共同研究報告書
整理番号第310号

経済性を考慮した超長大橋の耐風設計法に関する共同研究報告書（その３）

平成15年3月

独立行政法人土木研究所　本州四国連絡橋公団
財団法人土木研究センター　石川島播磨重工業株式会社
川崎重工業株式会社　川田工業株式会社
清水建設株式会社　住友重機械工業株式会社
日本鋼管株式会社　日立造船株式会社
三井造船株式会社　三菱重工業株式会社

Copyright © (2003) 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、本報告書の全部又は一部の転載、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

第310号 2003年3月

経済性を考慮した超長大橋の耐風設計法に関する共同研究報告書（その３）

独立行政法人土木研究所　構造物研究グループ橋梁構造チーム　上席研究員　村越　潤
独立行政法人土木研究所　構造物研究グループ橋梁構造チーム　主任研究員　麓　興一郎
本州四国連絡橋公団　長大橋技術センター　技術調整課長　秦　健作
(財)土木研究センター　常務理事　佐伯　彰一
石川島播磨重工業㈱　技術開発本部大型機械システム開発部課長　松田　一俊
川崎重工業㈱　橋梁・水門総括部参与　小川　一志
川田工業㈱　技術開発本部　本部長　越後　滋
清水建設㈱　技術研究所和泉研究室　主任研究員　若原　敏裕
住友重機械工業㈱　鉄構機器事業本部　技術部長　宮崎　正男
日本鋼管㈱　都市工学研究部　主幹研究員　武田　勝昭
日立造船㈱　鉄構・建機技術研究センター長　植田　利夫
三井造船㈱　鉄構建設事業本部　技術部　部長　井上　浩男
三菱重工業㈱　広島製作所　鉄構技術部　橋梁設計課　課長　増田伊知郎

要　旨

本報告書は、経済性、耐風性に優れた超長大橋の上部構造に関する研究について平成10年度～平成17年度の８ヵ年間で実施している中間報告の位置付けである。研究は中央支間長2,500～3,000mの４車線断面を有する超長大橋を対象として、桁断面に一箱桁を使用した場合について検討し、その結果をとりまとめたものである。具体的には、一箱桁断面について桁形状を検討した後、全橋模型の設計・製作を実施し、一様流中の風洞実験で耐風安定性を検証している。結果としては、所定の耐風安定性については確保されることを確認している。

今後は、解析との比較検証と桁断面等に改良の余地がないかという検討を加えていく予定である。

キーワード：超長大橋、風洞実験、全橋模型

目　　次

まえがき
研究体制

１．今年度の研究成果の概要　1-1
２．桁断面の選定　2-1
　２．１　基本断面の決定経緯　2-1
　２．２　模型細部形状に関する検討　2-3
　２．３　模型縮尺の影響　2-12
　２．４　採用断面の決定　2-14
３．大型模型の設計　3-1
　３．１　設計基本方針　3-1
　３．２　桁剛性棒の設計検討　3-3
　３．３　桁剛性棒の設計結果　3-15
４．大型模型の製作及び調整　4-1
　４．１　線形調整結果　4-1
　４．２　動的特性試験　4-3
　４．３　静的特性試験　4-5
５．大型模型風洞試験　5-1
　５．１　試験の実施要領　5-1
　５．２　基本系試験　5-14
　５．３　側径間遮風壁撤去系試験　5-49
６．静的変形解析　6-1
　６．１　静的空気力特性　6-1
　６．２　解析方法　6-2
　６．３　解析条件　6-4
　６．４　解析結果　6-8
７．フラッター解析　7-1
　７．１　非定常空気力特性　7-1
　７．２　解析方法・条件　7-8
　７．３　解析結果　7-9

あとがき

付属資料　Ａ　固有値解析結果及び模型図面
付属資料　Ｂ　写真集
付属資料　Ｃ　試験データ集

まえがき

新交通軸の一部を形成する超長大橋を経済的に建設するためには、従来の長大橋を超える新たな技術開発が必要である。とりわけ、超長大橋においては、耐風性の確保が重要であり、著しくコスト縮減を実現するうえで、耐風性に優れた超長大橋の上部構造の開発が不可欠である。

このような背景のもと、共同研究は経済性及び耐風性に優れた超長大橋の上部構造を開発することを目的として、土木研究所、本州四国連絡橋公団、(財) 土木研究センター、及び民間企業９社（石川島播磨重工業㈱、川崎重工業㈱、川田工業㈱、清水建設㈱、住友重機械工業㈱、日本鋼管㈱、日立造船㈱、三井造船㈱、三菱重工業㈱）により平成 10 年度～平成 17 年度の８年間の予定で実施しており、大きく２つ「数値流体グループ」と「大型風洞実験グループ」とで構成している。

前者は近年急速に発達している数値流体解析技術に着目し、新たな視点から耐風性に優れた桁断面を模索する研究であり、後者は大型風洞で全橋模型実験を実施し、耐風安定性を確認する研究である。本報告書は、平成 14 年度までに得られた「大型風洞実験グループ」のうち、一箱桁断面を有する吊橋について成果をとりまとめたものである。

なお、「数値流体グループ」については、平成 13 年度に中間成果をとりまとめており本報告書にはその内容を含んでいない。

研究体制

共同研究参加企業と研究担当者

表１に参加企業とそれぞれの研究担当者を示す。

表１　共同研究参加企業と研究担当者

氏　名	所　属	
村越　潤	独立行政法人土木研究所	構造物研究グループ橋梁構造チーム上席研究員
麓　興一郎	〃	構造物研究グループ橋梁構造チーム主任研究員
北川　信	本州四国連絡橋公団	長大橋技術センター長
秦　健作	〃	長大橋技術センター技術調整課長
楠原　栄樹	〃	長大橋技術センター技術調整課長代理
遠山　直樹	〃	長大橋技術センター技術調整課
成田　信之	財団法人土木研究センター	理事
佐伯　彰一	〃	常務理事
鷹取　勲	〃	企画部　部長
松田　一俊	石川島播磨重工業㈱	技術開発本部総合開発ｾﾝﾀｰ機械ｼｽﾃﾑ開発部大型構造ｸﾞﾙｰﾌﾟ課長
鈴木　政直	〃	橋梁事業部設計部詳細設計ｸﾞﾙｰﾌﾟ課長
黒田　眞一	〃	技術開発本部総合開発ｾﾝﾀｰ機械ｼｽﾃﾑ開発部大型構造ｸﾞﾙｰﾌﾟ課長
上島　秀作	〃	技術開発本部総合開発ｾﾝﾀｰ機械ｼｽﾃﾑ開発部大型構造ｸﾞﾙｰﾌﾟ課長代理
市東　素明	〃	技術開発本部基盤技術研究所熱・流体研究部流体ｸﾞﾙｰﾌﾟ
杉本　高志	〃	技術開発本部総合開発ｾﾝﾀｰ機械ｼｽﾃﾑ開発部大型構造ｸﾞﾙｰﾌﾟ
下土居秀樹	川崎重工業㈱	鉄構ﾋﾞｼﾞﾈｽｾﾝﾀｰ　技術総括部橋梁・水門技術部　開発ｸﾞﾙｰﾌﾟ長
川本　英樹	〃	技術開発本部　技術研究所機械・流体研究部流体ｸﾞﾙｰﾌﾟ主事
尾立　圭巳	〃	鉄構ﾋﾞｼﾞﾈｽｾﾝﾀｰ　技術総括部橋梁・水門技術部　開発ｸﾞﾙｰﾌﾟ主事
阿部　和浩	〃	鉄構ﾋﾞｼﾞﾈｽｾﾝﾀｰ　技術総括部橋梁・水門技術部　開発ｸﾞﾙｰﾌﾟ
越後　滋	川田工業㈱	技術開発本部長
内海　靖	〃	技術開発本部技術研究室　室長
枝元　勝哉	〃	技術開発本部技術開発室　室長
畠中　真一	〃	技術開発本部技術開発室　主任
須澤　雅人	〃	技術開発本部技術研究室　主任
若原　敏裕	清水建設㈱	技術研究所　社会基盤技術センター応用工学グループ　主任研究員
嶋田　健司	〃	技術研究所　施設基盤技術センター流体解析グループ　主任研究員
宮崎　正男	住友重機械工業㈱	鉄構機器事業本部　主席技師
斉藤　善昭	〃	鉄構機器事業本部　技術開発部課長
鹿島　主央	〃	鉄構機器事業本部　技術開発部係長
針井　哲夫	〃	技術本部技術開発センター　ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝG
武田　勝昭	日本鋼管㈱	基盤技術研究所都市工学研究部　主幹
加藤　真志	〃	基盤技術研究所都市工学研究部　主任研究員
村上　琢哉	〃	基盤技術研究所都市工学研究部　主任研究員
高尾　道明	〃	橋梁建設部開発技術室　課長

氏　名	所　属	
植田　利夫	日立造船㈱	鉄構・建機事業本部　技師長
田中　洋	〃	鉄構・建機事業本部　防災事業推進室　技術部長
三河　克己	〃	鉄構・建機事業本部　設計本部　橋梁設計部
白井　秀治	〃	技術研究所　鉄構・海洋研究室　研究員
井上　浩男	三井造船㈱	鉄構・物流事業本部技術部 部長
酒井　正和	〃	鉄構・物流事業本部技術部 課長補佐
吉住　文太	〃	鉄構・物流事業本部技術部 主任
林　健一	〃	鉄構・物流事業本部技術部 主任
渡邊　茂	〃	鉄構・物流事業本部技術部
増田伊知郎	三菱重工業㈱	広島製作所鉄構技術部橋梁技術課長
中島　行弘	〃	広島製作所鉄構技術部橋梁技術課 主任
本田　明弘	〃	長崎研究所流体研究室長
平井　滋登	〃	長崎研究所流体研究室 主任
所　伸介	〃	長崎研究所流体研究室

1．今年度の研究成果の概要

本報告書では，「大型風洞実験グループ」において一箱桁断面を有する吊橋を対象に実施された結果についてとりまとめる。

４車線一箱桁断面の検討は平成 11 年度から実施しており，これまでの経緯を踏まえて桁中央に開口を有する基本断面を選定した。この断面は，開口を有するものの４車線すべてに舗装を確保できる構造であるとともに，供用に不可欠と考えられる検査者レール，遮風壁を耐風安定化対策とした活用したところに特徴を有する。この基本断面をもとに大型風洞試験までを実施し，耐風性の検討を実施した。以下に検討項目ごとに概要を示す。

（１）桁断面の検討

基本断面を対象とした部分模型風洞試験により，各種の耐風安定化対策等の細部形状が及ぼす影響を検討した。この結果，中央防護柵を充実型 1.2m 高とした改良断面を大型風洞試験用の桁形状として選定した。また，三分力試験あるいは非定常空気力を実施し，これらの断面における基礎データを得た。さらに，三次元全橋模型を用いた大型風洞試験の実施に先立ち，模型縮尺によるフラッター特性への影響を調査し，縮尺 1/125 の全橋模型においても一箱桁断面の耐風性が十分調査できることを確認した．これらの詳細を２．に示す。

（２）大型模型の設計

前項で選定された一箱桁断面の三次元全橋模型化においては，開口を有するため剛性棒を箱桁中心に配置することができないため，梯子型剛性棒を採用することを計画し，その設計を行った。その詳細は３．に示す。

（３）大型模型の製作及び調整

剛性棒の設計結果を踏まえて，大型（三次元全橋）模型の製作・調整を行った。その調整結果と，動的及び静的な特性試験を実施し模型の性能を確認した。その結果は４．に示す。

（４）大型模型風洞試験

調整された大型模型を用い，風洞試験を実施した。試験においては，一様流中において，基本系（遮風壁は全体にわたって設置）に加えて側径間遮風壁撤去系の２種類を対象とした。その結果，フラッター発現風速は，それぞれ 96m/s，97m/s と高く，十分な安定性が確保されている結果を得た。なお，基本系においては，発生が認められた補剛桁の渦励振特性も調査した。その試験の実施要領と結果を５．に示す。

（５）静的変形解析，フラッター解析

部分模型で得られた断面の静的空気力特性をもとに静的変形を解析し，風洞試験結果と比較した。また，同じく部分模型で得られた断面の非定常空気力係数をもとにフラッ

ター解析を実施し，風洞試験結果と比較した。これらの結果を６．及び７．にそれぞれ示す。

以上のように４車線一箱桁断面を対象とし，大型風洞試験まで実施した結果，フラッターに対しては発現風速が高く，耐風性良好であるとの結果を今年度までに得た。今後，実橋における上記断面の採用のためには，静的あるいは動的解析を通じた検証を継続するとともに，主桁に発生する渦励振の検討あるいは上記のフラッター発現に対するメカニズムの解明を実施していく必要がある。

2．桁断面の選定

2．1　基本断面の決定経緯

4車線一箱桁断面の検討は平成11年度から実施している。まず、各研究機関でフェアリング形状の異なる一箱桁断面を初期断面として、有効な耐風安定化対策を検討した。耐風安定化対策の評価には形状補正係数κ（＝フラッター発現風速の実験計測値／ゼルベルグ式による計算値）を用いた。検討対象の中央径間2,500m級、橋長5,000m級の3径間2ヒンジ吊橋に要求されるκは、κ＞1.6～1.7である。検討結果については、前回報告書[1)]に詳細記述があるが、概要は以下の通りである。

（1）　導流板と上下面のセンターバリア（桁中央部に設置）を併用した場合には、κ＝1.4程度である。

（2）　中央に高さ3mの遮風壁（中央遮風壁）を設置した場合には、κ＝1.2程度である。

（3）　桁中央に幅2～3m程度の開口（充実率40～50%）を設けた場合には、κ＝1.2程度である。

（4）　遮風壁は下部1mを開口（下部開口端部遮風壁）にして、桁端から路肩防護柵近傍に寄せた場合に耐風性は大きく向上する。桁中央部に幅3mの開口を設けて、桁上下面のセンターバリアを設けた開口一箱桁断面では、κ＞1.6を確保した。

（5）　桁中央開口幅2mの開口一箱桁断面において、中央遮風壁と下部開口端部遮風壁の組合せでは、迎角＋3°においてκ＝1.68となった。そこで、検査車レールを設置することにより、迎角0°においても迎角＋3°の様な流れになるよう工夫した結果、κ＞1.7となった。

（6）　（5）の断面では、中央部の開口率が78%と大きかったため、実橋を指向して、開口率を50%とし、開口部をグレーチング（充実率30%）としても、迎角0°、＋3°において、κ＞1.77を確保できることがわかった。

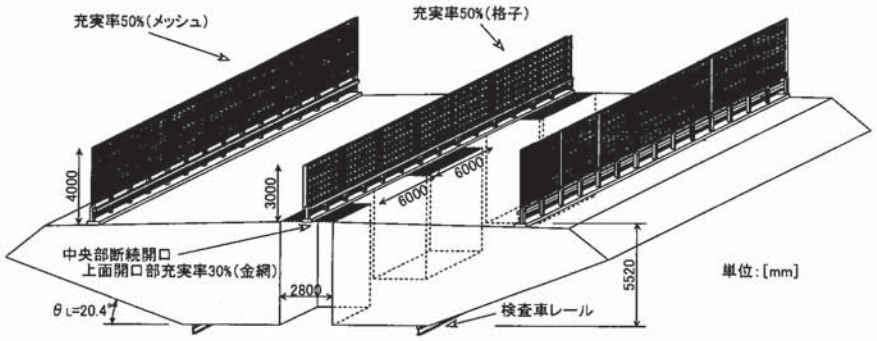
以上の結果より、大型全橋模型試験を実施する一箱桁断面形状の基本断面として、図－2.1.1に示す断面を選定した。主な特徴は以下の通り。

（1）　中央部の開口幅2.8mであるが、グレーチングの適用が必要最小限に抑えられており、4車線部分全てに舗装を確保できる構造である。

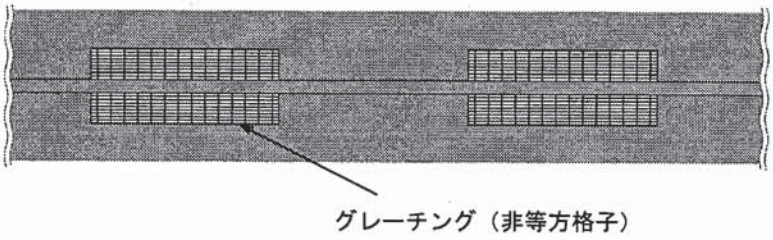
（2）　供用に不可欠と考えられる検査車レール、遮風壁を耐風安定化対策として活用した桁断面形状である。桁端部遮風壁は、下部の1mを開口として3mの遮風壁を設けた高さ4mの下部開口遮風壁であり、路肩防護柵近傍に設置されている。また、桁中央部には高さ3mの遮風壁が中央防護柵の上に設置されている。

（3）　検査車レールは、桁下面下フランジ端面より0.6m内側に設置されている。

（4）　桁中央の開口部は、開口率を50%とし、グレーチング（充実率30%）とした。グレーチングの模型は図－2.1.2に示す非等方格子である。



図－2.1.1　基本断面（斜視図）



図－2.1.2　グレーチング模型化説明図（桁中央部：上面図）

２．２　模型細部形状に関する検討

２．２．１　耐風安定化対策の影響検討

（１）バネ支持試験

基本断面を対象として、各種耐風安定化対策が耐風性に及ぼす影響をバネ支持試験により検討した。模型縮尺は１／６５としたが、模型製作の都合上、開口グレーチング形状は等方格子であり、基本断面とは異なっている。各耐風安定化部材の検討内容を図－2.2.2.1 (a)～(d)に示し、各々下記 (a)～(d) に詳細に記した。

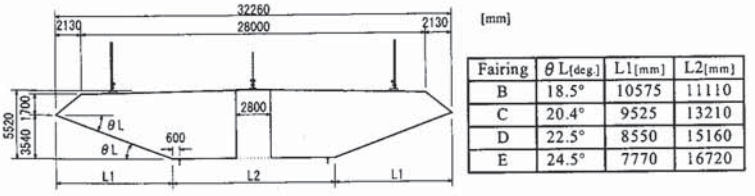
(a) 桁下面形状は桁幅を変えずに下面フェアリング角θＬのみを変化させた。θＬ=18.5°、20.4°、22.5°、24.5° を各々フェアリングＢ、Ｃ、Ｄ、Ｅと呼ぶ。基本断面はフェアリングＣ（θＬ=20.4°）である。なお、検査車レールは桁下面フランジ端部より 0.6m 内側に設置したため、θＬの変更により、下面フランジ幅Ｌ2 とともにレール間隔が変化する。

(b) 中央防護柵は、3.0m 高遮風壁付防護柵 f1（基本断面）に加えて、利用者の快適性の面からの対策として、0.8m 高防護柵 f2、0.8m高充実型防護壁 f3、1.2m 高充実型防護壁 f4 も実施した。

(c) 桁端部遮風壁は、路面からの高さ H が 4.0m の H4（基本断面）および遮風壁の高さ低減を狙った H3（高さ 3.0m）も実施した。なお、桁端部遮風壁は高さ 1m の路肩防護柵上に設置された形状であるため、H=4.0m の場合、フェンス部高さは 3.0m となる。

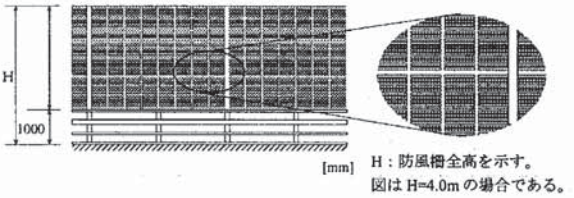
(d) 桁中央部の開口ピッチは s =6.0m を基本としたが、その他に s=3.0、3.5 および 7.0m とした。（以下、各々s60（基本）、s30、s35、s70 と表す）

試験条件は、表－2.2.1.1 に示す中央径間 2,800mの吊橋を想定した。試験では、まずフラッター発現風速のみ計測し、フラッター特性が良好な代表断面のみ渦励振も計測した。なお、断面名は、以下、C-f1-H4-s60

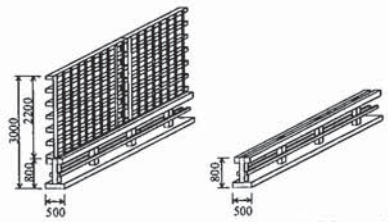


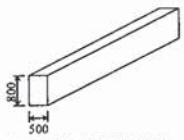
Fairing	θL[deg.]	L1[mm]	L2[mm]
B	18.5°	10575	11110
C	20.4°	9525	13210
D	22.5°	8550	15160
E	24.5°	7770	16720

(a) フェアリング形状



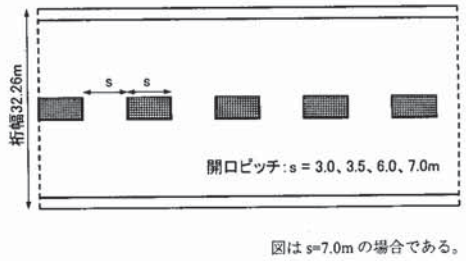
(c) 桁端部遮風壁（桁端部下部開口遮風壁）







(b) 中央遮風壁（防護壁）



(d) 開口ピッチ（桁上面図）

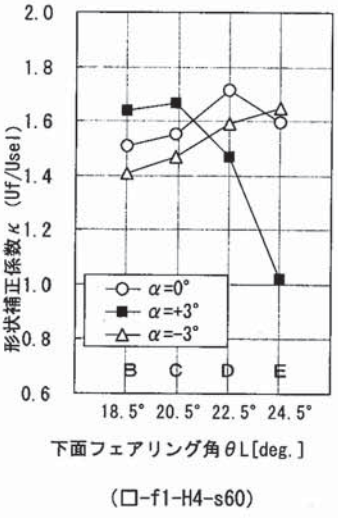
図－2.2.1.1　耐風安定化対策検討内容

（例：基本断面、フェアリング C、中央防護柵 f1、桁端遮風壁高さ H=4m、開口ピッチ s=6.0m）のように示し、耐風安定化部材を変更した実験ケースでは変更部材は□を用いて表すこととした。

計測されたフラッター発現風速は形状補正係数κ（=フラッター発現風速／ゼルベルグ式で定義される値）を用いて示した。本検討の場合、ゼルベルグ式による値 Usel は、Usel = 45.6m/s である。

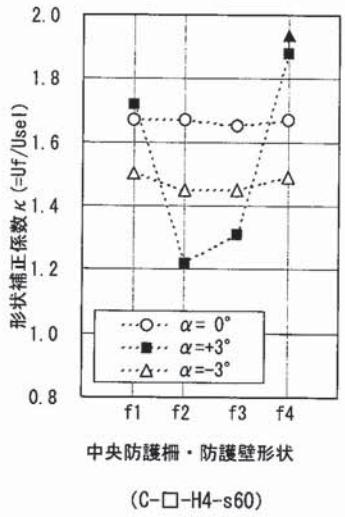
表－2.2.1.1　ばね支持試験条件

項目		実橋	模型(縮尺:1/65)	
			所要値	実験値
質量		0.247 MN/m	93.0 N / model	93.9 N / model
極慣性ﾓｰﾒﾝﾄ		32.02MN·m²/m	2.85N·m²/model	2.85N·m²/model
振動数	たわみ f_η	0.062 Hz	1.01 Hz	1.01 Hz
	ねじれ f_θ	0.157 Hz	2.55 Hz	2.50 Hz
振動数比 (f_θ / f_η)		2.53	2.53	2.48



(□-f1-H4-s60)

図－2.2.1.2 下面フェアリング角の影響



(C-□-H4-s60)

図－2.2.1.3　中央防護柵の影響

1）下面フェアリング角の影響

図－2.1.1 に示す基本断面(C-f1-H4-s60)の、下面フェアリングを B～E と変化させた結果を図－2.2.1.2 に示す。これより、θL を大きくすると迎角α＝0°、－3°ではκがやや増加するのに対し、α＝＋3°ではκが大きく低下する。したがって、本断面は下面フェアリング角が耐風性に重要であることがわかる。この中では、基本断面のフェアリング形状であるフェアリング C が、α＝＋3°でのκの低下が見られず、比較的良好な耐風性を有している。

2）中央防護柵形状の影響

フェアリング C を基本(C-f1-H4-s60)とし、中央防護柵を f1～f4 と変化させた結果を図－2.2.1.3 に示す。これより、α＝0°、－3°では大きな違いは見られないものの、α＝＋3°では中央防護柵形状によりフラッター特性が大きく異なっていることが分かる。f1 と f2 の比較により、中央の遮風壁は耐風性に有効な対策であることが確認できる。一方、充実型防護壁については、f3（0.8m高）では耐風性の改善は見られないが、f4（同 1.2m高）では基本断面で用いた f1 と同等以上の耐風性を有することが分かる。これより、中央防護柵をある高さを持った充実壁とする対策は有効な対策となり得ると判断される。

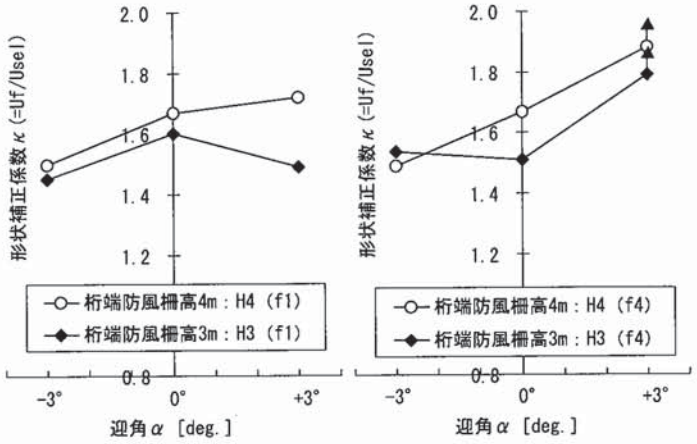
3）桁端部遮風壁高さの影響

中央防護柵形状の検討で、耐風性が比較的良好な f1 と f4 を選定した断面を用い、桁端部遮風壁高さ４m（H4）と３m（H3）を比較した結果を図－2.2.1.4（a）、(b)に示す。これより両者ともに H3 を設置した断面の方が、全般的にκが小さく、遮風壁４m高さの方が良好なフラッター特性を示していることが分かる。これより、本断面においては、フラッター特性の点からは高さ４mの防風柵（H4）の方が好ましいと判断される。

4）中央防護柵と開口ピッチの影響

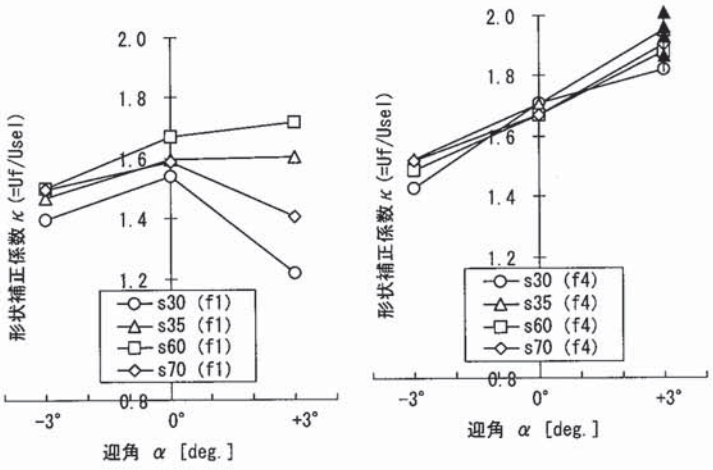
中央防護柵を f1 と f4 として、開口ピッチを変更した結果を図－2.2.1.5(a)、(b)に示す。これより、f1 を

用いた断面では特にα=＋３°において耐風性が極端に低下する場合が見られ、開口ピッチの違いにより、フラッター特性が大きく変化することが分かる。一方、f4 を用いた断面では、α=＋３°での耐風性の低下は生じず、開口ピッチの影響を受けていないことがわかる。



(a) C-f1-□-s60　　(b) C-f4-□-s60

図－2.2.1.4　桁端遮風壁高さの影響



(a) C-f1-H4-□　　(b) C-f4-H4-□

図－2.2.1.5　中央防護柵と開口ピッチの影響

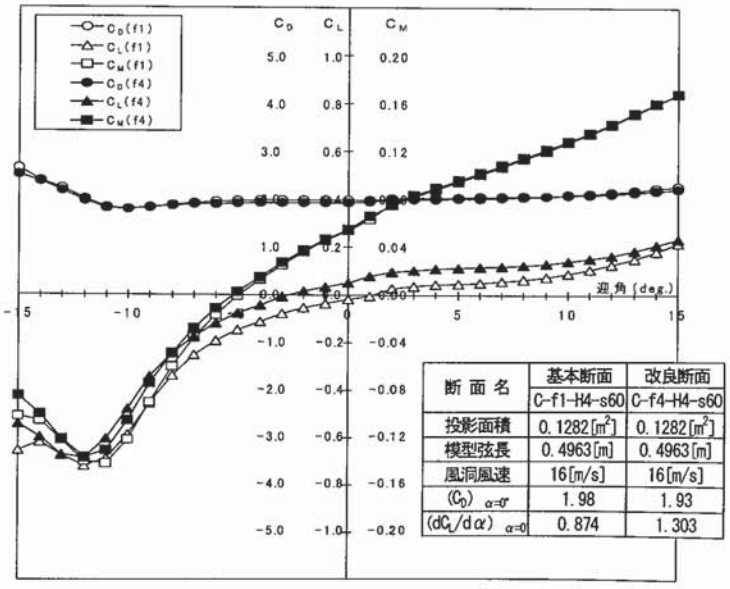
（2）三分力試験

基本断面（C-f1-H4-s60）と中央防護柵を充実型 1.2m 高防護壁とした断面（C-H4-f4-s60　以下、改良断面）について、三分力試験を実施した。三分力試験はα=－15°～＋15°のケースを実施し、空気力係数は各々以下のように無次元化した。

三分力係数　　：$C_D = P_D \Big/ \frac{1}{2}\rho V^2 An$　　$C_L = P_L \Big/ \frac{1}{2}\rho V^2 Bl$　　$C_M = M \Big/ \frac{1}{2}\rho V^2 B^2 l$

C_D、C_L、C_Mは抗力、揚力、モーメント係数、P_D、P_L、Mは風軸基準の空気力、lは模型長（=1.59m）、Anは模型投影面積（0.1282m^2:桁下面から桁上面端部までの高さ（実橋値 5.24m）を用いた）、Bは模型弦長（32.26m×1/65）、ρは空気密度、Vは風洞風速（16m/s）を各々示す。

三分力試験結果を図－2.2.1.6 に示す。両断面は中央防護柵形状が異なっているが、抗力係数 C_D、空力モーメント係数 C_M はほぼ同じ傾向にあることがわかる。一方、揚力係数 C_L には違いが見られ、充実型防護壁を有する改良断面の方がやや大きな数値を示している。超長大橋用に検討されている二箱桁断面（但し遮風壁が設置されていない断面）[1]と比較すると、改良断面のα=0°の抗力係数 C_D は 1.93 であり、二箱桁断面（抗力係数は約 1.1）より大きいこと、α=0°近傍の空力モーメント係数 C_M は正であることが異なっているが、これは桁端部遮風壁の影響が大きいと判断される。また、α=0°の揚力係数勾配$dC_L/d\alpha$は 2.0 程度であり、通常の一箱桁や二箱桁断面よりも小さいことから、鉛直ガストに対して有効な断面と考えられる。



断面名	基本断面 C-f1-H4-s60	改良断面 C-f4-H4-s60
投影面積	0.1282[m²]	0.1282[m²]
模型弦長	0.4963[m]	0.4963[m]
風洞風速	16[m/s]	16[m/s]
$(C_D)_{\alpha=0°}$	1.98	1.93
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	0.874	1.303

図－2.2.1.6　　三分力試験結果

（3）非定常空気力試験

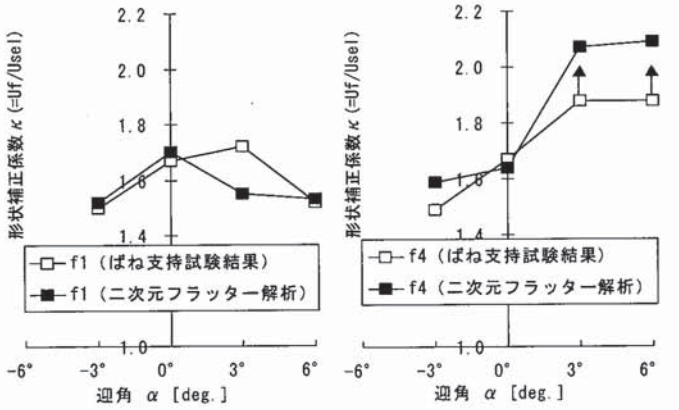
基本断面（C-f1-H4-s60）と改良断面（C-H4-f4-s60）を対象に非定常空気力試験を実施した。非定常空気力試験は、強制加振法（加振振動数、原則 2Hz）を用いて、α=0°、±3、+6° のケースを測定した。非定常空気力係数は以下の形で無次元化した。

$$L = \pi\rho B^3\omega^2\left[L_{Zr}\frac{Z}{B} + L_{Zi}\frac{\dot{Z}}{B\omega} + L_{\theta r}\theta + L_{\theta i}\frac{\dot{\theta}}{\omega}\right]$$

$$M = \pi\rho B^4\omega^2\left[M_{Zr}\frac{Z}{B} + M_{Zi}\frac{\dot{Z}}{B\omega} + M_{\theta r}\theta + M_{\theta i}\frac{\dot{\theta}}{\omega}\right]$$

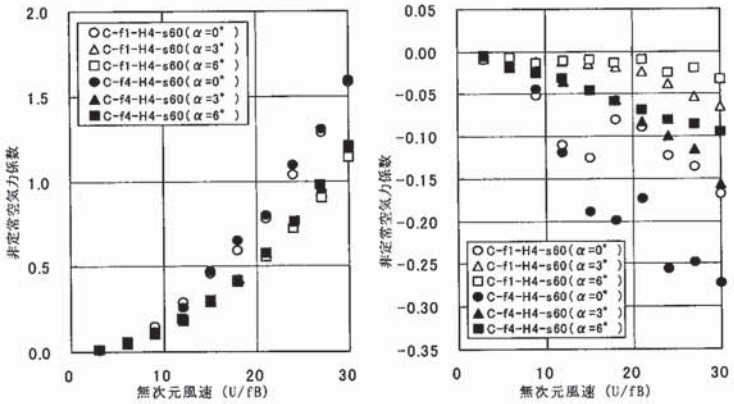
L、Mは非定常空気力、L_{Zr}、L_{Zi}、$L_{\theta r}$、$L_{\theta i}$、M_{Zr}、M_{Zi}、$M_{\theta r}$、$M_{\theta i}$は非定常空気力係数、ωは加振円振動数（=2πf）、fは加振振動数、Z、θは変位を各々示す。

非定常空気力試験の結果をもとに実施した二次元フラッター解析結果を、ばね支持試験結果と比較して図－2.2.1.7 に示す（α=+6° のばね支持試験も追加実施した）。これより、改良断面のα=+3°、+6° では比較できないものの、両断面における差異は最大 1 割程度であり、測定された非定常空気力係数は概ね妥当であると判断できる。また、フラッター特性に与える影響が大きい非定常空力モーメント係数（$M_{\theta r}$、$M_{\theta i}$）を、α=0°、+3°、+6° のみ図－2.2.1.8 に示す。これより、両断面同士を同じ迎角で比較すると、$M_{\theta r}$については断面によらず同じであるものの、$M_{\theta i}$は改良断面の方が負に大きくなっていることがわかる。これは、両者の空気力成分の合力で表されるねじれ振動時の発生空力モーメントの大きさは三分力特性同様に変化しないものの、ねじれ振動との位相は改良断面の方が遅れていることを表している。したがって、充実型防護壁を用いることによってフラッター特性が大きく向上した原因は、発生空力モーメントのねじれ振動に対する位相遅れが大きな要因であると判断できる。



(a) 基本断面 (C-H4-f1-s60)　(b) 改良断面 (C-H4-f4-s60)

図－2.2.1.7　非定常空気力係数の妥当性検討結果



(a) $M_{\theta r}$　(b) $M_{\theta i}$

図－2.2.1.8　非定常空気力試験結果（改良断面）

（4）全橋フラッター解析

改良断面（C-H4-f4-s60）の空気力係数を用いて、全橋フラッター解析を実施した。解析対象は中央径間 2,800m の吊橋を想定した。解析モデルの概要を表－2.2.1.2 に示す。解析には、有風時の固有モードでフラッターモードを表現する手法（モード組合せ法）を用い、モードは最低次 50 次を考慮した。構造減衰 δ は全モード 0.02 とした。静的解析は線形化有限変位解析で実施したが、桁のねじれによる空気力の非線形性については考慮した。まず、

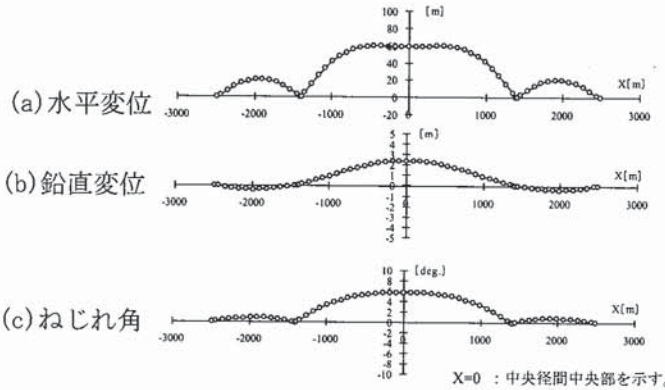
表－2.2.1.2　全橋フラッター解析モデル

解析モデル（概要）				空気力係数
支間割			1100m+2800m+1100m	主桁：改良断面
主ケーブル		サグ	1/10	
		ケーブル間隔	28m	
		質量	10t/m/Br.	
ハンガー		ハンガー間隔	30m	
桁	死荷重	質量	15.2t/m	
		極慣性ﾓｰﾒﾝﾄ	1225m⁴/Br.	
	剛性	鉛直	5m⁴/Br.	
		水平	88m⁴/Br.	
		ねじれ	12m⁴/Br.	

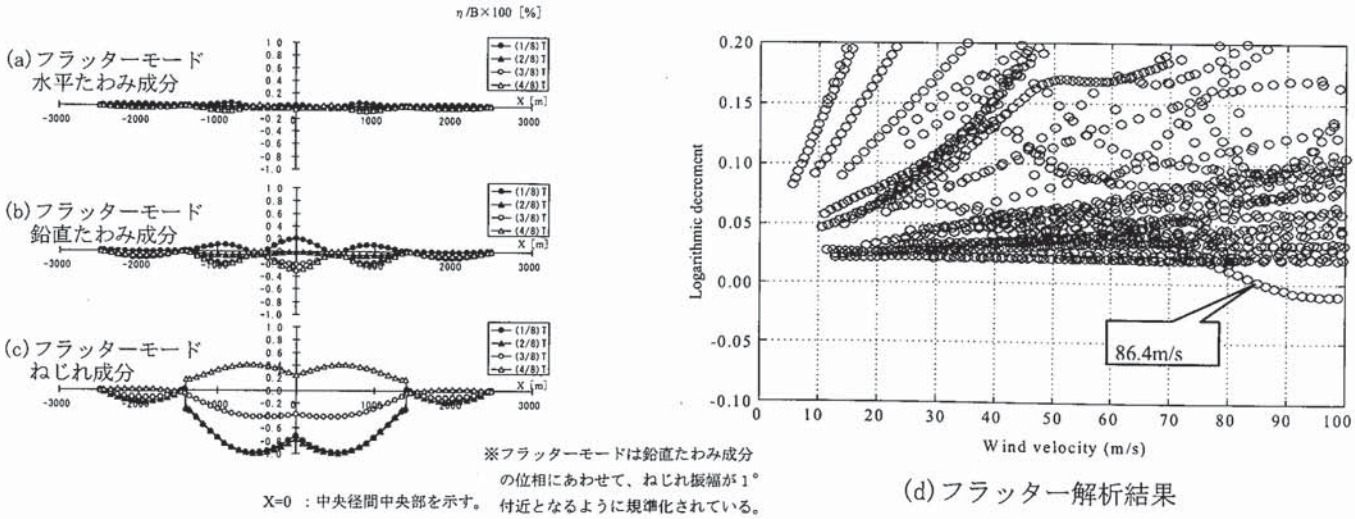
	鉛直	ねじれ	水平
揚力	○	○	×
ﾓｰﾒﾝﾄ	○	○	×
抗力	×	×	△

○：非定常空気力
△：準定常空気力
×：考慮せず

風速 80m/s における静的変形を図－2.2.1.9 に示す。中央径間中央部の静的ねじれ変形角は +5.7°（頭上げ正）であり、これは、迎角 α=0° 近傍のモーメント係数が正に大きいためと判断される。全橋フラッター解析結果を発現時のモード形状（半周期分を 4 分割）とともに図－2.2.1.10 に示す。これより、フラッター発現風速は 86.4m/s と良好なフラッター性能を有しており、ねじれが卓越したモードであることが分かる。



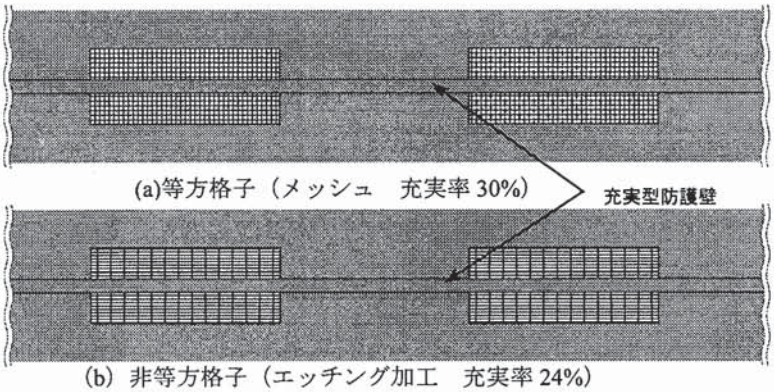
図－2.2.1.9　静的変形（風速 80m/s 時）



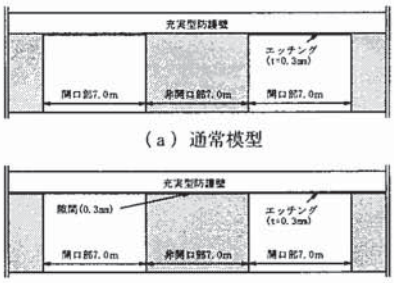
図－2.2.1.10　全橋フラッター解析結果

２．２．２　中央開口部グレーチング模型化の検討

中央開口部グレーチング模型化の検討として、グレーチング形状、全橋模型製作にあたってのグレーチングの簡易模型化が耐風性に及ぼす影響を検討した。グレーチング形状については、耐風安定化対策の検討が図－2.2.2.1 に示す等方格子と非等方格子の２タイプが混在し、充実率も若干異なっていたため、グレーチング形状がフラッター発現風速に与える影響をばね支持試験により検討した。また、全橋模型製作にあたっての簡易模型化については、中央開口部の桁上にグレーチング模型（0.3mm 厚のエッチング加工板）を載せる簡易構造（図－2.2.2.2(b)）を検討しており、非開口部と充実型防護壁の間に隙間が生じることとなる。そこで、通常構造である非開口部において充実型防護壁との隙間が生じない模型(図－2.2.2.2(a))とのフラッター発現風速、三分力係数の比較検討を行った。対象とした桁断面形状は、基本断面から中央防護柵を高さ 1.2mの中央防護壁に、開口ピッチを 7.0mに変更した断面（C-H4-f4-s70）とし、検討したケースを表－2.2.2.1 に示す。フラッター発現風速、三分力係数の計測、試験結果のまとめ方は、前節のばね支持試験、三分力試験に準じている。



図－2.2.2.1　　グレーチング形状の比較（上面図）



（a）通常模型

（b）簡易模型

図-2.2.2.2　　中央開口部の模型化

ばね支持試験により計測されたフラッター発現風速を形状補正係数κでまとめて図－2.2.2.3 に示す。これより、迎角α＝0°では、κが0.06程度の差異があるものの、ほぼ同じ傾向を示していることがわかる。また、迎角α=+6°を除くと、全般的にグレーチング部材にエッチングを用いた断面のκが高くなっているが、両者の差は５％以下であり、その影響は大きくないことがわかる。また、三分力試験結果を図－2.2.2.4 に示す。これより、抗力、揚力、空力モーメント係数ともに同じ静的空気力特性を示していることがわかる。以上より、グレーチングの簡易模型による影響はないと言える。

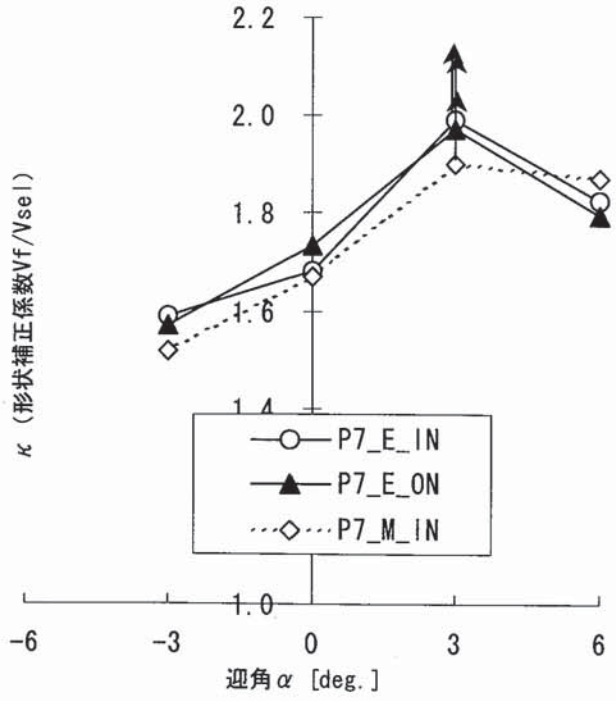
最終的に、大型風洞模型に近い断面P7_E_ONについて、渦励振の計測を行った。試験を実施した迎角０°、±３°における試験結果を図－2.2.2.5 に示す。これより、たわみ、ねじれともに振幅は小さく、最大振幅は加速度換算で、たわみが2gal、ねじれが12galであった。

表－2.2.2.1　中央部グレーチング模型化の検討ケース

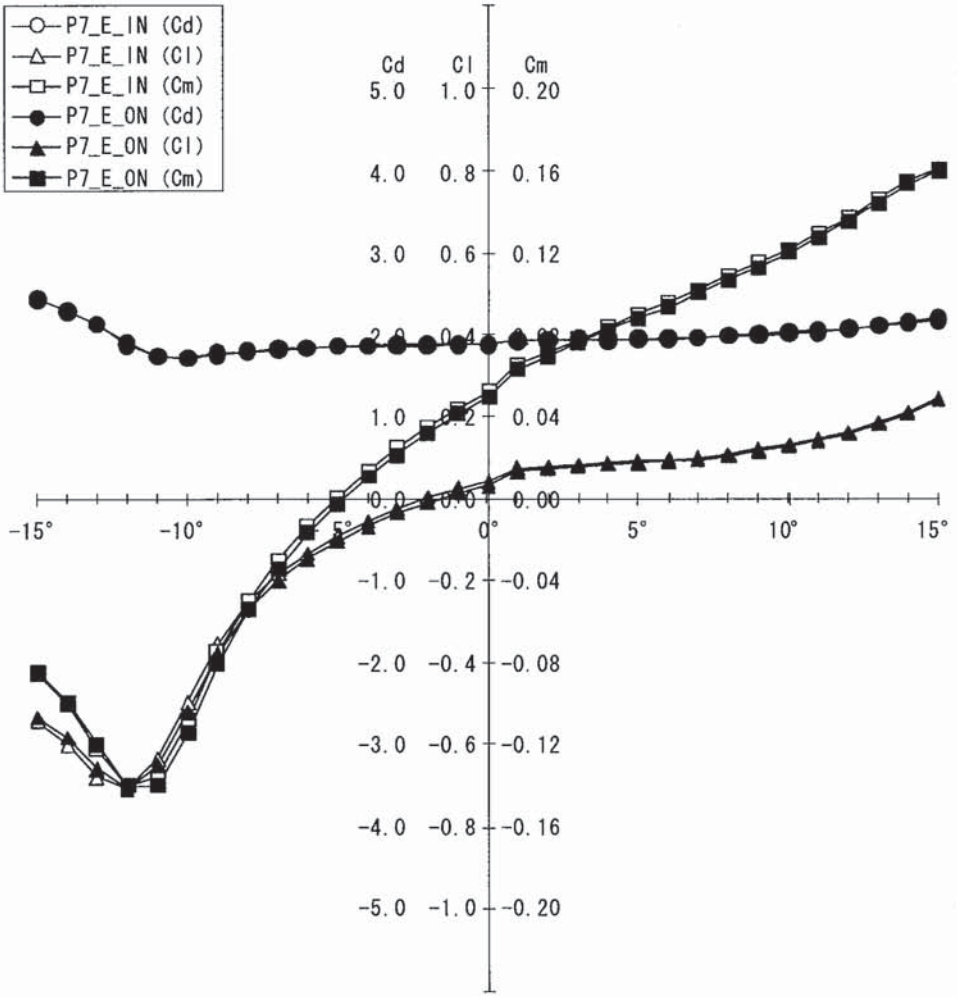
断面名	グレーチング形状	設置状態	試験内容
P7_M_IN	等方格子　（充実率30%）	通常模型	ばね支持試験
P7_E_IN	非等方格子（充実率24%）	通常模型	ばね支持試験 三分力試験
P7_E_ON	非等方格子（充実率24%）	簡易模型	ばね支持試験 三分力試験

（備考）　対象とした断面は（C-H4-f4-s70）である。

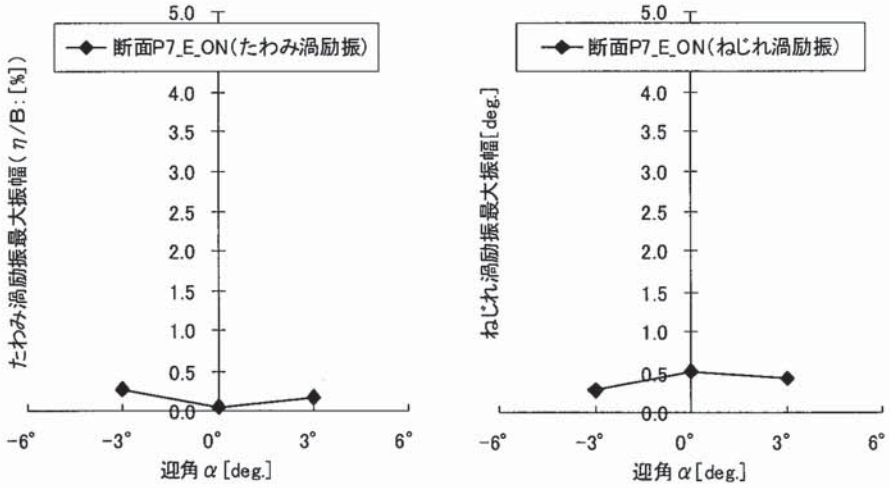
Mは等方格子（メッシュ）、Eは非等方格子（エッチング加工）、INはグレーチング通常模型、ONはグレーチング簡易模型をそれぞれ示す。



図－2.2.2.3　開口部模型化検討結果



図－2.2.2.4　　三分力試験結果



（a）　たわみ渦励振　　（b）ねじれ渦励振

図－2.2.2.5　　迎角と渦励振振幅の関係（断面 P7_E_ON）

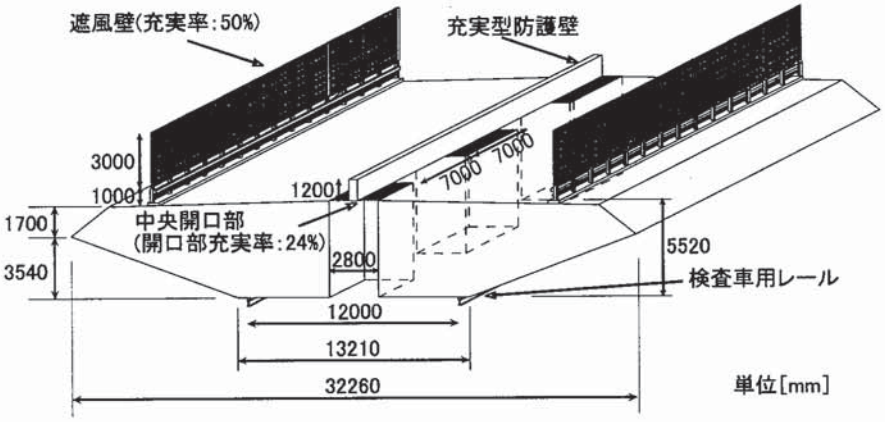
２．３　模型縮尺の影響

開口一箱桁断面を用いた３次元全橋模型（縮尺 1/125）による橋梁全体系の耐風性検討の実施に先立ち、模型縮尺の変更がフラッター特性に及ぼす影響をバネ支持試験により検討した。検討対象断面を図－2.3.1 に示す。両者共に桁幅 32.26m、桁高 5.52m を有する開口一箱桁断面であり、耐風安定化対策として、桁中央部には橋軸方向に断続的な開口部、桁端には遮風壁、桁下には検査車レールが設けられている。さらに、同図(a)では、桁中央部に充実型防護壁が、断面Ｂでは中央防護柵上に高さ 3m の遮風壁が設置されている。これらは、前節の模型細部形状に関する検討において、良好な耐風性を有した断面である。試験条件を表－2.3.1 に示す．実橋値は、中央径間 2,800m、全長 5,000m の想定吊橋であり、模型縮尺の変更の影響を検討するために、縮尺 1/31.55、1/65、1/125 のバネ支持試験を適宜実施した。

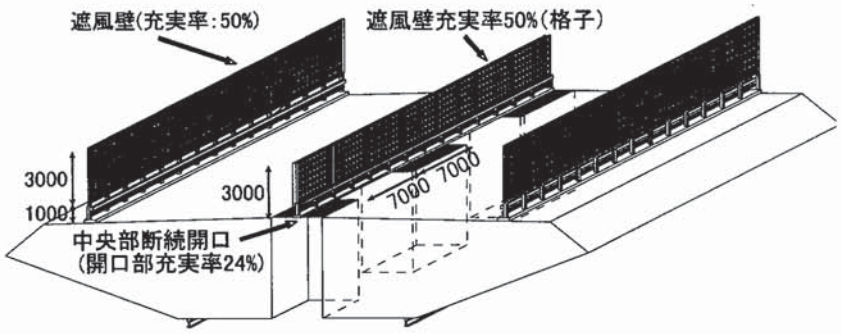
計測されたフラッター発現風速は、形状補正係数 κ （＝フラッター発現風速（実験値）／ゼルベルグ式による計算値）を用いて示した。本検討の場合、ゼルベルグ式による計算値は 45.6m/s である。試験結果を図－2.3.2 に示す。これより、断面Ａにおいては、縮尺 1/125 模型の方が、縮尺 1/65 模型よりも κ が小さく、両者の差は開口ピッチ 7.0m 断面では 5～8%、開口ピッチ 3.5m では 10%程度であることがわかる（同図(a)(b)）。一方、断面Ｂでは、縮尺 1/125 と縮尺 1/65 における κ の違いは概ね 5%以内であるが、開口ピッチ 3.5m の迎角＋３° では 7%と断面Ａと同様な差異が見られることがわかる（同図(c)(d)）。また、縮尺 1/31.55 模型においては、他の縮尺よりも 10%以上高いフラッター発現風速を示しており、特に迎角＋３° においてその傾向が強い。以上より、今回の試験結果からは、大型風洞で用いる縮尺 1/125 模型の方が、今までばね支持試験で検討した模型よりもフラッター発現風速は小さくなる傾向にあることから、大型風洞試験で得られる試験結果は、フラッター性能の点では設計上安全側になっていると言える。また、断面同士を比較すると、断面Ａのフラッター発現風速の方が高い傾向にあり、迎角＋３° においては約 20%以上高くなっていることがわかる。

表－2.3.1　　バネ支持試験条件

縮尺	実橋	1/31.55		1/65		1/125	
使用風洞	－	3m(W)×10m(H)		2m(W)×3m(H)		1.05m(W)×1.3m(H)	
模型寸法	桁幅B=32.26m	1.02m(B)×2.7m(L)		0.496m(B)×1.59m(L)		0.258m(B)×1m(L)	
アスペクト比(L/B)	－	2.64		3.19		3.71	
項目	所要値	所要値	実験値	所要値	実験値	所要値	実験値
質量(kg/m)	25244	25.3610	25.3610	5.9750	6.0226	1.6156	1.6378
極慣性モーメント ($kg \cdot m^2/m$)	333066	0.3361	0.3360	0.0187	0.0187	0.0014	0.0014
たわみ振動数(Hz)	0.062Hz	0.489	0.528	1.008	1.010	1.550	1.575
ねじれ振動数(Hz)	0.157Hz	1.238	1.295	2.551	2.501	3.925	3.921
振動数比	2.532	2.532	2.45	2.532	2.48	2.532	2.490
減衰(δ:たわみ)	－	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
減衰(δ:ねじれ)	－	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

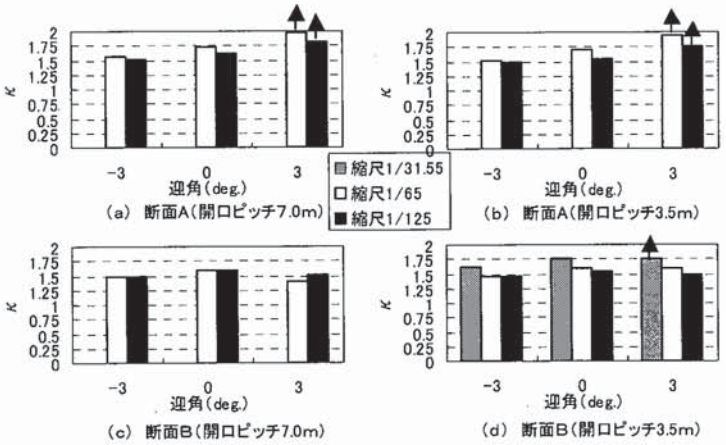


（a）　断面A（開口ピッチ７m）



（b）断面B（開口ピッチ７m）

図－2.3.1　　検討対象断面

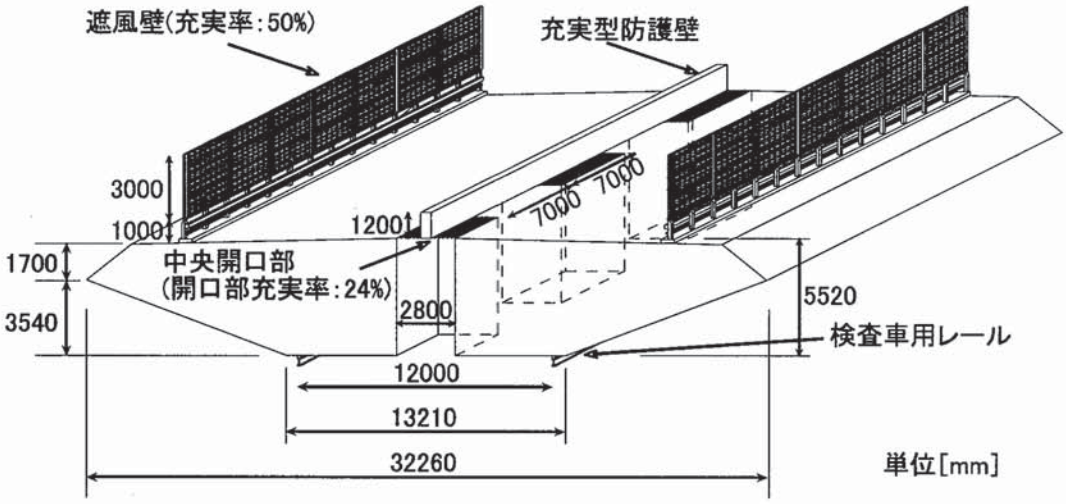


（備考）　図中の矢印はその数値以上であることを示す.
κ＝フラッター発現風速（実験値）／（ゼルベルグ式による計算値）

図－2.3.2　　縮尺の影響検討結果

２．４　採用断面の決定

以上の検討結果から、開口ピッチの変更がフラッター発現風速に与える影響が小さいこと、縮尺の違いがフラッター特性に影響を及ぼすものの、小縮尺率の大きな模型の方が良好なフラッター特性を示し、大型模型試験の縮尺１／１２５でも良好な耐風性を有していること、桁中央部の付属物の設置高さが低い方が利用者にとって快適である事を考慮して、図－2.4.1 に示す断面を大型風洞模型試験用の桁断面として採用することとした。



図－2.4.1　　大型風洞模型試験の採用断面

(参考文献)

1) 国土交通省土木研究所： 経済性を考慮した超長大橋の耐風設計法に関する共同研究報告書（その1）、共同研究報告書整理番号第264号、平成１３年３月

3．大型模型の設計

3．1　設計基本方針

（1）主塔及びケーブル

主塔及びメインケーブルの部分は，既実施の試験で用いられたものを流用する方針とした。

表 3.1.1 にメインケーブルに関する実橋の想定諸元，及び模型の所要値（形状相似とした場合），設計に際しての計画値をまとめて示す。ケーブル模型では実橋と弾性係数の異なる材料を用いることから，既往の模型と同様に伸び剛性 EA が相似となるようにケーブル径を設定し，風による抗力及び重量の過小分は円筒形の調整部材を離散的に設置して対処することとした。

なお，メインケーブルから補剛桁までの距離が実橋寸法にして 10m の範囲にあるケーブル模型については，形状相似のケーブル模型とした。

また，ハンガーロープに関して，既往模型ではより線部材を用いていたが，より線が非線型の伸び挙動を示すことが懸念されたため，今回の模型ではハンガーロープにもメインケーブルと同様に 0.6mmφのピアノ線を用いることとした。

表 3.1.1　メインケーブルの実橋及び模型諸元

項目	実 橋	模 型（縮尺 1/125，Froude 数相似）	
		所要値	計画値
ｹｰﾌﾞﾙ径 D	0.97 m	7.76 mm （形状相似とした場合）	0.60 mm
断面積 A	0.608 m^2	38.9 mm^2 （形状相似とした場合）	0.28 mm^2
縦弾性係数 E	2.03×10^7 t/m^2	161.3 kg/mm^2	21000 kg/mm^2
伸び剛性 EA	1.23×10^7 t	6275.5 kg	5937.6 kg

（2）補剛桁

補剛桁部分は，これまでと大幅に桁形状・剛性が異なることから今回新規に設計・製作することとした。対象とする桁模型の剛性棒は，桁の開口部に合わせた形状とするため，間隔の狭小な梯子型形状とする必要がある。

ここでは，まず水平及び鉛直剛性を相似とするための主梁（橋軸方向部材）を設計し，さらに主梁を相互に連結する水平連結材（橋軸直角方向部材）の付加剛性によってねじれ剛性を相似とする設計によることを基本方針とした。なお，その際には梯子型形状の重ね梁の特性が顕著に表出しないよう，主梁の間隔は極力小さくすることとした。

模型剛性値の妥当性検証は，基本的に模型剛性を反映させた吊橋全体系（実橋スケール）の固有値解析によるものとし，さらにねじれ剛性については実際の模型と解析モデル（梁モデル）との間の整合性が懸念されたため，約１m長さの剛性棒ユニット模型を用いた構造実験を別途実施し，ねじれ剛性のモデル化について検討することとした。

表 3.1.2 に各方向剛性と質量に関する実橋値及び模型所要値をまとめて示す。

また，表 3.1.3 に実橋モデルの固有値解析結果をまとめて示すが，ここでの検討対象モードは既往の検討例にならって，水平２モード（対称１次，逆対称１次），鉛直４モード（対称１～２次，逆対称１～２次），ねじれ２モード（対称１次，逆対称１次）とし，鉛直の高次モードは参考モード扱いとした。

表 3.1.2　各方向剛性の実橋値及び所要値

項　　目		実橋	模型所要値 （縮尺 1/125, Froude 数相似）
断面定数	Iz（鉛直剛性）	6.13 m^4	649 mm^4
	Iy（水平剛性）	102.76 m^4	10878.8 mm^4
	J（ねじれ剛性）	13.92 m^4	1368.4 mm^4
質量 ｛（）内は１ブロック（224mm 長）当たりの値｝	単位長さ質量	19.43t/m	1.245kg/m (0.279kg/Block)
	単位長さ極慣性	1690t・m^2/m	6.922×10^{-3}kg・m^2/m (1.551×10^{-3} kg・m^2/Block)
材料定数	E（弾性係数）	2.1×10^7 t/m^2	6.5×10^3 kg/mm^2
	G（せん断弾性係数）	8.1×10^6 t/m^2	2.7×10^3 kg/mm^2
	材質	鋼	アルミ

表 3.1.3　実橋モデル　固有値解析結果

モード		全体モード次数	振動数	一般化質量	等価質量	備考
水平	対称１次	１次	0.0314 Hz	4822.6 t･s²/m	2.83 t･s²/m²（水平方向）	
	逆対称１次	２次	0.0537 Hz	2917.3 t･s²/m	2.19 t･s²/m²（水平方向）	
鉛直	対称１次	４次	0.0619 Hz	4796.2 t･s²/m	3.18 t･s²/m²（鉛直方向）	
	対称２次	１１次	0.0995 Hz	4261.1 t･s²/m	3.13 t･s²/m²（鉛直方向）	
	対称３次	２５次	0.1694 Hz	3994.5 t･s²/m	3.06 t･s²/m²（鉛直方向）	参考モード
	対称４次	３５次	0.2368 Hz	3919.5 t･s²/m	2.97 t･s²/m²（鉛直方向）	
	逆対称１次	３次	0.0612 Hz	6352.8 t･s²/m	4.32 t･s²/m²（鉛直方向）	
	逆対称２次	１５次	0.1342 Hz	4332.0 t･s²/m	3.11 t･s²/m²（鉛直方向）	
	逆対称３次	３１次	0.2022 Hz	4080.3 t･s²/m	3.03 t･s²/m²（鉛直方向）	参考モード
	逆対称４次	４１次	0.2713 Hz	4362.6 t･s²/m	2.92 t･s²/m²（鉛直方向）	
ねじれ	対称１次	２４次	0.1572 Hz	3494.8 t･s²/m	526.0 t･s²/m²（ねじれ方向）	
	逆対称１次	３２次	0.2098 Hz	3009.2 t･s²/m	437.3 t･s²/m²（ねじれ方向）	

３．２　桁剛性棒の設計検討

（１）梯子型剛性棒のモデル化

まず，梯子型剛性棒のモデル化のための検討として，図 3.1.1 に示す剛性棒（ＣＡＳＥ　０）を試設計し，長さ約１ｍのユニットモデルを用いて構造実験を実施した。構造実験は水平，鉛直及びねじれの各方向に載荷する静的試験とした。

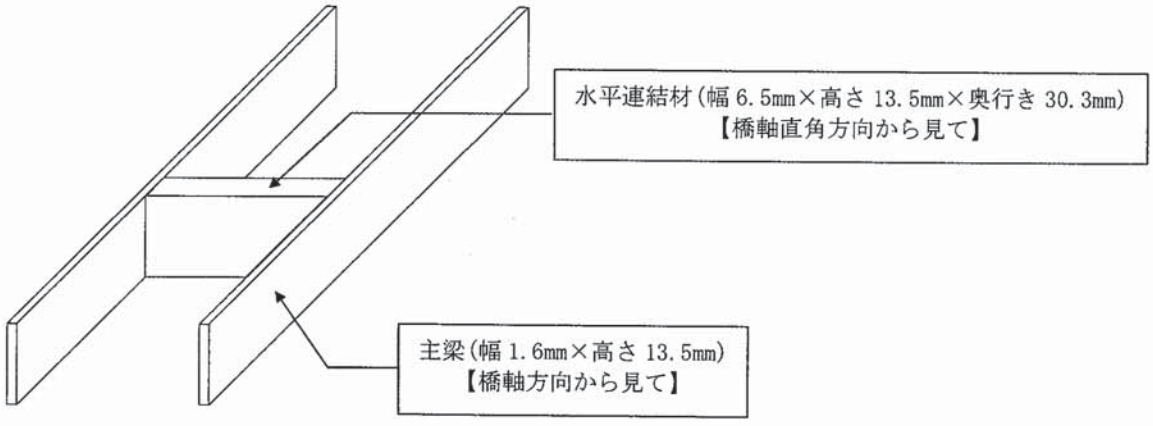


図 3.1.1　試設計した剛性棒（ＣＡＳＥ　０）

ＣＡＳＥ　０の構造実験結果と解析値とを比較した結果を表 3.1.4 に示す。なお，併せて示す解析値は以下の２種類を示している。

・１本ＢＥＡＭモデル　解析結果　：実橋の剛性値をスケールダウンした梁モデル
・ＣＡＳＥ　０　解析結果　　：図 3.1.2 に示す連結梁モデル
（水平連結部材との接合部は主梁を剛域としてモデル化）

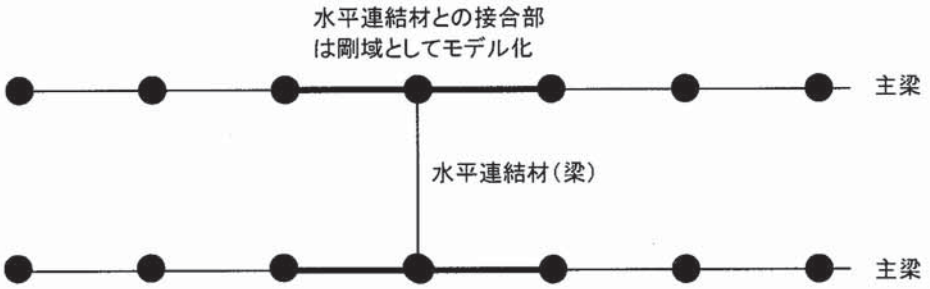


図 3.1.2　梯子型剛性棒のモデル化

これらの結果より，以下の事項が確認された。

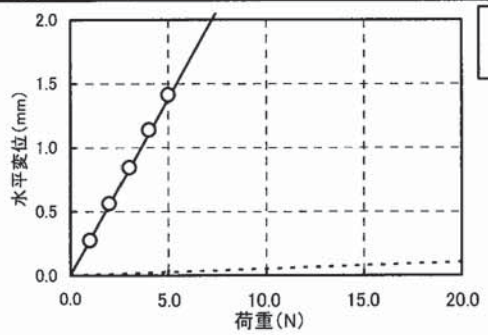
・鉛直剛性：　実験結果といずれの解析結果とも整合する傾向にある。
・水平剛性：　実験結果と連結梁モデルの解析結果とは整合するが，いずれの結果も１本ＢＥＡＭモデルとはかけ離れた剛性値となる。
・ねじれ剛性：実験結果と連結梁モデルの解析結果とは整合し，上図に示すモデル化の妥当性が確認された。ただし，いずれの結果も１本ＢＥＡＭモデルよりも小さな剛性値となる。

以上の結果より，次段階検討においては，ねじれ剛性増加のために水平連結材の奥行き（橋軸直角方向幅）を増加させることとし，また水平剛性については，梯子型構造では重ね梁の影響によって部材長さの影響を顕著に受けるものと考えられたため，別途実施する模型剛性を反映させた吊橋全体系の固有値解析結果によって剛性値の妥当性を判断することとした。

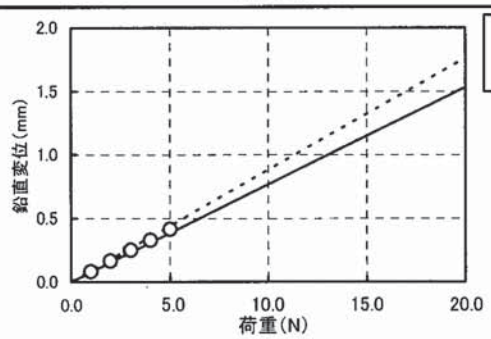
表 3.1.4　剛性棒ユニットモデル　構造実験結果と解析結果との比較（ＣＡＳＥ　0）

荷重～変位曲線の比較

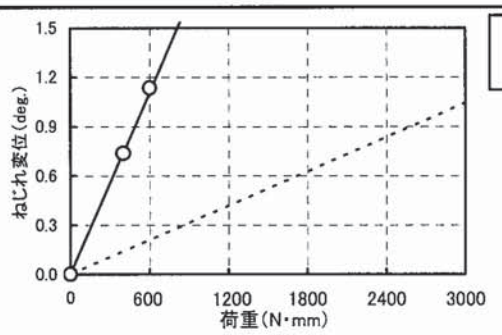
水平方向変位



鉛直方向変位



ねじれ方向変位



剛性棒モデル		1本BEAMモデル (実橋剛性をスケールダウン)		ケースO (6.5mm水平連結材) (高さ13.5mm)		ケースO (6,.5mm水平連結材) (高さ13.5mm)	
属性 (解析or実験)		解析		解析		実験	
解析(試験) 結果		荷重 (N, N・mm)	変位 (mm, deg.)	荷重 (N, N・mm)	変位 (mm, deg.)	荷重 (N, N・mm)	変位 (mm, deg.)
変形方向	水平方向	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.98	0.2760
		0.98	0.0053	0.98	0.2762	1.96	0.5642
						2.94	0.8440
						3.92	1.1369
						4.90	1.4111
	鉛直方向	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.98	0.0805
		0.98	0.0881	0.98	0.0766	1.96	0.1638
						2.94	0.2498
						3.92	0.3275
						4.90	0.4127
	ねじれ方向	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000
		392	0.1390	392	0.7394	392	0.7369
						588	1.1351
						785	1.5193
						1177	2.2308
備考		水平；変形性状が異なるため参考値とする 鉛直；目標値と考える ねじれ；目標値と考える		*ねじれ剛性が不足。			

*1　荷重載荷位置：梁中央部，　*2　梁長さ：895mm，　*3　支持条件：3方向ともに両端固定支持

（2）各方向剛性の模型固有値へ及ぼす影響表

（1）の検討では梯子型剛性棒のモデル化の妥当性が検証されたが，３方向の剛性値を全て相似にすることは困難と考えられるため，ここでは各方向剛性の誤差が吊橋全体系固有値に対してどのような影響を及ぼすのかについて感度解析を実施し，確保すべき剛性の優先順位を設定することとした。

感度解析では，実橋モデルを用いて各方向の剛性値をそれぞれ 0.5 倍，2.0 倍したときの固有値解析を実施し，各モードの振動数，一般化質量，等価質量の元の値に対する比率を求めた。

感度解析結果を表 3.1.5 に示す。また，解析結果の概要をまとめたものを表 3.1.6 に示すが，これより，ねじれ剛性の確保を最優先課題であることが確認され，（1）で述べたねじれ剛性増加のために水平連結材幅（橋軸直角幅）を増加させる方針の妥当性が再確認された。

表 3.1.5　固有値の感度解析結果（剛性変更後／変更前の比率）

評価項目	振動ﾓｰﾄﾞ		水平剛性		鉛直剛性		ねじれ剛性	
			0.5 倍	2.0 倍	0.5 倍	2.0 倍	0.5 倍	2.0 倍
振動数	水平	対称 1 次	98.5%	102.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		逆対称 1 次	91.9%	111.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	鉛直	対称 1 次	100.0%	100.0%	99.8%	100.4%	100.0%	100.0%
		対称 2 次	100.0%	100.0%	99.7%	100.6%	100.0%	100.0%
		逆対称 1 次	100.0%	100.0%	99.9%	100.3%	100.0%	100.0%
		逆対称 2 次	100.0%	100.0%	99.4%	101.2%	100.0%	100.0%
	ねじれ	対称 1 次	98.8%	100.2%	100.0%	100.0%	86.9%	117.0%
		逆対称 1 次	100.0%	100.1%	100.0%	100.0%	78.8%	131.1%
等価質量	水平	対称 1 次	98.4%	101.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		逆対称 1 次	98.2%	102.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	鉛直	対称 1 次	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		対称 2 次	100.0%	100.0%	99.9%	100.1%	100.0%	100.0%
		逆対称 1 次	100.0%	100.0%	99.9%	100.1%	100.0%	100.0%
		逆対称 2 次	100.0%	100.0%	99.8%	100.2%	100.0%	100.0%
	ねじれ	対称 1 次	136.5%	105.5%	100.0%	100.0%	82.3%	76.4%
		逆対称 1 次	100.2%	100.0%	100.0%	100.0%	99.3%	326.7%

表 3.1.6　感度解析結果の概要（剛性変更後／変更前の比率）

	0.5 倍にした場合		2.0 倍にした場合		解析によって得られた知見
	振動数への影響	等価質量への影響	振動数への影響	等価質量への影響	
水平方向剛性	91.9% ～ 100.0%	98.2% ～ 136.5%	100.0% ～ 111.8%	100.0% ～ 105.5%	
鉛直方向剛性	97.6% ～ 100.0%	99.3% ～ 100.0%	100.0% ～ 104.7%	100.0% ～ 100.9%	固有値解析結果に及ぼす影響は小さい。
ねじれ方向剛性	78.8% ～ 100.0%	82.3% ～ 100.0%	100.0% ～ 131.1%	76.4% ～ 326.7%	固有値解析結果に及ぼす影響が大きく，ねじれ剛性の確保を最優先させる必要がある。

（3）ＣＡＳＥ Ａ，Ｂ，Ｃに関する検討

ここでは，試設計した剛性棒（CASE 0）に対して，水平連結材の幅（橋軸方向寸法）を数種類変化させたモデルを用い，模型剛性値を反映させた吊橋全体系の固有値解析を実施し，ねじれ振動数の変化性状を調査した。なお，本解析では，剛性変化と振動数の関係の追跡を主眼におき，連結材寸法の変化による重量変化は無視することとした。

水平連結材の幅変化に伴うねじれモード振動数の変化を図 3.1.3 に示す。これより，水平連結材の幅としては 48㎜～52㎜ 程度が望ましいと考えられるが，52㎜ とした場合には開口部と剛性棒との干渉も懸念されたことから，水平連結材幅＝48㎜ を基本として検討を進めることとした（ＣＡＳＥ Ａ；図3.1.4)。

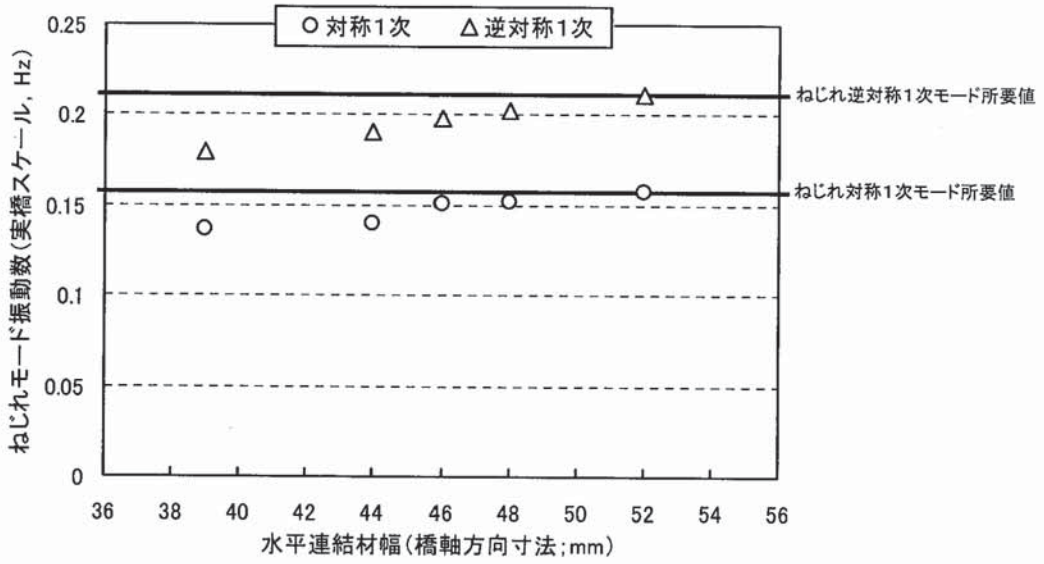


図 3.1.3　水平連結材の幅（橋軸方向寸法）によるねじれモード振動数の変化

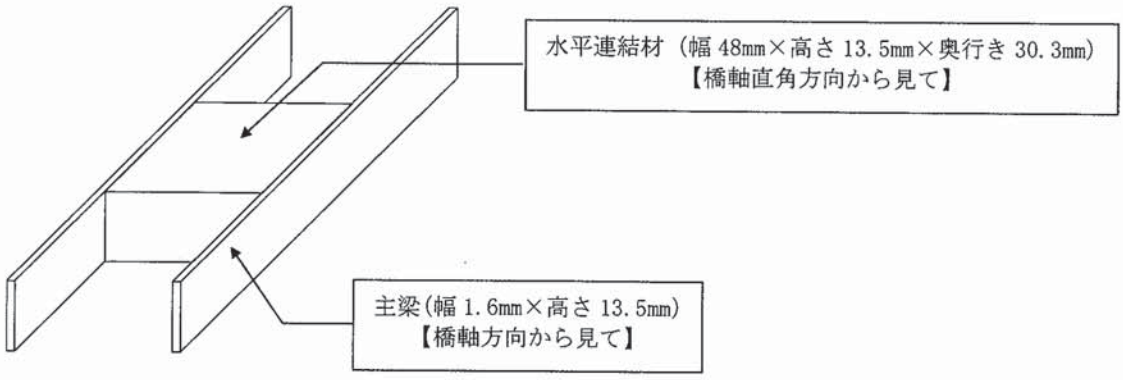


図 3.1.4　ＣＡＳＥ Ａ 剛性棒　（水平連結材　奥行き寸法＝48㎜）

表3.1.7にＣＡＳＥ　Ａ剛性棒の構造実験結果を示すが，これより以下の点が確認できる。

・ねじれ剛性についてはほぼ所要値を満足する結果が得られる。

・鉛直剛性はやや固めであるが，前述の感度解析結果より大きな影響はないと推測される。

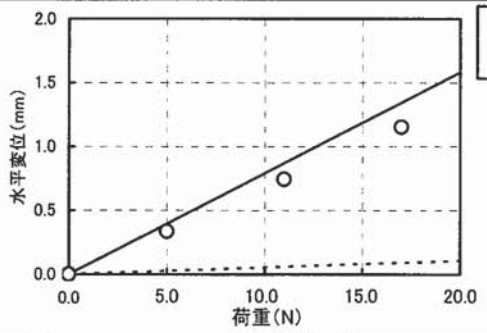
・ＣＡＳＥ　０と同様，１ｍユニットモデルの水平変形は吊橋全体系と性状が大幅に異なるため，後述の固有値解析結果によって判断を下すこととした。

・全ての方向の剛性に関して，モデル解析値と実験結果との整合性は概ね良好であり，前述の梯子型剛性棒のモデル化の妥当性が再度検証された。

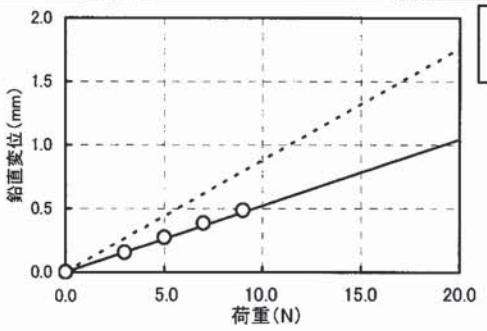
表 3.1.7　剛性棒ユニットモデル　構造実験結果と解析結果との比較（ＣＡＳＥ　Ａ）

荷重～変位曲線の比較

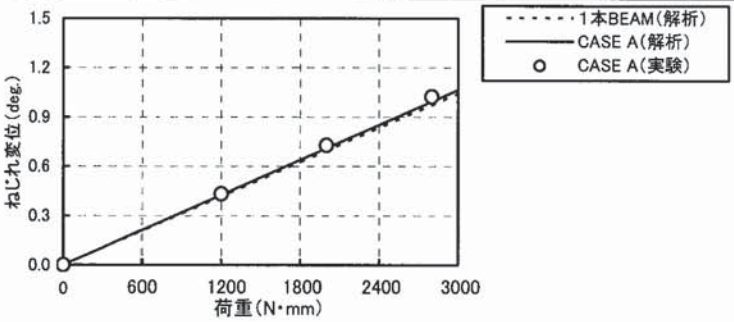
水平方向変位



鉛直方向変位



ねじれ方向変位



剛性棒モデル		1本BEAMモデル（実橋剛性をスケールダウン）		ケースA（48mm水平連結材）（高さ13.5mm）		ケースA（48mm水平連結材）（高さ13.5mm）	
属性（解析or実験）		解析		解析		実験	
解析（試験）結果		荷重（N, N･mm）	変位（mm, deg.）	荷重（N, N･mm）	変位（mm, deg.）	荷重（N, N･mm）	変位（mm, deg.）
変形方向	水平方向	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000
		0.98	0.0053	0.98	0.0790	4.90	0.3358
						10.79	0.7437
						16.67	1.1515
	鉛直方向	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000
		0.98	0.0880	0.98	0.0521	2.94	0.1564
						4.90	0.2732
						6.86	0.3856
						8.83	0.4858
	ねじれ方向	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000
		392	0.1390	392	0.1419	1177	0.4332
						1961	0.7275
						2746	1.0232
備考		水平；変形性状が異なるため参考値とする 鉛直；目標値と考える ねじれ；目標値と考える		CASE 0よりもねじれ剛性をアップ 鉛直剛性は硬めとなるが，全体に与える影響は小さいと判断する（感度解析結果より）			

*1　荷重載荷位置：梁中央部，　*2　梁長さ：895mm，　*3　支持条件：3方向ともに両端固定支持

ただし，ＣＡＳＥ Ａの剛性棒では水平連結材の質量増加によって桁質量の所要値を 24%程度超過することが明らかとなったため，水平連結材の高さを低減した図 3.1.5 のＣＡＳＥ Ｂ（質量 17%超過）及びＣＡＳＥ Ｃ（質量 11%超過）について同様に固有値解析を実施した。

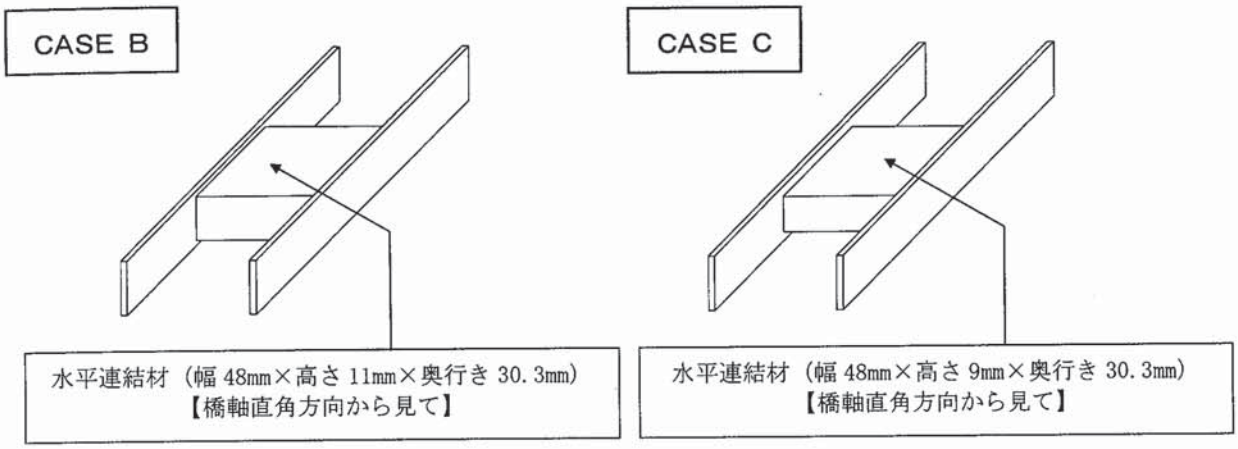


図 3.1.5 ＣＡＳＥ Ｂ 及び ＣＡＳＥ Ｃ 剛性棒

表 3.1.8 に，ＣＡＳＥ Ａ～Ｃの固有値解析結果をまとめて示すが，これより各ＣＡＳＥについて確認できる事項は以下の通りである。

①ＣＡＳＥ Ａ

・振動数は，何れの振動モードでも所要値±5%以内の数値であり，良好な特性が得られている。

・桁質量が 24%超過していることの影響によって，等価質量が 10%～20%程度超過する結果となり，質量低減に関する検討が必要である。

以上より，ＣＡＳＥ Ａの剛性値を吊橋全体系に適用すると振動数に関してほぼ良好な特性が得られることから，剛性値としては水平剛性を含めてＣＡＳＥ Ａのモデル解析値を所要値と考え，ＣＡＳＥ Ｂ及びＣを用いてさらに質量低減について検討した。

②ＣＡＳＥ Ｂ，Ｃ

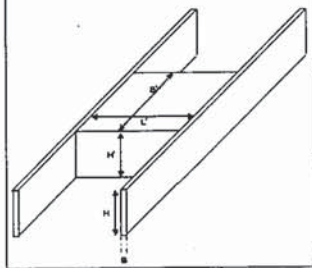
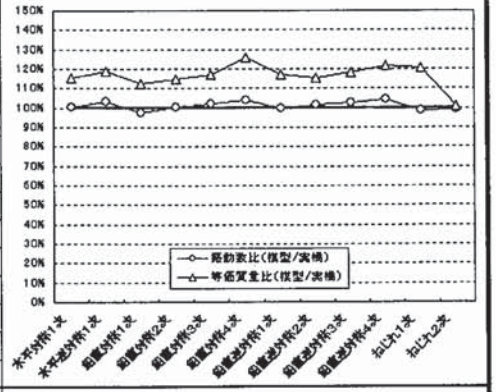
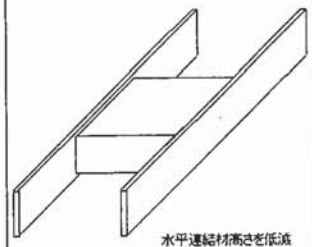
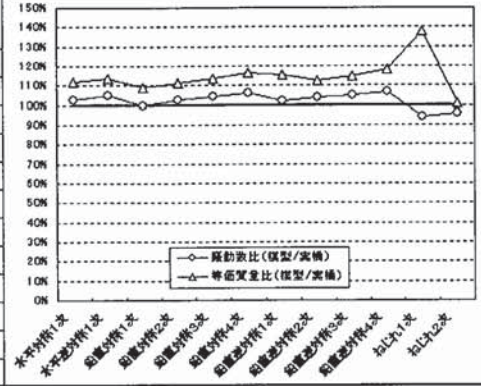
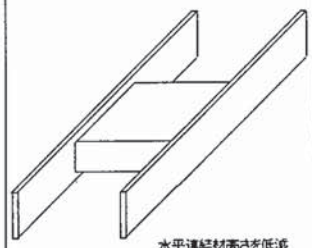
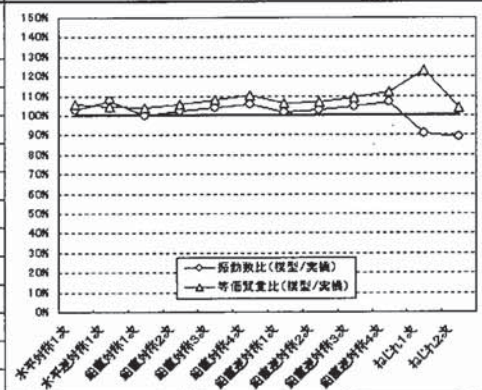
・ＣＡＳＥ ＢではＣＡＳＥ Ａからのねじれ振動数低下はわずかであるが，等価質量は依然として 10%～15%程度超過する結果となる。

・ＣＡＳＥ Ｃではねじれモードを除いて等価質量の推定値（質量入力が不適切であったことによる）は 8%程度の超過に留まるが，逆にねじれ振動数が 10%程度低下する結果となる。

（上記の解析結果は何れも解析モデルのねじれ剛性値を用いたものであり，実際にはさらにねじれ振動数が低下する可能性が高い）

以上より，ＣＡＳＥ Ａの質量低減策としてＣＡＳＥ Ｂ，Ｃのように水平連結材の高さを低減させることは適切でないと考えられたため，次段階の検討においては，水平連結材に開口部を設ける方法について引き続き検討を進めることとした。

表 3.1.8　桁剛性の変化による固有値の変化特性　（桁剛性棒　ＣＡＳＥ　Ａ，Ｂ，Ｃの比較）

	剛性棒 概要		寸法数値				振動特性比較				
ケースA			橋軸部材（2本/BLOCK）	幅	B	1.6 mm	モード	振動数比（模型*／実橋）	一般化質量比（模型*／実橋）	桁等価質量比（模型*／実橋）	
				高さ	H	13.5 mm					
				長さ	L	224.0 mm	水平対称1次	100.2%	112.6%	115.5%	
				鉛直剛性	Iz	328.1 mm^4	水平逆対称1次	103.2%	119.3%	118.8%	
				水平剛性	Iy	4.6 mm^4	鉛直対称1次	97.5%	108.6%	112.4%	
				ねじれ剛性	J	16.7 mm^4	鉛直対称2次	100.6%	115.0%	114.8%	
				断面積	A	21.6 mm^2	鉛直対称3次	101.9%	113.7%	116.9%	
			水平連結材（2個/BLOCK）	幅	B'	48.0 mm	鉛直対称4次	103.7%	127.8%	126.1%	
				高さ	H'	13.5 mm	鉛直逆対称1次	99.9%	116.2%	117.2%	
				長さ	L'	30.3 mm	鉛直逆対称2次	101.4%	112.3%	115.6%	
				鉛直剛性	Iz	9841.5 mm^4	鉛直逆対称3次	102.9%	118.5%	118.1%	
				水平剛性	Iy	124416.0 mm^4	鉛直逆対称4次	104.6%	111.2%	121.6%	
				ねじれ剛性	J	32387.0 mm^4	ねじれ1次	98.9%	121.4%	120.5%	
				断面積	A	648.0 mm^2	ねじれ2次	99.3%	103.5%	101.1%	
	剛性棒重量（/BLOCK）	1.30N									
	桁BLOCK重量	3.38N									
	桁BLOCK重量/所要値	123.7%									
ケースB	 水平連結材高さを低減		橋軸部材（2本/BLOCK）	幅	B	1.6 mm	モード	振動数比（模型*／実橋）	一般化質量比（模型*／実橋）	桁等価質量比（模型*／実橋）	
				高さ	H	13.5 mm					
				長さ	L	224.0 mm	水平対称1次	102.5%	109.5%	111.7%	
				鉛直剛性	Iz	328.1 mm^4	水平逆対称1次	104.9%	114.2%	113.7%	
				水平剛性	Iy	4.6 mm^4	鉛直対称1次	99.5%	105.3%	109.3%	
				ねじれ剛性	J	16.7 mm^4	鉛直対称2次	103.0%	111.9%	111.4%	
				断面積	A	21.6 mm^2	鉛直対称3次	104.3%	110.7%	113.6%	
			水平連結材（2個/BLOCK）	幅	B'	48.0 mm	鉛直対称4次	106.1%	117.9%	116.4%	
				高さ	H'	11.0 mm	鉛直逆対称1次	102.1%	114.6%	115.5%	
				長さ	L'	30.3 mm	鉛直逆対称2次	103.8%	109.1%	112.5%	
				鉛直剛性	Iz	5324.0 mm^4	鉛直逆対称3次	105.2%	115.2%	114.8%	
				水平剛性	Iy	101376.0 mm^4	鉛直逆対称4次	107.0%	108.1%	118.3%	
				ねじれ剛性	J	18219.4 mm^4	ねじれ1次	94.1%	135.4%	137.9%	
				断面積	A	528.0 mm^2	ねじれ2次	95.9%	103.4%	100.9%	
	剛性棒重量（/BLOCK）	1.10N									
	桁BLOCK重量	3.19N									
	桁BLOCK重量/所要値	116.7%									
ケースC	 水平連結材高さを低減		橋軸部材（2本/BLOCK）	幅	B	1.6 mm	モード	振動数比（模型*／実橋）	一般化質量比（模型*／実橋）	桁等価質量比（模型*／実橋）	
				高さ	H	13.5 mm					
				長さ	L	224.0 mm	水平対称1次	102.6%		105.7%	
				鉛直剛性	Iz	328.1 mm^4	水平逆対称1次	107.5%		104.8%	
				水平剛性	Iy	4.6 mm^4	鉛直対称1次	100.1%		103.8%	
				ねじれ剛性	J	16.7 mm^4	鉛直対称2次	102.3%		105.9%	
				断面積	A	21.6 mm^2	鉛直対称3次	103.8%		107.9%	
			水平連結材（2個/BLOCK）	幅	B'	47.0 mm	鉛直対称4次	105.8%		110.5%	
				高さ	H'	9.0 mm	鉛直逆対称1次	101.9%		106.4%	
				長さ	L'	30.3 mm	鉛直逆対称2次	103.1%		106.8%	
				鉛直剛性	Iz	2855.3 mm^4	鉛直逆対称3次	104.8%		109.0%	
				水平剛性	Iy	77867.3 mm^4	鉛直逆対称4次	106.8%		112.3%	
				ねじれ剛性	J	10041.6 mm^4	ねじれ1次	90.6%		122.8%	
				断面積	A	423.0 mm^2	ねじれ2次	89.0%		104.1%	
	剛性棒重量（/BLOCK）	0.93N									
	桁BLOCK重量	3.02N									
	桁BLOCK重量/所要値	110.5%									

*模型値を実橋スケールに拡大して解析

（4）ＣＡＳＥ Ｄ，Ｅ，Ｆ，Ｇに関する検討

ここでは，水平連結材の高さはＣＡＳＥ Ａのまま（13.5㎜）として，水平連結材に橋軸直角方向に貫通する開口部を設けて質量低減を図ることを試みた。

開口の大きさ及び個数を変化させたＣＡＳＥ Ｄ～Ｇ（図3.1.6）の剛性棒の各ユニットモデルを製作し，前述同様に構造実験及び固有値解析を実施した。

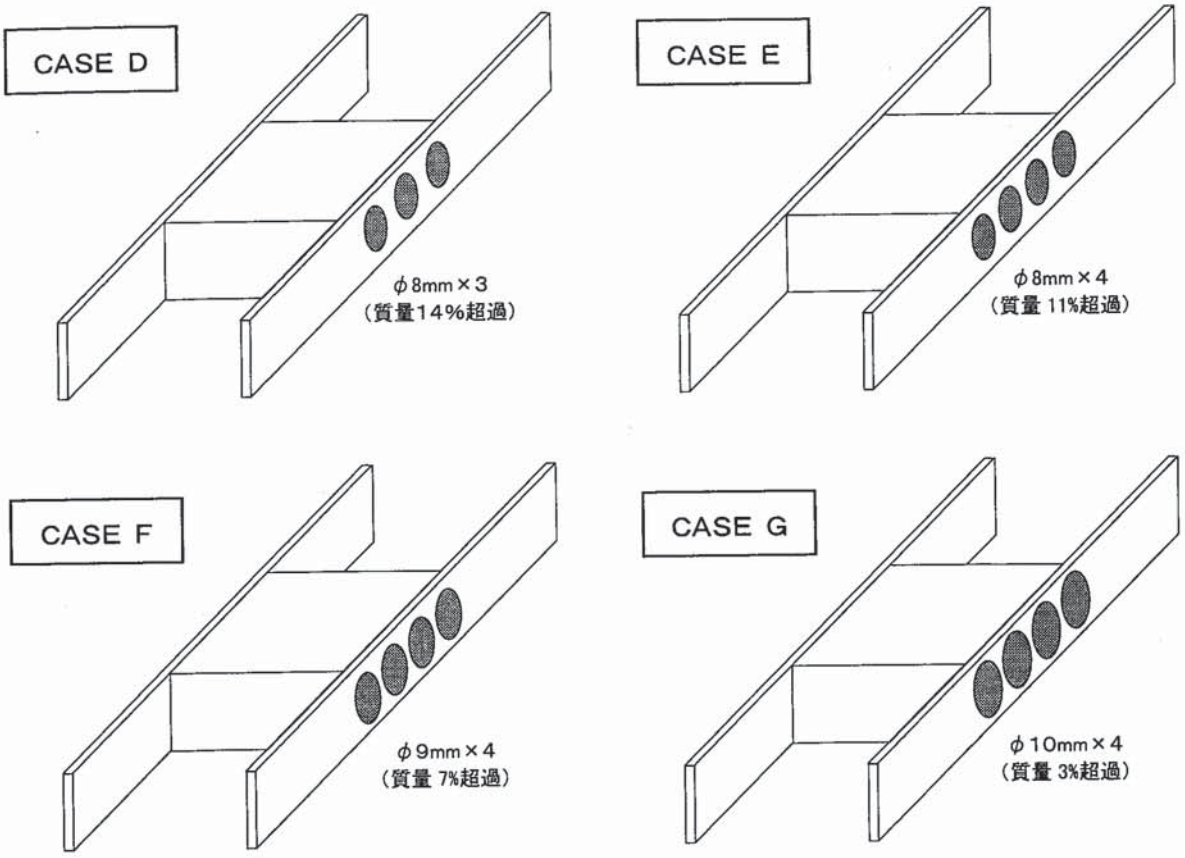
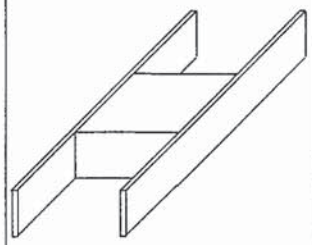
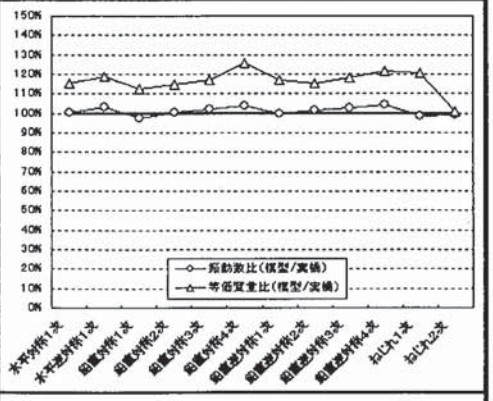
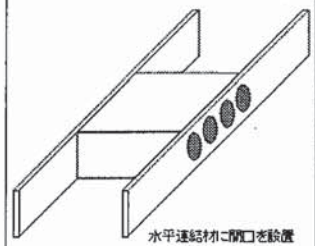
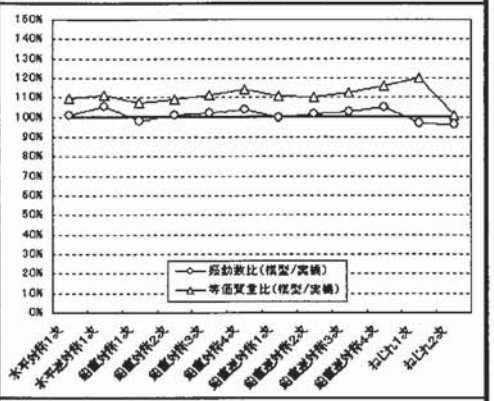
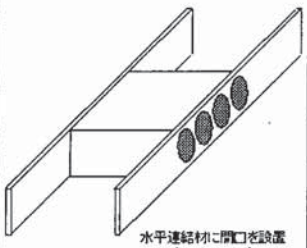
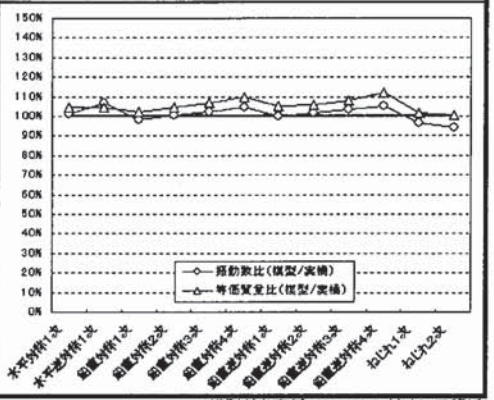


図3.1.6　ＣＡＳＥ　Ｄ～Ｇの各剛性棒モデル

表3.1.9に，固有値解析結果の代表例としてＣＡＳＥ Ａ，Ｅ，Ｇの結果を比較したものを示す。なお，開口を設けた剛性棒モデルを対象とする固有値解析では，ねじれ剛性に及ぼす開口部の影響を解析的に考慮することは合理的でないと考えられたため，まず構造実験によってねじれ剛性を測定し，それに適合する解析モデルを考案して固有値解析に反映させている。

表3.1.10の中から，ＣＡＳＥ Ｇの固有値解析結果に着目すると，今回の設計対象とする全ての振動モードで解析値は振動数，等価質量ともに所要値に対して±6%程度の誤差範囲に収まっており，良好な構造特性を示すものと考えられる。また，次々頁にはＣＡＳＥ Ｇの構造実験結果を示すが，解析結果と構造実験結果の値はほぼ整合的であり，上記固有値解析結果の根拠となる剛性設定もほぼ妥当であることが確認できる。

表 3.1.9　桁剛性の変化による固有値の変化特性　（桁剛性棒　ＣＡＳＥ　Ａ，Ｅ，Ｇの比較）

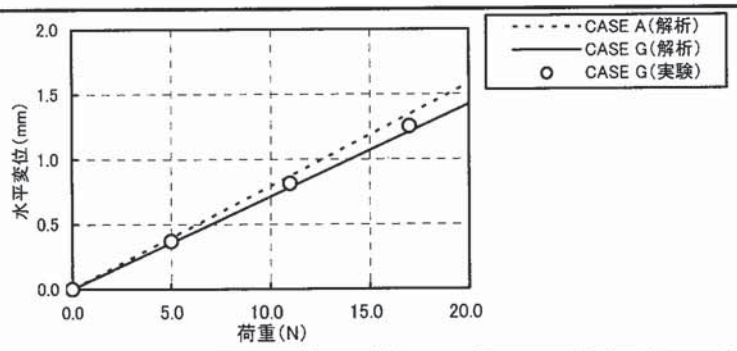
	剛性棒 概要		寸法数値				振動特性比較				
ケースA			橋軸部材（2本/BLOCK）	幅	B	1.6 mm	モード	振動数比（模型*／実橋）	一般化質量比（模型*／実橋）	桁等価質量比（模型*／実橋）	
				高さ	H	13.5 mm					
				長さ	L	224.0 mm	水平対称1次	100.2%	112.6%	115.5%	
				鉛直剛性	Iz	328.1 mm^4	水平逆対称1次	103.2%	119.3%	118.8%	
				水平剛性	Iy	4.6 mm^4	鉛直対称1次	97.5%	108.6%	112.4%	
				ねじれ剛性	J	16.7 mm^4	鉛直対称2次	100.6%	115.0%	114.8%	
				断面積	A	21.6 mm^2	鉛直対称3次	101.9%	113.7%	116.9%	
			水平連結材（2個/BLOCK）	幅	B'	48.0 mm	鉛直対称4次	103.7%	127.8%	126.1%	
				高さ	H'	13.5 mm	鉛直逆対称1次	99.9%	116.2%	117.2%	
				長さ	L'	30.3 mm	鉛直逆対称2次	101.4%	112.3%	115.6%	
				鉛直剛性	Iz	9841.5 mm^4	鉛直逆対称3次	102.9%	118.5%	118.1%	
				水平剛性	Iy	124416.0 mm^4	鉛直逆対称4次	104.6%	111.2%	121.6%	
				ねじれ剛性	J	32367.0 mm^4	ねじれ1次	98.9%	121.4%	120.5%	
				断面積	A	648.0 mm^2	ねじれ2次	99.3%	103.5%	101.1%	
	剛性棒重量（/BLOCK）	1.30N									
	桁BLOCK重量	3.38N									
	桁BLOCK重量/所要値	123.7%									
ケースE			橋軸部材（2本/BLOCK）	幅	B	1.6 mm	モード	振動数比（模型*／実橋）	一般化質量比（模型*／実橋）	桁等価質量比（模型*／実橋）	
				高さ	H	13.5 mm					
				長さ	L	224.0 mm	水平対称1次	100.8%	105.4%	109.7%	
				鉛直剛性	Iz	328.1 mm^4	水平逆対称1次	105.4%	112.6%	111.3%	
				水平剛性	Iy	4.6 mm^4	鉛直対称1次	98.1%	104.4%	107.1%	
				ねじれ剛性	J	16.7 mm^4	鉛直対称2次	100.7%	109.0%	109.3%	
				断面積	A	21.6 mm^2	鉛直対称3次	102.0%	107.8%	111.3%	
			水平連結材（2個/BLOCK）	幅	B'	48.0 mm	鉛直対称4次	103.9%	115.4%	114.1%	
				高さ	H'	13.5 mm	鉛直逆対称1次	100.1%	109.9%	110.7%	
				長さ	L'	30.3 mm	鉛直逆対称2次	101.4%	106.9%	110.2%	
				鉛直剛性	Iz	—	鉛直逆対称3次	103.0%	112.9%	112.5%	
				水平剛性	Iy	—	鉛直逆対称4次	104.8%	105.9%	115.9%	
				ねじれ剛性	J	—	ねじれ1次	96.9%	120.4%	120.2%	
				断面積	A	445.8 mm^2	ねじれ2次	96.1%	103.7%	101.2%	
	剛性棒重量（/BLOCK）										
	桁BLOCK重量										
	桁BLOCK重量/所要値										
ケースG			橋軸部材（2本/BLOCK）	幅	B	1.6 mm	モード	振動数比（模型*／実橋）	一般化質量比（模型*／実橋）	桁等価質量比（模型*／実橋）	
				高さ	H	13.5 mm					
				長さ	L	224.0 mm	水平対称1次	101.1%	99.7%	104.6%	
				鉛直剛性	Iz	328.1 mm^4	水平逆対称1次	106.8%	106.1%	104.6%	
				水平剛性	Iy	4.6 mm^4	鉛直対称1次	98.1%	99.8%	102.4%	
				ねじれ剛性	J	16.7 mm^4	鉛直対称2次	100.8%	104.4%	104.6%	
				断面積	A	21.6 mm^2	鉛直対称3次	102.3%	103.5%	106.9%	
			水平連結材（2個/BLOCK）	幅	B'	48.0 mm	鉛直対称4次	104.4%	111.1%	109.9%	
				高さ	H'	13.5 mm	鉛直逆対称1次	100.2%	104.5%	105.3%	
				長さ	L'	30.3 mm	鉛直逆対称2次	101.6%	102.4%	105.7%	
				鉛直剛性	Iz	—	鉛直逆対称3次	103.3%	108.5%	108.2%	
				水平剛性	Iy	—	鉛直逆対称4次	105.5%	102.2%	112.0%	
				ねじれ剛性	J	—	ねじれ1次	96.5%	100.9%	101.7%	
				断面積	A	333.8 mm^2	ねじれ2次	94.0%	103.7%	100.6%	
	剛性棒重量（/BLOCK）	0.74N									
	桁BLOCK重量	2.83N									
	桁BLOCK重量/所要値	103.3%									

*模型値を実橋スケールに拡大して解析

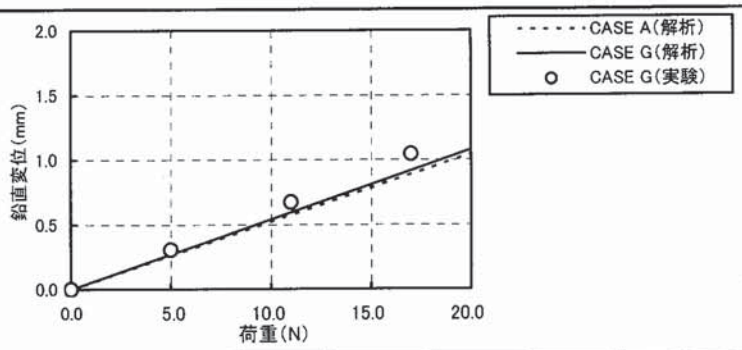
表 3.1.10　剛性棒ユニットモデル　構造実験結果と解析結果との比較（ＣＡＳＥ　Ｇ）

荷重～変位曲線の比較

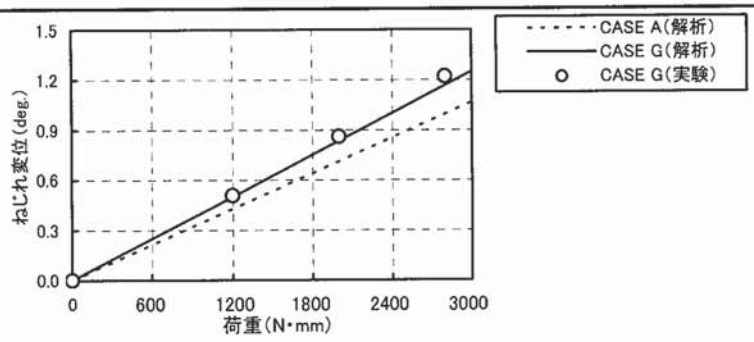
水平方向変位



鉛直方向変位



ねじれ方向変位



剛性棒モデル		ケースA (48mm水平連結材) (高さ13.5mm)		ケースG (48mm水平連結材) (高さ13.5mm, 10mmφ×4穴)		ケースG (48mm水平連結材) (高さ13.5mm, 10mmφ×4穴)	
属性 (解析or実験)		解析		解析		実験	
解析(試験)結果		荷重 (N, N･mm)	変位 (mm, deg.)	荷重 (N, N･mm)	変位 (mm, deg.)	荷重 (N, N･mm)	変位 (mm, deg.)
変形方向	水平方向	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000
		0.98	0.0790	4.90	0.3558	4.90	0.3683
						10.79	0.8141
						16.67	1.2516
	鉛直方向	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000
		0.98	0.0521	4.90	0.2693	4.90	0.3055
						10.79	0.6709
						16.67	1.0428
	ねじれ方向	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000
		392	0.1419	1177	0.5002	1177	0.5083
						1961	0.8594
						2746	1.2206
備考				実験結果に整合するように剛域部剛性及び水平連結材のねじれ剛性を調整したモデル			

*1　荷重載荷位置：梁中央部，　*2　梁長さ：895mm，　*3　支持条件：3方向ともに両端固定支持

３．３　桁剛性棒の設計結果

前述した一連の検討結果より，図 3.1.7 に示す開口を設けた剛性棒（ＣＡＳＥ　Ｇ）を最適案とした。

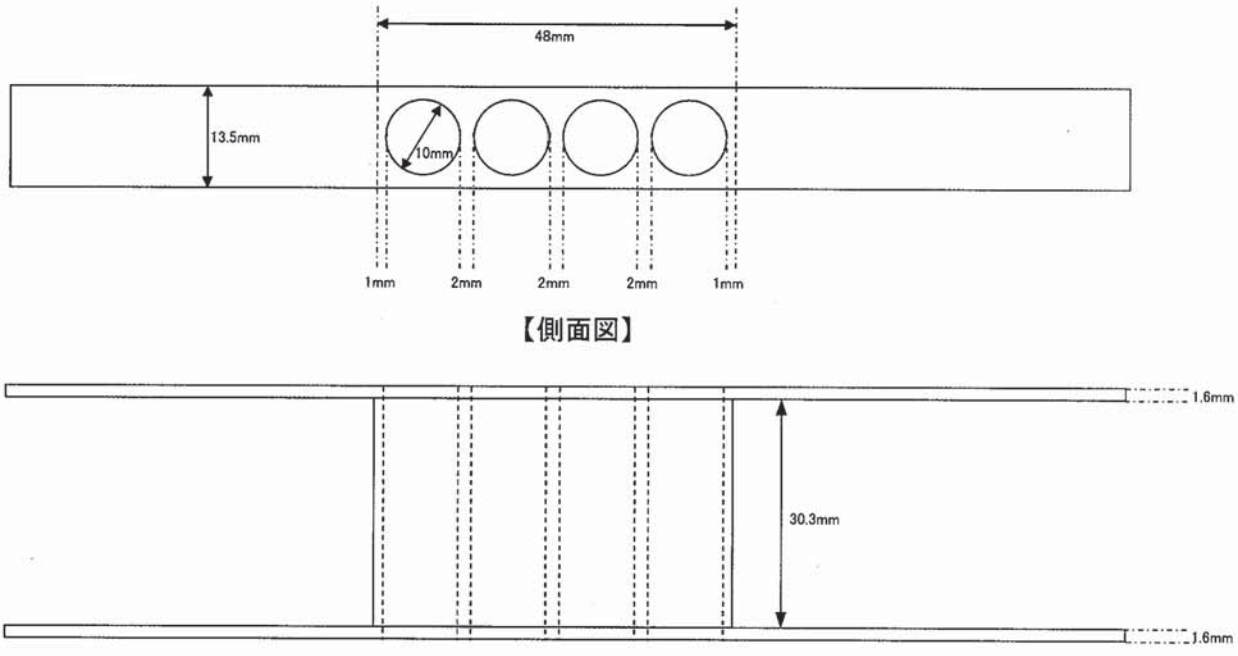


図 3.1.7　剛性棒設計結果　（開口設置；ＣＡＳＥ　Ｇ）

4．大型模型の製作及び調整

4．1　線形調整結果

模型完成時（計測器設置前）における線形調整結果を図化したものを図 4.1.1 に示す。また，これらの結果をまとめたものを表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 より，桁キャンバーの所要値からの誤差は小さく，基本的に良好な線形が得られていると考えられる。また桁迎角についても橋軸方向に亘って良好な水平レベルが確保されていることが確認できる。

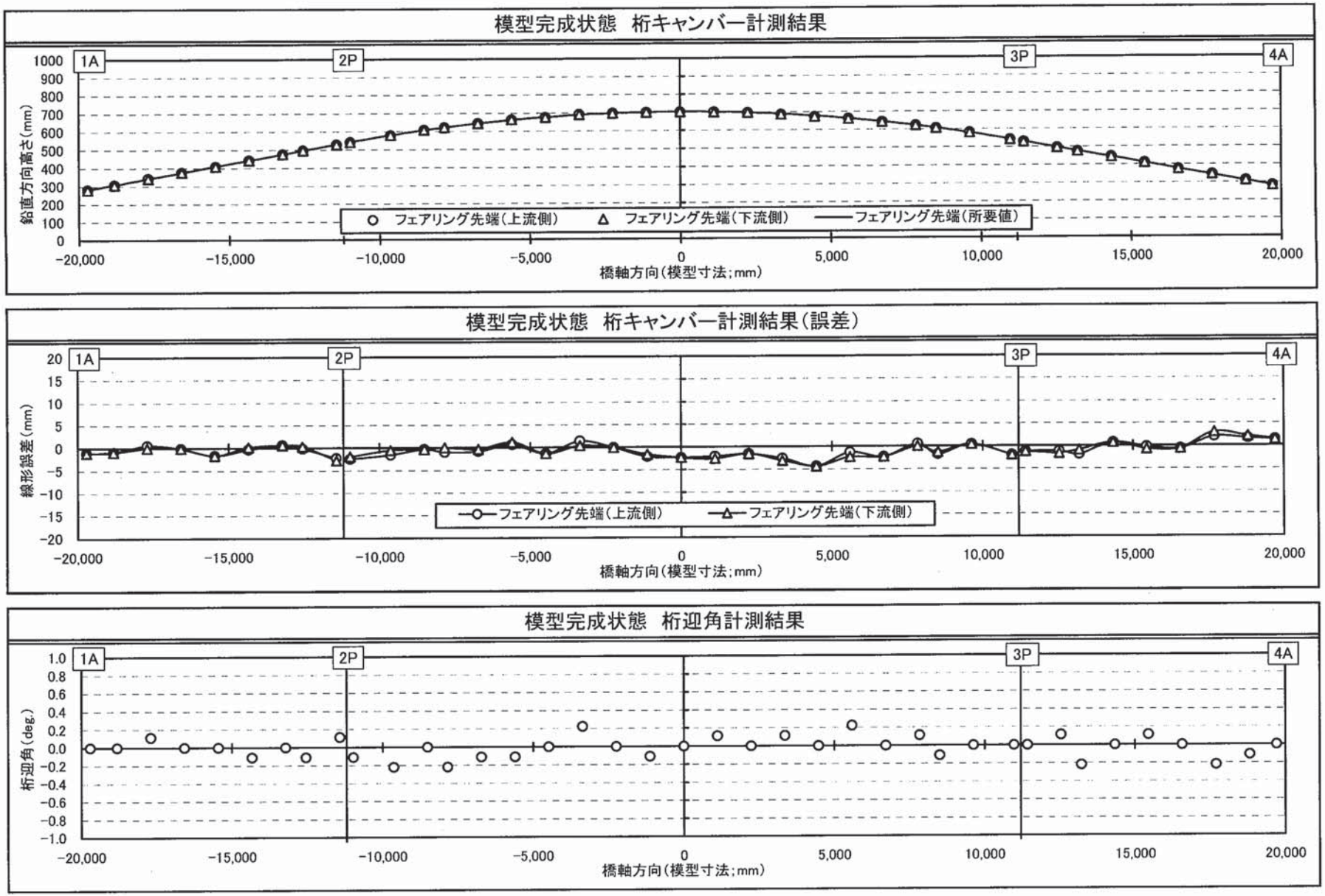
なお，計測器設置後の状態では，上表からさらに桁が 2mm 程度下方にたわむことが明らかとなっている。その際，計測器重量相当のウェイトを追加して桁に載荷したところ，同様にさらに 2mm 程度の桁たわみが生じたことから，上記は純粋に計測機器の重みによるものであることが確認されたが，この誤差が動的・静的特性に大きな影響を及ぼすものとは考えにくく，現状の模型で十分に良好な構造特性が得られているものと考えられる。

表 4.1.1　模型完成時における線形調整結果まとめ

	桁キャンバー		桁迎角
	フェアリング先端位置（上流側）	フェアリング先端位置（下流側）	
誤差最大値*1	-4.4 mm	-4.4 mm	-0.22 deg.
誤差絶対値の平均値*2	1.3 mm	1.2 mm	0.07 deg.

*1：所要値よりも高い位置にある場合を正値で示す。（迎角の場合は頭上げを正で示す）
*2：全計測点（39 点）の誤差絶対値の平均値を示す。

図 4.1.1　模型完成状態における桁キャンバーの線形調整結果



4．2　動的特性試験

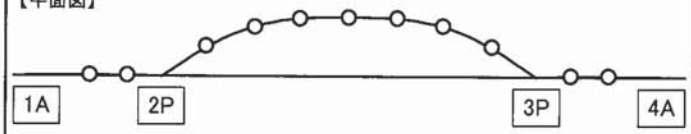
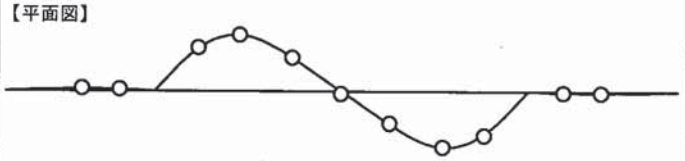
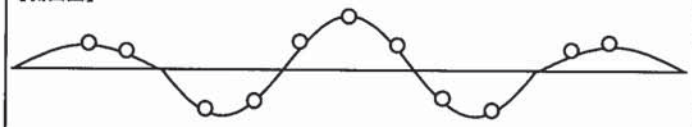
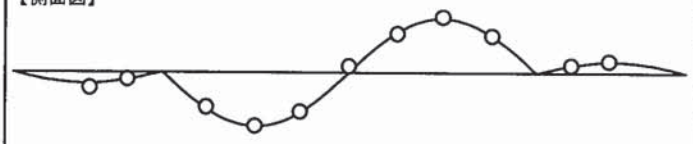
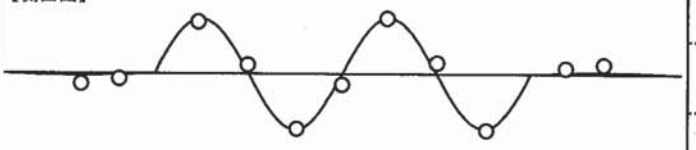
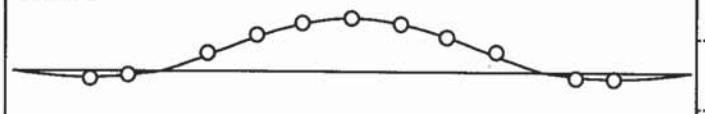
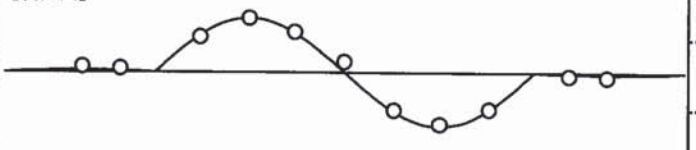
完成後の模型において，設計対象とした振動モードの振動数，振動モード，構造減衰（対数減衰率）を測定した結果を表 4.2.2 にまとめて示す。

上記 3 つの項目に関する評価をまとめると表 4.2.1 のようである。以上より，製作・調整された模型は十分な動的振動特性を有していることが確認された。

表 4.2.1　動的特性試験における項目

項目	評価
振動数	何れの振動モードに関しても，所要値からの誤差は小さく，誤差の最大値は-4.8%（鉛直対称 1 次）程度である。
振動モード	何れの振動モードに関しても，解析モード形状（実橋を対象とした固有値解析）と模型測定モード形状との整合性は良好である。
構造減衰（対数減衰率）	何れの振動モードに関しても，構造減衰値は δ =0.01～0.03 の範囲に収まっており，十分に小さな値であると考えられる。

表 4.2.2　動的特性試験結果

		モード形状の比較 【—— :実橋モード解析値, ○:模型測定値】	振動数 ①所要値 ②測定値 偏差(②／①)	構造減衰 δ (対数減衰率)
水平モード	対称1次	【平面図】  	0.352 Hz 0.350 Hz 99.6%	0.013
	逆対称1次	【平面図】 	0.600 Hz 0.600 Hz 100.0%	0.012
鉛直モード	対称1次	【側面図】 	0.693 Hz 0.659 Hz 95.2%	0.030
	対称2次	【側面図】 	1.112 Hz 1.098 Hz 98.8%	0.022
	逆対称1次	【側面図】 	0.685 Hz 0.696 Hz 101.7%	0.021
	逆対称2次	【側面図】 	1.500 Hz 1.496 Hz 99.7%	0.020
ねじれモード	対称1次	【側面図】 	1.757 Hz 1.821 Hz 103.6%	0.013
	逆対称1次	【側面図】 	2.345 Hz 2.361 Hz 100.7%	0.014

4．3　静的特性試験

模型完成時において，水平，鉛直，ねじれの各方向に載荷して静的変形を測定し，別途実施する解析結果との比較によって模型の構造特性の検証を行った。

（1）載荷試験条件

各方向に対して，以下の条件にて載荷試験を実施した。

①鉛直方向載荷

既往の載荷試験に倣って，活荷重相当（0.33N/Block）を載荷する。厳密にはBlock長が若干異なる（240mm⇒224mm）が，既存重錘を用いることを優先し，条件の差異は別途実施する解析で考慮する。

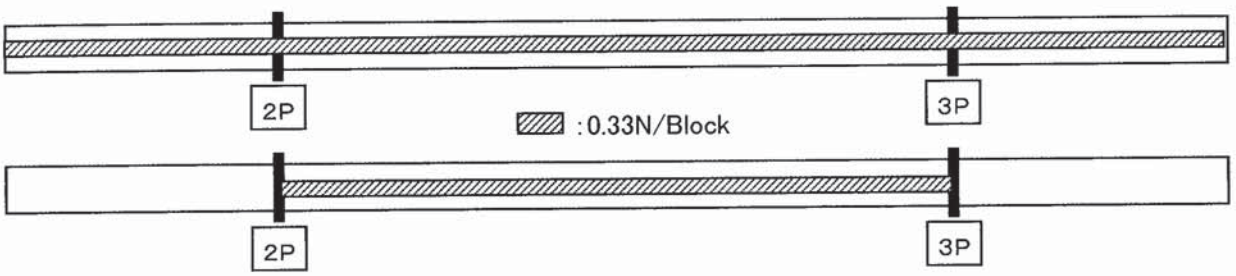


図 4.3.1　載荷試験条件（鉛直方向載荷）

②水平方向載荷

既往の載荷試験に倣って，U=80m/s 時の水平風荷重の 3/4 を３分割して集中荷重として載荷する。

$$P = 0.5\times0.12\ (kg\cdot s^2/m^4)\times80^2\times1.875\ (CD)\times5.24\ (m)\times2800\ (m)$$
$$/125^2\times\ (11.2)^{\ 2}\times1000\times3/4/3$$
$$= 1352g/m$$

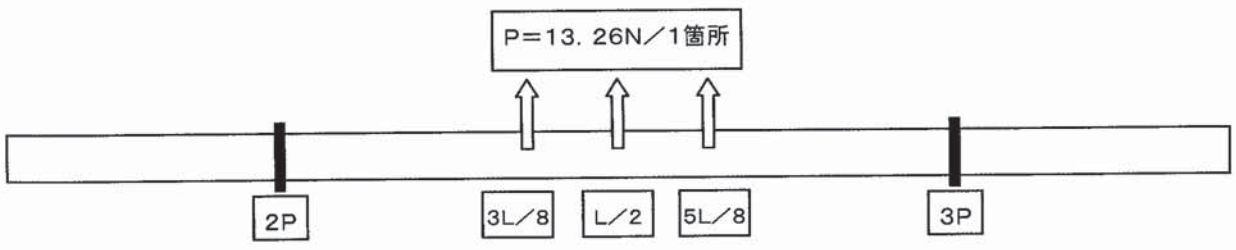


図 4.3.2　載荷試験条件（水平方向載荷）

③ねじれ方向載荷

「中央径間上流側＋側径間下流側」と「中央径間下流側＋側径間上流側」のパターンで，桁全体にトルクが作用するように偏載する。その際の載荷荷重は①の鉛直載荷の重錘を流用し，0.33N／Block を断面の片側に載荷する。なお，厳密には Block 長や載荷位置が異なるが，既存重錘を用いることとねじれ変形をある程度大きくすることを優先し，条件の差異は別途実施する解析で考慮する。

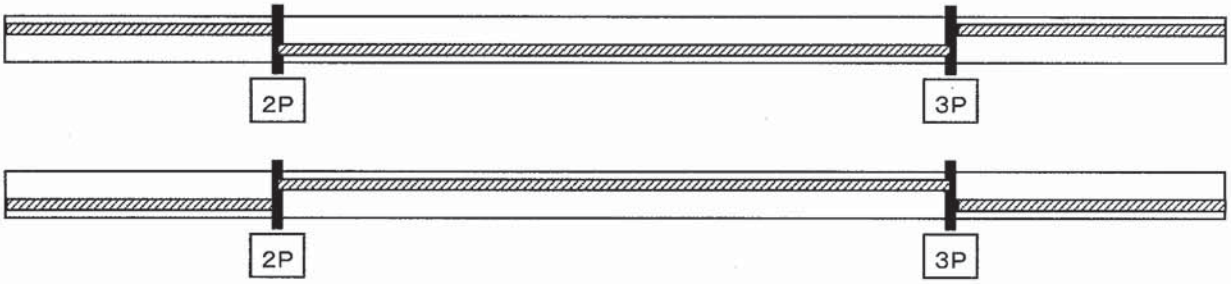


図 4.3.3　載荷試験条件（ねじれ方向載荷）

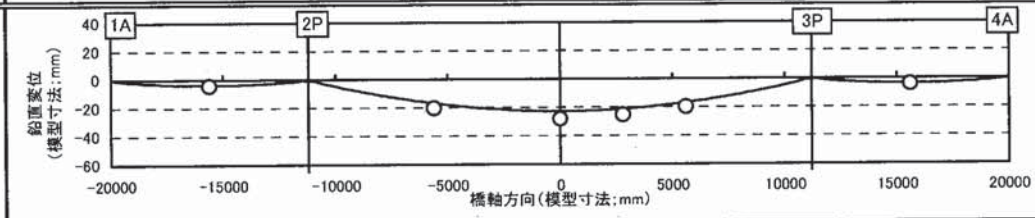
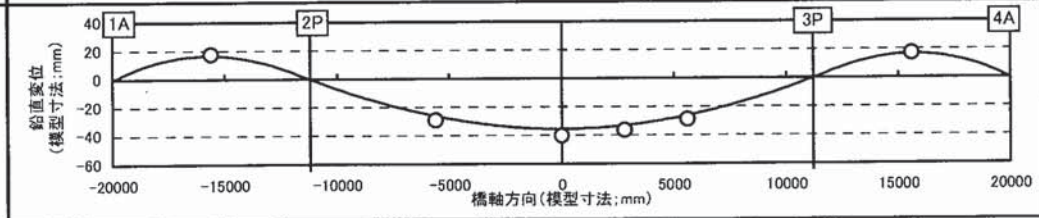
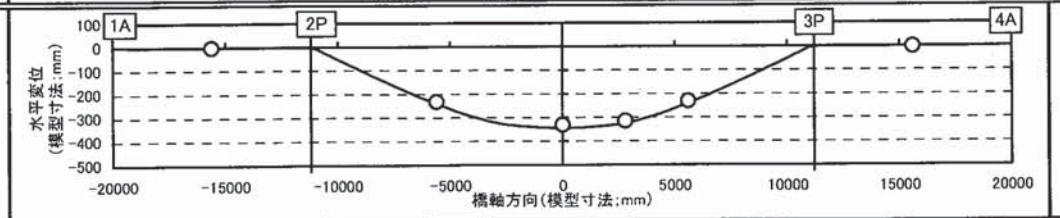
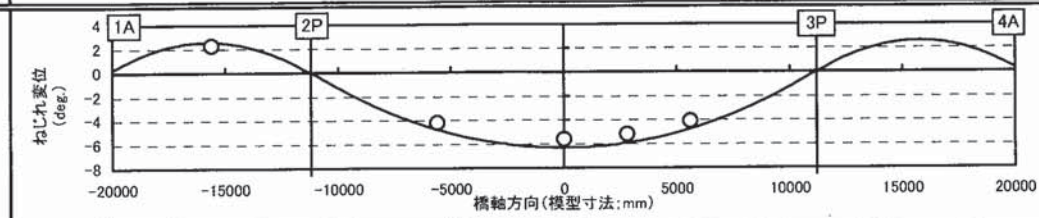
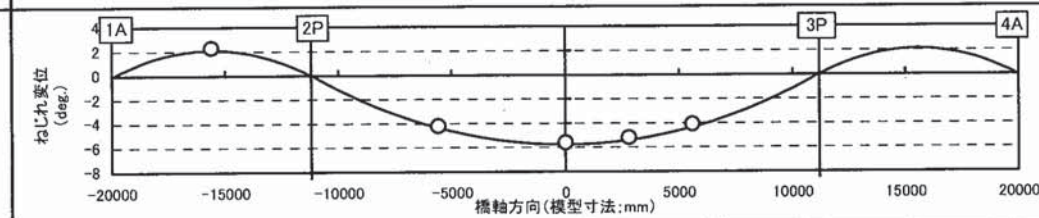
（2）静的変形測定結果

静的変形の測定結果と載荷試験条件における解析結果とを比較したものを表 4.3.1 に示す。これより，以下の事項が確認できる。

・鉛直方向変形については，模型の方が解析モデルよりもやや柔らかくなる傾向が認められ，その誤差は 20%程度である。原因の詳細は不明であるが，固有値解析結果において鉛直対称モードが模型モデルの解析値よりもやや低い振動数を示したことと定性的には整合する結果となった。
・水平方向変形については，側径間の変形が小さい位置では一部±10%を超える誤差があるものの，中央径間では全て±10%以内に変形誤差が収まっており，良好な変形性状が得られたと考えられる。
・ねじれ方向変形については，模型の方が解析モデルよりもやや硬くなる傾向が認められ，その誤差は 10%～14%程度である。これも鉛直方向の場合同様に原因の詳細は不明であるが，固有値解析結果においてねじれモードが模型モデルの解析値よりもやや高い振動数を示したことと定性的には整合する結果となった。なお，ねじれの静的変形性状は耐風特性に大きな影響を及ぼすことが考えられたため，別途実橋モデルにおいても同様の解析を実施し，実橋モデルとも良好な整合性を示すことを確認している（表 4.3.1 の最下段）。

以上より，前述の動的特性試験同様に静的特性試験においても，完成時の模型は実橋の構造特性を良好に再現しうるものであると考えられ，模型の要求性能は十分に満足することが確認された。

表 4.3.1　静的変形測定結果（載荷試験）

載荷条件（比較した解析モデル）	変形図 【 ── :解析値, ○:測定値】	変位数値 橋軸方向位置		①解析値	②測定値	偏差 (②/①)
全長鉛直載荷（模型モデル）		1A側	Ls/2	−3.8 mm	−4.2 mm	111.9%
			L/4	−16.8 mm	−20.4 mm	121.1%
			L/2	−22.8 mm	−28.1 mm	123.4%
			5L/8	−21.1 mm	−25.4 mm	120.2%
			3L/4	−16.8 mm	−19.8 mm	117.5%
		4A側	Ls/2	−3.8 mm	−4.1 mm	109.3%
中央径間鉛直載荷（模型モデル）		1A側	Ls/2	16.5 mm	17.5 mm	105.8%
			L/4	−26.3 mm	−29.4 mm	111.7%
			L/2	−35.6 mm	−40.3 mm	113.2%
			5L/8	−33.0 mm	−36.6 mm	110.7%
			3L/4	−26.3 mm	−28.9 mm	109.8%
		4A側	Ls/2	16.5 mm	17.0 mm	102.7%
水平載荷（模型モデル）		1A側	Ls/2	−2.2 mm	−2.4 mm	107.4%
			L/4	−241.0 mm	−233.4 mm	96.8%
			L/2	−345.7 mm	−331.8 mm	96.0%
			5L/8	−323.8 mm	−315.9 mm	97.6%
			3L/4	−241.0 mm	−231.6 mm	96.1%
		4A側	Ls/2	−2.2 mm	−2.6 mm	116.3%
ねじれ載荷（模型モデル）		1A側	Ls/2	2.6 deg.	2.3 deg.	89.6%
			L/4	−4.8 deg.	−4.2 deg.	88.1%
			L/2	−6.3 deg.	−5.6 deg.	88.6%
			5L/8	−5.9 deg.	−5.2 deg.	88.1%
			3L/4	−4.8 deg.	−4.1 deg.	86.0%
		4A側	Ls/2	2.6 deg.		
ねじれ載荷（実橋モデル）		1A側	Ls/2	2.1 deg.	2.3 deg.	109.5%
			L/4	−4.3 deg.	−4.2 deg.	97.8%
			L/2	−5.8 deg.	−5.6 deg.	96.7%
			5L/8	−5.4 deg.	−5.2 deg.	96.0%
			3L/4	−4.3 deg.	−4.1 deg.	95.5%
		4A側	Ls/2	2.1 deg.		

５．大型模型風洞試験

５．１　試験の実施要領

（１）風洞および計測・解析システムの仕様

①大型風洞施設

試験に用いた風洞は平成２年度に建設省土木研究所構内に建設された大型風洞施設である。施設の鳥瞰図を図5.1.1、一般図を図5.1.2、風路平面図と各部の名称を図5.1.3に示す。主な風洞仕様は以下の通りである。

測定部寸法：巾41×高さ4×長さ30m
縮流比：2.0
風洞全長：55m
風速範囲：0.5～12.0m/s（一様流）
風速制御：0.1m/sピッチで可能
風速の空間分布：設定風速の±3%
乱れの強さ：設定風速の±1%
送風機：φ1.8m×36台

なお、詳しい仕様については平成二年度大型風洞試験報告書を参照されたい。

②　計測・解析システム

計測システムは、気流計測機器(風速・温度・湿度・気圧)、応答変位計測機器(ビデオトラッカー・ポジションセンサー)、48チャンネルA／D変換器(GP-IB)および計測制御・データ記録用ＰＣ(パーソナルコンピューター)から構成されている。なお、ビデオトラッカーの計測制御には別途２台のＰＣを用いている。

解析システムは、計測用ＰＣとネットワーク接続した解析用ＰＣ２台とプリンター、周辺機器によって構成している。計測・解析システムの構成図を図5.1.4に示す。

なお、ビデオトラッカーの出力信号の時間遅れ(約40msec)を補正する目的で、ビデオトラッカー計測位置の１箇所をポジションセンサーでも同時に計測することとした。

（２）計測機器の設置

気流計測には、風路内に設置した標準ピトー管と空気密度補正用の風路内温度計、計測室内気圧計、計測室内湿度計を使用した。サンプリング周波数は、変位計測とまとめてA／D変換収録する都合上、100Hzで行った。

対風応答試験の際は、一様流位置に設置した基準ピトー管によって風速計測を行うこととし、乱流位置に設置した模型桁位置の風速への換算は、別途実施する気流特性試験結果を元に行うこととした。

変位計測には、ビデオトラッカーおよびポジションセンサーを使用した。試験における変位計測位置を図5.1.5に示す。また、計測点座標値を図5.1.6に示す。変位計測のサンプリング周波数は、気流計測と同様、ポジションセンサー、ビデオトラッカー共に100Hzとした。また各計測点において得られた変位は、風軸方向変位、風軸直角方向変位、および、ねじれ変位に変換して計測結果の整理を行った。図5.1.7に風軸方向変位、風軸直角方向変位、および、ねじれ変位の正・負の方向の定義を示す。また、本年度計測に際して、照明（水銀灯）が模型表面に反射してポジションセンサーの感度を鈍化することを避けるため、計測機器のカメラ視野に入る模型表面の一部につや消し黒紙を貼ることにした(付属資料B 写真 3-2-3参照)。

大型風洞施設

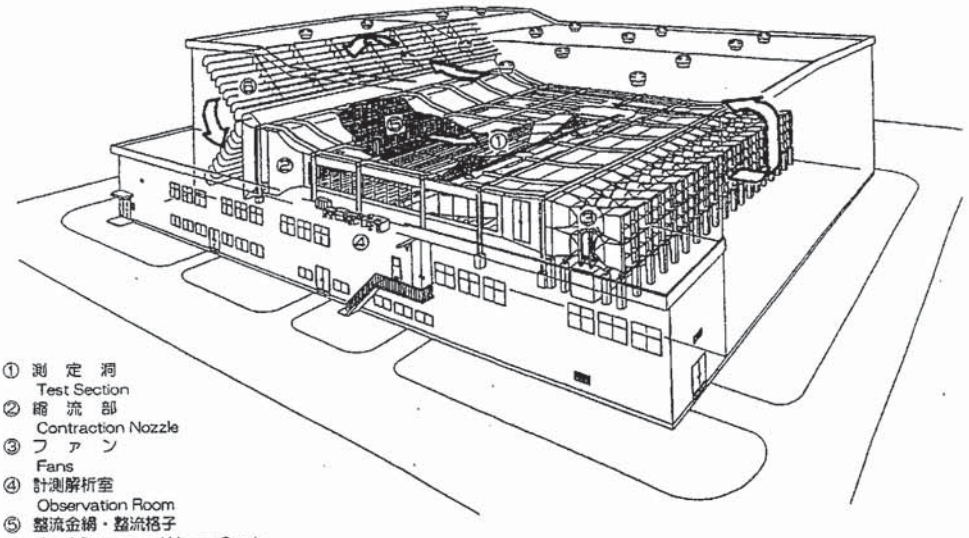


図 5.1.1　大型風洞施設鳥瞰図

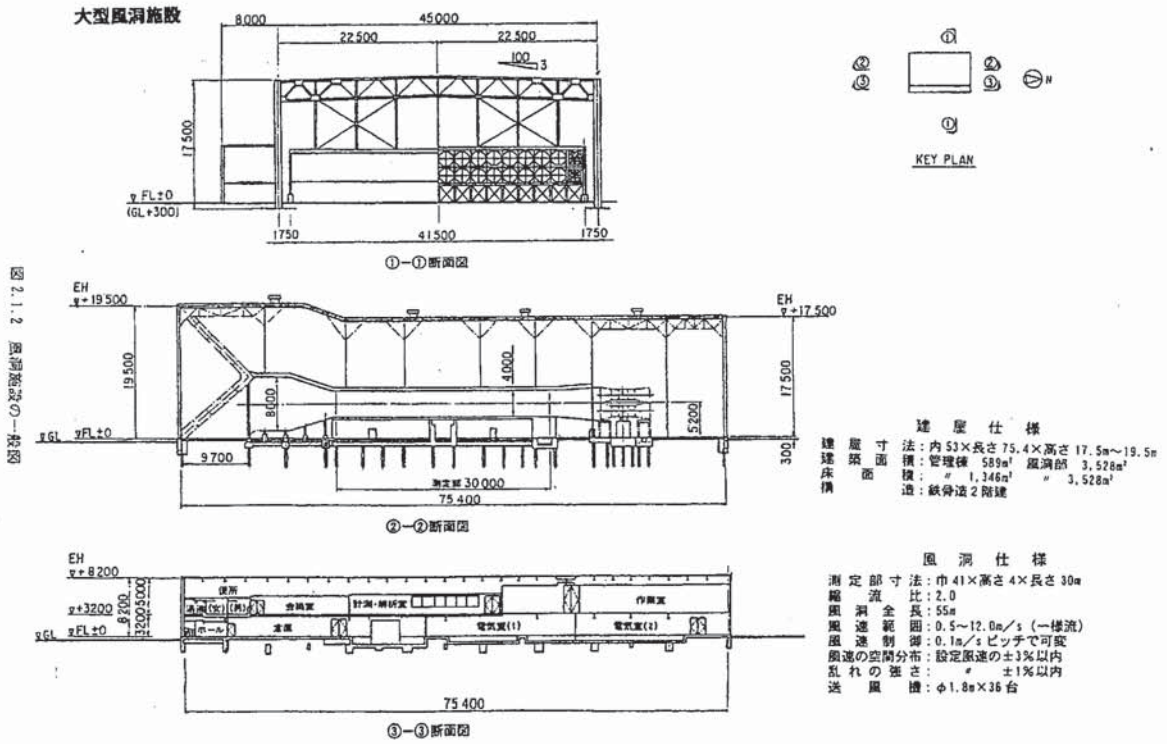
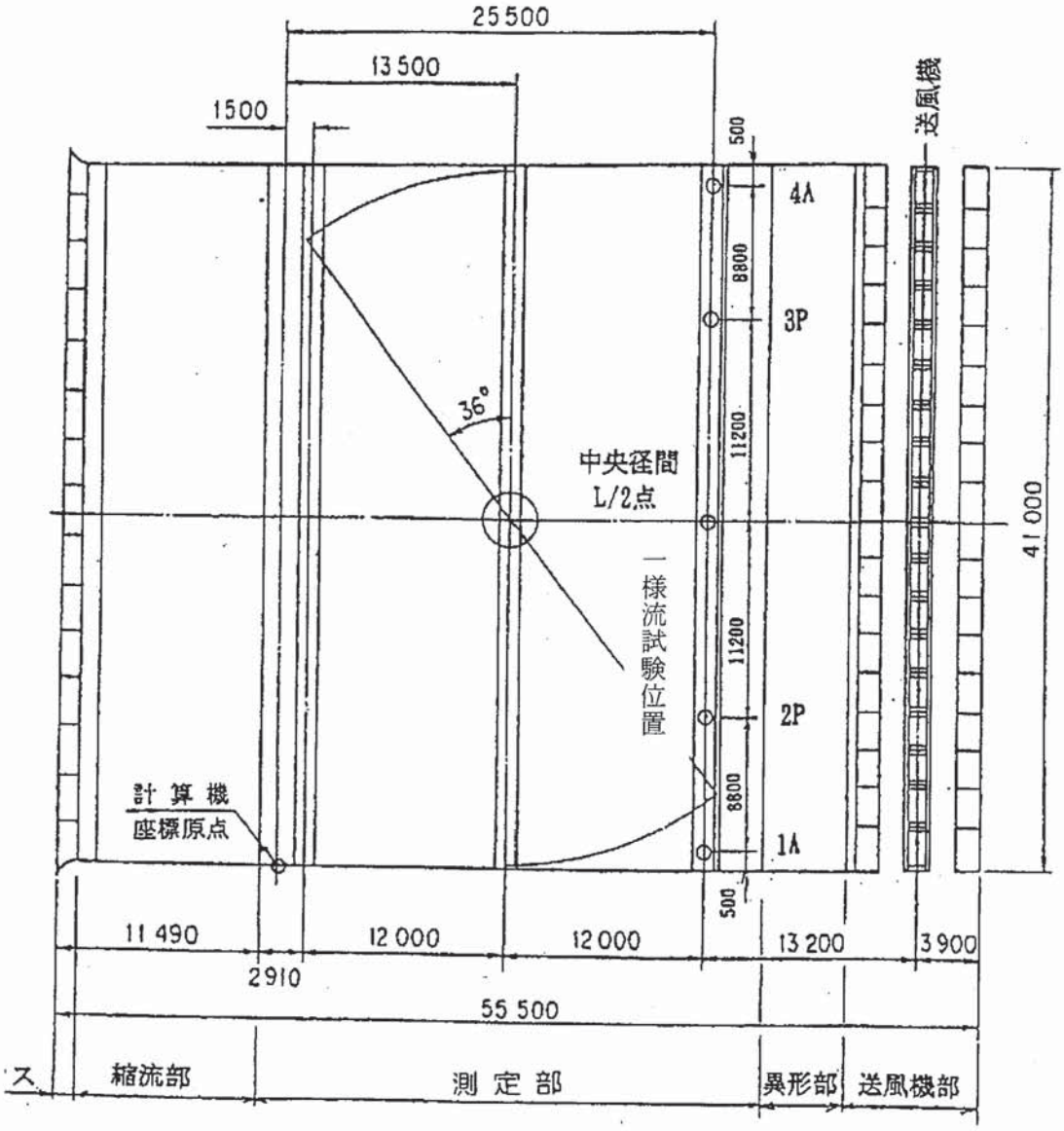


図 2.1.2 風洞施設の一般図

図 5.1.2　大型風洞施設一般図



単位:mm

図 5.1.3　風路平面図と各部の名称

大型風洞　計測解析システム構成図

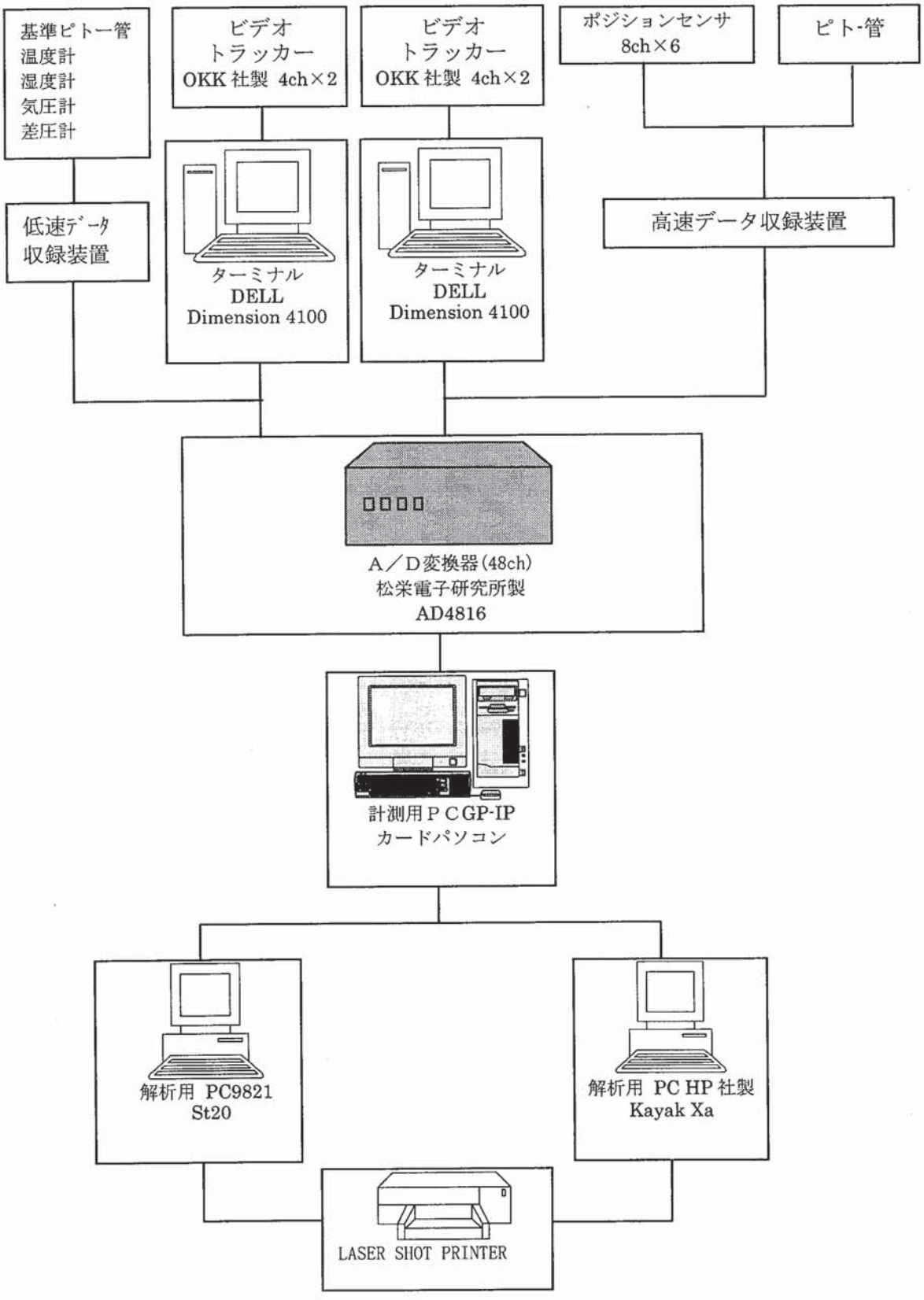
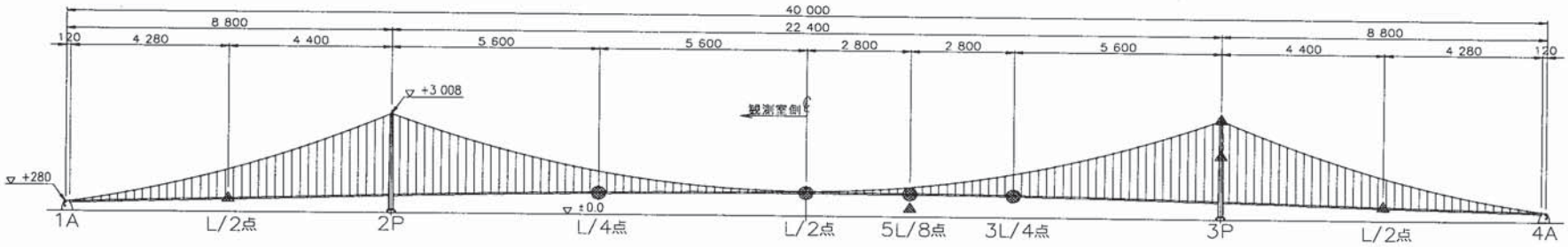


図 5.1.4　計測解析システム構成図



各計測点での使用センサーの種類

計測点	使用センサー	設置位置	使用台数
桁：中央径間(観測室側より) L／4点 L／2点 5L／8点 3L／4点	ビデオトラッカー	1A付近	上下流側　各1台 計　2台
桁：側径間(観測室側) L／2点	ポジションセンサー	2P塔柱間 (側径間側)	上下流側　1台 計　1台
桁：側径間(反観測室側) L／2点 (下流側のみ，振動確認用)	ポジションセンサー	3P塔柱間 (側径間側)	下流側　1台 計　1台
桁：中央径間(観測室側より) 5L／8点 (下流側のみ，位相補正用)	ポジションセンサー	3P付近 (中央径間側)	下流側　1台 計　1台
主塔：3P 塔頂，第3水平材位置 (上下流側)	ポジションセンサー	3P床面 (上下流側)	上下流側　各1台 計　2台
ビデオトラッカー ポジションセンサー			合　計　2台 合　計　5台

●：ビデオトラッカー

▲：ポジションセンサー

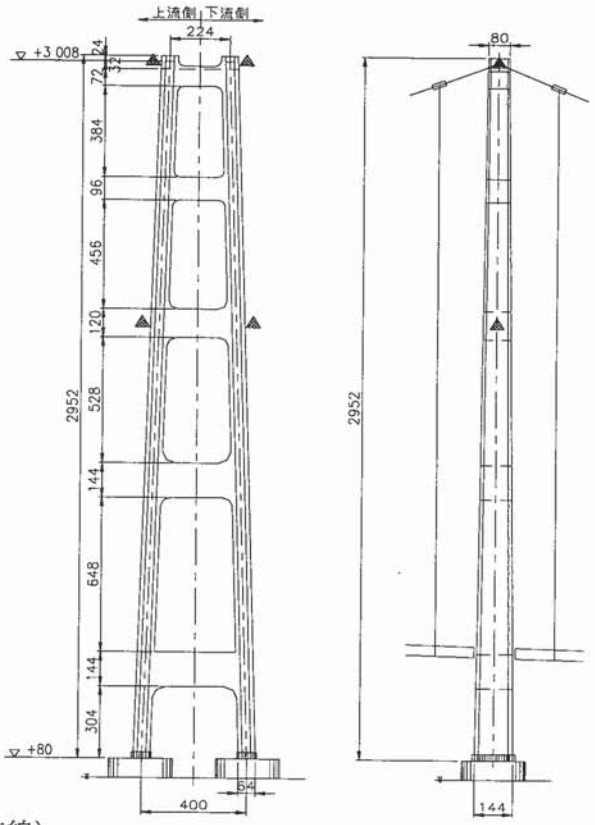


図 5.1.5　変位計測位置

開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m、4 車線）

ビデオトラッカーターゲット位置

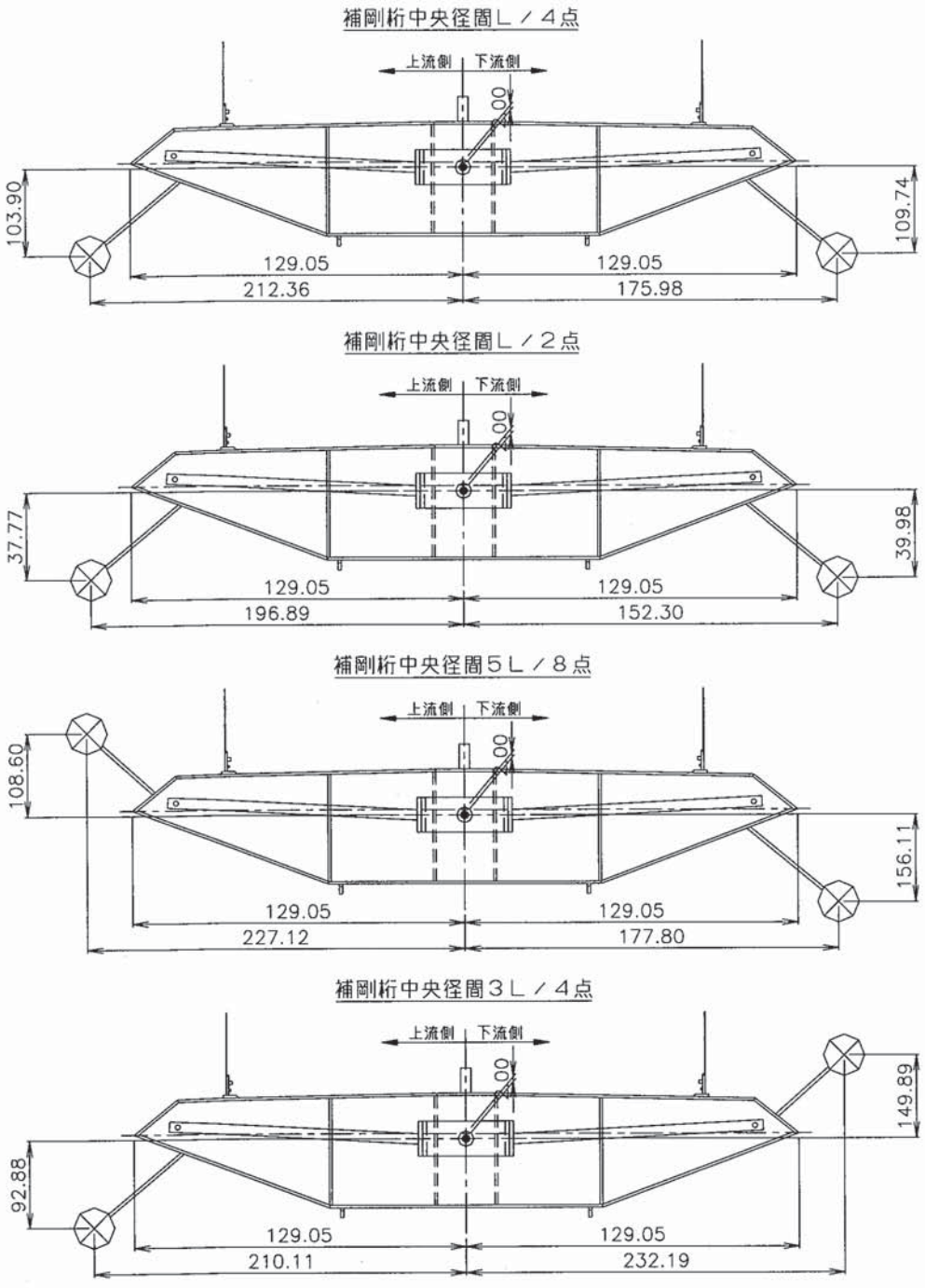
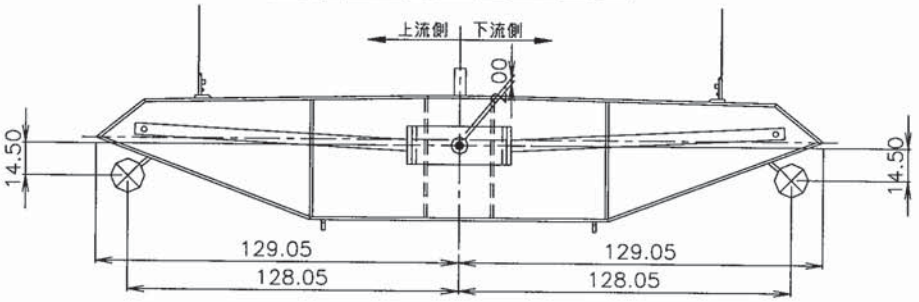


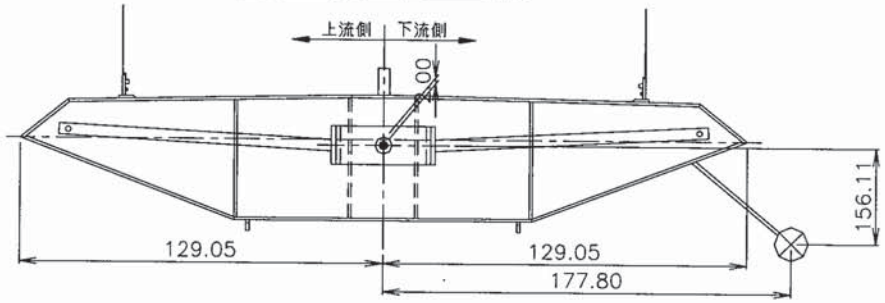
図 5.1.6(A)　計測点座標
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m、4 車線）

ポジションセンサーターゲット位置（1）

補剛桁側径間L／2点（観測室側）



補剛桁中央径間5L／8点



補剛桁側径間L／2点（反観測室側）

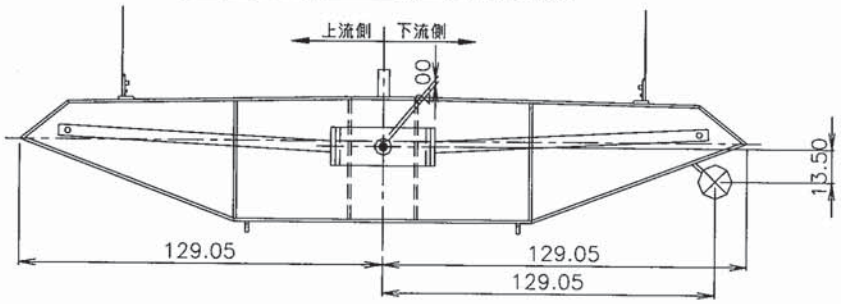


図 5.1.6(B)　計測点座標
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m、4 車線）

ポジションセンサーターゲット位置（2）

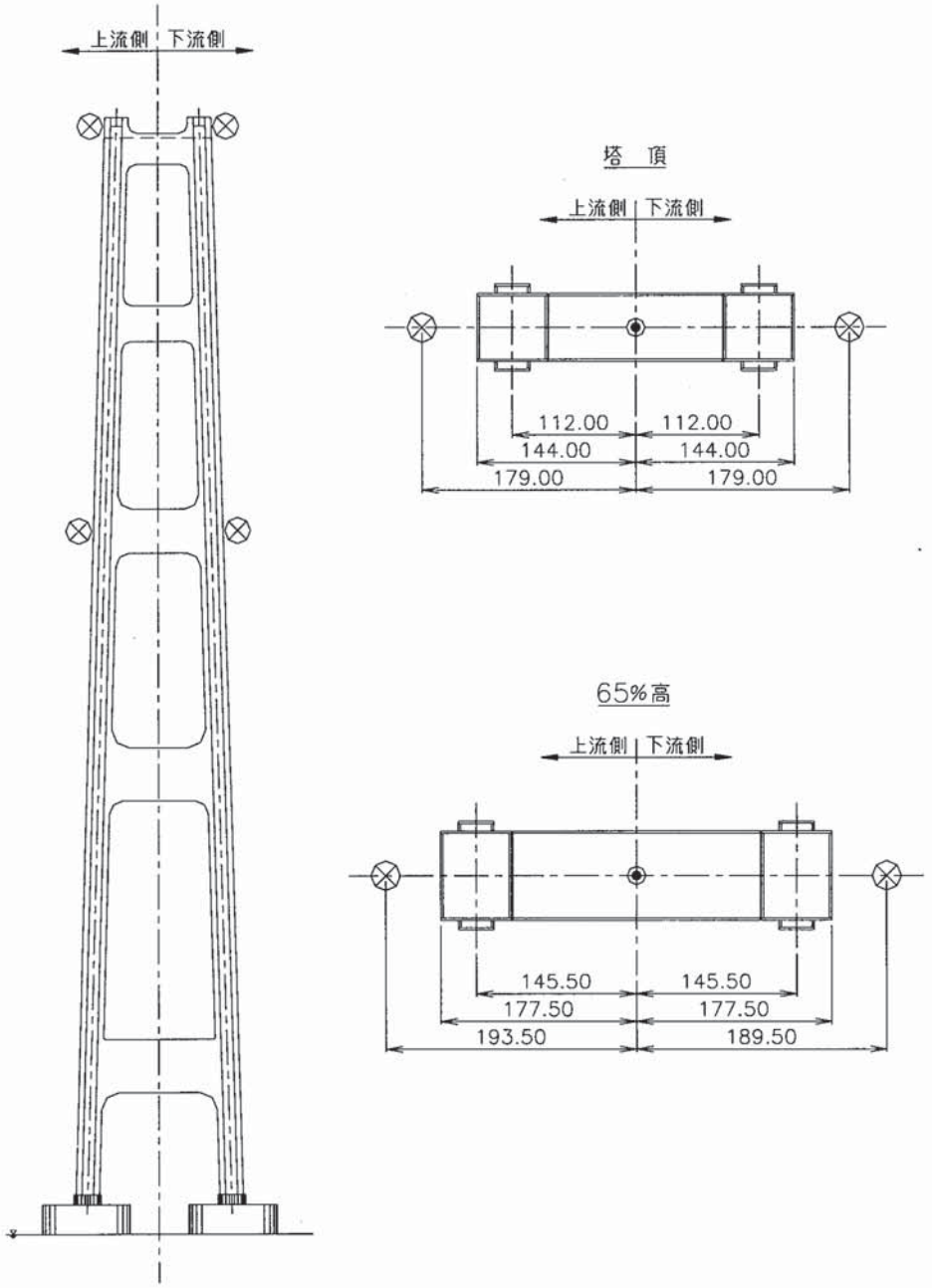


図 5.1.6(C)　計測点座標
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m、4 車線）

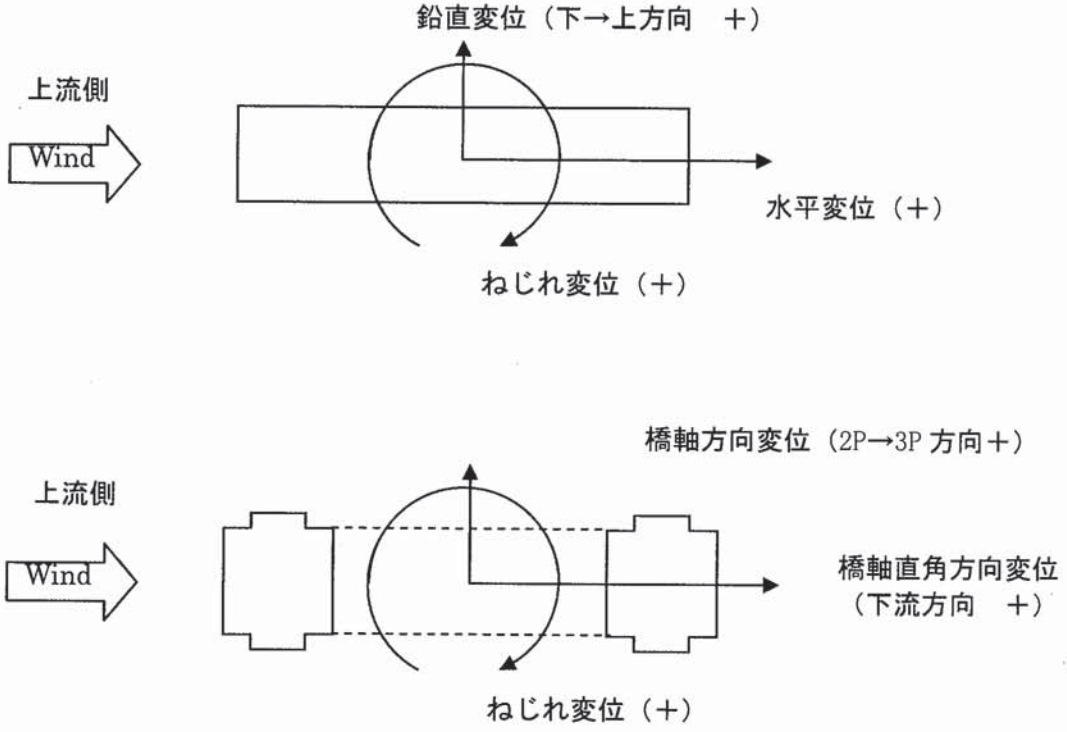

鉛直変位（下→上方向　＋）
上流側
Wind
水平変位（＋）
ねじれ変位（＋）
橋軸方向変位（2P→3P 方向＋）
上流側
Wind
橋軸直角方向変位
（下流方向　＋）
ねじれ変位（＋）

図 5.1.7 変位の極性

（3）気流特性

一様流試験位置における風速を計測し、基準風速を桁位置風速へ換算する際の係数を求めた。さらに、中央径間 L/2 点と他の桁位置における風速の比も計測した。計測結果を**表 5.1.1～5.1.2** および**図 5.1.8～5.1.9** に示す。なお、基準風速は、標準ピトー管で計測した風速である。

それらをまとめた結果を、**表 5.1.3** に示す。基準風速に対する中央径間 L/2 点における風速の比は、1.065 である。桁高さのスパン方向風速分布は、偏差１％以内に収まっている。

表 5.1.3　桁位置風速の比

①	②	風速比（①／②）
中央径間 L/2 点における風速	基準風速	1.065
中央径間 L/4 点における風速	中央径間L/2点における風速	0.998
中央径間 3L/4 点における風速	中央径間L/2点における風速	0.999
1A側側径間中央径間L/2点における風速	中央径間L/2点における風速	0.990
4A側側径間中央径間L/2点における風速	中央径間L/2点における風速	1.002

風速は、式(5.1.1)により温度、湿度、気圧によって補正をした空気密度 ρ を用いて、計測ごとに算出を行った。

$$\rho = 0.1318 \times 273/(T+273) \times (P - 0.378 \times (\gamma/100) \times F) \times 9.80665/760 \quad [kg/m^3] \qquad (5.1.1)$$

ここで、

T：気温(℃)
P：気圧(mmHg)
γ：湿度(%)
F：T(℃)における水蒸気の最大圧(mmHg)

$$F = 4.523 + T \times (0.3436 + 10^{-1}T(0.1082 + 10^{-2}T(0.1448 + 0.4106 \times 10^{-2}T)))$$

試験時の空気密度を表 5.1.4 に示す。

表5.1.4　試験時の空気密度
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m 4車線）

	空気密度 ρ (kg/m^3)
基本系	1.313
側径間遮風壁撤去	1.313

注）空気密度 ρ は試験中の平均値である。

表 5.1.1　基準風速と桁の中央径間 L/2 位置風速の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間 2800m 4 車線)

設定風速 (m/sec.)	基準風速 (m/sec.)	中央径間L/2桁位置風速(m/sec.)	
		計測値	計測／基準
2.0	1.949	2.070	1.062
4.0	3.819	4.075	1.067
6.0	5.719	6.088	1.064
8.0	7.633	8.134	1.066
		最小二乗法による比	1.065

注）桁位置風速は模型中心位置、中央径間 L/2 点、床上高さ 689mm における値である。
基準風速は標準ピトー管で計測した風速である。

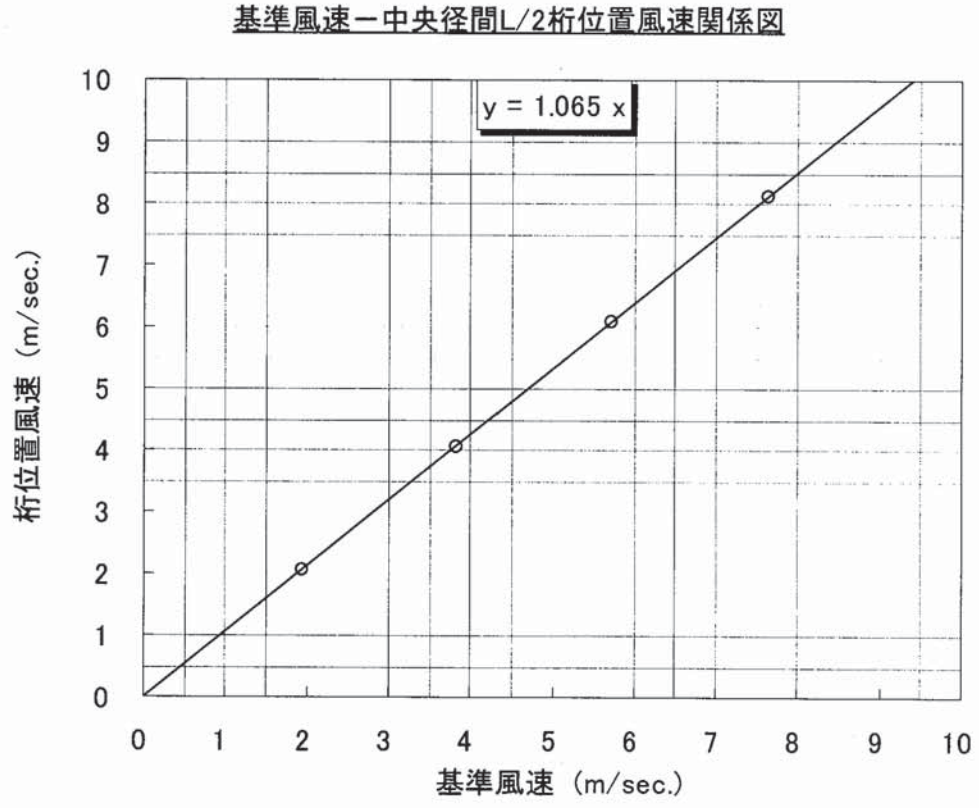


図 5.1.8　基準風速と桁位置風速の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間 2800m　4 車線)

注：基準風速は標準ピトー管で計測した風速である

表 5.1.2　　中央径間 L/2 点の風速と他の桁位置風速の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m 4 車線）

注）風速は模型中心位置での風速。
　中央径間L/2点は、床上高さ689mmにおける値。

設定風速 (m/sec.)	中央径間L/2桁位置風速 1) (m/sec.)	中央径間L/4桁位置風速(m/sec.)	
		計測値 2)	2)／1)
2.0	2.070	2.096	1.012
4.0	4.075	4.097	1.005
6.0	6.088	6.082	0.999
8.0	8.134	8.092	0.995
		最小二乗法による比	0.998

注)中央径間L/4点は、床面高さ647mmにおける値である。

設定風速 (m/sec.)	中央径間L/2桁位置風速 1) (m/sec.)	中央径間3L/4桁位置風速(m/sec.)	
		計測値 2)	2)／1)
4.0	2.067	2.103	1.017
6.0	4.052	4.039	0.997
8.0	6.081	6.078	1.000
2.0	8.064	8.047	0.998
		最小二乗法による比	0.999

注)中央径間3L/4点は、床面高さ647mmにおける値である。

設定風速 (m/sec.)	中央径間L/2桁位置風速 1) (m/sec.)	1A側側径間L/2桁位置風速(m/sec.)	
		計測値 2)	2)／1)
2.0	2.080	2.104	1.012
4.0	4.082	4.061	0.995
6.0	6.099	6.039	0.990
8.0	8.110	8.004	0.987
		最小二乗法による比	0.990

注)1A側側径間L/2点は、床面高さ394mmにおける値である。

設定風速 (m/sec.)	中央径間L/2桁位置風速 1) (m/sec.)	4A側側径間L/2桁位置風速(m/sec.)	
		計測値 2)	2)／1)
2.0	2.054	2.048	0.997
4.0	4.071	4.111	1.010
6.0	6.090	6.122	1.005
8.0	8.090	8.074	0.998
		最小二乗法による比	1.002

注)4A側側径間L/2点は、床面高さ394mmにおける値である。

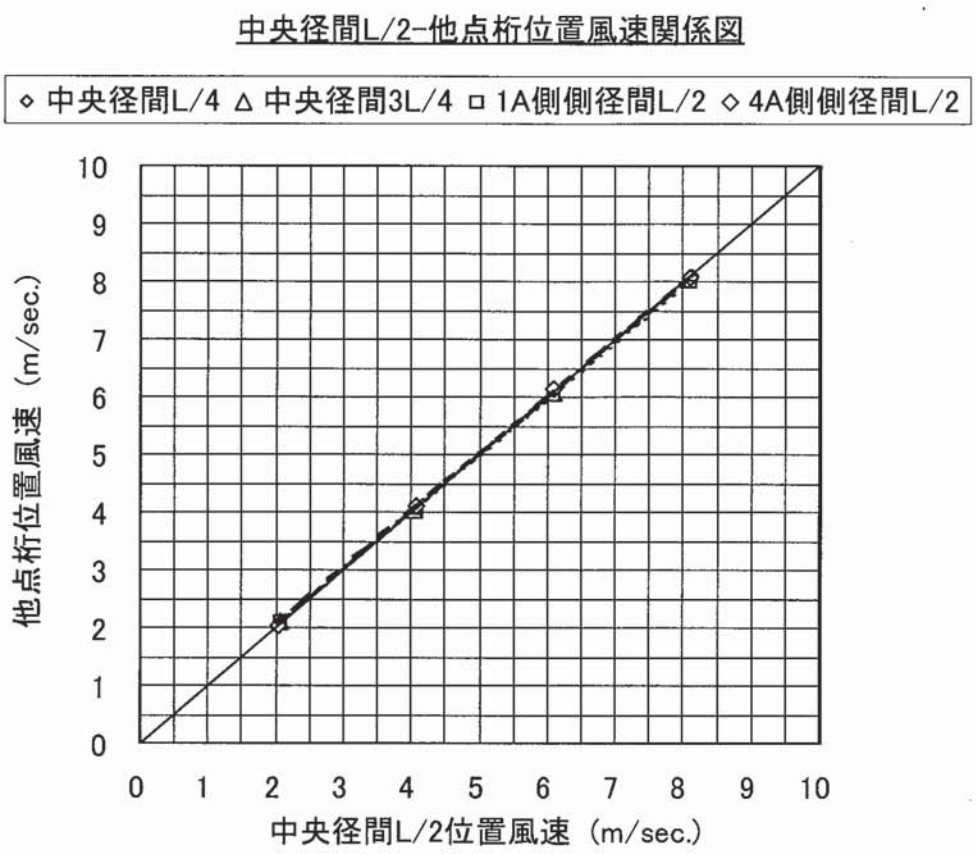


図 5.1.9　中央径間 L/2 点と他の桁位置風速の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）

５．２　基本系試験

５．２．１　概要

開口一箱桁断面を適用した三次元全橋模型試験の最も基本的な試験として、原型の桁断面を全径間に適用した系（以下、基本系）を対象に、迎角0°・一様流中で対風応答試験を実施した。本試験では、桁部に着目してそのフラッター特性および実橋換算風速25m/sまでの渦励振特性を調査することを目的とした。

試験の結果、フラッター発現風速は実橋換算風速96m/sとなった。渦励振特性については、鉛直曲げの3モード、ねじれの4モードで顕著な渦励振が観察された。試験で観察された各モードの渦励振特性を基に、実橋換算風速25m/s以下で実橋に発生する加速度を推定すると最大で57gal（側径間ねじれ対称1次モード）となった。

なお、本5.2節・5.3節の本文と図表および付属資料Ｃ2・付属資料Ｃ3で、「風洞風速」と「桁位置風速」はともに中央径間L/2点桁高さ（5.1節参照）における風速を意味している。また、実橋換算風速への換算はFroude相似則に則り√125倍を用い、V-A特性で一部模型の実測振動数と解析値を用いた換算を行っている。

５．２．２　静的変位特性

(1) 試験方法およびデータ整理方法

各風速において定常状態を120sec.計測し、その平均値として評価した。

(2) 計測結果

風速ごとの静的変形モードを図5.2.1～図5.2.3に示す。（付属資料Ｃ図C2.1.1～図C2.1.2に風速と静的変位の関係を示す。また、これらの図に対応する数値データを付属資料Ｃ表C2.1.1～表C2.1.2に示す。）。

1) 桁静的変位

中央径間の桁変位は、全風速域で、鉛直変位で上方向、水平変位で下流方向を示し、ねじれ変位は風洞風速4m/sから頭上げの回転を示す。鉛直変位は風洞風速5m/s付近、ねじれ変位は6m/s付近から変位が大きく増加する傾向にある。水平変位は、低風速から顕著に現れ、風洞風速3m/s付近から風速に対して直線的に増加している。側径間は、鉛直変位・水平変位・ねじれ変位とも中央径間より小さく、鉛直変位とねじれ変位で約10%、水平変位で約40%となっている。

実橋換算風速80m/sにおける解析値と比較すると、水平変位はほぼ一致しており、鉛直変位は実橋モデルと比較的よく一致している。それに対して、ねじれ変位は解析値より小さ

い変位量となっている。

変形形状の橋軸方向分布をみると、鉛直変位と水平変位は中央径間L/4点から3L/4点にかけてほぼ同程度の変位を示し中央径間全体として台形のような変形形状となっている。それに対し、ねじれ変位は比較的放物線に近い形状となっている。

実橋換算風速80m/sで中央径間L/2点の水平変位は桁幅の約1.5倍の400mm程度生じており、同じく大型風洞施設で実施した開口二箱桁断面（平成10年度実施）では180mm程度であるのに対して大きい変位となっている。これは、遮風壁の設置により桁部抗力が大きくなっている影響や水平曲げ剛性の違いが影響していると考えられる。ねじれ変位については、いずれの測点とも正迎角側であり遮風壁による頭上げの空力モーメント（三分力特性については**6.1節**参照）の影響が考えられる。

2) 塔静的変位

橋軸方向（塔面外方向）変位は、風洞風速5m/s付近まで顕著な変形はなく、6m/s付近から塔頂は側径間側への倒れ、62%高では若干塔頂側に倒れた後に7～8m/s以降は中央径間側への倒れを生じている。橋軸直角方向（塔面内方向）変位は塔頂および62%高ともに下流側への変位を生じている。風洞風速3m/s付近から直線的に増加しており、8.5m/s付近では増加傾向が鈍っている。ねじれ変位は、上流側塔柱が側径間へ近づく方向への回転変位を示す。風洞風速6m/s付近から増加傾向が顕著になるが、実橋換算風速95m/s付近でも塔頂の回転変位は1° 以内である。

５．２．３　フラッター・渦励振特性

(1) 試験方法

各風速において、対象とする振動モードの振動数・対数減衰率・応答振幅を計測した。対象振動モードを**表5.2.1**に示す。フラッター特性は、表中のNo. 1～8の8モードのみを対象とし、渦励振特性は残りのNo. 9～16もあわせた計16モードを対象とした。

(2) データ整理方法

振動数、および対数減衰率については動的特性試験（**4.2節**）の場合と同様とした。

1) 応答振幅

応答振幅は、定常応答波形のフーリエスペクトルの絶対値として、対象モード毎に式(5.2.1)により求めた。この時、位相は式(5.2.2)で表される。

$$A_i=\sqrt{\{a_i^2+b_i^2\}} \qquad (5.2.1)$$

$$\theta_i=\tan^{-1}(b_i/a_i) \qquad (5.2.2)$$

ここで、

$$a_i=(2/T)\int^T \{x_i(t)\cdot\cos\omega t\}\,dt \qquad (5.2.3)$$

$$b_i=(2/T)\int^T \{x_i(t)\cdot\sin\omega t\}\,dt \qquad (5.2.4)$$

A_i ：着目点の振幅（評価振幅範囲で平均）

$x_i(t)$ ：着目点の減衰波形

T ：評価時間(10周期)

ω ：解析モードの角振動数

2) フラッターモード

フラッターモードは、ねじれ対称1次加振後の減衰波形から式(5.2.1)、式(5.2.2)により求めた。モード図は、桁・主塔各計測点について1/8周期ごとに各瞬間の縦距（基準化振幅）を表示した。変位の極性については、図5.1.7に示している。また、ねじれ成分については、ねじれ変位によるハンガー定着部（メインケーブルの間隔：224mm）における並進変位で表した。

振幅は1A側側径間L/2点の鉛直曲げ変位振幅で基準化し、位相差は、（各計測点における位相）－（中央径間L/2点ねじれ振動位相）で示した。

3) 振幅－対数減衰率の関係（渦励振について）

渦励振のピーク風速およびその近傍風速におけるゼロ発振波形と加振減衰波形に対し、対象振動モードの振動数でデジタルフィルター処理を施した後、スプライン近似して振幅－減衰率δ曲線を求めた。同様の手順で、無風時の加振減衰波形から、振幅－構造減衰率δ_0曲線を求め、減衰率δとの差から振幅－空力対数減衰率δa ($=\delta-\delta_0$) 曲線を算出した。

4) 構造減衰率－応答振幅の関係（渦励振について）

3)で算出した振幅－空力対数減衰率δa曲線と、仮定した構造減衰率δsとの和から対数減衰率δを求めて、$\delta=0$かつ$d\delta a/dA>0$（A：振幅）となる条件から定常応答振幅を求めた。

定常振幅を求めるにあたっては、計測した振幅範囲を超えて外挿等により求めることはせず、計測した振幅範囲内で安定する振幅のみを求めた。

また、(4) 1)でも述べるように風速域によっては2モードが混在しており、モード間の空力干渉の影響により、着目した1モードの構造減衰率で単純に応答振幅を議論することは困難である可能性も考えられる。より詳細に議論するためには干渉するモードの構造減衰率の組み合わせをパラメータとした試験が必要と考えられるが、ここでは単一モードが卓越する場合に適用する従来の方法をそのまま踏襲して構造減衰率による応答振幅の影響を評価した。

(3) 計測結果

本節ではフラッター特性を中心に考察する。

1) 風速－応答振幅関係

図5.2.4～図5.2.7に各モードの風速と応答振幅の関係を示す（対応する数値データを表C2.2.1～表C2.2.4に示す。）。

ねじれ対称１次の振幅が、風洞風速7.5m/s付近から急激に大きくなり、8.6m/s（実橋換算風速96m/s）にてフラッターが発現した。

渦励振については、鉛直曲げの3モードとねじれの4モードで顕著な渦励振が観測された（詳細は(4)で記す）。

2) 風速－振動数、対数減衰率関係

図5.2.8～図5.2.11に各モードの風速と振動数・対数減衰率の関係を示す（対応する数値データを表C2.3.1～表C2.3.16に示す。また、各モード個別の風速と振動数・対数減衰率の関係を図C2.3.1～図C2.3.16に示す。）。以下では、フラッターが発現したねじれ対称1次モードについて述べる。

対数減衰率は、風洞風速7.5m/s付近の0.122まで緩やかに増加し、その後急激に減少して風洞風速8.6m/sで負減衰に達した。また、振動数は、風洞風速3m/s付近から減少し、フラッター発現風速で1.097Hzとなり無風時の固有振動数（1.821Hz）から40%の減少となった。フラッターの発現風速付近における対数減衰率の減少は急激であり、風洞風速8.61m/sから8.70m/sまでの0.09m/sの間に（実橋換算風速では96.3m/sから97.3m/sまでの1.0m/sの間に）対数減衰率は-0.010から-0.125まで0.115分減少している。

3)フラッターモード形状

図5.2.12～図5.2.15にフラッターモード形状を、また、図5.2.16～図5.2.19にフラッター発生時における桁の各計測位置での振動軌跡を示す（これらに対応する数値データを表C2.4.1～表C2.4.4に示す）。モード形状・振動軌跡の図ともに、フラッターが発生する風速域について4風速を順に示している。

図5.2.12～図5.2.15に示すフラッターモード形状から、鉛直曲げ振動、ねじれ振動および水平曲げ振動の連成モードとなっている。このフラッターモード形状で特徴的なこととして以下のようなことが挙げられる。

a) 中央径間で水平曲げ振動が鉛直曲げ振動と同程度生じている。

b) 側径間に大きな鉛直曲げ振動が生じている。

c) 中央径間L/2点におけるねじれ振動に対する鉛直曲げ振動の位相差が111.5°であり、ねじれ変位頭上げと鉛直変位下向きの最大が同相の状態である180°から68.5°ずれており、大きな位相差を生じている。

また、図5.2.16～図5.2.19に示すフラッター発生時の振動軌跡から、中央径間では鉛直曲げ振動と水平曲げ振動により円を描く軌跡となっており、風速の増加と共に位相差が小さくなり線に近い細長い楕円状に変化していることがわかる。また、側径間の鉛直曲げ振動に対する中央径間の鉛直曲げ振動と水平曲げ振動の大きさが風速と共に増加している。中央径間L/2点の軌跡にも示されているように、鉛直速度上向き最大時とねじれ変位頭上げ最大時が近いような位相関係にあり、ねじれ振動によって生じる揚力が鉛直曲げ方向に正の仕事をしやすい振動状態にあると考えられる。

桁部フラッターモードの別の表現形式である回転中心移動量と上下流の振幅比・位相差および断面内のねじれ成分に対する鉛直曲げ成分と水平曲げ成分の振幅比・位相差を付属資料C図C2.4.1～図C2.4.5に示す（対応する数値データを付属資料C表C2.4.5～表C2.4.8に示す。）。

付属資料C図C3.1.1～図C3.1.6に、各モードの無風時の自由減衰波形を示す。

付属資料C図C3.1.7～図C3.1.28に、フラッター特性を調査した8モードの有風時の減衰波形・発散波形を示す。

(4)渦励振特性

本節では、低風速域で観測された桁部の渦励振について考察する。

1) 風速－応答振幅関係

風速ごとの渦励振の発現状況をまとめて表 5.2.2 に示す。風洞風速と発現振幅の関係は図 5.2.4～図 5.2.7 の下段に示されている。

低風速域を通して、鉛直曲げ 3 モード、ねじれ 4 モードについて顕著な渦励振が観察された。風速域によっては、以下のような複雑なモード間の干渉が観察された。風洞風速 0.79m/s～1.10m/s の 5 風速および 1.56m/s では、定常状態で 2 モードが発現する現象が観察された。このうち、風洞風速 1.01m/s を除く各風速では優劣のある 2 モードが同時に発現する現象が観察され、1.01m/s では初期加振状態により鉛直曲げ対称 2 次モードとねじれ逆対称 1 次モードのいずれかが発現した（加振したモードの渦励振が定常状態として発現し、同時に発現することはなかった）。風洞風速 0.84m/s や 1.01m/s のケースでは、ゼロ発振後から定常状態と判断される状態に達するまでの過程で、途中で発現するモードが入れ替わる現象が観察された（付属資料C図 C2.5.16、図 C2.5.18 のゼロ発振応答参照）。これらの風速を含め、風洞風速 0.79m/s、0.84m/s、1.01m/s、1.38m/s では、ゼロ発振後から定常状態と判断される状態に達するまでに風洞時間で 10～30 分以上という長時間を要した（付属資料C図 C2.5.15、図 C2.5.16、図 C2.5.18、図 C2.5.23 のゼロ発振応答参照）。

渦励振を計測した風速域における各モードの応答振幅の時間推移を、付属資料C図

C2.5.15～図 C2.5.33 に示す。

なお、低風速域については、風速の変化に対して応答が敏感に変化する可能性が特に考えられる。一方、風洞の風速設定刻み幅には限界があり、今回は最小の風速刻みで試験を実施したが、応答のピーク値を捉え切れていない可能性があることに留意する必要がある。

渦励振を計測した低風速域で振幅・風速を実橋換算し、また応答振幅を加速度に換算した結果を図 5.2.20～図 5.2.23 に示す。これらの図中における実橋換算風速は模型の固有振動数と解析の固有振動数を用いて換算した風速値である（付属資料C表 C2.2.1～表 C2.2.4 欄外参照）。また、ねじれ応答における加速度は外側車線中央部（桁断面中央から 8250mm）における鉛直方向加速度に換算している。これらの図より、実橋換算風速 25m/s までで、鉛直曲げモードでは最大変位振幅 1540mm（鉛直曲げ対称 1 次モード）、最大加速度振幅 52gal（鉛直曲げ逆対称 2 次モード）を生じており、ねじれモードでは最大変位振幅 1.7°（ねじれ逆対称 1 次モード）、最大加速度振幅 57gal（側径間ねじれ対称 1 次モード）を生じている。試験を実施した構造条件の下では、実橋風速風速 25m/s 以下で生じる最大加速度は 60gal 弱という結果となった。

2) 構造減衰率－応答振幅の関係

(2) 3)および4)の方法を用いて、構造減衰率と応答振幅の関係を求めた。結果を、図5.2.24～図5.2.25に示す。また、これらの結果の応答振幅を加速度に換算して求めた構造減衰率と加速度振幅の関係を図5.2.26～図5.2.27に示す。構造安全性の観点では、適切な荷重組み合わせ条件での応力解析により定まる許容振幅との比較が必要であるが、今回は使用性の観点から加速度のみに着目する。計測した振幅範囲に限りがあるために狭い振幅領域の評価しかできないモードが多いが、図5.2.26～図5.2.27より各モードとも構造対数減衰率で0.010～0.015程度あれば、発生加速度は100gal以下となるといえる。なお、図中の点線で記したモードは他モードとの空力干渉問題が考えられるモードである。(2) 4)でも記したように、これらのモードについてはその構造減衰率のみでは単純に議論できない可能性がある。

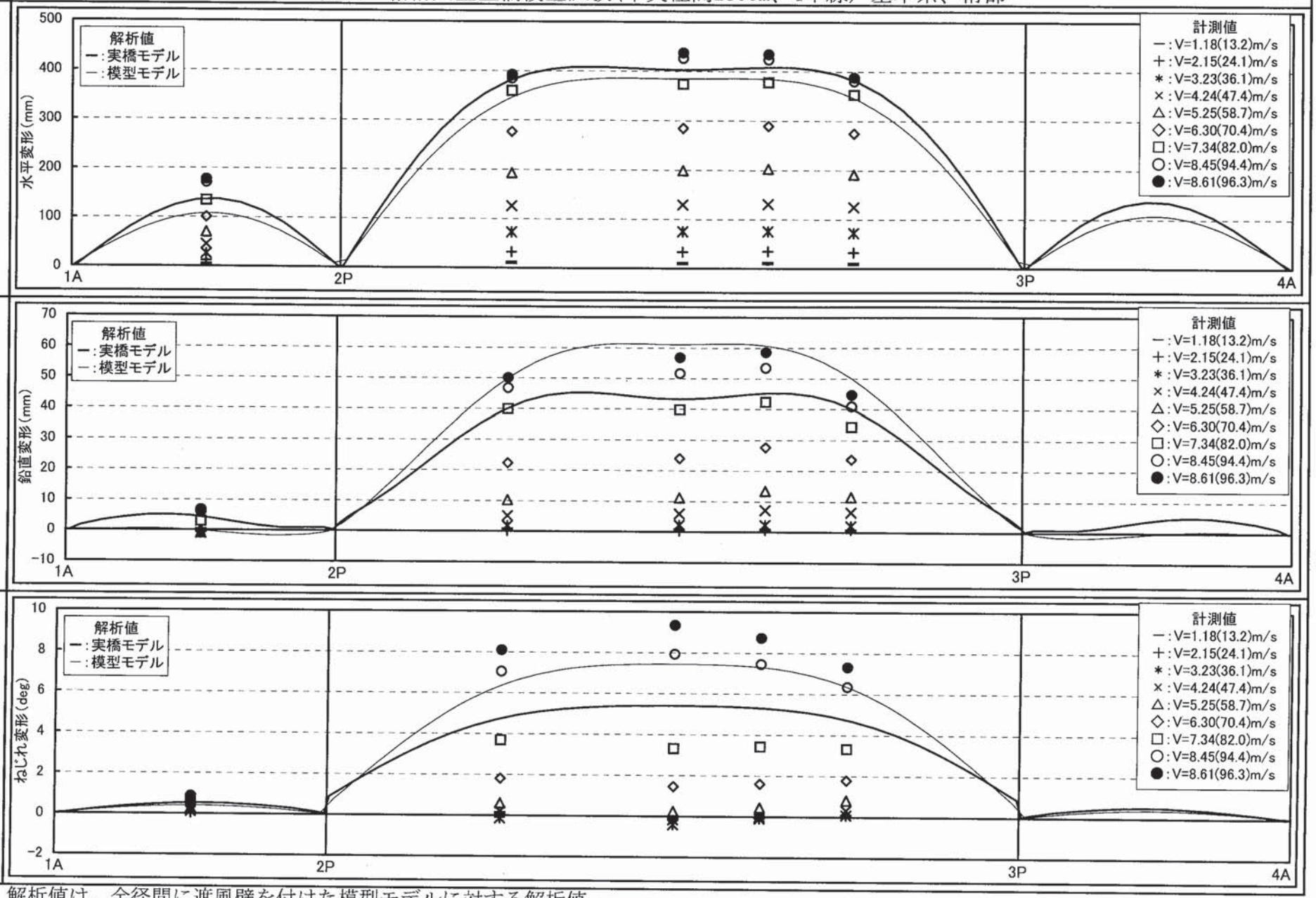
図5.2.24～図5.2.27の構造減衰率と応答振幅の関係を求める過程で算出した、振幅－構造減衰率の関係を付属資料C表C2.5.1～表C2.5.13と付属資料C図C2.5.1～図C2.5.13に、その曲線近似式を付属資料C表C2.5.14～表C2.5.34に示す。なお　ねじれ逆対称2次モードは、計測された波形のビートが激しく、対数減衰率の算出が困難と考えられるため、これらの解析を行っていない。

表5.2.1　試験対象モードと固有振動数・対数減衰率の計測点および評価振幅範囲
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)

No.	振動モード	計測点	評価振幅範囲
1	水平曲げ対称1次	中央径間L/2点	1.3-13.0mm
2	水平曲げ逆対称1次	中央径間L/4点	1.3-13.0mm
3	鉛直曲げ対称1次	中央径間L/2点	1.3-13.0mm
4	鉛直曲げ対称2次	中央径間L/2点	1.3-13.0mm
5	鉛直曲げ逆対称1次	中央径間L/4点	1.3-9.0mm
6	鉛直曲げ逆対称2次	中央径間5L/8点	1.3-11.0mm
7	ねじれ対称1次	中央径間L/2点	0.5-4.0deg.
8	ねじれ逆対称1次	中央径間L/4点	0.5-2.5deg.
9	鉛直曲げ対称3次	中央径間L/2点	1.3-13.0mm
10	鉛直曲げ対称4次	中央径間L/2点	1.3-9.0mm
11	鉛直曲げ逆対称3次	中央径間L/4点	1.3-9.0mm
12	鉛直曲げ逆対称4次	中央径間3L/16点	1.3-6.5mm
13	側径間ねじれ対称1次	1A側側径間L/2点	0.5-1.5deg.
14	ねじれ対称2次	中央径間L/2点	0.5-2.0deg.
15	ねじれ逆対称2次	中央径間5L/8点	0.5-2.5deg.
16	ねじれ対称3次	中央径間L/2点	0.5-1.0deg.

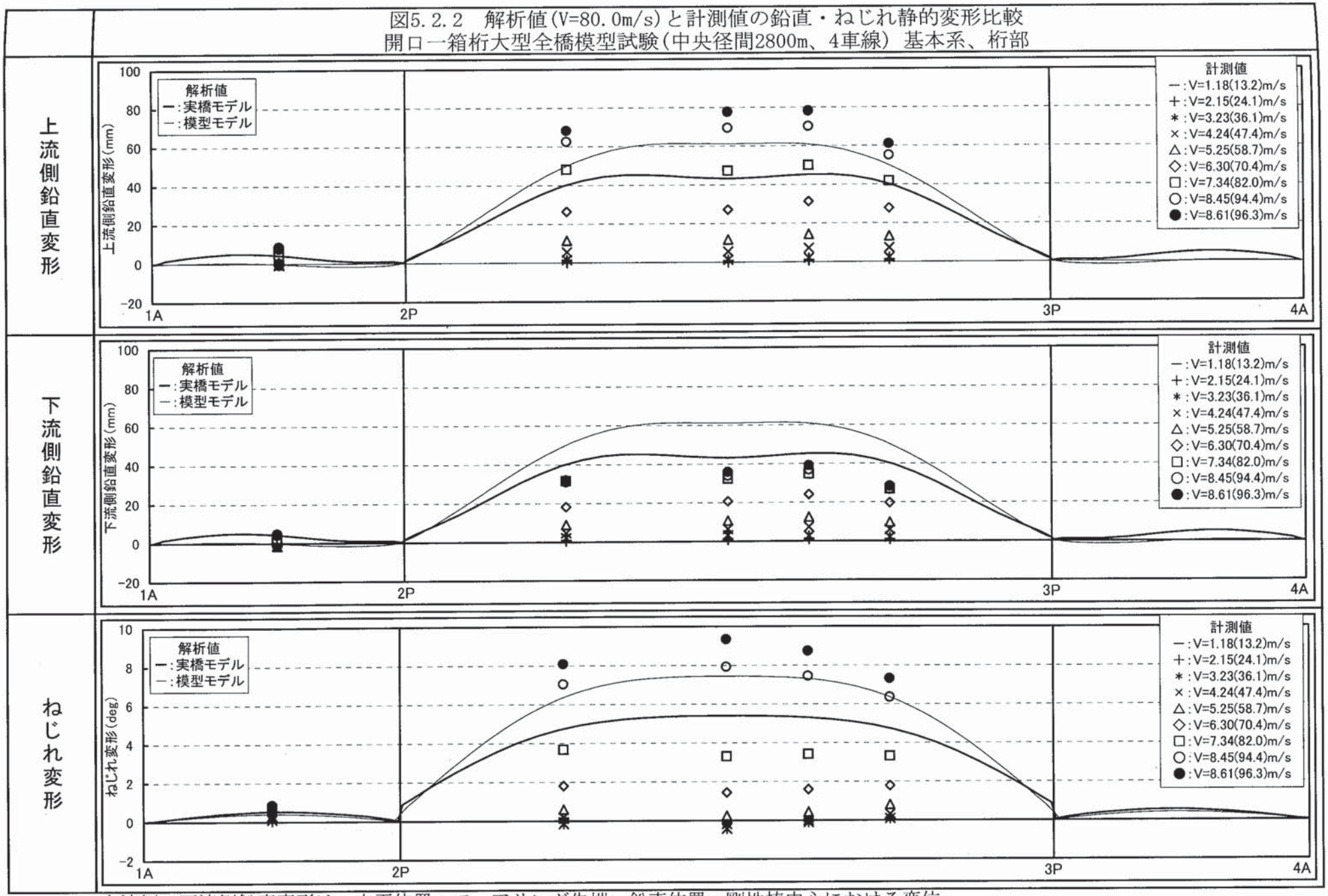
注)有風時の最大振幅は、上記範囲上限かそれ以下で加振できた最大振幅。

図5.2.1　解析値(V=80.0m/s)と計測値の静的変形比較
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 基本系、桁部

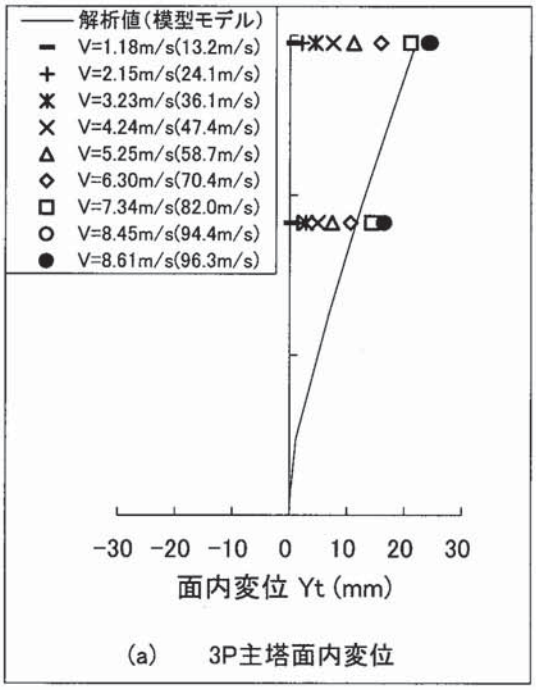


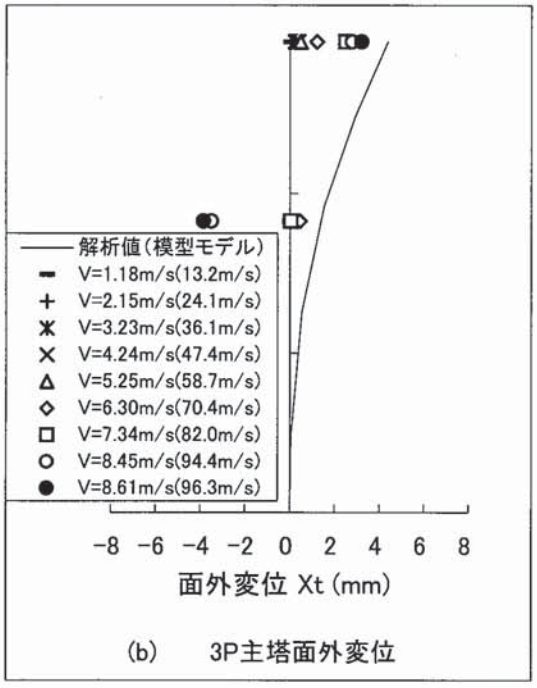
解析値は、全径間に遮風壁を付けた模型モデルに対する解析値。

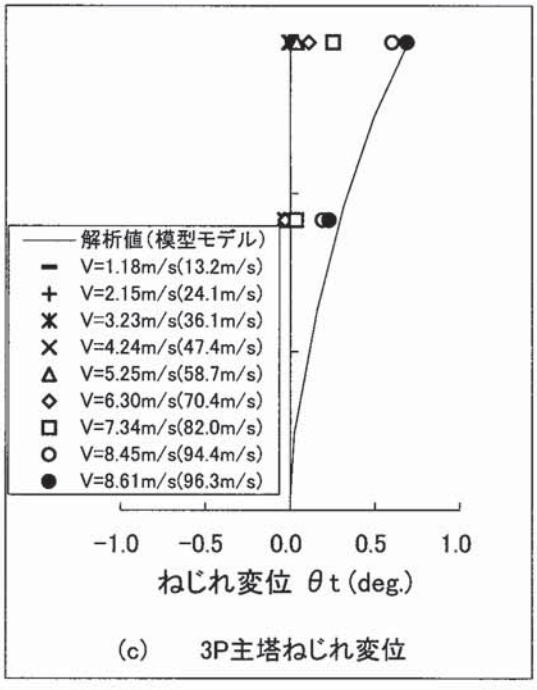
図5.2.2　解析値(V=80.0m/s)と計測値の鉛直・ねじれ静的変形比較
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 基本系、桁部



上流側・下流側鉛直変形は、水平位置：フェアリング先端、鉛直位置：剛性棒中心における変位。
解析値は、全径間に遮風壁を付けた模型モデルに対する解析値。

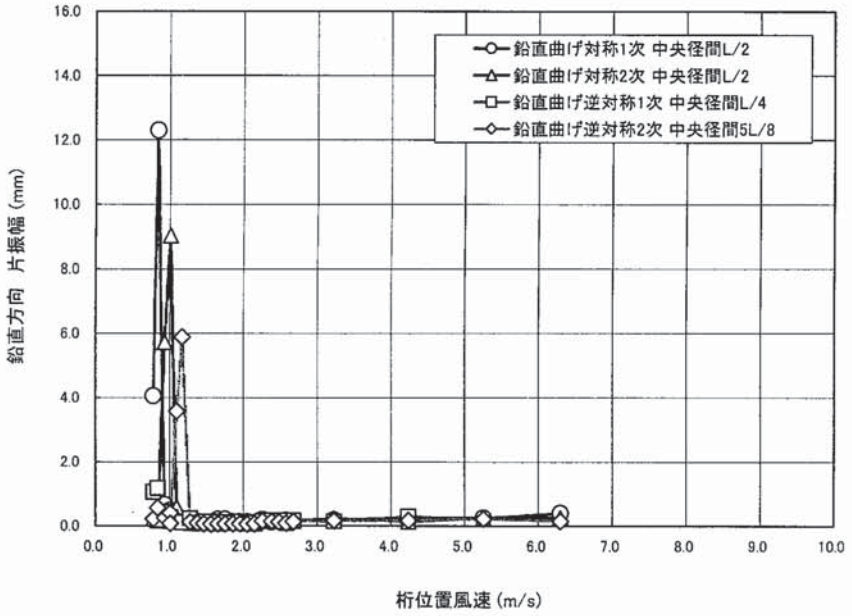




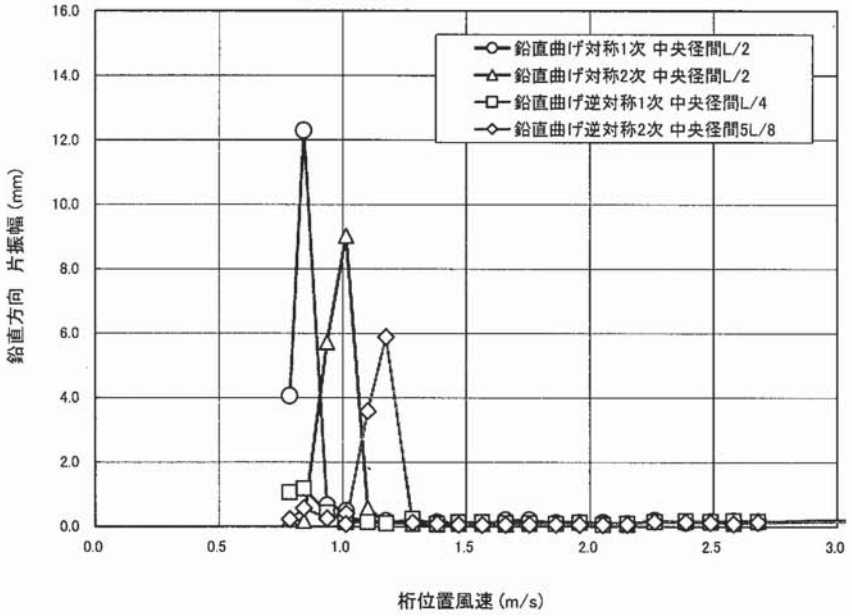


解析値は、全径間に遮風壁を付けた模型モデルに対する解析値。

図5.2.3 解析値(V=80.0m/s)と計測値の静的変形比較
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800mm、4車線) 基本系、主塔

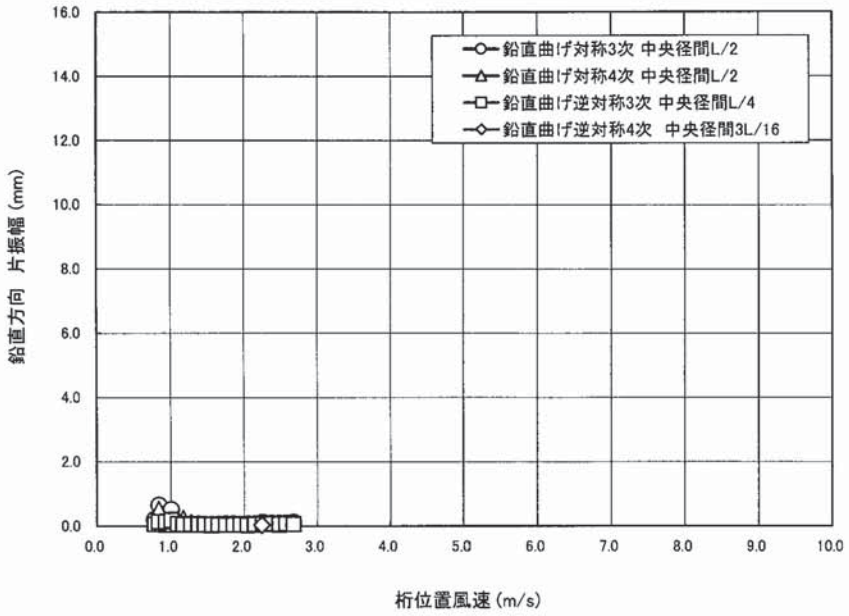


鉛直曲げモード



鉛直曲げモード(低風速域)

図 5.2.4 風速と応答振幅の関係（鉛直曲げモードその 1）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）　基本系



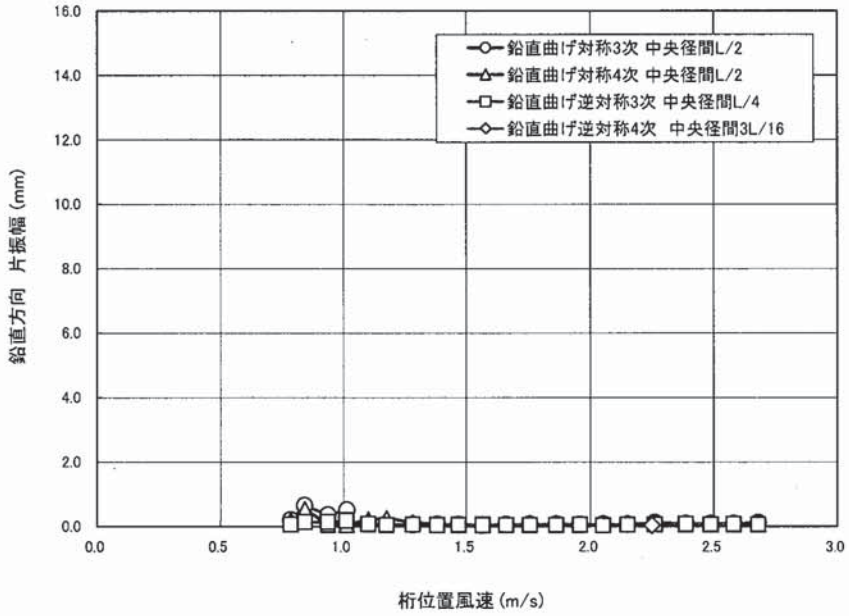
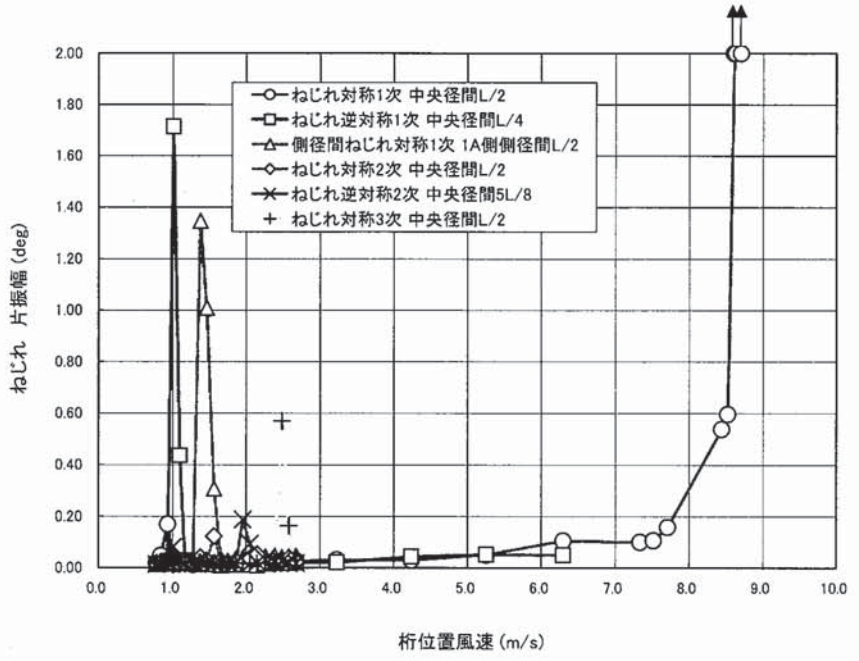


図 5.2.5 風速と応答振幅の関係（鉛直曲げモードその 2）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）　基本系



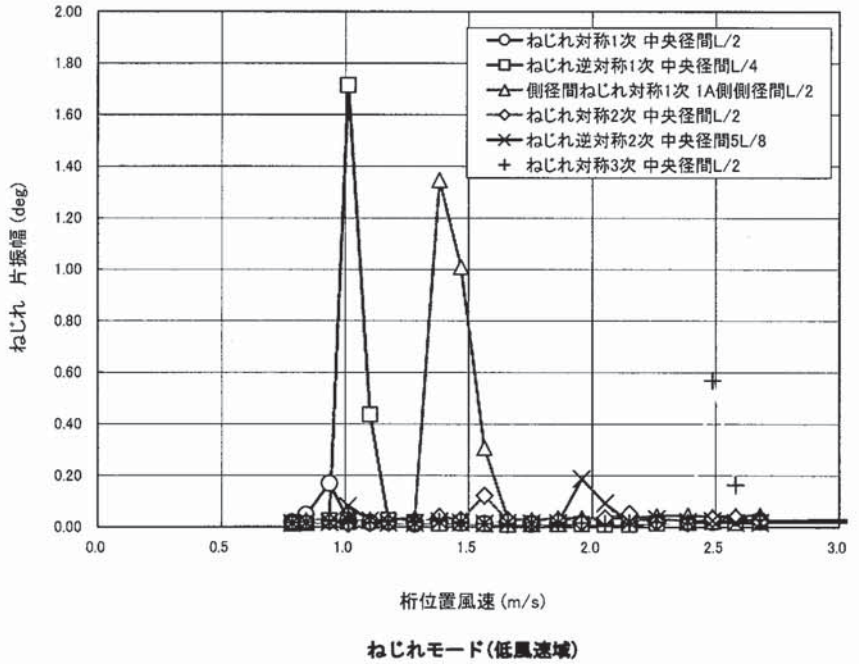
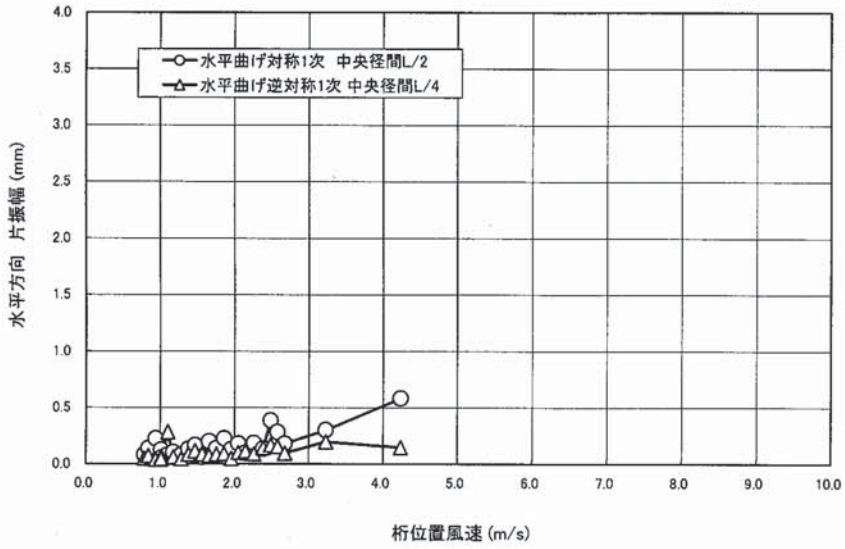


図 5.2.6 風速と応答振幅の関係（ねじれモード）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）　基本系



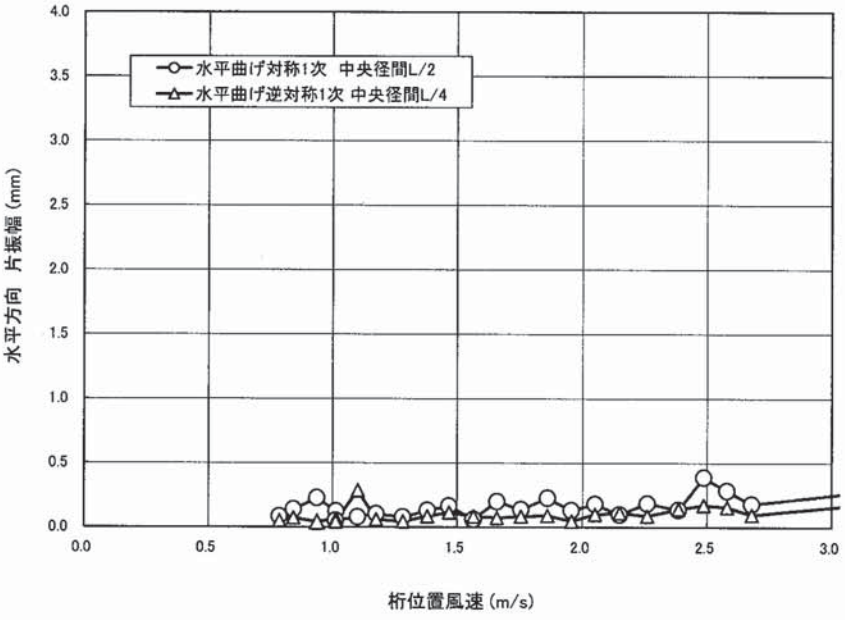
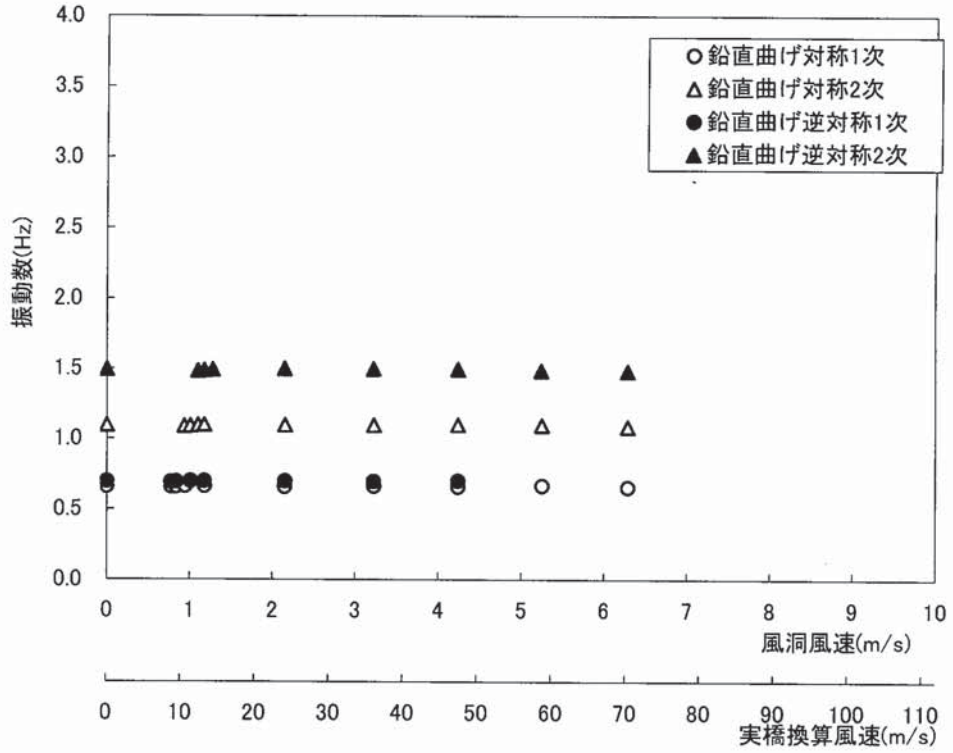
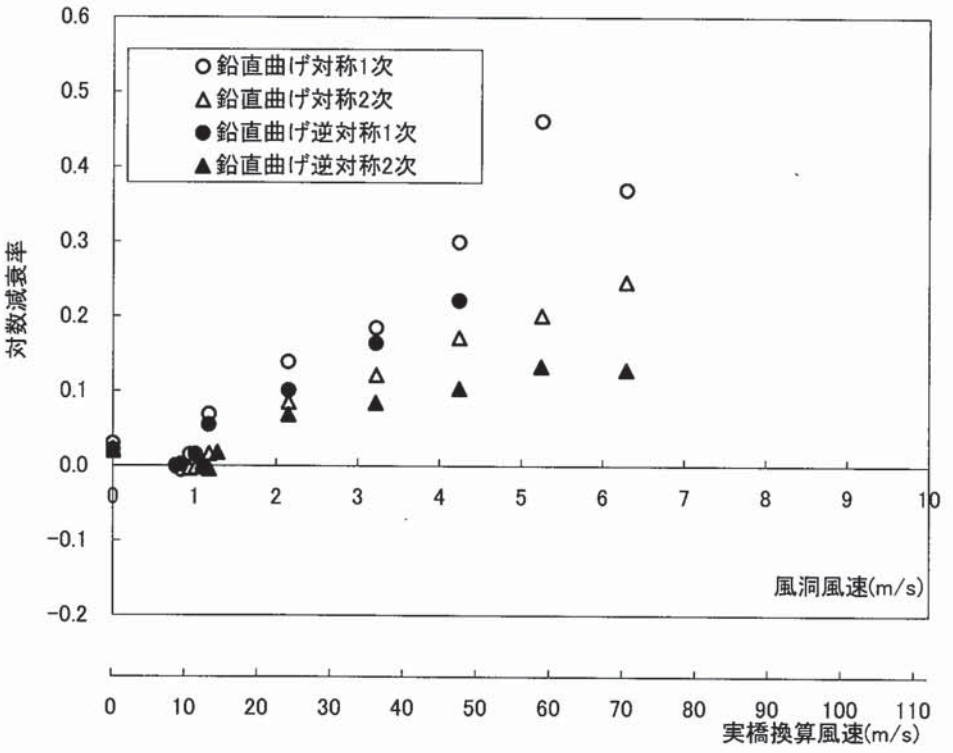


図 5.2.7 風速と応答振幅の関係（水平曲げモード）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）　基本系

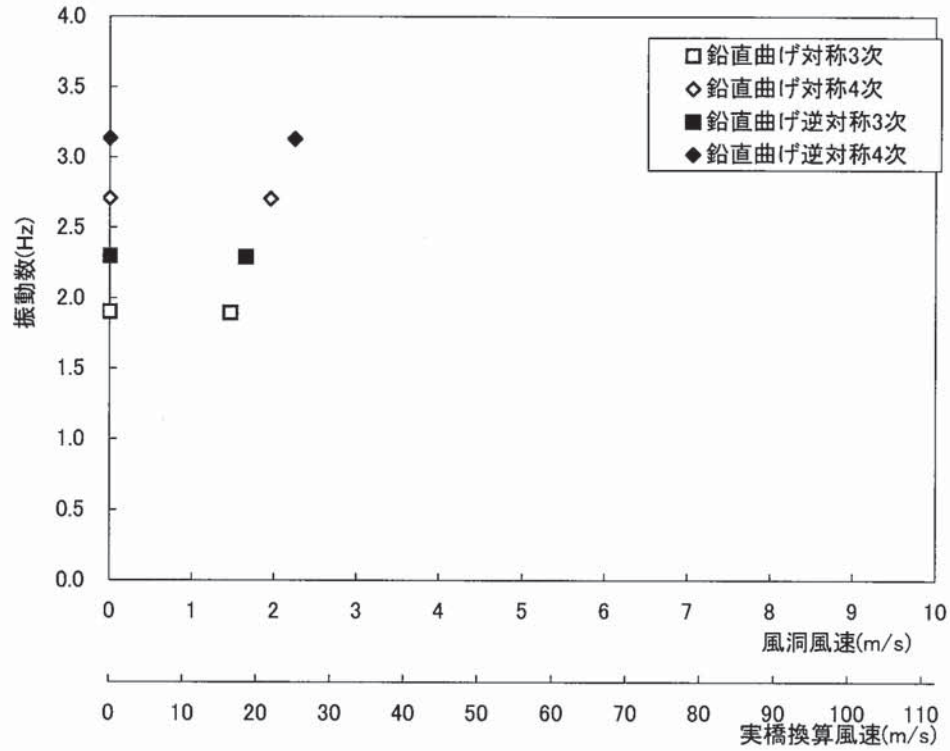


風速と振動数の関係(鉛直曲げモード)

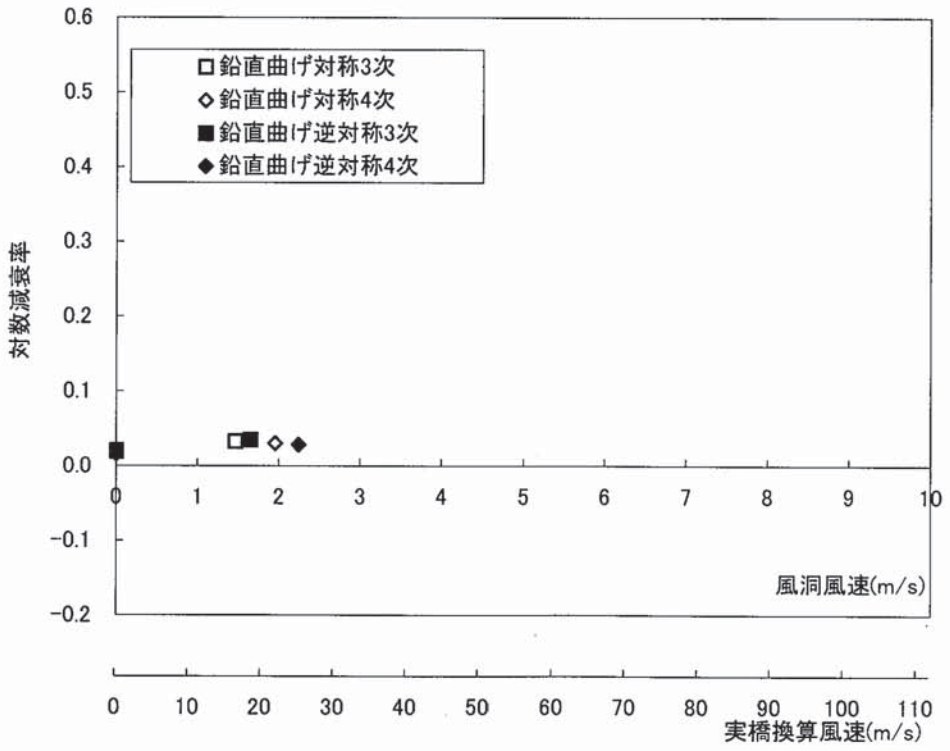


風速と対数減衰率の関係(鉛直曲げモード)

図5.2.8　風速と振動数・対数減衰率の関係(鉛直曲げモードその1)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）　基本系

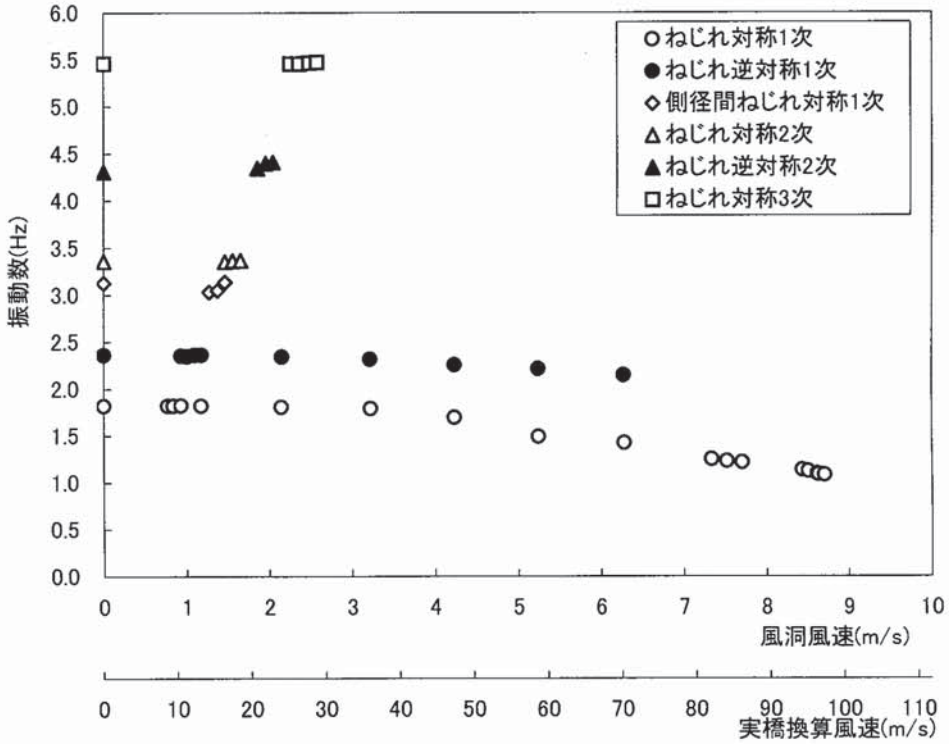


風速と振動数の関係(鉛直曲げモード)

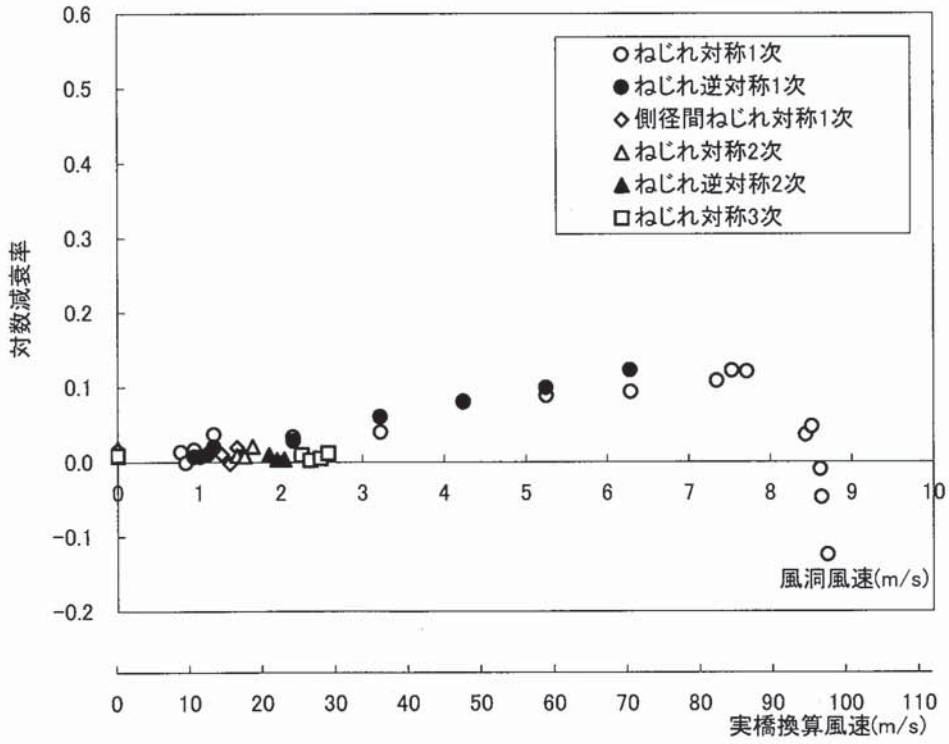


風速と対数減衰率の関係(鉛直曲げモード)

図5.2.9　風速と振動数・対数減衰率の関係(鉛直曲げモードその2)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）　基本系

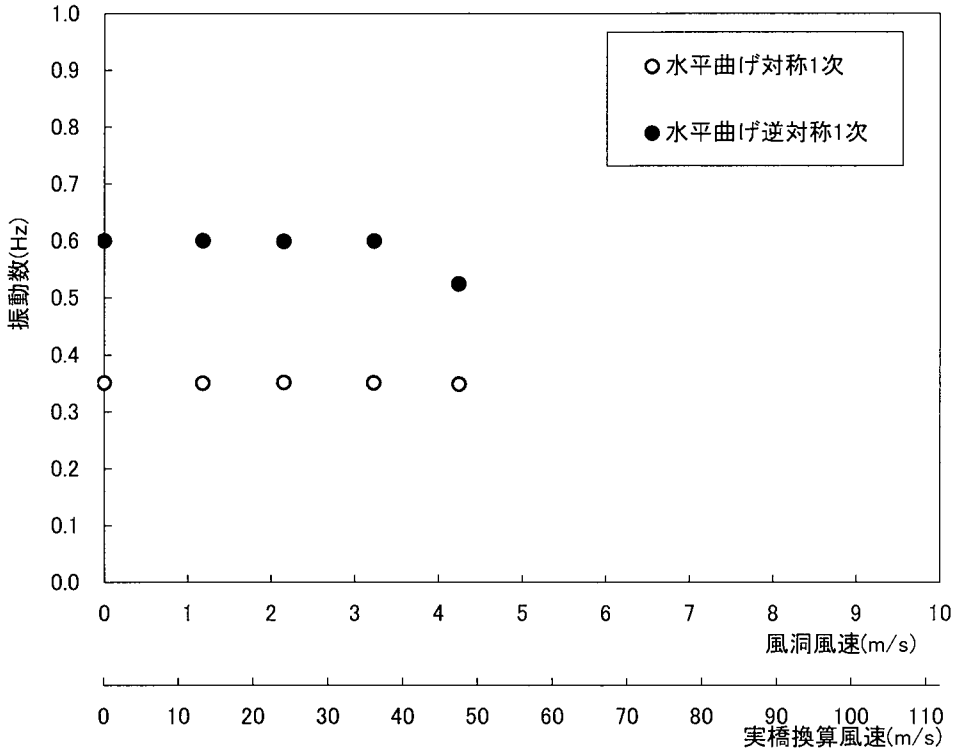


風速と振動数の関係(ねじれモード)

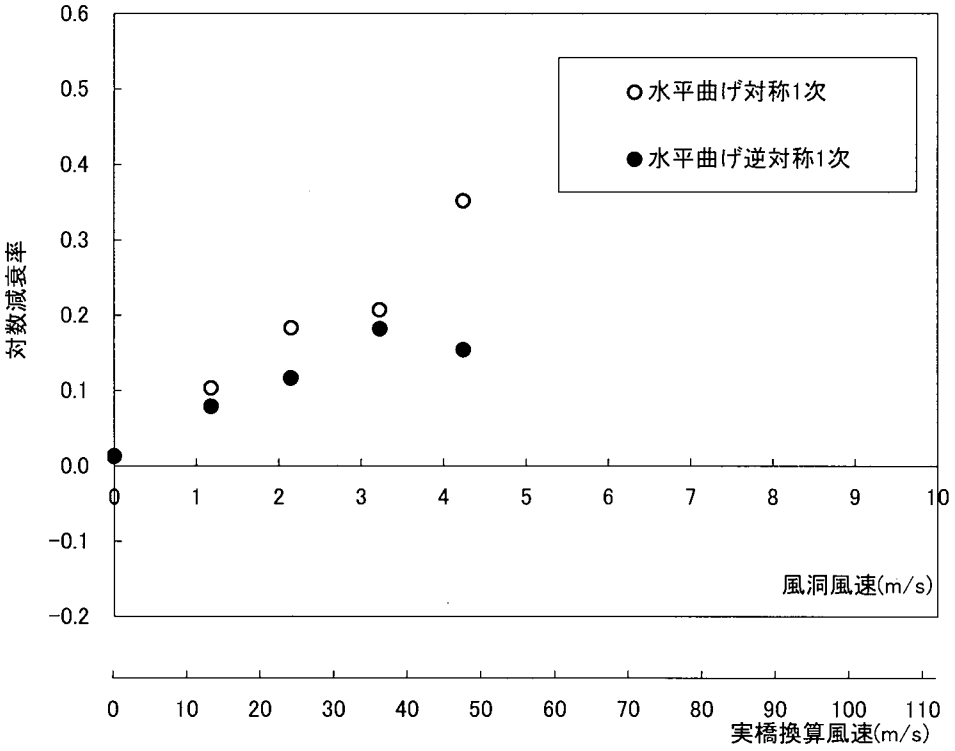


風速と対数減衰率の関係(ねじれモード)

図5.2.10　風速と振動数・対数減衰率の関係(ねじれモード)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）　基本系

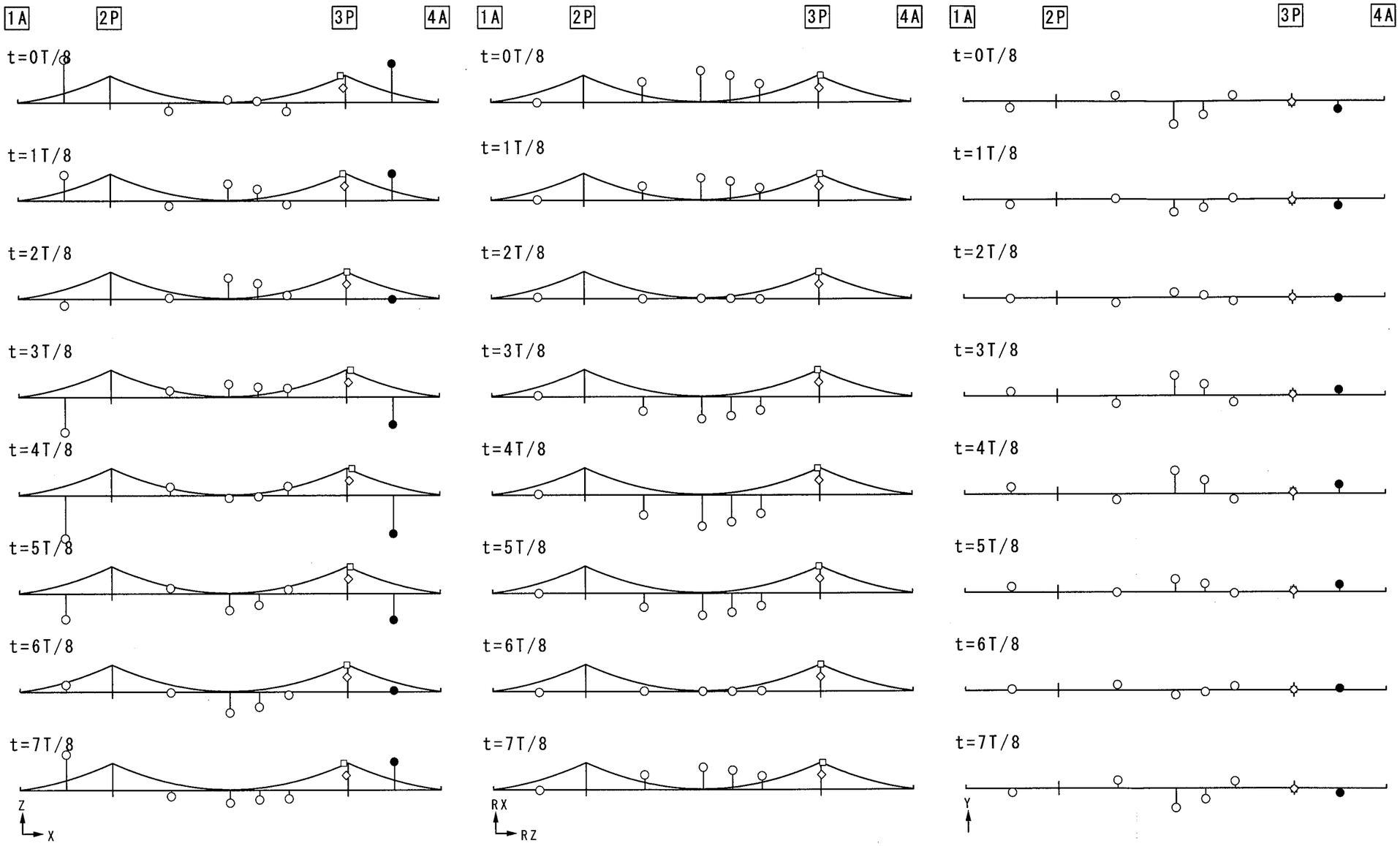


風速と振動数の関係(水平曲げモード)



風速と対数減衰率の関係(水平曲げモード)

図5.2.11　風速と振動数・対数減衰率の関係(水平曲げモード)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）　基本系

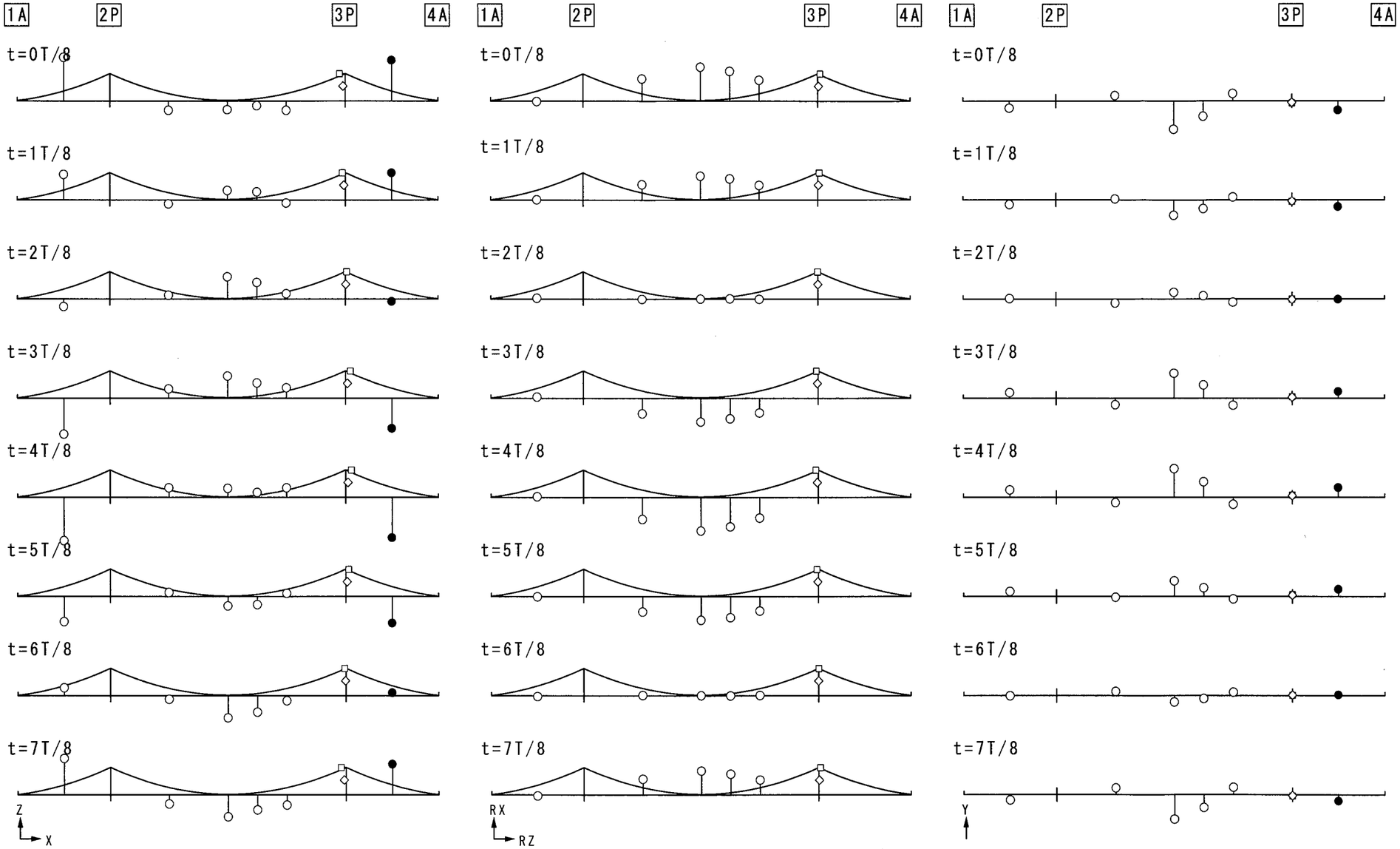


桁鉛直・主塔橋軸方向　　桁ねじれ・主塔ねじれ方向　　桁水平・主塔橋直方向

○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

T：フラッターモード周期（T=1/f=0.894sec.）

図5.2.12　フラッターモード(桁位置風速8.54m/s)
(振動数f=1.118Hz、対数減衰率δ=0.048)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

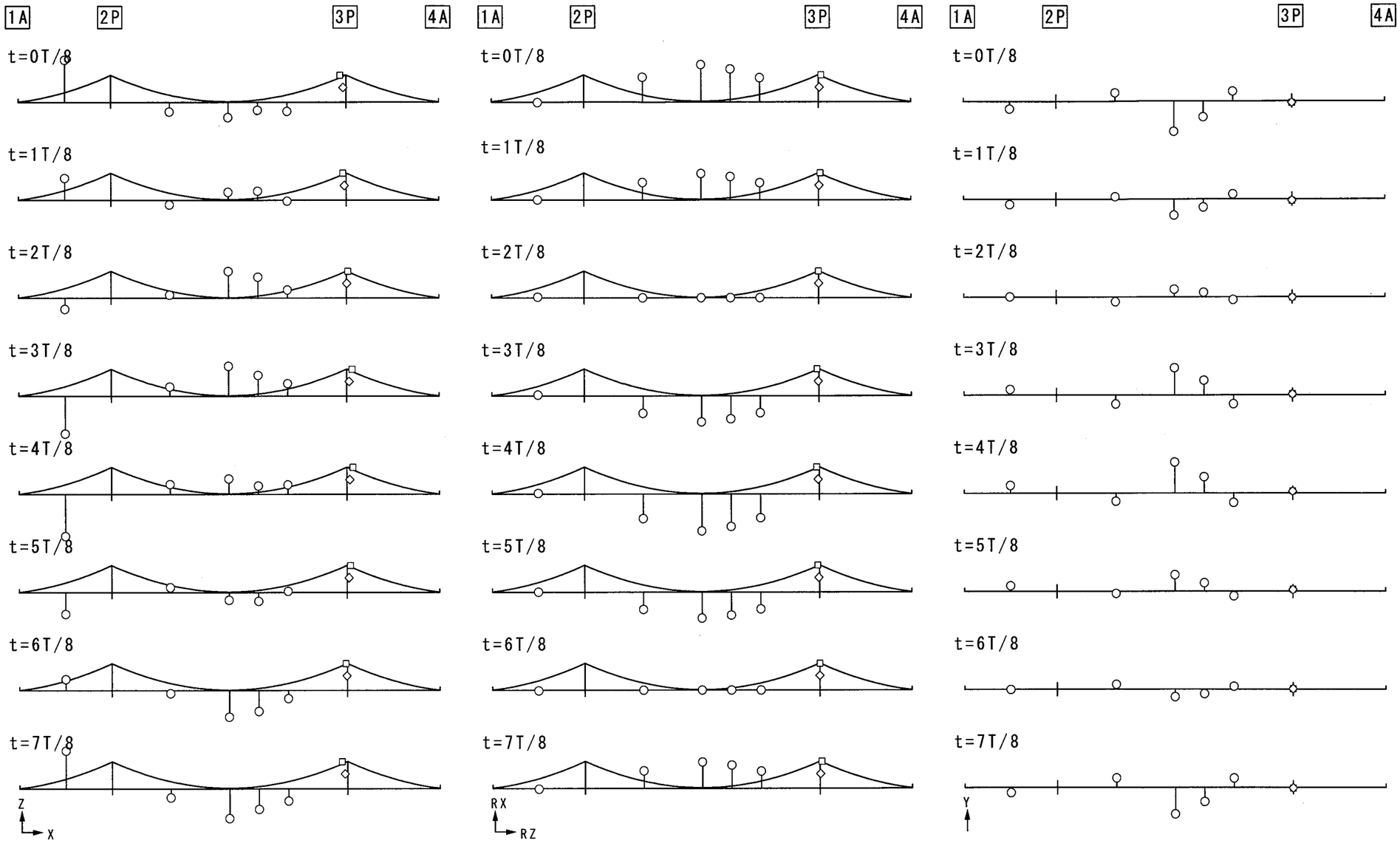


桁鉛直・主塔橋軸方向　　桁ねじれ・主塔ねじれ方向　　桁水平・主塔橋直方向

○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

T：フラッターモード周期（T=1/f=0.915sec.）

図5.2.13　フラッターモード(桁位置風速8.61m/s)
(振動数f=1.093Hz、対数減衰率δ=-0.010)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系



桁鉛直・主塔橋軸方向

注）4A側側径間L/2点桁下流側鉛直方向はデータ欠損。

桁ねじれ・主塔ねじれ方向

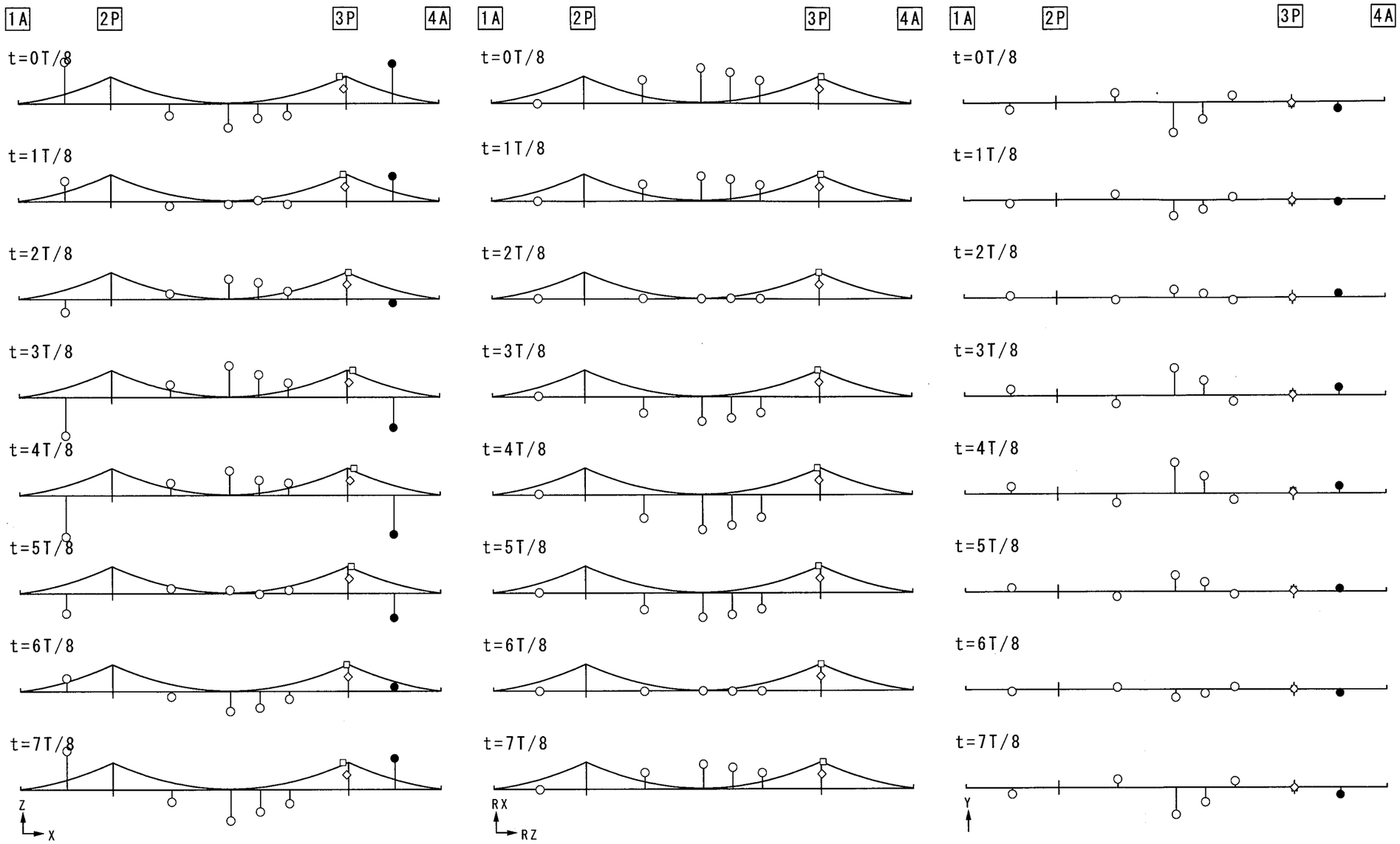
桁水平・主塔橋直方向

注）4A側側径間L/2点桁下流側水平方向はデータ欠損。

○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸
◇：3P 62%高中心軸

T：フラッターモード周期（T=1/f=0.922sec.）

図5.2.14　フラッターモード(桁位置風速8.63m/s)
(振動数f=1.085Hz、対数減衰率δ=-0.047)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

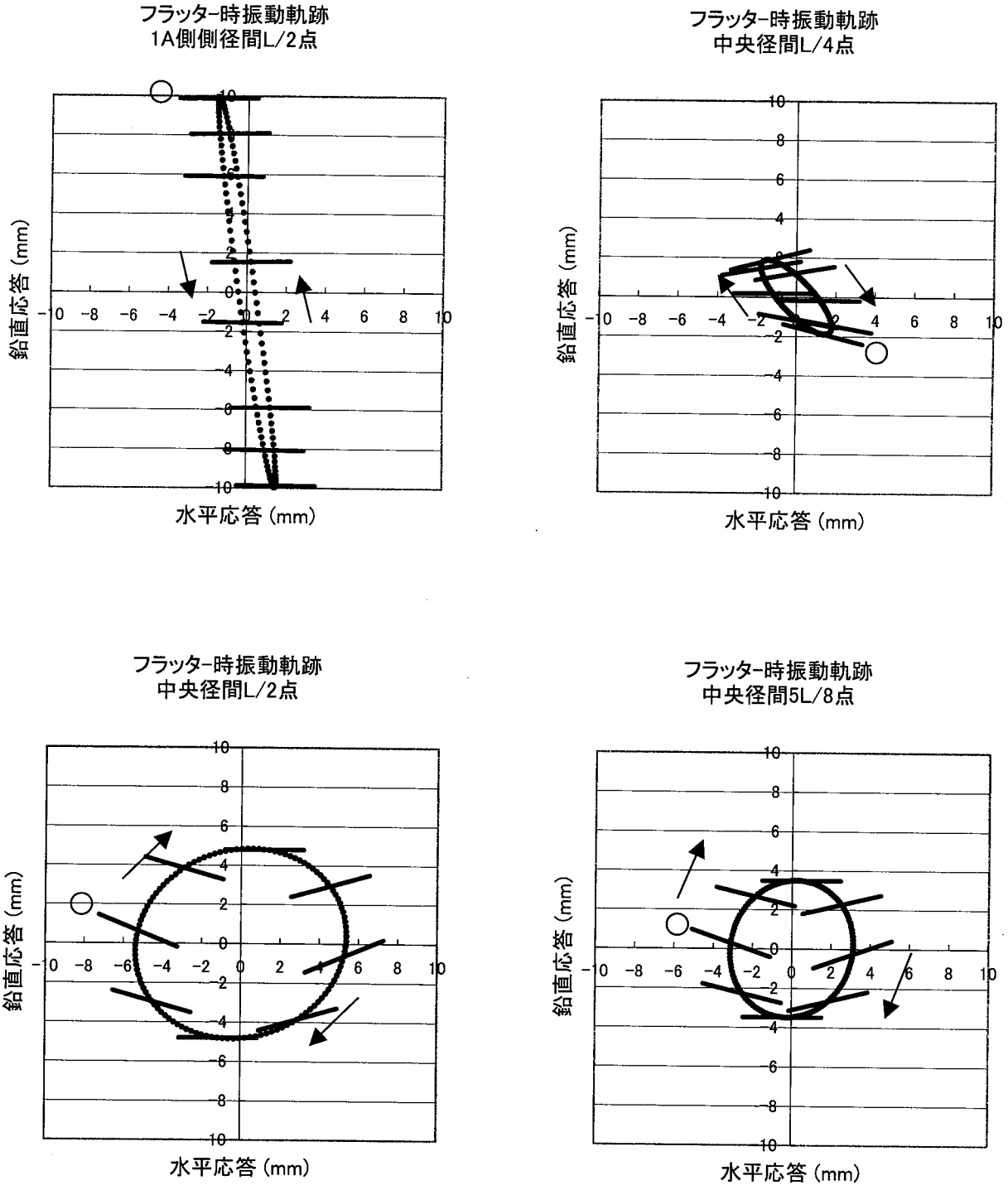


桁鉛直・主塔橋軸方向　　桁ねじれ・主塔ねじれ方向　　桁水平・主塔橋直方向

○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸
●：4A側側径間L/2点計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

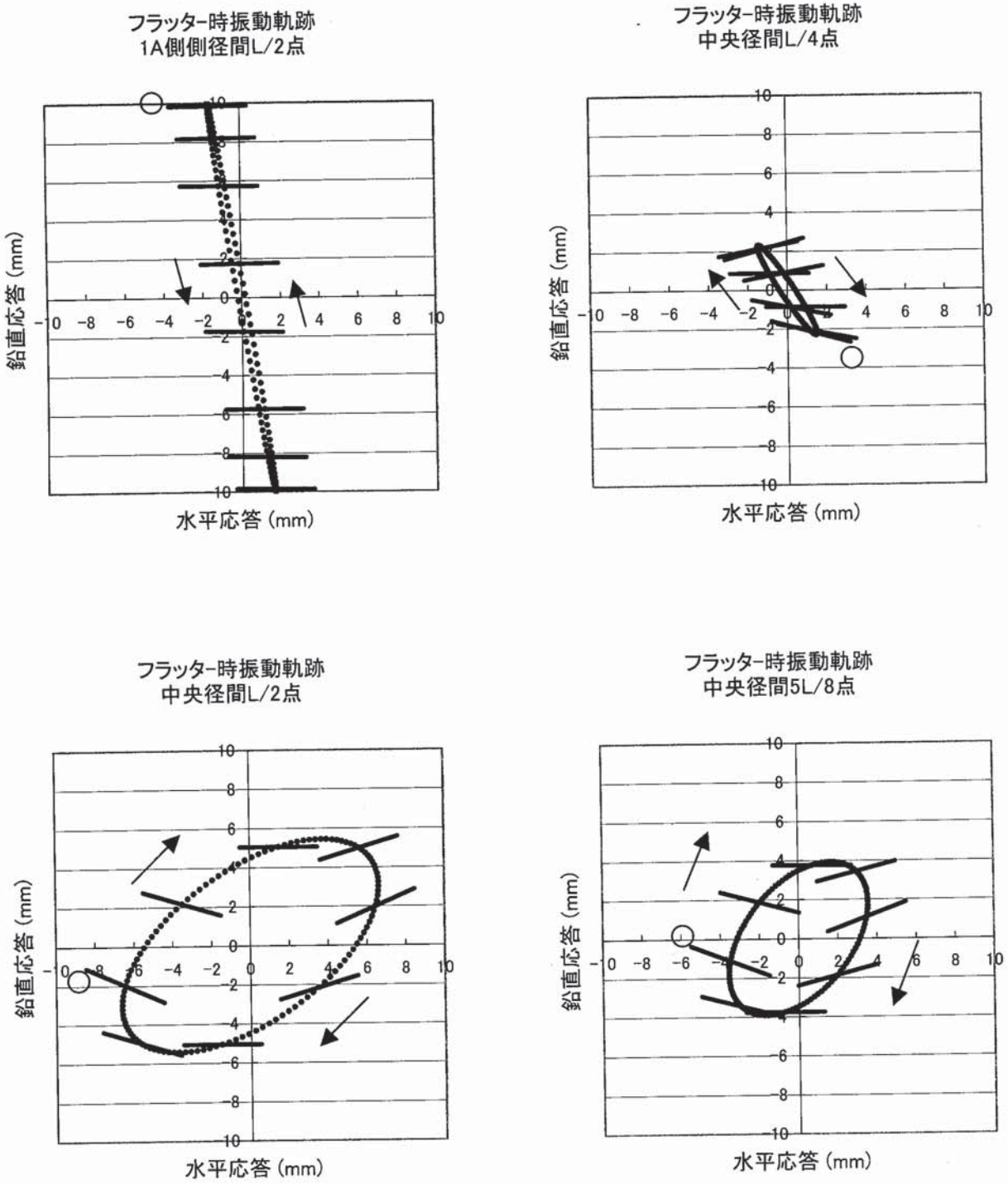
T：フラッターモード周期（T=1/f=0.928sec.）

図5.2.15　フラッターモード(桁位置風速8.70m/s)
(振動数f=1.078Hz、対数減衰率δ=-0.125)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系



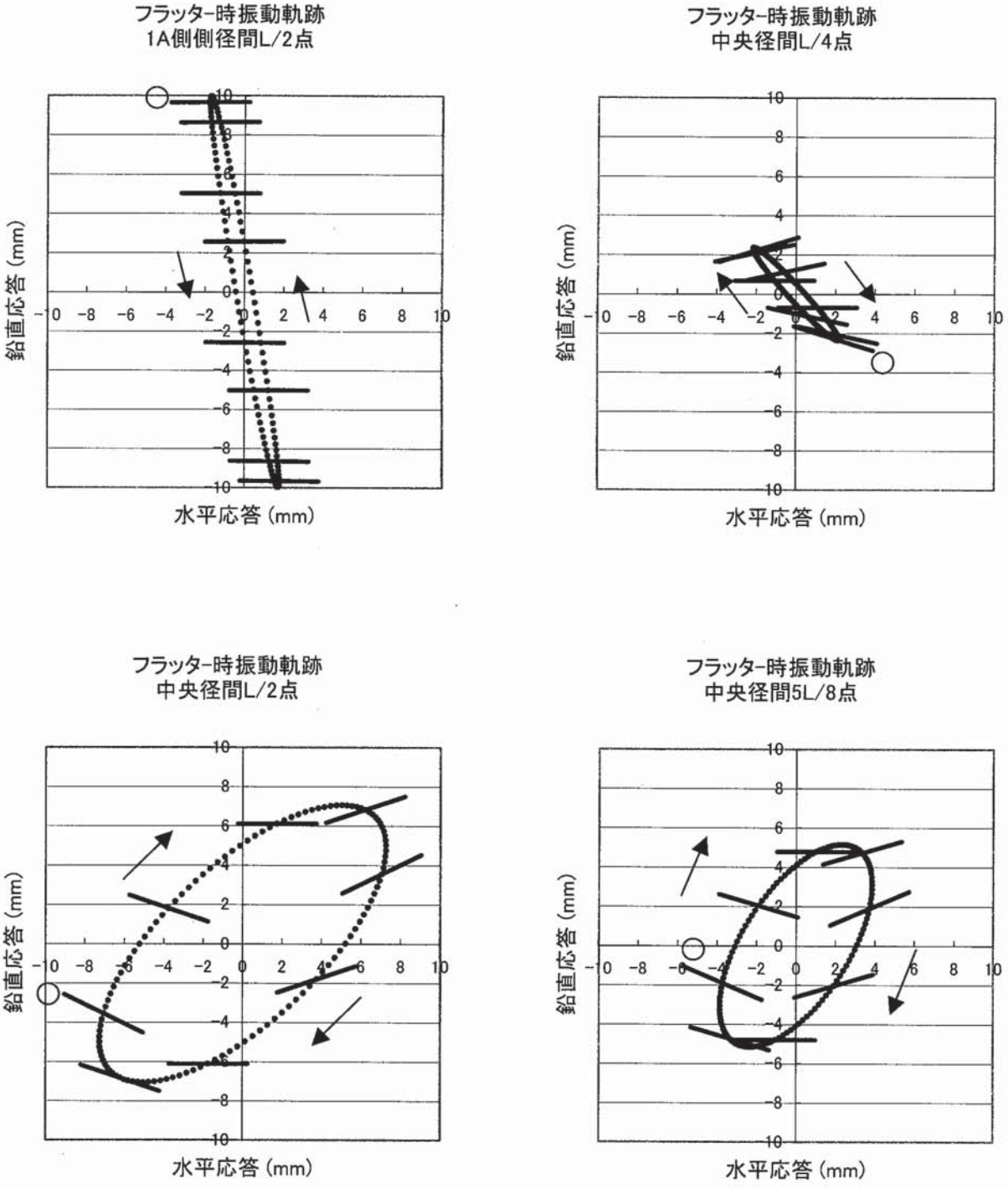
注1) 平均変位（静的変形分）を差し引いた振動成分を表示している。
注2) ねじれ応答は線の傾きで表示しており、6倍に拡大して表示している。
注3) 1A側側径間L/2点の鉛直変位の片振幅を10mmとして各点の軌跡を表示している。
注4) ○印は中央径間L/2点ねじれ変位頭上げ最大時の位置を示す。

図5.2.16　フラッター発生時の振動軌跡(フーリエ解析によるフラッターモードの軌跡)
(風洞風速 V=8.54m/s、振動数f=1.118Hz、対数減衰率 δ=0.048)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系



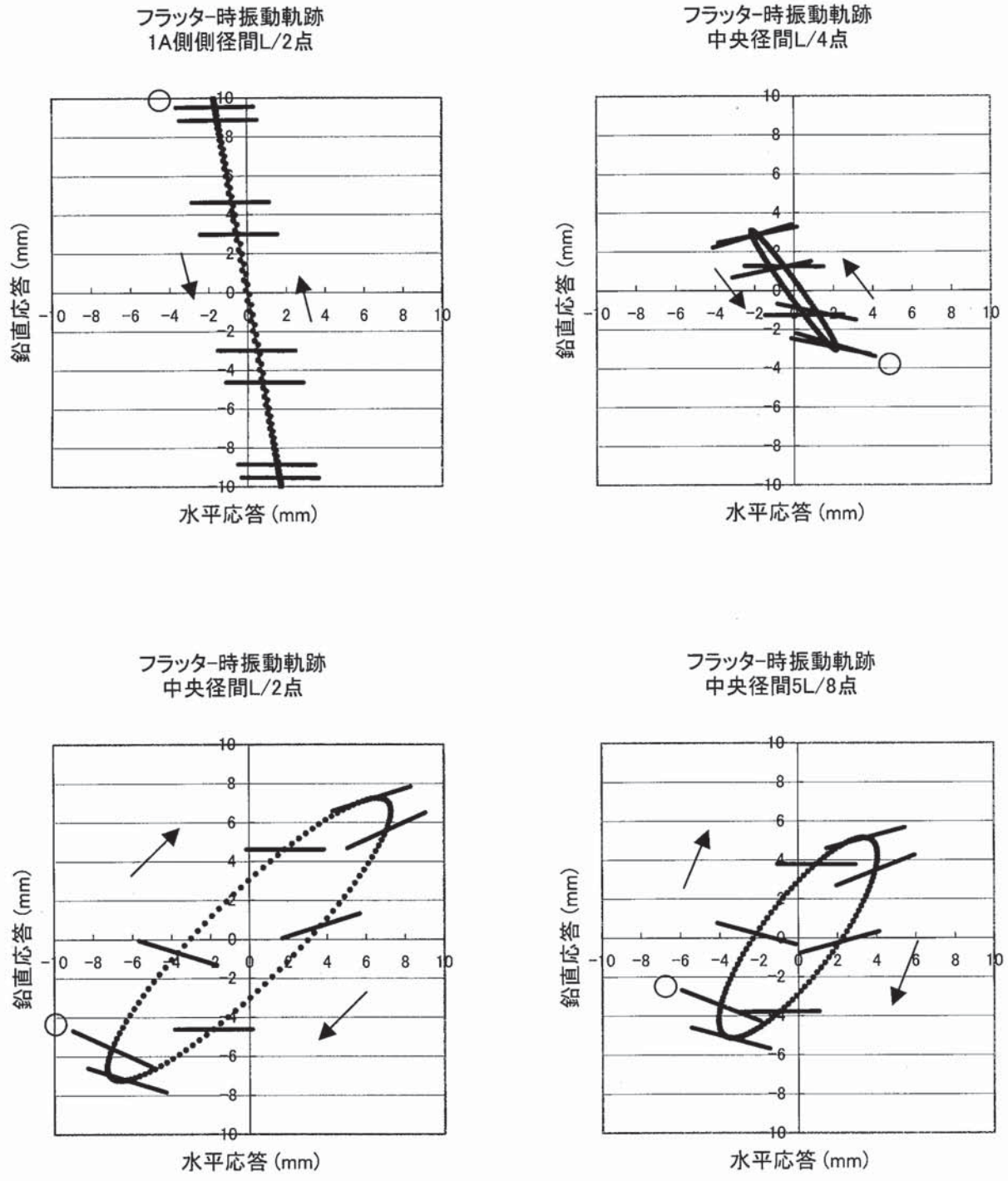
注1) 平均変位（静的変形分）を差し引いた振動成分を表示している。
注2) ねじれ応答は線の傾きで表示しており、6倍に拡大して表示している。
注3) 1A側側径間L/2点の鉛直変位の片振幅を10mmとして各点の軌跡を表示している。
注4) ○印は中央径間L/2点ねじれ変位頭上げ最大時の位置を示す。

図5.2.17　フラッター発生時の振動軌跡（フーリエ解析によるフラッターモードの軌跡）
（風洞風速 V=8.61m/s、振動数f=1.093Hz、対数減衰率δ=-0.010）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）　基本系



注1)平均変位（静的変形分）を差し引いた振動成分を表示している。
注2)ねじれ応答は線の傾きで表示しており、6倍に拡大して表示している。
注3)1A側側径間L/2点の鉛直変位の片振幅を10mmとして各点の軌跡を表示している。
注4)○印は中央径間L/2点ねじれ変位頭上げ最大時の位置を示す。

図5.2.18　フラッター発生時の振動軌跡(フーリエ解析によるフラッターモードの軌跡)
(風洞風速 V=8.63m/s、振動数f=1.085Hz、対数減衰率δ=-0.047)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系



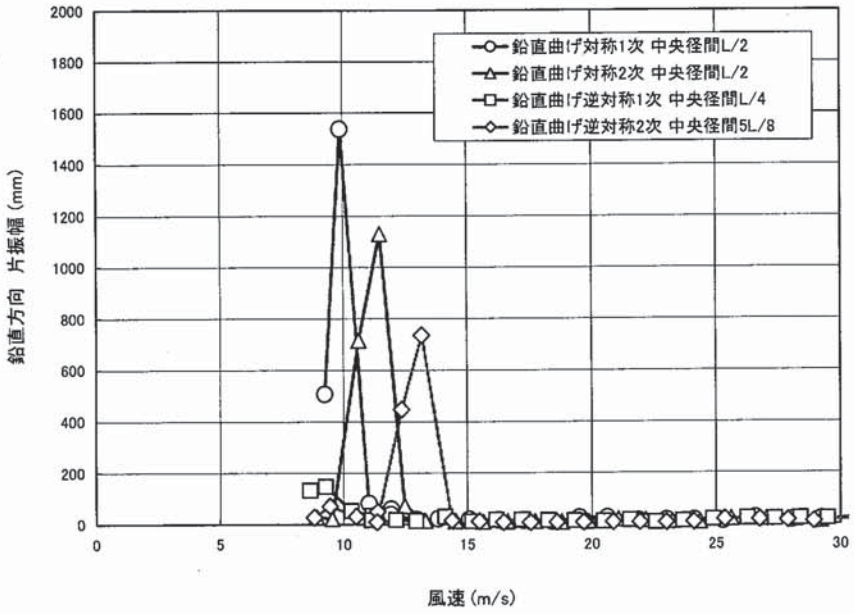
注1) 平均変位（静的変形分）を差し引いた振動成分を表示している。
注2) ねじれ応答は線の傾きで表示しており、6倍に拡大して表示している。
注3) 1A側側径間L/2点の鉛直変位の片振幅を10mmとして各点の軌跡を表示している。
注4) ○印は中央径間L/2点ねじれ変位頭上げ最大時の位置を示す。

図5.2.19　フラッター発生時の振動軌跡(フーリエ解析によるフラッターモードの軌跡)
(風洞風速 V=8.70m/s、振動数f=1.078Hz、対数減衰率δ=-0.125)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

表5.2.2　低風速域の渦励振発現状況
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）基本系

風洞風速 (m/s)	定常 =定常波形より求めたV-A図から認められる発現モード	加振 =加振実績モード	ゼロ発振 =ゼロ発振波形観察から認められる発現モード
0.79	Vsym1 Vasym1	Vsym1 Vasym1 Tsym1	Vsym1 Vasym1
0.84	Vsym1 Vasym1	Vsym1 Vasym1 Tsym1	Tsym1→Vsym1
0.94	Vsym2 Tsym1	Vsym2 Vsym1 Tsym1 Tasym1	Vsym2
1.01	Vsym2 Tasym1	Vsym2 Vasym1 Tasym1	Vasym2→Vsym2
1.10	Vasym2 Tasym1	Vsym2 Vasym2 Tasym1	Vasym2 Tasym1
1.18	Vasym2	Vasym2	Vasym2
1.28	–	Vasym2 Ts-sym1	（計測せず）
1.38	Ts-sym1	Ts-sym1	Ts-sym1
1.47	Ts-sym1	Ts-sym1 Tsym2 Vsym3	（計測せず）
1.56	Ts-sym1 Tsym2	Ts-sym1 Tsym2	Ts-sym1 Tsym2
1.66	–	Tsym2 Vasym3	（計測せず）
1.75	–	–	（計測せず）
1.86	–	Tasym2	（計測せず）
1.96	Tasym2	Tasym2 Vsym4	Tasym2
2.05	Tasym2	Tasym2	（計測せず）
2.15	–	–	（計測せず）
2.26	–	Tsym3 Vasym4	（計測せず）
2.39	–	Tsym3	（計測せず）
2.49	Tsym3	Tsym3	Tsym3
2.58	Tsym3	Tsym3	（計測せず）
2.68	–	–	（計測せず）

V：鉛直、T：ねじれ
sym：対称、asym：逆対称、s-sym：側径間対称
1：1次モード、2：2次モード、3：3次モード
→：途中で移行したことを示す。
–：該当モード無し



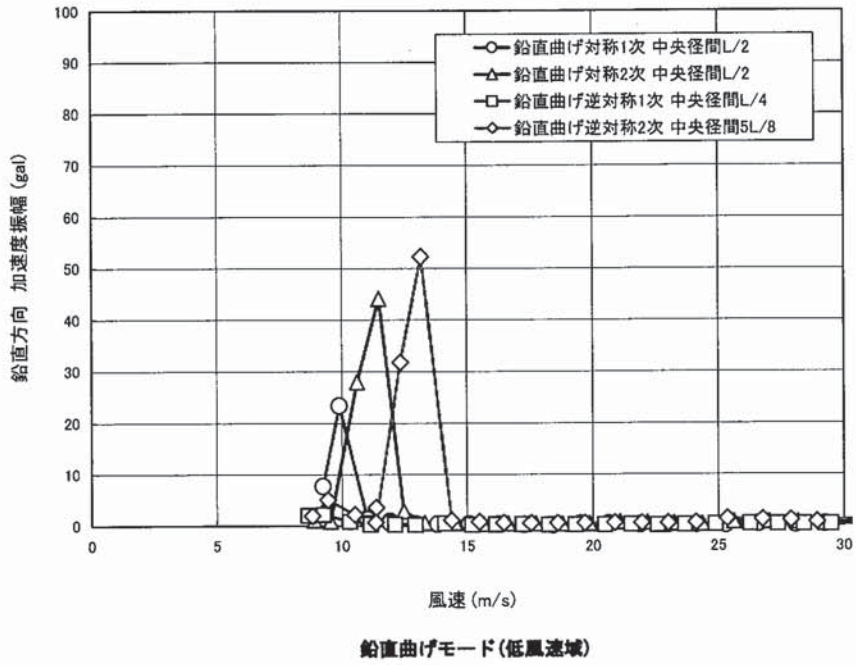
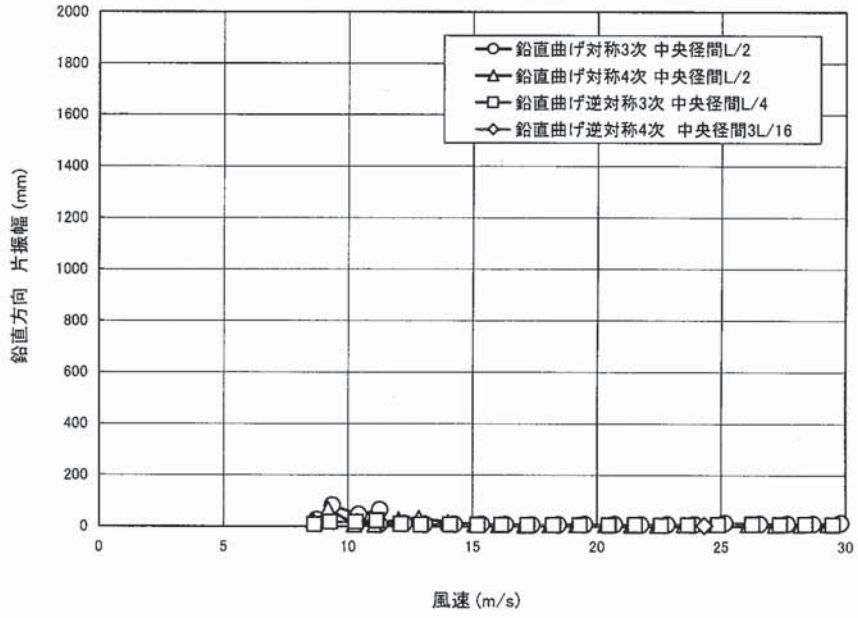


図 5.2.20 風速と応答振幅の関係（鉛直曲げモードその 1）

（風速・振幅：実橋換算）

開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）　基本系



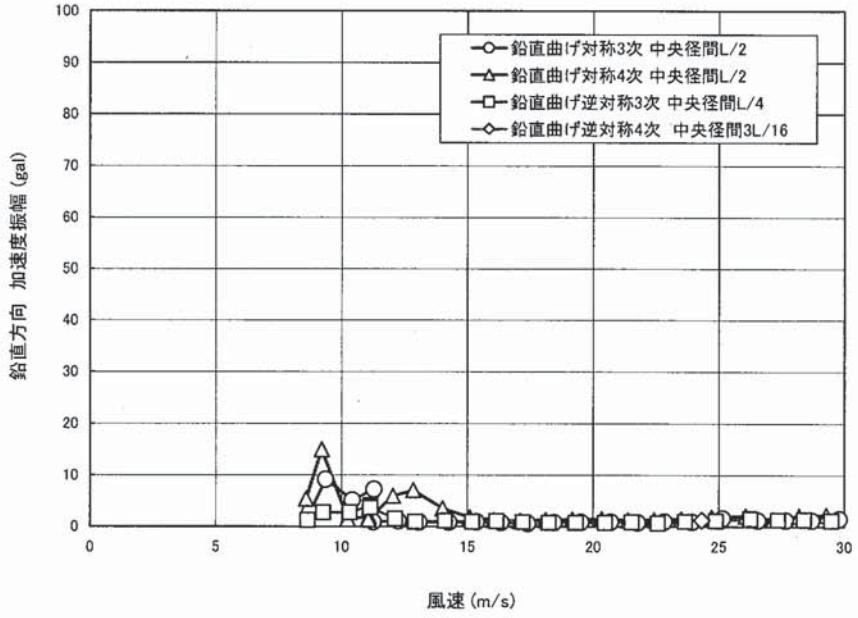
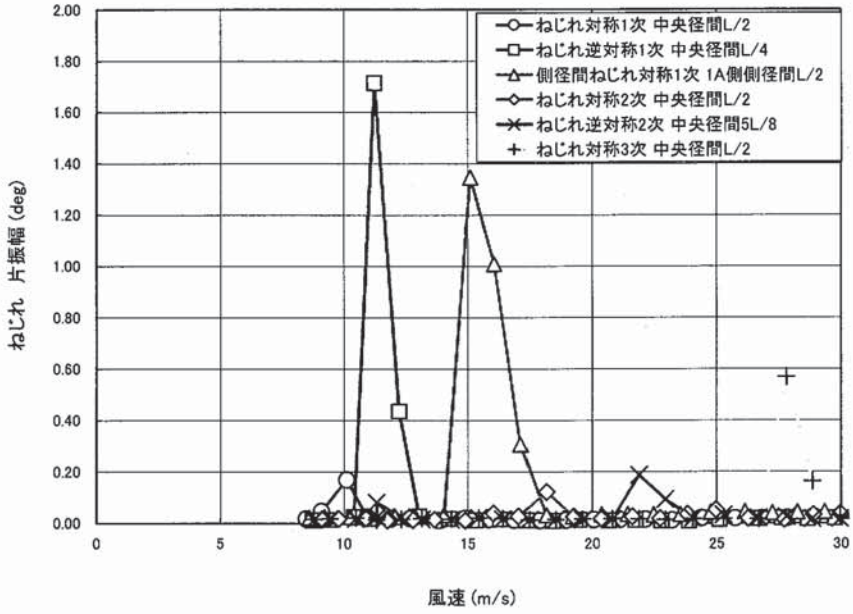


図 5.2.21 風速と応答振幅の関係（鉛直曲げモードその 2)
（風速・振幅：実橋換算）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）　基本系



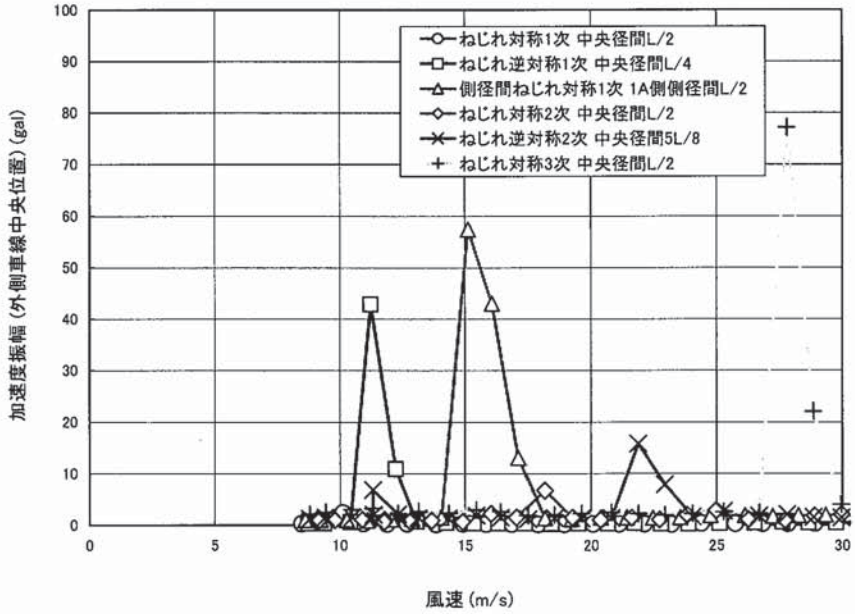
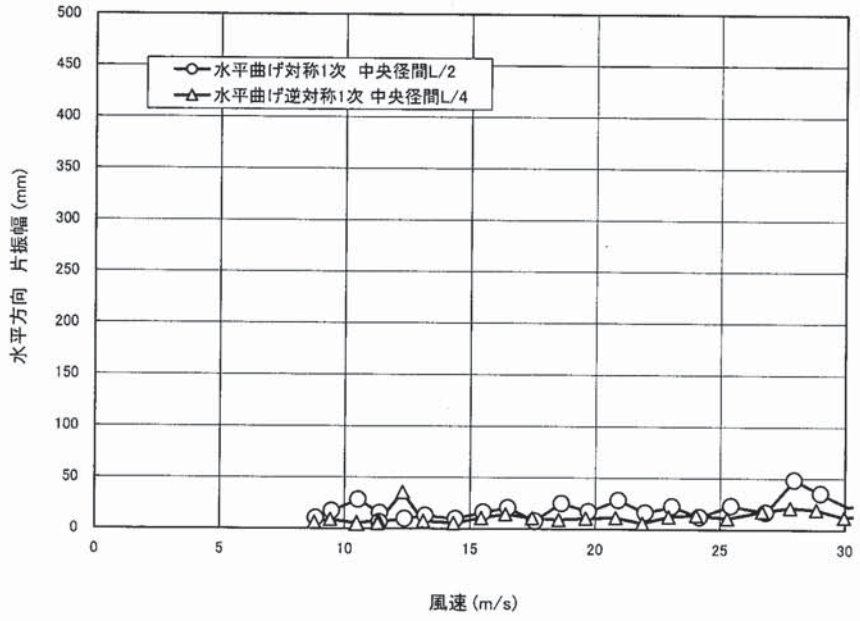


図 5.2.22 風速と応答振幅の関係（ねじれモード）
（風速：実橋換算、加速度振幅：外側車線中央位置）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）`基本系



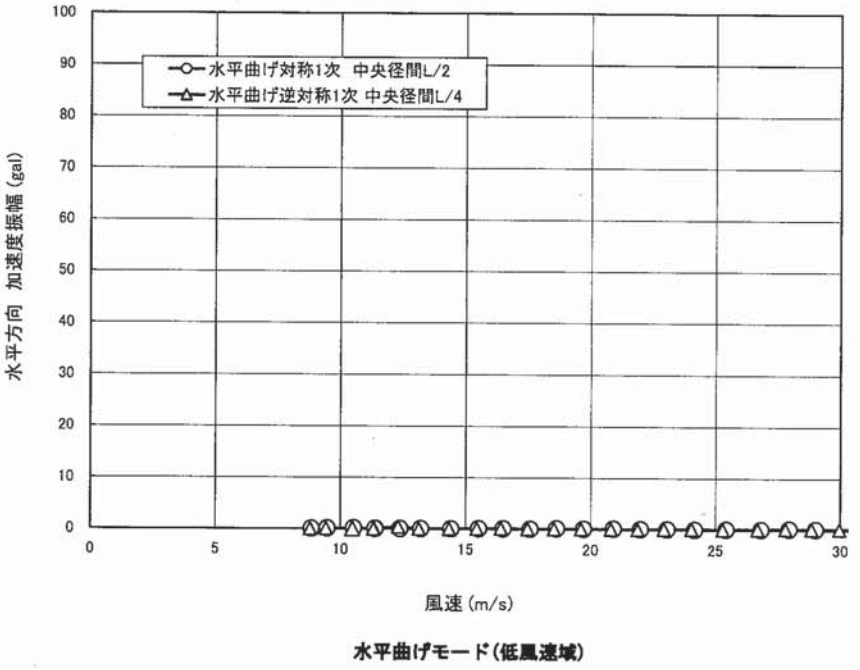
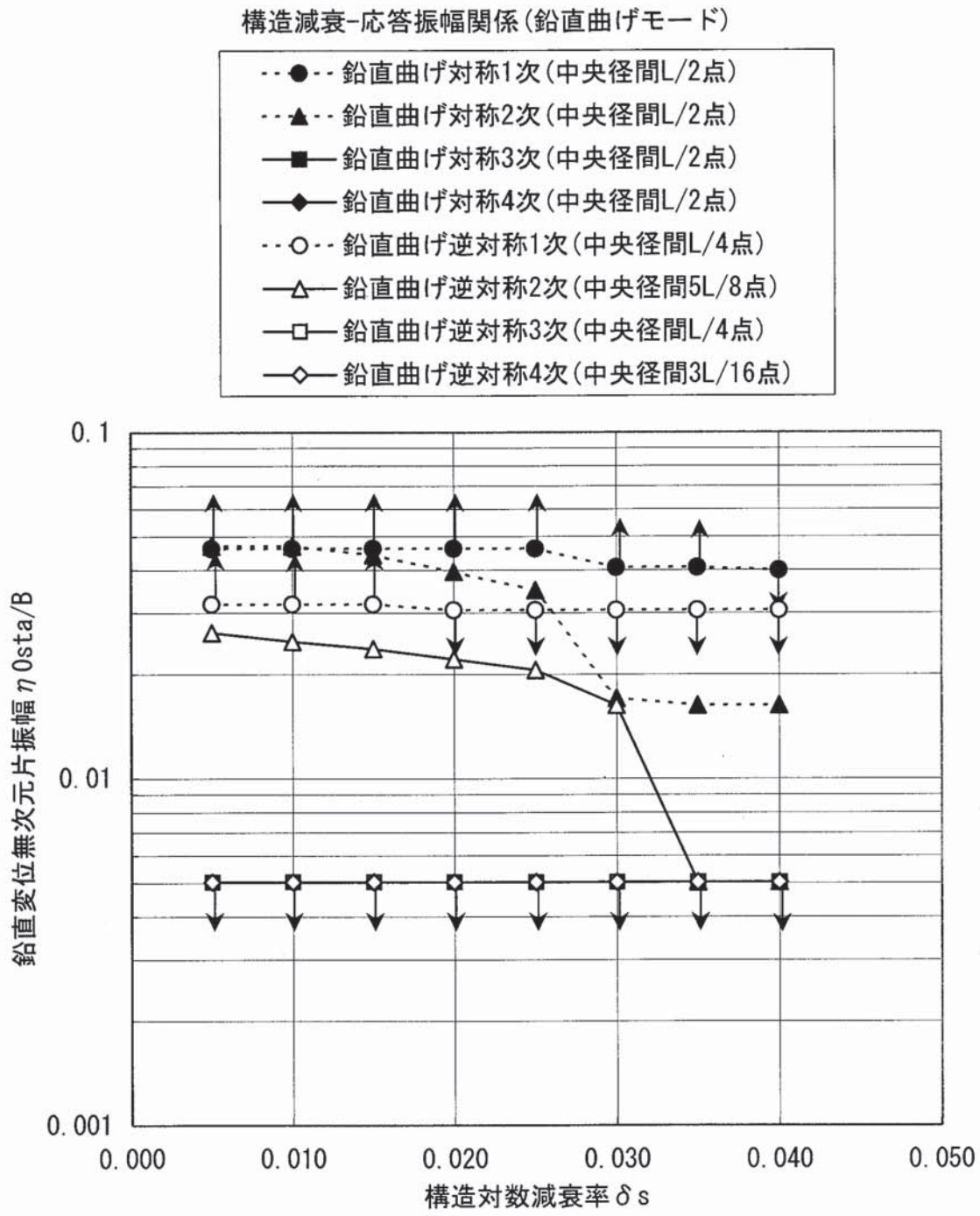
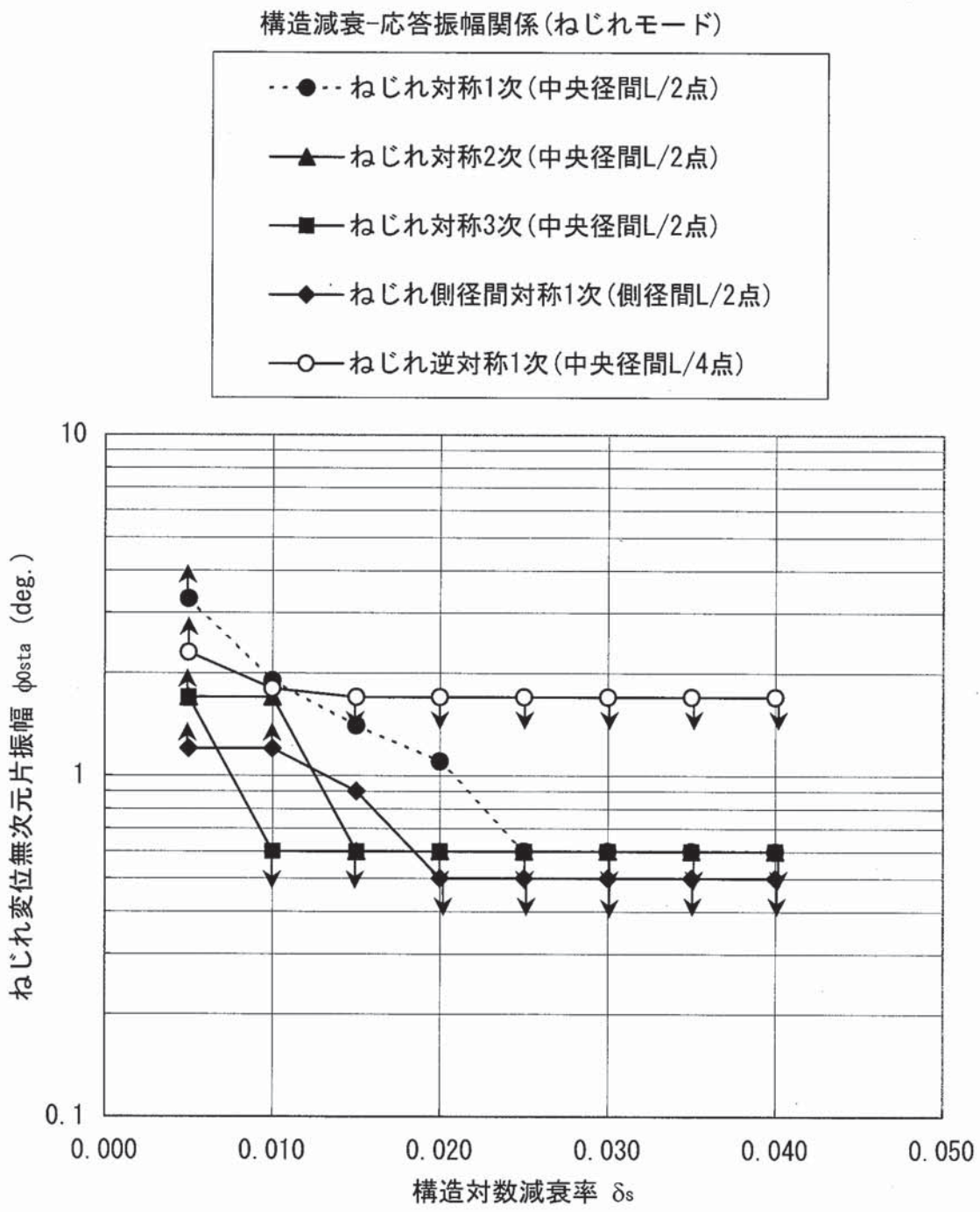


図 5.2.23 風速と応答振幅の関係（水平曲げモード）
（風速・振幅：実橋換算）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）　基本系



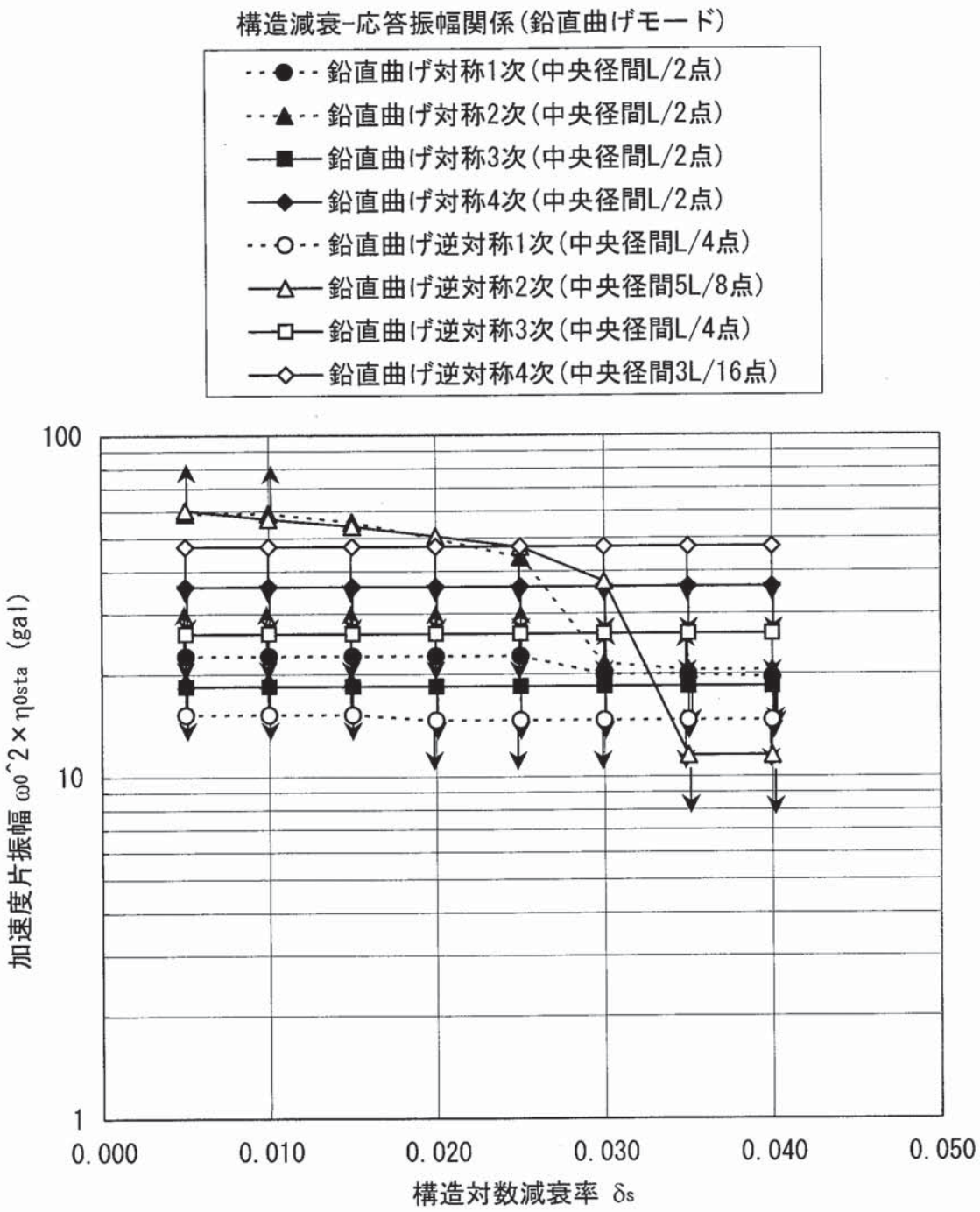
注)点線は他モードと干渉しているモードであるため、参考データ。
(着目モードの構造減衰のみでは応答を単純に議論できない可能性が考えられる。)

図5.2.24　構造対数減衰率－応答振幅(鉛直曲げモード)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



注)点線は他モードと干渉しているモードであるため、参考データ。
(着目モードの構造減衰のみでは応答を単純に議論できない可能性が考えられる。)

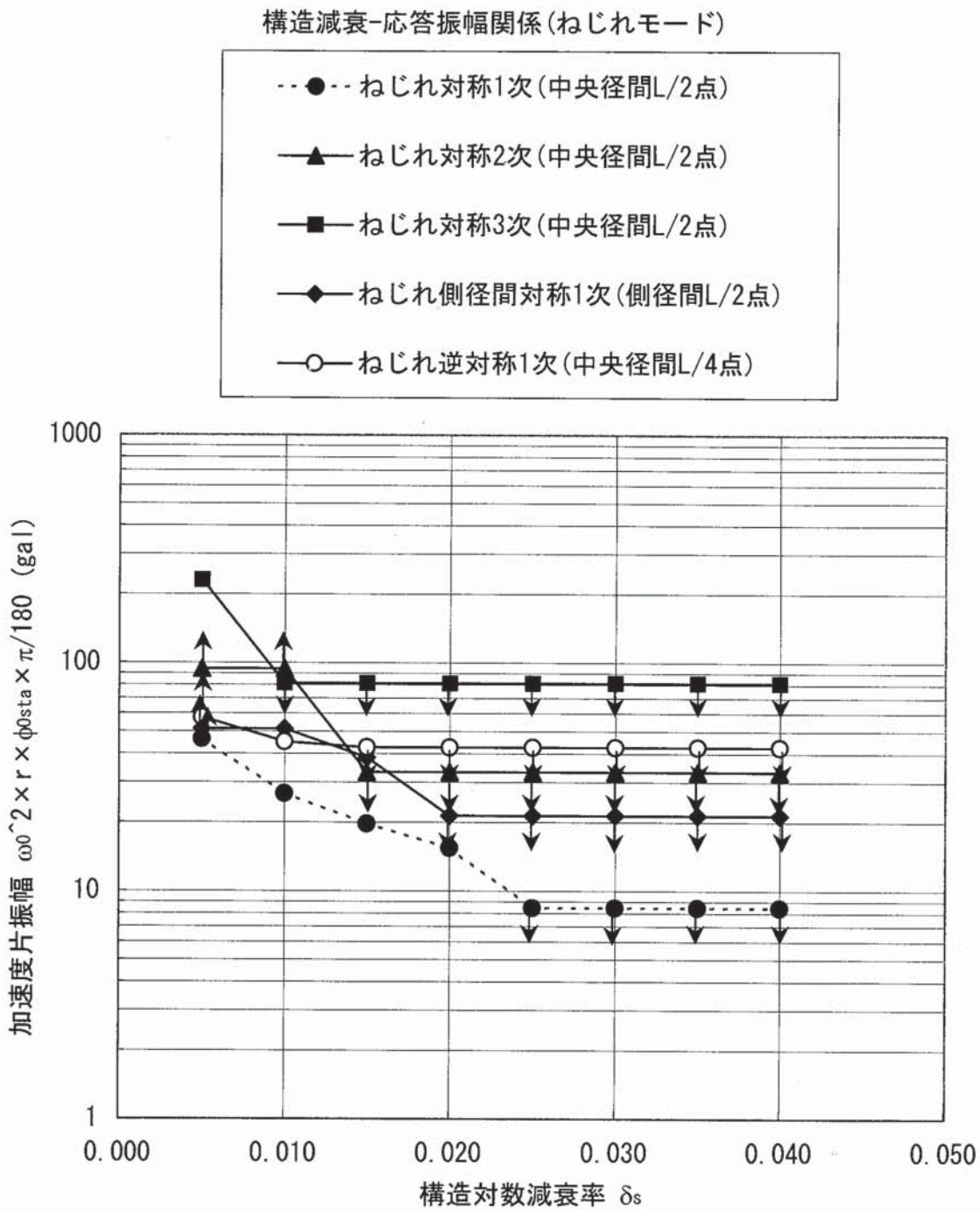
図5.2.25　構造対数減衰率－応答振幅(ねじれモード)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



注)点線は他モードと干渉しているモードであるため、参考データ。
(着目モードの構造減衰のみでは応答を単純に議論できない可能性が考えられる。)

η_{0sta}：鉛直変位定常片振幅 (cm)
ω_0：各モードの固有角振動数 (rad/s) ($\omega_0=2*\pi*f_0$、f_0：各モードの固有振動数 (Hz))

図5.2.26 構造対数減衰率ー加速度応答振幅(鉛直曲げモード)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線) 基本系



注)点線は他モードと干渉しているモードであるため、参考データ。
(着目モードの構造減衰のみでは応答を単純に議論できない可能性が考えられる。)

ϕ_{0sta}：ねじれ変位定常片振幅 (deg.)
ω_0：各モードの固有角振動数 (rad/s) ($\omega_0=2*\pi*f_0$、f_0：各モードの固有振動数 (Hz))
r：桁中心と外側車線の距離 (r=825.0 (cm))

図5.2.27 構造対数減衰率－加速度応答振幅(ねじれモード)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線) 基本系

5．3　側径間遮風壁撤去系試験

5．3．1　概要

3次元全橋試験の長所として、2次元試験では直接検証できない3次元性の効果を含めた対風特性を直接調べることができる点が挙げられる。一方、2章に述べられているように、本橋の桁断面では、遮風壁の有無により耐フラッター性能が大きく変化する。そこで、側径間の遮風壁を撤去した系を試験することにより、橋軸方向に空力特性が変化する3次元性が強い系の一つとしてサンプルデータを取得できると考えられる。また、本橋桁形式を実橋へ応用する観点では、床版上構造の簡素化を少しでも図る意味で、遮風壁の設置区間を中央径間のみとする設置パターンも選択肢として可能性が考えられる。以上のことから、側径間遮風壁を撤去した系（以下、側径間遮風壁撤去系）について試験を行うこととした。

試験は、基本系と同じく、迎角0°・一様流中で実施し、桁部のフラッター特性のみを調査することを目的とした。計測対象モードは、フラッターが発現するねじれ対称1次モードのみとした。

試験の結果、フラッター発現風速は実橋換算風速97m/sとなった。

5．3．2　静的変位特性

(1) 試験方法およびデータ整理方法

各風速において定常状態を120sec.計測し、その平均値として評価した。

(2) 計測結果

風速ごとの静的変形モードを図5.3.1～図5.3.3に示す。（付属資料C図C2.6.1～図C2.6.2に風速と静的変位の関係を示す。また、これらの図に対応する数値データを付属資料C表C2.6.1～表C2.6.2に示す。また、基本系との比較付属資料C図C2.10.1に示す。）。

1) 桁静的変位

中央径間の桁変位は、基本系と同様に、鉛直変位は風洞風速5m/s付近から上方向、ねじれ変位は6m/s付近から頭上げの回転、水平変位は3m/s付近から下流方向に大きく増加する傾向にあるが、8.5m/s付近の高風速域において鉛直変位、ねじれ変位が基本系より小さくなっている。水平変位は基本系と同程度である。一方、側径間は、上方向の鉛直変位が中央径間より大きく、基本系で小さかった結果とは異なる傾向にある。また、頭上げ回転のねじれ変位も基本系より大きくなっている。側径間の水平変位は、基本系より小さくなっており、遮風壁が撤去されたことによる抗力の低減が影響していると考えられる。

変形形状の橋軸方向分布は、基本系と同じく、中央径間の鉛直変位と水平変位は台形の

ような変形形状となっているのに対し、ねじれ変位は比較的放物線に近い形状となっている。

2) 塔静的変位

橋軸方向（塔面外方向）変位は、塔頂・62%高ともに中央径間側への倒れを生じており、基本系より大きい変位となっている。また、風洞風速8.5m/s付近の高風速域では塔頂と62%高で変位量が逆転し、62%高の方が大きくなる。橋軸直角方向（塔面内方向）変位は基本系より若干小さいがほぼ同じである。ねじれ変位は、風速の増加とともに途中まで上流側塔柱が中央径間へ近づく方向への回転変位を示すが、塔頂は風洞風速7m/s付近から逆方向の回転変位となる。風洞風速8.5m/s付近の回転変位量は基本系より小さくなっている。

5．3．3　フラッター特性

(1) 試験方法

各風速において、ねじれ対称1次モードについてのみ、振動数・対数減衰率・応答振幅を計測した。計測する風速ピッチは、定常状態を約1m/sピッチ、加振後減衰波形を約2m/sピッチとした。

(2) データ整理方法

振動数、および対数減衰率については動的特性試験（4.2節）の場合と同様とした。

応答振幅、フラッターモードについては基本系試験（5.2.3(2)）の場合と同様とした。

(3) 計測結果

1) 風速－応答振幅関係

図5.3.4にねじれ対称1次モードの風速と応答振幅の関係を示す（対応する数値データを表C2.7.1に示す。）。

振幅が、風洞風速7.5m/s付近から急激に大きくなり、8.7m/s（実橋換算風速97m/s）にてフラッターが発現した。

2) 風速－振動数、対数減衰率関係

図5.3.5にねじれ対称1次モードの風速と振動数・対数減衰率の関係を示す（対応する数値データを付属資料C表C2.8.1に示す。また、基本系との比較付属資料C図C2.10.2に示す。）。

対数減衰率は、風洞風速8.5m/s付近で急激に減少し8.7m/sで負減衰に達した。また、振動数は、風洞風速2.2m/s以降減少し、フラッター発現風速で1.095Hzとなり無風時の固有振動数（1.823Hz）から40%の減少となった。フラッターの発現風速付近における対数減衰率

の減少は基本系と同様に急激であり、風洞風速8.54m/sから8.95m/sまでの0.41m/sの間に（実橋換算風速では95.4m/sから100.1m/sまでの4.7m/sの間に）対数減衰率は+0.043から-0.063まで0.106分減少している。

3) フラッターモード形状

図5.3.6～図5.3.8にフラッターモード形状を、また、図5.3.9～図5.3.11にフラッター発生時における桁の各計測位置での振動軌跡を示す（これらに対応する数値データを表C2.9.1～表C2.9.3に示す）。モード形状・振動軌跡の図ともに、フラッターが発生する風速域について3風速を順に示している。

図5.3.6～図5.3.8に示すフラッターモード形状から、基本系と同様に、鉛直曲げ振動、ねじれ振動および水平曲げ振動の連成モードとなっている。基本系のフラッターモード形状で特徴的であったことについては、側径間遮風壁を撤去した本ケースでもほぼ同様にあてはまる。

a) 中央径間で水平曲げ振動が鉛直曲げ振動よりやや小さいがほぼ同程度生じている。

b) 基本系と同様に、側径間に大きな鉛直曲げ振動が生じている。ただし、基本系よりは側径間に対する中央径間の鉛直曲げ振動はやや大きく、同程度となっている。

c) 中央径間L/2点におけるねじれ振動に対する鉛直曲げ振動の位相差が110.4°であり、ねじれ変位頭上げと鉛直変位下向きの最大が同相の状態である180°から69.6°ずれており、基本系と同様に大きな位相差を生じている。

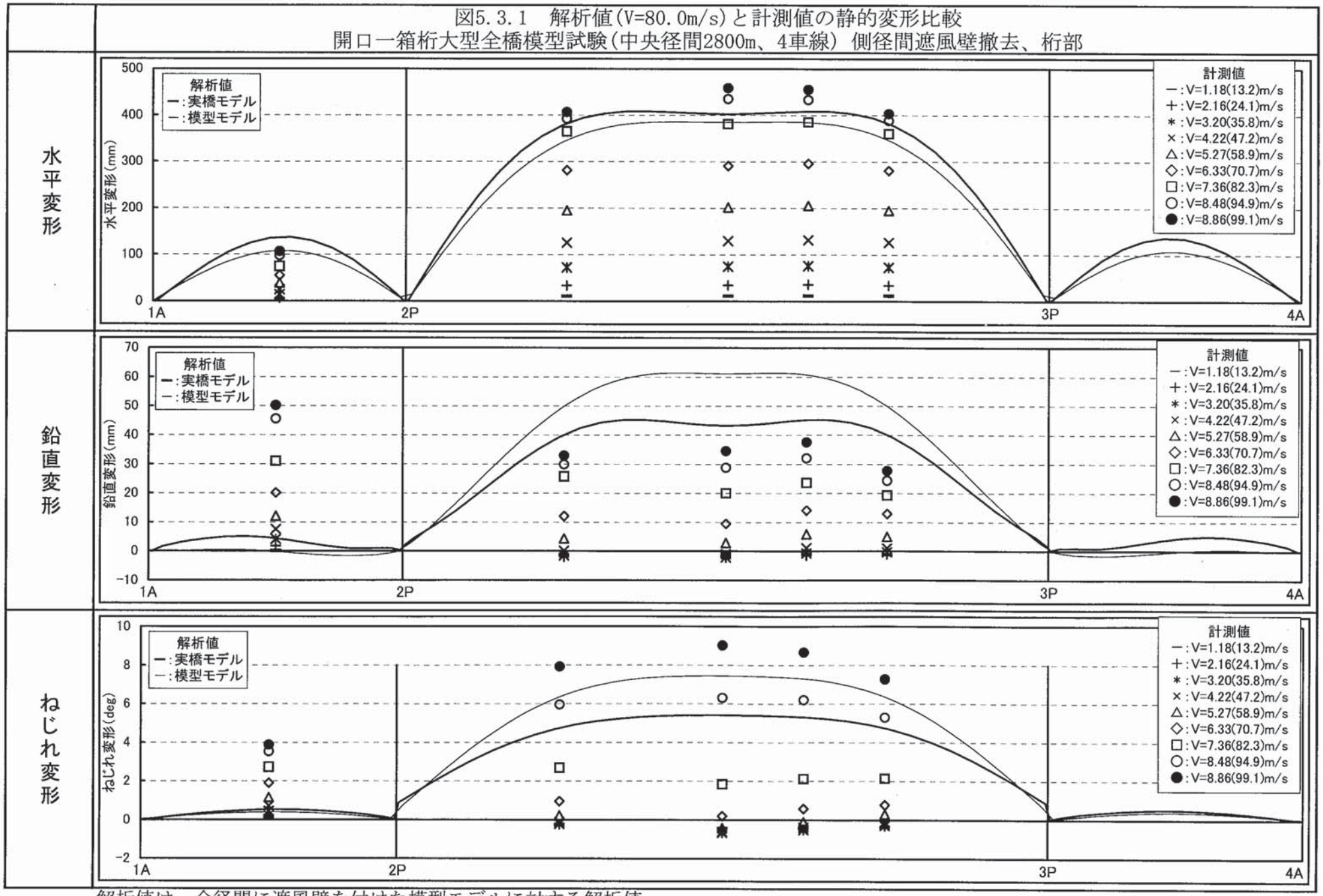
また、図5.3.9～図5.3.11に示すフラッター発生時の振動軌跡をみると、基本系と同様に、中央径間では鉛直曲げ振動と水平曲げ振動により楕円を描く軌跡となっているが、風速の増加と共に位相差は余り変化せず楕円状のままとなっている。また、側径間の鉛直曲げ振動に対する中央径間の鉛直曲げ振動と水平曲げ振動の大きさは風速と共に若干減少している。中央径間L/2点の軌跡を観察すると、基本系と同様に、ねじれ振動によって生じる揚力が鉛直曲げ方向に正の仕事をしやすい振動状態にあると考えられる。

桁部フラッターモードの別の表現形式である回転中心移動量と上下流の振幅比・位相差および断面内のねじれ成分に対する鉛直曲げ成分と水平曲げ成分の振幅比・位相差を付属資料C図C2.9.1～図C2.9.5に示す（対応する数値データを付属資料C表C2.9.4～表C2.4.7に示す。）。

付属資料C図C3.2.1に、動的特性試験を行った鉛直曲げ対称1次モードとねじれ対称1次モードの無風時の自由減衰波形を示す。

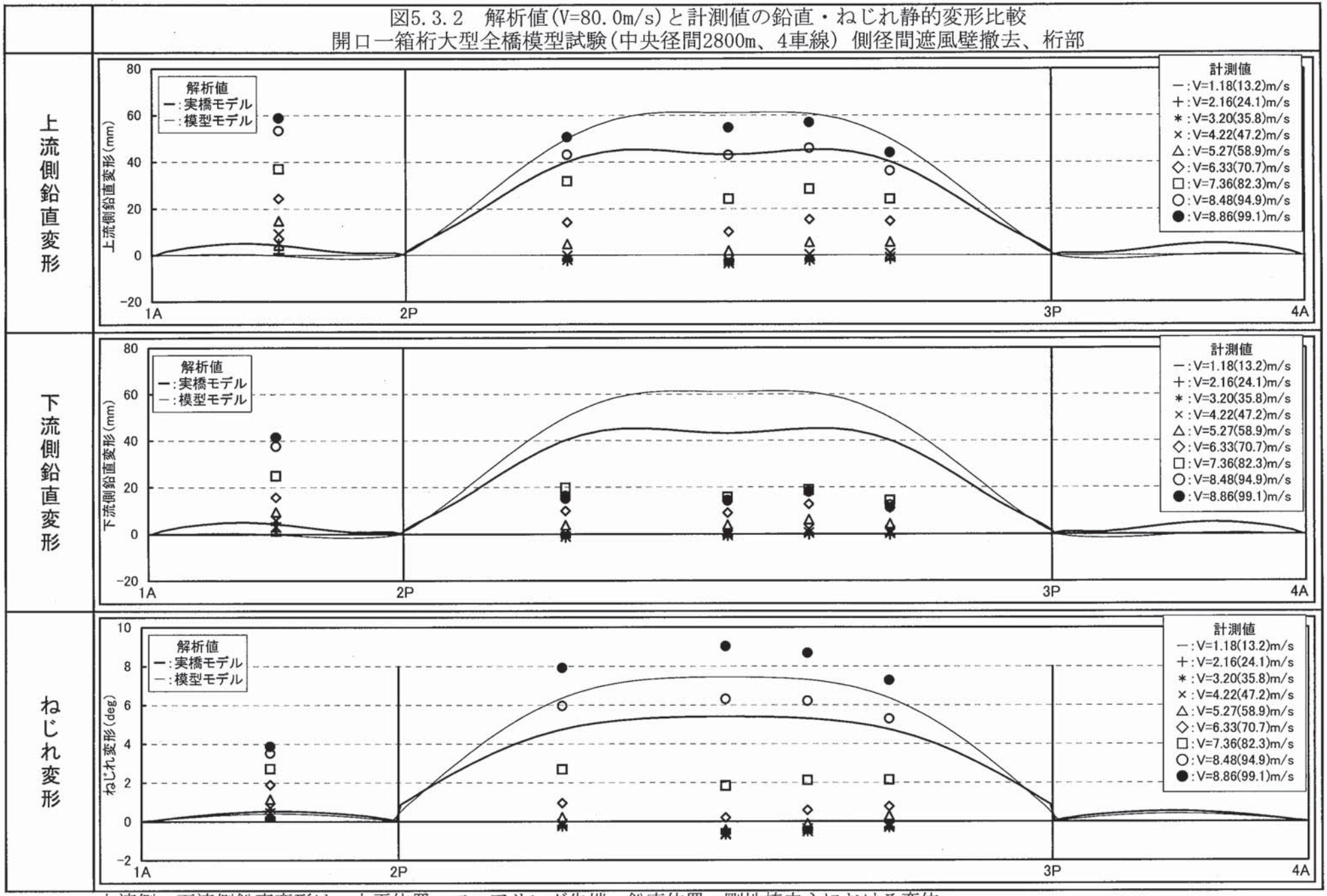
付属資料C図C3.2.2～図C3.2.4に、フラッター特性を調査したねじれ対称1次モードの有風時の減衰波形（発散波形）を示す。

図5.3.1　解析値(V=80.0m/s)と計測値の静的変形比較
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 側径間遮風壁撤去、桁部

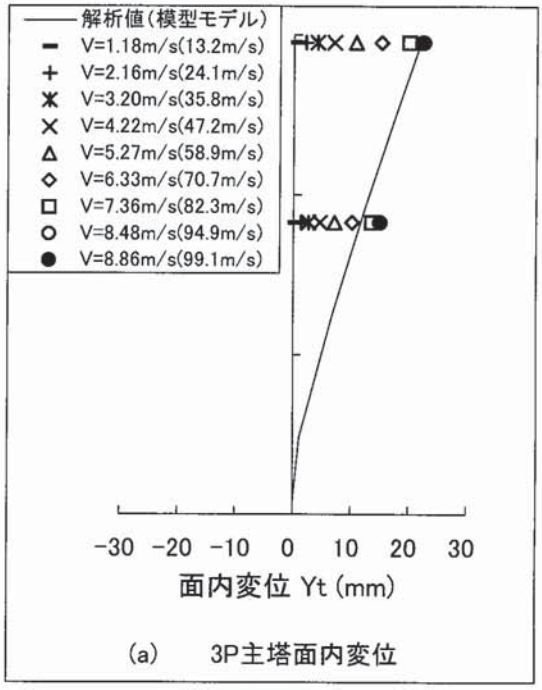


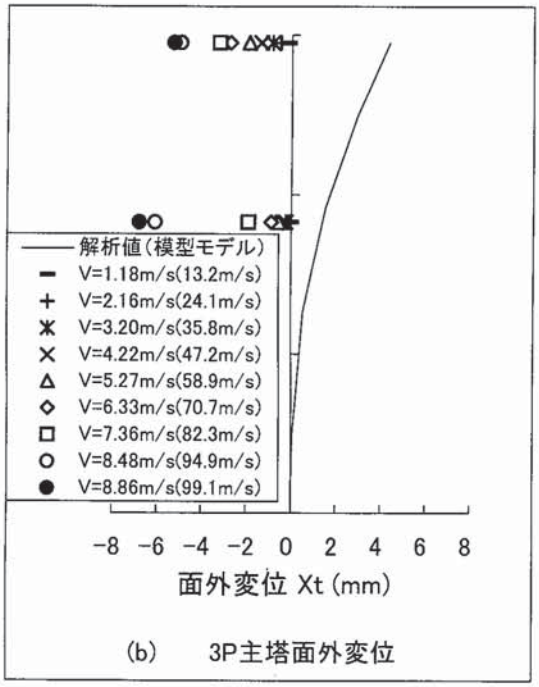
解析値は、全径間に遮風壁を付けた模型モデルに対する解析値。

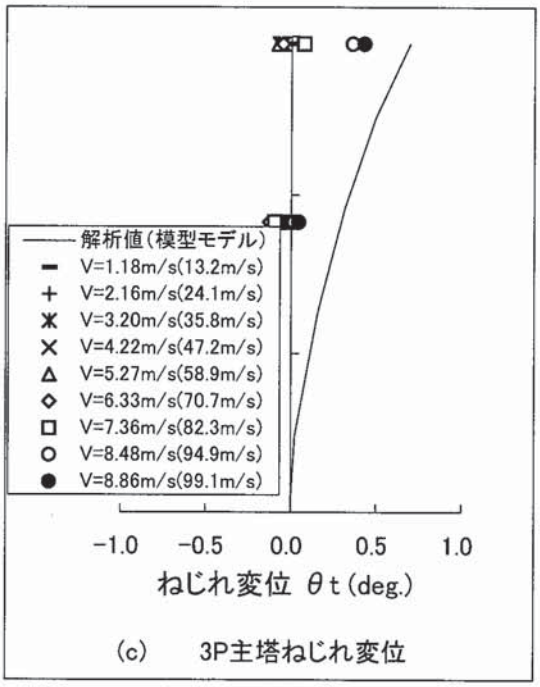
図5.3.2　解析値(V=80.0m/s)と計測値の鉛直・ねじれ静的変形比較
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 側径間遮風壁撤去、桁部



上流側・下流側鉛直変形は、水平位置：フェアリング先端、鉛直位置：剛性棒中心における変位。
解析値は、全径間に遮風壁を付けた模型モデルに対する解析値。







解析値は、全径間に遮風壁を付けた模型モデルに対する解析値。

図5.3.3 解析値(V=80.0m/s)と計測値の静的変形比較
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800mm、4車線) 側径間遮風壁撤去、主塔

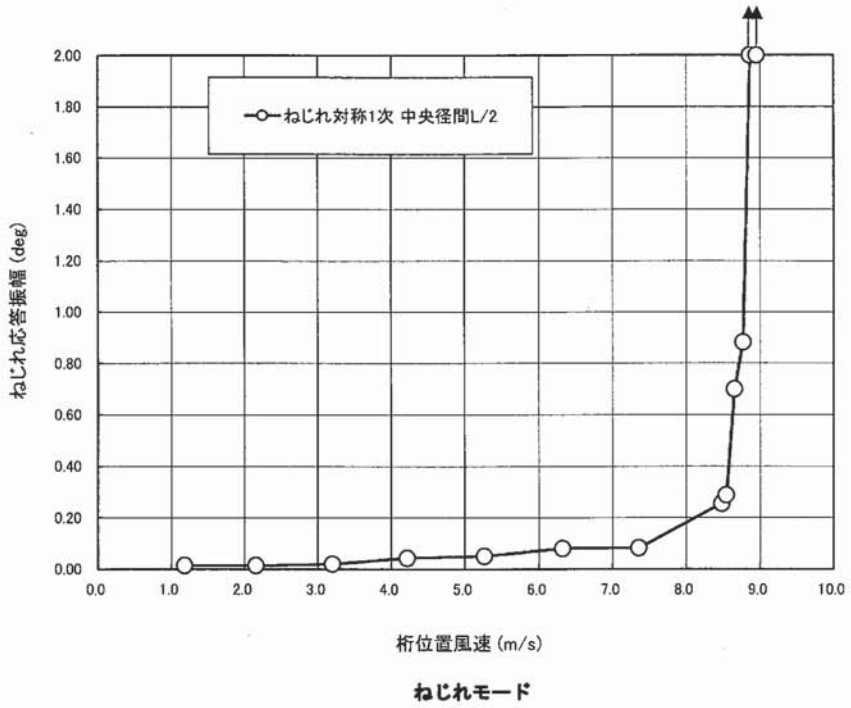
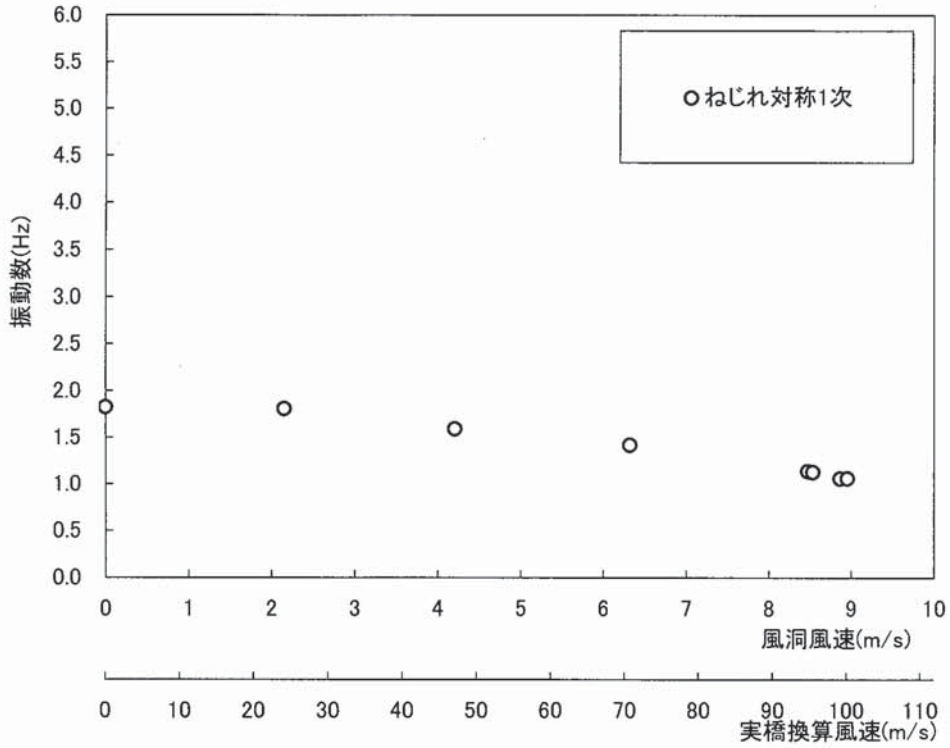
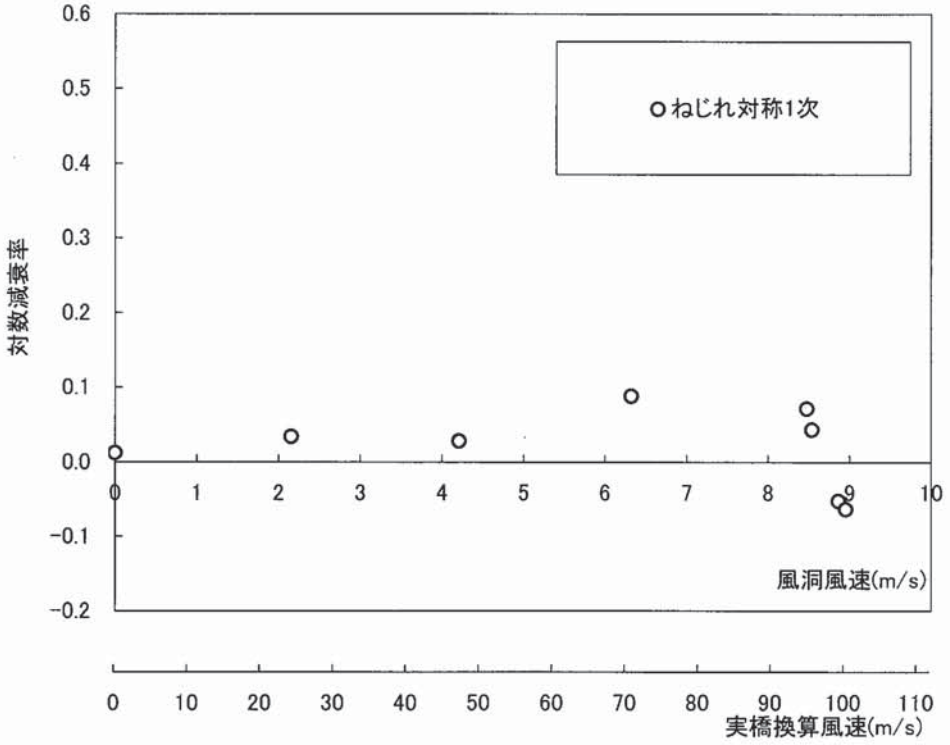


図 5.3.4 風速と応答振幅の関係（ねじれモード）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間 2800m　4 車線）　側径間遮風壁撤去

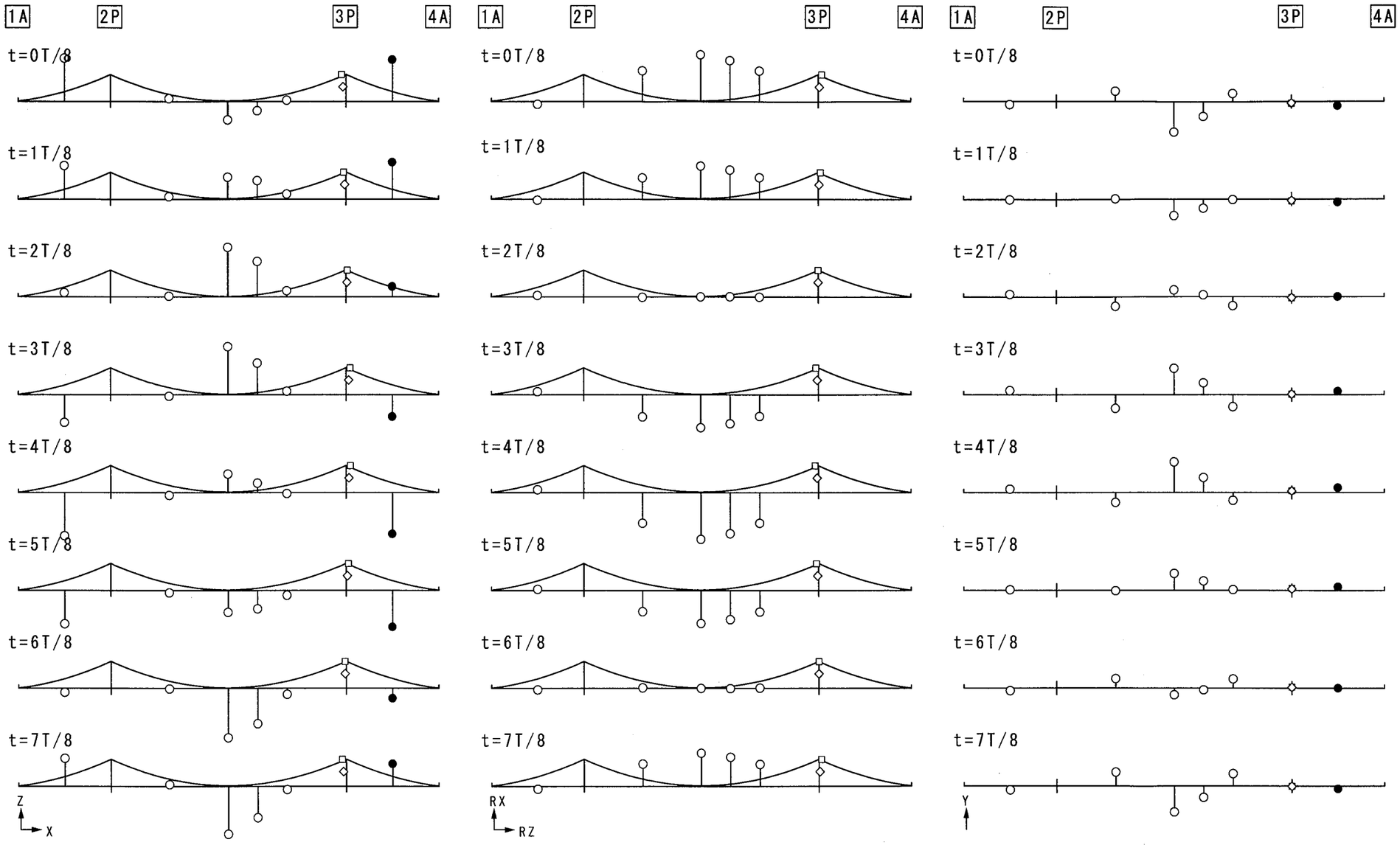


風速と振動数の関係(ねじれモード)



風速と対数減衰率の関係(ねじれモード)

図5.3.5　風速と振動数・対数減衰率の関係(ねじれモード)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）　側径間遮風壁撤去

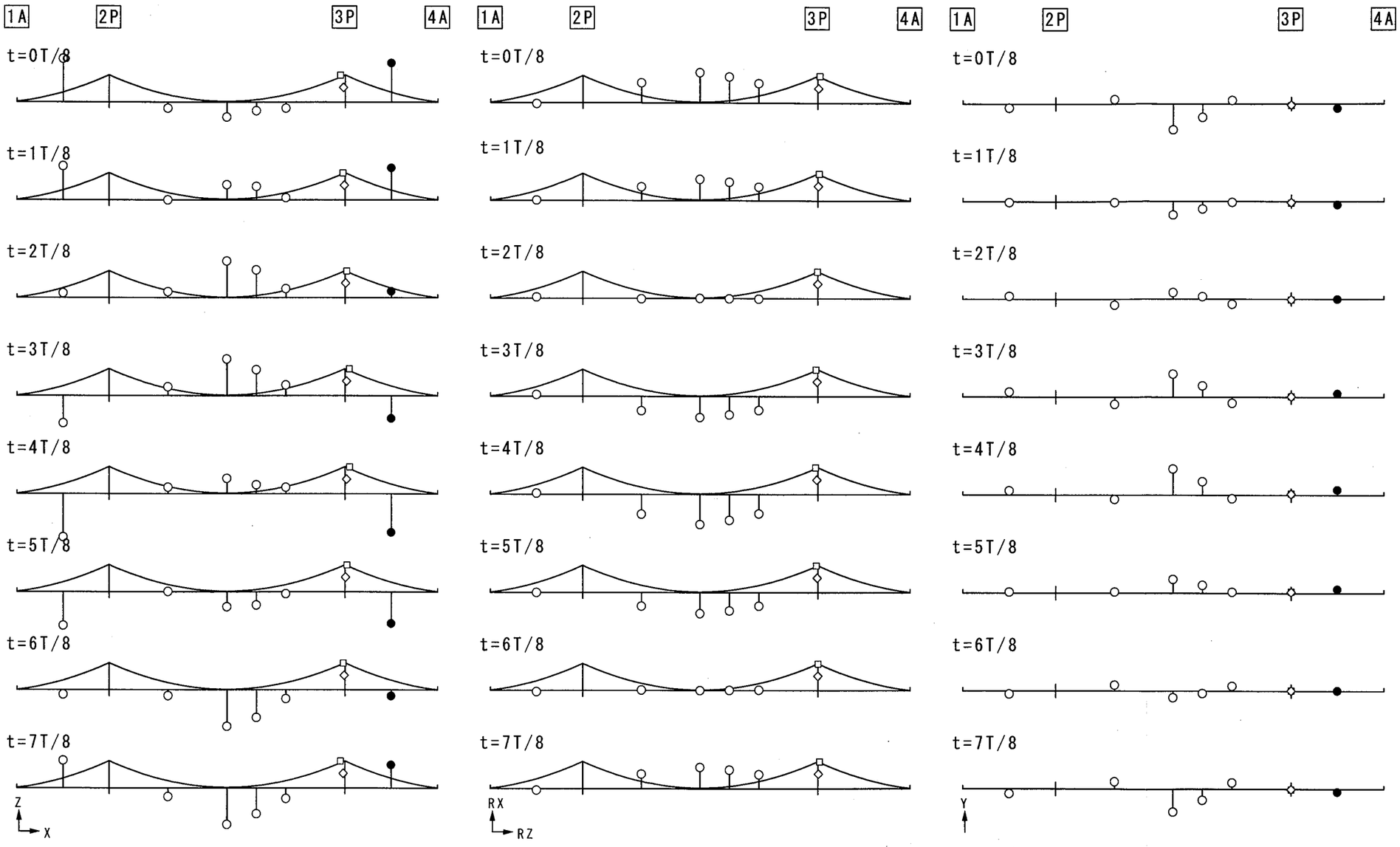


桁鉛直・主塔橋軸方向　　桁ねじれ・主塔ねじれ方向　　桁水平・主塔橋直方向

○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

T：フラッターモード周期（T=1/f=0.894sec.）

図5.3.6　フラッターモード(桁位置風速8.54m/s)
(振動数f=1.128Hz、対数減衰率δ=0.023)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
側径間遮風壁撤去

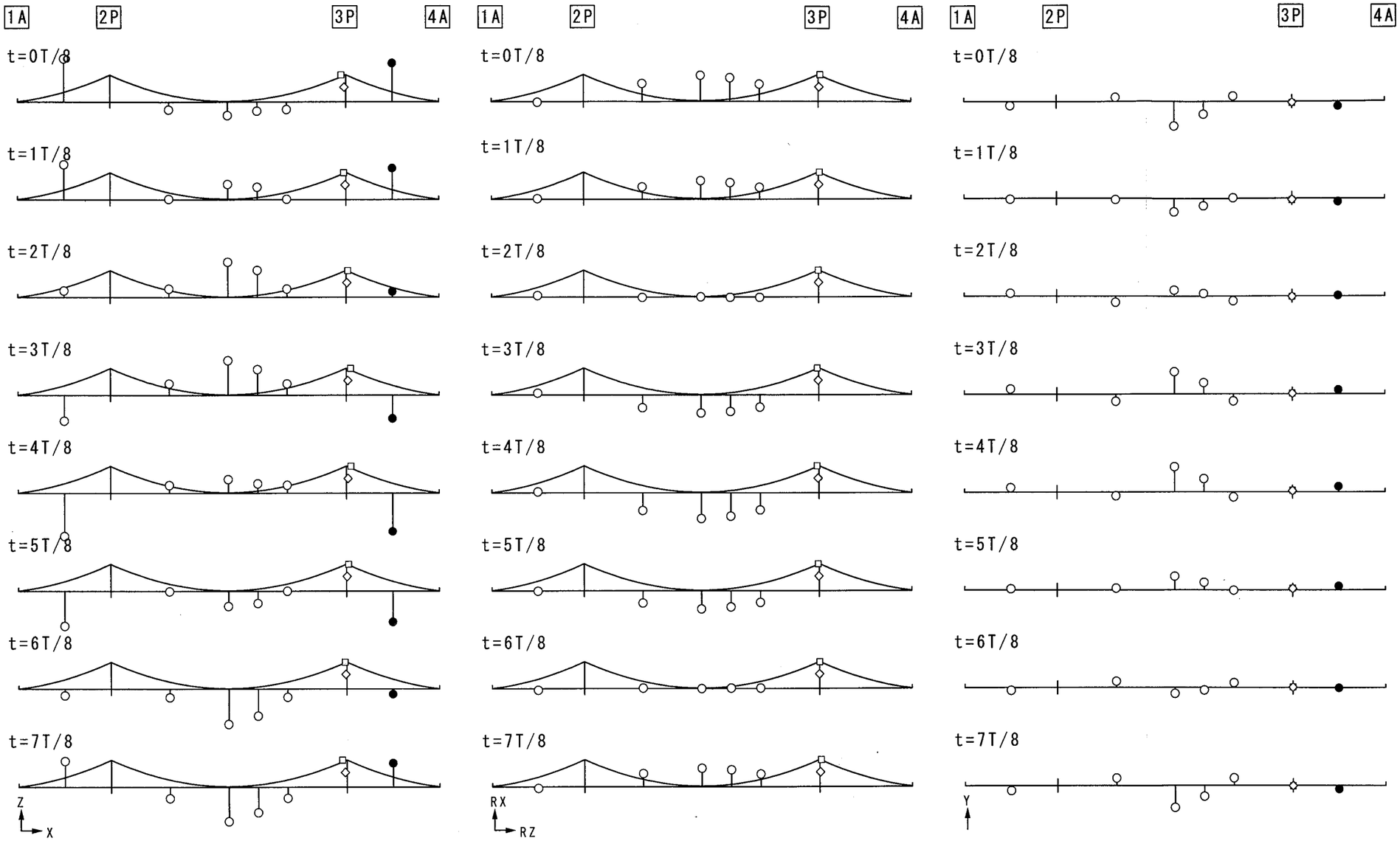


桁鉛直・主塔橋軸方向　　桁ねじれ・主塔ねじれ方向　　桁水平・主塔橋直方向

○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

T：フラッターモード周期（T=1/f=0.894sec.）

図5.3.7　フラッターモード(桁位置風速8.86m/s)
（振動数f=1.059Hz、対数減衰率δ=-0.052)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
側径間遮風壁撤去

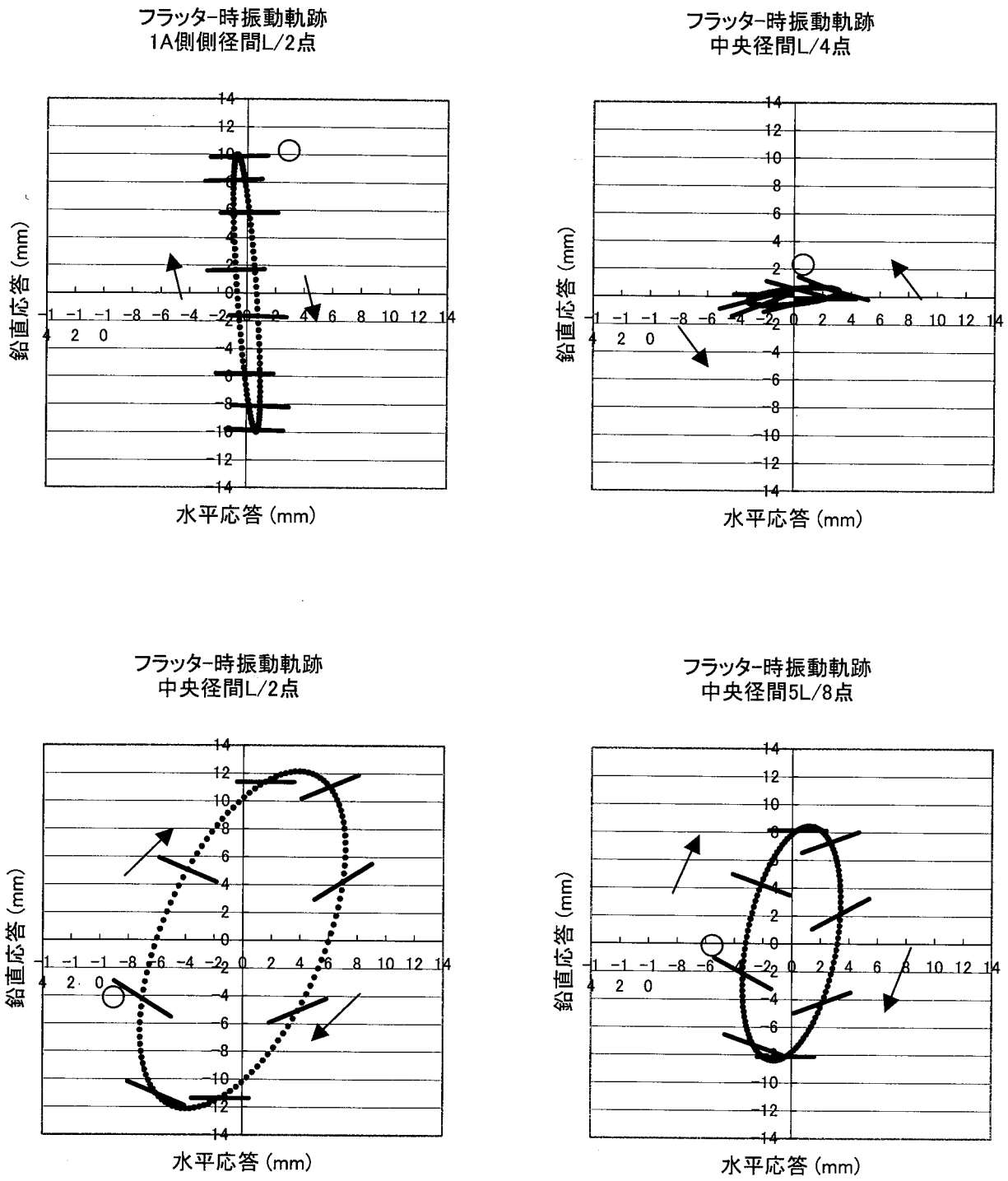


桁鉛直・主塔橋軸方向　　桁ねじれ・主塔ねじれ方向　　桁水平・主塔橋直方向

○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

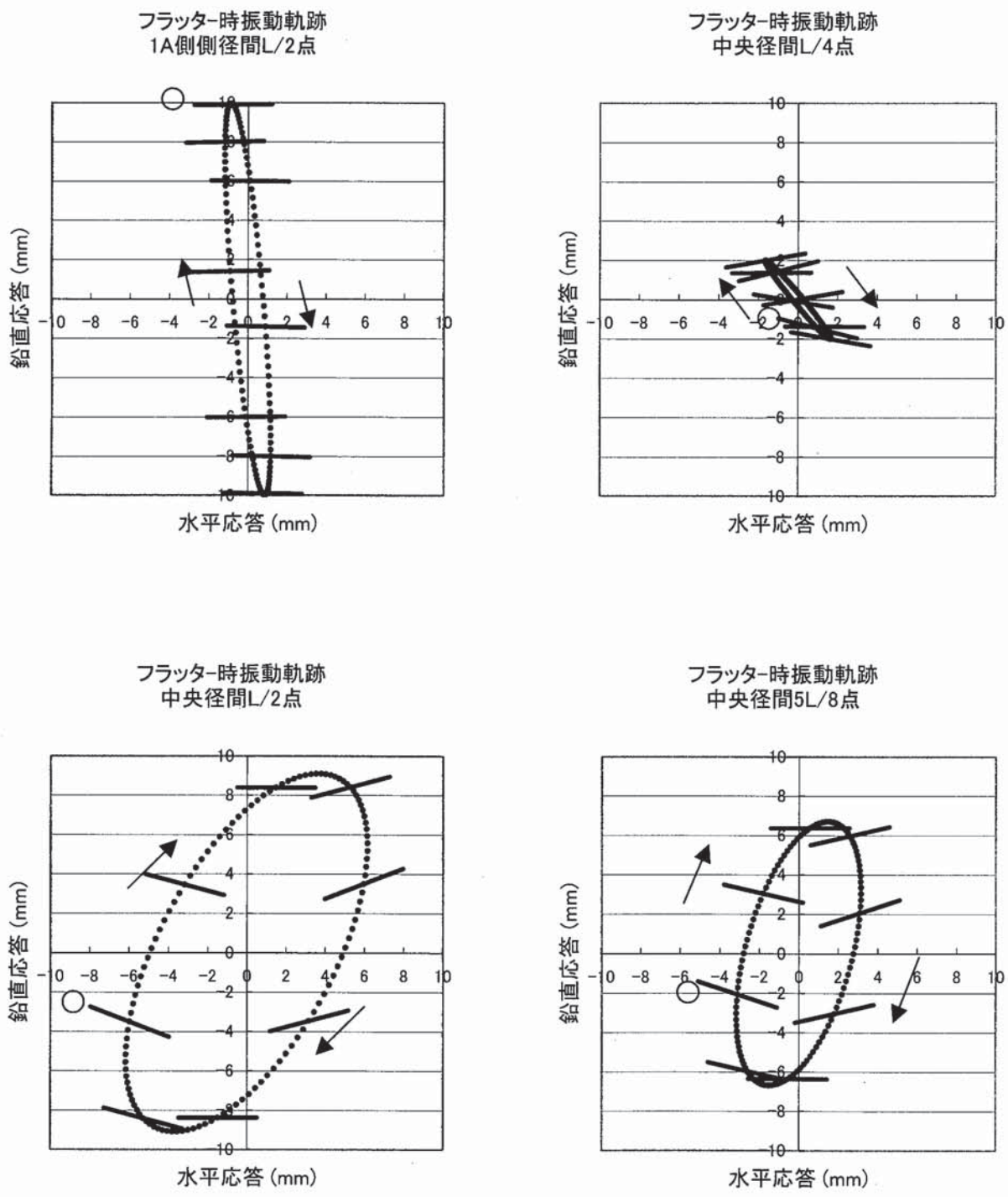
T：フラッターモード周期（T=1/f=0.894sec.）

図5.3.8　フラッターモード(桁位置風速8.95m/s)
(振動数f=1.055Hz、対数減衰率δ=-0.063)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
側径間遮風壁撤去



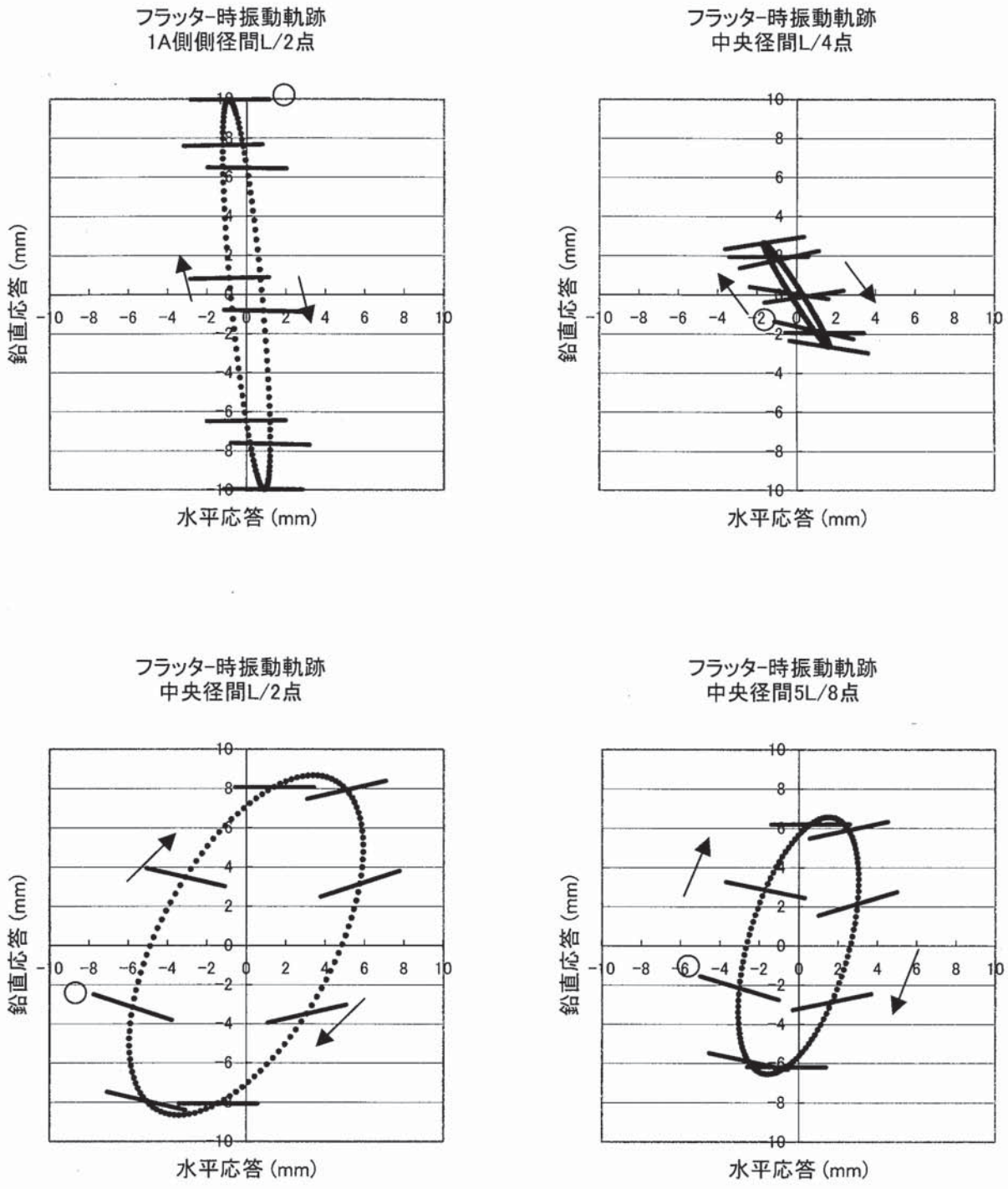
注1) 平均変位（静的変形分）を差し引いた振動成分を表示している。
注2) ねじれ応答は線の傾きで表示しており、6倍に拡大して表示している。
注3) 1A側側径間L/2点の鉛直変位の片振幅を10mmとして各点の軌跡を表示している。
注4) ○印は中央径間L/2点ねじれ変位頭上げ最大時の位置を示す。

図5.3.9　フラッター発生時の振動軌跡(フーリエ解析によるフラッターモードの軌跡)
(風洞風速 V=8.54m/s、振動数f=1.128Hz、対数減衰率 δ=0.023)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　側径間遮風壁撤去



注1) 平均変位（静的変形分）を差し引いた振動成分を表示している。
注2) ねじれ応答は線の傾きで表示しており、6倍に拡大して表示している。
注3) 1A側側径間L/2点の鉛直変位の片振幅を10mmとして各点の軌跡を表示している。
注4) ○印は中央径間L/2点ねじれ変位頭上げ最大時の位置を示す。

図5.3.10　フラッター発生時の振動軌跡（フーリエ解析によるフラッターモードの軌跡）
（風洞風速 V=8.86m/s、振動数f=1.059Hz、対数減衰率 δ=-0.052）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）　側径間遮風壁撤去



注1) 平均変位（静的変形分）を差し引いた振動成分を表示している。
注2) ねじれ応答は線の傾きで表示しており、6倍に拡大して表示している。
注3) 1A側側径間L/2点の鉛直変位の片振幅を10㎜として各点の軌跡を表示している。
注4) ○印は中央径間L/2点ねじれ変位頭上げ最大時の位置を示す。

図5.3.11　フラッター発生時の振動軌跡(フーリエ解析によるフラッターモードの軌跡)
(風洞風速 V=8.95m/s、振動数f=1.055Hz、対数減衰率 δ=-0.063)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　側径間遮風壁撤去

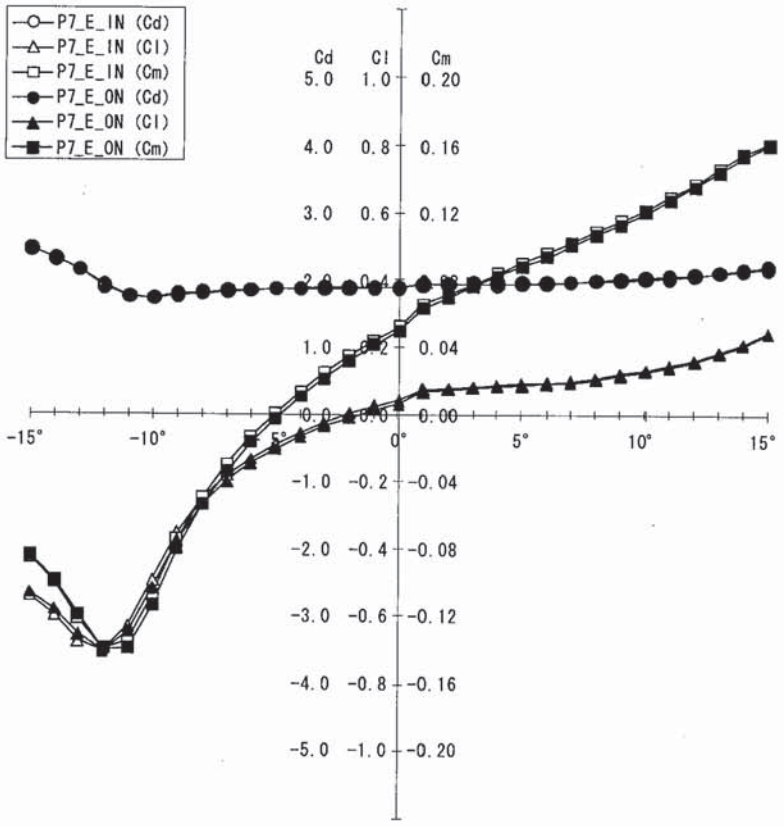
６．静的変形解析

６．１　静的空気力特性

大型風洞試験を実施した開口一箱桁断面は、第２章記述のP7_E_ON断面である。その静的空気力特性は図－2.2.2.4に示されているが、図-6.1.1として再び示す。三分力試験はα=-15°～+15°のケースを実施し、空気力係数は各々以下のように無次元化している。また、模型の回転中心は模型中央部にとっている。

三分力係数　　：$C_D = P_D \Big/ \frac{1}{2}\rho V^2 An$　　$C_L = P_L \Big/ \frac{1}{2}\rho V^2 Bl$　　$C_M = M \Big/ \frac{1}{2}\rho V^2 B^2 l$

C_D、C_L、C_Mは抗力、揚力、モーメント係数、P_D，P_L，Mは風軸基準の空気力、lは模型長（=1.59m）、Anは模型投影面積（0.1282m^2:桁下面から桁上面端部までの高さ（実橋値5.24m）を用いた）、Bは模型弦長（32.26m×1/65）、ρは空気密度、Vは風洞風速（16m/s）を示す。また、計測した模型縮尺は1/65であり、大型模型風洞試験の縮尺1/125と異なる。



図－6.1.1　　大型風洞模型桁断面の三分力試験（縮尺：1/65）

６．２　解析方法

今回の解析手法には線形化有限変位理論を用いた。線形化有限変位理論は、変形前のケーブル、梁の内力による幾何剛性を考慮し、変形後もその幾何剛性が一定であると仮定して線形解析を実施する手法である。有限変位理論よりも厳密性に欠けるものの、長大吊橋ではメインケーブルの張力変動が風荷重載荷前後もそれほど変化しないため充分な精度を有すると言われている[1)]ことから、便宜的な手法として用いた。解析モデルには、第３章の梯子状剛性棒のモデル化検討で最も良好な結果が得られたモデル化を適用した全橋模型試験用解析モデル（以下、本章では「模型モデル」）を用いた。解析においては、桁のねじれ変形による風荷重の変化は考慮し、１回の計算で桁の中央径間中央部のねじれ変形が0.25deg.を超えない程度に荷重ステップを適宜刻んだ。すなわち、各荷重ステップでは、変形前ケーブル、梁による幾何剛性を考慮した解析モデルを作成し、桁のねじれ角に応じた三分力係数、設定風速から算定された風荷重を与えて、静的解析を実施する。風荷重は、桁のねじれ変形が0.25deg.を超える程度の荷重増分を１ステップとする。計算終了後、そのときのケーブル、梁の内力による幾何剛性を更新して解析モデルを作成し、桁のねじれ角に応じて三分力係数を更新した風荷重として、線形解析を繰り返した。

線形化有限変形解析を実施するにあたり、有限変形解析との誤差を検討するために、４．３の静的特性試験を線形化有限変形解析で実施した。全長鉛直載荷、水平載荷、ねじれ載荷試験において，それぞれの荷重を100分割して線形化有限変形解析を実施し、有限変形解析結果と比較した。その結果を測定値とともに表-6.2.1 に示す。これより、線形化有限変位解析結果は、有限変形解析結果と比較すると、鉛直たわみでは４～５％程度、水平たわみでは変形量の大きい中央径間では１％程度大きくなることがわかった。また、ねじれ載荷では概ね３～４％小さい結果となっている。一方、有限変形解析結果は、試験結果（測定値）と比較すると、鉛直たわみで10～20%程度小さく、水平たわみでは概ね２～４％大きく、ねじれでは11～16%大きくなっており、今回の解析手法の違いによる偏差よりも大きな違いが生じている。以上より、線形化有限変形理論を用いても、大きな誤差は与えないため、検討上特に支障は生じないと判断される。

表－6.2.1　　静的特性試験を対象とした解析手法の比較

載荷条件	変位数値					偏差	
	橋軸方向位置		① 線形化 有限変位 解析結果	② 有限変位 解析結果	③ 測定値	①／② 解析手法 の違い	②／③ 解析値／ 測定値
全長鉛直載荷 （模型モデル）	1A側	Ls/2	−3.9 mm	−3.8 mm	−4.2 mm	3.0%	−10.7%
		L/4	−17.8 mm	−16.8 mm	−20.4 mm	5.4%	−17.4%
		L/2	−23.7 mm	−22.8 mm	−28.1 mm	4.0%	−19.0%
		5L/8	−22.2 mm	−21.1 mm	−25.4 mm	5.0%	−16.8%
		3L/4	−17.8 mm	−16.8 mm	−19.8 mm	5.4%	−14.9%
	4A側	Ls/2	−3.9 mm	−3.8 mm	−4.1 mm	3.0%	−8.5%
水平載荷 （模型モデル）	1A側	Ls/2	−2.1 mm	−2.2 mm	−2.4 mm	−7.9%	−6.9%
		L/4	−240.3 mm	−241.0 mm	−233.4 mm	−0.3%	3.3%
		L/2	−350.0 mm	−345.7 mm	−331.8 mm	1.2%	4.2%
		5L/8	−327.9 mm	−323.8 mm	−315.9 mm	1.3%	2.5%
		3L/4	−240.3 mm	−241.0 mm	−231.6 mm	−0.3%	4.1%
	4A側	Ls/2	−2.1 mm	−2.2 mm	−2.6 mm	−7.9%	−14.0%
ねじれ載荷 （模型モデル）	1A側	Ls/2	2.5 deg.	2.6 deg.	2.3 deg.	−3.7%	11.6%
		L/4	−4.6 deg.	−4.8 deg.	−4.2 deg.	−2.7%	13.5%
		L/2	−6.1 deg.	−6.3 deg.	−5.6 deg.	−3.8%	12.8%
		5L/8	−5.7 deg.	−5.9 deg.	−5.2 deg.	−3.1%	13.5%
		3L/4	−4.6 deg.	−4.8 deg.	−4.1 deg.	−2.7%	16.3%
	4A側	Ls/2	2.5 deg.	2.6 deg.			

６．３　解析条件

主桁、主塔、ケーブルへの風荷重は、以下の様な方法で算出した。

（１）主桁の三分力係数の補正

計測された三分力係数は模型の高さ中心で計測したため、模型モデルのせん断中心位置に荷重を載荷する場合には、空力モーメントを補正する必要がある。補正した三分力係数を図-6.3.1 に示す。

（２）風荷重載荷方法

風荷重の載荷方法の概要を図-6.3.2(1)(2)に示す。空気密度には風洞試験実施時の 1.30kg/m³を用いている。主桁の風荷重は主桁骨組モデルのせん断中心部（同図Siで表示）に載荷した。主塔、ケーブルについては、部材長の中央の見付幅を代表長として風荷重を算出した。

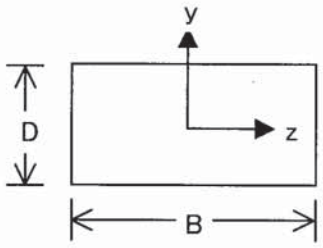
迎角(α) (deg)	C_d	C_l	C_m	C_m' 補正
−15	2.428	−0.5320	−0.0845	−0.0915
−14	2.295	−0.5830	−0.0987	−0.1053
−13	2.125	−0.6590	−0.1197	−0.1258
−12	1.894	−0.7030	−0.1395	−0.1449
−11	1.728	−0.6490	−0.1393	−0.1443
−10	1.707	−0.5210	−0.1141	−0.1190
−9	1.752	−0.3780	−0.0810	−0.0860
−8	1.794	−0.2710	−0.0545	−0.0596
−7	1.823	−0.2000	−0.0342	−0.0394
−6	1.836	−0.1460	−0.0172	−0.0225
−5	1.845	−0.1040	−0.0025	−0.0078
−4	1.859	−0.0690	0.0103	0.0050
−3	1.857	−0.0360	0.0215	0.0162
−2	1.865	−0.0090	0.0319	0.0266
−1	1.868	0.0130	0.0410	0.0356
0	1.875	0.0300	0.0496	0.0442
1	1.915	0.0650	0.0628	0.0573
2	1.916	0.0720	0.0692	0.0637
3	1.923	0.0750	0.0755	0.0700
4	1.925	0.0800	0.0814	0.0759
5	1.933	0.0840	0.0875	0.0820
6	1.942	0.0880	0.0934	0.0878
7	1.952	0.0940	0.0996	0.0940
8	1.969	0.1020	0.1062	0.1006
9	1.981	0.1130	0.1127	0.1070
10	2.003	0.1250	0.1197	0.1140
11	2.027	0.1390	0.1271	0.1213
12	2.055	0.1570	0.1351	0.1292
13	2.094	0.1800	0.1441	0.1381
14	2.127	0.2070	0.1529	0.1468
15	2.172	0.2390	0.1593	0.1531

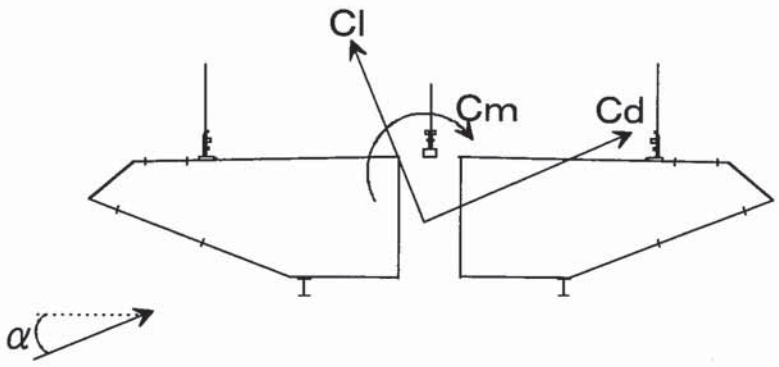
C_mの補正

$$C_m' = C_m - \frac{D}{B^2} \cdot Cd \cdot \Delta y$$

Δy＝せん断中心－桁中心
＝3.33－2.7615
＝0.5685 m

D；桁見附高さ=5.24 m
B；桁見附幅=32.23 m





図－6.3.1　主桁の風荷重算定に用いた三分力データ

(1) 風速

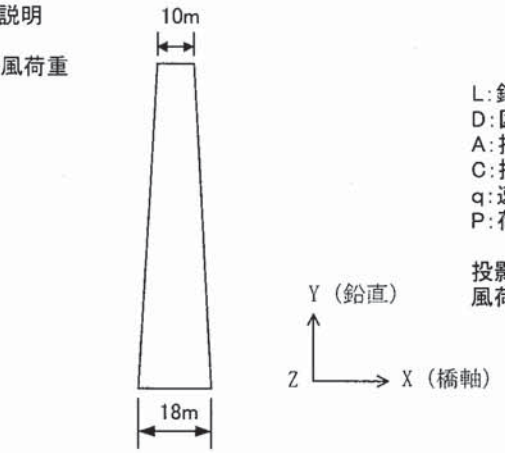
V=13.2～82.1m/s

(2) 受風面積及び抗力係数

	抗力係数	受風面積(m^2/m)		載荷位置
		中央径間	測径間	
主　塔	1.8	表-6.3.1		風上および風下側シャフトの節点に載荷
主　桁	図－6.3.1	5.24	5.24	分担長さ分をSiに載荷
主ケーブル	0.7	2.32/2(本)	2.32/2(本)	ケーブル位置(a)
ハンガー	0.7	0.70/2(本)	0.86/2(本)	ケーブル(a)、ハンガー定着位置に載荷(b)

(3) 記号の説明

1) 主塔風荷重

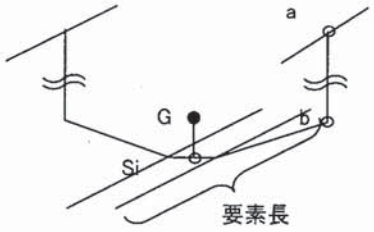


主塔見付け幅(側面図)

L:鉛直方向区間長
D:区間中央見付幅
A:投影断面積
C:抗力係数
q:速度圧力
P:荷重

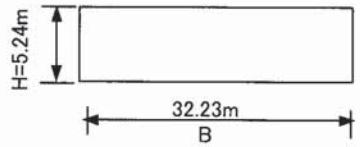
投影面積　A=L×D
風荷重　P=A･C･q

2) 桁風荷重



模型モデル

L:橋軸方向要素長
H:桁高さ
B:桁幅
q:速度圧力
P:荷重



抗力　　$D=1/2\cdot\rho\cdot V^2\cdot Cd\cdot H\cdot L$

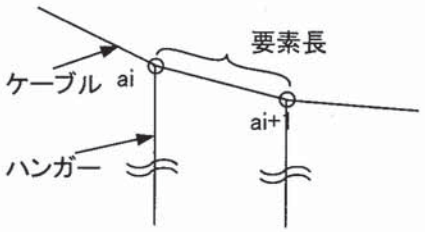
揚力　　$L=1/2\cdot\rho\cdot V^2\cdot Cl\cdot B\cdot L$

空力モーメント　$M'=1/2\cdot\rho\cdot V^2\cdot Cm'\cdot B^2\cdot L$

ρ=1.30kg/m^3(実験時の空気密度)

図－6.3.2(1)　　風荷重載荷方法(1)　－主桁，主塔－

3) メインケーブル風荷重



L:橋軸方向要素長

A:単位長当たりの受風面積

（ハンガーケーブル上半分を含む）

測径間　A=2.32/2+0.86/2/2=1.3725m^2/m

中央径間　A=2.32/2+0.70/2/2=1.3350m^2/m

C:抗力係数

q:速度圧力

P:荷重

風荷重　P=L・A・C・q

4) ハンガー風荷重

ハンガー分の風荷重は、半分を 3) に示すようにメインケーブルに載荷し、残り半分を桁に載荷する。（ハンガーの風荷重は桁の迎角に依存しないので別途計算し載荷する）

図－6.3.2(2)　風荷重載荷方法（２）　－ケーブル－

表-6.3.1　主塔の諸元概要

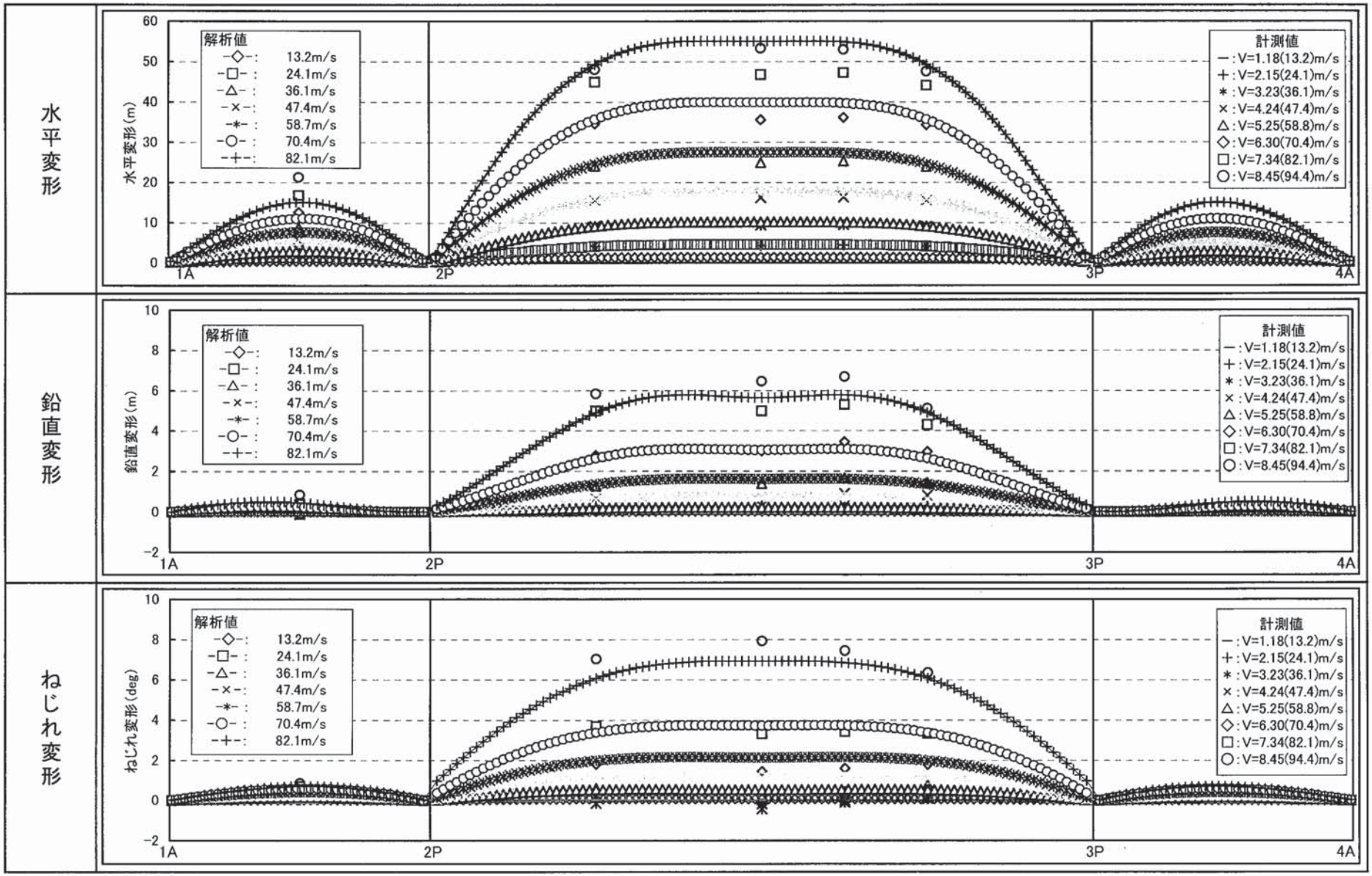
	要素番号*	i端節点	j端節点	L (m)	D (m)	A (m^2)
頂部	4001	503	101	7.00	10.077	70.54
	4002	101	102	58.50	10.792	631.35
	4003	102	103	70.50	12.202	860.25
	4004	103	104	82.50	13.874	1144.63
	4005	104	150	76.50	15.612	1194.32
	4006	150	105	21.00	16.678	350.23
基部	4007	105	106	50.00	17.454	872.68

片側シャフト分。（反対シャフト値は同）

（備考）　L：部材長、D：区間中央見付幅、A：断面積

６．４　解析結果

静的解析結果を水平たわみ、鉛直たわみ、ねじれ変形毎に図－6.4.1 に，代表点の数値を表－6.4.1 にそれぞれ大型模型風洞試験結果と比較して示す。同図には、大型風洞試験結果と各々の風速の解析結果を比較して載せている。これより、水平たわみにおいては、各風速において、試験結果よりもやや大きくなる傾向があり、風速 82.0m/s では試験結果と比べて 10～18%大きくなっている。静的特性試験における水平載荷時の水平変形の解析結果が試験値よりも４%程度大きいこと（表－6.2.1）から、定性的には同じ傾向を示しているが、隔たりは大きくなっている。また、鉛直変形については、図より概ね良好な結果を示している。風速 82.0m/s の変位を比較すると、試験結果より 0～13%大きい。ねじれ変形については、解析結果と試験結果の偏差が最も大きい。風速 82.0m/s における中央径間中央部（L/2）点のねじれ変形の解析値は、試験値の２倍程度の＋6.9deg.にも達している。これは、静的特性試験におけるねじれ載荷試験の解析結果が試験結果よりも 14%程度大きいこと、線形化有限変位解析と有限変位解析の違いは 3～4%程度であること（表－6.2.1 参照）、静的空気力特性からねじれ変形と共に空力モーメント係数も大きくなり更に変形量が大きくなること（図－6.1.1 参照）から、剛性棒のモデル化にも原因があると判断されるが、それが主原因かどうかは明らかではない。さらに、その他の原因として、遮風壁のレイノルズ数依存性も考えられる。ねじれ変形量のずれは、この後に実施するフラッター解析にも大きな影響を与えることから、今後この原因を検討する必要がある。ねじれ変形の違いにより静的空気力係数が変化するため水平変形、鉛直変形にも影響を与えるが、ねじれ変形は実験結果の方が小さいため、その静的空気力特性から水平変形、鉛直変形の解析結果は小さくなり、実験結果に近づく傾向にある。ただし、抗力係数、揚力係数ともに勾配が小さいため、ねじれ変形の違いによる静的空気力係数の違いが水平変形、鉛直変形に与える影響は小さいと考えられる。以上より、静的変形解析結果は、試験結果と比較した場合には、桁のねじれ変形量が大きな隔たりがある。桁のねじれ変形は、耐風性に大きな影響を及ぼす事から、本構造形式の実橋レベルの耐風性評価を実施するにあたっては、この原因を更に検討する必要があると判断される。



図－6.4.1　静的変形解析結果と試験結果との比較図

表－6.4.1(1)　静的変形解析結果と試験結果との比較

(a)　実橋換算風速:V＝13.2m/s

橋軸方向座標(m)	位置	試験結果 ①			解析結果 ②			偏差 (②／①－1)		
		鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形	水平変形	ねじれ変形
−1950	側径間L/2	−0.055	0.427	0.017	0.002	0.380	0.022	−104.2%	−11.1%	24.7%
−700	中央径間L/4	0.080	1.279	0.111	0.011	1.209	0.067	−86.5%	−5.5%	−39.9%
0	中央径間L/2	0.074	1.269	−0.083	0.014	1.352	0.065	−80.6%	6.5%	−178.5%
350	中央径間5L/8	0.083	1.313	−0.038	0.013	1.346	0.068	−83.8%	2.5%	−278.4%
700	中央径間3L/4	0.079	1.215	0.061	0.011	1.209	0.067	−86.4%	−0.5%	10.2%

(b)　実橋換算風速:V＝24.1m/s

橋軸方向座標(m)	位置	試験結果 ①			解析結果 ②			偏差 (②／①－1)		
		鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形	水平変形	ねじれ変形
−1950	側径間L/2	−0.089	1.459	0.028	0.009	1.268	0.073	−109.8%	−13.1%	157.9%
−700	中央径間L/4	0.018	4.114	−0.088	0.049	4.035	0.227	178.7%	−1.9%	−359.1%
0	中央径間L/2	0.039	4.216	−0.194	0.063	4.512	0.222	63.0%	7.0%	−214.6%
350	中央径間5L/8	0.088	4.343	−0.063	0.060	4.492	0.232	−31.3%	3.4%	−468.6%
700	中央径間3L/4	0.116	4.068	0.090	0.049	4.035	0.227	−57.6%	−0.8%	153.8%

(c)　実橋換算風速:V＝36.1m/s

橋軸方向座標(m)	位置	試験結果 ①			解析結果 ②			偏差 (②／①－1)		
		鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形	水平変形	ねじれ変形
−1950	側径間L/2	−0.120	3.239	0.109	0.022	2.850	0.163	−118.4%	−12.0%	50.5%
−700	中央径間L/4	0.221	9.070	−0.150	0.175	9.086	0.536	−20.7%	0.2%	−457.5%
0	中央径間L/2	0.273	9.345	−0.420	0.218	10.162	0.533	−20.2%	8.7%	−226.9%
350	中央径間5L/8	0.284	9.431	−0.109	0.213	10.116	0.554	−24.8%	7.3%	−609.1%
700	中央径間3L/4	0.259	9.018	0.082	0.175	9.086	0.536	−32.4%	0.8%	557.2%

(d)　実橋換算風速:V＝47.4m/s

橋軸方向座標(m)	位置	試験結果 ①			解析結果 ②			偏差 (②／①－1)		
		鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形	水平変形	ねじれ変形
−1950	側径間L/2	−0.129	5.630	0.205	0.012	4.933	0.278	−109.0%	−12.4%	35.7%
−700	中央径間L/4	0.631	15.730	0.189	0.589	15.866	1.092	−6.5%	0.9%	478.8%
0	中央径間L/2	0.737	16.178	−0.177	0.733	17.746	1.141	−0.5%	9.7%	−745.9%
350	中央径間5L/8	0.898	16.360	−0.005	0.722	17.667	1.165	−19.5%	8.0%	−24259.3%
700	中央径間3L/4	0.815	15.629	0.313	0.589	15.866	1.092	−27.7%	1.5%	248.5%

表－6.4.1(2)　静的変形解析結果と試験結果との比較

(e)　実橋換算風速:V＝58.7m/s

橋軸方向座標(m)	位置	試験結果 ①			解析結果 ②			偏差 (②／①－1)		
		鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形	水平変形	ねじれ変形
-1950	側径間L/2	-0.114	8.737	0.253	0.048	7.604	0.419	-142.6%	-13.0%	65.5%
-700	中央径間L/4	1.273	24.086	0.598	1.361	24.566	1.982	6.9%	2.0%	231.3%
0	中央径間L/2	1.397	24.886	0.245	1.627	27.459	2.138	16.5%	10.3%	770.7%
350	中央径間5L/8	1.673	25.306	0.438	1.628	27.345	2.156	-2.7%	8.1%	391.7%
700	中央径間3L/4	1.437	23.918	0.812	1.361	24.566	1.982	-5.3%	2.7%	144.0%

(f)　実橋換算風速:V＝70.4m/s

橋軸方向座標(m)	位置	試験結果 ①			解析結果 ②			偏差 (②／①－1)		
		鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形	水平変形	ねじれ変形
-1950	側径間L/2	-0.050	12.569	0.526	0.228	11.002	0.591	-558.5%	-12.5%	12.3%
-700	中央径間L/4	2.779	34.540	1.800	2.618	35.645	3.374	-5.8%	3.2%	87.5%
0	中央径間L/2	2.987	35.538	1.439	3.038	39.822	3.722	1.7%	12.1%	158.7%
350	中央径間5L/8	3.450	36.160	1.596	3.086	39.671	3.721	-10.5%	9.7%	133.1%
700	中央径間3L/4	2.961	34.285	1.782	2.618	35.645	3.374	-11.6%	4.0%	89.3%

(g)　実橋換算風速:V＝82.0m/s

橋軸方向座標(m)	位置	試験結果 ①			解析結果 ②			偏差 (②／①－1)		
		鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形 (m)	水平変形 (m)	ねじれ変形 (deg)	鉛直変形	水平変形	ねじれ変形
-1950	側径間L/2	0.370	16.780	0.691	0.444	15.057	0.701	20.0%	-10.3%	1.4%
-700	中央径間L/4	4.980	44.891	3.676	4.888	49.315	6.070	-1.8%	9.9%	65.2%
0	中央径間L/2	4.976	46.719	3.311	5.640	55.048	6.931	13.3%	17.8%	109.3%
350	中央径間5L/8	5.286	47.244	3.417	5.766	54.884	6.845	9.1%	16.2%	100.4%
700	中央径間3L/4	4.288	44.120	3.322	4.888	49.315	6.070	14.0%	11.8%	82.7%

【参考文献】

1)　土木学会：鋼構造シリーズ８　吊橋〔技術とその変遷〕，1996.12.

7．フラッター解析

7．1　非定常空気力特性

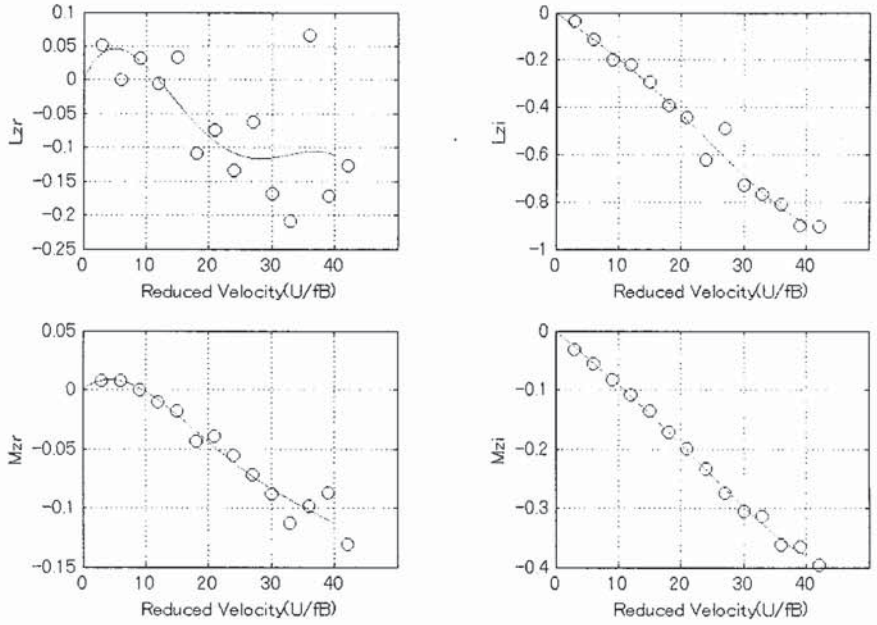
大型風洞試験断面（第２章　P7_E_ON 断面　縮尺：1/65）を対象に非定常空気力試験を実施した。非定常空気力試験は、強制加振法（加振振動数、原則 2Hz）を用いて、α=0°、+3°、+6°、+8°、+10° のケースを測定した。試験ケースは静的解析によるねじれ変形から定めた。非定常空気力係数は以下の形で無次元化しており、無次元風速（U/fB、U：風速、ｆ：加振振動数、B:模型弦長）の関数で整理される。

$$L = \pi\rho B^3\omega^2\left[L_{Zr}\frac{Z}{B} + L_{Zi}\frac{\dot{Z}}{B\omega} + L_{\theta r}\theta + L_{\theta i}\frac{\dot{\theta}}{\omega}\right]$$

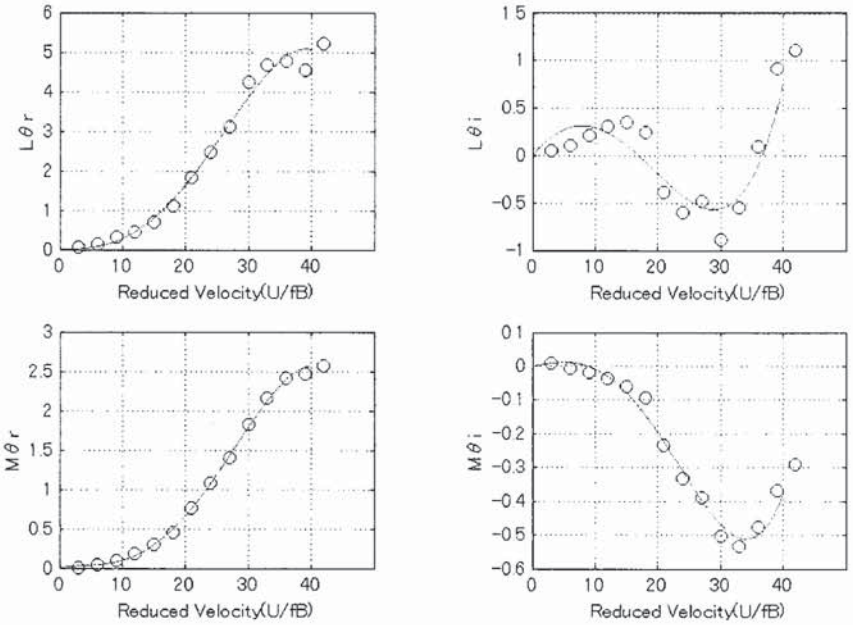
$$M = \pi\rho B^4\omega^2\left[M_{Zr}\frac{Z}{B} + M_{Zi}\frac{\dot{Z}}{B\omega} + M_{\theta r}\theta + M_{\theta i}\frac{\dot{\theta}}{\omega}\right]$$

L、Mは非定常空気力、L_{Zr}、L_{Zi}、$L_{\theta r}$、$L_{\theta i}$、M_{Zr}、M_{Zi}、$M_{\theta r}$、$M_{\theta i}$は非定常空気力係数、ωは加振円振動数（$=2\pi f$）、f は加振振動数、Z、θはそれぞれ鉛直変位とねじれ変形を各々示す。

加振波形 100 波に相当する時間を１回の計測時間とし、それを３回計測し、１回毎に求めた非定常空気力係数の平均値を代表値としてプロットした。非定常空気力試験結果を図－7.1.1 (1)～(5)に示す。これより、非定常空気力係数の虚部と実部との比が大きい所、すなわち振幅との位相差が０°、９０° に近い所では数値にばらつきが見られるものの、概ね連続性が保たれていると判断される。計測された非定常空気力係数を基に二次元フラッター解析を実施し、計測された非定常空気力係数の妥当性を検討した。二次元フラッター解析条件はばね支持試験条件と同一とした（表－2.2.1.1 参照）。検討結果をばね支持試験結果（図－2.2.2.3 の P7_E_ON 断面）と比較して図－7.1.2 に示す。耐風性を表す指標として、形状補正係数κ（＝フラッター発現風速／ゼルベルグ式で定義される値）を用いた。同図より、二次元フラッター解析結果の方が、試験を行なった全ての迎角（＋６° まで）においてκ値が高くなっている。しかしながら、両者の差は 10%程度であること、迎角特性は同一傾向であることから、計測された非定常空気力係数は概ね妥当であると判断される。一方、大迎角の迎角＋８°、＋10° ではκ値が低下していることから、中央径間中央部で迎角＋８° 以上のねじれ角が生じた場合にはフラッター発現風速が低下することが危惧される。

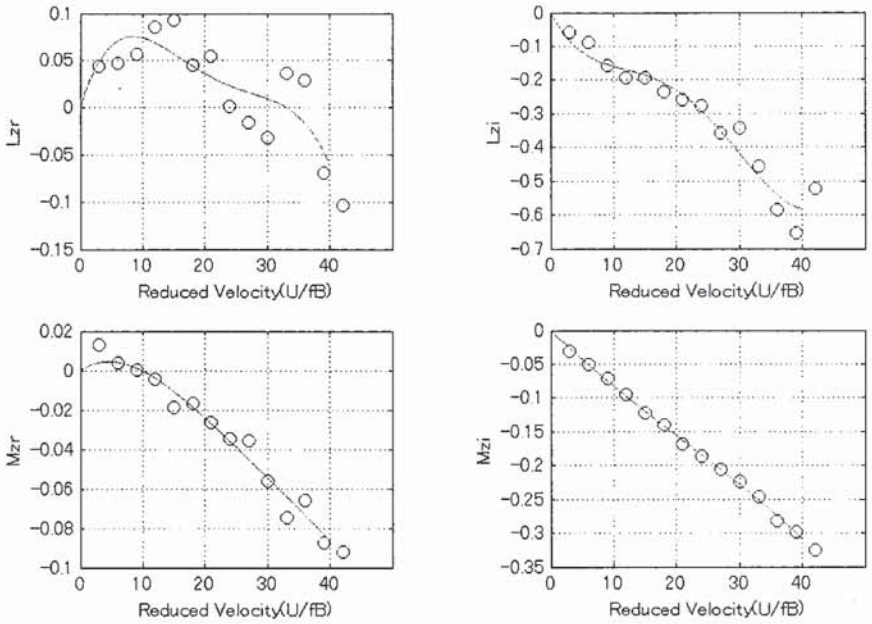


（a）　たわみ加振

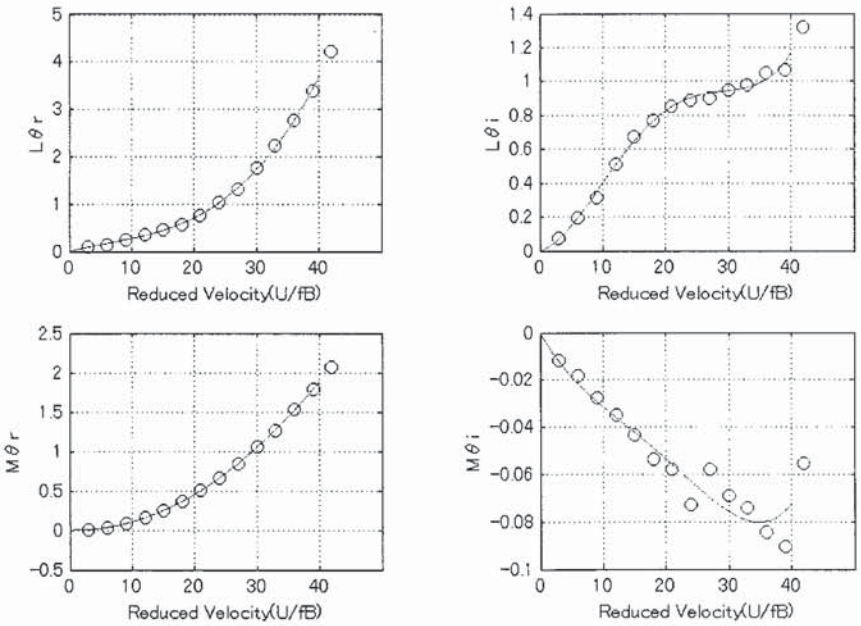


（b）　ねじれ加振

図－7.1.1(1)　　非定常空気力試験結果（迎角０°）

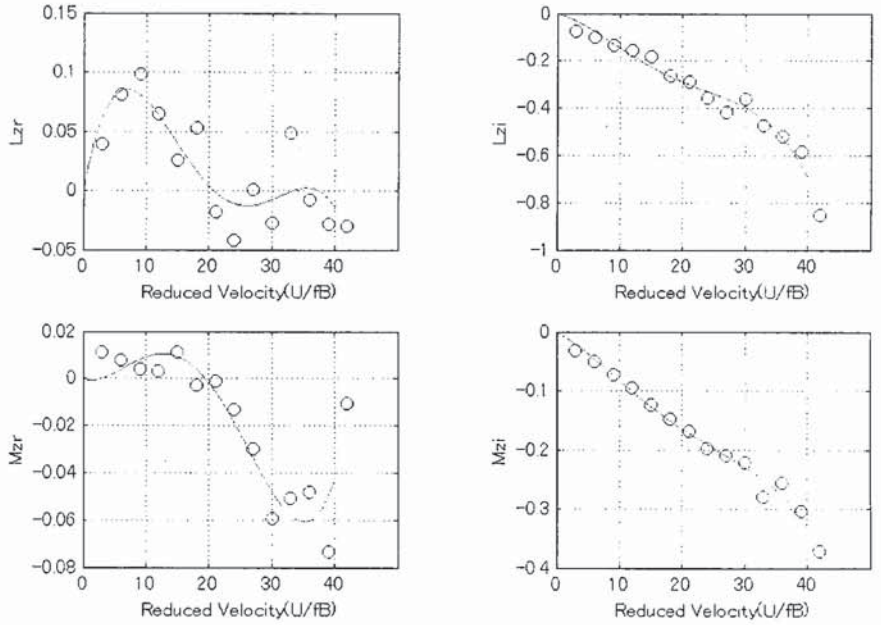


（a）　たわみ加振

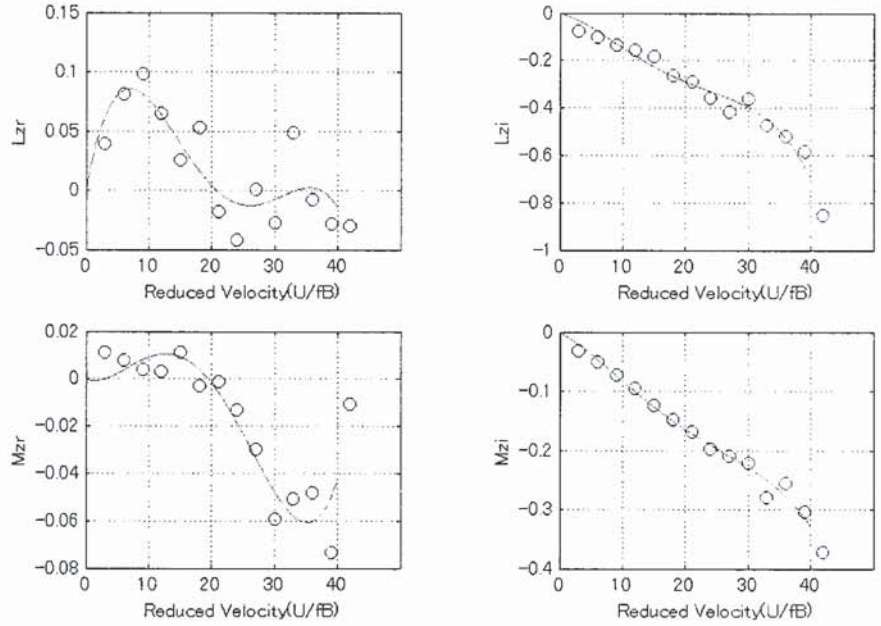


（b）　ねじれ加振

図－7.1.1(2)　　非定常空気力試験結果（迎角＋３°）

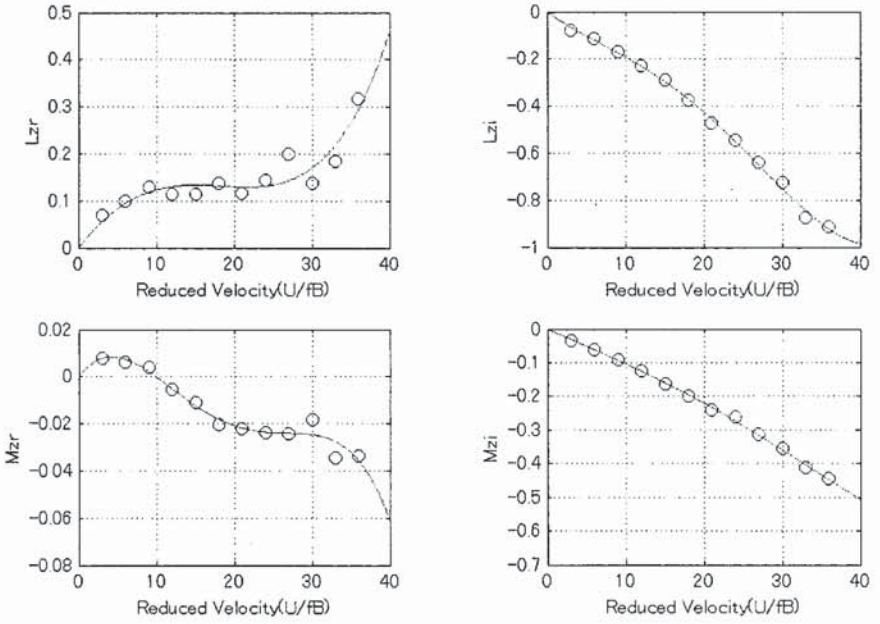


（a）　たわみ加振

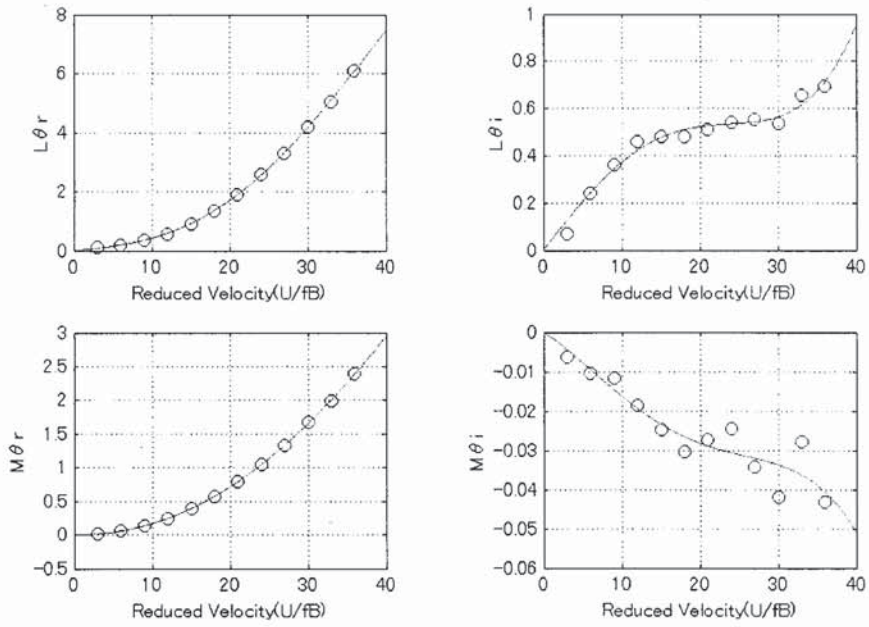


（b）　ねじれ加振

図－7.1.1(3)　　非定常空気力試験結果（迎角＋6°）

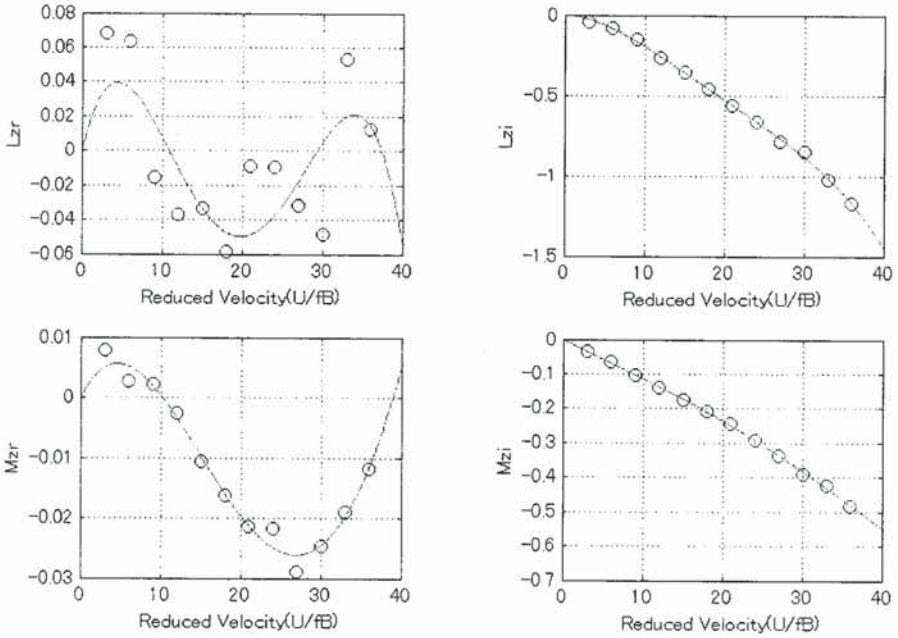


（a）　たわみ加振

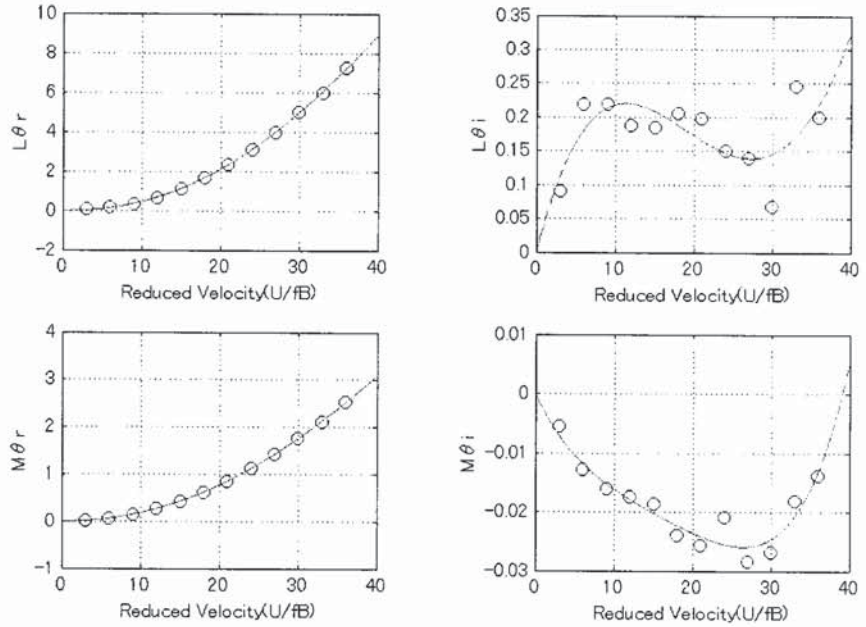


（b）　ねじれ加振

図－7.1.1(4)　　非定常空気力試験結果（迎角＋８°）

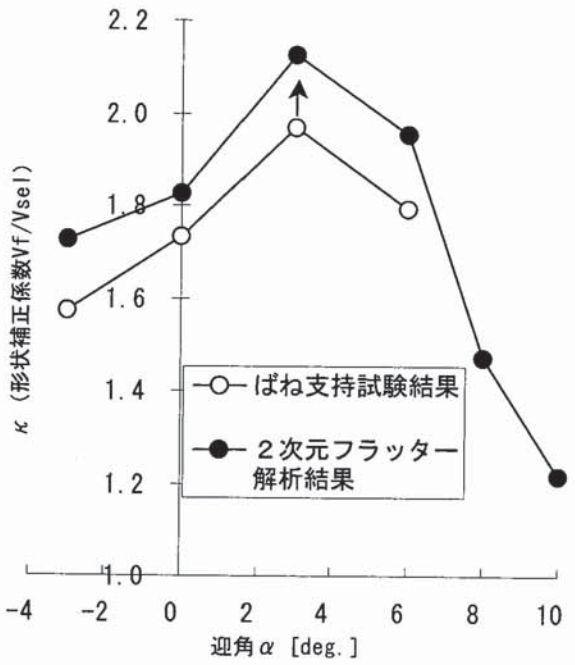


（ａ）　たわみ加振



（ｂ）　ねじれ加振

図－7.1.1(5)　　非定常空気力試験結果（迎角＋１０°）



図－7.1.2　　非定常空気力係数の妥当性検討結果
（大型模型風洞試験実施断面　P7_E_ON 断面）

７．２　解析方法・条件

フラッター解析にはモード重ね合わせ法を用いた。フラッター解析条件を表－7.2.1 に示す。重ね合わせたモードは 100 次とし、非定常空気力係数は鉛直たわみ、ねじれ振動により発生する揚力、モーメント、抗力の準定常空気力のみ考慮した。静的ねじれ角には、第６章で実施した風速 82.1m/s 時の静的変形値を用い、固有振動モードにはその変形状態から固有値解析を実施した結果を用いた。なお、今回の解析では鉛直たわみ、ねじれに伴う非定常抗力は考慮していないが、主桁の三分力曲線から抗力係数勾配が小さいこと（図－6.1.1）から非定常抗力の影響は大きくないと考えている。

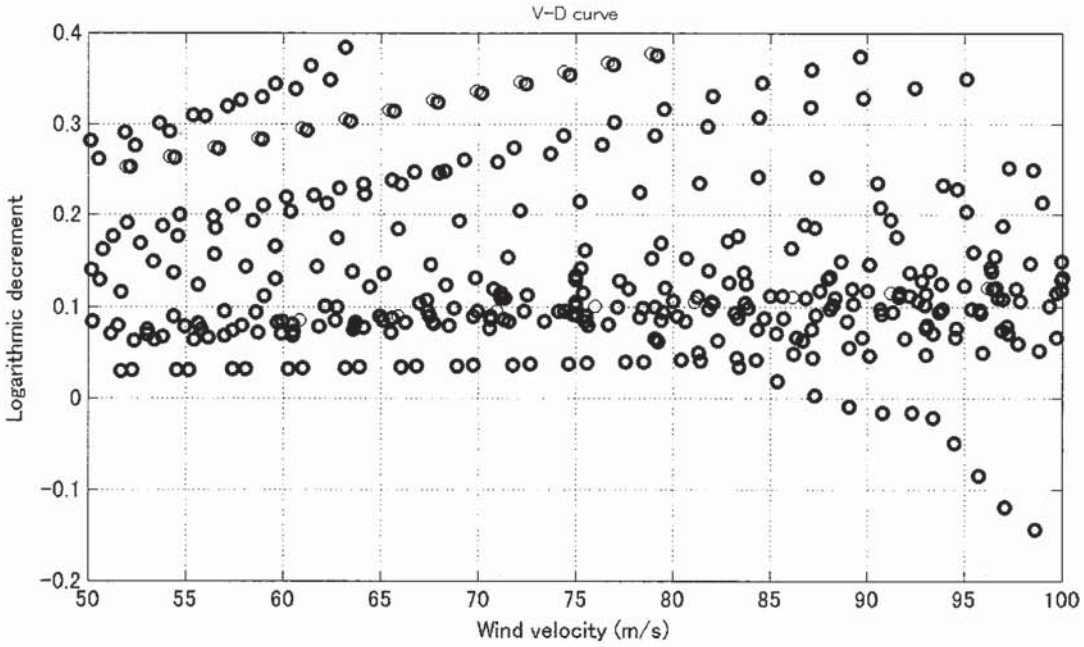
表－7.2.1　　フラッター解析条件

<table>
<tr><td>項　目</td><td>解析条件</td></tr>
<tr><td>解析手法</td><td>モード組合せ法
低次１００次モードを取り込む
有風時固有モードを使用（風速 82.1m/s 時）</td></tr>
<tr><td>空気密度</td><td>1.303 kg/m³　（風洞試験時の計測値）</td></tr>
<tr><td>有風時静的変形</td><td>考慮する。風速 82.1m/s の解析値を使用（第６章参照）。</td></tr>
<tr><td>構造減衰</td><td>全モード　δ＝0.02</td></tr>
<tr><td>空気力係数</td><td>主桁：
<table>
<tr><td></td><td>鉛直</td><td>ねじれ</td><td>水平</td></tr>
<tr><td>揚力</td><td>○</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>モーメント</td><td>○</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>抗力</td><td>×</td><td>×</td><td>△</td></tr>
</table>
○　：非定常空気力　△：準定常空気力　×：考慮せず

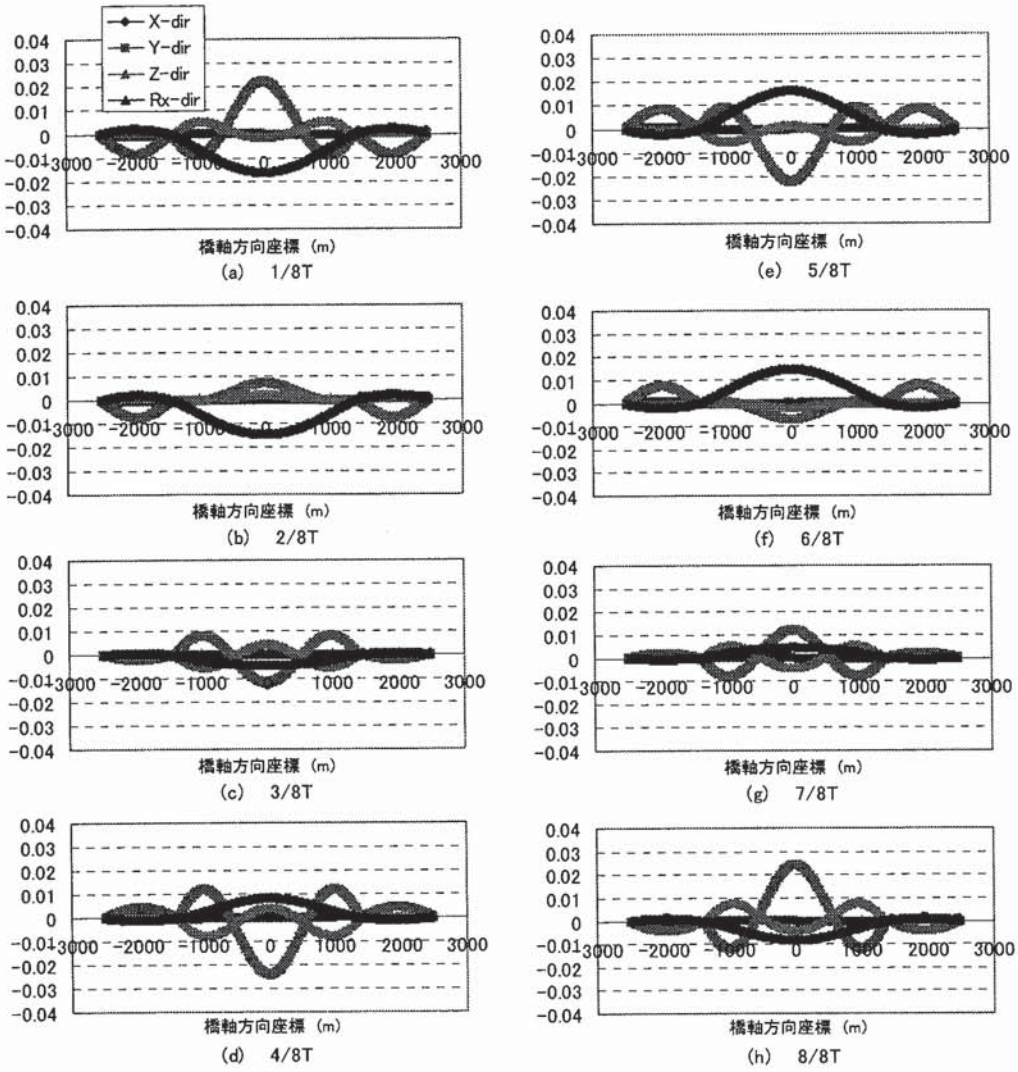
ケーブル：
準定常抗力、揚力</td></tr>
<tr><td>非定常空気力係数</td><td>実測値（図－7.1.1）</td></tr>
<tr><td>準定常空気力</td><td>主桁：　実測値（第６章参照）
ケーブル：C_D＝0.7</td></tr>
<tr><td>その他</td><td>計算時　桁幅　32.26m</td></tr>
</table>

７．３　解析結果

風速－対数減衰率曲線を図－7.3.1に示す。これより、フラッター発現風速は88m/sであることがわかる。実験結果の96m/sに対して10%程度の違いであり、主桁の静的ねじれ変形の解析結果が実験値と大きく異なることを考慮するとその差は大きくない。これは、今回用いた有風時モードが風速82.1m/s時のものであったため、その静的変形が94.4m/s時の実験値に近いこと（図－6.4.1参照）に起因すると考えられる。風速－対数減衰率は、実験結果ではフラッター発現風速近傍（実橋換算95m/s付近）で急激に減少している（図－5.3.5参照）が、解析結果では勾配が緩やかである。２次元フラッター解析結果では迎角＋６°と迎角＋８°の間でフラッター発現風速が急激に低下する（図－7.1.1）ことから、実験結果では風速の増加に伴うねじれ変形の増加により急激に対数減衰率が低下しており、今回の解析手法はねじれ変形角を風速82.1m/sの解析結果の一定値として実施しているためその効果が表れなかったとも考えられるが、詳細は明らかではない。また、補剛桁のフラッターモードを１周期を８分割して図－7.3.2に示す。これより、フラッターモードは、鉛直たわみ対称１次、対称２次モード、ねじれ対称１次モード、水平たわみ対称２次モードが連成したモードであることがわかる。



図－7.3.1　　風速－対数減衰率の関係



(備考)　X-dir：橋軸方向変位　Y-dir:鉛直たわみ変位　Z-dir:水平たわみ変位　Rx-dir:ねじれ変位

ねじれ変位は、桁端の鉛直たわみ変位に換算した。

図－7.3.2　　補剛桁のフラッターモード

あとがき

本報告書は、中央支間 2500～3000m程度の吊橋を対象とし、桁断面に一箱桁を使用した場合について結果をとりまとめたものである。

研究は桁に一箱を使用したケースについて桁断面形状の検討、全橋模型作成時に重要となる剛性橋の検討などを実施した後、全橋模型の設計、製作を行い、一様流中で風洞試験を実施した。

風洞試験については、耐風安定性が確保されていることを確認した。今後は、実験結果を解析手法で確認していくとともに、桁断面についても改善の余地がないか検討を加えていく必要があると考えている。

付属資料

付属資料Ａ　固有値解析結果及び模型図面

Ａ１　実橋モデル固有解析結果 ---------- A1-1

Ａ２　模型図面 ---------- A2-1

付属資料Ｂ　写真集

Ｂ１　剛性棒構造試験 ---------- B1-1

Ｂ２　模型組み立て状況 ---------- B2-1

Ｂ３　試験実施状況 ---------- B3-1

付属資料Ｃ　試験データ集

Ｃ１　模型特性試験データ図表 ---------- C1-1

Ｃ２　試験解析データ図表 ---------- C2-1

Ｃ３　減衰波形 ---------- C3-1

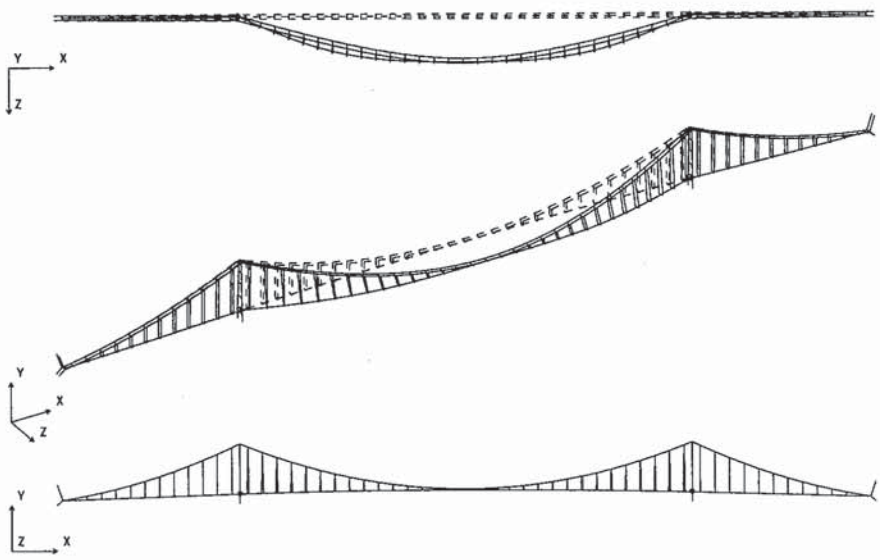
付属資料Ａ１　実橋モデル固有値解析結果

本文３．１の表 3.1.3 に示した実橋モデルの固有値解析結果について，モードの一覧を表 A1-1 に，モード図を図 A1-1～25 に示す。

表 A1-1　　モード一覧

次数	振動数 (Hz)	一般化質量 ($t\cdot s^2/m$)	桁の風の等価質量($t\cdot s^2/m/m$)		
			鉛直方向	橋直方向	ねじれ方向
1	0.0314	4822.6		2.83	
2	0.0537	2917.3		2.19	
3	0.0612	6352.8	4.32		
4	0.0619	4796.2	3.18		
5	0.0641	1235.1		2.06	
6	0.0641	1235.0		2.06	
7	0.0742	4223.0	39.51		
8	0.0750	3962.9	176.48		
9	0.0787	2677.7		2.23	
10	0.0834	5592.1	4.08		
11	0.0995	4261.1	3.13		
12	0.1102	8500.7	8.76		
13	0.1191	3419.2		2.74	
14	0.1300	5634.1	3.14		
15	0.1342	4332.0	3.11		
16	0.1368	1500.8			
17	0.1398	1419.9			
18	0.1449	2469.4		15.94	
19	0.1461	3159.7		8.79	
20	0.1527	2115.7		24.43	
21	0.1535	2172.8		13.22	
22	0.1540	1241.3			
23	0.1540	1241.3			
24	0.1572	3494.8		128.39	525.96
25	0.1694	3994.5	3.06		
26	0.1724	1812.1	3.15		
27	0.1728	1788.8	3.13		
28	0.1771	3135.8		2.18	
29	0.1897	1137.8		2.07	
30	0.1900	1130.6		2.06	
31	0.2022	4080.3	3.03		
32	0.2098	3009.2			437.27
33	0.2321	1632.7			
34	0.2344	2300.4		7.31	
35	0.2368	3919.5	2.97		
36	0.2426	2183.2		17.42	
37	0.2459	1471.5			
38	0.2562	3726.8		3.18	
39	0.2612	1904.5	3.00		
40	0.2638	2034.7	2.92		
41	0.2713	4362.6	2.92		
42	0.2733	1840.5		39.90	
43	0.2737	2634.6		90.68	511.57
44	0.2755	2280.4		19.07	
45	0.2837	2256.1			431.76
46	0.2846	1284.2			
47	0.2846	1284.2			
48	0.3072	4038.2	2.85		
49	0.3118	3273.1		36.64	535.48
50	0.3180	4.35E+03		8.38	

1桁はせん断中心,質量は重心位置でモデル化(実橋・桁連結部の初期張力考慮)



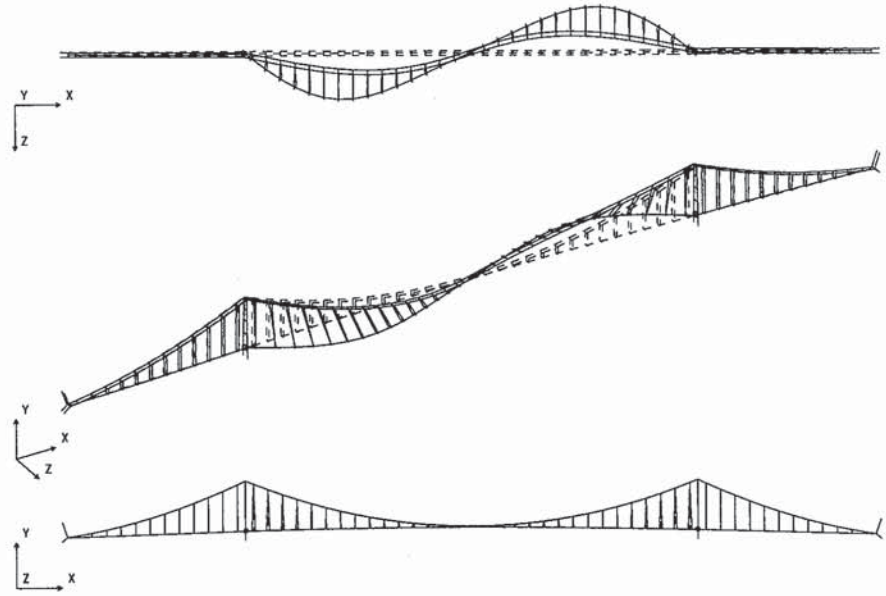
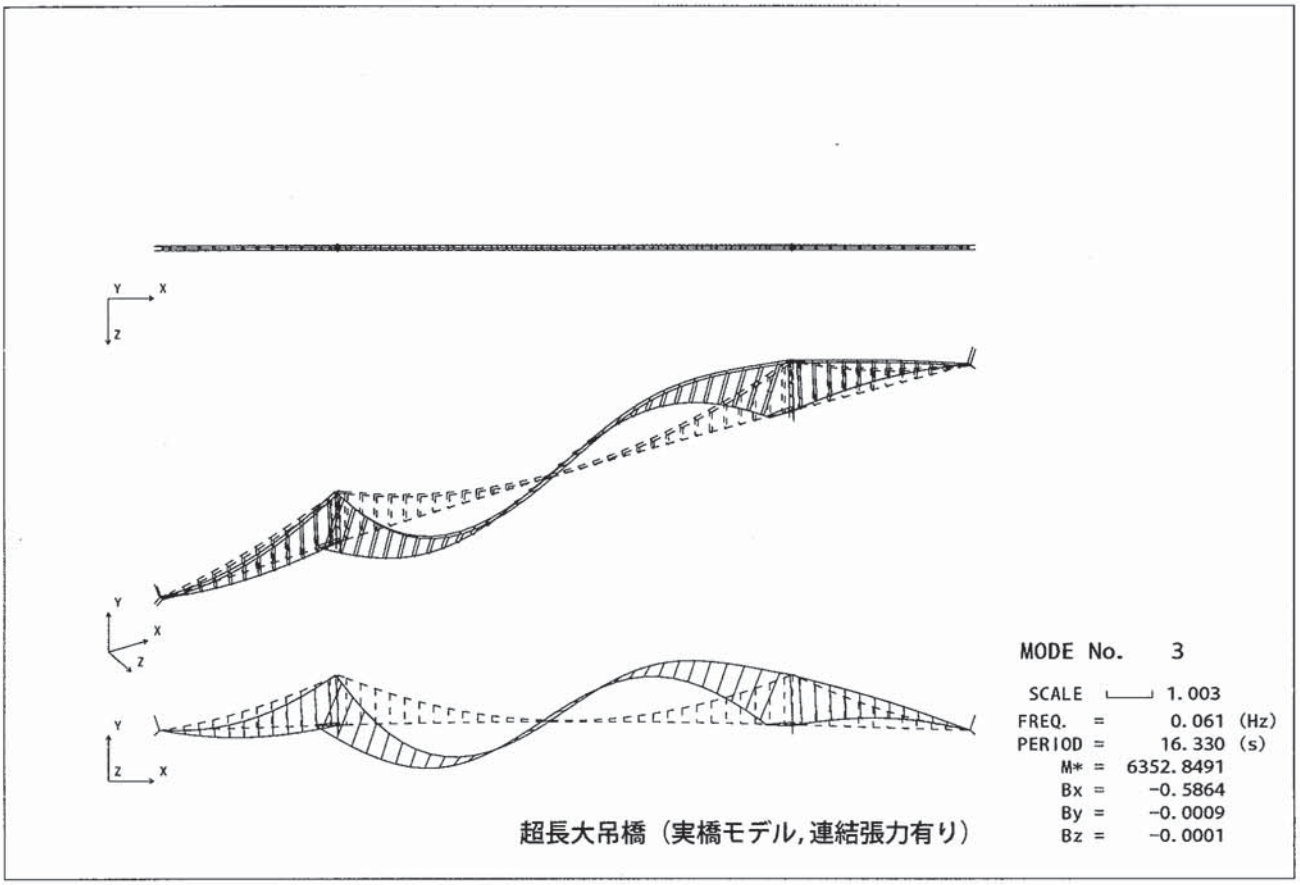


図 A1-1　　実橋モデル　モード図



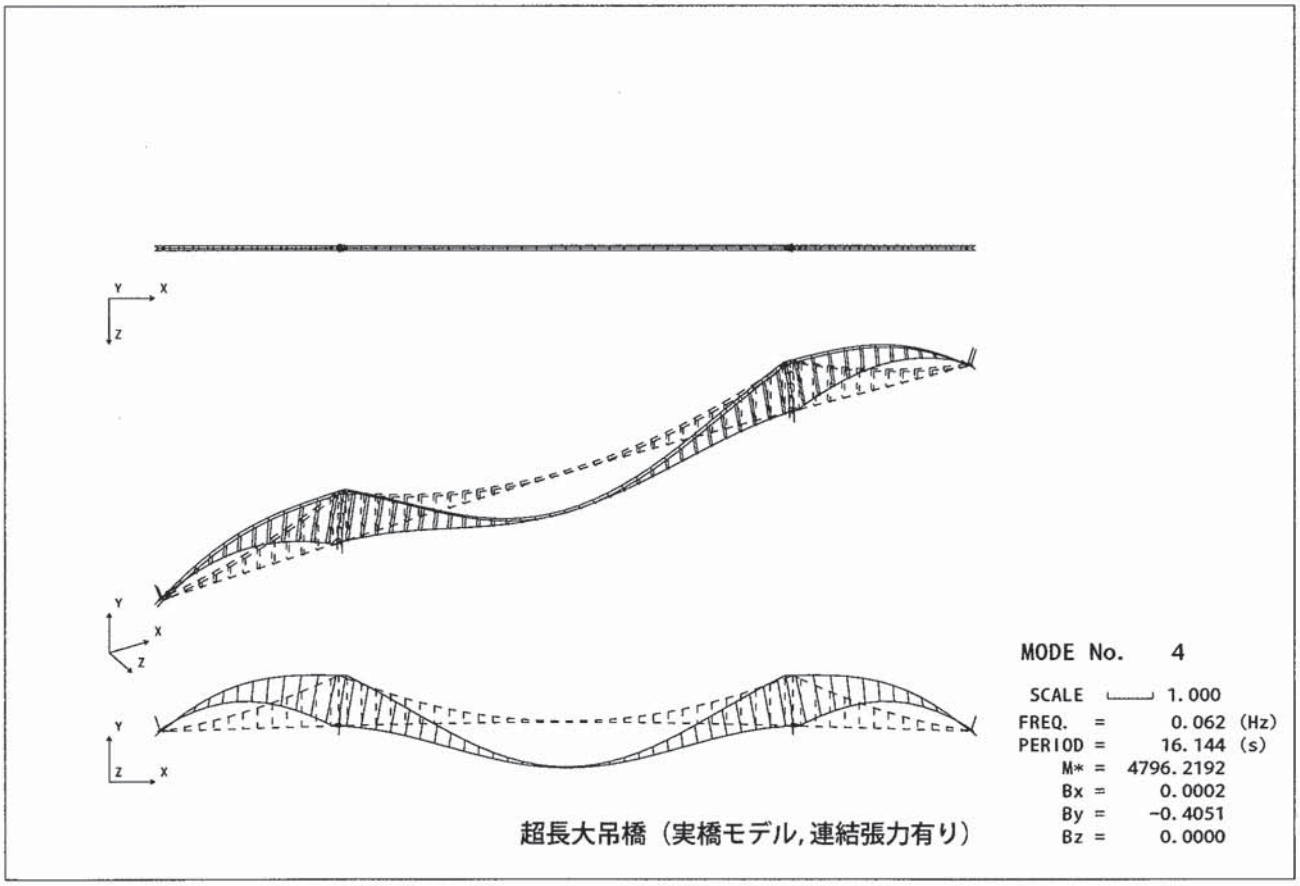
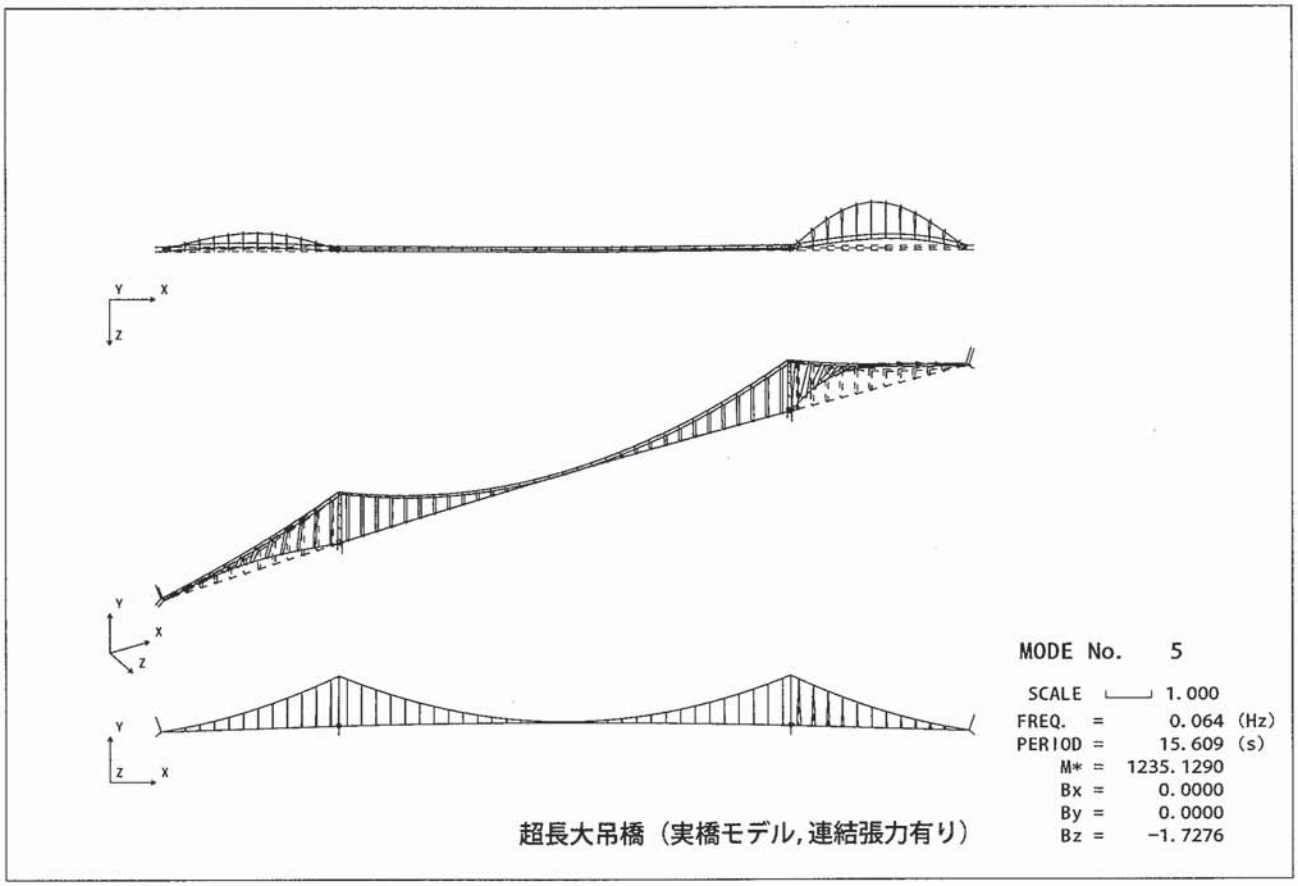


図 A1-2　実橋モデル　モード図



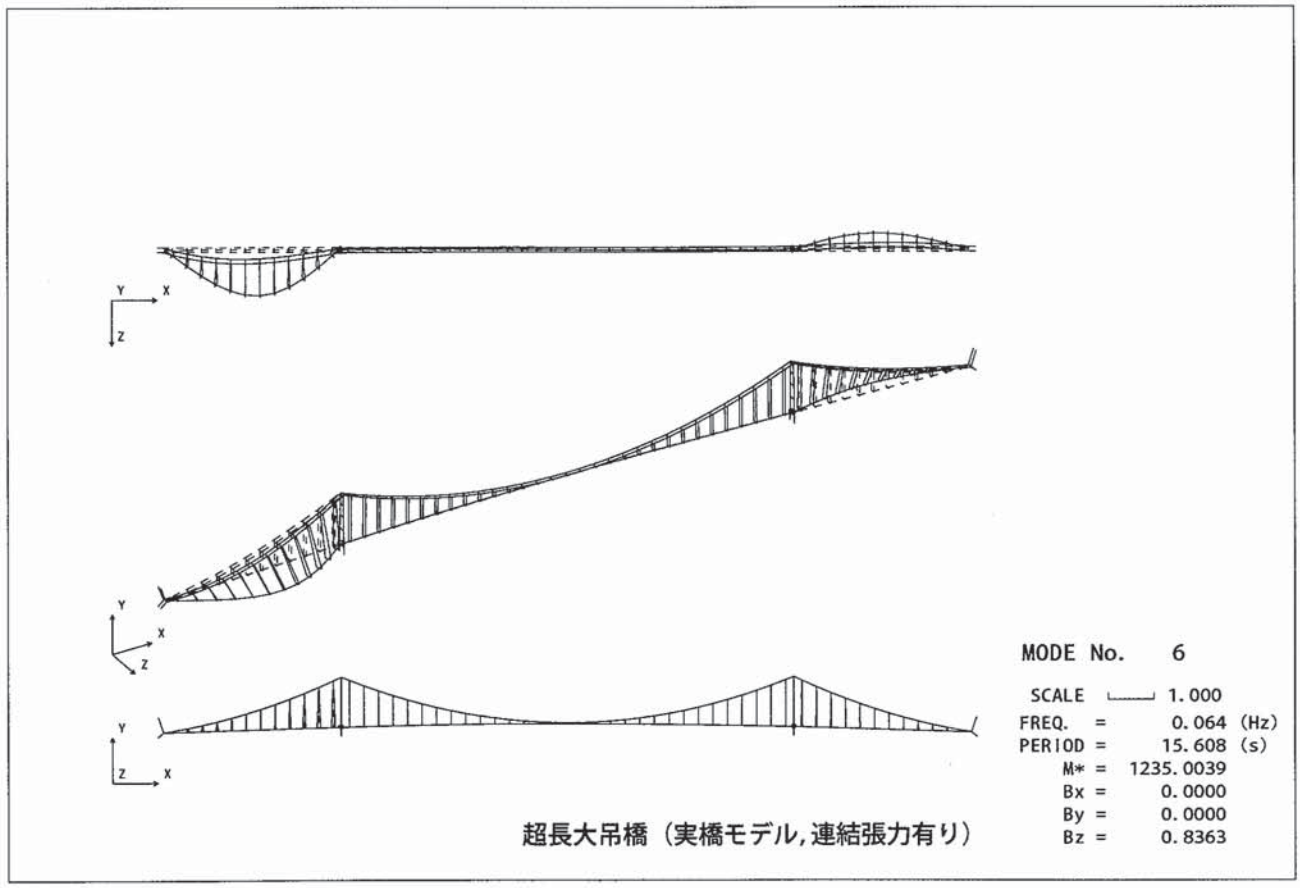
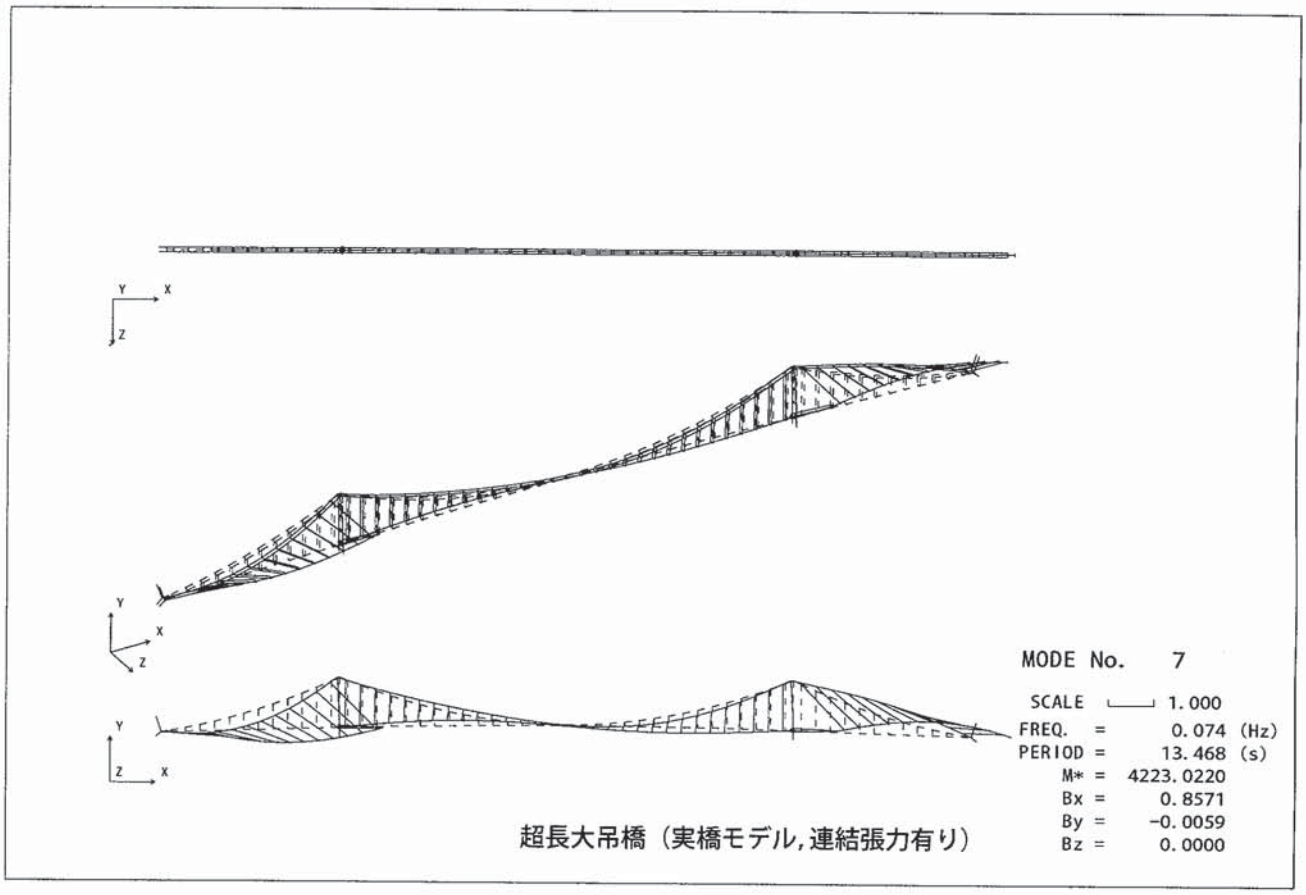


図 A1-3　実橋モデル　モード図



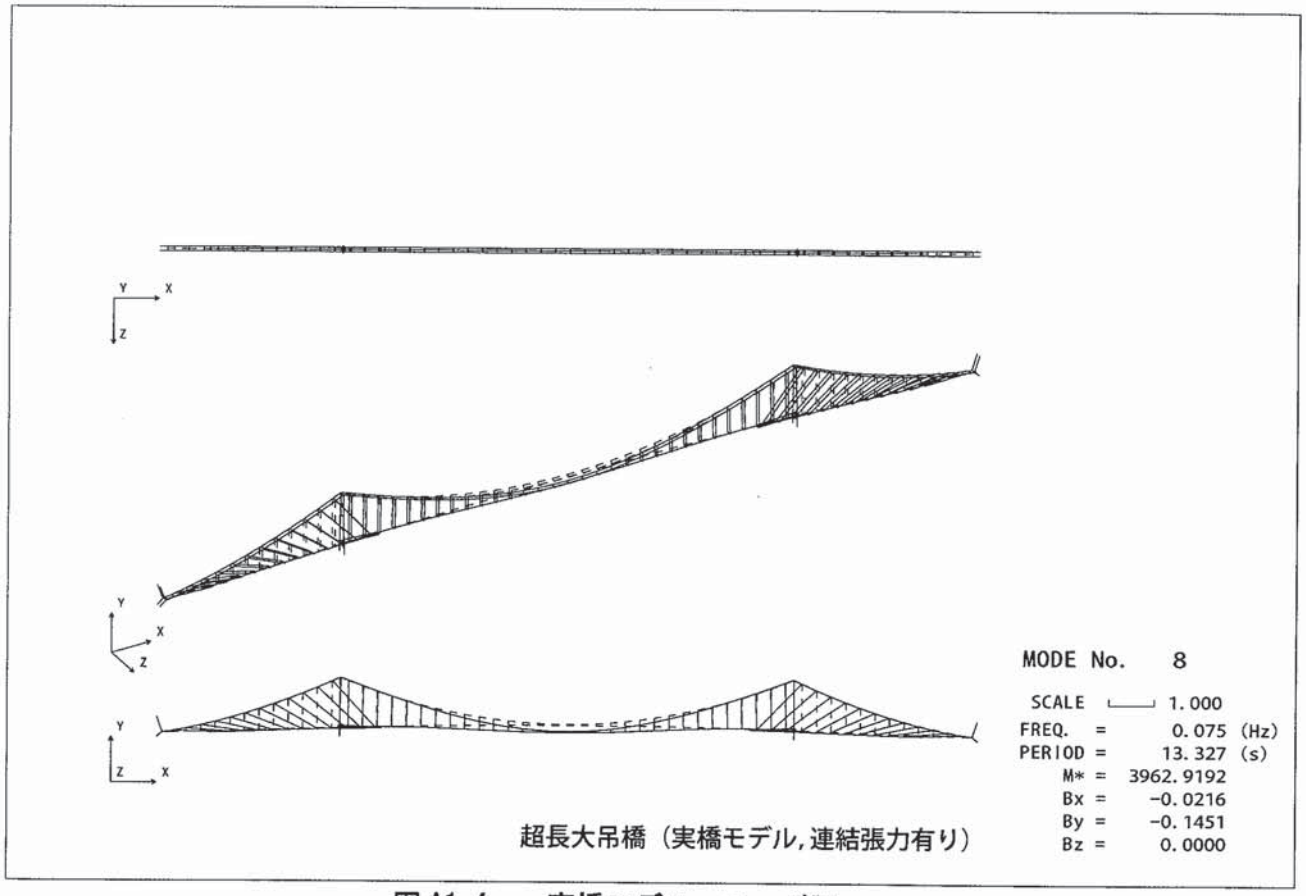
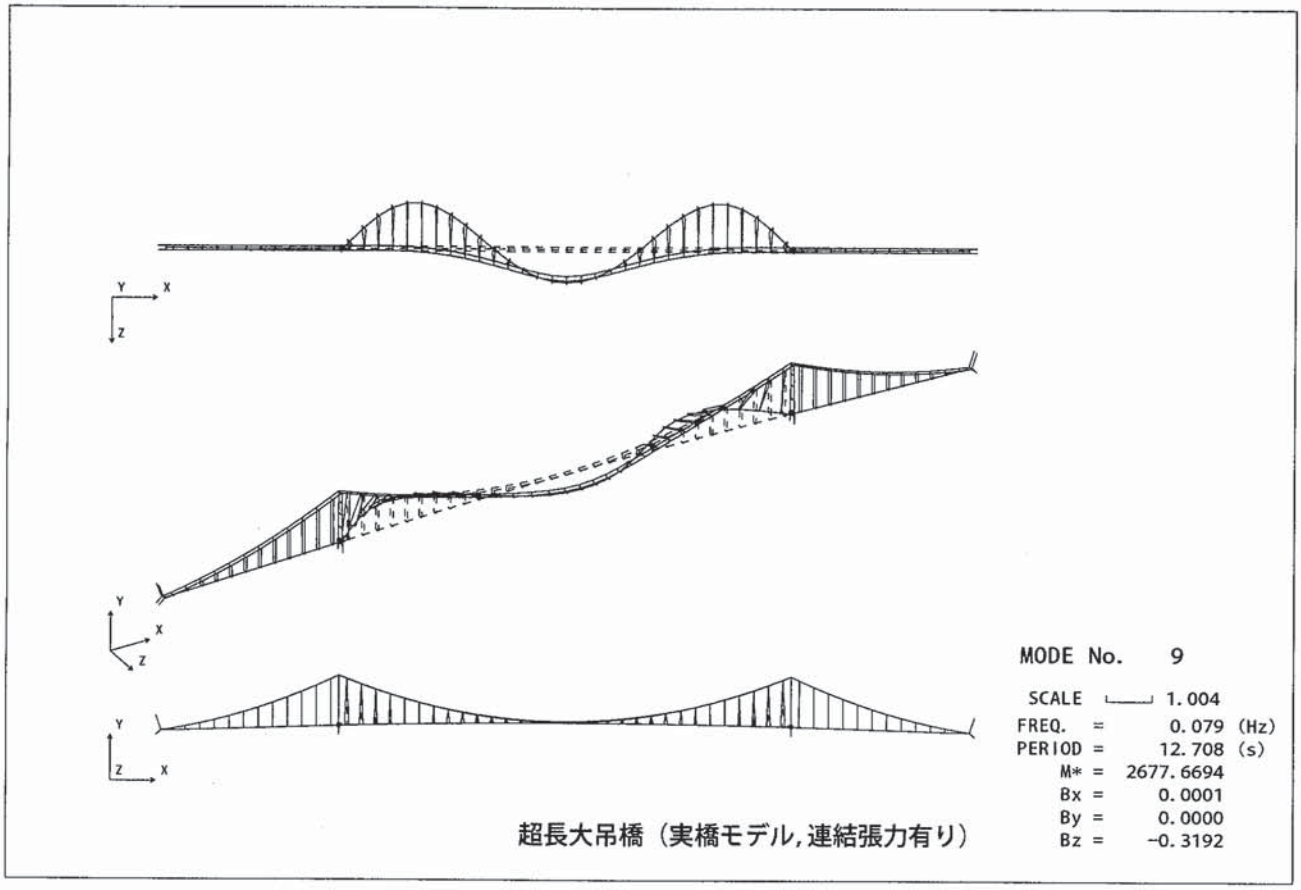


図 A1-4　実橋モデル　モード図



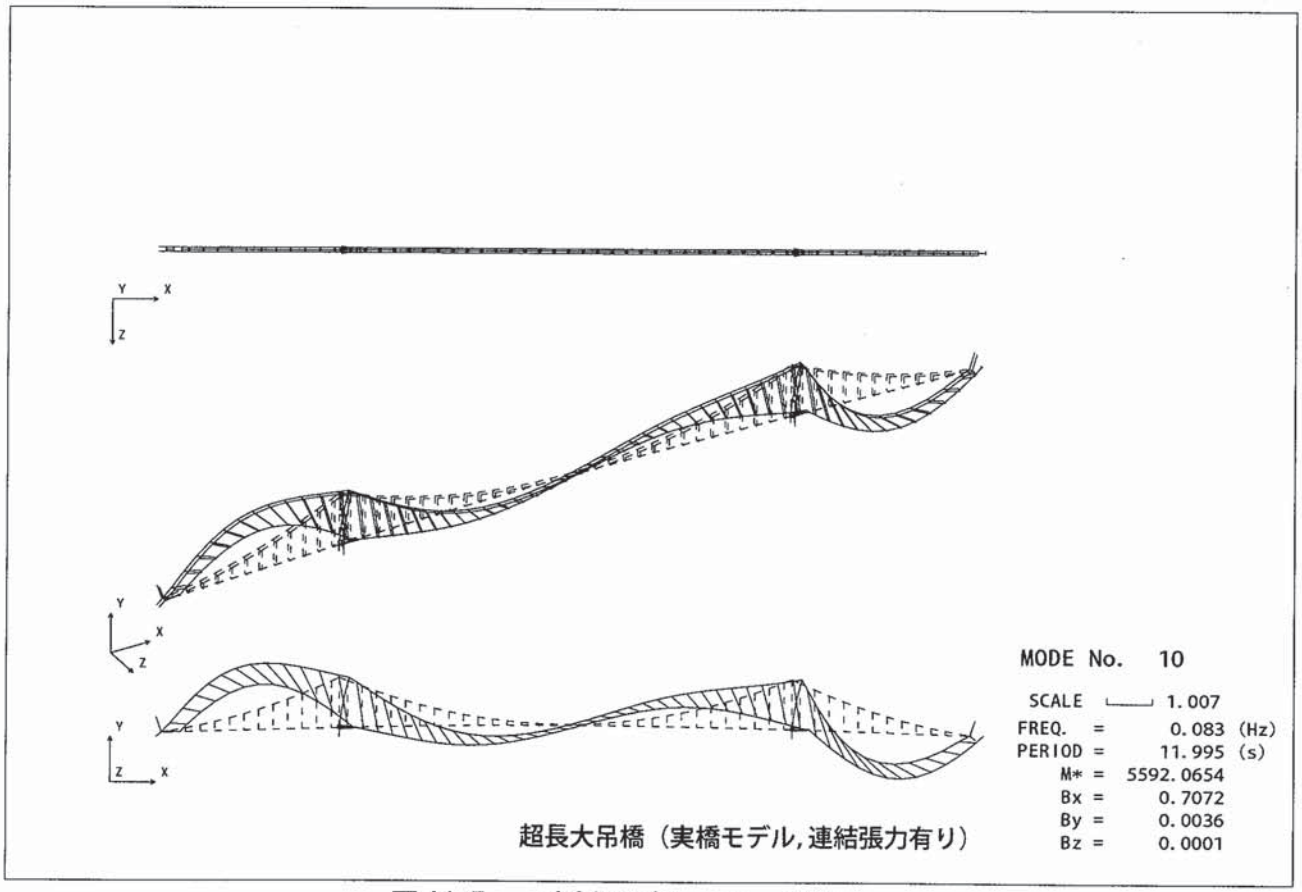
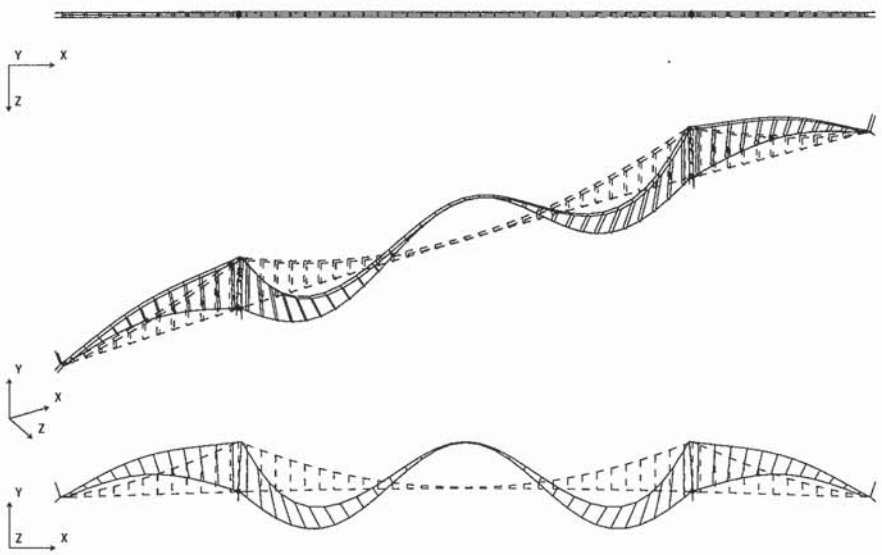


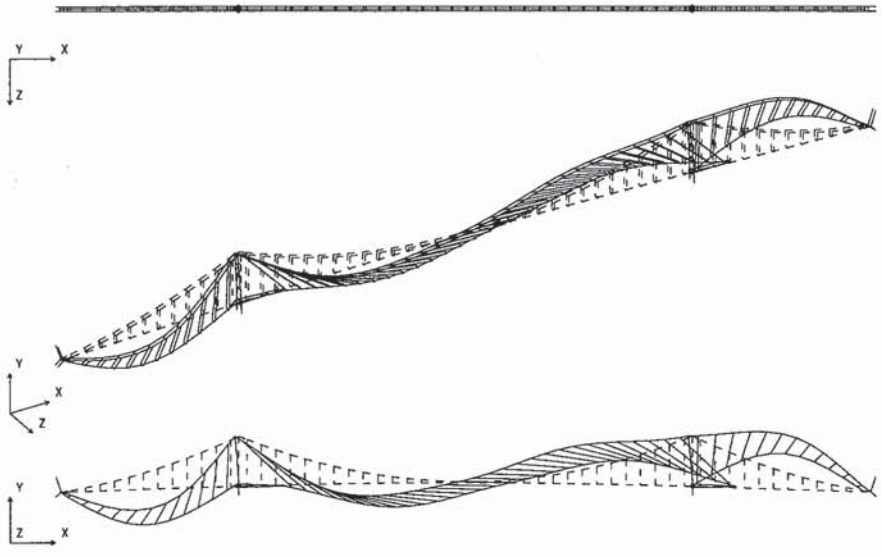
図 A1-5　実橋モデル　モード図



超長大吊橋（実橋モデル,連結張力有り）

MODE No. 11

SCALE 1.000
FREQ. = 0.099 (Hz)
PERIOD = 10.055 (s)
M* = 4261.1040
Bx = 0.0004
By = 0.1745
Bz = 0.0000

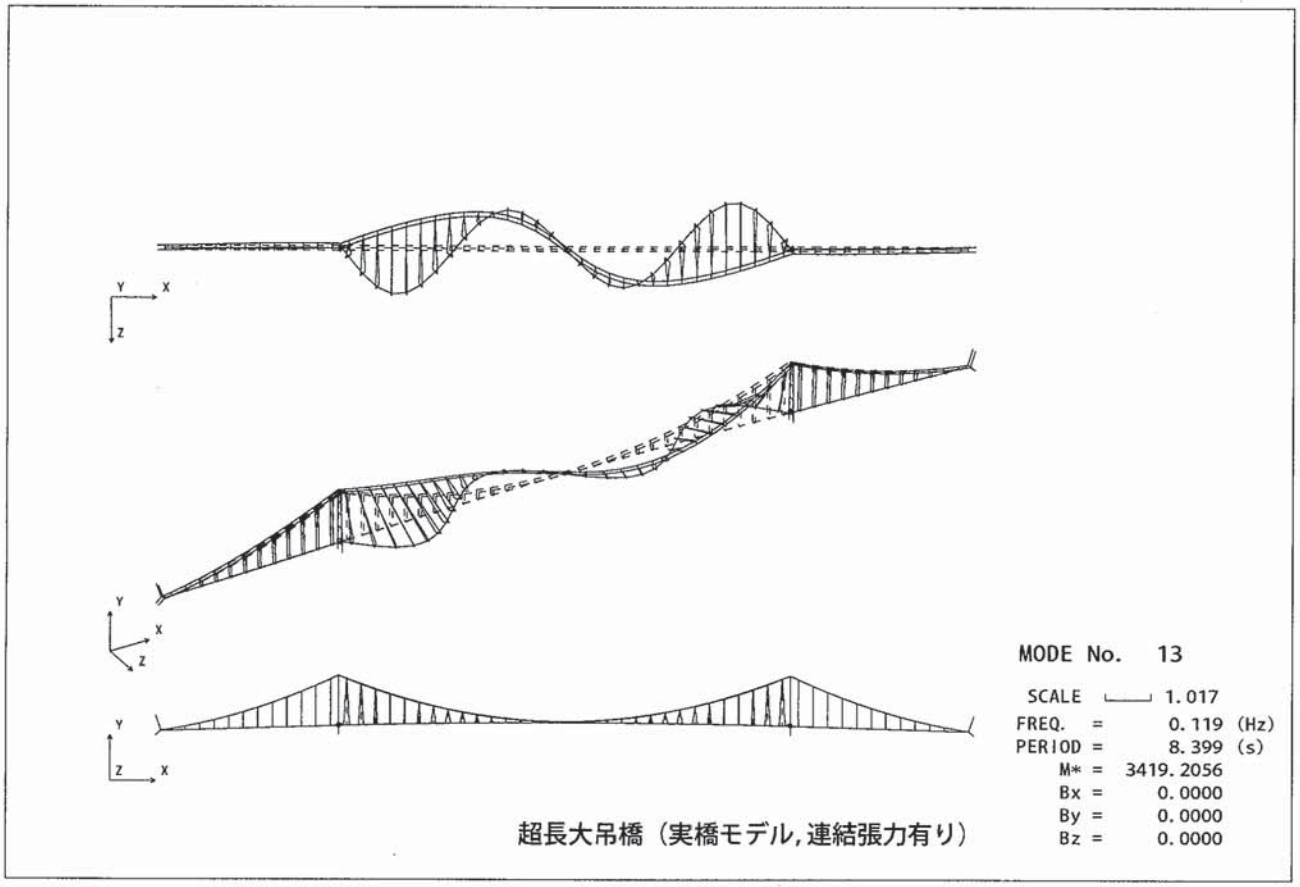


超長大吊橋（実橋モデル,連結張力有り）

MODE No. 12

SCALE 1.001
FREQ. = 0.110 (Hz)
PERIOD = 9.078 (s)
M* = 8500.6816
Bx = 0.5521
By = -0.0014
Bz = 0.0000

図 A1-6　実橋モデル　モード図



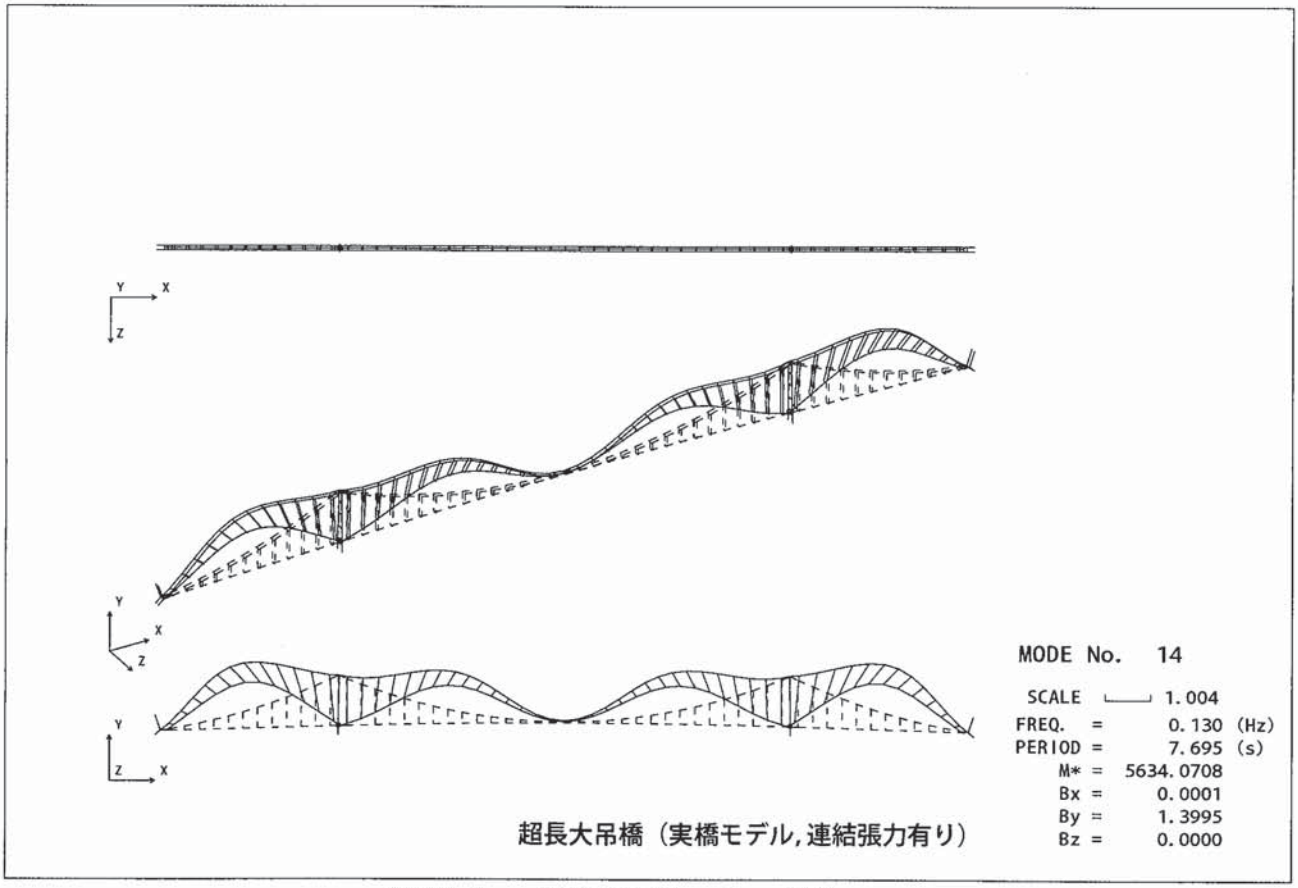
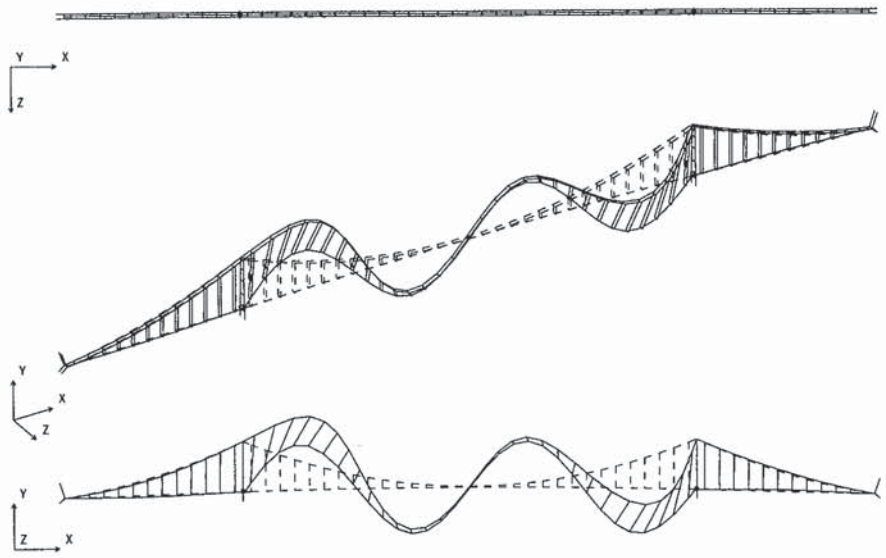


図 A1-7　実橋モデル　モード図



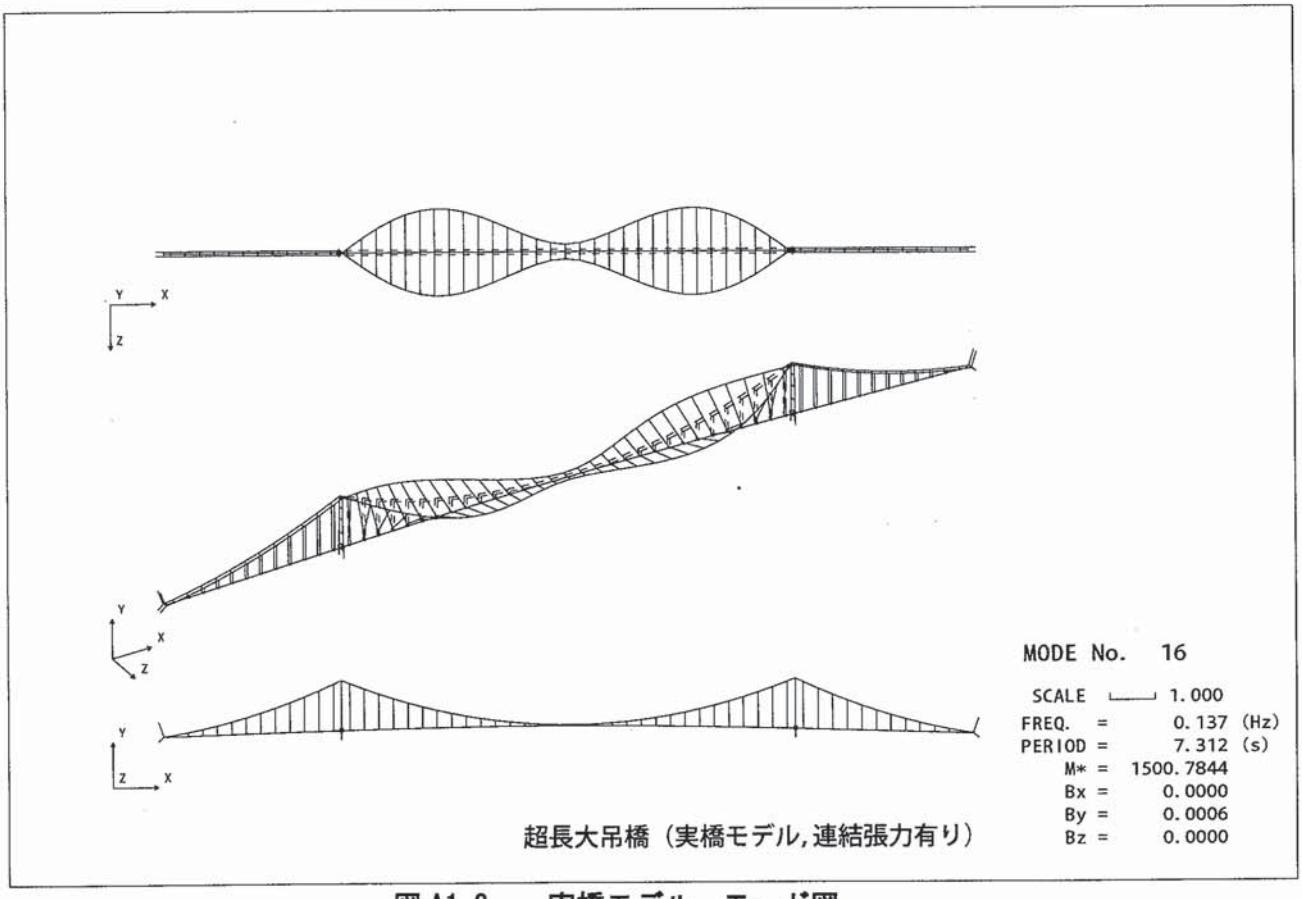
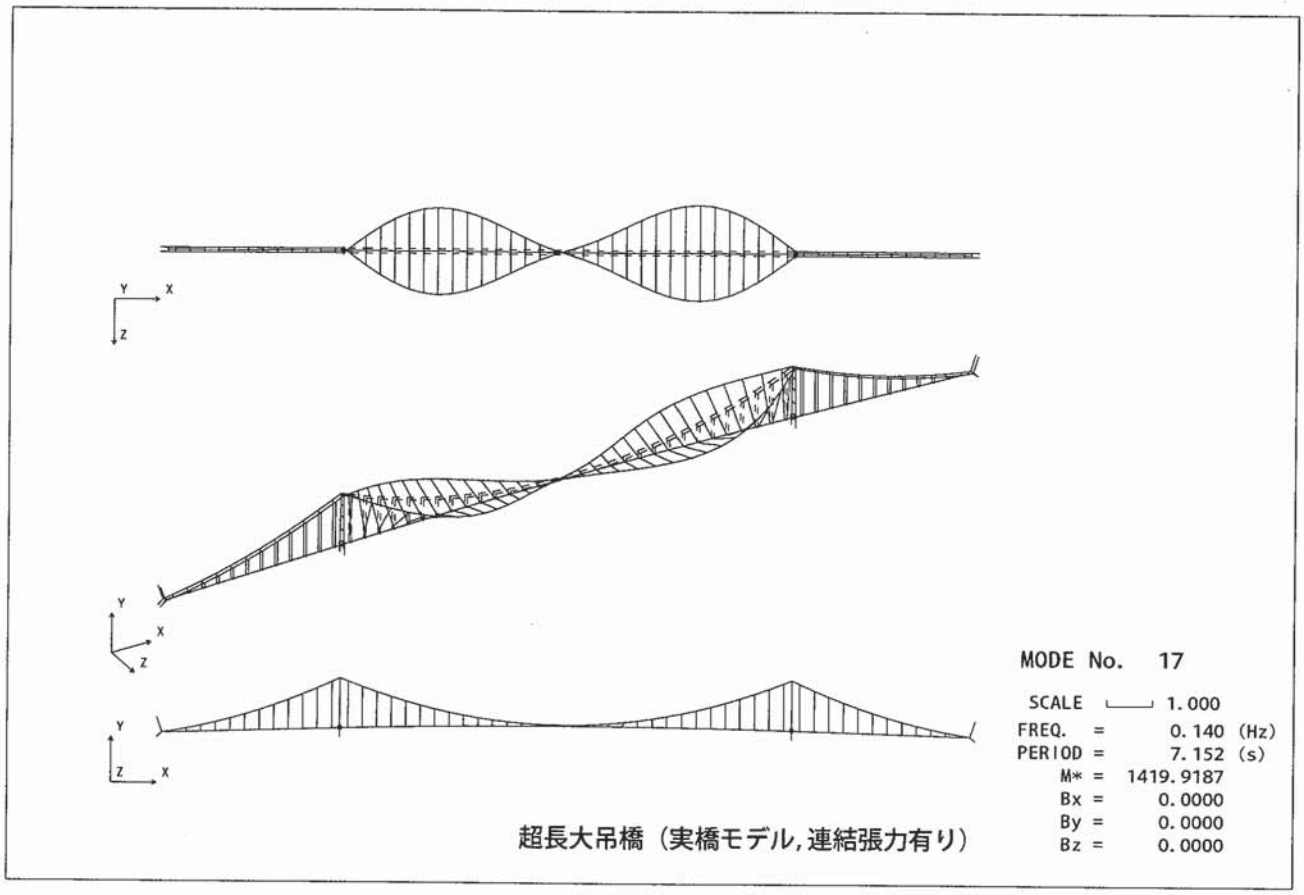


図 A1-8　実橋モデル　モード図



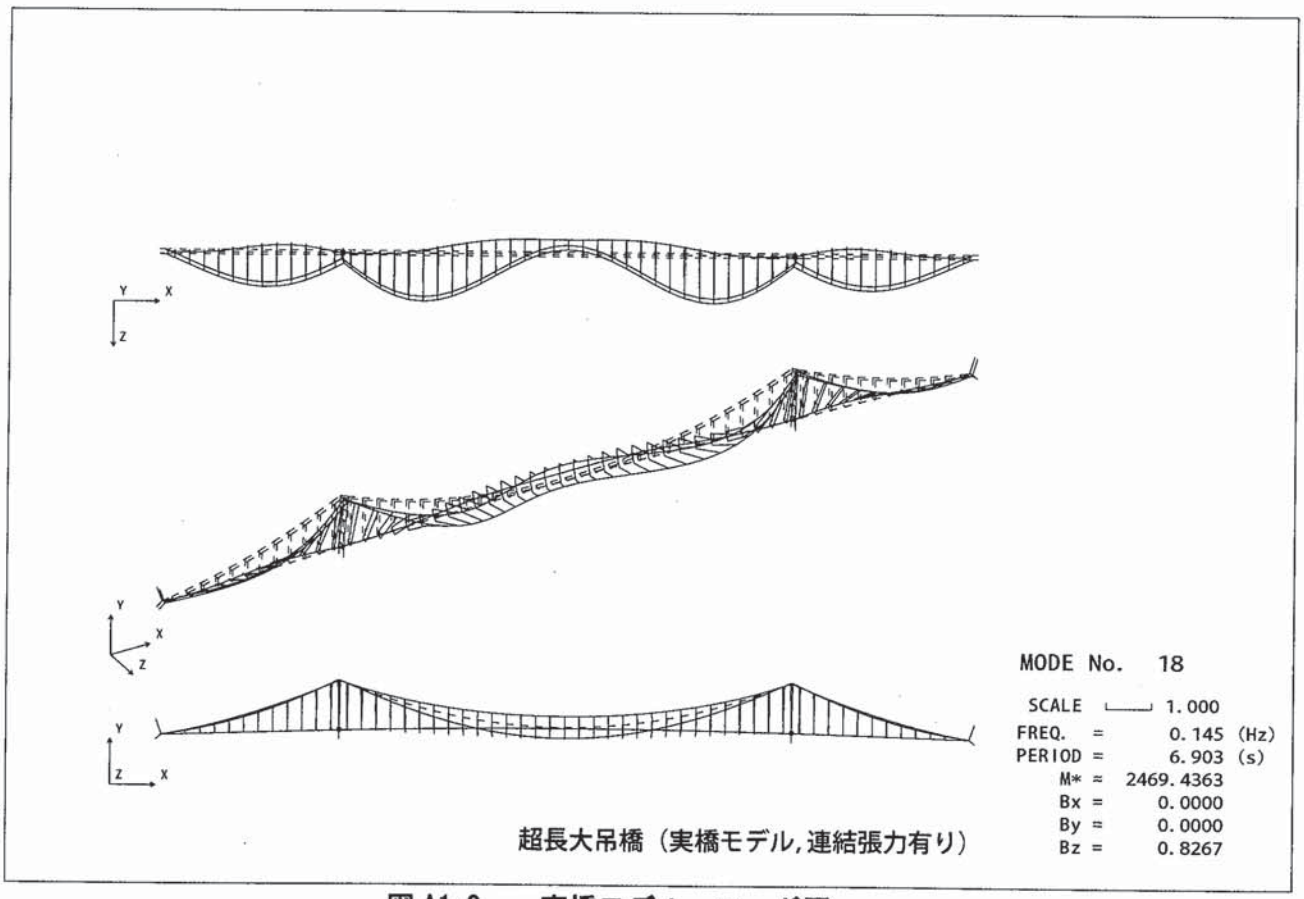
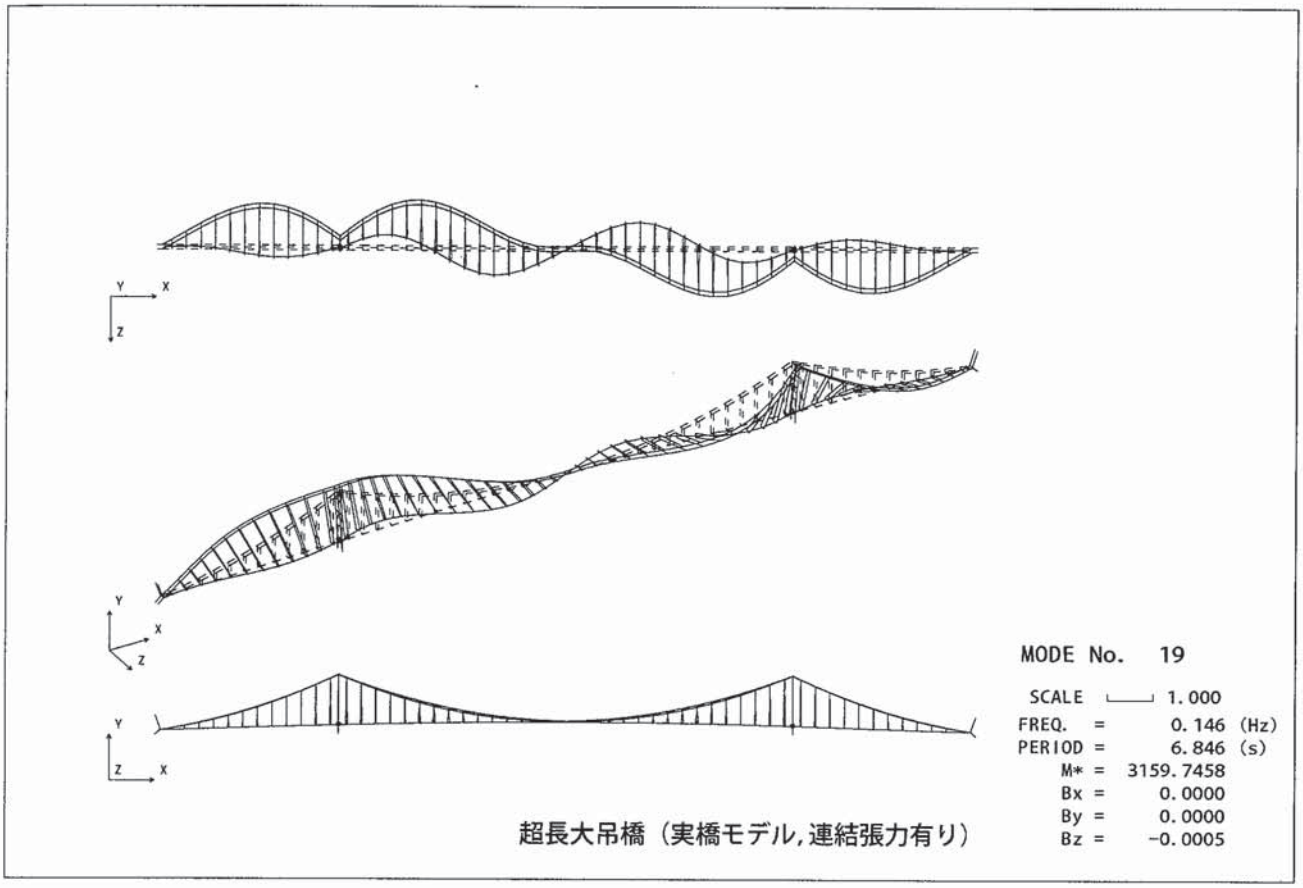


図 A1-9　実橋モデル　モード図



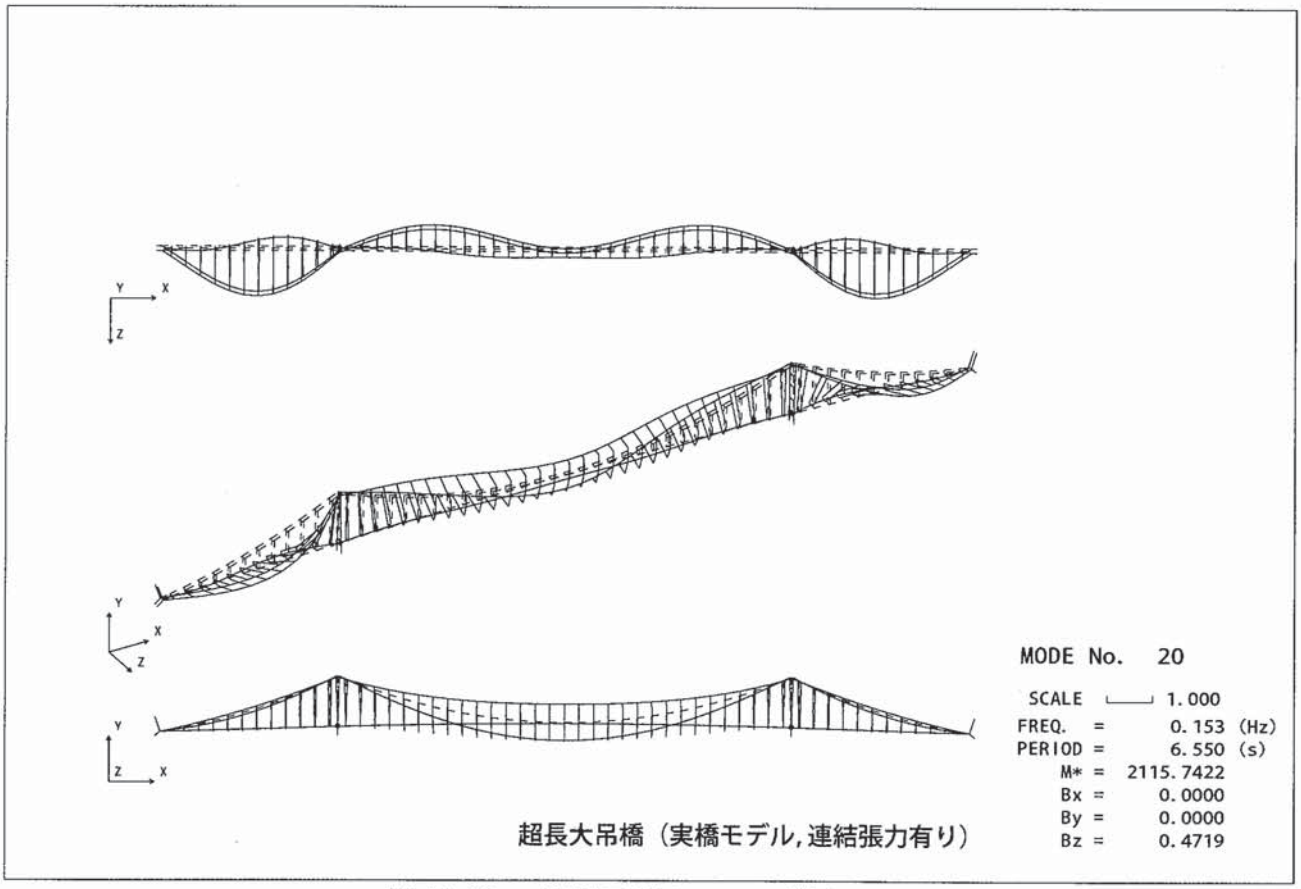
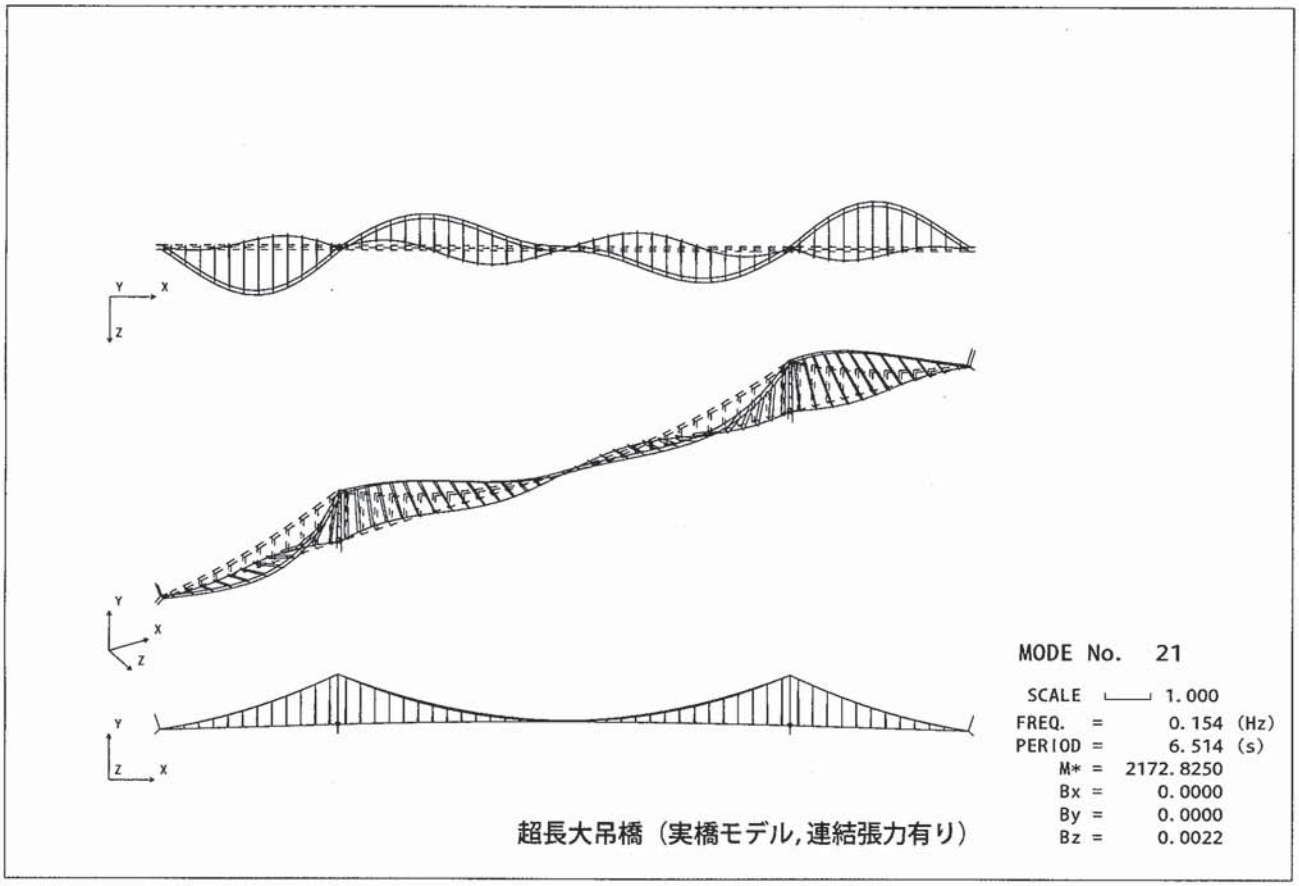


図 A1-10　実橋モデル　モード図



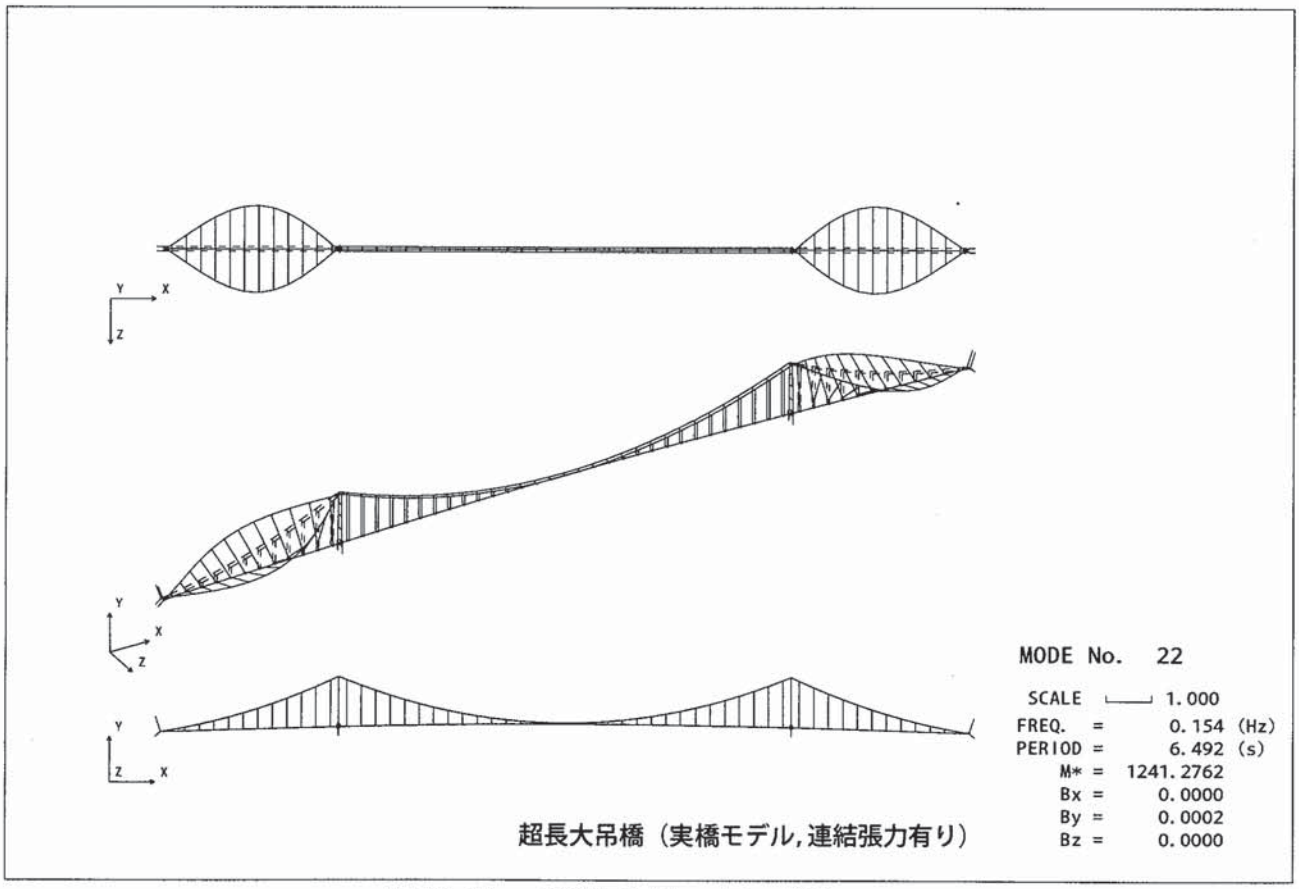
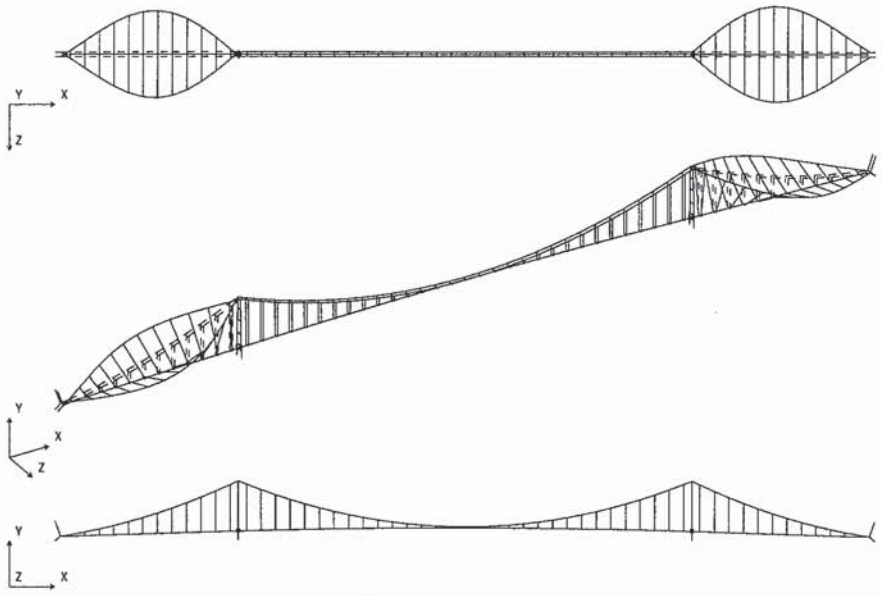


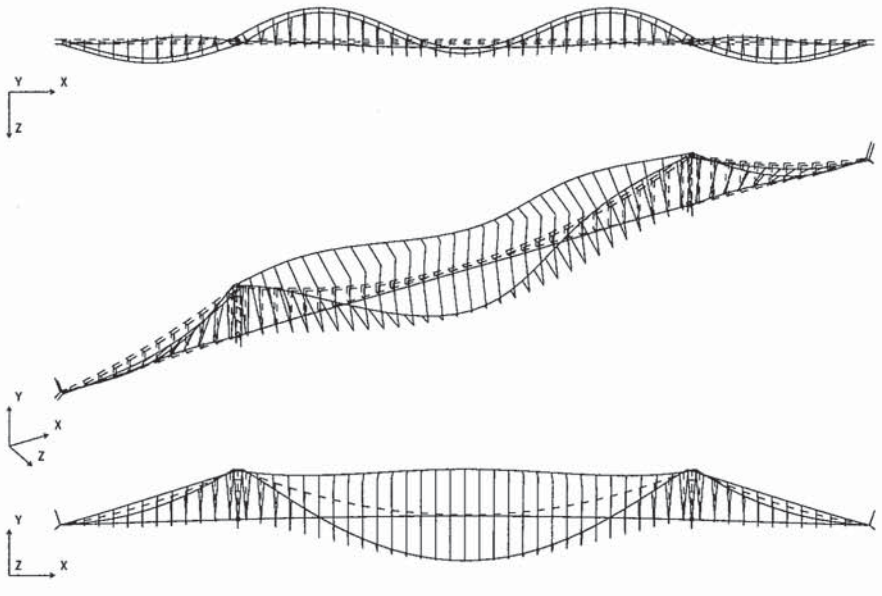
図 A1-11　実橋モデル　モード図



超長大吊橋（実橋モデル,連結張力有り）

MODE No. 23

SCALE 1.000
FREQ. = 0.154 (Hz)
PERIOD = 6.492 (s)
M* = 1241.2765
Bx = 0.0000
By = 0.0000
Bz = 0.0000

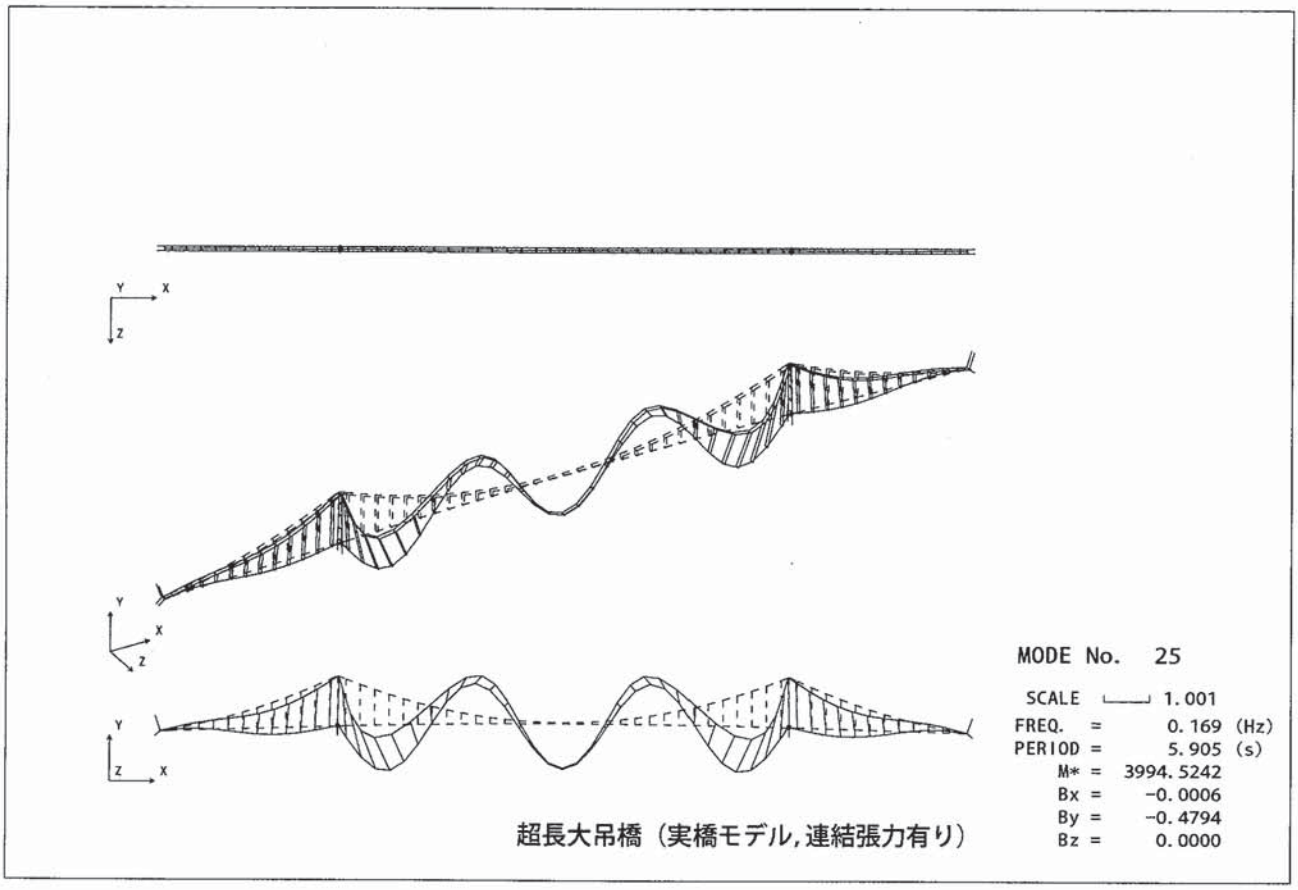


超長大吊橋（実橋モデル,連結張力有り）

MODE No. 24

SCALE 1.000
FREQ. = 0.157 (Hz)
PERIOD = 6.363 (s)
M* = 3494.7900
Bx = 0.0000
By = 0.0000
Bz = -0.0090

図 A1-12　実橋モデル　モード図



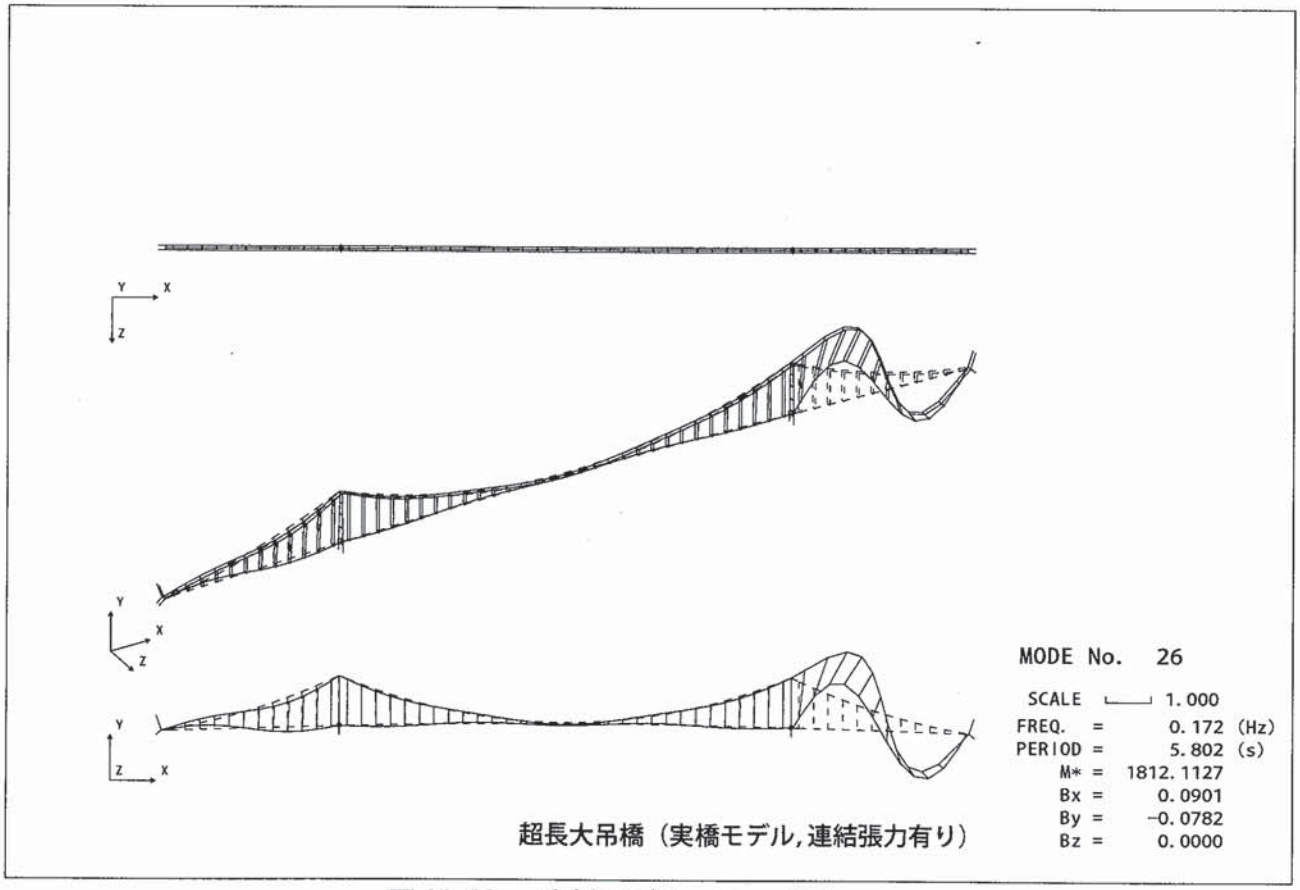
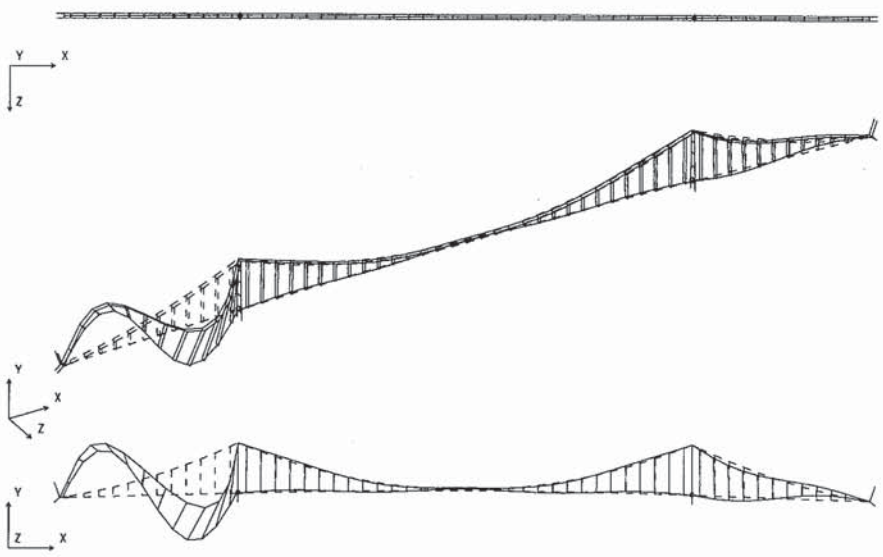


図 A1-13　実橋モデル　モード図



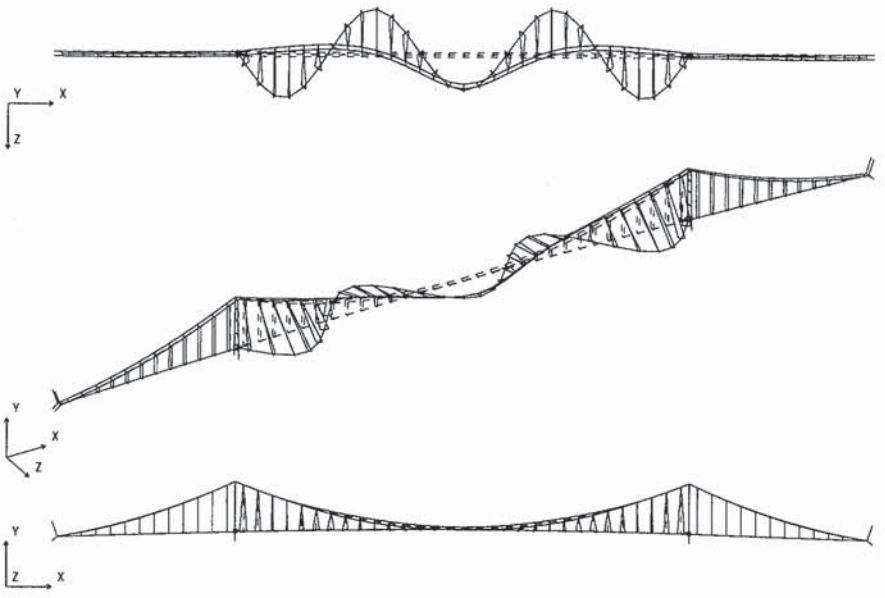
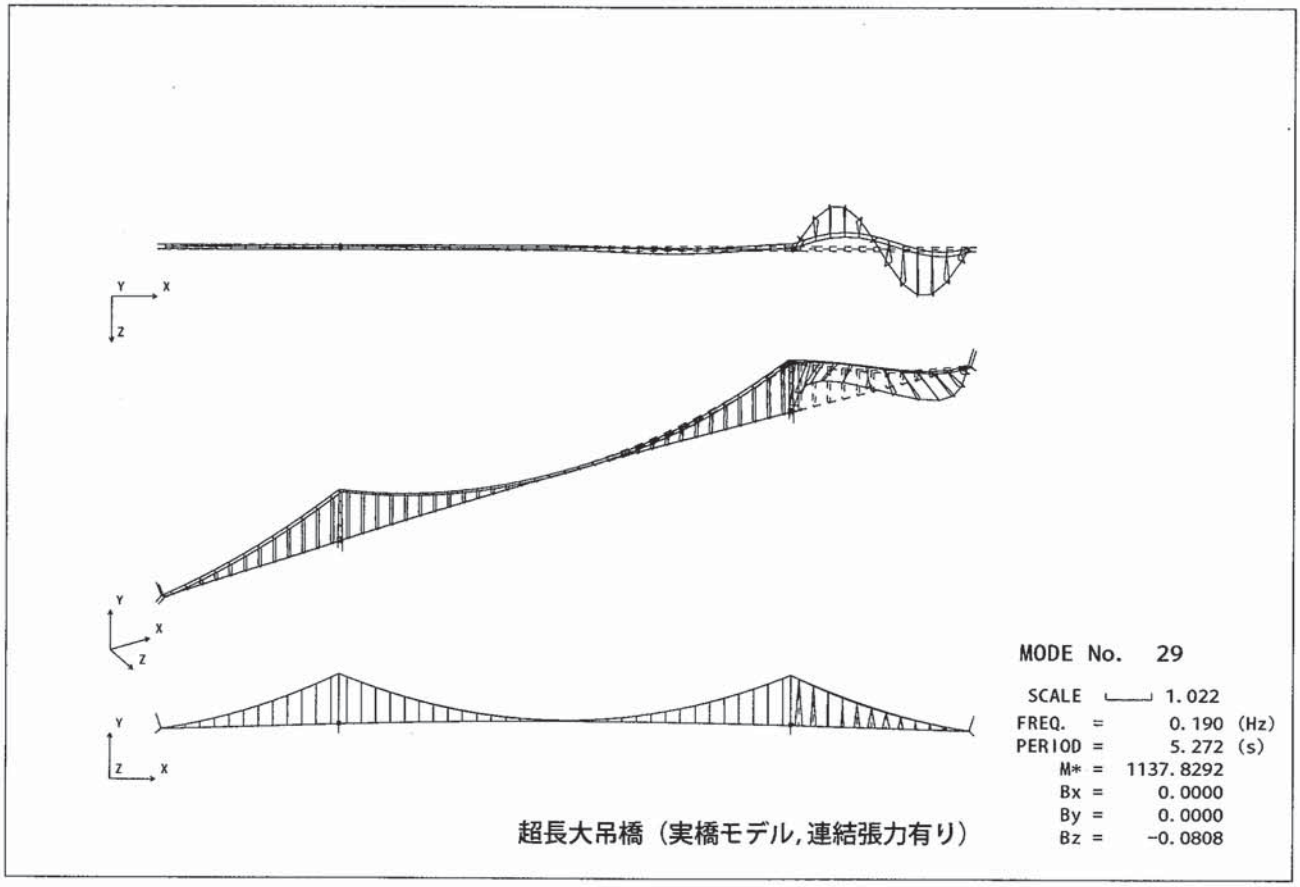


図 A1-14　実橋モデル　モード図



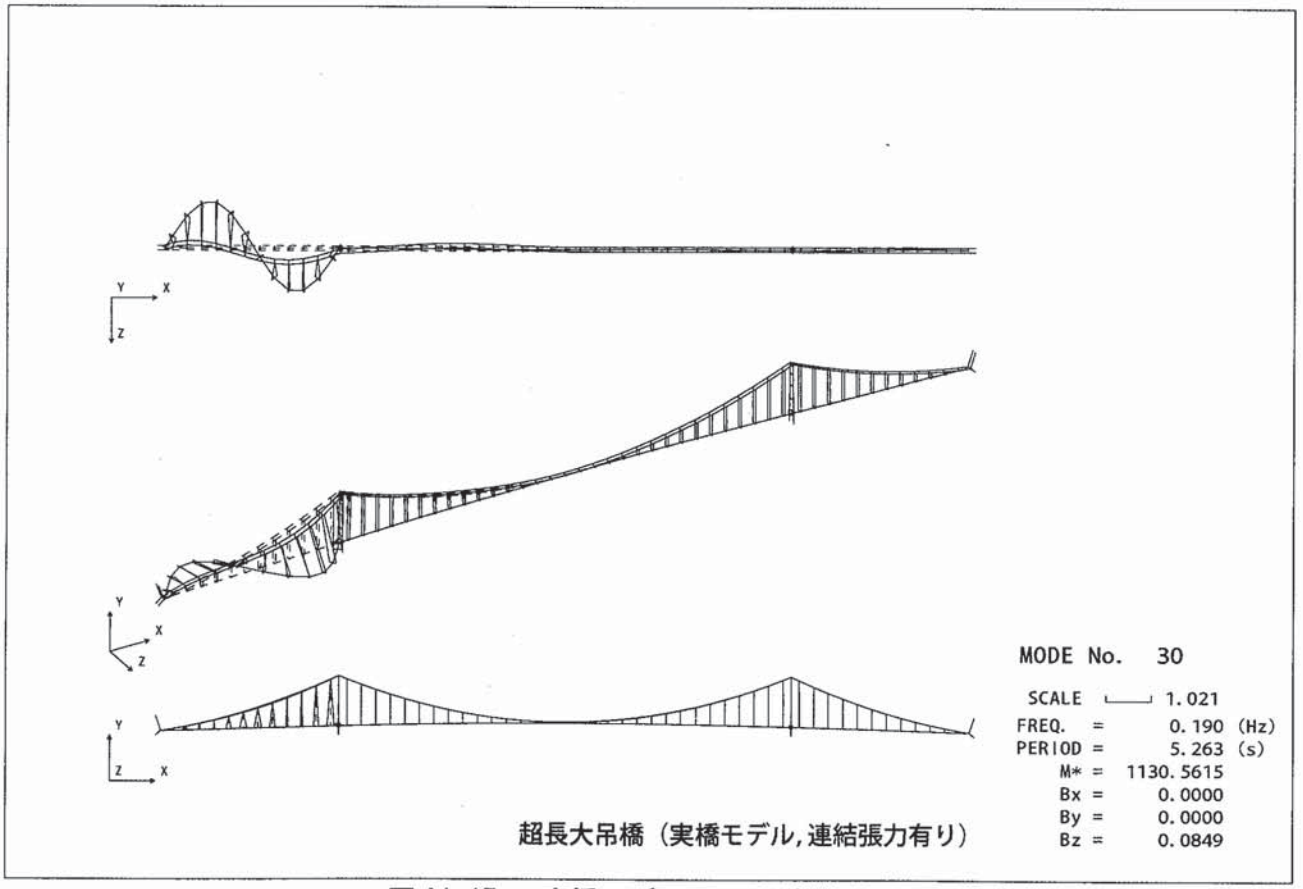
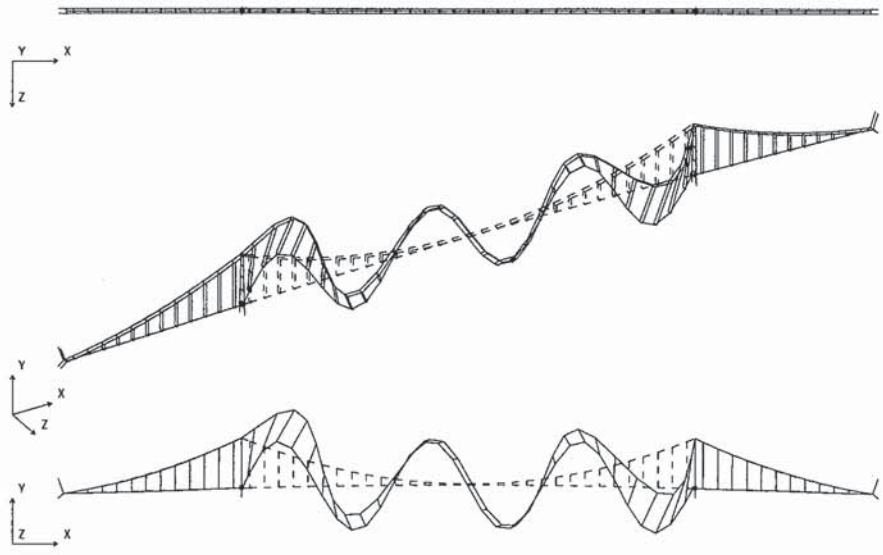


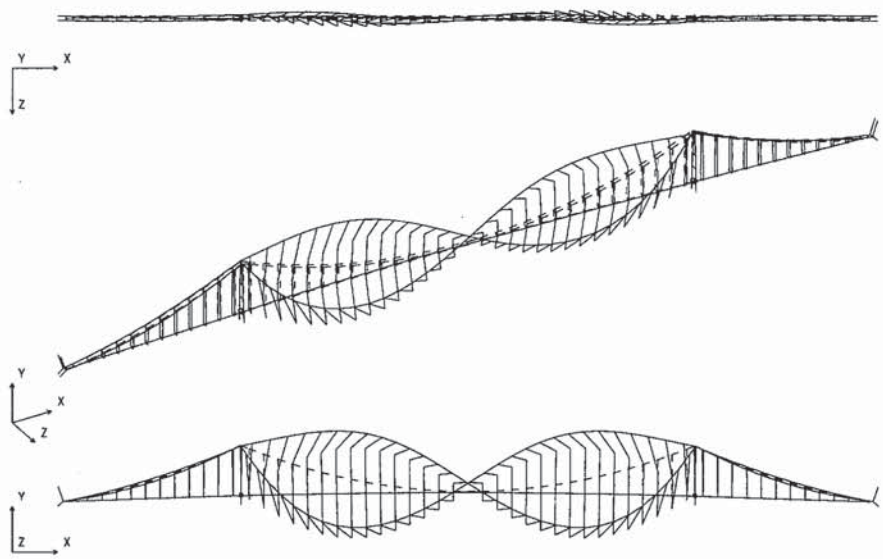
図 A1-15　実橋モデル　モード図



超長大吊橋（実橋モデル,連結張力有り）

MODE No. 31

SCALE ⌊⌋ 1.000
FREQ. = 0.202 (Hz)
PERIOD = 4.946 (s)
M* = 4080.2502
Bx = 0.0300
By = 0.0000
Bz = 0.0000

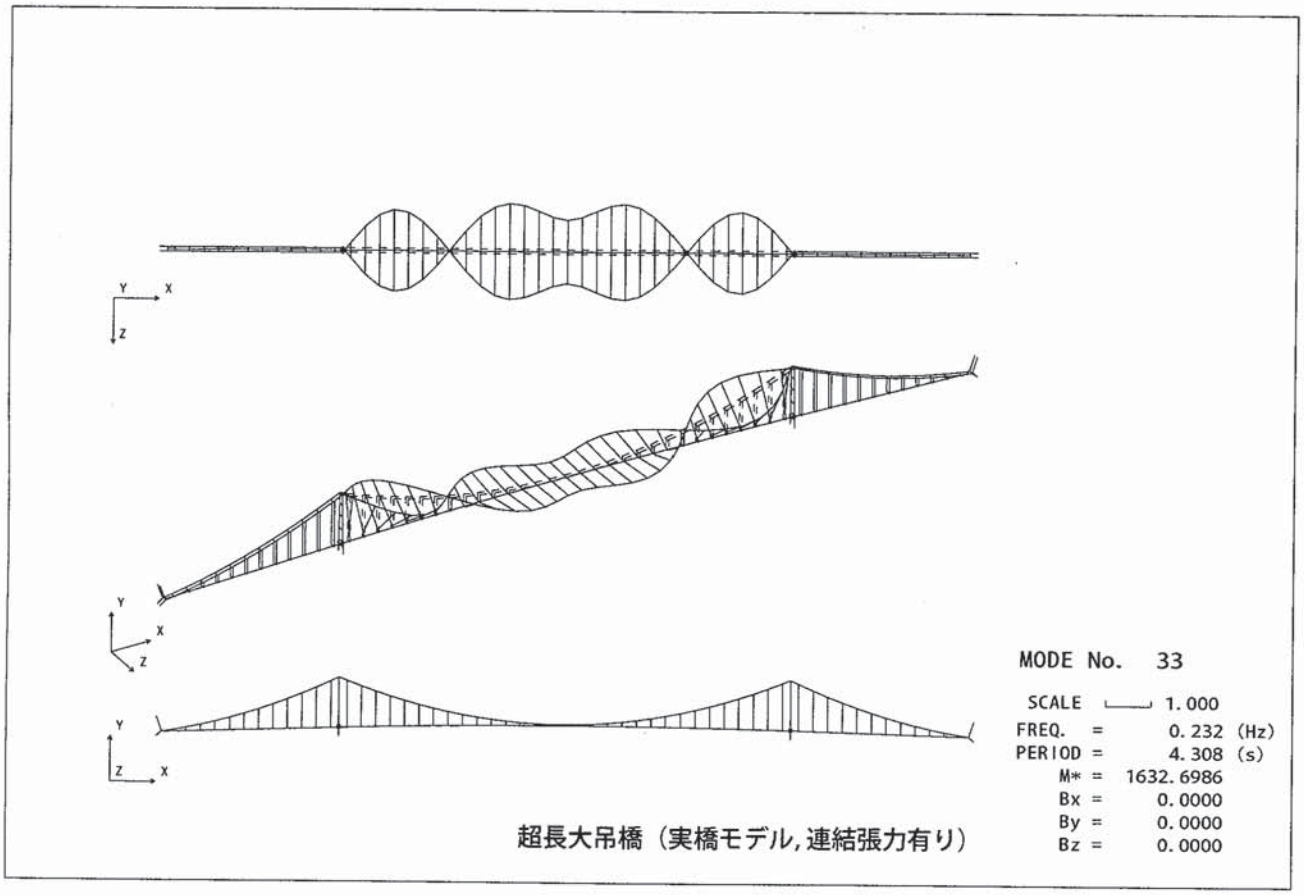


超長大吊橋（実橋モデル,連結張力有り）

MODE No. 32

SCALE ⌊⌋ 1.000
FREQ. = 0.210 (Hz)
PERIOD = 4.767 (s)
M* = 3009.2036
Bx = 0.0000
By = 0.0000
Bz = 0.0000

図 A1-16　実橋モデル　モード図



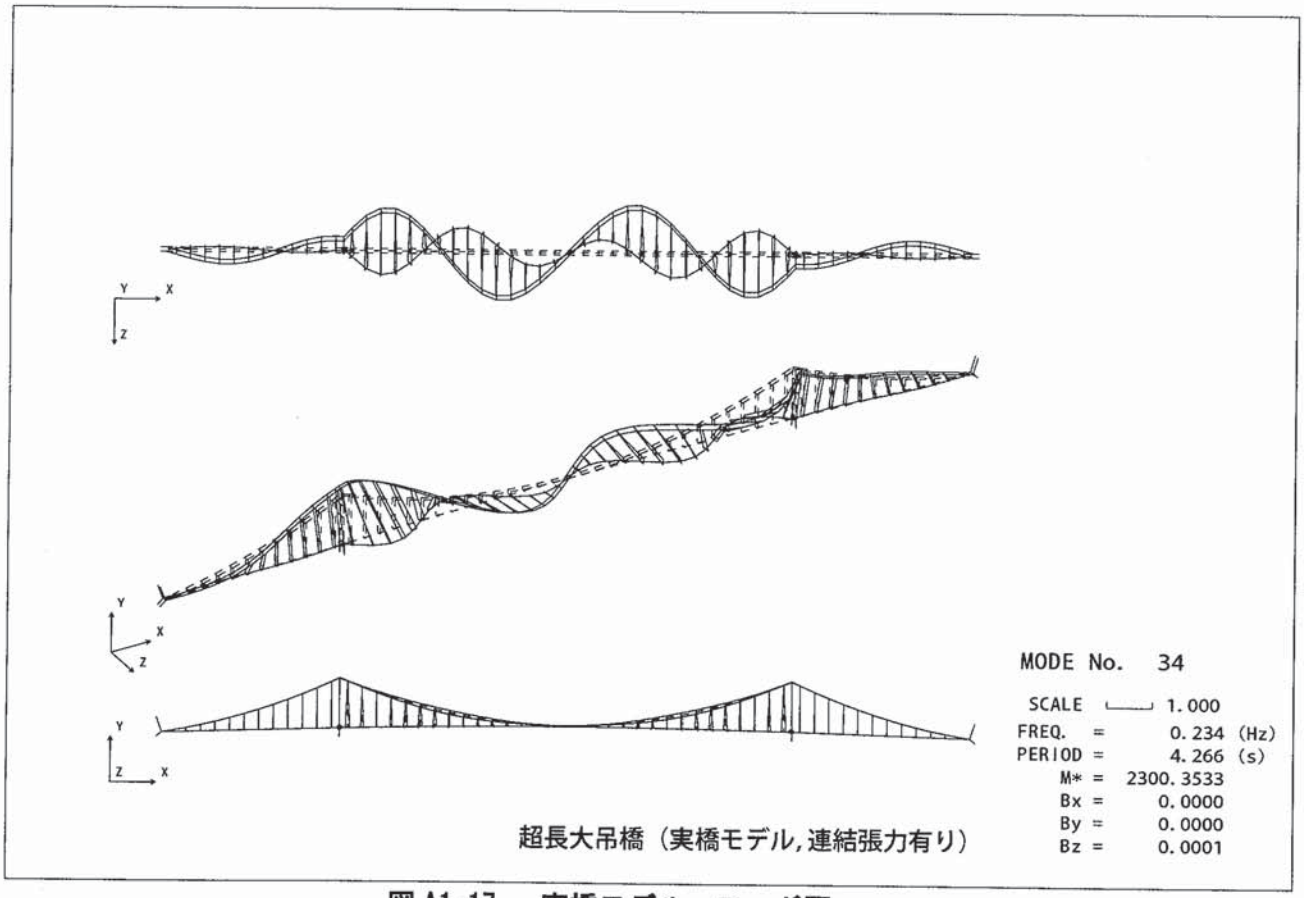
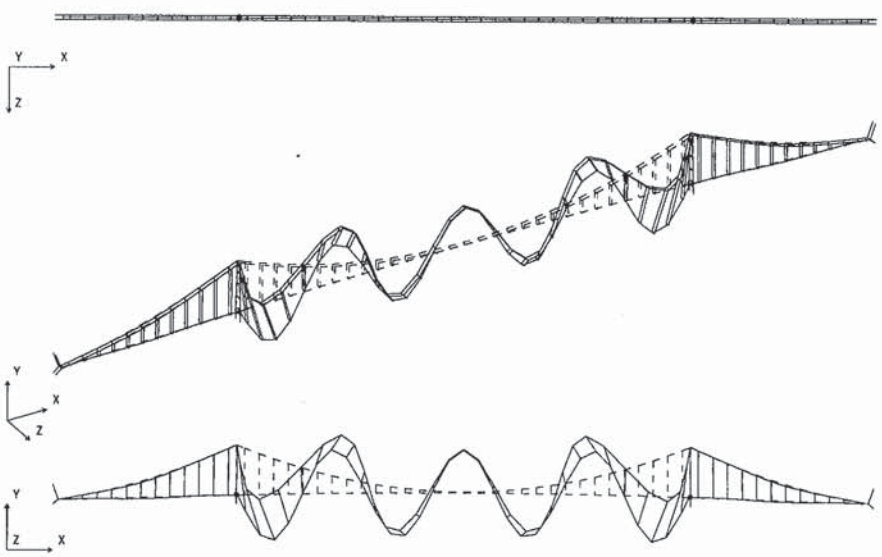


図 A1-17　実橋モデル　モード図



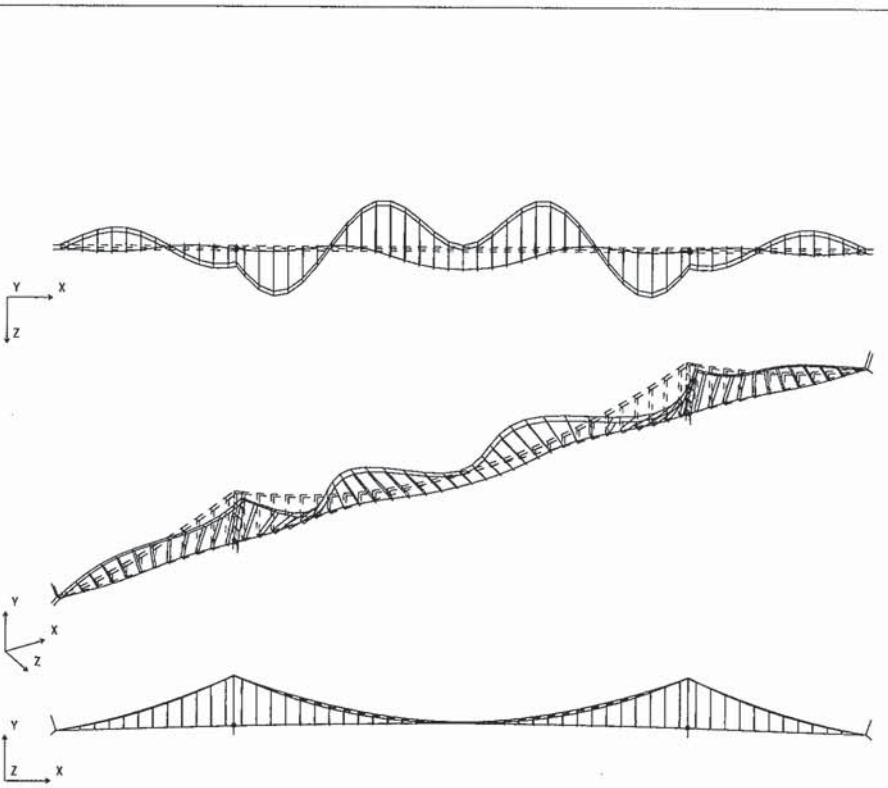
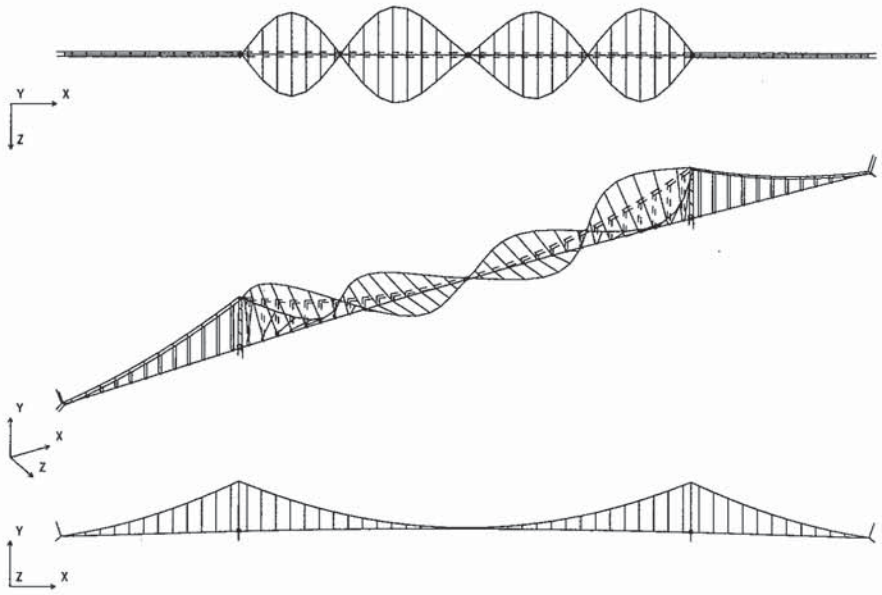


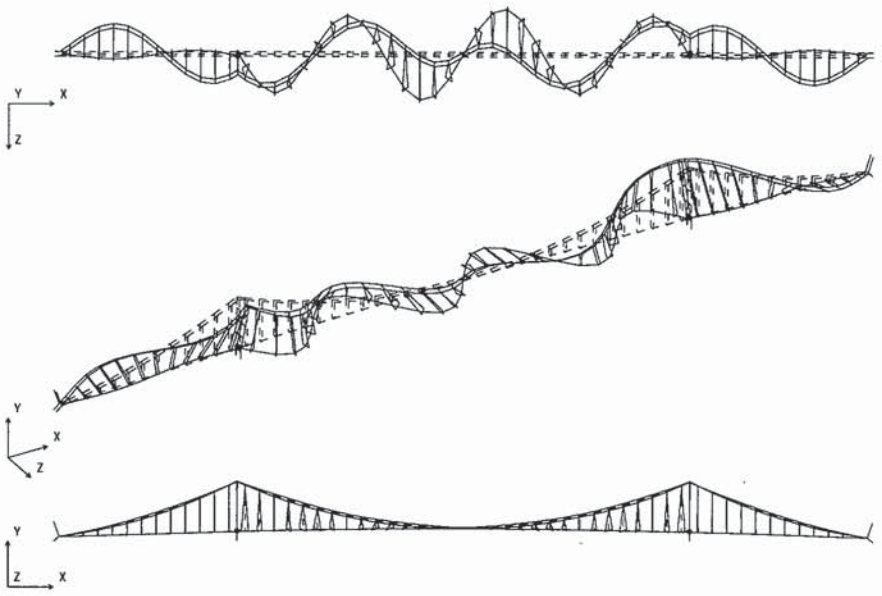
図 A1-18　実橋モデル　モード図



超長大吊橋（実橋モデル,連結張力有り）

MODE No. 37

SCALE 1.000
FREQ. = 0.246 (Hz)
PERIOD = 4.066 (s)
M* = 1471.4597
Bx = 0.0000
By = 0.0000
Bz = 0.0000

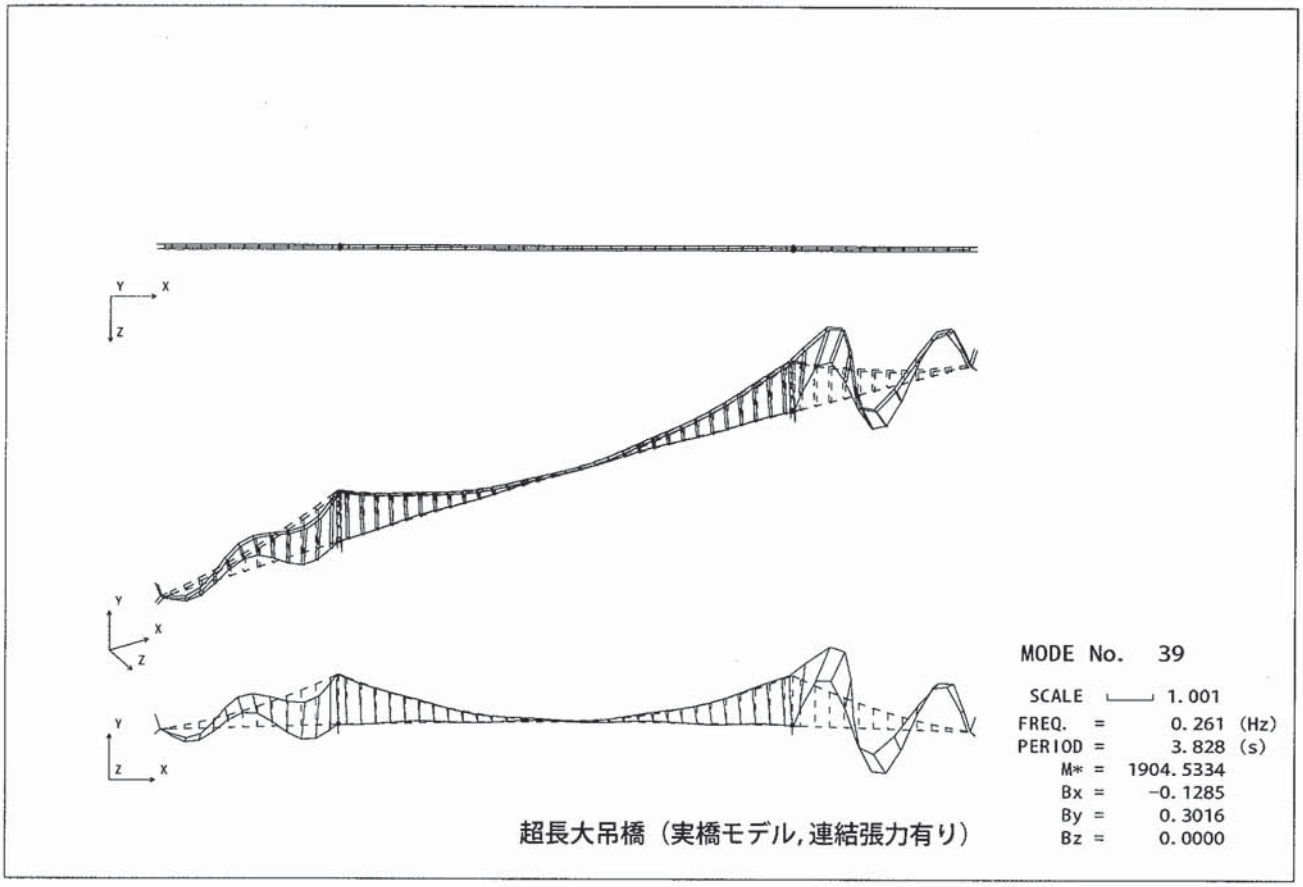


超長大吊橋（実橋モデル,連結張力有り）

MODE No. 38

SCALE 1.003
FREQ. = 0.256 (Hz)
PERIOD = 3.903 (s)
M* = 3726.8264
Bx = 0.0000
By = 0.0000
Bz = 0.0001

図 A1-19　実橋モデル　モード図



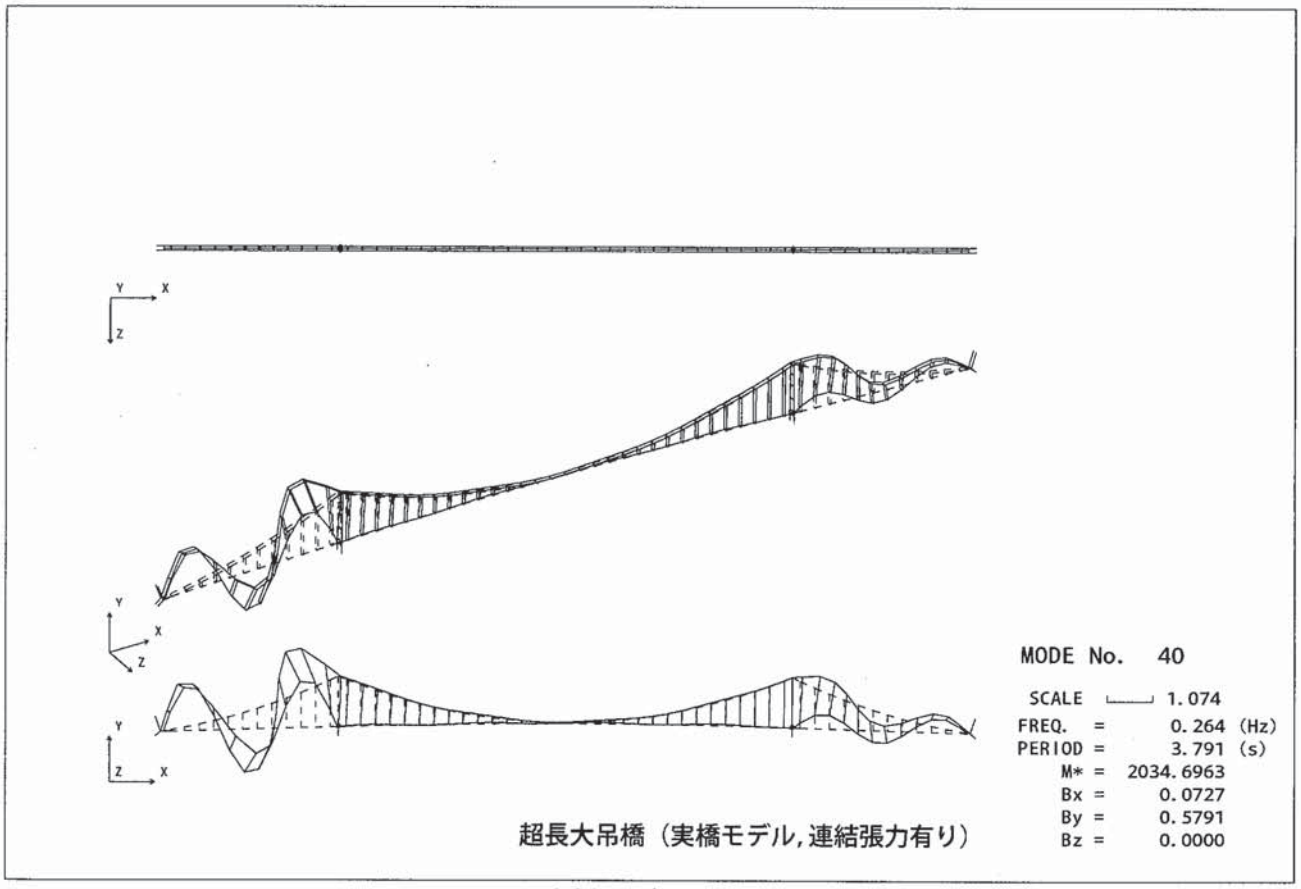
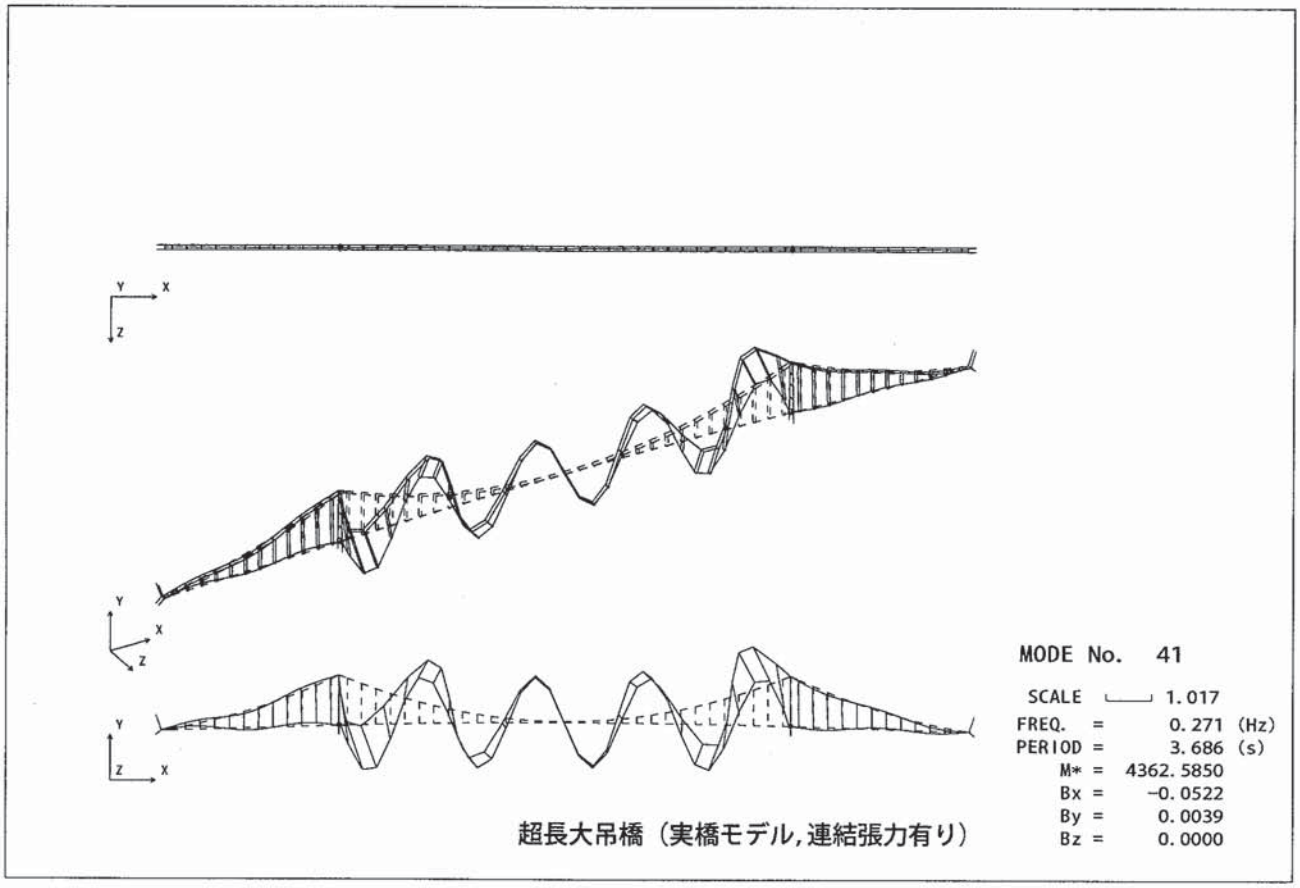


図 A1-20　実橋モデル　モード図



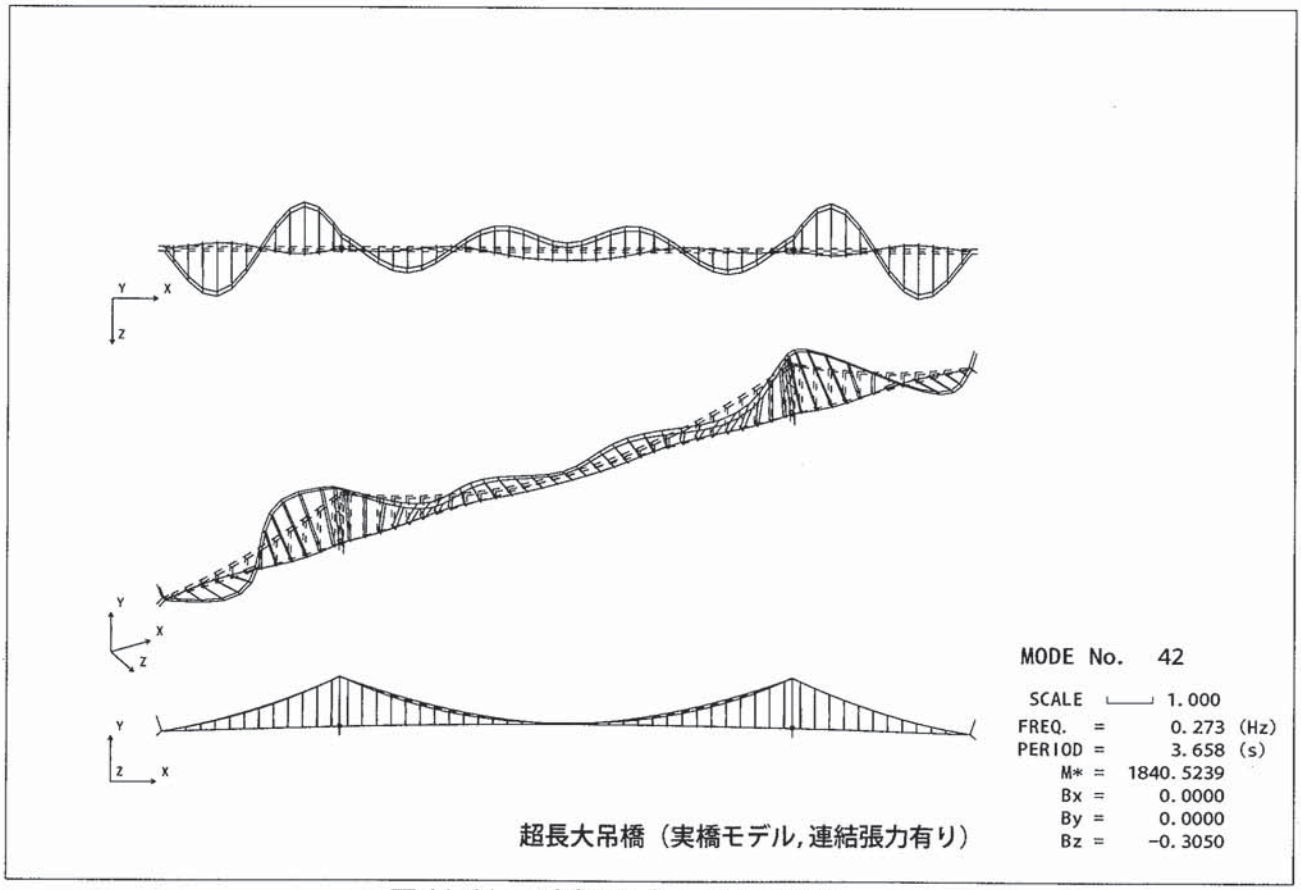
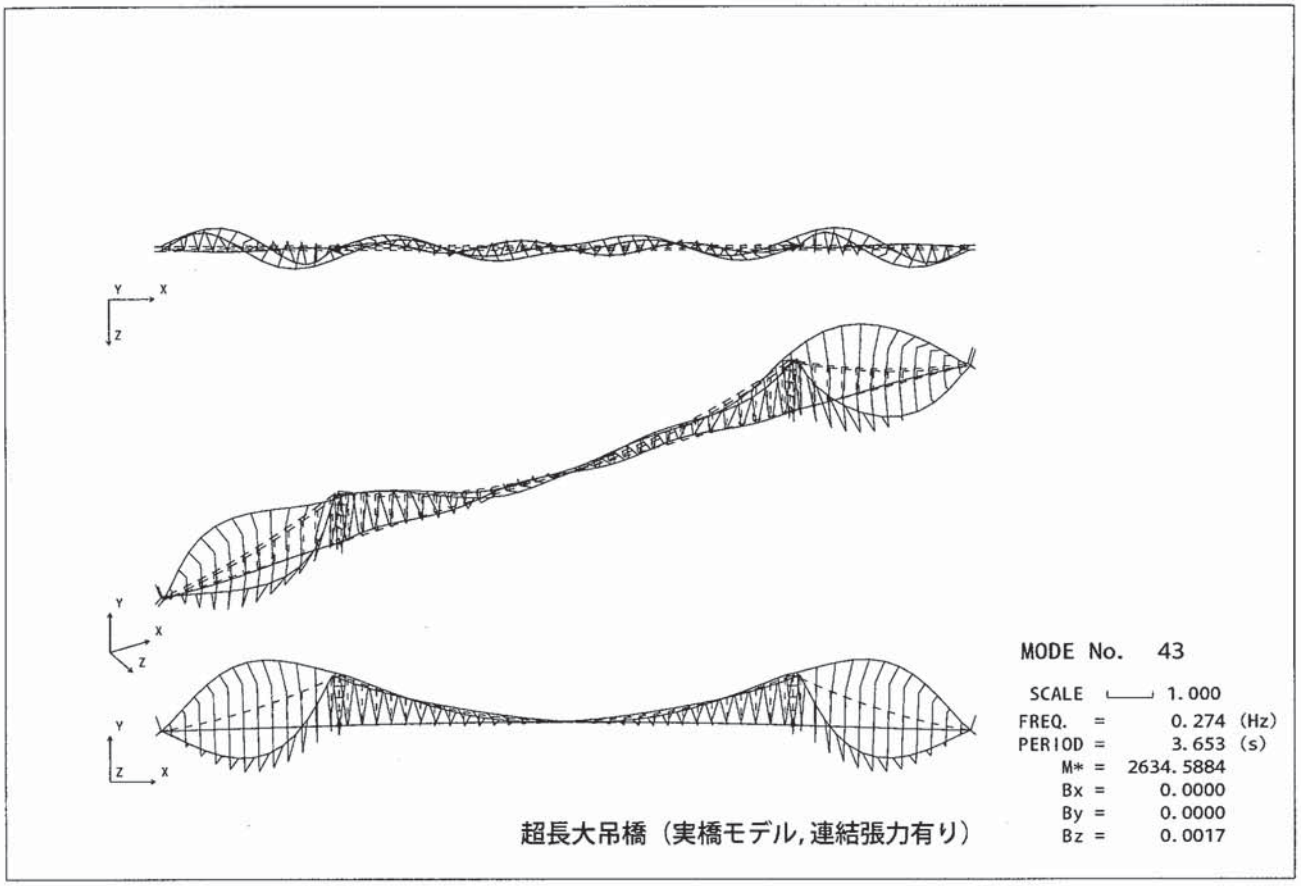


図 A1-21　実橋モデル　モード図



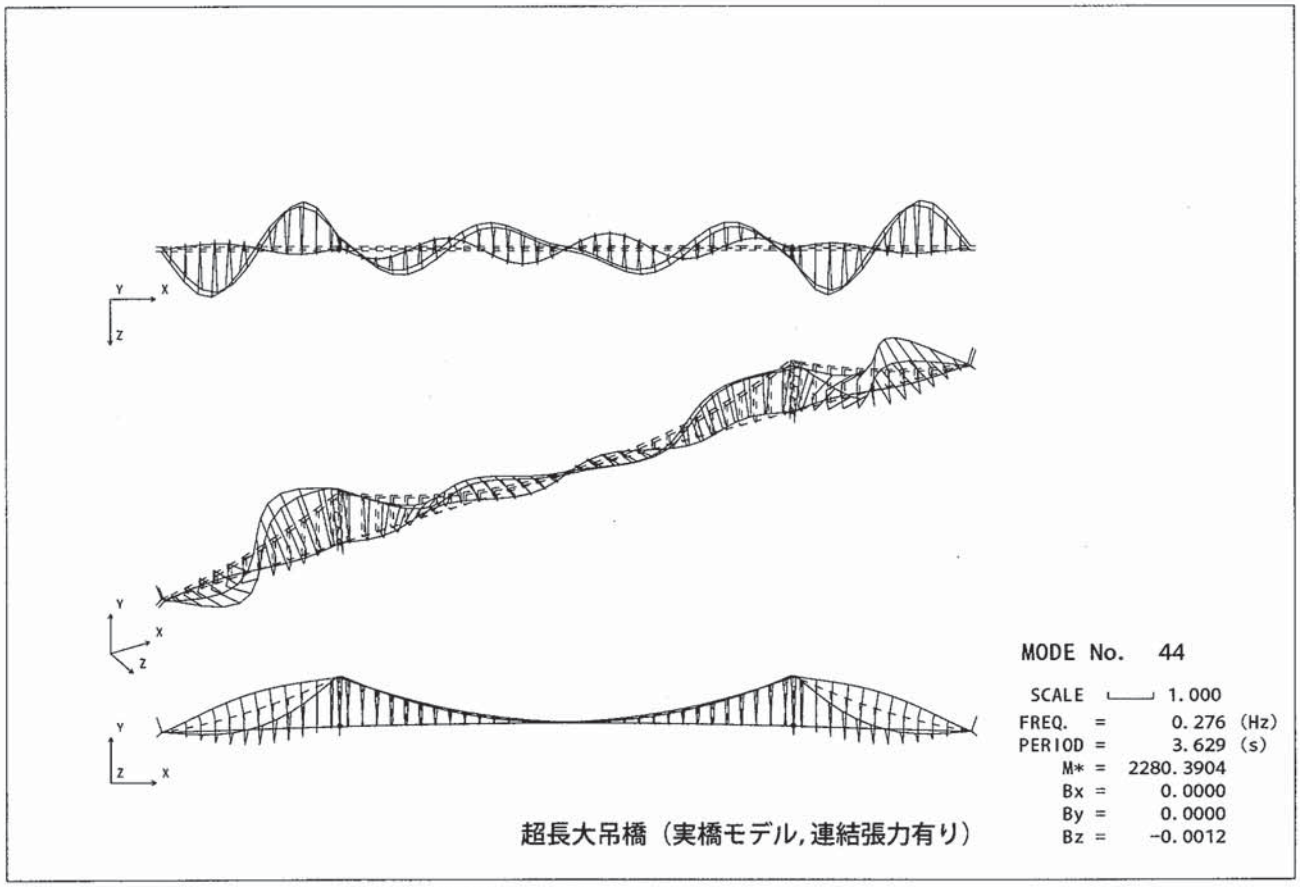
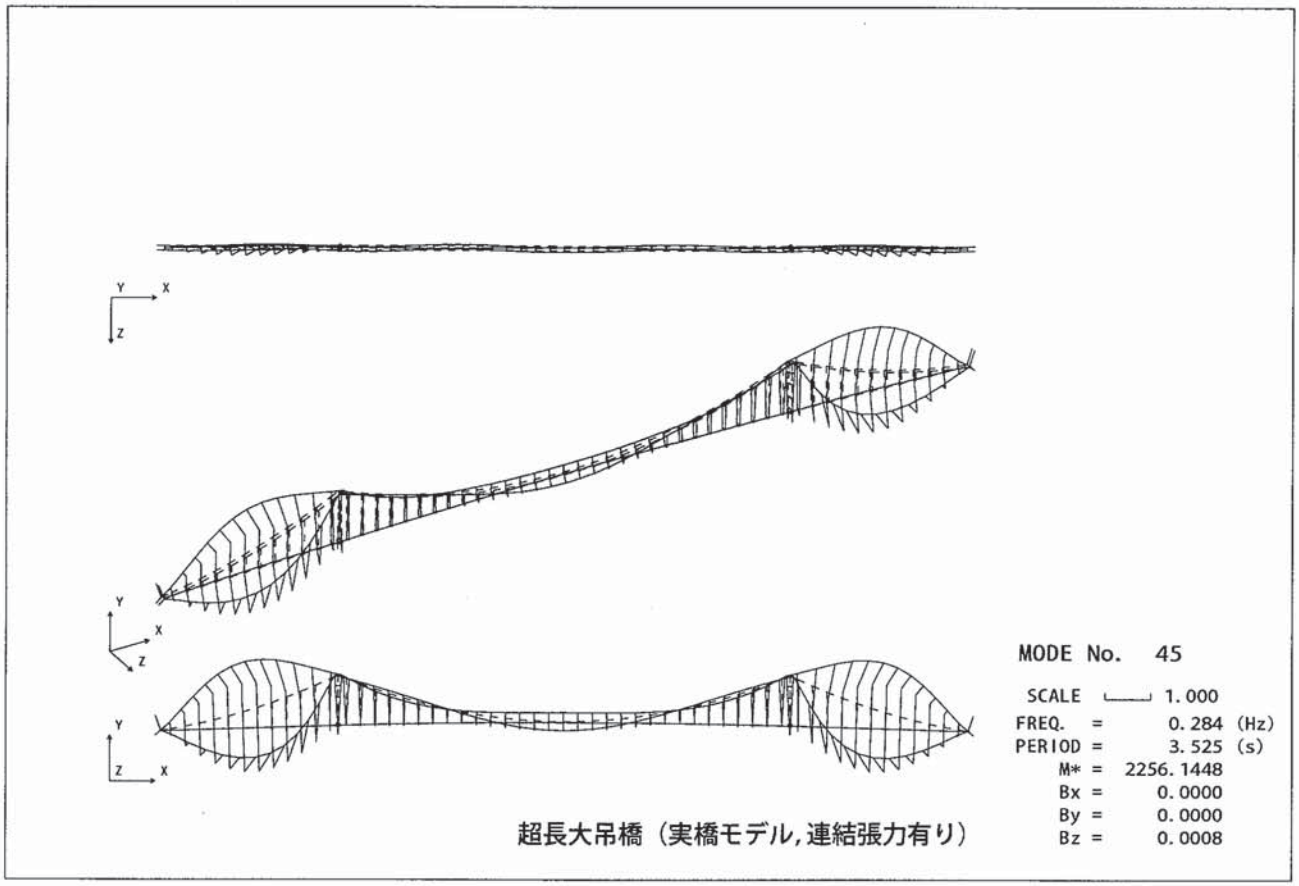


図 A1-22　実橋モデル　モード図



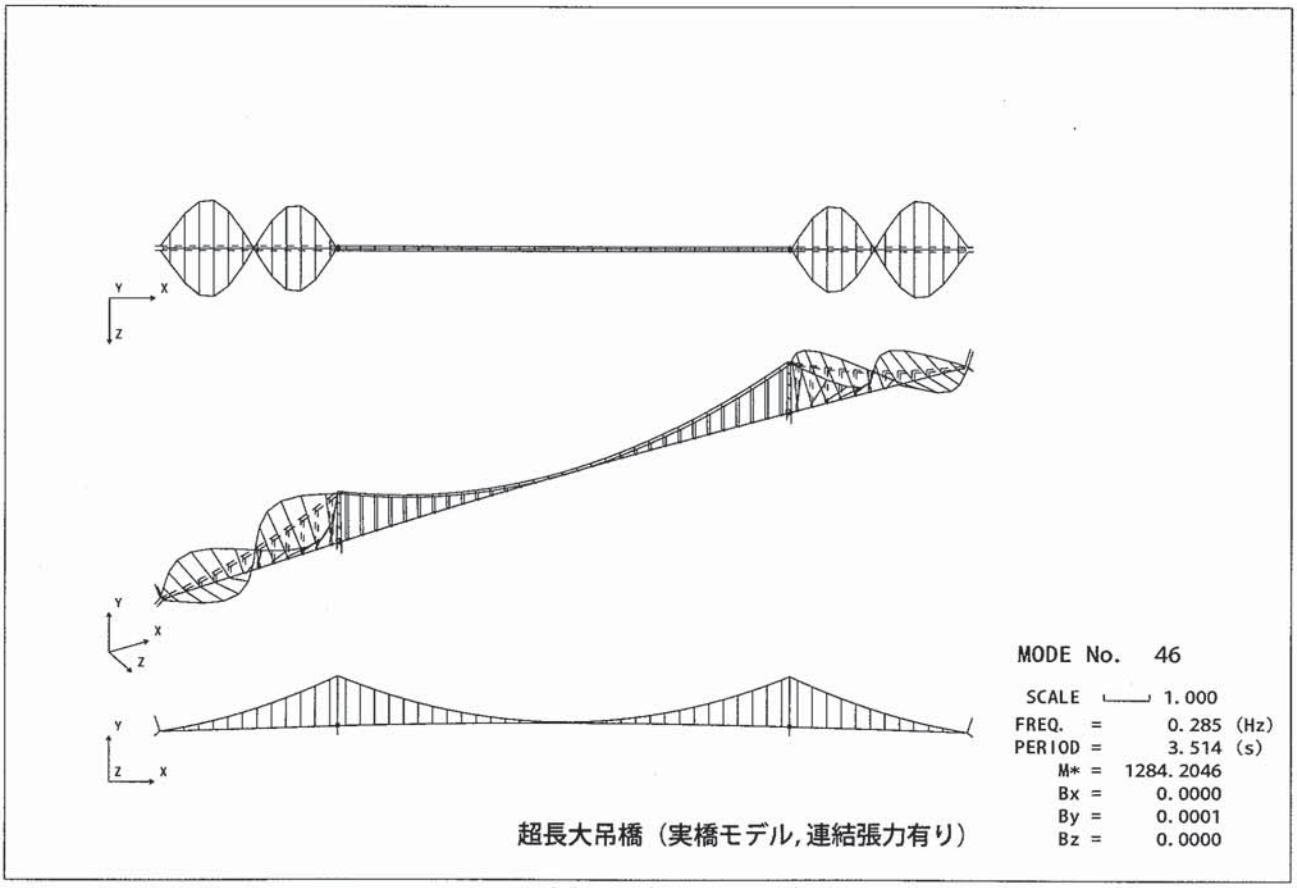
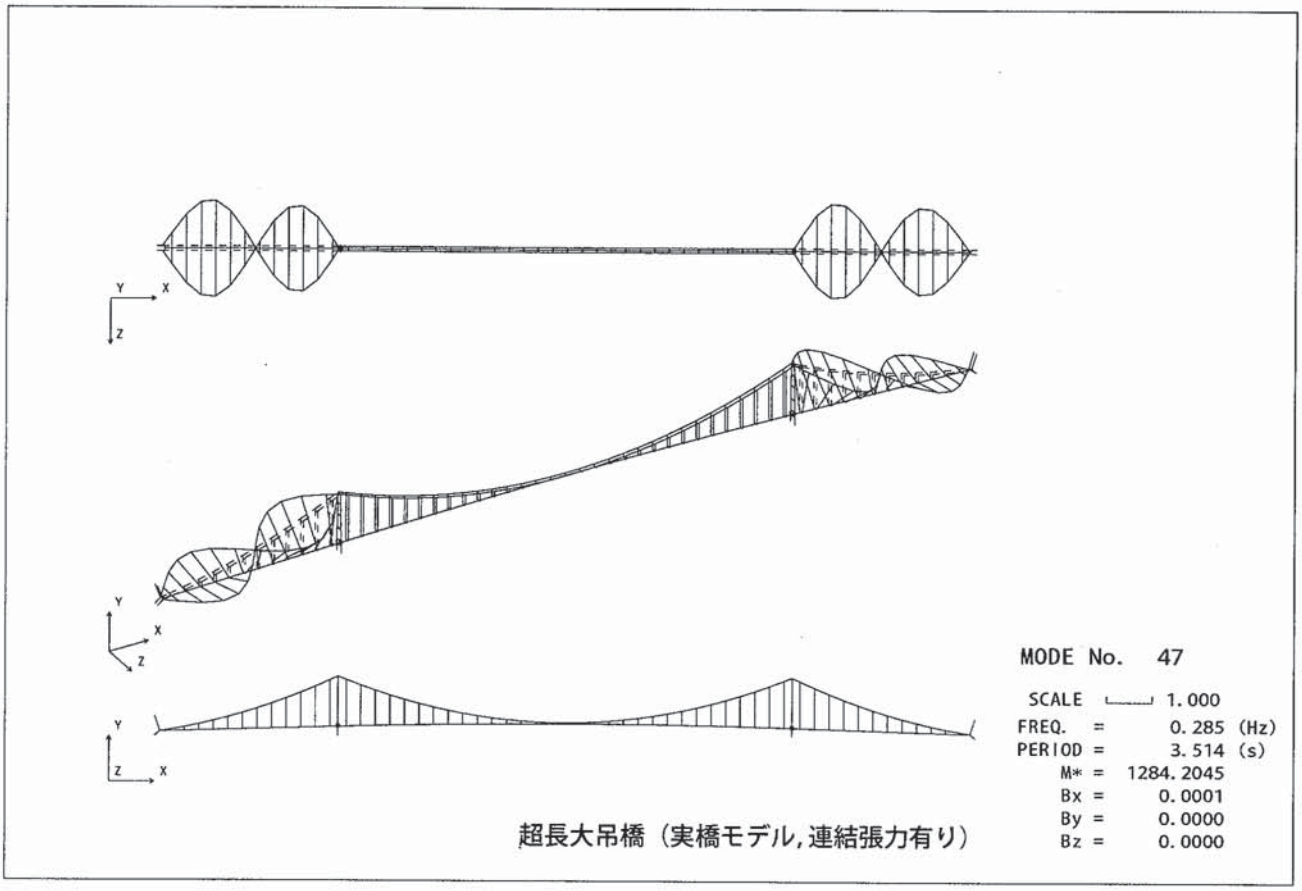


図 A1-23　実橋モデル　モード図



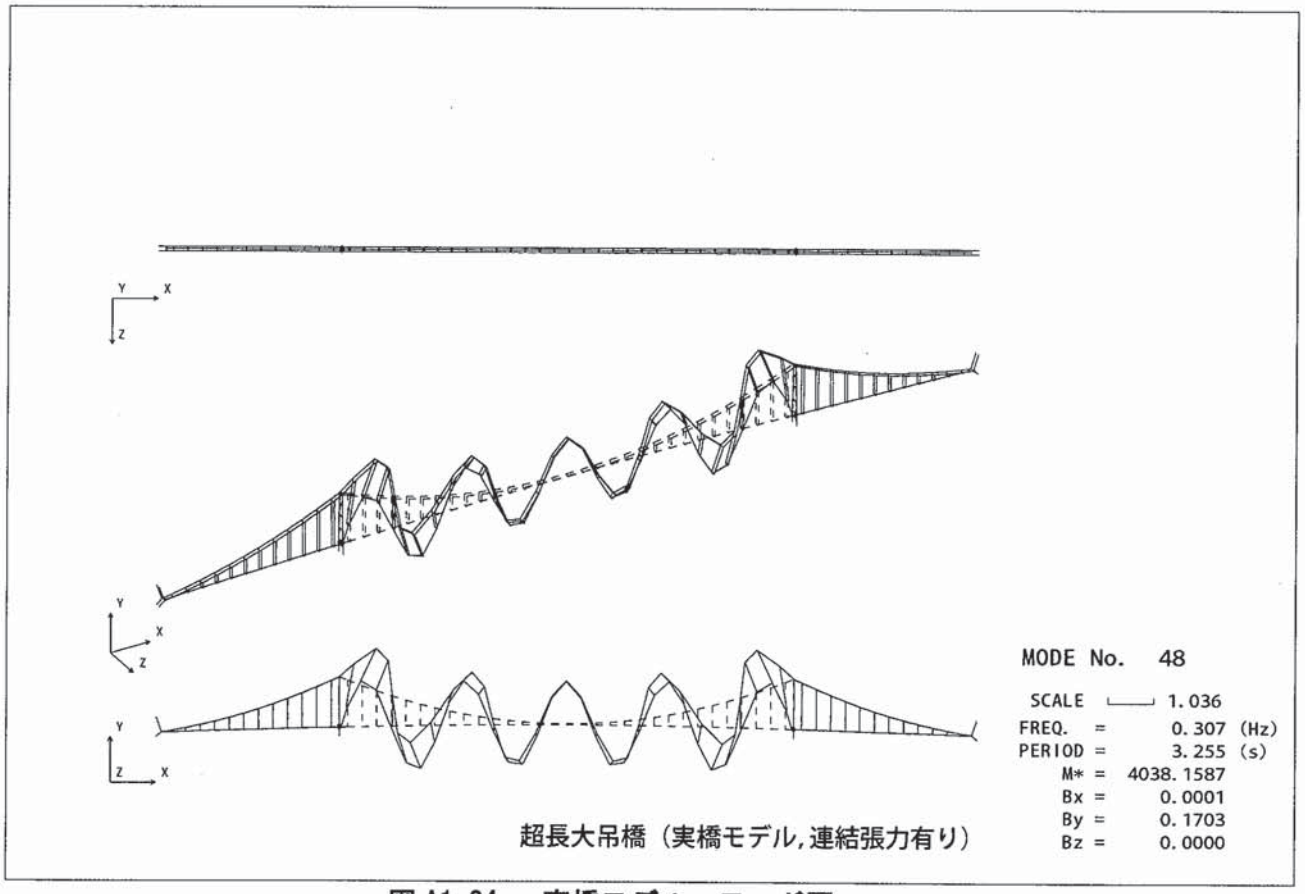
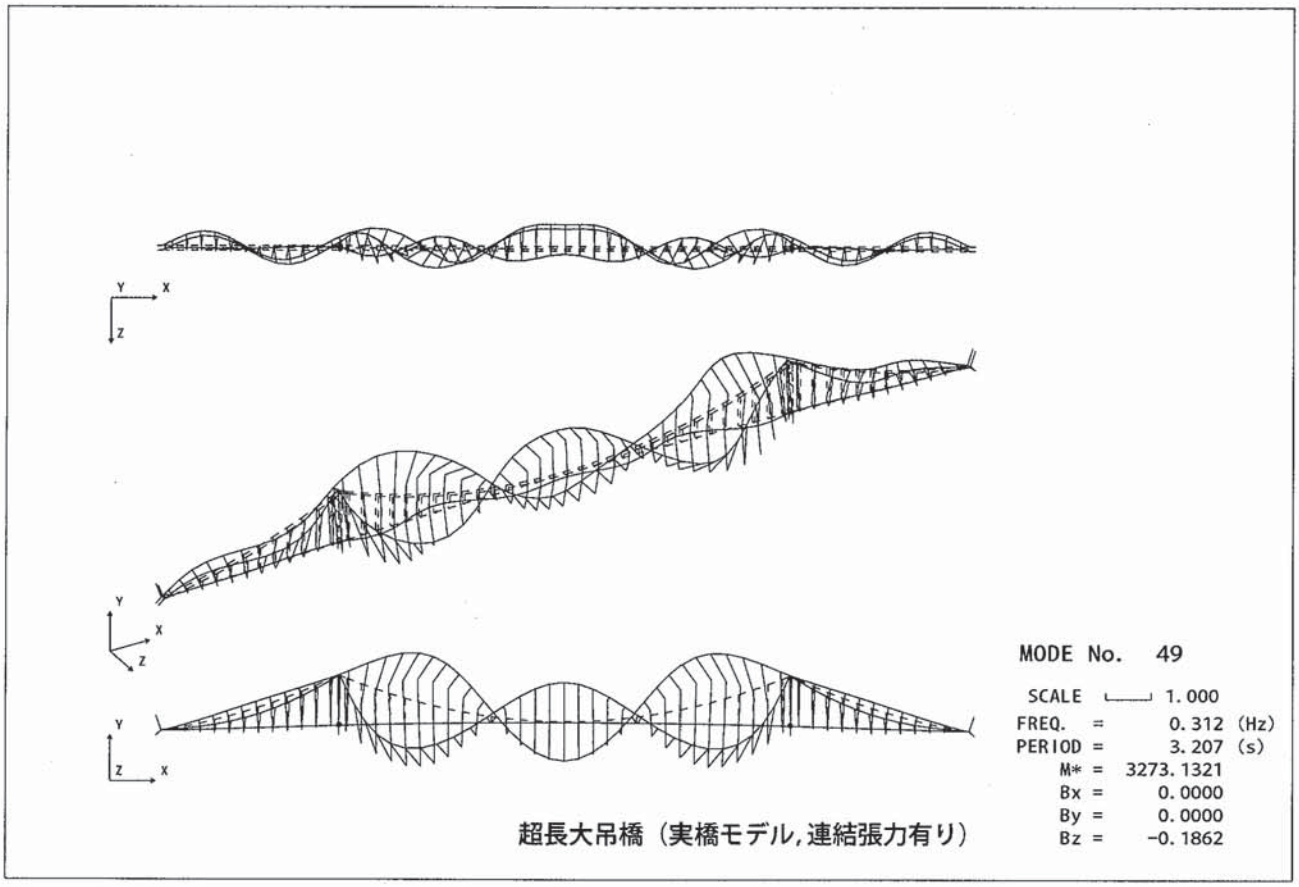


図 A1-24　実橋モデル　モード図



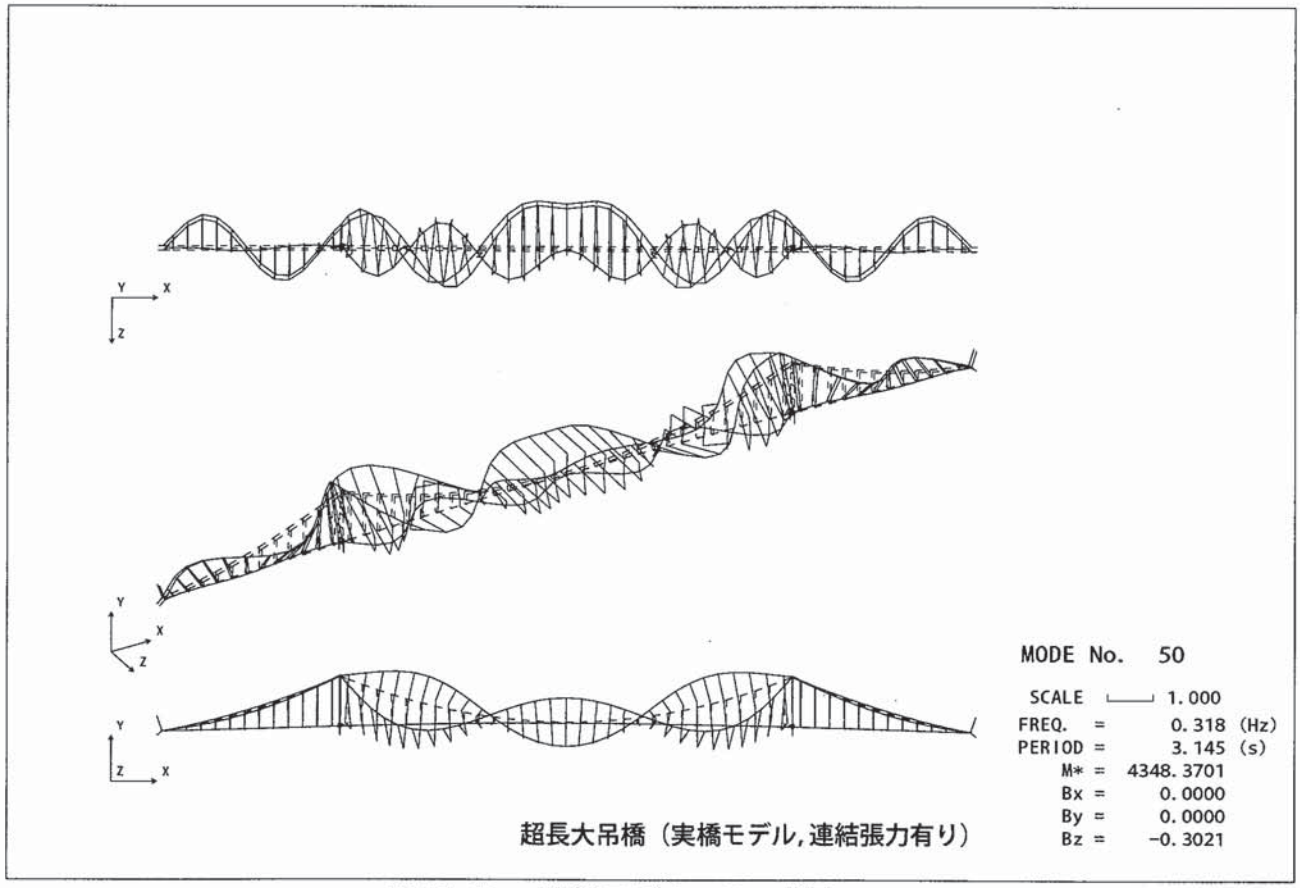


図 A1-25　実橋モデル　モード図

付属資料Ａ２　模型図面

模型図面を図 A2-1～10 に示す。

図 A2-1　模型図面　桁路面高さ
図 A2-2　模型図面　剛性棒下面高さ
図 A2-3　模型図面　メインケーブル高さ
図 A2-4　模型図面　ハンガーケーブル長さ
図 A2-5　模型図面　桁外形材
図 A2-6　模型図面　添加物（高欄等）
図 A2-7　模型図面　添加物（遮風壁等）
図 A2-8　模型図面　桁外形材組立
図 A2-9　模型図面　桁剛性棒
図 A2-10　模型図面　ケーブル（抗力相似部材）

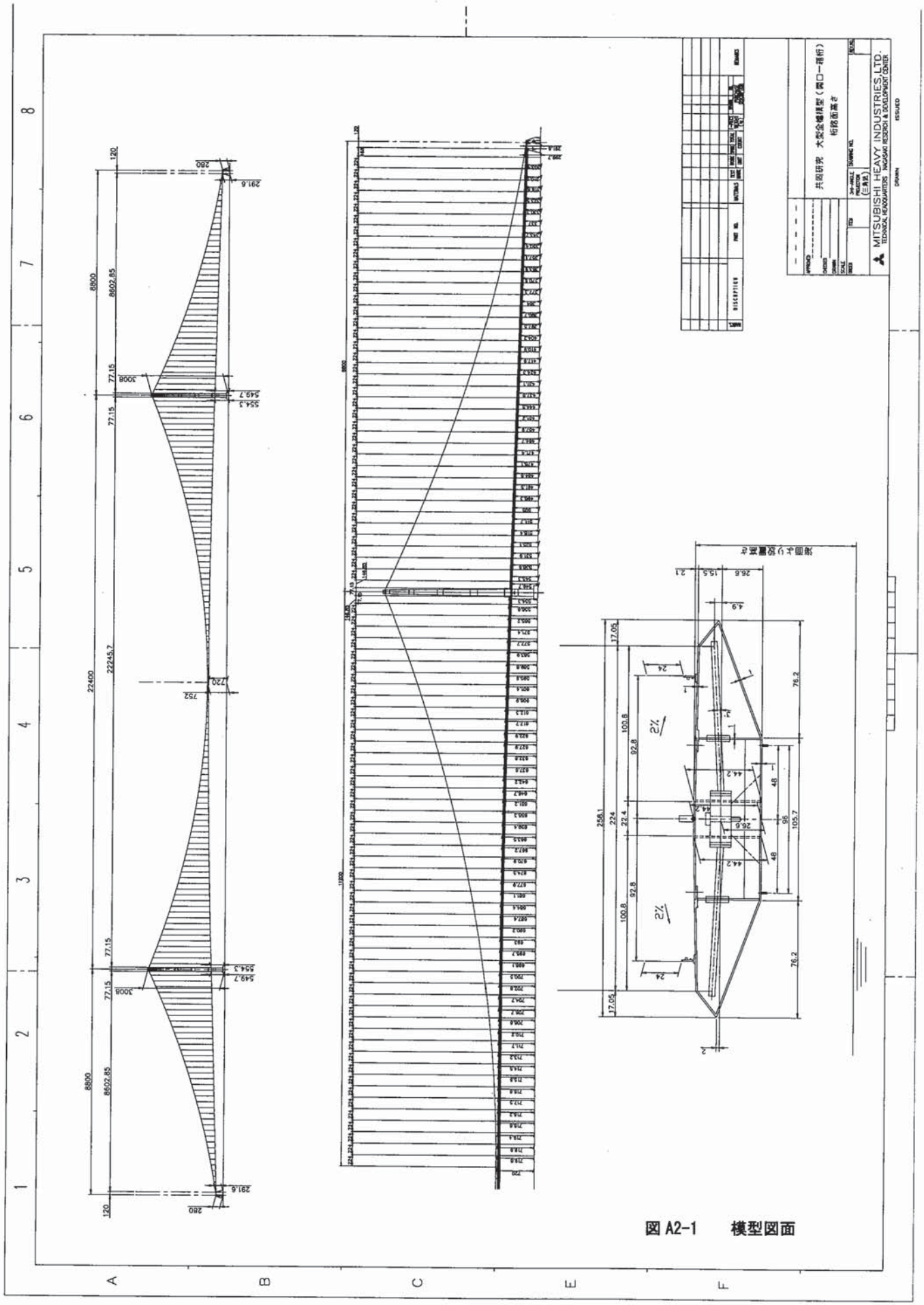

共同研究 大型全幅模型（関口一雅桁）
桁段面高さ
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGASAKI RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
DISCRIPTION
ISSUED
DRAWN
CHECKED
APPROVED
SCALE
DWG NO.
22400
8800
8602.85
77.15
3008
549.7
554.3
752
720
291.6
280
120
22245.2
258.1
224
100.8
92.8
76.2
48
96
105.7
44.2
26.6
24
17.05
4.9
15.5
26.8
21
2%

図 A2-1　　模型図面

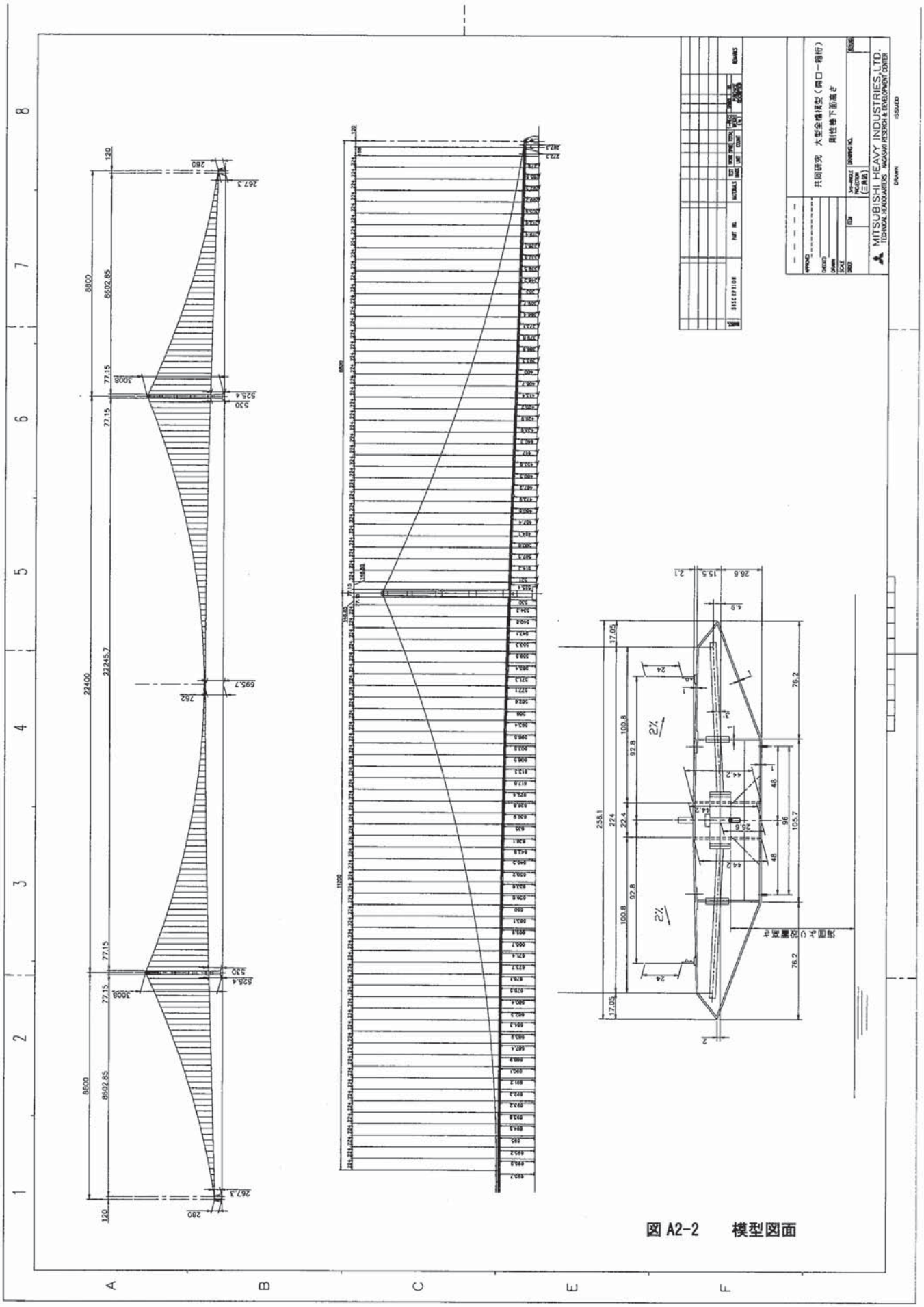

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGOYA RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
共同研究 大型全機模型（胴ロ－翼桁）
翼付胴下面高さ
DRAWN
ISSUED
DISCRIPTION
REMARKS
8600
8602.85
22400
22245.7
8800
8602.85
77.15
1008
525.4
530
752
695.7
280
267.3
120

図 A2-2　模型図面

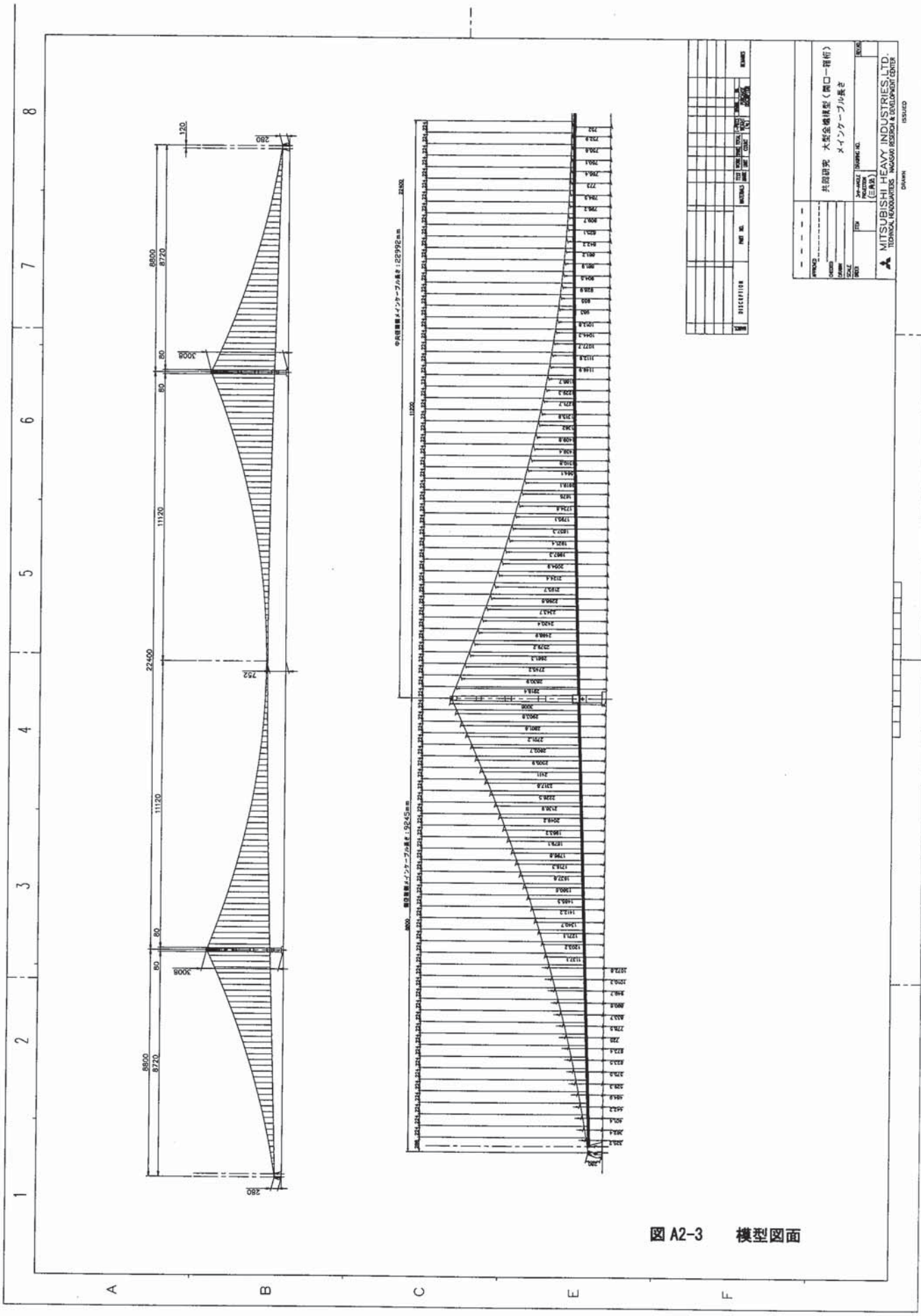

共同研究　大型全機模型（両ロー翼折）
メインケーブル長さ
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGASAKI RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
DISCRIPTION
REMARKS
120
280
8500
8720
3008
80
80
11120
22400
762
80
80
3008
11120
8500
8720
280

図 A2-3　　模型図面

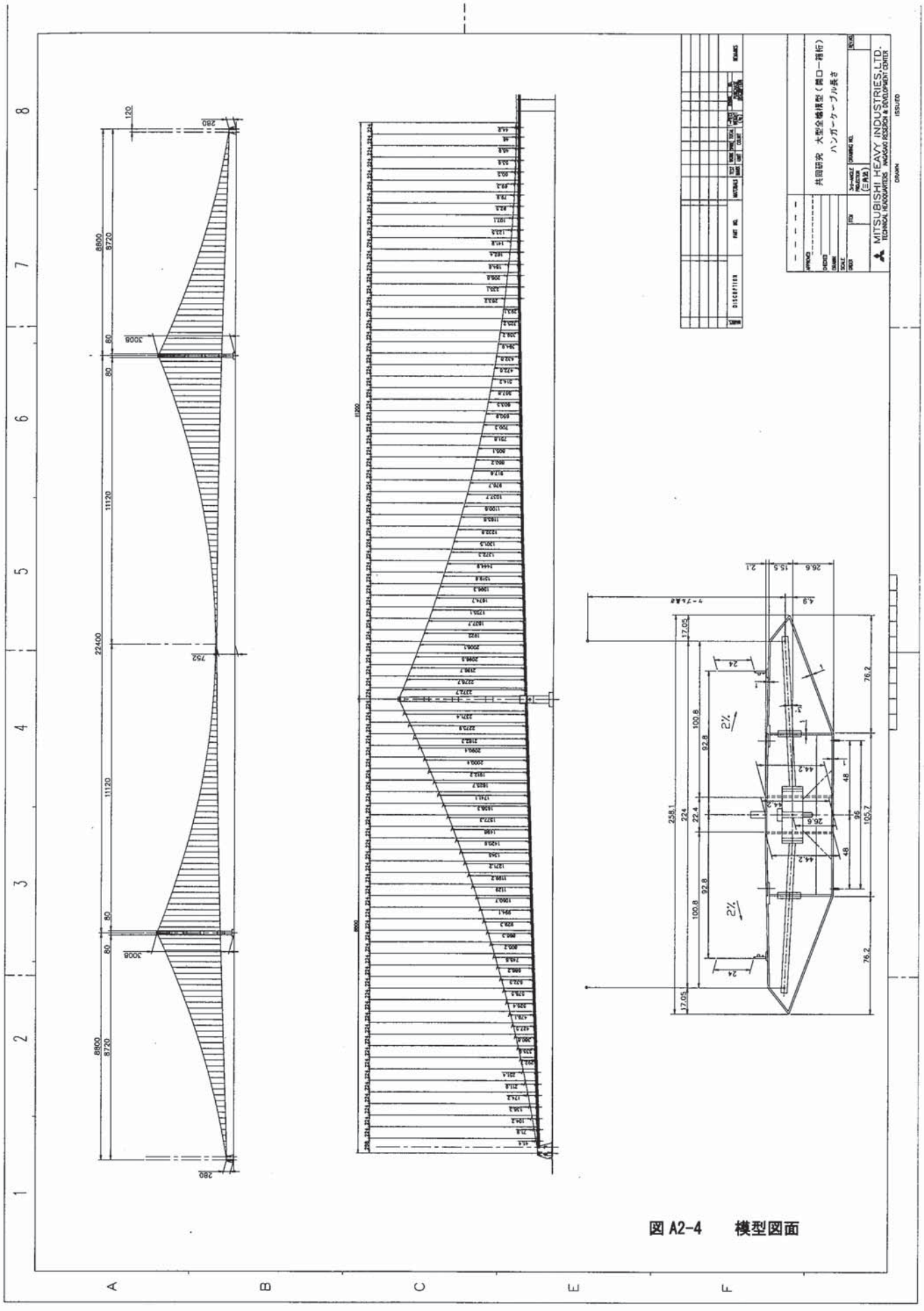

共同研究 大型全橋模型（箱口一箱桁）
ハンガーケーブル長さ
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGASAKI RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
ISSUED
DRAWN
CHECKED
APPROVED
DESCRIPTION
MATERIALS
REMARKS
1-7ARR
4.9
17.05
24
76.2
100.8
92.8
2%
258.1
224
22.4
44.2
48
95
105.7
26.6
15.5
21

図 A2-4　模型図面

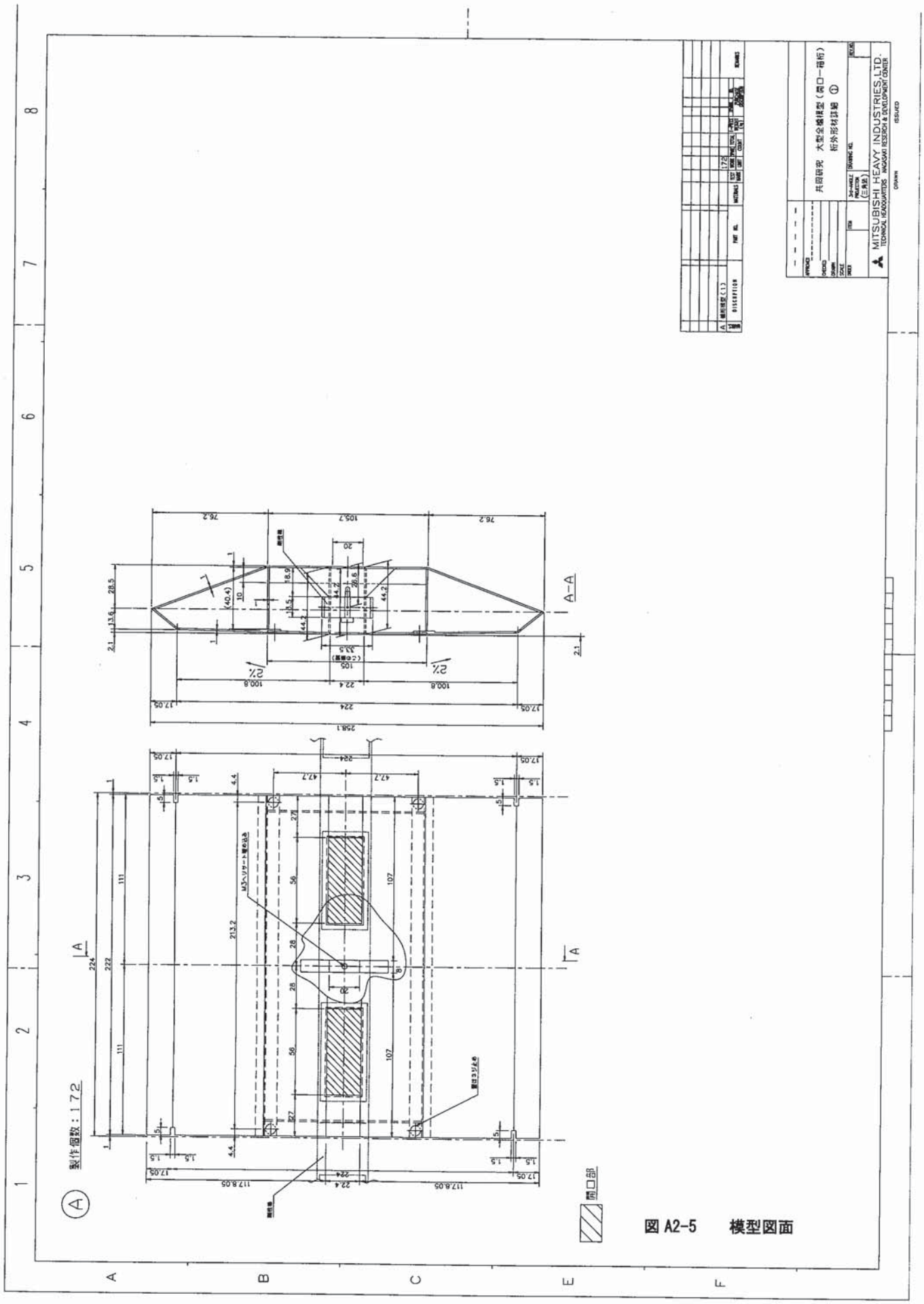

共同研究 大型全機模型（胴ロー前桁）
桁外形寸法図 ①
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGASAKI RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
製作個数：172
A-A
胴口部

図 A2-5　模型図面

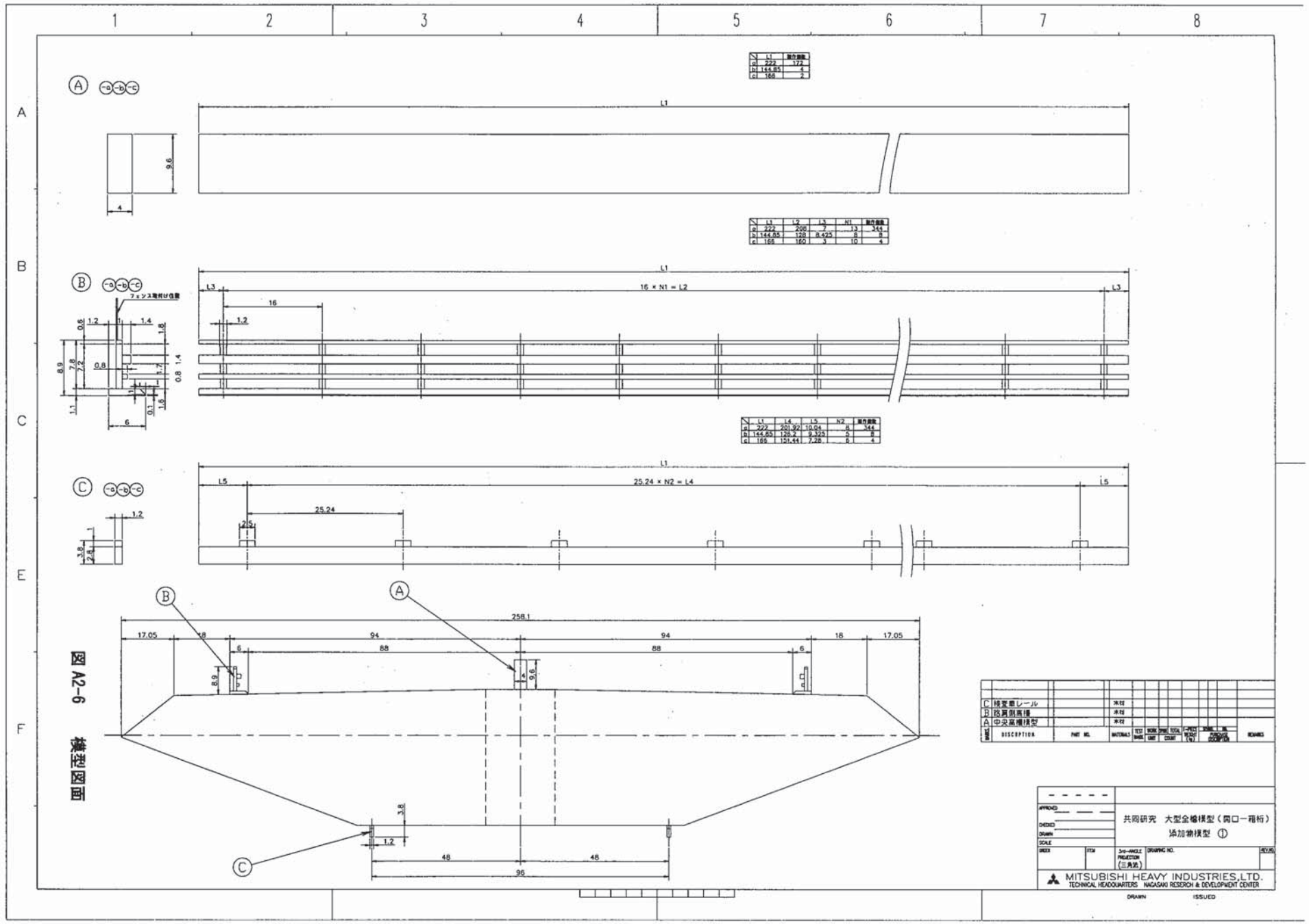
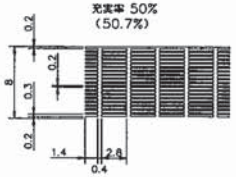

1 2 3 4 5 6 7 8
A B C E F
L1
9.6
4
L2
L3
N1
16 × N1 = L2
16
1.2
7ヶシス電付け位置
L4
L5
N2
25.24 × N2 = L4
25.24
2.5
258.1
17.05
18
94
88
6
8.9
9.6
3.8
48
96
C 検査車レール 木材
B 防音側高欄 木材
A 中央高欄模型 木材
DESCRIPTION
PART NO.
MATERIALS
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGASAKI RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
共同研究 大型全幅模型（両口一箱桁）
添加物模型 ①
DRAWN
ISSUED

図 A2-6 模型図面

図 A2-7 模型図面

Ⓐ t=0.2　フェンス高さ 3m(24mm) 高欄高抜き

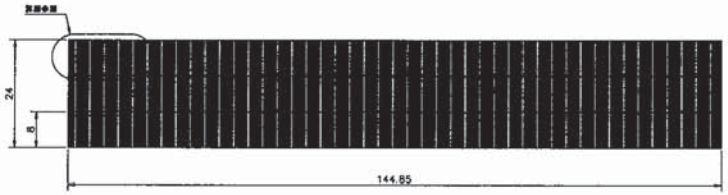
詳細寸法



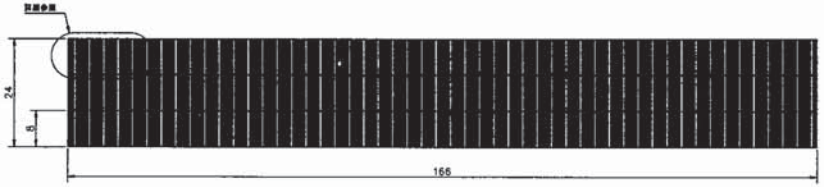
ⓐ 製作個数：182枚（予備：20枚含む）



ⓑ 製作個数：12枚（予備：4枚含む）

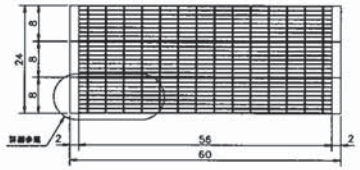


ⓒ 製作個数：6枚（予備：2枚含む）

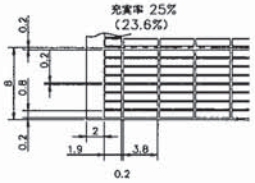


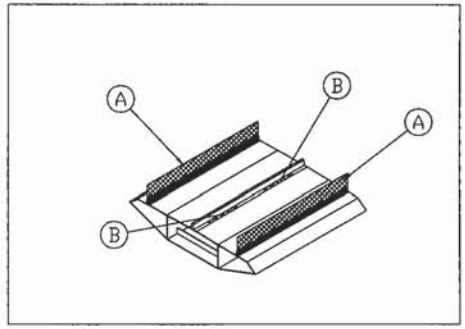
Ⓑ t=0.2

製作個数：380枚（予備：22枚含む）



詳細寸法





B	グレーチング				380					(PB:300φ)
C	ネット C				6					
b	ネット b				12					
a	ネット a				182					
A	ネット				380					
MARK	DESCRIPTION	PART NO.	MATERIALS	TEST MARK	WORK UNIT	SPARE COUNT	TOTAL COUNT	UNIT WEIGHT (kg)	DRAWING NO. / PATTERN NO.	REMARKS

APPROVED
CHECKED
DRAWN
SCALE
ORIGIN　TECH

共同研究　大型全幅模型（箱口一箱桁）
添加物模型 ②

3rd ANGLE PROJECTION (三角法)
DRAWING NO.
REVISION

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS　NAGASAKI RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER

DRAWN　ISSUED

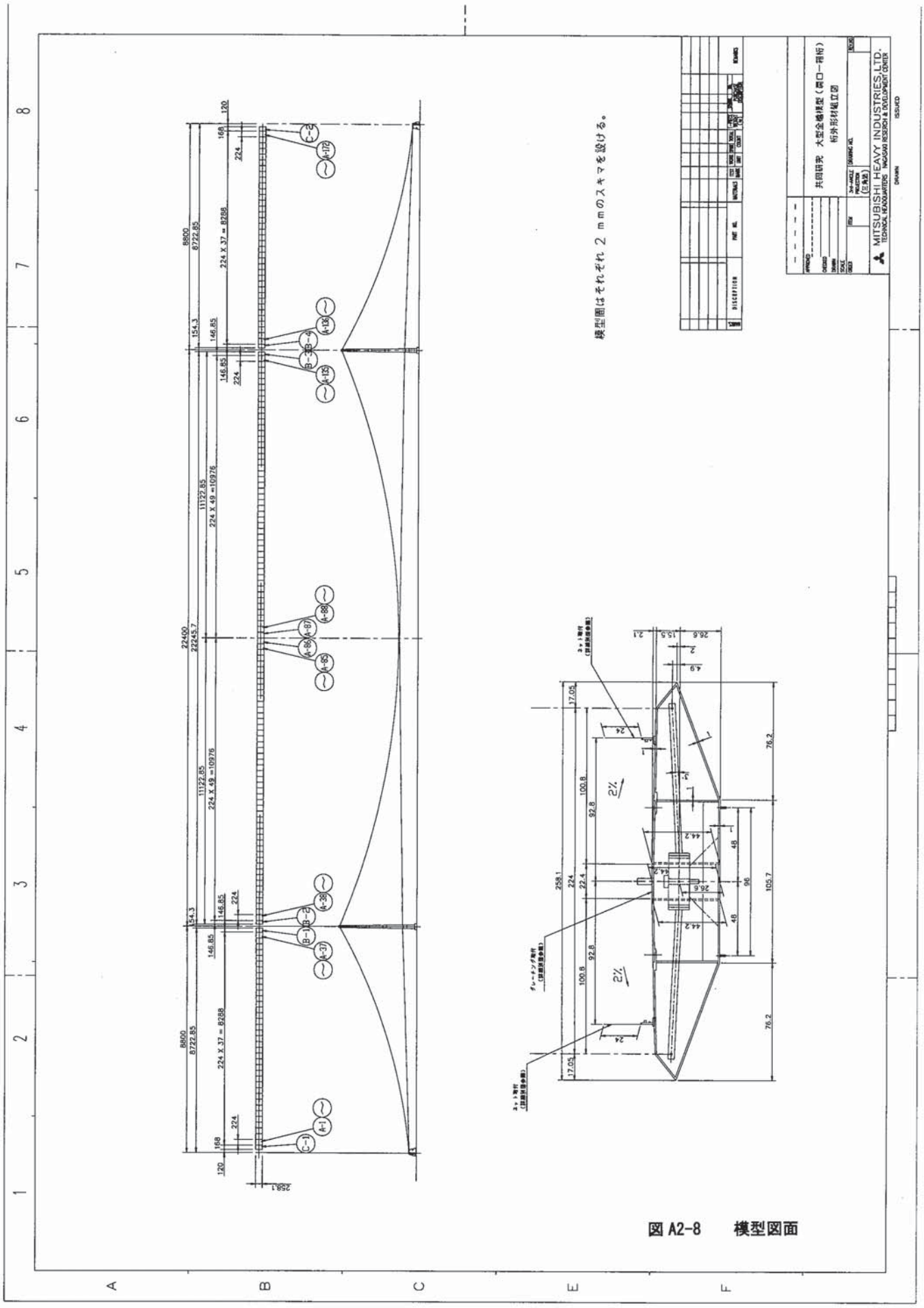

模型面はそれぞれ２ｍｍのスキマを設ける。
共同研究　大型全幅模型（横口一荷桁）
桁外形材模位図
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGASAKI RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
8800
8722.85
22400
22245.7
11122.85
224 X 49 =10976
224 X 37 = 8288
154.3
146.85
224
168
120
258.1
A-1
A-37
A-38
A-85
A-86
A-87
A-88
A-135
A-136
A-172
B-1
B-2
B-3
C-1
C-2
C-3
2%
17.05
100.8
92.8
22.4
76.2
105.7
96
48
44.2
26.6
15.5
6.9

図 A2-8　　模型図面

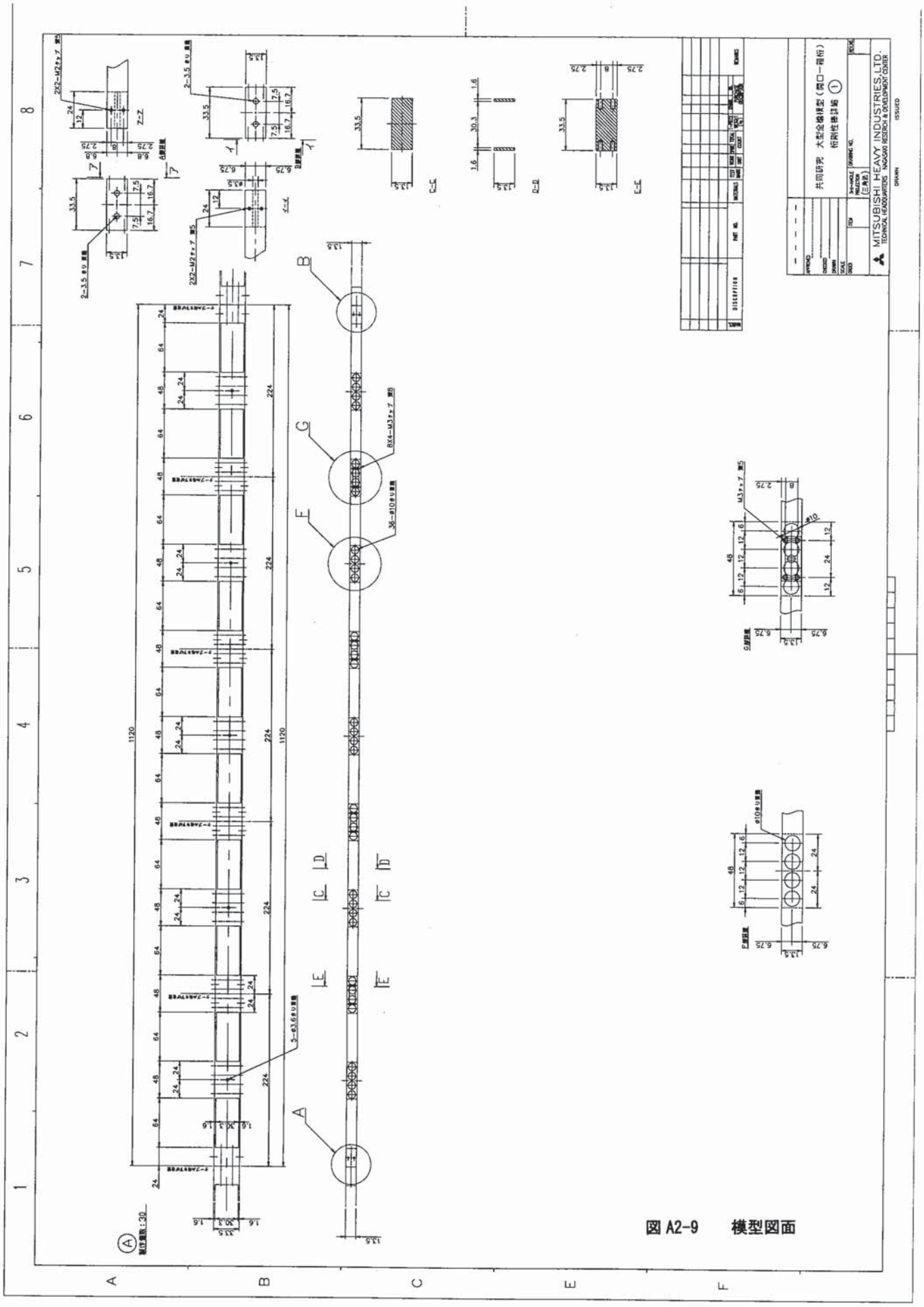
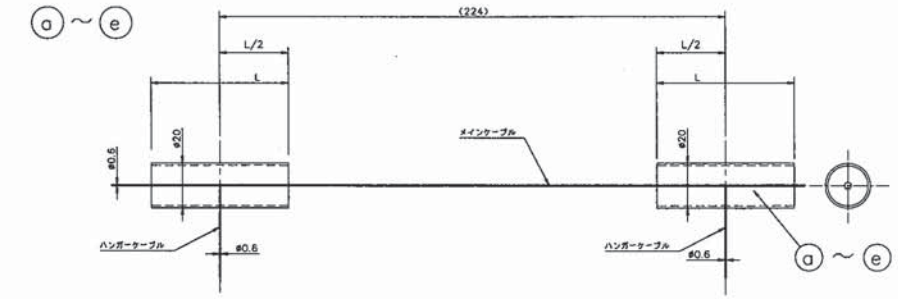
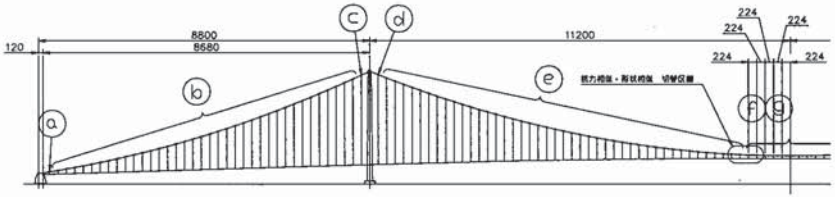
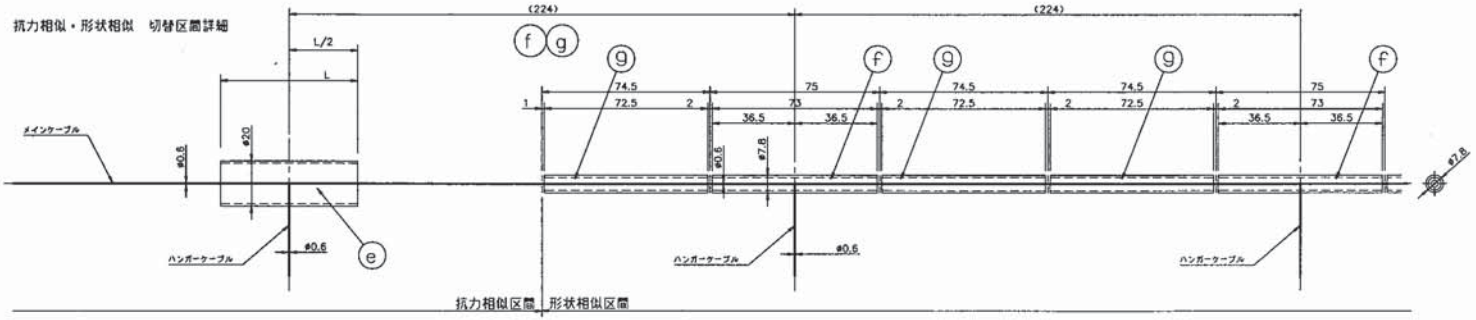
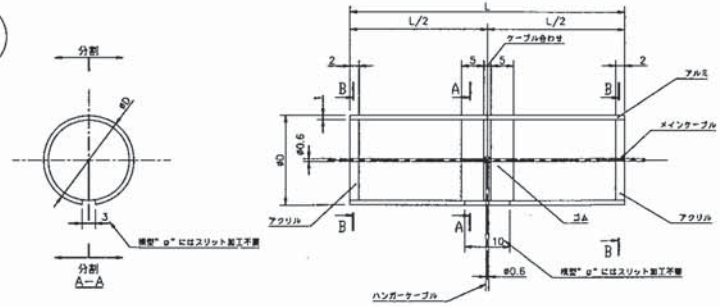

共同研究 大型全機模型（胴口一周付）
桁剛性単詳細 ①
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGASAKI RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
DRAWN
ISSUED
DISCRIPTION
PART NO.
MATERIALS
QUANT
UNIT
WEIGHT
REMARKS
SCALE
DRAWING NO.
ITEM
APPROVED
CHECKED
DRAWN
DESIGNED
A
B
C
D
E
F
G
1120
224
24
64
48
16
30.3
33.5
16.7
7.5
2.75
6.75
13.5
8X4-M3†7 深5
36-ø10ø9 貫通
3-ø3.6ø9 貫通
2X2-M2†7 深5
2-3.5 ø9 貫通
ø10ø9 貫通
M3†7 深5
1.6
12
6
1:30

図 A2-9　模型図面









	a	b	c	d	e	f	g
L	98.3	76.5	53.5	52.3	74.7	73	72.5
D	20	20	20	20	20	7.8	7.8
個数	4	144	4	4	172	22	44

図 A2-10 模型図面

ITEM	DESCRIPTION	PART NO.	MATERIALS	TEST MARK	WORK UNIT	SPARE COUNT	TOTAL COUNT	1 PIECE WEIGHT (kg)	TOTAL WEIGHT (kg)	REMARKS
A	抗力相似部材		PVC/PMMA	**						

APPROVED
CHECKED
DRAWN
SCALE
ORDER
ITEM
3rd-ANGLE PROJECTION (三角法)
DRAWING NO.
REV.NO.

共同研究 大型全機模型（両口一箱桁）
抗力相似部材

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTD.
TECHNICAL HEADQUARTERS NAGASAKI RESERCH & DEVELOPMENT CENTER

DRAWN ISSUED

付属資料Ｂ　写真集

付属資料Ｂ１　剛性棒構造試験

写真 1-1-1　剛性棒（全体）
写真 1-1-2　剛性棒（部分）
写真 1-1-3　構造試験状況（全体）
写真 1-1-4　構造試験状況（部分）

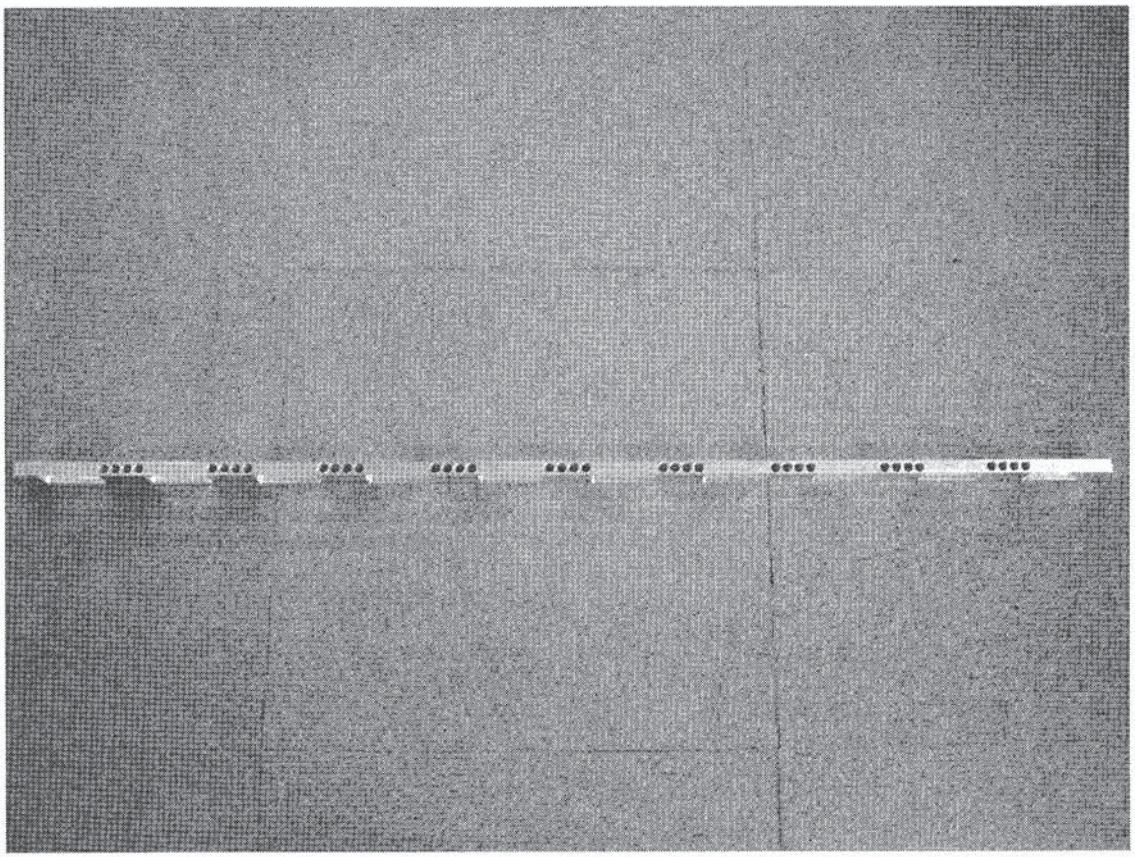


写真 1-1-1　剛性棒（全体）

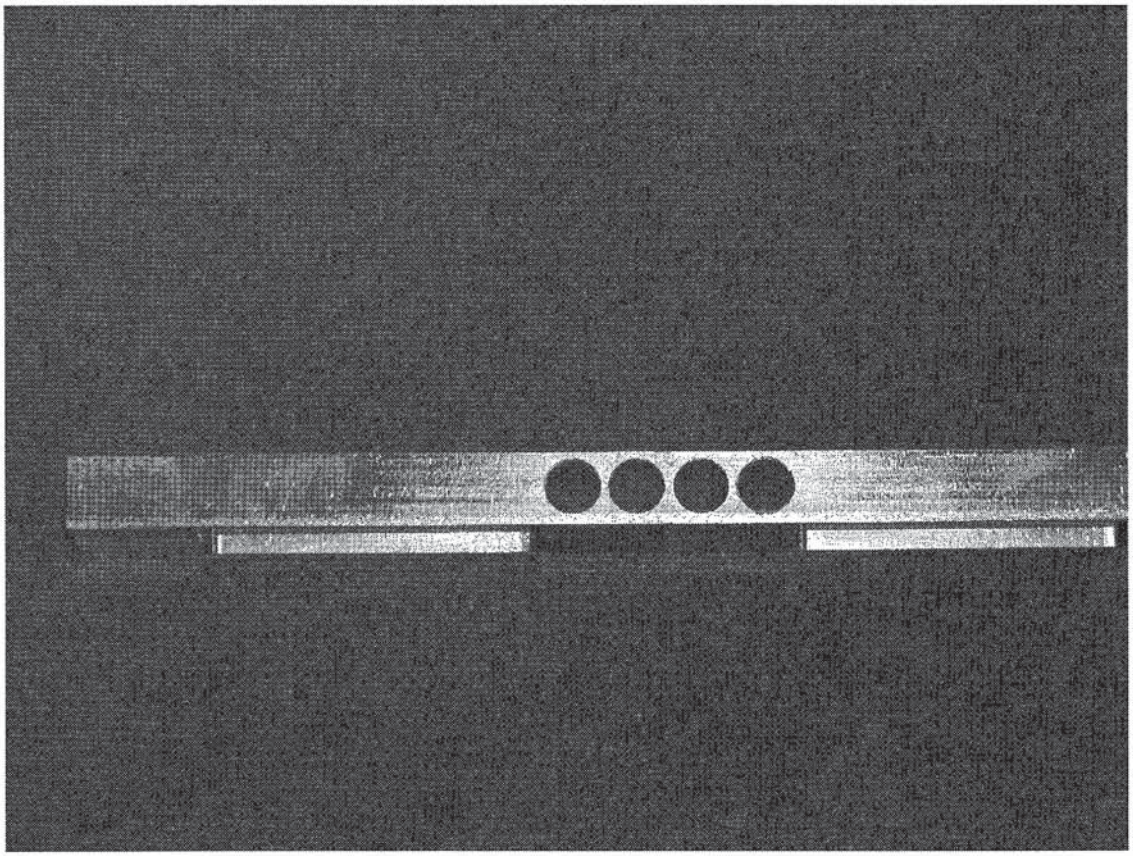


写真 1-1-2　剛性棒（部分）

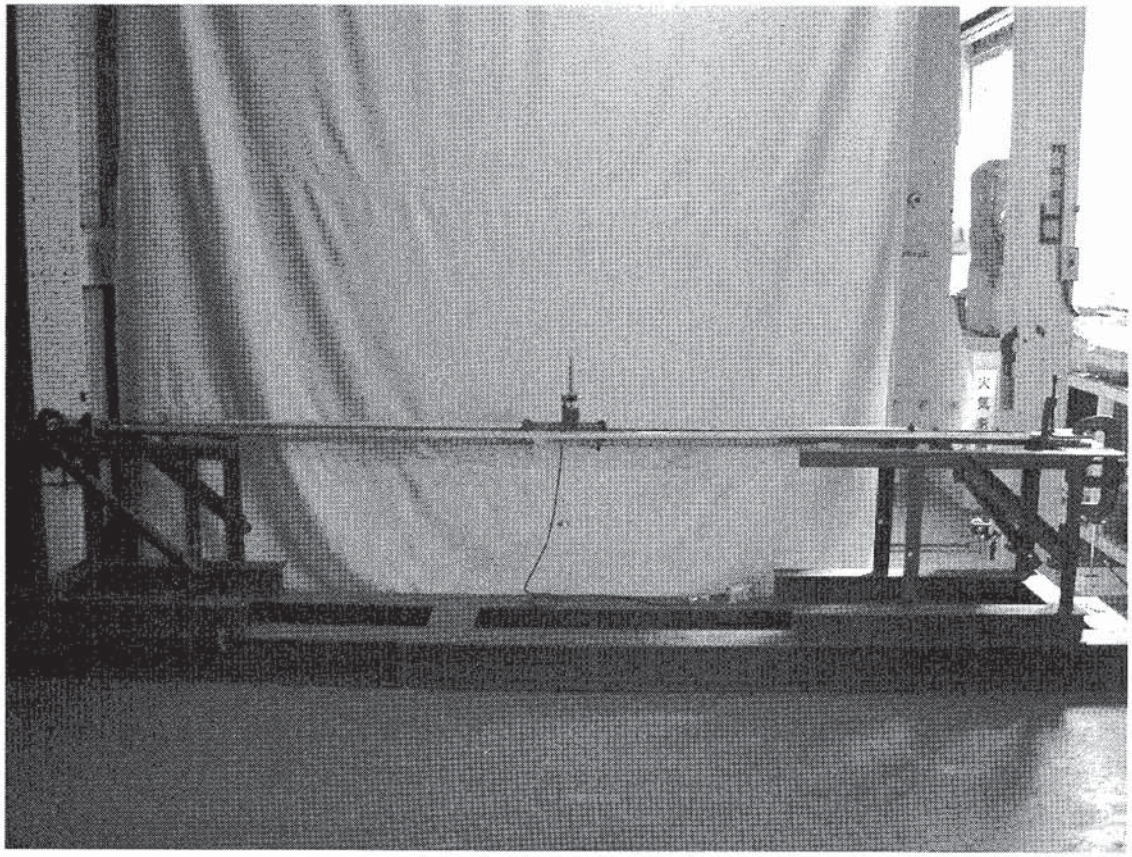


写真 1-1-3　構造試験状況（全体）

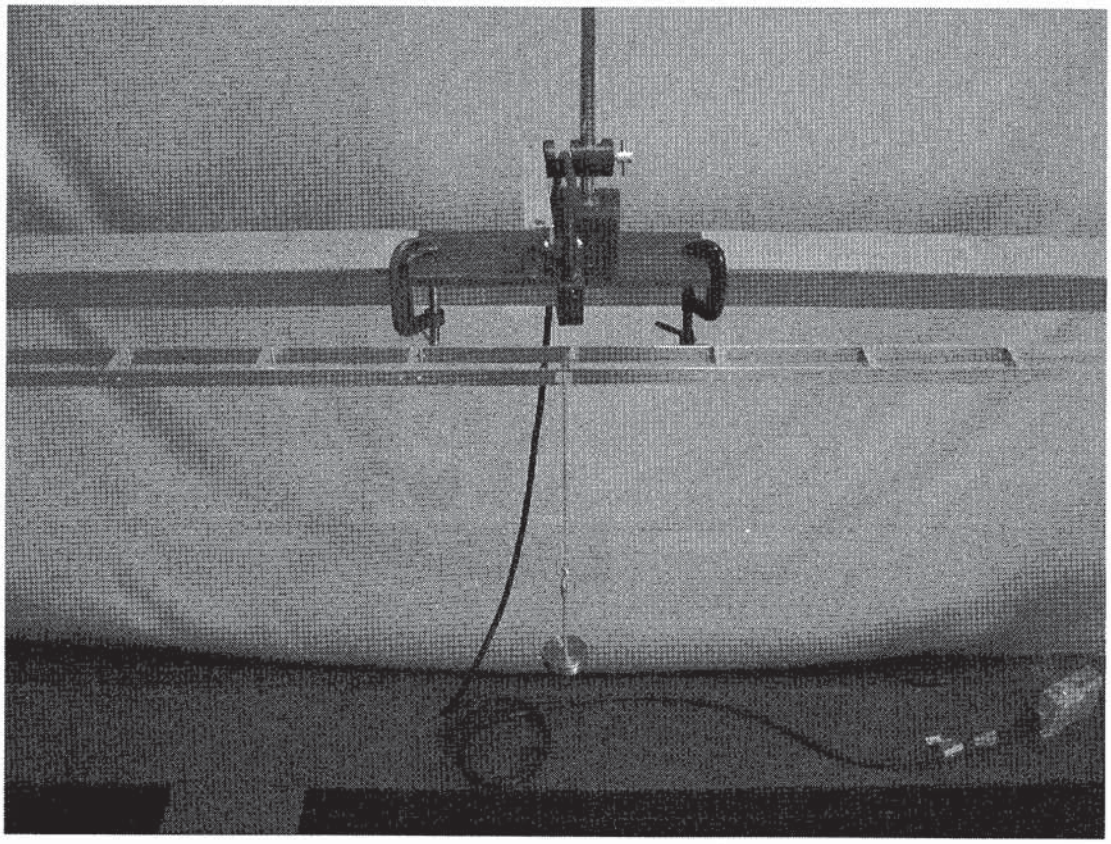


写真 1-1-4　構造試験状況（部分）

付属資料Ｂ２　模型組み立て状況

写真 2-1-1　ハンガー切り出し状況
写真 2-1-2　ハンガー取り付け状況
写真 2-1-3　ケーブル抗力相似部材の組立
写真 2-1-4　ケーブル抗力相似部材の取付け
写真 2-1-5　ダミーウェイト（外形材+剛性棒分）の取付け
写真 2-1-6　塔頂ケーブル固定治具の取付け
写真 2-1-7　ハンガー剛性棒の取付け
写真 2-1-8　ハンガー剛性棒を取付けた桁剛性棒
写真 2-1-9　桁剛性棒の取付け用架台への仮置き
写真 2-1-10　桁剛性棒のブロック間の連結
写真 2-1-11　ハンガーケーブルの仮止め-1
写真 2-1-12　ハンガーケーブルの仮止め-2
写真 2-1-13　ダミーウェイト（外形材分）の剛性棒への取付け・架台撤去
写真 2-1-14　剛性棒のアンカレッジ部への取付け
写真 2-1-15　剛性棒の主塔部への取付け
写真 2-1-16　ハンガー剛性棒とハンガーケーブルの固定
写真 2-1-17　桁外形材極慣性計測
写真 2-1-18　桁外形材重心高さ計測-1
写真 2-1-19　桁外形材重心高さ計測-2
写真 2-1-20　桁外形材取付け
写真 2-1-21　桁外形材面内方向補強材取付け
写真 2-1-22　遮風壁取付け
写真 2-1-23　遮風壁支持棒取付け
写真 2-1-24　桁外形材水平調整
写真 2-1-25　抗力相似部材仕上げ

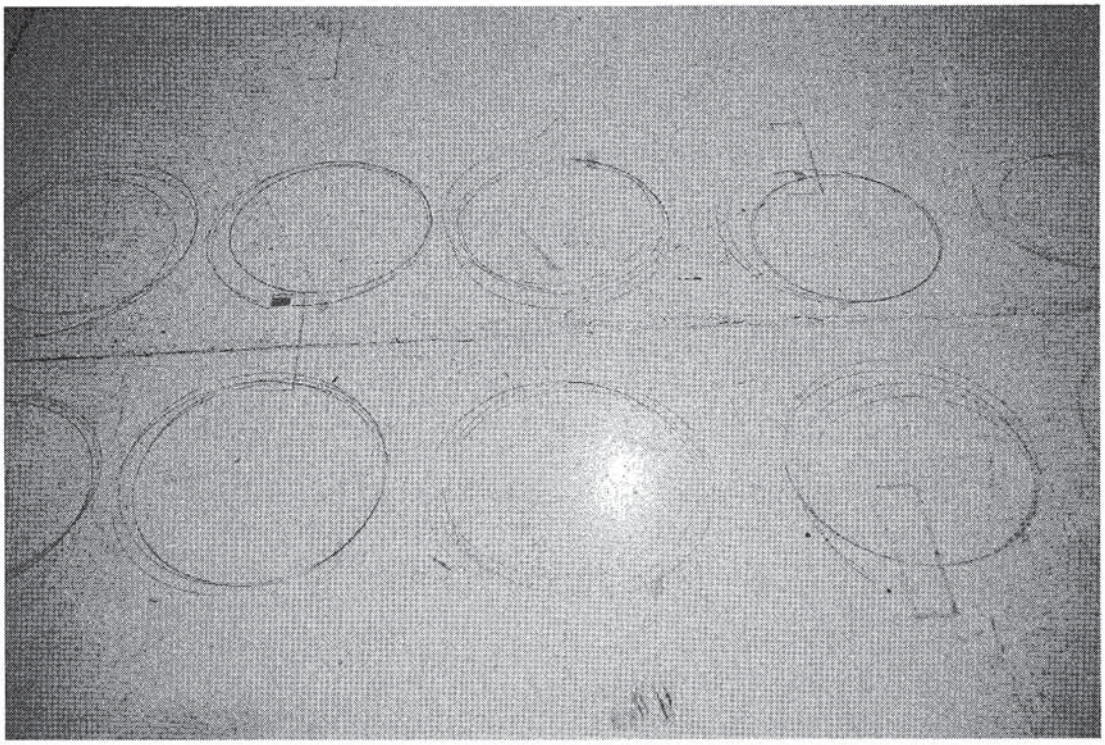


写真 2-1-1　ハンガー切り出し状況

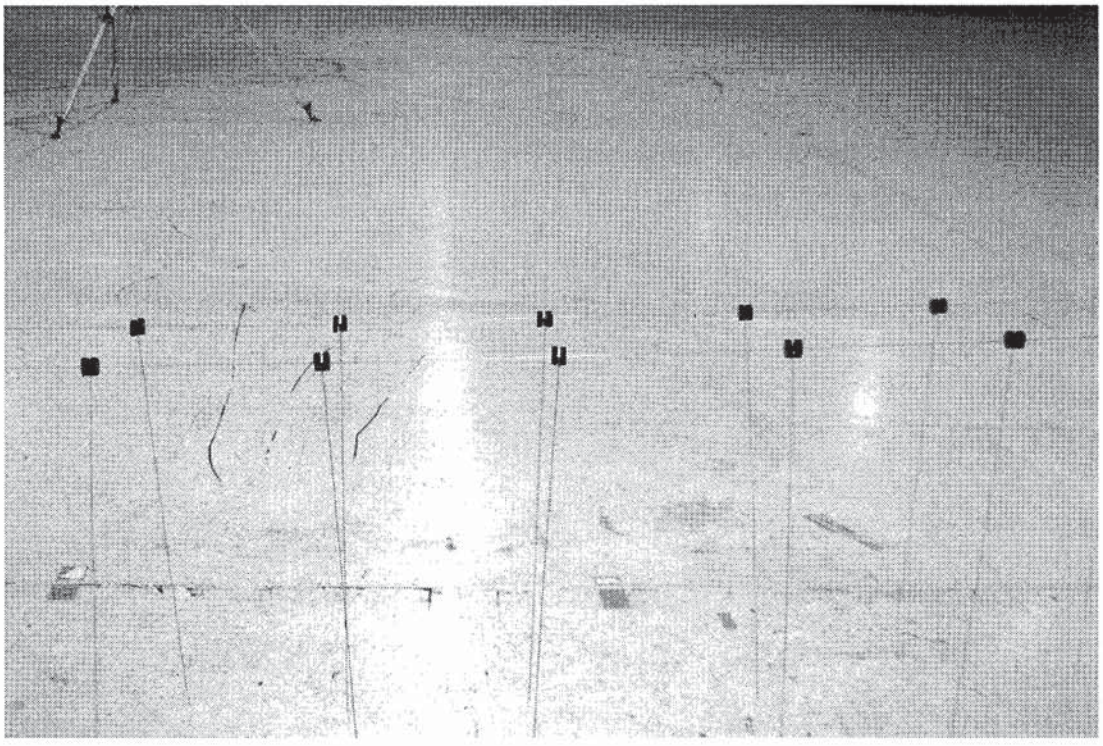


写真 2-1-2　ハンガー取り付け状況（スリーブで圧着し、ケーブル抗力相似部材取付け用円形ゴムを取付け。）

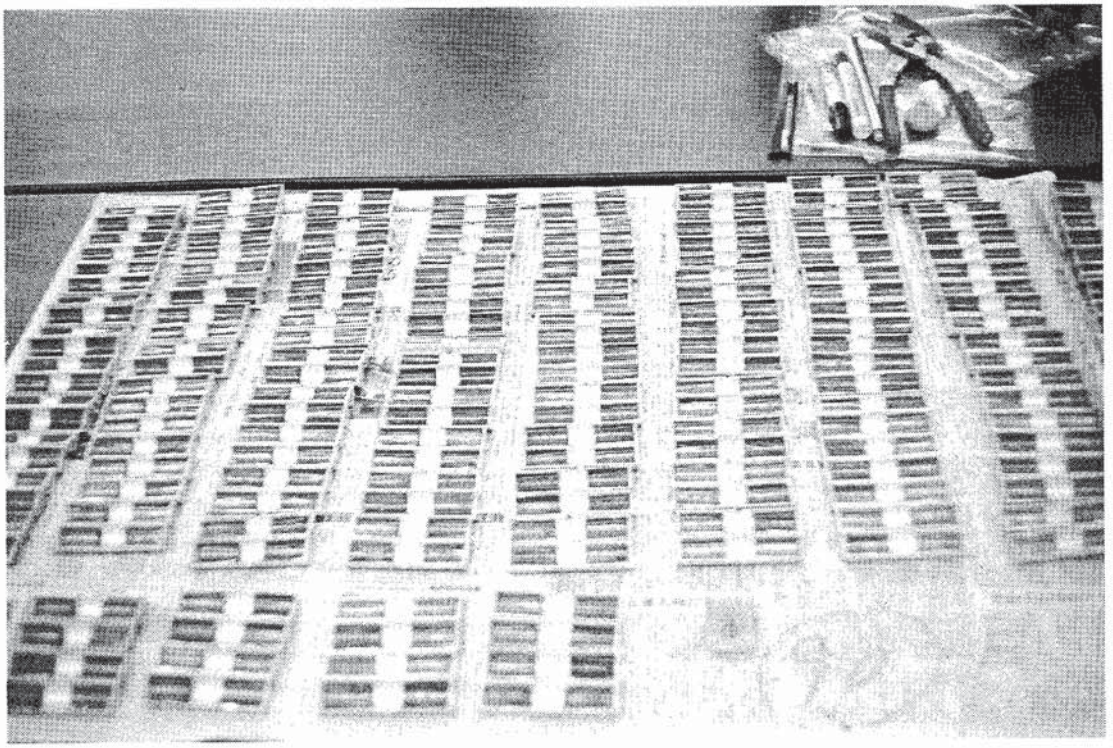


写真 2-1-3　ケーブル抗力相似部材の組立

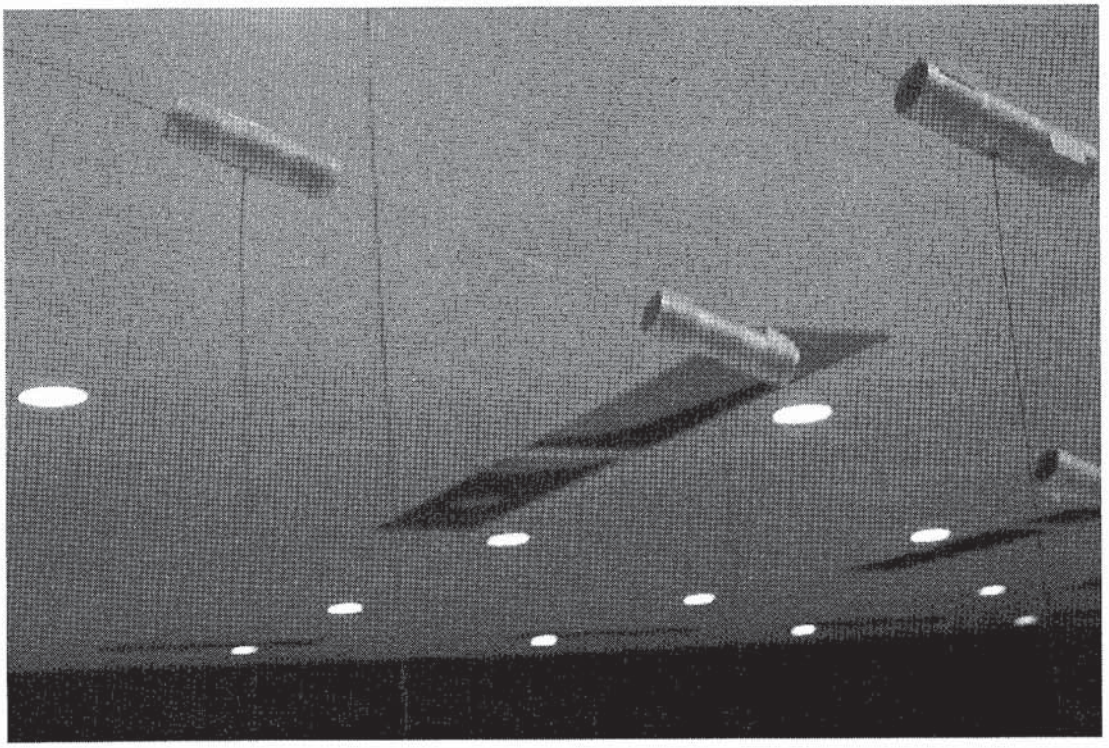


写真 2-1-4　ケーブル抗力相似部材の取付け

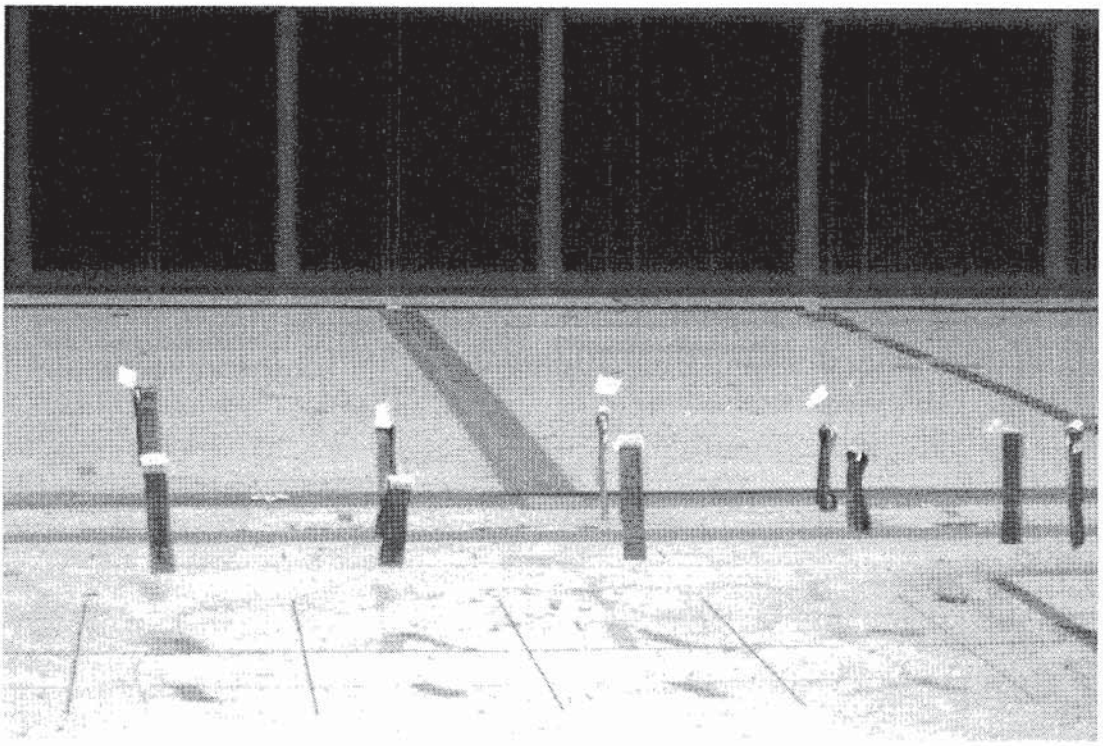


写真 2-1-5　ダミーウェイト（外形材+剛性棒分）の取付け
（のちメインケーブルの線形調整）

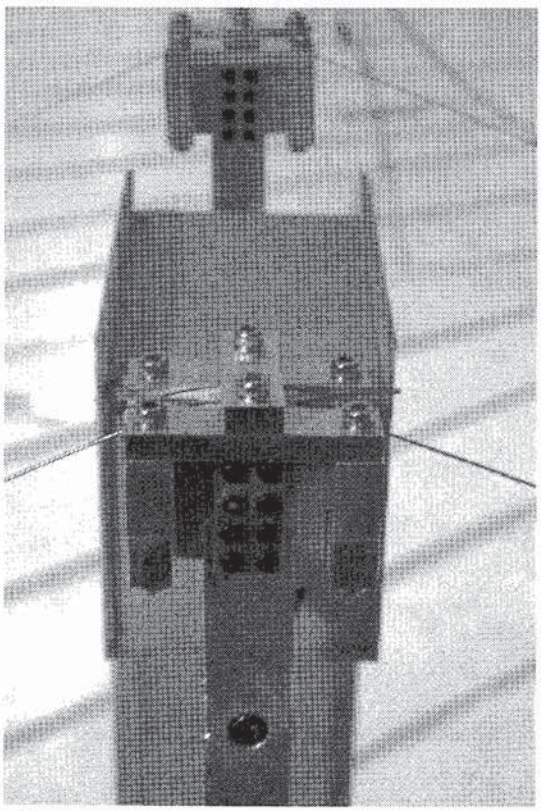


写真 2-1-6　塔頂ケーブル固定治具の取付け

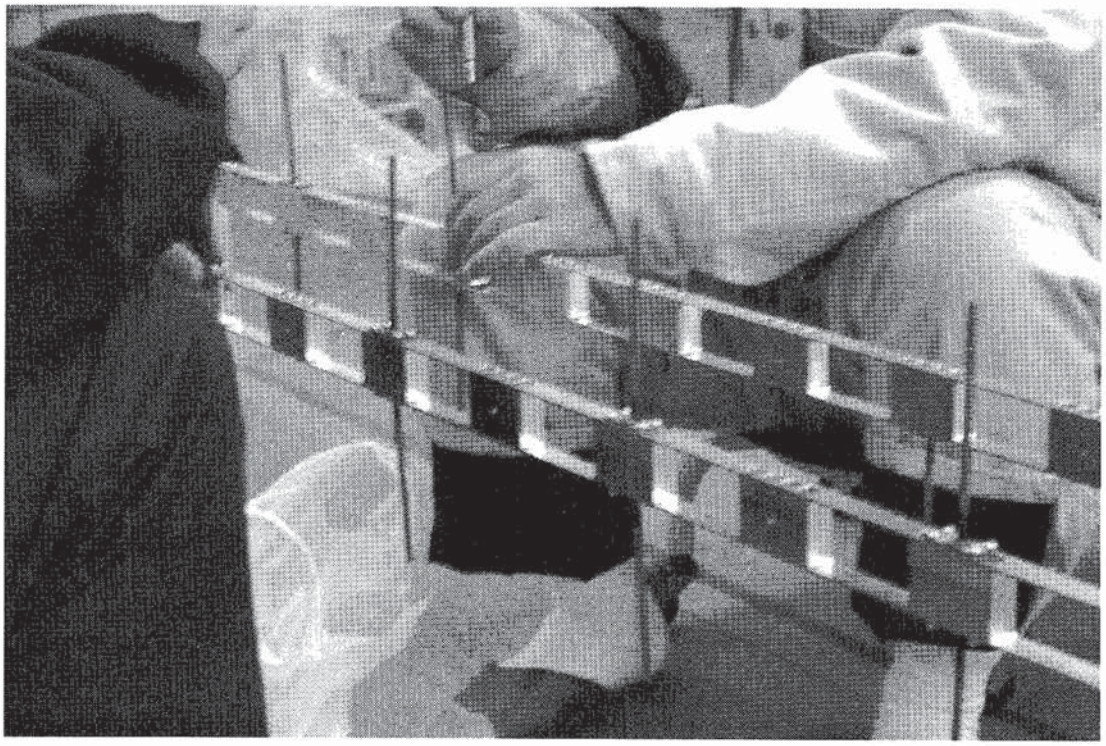


写真 2-1-7　ハンガー剛性棒の取付け

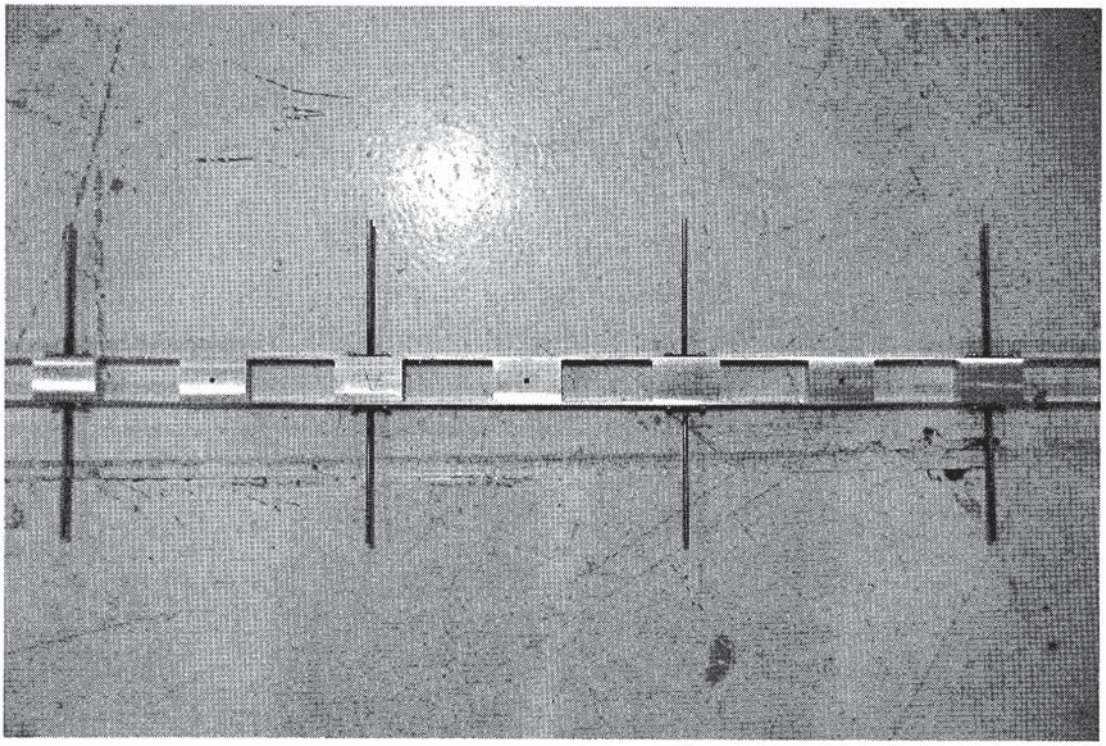


写真 2-1-8　ハンガー剛性棒を取付けた桁剛性棒

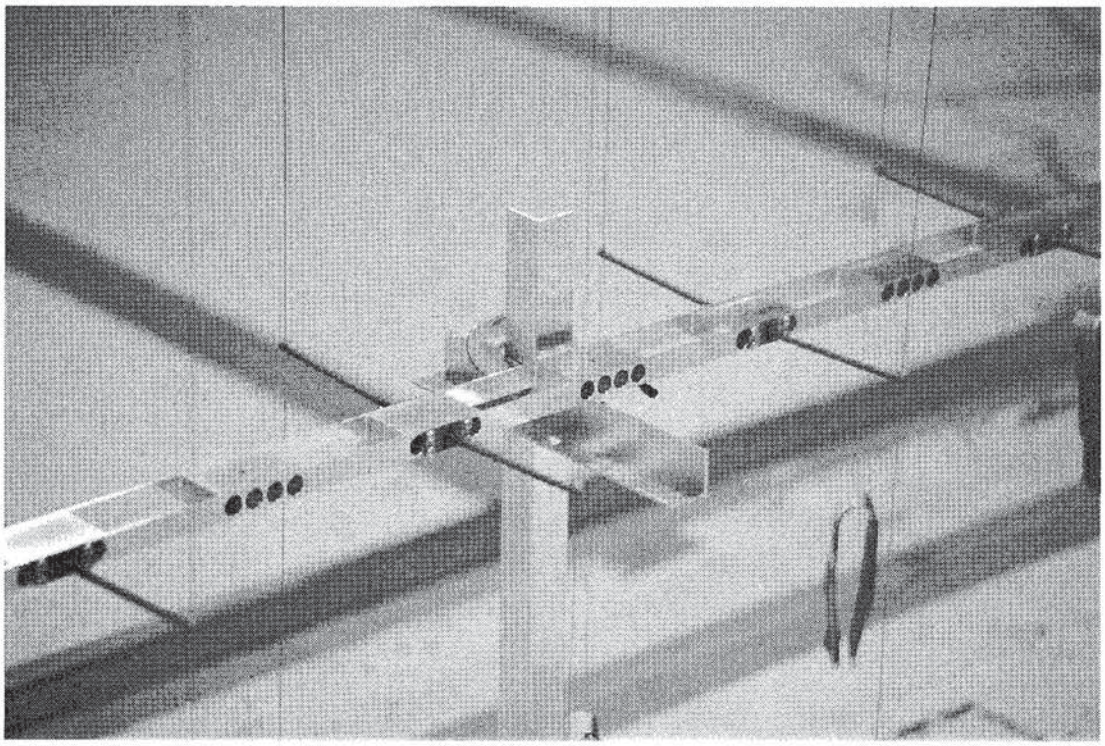


写真 2-1-9　桁剛性棒の取付け用架台への仮置き

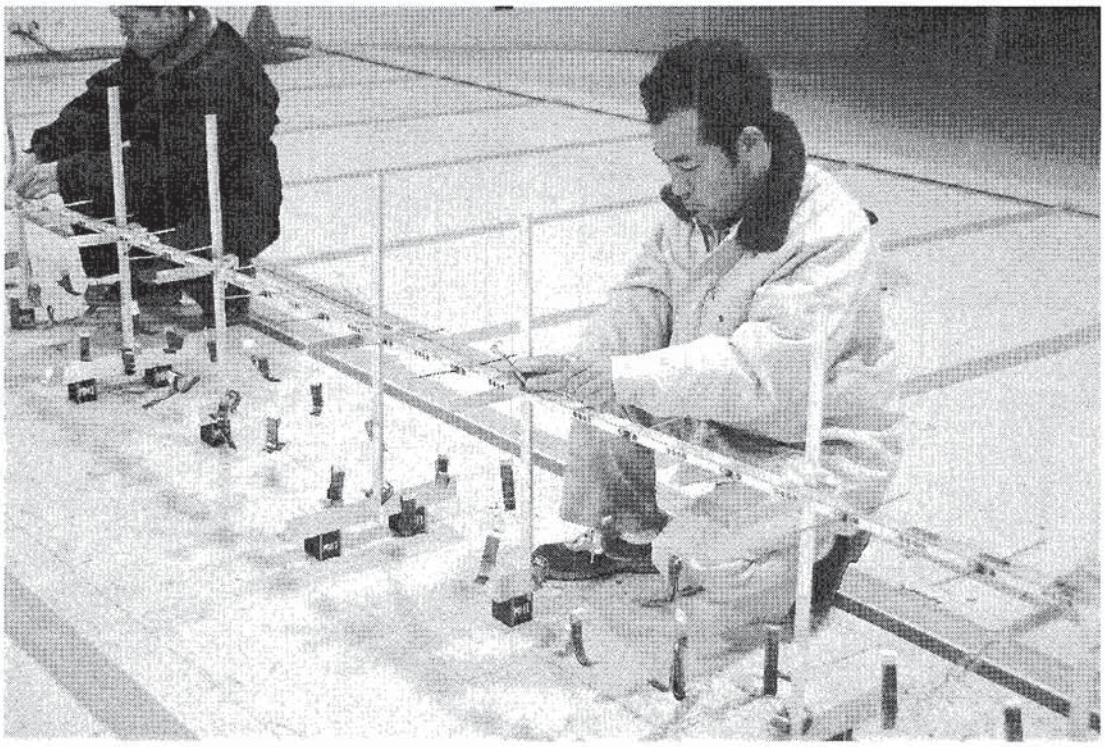


写真 2-1-10　桁剛性棒のブロック間の連結

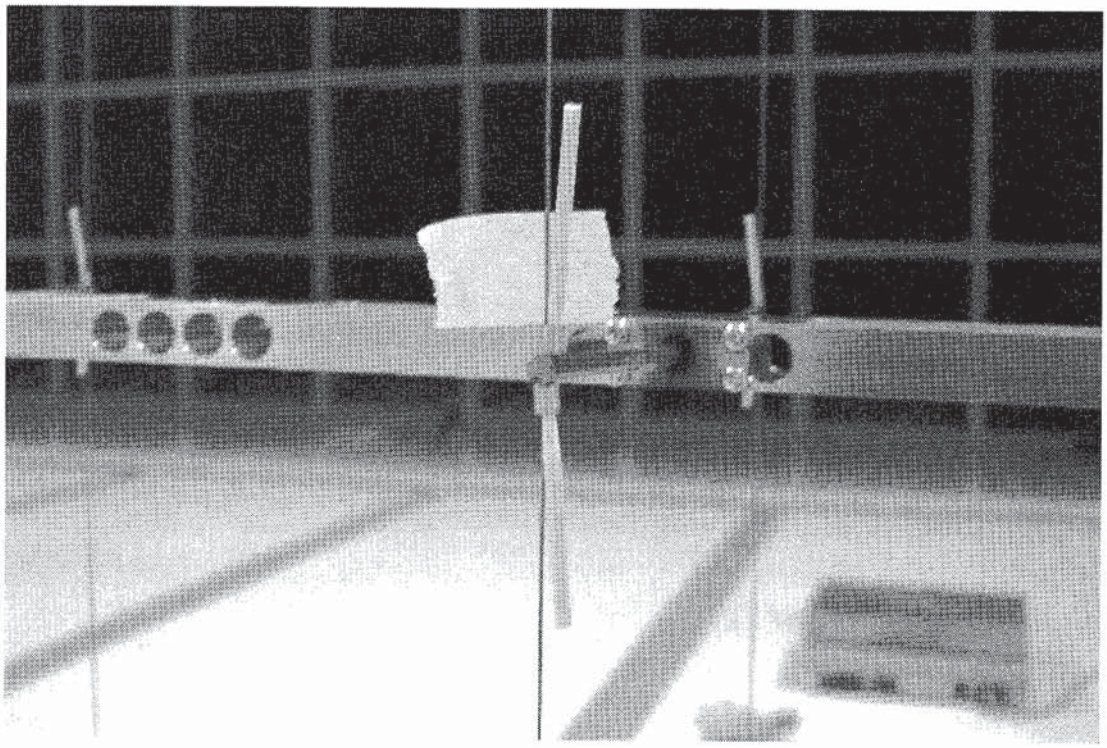


写真 2-1-11　ハンガーケーブルの仮止め-1

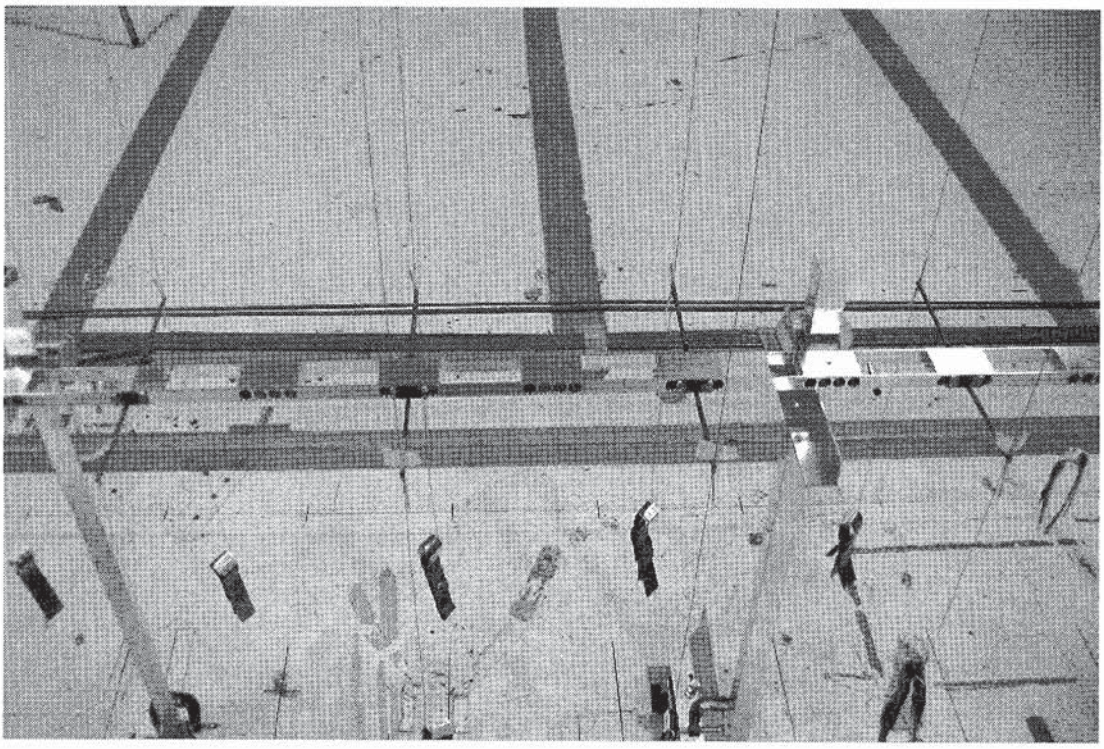


写真 2-1-12　ハンガーケーブルの仮止め-2

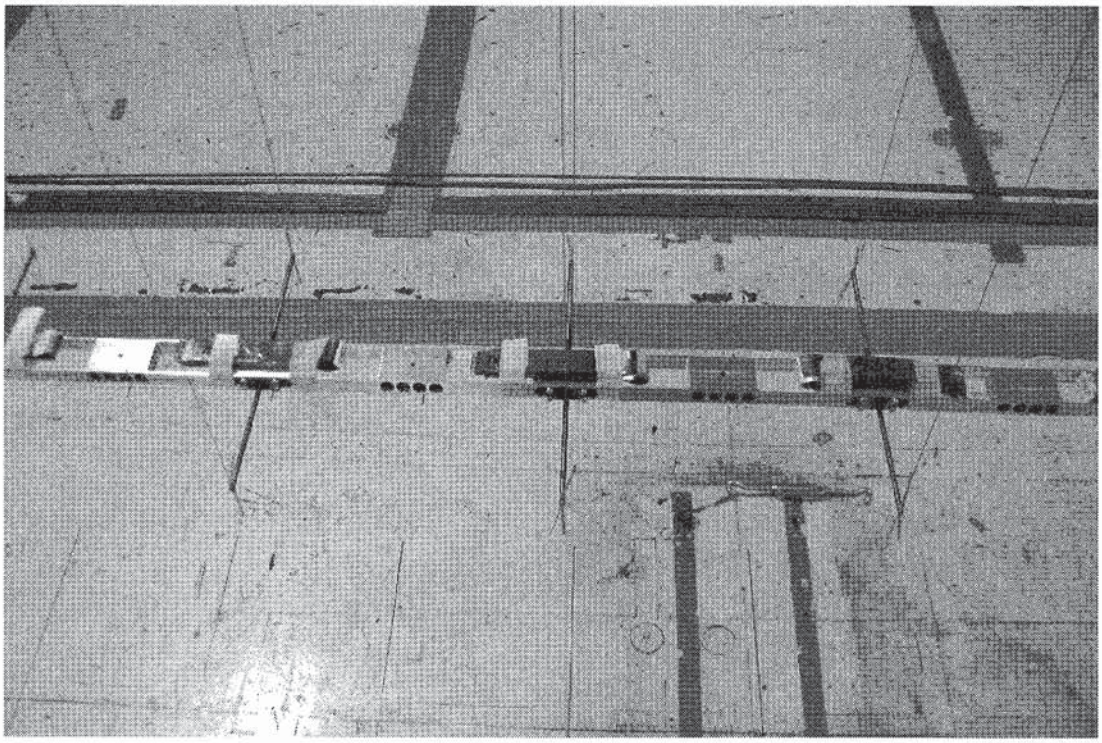


写真 2-1-13　ダミーウェイト（外形材分）の剛性棒への取付け・架台撤去
（のち剛性棒キャンバー・水平レベルの調整）

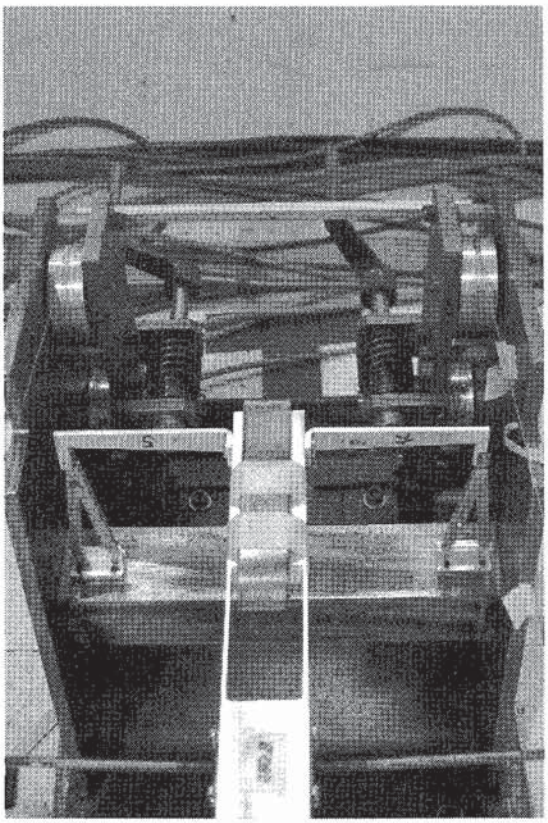


写真 2-1-14　剛性棒のアンカレッジ部への取付け

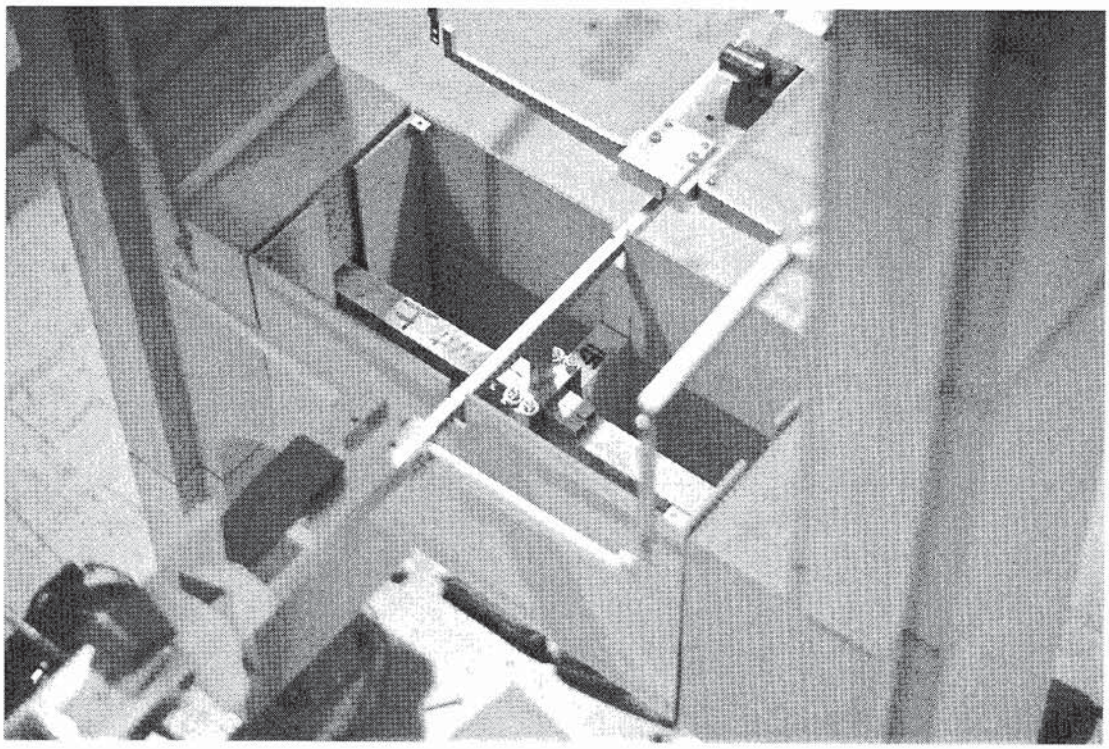


写真 2-1-15　剛性棒の主塔部への取付け

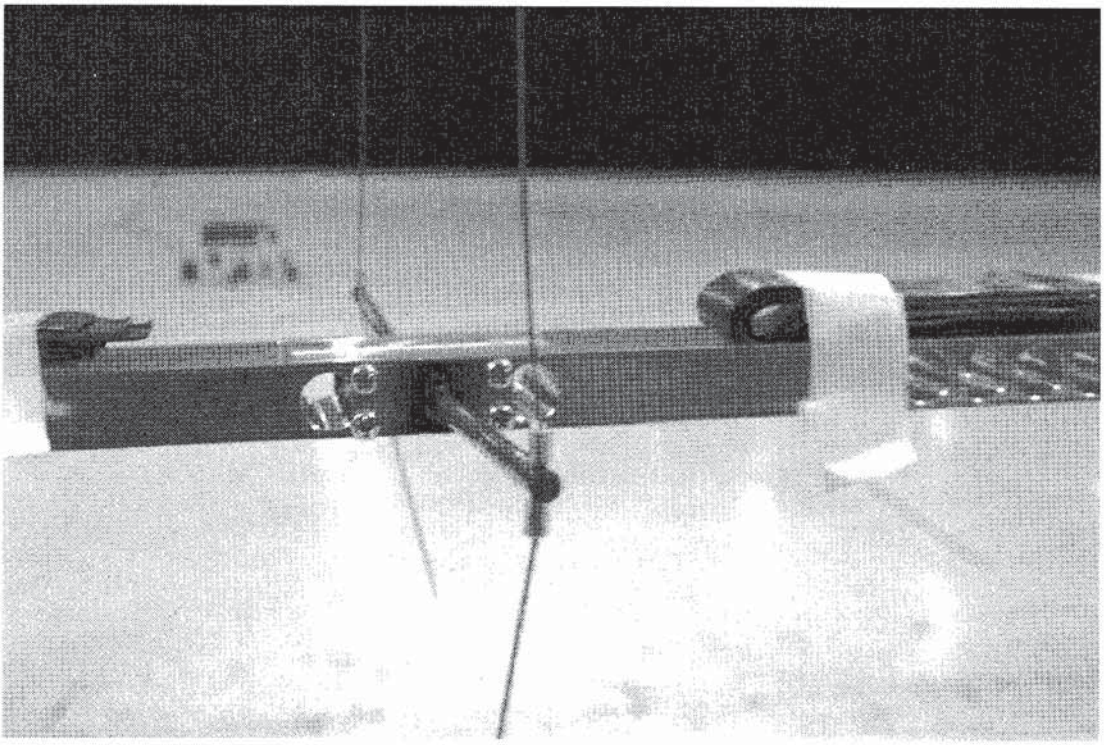


写真 2-1-16　ハンガー剛性棒とハンガーケーブルの固定（スリーブ圧着）

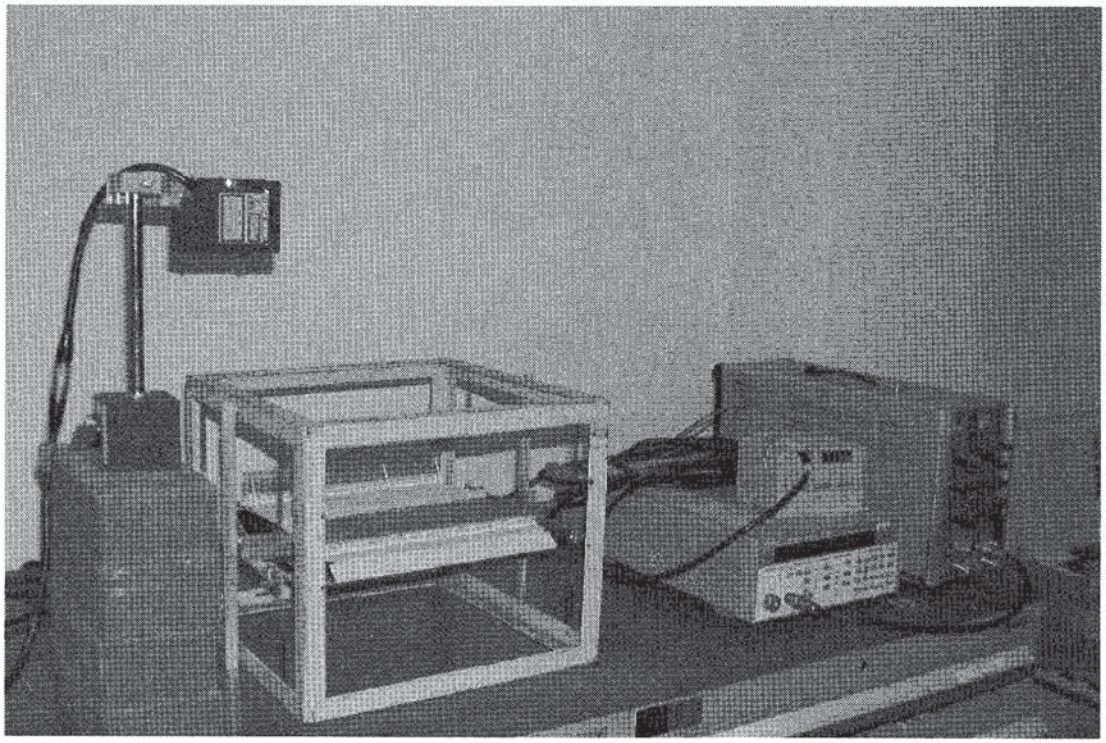


写真 2-1-17　桁外形材極慣性計測

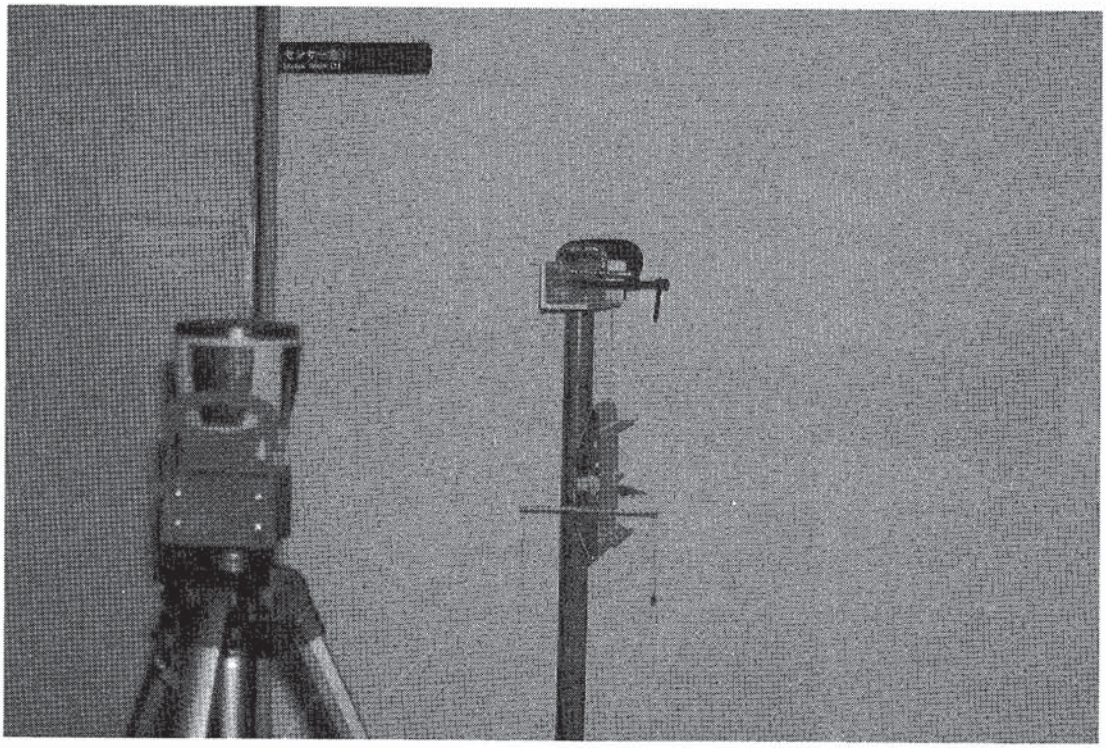


写真 2-1-18　桁外形材重心高さ計測-1

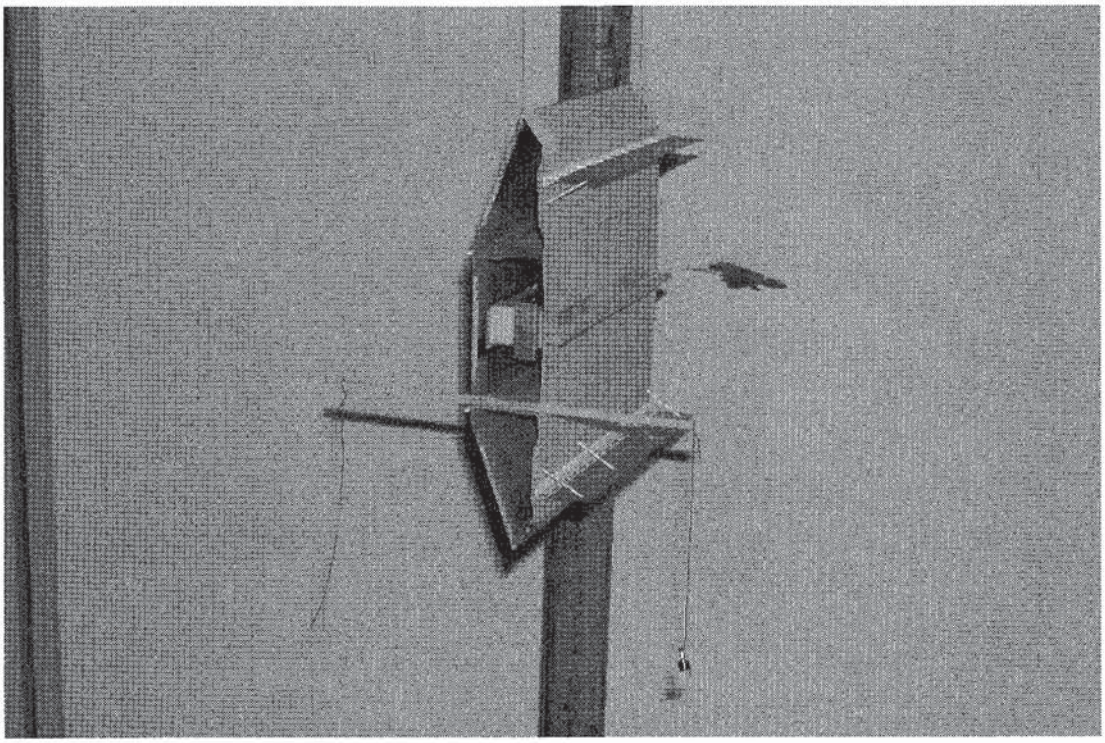


写真 2-1-19　桁外形材重心高さ計測-2

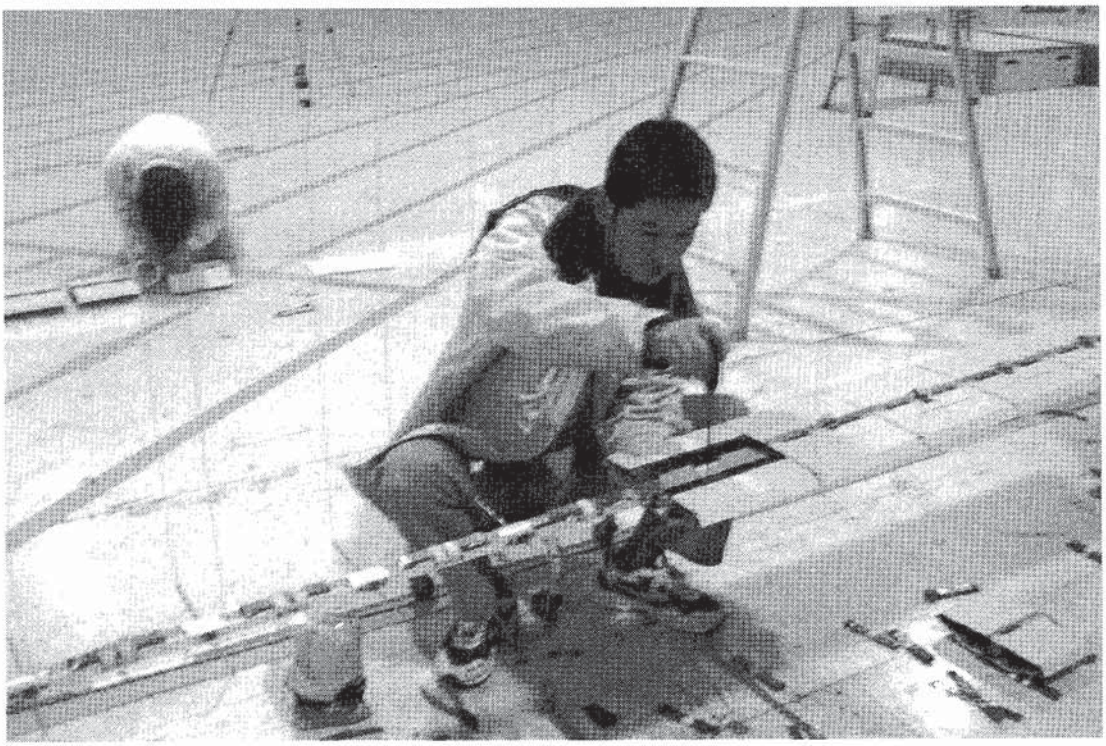


写真 2-1-20　桁外形材取付け

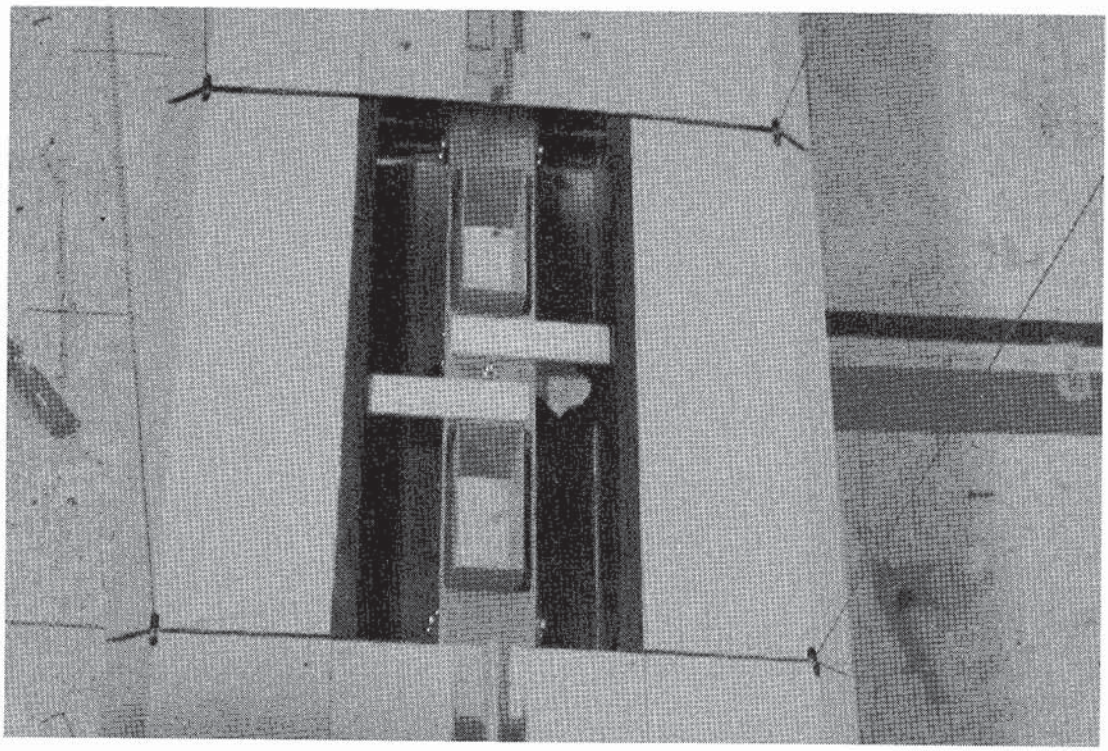


写真 2-1-21　桁外形材面内方向補強材取付け

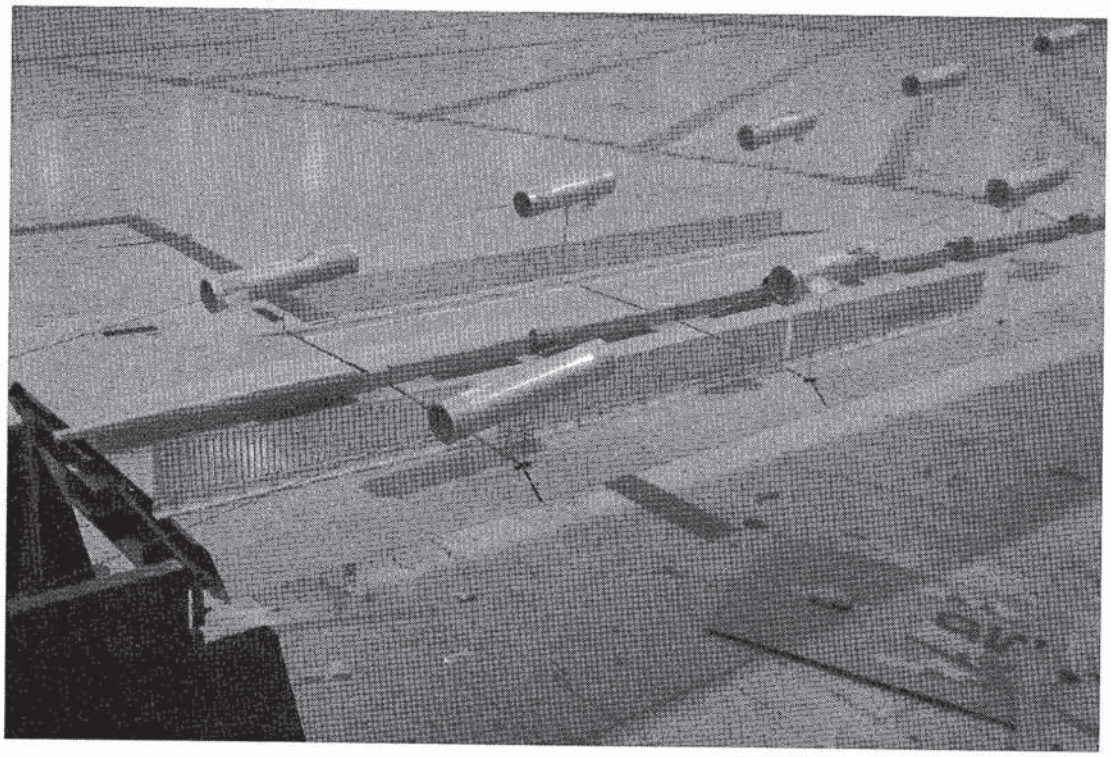


写真 2-1-22　遮風壁取付け

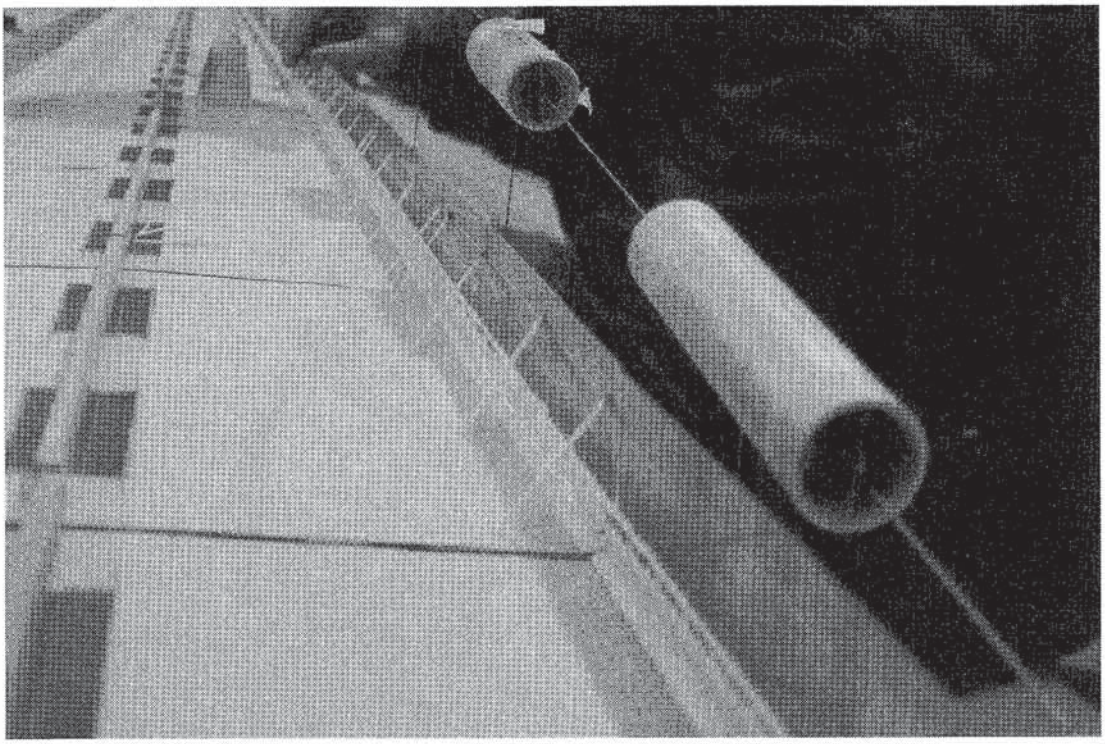


写真 2-1-23　遮風壁支持棒取付け

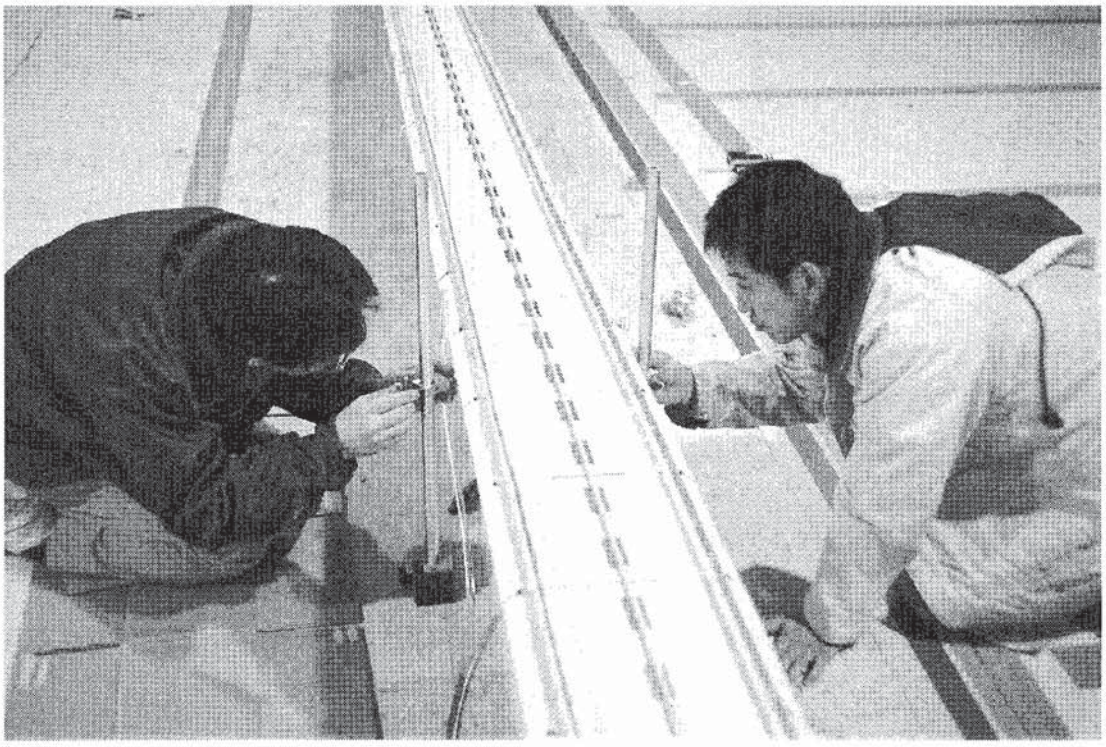


写真 2-1-24　桁外形材水平調整

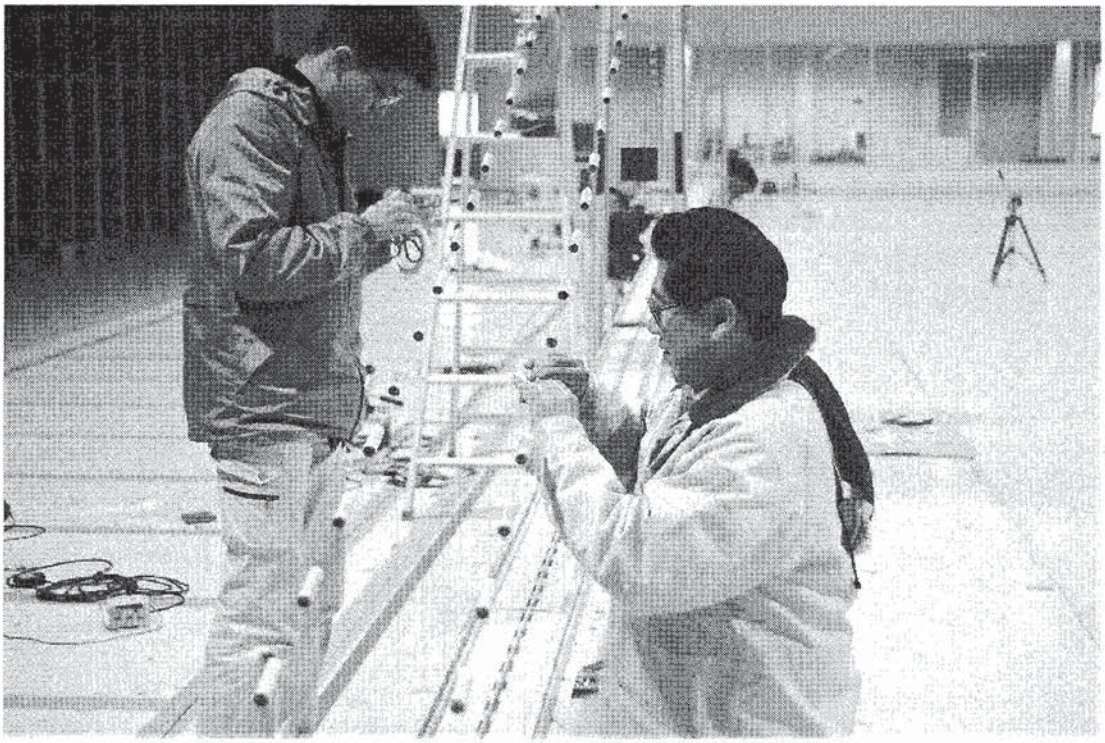


写真 2-1-25　抗力相似部材仕上げ

付属資料Ｂ３　試験実施状況

Ｂ３－１　完成模型状況

写真 3-1-1　模型全景-1
写真 3-1-2　模型全景-2
写真 3-1-3　模型全景-3
写真 3-1-4　主塔近傍
写真 3-1-5　桁部拡大
写真 3-1-6　中央径間中央付近

Ｂ３－２　計測器校正状況

写真 3-2-1　カラートラッカー校正状況
写真 3-2-2　ポジションセンサー（桁部）校正状況
写真 3-2-3　ポジションセンサー（塔部）校正状況

Ｂ３－３　静的特性試験状況

写真 3-3-1　静的特性試験　水平方向載荷時
写真 3-3-2　静的特性試験　鉛直方向載荷時
写真 3-3-3　静的特性試験　ねじれ方向載荷時

Ｂ３－４　対風応答試験状況

写真 3-4-1　基本系対風応答試験　（無風時）
写真 3-4-2　基本系対風応答試験　（風洞風速 8.4m/s）
写真 3-4-3　基本系対風応答試験　（無風時）
写真 3-4-4　基本系対風応答試験　（風洞風速 8.4m/s）
写真 3-4-5　側径間遮風壁撤去状況-1
写真 3-4-6　側径間遮風壁撤去状況-2
写真 3-4-7　側径間遮風壁撤去系対風応答試験　（無風時）
写真 3-4-8　側径間遮風壁撤去系対風応答試験　（風洞風速 8.4m/s）
写真 3-4-9　側径間遮風壁撤去系対風応答試験　（無風時）
写真 3-4-10　側径間遮風壁撤去系対風応答試験　（風洞風速 8.4m/s）

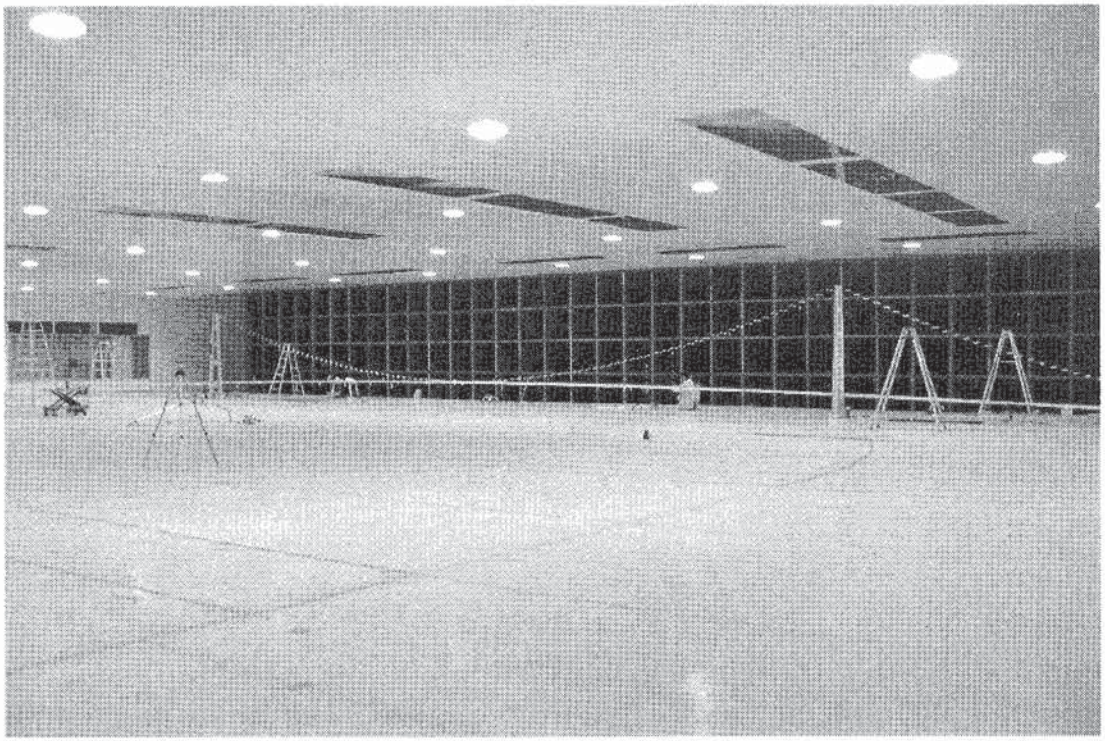


写真 3-1-1　模型全景-1

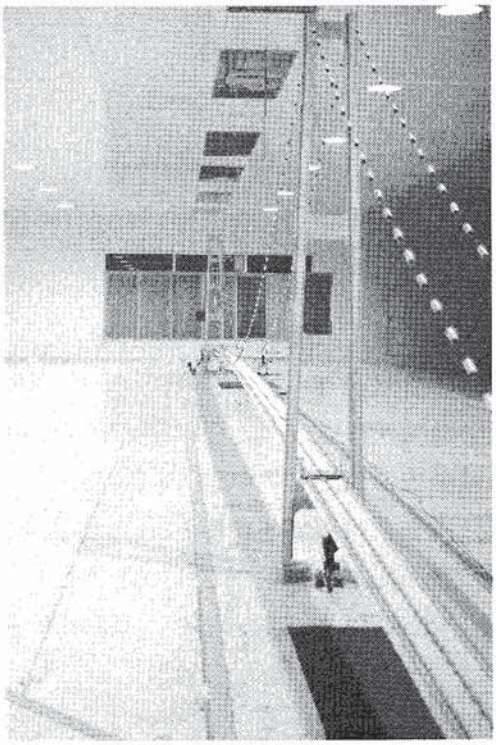


写真 3-1-2　模型全景-2

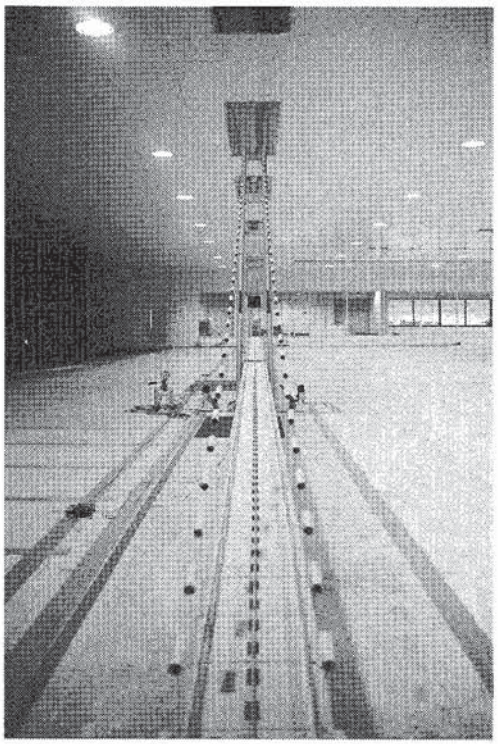


写真 3-1-3　模型全景-3

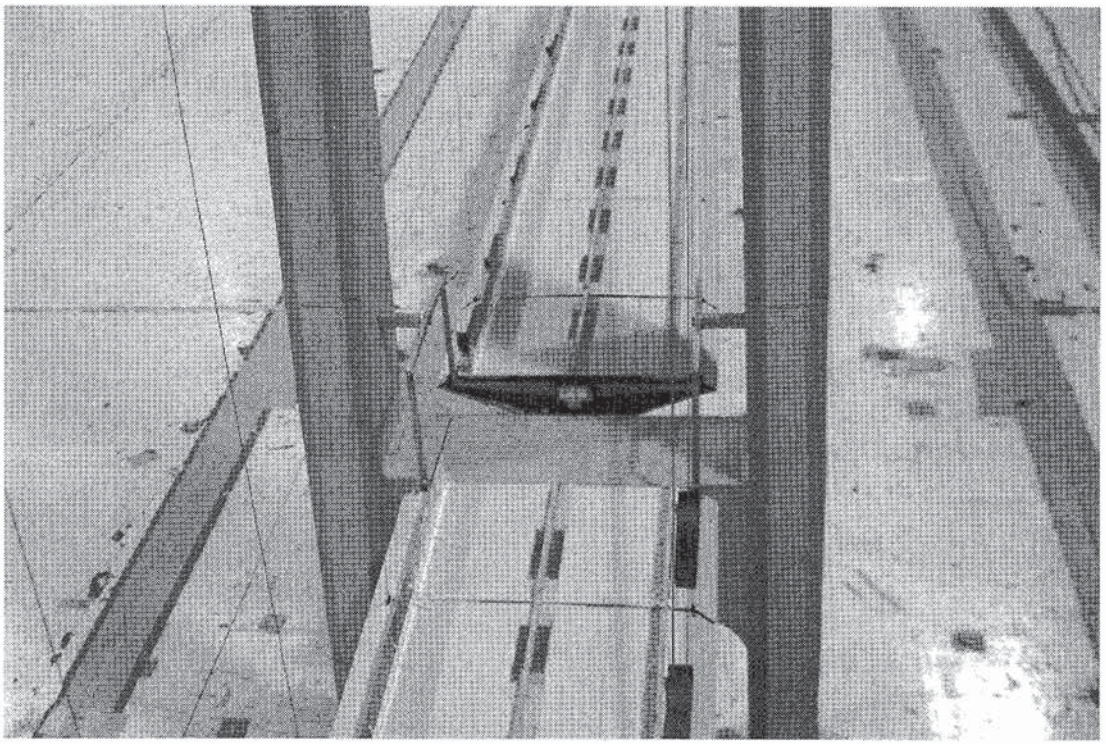


写真 3-1-4　主塔近傍

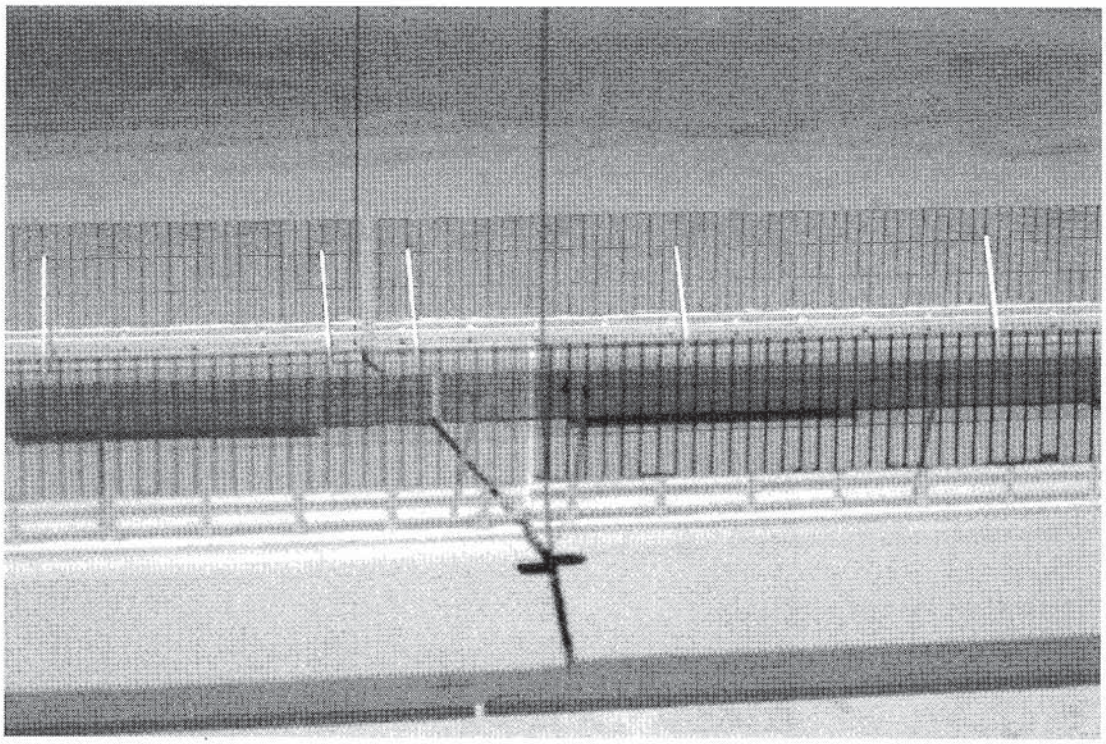


写真 3-1-5　桁部拡大

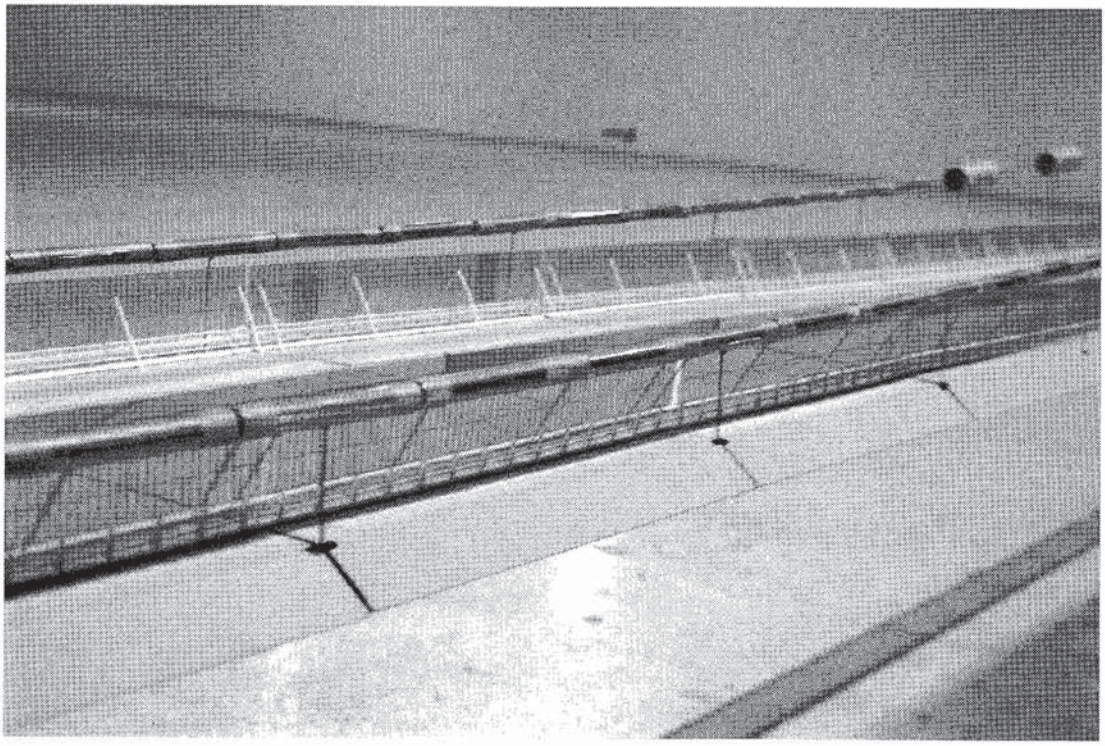


写真 3-1-6　中央径間中央付近

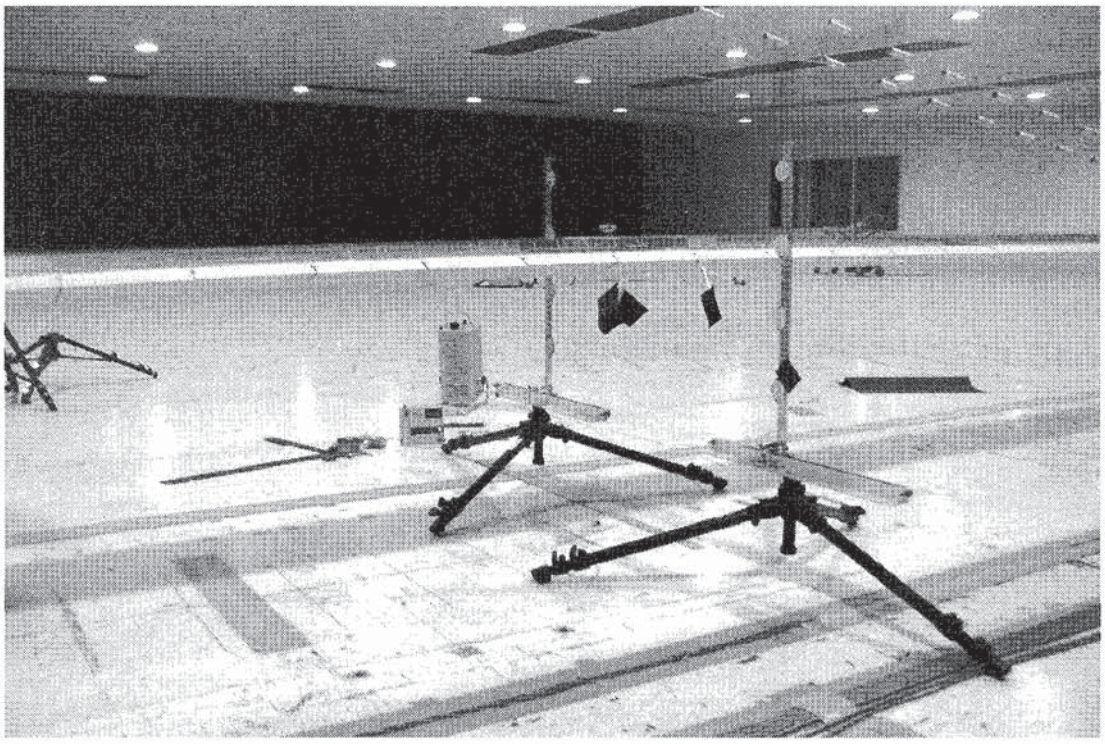


写真 3-2-1　カラートラッカー校正状況

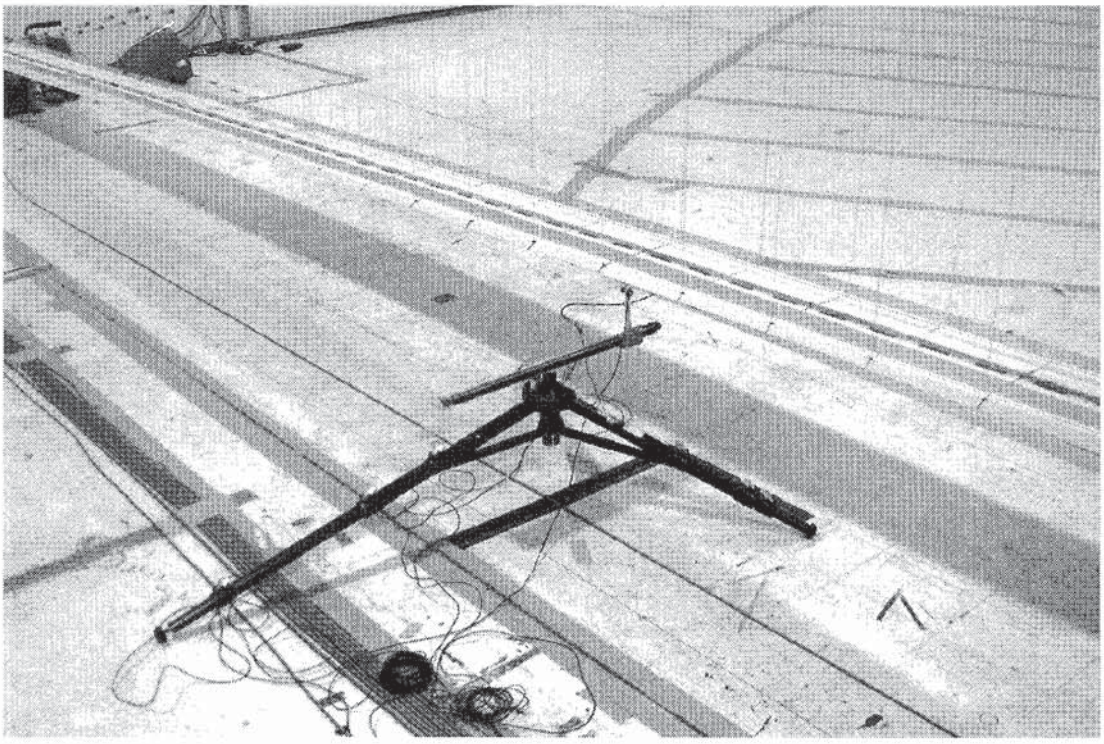


写真 3-2-2　ポジションセンサー（桁部）校正状況

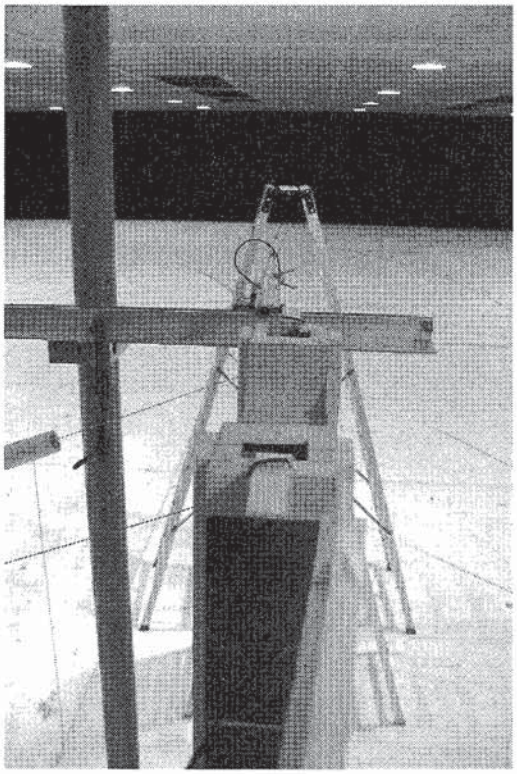


写真 3-2-3　ポジションセンサー（塔部）校正状況

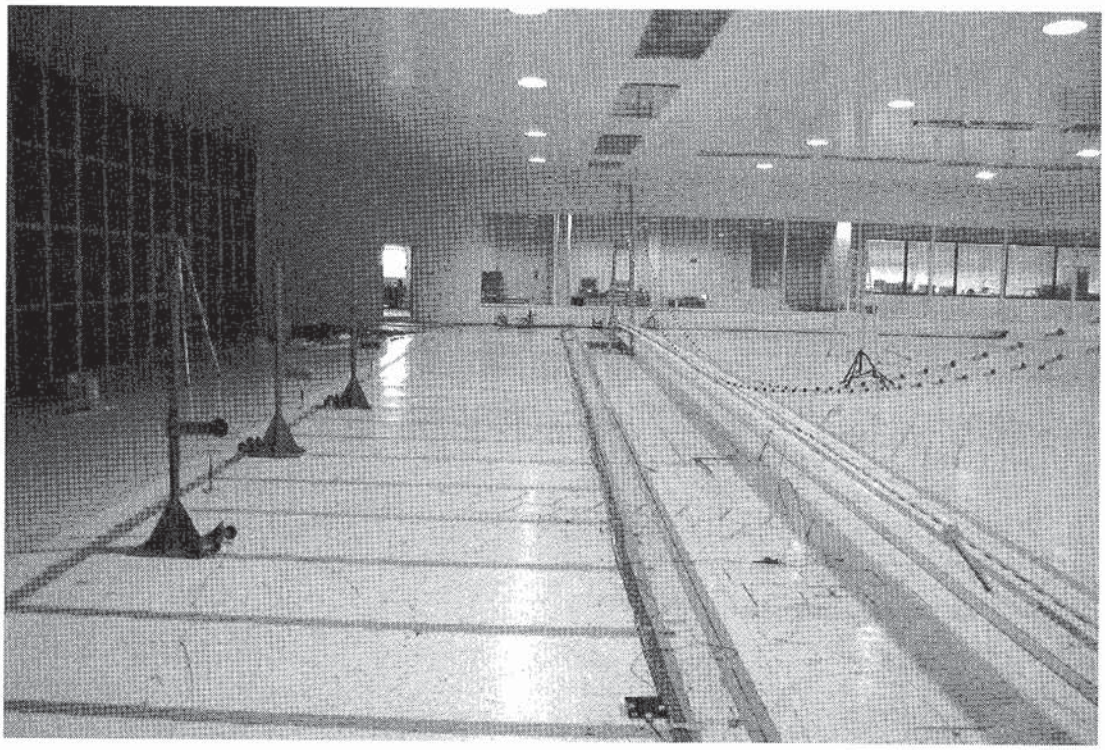


写真 3-3-1　静的特性試験　水平方向載荷時

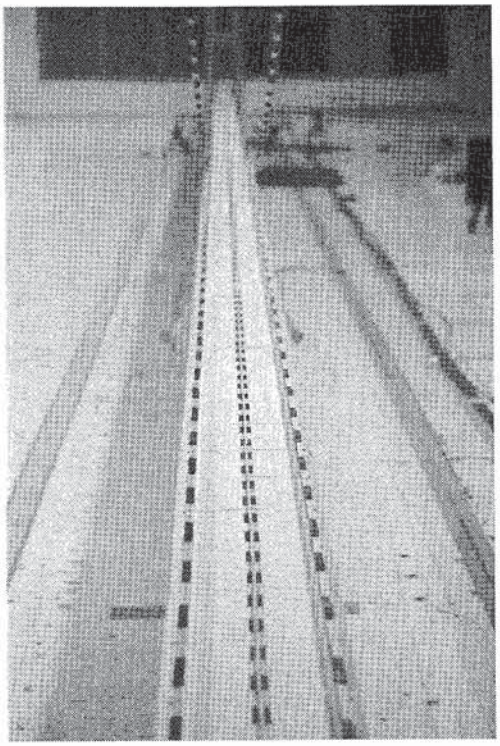


写真 3-3-2　静的特性試験　鉛直方向載荷時

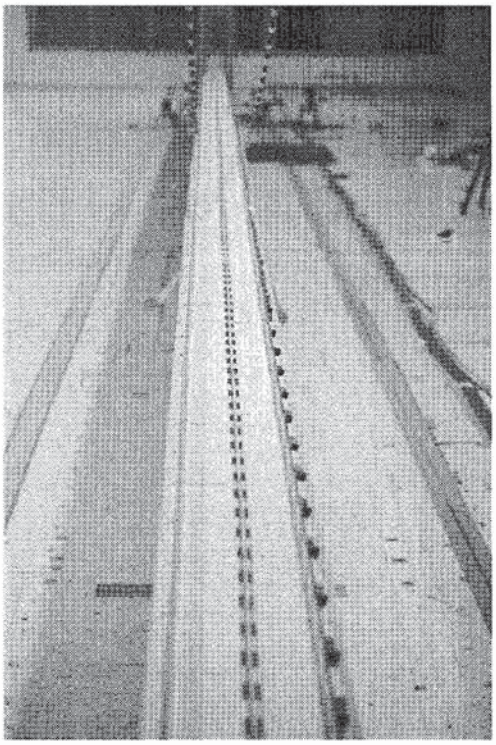


写真 3-3-3　静的特性試験　ねじれ方向載荷時

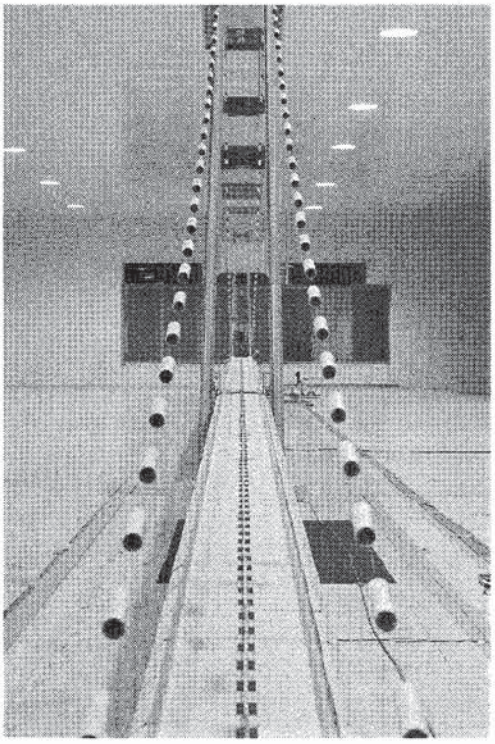


写真 3-4-1　基本系対風応答試験　（無風時）

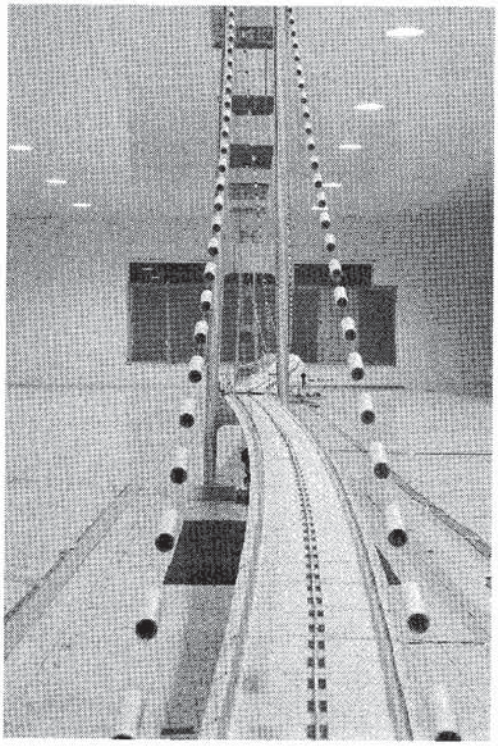


写真 3-4-2　基本系対風応答試験　（風洞風速 8.4m/s）

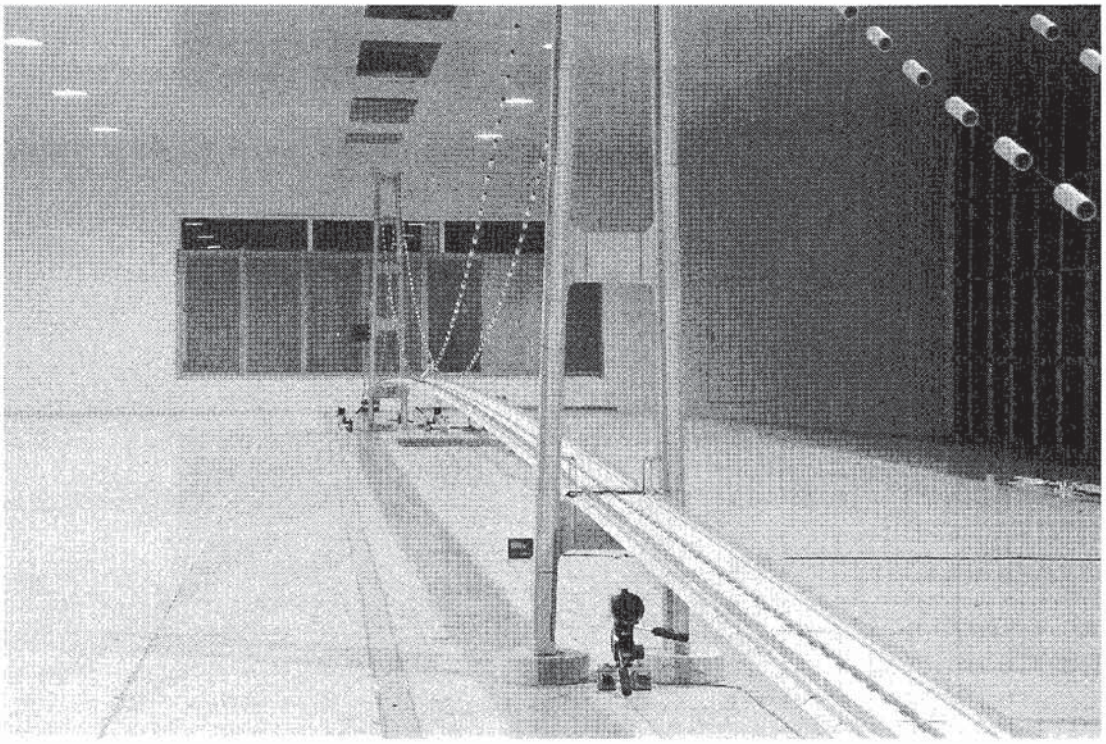


写真 3-4-3　基本系対風応答試験　（無風時）

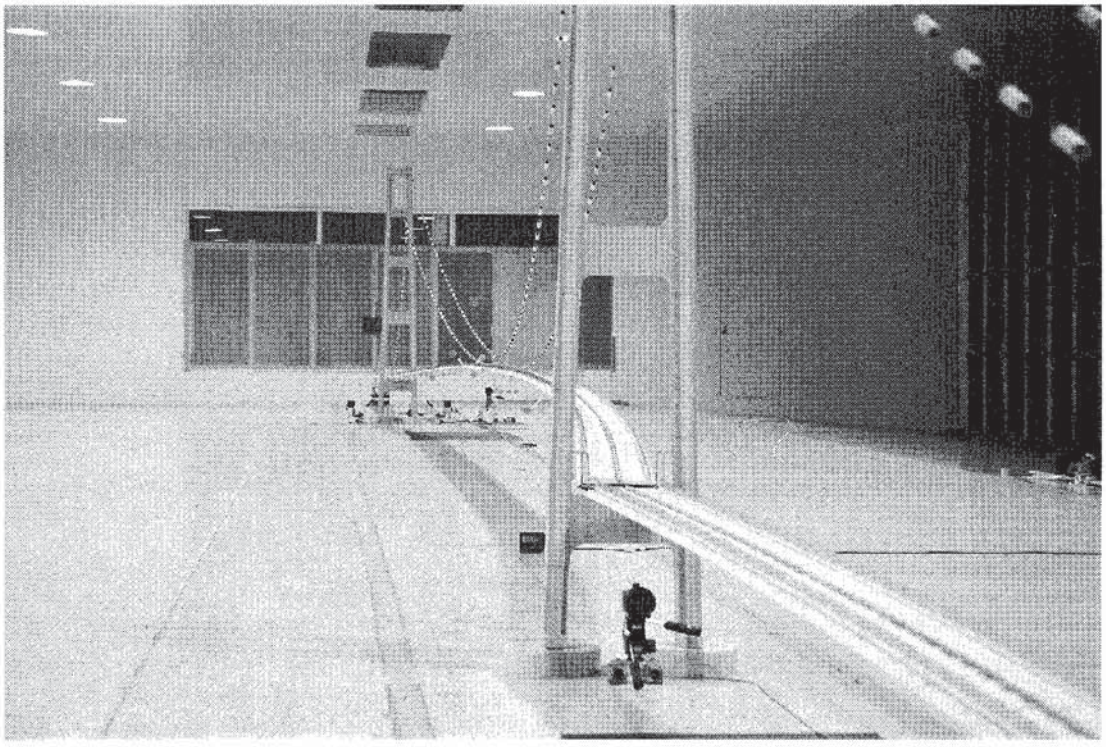


写真 3-4-4　基本系対風応答試験　（風洞風速 8.4m/s）

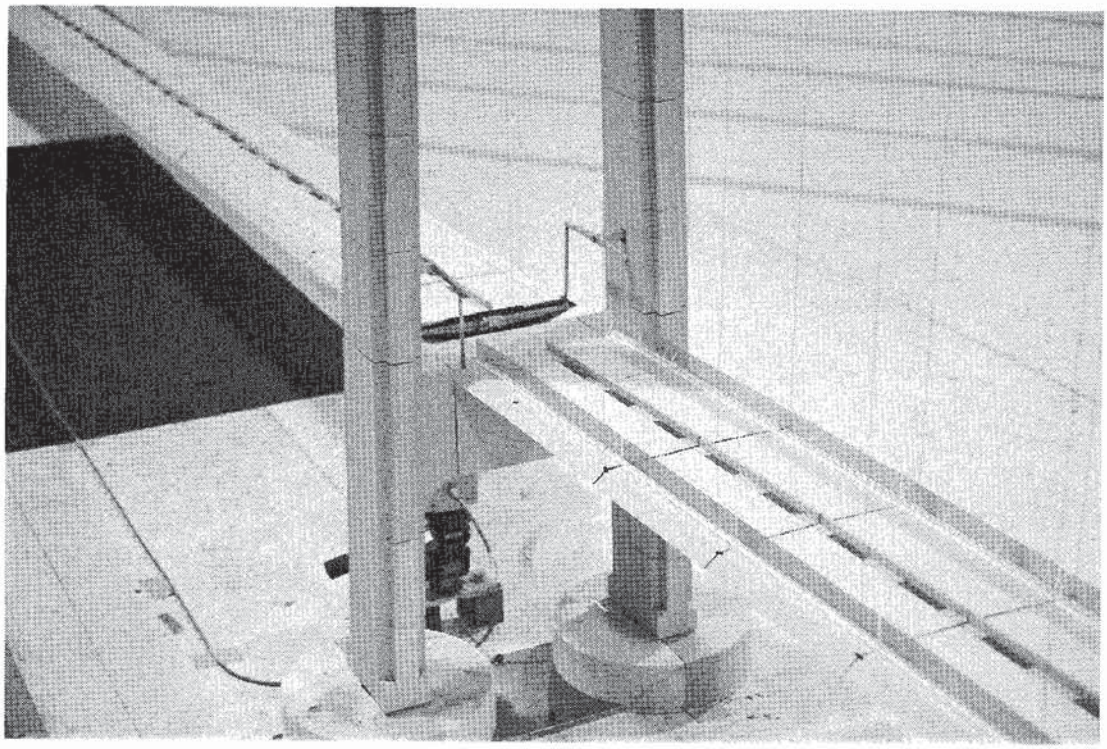


写真 3-4-5　側径間遮風壁撤去状況-1

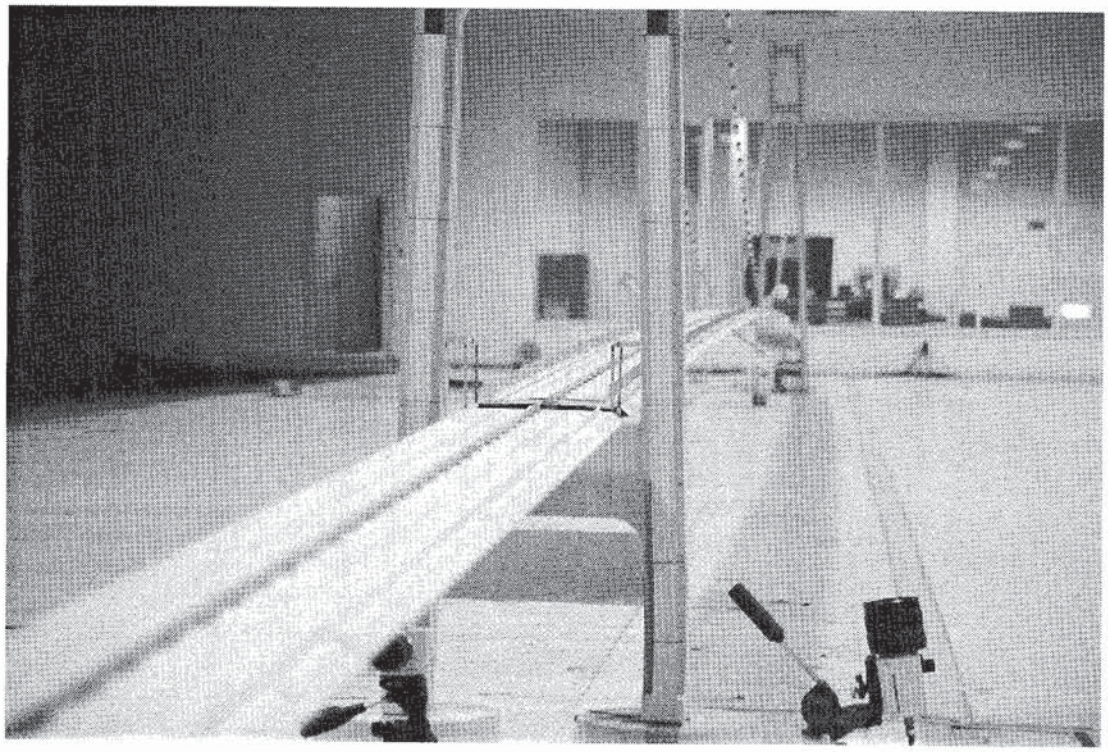


写真 3-4-6　側径間遮風壁撤去状況-2

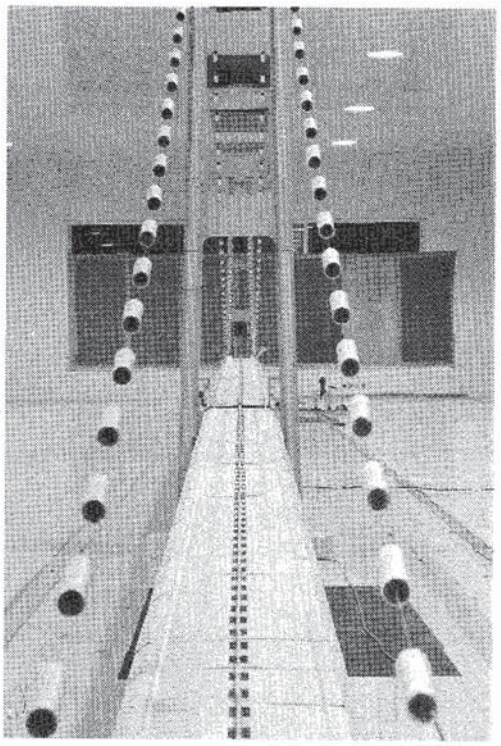


写真 3-4-7　側径間遮風壁撤去系対風応答試験　（無風時）

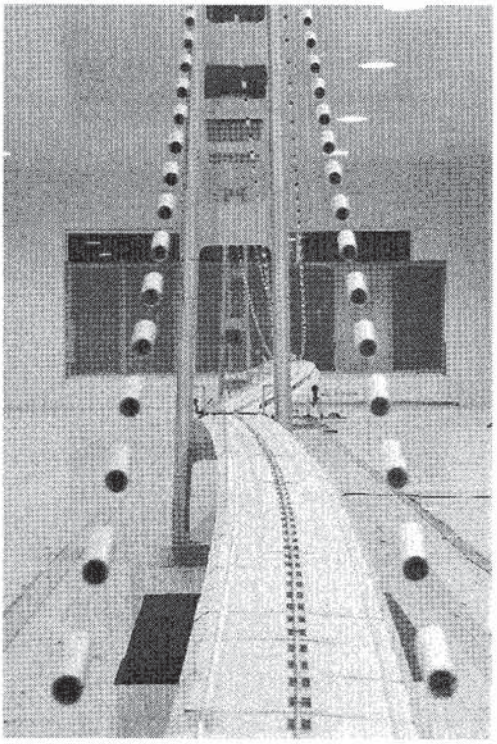


写真 3-4-8　側径間遮風壁撤去系対風応答試験　（風洞風速 8.4m/s）

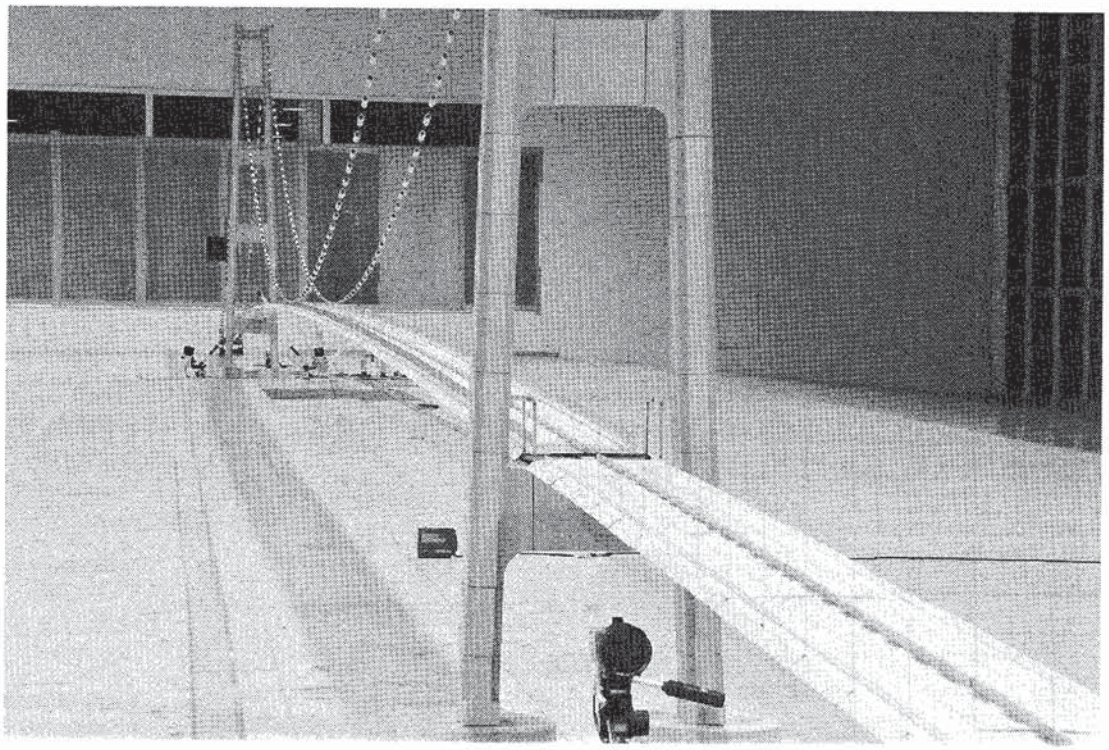


写真 3-4-9　側径間遮風壁撤去系対風応答試験　（無風時）

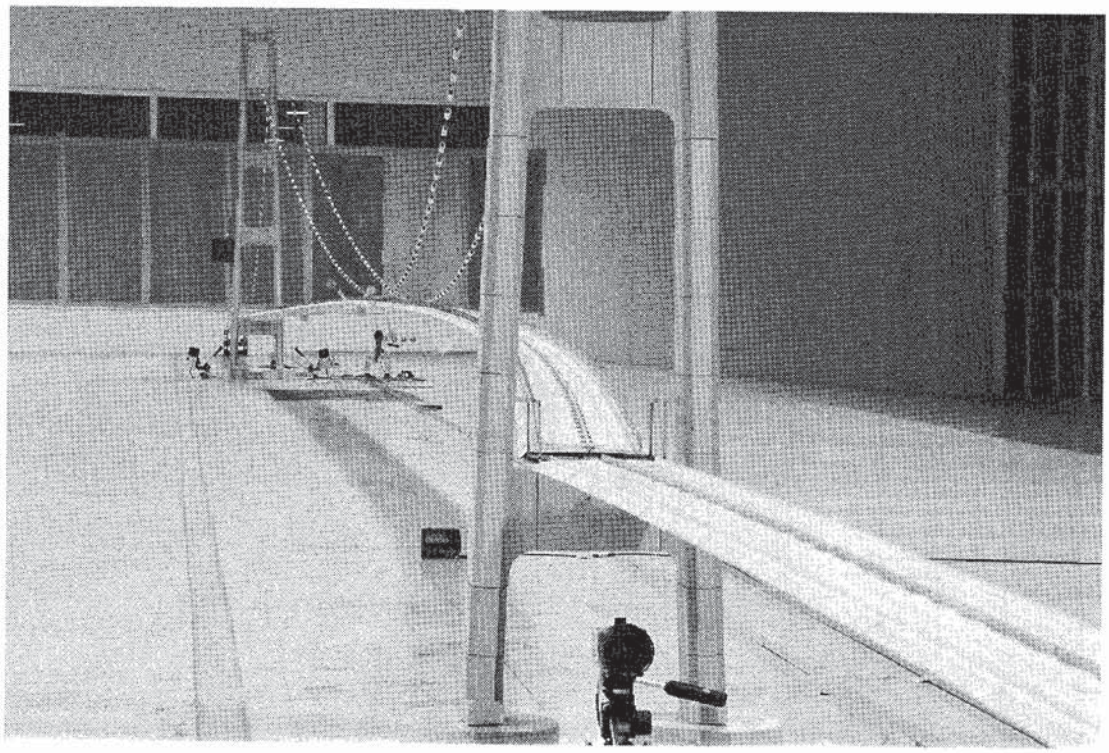


写真 3-4-10　側径間遮風壁撤去系対風応答試験　（風洞風速 8.4m/s）

付属資料Ｃ１　模型特性試験データ図表

目次

付属資料Ｃ１－１　基本系　動的特性試験

表C1.1.1～表C1.1.2　：動的特性試験結果表（16モード）
図C1.1.1～図C1.1.8　：振動モード図（15モード）
（鉛直曲げ逆対称4次モードはモード形状を計測していない。）

付属資料Ｃ１－２　側径間遮風壁撤去系　動的特性試験

表C1.2.1　：動的特性試験結果表（2モード＝鉛直曲げ対称1次モード
、ねじれ対称1次モード）
図C1.2.1～図C1.2.2　：振動モード図（2モード＝鉛直曲げ対称1次モード
、ねじれ対称1次モード）

付属資料Ｃ１－３　静的特性試験
表C1.3.1～表C1.3.2　：静的特性試験結果表（鉛直・水平・ねじれ載荷）
図C1.3.1～図C1.3.2　：静的特性試験変形図（鉛直載荷、全長・中央載荷）
図C1.3.3　：静的特性試験変形図（水平載荷）
図C1.3.4～図C1.3.7　：静的特性試験変形図（ねじれ載荷
、中央径間下流＋側径間上流載荷／解析値＝模型モデル
・中央径間上流＋側径間下流載荷／解析値＝模型モデル
・中央径間下流＋側径間上流載荷／解析値＝実橋モデル
・中央径間上流＋側径間下流載荷／解析値＝実橋モデル）

表C1.1.1　動的特性試験結果(その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線) 基本系

	振動モード	試験No.	固有振動数 (Hz)			対数減衰率
			解析値	測定値	偏差 (%)	測定値
3	桁鉛直曲げ対称1次振動	1	0.693	0.659	-4.9	0.030
		2		0.659	-4.9	0.030
		3		0.659	-4.9	0.029
		平均値		0.659		0.030
4	桁鉛直曲げ対称2次振動	4	1.112	1.098	-1.3	0.023
		5		1.098	-1.3	0.022
		6		1.098	-1.3	0.023
		平均値		1.098		0.022
5	桁鉛直曲げ逆対称1次振動	7	0.685	0.696	1.6	0.022
		8		0.696	1.6	0.021
		9		0.696	1.6	0.021
		平均値		0.696		0.021
6	桁鉛直曲げ逆対称2次振動	10	1.500	1.496	-0.2	0.020
		11		1.496	-0.2	0.020
		12		1.496	-0.3	0.020
		平均値		1.496		0.020
7	桁ねじれ対称1次振動	13	1.757	1.820	3.6	0.014
		14		1.821	3.6	0.014
		15		1.822	3.7	0.013
		平均値		1.821		0.013
8	桁ねじれ逆対称1次振動	16	2.345	2.361	0.7	0.014
		17		2.361	0.7	0.014
		18		2.361	0.7	0.013
		平均値		2.361		0.014
1	桁水平曲げ対称1次振動	19	0.352	0.351	-0.4	0.015
		20		0.350	-0.4	0.013
		21		0.350	-0.5	0.012
		平均値		0.350		0.013
2	桁水平曲げ逆対称1次振動	22	0.600	0.600	0.0	0.013
		23		0.600	0.0	0.012
		24		0.600	0.0	0.012
		平均値		0.600		0.012

注)1. 対数減衰率は以下の評価振幅領域の平均的な値である。
桁：鉛直曲げ対称1次振動　：　1.3mm～13.0mm
桁：鉛直曲げ対称2次振動　：　1.3mm～13.0mm
桁：鉛直曲げ逆対称1次振動　：　1.3mm～9.0mm
桁：鉛直曲げ逆対称2次振動　：　1.3mm～11.0mm
桁：ねじれ対称1次振動　：　0.5deg.～4.0deg.
桁：ねじれ逆対称1次振動　：　0.5deg.～2.5deg.
桁：水平曲げ対称1次振動　：　1.3mm～13.0mm
桁：水平曲げ逆対称1次振動　：　1.3mm～13.0mm
2. 加振は全て手加振により行った。
3. 偏差の算出式は以下の通りとする。
偏差(%)＝(測定値-目標値)/目標値×100
4. 解析値は模型スケールの実橋モデルの値である。

表C1.1.2　動的特性試験結果(その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線) 基本系

	振動モード	試験No.	固有振動数 (Hz)			対数減衰率
			解析値	測定値	偏差 (%)	測定値
9	桁鉛直曲げ対称3次振動	25	1.894	1.903	0.5	0.019
		26		1.902	0.4	0.020
		27		1.902	0.4	0.019
		平均値		1.903		0.019
10	桁鉛直曲げ対称4次振動	28	2.648	2.709	2.3	0.016
		29		2.709	2.3	0.016
		30		2.709	2.3	0.016
		平均値		2.709		0.016
11	桁鉛直曲げ逆対称3次振動	31	2.261	2.297	1.6	0.020
		32		2.298	1.6	0.021
		33		2.297	1.6	0.020
		平均値		2.297		0.020
12	桁鉛直曲げ逆対称4次振動	34	3.033	3.136	3.4	0.017
		35		3.136	3.4	0.018
		36		3.135	3.4	0.018
		平均値		3.136		0.018
13	側径間 桁ねじれ対称1次振動	37	3.063	3.129	2.2	0.013
		38		3.128	2.1	0.011
		39		3.128	2.1	0.019
		平均値		3.128		0.014
14	桁ねじれ対称2次振動	40	3.488	3.357	-3.8	0.018
		41		3.359	-3.7	0.018
		42		3.358	-3.7	0.018
		平均値		3.358		0.018
15	桁ねじれ逆対称2次振動	43	-	4.331	-	0.008
		44		4.307	-	0.008
		45		4.283	-	0.007
		平均値		4.307		0.008
16	桁ねじれ対称3次振動	46	-	5.459	-	0.009
		47		5.459	-	0.009
		48		5.459	-	0.009
		平均値		5.459		0.009

注)1. 対数減衰率は以下の評価振幅領域の平均的な値である。

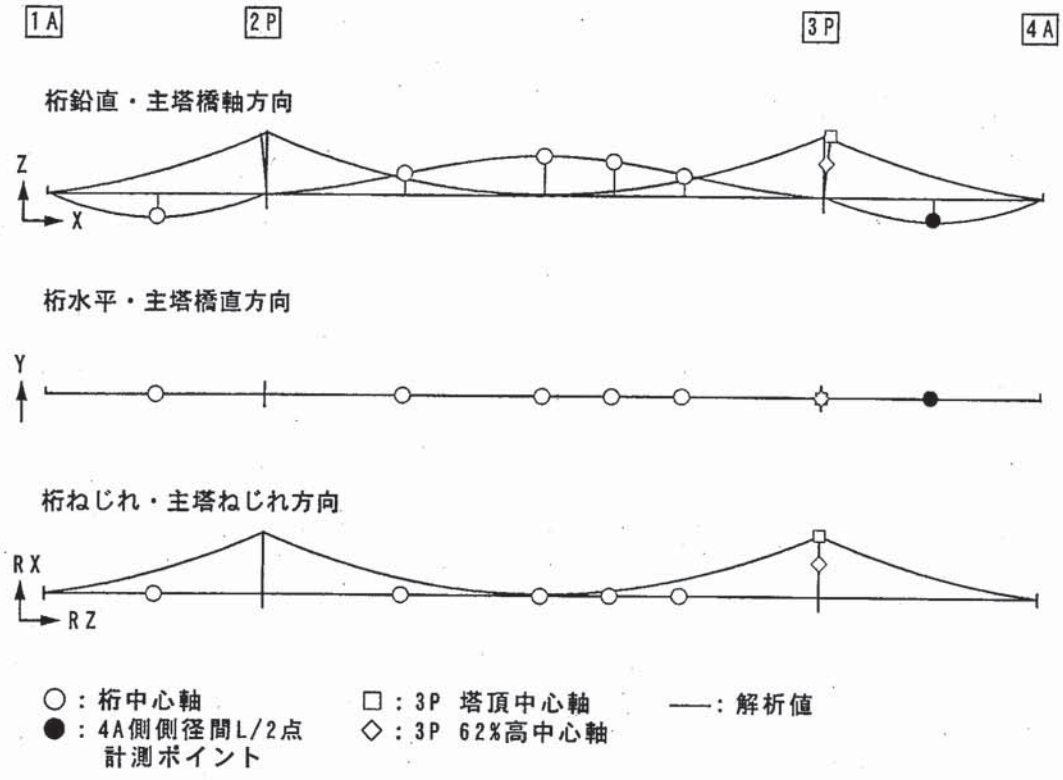
桁：鉛直曲げ対称3次振動　：　1.3mm～13.0mm
桁：鉛直曲げ対称4次振動　：　1.3mm～9.0mm
桁：鉛直曲げ逆対称3次振動　：　1.3mm～9.0mm
桁：鉛直曲げ逆対称4次振動　：　1.3mm～6.5mm
側径間桁：ねじれ対称1次振動　：　0.5deg.～1.5deg.
桁：ねじれ対称2次振動　：　0.5deg.～2.0deg.
桁：ねじれ対称3次振動　：　0.5deg.～1.0deg.
桁：ねじれ逆対称2次振動　：　0.5deg.～2.5deg.

2. 加振は全て手加振により行った。
3. 偏差の算出式は以下の通りとする。

偏差(%)＝(測定値-目標値)/目標値×100

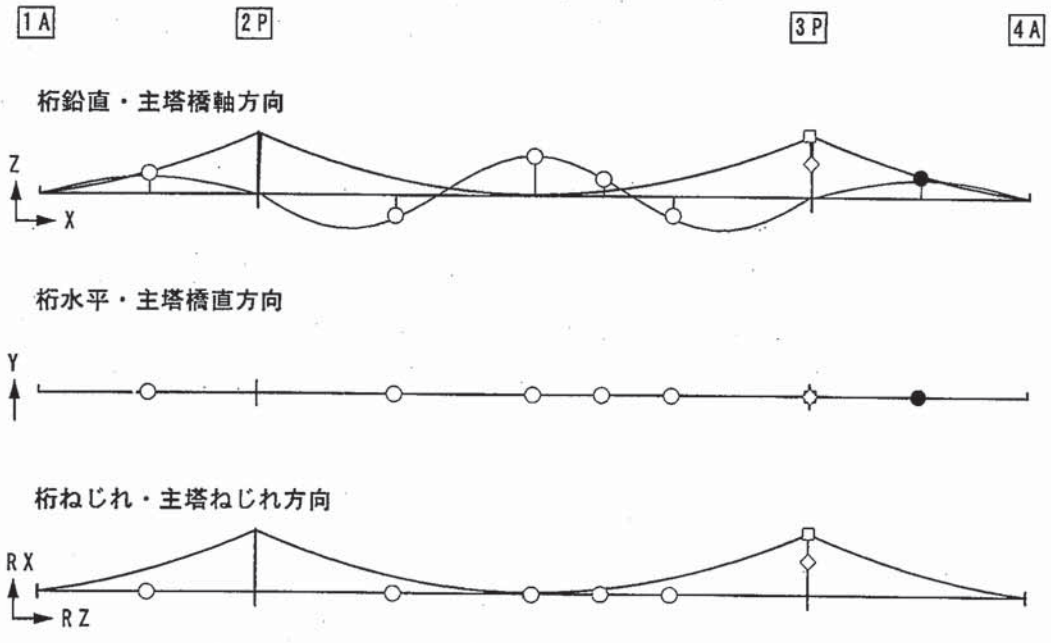
4. 解析値は模型スケールの実橋モデルの値である。
5. ねじれ逆対称2次振動とねじれ対称3次振動の固有振動数の解析値は未算出。

鉛直たわみ対称1次モード



○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

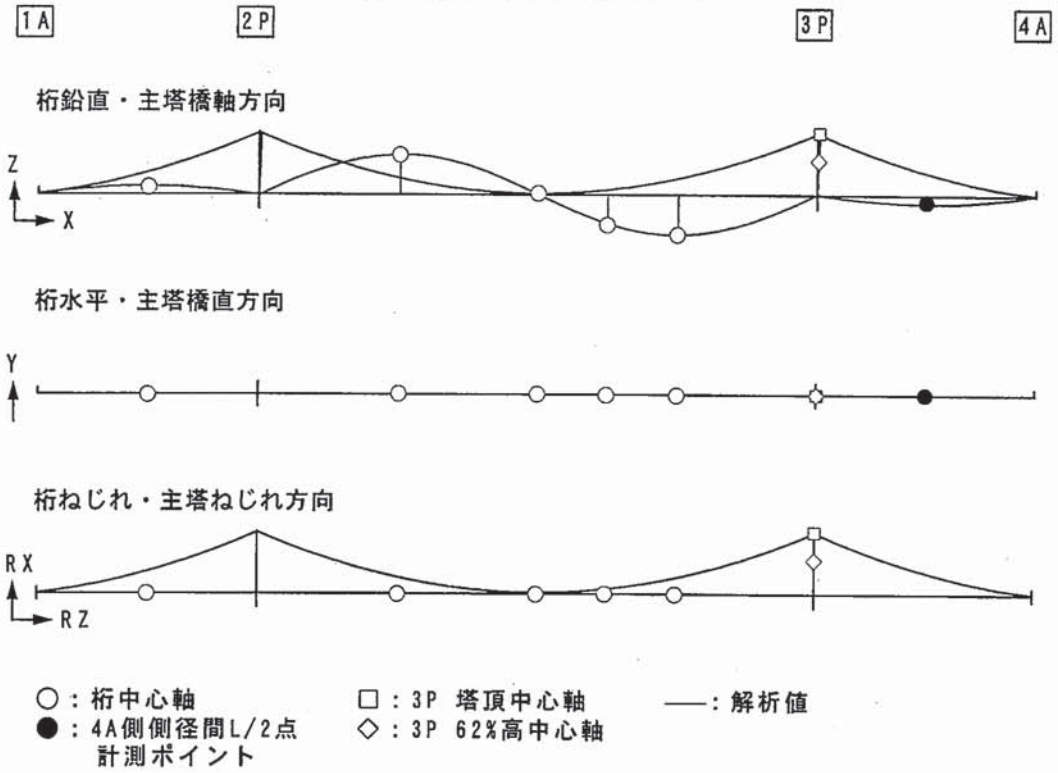
鉛直たわみ対称2次モード



○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

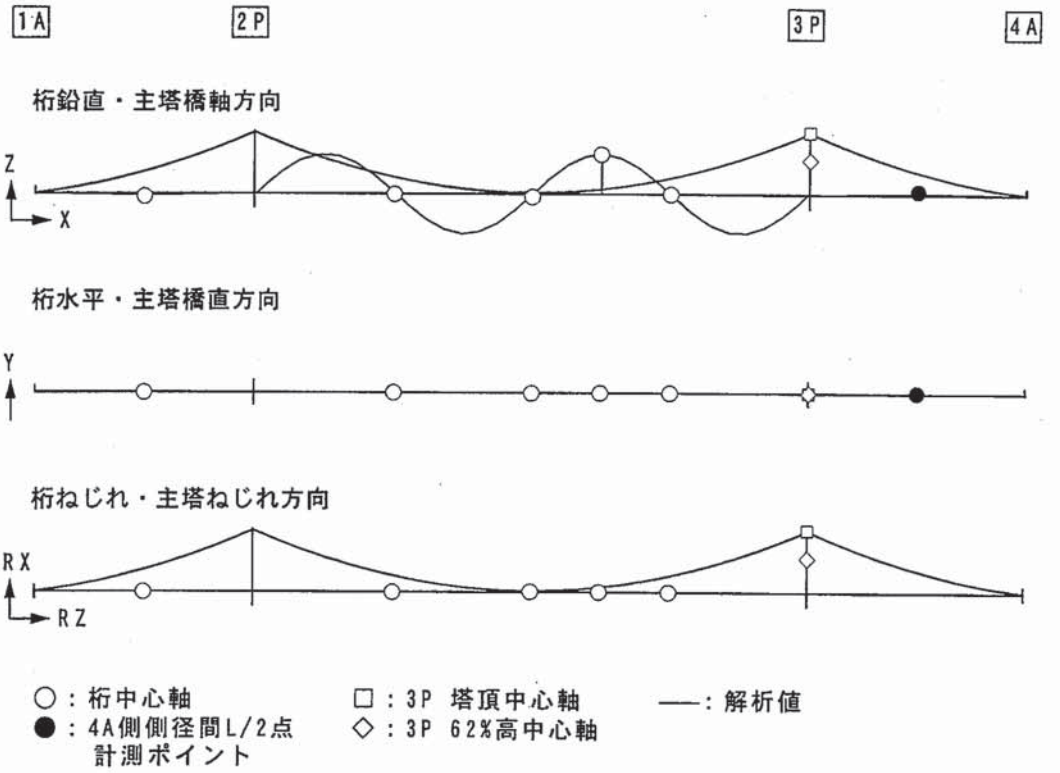
図C1.1.1　振動モード
(鉛直たわみ対称1次・鉛直たわみ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

鉛直たわみ逆対称1次モード



○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

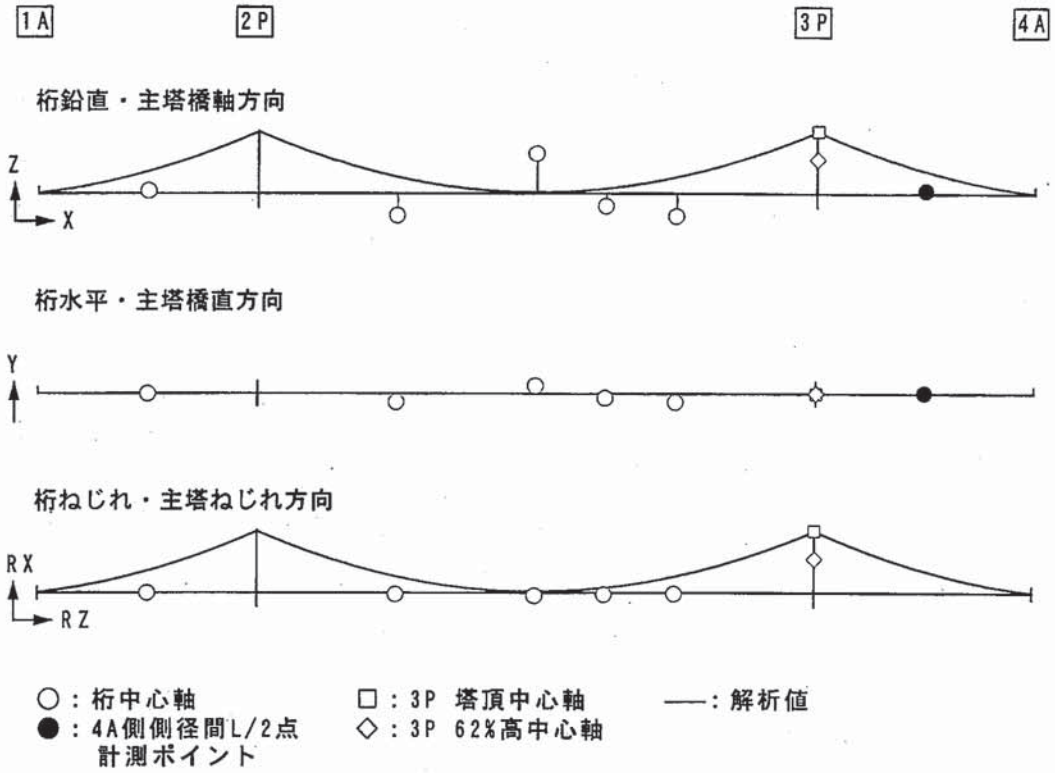
鉛直たわみ逆対称2次モード



○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

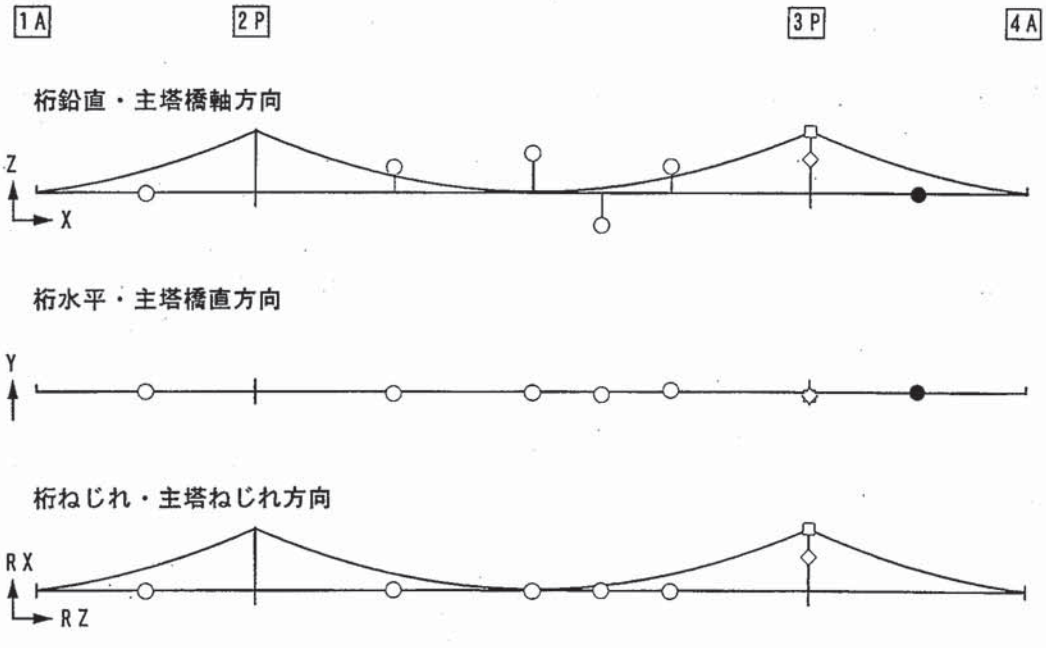
図C1.1.2　振動モード
(鉛直たわみ逆対称1次・鉛直たわみ逆対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

鉛直たわみ対称3次モード



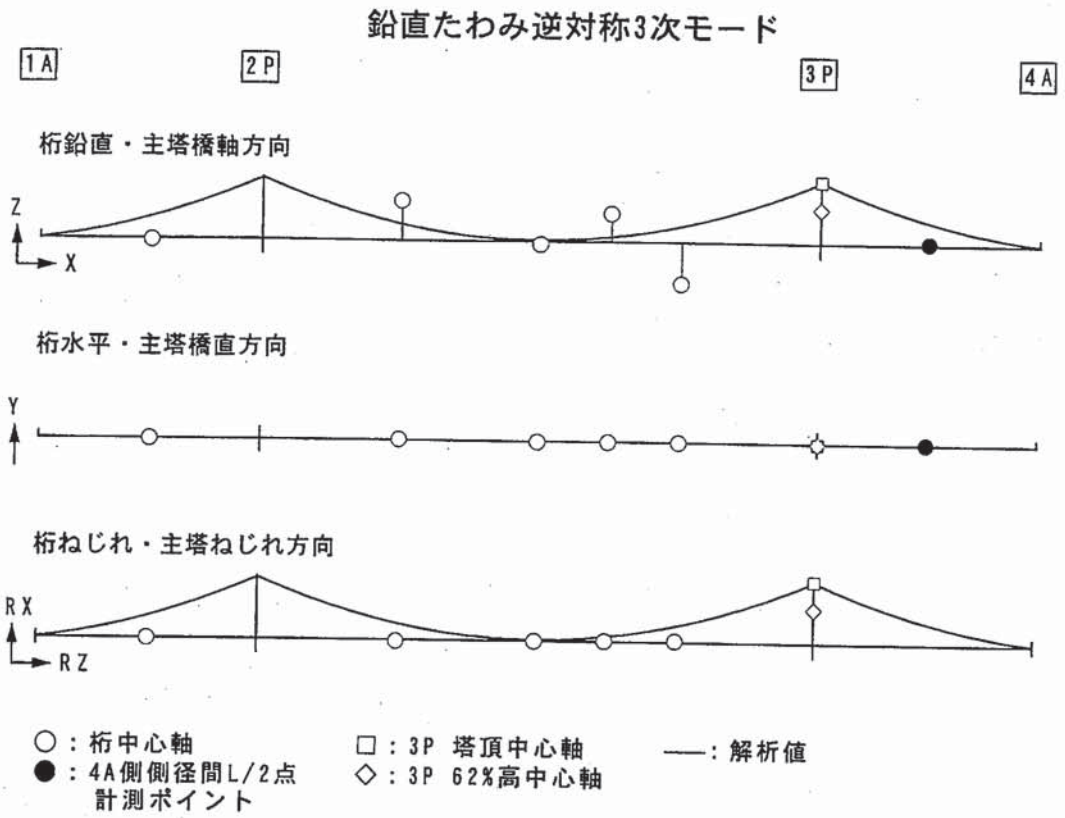
○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

鉛直たわみ対称4次モード



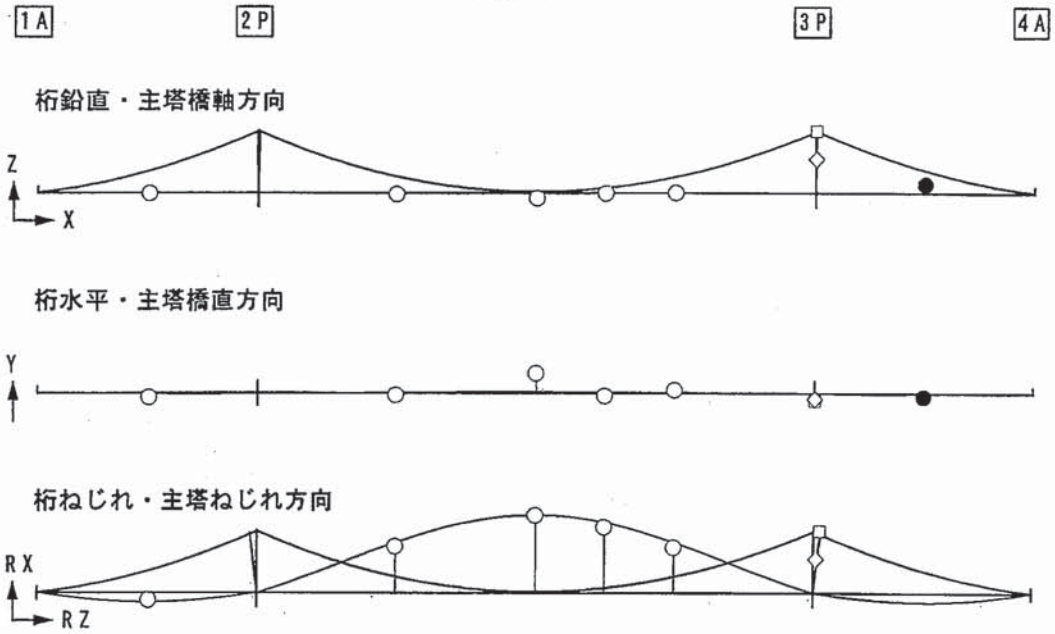
○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

図C1.1.3　振動モード
(鉛直たわみ対称3次・鉛直たわみ対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系



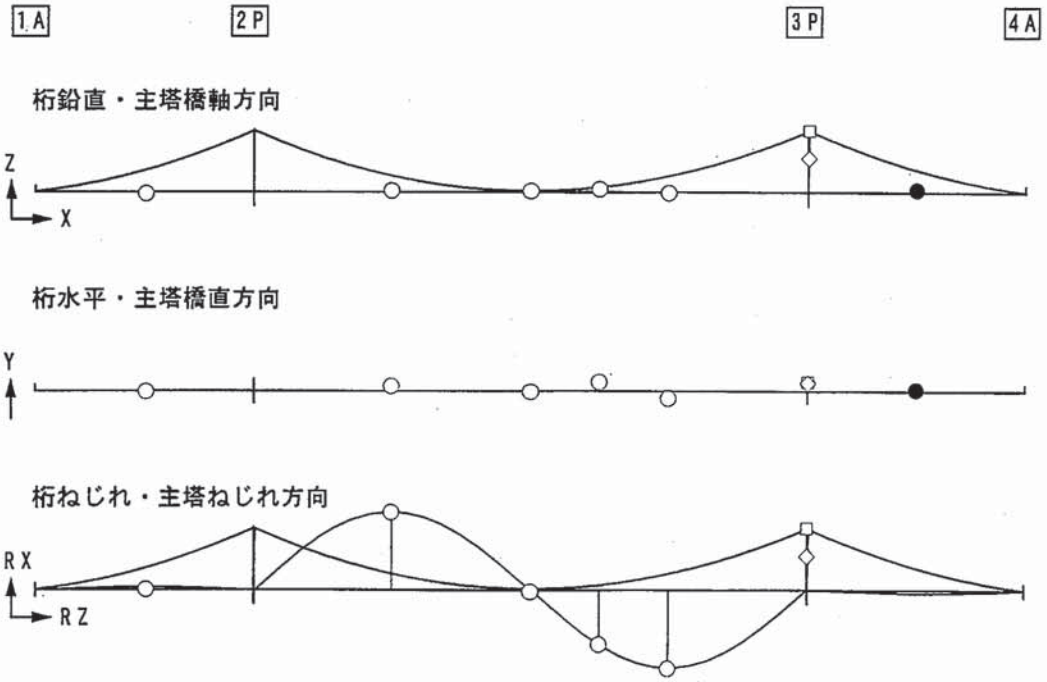
図C1.1.4　振動モード
(鉛直たわみ逆対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

ねじれ対称1次モード



○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

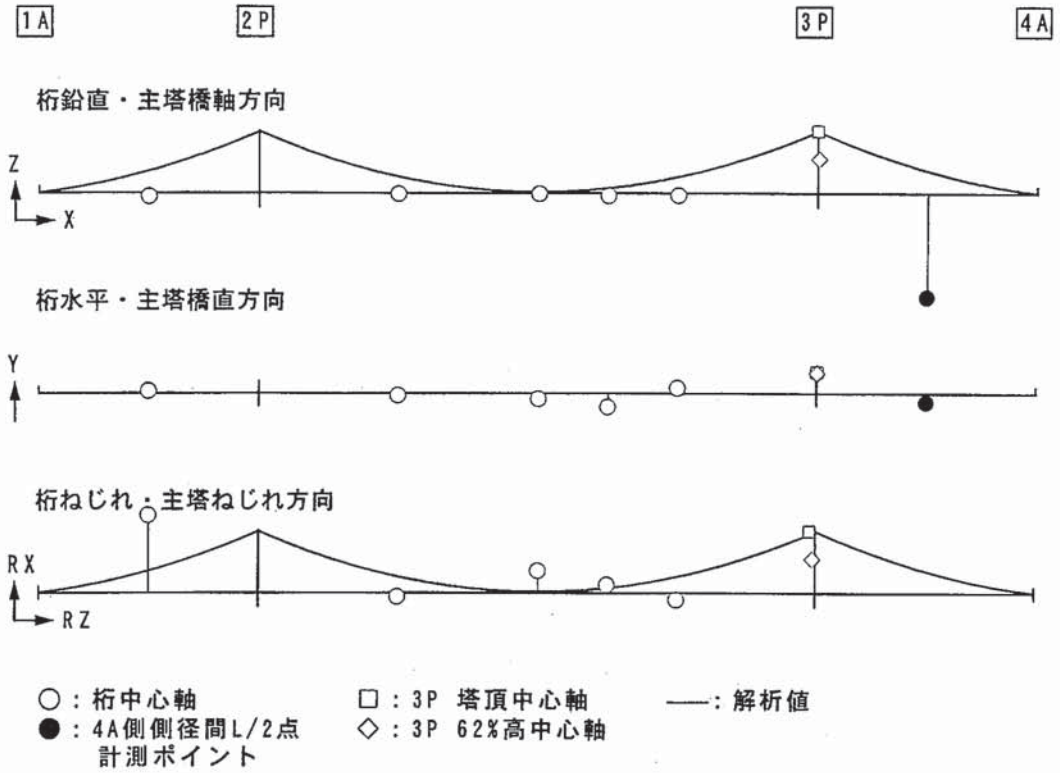
ねじれ逆対称1次モード



○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

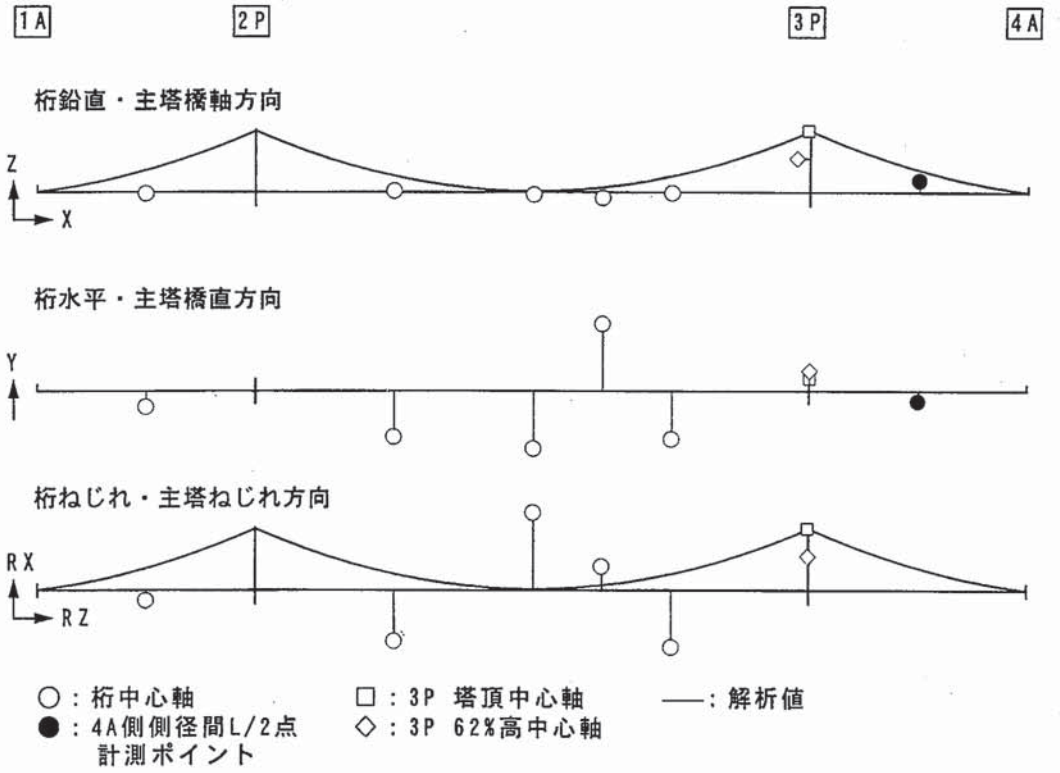
図C1.1.5　振動モード
(ねじれ対称1次・ねじれ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

側径間ねじれ対称1次モード



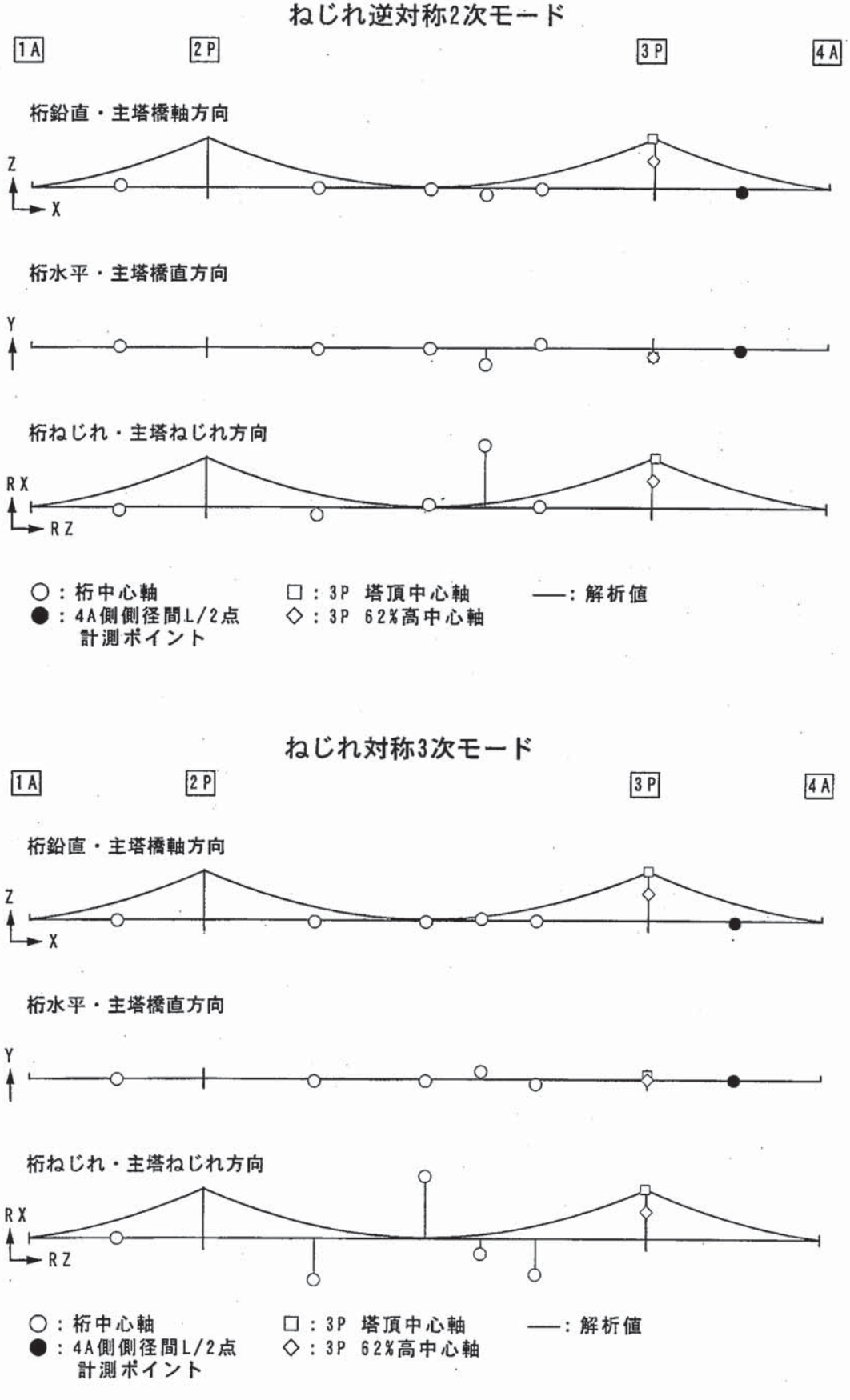
○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

ねじれ対称2次モード



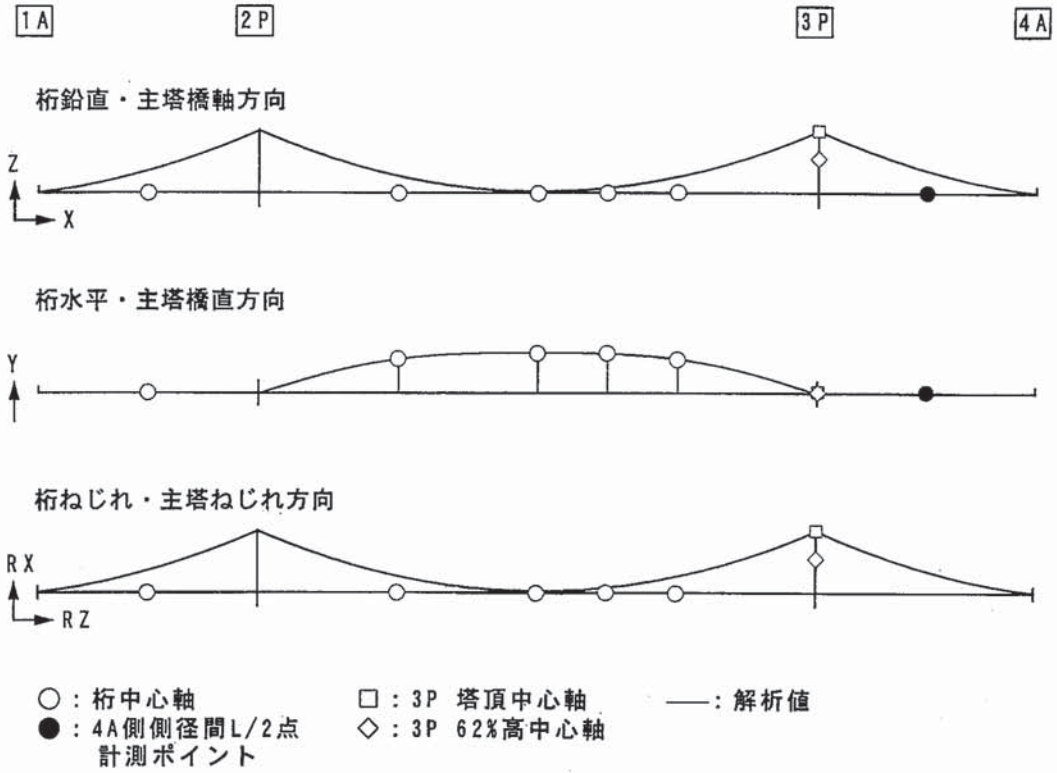
○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

図C1.1.6　振動モード
(側径間ねじれ対称1次・ねじれ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系



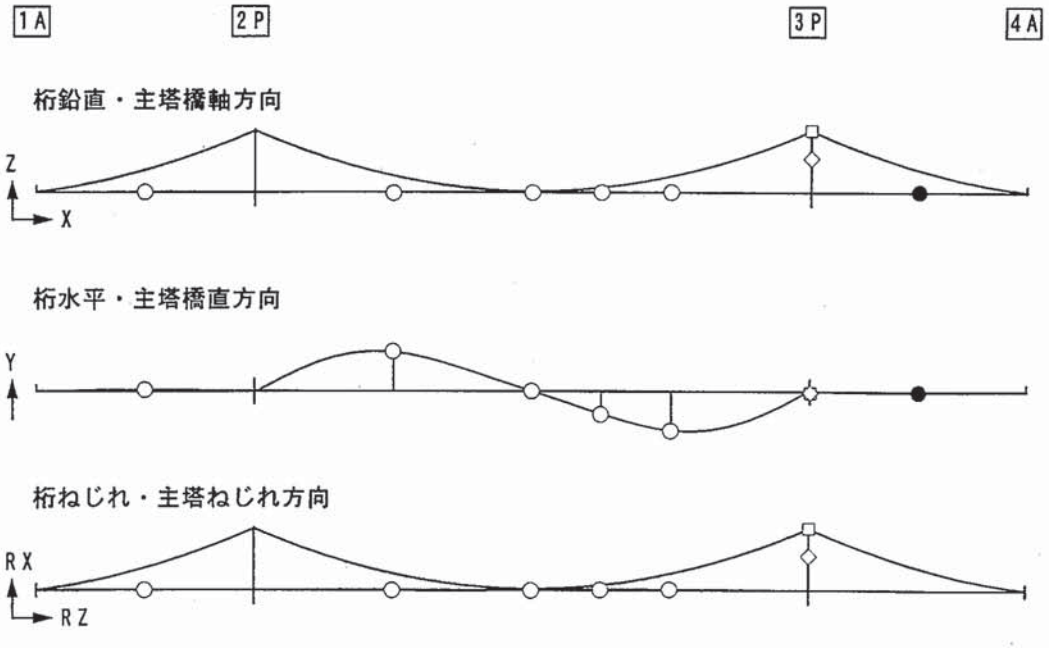
図C1.1.7　振動モード
(ねじれ逆対称2次・ねじれ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

水平たわみ対称1次モード



○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

水平たわみ逆対称1次モード



○：桁中心軸　　□：3P 塔頂中心軸　　——：解析値
●：4A側側径間L/2点 計測ポイント　　◇：3P 62%高中心軸

図C1.1.8　振動モード
(水平たわみ対称1次・水平たわみ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

表C1.2.1　動的特性試験結果

開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m 4車線 ）側径間遮風壁撤去

	振動モード	試験No.	固有振動数 （Ｈｚ）			対数減衰率
			解析値	測定値	偏差 (%)	測定値
3	桁鉛直曲げ対称1次振動	1	0.693	0.665	-4.1	0.031
		2		0.665	-4.1	0.031
		3		0.665	-4.1	0.031
		平均値		0.665		0.031
7	桁ねじれ対称1次振動	13	1.757	1.822	3.7	0.012
		14		1.823	3.8	0.013
		15		1.823	3.7	0.012
		平均値		1.823		0.012

注)1. 対数減衰率は以下の評価振幅領域の平均的な値である。

桁：鉛直曲げ対称1次振動　　：　1.3mm～13.0mm

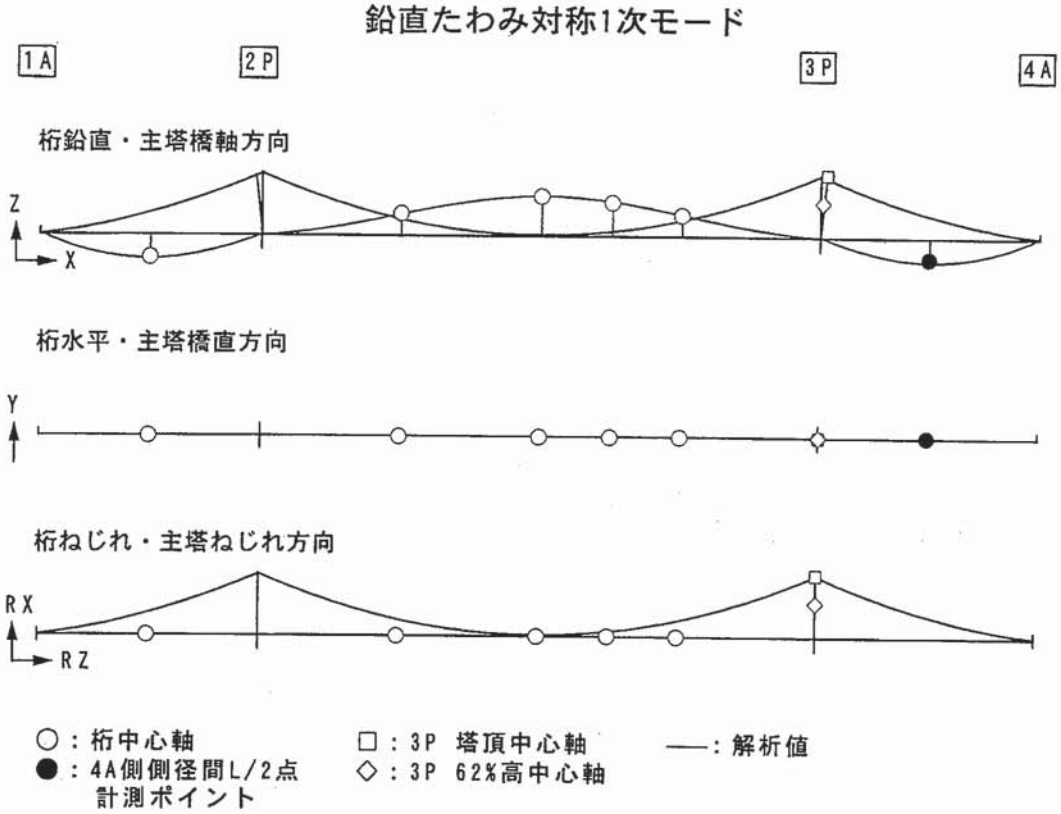
桁：ねじれ対称1次振動　　：　0.5deg.～4.0deg.

2. 加振は全て手加振により行った。

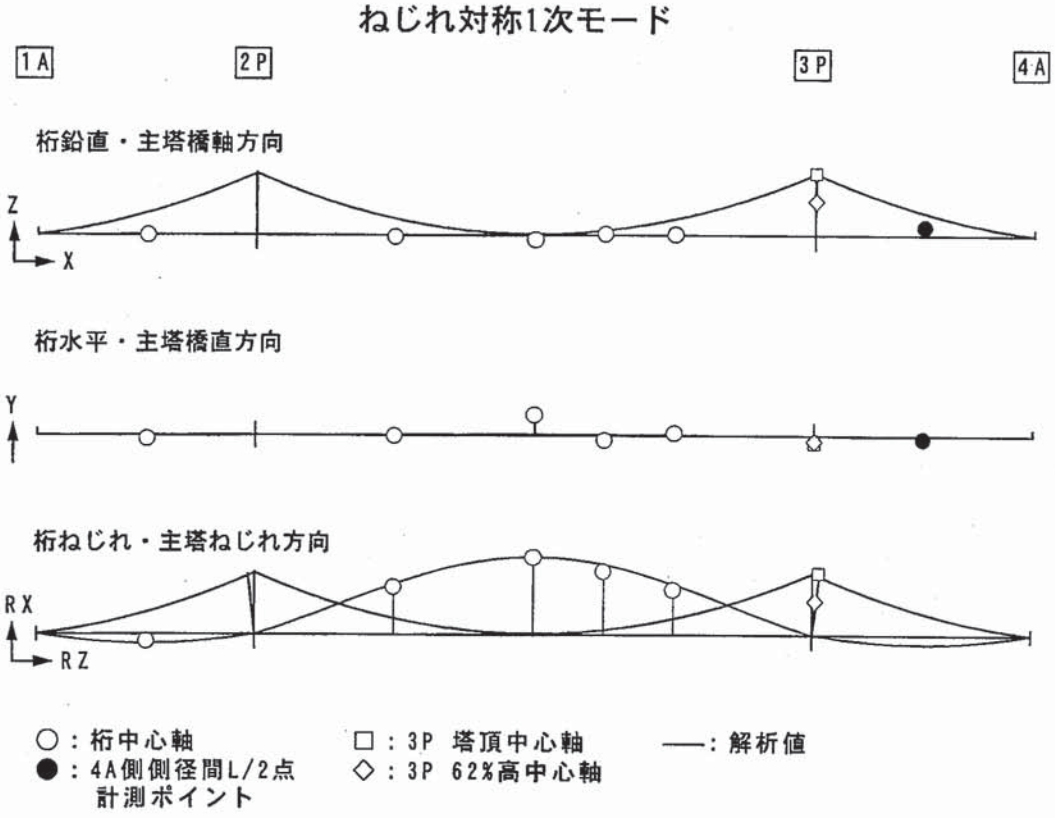
3. 偏差の算出式は以下の通りとする。

偏差(%)＝(測定値-目標値)/目標値×100

4. 解析値は模型スケールの実橋モデルの値であり、側径間遮風壁撤去による質量の補正は行っていない。（基本系のモデルによる解析値。）



図C1.2.1　振動モード
(鉛直たわみ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
側径間遮風壁撤去



図C1.2.2　振動モード
(ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
側径間遮風壁撤去

表C1.3.1　静的特性試験結果(鉛直方向載荷)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線)

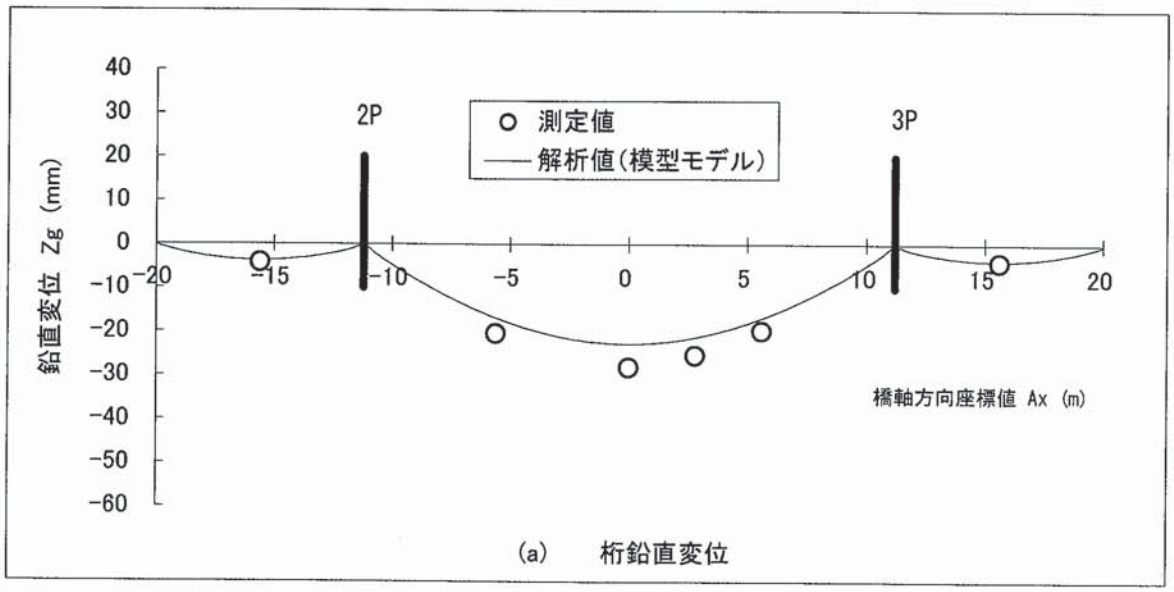
載荷ケース	計測点		変位		
全長			鉛直変位(mm)	水平変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	桁	側径間 L/2点 (1A側)	-4.24	0.07	0.03
		中央径間 L/4点	-20.43	0.20	0.08
		中央径間 L/2点	-28.14	0.07	-0.01
		中央径間 5L/8点	-25.36	-0.39	-0.04
		中央径間 3L/4点	-19.77	0.00	0.00
		側径間 L/2点 (4A側)	-4.07	0.15	-
			面外変位(mm)	面内変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	主塔	3P 主塔 塔頂	-3.07	-0.01	0.03
		3P 主塔 62%高	-1.05	0.02	0.00
中央径間			鉛直変位(mm)	水平変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	桁	側径間 L/2点 (1A側)	17.47	0.30	-0.07
		中央径間 L/4点	-29.36	0.20	0.05
		中央径間 L/2点	-40.34	0.04	-0.01
		中央径間 5L/8点	-36.56	-0.56	-0.05
		中央径間 3L/4点	-28.95	-0.23	0.08
		側径間 L/2点 (4A側)	16.99	-0.14	-
			面外変位(mm)	面内変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	主塔	3P 主塔 塔頂	-6.93	-0.03	0.06
		3P 主塔 62%高	-2.38	0.01	-0.01

表C1.3.2　静的特性試験結果(水平方向載荷)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）

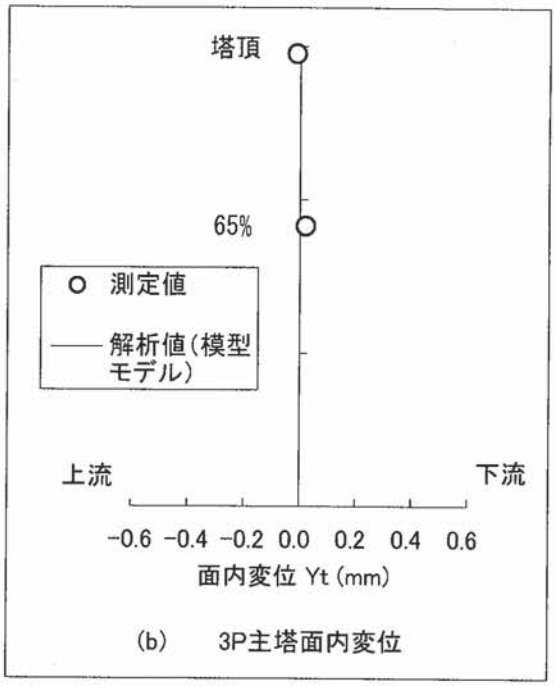
載荷ケース	計測点		変位		
中央径間			鉛直変位(mm)	水平変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	桁	側径間 L/2点 (1A側)	2.23	2.36	0.17
		中央径間 L/4点	10.52	233.36	-1.76
		中央径間 L/2点	13.08	331.77	-3.53
		中央径間 5L/8点	16.32	315.93	-2.51
		中央径間 3L/4点	11.32	231.62	-1.44
		側径間 L/2点 (4A側)	1.78	2.60	-
			面外変位(mm)	面内変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	主塔	3P 主塔 塔頂	-1.05	10.32	-0.25
		3P 主塔 62%高	-0.38	6.49	-0.17

表C1.3.3　静的特性試験結果(ねじれ載荷)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線)

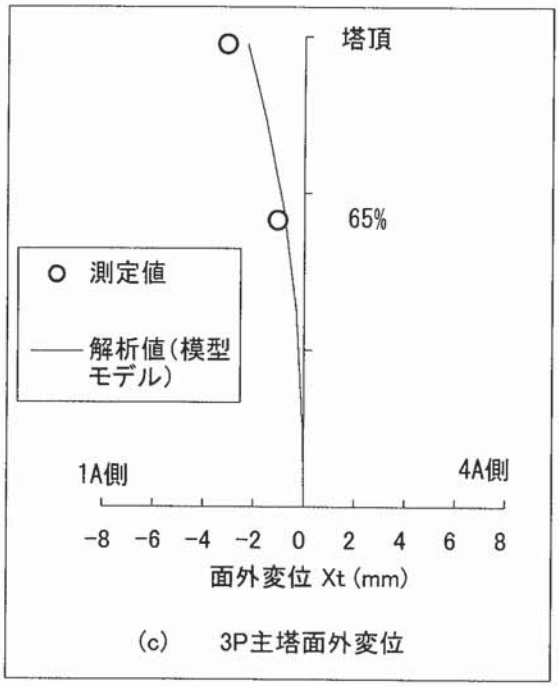
載荷ケース	計測点		変位		
中央径間下流 側径間上流			鉛直変位(mm)	水平変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	桁	側径間 L/2点 (1A側)	-4.42	0.84	-2.23
		中央径間 L/4点	-20.07	-2.29	4.50
		中央径間 L/2点	-27.71	-3.46	6.01
		中央径間 5L/8点	-24.23	-3.17	5.22
		中央径間 3L/4点	-19.59	-2.58	4.26
		側径間 L/2点 (4A側)	0.60	1.28	-
			面外変位(mm)	面内変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	主塔	3P 主塔 塔頂	-3.04	-0.12	0.64
		3P 主塔 62%高	-0.99	-0.07	0.26
中央径間上流 側径間下流			鉛直変位(mm)	水平変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	桁	側径間 L/2点 (1A側)	-4.28	-0.69	2.27
		中央径間 L/4点	-19.76	2.50	-4.26
		中央径間 L/2点	-26.78	2.63	-5.56
		中央径間 5L/8点	-25.23	2.23	-5.18
		中央径間 3L/4点	-18.31	0.78	-4.07
		側径間 L/2点 (4A側)	-8.74	-1.24	-
			面外変位(mm)	面内変位(mm)	ねじれ変位(deg.)
	主塔	3P 主塔 塔頂	-2.98	0.16	-0.60
		3P 主塔 62%高	-1.05	0.09	-0.28



(a)　桁鉛直変位

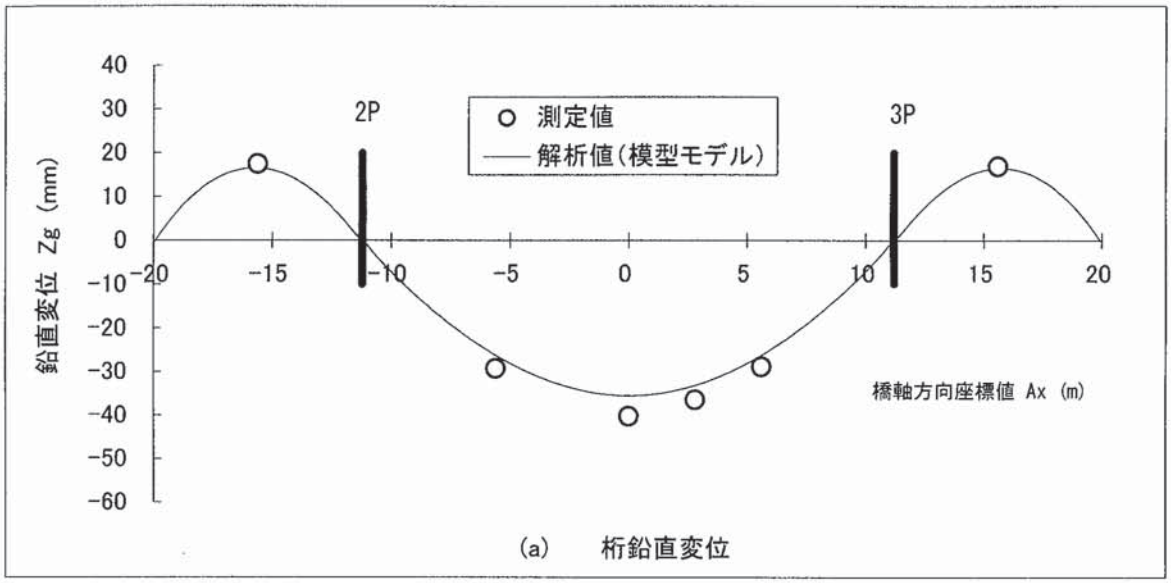


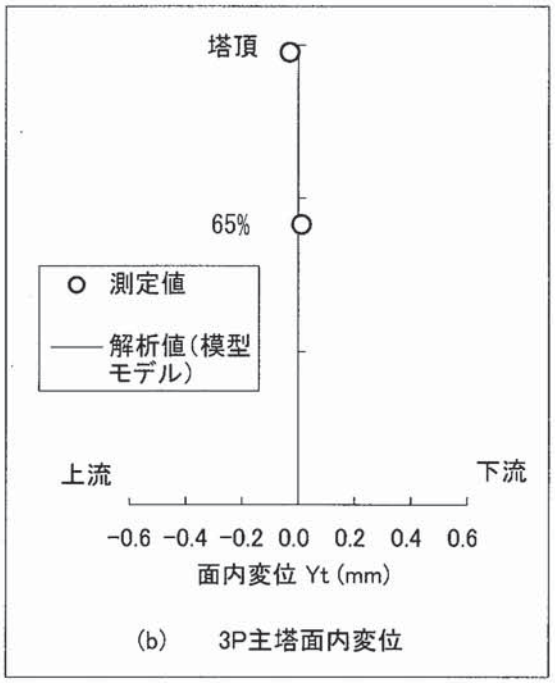
(b)　3P主塔面内変位

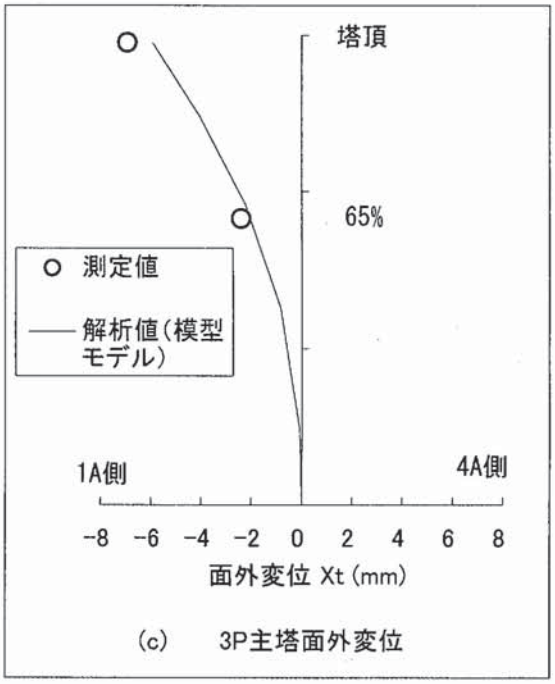


(c)　3P主塔面外変位

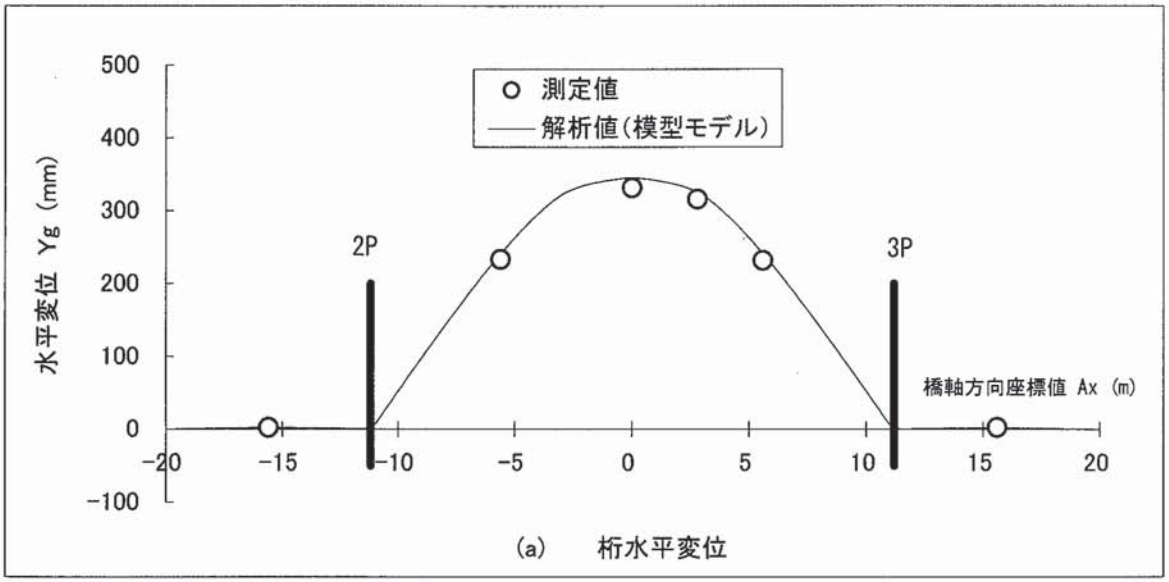
図C1.3.1　静的特性試験結果(鉛直方向載荷：全長)



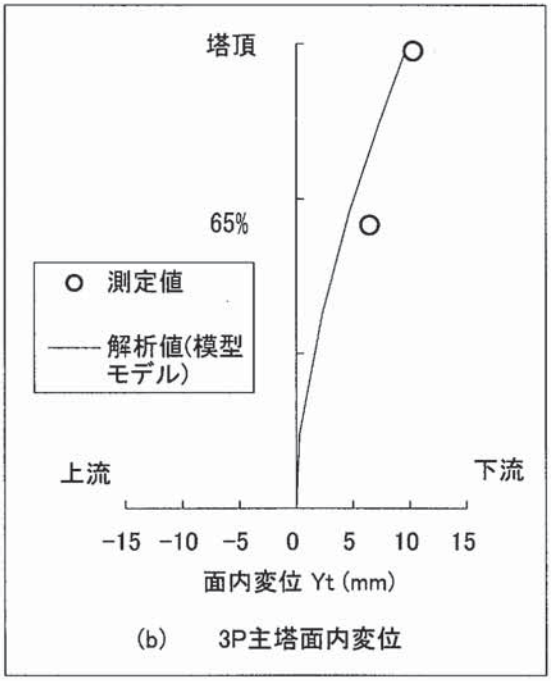




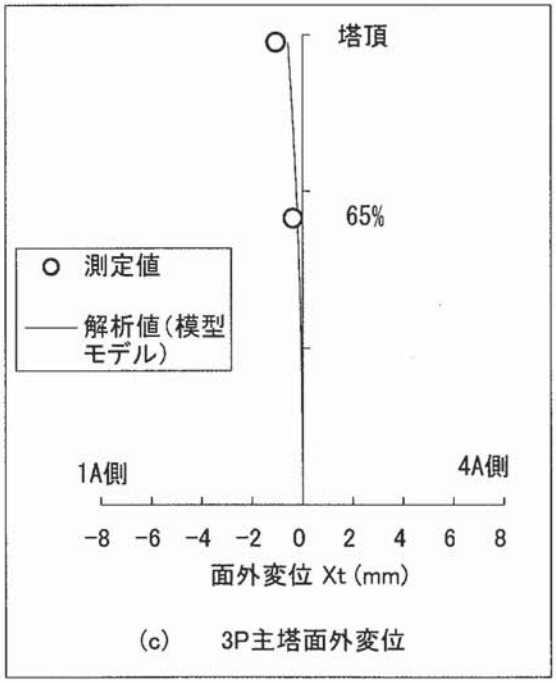
図C1.3.2　静的特性試験結果(鉛直方向載荷：中央径間)



(a)　桁水平変位

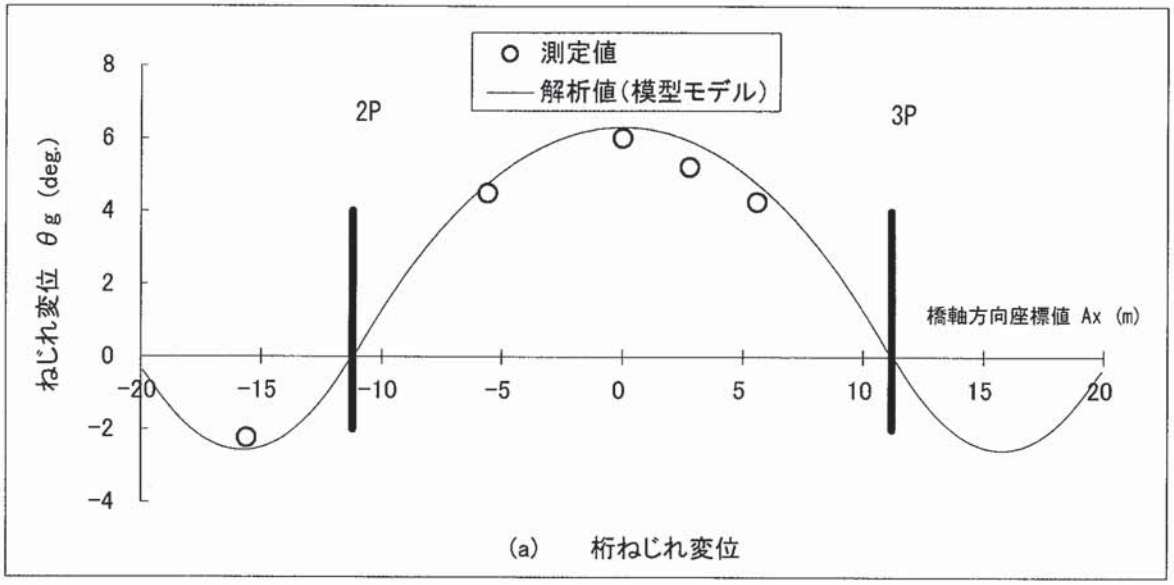


(b)　3P主塔面内変位

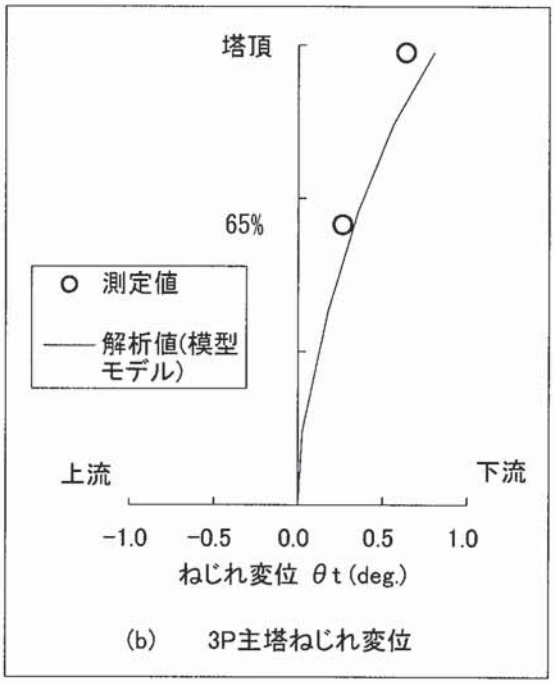


(c)　3P主塔面外変位

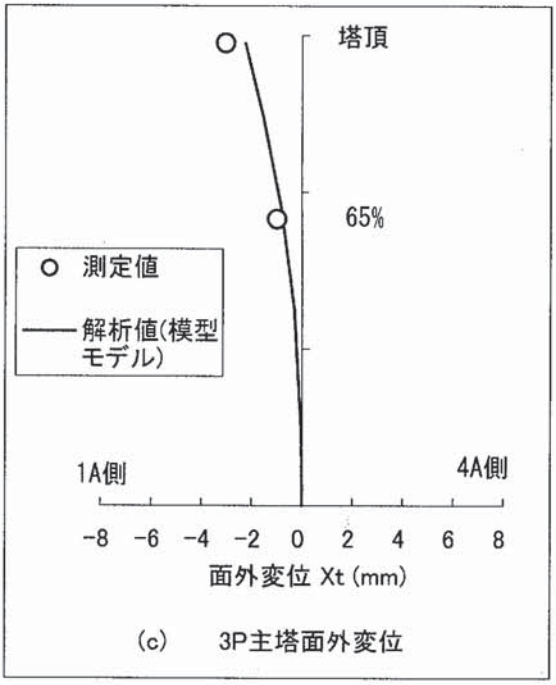
図C1.3.3　静的特性結果(水平載荷)



(a)　桁ねじれ変位

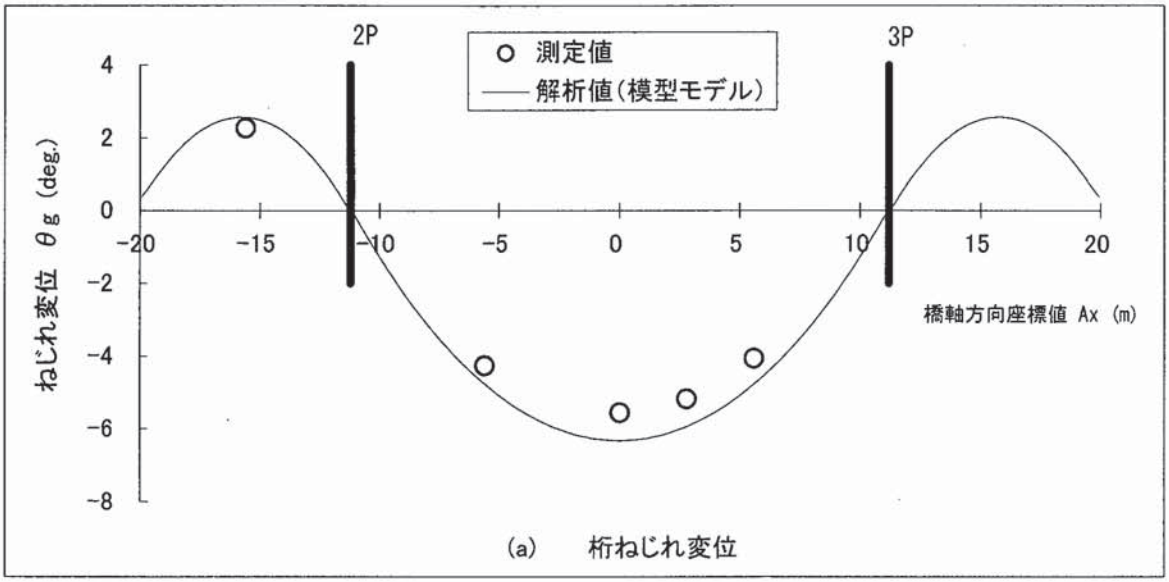


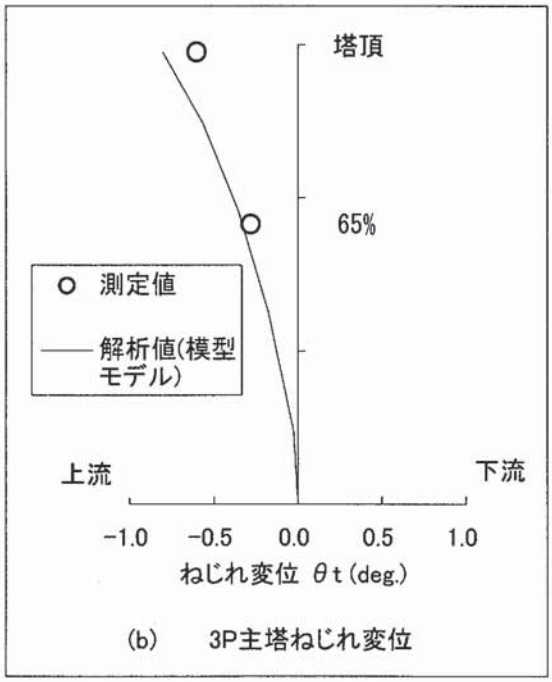
(b)　3P主塔ねじれ変位

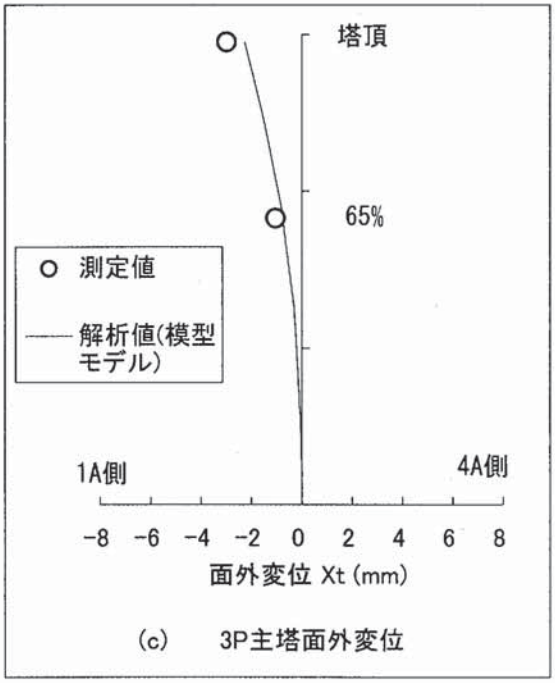


(c)　3P主塔面外変位

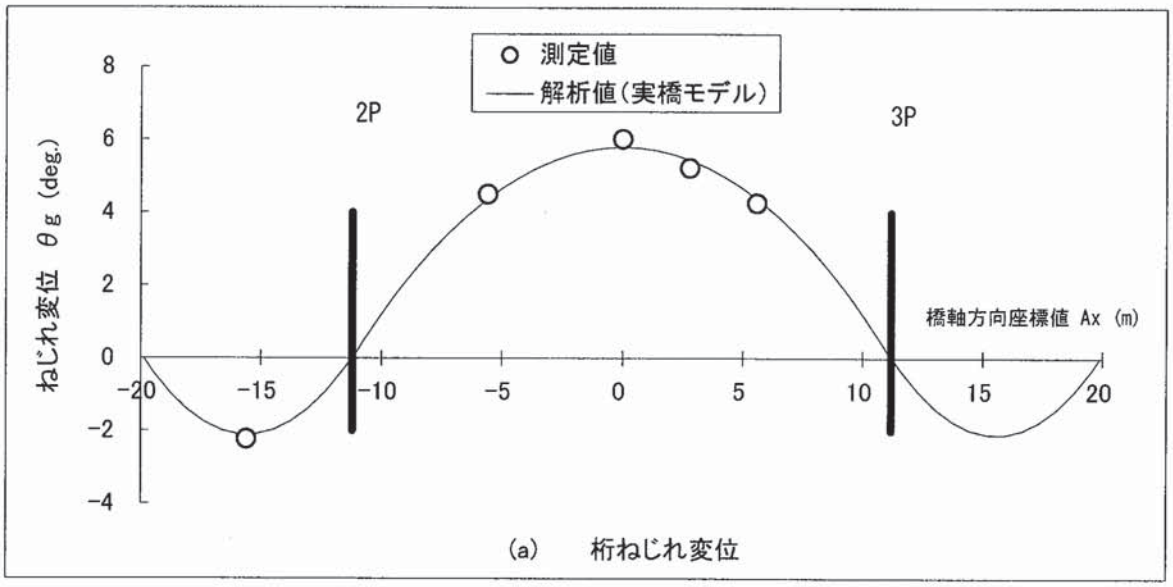
図C1.3.4　静的特性試験結果(ねじれ載荷：中央径間下流，側径間上流)



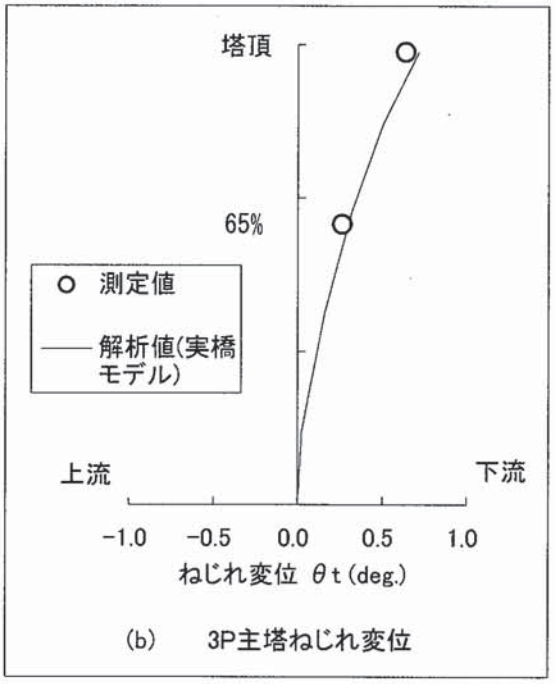




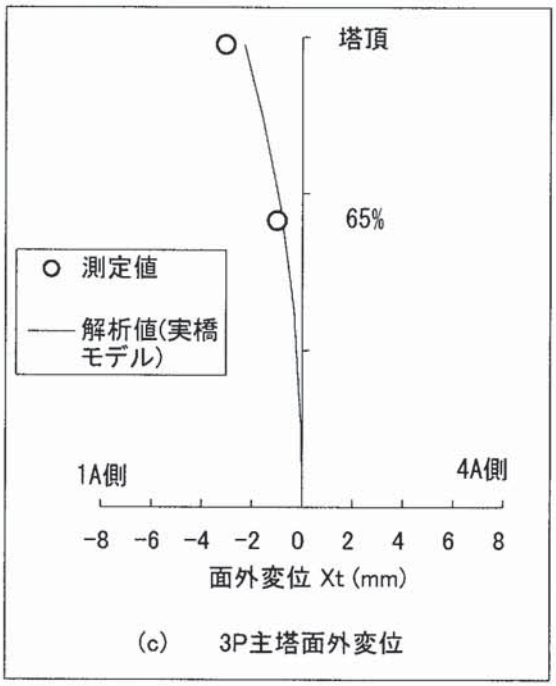
図C1.3.5　静的特性試験結果(ねじれ載荷：中央径間上流，側径間下流)



(a)　桁ねじれ変位



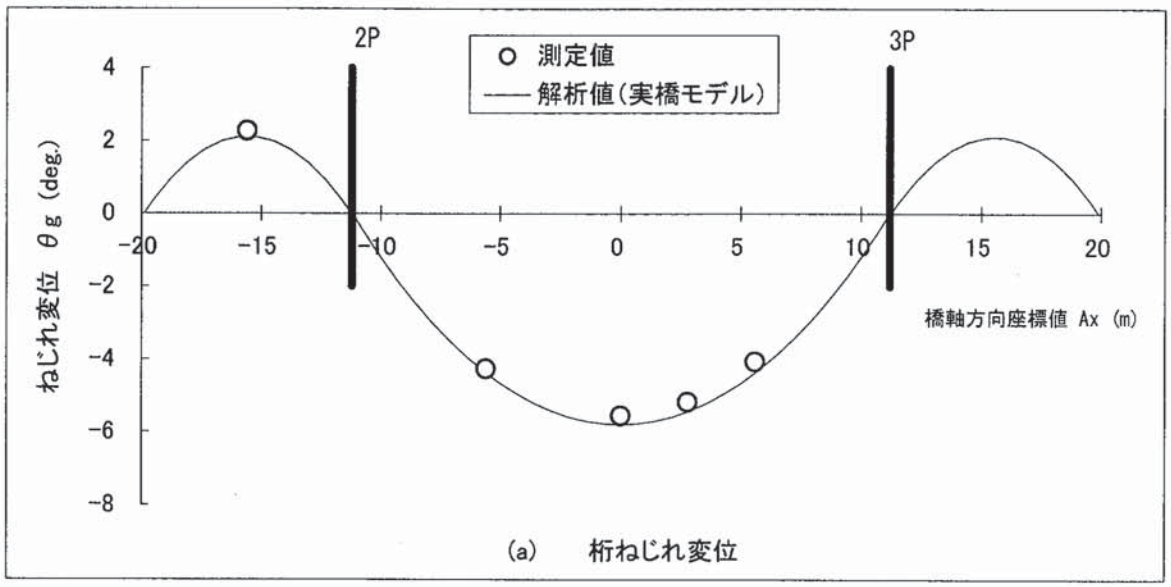
(b)　3P主塔ねじれ変位

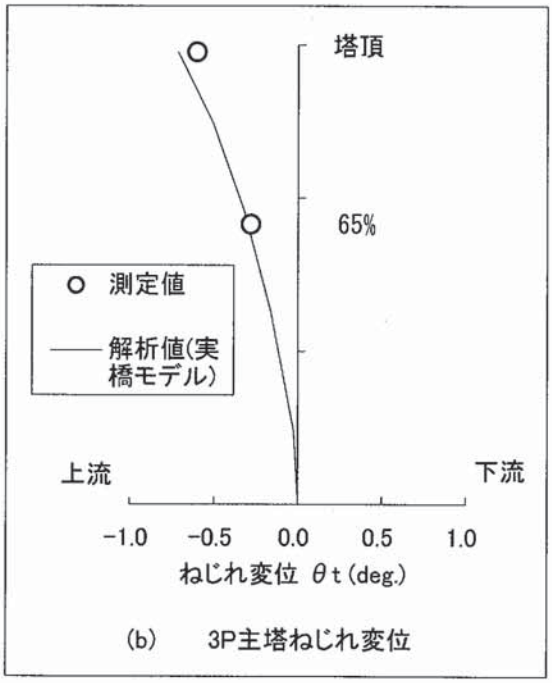


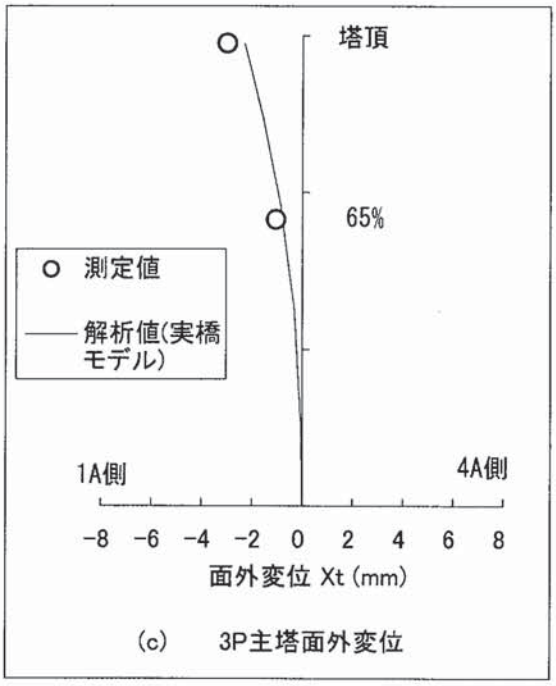
(c)　3P主塔面外変位

注）解析値は実橋モデル

図C1.3.6　静的特性試験結果(ねじれ載荷：中央径間下流，側径間上流)







注) 解析値は実橋モデル

図C1.3.7 静的特性試験結果(ねじれ載荷：中央径間上流，側径間下流)

付属資料Ｃ２　試験解析データ図表

本編 **5** 章に掲載した図表以外の試験解析データを収録している。

目次

付属資料Ｃ２－１　基本系試験　静的変位データ

付属資料Ｃ２－２　基本系試験　応答振幅データ

付属資料Ｃ２－３　基本系試験　振動数・対数減衰率データ

付属資料Ｃ２－４　基本系試験　フラッターモードデータ

付属資料Ｃ２－５　基本系試験　渦励振データ

付属資料Ｃ２－６　側径間遮風壁撤去系試験　静的変位データ

付属資料Ｃ２－７　側径間遮風壁撤去系試験　応答振幅データ

付属資料Ｃ２－８　側径間遮風壁撤去系試験　振動数・対数減衰率データ

付属資料Ｃ２－９　側径間遮風壁撤去系試験　フラッターモードデータ

付属資料Ｃ２－１０　基本系試験－側径間遮風壁撤去系試験　ケース間比較図

付属資料Ｃ２－１　基本系試験　静的変位データ

風速－静的変位の数値データを、表 **C2.1.1**～表 **C2.1.2** に示す。（この表に対応する図は、本編図 **5.2.1**～図 **5.2.3** と下記図 **C2.1.1**～図 **C2.1.2** である。）

風速－静的変位の図を、図 **C2.1.1**～図 **C2.1.2** に示す。

付属資料Ｃ２－２　基本系試験　応答振幅データ

各モードの風速－応答振幅の数値データを、表 **C2.2.1**～表 **C2.2.4** に示す。（この表に対応する図は、本編図 **5.2.4**～図 **5.2.7** である。）

付属資料Ｃ２－３　基本系試験　振動数・対数減衰率データ

各モードの風速－振動数･対数減衰率の数値データを、表 **C2.3.1**～表 **C2.3.16** に示す。（この表に対応する図は、本編図 **5.2.8**～図 **5.2.11** と下記図 **C2.3.1**～図 **C2.3.16** である。）

各モードの風速－振動数・対数減衰率の図を図 **C2.3.1**～図 **C2.3.16** に示す。

付属資料Ｃ２－４　基本系試験　フラッターモードデータ

(1) フラッター風速域のフラッターモードデータ

フラッターが発生する風速域における 4 風速のフラッターモードの数値データを表 **C2.4.1**～表 **C2.4.4** に示す。（この表に対応する図は、本編図 **5.2.12**～図 **5.2.15** と本編図 **5.2.16**～図 **5.2.19** である。）

(2) ねじれ対称 1 次モードのフラッターモードデータ

フラッターが発生するねじれ対称1次モードについて、以下の数値データを表**C2.4.5**～表**C2.4.8**に示す。

a) 風速と回転中心移動量
b) 風速と振幅比（上流側／下流側）
c) 風速と位相差（上流側鉛直変位と下流側鉛直変位）
d) 風速と鉛直曲げ成分・水平曲げ成分とねじれ成分の振幅比
e) 風速と鉛直曲げ成分・水平曲げ成分とねじれ成分の位相差

このうち、表**C2.4.5**と表**C2.4.6**は、断面ごとの回転中心移動量・振幅比・位相差を示しており、表**C2.4.7**と表**C2.4.8**は断面間で基準を共通にした振幅比・位相差を示している。表**C2.4.7**と表**C2.4.8**に示す振幅比b・位相差は、表**C2.4.1**～表**C2.4.4**に示す振幅比・位相差と同一定義である。（表**C2.4.5**と表**C2.4.6**に対応する図は、下記図**C2.4.1**～図**C2.4.5**である。）

上記表 **C2.4.5** と表 **C2.4.6** にある a)～e)のデータを図示したものを図 **C2.4.1**～図 **C2.4.5** に示す。

回転中心移動量と上下流振幅比の定義を図 **C2.4.6** に示す。ここでの回転中心移動量は、周期的に変動する回転中心の時間平均位置の桁中心からの距離を桁端間隔で無次元化して求めており、下流側を正としている。従って、-0.5 が上流桁端位置、+0.5 が下流桁端位置に相当する（ただし、ここでは上下流桁端間隔=ケーブル間隔としている）。回転中心移動量の算出方法を図 **C2.4.6** のあとに示す。

以下に、断面ごとの回転中心移動量・振幅比・位相差（表 **C2.4.5**～表 **C2.4.6**、図 **C2.4.1**～図 **C2.4.5**）について考察を加える。各物理量に共通の傾向として、中央径間はフラッターが発現する風速域で急変する傾向にあり、L/4 点と 3L/4 点はフラッターが発現する風速域の手前の風洞風速 7.3m/s でそれ以下の 6.3m/s までの傾向から変化する。側径間 L/2 点は、風洞風速 5.3m/s～6.3m/s で鉛直曲げ成分とねじれ成分の卓越状況が逆転し、その前後で傾向が異なっている。

a) 風速と回転中心移動量

図 **C2.4.1** に示す回転中心移動量をみると、中央径間 L/2 点と 5L/8 点は風速の増加と

ともにやや上流側に移動した後あまり変化せず、フラッターが発現する直前の風速で桁中心位置付近に戻り、以後風速が微増するに伴って急激に上流側に移動している。中央径間 L/4 点と 3L/4 点は、最初風速の増加とともに上流側に移動するが、風洞風速 7.3m/s では下流側に移動し、フラッターが発現する風速域では再び上流側に移動している。側径間 L/2 点は、ねじれ成分が小さいため回転中心位置が風速とともに大きく変動している。

b) 風速と振幅比（上流側／下流側）

図 **C2.4.2** に示す上下流の振幅比をみると、中央径間 L/2 点と 5L/8 点は、風速の増加とともに上流側の振幅比が減少した後、フラッターが発現する直前の風速ではほぼ同じ比率に戻り、以後風速が微増するに伴って急激に上流側の振幅比が小さくなっている。中央径間 L/4 点と 3L/4 点も最初は風速の増加とともに上流側の振幅比が減少するが、風洞風速 7.3m/s では下流側より振幅が大きくなり、フラッターが発現する風速域では再び下流側より小さくなっている。中央径間の振幅比の傾向は、回転中心移動量に対応している。側径間 L/2 点は、風洞風速 6.3m/s までねじれ成分が若干存在し、上下流の振幅比の傾向は回転中心移動量と対応しているが、7.3m/s 以降は鉛直曲げ成分が卓越するため上下流の振幅比は 1 付近となっている。

c) 風速と位相差（上流側鉛直変位と下流側鉛直変位）

図 **C2.4.3** に示す上下流鉛直変位の位相差をみると、中央径間 L/2 点は、風速の増加とともに-180° （逆相）から徐々にずれてゆき、フラッターが発現する風速域で-120° 付近に至っている。中央径間 5L/8 点は、風洞風速 7.3m/s で-180° 側に若干戻っているが、それ以外は中央径間 L/2 点と同様の傾向である。中央径間 L/4 点と 3L/4 点も風速の増加とともに-180° からずれてゆくが、風洞風速 6.3m/s で-80° 付近に達した以降、7.3m/s 以降で位相が大きく変化し、フラッターが発現する風速域では再び-180° 付近になり風速が微増するとともに急変していく。側径間 L/2 点は、低風速域の-180° 付近で逆相に近い状態であるが、鉛直曲げ成分が徐々に卓越する風洞風速 5.3m/s から 0° 付近の同相に近い状態となっている。

d) 風速と鉛直曲げ成分とねじれ成分の振幅比

図 **C2.4.4** に示す鉛直曲げ成分とねじれ成分の振幅比をみると、中央径間 L/2 点は、風速の増加とともに鉛直曲げ成分の比率が増加している。中央径間 5L/8 点は、風洞風速 7.3m/s で鉛直曲げ成分の比率が若干減少しているが、それ以外は中央径間 L/2 点と同様の傾向である。中央径間 L/4 点と 3L/4 点も風速の増加とともに鉛直曲げ成分が増加していくが、風洞風速 7.3m/s 以降で減少し、フラッターが発現する風速域で再び風速とともに増加していく。側径間 L/2 点は、風洞風速 5.3m/s から鉛直曲げ成分がねじれに対

して大きく卓越していく。

e) 風速と鉛直曲げ成分とねじれ成分の位相差

図 **C2.4.5** に示す鉛直曲げ成分とねじれ成分の位相差をみると、中央径間 L/2 点は、風速の増加とともに 180° から減少したのち、フラッターが発現する風速付近では 80° 付近まで減少した位相差が風速ともに再び急増している。中央径間 L/4 点、5L/8 点、3L/4 点は、風洞風速 6.3m/s まで 80° ～140° 付近で推移した後、風洞風速 7.3m/s で大きく変化し、フラッターが発現する風速域では、中央径間 5L/8 点は L/2 点と同様に 80° ～90° 付近から、L/4 点と 3L/4 は 160° ～170° 付近から風速の上昇とともに 130° ～150° 付近に急速に近づく。側径間 L/2 点は、ねじれと鉛直曲げ成分の卓越状況が入れ替わる風洞風速 5.3m/s～6.3m/s の前後で大きく変化している。

（補足：回転中心移動量の算出）

回転中心移動量を求めるにあたって、桁の静的なねじれ変形が小さいものとし、水平の動的成分を無視できるものと仮定する。上下流端の中立位置（振動中心位置）を結ぶ直線をX軸とし（＝上記仮定により水平とする。）、Y軸をX軸と直角にとる（＝上記仮定により鉛直となる。）。このX軸と上下流端を結ぶ直線との交点を時刻ごとの瞬間の回転中心と考える。この瞬間の回転中心は時刻ごとに変化するので、その時間平均をもって回転中心移動量と考える。回転中心移動量の算出法を以下に示す。

時刻ごとの瞬間の回転中心は以下のようになる。

$$x_c = \frac{B}{2}\left(\frac{Y_d + Y_u}{Y_u - Y_d}\right) \tag{1}$$

x_c：時刻ごとの瞬間の回転中心

Y_u、Y_d：時刻ごとの上、下流端のY座標

Y_u、Y_dを以下のように置く。

$$Y_d = Y_{d0}\cos(\omega t) \tag{2}$$

$$Y_u = Y_{u0}\cos(\omega t - \psi) \tag{3}$$

Y_{u0}、Y_{d0}：Y_u、Y_dの振幅

ψ：下流端変位Y_dからみた上流端変位Y_uの位相遅れ

t：時間

式(2)(3)を式(1)に代入すると以下のようになる。

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{B}{2}\left\{\frac{Y_{d0}\cos(\omega t) + Y_{u0}\cos(\omega t - \psi)}{-Y_{d0}\cos(\omega t) + Y_{u0}\cos(\omega t - \psi)}\right\} \\ &= \frac{B}{2}\left\{\frac{A_2\sin(\omega t - \psi_2)}{A_1\sin(\omega t - \psi_1)}\right\} \\ &= \frac{B}{2}\left\{\frac{A_2}{A_1}\cos(\psi_1 - \psi_2) + \frac{A_2}{A_1}\frac{\sin(\psi_1 - \psi_2)}{\tan(\omega t - \psi_1)}\right\} \end{aligned} \tag{4}$$

ただし、A_1、A_2、ψ_1、ψ_2は以下のようである。

$$A_1 = \sqrt{{Y_{d0}}^2 + {Y_{u0}}^2 - 2Y_{d0}Y_{u0}\cos\psi} \tag{5}$$

$$A_2 = \sqrt{{Y_{d0}}^2 + {Y_{u0}}^2 + 2Y_{d0}Y_{u0}\cos\psi} \tag{6}$$

$$\psi_1 = \tan^{-1}\left(\frac{Y_{d0} - Y_{u0}\cos\psi}{Y_{u0}\sin\psi}\right) \tag{7}$$

$$\psi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{-Y_{d0} - Y_{u0}\cos\psi}{Y_{u0}\sin\psi}\right) \tag{8}$$

式(4)の第1項は定数項である。第2項は時間の関数であり$\omega t = \psi_1 + n\pi$（n=0, ±1、±2、...）

で+∞→-∞あるいは-∞→+∞に不連続に変化するが、時間積分で主値をとれば時間平均値は0となる。従って、x_cの時間平均は、式(4)の第1項の定数項となる。

$$\overline{x}_c = \frac{B}{2}\left\{\frac{A_2}{A_1}\cos(\psi_1 - \psi_2)\right\}$$

$$= \frac{B}{2}\left\{\frac{-Y_{d0}{}^2 + Y_{u0}{}^2}{Y_{d0}{}^2 + Y_{u0}{}^2 - 2Y_{d0}Y_{u0}\cos\psi}\right\} \tag{9}$$

$\overline{x}_c$：回転中心x_cの時間平均

Bで無次元化して、以下のようになる。

$$\overline{x}_c{}^* = \frac{\overline{x}_c}{B} = \frac{1}{2}\left(\frac{-Y_{d0}{}^2 + Y_{u0}{}^2}{Y_{d0}{}^2 + Y_{u0}{}^2 - 2Y_{d0}Y_{u0}\cos\psi}\right) \tag{10}$$

$\overline{x}_c{}^*$：無次元化された回転中心の時間平均

この$\overline{x}_c{}^*$を断面の回転中心移動量と考える。

なお、式(2)～(10)中のY_{u0}、Y_{d0}、ψを、断面中心位置での曲げ・ねじれ変位の振幅および位相差を用いて表現する場合は以下のようになる。断面中心位置での曲げ・ねじれ変位を以下のように置く。

$$\eta = \eta_0 \cos(\omega t - \psi') \tag{11}$$

$$\phi = \phi_0 \cos(\omega t) \tag{12}$$

η：断面中心位置での曲げ変位（上向き正）

ϕ：断面中心位置でのねじれ変位（頭上げ正）

h0：ηの振幅

f0：ϕの振幅

ψ'：ねじれ変位からみた曲げ変位の位相遅れ

Y_u、Y_dはη、ϕを用いて以下のように表される。

$$Y_d = \eta - \frac{B}{2}\sin\phi \tag{13}$$

$$Y_u = \eta + \frac{B}{2}\sin\phi \tag{14}$$

式(11)、(12)を式(13)、(14)に代入して以下のようになる。

$$Y_d = \eta_0 \cos(\omega t - \psi') - \frac{B}{2}\sin(\phi_0 \cos(\omega t)) \tag{15}$$

$$Y_u = \eta_0 \cos(\omega t - \psi') + \frac{B}{2}\sin(\phi_0 \cos(\omega t)) \tag{16}$$

ここで、微少振幅域を考えϕ_0が微少と仮定すると以下のようになる。

$$Y_d = \eta_0 \cos(\omega t - \psi') - \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)\cos(\omega t)$$

$$= \left(\sqrt{\eta_0{}^2 + \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)^2 - 2\eta_0\left(\frac{B\phi_0}{2}\right)\cos\psi'}\right)\cos(\omega t - \psi_d')$$

$$= Y_{d0}\cos(\omega t - \psi_d') \tag{17}$$

$$Y_u = \eta_0 \cos(\omega t - \psi') + \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)\cos(\omega t)$$

$$= \left(\sqrt{\eta_0{}^2 + \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)^2 + 2\eta_0\left(\frac{B\phi_0}{2}\right)\cos\psi'}\right)\cos(\omega t - \psi_u')$$

$$= Y_{u0}\cos(\omega t - \psi_u')$$

$$= Y_{u0}\cos(\omega t - \psi_d' - \psi) \tag{18}$$

ただし、ψ_d'、ψ_u'は以下のようである。

$$\psi_d' = \tan^{-1}\left(\frac{\eta_0 \sin\psi'}{\eta_0\cos\psi' - \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)}\right) \tag{19}$$

$$\psi_u' = \tan^{-1}\left(\frac{\eta_0 \sin\psi'}{\eta_0\cos\psi' + \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)}\right) \tag{20}$$

式中の$(B\phi_0/2)$はねじれ変位の振幅を桁端における鉛直方向の振幅に換算したものである。式(17)、(18)の関係からY_{u0}、Y_{d0}、ψは、η、ϕ、ψ'を用いて以下のように表される。

$$Y_{d0} = \sqrt{\eta_0{}^2 + \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)^2 - 2\eta_0\left(\frac{B\phi_0}{2}\right)\cos\psi'} \tag{21}$$

$$Y_{u0} = \sqrt{\eta_0{}^2 + \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)^2 + 2\eta_0\left(\frac{B\phi_0}{2}\right)\cos\psi'} \tag{22}$$

$$\psi = \psi_u' - \psi_d'$$

$$= \tan^{-1}\left(\tan(\psi_u' - \psi_d')\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{-2\eta_0\left(\frac{B\phi_0}{2}\right)\sin\psi'}{\eta_0{}^2 - \left(\frac{B\phi_0}{2}\right)^2}\right) \tag{23}$$

断面中心位置での曲げ・ねじれ変位の振幅および位相差から、断面中心位置$\bar{x}_c^*$を算出する場合は、式(21)～(23)を式(10)に代入すれば$\bar{x}_c^*$が求められる。

注）各式中の$\tan^{-1}(b/a)$は、$0 \leqq b$のとき$0 \leqq \tan^{-1}(b/a) \leqq \pi$であり、$b<0$のとき$-\pi \leqq \tan^{-1}(b/a) < 0$とする。

付属資料Ｃ２－５　基本系試験　渦励振データ

(1) 振幅－対数減衰率（A-δ）データ

渦励振が発現した各モードの振幅－対数減衰率の数値データを表 **C2.5.1**～表 **C2.5.13** に示す。（この表に対応する図は、下記図 **C2.5.1**～図 **C2.5.13** である。）

渦励振が発現した各モードの振幅と対数減衰率の図を図 **C2.5.1**～図 **C2.5.13** に示す。

図 **C2.5.1**～図 **C2.5.13** は、計測された波形から求めた振幅ごとの減衰率の点列、およびそれを多項式で近似した近似曲線を示している。表 **C2.5.1**～表 **C2.5.13** の減衰率の値は、この近似曲線の値を振幅ごとに示したものである。

これらの図表中で空力減衰は、無風時の減衰率を構造減衰と見なして、以下のように振幅ごとに有風時の減衰率から無風時の減衰率を差し引くことで求めている。

$$\delta a=\delta-\delta s \qquad \text{(C2.5.1)}$$

δa：空力対数減衰率

δ：有風時対数減衰率

δs：無風時対数減衰率（構造減衰と見なす。）

なお　ねじれ逆対称２次モードは、計測された波形のビートが激しく、対数減衰率の算出が困難と考えられるため、上記の解析を行っていない。

(2) 構造減衰－応答振幅データ

図 **C2.5.1**～図 **C2.5.13** に示した各モードの空力対数減衰率の近似曲線の係数と、それを基にして求めた構造減衰－応答振幅の数値データを表 **C2.5.14**～表 **C2.5.36** に示す。

空力対数減衰率の多項式近似式は以下のようである。

1) 鉛直曲げモード

＜実変位振幅に対する近似式＞

$$\delta a=\sum_{k} a_k \cdot \eta_0^{\,k} \qquad \text{(C2.5.2)}$$

＜無次元振幅に対する近似式＞

$$\delta a=\sum_{k} a_k' \cdot (\eta_0/B)^{\,k} \qquad \text{(C2.5.3)}$$

δa：空力対数減衰率

a_k、a_k'：多項式係数（$a_k'= a_k \cdot B^{\,k}$）

η_0：鉛直変位片振幅

B：桁幅

2) ねじれモード

$$\delta a=\sum_{k} a_k \cdot \phi_0^{\,k} \qquad \text{(C2.5.4)}$$

ϕ_0：ねじれ変位片振幅

ここでは、1)鉛直曲げモードの係数 a_k はη_0 を模型の mm 単位の振幅値として求め、2)

ねじれモードの係数 a_k はϕ_0 を° （度）単位の振幅値として求めた。

式(C2.5.2)～式(C2.5.4)で求めた空力減衰を基に、構造減衰を変化させた際の定常応答振幅を以下の条件から求めた。

$$\{\delta=\delta a+\delta s=0\} \text{ and } \{d\delta a/dA>0\ (A=\eta_0 \text{ or } \phi_0)\} \quad \text{(C2.5.5)}$$

2 番目の条件 $d\delta a/dA>0$ は安定なリミットサイクルである条件であり、$d\delta a/dA<0$ の場合は不安定なリミットサイクルであり振幅は安定せず定常状態にはならない。

(3) 風速－振動数データ

渦励振を計測した風速域における風速－振動数の数値データを表 **C2.5.35**～表 **C2.5.36** に示す。（この表に対応する図は、下記図 **C2.5.14** である。）

渦励振を計測した風速域における風速－振動数の図を図 **C2.5.14** に示す。

各モードとも、無風時の固有振動数から大きな変化は見られない。

(4) 時間－応答振幅データ

渦励振を計測した風速域における各モードの応答振幅の時間推移を、図 **C2.5.15**～図 **C2.5.33** に示す。

(5) 鉛直曲げ逆対称 1 次モードの時系列データ

風洞風速 0.79m/s と 0.84m/s における鉛直曲げ逆対称 1 次モードの波形を図 **C2.5.34**～図 **C2.5.49** に示す。

風洞風速 0.79m/s と 0.84m/s では、鉛直曲げ対称 1 次モードと鉛直曲げ逆対称 1 次モードの干渉が観察された。両者の固有振動数は、対称 1 次モードが 0.659Hz、逆対称 1 次モードが 0.696Hz と近い。振動数の近い両モードが混在した波形に対して、本編 **5.2.3(2)**にあるようなフーリエ解析でいずれかのモードの振幅を求めようとした場合、他方のモード成分の影響を受けて振幅が正しく求められないと考えられる。このため、フーリエ解析で振幅を求める前段階の処理として、モードを分離する作業が必要となる。

対称 1 次モードの応答は中央径間 L/2 点の計測波形から求めるが、この点は逆対称 1 次モードの節位置になっていることが確認されている（本編 **4** 章に示すモード図を参照）ため、この点の波形には逆対称 1 次モードの応答は混在していないといえる。一方、逆対称 1 次モードの応答は中央径間 L/4 点の計測波形から求めるが、この点は対称 1 次モードの節位置にはなっておらず、この点の波形は両モードの応答が混在している。このことから、対称 1 次モードの応答は中央径間 L/2 点の波形からそのまま求められるが、逆対称 1 次モードの応答は中央径間 L/4 点の波形から対称 1 次モードの成分を差し引けば求められることになる。ここで、差し引く対称 1 次モードの成分は、中央径間 L/2 点の波形（＝対称 1 次モードの中央径間 L/2 点における応答波形）に対称 1 次モードの中央径間 L/2 点と L/4 点のモード振幅比の補正を施せば求められる。

以上の考え方に基づき、鉛直曲げ対称1次モードと鉛直曲げ逆対称1モードが混在している風洞風速 0.79m/s と 0.84m/s においては、逆対称1次モードの応答波形を以下の計算処理で求めることとした。

$$\eta_{asym1}(t)=\eta_{L/4}(t)-(\phi_{1L/4}{}^{z}/\phi_{1L/2}{}^{z})\cdot\ \eta_{L/2}(t) \qquad (C2.5.6)$$

$\eta_{asym1}(t)$：鉛直曲げ逆対称1次モードの応答波形（中央径間 L/4 点）

$\eta_{L/4}(t)$：中央径間 L/4 点の応答波形

$\phi_{1L/4}{}^{z}$：鉛直曲げ対称1次モードの中央径間 L/4 点のモード振幅

$\phi_{1L/2}{}^{z}$：鉛直曲げ対称1次モードの中央径間 L/2 点のモード振幅

$\eta_{L/2}(t)$：中央径間 L/2 点の応答波形

ただし、モード振幅は無風時からの変化分は小さいものとして、無風時のモード振幅を用いている。

以上の方法で求めた鉛直曲げ逆対称1次モードの波形が図 **C2.5.34**～図 **C2.5.49** に示されている。各波形とも、対称1次モードの成分を差し引く前の中央径間 L/4 点の波形（2 段目の波形＝$\eta_{L/4}(t)$）は振動数近接によると考えられるビートが生じているが、差し引き後の波形（3 段目の波形＝$\eta_{asym1}(t)$）はビートがなくなっており逆対称1次モードの成分が分離できているものと考えられる。風洞風速 0.79m/s と 0.84m/s における逆対称1次モードの振幅は、これらの差し引き後の波形から求めた。

なお、このような波形を分離する処理を行ったのは、モードの固有振動数が近接しており、かつ両モードが同じ自由度方向（鉛直方向）に卓越しているためである。固有振動数が近接しているモードであっても卓越している自由度方向が異なれば、このような処理は不要であり、それぞれの自由度方向の波形を観察することでそれぞれのモードの応答を求められる。また、このような波形を分離する処理が可能であるのは、混在している2モードの内の一つ（ここでは鉛直曲げ逆対称1次モード）が完全に節になる点（ここでは中央径間 L/2 点）を計測しているためである。

付属資料Ｃ２－６　側径間遮風壁撤去系試験　静的変位データ

風速－静的変位の数値データを、表 **C2.6.1**～表 **C2.6.2** に示す。（この表に対応する図は、本編図 **5.3.1**～図 **5.3.3** と下記図 **C2.6.1**～図 **C2.6.2** である。）

風速－静的変位の図を、図 **C2.6.1**～図 **C2.6.2** に示す。

付属資料Ｃ２－７　側径間遮風壁撤去系試験　応答振幅データ

計測したねじれ対称１次モードの風速－応答振幅の数値データを、表 **C2.7.1** に示す。（この表に対応する図は、本編図 **5.3.4** である。）

付属資料Ｃ２－８　側径間遮風壁撤去系試験　振動数・対数減衰率データ

計測したねじれ対称１次モードの風速－振動数・対数減衰率の数値データを、表 **C2.8.1** に示す。（この表に対応する図は、本編図 **5.3.5** と下記図 **C2.8.1** である。）

計測したねじれ対称１次モードの風速－振動数・対数減衰率の図（平均前の各計測値も載せた図）を図 **C2.8.1** に示す。

付属資料Ｃ２－９　側径間遮風壁撤去系試験　フラッターモードデータ

(1) フラッター風速域のフラッターモードデータ

フラッターが発生する風速域における 3 風速のフラッターモードの数値データを表 **C2.9.1**～表 **C2.9.3** に示す。(この表に対応する図は、本編図 **5.3.6**～図 **5.3.8** と本編図 **5.3.9**～図 **5.3.11** である。)

(2) ねじれ対称 1 次モードのフラッターモードデータ

フラッターが発生するねじれ対称1次モードについて、以下の数値データを表**C2.9.4**～表**C2.9.7**に示す。

f)　風速と回転中心移動量
g)　風速と振幅比（上流側／下流側）
h)　風速と位相差（上流側鉛直変位と下流側鉛直変位）
i)　風速と鉛直曲げ成分・水平曲げ成分とねじれ成分の振幅比
j)　風速と鉛直曲げ成分・水平曲げ成分とねじれ成分の位相差

このうち、表**C2.9.4**と表**C2.9.5**は、断面ごとの回転中心移動量・振幅比・位相差を示しており、表**C2.9.6**と表**C2.9.7**は断面間で基準を共通にした振幅比・位相差を示している。表**C2.9.6**と表**C2.9.7**に示す振幅比b・位相差は、表**C2.9.1**～表**C2.9.3**に示す振幅比・位相差と同一定義である。（表**C2.9.4**と表**C2.9.5**に対応する図は、下記図**C2.9.1**～図**C2.9.5**である。）

上記表 **C2.9.4** と表 **C2.9.5** にある a)～e)のデータを図示したものを図 **C2.9.1**～図 **C2.9.5** に示す。

回転中心移動量と上下流振幅比の定義は図 **C2.4.6** に示されている。ここでの回転中心移動量は、周期的に変動する回転中心の時間平均位置の桁中心からの距離を桁端間隔で無次元化して求めており、下流側を正としている。従って、-0.5 が上流桁端位置、+0.5 が下流桁端位置に相当する（ただし、ここでは上下流桁端間隔=ケーブル間隔としている)。回転中心移動量の算出方法は図 **C2.4.6** のあとに示されている。

以下に、断面ごとの回転中心移動量・振幅比・位相差（表 **C2.9.4**～表 **C2.9.5**、図 **C2.9.1**～図 **C2.9.5**）について考察を加える。各物理量に共通の傾向として、中央径間 L/2 点と 5L/8 点はフラッターが発現する風速域までほぼ一方向に連続的に変化しており、L/4 点と 3L/4 点は風洞風速 6.3m/s からフラッターが発現する風速域にかけて 6.3m/s までの変化する方向とは逆方向の変化を示している。側径間 L/2 点は、鉛直曲げ成分が卓越する風洞風速 6.3m/s の前後で傾向が異なっている。

a) 風速と回転中心移動量

図 **C2.9.1** に示す回転中心移動量をみると、中央径間 L/2 点と 5L/8 点は、風速の増加

とともにやや上流側に移動したままあまり変化せず、フラッターが発現する風速域で風速が微増するに伴って上流側へ若干移動している。中央径間 L/4 点と 3L/4 点は、最初風速の増加とともに上流側に移動するが、フラッターが発現する風速域では中心に戻って風速が微増するに伴い再び上流側に移動している。側径間 L/2 点は、基本系と同様にねじれ成分が小さいため、回転中心位置が風速とともに大きく変動している。

b) 風速と振幅比（上流側／下流側）

図 **C2.9.2** に示す上下流の振幅比をみると、中央径間の各点は風速の増加とともに上流側の振幅比が減少した後、フラッターが発現する直前の風洞風速 8.5m/s では増加して、以後風速が微増するに伴って再び減少している。中央径間 L/2 点と 5L/8 点は、風洞風速 8.5m/s での戻り量は大きくなく、フラッターが発現する風速域での減少傾向も小さい。中央径間 L/4 点と 3L/4 点も最初は、風洞風速 8.5m/s での戻り量が大きくフラッターが発現する風速域での減少も急激である。側径間 L/2 点は、風速の増加とともに 1 付近を中心に大小の変動を繰り返している。

c) 風速と位相差（上流側鉛直変位と下流側鉛直変位）

図 **C2.9.3** に示す上下流鉛直変位の位相差をみると、中央径間 L/2 点は、基本系と同様に、フラッターが発現する風速域にかけて、徐々に-180°（逆相）から-120°付近に至っている。中央径間 5L/8 点も L/2 点と同様である。中央径間 L/4 点と 3L/4 点も基本系と同様の傾向を示し、風速の増加とともに-180°から-90°の方にずれてゆくが、フラッターが発現する風速域では再び-180°付近になり風速が微増するとともに急変していく。側径間 L/2 点も基本系と同様の傾向を示し、低風速域の-180°付近で逆相に近い状態であるが、鉛直曲げ成分が卓越する風洞風速 6.3m/s から 0°付近の同相に近い状態となっている。

d) 風速と鉛直曲げ成分とねじれ成分の振幅比

図 **C2.9.4** に示す鉛直曲げ成分とねじれ成分の振幅比をみると、中央径間 L/2 点は、基本系と同様に風速の増加とともに鉛直曲げ成分の比率が増加している。中央径間 5L/8 も L/2 点と同様である。ただし、両点ともフラッターが発現する風速域での鉛直曲げ成分の比率が基本系より大きくなっている。中央径間 L/4 点と 3L/4 点も基本系と同様の傾向を示し、風速の増加とともに鉛直曲げ成分が増加していくが、フラッターが発現する風速域で減少し、その後風速とともに急増していく。側径間 L/2 点は、風洞風速 6.3m/s から鉛直曲げ成分がねじれに対して大きく卓越していく。

e) 風速と鉛直曲げ成分とねじれ成分の位相差

図 **C2.9.5** に示す鉛直曲げ成分とねじれ成分の位相差をみると、中央径間 L/2 点と 5L/8

点は、風速の増加とともに 180° から減少したのち、フラッターが発現する風速付近では 110° 付近となっている。基本系にあるような、フラッターが発現する風速域で位相差が風速とともに急変する傾向はない。中央径間 L/4 点と 3L/4 点は風洞風速 2.2m/s～6.3m/s まで 90° ～140° 付近で推移した後、フラッターが発現する風速付近では 0° 方向に近寄った後、風速の上昇とともに 130° ～140° 付近に急速に近づく。フラッターが発現する風速域で位相差が急速に変化するのは基本系と同様であるが、変化する方向が逆になっている。側径間 L/2 点は、鉛直曲げ成分が卓越する風洞風速 6.3m/s では基本系と同様の位相差であるが、フラッターが発現する風速付近での変化する方向が逆になっている。

付属資料Ｃ２－１０　基本系試験－側径間遮風壁撤去系試験　ケース間比較図

風速－静的変位（桁部）のケース間比較図を、図 **C2.10.1** に示す。この図は、図 **C2.1.1** と図 **C2.6.1** のデータのうち、1A 側側径間 L/2 点と中央径間 L/2 点および L/4 点のデータを重ねて描いたものである。

ねじれ対称 1 次モードの風速－振動数・対数減衰率のケース間比較図を、図 **C2.10.2** に示す。この図は、図 **C2.3.5** と図 **C2.8.1** のデータを重ねて描いたものである。

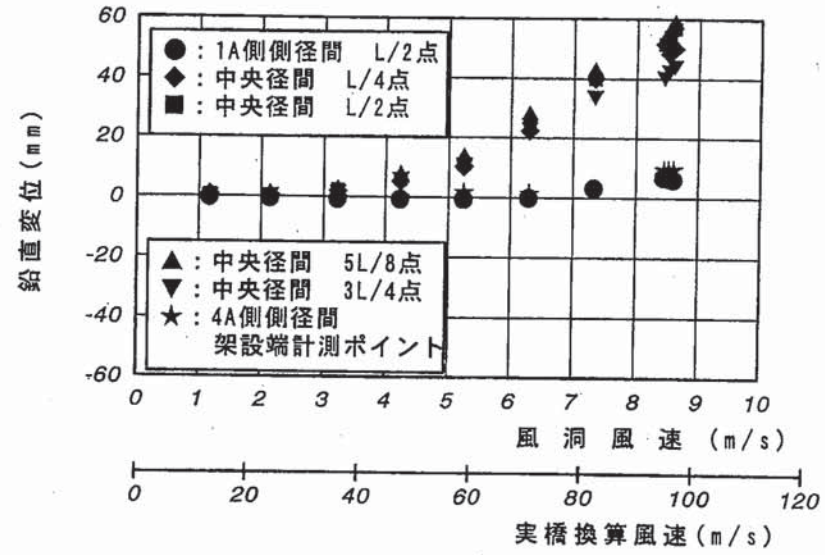
表C2.1.1　桁静的変位
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　基本系

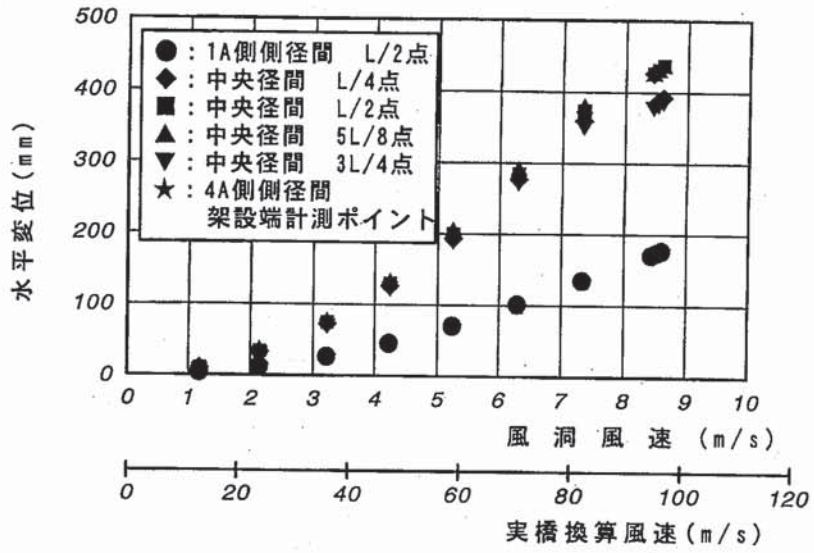
風洞風速	実橋換算	1A側側径間 L/2			中央径間 L/4			中央径間 L/2		
(m/s)	(m/s)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)
1.18	13.2	-0.44	3.42	0.02	0.64	10.23	0.11	0.59	10.15	-0.08
2.15	24.1	-0.71	11.67	0.03	0.14	32.91	-0.09	0.31	33.73	-0.19
3.23	36.1	-0.96	25.91	0.11	1.77	72.56	-0.15	2.19	74.76	-0.42
4.24	47.4	-1.04	45.04	0.20	5.04	125.84	0.19	5.90	129.43	-0.18
5.25	58.7	-0.91	69.89	0.25	10.18	192.69	0.60	11.18	199.09	0.25
6.30	70.4	-0.40	100.56	0.53	22.23	276.32	1.80	23.90	284.30	1.44
7.34	82.0	2.96	134.24	0.69	39.84	359.13	3.68	39.81	373.75	3.31
8.45	94.4	6.70	170.35	0.85	46.68	384.04	7.03	51.60	426.01	7.92
8.53	95.3	6.47	173.39	0.82	48.40	387.65	7.51	54.11	430.97	8.55
8.61	96.3	5.91	176.59	0.77	50.03	391.87	8.08	56.75	437.07	9.34

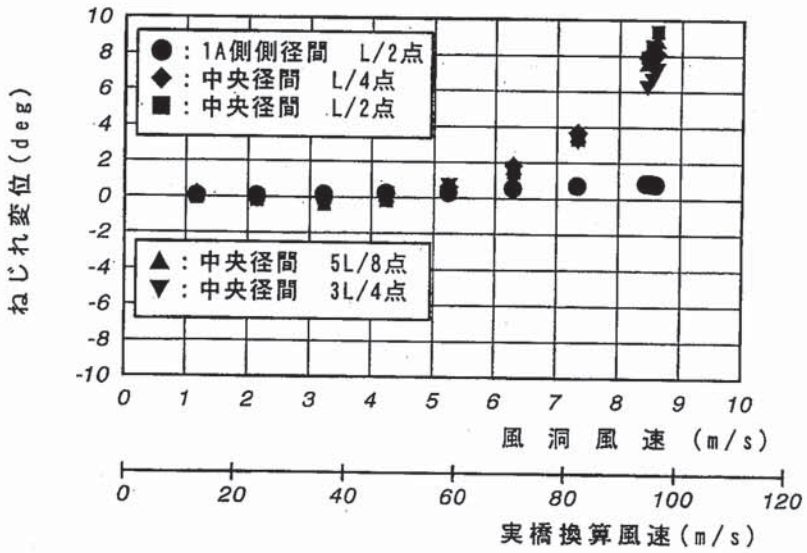
風洞風速	実橋換算	中央径間 5L/8			中央径間 3L/4			4A側側径間 L/2 計測ポイント		
(m/s)	(m/s)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)
1.18	13.2	0.66	10.51	-0.04	0.63	9.72	0.06	-0.18	3.47	-
2.15	24.1	0.70	34.75	-0.06	0.93	32.54	0.09	-0.21	11.77	-
3.23	36.1	2.27	75.45	-0.11	2.08	72.14	0.08	-0.44	25.96	-
4.24	47.4	7.18	130.88	0.00	6.52	125.03	0.31	-0.24	45.39	-
5.25	58.7	13.38	202.45	0.44	11.50	191.34	0.81	1.54	69.48	-
6.30	70.4	27.60	289.28	1.60	23.68	274.28	1.78	1.23	98.90	-
7.34	82.0	42.29	377.95	3.42	34.31	352.96	3.32	2.10	133.30	-
8.45	94.4	53.43	423.74	7.44	40.86	380.34	6.35	9.46	170.68	-
8.53	95.3	56.02	428.53	8.01	43.00	384.09	6.77	9.44	173.56	-
8.61	96.3	58.49	434.08	8.72	44.59	387.90	7.31	9.39	177.00	-

表C2.1.2　主塔静的変位
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　基本系

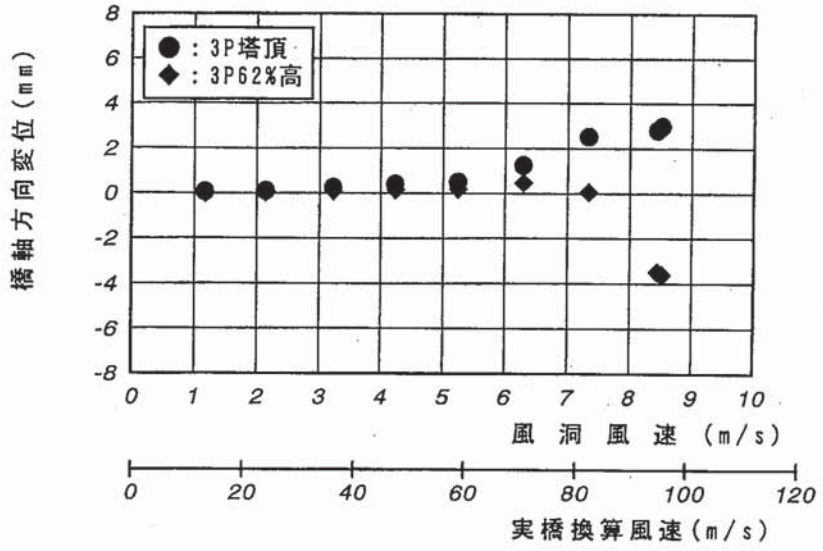
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	3P 塔頂			3P 62%高		
		橋軸変位 (mm)	橋直変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	橋軸変位 (mm)	橋直変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)
1.18	13.2	0.04	0.73	0.02	-0.01	0.32	0.00
2.15	24.1	0.08	2.07	0.01	0.02	1.27	-0.01
3.23	36.1	0.24	4.43	-0.01	0.08	2.76	-0.03
4.24	47.4	0.37	7.50	0.00	0.13	4.87	-0.03
5.25	58.7	0.48	11.14	0.04	0.17	7.42	-0.04
6.30	70.4	1.21	15.88	0.11	0.45	10.61	-0.03
7.34	82.0	2.50	21.01	0.25	0.04	14.31	0.03
8.45	94.4	2.78	24.13	0.60	-3.50	16.35	0.19
8.53	95.3	2.95	24.35	0.65	-3.64	16.47	0.21
8.61	96.3	3.22	24.58	0.69	-3.87	16.55	0.23

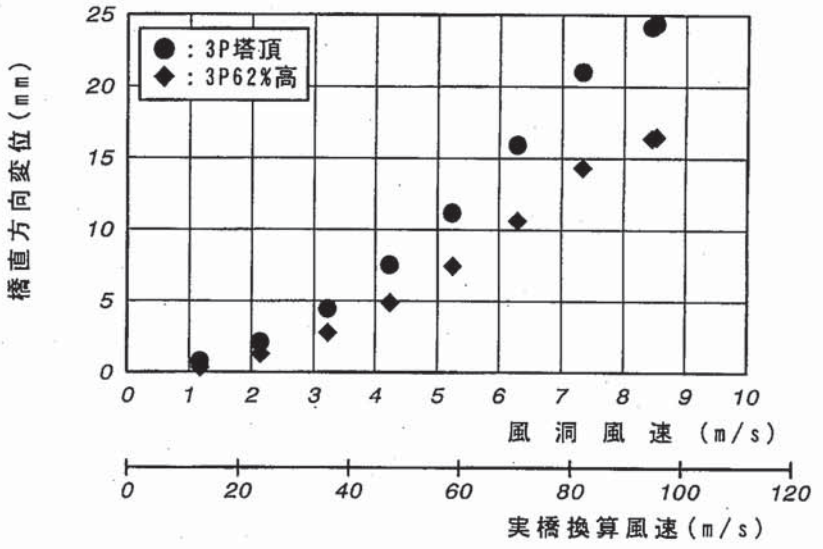


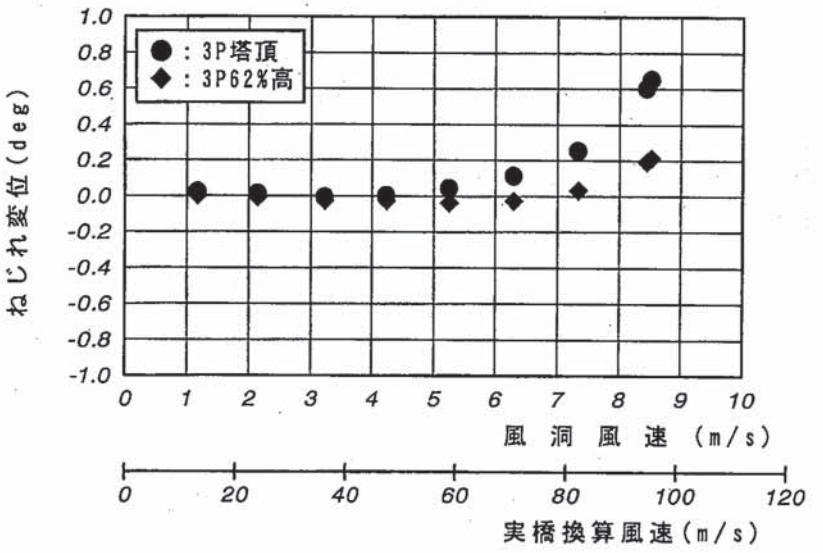




図C2.1.1　桁静的変位
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系







図C2.1.2　主塔静的変位
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
基本系

表C2.2.1　各モードにおける風速と応答振幅の関係　(基本系、鉛直曲げモード、その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間 2800m 4車線)

風洞風速	実橋換算風速	鉛直曲げ対称1次		鉛直曲げ対称2次		鉛直曲げ逆対称1次		鉛直曲げ逆対称2次		鉛直曲げ対称3次		鉛直曲げ対称4次		鉛直曲げ逆対称3次		鉛直曲げ逆対称4次	
Vm (m/s)	Vp (m/s)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)
0.79	8.79	9.24	4.06	8.90	0.22	8.65	1.06	8.81	0.21	8.75	0.20	8.59	0.19	8.65	0.06	–	–
0.84	9.42	9.91	12.30	9.54	0.18	9.27	1.17	9.45	0.57	9.38	0.64	9.21	0.54	9.27	0.13	–	–
0.94	10.48	11.02	0.66	10.61	5.72	10.32	0.42	10.51	0.25	10.43	0.36	10.24	0.05	10.32	0.13	–	–
1.01	11.34	11.92	0.48	11.48	9.03	11.16	0.27	11.37	0.40	11.29	0.51	11.08	0.07	11.16	0.20	–	–
1.10	12.32	12.95	0.15	12.48	0.58	12.12	0.13	12.35	3.58	12.26	0.08	12.04	0.21	12.13	0.07	–	–
1.18	13.14	13.82	0.18	13.31	0.11	12.94	0.10	13.18	5.88	13.08	0.06	12.85	0.25	12.94	0.05	–	–
1.28	14.34	15.08	0.16	14.52	0.10	14.11	0.23	14.38	0.12	14.27	0.06	14.02	0.13	14.12	0.05	–	–
1.38	15.44	16.24	0.14	15.64	0.08	15.20	0.09	15.49	0.09	15.37	0.06	15.10	0.06	15.20	0.04	–	–
1.47	16.42	17.26	0.11	16.63	0.09	16.16	0.13	16.46	0.07	16.34	0.05	16.05	0.05	16.16	0.05	–	–
1.56	17.48	18.39	0.08	17.71	0.08	17.21	0.14	17.53	0.05	17.40	0.04	17.09	0.04	17.21	0.04	–	–
1.66	18.54	19.50	0.20	18.78	0.07	18.25	0.11	18.59	0.06	18.45	0.05	18.12	0.05	18.25	0.04	–	–
1.75	19.62	20.63	0.20	19.87	0.09	19.31	0.11	19.67	0.06	19.53	0.06	19.18	0.05	19.31	0.04	–	–
1.86	20.81	21.88	0.11	21.08	0.16	20.48	0.09	20.87	0.07	20.71	0.06	20.34	0.05	20.48	0.04	–	–
1.96	21.88	23.01	0.12	22.16	0.13	21.54	0.13	21.94	0.06	21.78	0.05	21.39	0.05	21.54	0.04	–	–
2.05	22.94	24.13	0.12	23.23	0.09	22.58	0.05	23.00	0.06	22.83	0.07	22.43	0.05	22.58	0.03	–	–
2.15	24.05	25.29	0.09	24.35	0.07	23.67	0.09	24.11	0.07	23.93	0.06	23.50	0.05	23.67	0.05	–	–
2.25	25.15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24.32	0.03
		中央径間L/2点鉛直変位		中央径間L/2点鉛直変位		中央径間L/4点鉛直変位		中央径間5L/8点鉛直変位		中央径間L/2点鉛直変位		中央径間L/2点鉛直変位		中央径間L/4点鉛直変位		中央径間3L/16点 鉛直変位	

Vp'：模型の各モードの実測振動数を用いて換算した実橋換算風速。
Vp'=(fp0/fm0')×n×Vm　(fp0：実橋の各モードの解析固有振動数（無風時）、fm0'：模型の各モードの無風時実測振動数、n：縮尺倍率=125、Vm：風洞風速)
振幅は模型値。

表C2.2.2　各モードにおける風速と応答振幅の関係　(基本系、鉛直曲げモード、その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間 2800m 4車線)

風洞風速	実橋換算風速	鉛直曲げ対称1次		鉛直曲げ対称2次		鉛直曲げ逆対称1次		鉛直曲げ逆対称2次		鉛直曲げ対称3次		鉛直曲げ対称4次		鉛直曲げ逆対称3次		鉛直曲げ逆対称4次	
Vm (m/s)	Vp (m/s)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)
2.26	25.28	26.59	0.19	25.61	0.16	21.88	0.14	25.35	0.15	25.16	0.11	24.71	0.07	24.89	0.06	–	–
2.39	26.69	28.06	0.13	27.03	0.16	26.26	0.17	26.76	0.14	26.56	0.09	26.08	0.07	26.27	0.07	–	–
2.49	27.81	29.24	0.15	28.16	0.15	27.37	0.16	27.88	0.12	27.68	0.09	27.18	0.05	27.37	0.06	–	–
2.58	28.85	30.34	0.18	29.22	0.10	28.40	0.17	28.93	0.09	28.72	0.08	28.20	0.07	28.40	0.06	–	–
2.68	29.96	31.51	0.16	30.34	0.16	29.49	0.17	30.04	0.13	29.82	0.11	29.29	0.08	29.49	0.06	–	–
3.23	36.11	37.97	0.18	36.57	0.22	35.54	0.14	36.20	0.16	–	–	–	–	–	–	–	–
4.24	47.40	49.85	0.27	48.01	0.14	46.65	0.30	47.53	0.17	–	–	–	–	–	–	–	–
5.25	58.75	61.78	0.25	59.50	0.23	–	–	58.91	0.21	–	–	–	–	–	–	–	–
6.30	70.41	74.04	0.39	71.31	0.26	–	–	70.60	0.15	–	–	–	–	–	–	–	–
7.34	82.05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7.52	84.07	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7.71	86.23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.45	94.44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.53	95.32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.61	96.31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.63	96.50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.70	97.32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		中央径間L/2点鉛直変位		中央径間L/2点鉛直変位		中央径間L/4点鉛直変位		中央径間5L/8点鉛直変位		中央径間L/2点鉛直変位		中央径間L/2点鉛直変位		中央径間L/4点鉛直変位		中央径間3L/16点 鉛直変位	

Vp'：模型の各モードの実測振動数を用いて換算した実橋換算風速。
Vp'=(fp0/fm0')×n×Vm　(fp0：実橋の各モードの解析固有振動数（無風時）、fm0'：模型の各モードの無風時実測振動数、n：縮尺倍率=125、Vm：風洞風速)
振幅は模型値。

表C2.2.3　各モードにおける風速と応答振幅の関係　(基本系、水平曲げ・ねじれモード、その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間 2800m 4車線)

風洞風速	実橋換算風速	水平曲げ 対称1次		水平曲げ 逆対称1次		ねじれ 対称1次		ねじれ 逆対称1次		側径間ねじれ 対称1次		ねじれ 対称2次		ねじれ 逆対称2次		ねじれ 対称3次	
Vm (m/s)	Vp (m/s)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)
0.79	8.79	8.84	0.08	8.79	0.05	8.48	0.02	8.73	0.01	8.61	0.02	8.61	0.01	8.61	0.01	8.79	0.02
0.84	9.42	9.48	0.14	9.42	0.07	9.09	0.05	9.36	0.01	9.23	0.02	9.23	0.02	9.23	0.02	9.42	0.02
0.94	10.48	10.54	0.22	10.48	0.04	10.11	0.17	10.41	0.02	10.26	0.02	10.26	0.02	10.26	0.02	10.48	0.02
1.01	11.34	11.40	0.12	11.34	0.06	10.94	0.02	11.24	1.71	11.10	0.02	11.10	0.02	11.10	0.02	11.34	0.02
1.10	12.32	12.39	0.08	12.32	0.28	11.89	0.02	12.24	0.44	12.06	0.03	12.06	0.01	12.06	0.03	12.32	0.02
1.18	13.14	13.22	0.10	13.14	0.06	12.68	0.02	13.05	0.03	12.87	0.03	12.87	0.02	12.87	0.02	13.14	0.02
1.28	14.34	14.42	0.08	14.34	0.04	13.84	0.01	14.24	0.02	14.04	0.03	14.04	0.01	14.04	0.02	14.34	0.02
1.38	15.44	15.53	0.13	15.44	0.08	14.90	0.02	15.34	0.01	15.12	1.35	15.12	0.04	15.12	0.02	15.44	0.02
1.47	16.42	16.51	0.16	16.42	0.11	15.84	0.02	16.31	0.02	16.08	1.01	16.08	0.03	16.08	0.02	16.42	0.02
1.56	17.48	17.58	0.06	17.48	0.08	16.87	0.01	17.37	0.01	17.12	0.31	17.12	0.12	17.12	0.01	17.48	0.01
1.66	18.54	18.65	0.20	18.54	0.07	17.89	0.01	18.41	0.01	18.15	0.03	18.15	0.03	18.15	0.02	18.54	0.01
1.75	19.62	19.73	0.14	19.62	0.08	18.93	0.01	19.49	0.01	19.21	0.03	19.21	0.02	19.21	0.01	19.62	0.02
1.86	20.81	20.93	0.22	20.81	0.09	20.08	0.01	20.67	0.01	20.38	0.03	20.38	0.03	20.38	0.02	20.81	0.02
1.96	21.88	22.01	0.13	21.88	0.05	21.11	0.01	21.74	0.01	21.43	0.03	21.43	0.02	21.43	0.19	21.88	0.02
2.05	22.94	23.07	0.18	22.94	0.10	22.14	0.02	22.79	0.01	22.46	0.03	22.46	0.04	22.46	0.09	22.94	0.01
2.15	24.05	24.18	0.10	24.05	0.11	23.20	0.01	23.88	0.01	23.55	0.03	23.55	0.05	23.55	0.02	24.05	0.02
		中央径間L/2点 水平変位		中央径間L/4点 水平変位		中央径間L/2点 ねじれ変位		中央径間L/4点 ねじれ変位		側径間L/2点 ねじれ変位		中央径間L/2点 ねじれ変位		中央径間5L/8点 ねじれ変位		中央径間L/2点 ねじれ変位	

Vp'：模型の各モードの実測振動数を用いて換算した実橋換算風速。
Vp'=(fp0/fm0')×n×Vm　(fp0：実橋の各モードの解析固有振動数（無風時）、fm0'：模型の各モードの無風時実測振動数、n：縮尺倍率=125、Vm：風洞風速)
水平曲げモードの振幅は模型値。

表C2.2.4　各モードにおける風速と応答振幅の関係　(基本系、水平曲げ・ねじれモード、その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間 2800m 4車線)

風洞風速	実橋換算風速	水平曲げ 対称1次		水平曲げ 逆対称1次		ねじれ 対称1次		ねじれ 逆対称1次		側径間ねじれ 対称1次		ねじれ 対称2次		ねじれ 逆対称2次		ねじれ 対称3次	
Vm (m/s)	Vp (m/s)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (mm)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)
2.26	25.28	25.13	0.18	25.28	0.09	24.10	0.02	25.11	0.01	24.76	0.04	24.76	0.02	24.76	0.03	25.28	0.02
2.39	26.69	26.84	0.13	26.69	0.14	25.75	0.02	26.50	0.02	26.13	0.05	26.13	0.02	26.13	0.02	26.69	0.02
2.49	27.81	27.97	0.39	27.81	0.17	26.83	0.02	27.62	0.02	27.23	0.04	27.23	0.03	27.23	0.03	27.81	0.57
2.58	28.85	29.02	0.28	28.85	0.15	27.84	0.02	28.66	0.02	28.25	0.04	28.25	0.04	28.25	0.02	28.85	0.16
2.68	29.96	30.13	0.18	29.96	0.10	28.91	0.03	29.76	0.02	29.34	0.05	29.34	0.02	29.34	0.02	29.96	0.03
3.23	36.11	36.31	0.30	36.11	0.20	34.84	0.03	35.86	0.02	–	–	–	–	–	–	–	–
4.24	47.40	47.67	0.58	47.40	0.15	45.74	0.03	47.08	0.04	–	–	–	–	–	–	–	–
5.25	58.75	–	–	–	–	56.68	0.05	58.35	0.05	–	–	–	–	–	–	–	–
6.30	70.41	–	–	–	–	67.94	0.10	69.93	0.05	–	–	–	–	–	–	–	–
7.34	82.05	–	–	–	–	79.16	0.10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7.52	84.07	–	–	–	–	81.12	0.11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7.71	86.23	–	–	–	–	83.20	0.16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.45	94.44	–	–	–	–	91.12	0.54	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.53	95.32	–	–	–	–	91.97	0.60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.61	96.31	–	–	–	–	92.93	↑4.06	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.63	96.50	–	–	–	–	93.11	↑3.08	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.70	97.32	–	–	–	–	93.90	↑3.60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		中央径間L/2点 水平変位		中央径間L/4点 水平変位		中央径間L/2点 ねじれ変位		中央径間L/4点 ねじれ変位		側径間L/2点 ねじれ変位		中央径間L/2点 ねじれ変位		中央径間5L/8点 ねじれ変位		中央径間L/2点 ねじれ変位	

Vp'：模型の各モードの実測振動数を用いて換算した実橋換算風速。
Vp'=(fp0/fm0')×n×Vm　(fp0：実橋の各モードの解析固有振動数（無風時）、fm0'：模型の各モードの無風時実測振動数、n：縮尺倍率=125、Vm：風洞風速)
水平曲げモードの振幅は模型値。
↑は、表示した数値以上であることを表す。

表C2.3.1　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

鉛直曲げ対称1次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	0.659	0.659	0.030	0.030
0.73	0.78	0.78	8.7	0.657	0.657	-0.001	-0.001
0.79	0.84	0.84	9.4	0.657	0.657	-0.006	-0.006
0.89	0.95	0.95	10.6	0.662	0.662	0.015	0.015
1.11	1.18	1.18	13.2	0.661	0.661	0.069	0.069
2.02	2.15	2.15	24.0	0.658	0.658	0.139	0.139
3.03	3.23	3.23	36.1	0.662	0.662	0.185	0.185
3.98	4.24	4.24	47.4	0.658	0.658	0.299	0.299
4.93	5.25	5.25	58.8	0.666	0.666	0.461	0.461
5.91	6.29	6.29	70.3	0.655	0.655	0.369	0.369

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は13.0mm(または最大振幅)～
1.3mmとした。

表C2.3.2　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

鉛直曲げ対称2次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	1.098	1.098	0.022	0.022
0.88	0.94	0.94	10.5	1.092	1.092	-0.004	-0.004
0.95	1.01	1.01	11.3	1.094	1.094	-0.002	-0.002
1.03	1.10	1.10	12.3	1.098	1.098	0.004	0.004
1.11	1.18	1.18	13.2	1.099	1.099	0.016	0.016
2.02	2.15	2.15	24.1	1.097	1.097	0.085	0.085
3.03	3.23	3.23	36.1	1.098	1.098	0.122	0.122
3.98	4.24	4.24	47.4	1.099	1.099	0.172	0.172
4.93	5.25	5.25	58.7	1.098	1.098	0.201	0.201
5.90	6.29	6.29	70.3	1.087	1.087	0.247	0.247

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は13.0mm(または最大振幅)～
1.3mmとした。

表C2.3.3　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

鉛直曲げ逆対称1次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	0.696	0.696	0.021	0.021
0.73	0.78	0.78	8.7	0.691	0.691	0.000	0.000
0.79	0.84	0.84	9.4	0.694	0.694	0.002	0.002
0.95	1.01	1.01	11.3	0.697	0.697	0.015	0.015
1.10	1.18	1.18	13.2	0.699	0.699	0.055	0.055
2.02	2.15	2.15	24.1	0.697	0.697	0.101	0.101
3.03	3.22	3.22	36.0	0.697	0.697	0.164	0.164
3.98	4.24	4.24	47.4	0.700	0.700	0.221	0.221

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は9.0mm(または最大振幅)～1.3mmとした。

表C2.3.4　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ逆対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

鉛直曲げ対称2次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	1.496	1.496	0.020	0.020
1.03	1.10	1.10	12.3	1.485	1.485	-0.001	-0.001
1.11	1.18	1.18	13.2	1.489	1.489	-0.005	-0.005
1.20	1.28	1.28	14.3	1.494	1.494	0.018	0.018
2.02	2.15	2.15	24.0	1.499	1.499	0.069	0.069
3.02	3.22	3.22	36.0	1.497	1.497	0.084	0.084
3.99	4.24	4.24	47.5	1.496	1.496	0.104	0.104
4.92	5.24	5.24	58.6	1.487	1.487	0.134	0.134
5.90	6.29	6.29	70.3	1.481	1.481	0.129	0.129

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は11.0mm(または最大振幅)～1.3mmとした。

表C2.3.5　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

ねじれ対称1次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	1.821	1.821	0.014	0.014
0.73	0.77	0.77	8.7	1.818	1.818	0.014	0.014
0.79	0.84	0.84	9.4	1.820	1.820	-0.001	-0.001
0.88	0.94	0.94	10.5	1.823	1.823	0.016	0.016
1.11	1.18			1.818		0.036	
1.10	1.18	1.18	13.2	1.820	1.820	0.038	0.037
1.11	1.18			1.820		0.038	
2.02	2.15			1.805		0.034	
2.02	2.15	2.15	24.0	1.810	1.807	0.033	0.034
2.02	2.15			1.807		0.033	
3.03	3.23			1.790		0.040	
3.03	3.23	3.22	36.0	1.790	1.789	0.043	0.040
3.02	3.22			1.788		0.036	
3.98	4.24			1.708		0.073	
3.97	4.23	4.24	47.4	1.685	1.695	0.076	0.081
3.98	4.24			1.693		0.093	
4.93	5.25			1.490		0.100	
4.93	5.25	5.25	58.7	1.491	1.491	0.084	0.088
4.93	5.25			1.491		0.081	
5.90	6.29			1.419		0.094	
5.90	6.29	6.29	70.3	1.420	1.421	0.098	0.094
5.90	6.28			1.425		0.090	
6.89	7.34			1.240		0.109	
6.88	7.33	7.34	82.1	1.255	1.248	0.123	0.108
6.90	7.35			1.248		0.092	
7.07	7.53			1.235		0.133	
7.07	7.53	7.53	84.2	1.211	1.226	0.112	0.122
7.06	7.52			1.232		0.120	
7.24	7.71			1.213		0.125	
7.24	7.71	7.71	86.2	1.211	1.212	0.117	0.121
7.93	8.44			1.128		0.043	
7.92	8.44	8.43	94.3	1.134	1.132	0.034	0.036
7.91	8.42			1.134		0.032	
8.02	8.54			1.118		0.048	
7.98	8.50	8.51	95.1	1.120	1.117	0.049	0.047
7.97	8.49			1.112		0.044	
8.09	8.61	8.61	96.3	1.093	1.093	-0.010	-0.010
8.10	8.63	8.63	96.5	1.085	1.085	-0.047	-0.047
8.17	8.70	8.70	97.3	1.078	1.078	-0.125	-0.125

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は4.0deg.（または最大振幅）～
0.5deg.とした。

表C2.3.6　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

ねじれ逆対称1次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	2.361	2.361	0.014	0.014
0.88	0.94	0.94	10.5	2.351	2.351	0.007	0.007
0.95	1.01	1.01	11.3	2.344	2.344	0.007	0.007
1.03	1.10	1.10	12.3	2.362	2.362	0.010	0.010
1.11	1.18	1.18	13.2	2.361	2.361	0.020	0.020
2.02	2.15	2.15	24.1	2.339	2.339	0.029	0.029
3.02	3.22	3.22	36.0	2.313	2.313	0.060	0.060
3.98	4.24	4.24	47.4	2.254	2.254	0.080	0.080
4.93	5.25	5.25	58.7	2.211	2.211	0.099	0.099
5.90	6.28	6.28	70.2	2.143	2.143	0.123	0.123

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は2.5deg.(または最大振幅)～

表C2.3.7　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、水平曲げ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

水平曲げ対称1次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	0.350	0.350	0.013	0.013
1.11	1.18	1.18	13.2	0.350	0.350	0.103	0.103
2.02	2.15	2.15	24.1	0.351	0.351	0.183	0.183
3.03	3.23	3.23	36.1	0.351	0.351	0.207	0.207
3.99	4.24	4.24	47.5	0.348	0.348	0.352	0.352

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は13.0mm(または最大振幅)～
1.3mmとした。

表C2.3.8　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、水平曲げ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

水平曲げ逆対称1次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	0.600	0.600	0.012	0.012
1.11	1.18	1.18	13.2	0.600	0.600	0.079	0.079
2.02	2.15	2.15	24.0	0.599	0.599	0.116	0.116
3.03	3.23	3.23	36.1	0.600	0.600	0.182	0.182
3.99	4.24	4.24	47.5	0.524	0.524	0.154	0.154

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は13.0mm(または最大振幅)～
1.3mmとした。

表C2.3.9　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

鉛直曲げ対称3次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	1.903	1.903	0.019	0.019
1.38	1.47	1.47	16.4	1.894	1.894	0.033	0.033

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は13.0mm(または最大振幅)～
1.3mmとした。

表C2.3.10　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

鉛直曲げ対称4次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	2.709	2.709	0.016	0.016
1.84	1.96	1.96	21.9	2.703	2.703	0.030	0.030

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は9.0mm(または最大振幅)～
1.3mmとした。

表C2.3.11　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ逆対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

鉛直曲げ逆対称3次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	2.297	2.297	0.020	0.020
1.55	1.65	1.65	18.5	2.291	2.291	0.035	0.035

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は9.0mm(または最大振幅)～
1.3mmとした。

表C2.3.12　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ逆対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

鉛直曲げ逆対称4次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	3.136	3.136	0.018	0.018
2.11	2.25	2.25	25.1	3.130	3.130	0.029	0.029

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は6.5mm(または最大振幅)～
1.3mmとした。

表C2.3.13　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、側径間ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

側径間ねじれ対称1次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	3.128	3.128	0.014	0.014
1.20	1.28	1.28	14.3	3.030	3.030	0.010	0.010
1.29	1.38	1.38	15.4	3.045	3.045	-0.002	-0.002
1.38	1.47	1.47	16.4	3.133	3.133	0.020	0.020

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は1.5deg.(または最大振幅)～
0.5deg.とした。

表C2.3.14　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

ねじれ対称2次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	3.358	3.358	0.018	0.018
1.38	1.46	1.46	16.4	3.352	3.352	0.009	0.009
1.46	1.56	1.56	17.4	3.359	3.359	0.008	0.008
1.55	1.65	1.65	18.5	3.364	3.364	0.021	0.021

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は2.0deg.(または最大振幅)～
0.5deg.とした。

表C2.3.15　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ逆対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

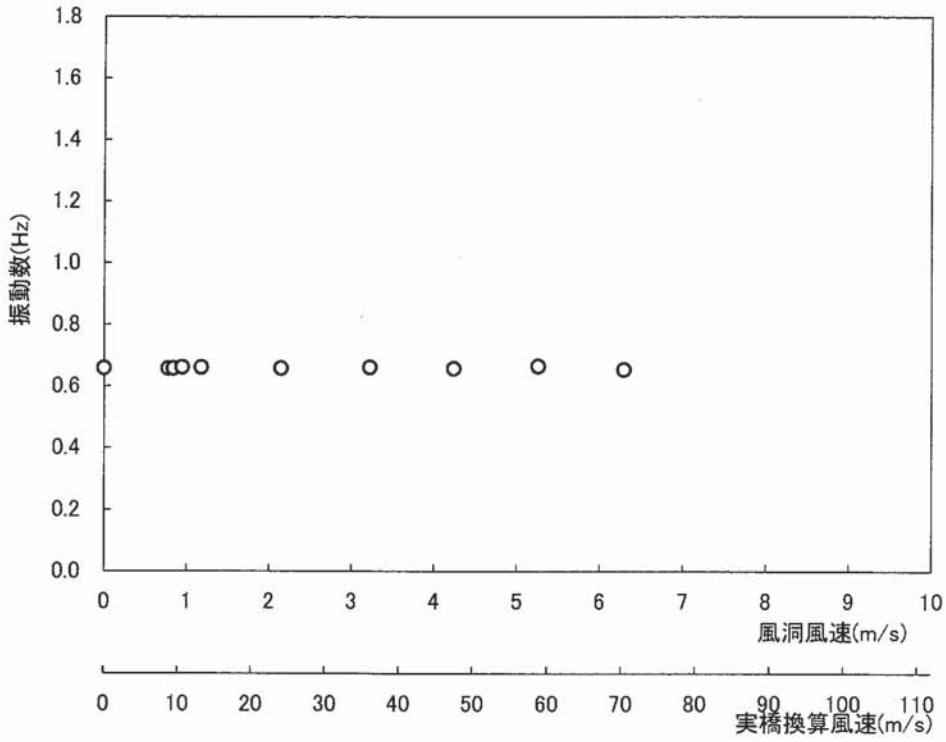
ねじれ逆対称2次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	4.307	4.307	0.008	0.008
1.74	1.86	1.86	20.8	4.342	4.342	0.010	0.010
1.84	1.95	1.95	21.9	4.394	4.394	0.003	0.003
1.92	2.04	2.04	22.9	4.407	4.407	0.004	0.004

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は2.5deg.(または最大振幅)～
0.5deg.とした。

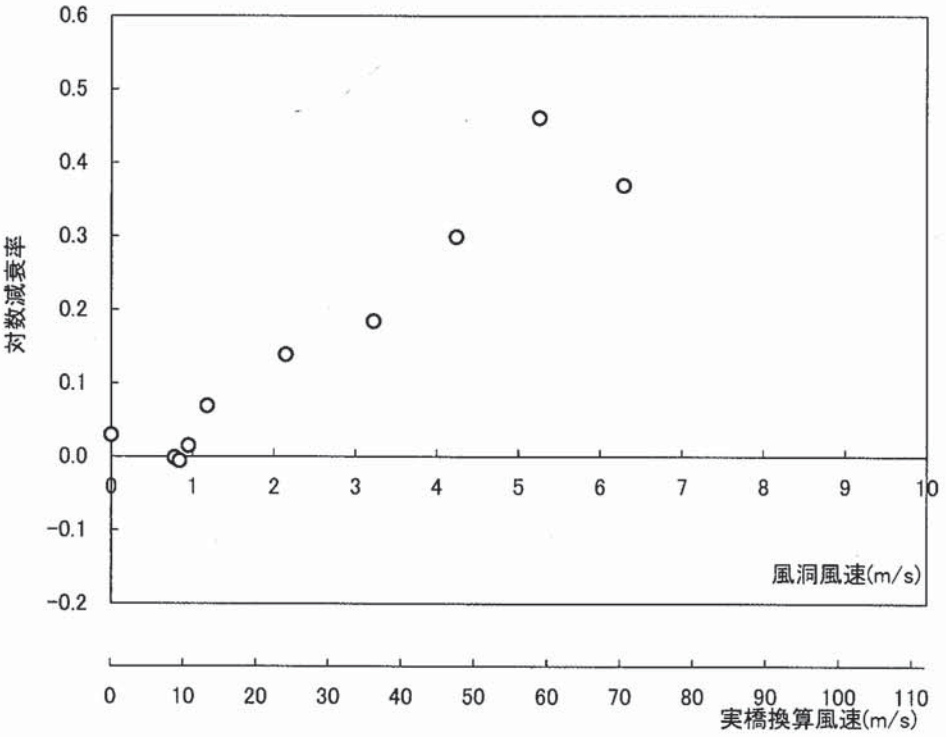
表C2.3.16　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

ねじれ対称3次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	5.459	5.459	0.009	0.009
2.12	2.25	2.25	25.2	5.455	5.455	0.009	0.009
2.22	2.36	2.36	26.4	5.455	5.455	0.002	0.002
2.33	2.49	2.49	27.8	5.465	5.465	0.005	0.005
2.42	2.58	2.58	28.8	5.473	5.473	0.012	0.012

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は1.0deg.(または最大振幅)～
0.5deg.とした。

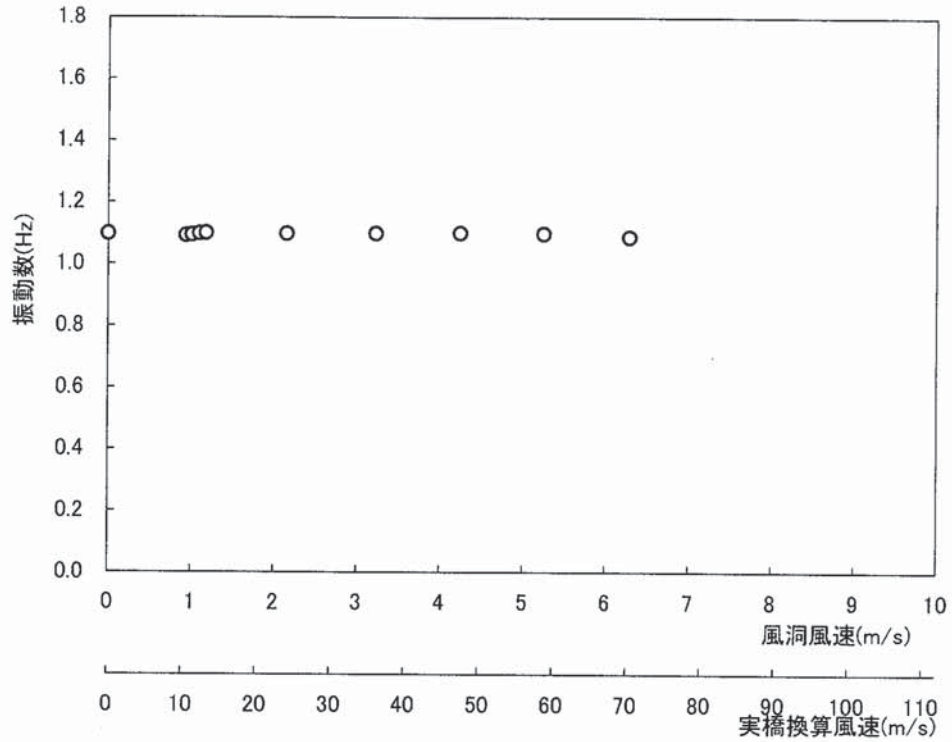


風速と振動数の関係(鉛直曲げ対称1次)

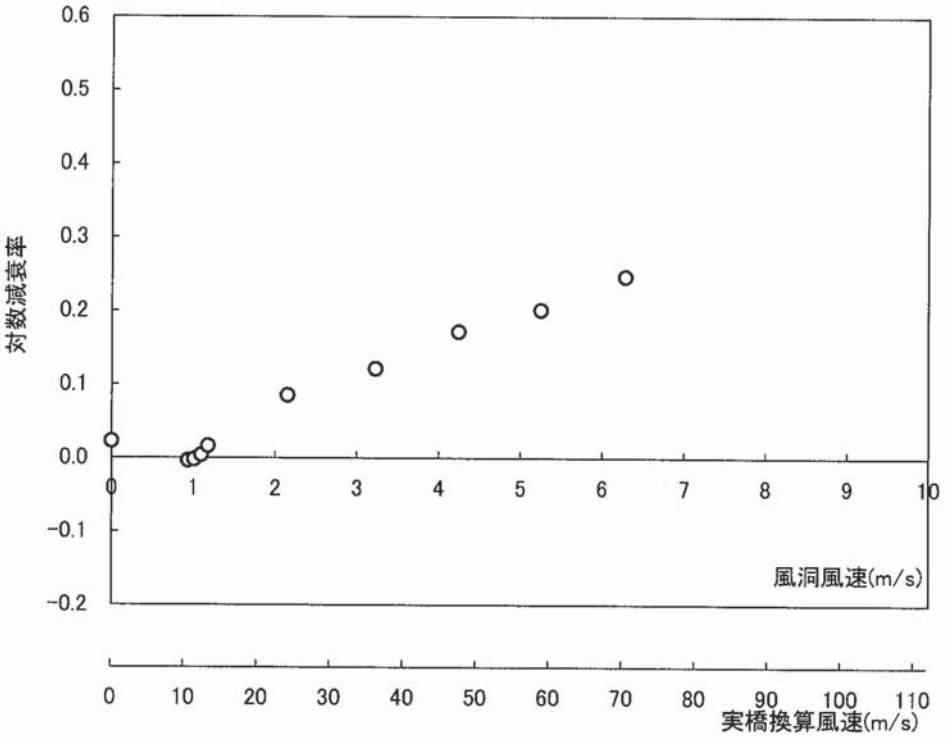


風速と対数減衰率の関係(鉛直曲げ対称1次)

図C2.3.1　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

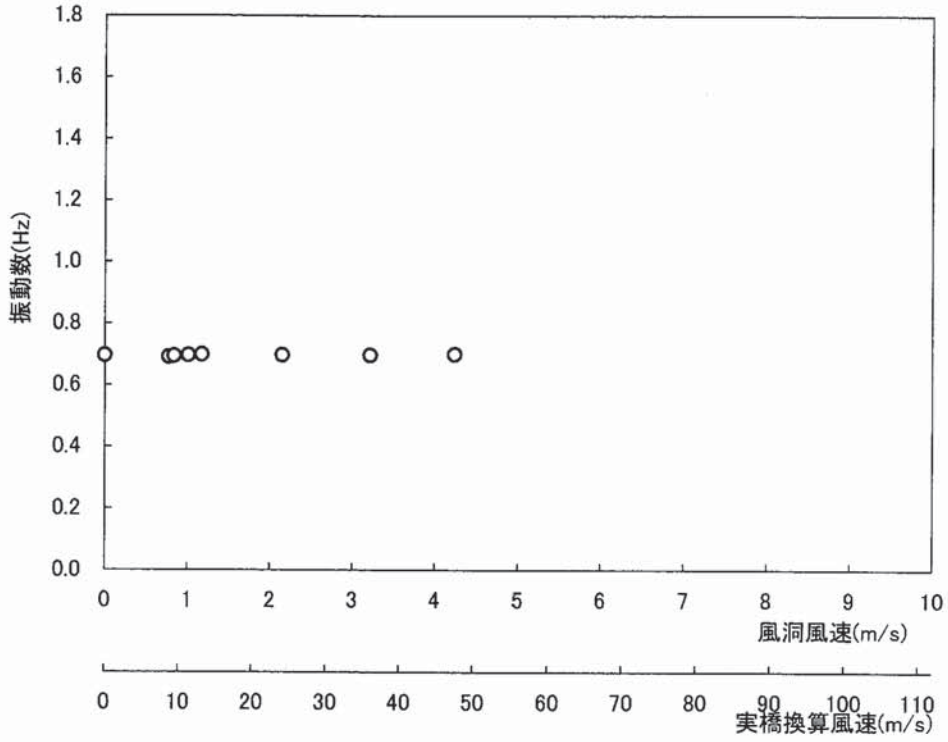


風速と振動数の関係(鉛直曲げ対称2次)

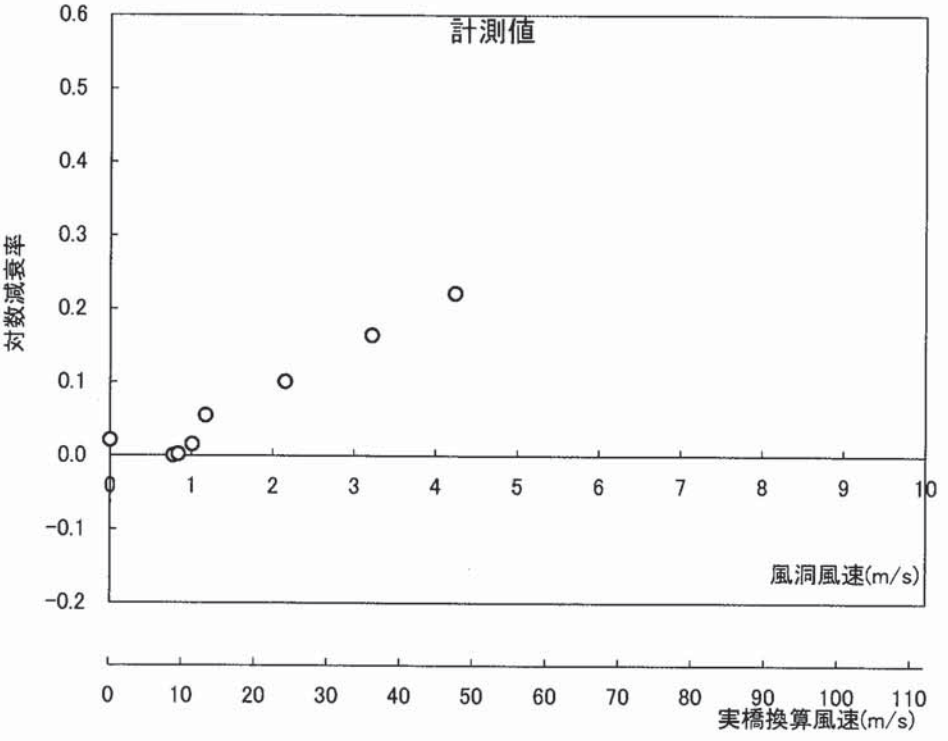


風速と対数減衰率の関係 (鉛直曲げ対称2次)

図C2.3.2 風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験 (中央径間2800m 4車線)

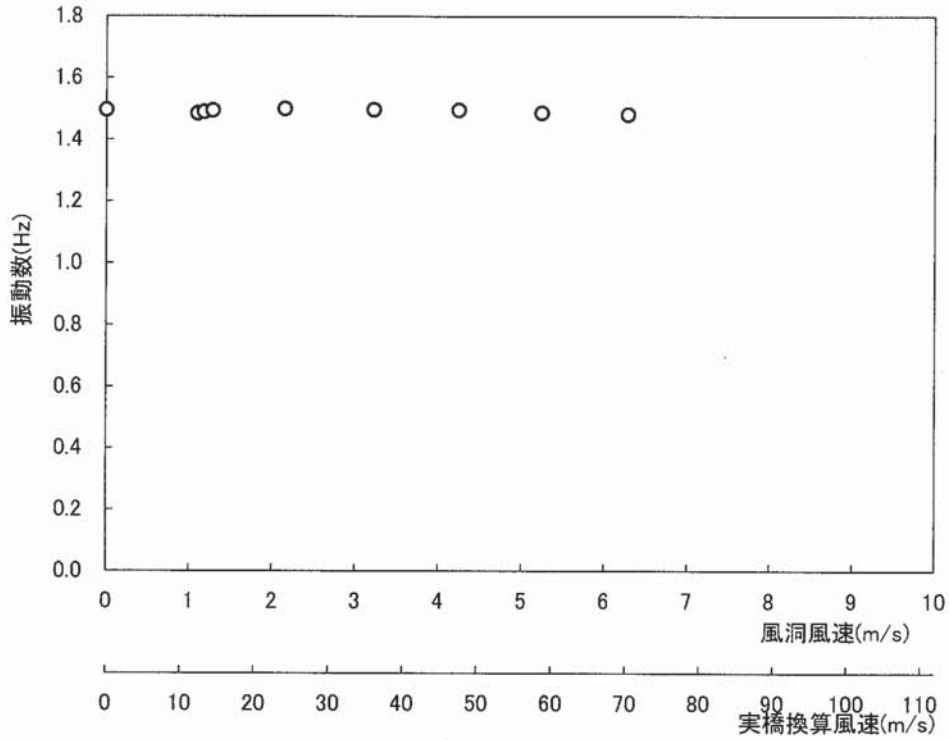


風速と振動数の関係(鉛直曲げ逆対称1次)

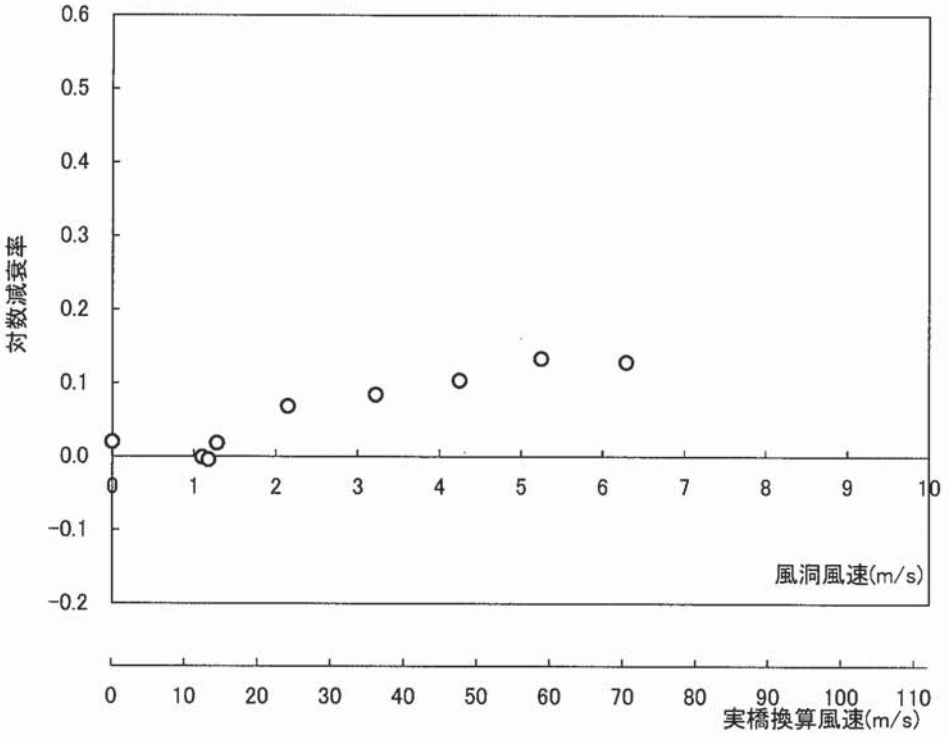


風速と対数減衰率の関係(鉛直曲げ逆対称1次)

図C2.3.3　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

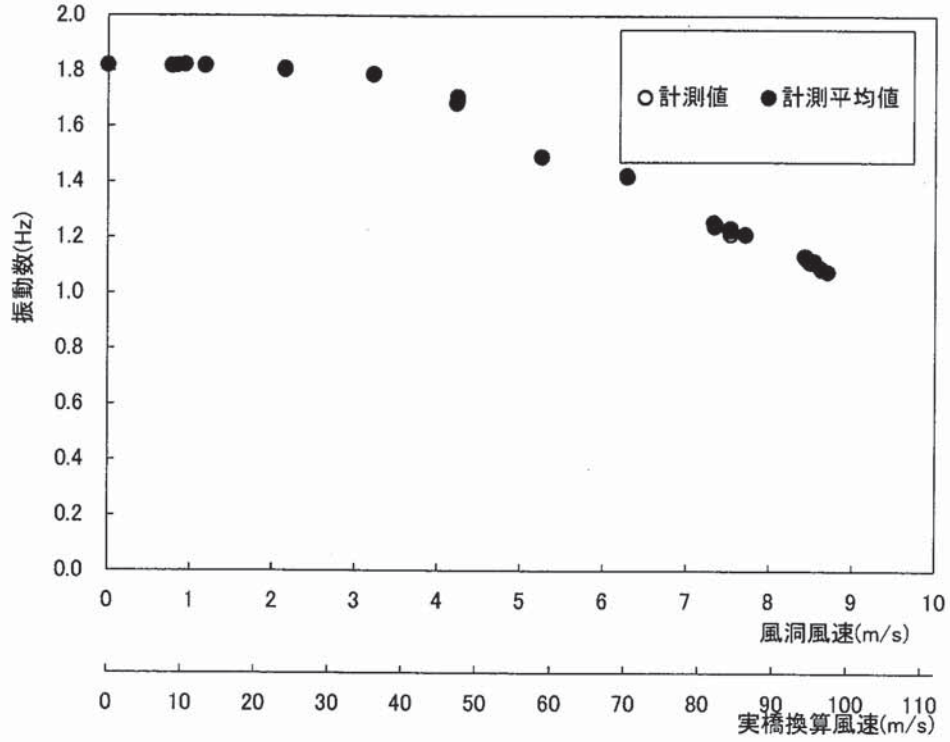


風速と振動数の関係(鉛直曲げ逆対称2次)

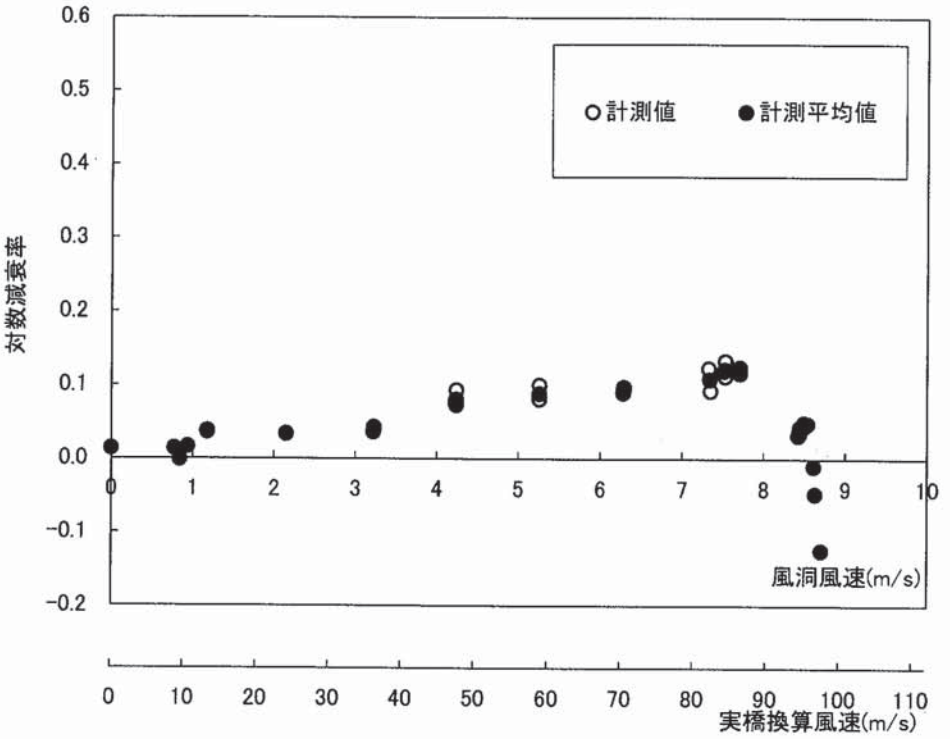


風速と対数減衰率の関係(鉛直曲げ逆対称2次)

図C2.3.4　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ逆対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

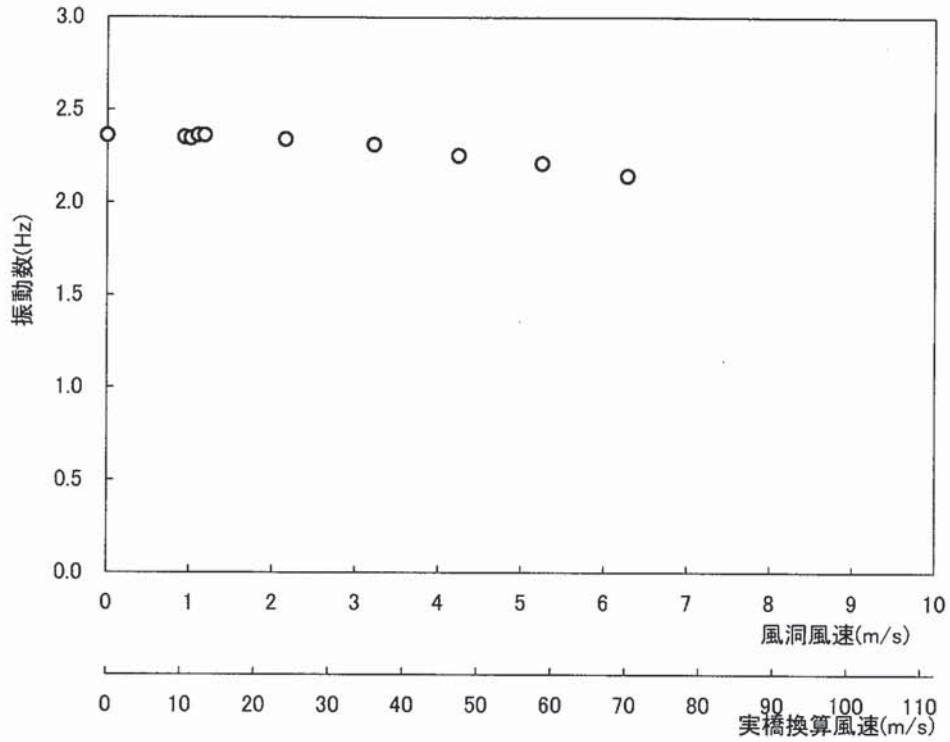


風速と振動数の関係(ねじれ対称1次)

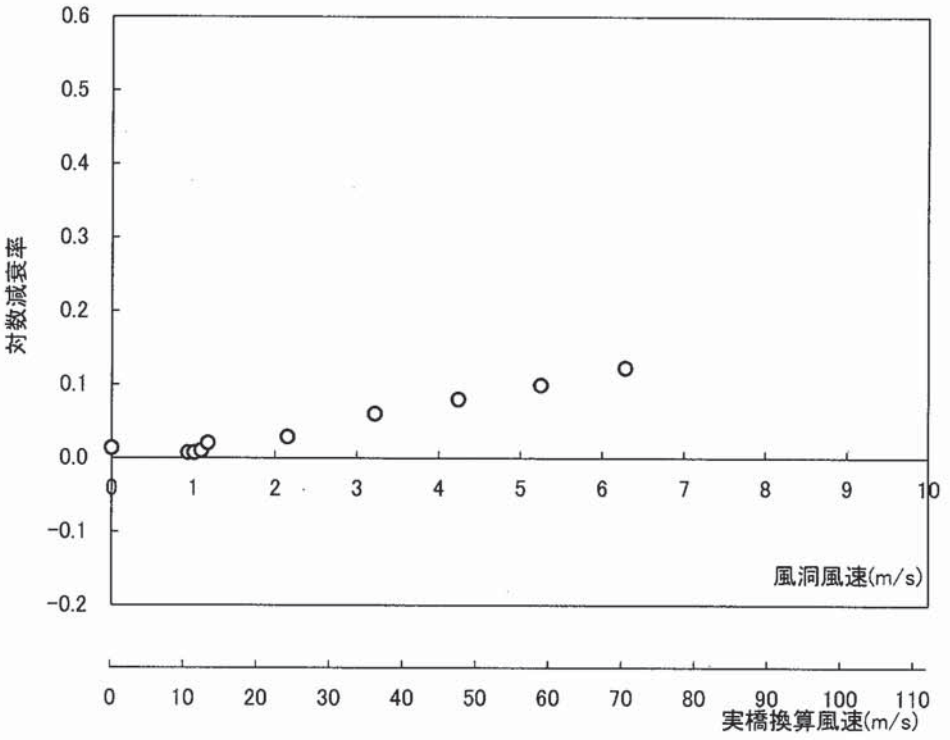


風速と対数減衰率の関係(ねじれ対称1次)

図C2.3.5　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

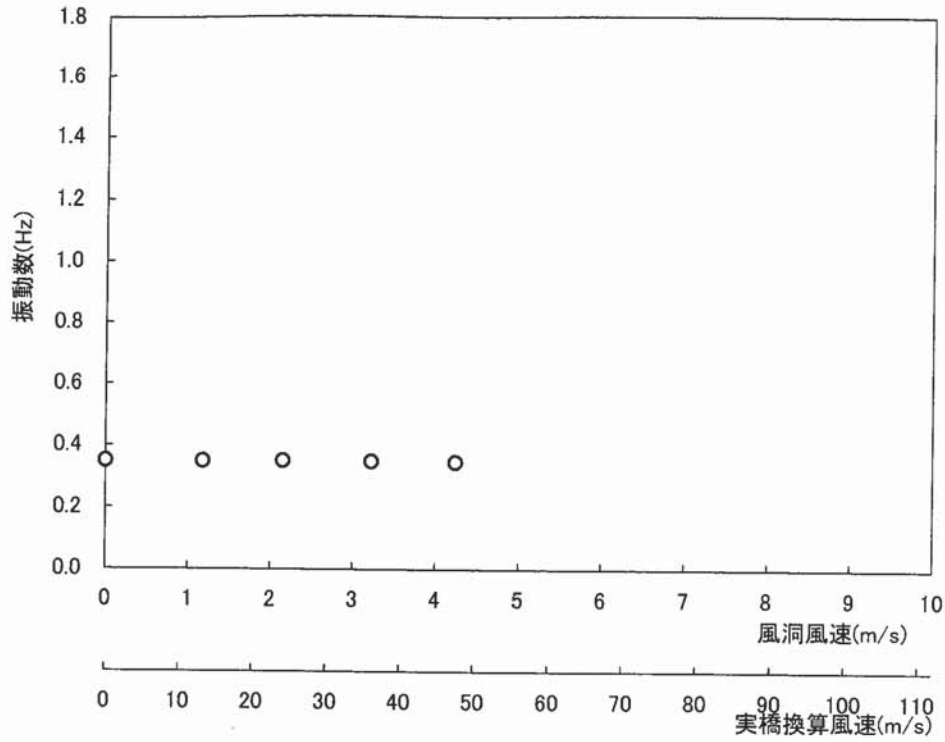


風速と振動数の関係(ねじれ逆対称1次)

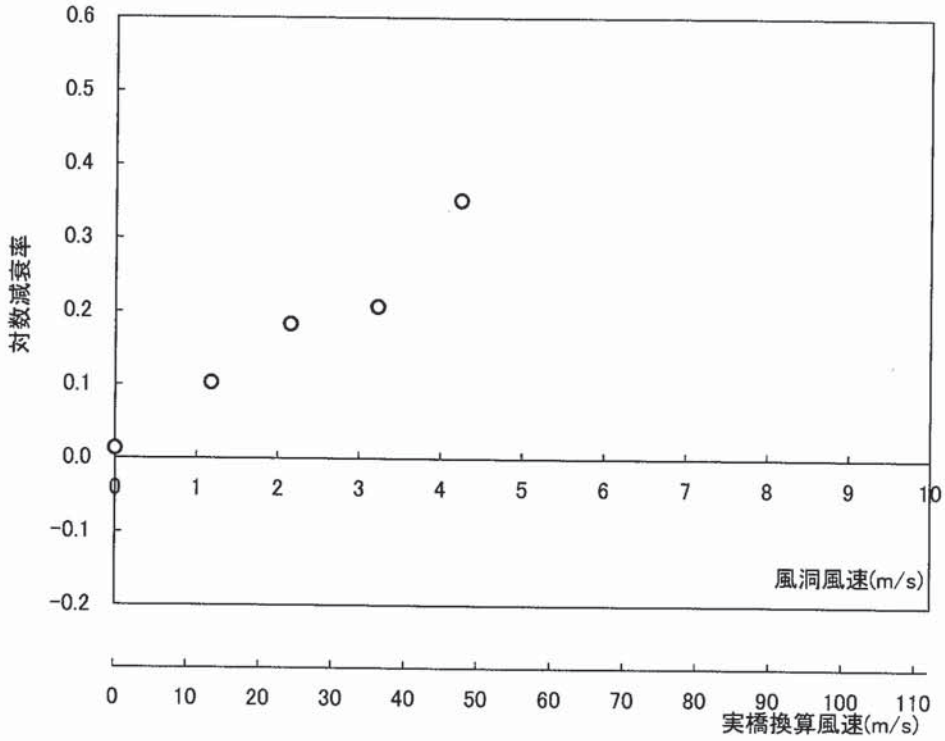


風速と対数減衰率の関係(ねじれ逆対称1次)

図C2.3.6　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

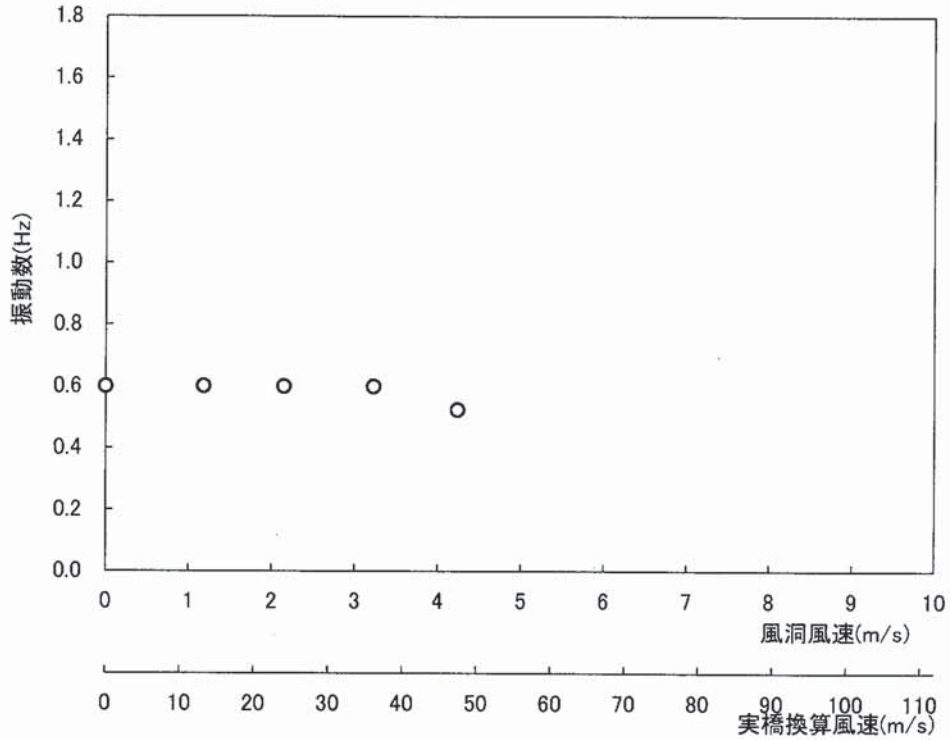


風速と振動数の関係(水平曲げ対称1次)

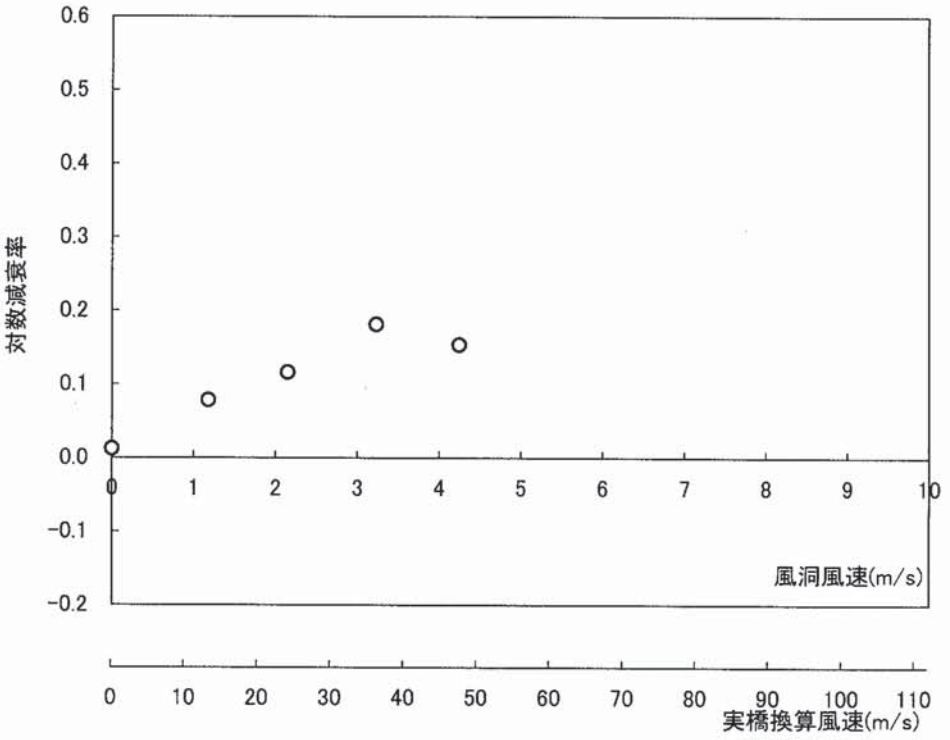


風速と対数減衰率の関係(水平曲げ対称1次)

図C2.3.7　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、水平曲げ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

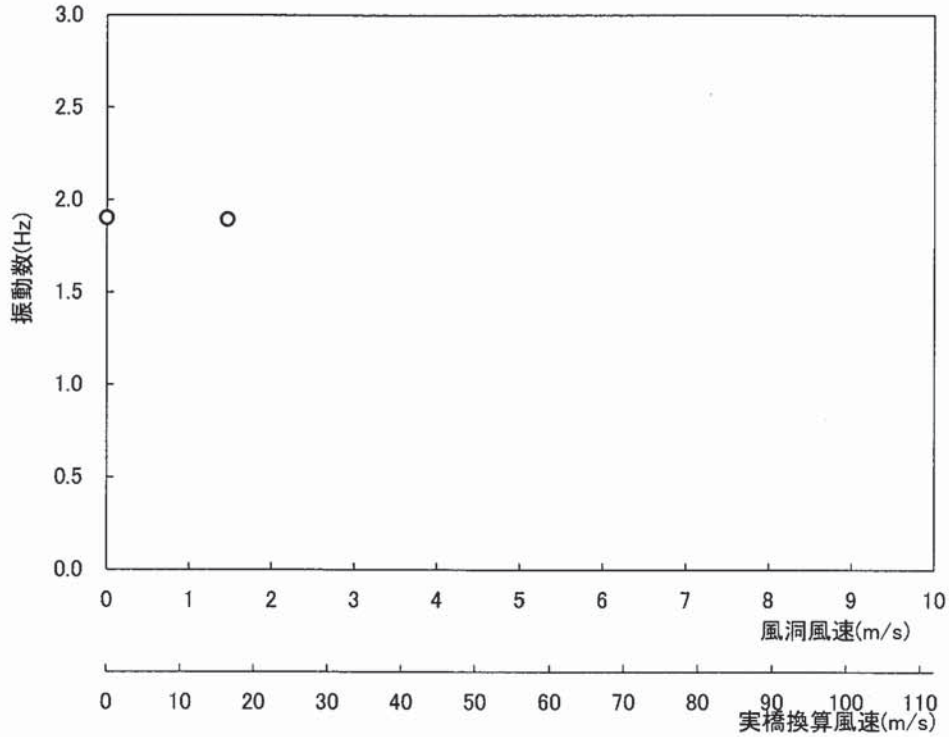


風速と振動数の関係(水平曲げ逆対称1次)

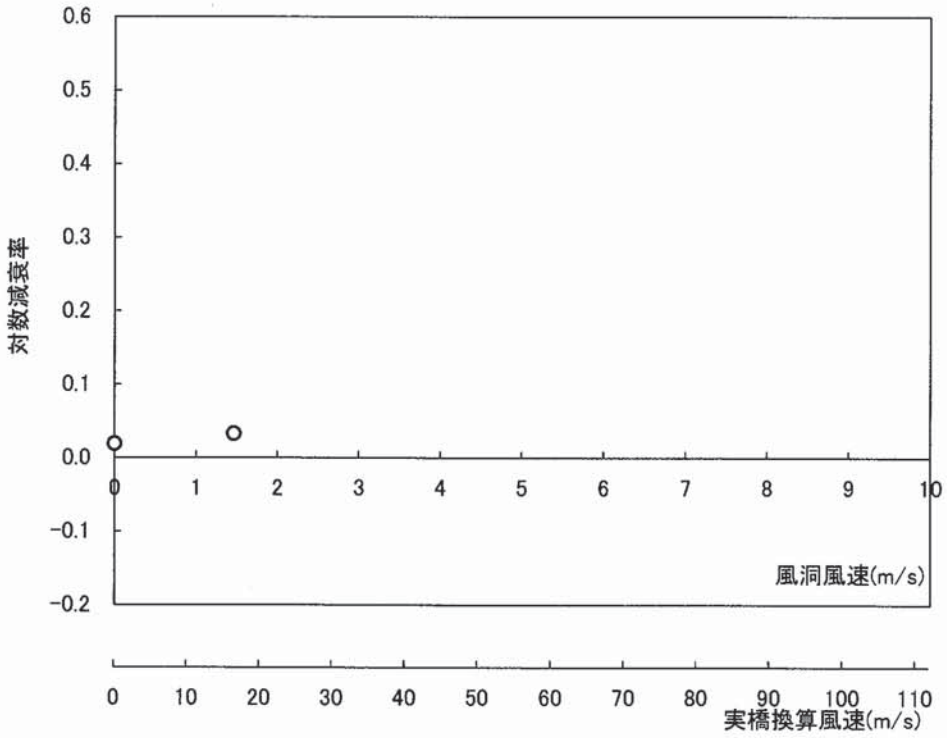


風速と対数減衰率の関係(水平曲げ逆対称1次)

図C2.3.8　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、水平曲げ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

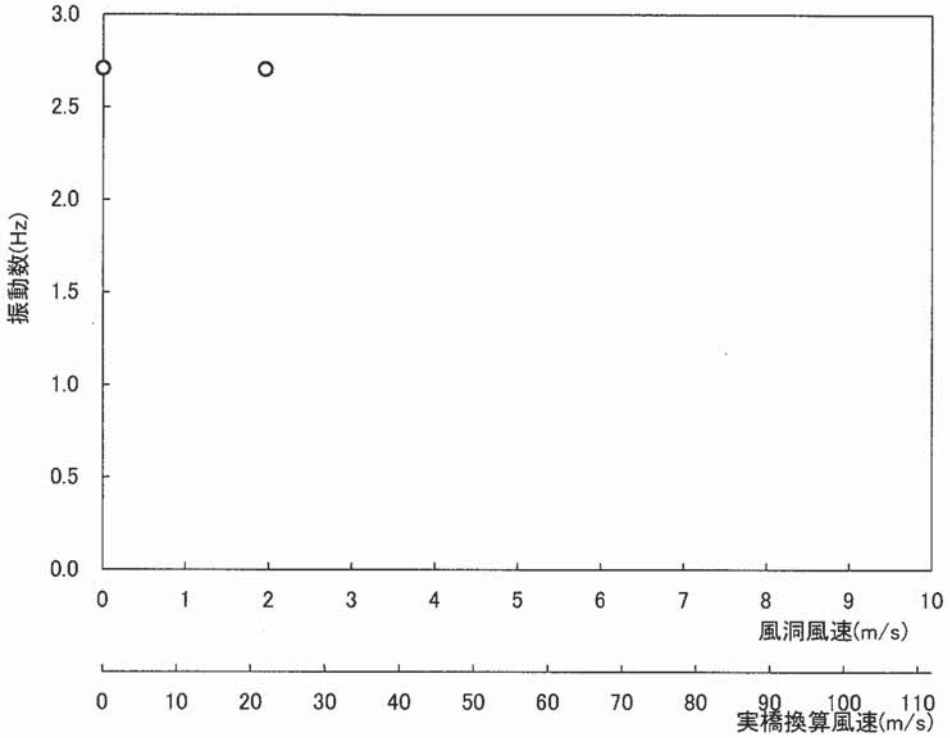


風速と振動数の関係(鉛直曲げ対称3次)

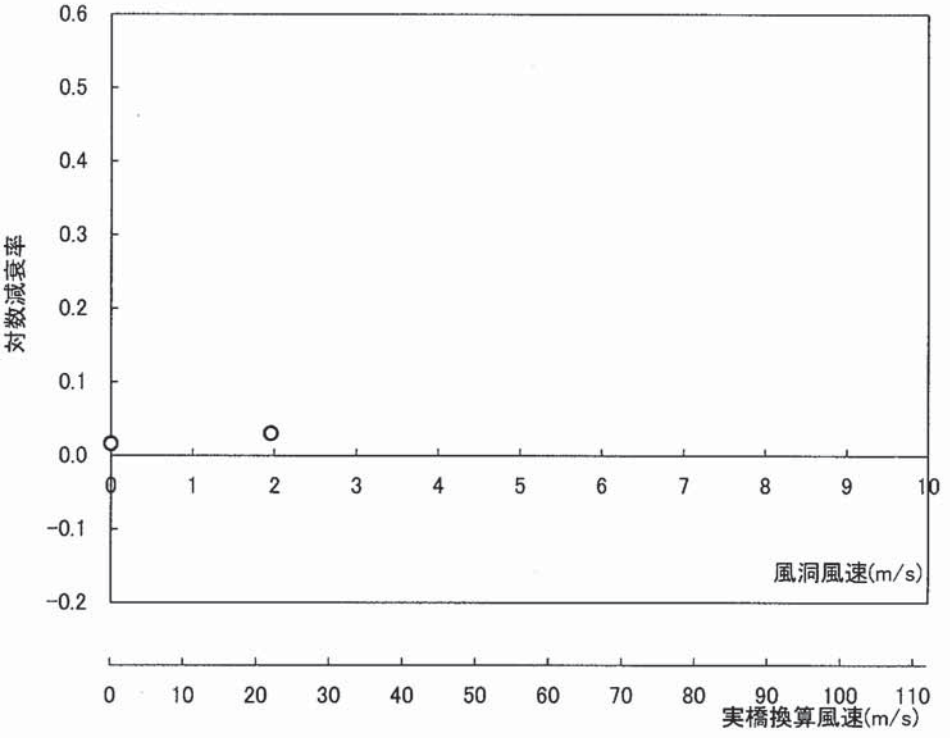


風速と対数減衰率の関係 (鉛直曲げ対称3次)

図C2.3.9　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験 (中央径間2800m　4車線)

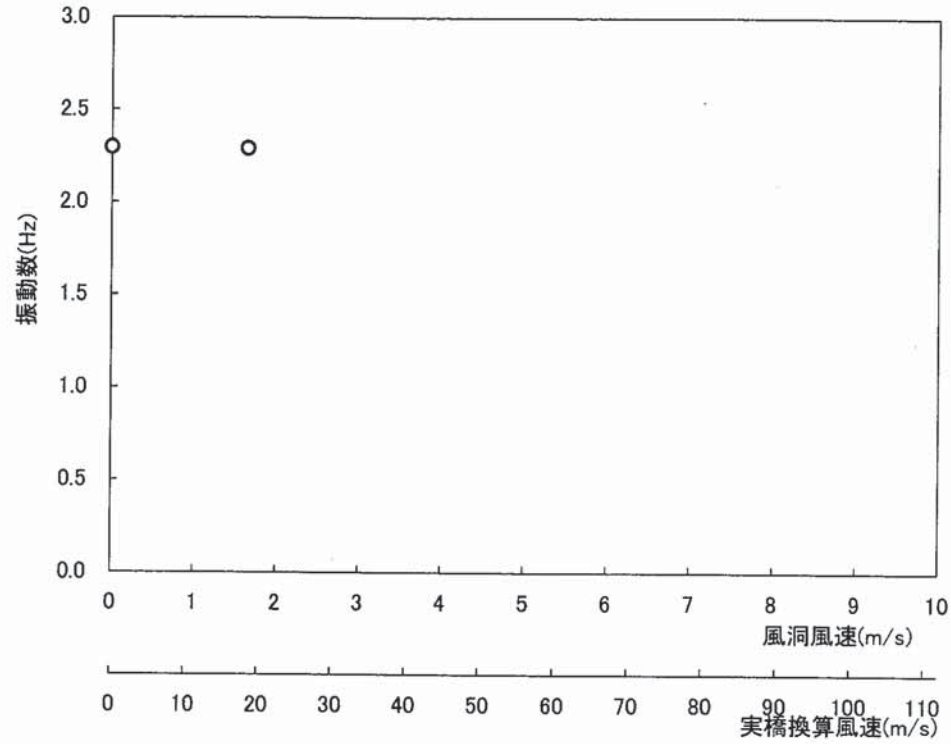


風速と振動数の関係(鉛直曲げ対称4次)

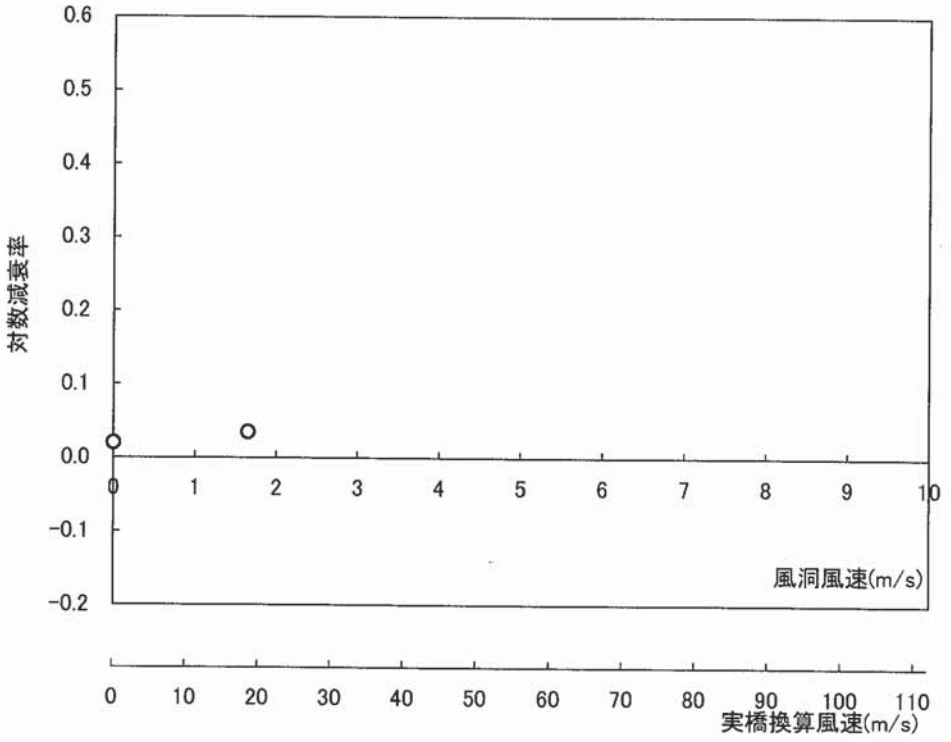


風速と対数減衰率の関係 (鉛直曲げ対称4次)

図C2.3.10　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験 (中央径間2800m　4車線)

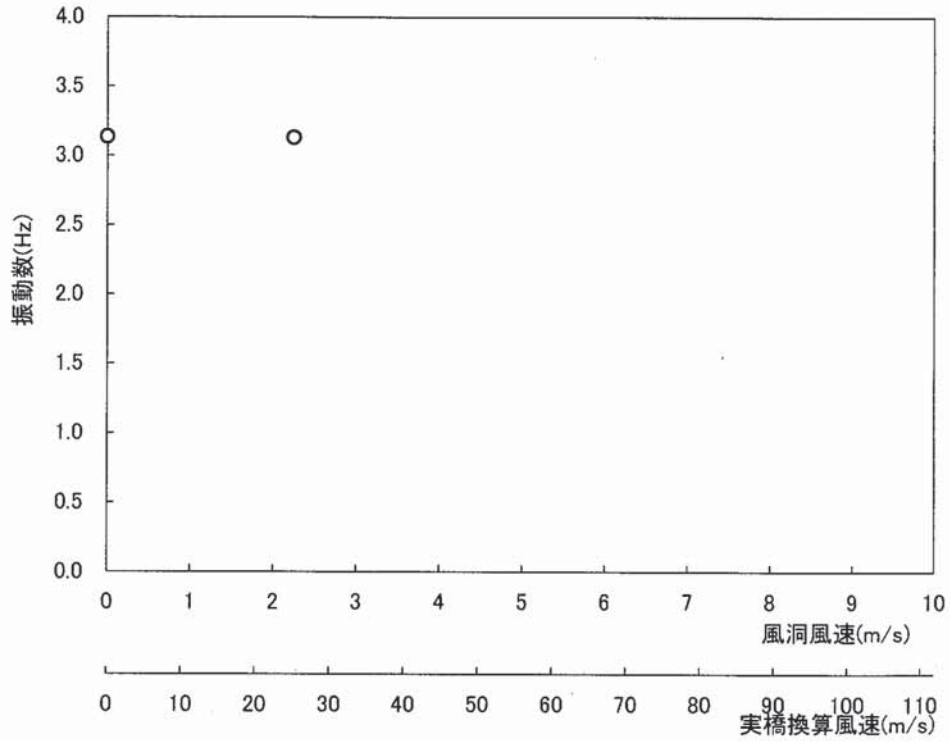


風速と振動数の関係(鉛直曲げ逆対称3次)

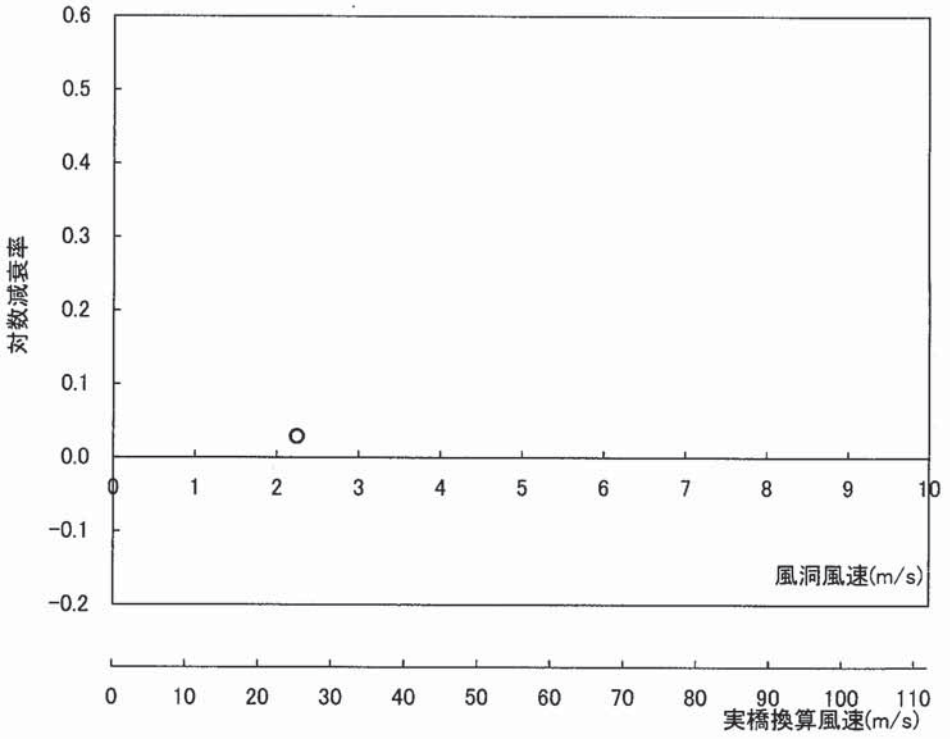


風速と対数減衰率の関係(鉛直曲げ逆対称3次)

図C2.3.11　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ逆対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

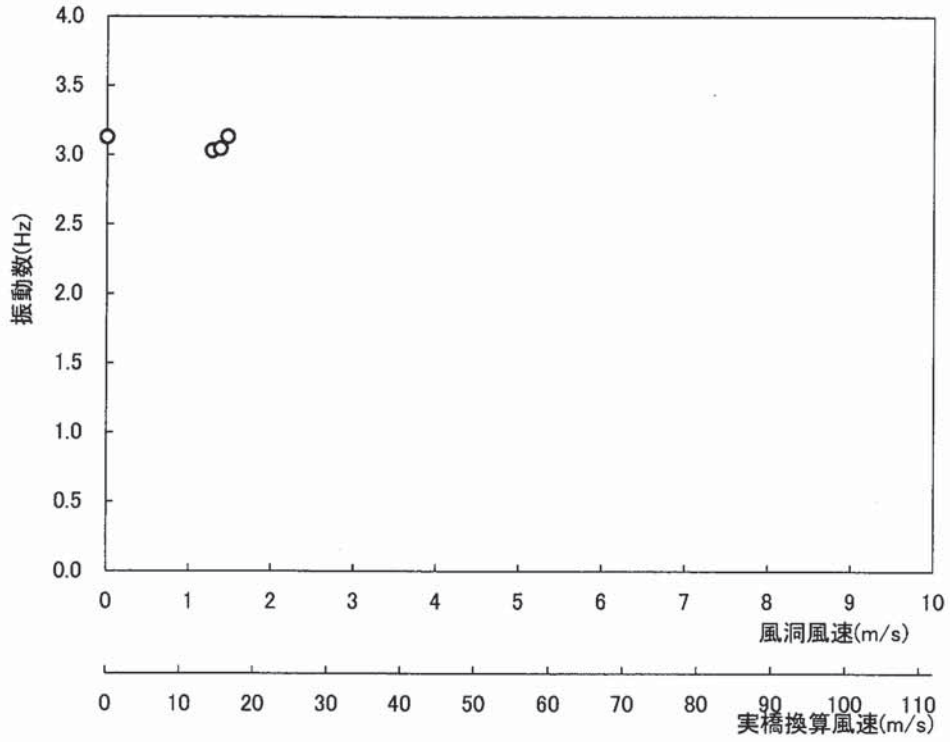


風速と振動数の関係(鉛直曲げ逆対称4次)

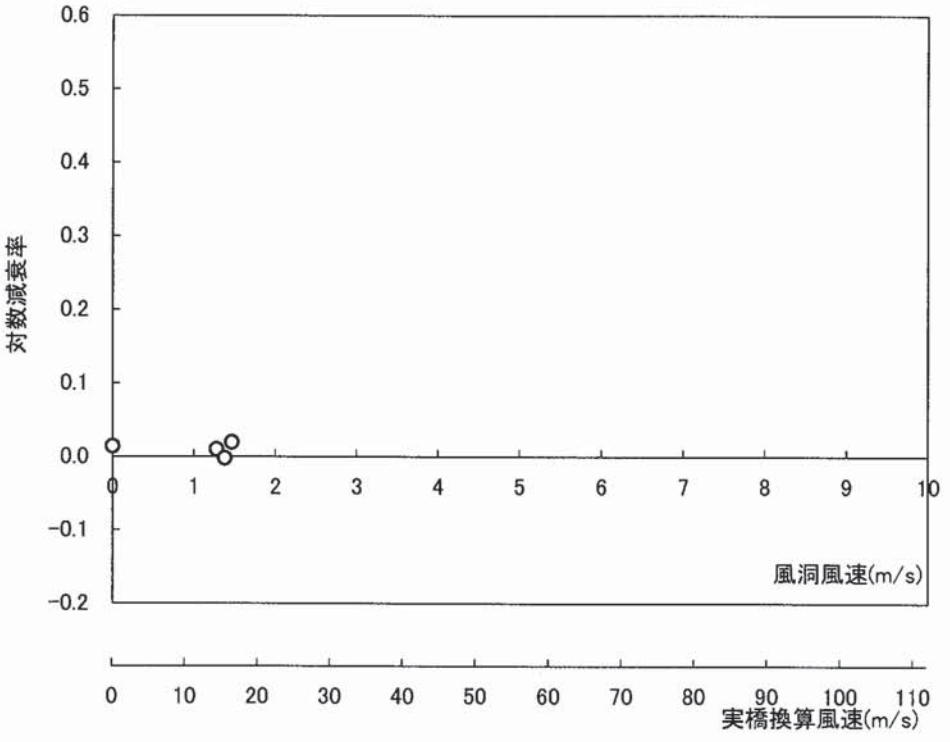


風速と対数減衰率の関係(鉛直曲げ逆対称4次)

図C2.3.12　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、鉛直曲げ逆対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

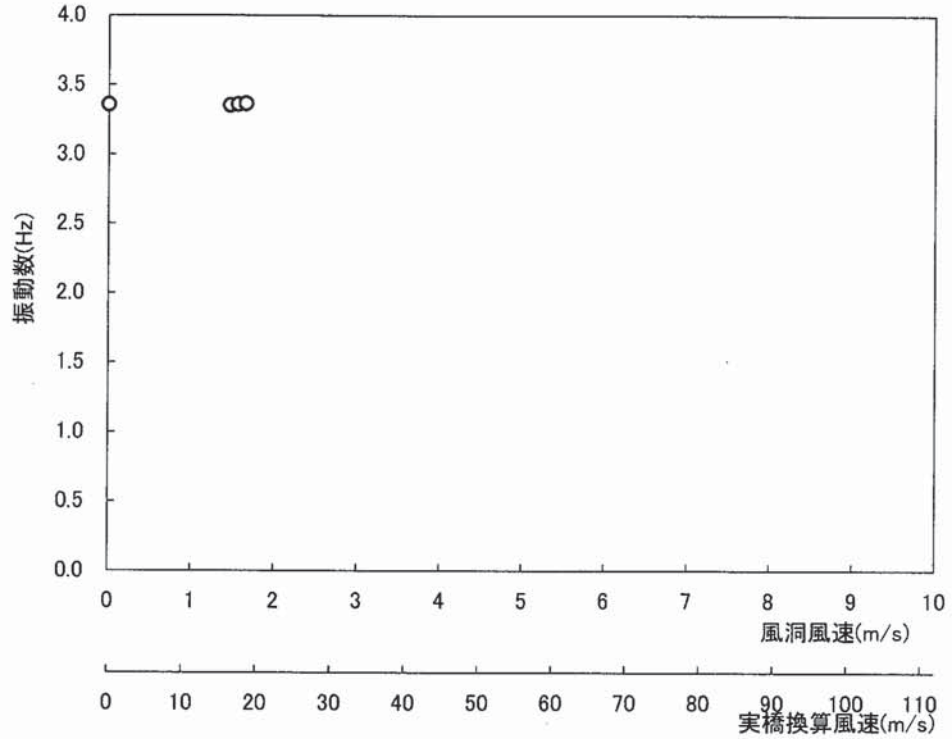


風速と振動数の関係(側径間ねじれ対称1次)

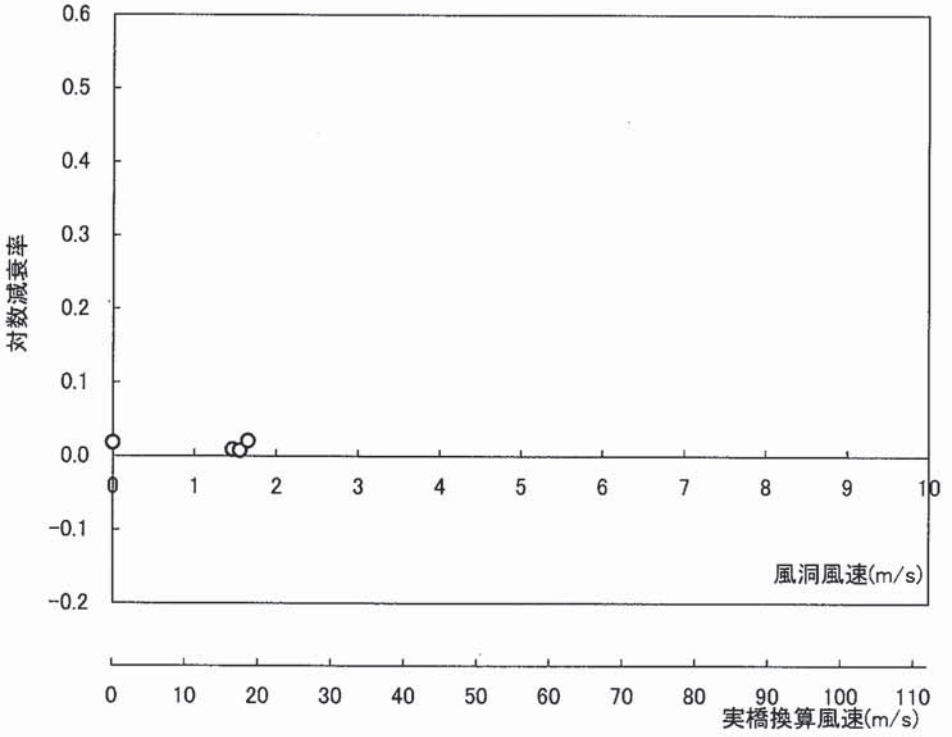


風速と対数減衰率の関係(側径間ねじれ対称1次)

図C2.3.13　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、側径間ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

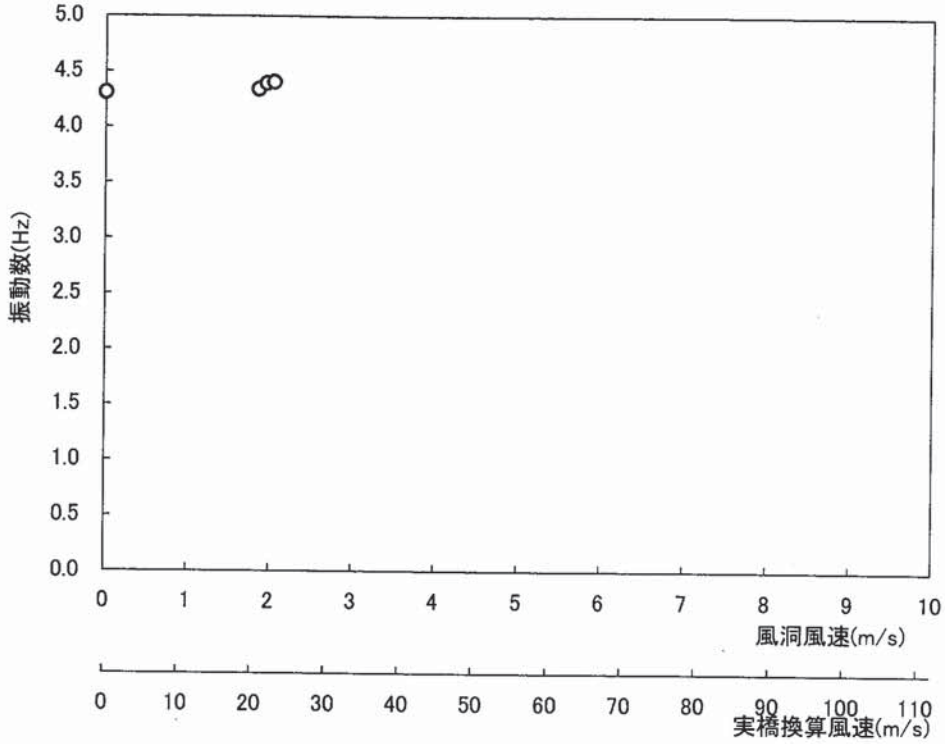


風速と振動数の関係(ねじれ対称2次)

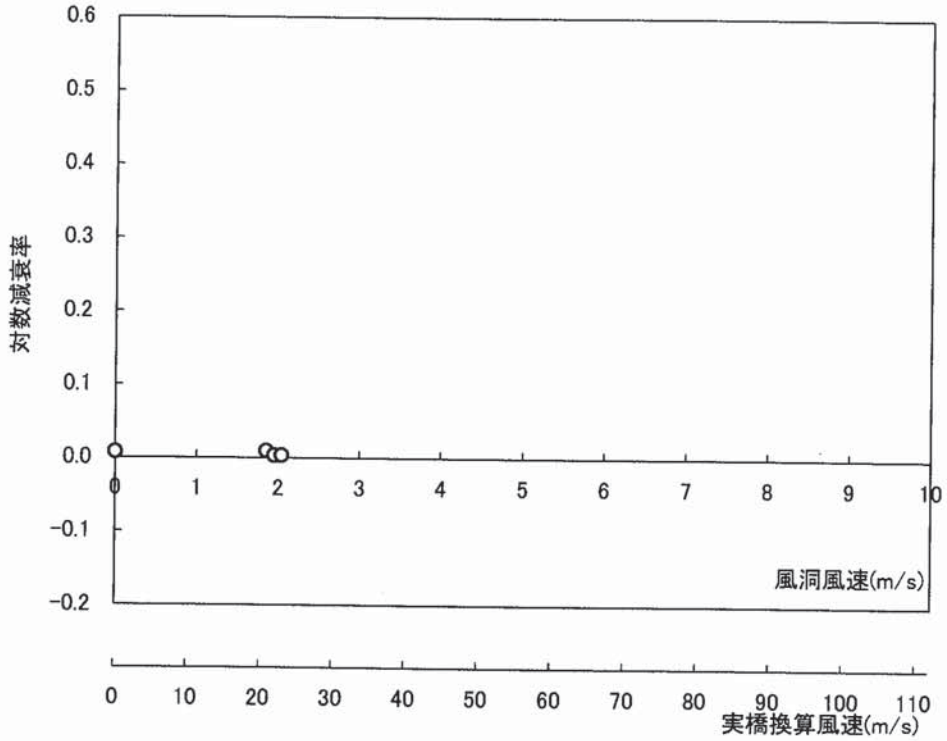


風速と対数減衰率の関係(ねじれ対称2次)

図C2.3.14　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

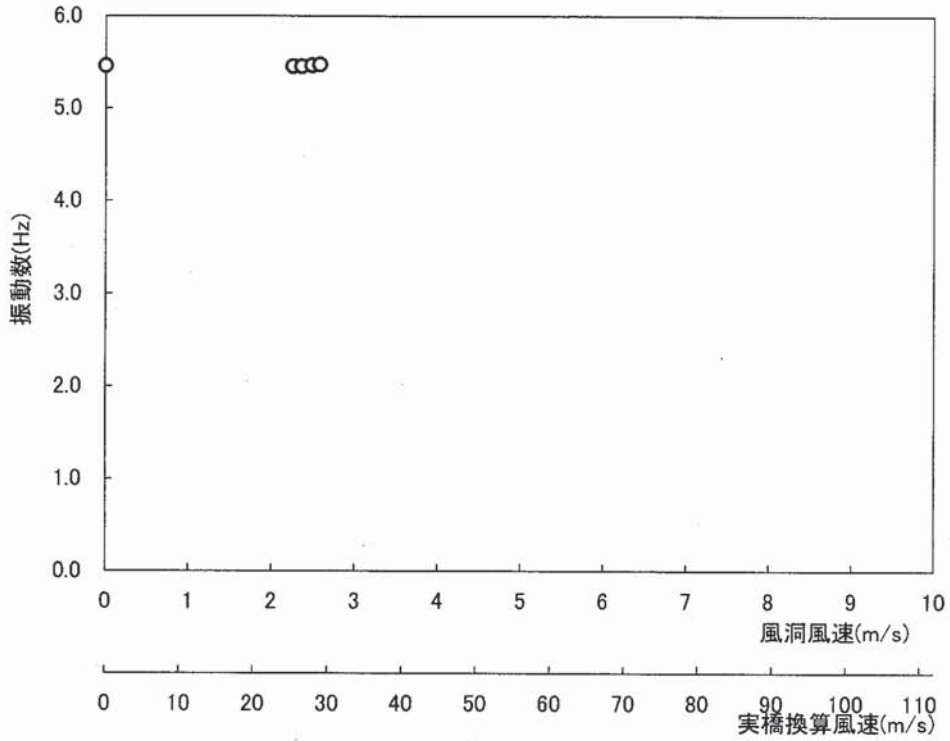


風速と振動数の関係(ねじれ逆対称2次)

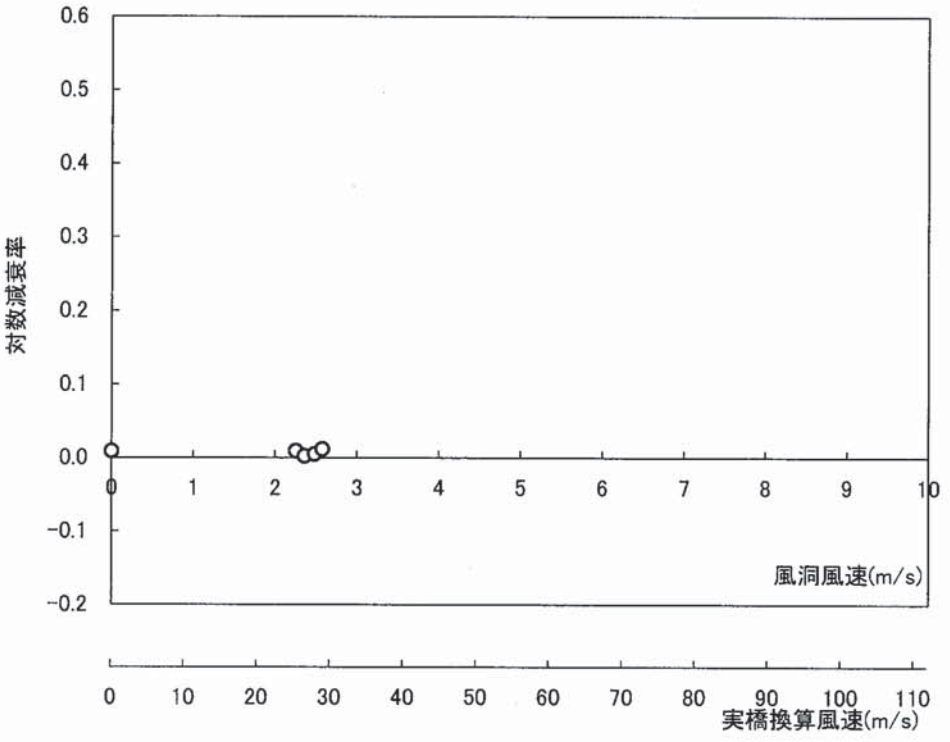


風速と対数減衰率の関係(ねじれ逆対称2次)

図C2.3.15　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ逆対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)



風速と振動数の関係(ねじれ対称3次)



風速と対数減衰率の関係(ねじれ対称3次)

図C2.3.16　風速と振動数・対数減衰率の関係(基本系、ねじれ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

表C2.4.1　フラッターモード形状
(風洞風速 V=8.54m/s、振動数f=1.118Hz、対数減衰率 δ=0.048)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

■ 桁

桁　計測点	ねじれ成分		鉛直曲げ成分		水平曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
1A側側径間 L/2点	0.02	110.3	1.00	-8.9	0.15	-172.6
中央径間 L/4点	0.46	-0.9	0.19	174.6	0.18	-41.8
中央径間 L/2点	0.72	0.0	0.48	82.5	0.54	167.5
中央径間 5L/8点	0.62	0.1	0.35	85.4	0.31	171.4
中央径間 3L/4点	0.43	-1.4	0.22	159.6	0.16	-33.5
4A側側径間 L/2点 下流側	-	-	0.89	-1.3	0.20	-171.9

■ 主塔

主塔　計測点	ねじれ成分		面外曲げ成分		面内曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
3P 塔頂	0.05	-5.0	0.12	170.0	0.05	-173.9
3P 62%高さ	0.02	-6.6	0.05	166.7	0.03	-170.4

注1) 位相差は、中央径間L/2点の桁ねじれ成分を基準に位相遅れを正として表示。
注2) 桁ねじれ成分の振幅は、ハンガー定着位置(桁中央からの距離：112mm)に換算した並進変位を用いて基準化。
注3) 振幅の基準化には、1A側側径間L/2点の鉛直曲げ成分(表中ハッチング)を基準振幅として用いた。

表C2.4.2　フラッターモード形状
(風洞風速 V=8.61m/s、振動数f=1.093Hz、対数減衰率 δ=-0.010)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

■ 桁

桁　計測点	ねじれ成分		鉛直曲げ成分		水平曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
1A側側径間 L/2点	0.02	122.9	1.00	-10.1	0.17	176.6
中央径間 L/4点	0.50	-0.3	0.23	157.8	0.15	-37.6
中央径間 L/2点	0.77	0.0	0.54	111.5	0.66	167.0
中央径間 5L/8点	0.67	0.4	0.39	106.4	0.36	168.5
中央径間 3L/4点	0.47	-0.5	0.25	151.4	0.18	-24.4
4A側側径間 L/2点 下流側	-	-	0.92	-3.6	0.21	-177.3

■ 主塔

主塔　計測点	ねじれ成分		面外曲げ成分		面内曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
3P 塔頂	0.06	-3.6	0.14	166.4	0.05	-171.5
3P 62%高さ	0.02	-3.4	0.06	169.9	0.04	-167.4

注1) 位相差は、中央径間L/2点の桁ねじれ成分を基準に位相遅れを正として表示。
注2) 桁ねじれ成分の振幅は、ハンガー定着位置(桁中央からの距離：112mm)に換算した並進変位を用いて基準化。
注3) 振幅の基準化には、1A側側径間L/2点の鉛直曲げ成分(表中ハッチング)を基準振幅として用いた。

表C2.4.3　フラッターモード形状
(風洞風速 V=8.63m/s、振動数f=1.085Hz、対数減衰率 δ=-0.047)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

■ 桁

桁　計測点	ねじれ成分		鉛直曲げ成分		水平曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
1A側側径間 L/2点	0.02	138.2	1.00	-14.9	0.18	179.2
中央径間 L/4点	0.56	-0.1	0.24	163.2	0.22	-29.7
中央径間 L/2点	0.85	0.0	0.71	120.2	0.73	166.1
中央径間 5L/8点	0.75	0.0	0.51	111.7	0.39	164.6
中央径間 3L/4点	0.55	-0.1	0.29	139.6	0.23	-16.9
4A側側径間 L/2点 下流側	-	-	-	-	-	-

■ 主塔

主塔　計測点	ねじれ成分		面外曲げ成分		面内曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
3P 塔頂	0.06	-5.1	0.15	167.0	0.05	-168.7
3P 62%高さ	0.02	0.2	0.07	171.9	0.04	-163.6

注1) 位相差は、中央径間L/2点の桁ねじれ成分を基準に位相遅れを正として表示。
注2) 桁ねじれ成分の振幅は、ハンガー定着位置(桁中央からの距離：112mm)に換算した並進変位を用いて基準化。
注3) 振幅の基準化には、1A側側径間L/2点の鉛直曲げ成分(表中ハッチング)を基準振幅として用いた。
注4) 4A側側径間L/2点下流側の鉛直曲げ・水平曲げ成分はデータ欠損。

表C2.4.4　フラッターモード形状
(風洞風速 V=8.70m/s、振動数f=1.078Hz、対数減衰率 δ=-0.125)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

■ 桁

桁　計測点	ねじれ成分		鉛直曲げ成分		水平曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
1A側側径間 L/2点	0.01	160.6	1.00	-17.4	0.17	165.2
中央径間 L/4点	0.54	1.1	0.31	155.9	0.22	-13.5
中央径間 L/2点	0.80	0.0	0.72	140.5	0.73	165.3
中央径間 5L/8点	0.70	0.7	0.51	132.6	0.41	166.8
中央径間 3L/4点	0.52	0.6	0.33	147.4	0.15	-20.8
4A側側径間 L/2点 下流側	-	-	0.91	-6.0	0.18	-206.7

■ 主塔

主塔　計測点	ねじれ成分		面外曲げ成分		面内曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
3P 塔頂	0.06	-2.3	0.16	165.9	0.05	-170.8
3P 62%高さ	0.02	0.8	0.06	173.1	0.02	195.6

注1) 位相差は、中央径間L/2点の桁ねじれ成分を基準に位相遅れを正として表示。
注2) 桁ねじれ成分の振幅は、ハンガー定着位置(桁中央からの距離：112mm)に換算した並進変位を用いて基準化。
注3) 振幅の基準化には、1A側側径間L/2点の鉛直曲げ成分(表中ハッチング)を基準振幅として用いた。

表C2.4.5　桁フラッターモード(各断面ごとの回転中心・振幅比・位相差)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 基本系

中央径間 L/4点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	0.602	0.3	-0.011	0.956	-179.8	0.022	176.3	0.036	158.3
1.18	13.2	0.628	0.5	-0.040	0.853	-172.0	0.106	138.8	0.046	51.2
2.15	24.0	0.626	0.3	-0.008	0.970	-169.9	0.090	99.8	0.114	6.8
3.23	36.1	0.586	0.5	-0.008	0.968	-166.5	0.120	97.8	0.171	11.0
4.24	47.4	0.650	-0.1	-0.071	0.756	-163.1	0.203	134.2	0.216	4.7
5.25	58.7	0.643	0.9	-0.232	0.412	-138.5	0.556	146.7	0.213	176.2
6.29	70.3	0.606	0.1	-0.440	0.364	-78.4	1.139	140.6	0.207	158.0
7.34	82.1	0.640	-0.9	0.492	3.895	-283.2	1.117	-28.2	1.067	74.8
8.44	94.4	0.641	-1.2	-0.128	0.594	-184.3	0.258	187.8	0.397	-41.3
8.54	95.5	0.646	-0.9	-0.203	0.423	-175.7	0.408	175.6	0.387	-40.9
8.61	96.3	0.651	-0.3	-0.214	0.416	-156.5	0.460	158.1	0.300	-37.3
8.63	96.5	0.662	-0.1	-0.201	0.434	-163.7	0.419	163.3	0.387	-29.6
8.70	97.3	0.671	1.1	-0.259	0.352	-144.2	0.572	154.8	0.405	-14.6

中央径間 L/2点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	1.000	0.0	-0.040	0.852	-180.1	0.080	180.6	0.262	1.1
1.18	13.2	1.000	0.0	-0.026	0.899	-179.1	0.053	171.9	0.232	1.7
2.15	24.0	1.000	0.0	-0.061	0.783	-176.9	0.125	167.7	0.256	-0.6
3.23	36.1	1.000	0.0	-0.103	0.659	-176.2	0.208	171.1	0.288	2.0
4.24	47.4	1.000	0.0	-0.123	0.607	-172.5	0.253	165.9	0.297	-10.9
5.25	58.7	1.000	0.0	-0.106	0.655	-164.8	0.247	149.0	0.250	-178.4
6.29	70.3	1.000	0.0	-0.089	0.703	-161.6	0.238	138.7	0.276	-169.6
7.34	82.1	1.000	0.0	-0.141	0.670	-112.0	0.696	113.9	0.621	-139.9
8.44	94.4	1.000	0.0	0.033	1.085	-104.4	0.777	85.2	0.703	166.7
8.54	95.5	1.000	0.0	0.044	1.129	-112.2	0.674	82.5	0.749	167.5
8.61	96.3	1.000	0.0	-0.130	0.698	-110.8	0.708	111.5	0.864	167.0
8.63	96.5	1.000	0.0	-0.209	0.582	-102.2	0.830	120.2	0.853	166.1
8.70	97.3	1.000	0.0	-0.349	0.363	-99.0	0.904	140.5	0.910	165.3

中央径間 5L/8点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	0.851	-0.2	-0.001	0.996	-179.6	0.004	117.4	0.037	144.5
1.18	13.2	0.850	0.1	-0.023	0.914	-174.6	0.065	133.6	0.067	18.3
2.15	24.0	0.835	0.0	0.004	1.015	-172.1	0.069	83.9	0.203	7.3
3.23	36.1	0.777	-0.1	-0.008	0.969	-170.2	0.088	100.3	0.399	7.0
4.24	47.4	0.843	-1.5	-0.060	0.790	-162.3	0.195	128.1	0.448	4.9
5.25	58.7	0.884	0.2	-0.104	0.669	-153.3	0.309	132.6	0.349	175.6
6.29	70.3	0.838	0.1	-0.175	0.518	-143.0	0.459	139.6	0.268	-178.8
7.34	82.1	0.872	0.9	0.057	1.247	-158.1	0.222	59.2	0.276	-159.2
8.44	94.4	0.848	-0.3	0.011	1.031	-115.8	0.628	88.0	0.452	171.8
8.54	95.5	0.865	0.1	0.023	1.072	-121.5	0.561	85.4	0.504	171.3
8.61	96.3	0.876	0.4	-0.080	0.783	-120.5	0.583	106.0	0.530	168.1
8.63	96.5	0.880	0.0	-0.127	0.698	-112.5	0.687	111.7	0.516	164.6
8.70	97.3	0.875	0.7	-0.245	0.471	-113.0	0.732	131.9	0.578	166.1

注1)振幅比[3][5]は各断面内でのねじれ変位を1にしたときの振幅比であり、系全体における振幅比は以下のようになる。
　系全体における中央径間L/2点ねじれ変位に対する振幅比=振幅比[3] or [5]×振幅比[1]
注2)位相差は、位相遅れを正としている。位相差[4][6]は各断面内でのねじれ変位からみた位相差であり、系全体における位相差は以下のようになる。
　系全体における中央径間L/2点ねじれ変位に対する位相差=位相差[4] or [6]+位相差[2]
位相差[7]は、下流側鉛直変位からみた上流側鉛直変位の位相差である。

表C2.4.6　桁フラッターモード(各断面ごとの回転中心・振幅比・位相差)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 基本系

中央径間 3L/4点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	0.572	-0.4	0.002	1.010	-178.6	0.013	67.8	0.079	13.7
1.18	13.2	0.598	0.0	-0.028	0.893	-173.0	0.083	133.1	0.078	28.9
2.15	24.0	0.568	-0.4	-0.062	0.782	-168.9	0.156	142.1	0.229	9.7
3.23	36.1	0.618	-0.3	0.016	1.064	-161.5	0.166	78.9	0.285	9.6
4.24	47.4	0.615	-2.0	-0.011	0.958	-165.2	0.131	99.5	0.363	9.4
5.25	58.7	0.612	-0.2	-0.219	0.435	-139.8	0.532	145.3	0.235	176.1
6.29	70.3	0.610	1.9	-0.399	0.413	-80.8	1.119	135.5	0.308	168.6
7.34	82.1	0.654	-2.3	0.629	3.495	52.0	1.402	-26.2	1.029	80.9
8.44	94.4	0.598	-1.5	-0.146	0.549	-170.7	0.302	165.7	0.368	-41.3
8.54	95.5	0.599	-1.4	-0.241	0.365	-155.8	0.510	160.9	0.362	-32.1
8.61	96.3	0.615	-0.5	-0.230	0.401	-145.9	0.522	151.9	0.373	-23.9
8.63	96.5	0.648	-0.1	-0.197	0.482	-137.5	0.518	139.6	0.419	-16.8
8.70	97.3	0.646	0.6	-0.268	0.369	-130.2	0.640	146.9	0.298	-21.4

1A側側径間 L/2点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	0.092	177.2	0.010	1.041	-173.5	0.060	70.4	0.582	11.2
1.18	13.2	0.092	181.8	-0.033	0.878	-191.1	0.117	235.8	0.647	-9.0
2.15	24.0	0.091	177.8	0.059	1.260	-194.9	0.174	-47.8	0.725	11.5
3.23	36.1	0.096	183.1	0.074	1.334	-201.9	0.241	-51.9	1.047	3.9
4.24	47.4	0.099	171.4	0.141	1.777	-192.7	0.301	-19.9	1.471	162.8
5.25	58.7	0.111	181.2	0.902	1.909	33.6	2.311	-38.7	0.267	-22.4
6.29	70.3	0.109	187.8	1.173	1.198	20.1	5.019	-62.1	0.056	101.0
7.34	82.1	0.009	208.7	-40.274	0.994	-0.6	169.794	118.3	8.714	-34.5
8.44	94.4	0.038	127.5	-11.172	0.958	2.6	32.342	226.3	3.829	58.0
8.54	95.5	0.034	110.3	-10.071	0.977	2.4	41.306	240.8	6.380	77.0
8.61	96.3	0.030	122.9	-14.568	0.969	2.0	42.778	227.1	7.148	53.7
8.63	96.5	0.025	138.2	-20.974	0.963	1.1	47.040	206.9	8.323	41.0
8.70	97.3	0.018	160.6	-34.094	0.971	0.1	68.228	182.0	11.763	4.5

注1)振幅比[3][5]は各断面内でのねじれ変位を1にしたときの振幅比であり、系全体における振幅比は以下のようになる。
　系全体における中央径間L/2点ねじれ変位に対する振幅比=振幅比[3] or [5]×振幅比[1]
注2)位相差は、位相遅れを正としている。位相差[4][6]は各断面内でのねじれ変位からみた位相差であり、系全体における位相差は以下のようになる。
　系全体における中央径間L/2点ねじれ変位に対する位相差=位相差[4] or [6]+位相差[2]
位相差[7]は、下流側鉛直変位からみた上流側鉛直変位の位相差である。

表C2.4.7　桁フラッターモード(基準を共通にした振幅比・位相差)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 基本系

中央径間 L/4点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	0.602	109.153	0.3	0.013	2.435	176.6	0.022	3.931	158.6
1.18	13.2	0.628	58.553	0.5	0.067	6.201	139.4	0.029	2.704	51.8
2.15	24.0	0.626	39.386	0.3	0.056	3.535	100.1	0.071	4.487	7.1
3.23	36.1	0.586	25.372	0.5	0.070	3.041	98.3	0.100	4.335	11.5
4.24	47.4	0.650	21.814	-0.1	0.132	4.435	134.1	0.141	4.718	4.6
5.25	58.7	0.643	2.499	0.9	0.358	1.391	147.5	0.137	0.532	177.1
6.29	70.3	0.606	1.111	0.1	0.691	1.265	140.8	0.125	0.230	158.1
7.34	82.1	0.640	0.435	-0.9	0.714	0.486	-29.1	0.683	0.464	73.9
8.44	94.4	0.641	0.519	-1.2	0.165	0.134	-173.4	0.255	0.206	-42.6
8.54	95.5	0.646	0.464	-0.9	0.263	0.189	174.6	0.250	0.180	-41.8
8.61	96.3	0.651	0.499	-0.3	0.300	0.230	157.8	0.195	0.149	-37.6
8.63	96.5	0.662	0.564	-0.1	0.277	0.236	163.2	0.256	0.218	-29.7
8.70	97.3	0.671	0.537	1.1	0.383	0.307	155.9	0.272	0.218	-13.5

中央径間 L/2点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	1.000	181.274	0.0	0.080	14.449	-179.4	0.262	47.561	1.1
1.18	13.2	1.000	93.202	0.0	0.053	4.984	171.9	0.232	21.585	1.7
2.15	24.0	1.000	62.935	0.0	0.125	7.836	167.7	0.256	16.125	-0.6
3.23	36.1	1.000	43.327	0.0	0.208	9.009	171.1	0.288	12.500	2.0
4.24	47.4	1.000	33.565	0.0	0.253	8.489	165.9	0.297	9.963	-10.9
5.25	58.7	1.000	3.886	0.0	0.247	0.961	149.0	0.250	0.972	-178.4
6.29	70.3	1.000	1.832	0.0	0.238	0.436	138.7	0.276	0.506	-169.6
7.34	82.1	1.000	0.680	0.0	0.696	0.473	113.9	0.621	0.423	-139.9
8.44	94.4	1.000	0.810	0.0	0.777	0.630	85.2	0.703	0.570	166.7
8.54	95.5	1.000	0.719	0.0	0.674	0.485	82.5	0.749	0.539	167.5
8.61	96.3	1.000	0.767	0.0	0.708	0.543	111.5	0.864	0.663	167.0
8.63	96.5	1.000	0.851	0.0	0.830	0.706	120.2	0.853	0.726	166.1
8.70	97.3	1.000	0.801	0.0	0.904	0.725	140.5	0.910	0.729	165.3

中央径間 5L/8点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	0.851	154.249	-0.2	0.004	0.679	117.3	0.031	5.654	144.3
1.18	13.2	0.850	79.245	0.1	0.056	5.178	133.7	0.057	5.318	18.4
2.15	24.0	0.835	52.555	0.0	0.058	3.636	83.9	0.170	10.670	7.3
3.23	36.1	0.777	33.662	-0.1	0.068	2.946	100.2	0.310	13.448	6.9
4.24	47.4	0.843	28.292	-1.5	0.164	5.512	126.7	0.378	12.688	3.4
5.25	58.7	0.884	3.435	0.2	0.273	1.061	132.8	0.309	1.200	175.8
6.29	70.3	0.838	1.536	0.1	0.384	0.704	139.7	0.224	0.411	-178.7
7.34	82.1	0.872	0.593	0.9	0.194	0.132	60.1	0.241	0.164	-158.3
8.44	94.4	0.848	0.687	-0.3	0.532	0.431	87.7	0.383	0.310	171.4
8.54	95.5	0.865	0.622	0.1	0.486	0.349	85.4	0.436	0.314	171.4
8.61	96.3	0.876	0.672	0.4	0.511	0.392	106.4	0.464	0.356	168.5
8.63	96.5	0.880	0.749	0.0	0.605	0.515	111.7	0.454	0.386	164.6
8.70	97.3	0.875	0.701	0.7	0.641	0.514	132.6	0.506	0.405	166.8

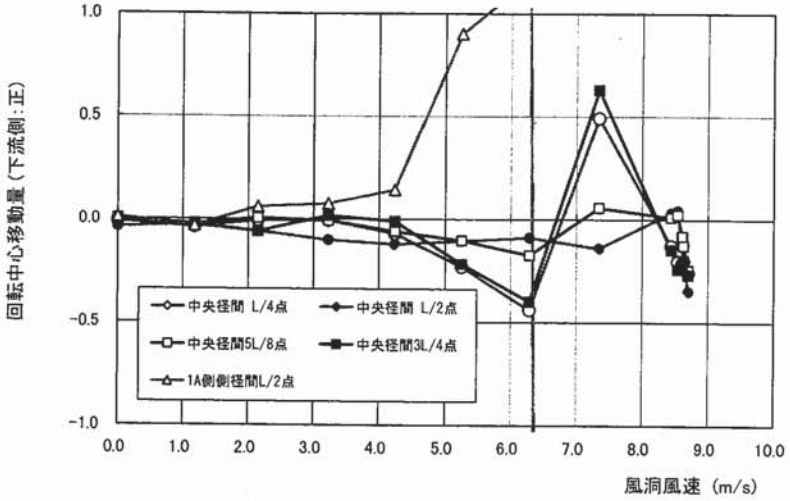
注1)振幅比aは、中央径間L/2点ねじれ変位を1にしたときの振幅比であり、振幅比bは1A側側径間L/2点
鉛直変位を1にしたときの振幅比である。
振幅比a[9] or [11]=振幅比[3] or [5]×振幅比[1]
振幅比b[8] or [10] or [12]=振幅比[1] or [9] or [11]/(1A側側径間L/2点における
「中央径間L/2点とのねじれ変位振幅比」[1]×1A側側径間L/2点における「鉛直変位振幅比」[3])
注2)位相差は、位相遅れを正としており、系全体における位相差である。
位相差[13] or [14]=位相差[4] or [6]+位相差[2]

表C2.4.8　桁フラッターモード(基準を共通にした振幅比・位相差)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 基本系

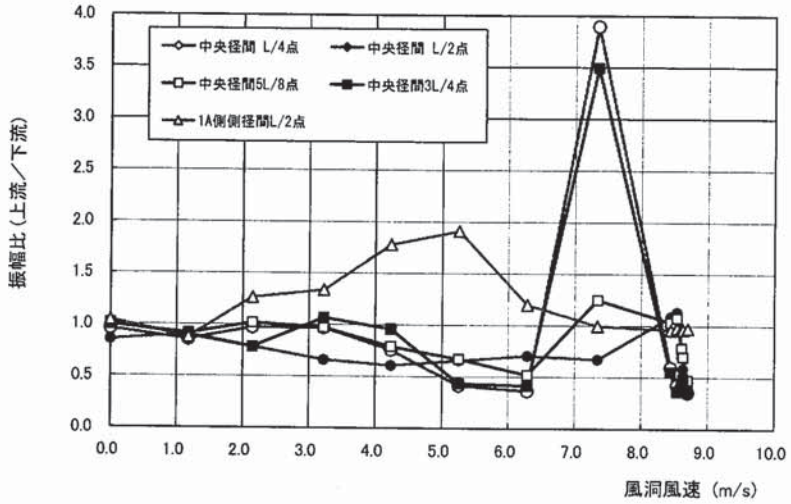
中央径間 3L/4点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	0.572	103.621	-0.4	0.008	1.366	67.4	0.045	8.210	13.3
1.18	13.2	0.598	55.702	0.0	0.050	4.638	133.1	0.046	4.323	28.9
2.15	24.0	0.568	35.764	-0.4	0.089	5.580	141.8	0.130	8.195	9.4
3.23	36.1	0.618	26.764	-0.3	0.102	4.440	78.5	0.176	7.624	9.3
4.24	47.4	0.615	20.646	-2.0	0.081	2.711	97.5	0.223	7.494	7.4
5.25	58.7	0.612	2.379	-0.2	0.326	1.266	145.1	0.144	0.560	175.8
6.29	70.3	0.610	1.118	1.9	0.683	1.251	137.4	0.188	0.345	170.5
7.34	82.1	0.651	0.445	-2.3	0.917	0.624	-28.5	0.673	0.458	78.6
8.44	94.4	0.598	0.485	-1.5	0.181	0.146	164.3	0.220	0.178	-42.8
8.54	95.5	0.599	0.431	-1.4	0.306	0.220	159.6	0.217	0.156	-33.5
8.61	96.3	0.615	0.472	-0.5	0.321	0.246	151.4	0.229	0.176	-24.4
8.63	96.5	0.648	0.551	-0.1	0.336	0.286	139.6	0.272	0.231	-16.9
8.70	97.3	0.646	0.518	0.6	0.414	0.332	147.4	0.193	0.154	-20.8

1A側側径間 L/2点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	0.092	16.656	177.2	0.006	1.000	-112.4	0.053	9.696	-171.6
1.18	13.2	0.092	8.542	181.8	0.011	1.000	57.5	0.059	5.531	172.7
2.15	24.0	0.091	5.744	177.8	0.016	1.000	130.0	0.066	4.164	-170.8
3.23	36.1	0.096	4.156	183.1	0.023	1.000	131.2	0.100	4.351	-173.0
4.24	47.4	0.099	3.324	171.4	0.030	1.000	151.5	0.146	4.891	-25.8
5.25	58.7	0.111	0.433	181.2	0.257	1.000	142.5	0.030	0.115	158.8
6.29	70.3	0.109	0.199	187.8	0.546	1.000	125.6	0.006	0.011	-71.2
7.34	82.1	0.009	0.006	208.7	1.471	1.000	-33.0	0.075	0.051	174.1
8.44	94.4	0.038	0.031	127.5	1.234	1.000	-6.2	0.146	0.118	-174.5
8.54	95.5	0.034	0.024	110.3	1.391	1.000	-8.9	0.215	0.154	-172.6
8.61	96.3	0.030	0.023	122.9	1.304	1.000	-10.1	0.218	0.167	176.6
8.63	96.5	0.025	0.021	138.2	1.175	1.000	-14.9	0.208	0.177	179.2
8.70	97.3	0.018	0.015	160.6	1.248	1.000	-17.4	0.215	0.172	165.2

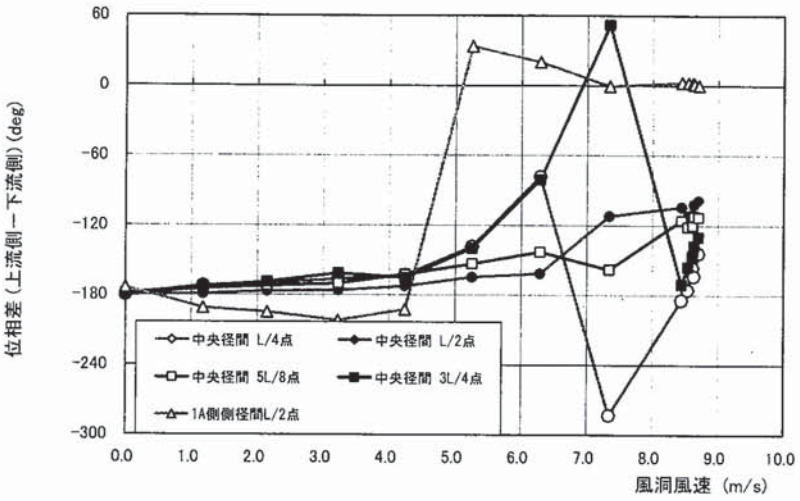
注1)振幅比aは、中央径間L/2点ねじれ変位を1にしたときの振幅比であり、振幅比bは1A側側径間L/2点鉛直変位を1にしたときの振幅比である。
振幅比a[9] or [11]=振幅比[3] or [5]×振幅比[1]
振幅比b[8] or [10] or [12]=振幅比[1] or [9] or [11]/(1A側側径間L/2点における「中央径間L/2点とのねじれ変位振幅比」[1]×1A側側径間L/2点における「鉛直変位振幅比」[3])
注2)位相差は、位相遅れを正としており、系全体における位相差である。
位相差[13] or [14]=位相差[4] or [6]+位相差[2]



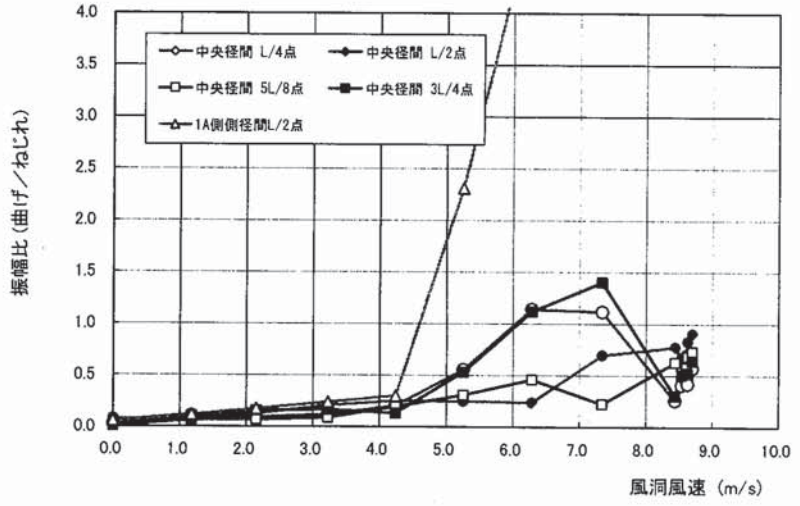
図C2.4.1　風速と回転中心移動量の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　基本系



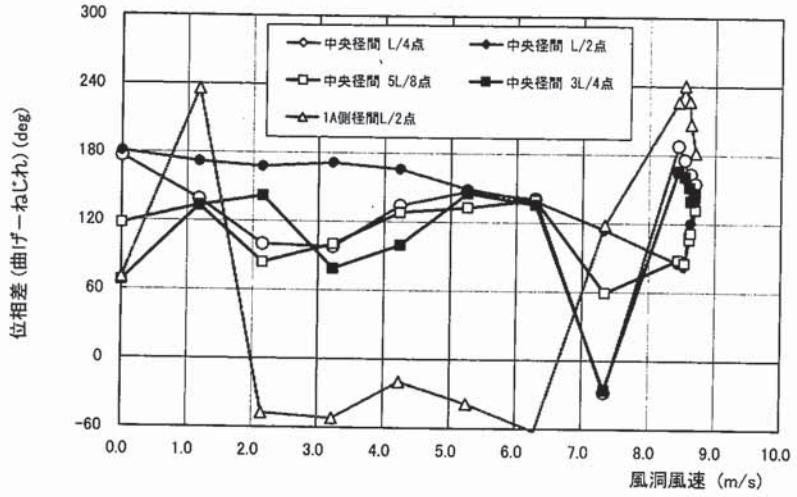
図C2.4.2　風速と振幅比（上流／下流）の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　基本系



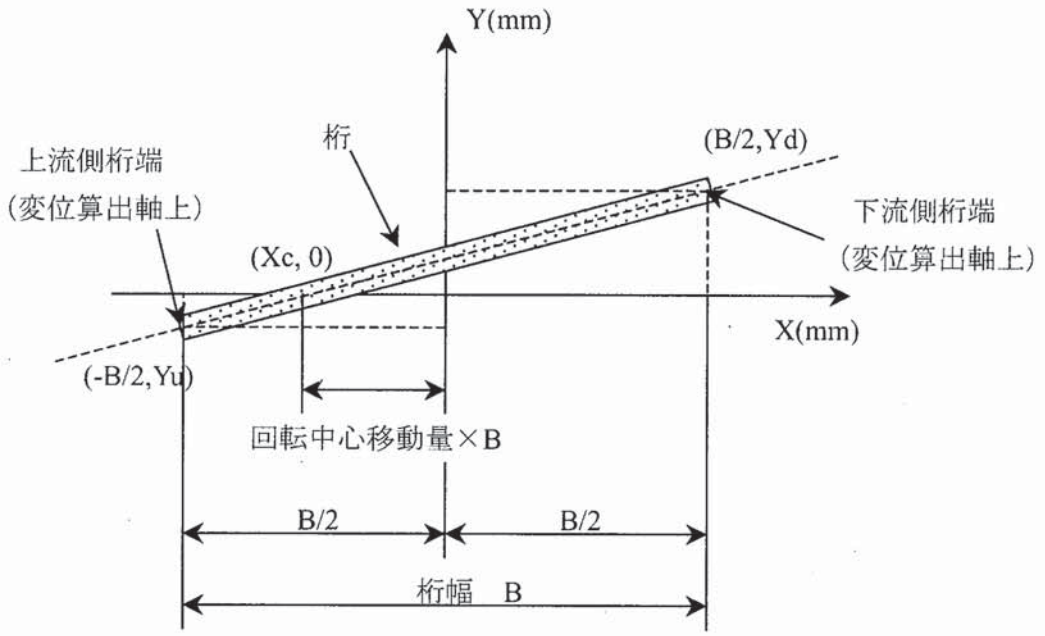
図C2.4.3　風速と位相差の関係（上流－下流）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　基本系



図C2.4.4　風速と振幅比（曲げ／ねじれ）の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　基本系



図C2.4.5　風速と位相差の関係（曲げ－ねじれ）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　基本系



$$\text{回転中心移動量}\ \overline{Xc}^{*} = \overline{Xc}/B = \left[\frac{Yd+Yu}{Yu-Yd}\right]^{\overline{}}/2$$

$$\text{振　幅　比} = \frac{Abs(Yu_0)}{Abs(Yd_0)}$$

ここに、

Xc：時刻ごとの回転中心を示す。

Yd、Yu は、下流側、上流側ターゲットの鉛直変位を示す。

$\overline{}$ は、時間平均を示す。

Yd_0、Yu_0 は、下流側、上流側の桁端における鉛直振幅を示す。

図 C2.4.6　回転中心移動量と振幅比の定義

表C2.5.1　振幅－対数減衰率近似曲線値(鉛直曲げ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

鉛直変位片振幅 (中央径間L/2点、(mm))	風洞風速 (m/s)	0.00	0.78		0.84		0.95			
		δ0	δ	δa=δ−δ0	δ	δa=δ−δ0	δ	δa=δ−δ0		
1.3		0.028	-0.016	-0.044	−	−	−	−		
2.6		0.028	-0.010	-0.038	-0.014	-0.042	−	−		
3.9		0.028	0.001	-0.027	-0.010	-0.038	−	−		
5.2		0.031	0.006	-0.025	-0.010	-0.041	0.014	-0.017		
6.5		0.033	0.005	-0.029	-0.008	-0.042	0.014	-0.020		
7.8		0.035	0.002	-0.033	-0.004	-0.038	0.015	-0.020		
9.1		0.036	0.003	-0.033	-0.003	-0.039	0.016	-0.021		
10.4		0.036	0.006	-0.030	-0.003	-0.040	0.016	-0.021		
11.7		0.036	0.008	-0.028	−	−	0.015	-0.021		
13.0		0.034	−	−	−	−	−	−		

−：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.2　振幅－対数減衰率近似曲線値(鉛直曲げ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

鉛直変位片振幅 (中央径間L/2点、(mm)) ＼ 風洞風速 (m/s)	0.00	0.94		1.01		1.10			
	δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$		
1.3	－	－	－	－	－	－	－		
2.6	0.021	-0.015	-0.036	-0.002	-0.023	－	－		
3.9	0.021	-0.010	-0.032	-0.002	-0.023	－	－		
5.2	0.023	-0.006	-0.029	-0.004	-0.027	0.004	-0.019		
6.5	0.025	-0.003	-0.028	-0.004	-0.029	0.003	-0.022		
7.8	0.026	0.004	-0.022	-0.002	-0.028	0.004	-0.022		
9.1	0.026	0.020	-0.006	0.001	-0.025	0.007	-0.019		
10.4	0.026	－	－	0.007	-0.019	0.009	-0.017		
11.7	0.026	－	－	0.012	-0.014	0.009	-0.017		
13.0	－	－	－	－	－	－	－		

－：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.3　振幅－対数減衰率近似曲線値(鉛直曲げ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

鉛直変位片振幅 (中央径間L/4点、(mm)) ＼ 風洞風速 (m/s)	0.00	0.78		0.84		1.01			
	δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$		
1.3	0.021	-0.002	-0.023	-	-	-	-		
2.6	0.020	0.001	-0.020	-	-	0.014	-0.006		
3.9	0.022	0.009	-0.013	-	-	0.018	-0.004		
5.2	0.023	0.010	-0.013	-	-	0.021	-0.002		
6.5	0.023	0.006	-0.017	-	-	0.023	0.000		
7.8	0.023	0.004	-0.019	-	-	0.024	0.001		
9.1	-	-	-	-	-	-	-		
10.4	-	-	-	-	-	-	-		
11.7	-	-	-	-	-	-	-		
13.0	-	-	-	-	-	-	-		

－：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.4　振幅－対数減衰率近似曲線値(鉛直曲げ逆対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

鉛直変位片振幅 (中央径間5L/8点、(mm)) ＼ 風洞風速 (m/s)	0.00	1.10		1.18		1.28			
	δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$		
1.3	0.017	-0.013	-0.030	-0.007	-0.024	0.017	-0.001		
2.6	0.018	-0.005	-0.023	-0.009	-0.027	0.017	-0.001		
3.9	0.022	0.000	-0.022	-0.008	-0.030	0.016	-0.006		
5.2	0.024	0.013	-0.011	-0.002	-0.026	0.019	-0.005		
6.5	0.025	0.038	0.013	0.016	-0.009	0.024	-0.001		
7.8	0.025	0.054	0.029	0.034	0.009	0.028	0.003		
9.1	0.025	0.050	0.025	0.046	0.021	0.029	0.005		
10.4	－	－	－	－	－	－	－		
11.7	－	－	－	－	－	－	－		
13.0	－	－	－	－	－	－	－		

－：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.5　振幅－対数減衰率近似曲線値(鉛直曲げ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

鉛直変位片振幅 (中央径間L/2点、(mm)) ＼ 風洞風速 (m/s)	0.00	1.47						
	δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$					
1.3	0.015	0.025	0.010					
2.6	0.017	0.028	0.012					
3.9	0.020	0.035	0.015					
5.2	0.022	0.040	0.018					
6.5	0.024	0.043	0.020					
7.8	0.024	0.045	0.021					
9.1	0.024	0.045	0.021					
10.4	0.024	0.045	0.021					
11.7	－	－	－					
13.0	－	－	－					

－：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.6　振幅－対数減衰率近似曲線値(鉛直曲げ対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

鉛直変位片振幅 (中央径間L/2点、(mm)) ＼ 風洞風速 (m/s)	0.00	1.96						
	δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$					
1.3	0.015	0.029	0.014					
2.6	0.016	0.029	0.014					
3.9	0.019	0.031	0.012					
5.2	0.019	0.031	0.012					
6.5	－	－	－					
7.8	－	－	－					
9.1	－	－	－					
10.4	－	－	－					
11.7	－	－	－					
13.0	－	－	－					

－：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.7　振幅－対数減衰率近似曲線値(鉛直曲げ逆対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

鉛直変位片振幅 (中央径間L/4点、(mm)) ＼ 風洞風速 (m/s)	0.00	1.65						
	δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$					
1.3	0.019	0.032	0.013					
2.6	0.019	0.035	0.016					
3.9	0.021	0.036	0.016					
5.2	0.021	0.038	0.017					
6.5	－	－	－					
7.8	－	－	－					
9.1	－	－	－					
10.4	－	－	－					
11.7	－	－	－					
13.0	－	－	－					

－：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.8　振幅－対数減衰率近似曲線値(鉛直曲げ逆対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

鉛直変位片振幅 (中央径間3L/16点、(mm)) ＼ 風洞風速 (m/s)	0.00	2.25						
	δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$					
1.3	0.015	0.028	0.013					
2.6	0.018	0.028	0.010					
3.9	0.020	0.029	0.009					
5.2	0.020	0.030	0.010					
6.5	－	－	－					
7.8	－	－	－					
9.1	－	－	－					
10.4	－	－	－					
11.7	－	－	－					
13.0	－	－	－					

－：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.9　振幅－対数減衰率近似曲線値(ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

ねじれ変位片振幅(中央径間L/2点、(deg.))	風洞風速(m/s)	0.00	0.77		0.84		0.94			
		δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$		
0.5		0.012	0.010	-0.002	-	-	-	-		
1.0		0.012	0.014	0.001	-0.008	-0.021	0.021	0.009		
1.5		0.014	0.016	0.002	-0.001	-0.015	0.015	0.001		
2.0		0.016	0.016	0.000	0.007	-0.010	0.014	-0.003		
2.5		0.018	0.016	-0.002	0.009	-0.009	0.013	-0.005		
3.0		0.018	0.016	-0.002	0.011	-0.008	0.014	-0.005		
3.5		0.018	-	-	-	-	0.014	-0.004		
4.0		-	-	-	-	-	-	-		
4.5		-	-	-	-	-	-	-		
5.0		-	-	-	-	-	-	-		

-：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.10　振幅－対数減衰率近似曲線値(ねじれ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

ねじれ変位片振幅 (中央径間L/4点、(deg.))	風洞風速 (m/s)	0.00	0.94		1.01		1.10			
		δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$		
0.5		0.013	0.006	-0.007	-	-	0.008	-0.005		
1.0		0.012	0.008	-0.004	-	-	0.010	-0.003		
1.5		0.015	0.014	-0.001	-	-	0.012	-0.003		
2.0		0.016	0.016	0.000	0.009	-0.007	0.014	-0.002		
2.5		-	-	-	-	-	-	-		
3.0		-	-	-	-	-	-	-		
3.5		-	-	-	-	-	-	-		
4.0		-	-	-	-	-	-	-		
4.5		-	-	-	-	-	-	-		
5.0		-	-	-	-	-	-	-		

-：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.11　振幅－対数減衰率近似曲線値(側径間ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

ねじれ変位片振幅 (側径間L/2点、(deg.))	風洞風速 (m/s)	0.00	1.38							
		δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$						
0.5		0.011	-0.006	-0.017						
1.0		0.013	-0.001	-0.014						
1.5		-	-	-						
2.0		-	-	-						
2.5		-	-	-						
3.0		-	-	-						
3.5		-	-	-						
4.0		-	-	-						
4.5		-	-	-						
5.0		-	-	-						

-：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.12　振幅－対数減衰率近似曲線値(ねじれ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

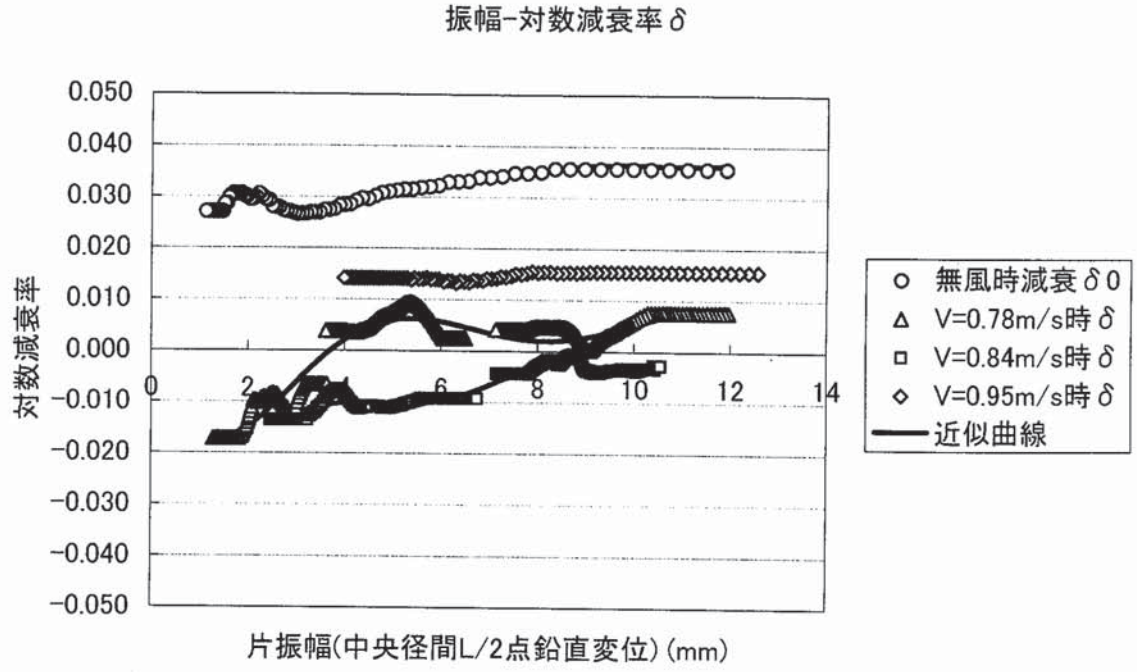
ねじれ変位片振幅 (中央径間L/2点、(deg.))	風洞風速 (m/s)	0.00	1.46		1.56					
		δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$				
0.5		0.019	0.007	-0.012	0.007	-0.012				
1.0		0.020	0.012	-0.008	0.009	-0.011				
1.5		0.017	0.009	-0.009	0.013	-0.004				
2.0		-	-	-	-	-				
2.5		-	-	-	-	-				
3.0		-	-	-	-	-				
3.5		-	-	-	-	-				
4.0		-	-	-	-	-				
4.5		-	-	-	-	-				
5.0		-	-	-	-	-				

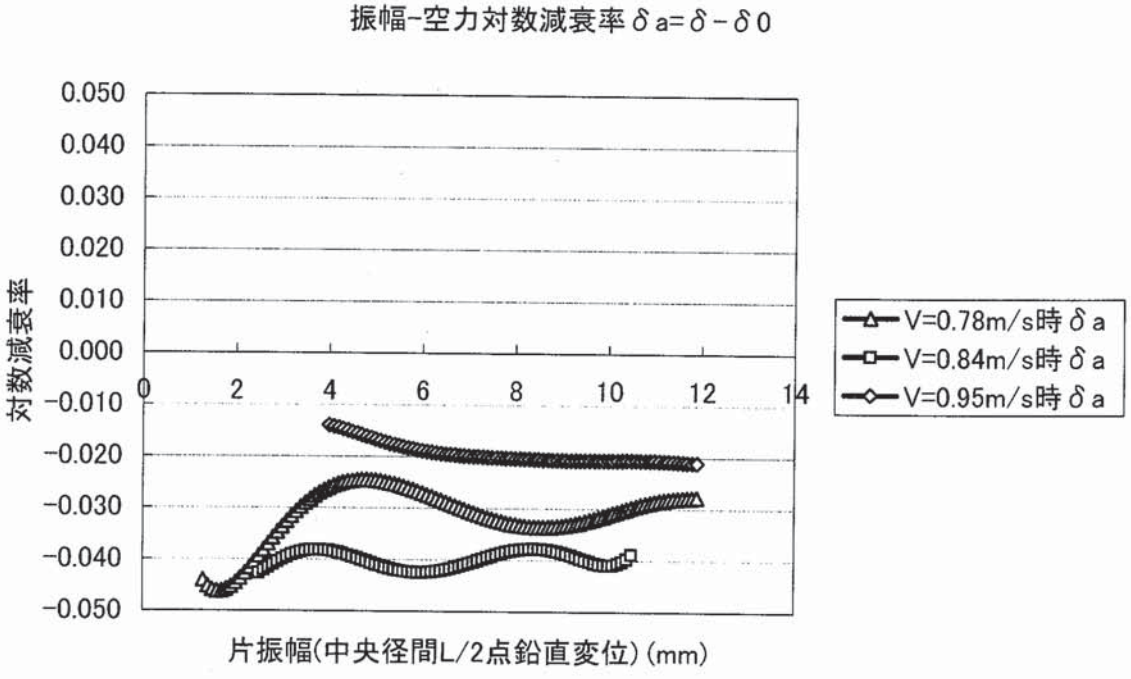
-：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。

表C2.5.13　振幅－対数減衰率近似曲線値(ねじれ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　基本系

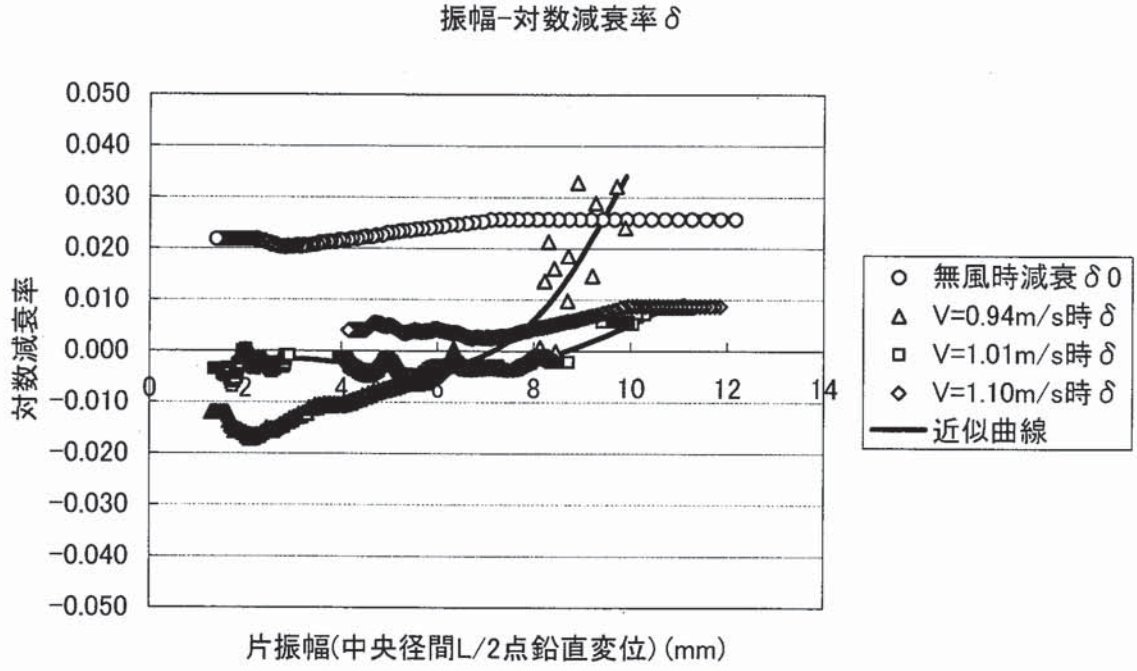
ねじれ変位片振幅 (中央径間L/2点、(deg.))	風洞風速 (m/s)	0.00	2.25		2.36		2.49		2.58	
		δ_0	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$	δ	$\delta_a=\delta-\delta_0$
0.5		0.011	0.011	-0.001	0.007	-0.004	-	-	0.007	-0.004
1.0		0.008	-	-	0.002	-0.006	0.006	-0.002	0.013	0.005
1.5		0.009	-	-	0.003	-0.006	0.007	-0.002	0.012	0.003
2.0		0.010	-	-	-	-	0.008	-0.002	0.013	0.002
2.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0		-	-	-	-	-	-	-	-	-

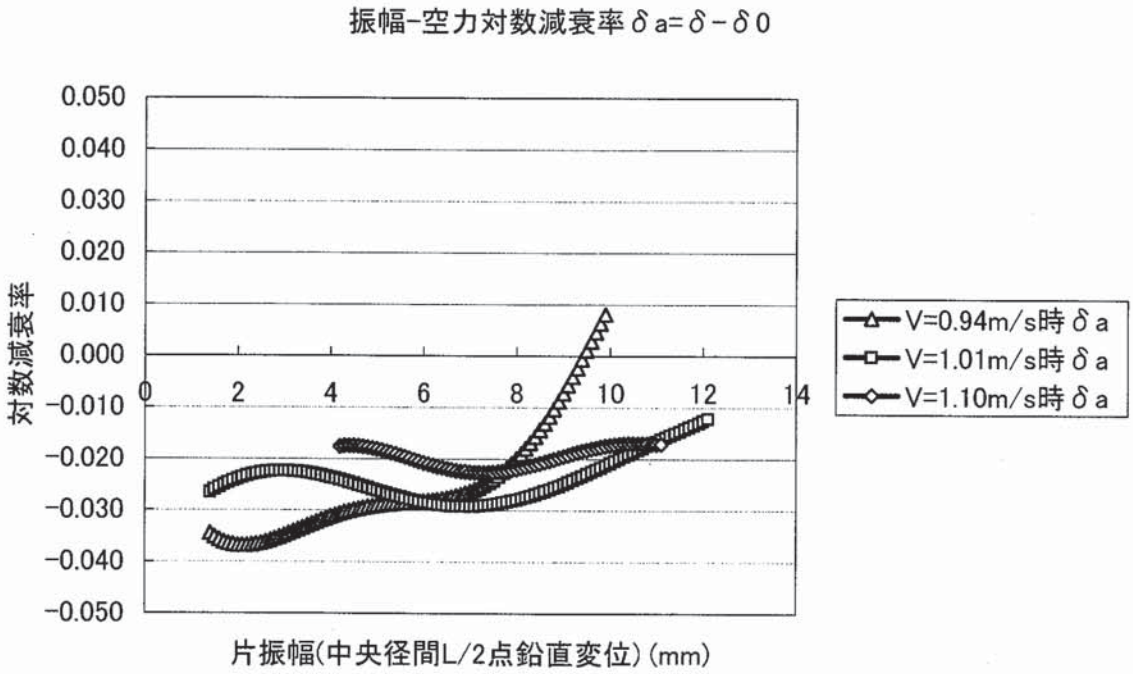
-：計測していないまたは近似範囲外であることを示す。



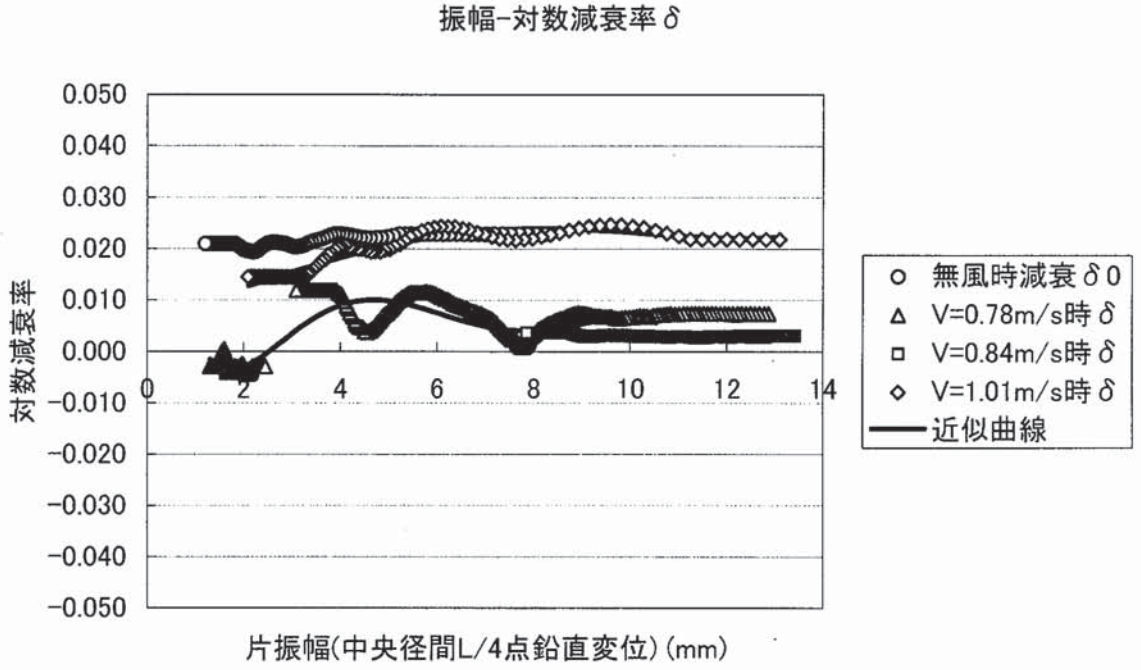


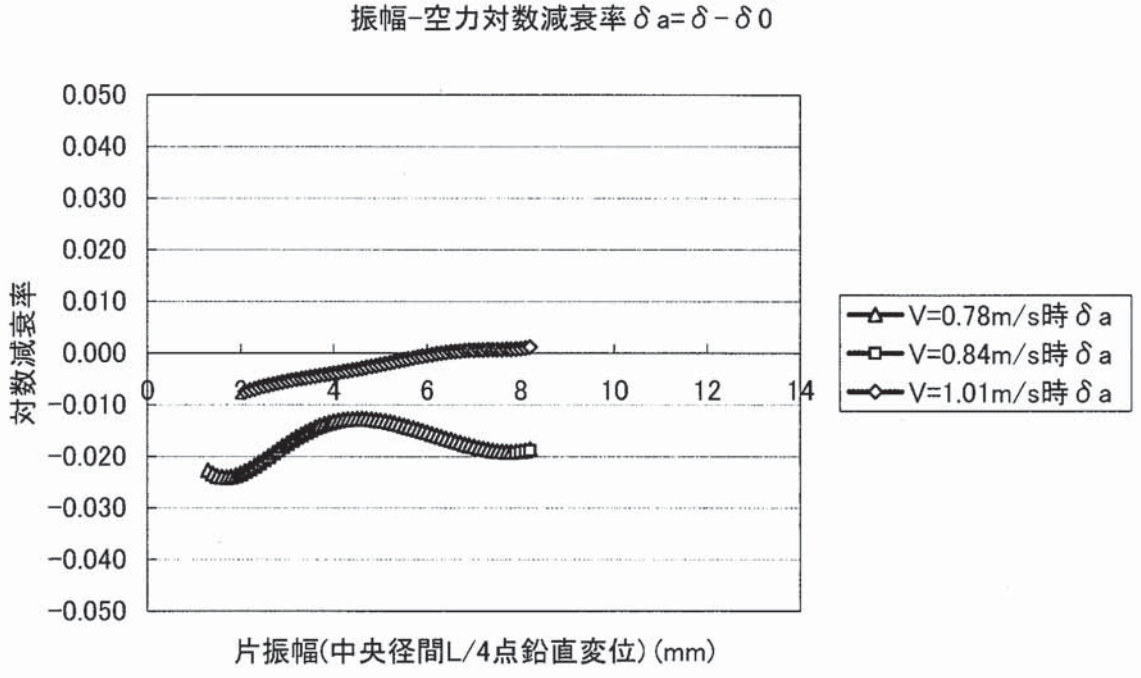
図C2.5.1　振幅－対数減衰率(鉛直曲げ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



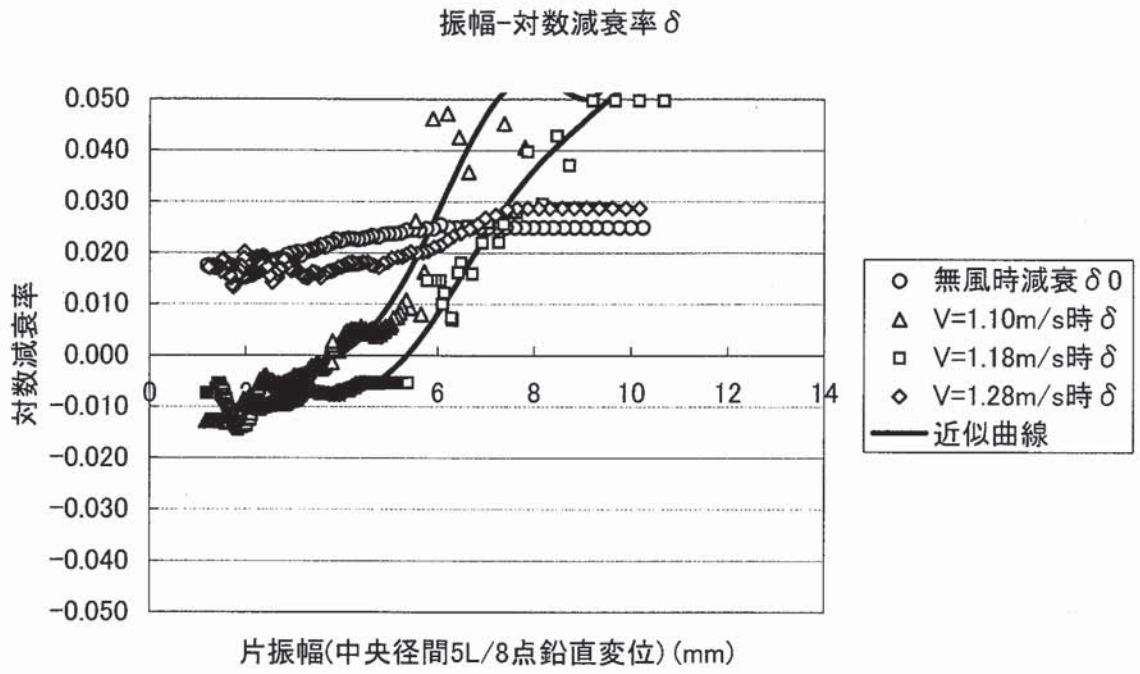


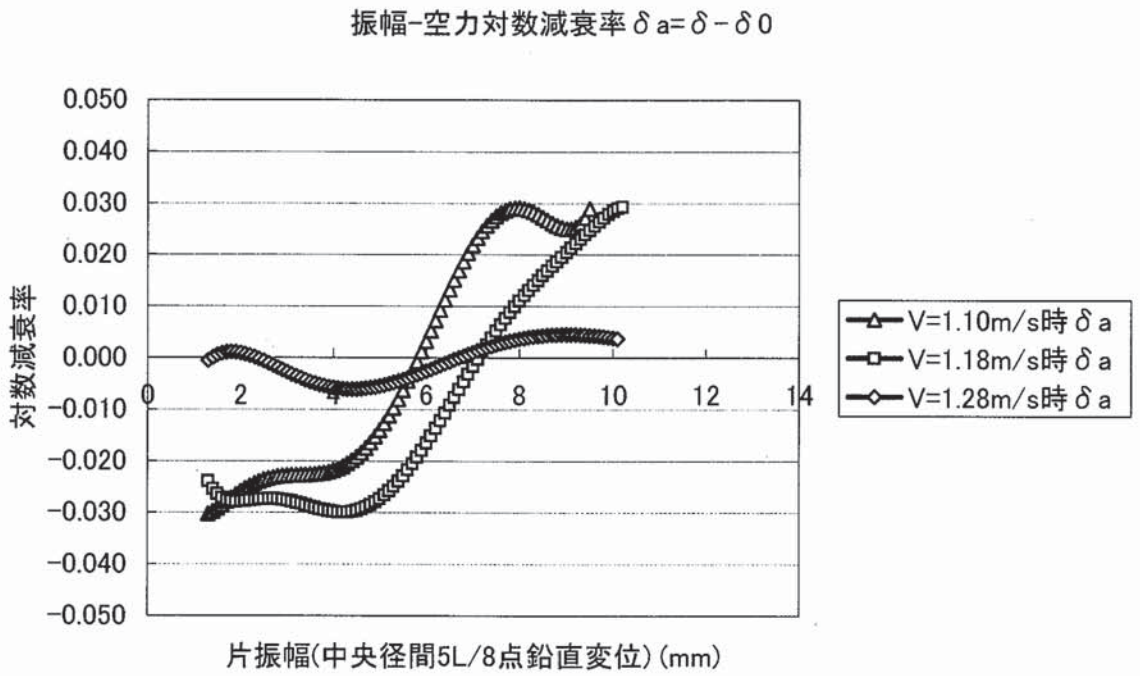
図C2.5.2　振幅－対数減衰率(鉛直曲げ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



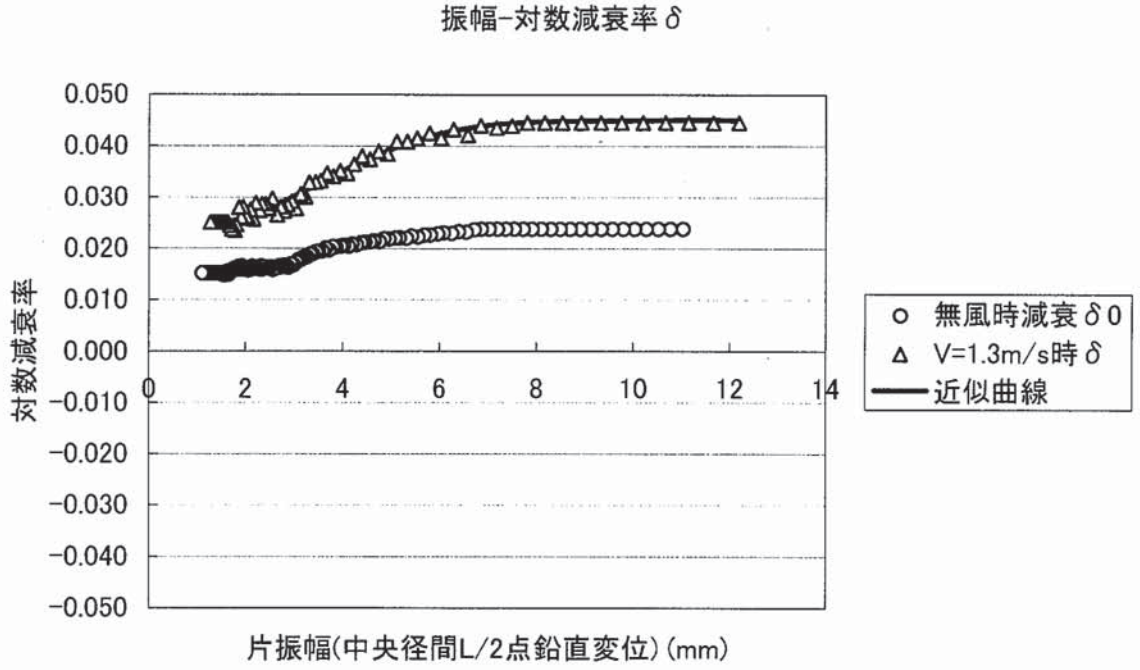


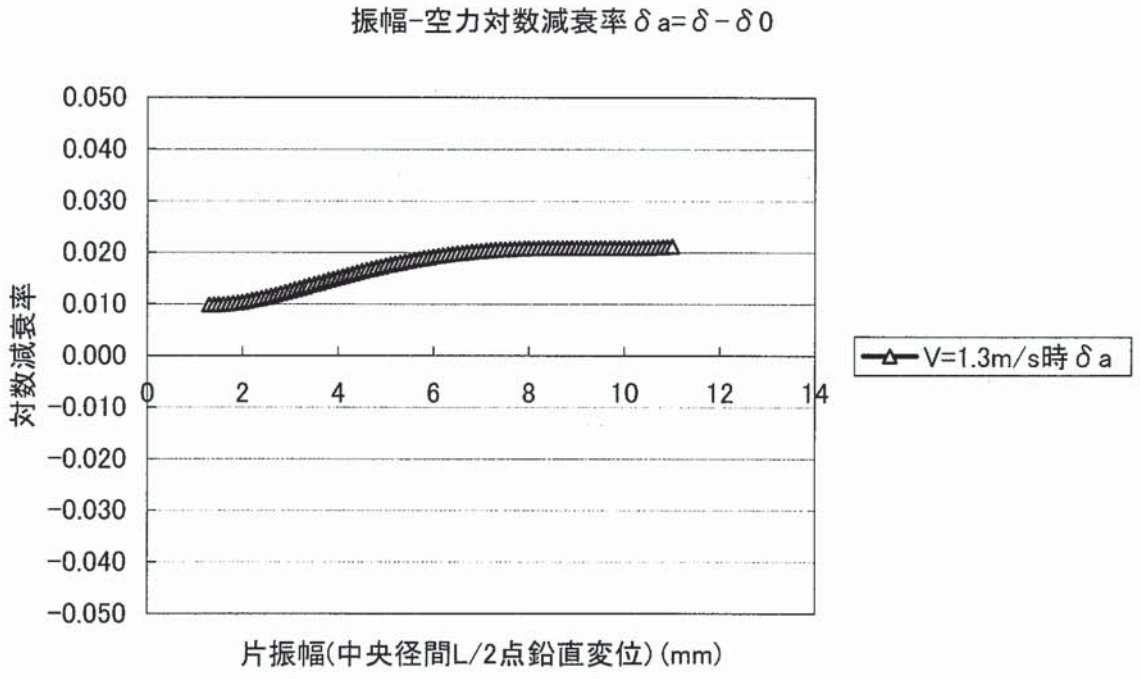
図C2.5.3　振幅－対数減衰率(鉛直曲げ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



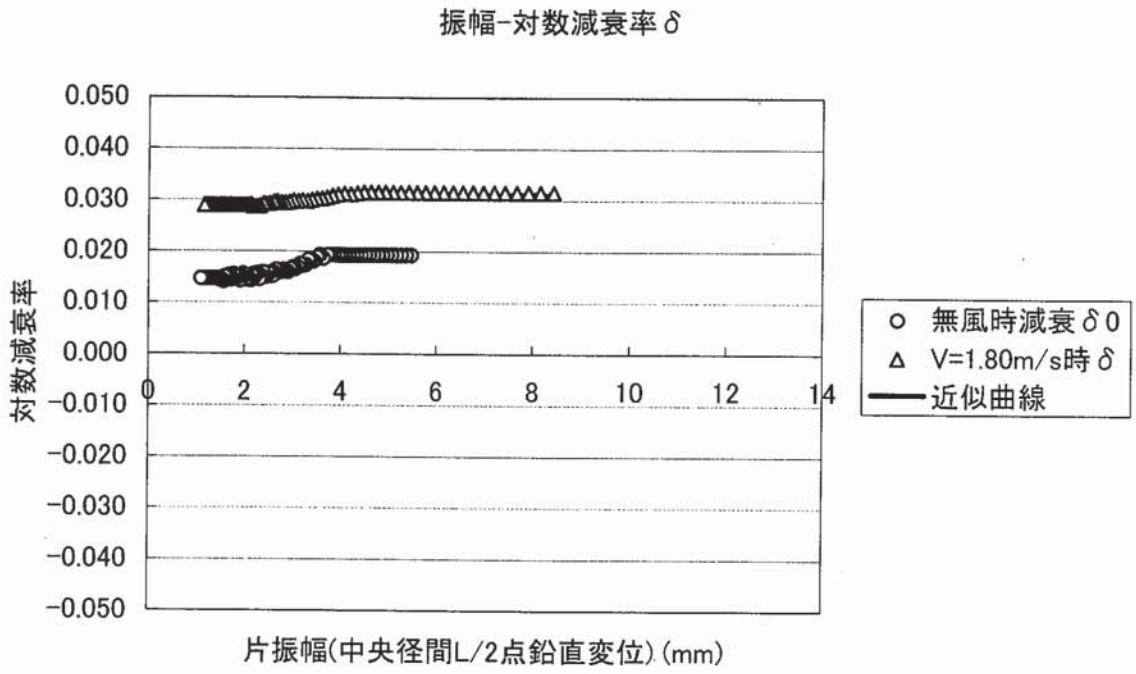


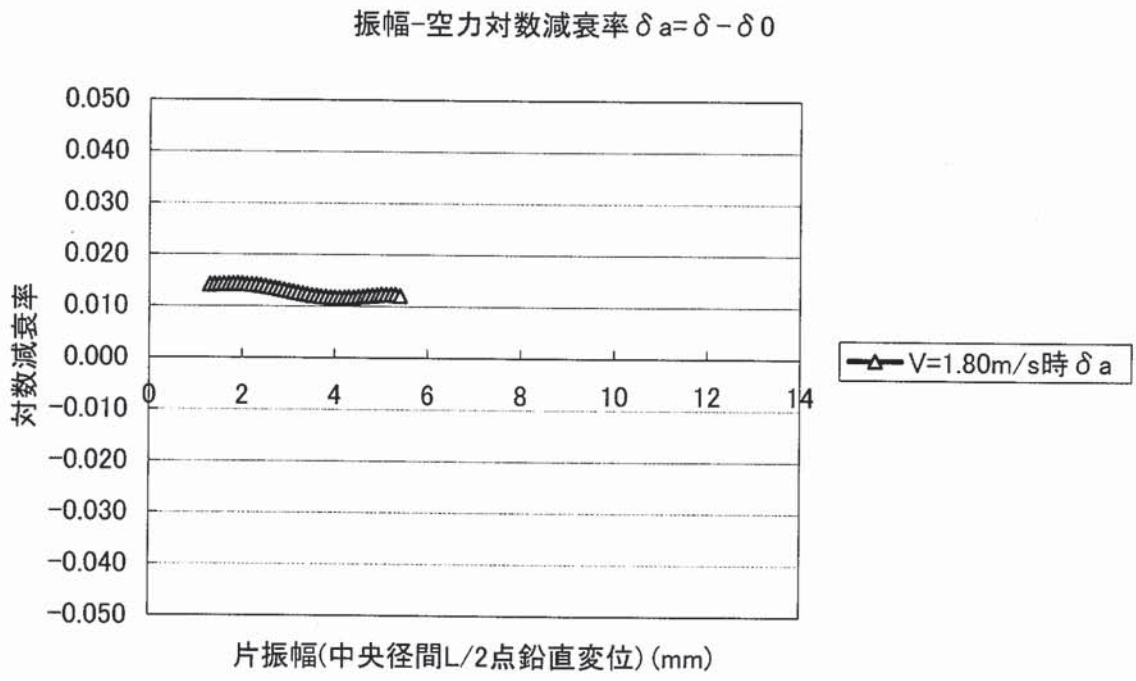
図C2.5.4　振幅－対数減衰率(鉛直曲げ逆対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



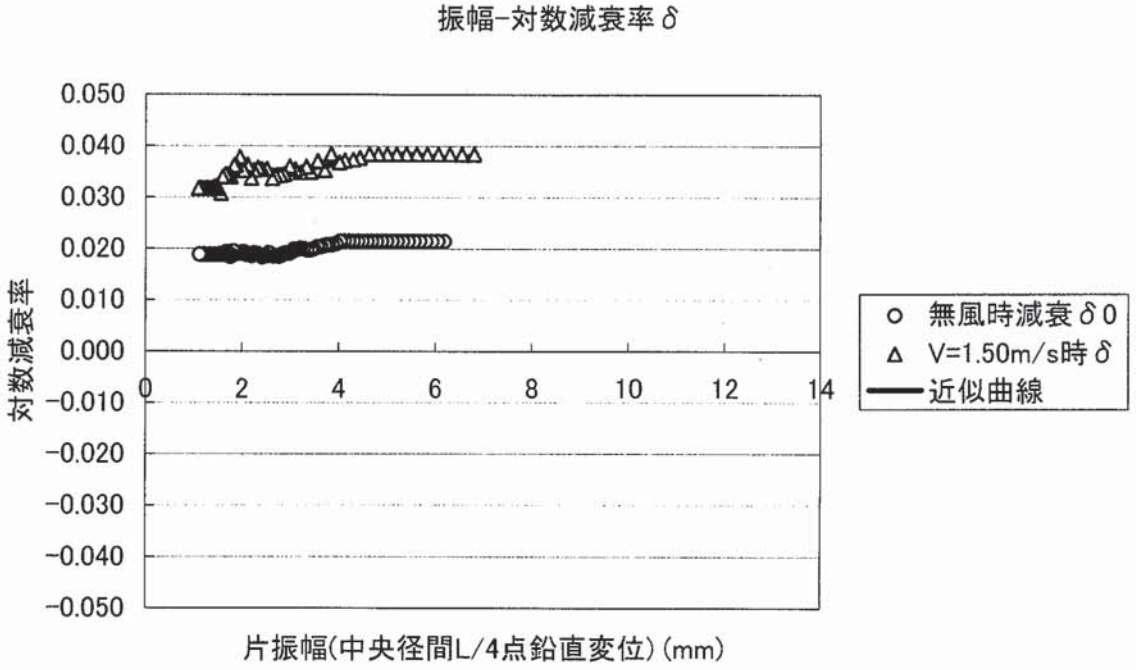


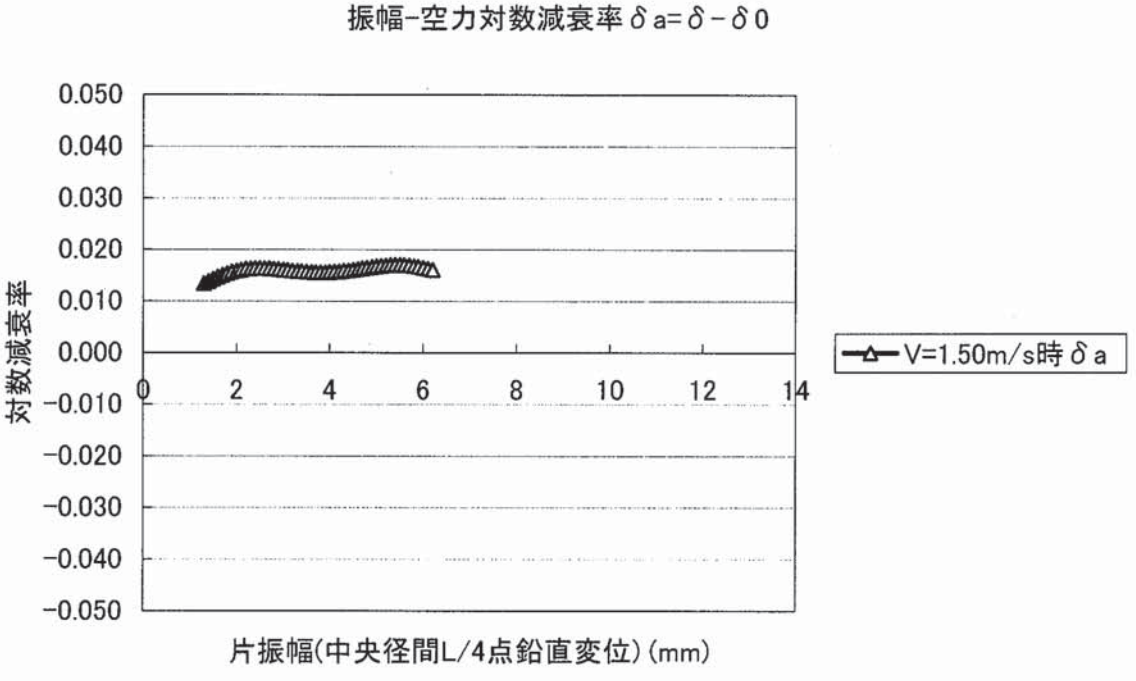
図C2.5.5　振幅－対数減衰率(鉛直曲げ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



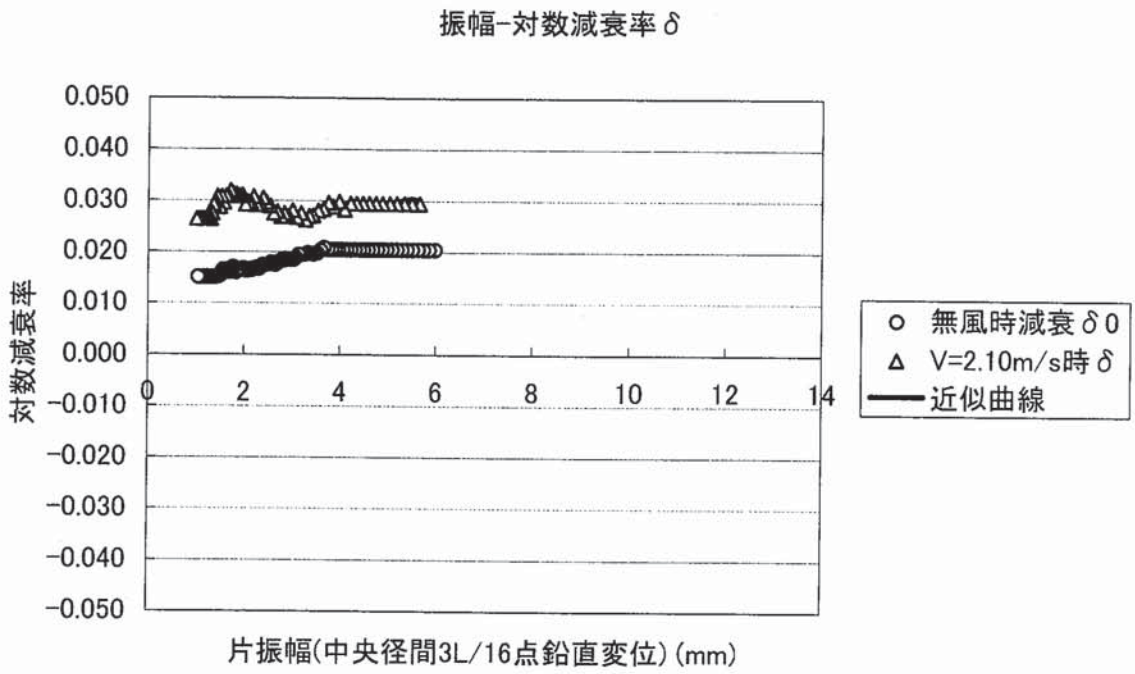


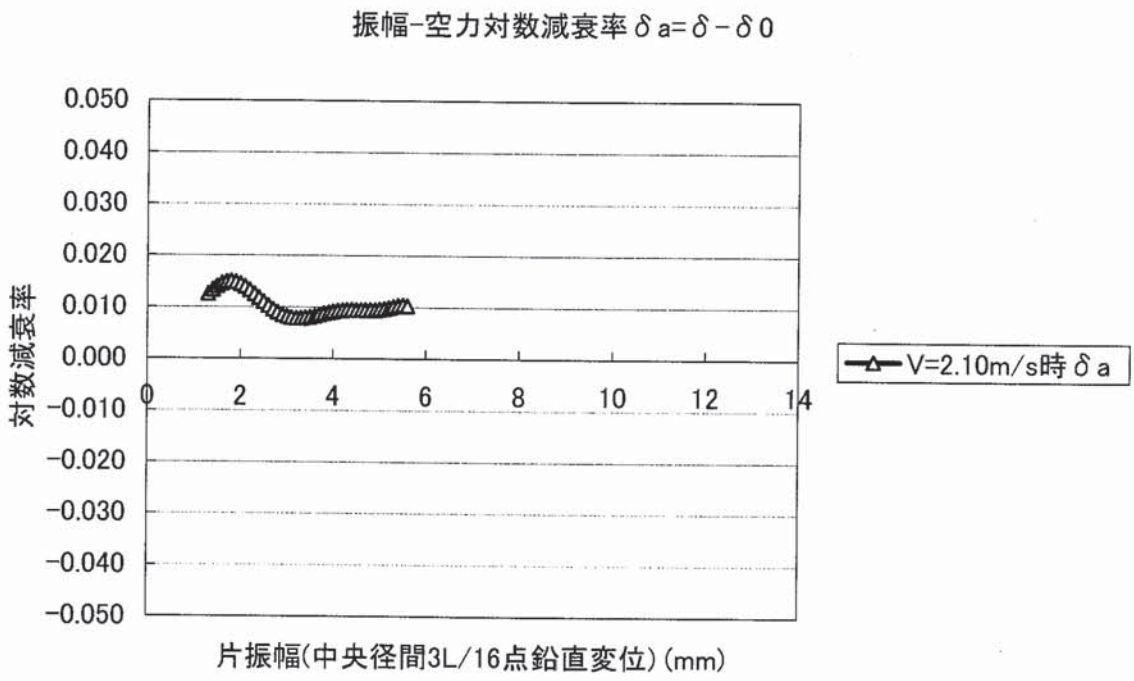
図C2.5.6　振幅－対数減衰率(鉛直曲げ対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



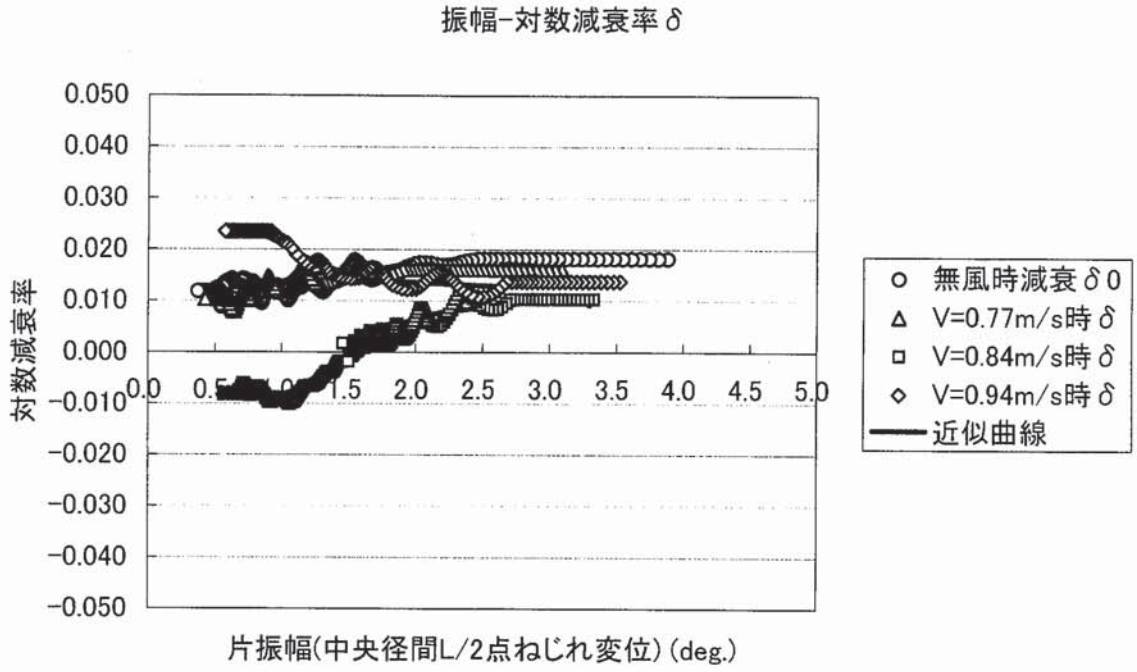


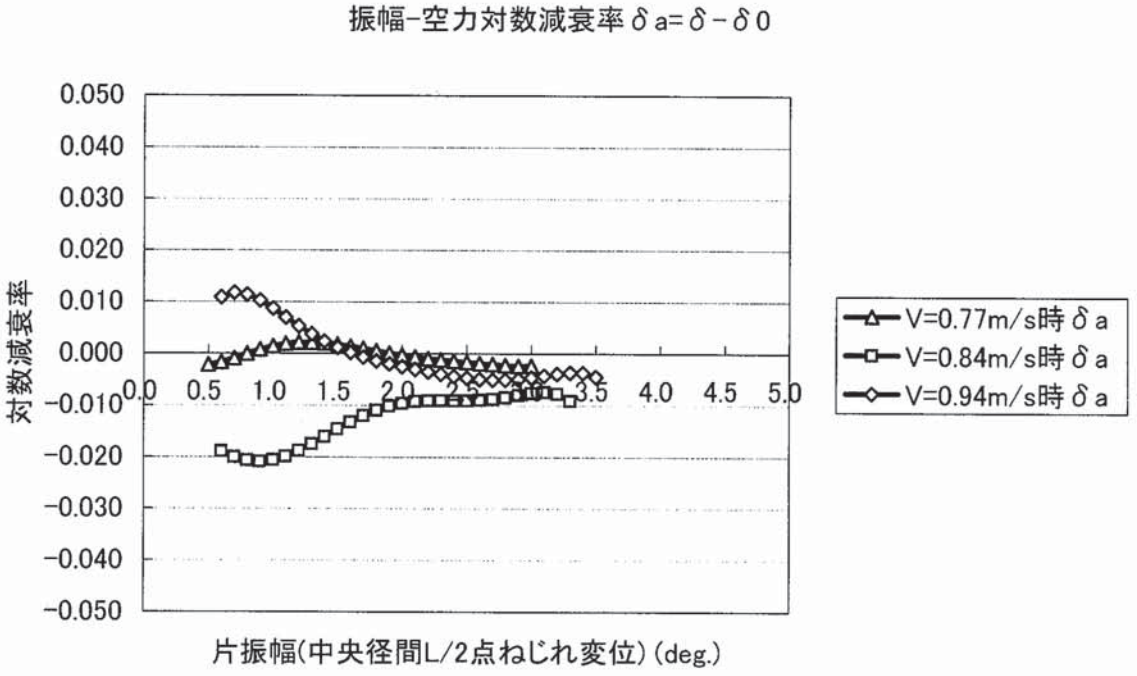
図C2.5.7　振幅－対数減衰率(鉛直曲げ逆対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



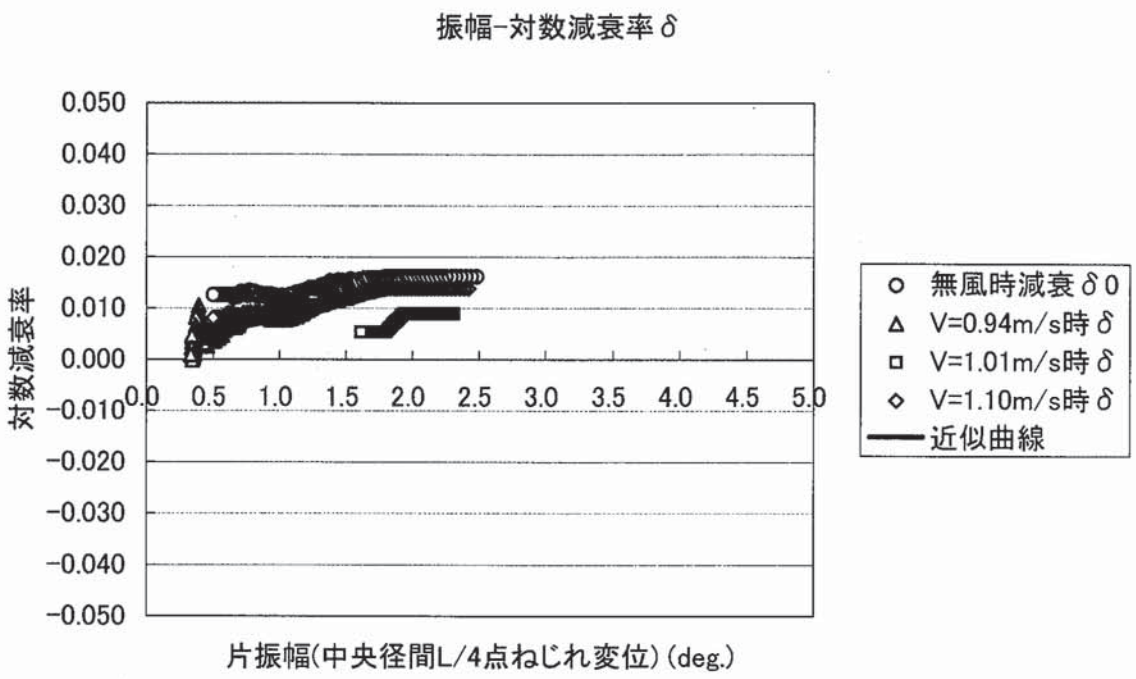


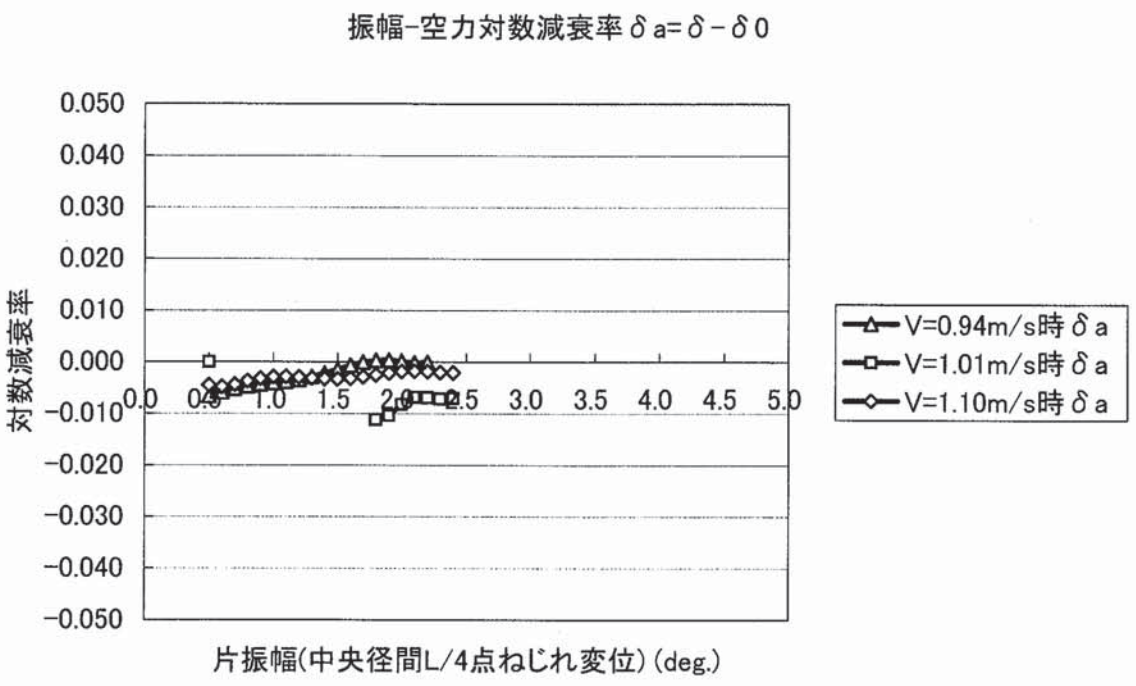
図C2.5.8　振幅－対数減衰率(鉛直曲げ逆対称4次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



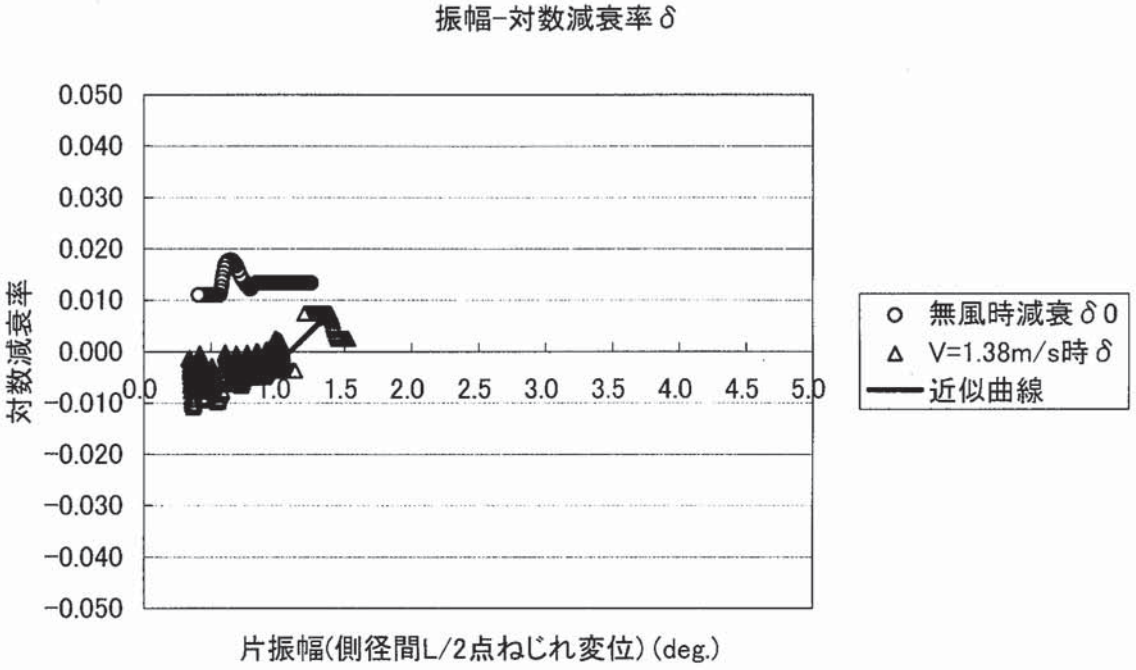


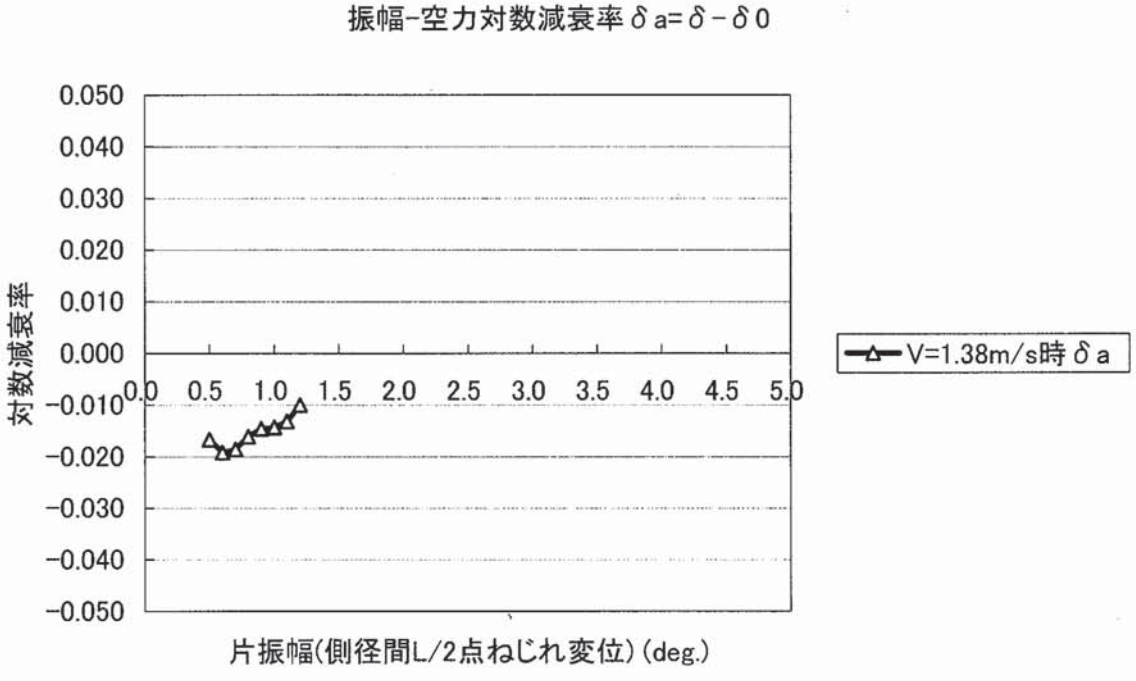
図C2.5.9　振幅－対数減衰率(ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



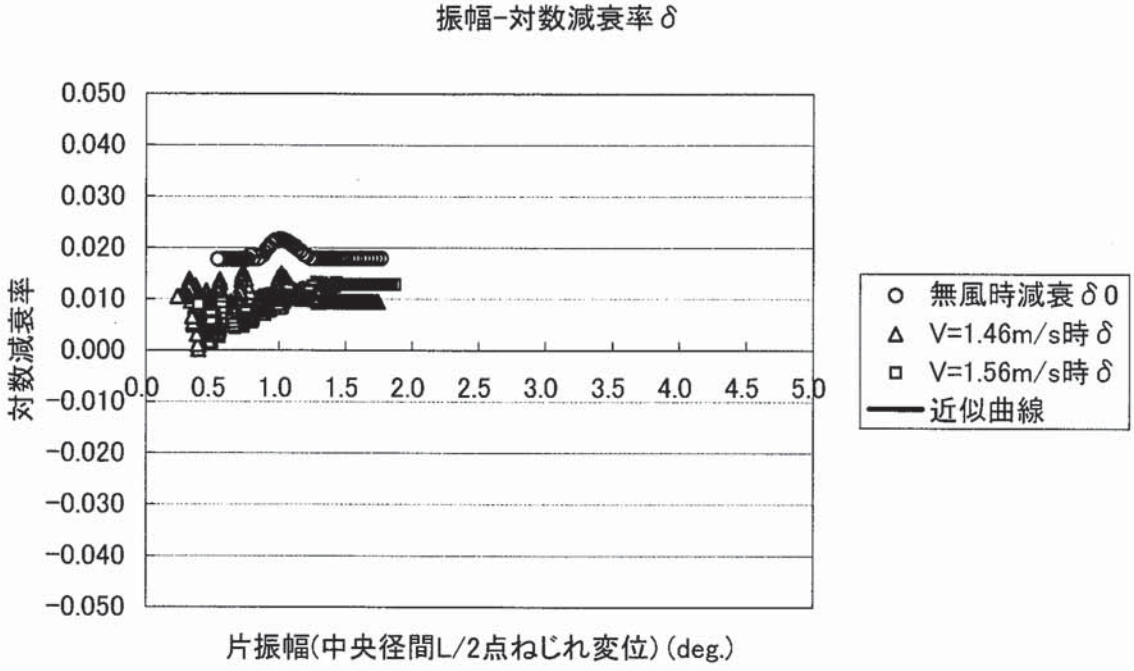


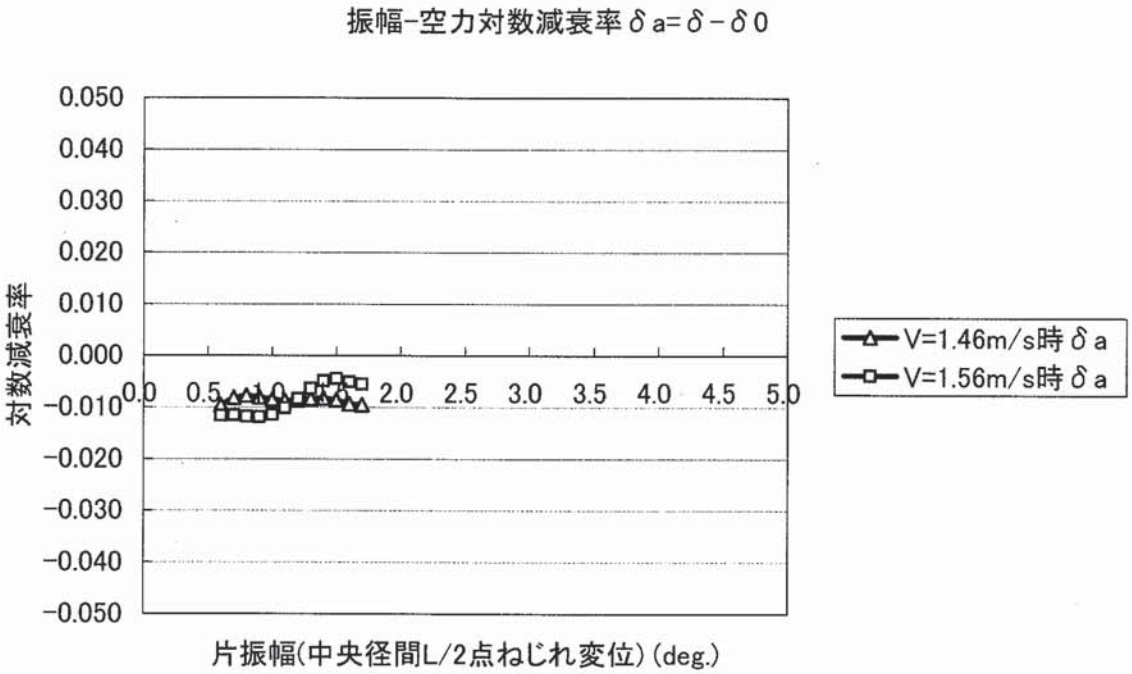
図C2.5.10　振幅－対数減衰率(ねじれ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系



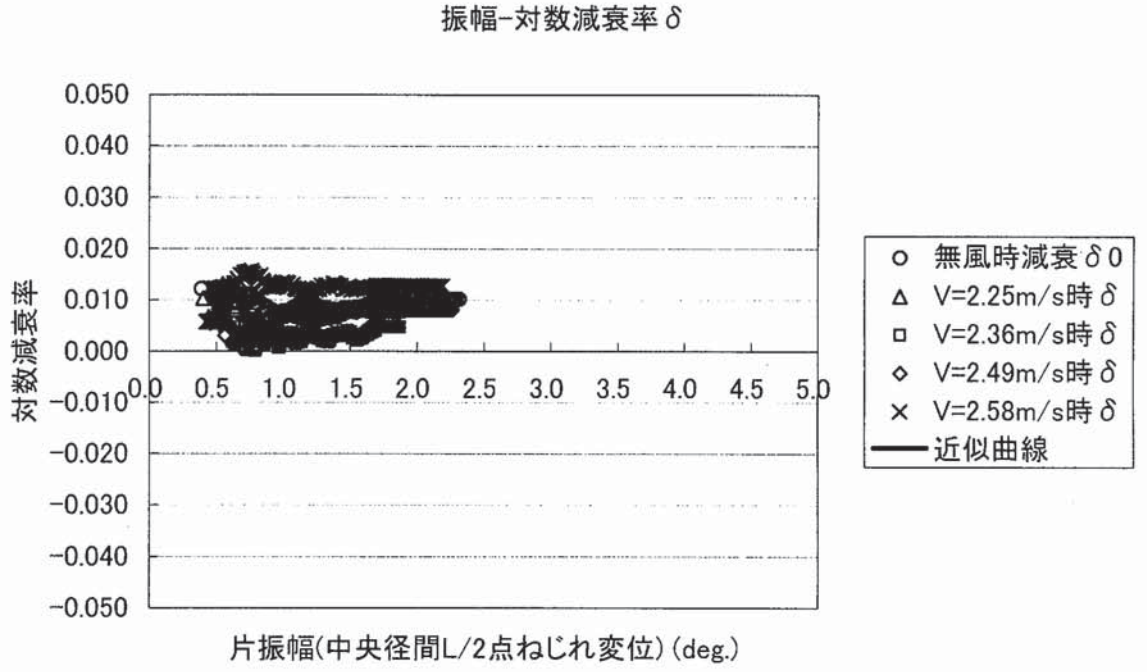


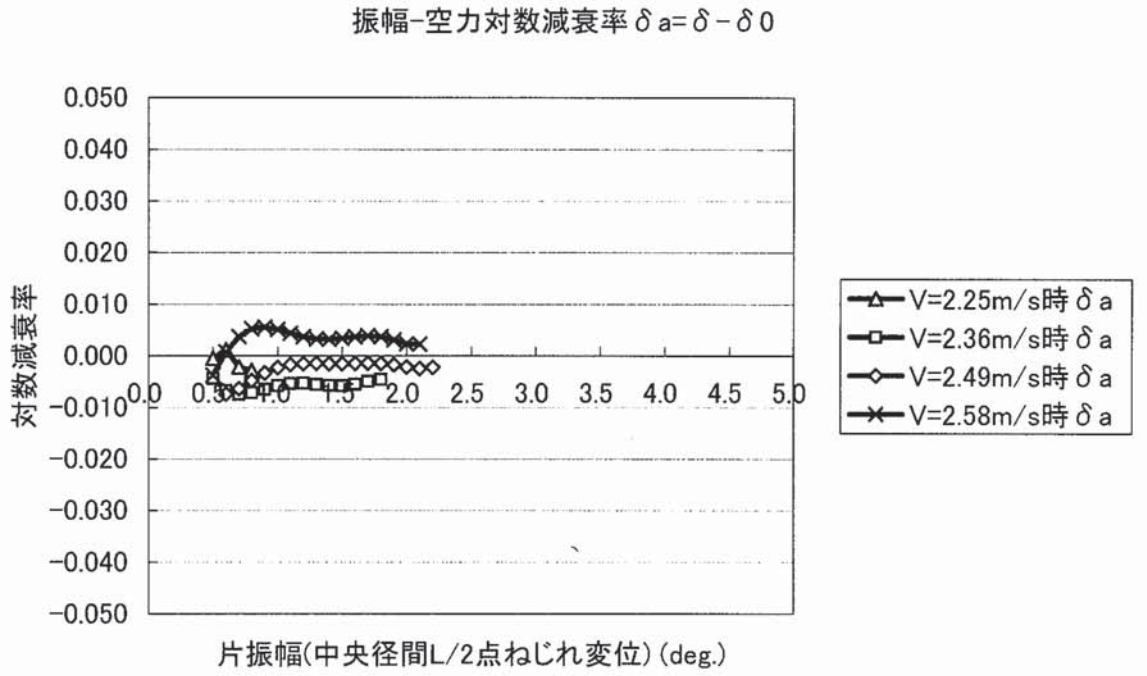
図C2.5.11　振幅－対数減衰率(側径間ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系





図C2.5.12　振幅－対数減衰率(ねじれ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系





図C2.5.13　振幅－対数減衰率(ねじれ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

表C2.5.14　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ対称1次)
(模型実振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ対称1次				
風洞風速V=	0.78m/s	0.84m/s	0.95m/s	
V/(fB)=	4.57	4.96	5.59	
近似片振幅範囲 η0=	11.9-1.3mm	10.5-2.5mm	11.9-4.0mm	
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	4.8456E-08	4.8456E-08	4.8456E-08	
7	-2.7774E-06	-2.8535E-06	-2.8535E-06	
6	6.8131E-05	7.6954E-05	7.0716E-05	
5	-9.3686E-04	-1.1845E-03	-9.5464E-04	
4	7.8904E-03	1.0933E-02	7.5716E-03	
3	-4.1149E-02	-6.0145E-02	-3.5291E-02	
2	1.2522E-01	1.8825E-01	9.0402E-02	
1	-1.8841E-01	-3.0038E-01	-1.0666E-01	
0	6.0350E-02	1.4295E-01	1.7995E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta (mm) 注2)			
0.005	↑11.9	↑10.5	↑11.9	
0.010	↑11.9	↑10.5	↑11.9	
0.015	↑11.9	↑10.5	↑11.9	
0.020	↑11.9	↑10.5	↑11.9	
0.025	↑11.9	↑10.5	↓4.0	
0.030	10.4	↑10.5	↓4.0	
0.035	2.9	↑10.5	↓4.0	
0.040	2.4	10.3	↓4.0	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\eta_0\hat{}k)$, η_0：模型中央径間L/2点鉛直変位片振幅(mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\eta_0>0$となる振幅

表C2.5.15　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ対称2次)
(模型実振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ対称2次				
風洞風速V=	0.94m/s	1.01m/s	1.10m/s	
V/(fB)=	3.31	3.59	3.90	
近似片振幅範囲 η0=	9.9-1.4mm	12.1-1.4mm	11.1-4.2mm	
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
6	-8.4096E-07	3.3234E-07	1.7131E-06	
5	1.4995E-05	-1.3350E-05	-7.1217E-05	
4	4.2930E-05	1.9063E-04	1.1336E-03	
3	-2.2379E-03	-1.0548E-03	-8.5195E-03	
2	1.5489E-02	9.6570E-04	2.9510E-02	
1	-3.8385E-02	6.9670E-03	-3.4573E-02	
0	-5.1412E-03	-3.5899E-02	-3.0836E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta (mm) 注2)			
0.005	9.1	↑12.1	↑11.1	
0.010	8.8	↑12.1	↑11.1	
0.015	8.4	11.4	↑11.1	
0.020	8.0	10.2	8.8	
0.025	7.3	9.0	↓4.2	
0.030	4.4	↓1.4	↓4.2	
0.035	2.9	↓1.4	↓4.2	
0.040	↓1.4	↓1.4	↓4.2	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta a=\Sigma ak\cdot(\eta 0\hat{}k)$, η0：模型中央径間L/2点鉛直変位片振幅(mm)
注2)定常振幅：$\delta a+\delta s=0$ かつ $d\delta a/d\eta 0>0$となる振幅

表C2.5.16　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ逆対称1次)
(模型実振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ逆対称1次				
風洞風速V=	0.78m/s	0.84m/s	1.01m/s	
V/(fB)=	4.32	4.70	5.64	
近似片振幅範囲 η0=	8.2-1.3mm	8.2-7.9mm	8.2-2.1mm	
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
6	3.9142E-06	-6.3303E-06	2.2564E-06	
5	-1.3245E-04	4.9989E-04	-5.8621E-05	
4	1.8474E-03	-1.4472E-02	5.7195E-04	
3	-1.3246E-02	2.1213E-01	-2.5507E-03	
2	4.9201E-02	-1.7058E+00	4.6952E-03	
1	-8.3146E-02	7.2124E+00	1.1167E-03	
0	2.6563E-02	-1.2598E+01	-1.5896E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta (mm) 注2)			
0.005	↑8.2	↑8.2	3.3	
0.010	↑8.2	↑8.2	↓2.1	
0.015	5.9	↑8.2	↓2.1	
0.020	2.6	↓7.9	↓2.1	
0.025	↓1.3	↓7.9	↓2.1	
0.030	↓1.3	↓7.9	↓2.1	
0.035	↓1.3	↓7.9	↓2.1	
0.040	↓1.3	↓7.9	↓2.1	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\eta_0\hat{}k)$, η0：模型中央径間L/4点鉛直変位片振幅(mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\eta_0>0$となる振幅

表C2.5.17　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ逆対称2次)
(模型実振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ逆対称2次				
風洞風速V=	1.10m/s	1.18m/s	1.28m/s	
V/(fB)=	2.85	3.08	3.34	
近似片振幅範囲 η0=	9.5-1.3mm	10.2-1.3mm	10.1-1.3mm	
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	-1.9153E-06	0.0000E+00	
6	1.5133E-05	8.1699E-05	-1.0519E-06	
5	-4.4663E-04	-1.4125E-03	4.6853E-05	
4	4.9636E-03	1.2652E-02	-8.2166E-04	
3	-2.5941E-02	-6.2435E-02	7.0508E-03	
2	6.6251E-02	1.6868E-01	-2.9865E-02	
1	-7.3728E-02	-2.3167E-01	5.5875E-02	
0	-2.0227E-03	9.8055E-02	-3.6065E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta (mm) 注2)			
0.005	5.6	6.8	3.6	
0.010	5.3	6.4	↓1.3	
0.015	4.9	6.1	↓1.3	
0.020	4.4	5.7	↓1.3	
0.025	2.2	5.3	↓1.3	
0.030	1.5	4.2	↓1.3	
0.035	↓1.3	↓1.3	↓1.3	
0.040	↓1.3	↓1.3	↓1.3	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\eta_0\hat{}\,k)$, η_0：模型中央径間5L/8点鉛直変位片振幅(mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\eta_0>0$となる振幅

表C2.5.18　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ対称3次)
(模型実振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ対称3次				
風洞風速V=	1.47m/s			
V/(fB)=	2.98			
近似片振幅範囲 η0=	11.0-1.3mm			
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00			
7	0.0000E+00			
6	8.7578E-08			
5	-3.7936E-06			
4	7.1854E-05			
3	-7.3293E-04			
2	3.8327E-03			
1	-7.0133E-03			
0	1.3910E-02			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta (mm) 注2)			
0.005	↓1.3			
0.010	↓1.3			
0.015	↓1.3			
0.020	↓1.3			
0.025	↓1.3			
0.030	↓1.3			
0.035	↓1.3			
0.040	↓1.3			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\eta_0\hat{}k)$, η0：模型中央径間L/2点鉛直変位片振幅(mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\eta_0>0$となる振幅

表C2.5.19　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ対称4次)
(模型実振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ対称4次				
風洞風速V=	1.96m/s			
V/(fB)=	2.80			
近似片振幅範囲 η0=	5.4-1.3mm			
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00			
7	0.0000E+00			
6	-2.5781E-06			
5	-1.9375E-05			
4	6.6500E-04			
3	-4.2297E-03			
2	1.0500E-02			
1	-1.0864E-02			
0	1.7992E-02			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta (mm) 注2)			
0.005	↓1.3			
0.010	↓1.3			
0.015	↓1.3			
0.020	↓1.3			
0.025	↓1.3			
0.030	↓1.3			
0.035	↓1.3			
0.040	↓1.3			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\eta_0\hat{}k)$, η0：模型中央径間L/2点鉛直変位片振幅(mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\eta_0>0$となる振幅

表C2.5.20　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ逆対称3次)
(模型実振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ逆対称3次				
風洞風速V=	1.65m/s			
V/(fB)=	2.79			
近似片振幅範囲 η0=	6.2-1.3mm			
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00			
7	0.0000E+00			
6	1.8406E-05			
5	-4.2529E-04			
4	3.7779E-03			
3	-1.6102E-02			
2	3.3143E-02			
1	-2.7652E-02			
0	1.9440E-02			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta (mm) 注2)			
0.005	↓1.3			
0.010	↓1.3			
0.015	↓1.3			
0.020	↓1.3			
0.025	↓1.3			
0.030	↓1.3			
0.035	↓1.3			
0.040	↓1.3			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta a=\Sigma ak\cdot(\eta 0\hat{}k)$, η0：模型中央径間L/4点鉛直変位片振幅(mm)
注2)定常振幅：$\delta a+\delta s=0$ かつ $d\delta a/d\eta 0>0$となる振幅

表C2.5.21　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ逆対称4次)
(模型実振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ逆対称4次				
風洞風速V=	2.25m/s			
V/(fB)=	2.78			
近似片振幅範囲 η0=	6.0-1.3mm			
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00			
7	-1.0864E-04			
6	2.6318E-03			
5	-2.6158E-02			
4	1.3697E-01			
3	-4.0300E-01			
2	6.5615E-01			
1	-5.4002E-01			
0	1.8500E-01			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta (mm) 注2)			
0.005	↓1.3			
0.010	↓1.3			
0.015	↓1.3			
0.020	↓1.3			
0.025	↓1.3			
0.030	↓1.3			
0.035	↓1.3			
0.040	↓1.3			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\eta_0\hat{}k)$, η_0：模型中央径間3L/16点鉛直変位片振幅(mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\eta_0>0$となる振幅

表C2.5.22　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ対称1次)
(無次元振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ対称1次				
風洞風速V=	0.78m/s	0.84m/s	0.95m/s	
V/(fB)=	4.57	4.96	5.59	
近似片振幅範囲 η0/B=	0.046-0.005	0.041-0.010	0.046-0.015	
次数k	近似曲線係数ak' 注1)			
8	9.5423E+11	9.5423E+11	9.5423E+11	
7	-2.1191E+11	-2.1772E+11	-2.1772E+11	
6	2.0141E+10	2.2749E+10	2.0905E+10	
5	-1.0730E+09	-1.3567E+09	-1.0934E+09	
4	3.5015E+07	4.8516E+07	3.3600E+07	
3	-7.0750E+05	-1.0341E+06	-6.0678E+05	
2	8.3413E+03	1.2541E+04	6.0222E+03	
1	-4.8628E+01	-7.7527E+01	-2.7528E+01	
0	6.0350E-02	1.4295E-01	1.7995E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta/B 注2)			
0.005	↑0.046	↑0.041	↑0.046	
0.010	↑0.046	↑0.041	↑0.046	
0.015	↑0.046	↑0.041	↑0.046	
0.020	↑0.046	↑0.041	↑0.046	
0.025	↑0.046	↑0.041	↓0.015	
0.030	0.040	↑0.041	↓0.015	
0.035	0.011	↑0.041	↓0.015	
0.040	0.009	0.040	↓0.015	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k'((\eta_0/B)^k)$、η0：中央径間L/2点鉛直変位片振幅(mm)
B：桁幅 (模型値B=258.1mm、実橋値B=32260mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d(\eta_0/B)>0$となる振幅

表C2.5.23　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ対称2次)
(無次元振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ対称2次				
風洞風速V=	0.94m/s	1.01m/s	1.10m/s	
V/(fB)=	3.31	3.59	3.90	
近似片振幅範囲 η0/B=	0.038-0.005	0.047-0.005	0.043-0.016	
次数k	近似曲線係数ak' 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
6	-2.4860E+08	9.8245E+07	5.0643E+08	
5	1.7174E+07	-1.5291E+07	-8.1569E+07	
4	1.9051E+05	8.4595E+05	5.0306E+06	
3	-3.8478E+04	-1.8135E+04	-1.4648E+05	
2	1.0318E+03	6.4331E+01	1.9658E+03	
1	-9.9072E+00	1.7982E+00	-8.9232E+00	
0	-5.1412E-03	-3.5899E-02	-3.0836E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta/B 注2)			
0.005	0.035	↑0.047	↑0.043	
0.010	0.034	↑0.047	↑0.043	
0.015	0.033	0.044	↑0.043	
0.020	0.031	0.040	0.034	
0.025	0.028	0.035	↓0.016	
0.030	0.017	↓0.005	↓0.016	
0.035	0.011	↓0.005	↓0.016	
0.040	↓0.005	↓0.005	↓0.016	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k'((\eta_0/B)^k)$、$\eta_0$：中央径間L/2点鉛直変位片振幅(mm)
B：桁幅 (模型値B=258.1mm、実橋値B=32260mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d(\eta_0/B)>0$となる振幅

表C2.5.24　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ逆対称1次)
(無次元振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ逆対称1次				
風洞風速V=	0.78m/s	0.84m/s	1.01m/s	
V/(fB)=	4.32	4.70	5.64	
近似片振幅範囲 η0/B=	0.032-0.005	0.032-0.031	0.032-0.008	
次数k	近似曲線係数ak' 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
6	1.1571E+09	-1.8713E+09	6.6703E+08	
5	-1.5171E+08	5.7255E+08	-6.7142E+07	
4	8.1981E+06	-6.4223E+07	2.5381E+06	
3	-2.2775E+05	3.6472E+06	-4.3855E+04	
2	3.2776E+03	-1.1363E+05	3.1278E+02	
1	-2.1460E+01	1.8615E+03	2.8823E-01	
0	2.6563E-02	-1.2598E+01	-1.5896E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta/B 注2)			
0.005	↑0.032	↑0.032	0.013	
0.010	↑0.032	↑0.032	↓0.008	
0.015	0.023	↑0.032	↓0.008	
0.020	0.010	↓0.031	↓0.008	
0.025	↓0.005	↓0.031	↓0.008	
0.030	↓0.005	↓0.031	↓0.008	
0.035	↓0.005	↓0.031	↓0.008	
0.040	↓0.005	↓0.031	↓0.008	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma ak'((\eta_0/B)^k)$、$\eta_0$：中央径間L/4点鉛直変位片振幅(mm)
B：桁幅 (模型値B=258.1mm、実橋値B=32260mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d(\eta_0/B)>0$となる振幅

表C2.5.25　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ逆対称2次)
(無次元振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ逆対称2次				
風洞風速V=	1.10m/s	1.18m/s	1.28m/s	
V/(fB)=	2.85	3.08	3.34	
近似片振幅範囲 η0/B=	0.037-0.005	0.040-0.005	0.039-0.005	
次数k	近似曲線係数ak' 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	-1.4613E+11	0.0000E+00	
6	4.4736E+09	2.4152E+10	-3.1095E+08	
5	-5.1155E+08	-1.6179E+09	5.3663E+07	
4	2.2027E+07	5.6146E+07	-3.6462E+06	
3	-4.4602E+05	-1.0735E+06	1.2123E+05	
2	4.4133E+03	1.1237E+04	-1.9895E+03	
1	-1.9029E+01	-5.9795E+01	1.4421E+01	
0	-2.0227E-03	9.8055E-02	-3.6065E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta/B 注2)			
0.005	0.022	0.026	0.014	
0.010	0.021	0.025	↓0.005	
0.015	0.019	0.024	↓0.005	
0.020	0.017	0.022	↓0.005	
0.025	0.009	0.021	↓0.005	
0.030	0.006	0.016	↓0.005	
0.035	↓0.005	↓0.005	↓0.005	
0.040	↓0.005	↓0.005	↓0.005	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k'((\eta_0/B)^k)$、$\eta_0$：中央径間5L/8点鉛直変位片振幅(mm)
B：桁幅 (模型値B=258.1mm、実橋値B=32260mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d(\eta_0/B)>0$となる振幅

表C2.5.26　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ対称3次)
(無次元振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ対称3次				
風洞風速V=	1.47m/s			
V/(fB)=	2.98			
近似片振幅範囲 η0/B=	0.043-0.005			
次数k	近似曲線係数ak' 注1)			
8	0.0000E+00			
7	0.0000E+00			
6	2.5889E+07			
5	-4.3450E+06			
4	3.1886E+05			
3	-1.2602E+04			
2	2.5532E+02			
1	-1.8101E+00			
0	1.3910E-02			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta/B 注2)			
0.005	↓0.005			
0.010	↓0.005			
0.015	↓0.005			
0.020	↓0.005			
0.025	↓0.005			
0.030	↓0.005			
0.035	↓0.005			
0.040	↓0.005			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k'((\eta_0/B)^k)$、$\eta_0$：中央径間L/2点鉛直変位片振幅(mm)
B：桁幅 (模型値B=258.1mm、実橋値B=32260mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d(\eta_0/B)>0$となる振幅

表C2.5.27　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ対称4次)
(無次元振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ対称4次				
風洞風速V=	1.96m/s			
V/(fB)=	2.80			
近似片振幅範囲 η0/B=	0.021-0.005			
次数k	近似曲線係数ak' 注1)			
8	0.0000E+00			
7	0.0000E+00			
6	-7.6214E+08			
5	-2.2191E+07			
4	2.9510E+06			
3	-7.2722E+04			
2	6.9949E+02			
1	-2.8039E+00			
0	1.7992E-02			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta/B 注2)			
0.005	↓0.005			
0.010	↓0.005			
0.015	↓0.005			
0.020	↓0.005			
0.025	↓0.005			
0.030	↓0.005			
0.035	↓0.005			
0.040	↓0.005			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 δa=Σak'((η0/B)^k)、η0：中央径間L/2点鉛直変位片振幅(mm)
B：桁幅 (模型値B=258.1mm、実橋値B=32260mm)
注2)定常振幅：δa+δs=0 かつ dδa/d(η0/B)>0となる振幅

表C2.5.28　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ逆対称3次)
(無次元振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ逆対称3次				
風洞風速V=	1.65m/s			
V/(fB)=	2.79			
近似片振幅範囲 η0/B=	0.024-0.005			
次数k	近似曲線係数ak' 注1)			
8	0.0000E+00			
7	0.0000E+00			
6	5.4411E+09			
5	-4.8710E+08			
4	1.6765E+07			
3	-2.7685E+05			
2	2.2078E+03			
1	-7.1369E+00			
0	1.9440E-02			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta/B 注2)			
0.005	↓0.005			
0.010	↓0.005			
0.015	↓0.005			
0.020	↓0.005			
0.025	↓0.005			
0.030	↓0.005			
0.035	↓0.005			
0.040	↓0.005			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 δa=Σak'((η0/B)^k)、η0：中央径間L/4点鉛直変位片振幅(mm)
B：桁幅 (模型値B=258.1mm、実橋値B=32260mm)
注2)定常振幅：δa+δs=0 かつ dδa/d(η0/B)>0となる振幅

表C2.5.29　空力減衰の多項式近似と定常振幅(鉛直曲げ逆対称4次)
(無次元振幅での多項式近似係数と定常振幅)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

鉛直曲げ逆対称4次				
風洞風速V=	2.25m/s			
V/(fB)=	2.78			
近似片振幅範囲 η0/B=	0.023-0.005			
次数k	近似曲線係数ak' 注1)			
8	0.0000E+00			
7	-8.2891E+12			
6	7.7801E+11			
5	-2.9960E+10			
4	6.0780E+08			
3	-6.9290E+06			
2	4.3710E+04			
1	-1.3938E+02			
0	1.8500E-01			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 η0sta/B 注2)			
0.005	↓0.005			
0.010	↓0.005			
0.015	↓0.005			
0.020	↓0.005			
0.025	↓0.005			
0.030	↓0.005			
0.035	↓0.005			
0.040	↓0.005			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k'((\eta_0/B)^k)$、$\eta_0$：中央径間3L/16点鉛直変位片振幅(mm)
B：桁幅 (模型値B=258.1mm、実橋値B=32260mm)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d(\eta_0/B)>0$となる振幅

表C2.5.30　空力減衰の多項式近似と定常振幅(ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

ねじれ対称1次				
風洞風速V=	0.77m/s	0.84m/s	0.94m/s	
V/(fB)=	1.65	1.79	1.99	
近似片振幅範囲 φ0=	3.1-0.5deg.	3.3-0.6deg.	3.5-0.6deg.	
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
6	1.4696E-03	-2.6699E-03	-1.9978E-03	
5	-1.6820E-02	2.8828E-02	2.5510E-02	
4	7.6131E-02	-1.1861E-01	-1.3083E-01	
3	-1.7039E-01	2.2828E-01	3.4284E-01	
2	1.9035E-01	-1.9974E-01	-4.7637E-01	
1	-9.3135E-02	6.6005E-02	3.1540E-01	
0	1.3840E-02	-2.2681E-02	-6.5844E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 φ0sta (deg.) 注2)			
0.005	↓0.5	↑3.3	↓0.6	
0.010	↓0.5	1.9	↓0.6	
0.015	↓0.5	1.4	↓0.6	
0.020	↓0.5	1.1	↓0.6	
0.025	↓0.5	↓0.6	↓0.6	
0.030	↓0.5	↓0.6	↓0.6	
0.035	↓0.5	↓0.6	↓0.6	
0.040	↓0.5	↓0.6	↓0.6	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\phi_0\hat{}k)$, ϕ_0：中央径間L/2点ねじれ変位片振幅(deg.)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\phi_0>0$となる振幅

表C2.5.31　空力減衰の多項式近似と定常振幅(ねじれ逆対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

ねじれ逆対称1次				
風洞風速V=	0.94m/s	1.01m/s	1.10m/s	
V/(fB)=	1.54	1.67	1.82	
近似片振幅範囲 φ0=	2.2-0.5deg.	2.3-1.7deg.	2.4-0.5deg.	
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
6	1.5526E-02	-3.9459E+00	1.2888E-02	
5	-1.1756E-01	4.6569E+01	-1.1706E-01	
4	3.4743E-01	-2.2798E+02	4.2234E-01	
3	-5.0765E-01	5.9247E+02	-7.6809E-01	
2	3.8234E-01	-8.6197E+02	7.3497E-01	
1	-1.3436E-01	6.6558E+02	-3.4547E-01	
0	1.0173E-02	-2.1310E+02	5.7528E-02	
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 φ0sta (deg.) 注2)			
0.005	0.7	↑2.3	↓0.5	
0.010	↓0.5	1.8	↓0.5	
0.015	↓0.5	↓1.7	↓0.5	
0.020	↓0.5	↓1.7	↓0.5	
0.025	↓0.5	↓1.7	↓0.5	
0.030	↓0.5	↓1.7	↓0.5	
0.035	↓0.5	↓1.7	↓0.5	
0.040	↓0.5	↓1.7	↓0.5	

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\phi_0\hat{}k)$, ϕ_0：中央径間L/4点ねじれ変位片振幅(deg.)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\phi_0>0$となる振幅

表C2.5.32　空力減衰の多項式近似と定常振幅(側径間ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

側径間ねじれ対称1次				
風洞風速V=	1.38m/s			
V/(fB)=	1.71			
近似片振幅範囲 φ0=	1.2-0.5deg.			
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00			
7	0.0000E+00			
6	-5.2132E+00			
5	2.6736E+01			
4	-5.5644E+01			
3	5.9984E+01			
2	-3.5204E+01			
1	1.0634E+01			
0	-1.3070E+00			
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 φ0sta (deg.) 注2)			
0.005	↑1.2			
0.010	↑1.2			
0.015	0.9			
0.020	↓0.5			
0.025	↓0.5			
0.030	↓0.5			
0.035	↓0.5			
0.040	↓0.5			

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta a=\Sigma ak\cdot(\phi 0\hat{}k)$, φ0：側径間L/2点ねじれ変位片振幅(deg.)
注2)定常振幅：δa+δs=0 かつ $d\delta a/d\phi 0>0$となる振幅

表C2.5.33　空力減衰の多項式近似と定常振幅(ねじれ対称2次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

ねじれ対称2次				
風洞風速V=	1.46m/s	1.56m/s		
V/(fB)=	1.69	1.80		
近似片振幅範囲 φ0=	1.7-0.6deg.	1.7-0.6deg.		
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00		
7	0.0000E+00	0.0000E+00		
6	1.6061E-01	1.8654E-01		
5	-1.0255E+00	-1.1566E+00		
4	2.6038E+00	2.8316E+00		
3	-3.3289E+00	-3.4857E+00		
2	2.2208E+00	2.2753E+00		
1	-7.1023E-01	-7.4727E-01		
0	7.0921E-02	8.4814E-02		
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 φ0sta (deg.) 注2)			
0.005	↑1.7	↑1.7		
0.010	1.7	1.1		
0.015	↓0.6	↓0.6		
0.020	↓0.6	↓0.6		
0.025	↓0.6	↓0.6		
0.030	↓0.6	↓0.6		
0.035	↓0.6	↓0.6		
0.040	↓0.6	↓0.6		

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\phi_0\hat{}k)$, φ0：中央径間L/2点ねじれ変位片振幅(deg.)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\phi_0>0$となる振幅

表C2.5.34　空力減衰の多項式近似と定常振幅(ねじれ対称3次)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央支間2800m 4車線)　基本系

ねじれ対称3次				
風洞風速V=	2.25m/s	2.36m/s	2.49m/s	2.58m/s
V/(fB)=	1.60	1.68	1.77	1.83
近似片振幅範囲 φ0=	0.8-0.5deg.	1.8-0.5deg.	2.2-0.6deg.	2.1-0.5deg.
次数k	近似曲線係数ak 注1)			
8	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
6	-7.5932E+01	-4.4653E-02	3.3034E-02	4.2496E-02
5	2.6776E+02	2.6520E-01	-2.8251E-01	-3.1580E-01
4	-3.8418E+02	-5.7601E-01	9.7415E-01	9.0906E-01
3	2.8663E+02	5.1704E-01	-1.7224E+00	-1.2577E+00
2	-1.1718E+02	-9.1728E-02	1.6285E+00	8.2328E-01
1	2.4893E+01	-1.1594E-01	-7.6412E-01	-1.9249E-01
0	-2.1513E+00	4.0278E-02	1.3104E-01	-3.7426E-03
構造 対数減衰率 δs	定常片振幅 φ0sta (deg.) 注2)			
0.005	↓0.5	1.7	0.8	↓0.5
0.010	↓0.5	↓0.5	↓0.6	↓0.5
0.015	↓0.5	↓0.5	↓0.6	↓0.5
0.020	↓0.5	↓0.5	↓0.6	↓0.5
0.025	↓0.5	↓0.5	↓0.6	↓0.5
0.030	↓0.5	↓0.5	↓0.6	↓0.5
0.035	↓0.5	↓0.5	↓0.6	↓0.5
0.040	↓0.5	↓0.5	↓0.6	↓0.5

定常片振幅値の左にある↑あるいは↓は、表示した数値以上あるいは以下であることを示す。
ハッチの部分は各構造減衰における最大振幅を表す。
注1)空力減衰δa多項式近似式 $\delta_a=\Sigma a_k\cdot(\phi_0\hat{}k)$, φ0：中央径間L/2点ねじれ変位片振幅(deg.)
注2)定常振幅：$\delta_a+\delta_s=0$ かつ $d\delta_a/d\phi_0>0$となる振幅

表C2.5.35　渦励振域における風速と振動数の関係(定常状態の振動数、その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)　基本系

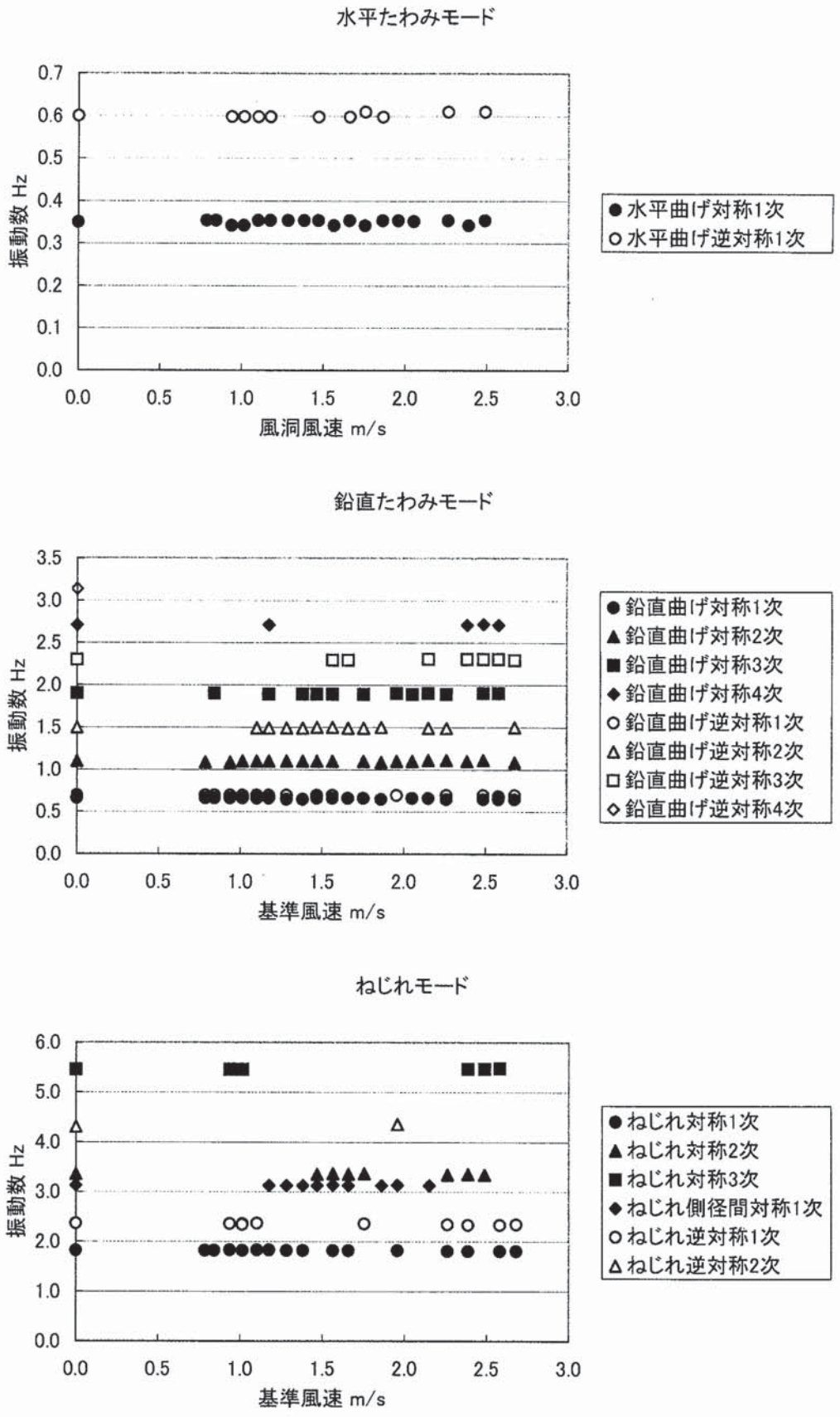
基準風速 (m/s)	風洞風速 (m/s)	水平たわみ 対称1次 (Hz)	水平たわみ 逆対称1次 (Hz)	鉛直たわみ 対称1次 (Hz)	鉛直たわみ 対称2次 (Hz)	鉛直たわみ 逆対称1次 (Hz)	鉛直たわみ 逆対称2次 (Hz)	ねじれ 対称1次 (Hz)	ねじれ 逆対称1次 (Hz)
0.00	0.00	0.350	0.600	0.659	1.098	0.696	1.496	1.822	2.361
0.71	0.79	0.351	–	0.659	1.086	0.696	–	1.819	–
0.79	0.81	0.351	–	0.659	–	0.696	–	1.819	–
0.88	0.91	0.342	0.598	0.659	1.086	0.696	–	1.831	2.356
0.95	1.01	0.342	0.598	0.659	1.099	0.696	–	1.819	2.341
1.03	1.10	0.351	0.598	0.659	1.099	0.696	1.489	1.831	2.368
1.10	1.18	0.351	0.598	0.659	1.099	0.696	1.489	1.831	–
1.20	1.28	0.351	–	0.647	1.099	0.696	1.489	1.819	–
1.30	1.38	0.351	–	0.647	1.099	–	1.489	1.819	–
1.38	1.47	0.351	0.598	0.659	1.099	0.696	1.501	–	–
1.47	1.56	0.342	–	0.659	1.099	0.696	1.501	1.819	–
1.56	1.66	0.351	0.598	0.659	–	–	1.489	1.819	–
1.65	1.75	0.342	0.610	0.659	1.099	–	1.489	–	2.356
1.75	1.86	0.351	0.598	0.647	1.086	–	1.501	–	–
1.84	1.96	0.351	–	–	1.099	0.696	–	1.819	–
1.93	2.05	0.352	–	0.659	1.099	–	–	–	–
2.02	2.15	–	–	0.659	1.111	–	1.489	–	–
2.12	2.26	0.351	0.610	0.647	1.111	0.696	1.489	1.807	2.341
2.21	2.39	0.342	–	–	1.099	–	–	1.807	2.332
2.31	2.49	0.351	0.610	0.647	1.111	0.696	–	–	–
2.42	2.58	–	–	0.647	–	0.681	–	1.807	2.332
2.52	2.68	–	–	0.647	1.086	0.696	1.501	1.807	2.341

注)データ数8192個のフーリエ解析のピーク値の振動数を読み取った。
–：ピーク不明により読み取り不可。

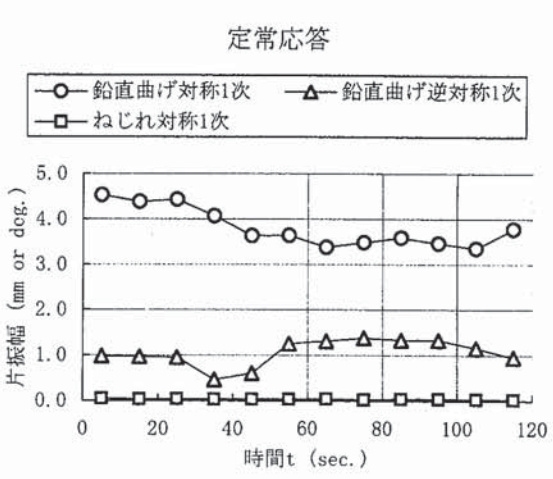
表C2.5.36　渦励振域における風速と振動数の関係(定常状態の振動数、その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)　基本系

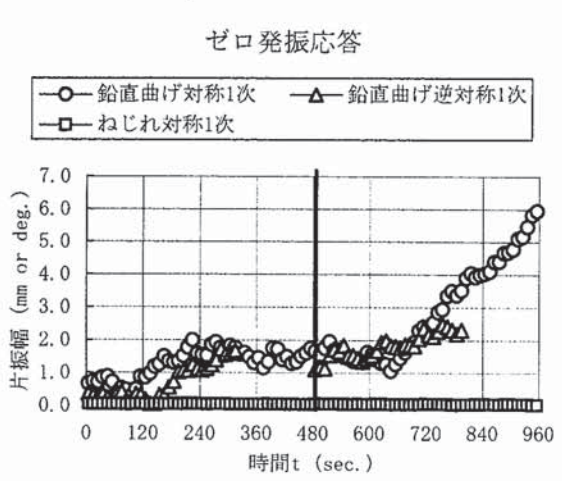
基準風速 (m/s)	風洞風速 (m/s)	鉛直たわみ 対称3次 (Hz)	鉛直たわみ 対称1次 (Hz)	鉛直たわみ 逆対称3次 (Hz)	鉛直たわみ 逆対称1次 (Hz)	側径間ねじれ 対称1次 (Hz)	ねじれ 対称2次 (Hz)	ねじれ 逆対称2次 (Hz)	ねじれ 対称3次 (Hz)
0.00	0.00	1.903	2.709	2.297	3.136	3.128	3.358	1.307	5.159
0.71	0.79	–	–	–	–	–	–	–	–
0.79	0.81	1.904	–	–	–	–	–	–	–
0.88	0.94	–	–	–	–	–	–	–	5.157
0.95	1.01	–	–	–	–	–	–	–	5.157
1.03	1.10	–	–	–	–	–	–	–	–
1.10	1.18	1.892	2.710	–	–	3.125	–	–	–
1.20	1.28	–	–	–	–	3.125	–	–	–
1.30	1.38	1.892	–	–	–	3.125	–	–	–
1.38	1.47	1.892	–	–	–	3.125	3.357	–	–
1.47	1.56	1.892	–	2.295	–	3.137	3.369	–	–
1.56	1.66	–	–	2.295	–	3.125	3.357	–	–
1.65	1.75	1.892	–	–	–	–	3.369	–	–
1.75	1.86	–	–	–	–	3.125	–	–	–
1.84	1.96	1.904	–	–	–	3.137	–	1.358	–
1.93	2.05	1.892	–	–	–	–	–	–	–
2.02	2.15	1.904	–	2.307	–	3.125	–	–	–
2.12	2.26	1.892	–	–	–	–	3.345	–	–
2.21	2.39	–	2.710	2.307	–	–	3.357	–	5.169
2.31	2.49	1.904	2.722	2.307	–	–	3.345	–	5.169
2.42	2.58	1.904	2.710	2.307	–	–	–	–	5.181
2.52	2.68	–	–	2.295	–	–	–	–	–

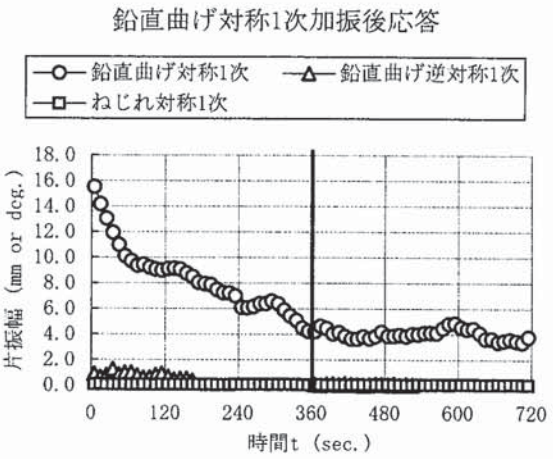
注)データ数8192個のフーリエ解析のピーク値の振動数を読み取った。
－：ピーク不明により読み取り不可。

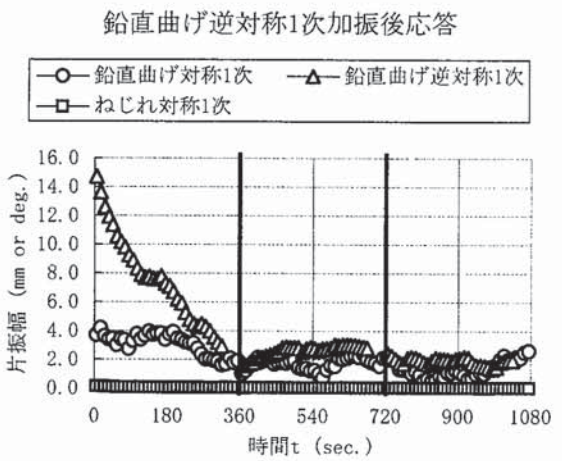


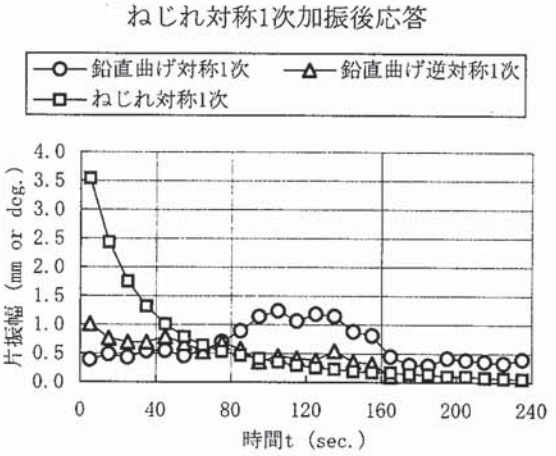
図C2.5.14　渦励振域における風速と振動数の関係(定常状態の振動数)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)　基本系







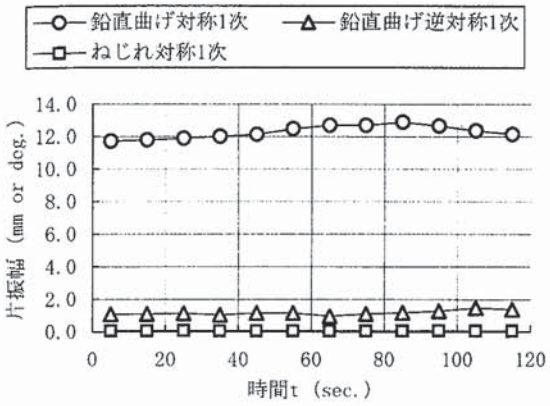




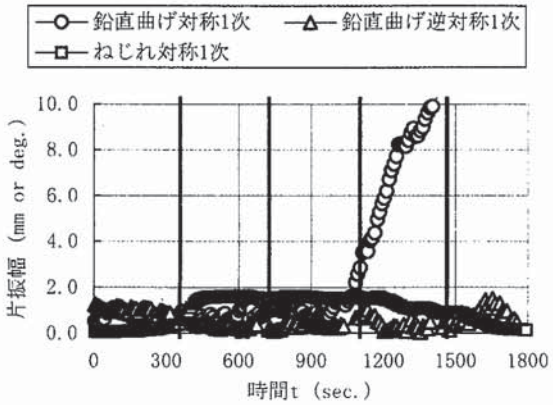
注）縦太線の時刻で時刻歴データは不連続となっており、間に30秒～1分程度の時間間隔がある。
注）鉛直曲げ逆対称1次は、FFTを用いたデータ処理のため、各太線区間内で途中で途切れている。

図C2.5.15　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=0.79m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

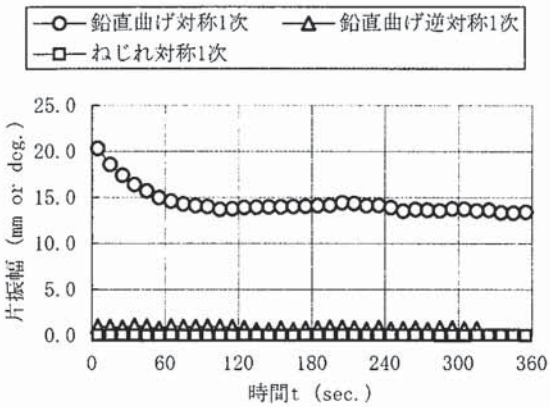
定常応答



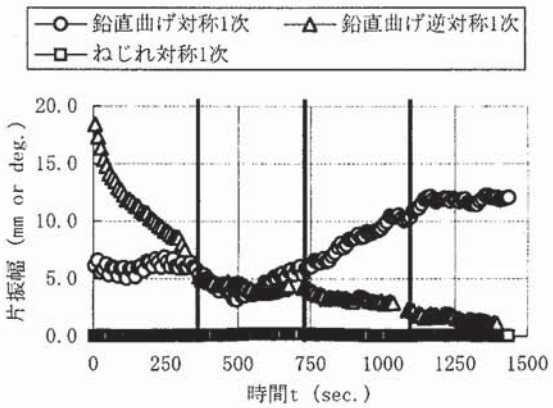
ゼロ発振応答



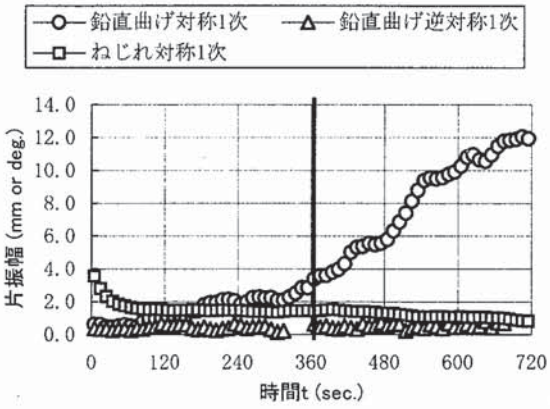
鉛直曲げ対称1次加振後応答



鉛直曲げ逆対称1次加振後応答

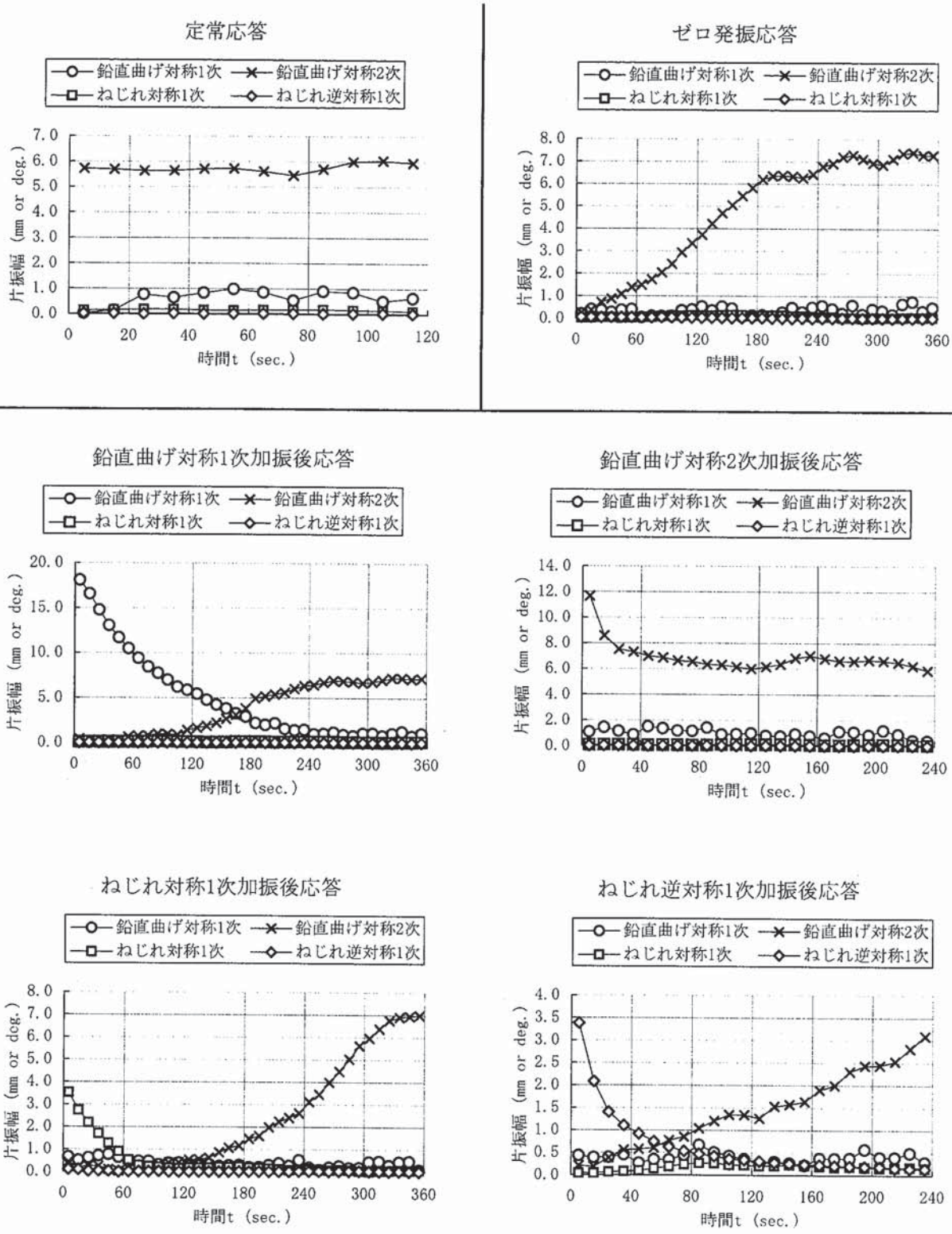


ねじれ対称1次加振後応答



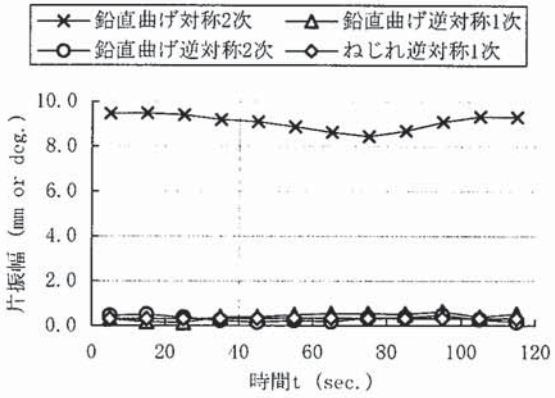
注）縦太線の時刻で時刻歴データは不連続となっており、間に30秒～1分程度の時間間隔がある。
注）鉛直曲げ逆対称1次は、FFTを用いたデータ処理のため、各太線区間内で途中で途切れている。

図C2.5.16　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=0.84m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

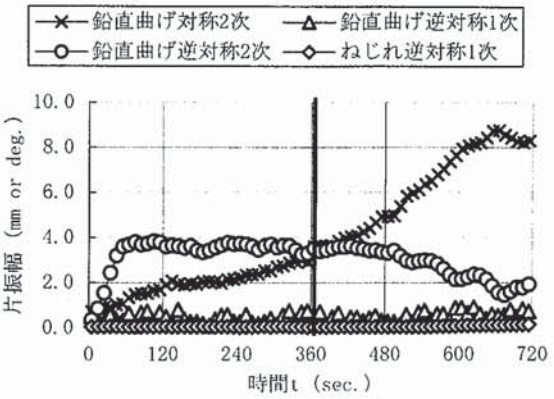


図C2.5.17　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=0.94m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

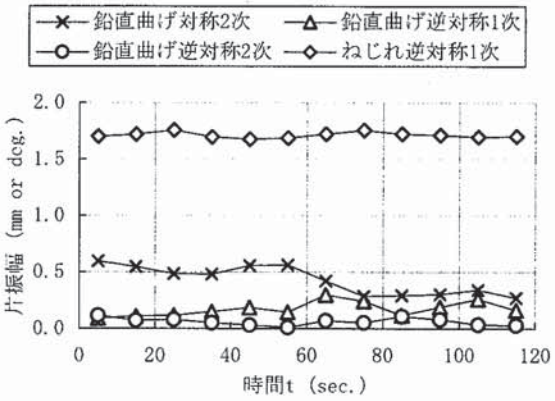
定常応答(その1)



ゼロ発振応答

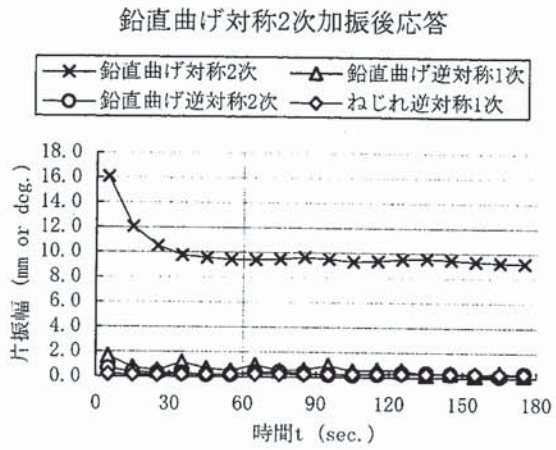


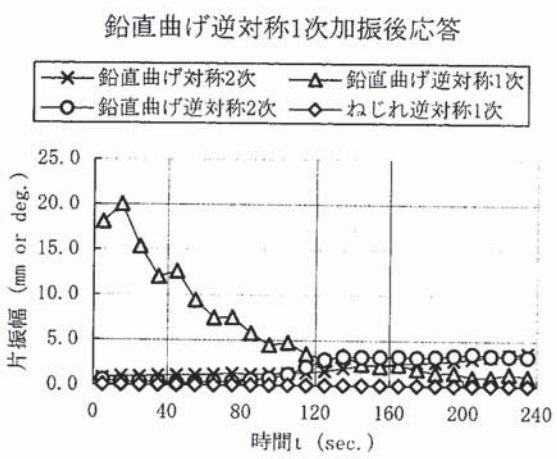
定常応答(その2)

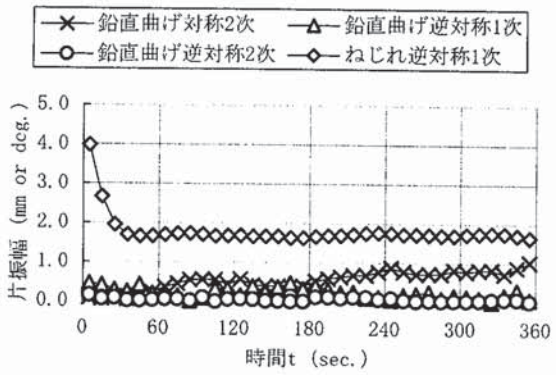


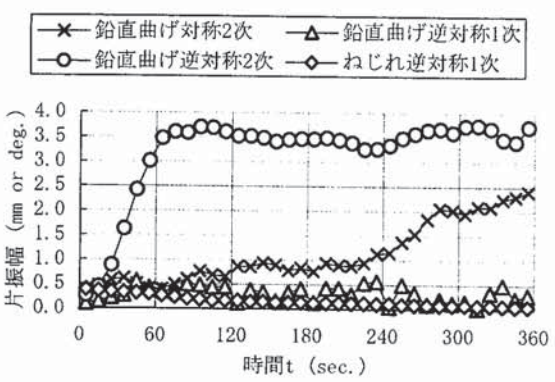
注)縦太線の時刻で時刻歴データは不連続となっており、間に30秒～1分程度の時間間隔がある。

図C2.5.18　低風速域における応答振幅の時間推移
(定常時風洞風速V=1.01m/s、その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

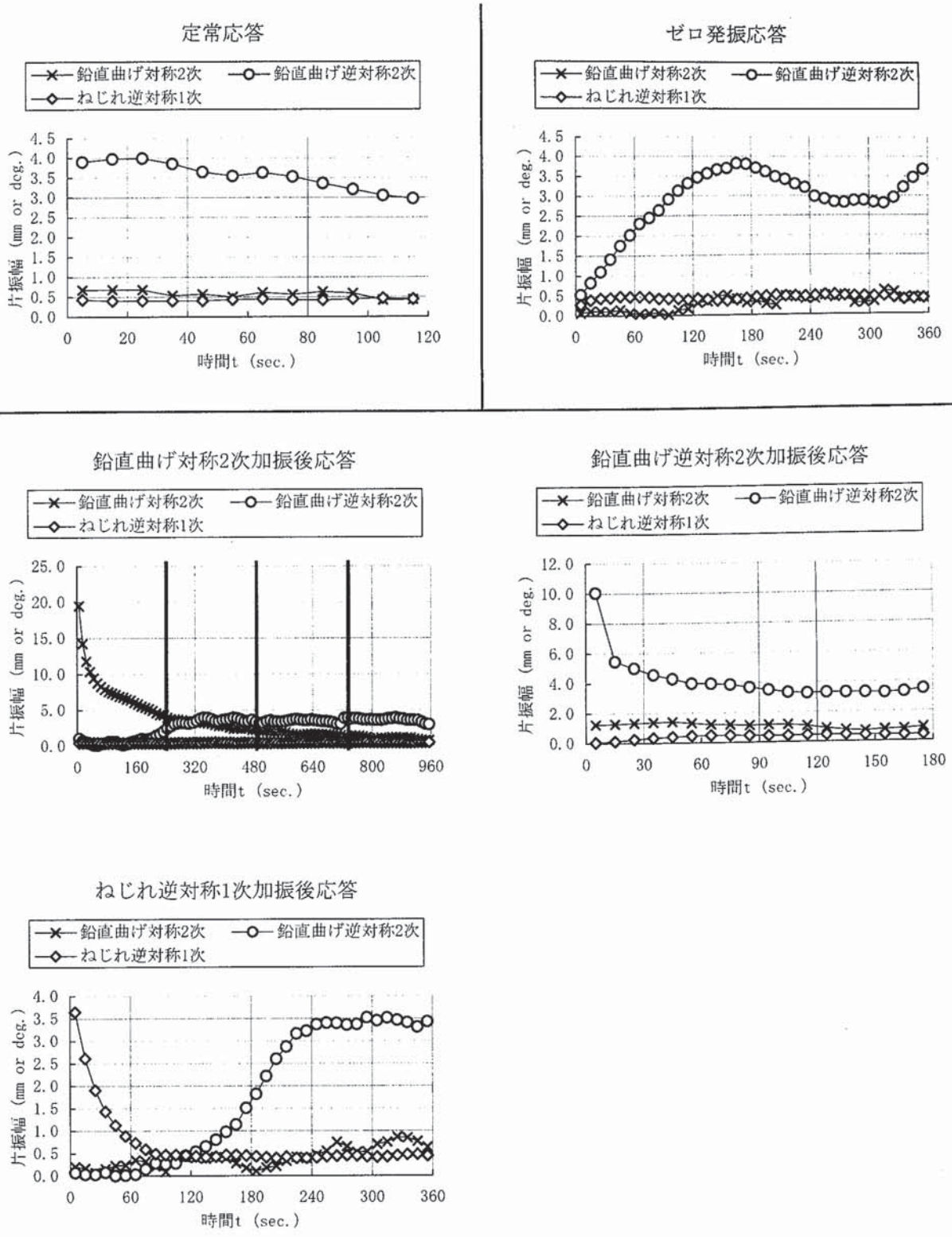






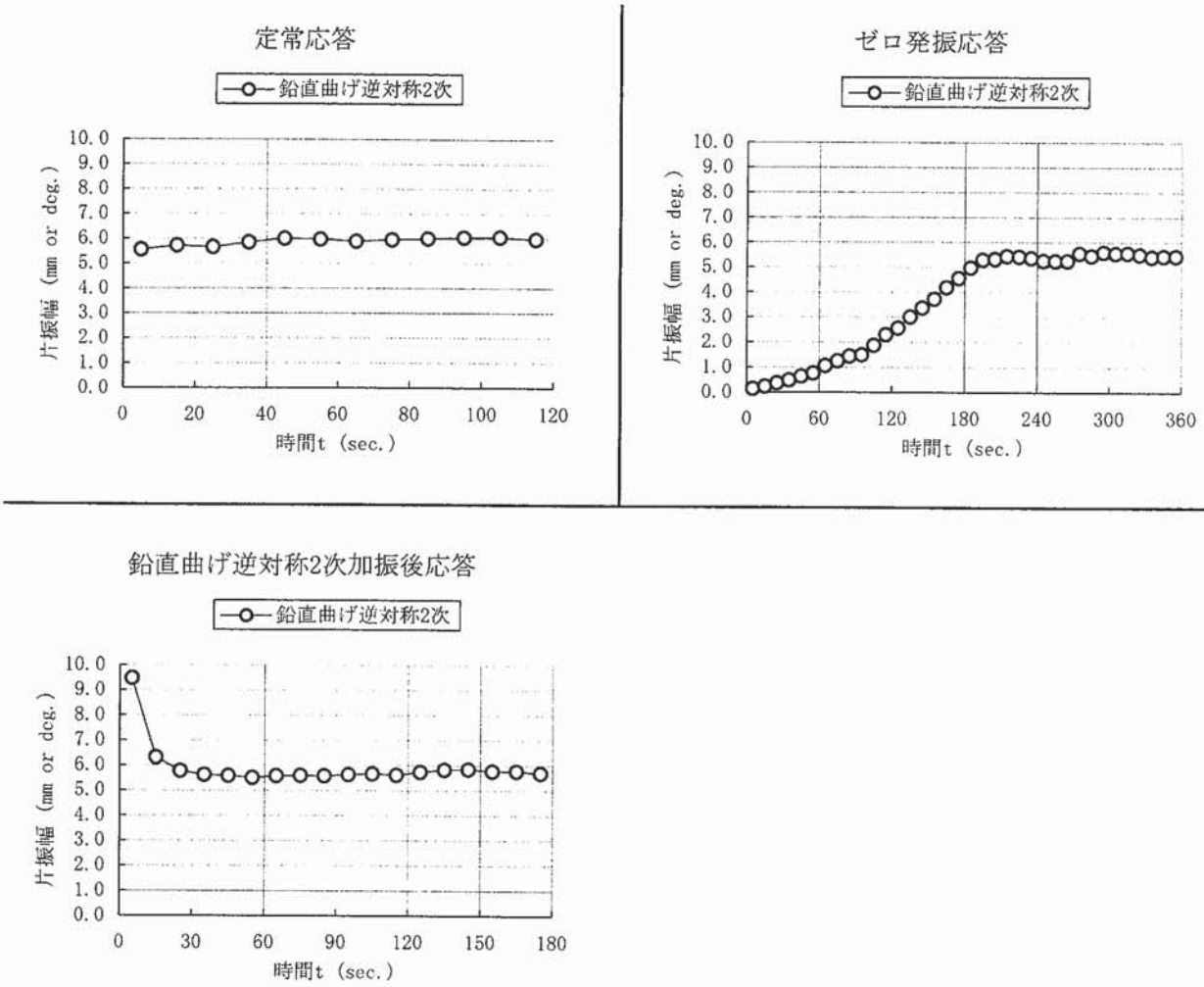


図C2.5.19　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.01m/s、その2）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）



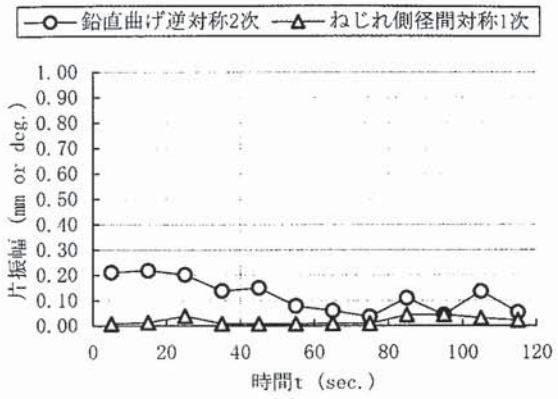
注）縦太線の時刻で時刻歴データは不連続となっており、間に30秒～1分程度の時間間隔がある。

図C2.5.20　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.10m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）



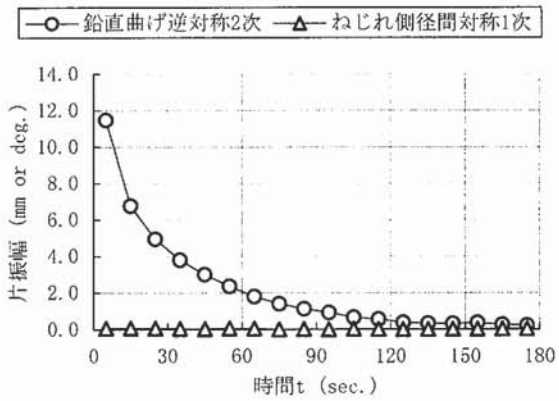
図C2.5.21　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.18m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

定常応答

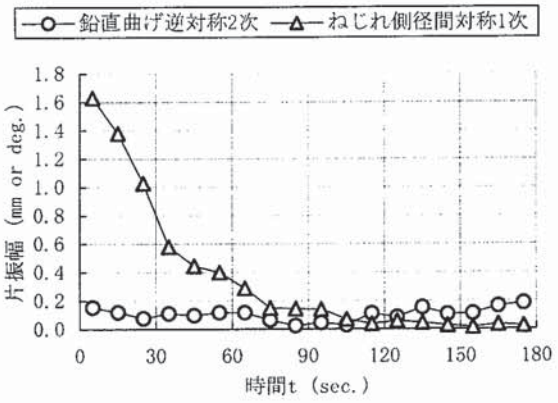


ゼロ発振波形なし

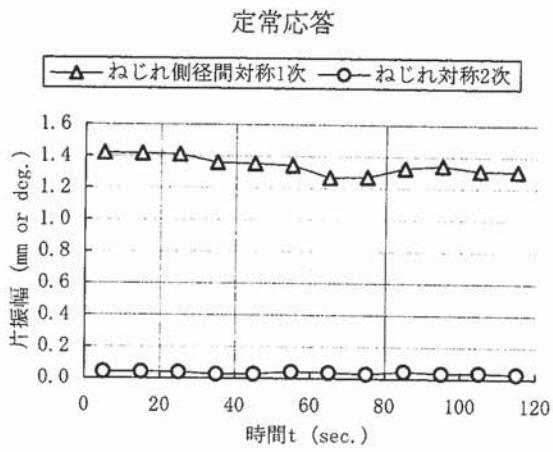
鉛直曲げ逆対称2次加振後応答

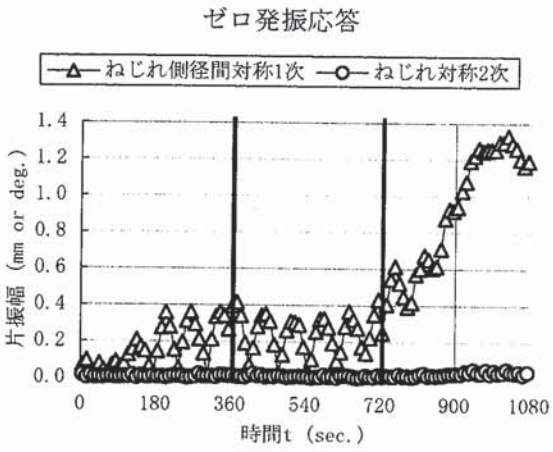


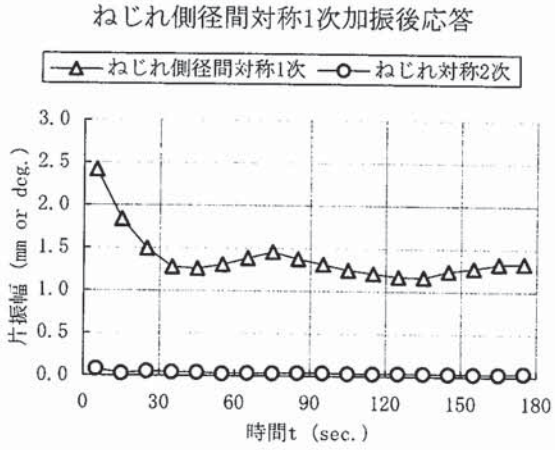
ねじれ側径間対称1次加振後応答



図C2.5.22　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.28m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）



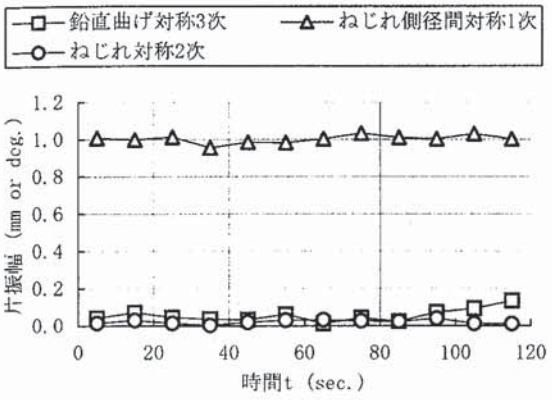




注）縦太線の時刻で時刻歴データは不連続となっており、間に30秒～1分程度の時間間隔がある。

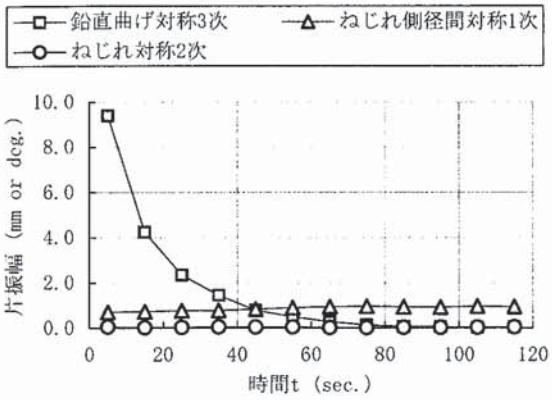
図C2.5.23　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.38m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

定常応答

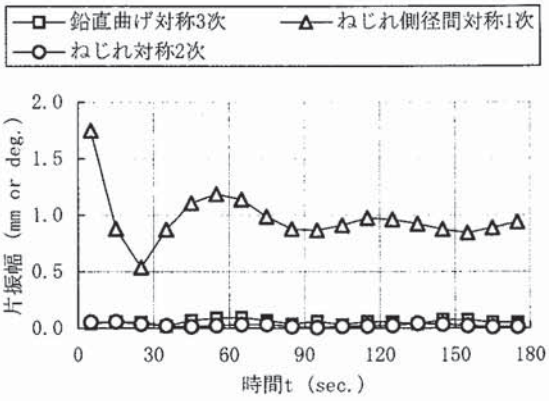


ゼロ発振波形なし

鉛直曲げ対称3次加振後応答



ねじれ側径間対称1次加振後応答



ねじれ対称2次加振後応答

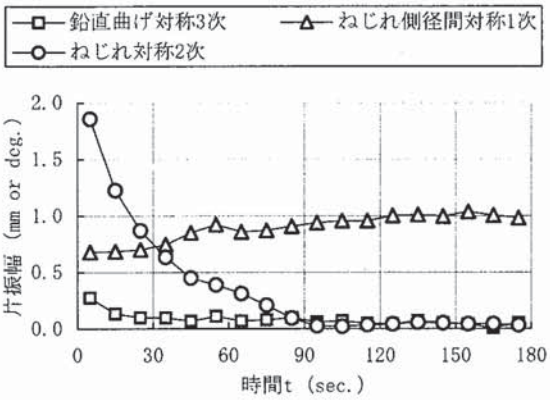
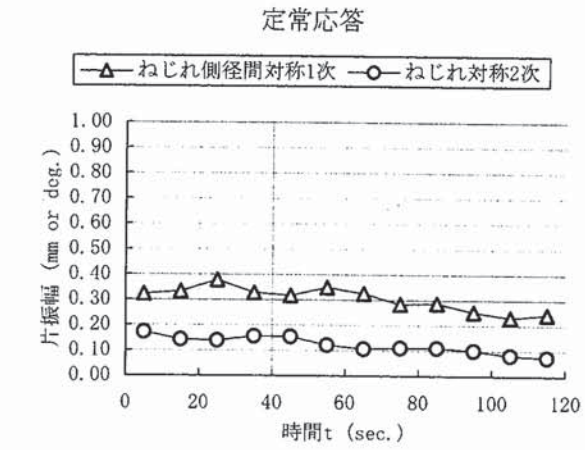
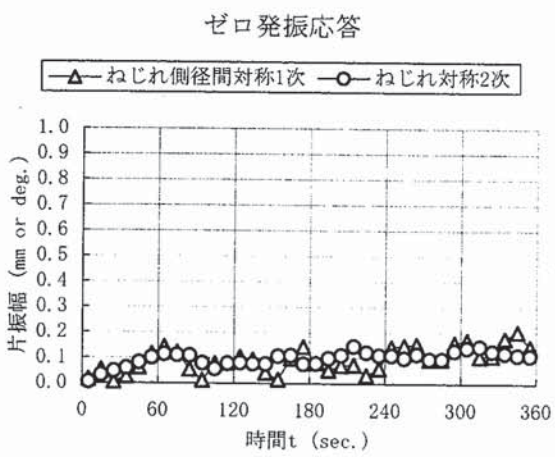
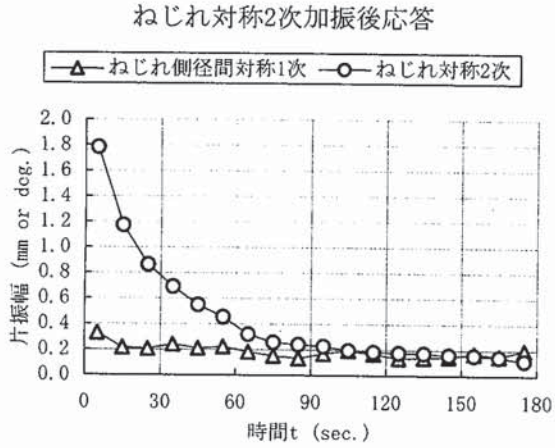


図2.5.24　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.47m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

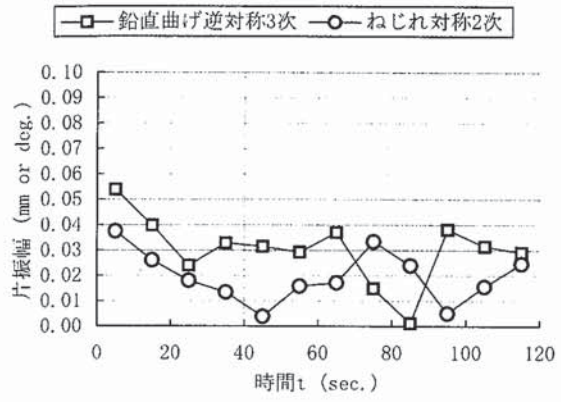






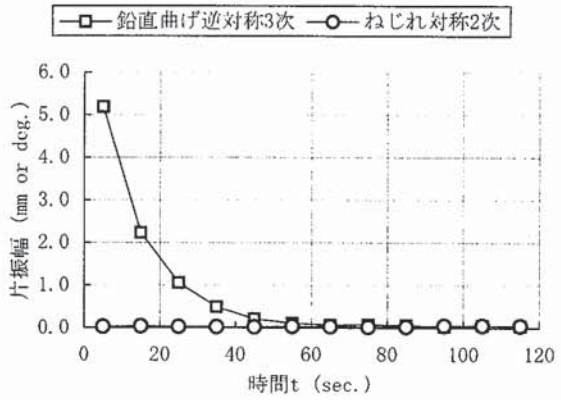
図C2.5.25　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.56m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

定常応答

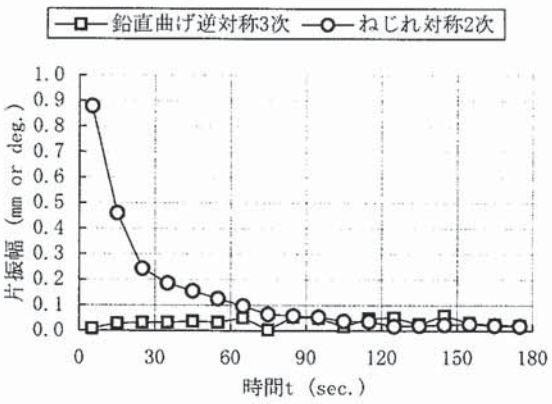


ゼロ発振波形なし

鉛直曲げ逆対称3次加振後応答

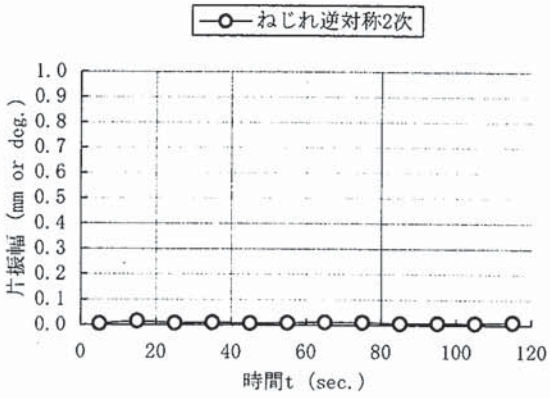


ねじれ対称2次加振後応答



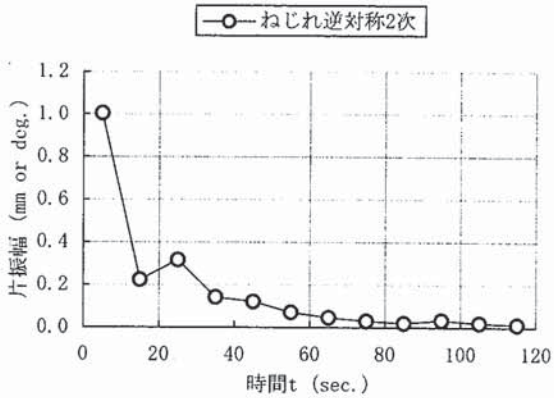
図C2.5.26　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.66m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

定常応答

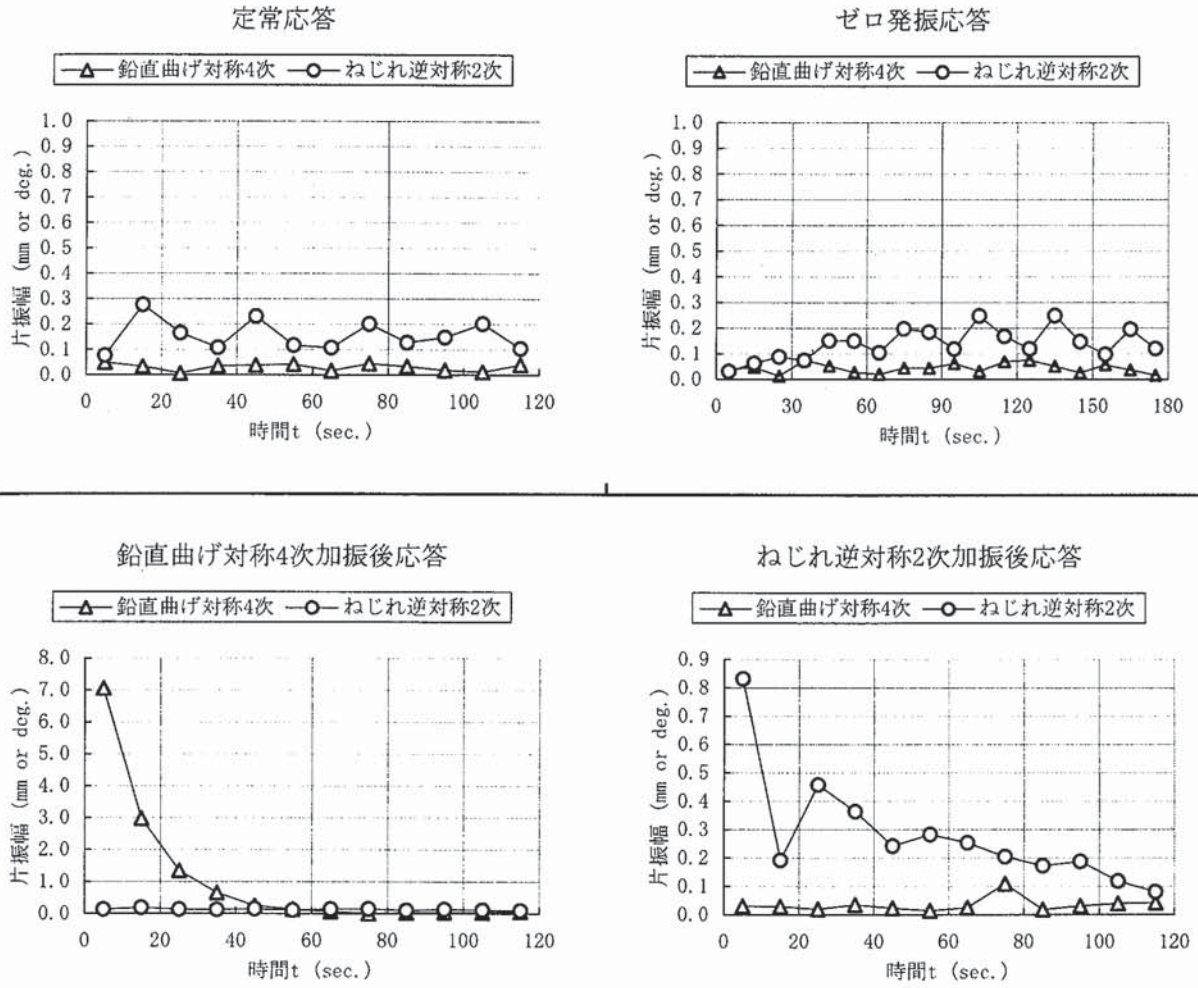


ゼロ発振波形なし

ねじれ逆対称2次加振後応答

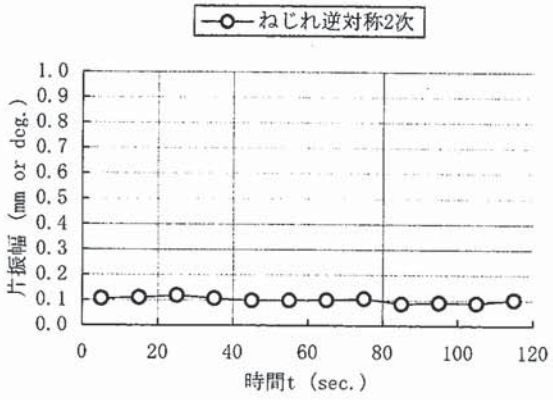


図C2.5.27　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.86m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）



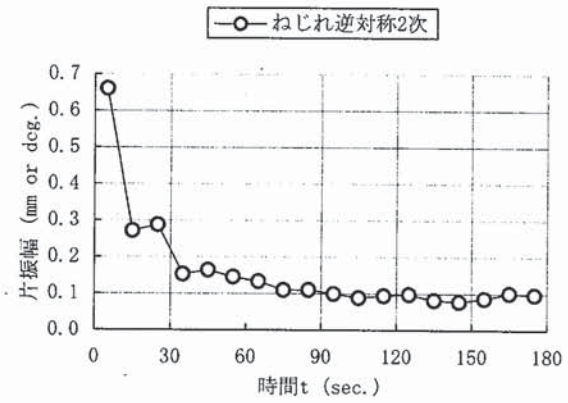
図C2.5.28　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=1.96m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

定常応答



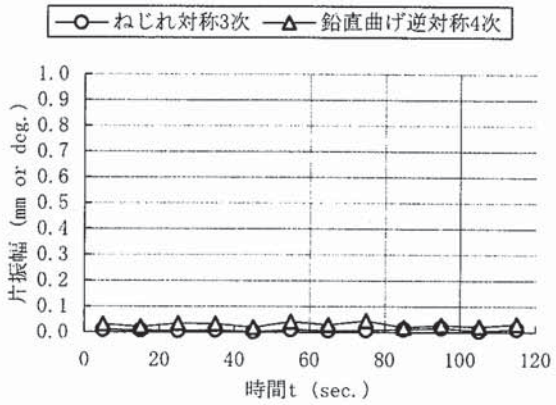
ゼロ発振波形なし

ねじれ逆対称2次加振後応答



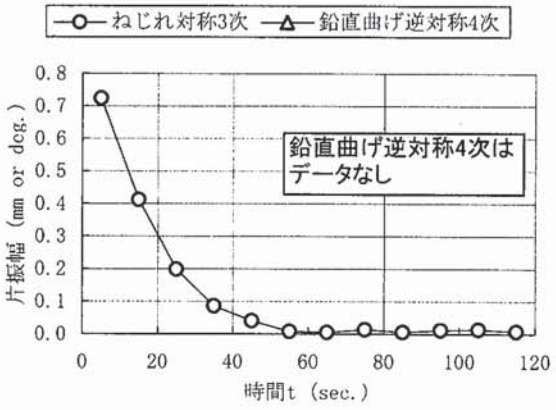
図C2.5.29　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=2.05m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

定常応答

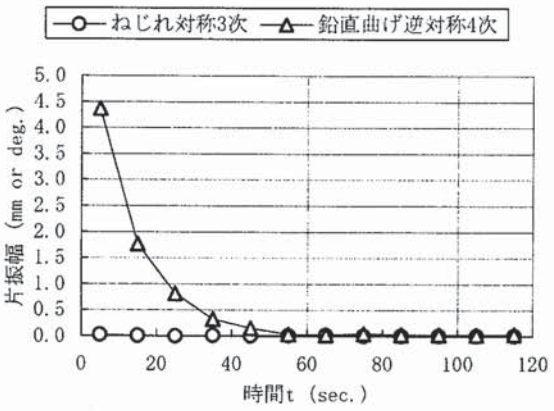


ゼロ発振波形なし

ねじれ対称3次加振後応答

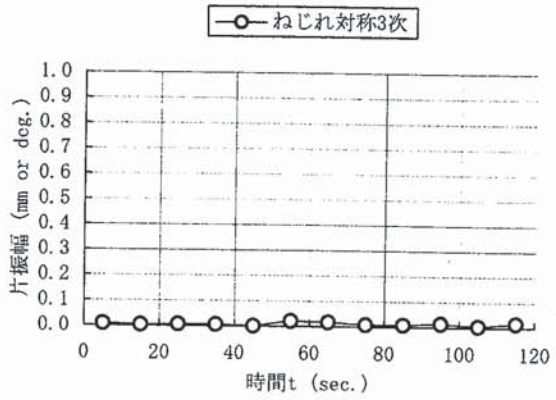


鉛直曲げ逆対称4次加振後応答



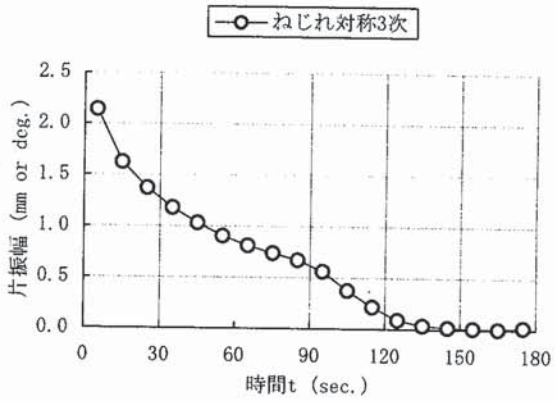
図C2.5.30　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=2.25m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

定常応答

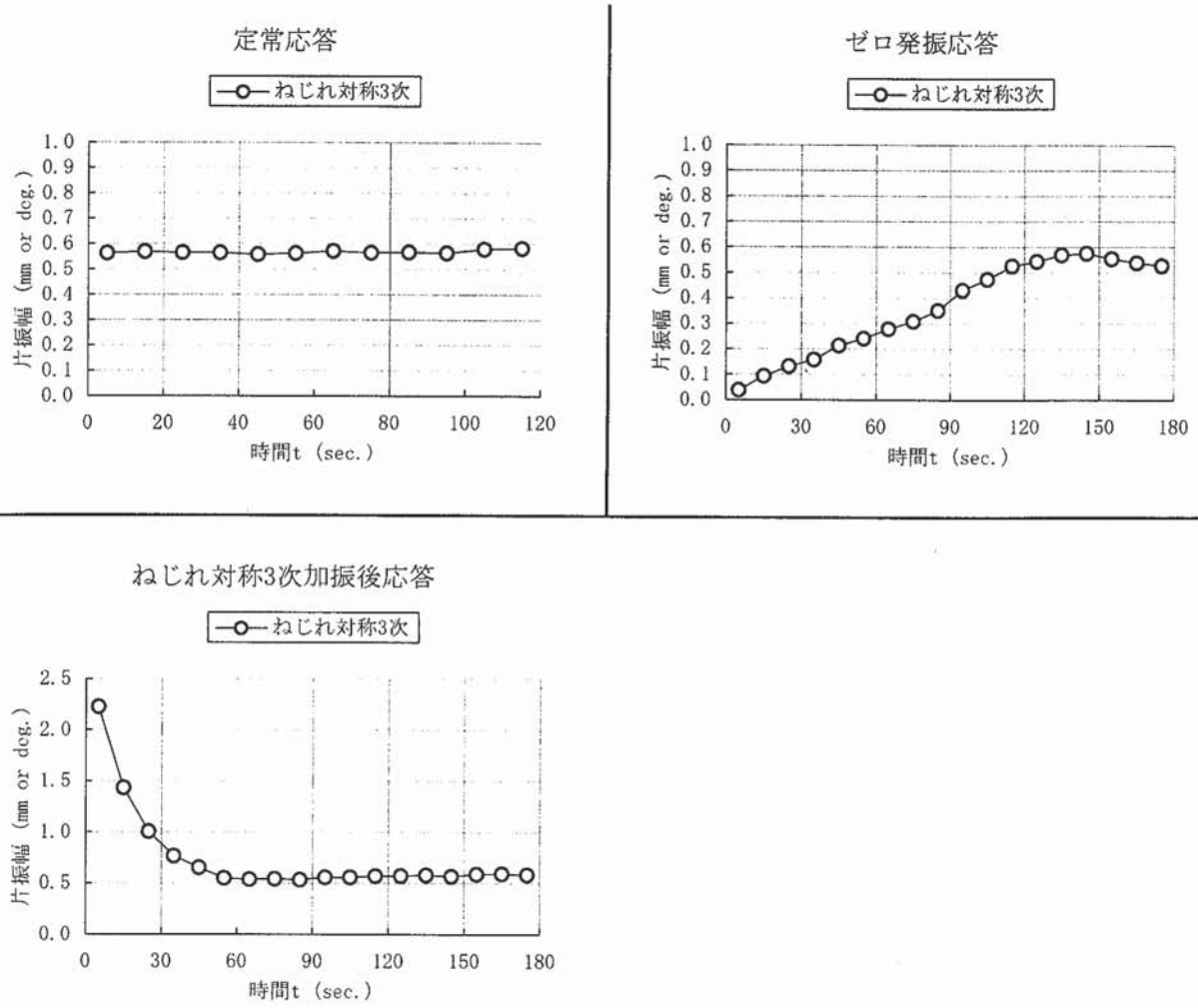


ゼロ発振波形なし

ねじれ対称3次加振後応答

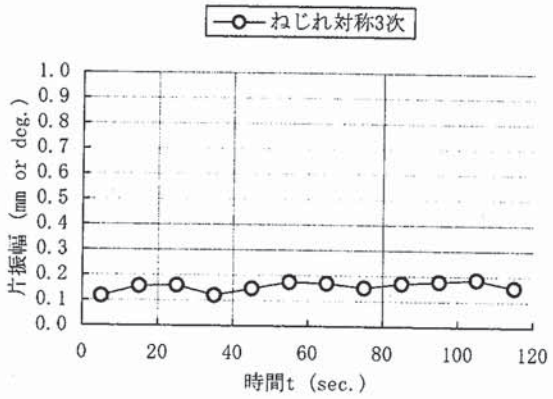


図C2.5.31　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=2.39m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）



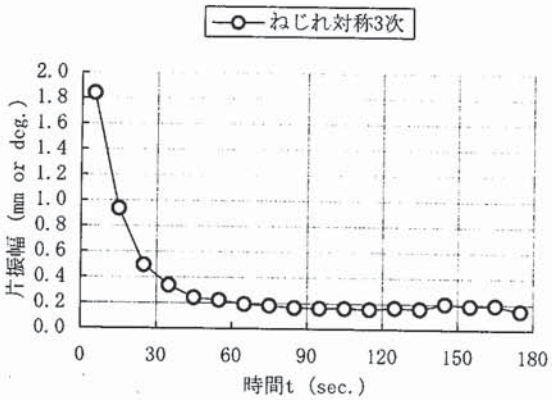
図C2.5.32　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=2.49m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

定常応答

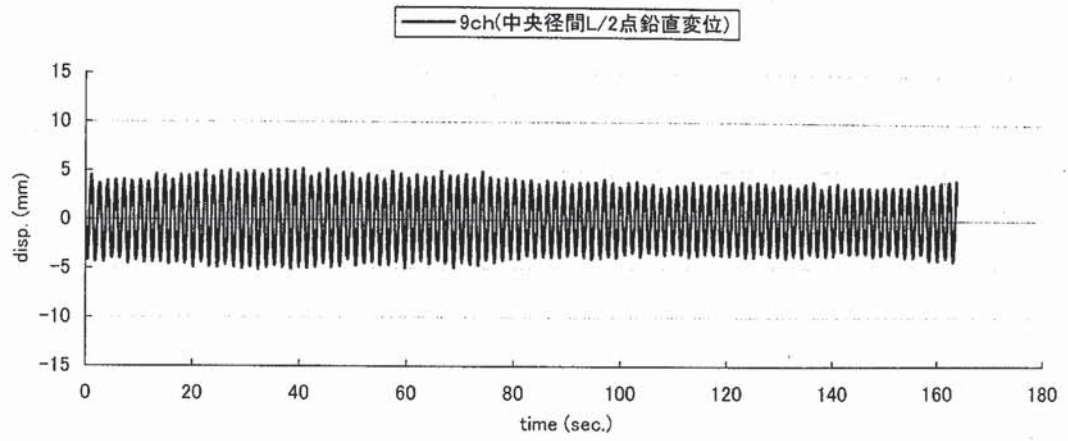


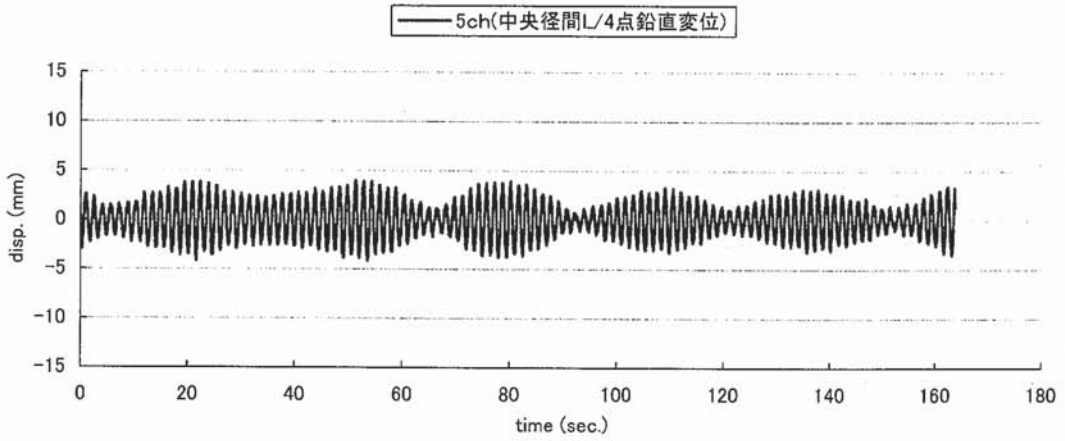
ゼロ発振波形なし

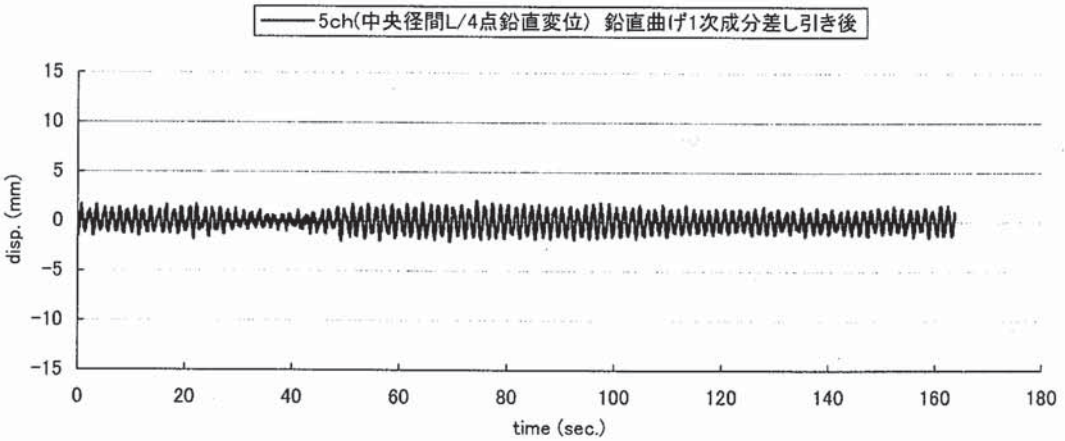
ねじれ対称3次加振後応答



図C2.5.33　低風速域における応答振幅の時間推移
（定常時風洞風速V=2.58m/s）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）

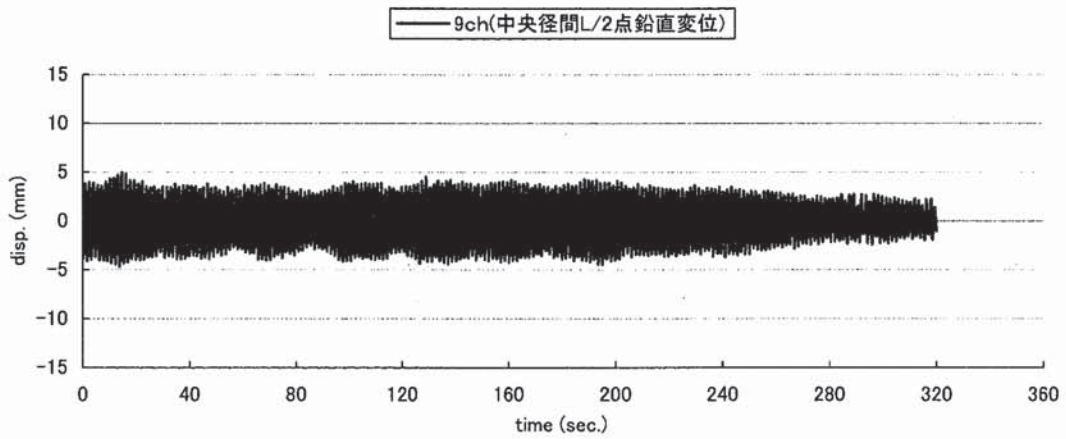


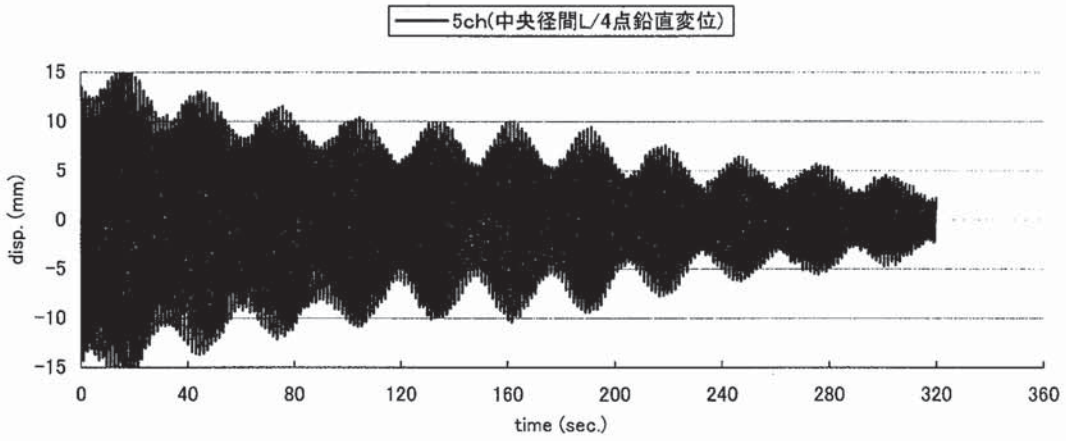


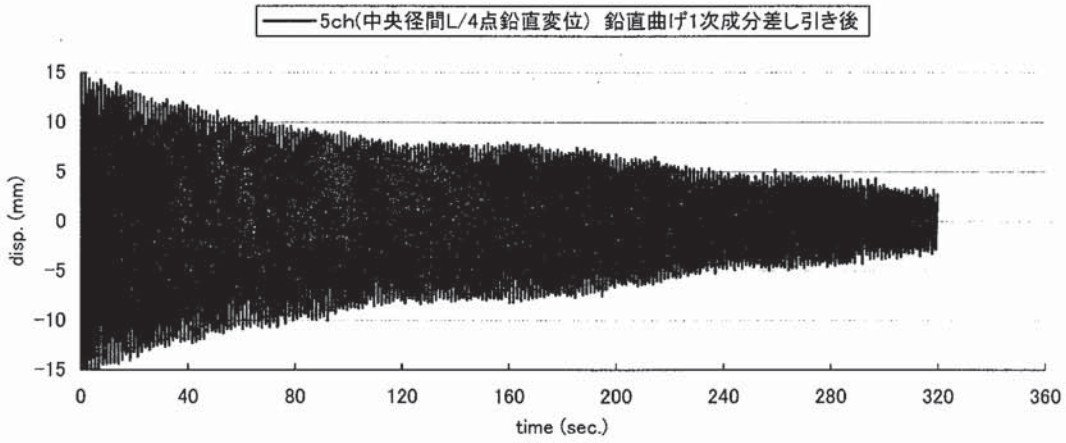


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.34　応答変位時系列
(風洞風速V=0.79m/s 定常状態)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

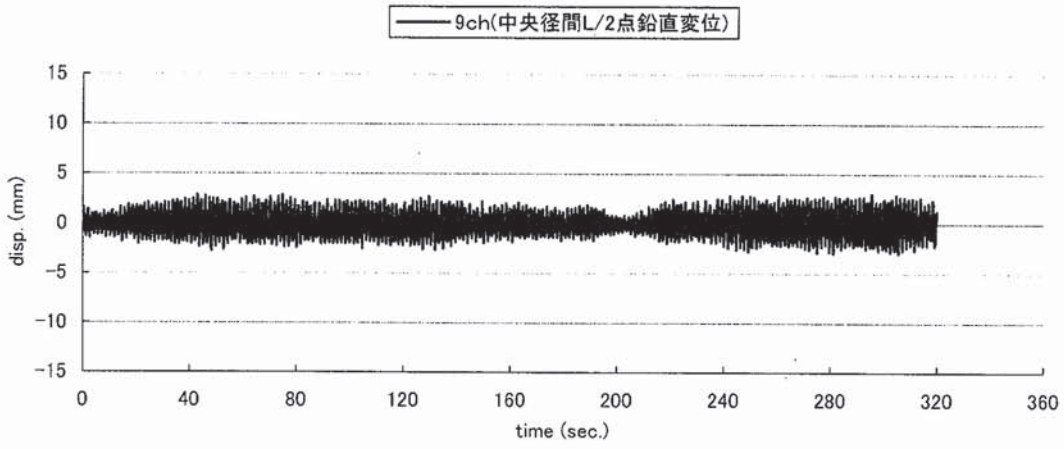


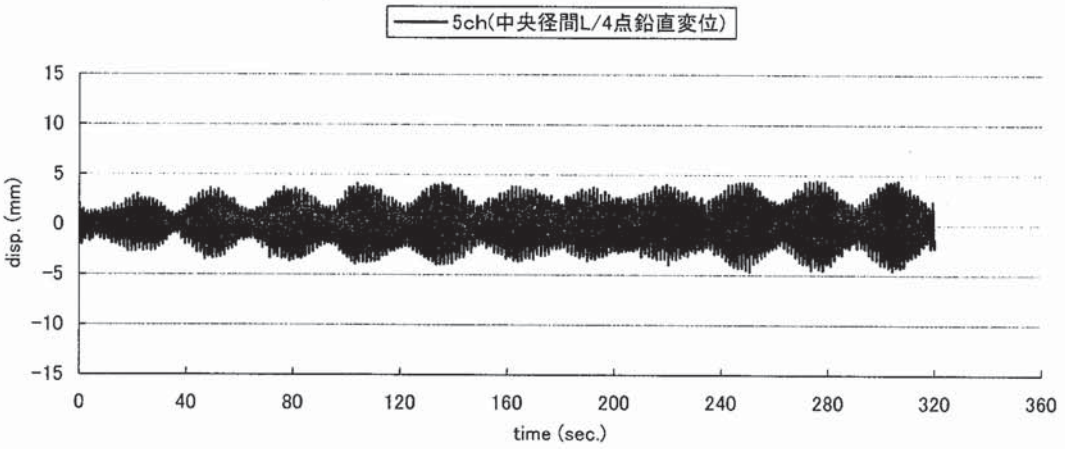


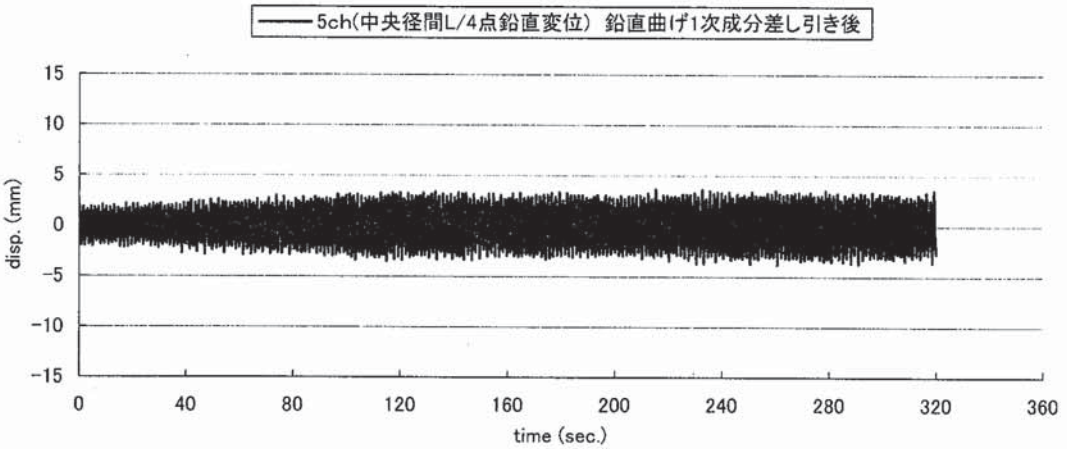


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.35　応答変位時系列
(風洞風速V=0.78m/s 鉛直曲げ逆対称1次加振後 その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

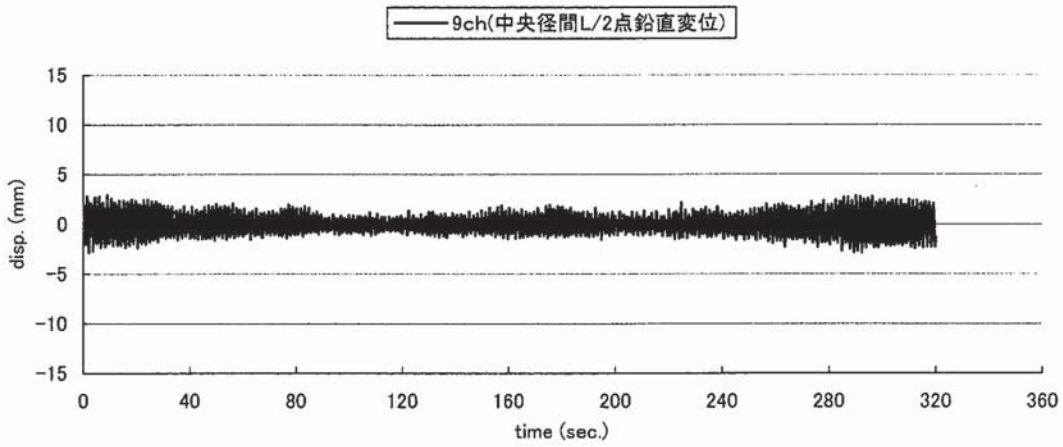


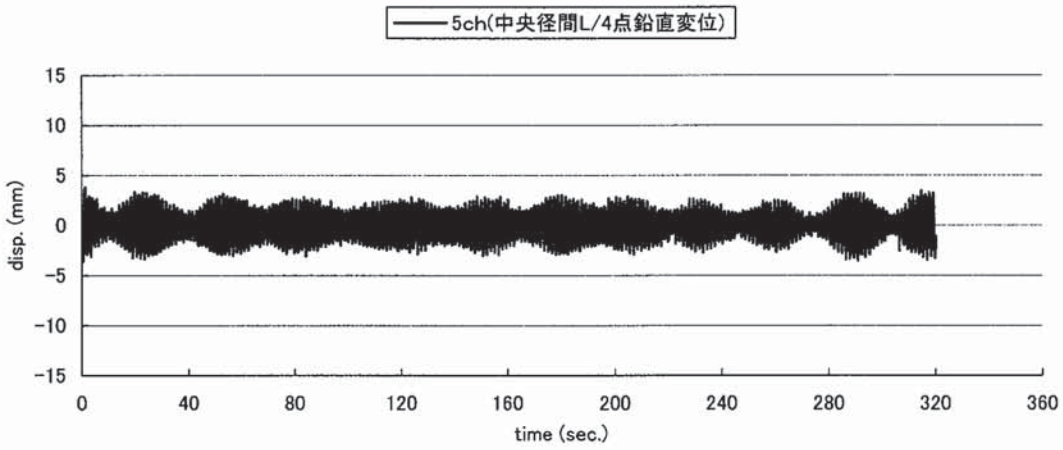


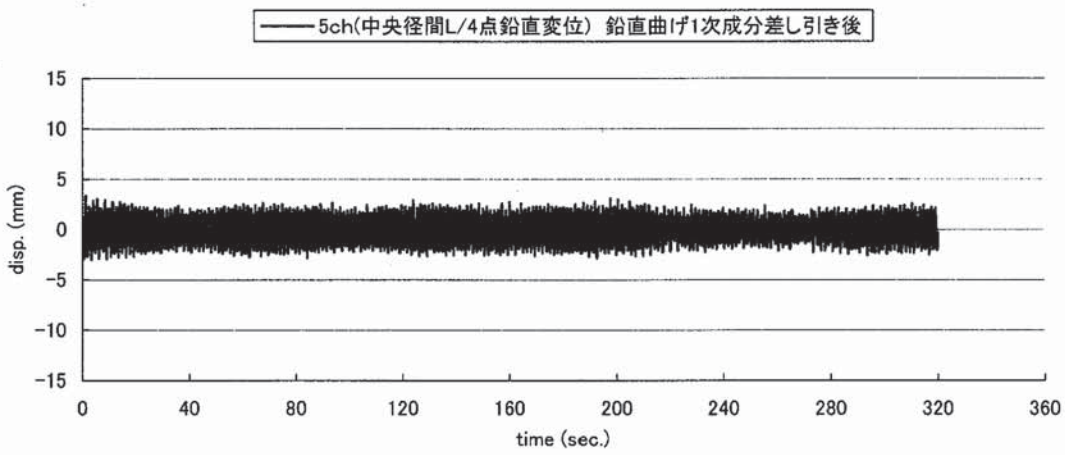


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.36　応答変位時系列
(風洞風速V=0.78m/s 鉛直曲げ逆対称1次加振後 その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

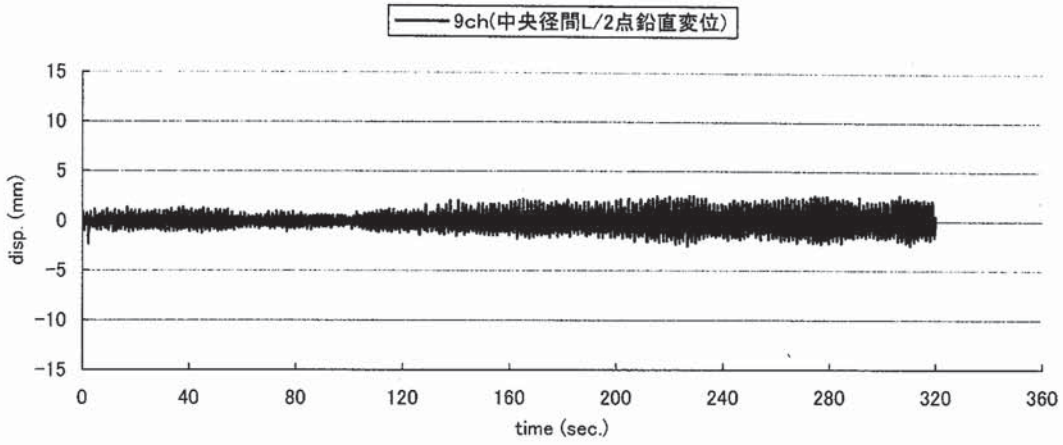


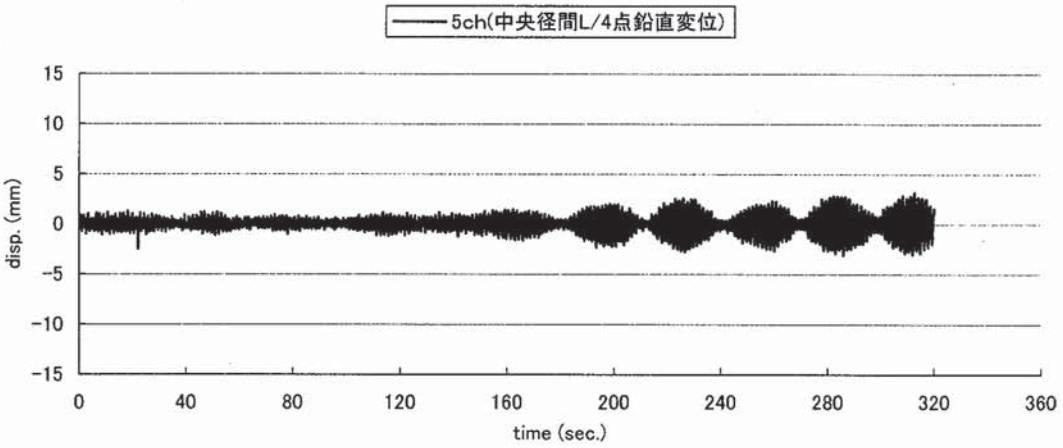


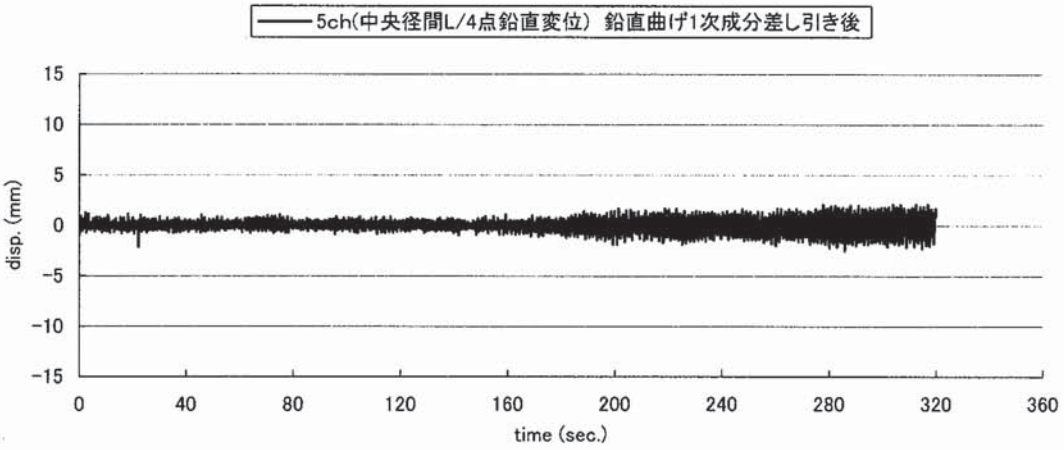


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.37　応答変位時系列
(風洞風速V=0.78m/s 鉛直曲げ逆対称1次加振後 その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

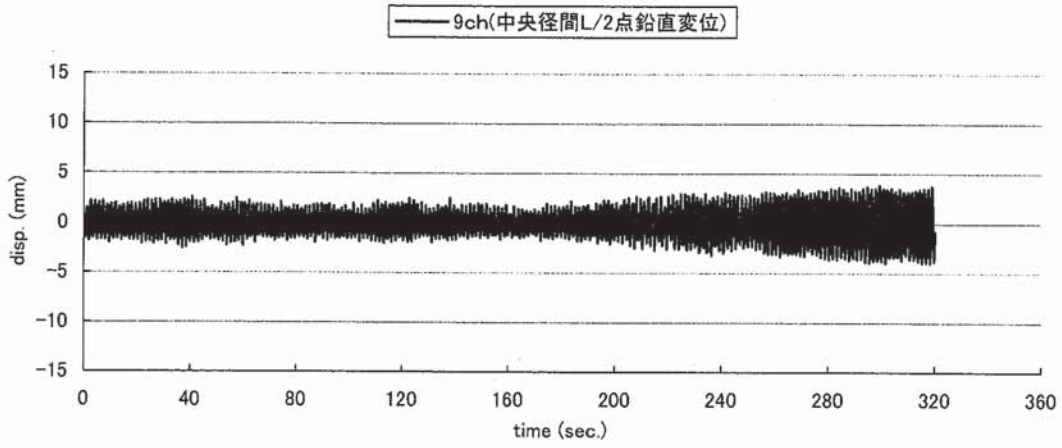


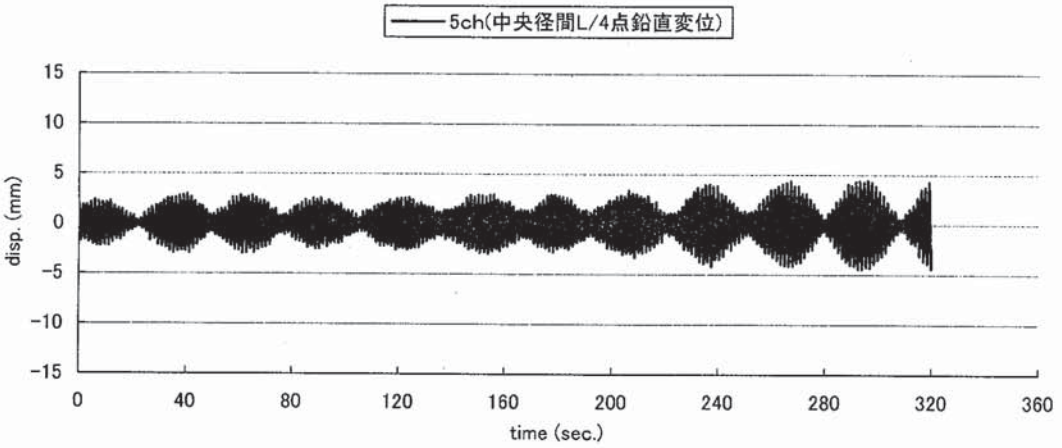


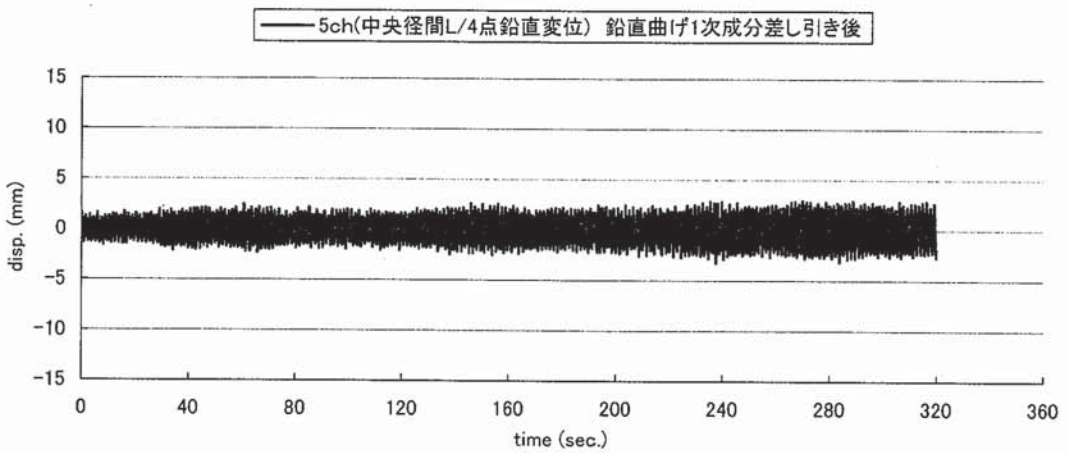


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.38　応答変位時系列
(風洞風速V=0.78m/s ゼロ発振 その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

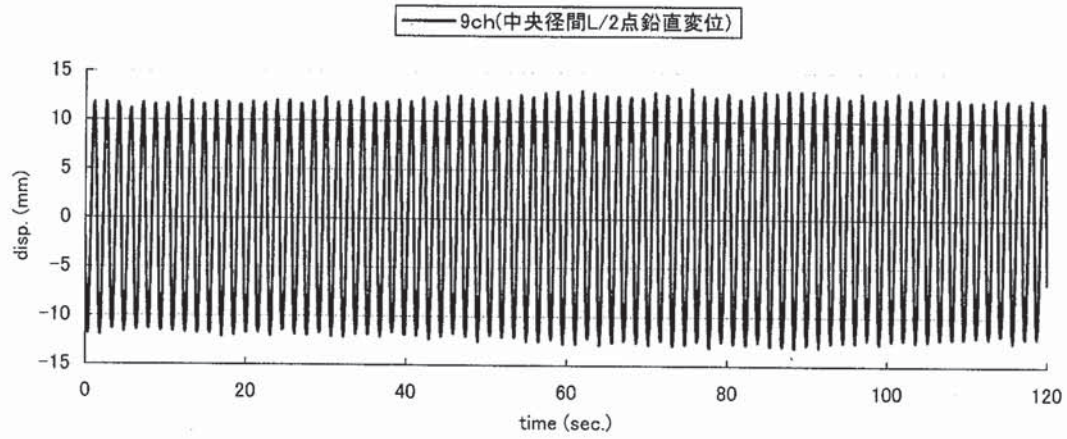


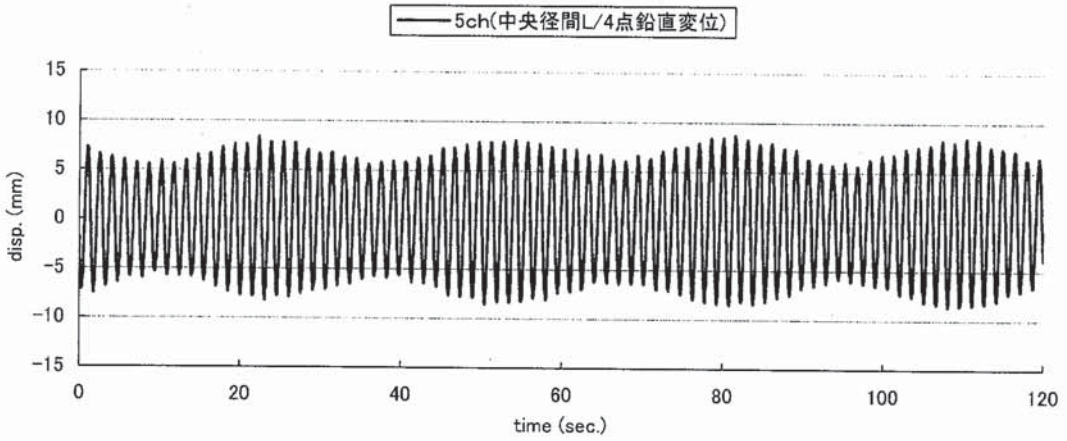


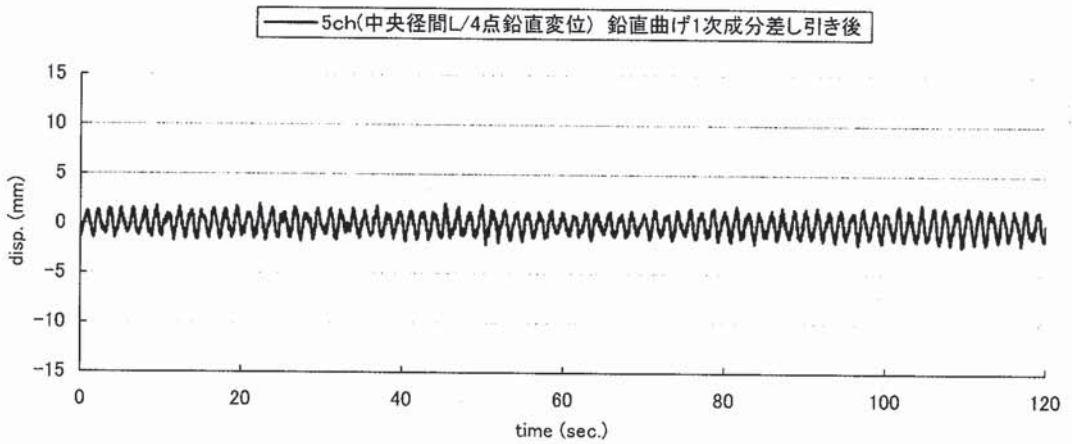


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.39　応答変位時系列
(風洞風速V=0.78m/s ゼロ発振 その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

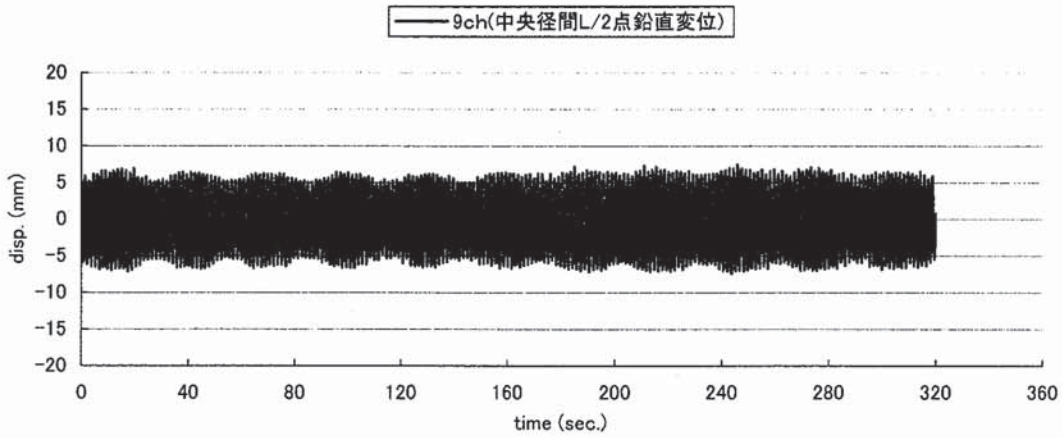


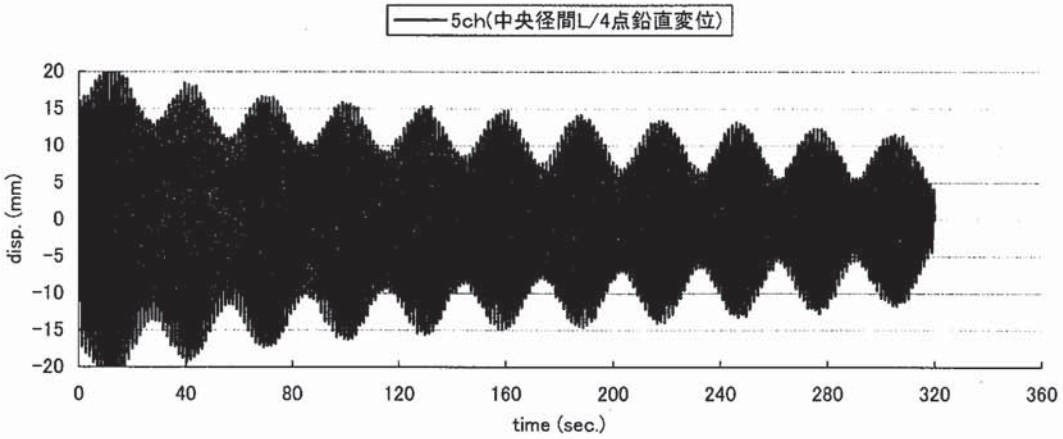


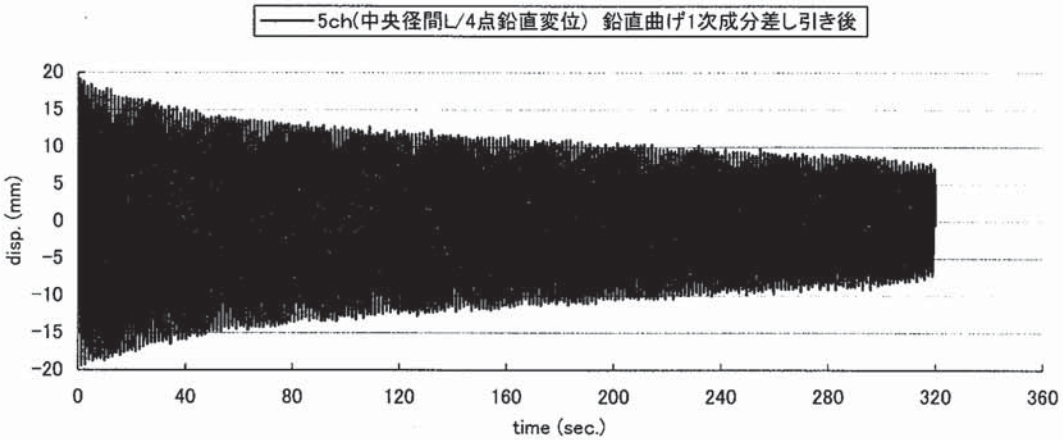


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.40　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s 定常状態)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

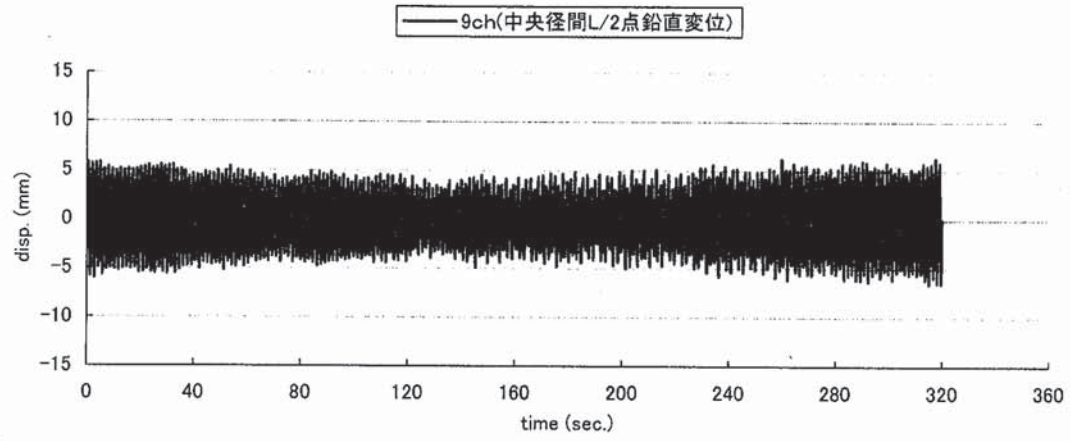


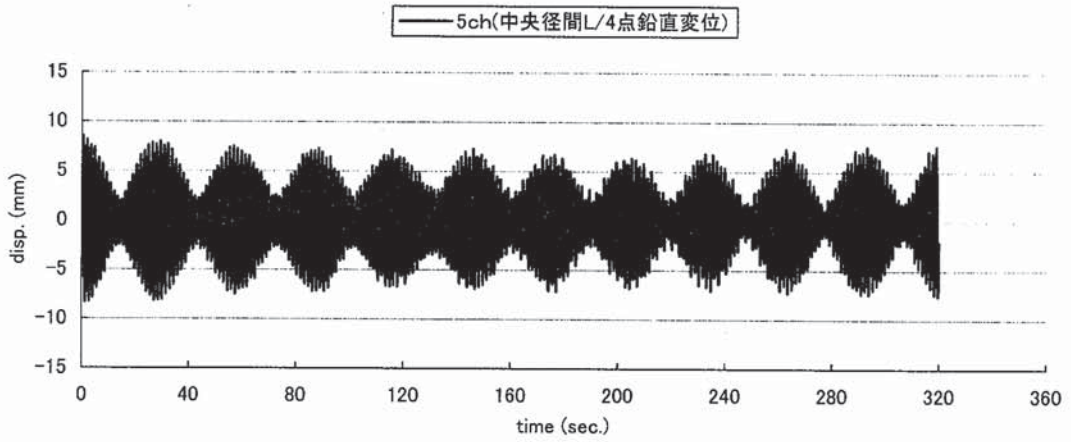


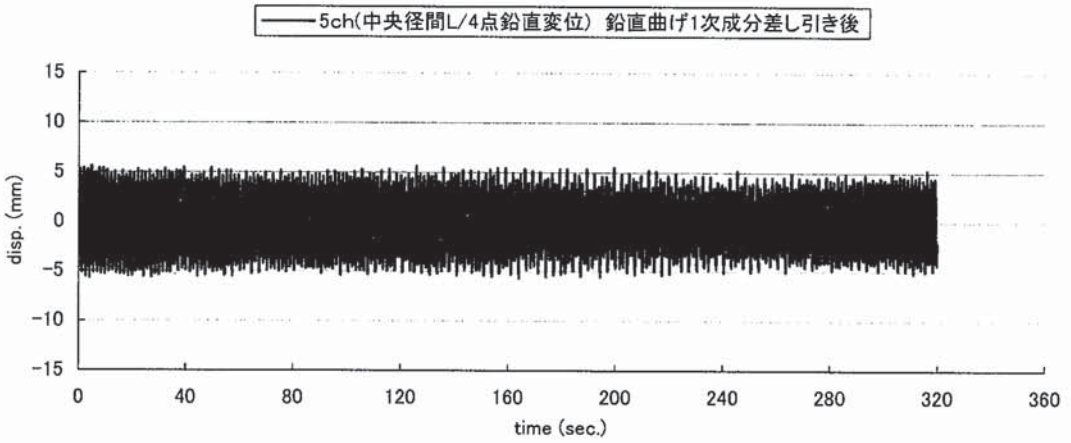


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.41　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s 鉛直曲げ逆対称1次加振後 その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

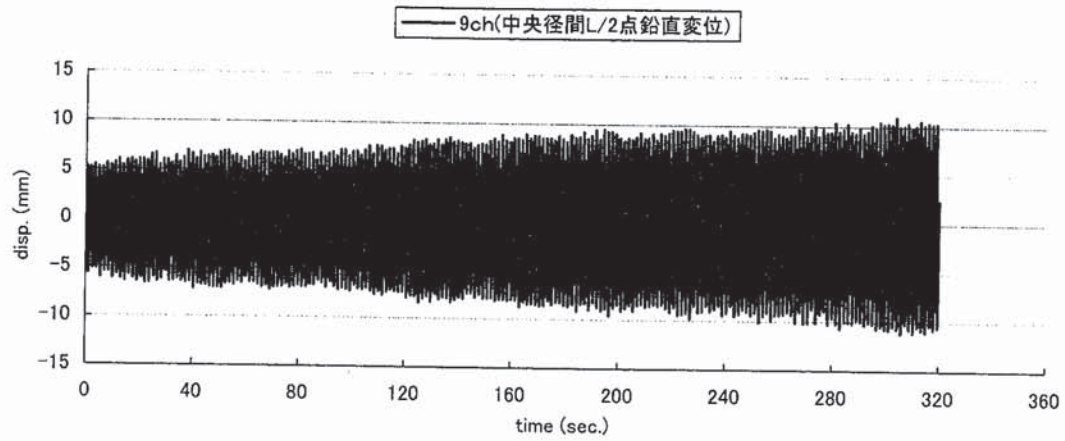


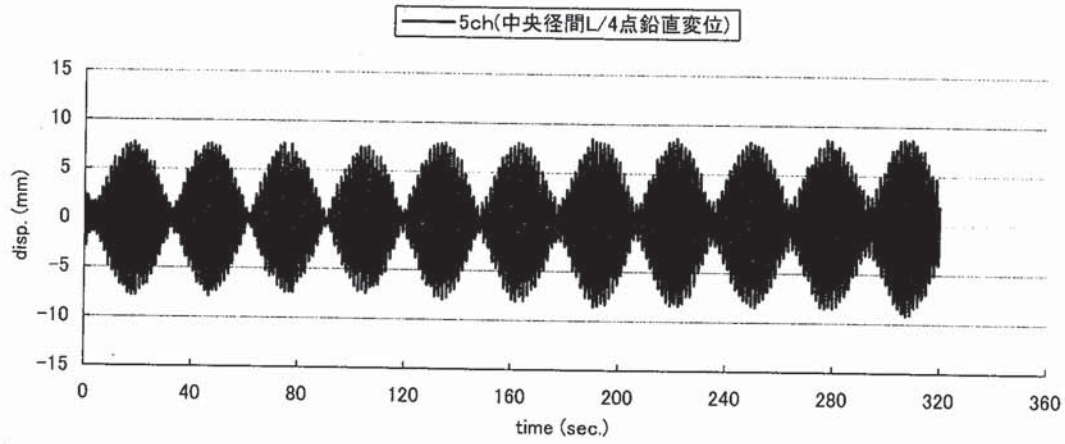


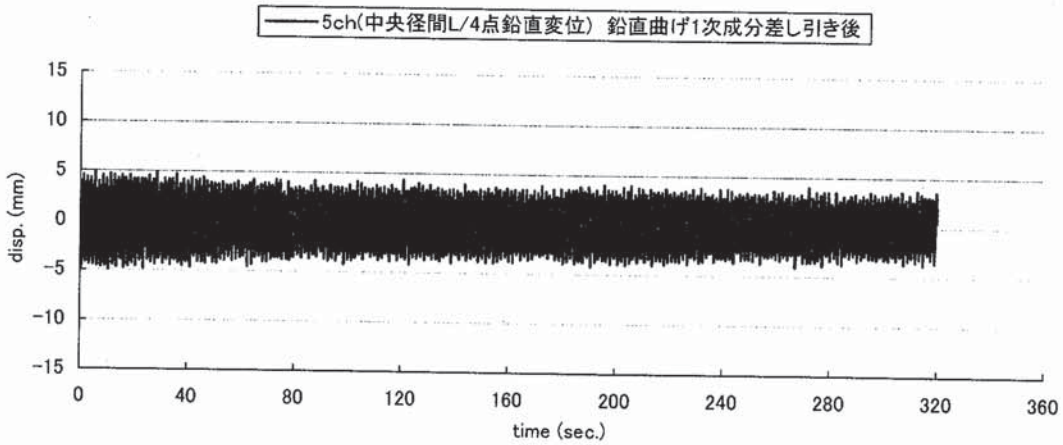


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.42　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s 鉛直曲げ逆対称1次加振後 その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

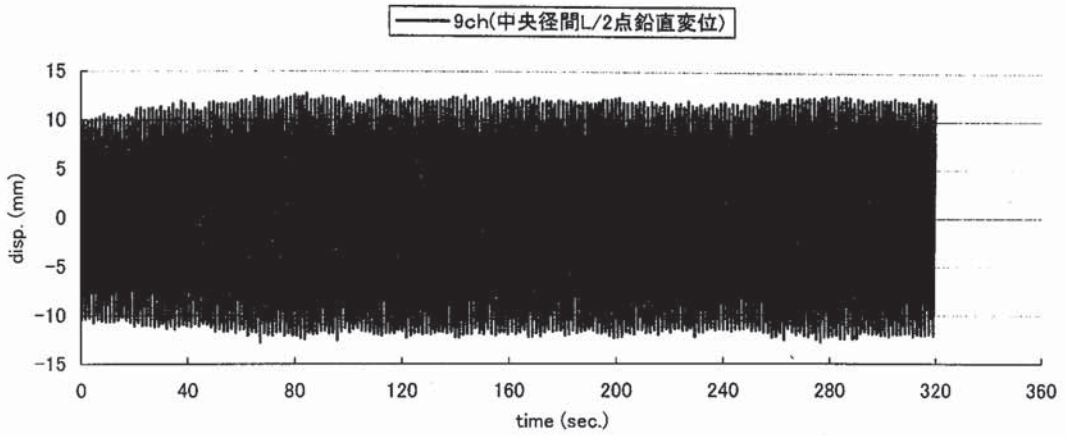


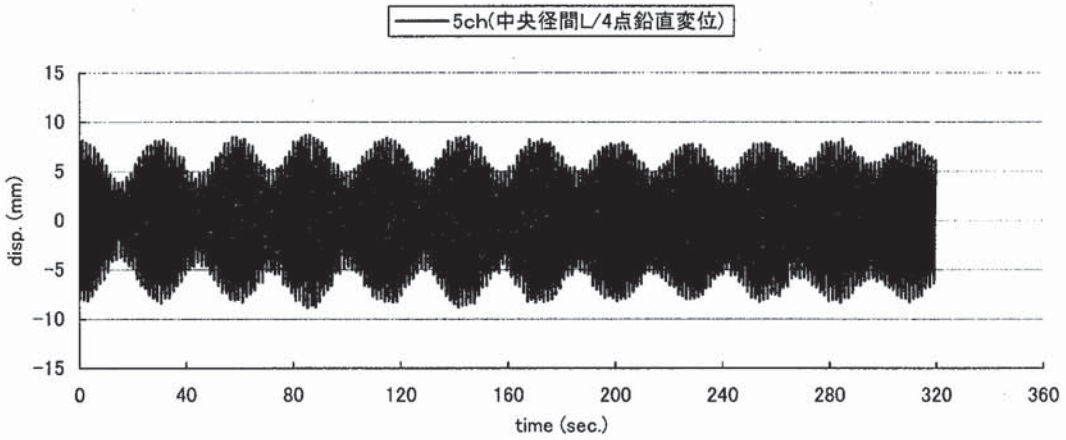


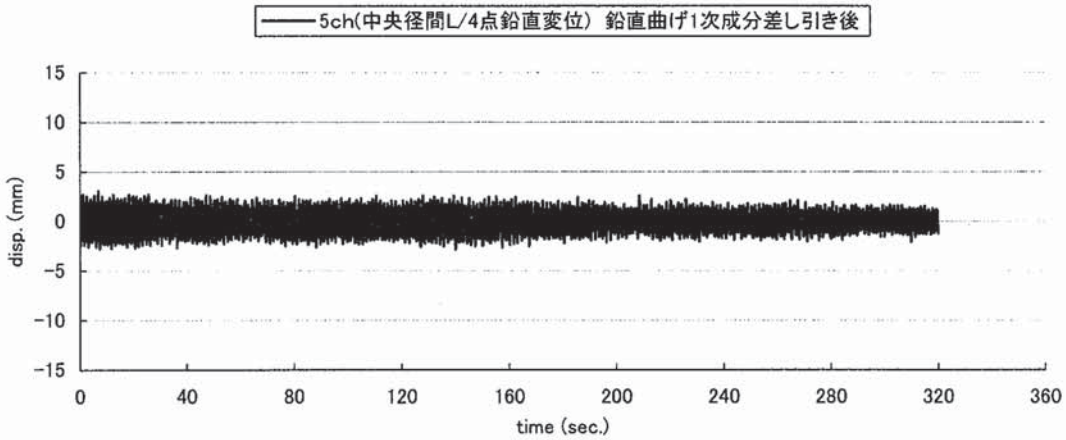


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.43　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s 鉛直曲げ逆対称1次加振後 その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

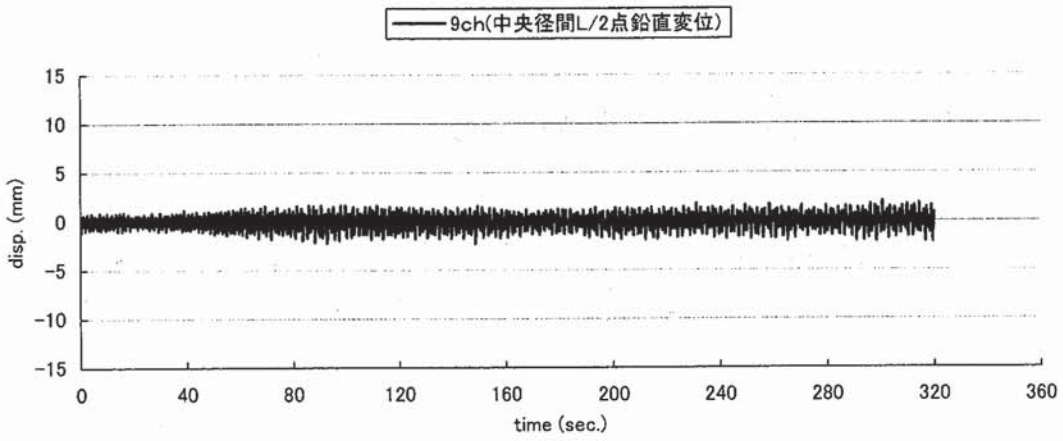


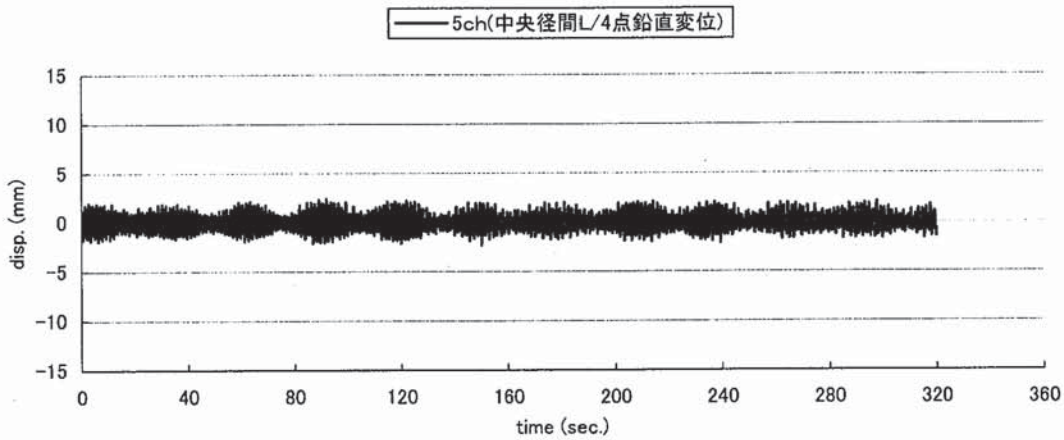


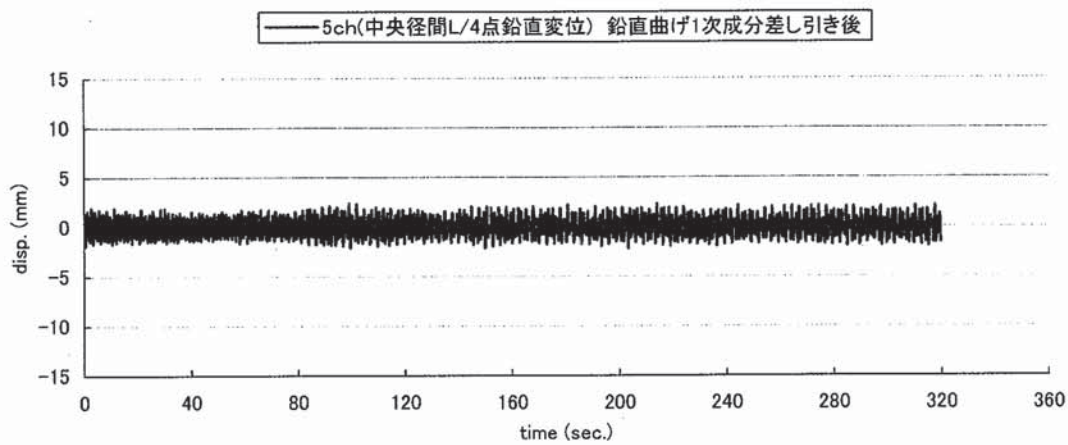


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.44　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s 鉛直曲げ逆対称1次加振後 その4)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

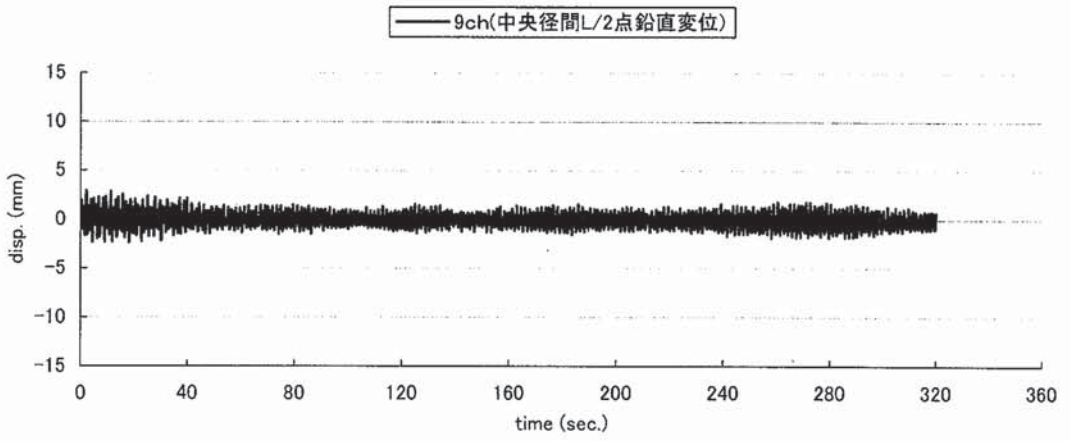


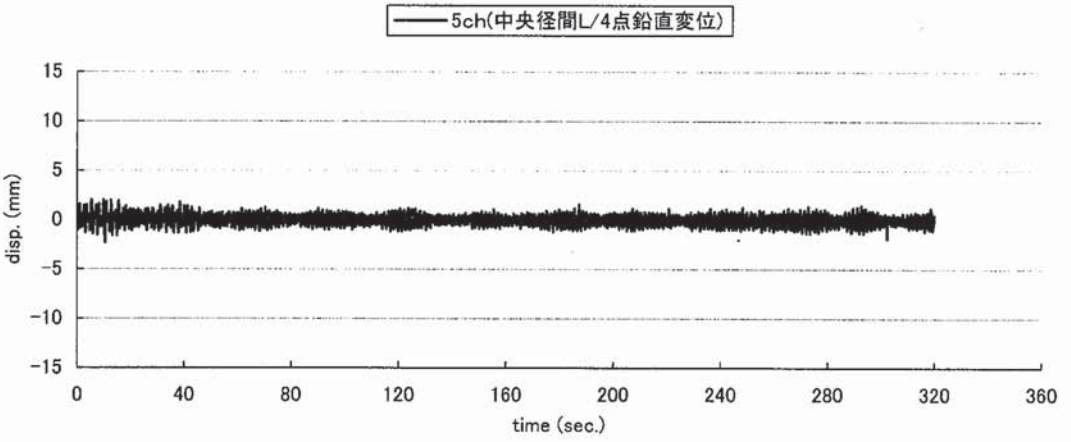


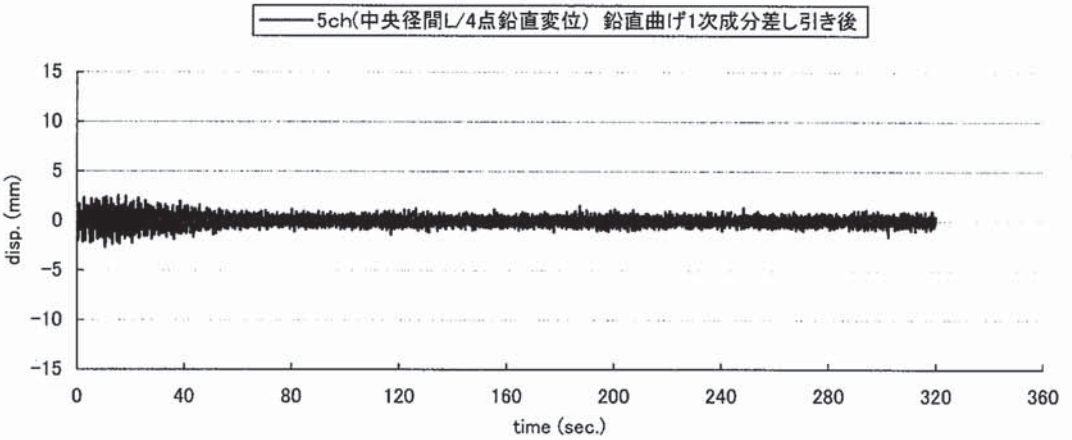


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.45　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s ゼロ発振 その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

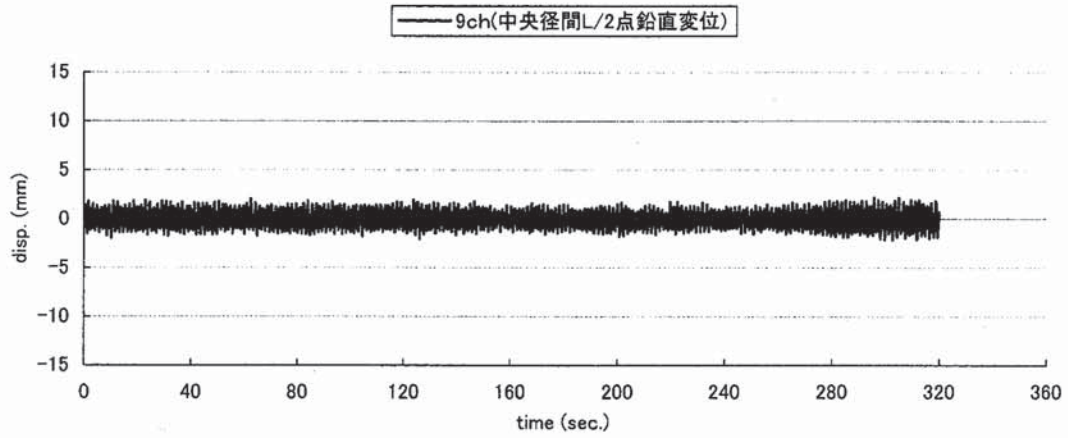


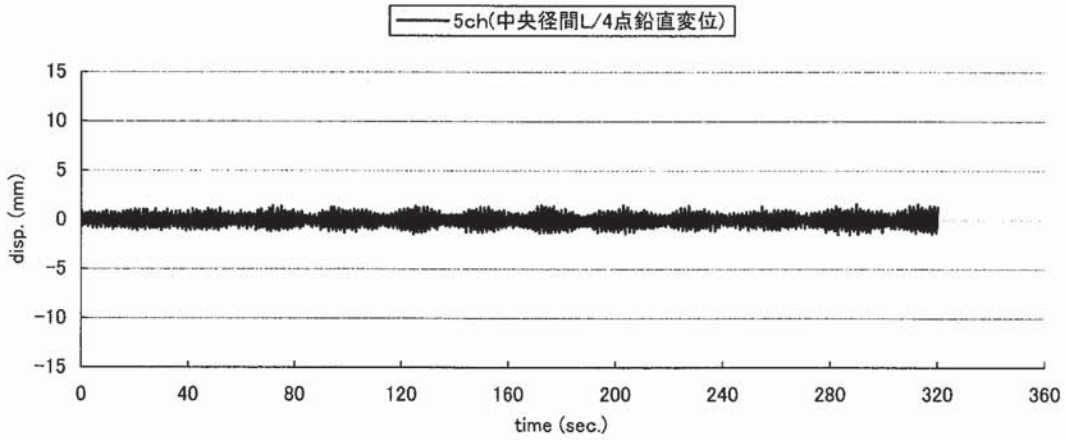


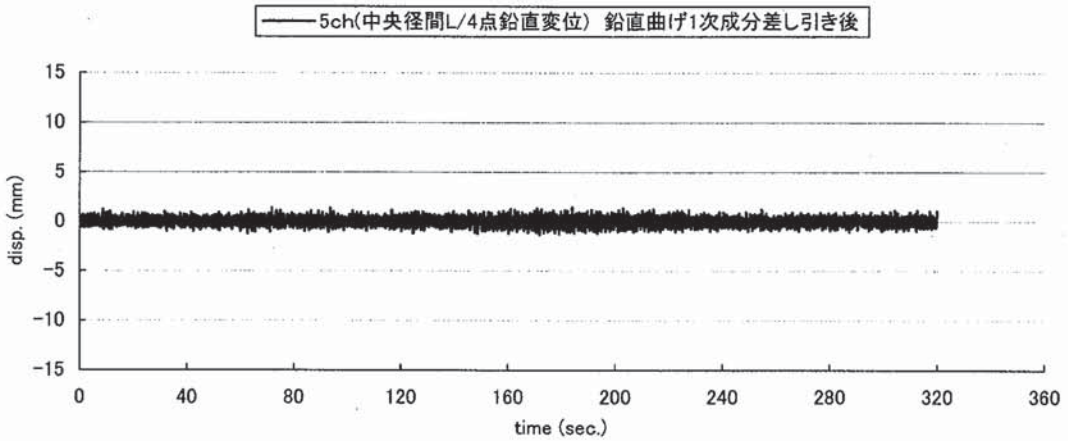


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.46　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s ゼロ発振 その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

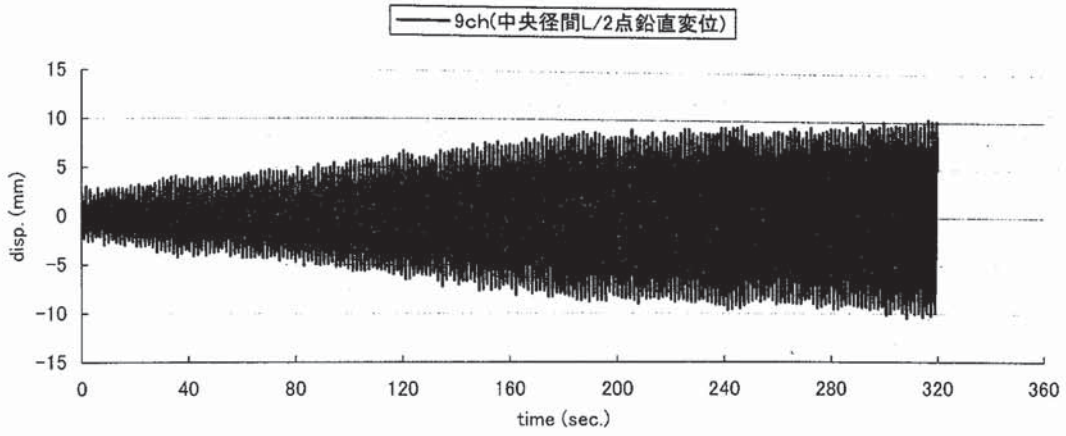


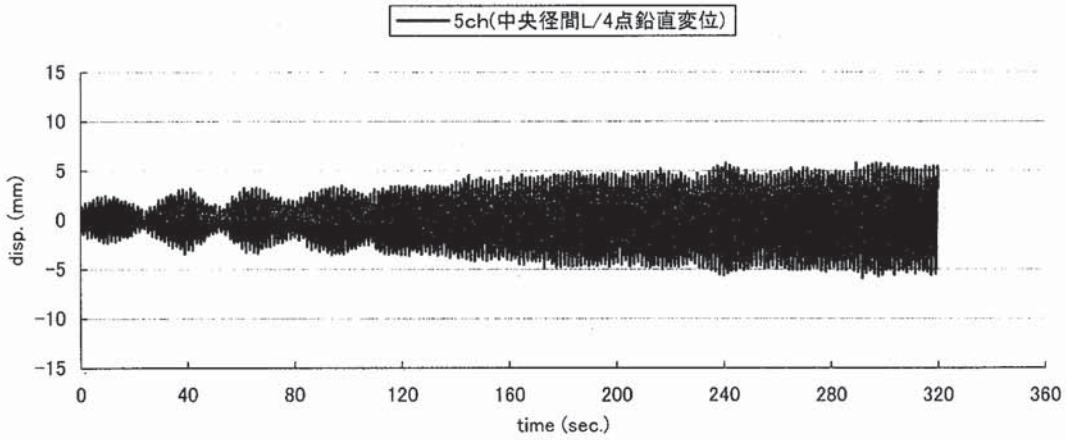


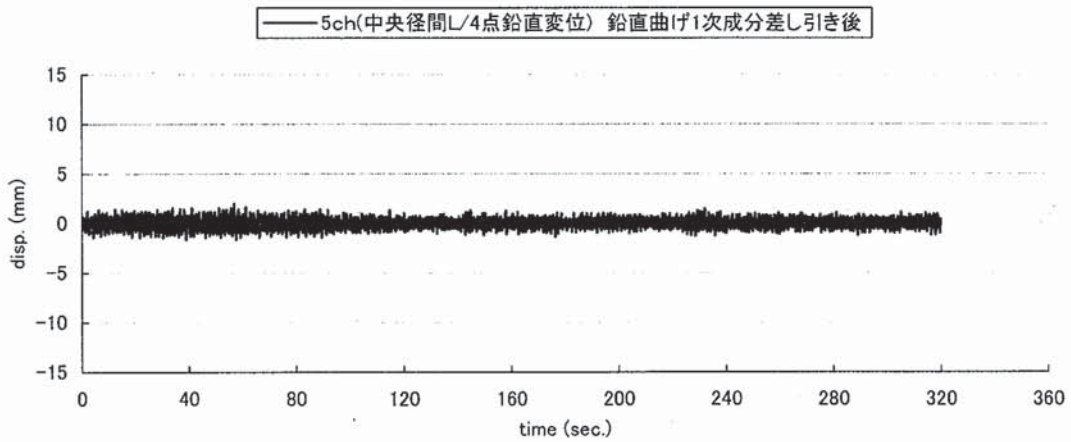


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.47　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s ゼロ発振 その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

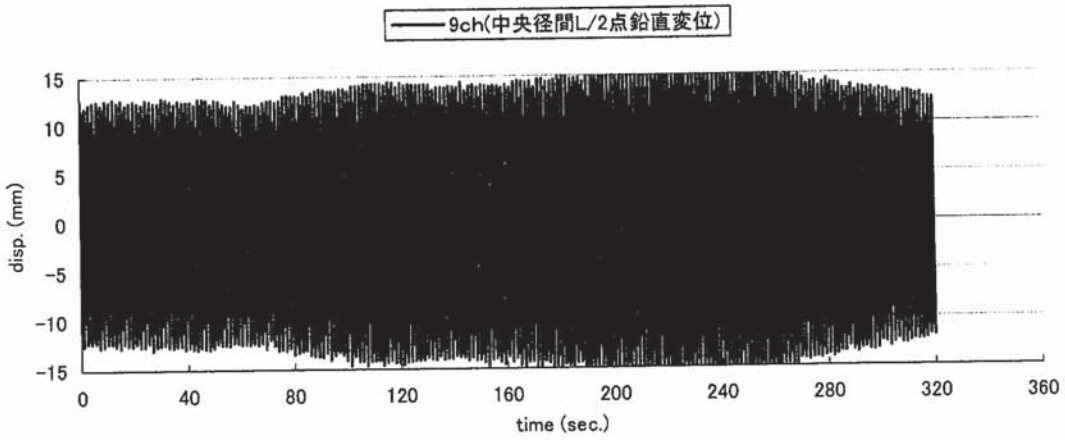


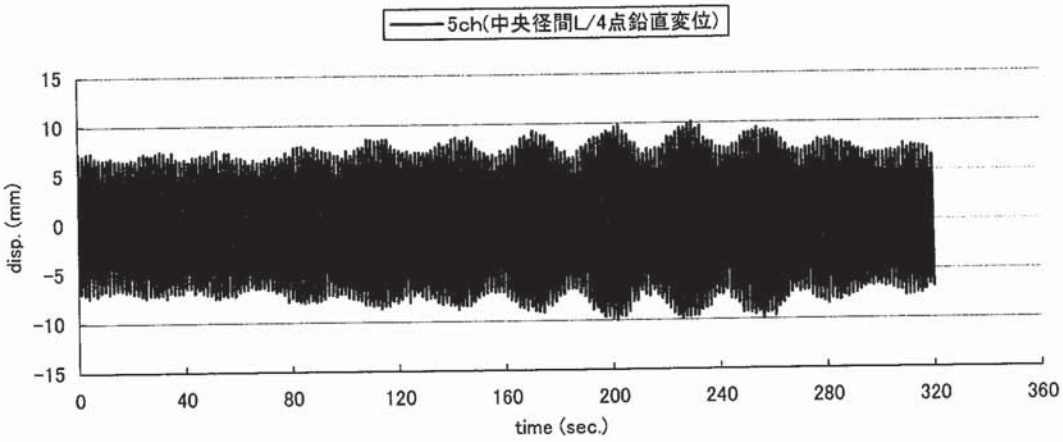


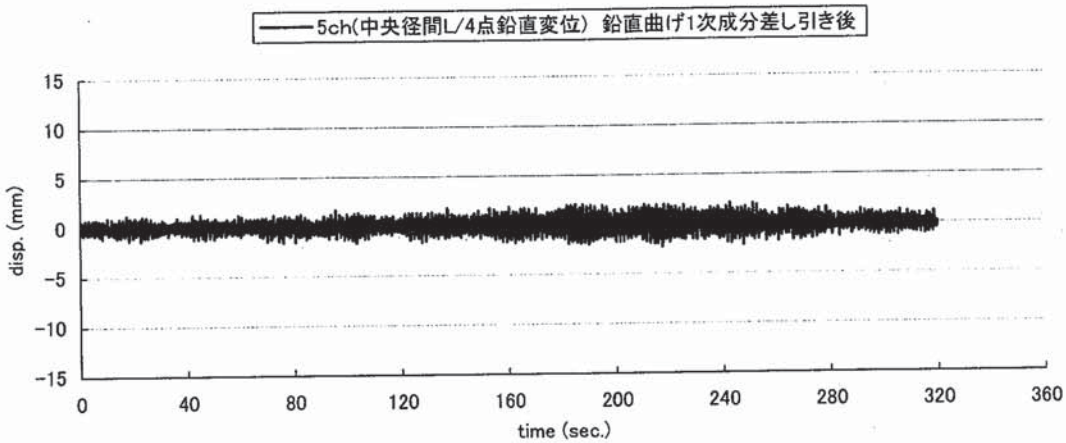


上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.48　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s ゼロ発振 その4)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)







上記波形は10Hzのローパスフィルター処理をしている。

図C2.5.49　応答変位時系列
(風洞風速V=0.84m/s ゼロ発振 その5)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)

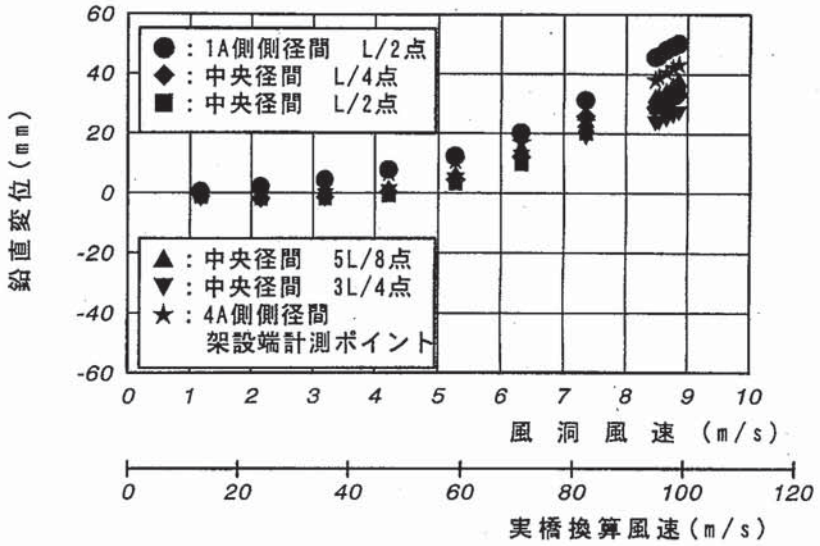
表C2.6.1　桁静的変位
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　側径間遮風壁撤去

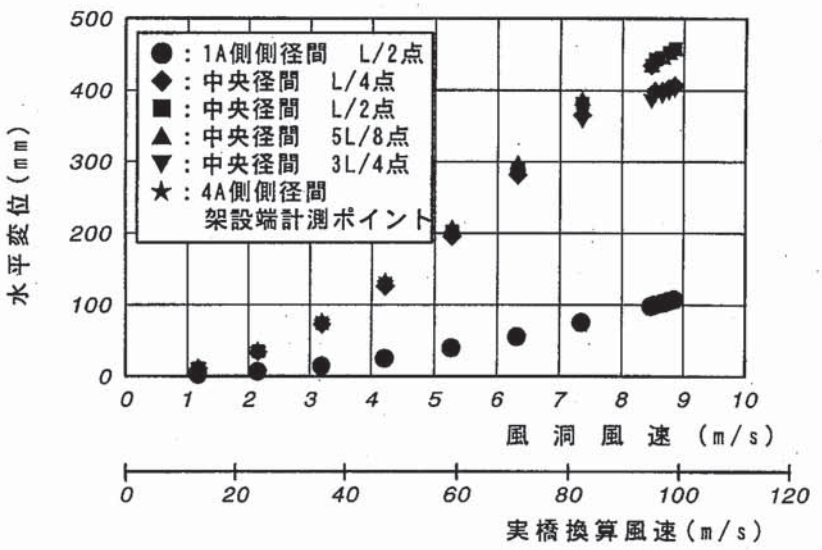
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	1A側側径間 L/2			中央径間 L/4			中央径間 L/2		
		鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)
1.18	13.2	0.12	1.92	0.13	-1.31	10.82	-0.25	-1.54	11.19	-0.44
2.16	24.1	1.78	6.18	0.24	-2.00	33.71	-0.25	-2.12	34.68	-0.56
3.20	35.8	4.07	13.86	0.44	-1.53	72.41	-0.22	-2.04	74.44	-0.67
4.22	47.2	7.52	24.62	0.70	0.07	125.55	-0.13	-0.97	129.35	-0.63
5.27	58.9	12.08	38.94	1.15	4.33	194.98	0.23	2.89	201.84	-0.43
6.33	70.7	20.07	54.75	1.90	12.02	281.05	0.94	9.51	290.55	0.20
7.36	82.3	30.96	74.50	2.71	25.77	364.86	2.69	20.00	381.13	1.84
8.48	94.9	45.49	97.23	3.51	29.80	391.85	5.94	28.71	434.67	6.30
8.54	95.5	45.93	98.91	3.57	30.02	398.87	6.28	29.06	443.38	6.76
8.66	96.8	47.91	101.62	3.70	30.76	398.72	6.73	30.63	445.56	7.36
8.77	98.1	49.14	104.26	3.79	31.80	402.72	7.35	32.67	452.73	8.26
8.86	99.1	50.13	106.49	3.86	32.88	406.41	7.91	34.44	458.38	9.01

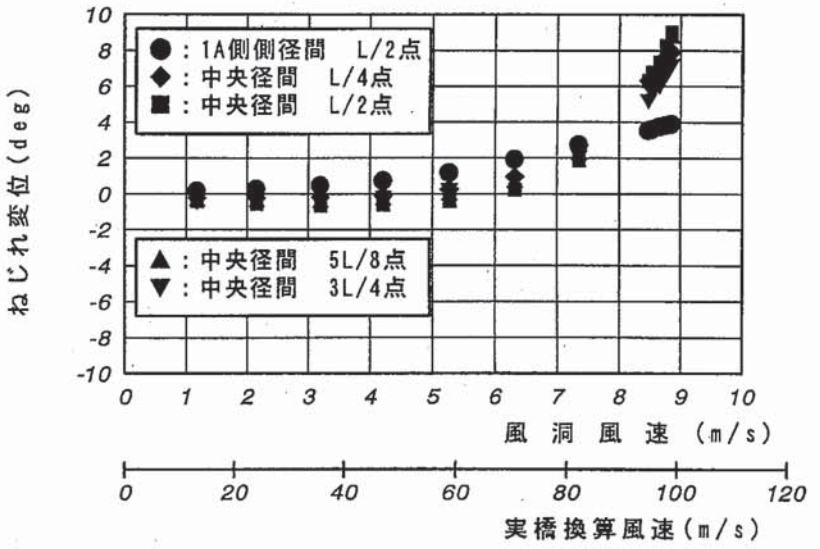
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間 5L/8			中央径間 3L/4			4A側側径間 L/2 計測ポイント		
		鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	鉛直変位 (mm)	水平変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)
1.18	13.2	-1.17	11.66	-0.44	-1.19	11.81	-0.37	-0.03	2.01	-
2.16	24.1	-1.43	35.70	-0.48	-1.06	34.15	-0.31	1.44	6.32	-
3.20	35.8	-0.73	75.68	-0.52	-0.35	72.69	-0.29	3.45	14.04	-
4.22	47.2	1.13	131.28	-0.38	0.98	126.21	-0.12	6.47	24.59	-
5.27	58.9	5.88	205.14	-0.11	5.01	194.94	0.30	10.47	38.70	-
6.33	70.7	14.07	295.68	0.57	12.90	280.55	0.77	16.77	54.77	-
7.36	82.3	23.66	385.23	2.12	19.32	359.93	2.15	23.79	73.10	-
8.48	94.9	31.99	432.76	6.20	24.28	388.11	5.28	37.97	95.85	-
8.54	95.5	32.41	441.82	6.60	24.50	395.96	5.68	38.98	98.28	-
8.66	96.8	33.94	442.95	7.14	25.51	395.11	6.07	40.51	100.29	-
8.77	98.1	35.88	449.90	7.97	26.68	400.25	6.72	42.03	103.48	-
8.86	99.1	37.50	454.82	8.66	27.64	403.38	7.27	43.06	105.73	-

表C2.6.2　主塔静的変位
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）　側径間遮風壁撤去

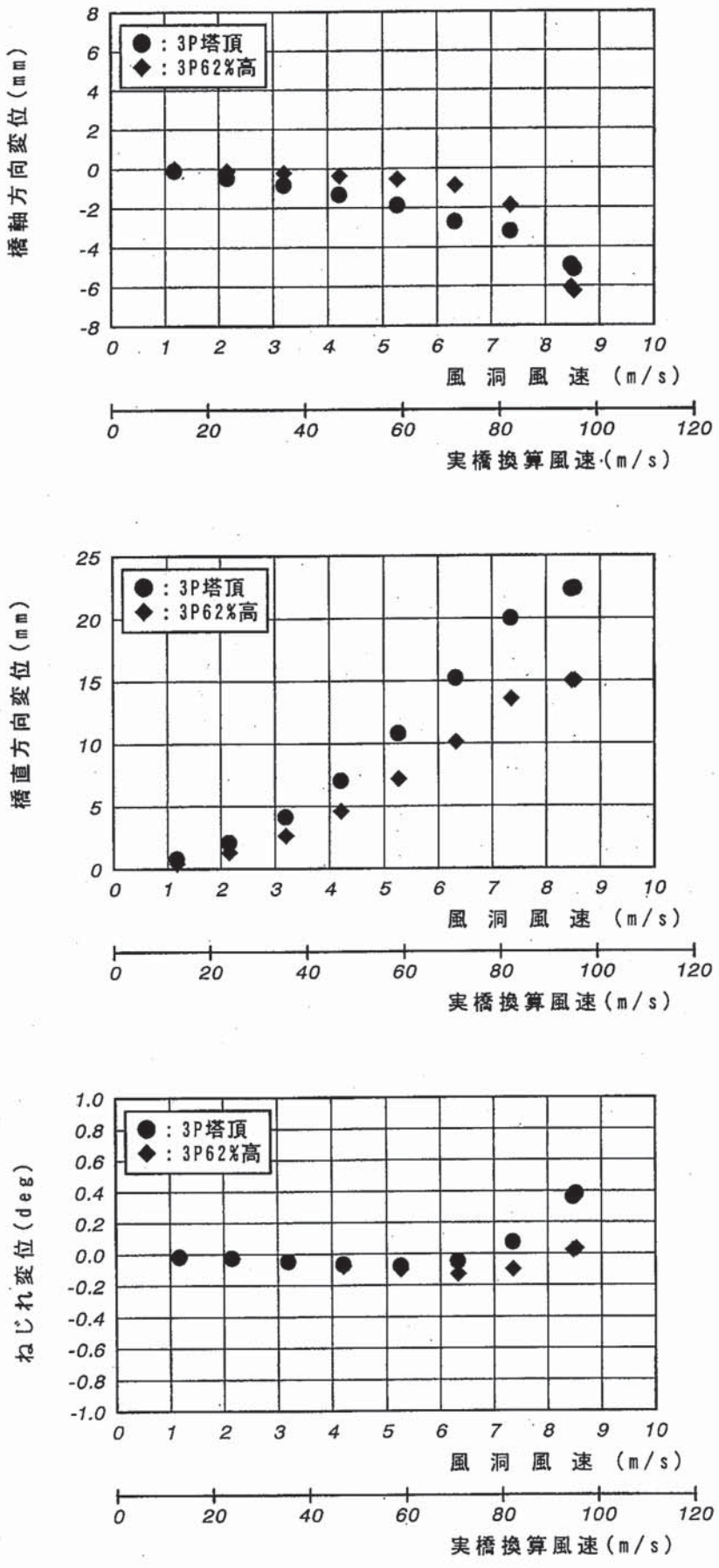
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	3P 塔頂			3P 62%高		
		橋軸変位 (mm)	橋直変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)	橋軸変位 (mm)	橋直変位 (mm)	ねじれ変位 (deg.)
1.18	13.2	-0.13	0.76	-0.02	-0.02	0.41	-0.02
2.16	24.1	-0.51	2.07	-0.03	-0.14	1.28	-0.03
3.20	35.8	-0.86	4.12	-0.05	-0.24	2.62	-0.05
4.22	47.2	-1.36	6.99	-0.07	-0.39	4.58	-0.08
5.27	58.9	-1.90	10.77	-0.08	-0.56	7.15	-0.10
6.33	70.7	-2.74	15.19	-0.05	-0.88	10.12	-0.13
7.36	82.3	-3.22	19.98	0.07	-1.90	13.55	-0.10
8.48	94.9	-4.96	22.28	0.36	-6.07	14.98	0.02
8.54	95.5	-5.15	22.36	0.38	-6.26	14.99	0.03
8.66	96.8	-5.26	22.54	0.43	-6.78	15.06	0.04
8.77	98.1	-5.33	22.98	0.48	-7.23	15.36	0.07
8.86	99.1	-5.36	23.19	0.53	-7.59	15.53	0.09







図C2.6.1　桁静的変位
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)
遮風壁側径間撤去



図C2.6.2　主塔静的変位
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）
側径間遮風壁撤去

表C2.7.1　各モードにおける風速と応答振幅の関係　(側径間遮風壁撤去、ねじれ対称1次モード)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間 2800m 4車線)

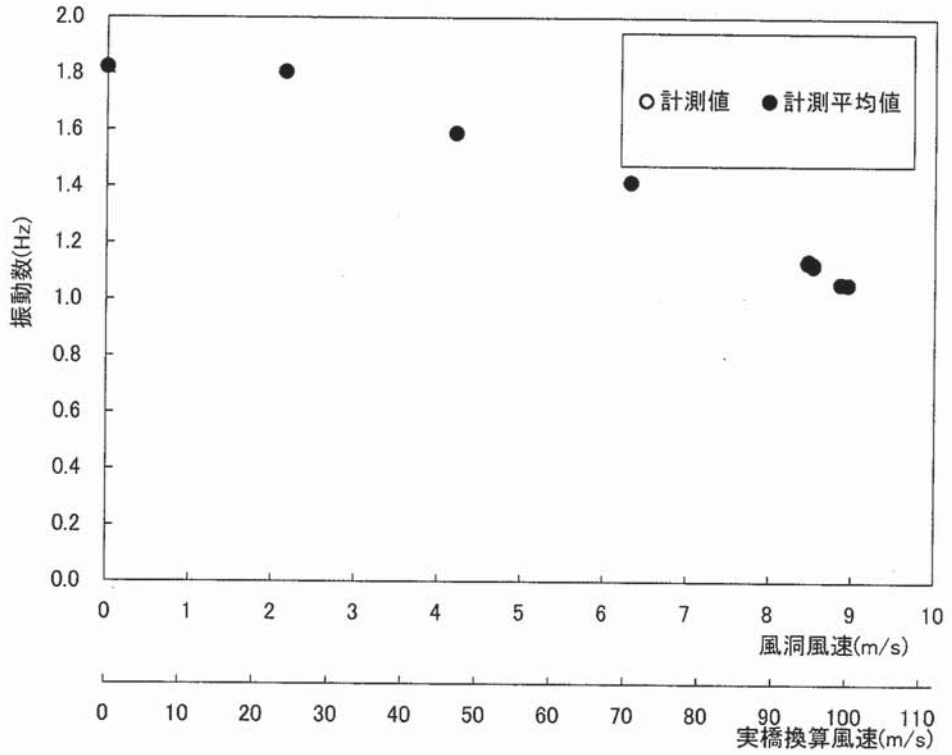
風洞風速	実橋換算風速	ねじれ対称1次	
Vm (m/s)	Vp (m/s)	Vp' (m/s)	振幅 (deg.)
1.18	13.22	12.75	0.01
2.16	24.14	23.29	0.01
3.20	35.76	34.51	0.02
4.22	47.15	45.50	0.04
5.27	58.92	56.85	0.05
6.33	70.75	68.26	0.08
7.36	82.30	79.40	0.08
8.48	94.85	91.52	0.26
8.54	95.54	92.18	0.29
8.66	96.79	93.39	0.70
8.77	98.08	94.63	0.88
8.86	99.10	95.62	↑3.72
8.95	100.11	96.59	↑4.03
		中央径間L/2点ねじれ変位	

Vp'：模型の各モードの実測振動数を用いて換算した実橋換算風速。
Vp'=(fp/fm')×n×Vm　(fp：実橋の各モードの解析振動数、fm'：模型の各モードの実測振動数、n：縮尺倍率=125、Vm：風洞風速)

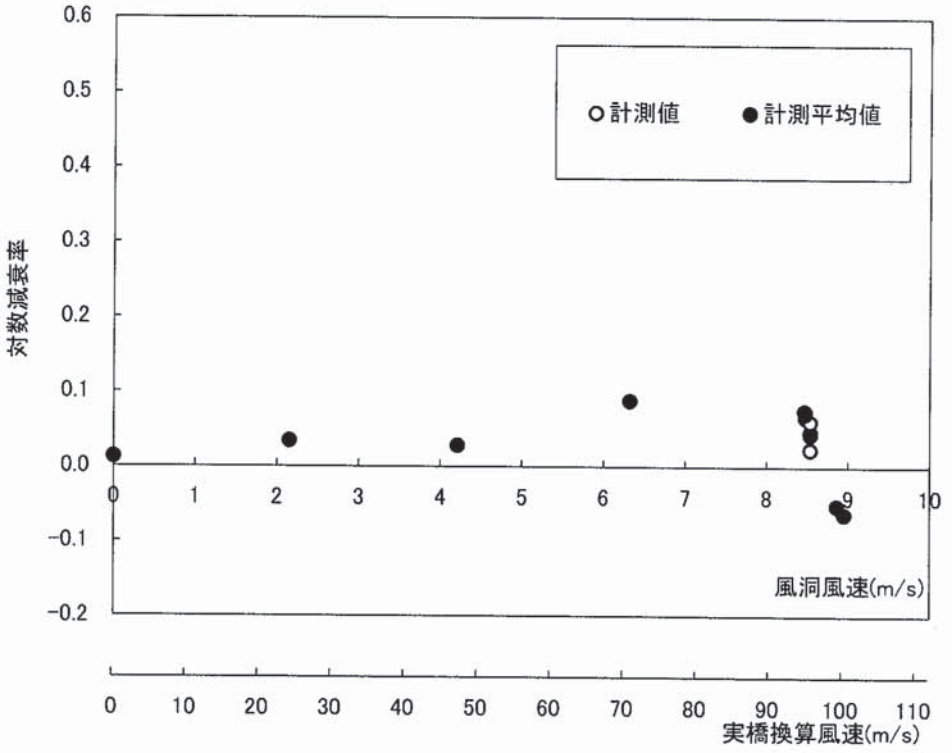
表C2.8.1　風速と振動数・対数減衰率の関係(側径間遮風壁撤去、ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

ねじれ対称1次							
基準風速	風洞風速		実橋換算	振動数		対数減衰率	
(m/s)	(m/s)	平均	(m/s)	(Hz)	平均		平均
0.00	0.00	0.00	0.00	1.823	1.823	0.012	0.012
2.02	2.16	2.16	24.1	1.806	1.806	0.034	0.034
3.95	4.21	4.21	47.1	1.589	1.589	0.028	0.028
5.93	6.32	6.32	70.7	1.416	1.416	0.088	0.088
7.96	8.48			1.135		0.073	
7.95	8.47	8.47	94.7	1.134	1.136	0.075	0.071
7.96	8.48			1.139		0.066	
8.01	8.54			1.128		0.023	
8.01	8.54	8.54	95.4	1.121	1.124	0.047	0.043
8.02	8.54			1.123		0.060	
8.32	8.86	8.86	99.1	1.059	1.059	-0.052	-0.052
8.41	8.95	8.95	100.1	1.055	1.055	-0.063	-0.063

注)対数減衰率を求める際の評価振幅は4.0deg.(または最大振幅)～
0.5deg.とした。



風速と振動数の関係(ねじれ対称1次)



風速と対数減衰率の関係(ねじれ対称1次)

図C2.8.1　風速と振動数・対数減衰率の関係(側径間遮風壁撤去、ねじれ対称1次)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

表C2.9.1　フラッターモード形状
(風洞風速 V=8.54m/s、振動数f=1.128Hz、対数減衰率 δ=0.023)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　側径間遮風壁撤去

■ 桁

桁　計測点	ねじれ成分		鉛直曲げ成分		水平曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
1A側側径間 L/2点	0.07	153.4	1.00	5.3	0.10	141.7
中央径間 L/4点	0.71	-1.0	0.07	13.8	0.32	-43.3
中央径間 L/2点	1.08	0.0	1.21	110.4	0.72	167.5
中央径間 5L/8点	0.94	0.2	0.84	104.8	0.34	173.6
中央径間 3L/4点	0.70	-0.3	0.14	79.9	0.28	-48.5
4A側側径間 L/2点 下流側	-	-	0.99	13.8	0.11	-178.8

■ 主塔

主塔　計測点	ねじれ成分		面外曲げ成分		面内曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
3P 塔頂	0.08	-3.8	0.11	164.5	0.05	-147.9
3P 62%高さ	0.03	-5.3	0.07	161.0	0.04	-153.3

注1) 位相差は、中央径間L/2点の桁ねじれ成分を基準に位相遅れを正として表示。
注2) 桁ねじれ成分の振幅は、ハンガー定着位置(桁中央からの距離：112mm)に換算した並進変位を用いて基準化。
注3) 振幅の基準化には、1A側側径間L/2点の鉛直曲げ成分(表中ハッチング)を基準振幅として用いた。

表C2.9.2　フラッターモード形状
(風洞風速 V=8.86m/s、振動数f=1.059Hz、対数減衰率 δ=-0.052)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　側径間遮風壁撤去

■ 桁

桁　計測点	ねじれ成分		鉛直曲げ成分		水平曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
1A側側径間 L/2点	0.04	127.1	1.00	6.0	0.12	144.2
中央径間 L/4点	0.46	-1.0	0.20	136.8	0.17	-53.4
中央径間 L/2点	0.69	0.0	0.91	-247.3	0.62	166.0
中央径間 5L/8点	0.60	-0.4	0.67	-252.0	0.32	169.7
中央径間 3L/4点	0.45	-1.0	0.25	125.1	0.14	-54.7
4A側側径間 L/2点 下流側	-	-	0.90	9.2	0.11	-177.7

■ 主塔

主塔　計測点	ねじれ成分		面外曲げ成分		面内曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
3P 塔頂	0.05	-5.4	0.11	160.0	0.04	-157.3
3P 62%高さ	0.02	-2.6	0.04	158.0	0.03	-154.0

注1) 位相差は、中央径間L/2点の桁ねじれ成分を基準に位相遅れを正として表示。
注2) 桁ねじれ成分の振幅は、ハンガー定着位置(桁中央からの距離：112mm)に換算した並進変位を用いて基準化。
注3) 振幅の基準化には、1A側側径間L/2点の鉛直曲げ成分(表中ハッチング)を基準振幅として用いた。

表C2.9.3　フラッターモード形状
(風洞風速 V=8.95m/s、振動数f=1.055Hz、対数減衰率 δ=-0.063)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m　4車線)　側径間遮風壁撤去

■ 桁

桁　計測点	ねじれ成分		鉛直曲げ成分		水平曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
1A側側径間 L/2点	0.04	118.2	1.00	8.8	0.12	147.9
中央径間 L/4点	0.41	-1.4	0.26	132.8	0.17	-57.9
中央径間 L/2点	0.60	0.0	0.87	111.3	0.59	166.2
中央径間 5L/8点	0.54	-0.8	0.66	109.1	0.31	168.7
中央径間 3L/4点	0.39	-1.6	0.26	133.5	0.16	-42.1
4A側側径間 L/2点 下流側	-	-	0.90	8.1	0.12	176.0

■ 主塔

主塔　計測点	ねじれ成分		面外曲げ成分		面内曲げ成分	
	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)	基準化振幅 A	位相差 φ (deg.)
3P 塔頂	0.05	-8.3	0.12	160.3	0.04	-156.3
3P 62%高さ	0.02	-4.6	0.05	157.1	0.03	-156.2

注1) 位相差は、中央径間L/2点の桁ねじれ成分を基準に位相遅れを正として表示。
注2) 桁ねじれ成分の振幅は、ハンガー定着位置(桁中央からの距離：112mm)に換算した並進変位を用いて基準化。
注3) 振幅の基準化には、1A側側径間L/2点の鉛直曲げ成分(表中ハッチング)を基準振幅として用いた。

表C2.9.4　桁フラッターモード(各断面ごとの回転中心・振幅比・位相差)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 側径間遮風壁撤去

中央径間 L/4点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	0.612	0.0	-0.014	0.945	-179.6	0.028	173.5	0.002	143.2
2.16	24.1	0.609	0.9	-0.002	0.992	-168.7	0.099	92.3	0.088	3.0
4.21	47.1	0.612	-0.4	-0.083	0.723	-158.5	0.248	132.0	0.586	-173.7
6.32	70.7	0.634	-0.4	-0.396	0.349	-89.0	1.011	141.5	0.163	146.2
8.48	94.8	0.652	-0.2	0.064	1.292	-171.6	0.147	29.5	0.478	-34.0
8.54	95.4	0.657	-1.0	0.045	1.198	-177.2	0.093	14.8	0.448	-42.3
8.86	99.1	0.663	-1.0	-0.163	0.542	-143.7	0.440	137.7	0.367	-52.4
8.95	100.1	0.689	-1.4	-0.225	0.473	-122.3	0.645	134.2	0.408	-56.6

中央径間 L/2点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	1.000	0.0	-0.027	0.898	-180.0	0.054	180.5	0.268	1.3
2.16	24.1	1.000	0.0	-0.051	0.814	-178.0	0.104	170.6	0.238	-1.2
4.21	47.1	1.000	0.0	-0.102	0.662	-172.1	0.214	162.1	0.325	-178.8
6.32	70.7	1.000	0.0	-0.122	0.614	-162.5	0.284	149.4	0.247	-175.7
8.48	94.8	1.000	0.0	-0.143	0.742	-90.7	0.988	106.9	0.621	168.4
8.54	95.4	1.000	0.0	-0.197	0.697	-82.6	1.129	110.4	0.667	167.5
8.86	99.1	1.000	0.0	-0.255	0.678	-72.9	1.323	112.7	0.896	166.0
8.95	100.1	1.000	0.0	-0.265	0.702	-67.5	1.457	111.3	0.998	166.2

中央径間 5L/8点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	0.819	-0.1	0.015	1.061	-180.1	0.030	-1.6	0.069	163.7
2.16	24.1	0.832	-0.3	-0.014	0.945	-171.3	0.081	110.7	0.120	2.9
4.21	47.1	0.819	0.4	-0.077	0.735	-166.4	0.194	143.1	0.336	178.2
6.32	70.7	0.878	-0.4	-0.173	0.510	-149.5	0.422	145.0	0.186	178.1
8.48	94.8	0.880	-0.2	-0.081	0.812	-105.5	0.765	102.3	0.445	-178.9
8.54	95.4	0.877	0.2	-0.112	0.775	-96.7	0.893	104.6	0.363	173.4
8.86	99.1	0.866	-0.4	-0.177	0.724	-82.9	1.125	108.3	0.531	170.0
8.95	100.1	0.906	-0.8	-0.207	0.706	-78.2	1.215	109.9	0.567	169.5

注1)振幅比[3][5]は各断面内でのねじれ変位を1にしたときの振幅比であり、系全体における振幅比は以下のようになる。
　系全体における中央径間L/2点ねじれ変位に対する振幅比=振幅比[3] or [5]×振幅比[1]
注2)位相差は、位相遅れを正としている。位相差[4][6]は各断面内でのねじれ変位からみた位相差であり、系全体における位相差は以下のようになる。
　系全体における中央径間L/2点ねじれ変位に対する位相差=位相差[4] or [6]+位相差[2]
位相差[7]は、下流側鉛直変位からみた上流側鉛直変位の位相差である。

表C2.9.5　桁フラッターモード(各断面ごとの回転中心・振幅比・位相差)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 側径間遮風壁撤去

中央径間 3L/4点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	0.587	-0.4	0.009	1.037	-180.2	0.018	-6.0	0.055	25.6
2.16	24.1	0.591	0.2	-0.027	0.898	-167.9	0.119	117.1	0.086	3.7
4.21	47.1	0.597	0.5	-0.127	0.605	-159.6	0.304	146.4	0.250	178.1
6.32	70.7	0.616	1.5	-0.382	0.391	-86.7	1.040	137.3	0.220	155.0
8.48	94.8	0.658	-0.3	0.010	1.041	-172.7	0.066	72.5	0.394	-45.3
8.54	95.4	0.655	-0.3	0.017	1.068	-157.6	0.201	80.1	0.396	-48.2
8.86	99.1	0.648	-1.0	-0.166	0.574	-126.8	0.564	126.1	0.317	-53.7
8.95	100.1	0.661	-1.6	-0.236	0.457	-120.6	0.666	135.1	0.414	-40.5

1A側側径間 L/2点										
風洞風速 (m/s)	実橋換算 (m/s)	中央径間L/2点とのねじれ変位の振幅比 [1]	中央径間L/2点からの位相差 (deg.) [2]	上流側鉛直変位／下流側鉛直変位			鉛直曲げ変位／ねじれ変位		水平曲げ変位／ねじれ変位	
				回転中心	振幅比	位相差 (deg.) [7]	振幅比 [3]	位相差 (deg.) [4]	振幅比 [5]	位相差 (deg.) [6]
0.00	0.0	0.087	182.0	-0.002	0.990	-181.6	0.015	250.7	0.568	-0.2
2.16	24.1	0.094	181.2	0.080	1.372	-194.3	0.201	-37.5	0.581	-2.5
4.21	47.1	0.098	186.8	-0.139	0.702	-256.7	0.803	249.7	0.939	0.0
6.32	70.7	0.096	182.5	0.937	1.224	24.2	4.220	296.4	0.410	27.7
8.48	94.8	0.068	141.3	-5.732	0.904	4.9	15.102	220.6	1.202	-7.2
8.54	95.4	0.069	153.4	-5.747	0.882	4.5	13.542	211.9	1.315	-11.7
8.86	99.1	0.059	127.1	-6.348	0.959	4.0	24.583	238.9	2.920	17.2
8.95	100.1	0.069	118.2	-4.049	0.973	4.4	24.305	250.5	2.938	29.7

注1)振幅比[3][5]は各断面内でのねじれ変位を1にしたときの振幅比であり、系全体における振幅比は以下のようになる。
　系全体における中央径間L/2点ねじれ変位に対する振幅比=振幅比[3] or [5]×振幅比[1]
注2)位相差は、位相遅れを正としている。位相差[4][6]は各断面内でのねじれ変位からみた位相差であり、系全体における位相差は以下のようになる。
　系全体における中央径間L/2点ねじれ変位に対する位相差=位相差[4] or [6]+位相差[2]
位相差[7]は、下流側鉛直変位からみた上流側鉛直変位の位相差である。

表C2.9.6　桁フラッターモード(基準を共通にした振幅比・位相差)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 側径間遮風壁撤去

中央径間 L/4点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	0.612	472.242	0.0	0.017	13.334	173.5	0.001	1.149	143.2
2.16	24.1	0.609	32.450	0.9	0.061	3.225	93.1	0.054	2.865	3.8
4.21	47.1	0.612	7.815	-0.4	0.152	1.941	131.7	0.358	4.579	-174.1
6.32	70.7	0.634	1.570	-0.4	0.641	1.588	141.0	0.104	0.256	145.8
8.48	94.8	0.652	0.636	-0.2	0.096	0.093	29.2	0.311	0.304	-34.3
8.54	95.4	0.657	0.707	-1.0	0.061	0.066	13.8	0.295	0.317	-43.3
8.86	99.1	0.663	0.456	-1.0	0.292	0.201	136.8	0.243	0.167	-53.4
8.95	100.1	0.689	0.410	-1.4	0.445	0.265	132.8	0.282	0.168	-57.9

中央径間 L/2点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	1.000	771.401	0.0	0.054	41.317	-179.5	0.268	206.560	1.3
2.16	24.1	1.000	53.285	0.0	0.104	5.555	170.6	0.238	12.659	-1.2
4.21	47.1	1.000	12.775	0.0	0.214	2.740	162.1	0.325	4.150	-178.8
6.32	70.7	1.000	2.477	0.0	0.284	0.704	149.4	0.247	0.612	-175.7
8.48	94.8	1.000	0.975	0.0	0.988	0.963	106.9	0.621	0.606	168.4
8.54	95.4	1.000	1.075	0.0	1.129	1.214	110.4	0.667	0.717	167.5
8.86	99.1	1.000	0.687	0.0	1.323	0.909	112.7	0.896	0.616	166.0
8.95	100.1	1.000	0.595	0.0	1.457	0.867	111.3	0.998	0.594	166.2

中央径間 5L/8点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	0.819	631.597	-0.1	0.024	18.688	-1.7	0.057	43.696	163.6
2.16	24.1	0.832	44.338	-0.3	0.068	3.604	110.3	0.100	5.313	2.6
4.21	47.1	0.819	10.468	0.4	0.159	2.028	143.5	0.276	3.521	178.6
6.32	70.7	0.878	2.174	-0.4	0.371	0.918	144.6	0.163	0.405	177.7
8.48	94.8	0.880	0.858	-0.2	0.674	0.657	102.1	0.391	0.382	-179.0
8.54	95.4	0.877	0.942	0.2	0.783	0.841	104.8	0.319	0.342	173.6
8.86	99.1	0.866	0.595	-0.4	0.974	0.670	108.0	0.460	0.316	169.7
8.95	100.1	0.906	0.539	-0.8	1.102	0.655	109.1	0.514	0.306	168.7

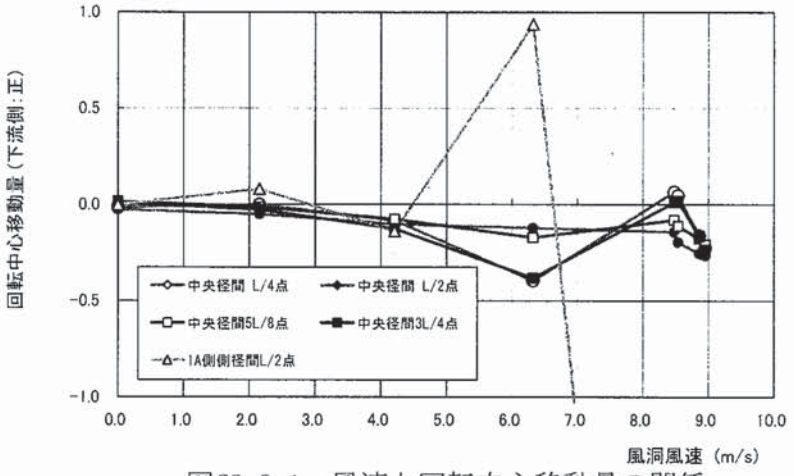
注1)振幅比aは、中央径間L/2点ねじれ変位を1にしたときの振幅比であり、振幅比bは1A側側径間L/2点
鉛直変位を1にしたときの振幅比である。
振幅比a[9] or [11]=振幅比[3] or [5]×振幅比[1]
振幅比b[8] or [10] or [12]=振幅比[1] or [9] or [11]/(1A側側径間L/2点における
「中央径間L/2点とのねじれ変位振幅比」[1]×1A側側径間L/2点における「鉛直変位振幅比」[3])
注2)位相差は、位相遅れを正としており、系全体における位相差である。
位相差[13] or [14]=位相差[4] or [6]+位相差[2]

表C2.9.7　桁フラッターモード(基準を共通にした振幅比・位相差)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m、4車線) 側径間遮風壁撤去

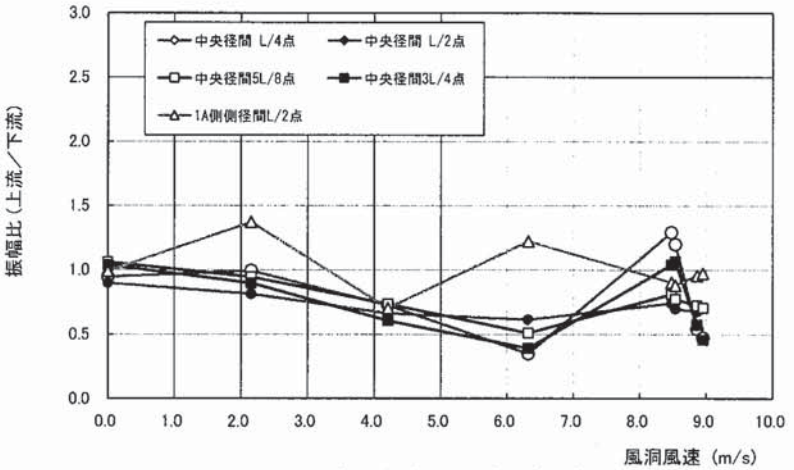
中央径間 3L/4点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	0.587	452.652	-0.4	0.011	8.242	-6.4	0.032	24.815	25.2
2.16	24.1	0.591	31.493	0.2	0.070	3.752	117.3	0.051	2.722	3.9
4.21	47.1	0.597	7.626	0.5	0.182	2.320	146.9	0.149	1.903	178.6
6.32	70.7	0.616	1.525	1.5	0.640	1.585	138.8	0.136	0.336	156.5
8.48	94.8	0.658	0.641	-0.3	0.044	0.043	72.2	0.259	0.253	-45.6
8.54	95.4	0.655	0.704	-0.3	0.132	0.141	79.9	0.259	0.278	-48.5
8.86	99.1	0.648	0.446	-1.0	0.365	0.251	125.1	0.206	0.141	-54.7
8.95	100.1	0.661	0.393	-1.6	0.440	0.262	133.5	0.274	0.163	-42.1

1A側側径間 L/2点										
風洞風速	実橋換算	ねじれ変位			鉛直変位			水平変位		
(m/s)	(m/s)	振幅比a [1]	振幅比b [8]	位相差 (deg.) [2]	振幅比a [9]	振幅比b [10]	位相差 (deg.) [13]	振幅比a [11]	振幅比b [12]	位相差 (deg.) [14]
0.00	0.0	0.087	67.189	182.0	0.001	1.000	72.7	0.050	38.189	-178.3
2.16	24.1	0.094	4.983	181.2	0.019	1.000	143.7	0.054	2.895	178.7
4.21	47.1	0.098	1.246	186.8	0.078	1.000	76.4	0.092	1.169	-173.3
6.32	70.7	0.096	0.237	182.5	0.404	1.000	118.9	0.039	0.097	-149.7
8.48	94.8	0.068	0.066	141.3	1.026	1.000	1.9	0.082	0.080	134.1
8.54	95.4	0.069	0.074	153.4	0.930	1.000	5.3	0.090	0.097	141.7
8.86	99.1	0.059	0.041	127.1	1.455	1.000	6.0	0.173	0.119	144.2
8.95	100.1	0.069	0.041	118.2	1.681	1.000	8.8	0.203	0.121	147.9

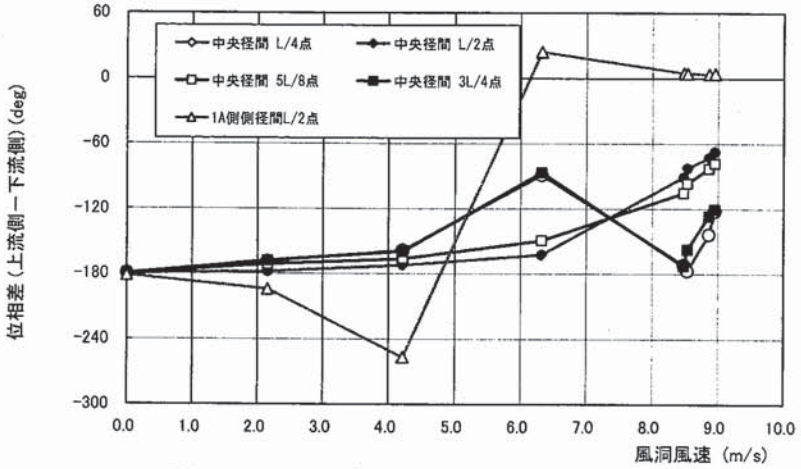
注1)振幅比aは、中央径間L/2点ねじれ変位を1にしたときの振幅比であり、振幅比bは1A側側径間L/2点
鉛直変位を1にしたときの振幅比である。
振幅比a[9] or [11]=振幅比[3] or [5]×振幅比[1]
振幅比b[8] or [10] or [12]=振幅比[1] or [9] or [11]/(1A側側径間L/2点における
「中央径間L/2点とのねじれ変位振幅比」[1]×1A側側径間L/2点における「鉛直変位振幅比」[3])
注2)位相差は、位相遅れを正としており、系全体における位相差である。
位相差[13] or [14]=位相差[4] or [6]+位相差[2]



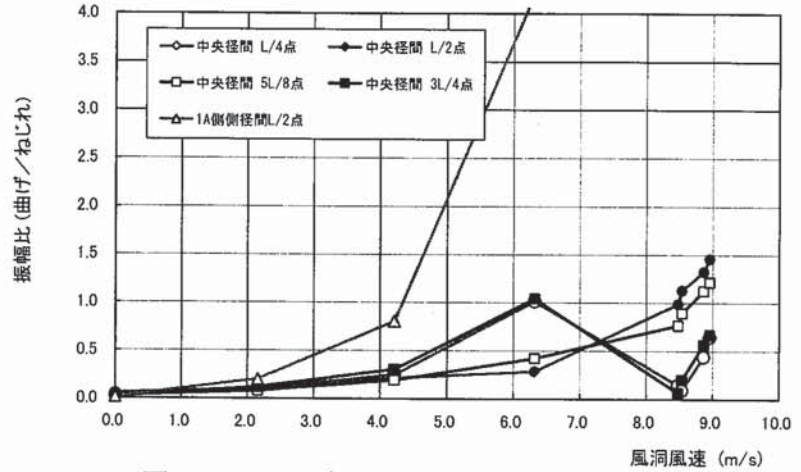
図C2.9.1　風速と回転中心移動量の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）
側径間遮風壁撤去



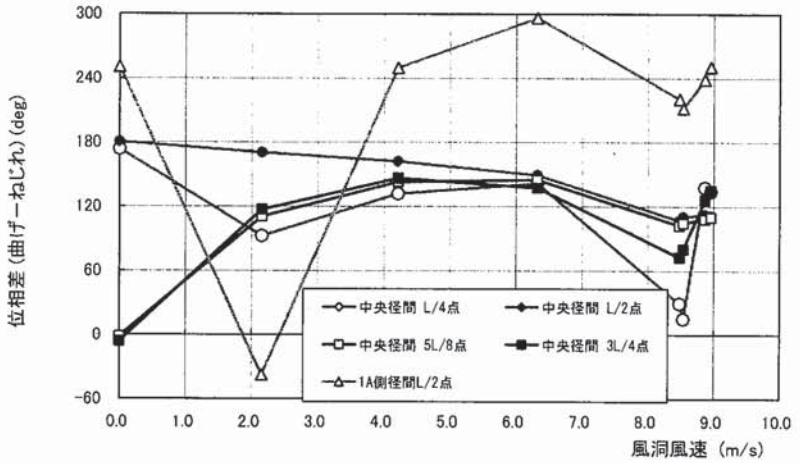
図C2.9.2　風速と振幅比（上流／下流）の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）
側径間遮風壁撤去



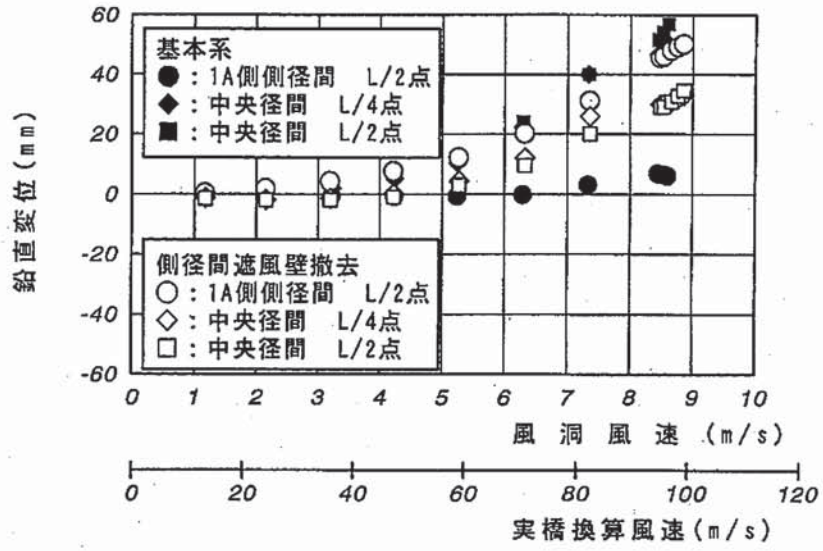
図C2.9.3　風速と位相差の関係(上流－下流)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）
側径間遮風壁撤去

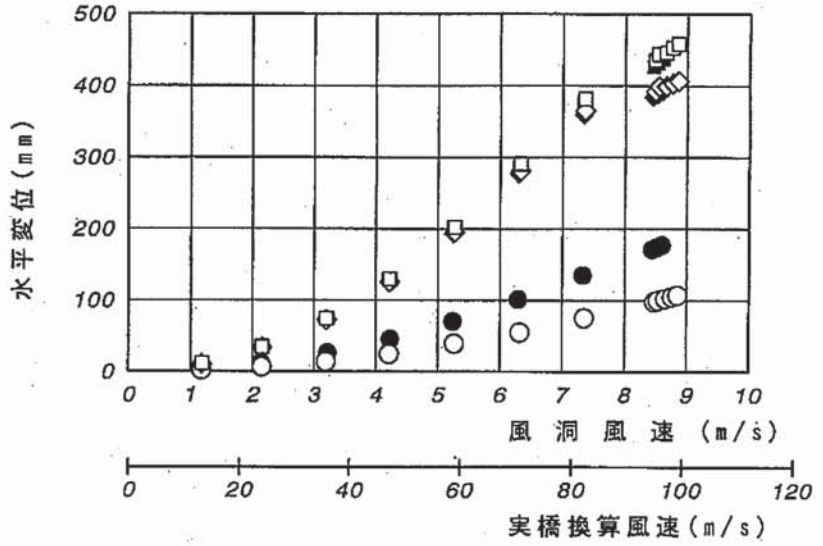


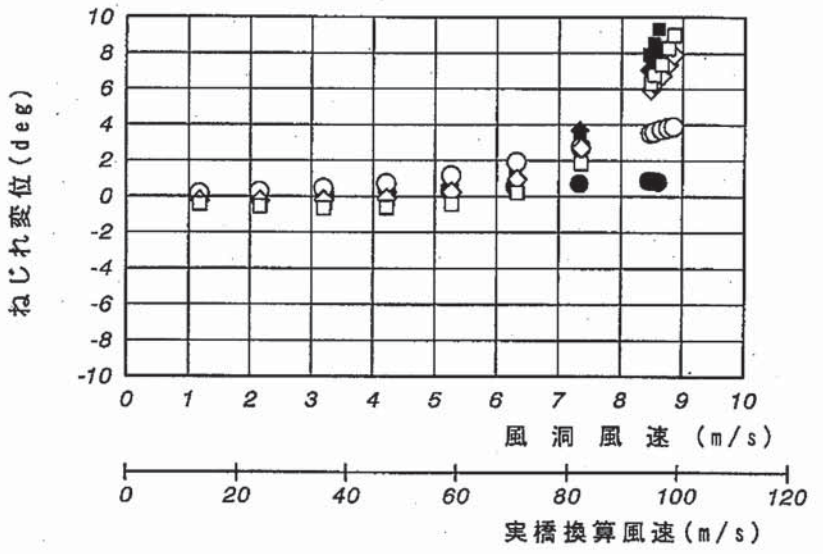
図C2.9.4　風速と振幅比（曲げ／ねじれ）の関係
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）
側径間遮風壁撤去



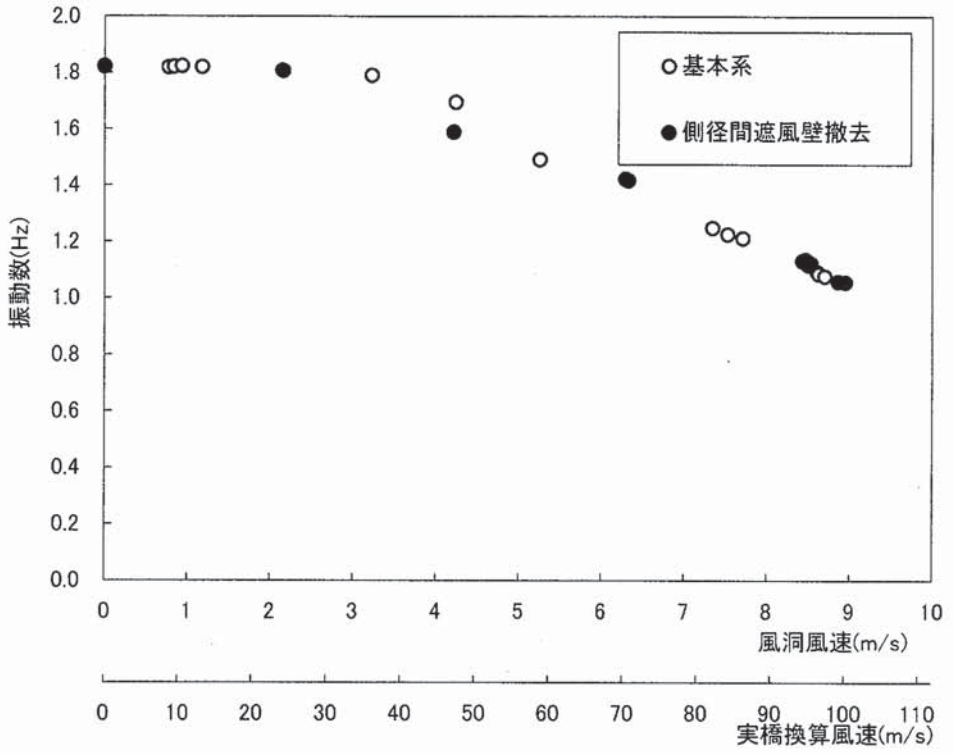
図C2.9.5　風速と位相差の関係（曲げ－ねじれ）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m、4車線）
側径間遮風壁撤去



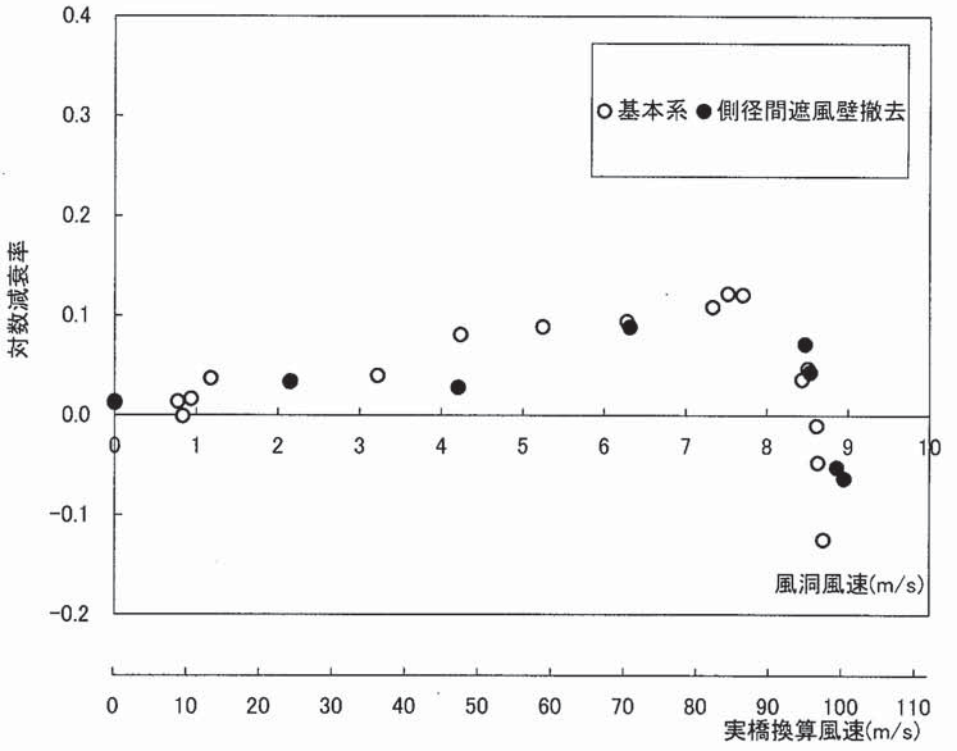




図C2.10.1　桁静的変位（ケース間比較）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線）



風速と振動数の関係(ねじれ対称1次モード)



風速と対数減衰率の関係(ねじれ対称1次モード)

図C2.10.2　風速と振動数・対数減衰率の関係(ねじれ対称1次モード)
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m　4車線)

付属資料Ｃ３　減衰波形

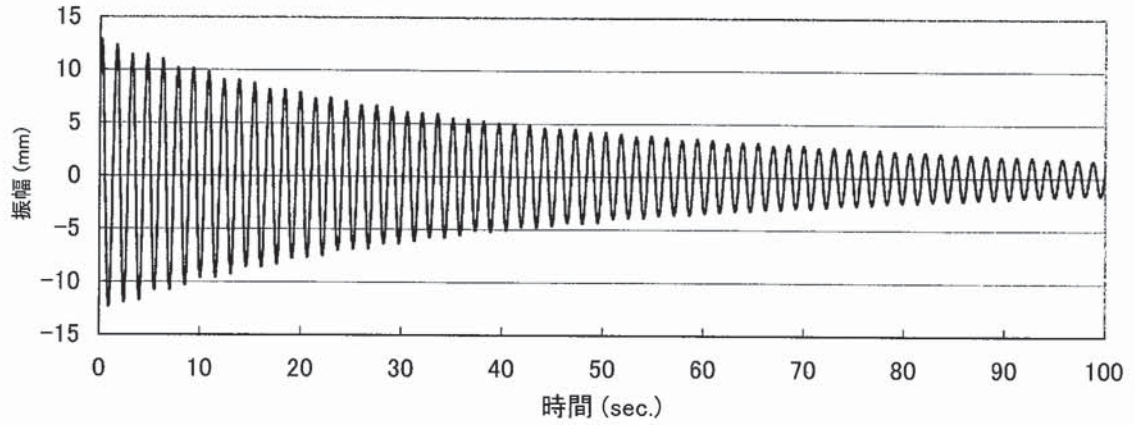
目次

付属資料Ｃ３－１　基本系試験　減衰波形

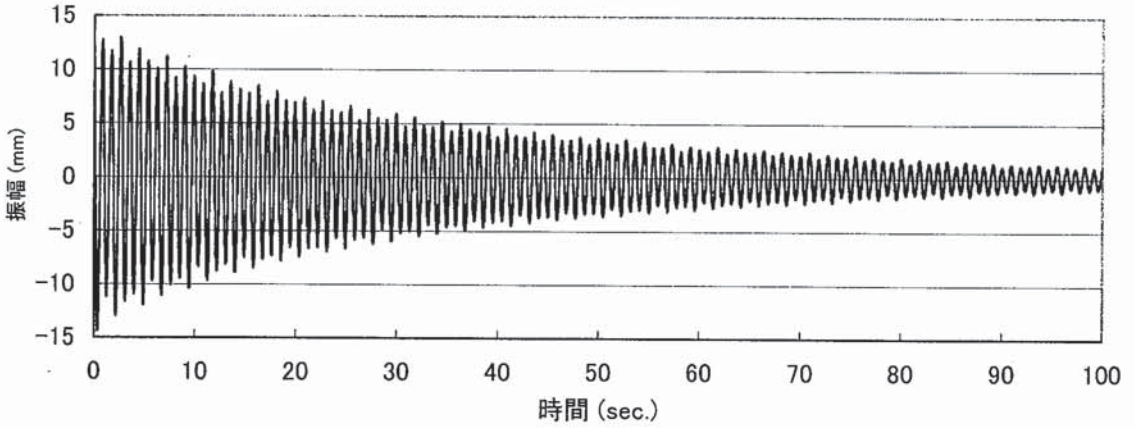
図C3.1.1～図C3.1.6：無風時の自由減衰波形（16モード）
図C3.1.7～図C3.1.28：有風時の減衰波形・発散波形（フラッター特性を調査した8モード）

付属資料Ｃ３－２　側径間遮風壁撤去系試験　減衰波形

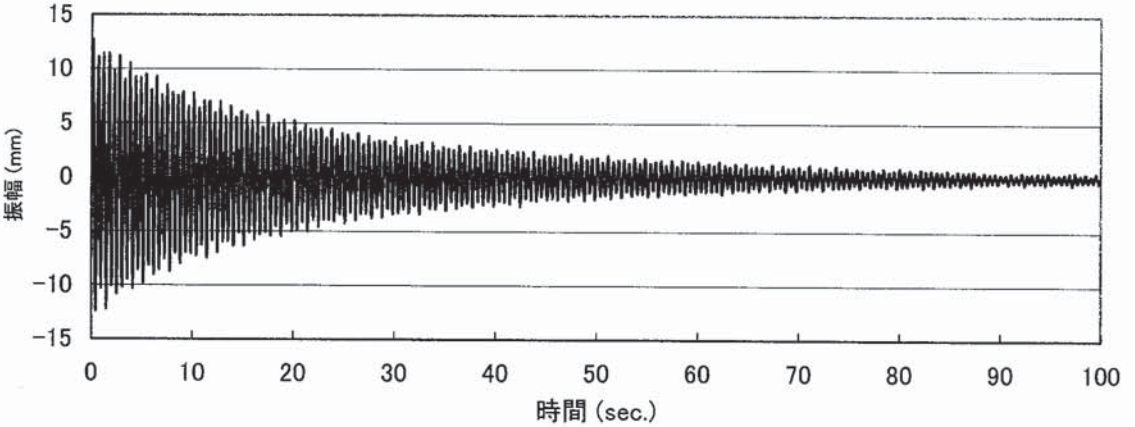
図C3.2.1：無風時の自由減衰波形（2モード＝鉛直曲げ対称1次モード、ねじれ対称1次モード）
図C3.2.2～図C3.2.4：有風時の減衰波形・発散波形（ねじれ対称1次モード）



鉛直曲げ対称1次振動（中央径間L/2点）



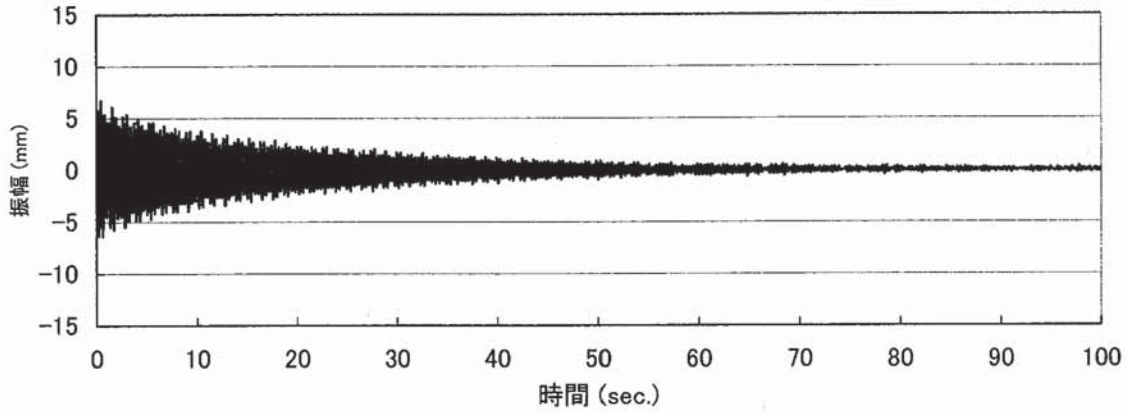
鉛直曲げ対称2次振動（中央径間L/2点）



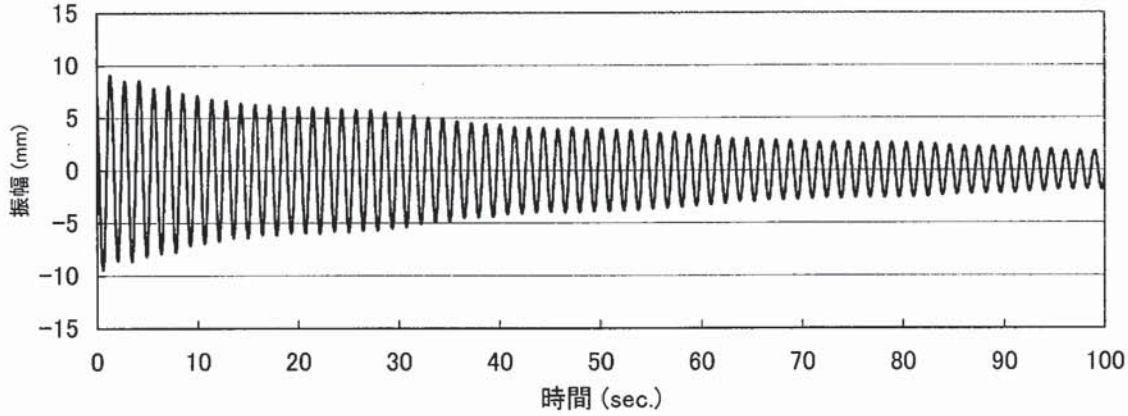
鉛直曲げ対称3次振動（中央径間L/2点）

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

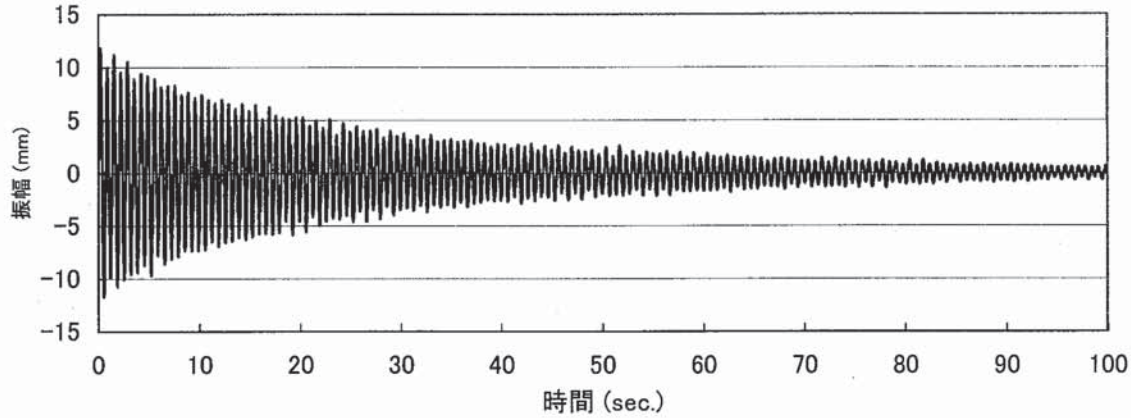
図C3.1.1　無風時加振後自由減衰波形（その1）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m 4車線）、基本系



鉛直曲げ対称4次振動（中央径間L/2点）



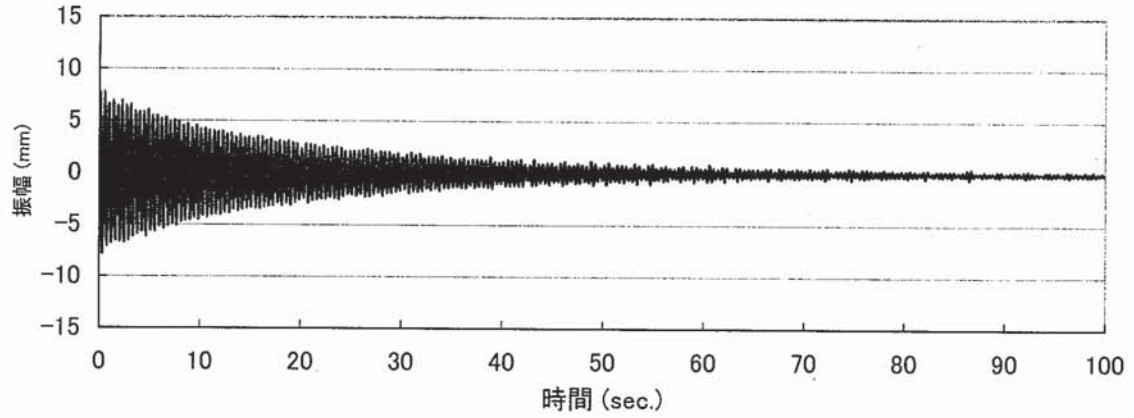
鉛直曲げ逆対称1次振動（中央径間L/4点）



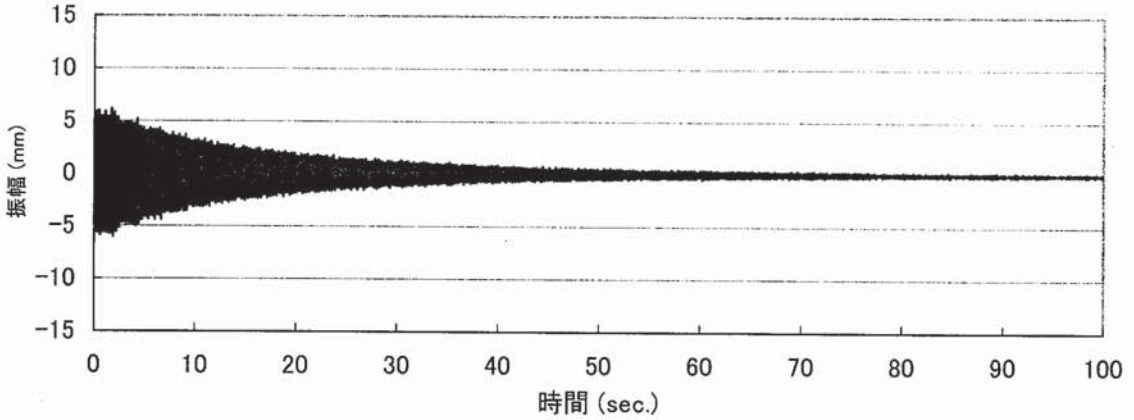
鉛直曲げ逆対称2次振動（中央径間5L/8点）

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

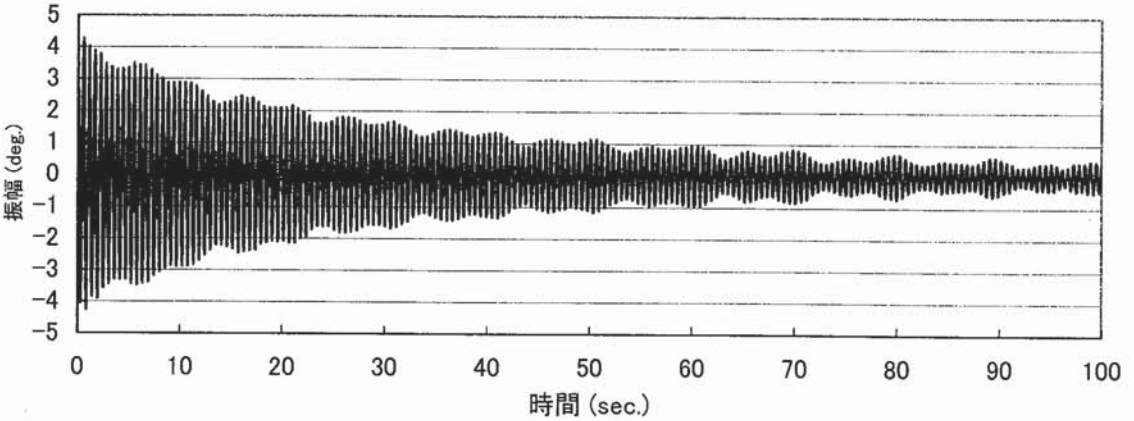
図C3.1.2　無風時加振後自由減衰波形（その2）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m 4車線）、基本系



鉛直曲げ逆対称3次振動(中央径間L/4点)



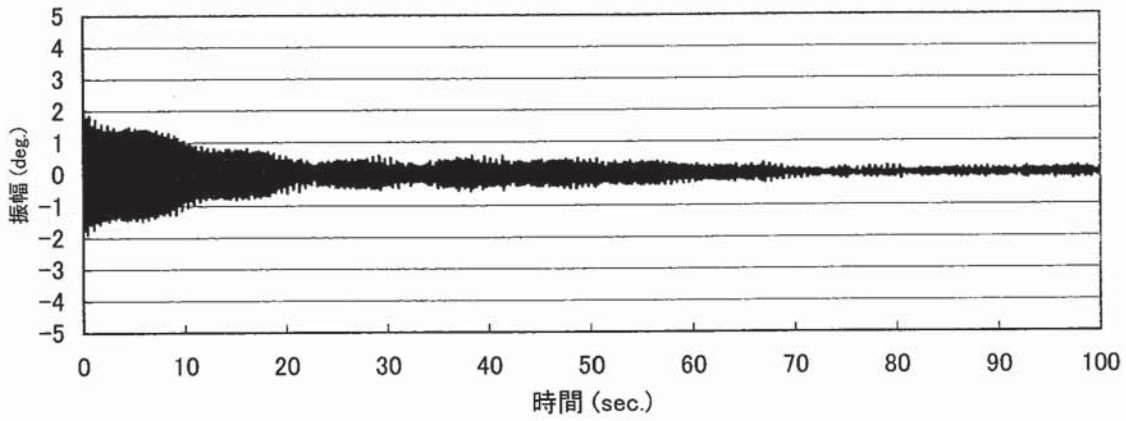
鉛直曲げ逆対称4次振動(中央径間3L/16点)



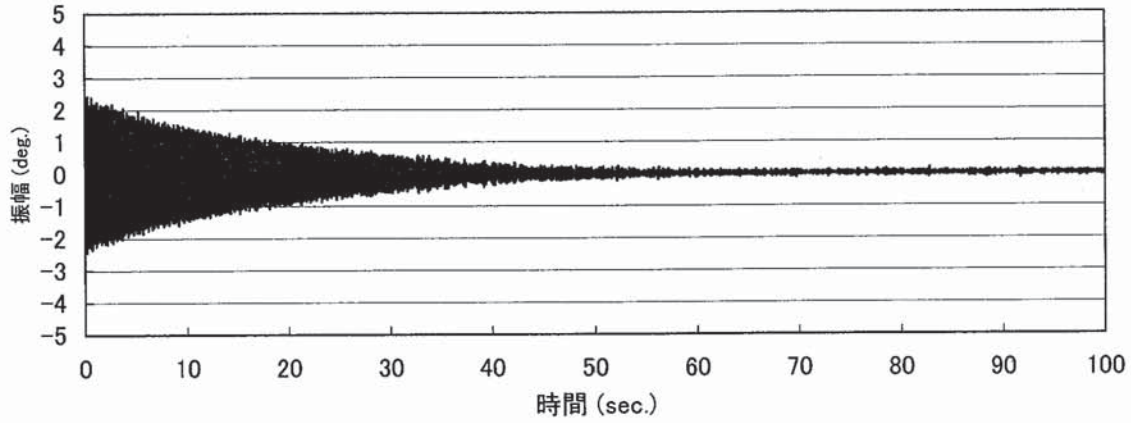
ねじれ対称1次振動(中央径間L/2点)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

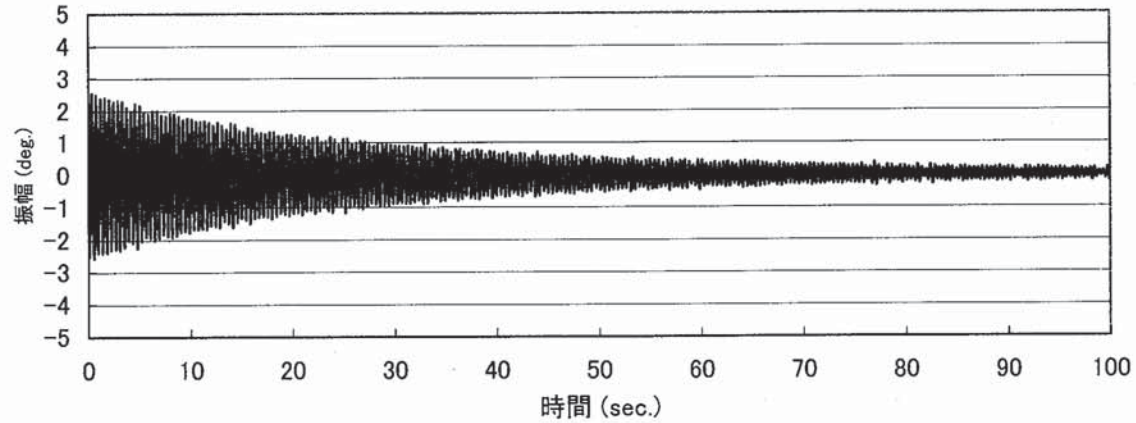
図C3.1.3　無風時加振後自由減衰波形 (その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



ねじれ対称2次振動（中央径間L/2点）



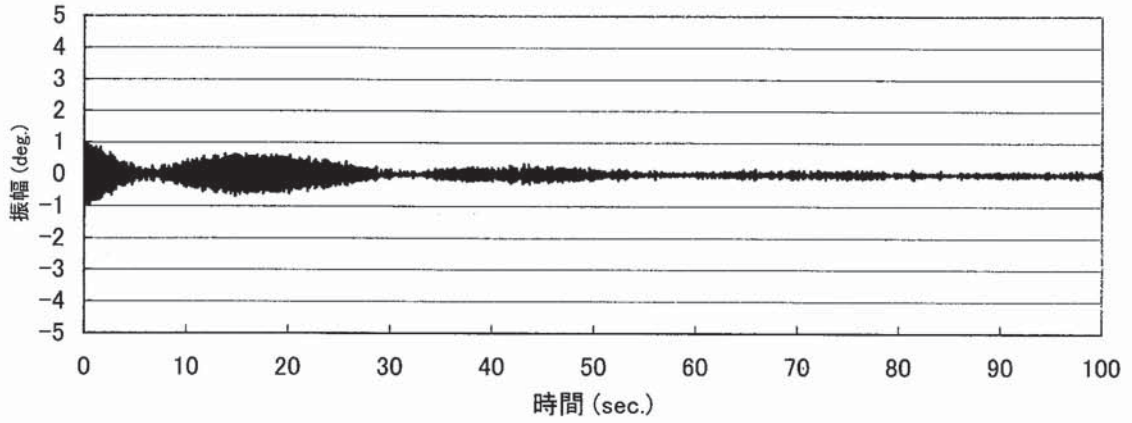
ねじれ対称3次振動（中央径間L/2点）



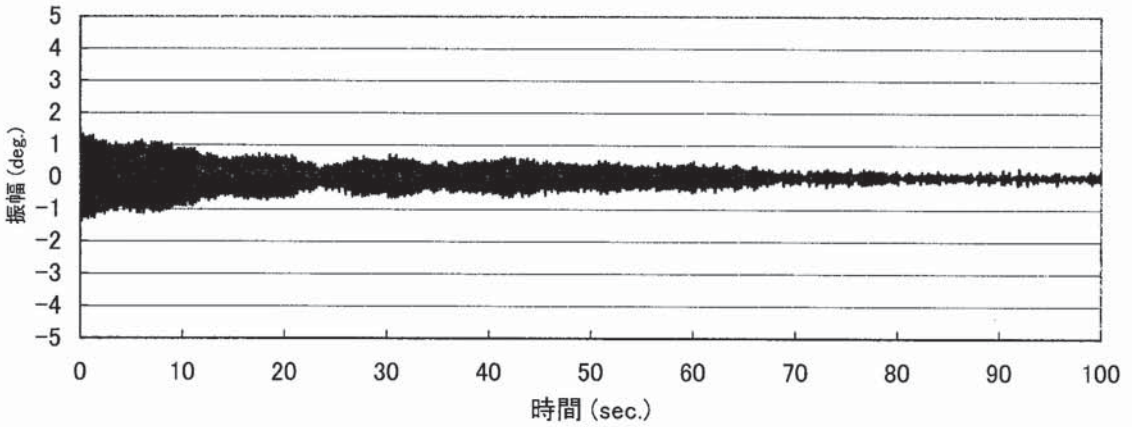
ねじれ逆対称1次振動（中央径間L/4点）

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

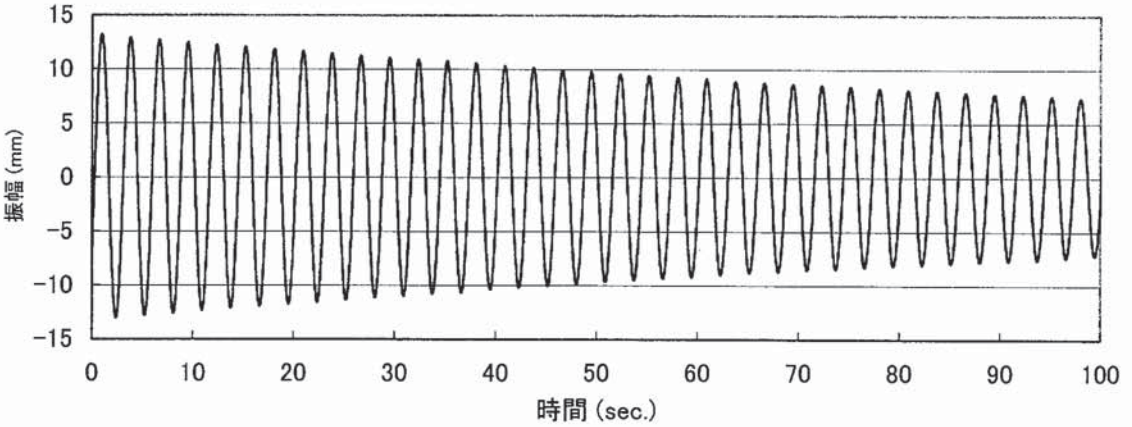
図C3.1.4　無風時加振後自由減衰波形（その4）
開口一箱桁大型全橋模型試験（中央径間2800m 4車線）、基本系



ねじれ逆対称2次振動(中央径間5L/8点)



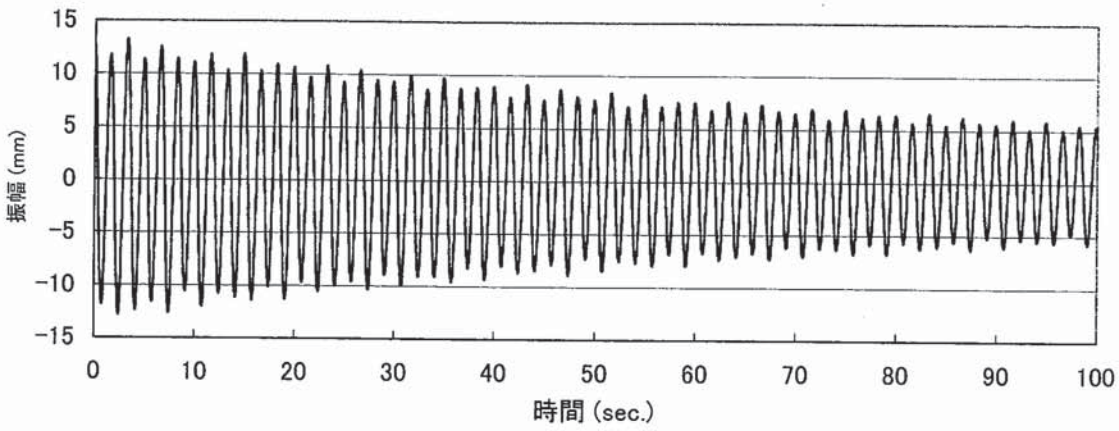
側径間ねじれ対称1次振動(側径間L/2点)



水平曲げ対称1次振動(中央径間L/2点)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

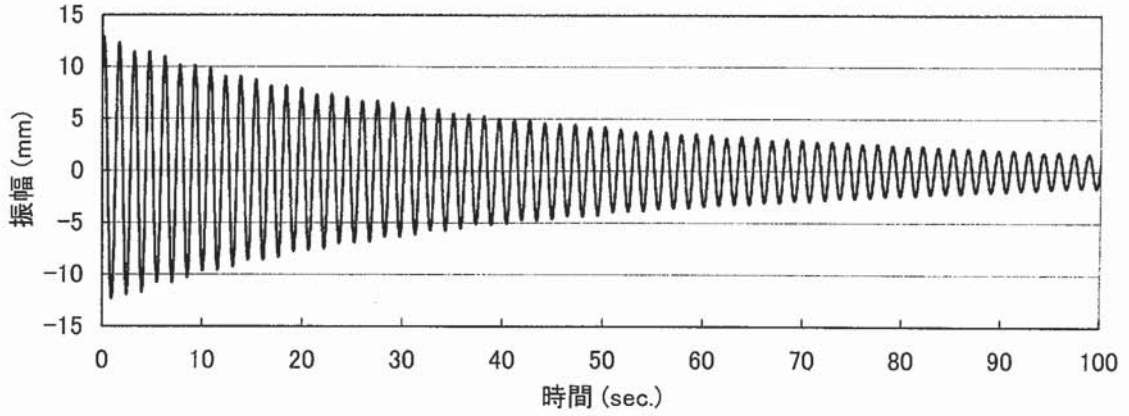
図C3.1.5　無風時加振後自由減衰波形 (その5)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



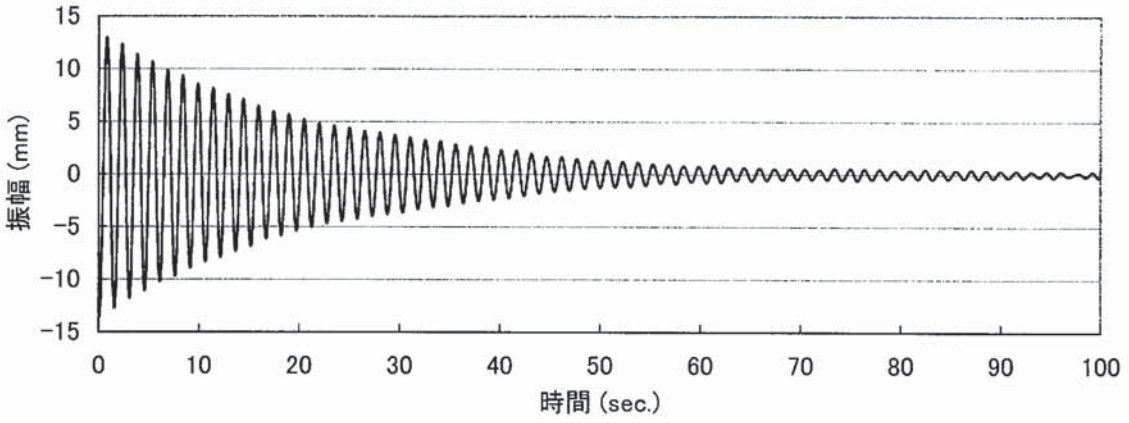
水平曲げ逆対称1次振動(中央径間L/4点)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

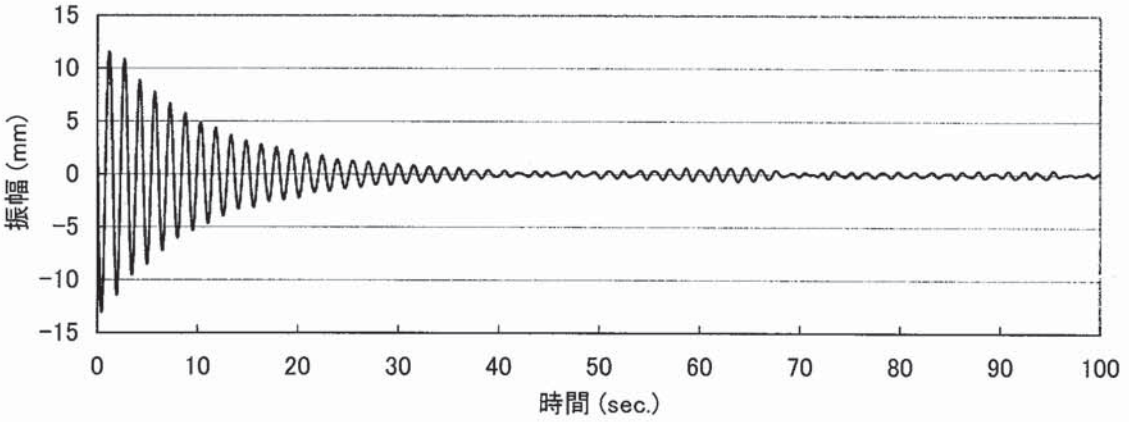
図C3.1.6　無風時加振後自由減衰波形 (その6)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



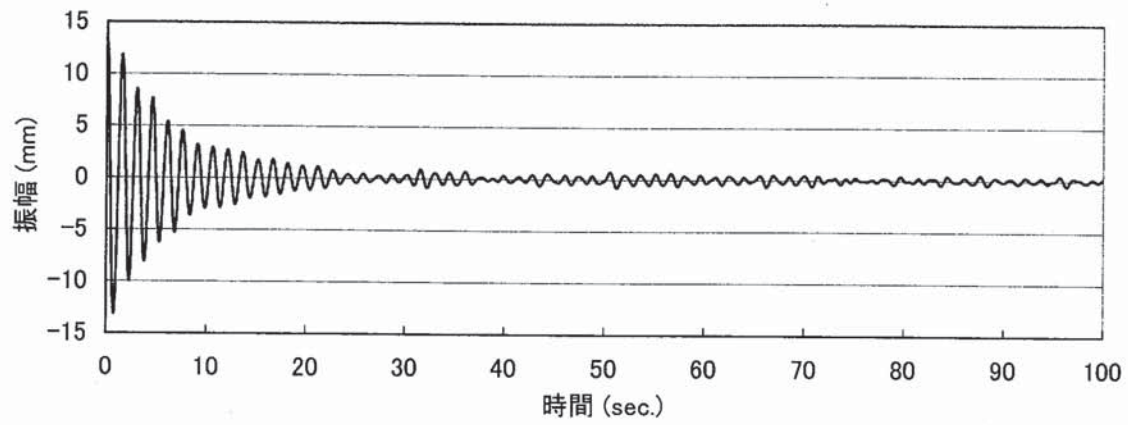
風洞風速= 1.18m/s　　(実橋換算風速= 13.19m/s)



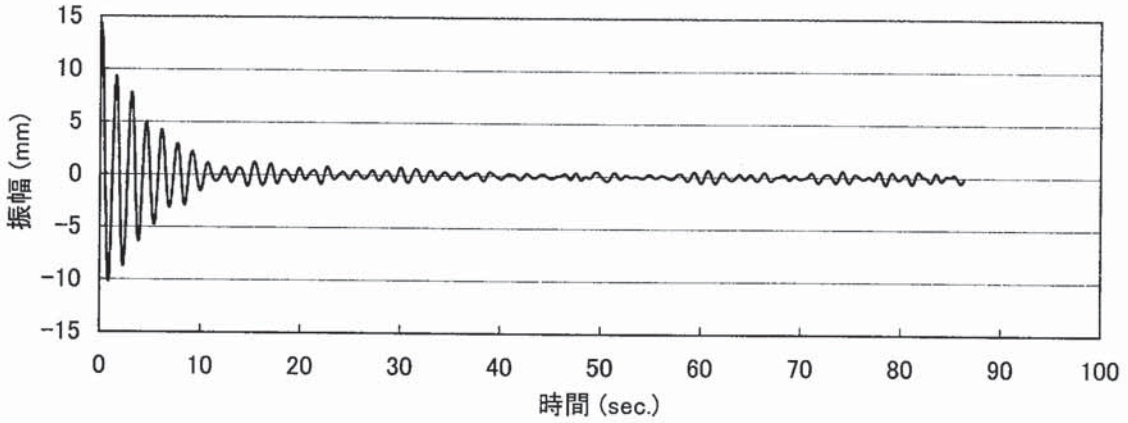
風洞風速= 2.15m/s　　(実橋換算風速= 24.04m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

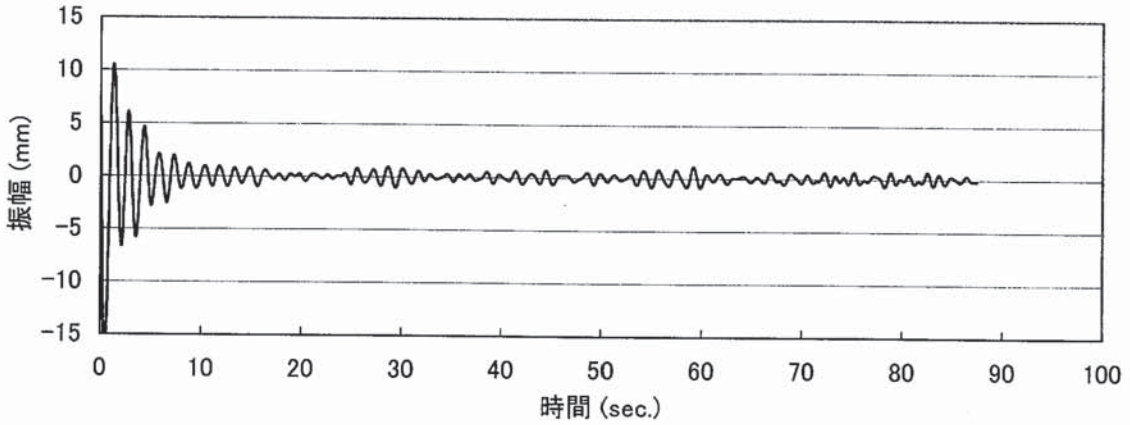
図C3.1.7　加振減衰波形 (中央径間L/2点鉛直成分、鉛直曲げ対称1次振動-その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 3.23m/s　　(実橋換算風速= 36.11m/s)



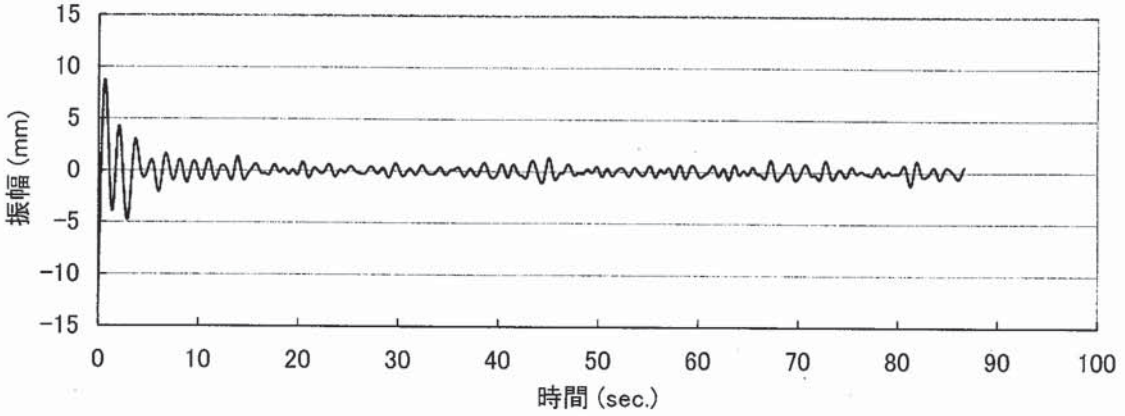
風洞風速= 4.24m/s　　(実橋換算風速= 47.40m/s)



風洞風速= 5.25m/s　　(実橋換算風速= 58.70m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

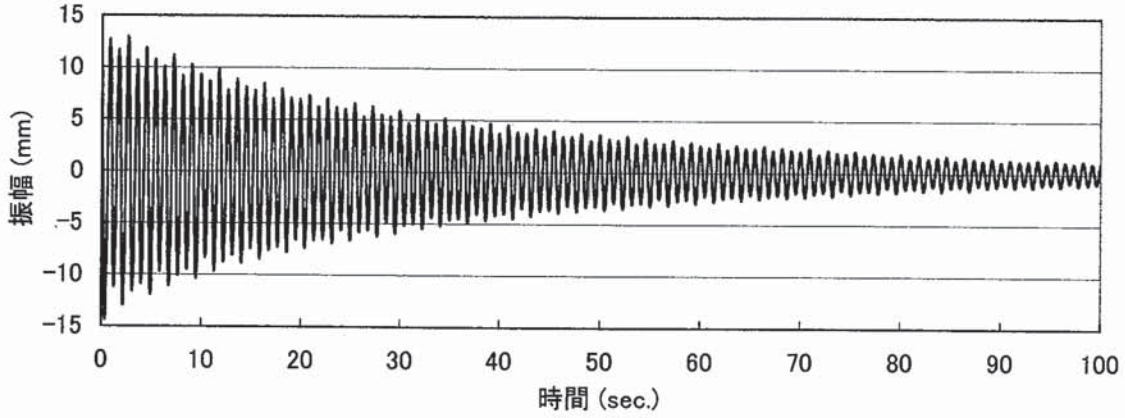
図C3.1.8　加振減衰波形 (中央径間L/2点鉛直成分、鉛直曲げ対称1次振動-その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



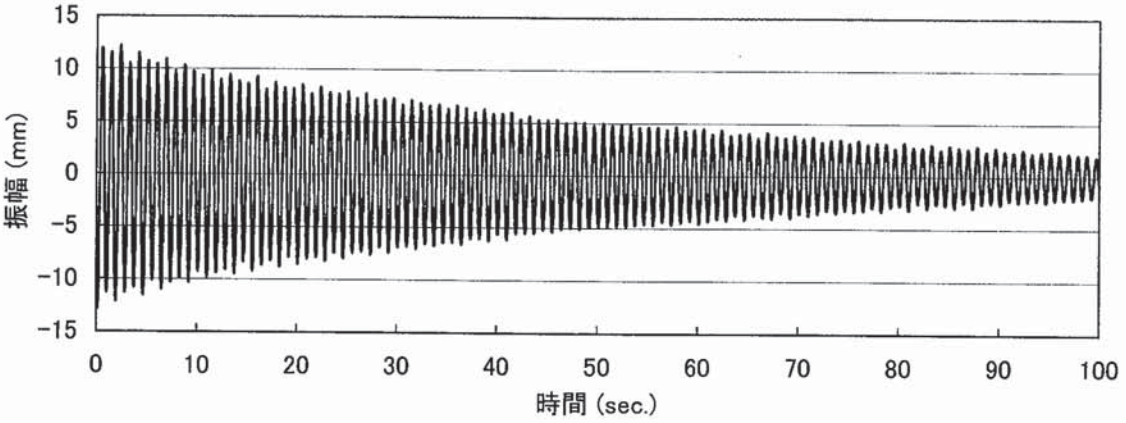
風洞風速= 6.29m/s　　(実橋換算風速= 70.32m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

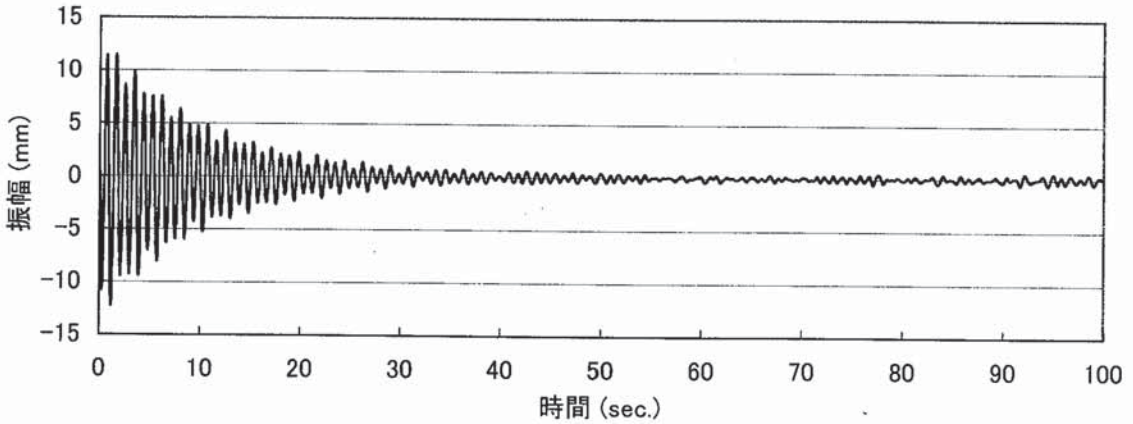
図C3.1.9　加振減衰波形 (中央径間L/2点鉛直成分、鉛直曲げ対称1次振動-その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



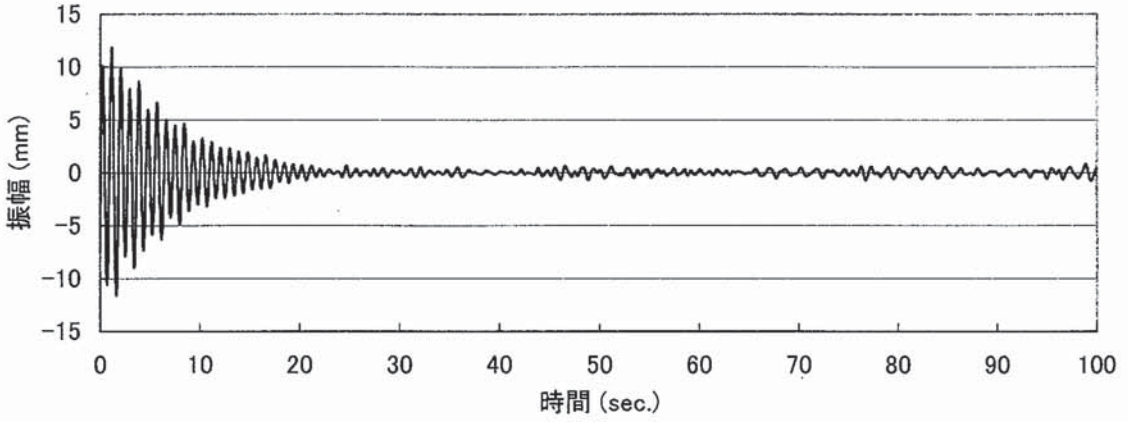
風洞風速= 1.18m/s　　(実橋換算風速= 13.19m/s)



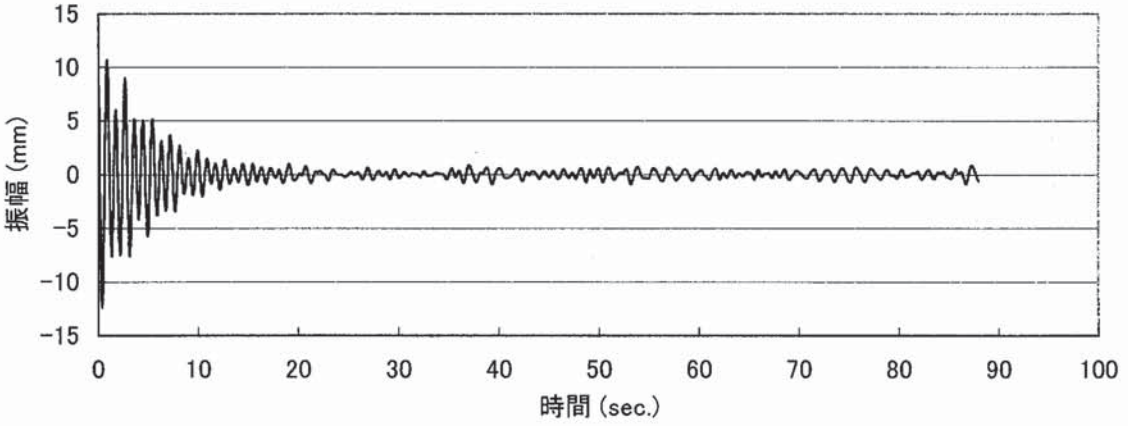
風洞風速= 2.15m/s　　(実橋換算風速= 24.04m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

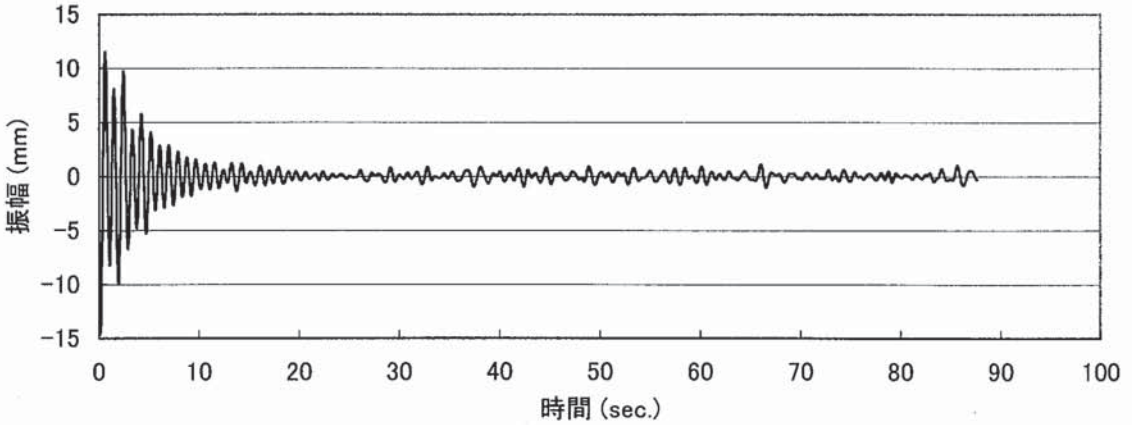
図C3.1.10　加振減衰波形（中央径間L/2点鉛直成分、鉛直曲げ対称2次振動-その1）
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 3.23m/s　　(実橋換算風速= 36.11m/s)



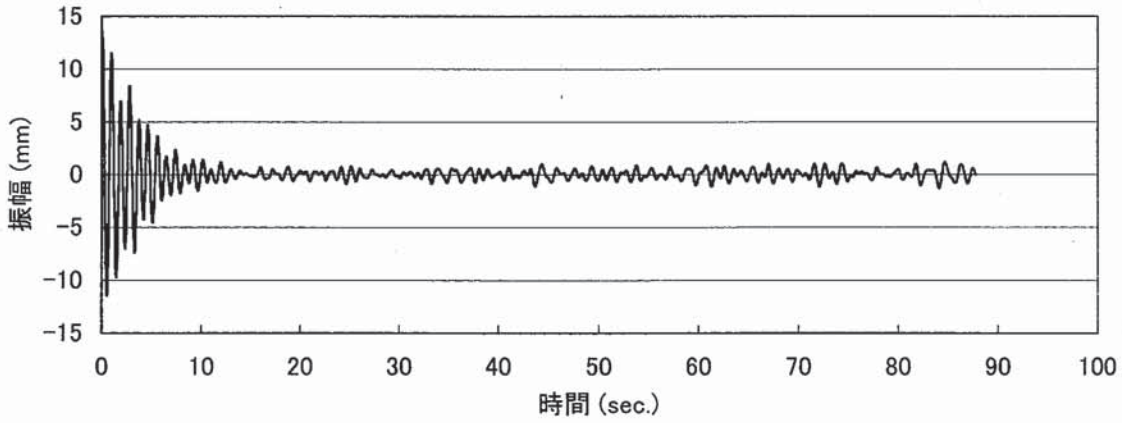
風洞風速= 4.24m/s　　(実橋換算風速= 47.40m/s)



風洞風速= 5.25m/s　　(実橋換算風速= 58.70m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

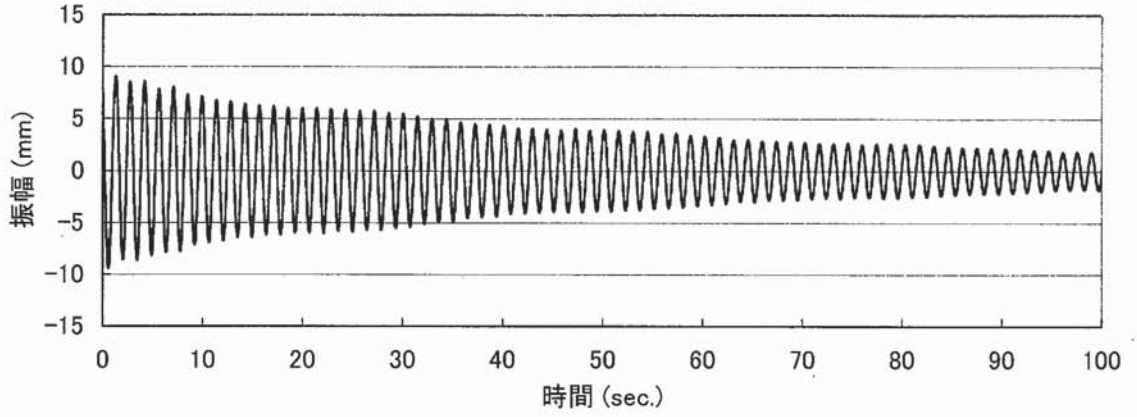
図C3.1.11　加振減衰波形 (中央径間L/2点鉛直成分、鉛直曲げ対称2次振動-その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



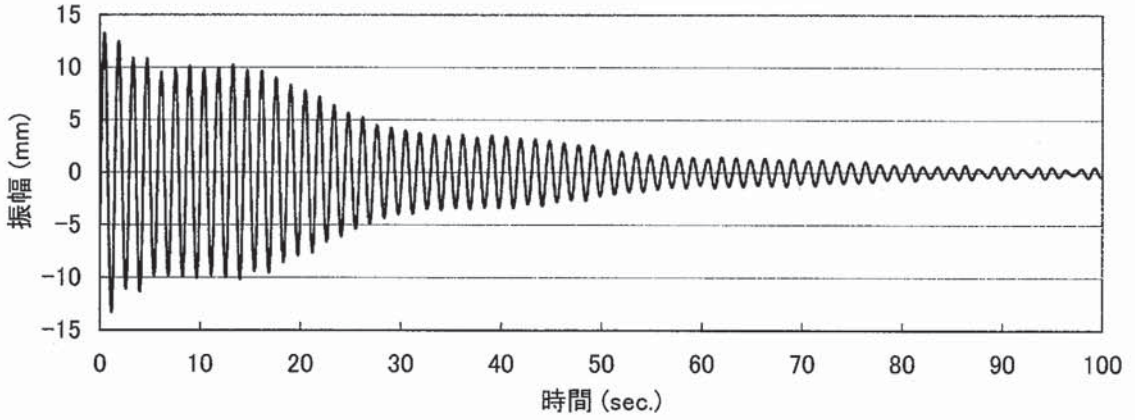
風洞風速= 6.29m/s　　(実橋換算風速= 70.32m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

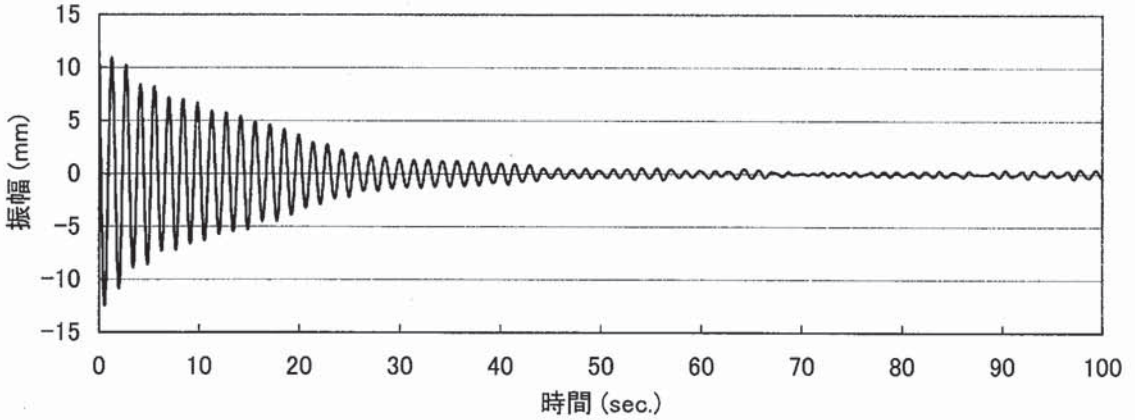
図C3.1.12　加振減衰波形（中央径間L/2点鉛直成分、鉛直曲げ対称2次振動-その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



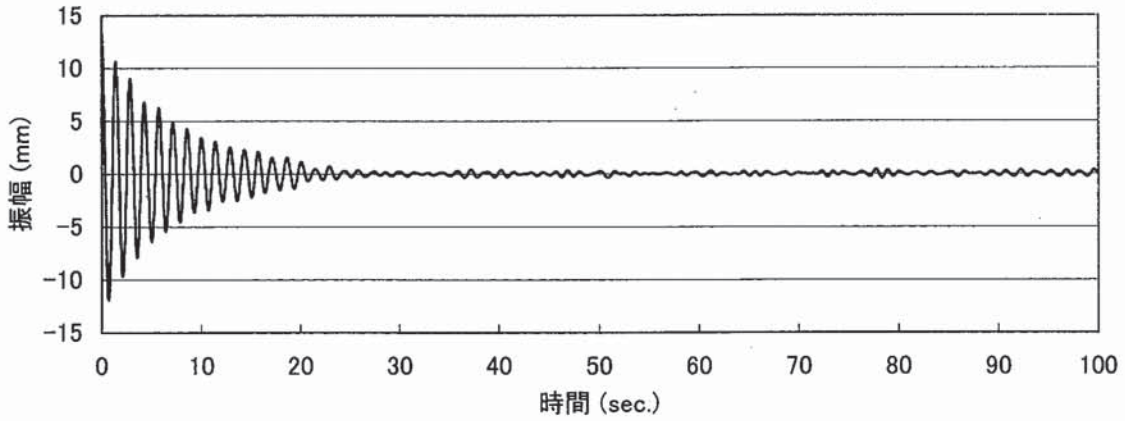
風洞風速= 1.18m/s　　(実橋換算風速= 13.19m/s)



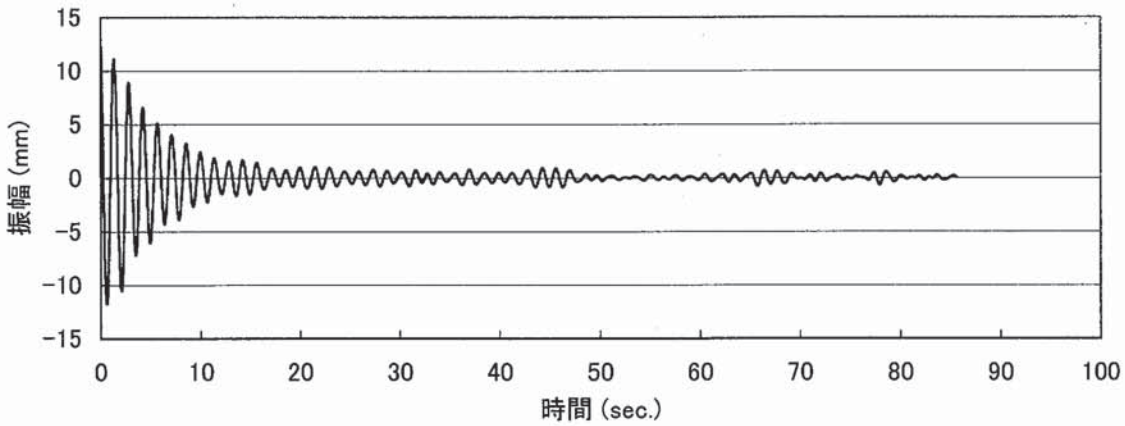
風洞風速= 2.15m/s　　(実橋換算風速= 24.04m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

図C3.1.13　加振減衰波形（中央径間L/4点鉛直成分、鉛直曲げ逆対称1次振動-その1）
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



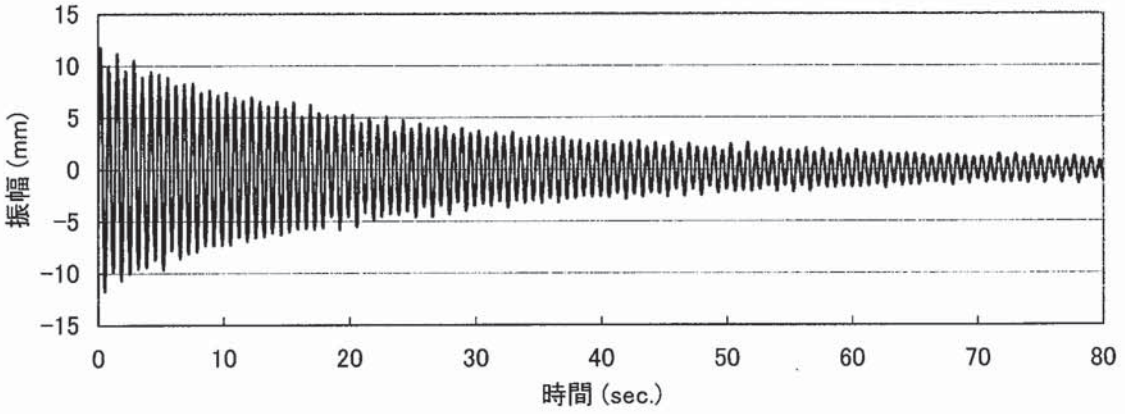
風洞風速= 3.22m/s　　(実橋換算風速= 36.00m/s)



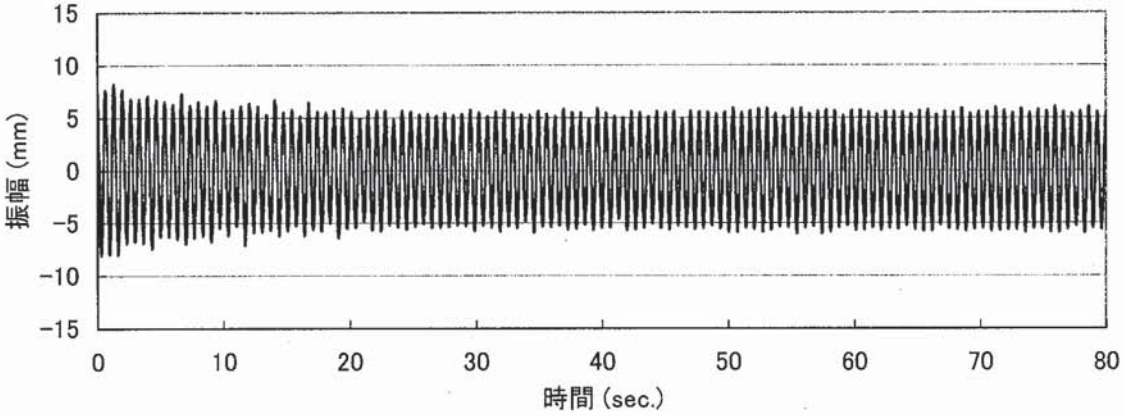
風洞風速= 4.24m/s　　(実橋換算風速= 47.40m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

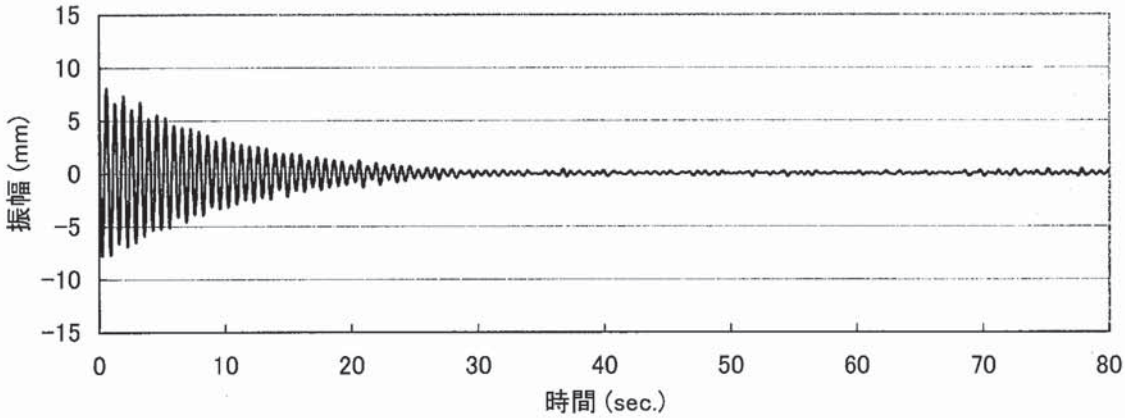
図C3.1.14　加振減衰波形 (中央径間L/4点鉛直成分、鉛直曲げ逆対称1次振動-その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



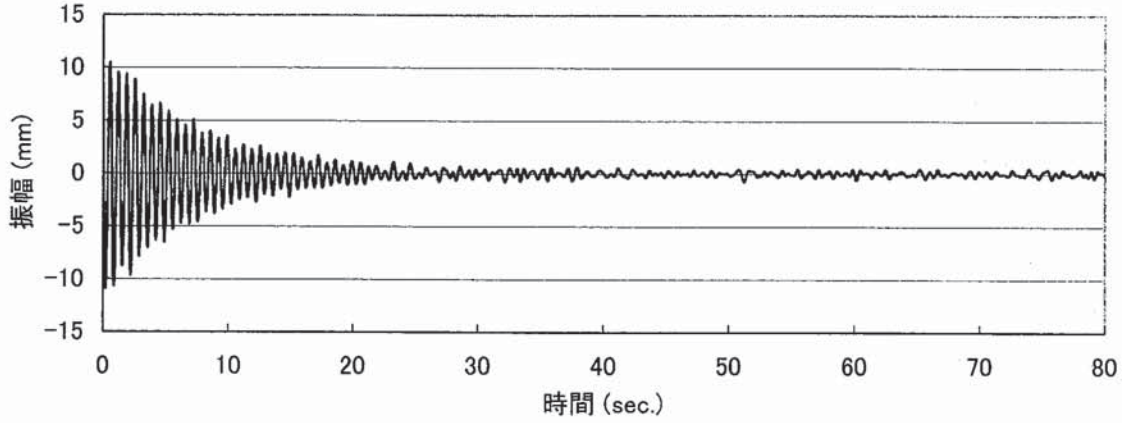
風洞風速= 1.18m/s　　(実橋換算風速= 13.19m/s)



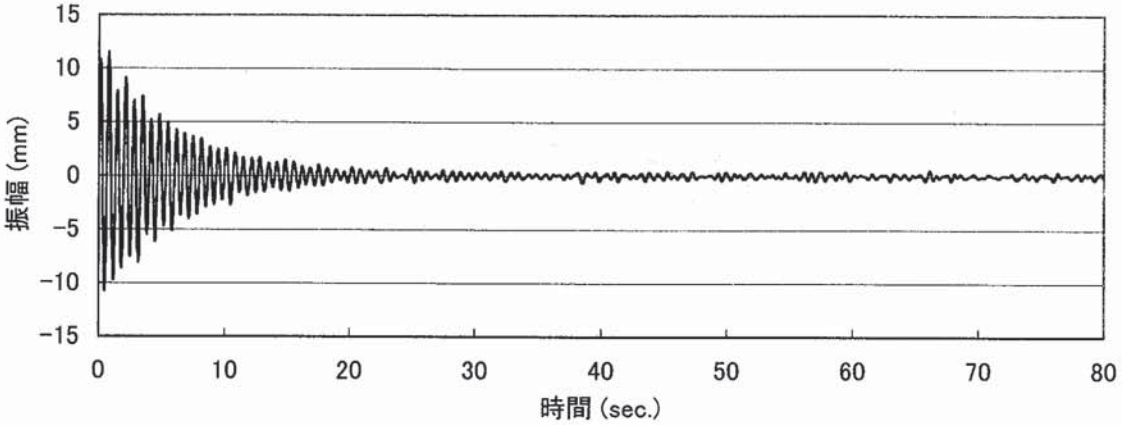
風洞風速= 2.15m/s　　(実橋換算風速= 24.04m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

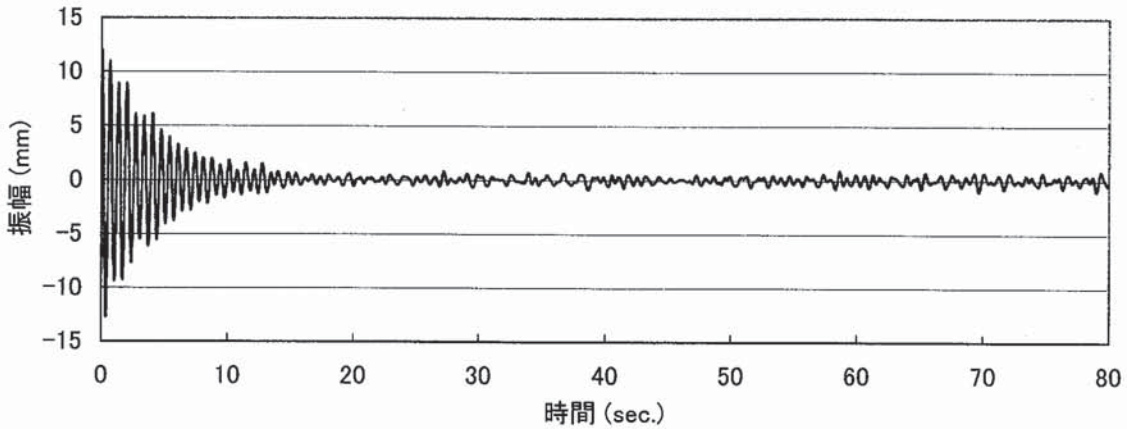
図C3.1.15　加振減衰波形 (中央径間5L/8点鉛直成分、鉛直曲げ逆対称2次振動-その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 3.22m/s　　(実橋換算風速= 36.00m/s)



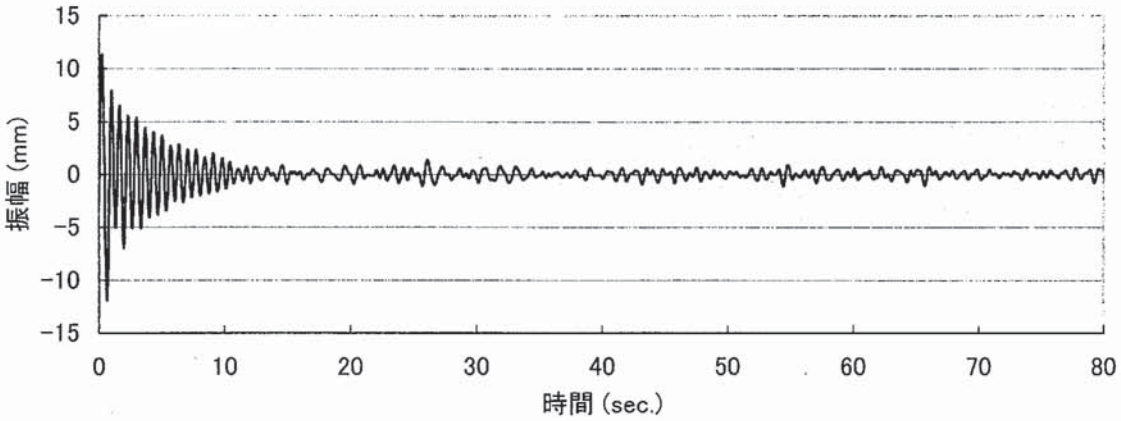
風洞風速= 4.24m/s　　(実橋換算風速= 47.40m/s)



風洞風速= 5.24m/s　　(実橋換算風速= 58.58m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

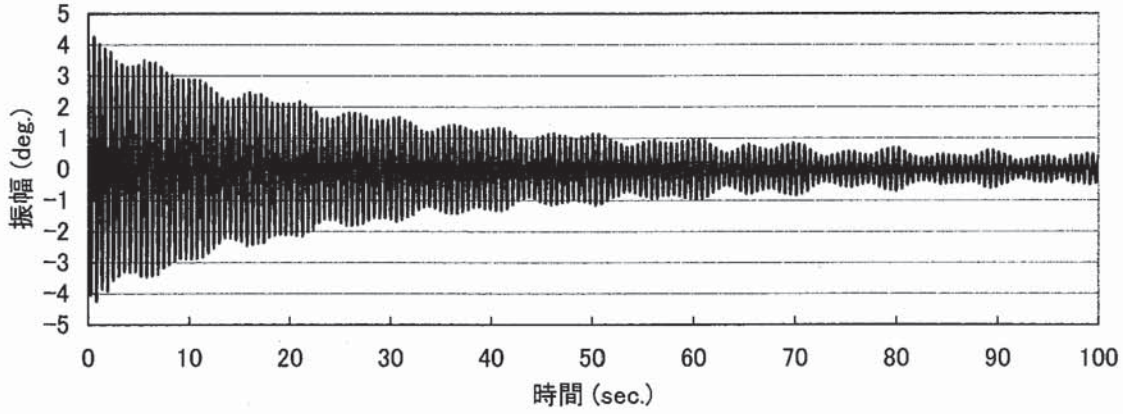
図C3.1.16　加振減衰波形 (中央径間5L/8点鉛直成分、鉛直曲げ逆対称2次振動-その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



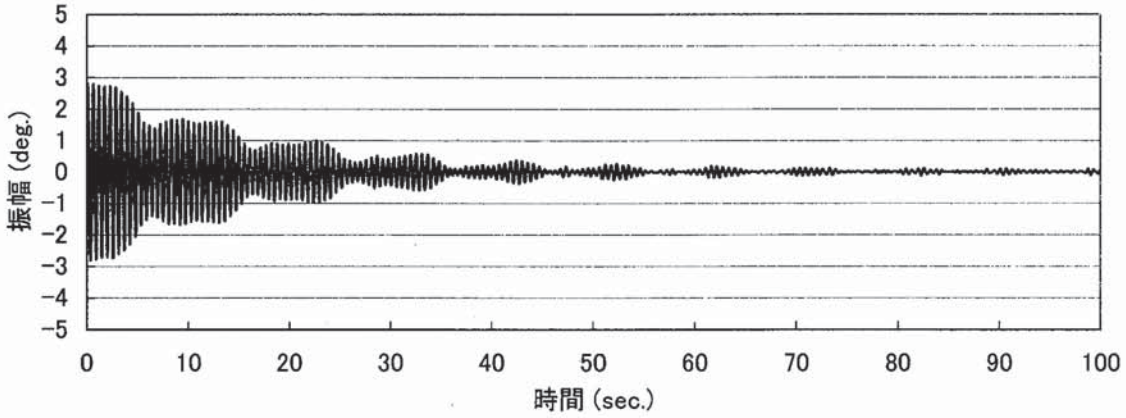
風洞風速= 6.29m/s　　(実橋換算風速= 70.32m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

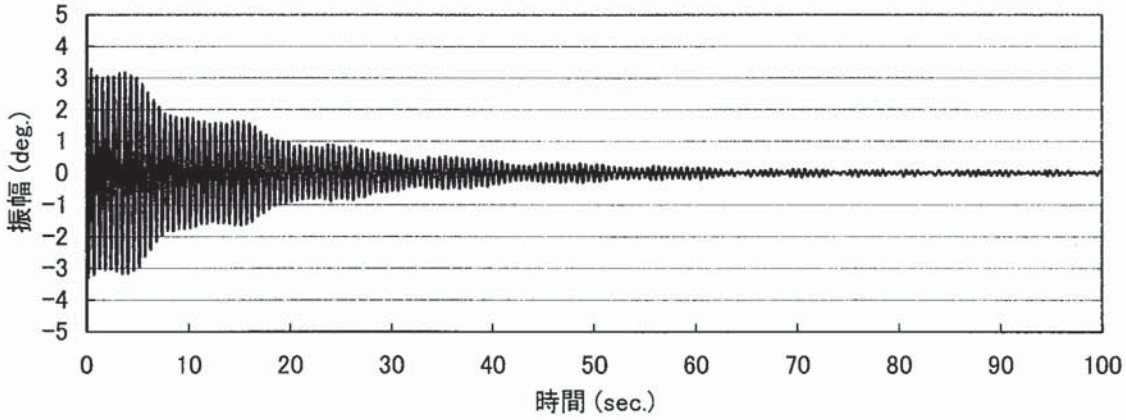
図C3.1.17　加振減衰波形 (中央径間5L/8点鉛直成分、鉛直曲げ逆対称2次振動-その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



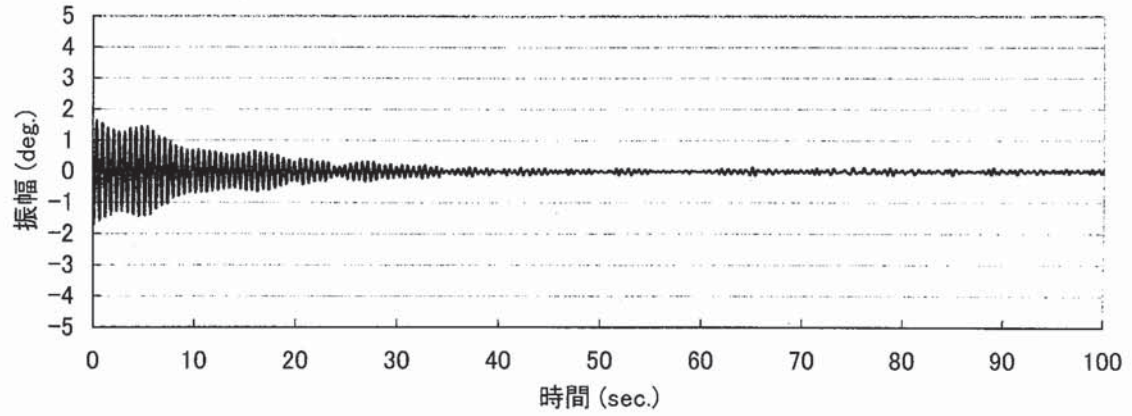
風洞風速= 1.18m/s　　(実橋換算風速= 13.19m/s)



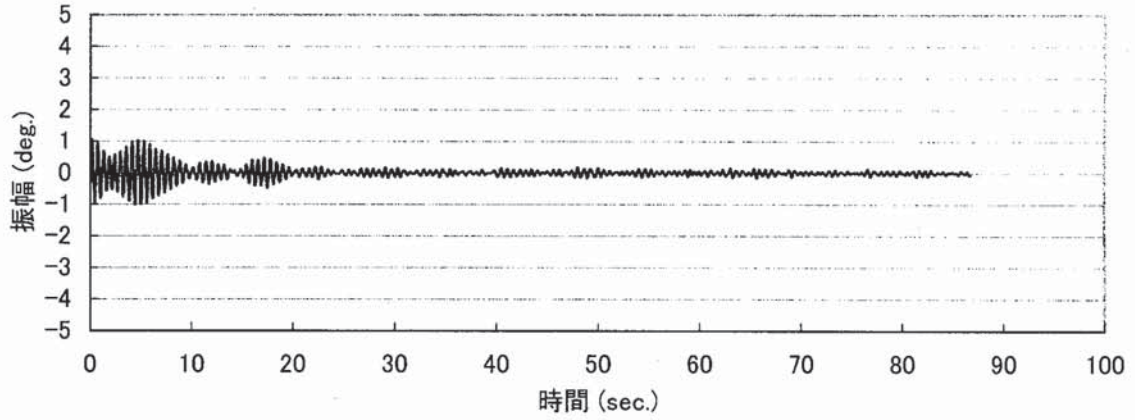
風洞風速= 2.15m/s　　(実橋換算風速= 24.04m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

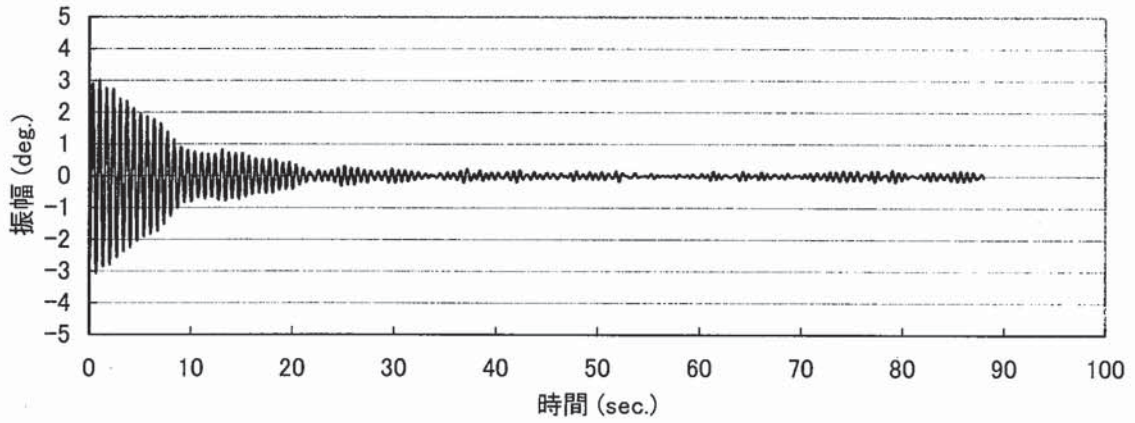
図C3.1.18　加振減衰波形（中央径間L/2点ねじれ成分、ねじれ対称1次振動-その1）
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 3.22m/s　　(実橋換算風速= 36.00m/s)



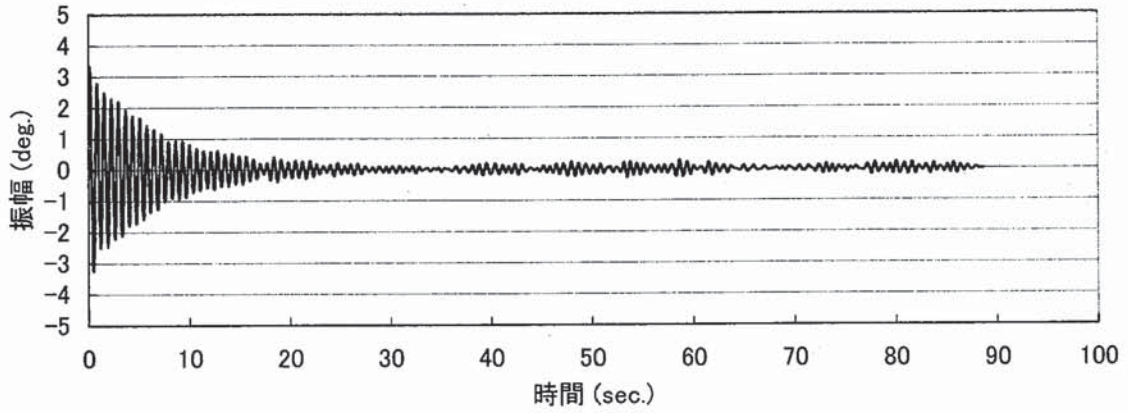
風洞風速= 4.24m/s　　(実橋換算風速= 47.40m/s)



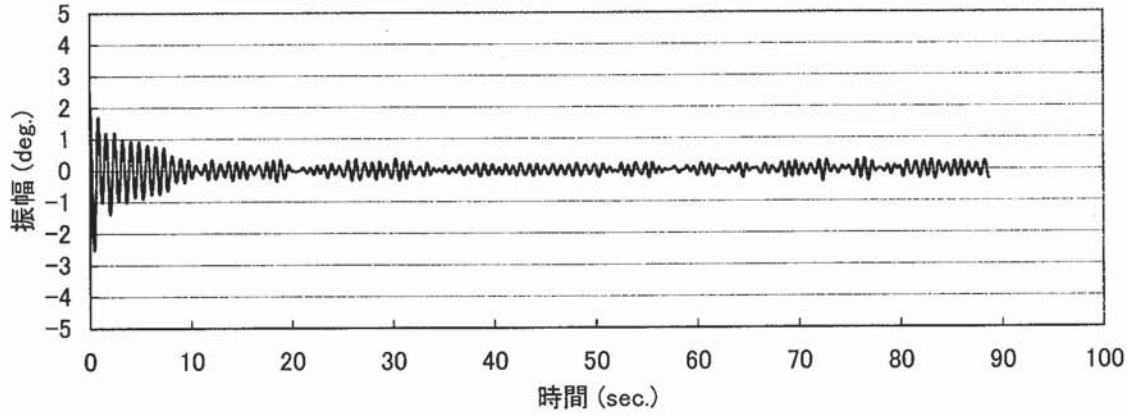
風洞風速= 5.25m/s　　(実橋換算風速= 58.70m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

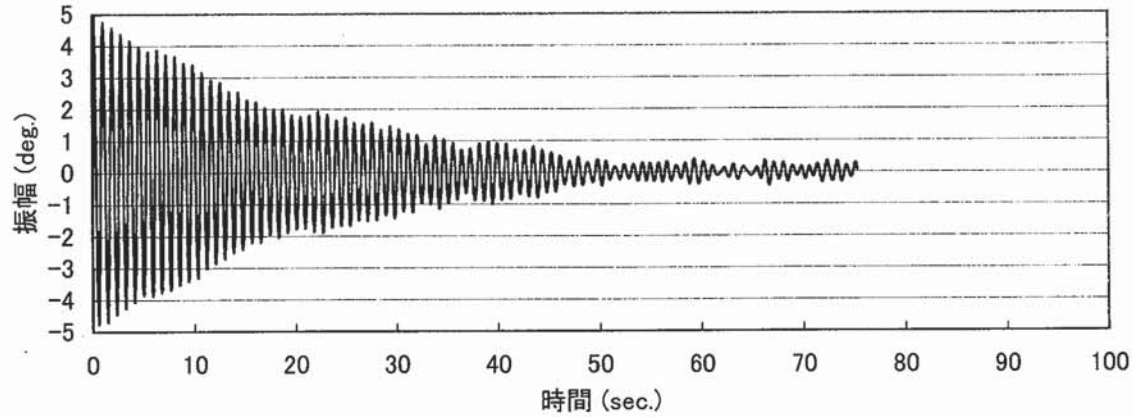
図C3.1.19　加振減衰波形（中央径間L/2点ねじれ成分、ねじれ対称1次振動-その2）
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 6.29m/s　　(実橋換算風速= 70.32m/s)



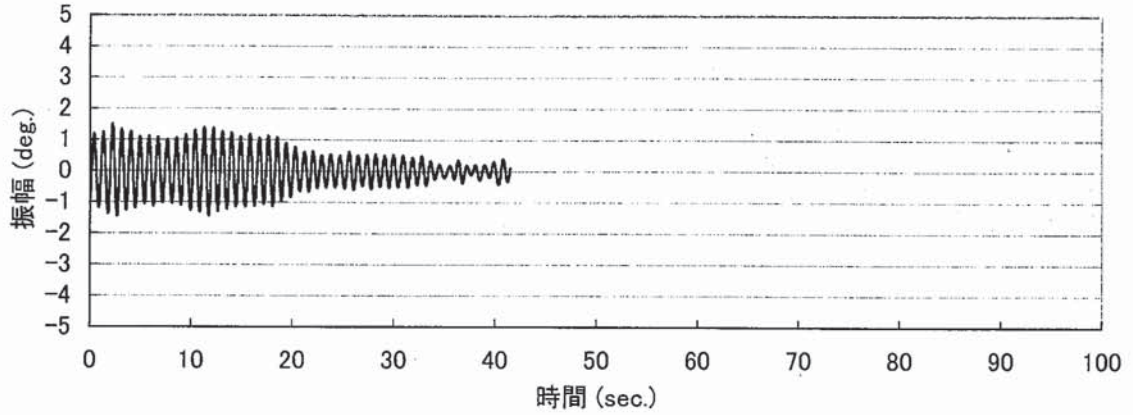
風洞風速= 7.34m/s　　(実橋換算風速= 82.06m/s)



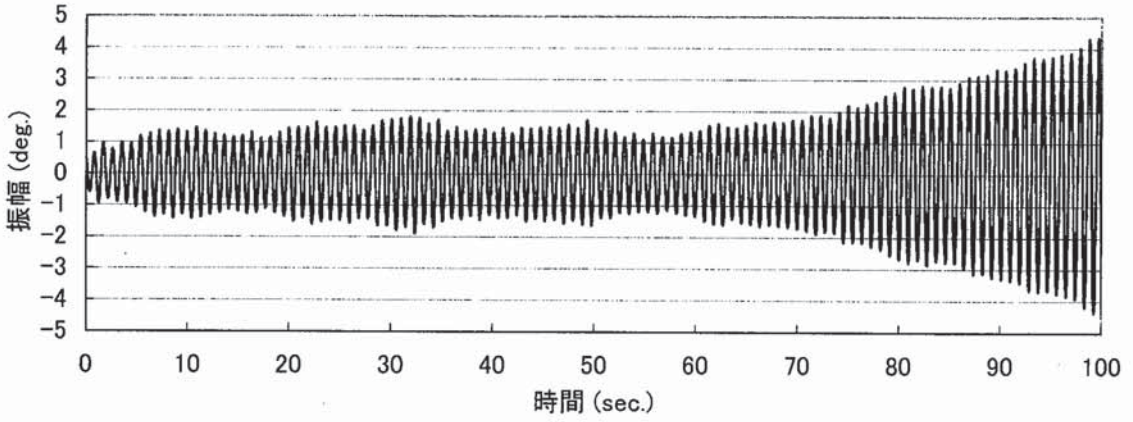
風洞風速= 8.43m/s　　(実橋換算風速= 94.25m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

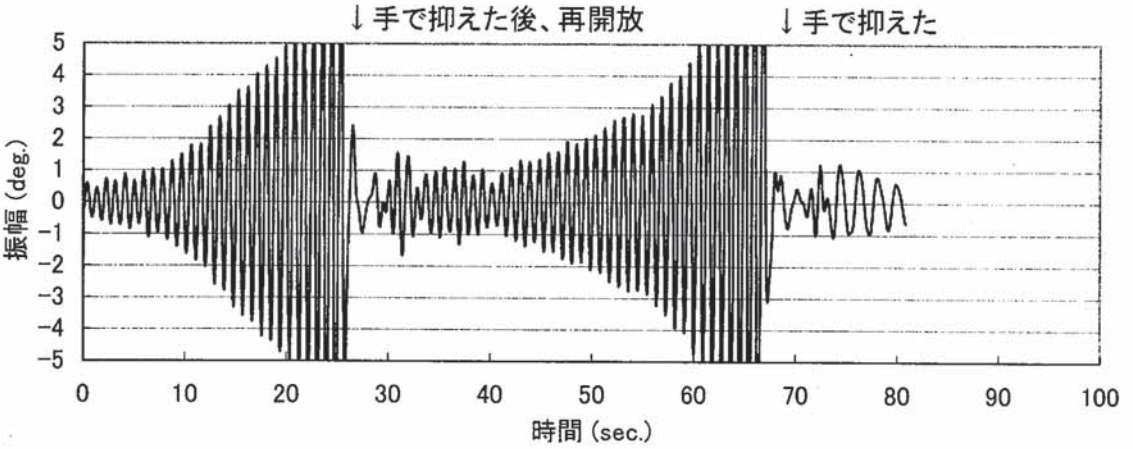
図C3.1.20　加振減衰波形（中央径間L/2点ねじれ成分、ねじれ対称1次振動-その3）
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 8.51m/s　　(実橋換算風速= 95.14m/s)



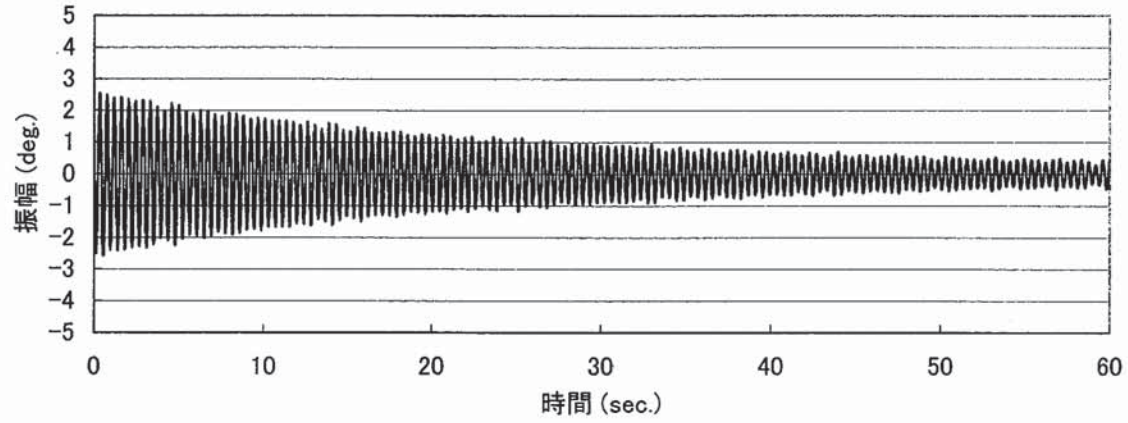
風洞風速= 8.61m/s　　(実橋換算風速= 96.26m/s)



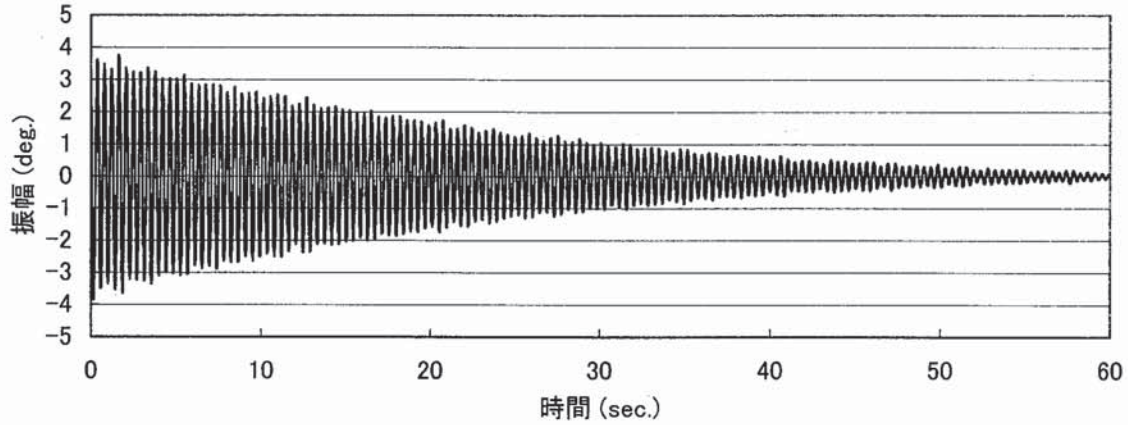
風洞風速= 8.70m/s　　(実橋換算風速= 97.27m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

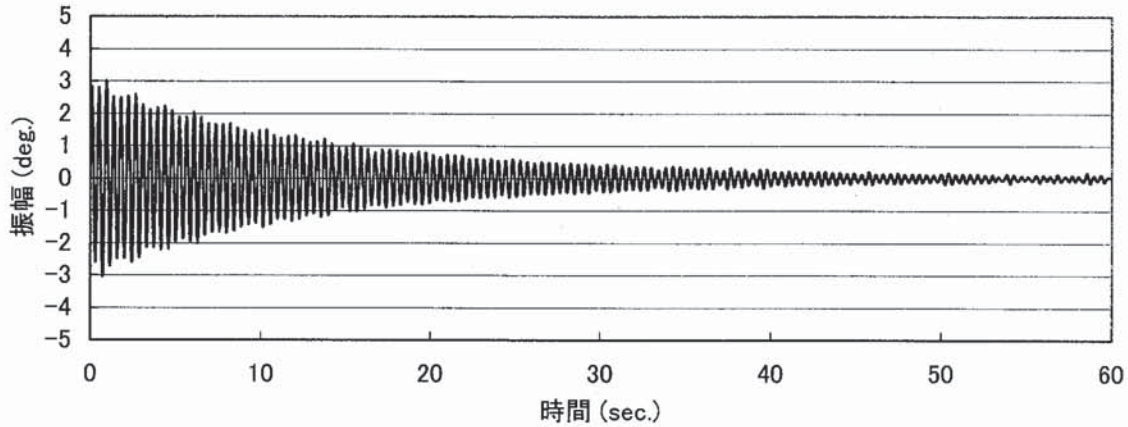
図C3.1.21　加振減衰波形（中央径間L/2点ねじれ成分、ねじれ対称1次振動-その4)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



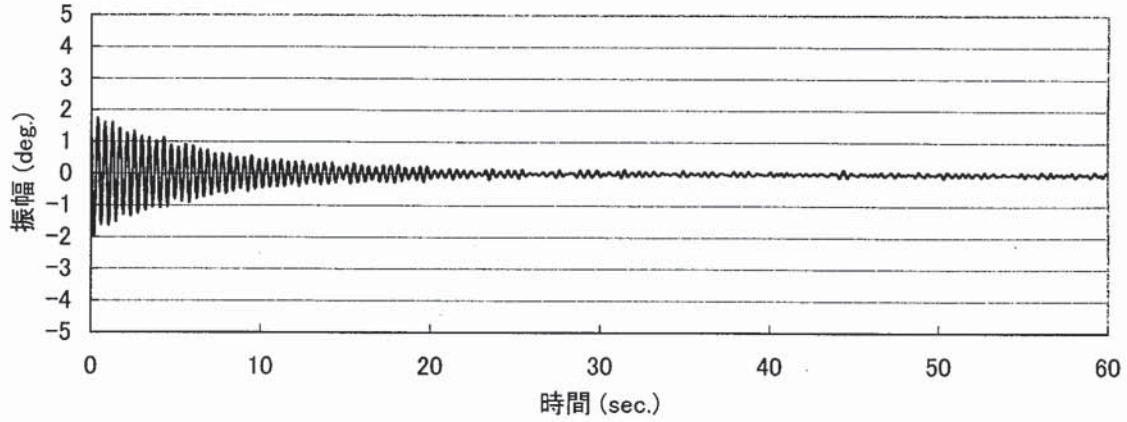
風洞風速= 1.18m/s　　(実橋換算風速= 13.19m/s)



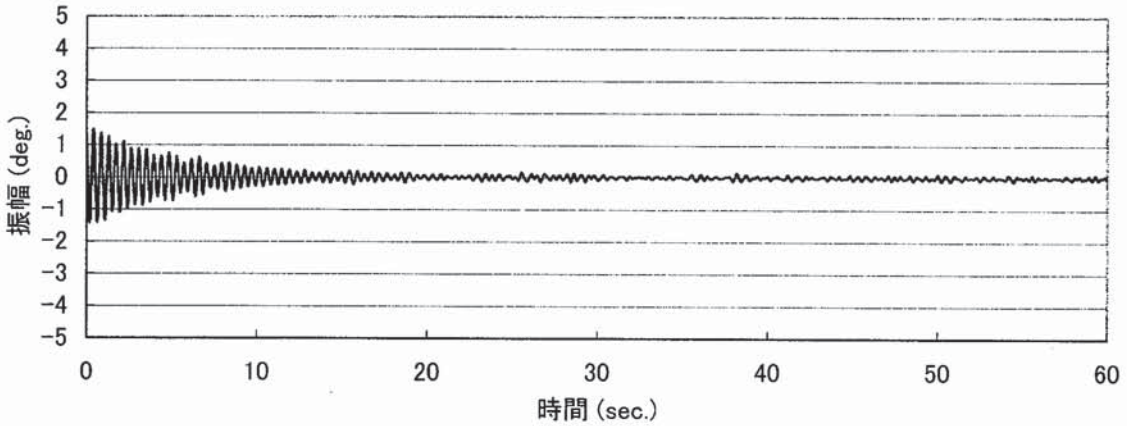
風洞風速= 2.15m/s　　(実橋換算風速= 24.04m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

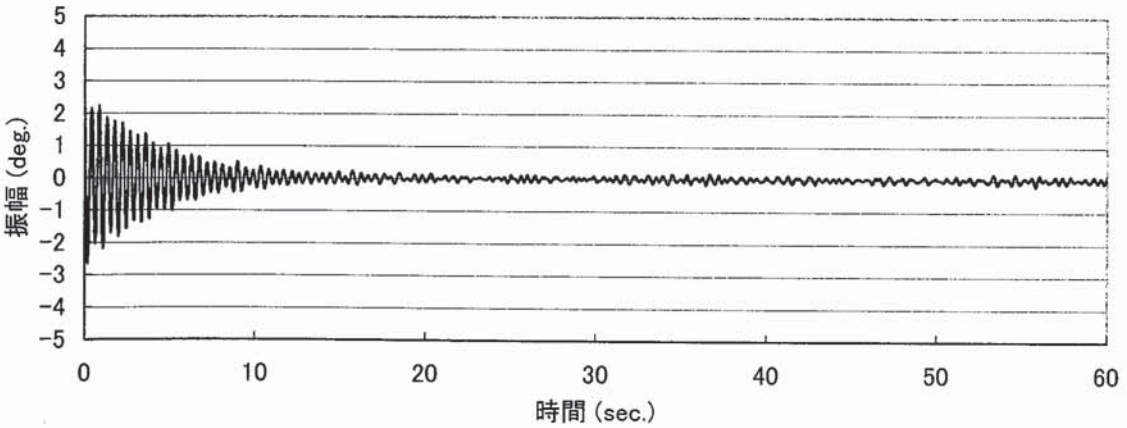
図C3.1.22　加振減衰波形 (中央径間L/4点ねじれ成分、ねじれ逆対称1次振動-その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 3.22m/s　　(実橋換算風速= 36.00m/s)



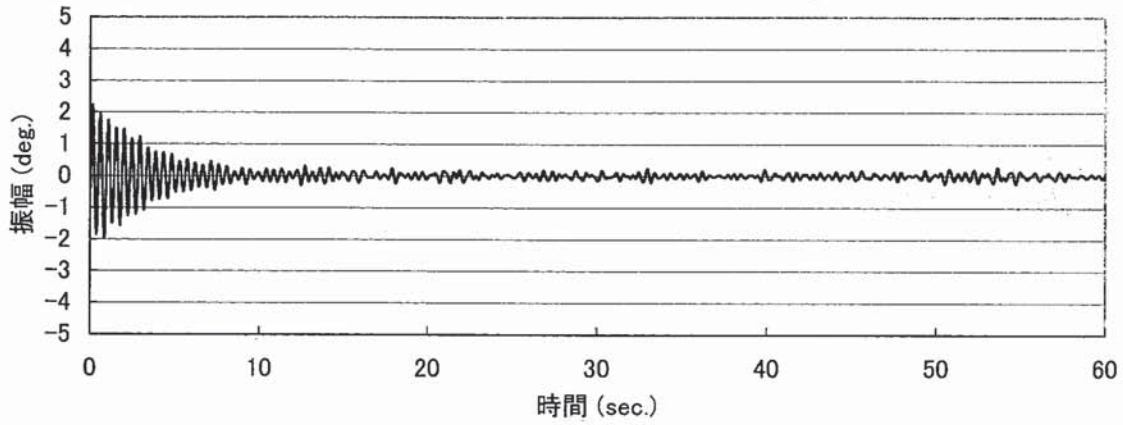
風洞風速= 4.24m/s　　(実橋換算風速= 47.40m/s)



風洞風速= 5.25m/s　　(実橋換算風速= 58.70m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

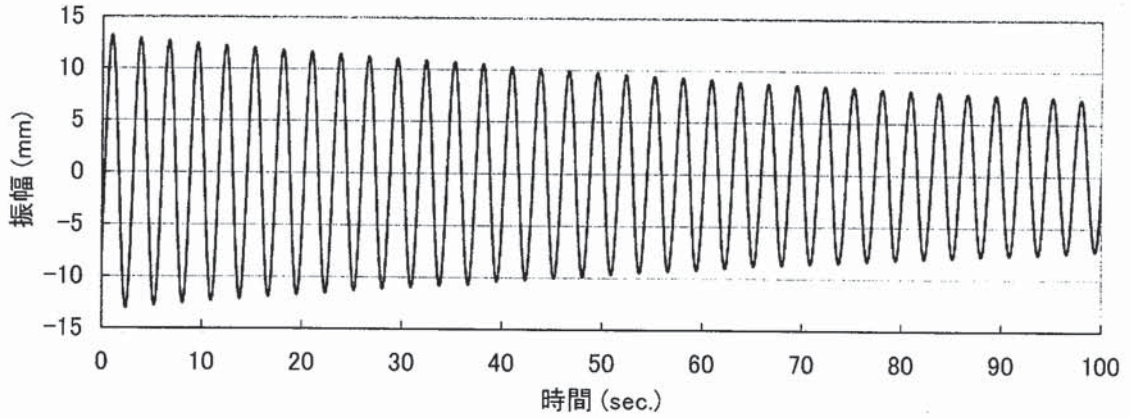
図C3.1.23　加振減衰波形（中央径間L/4点ねじれ成分、ねじれ逆対称1次振動-その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



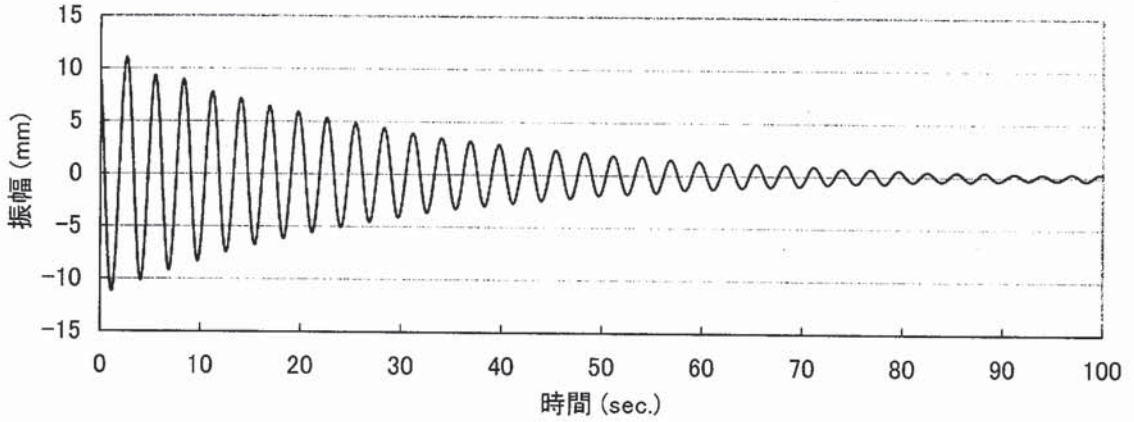
風洞風速= 6.28m/s　　(実橋換算風速= 70.21m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

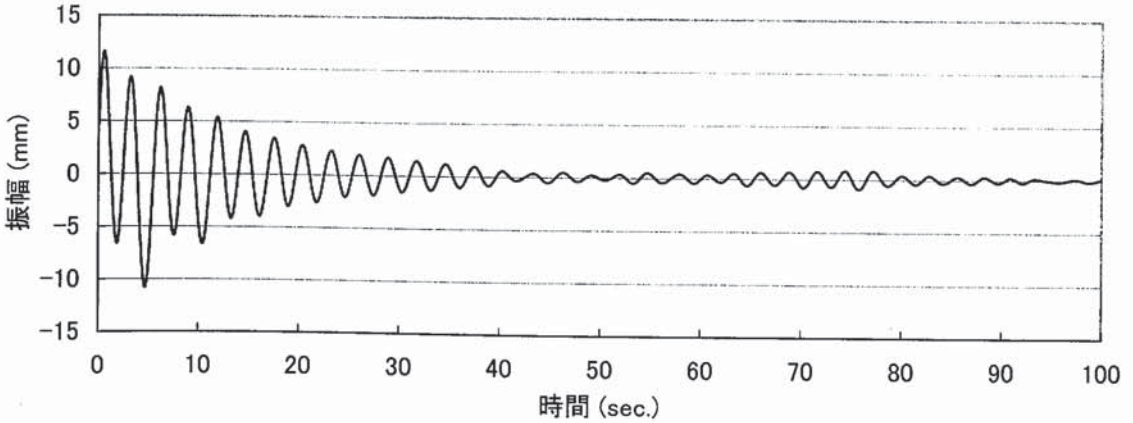
図C3.1.24　加振減衰波形 (中央径間L/4点ねじれ成分、ねじれ逆対称1次振動-その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



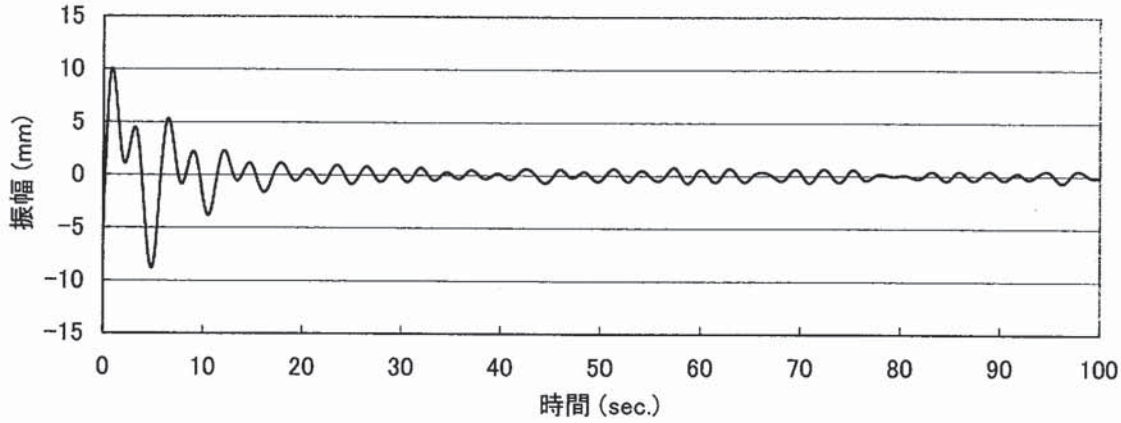
風洞風速= 1.18m/s　　(実橋換算風速= 13.19m/s)



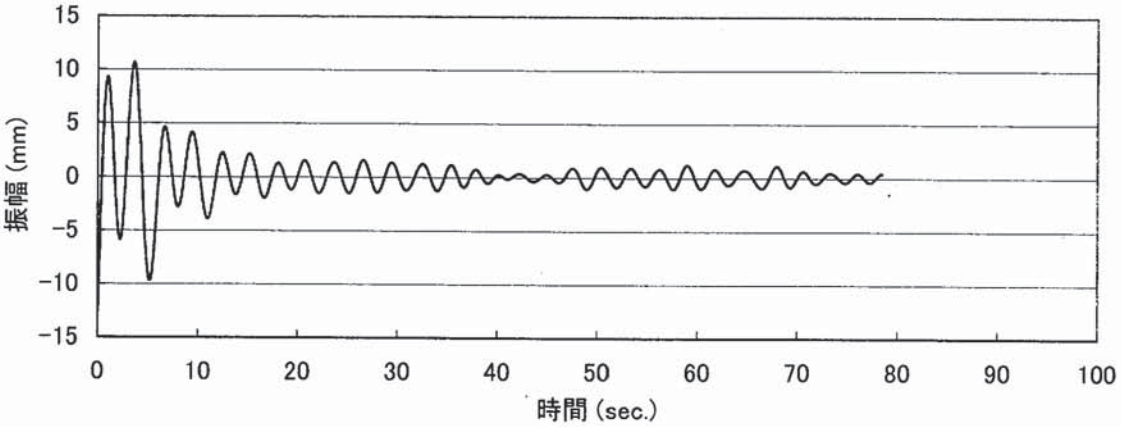
風洞風速= 2.15m/s　　(実橋換算風速= 24.04m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

図C3.1.25　加振減衰波形（中央径間L/2点水平成分、水平曲げ対称1次振動-その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



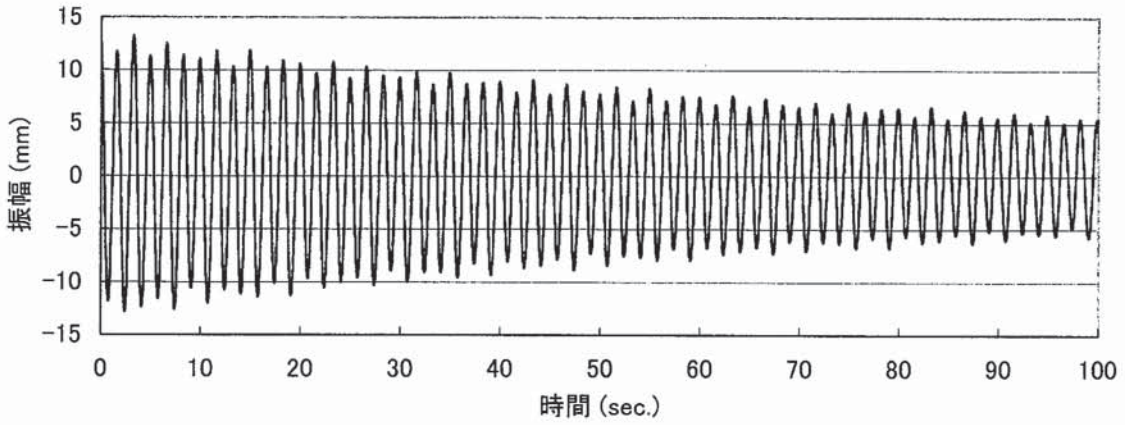
風洞風速= 3.23m/s　　(実橋換算風速= 36.11m/s)



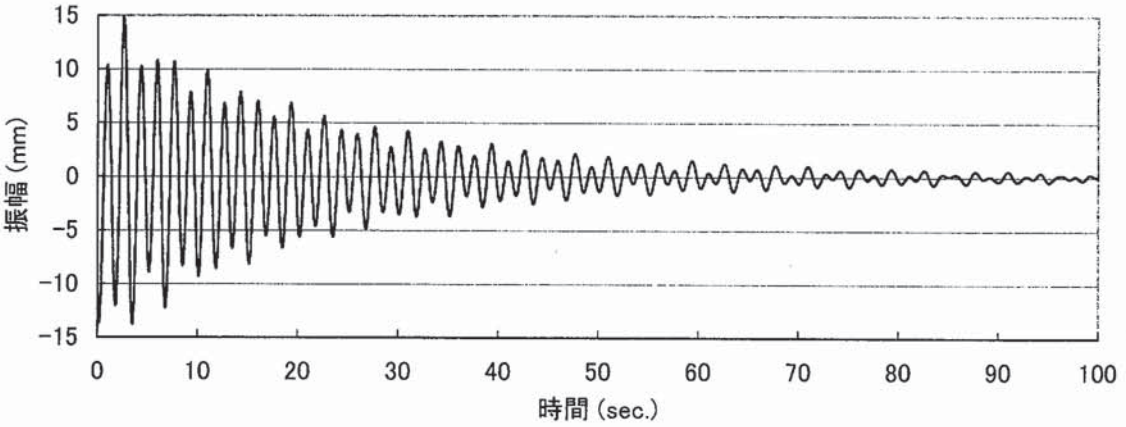
風洞風速= 4.24m/s　　(実橋換算風速= 47.40m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

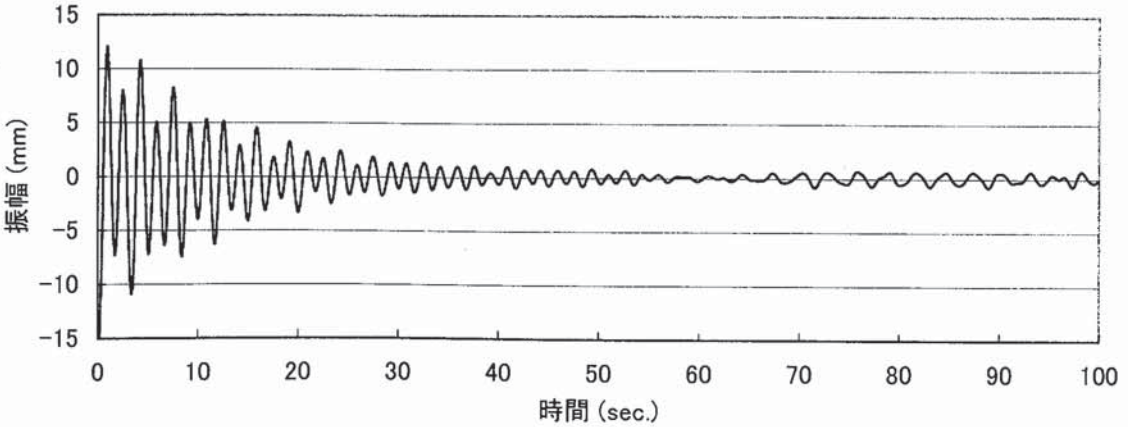
図C3.1.26　加振減衰波形（中央径間L/2点水平成分、水平曲げ対称1次振動-その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



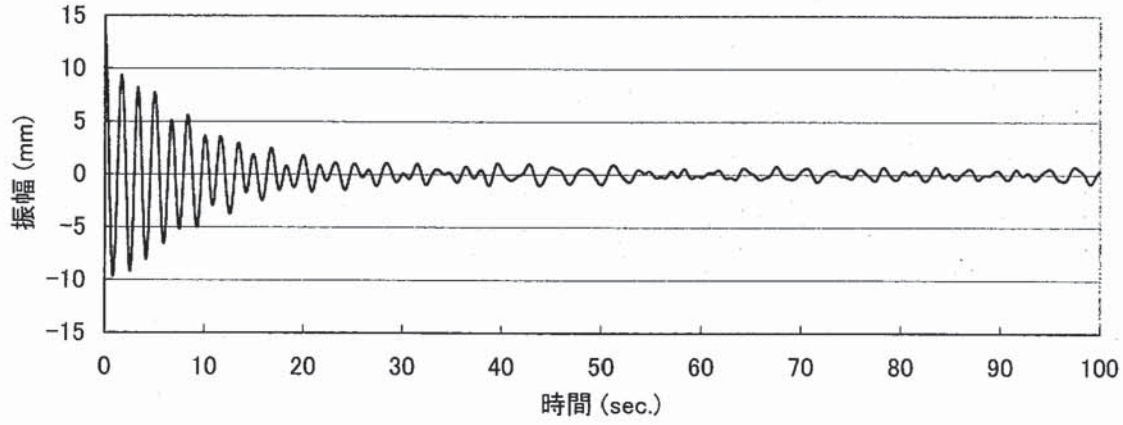
風洞風速= 1.18m/s　　(実橋換算風速= 13.19m/s)



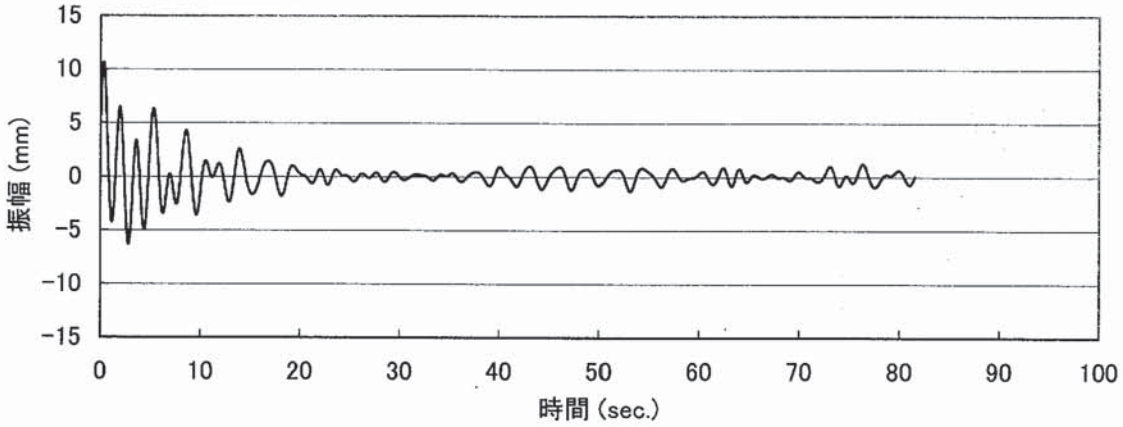
風洞風速= 2.15m/s　　(実橋換算風速= 24.04m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

図C3.1.27　加振減衰波形 (中央径間L/4点水平成分、水平曲げ逆対称1次振動-その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



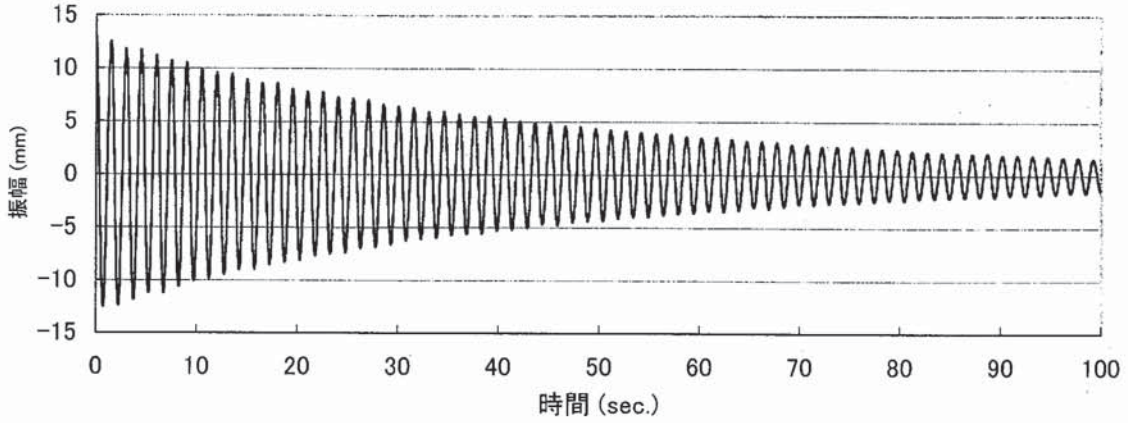
風洞風速= 3.23m/s　　(実橋換算風速= 36.11m/s)



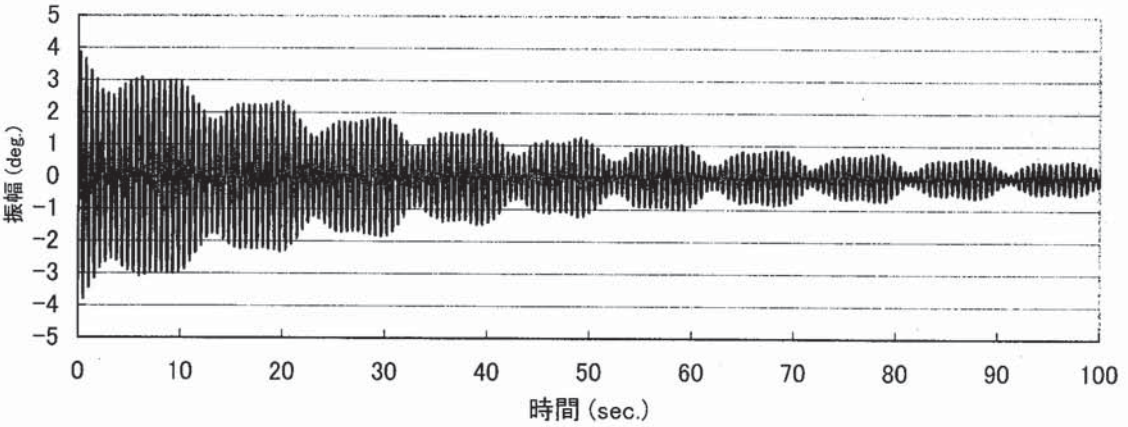
風洞風速= 4.24m/s　　(実橋換算風速= 47.40m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

図C3.1.28　加振減衰波形 (中央径間L/4点水平成分、水平曲げ逆対称1次振動-その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、基本系



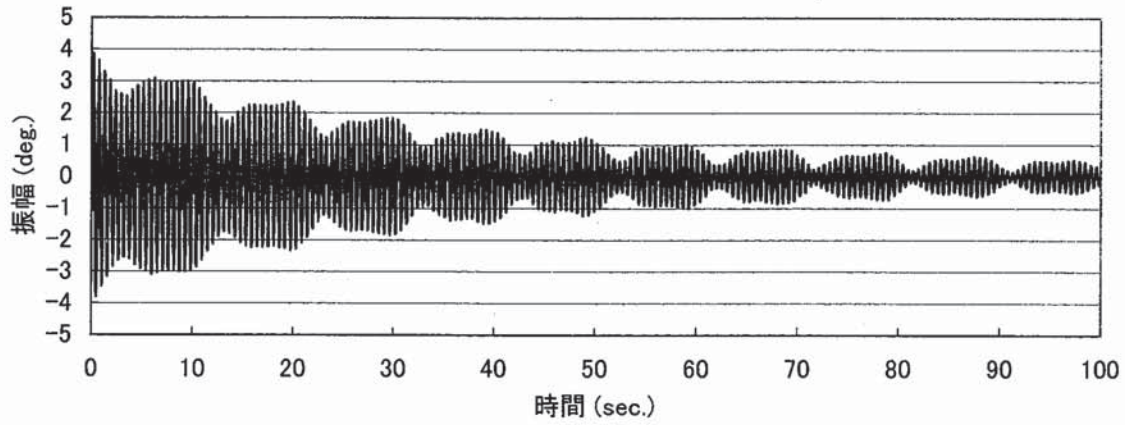
鉛直曲げ対称1次振動(中央径間L/2点)



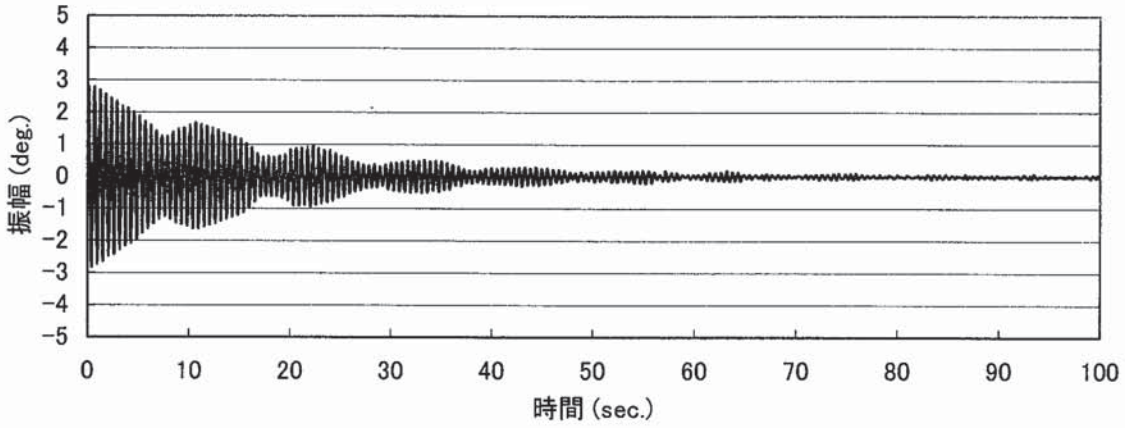
ねじれ対称1次振動(中央径間L/2点)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

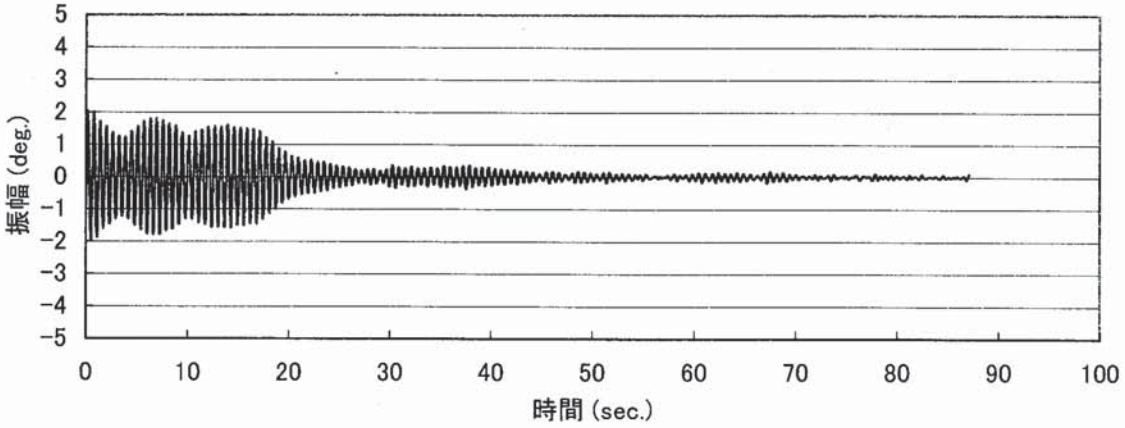
図C3.2.1　無風時加振後自由減衰波形
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、側径間遮風壁撤去



風洞風速= 0.00m/s　　(実橋換算風速= 0.00m/s)



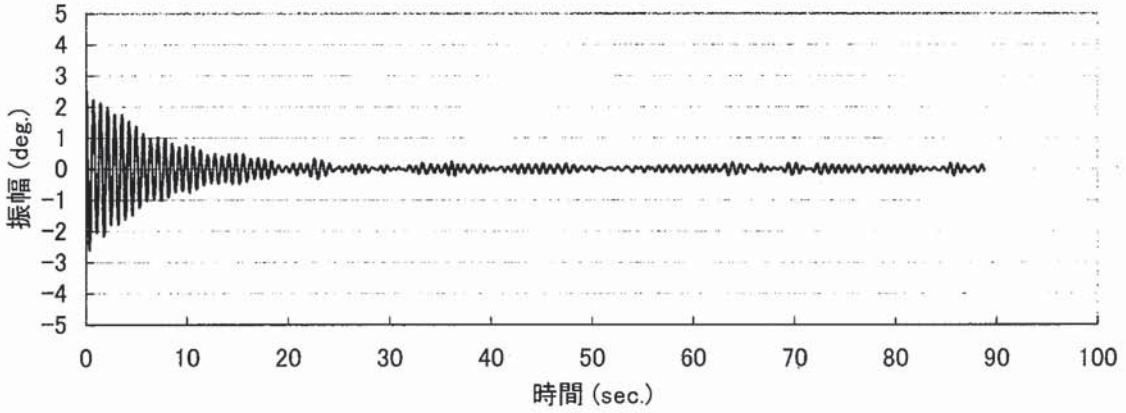
風洞風速= 2.16m/s　　(実橋換算風速= 24.15m/s)



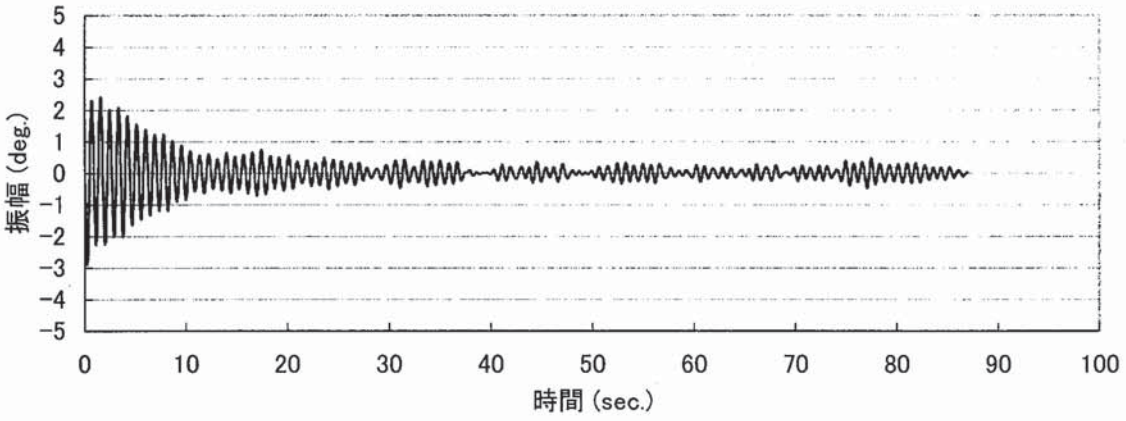
風洞風速= 4.21m/s　　(実橋換算風速= 47.07m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

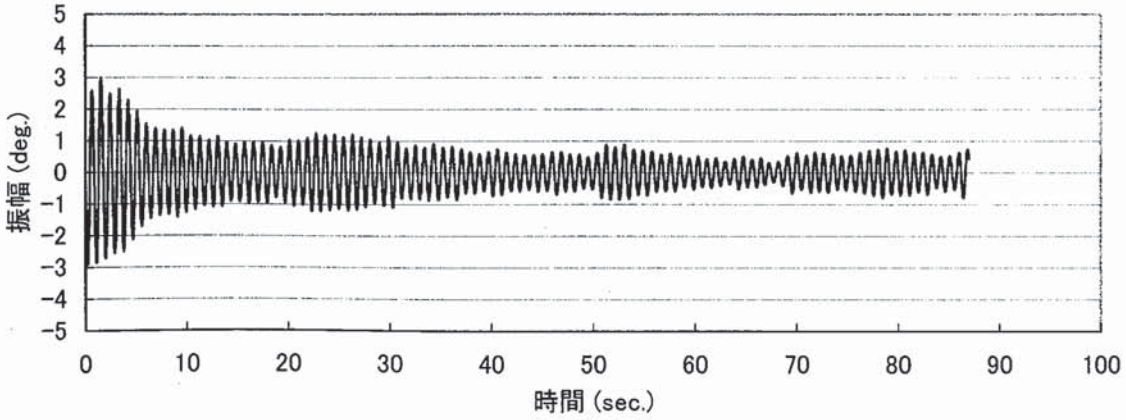
図C3.2.2　加振減衰波形 (中央径間L/2点ねじれ成分、ねじれ対称1次振動-その1)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、側径間遮風壁撤去



風洞風速= 6.32m/s　　(実橋換算風速= 70.66m/s)



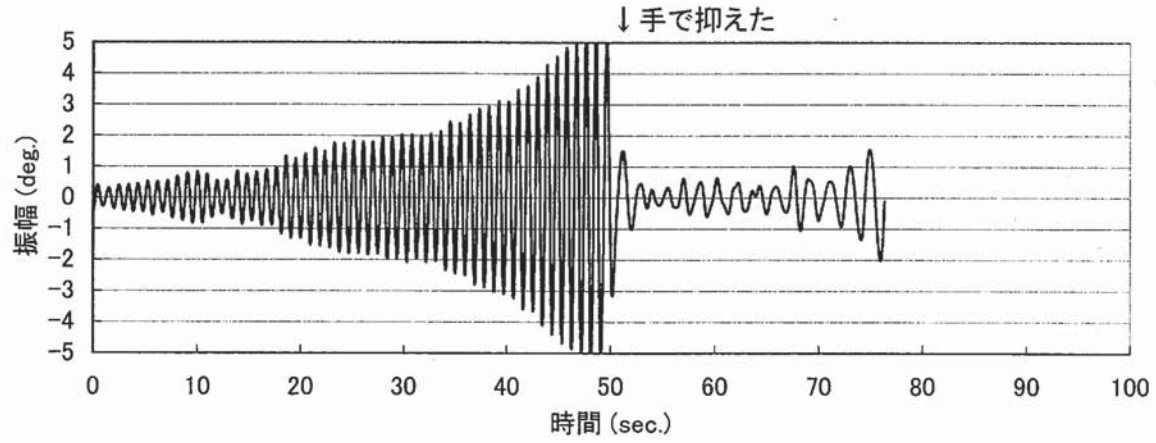
風洞風速= 8.47m/s　　(実橋換算風速= 94.70m/s)



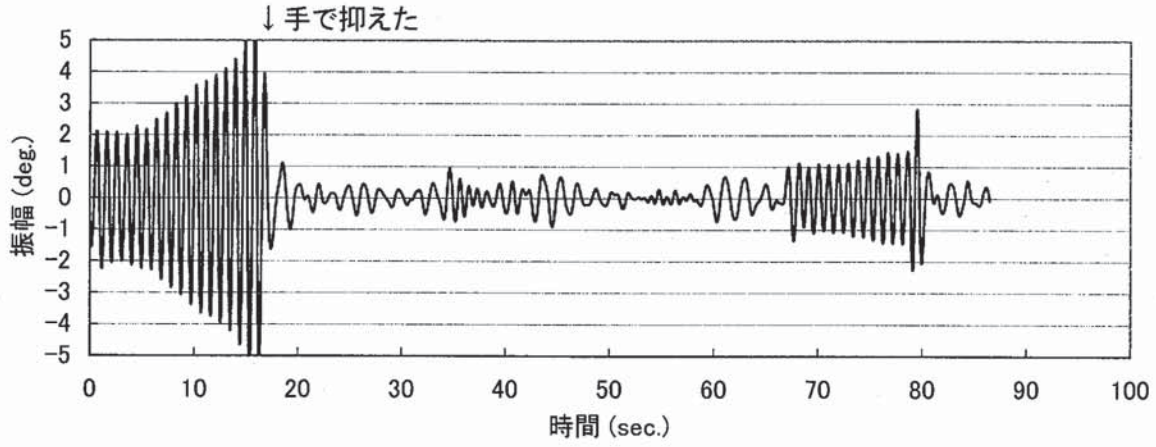
風洞風速= 8.54m/s　　(実橋換算風速= 95.48m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

図C3.2.3　加振減衰波形 (中央径間L/2点ねじれ成分、ねじれ対称1次振動-その2)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、側径間遮風壁撤去



風洞風速= 8.86m/s　　(実橋換算風速= 99.06m/s)



風洞風速= 8.95m/s　　(実橋換算風速= 100.06m/s)

注)上記減衰波形には、デジタル・フィルターによる平滑化処理を施している。

図C3.2.4　加振減衰波形（中央径間L/2点ねじれ成分、ねじれ対称1次振動-その3)
開口一箱桁大型全橋模型試験(中央径間2800m 4車線)、側径間遮風壁撤去