシ	50×550	SUS316	フッ素コート	動的	100	30	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.041	2.34	1.08	0.95	0.097	0.045	0.043	0.042	0.042	0.041	0.041	0.040	0.040	0. 39										
K-5	実機	φ190	フッ素系すべり材ナシ	50×550	SUS316	フッ素コート	動的	100	20	6.2832	0.01	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.070	0.94	1.08	0.93	0.066	0.065	0.066	0.068	0.069	0.070	0.072	0.0 3	0.074	0.076										
K-5	実機	φ190	フッ素系すべり材ナシ	50×550	SUS316	フッ素コート	動的	100	20	62.832	0.1	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.059	0.88	1.01	0.98	0.052	0.058	0.058	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059										
K-5	実機	φ190	フッ素系すべり材ナシ	50×550	SUS316	フッ素コート	動的	100	20	314.16	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.039	2.85	1.15	0.93	0.112	0.045	0.042	0.041	0.039	0.038	0. 38	0.037	0. 37	0. 36										
K-5	実機	φ190	フッ素系すべり材ナシ	50×550	SUS316	フッ素コート	動的	100	20	628.32	1	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.039	4.43	1.09	0.94	0.173	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0. 38	0.038	0. 37	0. 37										
K-7	実機	□250	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	100	3	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.168	1.57	1.10	0.94	0.263	0.185	0.177	0.171	0.168	0.167	0.164	0.162	0.158	0.158										
K-7	実機	□250	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	100	5	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.150	1.67	1.14	0.91	0.251	0.171	0.162	0.156	0.152	0.148	0.145	0.142	0.140	0. 37										
K-7	実機	□250	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	100	8	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.130	1.86	1.21	0.89	0.242	0.157	0.144	0. 36	0.131	0.127	0.124	0.121	0.117	0.116										
K-7	実機	□250	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	100	10	314.6	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.116	2.01	1.21	0.89	0.232	0.140	0.128	0.121	0.116	0.112	0.109	0.107	0.105	0.103										
K-8	実機	□250	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	100	5	6.2 32	0.01	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.125	0.92	1.01	0.99	0.114	0.124	0.124	0.124	0.124	0.125	0.125	0.125	0.126	0.125										
K-8	実機	□250	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	100	5	62. 32	0.1	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.154	1.17	1.04	0.98	0.181	0.161	0.158	0.156	0.155	0.153	0.153	0.151	0.151	0.151										
K-8	実機	□250	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	100	5	314.16	0.5	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.148	1.88	1.14	0.93	0.278	0.168	0.160	0.152	0.148	0.145	0.143	0.139	0. 39	0. 37										
K-8	実機	□250	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	100	5	628.32	1	10	4000	in波	○	切片法	慣性力補正	スローストップ		0.146	2.45	1.21	0.89	0.357	0.176	0.163	0.155	0.147	0.142	0. 37	0.132	0. 31	0.129										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	静的	100	30	4	0.00 37	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正			0.066	1.05	1.02	0.95	0.070	0.0 3	0.064	0.066	0.067	0.067	0.068	0.068	0.068	0.067										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	10	0.0159	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.080	1.06	1. 3	0.96	0.084	0.0 3	0.082	0.081	0.081	0.080	0.079	0.078	0.078	0.077										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	100	0.1592	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.080	1.26	1.12	0.92	0.101	0.090	0.086	0.084	0.081	0.080	0.078	0.076	0.075	0.074										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	400	0.6366	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.068	1.40	1.19	0.88	0.095	0.081	0.075	0.071	0.069	0.066	0.064	0.0 3	0.061	0.060										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	800	1.2 32	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.060	1.50	1.24	0.86	0.090	0.075	0.069	0.064	0.061	0.058	0.056	0.055	0.053	0.052										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	1200	1.91	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.0 3	1.57	1.28	0.81	0.083	0.067	0.059	0.057	0.056	0.052	0.049	0.046	0.045	0.043										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	静的	100	20	4	0.00 37	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正			0.091	0.79	1.06	0.92	0.072	0.097	0.096	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.086	0.084										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	20	10	0.0159	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.1 3	0.99	1.02	0.96	0.102	0.104	0.105	0.104	0.104	0.104	0.103	0.102	0.100	0.099										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	20	100	0.1592	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.092	1.36	1.17	0.86	0.125	0.108	0.101	0.096	0.0 3	0.091	0.079	0.088	0.086	0.085										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	20	400	0.6366	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.084	1.48	1.28	0.84	0.124	0.107	0.097	0.090	0.084	0.080	0.080	0.074	0.072	0.070										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	20	800	1.2 32	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.078	1.54	1.31	0.82	0.121	0.102	0.093	0.085	0.080	0.074	0.071	0.068	0.066	0.064										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	20	1200	1.91	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.075	1.49	1.31	0.81	0.112	0.099	0.087	0.081	0.078	0.068	0.071	0.067	0.065	0.061										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	静的	100	10	4	0.00 37	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正			0.096	1.26	1.06	0.89	0.122	0.099	0.102	0.103	0.101	0.099	0.096	0.0 3	0.090	0.086										
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	10	10	0.0159	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	50-10 1-10		0.104	0.98	1.02	0.97	0.102	0.105	0.106	0.106	0.106	0.105	0.104	0.1 3	0.102	0.102										

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材		相手材			試験条件								その他の条件				動摩擦係数	摩擦係数																						
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項		1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	10	100	0.1592	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.141	1.10	1.05	0.97	0.155	0.148	0.144	0.142	0.142	0.141	0. 39	0.139	0. 37	0. 37												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	10	400	0.6366	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.137	1.19	1.09	0.94	0.163	0.149	0.145	0.141	0.138	0.136	0. 34	0.133	0. 31	0.129												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	10	800	1.2 32	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.130	1.26	1.15	0.92	0.164	0.149	0.143	0. 33	0.132	0.126	0.125	0.122	0.121	0.119												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	10	1200	1.91	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.120	1.29	1.19	0.89	0.156	0.1 3	0.134	0.129	0.126	0.113	0.107	0.108	0.112	0.109												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	静的	100	5	4	0.00 37	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正			0.102	0.85	1.09	0.80	0.086	0.081	0.090	0.096	0.102	0.106	0.108	0.110	0.111	0.111												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	5	10	0.0159	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.122	1.08	1.09	0.88	0. 32	0.133	0.132	0. 30	0.127	0.123	0.119	0.115	0.112	0.108												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	5	100	0.1592	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.167	1.07	1.04	0.98	0.180	0.174	0.170	0.169	0.167	0.166	0.166	0.166	0.164	0.164												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	5	400	0.6366	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.166	1.15	1.09	0.96	0.190	0.180	0.172	0.169	0.165	0.164	0.163	0.161	0.160	0.159												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	5	800	1.2 32	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.164	1.12	1.09	0.94	0.184	0.179	0.174	0.170	0.164	0.163	0.158	0.159	0.154	0.155												
N-1	実機	φ260	充填材入PTFE	40×540	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	5	1200	1.91	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.155	1.23	1.14	0.89	0.192	0.177	0.159	0.163	0.168	0.158	0.145	0.1 3	0.147	0. 38												
N-1	実機	φ140	充填材入PTFE	70×400	SUS316	鏡面仕上げ	静的	100	30	4	0.00 37	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正			0.061	0.73	1. 3	0.85	0.045	0.052	0.054	0.057	0.060	0.062	0.064	0.066	0.068	0.069												
N-1	実機	φ140	充填材入PTFE	70×400	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	10	0.0159	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.091	0.98	1.00	0.99	0.089	0.090	0.090	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091												
N-1	実機	φ140	充填材入PTFE	70×400	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	100	0.1592	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.087	1.24	1. 3	0.90	0.108	0.098	0.093	0.092	0.089	0.085	0.086	0.084	0.080	0.079												
N-1	実機	φ140	充填材入PTFE	70×400	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	400	0.6366	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.071	1.41	1.21	0.88	0.101	0.086	0.080	0.076	0.072	0.069	0.067	0.065	0.064	0.063												
N-1	実機	φ140	充填材入PTFE	70×400	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	800	1.2 32	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.065	1.47	1.28	0.84	0.096	0.084	0.073	0.070	0.068	0.061	0.060	0.060	0.058	0.055												
N-1	実機	φ140	充填材入PTFE	70×400	SUS316	鏡面仕上げ	動的	100	30	1200	1.91	10	1000	in波	○	切片法	慣性力補正	10-19 1-317 含めて1回加振		0.060	1.47	1.31	0.84	0.089	0.079	0.067	0.065	0.061	0.057	0.055	0.054	0.051	0.053												
B-1	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.085	0.83	1.11	0.87	0.070	0.074	0.078	0.079	0.083	0.086	0.087	0.09	0.091	0.094	0.096	0.099	0.097	0.101	0.1 3	0.1	0.103	0.104	0.105	0.106
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.085	1.08	1.01	0.98	0.092	0.086	0.086	0.085	0.085	0.085	0.086	0.084	0.085	0.086	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.086	0.085	0.085
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.067	1.10	1.01	0.99	0.073	0.067	0.067	0.066	0.066	0.066	0.066	0.067	0.067	0.067	0.066	0.067	0.067	0.066	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.060	1.15	1.02	0.99	0.069	0.061	0.06	0.06	0.06	0.059	0.06	0.059	0.06	0.059	0.06	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.051	1.06	1.02	0.98	0.054	0.052	0.052	0.051	0.051	0.051	0.051	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0. 3052	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.1 3	1.12	1.07	0.96	0.172	0.164	0.159	0.158	0.152	0.1 3	0.149	0.15	0.148	0.148	0.147	0.143	0.144	0.142	0.139	0. 39	0. 39	0.138	0.138	0.14
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0. 3052	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.120	1.21	1.11	0.94	0.145	0. 33	0.127	0.123	0.12	0.118	0.115	0.115	0.1 3	0.112	0.11	0.11	0.108	0.107	0.106	0.105	0.105	0.105	0.104	0.103
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0. 3052	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.094	1.27	1. 3	0.91	0.120	0.107	0.102	0.098	0.095	0.092	0.091	0.09	0.088	0.086	0.085	0.084	0.083	0.082	0.081	0.081	0.08	0.079	0.079	0.078
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0. 3052	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.085	1.28	1.14	0.92	0.109	0.097	0.092	0.088	0.085	0.084	0.082	0.08	0.079	0.078	0.077	0.076	0.076	0.074	0.0 3	0.073	0.073	0.072	0.072	0.071
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0. 3052	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.067	1.39	1.18	0.90	0.093	0.079	0.074	0.07	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.06	0.059	0.059	0.058	0.057	0.057	0.056	0.055	0.055	0.055	0.054
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.159	1.27	1.11	0.93	0.201	0.176	0.165	0.165	0.159	0.158	0.155	0.153	0.152	0.147	0.147	0.145	0.144	0.142	0.142	0.141	0.141	0.139	0.138	0. 36
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.123	1.39	1.17	0.90	0.171	0.144	0. 35	0.128	0.125	0.12	0.117	0.114	0.112	0.11	0.108	0.107	0.105	0.1 3	0.102	0.101	0.1	0.099	0.097	0.096
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.095	1.45	1.20	0.88	0. 37	0.113	0.105	0.1	0.096	0.092	0.09	0.088	0.084	0.0 3	0.081	0.079	0.078	0.077	0.076	0.075	0.074	0.0 3	0.0 3	0.072
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.092	1.49	1.22	0.87	0. 37	0.112	0.103	0.097	0.093	0.089	0.086	0.083	0.082	0.08	0.078	0.076	0.075	0.074	0.0 3	0.072	0.071	0.07	0.069	0.069
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.071	1.62	1.25	0.85	0.115	0.089	0.081	0.076	0.072	0.069	0.066	0.064	0.062	0.06	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.052	0.052
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.149	1.50	1.12	0.91	0.223	0.167	0.158	0.154	0.151	0.146	0.145	0.141	0.14	0.136	0.135	0.133	0. 32	0.129	0.129	0.128	0.127	0.124	0.124	0.123
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.109	1.72	1.23	0.87	0.187	0. 34	0.123	0.116	0.11	0.105	0.101	0.099	0.095	0.094	0.091	0.09	0.088	0.086	0.086	0.083	0.081	0.081	0.08	0.079
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1.61	1.25	0.85	0. 34	0.104	0.095	0.089	0.085	0.081	0.078	0.075	0.0 3	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.0 3	0.063	0.062	0.061	0.06	0.059
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1.96	1.32	0.82	0.143	0.096	0.085	0.079	0.074	0.07	0.067	0.064	0.062	0.06	0.059	0.056	0.055	0.054	0.054	0.052	0.052	0.05	0.05	0.049
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	40	800	1.59155	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.055	2.09	1.36	0.82	0.114	0.074	0.064	0.058	0.055	0.052	0.05	0.047	0.046	0.045	0.0 3	0.042	0.041	0.041	0.04	0.039	0. 38	0.037	0.037	0. 37
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.109	1.06	1.00	0.99	0.115	0.109	0.109	0.109	0.109	0.108	0.109	0.109	0.108	0.108	0.107	0.108	0.106	0.108	0.109	0.107	0.107	0.108	0.107	0.108
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.081	0.99	1. 3	0.97	0.080	0.078	0.08	0.08	0.08	0.081	0.081	0.082	0.082	0.0 3	0.082	0.082	0.081	0.084	0.0 3	0.082	0.083	0.0 3	0.0 3	0.084
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.061	1.00	1. 3	0.97	0.061	0.059	0.059	0.06	0.06	0.061	0.062	0.062	0.0 3	0.0 3	0.0 3	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.065	0.064	0.064	0.065
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.058	1.05	1.01	0.98	0.061	0.058	0.057	0.058	0.058	0.058	0.058	0.059	0.059	0.059	0.059	0.06	0.059	0.059	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.05305	20		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.048	1.07	1.01	0.99	0.051	0.048	0.047	0.047	0.047	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.049	0.048	0.048	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.117	1.09	1.02	0.98	0.128	0.115	0.117	0.12																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1. 3	1.45	0.14	0.119	0.117	0.012	0.121																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.108	0.98	1. 3	0.97	0.105	0.104	0.108	0.111																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.085	0.98	1.02	0.98	0.083	0.083	0.085	0.087																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.069	1.02	1.01	0.98	0.071	0.068	0.07	0.07																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.064	1.00	1.00	1.00	0.064	0.064	0.064	0.064																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.058	1. 3	1.00	1.00	0.060	0.058	0.058	0.058																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.050	1.02	1.00	1.00	0.051	0.05	0.05	0.05																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.155	0.98	1.00	0.99	0.153	0.154	0.156	0.156																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.157	0.99	1.00	1.00	0.155	0.157	0.157	0.158																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.144	1.00	1.00	1.00	0.144	0.144	0.144	0.144																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.106	1. 3	1.01	1.00	0.109	0.107	0.106	0.106																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.081	1.05	1.02	0.99	0.085	0.082	0.08	0.08																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.070	1.05	1.01	1.00	0.074	0.071	0.07	0.07																		

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	試験条件 対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	補正項目	加振条件	特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク・動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数 1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.0 3	1.06	1.02	0.98	0.067	0.064	0.063	0.062																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.0 3	1.06	1.02	0.98	0.056	0.054	0.053	0.052																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.164	1.11	1.02	0.98	0.182	0.168	0.164	0.16																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1. 3	1.01	0.99	0.168	0.165	0.162	0.161																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.154	1.05	1.02	0.98	0.162	0.157	0.154	0.152																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.125	1. 3	1.04	0.97	0.141	0.13	0.124	0.121																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.098	1.20	1.05	0.95	0.117	0.103	0.097	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.087	1.25	1.06	0.95	0.108	0.092	0.086	0.082																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.077	1.27	1.06	0.94	0.098	0.082	0.077	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.066	1.28	1.07	0.94	0.084	0.07	0.065	0.062																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.176	1.04	1.02	0.99	0.183	0.179	0.174	0.176																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.174	1.02	1.02	0.99	0.177	0.177	0.174	0.172																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.164	1.02	1.02	0.98	0.168	0.168	0.164	0.161																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.134	1.17	1.07	0.93	0.157	0.143	0. 34	0.124																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.099	1.36	1.12	0.89	0. 35	0.111	0.098	0.088																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.085	1. 3	1. 3	0.89	0.121	0.096	0.083	0.075																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.076	1.46	1. 3	0.88	0.111	0.086	0.075	0.067																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1.50	1.14	0.88	0.095	0.072	0.062	0.056																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.187	1.05	1.02	0.99	0.197	0.191	0.185	0.185																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.185	1. 3	1. 3	0.97	0.190	0.19	0.184	0.18																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.168	1.07	1.06	0.94	0.180	0.178	0.167	0.158																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.120	1.38	1.14	0.89	0.166	0. 37	0.117	0.107																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.089	1.60	1.15	0.88	0.142	0.102	0.086	0.078																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.078	1.64	1. 3	0.89	0.127	0.088	0.076	0.069																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.071	1.64	1. 3	0.89	0.116	0.08	0.069	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.060	1.68	1. 3	0.90	0.101	0.068	0.058	0.054																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.07	1.01	0.98	0.196	0.186	0.184	0.18																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.181	1.08	1. 3	0.97	0.196	0.186	0.182	0.176																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.172	1.12	1.07	0.94	0.193	0.183	0.171	0.161																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.128	1.37	1.10	0.92	0.175	0.141	0.125	0.118																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.096	1.58	1.11	0.91	0.151	0.106	0.094	0.087																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.084	1.64	1.11	0.91	0. 37	0.093	0.082	0.076																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.076	1.67	1.11	0.91	0.126	0.084	0.074	0.069																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.064	1.71	1.12	0.90	0.110	0.072	0.063	0.058																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.181	1.15	1.02	0.99	0.207	0.184	0.18	0.178																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.08	1. 3	0.97	0.198	0.189	0.183	0.178																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.171	1.14	1.06	0.95	0.196	0.181	0.17	0.1 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.134	1.33	1.07	0.94	0.178	0.143	0. 32	0.126																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.102	1. 3	1.09	0.92	0.156	0.111	0.101	0.094																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.091	1.59	1.10	0.92	0.144	0.1	0.089	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.081	1.62	1.11	0.91	0. 32	0.09	0.08	0.074																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.068	1.68	1.11	0.91	0.115	0.076	0.067	0.062																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	1.5	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.12	1.01	1.00	0.204	0.184	0.182	0.182																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	3	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.172	1.12	1.05	0.97	0.192	0.18	0.169	0.166																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.162	1.20	1.06	0.96	0.194	0.172	0.158	0.156																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.127	1.39	1.08	0.93	0.176	0.137	0.126	0.118																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.0 3	1.47	1.12	0.89	0. 37	0.104	0.092	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.080	1.77	1.12	0.90	0.142	0.09	0.079	0.072																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	30	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.071	1.84	1. 3	0.89	0. 30	0.08	0.069	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	40	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.057	1.89	1.14	0.88	0.108	0.065	0.056	0.05																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.126	1. 3	1.01	0.98	0. 30	0.124	0.127	0.128																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.127	0.98	1.01	0.99	0.125	0.126	0.127	0.129																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.118	0.99	1.02	0.98	0.116	0.115	0.118	0.12																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.096	0.98	1.01	0.99	0.094	0.095	0.096	0.097																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.079	1.01	1.01	1.00	0.080	0.079	0.079	0.08																	

項目No.	供試体サイズ(実機-縮小-)	すべり材		相手材			試験条件									その他の条件					動摩擦係数	1回目のピーク動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																						
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項						1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	11回目	12回目	13回目	14回目	15回目	16回目	17回目	18回目	19回目	20回目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.074	1.01	1.00	1.00	0.075	0.074	0.074	0.074																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.067	1. 3	1.00	1.00	0.069	0.067	0.067	0.067																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.057	1.04	1.01	0.99	0.059	0.057	0.057	0.056																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.135	0.86	1.01	0.99	0.116	0. 33	0. 35	0.137																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.148	0.98	1.00	1.00	0.145	0.148	0.147	0.148																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.148	0.99	1.00	1.00	0.146	0.148	0.147	0.148																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.120	1.02	1.01	1.00	0.123	0.121	0.12	0.12																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.094	1.05	1.01	0.99	0.099	0.095	0.094	0.0 3																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.0 3	1.05	1.02	0.99	0.087	0.084	0.082	0.082																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.074	1.07	1.01	0.99	0.079	0.075	0.074	0.0 3																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.062	1.09	1.02	0.99	0.067	0.063	0.061	0.061																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.1 3	0.97	1.00	1.00	0.149	0.154	0.153	0.1 3																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.1 3	1. 3	1.01	0.98	0.168	0.165	0.163	0.16																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.165	1.04	1.02	0.98	0.171	0.168	0.164	0.162																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.142	1.11	1. 3	0.97	0.157	0.146	0.141	0.138																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.112	1.18	1.04	0.96	0. 33	0.117	0.112	0.108																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.100	1.21	1.05	0.95	0.121	0.105	0.099	0.095																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.088	1.25	1.05	0.95	0.110	0.093	0.088	0.084																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.075	1.29	1.06	0.94	0.097	0.08	0.075	0.071																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.158	0.96	1.02	0.99	0.152	0.156	0.158	0.161																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.1 3	1. 3	1.01	0.99	0.177	0.174	0.173	0.171																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.176	1.02	1.02	0.98	0.180	0.179	0.176	0.1 3																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.150	1.14	1.06	0.95	0.170	0.158	0.149	0.142																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.115	1.27	1.09	0.92	0.146	0.125	0.114	0.106																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.100	1.35	1.10	0.91	0. 35	0.11	0.099	0.091																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.089	1.40	1.11	0.91	0.125	0.099	0.088	0.081																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.072	1.46	1.11	0.90	0.105	0.08	0.071	0.065																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.160	1.01	1.01	0.99	0.162	0.16	0.159	0.161																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.177	1.06	1. 3	0.96	0.188	0.182	0.179	0.171																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.184	1.06	1.05	0.95	0.195	0.193	0.184	0.176																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.144	1.27	1.09	0.91	0.184	0.158	0.143	0.132																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.108	1.47	1.12	0.90	0.159	0.121	0.106	0.097																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.094	1.54	1.12	0.90	0.144	0.105	0.092	0.084																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.0 3	1.58	1. 3	0.90	0. 31	0.093	0.081	0.074																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.067	1.65	1. 3	0.89	0.111	0.076	0.066	0.06																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.181	1.12	1.01	0.98	0.203	0.182	0.183	0.178																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.186	1.10	1.04	0.97	0.205	0.193	0.185	0.181																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.1 3	1. 3	1.06	0.94	0.206	0.193	0.183	0.172																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.144	1.32	1.09	0.92	0.190	0.157	0.143	0.133																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.108	1.51	1.11	0.91	0.163	0.119	0.106	0.098																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.0 3	1.59	1.12	0.90	0.148	0.104	0.091	0.084																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.082	1. 3	1.12	0.90	0. 34	0.092	0.081	0.074																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.068	1.70	1.12	0.90	0.115	0.076	0.066	0.061																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.2 3	1.12	1.02	0.99	0.227	0.207	0.202	0.2																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.204	1.09	1. 3	0.97	0.222	0.21	0.203	0.198																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.191	1.12	1.06	0.95	0.215	0.202	0.19	0.182																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.150	1.32	1.08	0.93	0.198	0.162	0.148	0.14																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.1 3	1.52	1.09	0.92	0.172	0.124	0.112	0.104																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.099	1.58	1.11	0.91	0.157	0.11	0.098	0.09																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.087	1. 3	1.11	0.90	0.142	0.097	0.086	0.079																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.071	1.70	1.12	0.90	0.121	0.08	0.07	0.064																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	1.5	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.2 3	1.30	1. 3	0.98	0.264	0.21	0.201	0.199																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	3	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.187	1.15	1. 3	0.97	0.215	0.1 3	0.188	0.181																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.174	1.14	1.05	0.95	0.199	0.1 3	0.173	0.166																		
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.132	1.32	1.09	0.92	0.174	0.144	0.13	0.122																		

項目No.	供試体サイズ(実機-様小)	すべり材		相手材			試験条件									その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																			
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.096	1.74	1.11	0.91	0.167	0.107	0.094	0.087																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.082	1.59	1. 3	0.89	0. 31	0.093	0.081	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	30	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.072	1.88	1.15	0.88	0. 35	0.083	0.07	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	40	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.057	1.99	1. 3	0.89	0.114	0.065	0.056	0.051																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.091	0.95	1.04	0.97	0.086	0.088	0.09	0.094																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.099	0.95	1.04	0.96	0.094	0.095	0.1	0.1 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.104	0.94	1. 3	0.97	0.098	0.101	0.105	0.107																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.096	0.95	1.02	0.97	0.091	0.093	0.096	0.098																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.084	1.00	1.02	0.98	0.084	0.083	0.084	0.086																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.079	1.01	1.01	1.00	0.080	0.079	0.079	0.08																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1. 3	1.00	0.99	0.075	0.073	0.073	0.072																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.061	1.05	1.02	0.98	0.064	0.062	0.061	0.06																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.142	0.95	1.02	0.97	0. 35	0.144	0.143	0.138																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.138	1.01	1.01	0.99	0.140	0. 39	0. 38	0.137																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.134	1.02	1.01	0.99	0. 36	0. 35	0. 34	0.132																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.118	1.04	1.01	0.99	0.123	0.12	0.118	0.117																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.097	1.07	1.02	0.99	0.104	0.099	0.097	0.096																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.086	1.08	1.02	0.98	0.093	0.088	0.086	0.085																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.077	1.09	1.02	0.98	0.084	0.079	0.077	0.076																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.065	1.09	1.02	0.98	0.071	0.066	0.065	0.064																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.176	0.94	1. 3	0.96	0.166	0.169	0.182	0.177																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.184	1.02	1.02	0.98	0.187	0.188	0.184	0.18																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.177	1. 3	1.02	0.98	0.183	0.181	0.176	0.174																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.154	1.09	1. 3	0.97	0.168	0.159	0.153	0.15																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.126	1.15	1.04	0.97	0.145	0. 31	0.125	0.122																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.112	1.18	1.04	0.96	0. 32	0.117	0.112	0.108																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.101	1.20	1.05	0.95	0.121	0.106	0.1	0.096																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.085	1.25	1.05	0.95	0.107	0.09	0.085	0.081																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.184	0.89	1.02	0.97	0.164	0.179	0.186	0.187																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.185	1. 3	1.01	0.99	0.190	0.188	0.185	0.1 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.182	1. 3	1.01	0.99	0.187	0.185	0.182	0.18																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.164	1.08	1. 3	0.97	0.177	0.17	0.164	0.159																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.132	1.18	1.06	0.95	0.156	0.139	0. 31	0.125																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.116	1.25	1.07	0.94	0.145	0.124	0.115	0.109																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.29	1.07	0.94	0. 32	0.11	0.102	0.096																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.085	1.35	1.08	0.93	0.115	0.092	0.084	0.079																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.184	0.98	1.01	0.98	0.180	0.181	0.186	0.185																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.186	1.06	1. 3	0.98	0.197	0.192	0.185	0.182																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.187	1. 3	1.02	0.98	0.193	0.192	0.187	0.1 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.171	1. 3	1.04	0.96	0.192	0.178	0.17	0.164																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.136	1.26	1.07	0.94	0.171	0.145	0. 34	0.128																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.119	1.32	1.08	0.93	0.157	0.128	0.118	0.111																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.106	1.35	1.08	0.92	0.143	0.115	0.105	0.098																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.087	1.40	1.09	0.92	0.122	0.095	0.086	0.08																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.182	0. 3	1.01	0.98	0.170	0.178	0.185	0.184																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.188	1.08	1. 3	0.97	0.202	0.1 3	0.188	0.182																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.189	1.08	1. 3	0.97	0.204	0.195	0.19	0.1 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.172	1.14	1.04	0.96	0.197	0.18	0.172	0.165																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.138	1.29	1.07	0.94	0.178	0.147	0. 37	0.129																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.121	1.35	1.08	0.93	0.163	0.131	0.12	0.112																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.107	1.40	1.09	0.92	0.150	0.117	0.106	0.099																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.087	1.45	1.10	0.92	0.127	0.096	0.086	0.08																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.191	1.00	1.01	0.99	0.191	0.189	0.193	0.191																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.195	1.10	1. 3	0.97	0.214	0.201	0.195	0.19																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.196	1.09	1. 3	0.98	0.214	0.201	0.195	0.191																	

項目No.	供試体サイズ(実機-縮小)	すべり材		相手材			試験条件								その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																			
		大きさ	材質	大きさ	材質	表面	対象	変位	面圧 N/ 2	速度 /	振動数 H	加振回数 波	総移動距離	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.175	1.17	1.05	0.96	0.205	0.183	0.174	0.168																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.138	1.33	1.07	0.94	0.184	0.148	0. 37	0.13																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.123	1.38	1.08	0.93	0.170	0. 33	0.122	0.114																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.110	1. 3	1.09	0.92	0.157	0.12	0.108	0.101																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.089	1.49	1.11	0.91	0. 32	0.098	0.087	0.081																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	1.5	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.196	0.89	1.01	0.98	0.175	0.192	0.198	0.199																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	3	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.192	1.11	1.04	0.96	0.213	0.2	0.191	0.185																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.182	1.19	1.05	0.96	0.216	0.191	0.179	0.175																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.152	1.33	1.07	0.93	0.202	0.163	0.151	0.142																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.57	1.10	0.91	0.177	0.124	0.111	0.1 3																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.096	1.67	1.12	0.90	0.161	0.108	0.094	0.087																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	30	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1.51	1. 3	0.90	0.125	0.093	0.081	0.074																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	800	4.24413	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.066	1.76	1. 3	0.89	0.117	0.075	0.065	0.059																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.133	0.96	1.01	0.99	0.128	0. 32	0. 32	0.134																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.117	0.99	1.00	1.00	0.116	0.117	0.117	0.117																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.109	0.98	1.01	1.00	0.107	0.11	0.109	0.109																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.092	0.95	1.00	0.99	0.087	0.091	0.092	0.092																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.076	1.02	1.01	1.00	0.078	0.077	0.076	0.076																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.069	1.02	1.01	1.00	0.071	0.07	0.069	0.069																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.064	1.04	1.01	0.99	0.066	0.064	0.064	0.0 3																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.055	1.05	1.01	0.99	0.058	0.056	0.055	0.055																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.138	0.96	1.01	0.98	0. 32	0. 35	0. 39	0.139																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.123	0.99	1.00	0.99	0.122	0.122	0.123	0.123																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.120	0.99	1.00	1.00	0.119	0.12	0.12	0.12																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.102	0.97	1.00	1.00	0.099	0.102	0.102	0.102																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.086	1.06	1.01	0.99	0.091	0.087	0.086	0.085																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.080	1.06	1.01	0.99	0.085	0.081	0.08	0.079																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.075	1.07	1.01	0.99	0.080	0.076	0.075	0.074																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.067	1.12	1. 3	0.97	0.075	0.069	0.067	0.065																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.166	0.98	1.02	0.97	0.163	0.182	0.169	0.168																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.152	1.08	1.00	1.00	0.164	0.151	0.152	0.152																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.159	1.07	1.02	0.98	0.170	0.163	0.159	0.156																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.135	1.11	1. 3	0.97	0.150	0.14	0. 35	0.131																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.111	1.21	1.05	0.96	0. 34	0.116	0.11	0.106																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.101	1.24	1.05	0.95	0.125	0.106	0.1	0.096																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.094	1.28	1.07	0.94	0.121	0.101	0.093	0.089																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.081	1.33	1.07	0.94	0.108	0.087	0.08	0.076																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.181	1.01	1.01	0.99	0.183	0.182	0.183	0.179																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.171	1.08	1.02	0.99	0.185	0.174	0.169	0.169																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.176	1.08	1. 3	0.97	0.190	0.182	0.176	0.171																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.151	1. 3	1.05	0.96	0.171	0.158	0.15	0.145																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.122	1.25	1.07	0.94	0.153	0.131	0.121	0.115																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.111	1.30	1.08	0.93	0.144	0.119	0.11	0.1 3																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.102	1.33	1.08	0.93	0. 36	0.111	0.101	0.095																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.089	1.40	1.10	0.92	0.125	0.098	0.088	0.082																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.199	1.01	1.01	0.99	0.200	0.201	0.198	0.197																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.187	1.12	1.04	0.97	0.210	0.194	0.186	0.182																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.192	1.10	1.04	0.96	0.212	0.2	0.192	0.185																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.164	1.16	1.05	0.95	0.191	0.1 3	0.163	0.156																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.133	1.30	1.08	0.93	0.173	0.1 3	0. 32	0.124																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.120	1.35	1.09	0.92	0.162	0.131	0.119	0.111																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.110	1.39	1.10	0.92	0.153	0.121	0.109	0.101																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.0 3	1.46	1.10	0.91	0. 36	0.1 3	0.092	0.085																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.192	1. 3	1.01	0.99	0.198	0.191	0.195	0.191																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.1 3	1.14	1. 3	0.97	0.208	0.189	0.182	0.177																

項目No.	供試体サイズ(実機-縮小-)	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	試験条件 対象	試験条件 変位 ±mm	試験条件 面圧 N/mm2	試験条件 速度 mm/sec	試験条件 振動数 Hz	試験条件 加振回数 波	試験条件 総移動距離 mm	試験条件 加振波形	試験条件 マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	その他の条件 補正項目	その他の条件 加振条件	その他の条件 特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数 1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.194	1.13	1.04	0.96	0.219	0.202	0.193	0.186																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.167	1.20	1.06	0.95	0.201	0.177	0.166	0.158																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.134	1.33	1.08	0.93	0.178	0.145	0. 33	0.125																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.118	1.37	1.09	0.92	0.162	0.129	0.117	0.109																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.106	1.42	1.09	0.92	0.150	0.116	0.105	0.097																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.089	1.50	1.11	0.91	0. 34	0.099	0.088	0.081																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.195	1.09	1. 3	0.97	0.213	0.2	0.19	0.195																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.185	1.18	1. 3	0.97	0.217	0.191	0.184	0.179																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.196	1.15	1.05	0.96	0.225	0.205	0.195	0.188																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.167	1.21	1.05	0.95	0.202	0.176	0.166	0.159																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.133	1.33	1.08	0.93	0.177	0.143	0. 32	0.124																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.118	1.38	1.08	0.92	0.163	0.128	0.117	0.109																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.107	1. 3	1.09	0.92	0.153	0.117	0.106	0.098																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.087	1.52	1.10	0.92	0. 33	0.096	0.086	0.08																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	1.5	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.190	1.08	1.00	1.00	0.206	0.19	0.19	0.191																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	3	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.176	1.16	1. 3	0.98	0.204	0.181	0.175	0.1 3																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.172	1.25	1.05	0.97	0.215	0.181	0.169	0.167																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.140	1.37	1.07	0.95	0.192	0.149	0. 38	0.132																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.104	1.56	1.10	0.91	0.163	0.115	0.103	0.095																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.090	1.68	1. 3	0.89	0.151	0.101	0.088	0.08																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	30	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.080	1. 3	1. 3	0.89	0.122	0.09	0.078	0.071																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	40	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.064	1.96	1. 3	0.89	0.126	0.073	0.063	0.057																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.131	0.98	1.01	0.99	0.128	0.13	0. 31	0.132																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.120	1.01	1.01	0.99	0.121	0.119	0.12	0.121																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.116	0.99	1.00	1.00	0.115	0.116	0.116	0.116																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.098	0.89	1.01	0.99	0.088	0.097	0.099	0.099																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.082	1. 3	1.01	1.00	0.085	0.083	0.082	0.082																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.074	1.04	1.01	1.00	0.077	0.075	0.074	0.074																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.069	1.04	1.01	0.99	0.072	0.07	0.069	0.068																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.060	1.04	1.01	0.99	0.062	0.06	0.06	0.059																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.161	0.99	1.00	1.00	0.159	0.161	0.161	0.161																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.146	1.00	1.00	1.00	0.146	0.146	0.146	0.146																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.135	1.00	1.00	1.00	0. 35	0.135	0. 35	0.134																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	0.98	1.01	1.00	0.111	0.114	0.113	0.1 3																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.095	1.05	1.01	0.99	0.100	0.096	0.095	0.094																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.088	1.07	1.02	0.99	0.094	0.089	0.087	0.087																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.082	1.09	1.02	0.98	0.090	0.084	0.082	0.081																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.074	1. 3	1.04	0.97	0.084	0.077	0.074	0.072																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.176	0.99	1.01	0.99	0.174	0.174	0.175	0.178																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.167	1.05	1.00	1.00	0.175	0.167	0.166	0.167																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.161	1.07	1.02	0.98	0.172	0.165	0.161	0.158																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.136	1.09	1. 3	0.97	0.149	0.141	0. 36	0.132																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.114	1.21	1.05	0.96	0. 37	0.119	0.113	0.109																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.101	1.23	1.06	0.95	0.125	0.107	0.101	0.096																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.094	1.27	1.06	0.95	0.119	0.099	0.093	0.089																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.082	1.33	1.07	0.94	0.109	0.088	0.081	0.077																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.188	0.99	1.01	0.98	0.187	0.185	0.19	0.189																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.1 3	1.09	1.02	0.98	0.199	0.187	0.183	0.18																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.178	1.08	1. 3	0.97	0.192	0.1 3	0.178	0.172																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.148	1. 3	1.04	0.96	0.167	0.154	0.147	0.142																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.120	1.25	1.07	0.94	0.150	0.128	0.119	0.112																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.108	1.29	1.08	0.93	0.140	0.117	0.107	0.101																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.100	1.34	1.09	0.93	0. 34	0.109	0.099	0.0 3																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.088	1.40	1.10	0.91	0.123	0.096	0.087	0.08																			
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.204	1.02	1.01	0.99	0.208	0.207	0.203	0.202																			

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材		相手材			試験条件									その他の条件					動摩擦係数	1回目のピーク・動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																					
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項						1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	11回目	12回目	13回目	14回目	15回目	16回目	17回目	18回目	19回目	20回目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.1 3	1.11	1.04	0.97	0.214	0.2	0.192	0.187																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.1 3	1.10	1.04	0.96	0.213	0.201	0.192	0.186																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.1 3	1.18	1.05	0.95	0.192	0.171	0.162	0.155																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.131	1.29	1.08	0.93	0.170	0.142	0. 3	0.122																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.117	1.35	1.09	0.92	0.158	0.128	0.116	0.108																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.107	1.38	1.09	0.92	0.148	0.117	0.106	0.098																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.092	1.47	1.10	0.91	0. 36	0.102	0.091	0.084																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.199	1.04	1.01	0.99	0.206	0.2	0.2	0.196																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.196	1.14	1.02	0.97	0.224	0.201	0.197	0.191																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.198	1.14	1.05	0.96	0.225	0.207	0.197	0.19																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.166	1.21	1.06	0.95	0.201	0.176	0.165	0.157																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.132	1.32	1.08	0.93	0.175	0.143	0. 31	0.123																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.118	1.38	1.09	0.92	0.163	0.129	0.117	0.109																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.107	1.42	1.10	0.92	0.151	0.117	0.105	0.098																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.090	1.49	1.10	0.91	0. 34	0.099	0.089	0.082																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.201	1.10	1.02	0.98	0.220	0.204	0.201	0.197																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.202	1. 3	1.05	0.96	0.228	0.211	0.2	0.194																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.199	1.15	1.05	0.96	0.228	0.208	0.198	0.19																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.165	1.22	1.05	0.95	0.202	0.174	0.164	0.157																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.132	1.34	1.08	0.93	0.177	0.142	0. 31	0.123																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.117	1.39	1.09	0.92	0.163	0.127	0.116	0.108																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.105	1.42	1.09	0.92	0.149	0.114	0.104	0.096																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.087	1. 3	1.10	0.91	0. 33	0.096	0.086	0.079																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	1.5	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.177	1.08	1.01	0.99	0.192	0.176	0.177	0.179																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	3	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.167	1.21	1.04	0.96	0.202	0.174	0.166	0.161																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.161	1.23	1.06	0.96	0.198	0.171	0.156	0.155																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.131	1.42	1.08	0.93	0.185	0.141	0.129	0.122																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.094	1. 3	1.10	0.91	0.154	0.104	0.093	0.086																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.082	1.60	1.11	0.91	0. 31	0.091	0.08	0.074																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	30	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.071	1.81	1.11	0.91	0.129	0.079	0.07	0.065																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	40	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.056	1.84	1.11	0.91	0.103	0.062	0.055	0.051																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.140	0.98	1.00	0.99	0. 37	0.139	0.141	0.141																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.125	0.97	1.01	1.00	0.122	0.125	0.125	0.126																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.116	1.01	1.01	1.00	0.118	0.116	0.116	0.117																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.100	0.95	1.01	1.00	0.095	0.1	0.1	0.101																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.084	1.04	1.00	0.99	0.087	0.084	0.084	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.076	1. 3	1.01	1.00	0.079	0.077	0.076	0.076																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.070	1.05	1.01	1.00	0.074	0.071	0.07	0.07																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.064	1.20	1.04	0.98	0.077	0.067	0.064	0.062																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN		0.136	1.01	1.08	0.96	0. 38	0.147	0. 31	0.131																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.092	1.41	1. 3	0.14	0.129	0.0128	0. 31	0.131																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.127	1.02	1.00	0.99	0.129	0.127	0.126	0.127																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.110	0.98	1.01	1.00	0.108	0.11	0.111	0.11																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.094	1.05	1.01	0.99	0.099	0.095	0.094	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.086	1.06	1.02	0.99	0.091	0.087	0.085	0.085																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.080	1.08	1.02	0.98	0.086	0.081	0.08	0.078																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.072	1.20	1.04	0.97	0.087	0.075	0.072	0.07																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.180	0.97	1.01	0.99	0.175	0.179	0.179	0.182																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.167	1. 3	1.00	1.00	0.172	0.167	0.167	0.167																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.1 3	1.06	1.02	0.98	0.173	0.167	0.162	0.16																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.140	1.09	1. 3	0.97	0.152	0.144	0. 39	0.136																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.117	1.20	1.05	0.96	0.140	0.122	0.116	0.112																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.106	1.24	1.05	0.95	0. 32	0.112	0.106	0.101																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.095	1.26	1.06	0.95	0.120	0.101	0.094	0.09																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN		0.0 3	1.32	1.07	0.94	0.110	0.089	0.083	0.078																	

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材		相手材		試験条件									その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																					
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	11回目	12回目	13回目	14回目	15回目	16回目	17回目	18回目	19回目	20回目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.188	1.01	1.00	1.00	0.191	0.188	0.188	0.189																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.180	1.08	1.02	0.98	0.194	0.184	0.18	0.176																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.180	1.07	1. 3	0.97	0.193	0.186	0.179	0.175																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.11	1.05	0.96	0.170	0.16	0.152	0.147																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.127	1.23	1.06	0.94	0.156	0. 35	0.127	0.12																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.116	1.27	1.07	0.94	0.147	0.124	0.115	0.109																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.106	1.30	1.08	0.93	0. 38	0.115	0.105	0.099																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.090	1.35	1.08	0.93	0.121	0.097	0.089	0.0 3																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.207	0.99	1.01	0.99	0.205	0.207	0.206	0.209																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.07	1. 3	0.98	0.207	0.199	0.192	0.189																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.190	1.11	1.04	0.97	0.210	0.197	0.188	0.184																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.18	1.06	0.95	0.192	0.172	0.162	0.155																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.132	1.31	1.08	0.93	0.173	0.143	0. 31	0.123																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.117	1.37	1.09	0.91	0.160	0.128	0.116	0.107																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.106	1.41	1.10	0.91	0.150	0.117	0.105	0.097																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.091	1.45	1.11	0.90	0. 32	0.101	0.09	0.082																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.212	1. 3	1.01	0.99	0.218	0.214	0.21	0.212																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.191	1. 3	1.05	0.97	0.216	0.2	0.188	0.186																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.195	1.14	1.04	0.96	0.223	0.204	0.194	0.188																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.168	1.21	1.05	0.95	0.204	0.177	0.167	0.16																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.137	1.33	1.08	0.93	0.182	0.148	0. 36	0.127																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.123	1.39	1.09	0.92	0.170	0. 34	0.121	0.1 3																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.111	1.45	1.10	0.90	0.160	0.122	0.11	0.1																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1.47	1.10	0.90	0. 37	0.103	0.093	0.084																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.207	1.00	1.02	0.98	0.208	0.212	0.207	0.202																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.200	1.12	1.04	0.96	0.223	0.208	0.199	0.192																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	40	0.21221	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.195	1.16	1.05	0.96	0.227	0.204	0.194	0.187																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.167	1.23	1.05	0.95	0.205	0.175	0.166	0.159																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.134	1.35	1.08	0.93	0.180	0.144	0. 33	0.124																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.119	1.40	1.09	0.92	0.167	0.13	0.118	0.11																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.108	1.44	1.09	0.92	0.156	0.118	0.107	0.099																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.090	1.52	1.10	0.91	0. 37	0.099	0.089	0.082																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	1.5	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.05	1.01	0.99	0.193	0.182	0.183	0.185																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	3	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.172	1.18	1. 3	0.98	0.203	0.177	0.171	0.168																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.172	1.20	1.05	0.96	0.207	0.181	0.17	0.166																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.141	1.24	1.08	0.94	0.175	0.152	0. 39	0.133																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.107	1.41	1.11	0.91	0.150	0.118	0.105	0.097																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.090	1.49	1.10	0.91	0. 34	0.099	0.088	0.082																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	30	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.076	1.55	1.12	0.91	0.118	0.085	0.074	0.069																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	40	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.058	1.85	1.11	0.91	0.108	0.065	0.057	0.0 3																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.132	0.90	1.06	0.93	0.118	0.123	0. 33	0.139																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.134	0.97	1.00	1.00	0. 30	0.133	0. 34	0.134																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.126	0.99	1.00	0.99	0.124	0.125	0.126	0.126																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.109	0.98	1.01	0.99	0.107	0.108	0.109	0.11																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.094	1.01	1.00	0.99	0.095	0.0 3	0.094	0.094																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.085	1.04	1.01	0.99	0.088	0.086	0.085	0.084																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.077	1.04	1.00	0.99	0.080	0.077	0.077	0.076																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.065	1.07	1.01	0.99	0.070	0.066	0.065	0.065																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.155	1.09	1.02	0.98	0.168	0.158	0.155	0.151																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1. 3	1.00	0.99	0.147	0.144	0.144	0.142																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.136	1.01	1.01	0.99	0.138	0.138	0. 36	0.135																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.118	1. 3	1.01	0.99	0.122	0.12	0.118	0.117																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.098	1.07	1.02	0.99	0.105	0.1	0.097	0.097																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.0 305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.087	1.07	1.02	0.98	0.093	0.088	0.087	0.085																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	10	0.0 305	4		sin波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.084	1.00	1.04	0.95	0.084	0.08	0.087	0.085																

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材		相手材			試験条件									その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																			
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.066	1.10	1. 3	0.98	0.073	0.068	0.066	0.065																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.2 3	1.08	1.02	0.97	0.220	0.208	0.204	0.197																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.1 3	1.01	1.02	0.98	0.195	0.197	0.193	0.188																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.180	1.05	1.02	0.97	0.189	0.184	0.18	0.175																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.154	1.11	1. 3	0.97	0.171	0.159	0.153	0.149																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.128	1.17	1.04	0.96	0.149	0. 33	0.127	0.123																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	1.20	1.05	0.95	0. 36	0.119	0.113	0.108																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.102	1.23	1.05	0.95	0.125	0.107	0.101	0.097																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.087	1.27	1.06	0.95	0.110	0.092	0.086	0.082																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.199	1.08	1.01	0.98	0.215	0.202	0.2	0.196																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.199	1.00	1.01	0.99	0.199	0.201	0.199	0.196																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.194	1.01	1.02	0.99	0.196	0.197	0.193	0.191																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0. 3052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.166	1.11	1.04	0.96	0.184	0.173	0.166	0.16																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.135	1.21	1.07	0.94	0.164	0.144	0. 34	0.127																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.118	1.26	1.08	0.93	0.149	0.127	0.117	0.11																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.105	1.30	1.08	0.93	0. 36	0.113	0.104	0.097																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.087	1.36	1.08	0.93	0.118	0.094	0.086	0.081																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.204	1.17	1.05	0.93	0.238	0.214	0.207	0.19																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.206	1. 3	1.02	0.98	0.211	0.21	0.205	0.202																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.204	1.05	1. 3	0.98	0.213	0.209	0.203	0.199																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.178	1.15	1.05	0.96	0.204	0.186	0.177	0.17																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.142	1.28	1.07	0.93	0.181	0.152	0.141	0.132																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.123	1.33	1.08	0.93	0.164	0. 33	0.122	0.114																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.109	1.37	1.09	0.92	0.149	0.118	0.108	0.1																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.090	1. 3	1.09	0.92	0.129	0.098	0.089	0.0 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.2 3	1. 3	1. 3	0.99	0.241	0.218	0.21	0.21																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.212	1.09	1.04	0.95	0.231	0.22	0.214	0.202																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.205	1.09	1.01	0.99	0.223	0.208	0.204	0.204																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.174	1.18	1.05	0.95	0.206	0.183	0.173	0.166																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.141	1.31	1.08	0.93	0.185	0.152	0.14	0.132																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.122	1.37	1.09	0.92	0.167	0.133	0.121	0.1 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.108	1.41	1.10	0.91	0.153	0.119	0.107	0.099																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.089	1.48	1.10	0.91	0. 32	0.098	0.088	0.081																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.185	1.29	1.04	0.92	0.240	0.193	0.17	0.1 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.215	1.10	1.02	0.98	0.236	0.219	0.215	0.211																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.199	1.11	1.02	0.97	0.222	0.204	0.2	0.194																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.171	1.20	1.04	0.96	0.205	0.179	0.17	0.165																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.140	1.34	1.07	0.93	0.187	0.15	0. 39	0. 3																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.122	1.40	1.08	0.92	0.170	0.132	0.121	0.112																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.108	1.44	1.10	0.92	0.155	0.118	0.106	0.099																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.088	1.51	1.10	0.92	0. 33	0.097	0.087	0.081																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	1.5	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.208	0. 3	1.04	0.98	0.026	0.216	0.204	0.204																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	3	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.1 3	0.97	1.05	0.95	0.178	0.192	0.183	0.175																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.187	1.20	1.05	0.97	0.224	0.196	0.184	0.181																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.156	1.32	1.07	0.93	0.207	0.168	0.156	0.145																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.1 3	1.39	1.11	0.91	0.157	0.125	0.111	0.102																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.095	1.67	1. 3	0.89	0.159	0.107	0.093	0.085																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	30	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.0 3	1. 3	1. 3	0.90	0.143	0.0 3	0.081	0.074																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	40	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.067	1.81	1.12	0.90	0.121	0.075	0.066	0.06																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.122	1.00	1.04	0.96	0.122	0.117	0.122	0.127																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.125	0.96	1.01	0.99	0.120	0.124	0.126	0.125																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.117	0.99	1.01	0.99	0.116	0.118	0.117	0.115																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.102	0.99	1.00	0.99	0.101	0.102	0.102	0.101																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.088	1.02	1.00	1.00	0.090	0.088	0.088	0.088																	
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.080	1. 3	1.01	1.00	0.083	0.081	0.08	0.08																	

項目No.	供試体サイズ(実機-縮小・	すべり材		相手材			試験条件								その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																				
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.072	1.06	1.01	0.99	0.076	0.073	0.072	0.071																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	5	0.02653	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.062	1.06	1.02	0.98	0.066	0.063	0.062	0.061																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.131	1. 3	1.02	0.98	0. 35	0. 34	0. 31	0.129																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.127	1.02	1. 3	0.98	0.129	0.13	0.126	0.124																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.122	1.01	1.02	0.99	0.123	0.124	0.121	0.12																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.109	1. 3	1.02	0.99	0.113	0.111	0.109	0.108																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.091	1.08	1.01	0.99	0.098	0.092	0.091	0.09																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.081	1.08	1.02	0.98	0.088	0.083	0.081	0.08																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1.09	1.02	0.98	0.080	0.075	0.073	0.072																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	10	0.05305	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.0 3	1.09	1. 3	0.98	0.069	0.065	0.063	0.062																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.187	0.99	1.01	0.99	0.184	0.189	0.186	0.185																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.184	1. 3	1. 3	0.98	0.189	0.189	0.183	0.18																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.175	1.06	1. 3	0.97	0.185	0.18	0.174	0.17																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.150	1. 3	1.04	0.97	0.169	0.155	0.149	0.145																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.124	1.18	1.04	0.96	0.146	0.129	0.123	0.119																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.112	1.20	1.05	0.96	0. 34	0.117	0.111	0.107																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.100	1.24	1.06	0.95	0.124	0.106	0.1	0.095																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	50	0.26526	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.087	1.27	1.06	0.95	0.110	0.092	0.086	0.082																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.192	0.98	1.01	0.99	0.189	0.194	0.192	0.19																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.194	1.02	1.02	0.98	0.197	0.198	0.193	0.191																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.191	1.02	1.02	0.98	0.194	0.195	0.19	0.188																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.167	1.11	1.04	0.96	0.185	0.174	0.167	0.161																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.199	1.21	1.06	0.94	0.241	0.211	0.198	0.188																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.119	1.27	1.08	0.93	0.151	0.128	0.118	0.111																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.105	1.32	1.08	0.93	0. 39	0.114	0.104	0.098																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	100	0.53052	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.087	1.36	1.09	0.93	0.119	0.095	0.086	0.081																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.201	1.02	1.02	0.98	0.205	0.204	0.202	0.196																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.201	1. 3	1.02	0.98	0.207	0.206	0.2	0.197																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.200	1.04	1.02	0.98	0.208	0.205	0.2	0.196																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.175	1.15	1.05	0.96	0.201	0.183	0.174	0.167																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.138	1.29	1.08	0.94	0.178	0.148	0. 36	0.129																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.121	1.34	1.08	0.93	0.162	0.131	0.12	0.112																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.107	1.38	1.08	0.93	0.148	0.116	0.106	0.099																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	200	1.06103	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.089	1. 3	1.09	0.92	0.127	0.097	0.088	0.082																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.198	1.10	1.01	1.00	0.218	0.199	0.197	0.197																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.199	1.09	1.02	0.98	0.217	0.203	0.198	0.195																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.199	1.06	1. 3	0.97	0.210	0.204	0.199	0.194																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.176	1.17	1.05	0.96	0.206	0.184	0.175	0.168																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.138	1.32	1.08	0.93	0.182	0.149	0. 37	0.129																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.120	1.38	1.09	0.92	0.166	0.131	0.119	0.111																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.107	1. 3	1.10	0.92	0.153	0.118	0.105	0.098																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	300	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.088	1.49	1.10	0.91	0. 31	0.097	0.087	0.08																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.199	1.16	1.02	0.98	0.231	0.202	0.195	0.199																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.207	1.11	1. 3	0.98	0.231	0.2 3	0.206	0.2 3																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.205	1.10	1. 3	0.97	0.226	0.211	0.205	0.2																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.175	1.20	1.05	0.95	0.210	0.184	0.174	0.167																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.138	1.35	1.08	0.93	0.186	0.148	0. 37	0.128																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.120	1.42	1.09	0.92	0.171	0.131	0.119	0.111																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.106	1.47	1.10	0.91	0.156	0.117	0.105	0.097																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	400	2.12207	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.087	1.52	1.11	0.90	0. 33	0.097	0.086	0.079																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	1.5	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.207	1.18	1.01	0.99	0.243	0.205	0.206	0.209																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	3	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.195	1.09	1.02	0.98	0.213	0.199	0.195	0.19																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.186	1.16	1.05	0.97	0.215	0.195	0.183	0.18																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.150	1.33	1.08	0.93	0.200	0.162	0.149	0.14																
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.111	1.64	1.11	0.90	0.181	0.123	0.109	0.1																

項目No.	供試体サイズ(実機-縮小-)	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	試験条件 対象	試験条件 変位 ±mm	試験条件 面圧 N/mm2	試験条件 速度 mm/sec	試験条件 振動数 Hz	試験条件 加振回数 波	試験条件 総移動距離 mm	試験条件 加振波形	試験条件 マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	その他の条件 補正項目	その他の条件 加振条件	その他の条件 特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数 1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.094	1.73	1.12	0.89	0.163	0.106	0.093	0.084																				
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	30	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		TB2反力175 kN	0.081	1.57	1.14	0.89	0.127	0.092	0.079	0.072																				
B-1?	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	40	800	1.59155	4		in波		切片法	慣性力補正		B2反力175 kN	0.066	1.86	1.14	0.88	0.122	0.075	0.064	0.058																				
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	静的	30	6	10	0.05305	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.110	0.85	1.06	0.85	0.094	0.093	0.1	0.106	0.11	0.114	0.117	0.117	0.116	0.117												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	10	0.05305	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.096	1.10	1. 3	0.99	0.106	0.099	0.098	0.097	0.096	0.096	0.096	0.095	0.095	0.095												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	10	0.05305	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.066	1.07	1.01	0.99	0.071	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.067	0.067	0.067	0.067												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	10	0.05305	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.058	1.08	1.02	0.97	0.062	0.057	0.056	0.057	0.057	0.058	0.058	0.058	0.059	0.059												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	100	0. 3052	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.156	1. 3	1.04	0.97	0.176	0.163	0.161	0.157	0.157	0.156	0.155	0.154	0.1 3	0.152												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	100	0. 3052	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.136	1.17	1.07	0.95	0.159	0.146	0.142	0.139	0. 37	0. 35	0.133	0. 32	0. 3	0.129												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	100	0. 3052	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.1 3	1.17	1.09	0.94	0.120	0.112	0.108	0.105	0.103	0.102	0.1	0.099	0.098	0.096												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	100	0. 3052	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.0 3	1.15	1.08	0.95	0.107	0.1	0.097	0.095	0.094	0.092	0.091	0.09	0.089	0.088												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	6	300	1.59155	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.162	1.20	1.08	0.95	0.195	0.176	0.169	0.166	0.162	0.161	0.159	0.157	0.156	0.155												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	12	300	1.59155	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.139	1.31	1.12	0.93	0.182	0.156	0.148	0.1 3	0.14	0. 37	0.135	0. 34	0.131	0.13												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	300	1.59155	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.106	1.32	1.14	0.92	0.141	0.121	0.114	0.11	0.107	0.104	0.1 3	0.101	0.1	0.098												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	25	300	1.59155	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.099	1.31	1.14	0.92	0.129	0.112	0.106	0.102	0.099	0.097	0.095	0.094	0.092	0.091												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	6	800	1.59155	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.150	1.34	1.12	0.92	0.201	0.167	0.16	0.156	0.151	0.146	0.1 3	0.144	0.142	0.138												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	12	800	1.59155	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.114	1.51	1.17	0.91	0.172	0. 33	0.124	0.117	0.115	0.111	0.109	0.106	0.104	0.1 3												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	20	800	1.59155	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.088	1.61	1.20	0.88	0.142	0.106	0.098	0.0 3	0.089	0.086	0.084	0.082	0.08	0.078												
B-1?	実機	φ445	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	80	25	800	1.59155	10		in波		切片法	慣性力補正		B2反力300 kN	0.082	1.61	1.21	0.88	0. 31	0.099	0.09	0.086	0.082	0.08	0.077	0.075	0.0 3	0.072												
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.137	1.09	1.02	0.98	0.150	0. 37	0.14	0.134																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.170	0.96	1.04	0.93	0.164	0.176	0.177	0.158																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.174	1.08	1.05	0.95	0.187	0.182	0.174	0.165																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.172	1.21	1. 3	0.78	0.208	0.194	0.187	0.135																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.188	1.23	1.12	0.80	0.231	0.21	0.204	0.15																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.205	1.34	1.12	0.81	0.276	0.229	0.22	0.167																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.145	0.98	1. 3	0.97	0.142	0.141	0.145	0.149																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.151	1.06	1.04	0.96	0.160	0.157	0.15	0.145																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.141	1.08	1.02	0.97	0.152	0.144	0.142	0.136																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.162	1.17	1.12	0.81	0.190	0.181	0.173	0.132																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.178	1.20	1. 3	0.80	0.213	0.2	0.191	0.142																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.194	1.29	1. 3	0.80	0.250	0.219	0.209	0.155																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.132	0.94	1.01	0.98	0.124	0.13	0. 33	0.134																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.125	1.11	1.06	0.95	0. 39	0.133	0.124	0.119																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.121	1.07	1.05	0.92	0. 30	0.127	0.125	0.112																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.151	1.22	1.12	0.81	0.184	0.17	0.161	0.123																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.166	1.23	1.12	0.81	0.203	0.186	0.176	0.135																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	1.28	1. 3	0.80	0.235	0.207	0.197	0.146																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.098	0.96	1.01	0.99	0.094	0.099	0.098	0.097																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.107	1.09	1.11	0.83	0.117	0.119	0.114	0.089																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	1. 3	1.10	0.83	0.127	0.124	0.12	0.094																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.137	1.28	1.14	0.77	0.176	0.157	0.149	0.106																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.150	1.31	1. 3	0.79	0.197	0.17	0.161	0.119																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.161	1.34	1.14	0.78	0.216	0.184	0.174	0.125																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.059	1.04	1.01	0.99	0.062	0.06	0.059	0.059																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.084	1.02	1.04	0.97	0.085	0.087	0.083	0.081																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.088	1.18	1. 3	0.77	0.104	0.1	0.097	0.068																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.107	1. 3	1.17	0.73	0.152	0.125	0.117	0.078																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.114	1.47	1.17	0.75	0.168	0.133	0.123	0.086																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.119	1.51	1.18	0.73	0.180	0.141	0. 3	0.087																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.046	1.07	1.02	0.98	0.049	0.047	0.046	0.045																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.064	1.06	1. 3	0.97	0.068	0.066	0.064	0.062																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.065	1.25	1.14	0.77	0.081	0.074	0.071	0.05																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.088	1.49	1.17	0.74	0. 31	0.1 3	0.096	0.065																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.0 3	1.56	1.18	0.76	0.145	0.109	0.099	0.07																				
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.095	1.64	1.20	0.71	0.155	0.114	0.103	0.067																				

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小)	すべり材		相手材			試験条件									その他の条件					動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																			
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項						1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.039	1.07	1.04	0.97	0.042	0.041	0.039	0.038																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.049	1.07	1. 3	0.97	0.053	0.051	0.049	0.048																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.054	1.14	1.04	0.97	0.061	0.056	0.053	0.052																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.074	1.56	1.18	0.73	0.116	0.088	0.081	0.054																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.076	1.66	1.22	0.68	0.127	0.093	0.084	0.052																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.081	1.68	1.23	0.70	0. 37	0.1	0.087	0.057																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.090	0.80	1.10	0.89	0.072	0.08	0.091	0.099																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.146	0.89	1.04	0.93	0. 30	0.149	0.152	0.136																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.155	1. 3	1.08	0.87	0.160	0.167	0.163	0.134																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.204	1.04	1.01	0.99	0.212	0.207	0.204	0.201																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.2 3	1.15	1.02	0.98	0.234	0.207	0.203	0.199																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.199	1.34	1.08	0.87	0.266	0.214	0.209	0.174																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.114	0.99	1. 3	0.97	0.112	0.117	0.114	0.11																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.127	0.98	1. 3	0.97	0.125	0. 31	0.127	0.123																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.131	1.06	1.08	0.85	0. 39	0.142	0. 39	0.112																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.177	1.09	1.08	0.84	0.193	0.192	0.19	0.149																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.185	1.16	1.08	0.85	0.214	0.2	0.197	0.158																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.191	1.24	1.07	0.88	0.237	0.205	0.201	0.168																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.096	1.01	1. 3	0.97	0.097	0.099	0.097	0.0 3																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.111	1.04	1.10	0.84	0.116	0.122	0.118	0.094																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.125	1.09	1.09	0.82	0. 37	0. 37	0. 36	0.1 3																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.168	1.11	1.09	0.84	0.187	0.183	0.18	0.141																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.178	1.16	1.10	0.84	0.207	0.195	0.19	0.149																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.184	1.24	1.09	0.85	0.228	0.2	0.194	0.157																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.079	0.94	1.01	0.99	0.074	0.08	0.079	0.078																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.115	1.06	1.10	0.80	0.122	0.126	0.126	0.092																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.132	1.11	1.08	0.83	0.147	0.143	0.143	0.11																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.154	1.20	1.11	0.82	0.184	0.17	0.165	0.126																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.159	1.27	1.12	0.82	0.203	0.178	0.17	0. 3																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.162	1.31	1.12	0.81	0.213	0.181	0.173	0.132																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.056	1.12	1.10	0.80	0.063	0.062	0.062	0.045																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.0 3	1. 3	1.12	0.77	0.105	0.104	0.103	0.072																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	1.19	1.11	0.78	0.123	0.115	0.114	0.081																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.111	1.39	1.15	0.76	0.155	0.128	0.121	0.085																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.116	1.44	1.15	0.78	0.167	0.133	0.124	0.09																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.118	1.49	1.17	0.75	0.175	0.138	0.127	0.088																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.048	1.06	1.10	0.83	0.051	0.052	0.053	0.04																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.077	1.19	1.14	0.74	0.092	0.088	0.086	0.057																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.084	1.26	1. 3	0.75	0.106	0.095	0.094	0.0 3																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.089	1.45	1.14	0.79	0.129	0.101	0.095	0.07																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.090	1.56	1.18	0.74	0.140	0.106	0.097	0.067																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.094	1.59	1.19	0.73	0.150	0.112	0.102	0.069																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.0 3	1.04	1.11	0.81	0.045	0.047	0.048	0.035																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.067	1.22	1. 3	0.77	0.081	0.075	0.074	0.051																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.072	1.26	1. 3	0.78	0.091	0.081	0.079	0.056																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.072	1. 3	1.17	0.75	0.110	0.084	0.078	0.054																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.075	1.62	1.19	0.73	0.122	0.09	0.081	0.055																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.080	1.66	1.21	0.72	0. 32	0.096	0.086	0.057																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.125	0.99	1.02	0.98	0.124	0.127	0.126	0.122																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	0.71	1. 3	0.96	0.101	0.137	0.142	0.145	0.147																	
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	0.95	1.01	0.99	0.164	0.174	0.171	0.175																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.206	1.08	1. 3	0.97	0.222	0.2 3	0.206	0.2																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.223	1.10	1. 3	0.97	0.245	0.23	0.222	0.217																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.215	1.21	1. 3	0.97	0.260	0.221	0.214	0.209																		
B-2?	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	1.08	1.01	0.99	0.122	0.112	0.113	0.115																		

項目No.	供試体サイズ(実機・擬・縮小・	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	試験条件 対象	試験条件 変位 土mm	試験条件 面圧 N/mm2	試験条件 速度 mm/sec	試験条件 振動数 Hz	試験条件 加振回数	試験条件 総移動距離 mm	試験条件 加振波形	マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	その他の条件 補正項目	その他の条件 加振条件	その他の条件 特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数 1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.144	0.99	1.01	0.98	0.142	0.141	0.145	0.146																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.167	0.97	1.00	1.00	0.163	0.168	0.167	0.167																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.194	1.07	1.04	0.96	0.207	0.201	0.194	0.187																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.2 3	1.11	1.04	0.97	0.236	0.221	0.213	0.206																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.208	1.22	1.04	0.97	0.254	0.216	0.207	0.202																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.115	1.00	1.02	0.98	0.115	0.113	0.115	0.118																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.144	0.98	1.00	0.99	0.142	0.143	0.145	0.145																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.161	0.99	1.02	0.97	0.159	0.164	0.162	0.156																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.187	1. 3	1.05	0.95	0.211	0.196	0.187	0.178																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.205	1.17	1.05	0.96	0.239	0.214	0.204	0.196																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.197	1.25	1.04	0.96	0.247	0.205	0.196	0.19																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.108	1.00	1.02	0.97	0.108	0.109	0.104	0.11																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.121	1.02	1.02	0.97	0.124	0.124	0.122	0.118																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.138	1. 3	1. 3	0.97	0.142	0.143	0. 38	0.134																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.169	1.19	1.05	0.95	0.201	0.178	0.169	0.16																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	1.22	1.05	0.95	0.222	0.192	0.182	0.174																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.170	1.28	1.04	0.97	0.218	0.177	0.168	0.165																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.079	0.98	1.02	0.98	0.077	0.077	0.08	0.079																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.095	1.08	1. 3	0.98	0.103	0.098	0.095	0.0 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.107	1.11	1.06	0.95	0.118	0.113	0.106	0.101																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.132	1.27	1.07	0.93	0.168	0.142	0. 32	0.123																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.141	1.29	1.07	0.94	0.182	0.151	0.14	0.132																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.131	1.37	1.05	0.97	0.180	0. 38	0.129	0.127																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.064	1.02	1.01	0.99	0.065	0.064	0.063	0.064																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.079	1.12	1.04	0.97	0.088	0.082	0.078	0.076																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.086	1.14	1.07	0.94	0.098	0.092	0.085	0.081																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.131	1.37	1.05	0.97	0.180	0. 38	0.129	0.127																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.117	1.35	1.08	0.93	0.158	0.127	0.116	0.109																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.108	1.44	1.05	0.95	0.155	0.113	0.108	0.102																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.055	1. 3	1.01	0.98	0.057	0.054	0.056	0.056																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.066	1.14	1.05	0.97	0.075	0.069	0.065	0.064																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.072	1.17	1.07	0.93	0.084	0.077	0.071	0.067																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.0 3	1.32	1.08	0.93	0.122	0.1	0.092	0.086																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.100	1.38	1.09	0.93	0. 38	0.109	0.099	0.0 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.091	1.49	1.06	0.94	0. 36	0.097	0.091	0.086																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.117	0.92	1.04	0.96	0.108	0.113	0.117	0.122																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.148	0.92	1.02	0.98	0. 37	0.145	0.149	0.151																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.159	1. 3	1.04	0.96	0.164	0.165	0.16	0.1 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.2 3	1.08	1.01	0.99	0.230	0.215	0.213	0.21																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.227	1.15	1.02	0.98	0.260	0.232	0.226	0.222																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.201	1.29	1.02	0.98	0.260	0.206	0.201	0.196																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.124	0.98	1.01	0.99	0.121	0.123	0.125	0.123																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.127	1.02	1.05	0.96	0. 30	0.133	0.126	0.122																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.126	1.06	1.04	0.96	0. 33	0.131	0.126	0.121																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.205	1.06	1.02	0.98	0.218	0.209	0.205	0.201																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.224	1.12	1. 3	0.98	0.251	0.23	0.223	0.219																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.209	1.23	1. 3	0.97	0.257	0.216	0.209	0.202																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.105	0.96	1.01	0.99	0.101	0.106	0.105	0.104																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	1. 3	1.04	0.97	0.106	0.107	0.103	0.1																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.108	1.01	1.02	0.98	0.109	0.111	0.108	0.106																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	1.09	1. 3	0.97	0.210	0.2	0.193	0.187																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.214	1. 3	1. 3	0.97	0.241	0.221	0.213	0.207																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.200	1.23	1.04	0.97	0.246	0.207	0.199	0.1 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.078	0.95	1. 3	0.97	0.074	0.08	0.078	0.076																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.102	0.95	1.07	0.94	0.097	0.109	0.102	0.096																		

項目No.	供試体サイズ(実機・線小・	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	試験条件 振動数 Hz	試験条件 加振回数	試験条件 総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	その他の条件 補正項目	その他の条件 加振条件	その他の条件 特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数 1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.114	1.04	1.06	0.94	0.118	0.12	0.114	0.107																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.1 3	1.15	1.04	0.96	0.200	0.181	0.1 3	0.166																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.186	1.19	1.05	0.96	0.221	0.195	0.185	0.178																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.172	1.28	1.04	0.96	0.219	0.179	0.171	0.165																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.052	1.00	1.02	0.98	0.052	0.053	0.052	0.051																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.081	1.01	1.05	0.95	0.082	0.085	0.081	0.077																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.096	1.10	1.07	0.94	0.105	0.102	0.095	0.09																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.132	1.26	1.07	0.93	0.166	0.141	0. 31	0.123																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.1 3	1.28	1.07	0.94	0.183	0.152	0.142	0.134																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.129	1.38	1.05	0.97	0.178	0. 36	0.127	0.125																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.042	1.07	1.02	0.98	0.045	0.043	0.042	0.041																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.062	1.09	1.06	0.95	0.068	0.066	0.062	0.059																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.0 3	1.16	1.08	0.93	0.085	0.079	0.073	0.068																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.104	1.29	1.07	0.93	0. 35	0.112	0.104	0.097																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.114	1.32	1.08	0.93	0.151	0.123	0.114	0.106																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.106	1.41	1.08	0.93	0.150	0.115	0.105	0.099																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.036	1.04	1.01	0.98	0. 37	0. 36	0. 36	0.035																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.051	1.12	1.04	0.96	0.057	0.053	0.051	0.049																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.059	1.19	1.08	0.93	0.070	0.064	0.058	0.055																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.089	1.33	1.08	0.92	0.118	0.096	0.088	0.082																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.096	1.36	1.09	0.92	0. 30	0.104	0.095	0.088																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.090	1.49	1.06	0.94	0. 34	0.095	0.09	0.084																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.105	0.99	1.02	0.98	0.104	0.107	0.105	0.1 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.131	0.99	1. 3	0.97	0. 30	0. 35	0. 31	0.128																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.146	0.99	1.01	0.99	0.145	0.148	0.146	0.144																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.184	1.09	1.06	0.90	0.201	0.195	0.192	0.165																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.191	1.14	1.08	0.86	0.218	0.207	0.202	0.164																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.198	1.19	1.08	0.87	0.236	0.213	0.208	0.1 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.089	1.05	1. 3	0.97	0.093	0.091	0.089	0.086																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.123	0.98	1. 3	0.98	0.120	0.126	0.122	0.12																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	0.99	1.01	0.99	0.141	0.145	0.143	0.141																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.165	1.18	1.12	0.79	0.194	0.185	0.18	0. 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.176	1.20	1.11	0.81	0.212	0.196	0.19	0.1 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.181	1.25	1.12	0.80	0.226	0.202	0.196	0.145																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.074	0.94	1.02	0.98	0.070	0.076	0.074	0.0 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.110	1.07	1.10	0.81	0.118	0.121	0.12	0.089																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.124	1.15	1.11	0.78	0.142	0.138	0. 37	0.097																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.1 3	1.27	1.15	0.74	0.182	0.165	0.159	0.106																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.151	1.32	1.16	0.75	0.200	0.175	0.166	0.1 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.159	1.33	1.14	0.79	0.211	0.181	0.171	0.125																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.057	1. 3	1.01	0.99	0.059	0.058	0.057	0.057																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.090	1. 3	1.10	0.81	0.102	0.099	0.098	0.0 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.101	1.18	1.09	0.82	0.119	0.11	0.109	0.0 3																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.110	1.38	1.16	0.74	0.151	0.127	0.121	0.081																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.114	1.44	1.16	0.75	0.165	0.133	0.124	0.086																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.117	1.47	1.20	0.72	0.172	0.14	0.127	0.084																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.049	0.99	1.01	0.99	0.048	0.049	0.048	0.049																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.075	1.19	1.11	0.80	0.089	0.0 3	0.082	0.06																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.0 3	1.21	1.10	0.82	0.101	0.092	0.09	0.068																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.091	1.45	1.15	0.76	0. 32	0.105	0.099	0.069																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.092	1.54	1.20	0.72	0.142	0.11	0.1	0.066																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.097	1.54	1.24	0.69	0.149	0.12	0.104	0.067																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.044	0.92	1.02	0.99	0.041	0.044	0.044	0.045																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.065	1.20	1.12	0.78	0.078	0.0 3	0.071	0.051																		
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1000kN	0.070	1.25	1.14	0.77	0.088	0.08	0.077	0.054																		

項目No.	供試体サイズ(実機・線小・	すべり材 大きさ mm	すべり材 材質	相手材 大きさ mm	相手材 材質	相手材 表面	試験条件 対象	試験条件 変位 ±mm	試験条件 面圧 N/mm2	試験条件 速度 mm/sec	試験条件 振動数 Hz	試験条件 加振回数	試験条件 総移動距離 mm	試験条件 加振波形	試験条件 マニュアルとの整合性	その他の条件 計算法	その他の条件 補正項目	その他の条件 加振条件	その他の条件 特記事項	動摩擦係数	1回目のピーク動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	摩擦係数 10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.085	1.32	1.07	0.93	0.112	0.091	0.084	0.079																				
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.088	1.43	1.11	0.91	0.126	0.098	0.087	0.08																				
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力100 kN	0.092	1.45	1.3	0.89	0.33	0.104	0.09	0.082																				
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.104	0.87	1.05	0.94	0.090	0.098	0.105	0.109																				
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.142	0.95	1.01	0.99	0.35	0.14	0.143	0.142																				
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.159	0.98	1.01	0.99	0.156	0.161	0.16	0.157																				
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.204	1.3	1.01	0.99	0.211	0.206	0.204	0.202																				
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.212	1.06	1.02	0.98	0.226	0.217	0.211	0.209																				
B-27	実機	φ260	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.217	1.17	1.02	0.99	0.253	0.221	0.216	0.214																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.164	1.00	1.01	0.99	0.164	0.165	0.165	0.162																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.168	1.01	1.02	0.99	0.170	0.172	0.167	0.166																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.13	1.3	1.01	0.99	0.188	0.185	0.183	0.18																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.180	1.10	1.10	0.83	0.199	0.198	0.194	0.149																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.194	1.12	1.09	0.83	0.218	0.212	0.209	0.161																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.210	1.22	1.09	0.84	0.255	0.229	0.223	0.177																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.142	0.96	1.00	1.00	0.37	0.142	0.143	0.142																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.149	1.00	1.00	1.00	0.149	0.15	0.149	0.149																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.13	0.99	1.00	1.00	0.152	0.154	0.153	0.13																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.166	1.08	1.09	0.85	0.179	0.181	0.176	0.142																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.182	1.12	1.10	0.84	0.204	0.2	0.193	0.152																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.200	1.19	1.10	0.84	0.238	0.22	0.213	0.168																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.122	0.98	1.02	0.98	0.119	0.124	0.119	0.122																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.134	1.02	1.3	0.94	0.37	0.37	0.38	0.126																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.141	1.02	1.00	0.99	0.144	0.142	0.142	0.14																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.150	1.29	1.17	0.73	0.193	0.175	0.166	0.109																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.170	1.29	1.15	0.78	0.219	0.195	0.183	0.132																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.184	1.33	1.14	0.78	0.244	0.209	0.199	0.144																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.081	1.04	1.02	0.99	0.084	0.082	0.08	0.08																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.087	1.10	1.09	0.84	0.096	0.095	0.093	0.03																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.094	1.12	1.09	0.85	0.106	0.103	0.1	0.08																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.132	1.38	1.19	0.71	0.182	0.157	0.146	0.094																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.146	1.39	1.17	0.73	0.203	0.171	0.16	0.107																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.156	1.39	1.15	0.76	0.216	0.179	0.169	0.119																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.052	1.06	1.02	0.98	0.055	0.053	0.052	0.051																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.066	1.10	1.3	0.77	0.073	0.075	0.073	0.051																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.075	1.23	1.14	0.76	0.092	0.085	0.082	0.057																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.105	1.46	1.19	0.71	0.154	0.125	0.116	0.075																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.111	1.51	1.19	0.73	0.168	0.132	0.121	0.081																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.116	1.52	1.19	0.73	0.177	0.138	0.126	0.085																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.041	1.07	1.02	0.98	0.044	0.042	0.041	0.04																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.054	1.16	1.12	0.79	0.063	0.061	0.059	0.03																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.060	1.29	1.14	0.76	0.078	0.069	0.066	0.046																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.086	1.3	1.18	0.74	0.31	0.101	0.093	0.03																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.089	1.61	1.21	0.70	0.143	0.107	0.097	0.062																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.096	1.58	1.26	0.69	0.152	0.121	0.101	0.066																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	18.8496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.036	1.06	1.3	0.97	0.38	0.037	0.36	0.035																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.046	1.20	1.14	0.74	0.055	0.052	0.051	0.034																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.051	1.32	1.14	0.75	0.067	0.058	0.056	0.038																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.072	1.61	1.19	0.71	0.116	0.086	0.079	0.051																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.075	1.70	1.22	0.70	0.127	0.091	0.081	0.052																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.082	1.65	1.27	0.67	0.35	0.104	0.087	0.055																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.116	0.89	1.04	0.96	0.103	0.111	0.116	0.12																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.154	0.89	1.02	0.98	0.37	0.15	0.154	0.157																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.158	1.3	1.05	0.95	0.162	0.165	0.158	0.15																				
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.23	1.07	1.01	0.99	0.217	0.206	0.203	0.2																				

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材		相手材		試験条件								その他の条件				動摩擦係数	摩擦係数																								
		大きさ	材質	大きさ	材質	表面	対象	変位	面圧 N/ 2	速度 /	振動数 H	加振回数	総移動距離	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項		1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.224	1.07	1. 3	0.98	0.241	0.23	0.223	0.22																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.211	1.19	1. 3	0.97	0.252	0.217	0.211	0.206																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.135	0.97	1.00	1.00	0. 31	0. 34	0.135	0.135																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.128	1.07	1.04	0.97	0. 37	0. 33	0.128	0.124																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.125	1.02	1.02	0.98	0.128	0.128	0.125	0.123																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.211	1.19	1. 3	0.97	0.252	0.217	0.211	0.206																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.221	1.06	1. 3	0.98	0.235	0.227	0.221	0.216																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.2 3	1.17	1. 3	0.98	0.249	0.219	0.212	0.208																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.112	0.94	1.00	0.99	0.105	0.112	0.112	0.111																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.108	1.05	1.04	0.96	0.113	0.112	0.108	0.104																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.112	0.99	1.02	0.99	0.110	0.114	0.111	0.11																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.189	1.05	1. 3	0.97	0.199	0.195	0.189	0.1 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.212	1.09	1. 3	0.97	0.230	0.219	0.211	0.205																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.204	1.18	1.04	0.97	0.241	0.211	0.203	0.197																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.081	0.91	1.01	1.00	0.074	0.081	0.082	0.081																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.104	0.99	1.06	0.95	0.103	0.11	0.103	0.098																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.114	1.02	1.06	0.96	0.117	0.121	0.112	0.11																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.164	1. 3	1.05	0.95	0.185	0.172	0.164	0.156																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.1 3	1.16	1.05	0.96	0.212	0.191	0.182	0.175																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.170	1.26	1.05	0.96	0.214	0.178	0.17	0.1 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.054	1.01	1. 3	0.98	0.055	0.056	0.054	0.0 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.084	0.97	1.04	0.96	0.082	0.088	0.084	0.081																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.097	1.08	1.06	0.95	0.104	0.102	0.096	0.092																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.130	1.23	1.06	0.94	0.159	0. 38	0.129	0.122																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.139	1.25	1.07	0.94	0.174	0.149	0. 38	0.131																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.132	1.32	1.07	0.94	0.175	0.141	0. 31	0.125																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.0 3	1.02	1.02	0.98	0.044	0.044	0.043	0.042																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.065	1.06	1.04	0.96	0.069	0.068	0.065	0.0 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.076	1.12	1.07	0.94	0.085	0.081	0.075	0.071																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.1 3	1.25	1.08	0.93	0.129	0.111	0.102	0.096																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.111	1.30	1.08	0.93	0.144	0.12	0.11	0.1 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.107	1.39	1.08	0.93	0.149	0.116	0.105	0.1																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.037	1.04	1.01	0.98	0. 38	0.037	0. 37	0.036																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.054	1.09	1.04	0.96	0.059	0.056	0.054	0.052																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.062	1.15	1.07	0.94	0.071	0.066	0.061	0.058																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.088	1.27	1.08	0.93	0.112	0.095	0.087	0.082																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.095	1.32	1.08	0.93	0.125	0.103	0.094	0.088																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.091	1.42	1.09	0.93	0.129	0.099	0.089	0.084																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.133	1. 3	1. 3	0.98	0.151	0.131	0. 32	0.137																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.161	0.91	1.01	0.98	0.147	0.158	0.161	0.1 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.179	0. 3	1.01	0.98	0.167	0.176	0.18	0.181																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.195	1. 3	1.01	0.99	0.200	0.197	0.195	0.1 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.212	1.06	1.02	0.98	0.225	0.216	0.212	0.208																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	1.5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.210	1.14	1.02	0.97	0.240	0.215	0.211	0.205																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.140	0.98	1.02	0.98	0. 37	0.137	0.14	0.1 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.164	0.96	1.00	1.00	0.158	0.164	0.164	0.165																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.169	0.99	1.01	0.98	0.167	0.171	0.169	0.166																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.189	1.02	1.02	0.98	0.193	0.1 3	0.189	0.185																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.210	1.04	1.02	0.98	0.219	0.215	0.21	0.206																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	3	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.209	1.15	1. 3	0.98	0.241	0.214	0.208	0.204																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.134	0.99	1.01	0.99	0. 33	0.133	0. 34	0.135																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.146	1.00	1.02	0.98	0.146	0.149	0.146	0.144																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.144	1.02	1. 3	0.97	0.147	0.149	0.144	0.14																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.179	1.07	1.04	0.96	0.191	0.186	0.179	0.1 3																		
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.202	1.12	1. 3	0.97	0.226	0.209	0.201	0.196																		

項目No.	供試体サイズ(実機・縮小・	すべり材		相手材			試験条件							その他の条件				動摩擦係数	1回目のピーク/動摩擦係数	2～10回目の最大値/動摩擦係数	2～10回目の最小値/動摩擦係数	摩擦係数																					
		大きさ mm	材質	大きさ mm	材質	表面	対象	変位 ±mm	面圧 N/mm2	速度 mm/sec	振動数 Hz	加振回数 波	総移動距離 mm	加振波形	マニュアルとの整合性	計算法	補正項目	加振条件	特記事項					1波目	2波目	3波目	4波目	5波目	6波目	7波目	8波目	9波目	10波目	11波目	12波目	13波目	14波目	15波目	16波目	17波目	18波目	19波目	20波目
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	5	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.200	1.19	1.04	0.97	0.238	0.207	0.199	0.1 3																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.102	0.98	1.00	1.00	0.100	0.102	0.102	0.102																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.116	1. 3	1. 3	0.97	0.119	0.119	0.116	0.112																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.121	1. 3	1.04	0.96	0.125	0.126	0.121	0.117																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.1 3	1.14	1.06	0.94	0.186	0.172	0.163	0.154																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.182	1.16	1.05	0.96	0.212	0.191	0.181	0.174																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	10	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.172	1.27	1.05	0.96	0.218	0.18	0.171	0.164																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.076	0.99	1.00	0.99	0.075	0.076	0.076	0.075																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.084	1.08	1.04	0.96	0.091	0.088	0.084	0.081																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.092	1.06	1.04	0.96	0.098	0.096	0.092	0.089																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.133	1.25	1.07	0.93	0.166	0.143	0. 33	0.124																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.140	1.26	1.07	0.94	0.177	0.15	0. 39	0.131																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	20	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力175 kN	0.130	1.36	1.06	0.96	0.176	0. 37	0.127	0.125																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.059	1.00	1.00	1.00	0.059	0.059	0.059	0.059																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.068	1.10	1.04	0.97	0.075	0.071	0.068	0.066																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.076	1.09	1.04	0.96	0.083	0.079	0.076	0.0 3																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.107	1.28	1.08	0.92	0. 37	0.116	0.107	0.099																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.114	0. 3	1.09	0.92	0.015	0.124	0.113	0.105																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	30	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.107	1. 3	1.05	0.95	0.152	0.112	0.107	0.101																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	1.88496	0.01	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.048	1.01	1.01	0.99	0.049	0.049	0.048	0.048																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	9.42478	0.05	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.057	1.10	1. 3	0.98	0.063	0.059	0.057	0.056																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	18.8496	0.1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.064	1.12	1.05	0.96	0.071	0.067	0.063	0.061																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	94.2478	0.5	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.091	1.30	1.08	0.92	0.119	0.099	0.091	0.084																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	188.496	1	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.097	1.36	1.09	0.92	0. 31	0.105	0.096	0.089																
B-27	実機	φ340	充填材入PTFE		SUS316	No. B	動的	30	40	376.991	2	4		in波		切片法	慣性力補正		T-1反力1750kN	0.062	0.22	1.46	0.16	0.013	0.01	0.09	0.085																

２．２　データの検討

２．２．１　最大静摩擦特性(加振１回目の特性)に関する検討

（１）目的

摩擦係数データベース(2.1.3)を用いて最大摩擦係数(加振一回目の摩擦係数)の、面圧依存性、速度依存性について調査を行う。

（２）調査

使用するデータは、性能検証項目(案)を参考としたが、サンプル数を増やすため、データベースに記載のデータも使用した。(表 2.3 参照)。

データは最大摩擦係数μ_0を動摩擦係数μ_nで除した値μ_0/μ_nで整理し、摺動速度を用いてグラフ化した(図 2.38～図 2.41)。

表 2.3　サンプリング条件表

すべり材	相手材	記号	速度	面圧
充填材入 PTFE	SUS-No.2B 仕上	P2	5、10、50、100、200、300、400、800	6、12、20、30
充填材入 PTFE	SUS−鏡面仕上 (ｽﾛｰｽﾀｰﾄ)	PM	4、10、100、400、800、1200	5、10、20、30
繊維強化熱硬化樹脂	ﾌｯ素ｺｰﾄ	FP	10、50、100、200、300、400、500、600、1000	20、60
ﾅｲﾛﾝ系すべり材	ﾌｯ素ｺｰﾄ (ｽﾛｰｽﾀｰﾄ)	NP	6、63、315、628	5、10、20、30
充填材入 PTFE	ﾌｯ素ｺｰﾄ	PP	10、50、100、200、300	14.7、19.6

（３）結果

○PTFE-SUS の組合せは速度が上がるとμ_0/μ_nが増える傾向にあり、また面圧が高いほどその傾向が大きい。

○繊維強化熱硬化樹脂を用いた組合せは、速度が上がるとμ_0/μ_nが増える傾向にある。また、その値は PTFE-SUS の組合せより大きい。面圧依存性はバラツキが大きいため、その傾向が明確に現れない。

○ナイロン系すべり材の組合せによる速度依存性は、繊維強化熱硬化樹脂と同様の傾向である。面圧依存性は PTFE-SUS と逆で面圧が上がるとμ_0/μ_nが下がる。

○PTFE-ﾌｯ素ｺｰﾄの組合せは速度が上がるとμ_0/μ_nが下がる傾向にある。面圧依存性は認められない。

（４）結論

面圧･速度それぞれに依存性が確認され、各々の材料で傾向が異なる。

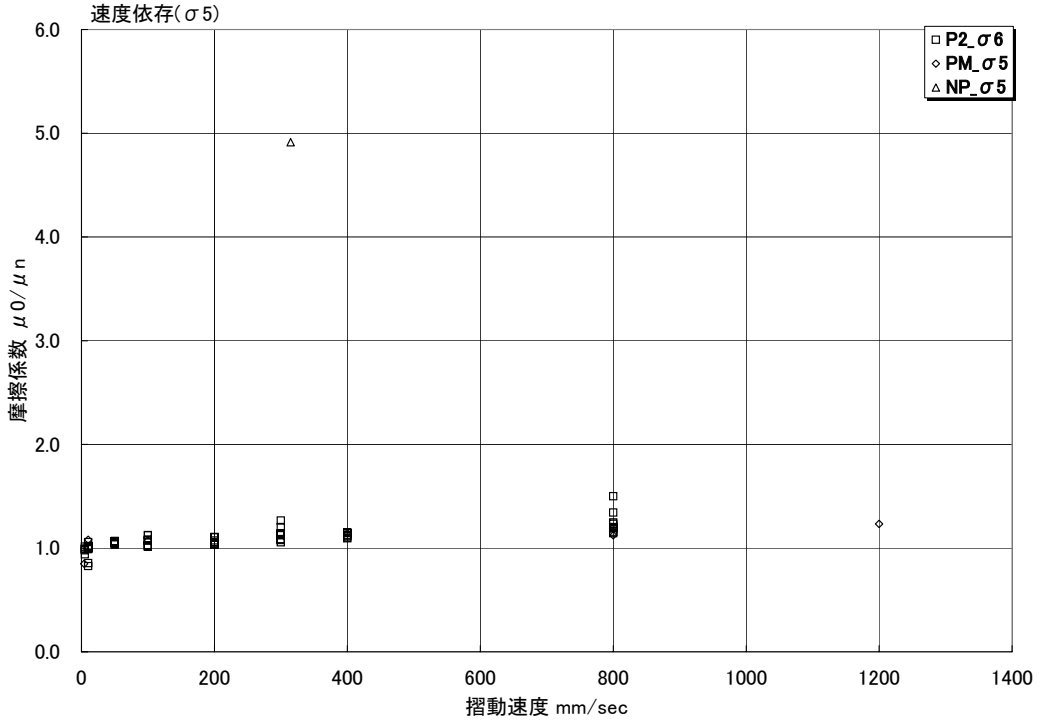


図 2.38　速度依存性(基準面圧 5N/mm^2)

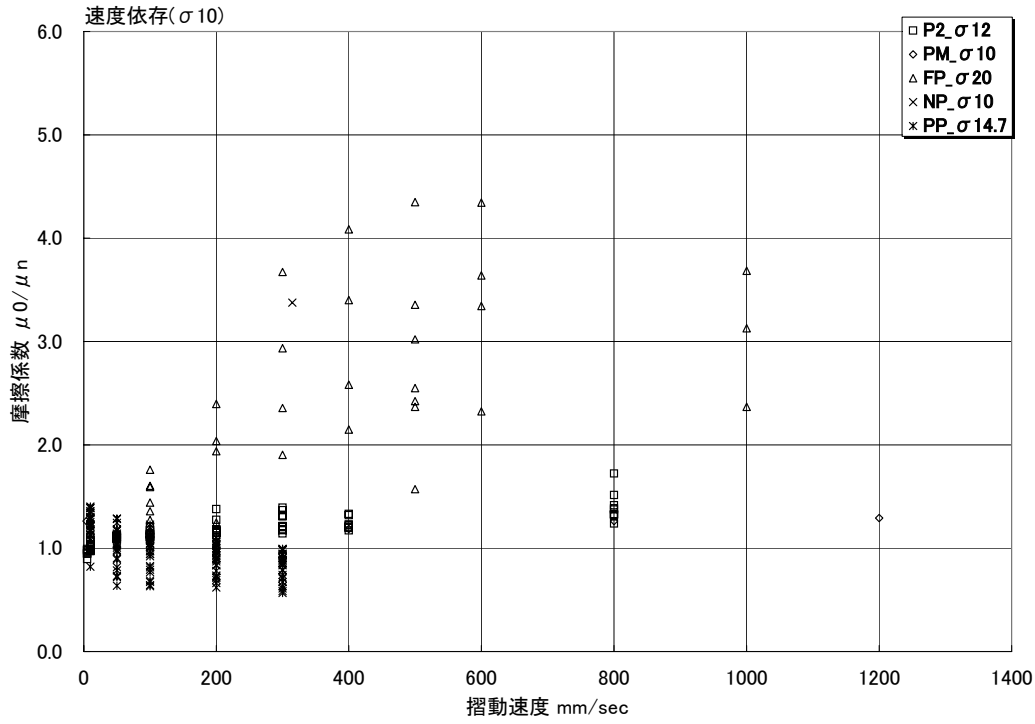


図 2.39　速度依存性(基準面圧 10N/mm^2)

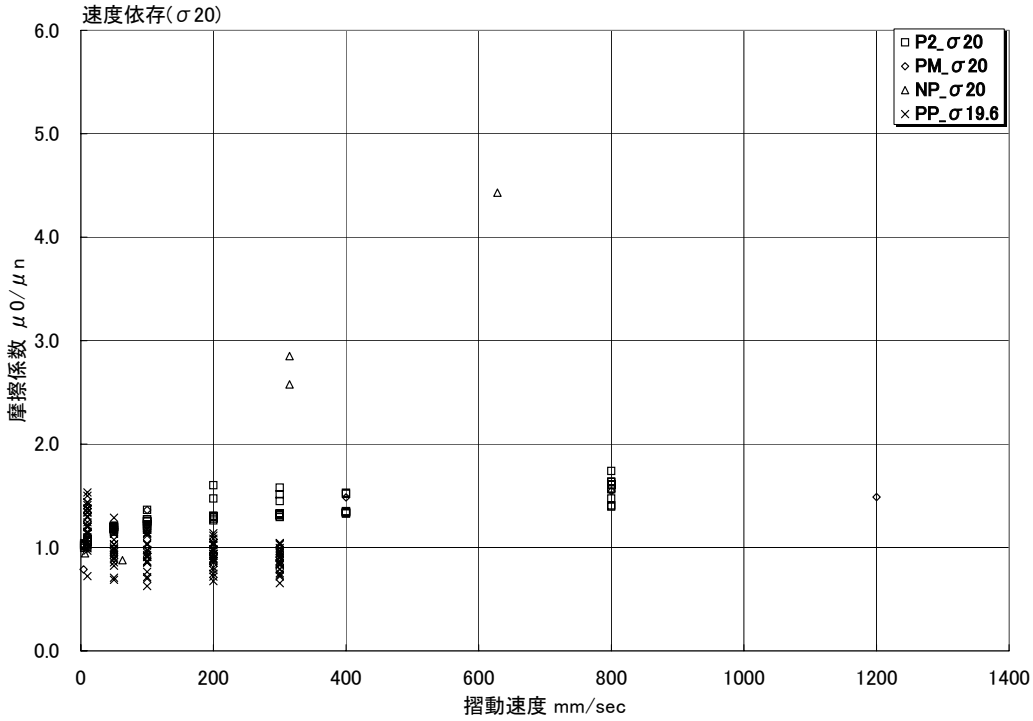


図 2.40　速度依存性(基準面圧 20N/mm^2)

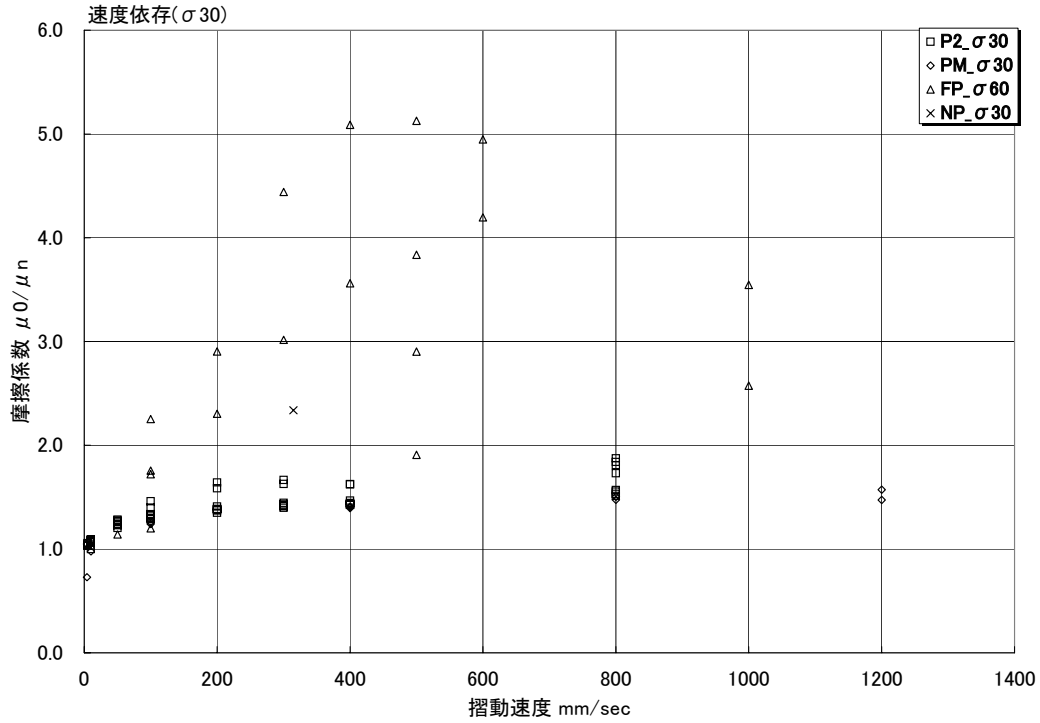


図 2.41　速度依存性(基準面圧 30N/mm^2)

２．２．２　繰り返し回数(摺動距離)に関する依存性の検証

（１）目的

すべり系支承は加振回数毎に摩擦係数が変化するものがあるが､摩擦係数の変化が摺動距離に依存するか調べる。摺動距離依存性は摩擦係数データベース(2.1.3)を基に、加振繰返し回数を累加し摺動距離に置換えて整理した。

（２）調査

使用するデータは、性能検証項目(案)を参考に、材料別に表 2.4 の様に選んだ。また摺動距離は加振波数と加振振幅より求めた(振幅×4×波数=摺動距離)。

図 2.42～2.46 に摺動距離と摩擦係数の関係を加振速度別に示す。

表 2.4　サンプリング条件表

すべり材	相手材	記号	速度	面圧
充填材入 PTFE	SUS-No.2B 仕上	P2	5、10、100、200、400	12、20、30
充填材入 PTFE	SUS−鏡面仕上	PM	4、10、100、400	10、20、30
繊維強化熱硬化樹脂	ﾌｯ素ｺｰﾄ	FP	10、100、200、500	20、60
ﾅｲﾛﾝ系すべり材	ﾌｯ素ｺｰﾄ	NP	6、63、315、628	10、20、30
充填材入 PTFE	ﾌｯ素ｺｰﾄ	PP	10、100、200、300	14.7、19.6

（３）結果

○相手材にﾌｯ素ｺｰﾄを用いた組合せは(FP、NP、PP)摺動距離による摩擦係数の変化が少ない。

○充填材入 PTFE と SUS の組合せは、摺動距離による依存性が確認できた。

○充填材入 PTFE と SUS の組合せによる摺動距離依存性は速度 10mm/sec において摺動距離 1500mm 程度で収束するが、速度 100mm/sec 以上では収束しない。

○充填材入 PTFE と SUS の組合せは速度と摺動距離によって摩擦係数の変化率(プロットの傾き)が変わる。

（４）結論

相手材にﾌｯ素ｺｰﾄを用いた組合せは(FP、NP、PP)摺動距離による摩擦係数の依存性がほとんど無いが､充填材入 PTFE と SUS の組合せの場合､摺動距離依存性が確認された｡また、摺動距離依存性は加振速度によって変化する。

そのため、定式化には速度による補正等も考慮する必要があると考えられる。

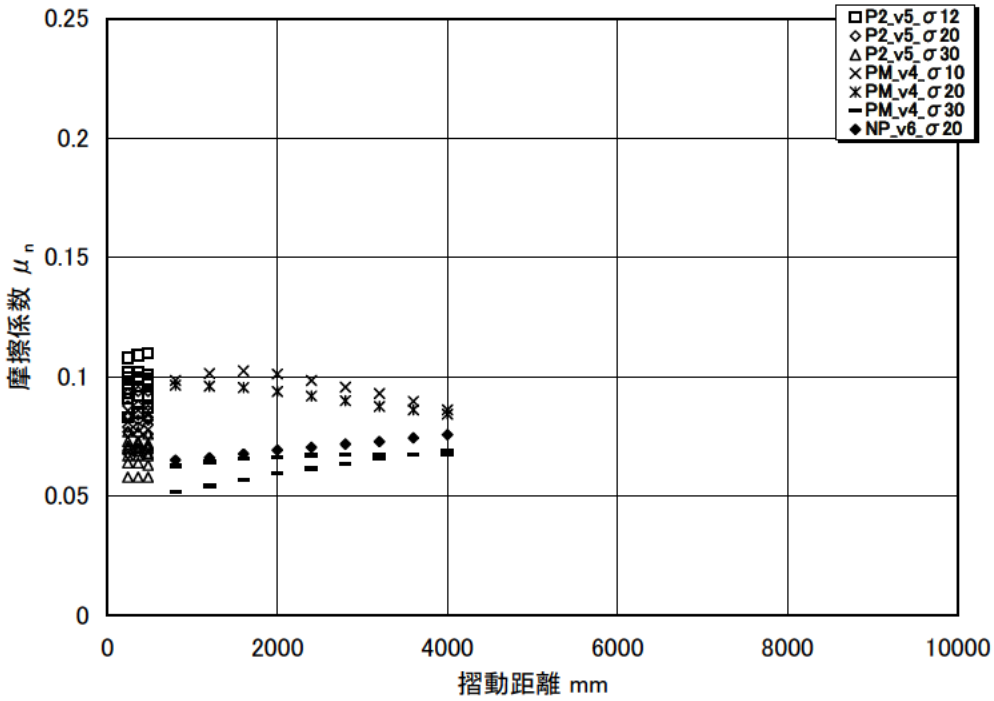


図 2.42　摺動距離依存性(基準速度 5mm/sec)

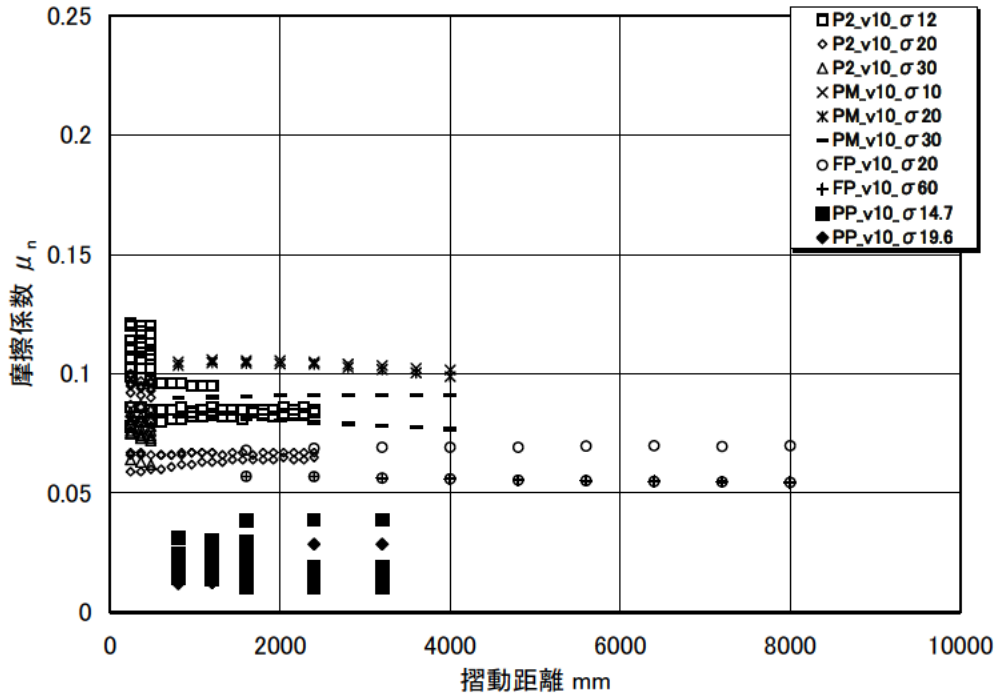


図 2.43　摺動距離依存性(基準速度 10mm/sec)

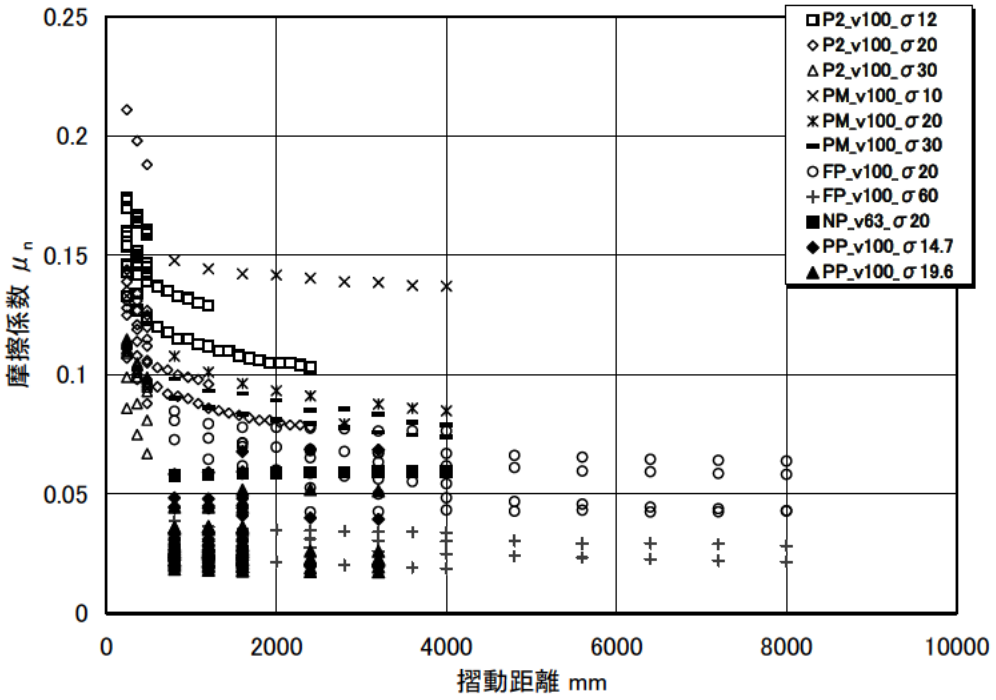


図 2.44　摺動距離依存性(基準速度 100mm/sec)

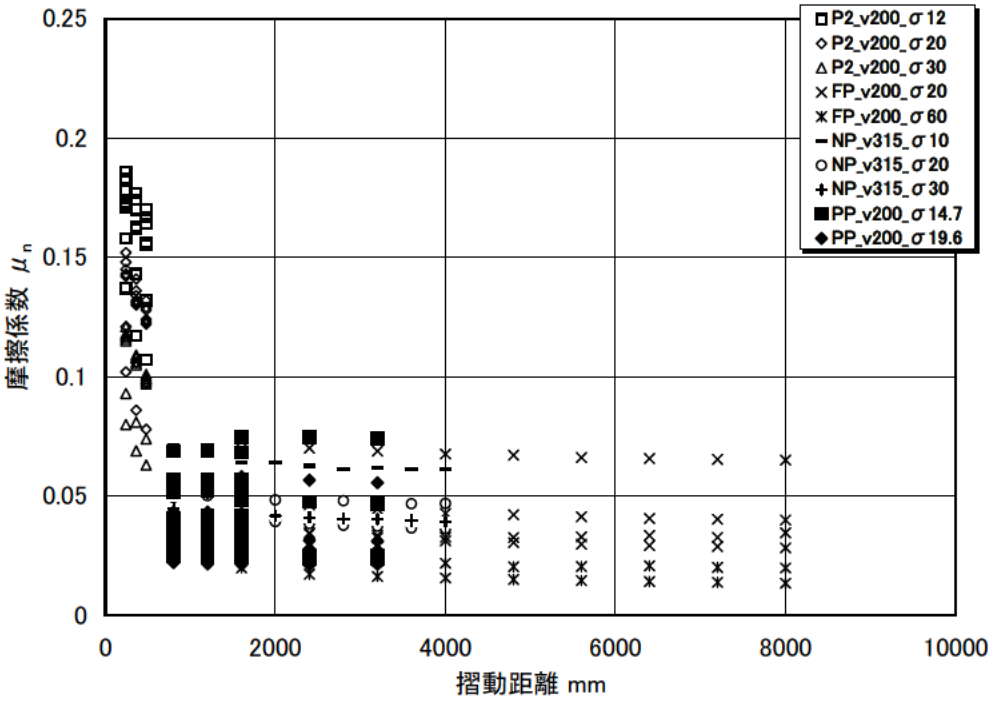


図 2.45　摺動距離依存性(基準速度 200mm/sec)

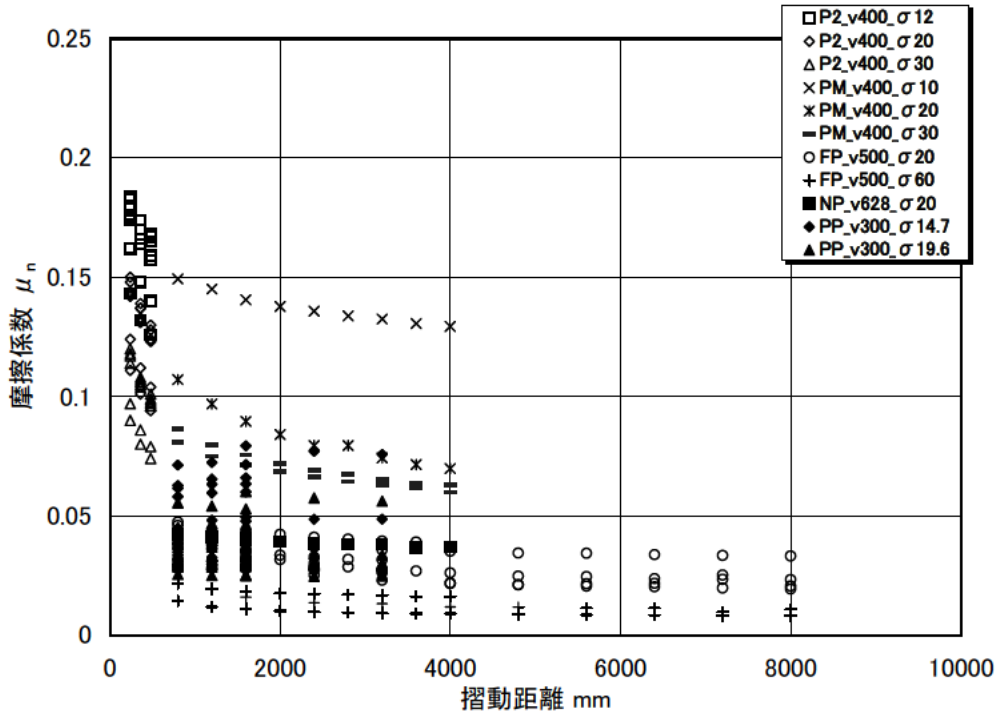


図 2.46 摺動距離依存性(基準速度 500mm/sec)

２．３　摩擦係数の算定方法

２．３．１　研究成果の概要

すべり系支承の摩擦特性を算出する方法は、統一された方法が決定されていないことから、摩擦係数の算定方法の統一化を行った。

既存の摩擦係数の算定方法としては、下記に示す方法がある。

① Y 切片法（変位・荷重履歴曲線の上下 Y 切片を読みとり摩擦係数を算定する。）

② 履歴面積法（変位・荷重履歴曲線の面積を振幅で割り、水平力を算出後、摩擦係数を算定する。）

これらの摩擦係数算定方法を、既存の摩擦係数のデータにて試算し、最適な算出方法として、Y 切片法の採用を決定した。下記に採用した理由を示す。

Y 切片法の採用理由

正弦波加振を行う場合、速度依存のあるすべり材では、変位・荷重履歴曲線が、太鼓型あるいは鼓型を示すことにより、履歴面積法で試算すると速度依存の影響を受ける。

表 2.5～2.8 に Y 切片法と履歴面積法での試算結果を、図 2.50～2.61 に表 2.5，表 2.6 の加振条件による変位・摩擦係数履歴曲線を示す。

Y 切片法は、加振速度の最大値（変位 0 部）の摩擦係数を採用するため、速度依存の影響を受けにくい。ただし、Y 切片付近で履歴曲線に波打ちが見られた場合（たとえば、高速加振の場合）、誤差が大きくなることもあるので波打ちが見られた場合の補正方法についても提案を行った。

次に、摩擦特性試験の加振を正弦波による 10 回加振を基本とし、どの加振回数を有効として摩擦係数を算出するかの検討を行った。表 2.5～2.8 に 2～10 回目の平均値と 4～10 回目の平均値の比較を示すが、両者とも大きな違いはなかった。以上をふまえて支承便覧との整合性を考慮し、摩擦係数算定には、10 回の平均値を採用することにした。なお、1 波目の履歴曲線は、静摩擦、試験機等の影響を多く含むため、摩擦係数算定の回数に含まなくてもよいものとした。

２．３．２　摩擦係数算定方法（Y 切片法）

設定した加振条件で、10 サイクル繰り返して作用させた場合の平均摩擦係数を下式で算出する。図 2.47，図 2.48 に変位・摩擦係数の履歴曲線の一例を示す。

図 2.48 は、試験機の保護のためスロースタート及びスローストップを行った変位・摩擦係数の履歴曲線を示す。

動摩擦特性の算定方法（正弦波加振）

① 水平変位、水平荷重及び鉛直荷重のデータ収録

② 水平変位と摩擦係数の履歴曲線作成

③ Y 切片（変位 0，加振速度最大時）での行き帰りの摩擦係数の平均値を算出

④ 10 サイクルの平均値を算出し、動摩擦の特性値とする。

$$\mu_m = \frac{1}{10}\sum_{j=1}^{10}\mu_j$$

ここに、

μ_m：すべり型免震装置の平均摩擦係数

μ_j：10 サイクルのくり返し載荷をした場合の第 j サイクル目のすべり型免震装置の摩擦係数

注記）　1 波目は、静摩擦、試験機等の影響を含んでいるため、摩擦係数算定の 10 サイクルに含まなくてもよい。（図 2.47，図 2.48 参照）

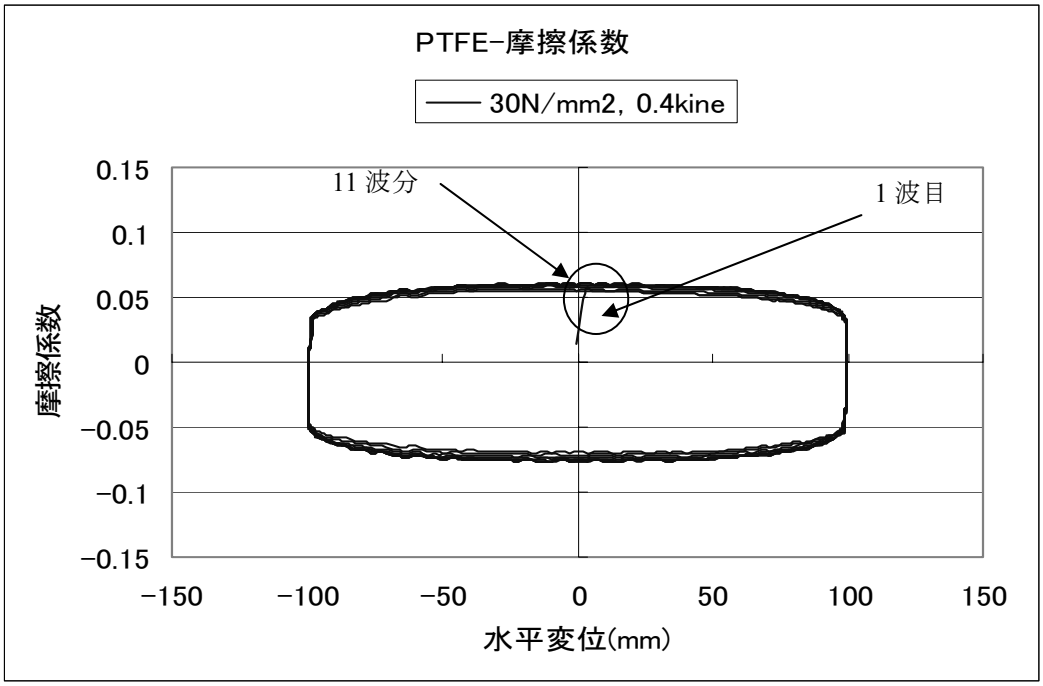


図 2.47　変位・摩擦係数の履歴曲線

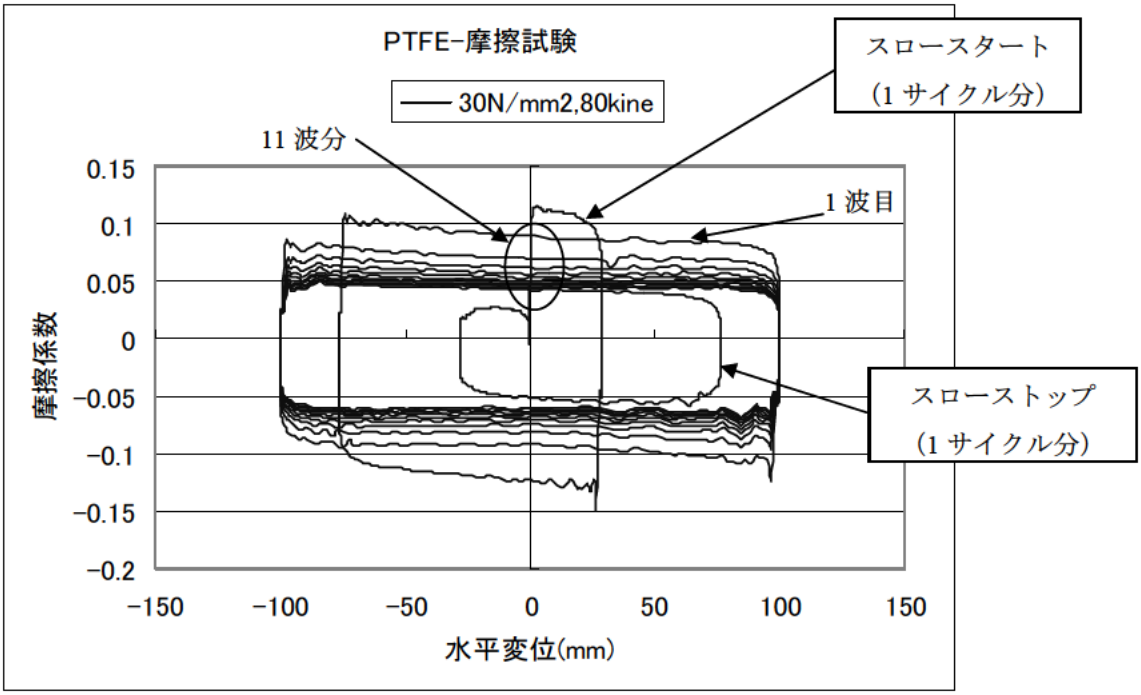


図 2.48　変位・摩擦係数の履歴曲線

（スロースタート・ストップを追加して加振したケース）

Y 切片付近の波打ちに対する補正方法案

摩擦試験による採取した履歴曲線が、Y 切片付近で波打ちが見られた場合、波打ちの影響を緩和するため以下に示す補正方法を提案した。

摩擦係数算出（変位考慮区間設定）

① Y 切片付近のデータ採取変位区間を設定する。
② その区間のデータ（摩擦係数、データ数）を採取する。
③ 行きと帰りに対して平均摩擦係数（Σ摩擦係数／データ数）を計算し、両者の平均値を摩擦特性値とする。

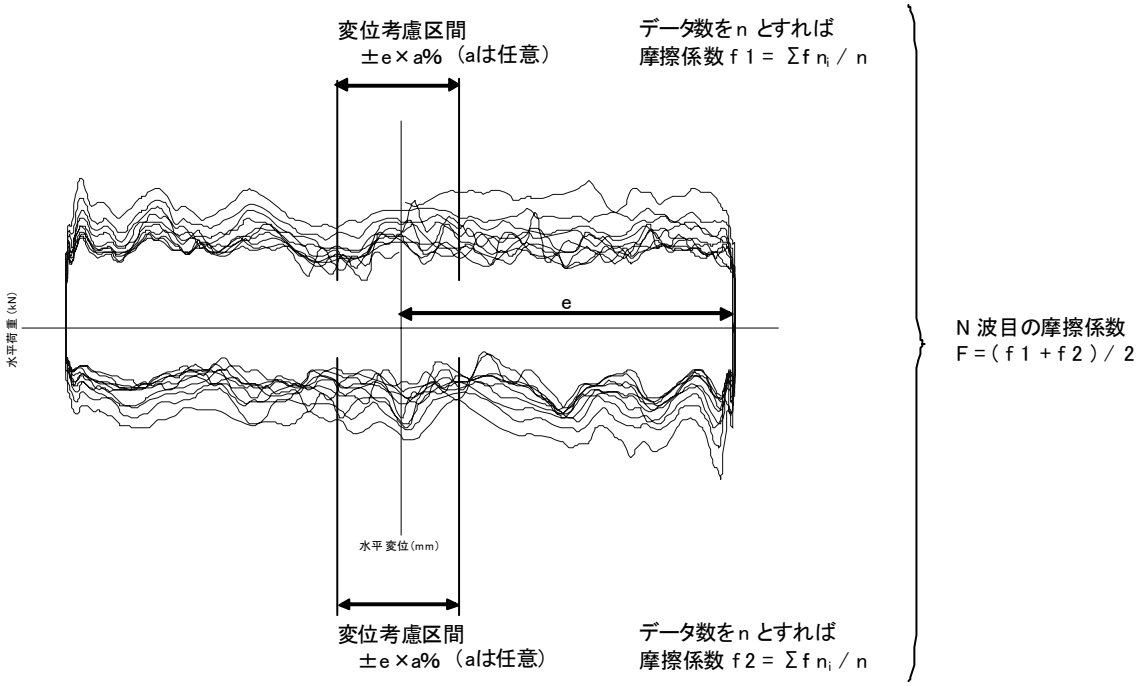


図 2.49　Y 切片付近の波打ちに対する補正方法概念図

２．３．３　検討結果

Y 切片法と履歴面積法での摩擦係数算出比較を表 2.5～2.8 に示す。

表 2.5　Y 切片法と履歴面積法での摩擦係数算出比較(1)

すべり材:充填材入りPTFE 相手材:SUS(鏡面仕上げ)							
加振条件	加振波形	正弦波					
	面圧(N/mm2)	30					
	加振変位(±〇〇mm)	100					
	加振回数	10					
	加振周波数(Hz)	0.00637	0.0159	0.1592	0.6366	1.2732	1.91
	加振最大速度(kine)	0.4	1	10	40	80	120
(1)Y切片値算出法	2～10サイクルの平均	0.066	0.080	0.080	0.068	0.060	0.053
	4～10サイクルの平均	0.067	0.079	0.078	0.065	0.057	0.050
(2)履歴面積算出法	2～10サイクルの平均	0.062	0.076	0.078	0.066	0.060	0.055
	4～10サイクルの平均	0.063	0.075	0.076	0.063	0.057	0.052
Y切片／履歴面積	2～10サイクルの平均	1.069	1.050	1.033	1.026	1.000	0.962
	4～10サイクルの平均	1.070	1.051	1.034	1.027	0.998	0.965
2～10／4～10サイクル平均値(Y切片法)		0.988	1.009	1.028	1.045	1.058	1.058

表 2.6　Y 切片法と履歴面積法での摩擦係数算出比較(2)

すべり材:充填材入りPTFE 相手材:SUS(鏡面仕上げ)							
加振条件	加振波形	正弦波					
	面圧(N/mm2)	5					
	加振変位(±〇〇mm)	100					
	加振回数	10					
	加振周波数(Hz)	0.00637	0.0159	0.1592	0.6366	1.2732	1.91
	加振最大速度(kine)	0.4	1	10	40	80	120
(1)Y切片値算出法	2～10サイクルの平均	0.102	0.122	0.167	0.166	0.164	0.155
	4～10サイクルの平均	0.106	0.119	0.166	0.163	0.161	0.152
(2)履歴面積算出法	2～10サイクルの平均	0.098	0.116	0.162	0.162	0.162	0.156
	4～10サイクルの平均	0.102	0.113	0.161	0.159	0.158	0.152
Y切片／履歴面積	2～10サイクルの平均	1.041	1.051	1.033	1.027	1.015	0.995
	4～10サイクルの平均	1.043	1.055	1.034	1.026	1.016	0.997
2～10／4～10サイクル平均値(Y切片法)		0.956	1.024	1.008	1.018	1.022	1.024

表 2.7　Y 切片法と履歴面積法での摩擦係数算出比較(3)

すべり材:繊維強化熱硬化性樹脂(低摩擦材) 相手材:SUS(フッ素樹脂コーティング)							
加振条件	加振波形	正弦波					
	面圧(N/mm2)	60					
	加振変位(±〇〇mm)	200					
	加振回数	10					
	加振周波数(Hz)	0.08	0.159	0.239	0.318	0.398	0.477
	加振最大速度(kine)	10	20	30	40	50	60
(1)Y切片値算出法	2～10サイクルの平均	0.024	0.015	0.011	0.009	0.009	0.008
	4～10サイクルの平均	0.023	0.014	0.010	0.009	0.008	0.008
(2)履歴面積算出法	2～10サイクルの平均	0.028	0.018	0.013	0.012	0.011	0.010
	4～10サイクルの平均	0.027	0.018	0.013	0.011	0.010	0.010
Y切片／履歴面積	2～10サイクルの平均	0.857	0.833	0.846	0.750	0.818	0.800
	4～10サイクルの平均	0.852	0.778	0.769	0.818	0.800	0.800
2～10／4～10サイクル平均値(Y切片法)		1.043	1.071	1.100	1.000	1.125	1.000

表 2.8　Y 切片法と履歴面積法での摩擦係数算出比較(4)

すべり材:繊維強化熱硬化性樹脂(低摩擦材) 相手材:SUS(フッ素樹脂コーティング)							
加振条件	加振波形	正弦波					
	面圧(N/mm2)	20					
	加振変位(±〇〇mm)	200					
	加振回数	10					
	加振周波数(Hz)	0.08	0.159	0.239	0.318	0.398	0.477
	加振最大速度(kine)	10	20	30	40	50	60
(1)Y切片値算出法	2～10サイクルの平均	0.047	0.031	0.026	0.022	0.021	0.018
	4～10サイクルの平均	0.045	0.030	0.025	0.021	0.020	0.018
(2)履歴面積算出法	2～10サイクルの平均	0.050	0.037	0.031	0.026	0.027	0.022
	4～10サイクルの平均	0.048	0.036	0.030	0.025	0.026	0.021
Y切片／履歴面積	2～10サイクルの平均	0.940	0.838	0.839	0.846	0.778	0.818
	4～10サイクルの平均	0.938	0.833	0.833	0.840	0.769	0.857
2～10／4～10サイクル平均値(Y切片法)		1.044	1.033	1.040	1.048	1.050	1.000

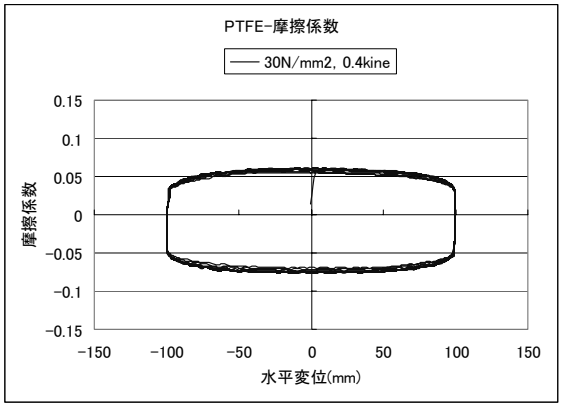


図 2.50 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 30N/mm^2, 0.4kine 加振時）

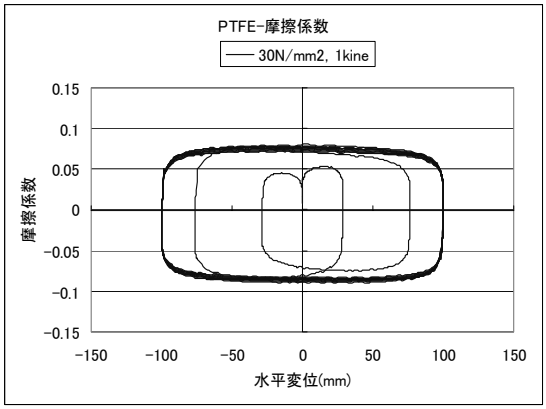


図 2.51 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 30N/mm^2, 1kine 加振時）

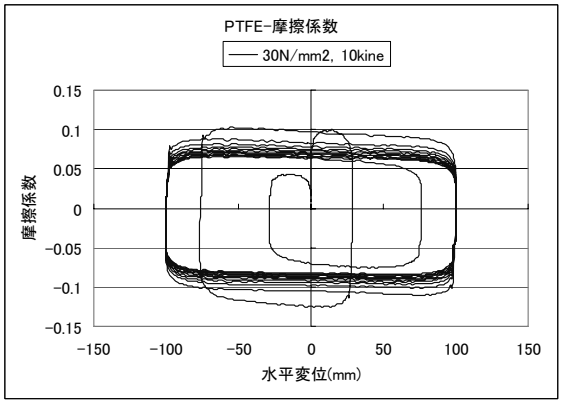


図 2.52 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 30N/mm^2, 10kine 加振時）

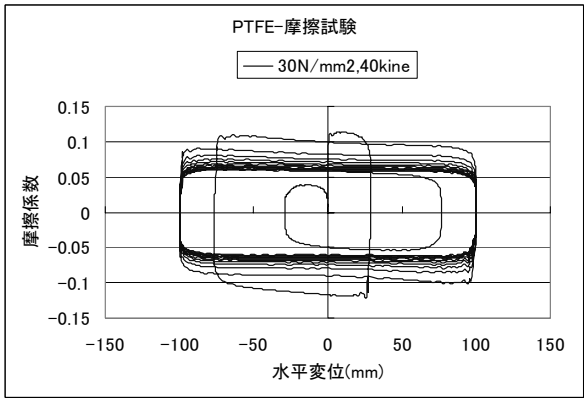


図 2.53 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 30N/mm^2, 40kine 加振時）

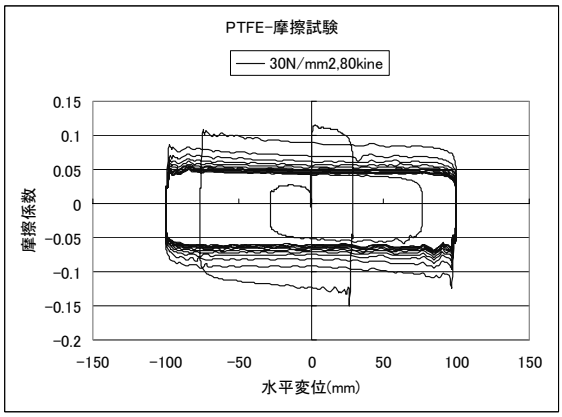


図 2.54 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 30N/mm^2, 80kine 加振時）

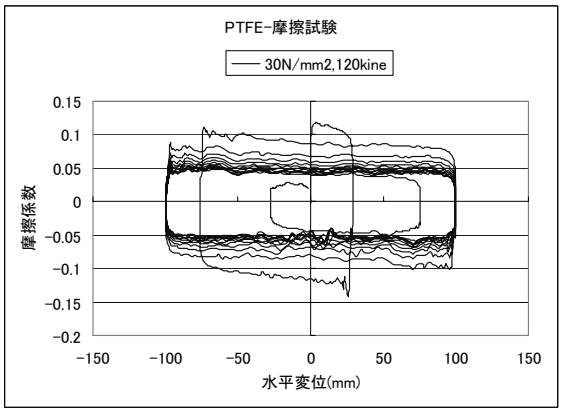


図 2.55 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 30N/mm^2, 120kine 加振時）

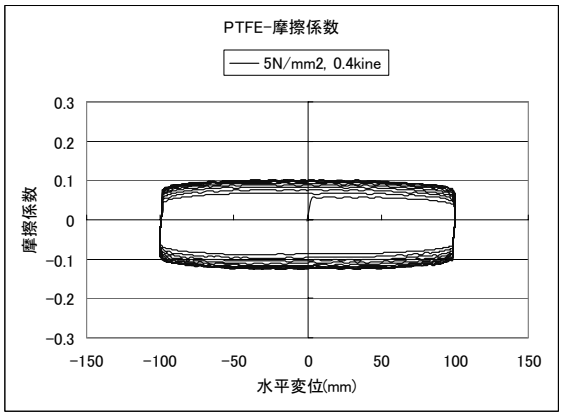


図 2.56 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 5N/mm^2, 0.4kine 加振時）

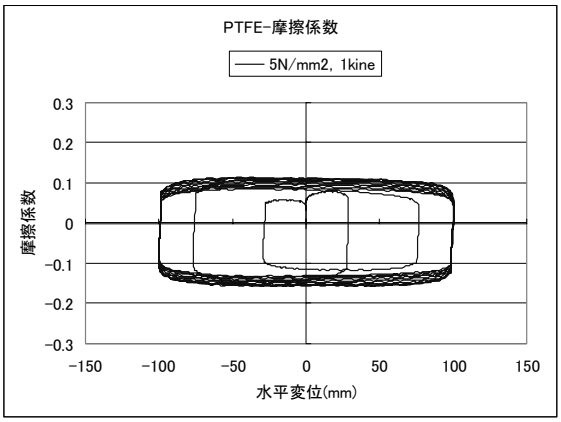


図 2.57 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 5N/mm^2, 1kine 加振時）

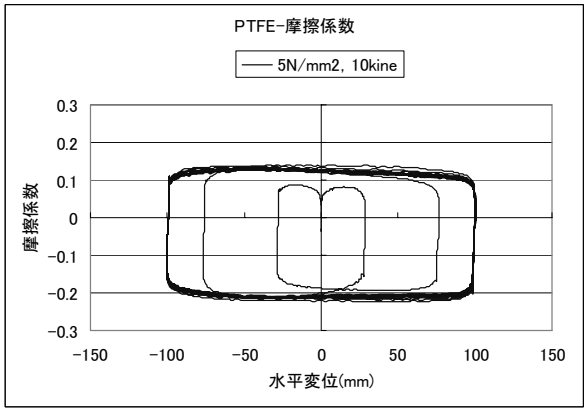


図 2.58 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 5N/mm^2, 10kine 加振時）

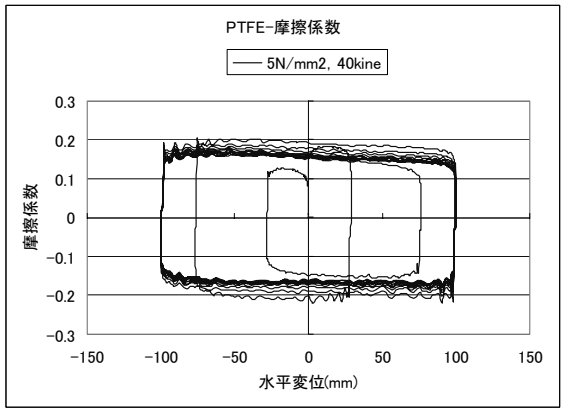


図 2.59 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 5N/mm^2, 40kine 加振時）

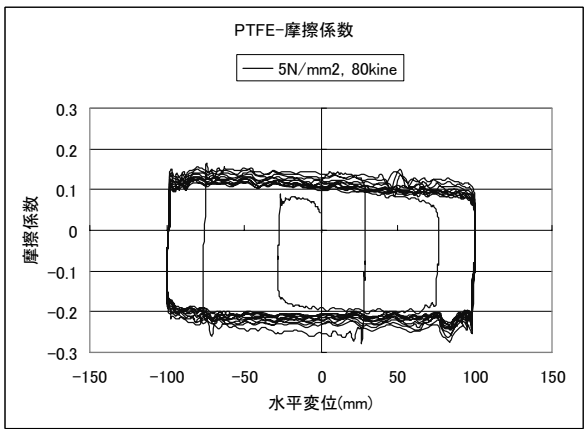


図 2.60 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 5N/mm^2, 80kine 加振時）

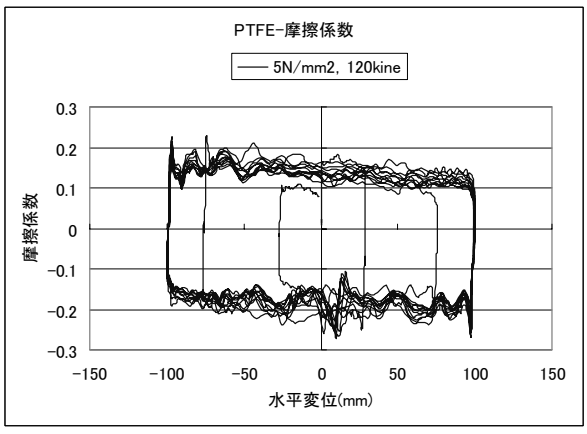


図 2.61 変位・摩擦係数履歴曲線
（面圧 5N/mm^2, 120kine 加振時）

３．デバイスの設計モデルの開発

３．１　デバイスの性能，各種依存性，ばらつき及びモデル化の方法の整理

地震力遮断機構（システム）を用いた橋梁の免震化を実現するためには、そのシステムを構成する装置の減衰効果を把握する必要がある。本項では地震力遮断システムを構成するデバイスのなかで、摩擦ダンパーの摩擦力に影響のある各種依存性やばらつき及び様々な機関などで検討されているモデル化の方法の整理と、モデル化の方法について提案を行った。

３．１．１　摩擦係数の評価

道路橋示方書（Ⅰ4.1.2）では、「支承部に作用する可動支承部を設計する際は，摩擦力を考慮するものとし、摩擦係数を用いて算定する。」一般に、すべり摩擦は（ふっ素樹脂とステンレス板）0.10 を用いて可動支承の水平力を算定している。

しかし、摩擦係数は、すべり材料の特性や速度、圧縮応力度などによって変化することが知られている[1), 2), 3), 4), 5), 6)]。本研究ではすべり系支承の摩擦係数の評価方法について検討を行うこととした。

道路橋示方書では、

1） 活荷重，温度変化時

① 道路橋示方書（Ⅰ4.1.2）では，ふっ素樹脂とステンレス板の場合の摩擦係数 0.10 以下と記述。

② 摩擦係数を求めるための検証方法は示されていない。

本研究では、過去のデータの整理から材料や材料の組合せに応じた摩擦係数の検証方法を提案する。

2） 地震時

① 道路橋示方書（Ⅰ4.1.2 (4)）では、「可動支承に動摩擦による水平力を分散させて固定支承に作用する水平力を減少させるような設計をしてはならない。」この記述は、地震力遮断機構（システム）に新しいすべり型支承を用いた橋梁の免震化を規制してはいないが、地震時に摩擦力を考慮した免震設計を行う際に障害となる場合もあるため地震力遮断機構（システム）における摩擦力の考え方について検討する。

本研究では、既存のデータ整理から、すべり面の要素（材料と材料の組合せ）・模型試験および振動台試験などから摩擦係数の既存値を整理し確認する。また，摩擦に関わる速度・面圧など各種依存性について明らかにした上でデバイスの設計モデル化の提案を行う。

３．１．２　摩擦係数のモデル化

（１）単純モデル

橋の設計上，最も影響の大きい依存性のみを考慮した摩擦係数を設定する。

① すべり面の材料や材料の組み合わせに応じて、デバイス毎に下限値を設定する。

② ①に加え製品のバラツキを考慮する。

③ 静的解析（震度法、地震時保有耐力法）に用いる場合と動的解析に用いる場合についてなどの適用範囲。

支承反力の変動が明らかに小さい場合。厳密解を特に求める必要のない場合や一次検討の際などに対してのモデル化。橋で想定する加速度域（地震動が決定する速度）の摩擦係数を用いる（例えば、30cm/sec、面圧 15N/mm^2 における摩擦係数を用いる）。

摩擦係数一定の場合と各種依存性を考慮したモデルと比較する必要はあるが、解析の精度に大きく差がでなければこの手法は現実的であると思われる。

（2）依存性モデル

摩擦力に関わると思われる各種依存性を考慮した摩擦係数のモデル化。

① 材料や材料の組み合わせによる、摩擦係数。⇒デバイスの基本特性？

② 速度、面圧、温度、形状効果などの依存性を含む摩擦係数。

③ ①または②に加え、製品のバラツキを考慮した摩擦係数。

④ 静的解析（震度法、地震時保有耐力法）と動的解析に用いる場合についての適用性。

不等支間、斜橋、曲線橋、けた高さの高い橋など、地震動に伴い支点反力の変動が著しい場合は、橋に大きく影響を及ぼす依存性を考慮する必要がある。

既住データ(2.1 および 2.2)は速度と面圧に関するものが多数であった。既住データの分析からは、速度と面圧以外の依存性は非常に小さくはっきりしなかった。そこで、本研究では速度-面圧についてのみモデル化を検討することとした。

次に、建築や橋梁など構造解析に、デバイスの各種依存性を考慮した摩擦係数のモデル化の例を示す。

３．１．３　依存性を考慮した既存の摩擦係数算定式の例

（1）すべり材料別に面圧・速度の適用範囲を規定した例

① 面圧・速度依存をモデル化した例

$$\mu_{(\sigma,v)}=(0.11224-0.00276\,\sigma)V^{0.0863}$$

適用範囲：圧縮応力度 $0.5 \leqq \sigma \leqq 20$、速度 $0.01 \leqq V \leqq 0.5$m/s

$\mu(v)=0.10-0.05\exp(-0.3V)$ ：V=15cm/s 未満

$\mu(v)=0.10-0.0005\exp(V-15)$：V=15cm/s 以上

初期の摩擦係数 $\mu=0.10$ を設定・・・日本建築学会技術報告書集

$$\mu_{(\sigma,v)}=(0.197-0.121\exp(-0.009V))\,\sigma^{-0.57}$$

圧縮応力度、速度に適用範囲指定がない例

② 面圧依存性のみをモデル化した例

$\mu_{(\sigma)}$=0.105 x (-0.1411Ln(σ)+2.1112)

適用範囲：圧縮応力度 σ =15、速度 40cm/s

③ 面圧依存性と速度依存性を個別に評価する例

$\mu_{(\sigma)}$=0.0618 $\sigma^{-0.351}$

$\mu_{(V)}$=0.0173$(V/10)^{0.132}$

圧縮応力度、速度に適用範囲指定がない例

◆ ①②③において、アンダーラインの数値は、各メーカーが使用するすべり材の組み合わせとデバイスの構造より求まる固有値を示す。

注：①②③は建築に使用されている依存式を示す(下面にすべり板があるタイプ)。
算定式は JSSI MENSHIN No.39 2003.2 より抜粋 [7)]

（２）面圧・速度についての依存をモデル化した例

面圧・速度依存をモデル化した例（一般式の例）

$\mu_{(\sigma,V)}=\mu_{(\sigma)}(1-e^{-av})+\mu_0 e^{-av}$ ・・・・・(式-1)[6)]

ここで、$\mu_{(\sigma)}$：面圧による関数、a:速度依存性を決める係数、

μ_0：速度 0cm/sec における静的摩擦係数

各パラメーターは、実験データより材料や組み合わせにより個別に決める

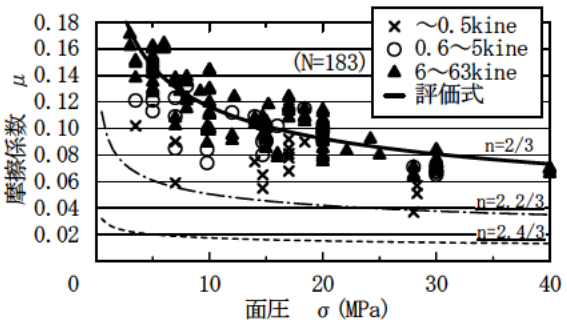


図 3.1 面圧依存性

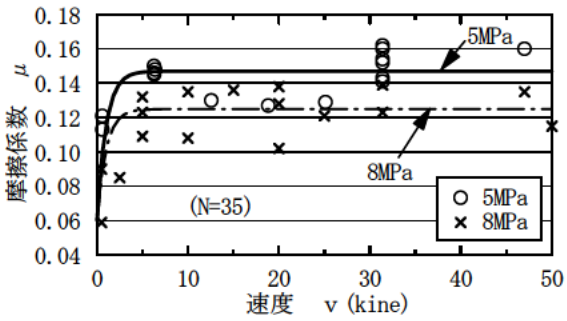


図 3.2 速度依存性

$\mu_{(P,V)}=[s'\{1-\exp(-nV)\}\{1-\exp(-kP)\}/P+\alpha]$

・・・・(式-2)[1)]

ここに、F は摩擦力、 A は接触面積、V はすべり速度、P は面圧、 μ は摩擦係数、s’、n、k、 α は材料パラメーターである。

1750kN すべり支承を用いた試験より、モデル式へのフィッティングは、40cm/sec（対象橋梁の死荷重載荷時における最大速度）における圧縮応力度 12N/mm^2 のデータで行ない、得られたパラメーターを表に示す。

表 3.1　材料パラメーター

s’	k	α	n
1.81	0.12	0.045	0.28

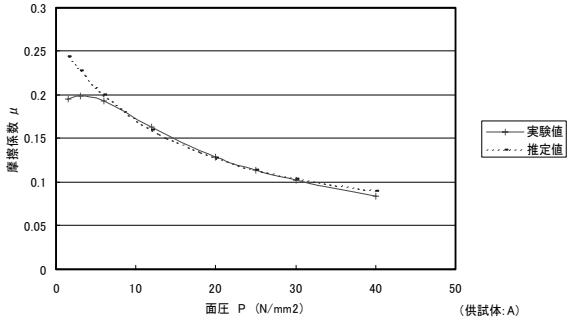


図 3.3　面圧依存性

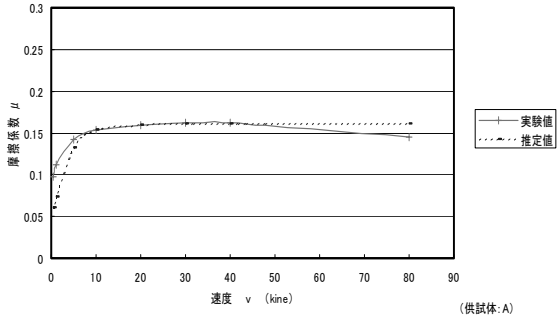


図 3.4　速度依存性

本実験の結果、低速度域におけるフィッティングが良好とならないことから、速度項の式を{1 - exp(-nV)}より{β - exp(-nV)}に変更し、低速度域におけるフィッティングを良好とするように配慮した修正式を次に示す。

(式-2) を実験により修正した依存性式

$$\mu_{(P,V)} = [s'\{\beta - \exp(-nV)\}\ \{1 - \exp(-kP)\}/P + \alpha\ ]$$

・・・・(式-3)[9)]

ここに、F は摩擦力、 A は接触面積、V はすべり速度、P は面圧、μ は摩擦係数、s’、n、k、 α 、 β は材料パラメーターである。

フィッティングの結果、得られたパラメーターは次のとおりである。

表 3.2　材料パラメーター

s’	k	α	β	n
1.40	0.085	0.025	1.85	0.25

実験の結果、供試体個別のばらつきがあり、ある幅をもって分布していることを考慮する場合、修正式を基準値とし、上限値と下限値を設定し、両方の値を使用して解析を行い、得られた結果より安全側となる値を用いて断面計算等を行う。

上限値と下限値の設定は、得られた材料パラメーターの中のαを変化させて行う。設定の結果は、図 3.5 に示すとおりであり、得られたパラメーターを表 3.3 に示す。

高速度域の下限値がやや試験結果を包括していないが本橋の最大速度は 40cm/sec 付近にあるので解析上の問題とならないため無視した。

表 3.3　ばらつきを考慮する場合の材料パラメーター

	s’	k	α	β	n
上限値	1.40	0.085	0.040	1.85	0.25
基準値			0.025		
下限値			0.008		

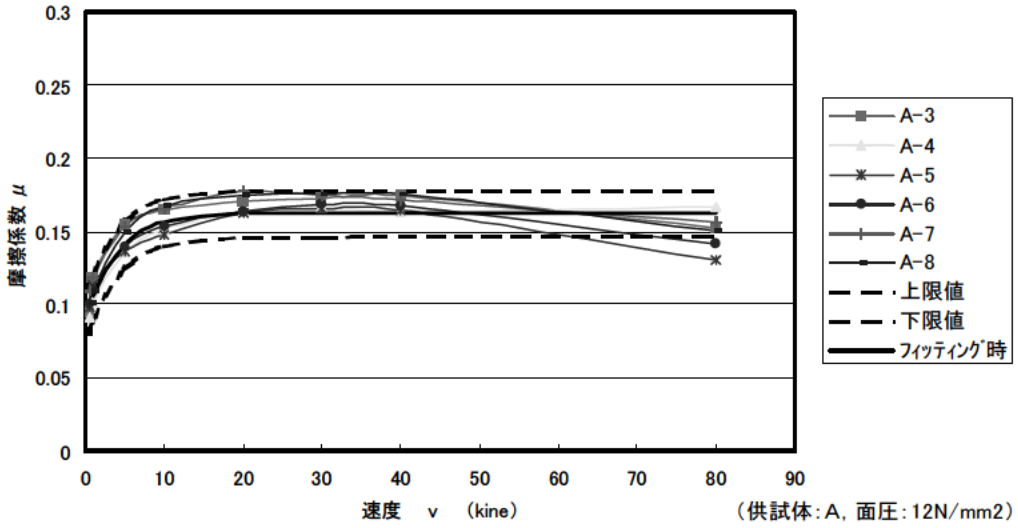


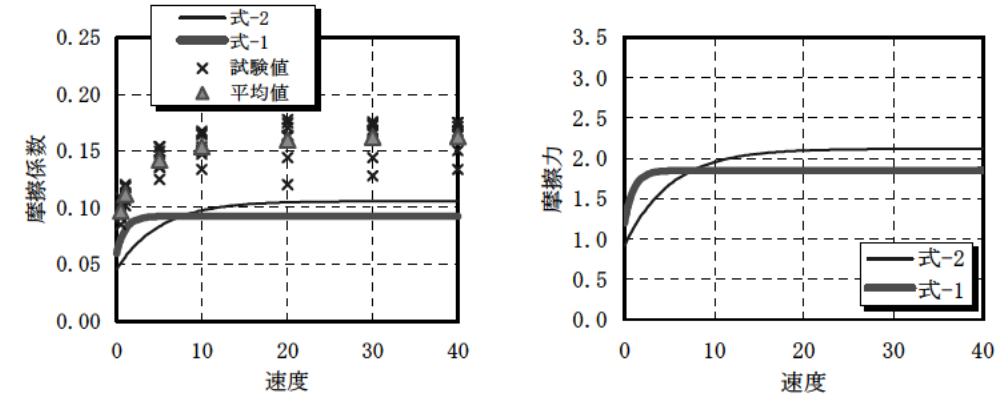
図 3.5　速度依存性(実験結果との比較)

３．１．４　摩擦係数特性式の比較

評価式（式-1)、評価式（式-2)、修正式（式-3）それぞれについて、速度依存性、面圧依存性の特性評価を比べる。

修正式は、SUS316No.2-1750kN 支承の実験値を示す。（面圧依存性は 40cm/sec を用いた）

速度依存性



面圧依存性

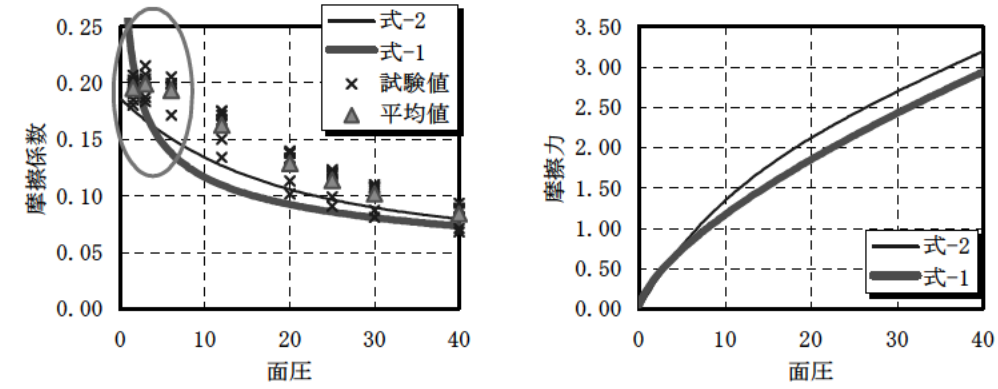
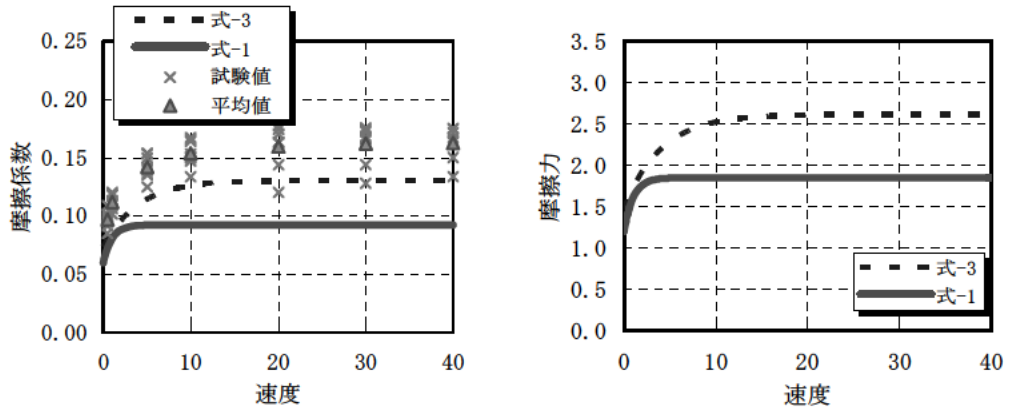


図 3.6　評価式（式-1）と評価式（式-2）

評価式（式-1）と評価式（式-2）は、面圧が小さい場合の摩擦係数に違いがある。評価式（式-2)は、面圧が 0 の場合に 0.18 程度で収束している。しかし、摩擦力ではその差は小さく無視できる。

速度依存性



面圧依存性

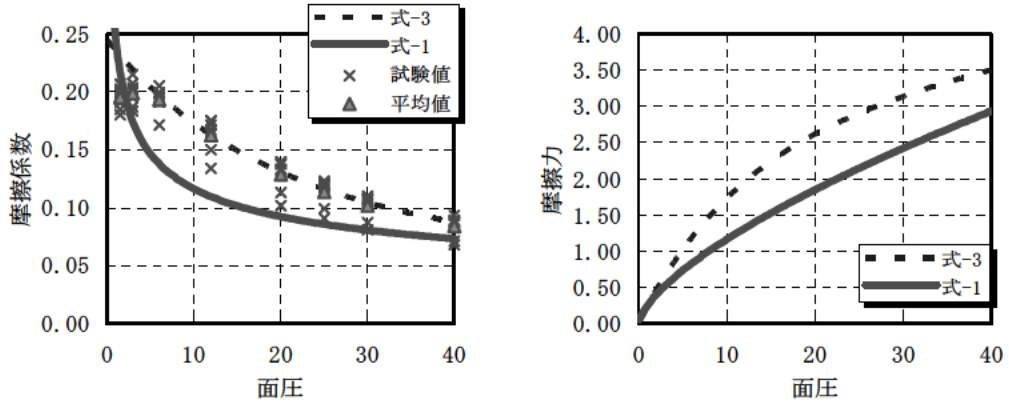


図 3.7　評価式（式-1）と修正式（式-3）

修正式（式-3）も評価式（式-2）と同様の傾向となっているが、低い面圧において、摩擦係数が評価式（式-2）よりやや大きくなっている。また、評価式（式-1）に比べて、摩擦係数は、遅い速度から速い速度や小さな面圧から大きな面圧による変化が急激ではない。

評価式（式-2）、修正式（式-3）は特定のすべり支承の試験結果を用いてパラメーターを設定しているため、デバイス固有の特性の可能性がある。また、評価式（式-1）は（図 3.1、図 3.2）幾つかのデバイスをすべて考慮している関係で評価式（式-2）、修正式（式-3）とずれが出ているものと思われる。ただし、速度および面圧に関して依存性の傾向は一定なので、各種デバイス別に摩擦係数の算定式を評価式（式-1）へ統一することは可能と判断できる。

３．１．５　既往のデータと依存性式のフィッティング

摩擦係数データベースより、種類の異なる 9 種について、速度依存性と面圧依存性について整理し、摩擦係数の依存性式とのフィッティングを行った。

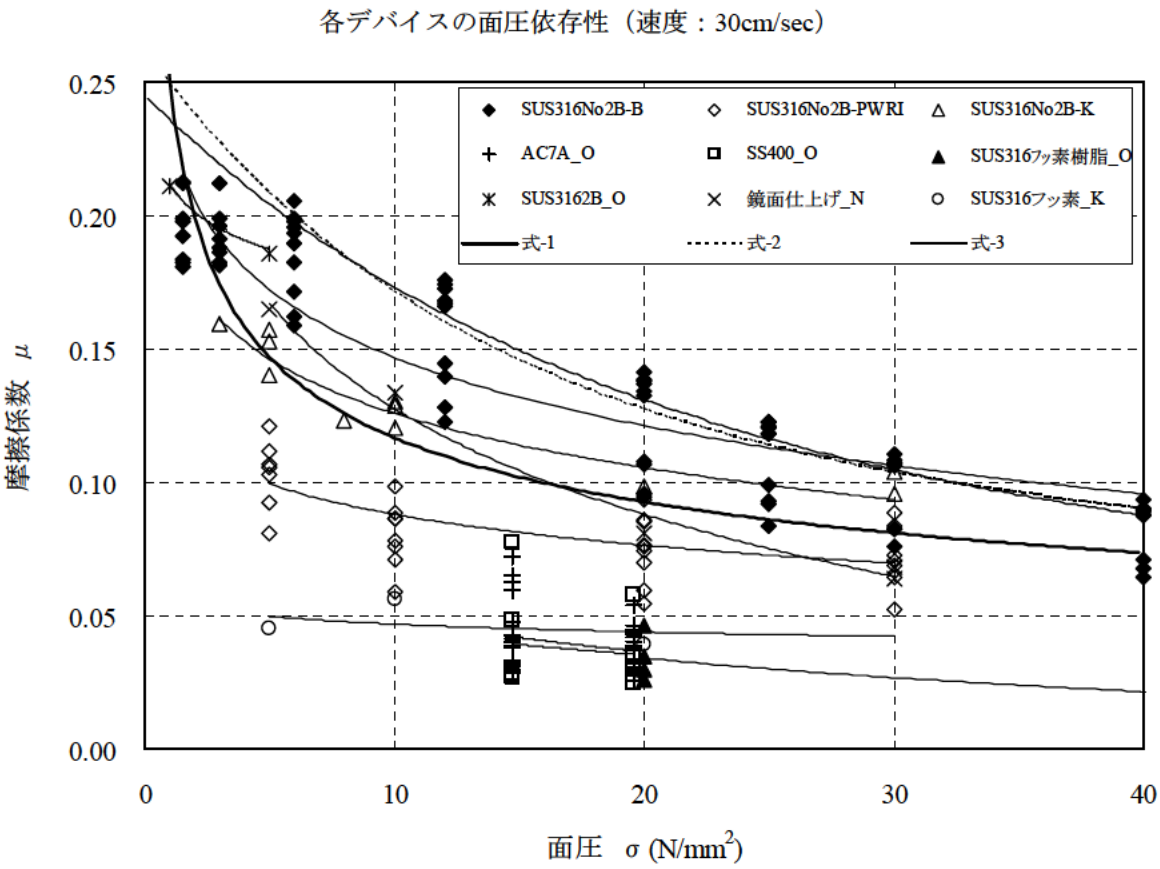
① 速度 30cm/sec における面圧依存性の比較

② 応力度 5、10、20、30N/mm^2 それぞれにおける速度依存性の比較

（１）速度を 30cm/sec とした場合の面圧依存性の整理

各種デバイスから、30cm/sec 近傍における摩擦係数を図 3.8 に示す。

図 3.8　30cm/sec 近傍の各種デバイスによる摩擦係数



面圧による摩擦係数の依存性は各種デバイス個別の依存性を示している。ただし、PTFE/SUS316-2B との組み合わせによる摩擦係数の依存性の傾向は一定方向を示している。

評価式（式-1）は PTFE/SUS316-2B との組み合わせに関して、各種デバイスの平均的な依存性を評価している。従って、各種デバイス毎の初期値を設定すれば速度依存性を表現できると思われる。

評価式（式-1）および修正式（式-3）は、特定のデバイスについての依存性を表現できている。

（２）面圧依存性の整理

圧縮応力度 5N/mm^2、10N/mm^2、20N/mm^2、30N/mm^2 における各種デバイス毎の速度別摩擦係数を図 3.9～図 3.12 に示す。

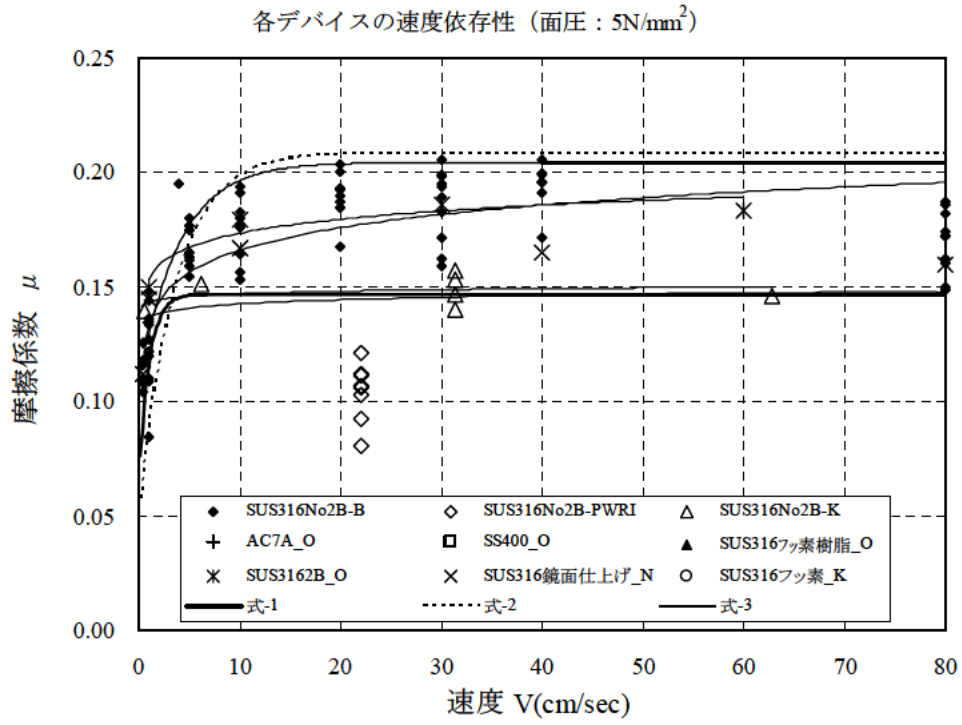


図 3.9　面圧 5N/mm^2 の各種デバイスの速度別摩擦係数

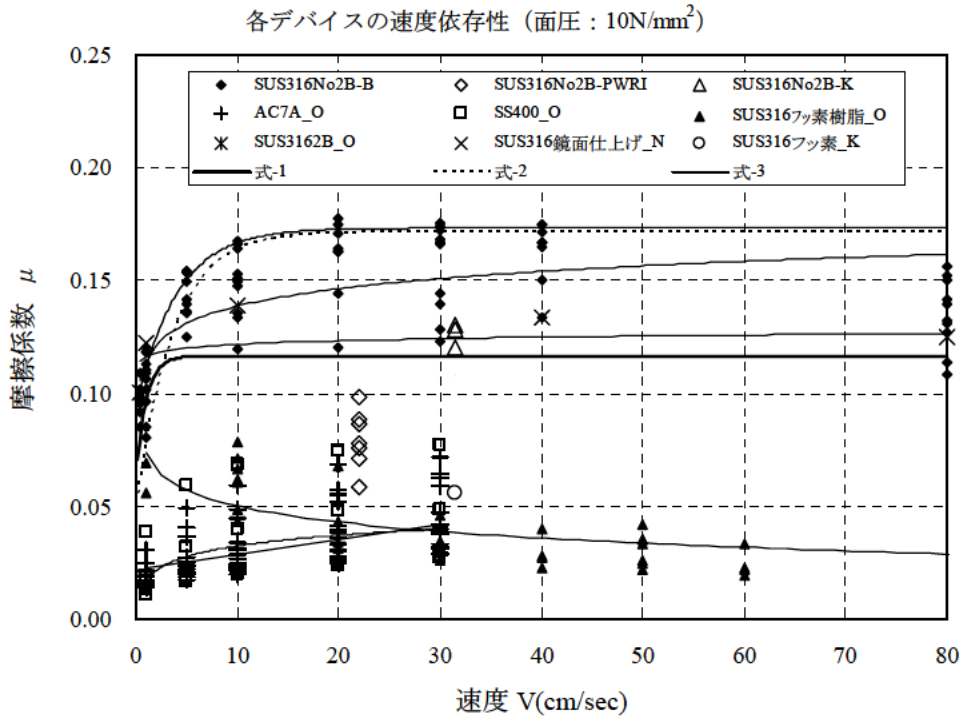


図 3.10　面圧 10N/mm^2 の各種デバイスの速度別摩擦係数

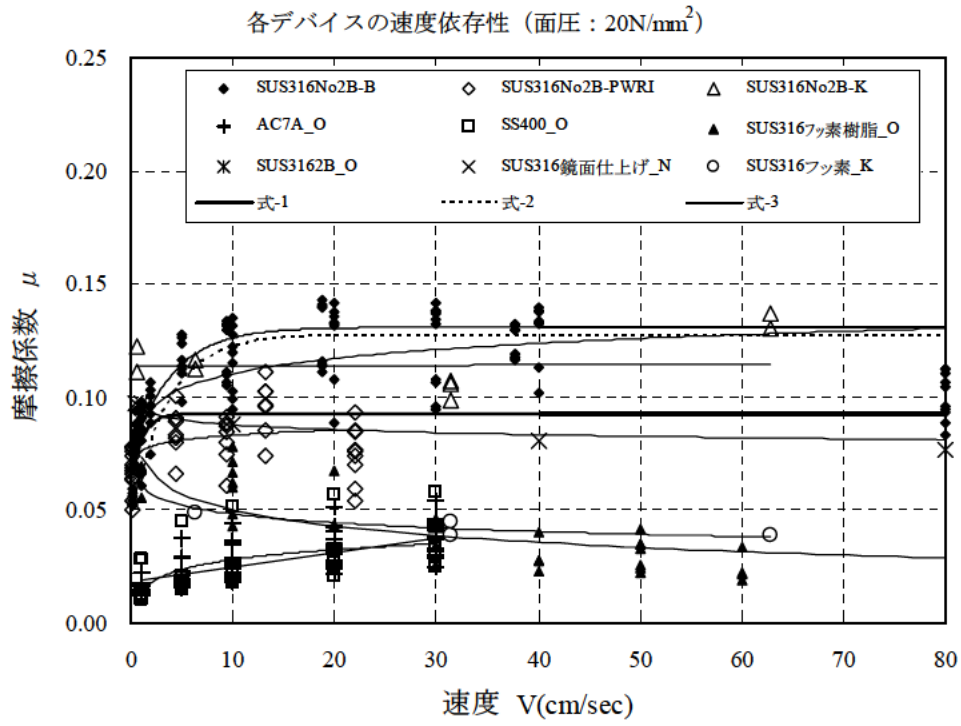


図 3.11　面圧 20N/㎟の各種デバイスの速度別摩擦係数

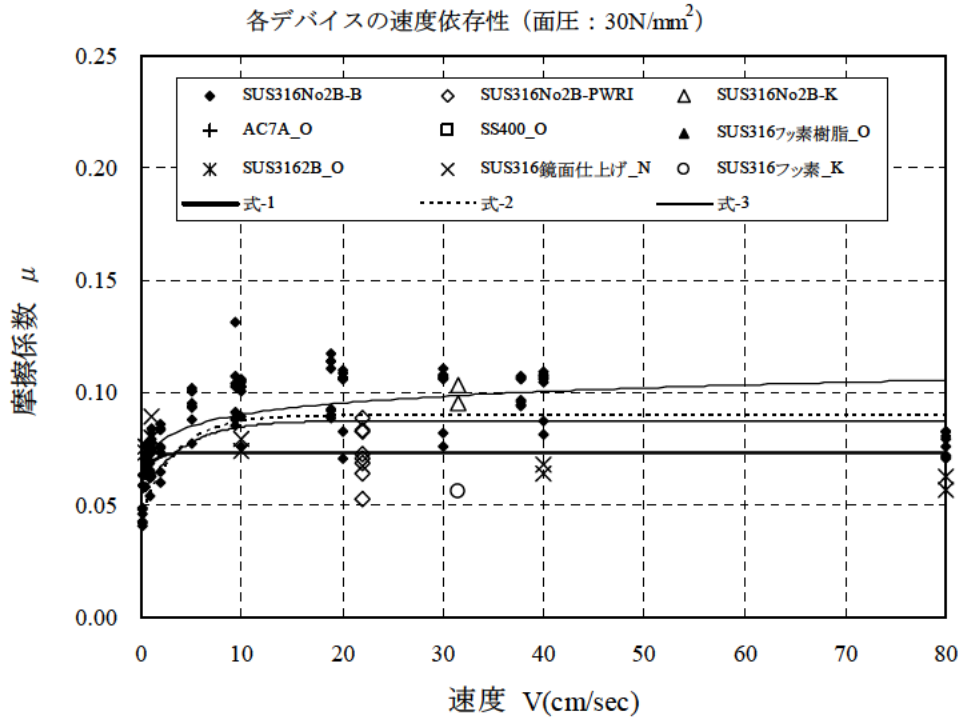


図 3.12　面圧 30N/㎟の各種デバイスの速度別摩擦係数

図 3.10、図 3.11 では、初期の摩擦係数が小さく、速度が増す毎に摩擦係数がさらに小さくなる傾向のデバイスが含まれる。このデバイスの速度依存のパラメーターは別途検討する必要が

ある。速度が増すとともに摩擦係数が小さくなるデバイスについて、評価式（式-1）のパラメーターa を仮に-0.01 とした場合について、図 3.13 に示す。

SUS316/PTFE の組み合わせに関しては、一定の傾向を示しており、評価式（式-1）により摩擦係数の速度依存性を表現することが出来る。図 3.13 において、A は図 3.2 を示し、B は固有のデバイスを用い、評価式（式-1）にフィッティングするパラメーターを再構築した場合を示す。このことにより、デバイスに応じたパラメーターを実験により求めることで、摩擦係数の速度−面圧依存性式を提案することができる。

$$\mu_{(\sigma,v)}=\mu(\sigma)(1-e^{-av})+\mu_0 e^{-av} \quad \cdots\cdots\text{(式-1)}$$

ここで、$\mu(\sigma)$：面圧による関数、a：速度依存性を決める係数

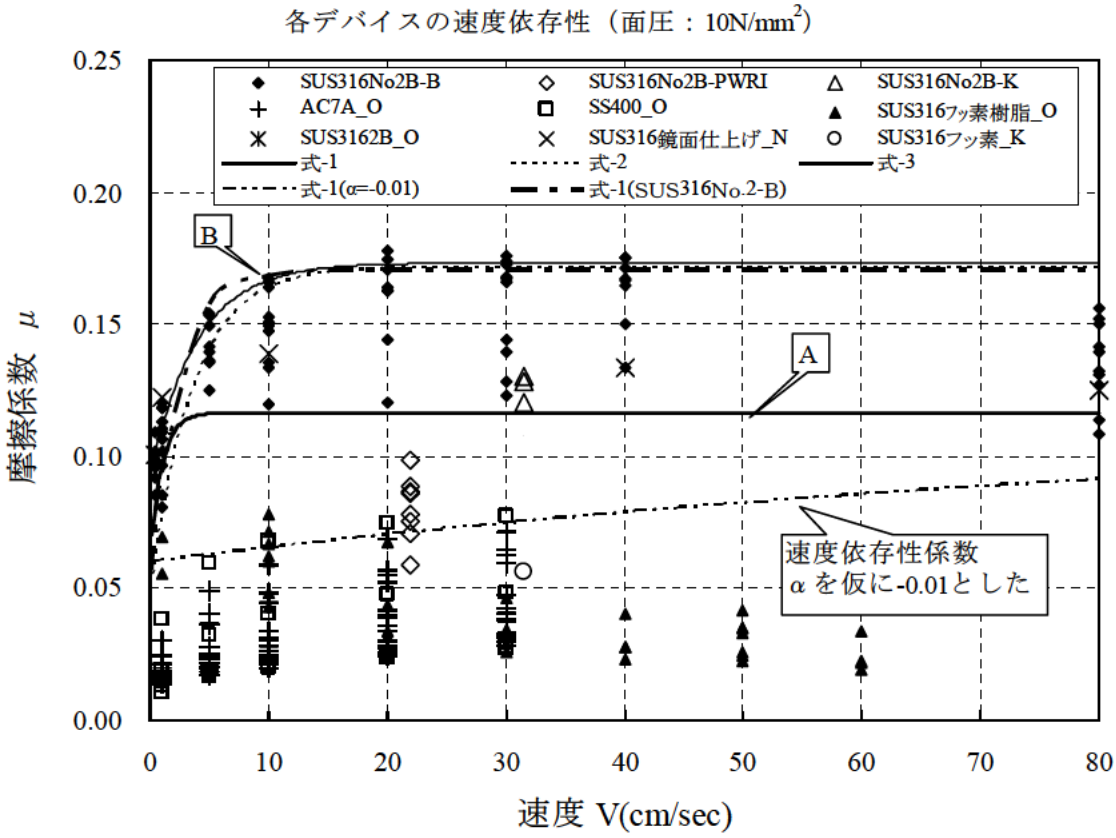


図 3.13　圧縮応力度 10N/㎟の速度別摩擦係数

以上の結果、初期の摩擦係数が小さく、速度が速くなるに従って、摩擦係数が初期値より低下するデバイスについては、速度依存性を評価式（式-1）そのままの形では評価することは出来ない。このような場合は、評価式（式-1）のパラメーター設定を工夫した修正方法を 3.2 に示した。

３．２　依存式パラメーターの設定手法

面圧および速度に関する摩擦係数の依存式（評価式（式-1））を求めるために、回帰分析による統計手法を用いた。

３．２．１　回帰分析法の整理[9)]

回帰分析は、2 変数間の変動傾向または関係をまとめるために用いる一つの統計処理方法である。最も単純なモデルは、線形モデルであり、従属変数と独立変数は、直線の関係とならなければならない。しかし、データによっては、非線形の関係が当てはまる場合があり、重回帰分析によって、幾つかの変数を予測することになる。次に、線形回帰と重回帰モデルについて、一般的な考え方を整理し、面圧および速度に関する摩擦係数の依存式を求めるために適切な回帰手法を判断する。

（１）線形回帰

変数 x と y の相関を線形とし、$y=\alpha+\beta x$ と表す。（ここで、α、β は定数）

→　観測値 y_i と直線 $y_i'=\alpha+\beta x_i$ との差 $\left|y_i-y_i'\right|$ に着目して、二乗誤差の和 $\Delta^2=\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-y_i'\right)^2=\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-\alpha-\beta x_i\right)^2$ が最小となる α、β を求める（最小二乗法）

→　α、β は以下の式により与えられる

$$\begin{cases}\alpha=\bar{y}-\beta\bar{x}\\ \beta=\dfrac{\sum_{i=1}^{n}x_iy_i-n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^{n}x_i^{\,2}-n\bar{x}^2}=\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}=\dfrac{S_{xy}}{S_x^{\,2}}\end{cases}$$

ここで、$\bar{x},\bar{y}$ はそれぞれの平均値、n はデータ数、S_{xy} は変数 x、y の共分散、$S_x^{\,2}$ は x の分散を示す。

→　このときのばらつきの指標として、この直線周りでの分散（条件付き分散）を求めると、

$$S^2=\frac{\Delta^2}{n-2}=\frac{1}{n-2}\left[\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2-\beta^2\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\right]$$

により与えられる。

また、決定係数 r^2 および Y の標本分散 $S_Y^{\,2}$ は、

$$r^2=1-\frac{S^2}{S_Y^{\,2}}\qquad,\qquad S_Y^{\,2}=\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2$$

により求めることができる。

＜試算例＞

下表のように x_i，y_i が得られている場合に対する線形回帰を考える。

そこで、

$$y = \alpha + \beta x$$

と表現できるものと仮定して定数α、βを求める.

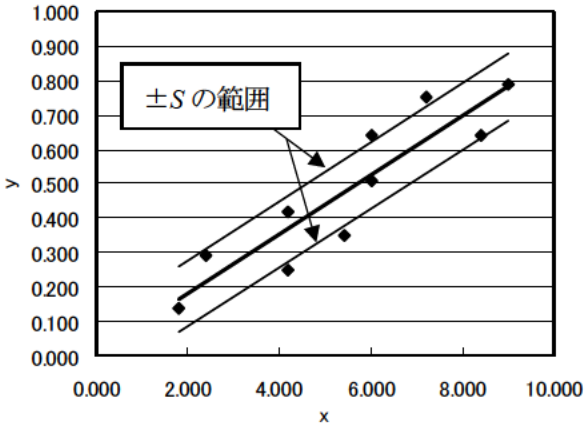
線形回帰（分散を定数と仮定した場合）　　分散の計算

No.	xi	yi	xi−(x)	(xi−(x))^2	yi−(y)	(xi−(x))*(yi−(y))	(yi−(y))^2	yi'	yi−yi'	(yi−yi')^2
1	1.800	0.140	−3.660	13.396	−0.338	1.237	0.114	0.165	−0.025	0.001
2	2.400	0.290	−3.060	9.364	−0.188	0.575	0.035	0.216	0.074	0.005
3	4.200	0.250	−1.260	1.588	−0.228	0.287	0.052	0.370	−0.120	0.014
4	4.200	0.420	−1.260	1.588	−0.058	0.073	0.003	0.370	0.050	0.002
5	5.400	0.350	−0.060	0.004	−0.128	0.008	0.016	0.473	−0.123	0.015
6	6.000	0.510	0.540	0.292	0.032	0.017	0.001	0.524	−0.014	0.000
7	6.000	0.640	0.540	0.292	0.162	0.087	0.026	0.524	0.116	0.013
8	7.200	0.750	1.740	3.028	0.272	0.473	0.074	0.627	0.123	0.015
9	8.400	0.640	2.940	8.644	0.162	0.476	0.026	0.730	−0.090	0.008
10	9.000	0.790	3.540	12.532	0.312	1.104	0.097	0.781	0.009	0.000
合計	54.600 (x)	4.780 (y)	0.000	50.724	0.000	4.339	0.446		Δ^2=	0.07496
平均値	5.460	0.478								

注）$\bar{x} \to (x)$，$\bar{y} \to (y)$として表記

β =	0.0855
α =	0.0109
S^2=	0.009
S =	0.097
Sy^2=	0.050
r^2=	0.811

よって、$y = 0.0109 + 0.0855x$ を得る。



（２）重線形回帰

観測値yを特定するための変数が２つ以上ある場合の回帰方法

→　対象となる従属変数yをm個の変数x_1，x_2，・・・，x_mの一次関数で表記する

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_m x_m$$

→　ここで、

$y = \alpha + \beta_1 (x_1 - \bar{x}_1) + \cdots + \beta_m (x_m - \bar{x}_m)$と置き換えて、前述と同様な解法によると、

$$\Delta^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - y_i'\right)^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - \alpha - \beta_1 (x_{1i} - \bar{x}_1) - \cdots - \beta_m (x_{mi} - \bar{x}_m)\right]^2$$

これを最小とする条件は、

$$\begin{cases} \alpha = \bar{y} \\ \beta_1 \Sigma (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + \beta_2 \Sigma (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2) + \cdots + \beta_m \Sigma (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{mi} - \bar{x}_m) = \Sigma (x_{1i} - \bar{x}_1)(y_i - \bar{y}) \\ \cdots \\ \beta_1 \Sigma (x_{mi} - \bar{x}_m)(x_{1i} - \bar{x}_1) + \beta_2 \Sigma (x_{mi} - \bar{x}_m)(x_{2i} - \bar{x}_2) + \cdots + \beta_m \Sigma (x_{mi} - \bar{x}_m)^2 = \Sigma (x_{mi} - \bar{x}_m)(y_i - \bar{y}) \end{cases}$$

となる。

上記の m 元連立一次方程式を解くことにより、β_m を求めることができる。

なお、このとき、β_0 に関しては、$\beta_0 = \alpha - \beta_1 \overline{x}_1 - \cdots - \beta_m \overline{x}_m$ により求まる。

→　分散は下式により与えられる

$$S^2 = \frac{\Delta^2}{n-m-1}$$

＜試算例＞

下表のように x_{1i}，x_{2i}，y_i が得られている場合に対する重線形回帰を考える。

そこで、

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

と表現できるものと仮定して定数 β_0、β_1、β_2 を求める。

重線形回帰（分散を定数と仮定した場合）

No.	x1i	x2i	yi	x1i−(x1)	(x1i−(x1))^2	x2i−(x2)	(x2i−(x2))^2	yi−(y)	(x1i−(x1))*(x2i−(x2))	(x1i−(x1))*(yi−(y))	(x2i−(x2))*(yi−(y))
1	39.27	2375	47.5	0.469	0.220	840	705600	−4.570	393.960	−2.143	−3838.800
2	39.00	1459	52.3	0.199	0.040	−76	5776	0.230	−15.124	0.046	−17.480
3	38.35	604	56.8	−0.451	0.203	−931	866761	4.730	419.881	−2.133	−4403.630
4	37.58	3242	48.4	−1.221	1.491	1707	2913849	−3.670	−2084.247	4.481	−6264.690
5	39.38	550	54.2	0.579	0.335	−985	970225	2.130	−570.315	1.233	−2098.050
6	38.05	675	55.1	−0.751	0.564	−860	739600	3.030	645.860	−2.276	−2605.800
7	39.65	635	54.4	0.849	0.721	−900	810000	2.330	−764.100	1.978	−2097.000
8	38.66	2727	48.8	−0.141	0.020	1192	1420864	−3.270	−168.072	0.461	−3897.840
9	37.97	2424	50.5	−0.831	0.691	889	790321	−1.570	−738.759	1.305	−1395.730
10	40.10	659	52.7	1.299	1.687	−876	767376	0.630	−1137.924	0.818	−551.880
合計	388.01 (x1)	15350 (x2)	520.7 (y)	0.000	5.972 A	0.000	9990372 D	0.000	−4018.840 B	3.770 C	−27171 E
平均値	38.801	1535	52.070								

注）$\overline{x} \to (x)$，$\overline{y} \to (y)$として表記

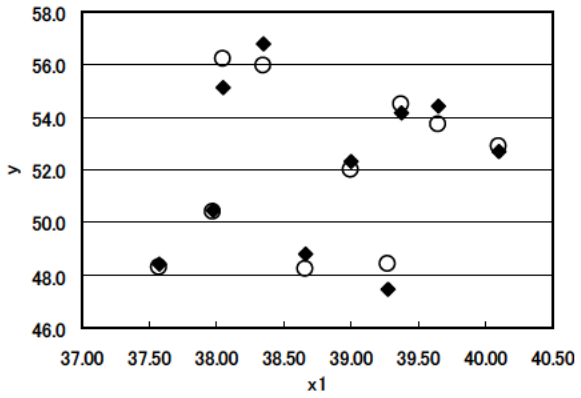
分散の計算

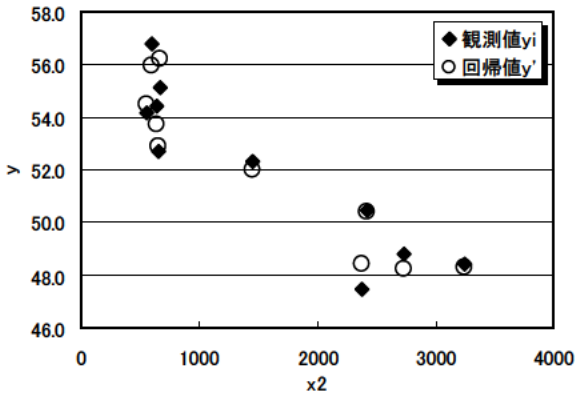
(yi−(y))^2	yi'	yi−yi'	(yi−yi')^2
20.885	48.459	−0.959	0.919
0.053	52.000	0.300	0.090
22.373	55.959	0.841	0.707
13.469	48.306	0.094	0.009
4.537	54.448	−0.248	0.062
9.181	56.212	−1.112	1.237
5.429	53.717	0.683	0.466
10.693	48.272	0.528	0.279
2.465	50.430	0.070	0.005
0.397	52.896	−0.196	0.038
89.481		Δ^2=	3.81322

β 2=	−0.0034
β 1=	−1.6440
β 0=	121.0

S^2=	0.545
S =	0.738
Sy^2=	9.942
r^2=	0.945

よって、$y = 121.0 - 1.6440x_1 - 0.0034x_2$ を得る





独立した任意の関数を含む場合の回帰

$$y=\alpha+\beta\, g(x)$$

ここで、$x'=g(x)$ とおくと、

$$y=\alpha+\beta\, x'$$

となり、線形回帰の問題に帰着する。

＜試算例＞

下表のようにx_i，y_iが得られている場合に対する非線形回帰を考える。

ここでは、

$$y=\alpha+\beta\ln x$$

により表されるモデルに対して回帰を行う。

ここで、$x'=\ln x$ とおくと、

$$y=\alpha+\beta\, x'$$

となり、これはx'_i，y_iにおける線形回帰に帰着する。

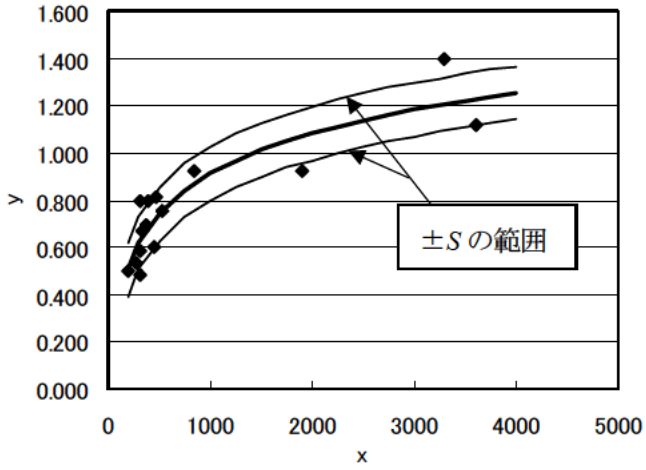
非線形回帰（分散を定数と仮定した場合）　　分散の計算

No.	xi	yi	xi'=Lnxi	xi'−(x')	(xi'−(x'))^2	yi−(y)	(xi'−(x'))*(yi−(y))	(yi−(y))^2	yi'	yi−yi'	(yi−yi')^2
1	190	0.500	5.247	−1.084	1.174	−0.271	0.294	0.074	0.506	−0.006	0.000
2	310	0.480	5.737	−0.594	0.353	−0.291	0.173	0.085	0.626	−0.146	0.021
3	270	0.530	5.598	−0.732	0.536	−0.241	0.177	0.058	0.592	−0.062	0.004
4	320	0.580	5.768	−0.562	0.316	−0.191	0.108	0.037	0.633	−0.053	0.003
5	460	0.600	6.131	−0.199	0.040	−0.171	0.034	0.029	0.722	−0.122	0.015
6	340	0.670	5.829	−0.502	0.252	−0.101	0.051	0.010	0.648	0.022	0.000
7	380	0.690	5.940	−0.391	0.153	−0.081	0.032	0.007	0.676	0.014	0.000
8	520	0.750	6.254	−0.077	0.006	−0.021	0.002	0.000	0.752	−0.002	0.000
9	310	0.800	5.737	−0.594	0.353	0.029	−0.017	0.001	0.626	0.174	0.030
10	400	0.800	5.991	−0.339	0.115	0.029	−0.010	0.001	0.688	0.112	0.013
11	470	0.810	6.153	−0.178	0.032	0.039	−0.007	0.001	0.728	0.082	0.007
12	840	0.920	6.733	0.403	0.162	0.149	0.060	0.022	0.870	0.050	0.002
13	1910	0.920	7.555	1.224	1.499	0.149	0.182	0.022	1.072	−0.152	0.023
14	3290	1.400	8.099	1.768	3.126	0.629	1.111	0.395	1.205	0.195	0.038
15	3600	1.120	8.189	1.858	3.452	0.349	0.648	0.122	1.227	−0.107	0.011
合計	13610	11.570	94.961	0.000	11.568	0.000	2.837	0.864		Δ^2=	0.16824
	(x)	(y)	(x')								
平均値	907	0.771	6.331								

注）$\bar{x}\rightarrow(x)$，$\bar{y}\rightarrow(y)$として表記

β =	0.2453
α =	−0.7814

S^2=	0.013
S =	0.114
Sy^2=	0.062
r^2=	0.790



よって、

$y=-0.7814+0.2453\ln x$ を得る。

３．２．２　摩擦特性評価式の整理

（１）評価式

摩擦特性のモデル化として下記の式を想定する。

$$\begin{cases} \mu(\sigma)=\alpha\{S_p(1-V_f)+S_fV_f\}\times\pi K^{(1-n)}\sigma^{-n} \\ \mu_0(\sigma)=\beta\{S_p(1-V_f)+S_fV_f\}\times\pi K^{(1-n)}\sigma^{-n} \end{cases}$$

$$\mu(\sigma,v)=\mu(\sigma)(1-e^{-av})+\mu_0(\sigma)e^{-av}$$

ここで、

μ ：動摩擦係数，μ_0：静摩擦係数（緩速特性を考慮した動摩擦係数），σ ：面圧，v：すべり速度，S_p・S_f・V_f・K：すべり材の材料定数，α・β ：すべり面の接触状態を表す係数，n：凝着部の接触状態を表す係数，a：速度依存性を表す係数である。

このモデルに対する回帰を考えるため、パラメーターを A，B，C，D の４つとして下記のように設定する。

$$\begin{cases} \mu(\sigma)=A\,\sigma^{B} \\ \mu_0(\sigma)=C\,\sigma^{B} \\ \mu(\sigma,v)=A\,\sigma^{B}(1-e^{Dv})+C\,\sigma^{B}e^{Dv} \end{cases}$$

（２）回帰手法

上記の $\mu(\sigma,v)$ のモデルを観測値 yi から回帰分析により求めるためには σ , v の２つの変数を有するため先に示した重回帰分析が必要となる。

しかしながら、本モデル式では独立した変数への置換が困難であるため、ここでは回帰分析を２段階に分割して、下記のような手法によりパラメーターの設定を考える。

①面圧依存性の回帰

$\mu(\sigma)=A\,\sigma^{B}$ に着目し、面圧依存性の特性を定めるパラメーターA，B を求める。

なお、このときに使用するデータは可能な限り同程度の加振速度による観測値を対象とし、また、後述する速度依存性に関する回帰において、一定値に収束する速度レンジによるものとする必要がある。

②速度依存性の回帰

$\mu(\sigma,v)=A\,\sigma^{B}(1-e^{Dv})+C\,\sigma^{B}e^{Dv}$ の式を上記①をふまえてパラメーターC，D の回帰を行う。

ここでは、面圧条件を同一に設定して回帰を行うことが原則となる。

３．２．３　回帰例

①面圧依存性の回帰

$$\mu(\sigma) = A\,\sigma^{B}$$

のモデルに対する回帰を行うため、非線形回帰の手法から式の展開を考える。

まず、両辺の自然対数をとると、

$$\log\mu(\sigma) = \log\left(A\,\sigma^{B}\right) = \log A + B\log\sigma$$

となり、ここで、$X = \log\sigma$，$Y = \log\mu(\sigma)$，$\alpha = \log A$，$\beta = B$ とおけば、

$$Y = \alpha + \beta X$$

と表現でき、（μ, σ）の非線形回帰は（Y, X）の線形回帰に帰着する。

非線形回帰（分散を定数と仮定した場合）　　分散の計算

No.	xi	yi	X=log(xi)	Y=log(yi)	Xi−(X)	(Xi−(X))^2	Yi−(Y)	(Xi−(X))*(Yi−(Y))	(yi−(y))^2	yi'	yi−yi'	(yi−yi')^2
1	5	0.148	1.609	−1.912	−0.774	0.600	0.168	−0.130	0.0004	0.155	−0.007	0.0000
2	20	0.108	2.996	−2.228	0.612	0.374	−0.149	−0.091	0.0004	0.106	0.002	0.0000
3	20	0.109	2.996	−2.215	0.612	0.374	−0.136	−0.083	0.0003	0.106	0.003	0.0000
4	3	0.168	1.099	−1.784	−1.285	1.652	0.295	−0.379	0.0016	0.178	−0.010	0.0001
5	5	0.167	1.609	−1.790	−0.774	0.600	0.289	−0.224	0.0015	0.155	0.012	0.0001
6	5	0.156	1.609	−1.857	−0.774	0.600	0.222	−0.172	0.0008	0.155	0.001	0.0000
7	5	0.150	1.609	−1.895	−0.774	0.600	0.185	−0.143	0.0005	0.155	−0.004	0.0000
8	8	0.130	2.079	−2.037	−0.304	0.093	0.042	−0.013	0.0000	0.136	−0.006	0.0000
9	10	0.147	2.303	−1.917	−0.081	0.007	0.163	−0.013	0.0004	0.128	0.019	0.0004
10	10	0.150	2.303	−1.898	−0.081	0.007	0.182	−0.015	0.0005	0.128	0.022	0.0005
11	10	0.116	2.303	−2.157	−0.081	0.007	−0.077	0.006	0.0001	0.128	−0.012	0.0001
12	20	0.110	2.996	−2.208	0.612	0.374	−0.128	−0.079	0.0003	0.106	0.004	0.0000
13	20	0.110	2.996	−2.206	0.612	0.374	−0.127	−0.077	0.0003	0.106	0.004	0.0000
14	30	0.087	3.401	−2.445	1.017	1.035	−0.366	−0.372	0.0017	0.095	−0.008	0.0001
15	30	0.087	3.401	−2.447	1.017	1.035	−0.368	−0.374	0.0017	0.095	−0.008	0.0001
16	5	0.146	1.609	−1.926	−0.774	0.600	0.154	−0.119	0.0003	0.155	−0.009	0.0001
17	20	0.104	2.996	−2.261	0.612	0.374	−0.182	−0.111	0.0005	0.106	−0.002	0.0000
18	20	0.106	2.996	−2.248	0.612	0.374	−0.168	−0.103	0.0005	0.106	0.000	0.0000
合計	246 (x)	2.298 (y)	42.910 (X)	−37.431 (Y)	0.000	9.079	0.000	−2.493	0.012		Δ^2=	0.00161
平均値	14	0.128	2.384	−2.080								

β =	−0.2746
α =	−1.4250

よって、$Y = -1.4250 - 0.2746X$ を得る。

したがって、

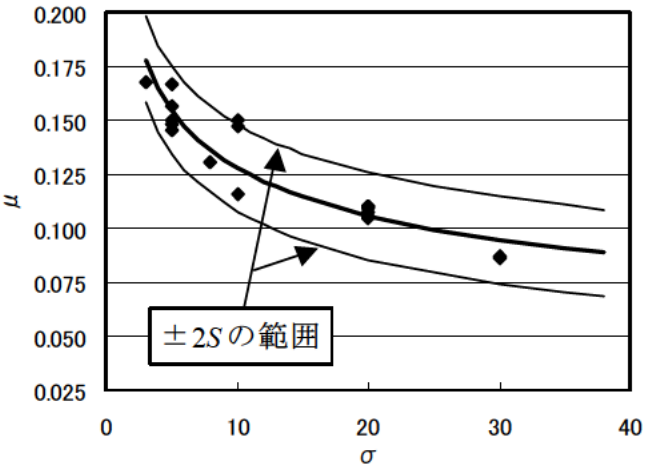
$$\log\mu(\sigma) = -1.4250 - 0.2746\log\sigma$$

$$\mu(\sigma) = e^{-1.425 - 0.2746\log\sigma} = 0.241\sigma^{-0.275}$$

以上から、

A=	0.241
B=	−0.275

S^2=	0.0001
S =	0.0100
Sy^2=	0.0007
r^2=	0.857



となる。

②速度依存性の回帰

$$\mu(\sigma, v) = A\,\sigma^{B}\left(1 - e^{Dv}\right) + C\,\sigma^{B} e^{Dv}$$

のモデルに対する回帰を行うため、非線形回帰の手法から式の展開を考える。

まず、取り扱うデータをここでは σ =20MPa とすれば、上記①の結果をふまえると *a*、*b* として、

$$a = A\,\sigma^{B} = 0.1057 \text{、} b = \sigma^{B} = 0.4387$$

が得られ、これらは定数となり既知である。このことから速度 *v* に着目した形で、

$$\mu(v) = a\left(1 - e^{Dv}\right) + Cbe^{Dv} = a + (Cb - a)e^{Dv}$$

と与えられる。（残りの未知のパラメーターは *C*, *D* の 2 つ）

しかしながら、上記の回帰式はその構成上、通常の手法では線形化することができない。そこで、下記に示すような「収束計算による手法」によりパラメーターの同定を考える。

まず、回帰を行うための式の整理として、$y = \mu(v),\ x = v,\ D = \alpha + \beta,\ M = Cb - a$ および $Y = y - a - Be^{\alpha x},\ X = Mxe^{\alpha x}$ とおくと、

$$y = a + M \times e^{(\alpha+\beta)x} = a + Me^{\alpha x}e^{\beta x} = a + M(1 + \beta x)e^{\alpha x}$$
$$= a + Me^{\alpha x} + \beta\, Mxe^{\alpha x}$$

$$y - a - Me^{\alpha x} = \beta \times Mxe^{\alpha x}$$

と変換でき、これにより多少強引ではあるが「$Y = \beta \times X$」の線形回帰に帰着できる。

注）上記の展開では、

α ：パラメーター*D* を得るための変数（収束計算による結果を代入するための変数）

β ：収束計算の過程に生じる真値 *D* に対する誤差

を表す係数として導入しており、また、$e^{\beta x}$ の展開では、

$$e^{x} = 1 + x + \frac{x^{2}}{2!} + \frac{x^{3}}{3!} + \cdots$$

となり、特に $x \approx 0$ であれば $e^{x} = 1 + x$ と近似できることを利用して誘導を行っている。（β は誤差を表す数値であるため、収束計算後の最終的な回帰結果を得るときには十分に小さくなっていると考えられる。したがって、$x \approx 0$ の仮定が成立する）

次に、実際に 2 つの未知数の *C*（$\rightarrow M = Cb - a$）、*D*（$\rightarrow D = \alpha + \beta$）を求めるため、まず *C* を実験データの分布からある値に仮定する（これは任意でよい）。その上で、*D* を同定するために回帰分析を行い、誤差 β がゼロ（付近）となるまで α を更新しながら計算を反復させ、収束後の決定係数 r^2 を記録する。r^2 が十分に大きくない場合は仮定値 *C* を変更して同様な操作を繰り返し行うと、*C* に対する r^2 の相関図が得られる。これは、無数にある *C* と *D* の組み合わせの中で回帰結果の残差が最小となる時に r^2 は極値として最大値を取ることになるため、これを最終的なパラメーターの同定結果として採用するものとする。

なお、ここでの回帰は「$Y = \beta \times X$」となる切片のないモデルである。

このときのβの算出法は、先と同様に残差の平方和を最小とする条件として、

$$\Delta^2 = \sum_{i=1}^{n}\left(y_i - y_i'\right)^2 = \sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \beta x_i\right)^2 \quad \text{から、}$$

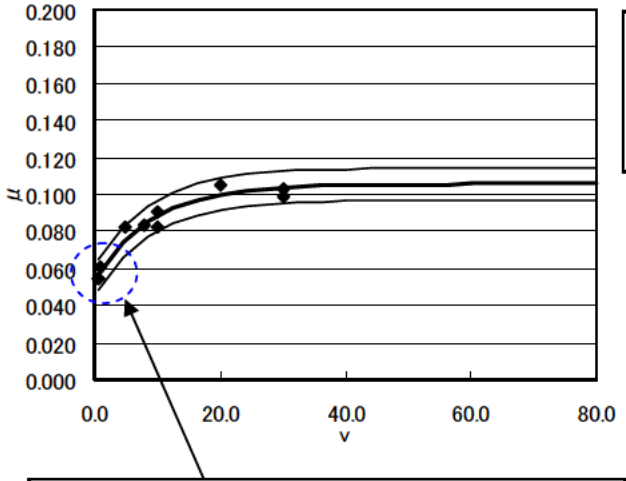
$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i^{\,2}}$$

により得られる。

非線形回帰（分散を定数と仮定した場合）　　分散の計算

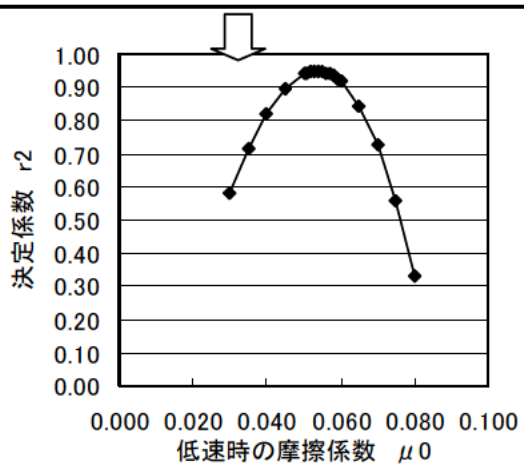
No.	xi	yi	X	Y	X^2	XY	$(yi-(y))^2$	yi'	yi−yi'	$(yi-yi')^2$
1	0.5	0.055	0.0	−0.002	0.001	0.000	0.001	0.057	−0.002	0.000
2	0.6	0.055	0.0	−0.002	0.001	0.000	0.001	0.057	−0.002	0.000
3	1.0	0.061	0.0	0.002	0.002	0.000	0.000	0.059	0.002	0.000
4	5.0	0.082	−0.1	0.006	0.022	−0.001	0.000	0.076	0.006	0.000
5	8.0	0.083	−0.2	−0.002	0.029	0.000	0.000	0.085	−0.002	0.000
6	10.0	0.091	−0.2	0.002	0.029	0.000	0.000	0.089	0.002	0.000
7	10.0	0.082	−0.2	−0.007	0.029	0.001	0.000	0.089	−0.007	0.000
8	20.0	0.105	−0.1	0.005	0.012	−0.001	0.001	0.100	0.005	0.000
9	30.0	0.099	−0.1	−0.005	0.003	0.000	0.000	0.104	−0.005	0.000
10	30.0	0.103	−0.1	−0.001	0.003	0.000	0.000	0.104	−0.001	0.000
合計	115	0.816	−0.979	−0.004	0.131	0.000	0.003		Δ^2=	0.00015
	(x)	(y)	(X)	(Y)						
平均値	12	0.082	−0.098	0.000						

C=	0.123	仮定値	S^2=	0.00002	（条件付き分散）	C=	0.123
α=	−0.111	計算結果	S =	0.004	（条件付き標準偏差）	D=	−0.111
β=	0.000	誤差	Sy^2=	0.00036	（yの標本分散）		
			r^2=	0.95	（決定係数）		



$\mu_0(\sigma) = C\,\sigma^B$ であるため，C の設定は低速時の摩擦係数を求めていることになる

C（$\mu 0$）に対する決定係数 r^2 の相関図
→　$\mu 0$=0.054（C=0.123）のとき極値を取り，推定精度が最も良い

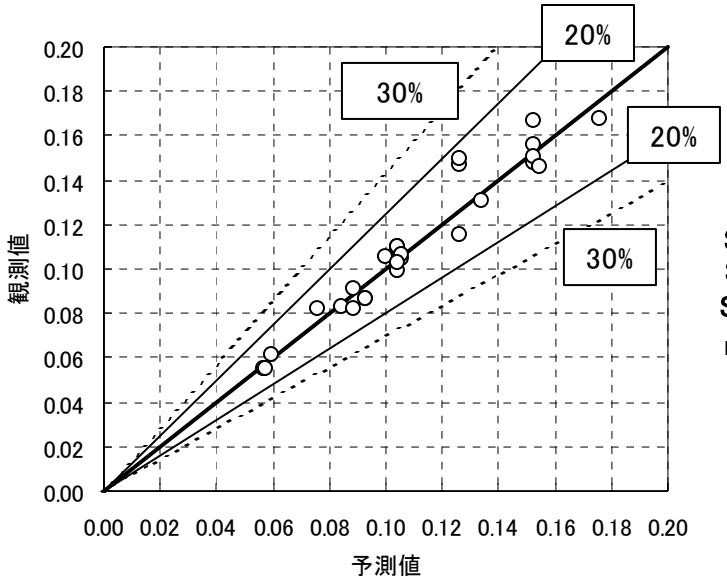


以上のことから、摩擦特性評価式は、

$$\mu(\sigma, v) = A\,\sigma^{B}\left(1-e^{Dv}\right)+C\,\sigma^{B}e^{Dv} = 0.241\sigma^{-0.275}\left(1-e^{-0.111v}\right)+0.123\sigma^{-0.275}e^{-0.111v}$$

と表現することができる。

なお、実験結果全体に対する推定精度は、下記の通りとなる。



S^2= 0.00007
S = 0.00845　　2S= ±0.017
Sy= 0.00107
r^2 = 0.93

注）ただし、上記のパラメーターは、単位系を

面圧 σ ［MPa］=［N/mm^2］

速度 v ［cm/sec］=［cm/sec］

として求めているため、動的解析プログラムに導入する際には、使用している単位系との整合性を確認する必要がある。

３．２．４　補足資料（速度が速くなるに従って、摩擦係数が低下する場合）

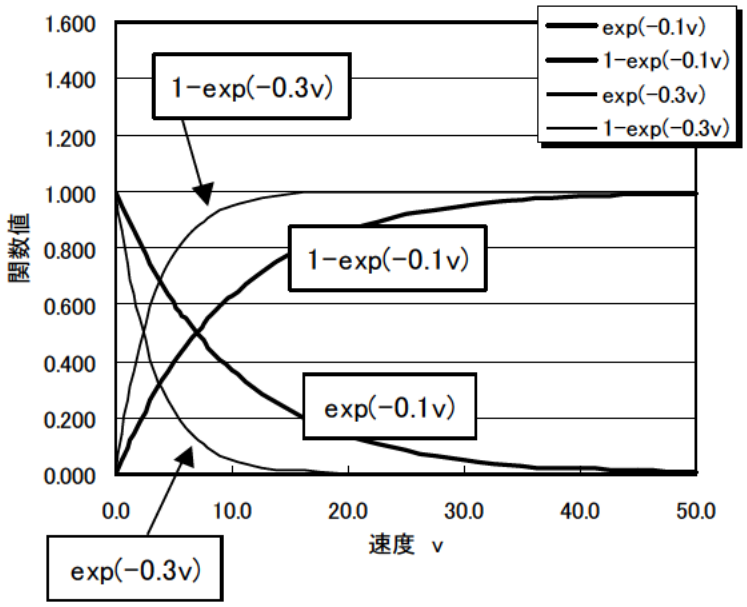
（１）速度依存性のモデル化

検討に用いた摩擦特性評価式は、

$$\mu(\sigma,v)=\mu(\sigma)\left(1-e^{-av}\right)+\mu_0(\sigma)e^{-av}$$

として、速度 v による変化を e の指数関数として表現している。

ここで、この関数を図化すると以下のようになる。



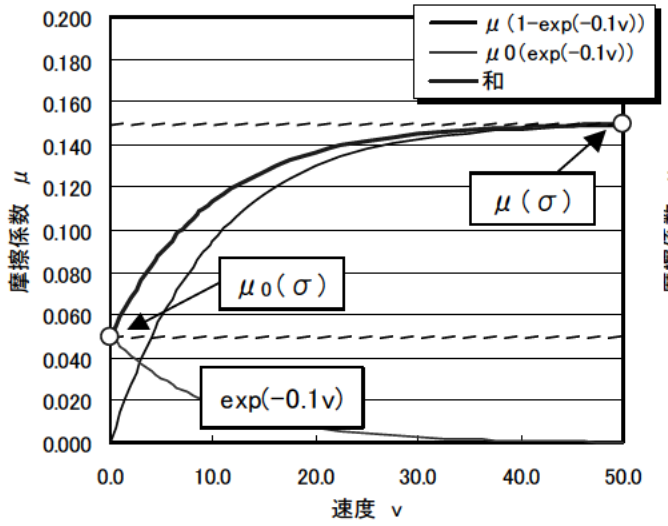
つまり、速度 v が増加するにつれて、

$\left(1-e^{-av}\right)$：　0 から 1 へ

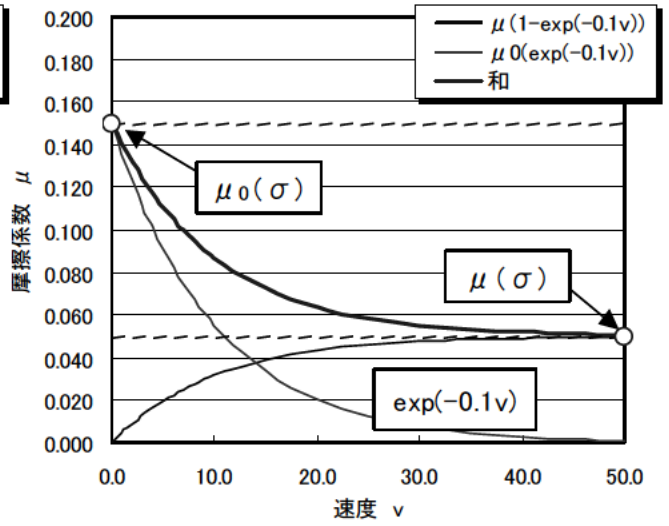
$\left(e^{-av}\right)$　：　1 から 0 へ

漸近していくことが分かる.

ここに 2 つの面圧依存性式（高速側：$\mu(\sigma)$、低速側：$\mu_0(\sigma)$）を導入し、その和として全体の特性を評価している。この概念を図化すると以下の通りである。



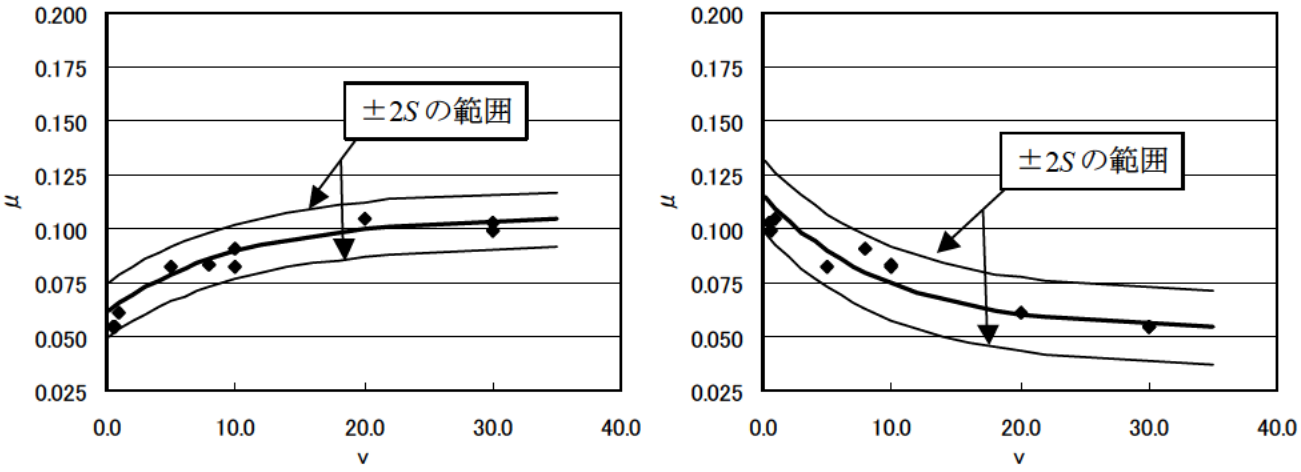
＜増加型＞



＜低下型＞

よって、基準となる面圧依存性式を適切に設定すれば、速度に関しては増加型・低下型の両タイプとも評価可能であることが分かる。

＜試算例＞



参考文献

1) 高橋：滑り型免震支承の荷重・速度依存性数値モデルに関する検討，コンクリート構造物の応答制御技術に関する研究委員会，報告会 2002.6
2) 北野栄二郎，伊沢久，高坂隆一：弾性滑り支承の摩擦係数の速度依存性に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），pp.501 , 2002.8
3) 長澤光弥，鈴木威，足立幸郎，西森孝三：機能分離支承を用いた橋梁における支承鉛直反力の変動に関する検討，土木学会第 57 回年次学術講演会, pp.911-912 , 2002.9
4) 田中寛人，高橋良和，家村浩和：滑り支承の速度・面圧依存性のモデル化と免震効果に関する研究，土木学会第 57 回年次学術講演会, pp.905-906 , 2002.9
5) 日比雅一，高橋良和，家村浩和：振動台実験による滑り免震支承の速度・面圧依存型数値モデルの検証，土木学会第 58 回年次学術講演会, pp.789-790 , 2003.9
6) 姫野岳彦，運上茂樹：支承部における摩擦特性のモデル化とその評価式に関する検討，土木学会地震工学論文集, 2003.12
7) JSSI MENSHIN No.39 , 2003.2
8) 祐保芳樹，正岡孝，押田和雄，糸井誠：すべり型免震支承の摩擦特性実験，土木学会関東支部技術発表会, 2004.3
9) Alfredo H-S.Ang、Wilson H.Tang 著、伊藤學、亀田弘行訳：土木・建築のための確率・統計の基礎，丸善 , 1977.6

４．免震橋梁の地震応答特性と性能照査方法

すべり系支承を用いた橋梁の免震設計法を開発するためには、その地震応答特性を明らかにして、性能照査方法を確立する必要がある。本章は、すべり系支承を用いた免震橋梁の地震応答特性と性能照査方法を検討したものである。

まず、研究に用いる各種プログラムのベンチマーク解析を実施して、その妥当性を確認した。次に、すべり系支承を弾塑性バネでモデル化する場合、減衰モデルによっては減衰が過大となる手法もあることが予想されたので、各種減衰モデルが橋梁の応答値にどのように影響するのかを検討した。さらに、すべり摩擦型の支承と水平力を受け持つゴムバッファ構造を組み合わせた機能分離型支承構造において、バッファ剛性が橋梁の応答値にいかなる影響を与えるかをパラメータ解析して、最適な剛性を選択するための基礎的検討を実施した。

４．１　平成 16 年度検討成果の概要

４章ではすべり摩擦支承を用いた免震橋梁の耐震性能照査手法に着目し、適切な非線形動的解析時のモデル化や諸条件の設定について検討した内容を報告する。

最終的には設計指針となる標準的手順を可能な限り具体的に示し、いくつかの関連設計手法を提案したいと考えるが、現在までの成果は、そのための検討材料としての各種条件下での解の比較やパラメータスタディが主体である。

（１）　検討対象モデルの選定とベンチマーク解析

単橋脚モデルと不等橋脚橋梁全体系モデルを選定した。単橋脚モデルを対象として、今後の検討で使用する各種動的解析プログラムのベンチマーク解析を行った。

これらは４．２章、４．３章に示した。

ベンチマーク解析の結果、各動的解析プログラムによる応答値はほぼ同一であり、共同研究において、いずれのプログラムを使用してもよいことが確認された。

（２）　減衰モデルの検討

非線形動的解析は耐震性能照査手順の中で一般的に用いられるようになってきているが、新デバイスの出現等に伴い「減衰過多」となるケースが増えている。支承・橋脚のモデル化と固有値解析から非線形動的解析に至るプロセスを「減衰」を中心に見直した。

これらは４．４章に示した。

検討結果によると、減衰モデルによって、橋梁の応答値が大きく異なることが判明した。すべり支承を弾塑性バネでモデル化する場合、その初期剛性に基づいて減衰モデルを設定する方法は、すべり支承部できわめて大きな減衰エネルギーを吸収するため、動的応答値が小さくなる傾向にある。すべり系支承による免震橋梁の性能照査にあたっては減衰モデルを適切に選ぶことが重要であることがわかった。

（３） バッファ剛性のパラメータスタディ

地盤種別、橋脚耐力、減衰モデルの各種検討項目に対して、最適なバッファ剛性を設定するため、パラメータスタディを行った。

これらは４．５章に示した。

バッファ剛性を低く設定すると、上部構造の加速度や下部構造の塑性率は低下するが、上部構造の変位は増大する。最適なバッファ剛性値は、地盤種別や橋脚耐力によっても異なる。しかし、不適切な減衰モデルを採用すると、バッファ剛性によって橋梁応答値が変化しない結果も得られ、ここでも適切な減衰モデルを選択することが重要であることが示唆された。

（４） 振動台実験のトレース解析による減衰の検討

単橋脚の振動台実験結果を用いて、トレース解析における減衰の設定方法を検討した。

これは、４．６章に示した。

振動台実験のトレースを実施する場合、実物件で用いる減衰定数よりも比較的小さい減衰定数の用いるべきであることが分かった。ただし、トレース解析に用いるべき減衰が特定出来るような解析結果は得られなかったため、さらなる検討が必要である。

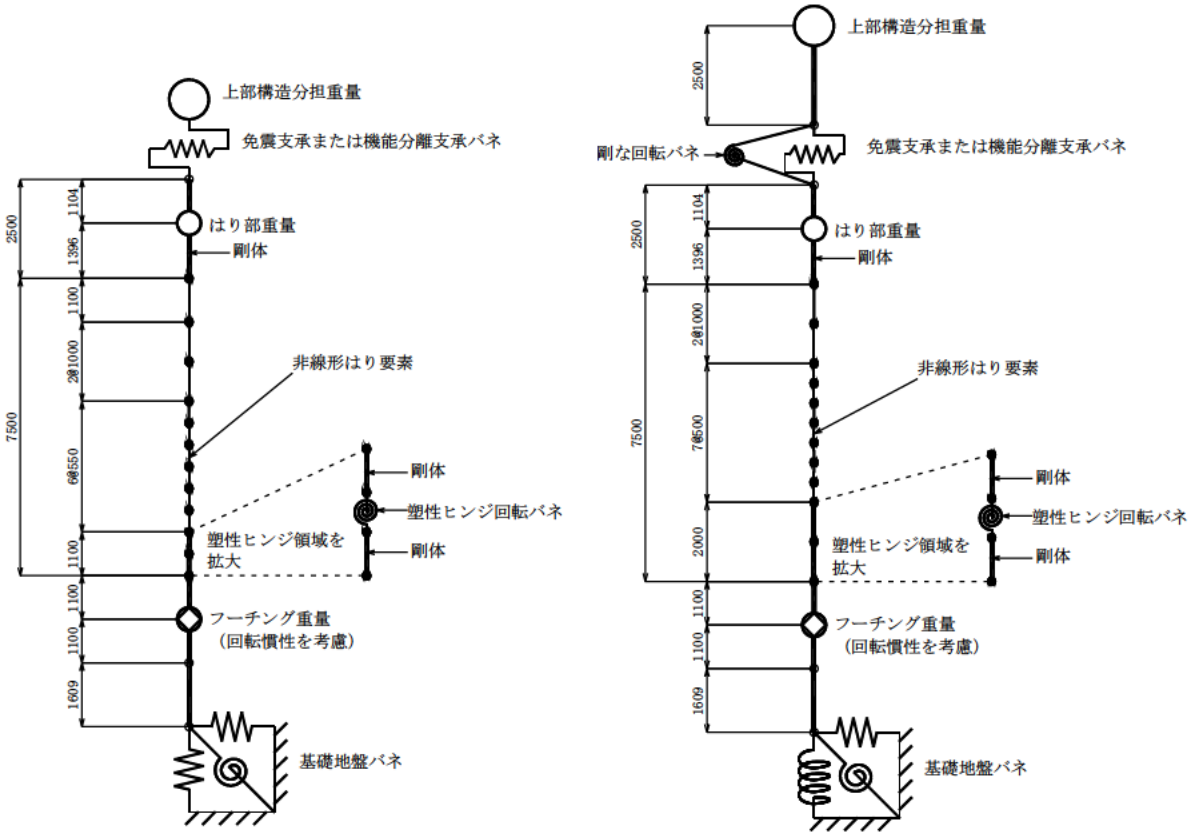
また、４．７章には平成 17 年度の活動方針を記した。

４．２　検討対象モデル

４．２．１　単橋脚モデル

各社の解析ソフトのベンチマークテスト、減衰モデルの検討、バッファ剛性のパラメータ解析は単橋脚モデルを用いて行った。本モデルは、下記参考資料※1の「2.鉄筋コンクリート橋脚を用いた場合の設計計算例」を基に、支承および橋脚配筋を変更してモデル化を行った。下図にモデルの概略図を示す。また、次ページにモデルの諸元、解析条件を示す。なお、バッファ剛性のパラメータ解析において、I種地盤の検討に用いたモデルは基礎を固定とした。また、II種、III種地盤の検討では同じモデルを用いた。

※1「道路橋の耐震設計に関する資料　平成９年３月　（社）日本道路協会」



（1）橋軸方向モデル　　（2）橋軸直角方向モデル

図 4.1　単橋脚モデル概要図

表 4.1　単柱橋脚モデル諸元・解析条件

			ゴム系免震とした設計	すべり系免震とした設計
橋梁の選定			下記資料の2.鉄筋コンクリート橋脚を用いた場合の設計計算例を免震設計（ゴム支承→免震）に変更 参考資料：道路橋の耐震設計に関する資料　平成9年3月　（社）日本道路協会	
橋梁形式	上部構造		5径間連続鋼Ｉげた橋　40m×5径間（＝200m）　全幅員12m　重量 3140tf／200m＝15.7tf/m＝154kN/m	
	支　　承		橋軸方向条件：弾性支持（免震）　橋軸直角方向条件：弾性支持（免震）	
	下部構造		Ｔ形橋脚（P1脚高：10m）　場所打ち杭（II種地盤）	
上部構造	常時反力		死荷重反力；6960kN(710tf)　活荷重反力；2550kN(260tf)	
	モデル化とWu	橋軸方向	1自由度　重量：Wu=154kN/m×40m=6160kN (Wu/Rd=6160/6960＝0.885)	同左
		直角方向	同上	
支承	摩擦係数		－	フッ素樹脂とステンレス板の設計値 0.10
	ゴム系免震支承		LRB支承（5基 G=1.0N/mm^2 鉛量6.73%） □600mm×600mm×80mm(20mm×4層)　φ85×4本	－
	すべり系免震支承	摩擦力	－	鉛直支承（5基） 摩擦力（1支承当たり）　6960×0.10/5=139.2kN バネ定数（1支承当たり）1次 1.0×10^{6}kN/m 2次 0.0kN/m ※1次バネの目安：滑りが発生する変位を0.1mmと仮定 摩擦力 / 滑りが発生する変位 139.2 /　1.0×10^{-4}　≒ 1.0×10^{6}kN/m
		水平抵抗装置	等価剛性（II種地盤・タイプII）= 23101 kN/m ・・脚当たり	水平全方向移動可能な装置 （主桁間に4基 G=1.0N/mm2） 線形バネは以下のように仮定する。 ゴム系免震支承の等価剛性時の固有周期 ≒バッファ剛性時のすべり系免震の固有周期
	支承形状の決定		平面形状：常時支圧の照査 層圧　：常時回転の照査	目標とするバネ定数（変位・周期）により設定を行う。
	モデル化		バイリニアモデル	バイリニアモデル（各種依存性無視）
		橋軸方向	全支承をまとめて1つの支承でモデル化	
		直角方向	同上	
橋脚	橋脚断面形状		2.2m×5.0mの矩形断面　橋脚躯体重量Wp=3393kN(346.3tf)	
	橋脚配筋	橋軸方向	耐力の下限値で決定（D32ctc125-1.0段） Pa=3348kN≧0.4×W=0.4×(6160+0.5×3393)=3143kN	同左
		直角方向	橋軸方向と同径（D32ctc125-1.0段） Pa=6164kN≧0.4×W=0.4×(6160+0.5×3393)=3143kN	
	モデル化		Ｍφ+Ｍθモデル	同左
基礎	杭配置		3列×3列＝9本　φ1200　L=15m	同左
	モデル化		バネモデル	同左
解析条件	RC橋脚の骨格曲線		完全弾塑性型トリリニアモデル (原点～ひび割れ点～降伏点～)	同左
	RC橋脚の履歴特性		武田型（α=0.4）	
	非線形性判定位置		はり要素中央の1箇所	
	解析手法		直接積分法による時刻歴応答解析	
	数値積分法		Newmarkβ法（β＝1/4）	
	非線形部材の収束計算		行わない	
	不平衡力の取り扱い		不平衡力を残差荷重として次ステップに加える	
	積分時間間隔		Δt=0.002秒	
	減衰定数	LRB支承	0%	－
		摩擦	－	0%
		水平抵抗装置	－	0%
		橋脚	2%	2%
		基礎	II種地盤=20%　III種地盤=20%	II種地盤=20%　III種地盤=20%
	減衰マトリクス（ベンチマークテスト）		弾性時周期の1次（上部工振動）および2次（脚振動）振動モードによるRayleigh型粘性減衰	機能分離支承をゴムバッファの剛性、その他を初期剛性としたモデルの1次および2次振動モードによりRayleigh減衰係数を設定する。粘性減衰マトリクスは、全ての部材を初期剛性とした剛性マトリクスを用いて作成する。

４．２．２　不等橋脚モデル

不等橋脚モデルは、粘性減衰モデルの違いによる減衰エネルギーの比較検討及びデバイス各種依存性の検討に用いる。以下に不等橋脚モデルの諸元、解析条件を示す。

（１）　モデル橋梁の設定

1）基本条件

形　　式：5 径間連続非合成鋼箱桁

橋　　長：300m

支 間 割：60.0m×5 径間

幅　　員：全幅員 10.7m

支　　承：機能分離支承（ゴムバッファ＋すべりゴム支承）

地盤種別　：Ⅰ種地盤

検 討 方 向：橋軸方向のみ

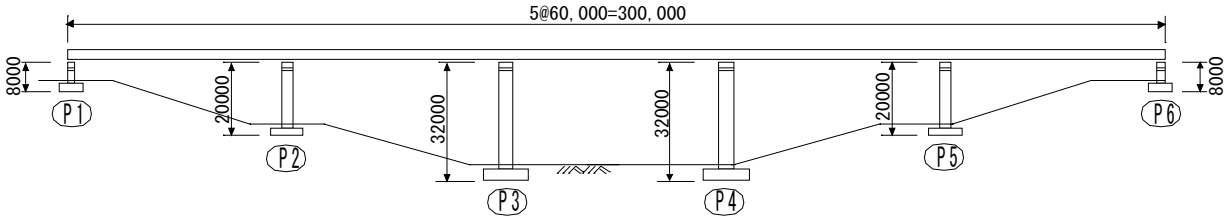


図 4.2　モデル橋梁

2）荷重条件

表 4.2　荷重条件

単位体積重量	コンクリート	γ =24.5(kN/m^3)
	鋼	γ =77.0(kN/m^3)
活　荷　重	B 活 荷 重	
温度変化範囲	鋼	-10° ～+40°
地震の影響	橋 の 種 別	B 種
	地域別補正係数	A 地域
上部構造総重量	45200(kN)	

3）使用材料

表 4.3　使用材料

材　　料	上部構造	下部構造
設計基準強度　σ ck (N/mm^2)	---	24
ヤング係数　E (N/mm^2)	2.0×10^5	2.5×10^4
せん断弾性係数　G (N/mm^2)	7.7×10^4	1.09×10^4
線膨張係数　α	12×10^{-6}	10×10^{-6}
鉄筋材質	---	SD345

4）上部工断面定数

・断面積　　$A = 0.718\ (m^2)$

・断面 2 次ﾓｰﾒﾝﾄ　　$Ix = 0.912\ (m^4)$

　　$Iy = 7.854\ (m^4)$　＊床版剛性考慮

・ねじり定数　　$J = 0.197\ (m^4)$

・支承数　　$N = 4$

5）上部工反力

表 4.4　下部工設計反力

下部構造	死荷重反力 R_D(kN)	活荷重反力 R_L(kN)
P1・P6	3400	1600
P2・P3・P4・P5	9600	3000

表 4.5　支承設計反力（1 支承あたり，支承数 N=4 個）

下部構造	最大支承反力 Rmax(kN)	死荷重反力 R_D(kN)
P1・P6	1250	850
P2・P3・P4・P5	3150	2400

6）支承の設定

表 4.6　ゴムバッファの設定

				単位	P1, P6橋脚	P2, P5橋脚	P3, P4橋脚
支　承　種　類					積層ゴム支承	積層ゴム支承	積層ゴム支承
支　　承　　数			N	基	3	3	3
平面形状	製品寸法	橋　軸	A	mm	550	700	800
		直　角	B	mm	550	700	800
	有効寸法	橋　軸	a	mm	530	680	780
		直　角	b	mm	530	680	780
	被　覆　厚		t	mm	10	10	10
層構成	層　　厚		t_e	mm	27	30	27
	層　　数		n	層	4	3	3
	総　層　厚		Σt_e	mm	108	90	81
一次形状係数			S_1		4.907	5.667	7.222
二次形状係数			S_2		4.907	7.556	9.630
静的せん断弾性係数			G_0	N/mm^2	1.0	1.0	1.0
剛性	水平(1基)		K_B	kN/m	2600.9	5137.8	7511.1
	水平(脚当たり)		ΣK_B	kN/m	7802.8	15413.3	22533.3
レベル2地震時概略照査		分担重量	Wu	kN	3375.0	8050.0	7800.0
		設計震度	khc		0.40	0.40	0.40
		ひずみ量	uB		1.6	2.32	1.71

表 4.7　鉛直支承（すべり支承）の設定

		単位	P1, P6橋脚	P2, P5橋脚	P3, P4橋脚
支承数	N	基	4	4	4
死荷重反力（脚当たり）	ΣRd	kN	3400.0	9600.0	9600.0
死荷重反力（支承当たり）	Rd	kN	850.0	2400.0	2400.0
摩擦係数	μ		0.10	0.10	0.10
摩擦力（支承当たり）	μRd	kN	85.0	240.0	240.0
摩擦力（脚当たり）	ΣμRd	kN	340.0	960.0	960.0
滑りが発生する変位	δ1	mm	0.085	0.240	0.240
1次バネ定数（支承当たり）	K1	kN/m	1.00E+06	1.00E+06	1.00E+06
2次バネ定数（支承当たり）	K2	kN/m	0.0	0.0	0.0
1次バネ定数（脚当たり）	ΣK1	kN/m	4.00E+06	4.00E+06	4.00E+06
2次バネ定数（脚当たり）	ΣK2	kN/m	0.0	0.0	0.0

6）柱鉄筋の配置

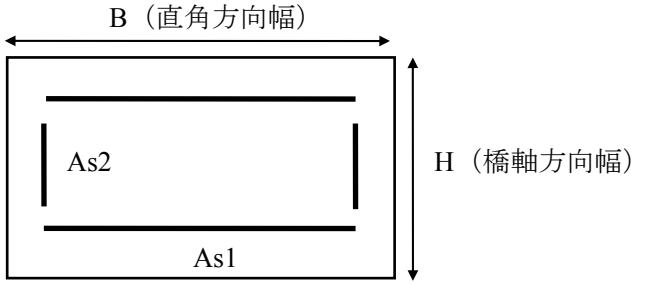


表 4.8　柱鉄筋の配置

橋脚名		P1,　P6	P2,　P5	P3,　P4
寸法	B(m)	6.0	7.0	7.0
	H(m)	2.0	3.0	4.0
主鉄筋	As1	D25:1 段 ctc125	D32:2 段 ctc125	D38:2 段 ctc125
	As2	D25:1 段 ctc125	D32:1 段 ctc125	D38:1 段 ctc125
帯鉄筋の配置		D16 ctc150	D19 ctc150	D19 ctc150

8）レベル 2 地震時静的照査結果

表 4.9　静的照査結果（橋軸方向タイプⅡ）

橋軸方向レベル 2　タイプⅡ	単位	P1, P6 橋脚	P2, P5 橋脚	P3, P4 橋脚
水平耐力に対する判定		Pa≧khc・W　OK	Pa≧khc・W　OK	Pa≧khc・W　OK
地震時保有水平耐力　Pa	KN	3416.6	6275.2	8247.7
khc・W	KN	3139.8	5218.8	7294.3
設計水平震度　khc＝0.4cz		0.4	0.4	0.4
等価重量　W	KN	7849.4	13047.1	18235.8
破壊形態		曲げ破壊型	曲げ破壊型	曲げ破壊型
終局水平耐力　Pu	KN	3416.6	6275.2	8247.7
せん断耐力　Ps0（係数 1.0）	KN	8444.9	18912.8	25114.0
せん断耐力　Ps	KN	7784.7	17697.3	23575.0
残留変位に対する判定		$\delta_R \leqq \delta_{Ra}$　OK	$\delta_R \leqq \delta_{Ra}$　OK	$\delta_R \leqq \delta_{Ra}$　OK
許容残留変位　δ_{Ra}	Mm	65	185	295
残留変位　δ_R	Mm	3.53	16.16	44.98
最大応答塑性率　μr		1.450	1.278	1.380
降伏剛性　Ky	k N/m	261302.5	64812.6	41796.4
柱部の断面 2 次モーメント I	m4	0.9450	5.4647	14.3024

9）基礎バネ定数

表 4.10　基礎バネ定数

橋脚名	水平ばね(kN/m)	鉛直ばね(kN/m)	回転ばね(kN･m/rad)
P1・P6	1.7705E6	5.3169E6	2.1711E7
P2・P5	2.7197E6	8.1673E6	4.3559E7
P3・P4	3.9271E6	1.1793E7	1.4152E8

（2）解析モデル

1）骨組みモデル

解析モデルは「4.1.1 単橋脚モデル」に準じる。次ページにはモデル図を示す。

・塑性ヒンジ領域 Lp の 4 倍の高さを Lp/2 程度で細分割

・橋脚躯体部は集中質量とし、前後のはり要素の 1/2 の質量を分担する

・上部構造、橋脚はり部、フーチングの重量は 1 節点に集中して考慮し、フーチングには回転慣性重量を考慮する

・剛体は一般部の 1000 倍を目処とした大きな剛性をもつはり要素とする。

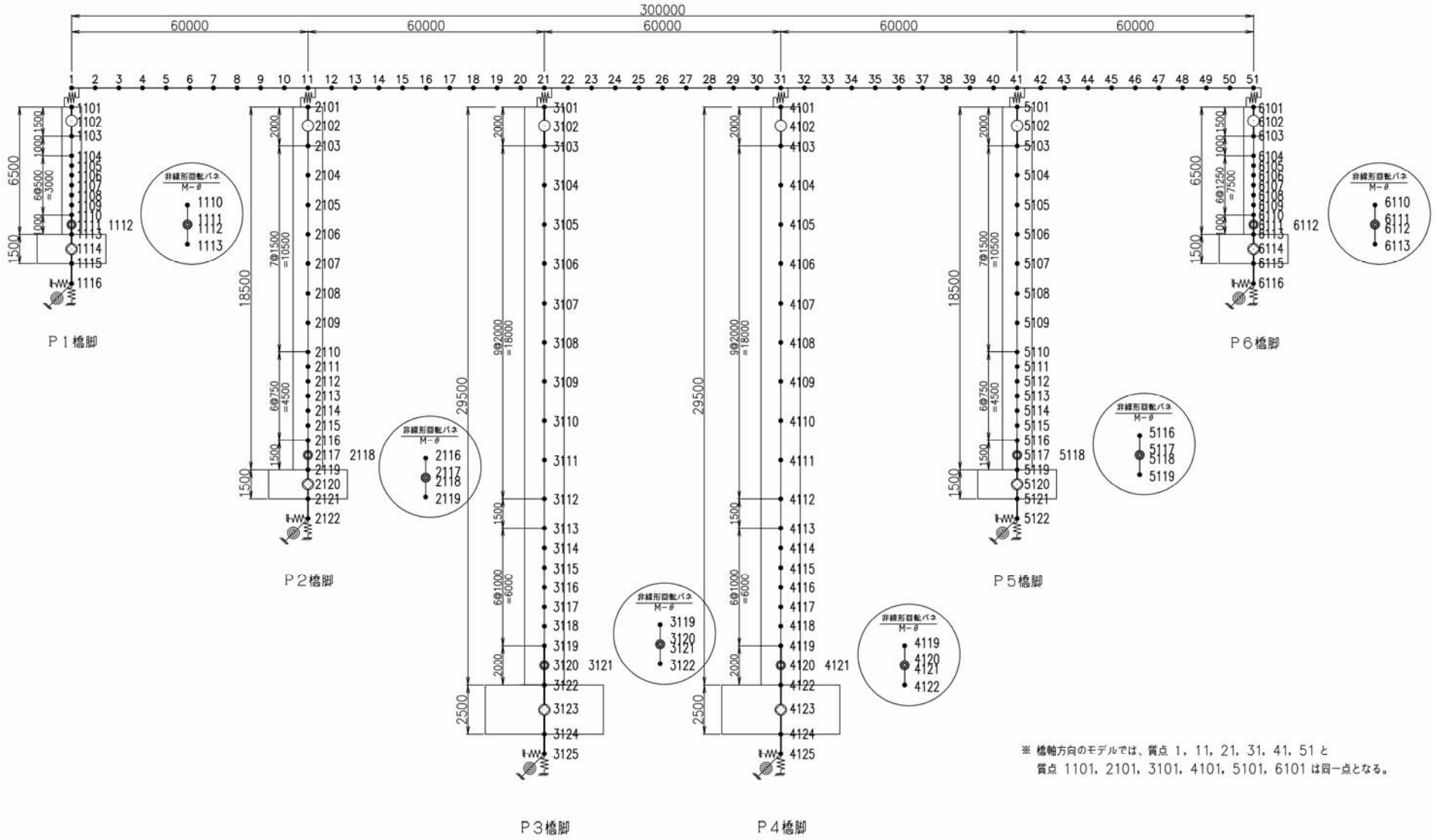

300000
60000
60000
60000
60000
60000
P１橋脚
P２橋脚
P３橋脚
P４橋脚
P５橋脚
P６橋脚
非線形回転バネ
M－θ
※ 橋軸方向のモデルでは、質点 1，11，21，31，41，51 と
質点 1101，2101，3101，4101，5101，6101 は同一点となる。

図 4.3　解析モデル図

2）骨格曲線および履歴特性モデル

①鉄筋コンクリート橋脚（塑性ヒンジバネ、橋脚躯体はり要素）

・骨格曲線：完全弾塑性型トリリニアモデル

・履歴特性：Takeda 型

・除荷勾配（塑性ヒンジ回転バネの場合）

$$k_r = \frac{M_c + M_y}{\theta_c + \theta_y} \cdot \left| \frac{\theta_{\max}}{\theta_y} \right|^{-\alpha}$$　除荷勾配係数 α ＝0.4

・塑性ヒンジ回転バネは JH 設計要領の方法により補正する。

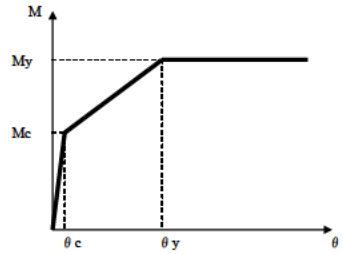


図 4.4　橋脚の骨格曲線（はり要素では回転角θ⇒曲率φ）

②機能分離支承

・骨格曲線：バイリニアモデル

・初期勾配：1.0×10^6kN/m

・2 次勾配：ゴムバッファの剛性

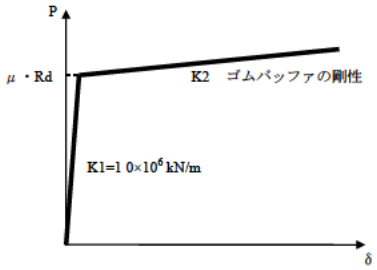


図 4.5　機能分離支承の骨格曲線

3）部材の等価減衰定数

表 4.11　部材の等価減衰定数

	等価減衰定数
上部構造	0.02
機能分離支承	0.00
橋脚躯体 非線形はり要素	0.02
塑性ヒンジ回転バネ	0.02
基　　礎	0.10
剛　　体	0.00

４．３　ベンチマーク解析

（１）目的

表 4.12 に示した今後本研究で使用する予定の下記の動的解析プログラムによって、検討対象モデルの標準的条件による非線形動的解析でほぼ同等の解が得られることを確認するため、4.2.1 に示した単橋脚モデルを対象としたベンチマーク解析を実施した。

表 4.12　使用動的解析プログラム

プログラム名	開発元
DYNA2E	CRC ソリューションズ
EARMEST	富士通 FIP
TDAPⅢ	アーク情報システム
RESP-T	構造計画研究所

（２）解析条件

4.2.1 に示した単橋脚モデルを対象として、表 4.13 の 6 ケースの解を各プログラムから集めた。尚、固有値解析結果は表 4.14 の通りであり、各ソフト一致が前提である。

表 4.13　ベンチマーク解析条件

ケース名	減衰条件	地震動種別	入力地震動名	最大加速度
①	支承：バッファ剛性，橋脚：初期剛性を用いた固有値解析結果によるレーリー型減衰（1 次, 50Hz 選択） α=0.29817 β=0.00017	タイプⅠ	ITAJIMA LG	-326.617 gal
②			ITAJIMA TR	384.925 gal
③			ONNETTO TR	-364.849 gal
④		タイプⅡ	JR TAKATORI N-S	686.831 gal
⑤			JR TAKATORI E-W	-672.639 gal
⑥			FUKIAI N27W	736.334 gal

表 4.14　固有値解析結果

	1 次	50Hz
固有周期 (sec)	1.146	0.02
減衰定数 (%)	2.8	2.8

（３）解析結果

各ソフトによるベンチマーク解析結果（減衰タイプ②のみ）を、次ページ以降の表 4.15 から表 4.18 に示す。概ね各ソフトが、各解析条件で同等の解を出していると判断された。

表4.15　機能分離支承　橋軸方向　非線形動的解析結果比較表　(1/2)　(上部構造) : 減衰タイプ②

				タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動			備　考
解析ケース名				① 減衰②	② 減衰②	③ 減衰②	④ 減衰②	⑤ 減衰②	⑥ 減衰②	
地盤種別				II種	II種	II種	II種	II種	II種	
地震動	名称			ITAJIMA LG	ITAJIMA TR	ONNETTO TR	JR TAKATORI N-S	JR TAKATORI E-W	FUKIAI N27W	武田型 履歴
	最大加速度		[gal]	-362.617	384.925	-364.849	686.831	-672.639	736.334	Cz=1.00 (A区分)
	入力最大加速度		[gal]	-362.617	384.925	-364.849	686.831	-672.639	736.334	=最大加速度×Cz
Rayleigh減衰の係数	選択モード次数		-	1次,2次			1次,2次			[C]=α[M]+β[K]
	固有周期　T1,T2		[s]	T1= 1.146　T2= 0.02			T1= 1.146　T2= 0.02			
	減衰定数　h1,h2		-	h1= 0.028　h2= 0.028			h1= 0.028　h2= 0.028			
	係数　α,β		-	α= 0.29817　β= 0.00017			α= 0.29817　β= 0.00017			
最大応答値	上部構造 最大応答加速度	DYNA2E	[gal]	469.21	519.67	471.45	628.09	564.33	642.76	
		EARMEST		472.99	517.83	469.28	629.40	563.41	640.87	
		TDAP3		476.15	516.80	469.01	643.11	563.57	640.21	
		RESP-T		474.67	523.72	472.40	625.91	564.91	626.78	
		平均値	[gal]	473.26	519.50	470.53	631.63	564.06	637.65	
		最大誤差率	[%]	0.86	0.81	0.39	1.79	0.15	1.73	平均値との誤差平均=.96(%)
	上部構造 最大応答変位	DYNA2E	[m]	0.1372	0.1992	0.1537	0.3808	0.4271	0.4424	
		EARMEST		0.1391	0.2001	0.1547	0.3982	0.4355	0.4506	
		TDAP3		0.1416	0.1991	0.1565	0.4005	0.4394	0.4482	
		RESP-T		0.1400	0.1957	0.1611	0.4074	0.4152	0.4357	
		平均値	[m]	0.1395	0.1985	0.1565	0.3967	0.4293	0.4442	
		最大誤差率	[%]	1.64	1.45	2.85	4.19	3.39	1.96	平均値との誤差平均=2.58(%)

表4.16　機能分離支承　橋軸方向　非線形動的解析結果比較表　(2/2)　(P1橋脚) : 減衰タイプ②

					タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動			備　考
解析ケース名					① 減衰②	② 減衰②	③ 減衰②	④ 減衰②	⑤ 減衰②	⑥ 減衰②	
P1橋脚	橋脚天端	最大応答加速度	DYNA2E	[gal]	982.57	794.43	961.53	1338.01	1409.58	1162.81	
			EARMEST		1012.75	827.35	970.25	1358.75	1652.76	1220.70	
			TDAP3		988.71	868.69	873.15	1369.00	1302.90	984.72	
			RESP-T		1010.24	967.66	962.80	1362.82	1476.01	1465.01	
			平均値	[gal]	998.57	864.53	941.93	1357.15	1460.31	1208.31	
			最大誤差率	[%]	1.63	**10.66**	**7.88**	1.43	12.08	**22.71**	平均値との誤差平均=9.4(%)
		最大水平変位	DYNA2E	[m]	0.0505	0.0935	0.0602	0.2539	0.3158	0.3124	
			EARMEST		0.0512	0.0949	0.0612	0.2733	0.3246	0.3214	
			TDAP3		0.0522	0.0942	0.0626	0.2714	0.3280	0.3195	
			RESP-T		0.0503	0.0926	0.0622	0.2823	0.3002	0.3121	
			平均値	[m]	0.0511	0.0938	0.0615	0.2702	0.3171	0.3163	
			最大誤差率	[%]	**2.20**	**1.32**	2.27	6.44	**5.64**	1.58	平均値との誤差平均=3.24(%)
	支承	変形量	DYNA2E	[m]	0.0935	0.1058	0.0964	0.1305	0.1181	0.1302	
			EARMEST		0.0948	0.1053	0.0959	0.1305	0.1167	0.1294	
			TDAP3		0.0963	0.1049	0.0957	0.1295	0.1165	0.1289	
			RESP-T		0.0965	0.1032	0.1011	0.1364	0.1201	0.1237	
			平均値	[m]	0.0953	0.1048	0.0973	0.1317	0.1178	0.1280	
			最大誤差率	[%]	1.90	1.57	**3.80**	3.43	1.84	3.53	平均値との誤差平均=2.68(%)
		支承作用力	DYNA2E	[kN]	2854.30	3138.20	2921.87	3709.35	3423.96	3702.31	
			EARMEST		2883.56	3126.43	2910.99	3710.17	3390.36	3685.58	
			TDAP3		2918.40	3116.50	2905.70	3680.90	3386.00	3673.00	
			RESP-T		2924.56	3078.07	3029.36	3846.37	3468.43	3551.11	
			平均値	[kN]	2895.21	3114.80	2941.98	3736.70	3417.19	3653.00	
			最大誤差率	[%]	1.43	1.19	**2.88**	2.85	1.48	2.87	平均値との誤差平均=2.12(%)
	上部構造 慣性力 作用位置	橋脚躯体変形量	DYNA2E	[m]	0.0304	0.0718	0.0379	0.2334	0.2961	0.2870	
			EARMEST		0.0308	0.0733	0.0391	0.2521	0.3048	0.2963	
			TDAP3		0.0308	0.0727	0.0408	0.2508	0.3080	0.2944	
			RESP-T		0.0299	0.0648	0.0400	0.2609	0.2809	0.2870	
			平均値	[m]	0.0304	0.0707	0.0395	0.2493	0.2975	0.2912	
			最大誤差率	[%]	**2.00**	**9.00**	**4.05**	**6.81**	**5.88**	1.73	平均値との誤差平均=4.91(%)
	橋脚下端 塑性ヒンジ	曲げモーメント	DYNA2E	[kNm]	30954.2	32165.3	31719.4	33268.5	33778.9	33709.0	
			EARMEST		31222.7	32181.8	31735.8	33415.7	33839.8	33772.6	
			TDAP3		31343.0	32178.0	31763.0	33408.0	33869.0	33762.0	
			RESP-T		30762.1	32141.5	31742.1	33487.7	33644.2	33697.6	
			平均値	[m]	31070.5	32166.7	31740.1	33395.0	33783.0	33735.3	
			最大誤差率	[%]	1.00	0.08	0.07	0.38	0.41	0.11	平均値との誤差平均=.34(%)
		応答回転角	DYNA2E	[rad]	1.136E-03	5.355E-03	1.836E-03	2.222E-02	2.880E-02	2.790E-02	
			EARMEST		1.155E-03	5.502E-03	1.965E-03	2.424E-02	2.973E-02	2.886E-02	
			TDAP3		1.161E-03	5.437E-03	2.144E-03	2.408E-02	3.007E-02	2.866E-02	
			RESP-T		1.131E-03	5.203E-03	2.024E-03	2.518E-02	2.723E-02	2.789E-02	
			平均値	[rad]	1.146E-03	5.374E-03	1.992E-03	2.393E-02	2.896E-02	2.833E-02	
			最大誤差率	[%]	1.32	**3.29**	**8.50**	**7.69**	**6.34**	1.85	平均値との誤差平均=4.83(%)
	橋脚下端 せん断力	橋脚基部	DYNA2E	[kN]	3462.73	4045.15	3766.76	4701.56	4424.27	4791.20	
			EARMEST		3489.76	4012.44	3743.93	4544.71	4355.31	4709.69	
			TDAP3		3493.00	3988.60	3742.90	4486.80	4332.30	4699.40	
			RESP-T		3492.23	4056.71	3767.77	4567.65	4351.31	4704.77	
			平均値	[kN]	3484.43	4025.73	3755.34	4575.18	4365.80	4726.27	
			最大誤差率	[%]	0.63	0.93	0.33	2.69	1.32	1.36	平均値との誤差平均=1.21(%)

表4.17　機能分離支承　橋軸直角方向　非線形動的解析結果比較表　(1/2)　(上部構造) : 減衰タイプ②

				タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動			備　考
解析ケース名				①	②	③	④	⑤	⑥	
				減衰②	減衰②	減衰②	減衰②	減衰②	減衰②	
地盤種別				II種	II種	II種	II種	II種	II種	
地震動	名称			ITAJIMA LG	ITAJIMA TR	ONNETTO TR	JR TAKATORI N-S	JR TAKATORI E-W	FUKIAI N27W	武田型 履歴
	最大加速度		[gal]	-362.617	384.925	-364.849	686.831	-672.639	736.334	Cz=1.00 (A区分)
	入力最大加速度		[gal]	-362.617	384.925	-364.849	686.831	-672.639	736.334	=最大加速度×Cz
Rayleigh減衰の係数	選択モード次数		－	1次,2次			1次,2次			[C]=α[M]+β[K]
	固有周期　T1,T2		[s]	T1= 1.152　T2= 0.02			T1= 1.152　T2= 0.02			
	減衰定数　h1,h2		－	h1= 0.036　h2= 0.036			h1= 0.036　h2= 0.036			
	係数　α,β		－	α= 0.38303　β= 0.00022			α= 0.38303　β= 0.00022			
最大応答値	上部構造 最大応答加速度	DYNA2E	[gal]	451.73	568.18	471.82	1000.62	849.45	1045.26	
		EARMEST		452.36	569.21	472.61	1001.51	855.46	1054.42	
		TDAP3		450.80	566.47	471.15	998.00	850.21	1052.20	
		RESP-T		454.80	572.82	475.13	1004.91	860.56	1061.71	
		平均値	[gal]	452.42	569.17	472.68	1001.26	853.92	1053.40	
		最大誤差率	[%]	0.52	0.64	0.52	0.36	0.77	0.78	平均値との誤差平均=.6(%)
	上部構造 最大応答変位	DYNA2E	[m]	0.1098	0.1584	0.1254	0.3191	0.2617	0.3564	
		EARMEST		0.1102	0.1590	0.1258	0.3212	0.2661	0.3569	
		TDAP3		0.1095	0.1577	0.1252	0.3177	0.2634	0.3533	
		RESP-T		0.1049	0.1600	0.1340	0.3303	0.2647	0.3557	
		平均値	[m]	0.1086	0.1588	0.1276	0.3221	0.2640	0.3556	
		最大誤差率	[%]	3.54	0.76	**4.76**	2.49	0.85	0.63	平均値との誤差平均=2.17(%)

表4.18　機能分離支承　橋軸直角方向　非線形動的解析結果比較表　(2/2)　(P1橋脚) : 減衰タイプ②

					タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動			備　考
解析ケース名					①	②	③	④	⑤	⑥	
					減衰②	減衰②	減衰②	減衰②	減衰②	減衰②	
P1橋脚	橋脚天端	最大応答加速度	DYNA2E	[gal]	975.45	1014.00	844.57	1220.94	1522.57	1212.19	
			EARMEST		977.23	974.90	840.11	1172.94	1401.27	1215.55	
			TDAP3		827.53	936.81	840.61	1124.00	1368.60	1159.90	
			RESP-T		979.50	973.57	850.83	1219.19	1411.77	1224.10	
			平均値	[gal]	939.93	974.82	844.03	1184.27	1426.05	1202.94	
			最大誤差率	[%]	**13.58**	4.06	**0.80**	5.36	6.34	**3.71**	平均値との誤差平均=5.64(%)
		最大水平変位	DYNA2E	[m]	0.0276	0.0380	0.0337	0.0754	0.0614	0.0964	
			EARMEST		0.0277	0.0380	0.0338	0.0767	0.0615	0.0950	
			TDAP3		0.0276	0.0378	0.0337	0.0749	0.0612	0.0935	
			RESP-T		0.0278	0.0386	0.0341	0.0780	0.0625	0.0944	
			平均値	[m]	0.0277	0.0381	0.0338	0.0763	0.0617	0.0948	
			最大誤差率	[%]	0.47	1.30	0.85	2.27	1.33	1.61	平均値との誤差平均=1.31(%)
	支承	変形量	DYNA2E	[m]	0.0852	0.1184	0.0934	0.2265	0.1895	0.2379	
			EARMEST		0.0855	0.1189	0.0937	0.2269	0.1914	0.2403	
			TDAP3		0.0848	0.1178	0.0932	0.2256	0.1895	0.2391	
			RESP-T		0.0797	0.1192	0.1015	0.2345	0.1889	0.2405	
			平均値	[m]	0.0838	0.1186	0.0955	0.2284	0.1898	0.2394	
			最大誤差率	[%]	5.10	0.67	**5.96**	2.60	0.82	0.64	平均値との誤差平均=2.63(%)
		支承作用力	DYNA2E	[kN]	2661.79	3430.96	2852.91	5928.43	5074.39	6193.20	
			EARMEST		2669.16	3440.94	2859.97	5939.79	5117.70	6247.70	
			TDAP3		2653.80	3415.50	2845.90	5909.60	5073.90	6213.60	
			RESP-T		2536.28	3447.81	3038.12	6113.66	5056.23	6243.70	
			平均値	[kN]	2630.26	3433.80	2899.23	5972.87	5080.56	6224.55	
			最大誤差率	[%]	3.71	0.54	**4.57**	2.30	0.73	0.51	平均値との誤差平均=2.06(%)
	上部構造 慣性力 作用位置	橋脚躯体変形量	DYNA2E	[m]	0.0054	0.0100	0.0075	0.0396	0.0202	0.0715	
			EARMEST		0.0054	0.0100	0.0076	0.0407	0.0202	0.0700	
			TDAP3		0.0053	0.0099	0.0075	0.0392	0.0207	0.0682	
			RESP-T		0.0056	0.0104	0.0078	0.0417	0.0219	0.0683	
			平均値	[m]	0.0054	0.0101	0.0076	0.0403	0.0208	0.0695	
			最大誤差率	[%]	2.67	3.44	2.88	3.32	5.27	2.76	平均値との誤差平均=3.39(%)
	橋脚下端 塑性ヒンジ	曲げモーメント	DYNA2E	[kNm]	34586.4	44628.7	39717.6	71485.3	64816.8	72770.7	
			EARMEST		34629.9	44701.5	39782.7	71537.4	65689.1	72714.2	
			TDAP3		34454.0	44494.0	39633.0	71533.0	65062.0	72695.0	
			RESP-T		34296.4	45003.3	39809.4	71941.7	66703.7	73714.4	
			平均値	[m]	34491.7	44706.9	39735.7	71624.4	65567.9	72973.6	
			最大誤差率	[%]	0.57	0.66	0.26	0.44	1.70	1.00	平均値との誤差平均=.77(%)
		応答回転角	DYNA2E	[rad]	2.887E-04	4.900E-04	3.916E-04	2.289E-03	8.944E-04	4.997E-03	
			EARMEST		2.895E-04	4.914E-04	3.928E-04	2.389E-03	9.118E-04	4.868E-03	
			TDAP3		2.858E-04	4.871E-04	3.899E-04	2.255E-03	8.991E-04	4.702E-03	
			RESP-T		2.842E-04	4.979E-04	3.938E-04	2.432E-03	9.333E-04	4.663E-03	
			平均値	[rad]	2.870E-04	4.916E-04	3.920E-04	2.341E-03	9.097E-04	4.807E-03	
			最大誤差率	[%]	1.00	1.26	0.54	**3.83**	2.54	3.79	平均値との誤差平均=2.16(%)
	橋脚下端 せん断力	橋脚基部	DYNA2E	[kN]	3477.60	4367.63	4080.56	7161.40	6568.25	7511.97	
			EARMEST		3468.39	4341.29	4052.30	7091.25	6552.49	7422.47	
			TDAP3		3462.70	4324.50	4031.20	7041.00	6536.10	7436.00	
			RESP-T		3455.78	4388.05	4088.34	7162.22	6641.06	7529.25	
			平均値	[kN]	3466.1	4355.4	4063.1	7114.0	6574.5	7474.9	
			最大誤差率	[%]	0.33	0.74	0.79	1.04	1.00	0.72	平均値との誤差平均=.77(%)

４．４　減衰モデルの検討

４．４．１　粘性減衰モデルに関する検討

（１）検討ケース

次の 2 つの項目に着目して比較検討した。表 4.19 に検討ケースを示す。

1）粘性減衰モデルの種類や剛性の設定の違いが動的応答に与える影響について。

2）固有値解析時の剛性マトリクスの違いが動的応答に与える影響について。

上記の 1）に示した項目に対する検討ケースは、Case1～Case8 の全 8 ケースである。このとき、動的解析の減衰マトリクスは式 4.1、式 4.3 に示す Rayleigh 減衰、および剛性比例型減衰でモデル化し、これらの剛性マトリクスをパラメトリックに変更した。

上記の 2）に示した項目に対する検討ケースは、Case1、Case5、Case6 に Case9～Case11 を加えた全 6 ケースである。このとき、減衰マトリクスは一般的に多用される Rayleigh 減衰マトリクスを対象とした。

表 4.19　粘性減衰モデル検討ケース

	減衰	固有振動解析時*の[K]マトリクス		動的解析の[C]マトリクス	
		支承水平剛性	橋脚曲げ剛性	支承水平剛性	橋脚曲げ剛性
Case1	Rayleigh 減衰（1 次・2 次）	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性
Case2	剛性比例型減衰	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性
Case3	Rayleigh 減衰（1 次・2 次）	バッファ剛性	初期剛性	バッファ剛性	初期剛性
Case4	Rayleigh 減衰（1 次・2 次）	バッファ剛性	降伏時剛性	バッファ剛性	降伏時剛性
Case5	Rayleigh 減衰（1 次・2 次）	バッファ剛性	初期剛性	瞬間剛性	
Case6	Rayleigh 減衰（1 次・50Hz）	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性
Case7	ひずみｴﾈﾙｷﾞｰ比例型減衰	初期剛性	初期剛性	－	－
Case8	要素別剛性比例型減衰	バッファ剛性	降伏剛性	－	初期剛性
Case9	Rayleigh 減衰（1 次・3 次）	初期剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性
Case10	Rayleigh 減衰（1 次・3 次）	初期剛性	初期剛性	瞬間剛性	
Case11	Rayleigh 減衰（1 次・50Hz）	初期剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性

＊ここで示す固有振動解析は、動的解析の減衰マトリクスを作成するために実施するものである（例えば、Rayleigh 減衰マトリクスの係数α、βを決定するために実施）。

以下に本検討で用いた各減衰モデルについて簡単に説明する。

・Rayleigh 減衰（Case1,Case3～Case6,Case9～Case11）

Rayleigh 減衰は、式 4.1 に示すように、剛性マトリクス$[\mathrm{K}]$と質量マトリクス$[\mathrm{M}]$に比例する形で減衰マトリクス$[\mathrm{C}]$を定義する。

$$[\mathrm{C}]=\alpha[\mathrm{M}]+\beta[\mathrm{K}] \quad \text{（Rayleigh 減衰）} \tag{4.1}$$

$[\mathrm{C}]$ ：Rayleigh 減衰マトリクス

$[M]$：質量マトリクス

$[K]$：剛性マトリクス

α　：外部粘性減衰係数　　$\alpha = \dfrac{4\pi\left(T_i h_i - T_j h_j\right)}{T_i^{\,2} - T_j^{\,2}}$

β　：内部粘性減衰係数　　$\beta = \dfrac{T_i T_j\left(T_i h_j - T_j h_i\right)}{\pi\left(T_i^{\,2} - T_j^{\,2}\right)}$

T_i, T_j：i 次、j 次の固有周期

h_i, h_j：i 次、j 次のひずみエネルギー比例減衰

ここで、式 4.1 中の係数α、βは、固有振動解析より得られる各次固有振動の固有周期、ひずみエネルギー比例減衰より算出される。本検討では、Rayleigh 減衰の係数α、βを設定するための固有振動解析を以下の 3 ケースについて行った。

（1）支承：バッファ剛性　橋脚：初期剛性　（Case1,Case3,Case5,Case6）

（2）支承：バッファ剛性　橋脚：降伏時剛性（Case4）

（3）支承：初期剛性　　橋脚：初期剛性　（Case9,Case10,Case11）

それぞれの固有振動解析結果に対する Rayleigh 減衰の設定比較図および係数α、βを次ページに示す。Case6 と Case11 は、1 次固有振動の固有周期・ひずみエネルギー比例減衰と、固有周期 T = 0.02 秒（エネルギー比例減衰は 1 次固有振動の値）の 2 点により、Rayleigh 減衰を設定した。

また、Case5 と Case10 では、式 4.1 中の[K]マトリクスを運動方程式（式 4.2）の[K]マトリクスと同様に時々刻々変化させて[C]マトリクスを算出した。

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{\ddot{u}_g\} \qquad (4.2)$$

$[M]$：質量マトリクス

$[C]$：減衰マトリクス

$[K]$：剛性マトリクス

u　：質点の相対変位

u_g　：地動変位

表 4.20　Rayleigh 減衰係数

	α	β
Case1,Case3,Case5	-0.0267※	0.0110
Case4	0.0225	0.0096
Case6	0.2982	0.0002
Case9,Case10	3.0628	0.0029
Case11	3.3227	0.0009

※Case1,Case3,Case5 で設定した Rayleigh 減衰は、質量マトリクス$[M]$の係数がα = -0.0267

と負の値になる。運動方程式において減衰マトリクス$[C]$が負になると解析が発散するため、Rayleigh 減衰の係数が負になる場合は便宜的に負となる係数を零として計算する場合もある（本検討では Case2 に相当する）。本検討では負となる係数αの絶対値が小さいため、α＝-0.0267 としてもα＝0 としても計算結果に大きな相違は見られない（本項（３）減衰モデルの検討結果参照）。

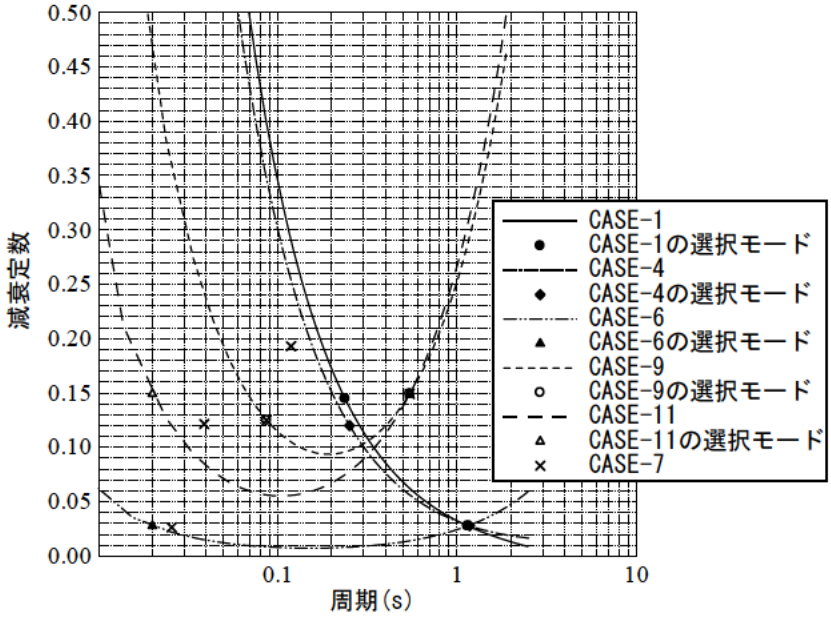


図 4.6　各ケースの Rayleigh 減衰の設定比較図

・剛性比例型減衰（Case2）

剛性比例型減衰は、式 4.3 に示すように、剛性マトリクス$[K]$に比例する形で減衰マトリクス$[C]$を定義する。なお、本検討（Case2）では 1 次の固有周期、ひずみエネルギー比例減衰によりγを算出した。

$$[C]=\gamma[K] \quad \text{（剛性比例型減衰）} \tag{4.3}$$

$$\gamma=\frac{T_i h_i}{\pi}$$

T_i,h_i：i 次の固有周期、ひずみエネルギー比例減衰

・要素別剛性比例型減衰（Case8）

要素別剛性比例型減衰は、要素ごとに剛性比例型の減衰を設定する。Case8 では応答に大きな影響を及ぼすことが予想されるすべり支承の粘性減衰を零とした。なお、本検討（Case8）では 1 次の固有周期によりγ'を算出した。

$$[C]=\gamma[K] \quad \text{（剛性比例型減衰）} \tag{4.4}$$

$$\gamma'=\frac{T_i h_m}{\pi}$$

T_i：i 次の固有周期

h_m：各部材の等価粘性減衰定数

（２）固有振動解析結果

固有振動解析は、支承、橋脚の剛性を下記の 3 ケースの組み合わせとしてそれぞれ行い、粘性減衰モデルを設定した。

（1）支承：バッファ剛性　橋脚：初期剛性

（2）支承：バッファ剛性　橋脚：降伏時剛性

（3）支承：初期剛性　　橋脚：初期剛性

下表に固有振動解析結果を示す。また、次ページにそれぞれのケースについて振動モード図を示す。

表 4.21(1)　固有振動解析結果（支承：バッファ剛性　橋脚：初期剛性）

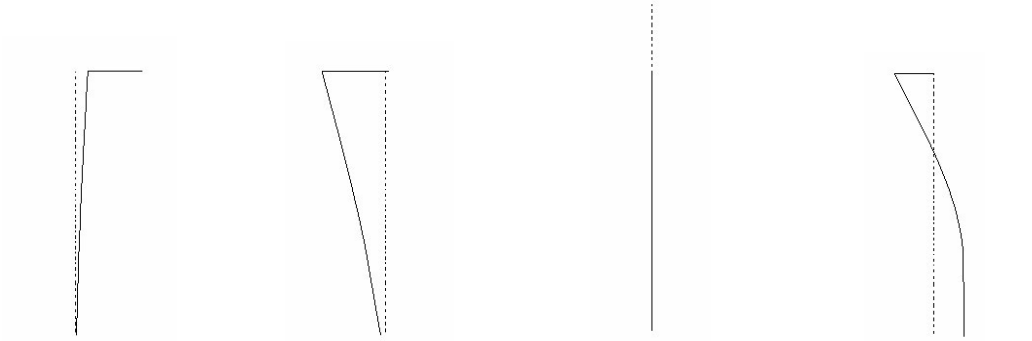
ﾓｰﾄﾞ次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [sec]	刺激係数 X	刺激係数 Y	有効質量比 X	有効質量比 Y	モード減衰定数	振動モード
1	0.873	1.146	1.074	0.000	0.533	0.000	0.0277	上部構造並進
2	4.217	0.237	-1.473	0.000	0.290	0.000	0.1448	橋脚曲げ1次振動
3	8.438	0.119	0.000	1.022	0.000	0.999	0.1930	
4	13.965	0.072	-1.332	0.000	0.161	0.000	0.1310	基礎並進
5	30.058	0.033	0.985	0.000	0.015	0.000	0.1149	

表 4.21(2)　固有振動解析結果（支承：バッファ剛性　橋脚：降伏時剛性）

ﾓｰﾄﾞ次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [sec]	刺激係数 X	刺激係数 Y	有効質量比 X	有効質量比 Y	モード減衰定数	振動モード
1	0.851	1.174	1.081	0.000	0.542	0.000	0.0277	上部構造並進
2	3.976	0.251	-1.446	0.000	0.255	0.000	0.1199	橋脚曲げ1次振動
3	8.438	0.119	0.000	1.022	0.000	0.999	0.1930	
4	12.325	0.081	-1.816	0.000	0.177	0.000	0.1208	基礎並進
5	27.544	0.036	1.232	0.000	0.026	0.000	0.1502	

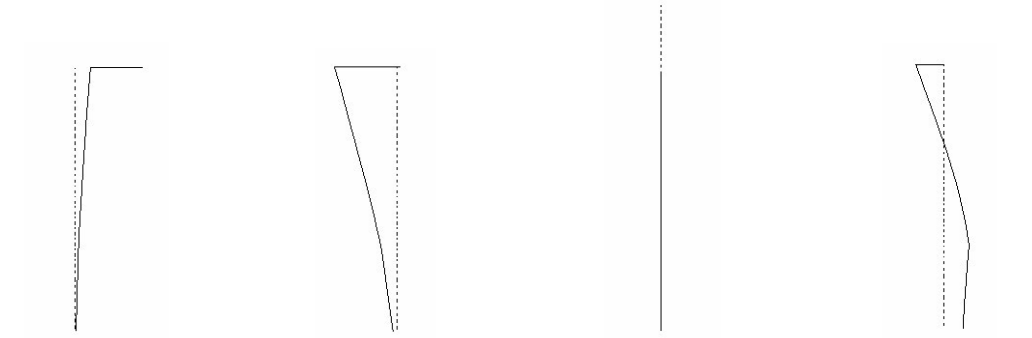
表 4.21(3)　固有振動解析結果（支承：初期剛性　橋脚：初期剛性）

ﾓｰﾄﾞ次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [sec]	刺激係数 X	刺激係数 Y	有効質量比 X	有効質量比 Y	モード減衰定数	振動モード
1	1.839	0.544	1.138	0.000	0.761	0.000	0.1491	上部構造並進
2	8.438	0.119	0.000	1.022	0.000	0.999	0.1930	
3	11.543	0.087	-1.220	0.000	0.209	0.000	0.1249	基礎並進
4	25.710	0.039	0.643	0.000	0.028	0.000	0.1213	
5	39.116	0.026	0.252	0.000	0.001	0.000	0.0262	



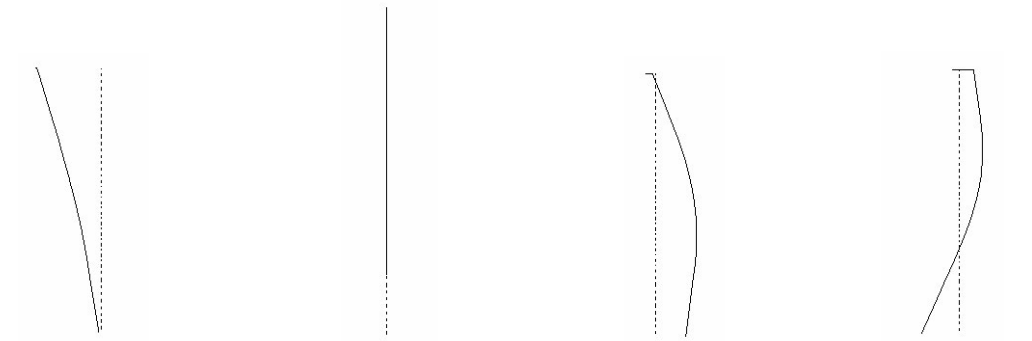
（1）1 次モード　（2）2 次モード　（3）3 次モード　（4）4 次モード

図 4.7(1)　振動モード図（支承：バッファ剛性　橋脚：初期剛性）



（1）1 次モード　（2）2 次モード　（3）3 次モード　（4）4 次モード

図 4.7(2)　振動モード図（支承：バッファ剛性　橋脚：降伏時剛性）



（1）1 次モード　（2）2 次モード　（4）4 次モード

図 4.7(3)　振動モード図（支承：初期剛性　橋脚：初期剛性）

（３）粘性減衰モデルの比較検討結果

1）粘性減衰モデルの種類や剛性の設定の違いが動的応答に与える影響について

①Rayleigh 減衰の質量マトリクス$[M]$の係数αが負となる影響について

表 4.20 で示したように Case1、Case3、および Case5 のαは、-0.0267 と負の値となる。ただし、αが微少のため Rayleigh 減衰マトリクス全体としては負とならず数値解析上発散しない。ここでは、Case1 の最大応答値とα=0（式 4.3 に示す剛性比例型減衰）とした Case2 のそれを比較し、Rayleigh 減衰の質量マトリクス$[M]$の係数αが負となる影響について確認した。表 4.22 に両検討ケースの主要な項目に対する比較表を示す。同表より各応答値について大きな差違は見られないが、図 4.8 に示すように Case2 の粘性減衰は高次振動領域において Case1 より小さいため、Case2 の応答が若干大きくなる傾向が見られる。

表 4.22　Rayleigh 減衰の質量マトリクス$[M]$の係数αが負となる影響

	単位	タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動		
		Case1	Case2	比率*	Case1	Case2	比率*
上部構造の最大加速度	(cm/sec^2)	551	551	1.00	797	786	0.99
上部構造の最大変位	(m)	0.073	0.074	1.01	0.154	0.161	1.05
橋脚はり重心位置の最大加速度	(cm/sec^2)	510	511	1.00	735	723	0.98
橋脚はり重心位置の最大変位	(m)	0.063	0.063	1.00	0.126	0.131	1.04
支承の最大相対変位	(m)	0.009	0.010	1.09	0.016	0.017	1.09
塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率		1.597	1.677	1.05	4.751	5.096	1.07
橋脚基部の最大せん断力	(kN)	4767	4754	1.00	6895	6816	0.99
残留変位	(m)	0.008	0.008	1.00	0.049	0.052	1.06

*比率は、Case1 の各応答値を 1.00 として算定

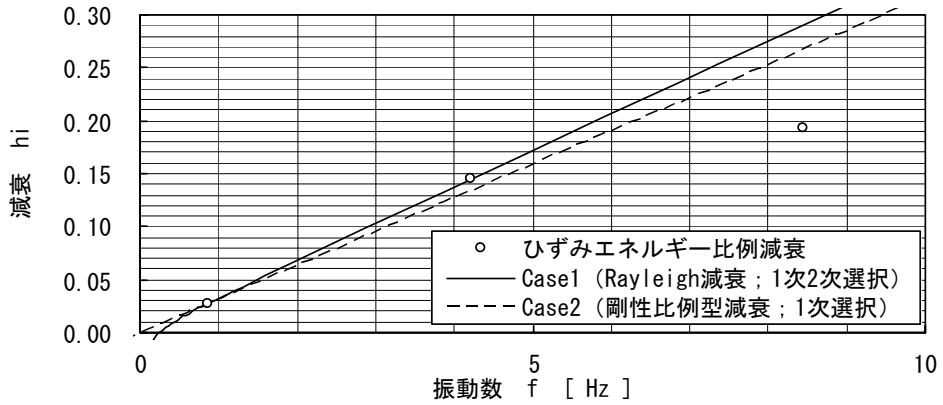


図 4.8　Case1 と Case2 の減衰マトリクスの比較

②粘性減衰モデルの種類や剛性の設定の違いが動的応答に与える影響について

Case1～Case8 の全 8 ケースにおいて、主要な項目の最大応答値が中庸的である Case4 の

応答を基準として各検討ケースの最大応答値を比較した。ただし、Case2 については、表 4.22 に示すように Case1 と同程度の応答となるため割愛した。

・Case1 と Case4 の比較

	減衰	固有振動解析時の[K]マトリクス		動的解析の[C]マトリクス	
		支承水平剛性	橋脚曲げ剛性	支承水平剛性	橋脚曲げ剛性
Case1	Rayleigh 減衰（1次・2次）	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性
Case4	Rayleigh 減衰（1次・2次）	バッファ剛性	降伏時剛性	バッファ剛性	降伏時剛性

Case1 と Case4 は、固有振動解析における橋脚の曲げ剛性と、動的解析の減衰マトリクスにおける支承、橋脚の剛性について解析条件の違いがある。減衰マトリクスは Rayleigh 減衰であり、このときの選択モードは共に 1 次および 2 次モードである。係数α、βは、αの正負の差違が生じるものの図 4.6 に示すように各次の減衰定数は近似する。

表 4.23　Rayleigh 減衰係数（Case1,Case4）

	α	β
Case1	-0.0267	0.0110
Case4	0.0225	0.0096

表 4.25 の応答比較表より近似（便宜的に比率 0.9～1.1 程度）する項目と極めて大きな差違（便宜的に比率 0.5 程度以下、または 1.5 程度以上）が生じる項目を列記すると次ページのとおりになる。これらの項目の中で支承の最大相対変位は、極端に応答値に差違が生じており Case1 の解析条件の場合、ほとんど相対変位が発生しない結果を与えることがわかる。また、塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率や残留変位にも極めて大きな差違が生じることから橋脚柱部の配筋に影響を与える。Case1 と Case4 では、上記のように Rayleigh 減衰係数は近似するため、応答値の差異は動的解析の減衰マトリクスにおける支承、橋脚の剛性の違いに起因すると考えられる。支承の初期剛性、バッファ剛性および橋脚の初期剛性、降伏時剛性を下表に示す。支承の初期剛性とバッファ剛性の比は 216 倍程度と非常に大きく、橋脚の初期剛性と降伏時剛性の比は 4 倍程度である。

表 4.24　支承水平剛性・橋脚曲げ剛性

	初期剛性	降伏時（バッファ）剛性	比率（初期 / 降伏）
支承	5.00×10^{6}	2.31×10^{4}	216
橋脚	1.07×10^{8}	2.69×10^{7}	4

Rayleigh 減衰を用いる場合、減衰マトリクスは係数α、βと質量マトリクス、剛性マトリ

クスの積で算出される。動的解析の減衰マトリクスにおける支承、橋脚の剛性を共に初期剛性としたCase1は、Case4と比較して支承、橋脚の剛性をそれぞれ216倍、4倍に評価しているため減衰を大きく評価する。この結果、Case1における支承の最大相対変位、塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率等の応答値がCase4に対して著しく小さくなったと考えられる。

【近似する項目】

・上部構造の最大加速度‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.96（タイプⅠ）、0.99（タイプⅡ）

・橋脚はり重心位置の最大変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.93（タイプⅠ）

【極めて大きな差違が生じる項目】

・上部構造の最大変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.36（タイプⅠ）、0.36（タイプⅡ）

・支承の最大相対変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.07（タイプⅠ）、0.09（タイプⅡ）

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率‥‥0.56（タイプⅠ）、0.30（タイプⅡ）

・残留変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥

表 4.26　Rayleigh 減衰係数（Case3,Case4）

	α	β
Case3	-0.0267	0.0110
Case4	0.0225	0.0096

表 4.27 の応答比較表より近似する項目と極めて大きな差違が生じる項目を列記すると以下のとおりになる。これらの項目の中で上部構造の応答（加速度、変位）は、ほぼ同程度の応答となる。しかしながら、塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率や残留変位に極めて大きな差違が生じることから橋脚柱部の配筋に影響を与える。Case3 と Case4 では、上記のように Rayleigh 減衰係数は近似するため、応答値の差異は動的解析の減衰マトリクスにおける橋脚の剛性の違いに起因すると考えられる。Case3 は Case1 に対して支承の剛性をバッファ剛性とすることで支承部の粘性減衰を過度に評価する傾向は改善されるが、橋脚（塑性ヒンジ）の粘性減衰については Case4 よりも大きく評価すると言える。また、応答値の絶対値が小さいタイプ I 地震動の方が近似しやすい傾向にある。

【近似する項目】

・上部構造の最大加速度‥‥‥‥‥‥‥‥‥1.04（タイプⅠ）

・上部構造の最大変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.97（タイプⅠ）、0.97（タイプⅡ）

・橋脚はり重心位置の最大加速度‥‥‥‥‥0.97（タイプⅠ）、1.07（タイプⅡ）

・支承の最大相対変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥1.05（タイプⅠ）

【極めて大きな差違が生じる項目】

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率‥‥0.51（タイプⅠ）、0.38（タイプⅡ）

・残留変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.43（タイプⅠ）、0.62（タイプⅡ）

表 4.27　Case3 と Case4 の応答比較

	単位	タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動		
		Case3	Case4	比率*	Case3	Case4	比率*
上部構造の最大加速度	(cm/sec^2)	599	575	1.04	1044	804	1.30
上部構造の最大変位	(m)	0.197	0.203	0.97	0.417	0.432	0.97
橋脚はり重心位置の最大加速度	(cm/sec^2)	729	754	0.97	1046	981	1.07
橋脚はり重心位置の最大変位	(m)	0.058	0.068	0.85	0.159	0.221	0.72
支承の最大相対変位	(m)	0.132	0.126	1.05	0.254	0.188	1.35
塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率		1.451	2.852	0.51	6.110	15.959	0.38
橋脚基部の最大せん断力	(kN)	4303	4165	1.03	7174	5864	1.22
残留変位	(m)	0.006	0.014	0.43	0.073	0.117	0.62

*比率は、Case4 の各応答値を 1.00 として算定

・Case5 と Case4 の比較

	減衰	固有振動解析時の[K]マトリクス		動的解析の[C]マトリクス	
		支承水平剛性	橋脚曲げ剛性	支承水平剛性	橋脚曲げ剛性
Case5	Rayleigh 減衰（1次・2次）	バッファ剛性	初期剛性	瞬間剛性	
Case4	Rayleigh 減衰（1次・2次）	バッファ剛性	降伏時剛性	バッファ剛性	降伏時剛性

Case5 と Case4 は、固有振動解析における橋脚の曲げ剛性と、動的解析の減衰マトリクスを構成する剛性マトリクスの逐次変化（瞬間剛性の使用）に対する設定について解析条件の違いがある。減衰マトリクスは Rayleigh 減衰であり、基本となる係数α、βを設定する際の選択モードは共に 1 次および 2 次モードである。係数α、βは、αの正負の差違が生じるものの図 4.6 に示すように各次の減衰定数は近似する。

表 4.28　Rayleigh 減衰係数（Case5,Case4）

	α	β
Case5	-0.0267	0.0110
Case4	0.0225	0.0096

表 4.29 の応答比較表より近似する項目と極めて大きな差違が生じる項目を列記すると以下のとおりになる。これらの項目の中で応答値の絶対値が小さいタイプⅠ地震動の方が近似しやすい傾向がわかる。しかしながら、Case5 の塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率や残留変位は全ケースの中で特筆して大きいため橋脚柱部の配筋に多大な影響を与える。また、タイプⅡ地震動の上部構造の最大変位は全ケースで最大となる。Rayleigh 減衰を用いる場合、減衰マトリクスは前述したとおり係数α、βと質量マトリクス、剛性マトリクスの積で算出される。減衰マトリクスを構成する剛性マトリクスを逐次変化させて剛性低下を考慮する Case5 は、他のケースと比較して減衰を小さく評価する傾向がある。

【近似する項目】

・上部構造の最大加速度‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.91（タイプⅠ）
・上部構造の最大変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥1.06（タイプⅠ）
・橋脚はり重心位置の最大加速度‥‥‥‥‥1.03（タイプⅠ）、1.07（タイプⅡ）
・支承の最大相対変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.90（タイプⅠ）
・橋脚基部のせん断力‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.93（タイプⅠ）

【極めて大きな差違が生じる項目】

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率‥‥1.90（タイプⅠ）、2.04（タイプⅡ）
・残留変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥2.14（タイプⅠ）、1.82（タイプⅡ）

表 4.29　Case5 と Case4 の応答比較

	単位	タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動		
		Case5	Case4	比率*	Case5	Case4	比率*
上部構造の最大加速度	(cm/sec^2)	525	575	0.91	627	804	0.78
上部構造の最大変位	(m)	0.216	0.203	1.06	0.542	0.432	1.25
橋脚はり重心位置の最大加速度	(cm/sec^2)	775	754	1.03	1047	981	1.07
橋脚はり重心位置の最大変位	(m)	0.092	0.068	1.35	0.359	0.221	1.62
支承の最大相対変位	(m)	0.113	0.126	0.90	0.141	0.188	0.75
塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率		5.415	2.852	1.90	32.525	15.959	2.04
橋脚基部の最大せん断力	(kN)	3857	4165	0.93	4265	5864	0.73
残留変位	(m)	0.030	0.014	2.14	0.213	0.117	1.82

*比率は、Case4 の各応答値を 1.00 として算定

・Case6 と Case4 の比較

	減衰	固有振動解析時の[K]マトリクス		動的解析の[C]マトリクス	
		支承水平剛性	橋脚曲げ剛性	支承水平剛性	橋脚曲げ剛性
Case6	Rayleigh 減衰（1 次・50Hz）	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性
Case4	Rayleigh 減衰（1 次・2 次）	バッファ剛性	降伏時剛性	バッファ剛性	降伏時剛性

Case6 と Case4 は、固有振動解析における橋脚の曲げ剛性と、動的解析の減衰マトリクスの支承、橋脚の剛性、および選択モードについて解析条件の違いがある。減衰マトリクスは Rayleigh 減衰である。係数α、βは大きく異なり、図 4.6 に示すように Rayleigh 減衰マトリクスは、1 次モードを交点として短周期側と長周期側で減衰定数が異なる。

表 4.30　Rayleigh 減衰係数（Case6,Case4）

	α	β
Case6	0.2982	0.0002
Case4	0.0225	0.0096

表 4.31 の応答比較表より近似する項目と比較的大きな差違が生じる項目を列記すると以下のとおりになる（極めて大きな差違が生じる該当項目無し）。俯瞰的には両ケースの応答は近似もしないが極端に大きな差も生じないと言える。Case6 は高次の減衰定数を低く評価しており、剛性マトリクスの Rayleigh 減衰βも 0.0002 と小さいため、減衰マトリクスにおける支承部の剛性を初期剛性としても過度な粘性減衰を与えない。ただし、タイプⅡ地震動の応答は、支承の最大相対変位と塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率に比較的大きな差違が生じる傾向がある。

【近似する項目】

・上部構造の最大変位･･････････････････1.01（タイプⅡ）

・橋脚はり重心位置の最大加速度････････1.04（タイプⅠ）、1.09（タイプⅡ）

・橋脚基部のせん断力･････････････････0.90（タイプⅠ）

【比較的大きな差違が生じる項目】

・支承の最大相対変位･････････････････0.67（タイプⅡ）

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率････1.40（タイプⅡ）

・残留変位･････････････････････････0.64（タイプⅠ）

表 4.31　Case6 と Case4 の応答比較

	単位	タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動		
		Case6	Case4	比率*	Case6	Case4	比率*
上部構造の最大加速度	(cm/sec^2)	469	575	0.81	604	804	0.75
上部構造の最大変位	(m)	0.163	0.203	0.80	0.435	0.432	1.01
橋脚はり重心位置の最大加速度	(cm/sec^2)	784	754	1.04	1066	981	1.09
橋脚はり重心位置の最大変位	(m)	0.060	0.068	0.88	0.260	0.221	1.18
支承の最大相対変位	(m)	0.099	0.126	0.79	0.126	0.188	0.67
塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率		2.359	2.852	0.83	22.398	15.959	1.40
橋脚基部の最大せん断力	(kN)	3758	4165	0.90	4628	5864	0.79
残留変位	(m)	0.009	0.014	0.64	0.145	0.117	1.24

*比率は、Case4 の各応答値を 1.00 として算定

・Case7 と Case4 の比較

	減衰	固有振動解析時の[K]マトリクス		動的解析の[C]マトリクス	
		支承水平剛性	橋脚曲げ剛性	支承水平剛性	橋脚曲げ剛性
Case7	ひずみｴﾈﾙｷﾞｰ比例型減衰	初期剛性	初期剛性	－	－
Case4	Rayleigh 減衰（1次・2次）	バッファ剛性	降伏時剛性	バッファ剛性	降伏時剛性

Case7 と Case4 は、減衰マトリクスの設定（Case7 は、ひずみエネルギー比例減衰を設定）に違いがある。

表 4.32 の応答比較表より近似する項目と極めて大きな差違が生じる項目を列記すると以下のとおりになる。近似する項目は、タイプⅡ地震動の橋脚はり重心位置の最大加速度のみである。一方、極めて大きな差違が生じる項目は、6 項目であり、タイプⅠ地震動においては、橋脚が塑性化するか否かの差が生じる。Case7 の応答は Case1 のそれと近似する傾向がみられる。

【近似する項目】

・橋脚はり重心位置の最大加速度････････0.97（タイプⅡ）

【極めて大きな差違が生じる項目】

・上部構造の最大変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.34（タイプⅠ）、0.32（タイプⅡ）

・橋脚はり重心位置の最大変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.44（タイプⅠ）、0.27（タイプⅡ）

・支承の最大相対変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.13（タイプⅠ）、0.44（タイプⅡ）

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率‥‥0.21（タイプⅠ）、0.14（タイプⅡ）

・残留変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥

・橋脚基部のせん断力‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥1.02（タイプⅠ）

【大きな差違が生じる項目】

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率‥‥0.58（タイプⅠ）、0.48（タイプⅡ）

・残留変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥

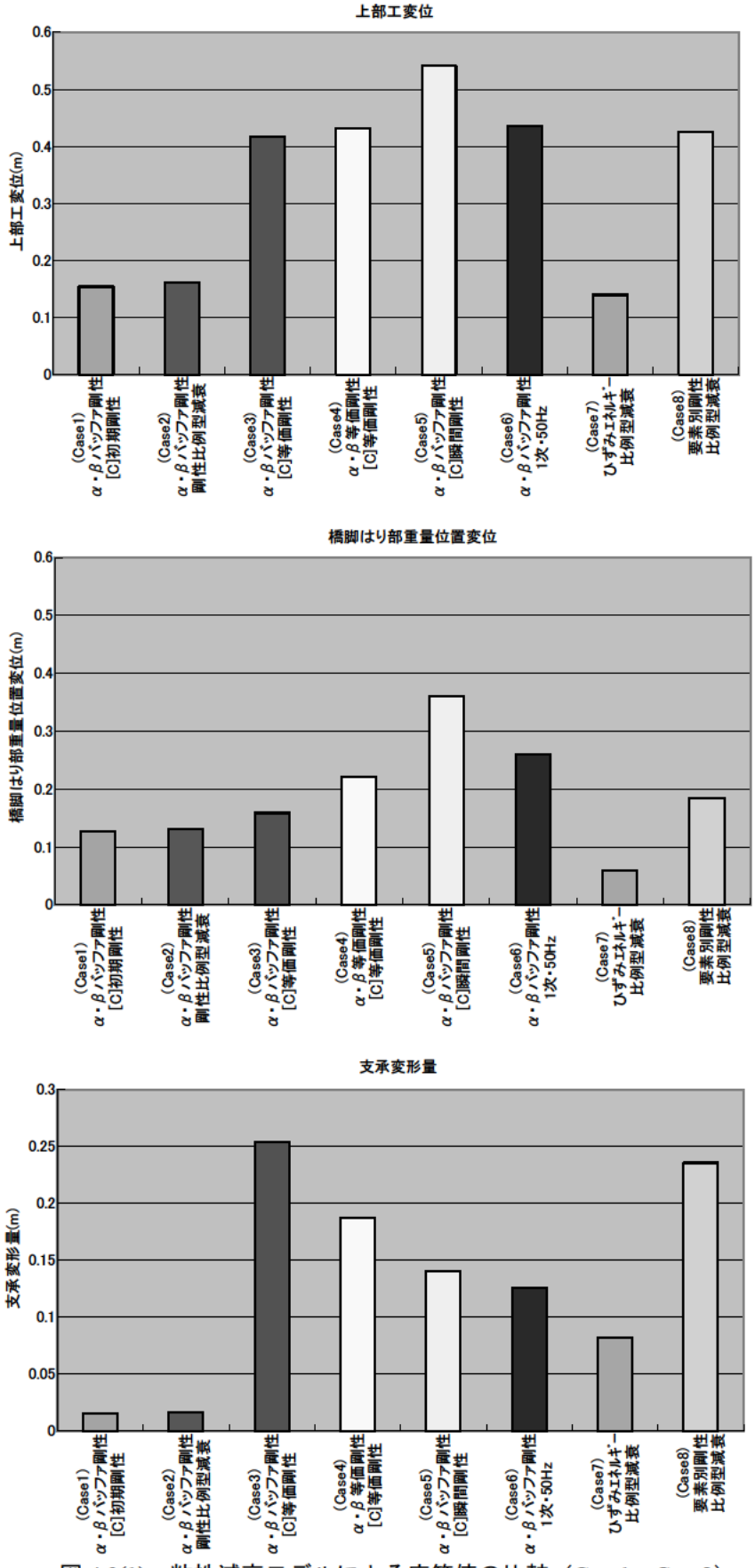


図 4.9(1)　粘性減衰モデルによる応答値の比較（Case1～Case8）

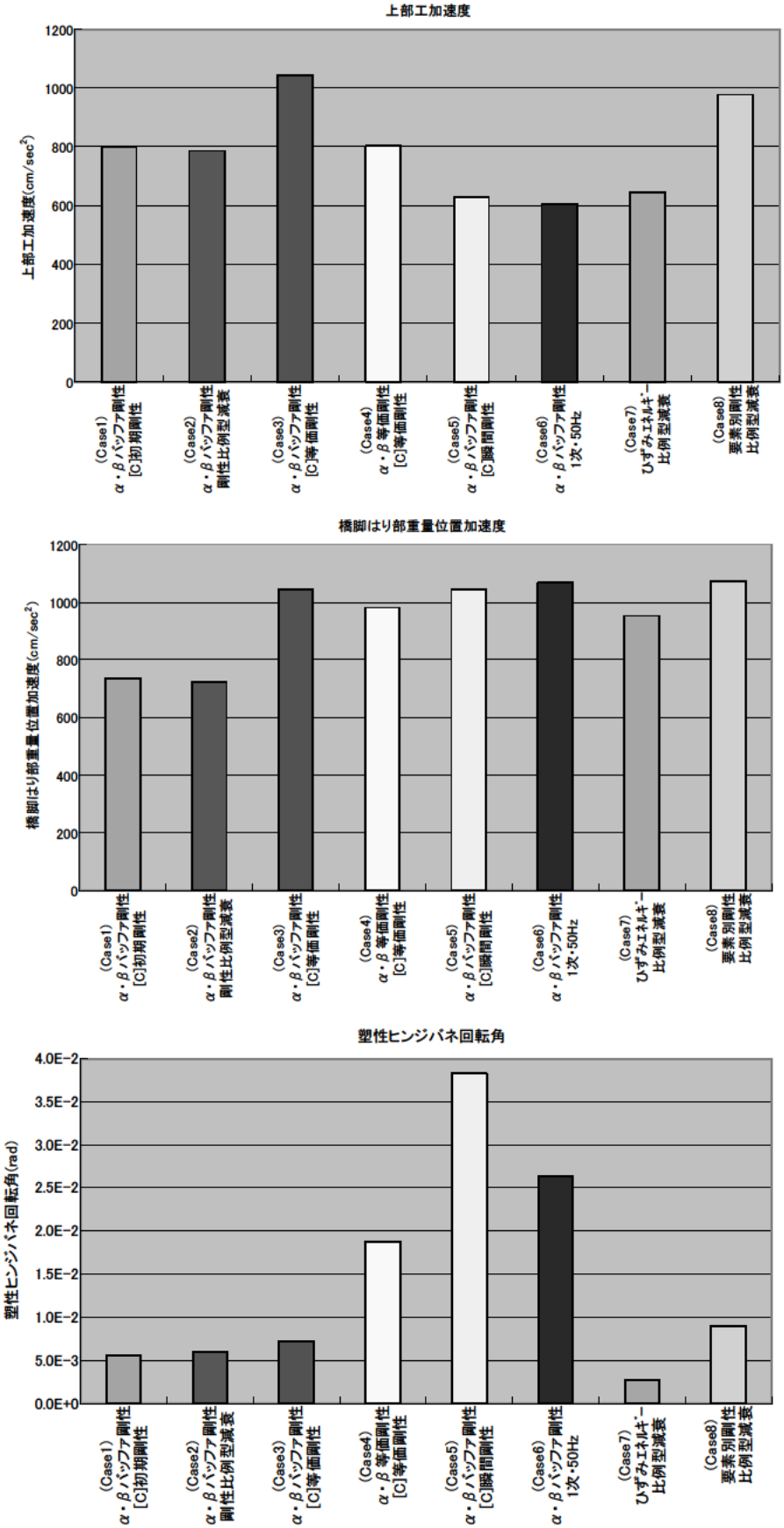


図 4.9(2)　粘性減衰モデルによる応答値の比較（Case1～Case8）

表 4.34　粘性減衰モデルによる応答値の比較（Case1～Case8）

動的解析に用いる[C]マトリクス			(Case1) α・βバッファ剛性 [C]初期剛性		(Case2) α・βバッファ剛性 剛性比例型減衰		(Case3) α・βバッファ剛性 [C]等価剛性		(Case4) α・β等価剛性 [C]等価剛性		(Case5) α・βバッファ剛性 [C]瞬間剛性		(Case6) α・βバッファ剛性 1次・50Hz		(Case7) ひずみｴﾈﾙｷﾞｰ 比例型減衰		(Case8) 要素別剛性 比例型減衰	
	記号	単位	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ
▼最大応答値																		
上部構造最大応答加速度	α_u	[cm/sec^2]	551.1	796.9	551.3	785.6	598.5	1043.9	575.0	803.7	524.8	626.8	486.8	603.5	363.9	646.5	592.7	977.2
上部構造最大応答変位	δ_u	[m]	0.073	0.154	0.074	0.161	0.197	0.417	0.203	0.432	0.216	0.542	0.163	0.435	0.069	0.140	0.199	0.426
橋脚はり部重量位置																		
最大応答加速度		[cm/sec^2]	510.4	734.7	510.5	723.1	728.5	1045.8	753.8	981.2	774.6	1046.6	783.7	1066.2	597.2	951.1	691.1	1072.7
最大水平変位		[m]	0.063	0.126	0.063	0.131	0.058	0.159	0.068	0.221	0.092	0.359	0.060	0.260	0.030	0.060	0.060	0.184
支承																		
ゴム支承高さ	Σt_e	[mm]	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
変形量	δ_{se}	[m]	0.009	0.016	0.010	0.017	0.132	0.254	0.126	0.188	0.113	0.141	0.099	0.126	0.043	0.082	0.131	0.236
せん断ひずみ	γ_{se}		0.113	0.193	0.120	0.213	1.657	3.173	1.577	2.350	1.410	1.760	1.233	1.577	0.537	1.023	1.640	2.947
許容ひずみ	γ_{sea}		2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
判定　（$\gamma_{se} \leqq \gamma_{sea}$）			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.
支承作用力	S_B	[kN]	902.0	1051.9	919.2	1084.1	3755.0	6557.8	3607.1	5032.9	3298.0	3944.4	2971.5	3608.2	1688.6	2585.4	3725.7	6142.2
橋脚天端せん断力		[kN]	3446.2	4989.1	3446.7	4913.6	3755.0	6557.7	3607.1	5032.9	3298.0	3944.4	3029.2	3724.8	1688.6	2585.4	3725.7	6142.2
部材端と支承作用力の比			3.821	4.743	3.750	4.532	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.019	1.032	1.000	1.000	1.000	1.000
保有水平耐力	P_a	[kN]	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8
上部構造慣性力作用位置																		
橋脚躯体変形量	δ_{up}	[m]	0.044	0.113	0.045	0.118	0.041	0.153	0.055	0.226	0.081	0.386	0.047	0.273	0.016	0.044	0.044	0.179
橋脚躯体降伏変位	δ_y	[m]	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
橋脚躯体許容変位	δ_a	[m]	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106
橋脚最大応答塑性率	μ_r		1.412	3.640	1.447	3.817	1.321	4.923	1.771	7.296	2.625	12.438	1.507	8.787	0.530	1.423	1.412	5.755
橋脚許容塑性率	μ_a		1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423
安全率	μ_a/μ_r		1.23	0.94	1.20	0.90	1.32	0.70	0.98	0.47	0.66	0.28	1.16	0.39	3.29	2.40	1.23	0.59
判定　（$\mu_r \leqq \mu_a$）			O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	N.G.	N.G.	N.G.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.
橋脚下端塑性ヒンジ																		
曲げモーメント		[kNm]	31724.9	31979.0	31736.9	32010.5	31703.1	32103.0	31912.0	33001.4	32294.0	34512.8	31613.0	33588.9	22821.2	31752.6	31734.1	32242.9
弾塑性回転バネ直上 部材応答曲げモーメント		[kNm]	40449.2	58639.2	40372.3	57753.3	37501.1	63632.0	35822.4	50315.6	32294.0	34512.8	31829.0	34768.9	22821.2	31824.6	36999.0	60166.6
部材端と回転バネ 曲げモーメントの比			1.275	1.834	1.272	1.804	1.183	1.982	1.123	1.525	1.000	1.000	1.007	1.035	1.000	1.002	1.166	1.866
応答回転角	θ_r	[rad]	1.879E-03	5.590E-03	1.974E-03	5.996E-03	1.707E-03	7.189E-03	3.356E-03	1.878E-02	6.371E-03	3.827E-02	2.776E-03	2.635E-02	7.091E-04	2.671E-03	1.952E-03	8.994E-03
降伏回転角	θ_{py}	[rad]	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03
許容回転角	θ_{pa}	[rad]	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03
応答塑性率	$\mu_{\theta r}$		1.597	4.751	1.677	5.096	1.451	6.110	2.852	15.959	5.415	32.525	2.359	22.398	0.603	2.270	1.659	7.644
許容塑性率	$\mu_{\theta a}$		3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759
安全率	$\mu_{\theta a}/\mu_{\theta r}$		1.92	1.63	1.83	1.52	2.11	1.27	1.08	0.49	0.57	0.24	1.30	0.35	5.09	3.42	1.85	1.02
判定　（$\mu_{\theta r} \leqq \mu_{\theta a}$）			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	N.G.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
橋脚下端せん断力																		
橋脚基部	S_p	[kN]	4767.3	6894.7	4753.5	6816.4	4302.6	7174.0	4165.0	5863.8	3856.8	4265.4	3758.2	4628.1	3046.2	4962.4	4235.7	6881.2
せん断耐力	P_S	[kN]	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0
安全率	P_S/S_p		1.29	0.99	1.30	1.00	1.43	0.95	1.48	1.16	1.60	1.59	1.64	1.47	2.02	1.37	1.45	0.99
判定　（$S_p \leqq P_s$）			O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.
残留変位の照査																		
残留変位	δ_r	[m]	0.008	0.049	0.008	0.052	0.006	0.073	0.014	0.117	0.030	0.213	0.009	0.145	0.000	0.008	0.008	0.089
許容残留変位	δ_{ra}	[m]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
判定　（$\delta_r \leqq \delta_{ra}$）			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.

2）固有値解析時の剛性マトリクスの違いが動的応答に与える影響について

表 4.1 に示す Case9～Case11 は、Case1、Case5、Case6 の検討ケースの解析条件のうち固有振動解析時（Rayleigh 減衰係数算出時）の支承の水平せん断・橋脚の曲げ剛性を初期剛性に変更したものである。ここでは、以下の 3 パターンについて比較した。

・Case1 と Case9 の比較

	減衰	固有振動解析時の[K]マトリクス		動的解析の[C]マトリクス	
		支承水平剛性	橋脚曲げ剛性	支承水平剛性	橋脚曲げ剛性
Case1	Rayleigh 減衰（1 次・2 次）	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性
Case9	Rayleigh 減衰（1 次・3 次）	初期剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性

両検討ケースともに Rayleigh 減衰マトリクスを用いる。このとき、係数α、βの設定時の固有振動解析において支承剛性をバッファ剛性（Case1）とするか初期剛性（Case9）とするかの違いと、選択モードの違いが動的応答に及ぼす影響について検討した。係数α、βは大きく異なり、図 4.6 に示すように Case9 の Rayleigh 減衰定数は、Case1 と比較して長周期側で大きく、短周期側で小さくなる。

表 4.35　Rayleigh 減衰係数（Case1,Case9）

	α	β
Case1	-0.0267	0.0110
Case9	3.0628	0.0029

表 4.36 の応答比較表より近似する項目と極めて大きな差違が生じる項目を列記すると以下のとおりになる。支承の最大相対変位は、両者の解析の応答値に 2 倍以上の差が生じる。また、塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率に着目すると、タイプⅡ地震動では 5%程度の差であるが、タイプⅠ地震動では Case1 は塑性化し、Case9 は塑性化しておらず、大きく結果が異なることがわかる。動的解析の減衰マトリクスにおける支承、橋脚の剛性は同じであるため、これらの応答値の差異は、上記の Rayleigh 減衰係数の差に起因する。

【近似する項目】

・橋脚はり重心位置の最大加速度‥‥‥‥0.91（タイプⅠ）、0.96（タイプⅡ）

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率‥‥1.05（タイプⅡ）

【大きな差違が生じる項目】

・支承の最大相対変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥2.11（タイプⅠ）、2.25（タイプⅡ）

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率‥‥0.55（タイプⅠ）

・残留変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.00（タイプⅠ）、0.63（タイプⅡ）

表 4.36　Case1 と Case9 の応答比較

	単位	タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動		
		Case9	Case1	比率*	Case9	Case1	比率*
上部構造の最大加速度	(cm/sec^2)	436	551	0.79	678	797	0.85
上部構造の最大変位	(m)	0.058	0.073	0.79	0.135	0.154	0.88
橋脚はり重心位置の最大加速度	(cm/sec^2)	466	510	0.91	705	735	0.96
橋脚はり重心位置の最大変位	(m)	0.042	0.063	0.67	0.095	0.126	0.75
支承の最大相対変位	(m)	0.019	0.009	2.11	0.036	0.016	2.25
塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率		0.886	1.597	0.55	5.011	4.751	1.05
橋脚基部の最大せん断力	(kN)	3525	4767	0.74	4832	6895	0.70
残留変位	(m)	0.000	0.008	0.00	0.031	0.049	0.63

*比率は、Case1 の各応答値を 1.00 として算定

・Case5 と Case10 の比較

	減衰	固有振動解析時の[K]マトリクス		動的解析の[C]マトリクス	
		支承水平剛性	橋脚曲げ剛性	支承水平剛性	橋脚曲げ剛性
Case5	Rayleigh 減衰（1 次・2 次）	バッファ剛性	初期剛性	瞬間剛性	
Case10	Rayleigh 減衰（1 次・3 次）	初期剛性	初期剛性	瞬間剛性	

両検討ケースともに瞬間剛性の Rayleigh 減衰マトリクスを用いる。このとき、係数α、β設定時の固有振動解析において支承剛性をバッファ剛性（Case5）とするか初期剛性（Case10）とするかの違いと選択モードの違いが動的応答に及ぼす影響について検討した。係数α、βは大きく異なり、図 4.6 に示すように Case10 の Rayleigh 減衰定数は、Case5 と比較して長周期側で大きく、短周期側で小さくなる。

表 4.37　Rayleigh 減衰係数（Case5,Case10）

	α	β
Case5	-0.0267	0.0110
Case10	3.0628	0.0029

表 4.38 の応答比較表より近似する項目と極めて大きな差違が生じる項目を列記すると以下のとおりになる。上部構造の最大変位は、地震動のタイプに関係なく両者の解析の応答値に 2 倍以上の差が生じる。また、タイプⅠ地震動における塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率に着目すると、Case5 は塑性化し、Case10 は塑性化しておらず、大きく結果が異なることがわかる。タイプⅡ地震動の同項目についても 6 倍程度の差が生じる。減衰マトリクスの設定法は同じであるため、これらの応答値の差異は、上記の Rayleigh 減衰係数の差に起因する。

【近似する項目】

・上部構造の最大加速度･･･････････････････1.00（タイプⅡ）

・橋脚はり重心位置の最大加速度･･･････0.96（タイプⅠ）、1.03（タイプⅡ）

・橋脚基部のせん断力･･･････････････････0.98（タイプⅡ）

【大きな差違が生じる項目】

・上部構造の最大変位･･･････････････････0.43（タイプⅠ）、0.37（タイプⅡ）

・橋脚はり重心位置の最大変位･･･････････0.36（タイプⅠ）、0.25（タイプⅡ）

・支承の最大相対変位･･･････････････････0.56（タイプⅠ）

・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率････0.13（タイプⅠ）、0.16（タイプⅡ）

・残留変位･･･････････････････････････0.00（タイプⅠ）、0.14（タイプⅡ）

表 4.38　Case5 と Case10 の応答比較

	単位	タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動		
		Case10	Case5	比率*	Case10	Case5	比率*
上部構造の最大加速度	(cm/sec^2)	380	525	0.72	629	627	1.00
上部構造の最大変位	(m)	0.095	0.216	0.43	0.201	0.542	0.37
橋脚はり重心位置の最大加速度	(cm/sec^2)	741	775	0.96	1074	1047	1.03
橋脚はり重心位置の最大変位	(m)	0.033	0.092	0.36	0.090	0.359	0.25
支承の最大相対変位	(m)	0.065	0.113	0.56	0.115	0.141	0.81
塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率		0.677	5.415	0.13	5.300	32.525	0.16
橋脚基部の最大せん断力	(kN)	2931	3857	0.76	4177	4265	0.98
残留変位	(m)	0.000	0.030	0.00	0.029	0.213	0.14

*比率は、Case5 の各応答値を 1.00 として算定

・Case6 と Case11 の比較

	減衰	固有振動解析時の[K]マトリクス		動的解析の[C]マトリクス	
		支承水平剛性	橋脚曲げ剛性	支承水平剛性	橋脚曲げ剛性
Case6	Rayleigh 減衰（1 次・50Hz）	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性
Case11	Rayleigh 減衰（1 次・50Hz）	初期剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性

両検討ケースともに 1 次､50Hz を選択した Rayleigh 減衰マトリクスを用いる｡このとき、係数α、βの設定時の固有振動解析において支承剛性をバッファ剛性（Case6）とするか初期剛性（Case11）とするかの違いが動的応答に及ぼす影響について検討した。係数α、βは大きく異なり、図 4.6 に示すように Case11 の Rayleigh 減衰定数は、Case6 と比較して全領域において大きくなる。

表 4.39　Rayleigh 減衰係数（Case6,Case11）

	α	β
Case6	0.2982	0.0002
Case11	3.3227	0.0009

表 4.40 の応答比較表より近似する項目と極めて大きな差違が生じる項目を列記すると以下のとおりになる。上部構造の最大変位は、地震動のタイプに関係なく両者の解析の応答値に 2 倍以上の差が生じる。さらに、タイプⅠ地震動における塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率に着目すると、Case5 は塑性化し、Case10 は塑性化しておらず、大きく結果が異なることがわかる。また、タイプⅡ地震動の同項目についても 5 倍程度の差が生じる。減衰マトリクスの設定法は同じであるため、これらの応答値の差異は、上記の Rayleigh 減衰係数の差に起因する。

【近似する項目】

・上部構造の最大加速度‥‥‥‥‥‥‥‥‥1.04（タイプⅡ）
・橋脚はり重心位置の最大加速度‥‥‥‥‥0.99（タイプⅠ）、1.07（タイプⅡ）
・支承の最大相対変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.90（タイプⅡ）
・橋脚基部のせん断力‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.93（タイプⅡ）

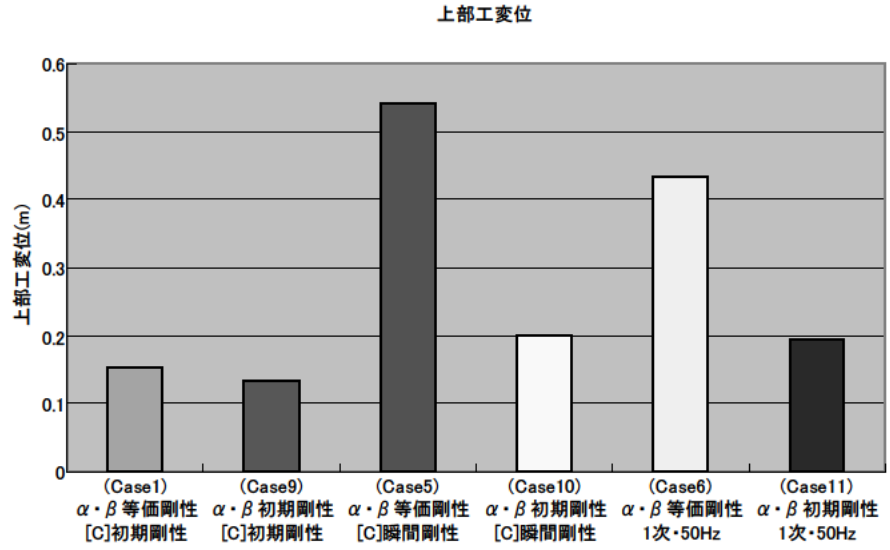
【大きな差違が生じる項目】

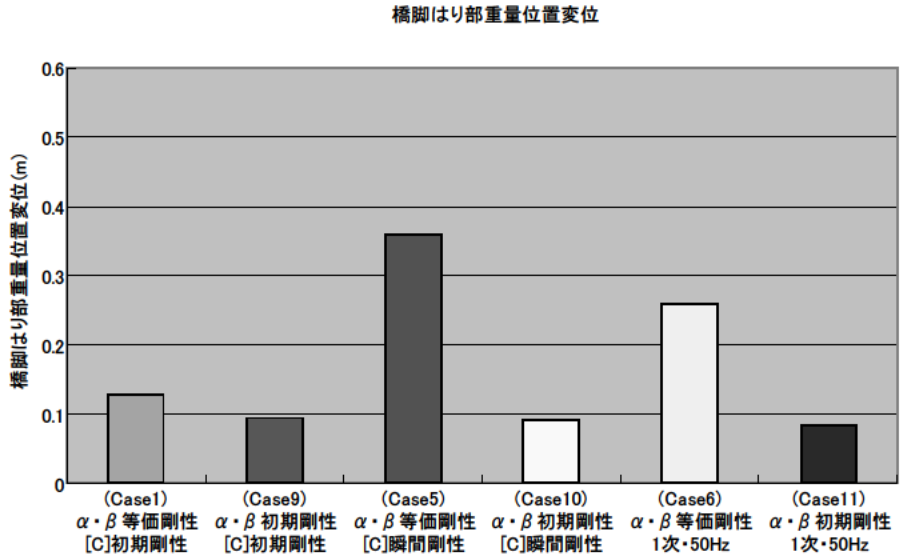
・上部構造の最大変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.56（タイプⅠ）、0.44（タイプⅡ）
・橋脚はり重心位置の最大変位‥‥‥‥‥‥0.55（タイプⅠ）、0.32（タイプⅡ）
・塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率‥‥0.29（タイプⅠ）、0.21（タイプⅡ）
・残留変位‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥0.00（タイプⅠ）、0.17（タイプⅡ）

表 4.40　Case6 と Case11 の応答比較

	単位	タイプⅠ地震動			タイプⅡ地震動		
		Case11	Case6	比率*	Case11	Case6	比率*
上部構造の最大加速度	(cm/sec^2)	375	469	0.80	629	604	1.04
上部構造の最大変位	(m)	0.092	0.163	0.56	0.193	0.435	0.44
橋脚はり重心位置の最大加速度	(cm/sec^2)	780	784	0.99	1145	1066	1.07
橋脚はり重心位置の最大変位	(m)	0.033	0.060	0.55	0.084	0.260	0.32
支承の最大相対変位	(m)	0.063	0.099	0.64	0.113	0.126	0.90
塑性ヒンジバネの最大回転角塑性率		0.674	2.359	0.29	4.673	22.398	0.21
橋脚基部の最大せん断力	(kN)	2915	3758	0.78	4301	4628	0.93
残留変位	(m)	0.000	0.009	0.00	0.025	0.145	0.17

*比率は、Case6 の各応答値を 1.00 として算定





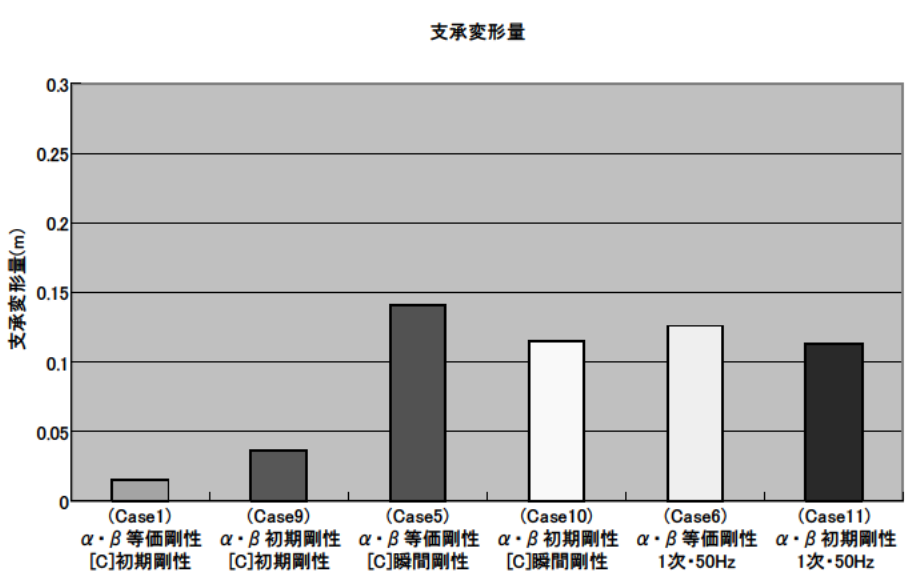
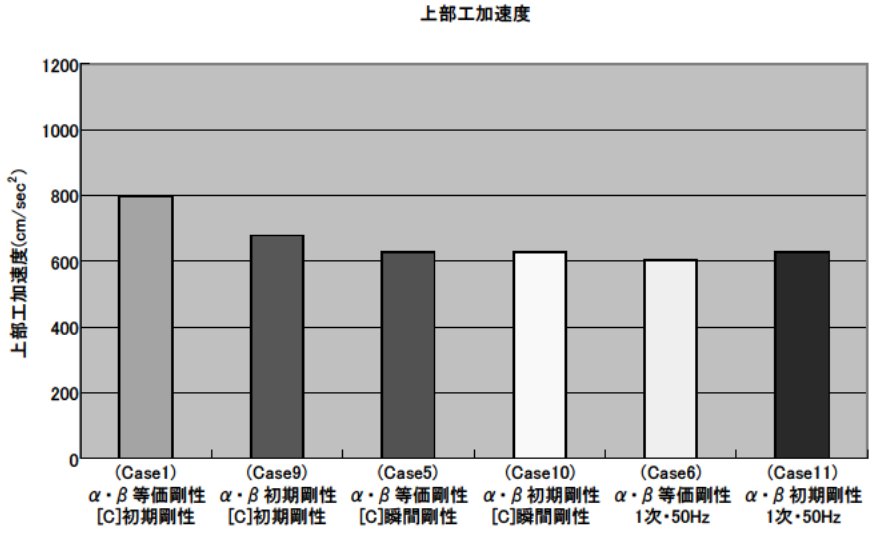
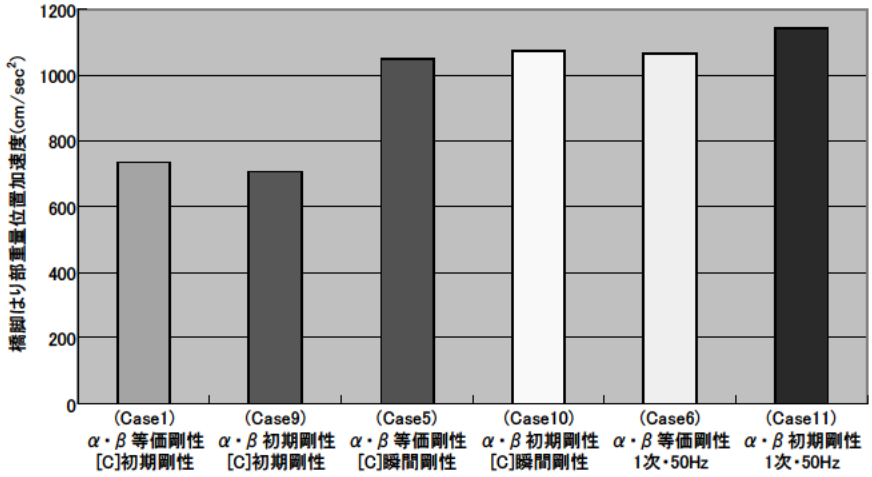


図 4.10(1)　粘性減衰モデルによる応答値の比較（Case1,Case5,Case6 と Case9,Case10,Case11）





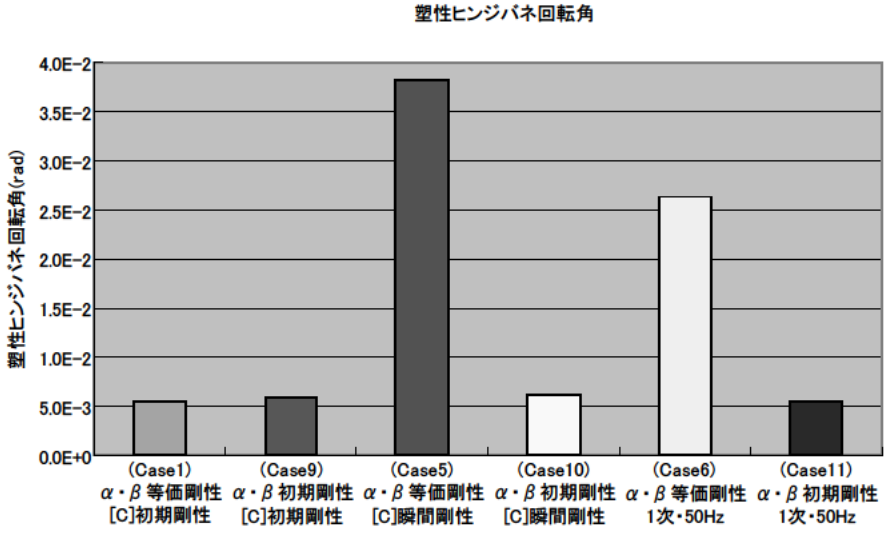


図 4.1 0(2)粘性減衰モデルによる応答値の比較（Case1,Case5,Case6 と Case9,Case10,Case11）

表 4.41　固有値解析時の剛性マトリクスの違いによる応答値の比較（Case1,Case5,Case6 と Case9,Case10,Case11）

動的解析に用いる[C]マトリクス			(Case1) α・β等価剛性 [C]初期剛性		(Case9) α・β初期剛性 [C]初期剛性		(Case5) α・β等価剛性 [C]瞬間剛性		(Case10) α・β初期剛性 [C]瞬間剛性		(Case6) α・β等価剛性 1次・50Hz		(Case11) α・β初期剛性 1次・50Hz	
	記号	単位	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ
▼最大応答値														
上部構造最大応答加速度	α_u	[cm/sec^2]	551.1	796.9	436.1	678.4	524.8	626.8	380.4	628.9	486.8	603.5	374.5	628.8
上部構造最大応答変位	δ_u	[m]	0.073	0.154	0.058	0.135	0.216	0.542	0.095	0.201	0.163	0.435	0.092	0.193
橋脚はり部重量位置														
最大応答加速度		[cm/sec^2]	510.4	734.7	466.3	705.1	774.6	1046.6	741.2	1073.6	783.7	1066.2	780.0	1144.7
最大水平変位		[m]	0.063	0.126	0.042	0.095	0.092	0.359	0.033	0.090	0.060	0.260	0.033	0.084
支承														
ゴム支承高さ	Σt_e	[mm]	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
変形量	δ_{se}	[m]	0.009	0.016	0.019	0.036	0.113	0.141	0.065	0.115	0.099	0.126	0.063	0.113
せん断ひずみ	γ_{se}		0.113	0.193	0.243	0.450	1.410	1.760	0.817	1.433	1.233	1.577	0.793	1.410
許容ひずみ	γ_{sea}		2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
判定　（$\gamma_{se} \leqq \gamma_{sea}$）			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
支承作用力	S_B	[kN]	902.0	1051.9	1142.4	1522.6	3298.0	3944.4	2204.5	3341.5	2971.5	3608.2	2160.1	3300.7
橋脚天端せん断力		[kN]	3446.2	4989.1	2508.4	3400.8	3298.0	3944.4	2204.5	3341.5	3029.2	3724.8	2160.1	3300.7
部材端と支承作用力の比			3.821	4.743	2.196	2.234	1.000	1.000	1.000	1.000	1.019	1.032	1.000	1.000
保有水平耐力	P_a	[kN]	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8
上部構造慣性力作用位置														
橋脚躯体変形量	δ_{up}	[m]	0.044	0.113	0.027	0.083	0.081	0.386	0.020	0.080	0.047	0.273	0.019	0.073
橋脚躯体降伏変位	δ_y	[m]	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
橋脚躯体許容変位	δ_a	[m]	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106
橋脚最大応答塑性率	μ_r		1.412	3.640	0.866	2.670	2.625	12.438	0.630	2.566	1.507	8.787	0.626	2.339
橋脚許容塑性率	μ_a		1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423
安全率	μ_a/μ_r		1.23	0.94	2.01	1.28	0.66	0.28	2.76	1.33	1.16	0.39	2.78	1.46
判定　（$\mu_r \leqq \mu_a$）			O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	N.G.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.
橋脚下端塑性ヒンジ														
曲げモーメント		[kNm]	31724.9	31979.0	29184.8	32002.7	32294.0	34512.8	24483.5	32029.1	31613.0	33588.9	24418.6	31971.8
弾塑性回転バネ直上部材応答曲げモーメント		[kNm]	40449.2	58639.2	29423.3	39443.9	32294.0	34512.8	24483.5	32029.8	31829.0	34768.9	24418.6	31971.8
部材端と回転バネ曲げモーメントの比			1.275	1.834	1.008	1.233	1.000	1.000	1.000	1.000	1.007	1.035	1.000	1.000
応答回転角	θ_r	[rad]	1.879E-03	5.590E-03	1.043E-03	5.896E-03	6.371E-03	3.827E-02	7.963E-04	6.236E-03	2.776E-03	2.635E-02	7.929E-04	5.498E-03
降伏回転角	θ_{py}	[rad]	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03
許容回転角	θ_{pa}	[rad]	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03
応答塑性率	$\mu_{\theta r}$		1.597	4.751	0.886	5.011	5.415	32.525	0.677	5.300	2.359	22.398	0.674	4.673
許容塑性率	$\mu_{\theta a}$		3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759
安全率	$\mu_{\theta a}/\mu_{\theta r}$		1.92	1.63	3.46	1.55	0.57	0.24	4.53	1.46	1.30	0.35	4.55	1.66
判定　（$\mu_{\theta r} \leqq \mu_{\theta a}$）			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.
橋脚下端せん断力														
橋脚基部	S_p	[kN]	4767.3	6894.7	3524.8	4832.3	3856.8	4265.4	2930.7	4176.9	3758.2	4628.1	2914.5	4301.2
せん断耐力	P_S	[kN]	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0
安全率	P_S/S_p		1.29	0.99	1.75	1.41	1.60	1.59	2.10	1.63	1.64	1.47	2.11	1.58
判定　（$S_p \leqq P_s$）			O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
残留変位の照査														
残留変位	δ_r	[m]	0.008	0.049	0.000	0.031	0.030	0.213	0.000	0.029	0.009	0.145	0.000	0.025
許容残留変位	δ_{ra}	[m]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
判定　（$\delta_r \leqq \delta_{ra}$）			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.

（４）積分時間間隔に関する検討

粘性減衰モデル Case3 に関して積分時間間隔をパラメータとした解析を行い、積分時間間隔による応答値への影響を検討した。次ページより各応答値の比較図、計算結果総括表を示す。

本検討の粘性減衰モデル Case3 に関しては、積分時間間隔の応答値への影響は無視し得る程度に小さいことが分かった。粘性減衰モデルによっては積分時間間隔が応答に影響を与えることも考えられるが、その影響は他の要因による影響よりも小さいと判断し、本報告書における各検討では、積分時間間隔⊿t = 0.002 秒として計算を行った。

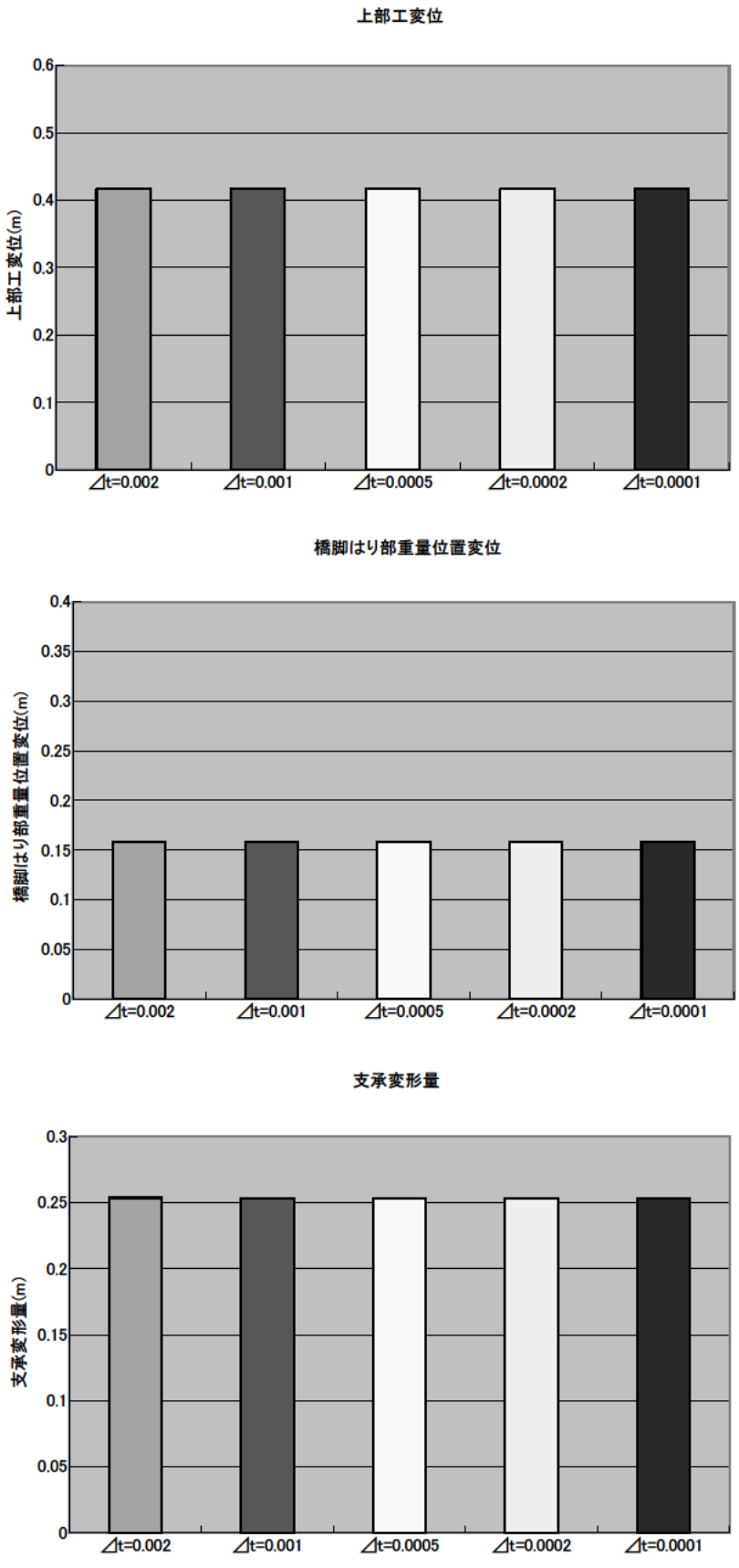
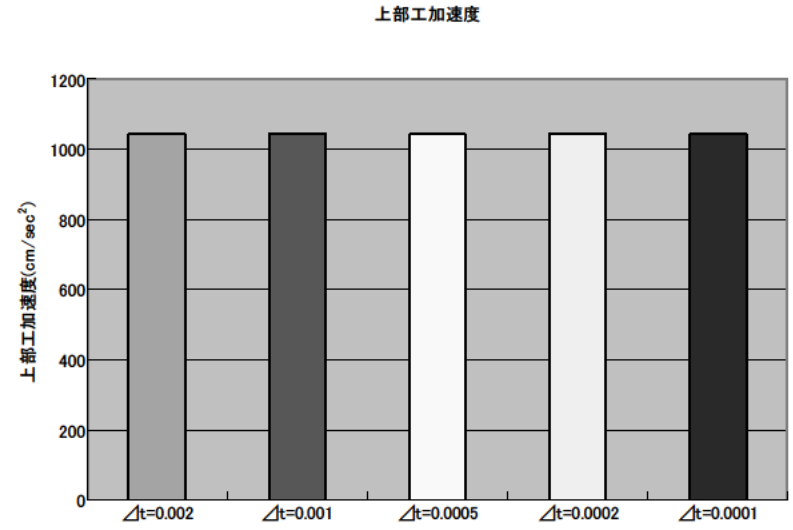
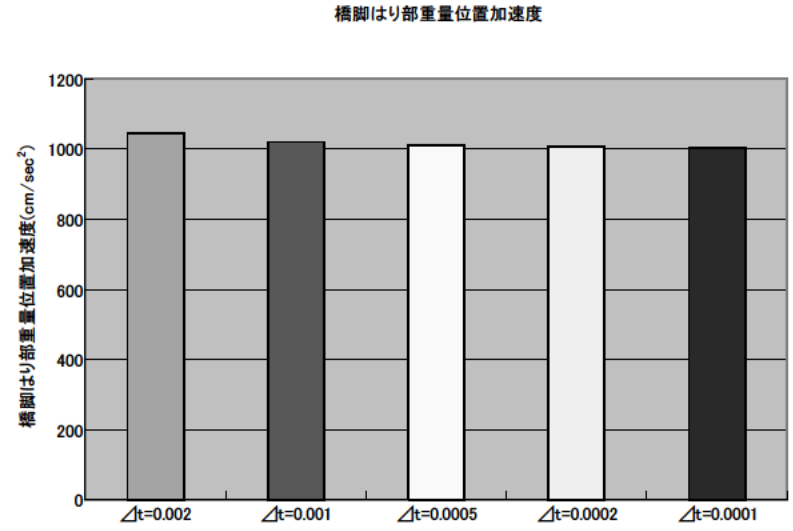


図 4.11(1)　積分時間間隔による応答値の比較





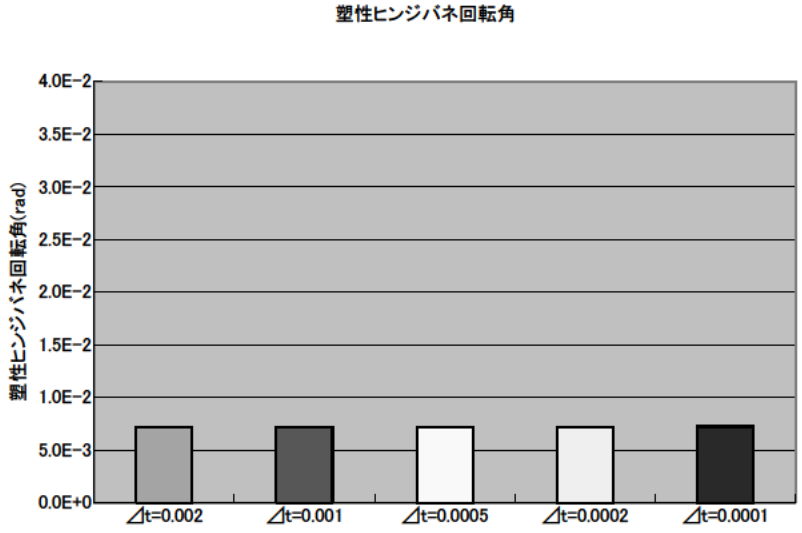


図 4.11(2)　積分時間間隔による応答値の比較

表 4.42　積分時間間隔による応答値の比較

動的解析に用いる[C]マトリクス			⊿t=0.002		⊿t=0.001		⊿t=0.0005		⊿t=0.0002		⊿t=0.0001	
	記号	単位	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ	平均値 タイプⅠ	平均値 タイプⅡ
▼最大応答値												
上部構造最大応答加速度	α_u	[cm/sec^2]	598.5	1043.9	598.4	1043.0	598.3	1042.5	598.3	1042.2	598.2	1042.1
上部構造最大応答変位	δ_u	[m]	0.197	0.417	0.197	0.417	0.197	0.416	0.197	0.416	0.197	0.416
橋脚天端												
最大応答加速度		[cm/sec^2]	728.5	1045.8	724.1	1020.0	723.8	1011.6	723.7	1006.7	723.6	1004.1
最大水平変位		[m]	0.058	0.159	0.058	0.158	0.058	0.158	0.058	0.158	0.058	0.158
支承												
ゴム支承高さ	Σt_e	[mm]	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
変形量	δ_{se}	[m]	0.132	0.254	0.132	0.253	0.132	0.253	0.132	0.253	0.132	0.253
せん断ひずみ	γ_{se}		1.657	3.173	1.657	3.170	1.657	3.163	1.657	3.163	1.657	3.163
許容ひずみ	γ_{sea}		2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
判定　（$\gamma_{se} \leqq \gamma_{sea}$）			O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.
等価剛性	K_B	[kN/m]	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0
支承作用力	S_B	[kN]	3755.0	6557.8	3754.2	6552.6	3753.7	6549.1	3753.6	6547.6	3753.5	6547.0
保有水平耐力	P_a	[kN]	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8
上部構造慣性力作用位置												
橋脚躯体変形量	δ_{up}	[m]	0.041	0.153	0.041	0.153	0.041	0.153	0.041	0.153	0.041	0.153
橋脚躯体降伏変位	δ_y	[m]	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
橋脚躯体許容変位	δ_a	[m]	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106
橋脚最大応答塑性率	μ_r		1.321	4.923	1.322	4.921	1.322	4.918	1.322	4.919	1.322	4.918
橋脚許容塑性率	μ_a		1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423
安全率	μ_a/μ_r		1.32	0.70	1.32	0.70	1.32	0.70	1.32	0.70	1.32	0.70
判定　（$\mu_r \leqq \mu_a$）			O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.
橋脚下端塑性ヒンジ												
曲げモーメント		[kNm]	31703.1	32103.0	31703.2	32103.8	31703.3	32104.3	31703.3	32104.6	31703.3	32104.7
弾塑性回転バネ直上部材応答曲げモーメント		[kNm]	37501.1	63632.0	37508.1	63638.1	37515.4	63640.8	37512.8	63648.3	37514.9	63648.7
部材端と回転バネ曲げモーメントの比			1.183	1.982	1.183	1.982	1.183	1.982	1.183	1.983	1.183	1.983
応答回転角	θ_r	[rad]	1.707E-03	7.189E-03	1.708E-03	7.200E-03	1.709E-03	7.206E-03	1.709E-03	7.211E-03	1.709E-03	7.211E-03
降伏回転角	θ_{py}	[rad]	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03
許容回転角	θ_{pa}	[rad]	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03
応答塑性率	$\mu_{\theta r}$		1.451	6.110	1.452	6.119	1.453	6.124	1.452	6.128	1.453	6.129
許容塑性率	$\mu_{\theta a}$		3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759
安全率	$\mu_{\theta a}/\mu_{\theta r}$		2.11	1.27	2.11	1.27	2.11	1.27	2.11	1.27	2.11	1.27
判定　（$\mu_{\theta r} \leqq \mu_{\theta a}$）			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
橋脚下端せん断力												
橋脚基部	S_p	[kN]	4302.6	7174.0	4301.8	7171.9	4301.1	7170.2	4300.9	7169.2	4300.8	7169.0
せん断耐力	P_S	[kN]	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0
安全率	P_S/S_p		1.43	0.95	1.43	0.95	1.43	0.95	1.43	0.95	1.43	0.95
判定　（$S_p \leqq P_s$）			O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.
残留変位の照査												
残留変位	δ_r	[m]	0.006	0.073	0.006	0.073	0.006	0.073	0.006	0.073	0.006	0.073
許容残留変位	δ_{ra}	[m]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
判定　（$\delta_r \leqq \delta_{ra}$）			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.

（５）入力・ひずみ・粘性減衰エネルギーの比較

入力エネルギーに対するひずみエネルギー・粘性減衰エネルギーの比較を下図に示す。入力エネルギーに対する粘性減衰エネルギーの比率が大きい粘性減衰モデルは、粘性減衰を過度に評価している可能性がある。本検討では、動的解析の減衰マトリクスにおける支承の剛性を初期剛性とした Case1,Case2、固有振動解析時（Rayleigh 減衰係数算定時）の支承の剛性を初期剛性とした Case9,Case10,Case11、支承、橋脚の剛性を初期剛性とした固有振動解析に基づくひずみエネルギー比例減衰（Case7）において粘性減衰エネルギーの比率が大きくなる傾向がある。

表 4.43　入力・ひずみ・粘性減衰エネルギーの比較

	入力ｴﾈﾙｷﾞｰ（kJ）	ひずみエネルギー（kJ）	粘性減衰エネルギー（kJ）	ひずみエネルギー比（%）	粘性減衰エネルギー比（%）
Case1	5308	1656	3653	31.2	68.8
Case2	5433	1773	3660	32.6	67.4
Case3	7712	4437	3275	57.5	42.5
Case4	7661	4890	2771	63.8	36.2
Case5	7460	6677	784	89.5	10.5
Case6	7535	5335	2200	70.8	29.2
Case7	4601	1273	3328	27.7	72.3
Case8	7448	4473	2976	60.1	40.0
Case9	4701	1334	3367	28.4	71.6
Case10	5390	1989	3402	36.9	63.1
Case11	5255	1905	3350	36.3	63.8

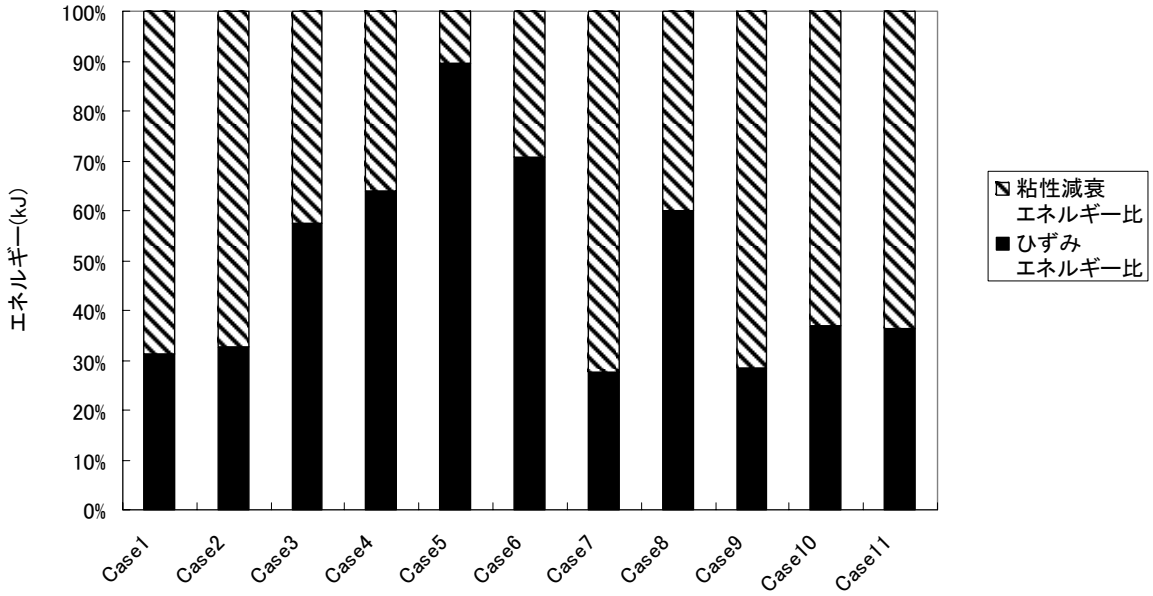


図 4.12　ひずみ・粘性減衰エネルギー比

４．４．２　減衰エネルギーによる比較

（１）目的

すべり系支承の粘性減衰が地震応答に与える影響を、エネルギー応答を指標として評価し、減衰モデルを選択する際の参考とすることを目的とする。単橋脚モデルおよび不等橋脚モデルを対象として検討する。

（２）エネルギー応答

多自由系に対する離散化された運動方程式は式 4.5 で表せる。

$$[M]\{\ddot{U}\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = -[M]\{\ddot{\alpha}\} \qquad (4.5)$$

ここで

[M]：　質量行列

[C]：　減衰行列

[K]：　剛性行列

{U}：　相対変位ベクトル

$\{\dot{U}\}$：　相対速度ベクトル

$\{\ddot{U}\}$：　相対加速度ベクトル

$\{\ddot{\alpha}\}$：　地動加速度

式4.5の両辺に $\{\dot{U}\}^T dt$ をかけ地震の全継続時 t_0 にわたって積分すると式4.6が得られる。

$$\int_o^{to} \{\dot{U}\}^T [M]\{\ddot{U}\}dt + \int_o^{to} \{\dot{U}\}^T [C]\{\dot{U}\}dt + \int_o^{to} \{\dot{U}\}^T [K]\{U\}dt = -\int_o^{to} \{\dot{U}\}^T [M]\{\ddot{\alpha}\}dt \qquad (4\text{-}6)$$

右辺の地震外乱による系へのエネルギー入力の総量を表している。左辺の第 1 項は運動エネルギーを表しており、自由振動終了時には 0 となる。左辺の第 2 項は減衰機構による消費エネルギーを表している。この内、支承を構成する自由度間で消費されるエネルギーが支承の粘性減衰が吸収するエネルギーとなる。左辺の第 3 項は歪みエネルギーであり、自由振動終了時には履歴による消費エネルギーとなる。

（３）単橋脚モデルによる検討

各減衰モデルに対して、単橋脚モデルの最大応答値（支承変位、橋脚の曲げ変形）および自由振動終了時のエネルギー応答を求めた結果（橋軸方向　タイプⅡ　3 波平均）を表 4.1 に示す。なお、要素別 Rayleigh 減衰のｹｰｽでは、プログラムの都合でエネルギー応答を求められなかった。表 4.1 から、次のことが言える。

- 支承部の粘性減衰エネルギーがひずみエネルギーの 5%程度以下となる減衰モデルは、D～G、J、K（要素別剛性比例減衰、瞬間剛性を用いた Rayleigh 減衰）である。これらの支承の変位は、支承の初期剛性を用いて作成した Rayleigh 減衰で求めた他のケースの支承の変位よりも大きくなっている。要素別 Rayleigh 減衰ではエネルギー応答を求めていないが、支承部の粘性減衰エネルギーはひずみエネルギーよりも小さいことが予想される。
- さらに橋脚の塑性ヒンジに着目し、粘性減衰エネルギーがひずみエネルギーよりも十分に小さい減衰モデルは、F、G、K（瞬間剛性を用いた Rayleigh 減衰）となる。
- いずれの減衰モデルも粘性減衰エネルギーに占める基礎の割合は小さい。
- モード減衰の算出において、橋脚の剛性の与え方（初期剛性と降伏剛性）が応答に与える影響は小さい。
- 支承の剛性に初期剛性を与えて算出した Rayleigh 減衰（A、F、M）は長周期領域において過減衰となっており、上部構造の粘性減衰エネルギーが占める割合が大きい。
- 支承部の粘性減衰エネルギーが過減衰とならないようにするという観点からは、要素別剛性比例減衰、瞬間剛性を用いた Rayleigh 減衰あるいは要素別 Rayleigh 減衰が有力な方法であると考えられる。しかし、Rayleigh 減衰においては長周期領域において過減衰とならないようにすること、要素別剛性比例減衰においては塑性ヒンジの粘性減衰が履歴減衰よりと比較して十分に小さくなるように注意する必要がある。

表 4.44　各減衰モデルのエネルギー応答比較（単橋脚）

各減衰モデルのエネルギー応答の比較（単橋脚　橋軸方向　タイプⅡ　3波平均）

ケース	減衰モデル	モード減衰を求める際の剛性		動的解析の[C]マトリクスを作成する際の剛性		最大応答値		全入力エネルギー（kJ）	粘性減衰エネルギー（kJ）					歪みエネルギー（kJ）			粘性減衰ｴﾈﾙｷﾞｰ（支承部以外）/全入力ｴﾈﾙｷﾞｰ	粘性減衰ｴﾈﾙｷﾞｰ（支承部）/全入力ｴﾈﾙｷﾞｰ	ひずみｴﾈﾙｷﾞｰ/全入力ｴﾈﾙｷﾞｰ
		支承水平剛性	橋脚	支承水平剛性	橋脚	支承変位(m)	曲げ変形量(m)		上部構造	支承部	塑性ヒンジ	基礎バネ	全粘性減衰エネルギー	支承部	塑性ヒンジ	全歪みエネルギー			
A (CASE9)	Rayleigh減衰（1次、3次）	初期剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性	0.0205	0.0778	4721.73	1607.53	395.67	840.91	115.94	3765.77	176.62	536.36	955.96	0.714	0.084	0.202
B (CASE1)	Rayleigh減衰（1次、2次）	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性	0.0159	0.1080	5559.54	-25.56	447.70	1773.32	305.09	4180.49	150.17	647.16	1379.05	0.671	0.081	0.248
C (CASE6)	Rayleigh減衰（1次、50Hz）	バッファ剛性	初期剛性	初期剛性	初期剛性	0.1250	0.2783	7711.45	969.03	1041.10	298.29	3.38	2416.95	1702.11	3495.45	5294.47	0.178	0.135	0.687
D	要素別剛性比例減衰	初期剛性	初期剛性	－	初期剛性	0.2018	0.2474	7953.53	0.00	0.00	1790.67	394.94	2911.52	2262.80	1716.46	5042.00	0.366	0.000	0.634
E (CASE8)	要素別剛性比例減衰	バッファ剛性	初期剛性	－	初期剛性	0.2349	0.1899	7609.33	0.00	0.00	1502.49	725.74	3322.78	2494.07	917.21	4286.55	0.437	0.000	0.563
F (CASE10)	Rayleigh減衰（1次、3次）	初期剛性	初期剛性	瞬間剛性		0.1257	0.0944	5977.75	3222.50	147.87	55.19	81.33	3760.25	1619.54	530.91	2217.50	0.604	0.025	0.371
G (CASE5)	Rayleigh減衰（1次、2次）	バッファ剛性	初期剛性	瞬間剛性		0.1634	0.4337	8009.42	119.43	412.66	341.45	144.03	867.18	1908.52	4972.09	7141.92	0.057	0.052	0.892
H	Rayleigh減衰（1次、2次）	バッファ剛性	降伏剛性	初期剛性	初期剛性	0.0182	0.1144	5793.68	23.46	498.18	1849.94	253.54	4226.67	170.79	749.28	1567.00	0.644	0.086	0.270
I	Rayleigh減衰（1次、50Hz）	バッファ剛性	降伏剛性	初期剛性	初期剛性	0.1253	0.2804	7716.64	943.01	1035.12	299.36	3.37	2383.57	1705.79	3530.03	5333.05	0.175	0.134	0.691
J	要素別剛性比例減衰	バッファ剛性	降伏剛性	－	初期剛性	0.2361	0.1874	7589.95	0.00	0.00	1491.10	738.65	3330.45	2498.89	897.62	4259.49	0.439	0.000	0.561
K	Rayleigh減衰（1次、2次）	バッファ剛性	降伏剛性	瞬間剛性		0.1605	0.4131	7961.33	99.50	356.55	292.17	127.47	974.10	1884.44	4873.22	6987.18	0.078	0.045	0.878
L	要素別Rayleigh減衰（1次、2次）	バッファ剛性	降伏剛性	バッファ剛性	降伏剛性	0.1894	0.2488	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
M	Rayleigh減衰（1次、3次）	初期剛性	降伏剛性	初期剛性	初期剛性	0.0347	0.1202	5317.81	1700.47	650.44	875.43	57.10	3867.80	315.87	890.42	1450.01	0.605	0.122	0.273

（４）不等橋脚モデルによる検討

単橋脚モデルと同様に、不等橋脚モデルについても、各減衰モデルに対して最大応答値（支承変位、橋脚の曲げ変形）および自由振動終了時のエネルギー応答を求めた。この結果（橋軸方向　タイプⅡ　3 波平均）を表 4.2 に示す。なお、要素別 Rayleigh 減衰のケースでは、プログラムの都合でエネルギー応答を求められなかった。表 4.2 から、次のことが言える。

- 支承部の粘性減衰エネルギーがひずみエネルギーの 5%程度以下となる減衰モデルは、J、K（要素別剛性比例減衰、瞬間剛性を用いた Rayleigh 減衰）である。
- さらに橋脚の塑性ヒンジに着目し、粘性減衰エネルギーがひずみエネルギーよりも小さい減衰モデルは、K（瞬間剛性を用いた Rayleigh 減衰）となる。
- 単橋脚と同様に、支承部の粘性減衰エネルギーが過減衰とならないようにするという観点からは、要素別剛性比例減衰、瞬間剛性を用いた Rayleigh 減衰あるいは要素別 Rayleigh 減衰が有力な方法であると考えられる。しかし、Rayleigh 減衰においては長周期領域において過減衰とならないようにすること、要素別剛性比例減衰においては塑性ヒンジの粘性減衰が履歴減衰よりと比較して十分に小さくなるように注意する必要がある。

表 4.45　各減衰モデルのエネルギー応答比較（不等橋脚）

各減衰モデルのエネルギー応答の比較（不等橋脚を有する連続橋　橋軸方向　タイプⅡ　３波平均）

ケース	減衰モデル	モード減衰を求める際の剛性		動的解析の［C］マトリクスを作成する際の剛性		橋脚名	最大応答値		全入力エネルギー（ｋＪ）	粘性減衰エネルギー（ｋＪ）					歪みエネルギー（ｋＪ）			粘性減衰ｴﾈﾙｷﾞｰ（支承部以外）／全入力ｴﾈﾙｷﾞｰ	粘性減衰ｴﾈﾙｷﾞｰ（支承部）／全入力ｴﾈﾙｷﾞｰ	ひずみｴﾈﾙｷﾞｰ／全入力ｴﾈﾙｷﾞｰ
		支承水平剛性	橋脚	支承水平剛性	橋脚		支承変位(m)	曲げ変形(m)		上部構造	支承部	塑性ヒンジ	基礎バネ	全粘性減衰エネルギー	支承部	塑性ヒンジ	全歪みエネルギー			
H	Rayleigh減衰（1次、17次）	バッファ剛性	降伏剛性	初期剛性	初期剛性	Ｐ１橋脚	0.0698	0.1243	28419.80	541.11	3548.75	1679.03	59.15	17912.04	530.54	1047.68	9720.86	0.301	0.124	0.343
						Ｐ２橋脚	0.0497	0.1158			990.51	147.64	104.82		502.52	272.59			0.035	
						Ｐ３橋脚	0.0353	0.2071			533.11	108.04	163.17		353.01	173.82			0.019	
						Ｐ４橋脚	0.0353	0.2071			534.17	107.26	163.31		353.73	172.61			0.019	
						Ｐ５橋脚	0.0497	0.1158			989.35	147.70	104.77		502.05	273.28			0.035	
						Ｐ６橋脚	0.0698	0.1243			3549.39	1679.36	59.15		530.62	1047.94			0.124	
J	要素別剛性比例減衰	バッファ剛性	降伏剛性	－	初期剛性	Ｐ１橋脚	0.2605	0.0123	24884.50	0.00	0.00	14.36	129.35	8543.49	1569.06	9.57	16340.57	0.343	0.000	0.657
						Ｐ２橋脚	0.1986	0.0529			0.00	164.66	1024.06		2935.47	79.55			0.000	
						Ｐ３橋脚	0.1998	0.1202			0.00	343.60	1439.47		2707.28	178.73			0.000	
						Ｐ４橋脚	0.1998	0.1202			0.00	343.56	1439.37		2707.04	178.73			0.000	
						Ｐ５橋脚	0.1986	0.0529			0.00	164.61	1024.16		2935.55	79.40			0.000	
						Ｐ６橋脚	0.2605	0.0123			0.00	14.36	129.36		1569.10	9.57			0.000	
K	Rayleigh減衰（1次、17次）	バッファ剛性	降伏剛性	瞬間剛性		Ｐ１橋脚	0.2710	0.0089	24191.98	971.63	74.78	7.86	59.29	2569.65	1728.33	17.82	20341.26	0.127	0.003	0.841
						Ｐ２橋脚	0.2322	0.0754			143.92	33.51	143.94		3650.68	122.40			0.006	
						Ｐ３橋脚	0.2314	0.1467			177.15	56.19	237.12		3270.75	250.27			0.007	
						Ｐ４橋脚	0.2314	0.1467			177.12	56.23	237.11		3273.20	251.05			0.007	
						Ｐ５橋脚	0.2321	0.0754			143.71	33.47	143.76		3644.67	121.81			0.006	
						Ｐ６橋脚	0.2710	0.0089			74.79	7.84	59.46		1728.77	17.28			0.003	
L	要素別Rayleigh減衰（1次、17次）	バッファ剛性	降伏剛性	バッファ剛性	降伏剛性	Ｐ１橋脚	0.2943	0.0107	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
						Ｐ２橋脚	0.2411	0.1012			－	－	－		－	－			－	
						Ｐ３橋脚	0.2400	0.1677			－	－	－		－	－			－	
						Ｐ４橋脚	0.2400	0.1677			－	－	－		－	－			－	
						Ｐ５橋脚	0.2411	0.1012			－	－	－		－	－			－	
						Ｐ６橋脚	0.2943	0.0107			－	－	－		－	－			－	
M	Rayleigh減衰（1次、15次）	初期剛性	降伏剛性	初期剛性	初期剛性	Ｐ１橋脚	0.0887	0.0890	28561.06	4954.07	3198.75	724.62	23.16	12915.75	659.59	826.25	8426.04	0.360	0.112	0.296
						Ｐ２橋脚	0.0686	0.0929			1119.41	51.81	54.21		706.25	115.16			0.039	
						Ｐ３橋脚	0.0489	0.1537			607.97	51.75	92.58		508.54	154.72			0.021	
						Ｐ４橋脚	0.0489	0.1537			607.60	51.73	92.58		508.14	154.66			0.021	
						Ｐ５橋脚	0.0686	0.0929			1119.25	51.83	54.20		706.04	115.55			0.039	
						Ｐ６橋脚	0.0887	0.0890			3201.35	724.37	23.17		660.06	826.51			0.112	

４．４．３　外力モデルを用いた比較

（１）目的

すべり系支承の粘性減衰が地震応答に与える影響を、摩擦抵抗力の変化をバネ剛性ではなく、運動方程式の右辺外力項で評価した場合との比較で考察する。

以後、摩擦抵抗力を数値解析上バネ要素で表現するものを『バネモデル』、外力項で評価するものを『外力モデル』と呼んで区別するものとする。

外力モデルでは摩擦を擬似的にバネ剛性で置換するモデル化を行わないため、時刻歴解析中すべり支承部のバネ剛性に起因する内部粘性減衰が不当に影響を及ぼすことはない。バネモデルを用いる場合も、減衰の影響の観点では外力モデルによる場合と近い解を出す条件設定が適切と判断できる。

（２）摩擦抵抗力の外力評価

摩擦抵抗力は、初期に設定される質量、減衰および剛性の各マトリクスには一切影響を与えず、構造物が動的挙動を示した時、すなわち桁―支承間に相対速度が発生した時に初めて発生すべきものである。静摩擦力も、変位が発生した瞬間にそれを引き戻し、相対速度を０に保つ力とみなすことができる。このことから、摩擦抵抗力をバネ要素（剛性項）ではなく運動方程式内の右辺外力項で評価することを考えた。

式 4.7 は運動方程式に摩擦抵抗力を組み込んだ力の釣合い方程式である。

$$M^{t+\Delta t}\ddot{U}+C^{t+\Delta t}\dot{U}+K^{t+\Delta t}U={}^{t+\Delta t}R+{}^{t+\Delta t}F \qquad (4.7)$$

ここで、M は質量，C は減衰，K は剛性の各マトリクス、$\ddot{U}$，$\dot{U}$，U は加速度，速度，変位ベクトル、${}^{t+\Delta t}R$ は外力(地震力)である。${}^{t+\Delta t}F$ はすべり支承に生じる摩擦抵抗力であり、図 4.13 のような仮想の履歴ループ上から認識される（このような特性を持った非線形バネ要素が実際に配置されているのではない）。

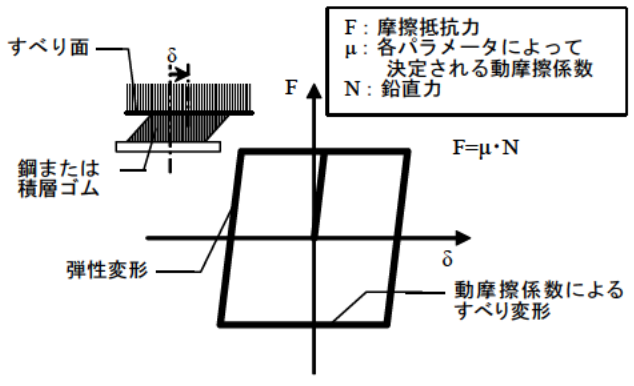


図 4.13　履歴ループモデル

尚この手法は、すべり支承部の動的挙動（すべり移動）中の、面圧、速度、すべり距離

等の影響を考慮して、時々刻々動摩擦係数μを変化させていく必要が生じた場合にも対応が容易だが、これについては17年度検討報告の中であらためて述べることとする。

（３）単橋脚モデルによる比較

4.4.1で比較した11タイプの減衰タイプの内、Case3とCase4をそれぞれすべり支承のみ外力モデルとしたものをCase3', Case4'とし、同条件で追加解析を行った。この結果と既往の結果の比較を表4.46、図4.14～図4.19に示す。

表 4.46(1)　バネモデルと外力モデルの応答の比較

		記号	単位	CASE1		CASE2		CASE3		CASE4		CASE5		CASE6		CASE7	
				平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値
				タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ
	上部構造最大応答加速度	α_u	[gal]	551.1	796.9	551.3	785.6	598.5	1043.9	575.0	803.7	524.8	626.8	486.8	603.5	363.9	646.5
	上部構造最大応答変位	δ_u	[m]	0.073	0.154	0.074	0.161	0.197	0.417	0.203	0.432	0.216	0.542	0.163	0.435	0.069	0.140
P1橋脚	橋脚天端																
	最大応答加速度		[gal]	510.4	734.7	510.5	723.1	728.5	1045.8	753.8	981.2	774.6	1046.6	783.7	1066.2	597.2	951.1
	最大水平変位		[m]	0.063	0.126	0.063	0.131	0.058	0.159	0.068	0.221	0.092	0.359	0.060	0.260	0.030	0.060
	支承																
	ゴム支承高さ	Σt_e	[mm]	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
	変形量	δ_{se}	[m]	0.009	0.016	0.010	0.017	0.132	0.254	0.126	0.188	0.113	0.141	0.099	0.126	0.043	0.082
	せん断ひずみ	γ_{se}		0.113	0.200	0.125	0.213	1.650	3.175	1.575	2.350	1.413	1.757	1.238	1.575	0.538	1.025
	許容ひずみ	γ_{sea}		2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
	判定　($\gamma_{se} \leqq \gamma_{sea}$)			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
	等価剛性	K_B	[kN/m]	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0
	支承作用力	S_B	[kN]	902.0	1051.9	919.2	1084.1	3755.0	6557.8	3607.1	5032.9	3298.0	3944.4	2971.5	3608.2	1688.6	2585.4
	保有水平耐力	P_a	[kN]	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8
	上部構造慣性力作用位置																
	橋脚躯体変形量	δ_{up}	[m]	0.044	0.113	0.045	0.118	0.041	0.153	0.055	0.226	0.081	0.386	0.047	0.273	0.016	0.044
	橋脚躯体降伏変位	δ_y	[m]	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
	橋脚躯体許容変位	δ_a	[m]	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106
	橋脚最大応答塑性率	μ_r		1.412	3.640	1.447	3.817	1.321	4.923	1.771	7.296	2.625	12.438	1.507	8.787	0.530	1.423
	橋脚許容塑性率	μ_a		1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423
	安全率	μ_a/μ_r		1.23	0.94	1.20	0.90	1.32	0.70	0.98	0.47	0.66	0.28	1.16	0.39	3.28	2.41
	判定　($\mu_r \leqq \mu_a$)			O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	N.G.	N.G.	N.G.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.
	橋脚下端塑性ヒンジ																
	曲げモーメント		[kNm]	31724.9	31979.0	31736.9	32010.5	31703.1	32103.0	31912.0	33001.4	32294.0	34512.8	31613.0	33588.9	22821.2	31752.6
	応答回転角	θ_r	[rad]	1.879E-03	5.590E-03	1.974E-03	5.996E-03	1.707E-03	7.189E-03	3.356E-03	1.878E-02	6.371E-03	3.827E-02	2.776E-03	2.635E-02	7.091E-04	2.671E-03
	降伏回転角	θ_{py}	[rad]	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03
	許容回転角	θ_{pa}	[rad]	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03
	応答塑性率	$\mu_{\theta r}$		1.597	4.751	1.678	5.096	1.451	6.110	2.852	15.961	5.415	32.525	2.359	22.394	0.603	2.270
	許容塑性率	$\mu_{\theta a}$		3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759
	安全率	$\mu_{\theta a}/\mu_{\theta r}$		1.92	1.63	1.83	1.52	2.11	1.27	1.08	0.49	0.57	0.24	1.30	0.35	5.09	3.42
	判定　($\mu_{\theta r} \leqq \mu_{\theta a}$)			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	N.G.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.
	橋脚下端せん断力																
	橋脚基部	S_p	[kN]	4767.3	6894.7	4753.5	6816.4	4302.6	7174.0	4165.0	5863.8	3856.8	4265.4	3758.2	4628.1	3046.2	4962.4
	せん断耐力	P_S	[kN]	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0
	安全率	P_S/S_p		1.29	0.99	1.30	1.00	1.43	0.95	1.48	1.16	1.60	1.59	1.64	1.47	2.02	1.37
	判定　($S_p \leqq P_s$)			O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
	残留変位の照査																
	残留変位	δ_r	[m]	0.008	0.049	0.008	0.052	0.006	0.073	0.014	0.117	0.030	0.213	0.009	0.145	0.000	0.008
	許容残留変位	δ_{ra}	[m]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
	判定　($\delta_r \leqq \delta_{ra}$)			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.

表 4.46(2)　バネモデルと外力モデルの応答の比較

		記号	単位	CASE8		CASE9		CASE10		CASE11		CASE3'		CASE4'	
				平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値
				タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ
	上部構造最大応答加速度	α_u	[gal]	592.7	977.2	436.1	678.4	380.4	628.9	374.5	628.8	586.5	1003.9	575.9	807.4
	上部構造最大応答変位	δ_u	[m]	0.199	0.426	0.058	0.135	0.095	0.201	0.092	0.193	0.194	0.394	0.204	0.429
P1橋脚	橋脚天端														
	最大応答加速度		[gal]	691.1	1072.7	466.3	705.1	741.2	1073.6	780.0	1144.7	663.2	935.9	734.0	1085.0
	最大水平変位		[m]	0.060	0.184	0.042	0.095	0.033	0.090	0.033	0.084	0.067	0.182	0.079	0.257
	支承														
	ゴム支承高さ	Σt_e	[mm]	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
	変形量	δ_{se}	[m]	0.131	0.236	0.019	0.036	0.065	0.115	0.063	0.113	0.129	0.243	0.126	0.189
	せん断ひずみ	γ_{se}		1.638	2.950	0.238	0.450	0.813	1.438	0.788	1.413	1.613	3.034	1.577	2.357
	許容ひずみ	γ_{sea}		2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
	判定　($\gamma_{se} \leqq \gamma_{sea}$)			O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.
	等価剛性	K_B	[kN/m]	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0	23120.0
	支承作用力	S_B	[kN]	3725.7	6142.2	1142.4	1522.6	2204.5	3341.5	2160.1	3300.7	2983.1	5610.9	2917.7	4360.4
	保有水平耐力	P_a	[kN]	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8	3347.6	3347.8
	上部構造慣性力作用位置														
	橋脚躯体変形量	δ_{up}	[m]	0.044	0.179	0.027	0.083	0.020	0.080	0.019	0.073	0.088	0.213	0.101	0.281
	橋脚躯体降伏変位	δ_y	[m]	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
	橋脚躯体許容変位	δ_a	[m]	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106	0.054	0.106
	橋脚最大応答塑性率	μ_r		1.412	5.755	0.866	2.670	0.630	2.566	0.626	2.339	2.853	6.870	3.253	9.048
	橋脚許容塑性率	μ_a		1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423	1.741	3.423
	安全率	μ_a/μ_r		1.23	0.59	2.01	1.28	2.76	1.33	2.78	1.46	0.61	0.50	0.54	0.38
	判定　($\mu_r \leqq \mu_a$)			O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	N.G.	N.G.	N.G.
	橋脚下端塑性ヒンジ														
	曲げモーメント		[kNm]	31734.1	32242.9	29184.8	32002.7	24483.5	32029.1	24418.6	31971.8	31713.4	32105.3	33532.7	33948.7
	応答回転角	θ_r	[rad]	1.952E-03	8.994E-03	1.043E-03	5.896E-03	7.963E-04	6.236E-03	7.929E-04	5.498E-03	1.797E-03	7.252E-03	3.292E-03	1.876E-02
	降伏回転角	θ_{py}	[rad]	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03	1.177E-03
	許容回転角	θ_{pa}	[rad]	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03	3.609E-03	9.130E-03
	応答塑性率	$\mu_{\theta r}$		1.659	7.644	0.886	5.011	0.677	5.300	0.674	4.673	1.527	6.163	2.798	15.945
	許容塑性率	$\mu_{\theta a}$		3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759	3.067	7.759
	安全率	$\mu_{\theta a}/\mu_{\theta r}$		1.85	1.02	3.46	1.55	4.53	1.46	4.55	1.66	2.01	1.26	1.10	0.49
	判定　($\mu_{\theta r} \leqq \mu_{\theta a}$)			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.
	橋脚下端せん断力														
	橋脚基部	S_p	[kN]	4235.7	6881.2	3524.8	4832.3	2930.7	4176.9	2914.5	4301.2	4404.7	7077.8	4388.8	5935.4
	せん断耐力	P_S	[kN]	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0	6158.2	6798.0
	安全率	P_S/S_p		1.45	0.99	1.75	1.41	2.10	1.63	2.11	1.58	1.40	0.96	1.40	1.15
	判定　($S_p \leqq P_s$)			O.K.	N.G.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	O.K.
	残留変位の照査														
	残留変位	δ_r	[m]	0.008	0.089	0.000	0.031	0.000	0.029	0.000	0.025	0.034	0.109	0.042	0.150
	許容残留変位	δ_{ra}	[m]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
	判定　($\delta_r \leqq \delta_{ra}$)			O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.	N.G.	O.K.	N.G.

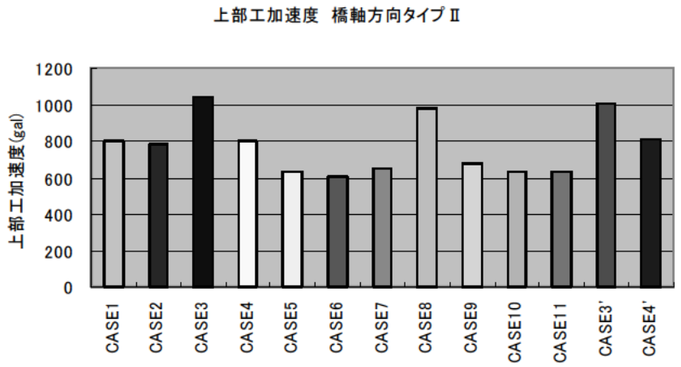


図 4.14　上部工加速度最大値

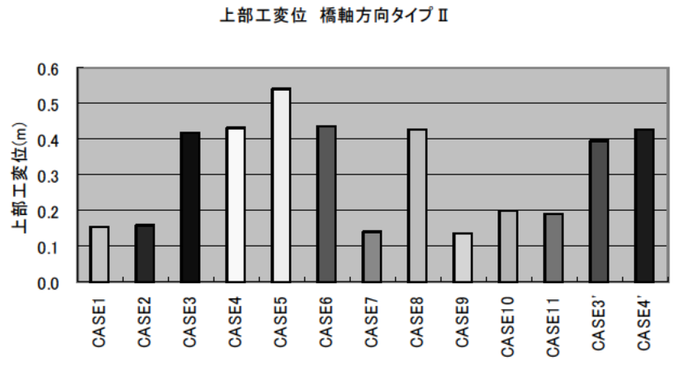


図 4.15　上部工変位最大値

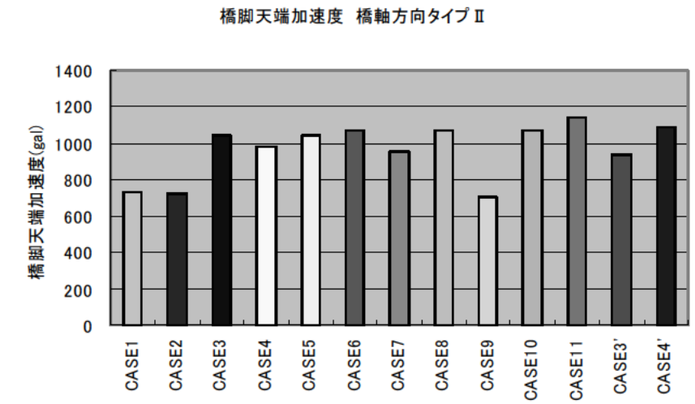


図 4.16　橋脚天端加速度最大値

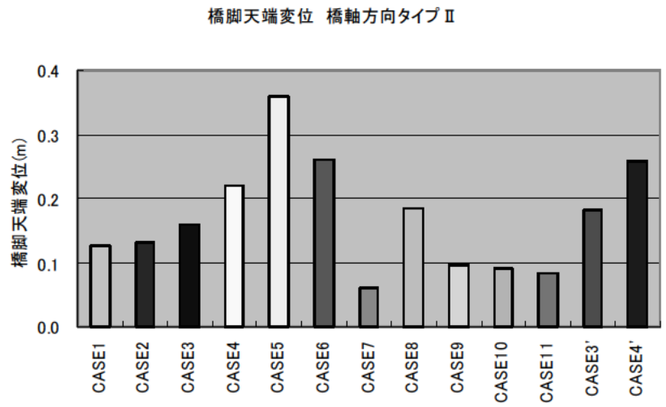


図 4.17　橋脚天端変位最大値

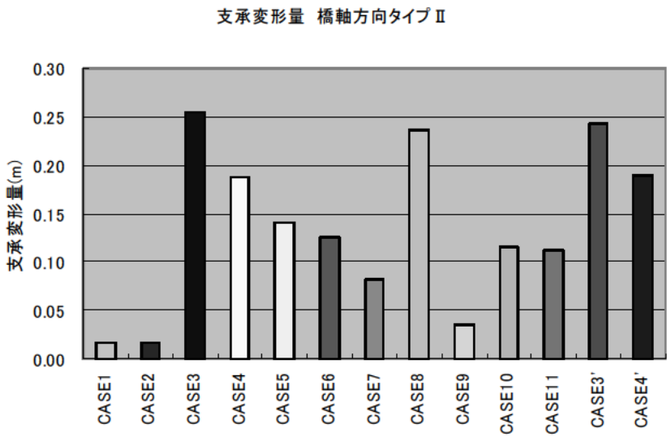


図 4.18　支承変形量最大値

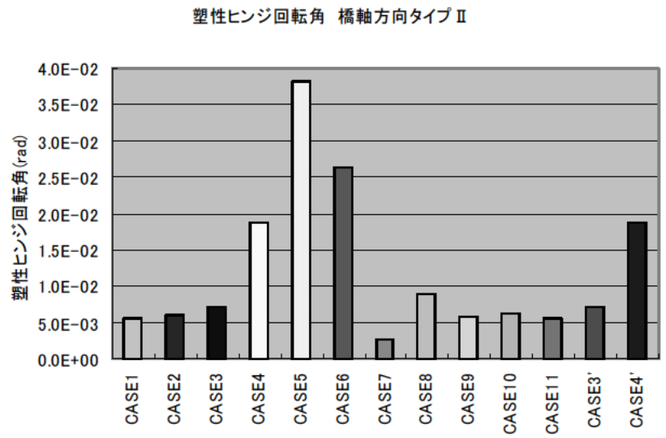


図 4.19　塑性ヒンジ回転角最大値

（４）考察

これらの結果から、下記のことが考察できる。

- Case3 および Case3’は応答の傾向と最大値が近いことから、Case3 は初期剛性が高いバネ要素を使用していながら、これが減衰に悪影響を与えていないことが分かる。Case4 と Case4’も同様の関係である。
- Case8 および Case3’も同様に応答の傾向と最大値が近いことから、Case8 でもバネ要素の剛性が減衰に悪影響を与えていないことが分かる。ただし Case8 は剛性比例型減衰であるため、長周期帯の内部粘性減衰は適切に評価できないことがある点は留意すべきである。
- Case3, Case4, Case8, Case3’ ,Case4’はいずれも支承部の変形量がほかの減衰条件の場合に比べて大きくなっている。これは支承部の粘性減衰が不当に効いていないためである。

以上のように、前節までの考察でも比較的内部粘性減衰の悪影響が小さいと判断された減衰タイプを用いたバネモデルと外力モデルは良い一致をみせており、双方の有効性が確認された。

４．４．４　減衰モデルに関する総括

すべり系支承に限らず、動的解析における減衰モデルの選択は応答値に対する影響が大きく、慎重な判断が求められる。従来、道路橋の動的解析においては、線形解析と整合が取りやすい減衰モデルである点、高周波領域の減衰が大きく解析が安定する傾向がある点から、質量マトリクスと初期剛性マトリクスから作成した Rayleigh 減衰が広く用いられている。しかし、すべり系支承をばねでモデル化した場合のように初期剛性が大きい部材では、質量マトリクスと初期剛性マトリクスから作成した Rayleigh 減衰は過減衰となり、支承や他の部材の応答を過小評価することになる。

このため、支承部の粘性減衰が過減衰とならないようにするという観点から、すべり系支承をばねでモデル化した場合には以下の減衰モデルが適していると考えられる。

- 要素別剛性比例減衰
- 瞬間剛性を用いた Rayleigh 減衰
- 要素別 Rayleigh 減衰

なお、減衰モデルを設定する際の固有値解析においては、すべり系支承のばねに大きな初期剛性を与えるのではなく、滑動時の剛性を用いることが望ましい。

各減衰モデルには各々の適用性があり、広く適用できる減衰モデルを特定することは困難である。しかし、減衰モデルの適用性を確認する方法として、支承や塑性ヒンジ部のようにあらかじめ非線形化を想定した部材の履歴、あるいは地盤との相互作用を想定した基礎においてエネルギー吸収が行われていることを把握する方法が考えられる。仮に、これらの吸収エネルギー以外の粘性減衰エネルギーが大きい場合には、減衰モデルが不適切な可能性があり、注意が必要である。

粘性減衰が過減衰となることを避けるためには、粘性減衰をできる限り小さくし、履歴減衰と基礎～地盤の相互作用の効果を中心とした減衰モデルを用いることが望まれる。しかし、この場合、基礎～地盤の相互作用を精度よく表現できる解析モデルの採用や解析の安定化に注意を払う必要が生じ、動的解析が複雑なものとなる。このため、個々の動的解析の目的に応じた解析方法や減衰モデルを選択し、粘性減衰が過減衰となることがないように注意することが大切である。

４．５　バッファ剛性のパラメータ解析

コスト縮減効果の検討の一段階として、バッファ剛性のパラメータ解析を行った。

粘性減衰モデルは、表 4.19 の Case4（固有振動解析、動的解析ともに支承の剛性をバッファ剛性、橋脚の剛性を降伏時剛性としたモデル）と Case9（固有振動解析、動的解析ともに支承、橋脚の剛性を初期剛性としたモデル）を用いた計算を行い、比較を行った。橋脚の耐力は、橋軸方向の耐力下限値で決定した配筋（橋軸方向主鉄筋：D32-1 段）と、橋軸方向主鉄筋を D32-2 段、D38-2 段とした 3 ケースについて比較を行った。また、粘性減衰モデル 2 ケースについては地盤種別を I 種～III 種とした計算を行い、比較検討を行った。

検討は、４.2. 1 に示す単橋脚モデルを用いて行った。ここで、I 種地盤の検討に用いたモデルは基礎を固定とした。また、II 種、III 種地盤の検討では同じモデルを用い、入力地震動のみを変更した。

４．５．１　固有振動解析結果

支承、橋脚の剛性をバッファ剛性（降伏時剛性）とした場合（Case4）と初期剛性とした場合（Case9）の、I 種地盤モデルと II 種、III 種地盤モデルの固有振動解析結果をそれぞれ以下に示す。ただし、支承のバッファ剛性は基準剛性の場合を示す。

表 4.47(1)　固有振動解析結果（Case4 , I 種地盤モデル）

ﾓｰﾄﾞ次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [sec]	刺激係数 X	刺激係数 Y	有効質量比 X	有効質量比 Y	モード減衰定数	振動モード
1	0.855	1.170	1.048	0.000	0.507	0.000	0.0277	上部構造並進
2	4.853	0.206	1.165	0.000	0.122	0.000	0.1448	橋脚曲げ1次振動
3	34.979	0.029	0.000	1.036	0.000	0.649	0.1930	
4	35.396	0.028	0.707	0.000	0.042	0.000	0.1310	
5	115.503	0.009	0.423	0.000	0.013	0.000	0.1149	

表 4.47(2)　固有振動解析結果（Case4 , II 種・III 種地盤モデル）

ﾓｰﾄﾞ次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [sec]	刺激係数 X	刺激係数 Y	有効質量比 X	有効質量比 Y	モード減衰定数	振動モード
1	0.805	1.243	1.089	0.000	0.554	0.000	0.0277	上部構造並進
2	3.688	0.271	1.301	0.000	0.202	0.000	0.1448	橋脚曲げ1次振動
3	8.435	0.119	0.000	1.022	0.000	0.999	0.1930	
4	10.270	0.097	-0.827	0.000	0.200	0.000	0.1310	基礎並進
5	24.566	0.041	0.514	0.000	0.043	0.000	0.1149	

表 4.47(3)　固有振動解析結果（Case9 , I 種地盤モデル）

ﾓｰﾄﾞ次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [sec]	刺激係数 X	刺激係数 Y	有効質量比 X	有効質量比 Y	モード減衰定数	振動モード
1	3.390	0.295	1.070	0.000	0.612	0.000	0.0277	上部構造並進
2	33.004	0.030	0.395	0.000	0.027	0.000	0.1448	橋脚曲げ1次振動
3	34.979	0.029	0.000	1.036	0.000	0.649	0.1930	
4	77.562	0.013	-0.613	0.000	0.034	0.000	0.1310	
5	233.816	0.004	0.451	0.000	0.015	0.000	0.1149	

表 4.47(4)　固有振動解析結果（Case9 , II 種・III 種地盤モデル）

ﾓｰﾄﾞ次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [sec]	刺激係数 X	刺激係数 Y	有効質量比 X	有効質量比 Y	モード減衰定数	振動モード
1	1.836	0.545	1.138	0.000	0.761	0.000	0.0277	上部構造並進
2	8.435	0.119	0.000	1.022	0.000	0.999	0.1448	
3	11.538	0.087	0.748	0.000	0.209	0.000	0.1930	基礎並進
4	25.686	0.039	0.365	0.000	0.028	0.000	0.1310	
5	39.077	0.026	0.094	0.000	0.001	0.000	0.1149	

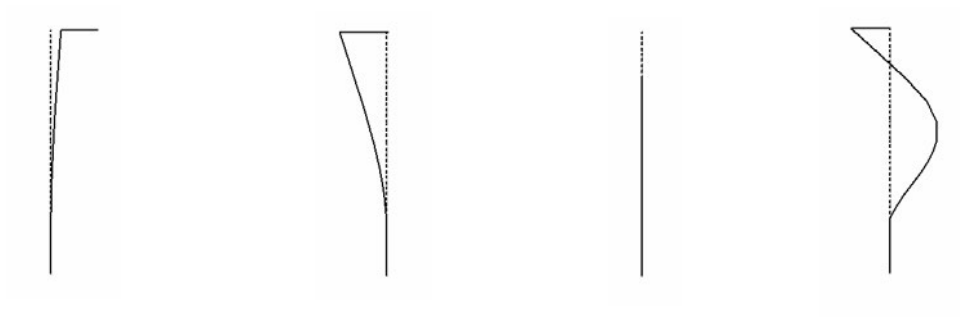


図 4.20(1)　振動モード図（Case4 , I 種地盤モデル）

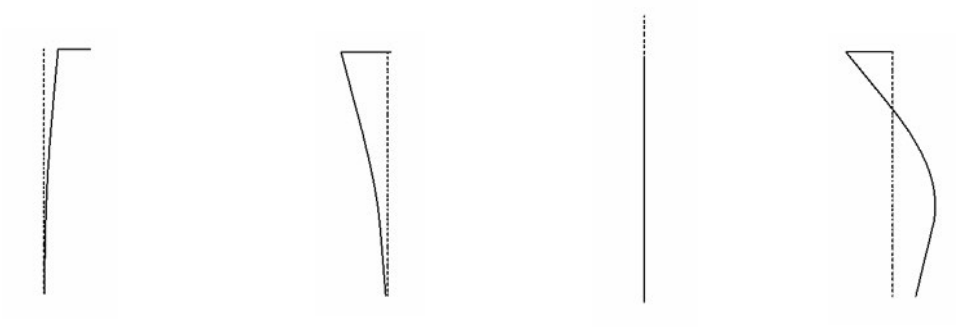


図 4.20(2)　振動モード図（Case4 , II 種・III 種地盤モデル）

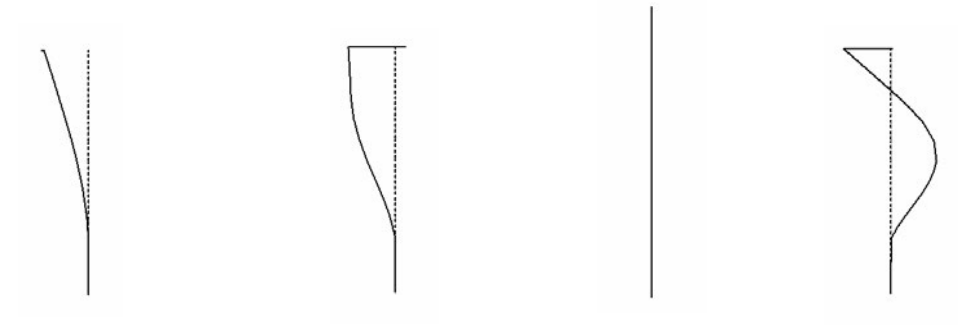


図 4.20(3)　振動モード図（Case9 , I 種地盤モデル）

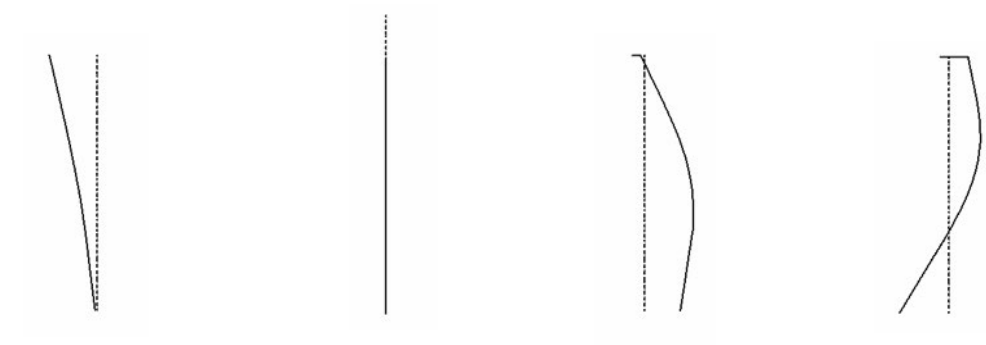


図 4.20(4)　振動モード図（Case9 , II 種・III 種地盤モデル）

４．５．２　減衰モデルによる影響（橋脚配筋：耐力の下限値で決定）

粘性減衰モデルを Case4、Case9 とした場合の比較検討を行った。下表に検討ケースを示す。

表 4.48(1)　粘性減衰モデルを Case4 とした場合の検討ケース

	基準剛性×1/4	基準剛性×1/2	基準剛性	基準剛性×2
I 種地盤	タイプ II 3 波 (2.14 sec)	タイプ II 3 波 (1.56 sec)	タイプ II 3 波 (1.17 sec)	タイプ II 3 波 (0.92 sec)
II 種地盤	タイプ II 3 波 (2.18 sec)	タイプ II 3 波 (1.61 sec)	タイプ II 3 波 (1.24 sec)	タイプ II 3 波 (1.01 sec)
III 種地盤	タイプ II 3 波 (2.18 sec)	タイプ II 3 波 (1.61 sec)	タイプ II 3 波 (1.24 sec)	タイプ II 3 波 (1.01 sec)

表 4.48(2)　粘性減衰モデルを Case9 とした場合の検討ケース

	基準剛性×1/4	基準剛性×1/2	基準剛性	基準剛性×2
I 種地盤	タイプ II 3 波 (0.29 sec)	タイプ II 3 波 (0.29 sec)	タイプ II 3 波 (0.29 sec)	タイプ II 3 波 (0.29 sec)
II 種地盤	タイプ II 3 波 (0.54 sec)	タイプ II 3 波 (0.54 sec)	タイプ II 3 波 (0.54 sec)	タイプ II 3 波 (0.54 sec)
III 種地盤	タイプ II 3 波 (0.54 sec)	タイプ II 3 波 (0.54 sec)	タイプ II 3 波 (0.54 sec)	タイプ II 3 波 (0.54 sec)

注 1）基準剛性は、単橋脚モデルの諸元（4.2.1）に示した、ゴム系免震支承の等価剛性と同等な剛性とした。

注 2）括弧内の周期は各ケースの 1 次周期を示す。

注 3）I 種地盤の解析では基礎固定とした。また、II 種、III 種は同じ基礎条件とした。

以下に比較検討から得られた知見を示す。

1）粘性減衰モデルを Case4 とした場合

・I 種地盤では、ゴムバッファの剛性を基準剛性の 1/4 または 1/2 程度まで小さくすれば耐力の下限値で決定した配筋に対して橋脚を弾性限界の応答とすることが可能であり、その時の上部構造変位は 20cm 程度となる。

・II 種地盤では、耐力の下限値で決定した配筋に対して塑性率を免震橋の許容値以内にするには、ゴムバッファの剛性を基準剛性の 1/4 として長周期化する必要があり、その時の上部構造変位は 50cm 程度となる。

・III 種地盤は、II 種地盤の場合と同様の傾向となり、橋脚の塑性率を免震橋の許容値以内とした場合の上部構造変位は 60cm 程度となる。

2）粘性減衰モデルを Case9 とした場合

・粘性減衰モデルを Case4 とした場合と比較して、上部構造の応答変位、支承相対変位は小さくなる傾向にある。また、橋脚天端の応答変位、橋脚塑性率についても、バッファ剛性が基準変位の 1/4 以外では、Case9 の粘性減衰モデルの応答が小さくなる傾向にある。これらは、4.4 項で示した粘性減衰モデルの比較検討結果と同じ傾向と言える。

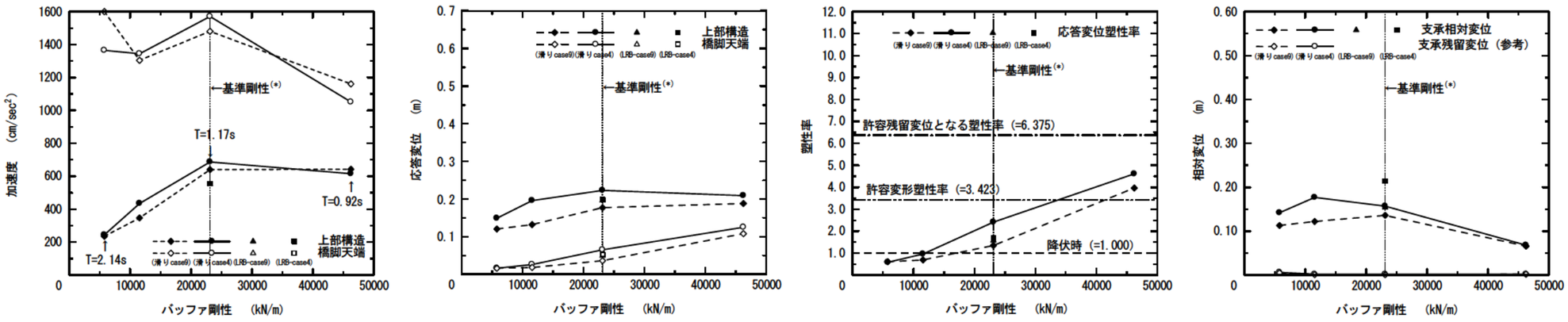
・粘性減衰モデルを Case9（固有振動解析、動的解析ともに支承、橋脚の剛性を初期剛性としたケース）とした場合、II 種、III 種地盤ではバッファ剛性の違いによる応答値の変化がほとんど見られない結果となった。I 種地盤は基礎固定として計算しているのに対し、II 種、III 種地盤は減衰定数 20%としたバネによって基礎のロッキング振動や水平振動の影響を考慮している。従って、II 種、III 種地盤の計算では基礎のロッキング振動や水平振動により基礎および地盤の粘性減衰が付加される。この結果、II 種、III 種地盤では振動系の入力エネルギーの内、粘性減衰エネルギーによって消費されるエネルギーの割合が I 種地盤よりも大きく、消費エネルギーの中で粘性減衰エネルギーが支配的になっていると考えられる。

3）粘性減衰モデルを Case4 とした場合と Case9 とした場合の比較

・粘性減衰モデルを Case9 とした場合、II 種、III 種地盤ではバッファ剛性の違いによる応答値の変化がほとんど見られない結果となったが、粘性減衰モデルを Case4 とした場合は同様な傾向は見られない。これは、Case9 では固有振動解析、動的解析ともに支承、橋脚の剛性を初期剛性としているため、粘性減衰を大きく評価していることに起因すると考えられる。また、固有振動解析において Case4 は支承、橋脚の剛性をバッファ剛性（降伏時剛性）としているのに対して Case9 は初期剛性としているため、Case9 では基礎の剛性が相対的に小さくなり、基礎が大きく変形することによって基礎バネの減衰（減衰定数 20%）の影響を大きく受けることも一因であると考えられる。

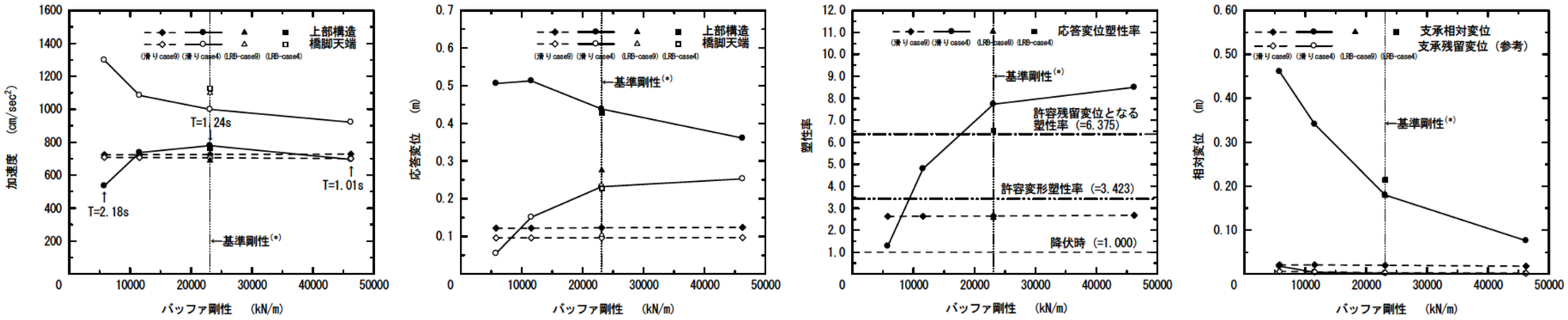
4）ゴム系免震支承（LRB 支承）を用いた場合の比較検討

・ゴム系免震支承（LRB 支承）を用いた場合の、粘性減衰モデルによる応答値の比較を次ページに併せて示す。LRB 支承を用いた場合も、すべり系免震支承と同様の傾向を示し、特に II 種、III 種地盤の上部工変位、橋脚塑性率は、粘性減衰モデルを Case4 とした場合と比較して、Case9 とした場合に小さな応答となる。



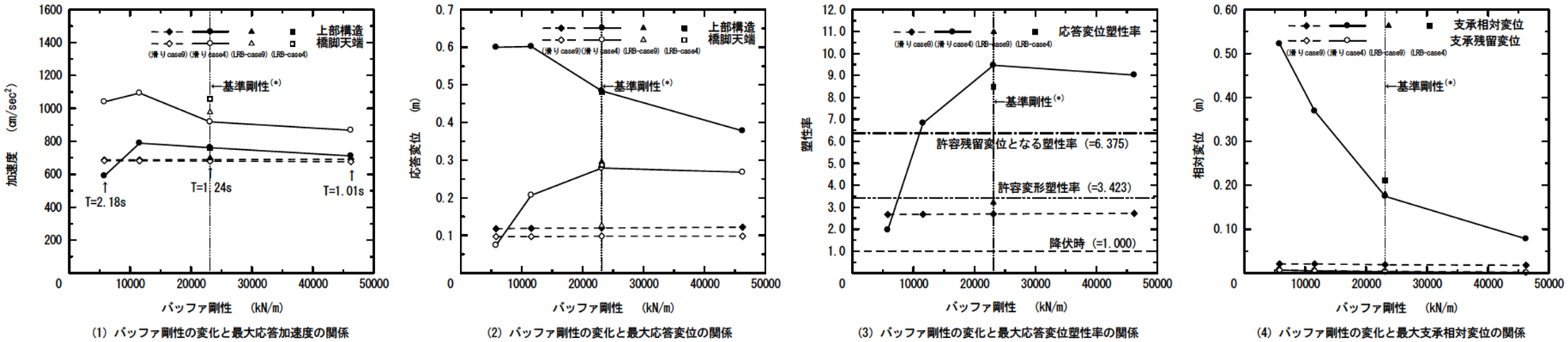
(1) バッファ剛性の変化と最大応答加速度の関係　(2) バッファ剛性の変化と最大応答変位の関係　(3) バッファ剛性の変化と最大応答変位塑性率の関係　(4) バッファ剛性の変化と最大支承相対変位の関係

(a) 単柱式Ｔ型橋脚（Pu=3347.8kN ： 主鉄筋 D32-1段　帯鉄筋 D16ctc150）におけるバッファ剛性をパラメトリックに変化した非線形動的解析結果（Ⅰ種地盤：橋軸方向タイプⅡ）



(1) バッファ剛性の変化と最大応答加速度の関係　(2) バッファ剛性の変化と最大応答変位の関係　(3) バッファ剛性の変化と最大応答変位塑性率の関係　(4) バッファ剛性の変化と最大支承相対変位の関係

(b) 単柱式Ｔ型橋脚（Pu=3347.8kN ： 主鉄筋 D32-1段　帯鉄筋 D16ctc150）におけるバッファ剛性をパラメトリックに変化した非線形動的解析結果（Ⅱ種地盤：橋軸方向タイプⅡ）



(1) バッファ剛性の変化と最大応答加速度の関係　(2) バッファ剛性の変化と最大応答変位の関係　(3) バッファ剛性の変化と最大応答変位塑性率の関係　(4) バッファ剛性の変化と最大支承相対変位の関係

(c) 単柱式Ｔ型橋脚（Pu=3347.8kN ： 主鉄筋 D32-1段　帯鉄筋 D16ctc150）におけるバッファ剛性をパラメトリックに変化した非線形動的解析結果（Ⅲ種地盤：橋軸方向タイプⅡ）

＊ 基準剛性：青本LRBの固有周期と一致するように設定したバッファの剛性

図 4.21　バッファ剛性のパラメータ解析結果（減衰モデルによる影響）

４．５．３　橋脚耐力による影響（粘性減衰モデル：Case4）

橋軸方向の耐力下限値で決定した配筋（橋軸方向主鉄筋：D32-1 段）と、橋軸方向主鉄筋を D32-2 段、D38-2 段とした 3 ケースについて比較検討を行った。下表に検討ケースを示す。

表 4.49　橋脚耐力の検討ケース

	基準剛性×1/4	基準剛性×1/2	基準剛性	基準剛性×2
主鉄筋：D32-2 段 帯鉄筋：D16ctc150	II 種地盤 タイプ II 3 波 (2.16 sec)	II 種地盤 タイプ II 3 波 (1.59 sec)	II 種地盤 タイプ II 3 波 (1.21 sec)	II 種地盤 タイプ II 3 波 (0.97 sec)
主鉄筋：D32-2 段 帯鉄筋：D16ctc150	III 種地盤 タイプ II 3 波 (2.16 sec)	III 種地盤 タイプ II 3 波 (1.59 sec)	III 種地盤 タイプ II 3 波 (1.21 sec)	III 種地盤 タイプ II 3 波 (0.97 sec)
主鉄筋：D38-2 段 帯鉄筋：D25ctc150	III 種地盤 タイプ II 3 波 (2.15 sec)	III 種地盤 タイプ II 3 波 (1.57 sec)	III 種地盤 タイプ II 3 波 (1.19 sec)	III 種地盤 タイプ II 3 波 (0.95 sec)

注 1）基準剛性は、単橋脚モデルの諸元（4.2.1）に示した、ゴム系免震支承の等価剛性と同等な剛性とした。

注 2）括弧内の周期は各ケースの 1 次周期を示す。

注 3）I 種地盤の解析では基礎固定とした。また、II 種、III 種は同じ基礎条件とした。

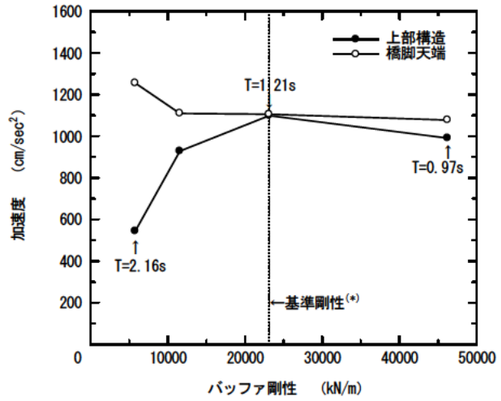
注 4）主鉄筋：D32-2 段、帯鉄筋：D16ctc150 は、道路協会設計例のゴム支承（分散支承）での配筋である。

次ページに解析結果を示す。以下に比較検討から得られた知見を示す。

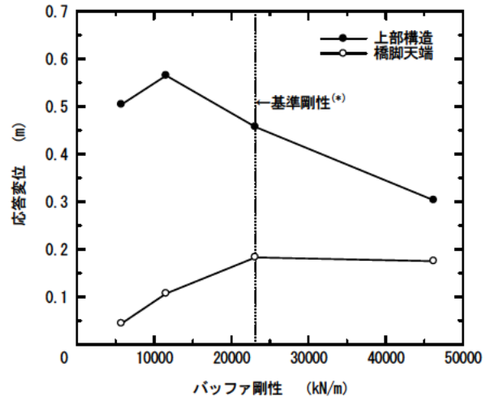
・II 種地盤では、橋脚の主鉄筋が D32-2 段の場合、ゴムバッファの剛性を基準剛性の 1/4 として長周期化すれば橋脚を弾性限界の応答とすることが可能であるが、その時の上部構造変位は 50cm 程度となる。

・III 種地盤は、II 種地盤の場合と同様の傾向となり、橋脚を弾性限界の応答とした場合の上部構造変位は 55cm 程度となる。

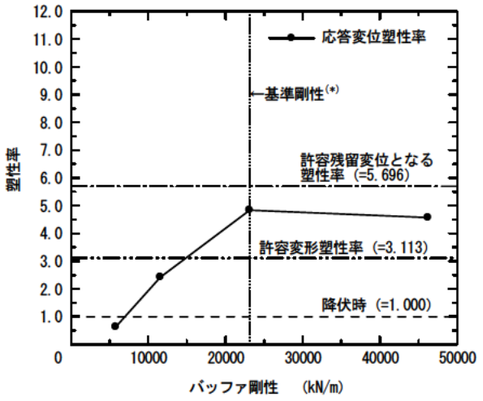
・III 種地盤では、橋脚の主鉄筋を D38-2 段とすれば、ゴムバッファの剛性によらず、橋脚の塑性率は免震橋の許容塑性率以下となる。ゴムバッファの剛性を基準剛性の 2 倍とすれば、上部構造変位は 30cm 程度となる。



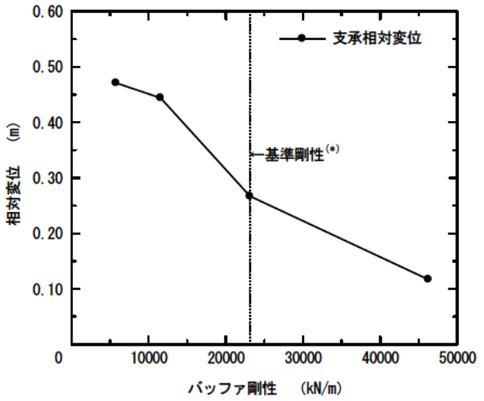
(1) バッファ剛性の変化と最大応答加速度の関係



(2) バッファ剛性の変化と最大応答変位の関係

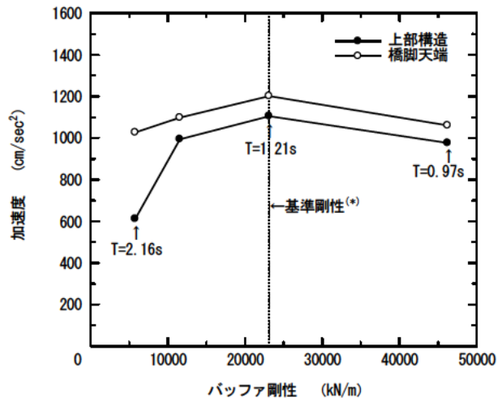


(3) バッファ剛性の変化と最大応答変位塑性率の関係

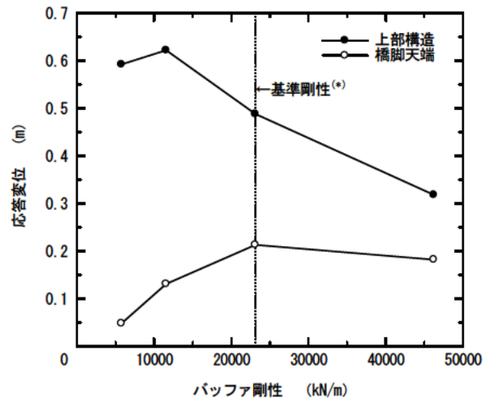


(4) バッファ剛性の変化と最大支承相対変位の関係

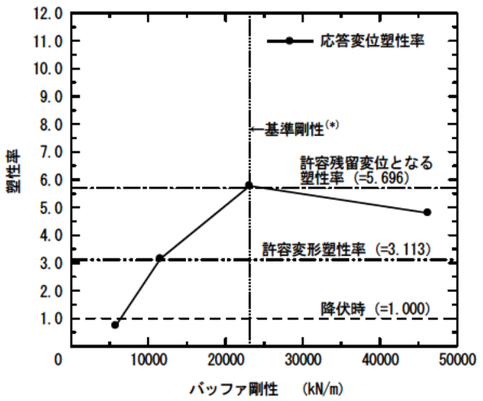
(a) 単柱式Ｔ型橋脚（Pu=4873.5kN ： 主鉄筋 D32-2段　帯鉄筋 D16ctc150）におけるバッファ剛性をパラメトリックに変化した非線形動的解析結果（Ⅱ種地盤：橋軸方向タイプⅡ）



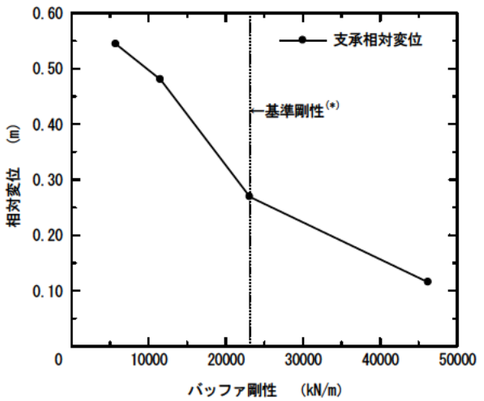
(1) バッファ剛性の変化と最大応答加速度の関係



(2) バッファ剛性の変化と最大応答変位の関係

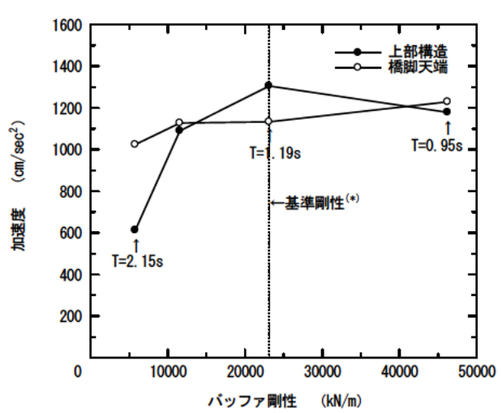


(3) バッファ剛性の変化と最大応答変位塑性率の関係

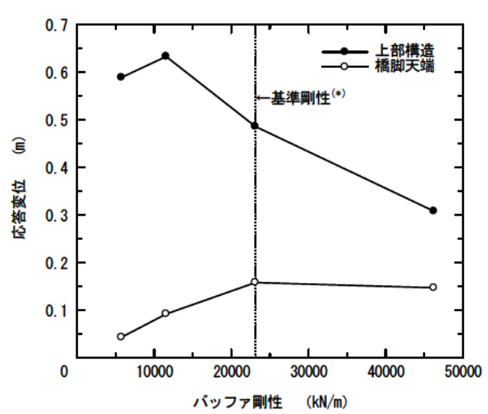


(4) バッファ剛性の変化と最大支承相対変位の関係

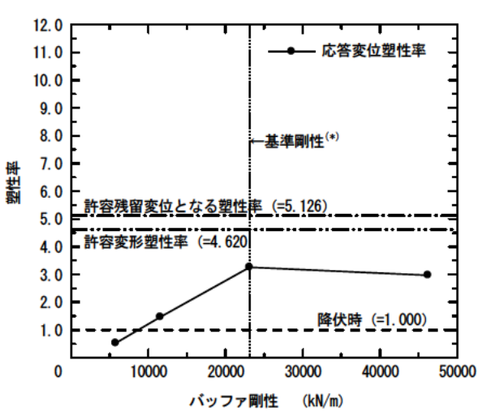
(b) 単柱式Ｔ型橋脚（Pu=4873.5kN ： 主鉄筋 D32-2段　帯鉄筋 D16ctc150）におけるバッファ剛性をパラメトリックに変化した非線形動的解析結果（Ⅲ種地盤：橋軸方向タイプⅡ）



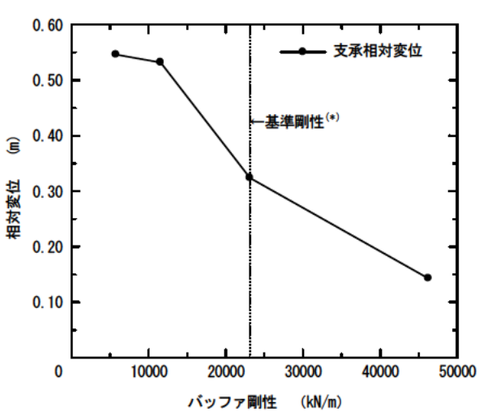
(1) バッファ剛性の変化と最大応答加速度の関係



(2) バッファ剛性の変化と最大応答変位の関係



(3) バッファ剛性の変化と最大応答変位塑性率の関係



(4) バッファ剛性の変化と最大支承相対変位の関係

(c) 単柱式Ｔ型橋脚（Pu=6364.6kN ： 主鉄筋 D38-2段　帯鉄筋 D25ctc150）におけるバッファ剛性をパラメトリックに変化した非線形動的解析結果（Ⅲ種地盤：橋軸方向タイプⅡ）

＊ 基準剛性：青本LRBの固有周期と一致するように設定したバッファの剛性

図 4.22　バッファ剛性のパラメータ解析結果（橋脚耐力による影響）

４．５．４　バッファ剛性のパラメータ解析総括

バッファ剛性のパラメータ解析について総括を以下に示す。

・ゴムバッファの剛性を小さくして長周期化することで、橋脚の塑性化を抑えることが出来るが、上部構造変位、支承相対変位は大きくなる。

・I 種地盤では、耐力の下限値で決定した配筋に対して橋脚を弾性限界の応答とすることが可能であり、その時の上部構造変位、支承相対変位は過大にならない。

・II 種地盤、III 種地盤で橋脚を弾性限界の応答とするためには過大な配筋とする必要があり、その時の上部構造変位、支承相対変位は過大になる傾向がある。

・粘性減衰モデルを Case9（固有振動解析、動的解析ともに支承、橋脚の剛性を初期剛性としたケース）とした場合、II 種、III 種地盤ではバッファ剛性の違いによる応答値の変化がほとんど見られない結果となった。これは、支承、橋脚の剛性を初期剛性とした Case9 では粘性減衰を大きく評価すること、また、I 種地盤は基礎固定として計算しているのに対し、II 種、III 種地盤は地盤バネの減衰定数 20%の影響を受けることに起因すると考えられる。

４．６　単橋脚の振動台実験に対するトレース解析

単橋脚の振動台実験結果を利用して、トレース解析における減衰の検討を行った。

４．６．１　供試体データ

振動台実験で用いた供試体のデータを以下に示す。

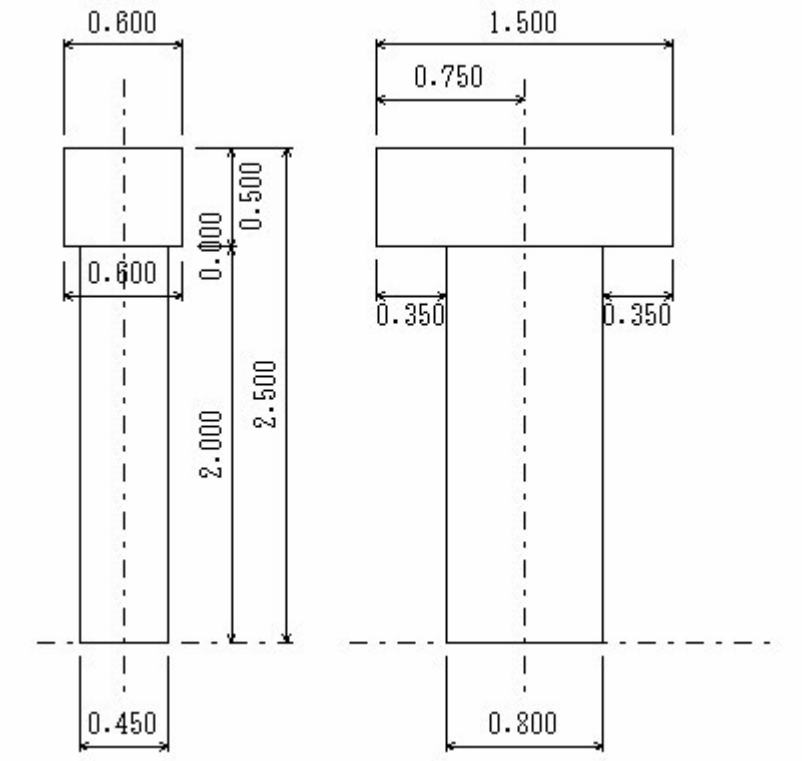


図 4.23　**供試体寸法**

表 4.50　**材料データ**

項　目	記号	単　位	
鉄筋コンクリートの単位重量	γ c	kN/m^2	24.5
コンクリートの設計基準強度	σ ck	N/mm^2	30.3
コンクリートのヤング係数	Ec	N/mm^2	3.190×10^4
鉄筋のヤング係数	Es	N/mm^2	1.840×10^3
主鉄筋の降伏点強度	σ sy	N/mm^2	376.6
横拘束筋の降伏強度	σ sy	N/mm^2	340.8

表 4.51　横拘束筋データ

柱基部からの高さ	h' (m)	2.000
横拘束筋の断面積	Ah' (cm^2)	0.317
〃　間隔	s' (cm)	15.0
〃　橋軸検討用有効長	d' (cm)	36.0
〃　橋軸直角検討用有効長	d' (cm)	37.0

表 4.52　主筋データ（橋軸方向）

番号	種別	鉄筋位置 (cm)	鉄筋側面かぶり (cm)		径	本　数 （本）	鉄筋量 (cm^2)
			左側	右側			
1	直鉄筋	4.000	4.000	4.000	D10	17	12.126
2	直鉄筋	8.700	4.000	4.000	D10	2	1.427
3	直鉄筋	13.300	4.000	4.000	D10	2	1.427
4	直鉄筋	17.900	4.000	4.000	D10	2	1.427
5	直鉄筋	22.500	4.000	4.000	D10	2	1.427
6	直鉄筋	27.100	4.000	4.000	D10	2	1.427
7	直鉄筋	31.700	4.000	4.000	D10	2	1.427
8	直鉄筋	36.300	4.000	4.000	D10	2	1.427
9	直鉄筋	41.000	4.000	4.000	D10	17	12.126

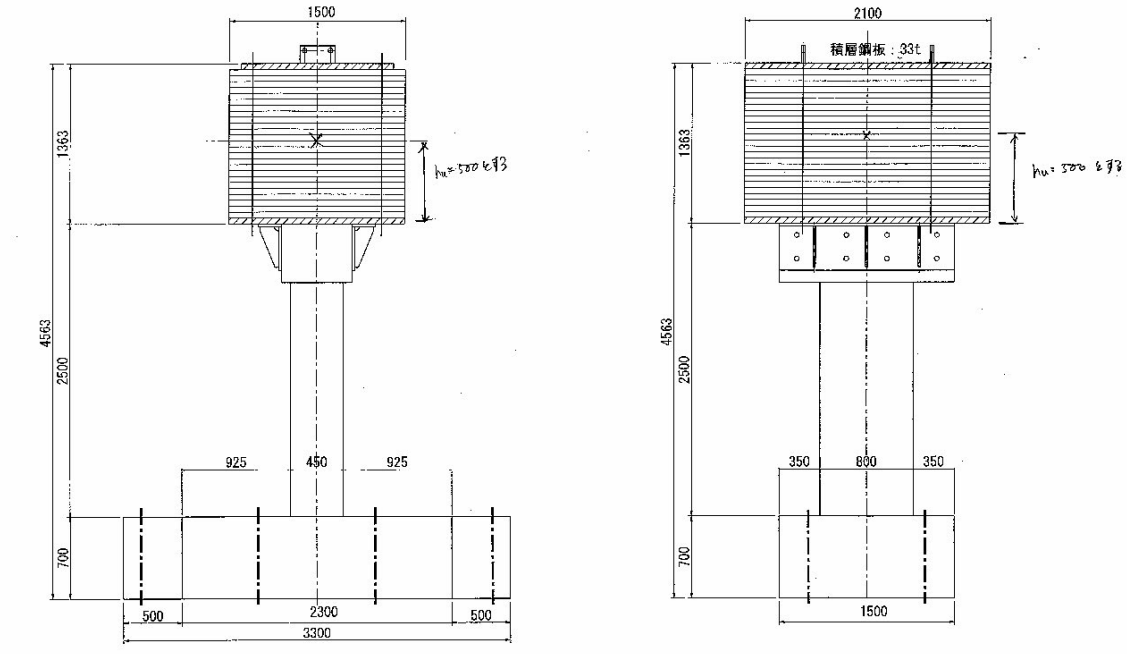


図 4.24　供試体一般図

４．６．２　解析データ

振動台実験のトレース解析に用いた解析データを以下に示す。

（１）モデルデータ

表 4.53　節点データ

節点	座標(m)			質量
	X	Y	Z	(kN･s2/m)
100	0.000	0.000	3.000	324.400
1	0.000	0.000	2.500	
2	0.000	0.000	2.250	11.025
3	0.000	0.000	2.000	0.882
4	0.000	0.000	1.800	1.764
5	0.000	0.000	1.600	1.764
6	0.000	0.000	1.400	1.764
7	0.000	0.000	1.200	1.764
8	0.000	0.000	1.000	1.764
9	0.000	0.000	0.800	1.764
10	0.000	0.000	0.600	1.764
11	0.000	0.000	0.400	1.654
12	0.000	0.000	0.225	1.268
13	0.000	0.000	0.113	0.992
14	0.000	0.000	0.000	0.496

表 4.54　非線形データ

性能名	I端	J端	Mc (kNm)	My0 (kNm)	Mu (kNm)	φc (1/m)	φy0 (1/m)	φu (1/m)
DIV4	3	4	91.201	270.215	317.725	0.000433	0.006810	0.051146
DIV5	4	5	91.337	270.504	318.039	0.000434	0.006812	0.051088
DIV6	5	6	91.473	270.794	318.359	0.000434	0.006814	0.051029
DIV7	6	7	91.610	271.084	318.666	0.000435	0.006816	0.050973
DIV8	7	8	91.746	271.374	318.986	0.000436	0.006818	0.050914
DIV9	8	9	91.882	271.665	319.298	0.000436	0.006820	0.050857
DIV10	9	10	92.018	271.955	319.611	0.000437	0.006822	0.050800
DIV11	10	11	92.155	272.246	319.929	0.000438	0.006824	0.050741
DIV12	11	12	92.264	272.482	320.174	0.000438	0.006826	0.050697
DIV13	12	13	92.346	272.662	320.370	0.000438	0.006827	0.050661
DIV14	13	14	92.427	272.829	320.553	0.000439	0.006829	0.050628

表 4.55　物性および断面データ

ヤング係数	(kN/m^2)	2.80×10^7
せん断弾性係数	(kN/m^2)	1.217×10^7
橋脚断面積	(m^2)	0.36
橋脚断面 2 次ﾓｰﾒﾝﾄ	(m^4)	0.007522

（２）解析条件

主な解析条件を以下に示す。

- 橋脚のはり部は線形部材、一般部は M-φの非線形部材とした。
- 基部は固定とした。
- 入力加速度は、振動台実験での振動台上の計測波形を用いた。15%加振（ひび割れ想定）と 50%加振（降伏想定）を実施した。
- 積分時間間隔：1/1000 秒

４．６．３　トレース解析結果

（１）解析ケース

トレース解析は、減衰条件を下記の通り変化させて、橋脚天端から 3m 上部の点（錘の重心位置）での変位時刻歴を比較した。

表 4.56　**検討ケース一覧**

モデル名	外力	減衰種別	[C]更新	減衰定数
1-1	15%	剛性比例	なし	1%
1-2	15%	剛性比例	あり	1%
1-3	15%	剛性比例	あり	3%
2-1	50%	剛性比例	なし	1%
2-2	50%	剛性比例	あり	1%
2-3	50%	剛性比例	あり	3%
3-1	50%	部材別剛性比例	なし	線形部材 5%、非線形部材 3%
3-2	50%	部材別剛性比例	あり	線形部材 5%、非線形部材 3%
3-3	50%	部材別剛性比例	あり	線形部材 1%、非線形部材 1%
4-1	50%	Rayleigh	なし	線形部材 1%、非線形部材 1%
4-2	50%	Rayleigh	あり	線形部材 1%、非線形部材 1%
4-3	50%	Rayleigh	あり	線形部材 0.1%、非線形部材 0.1%

（２）解析結果

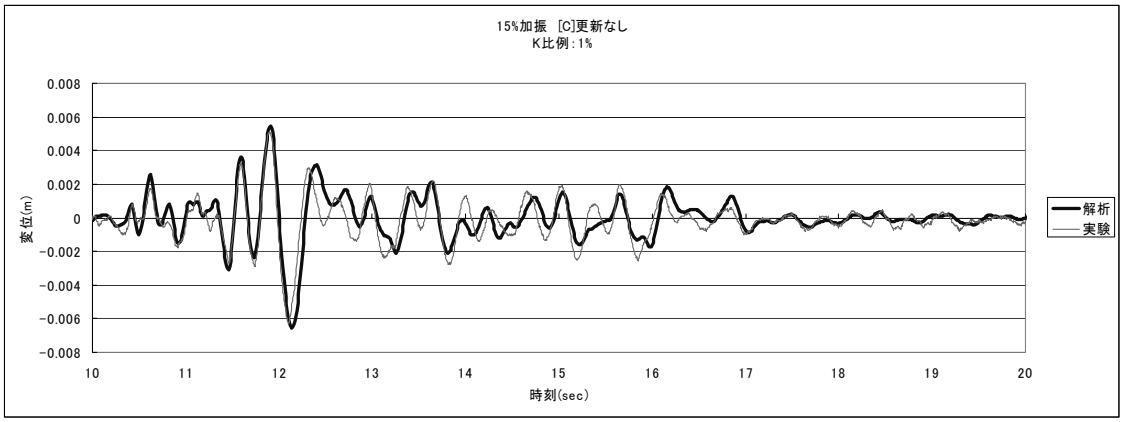


図 4.25　変位時刻歴図（モデル 1-1）

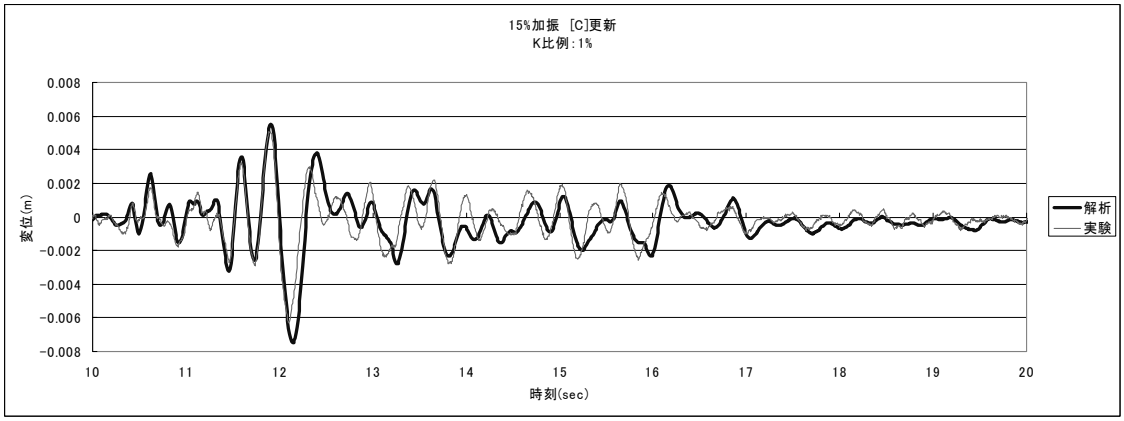


図 4.26　変位時刻歴図（モデル 1-2）

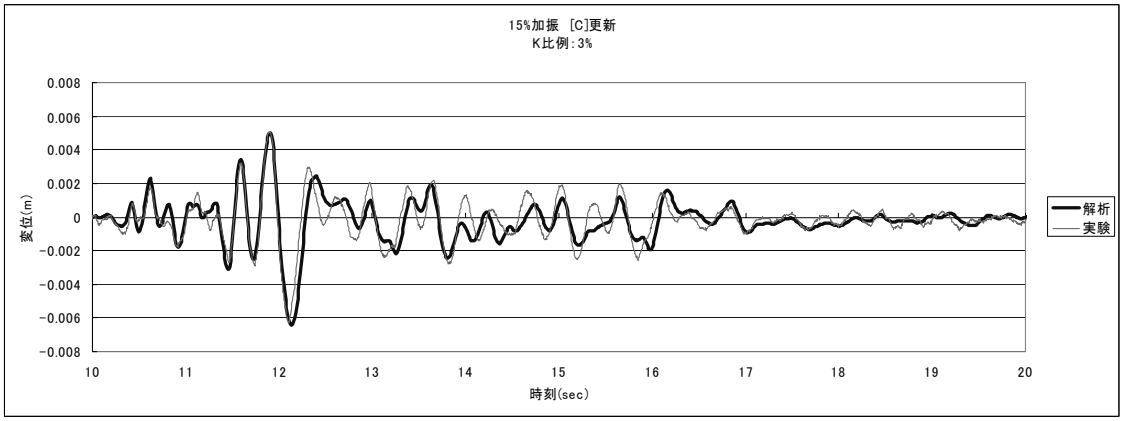


図 4.27　変位時刻歴図（モデル 1-3）

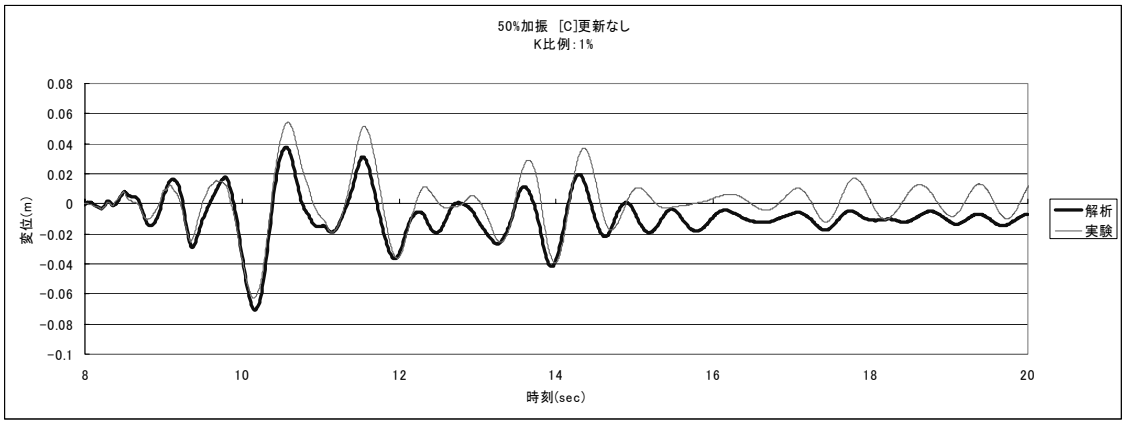


図 4.28　変位時刻歴図（モデル 2-1）

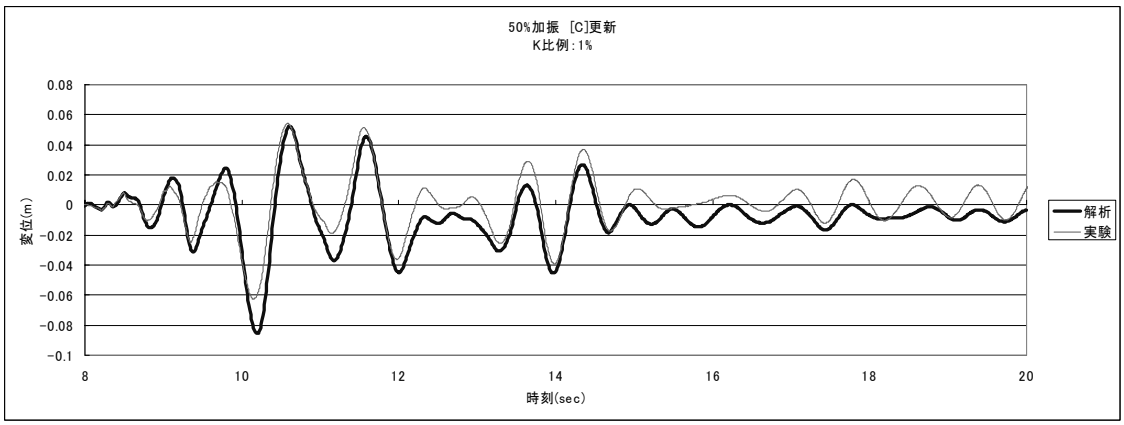


図 4.29　変位時刻歴図（モデル 2-2）

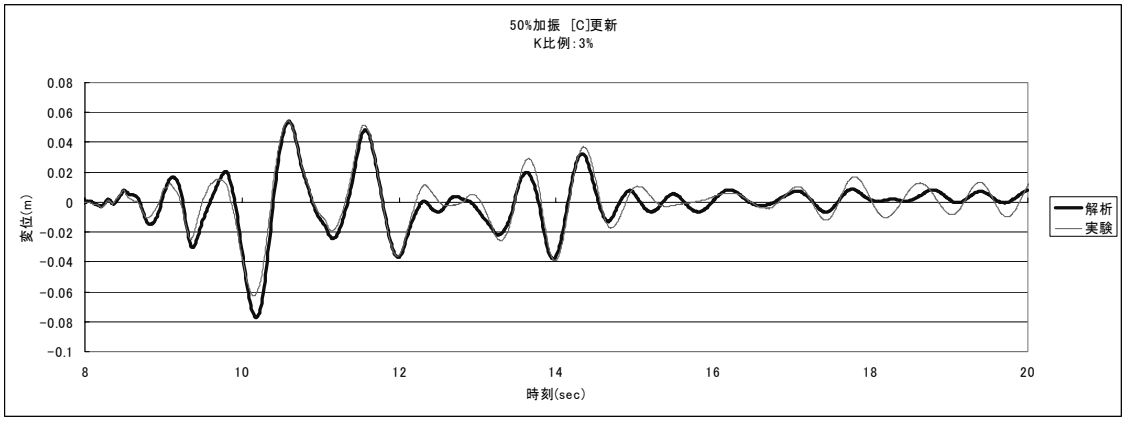


図 4.30　変位時刻歴図（モデル 2-3）

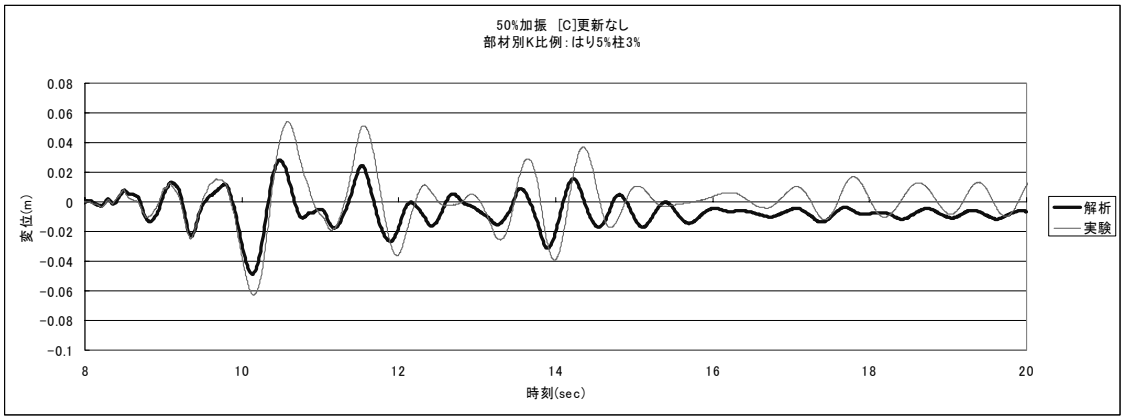


図 4.31　変位時刻歴図（モデル 3-1）

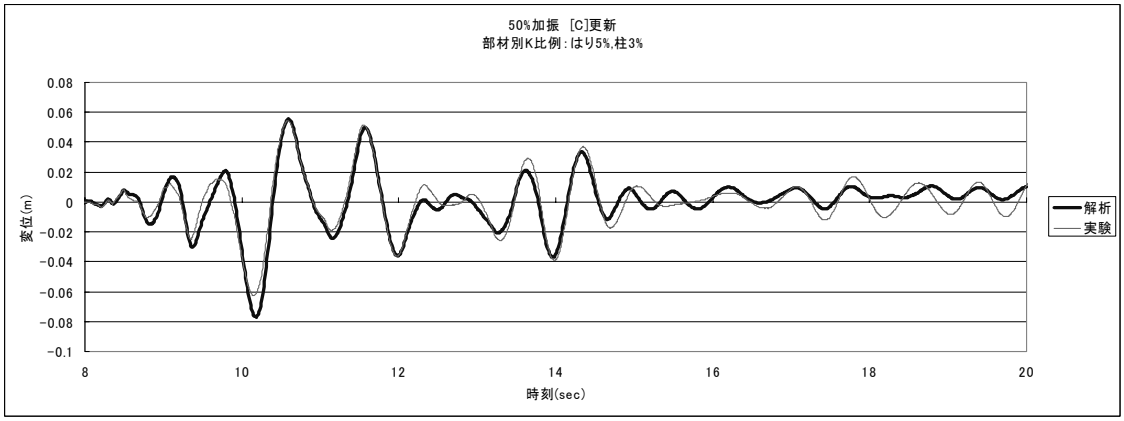


図 4.32　変位時刻歴図（モデル 3-2）

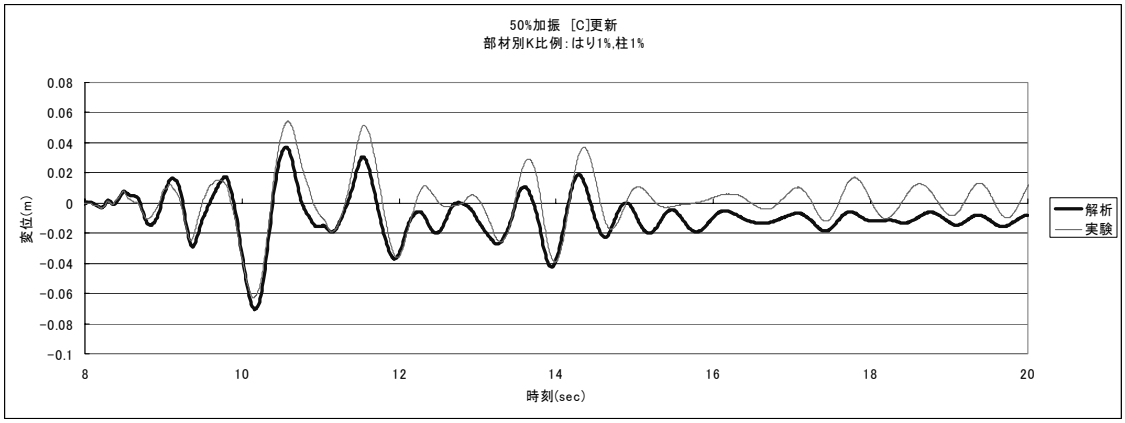


図 4.33　変位時刻歴図（モデル 3-3）

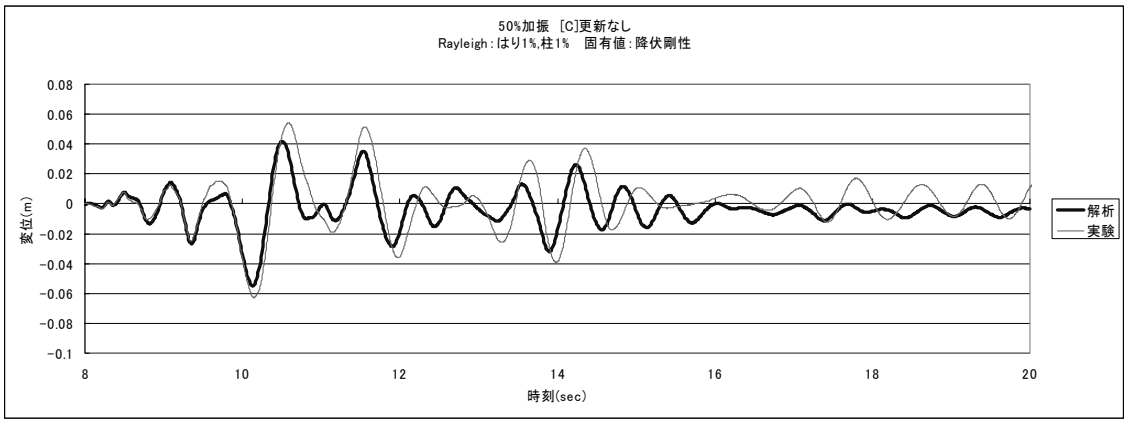


図 4.34　変位時刻歴図（モデル 4-1）

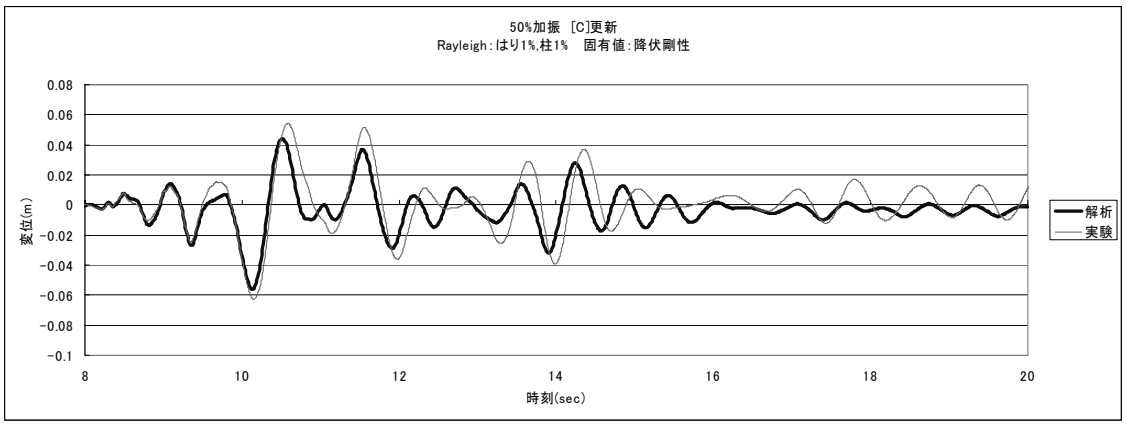


図 4.35　変位時刻歴図（モデル 4-2）

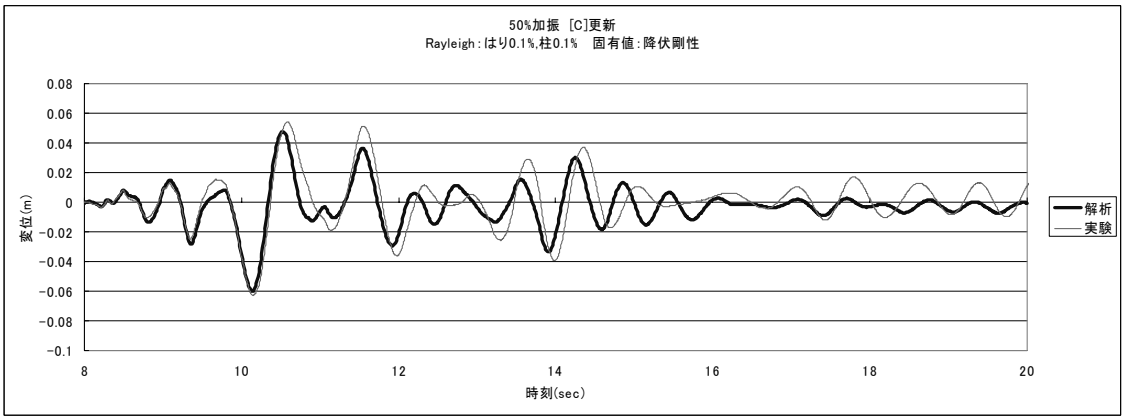


図 4.36　変位時刻歴図（モデル 4-3）

（３）考察

これらの結果から、下記のことが考察できる。

- モデル 1-1~1-3（図 4.25～4.27）より、1 次の減衰定数 1%かつ減衰マトリクスの更新なし（モデル 1-1）の最大値が最も一致している。また、解析中に減衰マトリクスを更新する（瞬間剛性比例とする）ことで最大変位が大きくなる傾向にある（モデル 1-2）。
- モデル 2-1~2-3（図 4.28～4.30）より、15%加振（モデル 1-1~1-3）と同様の減衰条件で 50%加振とした結果、最大値が 15%加振よりも一致していないことが分かる。応答が大きい場合は、剛性比例減衰でのトレースが難しいと考えられる。
- モデル 3-1~3-3（図 4.31～4.33）より、瞬間剛性比例とすることで最大変位が大きくなる傾向にある（モデル 3-2）。また、線形部材（はり部）を 5%、非線形部材（橋脚部）を 3%とした場合、瞬間剛性比例モデル（モデル 3-2）が最も実験と近い応答となる。
- モデル 4-1~4-3（図 4.34～4.36）より、Rayleigh 減衰の場合、減衰定数 0.1%かつ瞬間剛性比例（モデル 4-3）において、最大値がよく一致している。
- 実験値と最も一致する減衰種別を特定することは出来ないが、振動台実験のトレース解析の場合、1%程度の減衰定数を用いるのがよい。

４．７　平成 17 年度の検討方針

すべり摩擦支承を有する免震橋梁の非線形動的解析時による耐震照査方法に関する現在までの検討内容を記した。

これらに加え、今後の活動を通して以下の成果を上げたいと考えている。

（１） 各社のすべり支承の動的実験結果から、面圧、速度、すべり距離など各種依存性の影響を明らかにし、設計上の考慮の必要性や、バネ・外力の両モデルでの表現手法を提案して有効性を示す。

（２） 設計指針となる標準的手順を可能な限り具体的に示す。

（３） 免震橋の下記のような関連設計手法を提案する

- 最適設計法（構造的バランスからコスト縮減の観点まで）
- 簡易照査手法
- 残留変位推定法

５．関連既往文献

既往のすべり免震系支承の研究成果を調べることにより、現在までのすべり免震系支承の特性や設計法に関する知見を得ることができる。よって、本研究では、可能な限り既往文献の調査および整理を行うこととした。

５．１　文献整理方法

（１）整理方針

① 要約作成の対象を今回の共同研究に直接関係する代表的なものに限定する。
② 一般性が高いと考えられるものを優先して整理する。
③ 関連する文献はなるべくひとつにまとめて、要約を作成する。
④ 文献整理の分担を目的にして、暫定的に著者に着目した次のような分類をする。

A：伊津野～阪高 G
B：阪高～総合技術 G
C：土研 G
D：京大 G
E：川口金属 G
F：川崎重工 G
G：その他
H：大成 G
I：建築、機械系

（２） 既往文献リスト

1990 年から 2004 年までに土木・建築分野で発表されたすべり免震系支承に関する主な文献リストを次頁以降に示す。

表 5.1.1　既往文献一覧(1)

NO	論文タイトル	発表機関	発表年次	著者	分類
1	球面すべり支承を用いた免震装置の開発	日本機械学会機械力学講演論文集900-44-B	1990 7	下田	I
2	球面すべり支承を用いた機器免震装置に関する研究（第1報、免震支持された系についての振動実験と応答解析）	日本機械学会論文集557-59-C	1993 1	藤田、森川、下田、長田、下坂	I
3	動的解析における摩擦力のモデル化に関する一考察	土木学会論文報告集第309号	1981 5	川島	G
4	すべり方式免震装置を用いた橋梁の基本応答特性	土木学会第48回年次学術講演会	1993 9	尾崎、岡本	H
5	すべり方式免震システムを有する橋梁の正弦波地動に対する応答特性	構造工学論文集Vol 40A	1994 3	岡本、深沢	H
6	滑り方式免震システムを有する橋梁の動特性に関する実験的研究	土木学会論文集No 507/I-30	1995 1	岡本、藤井、尾崎	H
7	橋脚の非線形性を考慮したすべり方式免震橋梁の動的挙動	構造工学論文集Vol 41A	1995 3	岡本、深沢、久野	H
8	滑り方式免震システムを有する橋梁の地震時挙動特性	土木学会論文集No 513/I-31	1995 4	岡本、深沢、藤井、尾崎	H
9	複合支承方式による免震構造の設計法開発（その1　構法概要と基本理論）	日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）	1995 8	富島、飯島、勝田、久野	I
10	複合支承方式による免震構造の設計法開発（その2　免震周期、トリガーレベルを主パラメータとする性能特	日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）	1995 8	勝田、佐藤、早部、中島、富島	I
11	複合支承方式による免震構造の設計法開発（その3　実験データによる摩擦係数の依存性検証）	日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）	1995 8	大橋、富島、西山、澤田、松本	I
12	複合支承方式による免震構造の設計法開発（その4　変動軸力による降伏せん断力の変動および残留変形抑止	日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）	1995 8	小山、田中、澤田、制矢、富島	I
13	複合支承方式による免震構造の設計法開発（その5　適用例の検討）	日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）	1995 8	富島、久野、藤村、飯島、勝田、青木	I
14	橋梁構造物の支承形式による耐震信頼性の検討	第3回振動制御ｺﾛｷｳﾑ　PARTA	1995 8	下田	G
15	摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について	免震・制震コロキウムvol 1	1996	土居、坂井、小川、八部、玉木、西田	F
16	変位制御装置付き免震支承	免震・制震コロキウムvol 1	1996	坂井、小川、斉藤、玉木、矢部	F
17	既設橋梁に適した免震化工法	阪神・淡路大震災に関する学術講演論文集	1996 1	竹田、日紫喜、南雲、新原、長谷川、水津	G
18	既設PC桁に適用する免震構造の開発	土木学会第51回年次学術講演会	1996 9	宇野、金治、鈴木	B
19	全方向免震設計による既設PC高架橋の復旧構造と動的解析	土木学会第51回年次学術講演会	1996 9	金治、西森、宇野	B
20	ハイブリッド実験による両面スライド型免震支承の地震応答特性に関する検討	第24回地震工学研究発表会講演論文集	1997 7	高橋、家村、配野、陳	D
21	LRB・SRB併用型多径間免震橋のSRB摩擦係数の影響解析	土木学会第52回年次学術講演会	1997 9	金治、西森、小野山	B
22	免震支承に関する実験的研究（摩擦ダンパー支承の振動台実験）	土木学会第52回年次学術講演会	1997 9	河、玉木、西田、土居、斉藤、坂井	F
23	免震支承に関する実験的研究（変位制御装置付き免震支承の振動台実験）	土木学会第52回年次学術講演会	1997 9	斉藤、小林、玉木、河、橋本、坂井	F

表 5.1.2　既往文献一覧(2)

NO	論文タイトル	発表機関	発表年次	著者	分類
24	免震支承に関する実験的研究（免震ゴムの振動台実験）	土木学会第52回年次学術講演会	1997 9	玉木、坂井、小川、斉藤、小林、河	F
25	橋梁の機能分離型免震すべり支承に関する実験的研究	第10回日本地震工学シンポジウム	1998	伊津野、袴田、佐藤、中村	A
26	すべり支承方式免震建物の経年変化特性の確認実験	第10回日本地震工学シンポジウム	1998	長島、久野、船原	I
27	積層ゴムとすべり支承による複合免震システムに関する研究	第10回日本地震工学シンポジウム	1998	林、北村、猿田	G
28	機能分離型すべり支承による鋼橋の耐震補強設計	第2回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集	1998 11	伊津野、袴田、佐藤、松本、江頭	A
29	平成９年度報告書　機能分離型免震支承装置の開発に関する研究		1998 3	阪神高速道路公団、立命館大学総合理工学研究機構	A
30	摩擦減衰型免震装置の実験的研究（その1　振動台試験）	日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）	1998 9	玉木、小川	I
31	摩擦減衰型免震装置の実験的研究（その2　摩擦特性試験）	日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）	1998 9	鵜野、比志島、小川、玉木	I
32	摩擦減衰型免震装置の残留変位解除機構に関する実験的研究	土木学会第53回年次学術講演会	1998 10	鵜野、比志島、和田、河、玉木、小川、西田	E
33	摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討	土木学会第53回年次学術講演会	1998 10	玉木、小川、河、西田、比志島、鵜野、和田	E
34	摩擦減衰型免震装置ハイブリッド地震応答実験報告書		1998 10	川口金属工業（株）	E
35	機能分離型免震装置	土木学会地震工学委員会	1996 5	伊津野	A
36	上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答特性	第25回地震工学研究発表会講演論文集	1999 7	家村、高橋、中島、小川	D
37	機能分離型免震支承システムのすべり摩擦特性に関する研究	第25回地震工学研究発表会講演論文集	1999 7	伊津野、袴田、志村	A
38	上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答特性	土木学会第54回年次学術講演会	1999 9	中島、家村、高橋、小川	D
39	機能分離型支承システムの衝突載荷実験	土木学会第54回年次学術講演会	1999 9	伊津野、袴田、志村	A
40	低摩擦特性のすべり支承に関する研究（その1）すべり支承の選定	日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）	1999 9	遠山、浜口、沖、東野、安部	I
41	低摩擦特性のすべり支承に関する研究（その2）諸物性の耐候性・耐久性試験	日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）	1999 9	沖、浜口、安部、東野、遠山	I
42	低摩擦特性のすべり支承に関する研究（その3）実大装置の性能確認試験	日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）	1999 9	浜口、遠山、沖、東野、安部	I
43	低摩擦滑りを用いた免震構法の研究その1 滑り支承の概要と鉛直性能	日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）	1999 9	大山、増田、鳥居、河合、三山、中川、上田	I
44	低摩擦滑りを用いた免震構法の研究その2 滑り支承の水平性能試験	日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）	1999 9	河合、大山、増田、鳥居、上田三山、中川	I
45	摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する検討	土木学会第54回年次学術講演会	1999 9	鵜野、比志島、玉木、小川	E
46	摩擦減衰免震装置の簡易設計手法に関する一検討	土木学会第54回年次学術講演会	1999 9	玉木、小川、森本、比志島、鵜野	E
47	摩擦減衰型免震装置と橋脚の非線形性を同時に考慮した連続高架橋の挙動	土木学会第54回年次学術講演会	1999 9	橋本、河、小川、磯江、玉木	G

表 5.1.3　既往文献一覧(3)

NO	論文タイトル	発表機関	発表年次	著者	分類
48	摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する検討	土木学会第54回年次学術講演会	1999 9	鵜野、比志島、玉木、小川	E
49	密閉ゴム支承板支承の力学特性に関する実験的研究	土木学会第54回年次学術講演会	1999 9	津村、佐藤、出間、石井	G
50	都市内高架橋における既設鋼桁橋への機能分離型支承の適用	鋼構造年次学術論文報告集	1999 11	江頭、浜田、伊津野、松本、西田	A
51	摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討	鋼構造年次学術論文報告集第7巻	1999 11	玉木、小川、河、鵜野、比志島	I
52	機能分離型免震支承装置によるマルチレベル地震動への対応	第3回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文	1999 12	吉田、伊津野	A
53	機能分離型免震装置の水平・上下動応答実験	第2回免震・制震コロキウム講演論文集	1999 12	家村、高橋、平井	D
54	オールフリー支持形式の多径間連続高架橋への実用化に関する基礎的な検討	構造工学論文集Vol 46A	2000 3	友澤、星谷、矢部	G
55	機能分離型支承装置の動特性と設計手法に関する研究	土木学会論文集No 654/I-52	2000 7	伊津野、袴田、中村	A
56	すべり支承の摩擦係数のばらつきが橋梁の非線形応答に与える影響	土木学会第55回年次学術講演会	2000 9	友澤、星谷、矢部、尾山	G
57	低摩擦滑りを用いた免震構法の開発 その1 低摩擦支承の開発	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	増田、三山	I
58	弾性すべり支承免震の実験的研究 その1：実験の目的と実験装置及び弾性すべり支承の基本特性試験	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	竹内、芹沢、高坂、木本、伊藤、降旗、和田	I
59	弾性すべり支承免震の実験的研究 その2：免震部材配置・加振方向と建物全体挙動	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	木本、伊藤、高坂、芹沢、竹内、降旗、和田	I
60	弾性すべり支承免震の実験的研究 その3：振動実験と弾性すべり支承の面圧、速度依存性を考慮したシミュ	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	高坂、木本、竹内、伊藤、降旗、芹沢、和田	I
61	低摩擦滑り支承の研究　低摩擦すべり支承の水平性能試験	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	河合、上田	I
62	低摩擦滑り支承を用いた免震構法の開発　その2 中間階免震への適用例	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	五十嵐、三山、山本、増田	I
63	滑り支承に関する実験的研究 ー基本性能試験結果ー	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	小原、小倉、杉沢	I
64	弾性すべり支承の開発 （その1 実験概要）	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	松本、加藤、林、佐々木、高澤、舘野、谷地畝、市村	I
65	弾性すべり支承の開発 （その2 単体試験体の実験結果）	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	加藤、高澤、岡本、佐々木、福田、山内、林、直原	I
66	弾性すべり支承の開発 （その3 複合試験体の実験結果）	日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）	2000 9	市村、加藤、松本、谷地畝、高澤、福田、舘野、直原	I
67	マルチレベル地震動対応の機能分離型免震支承装置を用いた構造物の非線形動的解析	第２回免震・制震コロキウム講演論文集	2000 11	吉田、伊津野	A
68	ノックオフボルトの破壊確率を考慮した多段型免震支承装置の地震応答特性	土木学会第56回年次学術講演会	2001 10	伊津野、吉田、監崎	A
69	滑り型免震支承の軸力変動が連続桁橋の地震応答に及ぼす影響	第26回地震工学研究発表会講演論文集, Vol 2	2001 8	高橋、家村、平井	D
70	欠				
71	鋼製支承と高減衰ゴムダンパーによる機能分離型支承の耐震性能実験	第26回地震工学研究発表会講演論文集	2001 8	鈴木、青木、森下、前野、鵜野、森重	E

表 5.1.4　既往文献一覧(4)

NO	論文タイトル	発表機関	発表年次	著者	分類
72	すべり摩擦型免震支承のモデル化における初期剛性と減衰の与え方に関する検討	第26回地震工学研究発表会講演論文集	2001 8	監崎、伊津野	A
73	免震装置郡の地震時挙動に関する研究（3層鉄骨フレームモデルを用いた振動実験　その１）	日本機械学会2001年度年次大会講演論文集（IV）	2001 8	荒水、岡村、藤田、池永、早川、舟木	I
74	免震装置郡の地震時挙動に関する研究（3層鉄骨フレームモデルを用いた振動実験　その２）	日本機械学会2001年度年次大会講演論文集（IV）	2001 8	岡村、藤田、荒水、池永、早川、舟木	I
75	大口径弾性すべり支承の摩擦特性試験（その1）試験の概要	日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）	2001 9	勝田、高澤、柳、日比野、澤田	I
76	大口径弾性すべり支承の摩擦特性試験（その2）試験の概要	日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）	2001 9	日比野、高澤、柳、高木、澤田	I
77	大口径弾性すべり支承の摩擦特性試験（その3）試験の概要	日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）	2001 9	日比野、勝田、原、高木、室田	I
78	すべり支承の摩擦係数の経年変化	日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）	2001 9	浜口、嶺脇、石井、東野、山本	I
79	鋼製支承とダンパーの組み合わせによる機能分離型支承の特性	土木学会第56回年次学術講演会	2001 10	森下、前野、鵜野、森重、青木、竹内	G
80	機能分離支承を用いた橋梁の支承鉛直反力の変動検討	第5回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	2002 1	足立、鈴木、長澤、西森	A
81	機能分離型免震装置の軸力変動を考慮したサブストラクチャーハイブリッド地震応答実験	橋梁と基礎	2002 4	家村､平井､高橋	D
82	滑り型免震支承の荷重・速度依存性数値モデルに関する検討	「コンクリート構造物の応答制御技術に関する研究委員会」報告会	2002 6	高橋	D
83	弾性滑り支承の摩擦係数の速度依存性に関する研究	日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）	2002 8	北野、伊沢、高橋	I
84	機能分離支承を用いた橋梁における支承鉛直反力の変動に関する検討	土木学会第57回年次学術講演会	2002 9	長澤、鈴木、足立、西森	A
85	滑り支承の速度・面圧依存性のモデル化と免震効果に関する研究	土木学会第57回年次学術講演会	2002 9	田中、高橋、家村	D
86	機能分離型支承用ダンパーの特性試験	土木学会第５７回年次学術講演会	2002 9	鵜野、森重、沖森、森下、播金、吉光	E
87	2自由度系モデルを用いたすべり摩擦型免震橋梁の支承応答に関する研究	土木学会第５７回年次学術講演会	2002 9	監崎、伊津野	A
88	剛すべり支承免震建物の地震応答解析法に関する基礎的研究	第11回日本地震工学ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ	2002 11	沢辺、栗田、杉村	G
89	公開実験資料　機能分離支承システムを有する免震橋梁の振動台実験		2002 11	京都大学工学研究科土木システム工学専攻構造ダイナミクス分野	D
90	機能分離型支承（鉛直支承）の基本特性試験結果		2002 11	川口金属工業（株）	E
91	各種すべり材の摩擦特性に関する基礎的研究	第6回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	2003 1	炭村、鵜野、北澤	E
92	ゴム支承の鉛直剛性が高架橋の地震応答に与える影響の評価	第6回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	2003 1	川原、伊津野	A
93	機能分離型支承による高架橋の耐震補強	免震・制震手法による構造物の耐震補強シンポジウム	2003 1	伊津野	A
94	ゴムとコンクリートのすべり摩擦を利用したすべり支承とその減衰効果	構造工学論文集Vol 49A	2003 3	水田、橋本	G

表 5.1.5　既往文献一覧(5)

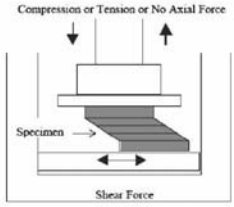
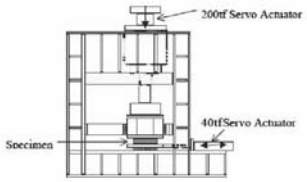
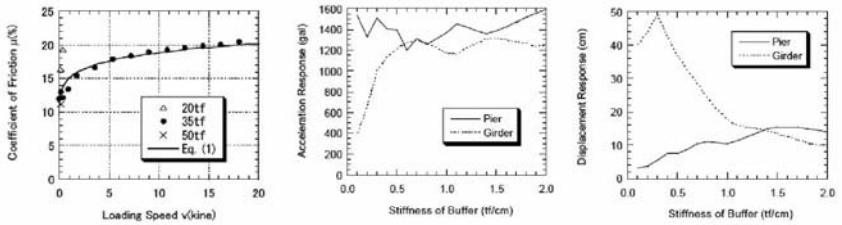
NO	論文タイトル	発表機関	発表年次	著者	分類
95	すべり免震支承システムの設計手引き（案）	－	2003 5	阪神高速道路公団	A
96	機能分離型構造による支承構造の合理化事例	橋梁と基礎	2003 7	森内、竹内	G
97	滑り型免震橋梁における支承部軸力変動に着目した振動台実験	土木学会第58回年次学術講演会	2003 9	柳川、家村、高橋	D
98	振動台実験による滑り免震支承の速度・面圧依存型数値モデルの検証	土木学会第58回年次学術講演会	2003 9	日比、高橋、家村	D
99	すべり系免震支承を用いた橋梁の地震応答に及ぼす摩擦履歴モデルの初期剛性の影響	土木学会第58回年次学術講演会	2003 9	矢田部、運上	C
100	初期剛性を有する球面すべり支承（その１　単体性能試験）	日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）	2003 9	荒水、池永、舟木、早川	I
101	初期剛性を有する球面すべり支承（その２　振動台実験）	日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）	2003 9	舟木、早川、荒水、池永	I
102	すべり系免震支承の摩擦履歴モデルの初期剛性と減衰タイプの違いが地震応答に与える影響	土木学会地震工学論文集	2003 12	矢田部、運上	C
103	支承部における摩擦特性のモデル化とその評価式に関する検討	土木学会地震工学論文集	2003 12	姫野、運上	C
104	すべり免震支承システムのパラメータが橋梁応答に及ぼす影響	土木学会地震工学論文集	2003 12	藤田、森、金治、伊津野	A
105	支持部軸力変動に着目した滑り免震橋梁振動台実験	土木学会地震工学論文集	2003 12	家村、高橋、柳川、日比	D
106	免震ゴム支承の鉛直剛性が橋梁の地震応答に及ぼす影響	土木学会地震工学論文集	2003 12	川原林、伊津野	A
107	すべり系免震構造物の動的解析における減衰モデルに関する一考察	第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	2004 1	矢田部、運上	C
108	滑り免震支承システムのモデル化および地震動入力条件の違いが橋梁応答に及ぼす影響	第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	2004 1	藤田、森、金治、伊津野	A
109	滑り摩擦型免震支承の上揚力に対する性能照査実験	第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	2004 1	伊津野、川原林、長沼	A
110	履歴減衰を導入した構造減衰に関する一考察	第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集	2004 1	横川、竹ノ内、宇野	G
111	すべり型免震支承の摩擦特性実験	第31回関東支部技術研究会（土木学会）	2004 3	正岡、押田、祐保、糸井	G
112	動的すべり特性に関する研究	－	2004 3	日本鋳造（株）	G
113	たわみ振動による軸力変動を考慮した機能分離型免震橋梁の振動台実験		2004 4	京都大学工学研究科土木システム工学専攻構造ダイナミクス分野、HSB研究会	D
114	すべり系免震構造物の動的解析における減衰モデルと摩擦力の取り扱い	土木学会第58回年次学術講演会（投稿中）	2004 9予定	矢田部、運上	C
115	T型橋脚のロッキング振動に関する考察			田中、大内	G
116	免震橋用の摩擦型すべり支承の開発	第21回地震工学研究発表会		尾崎、塚本、松本	H
117	機能分離型免震支承による高架橋の耐震補強			伊津野	A

５．２　文献要旨

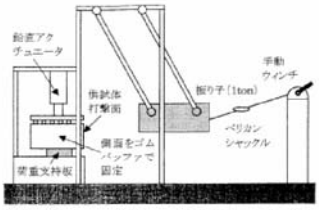
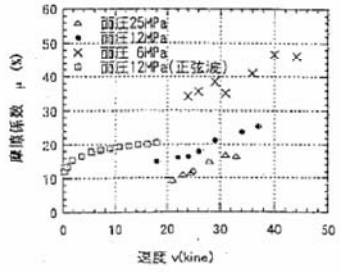
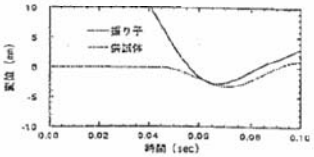
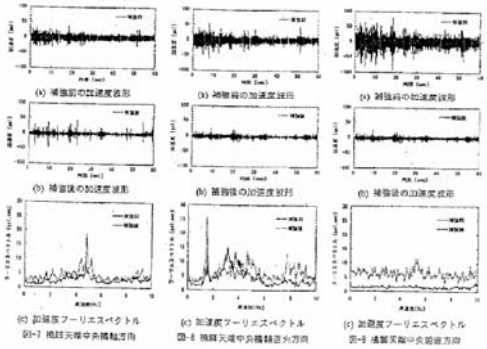
5.1 に基づき分類した文献について、要約作成した資料を以下に示す。

【分類 A：伊津野～阪高 G】

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.25
分類	＊分類A
文献名	橋梁の機能分離型免震すべり支承に関する実験的研究
文献著者	伊津野　和行・袴田　文雄・佐藤　大輔・中村　一平
発表機関	第10回日本地震工学シンポジウム
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	■各部材（荷重支持板・バッファ）の特性を実験により検討 ■装置全体の面圧依存性と載荷速度依存性を実験により検討 ■バッファ剛性をパラメータとした数値解析により、適切なバッファ剛性を設定するための設計手法を提案
○研究手法	■各部材（荷重支持板・バッファ）の特性 ・荷重支持板 → 圧縮試験・疲労試験 ・バッファ → 圧縮試験・引張試験・圧縮せん断試験・無負荷せん断試験 引張せん断試験・せん断破壊試験 ■装置全体の面圧依存性と載荷速度依存性→正弦波加振実験  Fig. 5 Shear tests with and without axial force.  Fig. 8 Setup for dynamic loading tests using sinusoidal waves.
○研究結果	■荷重支持板はゴム厚19mmに対し3mm程度圧縮された点からハードニングが生じる。 ■荷重支持板の圧縮疲労試験（200万回）・せん断疲労試験（2万回）では良好な結果を得る。 ■バッファの引張剛性は圧縮剛性の半分程度である。 ■バッファのせん断変形特性には軸力の影響は小さい。 ■バッファのゴム厚78mmの230%以上のせん断変形を与えるとハードニングが発生する。 ■バッファのゴム厚78mmの330%のせん断変形でゴムが破断した。 ■0.1kine以下の遅い載荷速度の加振では10%程度の動摩擦係数となり、数kine～20kineの加振では15～20%程度の動摩擦係数となる。 ■バッファ剛性を低くすれば桁の加速度応答を抑える免震効果が得られ、バッファ剛性を高くすると桁の変位応答を抑えられる。 
○結論	■バッファのせん断変形特性には軸力の影響は小さい。 ■橋梁応答の、バッファ剛性に対するスペクトルを用いて、本装置の設計を行う手法を提案（右表） ①桁重量の設定 ②支持板個数決定 ③橋脚の降伏震度仮定 ④橋脚断面の設計 ⑤バッファ剛性に対するスペクトル計算 ・橋脚じん性率 ・橋脚基部曲げモーメント ・桁加速度 ・桁変位、など ⑥適切なバッファ剛性の決定 ⑦不適切なら③に戻る
○留意事項	■20kine以上の速度に対する速度依存性の検討
関連文献(類似)	6.すべり方式免震システムを有する橋梁の動特性に関する実験的研究 8.すべり方式免震システムを有する橋梁の地震時挙動特性

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.37
分類	＊分類A
文献名	機能分離型免震支承システムのすべり摩擦特性に関する研究
文献著者	伊津野　和行・袴田　文雄・志村　敦
発表機関	第25回地震工学研究発表会講演論文集
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	■高速載荷時における摩擦係数の載荷速度依存性および面圧依存性の検討 ■機能分離型支承の試験施工を行った実橋において交通振動を観測し、 その平常時における振動特性を検討
○研究手法	■振り子を供試体に衝突させることによって高速載荷を実現し、 摩擦係数の載荷速度依存性を確認する。 表-1 実験ケース 面圧 (MPa) 6, 12, 25 振り子高さ (cm) 2.5 3.0 3.5 4.0 5.0 6.0 7.0 衝突速度 (kine) 70 80 90 95 105 115 125  ■耐震補強の一環として従来の線支承を機能分離型支承に交換した道路高架橋 において交通振動計測を行い、耐震補強前後の振動特性を比較検討する。
○研究結果	■衝突載荷実験では、面圧12MPaのケースで動摩擦係数は15～25%となる。 ■40～50kineまで速度が上がっても、摩擦係数が小さくなることはないといえる。 ■面圧が半分になれば、摩擦係数は約2倍となる。  面圧：12MPa　落下高さ：2.5cm　衝突速度：70kine 供試体速度：18kine  図-3 衝突変位波形の例 ■耐震補強後の加速度振動レベルは 補強前の約半分に小さくなった。 ■支承交換に伴う低周期振動の 増幅は見られなかった。  (a) 補強前の加速度波形　(b) 補強後の加速度波形　(c) 補強前の加速度波形 (d) 補強後の加速度波形　(e) 補強後の加速度波形 (f) 加速度フーリエスペクトル　(g) 加速度フーリエスペクトル　(h) 加速度フーリエスペクトル 図-7 橋軸天端中央橋軸直方向　図-8 橋軸天端中央橋軸直方向　図-9 橋軸天端中央鉛直方向
○結論	■面圧12MPaの場合、載荷速度20～40kineの加振では動摩擦係数は15～25%である。 ■面圧が半分になれば摩擦係数は約2倍になる。 ■従来の線支承を機能分離型支承に交換した実橋の振動計測では、 支承交換に伴う低周期振動の増幅は見られない。
○留意事項	
関連文献(類似)	6.すべり方式免震システムを有する橋梁の動特性に関する実験的研究 8.すべり方式免震システムを有する橋梁の地震時挙動特性 25.橋梁の機能分離型免震すべり支承に関する実験的研究 39.機能分離型支承システムの衝突載荷実験

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.50
分類	＊分類A
文献名	都市内高架橋における既設鋼桁橋への機能分離型支承の適用
文献著者	江藤慶三，浜田信彦，伊津野和行，松本巧，西田晃久
発表機関	鋼構造年次論文報告集　No.7　1999年11月
文献キーワード	機能分離型支承，非線形動的解析，摩擦減衰
文献要旨	
○研究目的	■阪神高速道路東大阪線において機能分離型支承への取替えを行った ■実橋梁における機能分離型支承の設計 ■標準ゴム支承とのコスト比較
○研究手法	■静的設計によりゴムバッファの形状を決定し、橋梁全体系の非線形動的解析によって橋梁の耐震性を確認する
○研究結果	■東P217-P222区間　固定可動設計　，東P243-P247区間　分散設計 ■静的設計には可動支承の摩擦減衰効果は見込まない ■分散設計区間は桁の連続化を行い、既存の橋脚への水平力を単純桁と同程度になるように設計した

表-1 機能分離型支承の設計条件と照査結果

		P217～P222		P243～P247	
		固定	可動	分散	可動
鉛直反力 (kN)	死荷重反力	342.4	342.4	542.5	508.2
	活荷重反力	362.0	362.0	467.0	403.2
荷重支持板形状 (mm)		260φ	260φ	280φ	280φ
荷重支持板支圧応力度 (N/mm²) (許容応力度)		23.5 (25.0)	23.5 (25.0)	24.3 (25.0)	21.9 (25.0)
ゴムバッファーの形状　a*b*T　(mm)		-	300*150*28	400*200*99	300*100*128
ゴムバッファーのせん断弾性係数 (N/mm²)		-	1.0	1.0	0.8
ゴムバッファーのせん断ひずみ (%)	常時 (許容値)	-	61 (70)	40 (70)	43 (70)
	震度法 (許容値)	-	99 (150)	61 (150)	9 (150)
	保有水平耐力法 (許容値)	-	230 (250)	243 (250)	93 (250)
ゴムバッファーの保耐時支圧応力度 (N/mm²) (許容応力度)		-	6 (12)	5 (12)	*1

*1：ゴムバッファとサイドストッパーの両方で抵抗する

■非線形動的解析結果
固定可動区間は摩擦減衰を見込まない　分散設計区間は摩擦減衰を考慮した解析

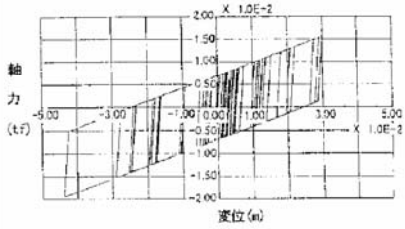


図-9 支承の履歴曲線 (P245) (Ⅱ-Ⅱ-1)

表-8 工費比較表

		機能分離型支承	標準ゴム支承
75tf固定	製品単価	0.570	1.000
	取替費用	1.139	1.000
	合　計	0.891	1.000
75tf可動	製品単価	1.407	1.000
	取替費用	1.139	1.000
	合　計	1.253	1.000
100tf免震	製品単価	1.092	1.000
	取替費用	1.157	1.000
	合　計	1.119	1.000

振動問題に対して橋脚の補強の効果も合わせて支承取替え後で
加速度振動レベルが約半分となった　また低周期振動の増加も見られない

○結論	■動的解析を行い、橋梁の耐震性と機能分離型支承の免震効果を確認した ■標準ゴム支承と比較して10%前後のコスト上昇となった ■機能分離支承の最適設計を行うためにはより簡易な照査方法を検討することが望ましい
○留意事項	■構造の単純化，装置の経年変化についても調査
関連文献(類似	No.37伊津野、袴田、志村：機能分離型免震支承システムのすべり摩擦特性に関する研究 第25回地震工学研究発表会講演論文集，1999.7

【すべり系支承文献】

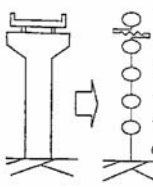
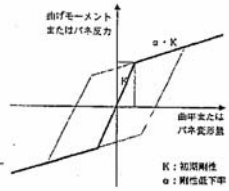
文献リストNO.	No.72
分類	＊分類A
文献名	すべり摩擦型免震支承のモデル化における初期剛性と減衰の与え方に関する検討
文献著者	監崎　達也・伊津野和行
発表機関	第26回地震工学研究発表会講演論文集
文献キーワード	initial stiffness,sliding bearing,Rayleigh damping,numerical error,strain enargy dependent damping
文献要旨	
○研究目的	■大きな剛性変化による計算過程の桁落ち，無限大の初期剛性の定量化，過度に大きくなる減衰マトリクスの問題について，初期剛性および減衰マトリクスの計算方法をパラメトリックに変化して応答を比較。 ■適切な初期剛性と減衰の与え方について提案。
○研究手法	■直接積分法による時刻歴地震応答解析  図-1　橋脚のモデル化  図-2　バイリニアモデル 表-2　1次モードの固有周期及び有効質量比 表-1　モデルの諸元 表-3　レーリー減衰の係数

表-2

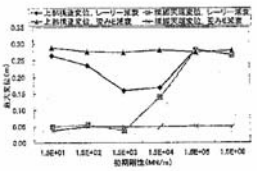
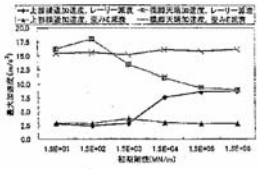
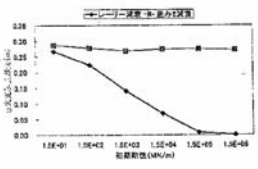
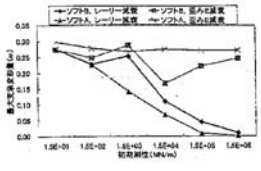
支承の初期剛性 (MN/m)	固有周期 (sec)	有効質量比 (%)
1.5×10	1.039	84
1.5×10^2	0.796	89
1.5×10^3	0.766	90
1.5×10^4	0.763	90
1.5×10^5	0.763	90
1.5×10^6	0.762	90

表-1

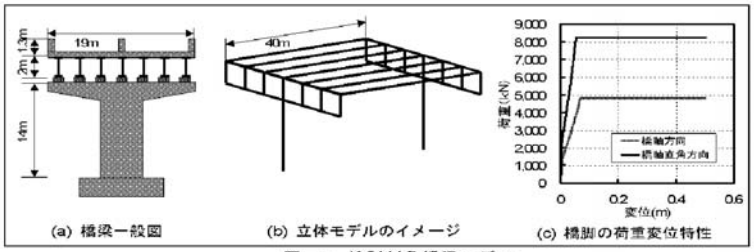
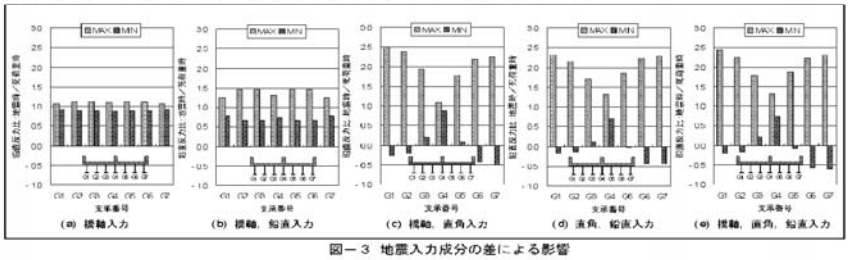
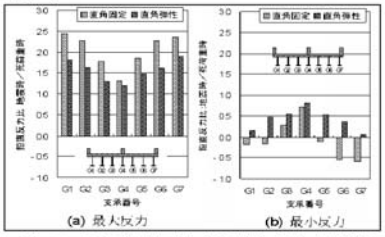
区間	EI ($GN\cdot m^2$)	L(m)	節点番号	質量 (t)
節点1-2	—	—	1	233.2
節点2-3	26.9	2.0	2	35.0
節点3-4	26.9	5.9	3	21.0
節点4-5	26.9	5.4	4	21.0
節点5-6	26.9	2.7	5	25.0

表-3

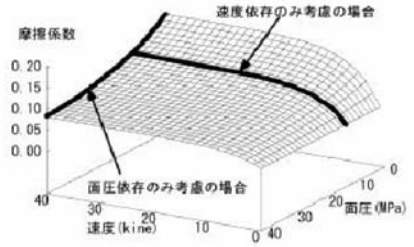
支承の初期剛性 (MN/m)	質量項の係数 α	剛性項の係数 β
1.5×10	0.10169	0.00053
1.5×10^2	0.27095	0.00021
1.5×10^3	0.31743	0.00016
1.5×10^4	0.03184	0.00023
1.5×10^5	0.31403	0.00023
1.5×10^6	0.31405	0.00023

○研究結果	■エネルギー型比例減衰を用いた場合は，変位と初期剛性の相関は無いが、Rayleigh減衰を用いると初期剛性の変化に伴い変位も変動。 ■ソフトウェアの差は、俯瞰的にみれば同じ傾向。減衰の方法が応答変位差の大きな要因。 ■図-6より橋脚剛性の10～100倍までの範囲は、Rayleigh減衰も適用可。 ■有限の初期剛性は問題なし。  図-3　上部構造，橋脚天端の変位  図-4　上部構造，橋脚天端の加速度  図-5　支承最大変形量  図-6　両ソフト支承最大変形量比較
○結論	■初期剛性を大きくし、Rayleigh減衰により解析すると変位が0になる場合がある。 ■粘性減衰機構によって減衰力が生じないものは、Rayleigh減衰は使用せず、要素別減衰を用いることが必要である。 ■要素別減衰であれば、応答結果に初期剛性の大きさによる影響は小さい。 ■Rayleigh減衰を用いる場合、橋脚剛性の10～100倍程度の初期剛性が望ましい。
○留意事項	■要素別減衰を用いる場合、すべり支承の減衰定数は0とする必要がある。
関連文献(類似)	＊文献NOと文献名を記載

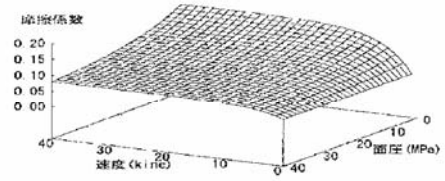
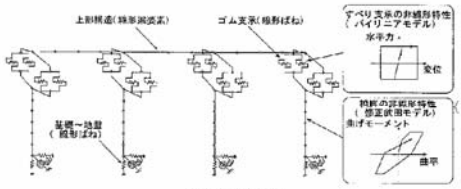
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.84
分類	＊分類A
文献名	機能分離支承を用いた橋梁における支承鉛直反力の変動に関する検討
文献著者	長澤　光弥・鈴木　威・足立　幸郎・西森　孝三
発表機関	土木学会第57回年次学術講演会（平成14年9月）
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	■耐震設計に摩擦減衰を適切に評価し、合理的な耐震設計法を確率する。 ■第一段階として、地震時における支承の鉛直反力について検討する。
○研究手法	■立体3次元モデルを用いた解析的な検討  (a) 橋梁一般図　(b) 立体モデルのイメージ　(c) 橋脚の荷重変位特性 図－１ 検討対象橋梁モデル
○研究結果	■入力成分による影響 橋軸方向のみで死荷重反力の±10%以下 橋軸方向＋鉛直方向では、死荷重反力の± 20%程度 橋軸方向＋鉛直方向＋橋軸直角方向では、外桁で負反力  図－３ 地震入力成分の差による影響 ■橋脚耐力が大きい程、鉛直反力の変動も大きい。 ■支承の直角方向を弾性固定とすると 鉛直力の変動は大幅に小さくなる。  図－５ 支承の橋軸直角方向を弾性固定とする影響
○結論	■橋梁の耳桁に瞬間的に負反力が生じるほどの軸力の変動がある。 ■設計では摩擦力を慎重に検討する必要がある。 ■鉛直変動の因子として、橋脚の梁剛性や端横桁剛性、地震波形等が考えられ 今後検討を行う。
○留意事項	
関連文献(類似)	＊文献NOと文献名を記載 80.機能分離支承を用いた橋梁の支承鉛直反力の変動検討

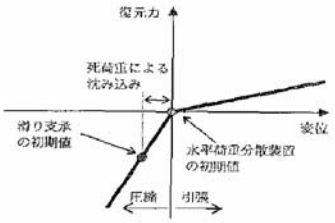
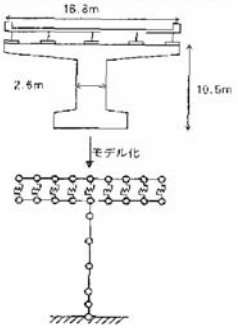
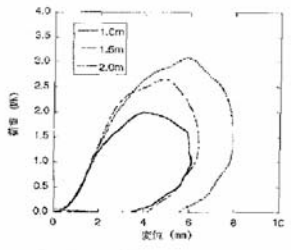
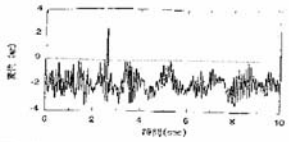
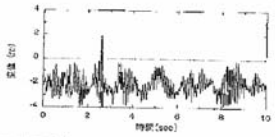
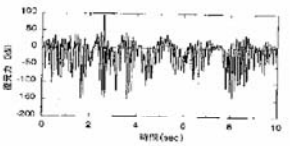
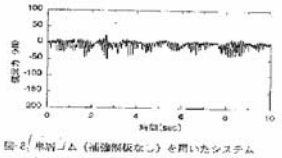
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.104
分類	＊分類A
文献名	すべり免震支承システムのパラメータが橋梁応答に及ぼす影響
文献著者	藤田　亮一・森　敦・金治　英貞・伊津野　和行
発表機関	土木学会　地震工学論文集(2003.12)
文献キーワード	すべり支承、摩擦係数、面圧依存性、速度依存性、すべり免震支承システム
文献要旨	
○研究目的	■摩擦係数と面圧～速度の連成依存性を考慮するとともに、水平荷重分散装置の剛性変化に着目したパラメータスタディ ■設計への適用性を考慮し、一般的なバイリニアモデルによるすべり免震システムのモデル化の可能性を検討
○研究手法	■直接積分法による時刻歴地震応答解析 表－1　解析条件 項目 / 設定した条件 / 備考 動的解析法 / 時刻歴応答解析 / 数値積分法 / ニューマークβ法 / 時間刻み / 0.001秒 / 解析継続時間 / 20秒 / モデル / 立体骨組みモデル / 質量 / 離散質量を各節点に付加 / フーチングの回転慣性考慮 橋脚 / 非線形梁要素 / 修正武田型 桁 / 線形梁要素 / 支承 / 非線形ばね要素 / 検討パラメータ 地盤・基礎 / 線形バネ要素 / 減衰マトリックス / 要素別Rayleigh減衰 / 支承部は非減衰 材料減衰定数 桁 / 0.02 / 材料減衰定数 支承 / 0.00 / 履歴減衰を別途考慮 材料減衰定数 橋脚 / 0.02 / 材料減衰定数 基礎 / 0.20 / 入力地震動 / 道路標示方書V標準波T2-II-1 / レベル2、タイプ2II種地盤  図－4　速度・面圧依存特性(高橋らによる実験式) μ =1.3787*(1−exp(−0.1967v))*(1−exp(−0.1017P))/P+0.0458 (μ :摩擦係数、v:すべり速度、P:面圧)
○研究結果	■各依存性の有無が橋梁全体系の最大応答値に及ぼす影響は小さい。 ■速度依存性は、低速度領域(0.5m/s程度以下)で摩擦係数の変動が大きく、高速度領域で変動が小さい。 ■水平荷重分散装置の剛性が増加するにつれて支承変位量が減少し、逆に橋脚の応答は増加する傾向が確認できた。 ■免震システムを集約してバイリニアモデルとした場合(簡易モデル)の方が、すべり支承と水平荷重分散装置を個別にモデル化した場合(詳細モデル)よりも支承と橋脚の応答値が大きくなった。 ■同一支承線上の支承をトータルで考えると詳細モデルと簡易モデルはほぼ同じ挙動をしていると考えられる。
○結論	■速度・面圧依存性を厳密にモデル化する必要性は低い。 ■レベル2地震動のような大きな入力に対して、速度依存性を考慮する必要性は特に低い。 ■水平荷重分散装置の剛性とすべり支承の摩擦係数の設定により、橋梁の最大応答値を一定の範囲内で制御可能である。 ■設計計算においては、一般的なバイリニアモデルで適切な精度の結果が得られる。
○留意事項	■各種の材料に対する高速度領域のすべり挙動の検証が必要。 ■入力地震動の周期・振幅特性等の影響やそれによる残留変位の発生特性の把握などに着目した検討が必要。
関連文献(類似)	＊文献NOと文献名を記載 55.機能分離型支承装置の動特性と設計手法に関する研究 33.摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討 37.機能分離型免震支承システムのすべり摩擦特性に関する研究 98.振動台実験による滑り免震支承の速度・面圧依存型数値モデルの検証

【すべり系支承文献】

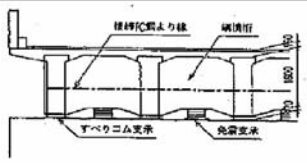
文献リストNO.	NO.108
分類	＊分類A
文献名	すべり免震支承システムのモデル化および地震動入力条件の違いが橋梁応答に及ぼす影響
文献著者	藤田　亮一・森　敦・金治　英貞・伊津野　和行
発表機関	第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	■地震動入力方向に着目した検討（橋軸直角方向の加震による桁のロッキング振動で支承鉛直力が変化することの、橋軸方向挙動への影響を評価することを目的とする。） ■詳細モデル（すべり支承の摩擦係数が有する面圧・速度依存性を実験結果等に忠実なモデルとして動的解析に取り込んだモデル）に対し、設計への適用性を考慮し、簡易モデル（一般的なバイリニアモデルによるモデル化）の可能性を検討
○研究手法	■直接積分法による時刻歴地震応答解析 ※解析モデルは文献NO.104と同じ 表－1　解析条件 項目 / 設定した条件 / 備考 動的解析法 / 時刻歴応答解析 数値積分法 / ニューマークβ法 時間刻み / 0.001秒 モデル / 立体骨組みモデル 質量 / 離散質量を各節点に付加 / ソーチングの回転慣性等倍 橋脚 / 非線形梁要素 / 修正武田型 桁 / 線形梁要素 支承 / 非線形ばね要素 / 設計パラメータ 地盤・基礎 / 線形バネ要素 減衰マトリックス / 要素別Rayleigh減衰 / 支承部は非減衰 材料減衰定数：桁 0.02；支承 0.00；橋脚 0.02；基礎 0.20 / 履歴減衰を別途考慮 入力地震動：道示V種平坦I1-II / レベル1 道示V種平坦T1-II-1 / レベル2、タイプ1 道示V種平坦T2-II-1 / レベル2、タイプ2 K-net 直別EW成分 / 十勝沖地震 JMA 浦幌EW成分 / 宮城県北部地震  μ =1.3787*(1−exp(−0.1967v))*(1−exp(−0.1017P))/P+0.0458 （μ ：摩擦係数、v：すべり速度、P：面圧）  図－2　解析モデル概要
○研究結果	■桁のロッキング振動が橋軸方向の挙動に及ぼす影響は小さいことが確認され、方向別の入力とすることの妥当性が検証された。ただし、1方向入力のほうが2方向入力よりも応答値が大きくなる傾向がある。 ■比較的応答値の大きい道示レベル2とK-net直別の地震動を入力した場合、免震システムを集約してバイリニアモデルとした場合（簡易モデル）の方が、すべり支承と水平荷重分散装置を個別にモデル化した場合（詳細モデル）よりも支承と橋脚の応答値が大きくなった。 ■同一支承線上の支承をトータルで考えると詳細モデルと簡易モデルはほぼ同じ挙動をしていると考えられる。
○結論	■桁のロッキング振動が橋軸方向の挙動に及ぼす影響は小さいことが確認され、方向別の入力とすることの妥当性が検証された。 ■簡便なバイリニアモデルはすべり免震支承システム全体の平均的な挙動をおおむね表現できていると考えられ、設計への適用性は高いものと判断できた。
○留意事項	■2方向から異なる加速度波を入力した場合は挙動が複雑化する可能性がある。 ■各種の材料に対する高速度領域のすべり挙動の検証が必要。 ■様々な構造形式への適用性についての検討が必要。
関連文献(類似)	55.機能分離型支承装置の動特性と設計手法に関する研究 33.摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討 37.機能分離型免震支承システムのすべり摩擦特性に関する研究 98.振動台実験による滑り免震支承の速度・面圧依存型数値モデルの検証 104.すべり免震支承システムのパラメータが橋梁応答に及ぼす影響

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.109
分類	＊分類A
文献名	滑り摩擦型支承の上陽力に対する性能照査実験
文献著者	伊津野　和行・川原林　浩・長沼　敏彦
発表機関	第7回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	■滑り摩擦型支承装置の上陽力に耐震性能を総合的に評価する。 ■研究計画の全般 ■実験・解析結果
○研究手法	■水平荷重分散装置の上陽力に対する性能評価 基本特性試験（175%相当の水平剛性）・静的引張載荷試験・引張破断試験 ■滑り摩擦支承の衝撃力に対する性能評価 基本特性試験（正弦波加振）・衝撃載荷試験 ■数値解析による地震応答評価  図-4　支承部のモデル  図-3　解析対象モデル
○研究結果	■滑り摩擦支承の衝撃力に対する性能評価 落下距離1.0m　7.1kJ 落下距離1.5m 10.0kJ 落下距離2.0m 15.3kJ ■荷重分散装置の違い（解析結果） 1～2回桁が数mm浮き上がる。 浮上り量は単層ゴムの方が小さい。 引張力は設計値0.3Rd以下である。  図-2　断面載荷試験による荷重－変位曲線  図-5　積層ゴムを用いたシステムにおける滑り支承の鉛直変位応答  図-7　単層ゴム（補強鋼板なし）を用いたシステムにおける滑り支承の鉛直変位応答  図-6　積層ゴムを用いたシステムにおける水平荷重分散装置の鉛直復元力応答  図-8　単層ゴム（補強鋼板なし）を用いたシステムにおける水平荷重分散装置の鉛直復元力応答
○結論	■単層ゴムを用いたシステムの方が、通常の積層ゴム支承よりも応答が小さい。 ■一律に引張耐力を規定するよりも、動的応答を基本とする方が合理的な設計になる可能性がある。
○留意事項	
関連文献(類似)	

【分類 B：阪高～総合技術 G】

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.18
分類	＊分類B
文献名	既設PC桁に適用する免震構造の研究
文献著者	宇野裕恵・金治英貞・鈴木明雄
発表機関	土木学会第51回年次学術講演会（平成8年9月）
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	兵庫県南部地震で被災したパット支承を使用しているPC桁橋の耐震補強に際して、機能を分離させた支承を採用した。その時の免震化手法の報告、無軸力状態での免震支承性能の実験とすべりゴム支承性能実験。
○研究手法	■既設橋の免震化手法 ■免震支承の性能確認試験 鉛直無載荷状態の水平載荷試験 サイドブロック破損後を想定した 斜め方法の水平載荷試験 ■すべりゴム支承の水平加振実験 ■鉛直支持（免震支承）＋地震時慣性力（免震支承） ■鉛直支持（鉛直すべりゴム支承）＋地震時慣性力（免震支承）  図－1　支承の取り付け状況
○研究結果	■免震支持構造の検討 表－1　免震構造（荷重支持方法）の比較検討 本橋の端横桁は被災しており再構築する計画である。ここに、

案	地震時慣性力 支承種類	地震時慣性力 取付位置	鉛直力 支承種類	鉛直力 取付位置	問題点
①	免震支承	既設支承位置	免震支承	既設支承位置	線断変更、支承固定困難
②		張出前面ブラケット		張出前面ブラケット	ブラケットの信頼性、活荷重たわみによる桁端上昇
③			鉛直すべりゴム支承	既設支承位置	活荷重たわみによる桁端上昇
④		端横桁断面			活荷重たわみによる桁端上昇、支承固定困難
⑤		端横桁下面			端横桁改造

被災した端横桁を再構築するため⑤を採用した。ただし、鉛直すべりゴム支承の摩擦は考慮しないとして設計

■免震支承の性能確認

①加振方向の差による水平バネ、減衰の差はほとんどない。

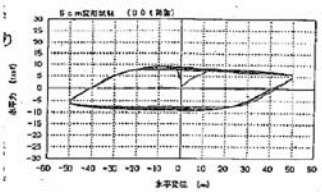
②免震支承の特性値のバラツキはほとんどない。

③水平バネ定数、減衰は圧縮力に依存性がある。

④減衰は無負載荷状態でも設計値を有していると推定される。

■鉛直支承（すべりゴム支承）

摩擦係数は、道示に示される0.1とほぼ一致する。

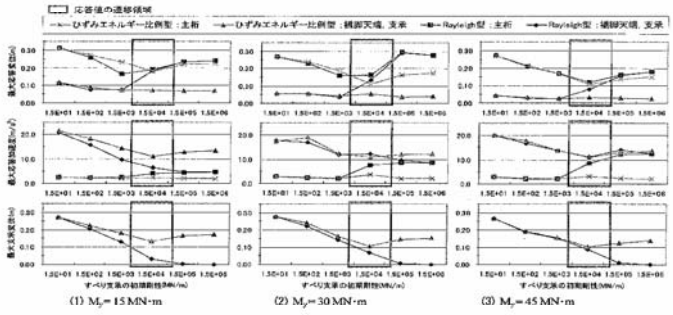


図－8　すべりゴム支承の履歴

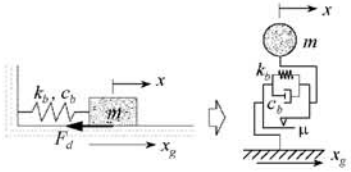
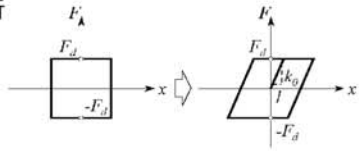
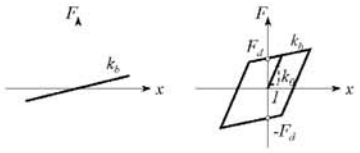
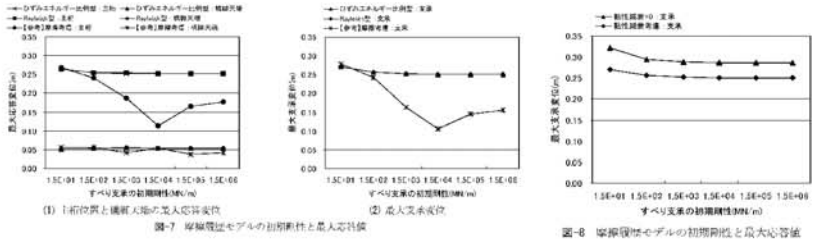
○結論	■免震化手法の提示を行った。 ■支承の性能実験から免震効果を発揮することが確認できた。
○留意事項	
関連文献(類似)	

【分類C：土研G】

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.102
分類	＊分類C
文献名	すべり系免震支承の摩擦履歴モデルの初期剛性と減衰タイプの違いが地震応答に与える
文献著者	矢田部　浩、運上　茂樹
発表機関	土木学会　地震工学論文集(2003.12)
文献キーワード	sliding bearing,friction isolator,dynamic response analysis,initial stiffness,damping model
文献要旨	
○研究目的	■すべり系免震支承の摩擦履歴モデルにおいて、初期剛性と初期剛性を基に計算する減衰マトリクスをパラメーターとして地震応答解析を行い、その影響検討を行うこと。
○研究手法	■直接積分法による時刻歴地震応答解析 表-1 解析条件 構造要素：支承：非線形せん断バネ要素（バイリニア型） 橋脚（鋼製）：非線形はり要素（バイリニア型），橋脚下端固定 解析手法：時刻歴解析，直接積分法 数値積分法：Newmark-β法（δ＝0.5，β=0.25） 減衰モデル（2種類）：ひずみエネルギー比例型減衰／Rayleigh型減衰 入力地震動：道路橋示方書 標準加速度波形 タイプII-I種地盤用波形 No.1
○研究結果	■減衰モデルの相違が地震応答に及ぼす影響は、支承部のバイリニアモデルにおける初期剛性に依存する。(橋脚剛性の影響が大きくないことも確認済み)  (1) M_y= 15 MN·m　(2) M_y= 30 MN·m　(3) M_y= 45 MN·m 図-6 すべり支承の初期剛性と最大応答値（上段から変位，加速度，支承変位） ■Rayleigh型減衰の基準モードを1次モードと支承変形の卓越モードとした解析手法とすると、遷移領域の応答特性が改善されることを確認した。
○結論	■減衰モデルの相違による応答値の変化は、支承部のバイリニアモデルの初期剛性に大きく依存する。 ■初期剛性の違いによる遷移領域の応答特性が改善できるRayleigh型減衰の基準モードを1次モードと支承変形の卓越モードとした解析手法を提案した。
○留意事項	■Rayleigh型減衰の基準モードを提案したモードとした場合、適切な初期剛性の範囲については更に検討が必要。
関連文献(類似)	＊文献NOと文献名を記載 72.すべり摩擦型免震支承のモデル化における初期剛性と減衰の与え方に関する検討 99.すべり系免震支承を用いた橋梁の地震応答に及ぼす摩擦履歴モデルの初期剛性の影響

【すべり系支承文献】

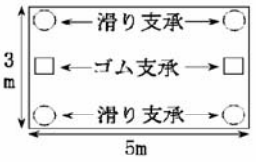
文献リストNO.	No.107
分類	＊分類C
文献名	すべり系免震構造物の動的解析における減衰モデルに関する一考察
文献著者	矢田部　浩・運上　茂樹
発表機関	第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	■動的解析に用いる減衰モデルと摩擦減衰力の取り扱い ■摩擦力のモデル化における初期剛性の設定
○研究手法	■直接積分法による時刻歴地震応答解析  図-1　固体摩擦力が作用する1質点系モデル  (1) 力学モデル　(2) 解析モデル 図-2　摩擦力のモデル化 表-1 解析条件 (※多質点系単柱式橋脚モデル)  (1) 固有値解析モデル　(2) 応答解析モデル 図-3　支承部の復元力モデル
○研究結果	■減衰マトリクスの設定に摩擦減衰力を考慮した場合の応答値は，減衰モデルの違いに影響せずに安定した解が得られる。 ■数値解析上剛とみなせる適切な初期剛性は，1.5×10^{3}MN/mである。これは，橋脚バネの100倍，バッファー剛性の1000倍となる。  (1) 1相位置と橋軸方向の最大応答変位　(2) 最大支承変位 図-7　摩擦履歴モデルの初期剛性と最大応答値 図-8　摩擦履歴モデルの初期剛性と最大応答値
○結論	■固体摩擦力が作用する減衰系強制振動の基本式から固有値解析，および全体減衰マトリクスを設定することにより，摩擦履歴モデルの初期剛性に大きく左右されない，バッファーの粘性減衰と免震支承全体の履歴減衰による安定した解が得られる。 ■数値解析上剛とみなせる適切な初期剛性は，1.5×10^{3}MN/mである。これは，橋脚バネの100倍，バッファー剛性の1000倍となる。
○留意事項	
関連文献(類似)	＊文献NOと文献名を記載 72.すべり摩擦型免震支承のモデル化における初期剛性と減衰の与え方に関する検討 102.すべり系免震支承の摩擦履歴モデルの初期剛性と減衰タイプの違いが地震応答に与える影響

【分類 D：京大 G】

【すべり系支承文献】

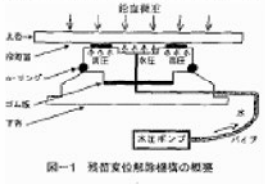
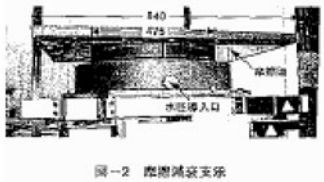
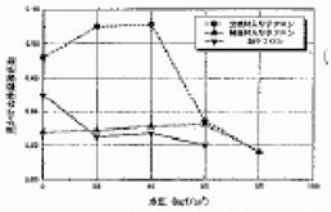
文献リストNO.	No.98
分類	＊分類D
文献名	振動台実験によるすべり免震支承の速度・面圧依存型数値モデルの検証
文献著者	日比雅一・高橋良和・家村浩和
発表機関	土木学会第58回年次学術講演会（平成15年9月）
文献キーワード	滑り型免震支承，速度依存性，面圧依存性，モデル式
文献要旨	
○研究目的	■振動台実験結果に基づき，滑り支承の摩擦係数数値モデル式の履歴曲線再現性を検証。数値モデル式では，速度と面圧による依存性を同時に考慮。
○研究手法	■数値モデルは，Bowden-Taborの凝着説と既往の速度依存性に関する研究結果より，下式を定義。摩擦面のせん断強さは，速度増加につれて一定値に漸近。 $F(P,V) = -\mathrm{sign}(V) \cdot A [s'(1-e^{-nV})(1-e^{-kP}) + \alpha P]$ (3) $\mu(P,V) = -\mathrm{sign}(V) \left[s'(1-e^{-nV}) \frac{1-e^{-kP}}{P} + \alpha \right]$ (4) ここで，F、V、A、μ、$\mathrm{sign}(V)$はそれぞれ摩擦力、滑り速度、見かけの接触面積、摩擦係数及び滑り速度Vに関するシグナム関数を意味し、s'、n、k、αは材料パラメータである。 ■振動台実験 ： 振動テーブル幅3.0m×長さ5.0m。 ・総重量10tfの固体を4箇のすべり支承で鉛直支持。 ・2個のゴム支承とすべり摩擦でせん断抵抗。 ・入力波 正弦波10秒，2.5Hz，300gal ・すべり支承（上面：SUS板，滑り材：充填材入りPTFE）
○研究結果	■振動台実験の「滑り速度-摩擦係数」，「面圧-摩擦係数」結果より，数値モデルのパラメータフィッティングを実施。 上記（3），（4）式における材料パラメータは以下の値を得る。 s'=1.3787，k＝0.1017，α＝0.0458，n＝0.1967 図6 履歴曲線の比較（左：実験値、右：モデル値）
○結論	■提案モデル式は，実験結果の履歴曲線を再現。エネルギー吸収量の誤差10%以内。 ■実験における変位の小さい領域での摩擦係数のバラツキは再現できない。 ■上記のバラツキを考慮するためには，繰り返し回数などの別要素の取入れが必要。
○留意事項	
関連文献(類似	No.81 機能分離型免震装置の軸力変動を考慮したサブストラクチャーハイブリッド地震応答実験 No.82 滑り型免震支承の荷重・速度依存性数値モデルに関する検討 No.83 弾性滑り支承の摩擦係数の速度依存性に関する研究 No.85 滑り支承の速度・面圧依存性のモデル化と免震効果に関する研究 No.89 公開実験資料 機能分離支承システムを有する免震橋梁の振動台実験 No.97 滑り型免震橋梁における支承部軸力変動に着目した振動台実験 No.105 支持部軸力変動に着目した滑り免震橋梁振動台実験

【すべり系支承文献】

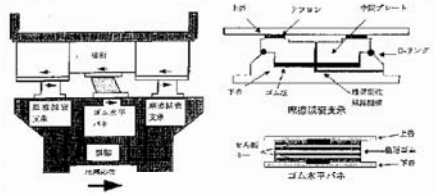
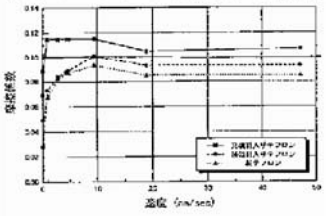
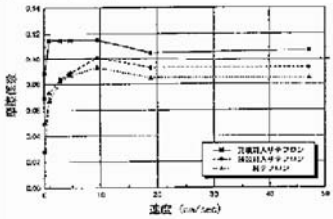
文献リストNO.	No.105
分類	＊分類D
文献名	支持部軸力変動に着目した滑り免震橋梁振動台実験
文献著者	家村浩和・高橋良和・柳川智史・日比雅一
発表機関	土木学会地震工学論文集（平成15年12月）
文献キーワード	滑り型免震橋，振動台実験，支持部軸力変動
文献要旨	
○研究目的	■振動台実験に基つく，地震動により支承部に軸力変動が生じた場合の応答性状の検討。支承の軸力が変動する要因として、a)上下動に起因する橋桁の慣性力、b)水平動に起因する橋軸直角方向の橋桁のロッキング振動、c)上下動に起因する橋桁のたわみ振動を想定。
○研究手法	■振動台実験　：　振動テーブル幅3.0m×長さ5.0m。 ・8径間連続非合成鋼I桁橋、3径間連続非合成鋼箱桁橋を想定 ・総重量10tfの固体を4箇のすべり支承で鉛直支持。 ・2個のゴム支承とすべり摩擦でせん断抵抗。 ・橋梁全体系の応答解析で求めた支承部の加速度応答を， ・すべり支承（上面：SUS板，滑り材：充填材入りPTFE）  ■地震応答解析による検討 ・実験で実施できなかった大きな上下動の影響を検討するために地震応答解析を実施 ・解析に用いる摩擦係数は速度および面圧の依存性を考慮
○研究結果	■振動台実験より、地震動によって発生する支承の軸力変動により、個々の支承は複雑な挙動を示すものの、橋梁床組み全体を考えると橋桁のロッキング振動による影響はキャンセルされ、水平応答に大きな影響を及ばさないことがわかった。 ■振動台実験より、上下動に伴う支承の軸力変動が橋梁の地震応答に及ぼす影響は大きくないことがわかった。また、実験で実施できなかった大きな上下動の影響を検討するために地震応答解析を実施し、上下動に伴う支承の軸力変動が橋梁の地震応答に及ぼす影響は大きくないことを確認した。
○結論	■桁橋のロッキング振動および上下動に伴う支承部の軸力変動が、橋梁全体の地震応答に及ぼす影響は大きくない。 ■ただし、支承の軸力が抜けないように注意する必要がある。
○留意事項	
関連文献(類似	No.82 滑り型免震支承の荷重・速度依存性数値モデルに関する検討 No.85 滑り支承の速度・面圧依存性のモデル化と免震効果に関する研究 No.89 公開実験資料　機能分離支承システムを有する免震橋梁の振動台実験 No.97 滑り型免震橋梁における支承部軸力変動に着目した振動台実験 No.98　振動台実験によるすべり免震支承の速度・面圧依存型数値モデルの検証 No.113 たわみ振動による軸力変動を考慮した機能分離型免震橋梁の振動台実験

【分類 E：川口金属 G】

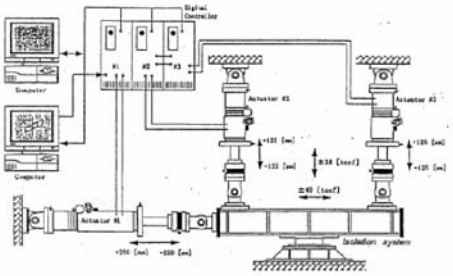
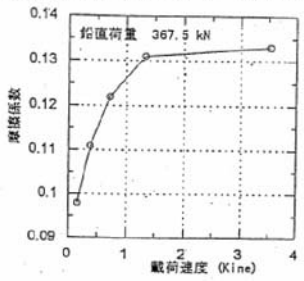
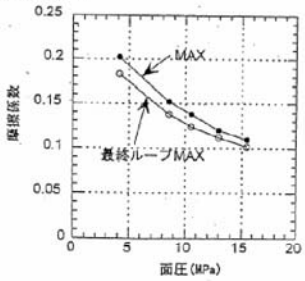
【すべり系支承文献】

文献リストNo	No.32
分類	＊分類E
文献名	摩擦減衰型免震装置の残留変位解除機構に関する実験的研究
文献著者	鵜野禎史，比志島康久，和田正明，河東鎬，玉木利裕，小川一志，西田徹
発表機関	土木学会第53回年次学術講演会（平成10年10月）
文献キーワード	残留変位解除，摩擦減衰，テフロン，耐久性，水平バネ特性
文献要旨	
○研究目的	■摩擦減衰型免震装置の残留変位解除機構，耐久性，ゴム水平バネ特性を実験により検証。
○研究手法	■実験は1/2あるいは1/4相似モデル。圧縮せん断試験機を使用。 ■残留変位解除機構は，ドーナツ型のテフロン板中央に水圧を導入し静摩擦力を低減。 ■残留変位解除特性試験では，振幅±20mm，振動数0.005Hz正弦波加振。 ■耐久性試験では，3種類のテフロン材質について，振幅±20mm，振動数0.5Hz，正弦波20,000回加振。  図−1 残留変位解除機構の概要  図−2 摩擦減衰支承
○研究結果	＜残留変位解除特性試験＞ ■80kgf/cm2の水圧で，摩擦係数を通常の0.03～0.07⇒0.02程度に低減。 ＜耐久性試験＞ ■純テフロン板は磨耗量大。充填材入り，補強材入りでは磨耗量0.1mm以下で損傷もなく十分な耐久性を確認。ゴム材は損傷なし。 ＜ゴムの水平バネ特性＞ ■ゴムの水平バネ特性は設計値程度であること を確認。試験前後での剛性変化なし。  図−5 導入水圧と見かけの静摩擦係数の関係
○結論	■水圧の導入で，摩擦力が低減され，残留変位解除に有効であることを確認。 ■すべり摩擦支承とゴム体の十分な耐久性を確認。
○留意事項	
関連文献(類似)	No.33 摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.33
分類	＊分類E
文献名	摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討
文献著者	玉木利裕，小川一志，河東鎬，西田徹，比志島康久，鵜野禎史，和田正明
発表機関	土木学会第53回年次学術講演会（平成10年10月）
文献キーワード	免震装置，摩擦減衰，テフロン，耐久性，水平バネ特性
文献要旨	
○研究目的	■摩擦減衰支承の減衰特性を大型試験体を用いた実験により検証。
○研究手法	■実験は建設省「道路橋の免震設計法マニュアル（案）」の試験方法に準拠。 ■鋼5径間連続箱桁橋の試設計例より1/2相似モデルを作成。 ■圧縮せん断試験機を用いた試験。 ■摩擦面はSUS304+テフロン（純テフロン，充填材入り，補強材入り）  表－1 試験条件 鉛直荷重 (kN) 745, 990, 1235, 1490, 1930 水平変位振幅 (mm) 14, 20, 150 載荷数 (Hz) 0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 繰返回数 10, 50, 20000 ここで，鉛直荷重 1490 kN は死荷重相当
○研究結果	■動摩擦係数は，0.1前後（材質により異なる）。 ■加震の回数とともに温度上昇により（？）動摩擦係数が若干減少。 ■速度依存性：滑り速度5cm/secまでは速度の増加に伴って動摩擦係数は増大。 5cm/sec以上では速度によらずほぼ一定。 ■面圧依存性：面圧の増加に伴って，摩擦係数が減少。 補強材入りテフロンでは面圧による変化が小さい。 ■同種のテフロンによる結果の個体差はほとんどなし。  図－4 すべり速度と摩擦係数の関係 （面圧 186 kgf/cm²）  図－4 すべり速度と摩擦係数の関係 （面圧 186 kgf/cm²）
○結論	■実験対象の摩擦特性は，温度変化など低速度変形に対しては摩擦力が小さい。 ■地震時のような大きな速度に対しては大きな摩擦力（動摩擦係数0.1程度）が作用。 ■面圧の増加に伴って，動摩擦係数は減少する傾向。
○留意事項	
関連文献(類似)	No.15 摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について No.22 免震支承に関する実験的研究（摩擦ダンパー支承の振動台実験） No.32 摩擦減衰型免震装置の残留変位解除機構に関する実験的研究

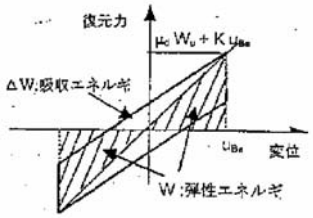
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.34
分類	＊分類E
文献名	摩擦減衰型免震装置ハイブリッド地震応答実験報告書
文献著者	川口金属工業
発表機関	—
文献キーワー	上下方向地震動
文献要旨	
○研究目的	■水平動と上下動を同時に受ける摩擦減衰型免震装置の挙動について， ハイブリッド地震応答試験により検証。
○研究手法	■試験体は1/4相似モデル ■摩擦特性と相対速度，面圧との関係を 正弦波加振，三角波加振により求める。 ■ハイブリッド地震応答試験では，上下 と水平動の大きさを変化させた組合せに より実験。 ■上部工のみを1自由度系でモデル化。 ■入力波は1995神戸海洋気象台記録。  図－1　ハイブリッド地震応答試験システム
○研究結果	■摩擦特性試験結果　：　動摩擦係数0.13程度。  図－6　すべり面の相対速度と摩擦係数  図－7　すべり面の面圧と摩擦係数 ■ハイブリッド地震応答試験結果　：上下動によって，最大応答値は10～20%変動。 （結果の部分のPDFページが欠番） ■数値シミュレーションbの結果とも一致。 上下動の影響によって応答加速度は20%程度増大。
○結論	■上下方向地震動によって，各最大応答値は10～20%程度変動。
○留意事項	
関連文献(類似	No.20 ハイブリッド実験による両面スライド型免震支承の地震応答特性に関する検討 No.36 上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答特性 No.38 上下動を受ける摩擦減衰型免震支承の地震応答特性 No.53 機能分離型免震装置の水平・上下動応答実験 No.81機能分離型免震装置の軸力変動を考慮したサブストラクチャーハイブリッド地震応答実験

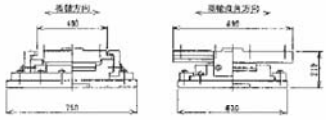
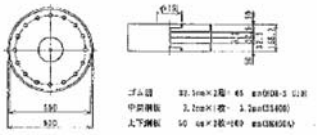
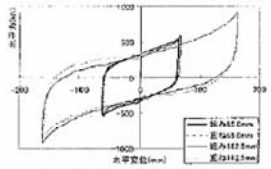
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.45
分類	＊分類E
文献名	摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する検討
文献著者	比志島康久，鵜野禎史，玉木利裕，小川一志，
発表機関	土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月）
文献キーワード	免震装置，摩擦減衰，テフロン，摩擦特性，温度特性
文献要旨	
○研究目的	■摩擦減衰型免震装置の温度変化，面圧，相対速度が摩擦特性に与える影響について 大型試験体を用いた実験結果により検証。
○研究手法	（■論文No.33と同一モデル，同一条件） ■鋼5径間連続箱桁橋の試設計例より1/2相似モデルを作成。 ■圧縮せん断試験機を用いた試験。 ■一定の鉛直荷重を作用させ，水平変位を正弦的に発生させる。 ■摩擦面はSUS304+テフロン（純テフロン，充填材入り，補強材入り） ■試験体の慣性力の影響が小さくなるように， 水平変位，水平加速度がゼロの時の動摩 擦係数で評価。 表－1 試験条件 鉛直荷重 (kN) 745, 930, 1235, 1490, 1930 水平変位振幅 (mm) 14, 20, 150 振動数 (Hz) 0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 繰返回数 10, 50, 20000 ここで，鉛直荷重 1490kN は実橋相当式
○研究結果	＜温度の影響＞ ■摩擦面近傍の温度は40～80° C程度上昇。 ■温度の上昇に応じて，動摩擦係数は直線的に低下（下記は充填材入りテフロンでの値）。 ● テフロンＡの温度と摩擦係数の関係 面圧 94 kgf/cm^2 時：μ = 0.145 - (3.9e-4) x T 面圧 188 kgf/cm^2 時：μ = 0.115 - (3.9e-4) x T 面圧 247 kgf/cm^2 時：μ = 0.101 - (3.9e-4) x T ここで，μ は摩擦係数，Tは摂氏温度（℃） ＜面圧の影響＞ ■動摩擦係数は面圧が大きくなるに従い，小さくなる。 ＜相対速度の影響＞ ■相対速度5cm/sec以上では，動摩擦係数はほぼ一定。 図－3 温度と動摩擦係数（最大速度47kine）
○結論	■温度の上昇に応じて，動摩擦係数は直線的に低下。 ■動摩擦係数は面圧が大きくなるに従い，小さくなる。 ■一定速度以上では，動摩擦係数は相対速度に依存しない。
○留意事項	
関連文献(類似)	No.15 摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について No.22 免震支承に関する実験的研究（摩擦ダンパー支承の振動台実験） No.33 摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討

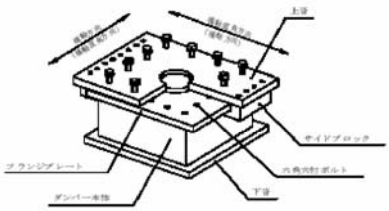
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.46
分類	＊分類E
文献名	摩擦減衰免震装置の簡易設計手法に関する一検討
文献著者	玉木利裕，小川一志，森本千秋，比志島康久，鵜野禎史，
発表機関	土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月）
文献キーワード	免震装置，摩擦，等価減衰，残留変位
文献要旨	
○研究目的	■上部工を1自由度系として扱う簡易設計により，摩擦減衰型免震装置の概略諸元を評価する手法について検討。
○研究手法	■設計法は，道示Ⅴ耐震設計編の免震設計の手順に準拠。 ①設計変位，等価剛性の想定，②固有周期，減衰定数算定，③設計水平震度算定 ④応答変位算定 ■等価剛性，等価減衰定数は以下のように評価。 等価剛性　$K_g=(\mu_d W_v+Ku_{Be})/u_{Be}$ 等価減衰　$h_g=\Delta W/2\pi W=2\mu_d W_v/\pi K_g u_{Be}+h$ ここに， μ_d：動摩擦係数，W_v：上部工重量，u_{Be}：有効水平変位， K：ゴム水平バネの剛性，h：ゴム水平バネの減衰定数  ■対象はⅢ主地盤の橋梁で，建設省「道路橋の免震設計法マニュアル（案）」の鋼5径間連続箱桁橋の試設計例が対象。 ■水圧により残留変位を解除する機構についても設計（文献No.32）。
○研究結果	■簡易設計結果（静的設計）は，動的応答解析結果とよく一致。 表－1　支承設計変位の比較　単位(mm) 固有周期 / 地震波タイプ / 簡易設計法 / 動的応答解析 T=1.5秒：タイプ1 200 / 213，タイプ2 261 / 252 T=2.0秒：タイプ1 355 / 357，タイプ2 335 / 364 T=2.5秒：タイプ1 509 / 473，タイプ2 399 / 485
○結論	■静的な簡易設計手法により，摩擦減衰型免震装置の概略設計が可能。
○留意事項	
関連文献(類似	No.15 摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について No.22 免震支承に関する実験的研究（摩擦ダンパー支承の振動台実験） No.32 摩擦減衰型免震装置の残留変位解除機構に関する実験的研究 No.33 摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.71
分類	＊分類E
文献名	鋼製支承と高減衰ゴムダンパーによる機能分離型支承の耐震性能実験
文献著者	鈴木森晶，青木徹彦，森下宣明，前野裕文，鵜野禎史，森重行雄
発表機関	第26回地震工学研究発表会講演論文集（2001年8月）
文献キーワード	sliding bearing ,damper, coefficient of friction
文献要旨 ○研究目的	■鉛直支承に鋼製（BP・B）支承，水平支承に超高減衰ゴムを用いた機能分離支承を対象。 ■静的および動的実験により，地震時の挙動を検証。
○研究手法	■1500kN実大モデルを使用。 ■鉛直沓・水平沓それぞれの単体実験と，鉛直2個・水平1個を組み合わせた実験を実施。 ■加振周波数および振幅を変化させた静的および動的載荷を考慮。 ■橋軸および直角の2方向について検討。 ■鉛直荷重は100kN以下で一定載荷。 ■実験ケースの内，組み合わせ実験のケースは下表。 表-3　組み合せ実験載荷ケース 変位(mm) / 周波数：65 (100%)／97.5 (150%)／162.5 (250%) 静的実験 0.003Hz：○／－／○ 動的実験 0.5Hz：○／－／○ 動的実験 1.0Hz：○／○／－ 動的実験 1.5Hz：○／－／－  図-1　鋼製支承の形状  図-2　ダンパーの形状
○研究結果	■静的載荷では，振幅（変位）が大きくなるにつれて，摩擦係数が大きくなる。 ex.)橋軸載荷の場合；　振幅32.5cmで摩擦係数0.07⇒振幅195cmで摩擦係数0.12 ■動的載荷では，振幅および加振速度（周波数）による顕著な依存性はなし。 ■ダンパーはせん断ひずみが大きくなるに従い，等価剛性および等価減衰定数ともに小さくなる。ただし，せん断ひずみ250%以上ではﾊｰﾄﾞﾆﾝｸﾞにより，等価剛性が大きくなる。 ■鉛直沓と水平沓を組み合わせた実験の結果は，それぞれを単体で実験し，結果を重ね合わせたものとよく一致する。  図-12　機能分離型支承と単体の重ね合わせた場合の履歴曲線の比較（加振周波数 0.5Hz）
○結論	■静的載荷の場合は，変位に関する摩擦係数の依存性を確認。 ■動的載荷では，振幅および加振速度（周波数）による顕著な依存性は認められない。 ■機能分離支承の特性は，それぞれの特性の重ね合わせにより評価できる。
○留意事項	
関連文献(類似	No.53 機能分離型免震装置の水平・上下動応答実験 No.55 機能分離型支承装置の動特性と設計手法に関する研究 No.86 機能分離型支承用ダンパーの特性試験 No.90 機能分離型支承（鉛直支承）の基本特性試験結果

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.86
分類	＊分類E
文献名	機能分離型支承用ダンパーの特性試験
文献著者	鵜野禎史，森重行雄，沖森克文，森下宣明，播金昭浩，吉光友雄
発表機関	土木学会第57回年次学術講演会（2002年9月）
文献キーワード	機能分離支承，鋼製支承，ダンパー，高減衰ゴム
文献要旨 ○研究目的	■水平支承に超高減衰ゴムを用いた機能分離支承を対象。 ①鉛直荷重の有無がダンパー（水平沓）の履歴特性，破断性能に与える影響を検証。 ②ダンパーの取り付け構造の機能性を検証。
○研究手法	■ダンパーは□650mm×10mm×11層のHDR-G12を対象。 ■実大モデルを使用した繰り返しせん断試験を実施。 ■ダンパー取り付けは，上沓とフランジプレートの間に隙間を設けた構造で，水平荷重はせん断キーにより伝達。ダンパーの回転変形はサイドブロックにて拘束。 ■面圧は無載荷と0.5N/mm^{2}の2ケース。繰り返し回数は下表。  図-2　ダンパーの概要 表-1　試験条件 条件 / せん断ひずみ / 繰返し回数 1 / 100，175，250 / 10 2 / 275，300，‥25%増分で破断まで / 5
○研究結果	■面圧0.5N/mm^{2}が等価剛性および等価減衰定数に及ぼす影響は±10%（許容値）内。 ■サイドブロックはダンパー破断までの回転変形を拘束できることを確認。 表-2　基本特性確認試験結果 面圧 [N/mm^2]（載荷荷重[kN]） / 等価剛性 [kN/mm] / 設計値 / 測定値 / 対設計値 / 変化率 0　(無載荷) / 4.517 / 4.382 / -3.0% / ---- 0.5 (211.3) /	4.127 / -8.6% / -5.8% 面圧 [N/mm^2]（載荷荷重[kN]） / 等価減衰定数 [%] / 設計値 / 測定値 / 対設計値 / 変化率 0　(無載荷) / 13.9 / 16.13 / +16.0% / ---- 0.5 (211.3) /	16.26 / +17.0% / +0.8%
○結論	■ダンパーの鉛直荷重の有無による，履歴特性，破断性能への影響は小さい。 ■提案の取り付け構造は，ダンパーに鉛直荷重を付加させず，ダンパーの破断ひずみまで対応できることを確認。
○留意事項	
関連文献(類似)	No.71 鋼製支承と高減衰ゴムダンパーによる機能分離型支承の耐震性能実験 No.79 鋼製支承とダンパーの組み合わせによる機能分離型支承の特性 No.90 機能分離型支承（鉛直支承）の基本特性試験結果

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.90
分類	＊分類E
文献名	機能分離型支承（鉛直支承）の基本特性試験結果
文献著者	川口金属工業
発表機関	― （川口金属工業資料，2002年11月）
文献キーワード	
文献要旨 ○研究目的	■機能分離支承の鉛直支承（すべり支承）の実大モデルを対象とした，繰り返しせん断試験による基本特性試験（対象工事：横大路第２工区鋼桁工事）。 ■摩擦係数の速度（周波数）依存性と面圧依存性について検証。
○研究手法	■すべり材：繊維補強型PTFE，　相手材：SUS316 ■供試体：①φ43×t4　②φ190×t4　の2種類 ■速度依存性試験の条件： 面圧20N/mm2，水平変位±100mm，加振回数10回（平均値で評価） 加振周波数 ：　0.01，0.1，0.5，1.0　Hz ■面圧依存性試験の条件 周波数0.5Hz，水平変位±100mm，加振回数10回（平均値で評価） 面圧：　2，10，20，30　N/mm2
○研究結果	■周波数依存性試験結果 （表・図は下記）
○結論	■試験での摩擦係数μは概ね0.1以上。 ■速度（周波数）依存性は，ある周波数にてピーク値を取る傾向。 ■面圧依存性については，面圧の増加に従い，摩擦係数μが小さくなる。
○留意事項	
関連文献(類似)	No.91 各種すべり材の摩擦特性に関する基礎的研究

供試体	加振周波数 [Hz]	吸収エネルギー E [kN・mm]	摩擦係数 μ [－]
①（φ43）	0.01	1545.5	0.130
	0.1	1489.0	0.151
	0.5	1502.1	0.156
	1.0	1032.0	0.120
②（φ190）	0.01	26304.5	0.116
	0.1	29311.0	0.130
	0.5	27280.6	0.121
	1.0	24465.0	0.109

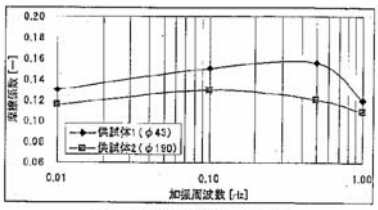


図-1　加振周波数と摩擦係数の関係

■面圧依存性試験結果

供試体	面圧 [N/mm²]	吸収エネルギー E [kN・mm]	摩擦係数 μ [－]
①（φ43）	10	1639.5	0.175
	20	1999.2	0.139
	30	2490.3	0.121
②（φ190）	2	3705.1	0.165
	10	17328.8	0.153
	20	26904.8	0.119
	30	32661.9	0.096

※ 供試体①の面圧 2 N/mm² については，試験機の制御上荷重支持が困難であるため省略した。

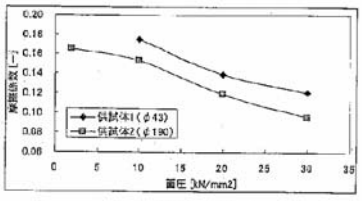
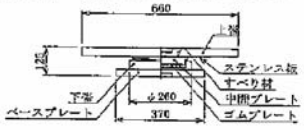
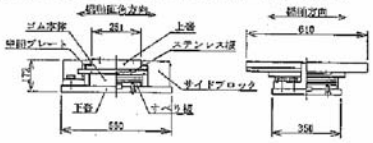


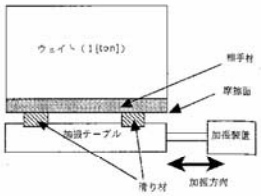
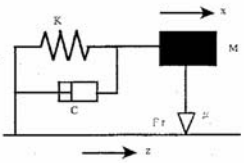
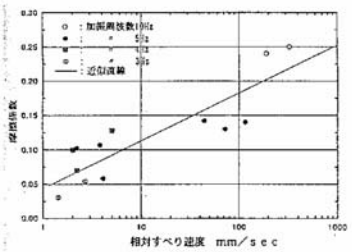
図-2　面圧と摩擦係数の関係

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.91
分類	＊分類E
文献名	各種すべり材の摩擦特性に関する基礎的研究
文献著者	炭村透，鵜野禎史，北澤理仁
発表機関	第6回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム（2003年1月）
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	■数種類のすべり材を対象にすべり材の摩擦特性における各種依存性を検討。 ■すべりゴム支承および鋼製可動支承（BP-B）を対象。
○研究手法	■供試体：　反力800kN相当のBP-B支承，反力500kN相当の変位拘束型すべりゴム支承。  図-1　供試体A  図-2　供試体B ■すべり材：　繊維補強PTFE3種，純PTFE，ポリアミド樹脂 PTFE-A：二硫化ﾓﾘﾌﾞﾃﾞﾝ5%,ｸﾞﾗｽﾌｧｲﾊﾞｰ15%　PTFE-B：ｸﾞﾗｽﾌｧｲﾊﾞｰ20% PTFE-C：ｶｰﾎﾞﾝﾌｧｲﾊﾞｰ ■基本特性試験条件は下表 表-3　基本特性試験における試験条件 載荷荷重：供試体A 20MPa相当（=567kN）／供試体B 5MPa相当（=313kN） 加振水平変位：±100mm 加振周波数：0.5Hz（=314mm/sec） 表-1　すべり材の組み合わせ すべり材：PTFE-A／PTFE-B／PTFE-C／純PTFE／ポリアミド　相手材：SUS316／SUS304＋フッ素樹脂 ■速度依存性試験：水平変位±100mmを以下の周波数で10回加振。 0.01，0.1，0.5，1.0Hz（最大速度はそれぞれ0.63，6.3，31.4，63cm/sec） ■面圧依存性試験：以下の面圧について，水平変位±100mm，周波数0.5Hzで10回加振。 供試体A：5，10，20，30MPa　供試体B：3，5，8，10MPa
○研究結果	■摩擦係数の評価法　■速度（周波数）依存性試験結果　■面圧依存性試験結果 $F=\frac{E}{S}$ $\mu=\frac{F}{P}$ F：摩擦力（kN） E：履歴吸収エネルギー（kN･mm） S：1サイクルの移動変位量（mm） μ：摩擦係数 P：鉛直載荷荷重（kN） 表-4　速度（周波数）依存性試験結果 表-5　面圧依存性試験結果
○結論	■速度依存性試験においては0.6cm/sec以上で高い摩擦係数を示し，速度の増加に従い摩擦係数は減少。 ■面圧の増加とともに摩擦係数は減少。 ■すべり材の種類および試験条件により0.03～0.18の摩擦係数を確認。
○留意事項	純PTFEおよびグラスファイバー入りPTFEは耐久性に問題あり。
関連文献(類似)	No.90 機能分離型支承（鉛直支承）の基本特性試験結果

【分類Ｆ：川崎重工Ｇ】

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.15
分類	＊分類F
文献名	摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について
文献著者	土居良規・坂井藤一・小川一志・八部順一・玉木利裕・西田徹
発表機関	免震・制震コロキウムvol.1，1996
文献キーワード	isolator，dynamic analysis，Coulombic damping，earthquake response
文献要旨	
○研究目的	■地震時の過大な変位応答を低減することを目的として考案した摩擦ダンパー支承について、摩擦試験、地震応答シミュレーションを実施し、本装置の有効性を検討する。
○研究手法	■摩擦試験方法  図－3　摩擦試験装置 表－1　供試体の材質，形状 表－2　摩擦試験条件 ■解析条件 ・一自由度のバネ・ダッシュポッド・質点系モデル ・動摩擦係数 μd=0.14 静摩擦係数 μs=0.04  表－3　簡易モデル諸元
○研究結果	■摩擦試験結果 摩擦係数は、相対すべり速度の対数に比例する。 ■地震応答解析結果 ・加速度応答は、LRB免震の場合とほぼ同等 ・変位応答は、LRB免震の場合に比べ、最大で50%程度低減 
○結論	■摩擦ダンパー支承は、LRB免震より変位応答が低減されており、その効果を確認した。
○留意事項	■上下すべり面間に水圧を導入することにより、摩擦力を減少させ、残留変位を修復する機構についても述べられている。
関連文献(類似)	

表－1　供試体の材質，形状

	材質	形状・形
すべり材	補強材入りPTFE	15φ×t2.4
相手材	ＳＵＳ３０４	最大高さ:6S

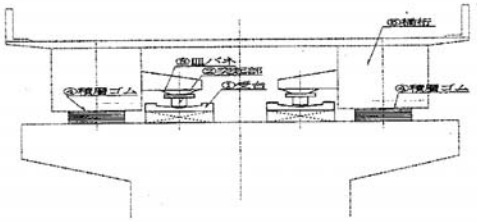
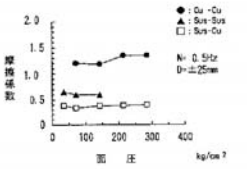
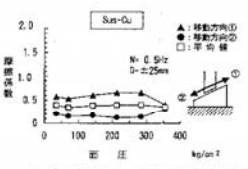
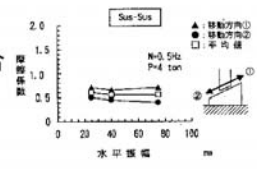
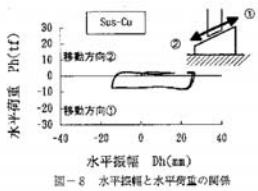
表－2　摩擦試験条件

加振テーブルの加振条件	周波数　[Hz]	3~10
	片振幅　[mm]	0.5~5.0
	加速度　[G]	0.0018~2.0
すべり材の面圧　[MPa]		6.9

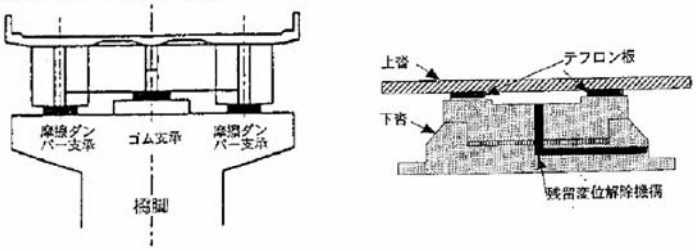
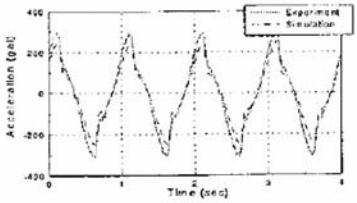
表－3　簡易モデル諸元

解析ケース	固有周期 [sec]	減衰比 [%]
非免震	0.5	5
ＬＲＢ免震 (1)	1.4	17.6
ＬＲＢ免震 (2)	2.6	18.8
摩擦ダンパー支承 (1)	1.4	17.6
摩擦ダンパー支承 (2)	2.6	18.8

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.16
分類	＊分類F
文献名	変位制御付き免震支承
文献著者	坂井藤一・小川一志・斎藤敏雄・玉利利裕・八部順一
発表機関	免震・制震コロキウムvol.1（1996年）
文献キーワード	displacement control device,isolator,dynamic simulation analysis,coulomb damping
文献要旨	
○研究目的	■従来の免震支承の免震性能を損なうことなく桁の過大な水平変位を抑制するために、新たに開発した変位制御装置についての地震時応答シミュレーション解析および滑り摩擦試験を実施し、その有効性を検討する。
○研究手法	■変位制御装置付き免震装置は、クーロン摩擦力が桁の水平変位に比例する構造となっている。  ■解析による検討 ・一自由度のバネ・ダッシュポッド・質点系でモデル化 ・時刻歴応答解析、摩擦係数 μ d=0.35 ■摩擦試験項目は、表-2のとおり 表－2　摩擦特性試験　試験条件 摩擦面材 / 鉛直荷重 P [tf] / 変位 D [mm] / 固有振動数 N [Hz] Cu - Cu / 2~16 / ±25 / 0.5 Sus - Sus / 2~8 / ±25~±75 / 0.5~1.0 Sus - Cu / 2~20 / ±25 / 0.5 表－4　解析モデル諸元 解析ケース / 固有周期 [sec] / 減衰比 [%] 非免震 / 0.5 / 5 ＬＲＢ免震 (1) / 1.4 / 17.6 ＬＲＢ免震 (2) / 2.6 / 18.8 変位制御装置 (1) / 1.4 / 17.6 変位制御装置 (2) / 2.6 / 18.8
○研究結果	■摩擦試験結果 表－3　摩擦係数試験結果 接触面の種類 / 摩擦係数 実験値 / 平均 / 文献値 Cu - Cu / 0.80~1.90 / 1.27 / 1.4 Sus - Sus / 0.55~0.70 / 0.6 / 0.35~0.40 Sus - Cu / 0.12~0.66 / 0.37 / 0.30~0.35  図－5　摩擦面の違いによる摩擦係数の比較  図－6　面圧の違いによる摩擦係数の比較 ■解析結果 変位制御装置を用いた場合は、LRBの場合に対して変位応答が30～50%低減。  図－7　水平振幅の違いによる摩擦係数の比較  図－8　水平振幅と水平荷重の関係
○結論	■摩擦面の違い：(Cu-Cu) μ d=0.8～1.9，(SUS-SUS) μ d=0.55～0.7，(SUS-Cu) μ d=0.12～0.66 ■面圧の違い：変化の幅は小さい ■水平振幅の違い：変化の幅は小さい ■本変位制御装置はLRBの場合に対し、変位を低減できることを確認した。
○留意事項	■摩擦係数が他の文献に比べて大きいが、これは、摩擦面の粗さによるものと思われる。
関連文献(類似)	

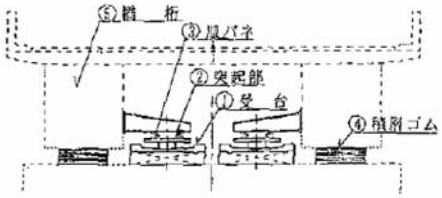
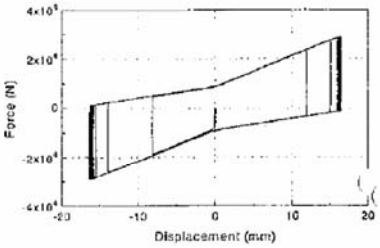
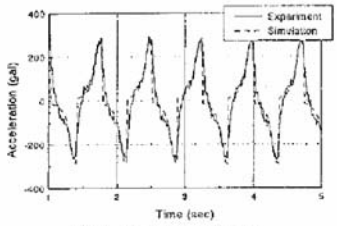
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	No.22
分類	＊分類F
文献名	免震支承に関する実験的研究（摩擦ダンパー支承の振動台試験）
文献著者	河東鎬，玉木利裕，西田徹，土居良規，斎藤敏雄，坂井藤一
発表機関	土木学会第52回年次学術講演会，1997
文献キーワード	橋梁，免震装置，摩擦，振動試験，非線形バネ，残留変位
文献要旨	
○研究目的	■ゴム支承を用いた1/5相似の高架橋桁モデルに摩擦ダンパー支承を用いた場合について実験し、簡易モデルによる再現性を検証
○研究手法	■摩擦ダンパー支承の構成  図－1　摩擦ダンパー支承の構成 ■実験方法 ・固有振動数付近の振動数での正弦波加振 ・橋脚頂部での地震応答加速度を入力とする地震波加振 ・面圧260kgf/cm2、摩擦係数0.08程度
○研究結果	■正弦波加振結果  図－3　正弦波加振応答加速度 ・加振振幅：120gal ・加振振動数：1.0Hz 1自由度系の解析結果とよく一致する。 ■地震波加振結果 表－1 地震波加振による応答 （単位は gal と cm，（）内は振動台の加速度振幅に対する比 (%)）

入力地震波	振動台加速度	実験値		解析値	
		加速度	変位	加速度	変位
修正同北波	340 (100)	221 (65)	13.3	200	17.5
修正板島波	631 (100)	196 (31)	13.5	204	13.0
修正逆鉄大橋	468 (100)	196 (42)	10.2	145	11.1
神戸 JMA (NS)	1601 (100)	270 (17)	23.9	250	27.9
JR 鷹取駅 (NS)	980 (100)	276 (28)	27.9	273	29.2
東神戸大橋 (NS)	527 (100)	227 (43)	16.8	215	21.9

・摩擦ダンパー支承の免震効果を確認
・計測値と解析値の対応はよい。 |
○結論	■摩擦ダンパー支承の地震応答低減効果を確認した。 ■本免震装置の効果は簡易なモデルによる解析で評価できる。
○留意事項	■今後、橋梁全体系での地震応答低減効果について確認する予定。
関連文献(類似)	No.15 摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について No.24 免震支承に関する実験的研究（免震ゴム支承の振動台実験）

【すべり系支承文献】

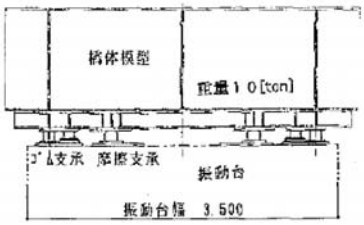
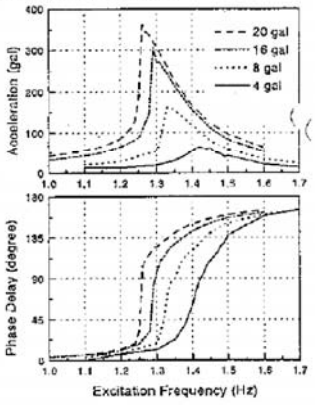
文献リストNO.	No.23
分類	＊分類F
文献名	免震支承に関する実験的研究（変位制限装置付き免震支承の振動台実験）
文献著者	斎藤敏雄，小川一志，玉木利裕，河東鎬，橋本靖智，坂井藤一
発表機関	土木学会第52回年次学術講演会，1997
文献キーワード	橋梁，免震装置，クーロン摩擦，振動試験，地震応答
文献要旨	
○研究目的	■ゴム支承を用いた1/5相似の高架橋桁モデルに変位制御装置付き免震支承を用いた場合について実験し、簡易モデルによる再現性を検証
○研究手法	■摩擦ダンパー支承の構成   図－4　変位と力の関係 ■実験方法 ・固有振動数付近の振動数での正弦波加振 ・橋脚頂部での地震応答加速度を入力とする地震波加振 ・面圧200kgf/cm2、摩擦係数0.35程度
○研究結果	■正弦波加振結果  図－3　正弦波加振応答加速度 ・加振振幅：120gal ・加振振動数：1.35Hz 1自由度系の解析結果とよく一致する。
	■地震波加振結果 表－1　地震波加振による応答 単位は gal と mm．（）内に振動台の加速度記録に対する比（%）

入力地震波	振動台加速度	加速度	変位
修正開北橋[3]	374 (100)	343 (92)	10.3
修正板島橋[3]	594 (100)	331 (56)	9.3
修正神経大橋[3]	368 (100)	297 (81)	9.5
神戸 JMA (NS)	1593 (100)	545 (34)	22.8
JR 鷹取駅 (NS)	922 (100)	438 (48)	13.6
東神戸大橋 (NS)	459 (100)	358 (78)	12.8

・変位制御装置付き免震支承の免震効果を確認

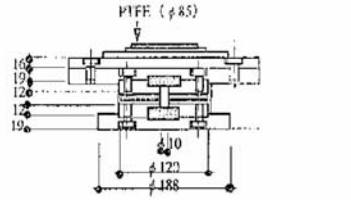
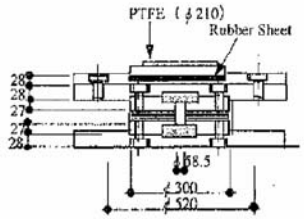
○結論	■変位制御装置付き免震支承の地震応答低減効果を確認した。
○留意事項	
関連文献(類似)	No.16 変位制御装置付き免震支承 No.24 免震支承に関する実験的研究（免震ゴム支承の振動台実験）

【すべり系支承文献】

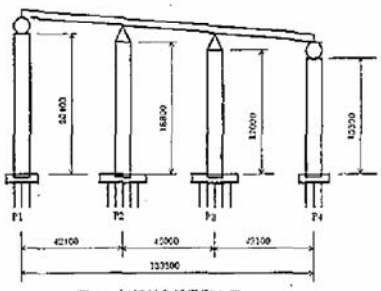
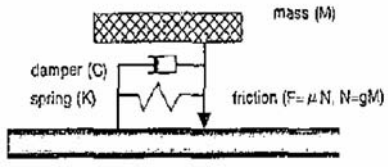
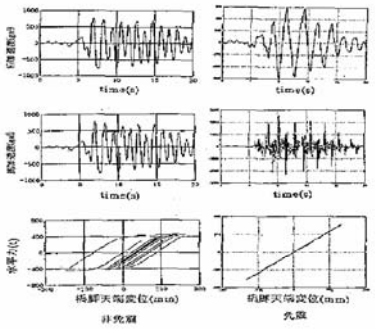
文献リストNO.	No.24
分類	＊分類F
文献名	免震支承に関する実験的研究（免震ゴム支承の振動台実験）
文献著者	玉木利裕，坂井藤一，小川一志，斎藤敏雄，小林秀和，河東鎬
発表機関	土木学会第52回年次学術講演会，1997
文献キーワード	橋梁，免震装置，摩擦，振動試験，非線形バネ
文献要旨	
○研究目的	■文献No.22,23に用いた免震装置の効果の比較のために行った、免震ゴム支承のみに支持される桁モデルの振動台試験
○研究手法	■振動試験橋桁モデル  図－１　振動試験橋桁モデル ■実験方法 ・固有振動数付近の振動数での正弦波加振 ・橋脚頂部での地震応答加速度を入力とする地震波加振
○研究結果	■正弦波加振結果  図－３　周波数応答曲線 ・減衰比：0.025～0.031 ■地震波加振結果 表－１　地震波加振による最大応答 入力地震波 / 振動台加速度 / 加速度 / 変位 修正開北橋 / 248 (100) / 368 (148) / 54.8 修正板島橋 / 172 (100) / 401 (233) / 65.0 修正深軽大橋 / 156 (100) / 288 (185) / 41.7 神戸 JMA (NS) / 542 (100) / 371 (68) / 55.4 JR 鷹取駅 (NS) / 221 (100) / 450 (204) / 69.2 東神戸大橋 (NS) / 236 (100) / 355 (150) / 62.2 単位は gal と mm．（）内は振動台の加速度記録に対する比 (%) ・免震ゴム支承の特性はバイリニアモデルで表現できる。
○結論	■免震ゴム支承の特性は、バイリニアモデルで十分な精度で表現できる。
○留意事項	
関連文献(類似	No.15 摩擦ダンパー支承を用いた橋梁の免震について No.16 変位制御装置付き免震支承 No.22 免震支承に関する実験的研究（摩擦ダンパー支承の振動台試験） No.23 免震支承に関する実験的研究（変位制限装置付き免震支承の振動台実験）

【分類 G：その他】

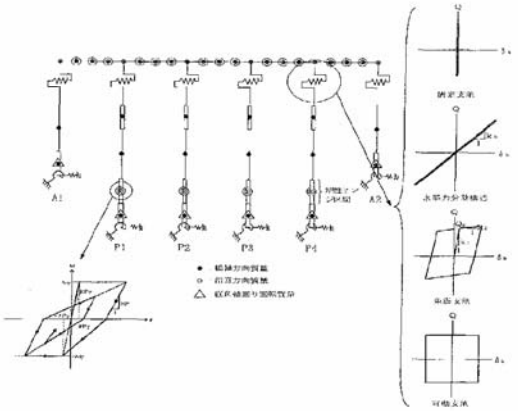
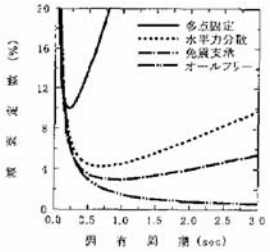
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.27
分類	＊分類G
文献名	積層ゴムとすべり支承による複合免震システムに関する研究
文献著者	林　章二、北村　佳久、猿田　正明
発表機関	第10回　日本地震工学シンポジウム
文献キーワード	すべり支承、積層ゴム、二軸動的載荷実験、3次元振動台実験
文献要旨	
○研究目的	○積層ゴムとすべり支承による複合免震システムに対して、二軸動的載荷実験と3次元振動台実験を行い、要素特性を把握する。
○研究手法	○二軸動的載荷試験ではすべり材はPTFEを鋼板に溶着したものを用い、それをステンレス板との間で滑らせた。（すべり材をボルト ＊TEST1 ○3次元振動台実験では、勾配の付いた鋼板の下にゴムシートを敷いた場合の実験も行った。　＊TEST2  Type-1　：Rubber 1mm×8　Inner Plate 0.5mm×7 Type-2　：Rubber 1mm×24　Inner Plate 0.5mm×23 Figure-1 Cross section of sliding and rubber bearing (TEST-1)  Type-1　：Rubber 3mm×7　Inner Plate 2.0mm×6 Type-2　：Rubber 2mm×30　Inner Plate 1.6mm×29 Figure-2 Cross section of sliding and rubber bearing (TEST-2)
○研究結果	○PTFEすべり板を積層ゴムの上に設けたゴムーすべり支承は完全弾塑性型の履歴特性を示し、静摩擦係数の影響はあまり見られない。 ○積層ゴムの2次形状係数が小さい場合は、ゴムの曲げ変形の影響が現れる。 ○摩擦係数は面圧が大きくなるほど小さくなり、近似式は以下の通りとなる。 摩擦係数 $\mu=0.14e^{(-0.002\sigma)}$ ○すべり板に1/300程度の勾配がある場合でも下にゴムシートを敷いた場合はほとんど影響が無い。
○結論	○摩擦係数は面圧依存性があること。 ○摩擦係数は速度・振動数依存性が小さいこと。 ○すべり支承に勾配のある場合でも、支承の下にゴムシートを入れればすべり特性は変化しない。 ○摩擦係数の変化は振動数の影響が小さいこと（3次元） ○入力地震動の種類、入力加速度レベルの違いにかかわらず、摩擦係数は安定している。
○留意事項	
関連文献（類似）	

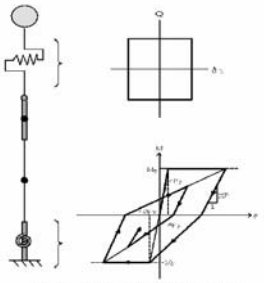
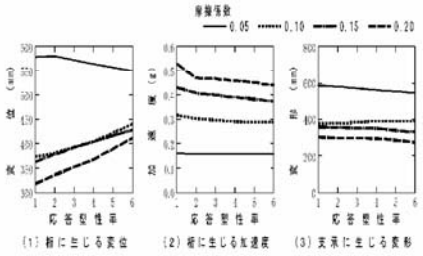
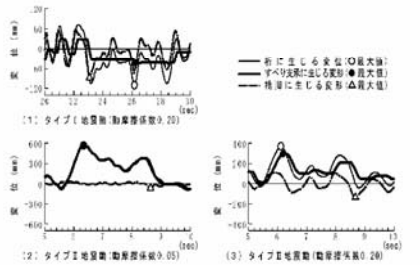
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.47
分類	＊分類G
文献名	摩擦減衰型免震装置と橋脚の非線形性を同時に考慮した連続高架橋の挙動
文献著者	橋本　靖智、河　東鎬、小川　一志、礒江　暁、玉木　利裕
発表機関	土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月）
文献キーワード	摩擦減衰型免震装置、非線形動的解析、橋梁
文献要旨	
○研究目的	○地震時に摩擦によって高い減衰効果が得られる摩擦減衰型免震装置を開発し、それを適用した橋梁を対象にした地震時の挙動について非線形動的解析によって検討する。
○研究手法	○下図の様な3径間連続橋を対象とし、橋脚の非線形性は応力～ひずみ関係がひずみ硬化係数0.01のバイリニアとした梁要素によるファイバーモデルで表現。 摩擦減衰型免震装置はバネダンパーと摩擦要素でモデル化した。 摩擦係数は0.1、ゴム水平バネの減衰定数を0.02としている。  図1　解析対象橋梁概念図  図3　摩擦減衰型免震装置のモデル化
○研究結果	 ○免震時の橋脚天端変位は非免震時に比べ約60%減少している。 ○免震時の橋脚は塑性化しない。 ○摩擦減衰型装置の変形量は非免震時の2倍くらいの応答を示している。
○結論	○摩擦減衰型免震装置を適用することで、橋脚の耐震性はさらに向上する。
○留意事項	○隣接桁との衝突は今後の検討課題である。
関連文献(類似)	

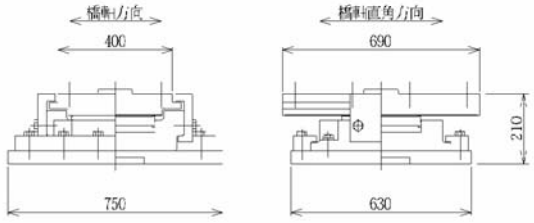
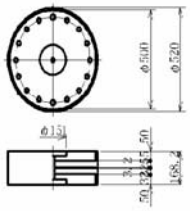
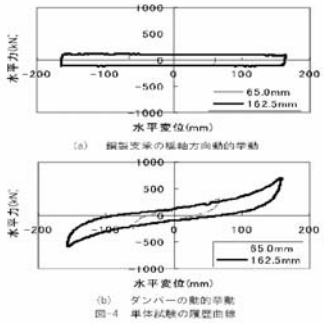
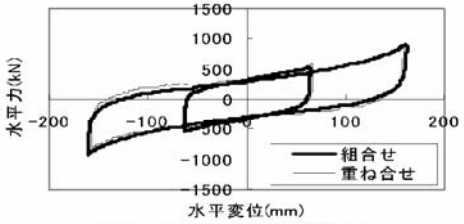
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.54
分類	＊分類G
文献名	オールフリー支持形式の多径間連続高架橋への実用化に関する基本的検討
文献著者	友澤　武昭、星谷　勝、矢部　正明
発表機関	構造工学論文集(2000年3月)
文献キーワード	多径間連続高架橋、可動支承、ヒンジ支承、ゴム支承、免震支承
文献要旨	
○研究目的	○ゴム支承を設置せず復元力を有しないオールフリー形式を含む4種類の支承形式(多点固定、水平力分散、免震支承、オールフリー)形式を用いた多径間連続橋の地震応答と建設コストを比較する。
○研究手法	○それぞれの支承条件に合わせて試設計を行い、下図に示す解析モデルを用いて地震応答特性を比較した。摩擦係数は面圧を考慮して0.1としている。  図-4　桁　支承～橋脚　基礎系の解析モデル  図-5　レイリー減衰による減衰定数
○研究結果	○桁に生じる変位は、桁の橋軸方向の拘束度が最も弱いオールフリー構造の桁端に生じる変位が、最も拘束度が強い多点固定構造に次いで小さい。 ○オールフリー構造では復元力がないため、地震動の性質によっては片振りとなる可能性がある。 ○オールフリー構造では桁から橋脚に作用する慣性力を小さく出来る。 ○加速度最大時に最大応答結果が出ていないため、等価線形化法のような簡易的な方法でオールフリー構造の非線形応答を推測できない。
○結論	○オールフリー構造における桁端の変位は大きいものではなく、伸縮装置に特別な配慮を必要としない。 ○オールフリー構造の実用化にあたっては、地震時に生じる変形が過度に一方向に片寄らないようにするために、桁端部に緩衝装置等を設置する必要がある。 ○オールフリー構造の方が免震支承構造よりも橋脚に与える損傷が小さい。 ○オールフリー構造の実用化にあたっては、非線形応答を推定する簡便な方法が必要である。 ○5径間では差がつかないが、10径間以上では支承や下部構造が安いというメリットを発揮することができる。
○留意事項	○非線形動的解析に用いる粘性減衰のモデル化は、今後の研究課題である。
関連文献(類似)	

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.56
分類	＊分類G
文献名	すべり支承の摩擦係数のばらつきが橋梁の非線形応答に与える影響
文献著者	友澤　武昭、星谷　勝、矢部　正明、尾山　靖史
発表機関	土木学会第55回年次学術講演会（平成12年9月）
文献キーワード	連続高架橋、オールフリー構造、すべり支承、非線形動的解析
文献要旨	
○研究目的	○経年変化等によるすべり支承の摩擦係数の変化が、橋梁の非線形応答に与える影響を解析的に検討する。（オールフリー構造）
○研究手法	○解析対象橋梁は、5径間連続鋼鈑桁橋が橋軸方向から地震動を受ける場合とし、中間橋脚を取り出した1本柱モデルである。（ゴム支承による復元力なし） すべり支承は剛完全塑性型のバイリニアモデルで、橋脚の塑性ヒンジ区間は弾完全塑性型のTakeda型モデルで非線形性を表している。  図-1　非線形動的解析モデル ・降伏曲げモーメントMyを塑性ヒンジ区間の回転角θの応答塑性率が1,2,4,6となるように変化させている。 ・すべり支承の摩擦係数は0.05,0.10,0.15,0.20と変化させた。
○研究結果	○摩擦係数が0.1よりも大きくなると、橋脚の塑性化の影響が桁に生じる応答に影響を及ぼす。（図-2） ○摩擦係数が0.05と小さい場合には、支承は桁の変位に伴って変形しているが、摩擦係数が0.2と大きくなると桁の変位、支承の変形、橋脚の変形が相互に影響を及ぼしあうため、それぞれの最大応答値の発生時刻が異なる。  図-2　すべり支承の摩擦係数の違いが桁と支承に生じる非線形応答に与える影響（標準加速度波形Ⅱ－Ⅱ－1）  図-3　すべり支承の摩擦係数の違いが桁－支承－橋脚系の非線形応答に与える影響（応答塑性率4）
○結論	○橋軸方向の支承を全てすべり支承としたオールフリー構造の絶震効果を確実にするためには、すべり支承の摩擦係数が0.05以下と小さくする必要がある。
○留意事項	○一般にPTFE材の摩擦係数は0.1以上となり、この値は経年変化に伴いさらに大きくなるため、オールフリー構造の実用化にあたっては、すべり支承の摩擦係数が変化しても、その地震応答特性が設計予想範囲内の挙動に収める必要がある。
関連文献(類似)	

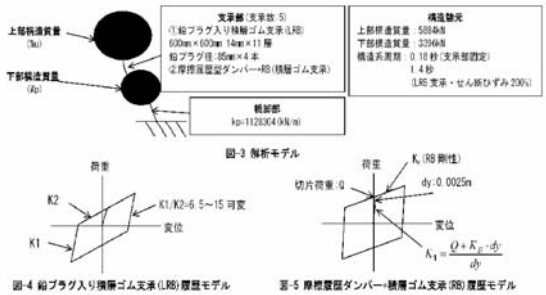
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.79
分類	＊分類G
文献名	鋼製支承とダンパーの組み合わせによる機能分離型支承の特性試験
文献著者	森下　宣明、前野　裕文、鵜野　禎史、森重　行雄、青木　徹彦、竹内　孝徳
発表機関	土木学会第56回年次学術講演会（平成13年10月）
文献キーワード	機能分離型支承、鋼製支承、ダンパー、摩擦
文献要旨	
○研究目的	○死荷重や活荷重など主に鉛直荷重には鋼製支承の機能を、地震時の変形やエネルギー吸収等の主に水平荷重にはダンパー機能（高減衰ゴム）を用いる機能分離型支承に対して実験を行い履歴特性を調べた。
○研究手法	○試験に用いる供試体は、1500kN実大モデルとし、それぞれの機能を調べる単体（鋼製支承、ダンパー）試験と鋼製支承2体とダンパー1体の組み合わせ試験を行う。鋼製支承の試験については破壊形態が異なるため、橋軸方向と直角方向の2つとし、静的載荷試験と動的載荷試験も行っている。  図-2　鋼製支承の形状  図-3　ダンパーの形状
○研究結果	○橋軸方向（図-4）・・・y軸との切片荷重の平均値により求めた上沓とテフロン板の摩擦係数は0.12。鋼製支承2体とダンパー1体の組み合わせによる動的載荷試験の結果と図-4を重ね合わせた結果Bの精度はよい。 ○橋軸直角方向・・・下沓とベースプレートの摩擦係数は0.19であった。   図-5　鋼製支承とダンパーの組合せ
○結論	○機能分離型支承に用いる鋼製支承の摩擦特性とダンパーとしての高減衰ゴムの履歴特性を調べ、それぞれの機能を組み合わせることにより機能分離型支承としての特性を評価できることが確認できた。
○留意事項	
関連文献(類似)	

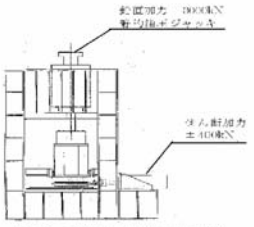
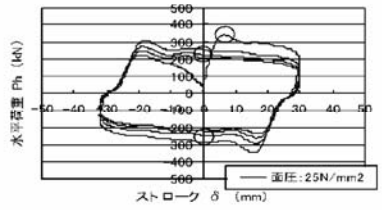
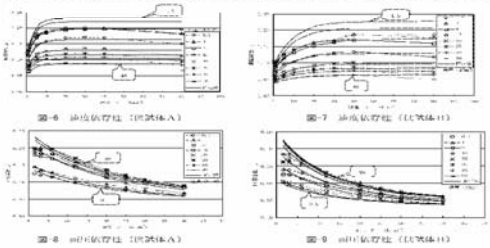
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.88
分類	＊分類G
文献名	剛滑り支承免震建物の地震応答解析法に関する基礎的研究
文献著者	沢辺　浩、栗田　哲、杉村　義広
発表機関	第11回日本地震工学シンポジウム
文献キーワード	免震建物、すべり支承、摩擦力
文献要旨	
○研究目的	○剛すべり支承免震建物を対象として、すべりの停止が起きても精度を損なうことなく運動の終焉までの解析が可能な方法を開発することを目的に、クーロン摩擦力不連続性を考慮しても支配方程式を切換えない新しい応答解析法を提案し、自由振動の厳密解や振動台実験との比較により検証を行う。
○研究手法	○すべり状態から固着状態までの運動方程式を下の(1)を用い、クーロン摩擦の力学的不連続を連続関数に置き換えることなく、固着状態の応答も解析できるような方法を提案。 a）滑り状態(sliding phase) この状態は≠0で、支配方程式が運動方程式である。 $m\ddot{u}(t) + ku(t) + F(t) = P(t)$ (1) ここに、tは時刻である。摩擦力は運動を止めようとする力で、その大きさは一定である。 $F(t) = F_0 \mathrm{sgn}(\dot{u})$ (2) b）固着状態(stick phase) この状態の摩擦力は、質点が外乱を受けてもそれと釣合って静止状態 $u(t) = \mathrm{const}$　$\dot{u}(t) = 0$ (3) を保とうとする力となり、その大きさは外力に応じて次のように変化する。 $ku(t) + F(t) = P(t)$ (4)
○研究結果	○厳密解と本解析結果の精度はよく、どの応答値においてもよい一致が得られている結果を得た。 ○すべり支承の試験体の振動台実験結果と本解析結果を比較し、不規則な外力に対する手法の妥当性について検証した結果、本解析手法による結果と実験結果はほぼ一致している結果を得た。 尚、両者の僅かな差は、摩擦係数の速度や面圧による依存性を考慮していないことに原因があると考えられる。
○結論	○剛すべり支承免震建物を対象として摩擦力の不連続性を考慮するが、支配方程式を切り換えない新しい応答解析法を提案し、十分な精度を持っていることを検証した。 ○剛すべり支承の復元力特性をバイリニア型で近似したものと異なり、本解析法ではすべりが停止した後も変位と加速度が適切に評価されることがわかった。
○留意事項	○バイリニアモデルでは、初期剛性が応答値に影響を与えることがわかった。
関連文献(類似)	

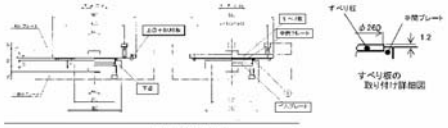
【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.110
分類	＊分類G
文献名	履歴減衰を導入した構造減衰に関する一考察
文献著者	横川　英彰、竹ノ内　勇、宇野　裕恵
発表機関	第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集
文献キーワード	
文献要旨	
○研究目的	○機能分離型支承を用いた場合、構造減衰の設定方法によっては履歴減衰部材が性能以上に評価されることに着目し、最初に汎用ソフトの問題点を挙げ、次に簡単な2自由度系の振動系に履歴減衰を付加した場合のレーリー減衰の設定方法について着目し、複素固有値解析を用いて構造減衰の設定方法について検討する。
○研究手法	○2自由度系モデルとし、下図に示す『鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB）』と『摩擦履歴ダンパー＋積層ゴム支承（ダンパー＋RB）』のモデルを用い、減衰マトリクス（αM＋βK）のαとβの設定について1次剛性と等価剛性の感度分析を行ったほか、非線形動的解析を実施して応答値の比較を行った。  図-3 解析モデル 図-4 鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)履歴モデル 図-5 摩擦履歴ダンパー+積層ゴム支承(RB)履歴モデル
○研究結果	○剛性パラメーター （LRB）・1次剛性でα、βを決定した場合、1次モードの減衰定数に対して履歴減衰10%程度と同等な構造減衰が付加される。（等価剛性の場合は5%程度） （摩擦履歴ダンパー＋RB）・1次剛性でα、βを決定するとQ/Wuの増加に伴い、1次モード・2次モードの減衰定数も増加し、ダンパーによって付加される履歴減衰よりも大きな減衰を見込んでしまう可能性がある。等価減衰で設定してもLRBの結果と比べると高めである。 ○変位パラメーター （LRB）・1次剛性でα、βを決定した場合、せん断ひずみが大きくなるほど減衰が大きくなる。等価剛性でα、βを決定した場合では、せん断ひずみの増加に伴いαは低下する。（βはほぼ一定） （摩擦履歴ダンパー＋RB）・1次剛性でα、βを決定するとせん断ひずみの増加に伴い、減衰定数も増加する。等価剛性で設定してもLRBと比べると高めである。
○結論	○βと1次剛性の関係だけでなく、αに関しても注意が必要である。 ○LRBでは、等価剛性でα・βを設定すれば過度な構造減衰を設定することはない。 ○摩擦履歴型ダンパー＋RBでは、α・βを決定する際に何らかの対策を講じる必要がある。
○留意事項	○2自由度系のモデルでの検証だが、実務設計に近い形での構造減衰の評価が必要である。
関連文献(類似)	

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.111
分類	＊分類G
文献名	すべり摩擦型支承の摩擦特性実験
文献著者	正岡　孝、押田　和雄、祐保　芳樹、糸井　誠
発表機関	第31回関東支部技術研究発表会
文献キーワード	すべり摩擦型免震支承、摩擦係数、二軸載荷試験
文献要旨	
○研究目的	○死荷重反力の変動が大きい鋼3径間連続トラス橋において、すべり型免震支承を採用した。 16個の供試体を対象に面圧や載荷速度を変化させた正弦波載荷試験を実施し、すべり型免震支承の面圧や速度依存性の摩擦特性を把握する。
○研究手法	○供試体には、試験機の載荷能力から、許容縁直反力1750kNの荷重支持板を用いた。テフロン（PTFE）材料は、摩擦係数0.15および0.10相当の2種類の製品を対象としている。 ○載荷試験ケースは、5N/mm2から40N/mm2までの間の8種類、速度載荷ケースは、0.5kineから試験機の最大能力である80kineまでの間で8種類を設定し、64ケースの載荷試験を実施した。 ○加振回数は4振幅とし、摩擦係数の測定は、図－5に示す○印の位置で行っている。各試験の摩擦係数は、他と比べ大きな値を示す1振幅目（1,2回目）の測定結果を省略し、2～4振幅（3～8回目）の測定結果の平均値を採用した。  図-4　正弦波載荷試験装置  図-5　荷重－変位履歴曲
○研究結果	○速度の増加とともに摩擦係数が指数関数的に大きくなり、やがて一定値に漸近する傾向が確認できた。（ただし、80kineまで載荷速度が増加するとやや摩擦係数が低下した。） ○面圧の増加とともに摩擦係数が指数関数的に減少する傾向が確認できた。 
○結論 ○留意事項	○載荷試験の結果より、すべり型免震支承は、速度・面圧依存性ともに指数関数的な変化を示しており、面圧、速度項ともに自然対数を用いた下式でモデル化した。 $\mu(P,V)=[s'\{\beta-\exp(-nV)\}\{1-\exp(-kp)\}/P+\alpha]$ A：接触面積(cm2)、V：すべり速度(cm2)、P(kN/cm2) μ：摩擦係数、s'・n・k・α・β：材料パラメーター 低面圧部で試験結果とややずれるが、主な面圧である12～20kN/mm2の範囲では、試験結果に比較的よく近似させることができた。
関連文献(類似)	

【すべり系支承文献】

文献リストNO.	NO.112
分類	＊分類G
文献名	動的すべり特性に関する研究
文献著者	日本鋳造（株）
発表機関	―
文献キーワード	すべり免震支承、面圧依存、速度依存、耐久性
文献要旨	
○研究目的	○支承の摩擦に対する特性を把握するため、面圧依存、速度依存特性の確認試験を行った。
○研究手法	○試験体はBP・B支承の実物大1500(kN)とし、すべり材はPTFEとステンレス（SUS316）とした。 ○表-1に示すような面圧依存及び速度依存に関する試験を行い、加震回数は、それぞれの条件で10回とするが、試験機の関係で加震最大速度1.0kine以上の加震に対しては、スロースタート、スローストップを追加した。（試験温度は室温） ○摩擦係数は、それぞれの加震条件から得られた履歴曲線より求め、加震回数4～10回の平均値とした。  すべり板の取り付け詳細図 図1. 試験体形状 表1 試験条件 （加振周波数） 0.4, 1.0, 10.0, 40.0, 80.0, 120.0kine (0.00637, 0.0159, 0.1592, 0.6366, 1.2732, 1.910Hz) ±100
○研究結果	○面圧依存特性 面圧が高くなるにつれて摩擦係数の低下が確認できた。加震速度0.4～1kineでの摩擦係数の降下率は約35%であり、加震速度10～120kineでは約50～70%増加し、また、摩擦係数の低下は面圧5～20N/mm2での降下率が高く、面圧20～30N/mm2の間は緩やかな低下となった。 ○速度依存特性 面圧が5及び10N/mm2の加震速度による摩擦係数は、加震速度10kineまで増加するが、その後加震速度120kineまで緩やかに低下する。（低下理由は熱となじみによる効果） 面圧が20及び30N/mm2の加震速度による摩擦係数は、加震速度1kineまで増加するが、その後加震速度120kineまで緩やかに低下する。（低下理由は熱となじみによる効果）
○結論	○本すべり材の摩擦係数は、面圧及び加震速度で異なるが、0.05～0.16程度の値である。 ○面圧が増加すると摩擦係数は小さくなる傾向を示す。 ○速度依存としては、加震速度が1または10kineまでは摩擦係数が上昇するが、それ以上加震速度が速くなるとゆるやかに減少する傾向を確認した。 （摩擦係数の緩やかな低下は、加震による熱の影響となじみによる効果が考えられる。） ○すべり板およびステンレス板は、同面圧条件で加震速度6種類の試験を行ったが、外観等に大きな損傷は見られないことから、本試験での最大加震速度120kineにおいても十分耐久性を有していると考える。
○留意事項	
関連文献(類似)	

５．３　既往関連文献に関する総括

既往関連文献に記載されている「すべり免震系支承のタイプ」、「デバイス各種依存性」、「動的解析における減衰モデル」、「すべり免震系支承を用いた橋梁の免震設計法」の項目について主な結果を以下に示す。

（１）すべり免震系支承のタイプ

鉛直力支持機能	水平力支持機能	その他
すべり型ゴム支承 ＊ステンレス板＋PTFE （純 PTFE、充填材入り、補強材入り）	ゴム支承	水圧により残留変位を解除する機構を付加したタイプ
すべり型ゴム支承 ＊ステンレス板＋PTFE	高減衰ゴム支承	

（２）デバイス各種依存性等

- 速度依存に関する研究が多数行われており、条件によるが高速度域では摩擦係数がほぼ一定となる結果が得られている傾向である。
- 面圧依存に関する研究が多数行われており、条件によるが面圧の増加に伴い摩擦係数は減少する傾向である。
- 温度上昇による摩擦係数の変化の実験が行われており、条件によるが温度の上昇に応じて摩擦係数は直線的に低下する傾向である。
- 試験条件やすべり材の材質を変えて、摩擦係数の大きさを測定する試験を多数行っている。
- ステンレス板と PTFE に関する耐久性の研究が行われている。
- 水平力支持機能に高減衰ゴム支承を用いた場合、その鉛直荷重の有無による履歴特性・破断性能への影響に関する研究が行われている。

（３） 動的解析における減衰モデル等

- 支承の初期剛性の大きさと粘性減衰モデルの相関関係により、その応答値に与える影響について研究が行われている。
- Rayleigh 減衰モデルの相違による応答値の変化について研究が行われており、条件によるが、応答値の相違は支承部のバイリニアモデルの初期剛性に依存する傾向である。
- 支承部の初期剛性や剛部材の初期剛性の設定に関する研究が、解析上の条件を踏まえ数多く行われている。

（４）すべり免震系支承を用いた橋梁の免震設計法

- すべり免震設計において、速度・面圧依存性の有無が橋梁全体系の最大応答値に及ぼす影響について研究が行われている。
- 桁のロッキング振動及び上下動に伴う支承部の軸力変動が橋梁全体の地震応答に及ぼす影響について研究が行われている。
- 支承に発生する上揚力の設計法について研究が行われている。
- すべり系支承を簡便なバイリニアモデルとした場合の設計法への適用について研究が行われている。
- 地震力を完全に絶縁するための摩擦係数の大きさについて研究が行われている。
- 等価線形化手法によるすべり免震系支承の概略設計について研究が行われている。
- 水平力支持機能に高減衰ゴム支承を用いたときの、機能分離型支承全体の履歴特性に関する研究が行われている。

６．振動台実験

６．１　平成 16 年度検討成果の概要

すべり支承を有する免震橋梁の地震時挙動、すべり支承の摩擦特性等について明らかにすることを目的として、土木研究所が保有する 3 次元大型振動台を用いた模型橋梁の加振実験を実施した。平成 16 年度の実験では、桁－支承の上部構造を対象（橋脚は含めない）として、約 260kN の橋桁を 4 つのすべり支承で支持し、2 つのゴムバッファを配置した供試体を用いた。すべり支承にはビービーエム株式会社（以下、「BBM」）、日本鋳造株式会社（以下、「日本鋳造」）、川口金属工業株式会社（以下、「川口金属」）、オイレス工業株式会社（以下、「オイレス」）がそれぞれ製作した構造及びすべり材料の組合せが異なる 4 タイプ、ゴムバッファには反力分散ゴム支承（BBM 製）、鉛プラグ入りゴム支承（オイレス製）の 2 タイプを使用し、地震動の種類（正弦波、強震記録）と入力方向を組み合わせた計 11 ケースの加振を 4 タイプのすべり支承それぞれに対して行った。

本実験より得られた主な知見は以下の通りである。

- すべり支承部に作用する軸力の変動要因として、①水平地震動に起因する橋桁のロッキング振動、②上下地震動に起因する橋桁の鉛直慣性力③上下地震動に起因する橋桁のたわみ振動の他にゴムバッファ部のせん断キーの影響があることが推定された。軸力の変動は摩擦係数及び摩擦力の変動につながり、地震時に発生する軸力を適切に評価しないと当初想定し得ない挙動が発生する可能性があるため、ゴムバッファ構造、特にせん断キーの構造ディテールには注意を要するものと考えられる。
- 構造とすべり材料の組み合わせで、従来良く使用される充填材入り PTFE と SUS（タイプ 1：高面圧のすべり系ゴム支承、タイプ 2：BP.B）、高摩擦係数タイプの焼結金属系すべり材と SUS（タイプ 3）、低摩擦係数タイプの繊維強化熱硬化性樹脂と SUS（フッ素樹脂コート、タイプ 4）の 4 タイプのすべり支承を用いた実験を行い、タイプ 1、タイプ 2 では、15～20cm/sec 程度をピークに摩擦係数が低下する速度依存性と面圧の上昇と共に摩擦係数が低下する面圧依存性が確認された。またタイプ 3、タイプ 4 では、速度、面圧の増加に伴い摩擦係数が低下するという依存性が確認されたが、その速度依存性の程度はタイプ 1、タイプ 2 よりも大きくなった。また、程度の大小はあるものの、最大変位に達して反転して動き出す際に摩擦係数が上昇するという静摩擦によるものと思われるが現象が見られた。さらに、すべり距離の増加に伴い摩擦係数が減少し、一定値に漸近する傾向が見られた。
- 上下動の有無による応答の増減傾向は明らかにならなかったものの、すべり支承に速度依存性の大きいタイプ（タイプ 3、タイプ 4）を用いたケースでは、上下動の影響により応答が大きく増加するケースがあり、設計の際にはすべり支承の摩擦特性、上下動を含む地震動の特性には十分注意する必要があると考えられる。
- 3 方向入力（Y 方向入力）による X 方向応答の増減傾向は明らかにならなかったものの、

入力地震動、すべり支承タイプによっては応答が7割程度大きく増加するケースがあり、XY 軸方向の見かけの摩擦係数が小さくなることから、設計の際には摩擦力の作用方向、すべり支承の摩擦特性、入力地震動特性に十分注意する必要があると考えられる。

- 摩擦係数の大きいすべり支承では応答変位が小さく、残留変位は大きくなるという傾向は確認できたが、摩擦係数と履歴吸収エネルギー及び加速度応答倍率には必ずしも明確な相関性は確認できなかった。すべり支承の摩擦係数、ゴムバッファ剛性は橋脚の応答にも影響を与えることから、設計の際には、橋脚の応答を含めた橋梁全体系として考えると共に、加速度応答の軽減、変位の抑制あるいは履歴吸収エネルギーの増大の何れを重要視するのか、設計目的にあったすべり支承の摩擦係数及びゴムバッファ剛性を設定する必要があると考えられる。

６．２　目的

すべり支承の摩擦係数には速度、面圧等の各種依存性があることが確認されており[例えば 1)]、また、軸力の変動あるいは地震動の入力方向により摩擦力が変化するため、摩擦係数の各種依存性や摩擦力の変化がすべり支承を用いた免震橋梁の応答性状に影響を与えることが考えられるが、これらを考慮した解析法や設計法は確立していないのが現状である。そこですべり免震橋梁の地震時挙動及びすべり支承の摩擦特性について明らかにすることを目的として、土木研究所が保有する 3 次元大型振動台を用いたすべり支承を有する模型橋梁の加振実験を行った。具体的な検討項目は以下の通りである。

- すべり材料の異なるすべり支承の摩擦特性（速度、面圧等の各種依存性）
- 上下動入力、水平 2 方向入力、すべり支承タイプが橋桁の応答に及ぼす影響
- 軸力変動の発生機構

６．３　振動台及び供試体

６．３．１　3 次元大型振動台

本実験では、土木研究所が保有する 3 次元大型振動台（図 6.1 参照）を用いて実験を実施した。以下に振動台の仕様を示す。



図 6.1　3 次元大型振動台

・テーブルサイズ　8m×8m
・搭載重量　　定格 1000kN、最大 3000kN
・最大変位　　水平±60cm、鉛直±30cm
・最大速度　　水平±200cm/sec、鉛直±100cm/sec
・最大加速度　　水平±2.0G、鉛直±1.0G
・加振周波数　　DC～50Hz

６．３．２　実験供試体の検討

（１）相似則

本実験に使用する供試体は特定の橋梁を対象とはしないが、一般的な橋梁（実橋）を縮尺したものとする。本実験では面圧及び速度に着目した実験を行うが、ここでは面圧の相似比を 1 とする。設定した相似則を表 6.1 に示す。仮に速度の相似比を 1 とした場合、加速度の相似比が S となり、振動台の加振限界性能に抵触する可能性がある。

表 6.1　相似則

物理量	設定方法	相似比	備考
（基本条件）面圧＝１、長さ＝１／S （不変量）重力加速度、密度、ゴムせん断弾性係数、ヤング係数			速度=1 にした場合
桁重量	面圧＊面積	１／S^2	１／S^3
桁質量	桁重量／重力加速度	１／S^2	１／S^3
ゴムバッファばね定数	ゴムせん断弾性係数＊面積／厚さ	１／S	１／S
ゴムバッファ周期	√（桁質量／ゴムバッファばね定数）	１／√S	１／S
時間	周期	１／√S	１／S
速度	長さ／時間	１／√S	1
加速度	速度／時間	1	S
慣性力	質量＊加速度	１／S^2	１／S^2
変位	慣性力／ゴムバッファばね定数	１／S	１／S
面圧	桁重量／面積	1	１／S

また本実験では、上下地震動の他に橋軸直角方向のロッキングに起因する軸力変動に着目するため、軸力変動の比（＝上下地震動に起因する軸力変動／ロッキングに起因する軸力変動、全体の軸力変動でそれぞれの変動が占める割合）を実橋モデルと実験供試体で一致させた。すなわち、桁幅／重心高さを合わせることとした。

（２）実橋モデル

対象とする一般的な橋梁（実橋モデル）としては、「道路橋耐震設計に関する資料」（平成 9 年 3 月、日本道路協会）[2)]の「2. 鉄筋コンクリート橋脚を用いた場合の設計計算例」を参考に図 6.2 に示す橋梁を対象とした。

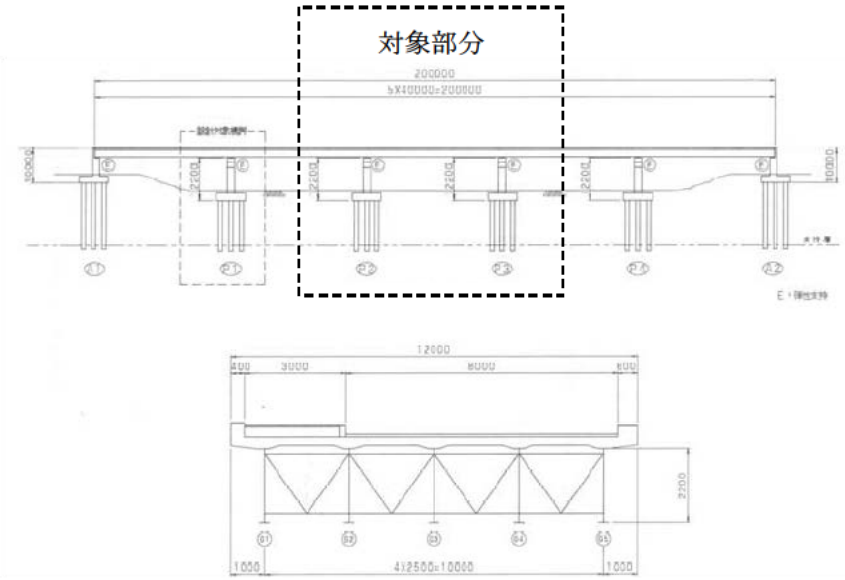


図 6.2　実橋モデル [2)]

シンプルな供試体構造とするため、図 6.2 に示す橋梁の主桁本数を 5→2 とした。また、1 橋脚あたりすべり支承を 2 基、ゴムバッファを 1 基設置した。実橋モデル概略諸元を表 6.2 に、概略の支承諸元（実橋モデル）を表 6.3 に示す。

表 6.2　実橋モデル概略諸元

橋軸方向支間長	40m
主桁間隔*)	10m
上部工分担重量／橋脚	6,306kN
上部工分担重量／すべり支承	3,158kN
上部工（橋桁）重量／橋梁	6306*2=12,612kN
ゴムバッファばね値／支承	23,536kN/m
固有周期	1.04sec
重心高さ	2.2m

*)右図参照

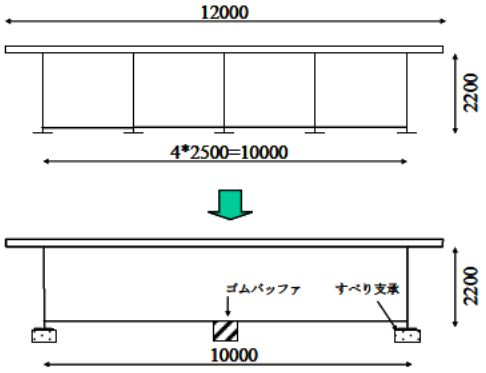


表 6.3　支承概略諸元（実橋モデル）

	ゴムバッファ	すべり支承
平面形状	2600*2600mm	ϕ460mm
ゴム厚	286mm	－
支承数	1 個／橋脚	2 個／橋脚

設計変位：500mm、設計変位時せん断ひずみ：175%、せん断弾性係数 G：1N/mm^2、設計面圧：20 N/mm^2 を想定

（３）相似比の決定

3 分力計の定格容量、振動台の加振限界性能、カウンターウェイト保有量から相似比を 1/7 とした。概略の実験供試体諸元を表 6.4 に示す。

【相似比の決定】

・3 分力計の定格容量：水平:75kN, 鉛直:150kN

・ロッキングによる軸力変動（実橋モデル、水平加速度 1G を想定）
6,306kN*2.2m/10m=1,387kN／支点

・上下地震動による軸力変動（実橋モデル、鉛直加速度 0.5G を想定）
6,306kN*0.5/2=1,577kN／支点

・最大軸力（ロッキング及び上下地震動による軸力変動が下向きに同時作用すると想定）
6,306kN/2+1,387kN+1,577kN=6,117kN／支点

・3 分力計の定格容量による縮尺率
√(6,117/150)=6.39→7

・縮尺率 7 とすると供試体重量は 12,612／72=257kN となり、振動台の定格搭載重量（1,000kN）及びカウンターウェイト保有量（約 500kN）以下となる。

表 6.4　実験供試体概略諸元

桁重量	12,612/7^2=257kN
桁スパン	(40m*10m)/7=5.71m*1.43m
支承変位量	500mm/7=71mm
すべり支承	460/7=ϕ66mm
ゴムバッファ	(2,600*2,600mm*286mm)/7= 371*371*41mm
固有周期	1.04/√7=0.393sec
重心高さ	2.2m/7=0.314m

（４）実験供試体

実験供試体は図 6.3 の概略図に示すように、橋桁－支承を対象（橋脚は含めない）とし、H 鋼を「日」の字に組み、カウンターウェイトを上下から挟み込むようなかたちで橋桁を模擬した。カウンターウェイトは、表 6.4 に示す橋桁重量と重心高さを満足するように配置した。

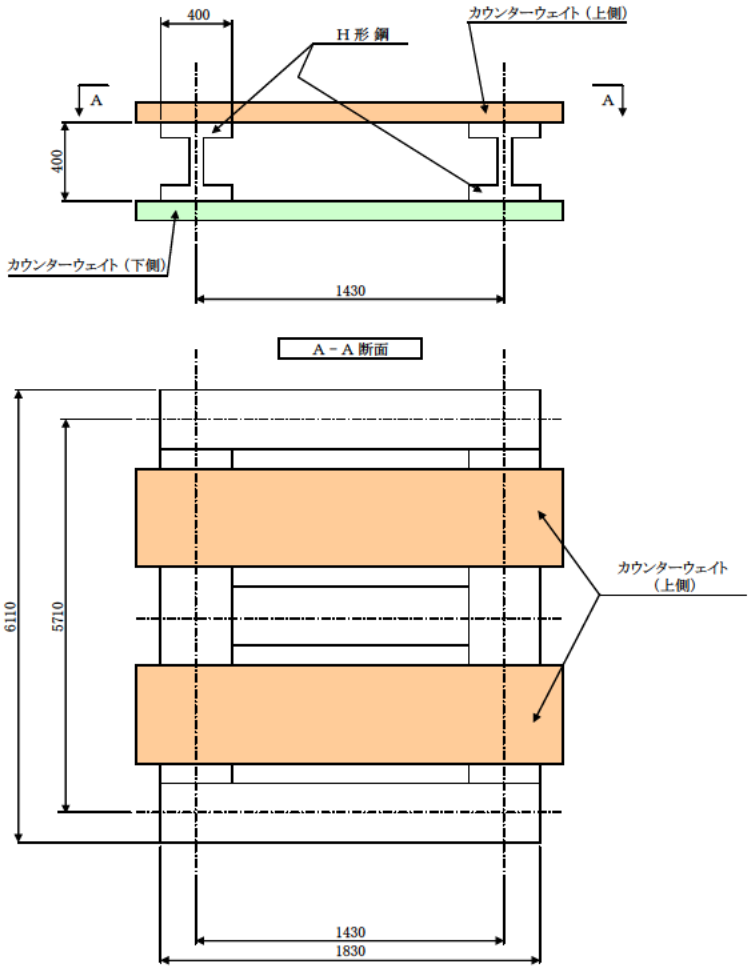


図 6.3　実験供試体概略図

実験供試体の橋桁重量、重心高さは以下の通りとなる。

・カウンターウェイトの必要重量

必要桁総重量 ： W ＝ 26240 kgf ＝ 257 kN
H鋼総重量 ： ω ＝ 3781 kgf ＝ 37 kN（「供試体製作図面」の材料表より）
必要ウェイト重量 ： α ＝ W － ω ＝ 220 kN

・カウンターウェイトの組合せ （重量は実測結果を使用）

上 側

	ウェイトNo.	重量（kgf）	鋼板厚（mm）
上側①	1	2240	95
	12	2338	103
	15	2378	103
	21	276	12
	合 計	7232	313

	ウェイトNo.	重量（kgf）	鋼板厚（mm）
上側②	5	2272	95
	13	2327	103
	11	2363	103
	22	280	12
	合 計	7242	313

下 側

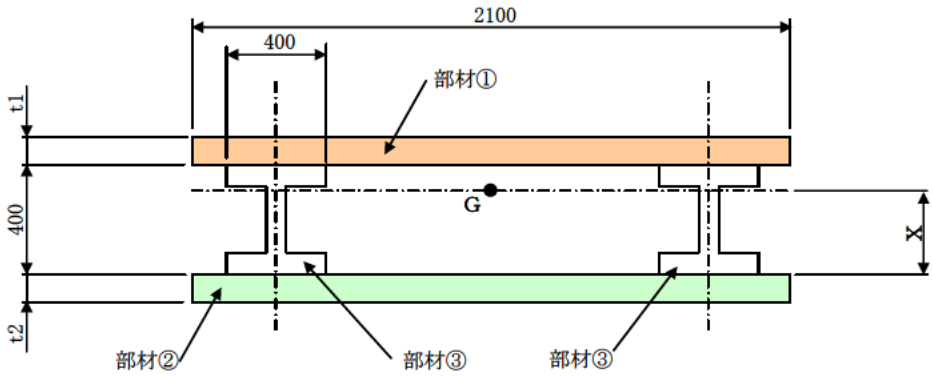
	ウェイトNo.	重量（kgf）	鋼板厚（mm）
下側①	17	2385	103
	25	861	36
	26	854	36
	合 計	4100	175

	ウェイトNo.	重量（kgf）	鋼板厚（mm）
下側②	14	2352	103
	27	872	36
	28	861	36
	合 計	4085	175

上側①と②の合計重量 ＋ 下側①と②の合計重量

＝ 7232 ＋ 7242 ＋ 4100 ＋ 4085 ＝ 22659 kgf ＝ 222 kN
（カウンターウェイトの必要重量 = 220kN）

・重心位置の算出

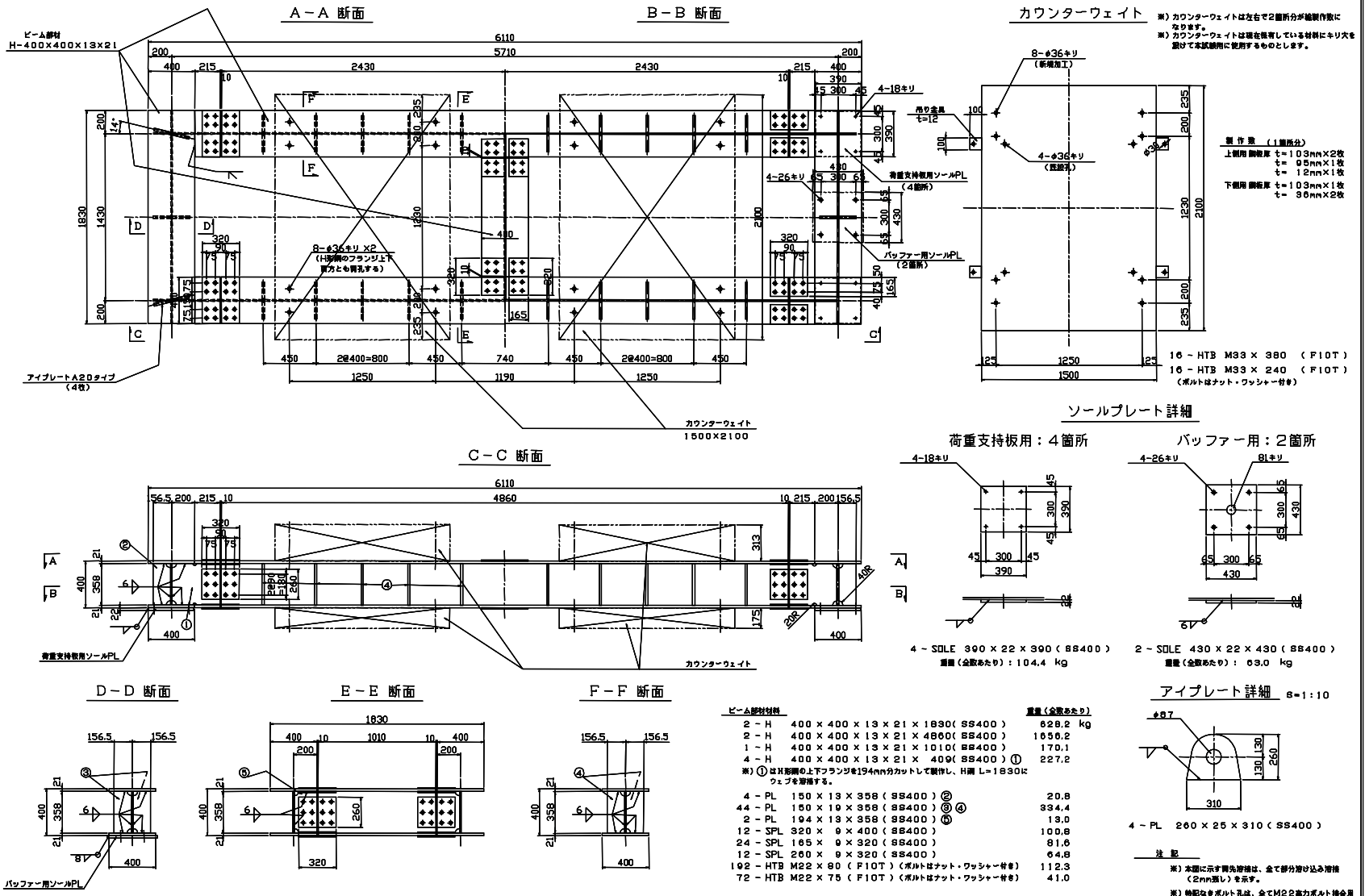


H形鋼のフランジ底面に対する重心位置を求める。

① (7232 ＋ 7242) × (400 ＋ t1 ／ 2) ＋
② (4100 ＋ 4085) × (－ t2 ／ 2) ＋
③ 3781 × 200 ＝ 8094794

重心位置 ： X ＝ 8094794 ／ (22659 ＋ 3781) ＝ 306.2 mm
（必要重心高さ =314mm）

模型供試体の詳細図、配置図及び全景をそれぞれ図 6.4～6.7 に示す。



ビーム部材材料		重量（全数あたり）
2－H	400×400×13×21×1830（SS400）	628.2 kg
2－H	400×400×13×21×4860（SS400）	1656.2
1－H	400×400×13×21×1010（SS400）	170.1
4－H	400×400×13×21×409（SS400）①	227.2
4－PL	150×13×358（SS400）②	20.8
44－PL	150×19×358（SS400）③④	334.4
2－PL	194×13×358（SS400）⑤	13.0
12－SPL	320×9×400（SS400）	100.8
24－SPL	165×9×320（SS400）	81.6
12－SPL	260×9×320（SS400）	64.8
192－HTB	M22×80（F10T）（ボルトはナット・ワッシャー付き）	112.3
72－HTB	M22×75（F10T）（ボルトはナット・ワッシャー付き）	41.0

※）①はH形鋼の上下フランジを194mm分カットして製作し、H鋼 L=1830にウェブを溶接する。

図 6.4　模型供試体詳細図

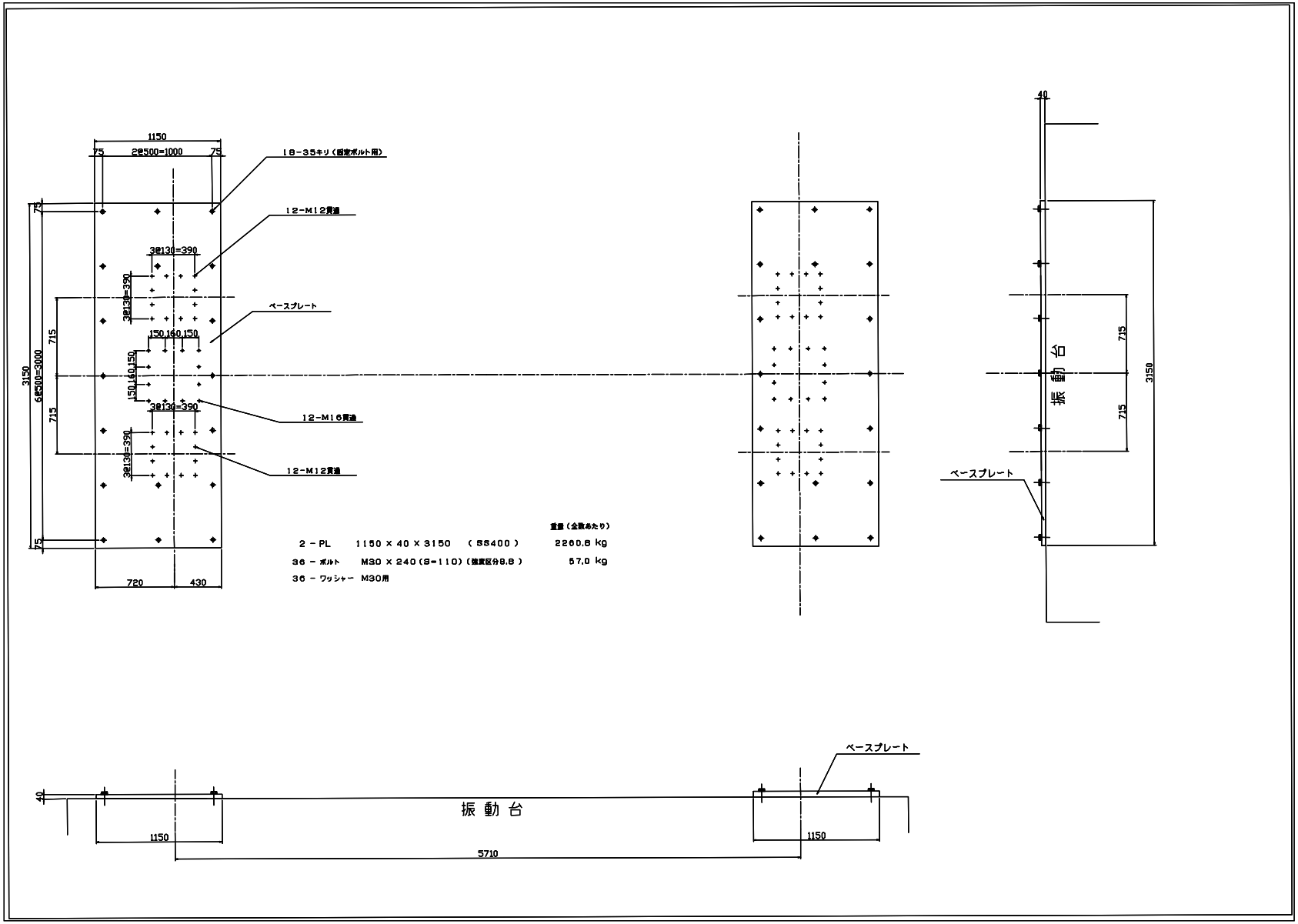


図 6.5　模型供試体配置図

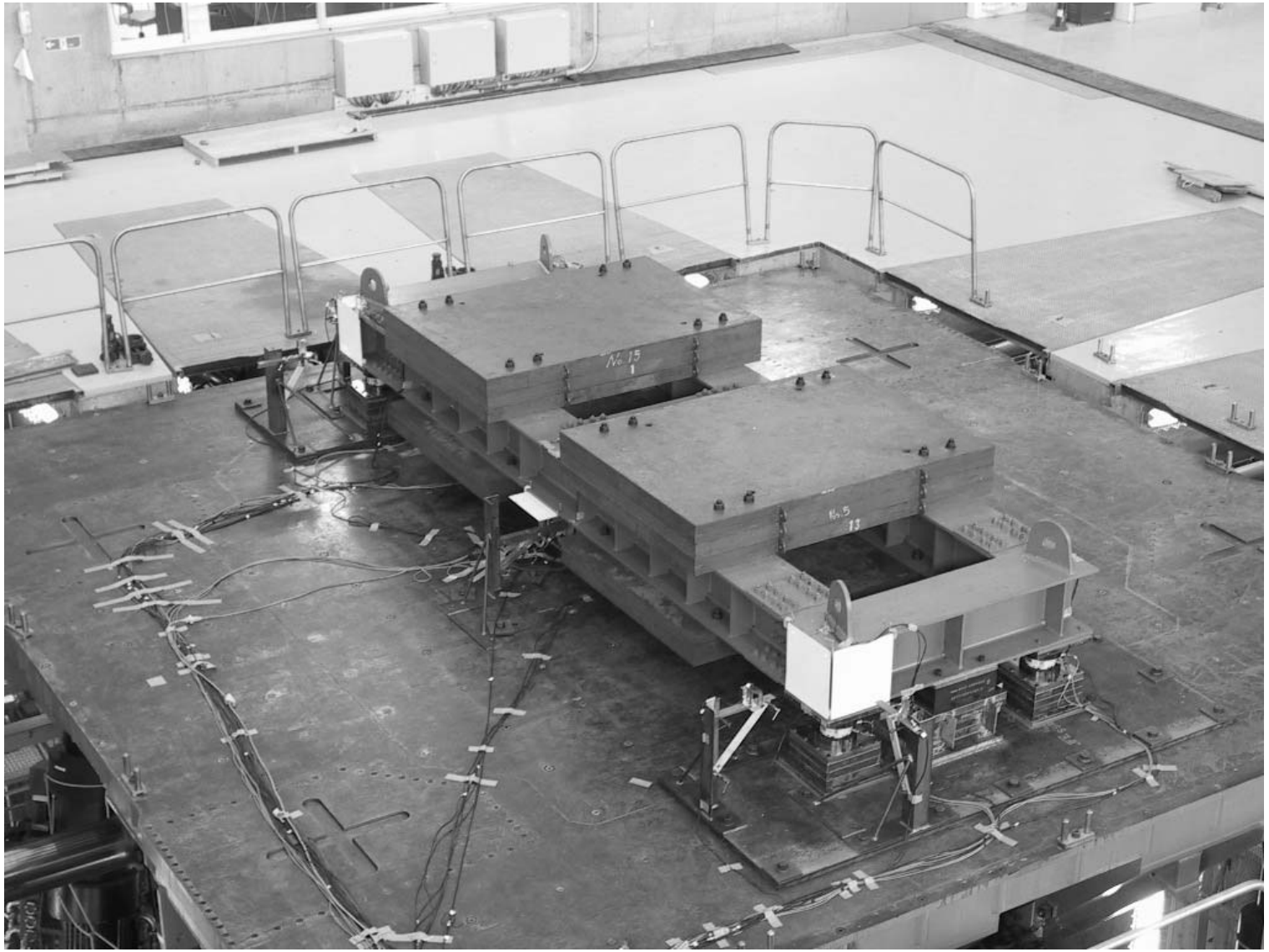


図 6.6　模型供試体全景（１）



図 6.7　模型供試体全景（２）

６．３．３　すべり支承・ゴムバッファ

本実験では、4 タイプの支承に対して実験を実施した。表 6.5 にすべり支承各タイプの材料組合せ及び特性を、表 6.6 にゴムバッファの特性及びすべり支承との組合せを、表 6.7 に各すべり支承及びゴムバッファの外観を示す。なお、本実験ではすべり支承の材料、構造等が摩擦特性に及ぼす影響、あるいはすべり支承・ゴムバッファタイプが橋桁の応答に及ぼす影響の把握を目的の一部としたため、タイプの異なるすべり支承・ゴムバッファを各メーカーで分担して製作したものである。

表 6.5 すべり支承

タイプ	すべり材	相手材	設計面圧		目標摩擦係数	提供メーカー
			許容面圧	設定面圧		
1	充填材入り PTFE	SUS (No.3 以上)	25N/mm^2	12N/mm^2	0.15 程度	BBM
2	充填材入り PTFE	SUS (鏡面仕上げ)	30N/mm^2	20N/mm^2	0.1 程度	日本鋳造
3	焼結金属系すべり材	SUS (No.2B 相当)	30N/mm^2	15N/mm^2	0.25 程度	川口金属
4	AFRP (繊維強化熱硬化性樹脂)	SUS (フッ素樹脂コート)	60N/mm^2	20N/mm^2	0.05 程度	オイレス

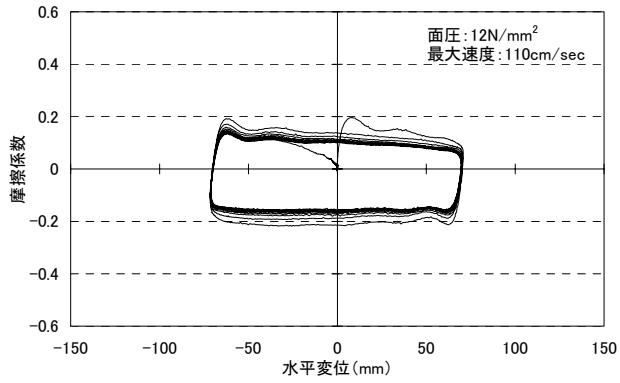
許容面圧　→　活荷重を含めた全反力に対する最大許容面圧
設定面圧　→　今回の実験に際して振動台上において設定する面圧
目標摩擦係数　→　設定面圧に対して地震時（20～100cm/sec 程度の速度）に想定される摩擦係数の目標値

表 6.6　ゴムバッファ

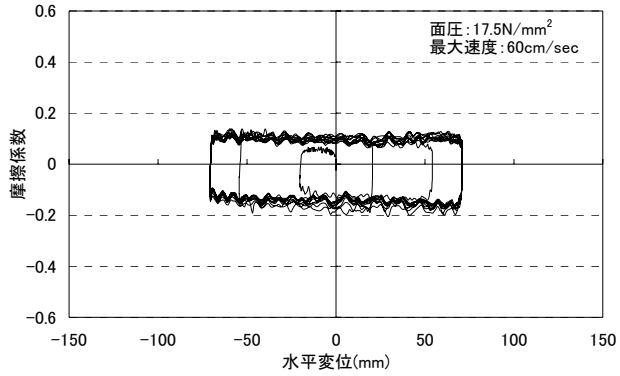
ゴムバッファ			組合せたすべり支承
構造	基準バネ定数（設計値）	提供メーカー	
反力分散ゴム支承 (RB)	K=3333kN/m	BBM	1
			2
			3
鉛プラグ入りゴム支承 (LRB)	K1：17770kN/m K2：2734kN/m Qd：76.4kN (有効せん断ひずみ 100%時)	オイレス	4

振動台実験前に実施したすべり支承及びゴムバッファの特性試験結果の一部をそれぞれ図 6.8、6.9 に、また各すべり支承、ゴムバッファの詳細図を図 6.12～6.17 に示す。

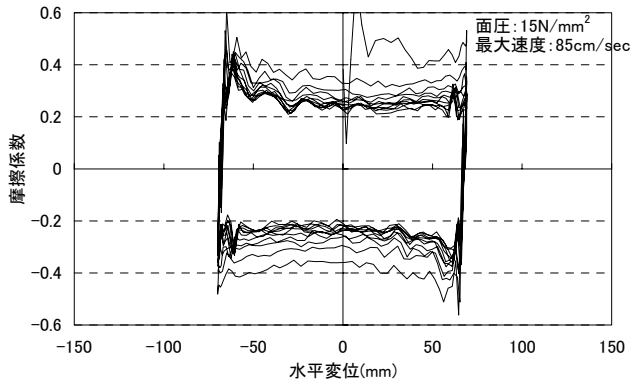
（タイプ 1）



（タイプ 2）



（タイプ 3）



（タイプ 4）

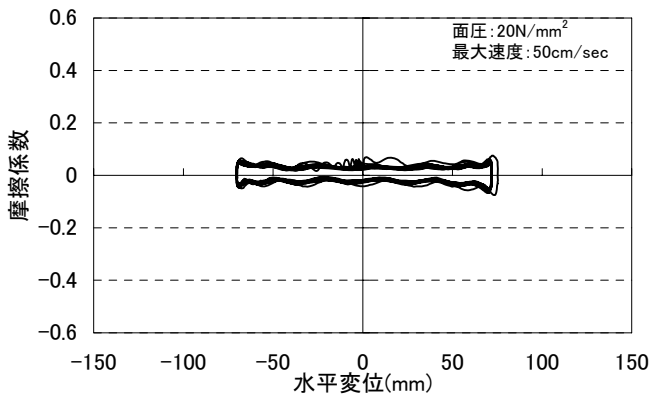
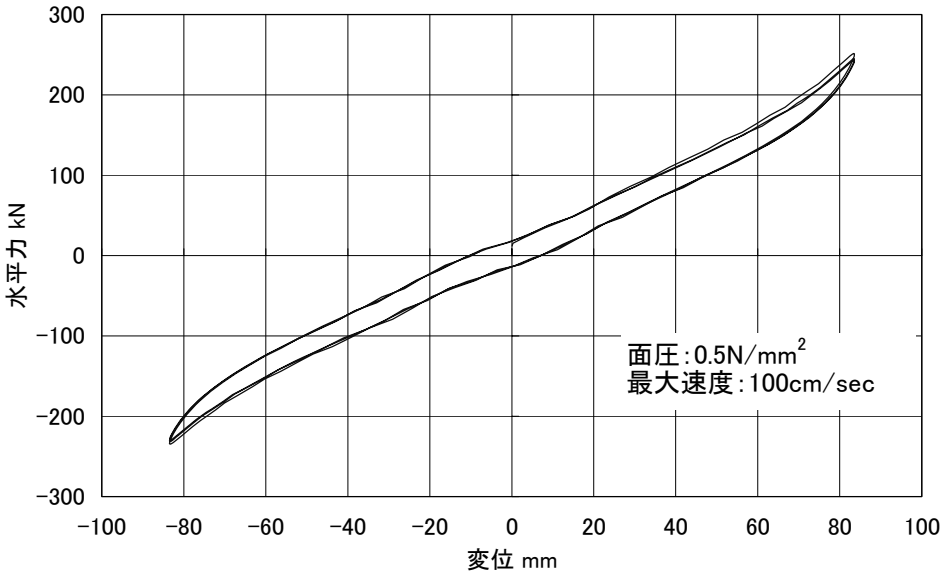
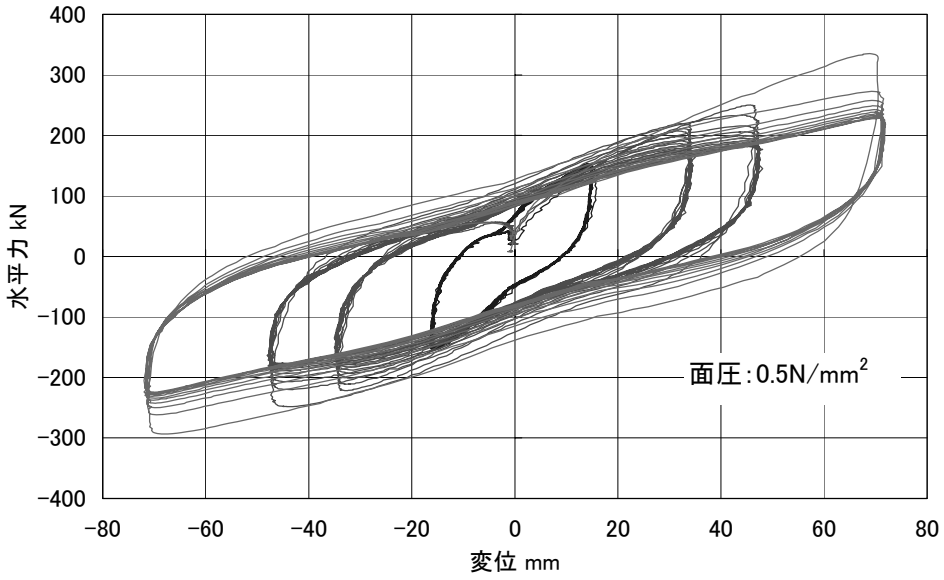


図 6.8　すべり支承特性試験結果



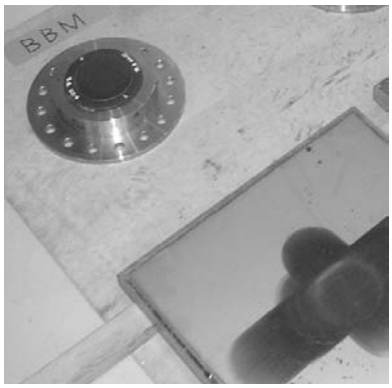
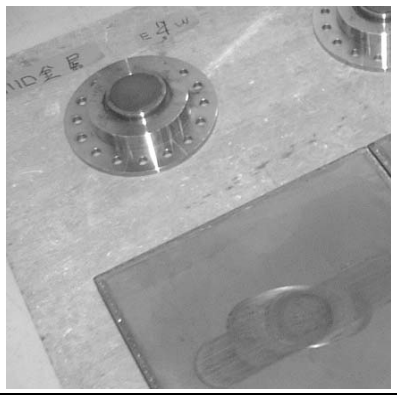
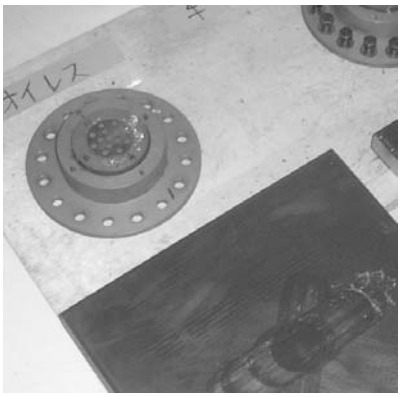
（RB）



（LRB）

図 6.9　ゴムバッファ特性試験結果

表 6.7　すべり支承・ゴムバッファ外観

すべり支承	ゴムバッファ
 タイプ 1	 RB
 タイプ 2	
 タイプ 3	
 タイプ 4	 LRB

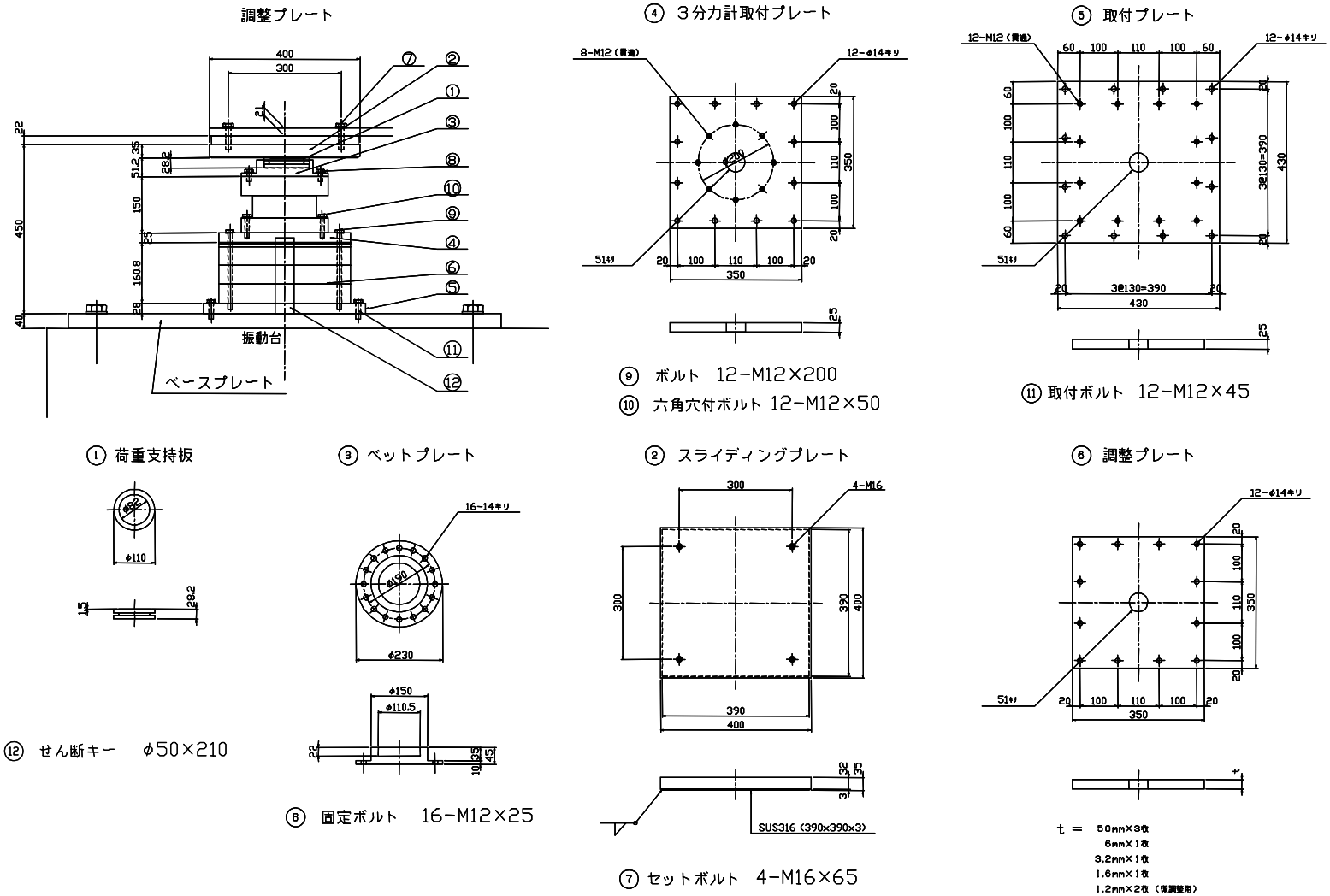


図 6.10 すべり支承（タイプ 1）

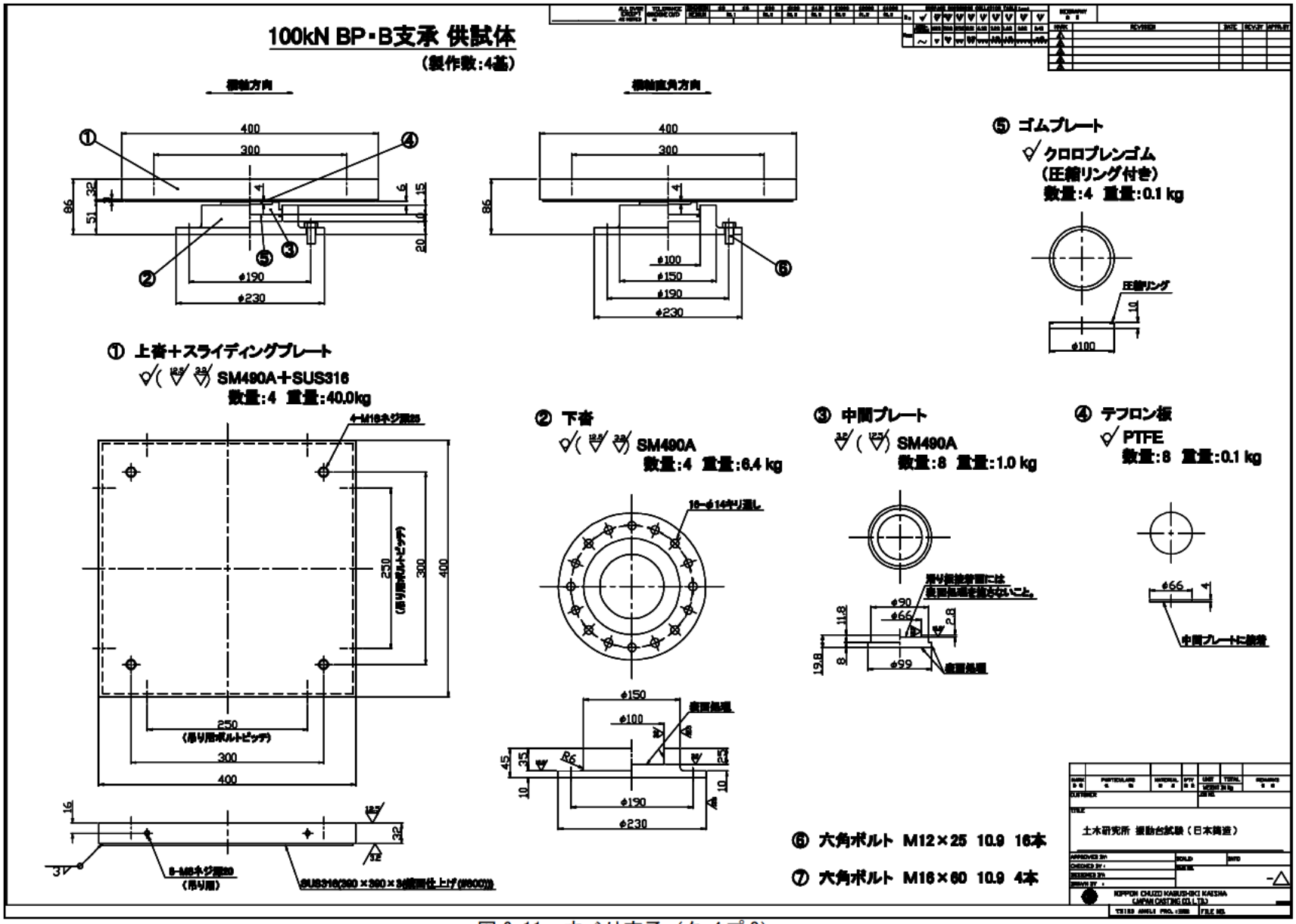
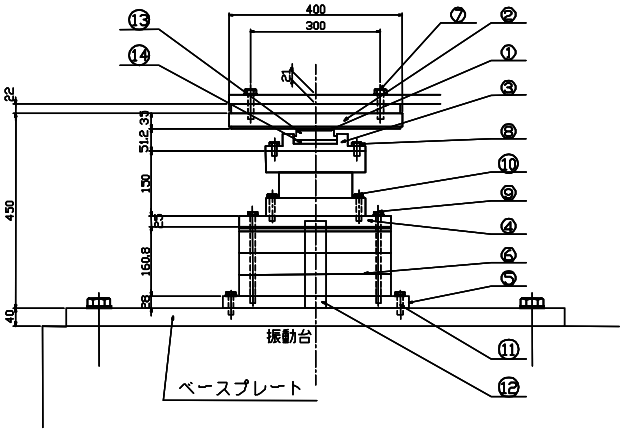


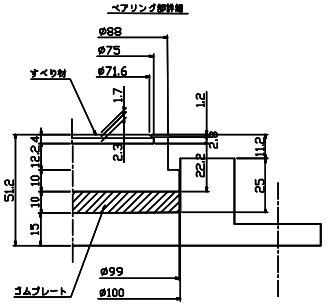
図 6.11　すべり支承（タイプ 2）

すべり支承供試体製作図

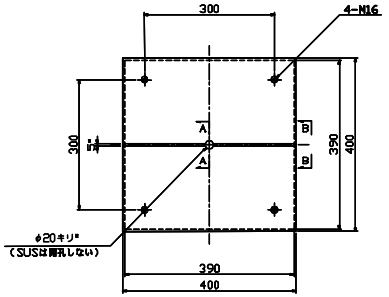
製作数：4体

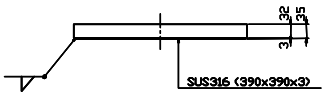
注）製作範囲は部品番号①．②．③．⑬．⑭ とし、
その他の部材は先行供試体の治具を転用するものとする。

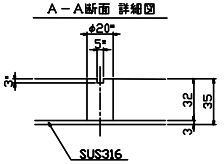


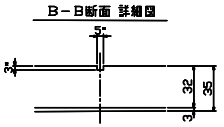


② スライディングプレート
（SS400+SUS316）



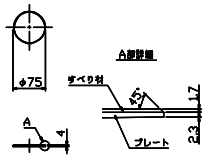




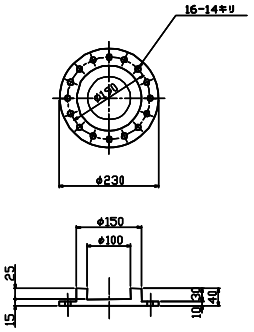


注）*を付記した加工寸法は、
４セット中１体のみに適用する

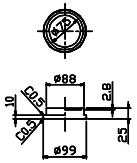
① すべり材（焼結金属系すべり材）



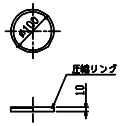
③ ベットプレート（SS400）



⑬ 中間プレート
（SS400）



⑭ ゴムプレート
（クロロプレンゴム）



川口金属工業（株） 技術本部　開発課		工事名	土木研究所　振動台実験用供試体		出図
承認	作成	図面名称	すべり支承		
		設計番号 or 製造番号		図面番号 04-112501S	11月25日

図 6.12　すべり支承（タイプ 3）

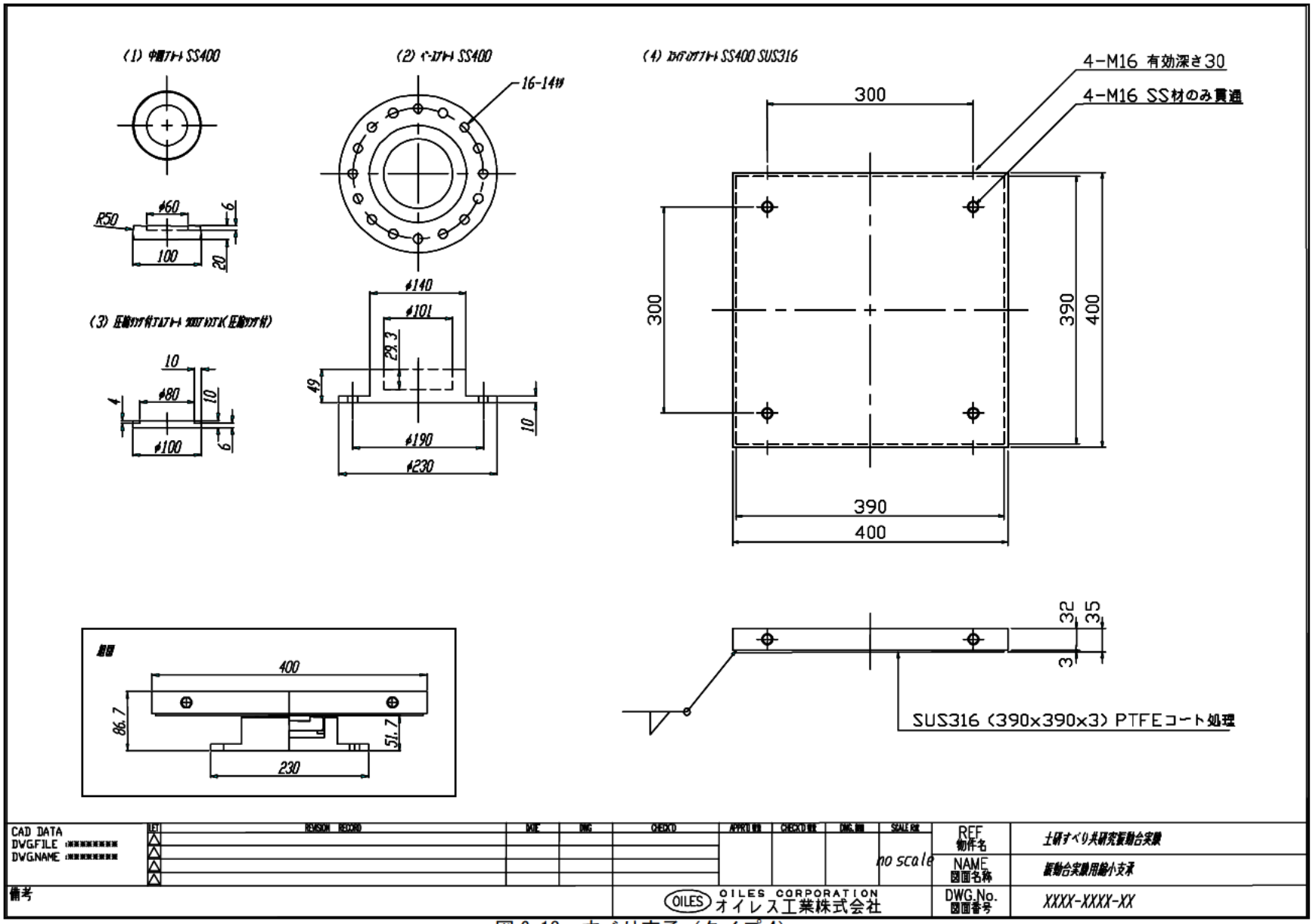
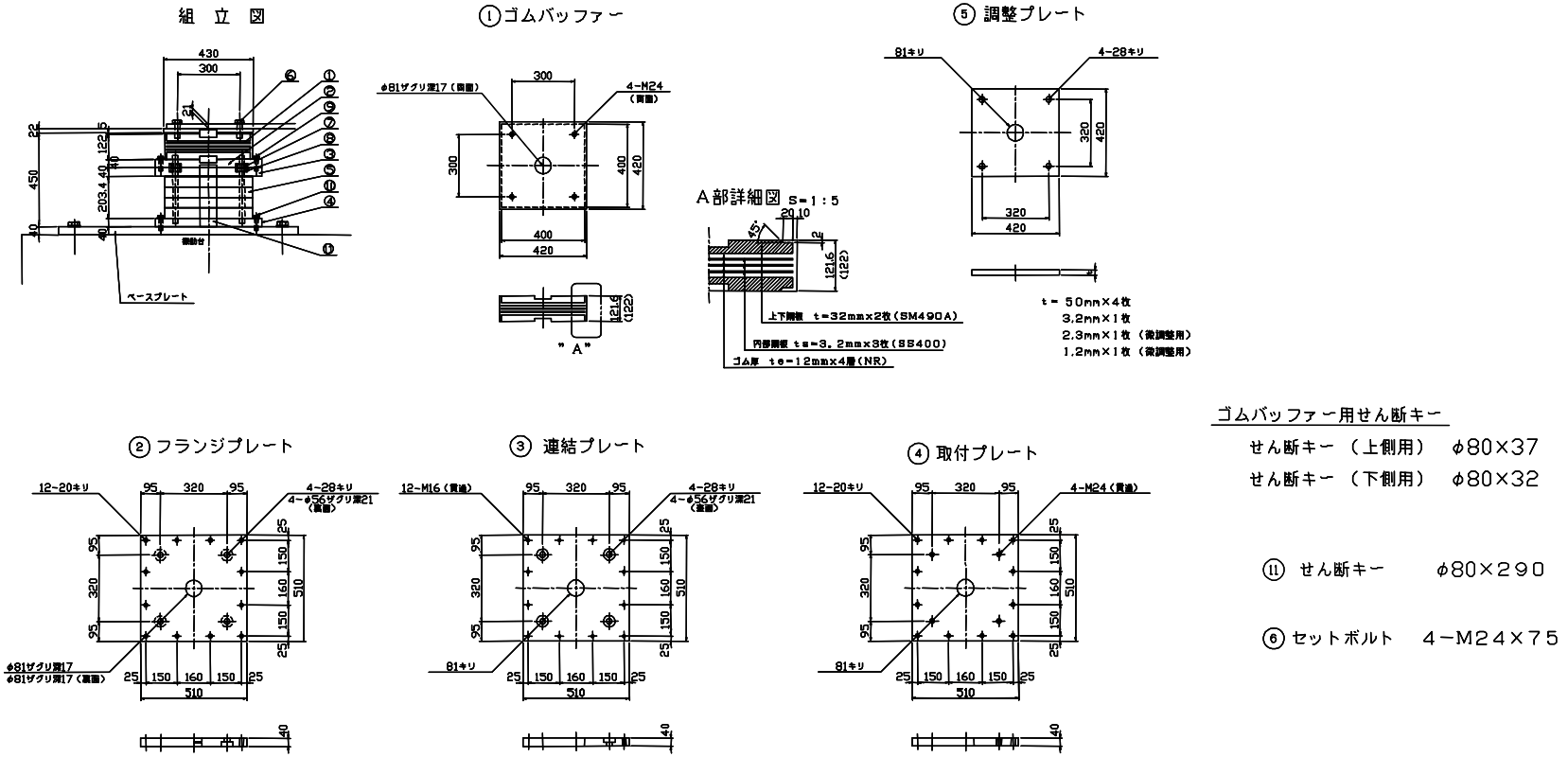


図 6.13　すべり支承（タイプ 4）



ゴムバッファー用せん断キー

せん断キー（上側用） φ80×37

せん断キー（下側用） φ80×32

⑪ せん断キー φ80×290

⑥ セットボルト 4−M24×75

⑦ ボルト 4−M24×45

⑧ ボルト 4−M24×260

⑨ 固定ボルト 12−M16×60

⑩ 取付ボルト 12−M16×60

図 6.14 ゴムバッファ（RB）

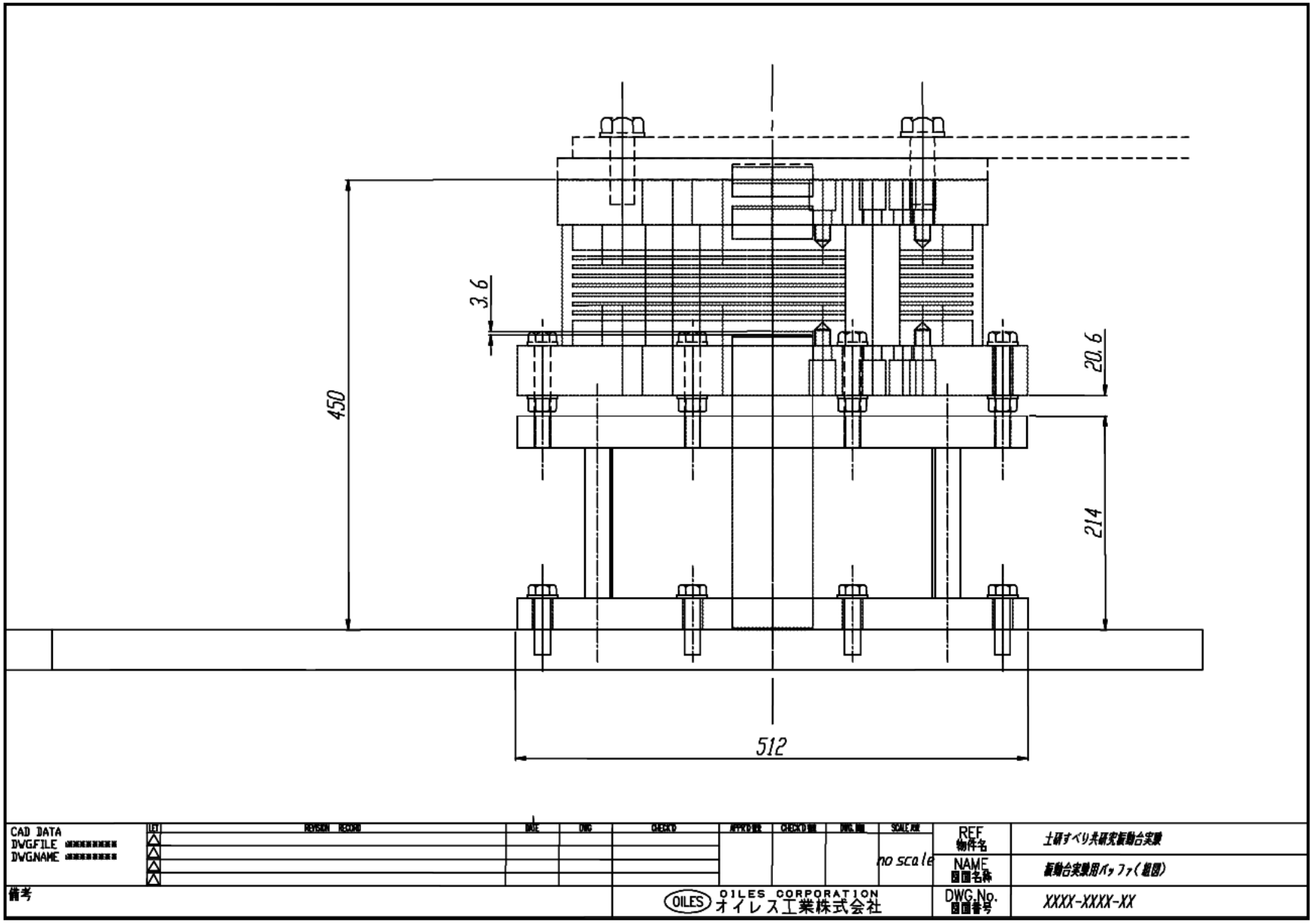


図 6.15　ゴムバッファ(1)（LRB）

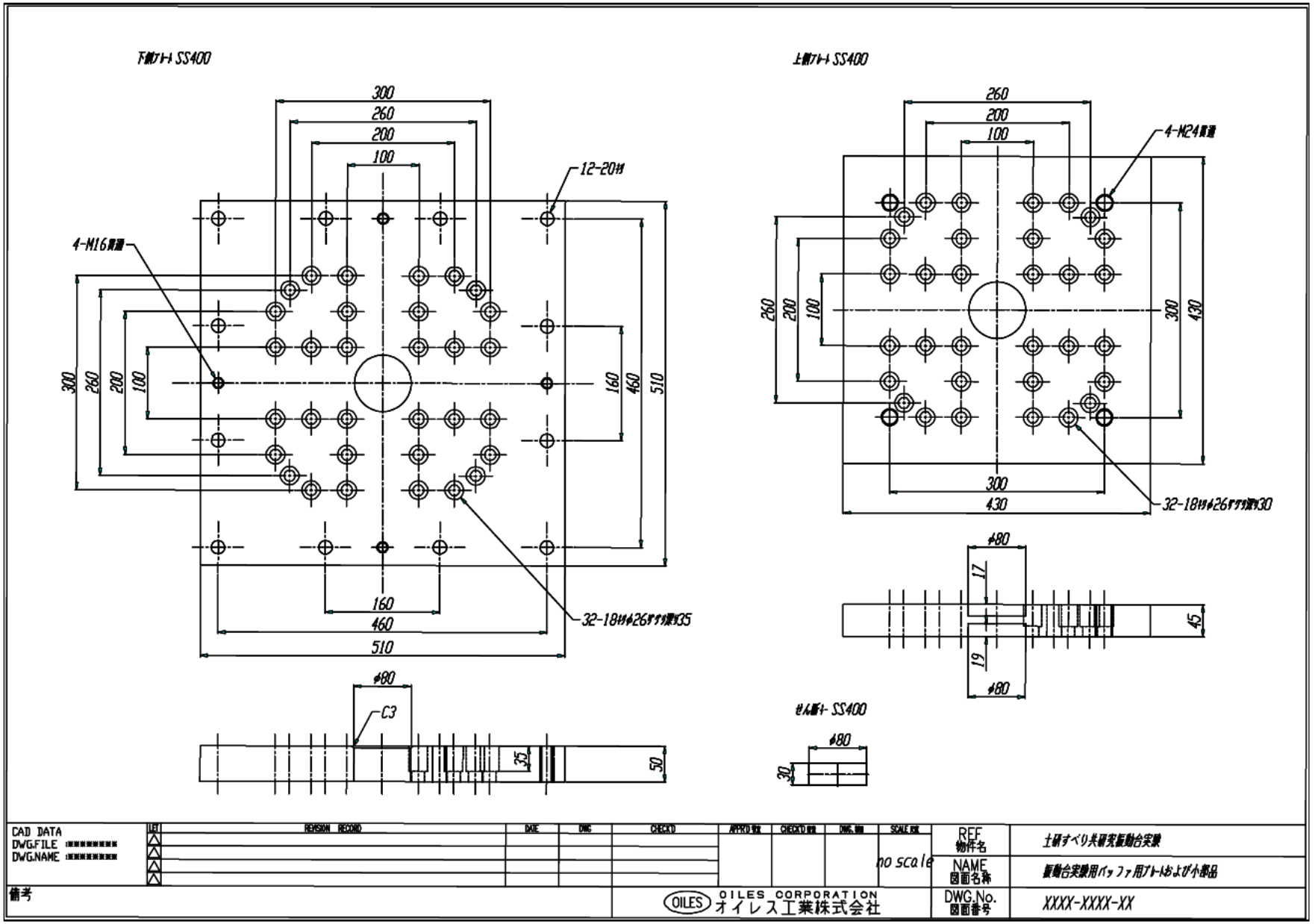


図 6.16　ゴムバッファ(2)（LRB）

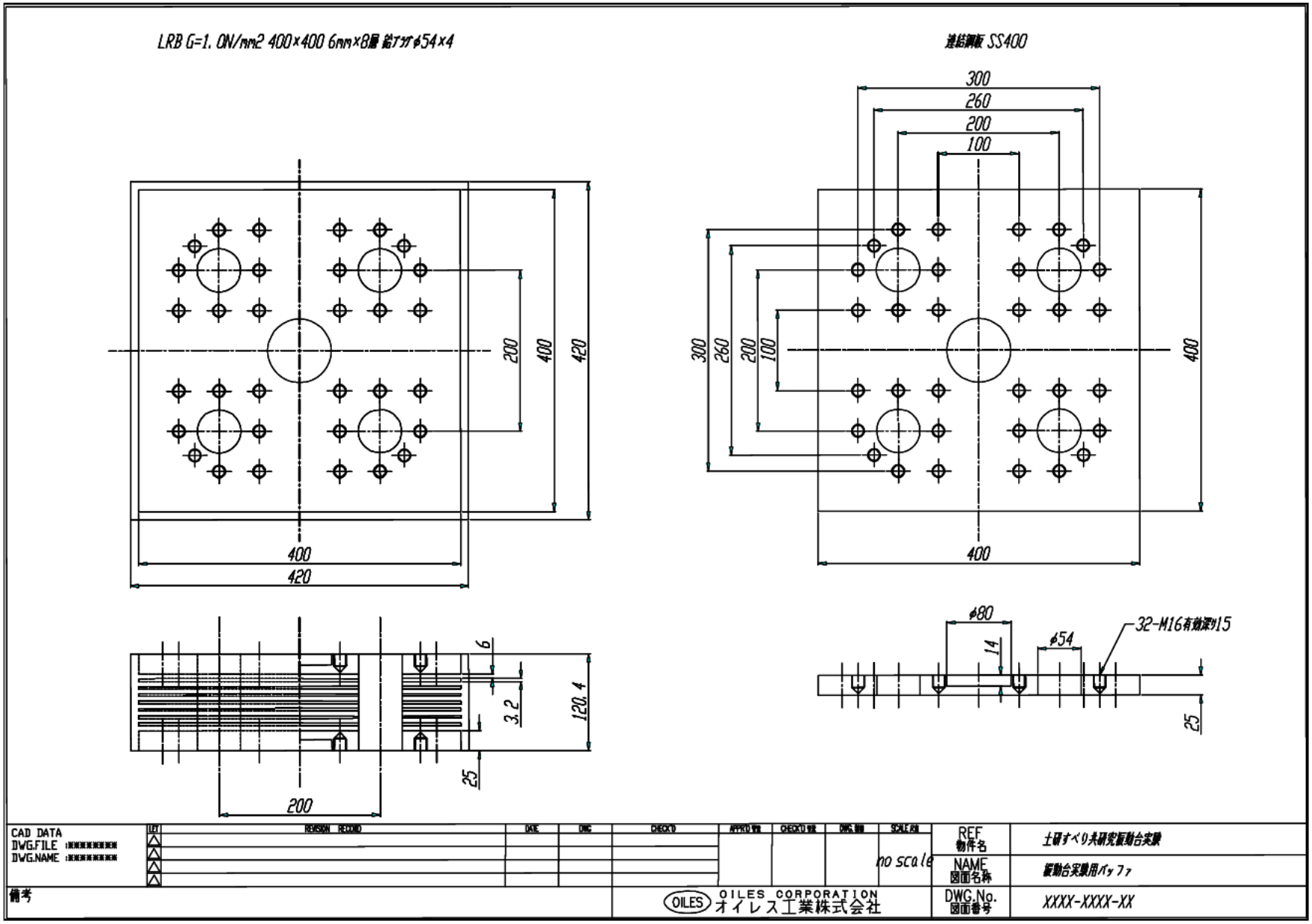


図 6.17　ゴムバッファ(3)（LRB）

６．４　実験手法

６．４．１　計測項目

本実験における計測項目と使用した計測機器を表 6.8、計測システムを図 6.18、計測機器の配置図を図 6.19 に示す。計測データは、500Hz のサンプリング周波数により収録した。

表 6.8　計測項目及び機器

項　目	点　数	機　器	メーカー名	型　式
変　位	8　点	レーザ式変位計	KEYENCE	LB-300
加速度	20　点	加速度計	共和電業	ASW-2A
荷　重	12　点	3分力計	共和電業	LSM-B-150KNSAS
温　度	1　点	熱電対	―	―

※　熱電対は支承 4（支点 4）の温度を計測した。

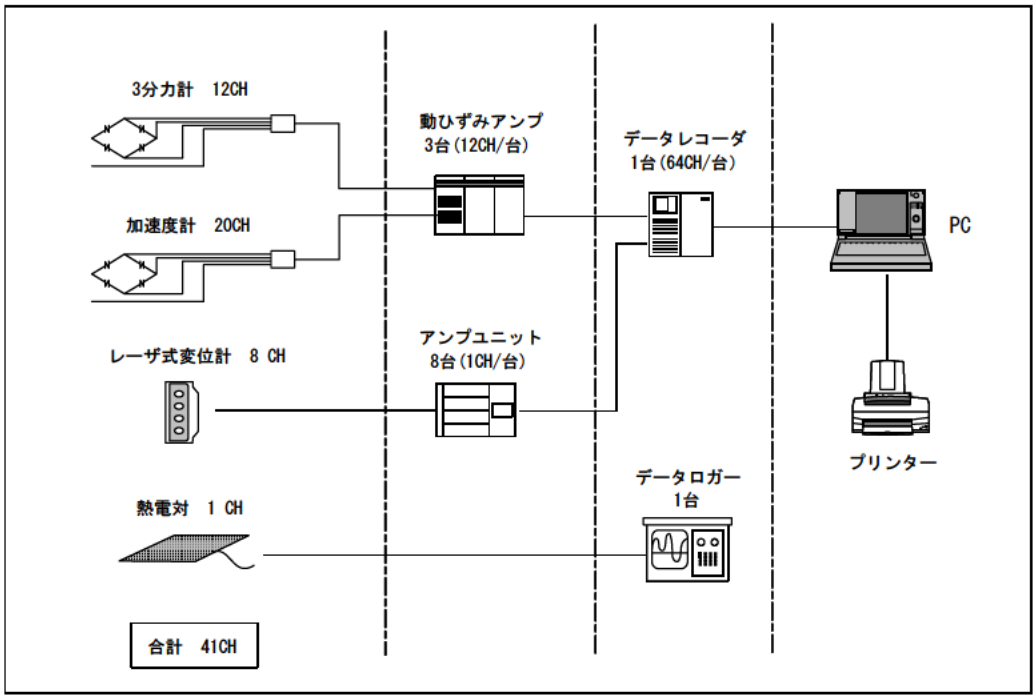


図 6.18　計測システム図

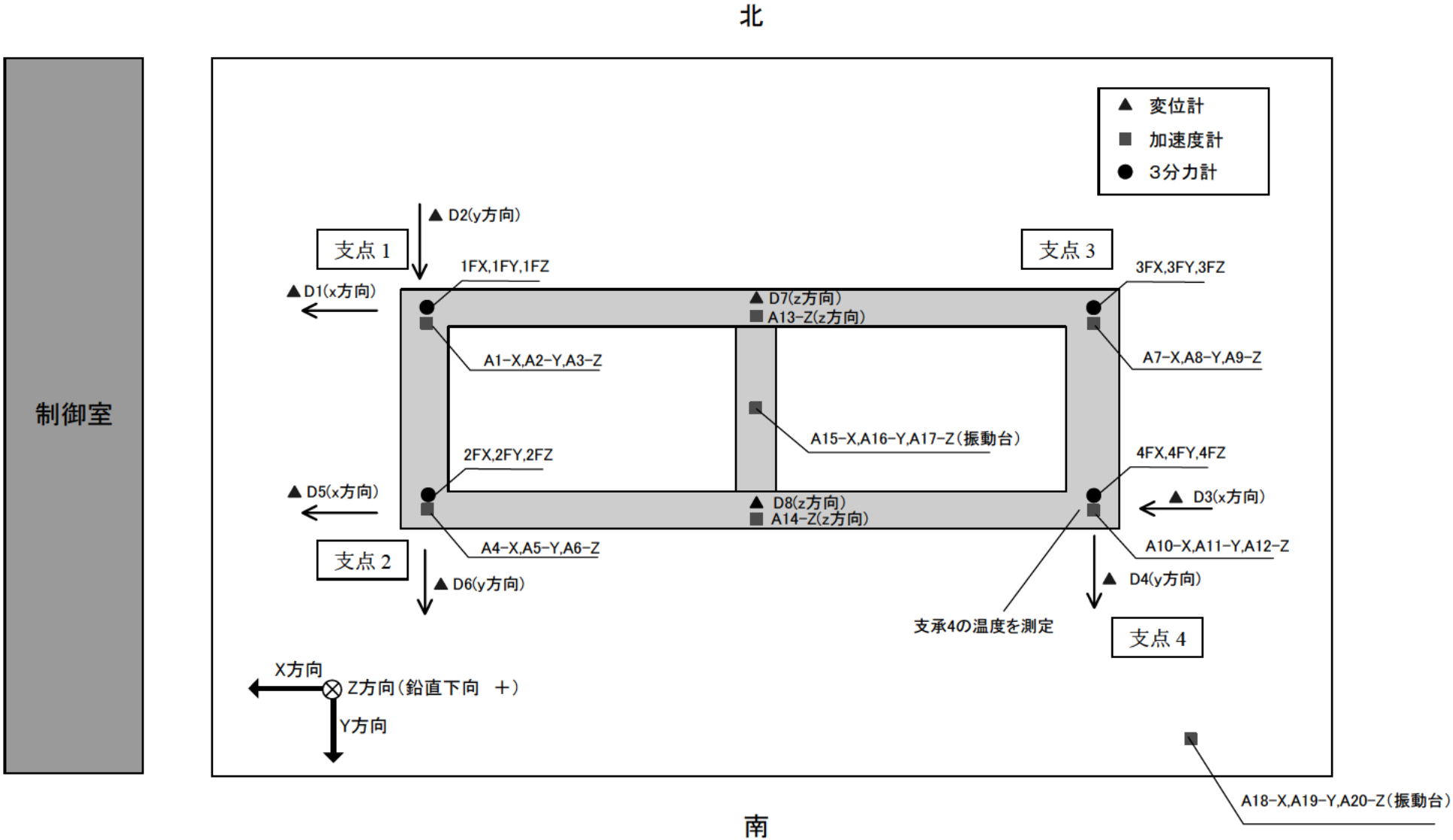


図 6.19　計測機器配置図

（１）変位

実験供試体の変位量は、レーザ式変位計により計測した。また、レーザ式変位計のターゲットには白色のベニヤ板を使用した。図 6.20 に実験で使用したレーザ式変位計を示す。

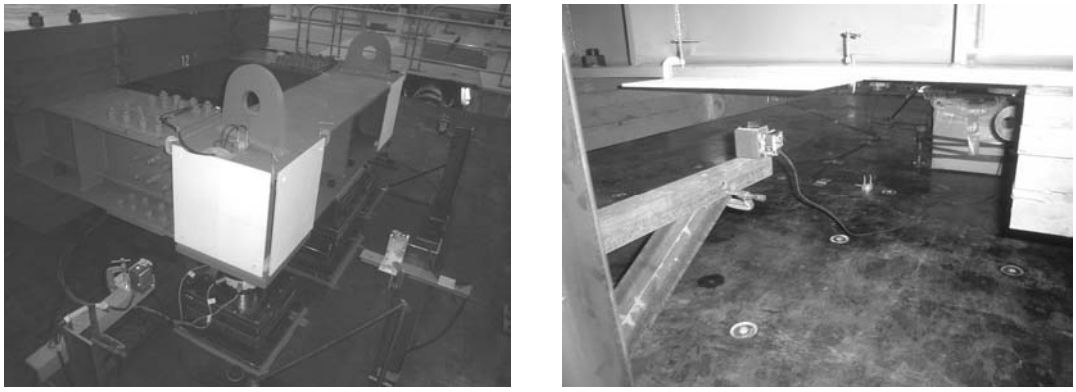


図 6.20　レーザ式変位計

本実験では、上記変位計を橋桁の 3 隅に 2 個ずつ計 6 個設置し、XY 方向の振動台との相対変位を測定した。また、橋桁中央に変位計を 2 個設置し Z 方向の振動台との相対変位を測定した。

（２）加速度

実験供試体に生じる加速度は、加速度計により計測した。図 6.21 に実験で使用した加速度計を示す。

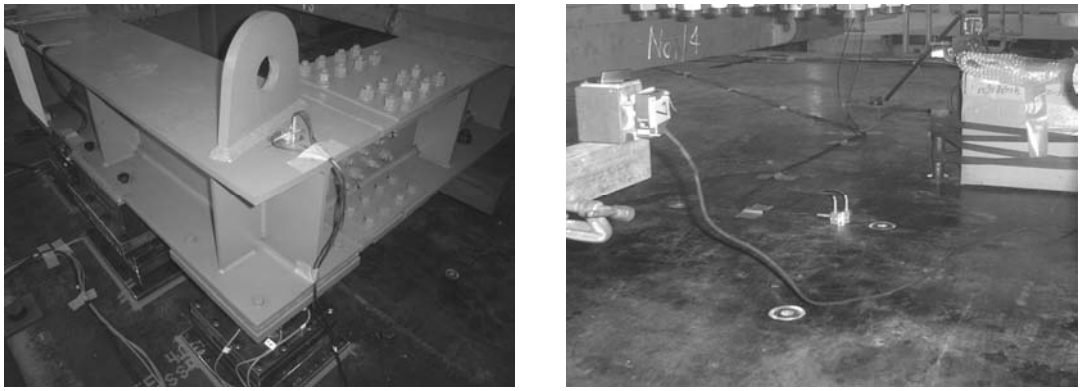


図 6.21　加速度計

上記加速度計は、橋桁 4 隅にそれぞれ 3 個ずつ計 12 個設置し、XYZ 方向の橋桁の加速度を測定した。また、桁中央 2 箇所に 1 個ずつ計 2 個設置し Z 方向の加速度を測定した。さらに、振動台 2 箇所（振動台中央、端）に加速時計をそれぞれ 3 個ずつ計 6 個設置し、XYZ 方向の振動台加速度を測定した。

（３）荷重

4 支点のすべり支承下面に 3 分力計を設置し、すべり面に生じる XY 方向の摩擦力と Z 方向の軸力の変動を測定した。図 6.22 に本実験で使用した 3 分力計を示す。3 分力計は、橋桁の 4 隅に設置した。

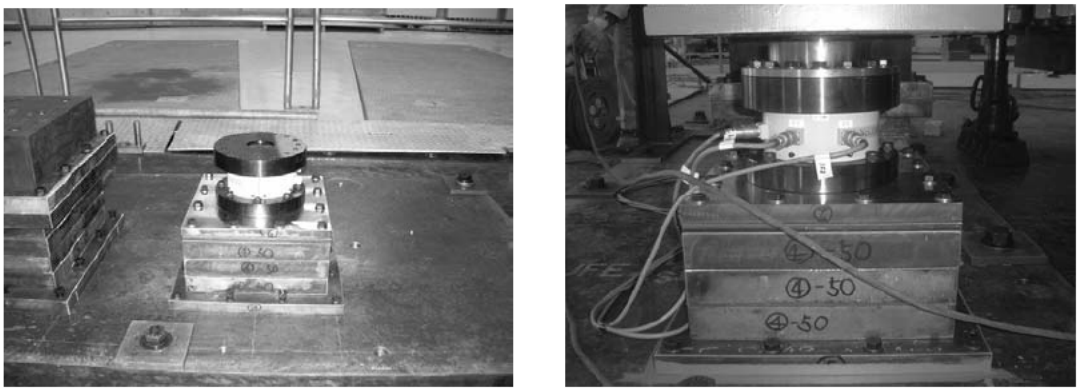


図 6.22　3 分力計

（４）温度

すべり支承 1 箇所（支点 4 の相手材）の温度を測定した。図 6.23 に熱電対の貼付詳細図を示す。

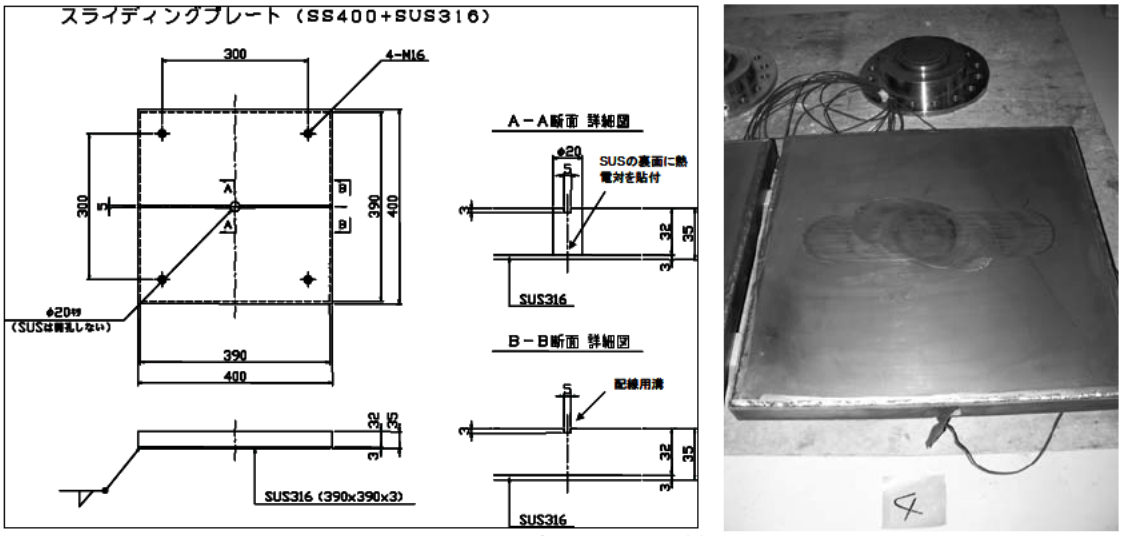


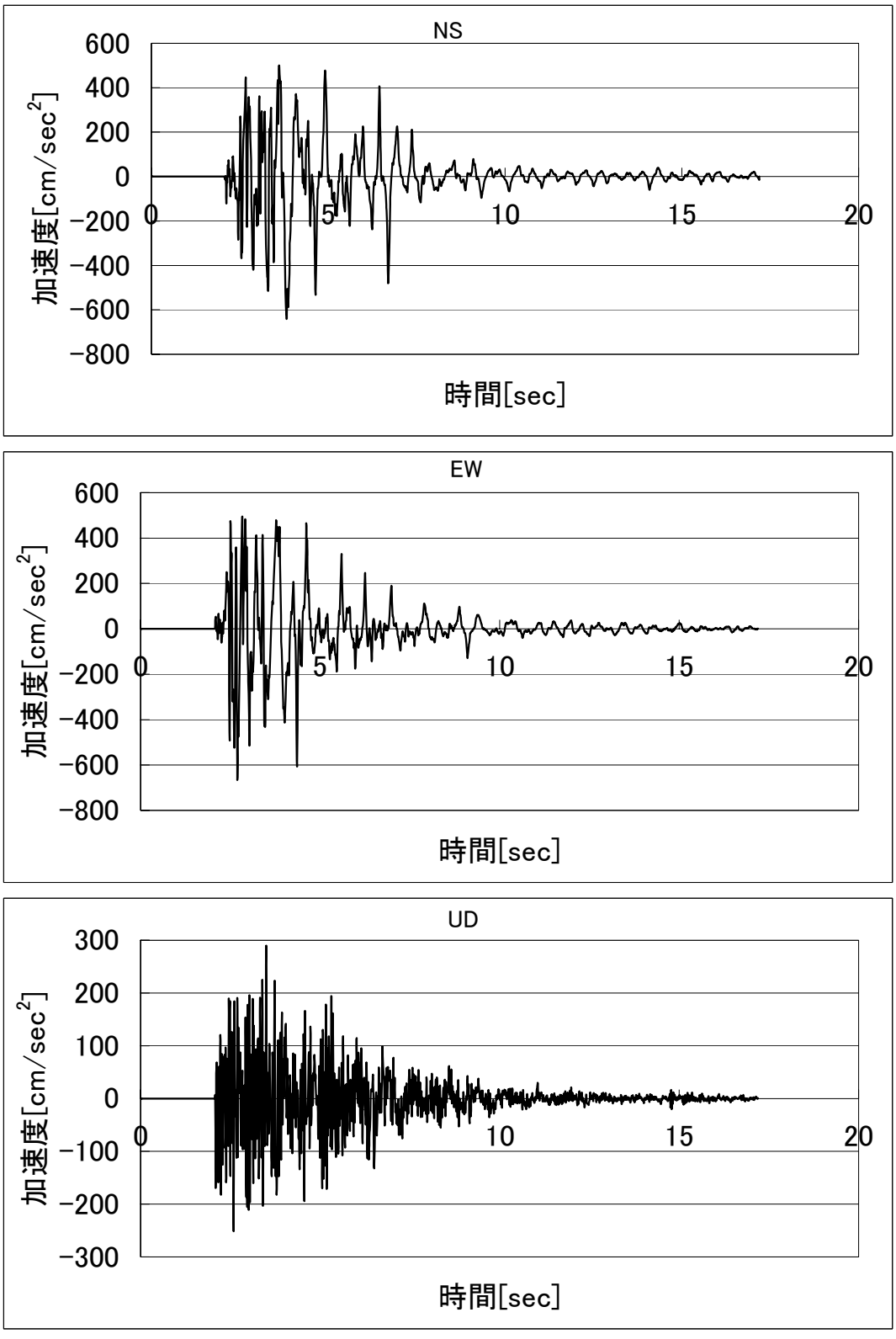
図 6.23　熱電対貼付詳細図

６．４．２　実験ケース

本実験における加振ケースを表 6.9 に示す。表 6.9 に示す 11 ケースの加振を 4 タイプの支承に対してそれぞれ実施した。各ケースの加振レベルは、振動台及び桁の実際の応答値が不明であったため、加振レベル（指令値）を序々に上げていき、応答変位が目標値（ゴムバッファのせん断ひずみ 150％＝72mm 程度）もしくは 3 分力計の定格容量（圧縮:150kN、引張：浮き上がりを発生させない）に達した時点で加振レベルの増加を打ち切る方法とした。なお正弦波の周期は、実験供試体のゴムバッファ剛性（設計値）から算出される橋桁の固有周期（0.393sec）に近い値で 0.5sec とした。これは、今回の実験では極力大きな応答を発生させ、高速域でのすべり支承の摩擦特性の確認を目的の 1 つとしたためである。また正弦波 10 波の前後には 6 波分のテーパーを付加した（計 22 波）。Case4～11 に使用した強震記録は、表 6.1 の相似則に従い時間軸を 1/√7 に圧縮し、加速度を増減して使用した。

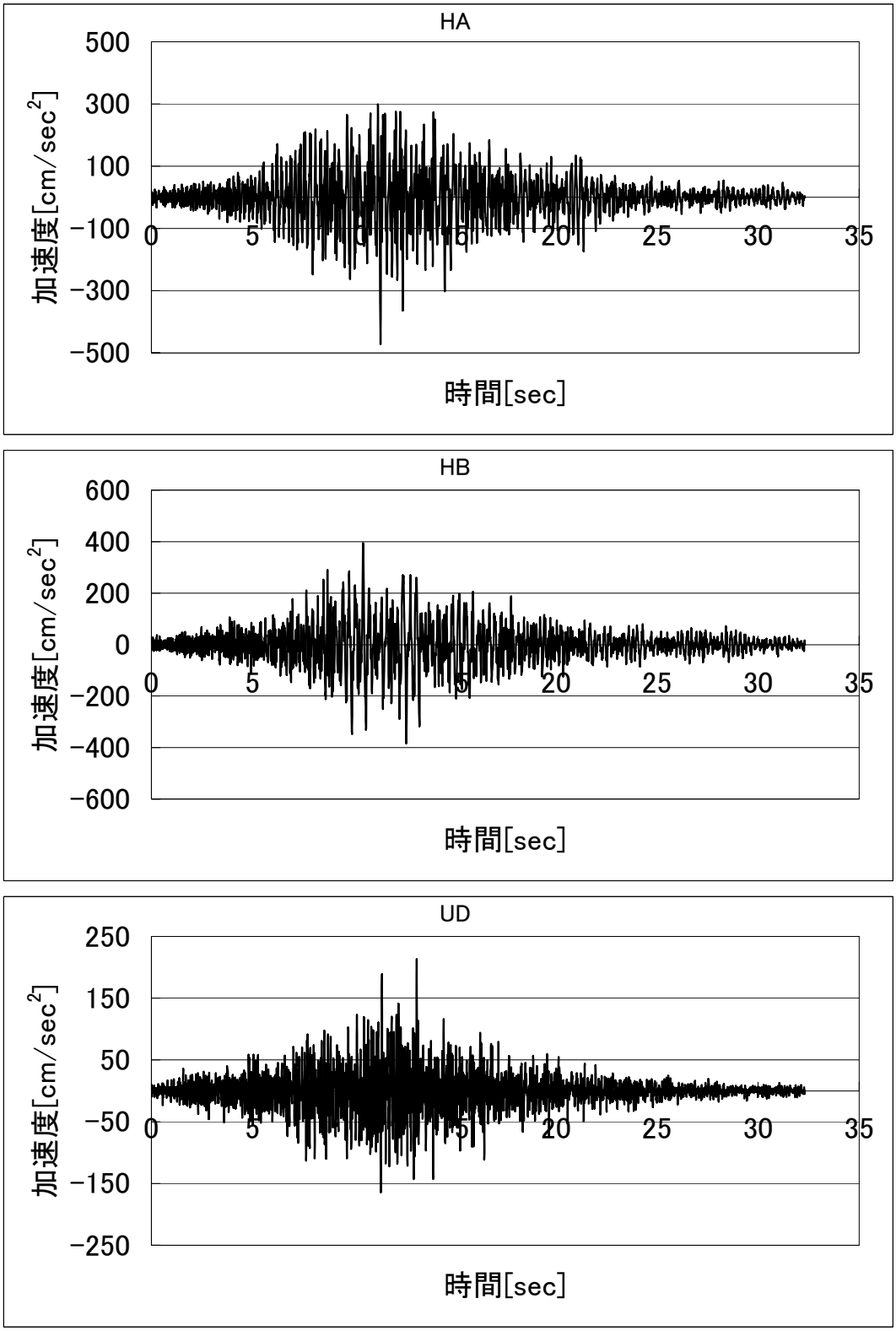
表 6.9　実験ケースおよび入力地震波

Case	入力方向			主な着目点	入力地震波
	X	Y	Z		
1	○			・基本ケース（正弦波） ・摩擦特性（速度依存性）	正弦波（周期:0.5sec、10 波）
2		○		・摩擦特性（面圧依存性） ・ロッキングによる軸力変動	〃
3	○		○	・摩擦特性（速度・面圧依存性） ・上下動による軸力変動 ・上下動入力が応答に及ぼす影響（Case１との比較による）	〃 （Z 方向正弦波周期は 0.5&1.0sec）
4	○			・基本ケース（ランダム波） ・Case１に同じ	1995 年兵庫県南部地震時の JR 鷹取駅構内における記録（X:NS, Y:EW）[3)] 図 6.24 参照
5		○		・Case２に同じ	〃
6	○		○	・Case３に同じ	〃
7	○	○	○	・地震時の実挙動 ・水平 2 方向入力が応答に及ぼす影響（Case６との比較）	〃
8	○			・地震動の違い	1994 年北海道東方沖地震時の温根沼大橋周辺における記録(X:HA, Y:HB)[3)] 図 6.25 参照
9		○			〃
１０	○		○		〃
１１	○	○	○		〃



＊時間軸については1/√7倍している

図 6.24　鷹取強震記録（100%）



＊時間軸については1/√7倍している

図 6.25　温根沼強震記録（100%）

６．４．３　実験前条件

本実験では、4 タイプの支承に対して実験を実施した。各タイプの実験を実施する前（橋桁のセット時）に 3 分力計に作用する Z 方向（鉛直方向）の荷重（軸力）、支承 4 隅のレベル（計測位置は図 6.26 に示すように 3 分力計取付プレートと上沓（相手材）間）を計測した。それらの計測結果を表 6.10 に示す。

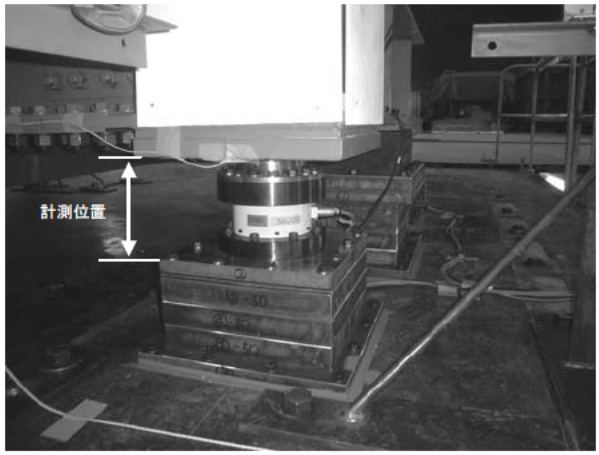
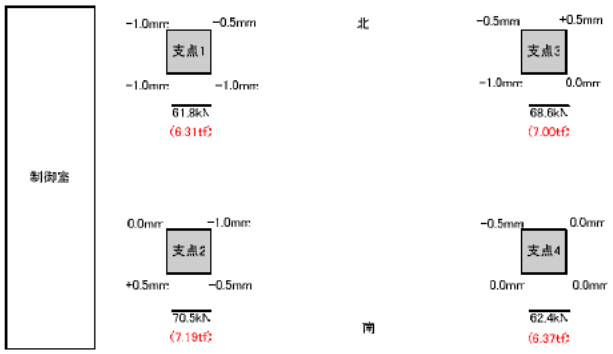
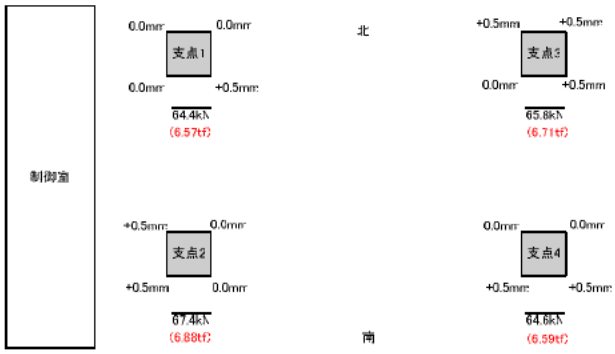
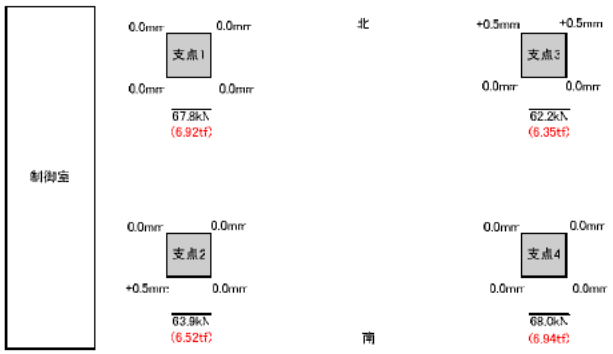
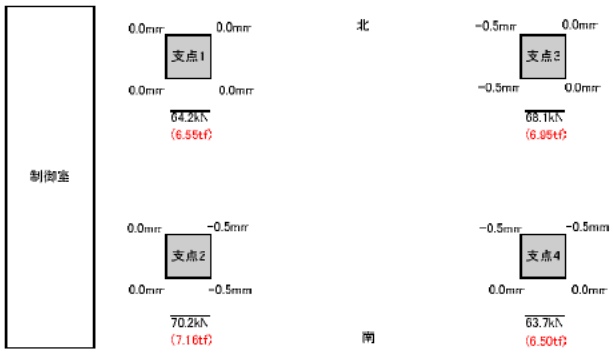


図 6.26　レベル計測位置

表 6.10　実験前軸力とレベル

すべり支承タイプ	実験前条件	備　考
1		支点1：61.8kN 支点2：70.5kN 支点3：68.6kN 支点4：62.4kN 支承4隅のレベルは、±1mmで水平に設置した。
2		支点1：64.4kN 支点2：67.4kN 支点3：65.8kN 支点4：64.6kN 支承4隅のレベルは、±1mmで水平に設置した。
3		支点1：67.8kN 支点2：63.9kN 支点3：62.2kN 支点4：68.0kN 支承4隅のレベルは、±1mmで水平に設置した。
4		支点1：64.2kN 支点2：70.2kN 支点3：68.1kN 支点4：63.7kN 支承4隅のレベルは、±1mmで水平に設置した。

６．５　実験結果

６．５．１　実験結果一覧

各タイプのすべり支承における実験結果の一覧表を表 6.11～14 に示す。表中、応答（桁）の各項目の定義を以下に示す。

・重心最大変位 (cm)・・・重心変位時刻歴の絶対値最大時の値
・重心最大振幅 (cm)・・・重心位置の振幅（初期値との差）の最大値
・重心最大残留変位 (cm)・・・重心位置の残留変位
・重心最大速度 (cm/sec)・・・重心速度時刻歴の絶対値最大時の値
・重心最大加速度 (cm/sec^2)・・・重心加速度時刻歴の絶対値最大時の値
・反力変動（kN）・・・上段は 4 支点軸力総和の正側（浮上り側）絶対値最大時、下段は負側（押込み側）絶対値最大時の値

また、表中の「データ整理」該当ケースについては、以下の項目について整理を行った。（各補正計算の詳細については表 6.15～6.19 を参照）

(1)時刻歴波形

①荷重

・計測データ（12CH 分）
・Z 方向総和
・桁のたわみ振動補正（Z 方向 4CH 分）
桁のたわみ振動に伴う反力変動：桁質量の半分*((A13+A14)/2-(A3+A6+A9+A12)/4)
補正後の反力：各支点の軸力記録値-(桁のたわみ振動に伴う反力変動)/4
・鉛直動補正（Z 方向 4CH 分）
鉛直動に伴う反力変動：死荷重時反力*A17
補正後の反力：各支点の軸力記録値 (たわみ振動補正後)-(上下動に伴う補正値)

②加速度

・計測データ（20CH 分）
・重心の加振方向加速度（例えば X 方向で有れば(A1+A4+A7+A10)/4*ACOS 回転角）

③変位

・計測データ（8CH 分）
・回転角（D1・3 より算出、D2・4 より算出、平均、「図 6.29 回転角と変形量」参照）
・加振方向重心変位（D1・2 より算出、D3・4 より算出、平均）
・加振方向 4 隅変位（平均回転角、平均重心変位より算出）
・重心軌跡図
・累積距離（重心平均変位より算出、3 方向加振は$(x^2+y^2)^{0.5}$で変位距離を算出）

④速度

・計測変位から算出（8CH 分・フィルター処理無し）

・重心速度（重心平均変位より算出・フィルター処理有り）

⑥温度

・計測データ（1CH 分、図 6.18 に示すように変位・加速度・荷重の計測システムとは別系統となっており、それらデータと計測時間は対応していない）

(2)荷重－変位関係

・すべり支承 4 支点分（変位：加振方向 4 隅変位、荷重：加振方向分力）

・ゴムバッファ 1 セット分（変位：加振方向平均重心変位、荷重：加振方向慣性力（=橋桁質量*重心加速度）-Σすべり支承部加振方向分力）/2）

・履歴吸収エネルギー

(3)摩擦係数－変位関係

・すべり支承 4 支点分（上記荷重－変位履歴の荷重を軸力記録値で除した履歴）

(4)摩擦係数－速度関係

・すべり支承 4 支点分（速度：重心速度）

(5)摩擦係数－面圧関係

・すべり支承 4 支点分

・面圧(N/mm^2)：軸力/すべり材面積（タイプ 1:φ82mm、日鋳:φ66mm、川金:φ75mm、タイプ 4:φ60mm）

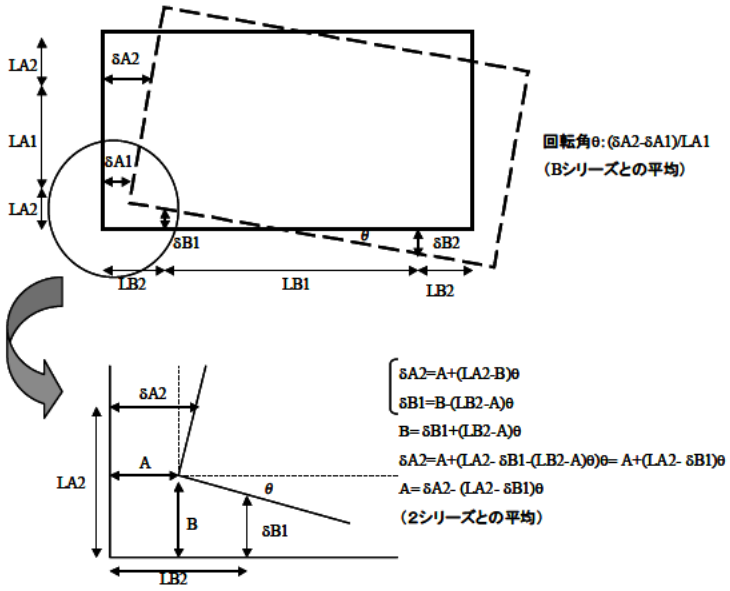


図 6.27　回転角と変形量　概念図

表 6.11　実験結果一覧（タイプ 1）

case		入力(振動台) X 周期	X 最大加速度(cm/sec2) 指令値	X 最大加速度(cm/sec2) 実際値	X 波数	Y 周期	Y 最大加速度(cm/sec2) 指令値	Y 最大加速度(cm/sec2) 実際値	Y 波数	Z 周期	Z 最大加速度(cm/sec2) 指令値	Z 最大加速度(cm/sec2) 実際値	Z 波数	応答(橋桁) 重心最大変位(cm) X	重心最大変位(cm) Y	重心最大変位(cm) Z	重心最大振幅(cm) X	重心最大振幅(cm) Y	重心最大振幅(cm) Z	重心残留変位(cm) X	重心残留変位(cm) Y	重心残留変位(cm) Z	重心最大速度(cm/sec) X	重心最大速度(cm/sec) Y	重心最大速度(cm/sec) Z	重心最大加速度(cm/sec2) X	重心最大加速度(cm/sec2) Y	重心最大加速度(cm/sec2) Z	反力変動(kN)	備　考	データ整理	加振順番
1	1	0.5	300	331	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.98	—	—	1.98	—	—	-0.01	—	—	-23 53	—	—	-612 6	—	—	4 39 -19 28	支承セットボルトはヘッドを浮かせた状態でセット		1
	2	0.5	350	393	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-3.32	—	—	3.32	—	—	-0.11	—	—	40.43	—	—	-881 9	—	—	5 37 -30 27			5
	3	0.5	375	428	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-4.85	—	—	4.89	—	—	0.05	—	—	59.21	—	—	-1168.0	—	—	4 96 -40 09			6
	4	0.5	400	465	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-6.31	—	—	6.36	—	—	-0.12	—	—	76.65	—	—	-1462.8	—	—	5 57 -53 54			7
	5	0.5	425	502	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-7.45	—	—	7.53	—	—	-0.03	—	—	89.47	—	—	-1725.0	—	—	4 68 -62 87		○	8
2	1	—	—	—	—	0.5	300	262	10	—	—	—	—	—	0 59	—	—	0.59	—	—	0.01	—	—	-6.45	—	—	-327.7	—	4 31 -9 01			2
	2	—	—	—	—	0.5	350	322	10	—	—	—	—	—	-1.37	—	—	1.38	—	—	0.03	—	—	-16.63	—	—	-488.3	—	5.78 -17 16			3
	3	—	—	—	—	0.5	400	366	10	—	—	—	—	—	2 25	—	—	2.22	—	—	0.02	—	—	-29.74	—	—	-671.5	—	6 37 -25 97			4
	4	—	—	—	—	0.5	450	411	10	—	—	—	—	—	4 52	—	—	4.50	—	—	0.04	—	—	-54.75	—	—	1066.8	—	3 54 -47 06			9
	5	—	—	—	—	0.5	500	473	10	—	—	—	—	—	6 62	—	—	6.62	—	—	0.06	—	—	-81.48	—	—	1520.2	—	4 63 -69 55		○	10
3	1	0.5	425	506	10	—	—	—	—	0.5	300	269	10	-7.68	—	-0.09	7.66	—	0.11	0.02	—	0.01	91.33	—	-1 58	-1754.8	—	301.1	66.88 -112 47			11
	2	0.5	425	532	10	—	—	—	—	0.5	400	362	10	-8.37	—	-0.12	8.39	—	0.14	0.01	—	0.01	100 54	—	-2 51	-1979.9	—	415 9	96.20 -139.00		○	12
	3	0.5	425	521	10	—	—	—	—	1	400	341	5	-8.05	—	0.09	8.07	—	0.11	0.05	—	0.01	-95.10	—	-1.17	-1843.7	—	335 2	70.77 -114.00		○	13
4	1	鷹取75%		535		—	—	—	—	—	—	—	—	-2.73	—	—	2.78	—	—	0.09	—	—	31.06	—	—	-736 8	—	—	6 46 -30.49			14
	2	鷹取100%		754		—	—	—	—	—	—	—	—	4.77	—	—	4.70	—	—	0.06	—	—	53.98	—	—	1116.7	—	—	5 68 -48.53		○	15
5	1	—	—	—	—	鷹取100%		814		—	—	—	—	—	-2.14	—	—	2.15	—	—	0.11	—	—	-31.86	—	—	-647.2	—	7 54 -25.07		○	16
6	1	鷹取100%		756	☒	—	—	—	—	鷹取100%		324	☒	4.60	—	0.10	4.62	—	0.10	0.02	—	0.02	51.76	—	6.47	1095 6	—	-491.2	73.85 -104.61		○	17
	2	鷹取100%		748	☒	—	—	—	—	鷹取125%		417	☒	4.67	—	0.12	4.70	—	0.12	0.01	—	0.03	52.53	—	7.77	1108 0	—	-567.6	84.20 -121.57		○	18
7	1	鷹取100%		771	☒	鷹取100%		771	☒	鷹取100%		338	☒	4.97	3 32	0.10	5.00	3.32	0 09	-0.08	0.01	0.01	56.43	44.38	6.09	1158 9	743.8	-461.1	67.17 -102.63		○	19
	2	鷹取100%		769	☒	鷹取100%		765	☒	鷹取125%		428	☒	5.09	3 44	0.12	5.14	3.42	0.12	-0.13	0.02	0.02	57.79	45.67	7.37	1189 8	759.1	-544.2	79.23 -113.36		○	20
8	1	温根沼100%		510	☒	—	—	—	—	—	—	—	—	1.25	—	—	1.40	—	—	-0.10	—	—	-21.54	—	—	423.6	—	—	10.93 -12 97			21
	2	温根沼150%		718	☒	—	—	—	—	—	—	—	—	2.27	—	—	2.37	—	—	-0.11	—	—	-41.30	—	—	650.2	—	—	9.14 -14.50			22
	3	温根沼200%		927	☒	—	—	—	—	—	—	—	—	3.20	—	—	3.31	—	—	-0.12	—	—	-58.70	—	—	831.6	—	—	11.71 -22 43			23
	4	温根沼250%		1135	☒	—	—	—	—	—	—	—	—	-4.20	—	—	4.21	—	—	-0.14	—	—	-76.36	—	—	-1023.1	—	—	13.86 -28.95		○	24
9	1	—	—	—	—	温根沼250%		1069	☒	—	—	—	—	—	4 68	—	—	4.67	—	—	0.01	—	—	83.55	—	—	-1120 5	—	11.23 -52.19			25
	2	—	—	—	—	温根沼150%		673	☒	—	—	—	—	—	2.11	—	—	2.10	—	—	0.01	—	—	37.68	—	—	632.8	—	10.85 -35.80		○	28
10	1	温根沼250%		1114	☒	—	—	—	—	温根沼150%		277	☒	4.11	—	0.16	4.16	—	0.14	-0.14	—	0.02	-74.65	—	-8 39	1012 4	—	763.7	130.15 -126.08		○	26
	2	温根沼250%		1082	☒	—	—	—	—	温根沼250%		536	☒	4.14	—	0.25	4.26	—	0 23	-0.12	—	0.02	-73.51	—	-13.80	1009.7	—	1159.4	196.95 -177.38		○	27
11	1	温根沼250%		1153	☒	温根沼150%		639	☒	温根沼150%		287	☒	-4.41	2 54	0.16	4.47	2.57	0.14	-0.09	0.01	0.02	-79.45	47.71	-8 33	1069.7	680.6	760 3	119.64 -120.98		○	29
	2	温根沼250%		1084	☒	温根沼150%		614	☒	温根沼250%		547	☒	4.24	2 49	0.25	4.33	2.48	0 23	-0.09	-0.01	0.02	-74.88	45.70	13.69	1034 6	672.3	1153.0	178.35 -185.71		○	30

表 6.12　実験結果一覧（タイプ 2）

case		入力(振動台)												応答(橋桁)																反力変動(kN)	備　考	データ整理	加振順番
		X				Y				Z				重心最大変位(cm)			重心最大振幅(cm)			重心残留変位(cm)			重心最大速度(cm/sec)			重心最大加速度(cm/sec2)						
		周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z				
			指令値	実際値			指令値	実際値			指令値	実際値																				
1	1	0.5	300	327	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-4.54	—	—	4.54	—	—	0.10	—	—	55.97	—	—	-1045 2	—	—	3.00 -54.03	支承セットボルトはヘッドを浮かせた状態でセット		1
	2	0.5	325	359	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-5.90	—	—	6.00	—	—	-0.20	—	—	72.17	—	—	-1305 6	—	—	2.84 -59.90			2
	3	0.5	340	383	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-6.77	—	—	6.87	—	—	0 29	—	—	82.38	—	—	-1489 5	—	—	2.89 -69.87			3
	4	0.5	350	402	10	—	—	—	—	—	—	—	—	-7.26	—	—	7.56	—	—	0.14	—	—	88.44	—	—	-1604 3	—	—	3.02 -74.11		○	4
2	1	—	—	—	—	0.5	300	275	10	—	—	—	—	—	2.59	—	—	2.55	—	—	0.30	—	—	31.46	—	—	-709.1	—	2.45 -39.00			5
	2	—	—	—	—	0.5	350	320	10	—	—	—	—	—	3.90	—	—	4.12	—	—	-0.26	—	—	-47.22	—	—	-913.1	—	2.47 -55.56			6
	3	—	—	—	—	0.5	400	374	10	—	—	—	—	—	5.35	—	—	5 61	—	—	0 30	—	—	-64.82	—	—	1186.1	—	2.05 -69.27		○	7
3	1	0.5	350	403	10	—	—	—	—	0.5	400	367	10	-7.25	—	-0.11	7.20	—	0.11	0 03	—	0 01	86.78	—	-2.16	-1572 3	—	-408.2	90.70 -165.62		○	8
	2	0.5	350	422	10	—	—	—	—	1	400	442	5	-7.96	—	-0.11	8.00	—	0.12	-0.42	—	-0.01	-94.60	—	-1.80	-1781 2	—	-450.0	101.37 -165.50		○	9
4	1	鷹取75%		547		—	—	—	—	—	—	—	—	3.55	—	—	3.97	—	—	0 27	—	—	43.61	—	—	864.8	—	—	5.08 -44.66			10
	2	鷹取100%		745		—	—	—	—	—	—	—	—	5.89	—	—	5.62	—	—	-0.41	—	—	68.49	—	—	1331.1	—	—	3.76 -63.60		○	11
5	1	—	—	—	—	鷹取100%		797		—	—	—	—	—	3.06	—	—	2.99	—	—	-0.18	—	—	38.68	—	—	783.8	—	6.59 -42.00		○	12
6	1	鷹取100%		747		—	—	—	—	鷹取100%		317		5.80	—	0.12	5.85	—	0.12	-0.40	—	0.00	67.17	—	7.45	1311.5	—	604.3	110.8 -132.95		○	13
	2	鷹取100%		748		—	—	—	—	鷹取125%		397		5.71	—	0.13	5.81	—	0.15	-0.35	—	0.00	66.44	—	8.90	1298.4	—	700.6	128.90 -165.21		○	16
7	1	鷹取100%		764		鷹取100%		799		鷹取100%		315		5.60	4.03	0.11	6.00	3.97	0.11	0.00	0.00	0.00	64.95	46.94	6.84	1280.4	846.0	548.7	89.57 -123.01		○	14
	2	鷹取100%		749		鷹取100%		794		鷹取125%		416		5.71	4.13	0.13	5.82	4.06	0.13	0.00	0.00	0.00	66.15	48.24	8.24	1314.3	865.8	655.6	103.99 -157.42		○	15
8	1	温根沼200%		962		—	—	—	—	—	—	—	—	-3.44	—	—	3.69	—	—	0.11	—	—	-61.58	—	—	826.9	—	—	7.03 -33.82			17
	2	温根沼250%		1136		—	—	—	—	—	—	—	—	-4.35	—	—	4.47	—	—	0 06	—	—	-75.58	—	—	-1004.7	—	—	12.31 -38.30		○	18
9	1	—	—	—	—	温根沼150%		635		—	—	—	—	—	1.92	—	—	1.86	—	—	0.10	—	—	36.09	—	—	551.5	—	4.01 -32.23		○	19
	2	—	—	—	—	温根沼250%		1008		—	—	—	—	—	-4.69	—	—	4.78	—	—	-0.06	—	—	82.94	—	—	-1137 3	—	6.89 -58.10			20
10	1	温根沼250%		1122		—	—	—	—	温根沼150%		324		-4.39	—	0.19	4.37	—	0.18	0.10	—	0.00	-75.91	—	-11.16	1033.7	—	981.4	165.02 -171.80		○	21
	2	温根沼250%		1124		—	—	—	—	温根沼200%		434		-4.39	—	0 23	4.49	—	0.22	0 07	—	0.01	-75.92	—	-13.67	1038.8	—	1185.6	198.14 -202.97		○	22
11	1	温根沼250%		1147		温根沼150%		621		温根沼150%		322		-4.59	-2.74	0.18	4.68	2.81	0.17	0 08	0.12	0 00	-79.11	48.04	-10.97	1071.8	-664.1	999.0	163.28 -162.61		○	23
	2	温根沼250%		1093		温根沼150%		607		温根沼200%		426		-4.47	-2.66	0 22	4.55	2.78	0 21	0.10	0.10	0 01	-76.40	47.19	-13.36	1049.4	-659.1	1163.0	180.74 -210.28		○	24

表 6.13　実験結果一覧（タイプ 3）

case		入力(振動台)												応答(橋桁)														反力変動(kN)	備　考	データ整理	加振順番
		X				Y				Z				重心最大変位(cm)			重心最大振幅(cm)			重心残留変位(cm)			重心最大速度(cm/sec)			重心最大加速度(cm/sec2)						
		周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z				
			指令値	実際値			指令値	実際値			指令値	実際値																			
1	1	0.5	300	340	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-1.20	–	–	1.20	–	–	0.11	–	–	-14.74	–	–	-458.5	–	–	4.93 -8.13	支承セットボルトはヘッドを浮かせた状態でセット		1
	2	0.5	350	402	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-1.78	–	–	1.90	–	–	0.24	–	–	22.34	–	–	-621.1	–	–	8.27 -9.57			2
	3	0.5	400	468	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-1.50	–	–	1.74	–	–	0.24	–	–	20.20	–	–	-603.1	–	–	9.81 -9.61			3
	4	0.5	450	522	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-1.07	–	–	1.31	–	–	0.26	–	–	15.44	–	–	554.7	–	–	11.84 -8.15			4
	5	0.5	450	533	10	–	–	–	–	–	–	–	–	0.64	–	–	0.84	–	–	0.25	–	–	9.77	–	–	523.6	–	–	11.15 -8.35			5
	6	0.5	300	373	10	–	–	–	–	–	–	–	–	0.48	–	–	0.23	–	–	0.36	–	–	3.47	–	–	456.6	–	–	6.82 -6.60			6
	7	0.5	450	542	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-2.42	–	–	2.38	–	–	0.22	–	–	-30.80	–	–	812.5	–	–	10.65 -22.07			8
	8	0.5	500	621	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-0.74	–	–	0.96	–	–	0.23	–	–	10.59	–	–	585.6	–	–	10.33 -9.45			9
	9	0.5	550	673	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-0.93	–	–	1.16	–	–	0.15	–	–	13.71	–	–	621.6	–	–	11.36 -11.19			10
	10	0.5	650	909	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-11.73	–	–	11.89	–	–	-0.84	–	–	131.90	–	–	-3254.7	–	–	10.97 -102.43		○	11
	11	0.5	350	451	10	–	–	–	–	–	–	–	–	-0.96	–	–	0.13	–	–	-0.79	–	–	3.39	–	–	-570.2	–	–	4.76 -8.90			12
	12	0.5	600	801	途中でストップ	–	–	–	–	–	–	–	–	-11.46	–	–	11.75	–	–	0.85	–	–	134.30	–	–	3157.0	–	–	11.73 -111.52			17
	13	0.5	550	705	10	–	–	–	–	–	–	–	–	0.98	–	–	0.69	–	–	0.36	–	–	5.05	–	–	680.0	–	–	13.15 -12.98			18
	14	0.5	575	771	途中でストップ	–	–	–	–	–	–	–	–	-11.53	–	–	12.29	–	–	0.76	–	–	135.69	–	–	3134.7	–	–	11.14 -113.36			20
2	1	–	–	–	–	0.5	300	292	10	–	–	–	–	–	0.17	–	–	0.18	–	–	-0.01	–	–	3.21	–	–	404.9	–	3.51 -3.29			7
	2	–	–	–	–	0.5	400	329	10	–	–	–	–	–	-0.14	–	–	0.08	–	–	-0.08	–	–	2.56	–	–	345.9	–	2.47 -7.66			13
	3	–	–	–	–	0.5	500	489	10	–	–	–	–	–	-0.15	–	–	0.11	–	–	-0.07	–	–	3.23	–	–	503.9	–	4.29 -8.43			14
	4	–	–	–	–	0.5	600	606	10	–	–	–	–	–	-0.20	–	–	0.24	–	–	0.03	–	–	4.10	–	–	631.5	–	4.06 -10.46			15
	5	–	–	–	–	0.5	650	674	10	–	–	–	–	–	0.36	–	–	0.37	–	–	0.12	–	–	6.73	–	–	696.2	–	5.41 -13.26		○	16
3	1	0.5	550	712	10	–	–	–	–	0.5	300	295	10	-1.40	–	0.07	1.75	–	0.07	-1.06	–	0.00	-13.57	–	-1.27	-679.2	–	296.4	75.14 -80.82		○	19
4	1	鷹取100%		786		–	–	–	–	–	–	–	–	0.84	–	–	1.20	–	–	0.00	–	–	12.09	–	–	721.1	–	–	10.43 -17.20			21
	2	鷹取125%		1035		–	–	–	–	–	–	–	–	-1.67	–	–	1.32	–	–	0.19	–	–	17.80	–	–	-790.0	–	–	15.05 -24.11		○	22
	3	鷹取150%		1293		–	–	–	–	–	–	–	–	5.79	–	–	5.61	–	–	0.00	–	–	68.30	–	–	1484.2	–	–	20.57 -72.07			23
5	1	–	–	–	–	鷹取100%		836		–	–	–	–	–	0.47	–	–	0.56	–	–	0.25	–	–	-12.71	–	–	1392.1	–	9.73 -16.70		○	24
6	1	鷹取100%		808		–	–	–	–	鷹取100%		333		-1.27	–	0.13	1.57	–	0.12	-0.70	–	0.02	-14.30	–	-7.26	-717.1	–	692.9	124.03 -109.70			25
	2	鷹取125%		981		–	–	–	–	鷹取100%		343		3.04	–	0.15	3.73	–	0.13	0.13	–	0.02	40.90	–	8.33	1002.7	–	747.7	125.99 -126.44		○	26
	3	鷹取125%		978		–	–	–	–	鷹取125%		431		2.87	–	0.17	2.93	–	0.14	0.00	–	0.00	39.75	–	9.82	-991.2	–	897.0	146.06 -149.02		○	27
7	1	鷹取100%		769		鷹取100%		790		鷹取100%		332		2.70	1.39	0.14	2.82	1.41	0.12	-0.41	-0.05	0.02	34.83	18.77	7.37	850.2	796.3	624.6	111.99 -114.95		○	28
	2	鷹取125%		979		鷹取100%		771		鷹取100%		356		5.53	2.64	0.14	5.94	2.69	0.12	0.40	-0.34	0.02	64.00	34.40	-7.21	1390.9	962.5	650.2	116.36 -117.22		○	29
	3	鷹取125%		985		鷹取100%		810		鷹取125%		422		4.91	2.30	0.16	4.51	2.63	0.14	0.29	-0.36	0.02	57.41	30.02	8.92	1296.5	-757.0	822.1	133.55 -140.43		○	30
8	1	温根沼250%		1209		–	–	–	–	–	–	–	–	2.09	–	–	2.19	–	–	-0.22	–	–	-41.47	–	–	858.2	–	–	22.53 -32.72		○	31
	2	温根沼200%		未		–	–	–	–	–	–	–	–	-1.09	–	–	0.87	–	–	-0.70	–	–	-20.03	–	–	-728.5	–	–	23.77 -25.31			32
9	1	–	–	–	–	温根沼200%		801		–	–	–	–	–	-0.45	–	–	0.55	–	–	-0.03	–	–	9.95	–	–	1224.9	–	12.90 -19.40		○	33
10	1	温根沼250%		1186		–	–	–	–	温根沼150%		373		2.50	–	0.20	2.98		0.18	-0.62		0.03	-47.88		-11.37	992.9		932.8	163.78 -167.87		○	34
	2	温根沼250%		1243		–	–	–	–	温根沼200%		469		3.02	–	0.27	3.64		0.24	-0.42		0.03	-57.84		-14.85	1087.1		1237.1	211.31 -211.38		○	35
11	1	温根沼250%		1143		温根沼150%		636		温根沼150%		377		2.51	0.93	0.19	2.93	1.02	0.17	-0.49	0.03	0.02	-48.23	19.16	-10.92	1006.6	-737.5	909.8	155.18 -158.31		○	36
	2	温根沼250%		1148		温根沼150%		625		温根沼200%		450		2.74	1.15	0.24	3.23	1.13	0.22	-0.09	-0.12	0.03	-52.03	22.87	-13.87	1046.8	-729.9	1151.5	198.53 196.00		○	37

表 6.14　実験結果一覧（タイプ 4）

case		入力(振動台)												応答(橋桁)																反力変動(kN)	備　考	データ整理	加振順番
		X				Y				Z				重心最大変位(cm)			重心最大振幅(cm)			重心残留変位(cm)			重心最大速度(cm/sec)			重心最大加速度(cm/sec2)						
		周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	周期	最大加速度(cm/sec2)		波数	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z				
			指令値	実際値			指令値	実際値			指令値	実際値																				
1	1	0.5	300	327	10	－	－	－	－	－	－	－	－	0.10	－	－	0.10	－	－	0.00	－	－	1.93	－	－	-349.3	－	－	3.37 -10.33	ボルト固定		1
	2	0.5	350	404	10	－	－	－	－	－	－	－	－	0.17	－	－	0.17	－	－	0.01	－	－	-3.33	－	－	-446.7	－	－	3.00 -17.48			2
	3	0.5	400	477	10	－	－	－	－	－	－	－	－	0.24	－	－	0.23	－	－	0.02	－	－	-4.81	－	－	-543.0	－	－	1.95 -25.40			3
	4	0.5	400	487	10	－	－	－	－	－	－	－	－	0.32	－	－	0.31	－	－	0.02	－	－	-7.06	－	－	-610.1	－	－	3.14 -8.56	支承セットボルトはヘッドを浮かせた状態でセット		4
	5	0.5	450	558	10	－	－	－	－	－	－	－	－	0.43	－	－	0.41	－	－	0.03	－	－	-8.96	－	－	-722.9	－	－	3.99 -10.58			5
	6	0.5	475	608	10	－	－	－	－	－	－	－	－	0.52	－	－	0.51	－	－	0.04	－	－	-10.75	－	－	-811.6	－	－	4.19 -12.66			6
	7	0.5	525	676	10	－	－	－	－	－	－	－	－	0.67	－	－	0.66	－	－	0.00	－	－	-13.16	－	－	-929.9	－	－	3.31 -15.37			7
	8	0.5	575	764	10	－	－	－	－	－	－	－	－	0.83	－	－	0.82	－	－	0.04	－	－	-15.89	－	－	-1042.7	－	－	4.01 -17.81			8
	9	0.5	650	861	10	－	－	－	－	－	－	－	－	1.05	－	－	1.01	－	－	0.02	－	－	-18.39	－	－	-1163.0	－	－	5.86 -19.69			9
	10	0.5	700	969	10	－	－	－	－	－	－	－	－	1.28	－	－	1.26	－	－	0.02	－	－	20.43	－	－	1283.4	－	－	13.24 -18.56			10
	11	0.5	750	1044	10	－	－	－	－	－	－	－	－	1.52	－	－	1.50	－	－	0.02	－	－	24.37	－	－	1335.9	－	－	18.97 -17.89			11
	12	0.5	800	1149	10	－	－	－	－	－	－	－	－	1.91	－	－	1.89	－	－	0.01	－	－	31.43	－	－	1415.0	－	－	32.49 -15.87			12
	13	0.5	850	1238	10	－	－	－	－	－	－	－	－	2.22	－	－	2.22	－	－	-0.01	－	－	37.91	－	－	1499.9	－	－	40.70 -15.22		○	13
	14	0.5	900	1373	10	－	－	－	－	－	－	－	－	3.19	－	－	3.20	－	－	0.00	－	－	-52.53	－	－	1637.4	－	－	68.88 -18.14	ボルト無		14
	15	0.5	950	1504	10	－	－	－	－	－	－	－	－	5.13	－	－	5.13	－	－	-0.01	－	－	77.43	－	－	-1802.6	－	－	101.07 -30.68			15
	16	0.5	1000	1606	10	－	－	－	－	－	－	－	－	-8.02	－	－	8.02	－	－	0.02	－	－	112.20	－	－	2280.6	－	－	126.79 -58.99		○	16
2	1	－	－	－	－	0.5	600	600	10	－	－	－	－	－	-0.83	－	－	0.84	－	－	-0.07	－	－	15.85	－	－	-938.0	－	8.29 -53.66		○	17
3	1	0.5	950	1520	10	－	－	－	－	0.5	300	303	10	9.48	－	0.10	9.51	－	0.08	-0.05	－	0.00	127.20	－	-2.10	2686.2	－	311.5	168.38 -62.99	支承セットボルトはヘッドを浮かせた状態でセット		18
	2	0.5	850	1250	10	－	－	－	－	0.5	400	370	10	5.11	－	0.12	5.14	－	0.11	-0.09	－	0.01	75.23	－	-2.62	1642.3	－	426.7	125.83 -83.24		○	20
	3	0.5	850	1294	10	－	－	－	－	1	400	520	5	7.57	－	0.13	7.53	－	0.13	-0.12	－	0.01	103.37	－	-1.77	1996.7	－	-500.8	179.04 -114.49		○	36
4	1	鷹取100%		808		－	－	－	－	－	－	－	－	1.24	－	－	1.30	－	－	-0.03	－	－	31.50	－	－	956.4	－	－	7.18 -30.96			19
	2	鷹取150%		1314		－	－	－	－	－	－	－	－	-2.70	－	－	2.69	－	－	0.06	－	－	45.53	－	－	-1431.9	－	－	20.44 -43.81		○	22
5	1	－	－	－	－	鷹取100%		730		－	－	－	－	－	0.71	－	－	0.70	－	－	0.09	－	－	-21.43	－	－	936.7	－	12.79 -52.99		○	21
6	1	鷹取150%		1311		－	－	－	－	鷹取100%		320		-2.72	－	0.12	2.77	－	0.11	0.08	－	0.01	45.03	－	7.14	-1435.5	－	597.8	96.76 -122.43		○	23
	2	鷹取150%		1311		－	－	－	－	鷹取125%		418		-2.70	－	0.14	2.77	－	0.13	0.07	－	0.02	45.07	－	8.70	-1435.1	－	705.4	114.73 -140.11		○	24
7	1	鷹取100%		786		鷹取100%		731		鷹取100%		321		-1.17	0.69	0.12	1.23	0.69	0.10	-0.10	-0.08	0.01	28.61	-20.36	6.88	-946.2	752.3	527.6	84.06 -113.65		○	25
	2	鷹取150%		1301		鷹取100%		717		鷹取100%		307		-2.51	-0.69	0.11	2.40	0.71	0.10	0.01	-0.12	0.02	42.39	-19.96	6.61	-1410.7	-718.0	524.3	72.82 -125.20		○	26
	3	鷹取150%		1305		鷹取100%		729		鷹取125%		400		-2.56	-0.73	0.13	2.57	0.75	0.12	0.02	-0.12	0.02	42.90	-19.63	7.83	-1419.4	-674.2	629.8	92.57 -140.64		○	27
8	1	温根沼250%		1235		－	－	－	－	－	－	－	－	2.14	－	－	2.13	－	－	-0.01	－	－	-54.27	－	－	1348.5	－	－	18.35 -48.07			28
	2	温根沼300%		1392		－	－	－	－	－	－	－	－	2.73	－	－	2.74	－	－	0.05	－	－	-61.98	－	－	1515.7	－	－	27.38 -39.02		○	29
9	1	－	－	－	－	温根沼150%		606		－	－	－	－	－	0.74	－	－	0.74	－	－	-0.04	－	－	19.91	－	－	881.6	－	10.92 -57.74		○	30
10	1	温根沼300%		1381		－	－	－	－	温根沼150%		307		2.66	－	0.19	2.63	－	0.16	0.04	－	0.01	-61.16	－	-10.48	1497.6	－	936.3	155.77 -154.58		○	31
	2	温根沼300%		1444		－	－	－	－	温根沼200%		564		2.95	－	0.29	2.90	－	0.28	0.06	－	0.02	-64.70	－	-15.92	1568.0	－	1374.7	233.53 -217.85		○	32
11	1	温根沼250%		1269		温根沼150%		594		温根沼150%		309		2.35	0.87	0.19	2.29	0.88	0.18	-0.05	0.01	0.01	-55.50	18.91	-10.55	1398.7	-842.2	940.9	153.18 -157.24		○	33
	2	温根沼300%		1422		温根沼100%		412		温根沼150%		309		3.06	0.64	0.19	3.11	0.60	0.17	0.04	0.04	0.01	-65.17	12.93	-10.48	1572.5	-930.4	930.5	148.44 -148.31		○	34
	3	温根沼300%		1341		温根沼100%		401		温根沼200%		423		2.86	0.60	0.23	2.81	0.59	0.22	0.05	0.03	0.00	-60.88	12.38	-12.96	1498.7	-815.5	1110.0	179.70 -182.94		○	35

表 6.15　補正計算詳細（１）

項　　目	数　　式	結果の値
Z方向の総和	1FZ+2FZ+3FZ+4FZ	SZ
桁のたわみ振動に伴う反力変動	*13.44**((A13+A14)/2-(A3+A6+A9+A12)/4)/100	TH
補正後の反力1FZ(桁のたわみ)	1FZ-TH/4	TFZ1
補正後の反力2FZ(桁のたわみ)	2FZ-TH/4	TFZ2
補正後の反力3FZ(桁のたわみ)	3FZ-TH/4	TFZ3
補正後の反力4FZ(桁のたわみ)	4FZ-TH/4	TFZ4
鉛直動に伴う反力変動1FZ	*6.31**A17/100	EH1
鉛直動に伴う反力変動2FZ	*7.19**A17/100	EH2
鉛直動に伴う反力変動3FZ	*7.00**A17/100	EH3
鉛直動に伴う反力変動4FZ	*6.37**A17/100	EH4
補正後の反力1FZ(鉛直動)	TFZ1-EH1	EFZ1
補正後の反力2FZ(鉛直動)	TFZ2-EH2	EFZ2
補正後の反力3FZ(鉛直動)	TFZ3-EH3	EFZ3
補正後の反力4FZ(鉛直動)	TFZ4-EH4	EFZ4
回転角(D1・D3)	atan((D1-D3)/1430)*(180/PI())	K1
回転角(D2・D4)	atan((D2-D4)/5710)*(180/PI())　注:BBMのみD6	K2
回転角(平均値)	(K1+K2)/2	KA
重心の加振方向加速度(橋軸COS)	(A1+A4+A7+A10)/4*(1/cos(ABS(KA)*PI()/180))	JA
重心の加振方向加速度(橋直COS)	(A2+A5+A8+A11)/4*(1/cos(ABS(KA)*PI()/180))	CA

*イタリック*は支承タイプ固有の値を示す。

表 6.16　補正計算詳細（２）

項　　目	数　　式	結果の値
座標A（D1・D2より算出・回転角は平均を使用）	D1+(200-D2)tan(KA*PI()/180)	ZA12
座標B（D1・D2より算出・回転角は平均を使用）	D2+(200+D1)tan(KA*PI()/180)	ZB12
重心座標X1変位	ZA12-3189*cos((16.7-KA)*PI()/180)-初期座標	HGX12
重心座標Y1変位	ZB12＋3189*sin((16.7-KA)*PI()/180)-初期座標	HGY12
重心座標X1	ZA12-3189*cos((16.7-KA)*PI()/180)	GX12
重心座標Y1	ZB12＋3189*sin((16.7-KA)*PI()/180)	GY12
1点座標A11変位	GX12+3189*cos((16.7-KA)*PI()/180)-初期座標	HA11
1点座標B11変位	GY12-3189*sin((16.7-KA)*PI()/180)-初期座標	HB11
2点座標A12変位	GX12+3189*cos((16.7+KA)*PI()/180)-初期座標	HA12
2点座標B12変位	GY12+3189*sin((16.7+KA)*PI()/180)-初期座標	HB12
3点座標A13変位	GX12-3189*cos((16.7+KA)*PI()/180)-初期座標	HA13
3点座標B13変位	GY12-3189*sin((16.7+KA)*PI()/180)-初期座標	HB13
4点座標A14変位	GX12-3189*cos((16.7-KA)*PI()/180)-初期座標	HA14
4点座標B14変位	GY12+3189*sin((16.7-KA)*PI()/180)-初期座標	HB14

初期座標：実験供試体セット時の座標

表 6.17　補正計算詳細（３）

項　　目	数　　式	結果の値
座標A（D3・D4より算出）	D3−(200+D4)tan(KA*PI()/180)	ZA34
座標B（D3・D4より算出）	D4−(200−D3)tan(KA*PI()/180)	ZB34
重心座標X2変位	ZA34+3189*cos((16.7−KA）*PI()/180)−初期座標	HGX34
重心座標Y2変位	ZB34−3189*sin((16.7−KA)*PI()/180)−初期座標	HGY34
重心座標X2	ZA34+3189*cos((16.7−KA）*PI()/180)	GX34
重心座標Y2	ZB34−3189*sin((16.7−KA)*PI()/180)	GY34
1点座標A21変位	GX34+3189*cos((16.7−KA)*PI()/180)−初期座標	HA21
1点座標B21変位	GY34−3189*sin((16.7−KA)*PI()/180)−初期座標	HB21
2点座標A22変位	GX34+3189*cos((16.7+KA)*PI()/180)−初期座標	HA22
2点座標B22変位	GY34+3189*sin((16.7+KA)*PI()/180)−初期座標	HB22
3点座標A23変位	GX34−3189*cos((16.7+KA)*PI()/180)−初期座標	HA23
3点座標B23変位	GY34−3189*sin((16.7+KA)*PI()/180)−初期座標	HB23
4点座標A24変位	GX34−3189*cos((16.7−KA)*PI()/180)−初期座標	HA24
4点座標B24変位	GY34+3189*sin((16.7−KA)*PI()/180)−初期座標	HB24

初期座標：実験供試体セット時の座標

表 6.18　補正計算詳細（４）

項　　目	数　　式	結果の値
重心平均変位(X方向)	(HGX12+HGX34)/2	HGX
重心平均変位(Y方向)	(HGY12+HGY34)/2	HGY
重心Z方向変位	(D13+D14)/2	HGZ
1点平均変位(X方向)	(HA11+HA21)/2	H1X
1点平均変位(Y方向)	(HB11+HB21)/2	H1Y
2点平均変位(X方向)	(HA12+HA22)/2	H2X
2点平均変位(Y方向)	(HB12+HB22)/2	H2Y
3点平均変位(X方向)	(HA13+HA23)/2	H3X
3点平均変位(Y方向)	(HB13+HB23)/2	H3Y
4点平均変位(X方向)	(HA14+HA24)/2	H4X
4点平均変位(Y方向)	(HB14+HB24)/2	H4Y

表 6.19　補正計算詳細（５）

項　　目	数　　式	結果の値
ゴム支承荷重(X方向)	{26.87*JA/100-(1FX+2FX+3FX+4FX)}/2	BFX
ゴム支承荷重(Y方向)	{26.87*CA/100-(1FY+2FY+3FY+4FY)}/2	BFY
摩擦係数(支点1　X方向)	1FX/(61.8+1FZ)	MX1
摩擦係数(支点1　Y方向)	1FY/(61.8+1FZ)	MY1
摩擦係数(支点2　X方向)	2FX/(70.5+2FZ)	MX2
摩擦係数(支点2　Y方向)	2FY/(70.5+2FZ)	MY2
摩擦係数(支点3　X方向)	3FX/(68.6+3FZ)	MX3
摩擦係数(支点3　Y方向)	3FY/(68.6+3FZ)	MY3
摩擦係数(支点4　X方向)	4FX/(62.4+4FZ)	MX4
摩擦係数(支点4　Y方向)	4FY/(62.4+4FZ)	MY4
面圧(支点1)	(61.8+1FZ)*1000/(PI()*(82)^2/4)	MP1
面圧(支点2)	(70.5+2FZ)*1000/(PI()*(82)^2/4)	MP2
面圧(支点3)	(68.6+3FZ)*1000/(PI()*(82)^2/4)	MP3
面圧(支点4)	(62.4+4FZ)*1000/(PI()*(82)^2/4)	MP4

*イタリック*は支承タイプ固有の値を示す。

６．５．２　時刻歴波形

図 6.28～6.91 に主な時刻歴波形を示す。これら時刻歴波形より以下のことが確認できた。

- すべり支承に作用する摩擦力は、すべりによる地震力遮断により頭打ちとなった。また、正弦波加振ケース（Case1～3）においては、その摩擦力は加振回数の増加と共に減少し、一定値に漸近する傾向が見受けられた。
- 水平・上下 2 方向加振ケース（Case3）において、すべり支承に作用する軸力の増減に応じて、摩擦力も増減することが確認された。
- 摩擦力は、タイプ 3、タイプ 4 の正弦波加振ケース（Case1～3）の場合、荷重が反転する前後で増加する傾向が見られた。
- 上下動の無い水平方向加振ケース（Case1, 2, 4, 5, 8, 9）でも軸力変動が発生し、その程度は Y 方向加振ケース（Case2, 5, 9）で顕著であった。
- 橋桁のたわみ振動による軸力変動は、正弦波加振ケース（Case1～3）及びランダム波水平方向加振ケース（Case4, 5, 8, 9）の場合、2kN～4kN/支点程度と小さいが、ランダム波上下方向加振ケース（Case6, 7, 10, 11）の場合、20kN～25kN/支点程度であった。
- 橋桁変位方向と反対側の支点で軸力が減少（荷重負側）し、橋桁の振動に伴い振動方向両側の支点で軸力減少を交互に繰り返したが、橋桁変位方向支点での軸力増加（荷重正側）の程度は小さかった。また、軸力 4 支点の軸力総和も増加よりも減少の程度が大きかった。この傾向は、上下動の無い水平方向加振のケース（Case1, 2, 4, 5, 8, 9）において顕著となった。
- バッファタイプの異なるタイプ 4 のケース（タイプ 4、Case1-16）では、上記傾向と逆になり、加振方向両側の支点で交互に軸力が増加（荷重正側）したが、軸力の減少（荷重負側）の程度は小さかった。また、軸力 4 支点の軸力総和も減少よりも増加する程度が大きかった。
- 加振ケースによっては加振終了後も摩擦力、水平変位が残留し、その値はそれぞれ最大で 10kN、1cm 程度であった（タイプ 3、Case3-1）。
- 3 方向入力を含むいずれの加振ケースにおいても橋桁は殆ど回転せず、回転角は最大でも 0.06° 程度と小さかった。
- すべり支承（相手材テフロン板裏面）の温度は、加振により最大で 60℃程度まで上昇するケース（タイプ 4、Case3-3）があった。温度上昇の程度はメーカーにより異なるものの、同じタイプであればほぼ総すべり距離に応じて大きくなる傾向があった。

６．５．３　荷重-変位関係

図 6.92～6.123 に主な荷重-変位関係を示す。これら荷重-変位関係より以下のことが確認できた。

- すべり支承 4 タイプ何れにおいてもほぼ剛塑性型の履歴を描いた。また、正弦波加振ケース（Case1～3）においては、その摩擦力は加振回数の増加と共に減少し、一定値に漸近する傾向が見受けられた。
- 橋桁変位方向の支点で摩擦力が大きくなる台形形状となり、その傾向は Y 方向正弦波加振ケース（Case2）で顕著であった。
- タイプ 3、タイプ 4 の正弦波加振ケース（Case1～3）では、変位が反転する前後で摩擦力が大きく増加する傾向があった。
- ランダム波上下方向加振ケース（Case6, 7, 10, 11）の場合、摩擦力の波打ちが見受けられた。
- 反力分散支承の荷重-変位関係は、多少の履歴を描くもののほぼ線形特性を有し、特性試験結果（図 6.10）とほぼ同様な結果を示したが、せん断ひずみが 200%（96mm）を超えたケース（タイプ 3、Case1-10）ではハードニング挙動が見られた。
- 鉛プラグ入りゴム支承の荷重-変位関係は、非線形履歴特性を有し、特性試験結果（図 6.11）とほぼ同様な結果を示した。

６．５．４　摩擦係数-変位関係

図 6.124～6.155 に主な摩擦係数-変位関係を示す。これら摩擦係数-変位関係より以下のことが確認できた。

- すべり支承 4 タイプ何れにおいてもほぼ剛塑性型の履歴を描いた。また、正弦波加振ケース（Case1～3）においては、その摩擦係数は加振回数の増加と共に減少し、一定値に漸近する傾向が見受けられた。
- 橋桁変位方向の反対側支点で摩擦係数が大きくなり、その傾向は Y 方向正弦波加振ケース（Case2）で顕著であった。
- 水平－上下 2 方向正弦波加振ケース（Case3）の摩擦係数は水平 1 方向正弦波加振ケース（Case1）と比較して幅を有していた。
- タイプ 1、タイプ 2 の正弦波加振ケース（Case1～3）では、摩擦係数-変位関係はほぼ矩形に近いものの変位ゼロ付近の摩擦係数が若干低下するという鼓状の形を示した。また、第 1、3 象限において矩形の角が丸い形状を有する一方で、第 2、4 象限の矩形の角が鋭角状となった。
- タイプ 3、タイプ 4 の正弦波加振ケース（Case1～3）では、摩擦係数－変位関係は変位最大付近でそれぞれ摩擦係数が 0.5、0.1 程度、変位ゼロ付近で摩擦係数 0.2、0.05 程度と大きく鼓状の形を示した。さらに変位が反転する際の摩擦係数は第 2、4 象限の値が第 1、3 象限と比較して大きくなった。
- ランダム波上下方向加振ケース（Case6, 7, 10, 11）の場合、摩擦係数の波打ちが見受けられた。
- 3 方向加振ケース（Case7、11）の摩擦係数はその他のケースと比較して小さくなる傾向が見られた。

６．５．５　摩擦係数-速度・面圧関係

図 6.156～6.187 に主な摩擦係数-速度・面圧関係を示す。これら摩擦係数-速度・面圧関係より以下のことが確認できた。

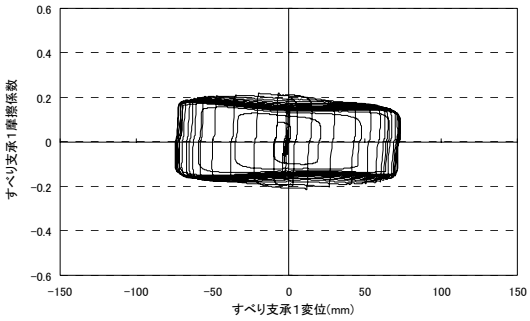
- タイプ 1、タイプ 2 では 15～20cm/sec をピークにその前後の速度で摩擦係数が低下する傾向が見られた。橋桁の最大応答速度は 100cm/sec 程度であった。
- タイプ 3 では速度の増加に伴い摩擦係数が低下する傾向が見られた。橋桁の最大応答速度は 130cm/sec 程度であった。
- タイプ 4 では速度の増加に伴い摩擦係数が低下するものの、高速域になるに従い（50cm/sec 程度を超えるあたりから）安定する傾向が見られた。橋桁の最大応答速度は 110cm/sec 程度であった。
- 何れのタイプにおいても、面圧～30N/mm^2 程度の範囲において、面圧の増加に伴い摩擦係数が低下する傾向が見られた。

６．５．６　特性試験と振動台実験結果の比較

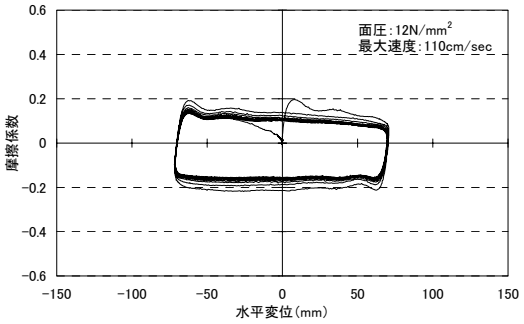
図 6.188 に振動台実験及び特性試験より算出された摩擦-変位関係の比較を示す。振動台実験は Case1 シリーズの最大変位時のケース、特性試験はこれに近い条件のケースを抜粋して示している。これより以下のことが確認できた。

- 特性試験及び振動台実験のそれぞれから算出された摩擦係数は、タイプ 1、タイプ 2、タイプ 4 ではほぼ同等の結果となったが、タイプ 3 では特性試験結果が 16%ほど大きくなった。
- 特性試験における加振 1 回目の摩擦係数は、スロースタートを行っていないタイプ 1、タイプ 3、タイプ 4 において局所的に大きくなる傾向が見られたが、スロースタートを行ったタイプ 2 では見られなかった。6 波分のテーパーを付加している振動台実験では、加振 1 回目の摩擦係数が局所的に大きくなる現象は確認できなかった。
- 高速域での速度依存性（変位ゼロ付近の摩擦係数の凹み）は各タイプとも振動台実験結果の方が顕著に現れた。
- 特性試験では摩擦係数の波打ち現象が見られたが、振動台実験では見られなかった。

タイプ 1

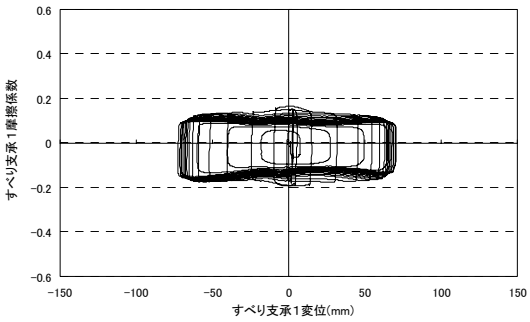


摩擦係数：0.148

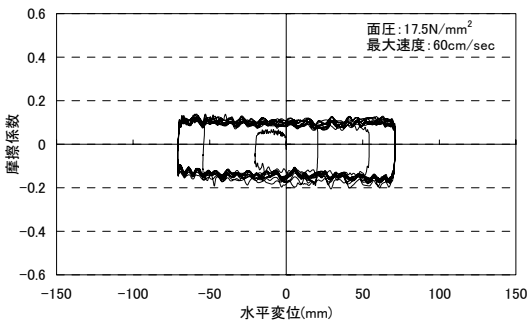


摩擦係数：0.138

タイプ 2

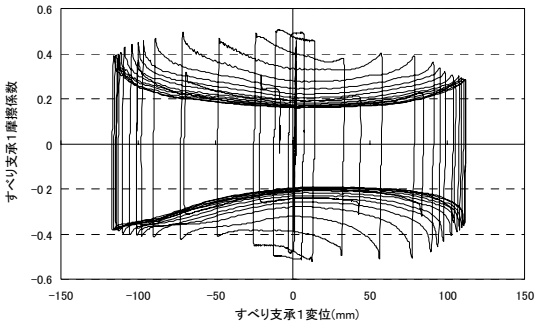


摩擦係数：0. 117

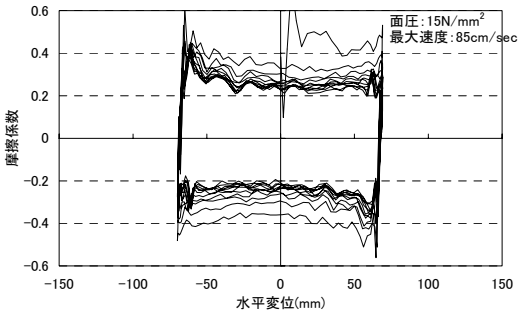


摩擦係数：0.111

タイプ 3

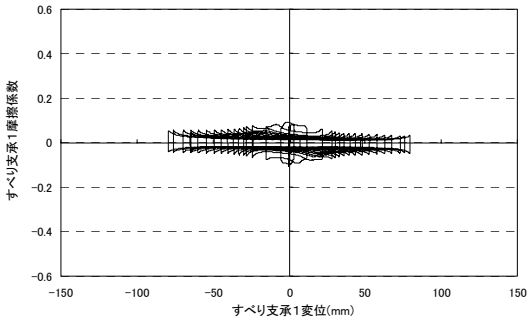


摩擦係数：0.214

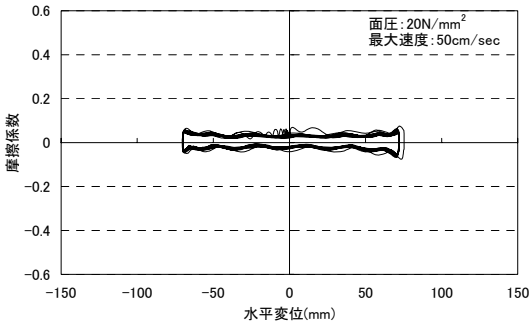


摩擦係数：0.248

タイプ 4



摩擦係数：0.026



摩擦係数：0.026

（左：振動台実験結果、摩擦係数：加振回数 7～16 回の 10 回平均、4 支点平均）　（右：特性試験結果、摩擦係数：加振回数 2～11 回の 10 回平均）

図 6.188　特性試験と振動台試験結果の比較

６．６　考察

６．６．１　軸力の変動

一般にすべり支承部に作用する軸力の変動要因として以下の 3 つが挙げられており [4]、ここでは、下記要因により各支点でどの程度の軸力の変動が発生したかを考察する。

①水平地震動に起因する橋桁のロッキング振動

②上下地震動に起因する橋桁の鉛直慣性力

③上下地震動に起因する橋桁のたわみ振動

図 6.189～6.191 に正弦波加振時（タイプ 1、Case1-5, 2-5, 3-2）の振動方向の隣り合う支点の軸力変動の重ね書きを示す。

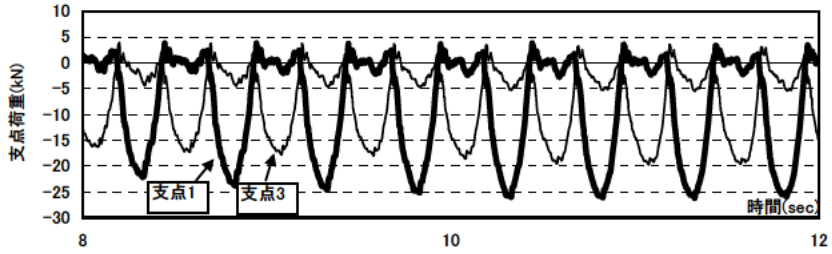


図 6.189　軸力変動（タイプ 1、Case1-5）

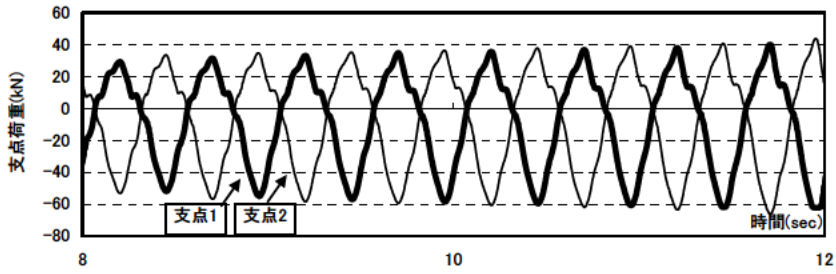


図 6.190　軸力変動（タイプ 1、Case2-5）

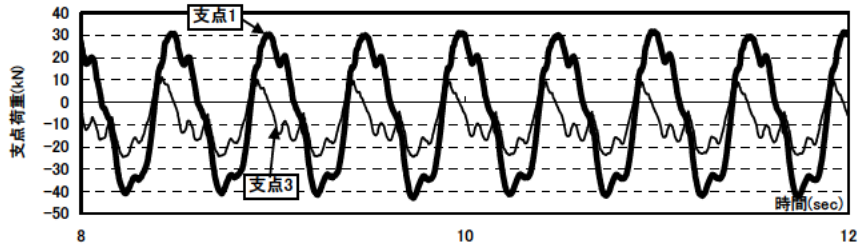


図 6.191　軸力変動（タイプ 1、Case3-2）

X 方向加振（Case1-5）では、軸力が交互に減少するものの、増加する現象は見られなかった。一方、Y 方向加振（Case2-5）では、軸力の増減が交互の支点で発生するものの、減

少の程度の方が大きかった。この傾向は、タイプ 1、タイプ 2、タイプ 3 の上下方向ランダム波加振ケース（Case6, 7, 10, 11）以外で共通的に見られた。この軸力の変動は主に発生要因①によるものと思われるが、ロッキングによる軸力の変動であれば一方が浮き上がればもう一方は押し込むというように各支点で発生する変動はキャンセルし合うため、各支点軸力合計の変動は無いと考えられる。しかし、図 6.28、6.30 に示すように、支点合計で 60～70kN の軸力が減少しており、これは 4 隅のすべり支承以外で軸力の一部を受けていることを意味する。原因としては 2 基設置したゴムバッファが考えられ、図 6.192 に示すように、ゴムバッファー橋桁間のせん断力を伝達するせん断キー（図 6.14 参照）が加振中に回転して、橋桁がせん断キーに乗り上げる現象が発生し、ゴムバッファで軸力の一部を分担したものと推察される。加振終了後に橋桁を吊り上げた際にせん断キーが回転した状態でソールプレートに食い込んでいる状況を図 6.193 に示す。

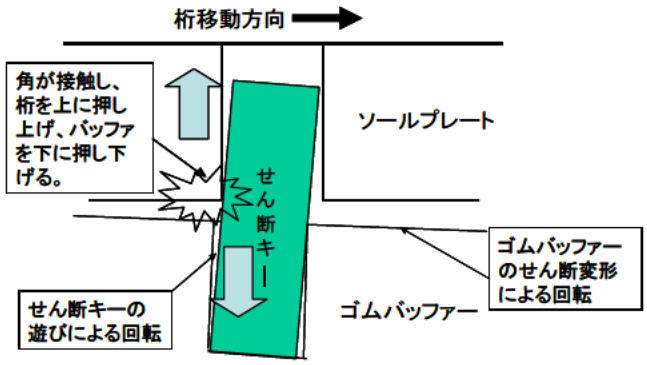


図 6.192　橋桁のせん断キーへの乗り上げ



図 6.193　せん断キーのソールプレートへの食い込み

橋桁のせん断キーへの乗り上げが軸力変動の発生要因の一つと仮定した場合、図 6.189～6.191 の橋桁最大変位時の軸力変動を橋桁のロッキング振動（発生要因①）、橋桁の鉛直慣性力（発生要因②）及び橋桁のせん断キーへの乗り上げとの 3 つの要因別に分解することを試みた。橋桁のロッキング振動（発生要因①）及び橋桁の鉛直慣性力（発生要因②）に

よる最大軸力変動は計測された橋桁の最大応答加速度を用いて算出し、せん断キーへの乗り上げによる軸力変動は定量的な評価は難しいため、橋桁最大変位時に各支点上向きに均等な軸力が作用すると仮定した。なお発生要因③に関して、今回の実験では実験供試体に形鋼を使用したことから桁剛性を実橋モデルと等価には設定せず、また 6.5.2 で述べたとおり上下方向ランダム波加振ケース（Case6, 7, 10, 11）以外では発生要因③による軸力変動は 2kN～4kN/支点程度と小さいため、ここではその影響を無視する。

・ロッキングによる最大軸力変動：

(橋桁の最大応答水平加速度)*(橋桁質量)*（重心高さ）/支間

=1725gal/980gal*263kN*0.306m/5.71m/2 支点=12kN/支点（Case1-5）

=1520gal/980gal*263kN*0.306m/1.43m/2 支点=44kN/支点（Case2-5）

=1980gal/980gal*263kN*0.306m/5.71m/2 支点=14kN/支点（Case3-2）

・鉛直慣性力による最大軸力変動：

(橋桁の最大応答鉛直加速度)*(橋桁質量)

=416gal/980gal*263kN/4 支点=28kN/支点（Case3-2）

・せん断キーによる最大軸力変動：

15kN/支点と仮定（Case1-5、Case2-5、Case3-2）

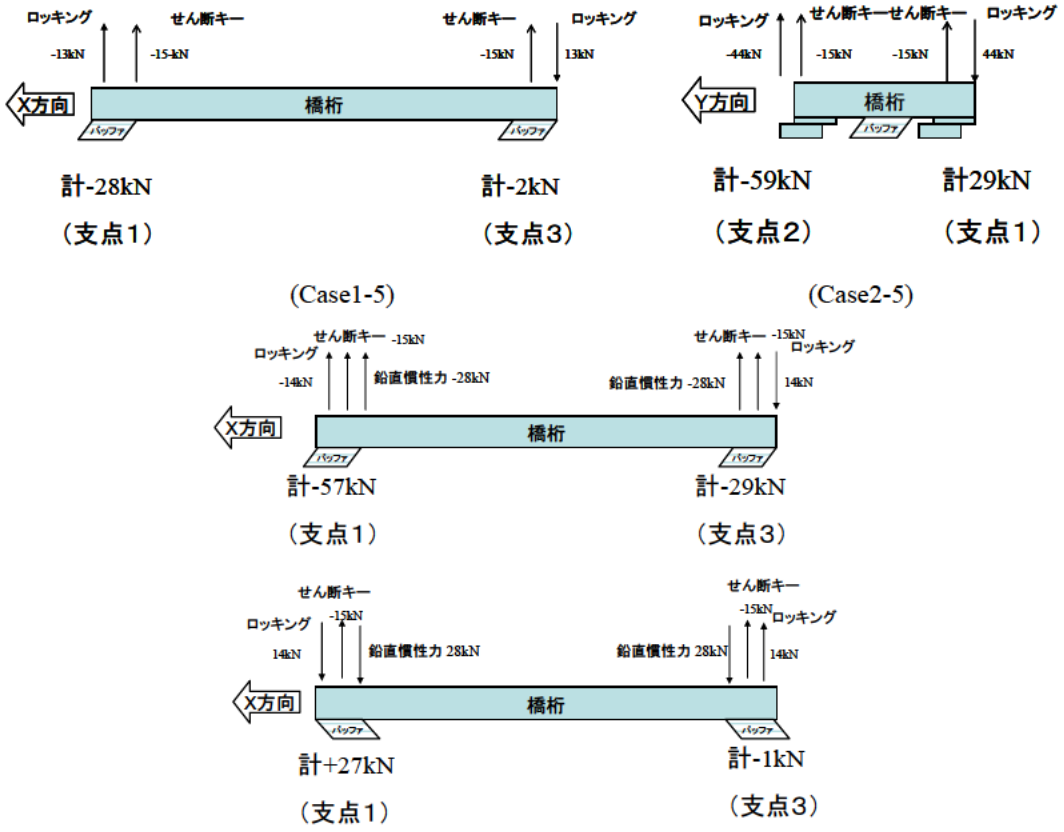


図 6.194　軸力変動の要因別分解

図 6.194 に示すように、橋桁のロッキング振動（発生要因①）、橋桁の鉛直慣性力（発生要因②）及び橋桁のせん断キーへの乗り上げとの 3 つの要因別に分解して推定した橋桁最大変位時の軸力変動と、図 6.189～6.191 に示す実測された橋桁最大変位時の軸力変動はほぼ等しい結果となり、せん断キーに起因すると思われる荷重変動を橋桁最大変位時に各支点上向きに均等な荷重が作用すると仮定することにより、軸力変動をほぼ要因別に分解可能であることが分かった。

一方、図 6.76 に示すように、タイプ 4 の水平 1 方向正弦波加振ケース（Case1-16）では、支点合計の変動が正側になり、上記とは逆の傾向を示した。これは、図 6.15～6.17 に示すように、タイプ 4 で使用したゴムバッファは、せん断キーの構造ディテール、水平ギャップの位置、等がタイプ 1、タイプ 2、タイプ 3 で使用したゴムバッファと異なり、ゴムバッファのせん断変形により橋桁を下方に引き込むような作用を与えたのではないかと推察される。

以上のように、今回の実験では軸力の変動要因として、上記①～③の他にバッファ部のせん断キーの影響があることが推定された。すべり支承部に作用する軸力の変動は摩擦係数及び摩擦力の変動につながり、地震時に発生する軸力を適切に評価しないと当初想定し得ない挙動が発生する可能性があるため、ゴムバッファ構造、特にせん断キーの構造ディテールには注意を要するものと考えられる。

６．６．２　すべり支承の摩擦特性

今回の実験では、構造及びすべり材料の組合せで、従来良く使用される充填材入り PTFE と SUS（タイプ、タイプ 2）、高摩擦係数タイプの焼結金属系すべり材と SUS（タイプ 3）、低摩擦係数タイプの繊維強化熱硬化性樹脂と SUS（フッ素樹脂コート）（タイプ 4）の 4 タイプのすべり支承を用いた。ここでは構造及びすべり材料の組合せの違いが各種依存性を含む摩擦特性に及ぼす影響について正弦波加振結果により考察する。正弦波加振の場合、加振速度が変位ゼロ付近で最大、最大変位付近で最も低速となる。

（１）充填剤入り PTFE－SUS（タイプ 1、タイプ 2）

図 6.124 及び図 6.132 に示すように、摩擦係数はタイプ 1、タイプ 2 でそれぞれ滑り出しの 0.2、0.15 程度から加振回数の増加に伴い減少し、それぞれ 0.15、0.1 程度に漸近する結果となった。摩擦係数－変位関係はほぼ矩形に近いものの、加振速度最大の変位ゼロ付近の摩擦係数が若干低下するという鼓状の形を示し、さらに第 1、3 象限において、矩形の角が丸い形状をしている。これは主に摩擦係数の速度依存性によるものと考えられ、図 6.156 及び図 6.164 の摩擦係数－速度関係に示すように、15～20cm/sec をピークにその前後の速度で摩擦係数が低下する傾向が見られた。今回の試験では、橋桁の最大応答速度が 100cm/sec 程度であったが、この速度領域においてもまだ摩擦係数は安定せず、減少する傾向にあった。

また、摩擦係数－変位関係の第 2、4 象限において、最大変位に達して反転して動き出す際に摩擦係数が上昇するという静摩擦によるものと思われるが現象が見られたが、上昇の

程度は摩擦係数 0.01 程度と小さかった。

図 6.125、6.126 及び図 6.133、6.134 に示すように、水平－上下 2 方向正弦波加振ケース（Case3）の摩擦係数は水平 1 方向正弦波加振ケース（Case1）の値に比較して幅を有している。また橋桁変位方向反対側支点で摩擦係数が大きくなり、その傾向は Y1 方向正弦波加振ケース（Case2）で顕著であった。これは主に摩擦係数の面圧依存性によるものと考えられ、図 6.157、6.158 及び図 6.165、6.166 の摩擦係数－面圧関係に示すように、面圧～30N/mm^2 程度の範囲において、面圧の増加に伴い摩擦係数が低下する傾向が見られた。

（２）焼結金属系すべり材－SUS（タイプ 3）

図 6.140 に示すように、摩擦係数－変位関係は変位最大付近で摩擦係数 0.5 程度、変位ゼロ付近で摩擦係数 0.2 程度と大きく鼓状の形を示した。これは主に摩擦係数の速度依存性によるものと考えられ、図 6.172 の摩擦係数－速度関係に示すように、速度の増加に伴い摩擦係数が低下する傾向が見られた。今回の試験では、橋桁の最大応答速度が 130cm/sec 程度であったが、この速度領域においても減少する傾向にあった。

また、摩擦係数－変位関係の第 2、4 象限において、最大変位に達して反転して動き出す際に摩擦係数が上昇し、第 1、3 象限の摩擦係数と比較して 0.1 程度大きくなるという静摩擦によるものと思われる現象が見られた。

図 6.172 の摩擦係数－面圧関係に示すように、面圧～20N/mm^2 程度の範囲において、面圧の増加に伴い摩擦係数が低下するという面圧依存性が見られた。

（３）繊維強化熱硬化性樹脂－SUS（フッ素樹脂コート）（タイプ 4）

図 6.148 に示すように、摩擦係数-変位関係は変位最大付近で摩擦係数 0.05 程度、変位ゼロ付近で摩擦係数 0.02 程度と大きく鼓状の形を示した。これは主に摩擦係数の速度依存性によるものと考えられ、図 6.180 の摩擦係数-速度関係に示すように、速度の増加に伴い摩擦係数が低下するものの、高速域になるに従い（50cm/sec 程度を超えるあたりから）依存性が小さくなる傾向が見られた。

また、摩擦係数－変位関係の第 2、4 象限において、最大変位に達して反転して動き出す際に摩擦係数が上昇し、第 1、3 象限の摩擦係数と比較して 0.01 程度大きくなるという静摩擦によるものと思われる現象が見られた。

図 6.149、6.150 に示すように、水平－上下 2 方向正弦波加振ケース（Case3）の摩擦係数は水平 1 方向正弦波加振ケース（Case1）のものに比較して幅を有している。また橋桁変位方向の反対側支点で摩擦係数が大きくなり、その傾向は Y1 方向正弦波加振ケース（Case2）で顕著であった。これは主に摩擦係数の面圧依存性によるものと考えられ、図 6.181、6.182 の摩擦係数-面圧関係に示すように、面圧～30N/mm^2 程度の範囲において、面圧の増加に伴い摩擦係数が低下する傾向が見られた。

何れのすべり支承のタイプにおいても、摩擦係数－変位関係に見られるように、加振回数の増加に伴い摩擦係数が減少し、一定値に漸近する傾向が見られた。正弦波加振の場合、最大応答変位が同じであれば同一変位時における速度、面圧はほぼ同程度であるため、こ

の影響は速度、面圧以外によるものと考えられる。すべり支承の摩擦係数は、すべり距離の増加に伴い摩擦面の温度が上昇し、その温度上昇により摩擦係数が低下することが過去の研究においても確認されており[例えば1)]、その影響が出たのではないかと思われる。

以上のように、従来良く使用される充填剤入り PTFE と SUS の組み合わせでは、15～20cm/sec 程度をピークに摩擦係数が低下する速度依存性と面圧の上昇と共に摩擦係数が低下する面圧依存性が確認された。高摩擦係数タイプの焼結金属系すべり材と SUS、及び低摩擦係数タイプの繊維強化熱硬化性樹脂と SUS（フッ素樹脂コート）では、速度、面圧の増加に伴い摩擦係数が低下するという依存性が確認されたが、その速度依存性の程度は充填剤入り PTFE と SUS の組み合わせよりも大きくなった。また、程度の大小はあるものの、最大変位に達して反転して動き出す際に摩擦係数が上昇するという静摩擦によるものと思われるが現象が見られた。さらに、すべり距離の増加に伴い摩擦係数が減少し、一定値に漸近する傾向が見られた。

表 6.20　上下動が応答へ及ぼす影響

すべり支承タイプ	入力			X方向最大応答変位		X方向最大応答加速度		履歴吸収エネルギー（X方向、4支点合計）	
		上下動	Case	(cm)	比率(有/無)	(cm/sec^2)	比率(有/無)	(kN・cm)	比率(有/無)
1	正弦波	無し	1-5	7.45	1.00	1,725	1.00	14,232	1.00
		有り	3-2	8.37	1.12	1,980	1.15	15,583	1.09
			3-3	8.05	1.08	1,844	1.07	15,341	1.08
	ランダム波	無し	4-2	4.77	1.00	1,117	1.00	2,816	1.00
		有り	6-2	4.67	0.98	1,108	0.99	2,799	0.99
		無し	8-4	4.20	1.00	1,023	1.00	9,085	1.00
		有り	10-2	4.14	0.99	1,010	0.99	8,731	0.96
2	正弦波	無し	1-4	7.26	1.00	1,604	1.00	10,742	1.00
		有り	3-1	7.25	1.00	1,572	0.98	10,581	0.98
			3-2	7.96	1.10	1,781	1.11	11,437	1.06
	ランダム波	無し	4-2	5.89	1.00	1,331	1.00	3,592	1.00
		有り	6-2	5.71	0.97	1,298	0.98	3,497	0.97
		無し	8-2	4.35	1.00	1,005	1.00	6,734	1.00
		有り	10-2	4.39	1.01	1,039	1.03	6,686	0.99
3	正弦波	無し	－	－	－	－	－	－	－
		有り	－	－	－	－	－	－	－
			－	－	－	－	－	－	－
	ランダム波	無し	4-2	1.67	1.00	790	1.00	1,468	1.00
		有り	6-3	2.87	1.72	991	1.25	2,182	1.49
		無し	8-1	2.09	1.00	858	1.00	5,867	1.00
		有り	10-2	3.02	1.44	1,087	1.27	6,413	1.09
4	正弦波	無し	1-13	2.22	1.00	1,450	1.00	1,522	1.00
		有り	3-2	5.11	2.30	1,642	1.13	2,228	1.46
			3-3	7.57	3.41	1,997	1.38	2,662	1.75
	ランダム波	無し	4-2	2.70	1.00	1,432	1.00	889	1.00
		有り	6-2	2.70	1.00	1,435	1.00	892	1.00
		無し	8-2	2.73	1.00	1,516	1.00	3,190	1.00
		有り	10-2	2.95	1.08	1,568	1.03	3,194	1.00

６．６．３　各種要因が応答へ及ぼす影響

ここでは、上下動入力、3 方向入力（Y 方向入力）、すべり支承の摩擦係数が橋桁の応答に及ぼす影響について考察する。

（1）上下動入力

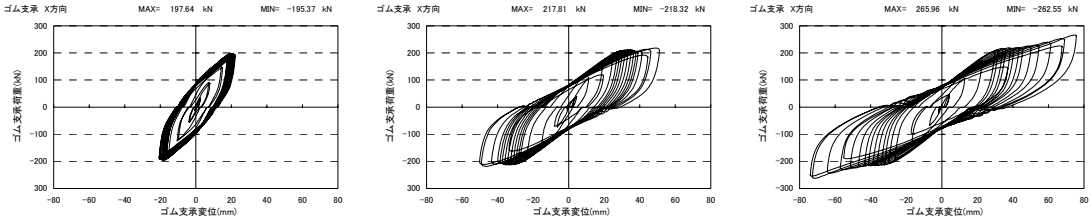
表 6.20 に上下動入力が橋桁応答変位、加速度及び履歴吸収エネルギー（X 方向、4 支点

合計）に与える影響を示す。

これに示すように、上下動の有無による橋桁最大応答変位・加速度、履歴吸収エネルギーの増減傾向は明らかにならなかったものの、タイプ 4 の正弦波加振ケース及びタイプ 3 を除いてその差は最大でも 1 割程度であった。

タイプ 4 の正弦波加振ケース及びタイプ 3 の場合、上下動有りのケースの応答が大きくなり、変位が最大で 3.4 倍程度大きくなった。タイプ 3、タイプ 4 のすべり支承は、6.6.2 のように摩擦係数の速度依存性が大きく、橋桁が一旦滑り出すとすべり支承部の摩擦力が大きく低下するため、入力レベルの多少の違いにより応答が大きく異なる可能性がある。例えば表 6.13 に示すように、最大入力加速度 705cm/sec^2 の正弦波加振ケース（タイプ 3、Case1-13）では橋桁の最大応答変位は僅か 1cm 程度であったが、最大入力加速度 771cm/sec^2 の正弦波加振ケース（タイプ 3、Case1-14）では橋桁の最大応答変位は 12cm 程度と大きく増加した。従って、タイプ 3、タイプ 4 の上下動の有無による比較においては、上下動による軸力減少→摩擦力の低下が橋桁の滑り出しにきっかけを与え、結果として応答変位を増加させたのではないかと推察される。

また、タイプ 4 のケースでは上記要因の他にバッファの鉛プラグ入りゴム支承（LRB）の温度による影響も考えられる。図 6.195 に LRB の荷重-変位関係を示すが、Case1-13 の降伏荷重、2 次剛性とも他ケースと比較して高めとなっている。表 6.13 に示すように、Case1-13 実施までの加振では応答が小さく鉛プラグの温度も殆ど上昇していないと推定されるが、Case3 シリーズ実施までににせん断ひずみ 200%程度の応答が発生したケースを含む多くの加振を実施しており、また、各ケースのインターバルが 10～15 分程度と短かったため、鉛プラグの温度が常温より高かったと思われる。LRB の荷重－変位特性には温度の影響があることが確認されており[例えば 5)]、この温度の違いが LRB の荷重－変位関係、ひいては橋桁の応答に影響を与えたものと思われ、仮に鉛プラグが常温に戻ってから Case3 シリーズを実施したとすると、3.5 倍程度という応答の差は小さくなった可能性が大きい。



(Case1-13)　　(Case3-2)　　(Case3-3)

図 6.195　LRB 荷重-変位関係

以上のように、上下動の有無による応答の増減傾向は明らかにならなかったものの、すべり支承に速度依存性の大きいタイプを用いたケースでは、上下動の影響により応答が大きく増加するケースがあり、設計の際にはすべり支承の摩擦特性、上下動を含む地震動の特性には十分注意する必要があると考えられる。

（2）3 方向入力（Y 方向入力）

表 6.21 に 3 方向入力（Y 方向入力）が X 方向の橋桁応答変位、加速度及び履歴吸収エネルギー（4 支点合計）に与える影響を示す。

表 6.21　Y 方向入力が応答へ及ぼす影響

すべり支承タイプ	入力		X方向最大応答変位		X方向最大応答加速度		履歴吸収エネルギー（X方向、4支点合計）	
	Y方向	Case	(cm)	比率(有/無)	(cm/sec^2)	比率(有/無)	(kN・cm)	比率(有/無)
1	無し	6-2	4.67	1.00	1,108	1.00	2,799	1.00
	有り	7-2	5.09	1.09	1,190	1.07	3,031	1.08
	無し	10-2	4.14	1.00	1,010	1.00	8,731	1.00
	有り	11-2	4.24	1.02	1,035	1.02	8,456	0.97
2	無し	6-2	5.71	1.00	1,298	1.00	3,497	1.00
	有り	7-2	5.71	1.00	1,314	1.01	3,292	0.94
	無し	10-2	4.39	1.00	1,039	1.00	6,686	1.00
	有り	11-2	4.47	1.02	1,049	1.01	6,263	0.94
3	無し	6-3	2.87	1.00	1,003	1.00	2,182	1.00
	有り	7-3	4.91	1.71	1,297	1.29	2,855	1.31
	無し	10-2	3.02	1.00	1,087	1.00	6,413	1.00
	有り	11-2	2.74	0.91	1,047	0.96	5,481	0.85
4	無し	6-2	2.70	1.00	1,435	1.00	892	1.00
	有り	7-3	2.56	0.95	1,419	0.99	771	0.86
	無し	10-2	2.95	1.00	1,568	1.00	3,194	1.00
	有り	11-2	2.86	0.97	1,499	0.96	2,541	0.80

これに示すように、3 方向入力（Y 方向入力）により X 方向橋桁最大応答変位、履歴吸収エネルギーへ及ぼす影響の増減傾向は明らかにならなかったものの、タイプ 3、Case6-3 と Case7-3 の比較を除いてその差は最大で 1 割程度であった。

タイプ 3、Case6-3 と Case7-3 の比較では、3 方向入力（Y 方向入力）により X 方向の応答変位が 7 割程度増加した。これは、上述の摩擦係数の速度依存性が一因と考えられるが、その他に 3 方向入力（Y 方向入力）による X 軸方向摩擦力の低下も要因と思われる。6.5.4 で述べたとおり、3 方向加振ケース（Case7、11）の摩擦係数はその他ケースの摩擦係数と比較して小さくなる傾向がある。これは、すべり方向が XY 軸方向からずれる場合、XY 軸方向の摩擦力はすべり方向の摩擦力の分力となるためと考えられる。従って、3 方向入力（Y 方向入力）により XY 軸方向の見かけの摩擦係数が小さくなり、各軸方向の応答に影響を与える可能性があると言える。

以上のように、3 方向（Y 方向入力）による X 方向応答の増減傾向は明らかにならなかったものの、入力地震動、すべり支承タイプによっては応答が 7 割程度大きく増加するケースがあり、XY 軸方向の見かけの摩擦係数が小さくなることから、設計の際には摩擦力の作用方向、すべり支承の摩擦特性、入力地震動特性に十分注意する必要があると考えられる。

（3）すべり支承の摩擦係数

表 6.22、6.23 に、共通入力である Case7 シリーズ（X、Y、Z 方向：鷹取 100%）と Case11

シリーズ（X 方向：温根沼 250%、Y 方向：温根沼 150%、Z 方向：温根沼 150%）のすべり支承の摩擦係数が橋桁応答変位・加速度及び履歴吸収エネルギーに与える影響を示す。

表 6.22　すべり支承タイプが応答へ及ぼす影響（Case7）

すべり支承タイプ		1	2	3	4
X方向	最大応答変位(cm)	4.97	5.6	2.7	1.17
	最大応答加速度(cm/sec^2)①	1,159	1,280	850	946
	最大入力加速度(cm/sec^2)②	771	764	769	786
	①／②	1.50	1.68	1.11	1.20
	履歴吸収エネルギー（すべり支承，kN・cm）	2,855	3,236	1,505	542
	履歴吸収エネルギー（ゴムバッファ，kN・cm）	－	－	－	797
Y方向	最大応答変位(cm)	3.32	4.03	1.39	0.69
	最大応答加速度(cm/sec^2)①	744	846	796	752
	最大入力加速度(cm/sec^2)②	771	799	790	731
	①／②	0.96	1.06	1.01	1.03
	履歴吸収エネルギー（すべり支承，kN・cm）	1,972	1,735	1,374	566
	履歴吸収エネルギー（ゴムバッファ，kN・cm）	－	－	－	429
履歴吸収エネルギー（すべり支承，kN・cm）		4,827	4,971	2,879	1,108
履歴吸収エネルギー（ゴムバッファ，kN・cm）		－	－	－	1,226
履歴吸収エネルギー（すべり支承+ゴムバッファ，kN・cm）		4,827	4,971	2,879	2,334

表 6.23　すべり支承タイプが応答へ及ぼす影響（Case11）

すべり支承タイプ		1	2	3	4
X方向	最大応答変位(cm)	4.41	4.59	2.51	2.35
	最大応答加速度(cm/sec^2)①	1,070	1,072	1,007	1,399
	最大入力加速度(cm/sec^2)②	1,153	1,147	1,143	1,269
	①／②	0.93	0.93	0.88	1.10
	履歴吸収エネルギー（すべり支承，kN・cm）	8,456	6,263	5,481	2,541
	履歴吸収エネルギー（ゴムバッファ，kN・cm）	－	－	－	10,293
Y方向	最大応答変位(cm)	2.54	2.74	0.93	0.87
	最大応答加速度(cm/sec^2)①	681	664	738	842
	最大入力加速度(cm/sec^2)②	639	621	636	594
	①／②	1.07	1.07	1.16	1.42
	履歴吸収エネルギー（すべり支承，kN・cm）	4,079	2,851	3,061	1,150
	履歴吸収エネルギー（ゴムバッファ，kN・cm）	－	－	－	1,390
履歴吸収エネルギー（すべり支承，kN・cm）		12,535	9,114	8,542	3,691
履歴吸収エネルギー（ゴムバッファ，kN・cm）		－	－	－	11,683
履歴吸収エネルギー（すべり支承+ゴムバッファ，kN・cm）		12,535	9,114	8,542	15,374

同一のゴムバッファ（RB）を使用したタイプ 1、タイプ 2、タイプ 3 の結果より、すべり支承の摩擦係数の違い（摩擦係数：タイプ 3＞タイプ 1＞タイプ 2）が橋桁の応答に及ぼす影響について把握する。最大応答変位は、何れのケースにおいてもタイプ 2＞タイプ 1＞タイプ 3 となり、摩擦係数の大きいすべり支承では応答変位が小さくなるという既往の知見[6)]と同じ結果となった。すべり支承による履歴吸収エネルギーは、Case7 ではタイプ 2＞タイプ 1＞タイプ 3 となり摩擦係数の大きいすべり支承では履歴吸収エネルギーが小さくなる結果となったが、Case11 ではタイプ 1＞タイプ 2＞タイプ 3 となり摩擦係数との相関は必ずしもなかった。また、また加速度応答倍率（＝最大応答加速度／最大入力加速度）も摩擦係数との相関は必ずしも無く、倍率は最大で 1.7 倍程度、最小で 0.9 倍程度と全てのケースにおいて加速度応答の軽減は実現されなかった。なお、加速度応答倍率はゴムバッファ剛性の影響を受けると考えられるが、今回の実験供試体では特に加速度応答倍率の低減を期待したゴムバッファ剛性の設定を行っていない。

また残留変位は、表 6.11～6.14 に示すように、最大で 1cm 程度発生した（タイプ 3、Case3-1）。残留変位は、最大で摩擦力とゴムバッファによる復元力が釣り合う変位となりうるため、入力地震動にもよるがすべり支承の摩擦係数の大きさに比例する可能性が大きい。実際に今回の実験におけるすべり支承メーカー別の残留変位平均値は、タイプ 1：0.8mm、タイプ 2：1.7mm、タイプ 3：3.8mm、タイプ 4：0.4mm とほぼすべり支承の摩擦係数が大きくなるに従い残留変位も大きくなる結果となった。

以上のように、摩擦係数の大きいすべり支承では応答変位が小さく、残留変位は大きくなるという傾向は確認できたが、摩擦係数と履歴吸収エネルギー及び加速度応答倍率には必ずしも明確な相関性は確認できなかった。すべり支承の摩擦係数、ゴムバッファ剛性は橋脚の応答にも影響を与えることから[6)]、設計の際には、橋脚の応答を含めた橋梁全体系として考えると共に、加速度応答の軽減、変位の抑制あるいは履歴吸収エネルギーの増大の何れを重要視するのか、設計目的にあったすべり支承の摩擦係数及びゴムバッファ剛性を設定する必要があると考えられる。

６．７　平成 17 年度の検討方針

（１）今年度実験結果のトレース解析

今年度の振動台実験により、すべり支承を用いた免震橋梁の地震時挙動及びすべり支承の摩擦特性を把握することができた。この結果をもとにトレース解析を実施して実験結果との比較を行い、すべり支承のモデル化および減衰モデル等の解析モデル・解析手法の妥当性の検証を行う。主な着目点は以下の通りである。

・すべり支承部の減衰モデルの適用性の確認
・すべり支承部各種依存性のモデル化における再現性の確認
・すべり支承部のモデル化における依存式考慮タイプと一定値タイプの比較
・解析手法の外力モデルとバネモデルの比較
・すべり支承部の軸力変動

（2）橋脚に塑性化が生じるすべり免震橋梁の振動台実験

道路橋示方書における免震設計の項では、橋脚の塑性変形は副次的なものに抑え、長周期化やエネルギー吸収が免震支承により確実に行われるよう設計することとされており、耐震性能の検証方法としていくつかの規定が設けられている。しかしながら、すべり支承を有する免震橋梁の合理的な検証方法設定に関する検討は十分に行われておらず、例えばエネルギー吸収をすべり支承により確実に行うには橋脚の応答をどの程度に制限するか等の検討を行う必要があるが、検討ケースによっては橋脚がある程度エネルギー吸収を分担する場合がある。橋脚に塑性化が生じた場合、橋脚の剛性が小さくなりゴムバッファの剛性と近似し、橋梁全体系として複雑な挙動を示すことが想定されるが、すべり免震橋梁の地震応答特性あるいは数値解析モデル・手法が明らかとなっていないのが現状である。そこで橋脚の塑性化がすべり免震橋梁の地震応答特性にどの様に影響するか実験的により現実に近い形で検討するとともに数値解析モデル・手法の妥当性を検証することを目的として、橋脚－支承－橋桁を模擬した実験供試体を用いた振動台実験を実施する。

参考文献

1) 玉木利裕、小川一志、河東鎬、鵜野禎史、比志島康久：摩擦減衰型免震装置の摩擦特性に関する実験的検討、鋼構造年次論文報告集、第7巻、pp.89-94、1999
2) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料、丸善、1997.
3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、丸善、1997.
4) 高橋良和、家村浩和、平井崇士：滑り型免震支承の軸力変動が連続桁橋の地震応答に及ぼす影響、第26回地震工学研究発表会講演論文集、pp.1077-1080、2001
5) 大島俊之、三上修一、山崎智之、池永雅良、松井義孝、久保和子：低温条件における免震装置の機能確認実験、構造工学論文集、Vol.44A、pp.753-760、1998.3
6) 藤田亮一、森敦、金治英貞、伊津野和行：すべり支承のパラメータが橋梁応答に及ぼす影響、土木学会地震工学論文集、Vol.27、2003

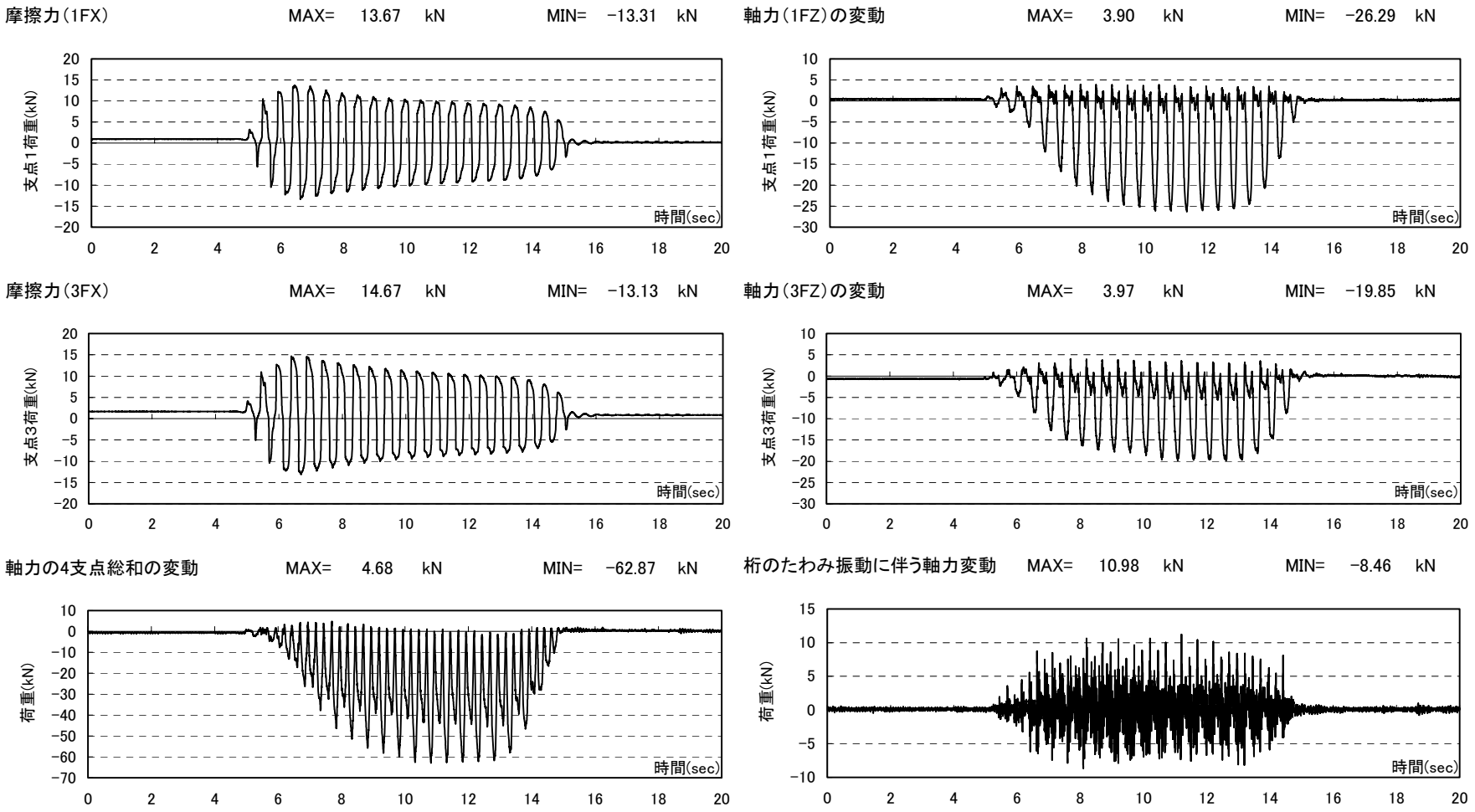


図 6.28 時刻歴波形（タイプ 1, Case1-5）

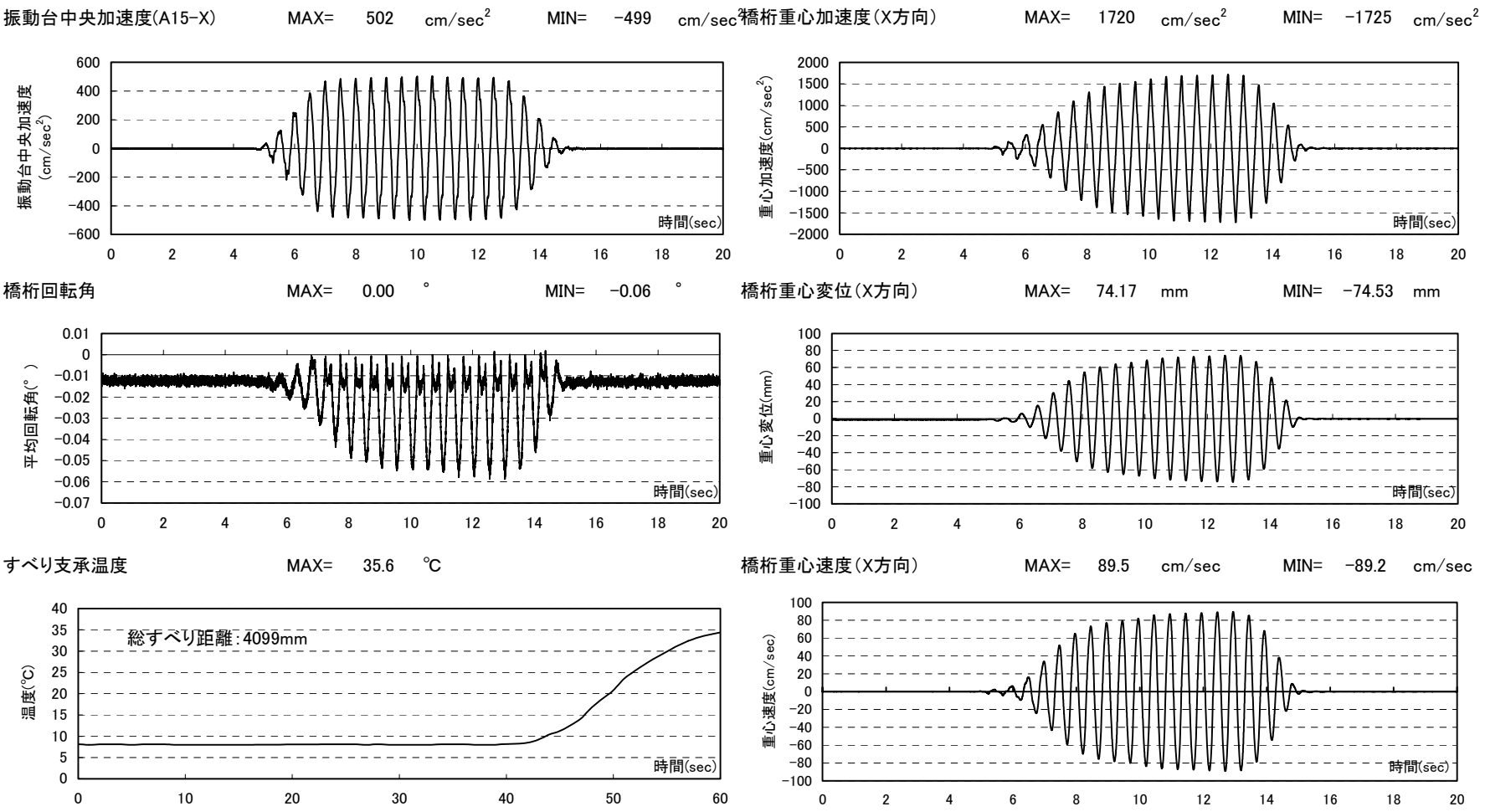


図 6.29 時刻歴波形（タイプ 1, Case1-5）

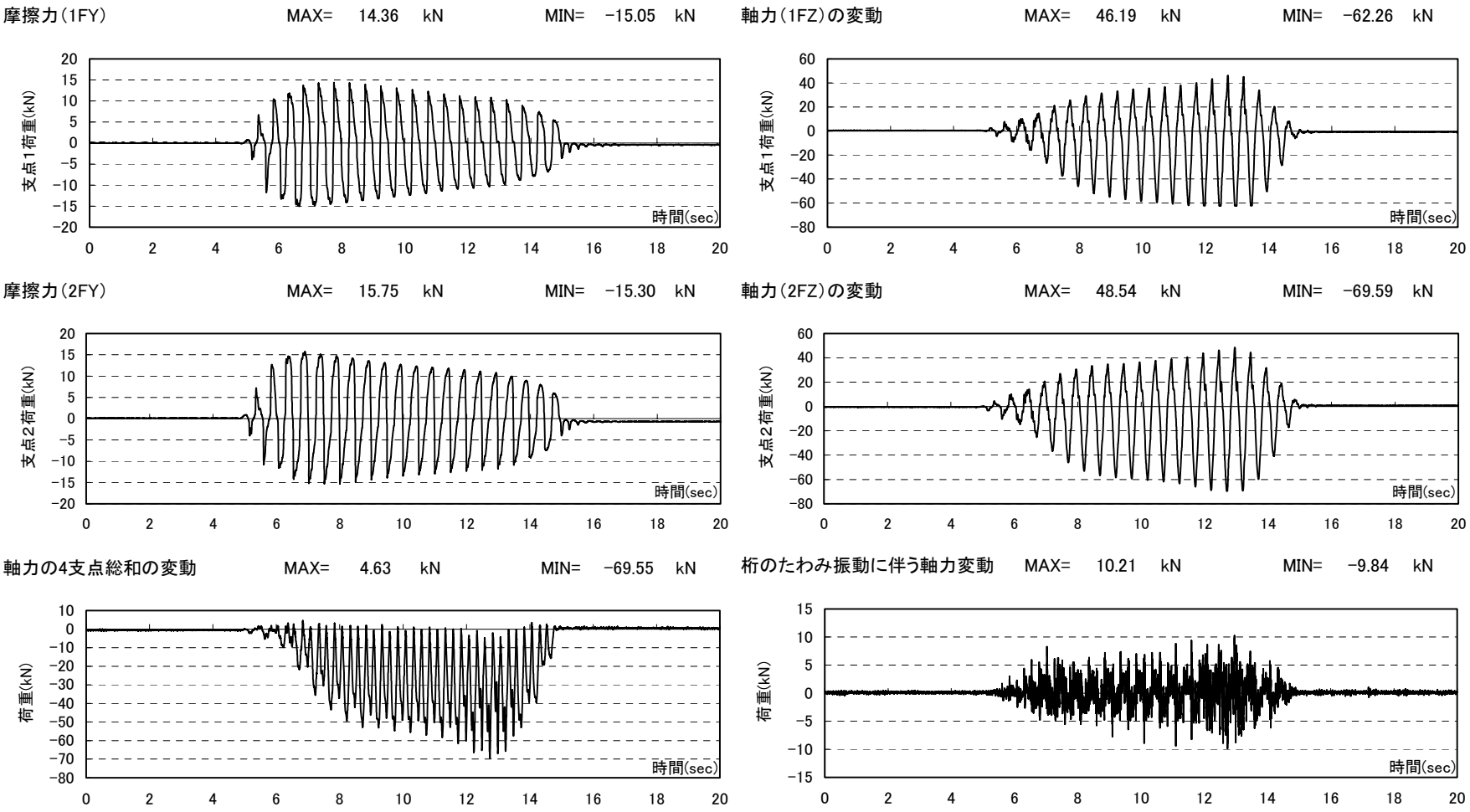


図 6.30 時刻歴波形 （タイプ 1, Case2-5）

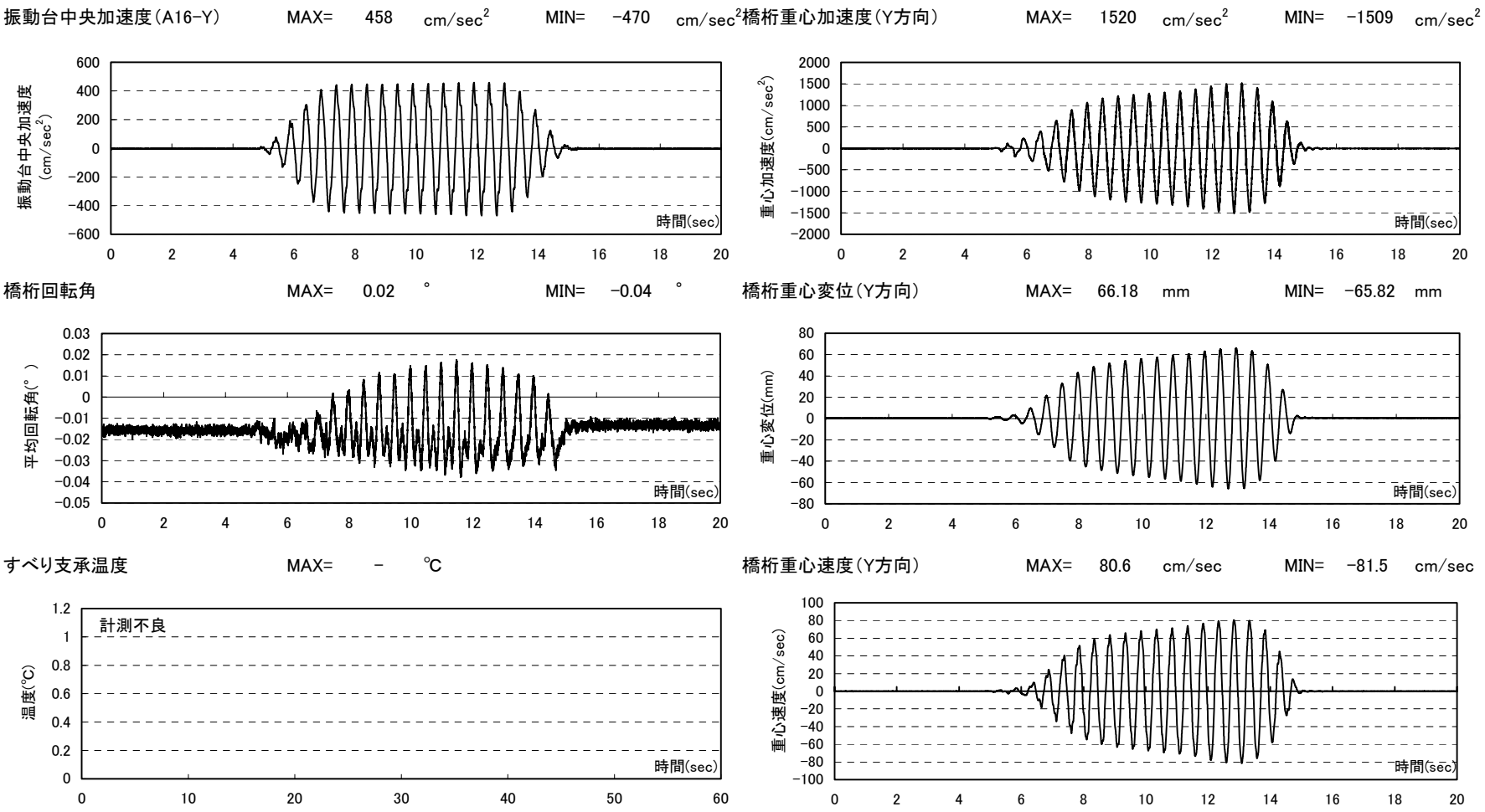


図 6.31 時刻歴波形（タイプ 1, Case2-5）

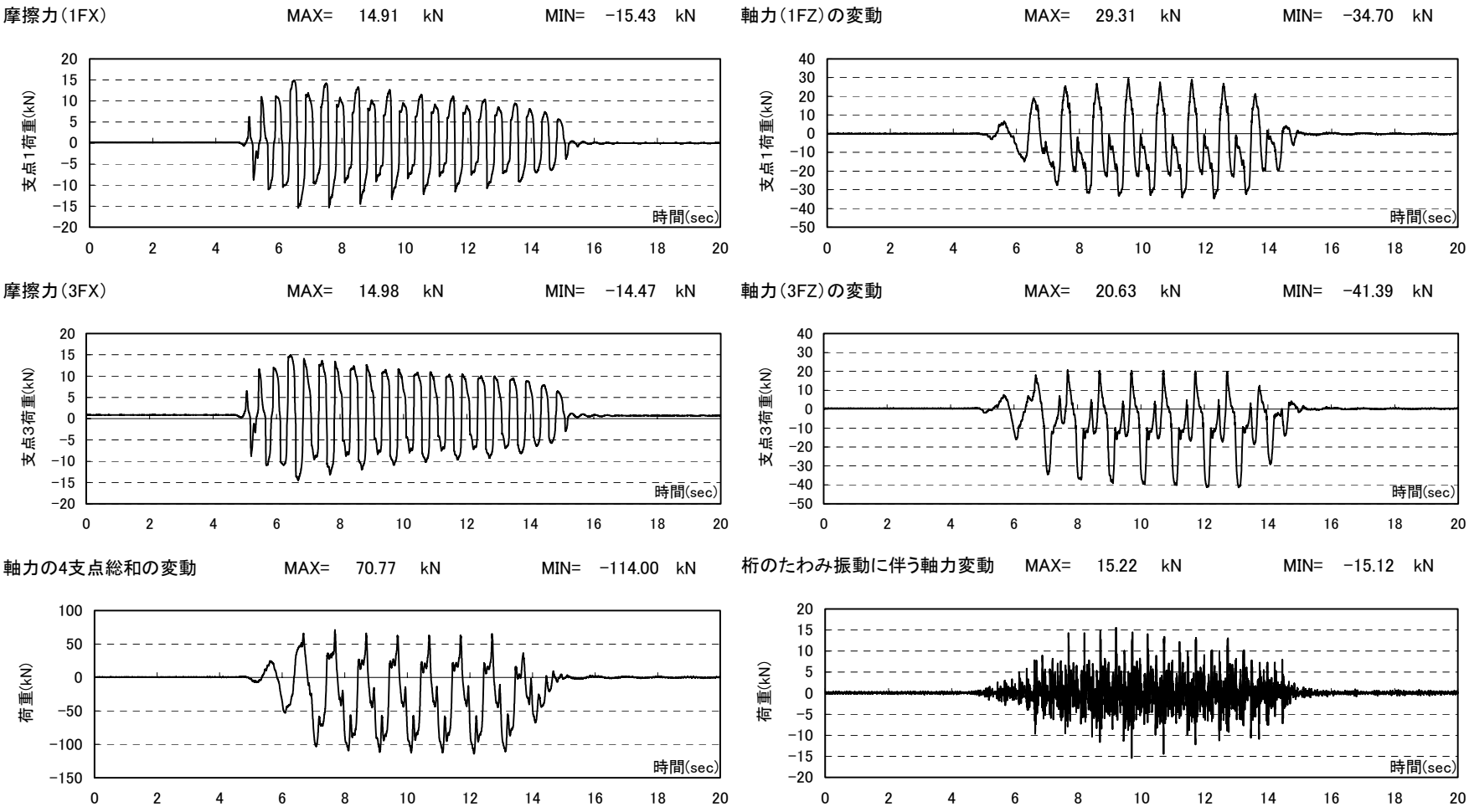


図 6.32 時刻歴波形 （タイプ 1, Case3-3）

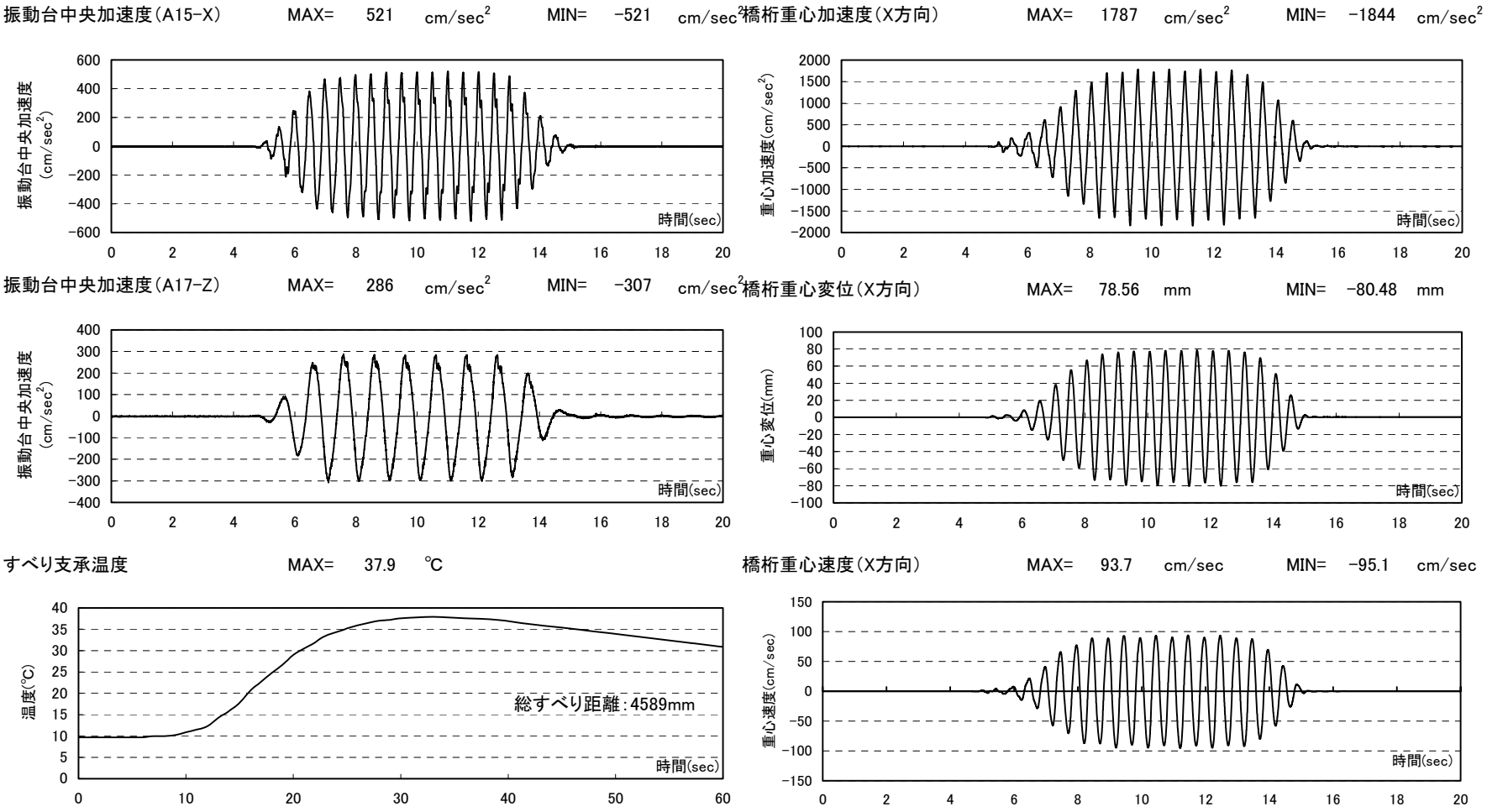


図 6.33 時刻歴波形 （タイプ 1, Case3-3）

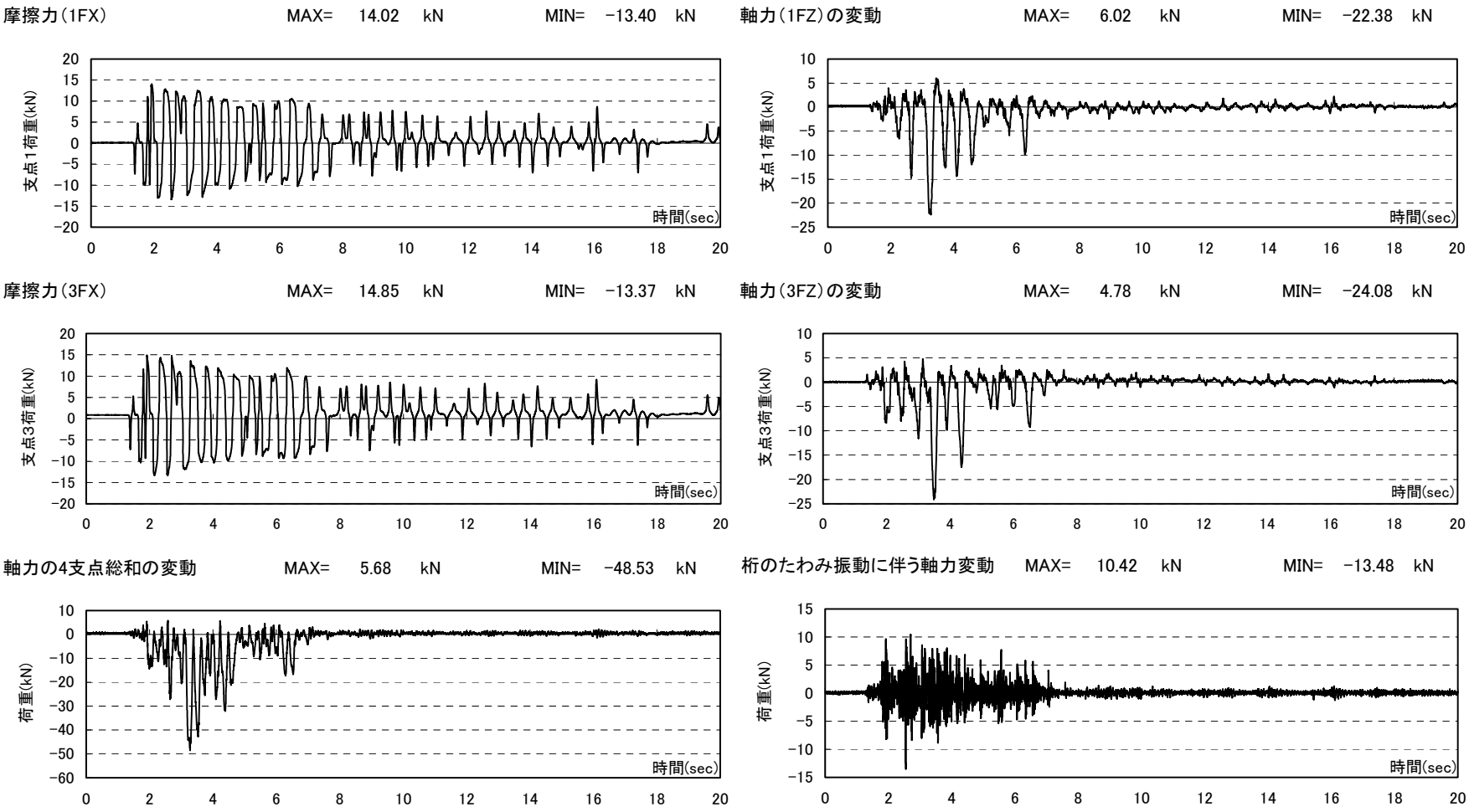


図 6.34 時刻歴波形（タイプ 1, Case4-2）

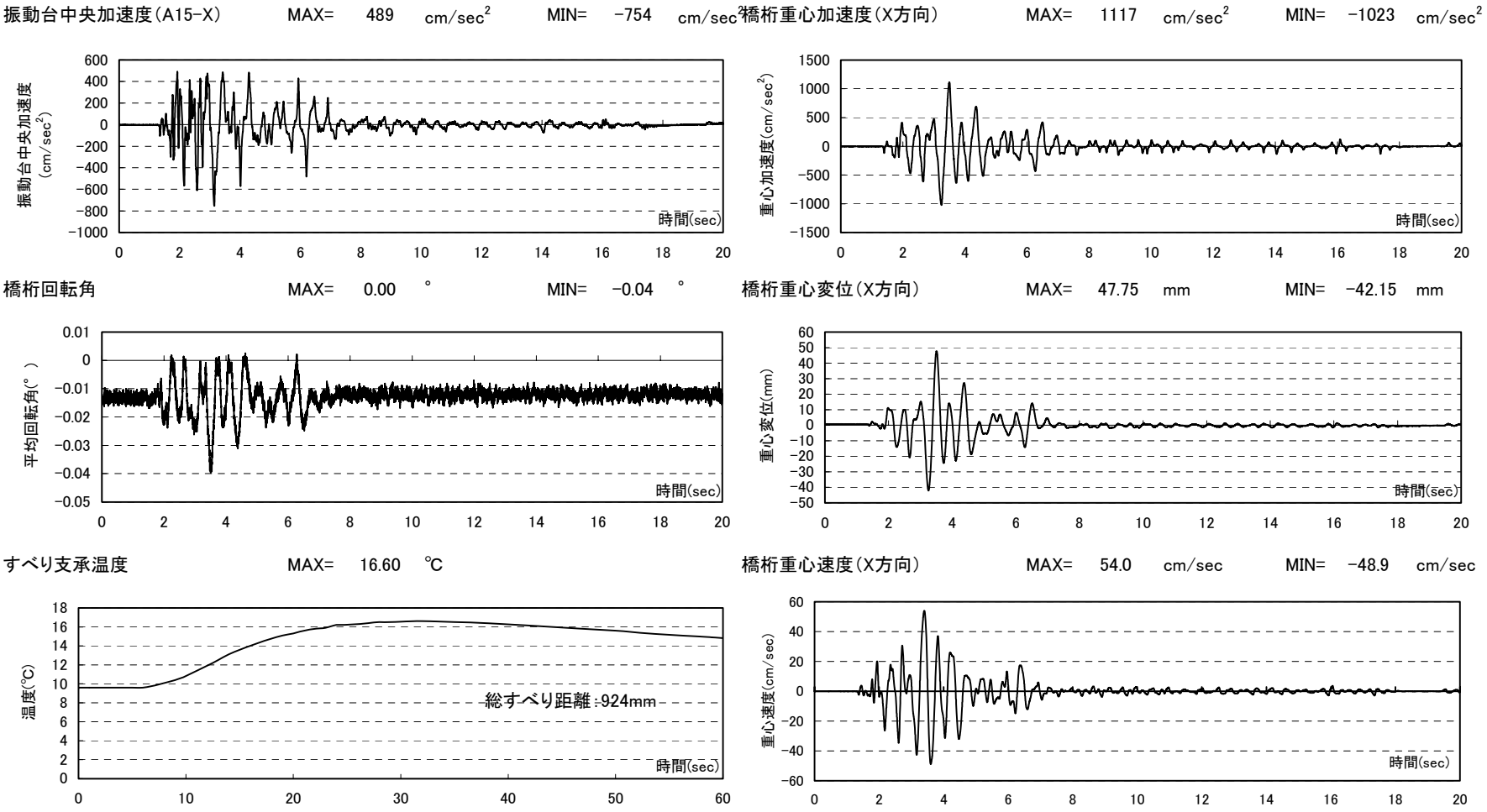


図 6.35 時刻歴波形 （タイプ 1, Case4-2）

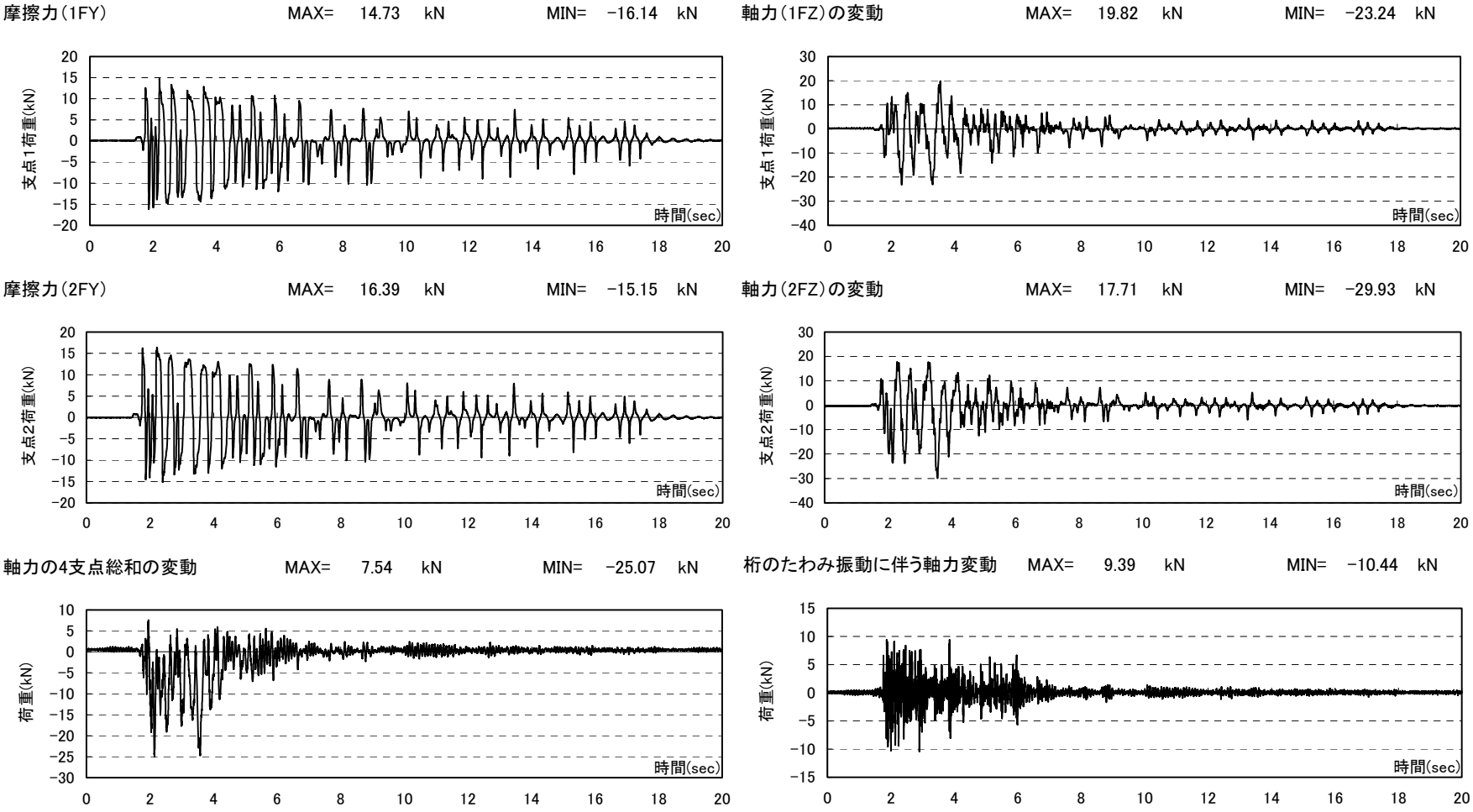
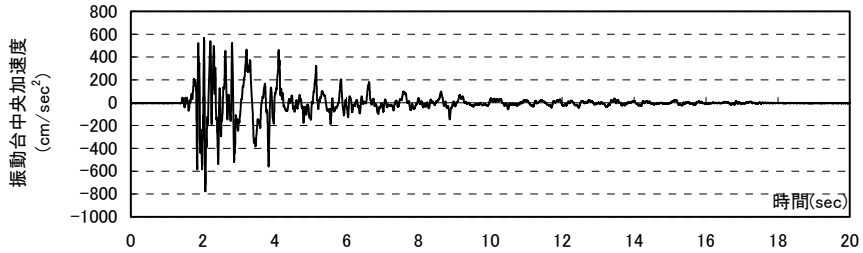
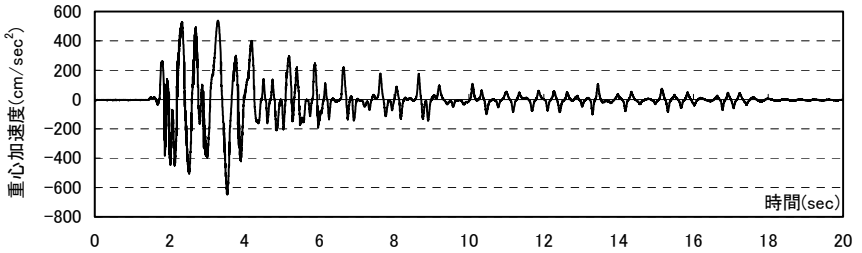


図 6.36 時刻歴波形 （タイプ 1, Case5-1）

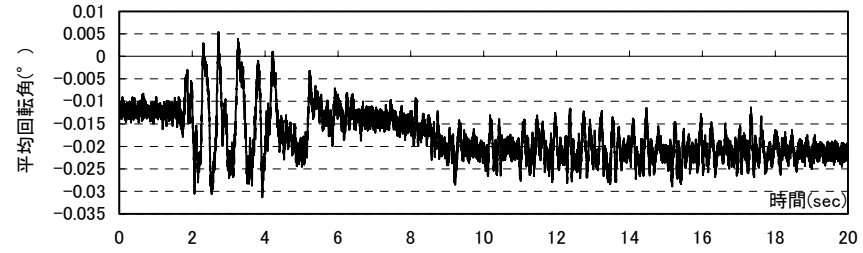
振動台中央加速度(A16-Y)　MAX= 564 cm/sec^2　MIN= −775 cm/sec^2



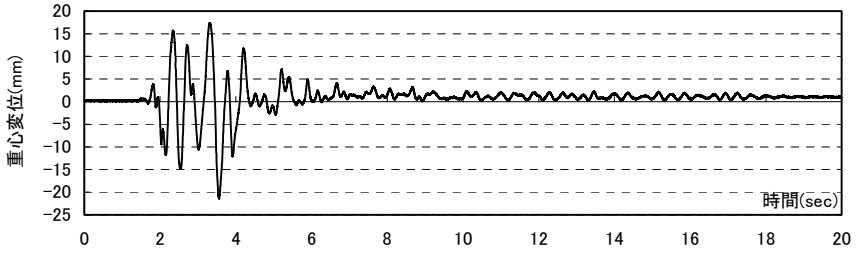
橋桁重心加速度(Y方向)　MAX= 539 cm/sec^2　MIN= −647 cm/sec^2



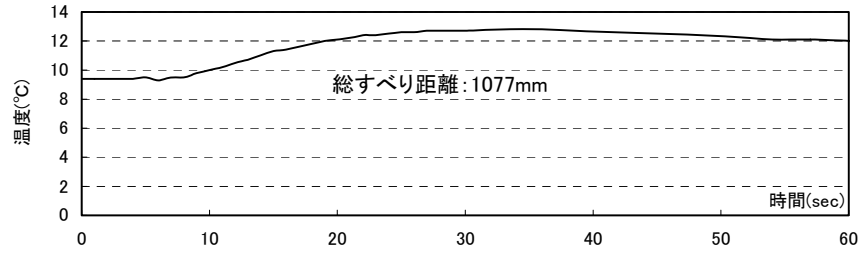
橋桁回転角　MAX= 0.01 °　MIN= −0.03 °



橋桁重心変位(Y方向)　MAX= 17.39 mm　MIN= −21.40 mm



すべり支承温度　MAX= 12.8 ℃



橋桁重心速度(Y方向)　MAX= 26.4 cm/sec　MIN= −31.9 cm/sec

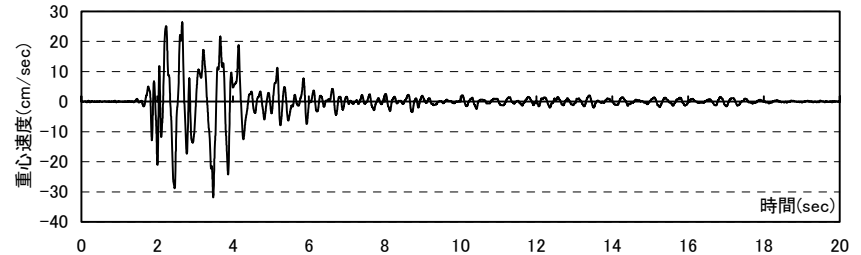


図 6.37 時刻歴波形 （タイプ 1, Case5-1）

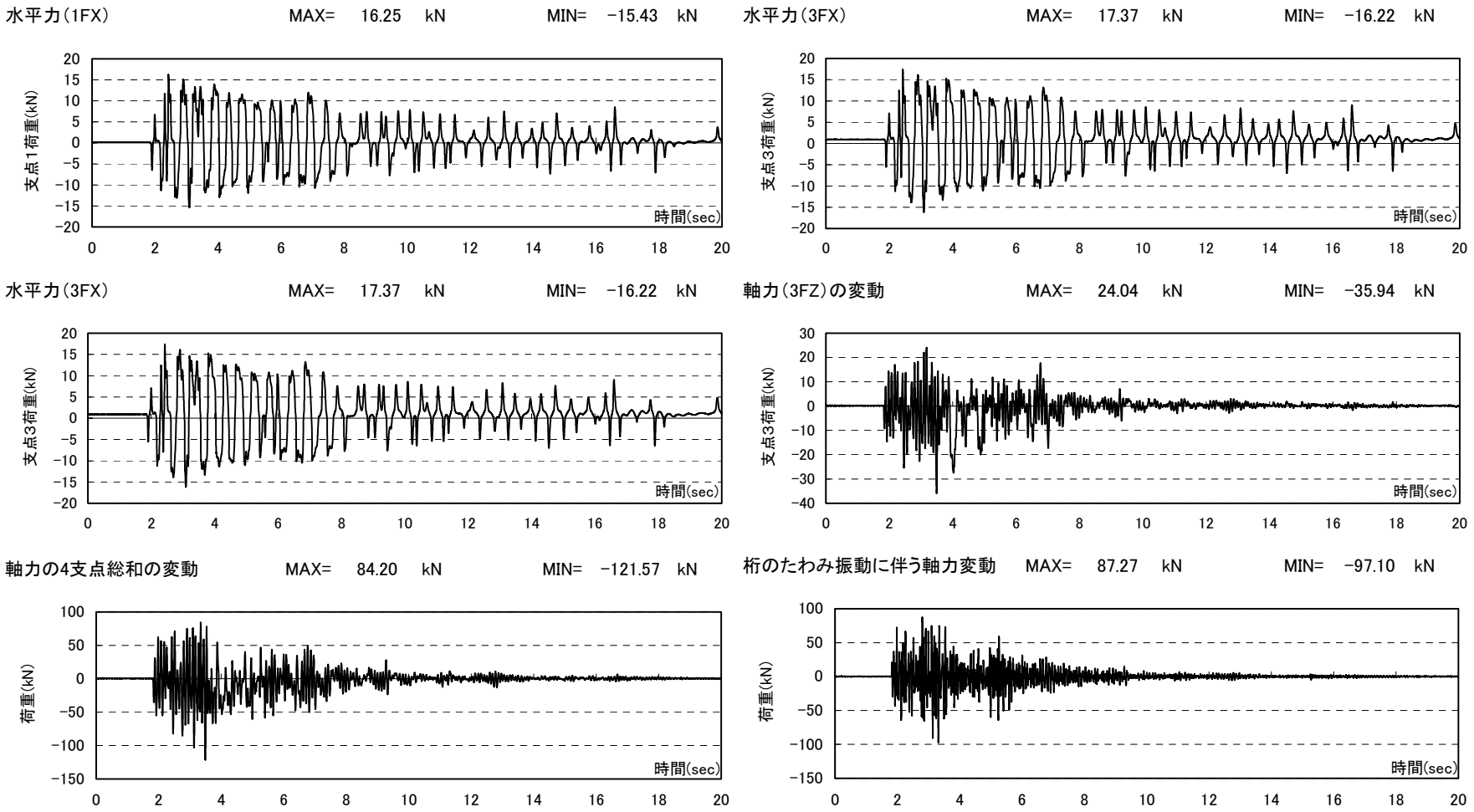
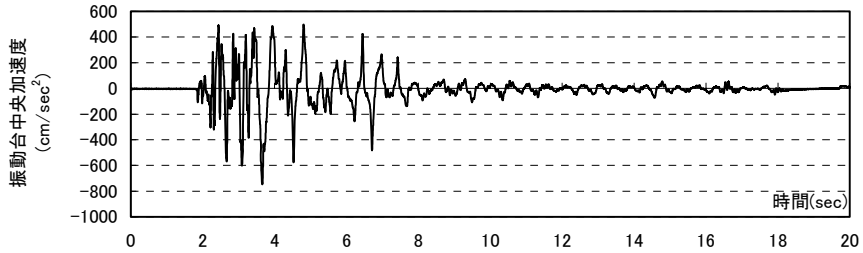
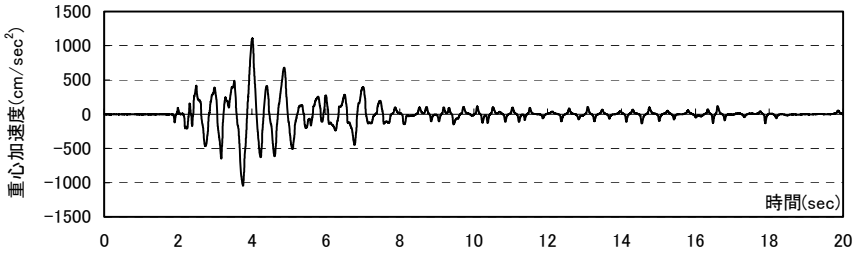


図 6.38 時刻歴波形 （タイプ 1, Case6-2）

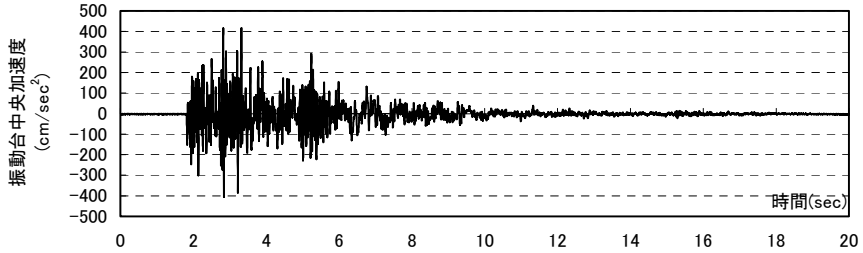
振動台中央加速度(A15-X)　MAX= 498 cm/sec^2　MIN= −748 cm/sec^2



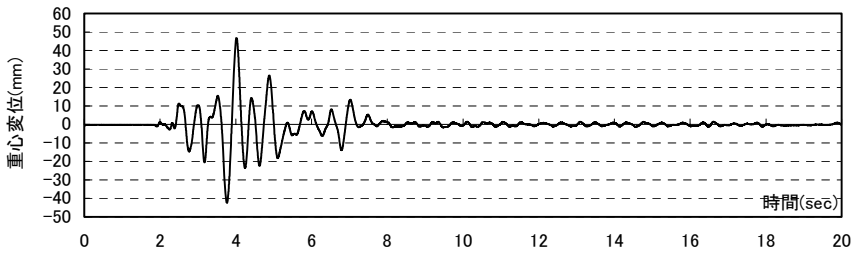
橋桁重心加速度(X方向)　MAX= 1108 cm/sec^2　MIN= −1043 cm/sec^2



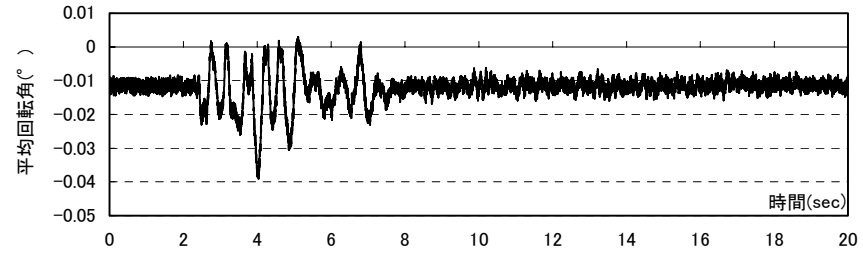
振動台中央加速度(A17-Z)　MAX= 417 cm/sec^2　MIN= −407 cm/sec^2



橋桁重心変位(X方向)　MAX= 46.70 mm　MIN= −42.40 mm



橋桁回転角　MAX= 0.00 °　MIN= −0.04 °



橋桁重心速度(X方向)　MAX= 52.5 cm/sec　MIN= −47.9 cm/sec

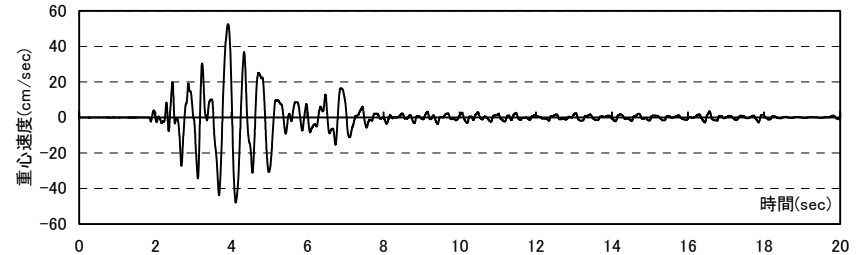
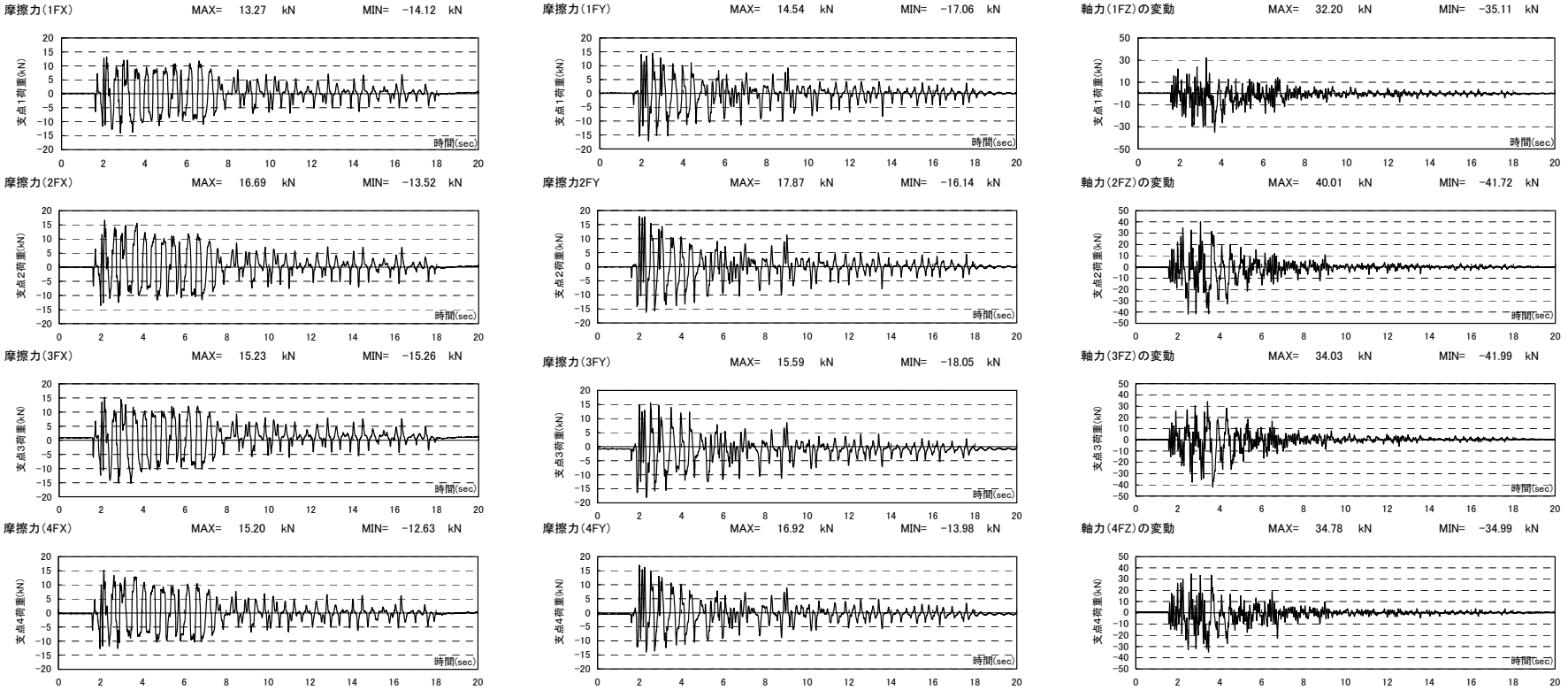


図 6.39 時刻歴波形 （タイプ 1, Case6-2）



軸力の4支点総和の変動　　MAX= 79.23 kN　　MIN= -113.36 kN

桁のたわみ振動に伴う軸力変動　　MAX= 80.73 kN　　MIN= -94.04 kN

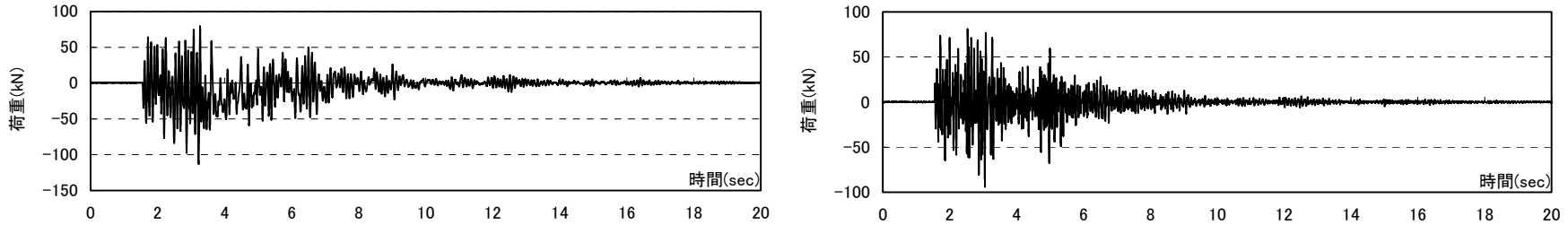


図 6.40 時刻歴波形（タイプ 1，Case7-2）

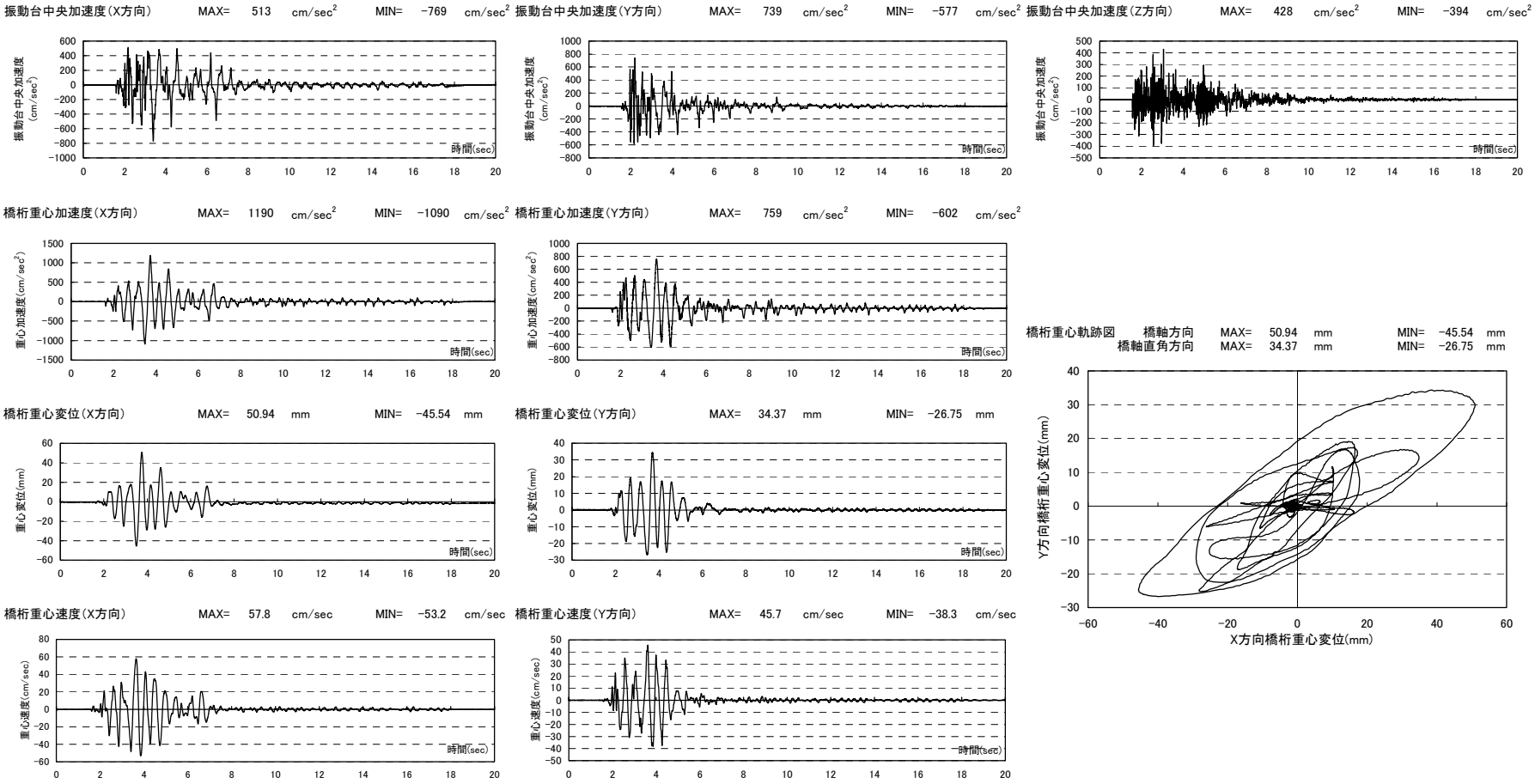
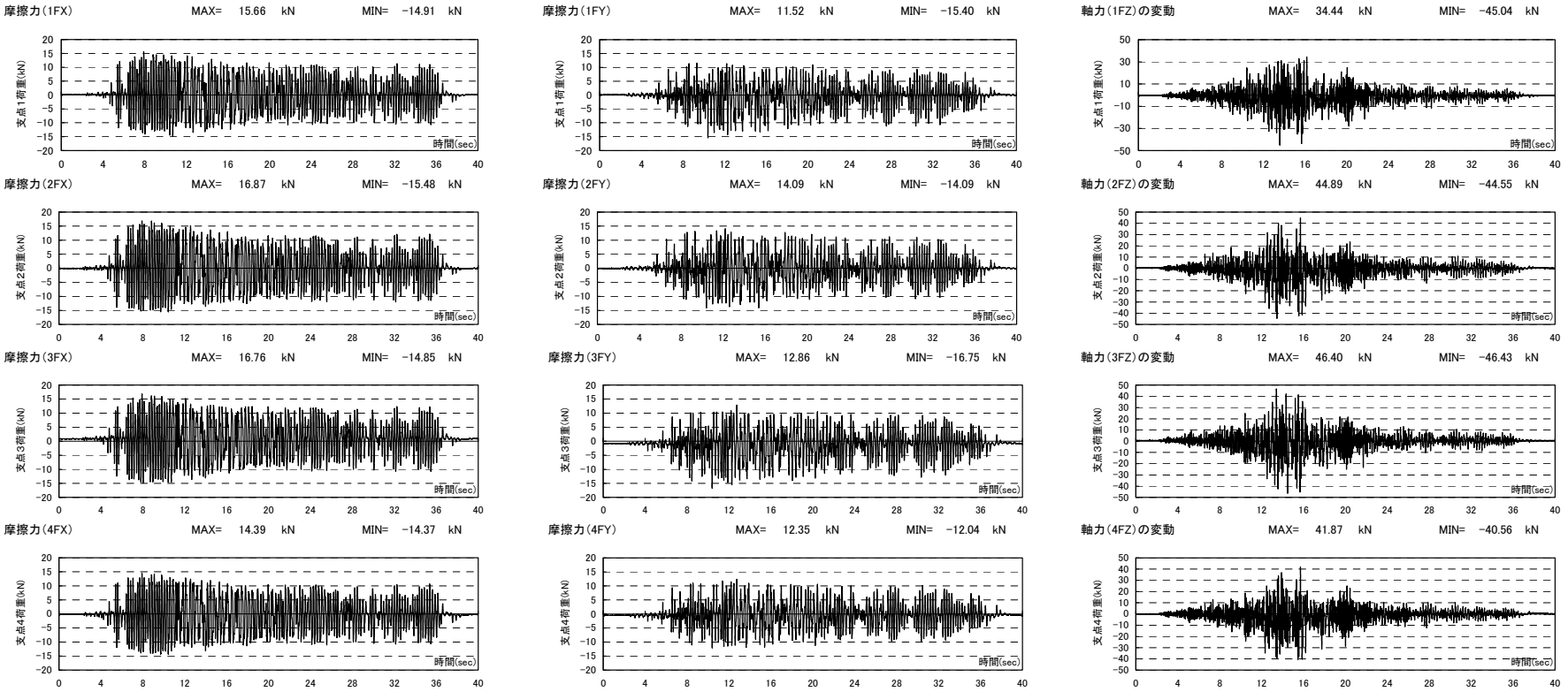


図 6.41 時刻歴波形（タイプ 1，Case7-2）



軸力の4支点総和の変動　MAX= 119.64 kN　MIN= −120.98 kN　桁のたわみ振動に伴う軸力変動　MAX= 95.21 kN　MIN= −69.94 kN

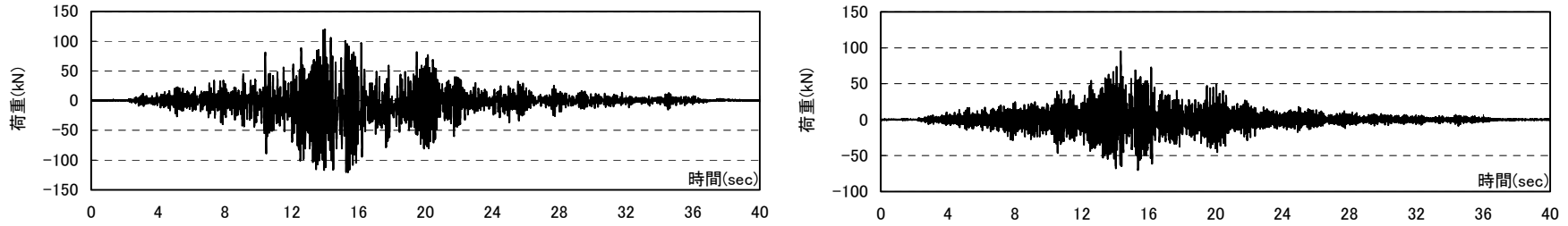


図 6.42 時刻歴波形（タイプ 1, Case11-1）

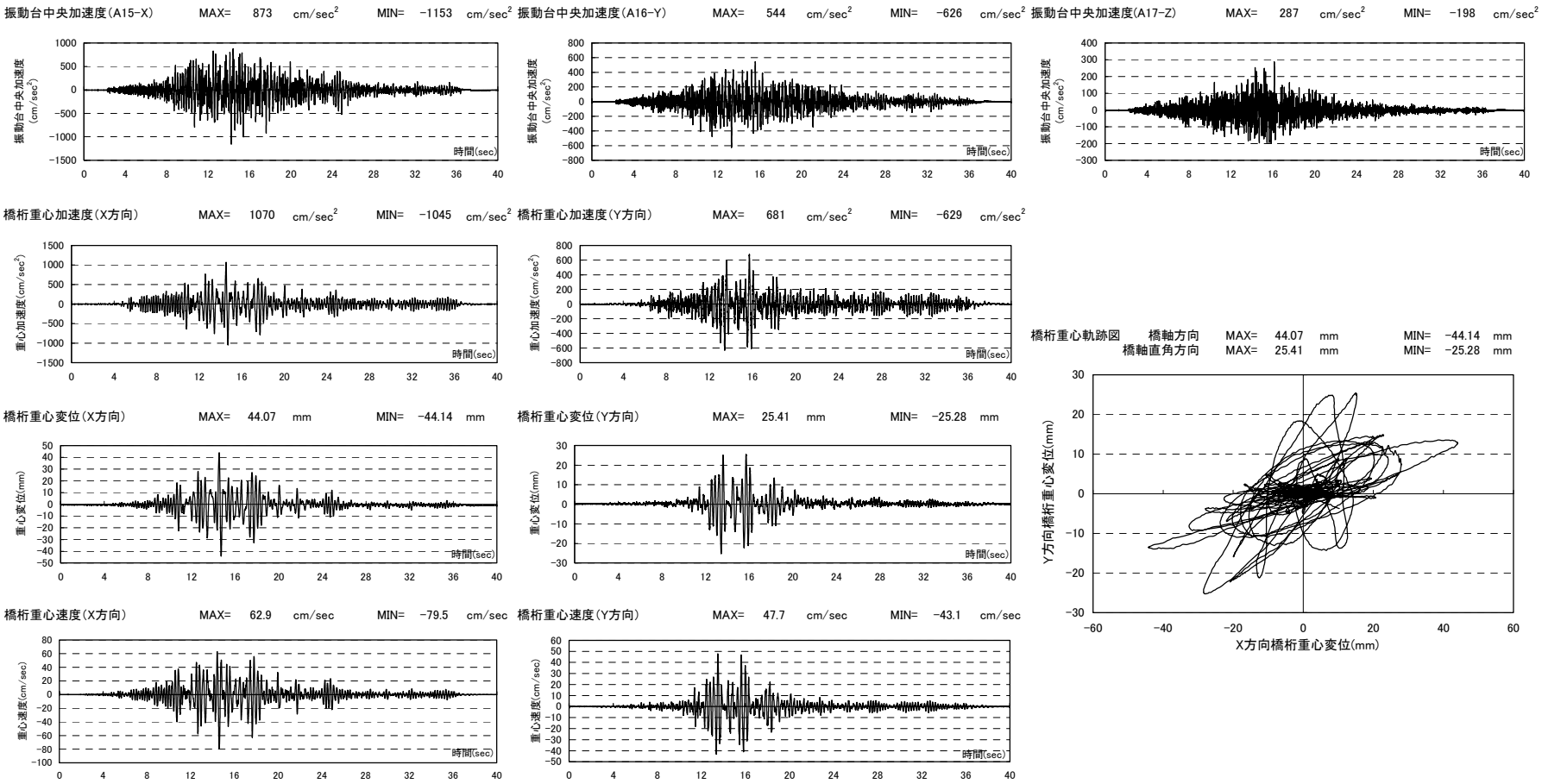


図 6.43 時刻歴波形（タイプ1, Case11-1）

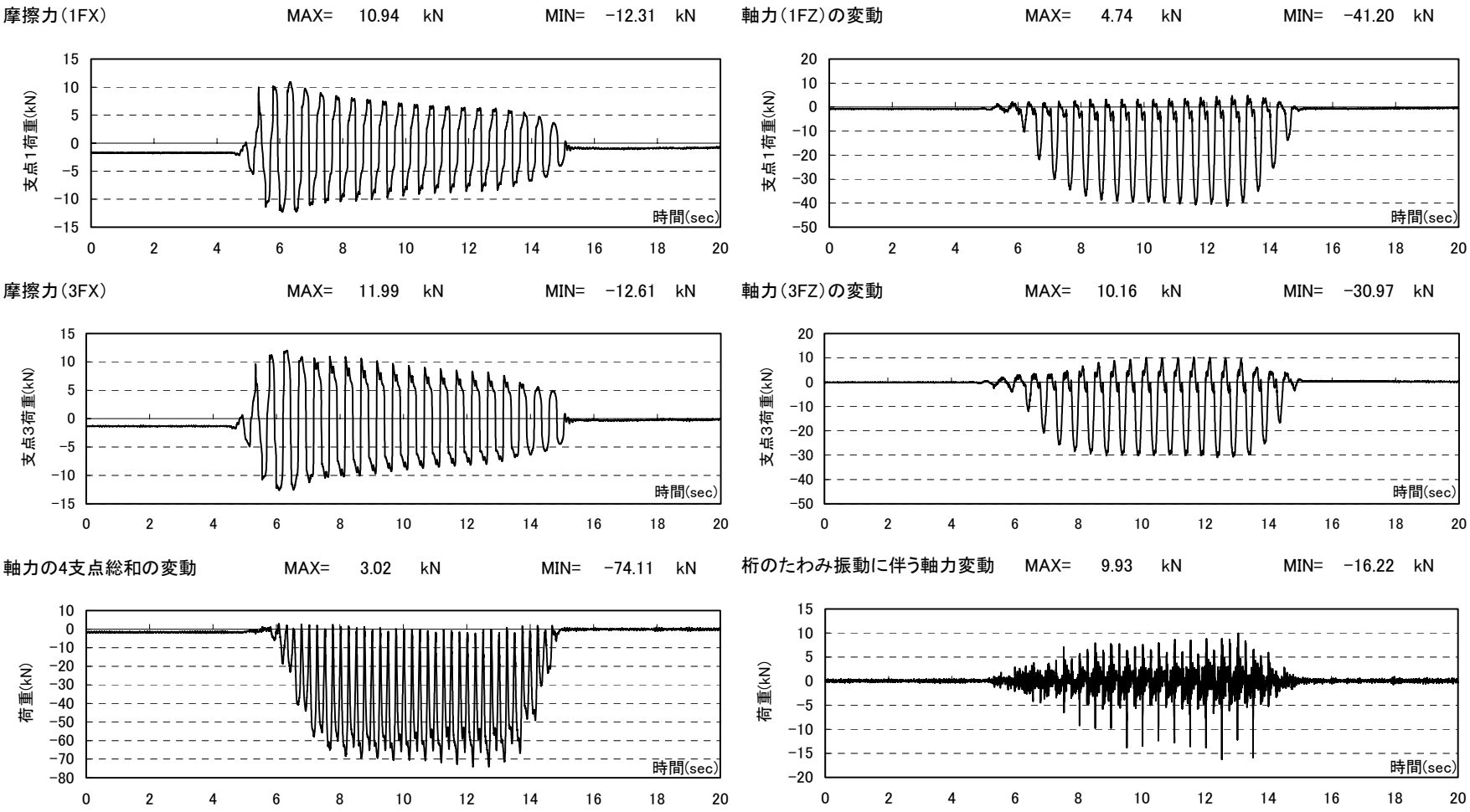


図 6.44 時刻歴波形（タイプ 2, Case1-4）

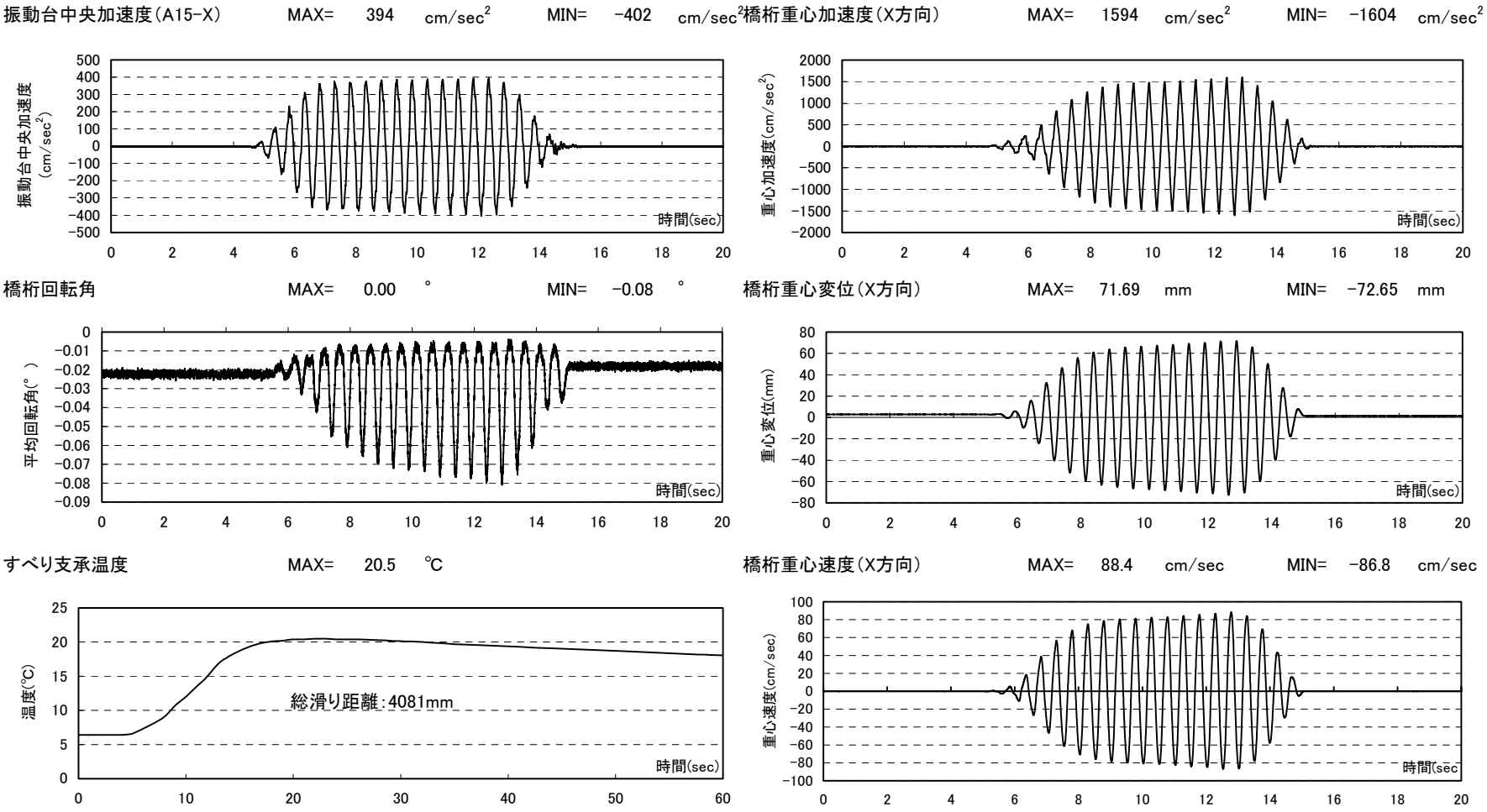


図 6.45 時刻歴波形 （タイプ 2, Case1-4）

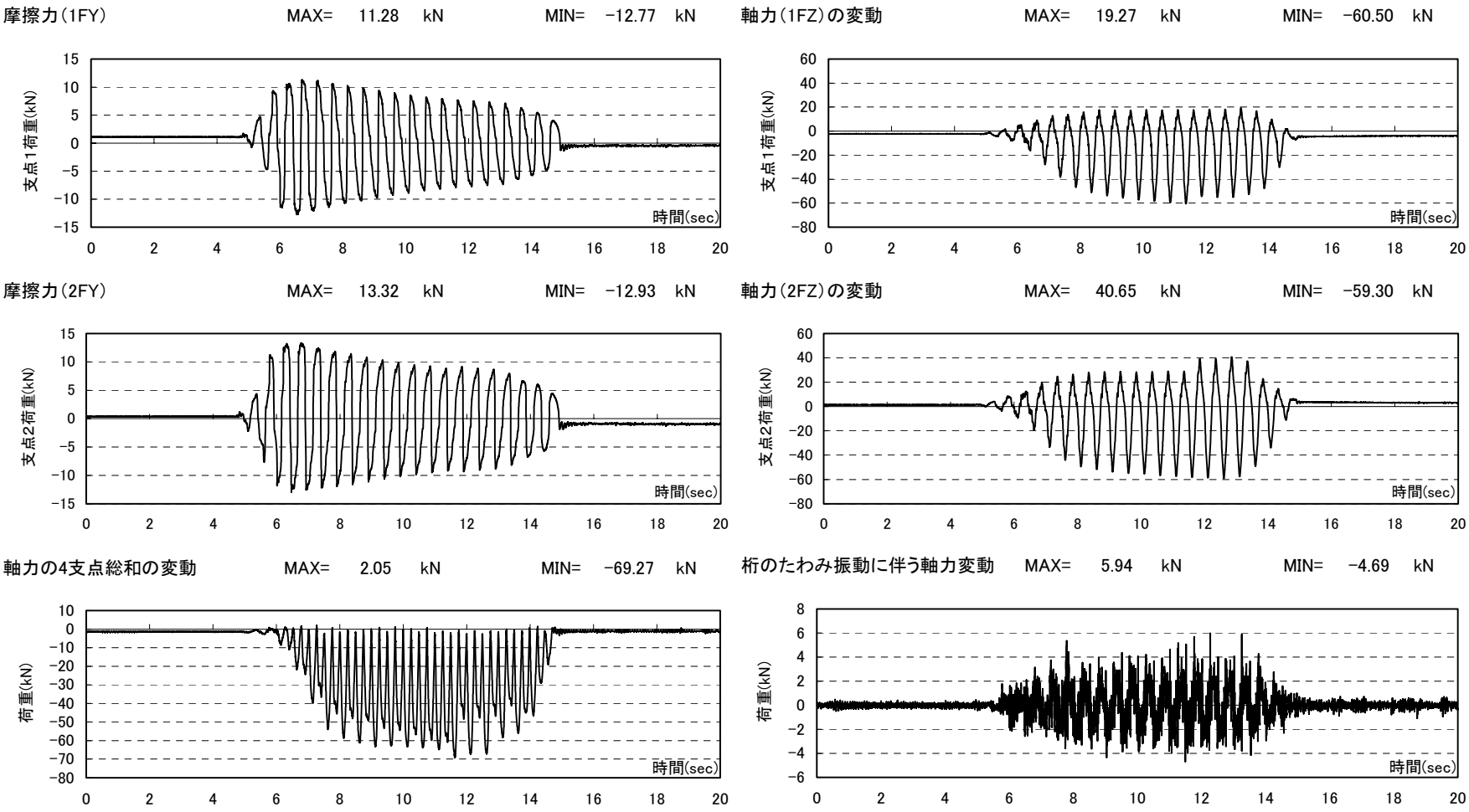


図 6.46 時刻歴波形 （タイプ 2, Case2-3）

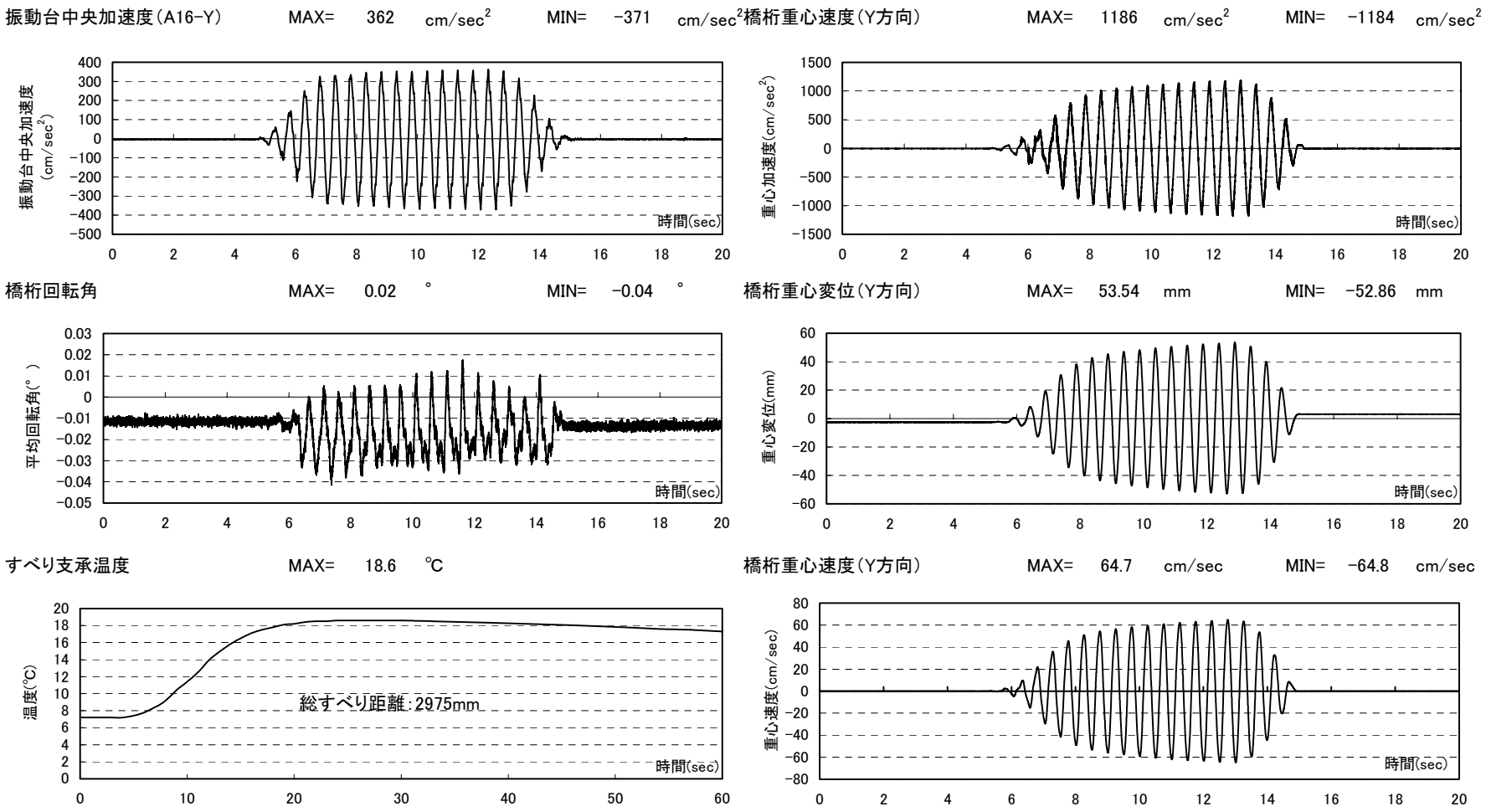


図 6.47 時刻歴波形 （タイプ 2, Case2-3）

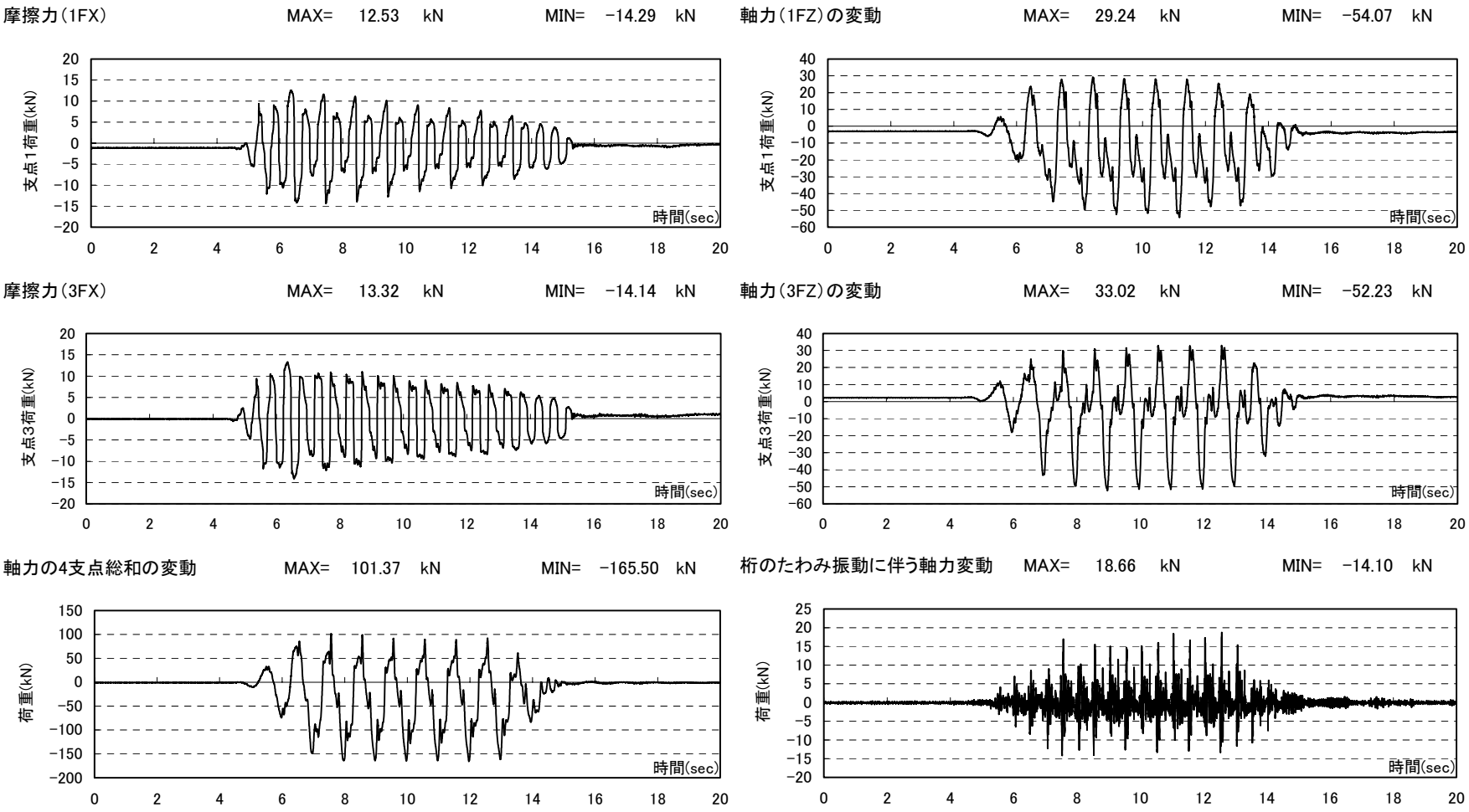


図 6.48 時刻歴波形 （タイプ 2, Case3-2）

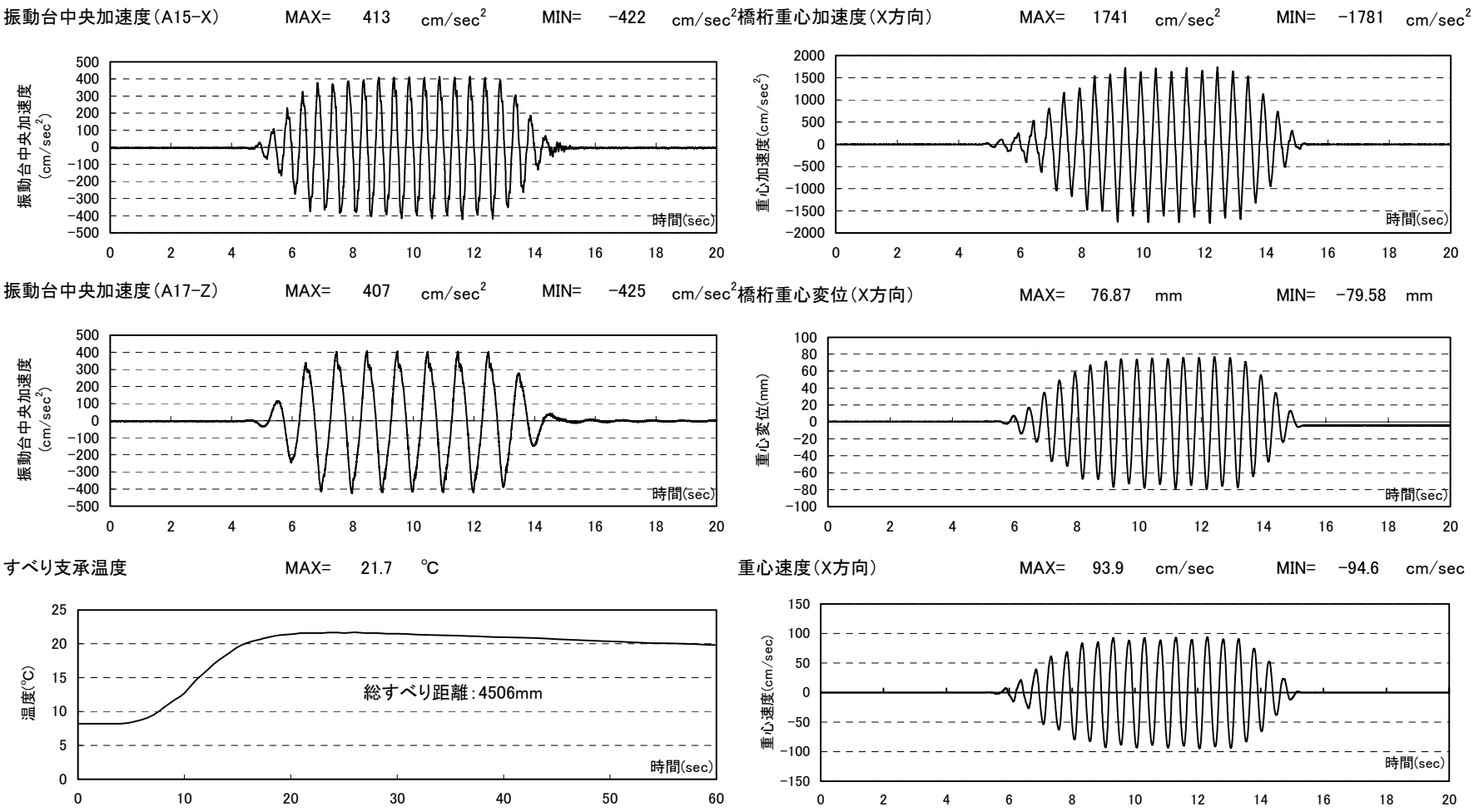


図 6.49 時刻歴波形 （タイプ 2, Case3-2）

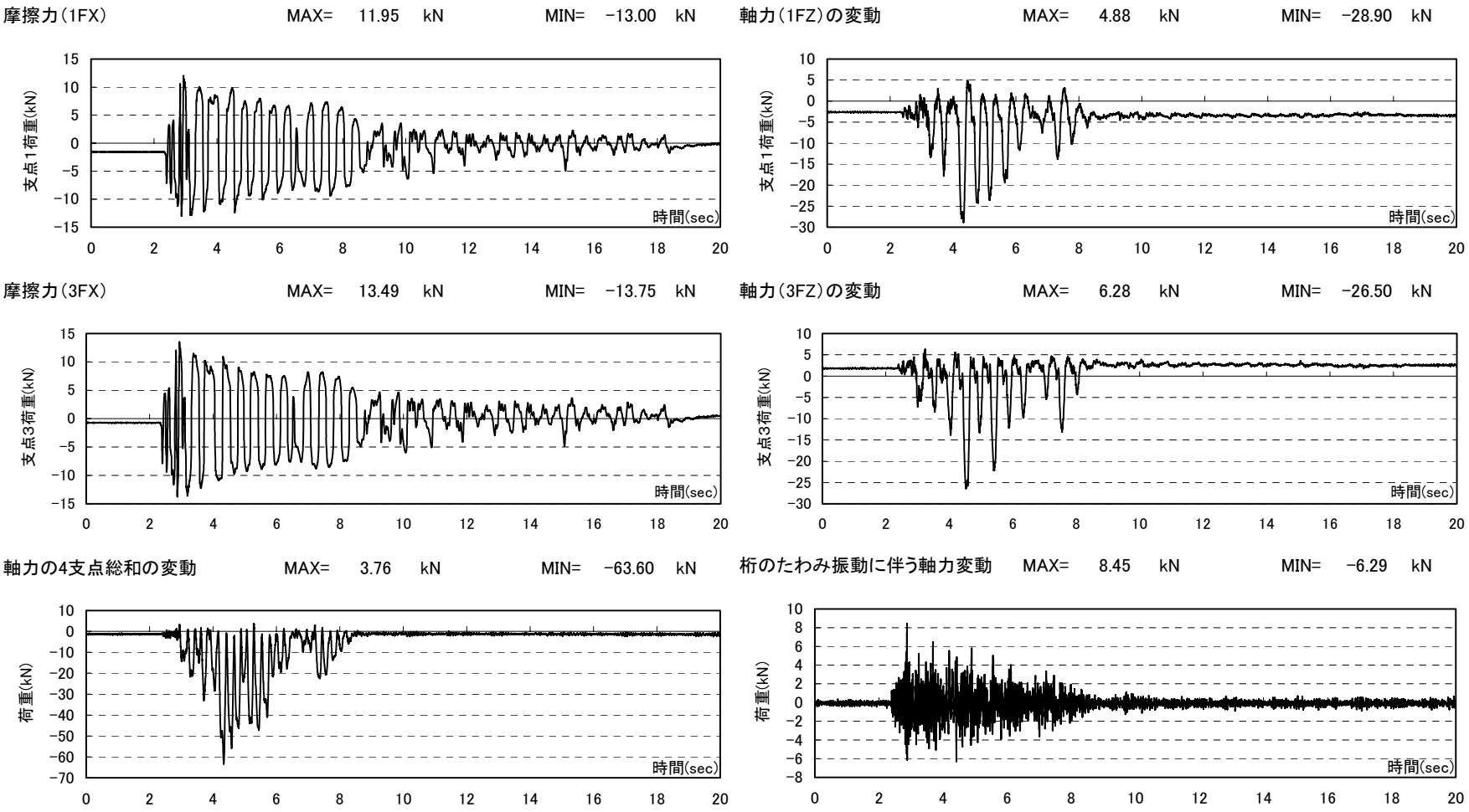


図 6.50 時刻歴波形 （タイプ 2, Case4-2）

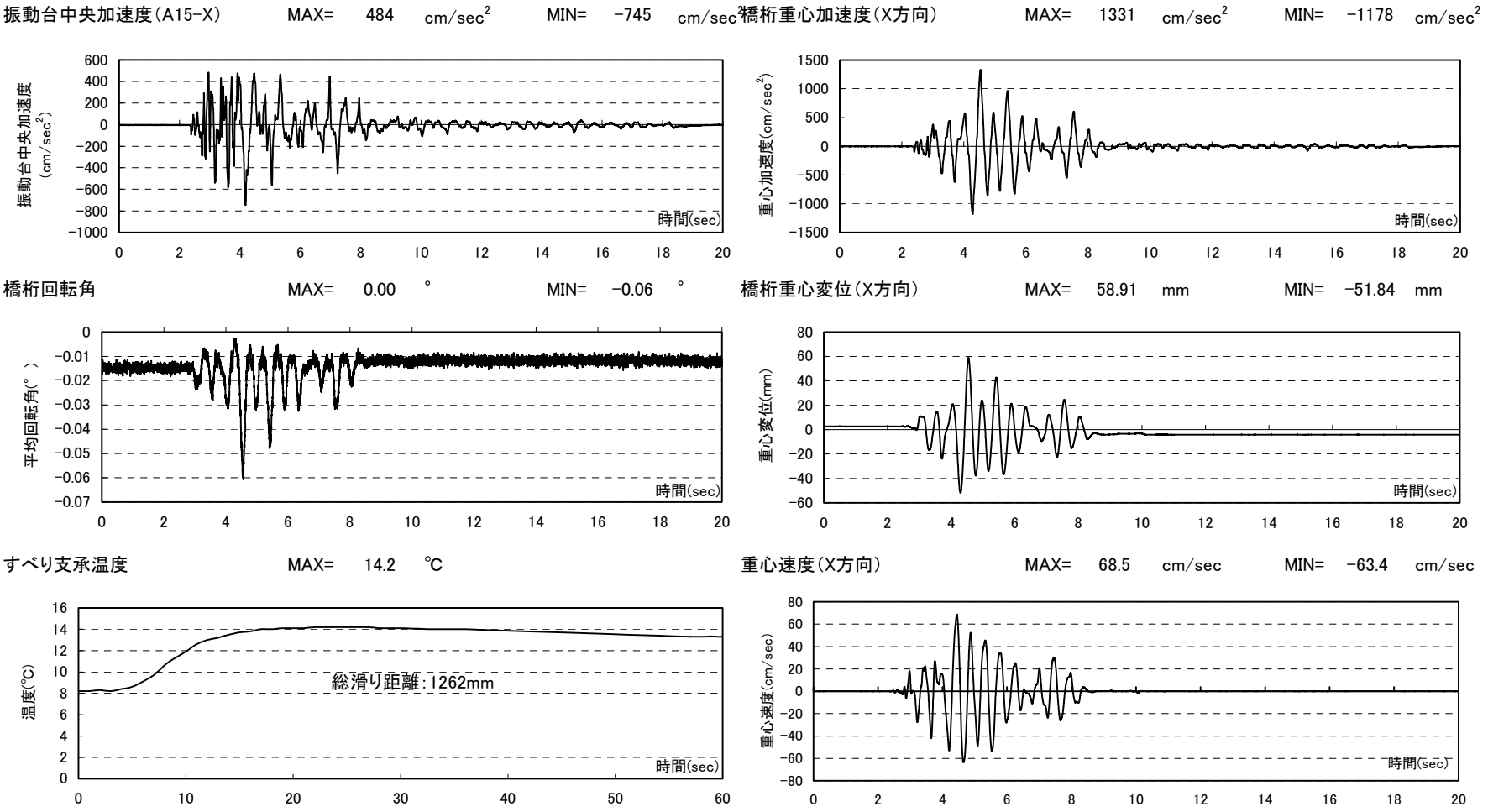


図 6.51 時刻歴波形 (タイプ 2, Case4-2)

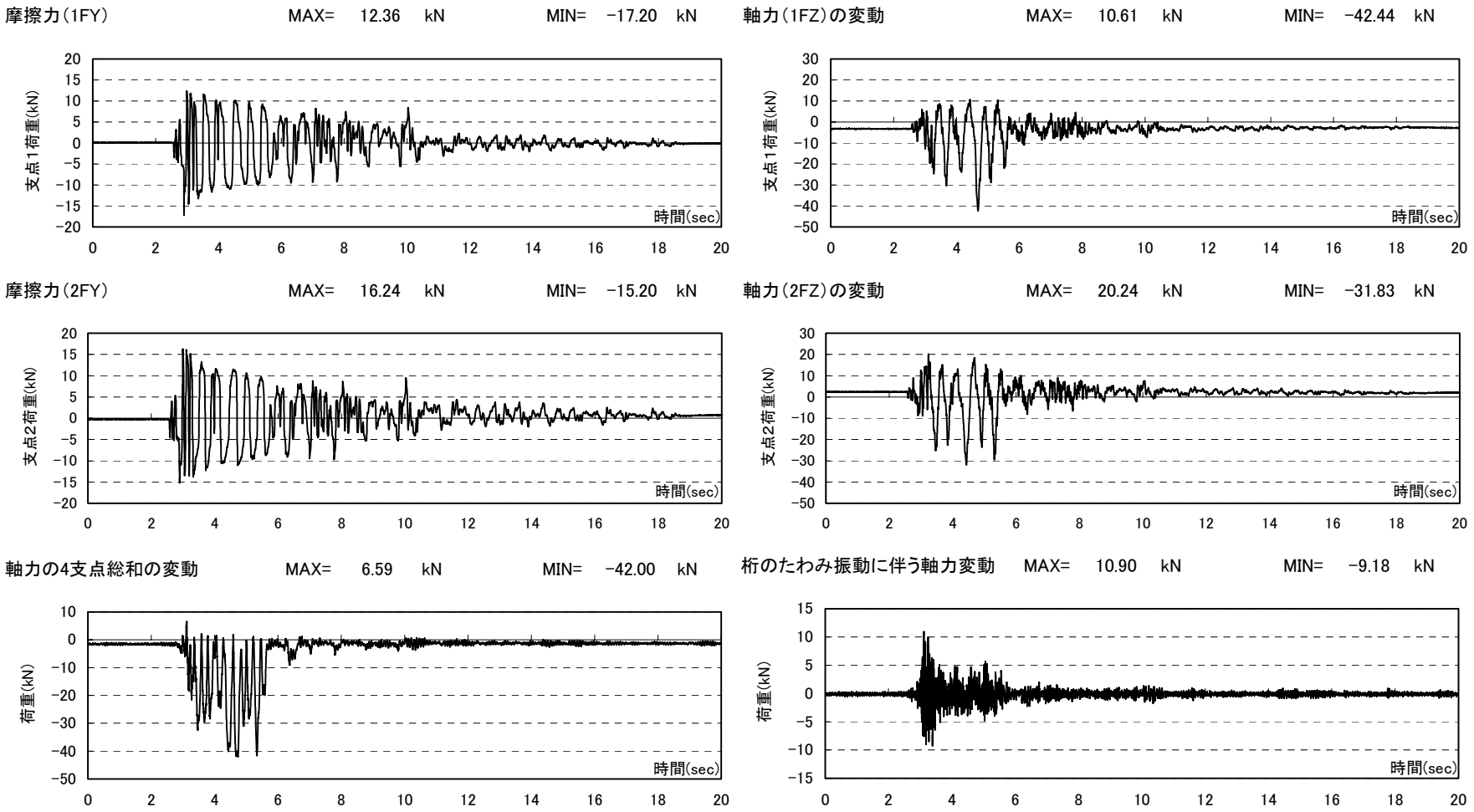


図 6.52 時刻歴波形 (タイプ 2, Case5-1)

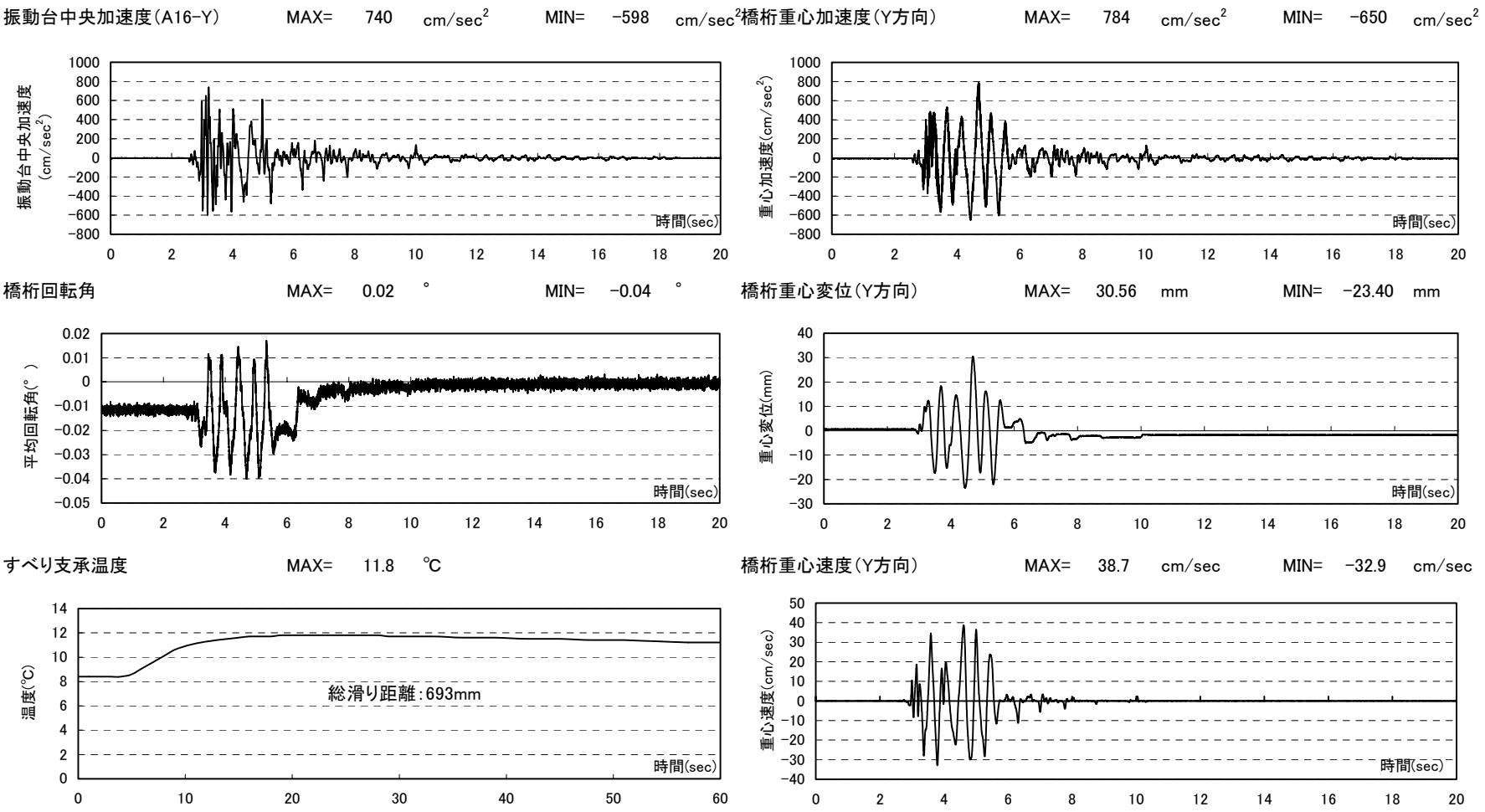


図 6.53 時刻歴波形 （タイプ 2, Case5-1）

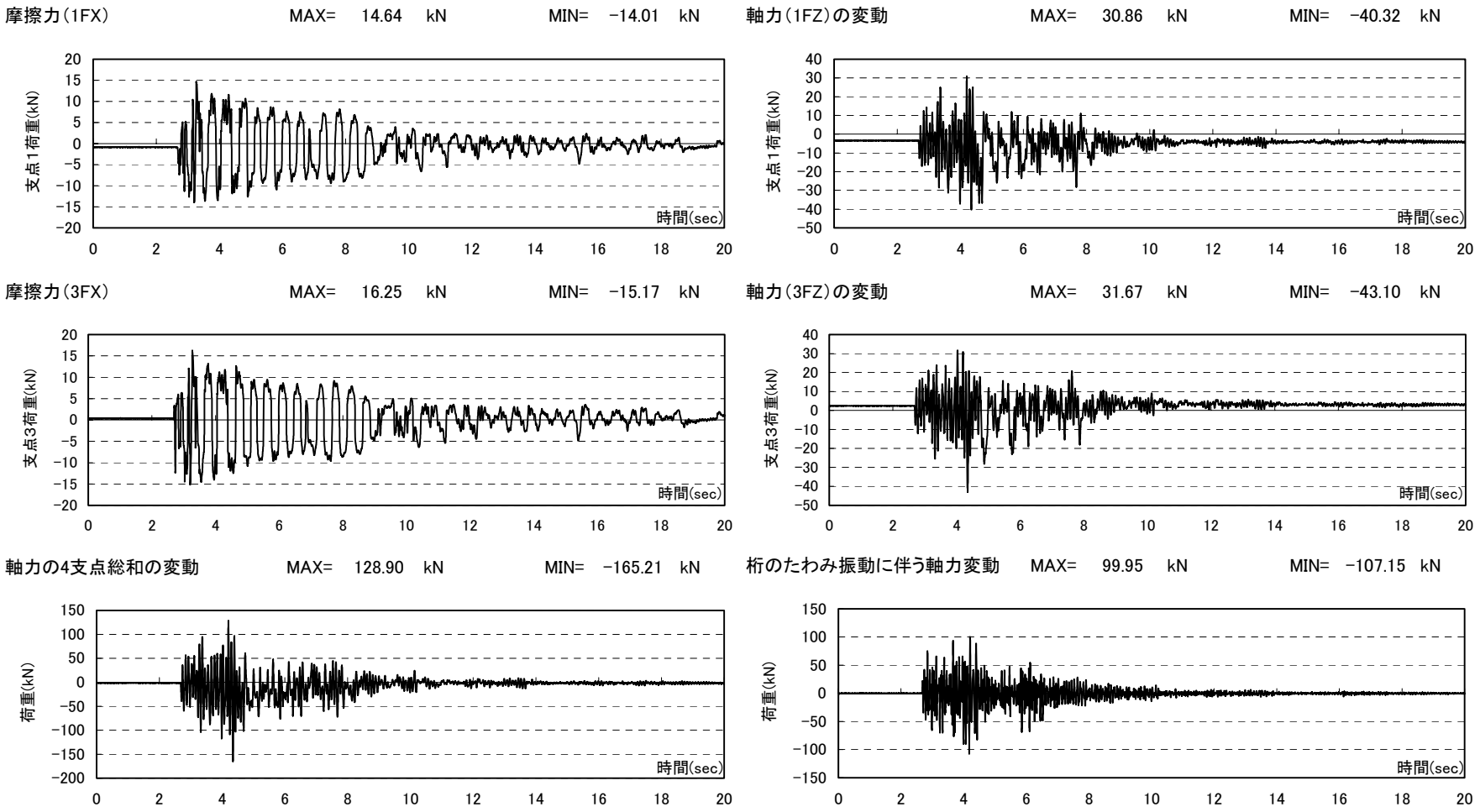


図 6.54 時刻歴波形 （タイプ 2, Case6-2）

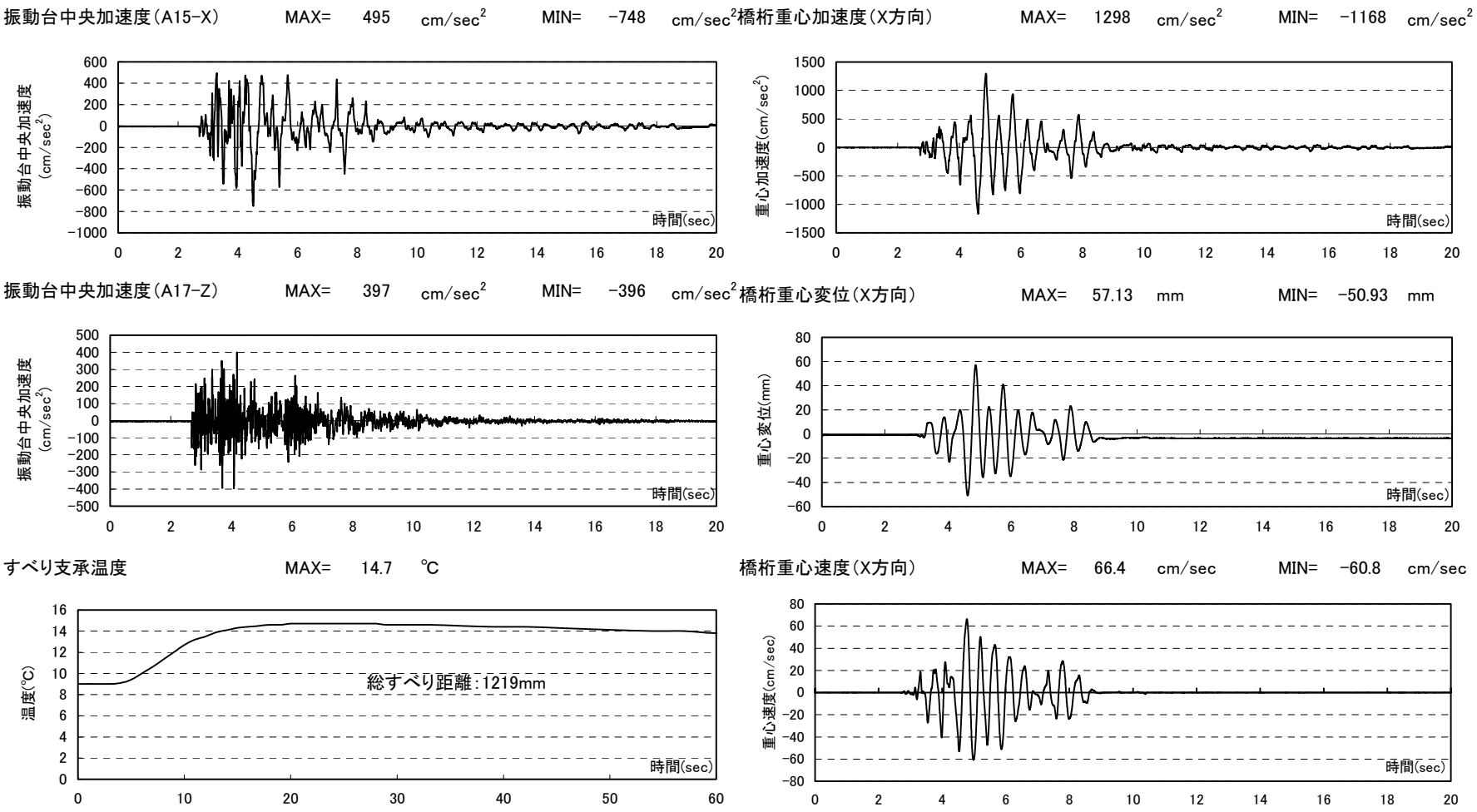
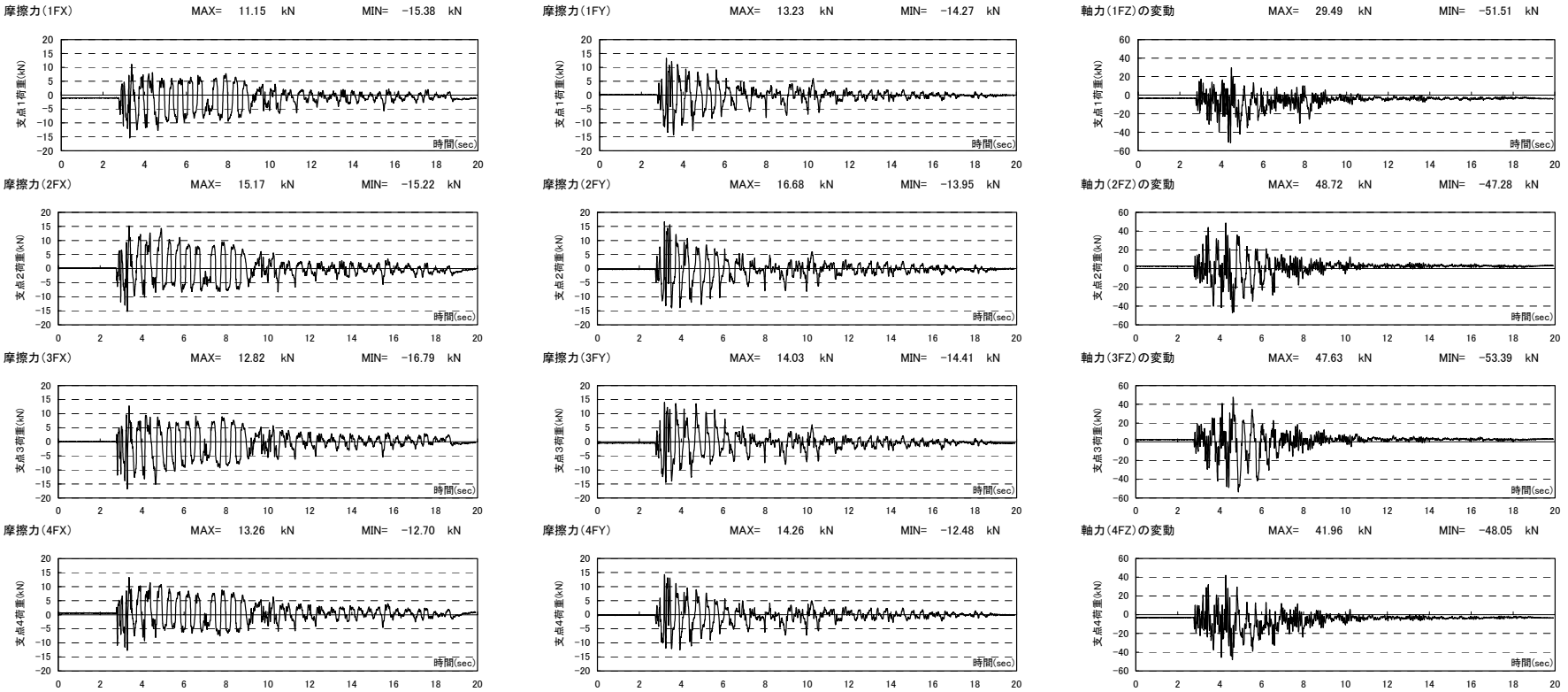


図 6.55 時刻歴波形 （タイプ 2, Case6-2）



軸力の4支点総和の変動　MAX= 103.99 kN　MIN= -157.42 kN　桁のたわみ振動に伴う軸力変動　MAX= 96.38 kN　MIN= -99.15 kN

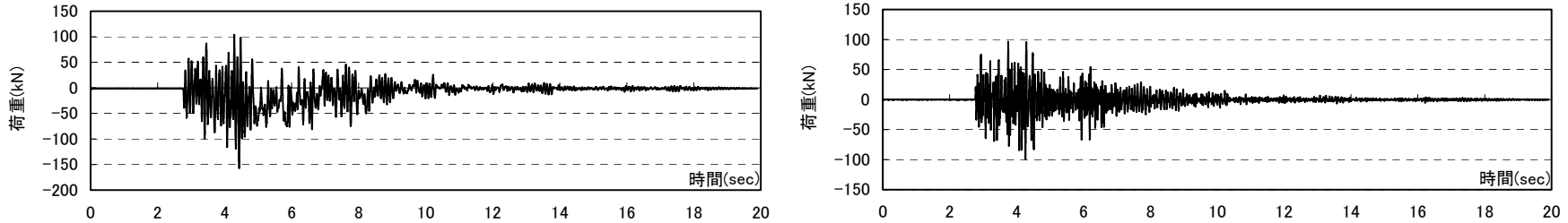


図 6.56 時刻歴波形（タイプ 2, Case7-2）

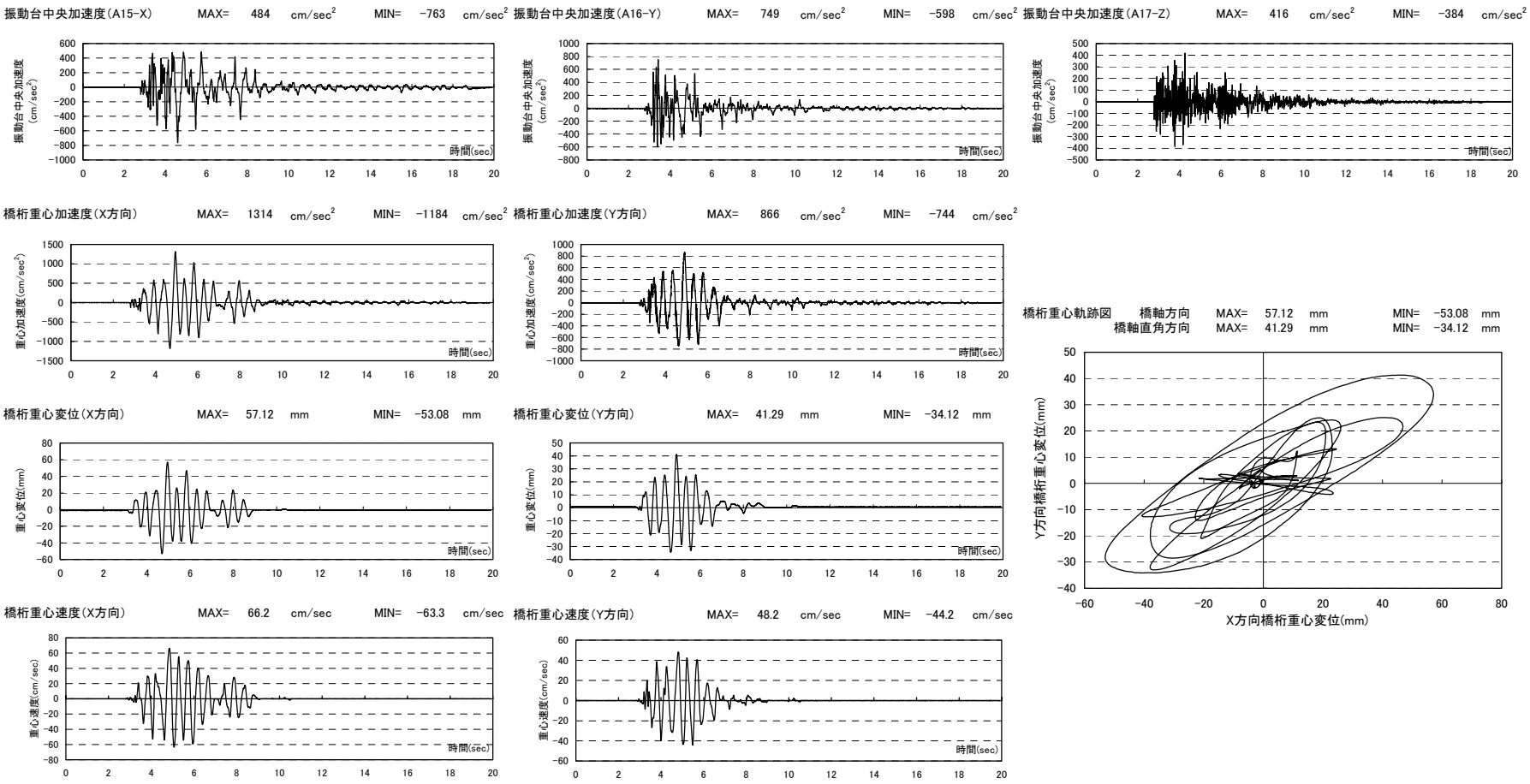
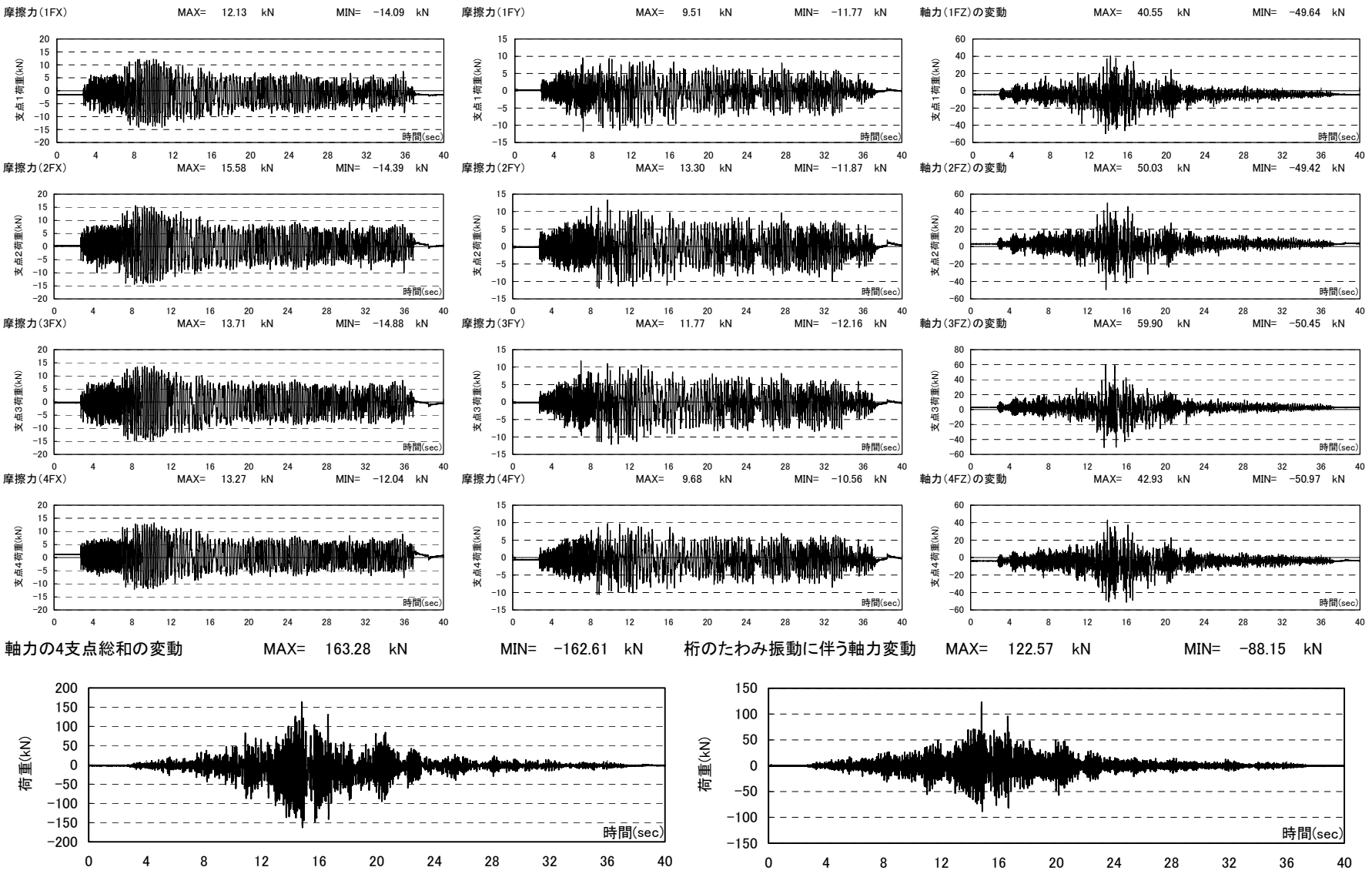


図 6.57 時刻歴波形（タイプ 2, Case7-2）



軸力の4支点総和の変動　MAX= 163.28 kN　MIN= −162.61 kN　桁のたわみ振動に伴う軸力変動　MAX= 122.57 kN　MIN= −88.15 kN

図 6.58 時刻歴波形（タイプ 2, Case7-2）

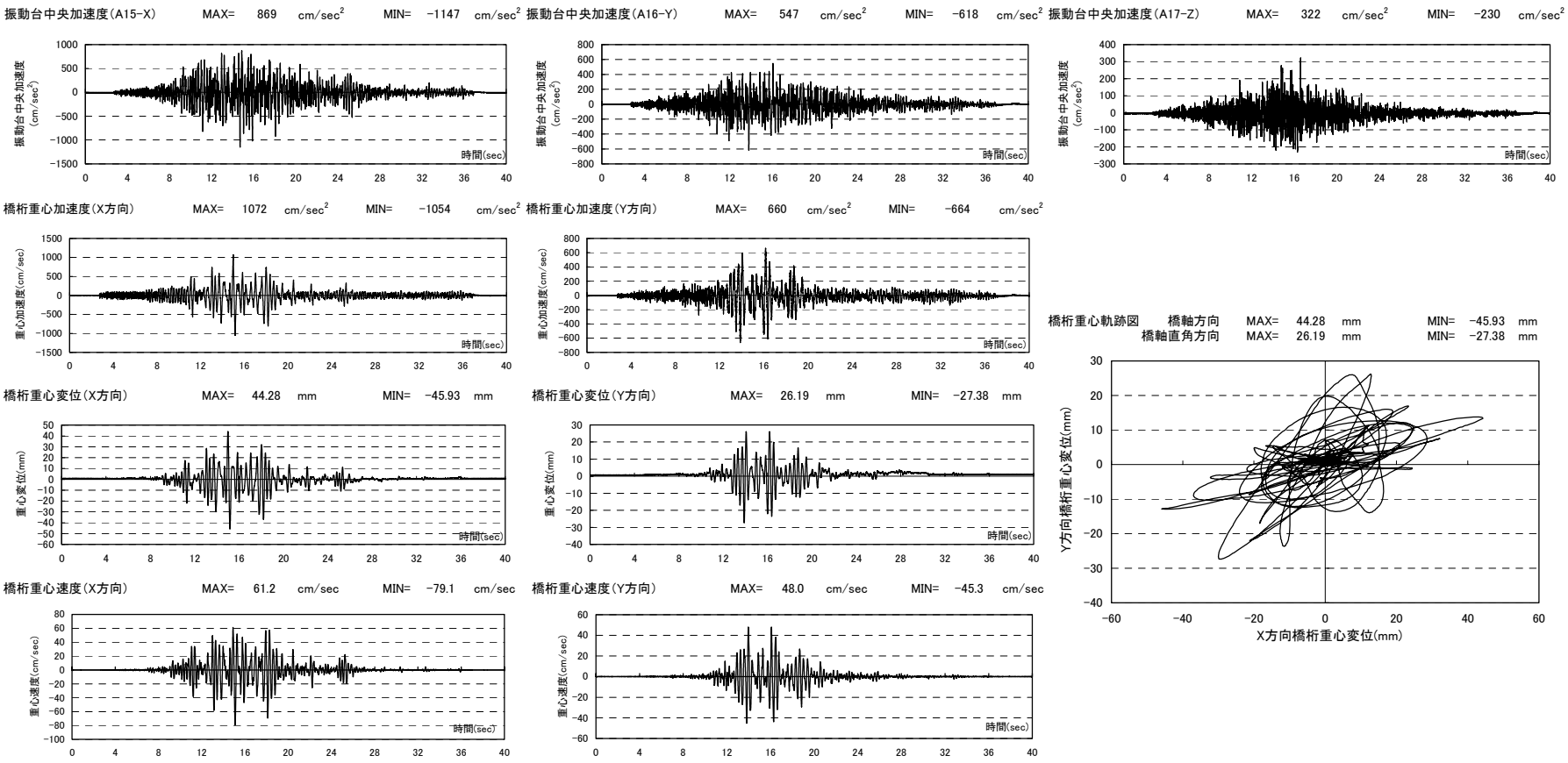


図 6.59 時刻歴波形（タイプ 2, Case11-1）

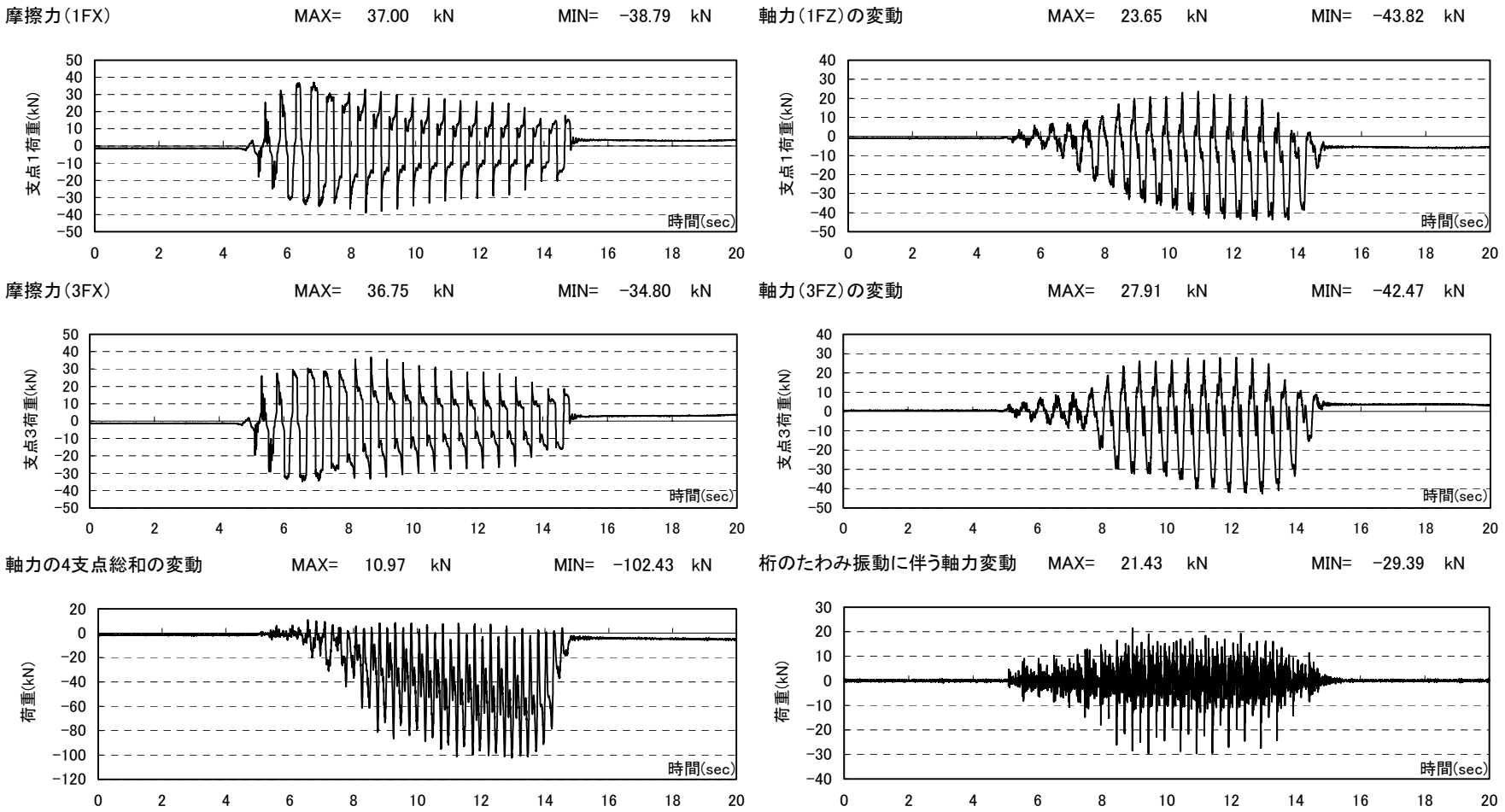


図 6.60 時刻歴波形（タイプ 3, Case1-10）

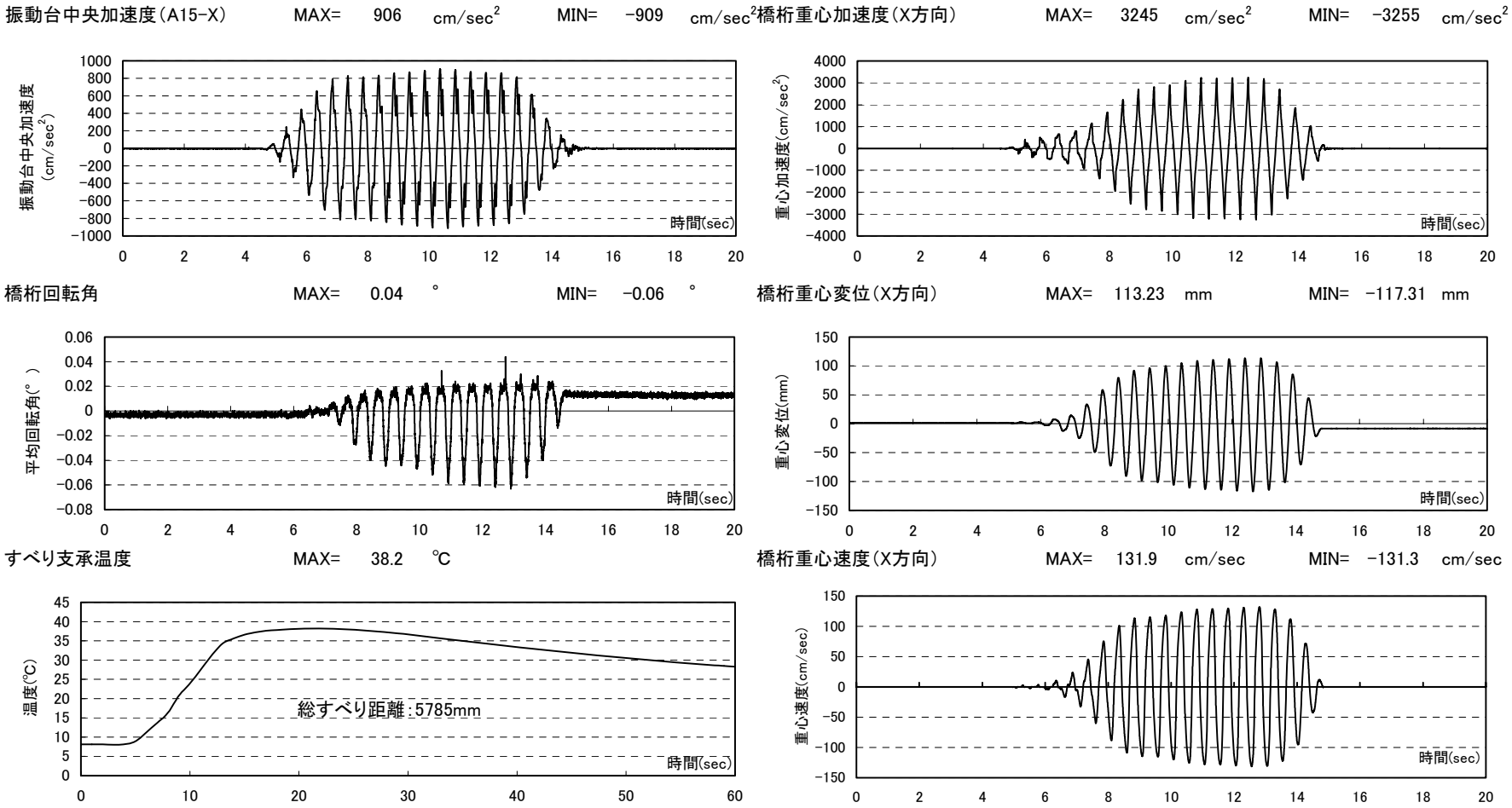


図 6.61 時刻歴波形（タイプ 3, Case1-10）

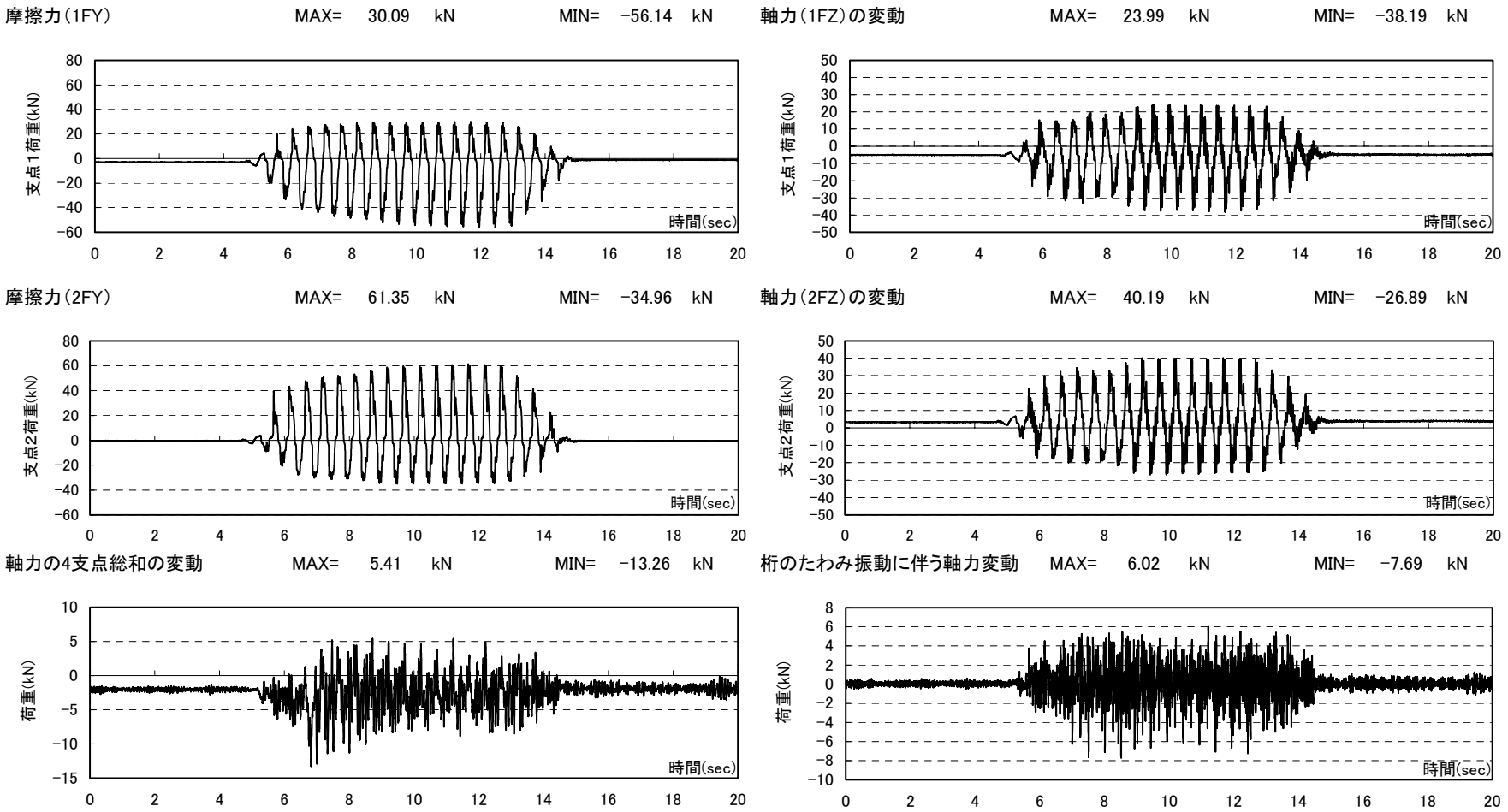


図 6.62 時刻歴波形（タイプ 3, Case2-5）

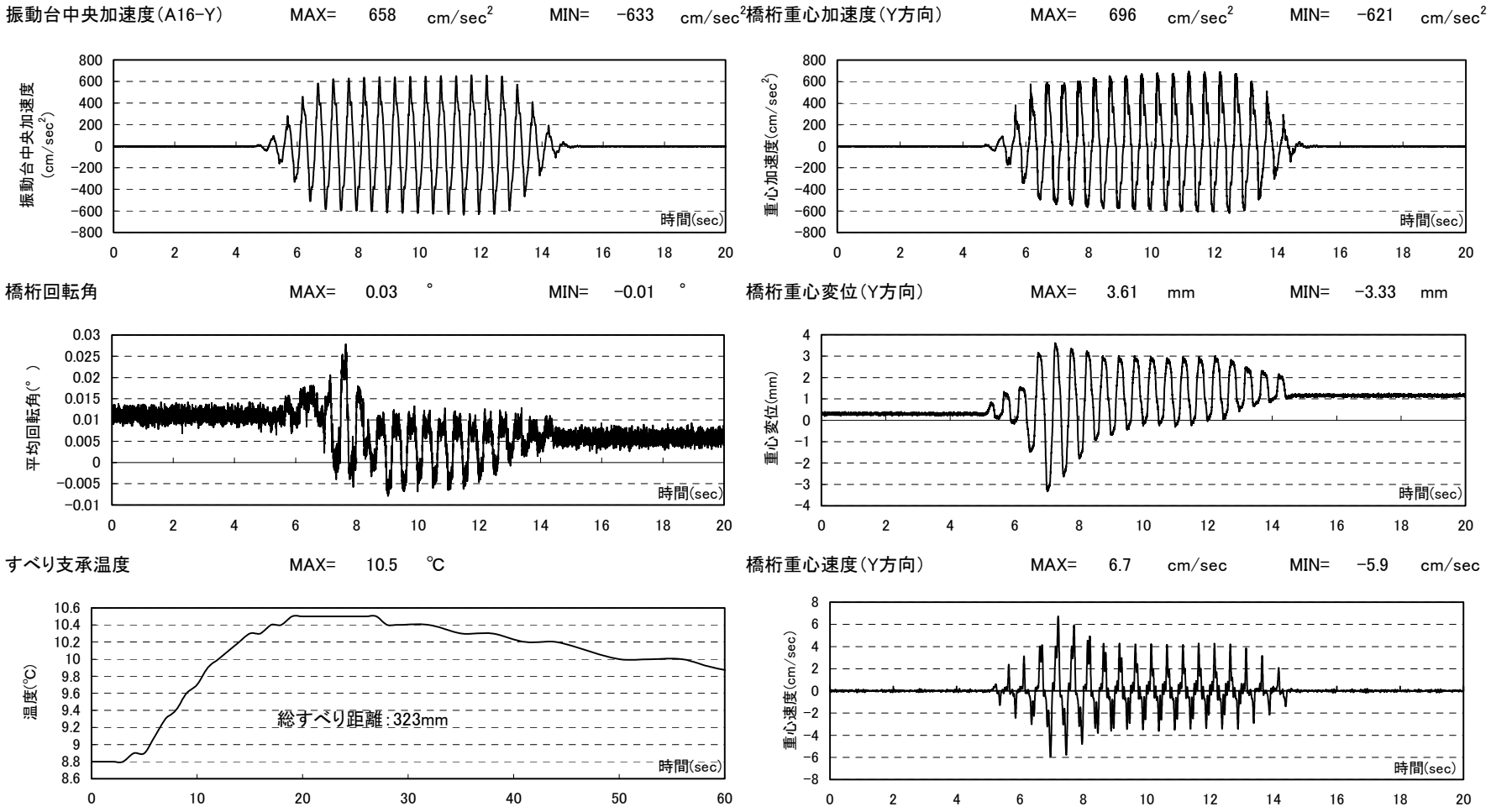


図 6.63 時刻歴波形 （タイプ 3, Case2-5）

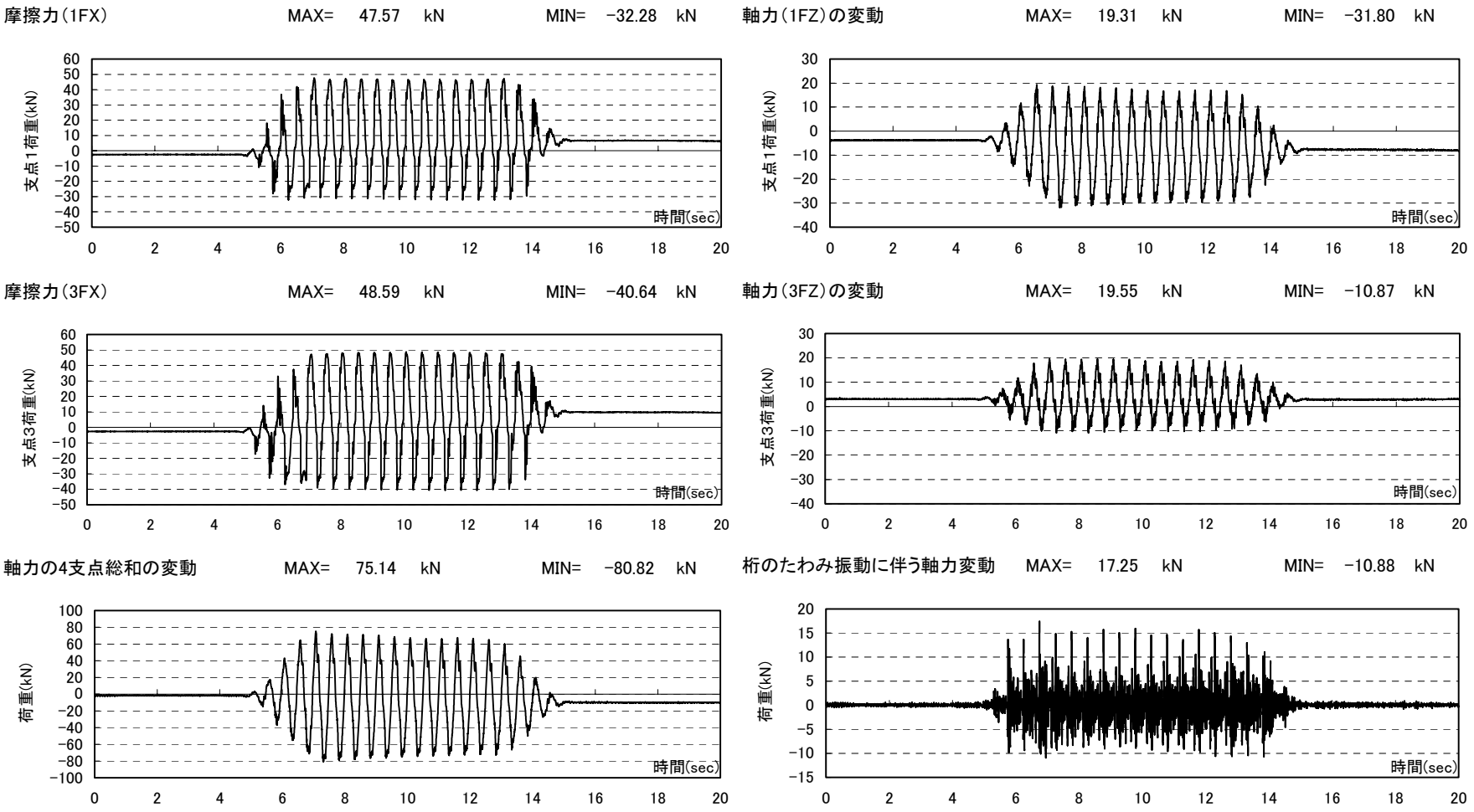


図 6.64 時刻歴波形 （タイプ 3, Case3-1）

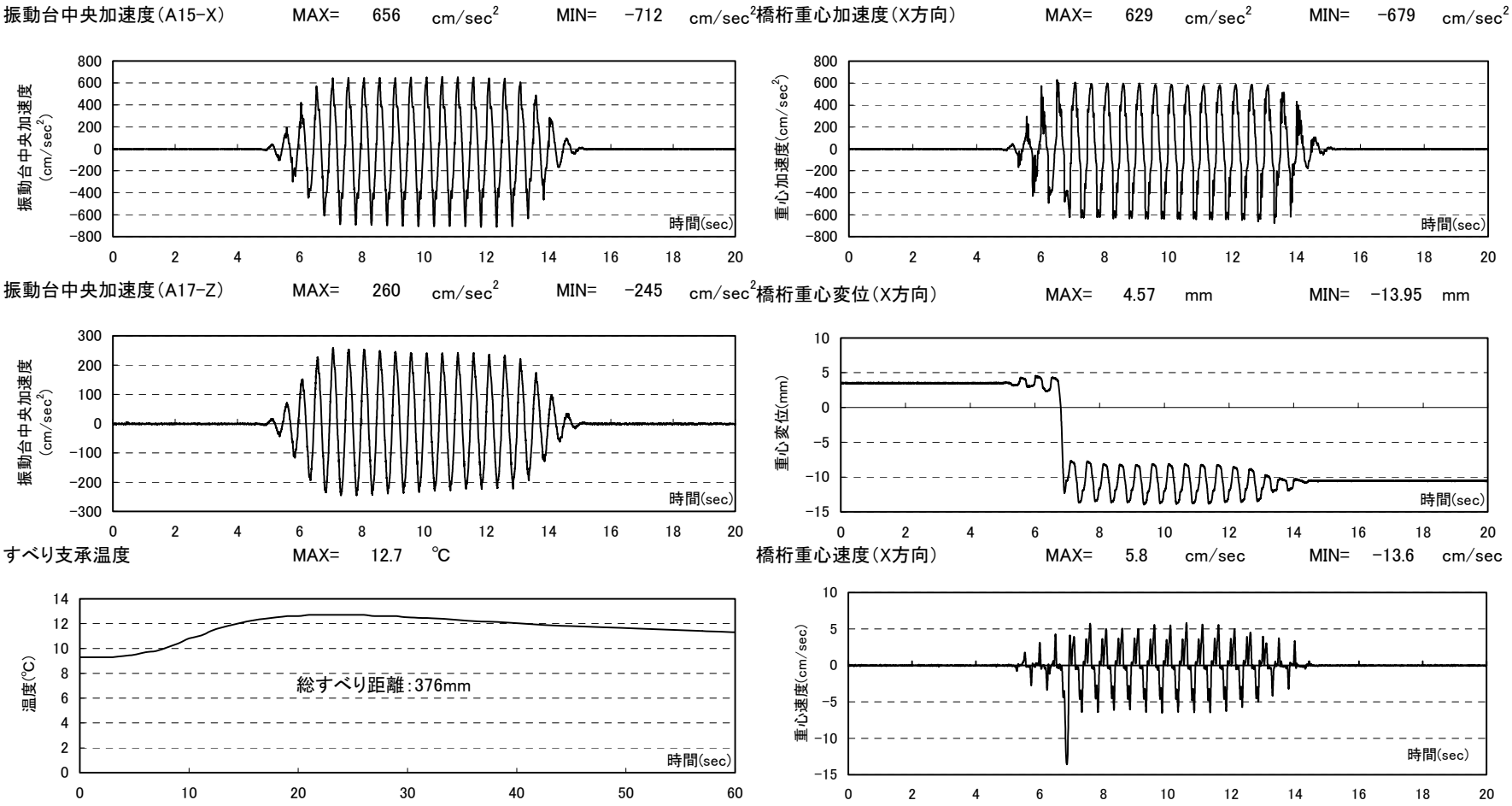


図 6.65 時刻歴波形 （タイプ 3, Case3-1）

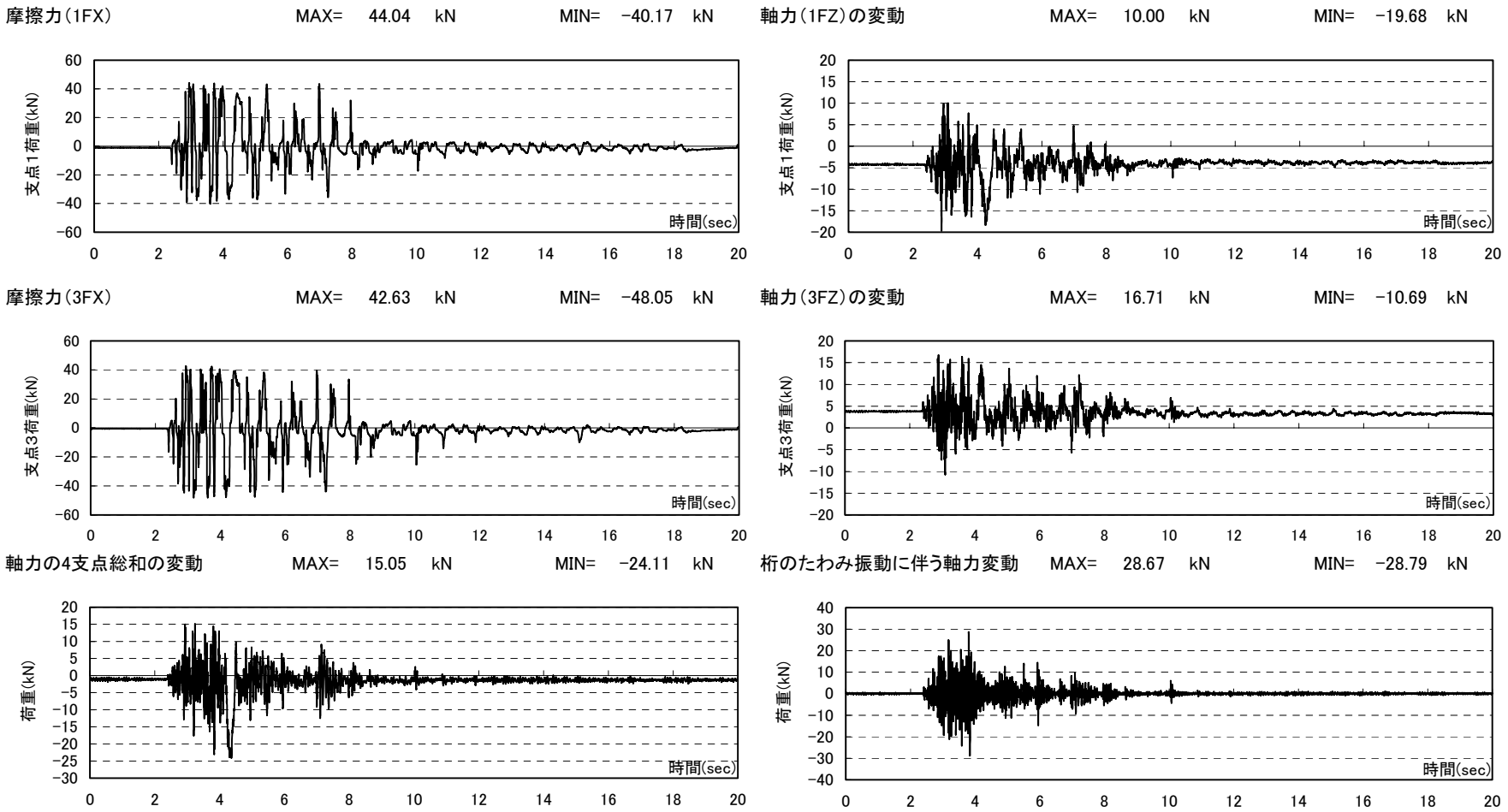


図 6.66 時刻歴波形（タイプ 3, Case4-2）

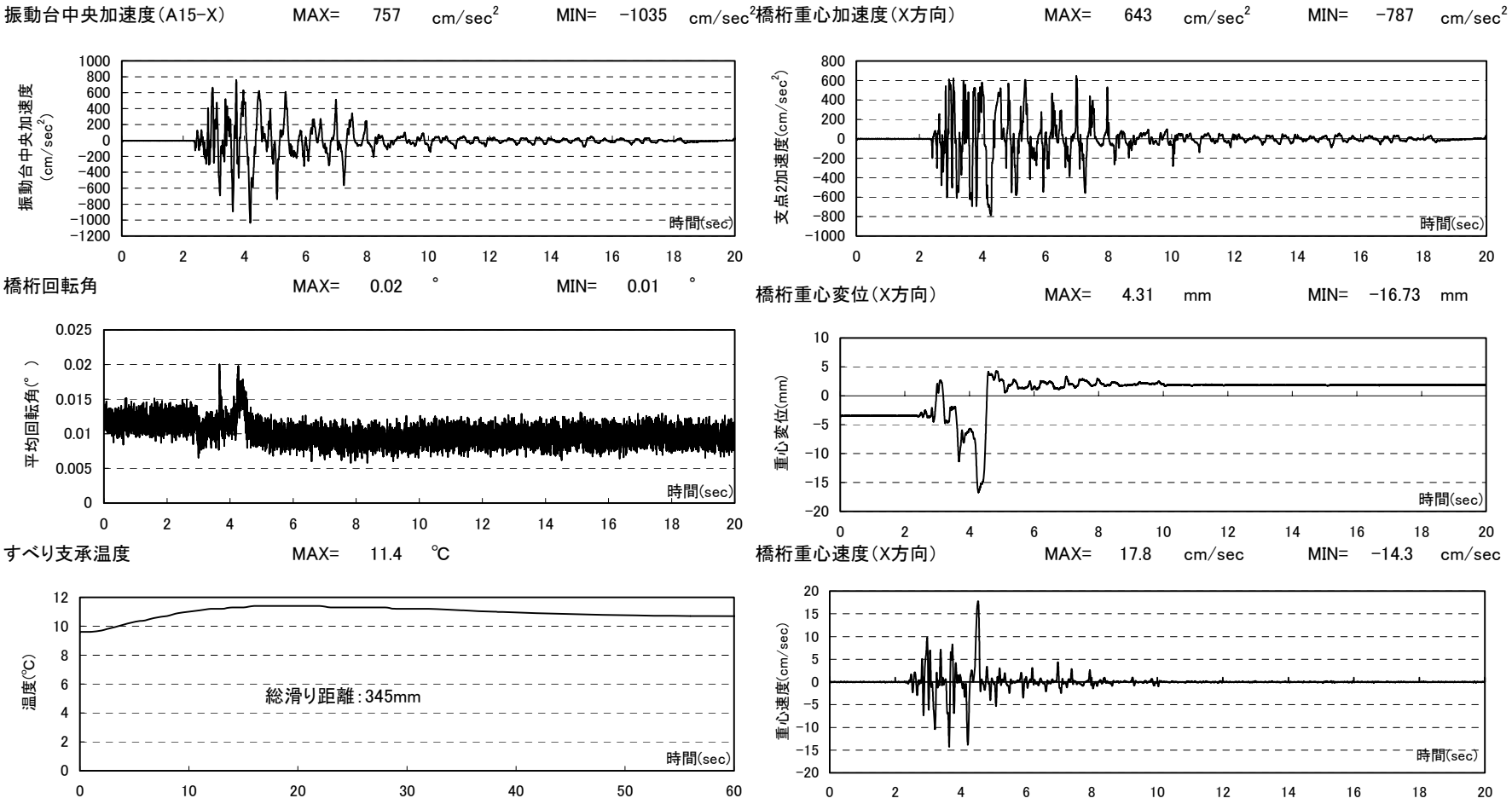


図 6.67 時刻歴波形（タイプ3, Case4-2）

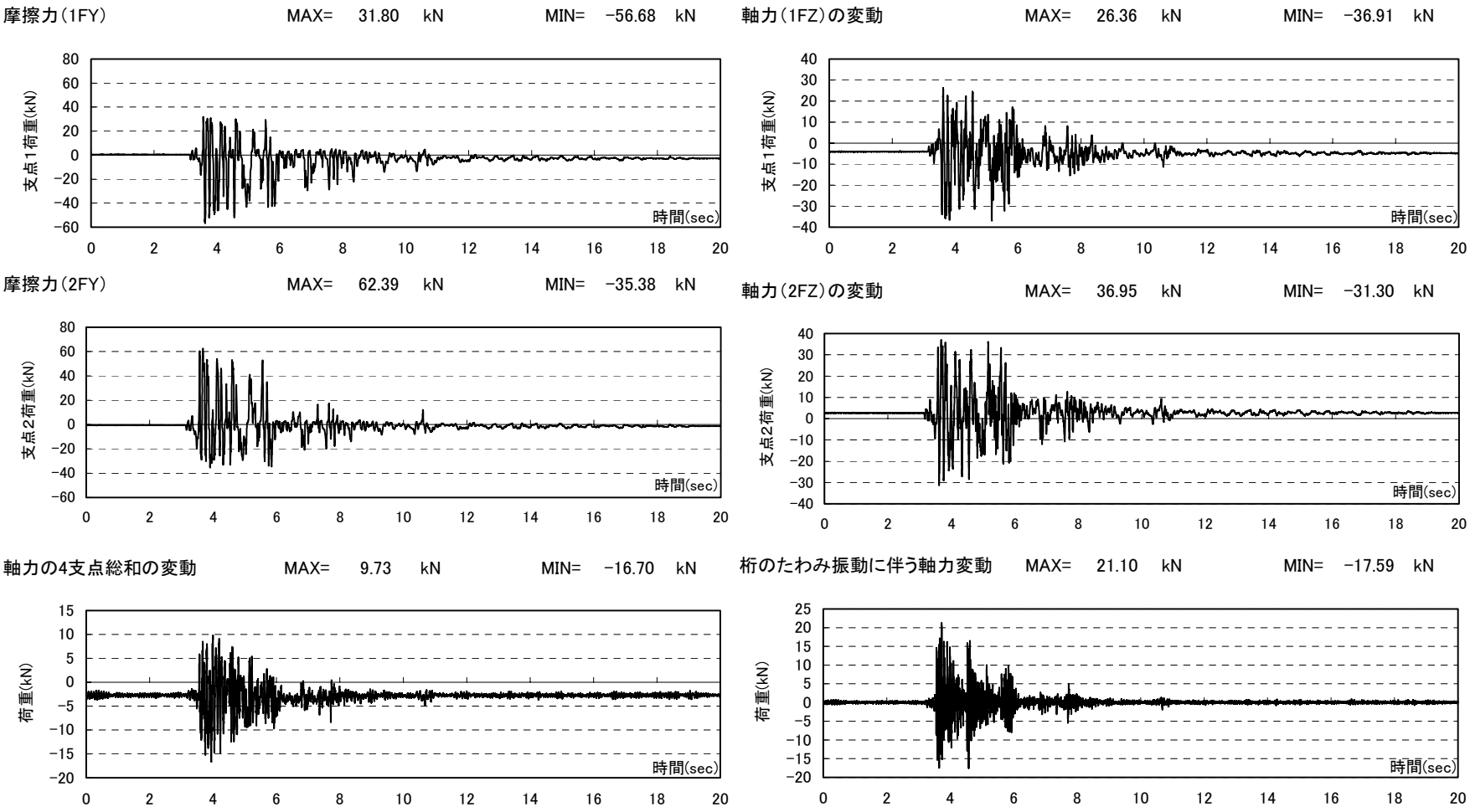


図 6.68 時刻歴波形 （タイプ 3, Case5-1）

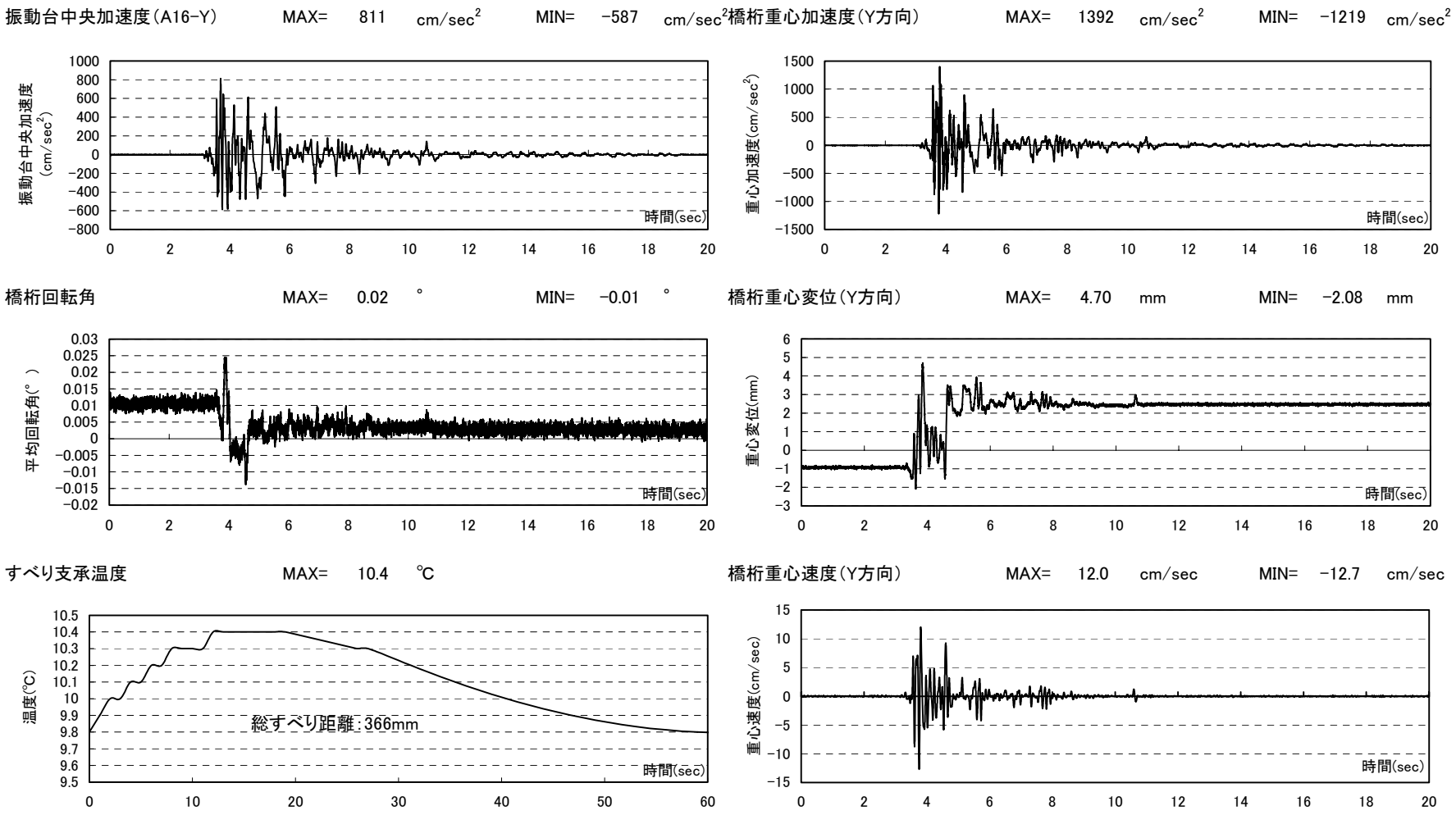


図 6.69 時刻歴波形 (タイプ 3, Case5-1)

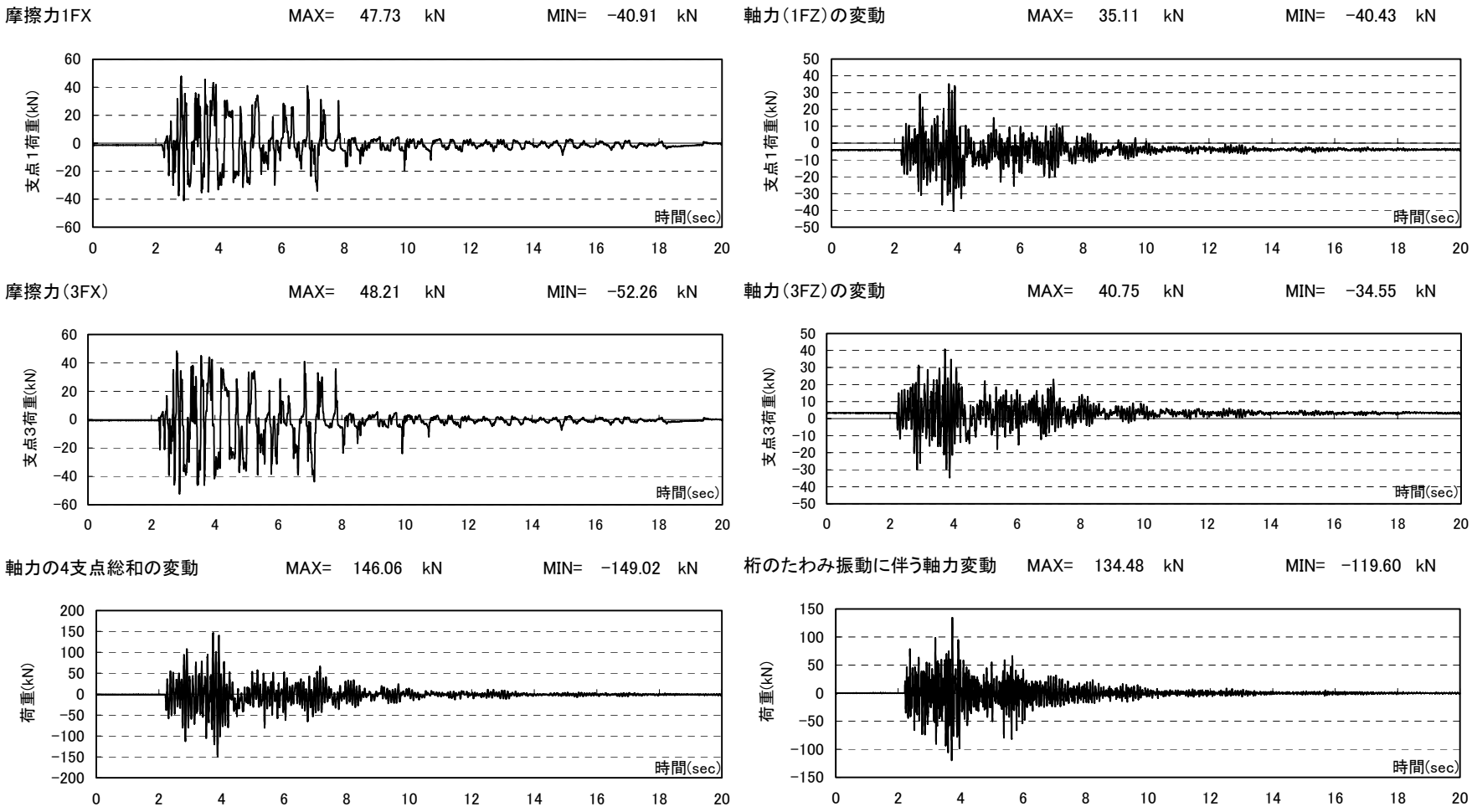


図 6.70 時刻歴波形 （タイプ 3, Case6-3）

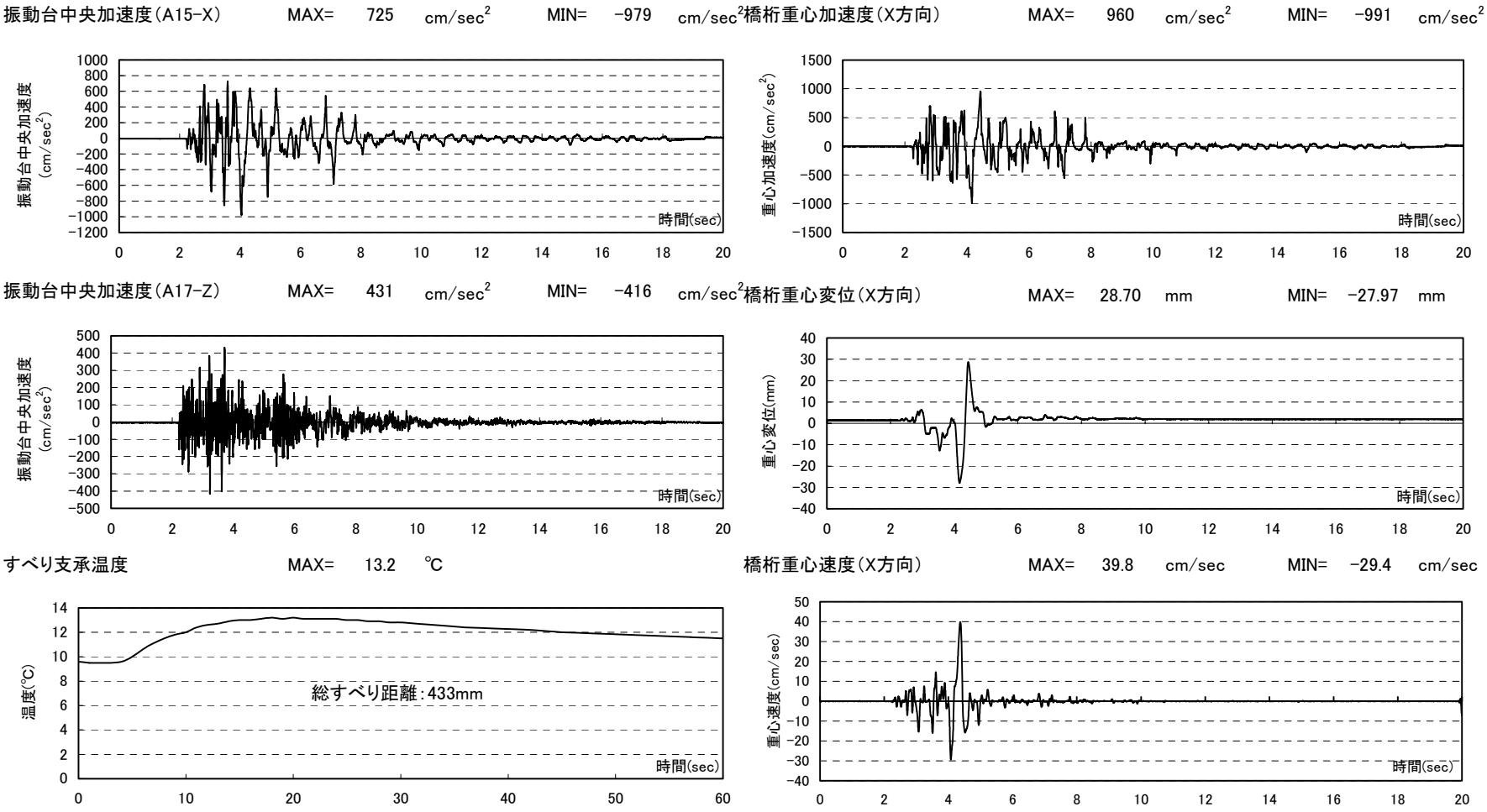


図 6.71 時刻歴波形 (タイプ 3, Case6-3)

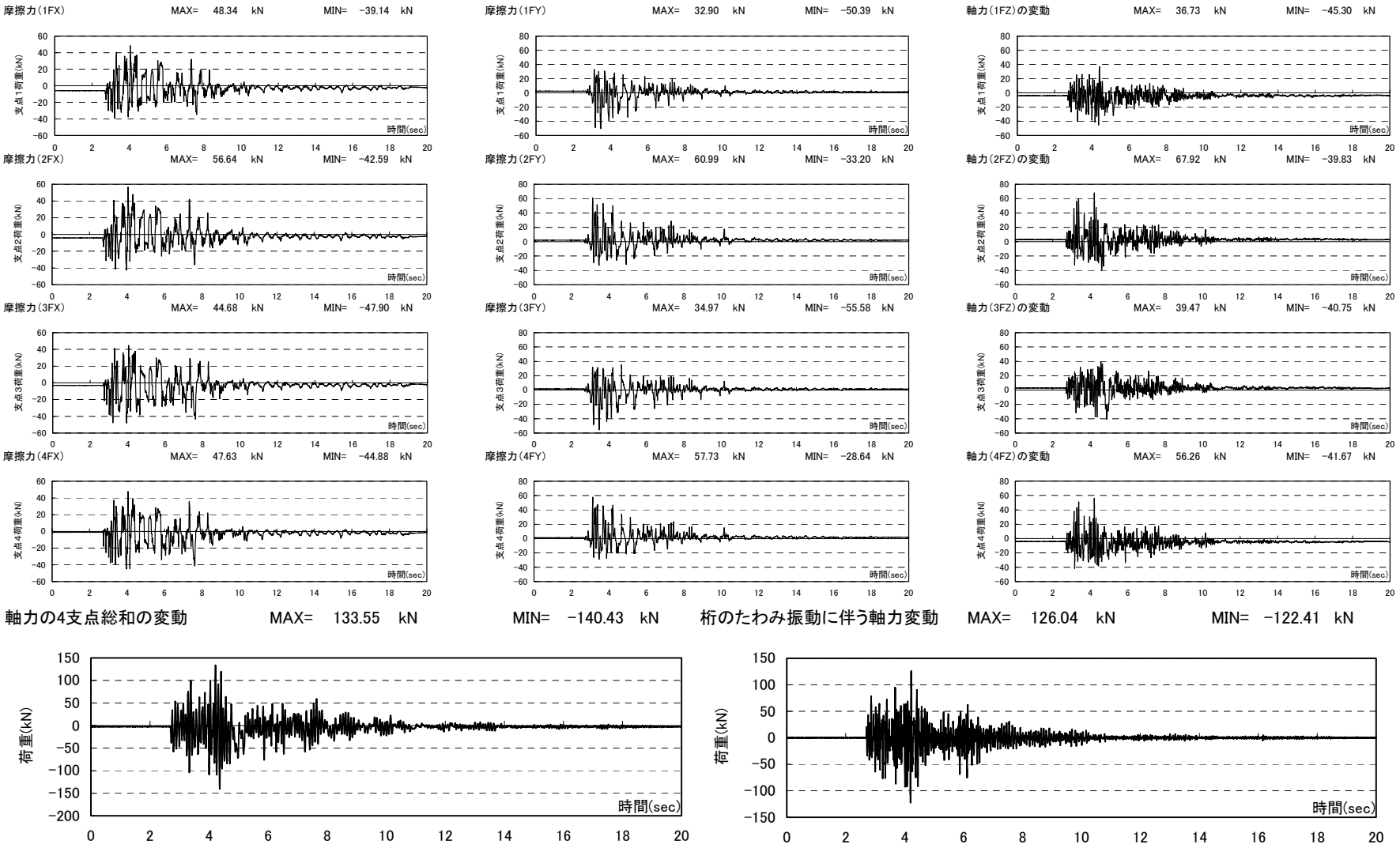


図 6.72 時刻歴波形（タイプ 3, Case7-3）

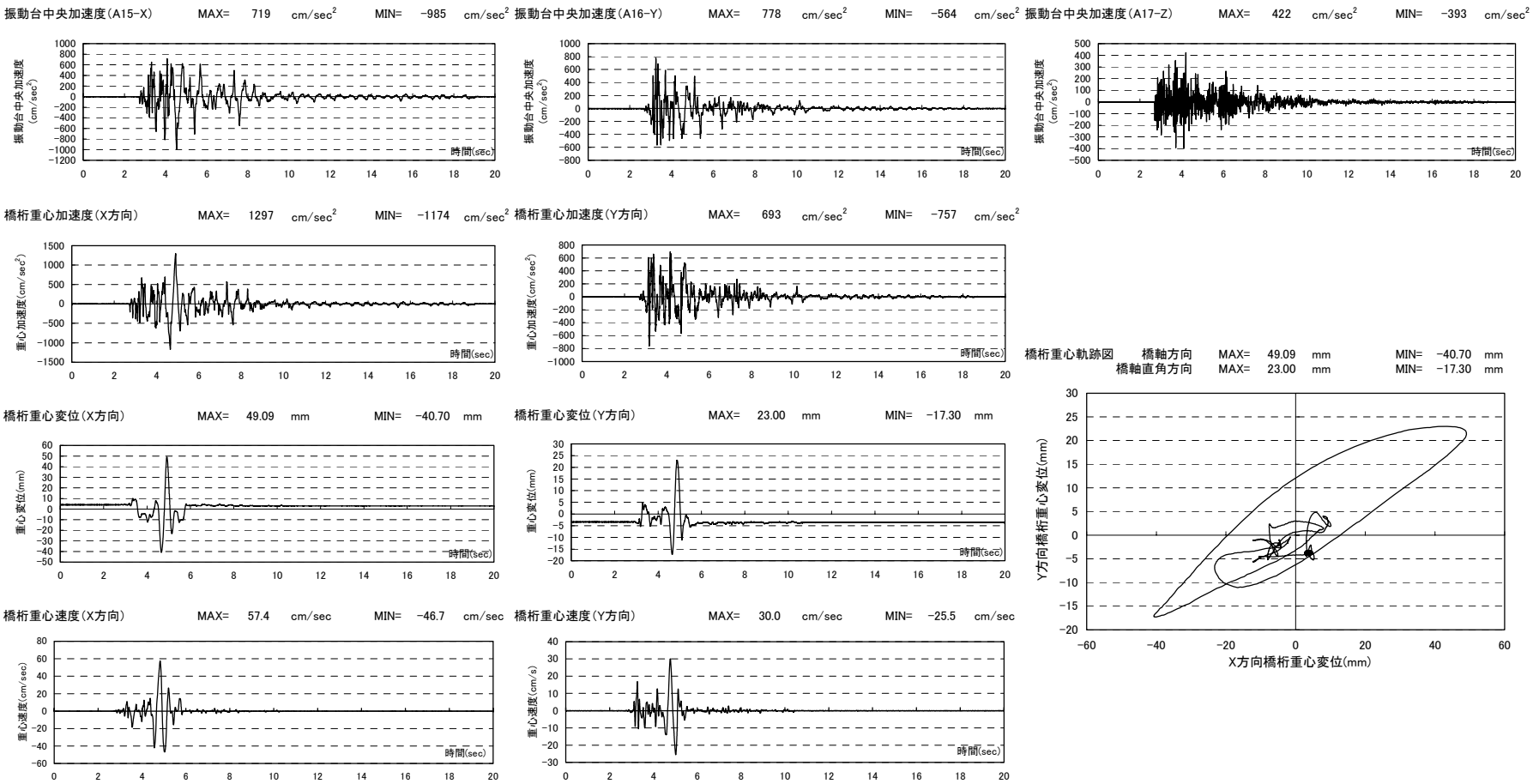
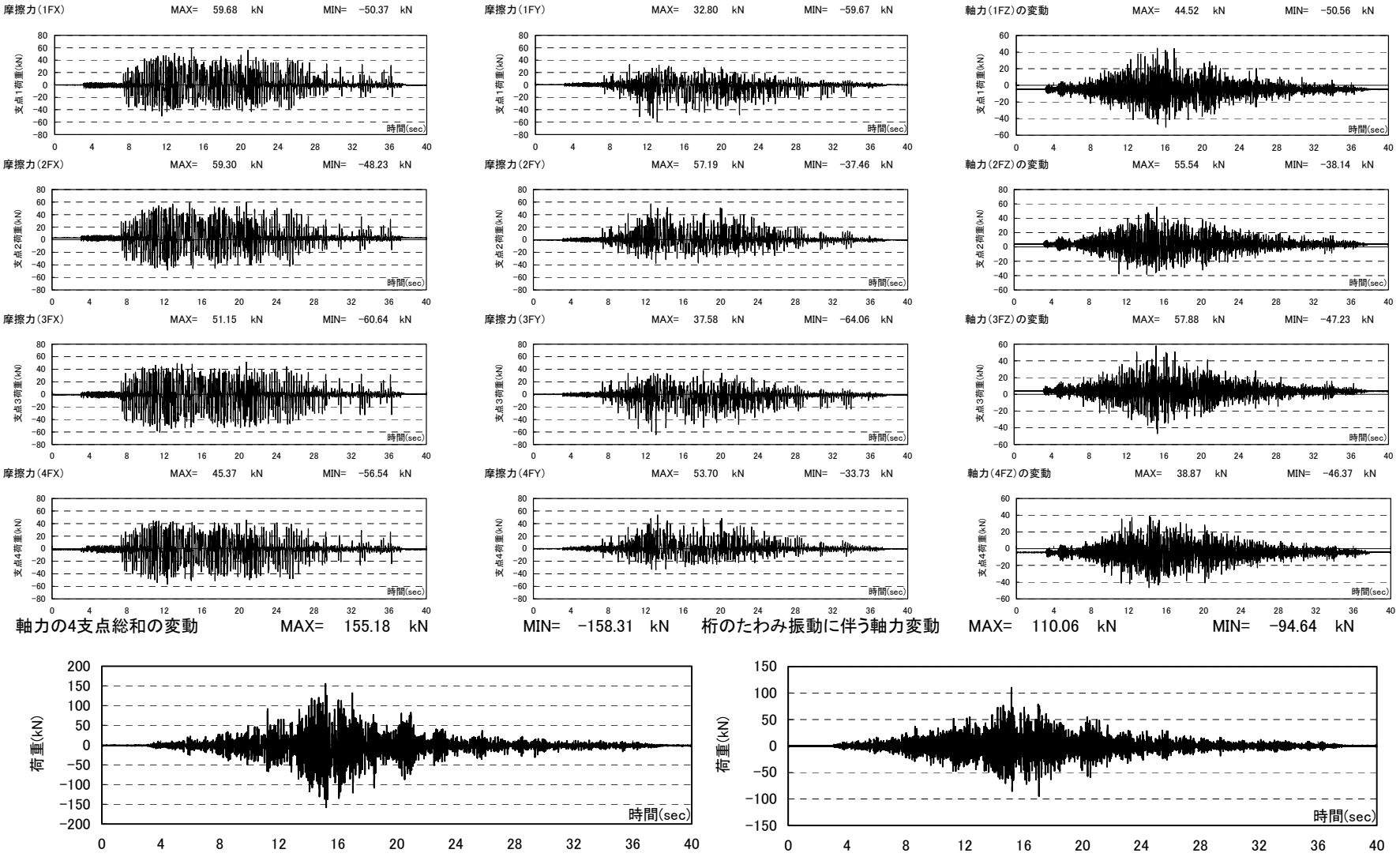


図 6.73 時刻歴波形（タイプ 3, Case7-3）



軸力の4支点総和の変動　MAX= 155.18 kN　MIN= −158.31 kN

桁のたわみ振動に伴う軸力変動　MAX= 110.06 kN　MIN= −94.64 kN

図 6.74 時刻歴波形（タイプ 3, Case11-1）

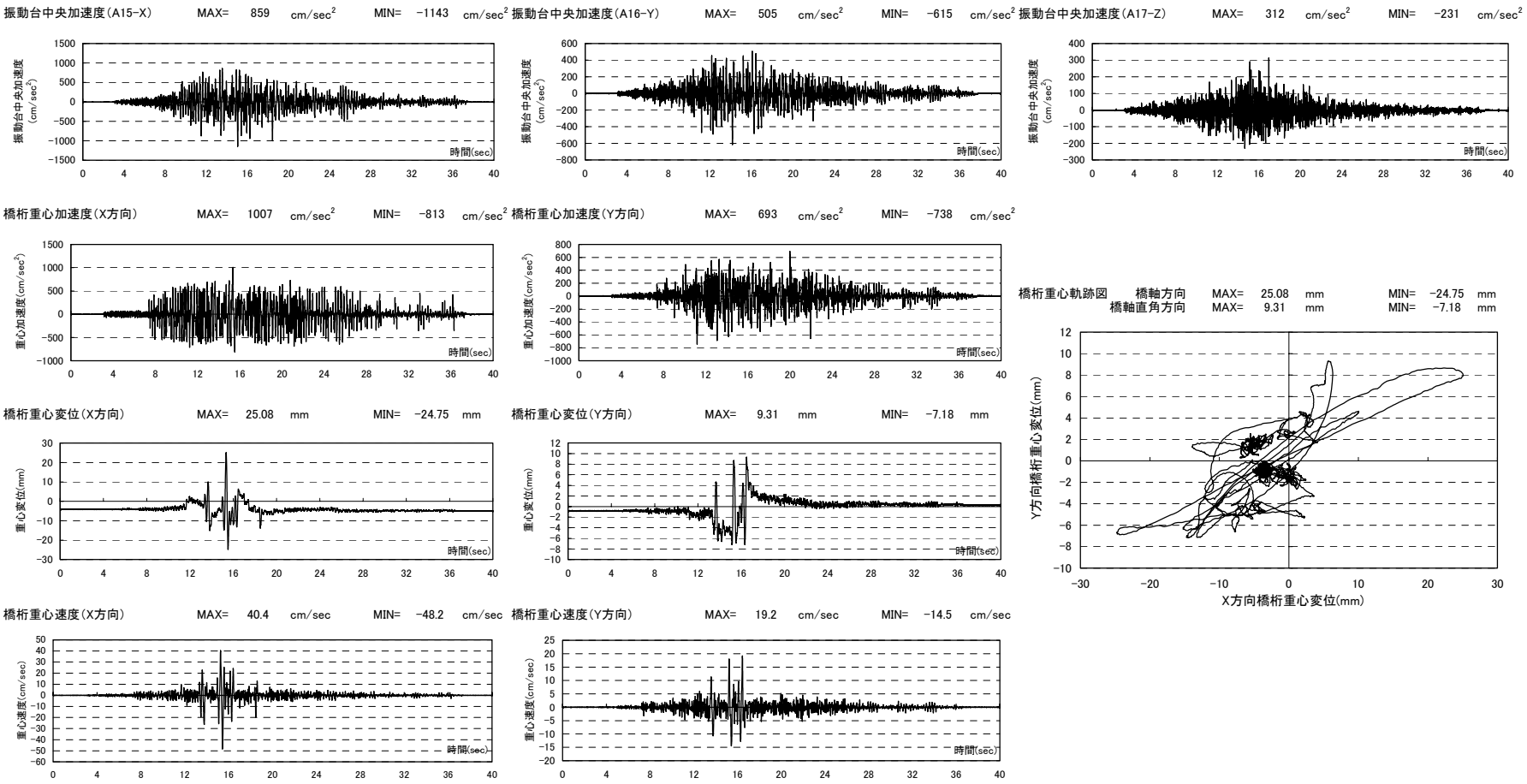


図 6.75 時刻歴波形（タイプ3, Case11-1）

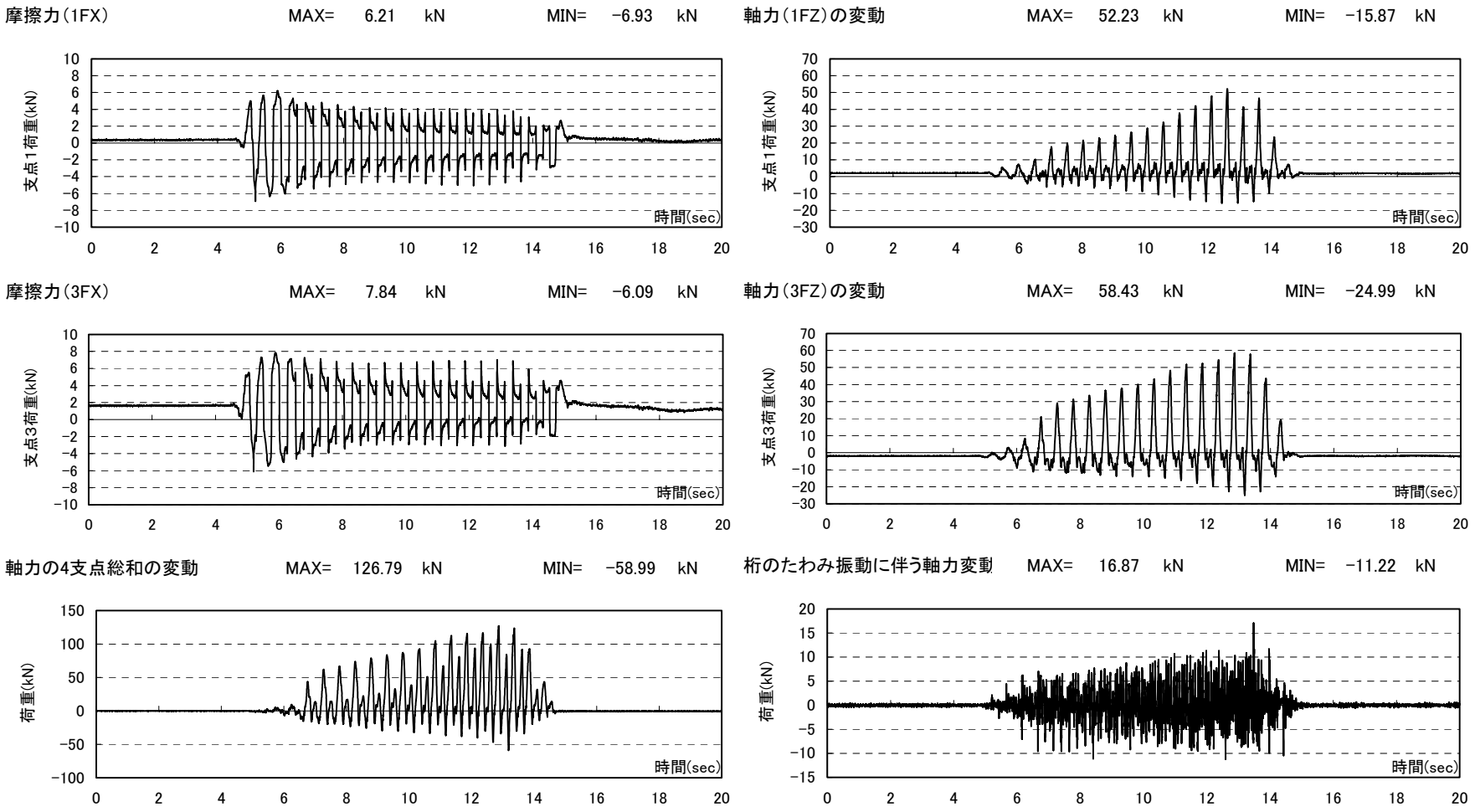
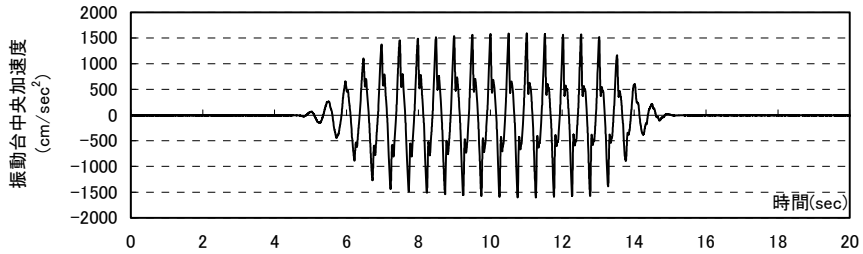
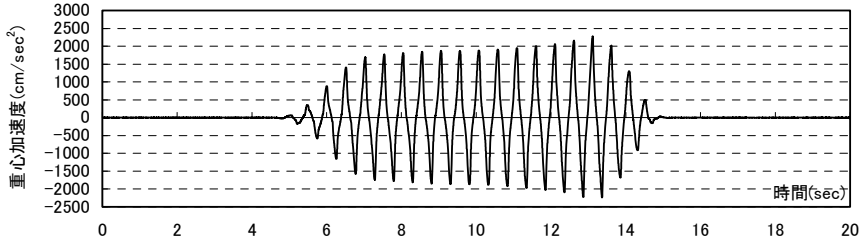


図 6.76 時刻歴波形（タイプ 4, Case1-16）

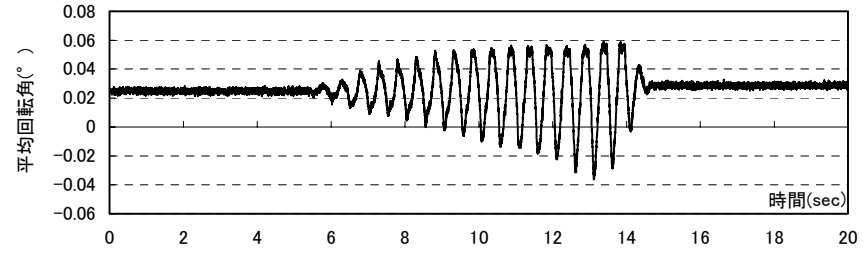
振動台中央加速度(A15-X)　MAX= 1589 cm/sec^2　MIN= −1606 cm/sec^2



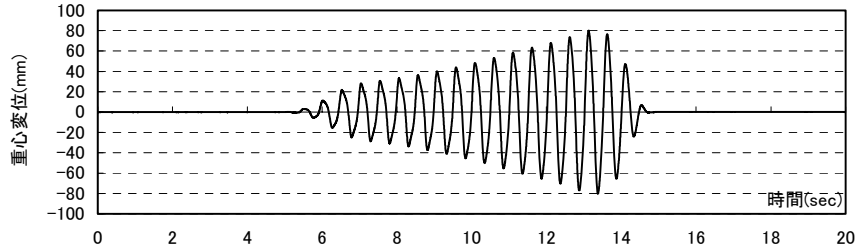
橋桁重心加速度(X方向)　MAX= 2281 cm/sec^2　MIN= −2235 cm/sec^2



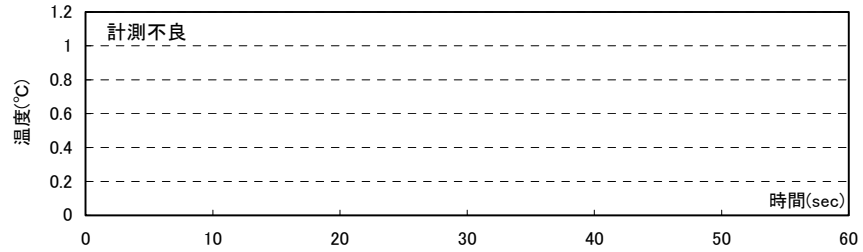
橋桁回転角　MAX= 0.06 °　MIN= −0.04 °



橋桁重心変位(X方向)　MAX= 80.12 mm　MIN= −80.20 mm



すべり支承温度　MAX= − ℃



橋桁重心速度(X方向)　MAX= 112.2 cm/sec　MIN= −110.8 cm/sec

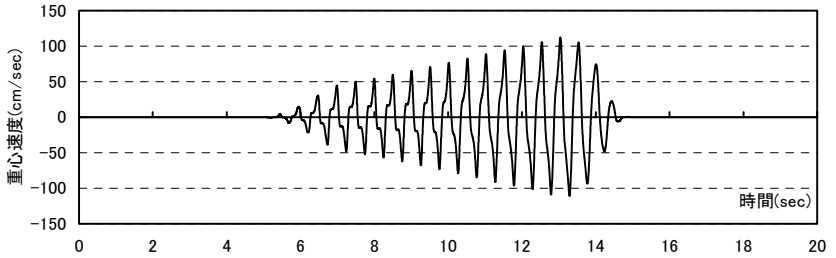


図 6.77 時刻歴波形（タイプ 4, Case1-16）

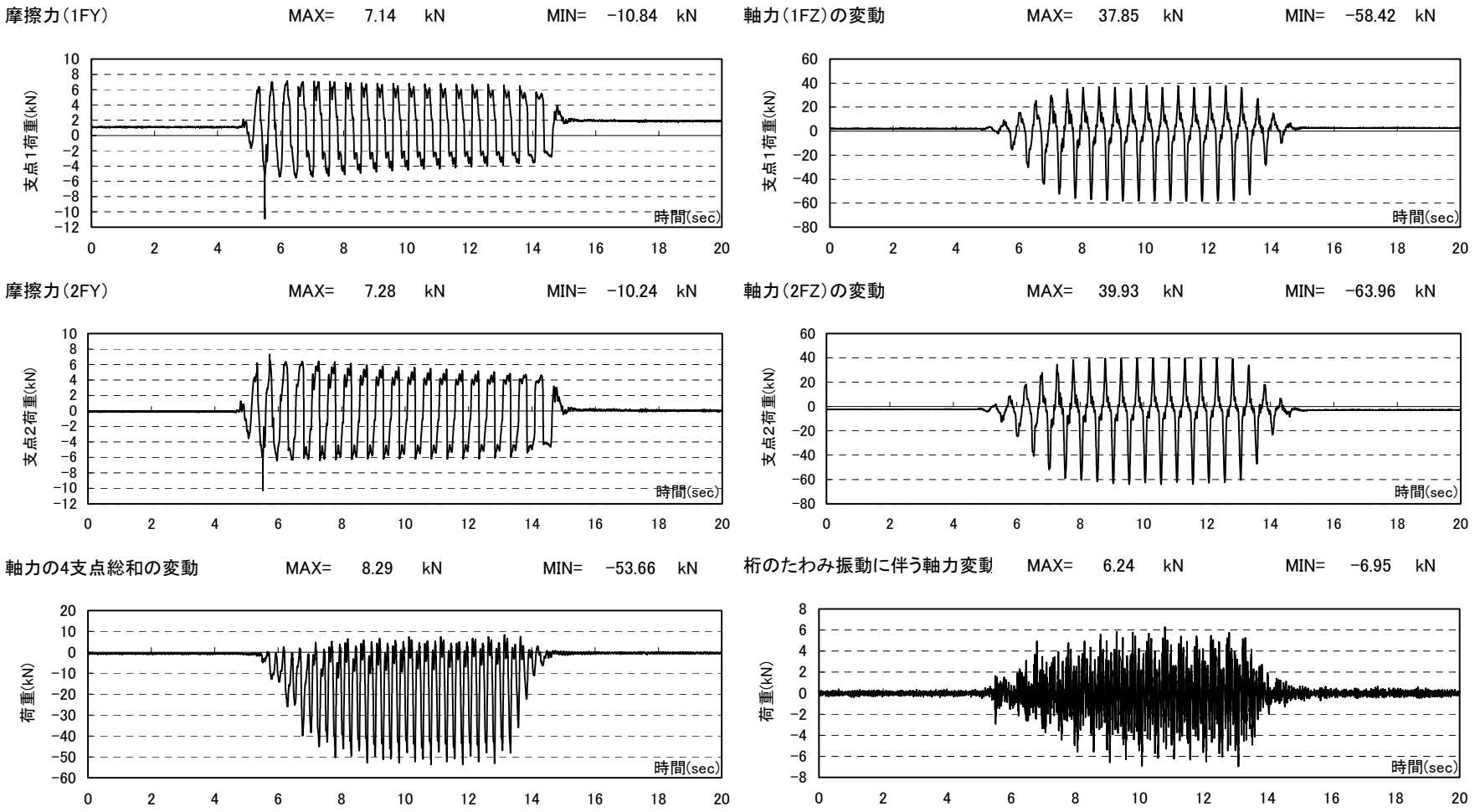


図 6.78 時刻歴波形（タイプ 4, Case2-1）

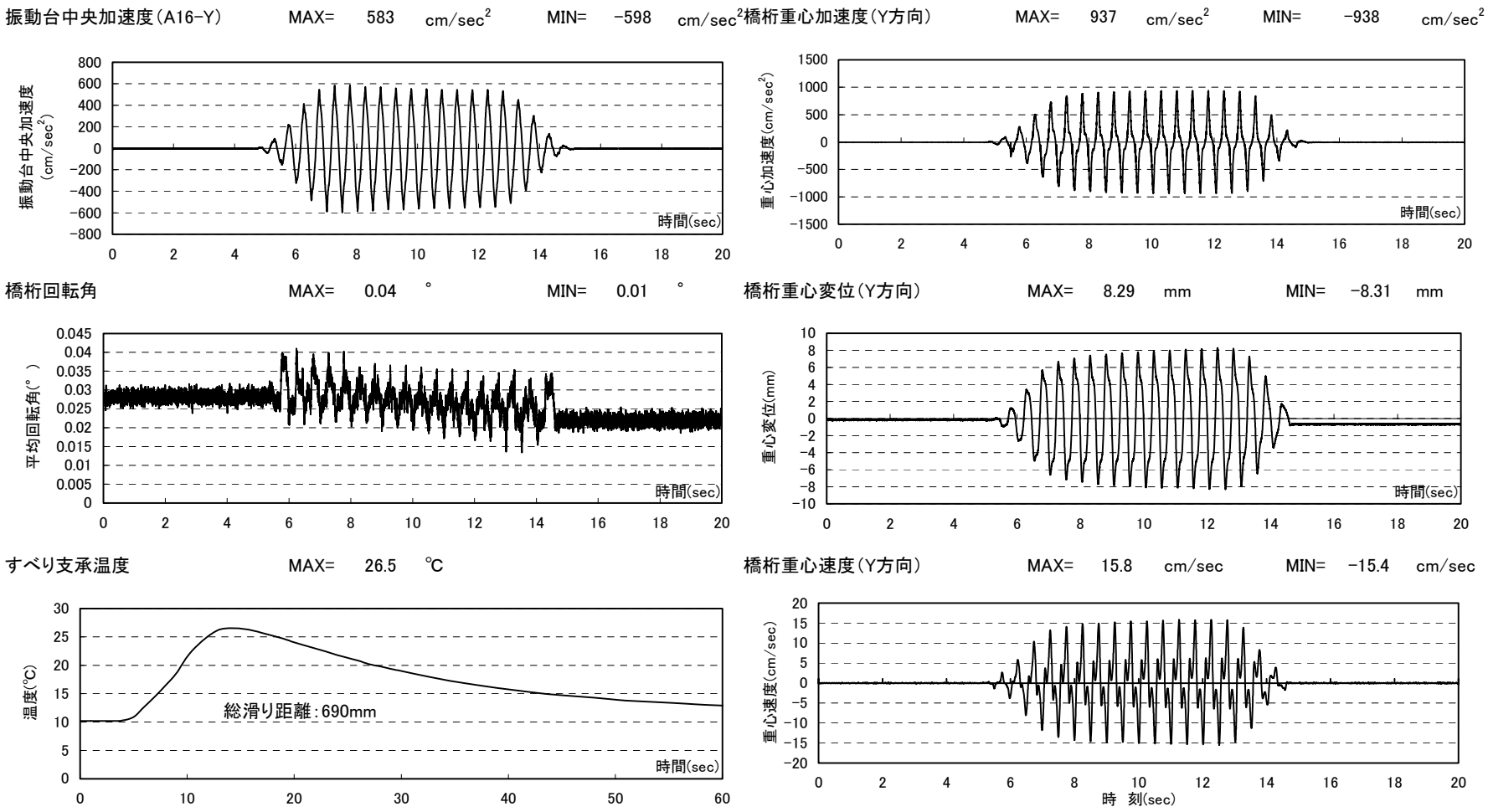


図 6.79 時刻歴波形 （タイプ 4, Case2-1）

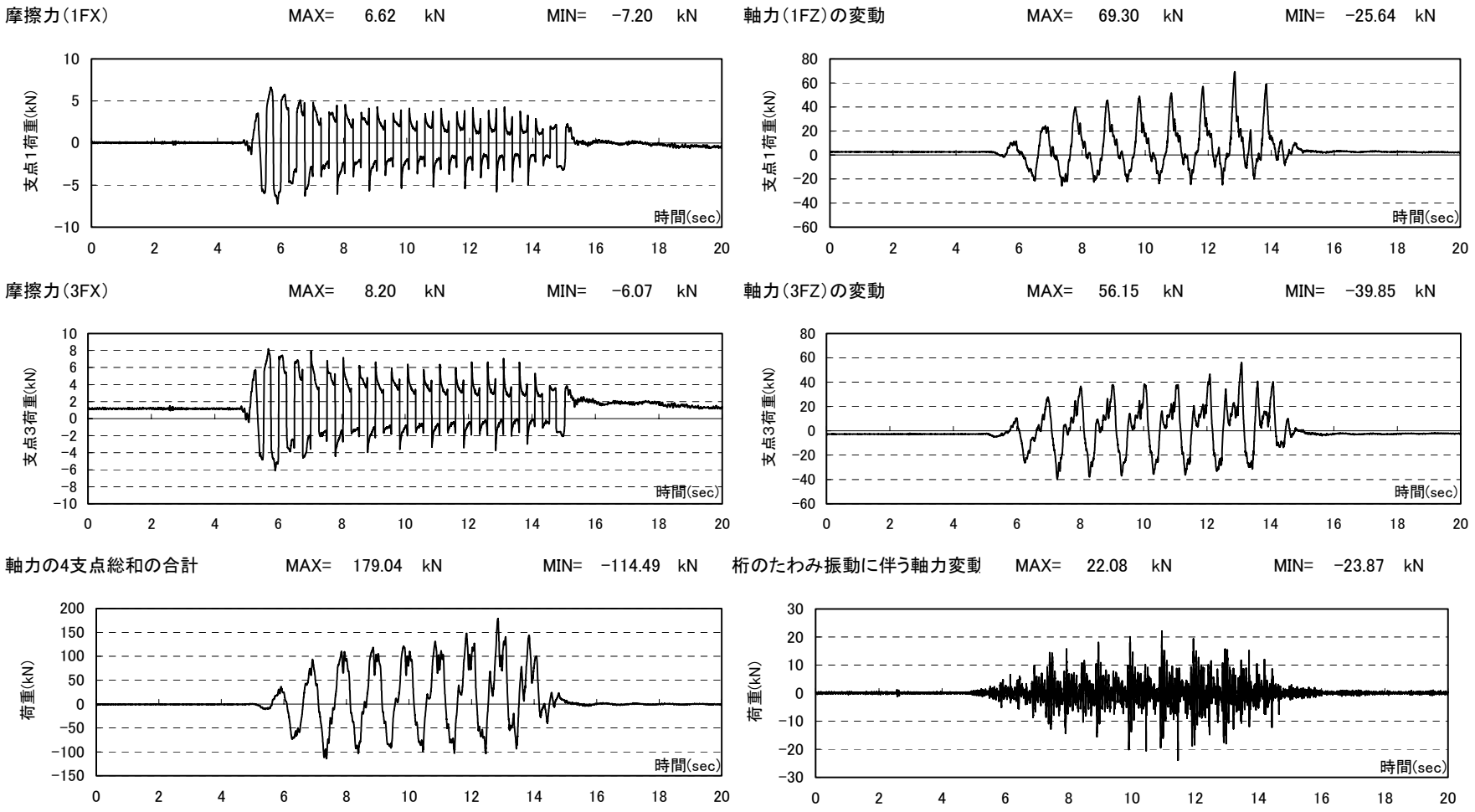
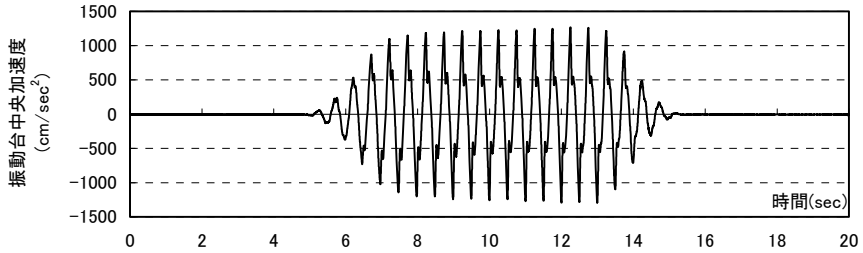
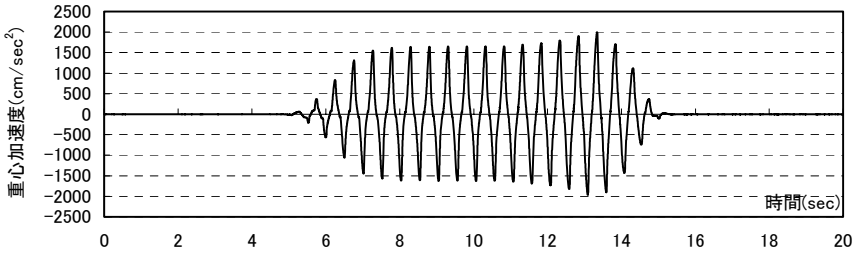


図 6.80 時刻歴波形 （タイプ 4, Case3-3）

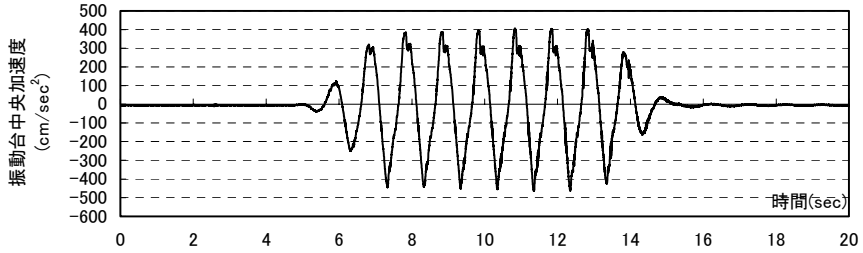
振動台中央加速度(A15-X)　MAX= 1267 cm/sec^2　MIN= −1294 cm/sec^2



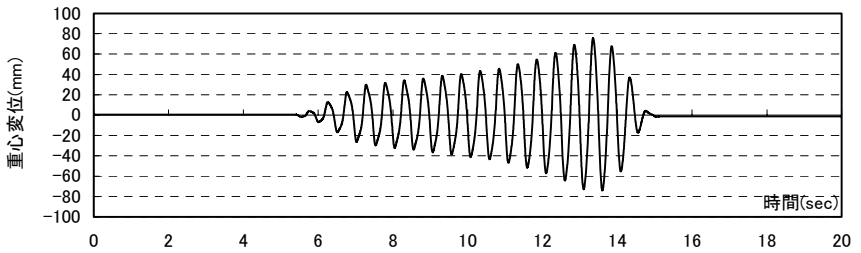
橋桁重心加速度(X方向)　MAX= 1997 cm/sec^2　MIN= −1968 cm/sec^2



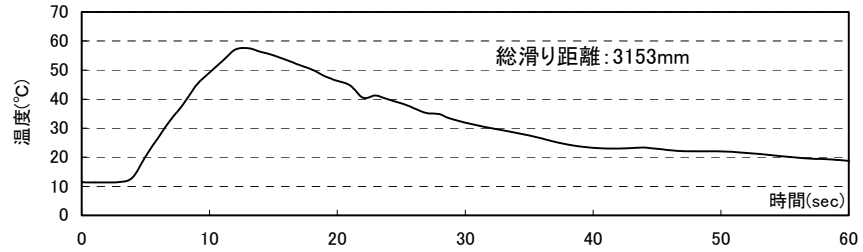
振動台中央加速度(A17-Z)　MAX= 407 cm/sec^2　MIN= −465 cm/sec^2



橋桁重心変位(X方向)　MAX= 75.73 mm　MIN= −74.03 mm



すべり支承温度　MAX= 57.5 ℃



橋桁重心速度(X方向)　MAX= 103.4 cm/sec　MIN= −101.4 cm/sec

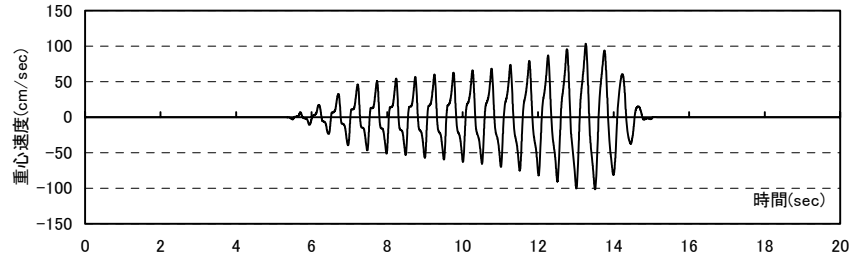


図 6.81 時刻歴波形 (タイプ 4, Case3-3)

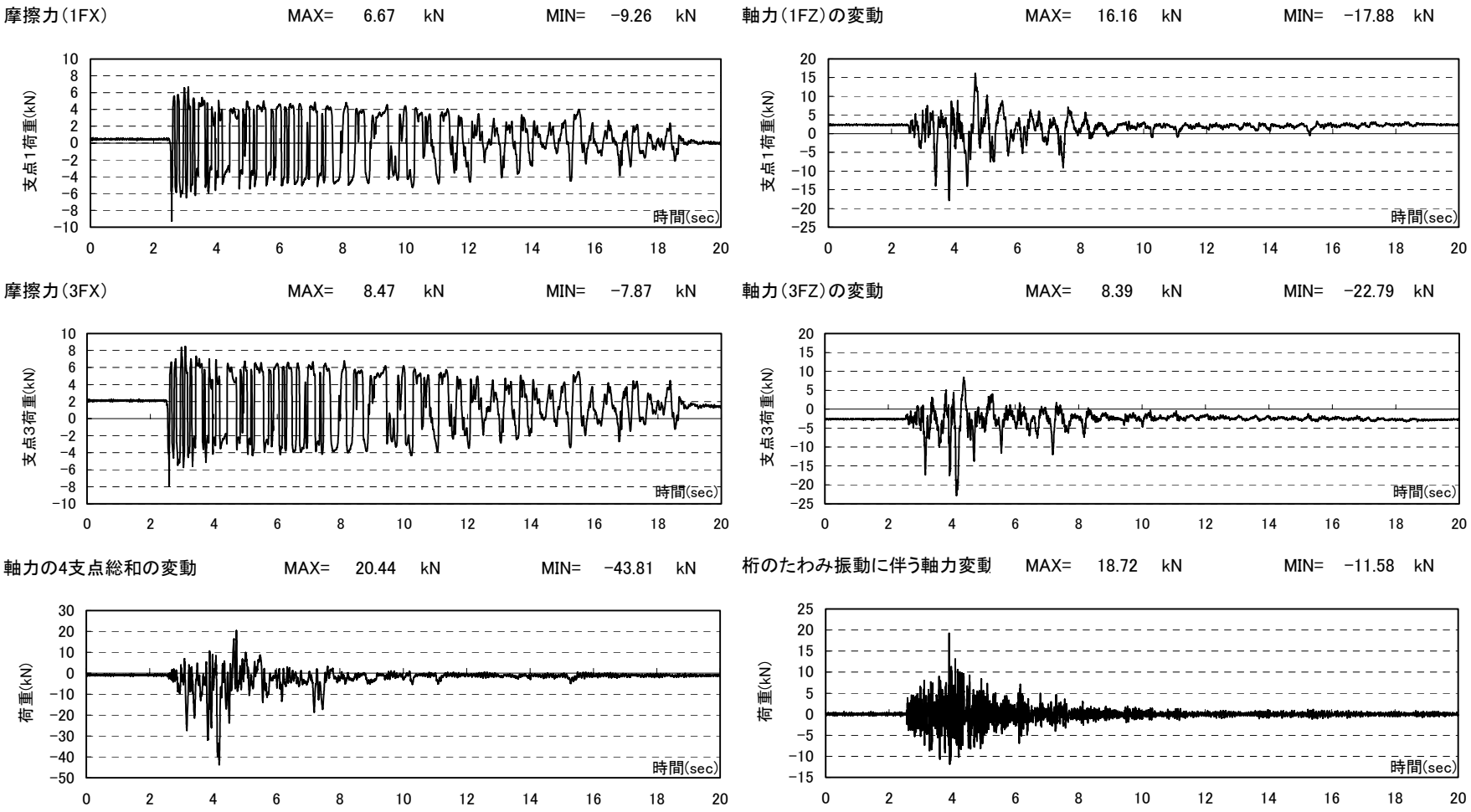


図 6.82 時刻歴波形（タイプ 4, Case4-2）

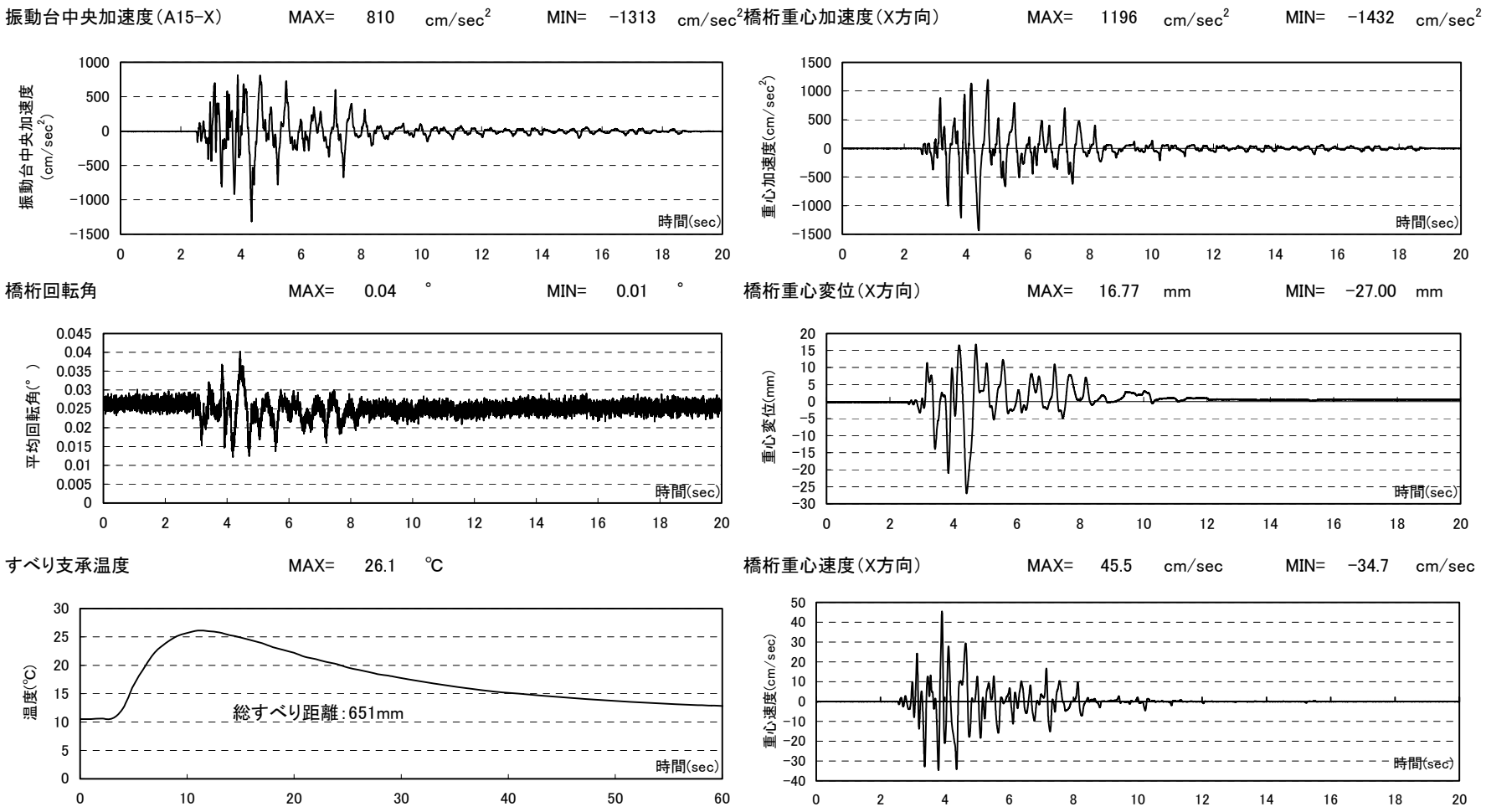


図 6.83 時刻歴波形（タイプ 4, Case4-2）

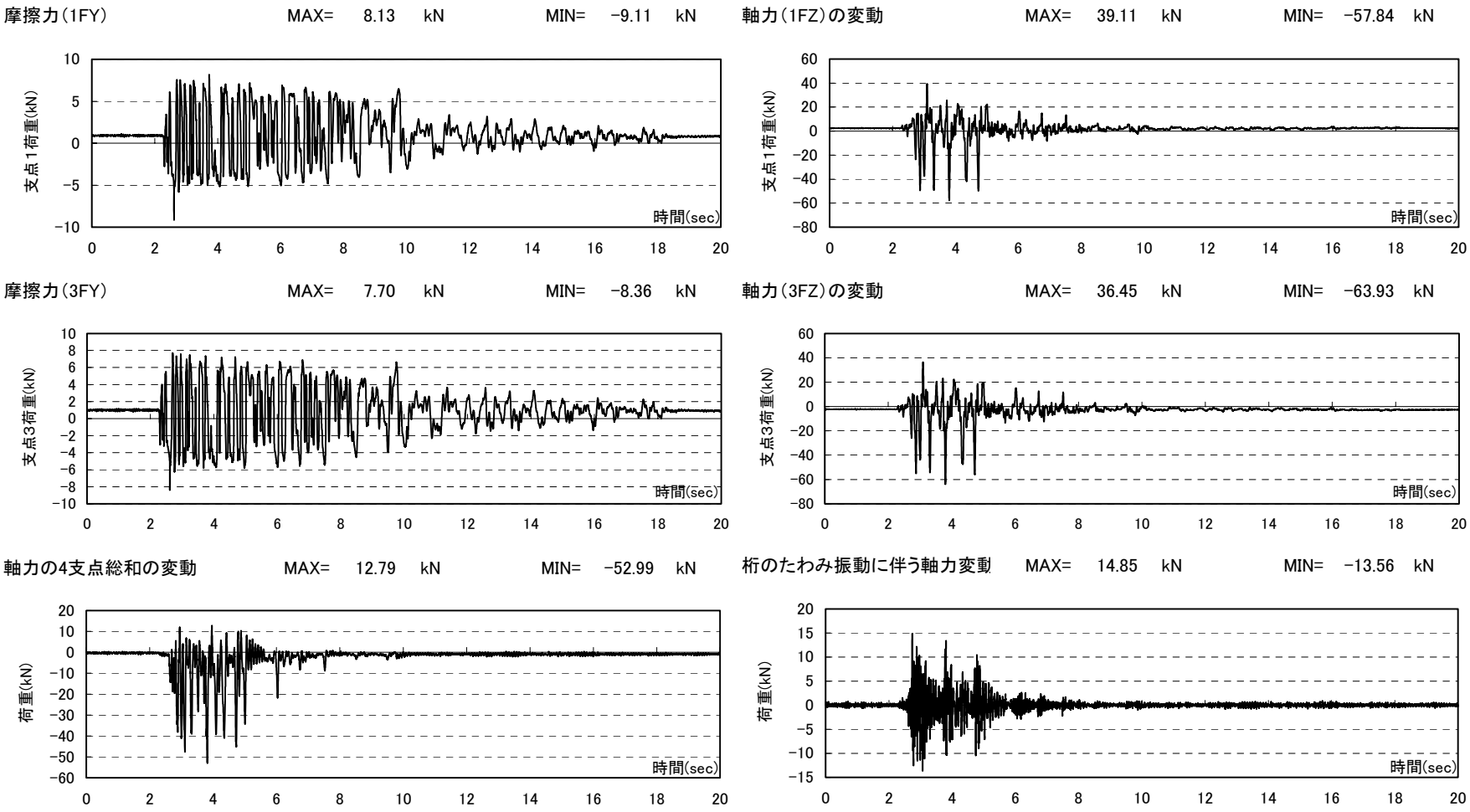


図 6.84 時刻歴波形（タイプ 4, Case5-1）

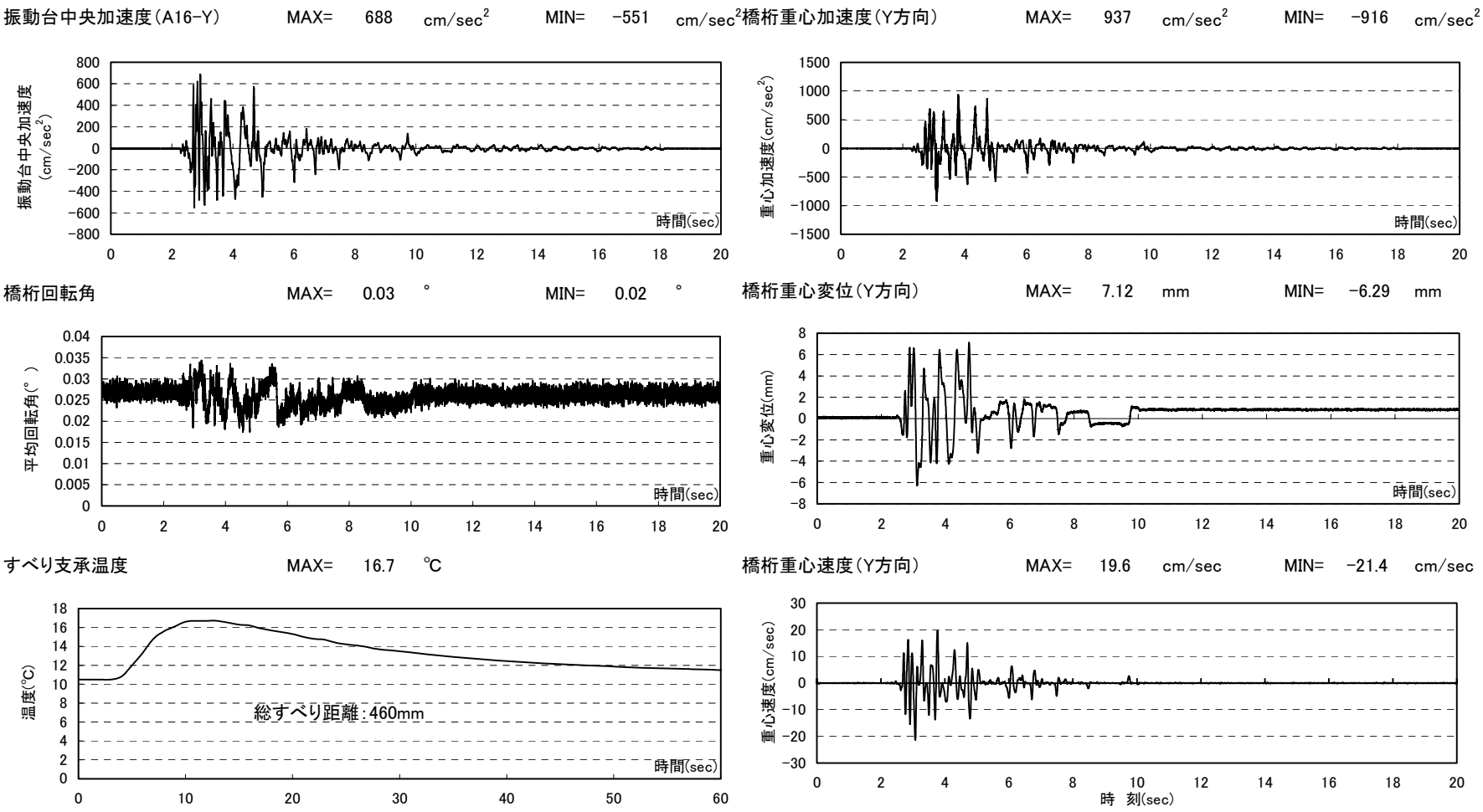


図 6.85 時刻歴波形 （タイプ 4, Case5-1）

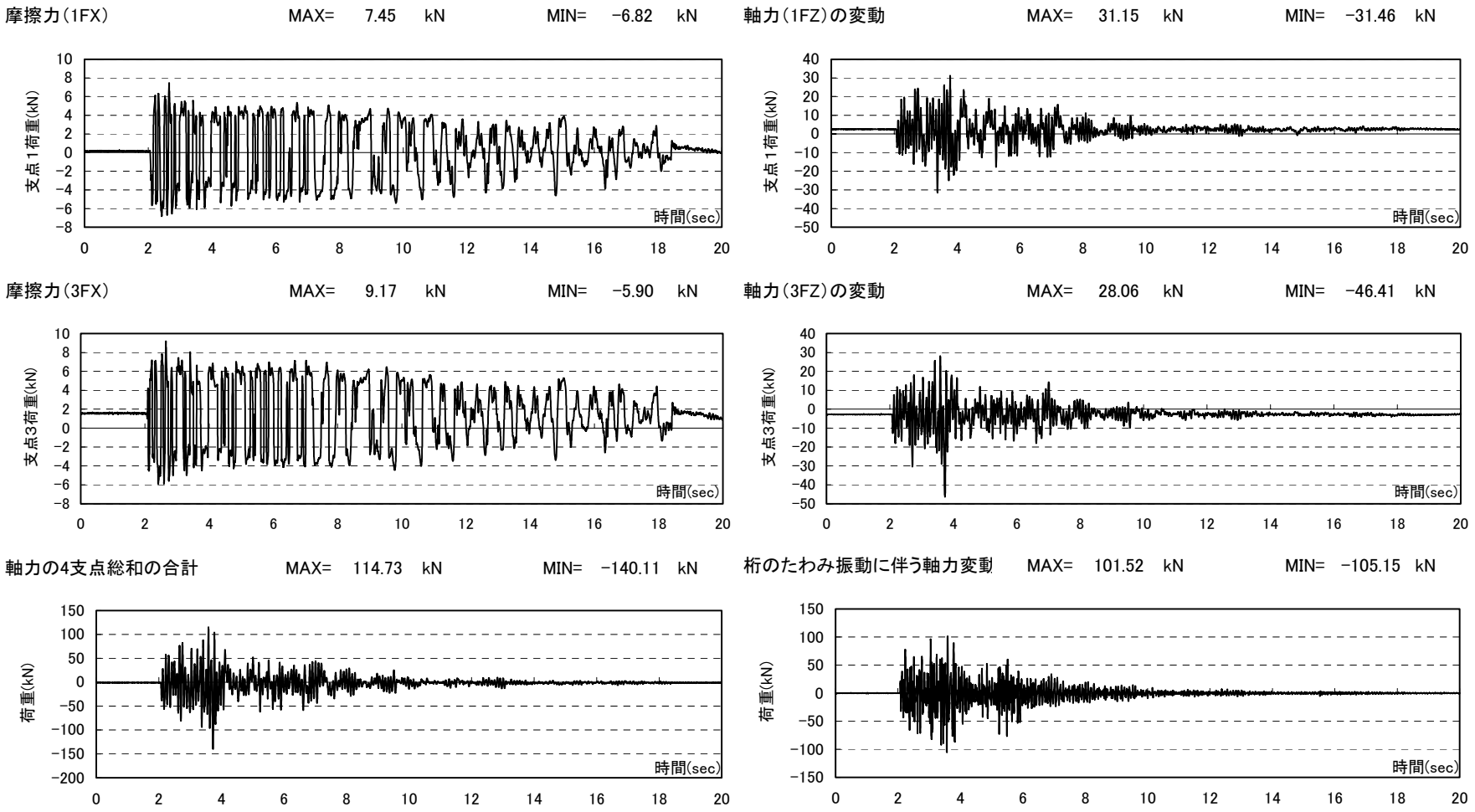


図 6.86 時刻歴波形 （タイプ 4, Case6-2）

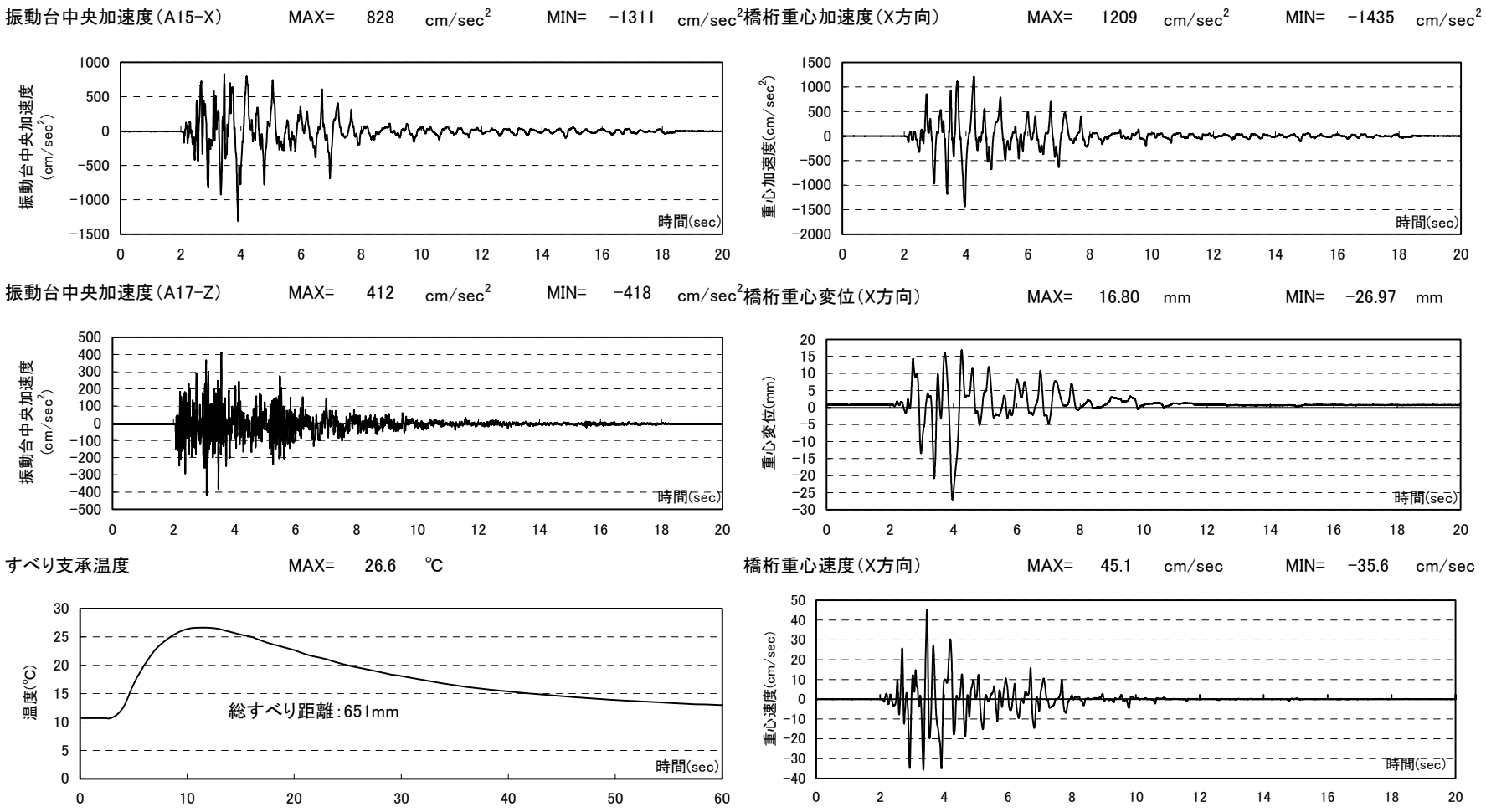
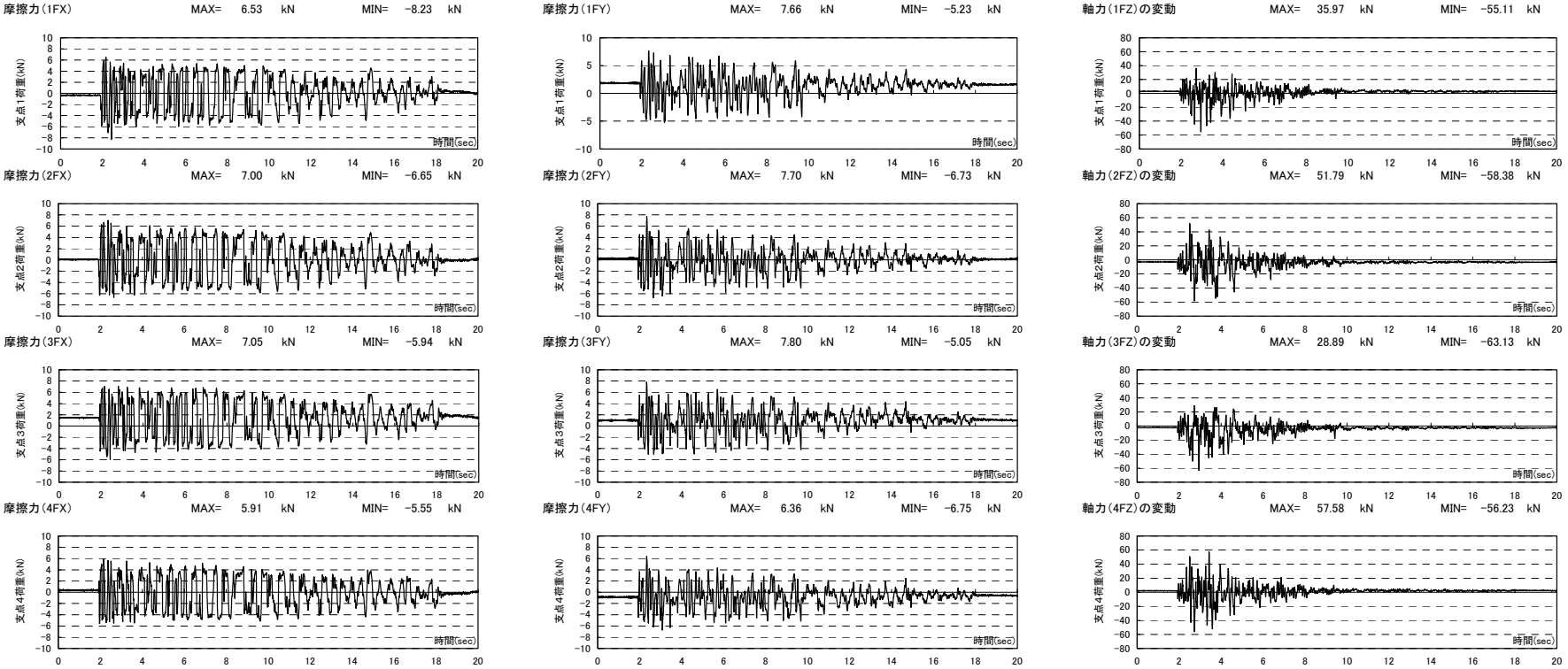


図 6.87 時刻歴波形（タイプ 4, Case6-2）



軸力の4支点総和の変動　MAX= 92.57 kN　MIN= -140.64 kN

桁のたわみ振動に伴う軸力変動　MAX= 99.52 kN　MIN= -103.74 kN

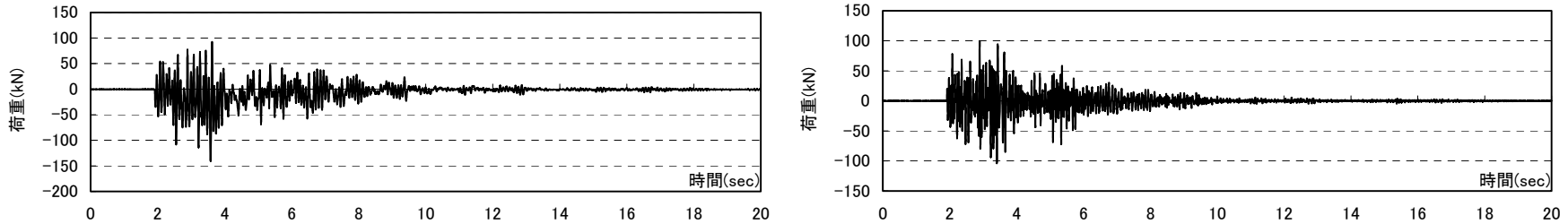


図 6.88 時刻歴波形（タイプ 4, Case7-3）

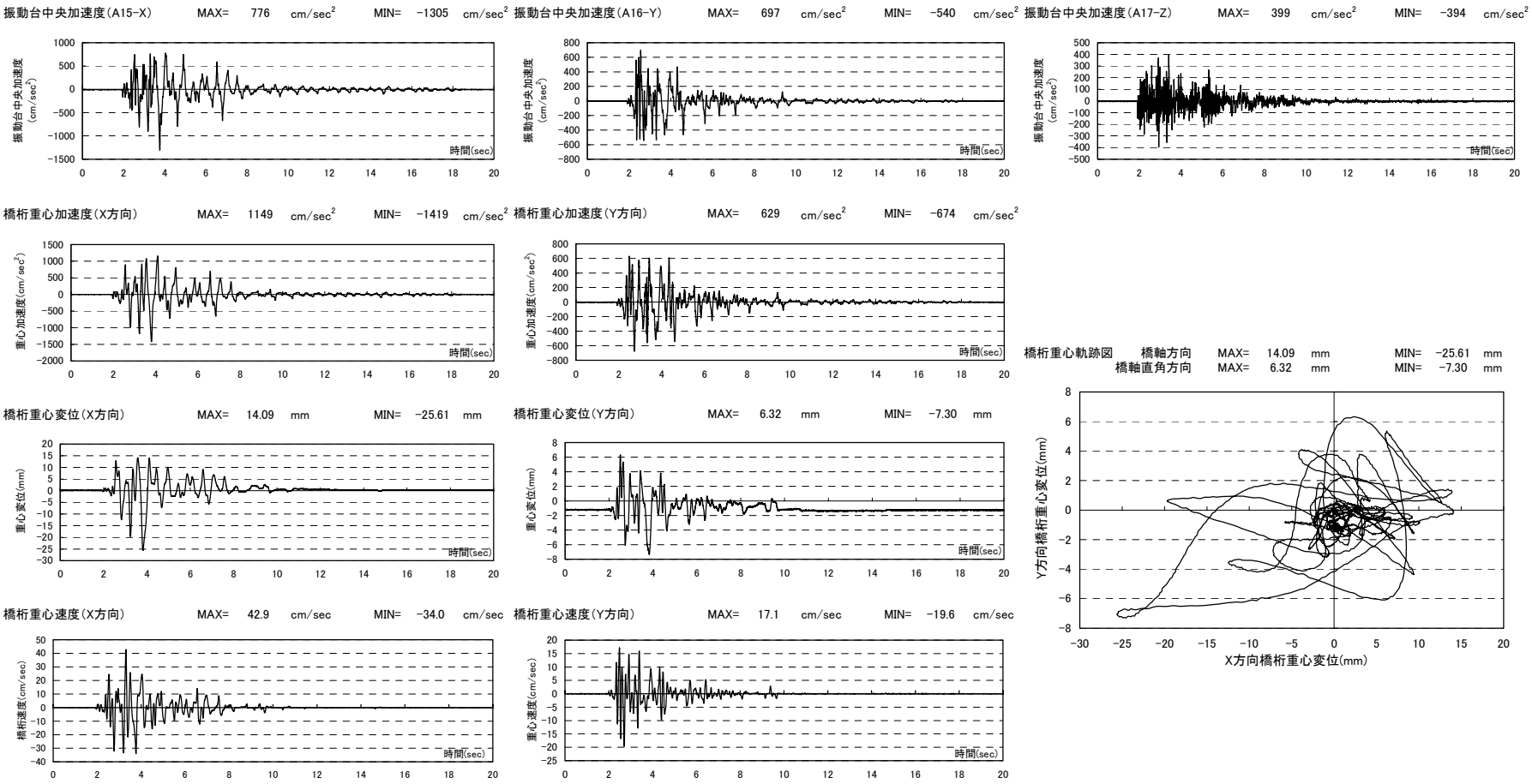
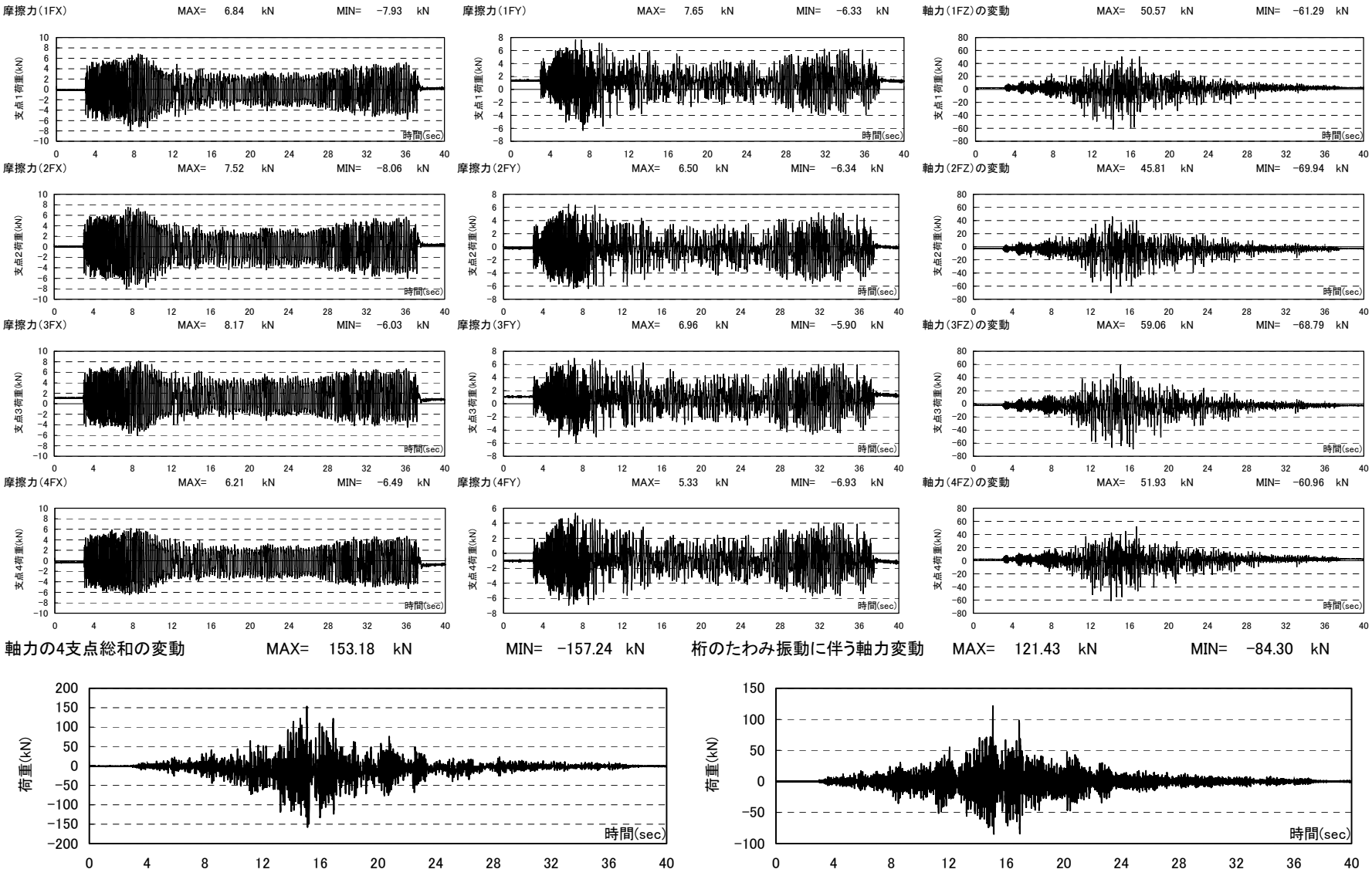


図 6.89 時刻歴波形（タイプ 4, Case7-3）



軸力の4支点総和の変動 MAX= 153.18 kN MIN= −157.24 kN

桁のたわみ振動に伴う軸力変動 MAX= 121.43 kN MIN= −84.30 kN

図 6.90 時刻歴波形（タイプ 4, Case11-1）

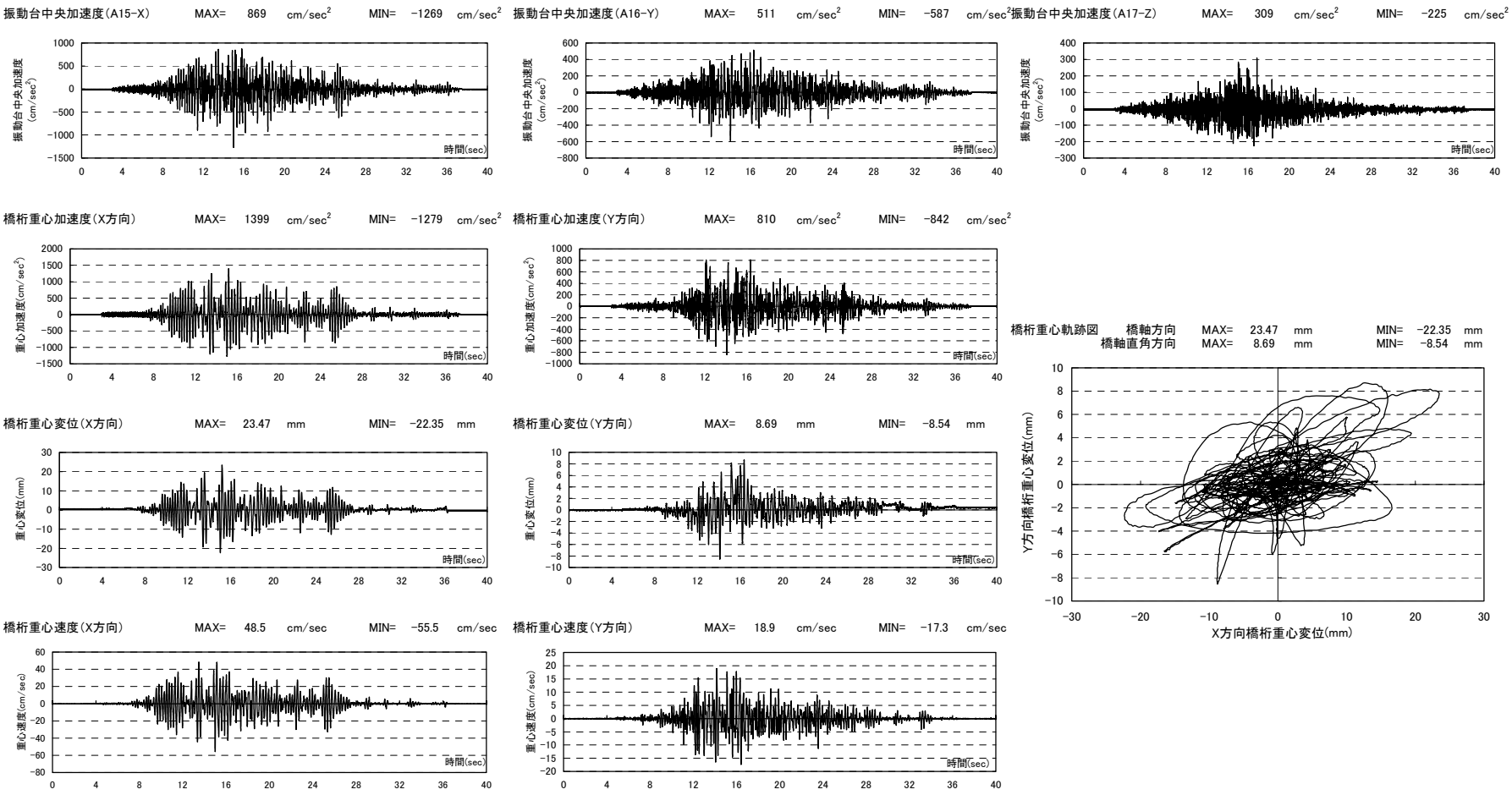
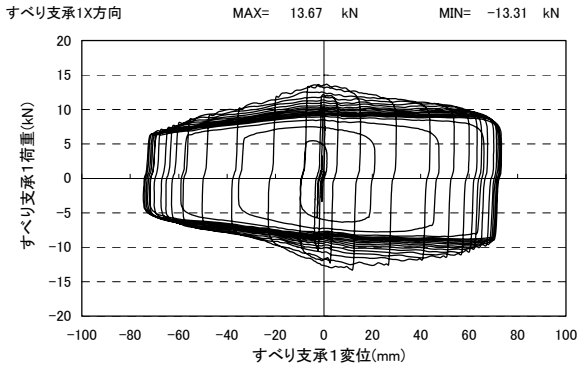
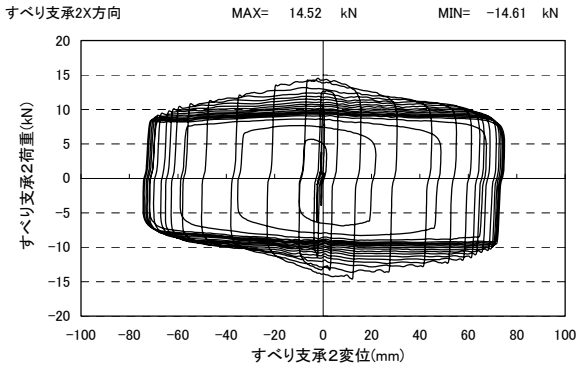
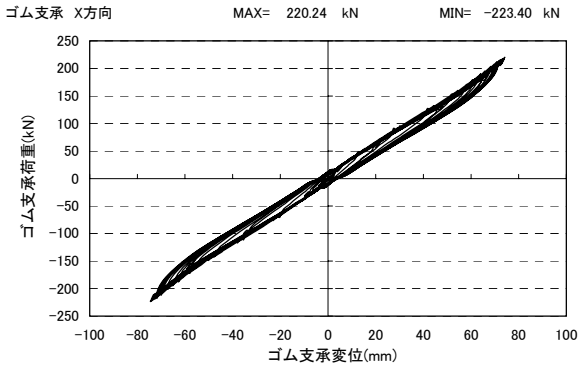
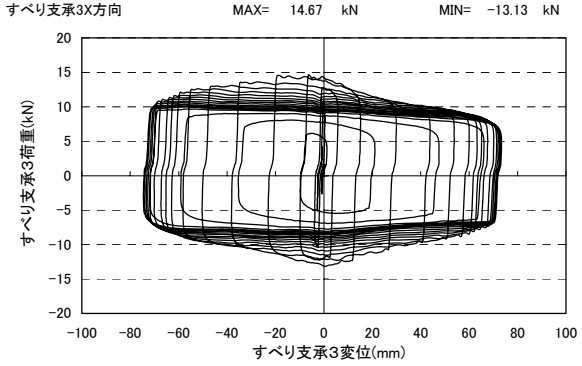


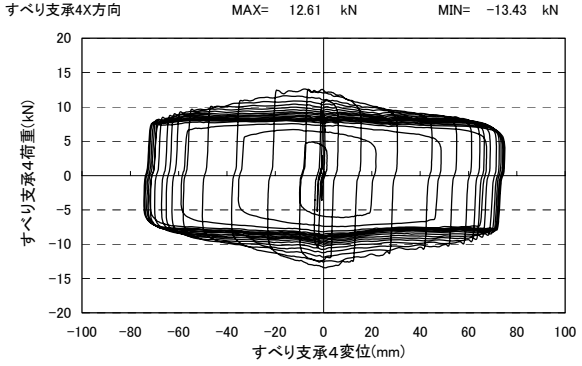
図 6.91 時刻歴波形（タイプ4, Case11-1）







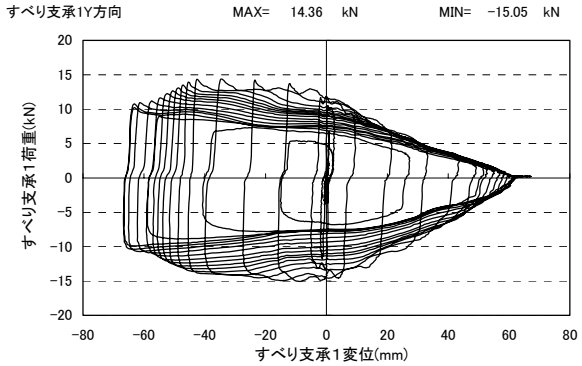


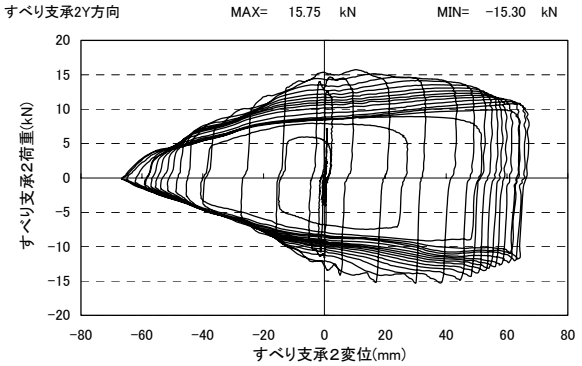


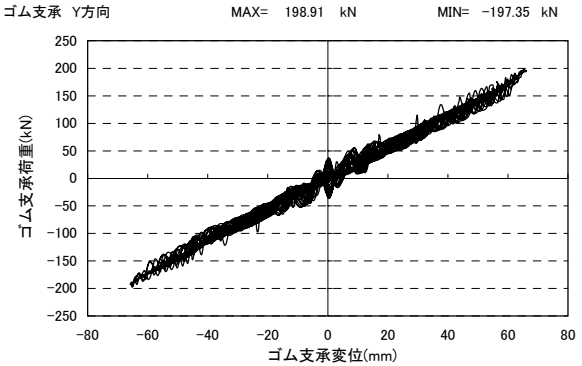
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

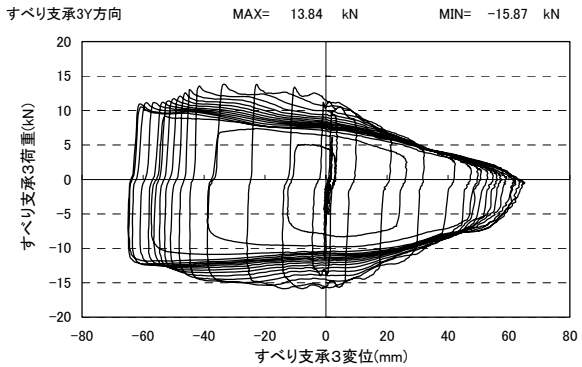
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
3447	ー	3815	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
3601	ー	3368	ー
4支点総和			
X	Y		
14232	ー		

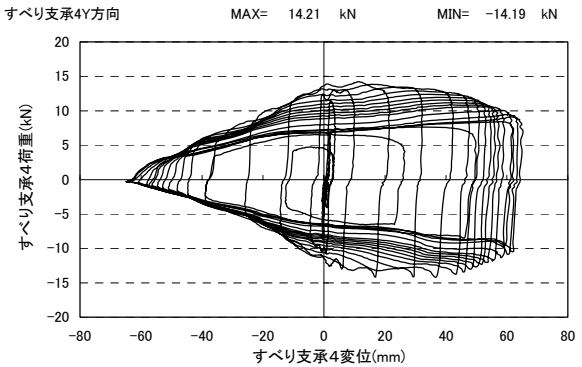
図 6.92　荷重-変位関係（タイプ 1, Case1-5）







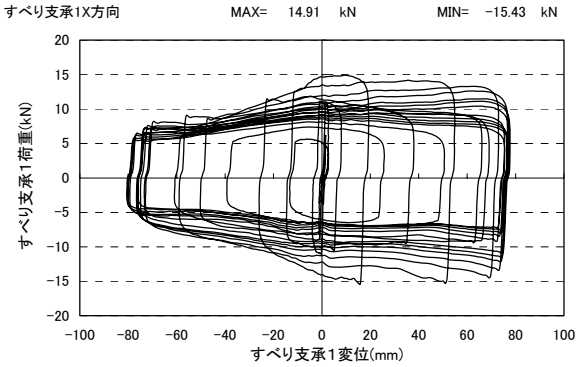


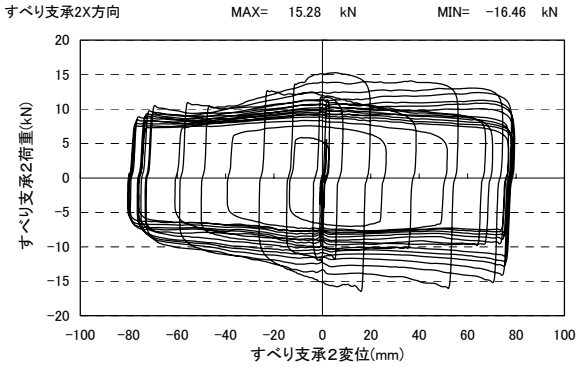


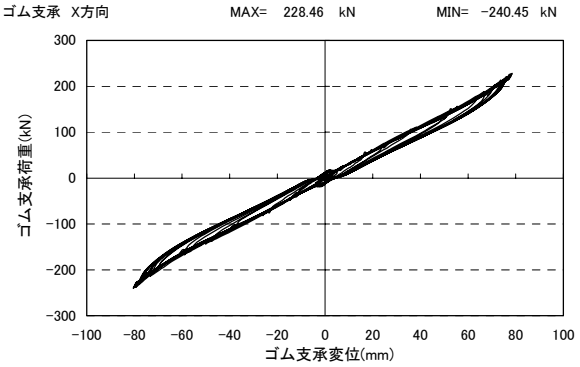
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

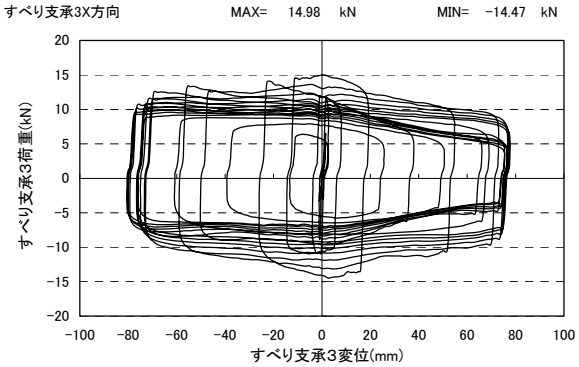
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
―	2735	―	3078
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
―	3039	―	2587
4支点総和			
X	Y		
―	11439		

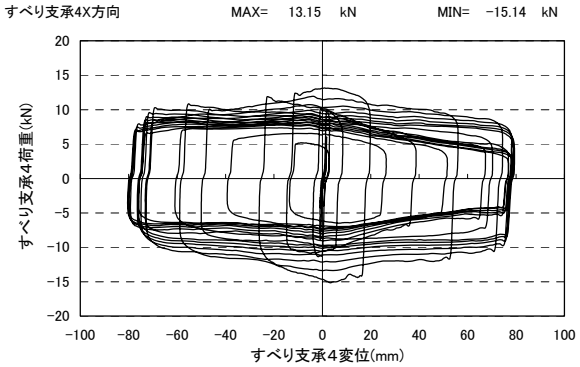
図 6.93　荷重-変位関係（タイプ 1，Case2-5）







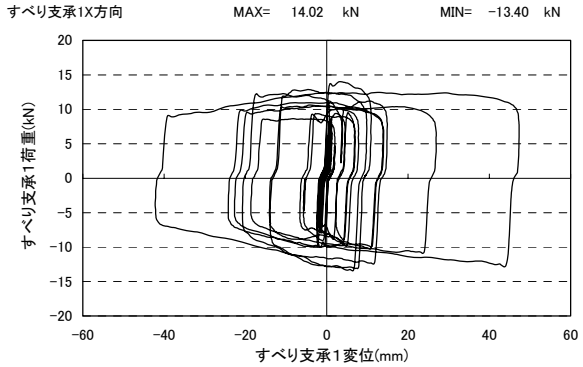


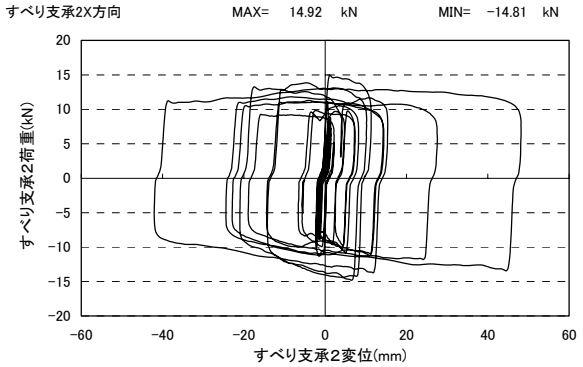


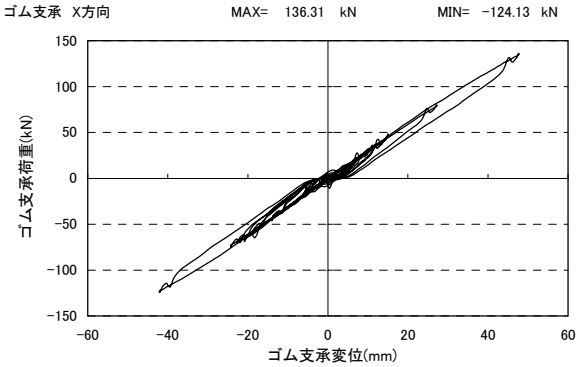
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

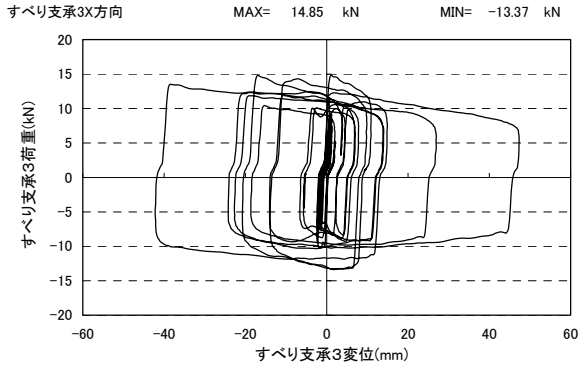
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
3757	―	4168	―
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
3843	―	3573	―
4支点総和			
X	Y		
15341	―		

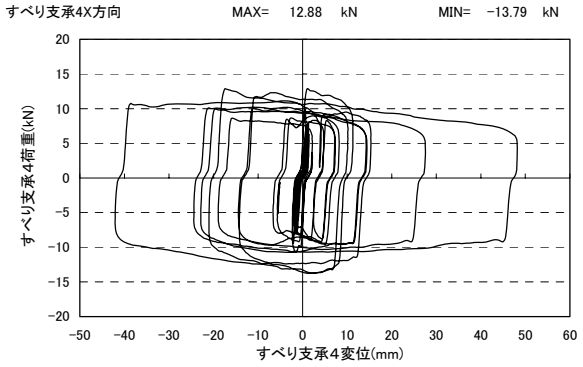
図 6.94　荷重-変位関係（タイプ 1, Case3-3）







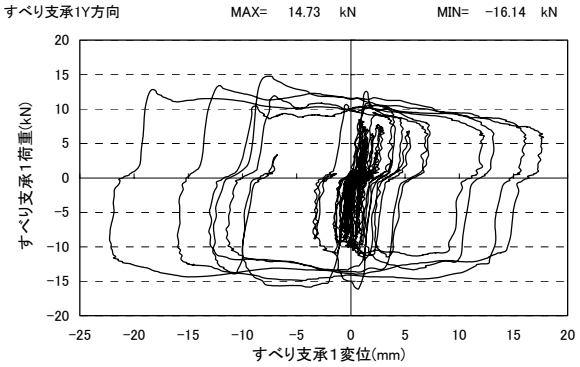


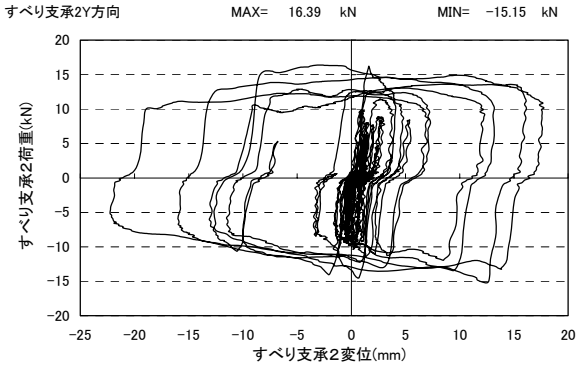


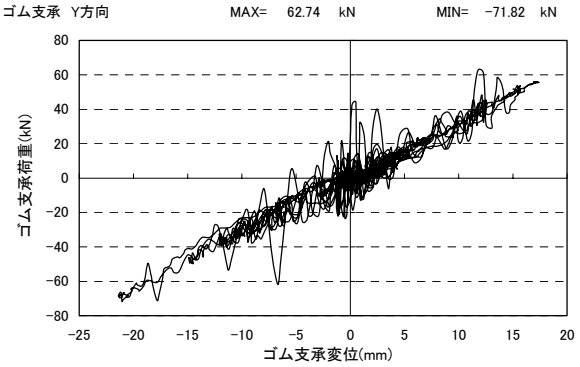
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

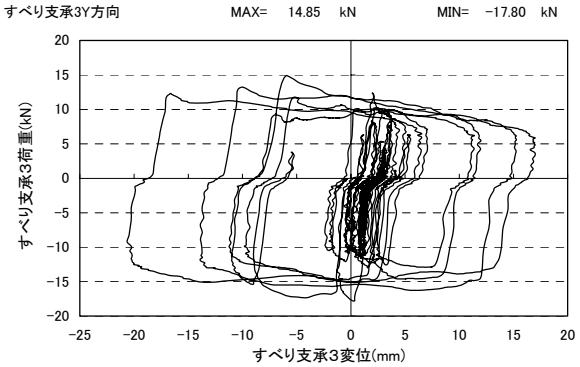
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
694	―	737	―
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
726	―	659	―
4支点総和			
X	Y		
2816	―		

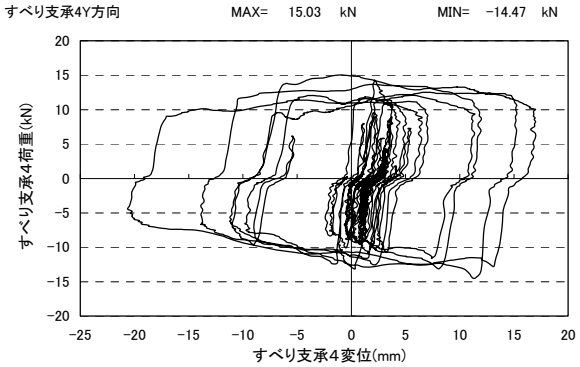
図 6.95　荷重-変位関係（タイプ 1，Case4-2）







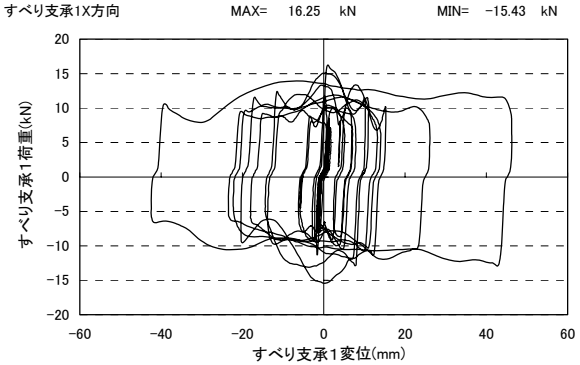


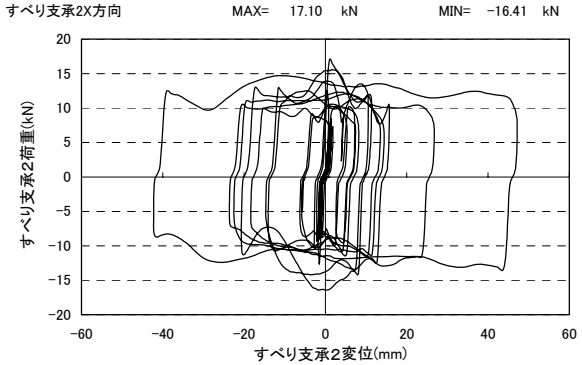


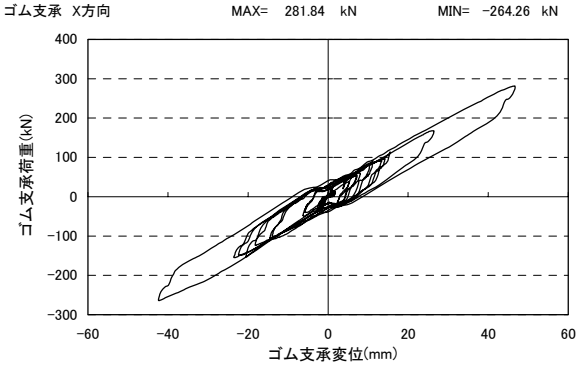
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

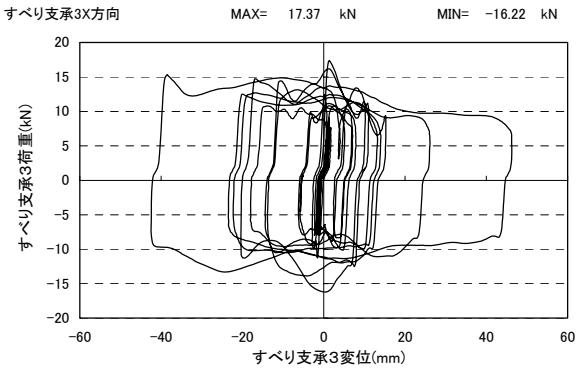
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
―	480	―	497
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
―	495	―	432
4支点総和			
X	Y		
―	1904		

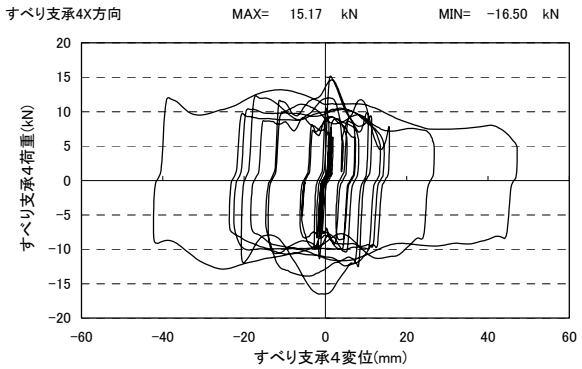
図 6.96　荷重-変位関係（タイプ 1, Case5-1）







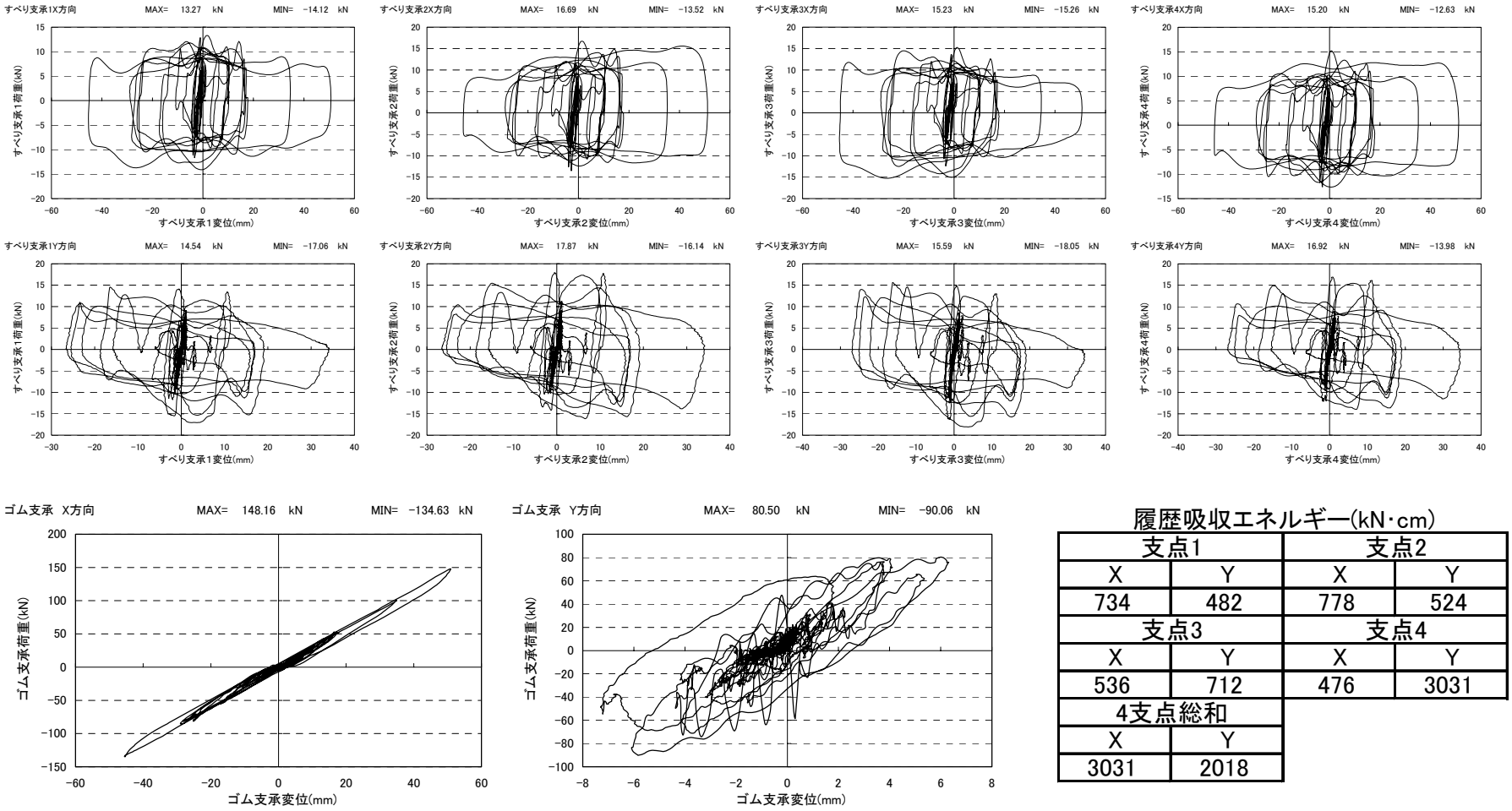




履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
684	ー	732	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
737	ー	647	ー
4支点総和			
X	Y		
2799	ー		

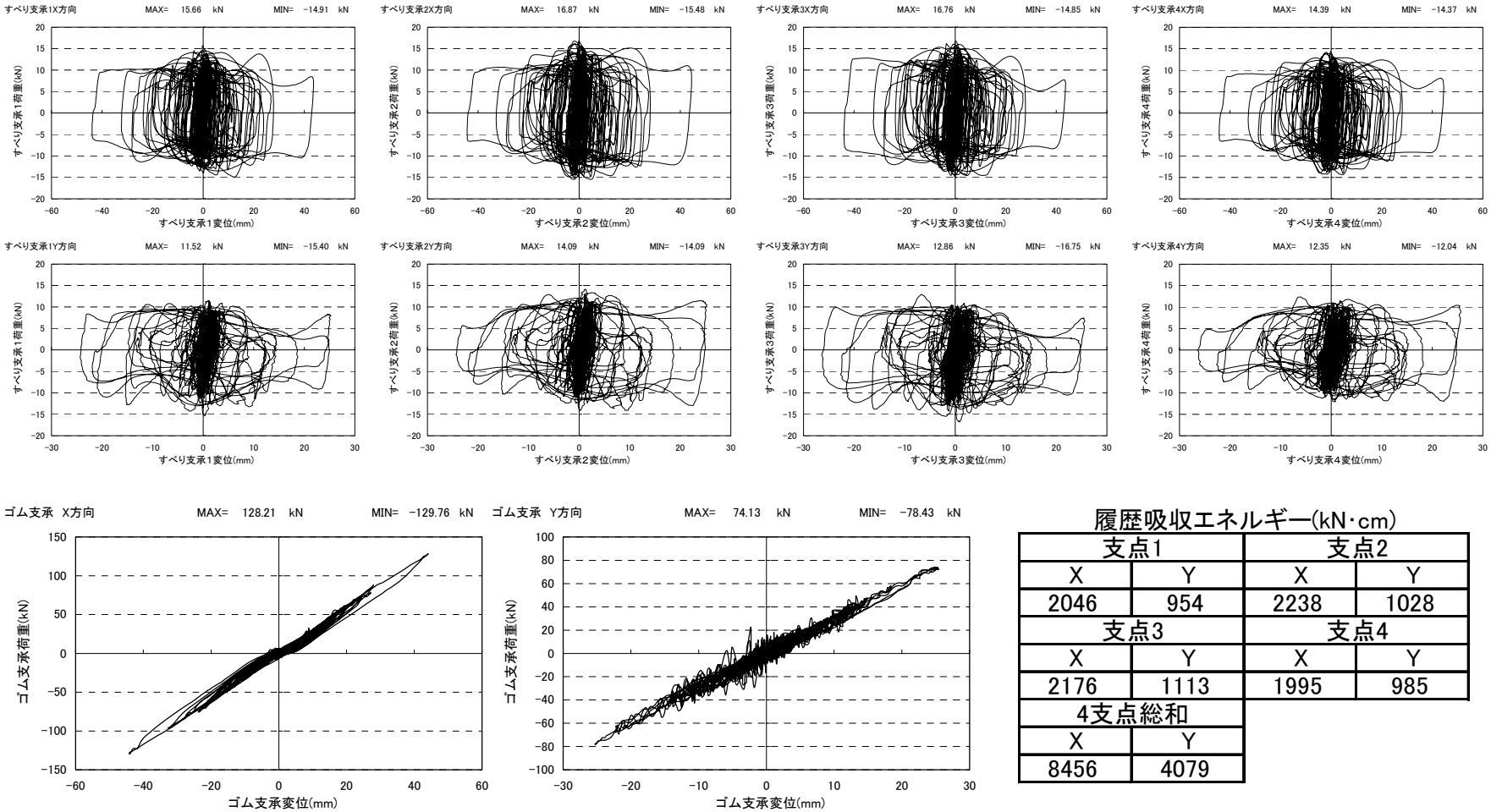
図 6.97　荷重-変位関係（タイプ 1, Case6-2）



履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
734	482	778	524
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
536	712	476	3031
4支点総和			
X	Y		
3031	2018		

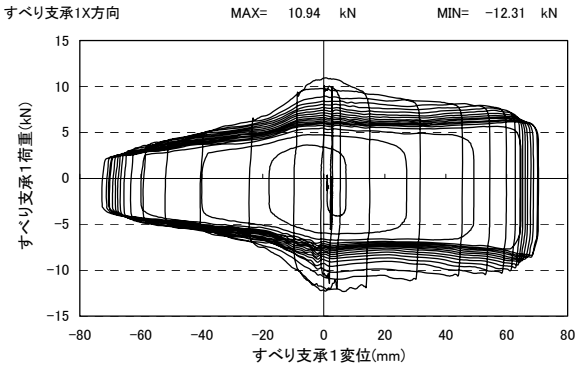
図 6.98　荷重-変位関係（タイプ 1，Case7-2）

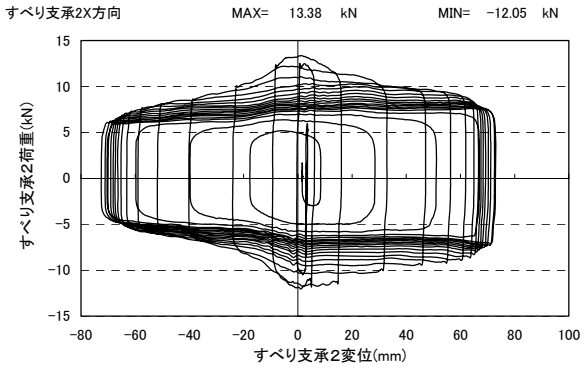


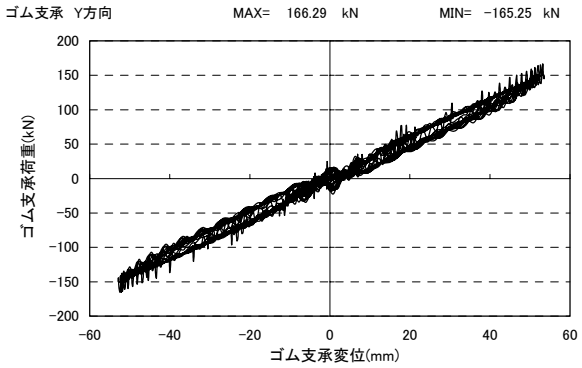
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

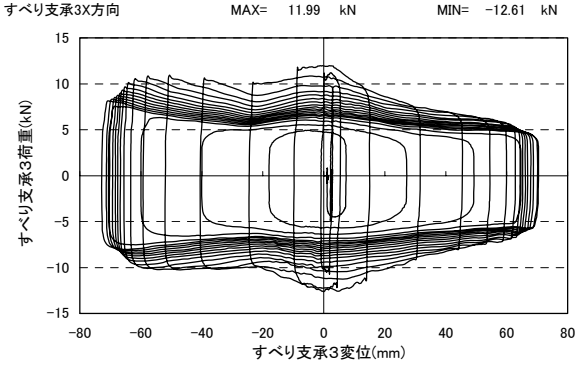
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
2046	954	2238	1028
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
2176	1113	1995	985
4支点総和			
X	Y		
8456	4079		

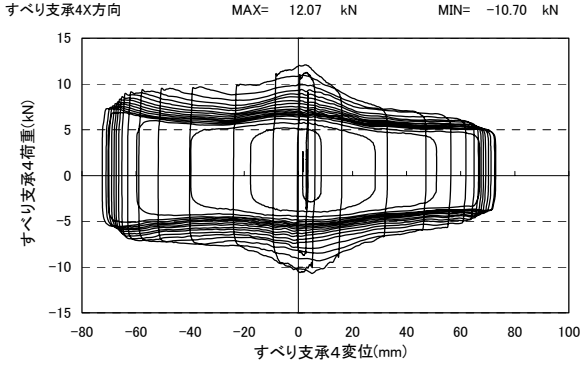
図 6.99　荷重-変位関係（タイプ 1，Case11-1）







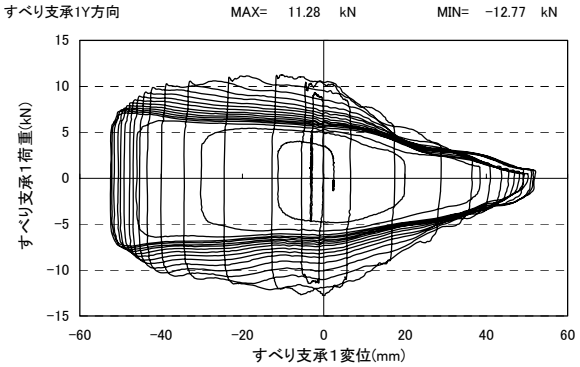


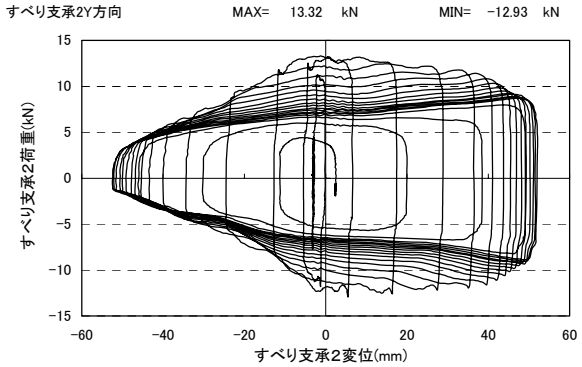


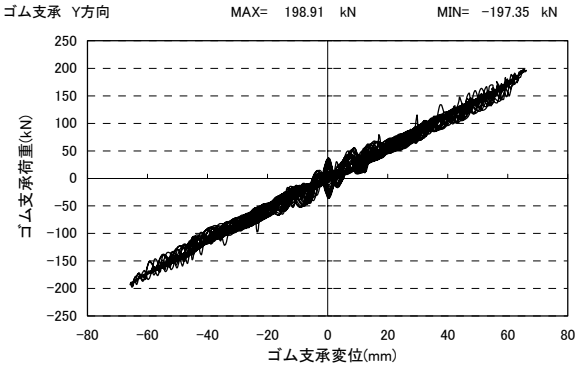
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

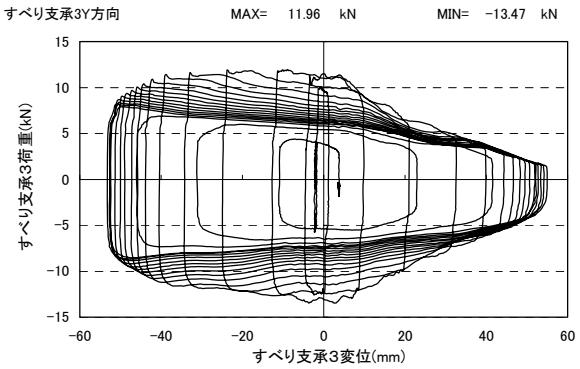
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
2521	ー	2920	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
2862	ー	2440	ー
4支点総和			
X	Y		
10742	ー		

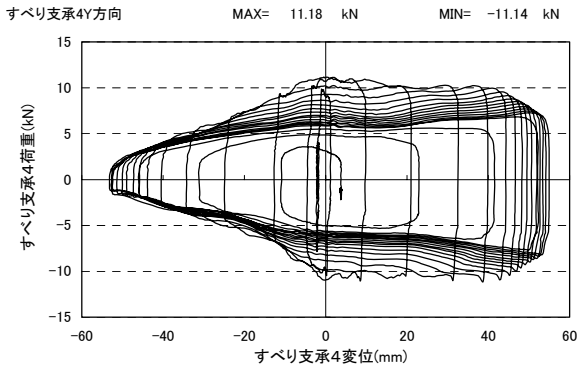
図 6.100　荷重-変位関係（タイプ 2, Case1-4）







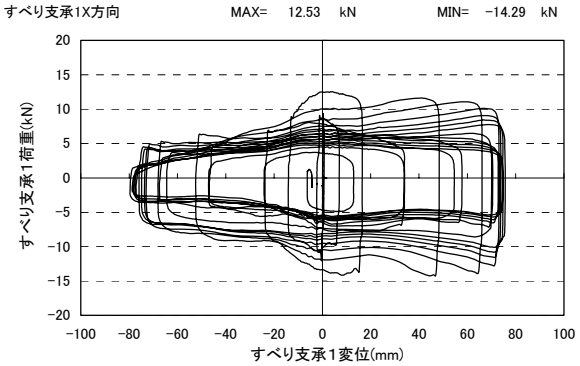


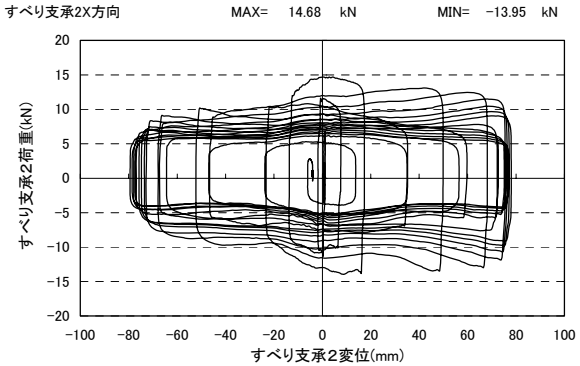


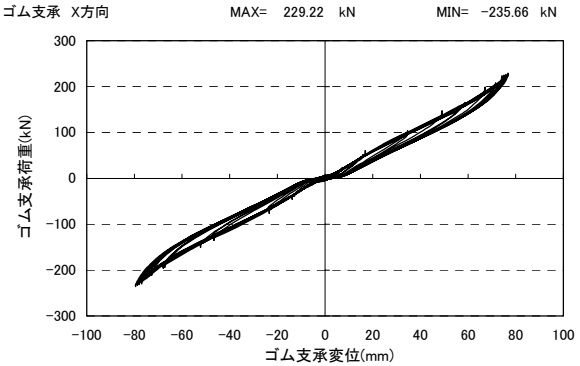
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

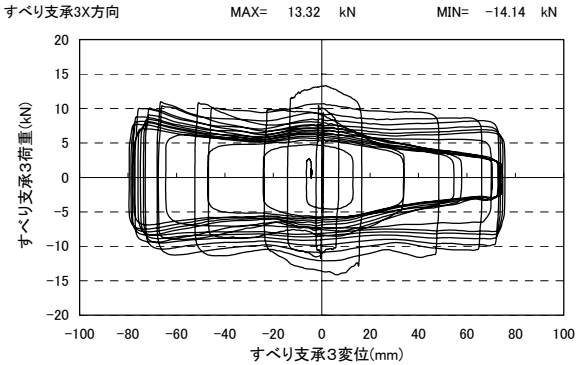
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
―	1760	―	2058
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
―	2121	―	1835
4支点総和			
X	Y		
―	7773		

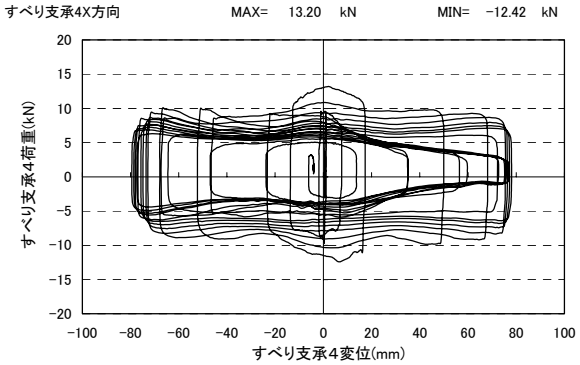
図 6.101　荷重-変位関係（タイプ 2, Case2-3）







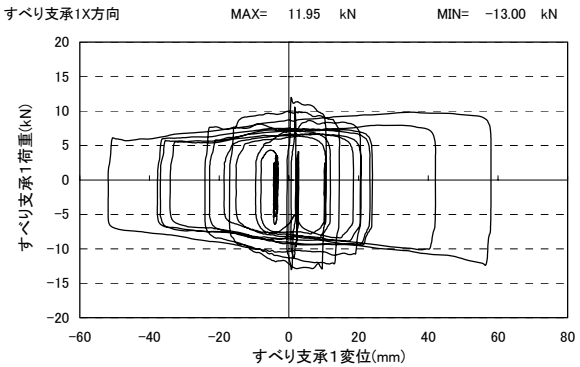


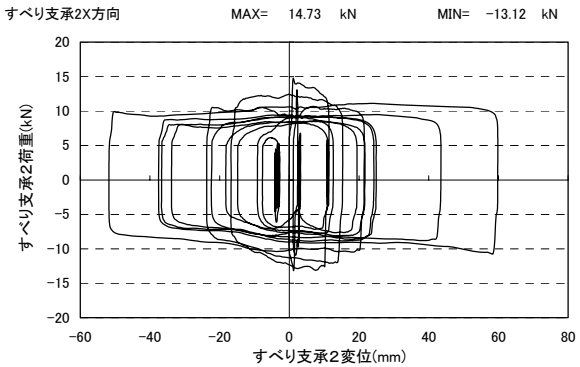


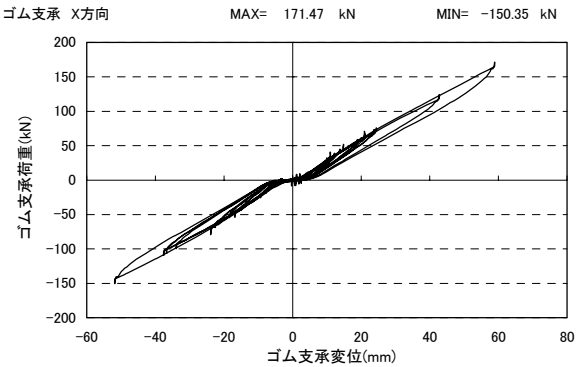
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

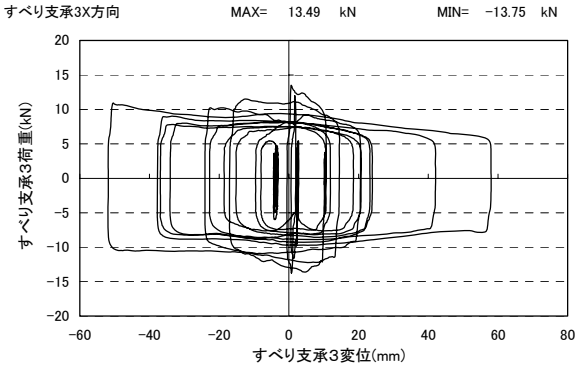
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
2705	ー	3140	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
3038	ー	2590	ー
4支点総和			
X	Y		
11473	ー		

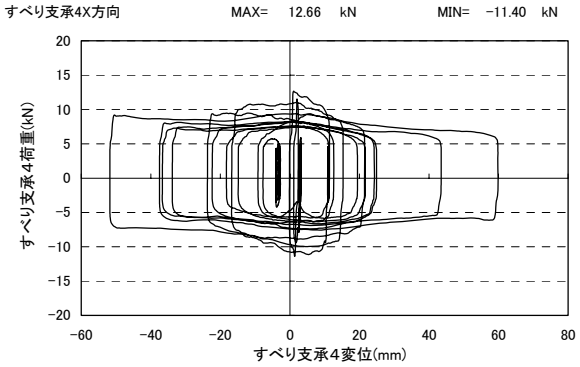
図 6.102　荷重-変位関係（タイプ 2, Case3-2）







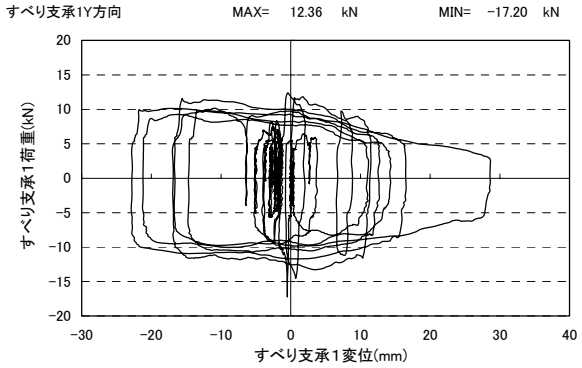


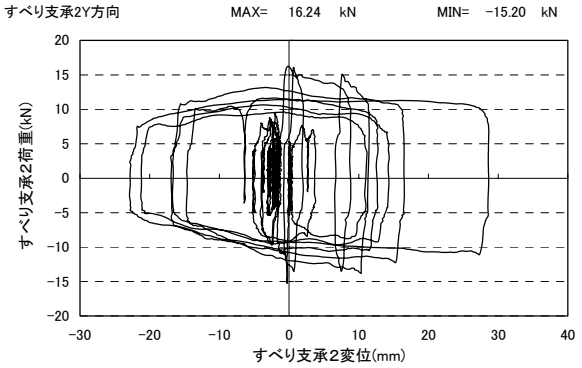


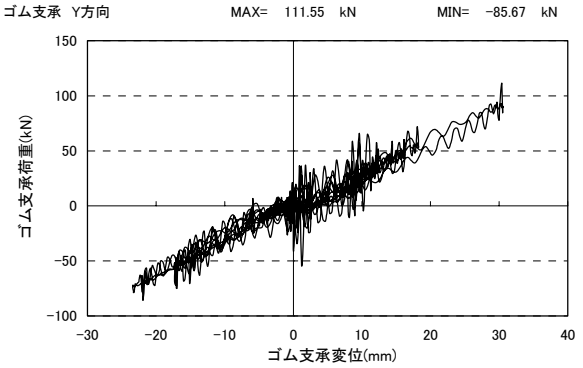
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

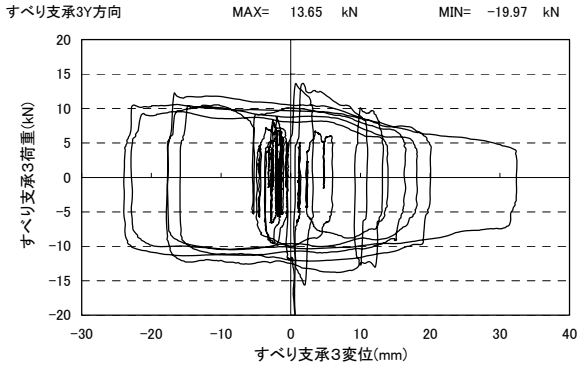
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
887	ー	967	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
936	ー	802	ー
4支点総和			
X	Y		
3592	ー		

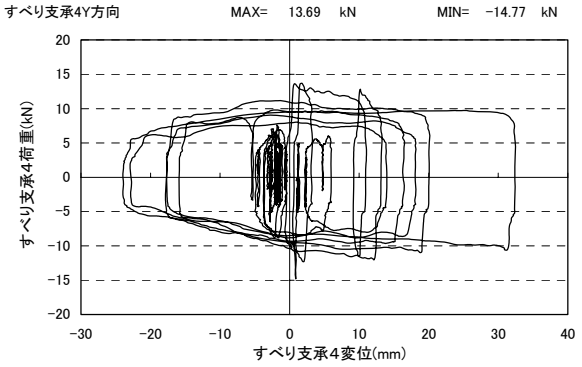
図 6.103　荷重-変位関係（タイプ 2, Case4-2）







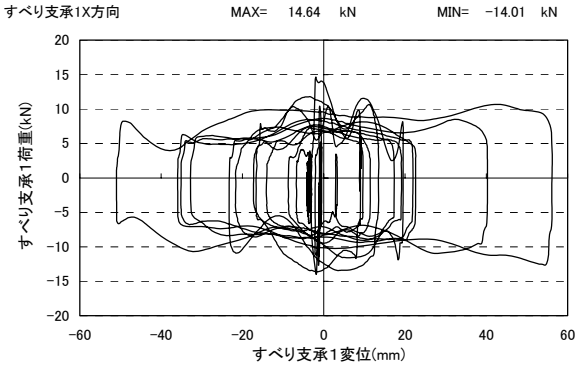


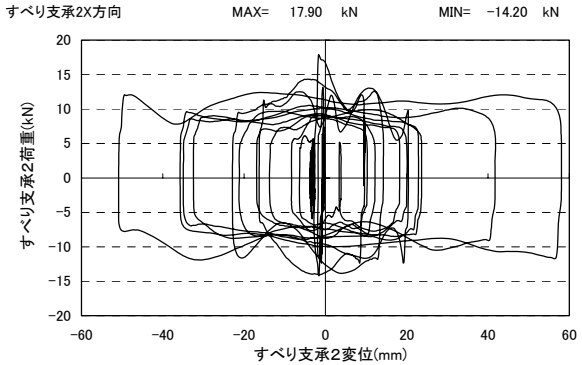


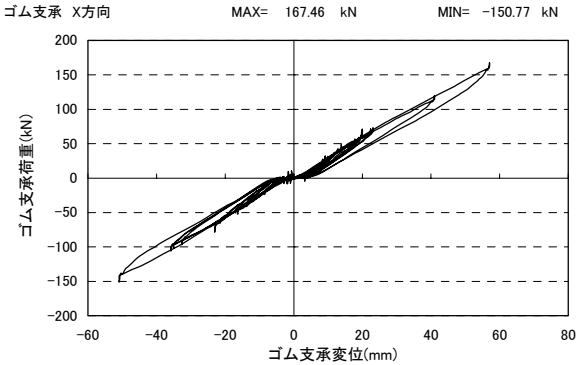
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

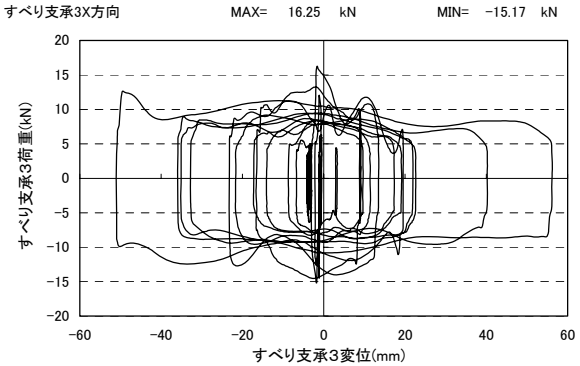
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
―	442	―	498
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
―	516	―	466
4支点総和			
X	Y		
―	1921		

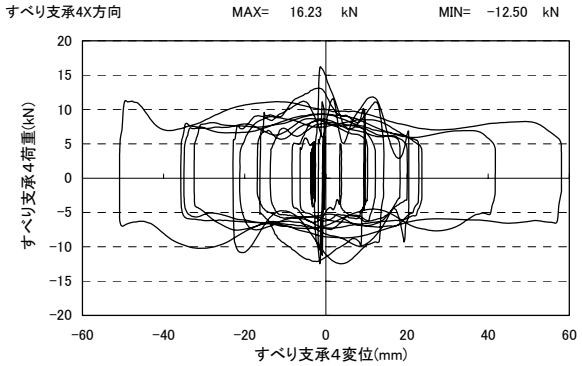
図 6.104　荷重-変位関係（タイプ 2, Case5-1）







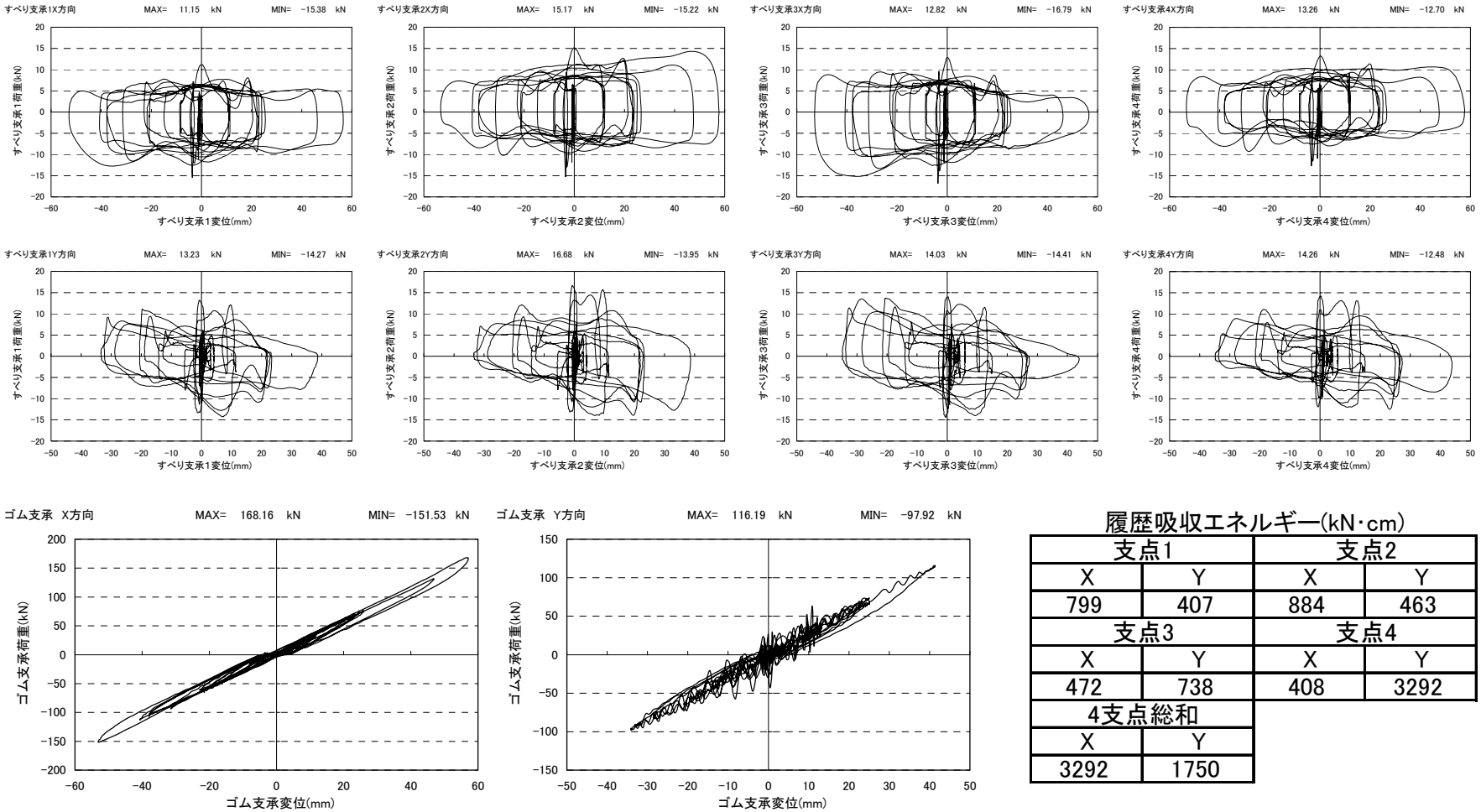




履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
840	—	950	—
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
926	—	782	—
4支点総和			
X	Y		
3497	—		

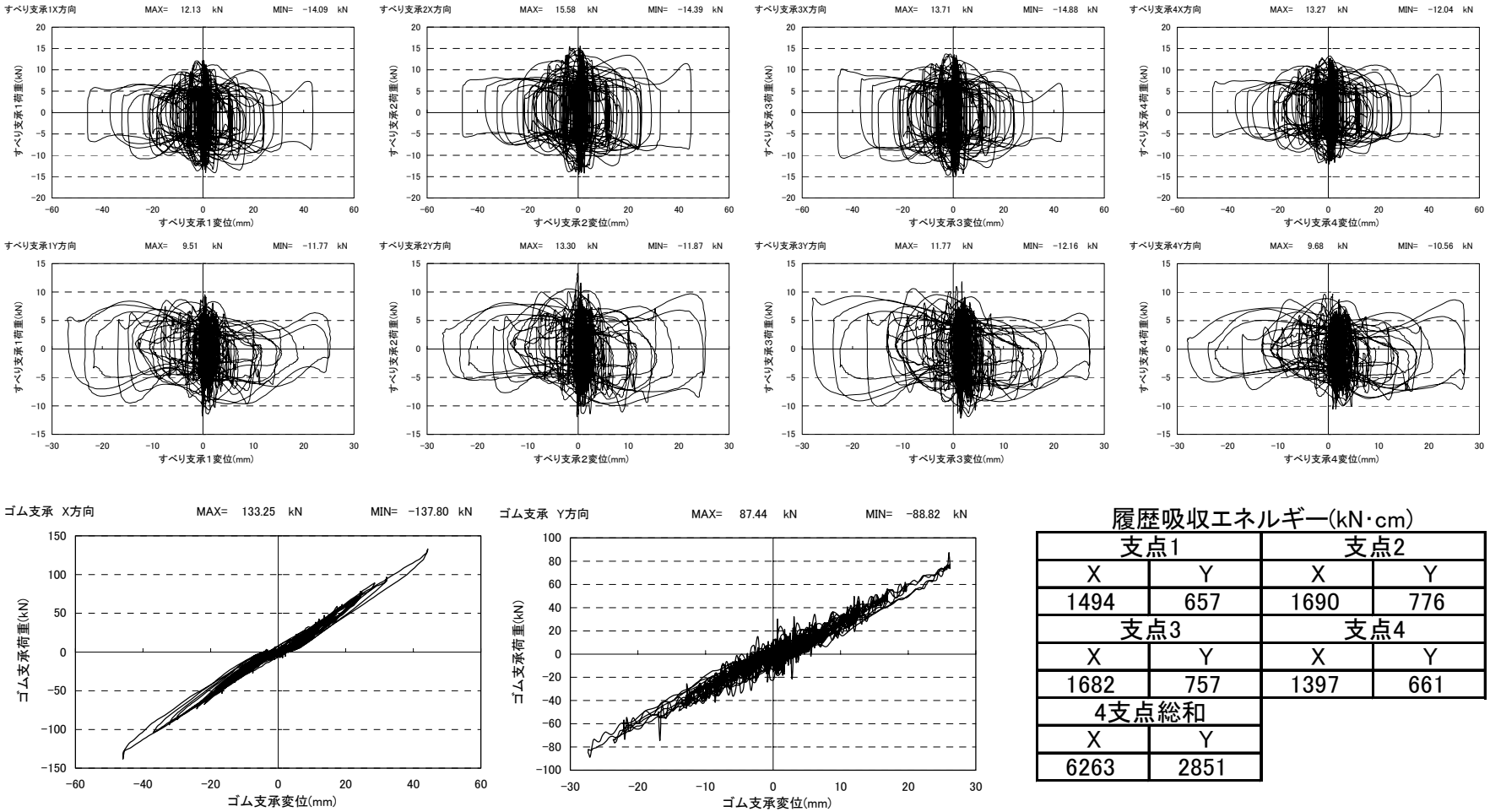
図 6.105　荷重-変位関係（タイプ 2, Case6-2）



履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
799	407	884	463
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
472	738	408	3292
4支点総和			
X	Y		
3292	1750		

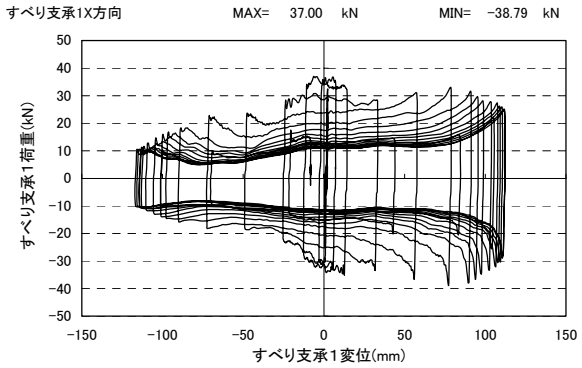
図 6.106　荷重-変位関係（タイプ 2, Case7-2）

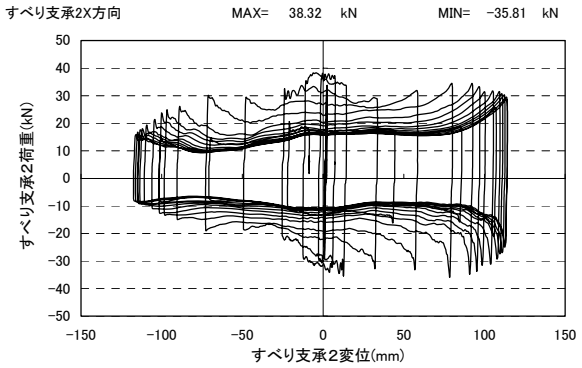


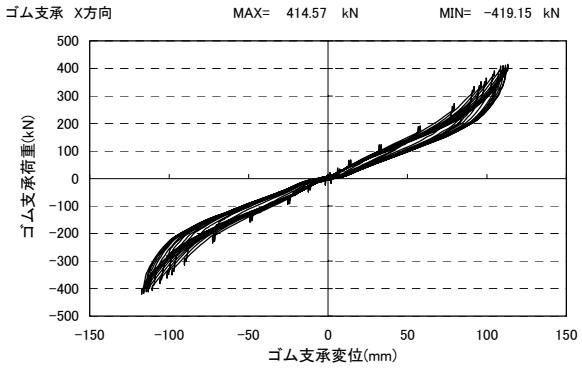
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

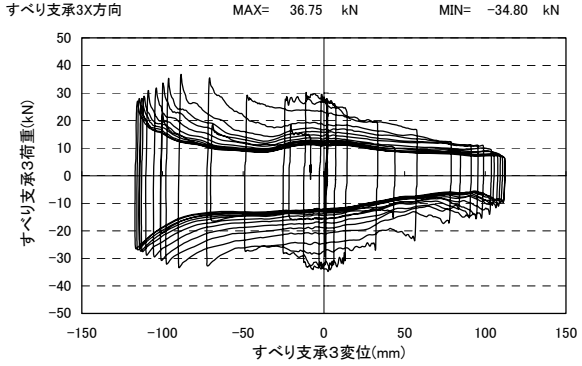
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
1494	657	1690	776
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
1682	757	1397	661
4支点総和			
X	Y		
6263	2851		

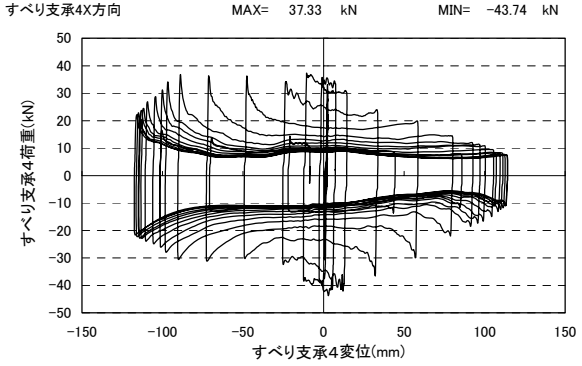
図 6.107　荷重-変位関係（タイプ 2, Case11-1）







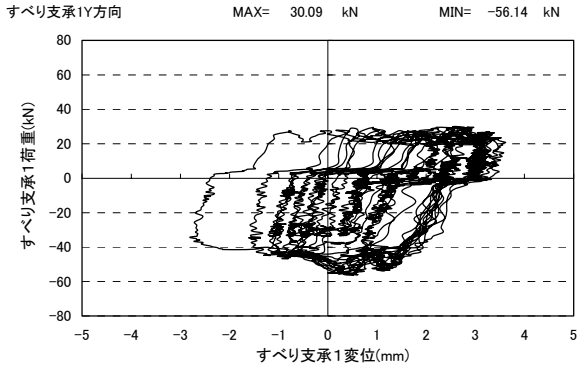


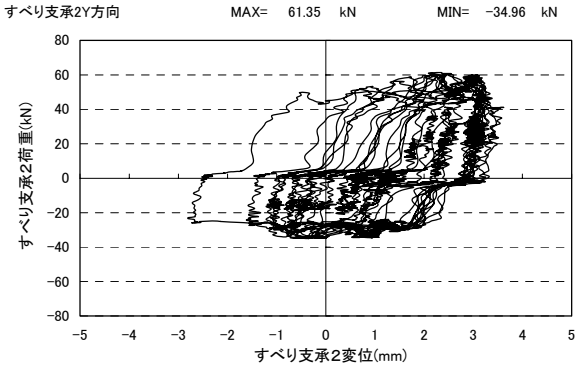


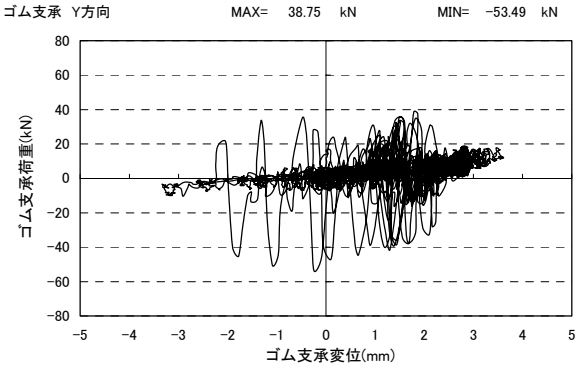
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

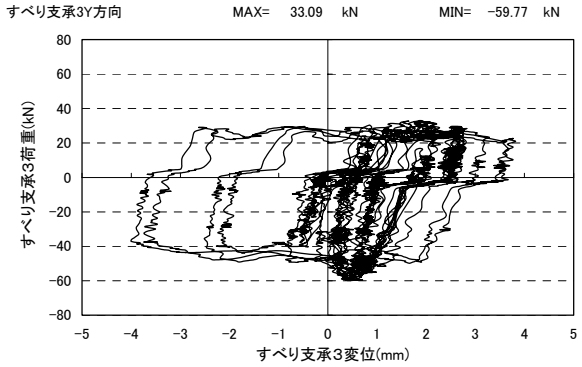
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
7867	―	8548	―
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
8066	―	6859	―
4支点総和			
X	Y		
31340	―		

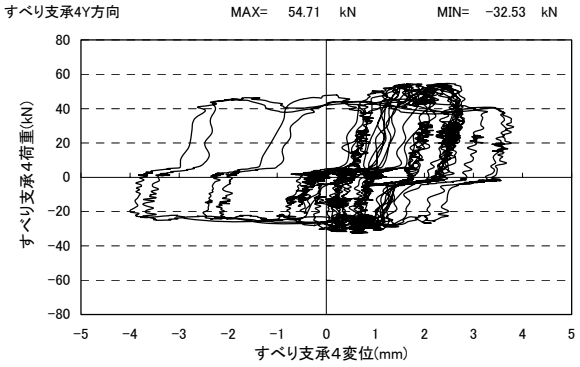
図 6.108　荷重-変位関係（タイプ 3, Case1-10）







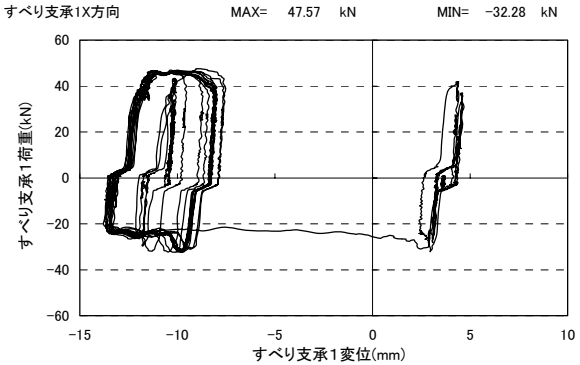


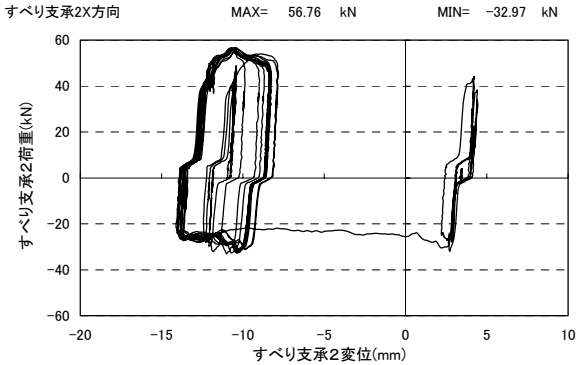


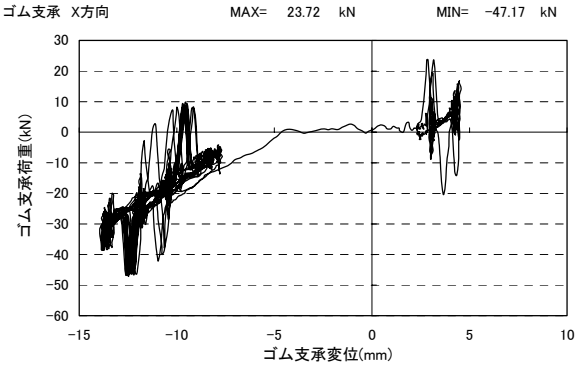
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

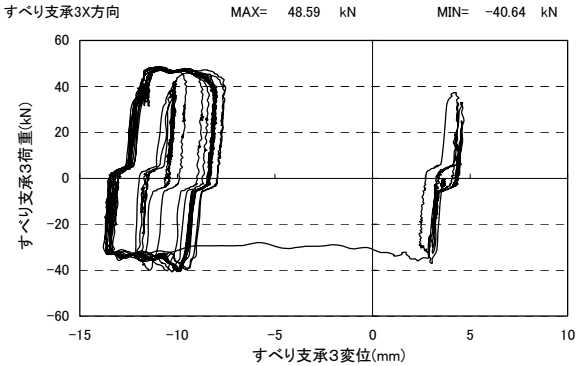
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
―	842	―	839
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
―	829	―	689
4支点総和			
X	Y		
―	3198		

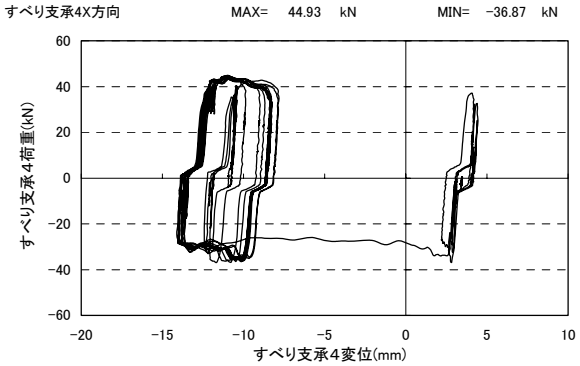
図 6.109　荷重-変位関係（タイプ 3, Case2-5）







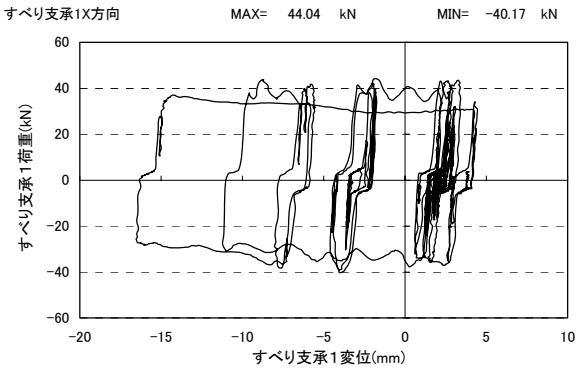


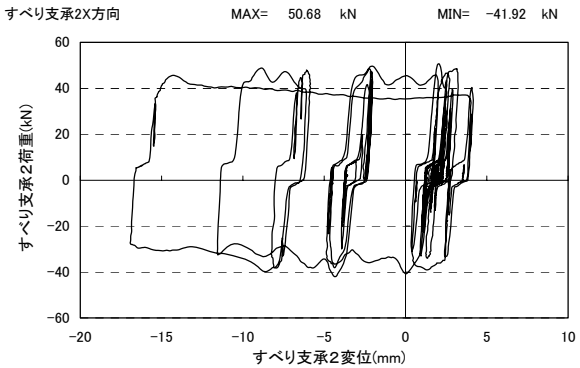


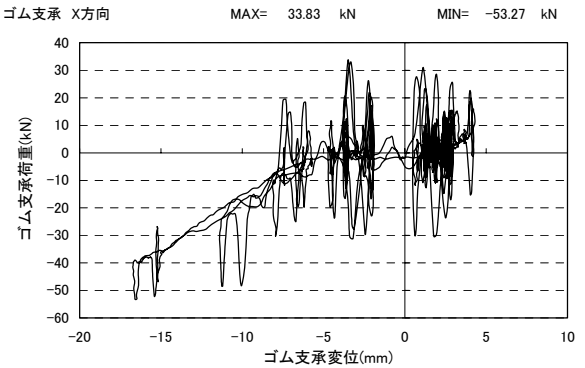
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

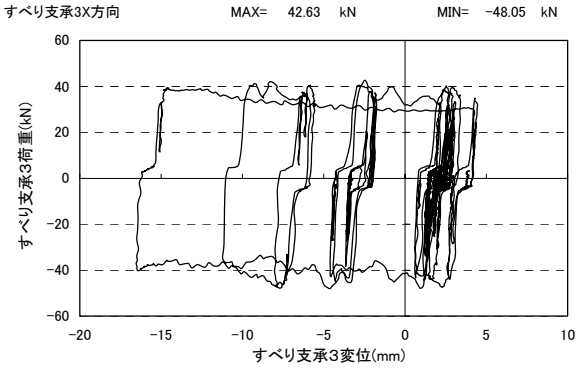
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
706	―	619	―
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
822	―	557	―
4支点総和			
X	Y		
2704	―		

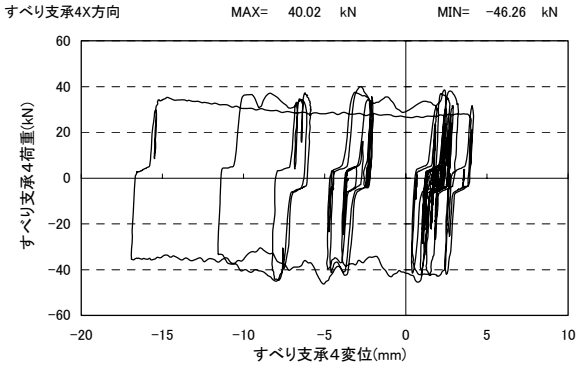
図 6.110　荷重-変位関係（タイプ 3, Case3-1）







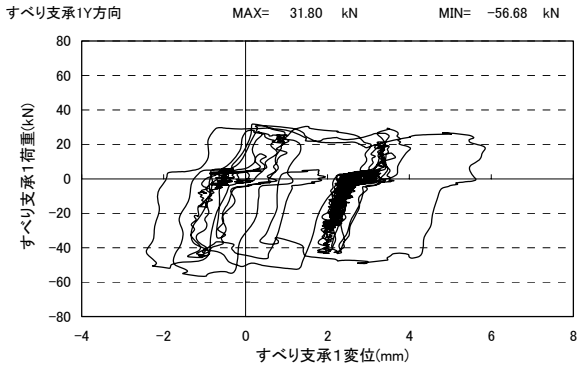


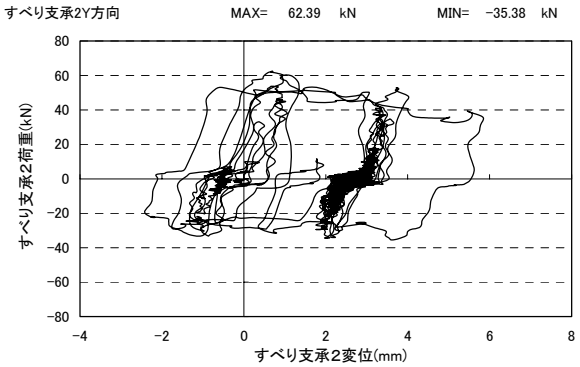


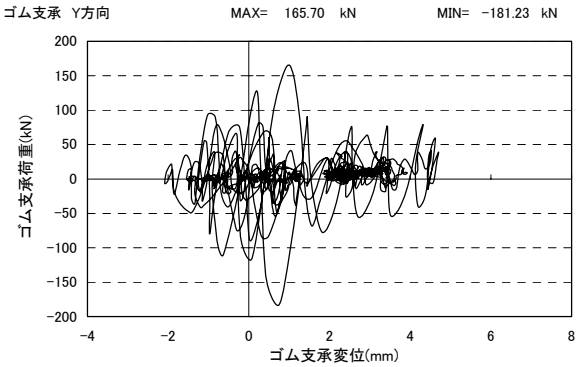
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

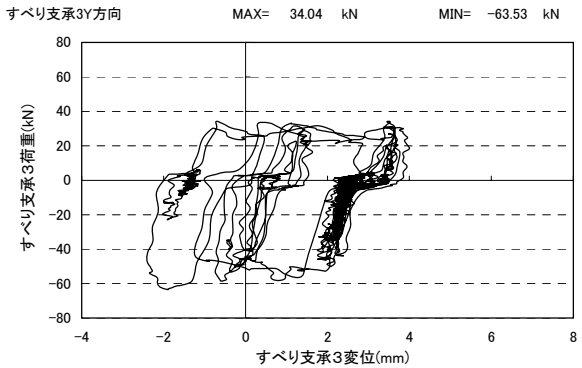
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
385	―	346	―
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
424	―	313	―
4支点総和			
X	Y		
1468	―		

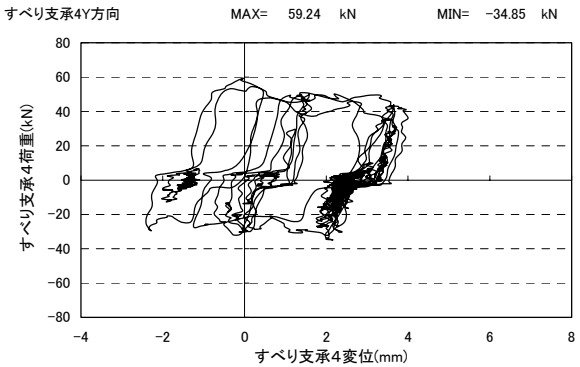
図 6.111　荷重-変位関係（タイプ 3, Case4-2）







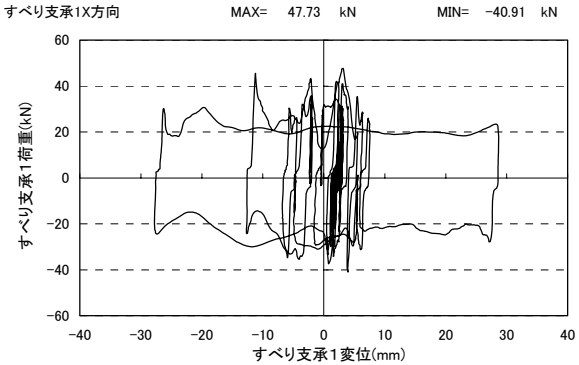


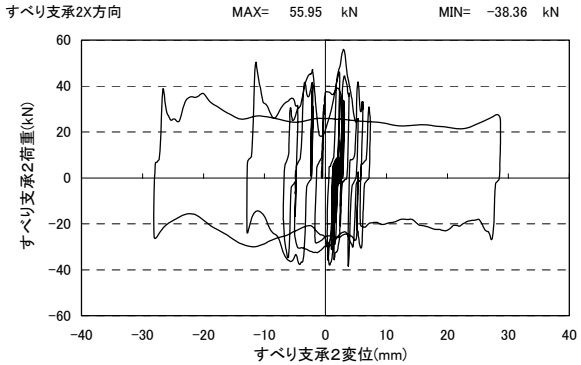


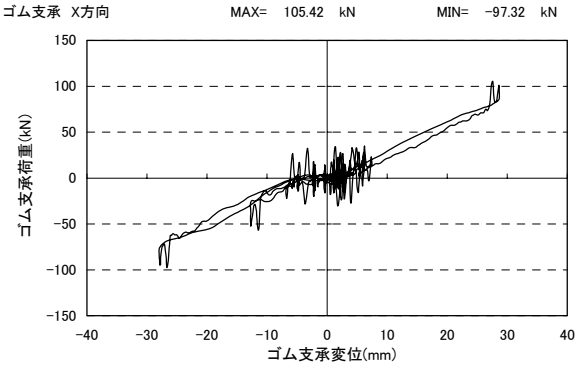
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

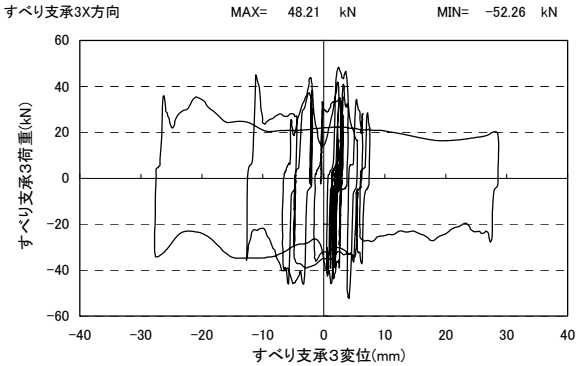
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
―	400	―	353
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
―	513	―	348
4支点総和			
X	Y		
―	1614		

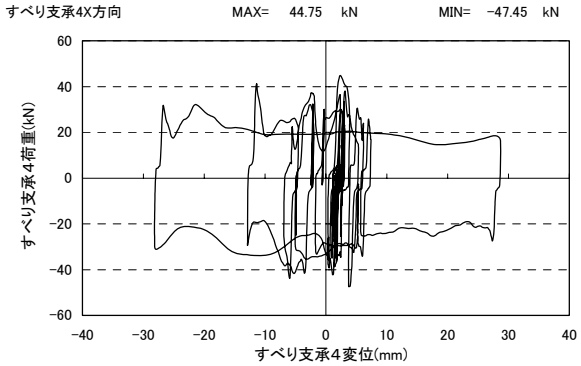
図 6.112　荷重-変位関係（タイプ 3，Case5-1）







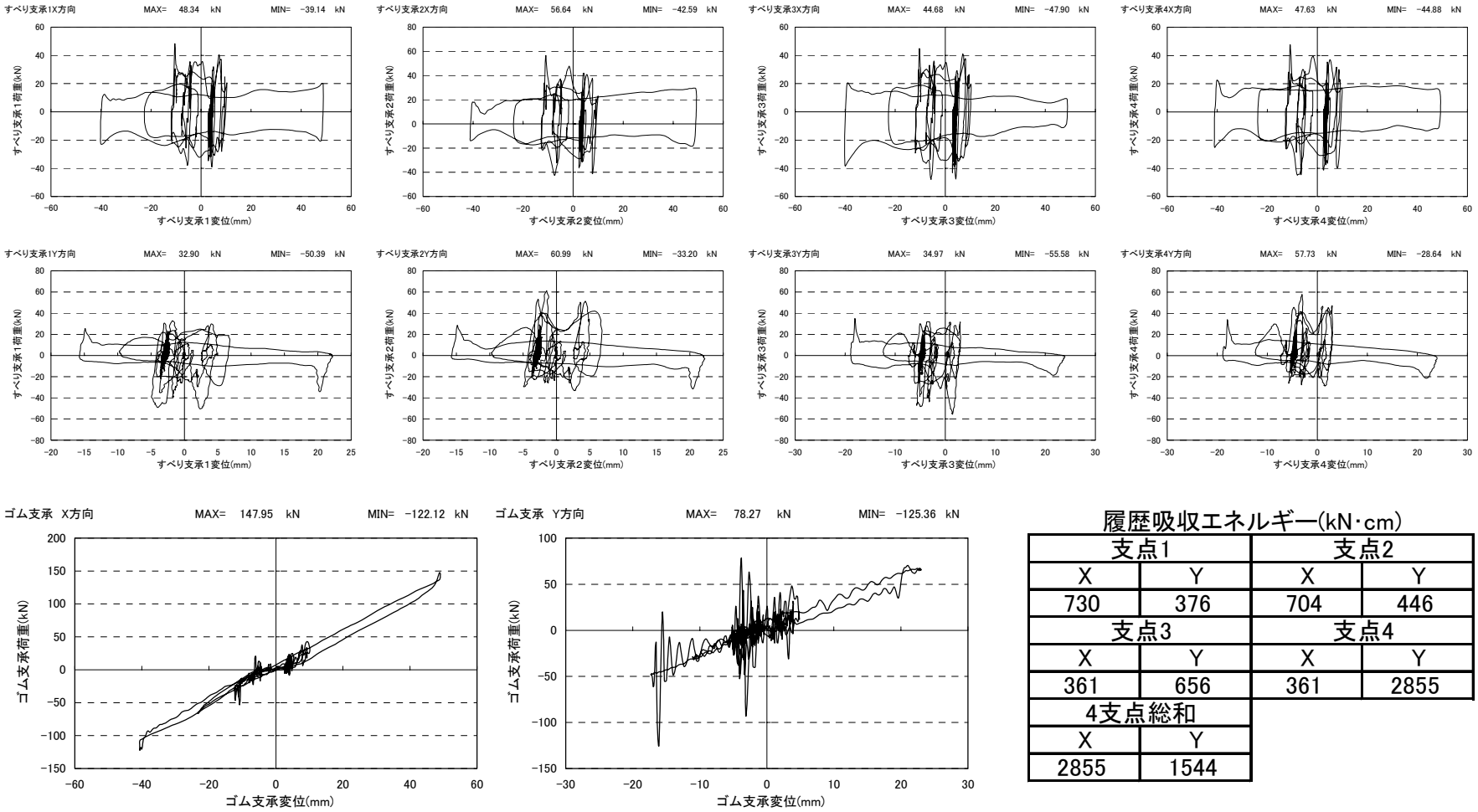




履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
542	ー	534	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
607	ー	499	ー
4支点総和			
X	Y		
2182	ー		

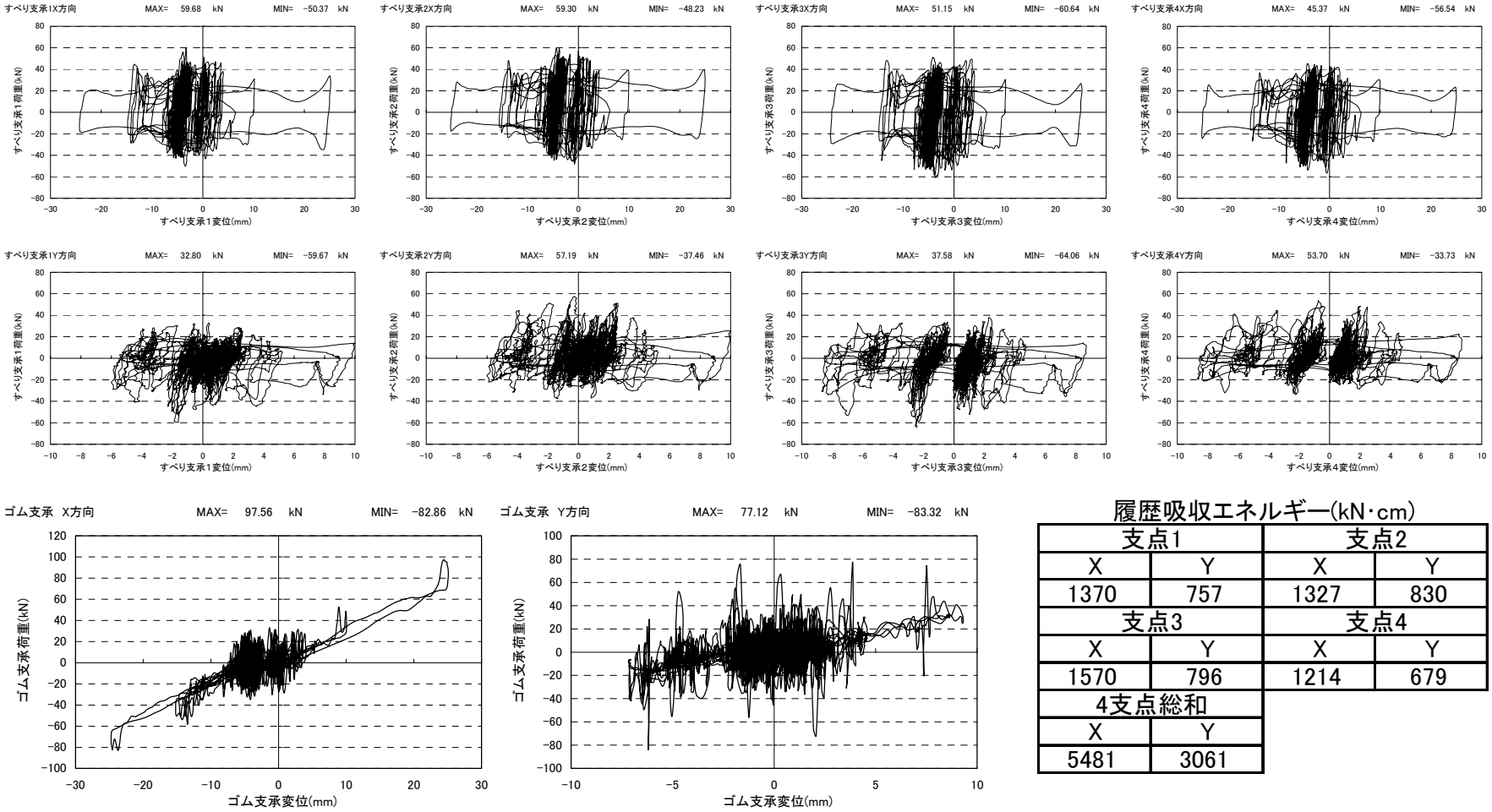
図 6.113　荷重-変位関係（タイプ 3, Case6-3）



履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
730	376	704	446
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
361	656	361	2855
4支点総和			
X	Y		
2855	1544		

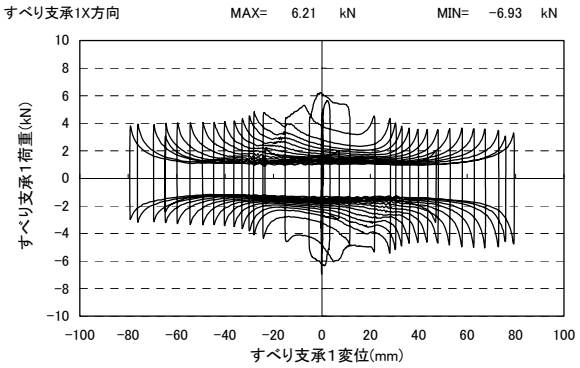
図 6.114　荷重-変位関係（タイプ 3, Case7-3）

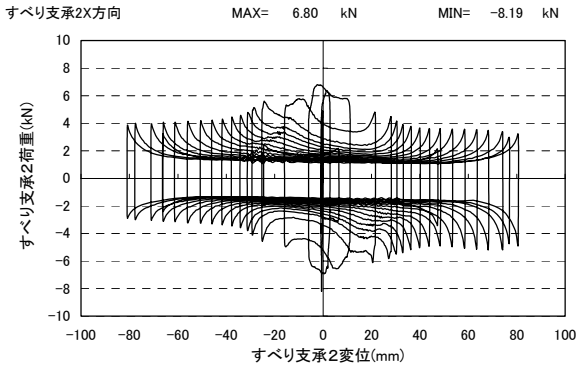


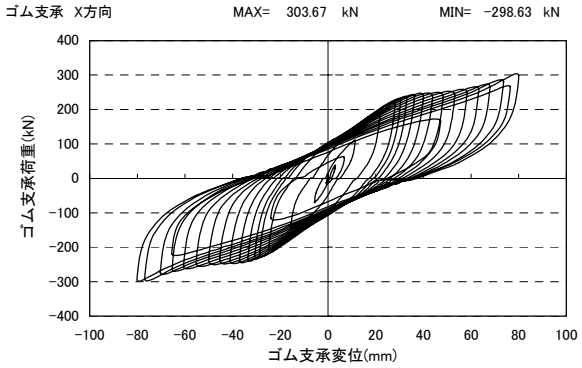
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

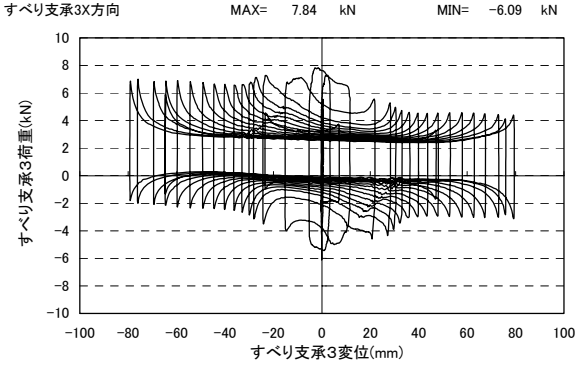
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
1370	757	1327	830
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
1570	796	1214	679
4支点総和			
X	Y		
5481	3061		

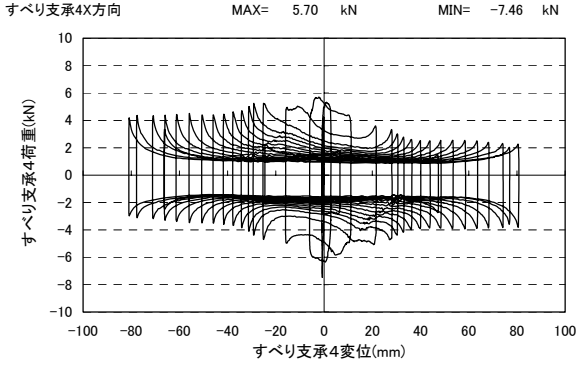
図 6.115　荷重-変位関係（タイプ 3, Case11-1）







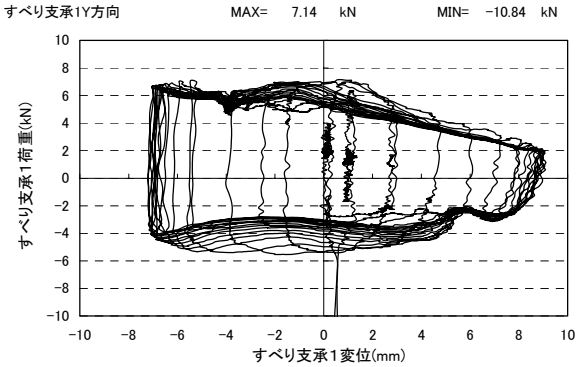


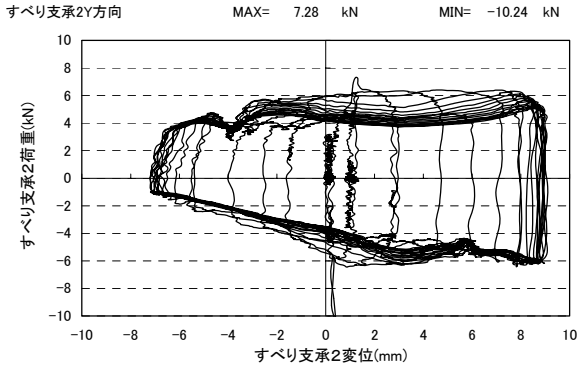


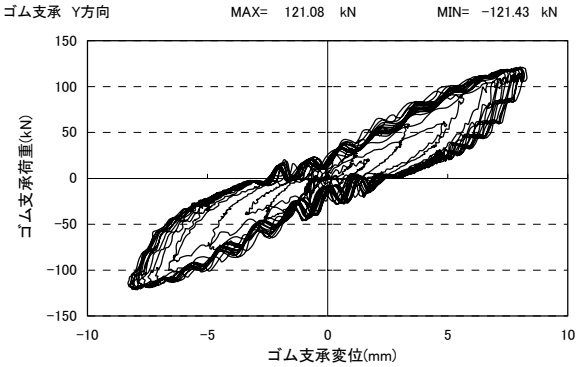
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

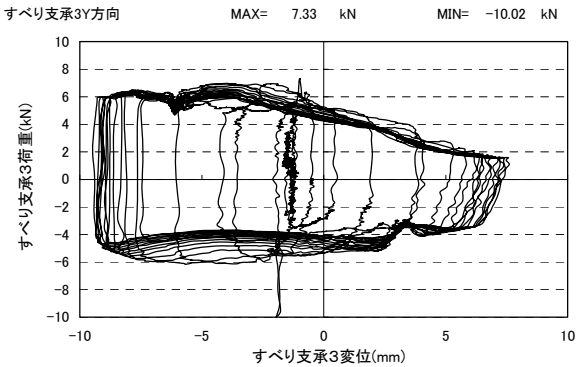
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
633	ー	678	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
717	ー	635	ー
4支点総和			
X	Y		
2662	ー		

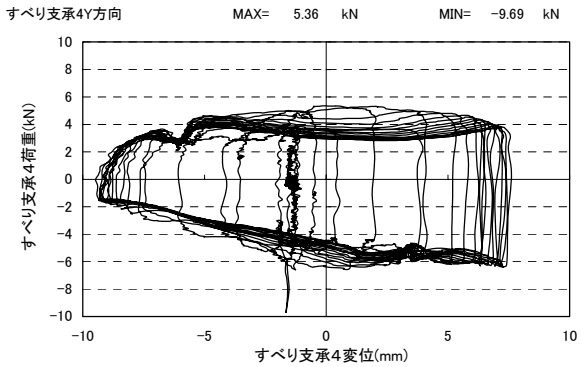
図 6.116　荷重-変位関係（タイプ 4, Case1-16）







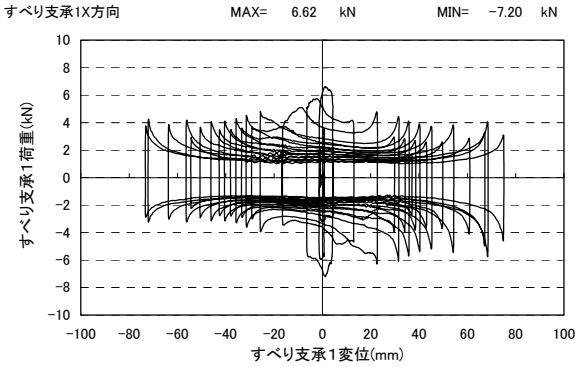


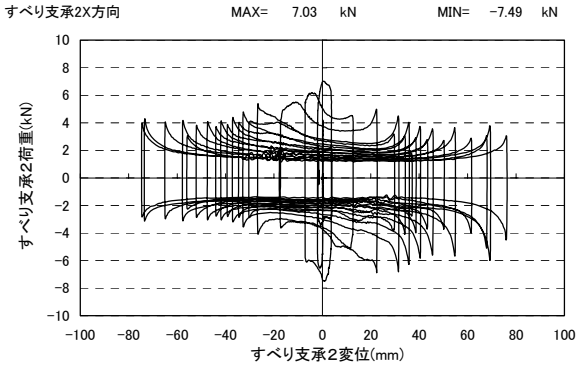


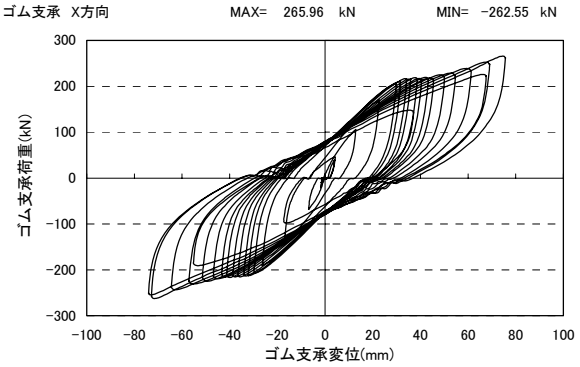
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

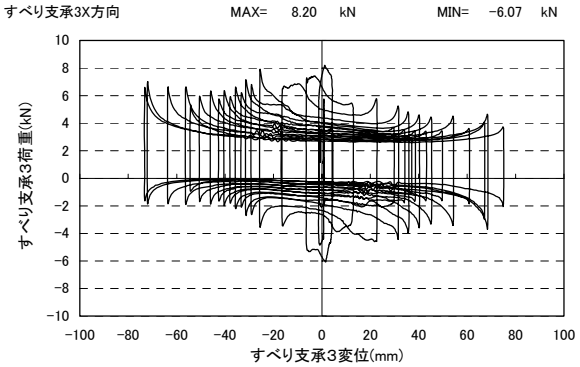
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
―	310	―	265
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
―	286	―	246
4支点総和			
X	Y		
―	1106		

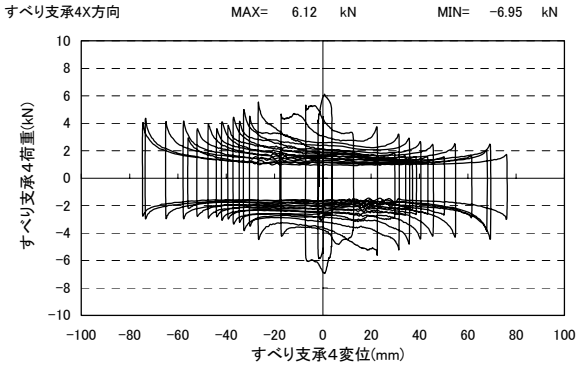
図 6.117　荷重-変位関係（タイプ 4，Case2-1）







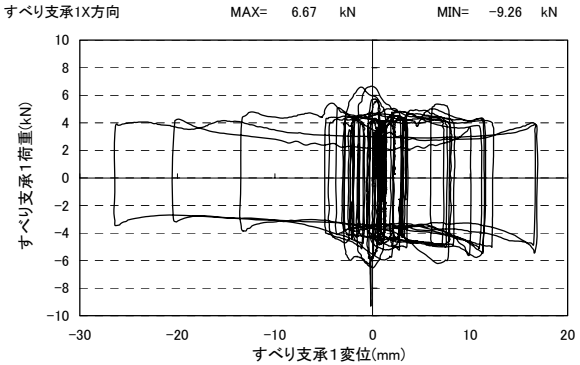


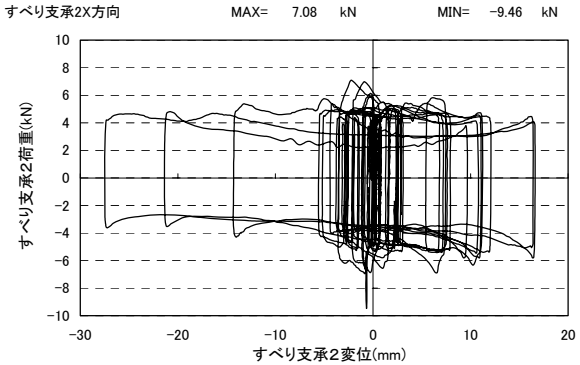


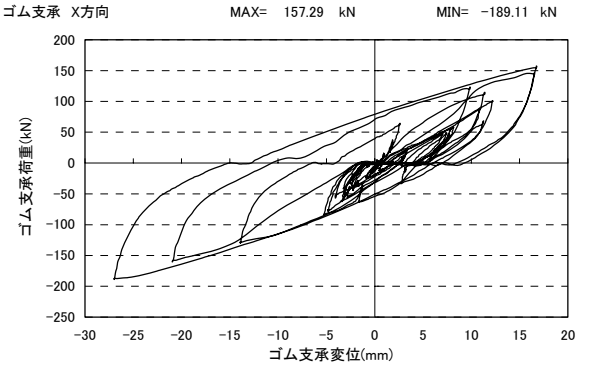
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

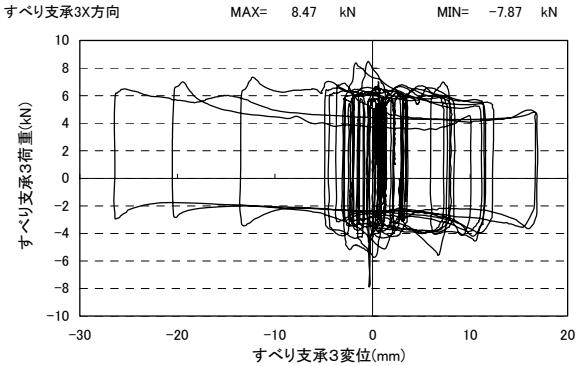
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
625	ー	671	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
725	ー	640	ー
4支点総和			
X	Y		
2662	ー		

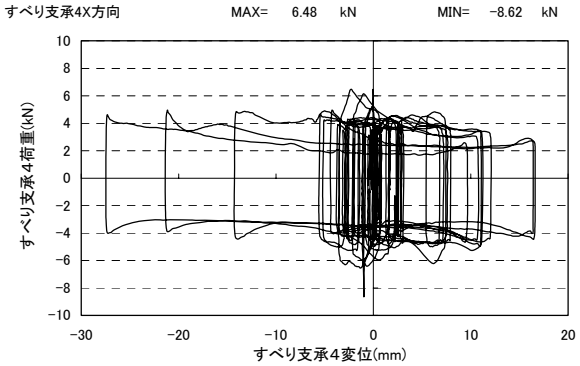
図 6.118　荷重-変位関係（タイプ 4, Case3-3）







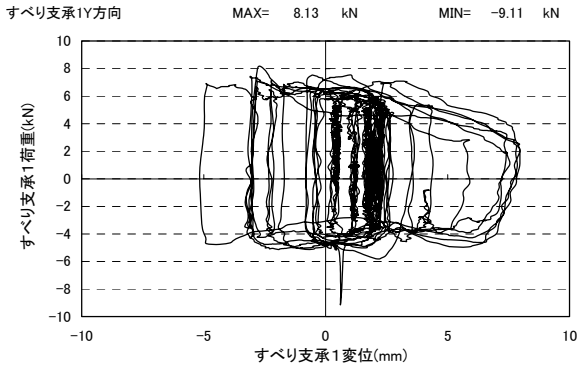


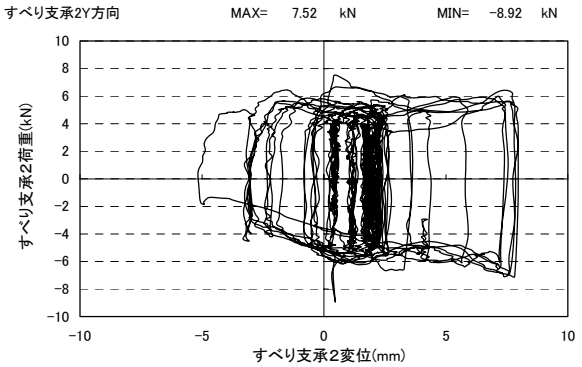


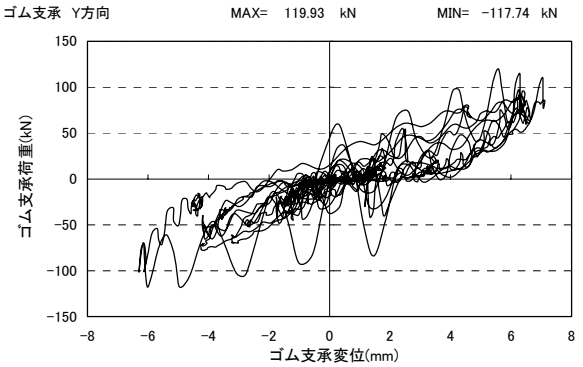
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

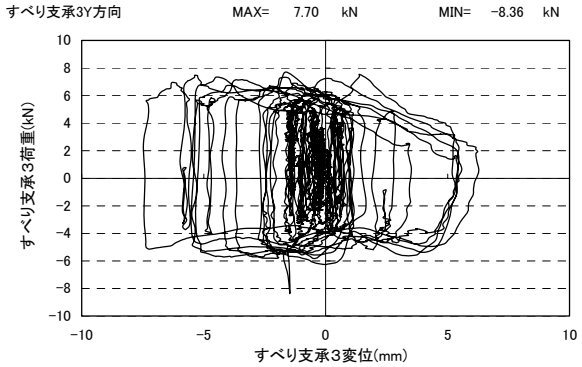
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
223	ー	213	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
263	ー	190	ー
4支点総和			
X	Y		
889	ー		

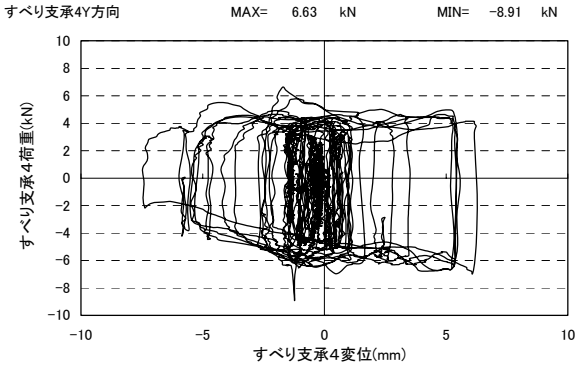
図 6.119　荷重-変位関係（タイプ 4, Case4-2）







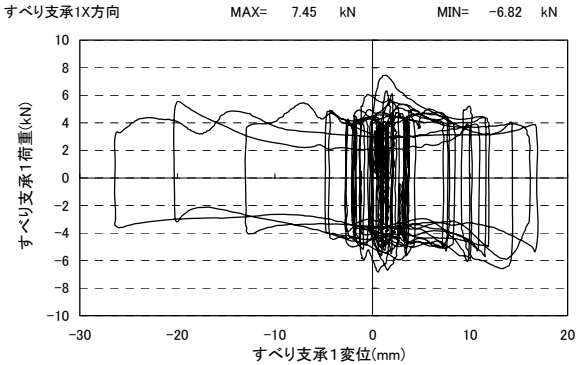


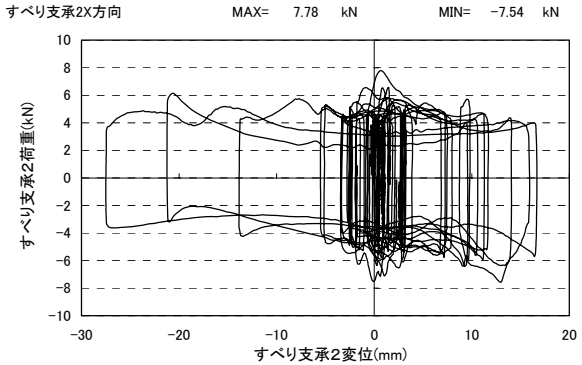


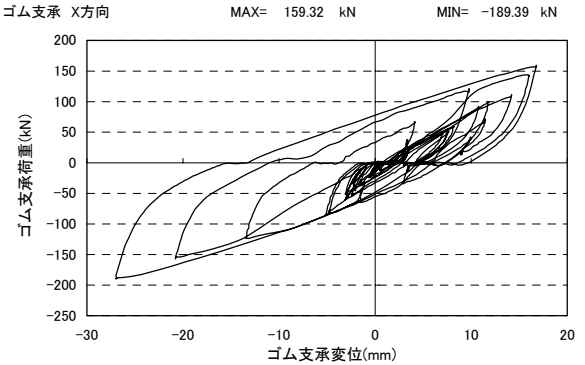
履歴吸収エネルギー(kN･cm)

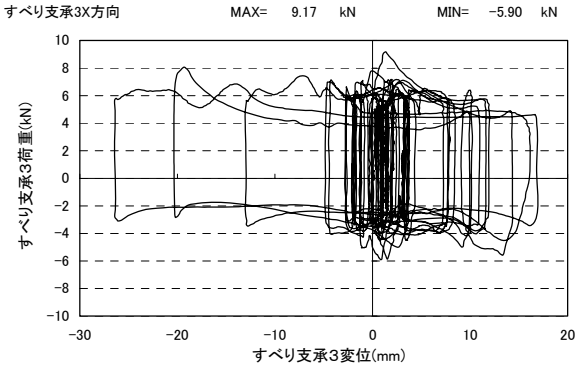
支点1		支点2	
X	Y	X	Y
ー	183	ー	178
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
ー	179	ー	159
4支点総和			
X	Y		
ー	700		

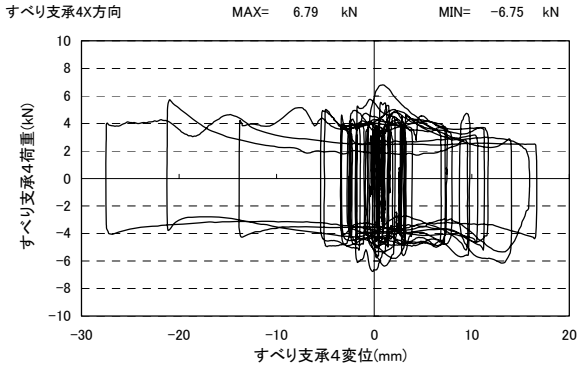
図 6.120　荷重-変位関係（タイプ 4, Case5-1）







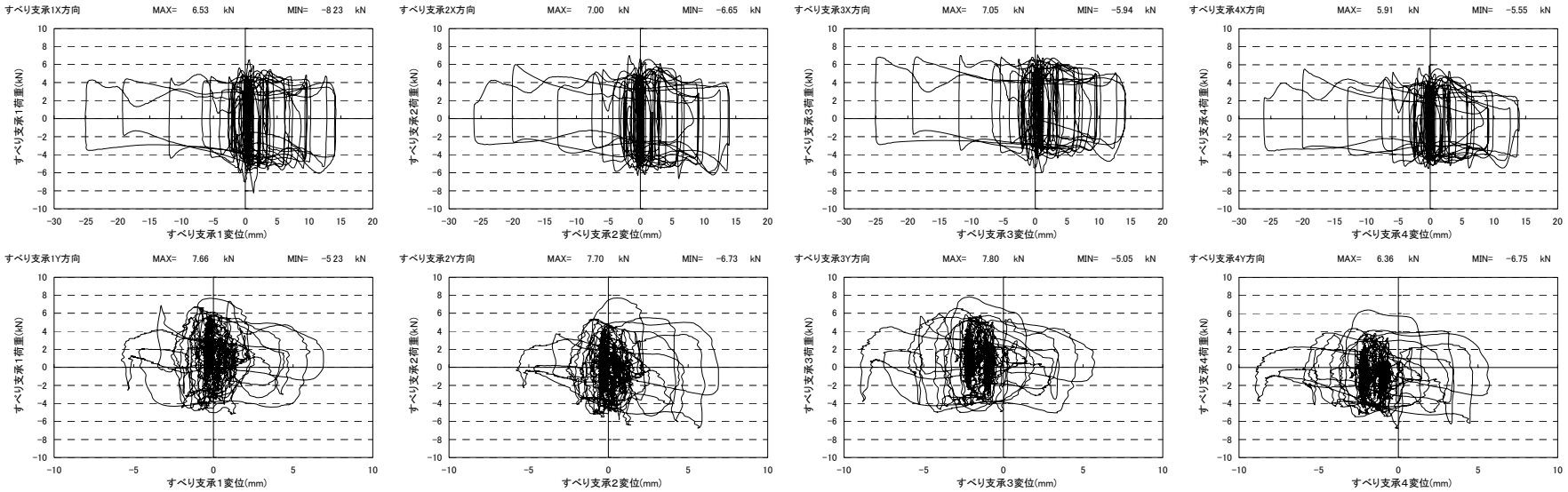


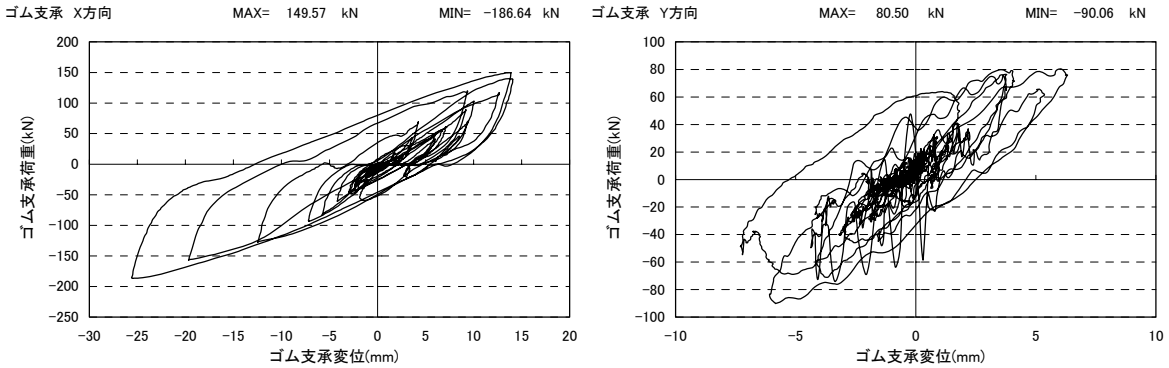


履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
226	ー	214	ー
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
261	ー	191	ー
4支点総和			
X	Y		
892	ー		

図 6.121　荷重-変位関係（タイプ 4, Case6-2）

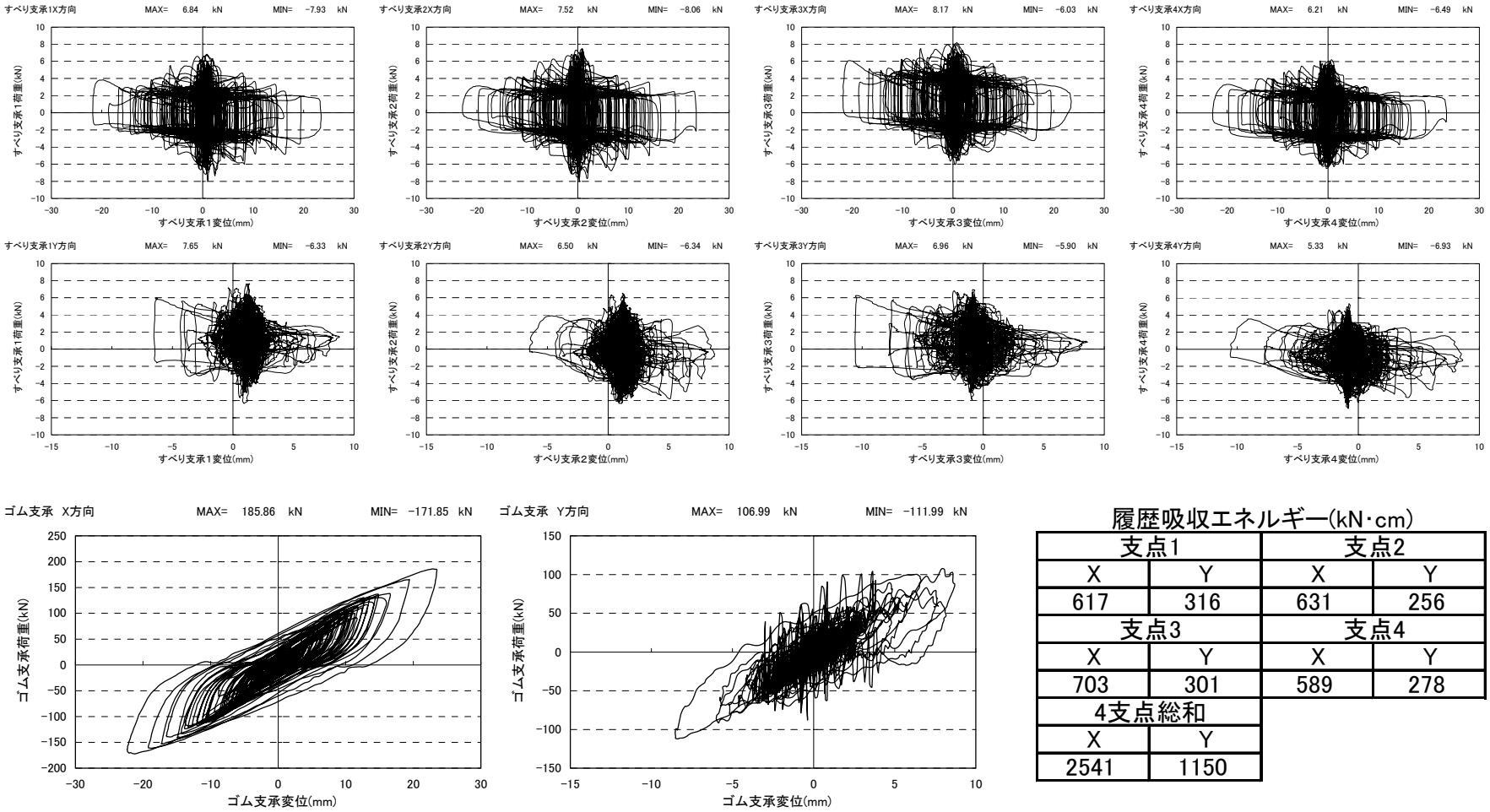




履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
201	158	180	104
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
132	160	110	771
4支点総和			
X	Y		
771	505		

図 6.122　荷重-変位関係（タイプ 4, Case7-3）



履歴吸収エネルギー(kN･cm)

支点1		支点2	
X	Y	X	Y
617	316	631	256
支点3		支点4	
X	Y	X	Y
703	301	589	278
4支点総和			
X	Y		
2541	1150		

図 6.123　荷重-変位関係（タイプ 4, Case11-1）

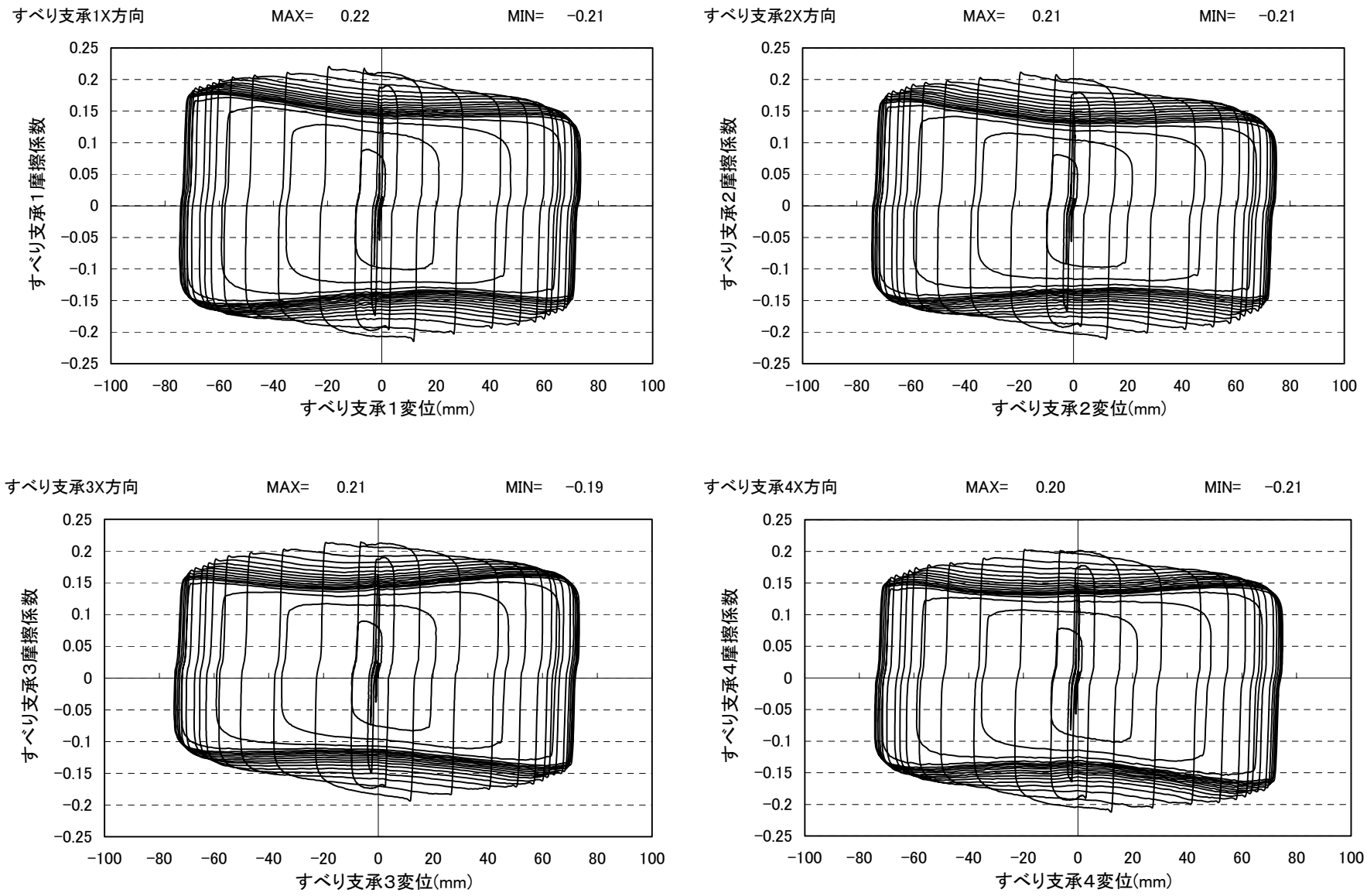


図 6.124　摩擦係数-変位関係（タイプ 1, Case1-5）

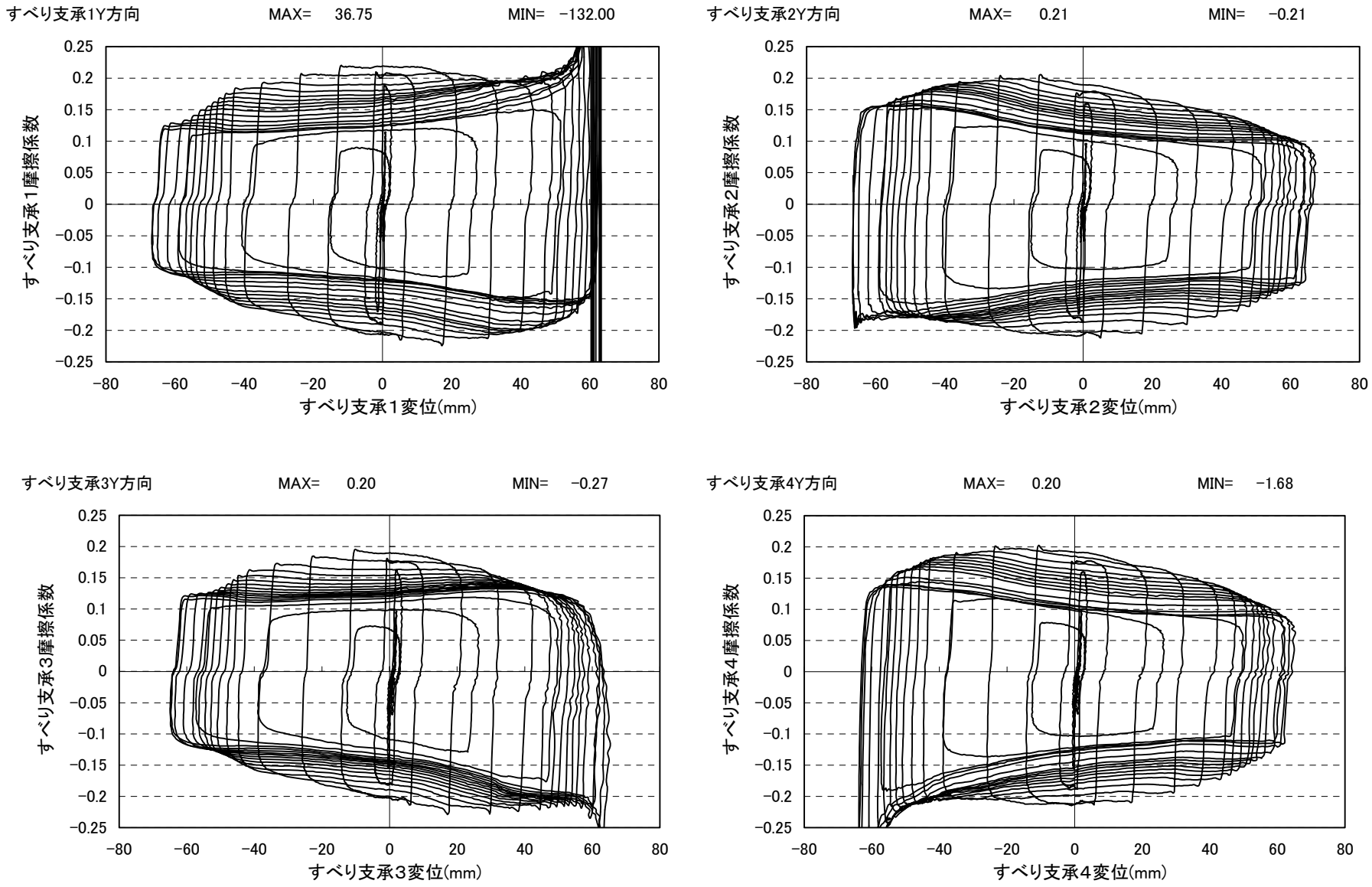


図 6.125　摩擦係数-変位関係（タイプ 1, Case2-5）

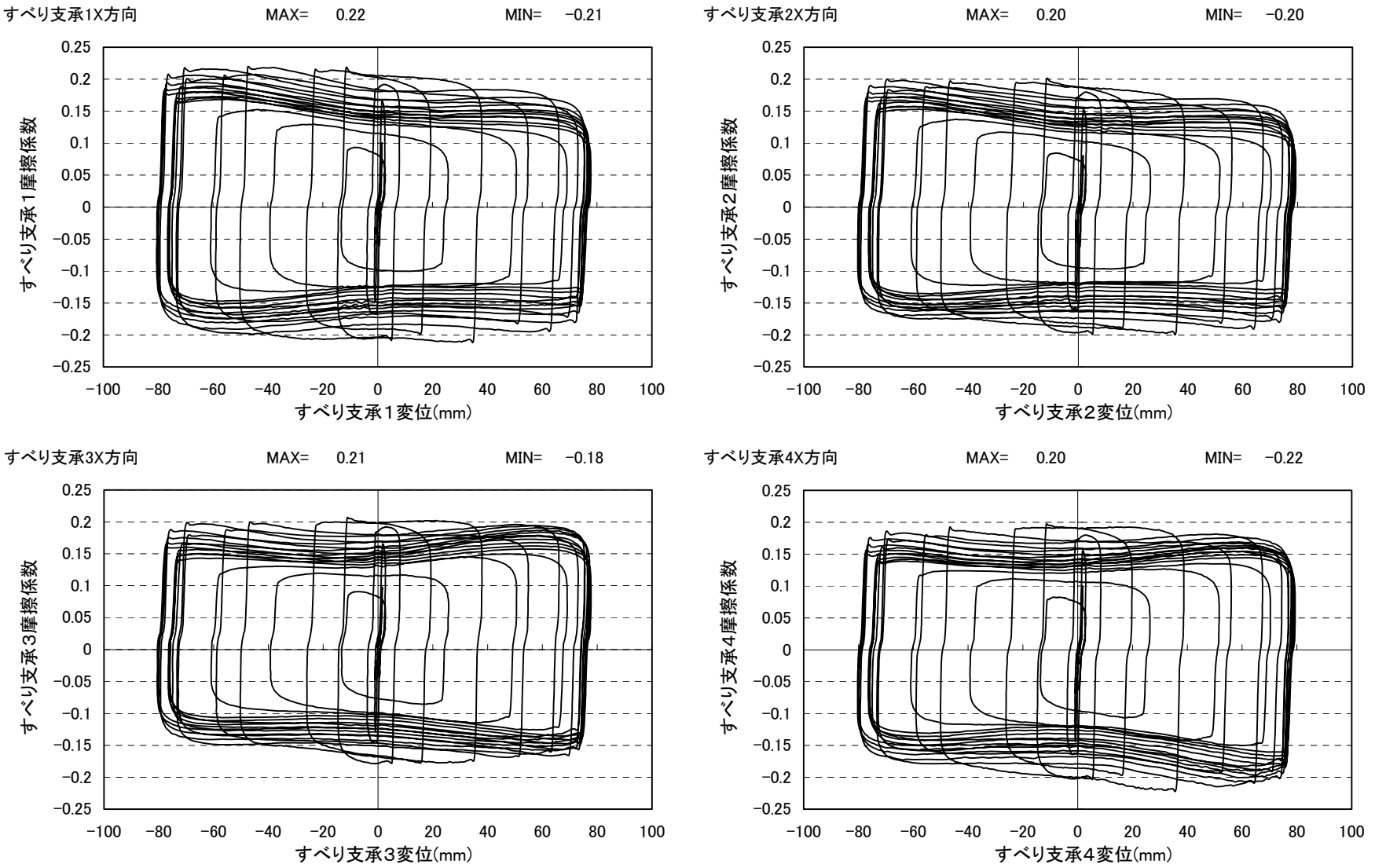


図 6.126　摩擦係数-変位関係（タイプ 1, Case3-3）

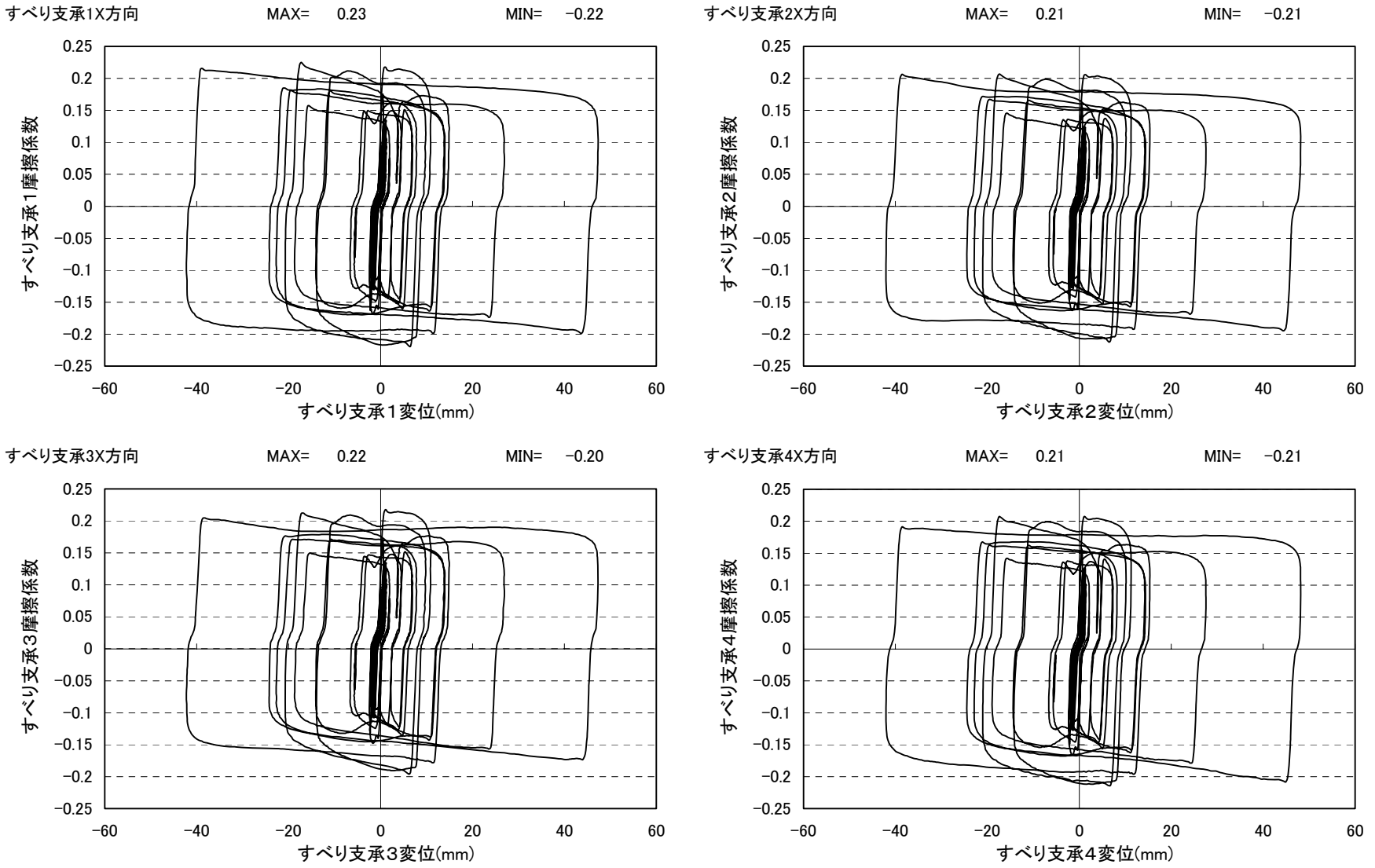


図 6.127　摩擦係数-変位関係（タイプ 1, Case4-2）

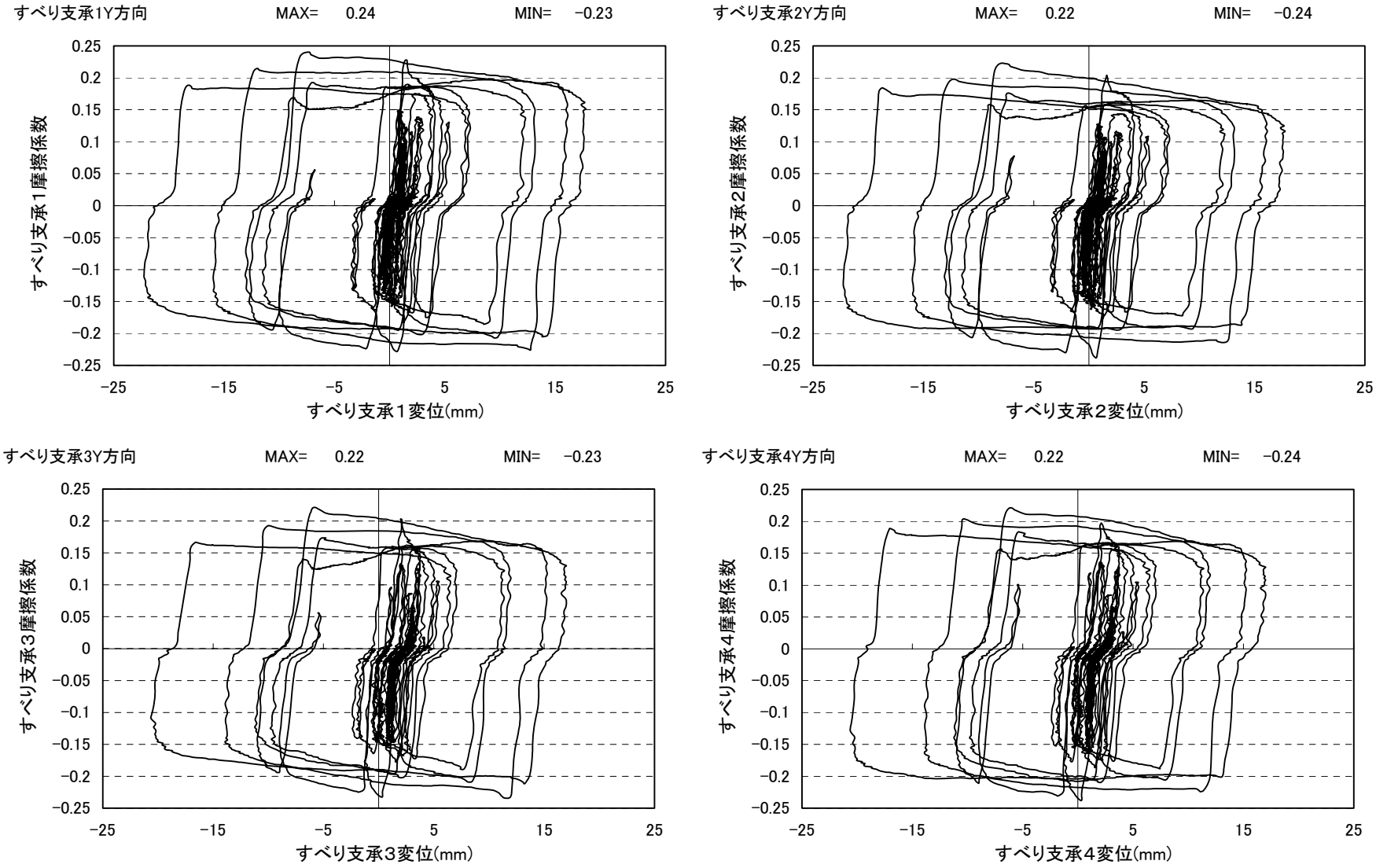


図 6.128　摩擦係数-変位関係（タイプ 1, Case5-1）

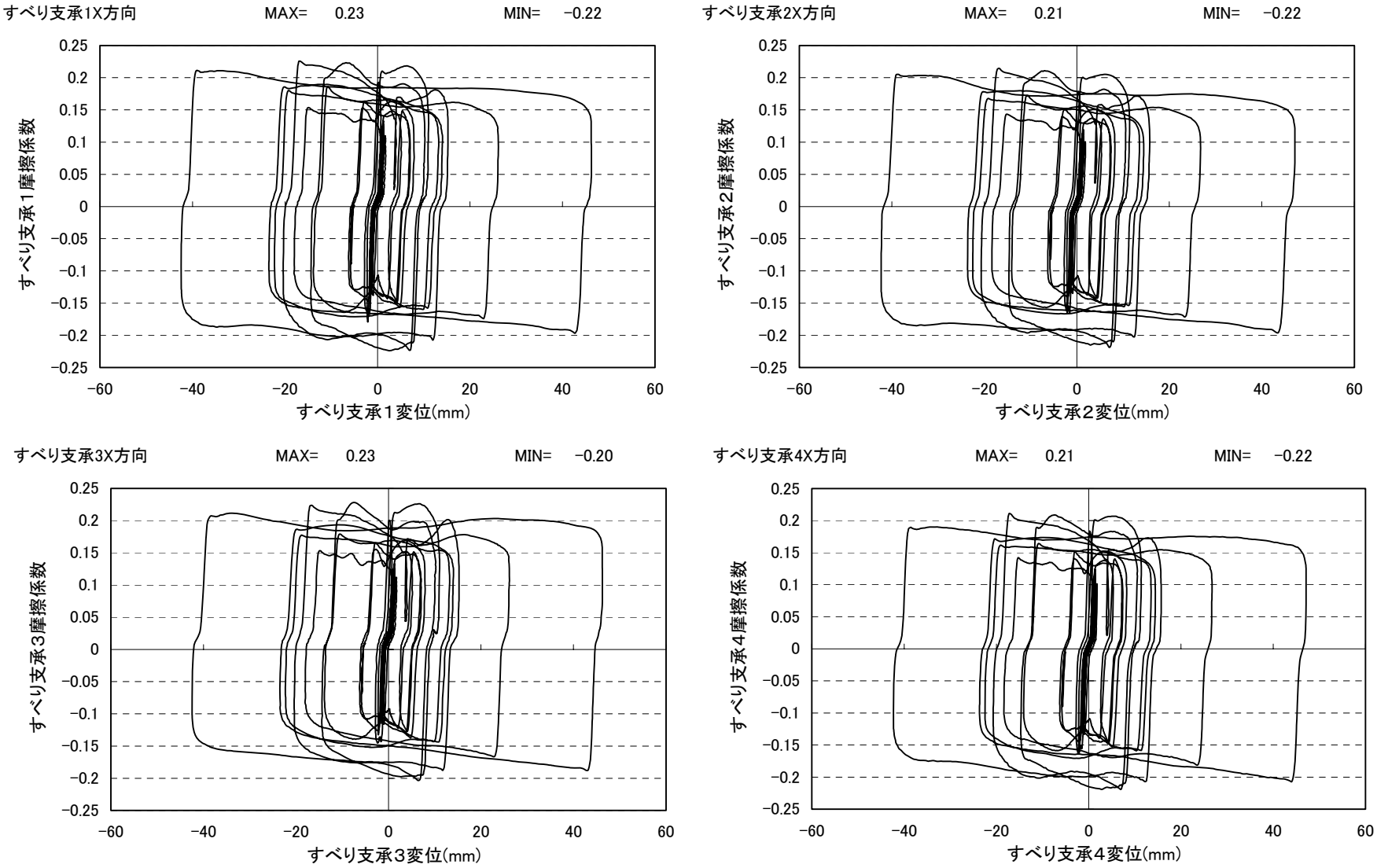


図 6.129　摩擦係数-変位関係（タイプ 1, Case6-2）

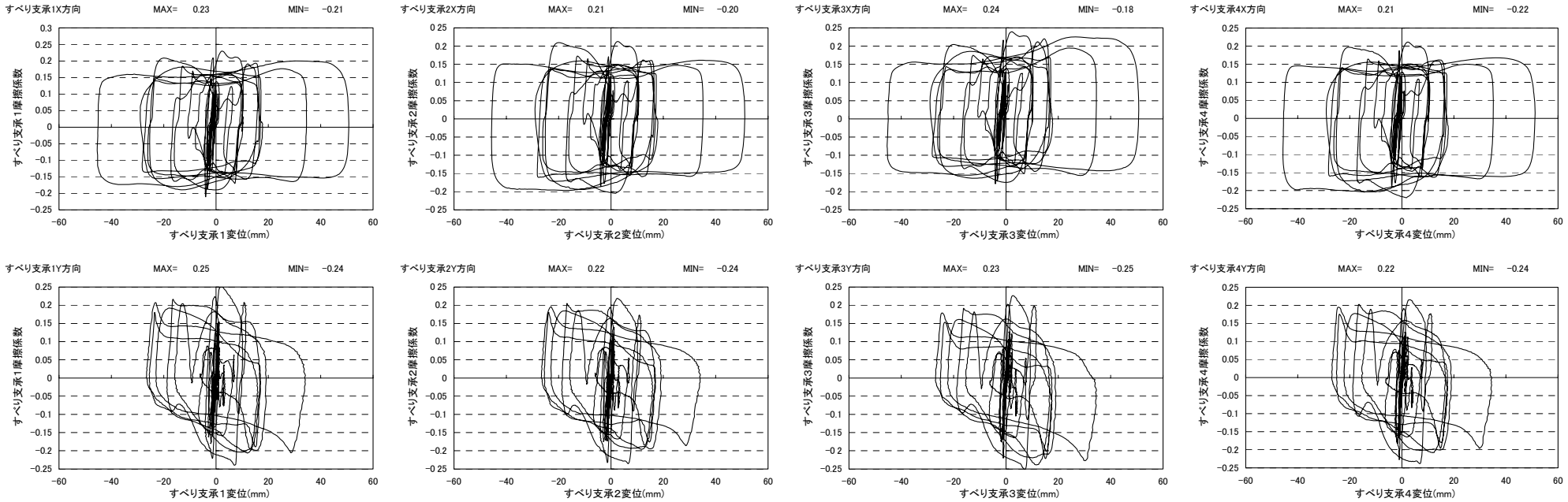


図 6.130　摩擦係数-変位関係（タイプ 1, Case7-2）

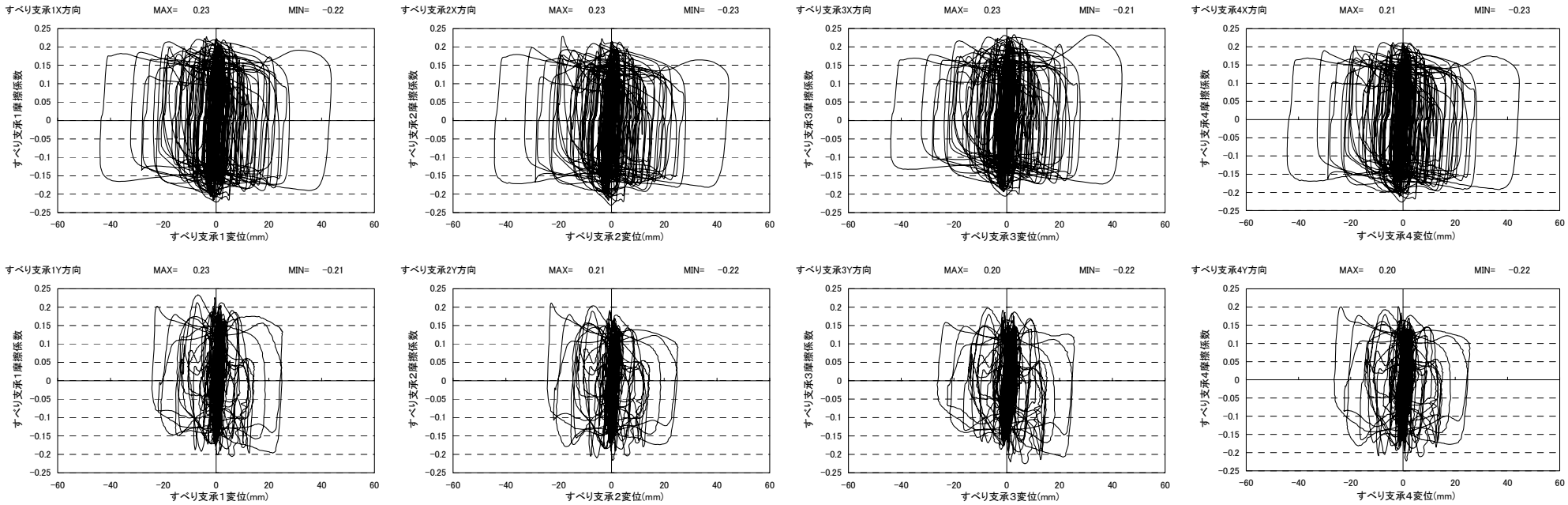


図 6.131　摩擦係数-変位関係（タイプ 1, Case11-1）

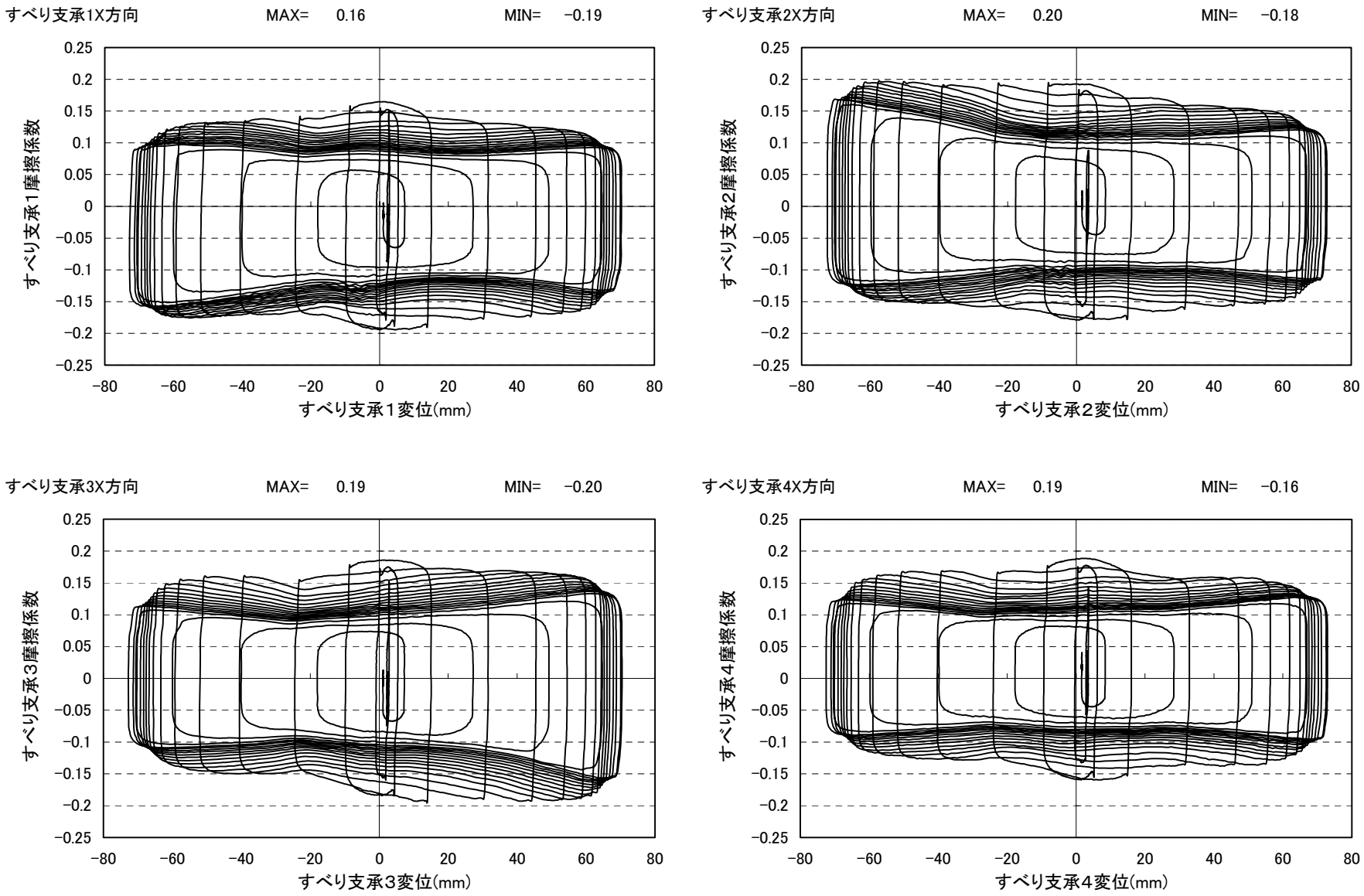


図 6.132　摩擦係数-変位関係（タイプ 2, Case1-4）

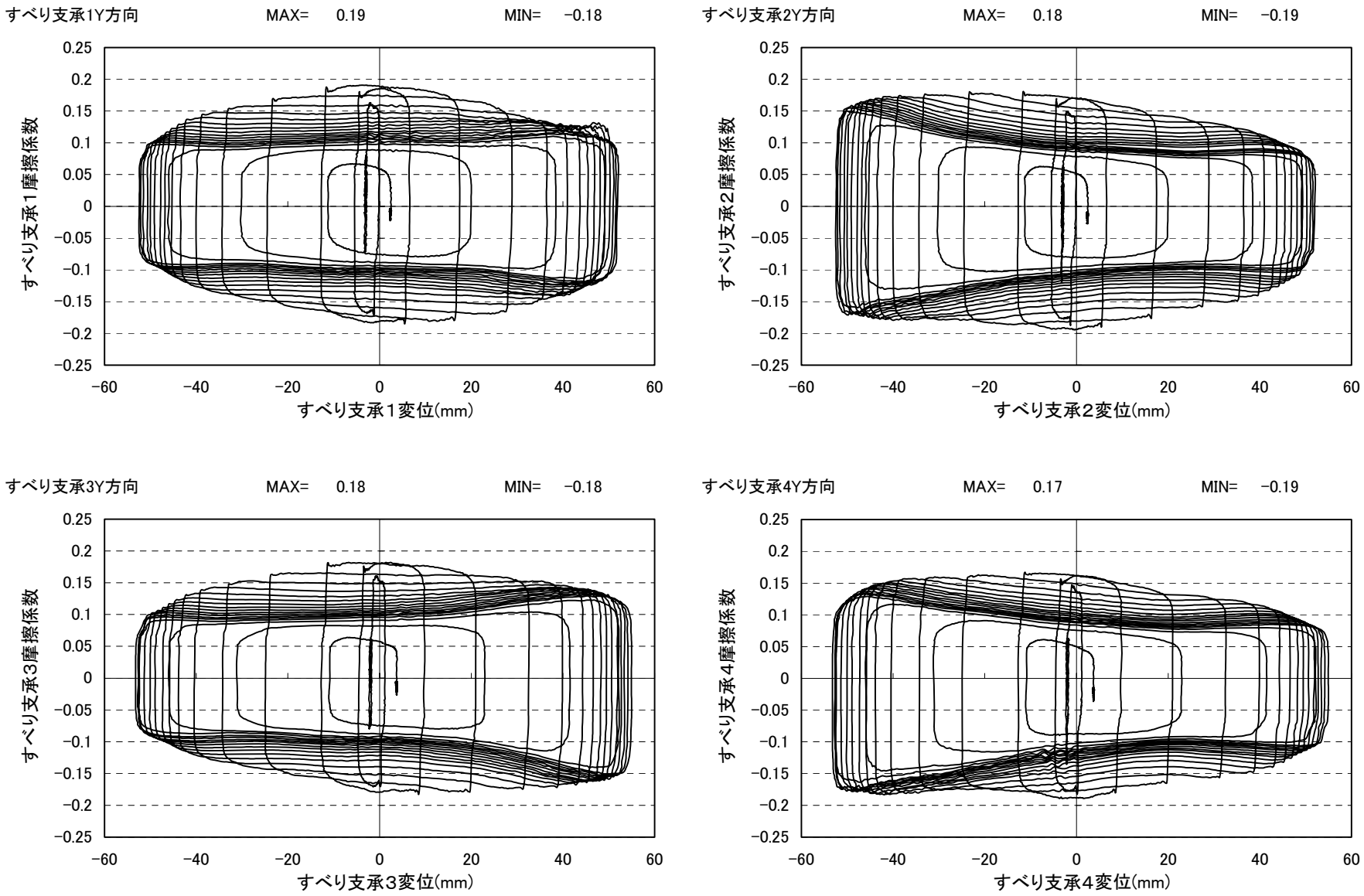


図 6.133　摩擦係数-変位関係（タイプ 2, Case2-3）

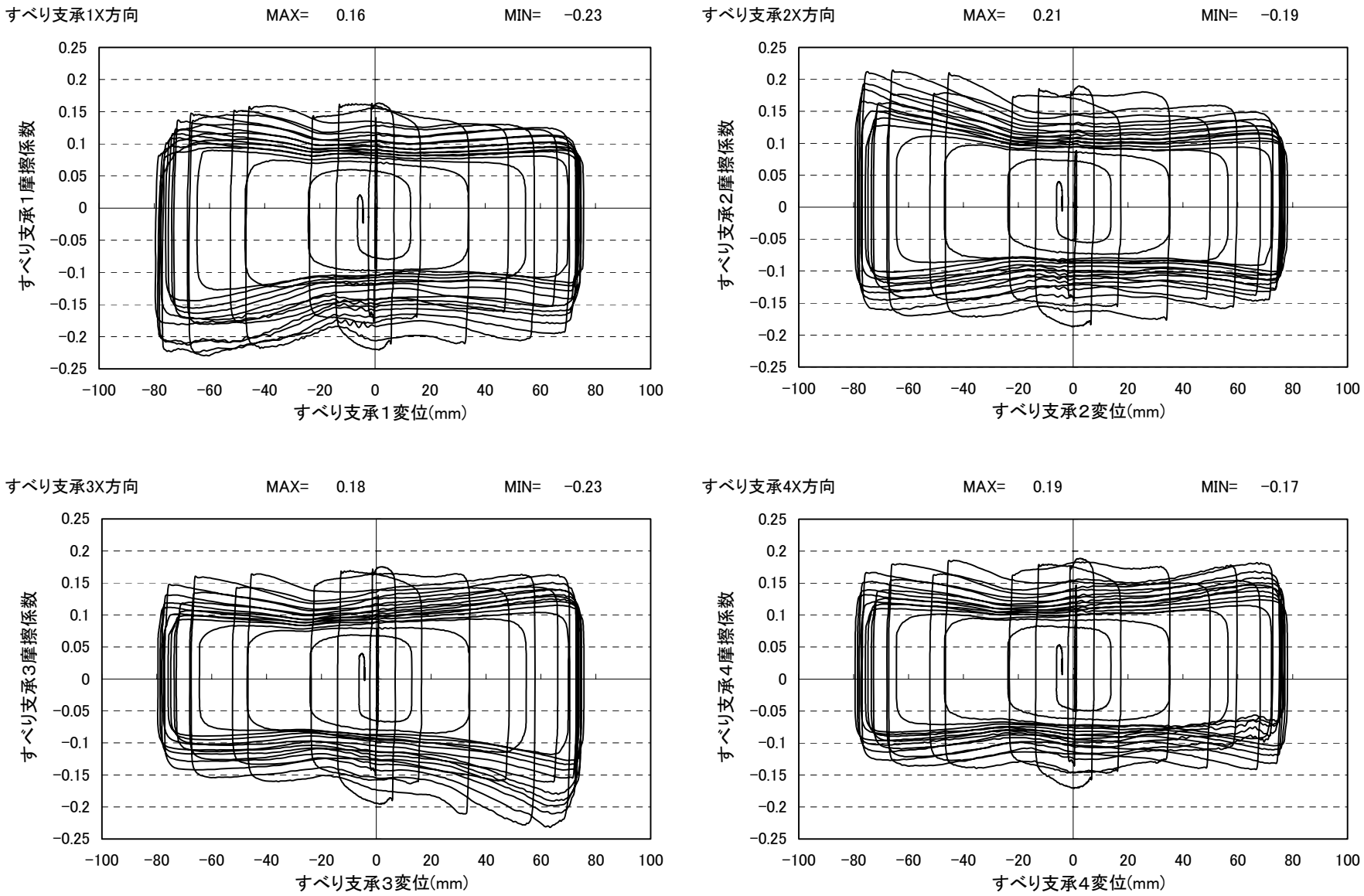


図 6.134　摩擦係数-変位関係（タイプ 2, Case3-2）

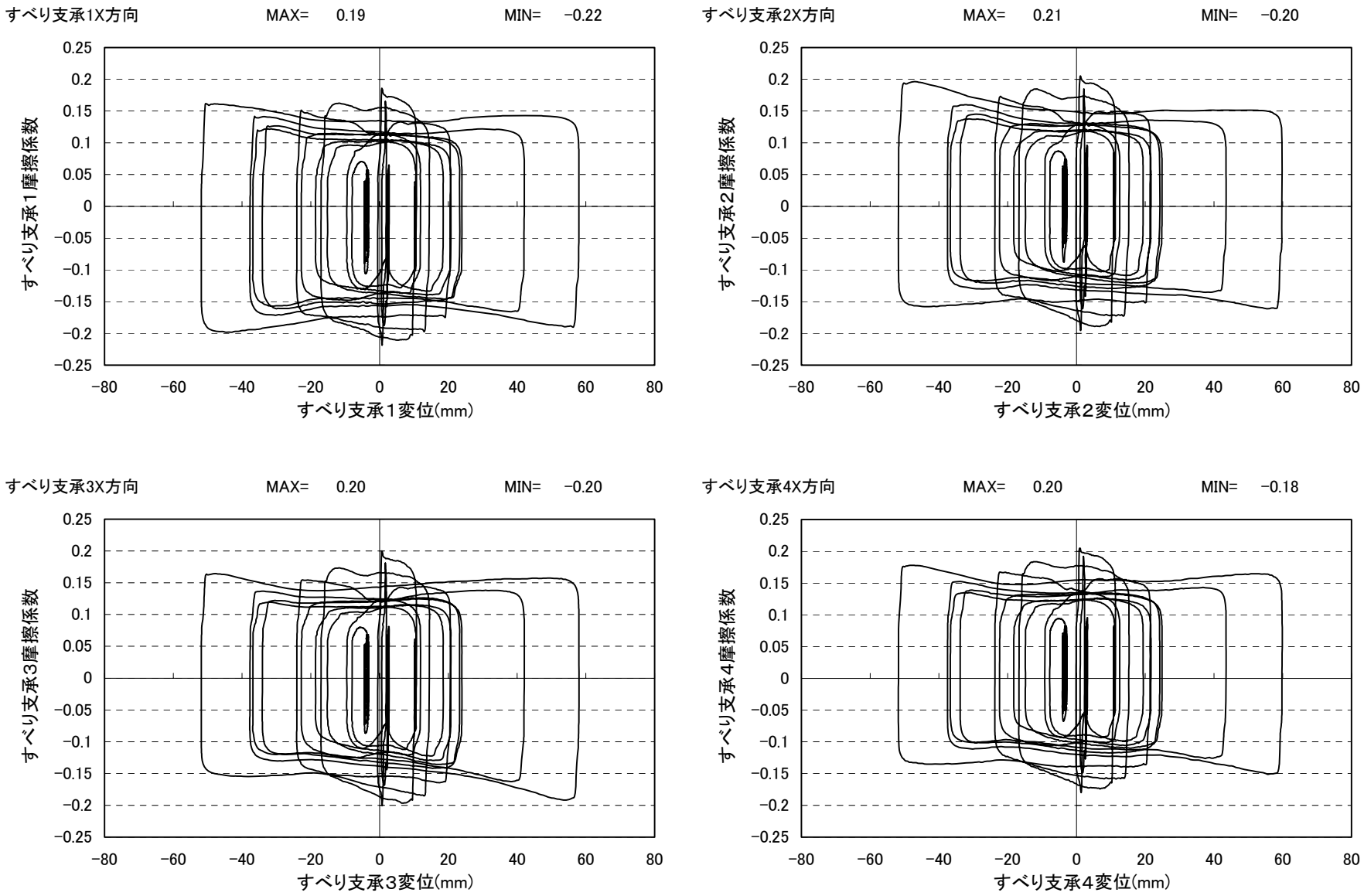


図 6.135　摩擦係数-変位関係（タイプ 2, Case4-2）

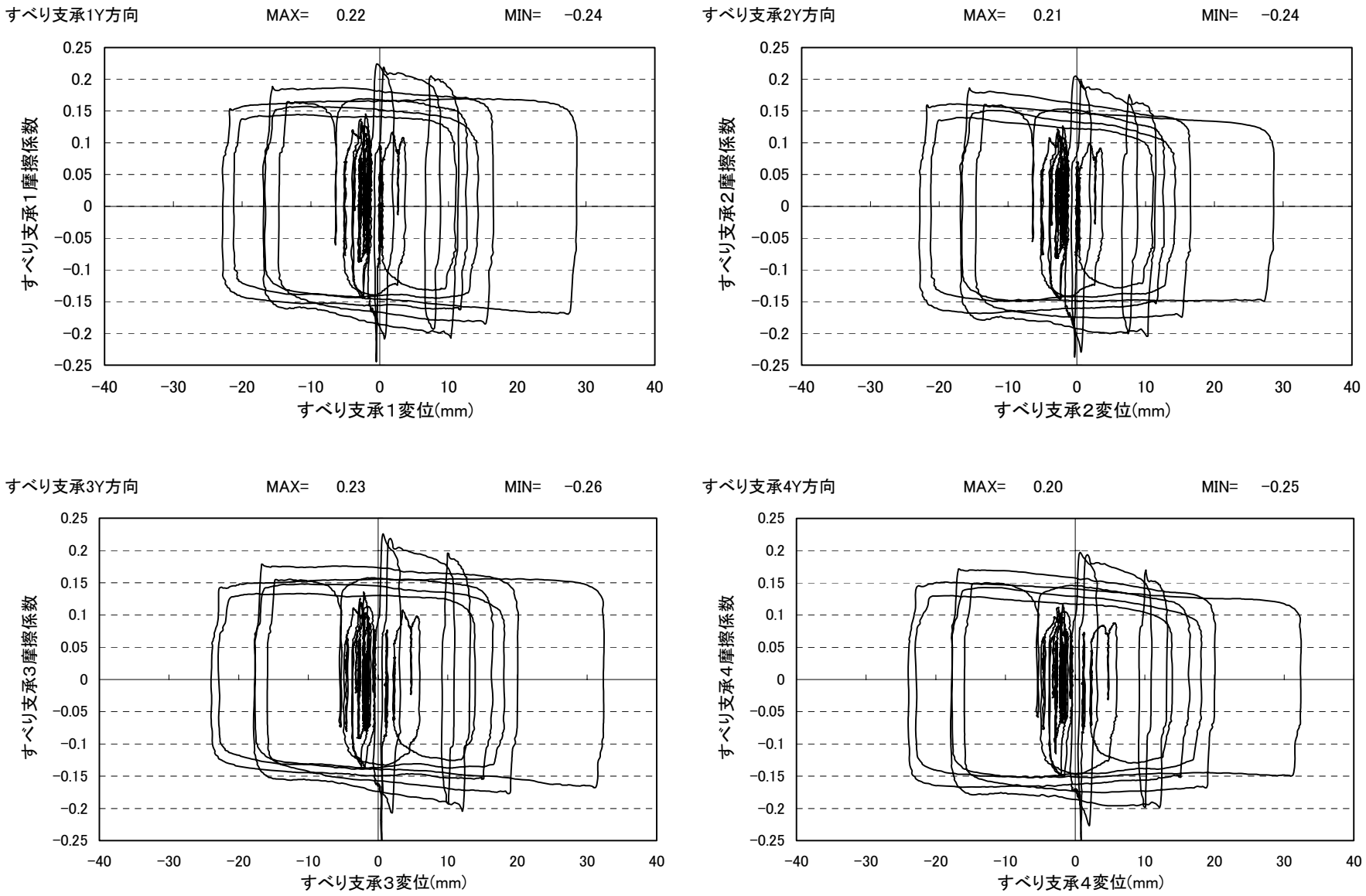


図 6.136　摩擦係数-変位関係（タイプ 2, Case5-1）

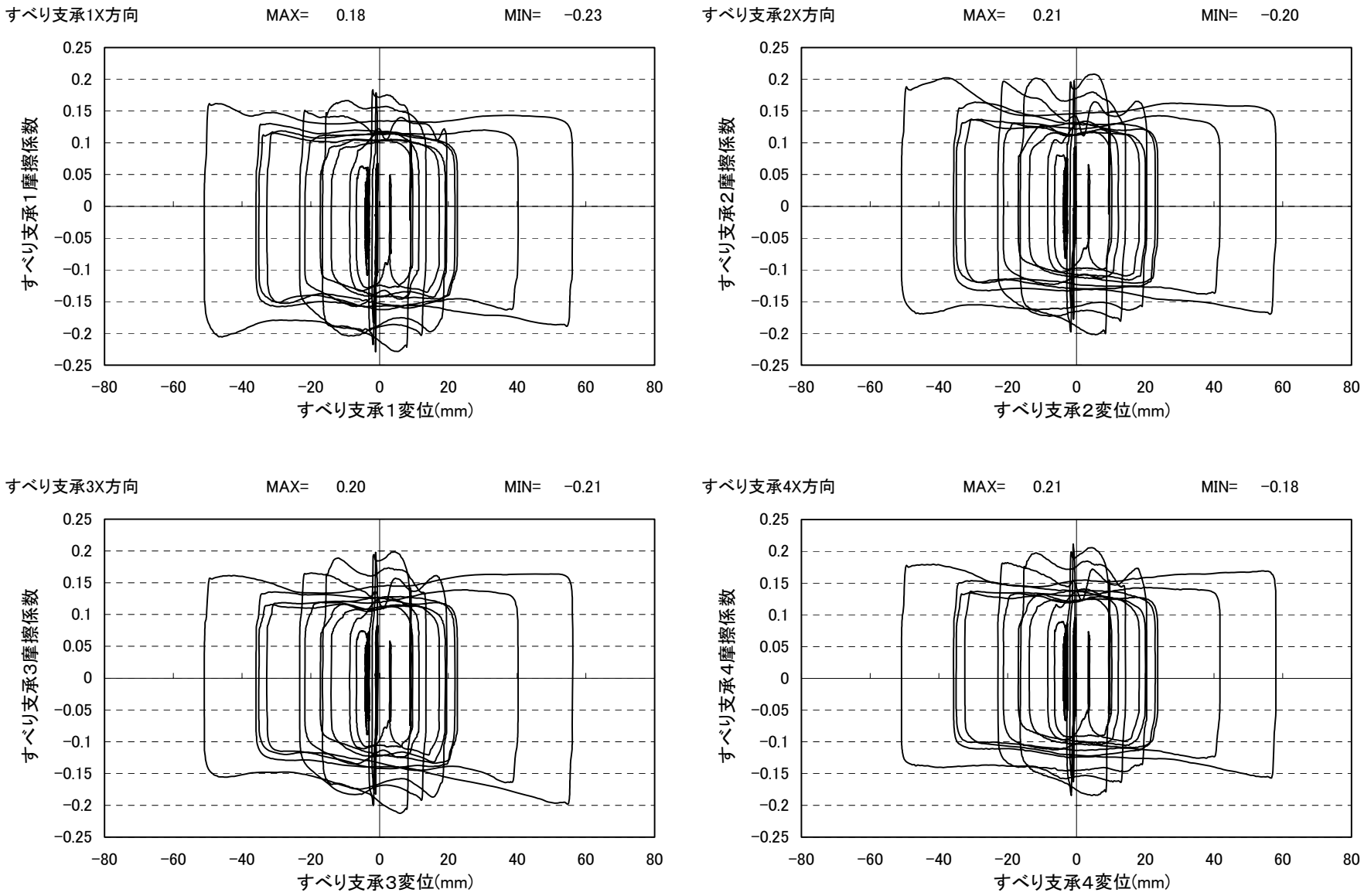


図 6.137　摩擦係数-変位関係（タイプ 2, Case6-2）

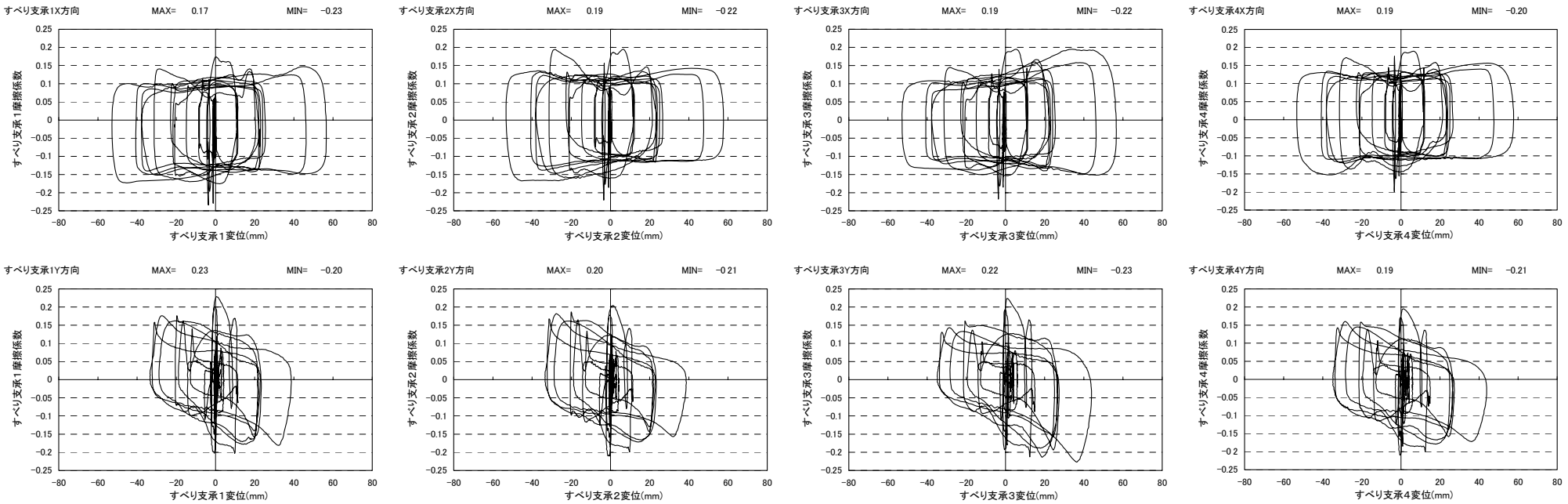


図 6.138　摩擦係数-変位関係（タイプ 2, Case7-2）

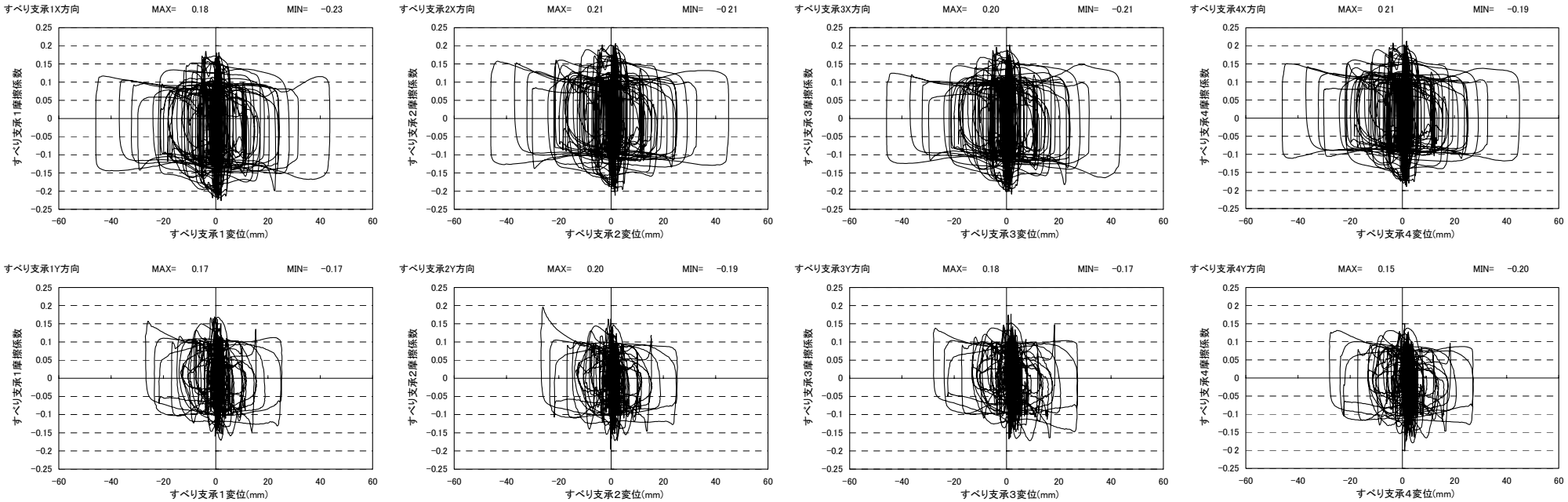


図 6.139　摩擦係数-変位関係（タイプ 2, Case11-1）

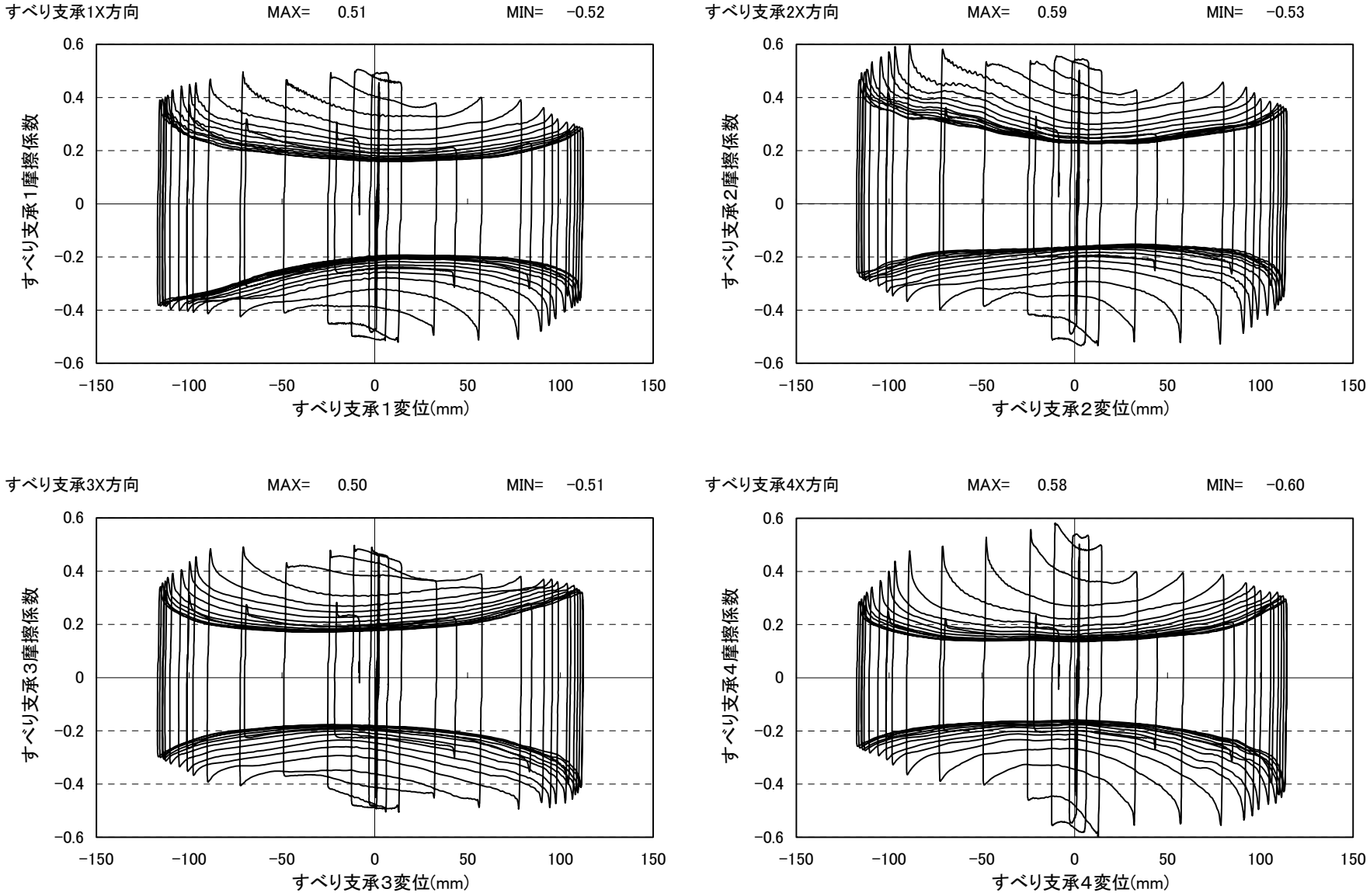


図 6.140　摩擦係数-変位関係（タイプ 3, Case1-10）

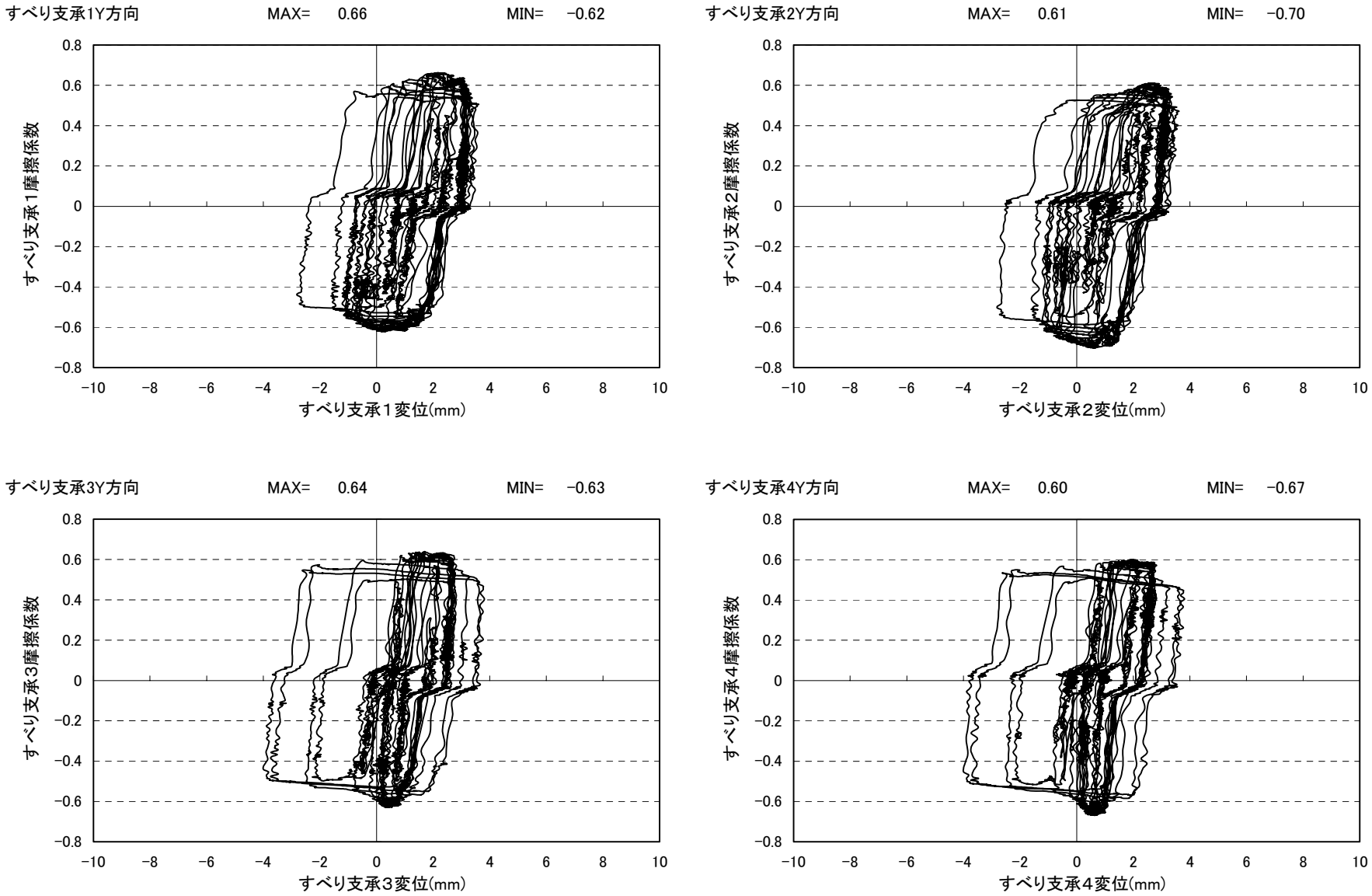


図 6.141　摩擦係数-変位関係（タイプ 3, Case2-5）

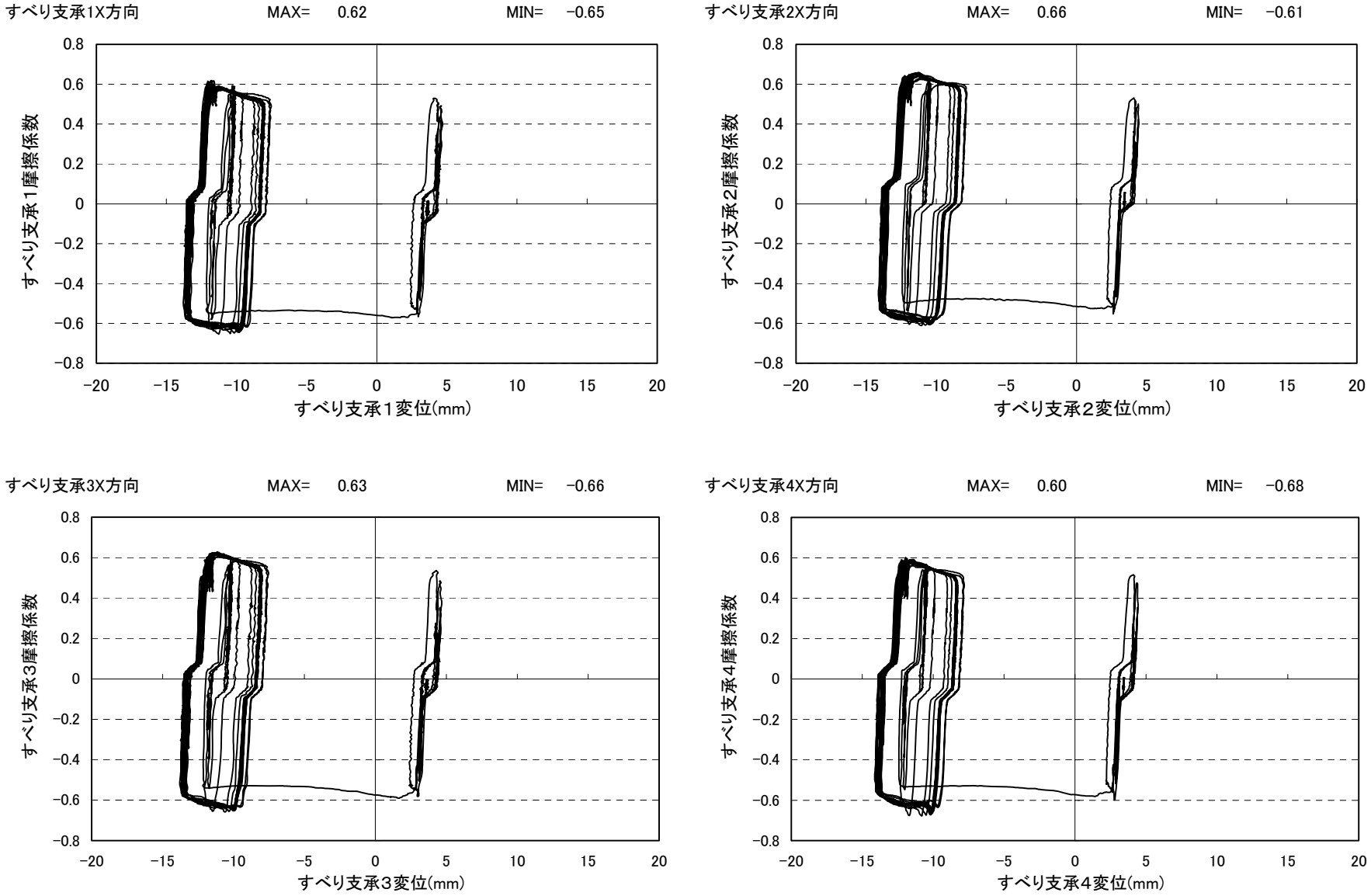


図 6.142　摩擦係数-変位関係（タイプ 3, Case3-1）

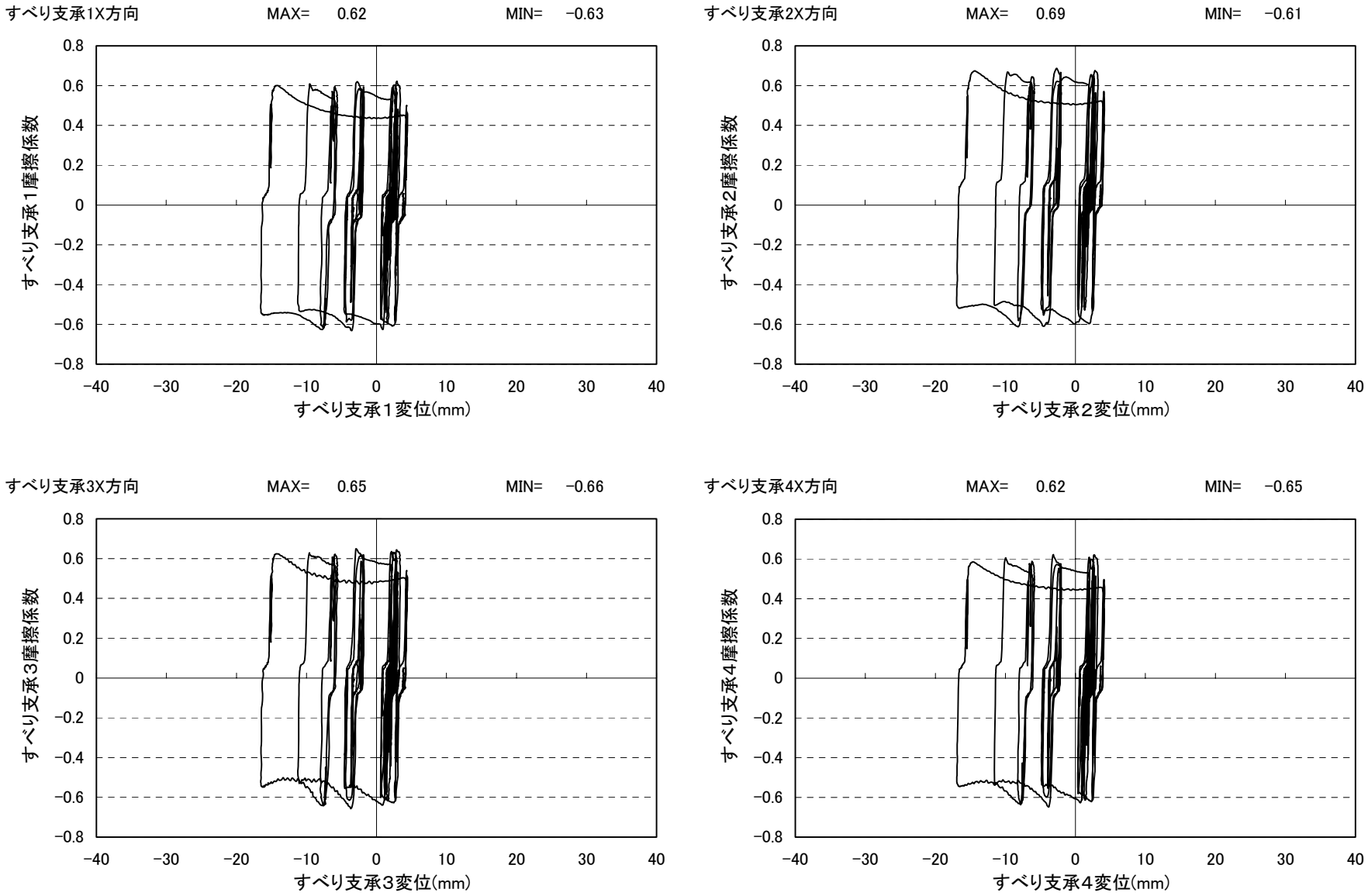


図 6.143　摩擦係数-変位関係（タイプ 3, Case4-2）

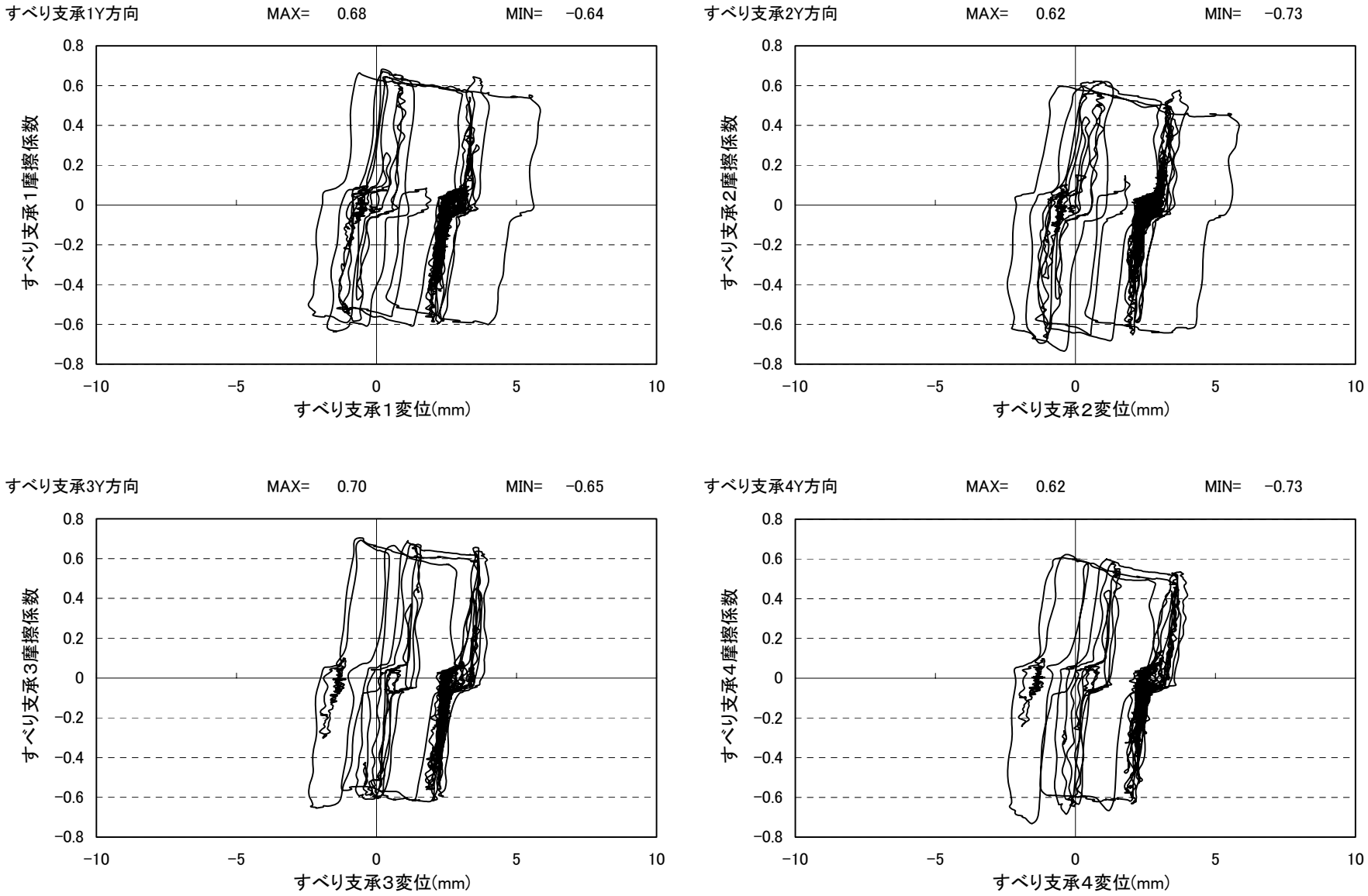


図 6.144　摩擦係数-変位関係（タイプ 3, Case5-1）

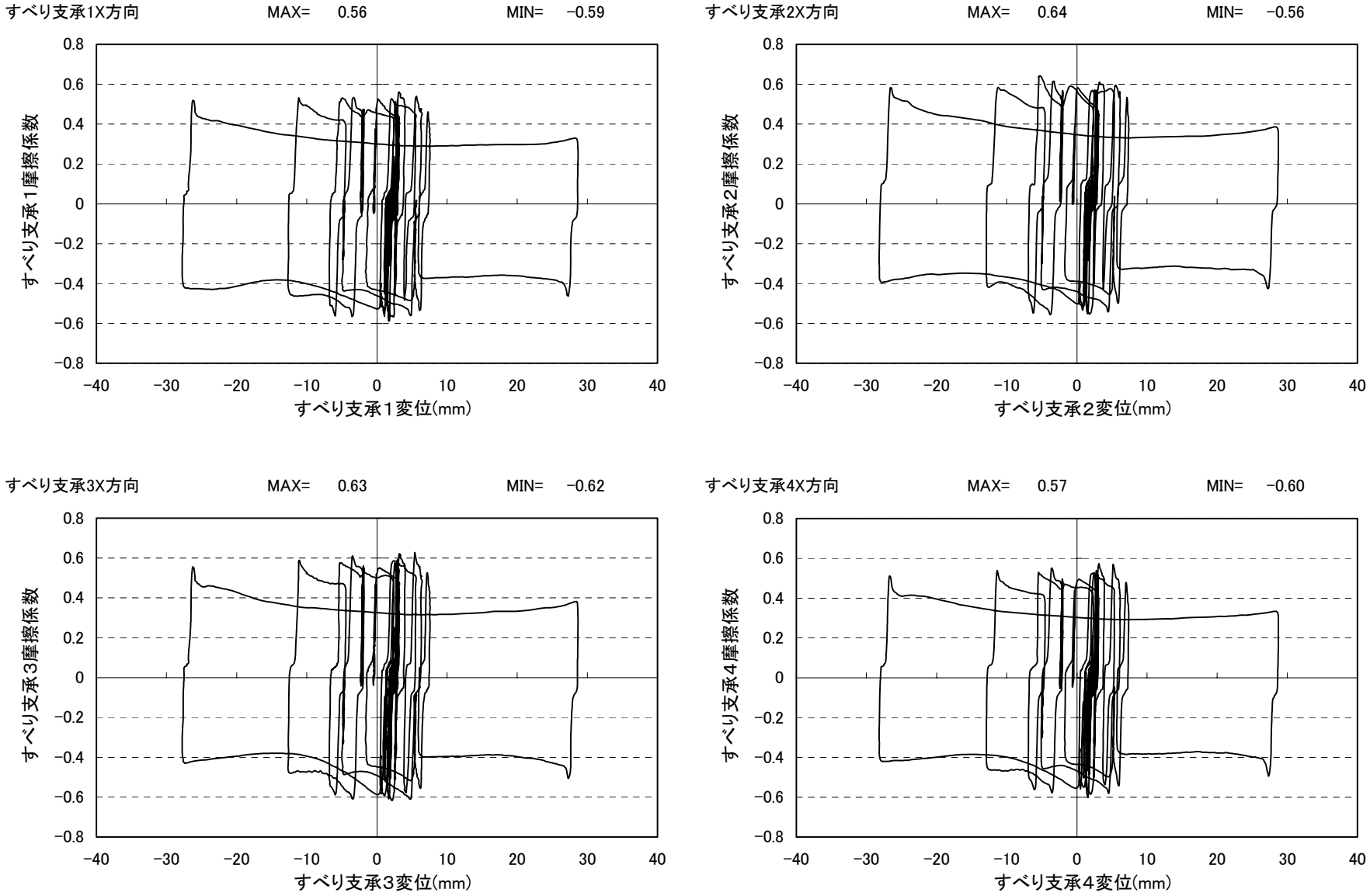


図 6.145　摩擦係数-変位関係（タイプ 3, Case6-3）

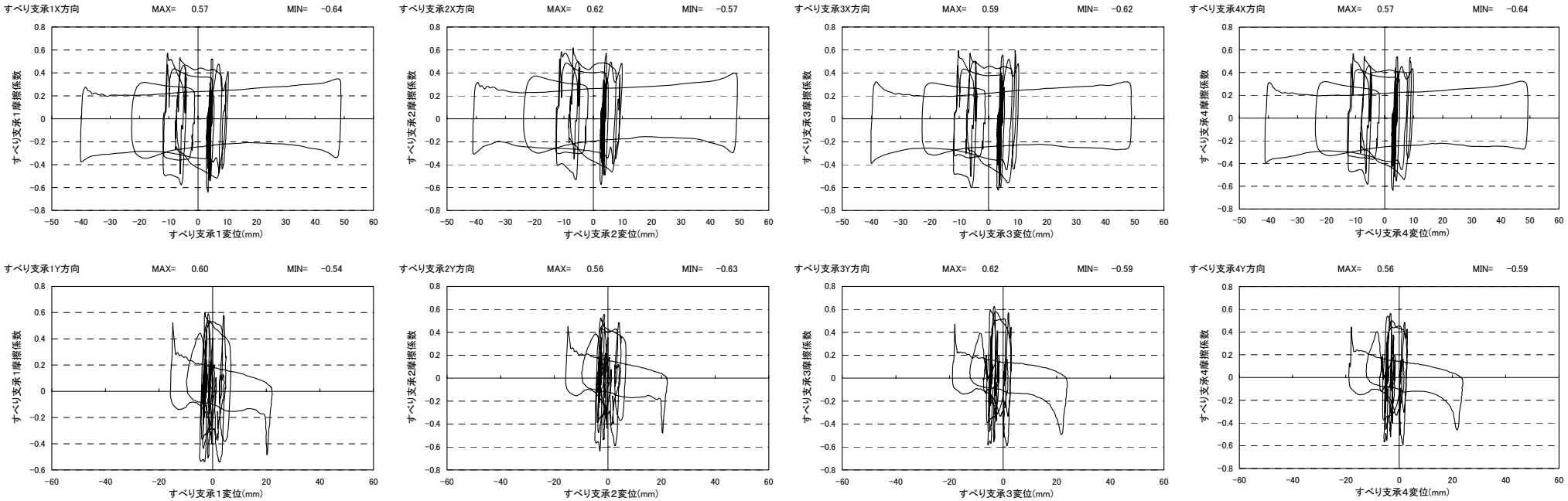


図 6.146　摩擦係数-変位関係（タイプ 3, Case7-3）

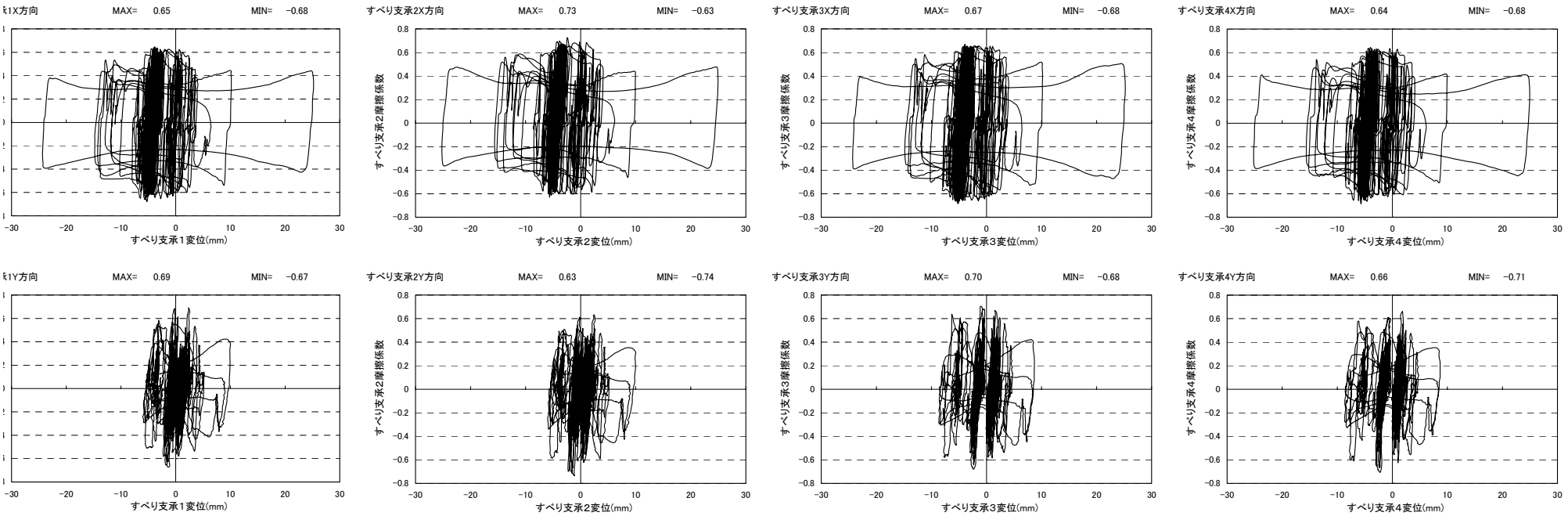


図 6.147　摩擦係数-変位関係（タイプ 3, Case11-1）

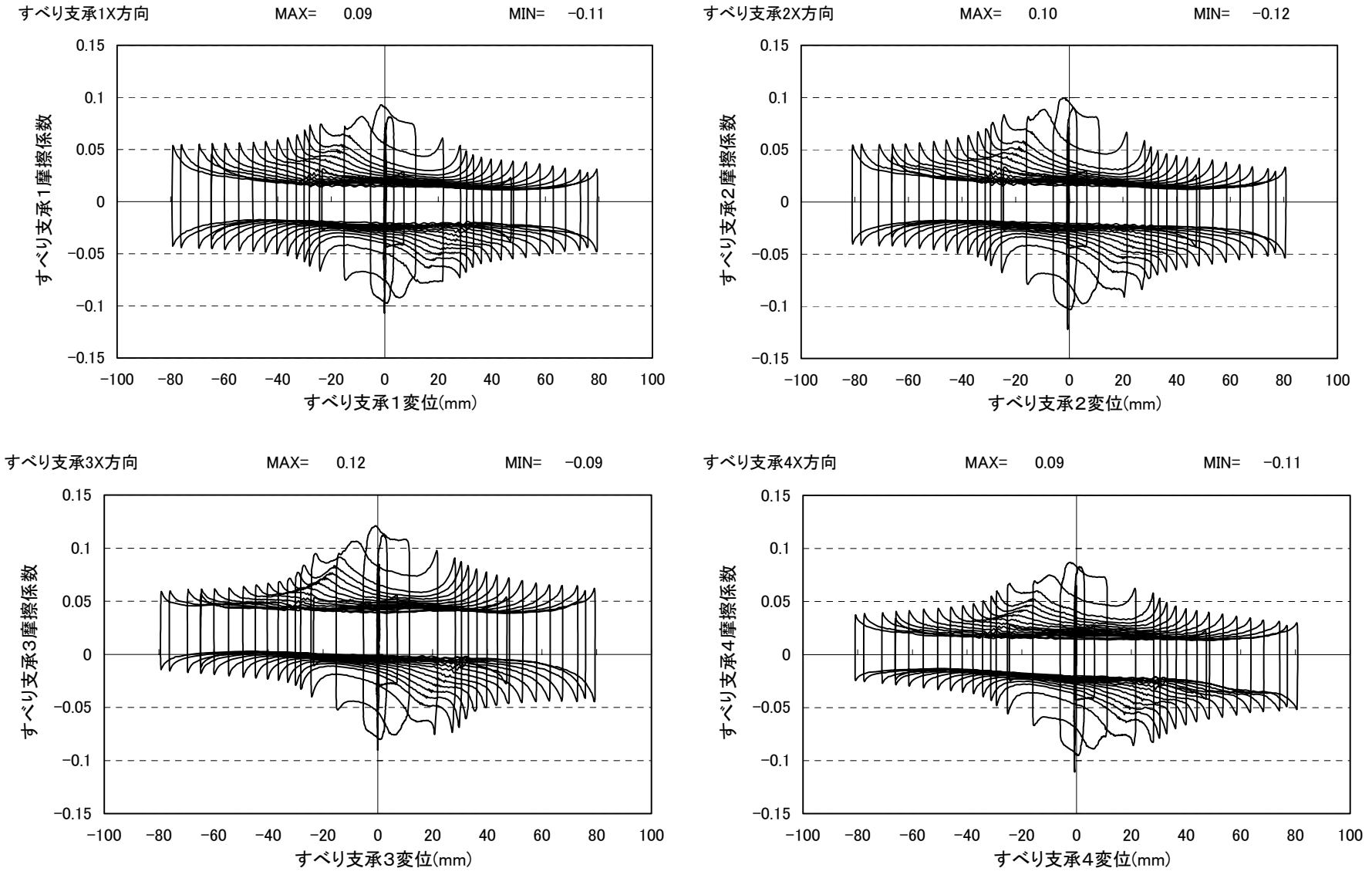


図 6.148　摩擦係数-変位関係（タイプ 4, Case1-16）

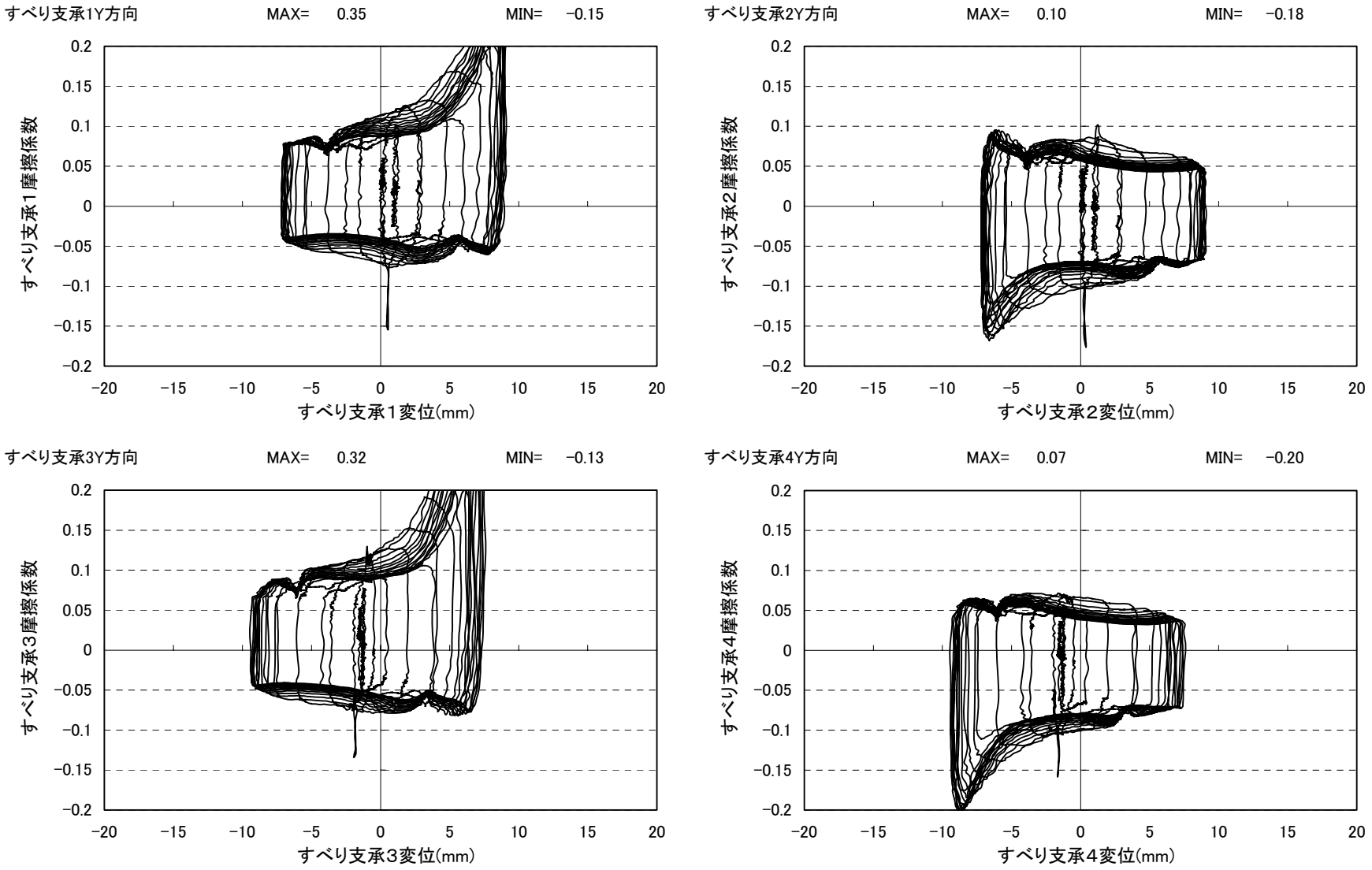


図 6.149　摩擦係数-変位関係（タイプ 4, Case2-1）

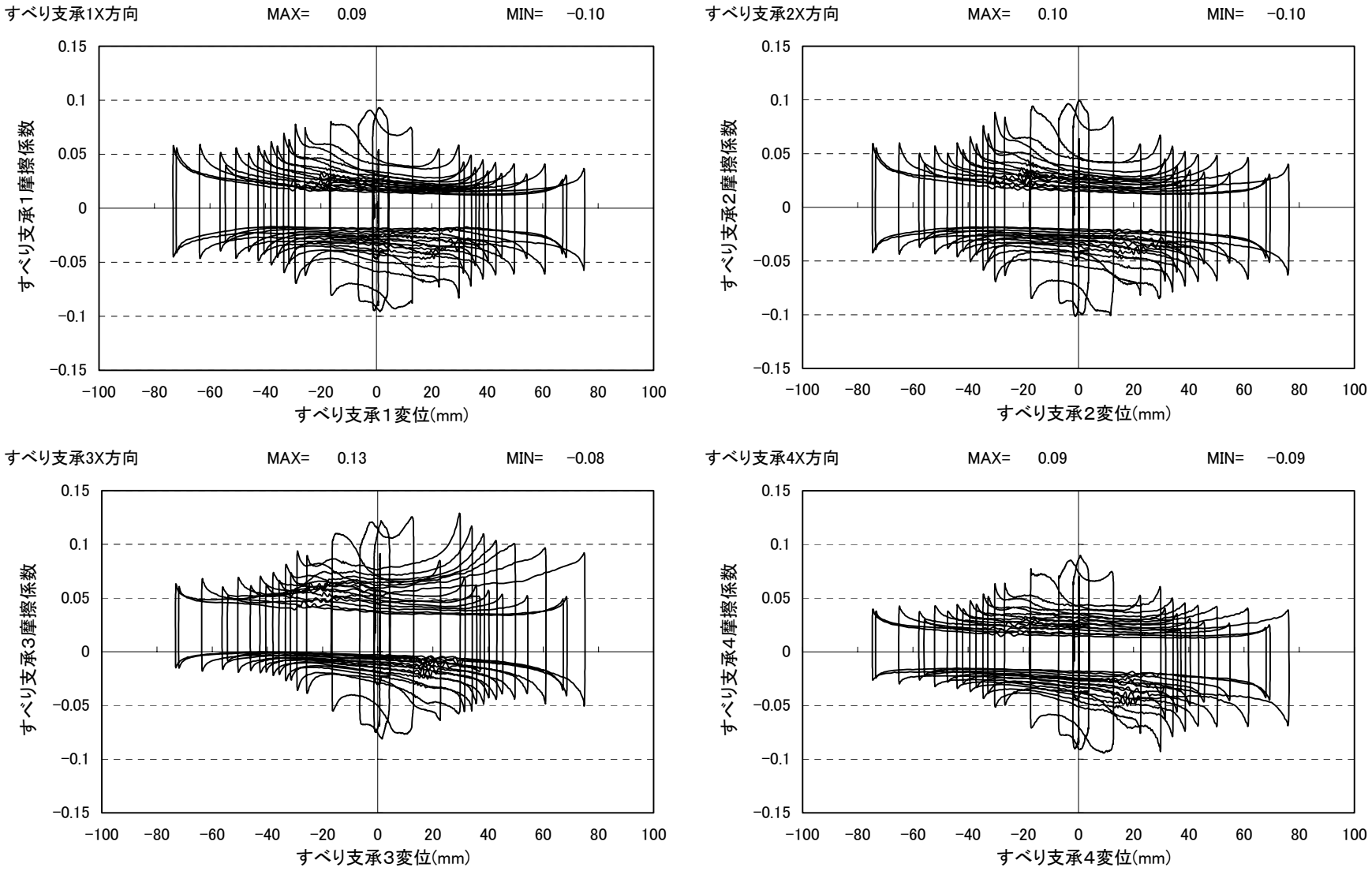


図 6.150　摩擦係数-変位関係（タイプ 4, Case3-3）

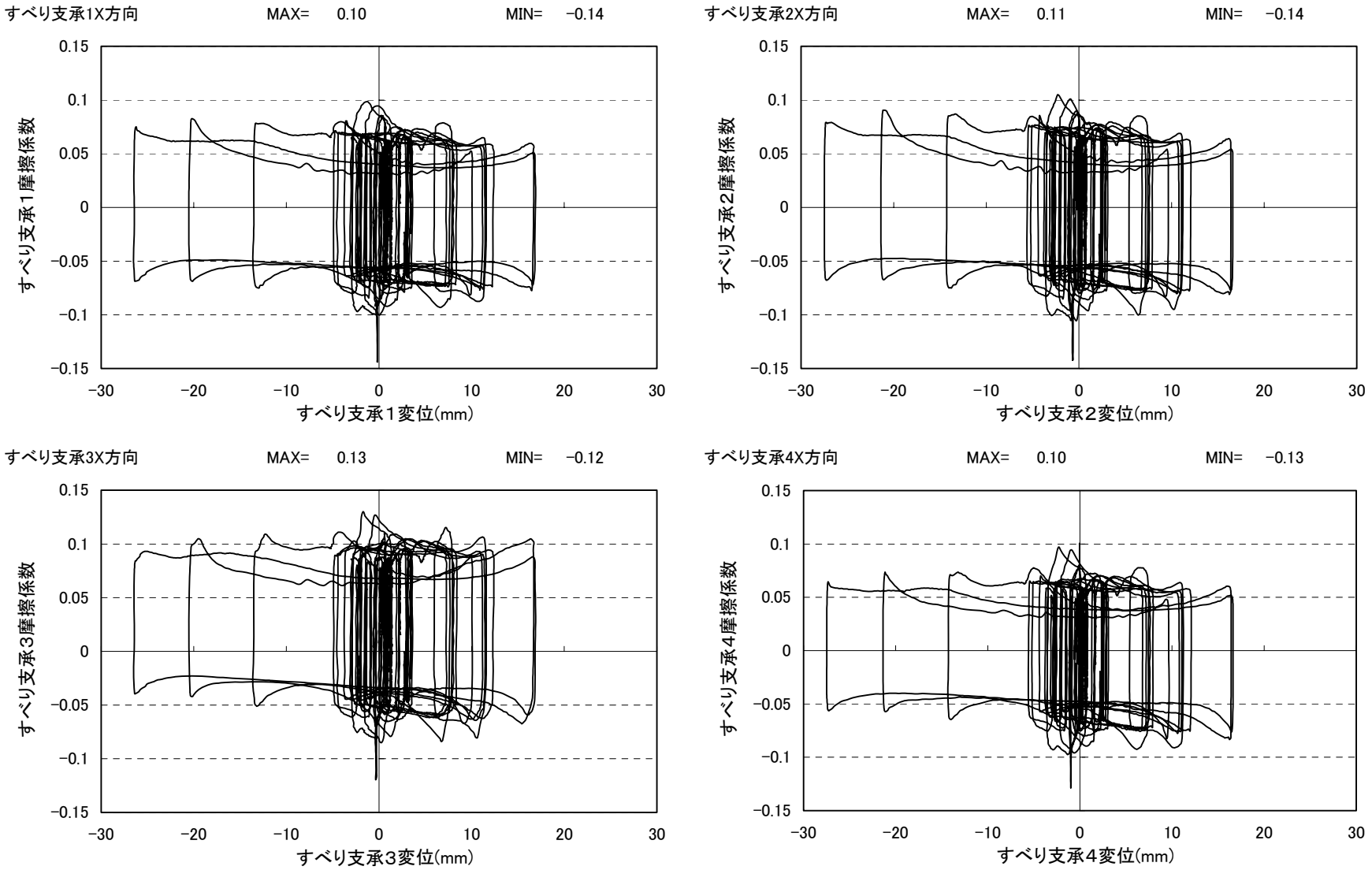


図 6.151　摩擦係数-変位関係（タイプ 4, Case4-2）

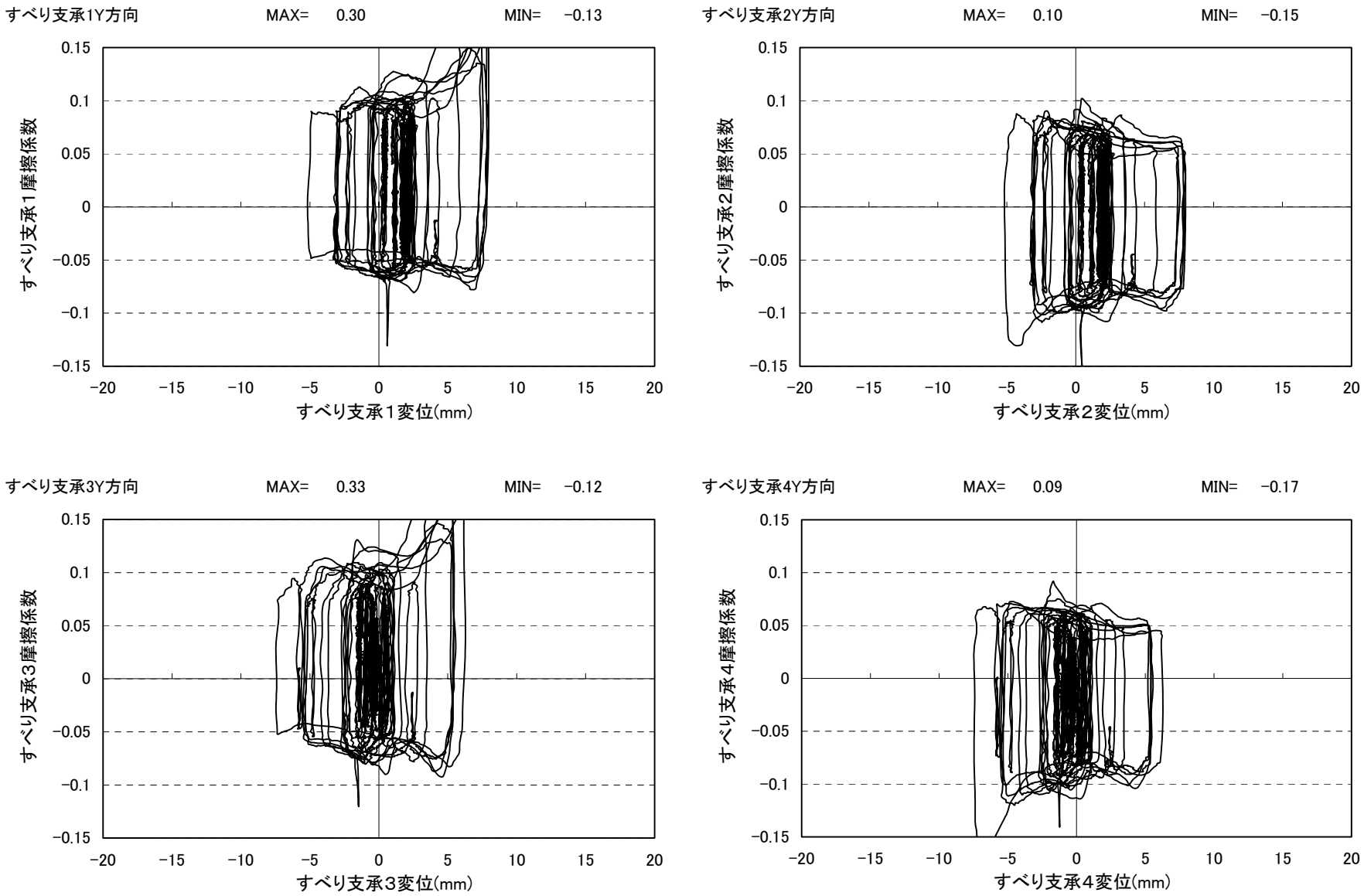


図 6.152　摩擦係数-変位関係（タイプ 4, Case5-1）

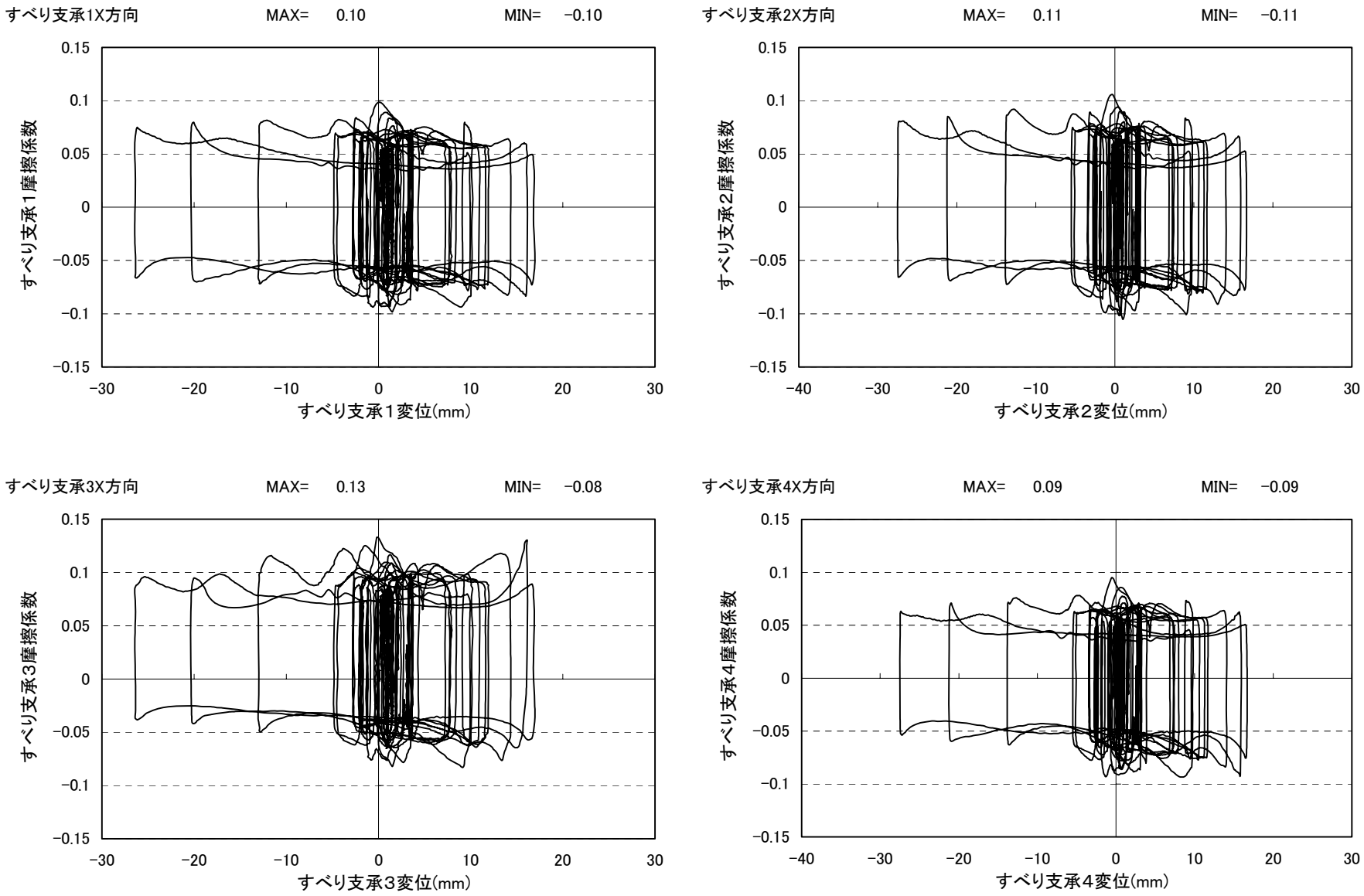


図 6.153　摩擦係数-変位関係（タイプ 4, Case6-2）

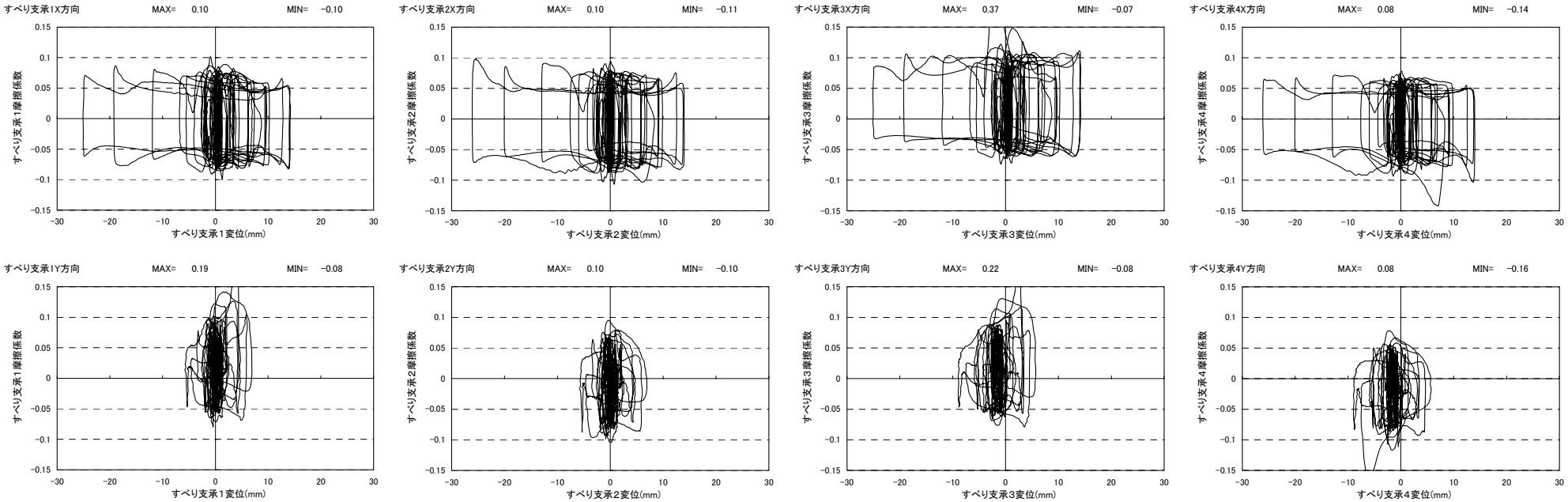


図 6.154　摩擦係数-変位関係（タイプ 4, Case7-3）

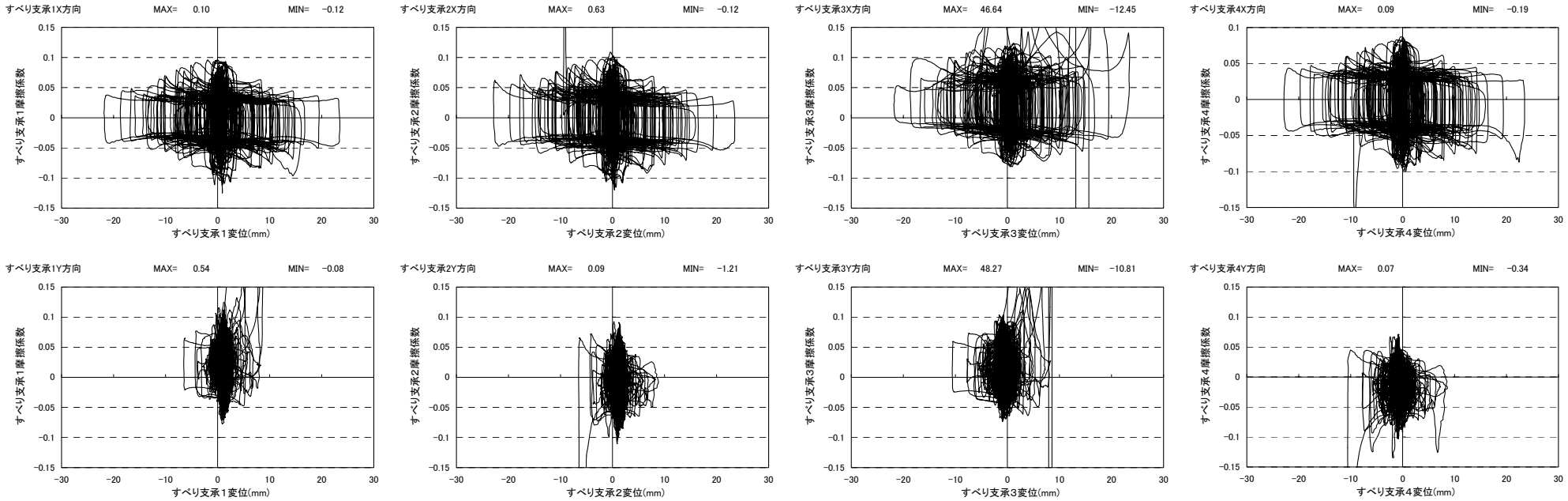


図 6.155　摩擦係数-変位関係（タイプ 4, Case11-1）

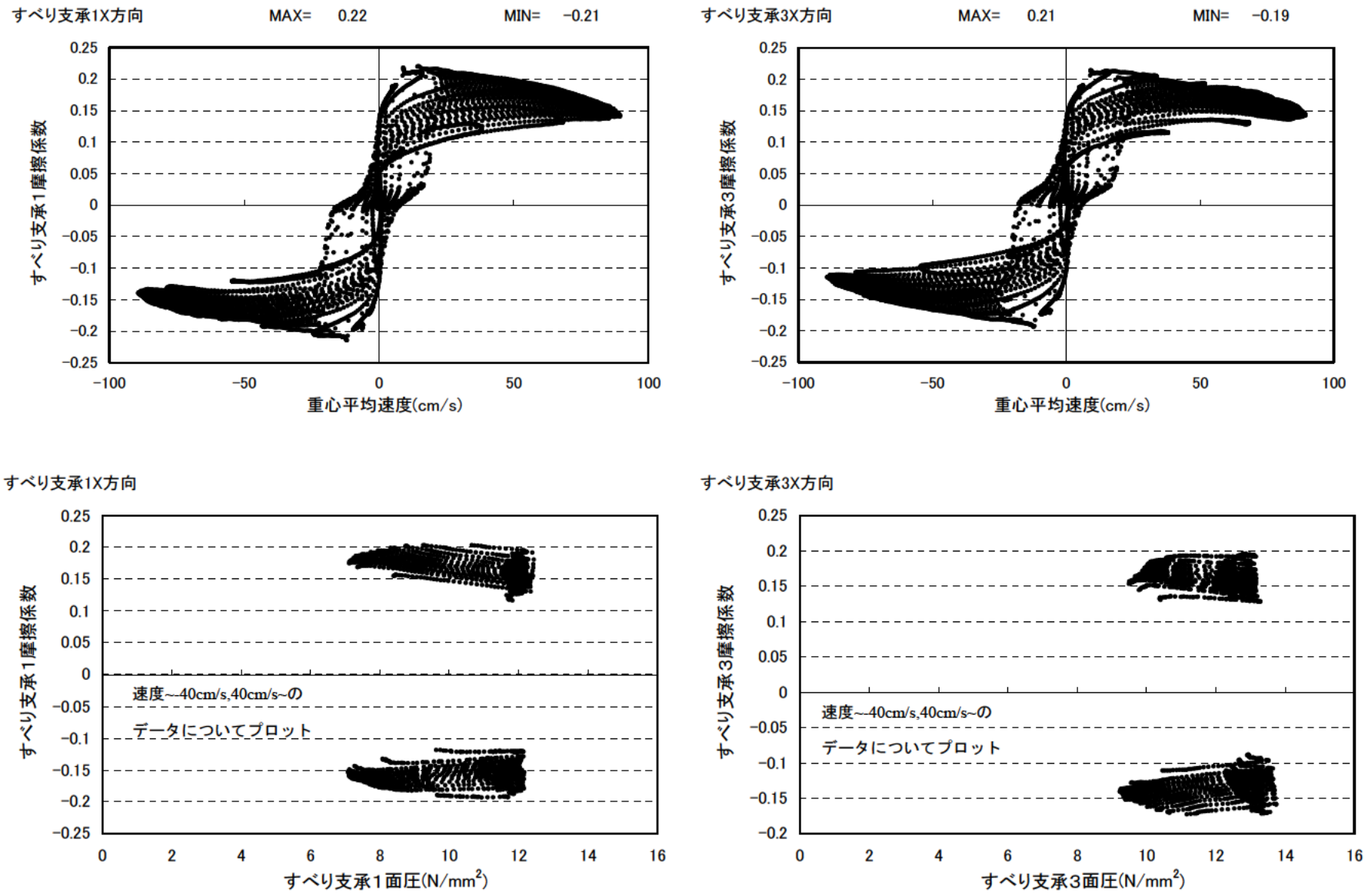


図 6.156　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 1，Case1-5）

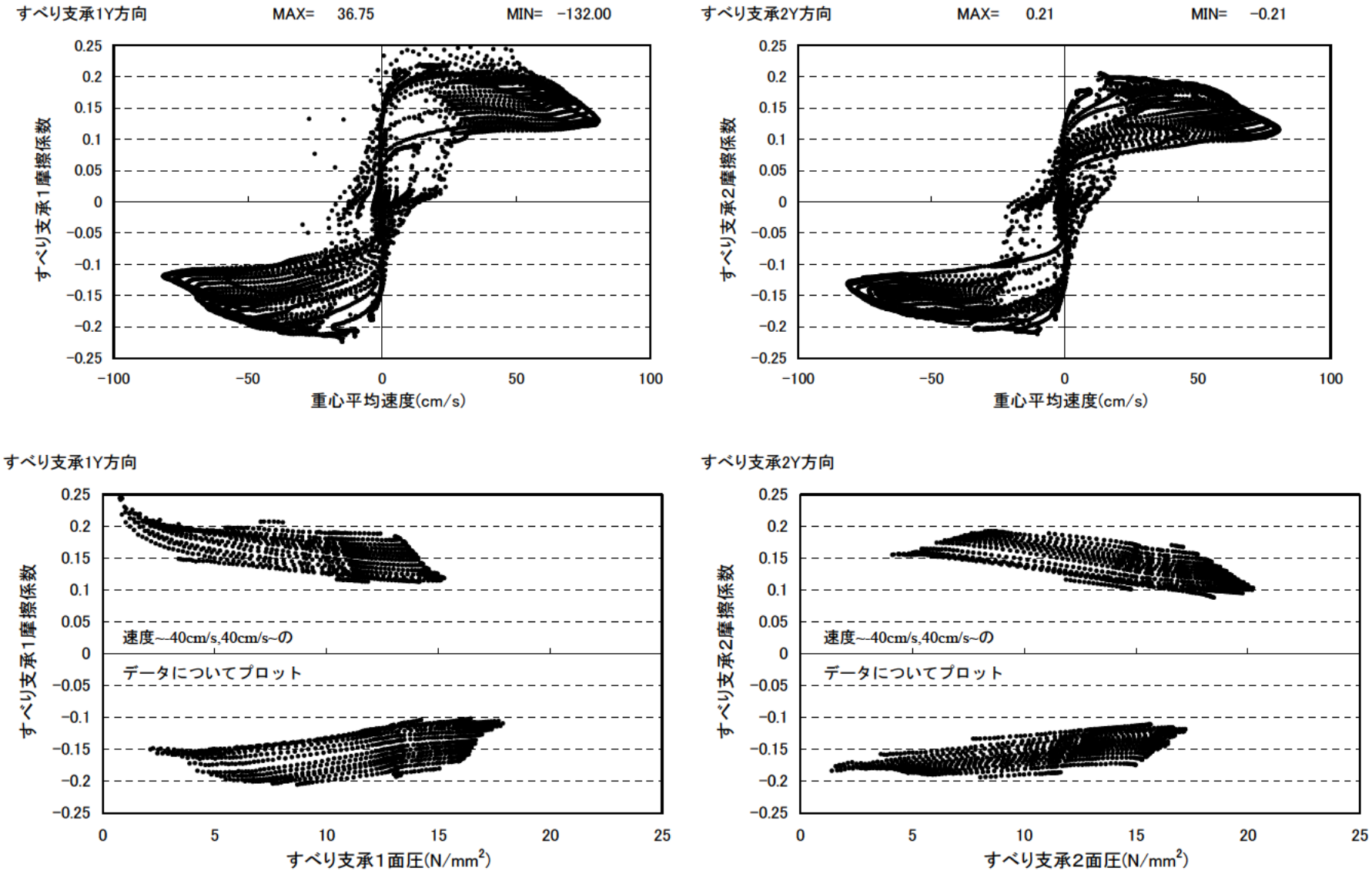


図 6.157　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 1，Case2-5）

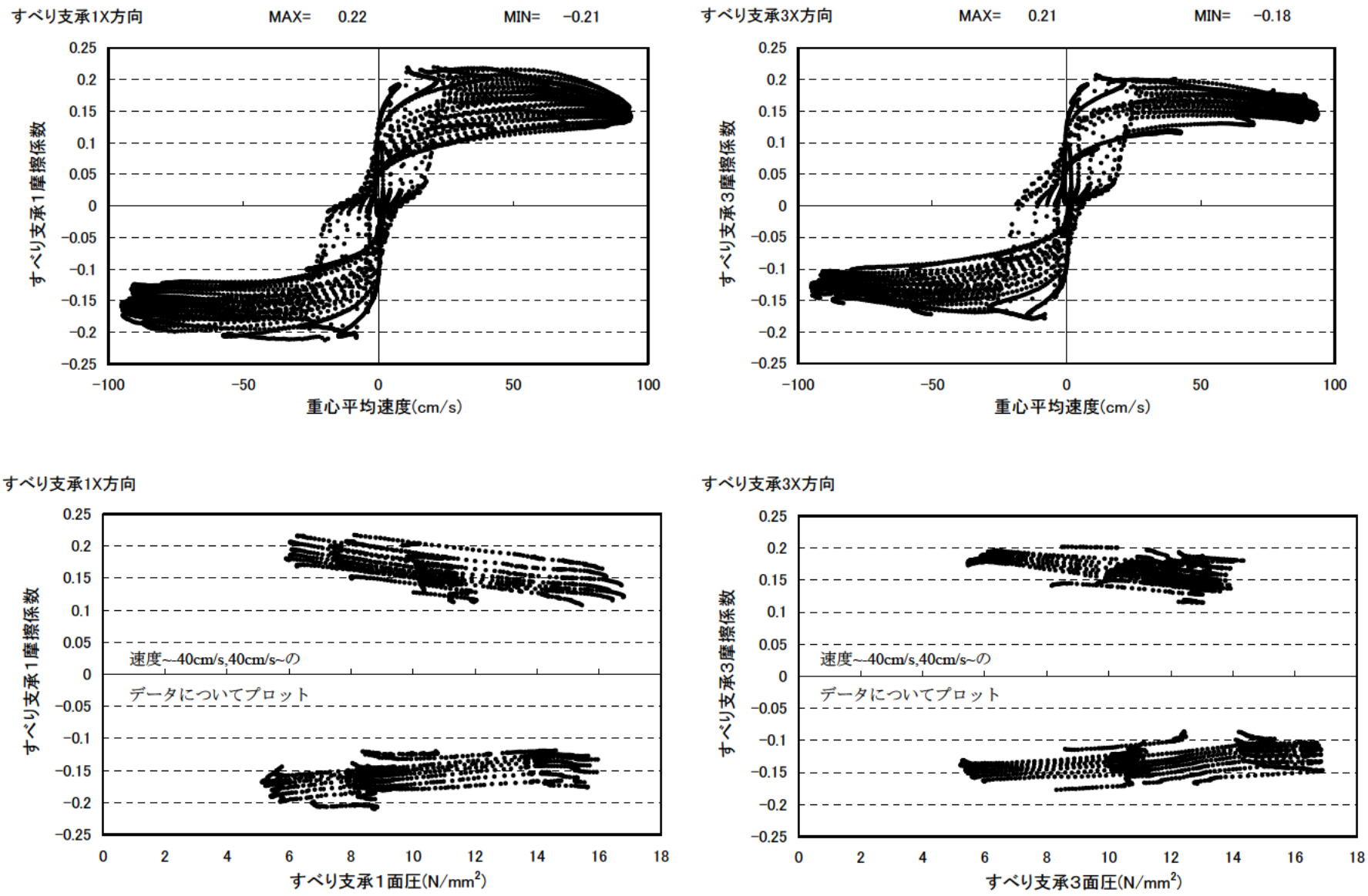


図 6.158　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 1，Case3-3）

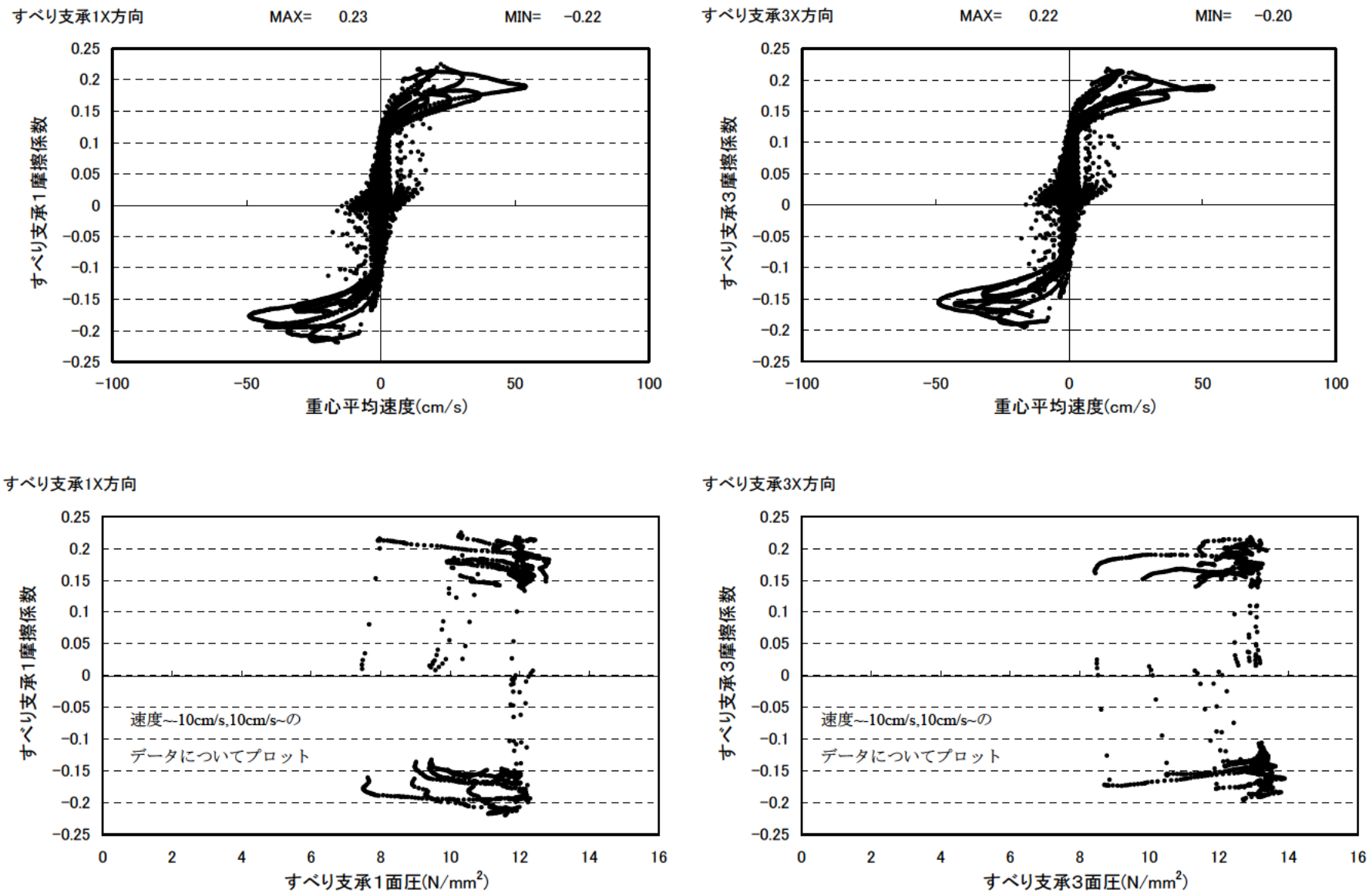


図 6.159　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 1，Case4-2）

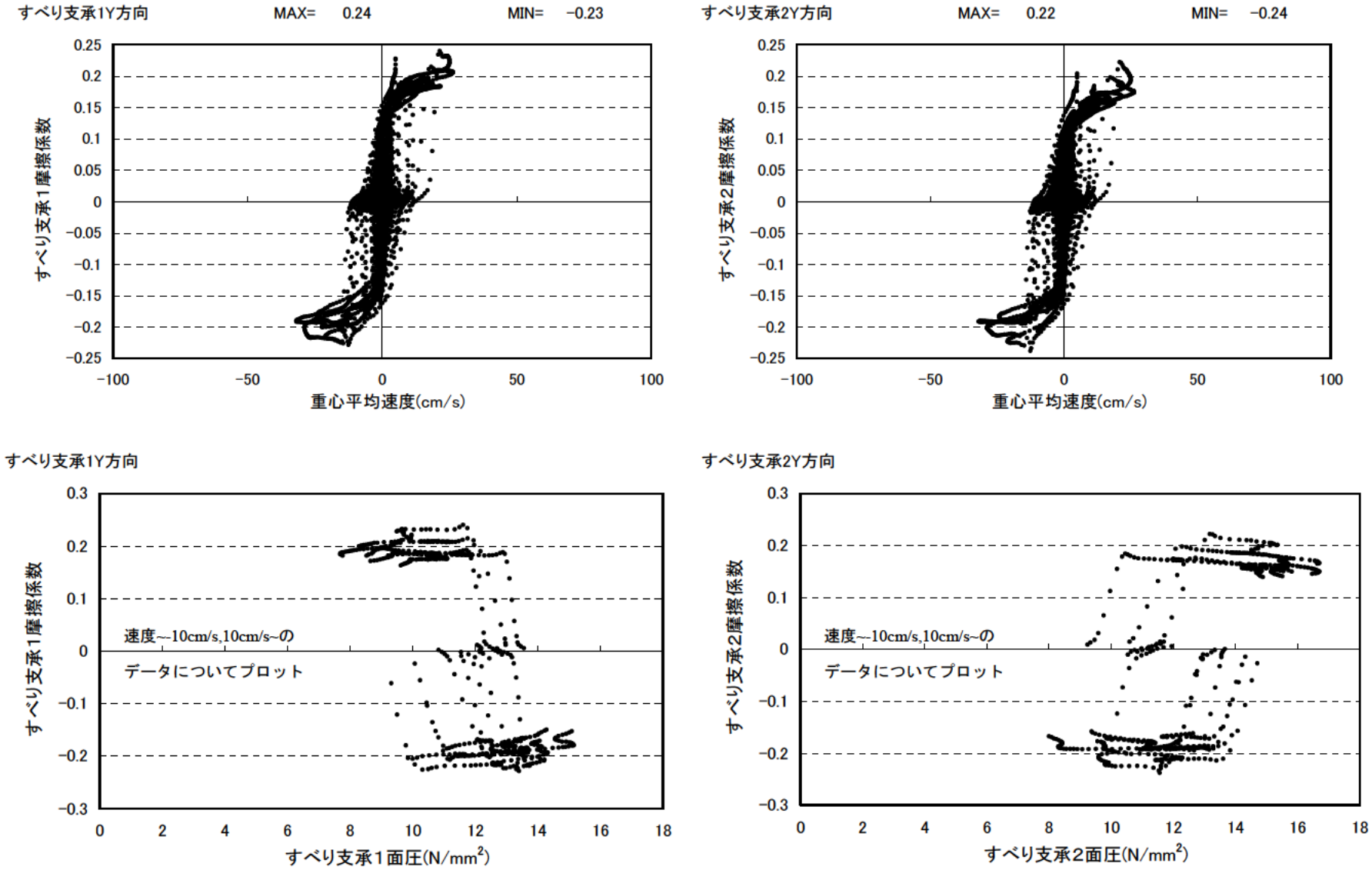


図 6.160　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 1，Case5-1）

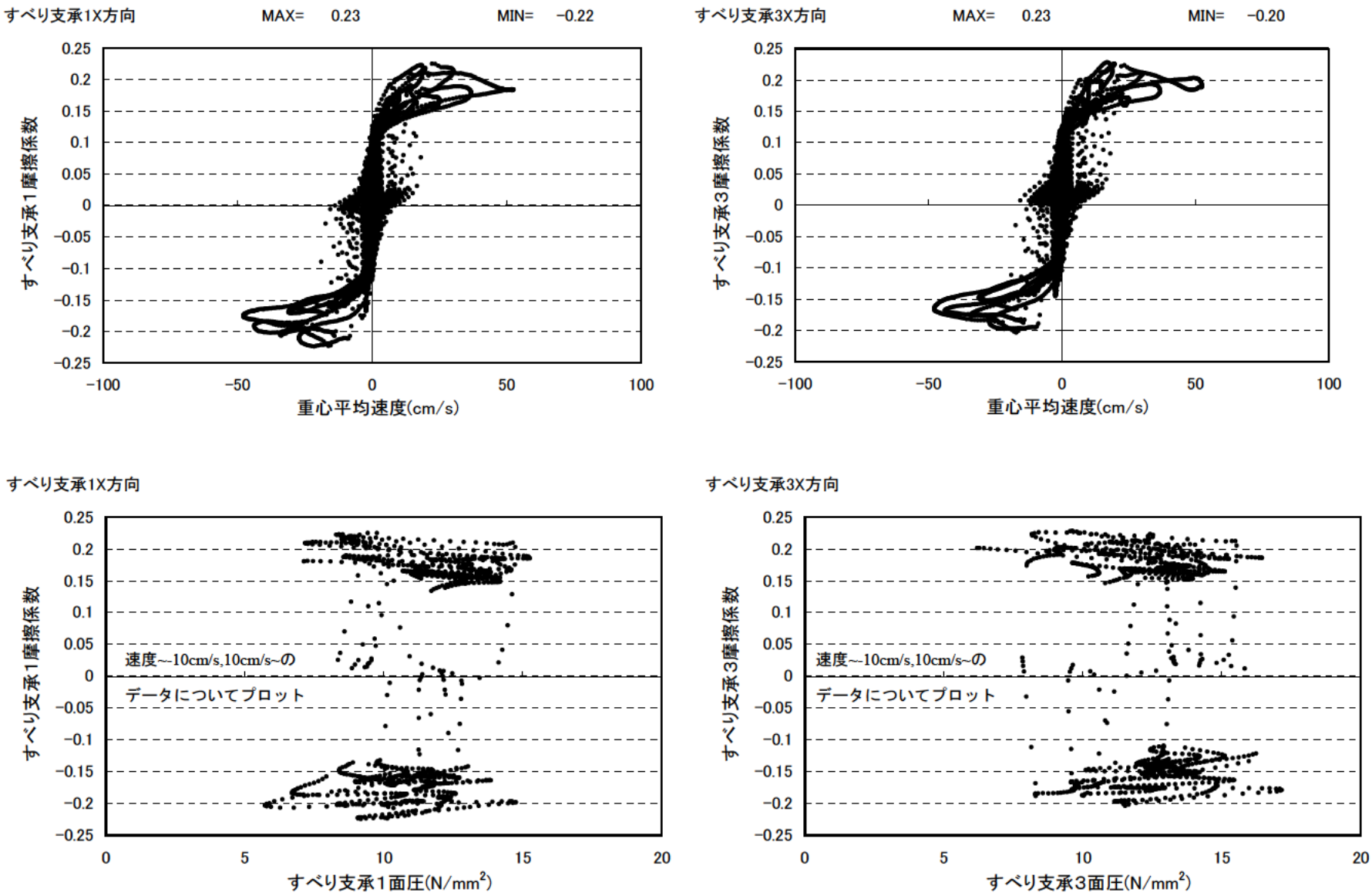


図 6.161　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 1，Case6-2）

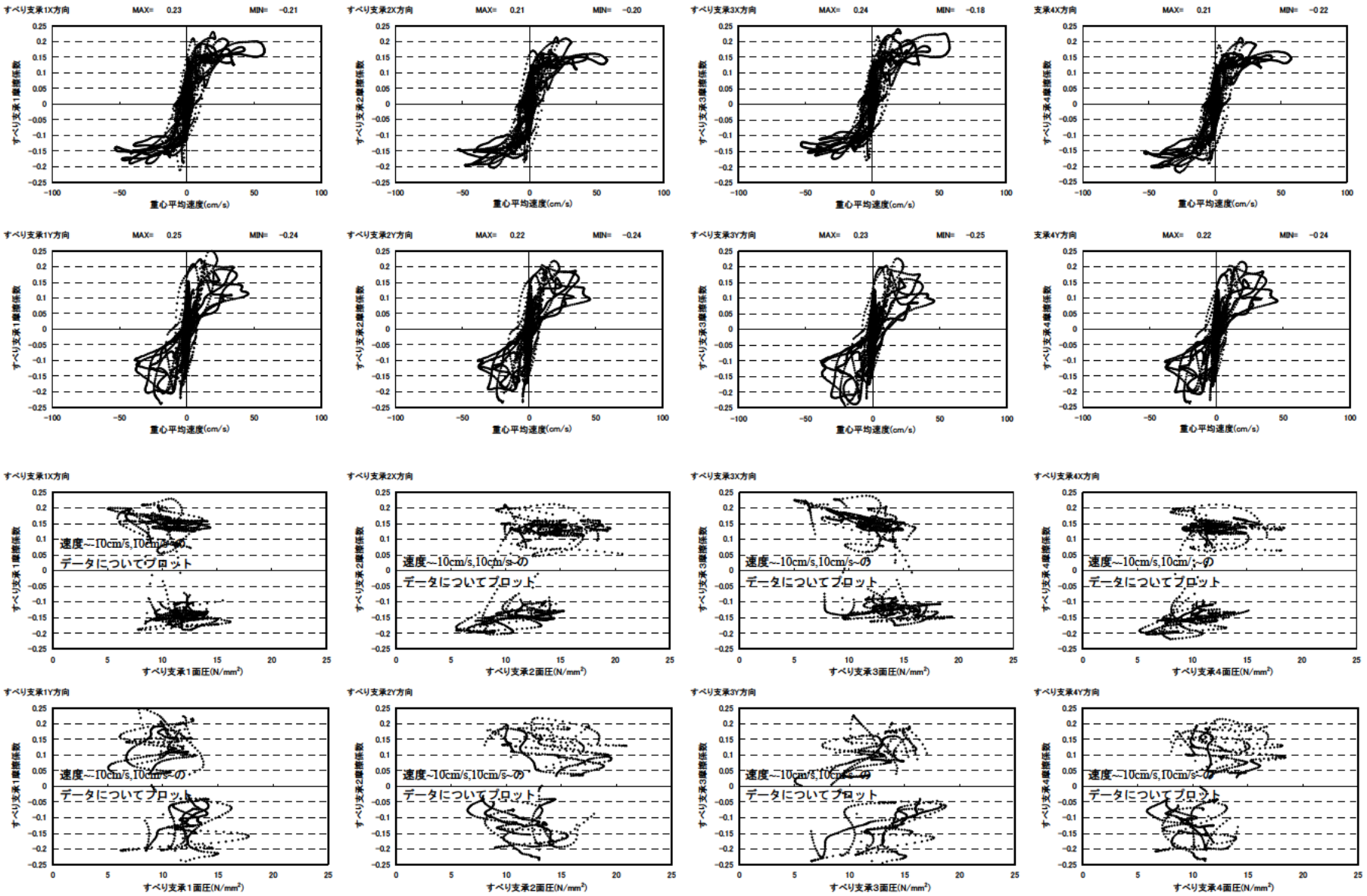


図 6.162　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 1，Case7-2）

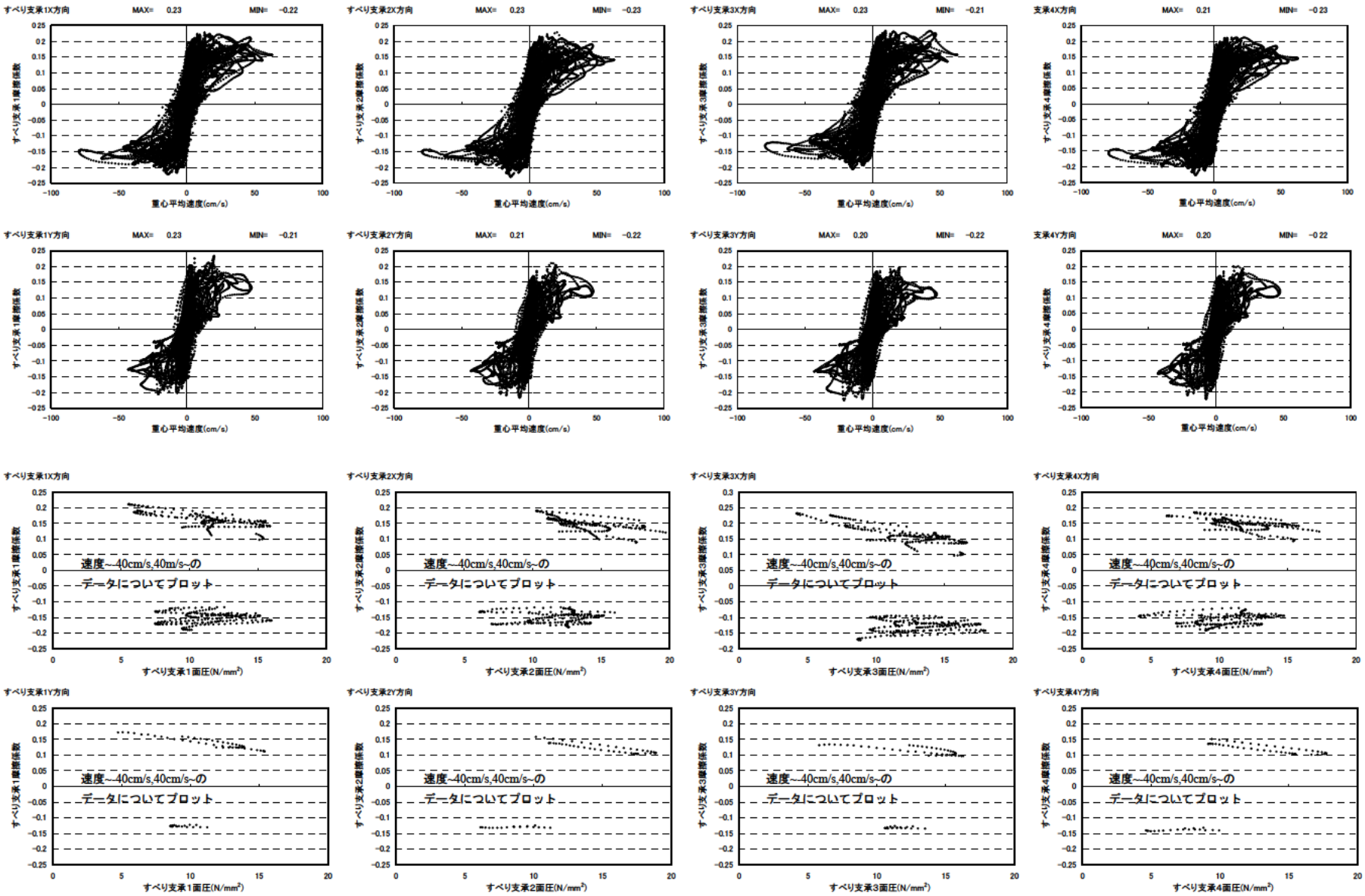


図 6.163　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 1，Case11-1）

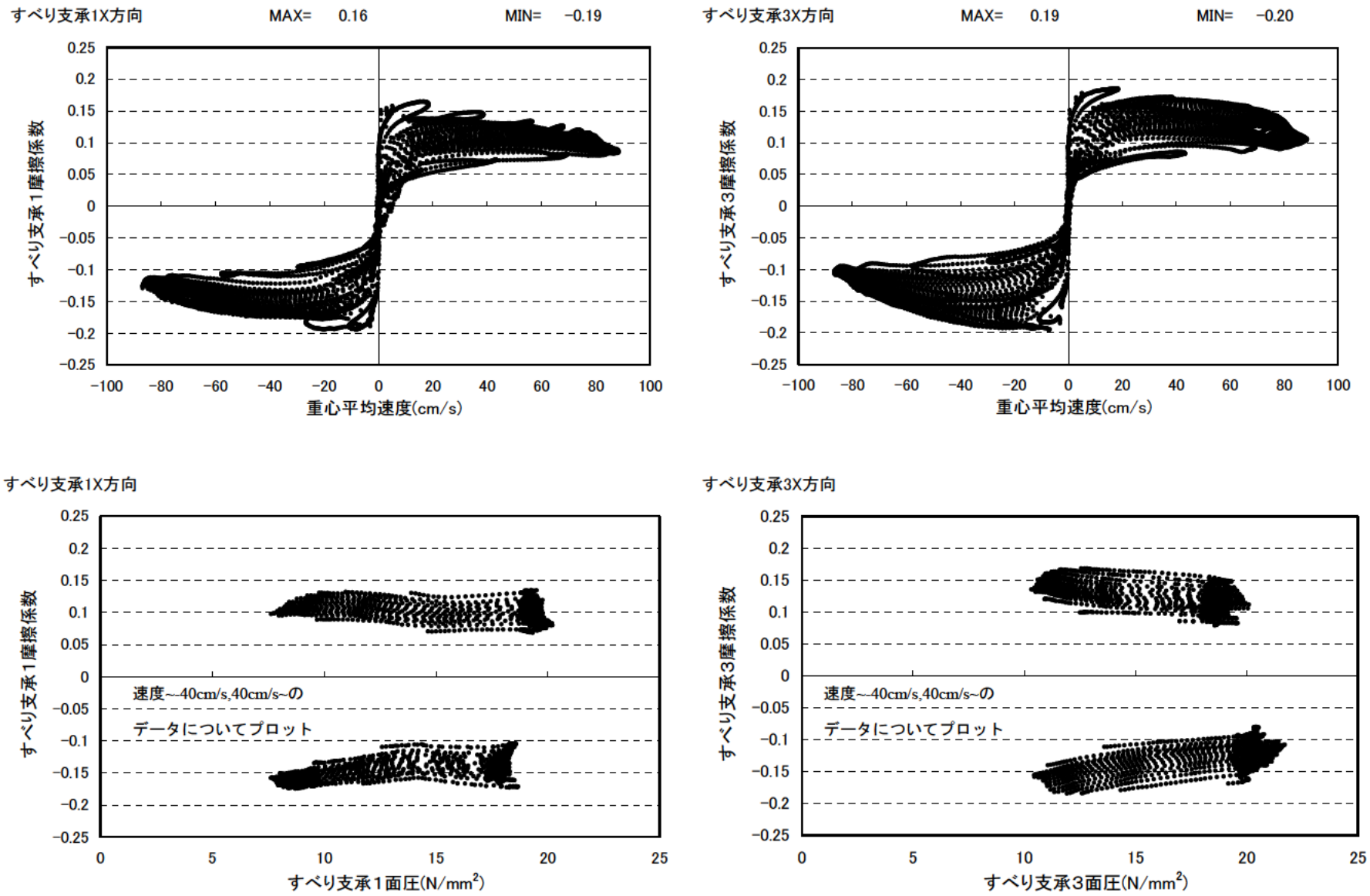


図 6.164　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 2, Case1-4）

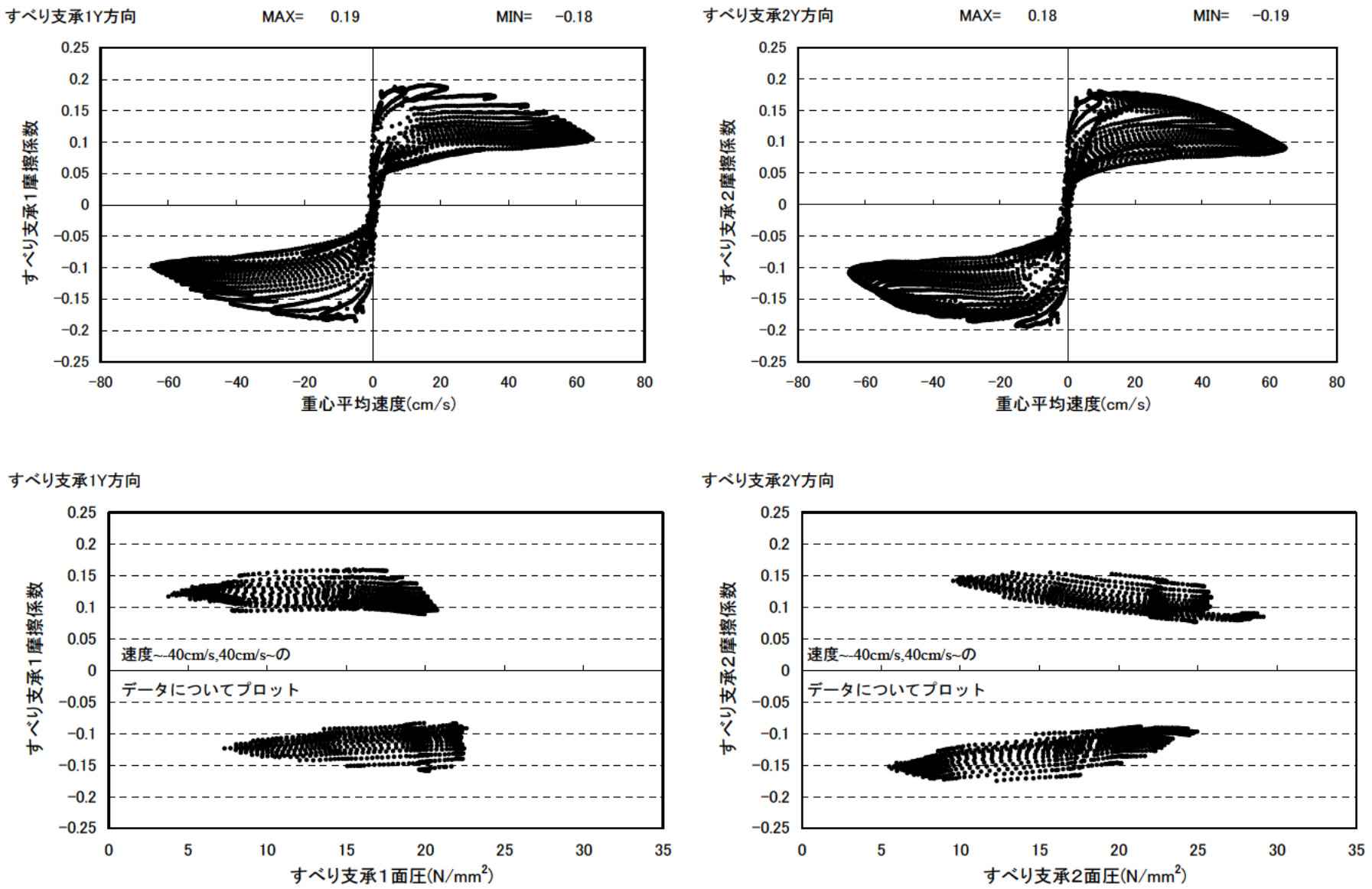


図 6.165　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 2, Case2-3）

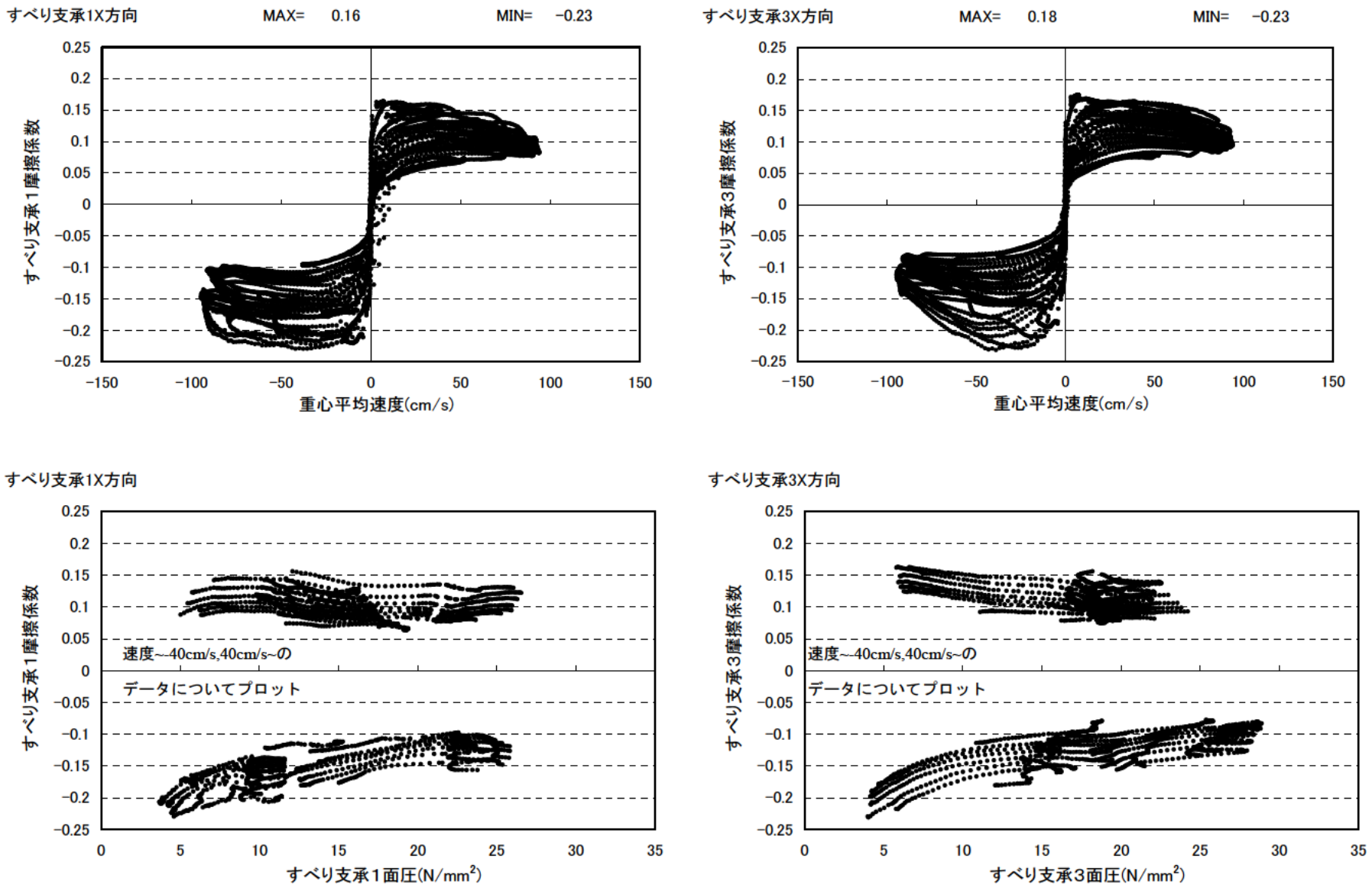


図 6.166　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 2，Case3-2）

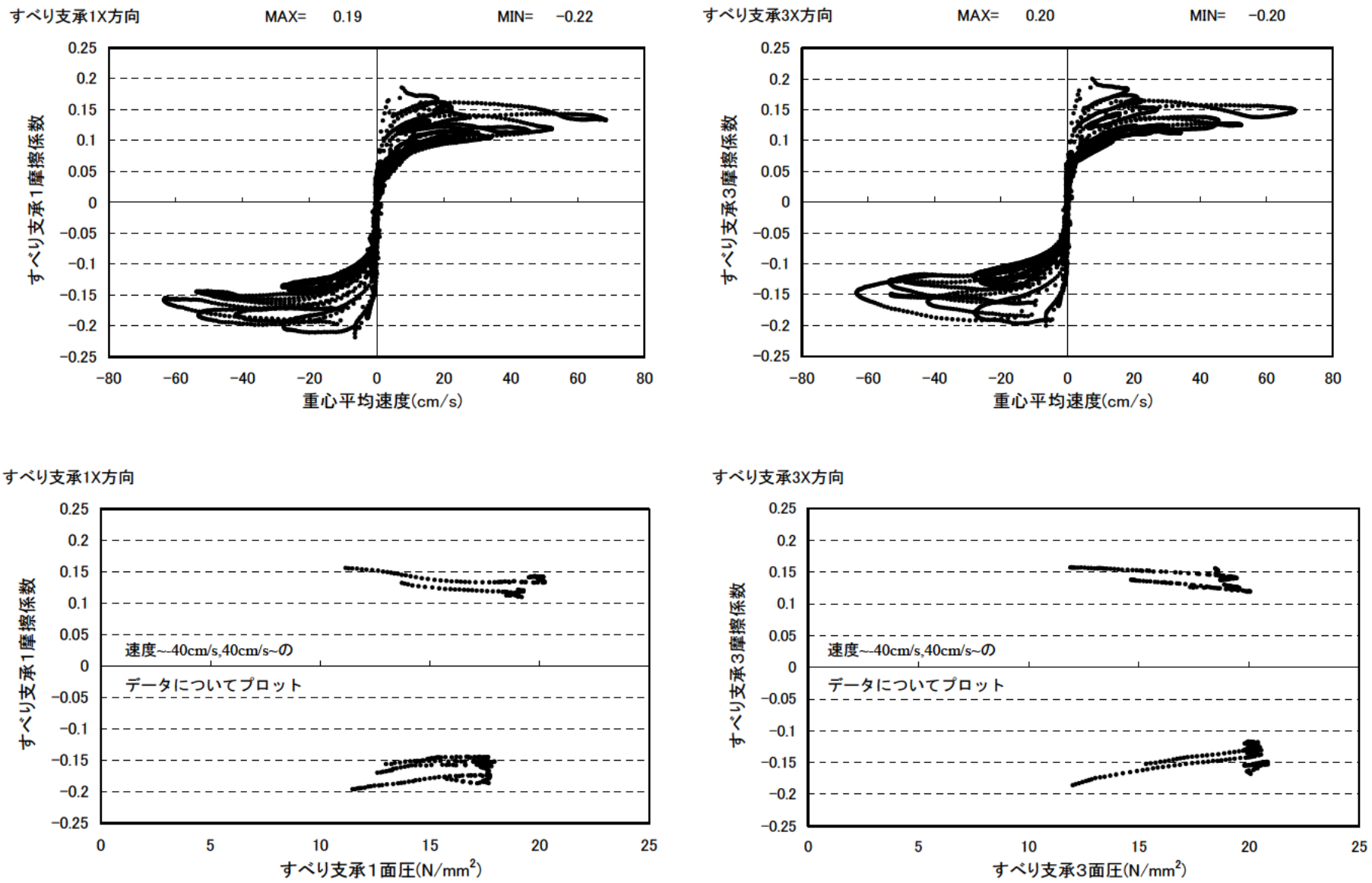


図 6.167　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 2，Case4-2）

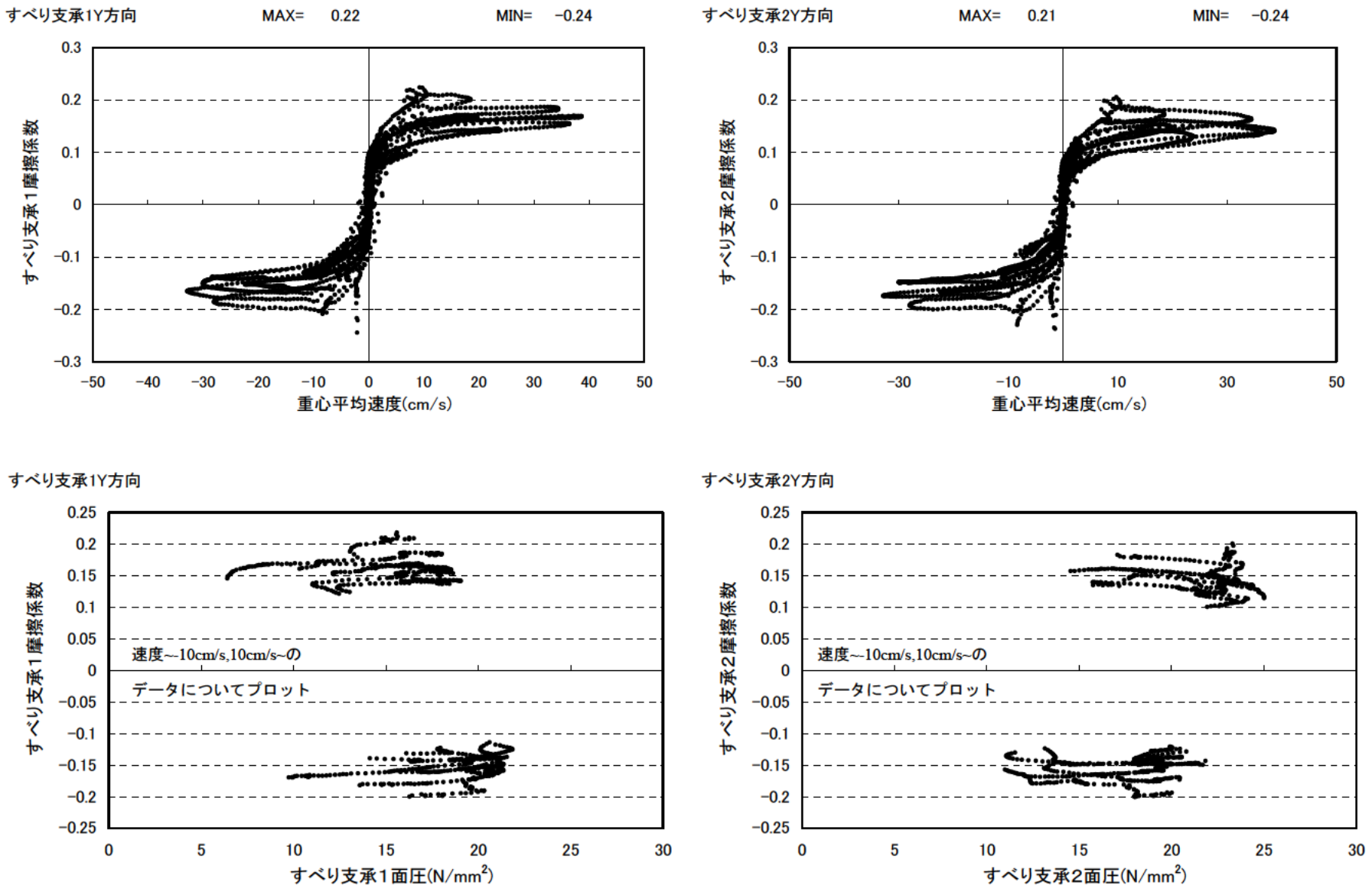


図 6.168　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 2，Case5-1）

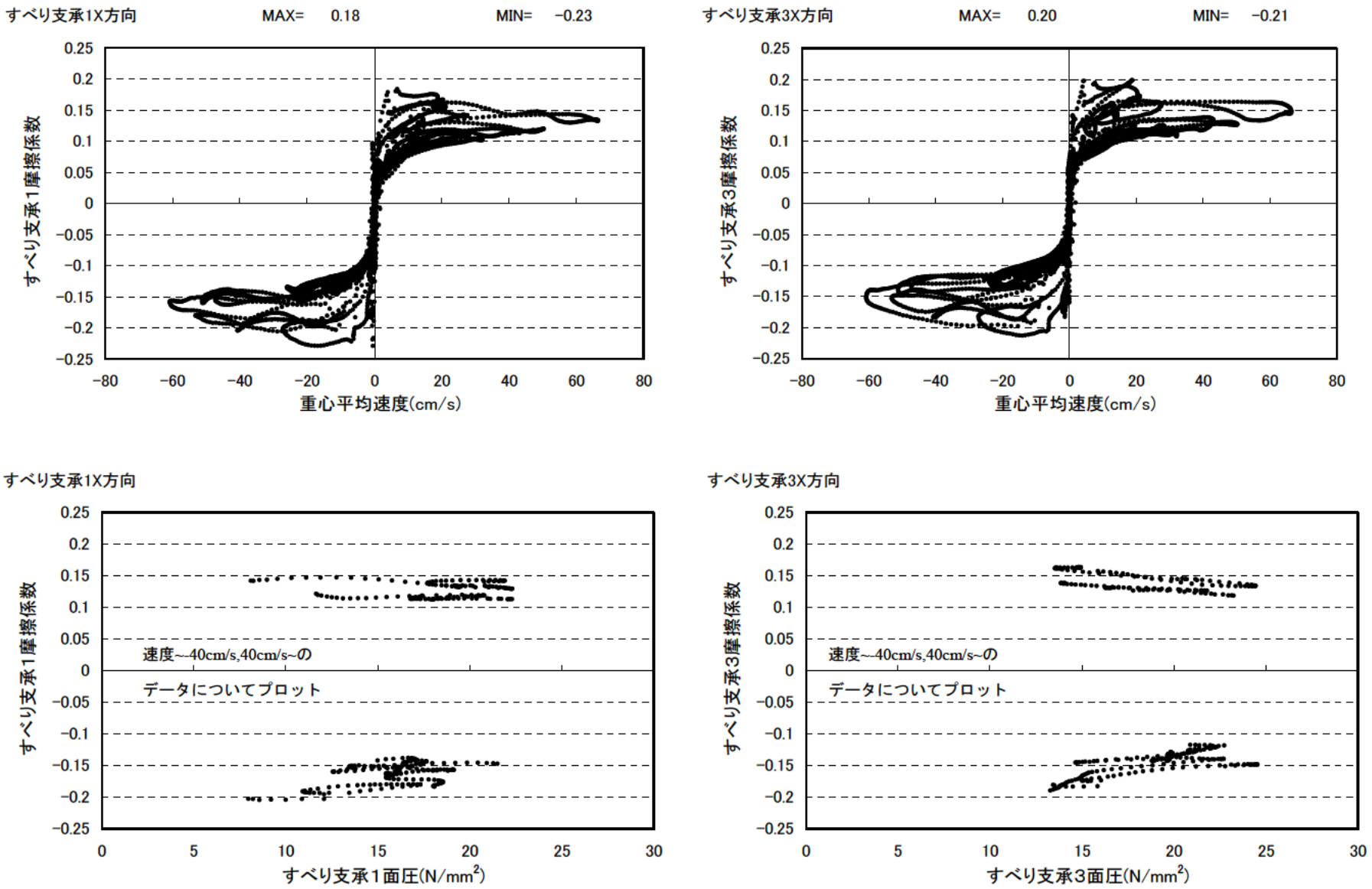


図 6.169　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 2，Case6-2）

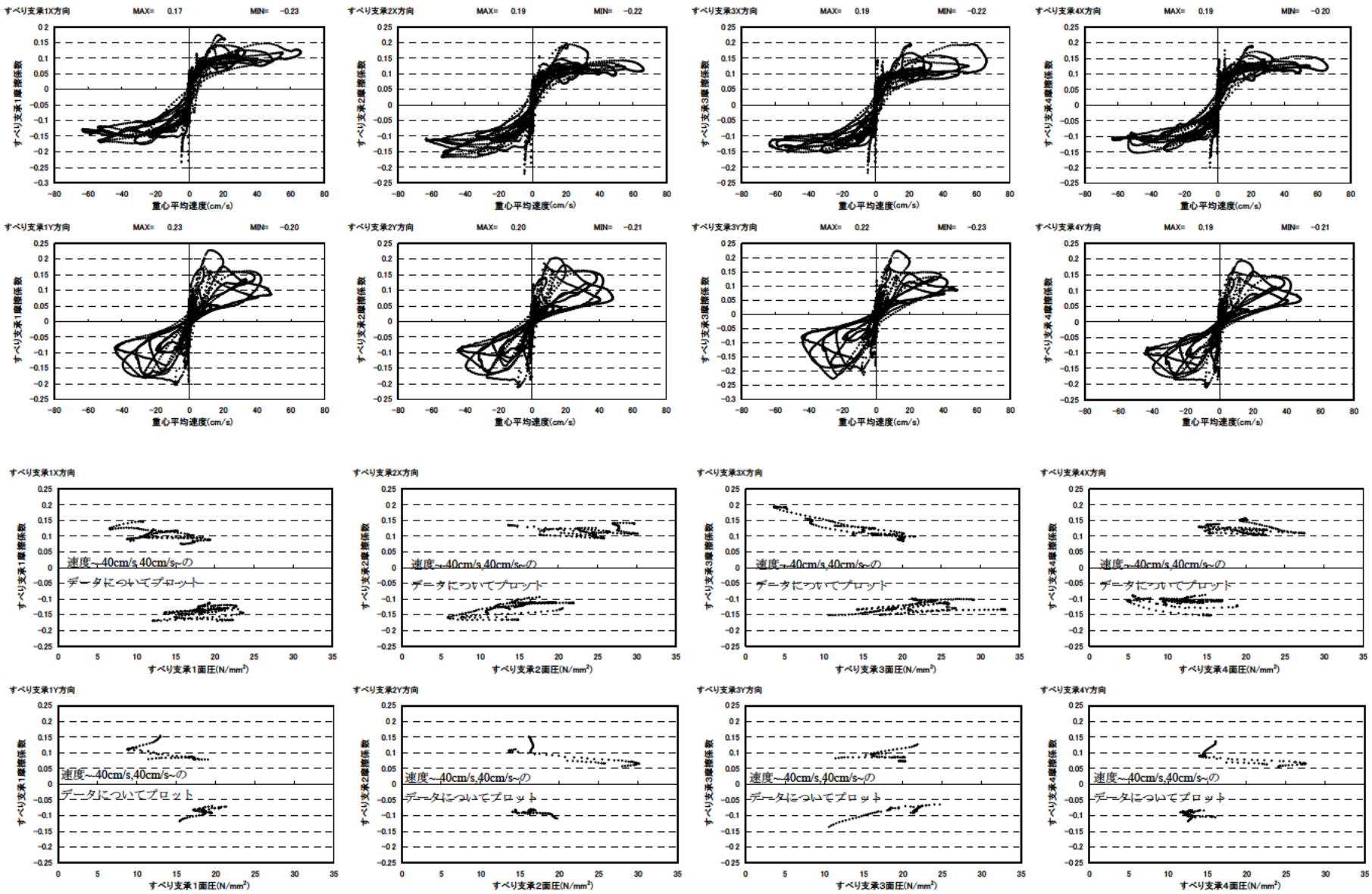


図 6.170　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 2，Case7-2）

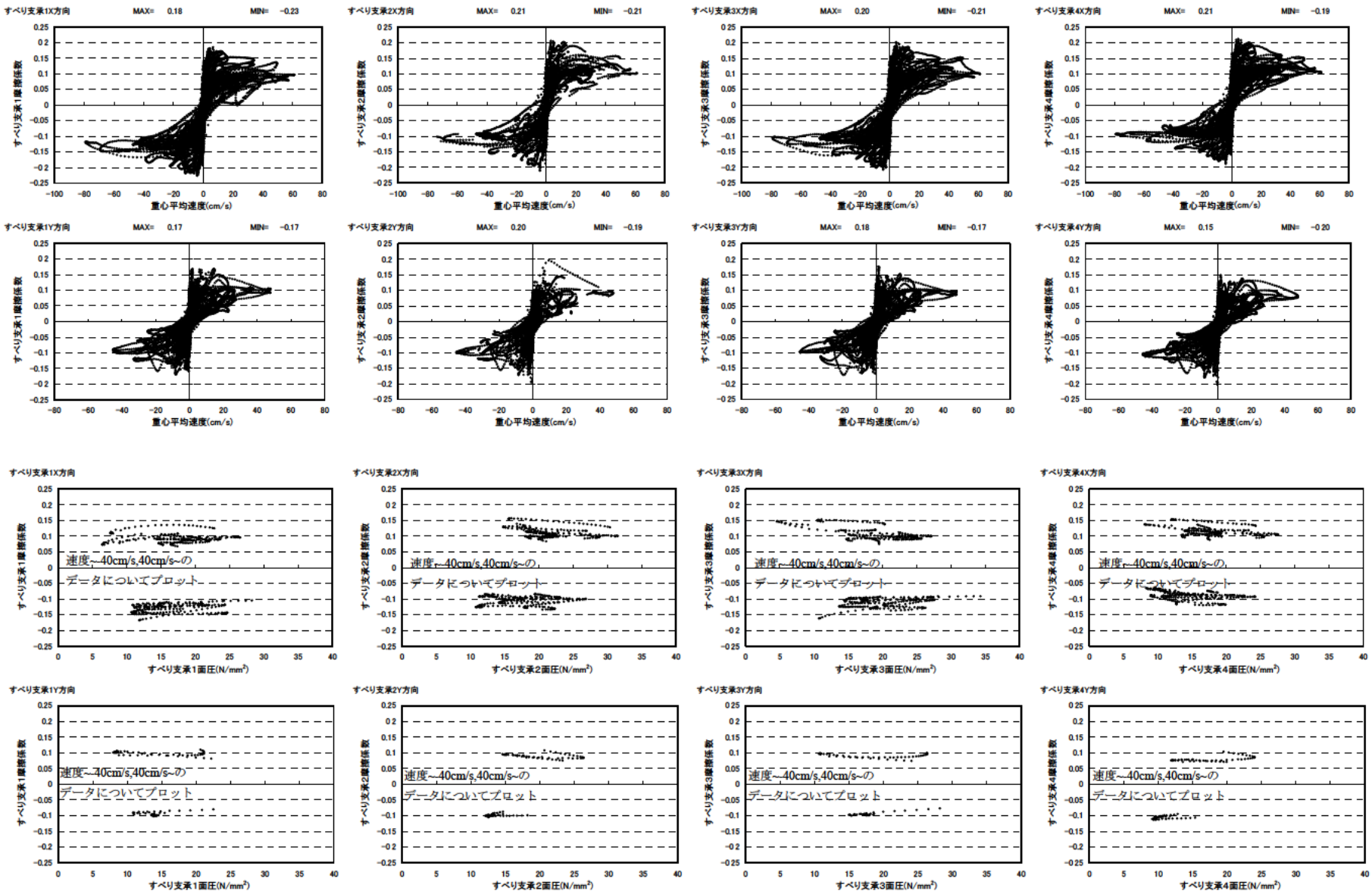


図 6.171　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 2，Case11-1）

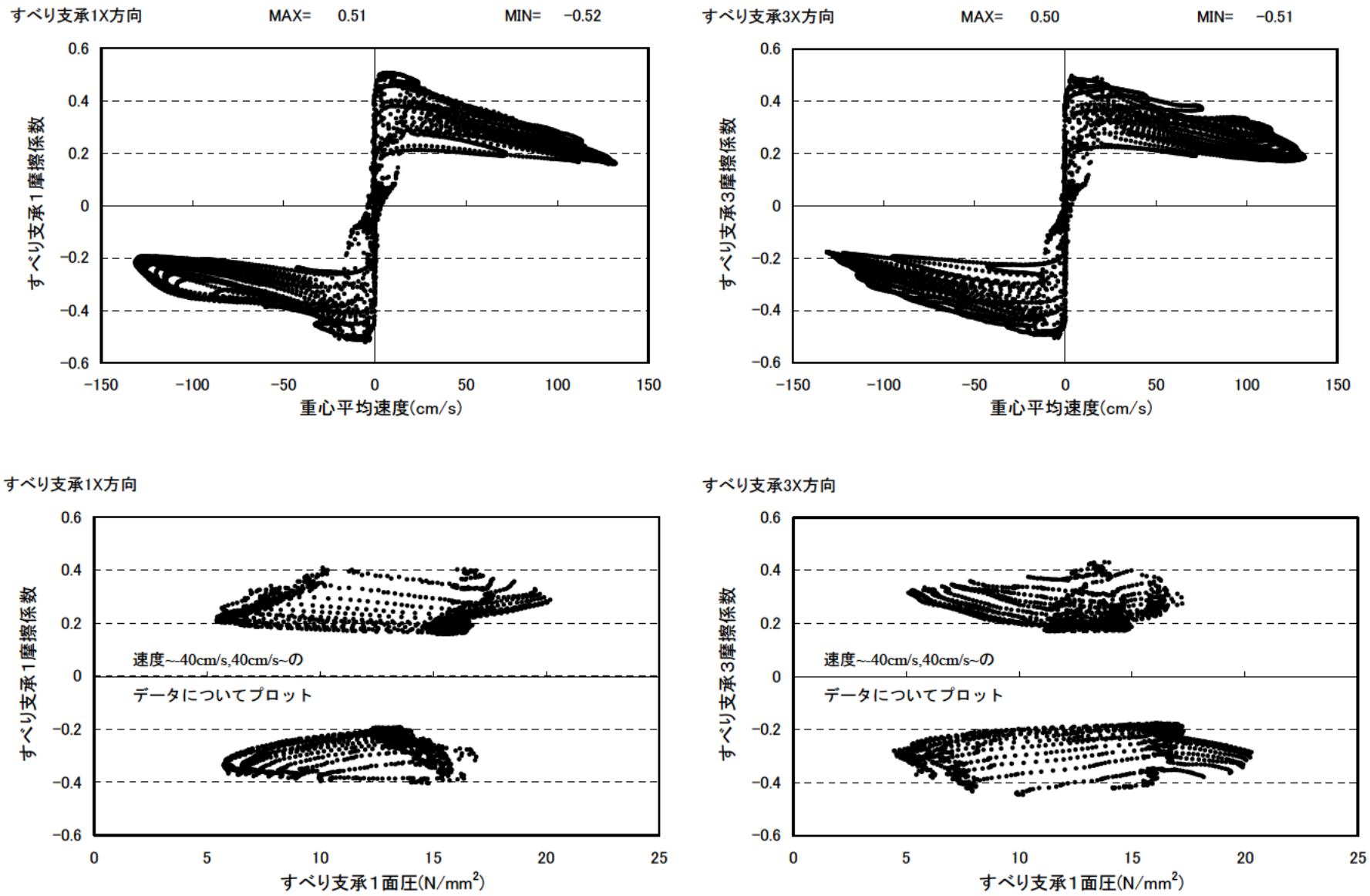


図 6.172　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 3，Case1-10）

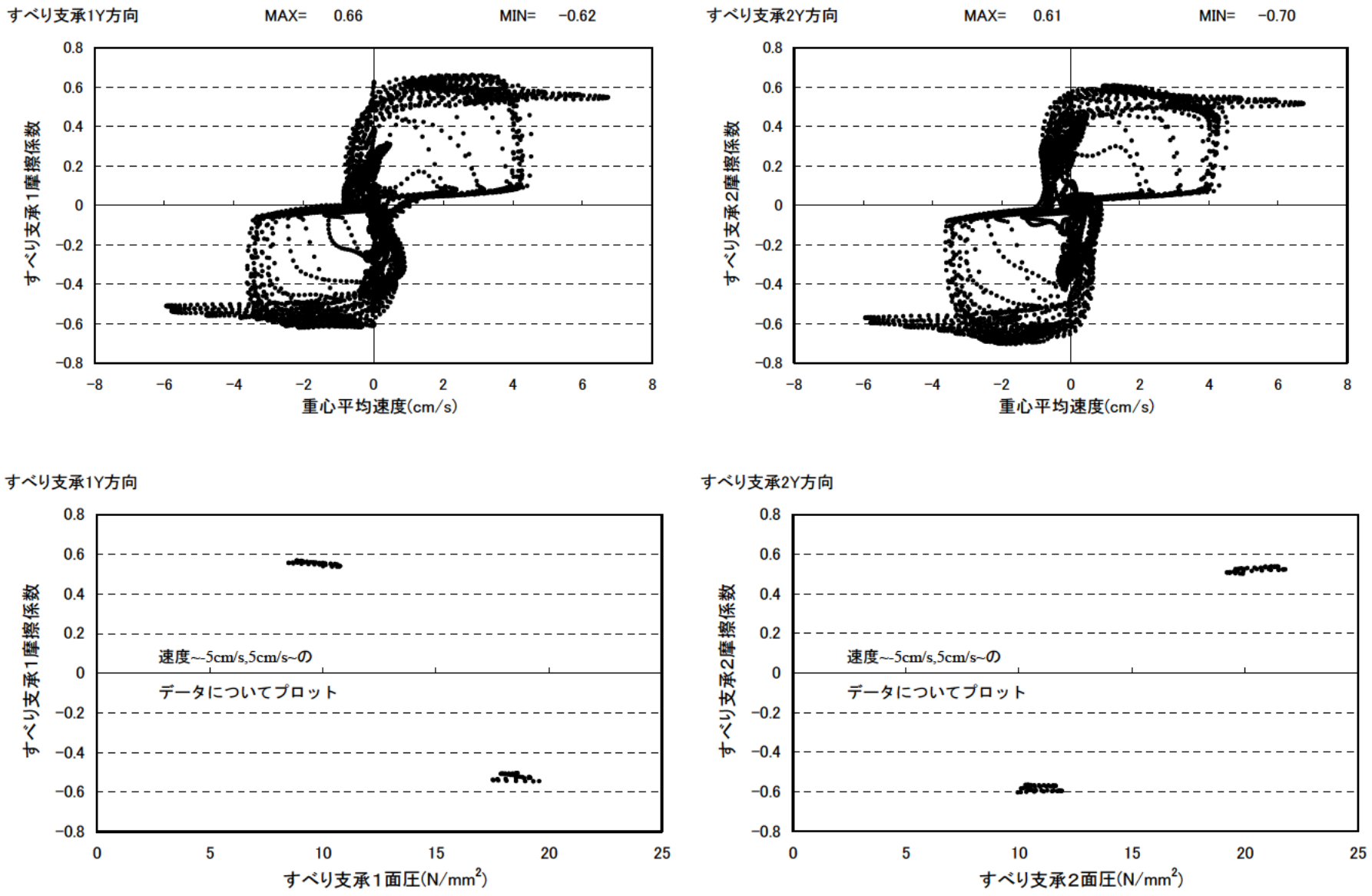


図 6.173　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 3，Case2-5）

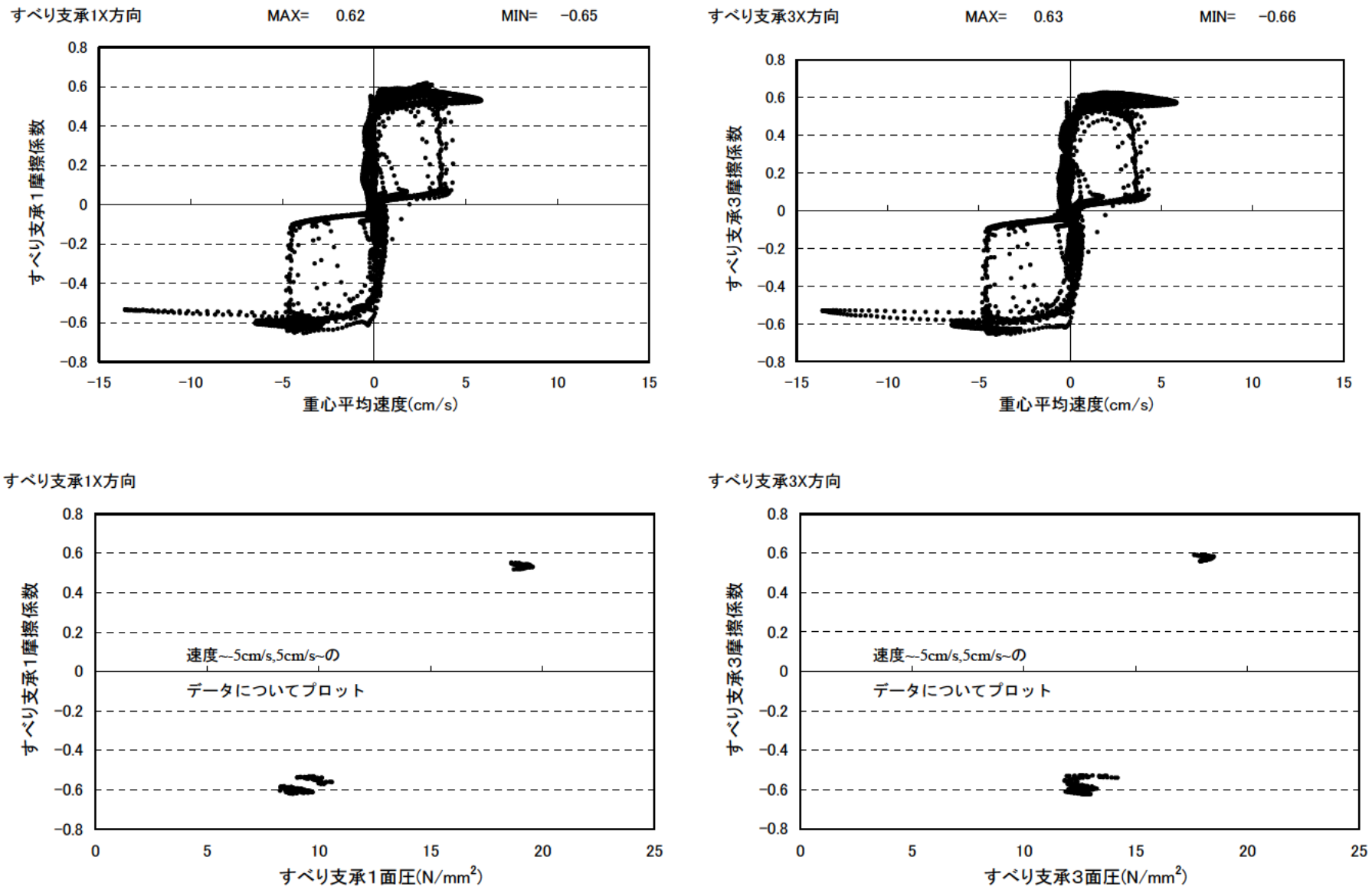


図 6.174　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 3，Case3-1）

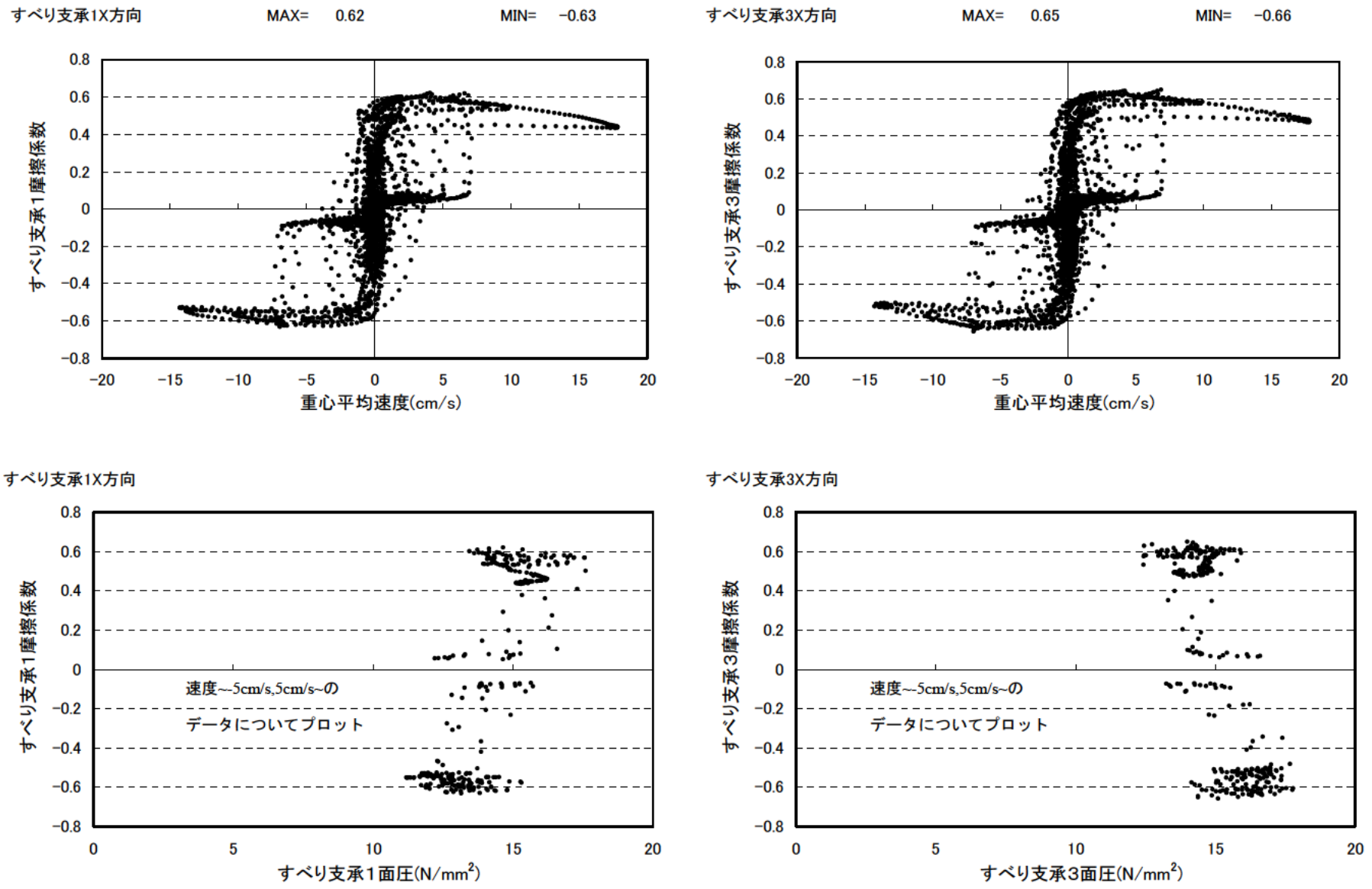


図 6.175　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 3，Case4-2）

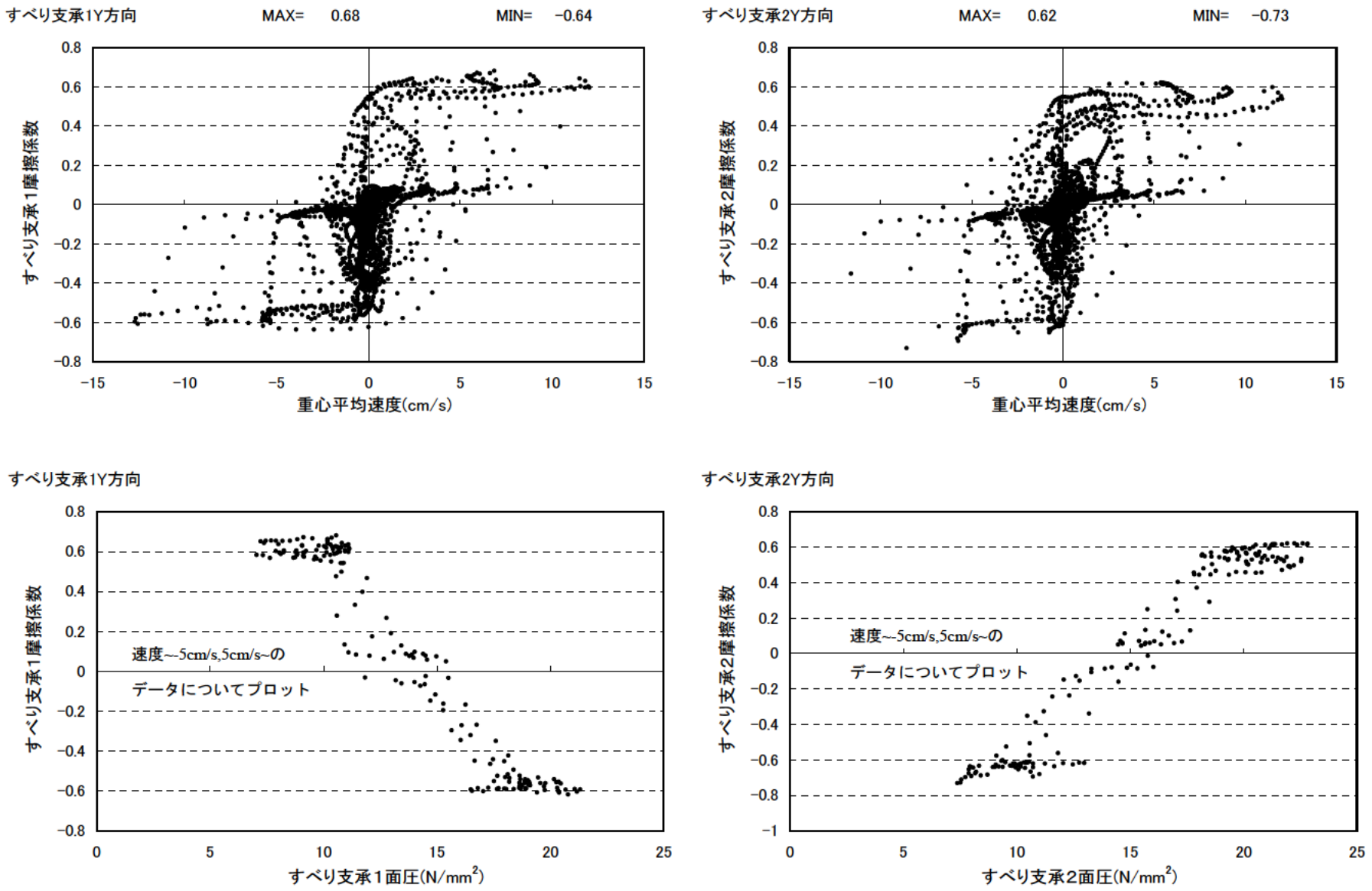


図 6.176　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 3，Case5-1）

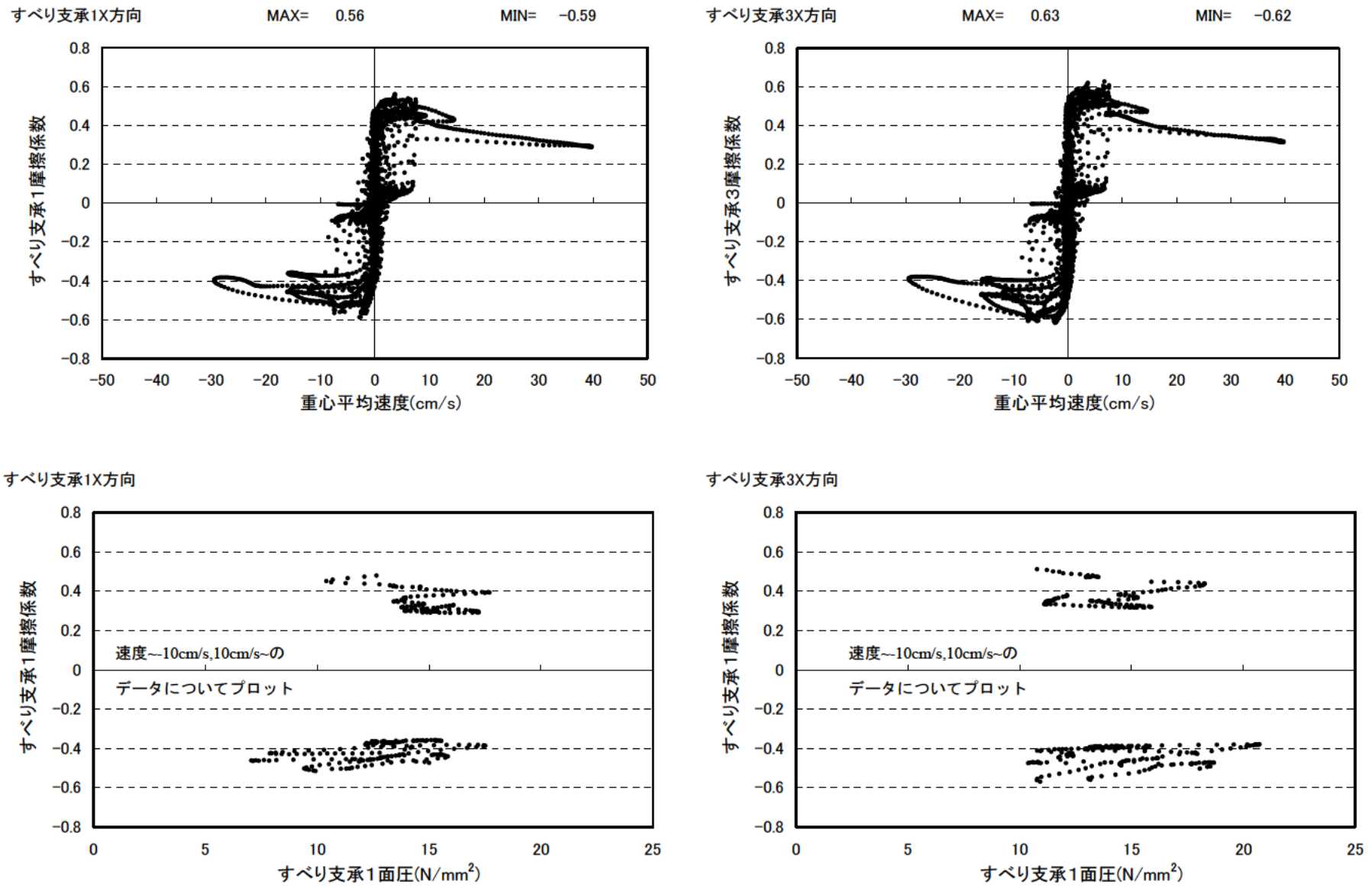


図 6.177　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 3，Case6-3）

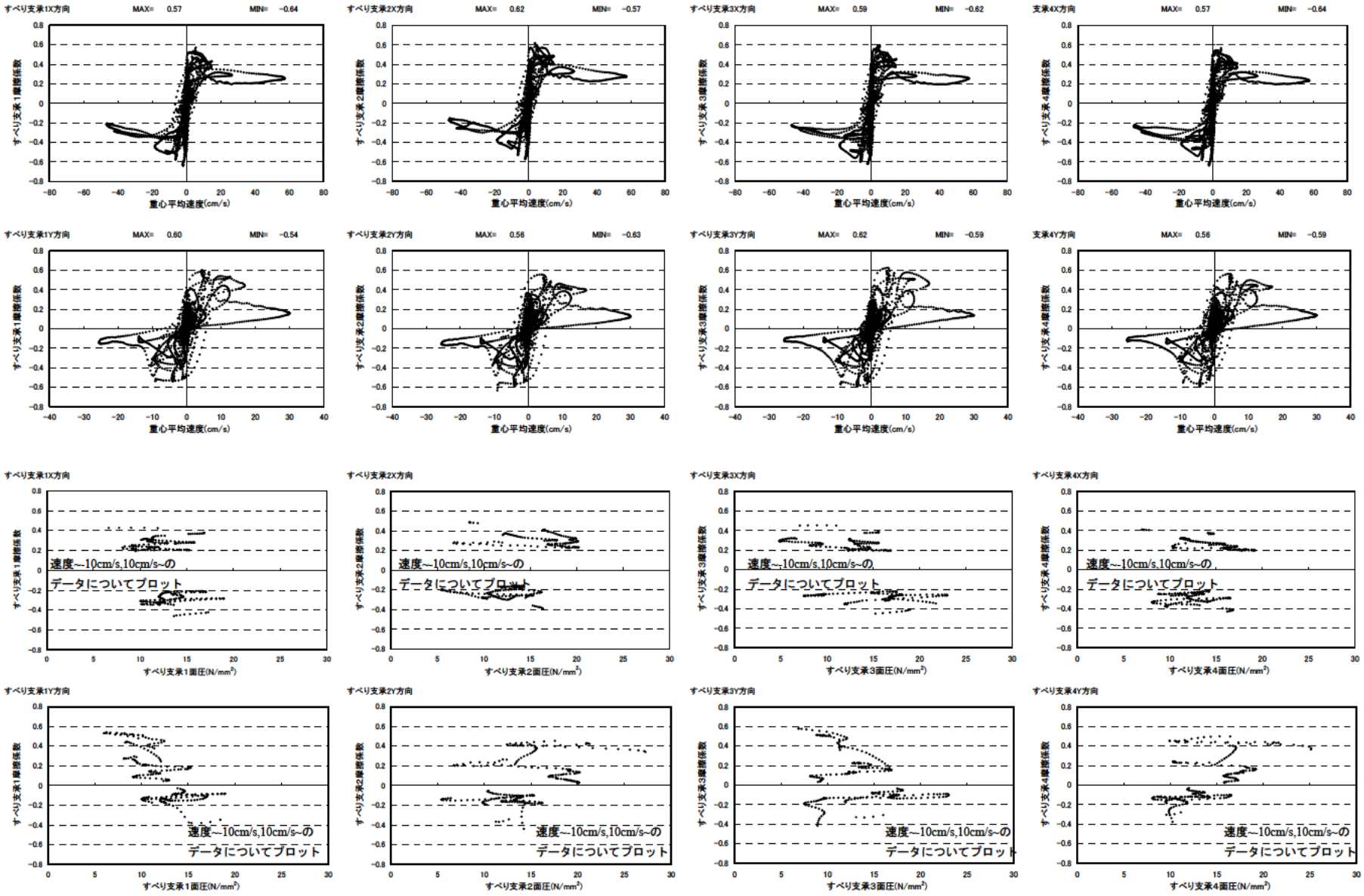


図 6.178　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 3，Case7-3）

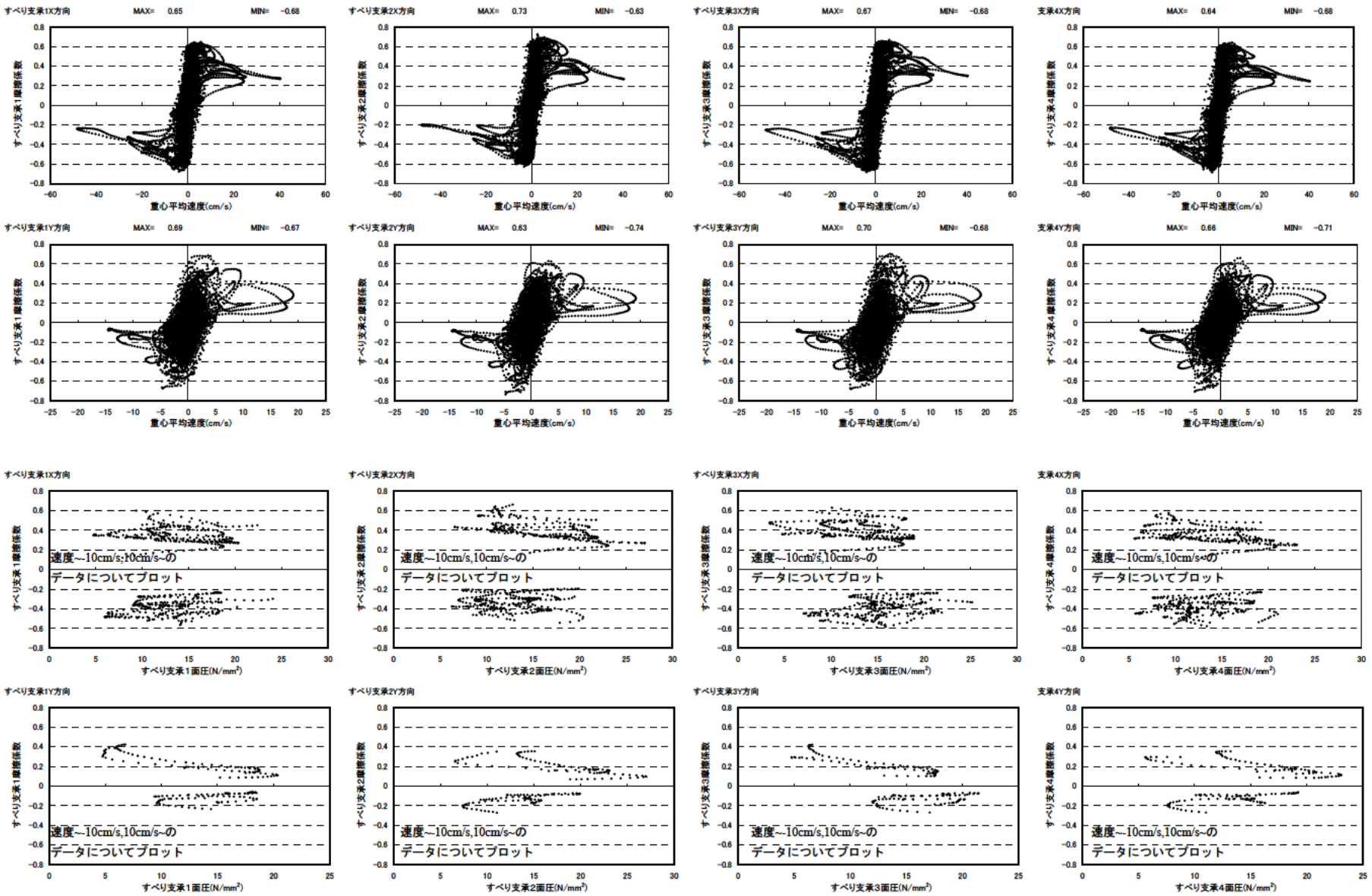


図 6.179　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 3，Case11-1）

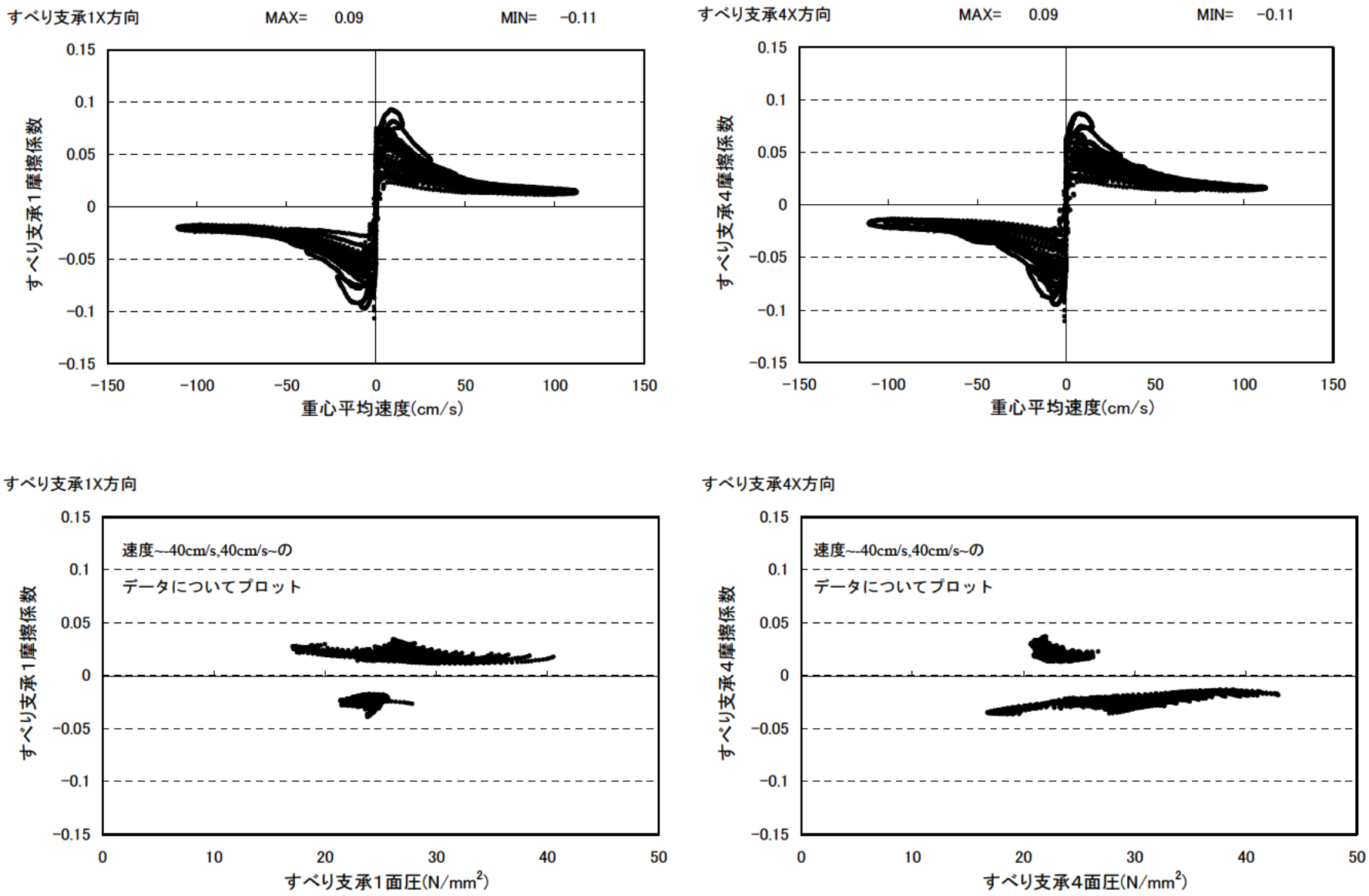


図 6.180　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 4，Case1-16）

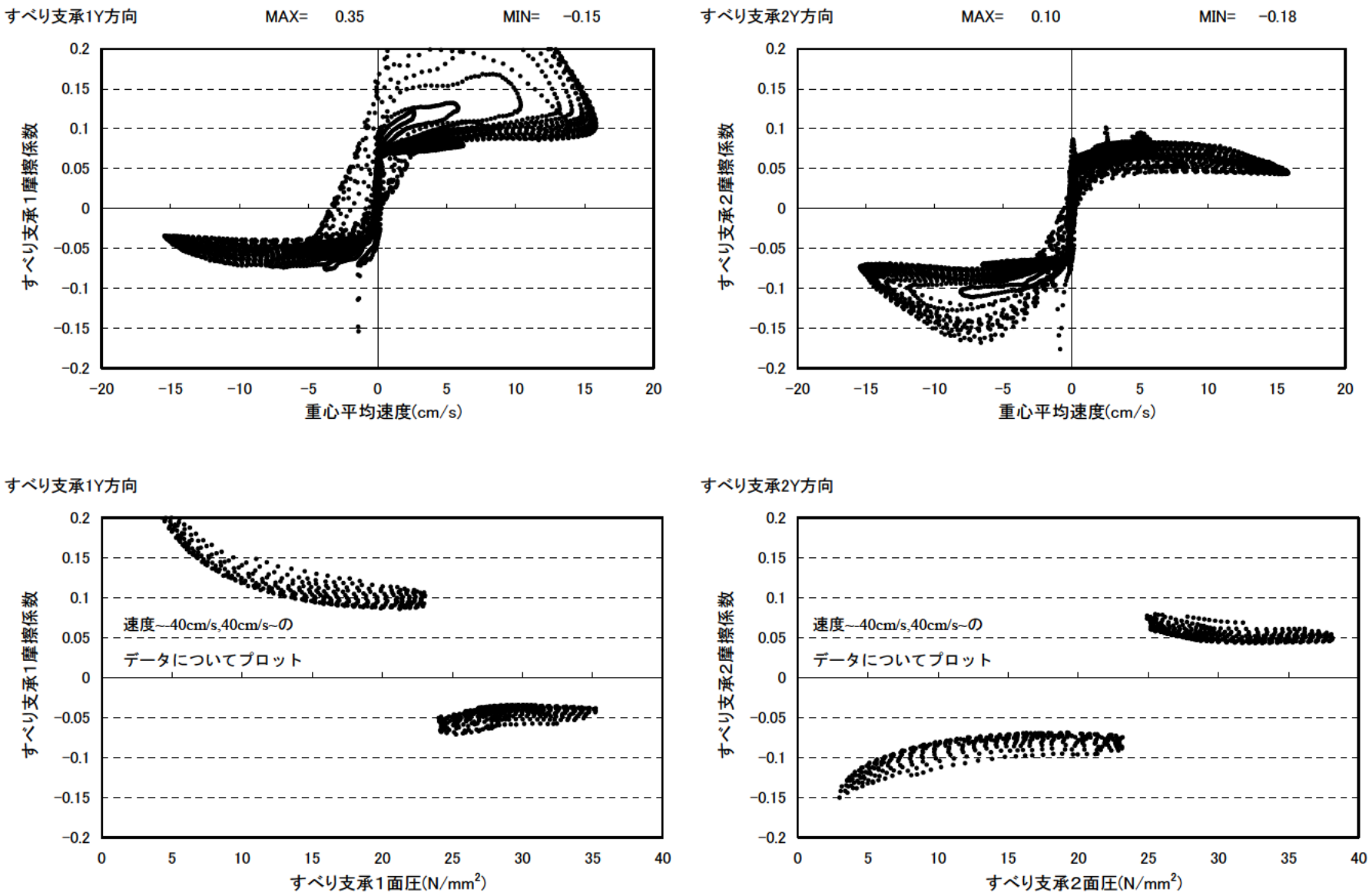


図 6.181　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 4，Case2-1）

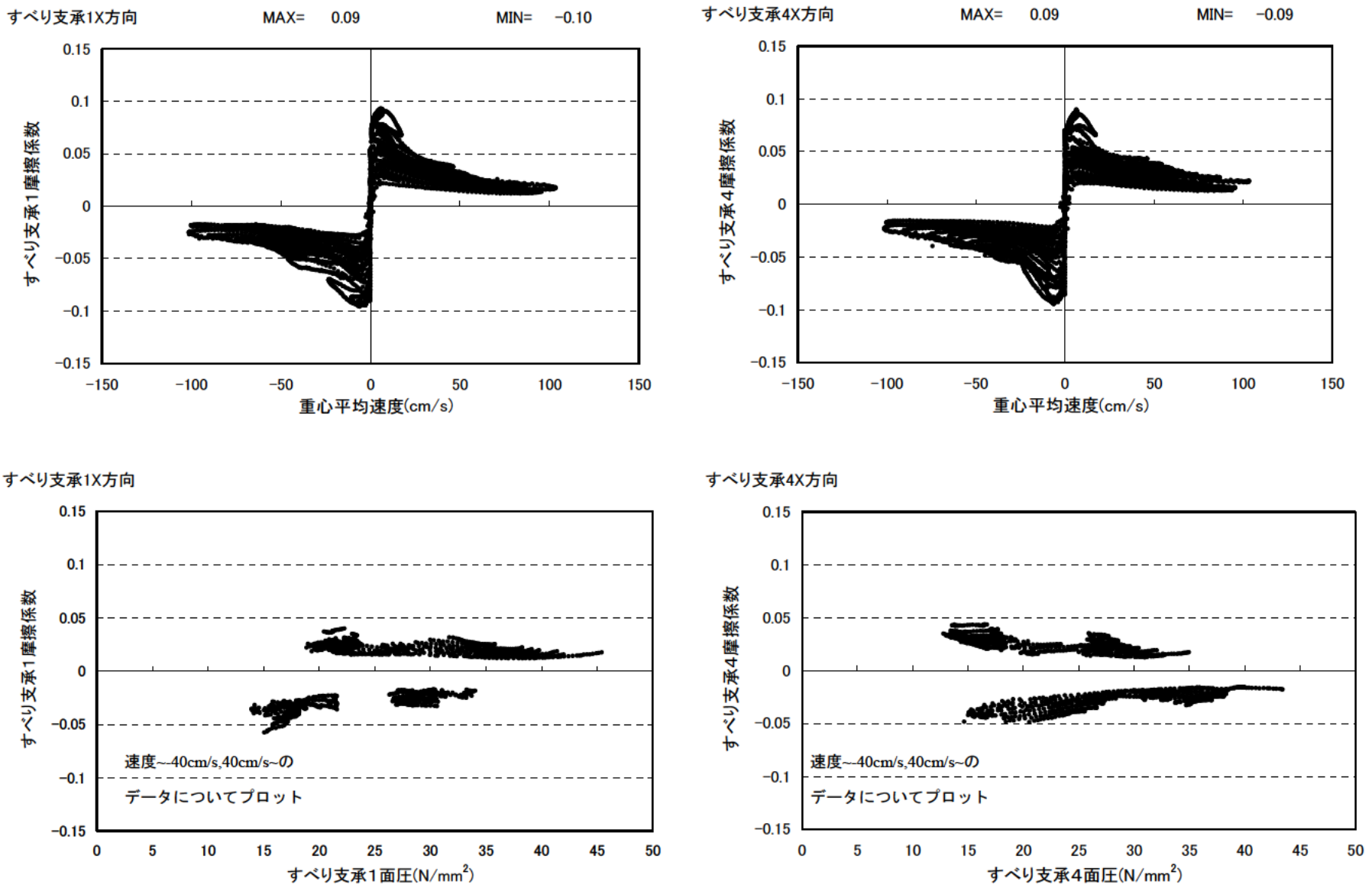


図 6.182　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 4，Case3-3）

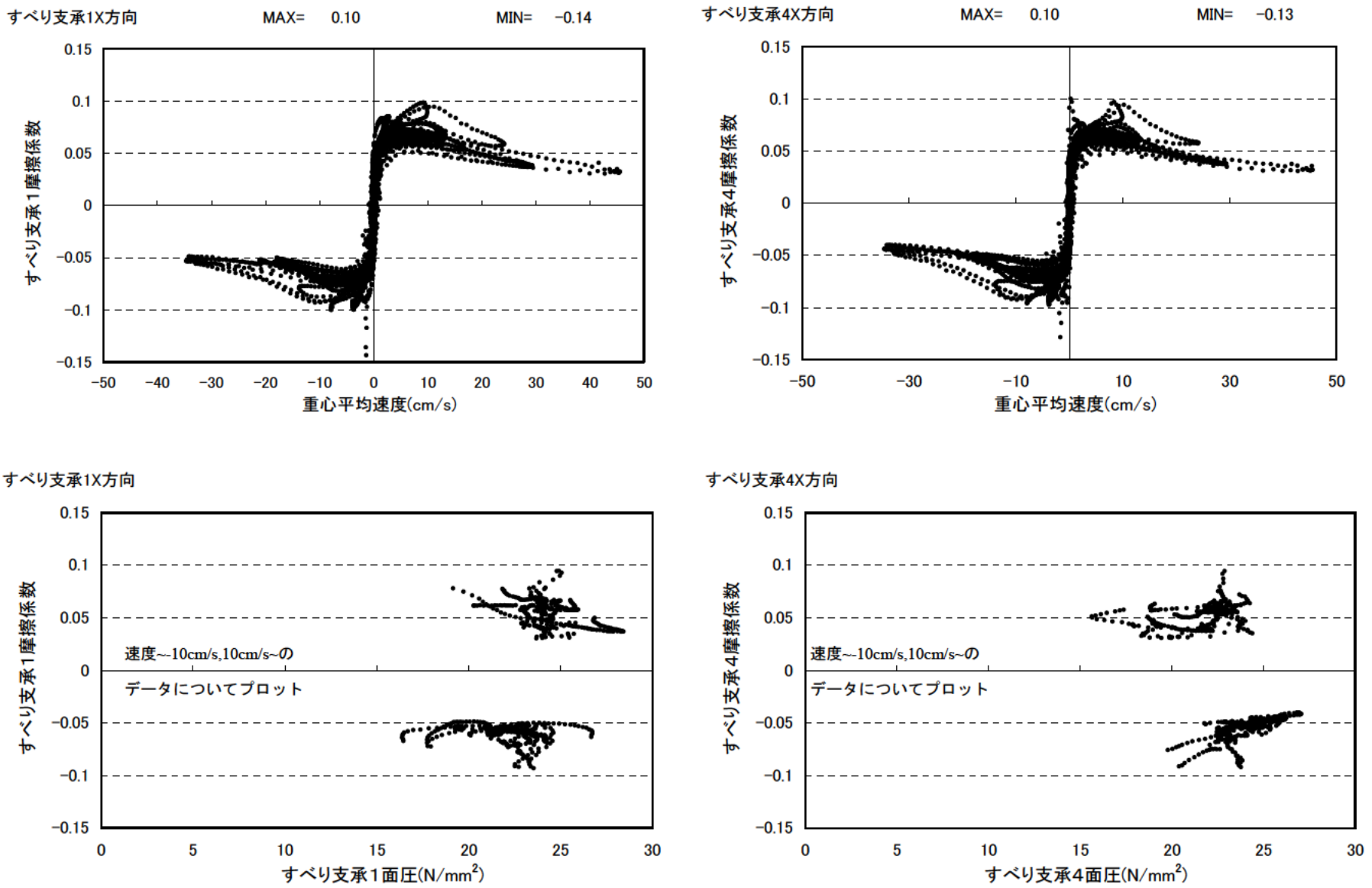


図 6.183　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 4，Case4-2）

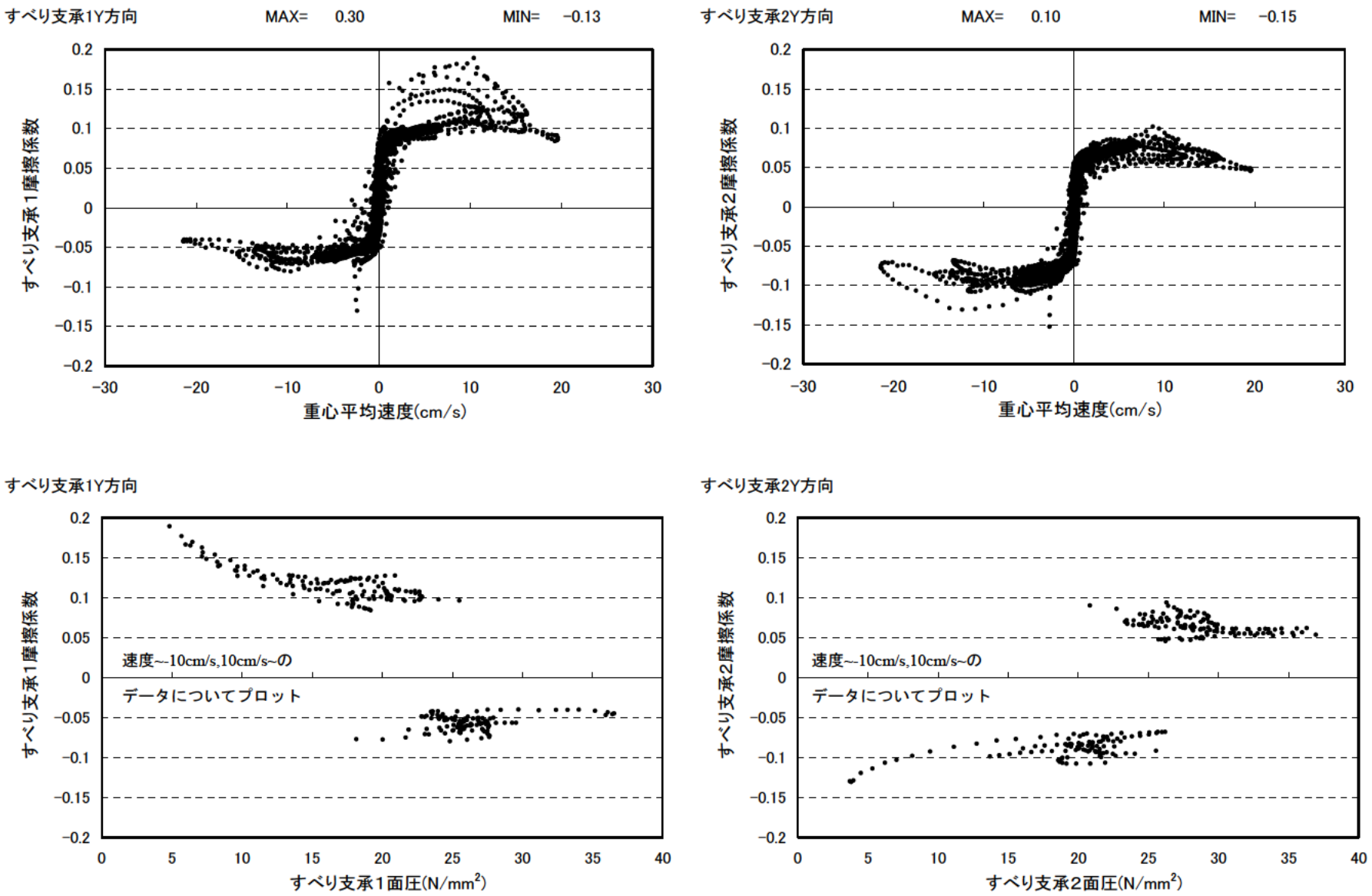


図 6.184　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 4，Case5-1）

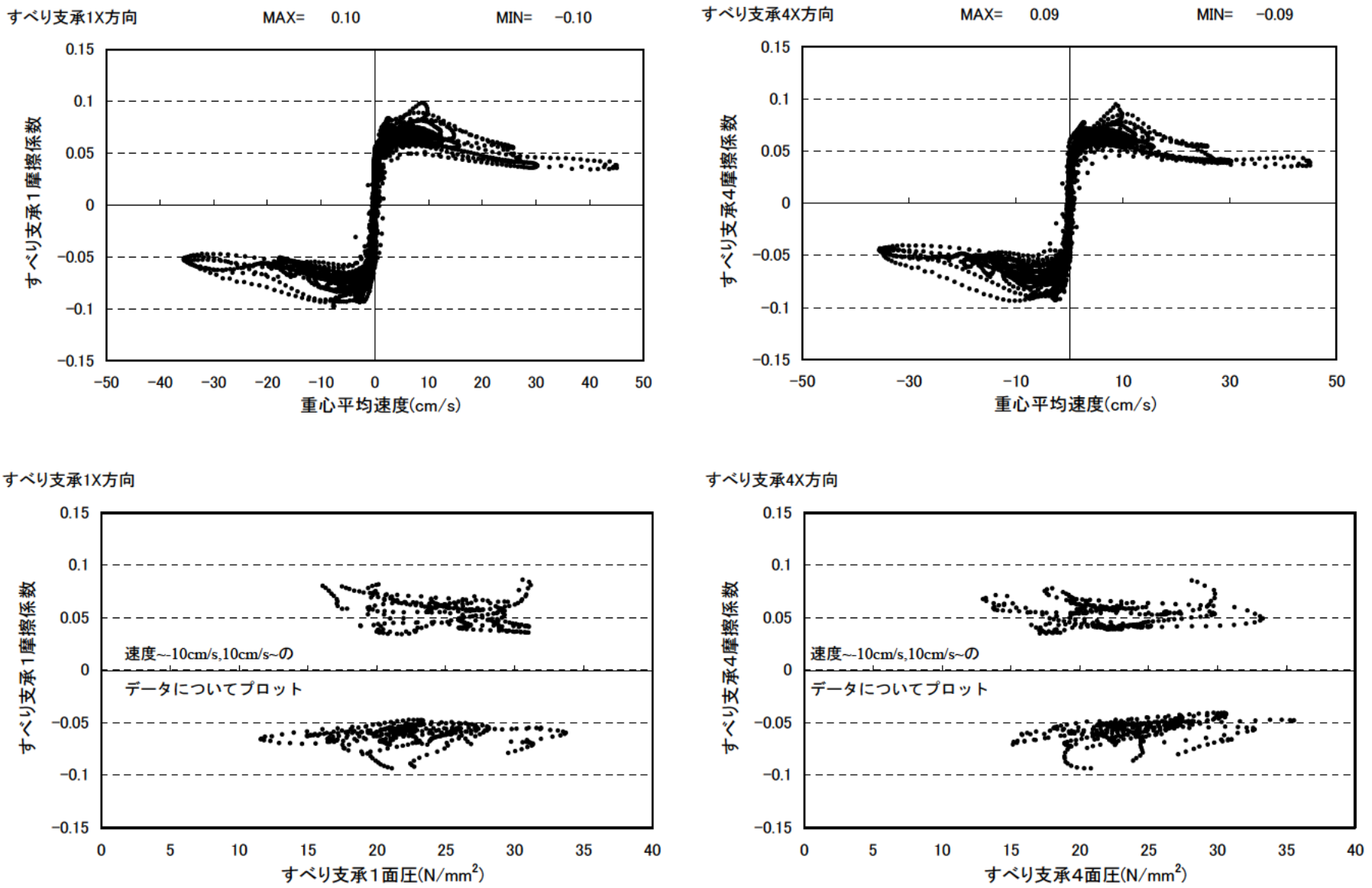


図 6.185　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 4，Case6-2）

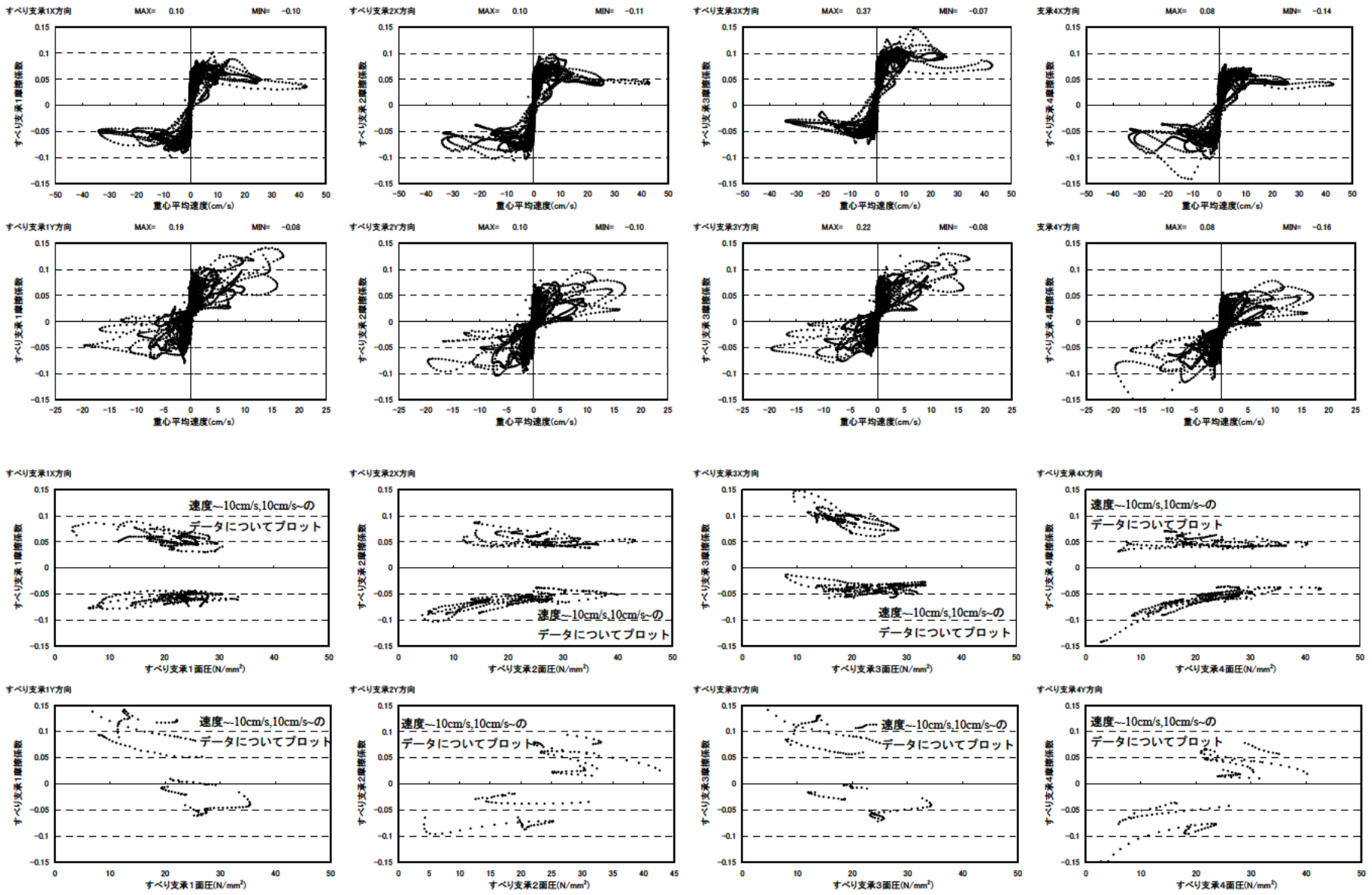


図 6.186　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 4，Case7-3）

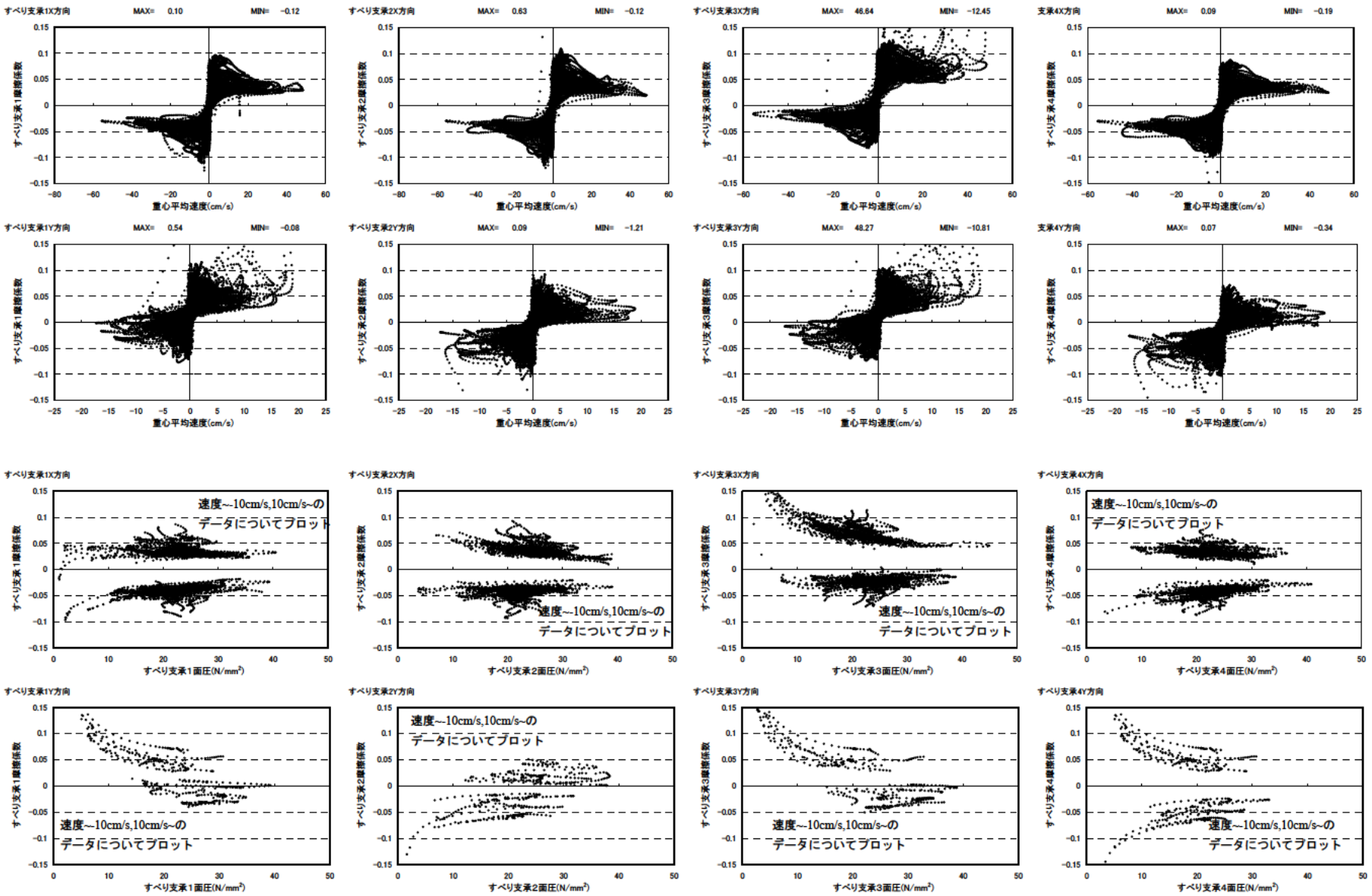


図 6.187　摩擦係数-速度・面圧関係（タイプ 4，Case11-1）