共同研究報告書
整理番号第３３２号

交差点立体化の路上工事短縮技術の開発に関する共同研究

－二次渋滞緩和を目指した急速交差点立体化工法の開発－

共同研究成果報告書

平成１７年３月

独立行政法人 土木研究所
三菱重工業 株式会社
戸田建設 株式会社

共同研究報告書
第 332 号　2005 年 3 月

交差点立体化の路上工事短縮技術の開発に関する共同研究

－二次渋滞緩和を目指した急速交差点立体化工法の開発－

共同研究成果報告書

独立行政法人土木研究所　技術推進本部（施工技術チーム）　主席研究員　大下　武志
独立行政法人土木研究所　構造物研究グループ（基礎チーム）上席研究員　福井　次郎
三菱重工業株式会社　横浜製作所鉄構部橋梁・水門設計課　課 長 代 理　神宮　敏樹
戸田建設株式会社　本社アーバンルネッサンス部　主 管 2 級　小林　修
（いずれも代表者のみ）

要　旨

都市内の交差点立体化工事において、工事中の道路交通や周辺環境への影響の少なく、急速施工が可能な交差点立体化工法の開発を目的に、独立行政法人土木研究所と三菱重工業㈱、戸田建設㈱は、平成 14 年度から約 3 年間にわたり、「交差点立体化の路上工事短縮技術の開発（二次渋滞緩和を目指した急速交差点立体化工法の開発）」に関する共同研究を実施してきた。

本報告書は、工事中の交通渋滞を極力軽減し急速施工が可能な交差点立体化工法の開発に向けて実施してきた共同研究成果を取りまとめたものである。

キーワード：　交差点立体化、急速施工、路上工事、二次渋滞緩和、モジュール桁、橋脚柱先行建て込み

ま　え　が　き

都市内の主要な平面交差点では、慢性的な交通渋滞が発生しており、都市の経済活動を阻害しているだけでなく、騒音や大気汚染等により周辺環境や地球環境へも悪影響を及ぼしている。このため、小規模な対策としては、交通容量を増やすための交差点部の拡幅、右折レーンの設置、信号現示の改良・系統化等の交差点対策が、さらに大規模な対策としては交差点の立体化等の改良工事が順次進められており、都市内の交通円滑化に効果を発揮している。

しかしながら、交差点の立体化工事は、交通量の多い既設道路上での工事であり、施工ヤード等の制約条件の厳しい場所での施工となることから、施工期間が長期間に及び、工事に伴い新たな交通渋滞を誘発することになる。さらに、既に市街化の進んだ都市内の工事となると、工事に伴う渋滞・騒音・振動・大気汚染等の影響により、周辺住民の生活環境に大きな影響を与えることになる。

これらの問題に対して、交差点の立体化工事に伴う道路交通や周辺環境への影響を極力低減できる新技術・新工法の開発が早急に望まれていた。

そこで、独立行政法人土木研究所は、民間会社６グループと交差点立体化工事の急速施工が可能な工法の開発を目指し、平成 **14** 年度から **16** 年度まで「交差点立体化の路上工事短縮技術の開発」に関する共同研究を以下の６課題に対して実施してきた。

・上下同時作業による交差点立体化工法の開発
・コンクリート・鋼複合構造による都市内交差点立体化技術の開発
・二次渋滞緩和を目指した急速交差点立体化工法の開発
・直接基礎形式等橋梁による急速交差点立体化工法の開発
・上下部一体化橋梁による急速交差点立体化工法の開発
・下路式トラス桁を用いた交差点立体化施工技術の開発

その内、土木研究所と三菱重工業㈱、戸田建設㈱のグループは、工事中の交通渋滞を極力軽減し交差点立体化工事の急速施工が可能となる工法の開発を目指し、**「二次渋滞緩和を目指した急速交差点立体化工法の開発」**に関して共同研究を実施した。

本共同研究報告書は、共同研究内で実施してきた、主要な要素技術の性能確認実験や施工法の検討結果など、一連の研究成果を取りまとめたものである。

共同研究担当者

所　属	役　職	氏　名
独立行政法人土木研究所　技術推進本部（施工技術）	主席研究員	大下　武志
	主任研究員	波田　光敬
	主任研究員	小野寺誠一
構造物研究グループ（基礎）	上席研究員	福井　次郎
	主任研究員	竹口　昌弘
	研　究　員	梅原　　剛
三菱重工業株式会社鉄構建設事業本部橋梁部技術グループ	グループ長	中谷　眞二
横浜製作所　鉄構部橋梁・水門設計課	課長代理	神宮　敏樹
鉄構建設事業本部橋梁部技術グループ	技　　師	大波　修二
	技　　師	新田　　明
戸田建設株式会社　本社　アーバンルネッサンス部	部　　長	浅野　　均
	主管１級	請川　　誠
	主管２級	小林　　修
東京支店　土木積算課	課　　長	西村　　正

目　　次

第１部　共同研究概要
1．共同研究の目的 …… 1- 1
2．共同研究体制 …… 1- 1
3．共同研究計画 …… 1- 1
4．課題と研究項目 …… 1- 2
第２部　「すいすいMOP工法」の概要
1．工法の概要 …… 2- 1
2．工法の特徴 …… 2- 4
3．工法の構成技術 …… 2- 5
第３部　「モジュール桁工法」施工性確認試験
1．はじめに …… 3- 1
2．供試体 …… 3- 2
3．施工性確認試験 …… 3- 4
4．まとめ …… 3-13
第４部　「橋脚柱先行建て込み工法」性能確認試験
1．はじめに …… 4- 1
2．供試体 …… 4- 2
3．施工性確認試験 …… 4- 7
4．強度性能確認試験 …… 4-19
第５部　「タイロッド式擁壁工法」景観プレキャストパネル設置状況確認試験
1．はじめに …… 5- 1
2．供試体 …… 5- 2
3．設置状況確認試験 …… 5- 5
4．まとめ …… 5-16
第６部　施工法に関する検討
1．はじめに …… 6- 1
2．構造形式 …… 6- 2
3．施工方法及び工程計画 …… 6- 6
4．外部コスト …… 6-25
第７部　まとめと今後の課題
1．まとめ …… 7- 1
2．今後の課題 …… 7- 6

資料１　橋脚柱の埋込み方式に関する既往文献調査結果
資料２　基礎杭の荷重分担に関するＦＥＭ解析結果
資料３　「橋脚柱先行建て込み工法」のプッシュオーバー解析結果
資料４　「すいすいＭＯＰ工法」に関する投稿論文

第１部　共同研究概要

第２部　「すいすい MOP 工法」の概要

第３部　「モジュール桁工法」施工性確認試験

第４部　「橋脚柱先行建て込み工法」性能確認試験

第５部　「タイロッド式擁壁工法」
景観プレキャストパネル設置状況確認試験

第６部　施工法に関する検討

第７部　まとめと今後の課題

資料１　橋脚柱の埋込み方式に関する既往文献調査結果

資料２　基礎杭の荷重分担に関するＦＥＭ解析結果

資料３　「橋脚柱先行建て込み工法」のプッシュオーバー解析結果

資料４　「すいすいＭＯＰ工法」に関する投稿論文

目　　次

1．共同研究の目的 …… 1- 1

2．共同研究体制 …… 1- 1

3．共同研究計画 …… 1- 1

4．課題と研究項目 …… 1- 2

1. 共同研究の目的

都市内の交通の円滑化を目的として行われる交差点立体化工事では、工事に伴う交通規制により新たな交通渋滞が発生し、また、施工ヤード等の制約条件の厳しい場所での施工となることから、施工期間が長期に及び、工事に伴う道路交通の影響も長期間にわたることになる。更に、工事に伴う騒音・振動等により、周辺住民の生活環境に影響を及ぼすことになる。

このため、都市内の交差点立体化の工事において、道路交通や周辺環境への影響の少ない、大幅な工期短縮に資する技術の開発が必要であり、上部工や橋脚柱基部の改良により工事中の交通渋滞を極力軽減し交差点立体化工事の急速施工が可能となる工法の開発を目指し、本共同研究を実施した。

2. 共同研究体制

本共同研究は、独立行政法人土木研究所（施工技術チーム、基礎チーム）と三菱重工業㈱、戸田建設㈱との間で実施した。共同研究の体制は、以下の通りである。

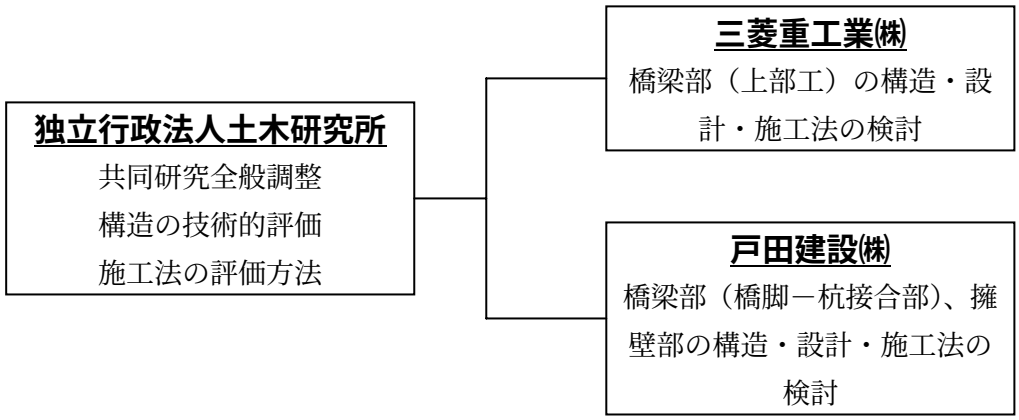


図-2.1　共同研究体制

3. 共同研究計画

共同研究は、平成 14 年度～16 年度の３年間実施した。

共同研究の全体計画は、以下のとおりである。

表-3.1　共同研究計画

研究項目	14 年度	15 年度	16 年度	備考
全体構造・施工法の検討	―――	―――	―――	
モジュール桁の施工性確認		―――		
橋脚柱先行建込み工法の性能確認			―――	
タイロッド式擁壁工法の施工性確認			―――	
試設計		―――	――	
施工システムの検証		―――	―――	
道路交通への影響検証			―――	

4. 課題と研究項目

本共同研究においては、主として「モジール桁工法」、「橋脚柱先行建て込み工法」及び「タイロッド式擁壁工法」の施工性、強度性能等について確認するため、以下の課題について研究を行った。

また、モデル地点での「すいすい MOP 工法」と従来工法の工事中における外部コストの比較を行い、外部コストの改善効果の確認を行った。

表-4.1 課題と研究項目

着目した現状技術			新工法において開発した要素技術		
構造部位	現状技術	課　題	要素技術	開発目的	実現に向けた研究項目
上部構造	トラッククレーンによる吊り上げ架設工法	張出しブラケットを架設する際、位置決めも含め、架設作業に時間を要する。また、トラッククレーンを現道に配置するため、旋回時の回転半径や転倒防止用アウトリガーの張出し幅との関係で、必要車線が確保できない場合がある。	モジュール桁工法	張出しブラケットを内側に折り畳むことで、施工ヤードを縮小するとともに、張出しブラケットの架設作業を効率化する。	安全性を担保した上での、施工性の向上（架設時間の短縮）
橋脚部構造	アンカーフレーム方式	フーチングコンクリートの所要強度発現後、橋脚柱の取付けとなるため、現場工期が長い。	橋脚柱 先行建て込み工法	フーチングコンクリート打設前に橋脚柱を建て込むことにより、上下部工を同時並行作業とし、現場工期を短縮する。	埋込み方式による設計法の道路橋への適用 基礎杭の荷重分担の考え方 基礎杭と橋脚柱を連結する接合治具の性能評価と設計手法の確立
アプローチ部構造	現場打ち 鉄筋コンクリート擁壁	鉄筋・型枠の組立、コンクリートの打設・養生が必要なため、工期・工費がかかる。	タイロッド式 擁壁工法	アプローチ部の擁壁構造を簡略化することにより、工期の短縮と工費を縮減するとともに景観に配慮する。	タイロッド式擁壁の設計手法の確立 擁壁のパネル構造 鋼製部材の防錆対策

1.　工法の概要

(1)　すいすい MOP 工法は、慢性的に交通渋滞が発生している交差点を、短期間に立体化することで、渋滞の緩和、もしくは解消を図る工法である。また、立体化工事によって新たに発生する渋滞（以下「工事渋滞」と呼ぶ）を緩和する工法でもある。

(2)　立体交差橋は、橋梁部とアプローチ部からなり、橋梁部については、鋼製の橋桁と橋脚柱、アプローチ部については、盛土を基本に構成するものとする。

すいすい MOP 工法によって立体化する道路（立体交差本線）は、図-1.1 に示すように、橋梁部とアプローチ部からなる。橋梁部では、一般的に、交差道路を跨ぐ部分（以下「交差点部」と呼ぶ）で、橋桁の形式が決定されることが多い。交差道路の車線数が多くなれば、交差点部における橋桁の支間長が長くなるため、鋼製の橋桁（以下「鋼桁」と呼ぶ）が適合し、構造形式も鈑桁から箱桁になる傾向にある。鋼桁にすることのメリットは、支間長だけでなく、工期短縮にも及ぶ。鋼桁は工場で製作されるため、現地作業が少ない。しかも、アプローチ部などに確保した地組ヤードにおいて、予め、交差点部の鋼桁を地組立しておけば、移動多軸台車による一括架設が可能となり、短期間で架設作業を終えることができる。また、軽量という利点を活かすことで、下部（基礎）工のコンパクト化が可能となり施工性も向上する。

一方、立体交差橋を現道にすり付ける部分をアプローチ部と定義し、盛土にて構成することを基本とした。

なお、図-1.2 に、構造一般図の一例を示す。

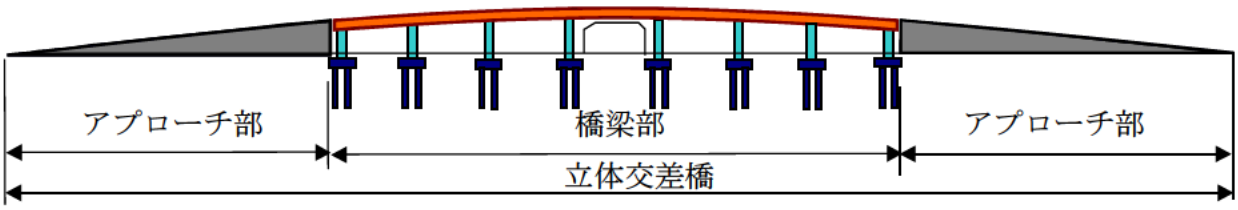


図-1.1　立体交差橋側面図

(3)　すいすいMOP工法は、表-1.1に示す構成技術の集合体である。構成技術は橋梁部とアプローチ部に分かれている。特に、モジュール桁工法と橋脚柱先行建て込み工法の、少なくとも一方を用いる場合を、すいすいMOP工法と定義する。

表-1.1　すいすいＭＯＰ工法の構成技術

区分	構成技術	使用箇所	概要
橋梁部	モジュール桁工法	上部工（橋桁）の張出しブラケット部	上部工のコンパクト化技術であり、架設時に折りたたんでいた張出しブラケットを、架設後に、所定形状に展開する工法
	橋脚柱先行建て込み工法	橋脚柱の基部	杭の施工誤差の補正と橋脚柱の早期建て込みを可能にする工法であり、上部工と下部工の同時並行作業を可能にする工法
	移動多軸台車による一括架設システム	橋桁と橋脚柱	所定長さの橋桁と必要本数の橋脚柱を、移動多軸台車を用いて、一括に架設する方法であり、既存の建設機械をシステマティックに組み合わせることで、工期の短縮と施工ヤードの縮小化を図る架設システム
アプローチ部	タイロッド式擁壁工法	アプローチ部	アプローチ部の盛土側壁を、景観プレキャストパネル、H鋼親杭及びタイロッドで構成することにより、擁壁構造を簡略化し、工期短縮とコスト縮減を可能にする工法
	橋台機能代替構造	橋梁部とアプローチ部の取り合い部	橋台が有している、土留め機能と荷重支持機能を、それぞれ、盛土と端部橋脚に代替させることで、橋台を省略し、工期短縮を可能とする構造

目　　次

1．工法の概要 …… 2- 1

2．工法の特徴 …… 2- 4

3．工法の構成技術 …… 2- 5
3.1　モジュール桁工法 …… 2- 5
3.2　橋脚柱先行建て込み工法 …… 2- 7
3.3　移動多軸台車による一括架設システム …… 2- 8
3.4　タイロッド式擁壁工法 …… 2-11
3.5　橋台機能代替構造 …… 2-12

2. 工法の特徴

(1) 工事施工中の右折車線確保

すいすい MOP 工法は、モジュール桁工法を採用することで、工事施工中でも、交差点部において右折車線を確保する等交差点部の規制を最小限にすることができる。

(2) 現場内の施工ヤード組立用地確保

すいすい MOP 工法では、現道の一部（アプローチ部等）を組立ヤードとして利用するため、現道以外の場所に、組立用地を別途確保する必要がない。

(3) 工期短縮の実現

橋脚柱先行建て込み工法を採用することで、上部工と下部工（基礎工）の同時並行作業が可能となり、工期を短縮することができる。

(4) 工事完成前の、車線の一部暫定的供用化

４車線の立体交差橋を構築する場合、完成前でも、暫定的に供用させることは、一般的には可能である。通常考えられる方法としては、2 車線の立体交差橋を組み合わせることで、４車線にする方法がある。これは、現道における、施工中の交通切り回しが比較的容易に行える場合に適用される方法であるが、施工に伴い、交通の流れが変わるため、交通渋滞に対する注意が必要である。一方、すいすい MOP 工法では、4 車線一体型の立体交差橋に、モジュール桁工法を適用（張出しブラケットを 90 度程度に固定）することで、立体交差橋に暫定的に 2 車線を確保することができる。また、道路中心に対して、左右対称に、車線を確保することができるため、交通の流れを乱すことが少ない。

(5) 地盤条件に応じた、最適な基礎形式の選定

すいすい MOP 工法では、杭基礎を基本形式としているが、応用形として、PC ウェル基礎や直接基礎といった他の基礎形式も採用可能である。このため、地盤条件による制約が少なく、地盤条件に応じた最適な形式を選定することができる。

3.　工法の構成技術

3.1　モジュール桁工法

(1)　モジュール桁工法は、上部工のコンパクト化技術であり、架設時に折りたたんでいた橋桁（鋼桁）の張出しブラケットを、架設後に、所定形状に展開する工法である。

モジュール桁工法は、図-3.1.1に示すように、架設時に折りたたんでいた橋桁（鋼桁）の張出しブラケットを、架設後に、所定形状に展開する工法である。展開は、専用の治具（以下「展開治具」と呼ぶ）を介して行われる。展開治具に挿入されたピンが回転軸を形成するため、展開後の形状を管理することができる。その結果、張出しブラケットの位置調整作業が容易になるため、工期短縮にも貢献する。なお、展開治具は、舗装に影響がでないように、舗装打設前までに撤去するものとする。

また、張出しブラケットは、展開後、完成時に求められる継手性能を満足するように、高力ボルト又は溶接などで、鋼桁本体と接合するものとする。

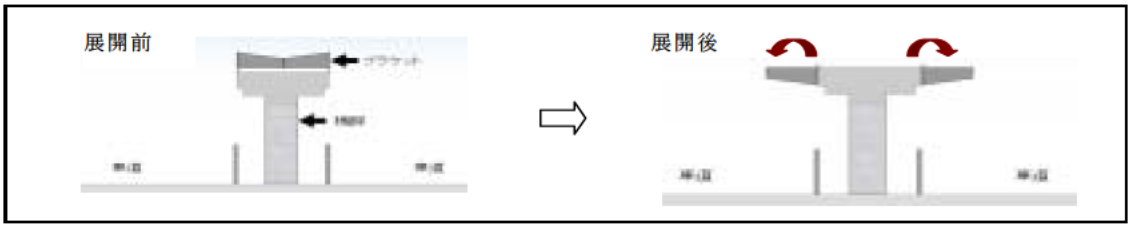


図-3.1.1　モジュール桁工法による張出しブラケットの展開

(2)　モジュール桁工法は、施工ヤードの縮小化に寄与する技術であり、特に、交差点部に適用した場合には、施工中でも、右折車線を確保することが可能である。

モジュール桁工法を活用することで、施工ヤードの縮小化が図れる。表-3.1.1に示すように、従来工法では、橋桁を架設する場合、橋桁の幅（総幅員）に相当する範囲は、一般的に、施工ヤードとして使用されているため、交通車両を通すことができない。一方、モジュール桁工法では、上部工を、内側に折りたたんだ状態（格納した状態）で、地組立から、運搬、据付までの一連の作業を行うことができるため、施工ヤードを縮小することができる。特に、交差点部に、モジュール桁工法を適用した場合には、図-3.1.2に示すように、施工中でも、右折車線を確保することが可能となる。

表-3.1.1　従来工法との比較

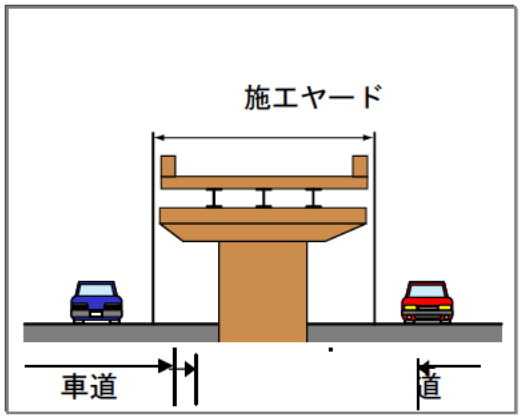
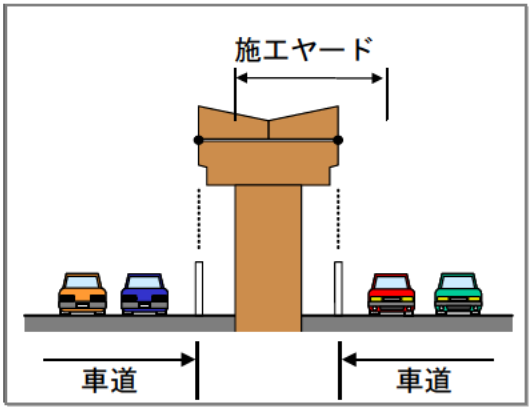
	従来工法	モジュール桁工法
概念図		
特徴	作業ヤード（総幅員）には、 交通車両は侵入できない	張出しブラケットを格納することで 作業ヤードが縮小する



図-3.1.2　交差点部における右折車線確保のイメージ

3.2　橋脚柱先行建て込み工法

(1)　「橋脚柱先行建て込み工法」は、橋脚柱と基礎工を直接接合する治具（以下 PICO 治具）を、各種基礎杭の頭部にセットすることで、杭の施工誤差の補正と橋脚柱の早期建て込みを行い、フーチングコンクリートの後施工を可能にする工法である。

「橋脚柱先行建て込み工法」は、フーチングコンクリート打設前に基礎杭と橋脚柱や上部工を先行接合することで、上部工と下部工の同時並行作業を行い、工期短縮を可能とする工法である。通常のアンカーフレーム方式では、アンカーフレーム設置後フーチング部を施工し、必要強度発現後橋脚柱を建て込むが、橋脚柱先行建て込み工法では、フーチング施工前に橋脚柱を建て込み、フーチング施工工程をクリティカルパスから外し、工期短縮を実現する。

	従来工法	すいすいMOP工法
改良点	—	接合治具による橋脚柱の先行建て込み
概念図	フーチングコンクリート　橋脚柱　アンカーフレーム　基礎杭	橋脚柱　接合治具　基礎杭
特　徴	フーチングコンクリート打設後に橋脚柱を建て込み，その後上部工を施工	フーチングコンクリート打設前に橋脚柱を建て込むことにより，上下部工の同時並行作業が可能

図-3.2.1　橋脚柱先行建て込み工法の概要

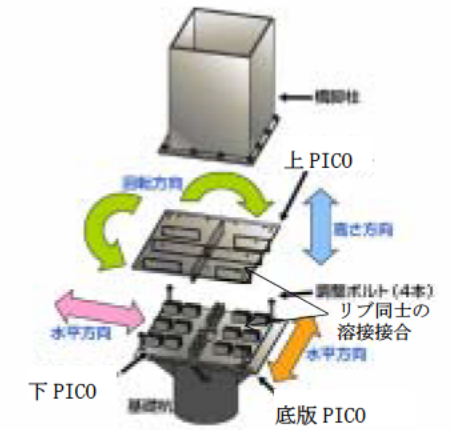


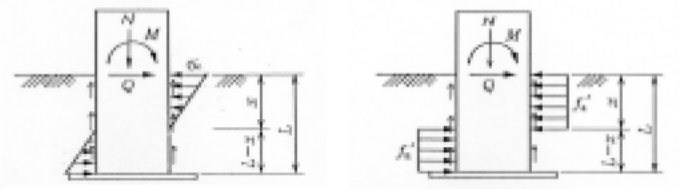
図-3.2.2　PICO 治具

(2)　PICO 治具は、杭の施工誤差の補正機能および上部工の架設時荷重を支持する強度性能を有する構造とする。

接合治具は図-3.2.2 のように杭頭部の施工誤差に対して、水平方向、高さ方向、回転方向に対して補正する機能を有するとともに、リブ同士をすみ肉溶接により接合を行い、地震時等の荷重に対して所要の強度性能を有する。

(3)　完成時における耐荷機構は「埋込み方式」とする。

これは、鉄道構造物等設計標準や建築学会の各基準類に示されており、橋脚柱をフーチングコンクリートに所定長さ分だけ埋込み、図-3.2.3 のような橋脚柱の断面力を支圧により単純にフーチングに伝達する構造である。



（常時及びレベル 1 地震時等の検討モデル）　（レベル 2 地震時の検討モデル）

図-3.2.3　埋込み方式の耐荷機構概念図

3.3　移動多軸台車による一括架設システム

(1)　移動多軸台車による一括架設システム（以下「本システム」と呼ぶ）は、所定長さの橋桁と必要本数の橋脚柱を、移動多軸台車を用いて、一括に架設する方法である。既存の建設機械をシステマティックに組み合わせることで、工期短縮と施工ヤード（組立ヤード）の縮小化を図る。

①一括架設工法の必要性

立体交差橋を構築する場合、交差点部は、交通規制の関係から、短期間のうちに架設することが要求される。また、一般的に、交差点には、架設用のベント設備を設置することはできない。このような理由から、交差点部の架設方法は、一括架設工法が標準となる。

一括架設工法は、工場で製作された鋼桁ブロックを、対象交差点付近に設けた組立ヤードで大ブロックにした後、鋼桁全体（所定長さの鋼桁）を、一括にて架設する工法である。単材架設に比べ架設回数など、全体の作業量が減るため、工期短縮を図ることができる。その反面、架設用設備が大きくなるという欠点がある。特に、現道内に組立ヤードを設ける場合、地組立時の交通規制が問題となる。地組立は、クレーンを用いて行われるが、クレーン旋回時の回転半径や転倒防止用アウトリガーの張出し幅により、施工中、必要車線を確保できないなどの問題が生じる。さらに、地組立完了後は、完成系の形となる（総幅員分の幅をとる）ため、建築限界が確保できない場合には、その分、交通規制帯幅が広がることになる。

②本システムの概要

すいすい MOP 工法では、この問題を解決するために、モジュール桁工法を活用する。モジュール桁工法では、ブラケットを内側に折りたたんだ状態で地組立が行われるため、交通規制幅が狭くなる。しかも、図-3.3.1 に示す門型油圧揚上機を用いれば、組立ヤードの縮小化も図れる。

本システムは、このように、モジュール桁工法をベースに、門型油圧揚上機、移動多軸台車、リフトアップ装置など、既存の建設機械をシステマティックに組み合わせることで、工期短縮と施工ヤード（組立ヤード）の縮小化を図るシステムでもある。

③本システムによる架設方法

本システムによる架設は、次のような手順で行われる。先ず、トレーラーにて、工場から輸送されてきた鋼桁を、門型油圧揚上機で荷揚げした後、そのまま、移動多軸台車上で地組立を行う。このような方法を採用することで、クレーン等による旋回作業が不要となる。また、門型油圧揚上機の設置幅も、アウトリガーの張出し幅よりも小さくすることが可能であり、その結果、組立ヤードを縮小することができる。橋脚柱も同様に、門型油圧揚上機で、荷揚げと地組立を行う。

次に、地組立を終えた大ブロック（又は橋脚柱）は、移動多軸台車にて、設置個所まで搬送される。その後、移動多軸台車上に装備されたリフトアップ装置を用いて、一括架設が行われる。

すいすい MOP 工法の標準的な架設方法としては、アプローチ部に組立ヤードを設け、アプローチ部から橋梁部に向かって、移動多軸台車を、ほぼ直線的に走行させる。これにより、施工ヤードを限定することができる。

なお、交差点（現地）によって、組立ヤードが広く取れる場合には、門型油圧揚上機が不要となるケースも想定されるが、このような場合も、本システムの範疇に属するものとした。

(2)　立体化工事も、他の工事と同様、事業化に向けては、用地確保の問題がある。都市部では、一般的に、大規模用地を確保することは難しく、組立ヤードが確保できないこともある。すいすい MOP 工法では、組立ヤードを、現道内アプローチ部、すなわち道路管理者の所有地に確保することで、立体化事業の早期着工が可能となる。

3.4　タイロッド式擁壁工法

(1)　タイロッド式擁壁工法は、アプローチ部の盛土区間の側壁を景観プレキャストパネル、H鋼親杭及びタイロッドで構成することにより、擁壁構造の簡略化を可能とする工法である。

タイロッド式擁壁工法は、図-3.4.1のようにアプローチ部の盛土区間の側壁を景観プレキャストパネル、H鋼親杭及びタイロッドで構成することにより、擁壁構造を簡略化し、工期短縮とコスト縮減を可能とする工法である。従来工法のコンクリート擁壁と比較して、鉄筋・型枠の組立、コンクリートの打設・養生の工程が不要となるため、大幅な工期短縮とコスト縮減を図ることができる。

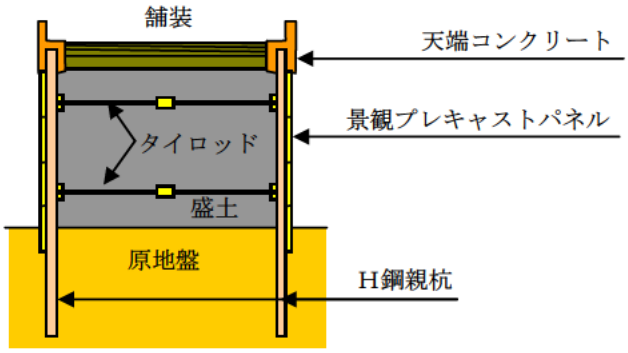


図-3.4.1　タイロッド式擁壁工法の構造概要

盛土材には、購入材や基礎施工時の掘削土などの現場発生材を利用する他、基礎地盤が軟弱な場合には、EPS（Expanded Poly-Styrol＝発泡スチロール土木工法）などの軽量盛土材を使用する。

(2)　本工法は、すべての工程をタイロッド式擁壁の内側より施工できるため、一般通行車両への影響を最小限に抑えることができる。

景観プレキャストパネルは柵板パネルと目隠パネルから構成され、擁壁内側からボルトで固定し、取付けることが可能である。これより、図-3.4.2のように、すべての工程を擁壁内側より施工することができるため、一般通行車両への影響を最小限に抑えることができる。

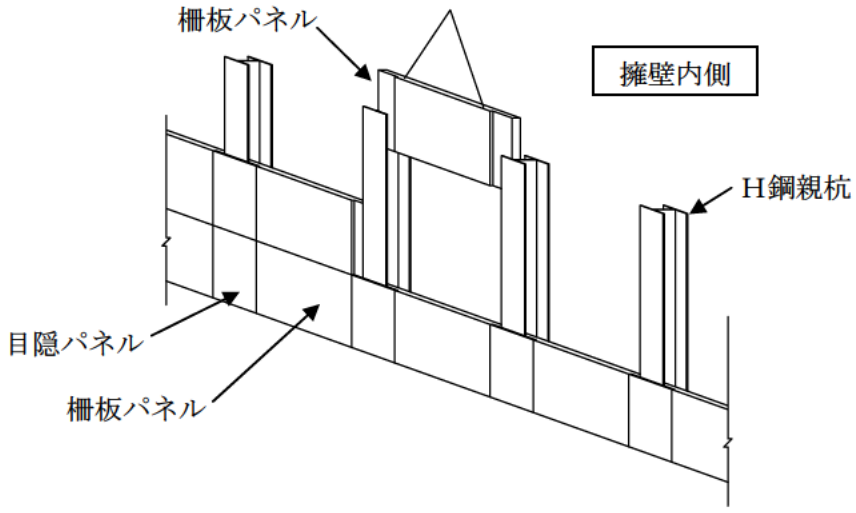


図-3.4.2　景観プレキャストパネルの施工概要

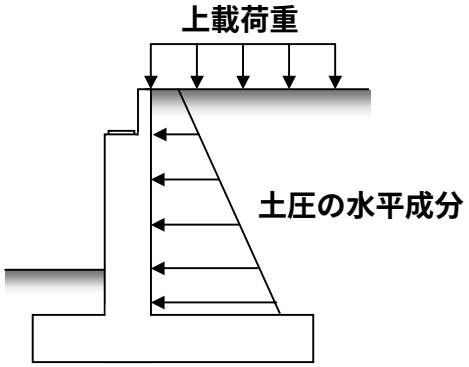
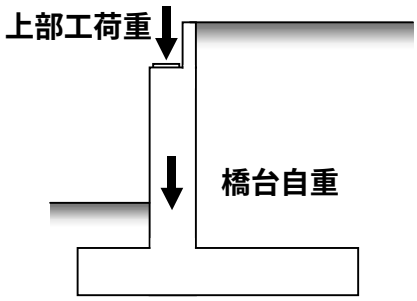
3.5　橋台機能代替構造

(1)　橋台機能代替構造は、橋台が有している、土留め機能と荷重支持機能を、それぞれ、盛土と端部橋脚に代替させることで、橋台を省略する構造である。

立体交差橋におけるアプローチ部と橋梁部との接続部には、通常、橋台が設置される。アプローチ部は盛土で構成されるため、橋台の背面には土圧が作用する。橋台には、この土圧に抵抗する土留め機能があり、盛土を安定させる役割を担っている。一方、橋梁部を構成する上部工は、適当な間隔で設置された橋脚（下部工）で支持されているが、端部の下部工については、前述の土留め機能が求められるため、構造形式は、橋脚ではなく、橋台となる。このように、橋台には、土留め機能と荷重支持機能がある。

すいすい MOP 工法では、橋台が有している、土留め機能と荷重支持機能を、それぞれ、盛土と端部橋脚に代替させる構造として、橋台機能代替構造を採用している。この構造は、アプローチ部における、すいすい MOP 工法の構成技術であり、表-3.5.1 のように整理される。

表-3.5.1 橋台機能の代替（常時）

	橋台に作用する荷重	代替部位
土留め機能		盛土妻側擁壁
荷重支持機能		端部橋脚

(2)　橋台機能代替構造は、端部橋脚、盛土妻側擁壁、伸縮装置及び踏掛版等で構成される。

橋台機能代替構造は、図-3.5.1 に示すように、端部橋脚、盛土妻側擁壁、これらを連結する伸縮装置及び踏掛版で構成される。この他、図-3.5.2 に示すように、踏掛版を支持する踏掛版受け支承がある。

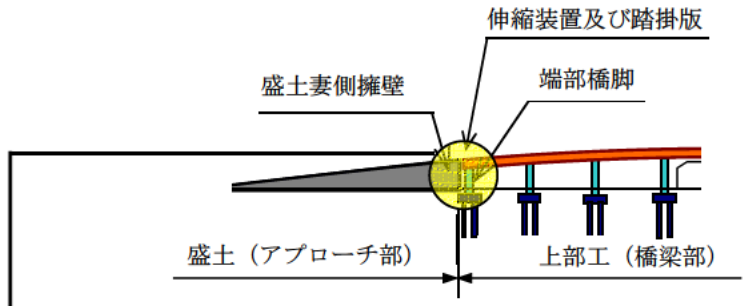


図-3.5.1　橋台機能代替構造の構成要素

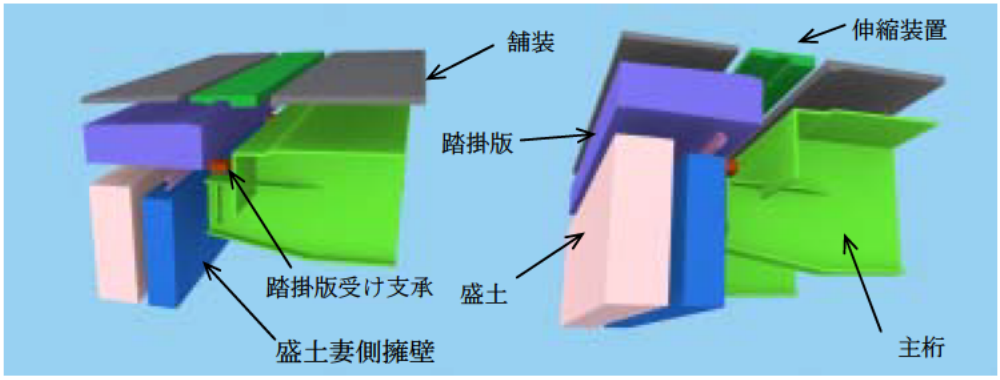


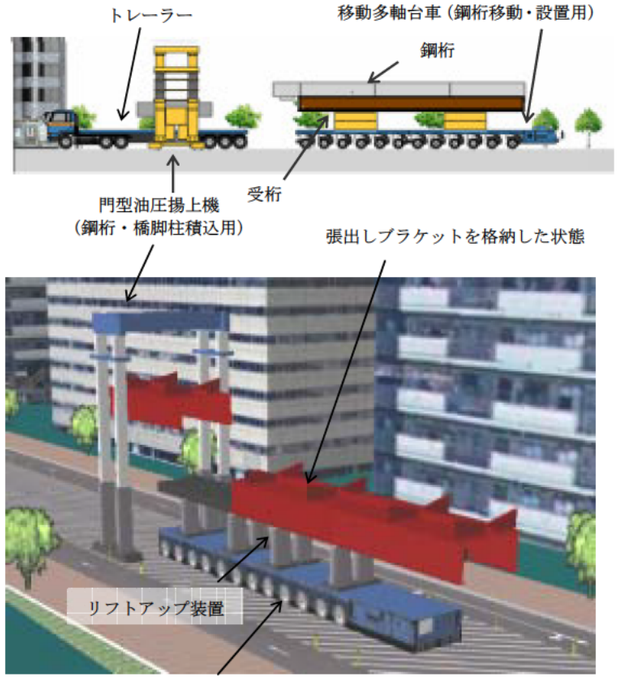
図-3.5.2　盛土と上部工との取り合い

(3)　橋台機能代替構造は、工期短縮に資する構造である。

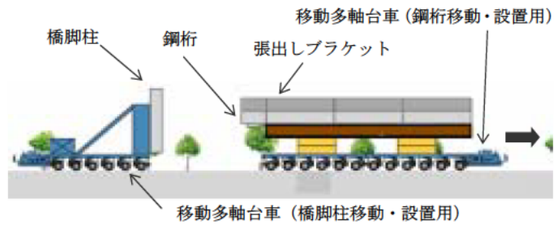
橋台施工は、通常、「鉄筋組立工、型枠設置工、コンクリート打設工、型枠撤去工」という工程で実施されるが、この内、コンクリート打設からコンクリート強度発現までの期間に、相当の時間を要する。立体交差橋では、中央径間が、横断歩道との位置関係や視距確保の観点から、長くなる傾向にあるため、大ブロック用の組立ヤードは、橋台背面の敷地に確保されるのが一般的である。橋台背面の敷地で地組立された大ブロックは、移動多軸台車により、橋台施工位置を通過し、所定の位置まで搬送される。つまり、橋台施工は、上部工の架設（一括架設）が完了するまでは、着手できないことになる。一方、上部工の端部ブロックについては、橋台施工が完了し、支承が設置されるまで、架設することができない。このように、橋台施工は、工程上のクリティカルパスになるため、橋台施工の短縮が、工程短縮に及ぼす影響は大きい。

すいすい MOP 工法では、この点に着目し、橋台機能代替構造を採用している。橋台機能代替構造では、橋台機能を、盛土妻側擁壁と端部橋脚に代替させている。盛土妻側擁壁は、タイロッド式擁壁工法等を用いることで、工程短縮が可能である。また、端部橋脚も、鋼製化し、工場で製作すれば、工期短縮を図ることができる。

＜STEP 1＞
トレーラーにて運搬した部材（鋼桁）を移動多軸台車上で組立てる。（張出しブラケットは、格納した状態）



＜STEP 2＞
組立ヤードから設置箇所まで移動する。



＜STEP 3＞
鋼桁をリフトアップし、鋼桁と橋脚柱を接合する。

＜STEP 4＞
鋼桁をジャッキダウンした後、「鋼桁の接合」と「橋脚柱基部の固定（橋脚柱先行建て込み工法による仮固定）」を行う。
その後、「フーチングコンクリートの打設」と「張出しブラケットの展開」を行う。

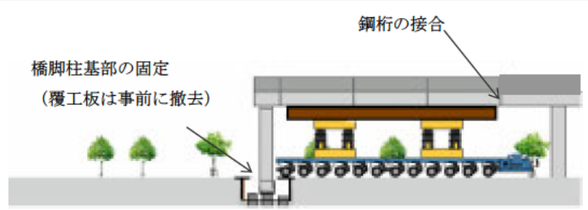


図-3.3.1　移動多軸台車による一括架設システムの概要

目　　次

1.　はじめに …… 3- 1

2.　供試体 …… 3- 2

3.　施工性確認試験 …… 3- 4
　3.1　試験概要 …… 3- 4
　3.2　作業員の編成と使用設備 …… 3- 5
　3.3　試験項目 …… 3- 6
　3.4　試験結果 …… 3- 7

4.　まとめ …… 3-13

1. はじめに

「すいすい MOP」工法は、急速施工化による工期短縮と工事中の二次渋滞緩和の両立を目指した工法であり、工事中の二次渋滞緩和を可能としている要素技術のひとつが「モジュール桁工法」である。

「モジュール桁工法」は、施工時の右折車線の確保、施工占有幅の縮小化、工期短縮を目的に、上部工を折りたたんだ状態で地組立て、運搬、据付を行った後、図-1.1 のように架設時に折りたたんでいた橋桁の張出しブラケットを架設後に所定形状に展開する工法である。この工法を採用することで施工ヤードの縮小化が可能となり、施工時の右折車線を確保し、工事中の二次渋滞緩和を図ることができる。

今回の実験では、モジュール桁工法における 4 つの作業ステージ（上部工の地組立、上部工の展開、上部工の仮固定、足場の仕上げ）の施工性を確認するため、実物大供試体を用いた施工性確認試験を実施した。

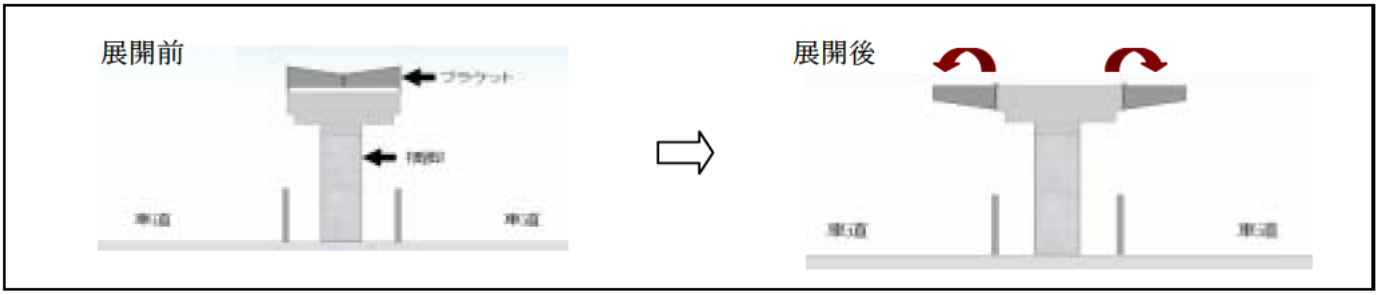


図-1.1　上部工の展開

2. 供試体

供試体は縮小モデルを用いた場合、現場での施工状況を再現することが困難であることから、幅員 8mの 2 車線高架道路を想定した鋼製の実物大試験体とした。張出しブラケットの寸法等の基本寸法は実橋と同等とし、展開作業に影響しない縦リブ等は省略することとしたことで。展開部材重量は、実橋と比較し 70%となっている。

縦断勾配は設計速度 60km を想定した立体交差道路と同様に、縦断勾配 5%ブロックと縦断曲線ブロックから構成するものとした。

供試体形状を図-2.1～2.3 に示す。

表-2-1　供試体の諸元

	寸法・概要	備考
縦断勾配	5%と縦断曲線(R=150m)の 2 種類	設計速度 60km/h を想定
総幅員	8m	
総長さ	12m	
展開部材幅	2m	
展開部材長	6m	
ブラケット間隔	2m	
鋼床版縦リブ	縦継ぎ手部近傍のみ配置	
展開部材重量	1.7t	実橋では 2.5t 程度

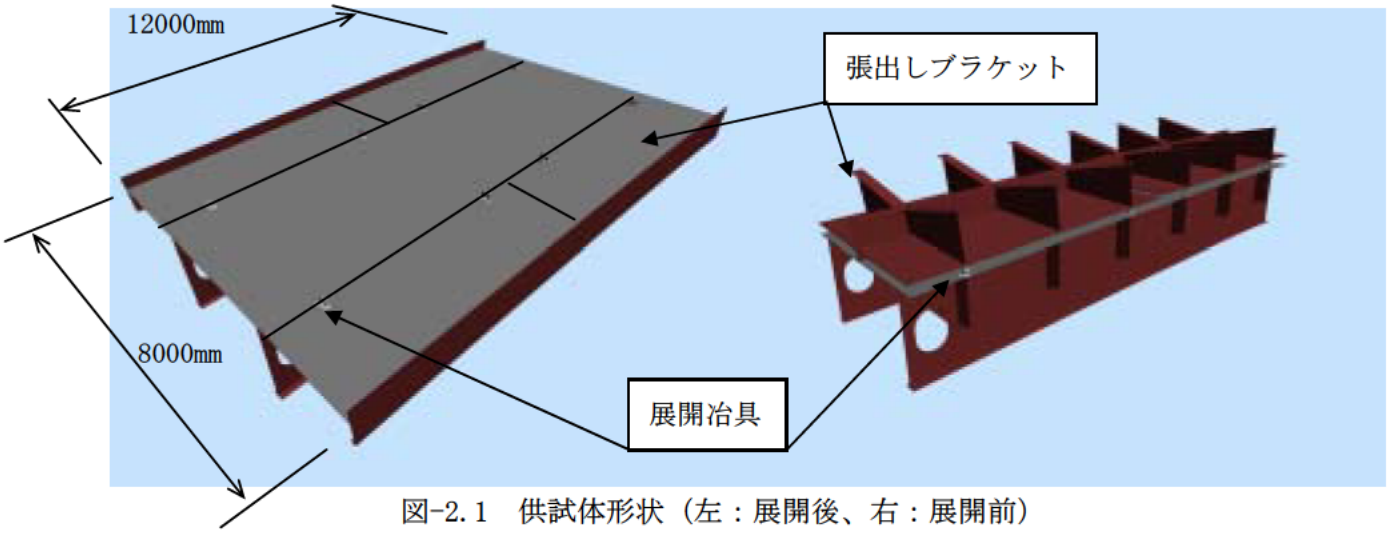


図-2.1　供試体形状（左：展開後、右：展開前）

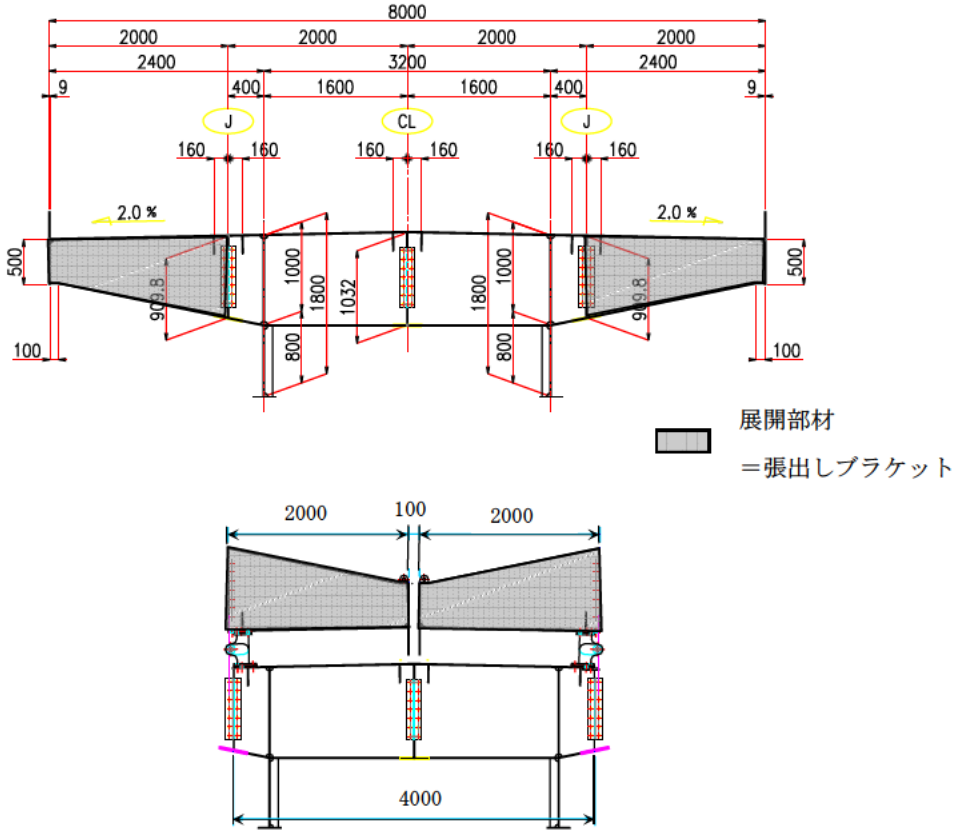


図-2.2　供試体断面図（上：展開後、下：展開前）

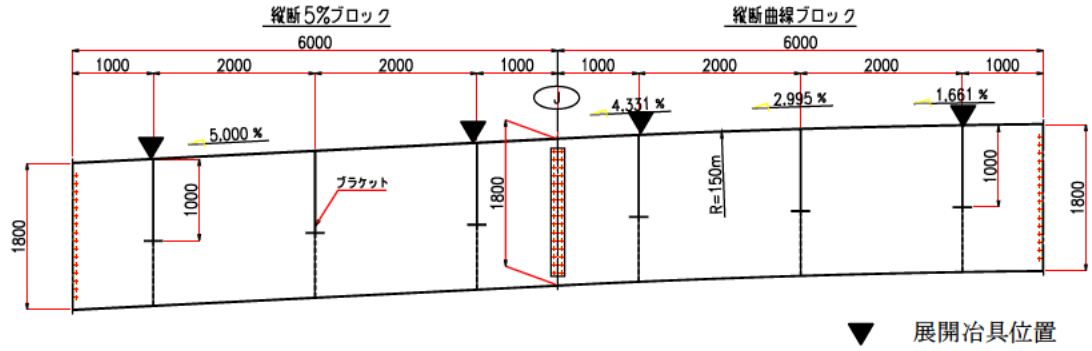


図-2.3　供試体側面図

3.　施工性確認試験

3.1　試験概要

施工性確認試験は、「モジュール桁工法」における 4 つの作業ステージである、「上部工の地組立」、「上部工の展開」、「上部工の仮固定」、「足場の仕上げ」の施工性を確認するために実施した。

「上部工の展開」から「上部工の仮固定」に至る試験状況を図-3.1 に示す。

「上部工の展開」は、実際の現地では小型クレーンが橋桁上を走行し、次々と上部工（ブラケット）を展開していく。再現となる本試験は、展開済の橋桁を作業構台に見立て、小型クレーン（10ton ホイールクレーン）を配置し、たたんである供試体のブラケットを展開し、施工性の確認、展開時のサイクルタイムの確認を実施した。

「上部工の仮固定」では、展開したブラケットの位置決め用に打ち込むドリフトピンの施工から仮ボルト施工に至る、施工性の確認を実施した。

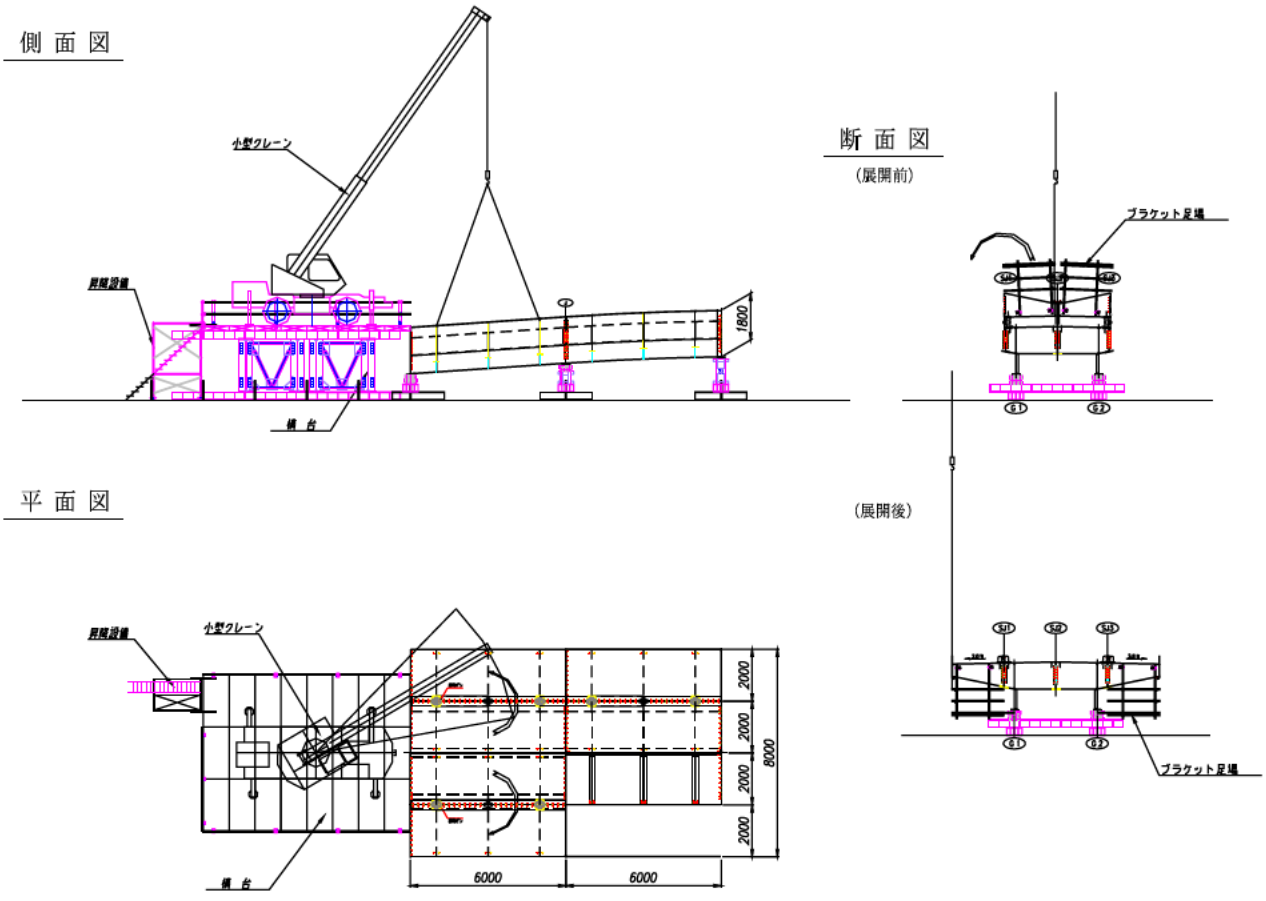


図-3.1　試験状況図（上部工の展開～上部工の仮固定）

3.2　作業員の構成と使用設備

(1)作業員の編成

現場での施工を再現するため、現地の人員構成と同様に 4 人を 1 パーティとし、施工性の検証、展開時のサイクルタイムの計測を実施した。

世話役	1 人
ｸﾚｰﾝｵﾍﾟﾚｰﾀｰ	1 人
作業員	2 人
計	4 人

(2)使用設備

本試験の使用設備を、表-3.2 に示す。

表-3.2　使用設備

名称	形式	備考
展開用小型クレーン	10ton ホイールクレーン	TR-100ML
低騒音ドリフトピン打込機	ニューハイセッター	NHS-22

3.3　試験項目

本試験の試験項目を、表-3.3 に示す。

各ステージにおいて、施工状況の確認や、施工上の課題整理など施工性を検証する。

「上部工の仮固定」では、ドリフトピンの打ち込み作業により、仮組み検査時と同様に所定の出来型が再現できる。本試験では、ジャッキやレバーブロック等の引き込み設備を使うことなく、展開後にドリフトピンの打ち込み作業ができることを確認する。

本工法のポイントである「上部工の展開」は、1 部材当りのサイクルタイムを確認するため、①～③の各々の作業時間を計測する。

① ブラケット吊金具に玉掛けワイヤーをセット
② 小型クレーンにてブラケットを展開
③ 玉掛けワイヤー、シャックルの取り外し

表-3.3　試験項目

試験項目	作業ステージ	内容
施工性の検証	各ステージ	• 施工状況の検証 • 施工上の課題整理
	上部工の仮固定	• 展開後の形状再現
サイクルタイム	上部工の展開	• 展開時間の計測

3.4　試験結果

(1)施工性の検証結果

本工法の特徴となる「上部工の地組立」、「上部工の展開」、「上部工の仮固定」の 3 つのステージにおける施工性の検証結果を、表-3.4 に示す。

表-3.4　施工性の検証結果

作業ステージ	結果
上部工の地組立	• ブラケット用の吊足場は、吊ワイヤーと干渉しない部分を地組立て時に同時搭載できる。 • 吊足場は、反転した状態で設置されるため、所要の剛性を有する単管足場を採用する。 • 吊ワイヤーは、ブラケット鋼床版面がレベルになるように、重心のずれをチェーンブロックなどで長さを調整し、地組立てを容易にする。 • ブラケット架設時は、展開冶具のピンを挿入するだけで形状保持できる。
上部工の展開	• ブラケット展開時は、足場設置状態でも容易な展開作業ができた。 • 90°付近の部材重心が展開冶具を超える位置では、ブラケットが急転しないように、静かにクレーン旋回作業を行う。クレーンに作用する力もこの位置で最大となり、展開重量の 76%程度（足場無搭載時のブラケット重量 1.7t 時にクレーン負荷荷重 1.3t）であった。 • 縦断緩和曲線ブロックの展開においても、テーパー材を用いて展開冶具を直角に配置することにより、展開の不具合はなし。（図-3.2 参照）
上部工の仮固定	• 展開治具が桁自重を支え、また位置決めの役割を担うため、展開直後のクレーンの解放及びドリフトピンの容易で確実な挿入が可能となり、静かに円滑な施工ができるとともに、ドリフトピン施工により所定形状の再現ができた。 • ドリフトピンは安定した足場上での作業となるため、低騒音型ドリフトピン施工機械を用いて容易に施工ができた。

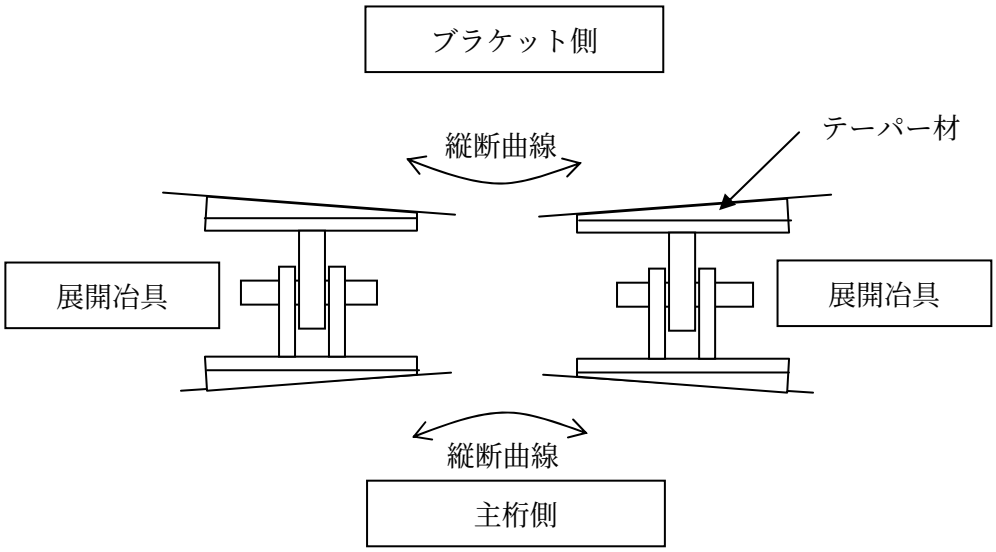


図-3.2　縦断緩和曲線部の展開冶具（展開前）

(2)サイクルタイム

張出しブラケット 1 ブロックの、上部工展開作業における計測結果を表-3.5 に示す。

クレーンによる展開作業は 2 分程度であり、玉掛けワイヤーの取付、解体を含めても 4 分以内で作業できた。

表-3.5　上部工の展開サイクルタイム（1 ブロックあたり）

作業ステージ	時間	結果
玉掛け作業	0 分 50 秒	クレーン据付け完了後、玉掛けワイヤー取付まで
展開	2 分 00 秒	展開開始から完了まで
玉掛け解体	0 分 30 秒	玉掛けワイヤーはずし
合計	3 分 20 秒	

(3)状況写真

①上部工の地組立

吊り上げ	
ピン挿入	
取付完了	

図-3.3　上部工の地組立

②上部工の展開

展開前	
展開中	
展開後	

図-3.4　上部工の展開

③足場の仕上げ

完成状況	

図-3.5　足場の仕上げ

④上部工の仮固定

桁上状況	
添接板取付	
ドリフトピン挿入	

図-3.6　上部工の仮固定

4. まとめ

実証試験により、「モジュール桁工法」の施工性を確認できた。下記にその結果を示す。

- 「上部工の展開」では、実質 4 分以内で展開でき、短時間に容易な施工ができた。
- 「上部工の地組立」では、ブラケットとともに、吊り足場も同時に搭載することが可能であり、これにより、足場の設置という、高所での危険作業を軽減することが可能となった。
- 「上部工の仮固定」では、展開治具が桁自重を支え、また位置決めの役割を担うため、展開直後のクレーンの解放及びドリフトピンの容易で確実な挿入が可能となり、静かに円滑な施工ができた。

目　　次

1. はじめに …… 4- 1
2. 供試体 …… 4- 2
2.1 供試体の概要 …… 4- 2
2.2 供試体の諸元と使用材料 …… 4- 2
3. 施工性確認試験 …… 4- 7
3.1 試験概要 …… 4- 7
3.2 試験方法 …… 4- 7
3.3 計測項目 …… 4- 7
3.4 試験結果 …… 4- 9
3.4.1 サイクルタイム …… 4- 9
3.4.2 施工精度 …… 4-11
3.4.3 溶接品質 …… 4-13
3.4.4 溶接出来形 …… 4-14
3.4.5 まとめ …… 4-18
4. 強度性能確認試験 …… 4-19
4.1 試験概要 …… 4-19
4.2 試験方法 …… 4-19
4.3 計測項目 …… 4-21
4.4 材料試験及び供試体耐力 …… 4-31
4.5 試験結果 …… 4-32
4.5.1 供試体の耐力 …… 4-32
4.5.2 PICO 治具の力の伝達 …… 4-36
4.5.3 上 PICO リブ部 …… 4-37
4.5.4 下 PICO リブ部 …… 4-44
4.5.5 上 PICO 板部 …… 4-52
4.5.6 下 PICO 板部 …… 4-55
4.5.7 基礎杭補強リブ …… 4-58
4.5.8 まとめ …… 4-58

巻末資料
資料-1 状況写真 …… 4-59

1．はじめに

「すいすい MOP」工法は、急速施工と工事中の二次渋滞緩和を目指した立体交差技術であり、その急速化を可能としている構成技術のひとつが「橋脚柱先行建て込み工法」である。この「橋脚柱先行建て込み工法」は、橋脚柱を直接接合する接合治具（以下 PICO 治具と呼ぶ）を、各種基礎杭又はＰＣウェルの頭部にセットすることで、「基礎杭の施工誤差の補正」と「橋脚柱の早期建込み」を可能とする工法である。この工法を採用することで、フーチングなどの基礎工事と橋桁架設工事との同時並行作業が可能となり、大幅な工期短縮を実現することができる。

今回の試験では、実物大の 1/1.4 に縮小化した供試体を製作し、PICO 治具の施工性確認試験とその施工性確認試験で組み立てた供試体の強度性能等を確認するための載荷試験を実施した。

施工性確認試験では、基礎杭の施工誤差補正に係わる PICO 治具の位置合わせや接合などの施工性及び溶接の品質を確認した。一方、載荷試験では、施工性確認試験で溶接により連結された PICO 治具を対象とし、この接合治具がフーチングコンクリート打設までの仮設部材であることを考慮し、一方向の単調載荷にて主に弾性範囲内での基本的な性能や耐力を確認したものであり、本報告書はこれら一連の試験結果をとりまとめたものである。

2．供試体

2.1 供試体の概要

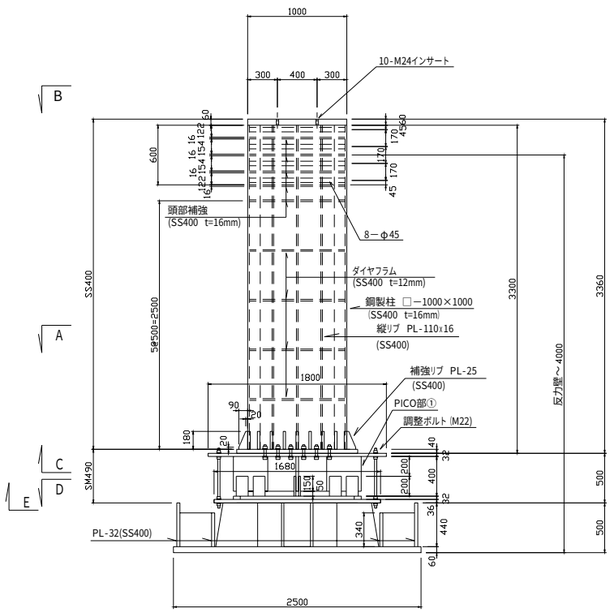
供試体は、施工性試験を考慮すると、実物大であることが望ましいが、載荷試験も兼ねる供試体であるため、載荷試験設備の制約より、試設計を行った実構造物を約 1/1.4 にスケールダウンした供試体を用いた。ただし、今回の載荷試験は、PICO 治具の基本的な性能、耐力を確認することが目的であるため、鋼製橋脚部はスケールダウンしたものより厚い板を使用し、PICO 板材の強度及び性能が確認できるように配慮した。

2.2　供試体の諸元と使用材料

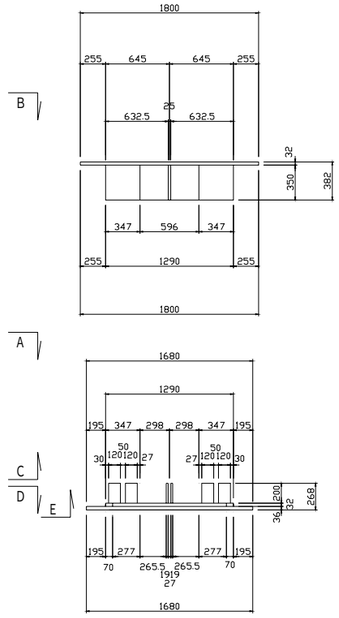
実験供試体の諸元は表-2.1 に示す通りである。また、図-2.1～図-2.4 に供試体の図を示す。

表-2.1　供試体の諸元

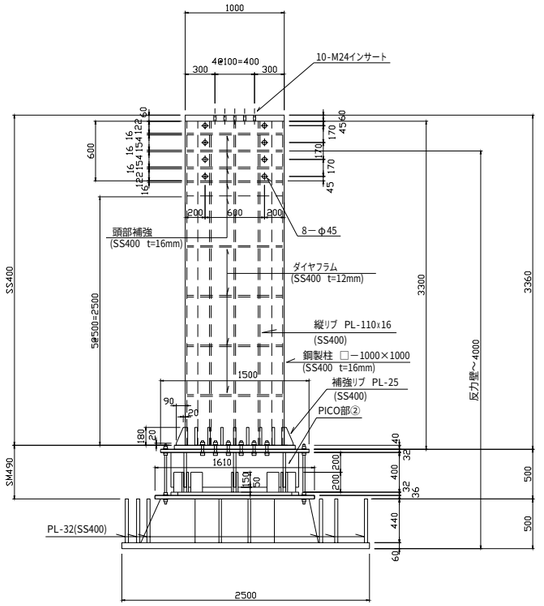
	部　位	サイズ	鋼　種
鋼製橋脚部	断　面	1000㎜×1000㎜	SS400
	板　厚	16㎜	SS400
	縦リブ断面	16㎜×110㎜	SS400
	ダイヤフラム間隔	500㎜	SS400
PICO 治具	上 PICO 板厚	32㎜	SM490
	上 PICO リブ厚	25㎜	SM490
	下 PICO リブ厚	19㎜	SM490
	下 PICO 板厚	32㎜	SM490
	底版 PICO 板厚	36㎜	SM490
	リブ間すみ肉溶接サイズ	7㎜	―



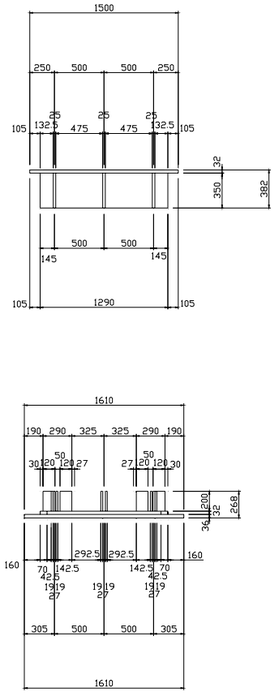
供試体正面図



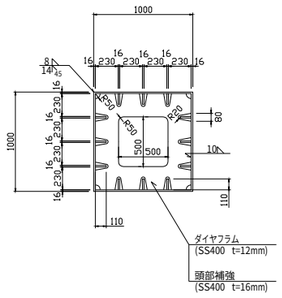
PICO部①詳細図



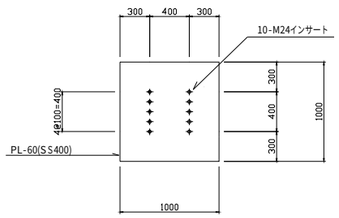
供試体側面図



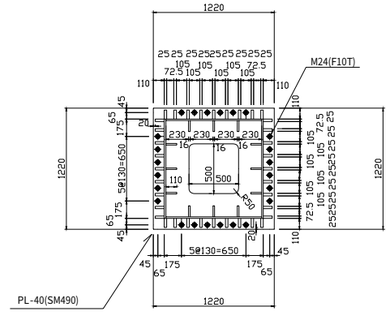
PICO部②詳細図



A－A断面詳細図



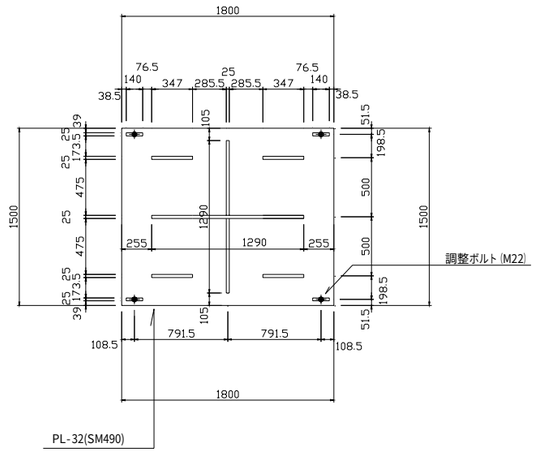
B－B断面詳細図



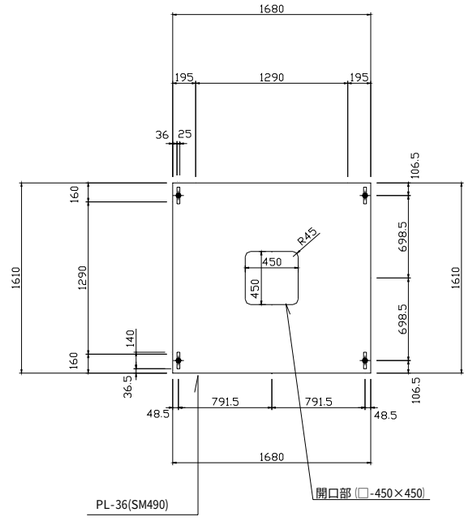
橋脚基部詳細図

※ 記載なき鋼材はSM490

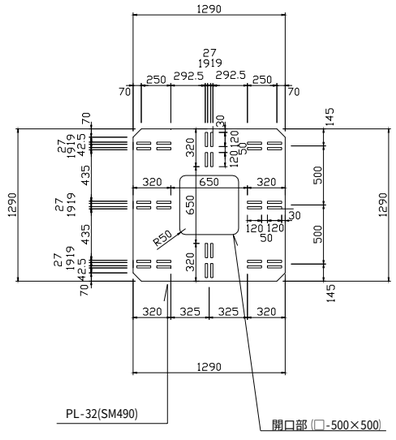
図-2.1 供試体図（その１）



C－C断面詳細図



D－D断面詳細図

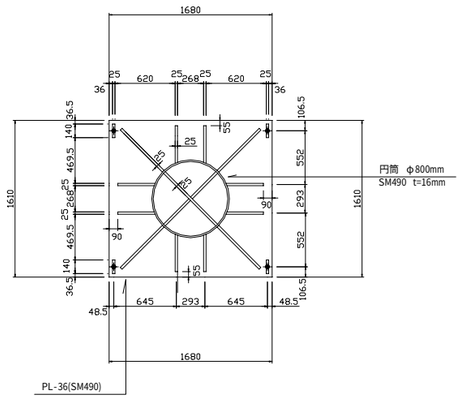


D－D断面内部プレート詳細図

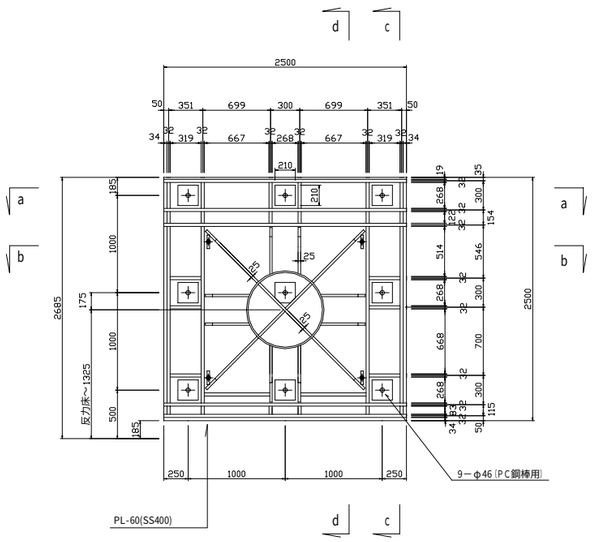
※ D-D断面の内部プレートは現場溶接とする

※ 鋼材は全てSM490

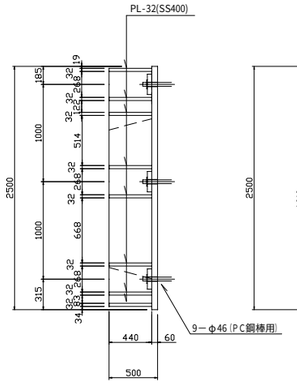
図-2.2　供試体図（その２）



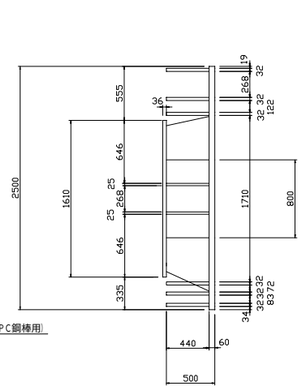
Ｅ－Ｅ断面詳細図



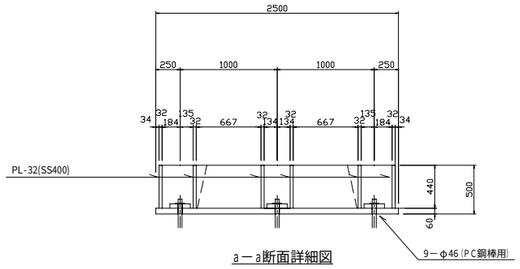
定着部詳細図



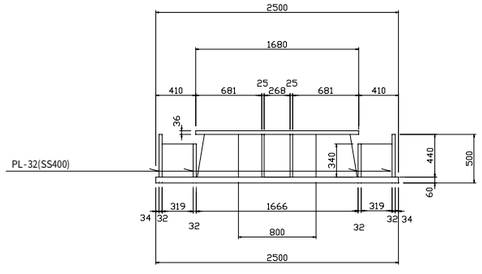
ｃ－ｃ断面詳細図



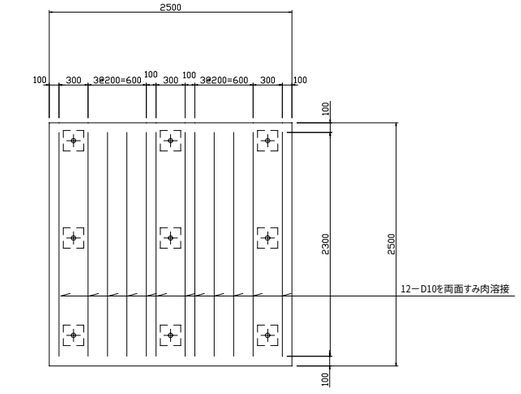
ｄ－ｄ断面詳細図



ａ－ａ断面詳細図



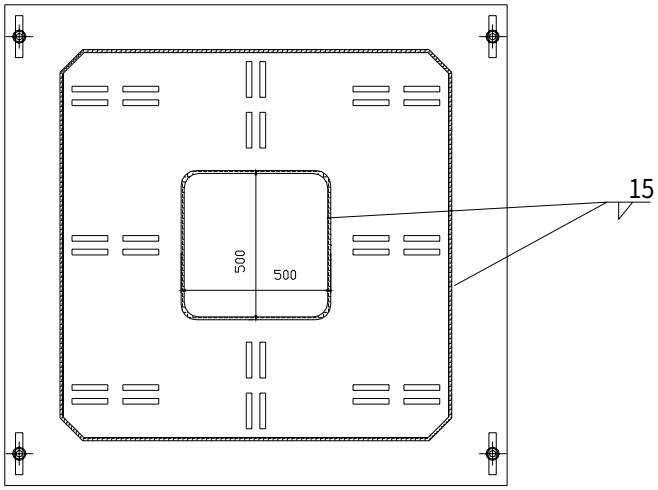
ｂ－ｂ断面詳細図



定着部背面詳細図

※ 記載なき鋼材は全てSM490

図-2.3　供試体図（その３）



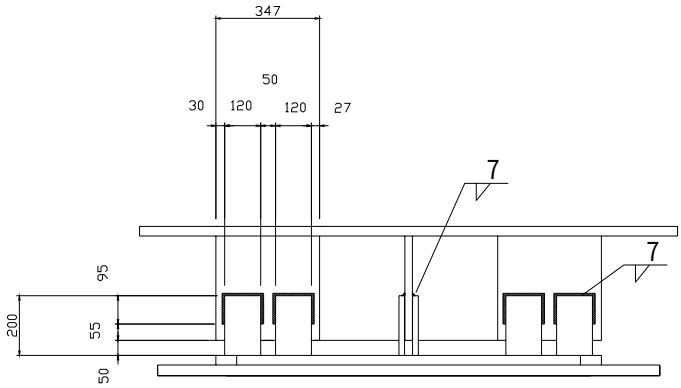


図-2.4　供試体現場溶接部詳細図

3. 施工性確認試験

3.1 試験概要

施工性確認試験は、基礎杭施工誤差の補正に係わる位置合わせや上下 PICO 部材の接合などの施工性を確認するため、以下の２供試体について実施した。

No.1 供試体：基礎杭打設による施工誤差なし

No.2 供試体：基礎杭打設による最大傾斜誤差 1/100 勾配を考慮

3.2 試験方法

試験手順を以下に示すとともに、試験の実施状況を図-3.1 に示す。

① 基礎杭及び杭頭リブプレートをモデル化した定着部及び底版 PICO をクレーンで床面に設置する。

② 底版 PICO に橋脚柱中心及び下 PICO の設置位置を墨出しし、ガイドアングルを取付ける。（基礎杭の水平方向の施工誤差を補正）

③ ガイドアングルに合わせてクレーンで下 PICO を取付け、すみ肉溶接する。

④ ジャーナルジャッキ及び調整ボルトを設置する。

⑤ 上 PICO をクレーンで下 PICO に取付け、ジャーナルジャッキ及び調整ボルトで高さ、傾きを調整する。

⑥ 上 PICO と下 PICO をすみ肉溶接する。

⑦ 橋脚柱を上 PICO に高力ボルトで固定する。

3.3 計測項目

施工性確認試験の計測項目を表-3.1 に示す。

表-3.1 施工性試験計測項目

計測項目	計 測 内 容
サイクルタイム	各施工段階に要する時間を測定する
施工精度の確認	溶接接合後の設置精度を確認する
溶接品質及び 出来形の確認	磁粉探傷試験法により溶接品質を確認する 溶接ゲージにより溶接の出来形を確認する

3.4　試験結果

3.4.1　サイクルタイム

サイクルタイムは、実際の施工手順と同じ、②～⑥の各施工段階において所要時間の測定を行った。

各施工段階における作業員の編成を以下に、サイクルタイムの測定結果を表-3.2～3.3 に示す。

(1)作業員の編成

1)PICO 治具調整・取付：	世話役	1 人
	ｸﾚｰﾝｵﾍﾟﾚｰﾀｰ	1 人
	作業員	2 人
	計	4 人
2)PICO 治具溶接　　：	世話役	1 人
	溶接工	1 人
	作業員	1 人
	計	3 人

(2)サイクルタイム測定結果

表-3.2　サイクルタイム測定結果（No.1 供試体）

施　工　段　階	所要時間	備　考
②　底版 PICO に橋脚柱中心及び下 PICO の設置位置を墨出しし、ガイドアングルを取付ける。	12 分	
③　ガイドアングルに合わせてクレーンで下 PICO を取付け、すみ肉溶接する。	2 時間 30 分	ワイヤー式溶接
④　ジャーナルジャッキ及び調整ボルトを設置する。	10 分	
⑤　上 PICO をクレーンで下 PICO に取付け、ジャーナルジャッキ及び調整ボルトで高さ、傾きを調整する。	20 分	
⑥　上 PICO と下 PICO をすみ肉溶接する。	2 時間 10 分	ワイヤー式溶接
合　計	5 時間 22 分	

表-3.3　サイクルタイム測定結果（No.2 供試体）

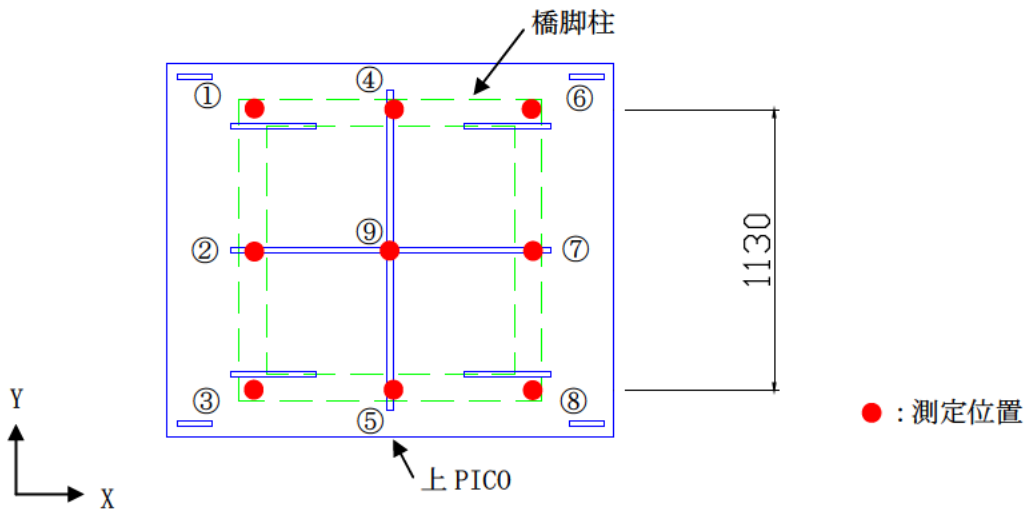
施　工　段　階	所要時間	備　考
②　底版 PICO に橋脚柱中心及び下 PICO の設置位置を墨出しし、ガイドアングルを取付ける。	20 分	
③　ガイドアングルに合わせてクレーンで下 PICO を取付け、すみ肉溶接する。	2 時間 15 分	ワイヤー式溶接
④　ジャーナルジャッキ及び調整ボルトを設置する。	10 分	
⑤　上 PICO をクレーンで下 PICO に取付け、ジャーナルジャッキ及び調整ボルトで高さ、傾きを調整する。	20 分	
⑥　上 PICO と下 PICO をすみ肉溶接する。	2 時間 40 分	ワイヤー式溶接
合　計	5 時間 45 分	

3.4.2　施工精度

施工精度は、アンカーフレーム製作工の管理基準及び規格値に準拠し、上 PICO の基準高さ、偏心量及び上面の水平度について、レベル、鋼尺等により測定を行った。

施工精度の測定結果を表-3.4～3.5 に示す。

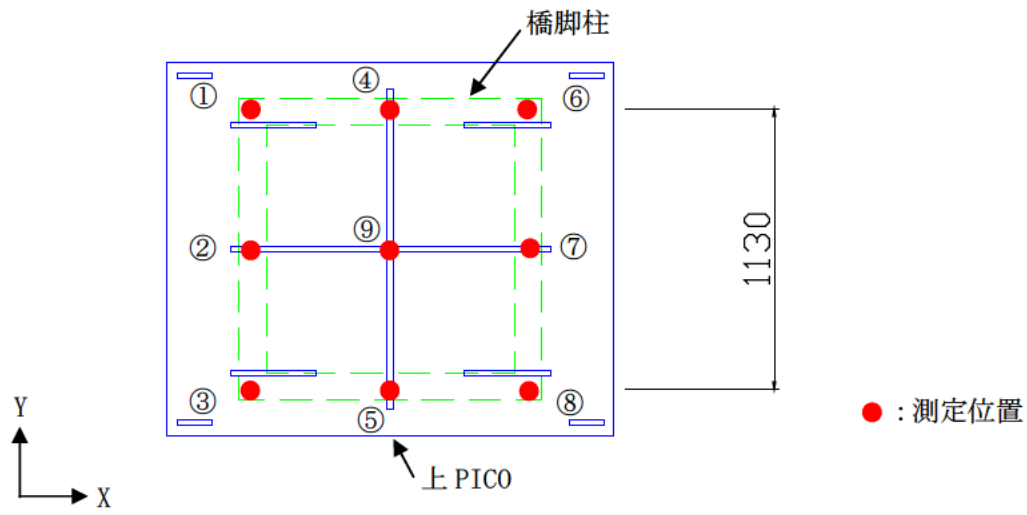
表-3.4　施工精度測定結果（No.1 供試体）



単位：mm

測定項目	測定位置	設計値	測定値	差	規格値
基準高さ	①	500.0	501.0	+1.0	±5.0
	②	500.0	501.0	+1.0	±5.0
	③	500.0	500.0	0.0	±5.0
	④	500.0	500.0	0.0	±5.0
	⑤	500.0	500.0	0.0	±5.0
	⑥	500.0	500.5	+0.5	±5.0
	⑦	500.0	501.0	+1.0	±5.0
	⑧	500.0	500.5	+0.5	±5.0
偏心量	⑨（X方向）	0	-1	-1	±5.0
	⑨（Y方向）	0	0	0	±5.0
上面の水平度	②-⑦間	0	0	0	2.2 (1130/500)
	④-⑤間	0	0	0	2.2

表-3.5　施工精度測定結果（No.2 供試体）



単位：mm

測定項目	測定位置	設計値	測定値	差	規格値
基準高さ	①	500.0	499.0	-1.0	±5.0
	②	500.0	499.0	-1.0	±5.0
	③	500.0	500.0	0.0	±5.0
	④	500.0	499.0	-1.0	±5.0
	⑤	500.0	500.0	0.0	±5.0
	⑥	500.0	499.5	-0.5	±5.0
	⑦	500.0	500.0	0.0	±5.0
	⑧	500.0	500.0	0.0	±5.0
偏心量	⑨（X方向）	0	1	1	±5.0
	⑨（Y方向）	0	-1	-1	±5.0
上面の水平度	②-⑦間	0	1.0	1.0	2.2 (1130/500)
	④-⑤間	0	1.0	1.0	2.2

3.4.3　溶接品質

溶接部の品質は、溶接部にきずなどの不良箇所がないか、磁粉探傷試験法にて全溶接延長にわたり確認を行った。

使用器材及び磁粉探傷試験結果を表-3.6～3.8 に示す。

表-3.6　使用器材

名　　称	形　　式	数　量	備　　考
ハンディマグナ	NM-1 型	1 台	
蛍光磁粉液	LY-10	4 缶	
紫外線探傷灯	S-120 型	1 台	

表-3.7　磁粉探傷試験結果（No.1 供試体）

測　定　部　位	測定結果	備　　考
底版 PICO と下 PICO の接合部	磁粉模様なし	
下 PICO と上 PICO の接合部（鉛直方向）	磁粉模様なし	
下 PICO と上 PICO の接合部（水平方向）	磁粉模様なし	

表-3.8　磁粉探傷試験結果（No.2 供試体）

測　定　部　位	測定結果	備　　考
底版 PICO と下 PICO の接合部	磁粉模様なし	
下 PICO と上 PICO の接合部（鉛直方向）	磁粉模様なし	
下 PICO と上 PICO の接合部（水平方向）	磁粉模様なし	

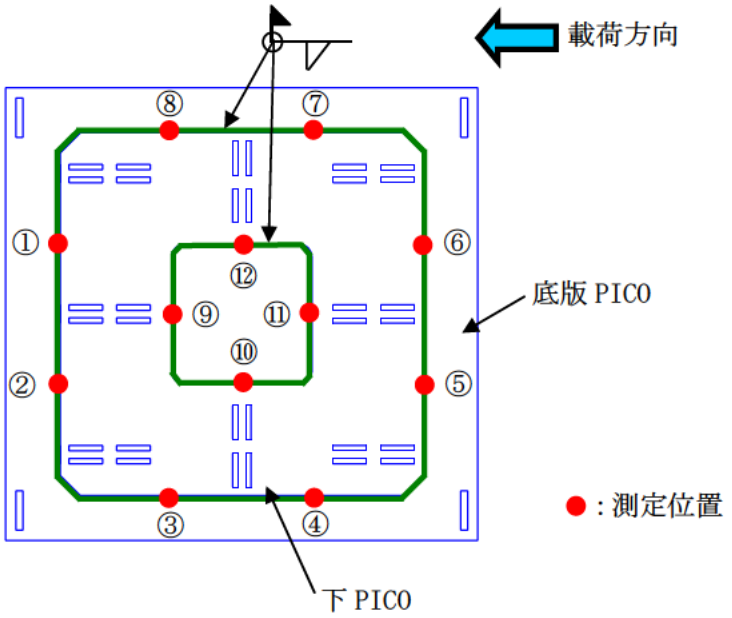
3.4.4　溶接出来形

溶接部の出来形は、溶接ゲージにて高さ方向及び幅方向の２方向について測定を行い、より小さいサイズをもって溶接サイズとした。また、底版 PIC0 と下 PIC0 の接合部は、溶接サイズが 15mm 以上となるように、上 PIC0 と下 PIC0 の接合部は、平均溶接サイズが 7mm となるように溶接を行った。

溶接出来形の測定結果を表-3.9～3.12 に示す。

表-3.9　溶接出来形測定結果（No.1 供試体）

底版 PIC0 と下 PIC0 の接合部

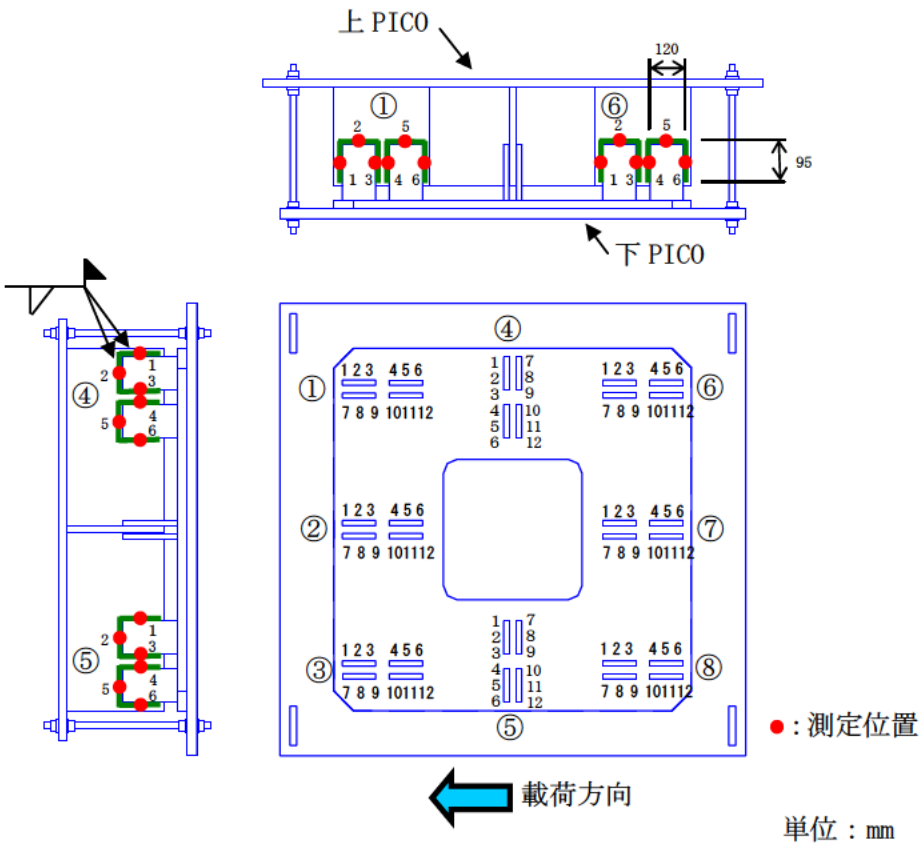


単位：mm

測定項目	測定位置	設計値	測定値	備　考
サイズ	①	15.0 以上	20.0	
	②	15.0 以上	20.0	
	③	15.0 以上	19.0	
	④	15.0 以上	21.0	
	⑤	15.0 以上	17.0	
	⑥	15.0 以上	18.0	
	⑦	15.0 以上	17.0	
	⑧	15.0 以上	18.0	
	⑨	15.0 以上	15.0	
	⑩	15.0 以上	16.0	
	⑪	15.0 以上	16.0	
	⑫	15.0 以上	15.0	

表-3.10　溶接出来形測定結果（No.1 供試体）

下 PICO と上 PICO の接合部

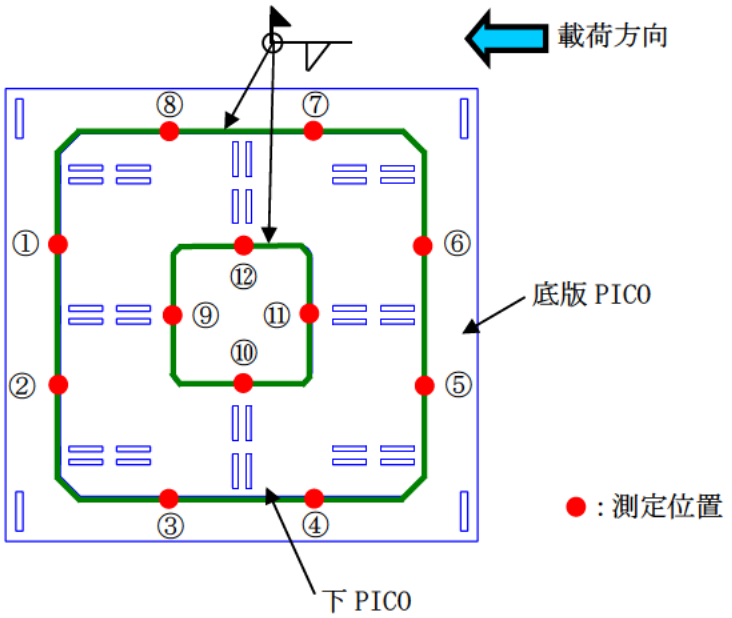


単位：mm

測定項目	測定位置	設計値	測定値							
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
サイズ	1	7.0	5.5	7.0	7.0	6.0	6.5	6.5	6.5	7.5
	2	7.0	6.5	6.5	7.0	6.5	6.5	7.0	6.5	6.0
	3	7.0	6.0	5.5	6.5	6.0	6.5	7.5	7.0	6.5
	4	7.0	6.0	7.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.5	7.0
	5	7.0	6.0	7.0	7.0	7.5	7.0	5.5	6.0	6.0
	6	7.0	6.0	7.5	7.0	7.0	6.0	7.0	7.0	7.5
	7	7.0	6.5	7.0	8.0	6.5	8.0	9.0	9.0	7.0
	8	7.0	6.5	7.0	6.5	6.5	6.0	7.5	7.5	6.5
	9	7.0	7.5	6.0	7.0	6.0	7.0	6.5	6.5	8.0
	10	7.0	5.0	7.0	8.0	7.5	8.0	8.0	7.0	7.0
	11	7.0	5.5	7.0	6.0	7.5	6.5	6.0	7.0	7.0
	12	7.0	8.0	7.5	6.5	8.0	6.5	7.5	7.0	7.5
									平均	6.8

表-3.11　溶接出来形測定結果（No.2 供試体）

底版 PIC0 と下 PIC0 の接合部

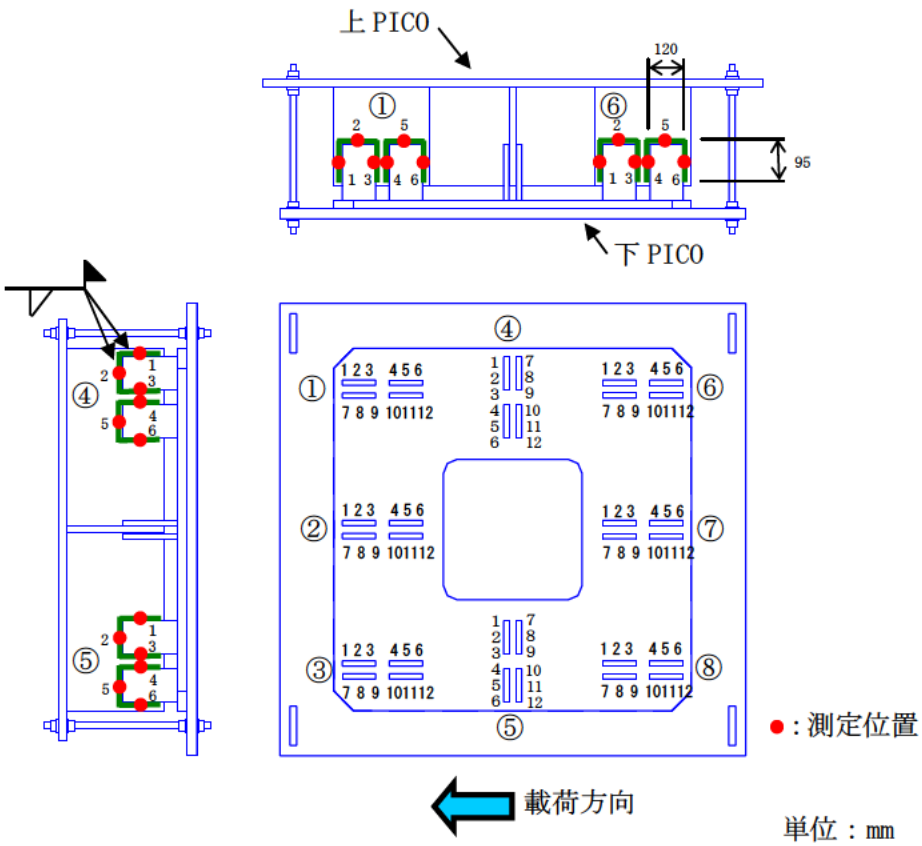


単位：mm

測定項目	測定位置	設計値	測定値	備　考
サイズ	①	15.0 以上	18.5	
	②	15.0 以上	17.0	
	③	15.0 以上	15.0	
	④	15.0 以上	17.5	
	⑤	15.0 以上	17.0	
	⑥	15.0 以上	15.5	
	⑦	15.0 以上	17.5	
	⑧	15.0 以上	17.5	
	⑨	15.0 以上	16.0	
	⑩	15.0 以上	15.0	
	⑪	15.0 以上	15.0	
	⑫	15.0 以上	15.5	

表-3.12　溶接出来形測定結果（No.2 供試体）

下 PIC0 と上 PIC0 の接合部



単位：mm

測定項目	測定位置	設計値	測定値							
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
サイズ	1	7.0	7.5	6.5	6.5	7.0	8.0	7.0	8.0	7.0
	2	7.0	7.0	8.0	8.0	6.0	6.5	6.5	7.5	7.0
	3	7.0	7.0	8.5	8.5	6.5	7.0	6.5	6.0	9.0
	4	7.0	6.5	8.5	7.0	6.5	9.0	7.5	7.0	8.5
	5	7.0	6.5	7.5	7.5	5.0	5.5	7.0	6.0	7.0
	6	7.0	7.0	7.5	7.5	6.5	8.0	7.5	6.5	8.0
	7	8.0	8.0	6.5	7.5	7.5	7.0	6.5	8.0	8.0
	8	7.0	8.0	7.5	7.0	7.0	5.5	6.5	8.0	7.0
	9	7.0	7.5	9.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.5	8.0
	10	7.0	7.5	8.5	8.0	7.5	5.5	6.5	5.5	7.0
	11	7.0	7.5	9.5	7.5	5.0	7.0	6.5	6.5	6.5
	12	7.0	7.5	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0	6.5	7.0
									平均	7.2

3.4.5　まとめ

施工性確認試験の結果より、以下のことが確認された。

① 基礎杭の施工誤差は、偏心量及び高さ、傾きとも約 20 分で補正可能である。

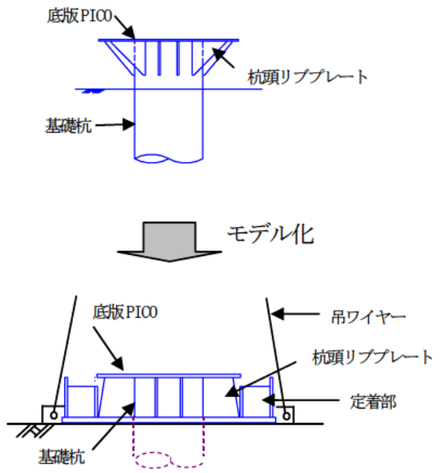
② 上下 PICO の組立ては、約 1 日で施工可能である。

③ これより、底版 PICO 等の取付けを含めた PICO 治具全体の組立は、約 2 日で施工可能であると考える。

④ PICO 治具の施工精度は、基準高さ及び偏心量±1㎜、上面の水平度 1/1000 以下であり、精度の高い施工が可能である。

⑤ 溶接の品質は、磁粉探傷試験の結果、不良箇所は見られず、上 PICO と下 PICO との間隔を最低 500㎜ 程度とれば、十分な品質を確保できる。

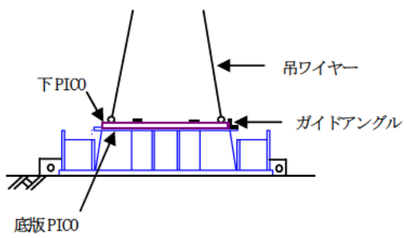
① 基礎杭及び杭頭リブプレートをモデル化した定着部及び底版 PIC0 をクレーンで床面に設置する。

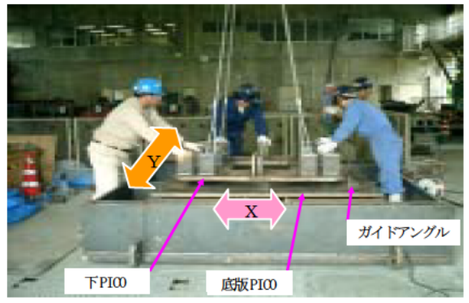




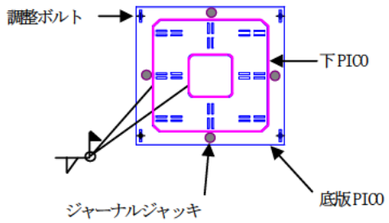
② 底版 PIC0 に橋脚柱中心及び下 PIC0 の設置位置を墨出しし、ガイドアングルを取付ける。
（基礎杭の偏心量に係わる施工誤差を補正）

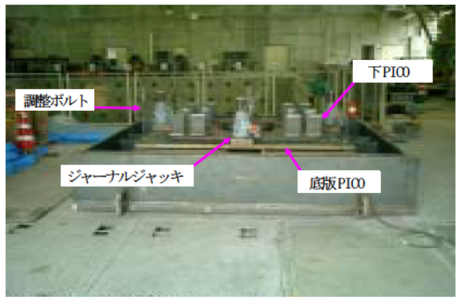
③ ガイドアングルに合わせてクレーンで下 PIC0 を取付け、すみ肉溶接する。



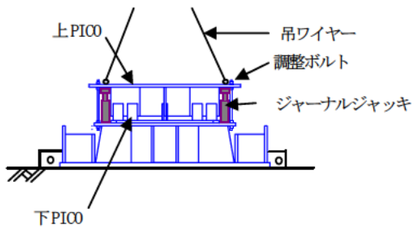


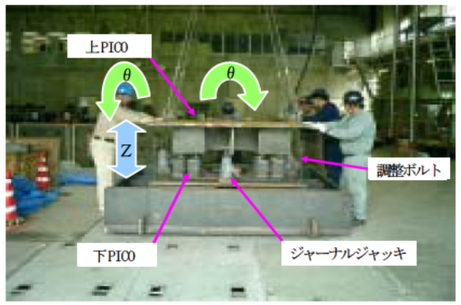
④ ジャーナルジャッキ及び調整ボルトを設置する。



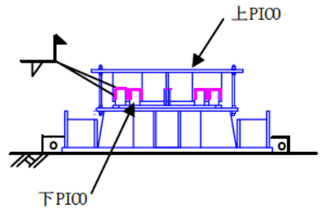


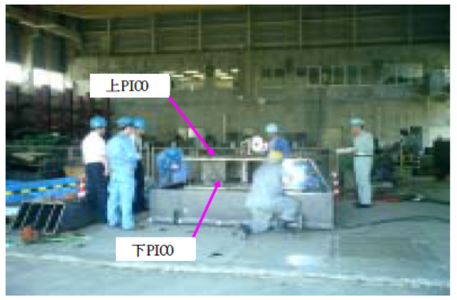
⑤ 上 PIC0 をクレーンで下 PIC0 に取付け、ジャーナルジャッキ及び調整ボルトで高さ、傾きを調整する。
（基礎杭の基準高、水平度に係わる施工誤差を補正）





⑥ 上 PIC0 と下 PIC0 を溶接する。





⑦ 橋脚柱を上 PIC0 に高力ボルトで固定する。

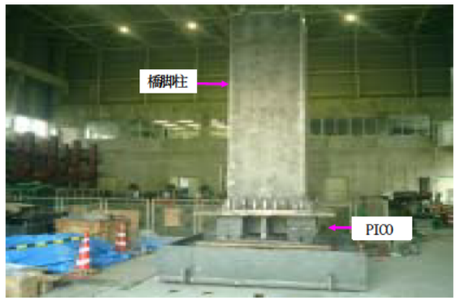


図-3.1 施工性確認試験の実施状況

4.　強度性能確認試験

4.1　試験概要

施工性試験において溶接により接合された PICO 治具を対象とした載荷試験である。PICO 治具は、フーチング打設までの仮設（架設）部材であり、一般に設計方法は、レベル２クラスの地震動に対する耐震性能照査は要求されず、許容応力度法を前提とした弾性範囲内での設計手法が採用される。今回の実験では、PICO 治具の基本的な性能や耐力を確認するため、軸方向力を一定に保ったまま、横方向力を単純に増加させることとした。

また、供試体は PICO 治具の基礎杭施工誤差補正性能を考慮し、施工性試験において溶接接合された No.1 供試体（上 PICO 板と下 PICO 板が平行：施工誤差無し）、及び No.2 供試体（上 PICO 板と下 PICO 板の相対傾斜が 1/100）の２つの供試体により載荷試験を実施した。

供試体と載荷概要を図-4.1 に示す。

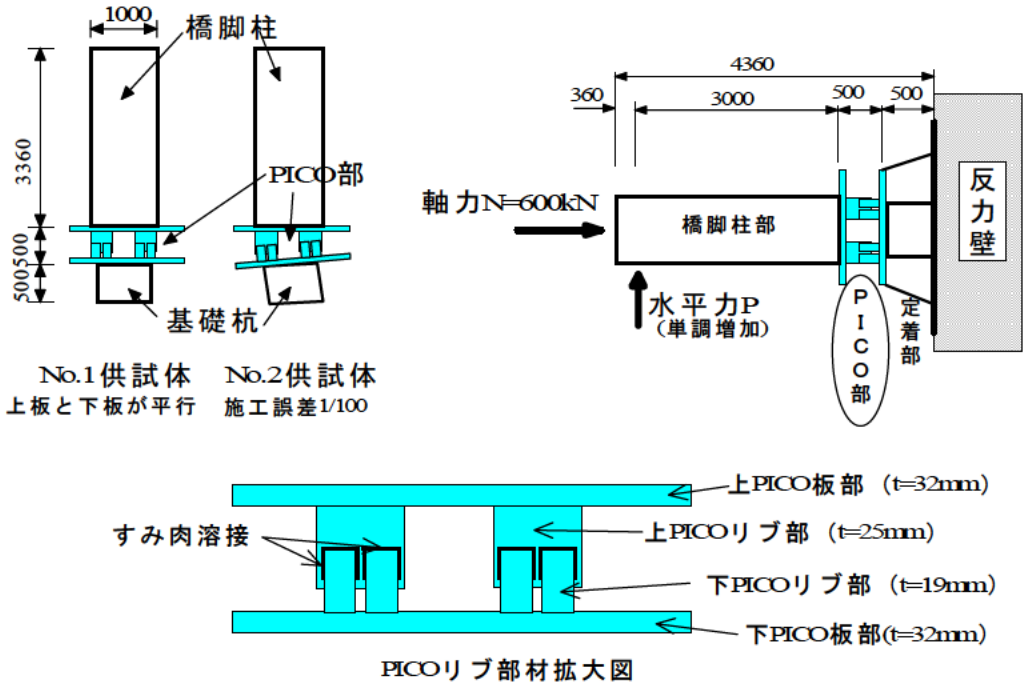
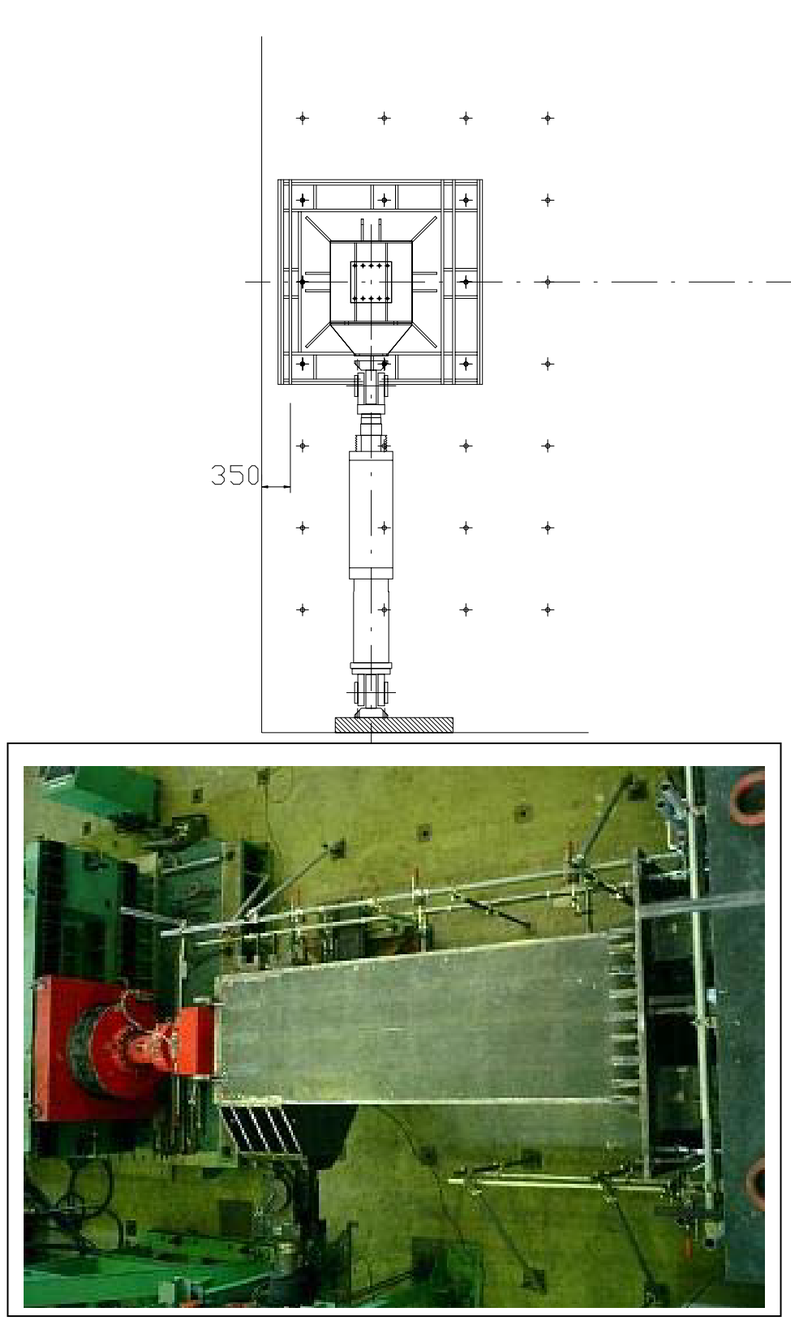


図-4.1　供試体と載荷概要

4.2　試験方法

供試体の軸力は、実構造物試設計時の軸力値 1,200kN に対して、1/1.4 にスケールダウンした供試体に準じた 600kN とした。この軸力を軸力載荷装置により一定値に載荷したまま、水平力を終局状態まで単純に増加載荷するものとした。供試体は横に寝かせた状態で基部を反力壁に PC 鋼棒により定着し、水平載荷装置により載荷した。供試体及び試験装置の設置状況を図-4.2 及び写真-4.1 に示す。



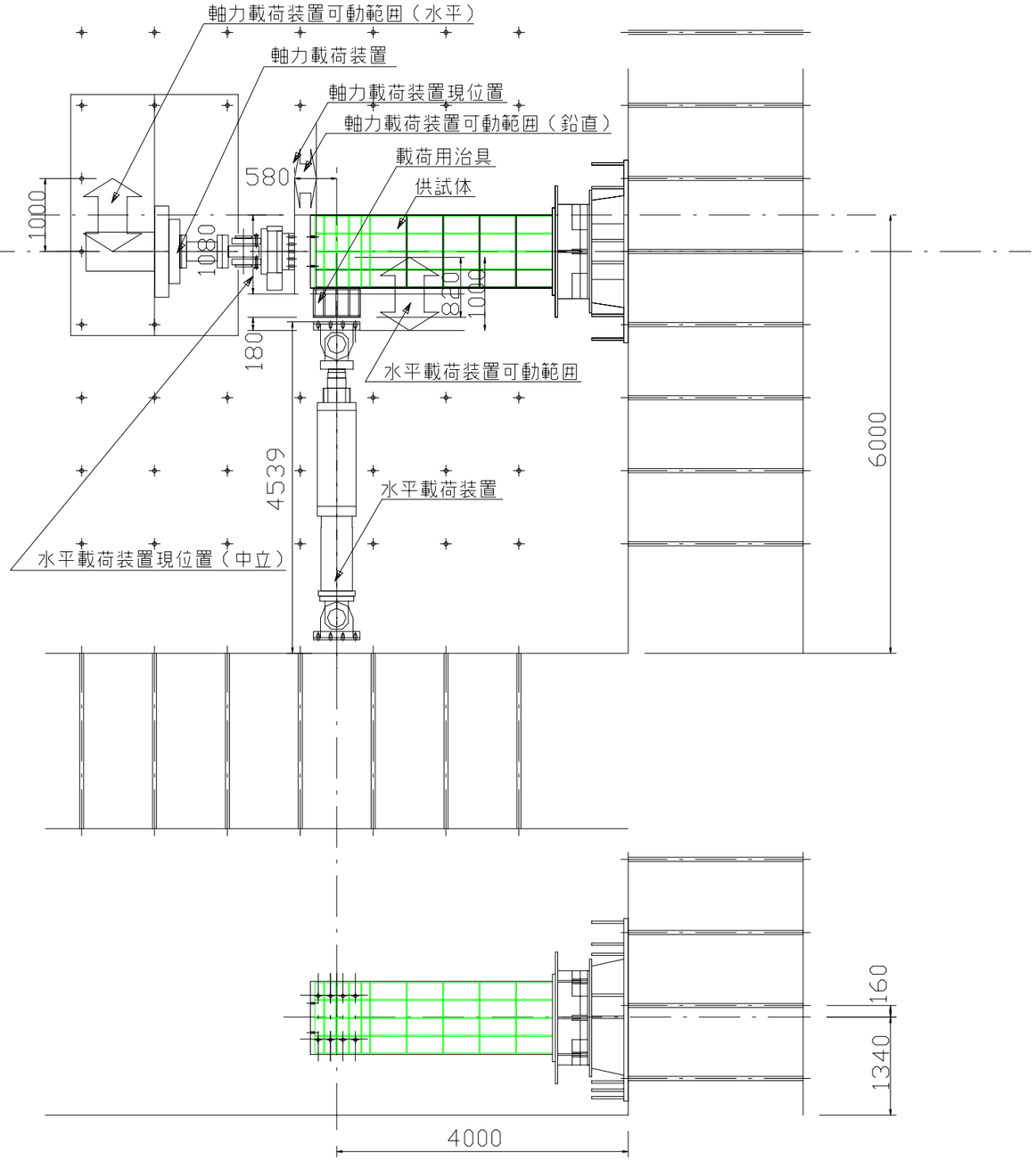


図-4.2　供試体及び試験装置設置状況の概要

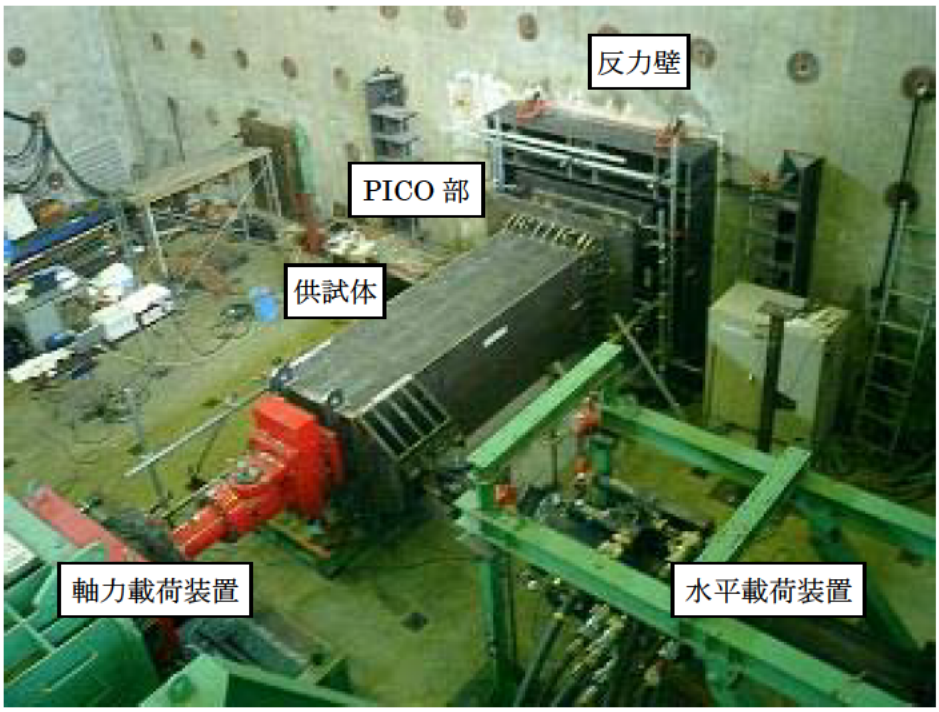


写真-4.1　載荷状況

4.3　計測項目

(1)荷重

軸力及び水平力は、試験機に内蔵されているロードセルにより測定した。

(2)変位

変位は、図-4.3 に示した位置に変位計を設置し供試体等の変位を計測した。供試体の水平方向の変位は、載荷位置を始め５点に変位計を設置し、供試体の変形を計測するとともに、PICO 板間の相対距離、PICO 板の供試体軸方向の変位を計測した。また、定着基部に水平方向に２カ所及び鉛直方向に２カ所変位計を設置し、水平方向変位の補正に用いた。

(3)鋼材のひずみ

鋼材のひずみは、図-4.4～4.9 に示す位置にひずみゲージを貼付し計測した。

計測項目一覧を表-4.1 に示す。

表-4.1(a)　計測項目一覧（その１）

No.	測定項目	測定場所	番号	単位	使用機器名	備考
1	軸力	鉛直ジャッキ	P1	kN	載荷装置に含む	
2	水平荷重	水平ジャッキ	P2	kN	載荷装置に含む	
3	軸力ストローク	鉛直ジャッキ	D-P1	mm	載荷装置に含む	
4	水平ジャッキストローク	水平ジャッキ	D-P2	mm	載荷装置に含む	
5	柱水平変位	載荷点	D-1	mm	CDP-100	100mm
6		載荷点より1250mm	D-2	mm	CDP-100	100mm
7		載荷点より2500mm	D-3	mm	CDP-100	100mm
8	上PICO板変位	上PICO板部	D-4	mm	CDP-50	50mm
9	下PICO下板変位	下PICO板部	D-5	mm	CDP-50	50mm
10	上PICO板～下板間相対変位	圧縮部上	D-6	mm	CDP-50	50mm
11		圧縮部下	D-7	mm	CDP-50	50mm
12		引張部上	D-8	mm	CDP-50	50mm
13		引張部下	D-9	mm	CDP-50	50mm
14	下PICO板変位	圧縮部上	D-10	mm	CDP-25	25mm
15		圧縮部下	D-11	mm	CDP-25	25mm
16		引張部上	D-12	mm	CDP-25	25mm
17		引張部下	D-13	mm	CDP-25	25mm
18	定着板変位	水平ずれ（上）	D-14	mm	CDP-25	25mm
19		水平ずれ（下）	D-15	mm	CDP-25	25mm
20		鉛直ずれ　M面側	D-16	mm	CDP-25	25mm
21		鉛直ずれ　P面側	D-17	mm	CDP-25	25mm
22	柱部ひずみ	圧縮部上部	H-1			
23		圧縮部下部	H-2			
24		引張部上部	H-3			
25		引張部下部	H-4			
26	上PICO板ひずみ	圧縮部上部載荷方向	UPL-1			2軸ゲージ
27		圧縮部上部上下方向	UPL-2			2軸ゲージ
28		圧縮部下部載荷方向	UPL-3			2軸ゲージ
29		圧縮部下部上下方向	UPL-4			2軸ゲージ
30		引張部上部載荷方向	UPL-5			2軸ゲージ
31		引張部上部上下方向	UPL-6			2軸ゲージ
32		引張部下部載荷方向	UPL-7			2軸ゲージ
33		引張部下部上下方向	UPL-8			2軸ゲージ
34		引張部内側上部上下方向	UPL-9			No.2供試体のみ
35		引張部内側中央部上上下方向	UPL-10			No.2供試体のみ
36		引張部内側中央部下上下方向	UPL-11			No.2供試体のみ
37		引張部内側下部上下方向	UPL-12			No.2供試体のみ
38		引張部外側上部上下方向	UPL-13			No.2供試体のみ
39		引張部外側中央部上上下方向	UPL-14			No.2供試体のみ
40		引張部外側中央部下上下方向	UPL-15			No.2供試体のみ
41		引張部外側下部上下方向	UPL-16			No.2供試体のみ
42	上PICO板リブひずみ	圧縮部中央部上	UR-1			
43		圧縮部中央部下	UR-2			
44		圧縮部中央部中立側1上	UR-3			
45		圧縮部上部上	UR-4			
46		圧縮部上部下	UR-5			No.1供試体のみ
47		圧縮部下部上	UR-6			No.1供試体のみ
48		圧縮部下部下	UR-7			
49		圧縮部中央部中立側2上	UR-8			
50		圧縮部中央部中立側3上	UR-9			
51		圧縮部中央部中立側3下	UR-10			
52		中立部上部左	UR-11			No.1供試体のみ
53		中立部上部右	UR-12			No.1供試体のみ
54		中立部下部左	UR-13			No.1供試体のみ
55		中立部下部右	UR-14			No.1供試体のみ
56		引張部中央部中立側3上	UR-15			
57		引張部中央部中立側3下	UR-16			
58		引張部中央部中立側2上	UR-17			
59		引張部上部上	UR-18			
60		引張部上部下	UR-19			No.1供試体のみ
61		引張部下部上	UR-20			No.1供試体のみ
62		引張部下部下	UR-21			
63		引張部中央部中立側1上	UR-22			
64		引張部中央部上	UR-23			
65		引張部中央部下	UR-24			

表-4.1 (b)　計測項目一覧（その２）

No.	測定項目	測定場所	番号	単位	使用機器名	計測範囲
66	下PICO板リブひずみ	圧縮部外側中央部上リブ外側	LR-1			
67		圧縮部外側中央部下リブ	LR-2			
68		圧縮部外側上部上リブ	LR-3			
69		圧縮部外側上部下リブ	LR-4			
70		圧縮部外側下部上リブ	LR-5			
71		圧縮部外側下部下リブ	LR-6			
72		圧縮部外側中央部上リブ内側	LR-7			
73		圧縮部内側中央部上リブ外側	LR-8			
74		圧縮部内側上部上リブ	LR-9			
75		圧縮部内側上部下リブ	LR-10			No.1供試体のみ
76		圧縮部内側下部上リブ	LR-11			No.1供試体のみ
77		圧縮部内側下部下リブ	LR-12			
78		圧縮部内側中央部下リブ	LR-13			
79		圧縮部内側中央部上リブ内側	LR-14			
80		中立部上部左リブ外側	LR-15			No.1供試体のみ
81		中立部上部右リブ外側	LR-16			No.1供試体のみ
82		中立部下部左リブ外側	LR-17			No.1供試体のみ
83		中立部下部右リブ外側	LR-18			No.1供試体のみ
84		引張部内側中央部上リブ内側	LR-19			
85		引張部内側中央部下リブ	LR-20			
86		引張部内側上部上リブ	LR-21			
87		引張部内側上部下リブ	LR-22			No.1供試体のみ
88		引張部内側下部上リブ	LR-23			No.1供試体のみ
89		引張部内側下部下リブ	LR-24			
90		引張部内側中央部上リブ外側	LR-25			
91		引張部外側中央部上リブ内側	LR-26			
92		引張部外上部上リブ	LR-27			
93		引張部外側上部下リブ	LR-28			
94		引張部外側下部上リブ	LR-29			
95		引張部外側下部下リブ	LR-30			
96		引張部外側中央部下リブ	LR-31			
97		引張部外側中央部上リブ外側	LR-32			
98	下PICO板ひずみ	圧縮部上部載荷方向	LPL-1			2軸ゲージ
99		圧縮部上部上下方向	LPL-2			2軸ゲージ
100		圧縮部下部載荷方向	LPL-3			2軸ゲージ
101		圧縮部下部上下方向	LPL-4			2軸ゲージ
102		引張部上部載荷方向	LPL-5			2軸ゲージ
103		引張部上部上下方向	LPL-6			2軸ゲージ
104		引張部下部載荷方向	LPL-7			2軸ゲージ
105		引張部下部上下方向	LPL-8			2軸ゲージ
106		圧縮部上部載荷方向	LPL-9			No.2供試体のみ
107		圧縮部中央部上載荷方向	LPL-10			No.2供試体のみ
108		圧縮部中央部下載荷方向	LPL-11			No.2供試体のみ
109		圧縮部下部載荷方向	LPL-12			No.2供試体のみ
110		引張部内側上部載荷方向	LPL-13			No.2供試体のみ
111		引張部内側上部上下方向	LPL-14			No.2供試体のみ
112		引張部内側中央部上載荷方向	LPL-15			No.2供試体のみ
113		引張部内側中央部上上下方向	LPL-16			No.2供試体のみ
114		引張部内側中央部下載荷方向	LPL-17			No.2供試体のみ
115		引張部内側中央部下上下方向	LPL-18			No.2供試体のみ
116		引張部内側下部載荷方向	LPL-19			No.2供試体のみ
117		引張部内側下部上下方向	LPL-20			No.2供試体のみ
118		引張部外側上部上下方向	LPL-21			No.2供試体のみ
119		引張部外側中央部上上下方向	LPL-22			No.2供試体のみ
120		引張部外側中央部下上下方向	LPL-23			No.2供試体のみ
121		引張部外側下部上下方向	LPL-24			No.2供試体のみ
122	基礎杭リブひずみ	圧縮部下PICO側載荷方向	FR-1			No.1供試体のみ
123		圧縮部下PICO側上下方向	FR-2			No.1供試体のみ
124		圧縮部定着板側載荷方向	FR-3			No.1供試体のみ
125		圧縮部定着板側上下方向	FR-4			No.1供試体のみ
126		引張部下PICO側載荷方向	FR-5			No.1供試体のみ
127		引張部下PICO側上下方向	FR-6			No.1供試体のみ
128		引張部定着板側載荷方向	FR-7			No.1供試体のみ
129		引張部定着板側上下方向	FR-8			No.1供試体のみ

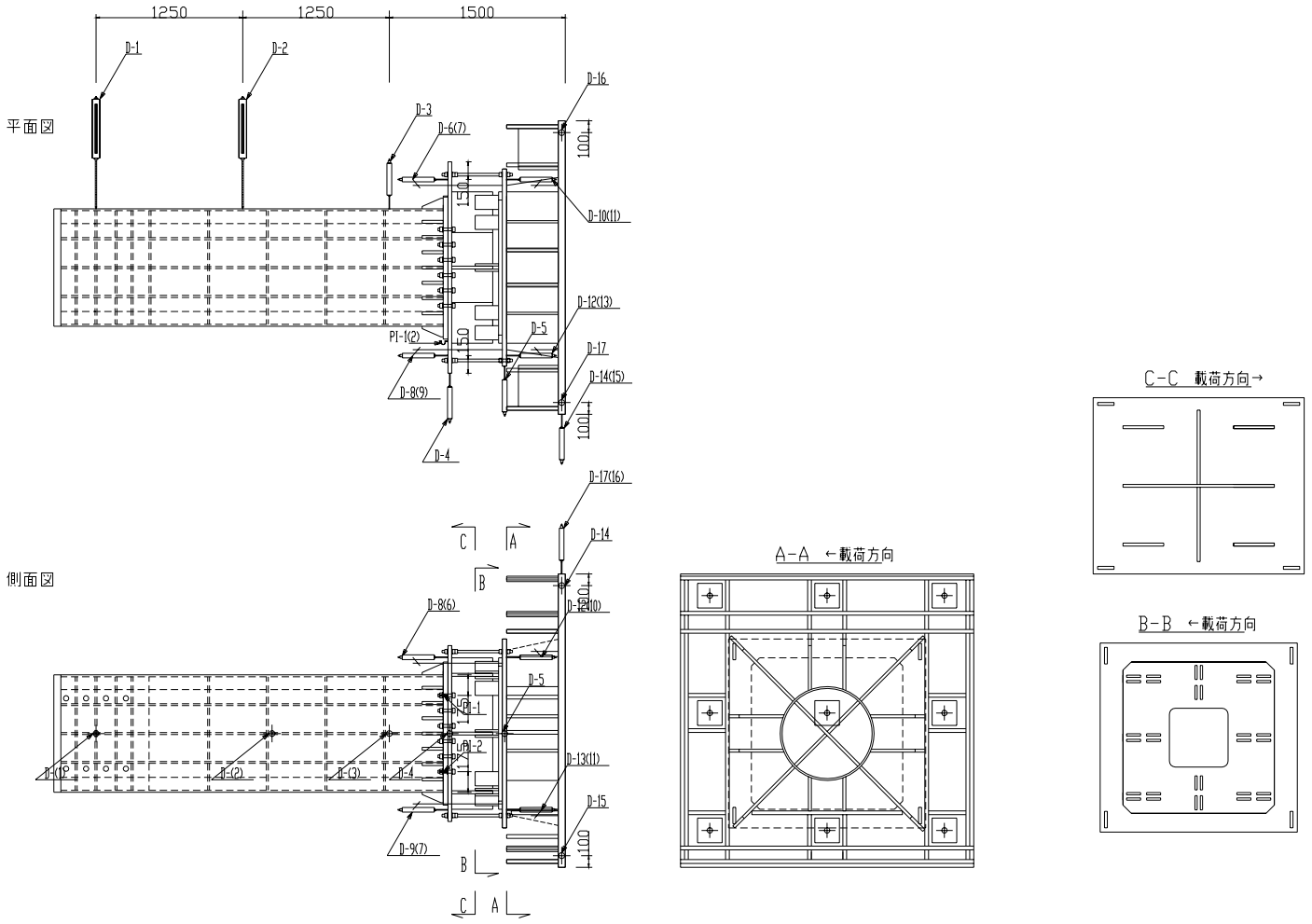


図-4.3　変位計設置位置図

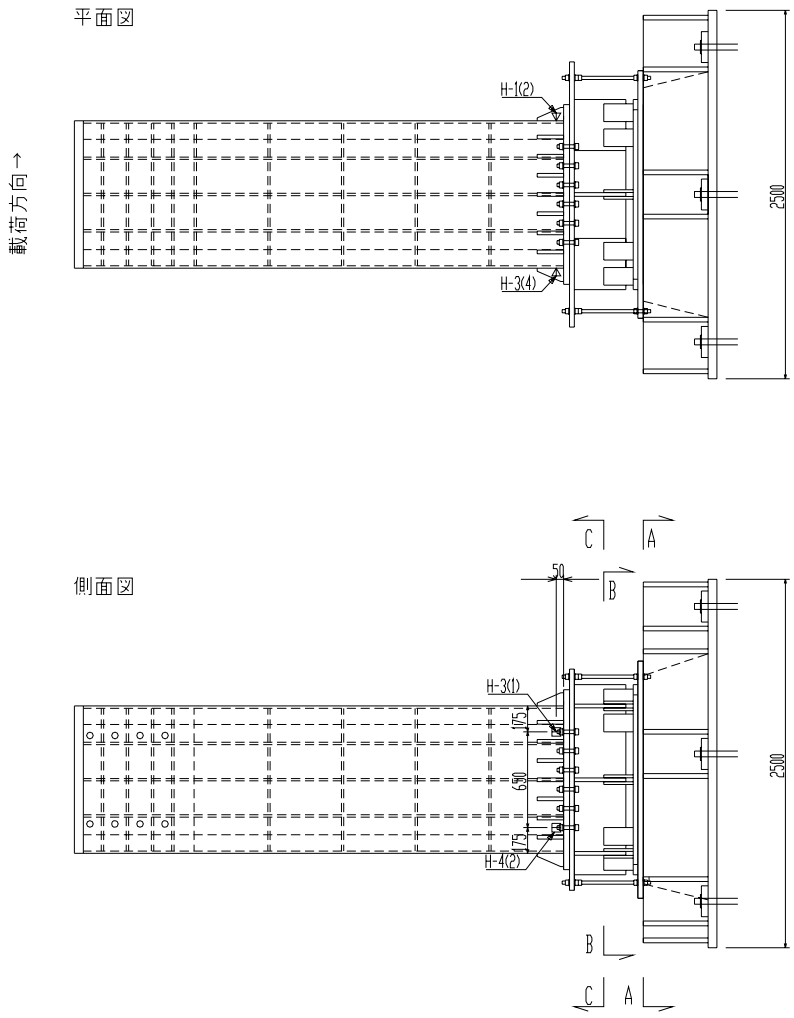


図-4.4　ひずみゲージ設置位置図（No.1 供試体）

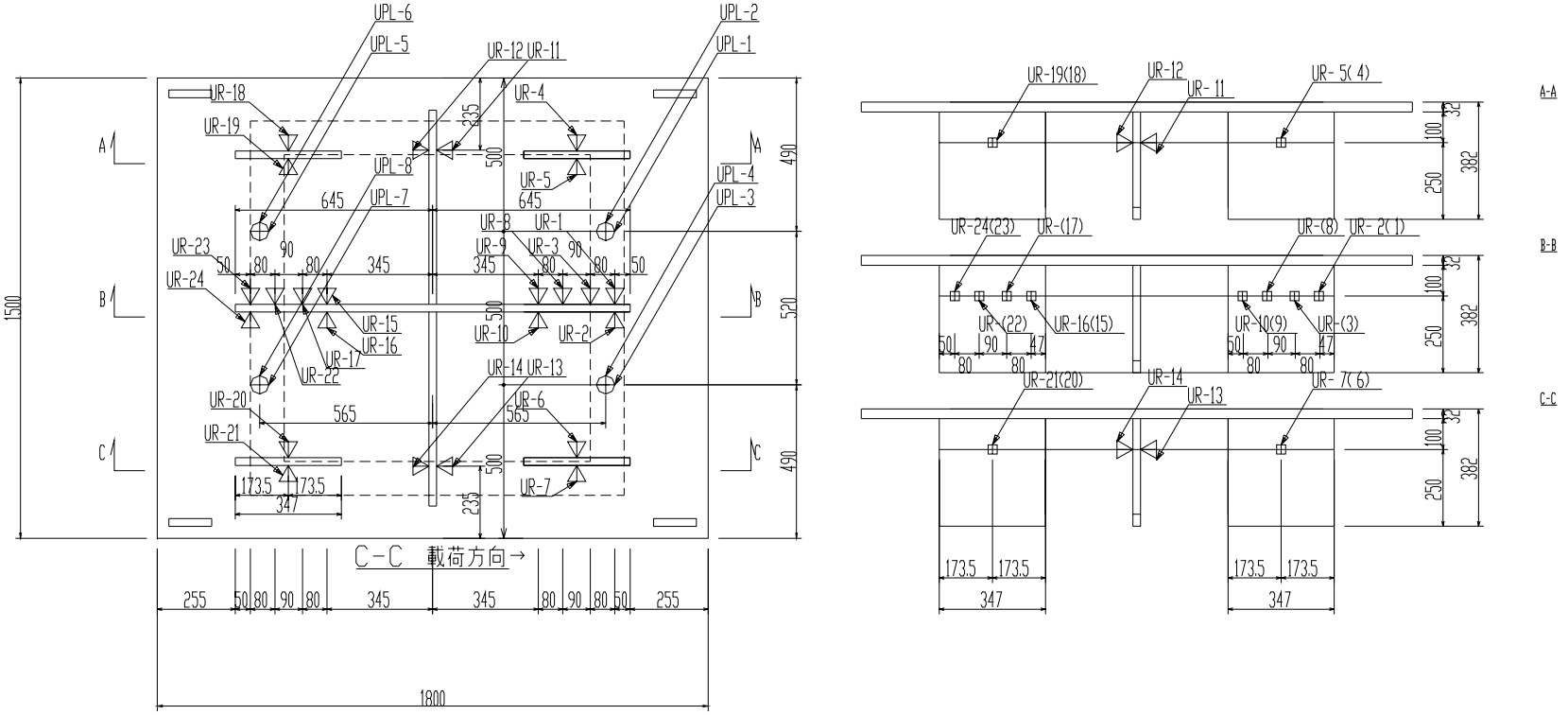


図-4.5　ひずみゲージ設置位置図（上PICO版、No.1供試体）

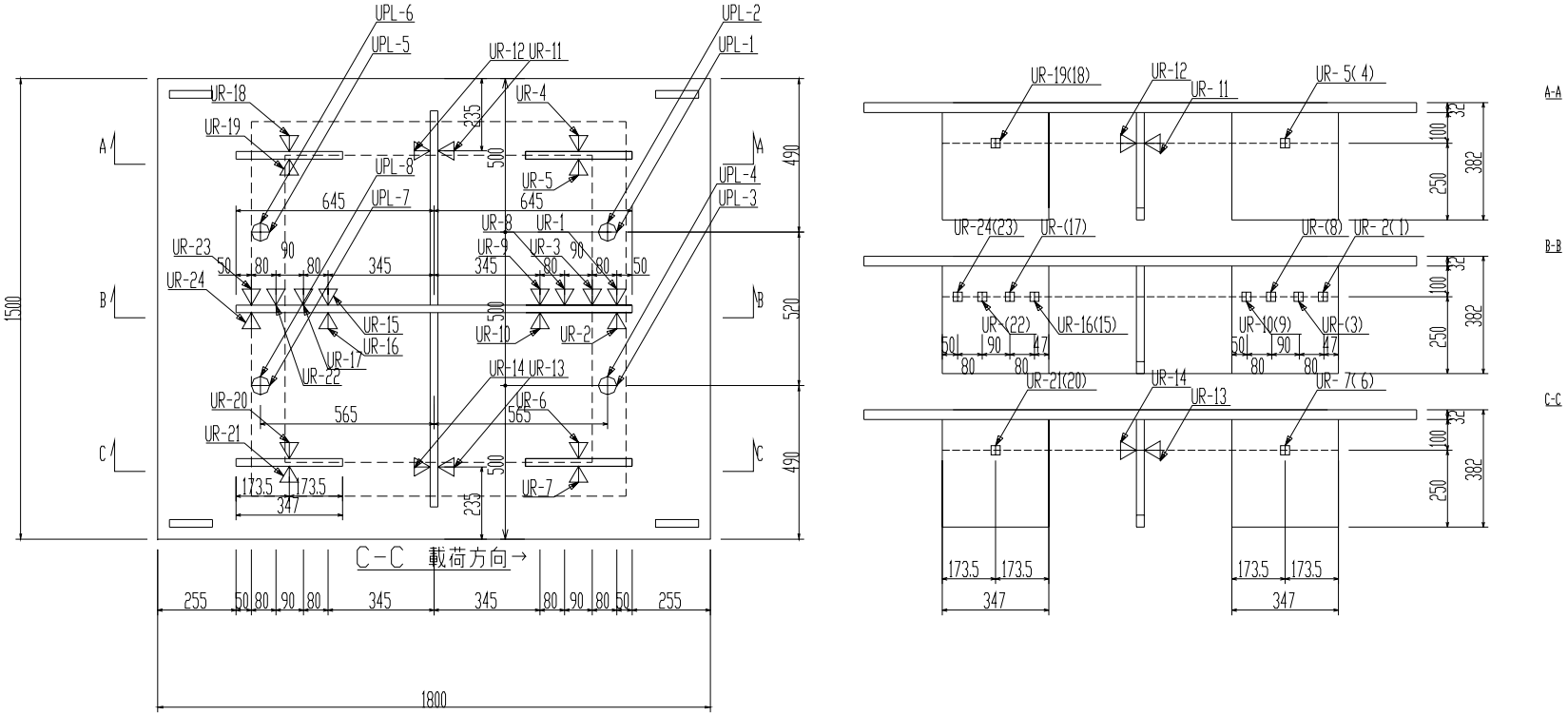


図-4.6　ひずみゲージ設置位置図（上PICO版、No.2供試体）

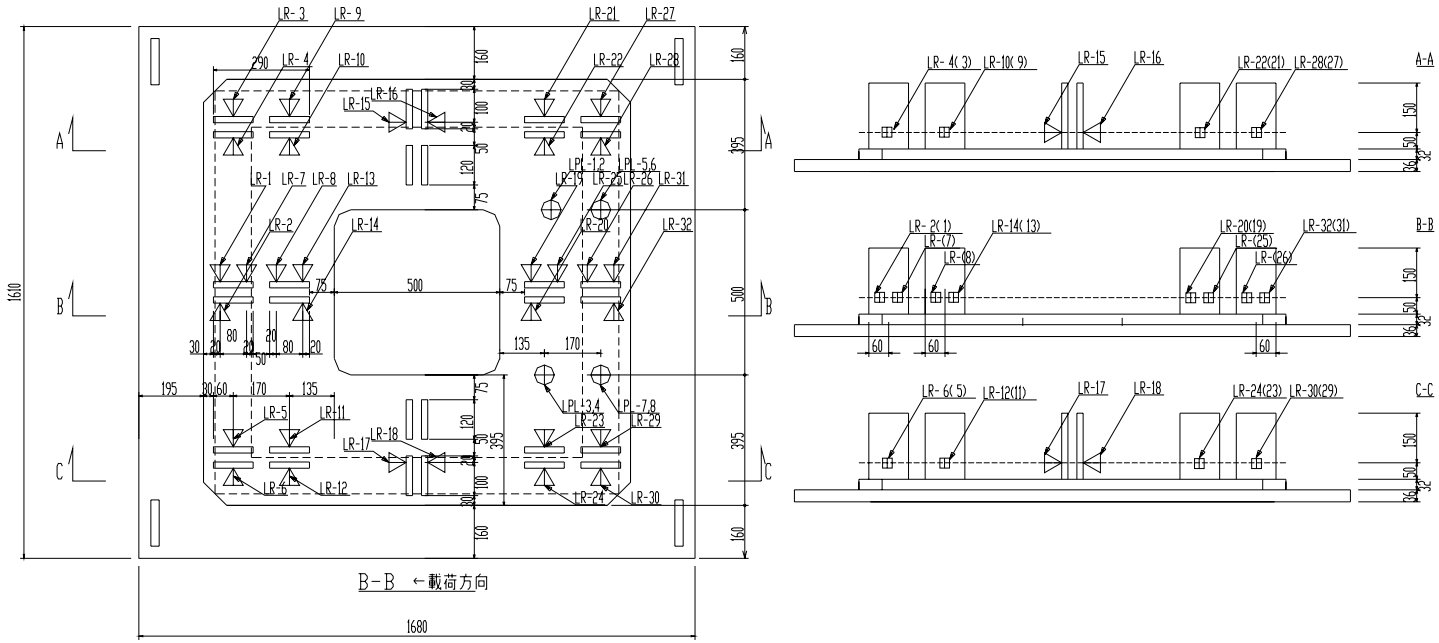


図-4.7　ひずみゲージ設置位置図（下PICO版、No.1供試体）

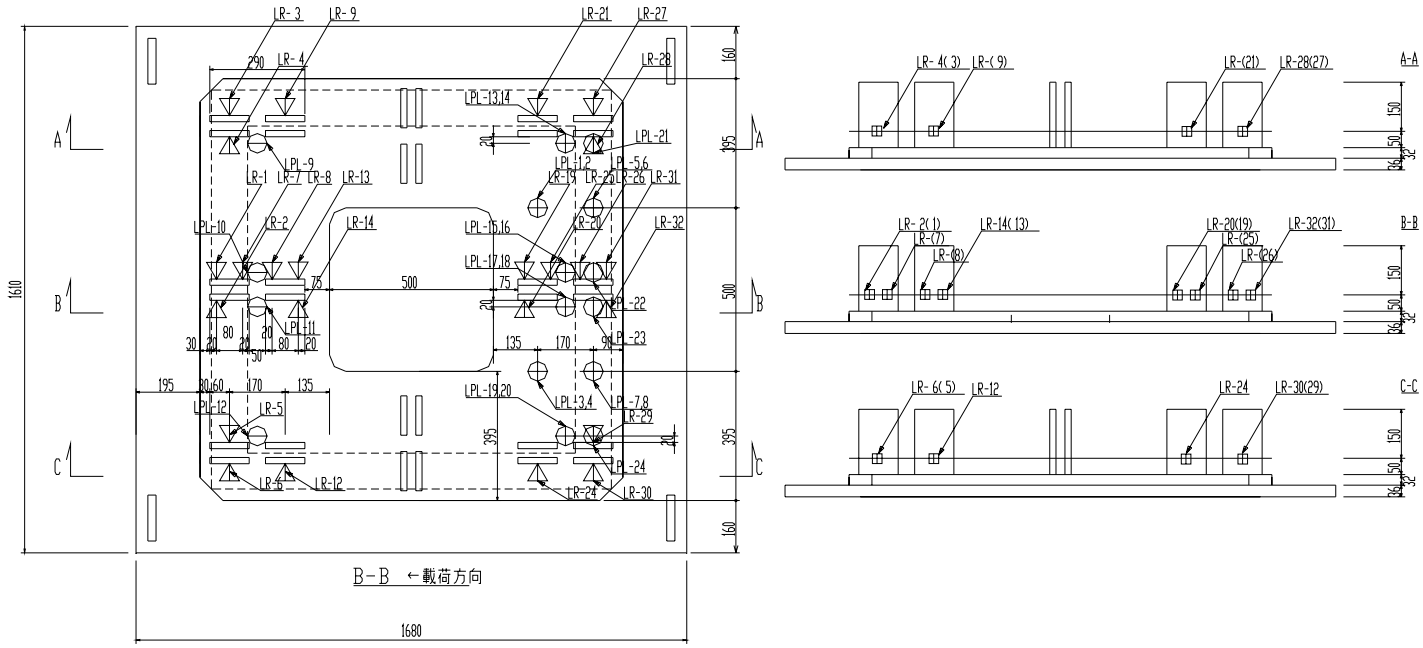


図-4.8　ひずみゲージ設置位置図（下PICO版、No.2供試体）

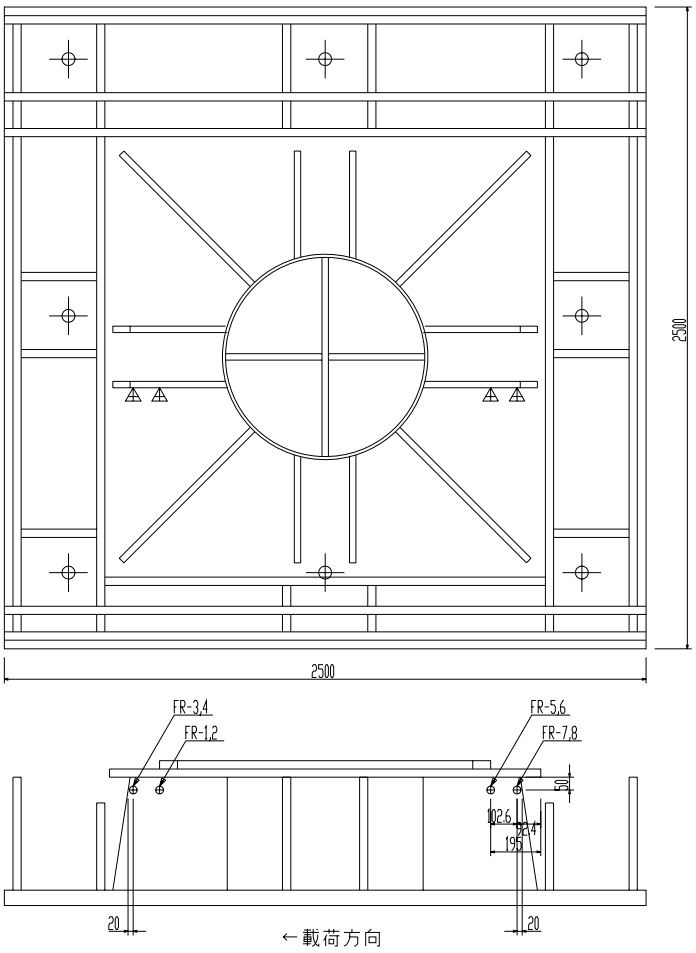


図-4.9　ひずみゲージ設置位置図（基礎杭補強リブ、No.1 供試体）

4.4　材料試験及び供試体耐力

(1)材料試験結果

供試体に使用した材料は、試験対象である先行建込み PICO 治具部は SM490 をその他の部材は SS400 材を使用した。PICO 治具の板厚 19㎜、25㎜、32㎜ の母材及びすみ肉溶接部の引張試験結果を表-4.2 に示す。なお、母材引張試験は JIS Z 2241 に、すみ肉溶接部の試験は JIS Z 3132 に準拠した。

表-4.2　材料引張試験結果

部 位	サイズ	鋼種	実強度 (N/mm2)		公称値 (N/mm2)	
			引張強さ	降伏応力度	引張強さ	降伏応力度
上PICO板	t=32mm	SM490	523	333	490	315
上PICOリブ	t=25mm	SM490	519	330	490	315
下PICOリブ	t=19mm	SM490	529	332	490	315
下PICO板	t=32mm	SM490	523	333	490	315
すみ肉溶接部	7mm		452	320	255	163

(2)供試体耐力

供試体の軸力 N=600kN 載荷時における許容水平荷重や降伏荷重は、設計上は上下 PICO リブ間を接合しているすみ肉溶接部で決まり地震時許容荷重（地震時許容応力度に達する水平荷重値）は、Pd3=320kN となる。材料試験結果の実降伏応力度を考慮すると、上 PICO 板部が最初に降伏応力度に達し、その水平荷重値は、Py2=477kN となる。表-4.3 に上 PICO 部とすみ肉溶接部の各応力状態における水平荷重値を示す。

表-4.3　各応力状態における水平荷重値 P

すみ肉溶接部 引張･圧縮方向のすみ肉のみ考慮 (縦方向のみ考慮)

		応力状態	応力値 (N/mm2)	水平荷重 (kN)	備　　考
常時許容荷重	Pd1	常時	95	**179**	常時設計時
仮設時許容荷重	Pd2	常時×1.25	119	**237**	架設設計時
地震時許容荷重	Pd3	常時×1.25×1.3	153	**320**	架設地震時設計時
耐力 (公称降伏)	Py1	公称降伏値	163	**344**	材料降伏値 (公称)
耐力 (実降伏)	Py2	実降伏値	320	**726**	材料降伏値 (実強度)

上PICO板

		応力状態	応力値 (N/mm2)	ひずみ値 (μ)	水平荷重 (kN)	備　　考
常時許容荷重	Pd1	常時	185	925	**294**	常時設計時
仮設時許容荷重	Pd2	常時×1.25	231	1155	**351**	架設設計時
地震時許容荷重	Pd3	常時×1.25×1.3	300	1500	**436**	架設地震時設計時
耐力 (公称降伏)	Py1	公称降伏値	315	1575	**455**	材料降伏値 (公称)
耐力 (実降伏)	Py2	実降伏値	333	1665	**477**	材料降伏値 (実強度)

4.5　試験結果

4.5.1　供試体の耐力

図-4.10 は、No.1 供試体及び No.2 供試体の荷重－載荷点変位曲線である。No.1 供試体の最大水平荷重 Pmax は、Pmax=899kN であった。今回の試験対象は PICO 部であるため、その他の部分は、PICO 部に先行して降伏しないよう強度アップを図った。橋脚部と PICO 部を接合するボルトも、強度向上のため配置上できる限りのボルトを配置したが、ボルトの目開き量が増加し、このまま載荷を続けると No.2 供試体に転用予定の橋脚部を破損させる可能性があったので載荷を 899kN で中止した。No.2 供試体は、接合部を引張側の接合ボルト位置付近の橋脚部プレートと上 PICO 板部を溶接により補強して載荷を実施した。最大水平荷重 Pmax は、Pmax=1,373kN であり、図-4.10 によると耐力にはまだ若干の余裕があったが、試験装置の載荷能力の関係上、これ以上載荷荷重を上げることができなくなったため載荷を中止した。

施工誤差補正の影響は、No.1（施工誤差なし）と No.2（1/100 傾斜誤差を補正）との P=899kN までの荷重―変位曲線を見る限りではほとんどないといえる。P=800kN 程度から、No.1 供試体の変位が No.2 供試体より大きくなる傾向を示しているが、これは作用ボルト軸力が初期導入軸力より大きくなり、溶接補強していない No.1 供試体のボルト離間の影響と思われる。なお、PICO 部の地震時許容荷重（地震時許容応力度に達する荷重）Pd は、Pd=320kN であり、No.1、No.2 供試体ともに十分な耐力を有することが確認された。

図中の計算値は、各部位の断面二次モーメントを算出し、変位量を算出したものであるが、試験値よりも変位量は小さく評価されている。計算値には、ボルト接合部や板の曲げ変形等が考慮されていないためと思われるが、PICO 治具の曲げ剛性を 75%に低下させると、試験値とほぼ一致する。この PICO 部の等価曲げ剛性を考慮することで、実際の変位量を算出することが可能となる。

図-4.11～4.12 に各場所の荷重－変位曲線を図 4-13～4-14 に各荷重における供試体変形図を示す。

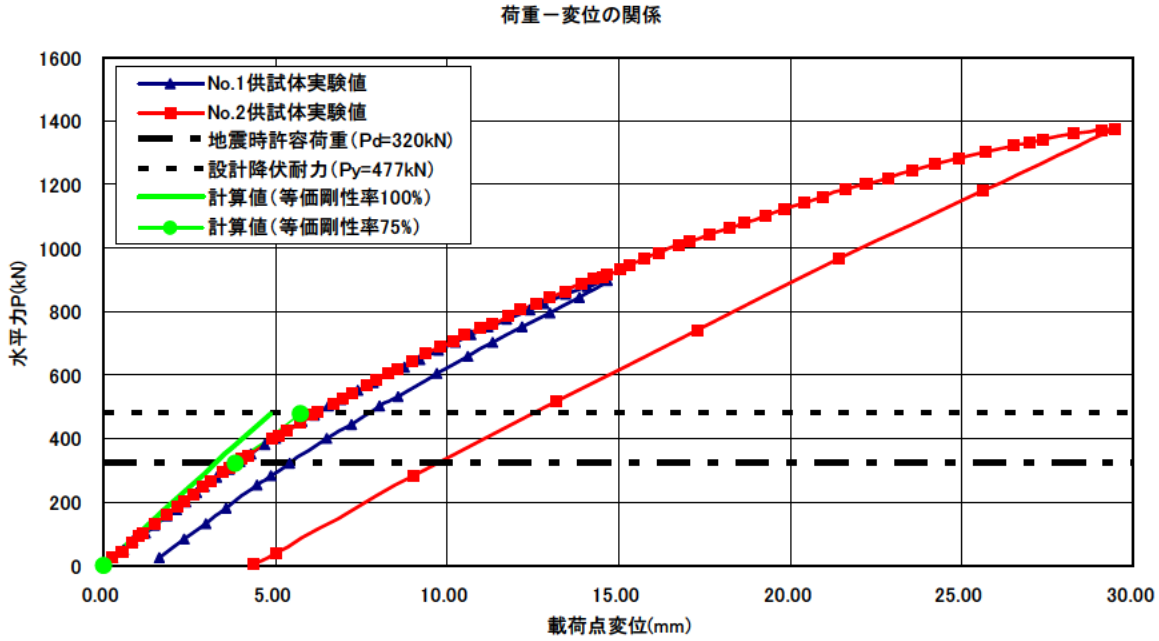


図-4.10　荷重－変位の関係（載荷点変位）

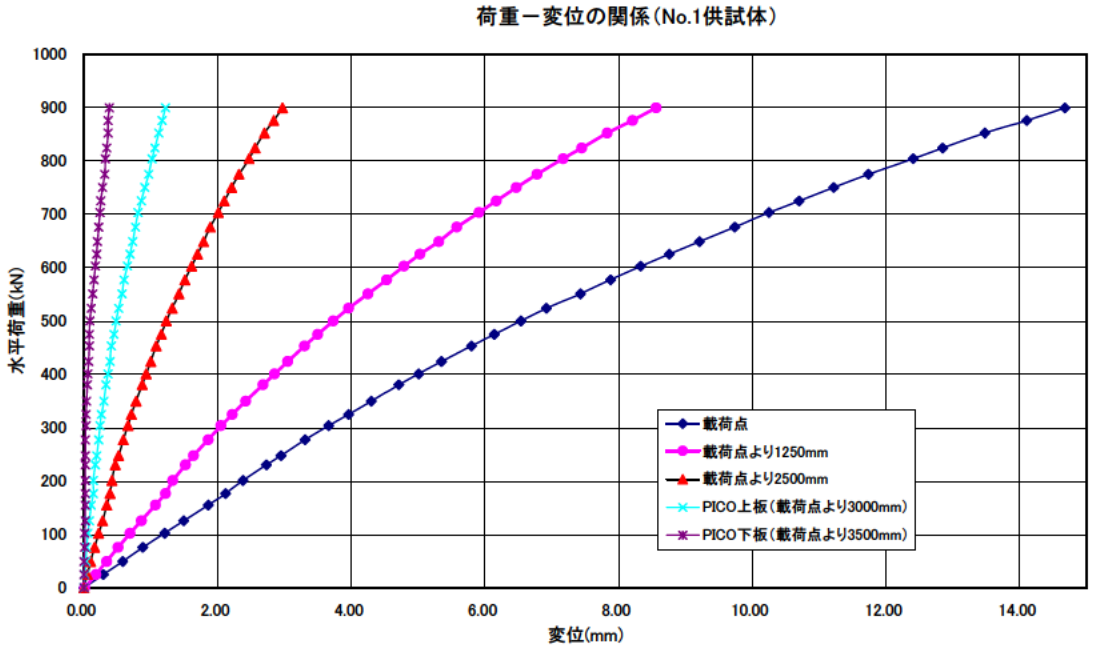


図-4.11　荷重－変位の関係（No.1 供試体）

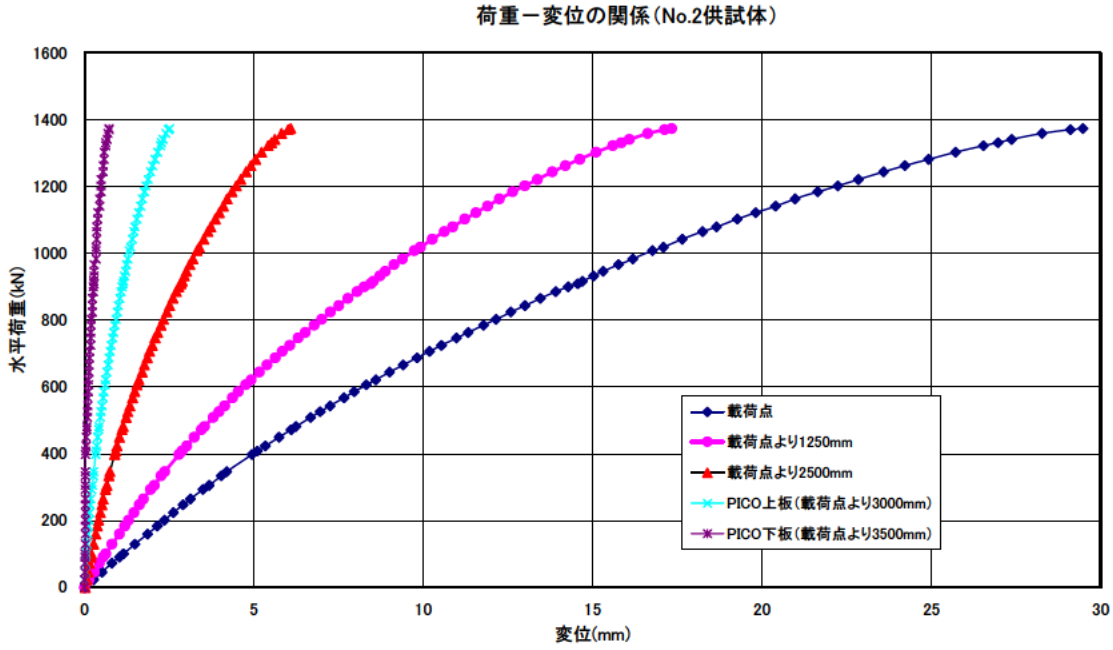


図-4.12　荷重－変位の関係（No.2 供試体）

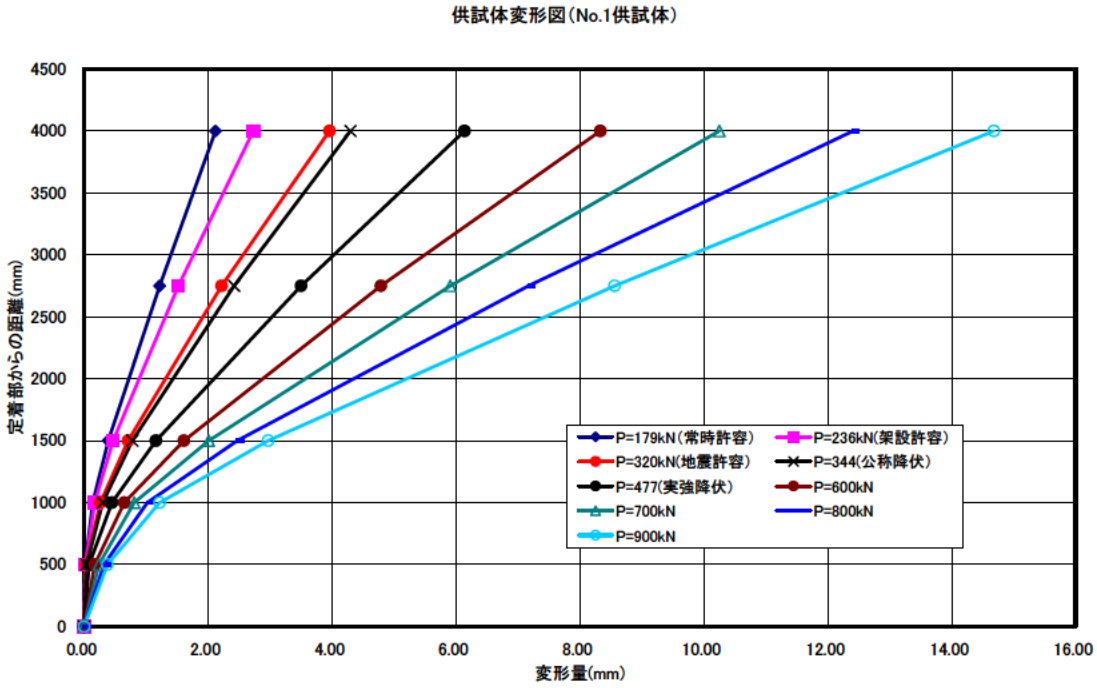


図-4.13　供試体変形図（No.1 供試体）

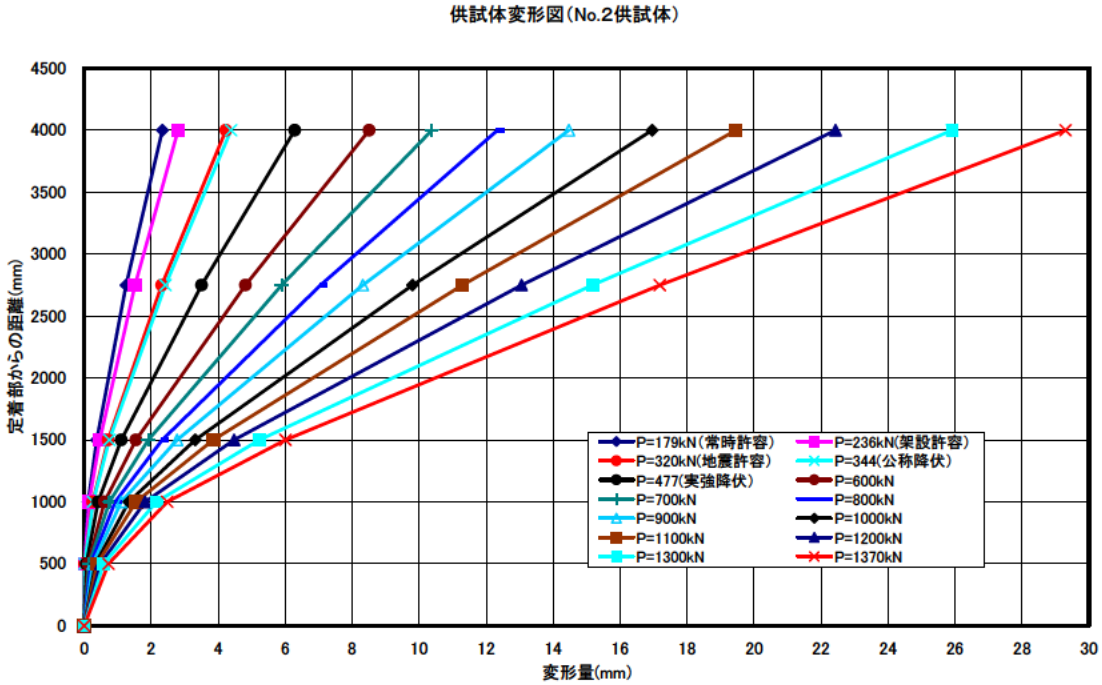


図-4.14　供試体変形図（No.2 供試体）

4.5.2　PICO 治具の力の伝達

図-4.15 は、PICO 治具引張側の力の伝達状況を示した概要図である。橋脚部のボルト引張力は上 PICO 板部を介して上 PICO リブに伝達される。さらに上下リブ間すみ肉溶接部を介して下 PICO リブから下 PICO 板に流れ、下 PICO 板と底版 PICO とのすみ肉溶接を介して底版 PICO、定着部へと伝達される。それゆえ、各部位の剛性の変化に伴い力の流れが変化していくことになる。たとえば、上 PICO 板の剛性の低下によりボルト引張力が上 PICO リブの全幅に均等に流れなくなるし、下 PICO リブからの力は下 PICO 板と底版 PICO との溶接部側へ流れようとする。各計測データにより No.2 供試体において、水平荷重 P に対して供試体の状態は概ね次のような状態と想像される。

① 0≦P＜約 500kN

どの部位も弾性範囲内と想像され、荷重に対して線形性を有する。

② P≒500kN

上 PICO 板のボルト接合付近が降伏することにより、上 PICO 板の剛性が低下しボルト引張力を上 PICO リブの内側まで伝達できなくなり、上 PICO リブの外側部分に力が流れるようになる。

③ 約 500kN＜P＜約 1000kN

上 PICO 板部の降伏域が拡がっていく。

④ P≒1000kN

下 PICO リブの最外縁部側が降伏に達したため、上 PICO リブや下 PICO リブにおいて力の伝達が変化する。

⑤ 約 1000kN＜P≦1370kN

上 PICO 板部、下 PICO リブ部で降伏域が拡がる。

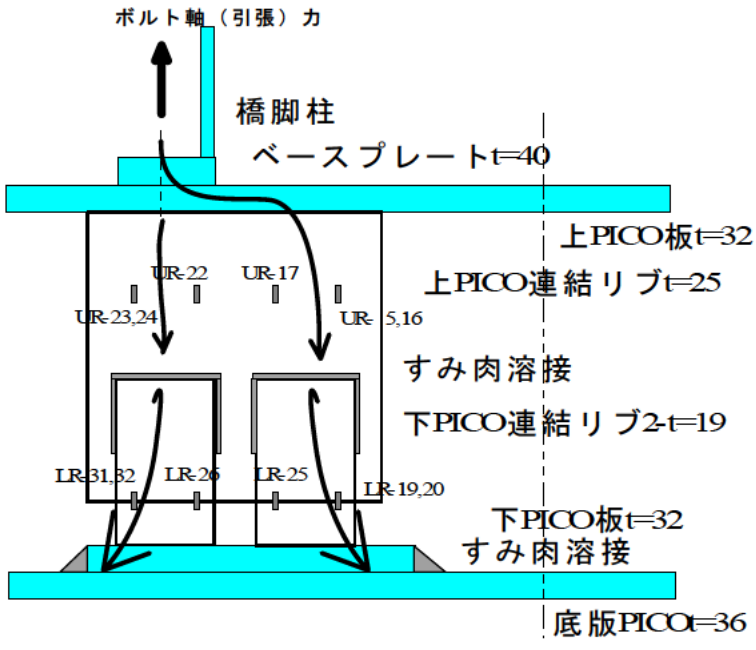


図-4.15　PICO 治具の力の伝達概要図

4.5.3　上 PICO リブ部

図-4.16～4.18 は No.1 供試体の、図-4.20～4.21 は No.2 供試体の上 PICO リブの荷重－ひずみ曲線である。図中の設計計算値は、上 PICO リブ幅の有効幅を下 PICO リブ幅（120㎜を２カ所）として算出したものである（図-4.19 参照)。No.1 及び No.2 供試体とも圧縮側のひずみ（UR-1～10）は、水平荷重に対して、ほぼ線形に推移している。一方、引張側のひずみ（UR-15～24）は、水平荷重 P が 500kN 程度までは線形性を有するが、水平荷重 P がそれ以上大きくなると、中立軸側の UR-15～17 のひずみ増分は小さくなり、逆に外縁側の UR-22～24 のひずみ増分が大きくなる。これは、外縁部に橋脚部と上 PICO 板との接合ボルトが配されているが、荷重 P が小さく接合ボルト近傍の上 PICO 板部の応力が小さく剛性を有する場合は、ボルトの引張力は上 PICO 板を介して、上 PICO リブ全幅に伝達されていく。しかし、荷重が大きくなり、ボルト近傍の上 PICO 板部が降伏域に入ると、その部分の変形が進行しボルト近傍の上 PICO 板リブ部分（外縁部）に主として力が伝達されることになるためである。それに対して、圧縮側が線形性を有するのは、橋脚部から上 PICO 板部に圧縮力が伝達されることになるが、引張側はボルト引張力→上 PICO 板→上 PICO リブと、上 PICO リブの板部を介して力が伝達されるのに対し、圧縮側は、橋脚柱の剛性の非常に高いリブプレートも力の伝達を担うため、上 PICO 板部の応力負担が小さくなるため、降伏することなく上 PICO リブ部に力を伝達できるためである。

さらに荷重が増加し水平荷重 P が 1000kN を超える高荷重域となると、最外縁部の UR-23,24 のひずみ増分が小さくなり、逆に内側の UR-17,22 のひずみ増分が大きくなる。これは、P=1000ｋN 程度で下 PICO リブの最外縁部分が降伏し、降伏していない内側部分に力の負担が大きくなるからである。 図中に示した最外縁部(圧縮側 UR-1,2、引張側 UR-23,24)の実験値は、設計計算値と比較すると概ね妥当な値となっている。

図-4.22～4.24 は No.1 供試体の、図-4.25～4.27 は No.2 供試体の、縦軸にひずみ値、横軸に圧縮縁からの距離により、各水平荷重 P における断面ひずみ分布を示したものである。これらのひずみ値は、概ね線形性を有しており、計算値は実験値と比較しても概ね妥当な値となっている。

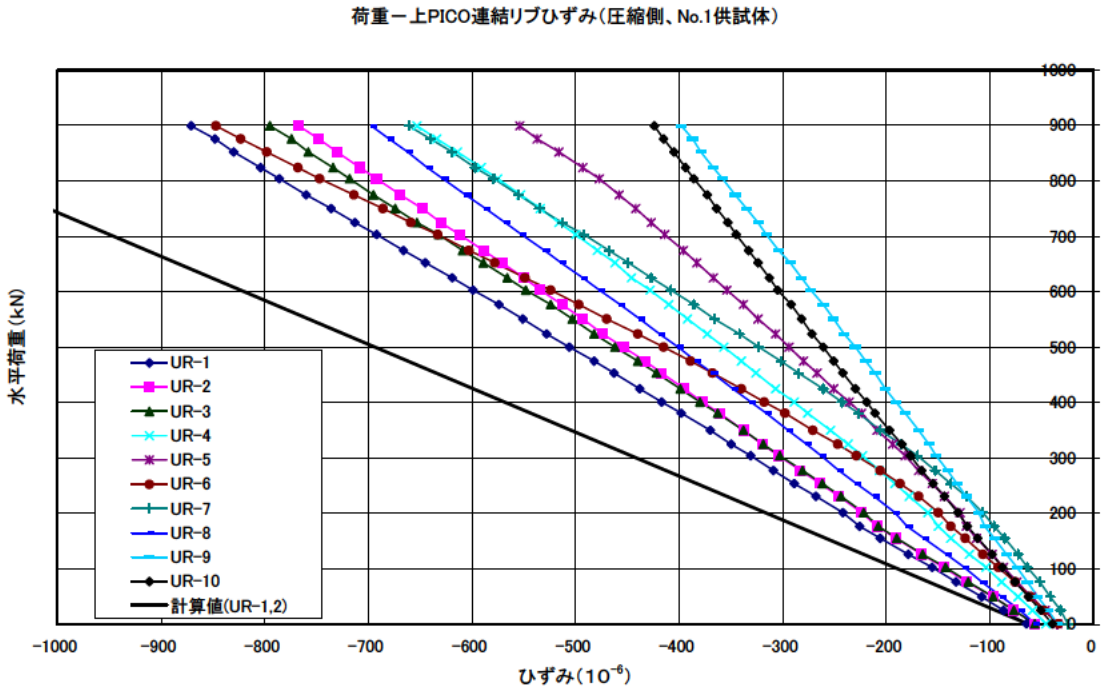


図-4.16　荷重－上 PICO リブひずみ（圧縮側、No.1 供試体）

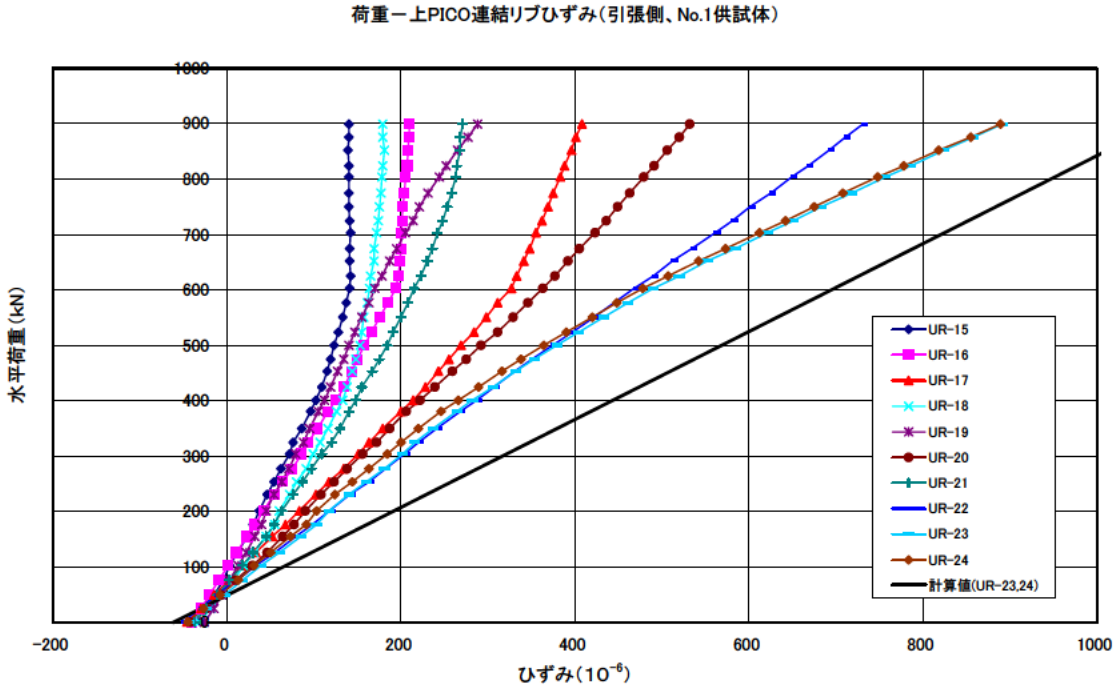


図-4.17　荷重－上 PICO リブひずみ（引張側、No.1 供試体）

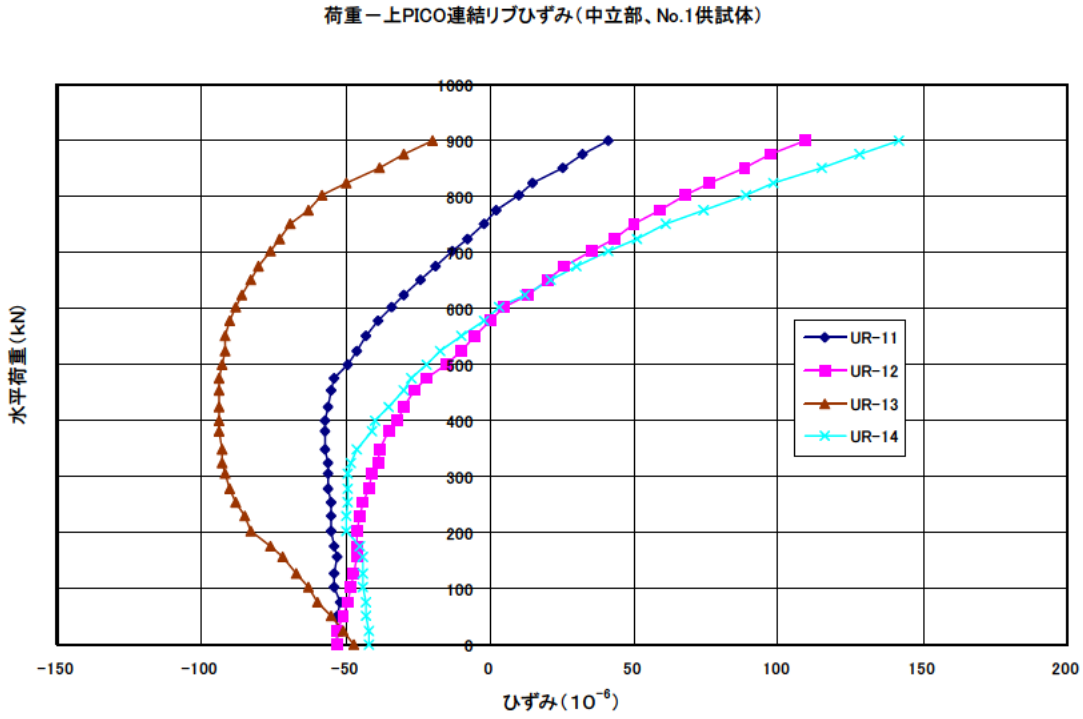


図-4.18　荷重－上 PICO リブひずみ（中立部、No.1 供試体）

力の流れが下PICOリブに溶接部を介して伝達されることを考慮して、上PICOリブの有効幅を下PICOリブ幅120mm×２枚とした

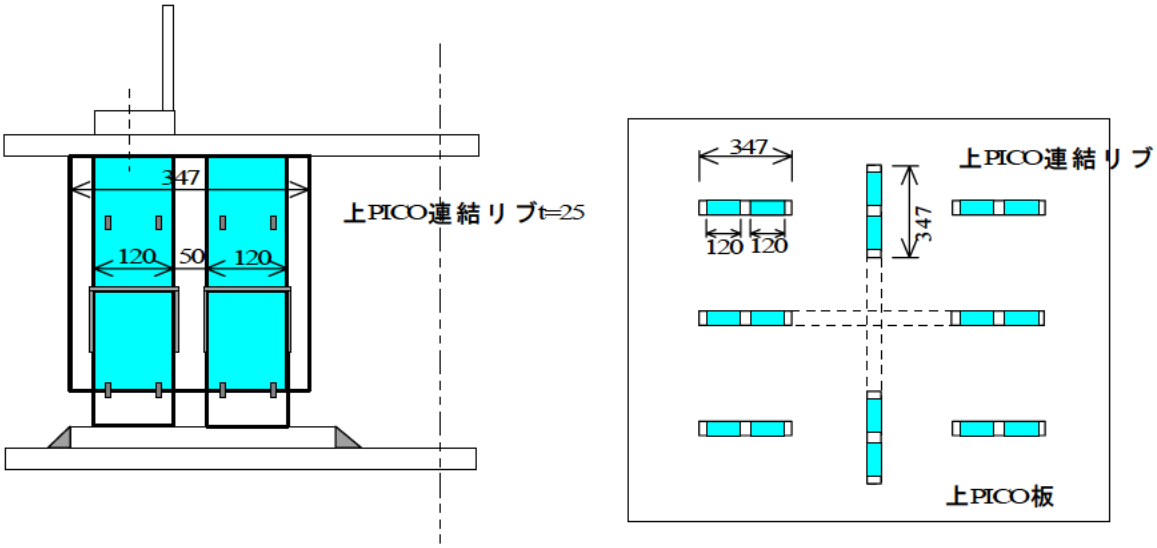


図-4.19　設計計算値算出における上 PICO リブの有効幅

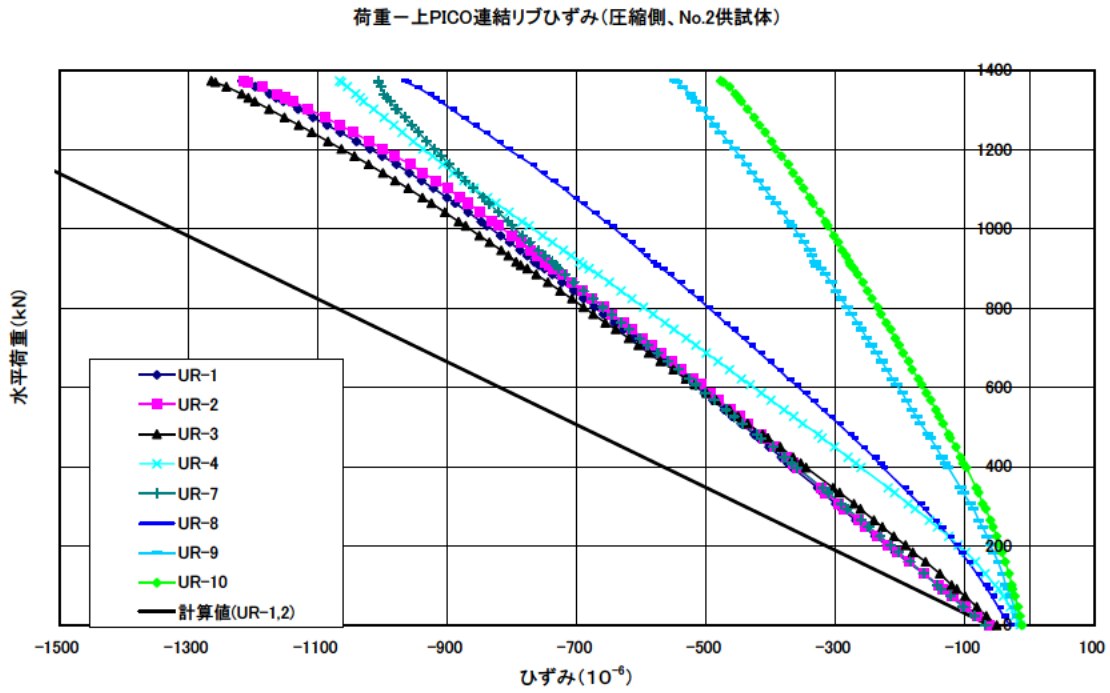


図-4.20　荷重－上 PICO リブひずみ（圧縮側、No.2 供試体）

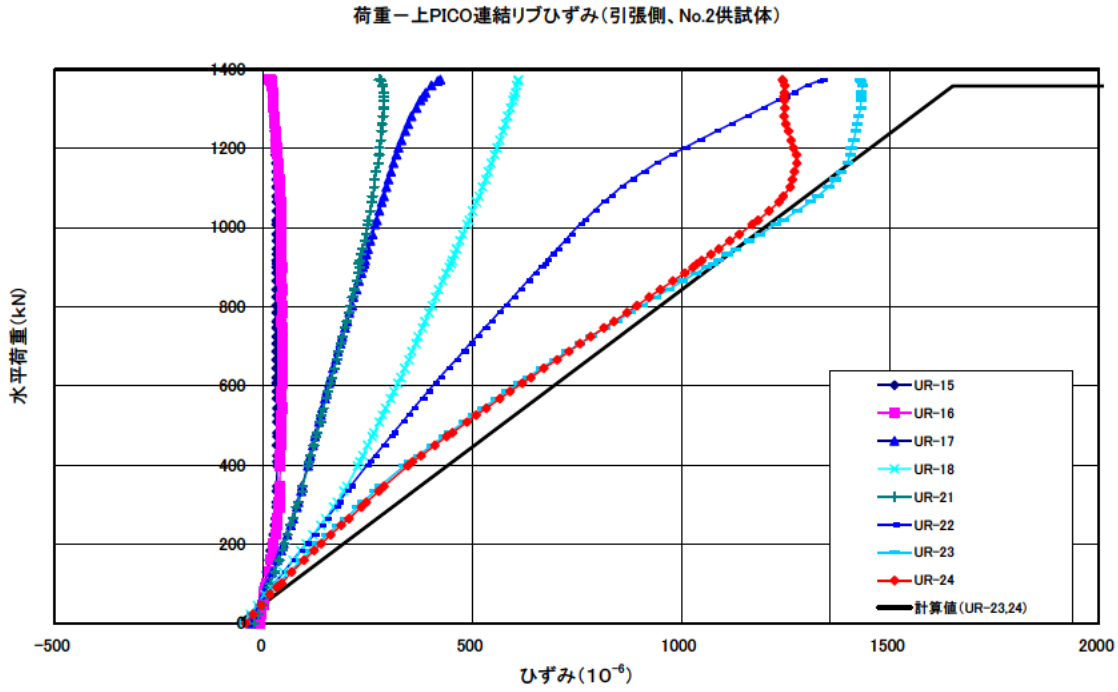


図-4.21　荷重－上 PICO リブひずみ（引張側、No.2 供試体）

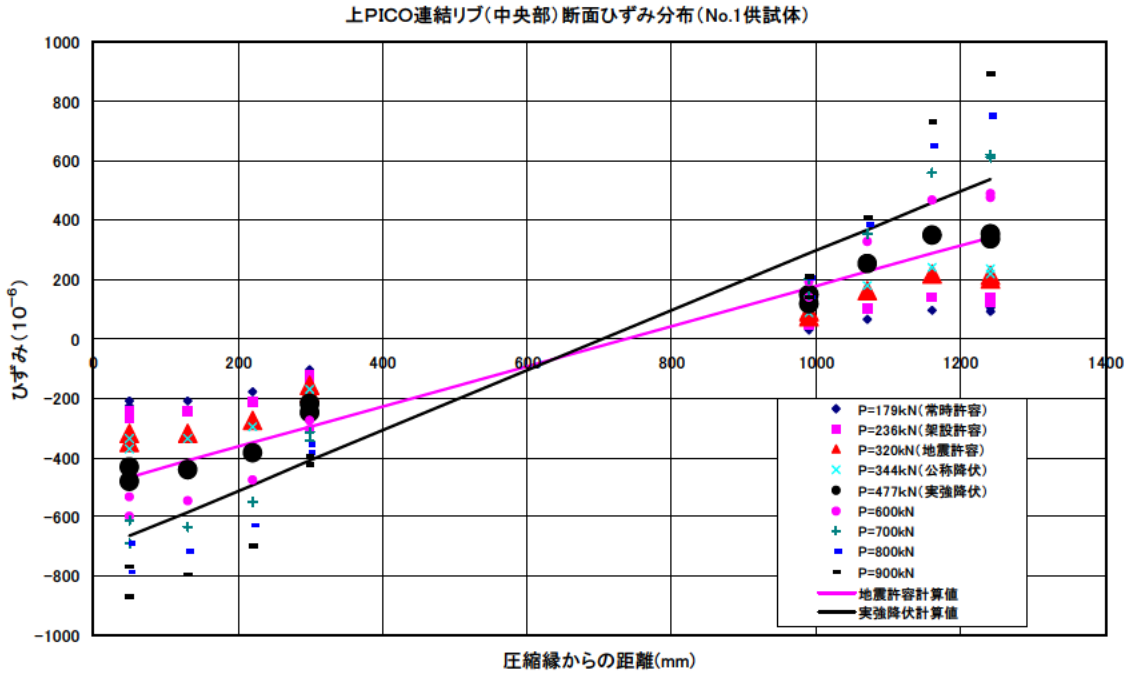


図-4.22　上ＰICO リブ断面ひずみ分布（中央部、No.1 供試体）

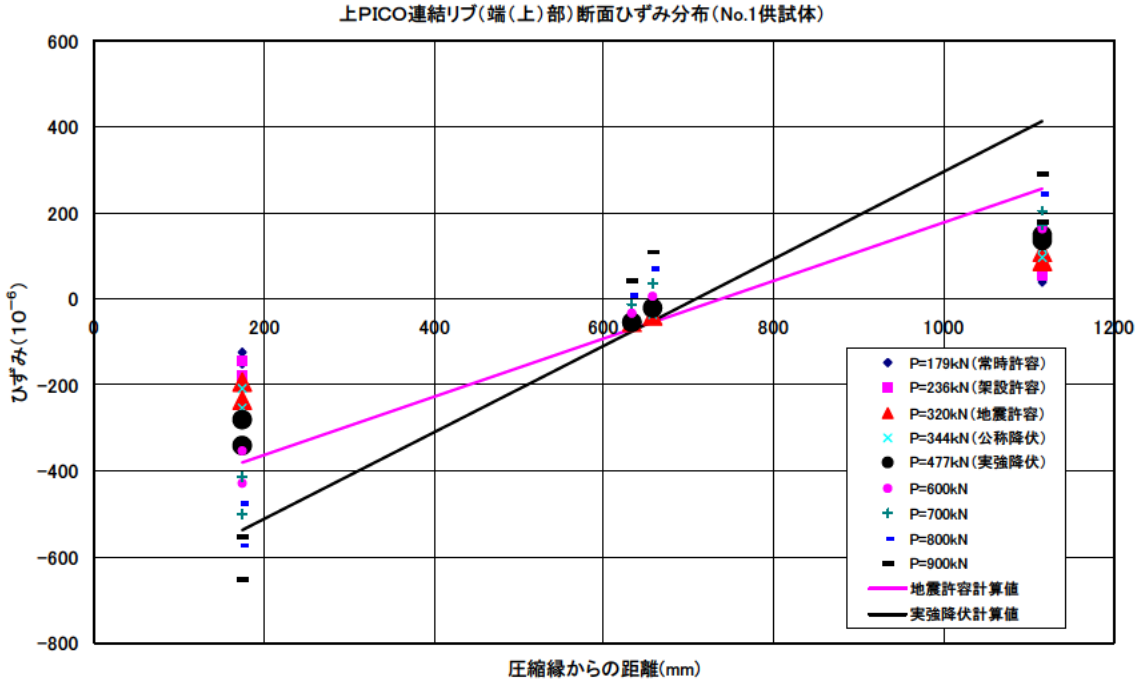


図-4.23　上 PICO リブ断面ひずみ分布（端（上）部、No.1 供試体）

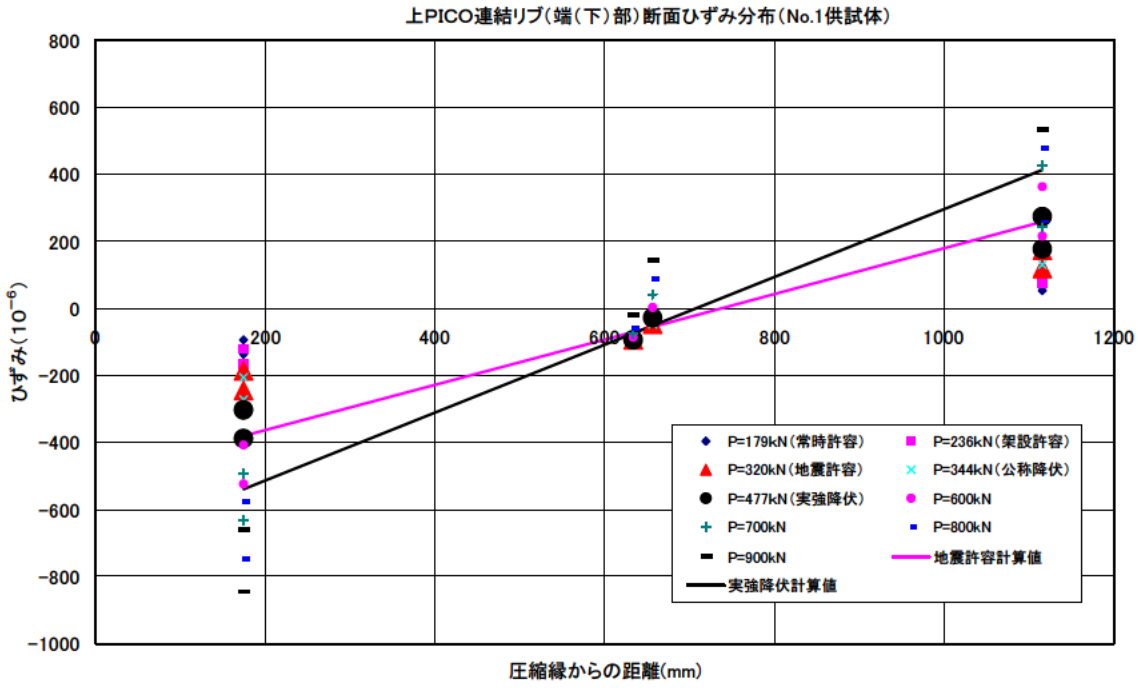


図-4.24　上ＰICO リブ断面ひずみ分布（端（下）部、No.1 供試体）

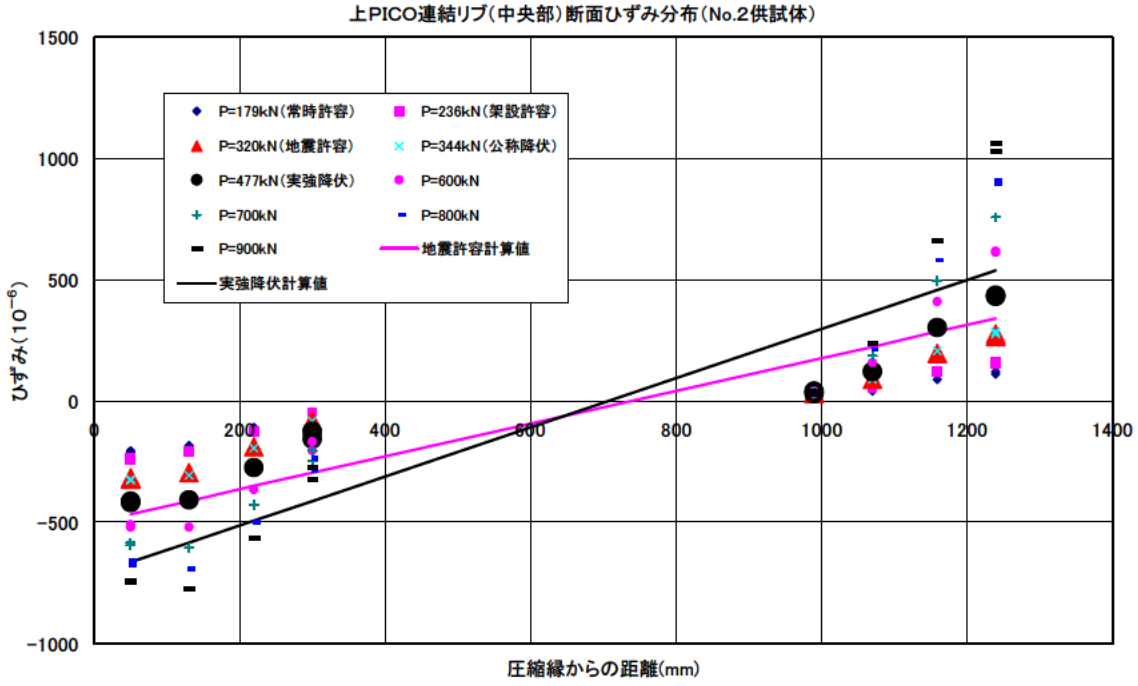


図-4.25　上 PICO リブ断面ひずみ分布（中央部、No.2 供試体）

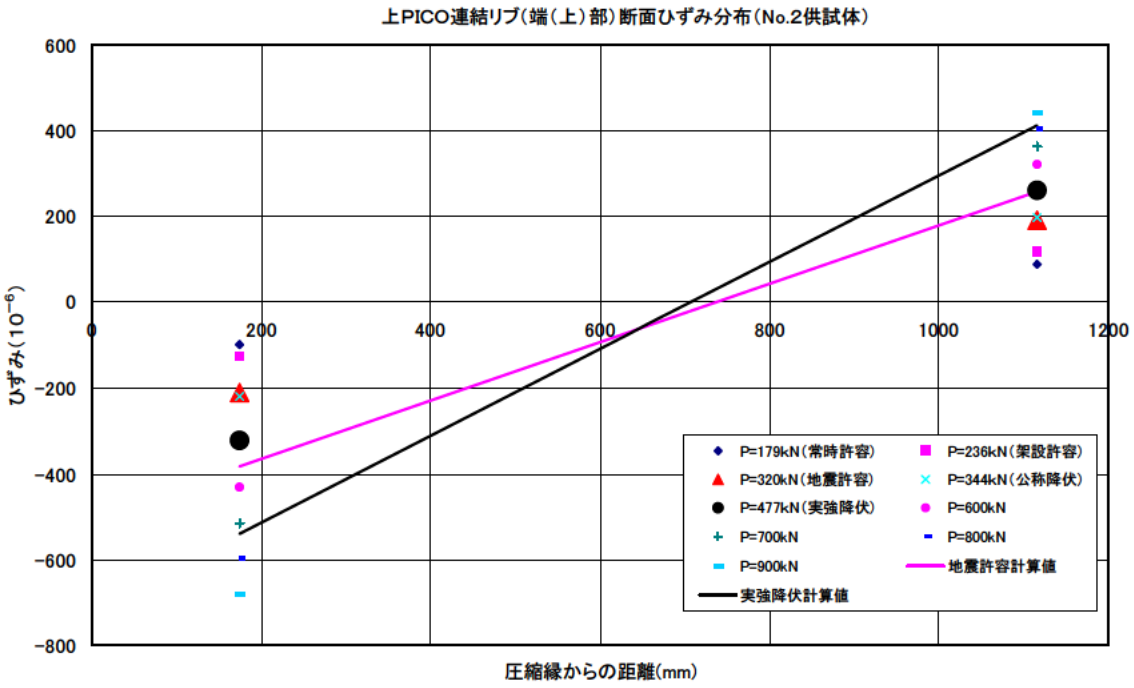


図-4.26　上ＰICO リブ断面ひずみ分布（端（上）部、No.２供試体）

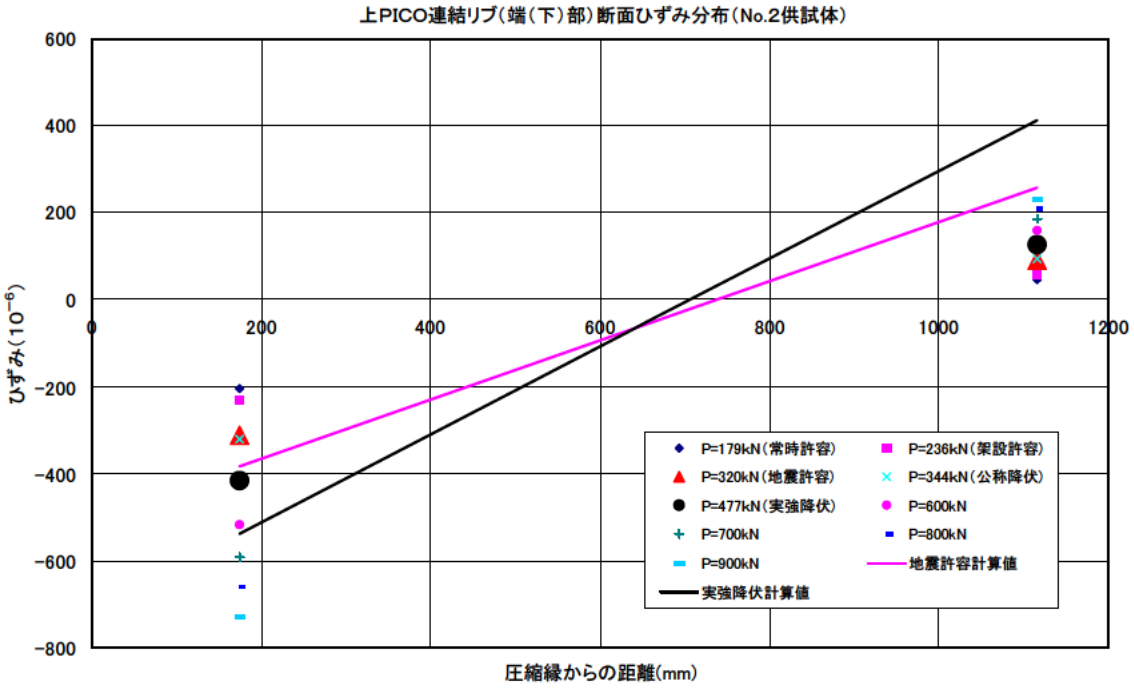


図-4.27　上 PICO リブ断面ひずみ分布（端（下）部、No.２供試体）

4.5.4　下 PICO リブ部

図-4.28～4.30 は No.1 供試体の、図-4.32～4.33 は No.2 供試体の下 PICO リブの荷重－ひずみ曲線である。図中の設計計算値は、下 PICO リブ幅の有効幅を力の流れが下 PICO 板と底版 PICO との溶接側に流れることを考慮して、全幅 120㎜ の内、溶接側の半分（60㎜ を２カ所）として算出したものである（図 4.31 参照)。No.1 及び No.2 供試体とも圧縮側のひずみ（LR-1～10）は、水平荷重 P=1000kN 程度までは、ほぼ線形性が保たれているが、それ以上の荷重なると部材が降伏し大きくひずみが流れるようになる。引張側は、上 PICO リブと同様、水平荷重 P が 400～600kN 程度までは線形性を有するが、それ以上の荷重になると、上 PICO 板部の降伏により上 PICO リブの外縁部に力が流れるため、外縁部の LR-31,32 のひずみ増分が大きくなる。また、各部位のひずみの大きさは、下 PICO 部と底版 PICO 部のすみ肉溶接部に力が伝達するため、中央部のリブでは外縁部の LR-31,32 と内縁部の LR-19,20 のひずみ値が大きく、LR-25,26 のひずみは小さい。外側のリブでは、２枚ある内の外側リブの LR-27,30 のひずみが大きく内側リブの LR-28,29 のひずみが小さい。これらの挙動は圧縮側でも同様の傾向が見られる。

図-4.34～4.37 は No.1 供試体の、図-4.38～4.41 は No.2 供試体の、縦軸にひずみ値、横軸に圧縮縁からの距離により、各水平荷重 P における断面ひずみ分布を示したものである。断面ひずみは直線性を有しておらず、下 PICO 部と底版 PICO 部との溶接側である LR-31,32 及び LR-19,20 が大きく、内側の LR-25,26 が小さくなっている。圧縮側でも概ね同様の傾向が見られる。本来圧縮側は、底版 PICO 部に下 PICO が面的に押し付けられるため、面で一様に力が流れ実験値の様に溶接側の外側が大きく、内側が小さくはならず、断面ひずみは直線性を有するはずではあるが、下 PICO 部と底版 PICO 部のすみ肉溶接部に力が伝達されるため、このような分布になったと思われる。設計計算値算出において、溶接側の２つのひずみだけを考慮すると、計測ひずみ値は計算値と概ね一致し、リブの有効幅を溶接側に半分とした計算値は概ね妥当な値といえる。

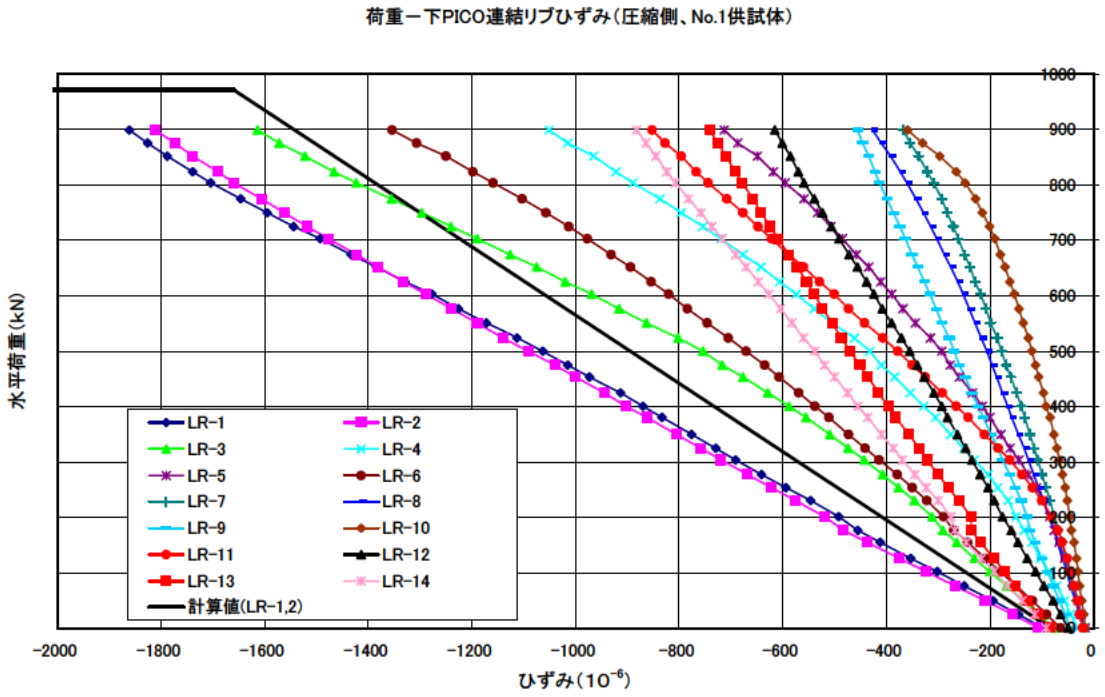


図-4.28　荷重－下ＰICO リブひずみ（圧縮側、No.1 供試体）

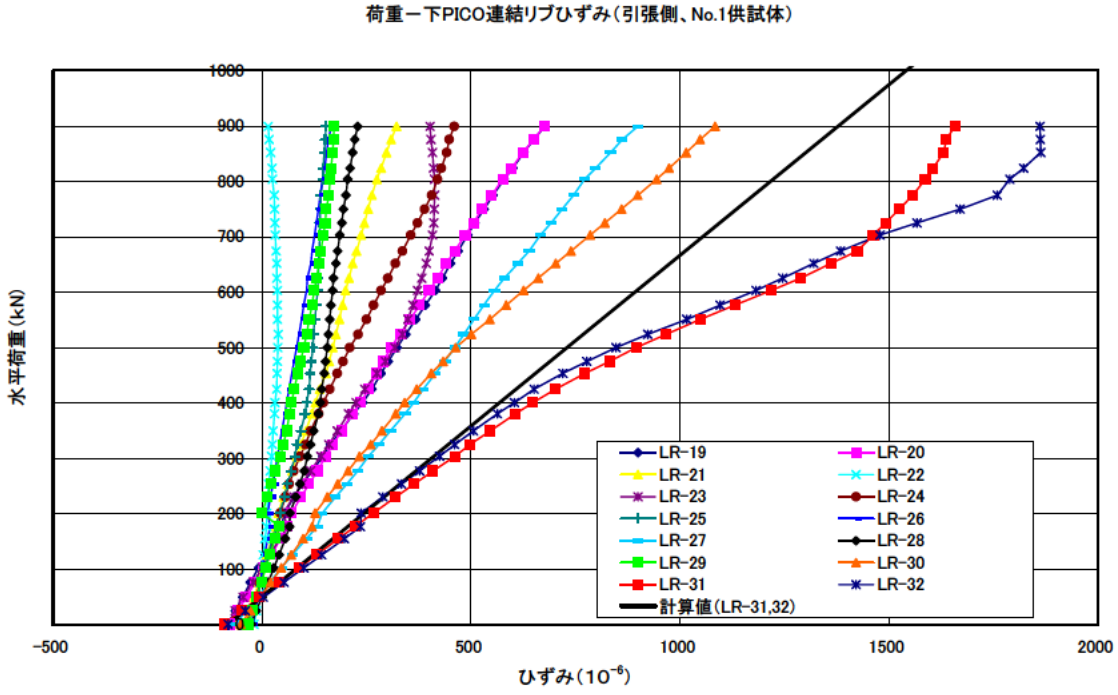


図-4.29　荷重－下 PICO リブひずみ（引張側、No.1 供試体）

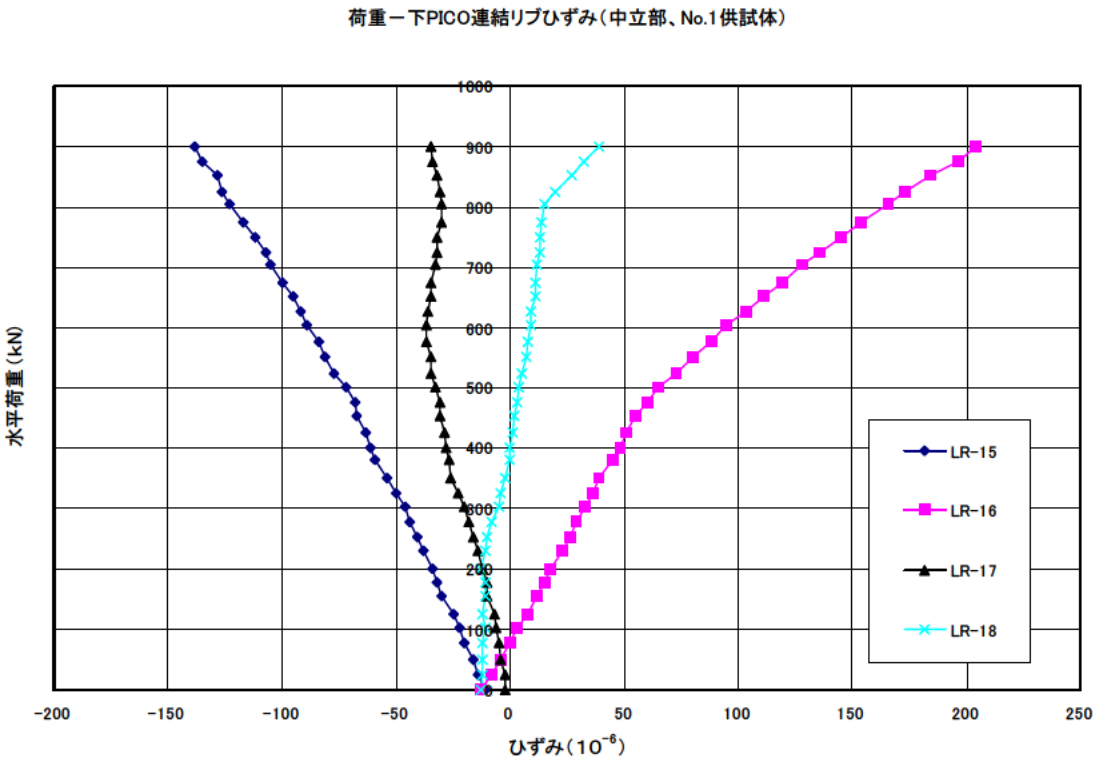


図-4.30　荷重－下ＰICO リブひずみ（中立部、No.1 供試体）

下PICO板と底版PICOとの溶接部に力が流れることを考慮して、
下PICOリブ120mm幅の内、溶接側の60mm×２枚を有効幅とした

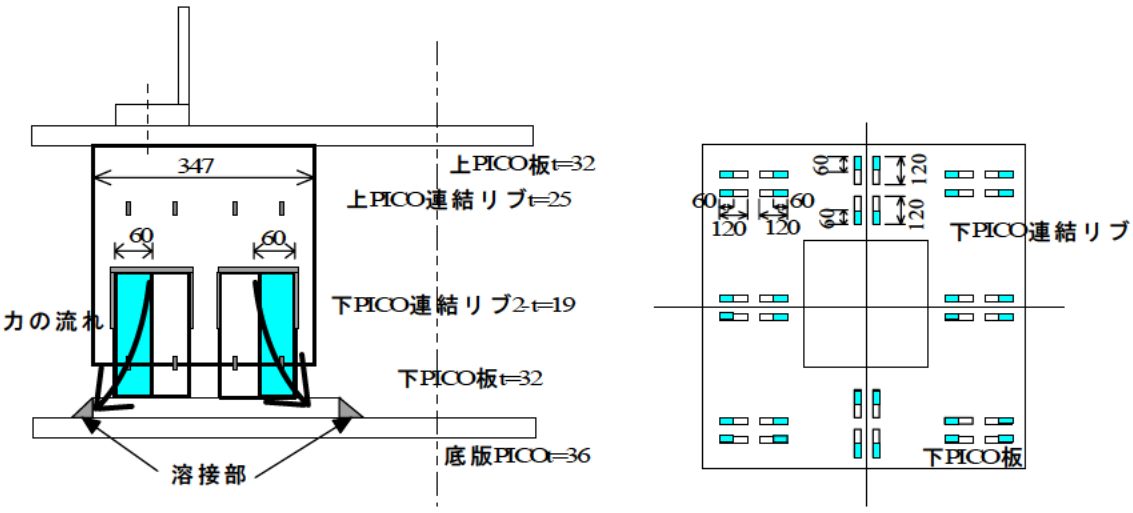


図-4.31　設計計算値算出における下 PICO リブの有効幅

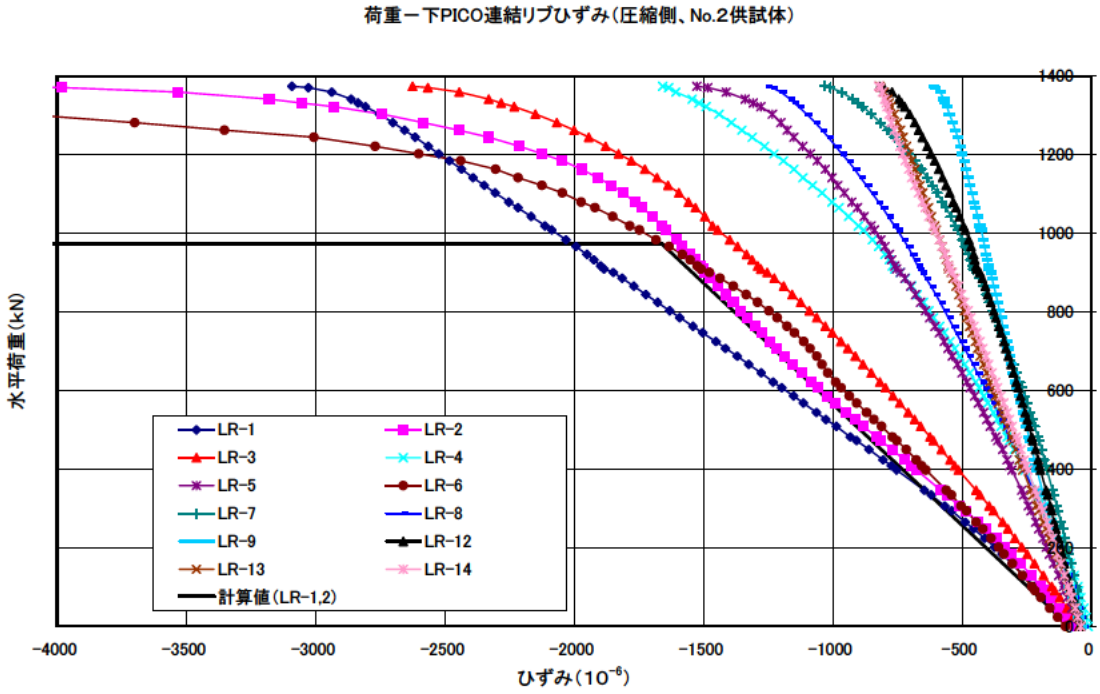


図-4.32　荷重－下ＰICO リブひずみ（圧縮側、No.2 供試体）

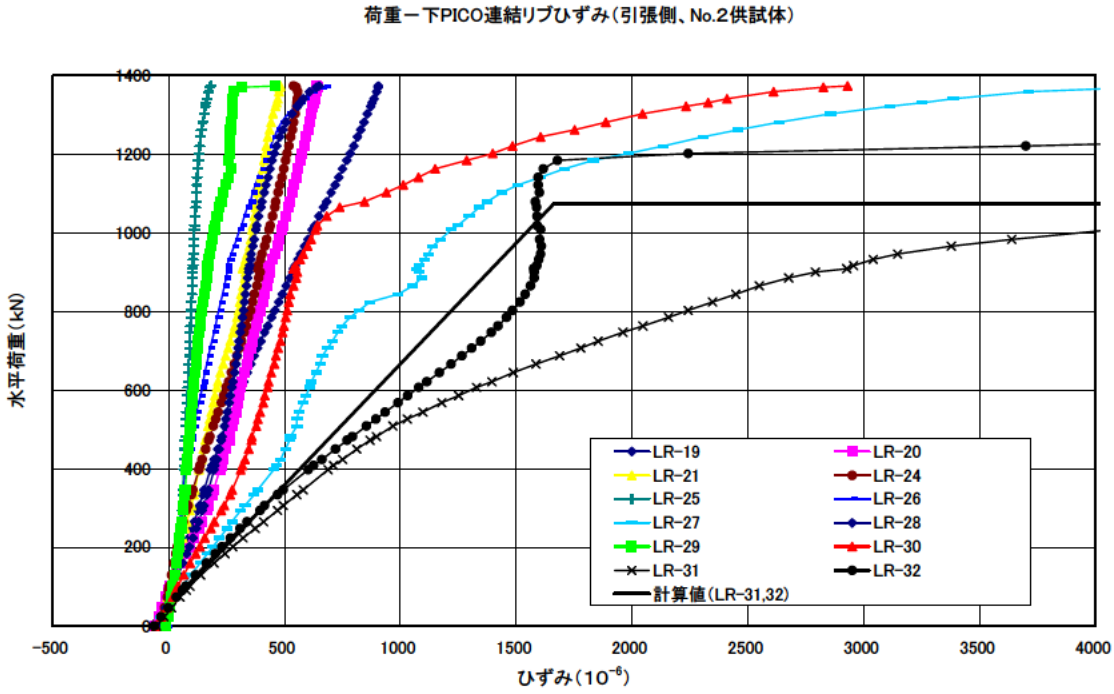


図-4.33　荷重－下 PICO リブひずみ（引張側、No.2 供試体）

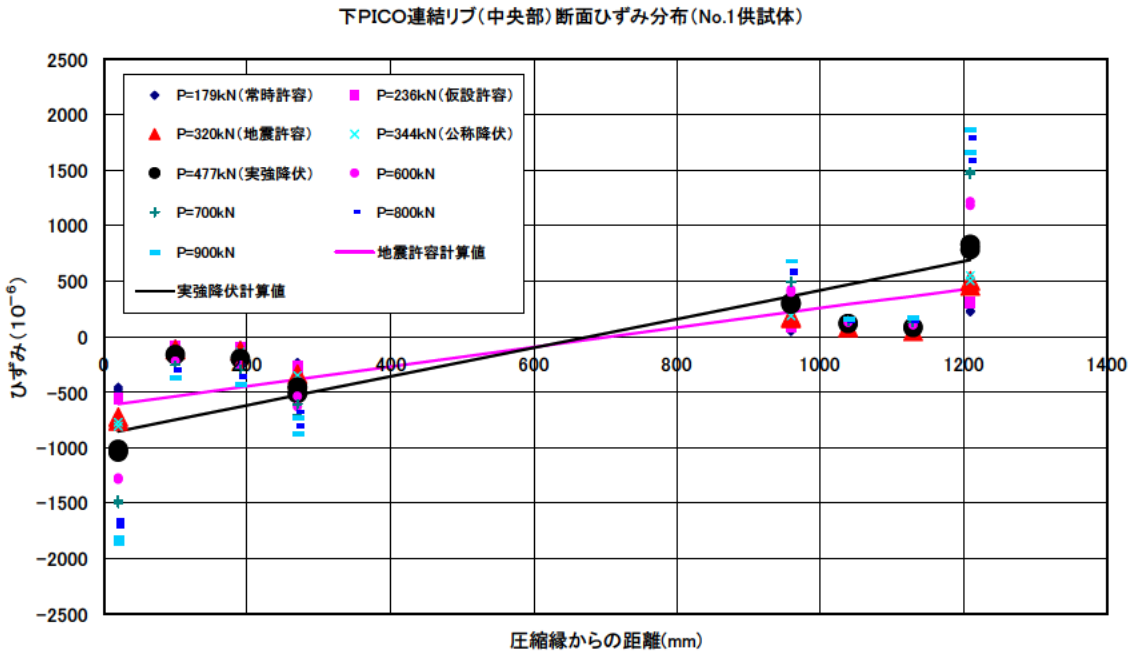


図-4.34　下ＰICO リブ断面ひずみ分布（１）（中央部、No. １供試体）

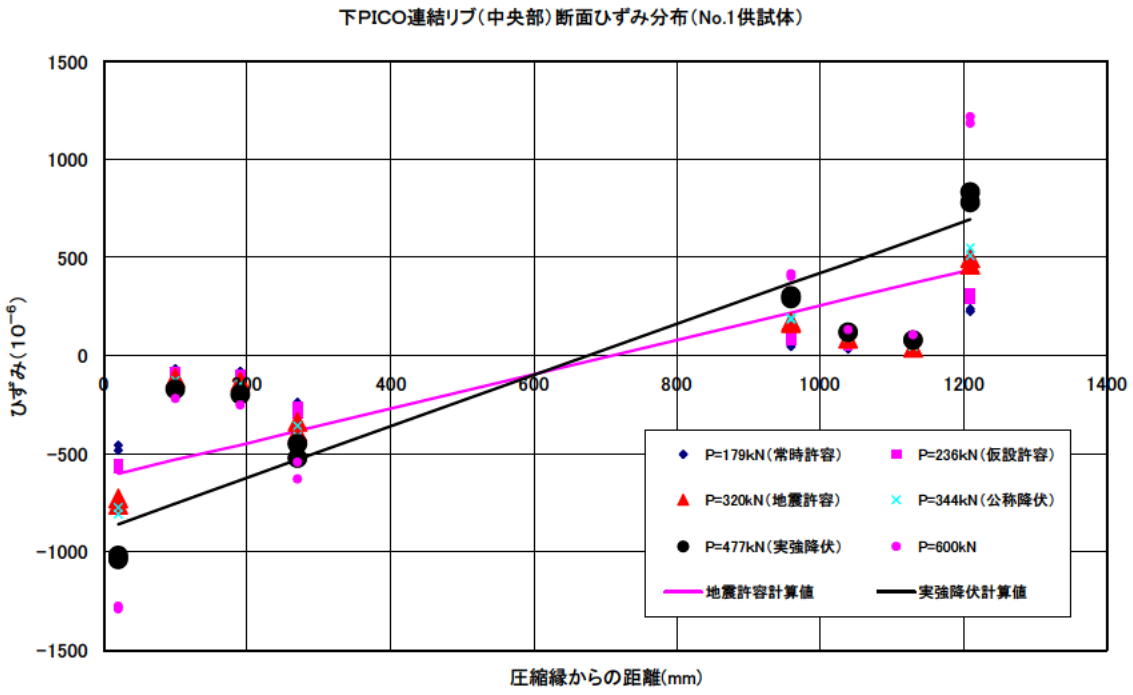


図-4.35　下 PICO リブ断面ひずみ分布（２）（中央部、No. １供試体）

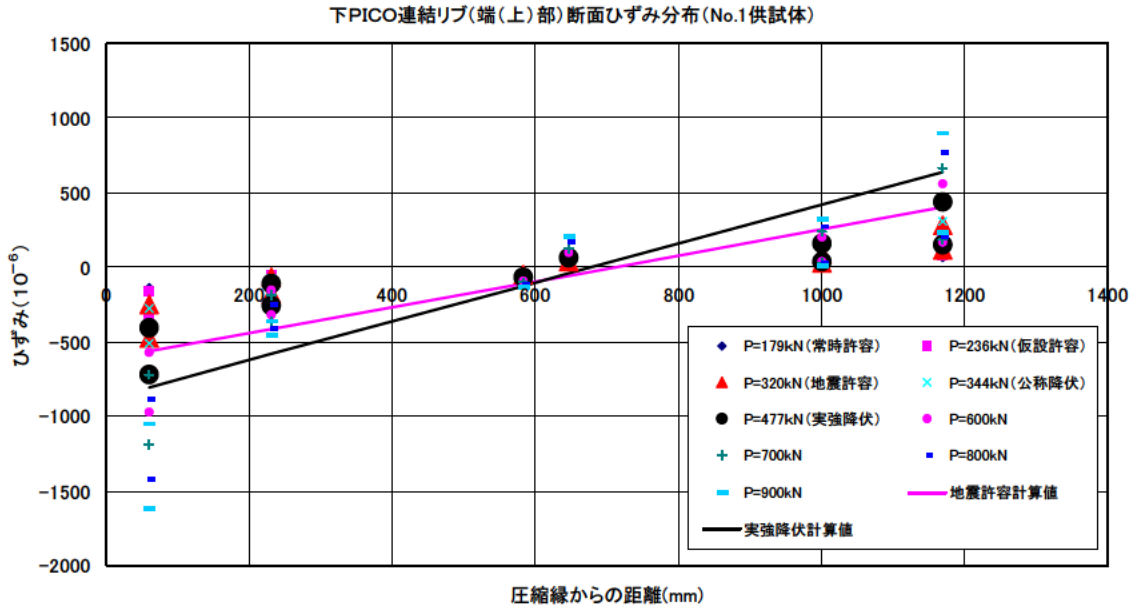


図-4.36　下ＰICO リブ断面ひずみ分布（端（上）部、No. 1 供試体）

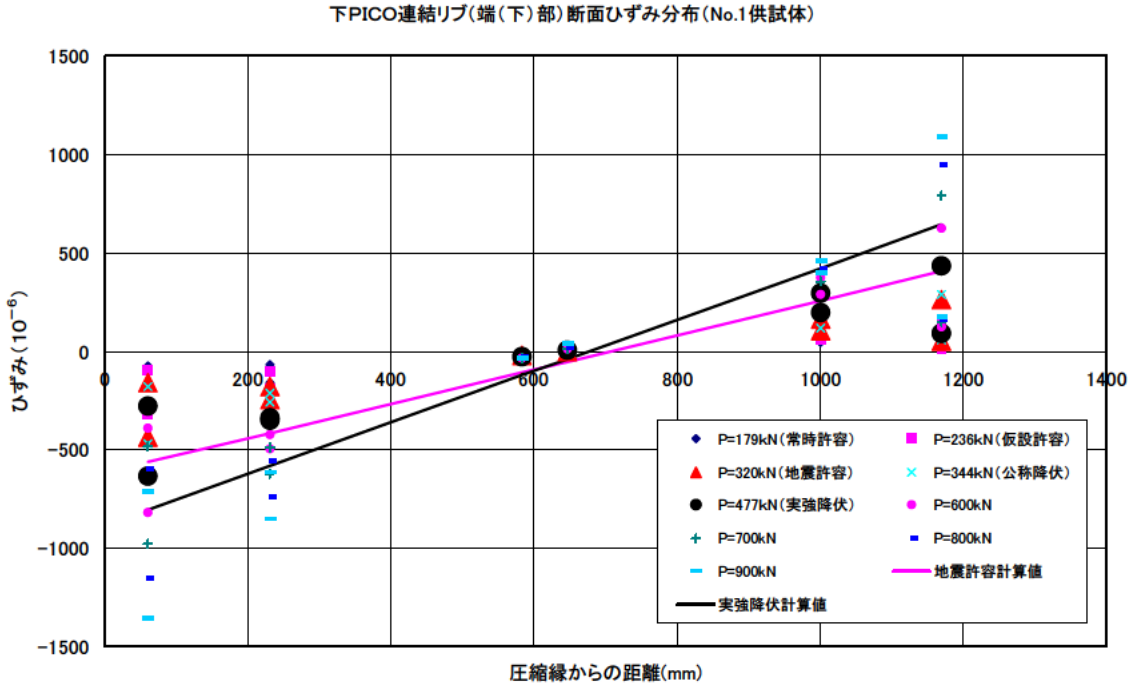


図-4.37　下 PICO リブ断面ひずみ分布（端（下）部、No. 1 供試体）

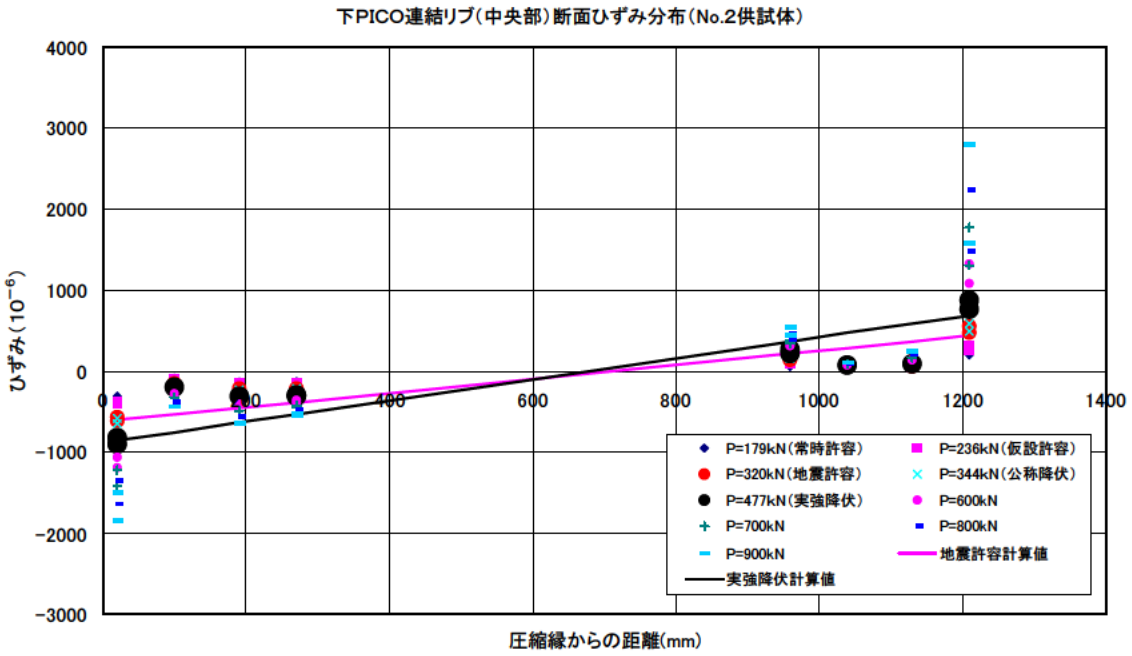


図-4.38　下ＰICO リブ断面ひずみ分布（１）（中央部、No.２供試体）

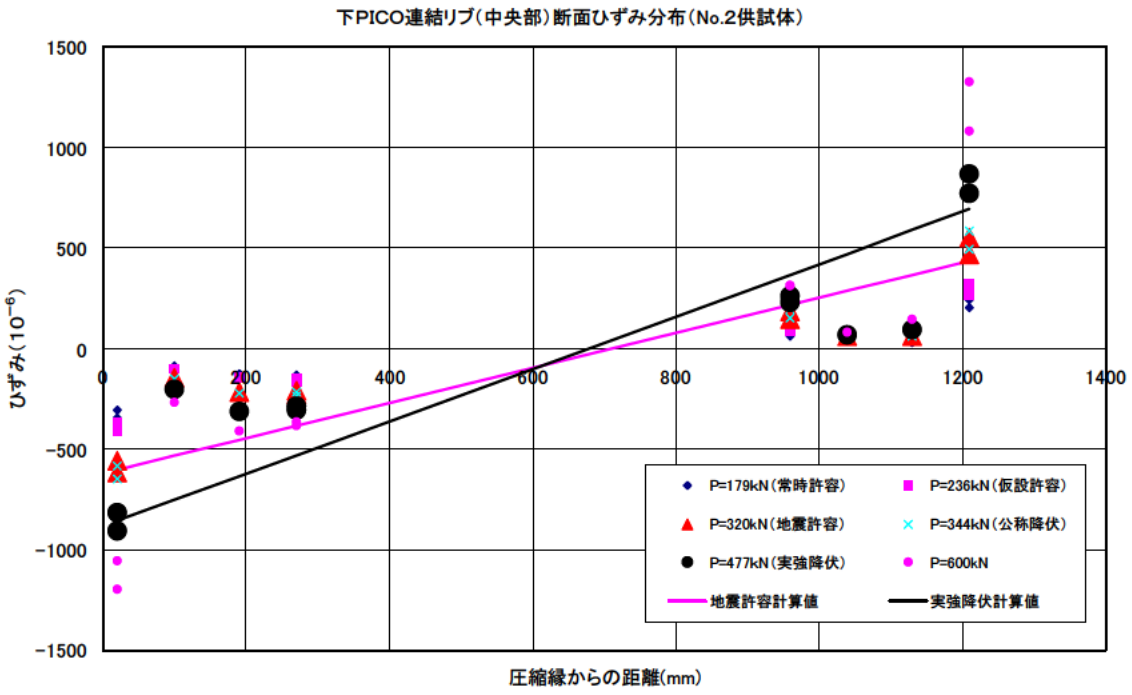


図-4.39　下 PICO リブ断面ひずみ分布（２）（中央部、No.２供試体）

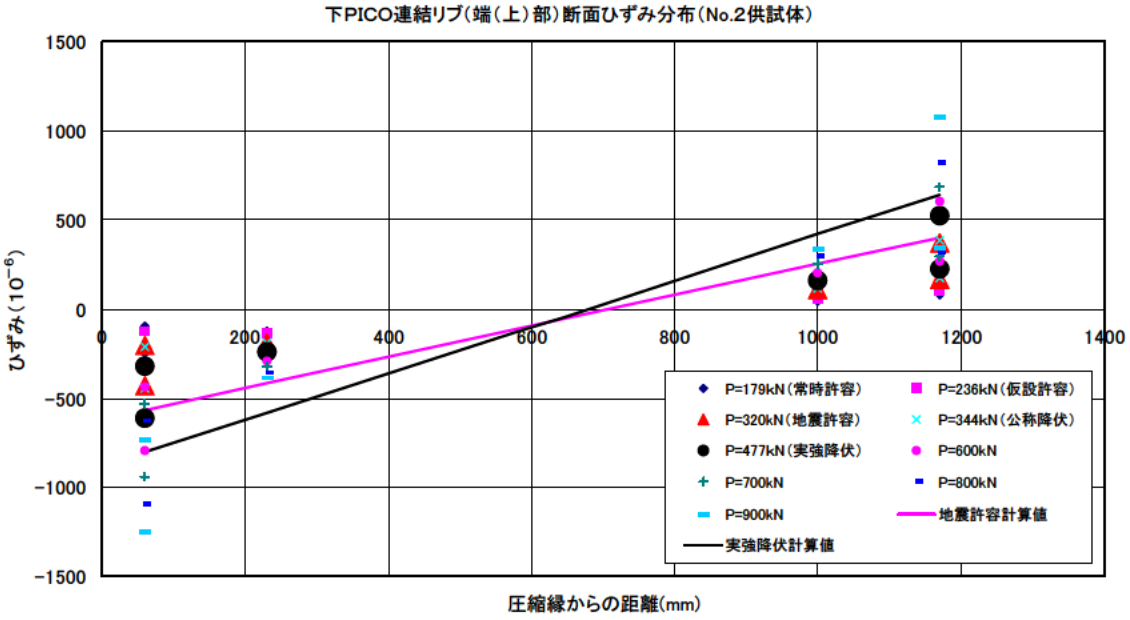


図-4.40　下ＰICO リブ断面ひずみ分布（端（上）部、No.２供試体）

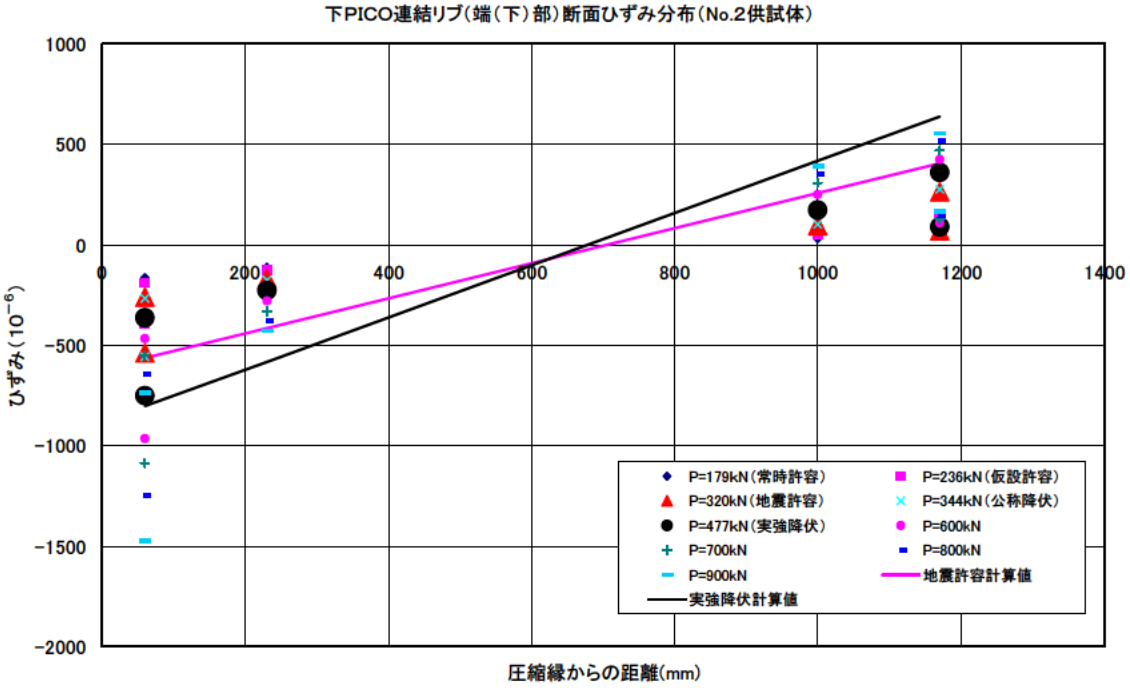


図-4.41　下 PICO リブ断面ひずみ分布（端（下）部、No.２供試体）

4.5.5　上 PICO 板部

図-4.42 は No.1 供試体の、図-4.43～4.44 は No.2 供試体の上 PICO 板の荷重－ひずみ曲線である。図中の設計計算値は、ボルト軸力を分布荷重に換算し、上 PICO リブ間をスパンとした両端固定梁とモデル化して算出したものである（図-4.45 参照)。圧縮側は橋脚柱のリブにより補剛されたボルト定着板も圧縮力の伝達に寄与するため、上 PICO 板への負担が小さく圧縮側に貼付した UPL-1～4 のひずみは小さいものとなっている。一方、引張側（UPL-5～16）は、ボルト軸力がダイレクトに集中荷重として、上 PICO 板部に作用するため、ひずみ値も総じて大きなものとなっている。P=500kN までは、概ね線形に推移するが、P=500kN をこえると降伏域が拡がり応力の再分配により、ひずみの増分は大きくなる傾向を示している。リブ間スパン中央部に貼付したゲージ（UPL-５～8）は、スパン方向のひずみは小さく、載荷方向のひずみが大きいものとなっている。リブ近傍に貼付したゲージ（UPL-9～16）は、スパン中央部よりも大きいひずみが生じているが、両端固定梁としてモデル化して算出した計算値により概ね評価できる。

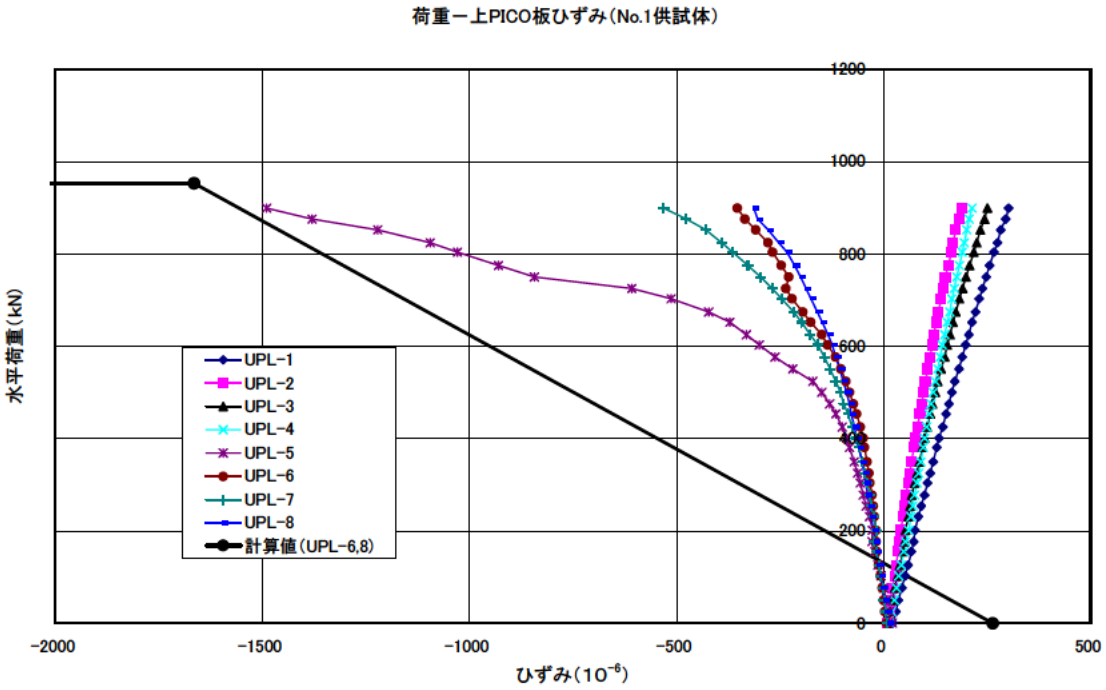


図-4.42　荷重－上ＰICO 板ひずみ（No.1 供試体）

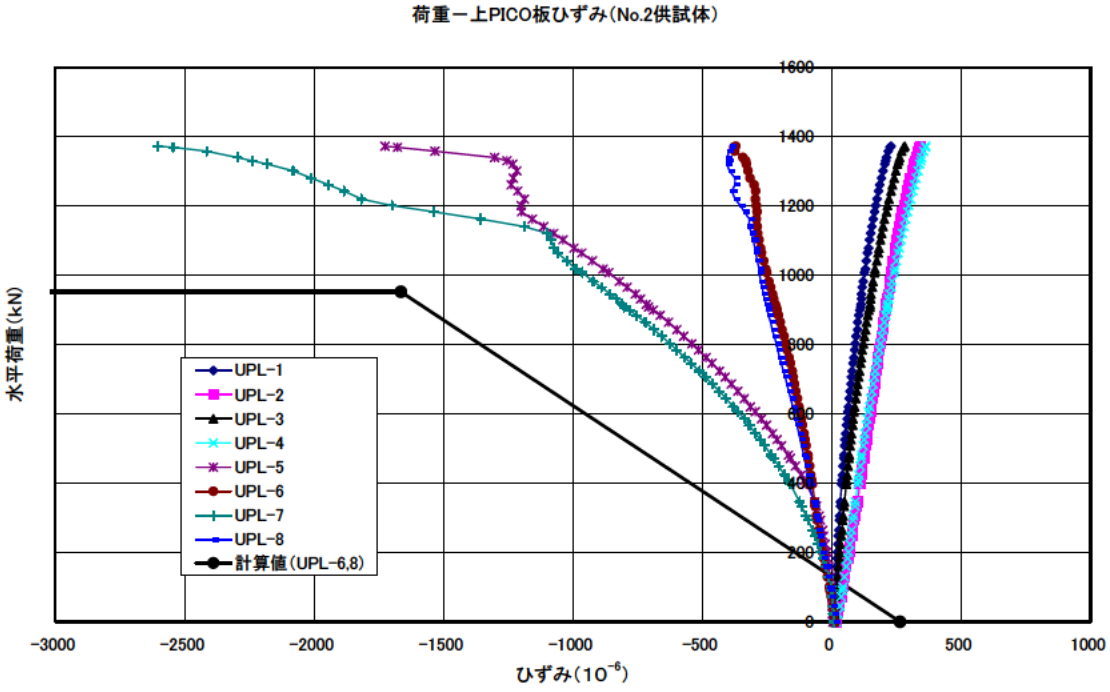


図-4.43　荷重－上 PICO 板ひずみ（１）（No.2 供試体）

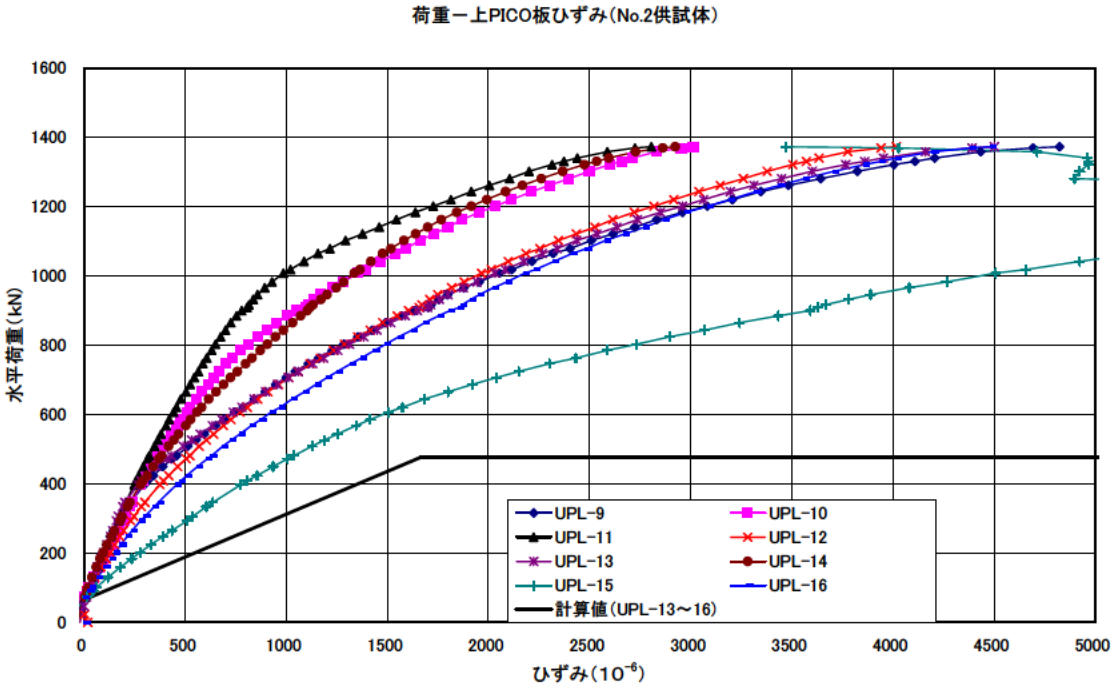


図-4.44　荷重－上ＰICO 板ひずみ（２）（No.２供試体）

・ボルト軸力を分布荷重に換算
・上PICO連結リブ間をスパンとした両端固定梁とモデル化して計算値を算出

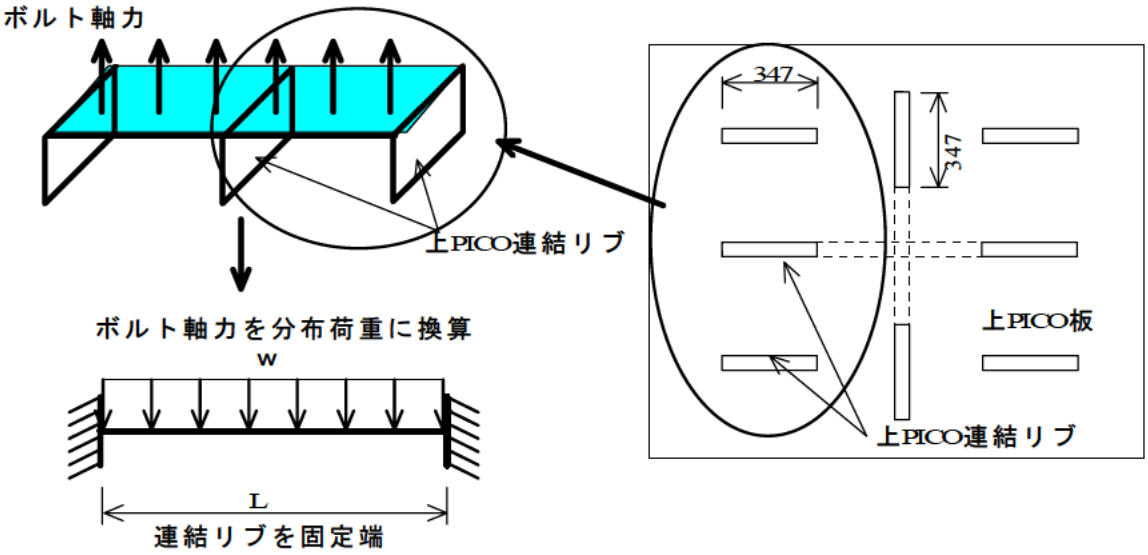


図-4.45　上 PICO 板の設計計算値算定モデル

4.5.6　下 PICO 板部

図-4.46 は No.1 供試体の、図-4.47～4.49 は No.2 供試体の下 PICO 板の荷重－ひずみ曲線である。図中の設計計算値は、下 PICO リブに作用する力を分布荷重に換算し、底版 PICO との溶接で囲まれた下 PICO リブに作用板の一部を、四辺固定板にモデル化して算出したものである（図-4.50 参照）。リブ間スパン中央部に貼付したゲージ（LPL-1～8）のひずみ値は、載荷方向と載荷直角方向で正負の差（載荷方向が正のひずみ（引張）、直角方向負のひずみ（圧縮））はあるものの、ひずみの大きさにあまり差異はなく、総じて小さいひずみとなっている。圧縮側のリブ近傍に貼付したゲージ（LPL-9～12）のひずみは総じて小さい。引張側のリブ近傍に貼付したゲージの内、リブ間に貼付した LPL-13～20 のひずみは比較的小さく、リブ中央部に貼付した LPL-21～24 は比較的大きなものとなっており、下 PICO と底版 PICO との溶接部側に力が流れていることが伺える。

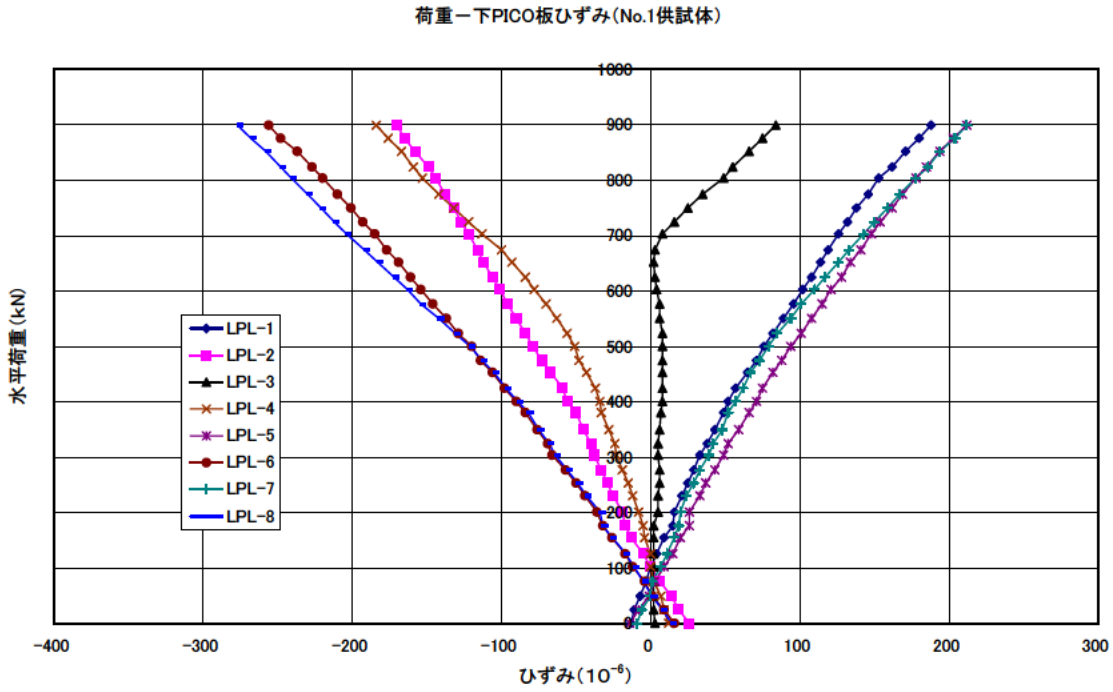


図-4.46　荷重－下ＰICO 板ひずみ（No.1 供試体）

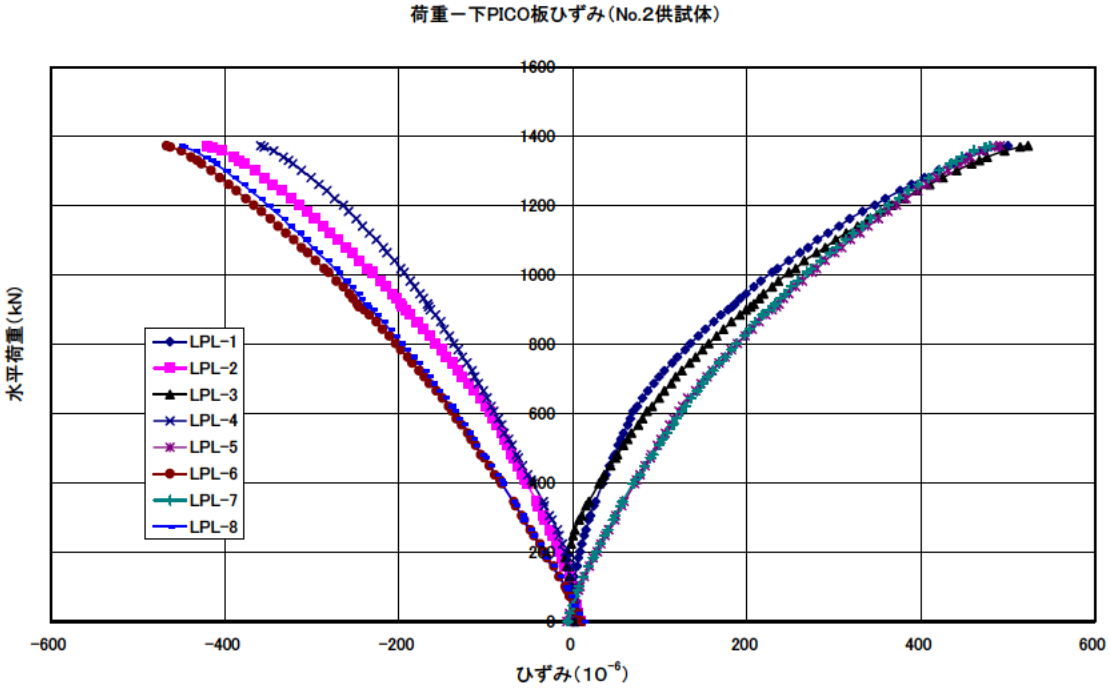


図-4.47　荷重－下ＰICO 板ひずみ（１）(No.２供試体)

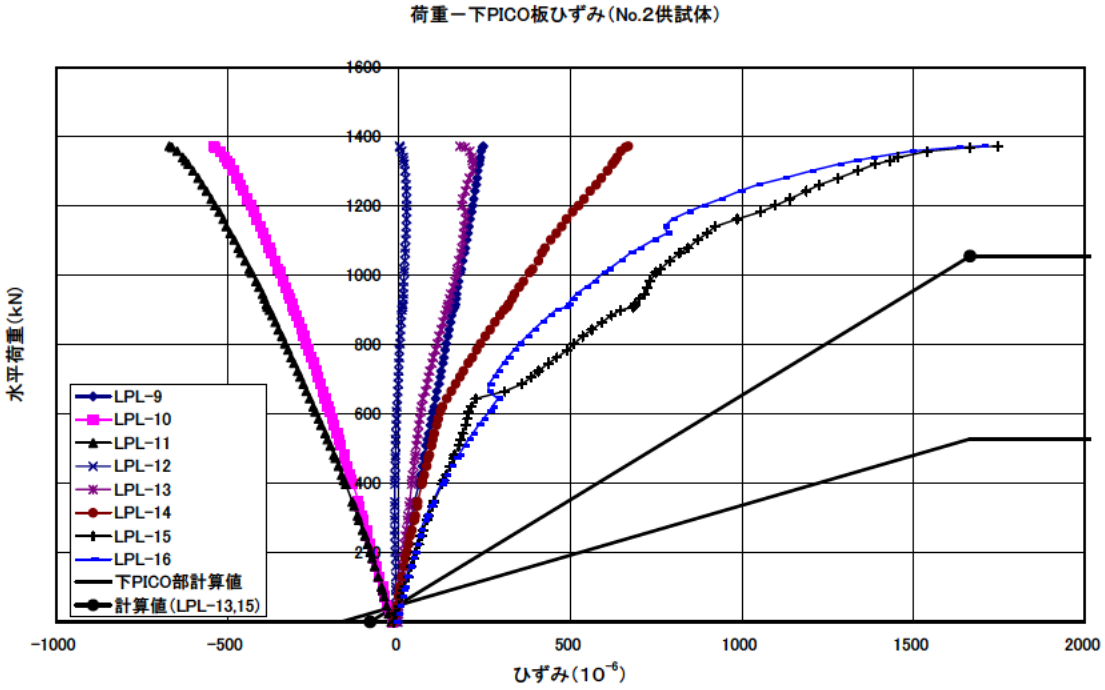


図-4.48　荷重－下 PICO 板ひずみ（２）(No.２供試体)

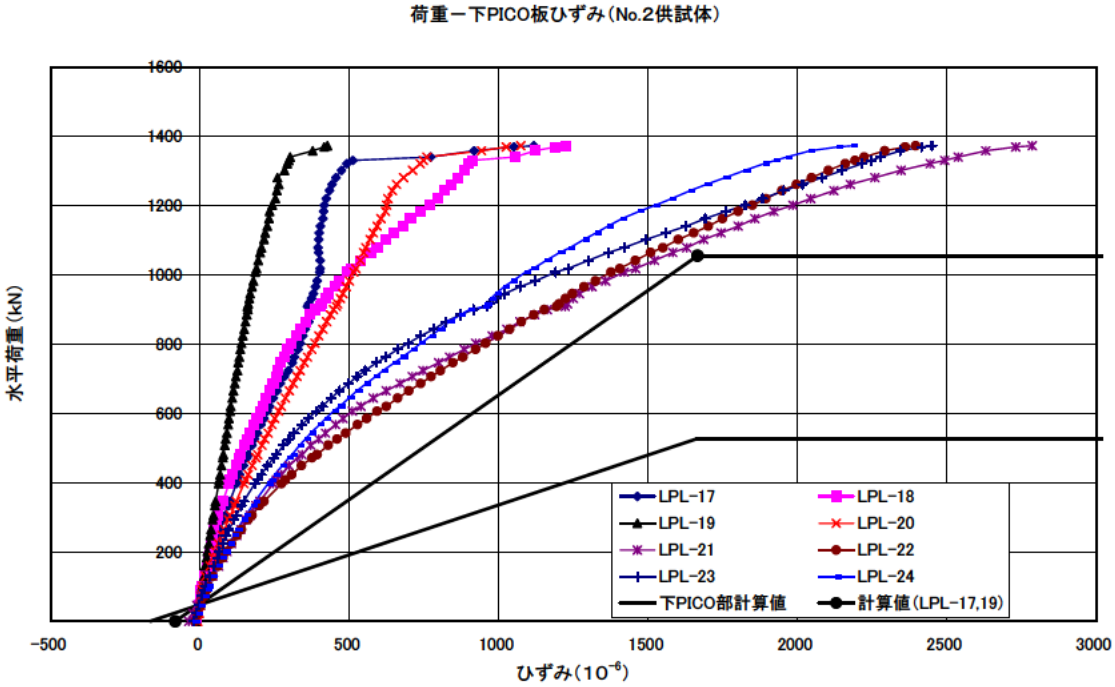


図-4.49　荷重－下ＰICO板ひずみ（３）(No.２供試体)

・下PICOリブに作用する荷重を分布荷重に換算
・底版PICOとの溶接で囲まれた下PICO板の一部を、４辺固定板にモデル化し、計算値を算出

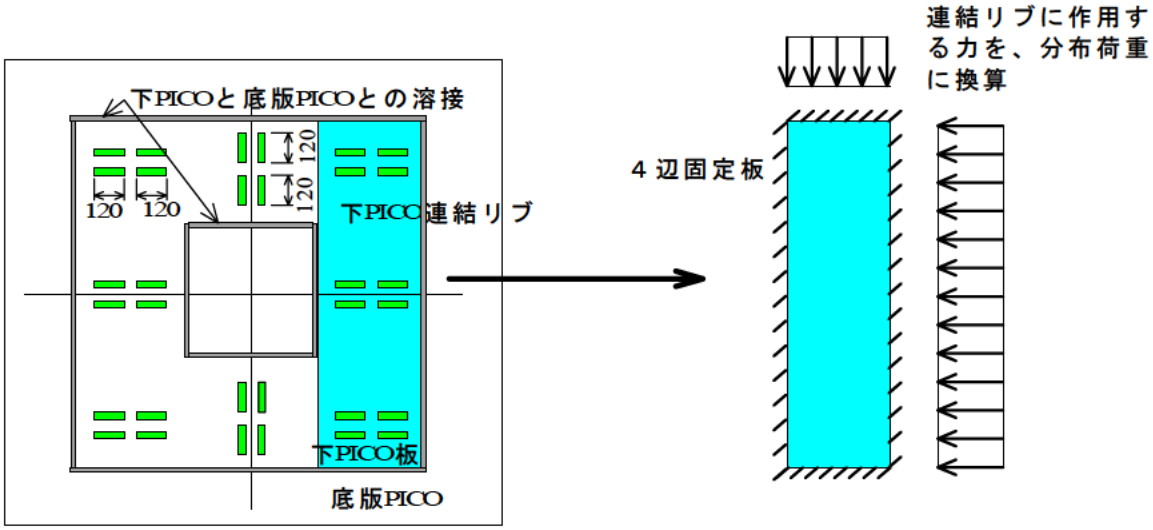


図-4.50　下PICO板の設計計算値算出モデル

4.5.7　基礎杭補強リブ

図-4.51 は No.1 供試体の、基礎杭補強リブの荷重－ひずみ曲線である。圧縮側および引張側においても、正負の違いがあるものの、ほぼ同程度のひずみの大きさを計測されており、その大きさは小さいものとなっている。

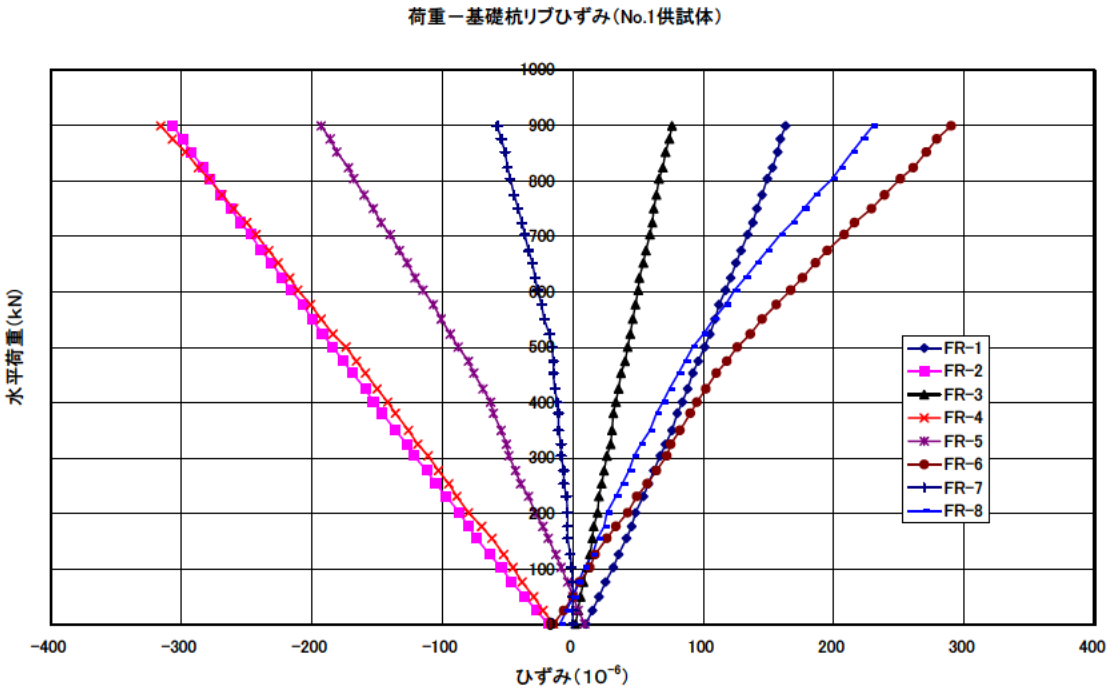


図-4.51　荷重－基礎杭ひずみ（No.1 供試体）

4.5.8　まとめ

① ２つの供試体による載荷試験によって、PICO 治具が十分な強度性能を有することを確認できた。

② ２つの供試体の比較により、1/100 の傾斜誤差を補正した影響はほとんどないと言える。

③ PICO 治具の曲げ剛性に等価剛性率を考慮して、曲げ剛性を補正することにより、実際の変位量等を算定することができる。

④ 今回得られた試験データにより、PICO 治具の力の流れを把握・確認することができた。

⑤ 許容応力度法に基づいた各部位の設計計算法は、試験データと設計計算値を比較検証した結果、概ね妥当であることがわかった。

⑥ 各部位の設計計算法に基づき、今回の供試体リブ配置等を勘案することで、所要の性能を有する PICO 治具を設計することが可能である。

資料－１　状況写真

(1)公開試験



概要説明状況



供試体



載荷試験状況

(2)材料試験



SM490 試験片（試験前）



すみ肉溶接試験片（試験前）



引張試験状況



引張試験状況



SM490 試験片（試験後）



すみ肉溶接試験片（試験前）

(3)磁粉探傷試験



使用機器

ハンディマグナ

紫外線探傷灯

蛍光磁粉液



試験状況

底版 PICO と下 PICO の接合部



試験状況

下 PICO と上 PICO の接合部

目　　次

1．はじめに …… 5- 1
2．供試体 …… 5- 2
3．設置状況確認試験 …… 5- 5
　3.1　試験概要 …… 5- 5
　3.2　作業員の編成 …… 5-13
　3.3　試験項目 …… 5-13
　3.4　試験結果 …… 5-14
　　3.4.1　設置状況の確認 …… 5-14
　　3.4.2　出来映えの確認 …… 5-15
4．まとめ …… 5-16

巻末資料
　資料-1　状況写真 …… 5-17

1. はじめに

「すいすい MOP 工法」は、急速施工と工事中の二次渋滞緩和を目指した立体交差技術であり、その急速化を可能としている構成技術のひとつが「タイロッド式擁壁工法」である。この「タイロッド式擁壁工法」は、アプローチ部の盛土区間の側壁を景観プレキャストパネル、H鋼親杭及びタイロッドで構成することにより、従来工法のコンクリート擁壁と比較して、鉄筋・型枠の組立、コンクリートの打設・養生の工程が不要となるため、大幅な工期短縮とコスト縮減を実現することができる。また、すべての工程を擁壁内側より施工することができるため、一般通行車両への影響を最小限に抑えることができる。

今回の試験では、「タイロッド式擁壁工法」において新たに開発した景観プレキャストパネルの設置状況について、実物大の供試体を製作し、景観プレキャストパネルの連続性や美観及び固定ボルトの性能を確認する設置状況確認試験を実施したものであり、本報告書はこの試験結果をとりまとめたものである。

2. 供試体

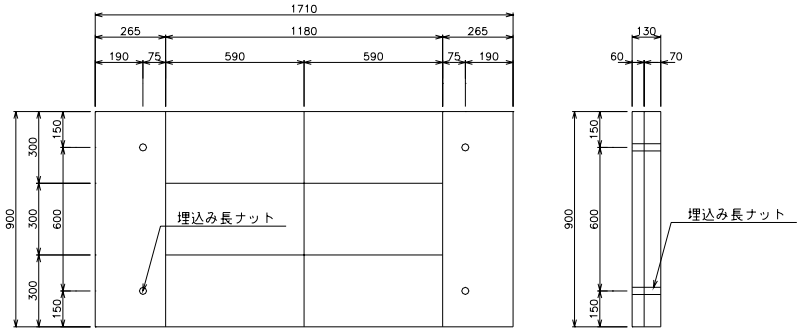
本試験の供試体は、実施工における景観プレキャストパネルの連続性や美観及び固定ボルトの性能を確認するため、実物大の供試体を用いた。また、H鋼親杭については、実施工における打設誤差を再現できる構造とした。

供試体の諸元と使用材料を表-2.1 に、図-2.1～2.2 に供試体の図を示す。

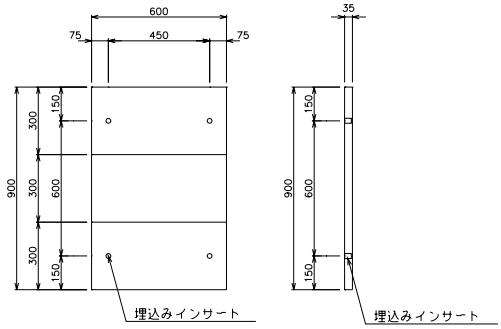
表-2.1　供試体の諸元

名　　称	寸法（㎜）	使用材料
柵板パネル	(W)1,710×(H)900×(t)130	コンクリート（σ_{ck}＝35 N/㎟） 鉄筋（SD345）
目隠しパネル	(W)600×(H)900×(t)35	コンクリート（σ_{ck}＝35 N/㎟）
固定ボルト	φ16×(L)150	SS400
H型鋼	300×300×10×15	SS400

柵板パネル



目隠しパネル



固定ボルト

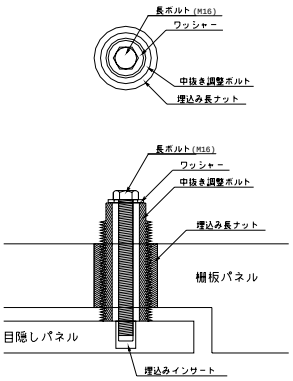
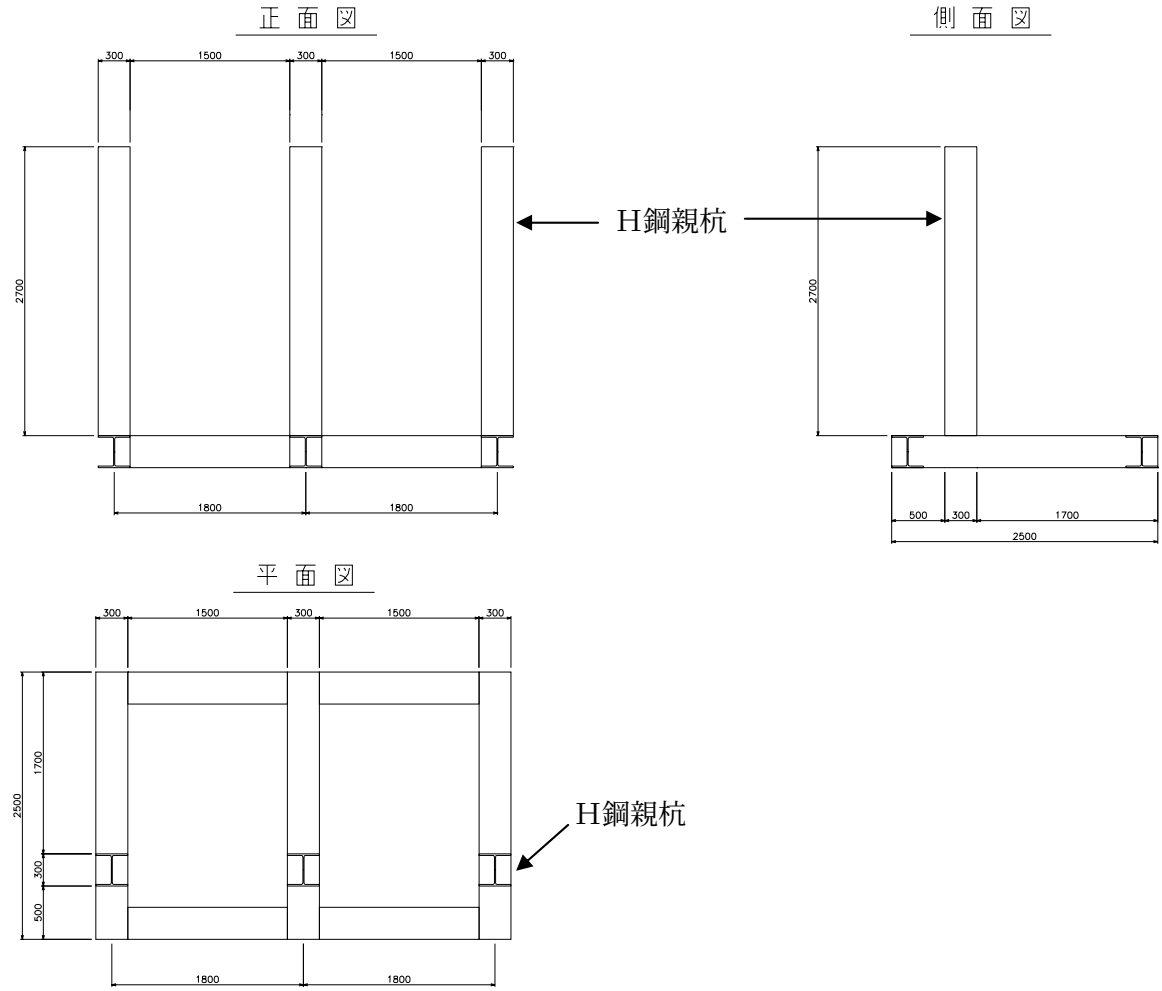


図-2.1　景観プレキャストパネル供試体図（その１）

H鋼親杭架台



壁面パネル設置状況

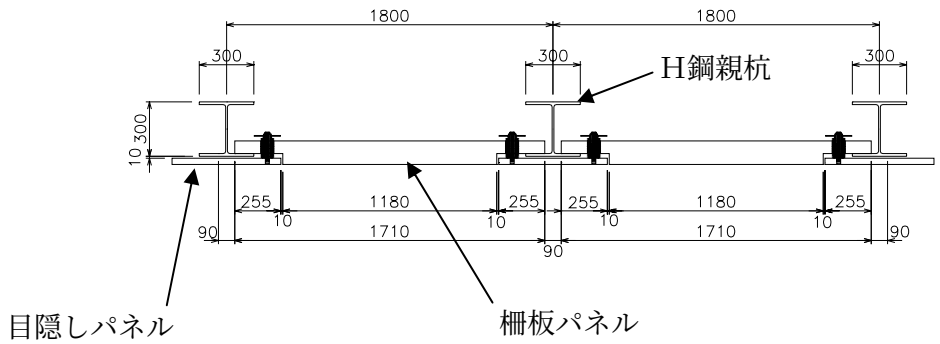


図-2.2　景観プレキャストパネル供試体図（その２）

3. 設置状況確認試験

3.1 試験概要

設置状況確認試験は、景観プレキャストパネルの設置状況を確認するため、H鋼親杭の打設誤差を考慮し、以下の条件において実施した。また、ケース⑥の条件においてグラウトの充填性について確認した。

ケース① 水平移動時 （中央のH鋼親杭を水平に 25㎜ 移動させる）
ケース② 垂直外移動時（中央のH鋼親杭を外側に 25㎜ 移動させる）
ケース③ 垂直内移動時（中央のH鋼親杭を内側に 25㎜ 移動させる）
ケース④ 回転捻れ時 （中央のH鋼親杭頭部を 5°回転させる）
ケース⑤ 垂直内倒れ時（中央のH鋼親杭を 13.5㎜ （H/200）転倒させる）
ケース⑥ 回転捻れ＋垂直外移動時
（中央のH鋼親杭を 5°回転、外側に 10㎜ 移動させる）
ケース⑦ 垂直交差倒れ時
（中央のH鋼親杭を根元部 7㎜ 外側、頭部 7㎜ 内側に移動させる）

景観プレキャストパネルの設置は、実施工と同様にクレーンで最下段より順次行い、本試験においては、３段目（H=2.7m）まで設置した。

試験概要図を図-3.1～3.7 に示す。

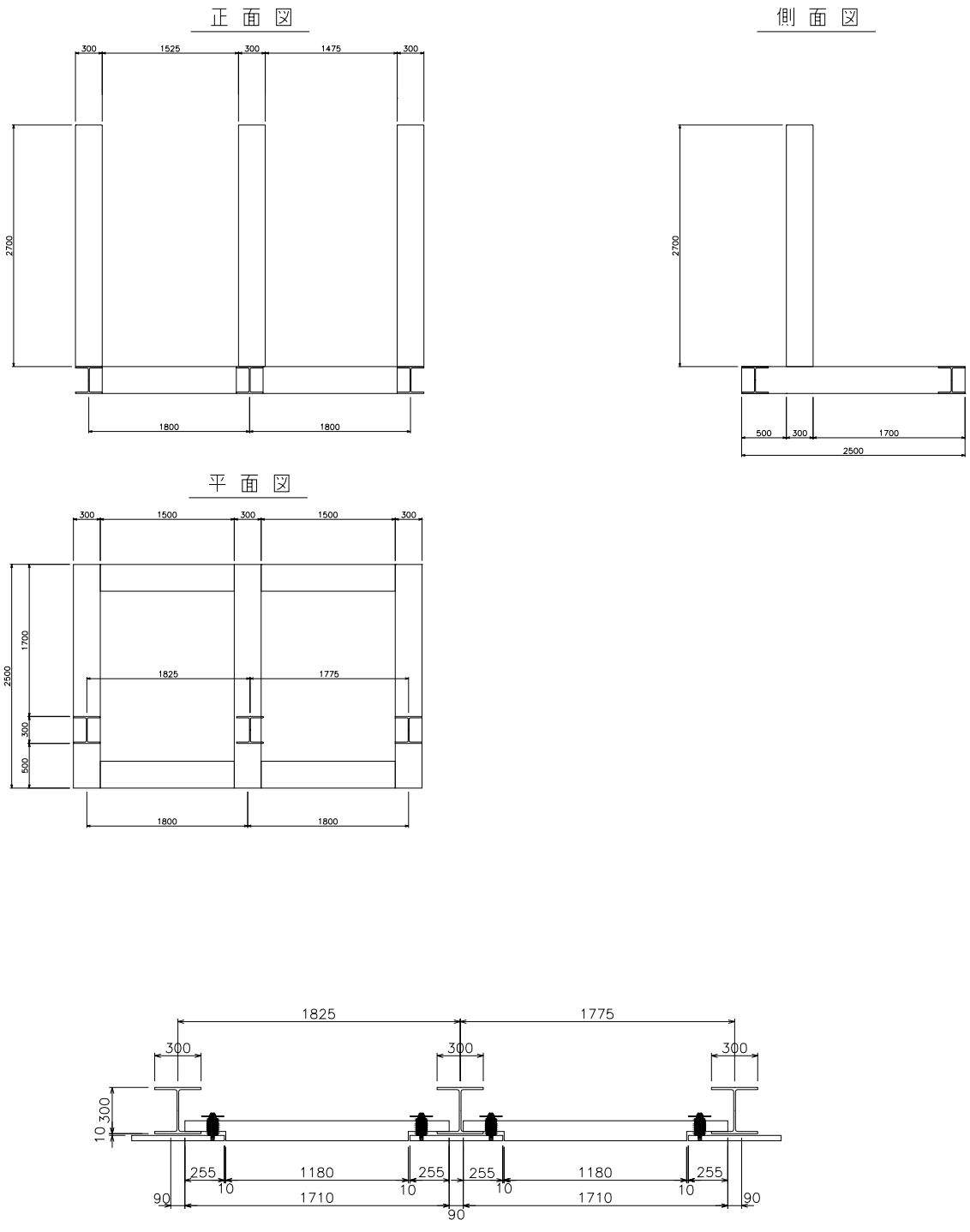

正面図
300
1525
300
1475
300
2700
1800
1800
側面図
2700
500
300
1700
2500
平面図
300
1500
300
1500
300
2500
1700
1825
1775
300
500
1800
1800
1825
1775
300
300
300
10
300
255
1180
255
255
1180
255
10
10
10
10
90
1710
1710
90
90

図-3.1　水平移動時（25㎜）

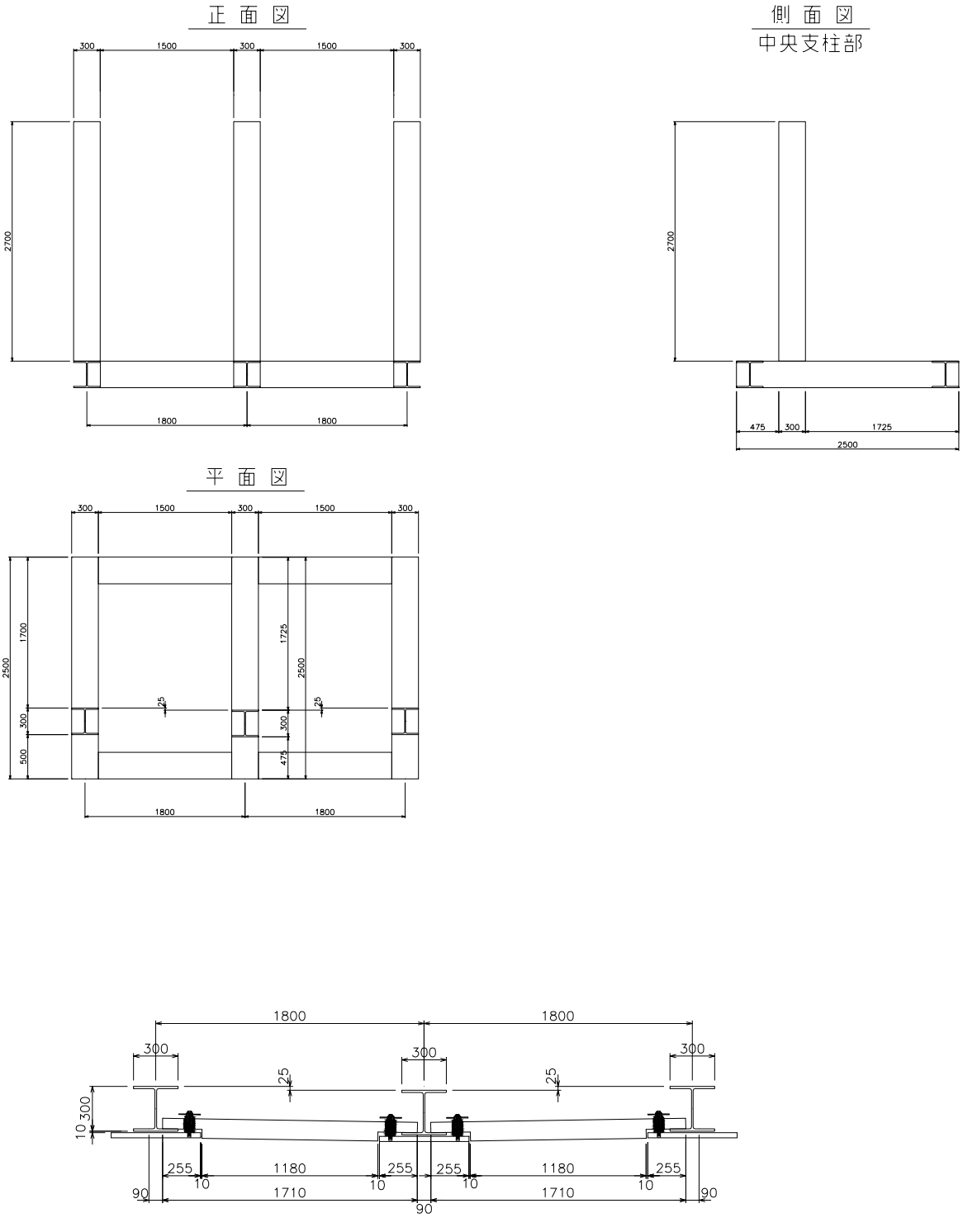


図-3.2　垂直外移動時（25㎜）

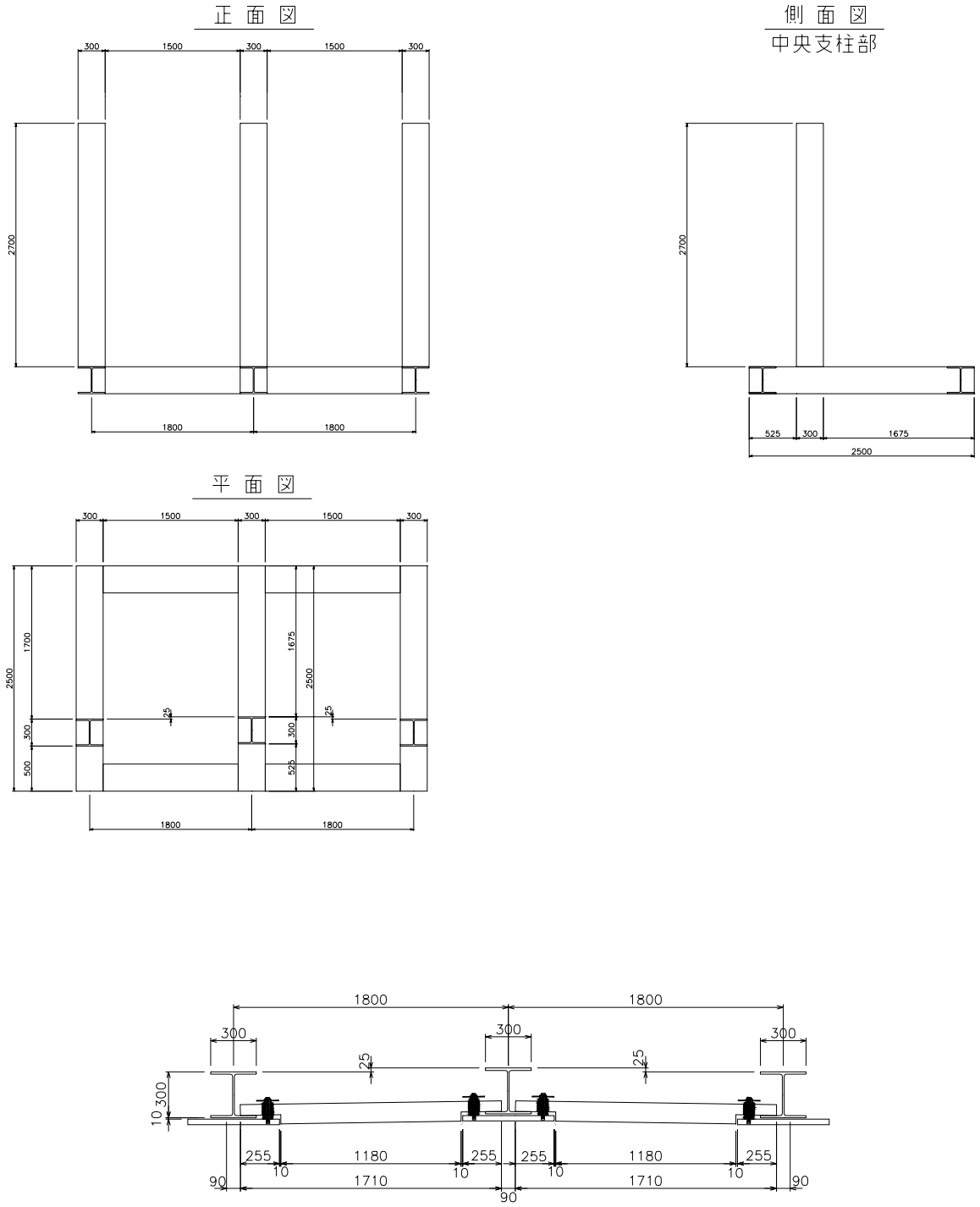


図-3.3　垂直内移動時（25㎜）

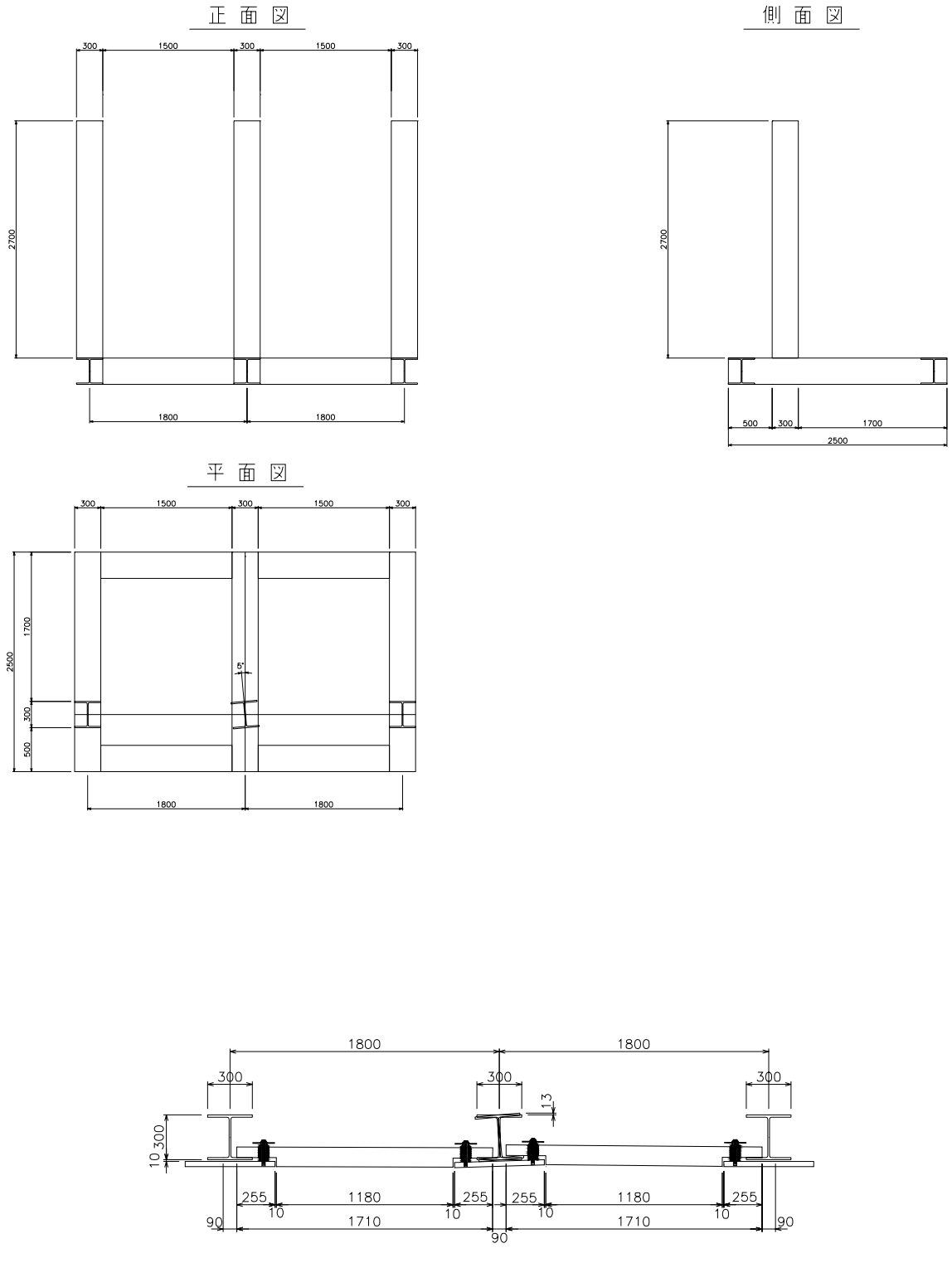

正面図
300
1500
300
1500
300
2700
1800
1800
側面図
2700
500
300
1700
2500
平面図
300
1500
300
1500
300
2500
1700
300
500
5°
1800
1800
1800
1800
300
300
300
13
10
300
255
1180
255
255
1180
255
10
10
10
10
90
1710
1710
90
90

図-3.4　回転捻れ時（5°）

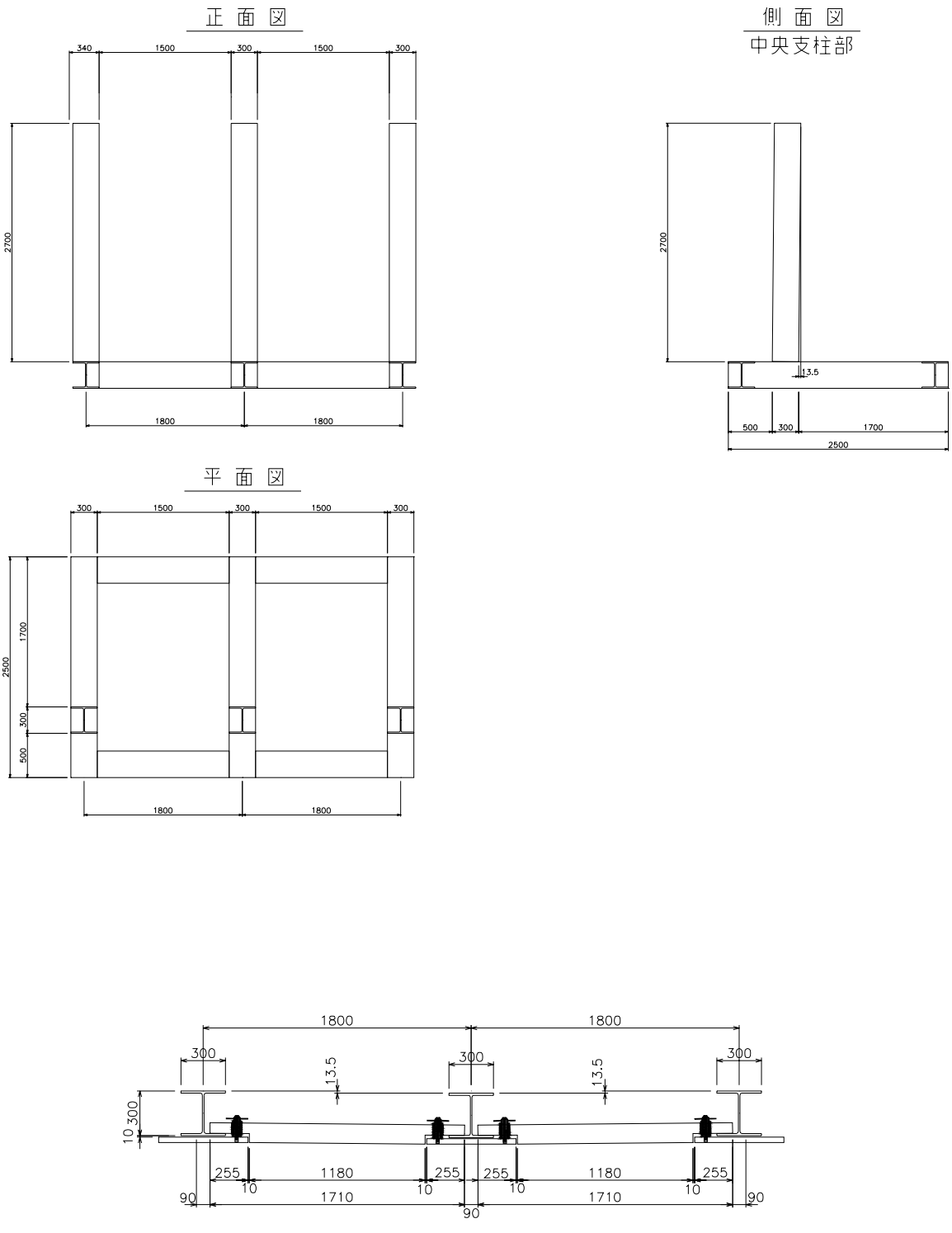


図-3.5　垂直内倒れ時（H/200=13.5㎜）

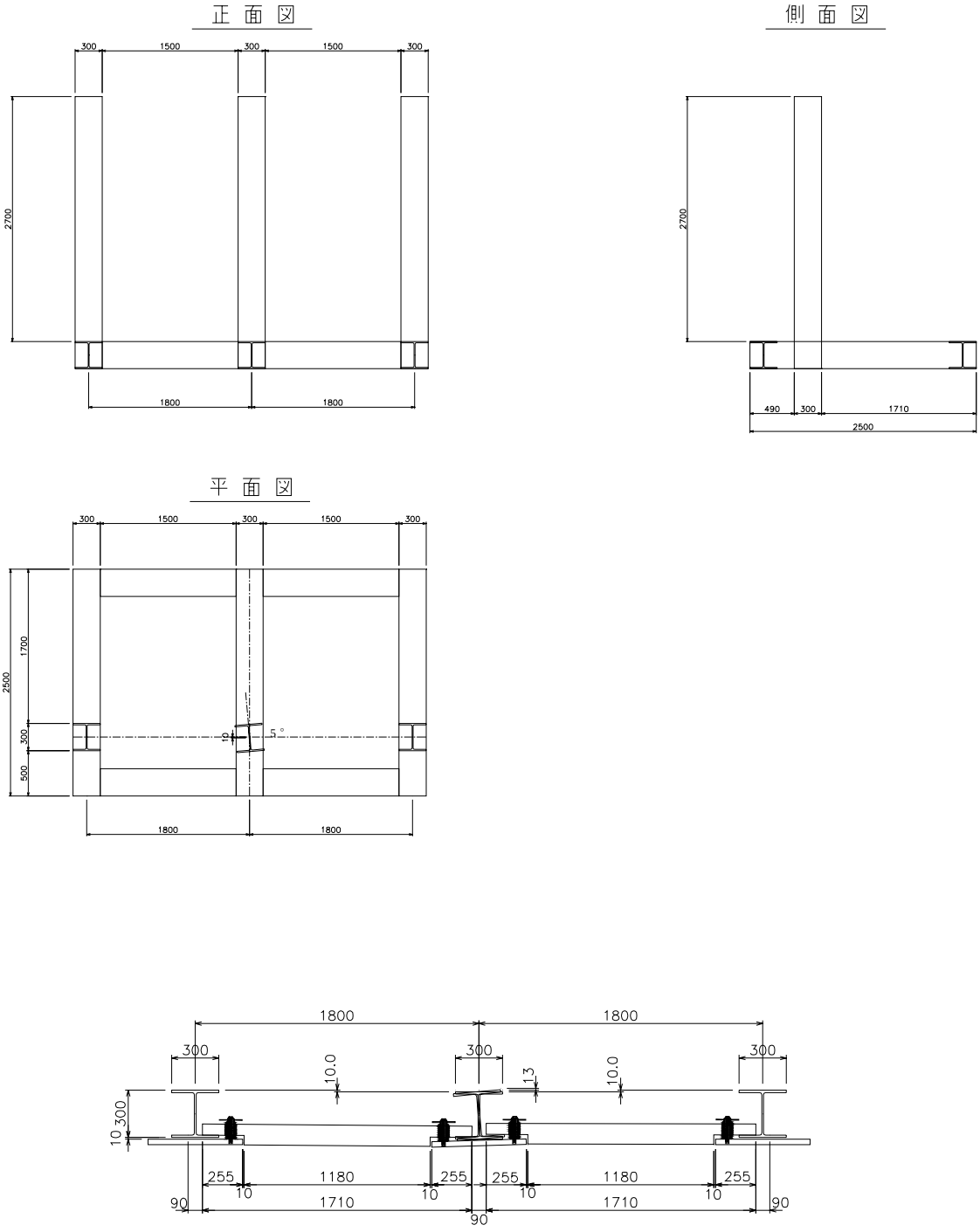


図-3.6　回転捻れ（5°）＋垂直外移動（外側 10㎜）

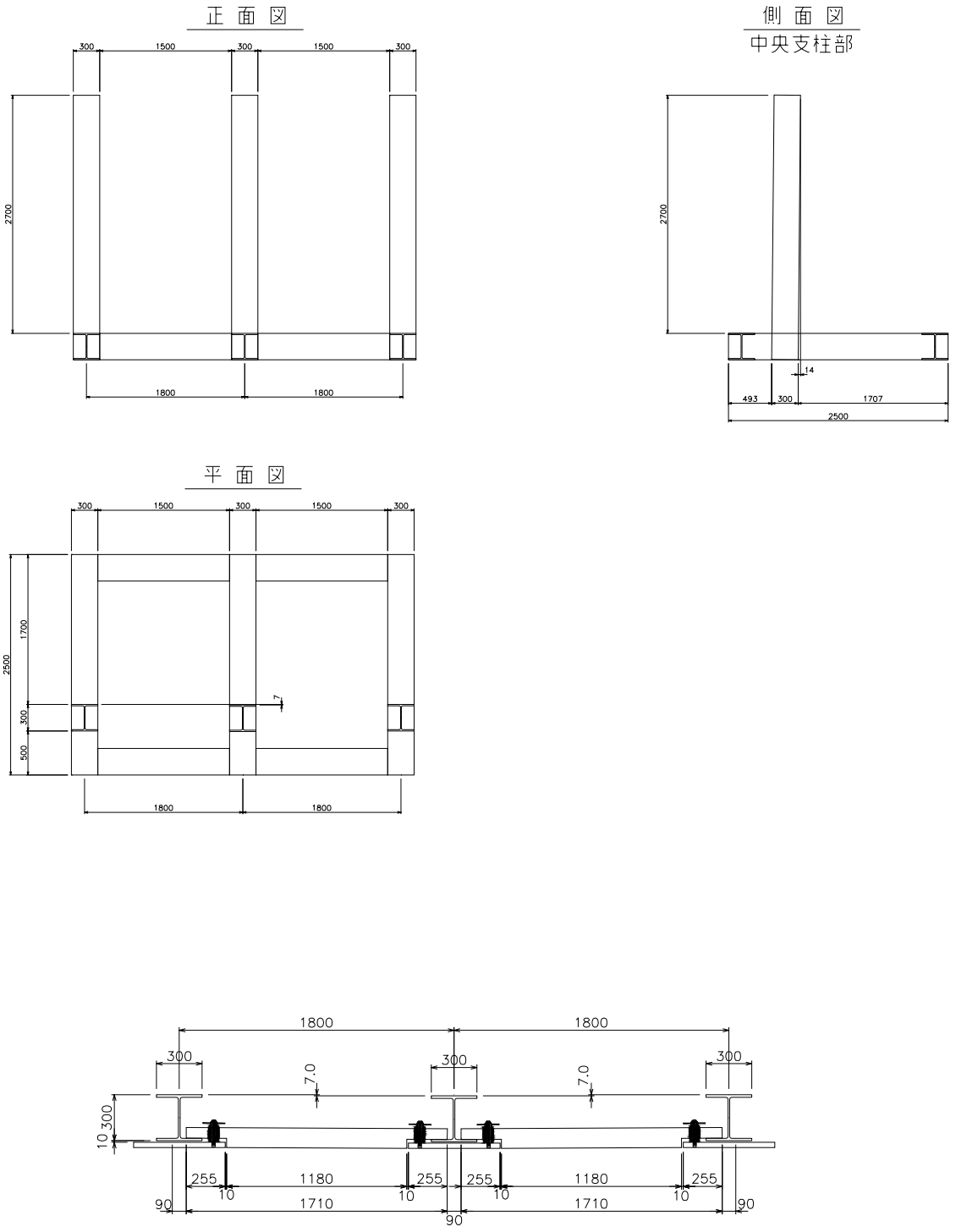


図-3.7　垂直交差倒れ時（外側 7㎜、内側 7㎜）

3.2　作業員の編成

実施工時と同様に、以下の作業員の編成で試験を行った。

(1)景観プレキャストパネル取付：	世話役	1人
	ｸﾚｰﾝｵﾍﾟﾚｰﾀｰ	1人
	作業員	2人
	計	4人
(2)グラウト充填	：	世話役	1人
		作業員	1人
		計	2人

3.3　試験項目

本試験の試験項目を表-3.1 に示す。

表-3.1　試験項目

試験項目	内　　容	備　　考
設置状況の確認	・景観プレキャストパネルの設置方法の確認 ・固定ボルトの性能 ・グラウトの充填性	
出来映えの確認	・景観プレキャストパネルの連続性や美観の確認	

3.4　試験結果

3.4.1　設置状況の確認

(1)景観プレキャストパネルの設置方法

景観プレキャストパネルの設置方法は、図-3.8 に示すように、柵板パネルを順次先行して設置した後、目隠しパネルを取付ける方法で実施した。

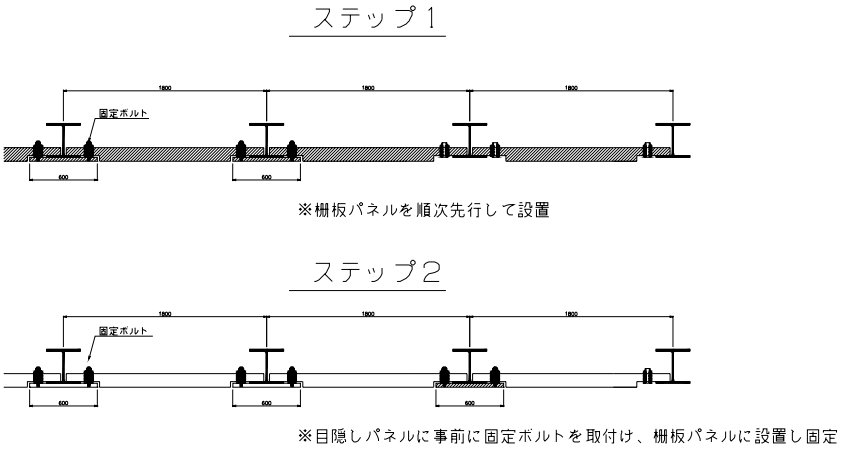


図-3.8　景観プレキャストパネル設置方法

この設置方法により、景観プレキャストパネルを擁壁内側より設置することができ、その作業性も良好であった。

(2)固定ボルトの性能

固定ボルトは、中抜き調整ボルトと長ボルトを併用しながら調整することで、容易に目隠しパネル等の取付位置を調整することができた。当初は中抜き調整ボルト回転用の治具を計画していたが、手作業で容易に中抜き調整ボルトを回転させることができるため、特別な治具は不要であることが確認できた。

(3)グラウトの充填性

最終的にグラウトを充填し、一体化させる柵板パネルと目隠しパネルとの空隙部は、鉛直目地方向に円形目地パッキン（φ40㎜）を水平目地方向に漏水用の目地パッキン（t=20㎜）を貼付けた後、グラウトの充填を実施した。

グラウトの充填を実施した結果、目地部からグラウト材が流出することなく、柵板パネルと目隠しパネルとの空隙部に確実に充填されることが確認できた。

3.4.2　出来映えの確認

(1)景観プレキャストパネルの連続性や美観

H鋼親杭の打設誤差は、目隠しパネル等の微調整を行うことで容易に吸収できるため、各条件下において従来型パネルのような極端な段差がなく、景観プレキャストパネルの連続性を保て、美観的にも優れていることが確認できた。今回、柵板パネルと目隠しパネル及びH鋼親杭前面と目隠しパネルとのクリアランスを 10㎜ としたが、この程度のクリアランスがあれば、H鋼親杭の施工誤差の吸収と景観プレキャストパネルの設置に支障がないと考える。また、今回の試験状況から、捻れに対する誤差吸収が最も厳しく、実施工に当っては、定規とH型鋼のクリアランス等をシビアに管理することが重要である。

4. まとめ

設置状況確認試験の結果より、以下のことが確認できた。

① 景観プレキャストパネルは、擁壁内側より設置することができ、その作業性も良好であった。

② また、固定ボルトを回転させることにより、容易に目隠しパネル等の取付位置を調整することができた。

③ 柵板パネルと目隠しパネルとの空隙部には、目地材を適切に使用することで、確実にグラウトが充填されることを確認できた。

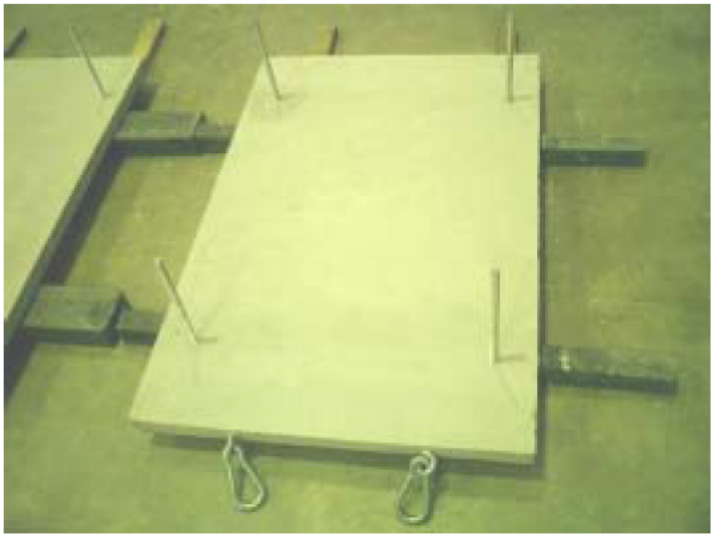
④ H鋼親杭の打設誤差は、目隠しパネル等の微調整を行うことで容易に吸収できるため、景観プレキャストパネルの連続性を保て、美観的にも優れていることを確認できた。

資料－１　状況写真

(1)景観プレキャストパネル



柵板パネル



目隠しパネル
（長ボルト付）



中抜き調整ボルト
埋込み長ナット

(2)景観プレキャストパネル取付状況（改良）



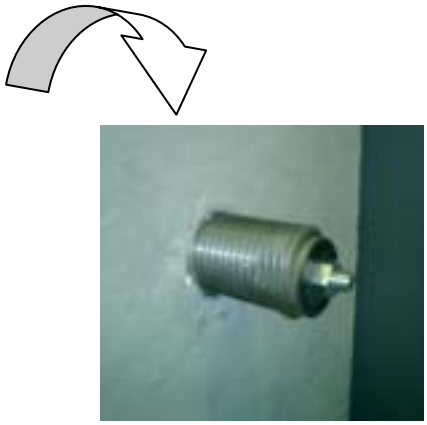
柵板パネル設置



目隠しパネル設置



固定ボルト取付





取付完了
（回転捻れ 5°
＋垂直移動 10mm）



取付完了
（回転捻れ 5°
＋垂直移動 10mm）



目隠しパネル部詳細

(3) グラウト注入状況



目地材取付状況

漏水用目地パッキン
(t=20mm)



円形目地パッキン
(φ40mm)



グラウト注入状況



グラウト完了

目　　次

1.　はじめに …… 6- 1

2.　構造形式 …… 6- 2

3.　施工方法及び工程計画 …… 6- 6

4.　外部コスト …… 6-25

1.　はじめに

交差点の立体化は、現地工事が 2 年程度と長期間にわたるため、工事渋滞による経済への影響や、騒音・大気汚染など周辺環境悪化が問題となる。また既存の道路内での施工のため、工事中の交通への影響を最小にする必要がある。そのため、工事中における社会的損失（本報告書では外部コストと定義する）の少ない工法の開発が必要となる。

図-1.1 に、工事中の外部コスト改善額模式図を示す。

工事中の外部コストの低減には、急速施工化による施工期間の短縮と、工事中の二次渋滞緩和による 1 日当りの損失額の縮減が必要となる。都市部の立体化工事では、新たな用地の確保が困難な場合が多く、既存交通容量を極力確保し、周辺住民や物流の動線を確保することが必要となる。

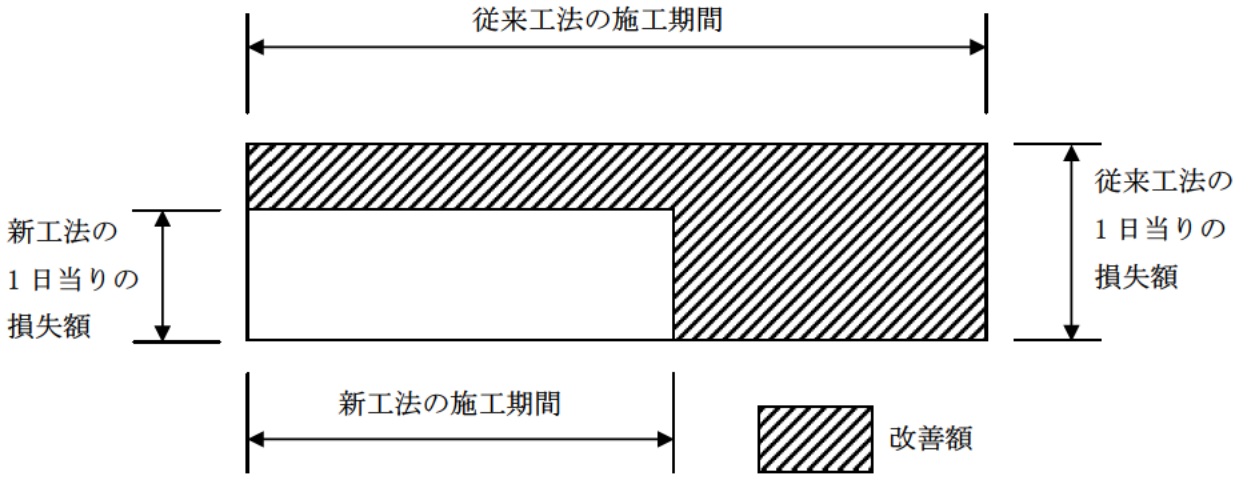


図-1.1　従来工法と新工法の外部コストの改善額模式図

「すいすい MOP 工法」は、「モジュール桁工法」、「橋脚柱先行建て込み工法」などにより、施工の急速化と、施工時占用領域の最小化を図るとともに、交差点における右折レーンの確保を可能にし、工事中の二次渋滞緩和を目指した施工法である。

本報告書は、モデル地点における「すいすい MOP 工法」と従来工法の工事中における外部コストの比較を行い、外部コストの改善効果を確認した結果をとりまとめたものである。

2. 構造形式

従来工法及びすいすいMOP工法の構造形式を、表-2.1及び、図-2.1～2.3に示す。

表-2.1　構造形式

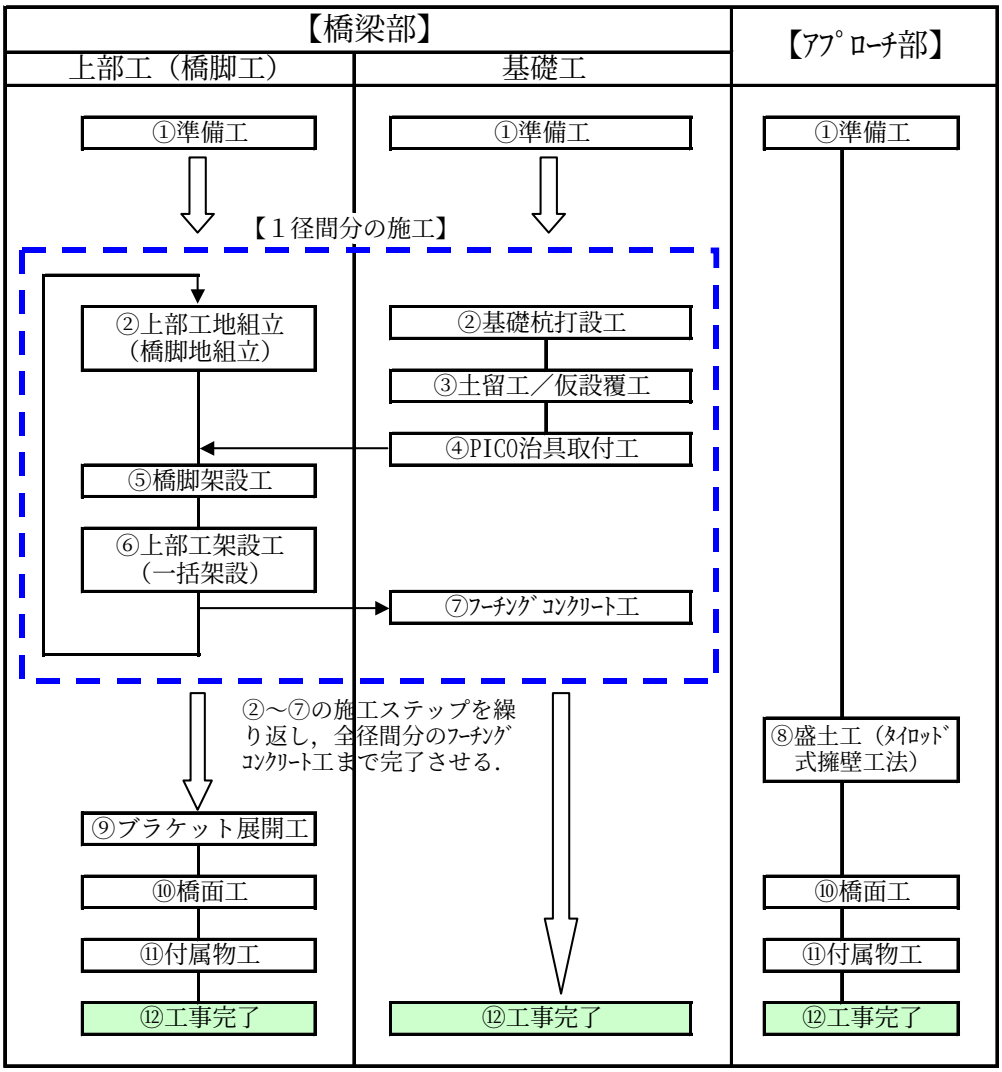
区分	項目	従来工法	すいすいMOP工法
全体	全長	450.0m	434.0m
	縦断勾配	+5%～-5%	+5%～-5%
	横断勾配	2%山形勾配	2%山形勾配
橋梁部	橋長	200m	183.7m
	上部工形式	5径間連続鋼床版箱桁橋(沓受構造)	5径間連続鋼床版鈑桁橋（剛結構造）
	橋脚形式	鉄筋コンクリート製橋脚 ／場所打ち杭	鋼製橋脚／橋脚埋込み方式 ／鋼管杭
	橋台形式	鉄筋コンクリート製橋台 +場所打ち杭	橋台代替構造（端部橋脚+擁壁構造） +鋼管杭
	施工方法	オールステージング工法	移動多軸台車による一括架設システム +モジュール桁工法 +橋脚柱先行建て込み工法
アプローチ部	盛土長	125m×2	125m×2
	形式	U型＋L型擁壁構造	タイロッド式擁壁構造

3.　施工方法及び工程計画

すいすい MOP 工法の一般的な施工フローを図-3.1 に示す。

橋梁部においては、1 径間分の施工を 1 サイクルとして、施工が繰り返される。この場合、上部工地組立と基礎杭打設工は、ヤードを別にする（上部工地組立はアプローチ部で、基礎杭打設工は橋梁部で、それぞれ施工する）ことで、同時並行作業が可能となる。1 径間分の上部工地組立が完了すると、移動多軸台車を用いて上部工の一括架設を行う。このとき基礎杭の頭部に取り付けられた PICO 治具で基礎杭と橋脚を先行接合することで、フーチングコンクリート工をクリティカルパスからはずし、工期短縮が図れることになる。アプローチ部については、基本的に、上部工の架設が完了した後、作業を開始する。

図-3.1　施工フロー図



すいすい MOP 工法の施工ステップ図を図-3.2～3.8、交通規制図を図-3.9～3.14、現地施工工程表を図-3.15 に示す。

比較対象となる従来工法の施工ステップ図兼交通規制図を図-3.16～3.18、現地施工工程表を図-3.19 に示す。

4. 外部コスト

外部コストは、交通シミュレーションを用いて、当該交差点に対して１時間に通過する全車両の通行所要時間を算出し、工事開始前との所要時間の差により工事渋滞による総遅れ時間を算出した。これを貨幣換算化により１時間当たりの損失額とし、交通規制毎の所要時間を掛け合わせて全体額を算出した。なお、交通シミュレーションでは、各交通規制形態に対して、時間別交通量から時間帯をピーク時（1 時間)、オフピーク時（11 時間)、夜間（12 時間）の３分類とし、それぞれの１時間当りの通行所要時間を算出している。

外部コストの評価項目は、道路利用者に対する項目である走行時間に時間価値を乗じて算出した走行時間損失、燃料費などの消耗品を走行費用として推定した走行費用損失、沿道および地球環境に対する項目である CO_2 排出量より推定した地球温暖化損失、NOX および SPM の排出量より推定した大気汚染損失の 4 項目で構成している。これらを累計した外部コストにより、すいすい MOP 工法と従来工法の比較を行った。

従来工法の外部コスト試算結果を表-4.2 に示す。

従来工法は、図-3.18 より現地施工日数 682 日と工期が 2 年程度と長期間にわたり、そのうち、643 日が交差点付近の右折レーンが確保できない期間である。その結果、表-4.2 のように工事渋滞による外部コストは合計 71.3 億円となっている。

表-4.1　従来工法の規制状況と外部コストケース名

交通規制と施工ステップ状況		外部コストケース名
Step 1	下部工(1)	1-1-1、1-2-1、1-3-1
Step 2	下部工(2)	1-1-2、1-2-2、1-3-2
Step 3	盛土工	
Step 4	上部工(1)	
Step 5（昼）	上部工(2)	
Step 5（夜）	上部工(2)	1-3-3

表-4.2　従来工法の外部コスト

条件	ケース	工事期間		走行時間損失額(万円)		走行経費損失額（万円）		総地球温暖化損失額(万円)		総大気汚染損失額（万円）		計
		日数	時間数	時間あたり	全工事期間	時間あたり	全工事期間	時間あたり	全工事期間	時間あたり	全工事期間	(万円)
ピーク（1時間）	1-1-1(対象道路)	39	39	46.90	1829.29	1.36	52.93	0.11	4.30	0.15	5.86	**1892**
	1-1-2（対象道路）	643	643	364.36	234283.48	8.40	5401.20	0.81	520.83	1.06	681.58	**240887**
	1-1-2（迂回道路）			4.81	3092.83	1.58	1015.94	0.05	32.15	0.06	38.58	**4180**
オフピーク（11時間	1-2-1(対象道路)	39	429	2.03	870.61	0.18	75.33	0.00	1.30	0.01	3.41	**951**
	1-2-2(対象道路)	643	7073	65.19	461088.87	0.88	6224.24	0.11	778.03	0.14	990.22	**469081**
夜間（12時間）	1-3-1（対象道路）	39	468	1.54	718.63	0.40	188.72	0.01	5.16	0.01	6.25	**919**
	1-3-2（対象道路）	622（@12時間）	7464	-0.46	-3433.44	-0.27	-2015.28	-0.02	-149.28	-0.03	-223.92	**-5822**
		21（1日@4時間）	84	-0.46	-38.64	-0.27	-22.68	-0.02	-1.68	-0.03	-2.52	**-66**
	1-3-3（対象道路）	21（1日@8時間）	168	-47.54	-7986.72	-11.96	-2009.28	-0.17	-28.56	-0.16	-26.88	**-10051**
	1-3-3（迂回道路）			45.71	7679.28	18.48	3104.64	0.57	95.76	0.58	97.44	**10977**
合計			**16368**		**698104.18**		**12015.76**		**1258.01**		**1570.02**	**712948**

すいすい MOP 工法の外部コスト試算結果を表-4.4 に示す。

すいすい MOP 工法は、図-3.15 より現地施工日数が 280 日であり、夜間施工を除く全期間で、図 3.9 のように滞留長 50m の右折レーンを確保することができる。その結果、表-4.4 のように工事渋滞による外部コストは合計 3.5 億円に低減している。

表-4.3　すいすい MOP 工法の規制状況と外部コストケース名

交通規制と施工ステップ状況			外部コストケース名
パターン 1（規制図 1）	施工ステップ (1～3,7)	常設ヤードでの作業 （下部工、盛土工、地組立、橋面工）	4-1-1、4-2-1、4-3-1
パターン 2（規制図 2）	施工ステップ(4)	側径間架設	4-3-2
パターン 3（規制図 3）	施工ステップ(5)	中央径間架設	4-3-3、4-3-4
パターン 4（規制図 4-1）	施工ステップ(6)	ブラケット展開(1)	4-3-5
パターン 5（規制図 4-2）	施工ステップ(1)	ブラケット展開(2)	4-3-6
パターン 6（規制図 4-3）	施工ステップ(1)	ブラケット展開(3)	4-3-7

表-4.4　すいすい MOP 工法の外部コスト

条件	ケース（対象道路）	工事期間		走行時間損失額(万円)		走行経費損失額（万円）		総地球温暖化損失額（万円）		総大気汚染損失額（万円）		計 （万円）
		日数	時間数	時間あたり	全工事期間	時間あたり	全工事期間	時間あたり	全工事期間	時間あたり	全工事期間	
ピーク（1時間）	4-1-1（対象道路）	150	150	70.10	10515.00	2.01	301.50	0.16	23.40	0.20	30.15	10870
	4-1-2（対象道路）（テーパー長10m短く）	130	130	76.61	9959.30	2.09	271.70	0.17	22.10	0.22	28.60	10282
オフピーク	4-2-1（対象道路）	280	3080	3.49	10749.20	0.16	492.80	0.01	27.72	0.02	52.36	11322
夜間（12時間）	4-3-1（対象道路）	243	2916	0.20	583.20	0.07	204.12	0.00	2.92	0.00	5.83	796
	4-3-2（対象道路）	10	120	1.71	205.20	0.11	13.20	0.01	0.84	0.01	1.56	221
	4-3-3（対象道路）	1	1	-86.79	-86.79	-24.60	-24.60	-0.67	-0.67	-0.64	-0.64	-113
	4-3-3（迂回道路）			88.57	88.57	34.54	34.54	1.08	1.08	1.10	1.10	125
	4-3-4（対象道路）	2	23	-47.54	-1093.42	-11.96	-275.08	-0.17	-3.91	-0.16	-3.68	-1376
	4-3-4（迂回道路）			45.71	1051.33	18.48	425.04	0.57	13.11	0.58	13.34	1503
	4-3-5（対象道路）	19	228	3.09	704.52	-0.35	-79.80	0.00	0.23	0.01	2.74	628
	4-3-5（迂回道路）			0.81	184.68	0.41	93.48	0.01	1.60	0.00	0.91	281
	4-3-6（対象道路）	3	36	10.79	388.44	-0.16	-5.76	0.02	0.65	0.03	1.19	385
	4-3-6（迂回道路）			0.42	15.12	0.34	12.24	0.01	0.22	0.00	0.14	28
	4-3-7（対象道路）	3	36	7.57	272.52	-0.07	-2.52	0.01	0.47	0.02	0.79	271
	4-3-7（迂回道路）			0.18	6.48	0.14	5.04	0.00	-0.14	-0.01	-0.32	11
合計			6570		33543.35		1465.90		89.60		134.07	35233

すいすい MOP 工法と従来工法の外部コストの比較結果を、図-4.5、4.6 に示す。

すいすい MOP 工法は従来工法と比較し、施工日数の 59%低減に対して、外部コストは 95%低減している。これは、実際の現地において、工期短縮のみならず、施工ヤードの縮小化や右折レーンの確保などにより、施工中の交通容量を確保した施工方法の効果が大きいと考えられる。

外部コストの大半は表-4.2 と表 4-4 より走行時間損失であり、外部コスト総額に対する時間損失額の占める割合は、従来工法で 98%、すいすい MOP 工法で 95%となっている。交通渋滞が最も激しくなるピーク時の時間損失額は、従来工法が 1 時間あたり最大 364.4 万円、すいすい MOP 工法が 1 時間あたり最大 76.6 万円となっており、79%程低減している。

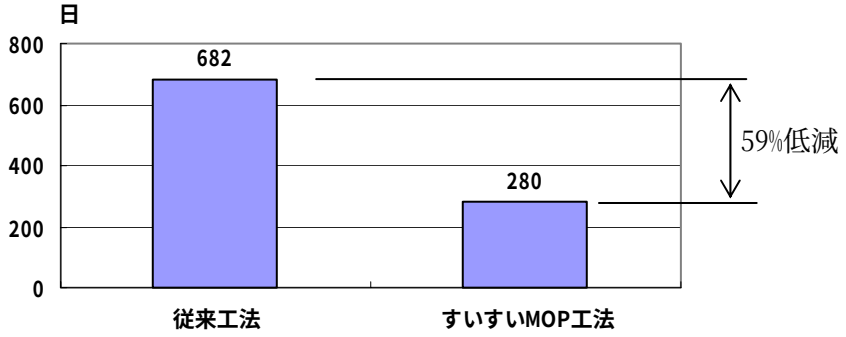


図-4.5　従来工法とすいすい MOP 工法の施工日数比較

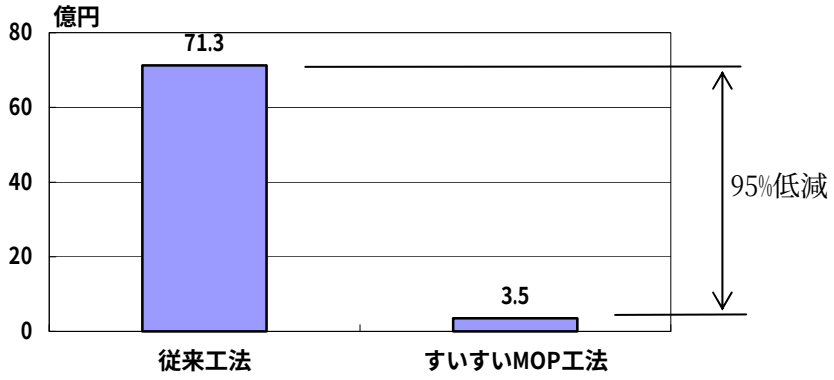


図-4.6　従来工法とすいすい MOP 工法の外部コスト比較

すいすい MOP 工法は、交差点における右折レーンの確保により工事中の二次渋滞を緩和することで、１日当りの損失額を大幅に低減することができ、さらに、急速施工化による施工期間の短縮との相乗効果により、工事期間中の外部コストを大幅に低減する工法であることが確認できた。

目　　次

1.　まとめ …… 7- 1

2.　今後の課題 …… 7- 6

1. まとめ

本共同研究においては、全体構造と施工法の検討、構成技術の確認試験による検証、道路交通への影響検証などの研究を行い、以下の成果が得られた。

1)「モジュール桁工法」施工確認試験

現地状況を再現するため実物大供試体を用いた施工確認試験を実施し、施工性の良さを実証した。主な検証内容を下記に示す。

- 「上部工の展開」では、実質 4 分以内で展開でき、短時間に容易な施工ができる。
- 「上部工の地組立」では、ブラケットとともに、吊り足場も同時に搭載し、新たな足場設置を不要とすることで、高所での危険作業を軽減することができる。
- 「上部工の仮固定」では、展開治具が桁自重を支え、また位置決めの役割を担うため、展開直後のクレーンの解放及びドリフトピンの容易で確実な挿入が可能となり、静かに円滑な施工を実現できる。

2)「橋脚柱先行建て込み工法」性能確認試験

実構造物を 1/1.4 に縮小した供試体により、施工性確認試験及び強度性能確認試験を実施し、施工性及び強度性能を実証した。主な検証内容を下記に示す。

① 施工性確認試験

- 基礎杭の施工誤差は、偏心量及び高さ、傾きとも 20 分以内で補正できる。
- 上下 PICO の組立ては、約 1 日で施工できる。これより、底版 PICO 等の取付けを含めた PICO 治具全体の組立は、約 2 日で施工可能であると考える。
- PICO 治具の施工精度は、基準高さ及び偏心量±1㎜、上面の水平度 1/1000 以下であり、所要の精度（基準高さ及び偏心量±5㎜、上面の水平度 1/500 以下）を十分満足できる。
- 溶接の品質は、磁粉探傷試験の結果、不良箇所は見られず、上 PICO と下 PICO との間隔を最低 500㎜ 程度とれば、良好な作業性と十分な品質を確保できる。

② 強度性能確認試験

- ２つの供試体による載荷試験より、PICO 治具は所要の強度性能を有する。
- ２つの供試体の比較により、1/100 の傾斜誤差を補正しても強度性能には影響を与えない。
- PICO 治具の曲げ剛性に等価剛性率を考慮して、曲げ剛性を補正することにより、実際の変位量等を算定できる。
- 今回得られた試験データにより、PICO 治具の耐荷メカニズムを明確化した。

・ 許容応力度法に基づいた各部位の設計計算法は、試験データと設計計算値を比較検証した結果、その妥当性が認められる。
・ 各部位の設計計算法に基づき、今回の供試体リブ配置等を勘案することで、所要の性能を有する PICO 治具の設計体系を確立した。

3)「タイロッド式擁壁工法」景観プレキャストパネル設置状況確認試験

景観プレキャストパネルの連続性や美観及び固定ボルトの性能を確認するため、実物大供試体を用いた設置状況確認試験を実施し、所定の誤差における設置状況と施工性を実証した。主な検証内容を下記に示す。

・ 景観プレキャストパネルは、擁壁内側より設置することができ、その作業性も良好である。
・ また、固定ボルトを回転させることにより、容易に目隠しパネル等の取付位置を調整することができる。
・ 柵板パネルと目隠しパネルとの空隙部には、目地材を適切に使用することで、確実にグラウトを充填できる。
・ H鋼親杭の打設誤差は、目隠しパネル等の微調整を行うことで容易に吸収できるため、景観プレキャストパネルの連続性を保て、美観向上につながる。

4)外部コストに関する検討

モデル地点での「すいすい MOP 工法」と従来工法の工事中における外部コストの比較を行い、外部コストの改善効果を把握した。

「すいすい MOP 工法」は従来工法と比較し、施工日数の 59%低減に対して、外部コストは 95%と大幅に低減できる。これは、交差点における右折レーンの確保により工事中の二次渋滞を緩和することで、１日当りの損失額を大幅に低減することと、急速施工化による施工期間の短縮との相乗効果によるものであり、工事期間中における外部コストの大幅な低減を意図した本工法のメリットに具体性をもたせることができた。

新工法において開発した要素技術を表-1.1～1.3 に示す。各種確認試験により、安全かつ確実な施工が出来ることを検証した。また、本工法は、工事中の二次渋滞削減効果が高く、外部コスト試算結果に示すように、立体交差事業のイニシャルコストを上回る外部コストの削減効果がある。今後の交差点立体化事業では、完成後の渋滞削減による経済効果や環境効果のみならず、工事中の渋滞削減による外部コスト削減効果も踏まえた工法選定がトータルコストの低減につながると考える。

表-1.1　新工法において開発した要素技術（1）

	構造部位	現状技術	課　　題
着目した現状技術	上部構造	トラッククレーンによる吊り上げ架設工法	張出しブラケットを架設する際、位置決めも含め、架設作業に時間を要する。また、トラッククレーンを現道に配置するため、旋回時の回転半径や転倒防止用アウトリガーの張出し幅との関係で、必要車線が確保できない場合がある。

	要素技術	開発目的	実現に向けた研究項目	検討手法及び結果	
				手　　法	結　　果
新工法において開発した要素技術	モジュール桁工法	張出しブラケットを内側に折り畳むことで、施工ヤードを縮小するとともに、張出しブラケットの架設作業を効率化する。	安全性を担保した上での、施工性の向上（架設時間の短縮）	実物大モデルの試験体を用いて、検証試験を実施した。	展開治具が、張出しブラケットの自重の一部を負担し、位置決めの役割も果たすため、安全性と施工性が向上するという結果を得た。(張出しブラケットの展開時間は、１箇所あたり実質４分以内であった) また、事前に足場を、張出しブラケットに設置しておくことで、高所作業における安全性も改善できることが分かった。

表-1.2　新工法において開発した要素技術（2）

	構造部位	現状技術	課　　題
着目した現状技術	橋脚部構造	アンカーフレーム方式	フーチングコンクリートの所要強度発現後、橋脚柱の取付けとなるため、現場工期が長い。

	要素技術	開発目的	実現に向けた研究項目	検討手法及び結果	
				手　　法	結　　果
新工法において開発した要素技術	橋脚柱 先行建て込み工法	フーチングコンクリート打設前に橋脚柱を建て込むことにより、上下部工を同時並行作業とし、現場工期を短縮する。	埋込み方式による設計法の道路橋への適用	既往文献調査により、鉄道構造物等設計標準・同解説及び日本建築学会の基準類に準拠した。	常時・レベル１：日本建築学会の埋込み柱脚に準拠し設計を行った。 レベル２：鉄道構造物等設計標準・同解説の埋込み方式に準拠し設計を行った。
			基礎杭の荷重分担の考え方	ＦＥＭ解析により、橋脚柱に連結された影響度を確認した。	フーチングコンクリート打設後の死荷重増分・活荷重・地震時荷重等は、各基礎杭で均等に分担されることを確認できた。
			基礎杭と橋脚柱を連結する接合治具の性能評価と設計手法の確立	接合治具の施工性確認試験及び強度性能確認試験を実施した。	施工性確認試験： 基礎杭の施工誤差補正は短時間に行え、出来形及び品質とも十分満足することを確認できた。 強度性能確認試験： 基礎杭の施工誤差を補正した場合においても、所要の強度性能を有することを確認できた。 また、許容応力度法による設計手法が適切であることを確認できた。

表-1.3　新工法において開発した要素技術（3）

	構造部位	現状技術	課　　題
着目した現状技術	アプローチ部構造	現場打ち鉄筋コンクリート擁壁	鉄筋・型枠の組立、コンクリートの打設・養生が必要なため、工期・工費がかかる。

	要素技術	開発目的	実現に向けた研究項目	検討手法及び結果	
				手　　法	結　　果
新工法において開発した要素技術	タイロッド式擁壁工法	アプローチ部の擁壁構造を簡略化することにより、工期の短縮と工費を縮減するとともに景観に配慮する。	タイロッド式擁壁の設計手法の確立	既往文献調査により道路土工指針に準拠した。	地盤をバネにモデル化し、タイロッドの配置など施工ステップを考慮したフレームモデルとして設計を行った。
			擁壁のパネル構造	景観パネルの設置状況確認試験を実施した。	景観パネルは擁壁内側より、容易に設置できることを確認できた。また、景観パネルの連続性を保つことができ、美観的にも優れていることを確認できた。
			鋼製部材の防錆対策	既往文献調査により、道路橋示方書及び多数アンカー式補強土壁工法設計施工マニュアルに準拠した。	タイロッド部材：板厚あるいは直径に対して1㎜の腐食代と溶融亜鉛メッキ処理を行う。 H鋼親杭：鋼材面に対して1㎜の腐食代、地上部はさらに溶融亜鉛メッキ処理またはコンクリート等の被覆を行う。 （いずれの場合も厳しい腐食環境では別途要対策）

2. 今後の課題

「すいすい MOP 工法」は、下記に示す 5 つの構成技術の集合体である。

① モジュール桁工法
② 橋脚柱先行建て込み工法
③ 移動多軸台車による一括架設システム
④ タイロッド式擁壁工法
⑤ 橋台機能代替構造

これらの構成技術のうち、「移動多軸台車による一括架設システム」と「橋台機能代替構造」の 2 つの構成技術は、既存技術を組み合わせたものであり、個々の技術については既に確立されている。また、今回新工法として開発した「モジュール桁工法」、「橋脚柱先行建て込み工法」、「タイロッド式擁壁工法」については、確認試験を通じて施工性や強度性能を実証し、技術確立を図った。既存技術の融合と新工法の開発からなる本研究によって、「すいすい MOP 工法」の各構成技術の整備を完了することができた。

今後は、現場条件に対応した応用的展開の検討及び、実施工を通じた工法のブラッシュアップを行っていくことが肝要となる。

なお、「すいすい MOP 工法」の設計・施工に当っては、本研究の成果を基に三菱重工業㈱と戸田建設㈱で作成した「すいすい MOP 工法　設計・施工マニュアル」をガイドラインとして取りまとめたので参考にされたい。

1. まとめ

本共同研究においては、全体構造と施工法の検討、構成技術の確認試験による検証、道路交通への影響検証などの研究を行い、以下の成果が得られた。

1)「モジュール桁工法」施工確認試験

現地状況を再現するため実物大供試体を用いた施工確認試験を実施し、施工性の良さを実証した。主な検証内容を下記に示す。

- 「上部工の展開」では、実質 4 分以内で展開でき、短時間に容易な施工ができる。
- 「上部工の地組立」では、ブラケットとともに、吊り足場も同時に搭載し、新たな足場設置を不要とすることで、高所での危険作業を軽減することができる。
- 「上部工の仮固定」では、展開治具が桁自重を支え、また位置決めの役割を担うため、展開直後のクレーンの解放及びドリフトピンの容易で確実な挿入が可能となり、静かに円滑な施工を実現できる。

2)「橋脚柱先行建て込み工法」性能確認試験

実構造物を 1/1.4 に縮小した供試体により、施工性確認試験及び強度性能確認試験を実施し、施工性及び強度性能を実証した。主な検証内容を下記に示す。

① 施工性確認試験

- 基礎杭の施工誤差は、偏心量及び高さ、傾きとも 20 分以内で補正できる。
- 上下 PICO の組立ては、約 1 日で施工できる。これより、底版 PICO 等の取付けを含めた PICO 治具全体の組立は、約 2 日で施工可能であると考える。
- PICO 治具の施工精度は、基準高さ及び偏心量±1㎜、上面の水平度 1/1000 以下であり、所要の精度（基準高さ及び偏心量±5㎜、上面の水平度 1/500 以下）を十分満足できる。
- 溶接の品質は、磁粉探傷試験の結果、不良箇所は見られず、上 PICO と下 PICO との間隔を最低 500㎜ 程度とれば、良好な作業性と十分な品質を確保できる。

② 強度性能確認試験

- ２つの供試体による載荷試験より、PICO 治具は所要の強度性能を有する。
- ２つの供試体の比較により、1/100 の傾斜誤差を補正しても強度性能には影響を与えない。
- PICO 治具の曲げ剛性に等価剛性率を考慮して、曲げ剛性を補正することにより、実際の変位量等を算定できる。
- 今回得られた試験データにより、PICO 治具の耐荷メカニズムを明確化した。

・ 許容応力度法に基づいた各部位の設計計算法は、試験データと設計計算値を比較検証した結果、その妥当性が認められる。
・ 各部位の設計計算法に基づき、今回の供試体リブ配置等を勘案することで、所要の性能を有する PICO 治具の設計体系を確立した。

3)「タイロッド式擁壁工法」景観プレキャストパネル設置状況確認試験

景観プレキャストパネルの連続性や美観及び固定ボルトの性能を確認するため、実物大供試体を用いた設置状況確認試験を実施し、所定の誤差における設置状況と施工性を実証した。主な検証内容を下記に示す。

・ 景観プレキャストパネルは、擁壁内側より設置することができ、その作業性も良好である。
・ また、固定ボルトを回転させることにより、容易に目隠しパネル等の取付位置を調整することができる。
・ 柵板パネルと目隠しパネルとの空隙部には、目地材を適切に使用することで、確実にグラウトを充填できる。
・ H鋼親杭の打設誤差は、目隠しパネル等の微調整を行うことで容易に吸収できるため、景観プレキャストパネルの連続性を保て、美観向上につながる。

4)外部コストに関する検討

モデル地点での「すいすい MOP 工法」と従来工法の工事中における外部コストの比較を行い、外部コストの改善効果を把握した。

「すいすい MOP 工法」は従来工法と比較し、施工日数の 59%低減に対して、外部コストは 95%と大幅に低減できる。これは、交差点における右折レーンの確保により工事中の二次渋滞を緩和することで、１日当りの損失額を大幅に低減することと、急速施工化による施工期間の短縮との相乗効果によるものであり、工事期間中における外部コストの大幅な低減を意図した本工法のメリットに具体性をもたせることができた。

新工法において開発した要素技術を表-1.1～1.3 に示す。各種確認試験により、安全かつ確実な施工が出来ることを検証した。また、本工法は、工事中の二次渋滞削減効果が高く、外部コスト試算結果に示すように、立体交差事業のイニシャルコストを上回る外部コストの削減効果がある。今後の交差点立体化事業では、完成後の渋滞削減による経済効果や環境効果のみならず、工事中の渋滞削減による外部コスト削減効果も踏まえた工法選定がトータルコストの低減につながると考える。

表-1.1　新工法において開発した要素技術（1）

	構造部位	現状技術	課　　題
着目した現状技術	上部構造	トラッククレーンによる吊り上げ架設工法	張出しブラケットを架設する際、位置決めも含め、架設作業に時間を要する。また、トラッククレーンを現道に配置するため、旋回時の回転半径や転倒防止用アウトリガーの張出し幅との関係で、必要車線が確保できない場合がある。

	要素技術	開発目的	実現に向けた研究項目	検討手法及び結果	
				手　　法	結　　果
新工法において開発した要素技術	モジュール桁工法	張出しブラケットを内側に折り畳むことで、施工ヤードを縮小するとともに、張出しブラケットの架設作業を効率化する。	安全性を担保した上での、施工性の向上（架設時間の短縮）	実物大モデルの試験体を用いて、検証試験を実施した。	展開治具が、張出しブラケットの自重の一部を負担し、位置決めの役割も果たすため、安全性と施工性が向上するという結果を得た。(張出しブラケットの展開時間は、１箇所あたり実質４分以内であった) また、事前に足場を、張出しブラケットに設置しておくことで、高所作業における安全性も改善できることが分かった。

表-1.2　新工法において開発した要素技術（2）

	構造部位	現状技術	課　　題
着目した現状技術	橋脚部構造	アンカーフレーム方式	フーチングコンクリートの所要強度発現後、橋脚柱の取付けとなるため、現場工期が長い。

	要素技術	開発目的	実現に向けた研究項目	検討手法及び結果	
				手　　法	結　　果
新工法において開発した要素技術	橋脚柱 先行建て込み工法	フーチングコンクリート打設前に橋脚柱を建て込むことにより、上下部工を同時並行作業とし、現場工期を短縮する。	埋込み方式による設計法の道路橋への適用	既往文献調査により、鉄道構造物等設計標準・同解説及び日本建築学会の基準類に準拠した。	常時・レベル１：日本建築学会の埋込み柱脚に準拠し設計を行った。 レベル２：鉄道構造物等設計標準・同解説の埋込み方式に準拠し設計を行った。
			基礎杭の荷重分担の考え方	ＦＥＭ解析により、橋脚柱に連結された影響度を確認した。	フーチングコンクリート打設後の死荷重増分・活荷重・地震時荷重等は、各基礎杭で均等に分担されることを確認できた。
			基礎杭と橋脚柱を連結する接合治具の性能評価と設計手法の確立	接合治具の施工性確認試験及び強度性能確認試験を実施した。	施工性確認試験： 基礎杭の施工誤差補正は短時間に行え、出来形及び品質とも十分満足することを確認できた。 強度性能確認試験： 基礎杭の施工誤差を補正した場合においても、所要の強度性能を有することを確認できた。 また、許容応力度法による設計手法が適切であることを確認できた。

表-1.3　新工法において開発した要素技術（3）

	構造部位	現状技術	課　　題
着目した現状技術	アプローチ部構造	現場打ち鉄筋コンクリート擁壁	鉄筋・型枠の組立、コンクリートの打設・養生が必要なため、工期・工費がかかる。

	要素技術	開発目的	実現に向けた研究項目	検討手法及び結果	
				手　　法	結　　果
新工法において開発した要素技術	タイロッド式擁壁工法	アプローチ部の擁壁構造を簡略化することにより、工期の短縮と工費を縮減するとともに景観に配慮する。	タイロッド式擁壁の設計手法の確立	既往文献調査により道路土工指針に準拠した。	地盤をバネにモデル化し、タイロッドの配置など施工ステップを考慮したフレームモデルとして設計を行った。
			擁壁のパネル構造	景観パネルの設置状況確認試験を実施した。	景観パネルは擁壁内側より、容易に設置できることを確認できた。また、景観パネルの連続性を保つことができ、美観的にも優れていることを確認できた。
			鋼製部材の防錆対策	既往文献調査により、道路橋示方書及び多数アンカー式補強土壁工法設計施工マニュアルに準拠した。	タイロッド部材：板厚あるいは直径に対して1㎜の腐食代と溶融亜鉛メッキ処理を行う。 H鋼親杭：鋼材面に対して1㎜の腐食代、地上部はさらに溶融亜鉛メッキ処理またはコンクリート等の被覆を行う。 （いずれの場合も厳しい腐食環境では別途要対策）

2. 今後の課題

「すいすい MOP 工法」は、下記に示す 5 つの構成技術の集合体である。

① モジュール桁工法
② 橋脚柱先行建て込み工法
③ 移動多軸台車による一括架設システム
④ タイロッド式擁壁工法
⑤ 橋台機能代替構造

これらの構成技術のうち、「移動多軸台車による一括架設システム」と「橋台機能代替構造」の 2 つの構成技術は、既存技術を組み合わせたものであり、個々の技術については既に確立されている。また、今回新工法として開発した「モジュール桁工法」、「橋脚柱先行建て込み工法」、「タイロッド式擁壁工法」については、確認試験を通じて施工性や強度性能を実証し、技術確立を図った。既存技術の融合と新工法の開発からなる本研究によって、「すいすい MOP 工法」の各構成技術の整備を完了することができた。

今後は、現場条件に対応した応用的展開の検討及び、実施工を通じた工法のブラッシュアップを行っていくことが肝要となる。

なお、「すいすい MOP 工法」の設計・施工に当っては、本研究の成果を基に三菱重工業㈱と戸田建設㈱で作成した「すいすい MOP 工法　設計・施工マニュアル」をガイドラインとして取りまとめたので参考にされたい。

■橋脚柱の埋込み方式に関する既往文献調査結果について

埋込み方式は、鉄道構造物等設計標準や建築学会の各基準類に示されており、また、表-1～3に示すような各種研究成果が報告されている。これら既往文献調査結果に基づく埋込み方式の考え方を以下に示す。

(1) 橋脚柱はフーチング内にスタッドジベルなどを設け、スルーパス管などにより鉄筋を貫通させることなどにより十分に定着され、フーチングに力を伝達できる構造（図-1 にその一例を示す）とすることを原則とする。また、埋込み深さ及びスタッドジベルの照査を以下の方法により行うものとし、最低埋込み深さを 1.0×Ld（Ld：橋脚柱の長辺長）とする。

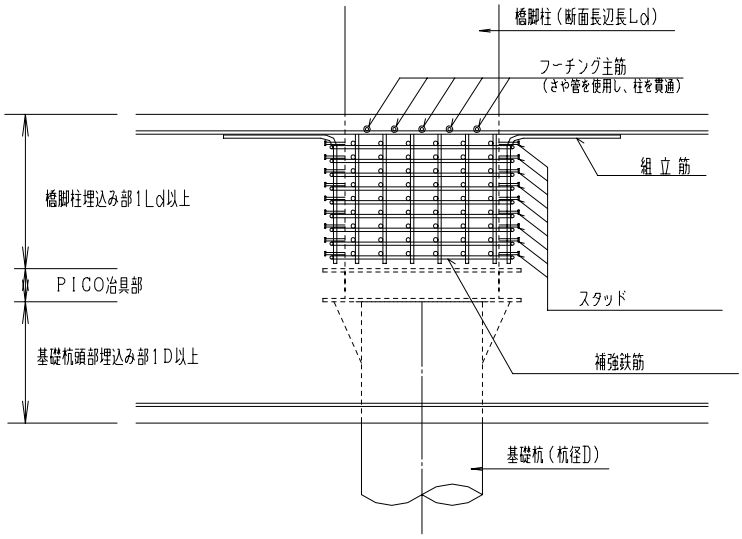


図-1　埋込み柱とフーチングとの取り合い構造の一例

1) 常時、暴風時及びレベル１地震時等の検討

曲げモーメント M とせん断力 Q に対しては、以下の式を満足するものとする。

$X=((3M+Q+2QL)\pm\sqrt{((3M+Q+2QL)(3M+Q))})/(2Q)$

$\sigma c=2QX/((2LX-L^2)Lb)\leqq\sigma ca$

ここに、 Lb:橋脚柱幅、σca：許容支圧応力度、 L：埋込み長さ

また、鉛直力 N は、柱周囲のスタッドにより抵抗するものとし、道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編に準拠して以下の式により照査する。

$Qa=9.4d^2\times\sqrt{(\sigma ck)}$　　(H/d≧5.5)

$Qa=1.72dH\times\sqrt{(\sigma ck)}$　　(H/d＜5.5)

ここに、Qa:スタッドの許容せん断力（N／本）、ｄ：スタッドの軸径(㎜)

H：スタッドの全高さ、150㎜程度を標準とする、σck：設計基準強度（N/mm2）

許容応力度及び割増し等は道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編に準ずるものとする。

2) レベル２地震時の検討

埋込み部の曲げ耐力は橋脚基部の曲げ耐力より大きいものとし、以下の式を満足するものとする。

$Md/Mud \leqq 1.0$

ここに Md：設計曲げモーメントであり橋脚基部の曲げ耐力以上とする。

Mud:埋込み部の設計曲げ耐力、 $Mud=la(-B+\sqrt{(B^2+C)})$、

la：せん断スパン、$B=fad \cdot Lb \cdot (2la+L)$、$C=fad^2 \cdot Lb^2 \cdot L^2$

fad：フーチングコンクリートの設計支圧強度(=2fcd)

fcd：フーチングコンクリートの設計圧縮強度(=σck/1.3)、L：埋込み長さ

また、鉛直力 N に対しては、上記と同様にスタッドにより抵抗するものとするが、道路橋示方書に上記 Qa は降伏に対して３倍以上、破壊に対して６倍以上の安全率をもつと考えてよいとされているので、レベル２地震時の鉛直力に対して、１本当たりのスタッドの作用せん断力は、上記 Qa の３倍以下とすることを基本とする。

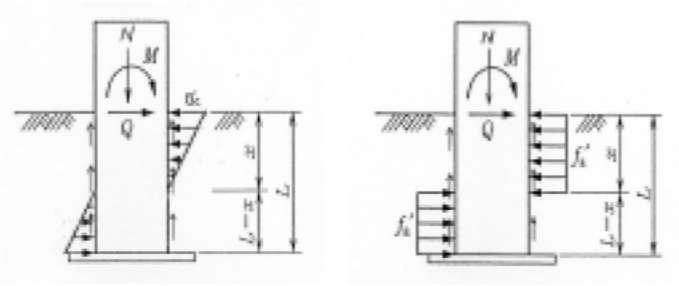


図-2　橋脚柱の埋込み方式

表-1　埋込み方式文献リスト

No.	内容	名称	著者(所属)	文献	Vol.
a	埋込0.5D～1.5D、円形柱、ベースプレート(BP)有無	コンクリート充填鋼管柱の埋め込み柱脚に関する実験的研究	安原真人、村田清満(鉄道総研)；木下雅敬(新日鉄)	土木学会年次学術講演会講演概要集　第1部	VOL.51st, I-A430, 1996
b	a)の詳細	混合構造物接合部の耐荷力の評価	村田清満、安原真人(鉄道総研)；木下雅敬、葛拓造(新日鉄)	鉄道総研報告	1997.12
c	JRの施工報告、杭･柱間で埋込接合と記述有り(詳細無し)	CFT(コンクリート充填鋼管)柱を用いたラーメン高架橋の設計	瀧上照雄、石井拡一(JR東海)	日本鉄道協会誌	2000.5
d	埋込<1D、角形断面、BP無し、スタッド使用	鋼殻･コンクリートの合成構造を用いた高橋脚の基礎定着部加力実験	大本晋士郎、大森英二、山口高弘、鵜飼達郎(熊谷組)；小野源一郎(住友金属工業)	土木学会年次学術講演会講演概要集　第1部	VOL.53rd,共通ｾｯｼｮﾝ PAGE.354-355 1998
e	埋込1～1.5D、角形断面、BP有無、有孔･貫通鉄筋、スタッド有無	直接埋め込み方式による鋼製橋脚のフーチングへの固定に関する実験的研究	前田敬一郎(埼玉大　大学院)；町田篤彦(埼玉大)	コンクリート工学年次論文報告集	VOL.20,NO.3 PAGE.883-888 1998
f	各種方式比較、円形断面、BP有無	繰り返し曲げを受ける合成鋼管柱の変形性能に関する実験的研究	吉田佳、石橋忠良、梅田孝夫、工藤伸司(ＪＲ東日本)	コンクリート工学年次論文報告集	VOL.15,NO.2 PAGE.965-970 1993
g	埋込1D、円形断面、BP外周部のみ？、有孔･貫通鉄筋	合成柱による高架橋橋脚の研究(その3)　合成性とフーチングの接合部の実験的研究	川那部嘉彦、増井直樹、岡島豊行(大林組)；小畠克朗、入沢賢一、高橋泰彦(大林組　技研)	大林組技術研究所報	NO.43 PAGE.45-50 1991
h	g)の要約	合成柱を有する橋脚の柱･フーチング接合部に関する実験的研究	山田淳、平林泰明(首都高速道路公団)；高橋泰彦、川那部嘉彦(大林組)	土木学会年次学術講演会講演概要集　第1部	VOL.45th PAGE.550-551 1990
i	ソケット結合(1、1.5D)、円形断面、埋込0.5～2D、BP無し	コンクリート充填鋼管ソケット接合部の耐力評価	野沢伸一郎(JR東日本)、築嶋大輔、石橋忠良;木下雅敬(新日鉄)	土木学会論文集	No.606, PAGE.31-42, 1998
j	ソケット結合(2～4D)、円形断面、埋込0.5～1.5D、BP有無、ずれ止め有無	ずれ止めを用いたコンクリート充填鋼管ソケット接合部の耐力評価	野沢伸一郎、築嶋大輔、石橋忠良(JR東日本);木下雅敬(新日鉄)	土木学会論文集	No.634, PAGE.71-89, 1999
k	ソケット結合(2D)、円形断面、埋込1.5D、BP無、コンクリート強度変化	CFT柱－杭ソケット式接合部の耐苛性状に環状コンクリート強度が及ぼす影響	山本秀裕、野沢伸一郎、築嶋大輔、(JR東日本)	土木学会年次学術講演会講演概要集第5部	VOL.54th, PAGE.800-801, 1999
l	施工報告、JR高架橋、コンクリート鋼管柱、鋼管貫通鉄筋	工期短縮を主眼とした新駅設置 －JR武蔵野線･東松戸駅新設工事－	斉木勇、阿部正、皆川悟(JR東日本)	土木施工	39巻11号 1988.11

表-2　埋込み方式実験結果一覧表(1)

No.	名称	実験の目的	実験により得られた知見
a	コンクリート充填鋼管柱の埋め込み柱脚に関する実験的研究	・埋込み方式の耐力および変形性能の検討	・埋込み深さを1.0D以上とすることで、他の影響パラメータ（ベースプレート径、軸力、フープ鉄筋補強）に関わらず、十分な接合部耐力を保有する。
b	混合構造物接合部の耐荷力の評価	（文献aは、文献bの要約版）	－
c	CFT（コンクリート充填鋼管）柱を用いたラーメン高架橋の設計	（文献cは施工報告）	－
d	鋼殻・コンクリートの合成構造を用いた高橋脚の基礎定着部加力実験	・基礎定着部におけるスタッドの力学特性の把握	・スタッドの耐力が確認できた。 ・フープ筋およびせん断補強筋が重要。
e	直接埋め込み方式による鋼製橋脚のフーチングへの固定に関する実験的研究	・スタッド、穴あき鋼板による付着効果の確認	・有孔鋼板の付着力が耐力に寄与する。 ・フーチングの補強を十分に行う必要がある。 ・埋込み深さ1.0Dでは抜け出しが生じる。 （ただし1.0Dのケースは、ベースプレートもスタッドもなし）
f	繰り返し曲げを受ける合成鋼管柱の変形性能に関する実験的研究	・埋込み方式、他各種接合方式の比較 ・試験体の埋込み深さは1.5D、ベスプレート付	・埋込み方式では鋼管の局部座屈により耐力が低下。 ・アンカーフレーム方式はじん性率が小さい。 ・ベースプレート付の埋込み方式は耐力が大きい。
g	合成柱による高架橋橋脚の研究（その3）合成性とフーチングの接合部の実験的研究	・合成柱に適合した埋込み形式の接合部を検討	・埋込み深さ1.0Dで耐力やじん性を発揮させる接合部となる。
h	合成柱を有する橋脚の柱・フーチング接合部に関する実験的研究	（文献gの要約版）	－
i	コンクリート充填鋼管ソケット接合部の耐力評価	・ソケット接合の耐荷機構、終局強度を検討	・接合部の終局強度は、差し込み長・外側鋼管の強度による。 ・外ダイヤフラムの影響はない。 ・終局強度の算定方法を見いだした。
j	ずれ止めを用いたコンクリート充填鋼管ソケット接合部の耐力評価	・載荷方法、鋼管径の比をパラメータとした試験	・鋼管径の違いが大きくなった場合は破壊性状が異なる。 ・ベースプレートと柱のズレ止めでは、破壊性状は同様。
k	CFT柱－杭ソケット式接合部の耐苛性状に環状コンクリート強度が及ぼす影響	・ソケット部の環状コンクリート強度の影響を検討	・強度が22.4N/mm^{2}以上あれば十分体力を発揮する。
l	工期短縮を主眼とした新駅設置 －JR武蔵野線・東松戸駅新設工事－	（文献lは施工報告）	－

表-3　埋込み方式実験結果一覧表(2)

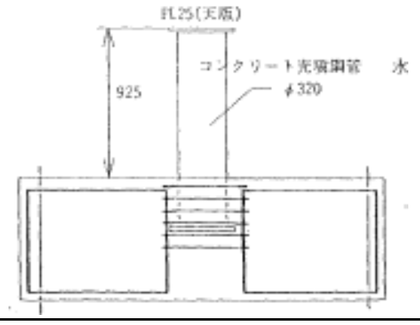
No. a,b

名称：コンクリート充填鋼管柱の埋め込み柱脚に関する実験的研究

混合構造物接合部の耐荷力の評価

内容：埋込0.5D～1.5D、円形柱、ベースプレート(BP)有無

形式



パラメータ

試験体 No	鋼管径 D(mm)	板厚 t(mm)	径厚比 D/t	軸力比	埋めこみ長さ	ベースプレート径	フープ鉄筋 鉄筋量	フープ鉄筋 配置径	パラメーター
JT－1	320.0	8.0	40	0.25	0.5D	1.5D	D10@80	1.8D	埋込長
JT－2	320.0	8.0	40	0.25	1.0D	1.5D	D10@80	1.8D	埋込長
JT－3	320.0	8.0	40	0.25	1.5D	1.5D	D10@80	1.8D	埋込長
JT－4	320.0	8.0	40	0.25	1.0D	無し	D10@80	1.8D	ベースプレート径
JT－5	320.0	8.0	40	0.25	1.0D	1.0D	D10@80	1.8D	ベースプレート径
JT－6	320.0	8.0	40	0.00	1.0D	1.5D	D10@80	1.8D	軸力
JT－7	320.0	8.0	40	0.25	1.0D	1.5D	無し	－	フープ鉄筋
JT－8	320.0	8.0	40	0.25	1.0D	1.5D	二重鋼管	1.8D	フープ鉄筋

試験体 No	鋼管径 D(mm)	板厚 t(mm)	径厚比 D/t	軸力比	埋めこみ長さ	ベースプレート径	せん断補強筋 鉄筋量	せん断補強筋 配置径	パラメーター
JD－1	360.0	6.0	60	0.2	1.0D	1.5D	D10@70	1.8D	埋込長
JD－2	360.0	6.0	60	0.2	1.5D	1.5D	D10@70	1.8D	埋込長

試験結果

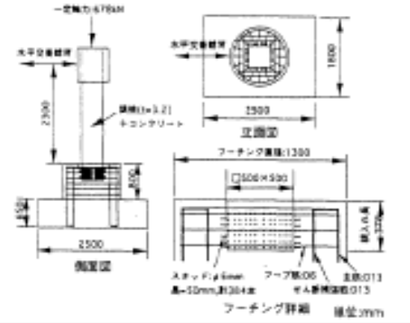
試験体	荷重(kN) 実験値(kN) 降伏(A)	最大(B)	柱く体の計算耐力(kN) 降伏(C)	(A)/(C)	最大(D)	(B)/(D)	水平変位実験値(mm) 降伏変位	終局変位	破壊形態
JT－1	－	276.36	344.96	－	511.56	0.54	－	－	基礎接合部破壊
JT－2	370.44	491.96	366.52	1.01	507.64	0.97	13.41	55.86	基礎接合部破壊
JT－3	341.04	535.08	344.96	0.99	509.60	1.05	10.03	60.08	柱曲げ破壊
JT－4	311.64	454.72	333.20	0.94	442.96	1.03	11.44	51.68	基礎接合部破壊
JT－5	352.80	497.84	328.30	1.07	442.96	1.12	11.90	58.24	基礎接合部破壊
JT－6	313.60	509.60	282.24	1.11	423.36	1.20	10.65	59.58	基礎接合部破壊
JT－7	309.68	513.52	334.18	0.93	512.54	1.00	8.96	62.09	柱曲げ破壊
JT－8	301.84	499.80	336.14	0.90	512.54	0.98	8.48	68.62	柱曲げ破壊
JD－1	192.08	413.56	252.84	0.76	343.98	1.20	4.70	48.01	柱曲げ破壊
JD－2	199.92	384.16	252.84	0.79	343.98	1.12	5.08	53.66	柱曲げ破壊

No. d

名称：鋼殻・コンクリートの合成構造を用いた高橋脚の基礎定着部加力実験

内容：埋込<1D、角形断面、BP無し、スタッド使用

形式



パラメータ

設計箇所		参考にした設計基準	設計値に対する低減率	耐力の大小
TYPE2	柱	合成柱の設計法[1]	低減なし	柱>フーチング
	スタッド	FEM解析,道路橋示方書	50%	
	フーチング 主筋	既存RC橋脚深礎杭を参照	50%	
	フーチング せん断補強筋	コンクリート構造物設計基準[3]	50%	
	フーチング フープ筋	既存RC橋脚深礎杭を参照	--	
TYPE1	柱	合成柱の設計法[1]	低減なし	柱<フーチング
	フーチング 配筋	--	--	

試験結果

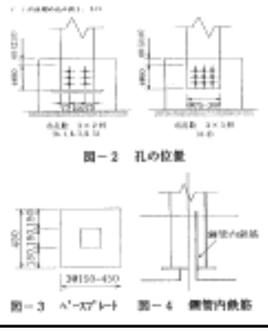
	TYPE2 正載荷	TYPE2 負載荷	TYPE1 正載荷	TYPE1 負載荷
降伏荷重(kN)	212	-192	233	-237
変位(mm)	12.4	-9.3	10.6	-10.2
最大荷重(kN)	243	-249	320	-306
変位(mm)	18.0	-21.0	35.6	-51.3

No. e

名称：直接埋め込み方式による鋼製橋脚のフーチングへの固定に関する実験的研究

内容：埋込1～1.5D、角形断面、BP有無、有孔・貫通鉄筋、スタッド有無

形式



パラメータ

供試体 No.	鋼管幅 D	板厚 t	埋め込み深さ	ベースプレート径	孔	スタッド	鋼管内鉄筋	鋼管補強鉄筋
A-1	300.0	6.0	1.0D	無し	3×2	無し	無し	無し
A-2	300.0	6.0	1.0D	無し	3×3	無し	無し	無し
A-3	300.0	6.0	1.5D	無し	3×2	無し	無し	無し
B-1	300.0	6.0	1.5D	無し	無し	無し	無し	無し
B-2	300.0	6.0	1.5D	1.5D	無し	無し	無し	無し
B-3	300.0	6.0	1.5D	無し	無し	有り	有り	有り
B-4	300.0	6.0	1.5D	1.5D	3×2	無し	有り	有り

試験結果

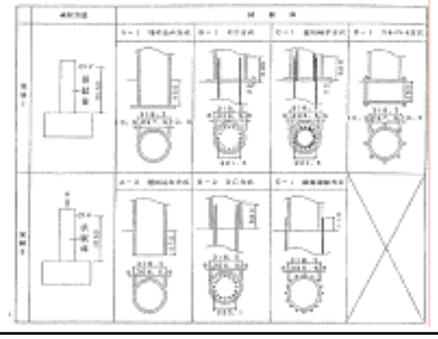
供試体	A－1	A－2	A－3
実験値	160.2	189.6	256.7
計算値 1	170.2	167.1	258.8
耐力比 1	0.941	1.135	0.992
計算値 2	120.7	112.9	264.1
耐力比 2	1.327	1.679	0.972

No. f

名称：繰り返し曲げを受ける合成鋼管柱の変形性能に関する実験的研究

内容：各種方式比較、円形断面、BP有無

形式

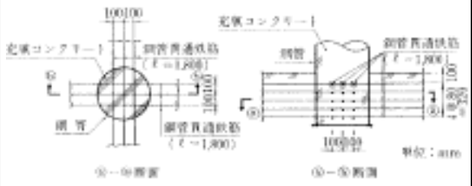
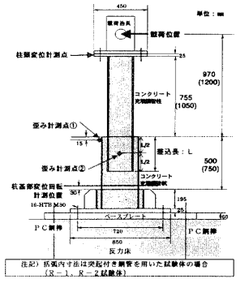
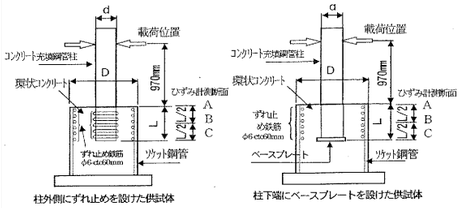


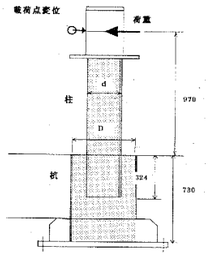
試験結果

		耐力 M_u(t・m) 計算耐力 M_{us}(t・m)	実験値 M_{ue}(t・m)	強度比 M_{ue}/M_{us}	じん性率 μ
実験I	A－1	54.69	52.28	0.956	10.0
	B－1	23.08	24.40	1.057	12.0以上
	C－1	23.12	29.32	1.268	12.0以上
	D－1	35.32	37.31	1.056	4.5
実験II	A－2	34.62	32.05	0.926	10.0
	B－2	29.44	31.59	1.073	12.0
	E－1	42.66	39.58	0.928	12.0以上

表-4　埋込み方式実験結果一覧表(3)

<table>
<tr><th>No.</th><th>名称</th><th>内容</th><th>形式</th><th>パラメータ</th><th>試験結果</th></tr>
<tr><td>g,h</td><td>合成柱による高架橋橋脚の研究（その３）
合成性とフーチングの接合部の実験的研究

合成柱を有する橋脚の柱・フーチング接合部に関する実験的研究</td><td>埋込1D、円形断面、BP外周部、有孔・貫通鉄筋</td><td> 
図―2　鋼管貫通鉄筋：SP10-2</td><td>
<table>
<tr><th>試験体</th><th>埋込み部補強鉄筋
上段：軸方向鉄筋
下段：帯鉄筋</th><th>鋼管貫通鉄筋</th><th>埋込み深さ</th><th>軸方向圧縮力</th></tr>
<tr><td>SB 10-2</td><td>24－D16，15° 間隔
8－D13，80mm間隔</td><td>無</td><td>50cm</td><td>0.2Nc</td></tr>
<tr><td>LB 10-2</td><td>24－D20，15° 間隔
8－D10，80mm間隔</td><td>無</td><td>50cm</td><td>0.2Nc</td></tr>
<tr><td>MB10-2</td><td>24－D22，15° 間隔
8－D16，80mm間隔</td><td>無</td><td>50cm</td><td>0.2Nc</td></tr>
<tr><td>SP 10-2</td><td>24－D16，15° 間隔
8－D13，80mm間隔</td><td>15－D16，2方向
100mm×80mm間隔</td><td>50cm</td><td>0.2Nc</td></tr>
<tr><td>SB 15-2</td><td>24－D16，15° 間隔
11　D13，80mm間隔</td><td>無</td><td>75cm</td><td>0.2Nc</td></tr>
<tr><td>MB10-0</td><td>24－D22，15° 間隔
8－D16，80mm間隔</td><td>無</td><td>50cm</td><td>0.0</td></tr>
</table>
Nc：柱の軸方向圧縮耐力
</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">試験体</th><th rowspan="2">Mmax
(tf·m)</th><th colspan="2">モデル－1</th><th colspan="2">モデル－2</th><th colspan="2">モデル－3</th></tr>
<tr><th>Mu
(tf·m)</th><th>Mu/Mmax</th><th>Mu
(tf·m)</th><th>Mu/Mmax</th><th>Mu
(tf·m)</th><th>Mu/Mmax</th></tr>
<tr><td>SB 10-2</td><td>95.4</td><td>64.4</td><td>0.68</td><td>96.3</td><td>1.01</td><td>109.3</td><td>1.15</td></tr>
<tr><td>LB 10-2</td><td>98.6</td><td>64.0</td><td>0.65</td><td>95.8</td><td>0.97</td><td>109.1</td><td>1.11</td></tr>
<tr><td>MB10-2</td><td>98.2</td><td>64.0</td><td>0.65</td><td>96.0</td><td>0.98</td><td>109.3</td><td>1.11</td></tr>
<tr><td>SP 10-2</td><td>102.0</td><td>63.5</td><td>0.62</td><td>95.3</td><td>0.93</td><td>108.7</td><td>1.07</td></tr>
<tr><td>SB 15-2</td><td>96.9</td><td>153.0</td><td>1.58</td><td>――</td><td>――</td><td>――</td><td>――</td></tr>
<tr><td>MB10-0</td><td>73.8</td><td>66.1</td><td>0.90</td><td>66.1</td><td>0.90</td><td>66.1</td><td>0.90</td></tr>
</table>
Mmax：最大曲げモーメント[実験値]，Mu：柱部の曲げ耐力[計算値]
</td></tr>
<tr><td>i</td><td>コンクリート充填鋼管ソケット接合部の耐力評価</td><td>ソケット結合（1、1.5D）、円形断面、埋込0.5～2D、BP無し</td><td>  </td><td>
<table>
<tr><th>供試体名</th><th>柱鋼管径</th><th>差込長さ</th><th>ソケット鋼管径</th><th>ソケット鋼管厚</th><th>使用鋼管</th><th>パラメータ</th></tr>
<tr><td>A-1</td><td>216mm</td><td>0．5ｄ</td><td>318mm</td><td>6.24mm</td><td>平鋼管</td><td>差込長</td></tr>
<tr><td>A-2</td><td>216mm</td><td>1．0ｄ</td><td>318mm</td><td>6.24mm</td><td>平鋼管</td><td>差込長</td></tr>
<tr><td>A-3</td><td>216mm</td><td>1．5ｄ</td><td>318mm</td><td>6.24mm</td><td>平鋼管</td><td>標準ケース</td></tr>
<tr><td>A-4</td><td>216mm</td><td>2．0ｄ</td><td>318mm</td><td>6.24mm</td><td>平鋼管</td><td>差込長</td></tr>
<tr><td>B-1</td><td>216mm</td><td>1．5ｄ</td><td>318mm</td><td>3.00mm</td><td>平鋼管</td><td>ソケット鋼管板厚</td></tr>
<tr><td>B-2</td><td>216mm</td><td>1．5ｄ</td><td>318mm</td><td>8.92mm</td><td>平鋼管</td><td>ソケット鋼管板厚</td></tr>
<tr><td>R-1</td><td>406mm</td><td>1．0ｄ</td><td>604mm</td><td>9.38mm</td><td>突起付鋼管</td><td>突起付・差込長</td></tr>
<tr><td>R-2</td><td>406mm</td><td>1．5ｄ</td><td>604mm</td><td>9.38mm</td><td>突起付鋼管</td><td>突起付・差込長</td></tr>
</table>
※ｄ：柱径（φ216.3×t5.1）
</td><td>
<table>
<tr><th>供試体名</th><th>終局荷重
Pu</th><th>計算値
Puc</th><th>Pu/Puc</th><th>パラメーター</th></tr>
<tr><td>A-1</td><td>(41 kN)</td><td>60 kN</td><td>――</td><td>差込長</td></tr>
<tr><td>A-2</td><td>135 kN</td><td>124 kN</td><td>1.09</td><td>差込長</td></tr>
<tr><td>A-3</td><td>209 kN</td><td>194 kN</td><td>1.08</td><td>標準ケース</td></tr>
<tr><td>A-4</td><td>(230 kN)</td><td>265 kN</td><td>――</td><td>差込長</td></tr>
<tr><td>B-1</td><td>76 kN</td><td>79 kN</td><td>0.96</td><td>ソケット肉厚</td></tr>
<tr><td>B-2</td><td>236 kN</td><td>230 kN</td><td>1.03</td><td>ソケット肉厚</td></tr>
<tr><td>R-1</td><td>608 kN</td><td>668 kN</td><td>0.91</td><td>突起付・差込長</td></tr>
<tr><td>R-2</td><td>(646 kN)</td><td>1049kN</td><td>――</td><td>突起付・差込長</td></tr>
</table>
注）括弧内の数値は接合部降伏破壊しなかった供試体の強度
</td></tr>
<tr><td>j</td><td>ずれ止めを用いたコンクリート充填鋼管ソケット接合部の耐力評価</td><td>ソケット結合（2～4D）、円形断面、埋込0.5～1.5D、BP有無、ずれ止め有無</td><td> 
柱外側にずれ止めを設けた供試体　　柱下端にベースプレートを設けた供試体</td><td>
<table>
<tr><th>供試体名</th><th>ソケット鋼管径
D</th><th>ソケット鋼管厚
t</th><th>D/t</th><th>柱鋼管径
d</th><th>柱鋼管厚
t2</th><th>d/t2</th><th>柱差込長
L</th><th>D/d</th><th>L/d</th><th>ソケット鋼管内側のずれ止め</th><th>柱鋼管外側のずれ止め</th><th>ベースプレート径×板厚</th><th>パラメータ</th></tr>
<tr><td>S-1</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>324</td><td>2.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>標準</td></tr>
<tr><td>S-2</td><td>650</td><td>6.0</td><td>108</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>324</td><td>3.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>D/d</td></tr>
<tr><td>S-3</td><td>650</td><td>6.0</td><td>108</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>324</td><td>3.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>偏心</td></tr>
<tr><td>S-4</td><td>865</td><td>6.0</td><td>144</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>324</td><td>4.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>D/d</td></tr>
<tr><td>S-5</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>324</td><td>2.0</td><td>1.50</td><td>―</td><td>―</td><td>―</td><td>ずれ止め</td></tr>
<tr><td>S-6</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>324</td><td>2.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>単調載荷</td></tr>
<tr><td>S-7</td><td>865</td><td>6.0</td><td>144</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>324</td><td>4.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>単調載荷</td></tr>
<tr><td>S-8</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>216</td><td>2.0</td><td>1.00</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>L/d</td></tr>
<tr><td>S-9</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>30</td><td>7.20</td><td>108</td><td>2.0</td><td>0.50</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>L/d</td></tr>
<tr><td>BS-1</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>33</td><td>6.55</td><td>324</td><td>2.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>270×19</td><td>ベースプレート</td></tr>
<tr><td>BS-2</td><td>650</td><td>6.0</td><td>108</td><td>216</td><td>33</td><td>6.55</td><td>324</td><td>3.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>270×19</td><td>D/d</td></tr>
<tr><td>BS-3</td><td>865</td><td>6.0</td><td>144</td><td>216</td><td>33</td><td>6.55</td><td>324</td><td>4.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>270×19</td><td>D/d</td></tr>
<tr><td>BS-4</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>33</td><td>6.55</td><td>324</td><td>2.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>326×19</td><td>ベースプレート径</td></tr>
<tr><td>BS-5</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>33</td><td>6.55</td><td>324</td><td>2.0</td><td>1.50</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>270×12</td><td>ベースプレート板厚</td></tr>
<tr><td>BS-6</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>33</td><td>6.55</td><td>216</td><td>2.0</td><td>1.00</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>270×19</td><td>L/d</td></tr>
<tr><td>BS-7</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>33</td><td>6.55</td><td>270</td><td>2.0</td><td>1.25</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>270×19</td><td>L/d</td></tr>
<tr><td>BS-8</td><td>430</td><td>6.0</td><td>71.7</td><td>216</td><td>33</td><td>6.55</td><td>270</td><td>2.0</td><td>1.25</td><td>φ6@60</td><td>φ6@60</td><td>―</td><td>L/d</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th>供試体名</th><th>パラメータ</th><th>実験値
Pu
(kN)</th><th>計算値
文献1)
Puc(kN)</th><th>Pu/Puc</th><th>環状コンクリートの破壊モード*1</th></tr>
<tr><td>S-1</td><td>標準</td><td>344</td><td>346</td><td>0.99</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>S-2</td><td>D/d</td><td>371</td><td>412</td><td>0.90</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>S-3</td><td>偏心</td><td>380</td><td>419</td><td>0.91</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>S-4</td><td>D/d</td><td>332</td><td>211</td><td>1.57</td><td>コーン状</td></tr>
<tr><td>S-5</td><td>ずれ止め</td><td>186</td><td>199</td><td>0.94</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>S-6</td><td>単調載荷</td><td>351</td><td>348</td><td>1.01</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>S-7</td><td>単調載荷</td><td>345</td><td>210</td><td>1.64</td><td>コーン状</td></tr>
<tr><td>S-8</td><td>L/d</td><td>133</td><td>188</td><td>0.71</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>S-9</td><td>L/d</td><td>40.9</td><td>35.4</td><td>1.15</td><td>コーン状</td></tr>
</table>
*1：付着：環状コンクリートとソケット鋼管との付着破壊
コーン状：環状コンクリート内の引抜きせん断破壊

<table>
<tr><th>供試体名</th><th>終局強度
Pu
(kN)</th><th>対応する柱頭変位
δu(mm)</th><th>パラメータ</th><th>環状コンクリートの破壊モード</th></tr>
<tr><td>BS-1</td><td>343</td><td>37.0</td><td>標準</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>BS-2</td><td>360</td><td>21.7</td><td>D/d</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>BS-3</td><td>355</td><td>29.4</td><td>D/d</td><td>コーン状</td></tr>
<tr><td>BS-4</td><td>358</td><td>43.5</td><td>ベースプレート</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>BS-5</td><td>331</td><td>41.0</td><td>ベースプレート</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>BS-6</td><td>200</td><td>19.2</td><td>L/d</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>BS-7</td><td>295</td><td>26.3</td><td>L/d</td><td>付着</td></tr>
<tr><td>BS-8</td><td>271</td><td>32.6</td><td>L/d</td><td>付着</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>k</td><td>CFT柱－杭ソケット式接合部の耐苛性状に環状コンクリート強度が及ぼす影響</td><td>ソケット結合（2D）、円形断面、埋込1.5D、BP無、コンクリート強度変化</td><td>  </td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">供試体</th><th colspan="3">柱鋼管（内鋼管）</th><th colspan="3">杭鋼管（外鋼管）</th><th>環状コンクリート</th><th>環状コンクリート</th><th>差込み長</th></tr>
<tr><th>径 d
(mm)</th><th>肉厚 t_1
(mm)</th><th>降伏点
(N/mm2)</th><th>径 D
(mm)</th><th>肉厚 t_2
(mm)</th><th>降伏点
(N/mm2)</th><th>強度
(N/mm2)</th><th>ヤング係数
×10⁴(N/mm2)</th><th>(mm)</th></tr>
<tr><td>S1</td><td>216.3</td><td>30.0</td><td>249.4</td><td>430.0</td><td>6.0</td><td>344.5</td><td>38.3</td><td>3.210</td><td>324</td></tr>
<tr><td>C1</td><td>216.3</td><td>33.0</td><td>413.4</td><td>430.0</td><td>6.0</td><td>328.0</td><td>22.4</td><td>3.038</td><td>324</td></tr>
<tr><td>C2</td><td>216.3</td><td>33.0</td><td>413.4</td><td>430.0</td><td>6.0</td><td>328.0</td><td>5.6</td><td>0.374</td><td>324</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th>供試体</th><th>計算値
Qcal (kN)</th><th>終局荷重
Qult (kN)</th><th>Qult／Qcal</th></tr>
<tr><td>S1</td><td>346.5</td><td>344.1</td><td>0.99</td></tr>
<tr><td>C1</td><td>265.7</td><td>306.8</td><td>1.15</td></tr>
<tr><td>C2</td><td>187.1</td><td>58.8</td><td>0.31</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

■基礎杭の荷重分担に関するＦＥＭ解析結果について

(1)基礎杭の荷重分担の考え方について

橋脚柱先行建て込み工法における基礎杭の荷重分担の考え方は、PICO 治具を介して橋脚柱と直接連結された基礎杭は、架設時において上部工死荷重等の反力を分担する。一方、フーチング打設後の完成時には、死荷重増分（舗装等）、活荷重、地震荷重等をフーチングコンクリートの荷重分配機能により、各杭が均等に分担するものとする。図-1 に架設時と完成時における基礎杭の荷重分担の概要を示す。

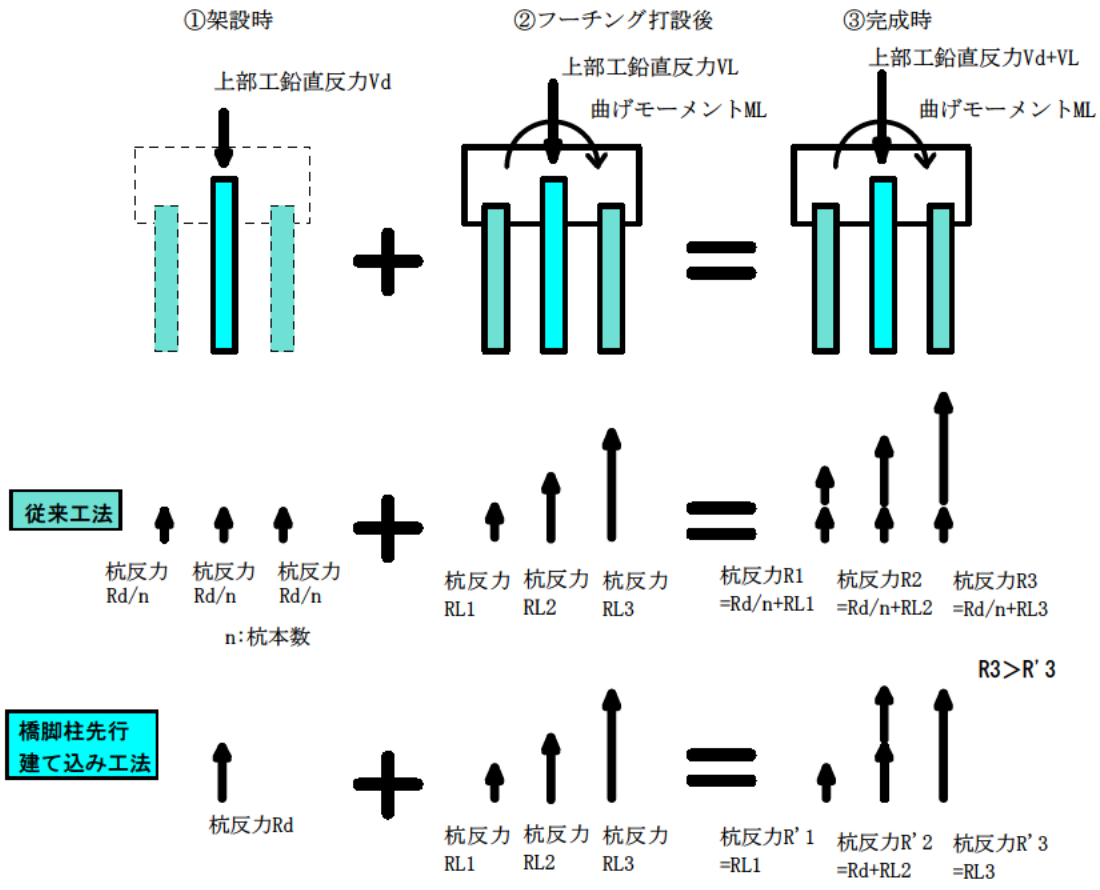


図-1　架設時と完成時における基礎杭の荷重分担模式図

(2)FEM 解析結果について

1)解析目的

橋梁完成時（基礎杭５本で支持）において、フーチングコンクリート打設後の上部工増荷重による各基礎杭の荷重分担比率により、基礎杭荷重分担の考え方の妥当性を検証する（図-2 参照)。

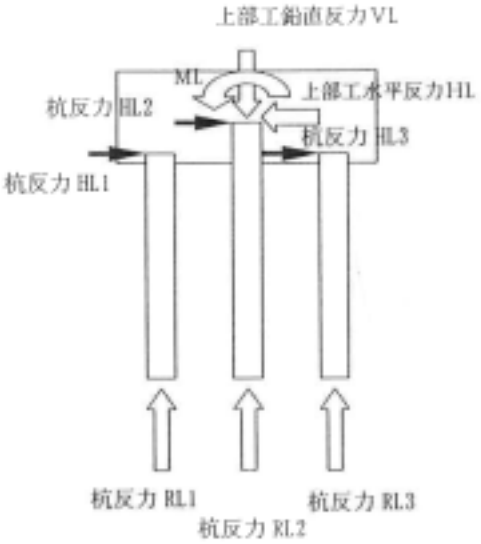


図-2　上部工増荷重による各基礎杭の荷重図

2)解析モデル

・解析モデルは上下線分離型とし、土質条件は交差点右側を採用する（図-3、図-4 参照)。

・対称な形状なので中心軸で分割し、1/2 モデルとする（図-4、図-5 参照)。

・PICO 治具もモデル化し解析を行う。

3)荷重

・常　時

・地震時（レベル１地震：ｋH＝0.3）

4)解析ソフト

・NASTRAN

5)解析結果

PICO による中央の基礎杭の荷重増分は１％未満であり、各基礎杭において均等に荷重分担されていることが検証された（図-7～13 参照)。

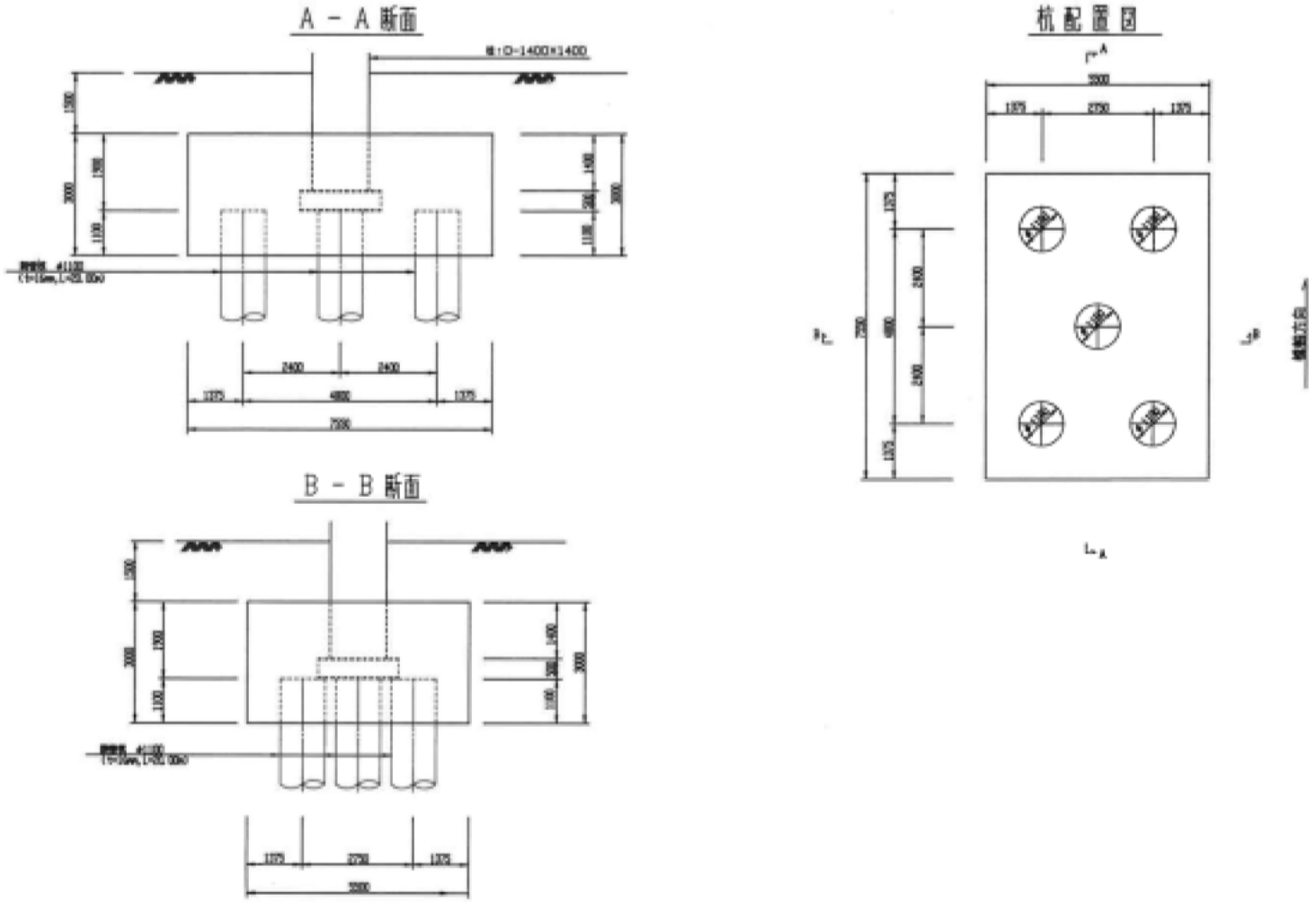
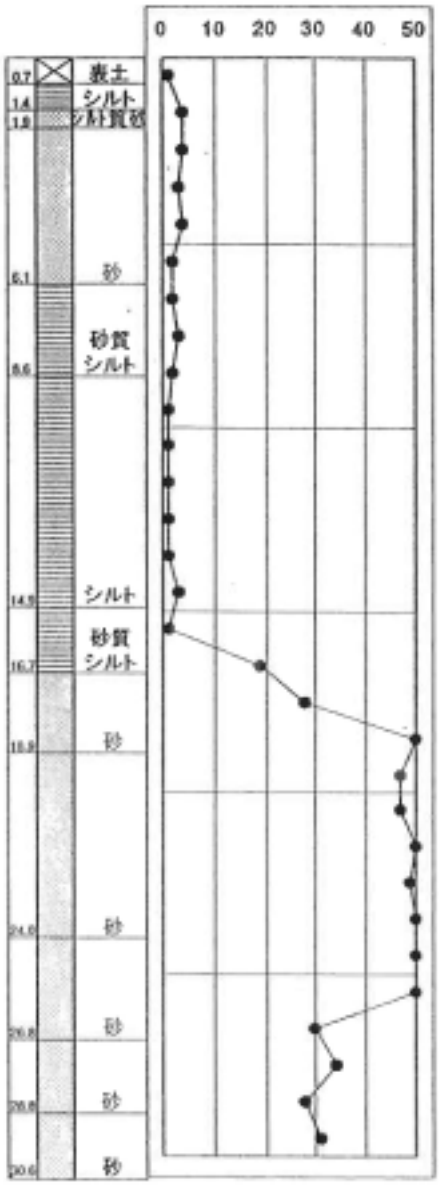


図-3　基礎構造一般図



交差点右側

図-4　土質柱状図

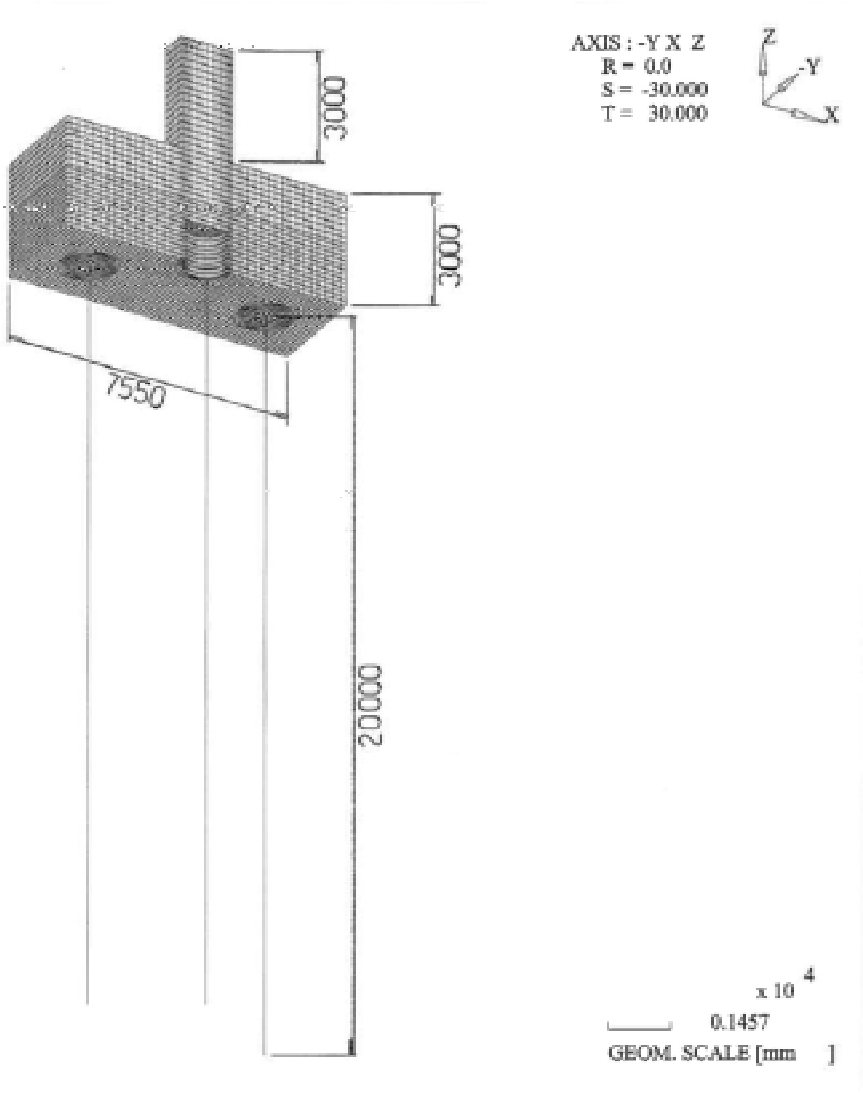


図-5　解析モデル図（その１）

FEM計算用荷重

	ケース	V (kN)	H (kN)	M (kN･m)	地盤バネ
完成時	常　時	4500	0	0	常　時
	地震時	2100	900	-2200	地震時

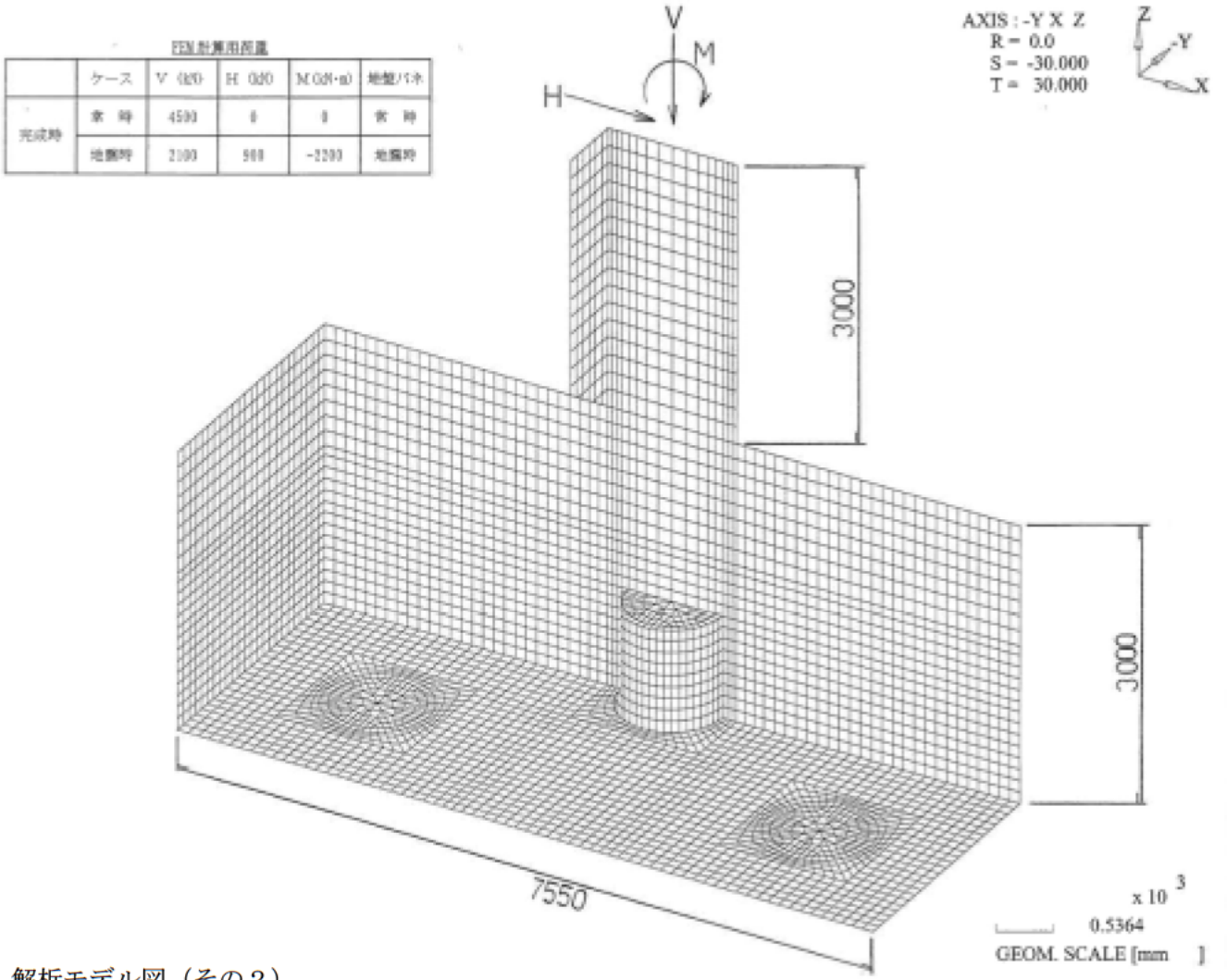


図-6　解析モデル図（その２）

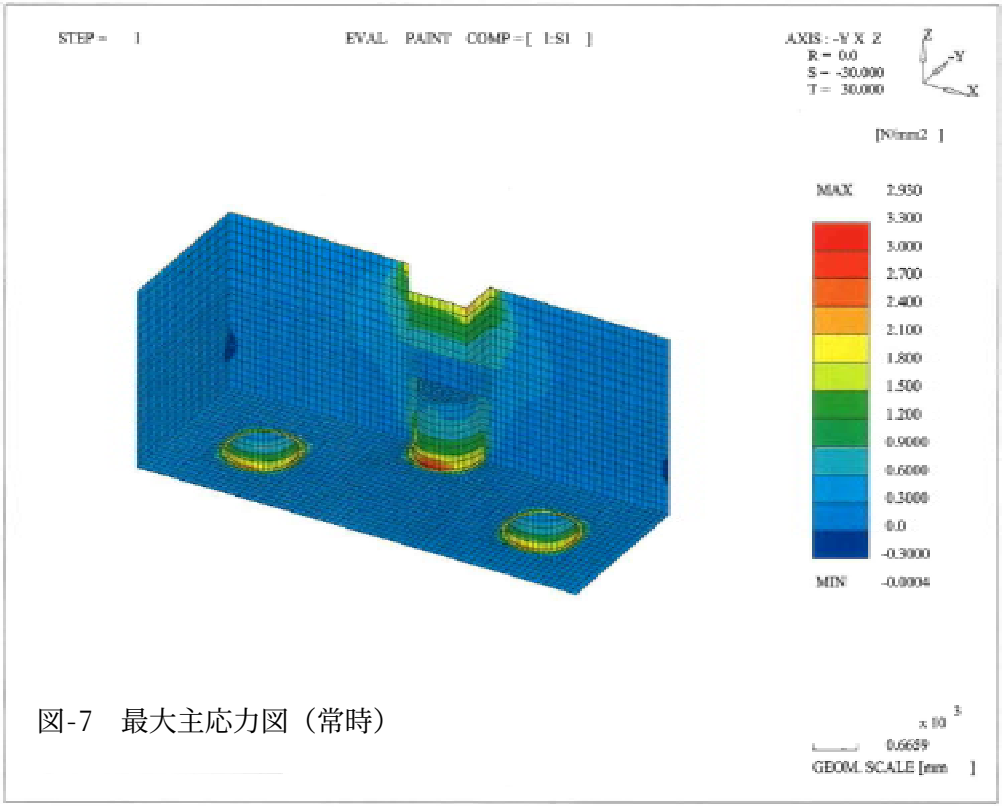


図-7　最大主応力図（常時）

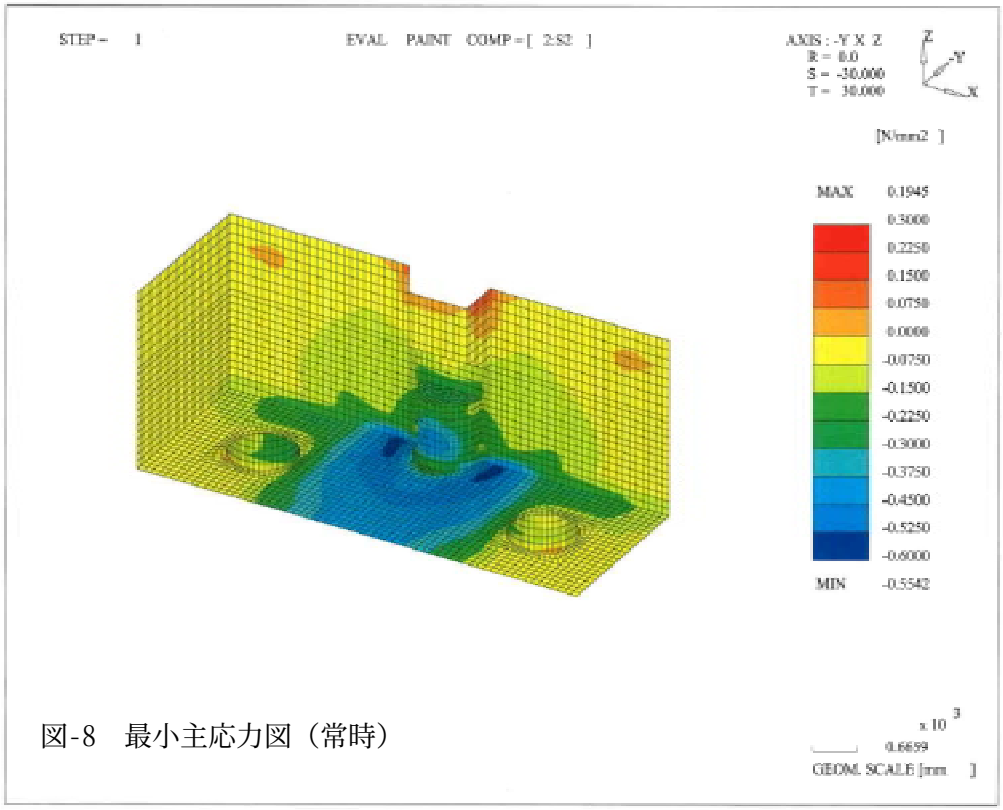
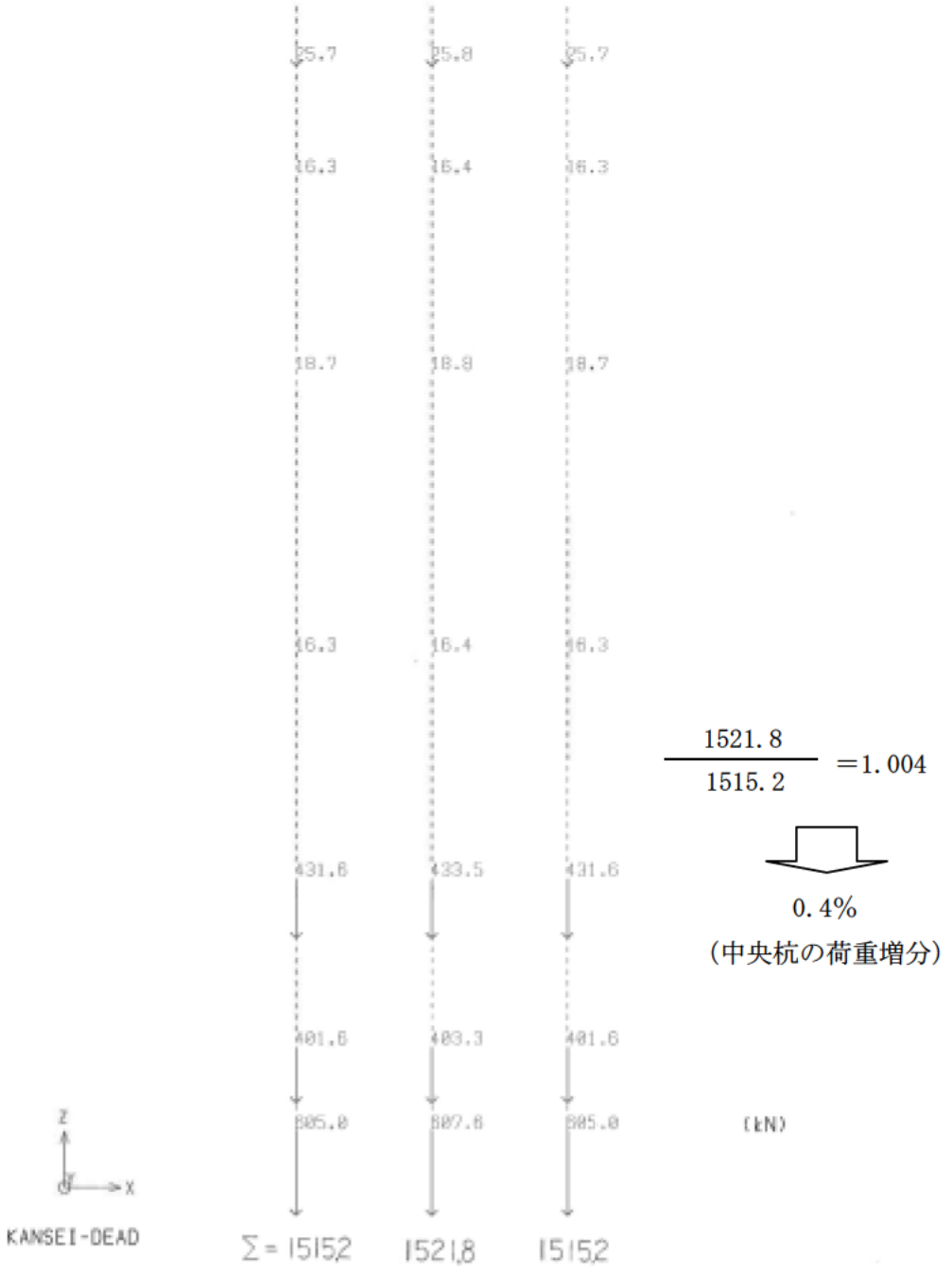


図-8　最小主応力図（常時）



$$\frac{1521.8}{1515.2} = 1.004$$

0.4%

（中央杭の荷重増分）

図-9　基礎杭バネ作用力図（常時）

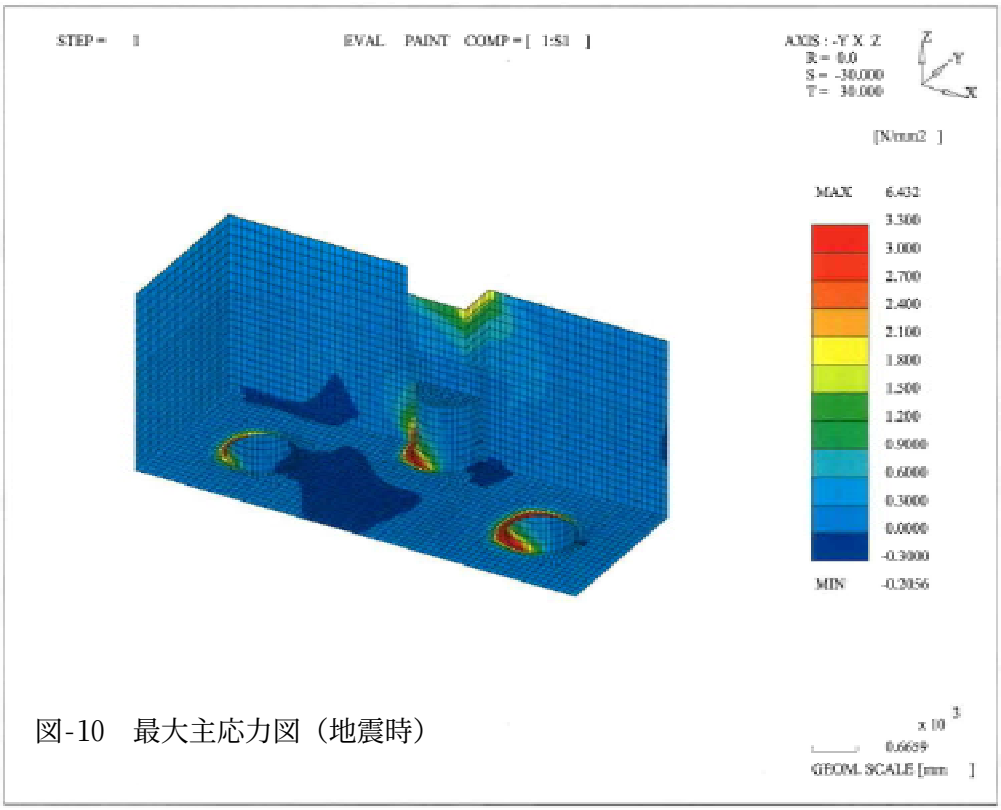


図-10　最大主応力図（地震時）

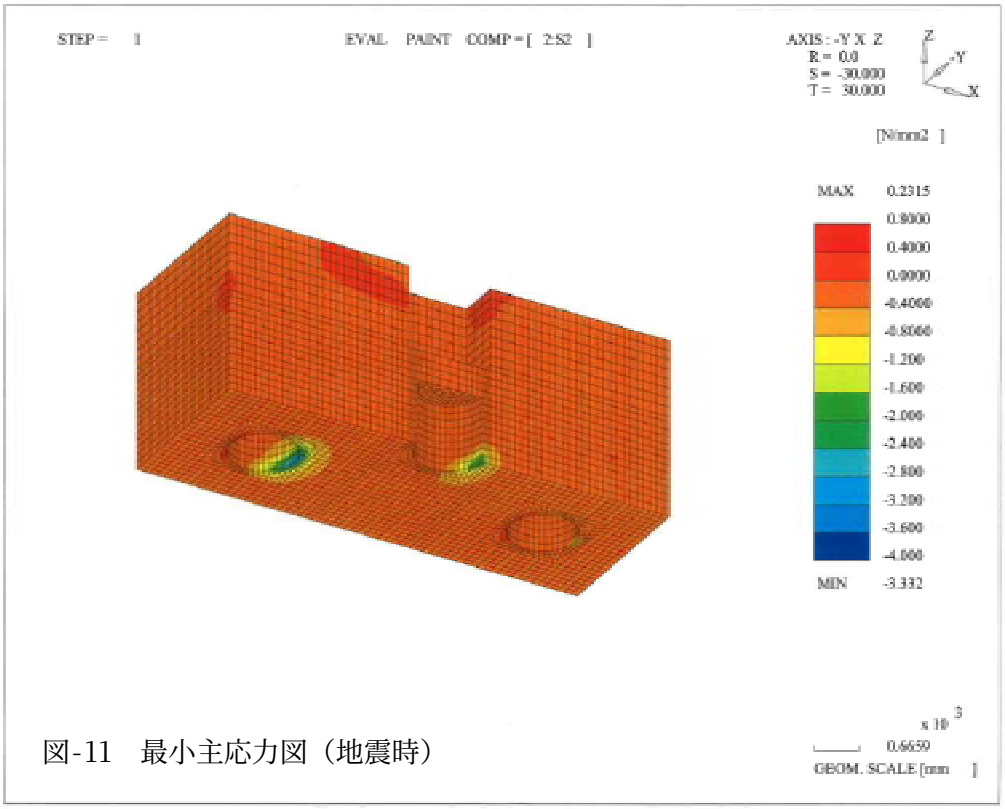


図-11　最小主応力図（地震時）

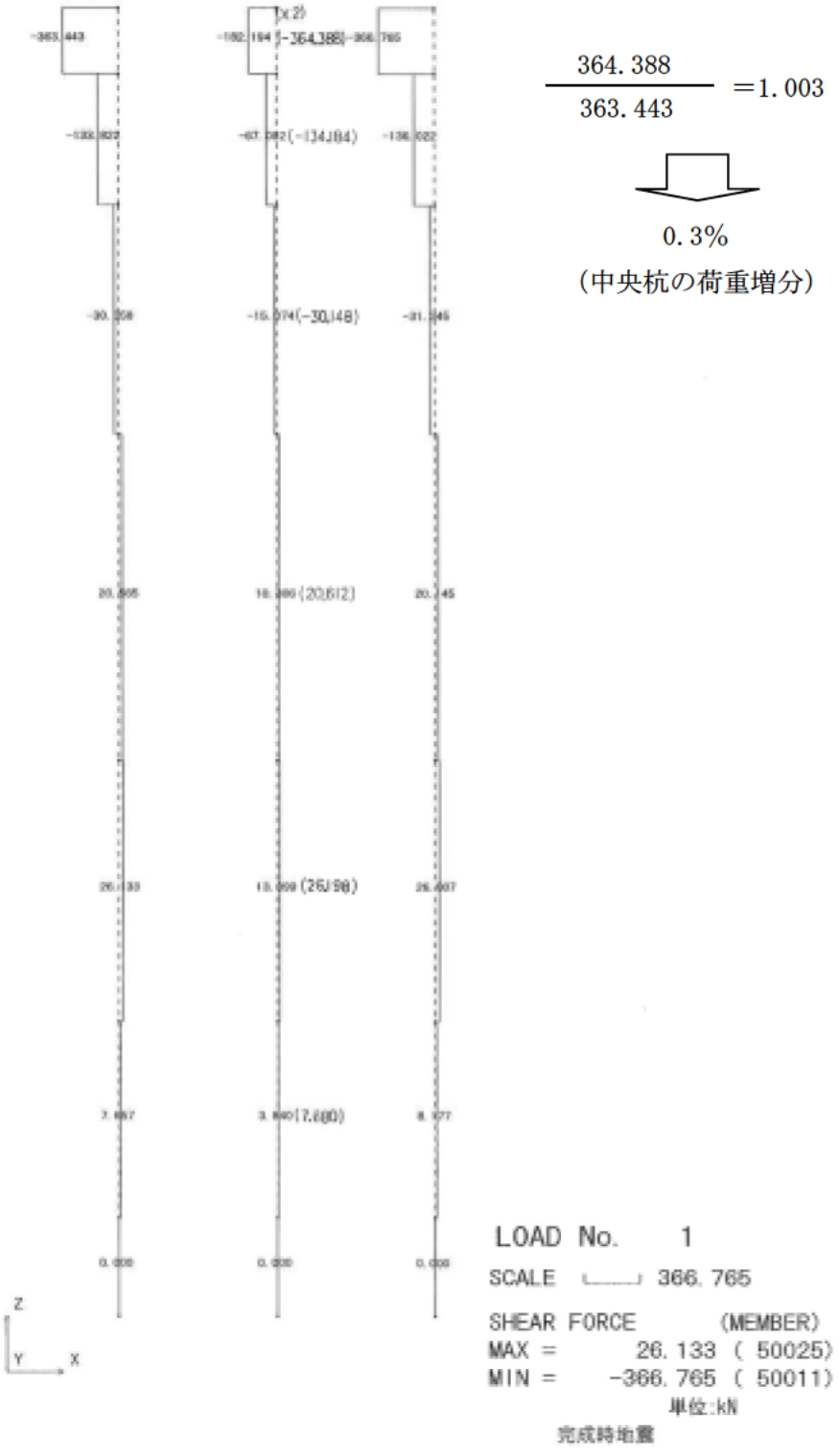


図-12　基礎杭せん断力図（地震時）

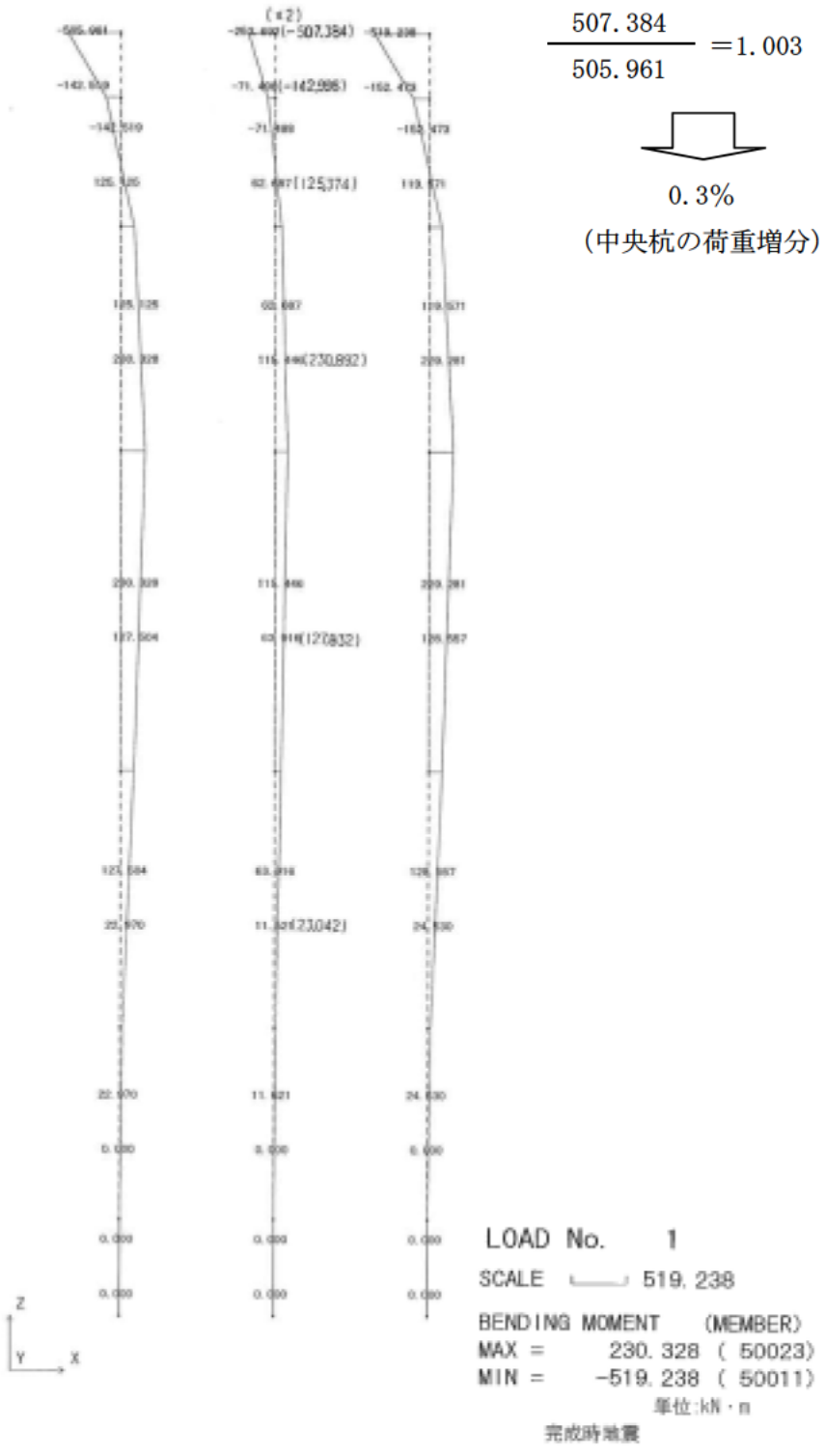


図-13　基礎杭曲げモーメント図（地震時）

■「橋脚柱先行建て込み工法」のプッシュオーバー解析結果について

(1)解析目的

架設時（基礎杭１本で支持）において、基礎杭に作用する付加曲げモーメントの影響を検証する。

(2)解析モデル

・解析モデルは、図-1 に示すようにモデル化する。
・解析ケースは、粘性土層のＮ値=1 とＮ値=2 の２ケースとする。
・橋脚柱および基礎杭は、ファイバーモデルとする（図-2 参照）。
・杭の抵抗特性は、H14 道路橋示方書・同解説-下部構造編に基づき算定する。なお、軸直角方向の抵抗特性は、水平方向地盤反力係数K_{HE}を初期勾配とし、水平地盤反力度の上限値P_{HU}を上限値とするバイリニア型の非線形バネモデルとする（表-1～5 参照）。

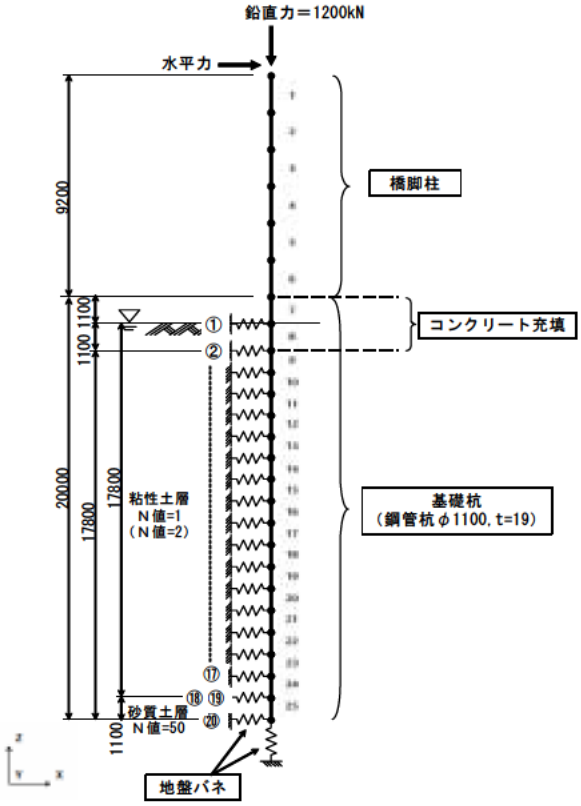
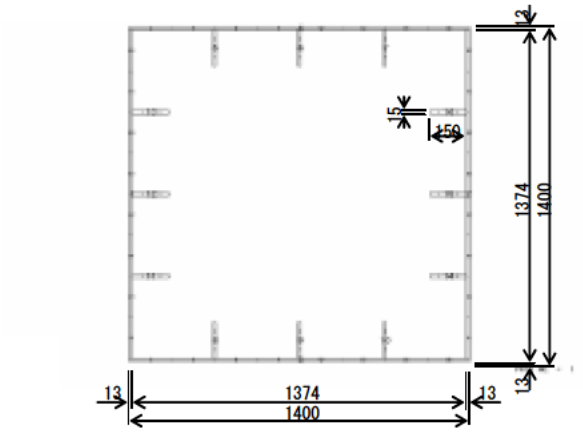


図-1　解析モデル図

(3)解析結果

プッシュオーバー解析結果より、以下のことが検証された（図-3～5 参照）。

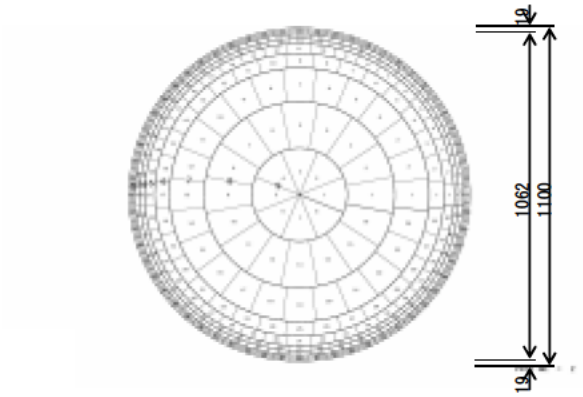
・Ｎ値=1、2 の粘性土層のような軟弱地盤では、全体系の終局耐力は地盤強度により決定される。
・付加曲げを考慮した方がしない場合に比べ、全体系の終局耐力が約 12～13%小さくなる。
・付加曲げを考慮した場合としない場合との全体系の終局耐力比率は、Ｎ値の大きいほうが小さくなる傾向にある。



橋脚柱

A = 0.09912 m^2
Iy = 0.02921 m^4
Iz = 0.02918 m^4
Es = 2.00E+08 kN/m^2

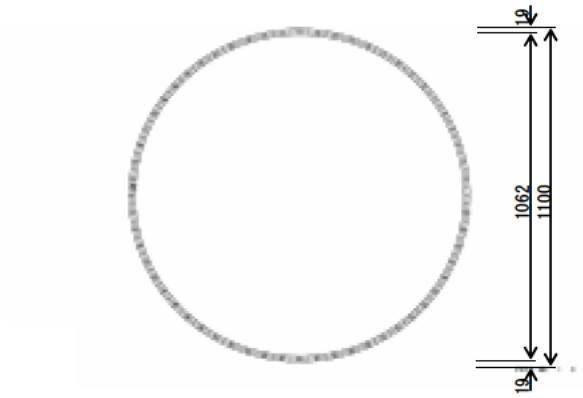
鋼種：SM400
σy = 235 N/mm^2
εy = 0.001175



杭頭部
（コンクリート充填）

A = 0.06453 m^2
Iy = 0.00943 m^4
Iz = 0.00943 m^4
Es = 2.00E+08 kN/m^2
Ec = 2.20E+07 kN/m^2
（σck = 18 N/mm^2）

鋼種：SKK490
σy = 315 N/mm^2
εy = 0.001575



基礎杭

A = 0.06453 m^2
Iy = 0.00943 m^4
Iz = 0.00943 m^4
Es = 2.00E+08 kN/m^2

鋼種：SKK490
σy = 315 N/mm^2
εy = 0.001575

図-2　ファイバーモデル

表-1　杭の軸方向バネ定数 K_{VE}

$K_{VE} = a \cdot Ap \cdot Ep / L$ = 363,129

ここに，

K_{VE} ： 杭の軸方向バネ定数 (kN/m)

Ap ： 杭の純断面積 (mm^2) =64525

Ep ： 杭体のヤング率 (kN/mm^2) =200.00

a ： 中堀り杭として　a = 0.010(L/D)+0.36 =0.53

L ： 杭長 (m) =18.90

D ： 杭径 (m) =1.10

t ： 杭の板厚(m) =0.019

表-2　水平方向地盤反力係数（N値=1）K_{HE}

杭のヤング率 2.0E+08 kN/m^2

杭径 1.100 m

板厚 0.019 m

杭の断面2次ﾓｰﾒﾝﾄ 9.43E-03 m^4

層 No.	地盤の種類	層厚 (m)	N値	E0 (kN/m^2)	KH0 (kN/m^3)	K_H (kN/m^3)	β (m^{-1})	$\eta_K \cdot \alpha_K$	K_{HE} (kN/m^3)
1	粘性土	17.8	1	2,800	18,667	3,347	0.125	1.5	5,021
2	砂質土	1.1	50	140,000	933,333	250,868	0.368	1.5	376,302

変形係数	$E0=2800 \cdot N$	H14 道示-下部 表-解 9.5.1
水平地震反力係数の基準値	$K_{H0} = 1/0.3 \cdot \alpha \cdot E0$	H14 道示-下部解 9.5.5
水平方向地盤反力係数	$K_H = K_{H0} \cdot (B_H / 0.3)^{-3/4}$	H14 道示-下部 解 9.5.4
杭の特性値	$\beta = \sqrt[4]{((K_H \cdot D)/(4 \cdot E \cdot I))}$	H14 道示-下部 9.5.2
荷重作用方向に直交する基礎の換算載荷幅	$B_H = \sqrt{(D/\beta)}$	H14 道示-下部 表-解 9.5.2

表-3　水平地盤反力度の上限値（N値=1）P_{HU}

No.	地盤の種類	層厚 (m)	深度 x (m)	粘着力 C (kN/m^2)	せん断抵抗角 φ (°)	壁面摩擦角 δ_E (°)	単位体積重量 γ' (kN/m^3)	土被り (kN/m^2)	受働土圧係数 K_{EP}	受働土圧強度 P_U (kN/m^2)	$\eta_p \alpha_p$	水平地盤反力度の上限値 P_{HU} (kN/m^2)
1	粘性土	1.1	0.00 1.10	6.0	0	0	5.2	0.00 5.72	1.000	12.000 17.720	1.0	12.00 17.72
2	粘性土	0.875	1.10 1.98	6.0	0	0	5.2	5.72 10.27	1.000	17.720 22.270	1.0	17.72 22.27
3	粘性土	0.875	1.98 2.85	6.0	0	0	5.2	10.27 14.82	1.000	22.270 26.820	1.0	22.27 26.82
4	粘性土	0.875	2.85 3.73	6.0	0	0	5.2	14.82 19.37	1.000	26.820 31.370	1.0	26.82 31.37
5	粘性土	0.875	3.73 4.60	6.0	0	0	5.2	19.37 23.92	1.000	31.370 35.920	1.0	31.37 35.92
6	粘性土	1.1	4.60 5.70	6.0	0	0	5.2	23.92 29.64	1.000	35.920 41.640	1.0	35.92 41.64
7	粘性土	1.1	5.70 6.80	6.0	0	0	5.2	29.64 35.36	1.000	41.640 47.360	1.0	41.64 47.36
8	粘性土	1.1	6.80 7.90	6.0	0	0	5.2	35.36 41.08	1.000	47.360 53.080	1.0	47.36 53.08
9	粘性土	1.1	7.90 9.00	6.0	0	0	5.2	41.08 46.80	1.000	53.080 58.800	1.0	53.08 58.80
10	粘性土	1.1	9.00 10.10	6.0	0	0	5.2	46.80 52.52	1.000	58.800 64.520	1.0	58.80 64.52
11	粘性土	1.1	10.10 11.20	6.0	0	0	5.2	52.52 58.24	1.000	64.520 70.240	1.0	64.52 70.24
12	粘性土	1.1	11.20 12.30	6.0	0	0	5.2	58.24 63.96	1.000	70.240 75.960	1.0	70.24 75.96
13	粘性土	1.1	12.30 13.40	6.0	0	0	5.2	63.96 69.68	1.000	75.960 81.680	1.0	75.96 81.68
14	粘性土	1.1	13.40 14.50	6.0	0	0	5.2	69.68 75.40	1.000	81.680 87.400	1.0	81.68 87.40
15	粘性土	1.1	14.50 15.60	6.0	0	0	5.2	75.40 81.12	1.000	87.400 93.120	1.0	87.40 93.12
16	粘性土	1.1	15.60 16.70	6.0	0	0	5.2	81.12 86.84	1.000	93.120 98.840	1.0	93.12 98.84
17	粘性土	1.1	16.70 17.80	6.0	0	0	5.2	86.84 92.56	1.000	98.840 104.560	1.0	98.84 104.56
18	砂質土	1.1	17.80 18.90	0	42.4	-7.064	10.2	92.56 103.78	6.934	641.819 719.619	3.0	1925.46 2158.86

表-4　水平方向地盤反力係数（N値=2）K_{HE}

杭のヤング率　2.0E+08 kN/m^2
杭径　1.100 m
板厚　0.019 m
杭の断面2次ﾓｰﾒﾝﾄ　9.43E-03 m^4

層 No.	地盤の種類	層厚 (m)	N値	E0 (kN/m^2)	KH0 (kN/m^3)	K_H (kN/m^3)	β (m^{-1})	$\eta_K \cdot \alpha_K$	K_{HE} (kN/m^3)
1	粘性土	17.8	2	5,600	37,333	7,193	0.151	1.5	10,789
2	砂質土	1.1	50	140,000	933,333	250,868	0.368	1.5	376,302

変形係数	$E0=2800 \cdot N$	H14 道示-下部 表-解 9.5.1
水平地震反力係数の基準値	$K_{H0} = 1/0.3 \cdot \alpha \cdot E0$	H14 道示-下部解 9.5.5
水平方向地盤反力係数	$K_H = K_{H0} \cdot (B_H/0.3)^{-3/4}$	H14 道示-下部 解 9.5.4
杭の特性値	$\beta = \sqrt[4]{(K_H \cdot D)/(4 \cdot E \cdot I)}$	H14 道示-下部 9.5.2
荷重作用方向に直交する基礎の換算載荷幅	$B_H = \sqrt{(D/\beta)}$	H14 道示-下部 表-解 9.5.2

表-5　水平地盤反力度の上限値（N値=2）P_{HU}

No.	地盤の種類	層厚 (m)	深度 x (m)	粘着力 C (kN/m^2)	せん断抵抗角 φ (°)	壁面摩擦角 δ_E (°)	単位体積重量 γ' (kN/m^3)	土被り (kN/m^2)	受働土圧係数 K_{EP}	受働土圧強度 P_U (kN/m^2)	$\eta_p \alpha_p$	水平地盤反力度の上限値 P_{HU} (kN/m^2)
1	粘性土	1.1	0.00 1.10	12.0	0	0	5.2	0.00 5.72	1.000	24.000 29.720	1.0	24.00 29.72
2	粘性土	0.875	1.10 1.98	12.0	0	0	5.2	5.72 10.27	1.000	29.720 34.270	1.0	29.72 34.27
3	粘性土	0.875	1.98 2.85	12.0	0	0	5.2	10.27 14.82	1.000	34.270 38.820	1.0	34.27 38.82
4	粘性土	0.875	2.85 3.73	12.0	0	0	5.2	14.82 19.37	1.000	38.820 43.370	1.0	38.82 43.37
5	粘性土	0.875	3.73 4.60	12.0	0	0	5.2	19.37 23.92	1.000	43.370 47.920	1.0	43.37 47.92
6	粘性土	1.1	4.60 5.70	12.0	0	0	5.2	23.92 29.64	1.000	47.920 53.640	1.0	47.92 53.64
7	粘性土	1.1	5.70 6.80	12.0	0	0	5.2	29.64 35.36	1.000	53.640 59.360	1.0	53.64 59.36
8	粘性土	1.1	6.80 7.90	12.0	0	0	5.2	35.36 41.08	1.000	59.360 65.080	1.0	59.36 65.08
9	粘性土	1.1	7.90 9.00	12.0	0	0	5.2	41.08 46.80	1.000	65.080 70.800	1.0	65.08 70.80
10	粘性土	1.1	9.00 10.10	12.0	0	0	5.2	46.80 52.52	1.000	70.800 76.520	1.0	70.80 76.52
11	粘性土	1.1	10.10 11.20	12.0	0	0	5.2	52.52 58.24	1.000	76.520 82.240	1.0	76.52 82.24
12	粘性土	1.1	11.20 12.30	12.0	0	0	5.2	58.24 63.96	1.000	82.240 87.960	1.0	82.24 87.96
13	粘性土	1.1	12.30 13.40	12.0	0	0	5.2	63.96 69.68	1.000	87.960 93.680	1.0	87.96 93.68
14	粘性土	1.1	13.40 14.50	12.0	0	0	5.2	69.68 75.40	1.000	93.680 99.400	1.0	93.68 99.40
15	粘性土	1.1	14.50 15.60	12.0	0	0	5.2	75.40 81.12	1.000	99.400 105.120	1.0	99.40 105.12
16	粘性土	1.1	15.60 16.70	12.0	0	0	5.2	81.12 86.84	1.000	105.120 110.840	1.0	105.12 110.84
17	粘性土	1.1	16.70 17.80	12.0	0	0	5.2	86.84 92.56	1.000	110.840 116.560	1.0	110.84 116.56
18	砂質土	1.1	17.80 18.90	0	42.4	-7.064	10.2	92.56 103.78	6.934	641.819 719.619	3.0	1925.46 2158.86

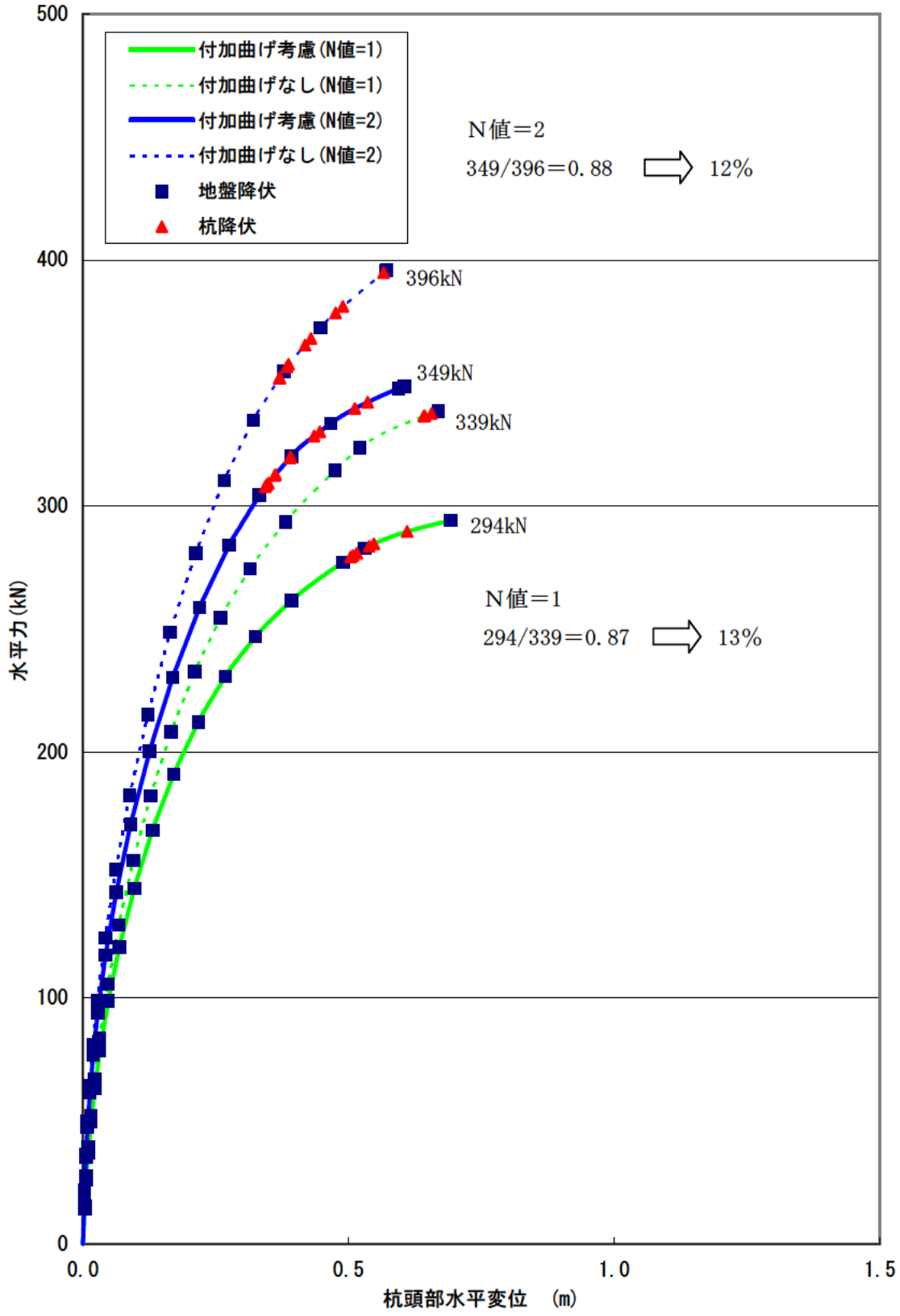


図-3　杭頭部　変位－荷重曲線

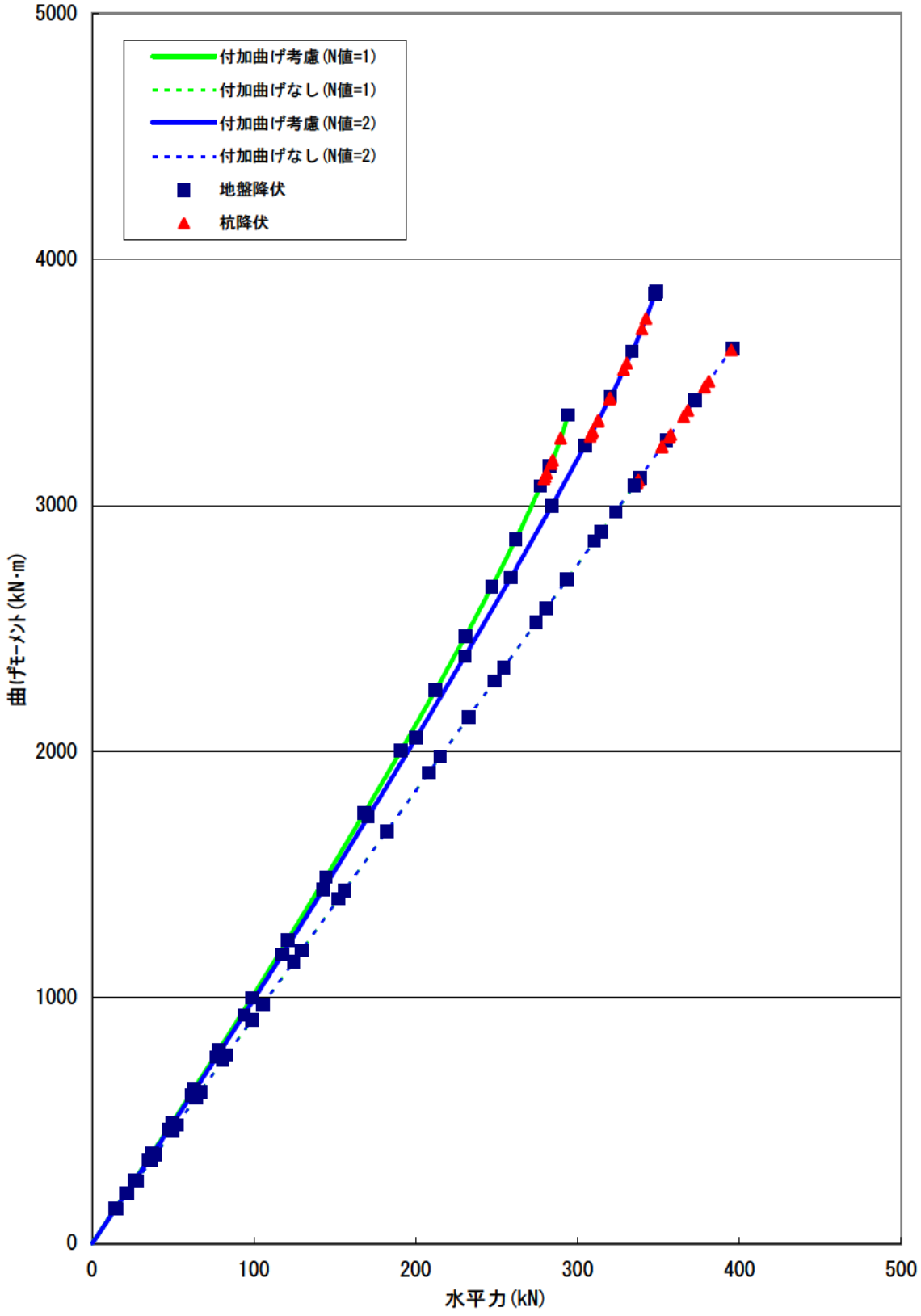


図-4　杭頭部　曲げモーメント－荷重曲線（ELEM.No.7）

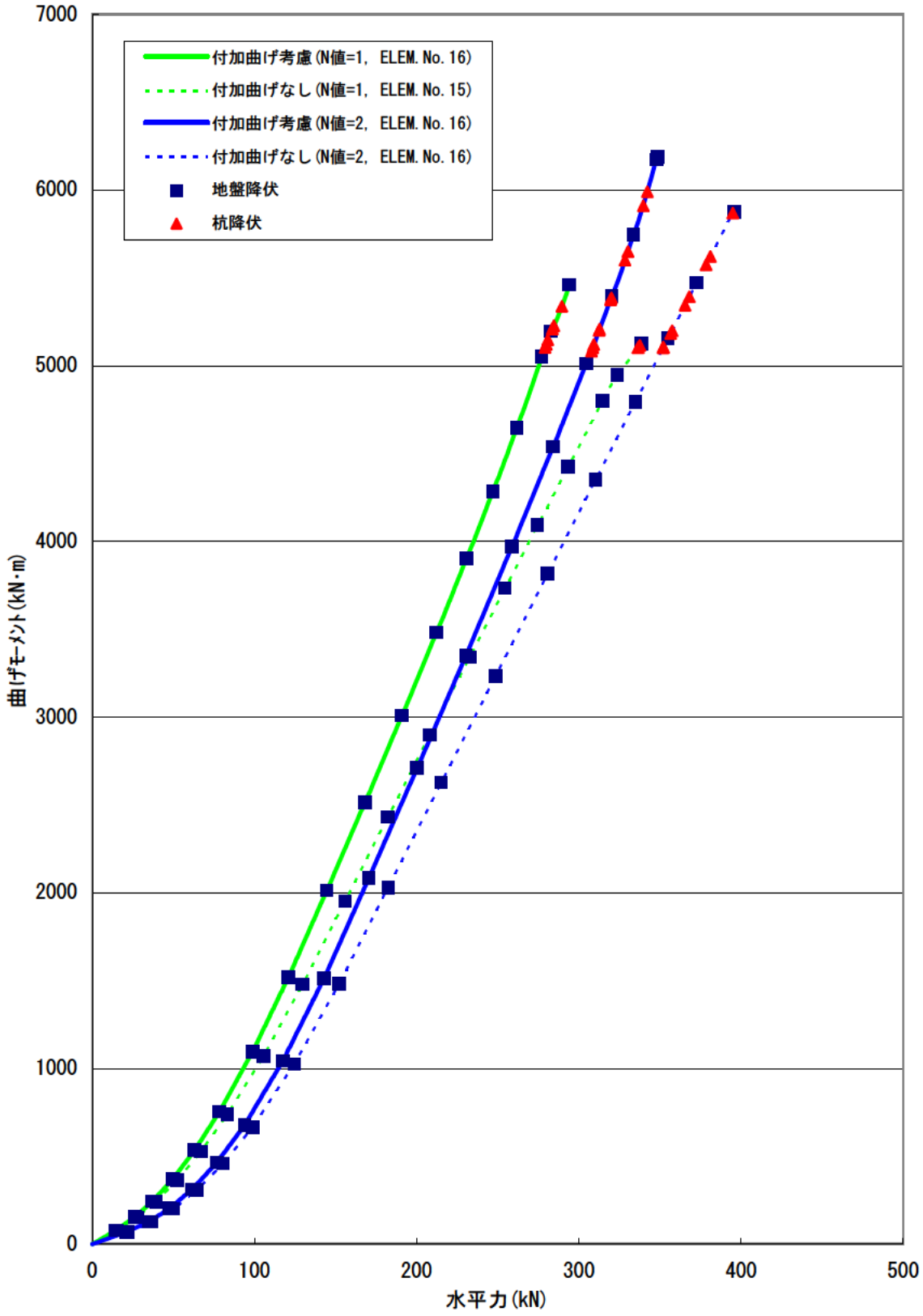


図-5　地中部　曲げモーメントー荷重曲線

■「すいすいＭＯＰ工法」に関する投稿論文について

共同研究期間中に投稿した論文を以下に示す。

表-1　投稿論文一覧表

No	投稿先	講演会名等	論文タイトル	執筆者
1	(社)土木学会	第 58 回年次学術講演会 （H15.9）	立体交差工事における二次渋滞の回避を狙った急速施工法の開発 （資料 4-2）	中谷眞二[*2] 新田明[*2] 大波修二[*2] 栗原正幸[*2] 浅野均[*3] 朝倉弘明[*3]
2	(社)日本道路協会	第 25 回日本道路会議 （H15.11）	立体交差急速施工技術「すいすいＭＯＰ工法」の開発 （資料 4-4）	浅野均[*3] 朝倉弘明[*3] 中谷眞二[*2]
3	土木技術社	土木技術第 59 巻 4 号 （H16.4）	急速立体交差技術「すいすいＭＯＰ工法」 （資料 4-6）	新田明[*2] 神宮敏樹[*2] 朝倉弘明[*3]
4	(社)土木学会	第 59 回年次学術講演会 （H16.9）	立体交差急速施工に係わる橋脚柱先行建て込み工法の適用性について （資料 4-11）	浅野均[*3] 小林修[*3] 中谷眞二[*2] 新田明[*2]
5	(社)土木学会	第 59 回年次学術講演会 （H16.9）	立体交差急速施工技術「すいすいＭＯＰ工法」上部工施工試験 （資料 4-13）	神宮敏樹[*2] 大波修二[*2] 栗原正幸[*2] 北嶋杉生[*2] 浅野均[*3] 小林修[*3]
6	日本工業出版㈱	建設機械 2005/04 号 （H17.1 投稿）	急速施工立体交差技術すいすいＭＯＰ工法 （資料 4-15）	福井次郎[*1] 中谷眞二[*2] 新田明[*2] 大波修二[*2] 浅野均[*3] 小林修[*3]
7	(社)土木学会	第 60 回年次学術講演会 （H17.3 投稿）	立体交差急速施工に係わる橋脚柱先行建て込み工法の適用性について （資料 4-21）	福井次郎[*1] 浅野均[*3] 請川誠[*3] 小林修[*3] 新田明[*2] 大波修二[*2]

[*1](独)土木研究所、[*2]三菱重工業(株)、[*3]戸田建設(株)

VI-283　　土木学会第58回年次学術講演会（平成15年9月）

立体交差工事における二次渋滞の回避を狙った急速施工法の開発

三菱重工業㈱　正会員　中谷　眞二　正会員　新田　明
大波　修二　栗原　正幸
戸田建設㈱　正会員　浅野　均　正会員　○朝倉　弘明

1．はじめに

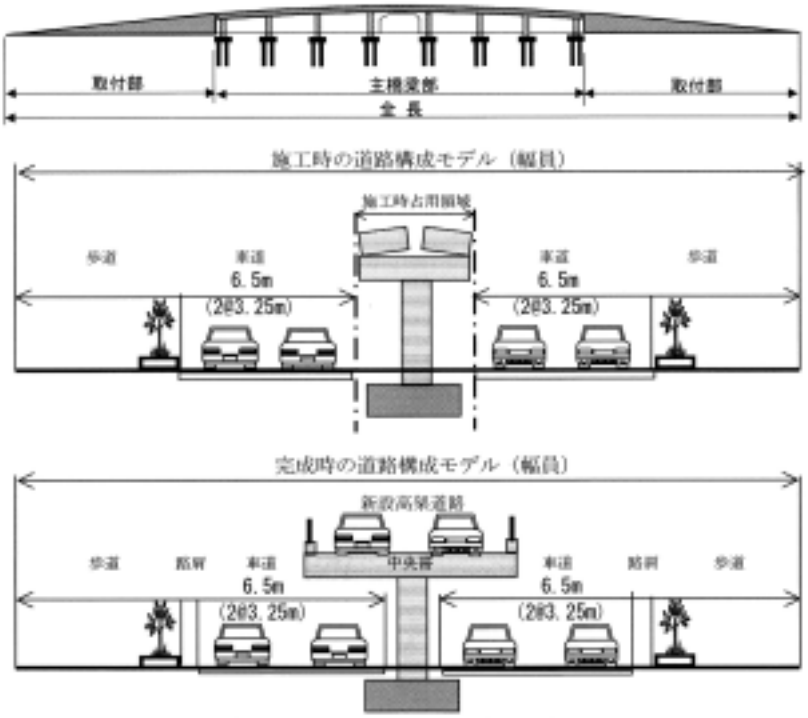
都市部の交差点や踏切では，ボトルネックと呼ばれる慢性的な渋滞ポイントが存在しており，解決施策の一つである立体交差化は，通常１年～２年と言われる工事期間の短縮が重要な課題とされている．

「すいすいＭＯＰ工法」（Module On Pier）は，この課題を解決するとともに，工事中に発生する二次渋滞をも解消するという新たな視点から開発したものである．

本工法では，幅員 25m の４車線道路に２車線の高架道路を施工する場合，従来工法では困難であった交差点部での右折車線確保を，施工時占用領域をコンパクト化することで実現した．課題である現地工期も約 4.5 ヶ月に短縮し，さらに，現有道路の一部を組立ヤードとして利用することで，組立用地を不要にした．

2．本工法の概要

高架道路は，図－１に示すように主橋梁部と取付部からなり，主橋梁部は鋼製の橋桁と橋脚柱，取付部は盛土で構成されている．

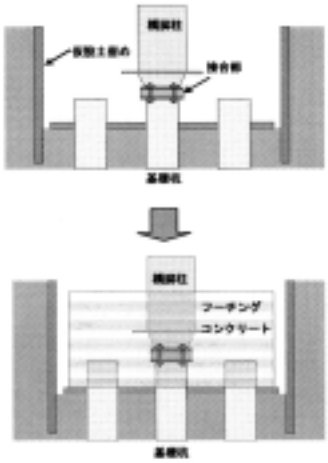


図－１　高架道路の構造形式模式図

キーワード　立体交差，急速施工法，二次渋滞，モジュール，先行建て込み，同時並行作業
連絡先　〒100-8315　東京都千代田区丸の内 2-5-1　三菱重工業株式会社　ＴＥＬ03-3212-9045
〒104-8388　東京都中央区京橋 1-7-1　戸田建設株式会社　ＴＥＬ03-3535-1620

本工法の最大の特徴は，「モジュール桁工法」と「橋脚柱先行建て込み工法」を組み合わせた点にある．モジュール桁工法は，図－１に示すような橋桁（上部工）のコンパクト化技術である．この技術を用いることで，施工時占用幅が縮小されるため，交差点部において，右折車線を確保することができる．

また，図－２に示す「橋脚柱先行建て込み工法」は，杭と橋脚柱を機械的に先行接合することで，フーチングコンクリートの後施工を可能にする技術である．この技術の活用により，上部工と下部工の同時並行作業が可能となり，大幅な工期短縮を実現することができる．



図－２　橋脚柱先行建て込み工法

３．施工手順

施工手順を図－３に示す．先ず，１径間分の橋桁を門型油圧揚上機により，折りたたんだ状態で移動多軸台車に積み込む．次に，橋脚柱と橋桁を，それぞれ別の移動多軸台車で所定の位置まで運搬する．次に，橋桁を移動多軸台車に装備されたリフトアップ装置で上昇させ，橋脚柱と接合する．その後，橋桁を降下させ，橋桁の接合と橋脚基部の固定を行うことで，１径間分の架設が完了する．

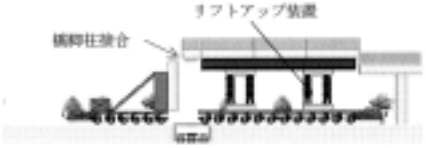
(1)トレーラーにて運搬した橋桁を移動多軸台車上で組み立てる．
（ブラケットは折りたたんだ状態）



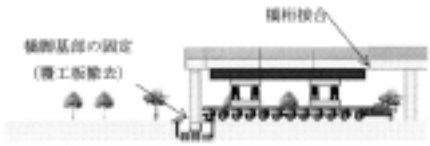
(2)作業者の中を組立ヤードから設置箇所まで移動する．



(3)橋桁をリフトアップし，橋脚柱を接合する．



(4)橋桁をジャッキダウンした後，「橋桁の接合」と「橋脚基部の固定」を行う．



図－３　１径間分の施工手順

４．おわりに

本工法は，以下の目的で開発した工法であり，本工法を通じて，都市部での交通渋滞の緩和，引いては豊かな都市空間の創造に貢献していきたいと考えている．

① 施工中の右折車線確保（図－４）
② 組立用地が不要
③ 大幅な工期短縮



図－４　施工中の右折車線確保イメージ

第25回日本道路会議論文

10P08

立体交差急速施工技術「すいすいMOP工法」の開発

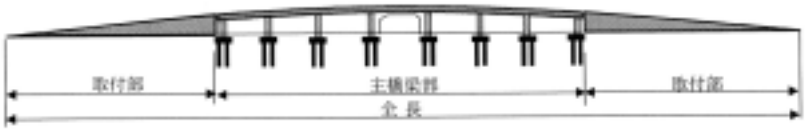
戸田建設株式会社　アーバンルネッサンスプロジェクト　○浅　野　　均
同　　朝　倉　弘　明
三菱重工業株式会社　鉄構建設事業本部　　中　谷　眞　二

1．はじめに

都市部の交差点や踏切では、ボトルネックと呼ばれる慢性的な渋滞ポイントが存在しており、解決施策の一つである立体交差化は、通常１年～２年と言われる工事期間の短縮が重要な課題とされている。
「すいすいMOP工法」(Module On Pier) は、この課題を解決するとともに、工事中に発生する二次渋滞をも解消するという新たな視点から開発したものである。
本工法では、幹線道路上に渋滞解消のためのオーバーパスを施工する場合、従来工法では困難であった交差点部での右折車線確保を、施工時占用領域のコンパクト化により実現した。課題である現地工期も約 4.5 ヶ月に短縮し、さらに、現有道路の一部を組立ヤードとして利用することで、組立用地を不要にした。

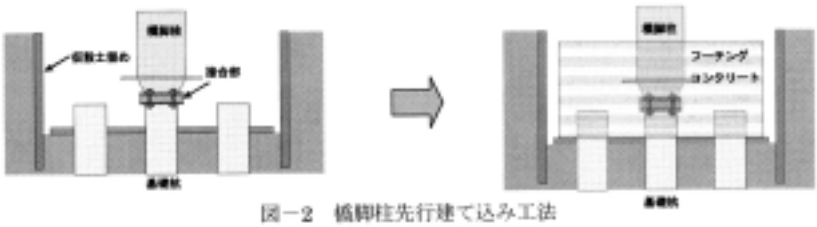
2．本工法の概要

高架道路は，図－１に示すように主橋梁部と取付部からなり、主橋梁部は鋼製の橋桁と橋脚柱、取付部は盛土で構成されている。

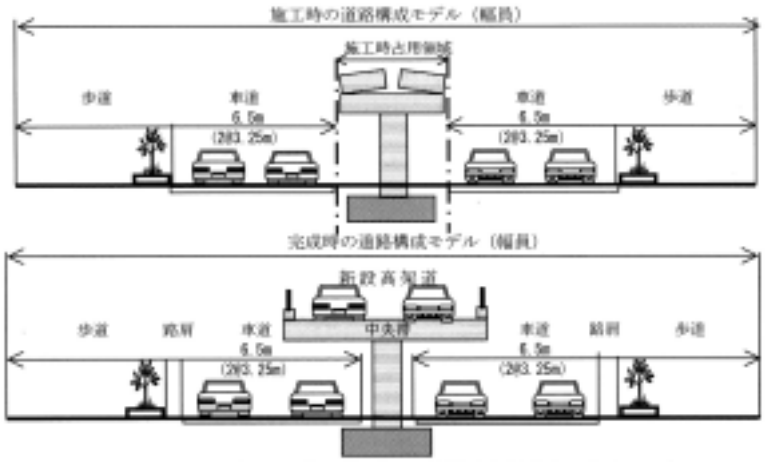


図－１　高架道路の構造形式模式図

本工法の最大の特徴は、「橋脚柱先行建て込み工法」と「モジュール桁工法」を組み合わせた点にある。
図－２に示す「橋脚柱先行建て込み工法」は、基礎杭と橋脚柱を機械的に先行接合することで、フーチングコンクリートの後施工を可能にする技術である。この技術により、上部工と下部工の同時並行作業が可能となり、大幅な工期短縮を実現することができる。
また、「モジュール桁工法」は、図－３に示すような橋桁（上部工）のコンパクト化技術である。この技術を用いることで、施工時占用幅を縮小できるため、交差点部における右折車線を確保することができる。



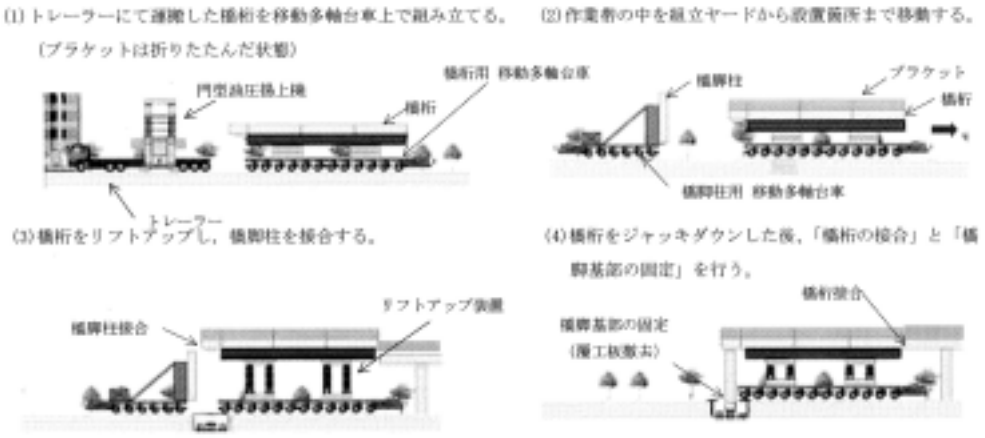
図－２　橋脚柱先行建て込み工法



図－3　モジュール桁工法（4車線道路を対象としたケース）

3．施工手順

施工手順を図－4に示す。先ず、1径間分の橋桁を門型油圧揚上機により、折りたたんだ状態で移動多軸台車に積み込む。次に、橋脚柱と橋桁を、それぞれ別の移動多軸台車で所定の位置まで運搬する。次に、橋桁を移動多軸台車に装備されたリフトアップ装置で上昇させ、橋脚柱と接合する。その後、橋桁を降下させ、橋桁の接合と橋脚基部の固定を行うことで、1径間分の架設が完了する。



図－4　1径間分の施工手順

4．おわりに

本工法は、以下の目的で開発した工法であり、本工法を通じて、都市部での交通渋滞の緩和、引いては豊かな都市空間の創造に貢献していきたいと考えている。

(1) 施工中の右折車線確保（図－5）
(2) 組立用地が不要
(3) 大幅な工期短縮



図－5　施工中の右折車線確保イメージ

特集：交差点立体工法

急速立体交差技術「すいすい MOP 工法」

――全国の渋滞地図を塗替える，三菱重工と戸田建設の挑戦――

Akira Nitta　新　田　　明*
Toshiki Shingu　神　宮　敏　樹**
Hiroaki Asakura　朝　倉　弘　明***





*　　**　　***

1. はじめに

経済活動を阻害する交通渋滞の解決策として，近年，交差点の立体化が注目されている．通常1年~2年と言われる工事期間の，大幅な短縮が，事業化に向けての追い風になってはいるものの，事業化に当って，解決しなければならない課題も指摘されている．特に，高架道路構築に必要な組立ヤードの確保，工事に伴う二次渋滞の解消などは，工事を着工する際には，必ず直面する課題である．施工場所によっては，現有道路の外に，大規模な組立ヤードを確保できるケースもあるが，渋滞が激しい交差点付近で，そのような場所を確保できるケースは殆られている．また，本来，渋滞解消のために行う立体化工事そのものが，渋滞を誘発させるといったジレンマも生じる．これは，一般的に，工期短縮だけでは解決できないため，施工ヤードのコンパクト化といった視点が重要となる．

本稿では，このような状況を踏まえ，すいすいMOP工法の概要を述べるとともに，昨年実施した「モジュール桁工法」の実証試験，および埋込柱の道路橋への適用検討を紹介するものである．

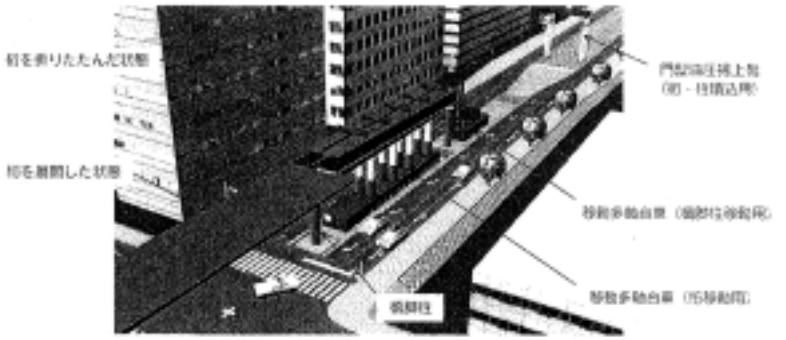


図-1「すいすいMOP工法」における右折車線確保のイメージ

* 三菱重工業(株)鉄構建設事業本部都市再生・環境・防災企画サービスチーム
** (同社) 横浜製作所鉄構部橋梁・水門設計課課長代理
*** 戸田建設(株)アーバンルネッサンスプロジェクト主任

表－1　開発コンセプト

目　的	最適の視点	内　容
施工中も右折車線確保	住民 ドライバー	モジュール桁工法の採用により，施工中も，交差点部において右折車線を確保
組立用地不要	道路管理者	現有道路の一部を，組立ヤードとして利用するため，組立用地は不要
大幅な工期短縮	社会全体	上部工と下部工の同時施工技術により，工期を大幅に短縮

2.　すいすいMOP工法の概要[1]

1)　開発コンセプト

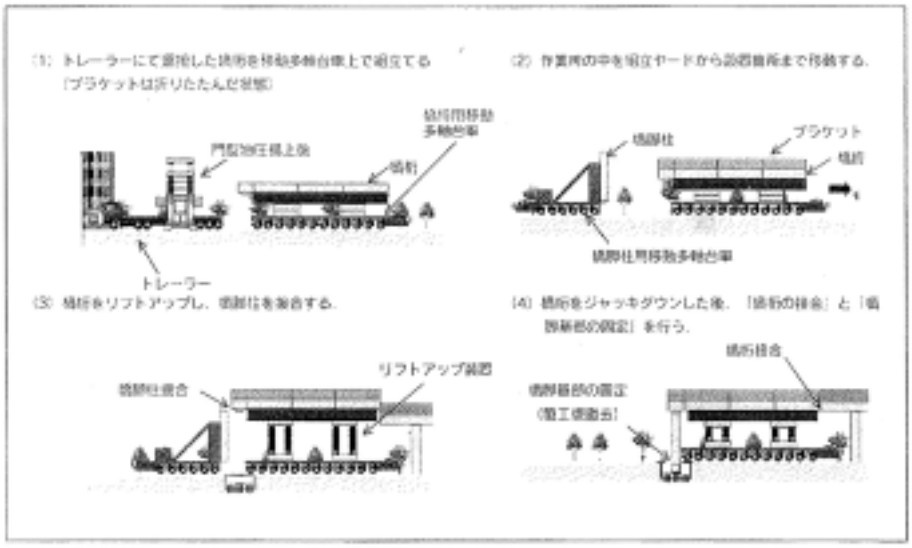
本工法は，表－1のようなコンセプトに基づき，開発したものである．

2)　工法概要

高架道路は，主橋梁部と取付部からなり，主橋梁部は鋼製の橋桁と橋脚柱，取付部は盛土で構成されている．主橋梁部施工における大きな特徴は，「モジュール桁工法」と「橋脚柱先行建て込み工法」を組合せた点にある．モジュール桁工法は橋桁〔上部工〕のコンパクト化技術であり，上部工を道路横断方向に折りたたんだ状態で，運搬から据付けまでの一連の架設作業を行うことができる．これにより，施工時占用幅が縮小し，交差点部における右折車線の確保が可能となる．「橋脚柱先行建て込み工法」は，杭と橋脚柱を機械的に先行接合することで，フーチングコンクリートの後施工を容易にする技術である．この技術の活用により，上部工と下部工の同時並行作業が可能となり，大幅な工期短縮が実現される．

3)　施工手順

施工手順を図－2に示す．まず，1径間分の橋桁を門型油圧揚上機により，折りたたんだ状態で移動多軸台車に積込む．次に，橋脚柱と橋桁を，それぞれ別の移動多軸台車で所定の位置まで運搬する．次に，橋桁を移動多軸台車に装備されたリフトアップ装置で上昇させ，橋脚柱と接合する．その後，橋桁を降下させ，橋桁の接合と橋脚基部の固定を行うことで，1径間分の架設が完了する．



図－2　1径間分の施工手順

3. モジュール桁工法の実証試験

1) 試験目的

「モジュール桁工法」は，施工時の右折車線の確保，施工占有幅の縮小化，工期短縮を目的に，上部工を折りたたんだ状態で地組立て，運搬，据付を行った後，図－3のように上部工のブラケットを所定の形状に展開する工法である．本工法について，工法の施工性を確認するために実証試験を行った．

2) 試験内容

「モジュール桁工法」における作業ステージは，「上部工の地組立て」，「上部工の展開」，「上部工の仮固定」，「足場の仕上げ」という四つのステージから構成されている．実施工では，上部工にはピンとピン受けとからなる展開治具が設置されており，取付け部道路から交差点に向かって，小型クレーンが橋桁上を走行し，次々と上部工を展開することとなる．

その再現となる本試験には，幅員8mの2車線高架道路を想定し，桁高1.8m，総幅員8m長さ12mの試験桁を6mに分割したブロックに対し，設計速度60km/hで最大となる縦断5%と緩和曲線区間で構成される2体の実物大モデルを採用することとした．小型クレーンについては，展開済の橋桁を作業構台に見立て，クレーンのアウトリガーを縦断勾配なりに調整用台座に設置して再現を図った．

各ステージにおける施工性について検証を進めるなかで，特に，「上部工の展開」から「上部工の仮固定」に至るステージでは連続して実証試験を行った．その具体的な手順を示す．

① ブラケット吊金具に玉掛けロープをセット

② 小型クレーンにてブラケットを片側ずつ展開

③ ロープ，シャックルの取外し

④ ブラケット下でドリフトピンにて継手部を仮固定

実施工においては，桁上でクレーンを前進させ次のブラケットを展開する作業と並行して桁下での仮固定作業，足場の仕上げ作業を行う計画である．なお，本試験は，平成15年11月初旬，三菱重工業(株)横浜製作所内にて，道路管理者等関係者の立会いのもとで行われた．

実証試験での上部工の展開状況を**写真－1**に示す．

3) 試験結果および効果

実証試験により，「モジュール桁工法」の施工性を確認できた．下記にその結果を示す．

① 「上部工の展開」では，実質4分程度で展開でき，短時間に容易な施工ができた．

② 「上部工の地組立て」では，ブラケットとともに，吊り足場も同時に搭載することが可能であり，これにより，足場の設置という，高所での危険作業を軽減することが可能となった．

③ 「上部工の仮固定」では，展開治具が桁自重を支え，また位置決めの役割を担うため，展開直後のクレーンの解放およびドリフトピンの容易で確実な挿入が可能となり，静かに円滑な施工ができた．



図－3 上部工の展開イメージ

（1） 架設開始直後



（2） 架設中



（3） 架設完了



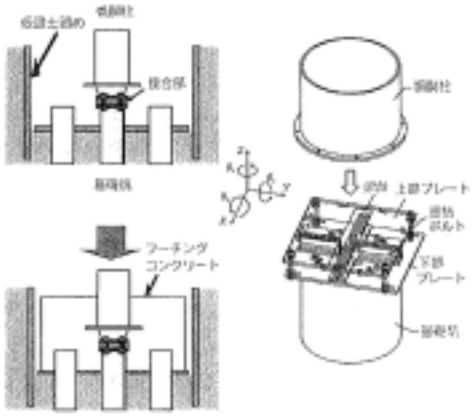
写真－1 モジュール桁実証試験状況

以上の結果により，「モジュール桁工法」は，容易に，安全に，静かに，円滑に施工できることを確認した．また，上部工の架設の一連作業については，交通量の少ない夜間等の時間帯を利用して短時間で行うことが可能となり，交通規制を最小限に抑える効果があると考える．

4. 橋脚柱先行建て込み工法と埋込柱の道路橋への適用

1） 橋脚柱先行建て込み工法

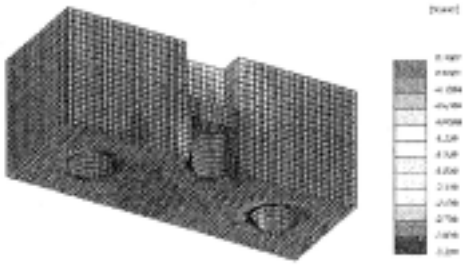
同工法の大きな特徴は，図－4に示す杭と橋脚柱の接合治具にあり，建築工事における鋼製柱先行建て込み工法として開発した技術を改良したものである．この接合治具は，杭の施工誤差の調整機能と施工時における地震の影響を考慮した強度性能を満足する構造となっている．



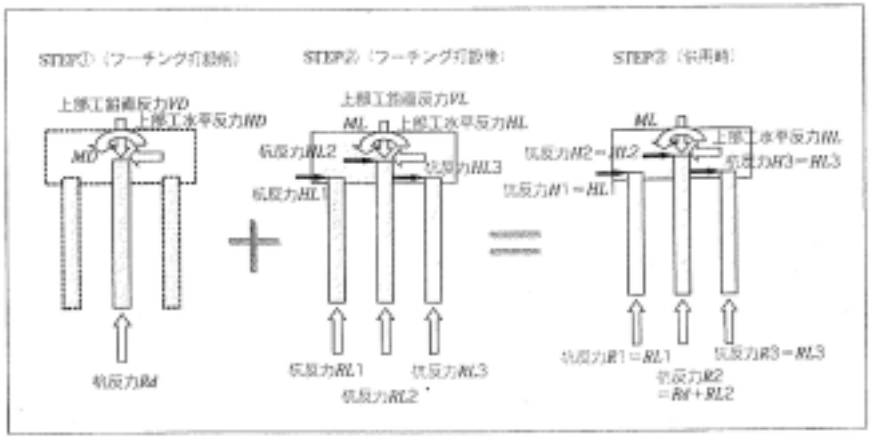
図－4 橋脚柱先行建込み工法

2） 橋脚柱の埋込み接合

橋脚柱とフーチングの接合は鉄道構造物等設計標準[1]（(財)鉄道総合技術研究所）や建築学会の各基準類[2]に示されている埋込み接合方式を採用している．これは，橋脚柱をフーチングコンクリートに所定長さ分だけ埋込み，橋脚柱の断面力を支圧により単純にフーチングに伝達する構造である．アンカーフレーム方式と比較すると，構造的に不連続な接合面がない点とアンカーボルト等の機械的なジョイントが不要であるといった利点がある．各基準類が示す埋込み接合に関する構造計算式の適用性を検証する



図－5 FEM解析例（フーチング半割モデル）



図－6　架設時と完成時の荷重分担

ためにFEM解析を実施した．図－5に解析結果の一例を示すが，その支圧応力分布の範囲および応力値から計算式適用の妥当性が認められた．

3)　架設時と完成時の荷重分担の考え方

本工法の設計体系の基本となる架設時と完成時の荷重分担の考え方を図－6に示す．基礎杭が負担する鉛直荷重は，接合治具により橋脚柱と連結された中央の杭の方が，周囲の杭より架設時の上部工荷重分だけを多く分担する．一方，完成時の死荷重増分（舗装等）・活荷重・地震荷重等はフーチングコンクリートによる荷重分配機能により，各杭が均等に分担するとしている．この考え方の成立性は，接合治具を介して，中央の杭のみが橋脚柱と連結されている影響度に依存している．図－5に示すFEM解析の結果によれば，接合治具による中央の杭の荷重増分は1パーセント未満であり，図－6に示す荷重分担は妥当であるといえる．

5.　おわりに

本工法は，工期短縮という立体交差整備における基本命題を解決するとともに，工事中に発生する二次渋滞の解消をも狙った画期的な工法である．

都市再生の切札として，華々しく打上げられた「短期間立体施工（交差点立体工法）」も，いよいよ第2ステージの幕が開けられようとしている．もともと立体化が予定されていた場所での施工に加え，従来では施工が困難と考えられていた場所でのニーズも着実に増えてくるものと予想される．このようなニーズに応えていくことが，立体交差整備を加速させる原動力になるものと確信している．

「ほうきで，渋滞を一掃する」，そんな願いの込められた「すいすいMOP工法」で，全国の渋滞地図を塗替えることが我々の夢であり，このような壮大なロマンに，今後とも，果敢に挑戦していきたいと考えている．

（完）

参　考　文　献

1) 中谷貞二・新田明・大波修二・栗原正幸・浅野均・朝倉弘明：立体交差工事における二次渋滞の回避を狙った急速施工法の開発，土木学会第58回年次学術講演会概要集，VI-283
2) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説一側とコンクリートの複合構造物，1998
3) (社)日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2001

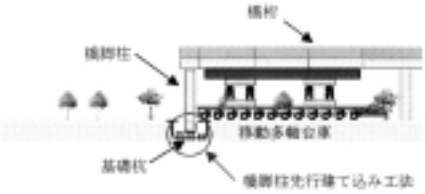
6-154　　土木学会第59回年次学術講演会（平成16年9月）

立体交差急速施工に係わる橋脚柱先行建て込み工法の適用性について

戸田建設(株)　正会員　浅野　均
正会員　○小林　修
三菱重工業(株)　正会員　中谷　眞二
正会員　新田　明

1．はじめに

橋脚柱先行建て込み工法は，戸田建設(株)と三菱重工業(株)が共同開発した急速立体交差技術「すいすいMOP（Module On Pier）工法」[1]の要素技術であり，その概要を図－1に示す．本工法は，基礎杭と橋脚柱を機械的に先行接合することで，フーチングコンクリートの後施工を容易にし，上部工と下部工の同時並行作業による急速施工を目的としている．



図－1　橋脚柱先行建て込み工法の施工概要図

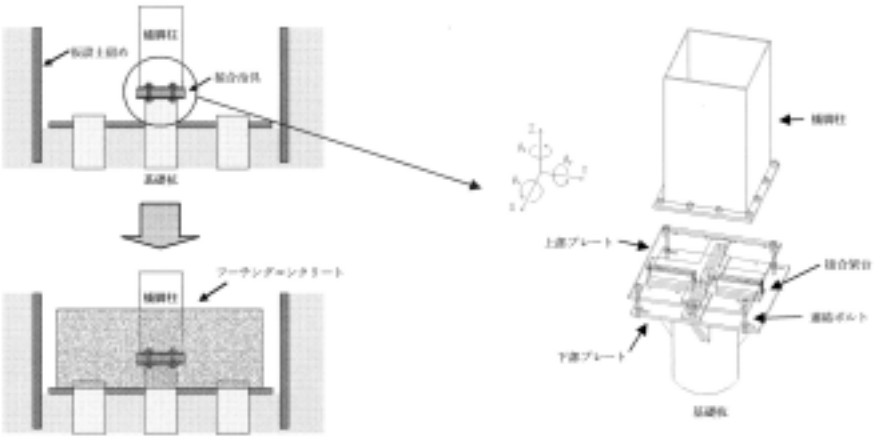
本稿では橋脚柱先行建て込み工法の道路橋への適用性に関する検討結果について報告する．

2．橋脚柱先行建て込み工法の特徴

2.1　接合治具

本工法の大きな特徴は，図－2に示す基礎杭と橋脚柱の接合治具にあり，建築工事における鋼製柱先行建て込み工法として開発した技術を道路橋へ適用するために改良したものである．この接合治具により，基礎杭と橋脚柱を機械的に接合することで，「基礎杭の施工誤差補正」と「橋脚柱の早期建て込み」が可能となり，フーチングコンクリートなどの基礎工事と橋桁架設工事を同時並行作業とし，大幅な工期短縮を実現する．

また，この接合治具は上下２枚の鋼製プレート，接合架台及び連結ボルトにより構成されており，施工時における地震の影響を考慮した強度要求性能を満足する構造となっている．



図－2　橋脚柱先行建て込み工法

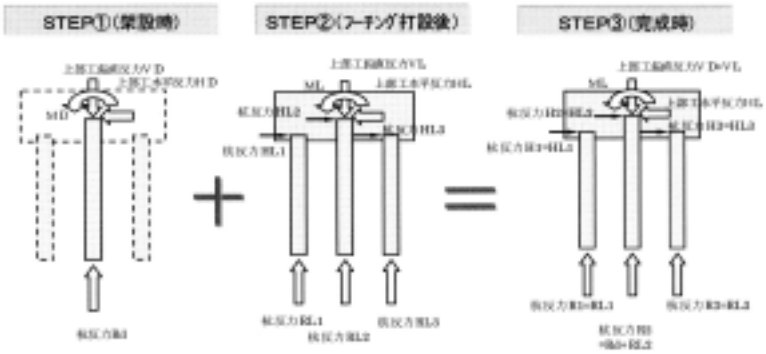
キーワード　立体交差，急速施工法，同時並行作業，先行建て込み，接合治具，埋込み接合
連絡先　〒104-8388　東京都中央区京橋 1-7-1　戸田建設株式会社　ＴＥＬ03-3535-1602
〒108-8215　東京都港区港南 2-16-5　三菱重工業株式会社　ＴＥＬ03-6716-4142

2.2　橋脚柱の埋込み接合

橋脚柱とフーチングの接合には，鉄道構造物等設計標準[2]や建築学会の各基準類[3]に示されている埋込み接合方式を採用している．これは，橋脚柱をフーチングコンクリートに所定長さ分だけ埋込み，橋脚柱の断面力を支圧により単純にフーチングに伝達する構造である．アンカーフレーム方式と比較すると，構造的に不連続な接合面がない点とアンカーボルト等の機械的なジョイントが不要であるといった点が優れている．

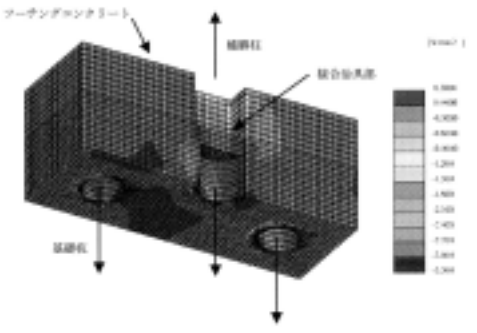
3．架設時と完成時における荷重分担の考え方

本工法の設計体系の基本となる架設時と完成時における荷重分担の考え方を図－３に示す．基礎杭が負担する鉛直荷重は，接合治具により橋脚柱と連結された中央の杭の方が，周囲の杭より架設時の上部工荷重分だけを多く分担する．一方，完成時の死荷重増分（舗装等）・活荷重・地震荷重等はフーチングコンクリートによる荷重分配機能により，各杭が均等に分担するとしている．この考え方の成立性は，接合治具を介して，中央の杭のみが橋脚柱と連結されている影響度に依存している．



図－３　架設時と完成時における荷重分担

図－４に中央の杭が連結されている影響度を確認するために行ったFEM解析結果を示す．この結果によれば，フーチングコンクリート打設後における接合治具で連結された中央の杭の荷重増分は，他の杭と比較して１パーセント未満であり，図－３に示す荷重分担は妥当であることが確認された．



図－４　FEM解析例（フーチング半割モデル）

4．おわりに

今回行った橋脚柱先行建て込み工法の架設時と完成時における荷重分担の考え方の妥当性確認より，本工法の道路橋への適用性を示すことができた．

なお，接合治具に関しての構造性能と施工性については，実施工への適用に向けた実証実験を予定している．

参考文献　1)中谷眞二・新田明・大庭修二・栗原正幸・浅野均・朝倉弘明：立体交差工事における二次拡幅の回避を狙った急速施工法の開発，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集，VI-283，2003.9
2)(財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説－鋼とコンクリートの複合構造物，1968
3)(社)日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2001

立体交差急速施工技術「すいすい MOP 工法」上部工施工試験

三菱重工業㈱　正会員　○仲宮　敏樹　　大波　修二
栗原　正幸　　北嶋　杉生
戸田建設㈱　正会員　浅野　均　正会員　小林　修

1. まえがき

三菱重工業㈱と戸田建設㈱は、都市部の交差点などの慢性的な渋滞ポイントの解決施策である、立体交差の急速施工法として「すいすい MOP 工法」を 2002 年 10 月に発表した。その核となる要素技術「モジュール桁工法」は、上部工（高架道路部分）を折りたたむことで、工事中にも交差点部において右折車線を確保し、図-1 のように工事中の二次渋滞を大幅に緩和できる工法である。今回「モジュール桁工法」の実証試験を 2003 年 11 月に実施し、その施工性と安全性について検証した。

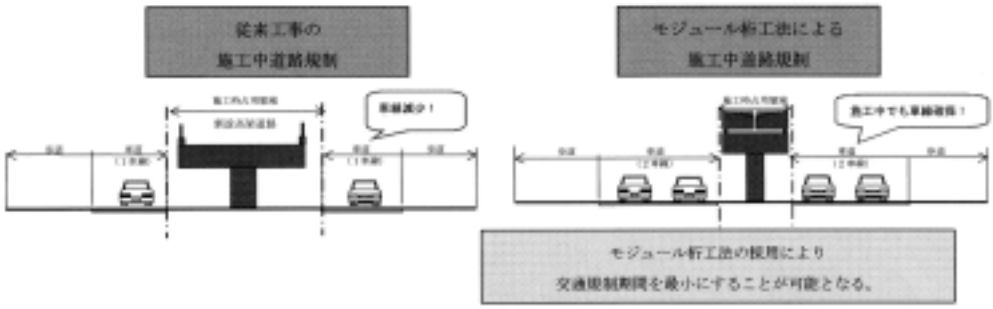


図-1　従来工法とモジュール桁工法による道路規制図

2. モジュール桁工法の施工手順

「モジュール桁工法」による上部工の施工手順は次のとおりである。コンパクトに折りたたまれ、しかも、足場が搭載された鋼製の上部工は、現有道路内に確保した地組ヤードにおいて、移動多軸台車上に積み込まれる。その後、移動多軸台車が架設地点まで移動し、上部工の架設を行う。この時、上部工は、折りたたまれた状態であるため、一般通行車両の邪魔になることがない。また、所定形状への展開は、交通量の少ない、夜間などの時間帯を利用して、短時間で行われるため、交通規制を最小限に抑えることができる。しかも、展開後、すぐに足場ができるため、高所作業における安全性も向上する。図-2 に上部工の施工イメージを示す。

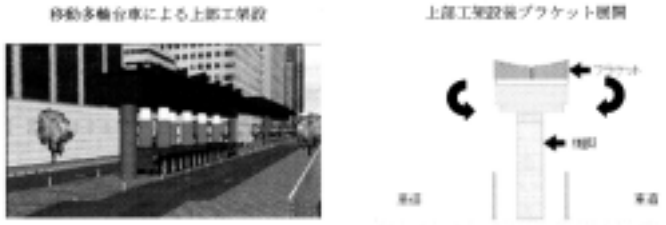


図-2　上部工の施工イメージ

キーワード　立体交差，急速施工法，二次渋滞，モジュール，先行建て込み，同時並行作業
連絡先　〒108-8215　東京都港区港南 2-16-5　三菱重工業株式会社　TEL　03-6716-4132
〒104-8388　東京都中央区京橋 1-7-1　戸田建設株式会社　TEL　03-3535-1602

3. 実証試験の概要

「モジュール桁工法」における作業ステージは、「上部工の地組立て」、「上部工の展開」、「足場の仕上げ」、「上部工の固定」の、4つからなる。実証試験では、特に、「上部工の展開」ステージを中心に、その施工性と安全性を検証した。図-3 に示すように同試験に用いる試験体は、幅員８ｍの２車線高架道路をイメージしたものであり、実際の施工を再現するという観点から、実物大で製作している。上部工には、ピンとピン受けとからなる治具が設置されており、取付け部道路から交差点に向かって、小型クレーンが上部工の上を走行し、次々と上部工を展開していく。同試験では、設計速度60km/h での許容最大値である 5%縦断勾配と緩和曲線区間という縦断勾配が異なるブロックを２体用いて、展開時の施工性と安全性を検証した。上部工の展開状況を写真-1 に示す。

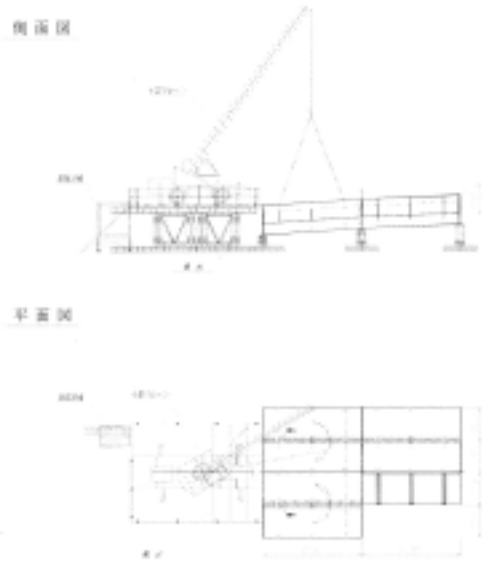


図-3　実証試験の概念図

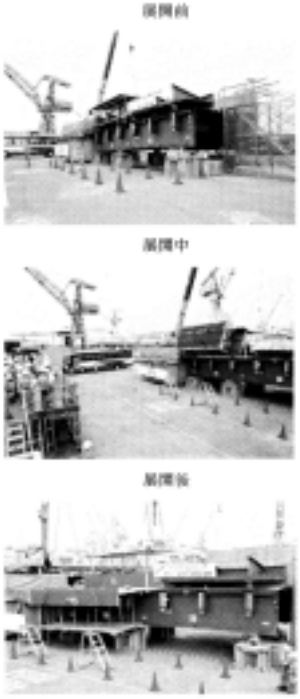


写真-1　上部工の展開状況

4. 試験結果

実証試験により，「モジュール桁工法」の施工性を確認できた．下記にその結果を示す。

①「上部工の展開」では、1ブロック当たり実質４分程度で展開でき、短時間に容易な施工ができた。

②「上部工の地組立て」では，ブラケットとともに，吊り足場も同時に搭載することが可能であり，これにより，足場の設置という，高所での危険作業を軽減することが可能となった。

③「上部工の仮固定」では，展開治具が桁自重を支え，また位置決めの役割を担うため，展開直後のクレーンの解放及びドリフトピンの容易で確実な挿入が可能となり，静かに円滑な施工ができた。

今回の上部工施工試験により「モジュール桁工法」が，容易に，安全に，静かに，円滑に施工できることを確認した．これにより，上部工の展開の一連作業については，交通量の少ない夜間等の時間帯を利用して短時間で行うことが可能となり，交通規制を最小限に抑えられることが実証できた。

（参考文献）

1）中谷，浅野他：立体交差工事における二次渋滞の回避を狙った急速立体施工の開発，第 58 回土木学会年次学術講演集

技術資料

急速施工立体交差技術　すいすいMOP工法

＝「モジュール桁工法」と「橋脚柱先行建て込み工法」を活かした新工法＝

三菱重工業㈱ 新田　明・大波　修二・中谷　眞二
Akira Nitta　Shuuji Oonami　Shinji Nakaya

戸田建設㈱ 浅野　均・小林　修
Hitoshi Asano　Osamu Kobayashi

㈱土木研究所 福井　次郎
Jiro Fukui

1．はじめに

近年、交通渋滞解消のため、道路交差点や踏み切り部を立体交差化する工事が脚光を浴びている。この背景には、移動多軸台車などの大型重機を用いた橋桁の一括架設工法によって、課題とされてきた工期短縮が可能になったことが挙げられる。しかし、工期短縮以外にも解決すべき課題は残されており、特に、工事に伴う渋滞（工事渋滞）を低減する工法が望まれている。すいすいMOP工法は、この課題に焦点を当て開発した工法であり、移動多軸台車以外にも、門型油圧揚上機などの大型重機をシステマチックに組み合わせ、現有道路内に設けられた作業スペースを有効に活用した工法である。いわば、現有道路内に、立体交差化工事のための専用基地を構築してしまうという発想である。

本稿では、すいすいMOP工法の概要を述べるとともに、主要構成技術である「モジュール桁工法」と「橋脚柱先行建て込み工法」の検証試験について紹介する。

2．すいすいMOP工法の概要

2－1　開発コンセプト

本工法は、広い範囲の便益を考えて開発したものであり、開発コンセプトを第１表に示す。

2－2　工法概要

高架道路は、第２図のように、主橋梁部と取付部からなり、主橋梁部は鋼製の橋桁と橋脚柱、取付部は盛土で構成されている。主橋梁部施工における大

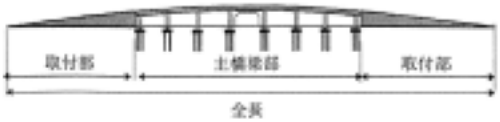
0385-9878/05/¥500/論文/JCLS

第１表　開発コンセプト

目的	便益の視点	内　容
施工中も右折車線確保	住民 ドライバー	「モジュール桁工法」の採用により、施工中も、交差点部において右折車線を確保
組立用地不要	道路管理者	現有道路の一部を、組立ヤードとして利用するため、組立用地は不要
大幅な工期短縮	社会全体	「橋脚柱先行建て込み工法」の採用により、上部工と下部工の同時並行作業が可能となり、工期が大幅に短縮



第１図　大型重機による施工イメージ



第２図　高架道路の構成

きな特徴は，「モジュール桁工法」と「橋脚柱先行建て込み工法」を組み合わせた点にある。モジュール桁工法は，橋桁（上部工）のコンパクト化技術であり，上部工を道路横断方向に折りたたんだ状態で，運搬から据付けまでの一連の架設作業を行うことができる。この技術により，施工時占用領域を縮小できるため，交差点部において右折車線が確保され，その結果，工事渋滞が低減される。橋脚柱先行建て込み工法は，杭と橋脚柱を機械的に先行接合することで，フーチングコンクリートの後施工を容易にする技術である。この技術の活用により，上部工と下部工の同時並行作業が可能となり，大幅な工期短縮が実現される。

2－3　施工手順

1径間分の施工手順を第3図に示す。先ず，橋桁を門型油圧揚上機により，折りたたんだ状態で移動多軸台車に積み込む。次に，橋脚柱と橋桁を，それぞれ別の移動多軸台車で所定の位置まで運搬する。次に，橋桁を移動多軸台車に装備されたリフトアップ装置で上昇させ，橋脚柱と接合する。その後，橋桁を降下させ，橋桁の接合と橋脚基部の固定を行うことで，1径間分の架設が完了する。

3．検証試験

3－1　モジュール桁工法の検証試験

(1)　試験目的

モジュール桁工法は，第4図に示すように，上部工の架設時に格納されていたブラケットを，架設後に，所定形状に展開する工法である。実施工では，展開の時間，展開時の施工性および安全性などが問題になるため，これらを確認するための検証試験を実施した。



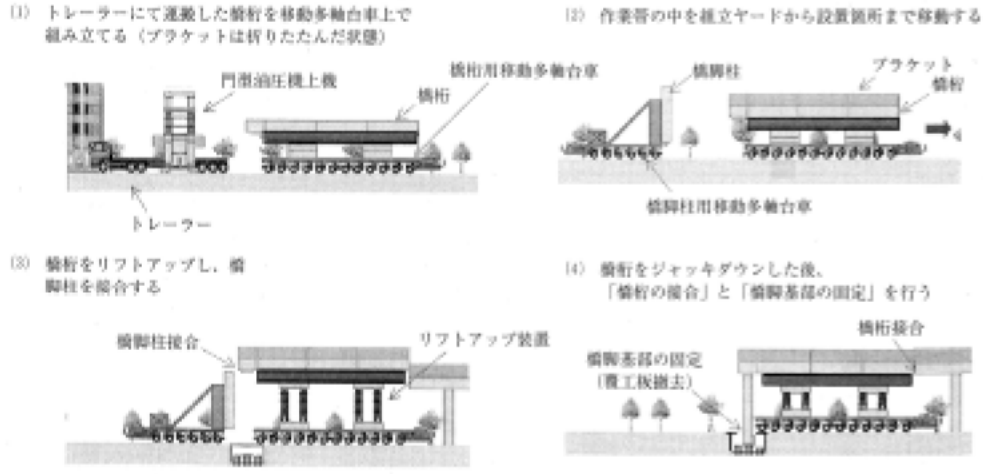
第4図　モジュール桁工法（ブラケットの展開）

(2)　試験方法

モジュール桁工法における作業ステージは，「上部工の地組立て」，「上部工の展開」，「上部工の仮固定」，「足場の仕上げ」という4つのステージから構成されており，本試験では，「上部工の地組立て」から「上部工の仮固定」までのステージを再現した。

試験体は，幅員8mの2車線高架道路を想定し，「桁高1.8m，総幅員8m，長さ12m」の実物大モデルを用意した。

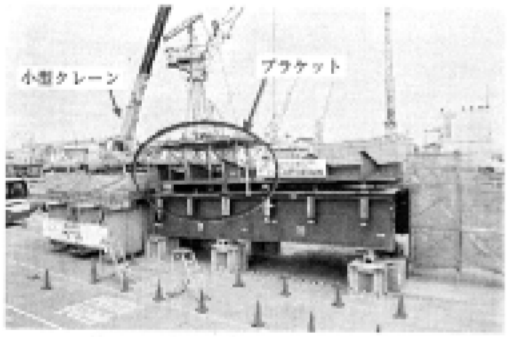
縦断線形を考慮し，試験体は，5％の縦断勾配（設計速度60km/hでの最急勾配）をつけたブロックと，緩和曲線をつけたブロックに分け，試験体中央部で接合した。なお，実施工においては，小型クレーンが，取付部道路から交差点に向かって，橋桁



第3図　1径間分の施工手順



(a)　試験体



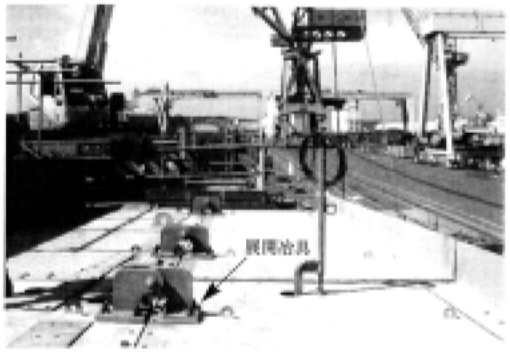
(b)　クレーンの設置状況

第5図

上を走行することになるが、本試験では、小型クレーンを、橋桁に見立てた作業構台に固定し、上部工の展開を行った。

(3)　試験結果

試験の結果、上部工の展開時間は、実質4分程度であり、非常に短い時間で展開することができた。しかも、第6図に示すような展開治具が、橋桁の自重を支え、位置決めの役割も果たすため、展開直後に、クレーンのフックを開放することができた。足場を事前に、ブラケットに設置しておくことも可能であり、この場合には、展開後、直ぐに足場を利用することができる。このため、上部工の仮固定など、高所作業に対する安全性が向上する（第7図）。また、展開後の出来形は良好であり、仮固定用のドリフトピンもスムーズに挿入できるため、施工性も向上することが分かった。



第6図　展開後の橋面

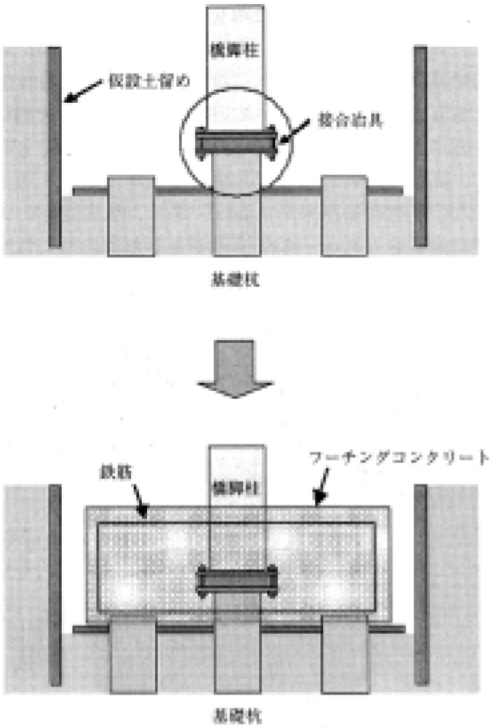


第7図　上部工の仮固定

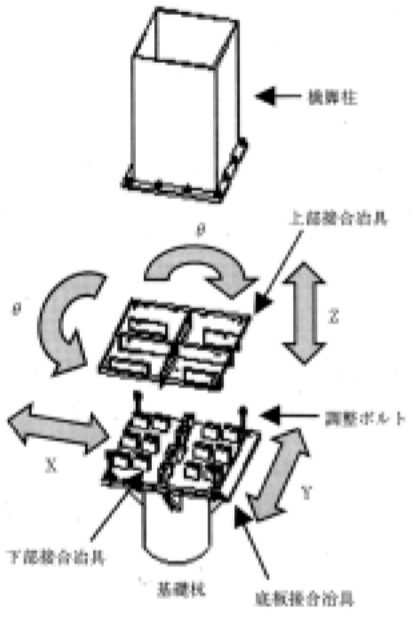
3－2　橋脚柱先行建て込み工法の検証試験

(1)　工法概要

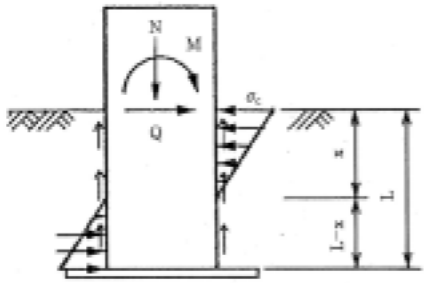
橋脚柱先行建て込み工法は、第8図に示すように、橋脚柱を接合する治具を、各種基礎杭の頭部にセットすることで、杭の施工誤差の補正と橋脚柱の早期建て込みを可能にする工法である。この工法を活用することで、フーチングなどの基礎工事が、クリティカルパスから外れるため、工期短縮を図ることができる。第9図には、偏心量（X、Y）、高さ（Z）、角度（θ）などの誤差を補正する治具の構造を示す。杭頭にセットされた接合治具は、施工時荷重を満足する強度性能を有しているが、完成時には、その強度性能は期待していない。完成時における耐荷機構は「埋込み接合方式」とする。これは、鉄道構造物等設計標準や建築学会の各基準類に示されている方式であり、橋脚柱をフーチングコンクリートに所定長さ分だけ埋込み、第10図に示すように、橋脚柱の断面力を、支圧により、単純にフーチングに伝達する構造である。



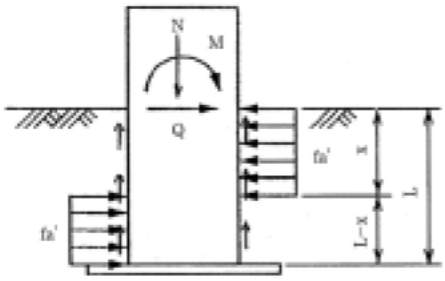
第8図　橋脚柱先行建て込み工法



第9図　接合治具



(a)　使用限界検討モデル



(b)　終局限界検討モデル

第10図　埋込み接合方式での応力伝達機構

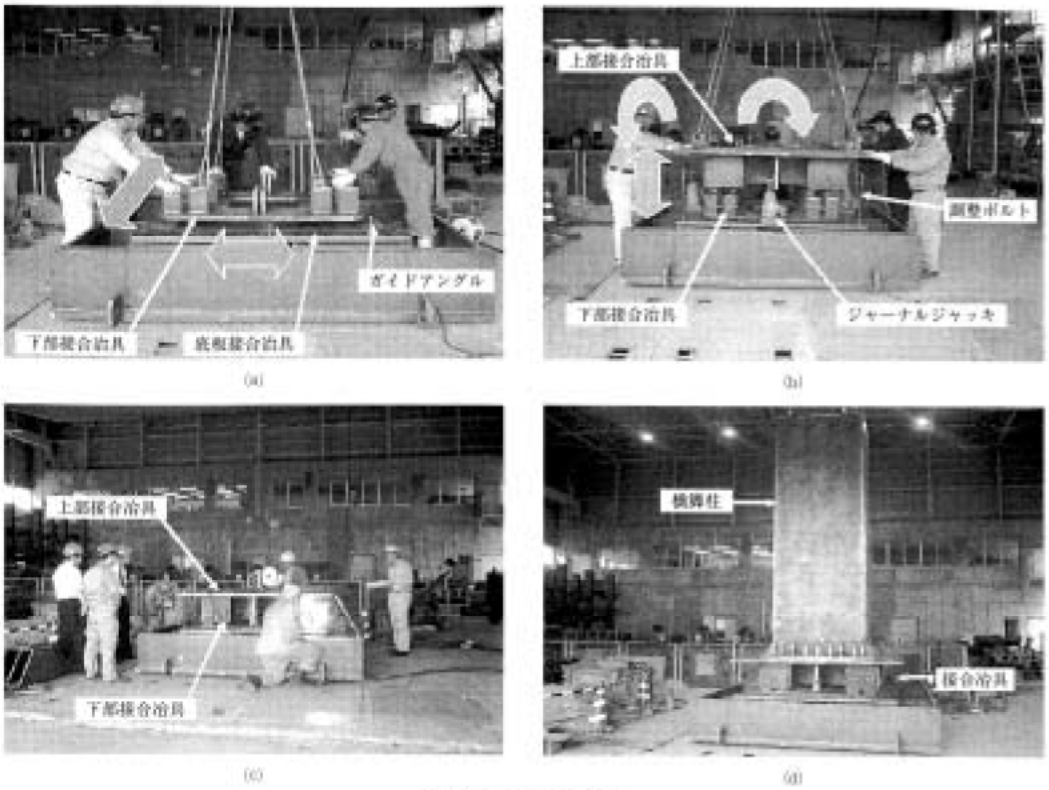
(2)　試験目的

橋脚柱先行建て込み工法の性能を検証するために、施工性確認試験と強度性能確認試験を、㈱土木研究所構内で実施した。施工性確認試験は、基礎杭の施工誤差補正に際しての、接合治具の施工性や溶接の品質などを確認するものである。一方、強度性能確認試験は、施工性確認試験で溶接された接合治具を対象として、橋桁重量に相当する軸力を一定に保ったまま、地震時の慣性力に相当する水平力を作用させた場合に、所要の強度性能を有しているかを確認するものである。

(3)　施工性確認試験

施工性確認試験における施工状況を第11図に示す。

試験の結果、基礎杭の施工誤差を短時間で補正できること、上・下部接合治具の組立ては、約1日で施工可能であることなどを確認した。また、磁粉探傷試験において、不良箇所は検出されず、溶接についても、十分な品質が確保されていることを確認した。

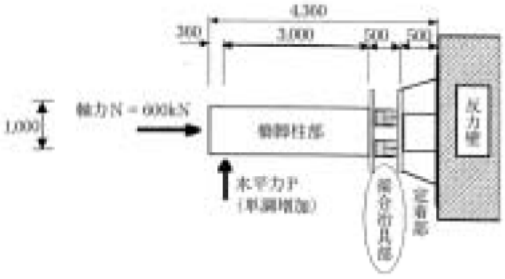


第11図　施工性確認試験

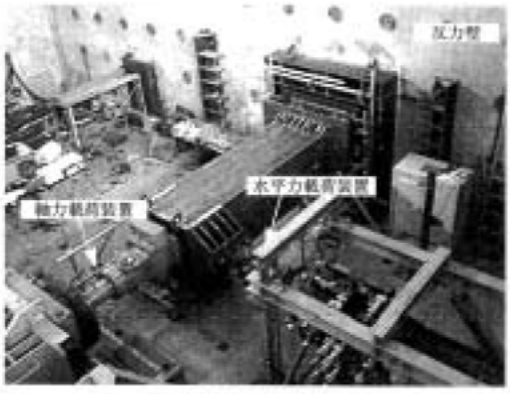
(4)　強度性能性確認試験

①　試験方法

接合治具部材の、基本的な強度性能や部材耐力を確認するために、第12図と第13図に示すような、軸力一定の条件で、水平力を単調に増加させる載荷実験を実施した。なお、接合治具は、想定する地震時荷重に対し、母材および溶接部が許容応力度以下になるように設計した。



第12図　試験方法

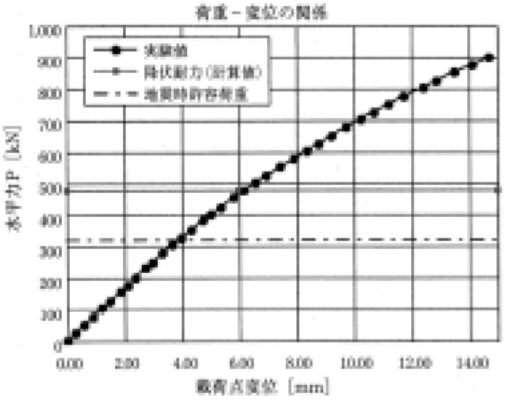


第13図　試験状況

橋脚柱の供試体は、幅1,000mmの矩形断面を用いた。これは、試設計を行った構造物に対して、1／1.4にスケールダウンしたものであり、実験設備等の制約条件を加味して決定したものである。

② 試験結果

載荷試験の結果を第14図に示す。接合治具は、設計地震時荷重を320kNとして設計したが、実験における最大荷重は899kN以上あり、安全率は2.8以上という結果となった。このことから、接合治具は、十分な強度性能を有することが確認できた。



第14図　載荷試験結果

4．おわりに

都市部など、交通量の多い道路で工事を行う場合、2つの視点が重要となる。1つは、いかに早くものをつくるか（施工できるか）という視点であり、これには、本稿で紹介したように、移動多軸台車を用いた橋桁の一括架設工法や橋脚柱先行建て込み工法などが該当する。もう1つは、いかに交通規制を最小にできるかという視点であり、これには、モジュール桁工法などが該当する。建設機械を、これらの用途に合わせて、改良および開発していくことは不可欠であるが、既存の建設機械をうまく組み合わせることで、施工システムを構築することも意義のあることだと考える。今後、公共事業が縮小する傾向にある中で、効果的に、社会資本整備を実施していくためには、今以上に知恵を出すことが求められる。なお、本稿は、㈱土木研究所、三菱重工業㈱、戸田建設㈱の官民共同研究において得られた知見を紹介したものである。

<参考文献>

(1) 中谷眞二・新田明・大波修二・栗原正幸・浅野均・朝倉弘明：“立体交差工事における二次活荷の回避を狙った急速施工法の開発”，土木学会第58回年次学術講演会概要集，VI-283.
(2) 新田明・神宮敏樹・朝倉弘明：“急速立体交差技術「すいすいMOP工法」”，土木技術第59巻4号，平成16年4月
(3) ㈱鉄道総合技術研究所：“鉄道構造物等設計標準・同解説－鋼とコンクリートの複合構造物”，1998.
(4) ㈳日本建築学会：“鉄骨鉄筋コンクリート構造物設計規準・同解説”，2001.

【筆者紹介】

新田　明
三菱重工業㈱　鉄構建設事業本部
橋梁部　技術グループ
〒108-8215　東京都港区港南2-16-5
TEL：03-6716-4122　FAX：03-6716-5896
E-mail：akira_nitta@mhi.co.jp
＜主なる業務歴および資格＞　技術士（建設部門）

大波　修二
三菱重工業㈱　鉄構建設事業本部
橋梁部　技術グループ
〒108-8215　東京都港区港南2-16-5
TEL：03-6716-5094　FAX：03-6716-5896
E-mail：shuuji_oonami@mhi.co.jp
＜主なる業務歴および資格＞　一級建築士

中谷　眞二
三菱重工業㈱　鉄構建設事業本部
橋梁部　技術グループ　グループ長（部長代理）
〒108-8215　東京都港区港南2-16-5
TEL：03-6716-4129　FAX：03-6716-5896
E-mail：shinji_nakaya@mhi.co.jp
＜主なる業務歴および資格＞
技術士（総合技術監理部門・建設部門）

浅野　均
戸田建設㈱　土木本部
アーバンルネッサンスプロジェクト　マネージャー
〒104-8388　東京都中央区京橋1-7-1　新八重洲ビル
TEL：03-3535-6207　FAX：03-3564-0730
E-mail：hitoshi.asano@toda.co.jp
＜主なる業務歴および資格＞
技術士（建設部門・都市および地方計画）

小林　修
戸田建設㈱　土木本部
アーバンルネッサンスプロジェクト　サブリーダー
〒104-8388　東京都中央区京橋1-7-1　新八重洲ビル
TEL：03-3535-2268　FAX：03-3564-0730
E-mail：osamu.kobayashi@toda.co.jp
＜主なる業務歴および資格＞　技術士（建設部門）

福井　次郎
㈱土木研究所　構造物研究グループ　上席研究員（基礎）
〒305-8516　茨城県つくば市南原1-6
TEL：029-879-6794　FAX：029-879-6739
E-mail：fukui@pwri.go.jp

立体交差急速施工に係わる橋脚柱先行建て込み工法の性能確認試験結果

(独)土木研究所　正会員　福井　次郎
戸田建設(株)　正会員　浅野　均　　正会員　清川　誠
正会員○小林　修
三菱重工業(株)　正会員　新田　明　　大波　修二

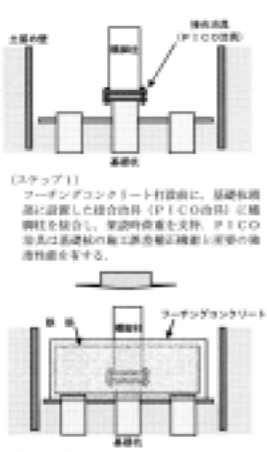
1．はじめに

橋脚柱先行建て込み工法[1]は，急速立体交差技術「すいすいMOP工法」[2]の構成技術であり，図－1に示すように，橋脚柱を接合する治具（ＰＩＣＯ治具）を各種基礎杭の頭部にセットすることで，基礎杭の施工誤差の補正と橋脚柱の早期建て込みを可能とする工法である．この工法を活用することで，フーチングなどの基礎工事と橋桁架設工事の同時並行作業が可能となり，大幅な工期短縮を実現することができる．

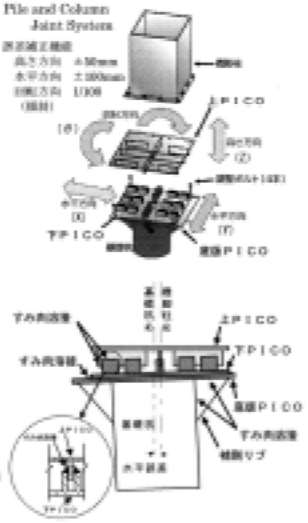
本稿では，橋脚柱先行建て込み工法の性能を検証するため，(独)土木研究所，戸田建設(株)及び三菱重工業(株)の３者の共同研究として，実物大の1/1.4に縮小した供試体を製作し，(独)土木研究所構内で実施した，施工性確認試験及び強度性能確認試験の結果について報告する．

2．橋脚柱先行建て込み工法の特徴

本工法の大きな特徴は，図－2に示す基礎杭頭部にセットされたＰＩＣＯ治具にあり，底版ＰＩＣＯ，下ＰＩＣＯ及び上ＰＩＣＯと呼ばれる３枚の鋼製プレートを接合することで，基礎杭の施工誤差を補正する機能と，フーチング構築までの架設時荷重に耐えられる仮設材としての強度性能を有する構造となっている．なお，完成時における耐荷機構は，橋脚柱の断面力を支圧により，単純にフーチングに伝達する，「埋込み接合方式」を採用している．



図－1　橋脚柱先行建て込み工法の概要



図－2　ＰＩＣＯ治具構造と施工誤差補正の模式図

3．施工性確認試験

施工性確認試験は，基礎杭の施工誤差の補正に係わる位置合わせや上下ＰＩＣＯの接合などの施工性を確認するため，以下の２供試体（橋脚断面□-1000×1000mm）において実施し，サイクルタイム，施工精度，溶接品質を確認した．

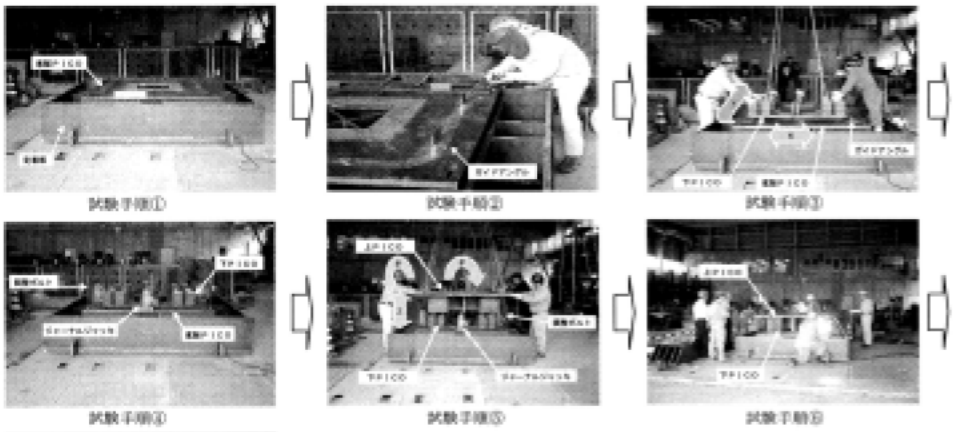
No.1供試体：基礎杭打設による傾斜誤差なし
No.2供試体：基礎杭打設による最大傾斜誤差1/100勾配を考慮

試験手順及びサイクルタイム測定結果を表－1に，試験状況を図－3に示す．

表－1　試験手順及びサイクルタイム測定結果

試験手順	所要時間	
	No.1供試体	No.2供試体
①基礎杭及び橋脚リブをモデル化した定着鉄筋が底版ＰＩＣＯをクレーンで所定に設置する．	－	－
②底版ＰＩＣＯに橋脚柱中心及び下ＰＩＣＯの設置位置を墨出しし，ガイドアングルを取付ける．（基礎杭の水平方向に係わる施工誤差を補正）	0分	30分
③ガイドアングルに沿わせてクレーンで下ＰＩＣＯを取付け，溶接する．	1時間30分	1時間0分
④ジャーキもしくはジャッキ及び調整ボルトで仮固定する．	30分	30分
⑤上ＰＩＣＯをクレーンで下ＰＩＣＯに取付け，ジャーキもしくはジャッキ及び調整ボルトで前後，左右，高さを調整する．（基礎杭の前後，左右に係わる施工誤差を補正）	30分	30分
⑥上ＰＩＣＯと下ＰＩＣＯを溶接する．	1時間30分	1時間40分
⑦橋脚柱を下ＰＩＣＯに差込ボルトで固定する．	－	－
計　測	3時間0分	3時間40分

キーワード　立体交差，急速施工法，同時並行作業，先行建て込み，接合治具，性能確認試験
連絡先　〒104-8388　東京都中央区京橋1-7-1　戸田建設株式会社　ＴＥＬ03-3535-1602
〒108-8215　東京都港区港南2-16-5　三菱重工業株式会社　ＴＥＬ03-6716-4142



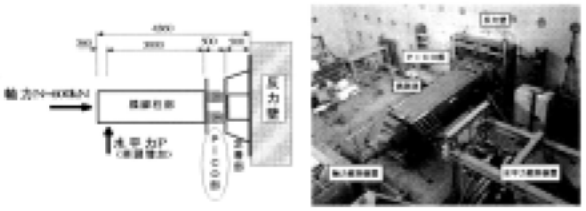
図－３　施工性確認試験状況

施工性確認試験の結果，①基礎杭の施工誤差は，水平方向，高さ方向及び回転方向とも約 20 分で補正できる，②上下ＰＩＣＯの組立は，約１日で施工可能である，③ＰＩＣＯ治具の施工精度は，基準高さ±1mm，水平精度±1mm，上面の水平度 1/1000 以下であり，精度の高い施工が可能である，④溶接の品質は，磁粉探傷試験の結果，不良箇所は見られず，十分な品質を確保できることが確認できた．

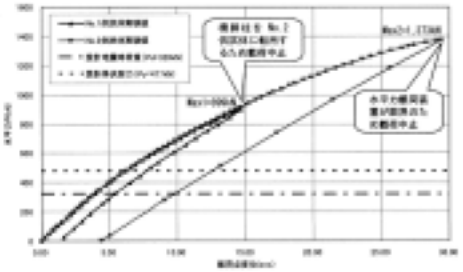
４．強度性能確認試験

強度性能確認試験は，施工性確認試験で溶接された接合治具を対象として，その基本的な強度性能や耐力を確認するため，橋桁重量に相当する軸力を一定に保ったまま，水平力を単調増加で載荷して実施した．

なお，ＰＩＣＯ治具は，想定する地震時荷重に対し，母材及び溶接部が許容応力度以下になるように設計した．供試体と載荷試験の状況を図－４に，載荷試験の結果を図－５に示す．



図－４　供試体と載荷試験状況



図－５　載荷試験結果

載荷試験の結果，①試験における最大荷重は 899kN（設計地震時荷重に対する安全率 2.8 倍）以上であり，ＰＩＣＯ治具は十分な強度性能を有する，②許容応力度法に基づく各部位の設計計算法は妥当であることが確認できた．

５．おわりに

今回，橋脚柱先行建て込み工法の施工性確認試験及び強度性能確認試験結果より，本工法の実施工への適用性を検証することができ，「すいすいＭＯＰ工法」の主要な構成技術として確立することができた．

参考文献

1) 浅野均・小林修・中谷眞二・新田明：立体交差急速施工に係わる橋脚柱先行建て込み工法の適用性について，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集，6-154，2004.9

2) 中谷眞二・新田明・大波修二・栗原正幸・浅野均・朝倉弘明：立体交差工事における二次改際の回避を狙った急速施工法の開発，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，VI-283，2003.9