

橋梁と基礎

5

2003
Vol.37
No.5

BRIDGE AND FOUNDATION ENGINEERING

浜 名 湖 新 橋
(静岡県・静岡県道路公社)
設計：新構造技術(株)
施工：清水建設・大林組JV



はまなこ 浜名湖新橋の施工



1) 移動式架設桁を用いた張出し架設工法 (P&Z 工法)



2) P&Z 装置送り桁の組立て



3) 型枠装置の吊上げ



4) 柱頭部への型枠装置の移動



5) 柱頭部の施工完了



7) 10mのブロック施工



8) 送り桁後端からのコンクリート圧送



9) 外ケーブルの緊張



10) 外ケーブルおよび箱桁内部

はまなこ 浜名湖新橋の設計と施工

Design and Construction of Hamanako Shinkyo Bridge

Noudo 納 土	Maahiro 正 廣*	Okado 岡 戸	Mitsuo 三 夫****
Matsui 松 井	Michio 三千夫**	Tadokoro 田 所	Masato 正 人*****
Miura 三 浦	Katsuami 勝 美***	Kobayashi 小 林	Hideto 秀 人*****

まえがき

浜名湖新橋は、静岡県の浜名湖東岸部（図-1）に架橋される橋長790mのPC9径間連続ラーメン箱桁橋である。浜名湖新橋が架橋される西部放射道路（仮称）は、2004年に庄内半島で開催される「しずおか国際園芸博覧会」のエントランスロードとしても位置づけられている。橋梁計画地点は、豊富な水産資源の源であるとともに自然環境にも優れた地域にあり、周辺環境に配慮した橋梁計画が求められた。

本文は、立地条件に配慮し多径間連続ラーメン構造を採用した浜名湖新橋の設計と施工について報告する。

1. 橋梁概要

- ・道路規格：第3種 第2級
- ・設計荷重：B活荷重
- ・構造形式：PC9径間連続ラーメン箱桁橋
- ・橋 長：790m
- ・支 間 長：61.3 + 7 @ 95.0 + 61.3m
- ・有効幅員：8.00（車道） + 3.50（歩道） m
- ・縦断勾配：+2.50 ~ -2.50%（VCL=300m）
- ・横断勾配：8.0（片勾配） ~ 2.0%（標準勾配）
- ・平面線形：R=200 ~ A=100 ~ R=∞m
- ・橋脚形式：壁式橋脚
- ・基礎形式：鋼管矢板基礎 φ1000mm
- ・地盤種別：Ⅲ種地盤

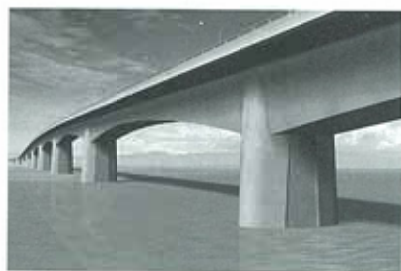
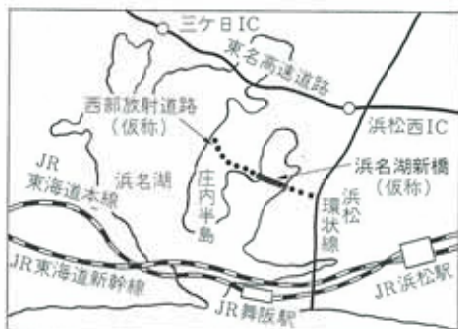


図-1 浜名湖新橋の位置および完成予想CG

2. 設計概要

2-1 設計一般（多径間連続ラーメン構造の採用）

ラーメン構造は経済性および耐震性等に優れた構造形式である。特に、平成7年の阪神大震災以降、不静定次数の高い多径間連続ラーメン構造が、より耐震性に優れた構造形式としてこれまで以上に期待されている。

しかしながら、ラーメン構造の多径間連続化により主桁の固定支間長が長くなると、端部の剛結橋脚ではコンクリートのクリープ、乾燥収縮、温度変化およびプレストレスによる弾性短縮等の不静定力による影響がより大きなものとなる。また、橋脚高さが低く、曲げ剛性が高い場合にはますますこの影響が大きくなる。本橋は主桁の固定支間長が長く（665m）、また、橋脚高さも低い（13.3~19.5m）ことから、従来の連続ラーメン橋の実績をはるかに超えている。図-5に示す杭基礎およびケーソン基礎の施工実績調査の中では固定支間長の1/2に対する橋脚高さの実績

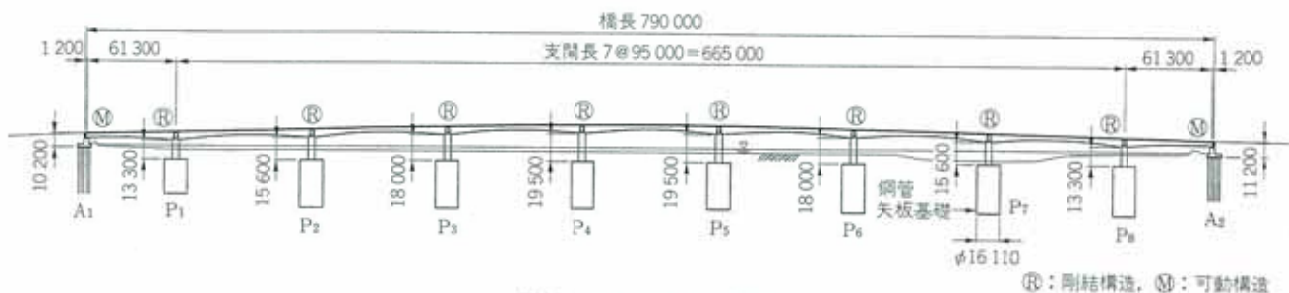
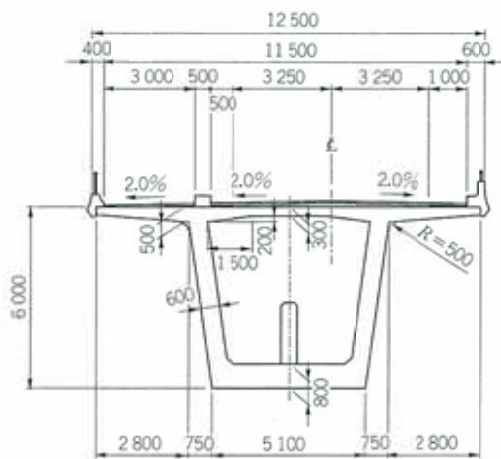


図-2 浜名湖新橋の一般図

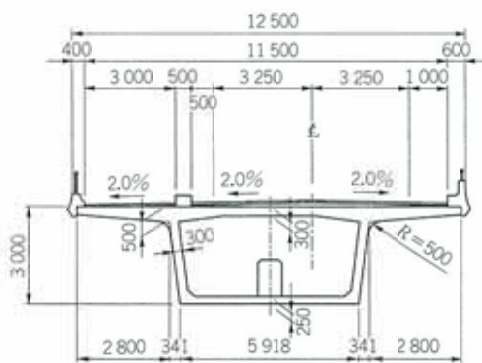
* (前) 静岡 浜松土木事務所 工事第1課 課長 (現 静岡土木事務所 技監兼依沢支所長)
 ** 静岡 浜松土木事務所 工事第1課 工事第2係 主任 (現 静岡土木事務所 主任)
 *** 静岡建設公社 浜名湖新橋建設事務所 工務課長

**** (前) 新構造技術部 取締役設計部長 (現 取締役大阪支店長)
 ***** 新構造技術部 本社事業部 設計部 課長
 ***** 清水建設・大林組 JV 浜名湖新橋上部工事第1工区作業所 監理技術者

キーワード：橋梁計画、ラーメン橋、鋼管矢板基礎、PC箱桁橋、P&Z工法、後ラーメン工



中間支点部



支間中央部

図-3 上部工の断面図

値を超越している¹⁾。

このため本橋では端部付近の橋脚において主桁の収縮による不静定力を減少させる方策が設計上の課題となった。

本橋ではこの課題に対して後述の後ラーメン構造を採用することにより、従来の実績を超える多径間連続ラーメン構造の実現が可能となった。

2-2 下部工の設計

2-2-1 地質概要

架橋地点の地質は、軟弱な沖積シルト層が35~40m程度と厚く堆積しており、その下層に浜名湖累層と呼ばれる良質な砂礫層(D₅₀)がほぼ水平に分布している。

この層は、砂礫、シルト混じり砂礫、砂礫混じり細砂等から構成されており大部分がN値50以上であることから、この浜名湖累層を支持層とした。

2-2-2 基礎形式の選定

本橋の基礎形式として、鋼管矢板井筒基礎、PCウェル基礎、多柱式基礎、鋼管杭(中掘り工法)、場所打ち杭(リバース工法)の5形式を比較検討案として選定した。これらの形式から最適な基礎形式を選定するには、支持層条件、河川条件、荷重条件、環境条件、施工性および工期等に問題なく、かつ工費面においても有利な形式を選定する必要がある。架設地点は、有力な水産資源のある漁場であるとともに成魚の産卵、幼魚の育成の場でもあるため、水質汚濁や関係船舶への配慮や経済性から、栈橋施工ではなくクレーン付き台船を使用する条件での選定となった。

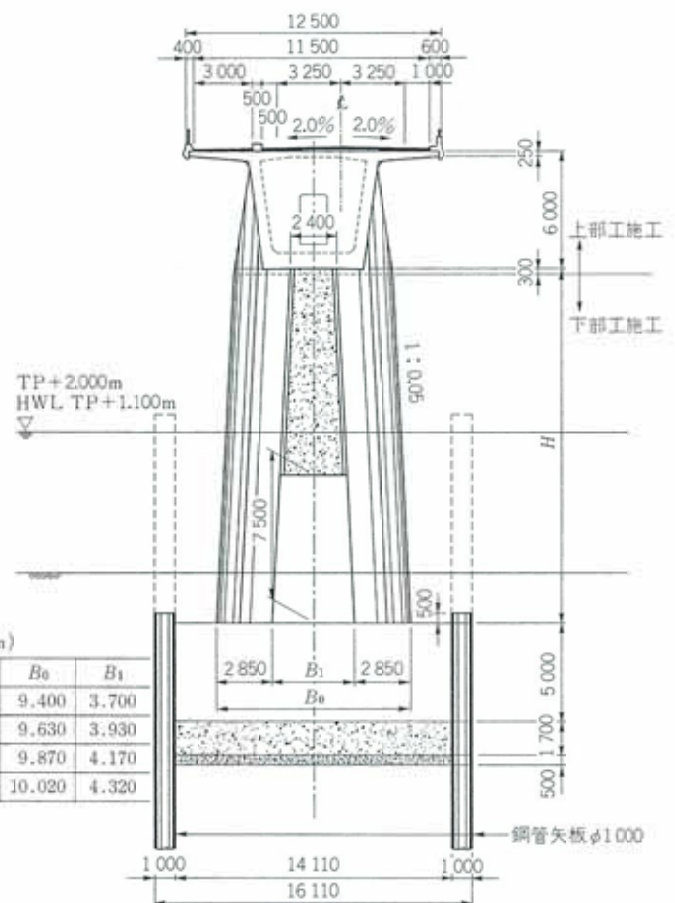


図-4 橋脚断面図

橋脚寸法表 (単位: m)

	H	B ₀	B ₁
P ₁ , P ₈	13.300	9.400	3.700
P ₂ , P ₇	15.600	9.630	3.930
P ₃ , P ₆	18.000	9.870	4.170
P ₄ , P ₅	19.500	10.020	4.320

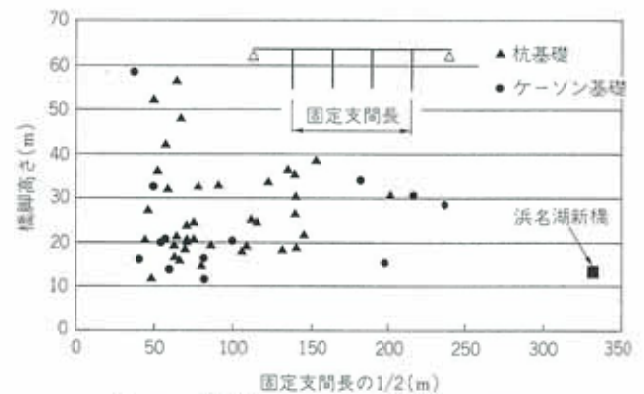


図-5 固定支間長の1/2と橋脚高さの関係

これらの条件を総合的に評価し、表-1に示すように鋼管矢板井筒基礎を採用した。

2-3 上部工の設計

2-3-1 上部工形式の選定

上部工形式の選定にあたっては、河川条件、航路および漁場等の制約条件、経済性、施工性を考慮して1次選定案の抽出を行い、2次選定案としてPC3径間連続ラーメン箱桁橋+PC3径間連続斜張橋+PC3径間連続ラーメン箱桁橋、PC9径間連続ラーメン箱桁橋、PC15径間連続箱桁橋、鋼13径間連続箱桁橋の4案について比較検討を行った。

表-2の検討結果に示すように、経済性を考慮して最終的には第2案・第3案に絞ったが、河川内の下部工施工となることから、施工性が他案より優れ、環境への影響を最小に抑えられるPC9径間連続ラーメン箱桁橋を採用した。

表-1 基礎形式の比較

	A案：場所打ち杭 (リバーズ工法)	B案：鋼管杭 (中掘り工法)	C案：鋼管矢板井筒	D案：PCウエル	E案：多柱式基礎
概略構造図					
施工条件	施工ヤード	作業構台	台船施工	台船施工	台船施工
	資料搬入 締切り方法	棧橋 鋼矢板	台船 鋼矢板	台船	台船
評価	工費 (千円/基)	×	△	○	○
	工期 (月/基)	×	○	△	○
	構造の信頼性	△	○	○	○
	施工の確実性	△	△	○	○
	騒音・振動	△	○	○	○
	水質汚染	△	○	○	○
	排土処理	△	○	○	○
	安全性	△	△	○	○
	同条件での実績	○	○	◎	○
	河積阻害率	○	○	○	△
総合評価	△	△	◎	○	×

表-2 上部工形式の比較

	側面図	断面図	評価項目	評価	総合評価	
第1案			経済性	4位 (1,206)	19/40 多少の割高感はあるが、総合的には推奨できる案である。	
			構造的性	○		20/20
			施工性	△		14/20
			維持管理	○		10/10
			景観	○		10/10
第2案			経済性	1位 (1,000)	40/40 総合的には当該地における最適形式案となる。	
			構造的性	○		20/20
			施工性	○		20/20
			維持管理	○		10/10
			景観	△		7/10
第3案			経済性	2位 (1,002)	40/40 橋脚の基数が多く水上施工が大規模となり、下部工の施工性に劣るが、上部工の施工性はよい。	
			構造的性	△		14/20
			施工性	△		14/20
			維持管理	○		10/10
			景観	△		7/10
第4案			経済性	3位 (1,165)	24/40 特に問題はないが、すべての項目で中ぐらいの評価となる形式である。	
			構造的性	△		14/20
			施工性	△		14/20
			維持管理	△		7/10
			景観	△		7/10

2-3-2 後ラーメン構造の設計

従来のラーメン構造は、橋脚柱頭部と主桁支点部を一体施工し、径間部の張出または分割施工を行ってきた。この施工方法では、コンクリートのクリープ、乾燥収縮およびプレストレスによる弾性短縮等の不静定力による応力が

橋脚に直接伝達されることになる。また、橋脚の曲げ剛性が高い場合には主桁のプレストレスの妨げとなることにもなる。固定支間長が短く、橋脚の曲げ剛性が低い場合には、そのような不静定力および完成後の温度応力が過大とならず橋脚の耐力増強を図ることによりラーメン化に

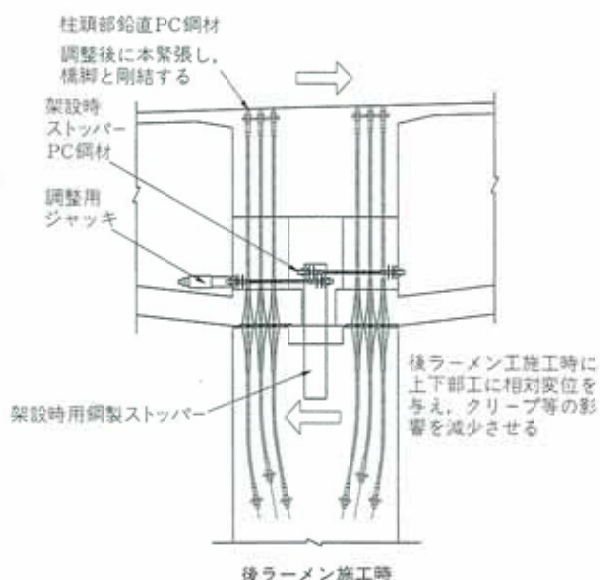
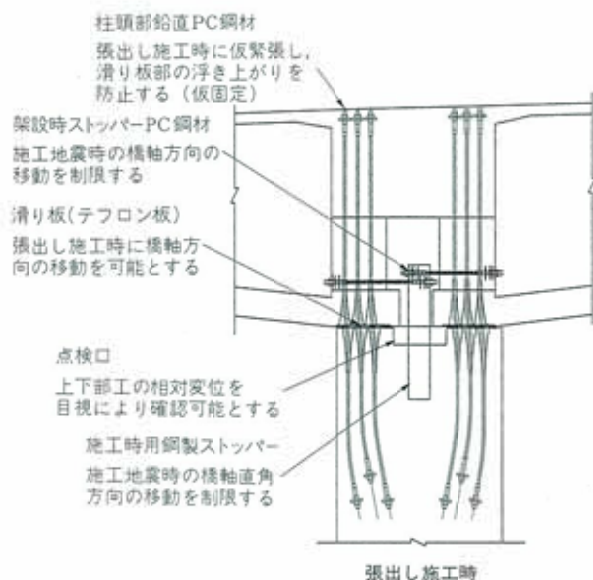


図-6 柱頭部の後ラーメン化構造の概要

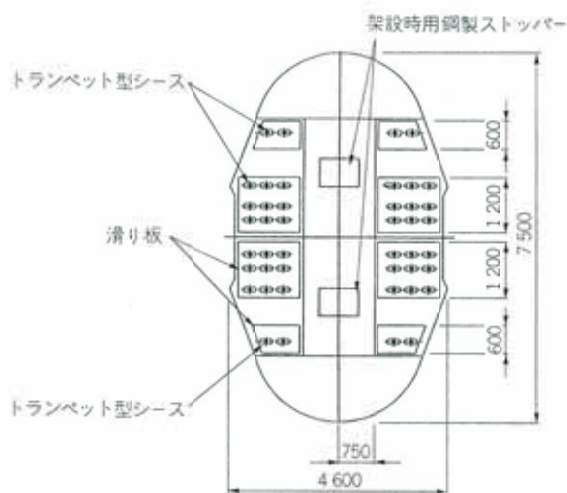


図-7 橋頭部の断面図

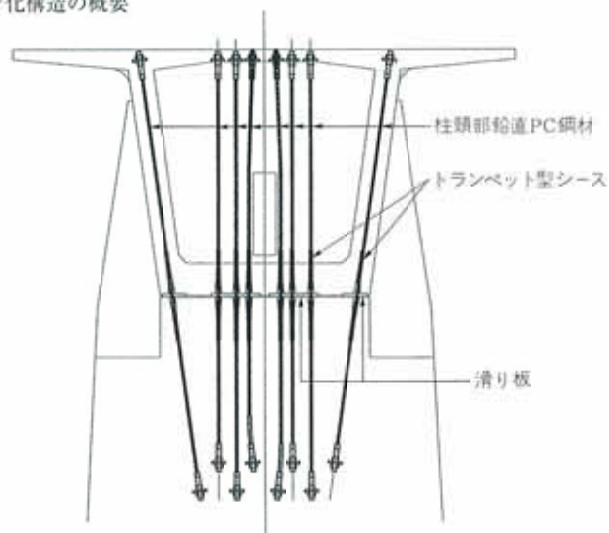


図-8 橋頭部の正面図

対処してきた。

本橋で採用した後ラーメン構造は、主桁施工時は可動支承として機能させ、主桁完成後に各橋脚に対してクリープ、乾燥収縮等により作用する水平力を解放させた後、柱頭部に配置した鉛直 PC 鋼材を緊張することにより上下部工を剛結構造とするものである。このように上下部工の剛結時期を遅らせることにより、橋脚に対するクリープ、乾燥収縮、プレストレスによる不静定力を減少させることが可能となった。

この構造を的確に機能させるために、以下の構造的な対処を実施した。①上下部工の接合面には主桁の収縮量分をずらした滑り板（テフロン板）を用いた。②主桁収縮量が吸収できるトランベット型シーすを鉛直 PC 鋼材に用いた。③架設時鋼製ストッパーと横桁を水平 PC 鋼材で連結することで、主桁のクリープ、乾燥収縮による材齢ごとの移動量を補助的に調整可能とした。④点検口を設置することで、移動量の計測および直接目視による確認ができるよう配慮した。後ラーメン構造概要および柱頭部詳細を図-6～8に示す。

このように確実性を高めた後ラーメン構造を採用するこ

とで、固定支間長が長く、かつ橋脚高さが低い場合でも、多径間連続ラーメン構造が可能となった。

2-3-3 主桁の PC 鋼材

本橋の PC 鋼材配置断面を図-9に示す。

PC 鋼材は内外ケーブル併用方式を採用した。内ケーブルの配置本数が増加すると、ウェブを厚くする必要が生じ、死荷重の増加に伴う経済性の悪化といった問題が起こる。また、PC 鋼材の定着は施工ブロックの端断面で定着するため、定着位置を設けにくくなる等の弊害をもたらすこととなる。そのため、内ケーブルを上床版内のみに配置することを基本とすることで、ウェブ厚の減少が可能となり、一般部のウェブ厚が300mmとなった。内外ケーブルの配分量は、施工時荷重に対しては内ケーブルで対処し、後死荷重、活荷重に対しては外ケーブルで対処することで決定した。また、終局荷重作用時における外ケーブルの張力増加を200N/mm²と見込んで破壊耐力を照査した。

3. 上部工の施工

3-1 概要

上部工は A₁～P張出しまでの第1工区と A₁～P張出し

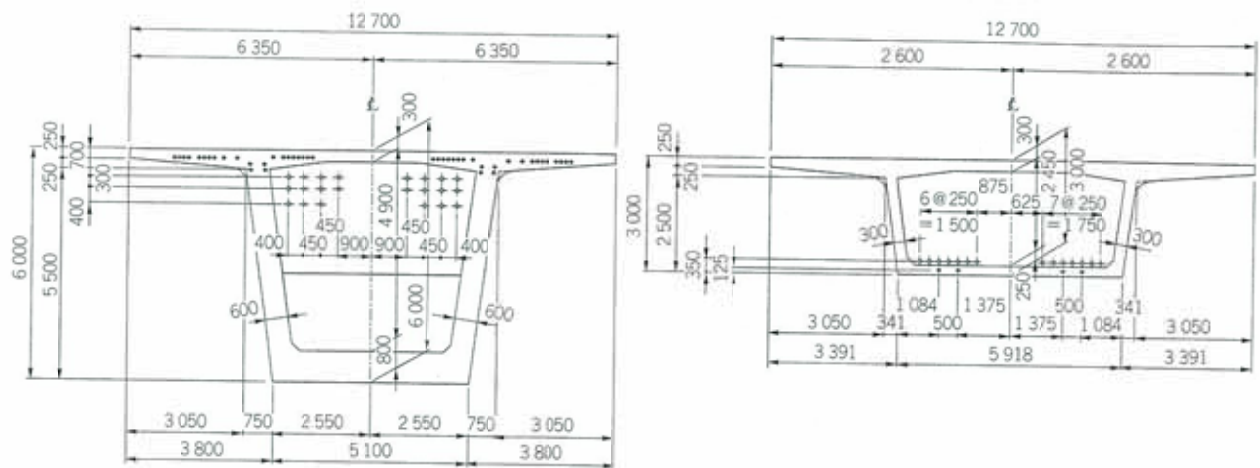


図-9 PC鋼材の配置

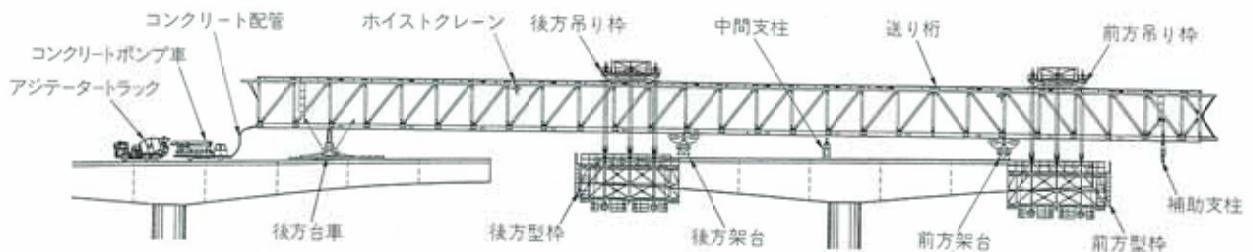


図-10 P&Z装置の概要

表-3 内外ケーブルの比率

項目	規格	重量 (kg)	比率
内ケーブル	12S 15.2 (SWPR7B)	242 950	54%
外ケーブル	19S 15.2 (SWPR7B)	203 040	46%

までの第2工区に分割発注されており、本文は第1工区について記述する。上部工の施工には移動式架設桁による張出し架設工法 (P&Z工法) が採用された。本工法は既設上部工および移動式架設桁を資機材搬入路や安全通路として使用するため、上部工施工時に台船や仮橋脚およびタワークレーン等を必要としない。周辺水域が浜名湖の中でも良好な漁場の一つに挙げられる架橋環境である本橋は、すべての柱頭部が湖面上に位置することから、上部工施工時には仮橋や支保工を必要としない本工法が採用された。

3-2 P&Z工法

P&Z工法とは図-10に示すように橋面上に設けた移動式架設桁から型枠装置を懸垂し、橋脚の前後両側に上部工を順次張出し施工する架設工法であり、一般的には次のような特徴を有している。

- ① 地上からの作業を必要としないため、河川、海上などで桁下の使用条件に制限のある場合や高橋脚の場合に有利である。
- ② 適用スパンは、40~150m程度であり、異なったスパンを持つ橋梁にも対応できる。
- ③ 1ブロック長を10m程度にすることができ、施工速度が速い。
- ④ 変断面の橋や曲線橋にも容易に対応できる。
- ⑤ 柱頭部をP&Z装置を用いて施工できるため固定式支保工が不要である。

この工法で用いる架設機械 (以下、P&Z装置) は、移動式架設桁 (以下、送り桁)、2基の吊り枠・型枠装置に

表-4 国内のP&Z工法による施工実績

橋名	施工場所	橋長 (m)	径間長 (m)	施工年	使用機械
月夜野大橋	群馬県	306.8	68.4+2@84.5+68.4	1981~82	中型
利根川橋	群馬県	560.0	5@80.0+2@80.0	1982~84	中型
子不知高架橋	新潟県	422.5	30.0+52.0+5@59.5+43.0	1986~87	中型
月山橋	山形県	474.0	63.8+3@112.0+68.3	1996~98	大型
鳴瀬川橋梁	宮城県	488.92	75.8+4@85.0+71.3	1997~99	中型
浜名湖新橋	静岡県	790.0	61.3+7@95.0+61.3	2001~03	大型

加えて送り桁を支える3基の架台、架台を移動するとき一時的に送り桁を支持する2基の中間支柱、送り桁を橋脚上にて支持する補助支柱、および資機材運搬用のホイストクレーン等から構成されている。本橋で用いたP&Z装置は全長132.5m、総重量約680tの大型P&Z装置であり、この装置を用いた橋梁施工は本橋で2橋目となる。表-4

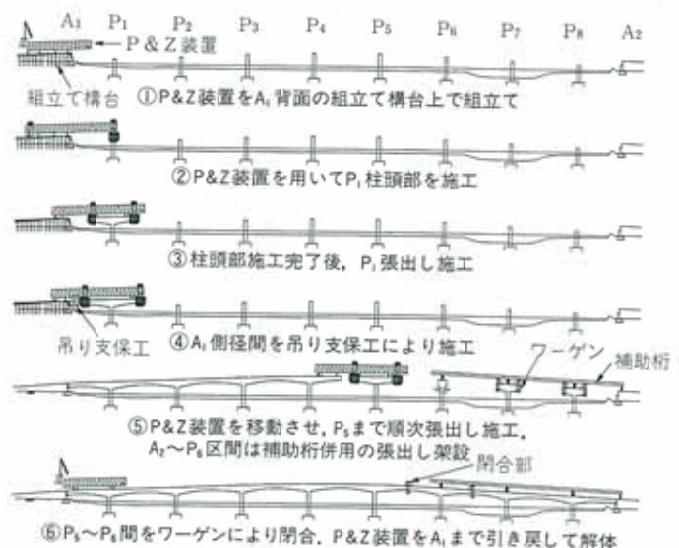


図-11 上部工の施工順序

に過去に国内でP&Z工法が適用された橋梁を示す。

本工法における上部工施工順序を図-11に示す。P&Z工法による施工はA₁~P₁張出しまでの区間であり、A₂~P₁張出しの区間は補助桁併用の張出し架設工法である。補助桁併用張出し架設工法は従来のワーゲンによる張出し架設であるが、栈橋の設置ができないため、資材運搬用の補助桁をワーゲン上空に渡して施工するものである。

3-3 上部工の施工概要

3-3-1 P&Z装置の組立て

送り桁、吊り枠および架台は、写真-1に示すようにA₁橋台背面に構築した組立て用構台の上で組み立てた。通常、取付け道路の盛土区間がある場合には、取付け道路上で装置を組み立てることができるため、組立て用構台は不要であるが、本橋の場合、取付け道路からA₁、P₁橋脚までの平面線形が曲線(R=200)となっており、送り桁の組立ておよび移動が困難なため、図-12に示すような位置に組立て構台を構築した。また、2基の型枠装置は台船上で組み立て、送り桁の下まで曳航し、PC鋼棒(ゲビンデスターブφ32)で吊り上げ、施工位置まで移動した(写真-2および口絵写真参照)。

3-3-2 装置の改造

今回P&Z工法を適用するにあたって、主に以下のような装置の改造を行った。

- ① 装置組立て完了後P₁橋脚上までに送り桁先端を移動させる際に、A₁側径間部は湖面上であり、ベント支柱などで送り桁を仮受けすることができない。よって、この移動時だけは、側径間長と同じ61.3mを送り桁が張り出すことになるため、送り桁に発生する応力度が許容値以下となるように送り桁を補強した。
- ② 本橋は、桁高が変化する斜めウェブ橋であるため、各施工ブロックごとに下床版の幅が変化する。これに対応できるように、下床版型枠の幅を調整可能となるような機構とした。
- ③ P&Z工法による施工区間はA₁~P₁張出しまでとなっており、P₁張出し~A₂区間は補助桁併用のワーゲンによる張出し架設工法である。したがって、P&Z装置は上り勾配でP₁まで施工した後、A₁まで引き戻す必要がある。そこで、送り桁の推進装置には上り、下り両方の場合にも対応できるような逸走防止装置を取り付けた。

3-3-3 張出し施工

本工事における張出し施工の施工手順を図-13に示す。

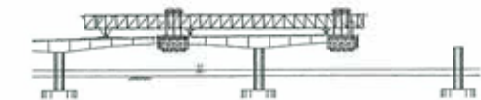


写真-1 構台上での送り桁の組立て

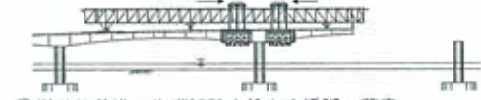


図-12 組立て構台の平面図

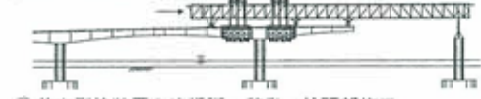
① 閉合ブロック施工完了



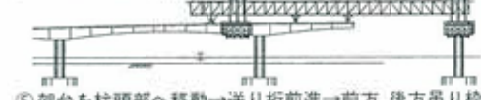
② 2基の吊り枠を柱頭部付近まで移動



③ 送り桁前進・先端補助支柱を次橋脚へ着底



④ 前方型枠装置を次橋脚へ移動→柱頭部施工



⑤ 架台を柱頭部へ移動→送り桁前進→前方、後方吊り枠移動→第1ブロック施工



⑥ 架台、吊り枠を移動させながら第2,3,4ブロック順次張出し施工



⑦ 後方型枠装置を用いて閉合ブロック施工

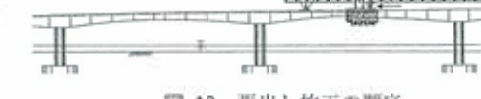


図-13 張出し施工の順序

張出し施工のブロック割りは、第1ブロック~第4ブロックまで10mとし、各ブロックの施工日数は暦日で10~13日であった。各ブロックごとの施工手順は以下のとおりである。

- ① 架台反力が設計の架設荷重となるようにジャッキで調整。
- ② 底型枠、側型枠、上床版型枠のセット。
- ③ 下床版、ウェブの鉄筋組立て。
- ④ シース配置および上床版の鉄筋組立て。
- ⑤ 内型枠組立ておよびPC鋼材挿入。
- ⑥ コンクリート打設および養生。
- ⑦ 緊張。
- ⑧ 脱型、吊り枠・架台移動。

本橋は、A₁~P₁の間の平面線形がR=∞→200mのクロソイド曲線となっており、横断勾配は最大8%である。曲線区間ではP&Z装置全体を横移動させ、また、型枠装置を平面的に回転させて橋体を構築した。コンクリートの打設は、橋脚前後の一对のブロックを同時に打ち込むことに



写真-2 型枠装置の吊り上げ

表-5 コンクリートの配合

設計基準強度 (N/mm ²)	セメントの種類	粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 1 m ³ あたりの配合 (kg)					水セメント比 (%)	細骨材率
					セメント	水	細骨材	粗骨材	高性能AE 減水剤		
50	早強ポルトランドセメント	20	18	4.5	451	167	840	866	4.961	37	50

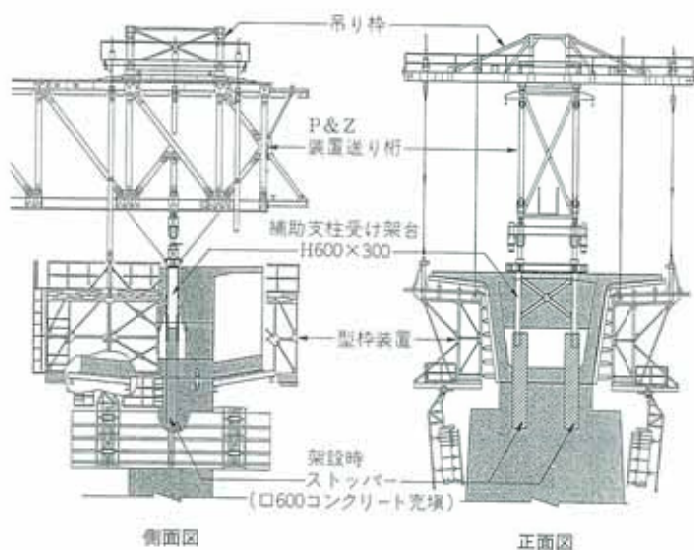


図-14 柱頭部の施工要領

より橋脚に過大なアンバランスモーメントが生じないようにした。また、コンクリートの供給は、ポンプ車とアジテータ車をP&Z装置後端に設置し、送り桁に設置された圧送管を介して各施工ブロックまで圧送した。これにより水平換算長は最大で約200mとなったため、高性能AE減水剤を添加したコンクリートを使用した。本工事で用いたコンクリートの配合を表-5に示す。

3-3-4 柱頭部の施工

本橋は、すべての柱頭部が湖面上に位置するため、すべての柱頭部をP&Z装置を用いて施工した。P&Z装置で柱頭部を施工する場合、橋脚上に送り桁先端の補助支柱を着底させ、前方型枠を用いて施工する。本橋では、補助支柱を着底させる受け架台を、後述する後ラーメン化の施工に必要とする架設時用鋼製ストッパー上に構築し、下部施工時に予め埋め込んでおくことで、工期の短縮を図った。その結果、柱頭部の施工日数は約30日であった。柱頭部施工概要を図-14に示す(口絵写真参照)。

3-3-5 A側径間の施工

A側径間も湖面上であり、地上支保工の設置が不可能であったため、P&Z装置の送り桁を用いて吊り支保工を構築して施工した。側径間吊り支保工の施工状況を写真-

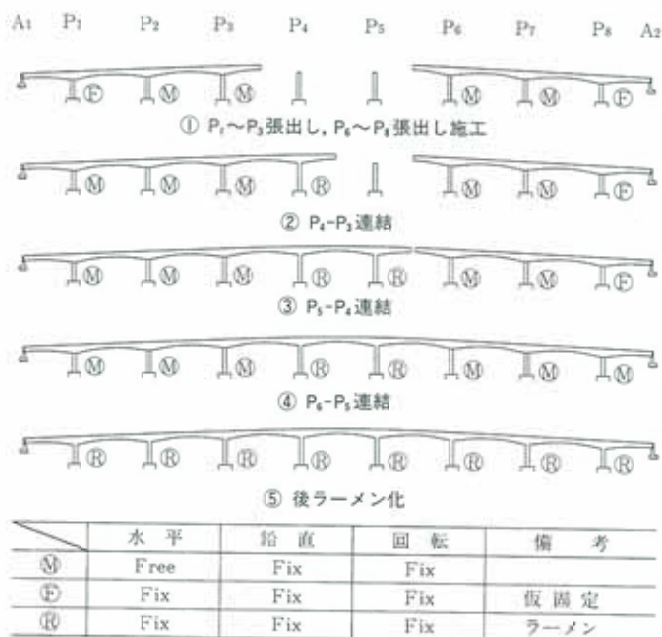


図-15 各柱頭部の構造条件

3に示す。

3-3-6 外ケーブル工

本橋の張出しケーブルは12S15.2の内ケーブル構造であるが、連続ケーブルは19S15.2の外ケーブル構造である。外ケーブルは亜鉛めっきストランドをポリエチレン被覆したものであり、ノングラウトタイプを用いた。ケーブルの挿入は、橋面上にアンリーラーを設置し、ウインチにて引き込んだが、引込みの際にはケーブルの被覆材を傷つけることがないようにケーブル受け架台を構築して施工した。緊張後は緊張余長のケーブルを切断後、防錆キャップを取り付け、定着具にグリスを注入し防錆処理を施した。

3-4 後ラーメン化工の施工

本橋は2-3で記述したように、最終的にはラーメン構造の橋梁となるが、施工中のクリープ・乾燥収縮および弾性短縮により橋脚に生じる不静定力を軽減するために、施工中の各橋脚と上部工の結合条件を変化させている。施工中の各橋脚の構造条件を図-15に示す。

3-4-1 柱頭部滑り板および柱頭部鉛直PC鋼材の施工

図-15中のうち水平方向可動にする条件の柱頭部は、橋



写真-3 P&Z装置を用いた側径間吊り支保工



写真-4 滑り板のテフロン板



写真-5 鉛直方向鋼材のトランペット型シース

表-6 解析ケース

解析ケース	単位調整力を 与える橋脚	上部工と下部工の結合条件							
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
ケース1	P ₁	M	R	R	R	R	M	M	M
ケース2	P ₂	M	M	R	R	R	M	M	M
ケース3	P ₃	M	M	M	R	R	M	M	M
ケース4	P ₆	R	R	R	R	R	M	M	M
ケース5	P ₇	R	R	R	R	R	R	M	M
ケース6	P ₈	R	R	R	R	R	R	M	M

注) M: 水平方向可動
R: 剛結

脚上にテフロン板とステンレス板を用いた滑り板を設置し、その上に柱頭部を施工した(写真-4)。そして、水平方向を可動とするときには柱頭部に埋め込まれた架設時用鋼製ストッパーを切断することにより滑り板が機能するようにした。また、各橋脚には鉛直方向に19S12.7マンシオンタイプのPC鋼材が4本ずつ設置されており、上部工と下部工をつないでいる(図-6)。この鋼材は張出し施工時には仮固定鋼材として必要本数を緊張し、橋体連結後に橋梁全体をラーメン化するときには全数を緊張・グラウト注入し、ラーメン構造としての機能を果たす。したがって、このPC鋼材は施工中に上部工の橋脚に対する移動を妨げないように、写真-5に示すようにトランペット型のシースで覆った。

滑り板の施工は各滑り板の水平度が重要であるため、レベル計測により水平度を±1mmの精度で固定した後、滑り板下側に無収縮モルタルを打設し橋脚と一体化させた。その後、柱頭部完成後に柱頭部下面の躯体が上部工の水平方向の移動を妨げることをないよう、注意深く施工した。

3-4-2 調整力導入工

施工中のクリープ・乾燥収縮および弾性短縮により橋脚に生じる不静定力は、滑り板の機構を用いて低減できるが、ラーメン化した後の不静定力に対しては、ラーメン化時に橋脚を上部工に対して、橋台側に倒すような調整力を与えてこれを低減させる設計としている。P₁~P₃およびP₆~P₈の各柱頭部には図-6に示すように架設時用鋼製ストッパーと水平方向に19S12.7マンシオンタイプの鋼材を4本ずつ設置し、これを緊張して調整力を与えるが、調整力を与えた柱頭部はその都度、水平方向の移動を固定していくため、構造系が変化する。したがって、調整力を与える順序によっては後ラーメン化後の各橋脚に発生する断面力が変化する事となる。

本橋では、設計計算における、調整力の導入前と導入後の橋脚下端の断面力を抽出し、下記の要領で調整力を計算した。

- ① 施工工程から、最適な調整力導入の順序を決定する(実際にはP₃→P₂→P₁→P₆→P₇→P₈の順序に決定した)。
- ② 決定された順序で構造系を変化させ、下記の各ケースの構造条件で単位荷重としての調整力を載荷する。
- ③ 各ケースにて導入した調整力により各橋脚下端に発生する断面力の影響値 ΔM_m を抽出する。
- ④ その影響値に係数 α_m を乗じた値に、設計計算上の調整力導入前の断面力を加算した値が、設計計算上の調整力導入後の断面力となるような α_m を決定する。

$$\begin{matrix} \left[\begin{array}{c} \text{調整力} \\ \text{導入前} \\ \text{断面力} \\ M_m \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \Delta M_m \\ \text{影響値} \\ \Delta M_m \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{c} \text{係数} \\ \alpha_m \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{調整力} \\ \text{導入後} \\ \text{断面力} \\ M_{m-1} \end{array} \right]$$

- ⑤ α_m に単位荷重を乗じて調整力を決定し、調整力を導入する各施工ステージにおいて橋脚に発生する応力度が許容値以下であることを確認する。

以上の手順で決定された調整力を導入する際には、滑り板の摩擦の影響も考慮することとした。

3-4-3 後ラーメン化部の施工

上記の調整力を導入した後、ラーメン構造として必要な鉛直方向鋼材をすべて緊張、グラウト注入する。鉛直方向鋼材は下部工施工時から存置されているため、防錆のために重鉛めっき処理が施されている。その際、グラウト材にセメントペーストを用いるとセメントペーストと重鉛めっきが反応して水素を発生し、ケーブルに悪影響を及ぼす可能性があるため³⁾、鉛直方向鋼材のグラウト材にはエポキシ樹脂を使用することとしている。

鋼材の緊張、グラウト注入後は柱頭部に構築した吊り足場を用いて、滑り板周りとは橋脚最上部の後打ち部に鉄筋を配置し、コンクリートを打設して上部工と下部工を完全に剛結する。

あとがき

多径間連続ラーメン構造は、本橋のように橋脚高さに比べて固定支間長が長くなりすぎると端部橋脚に水平力が集中するため、従来この関係には限界があった。しかし、本橋で採用した後ラーメン構造を採用することで経済的かつ耐震性に優れた多径間連続ラーメン化の発展性が期待されるものと考えている。後ラーメン構造がこの発展に少なからず寄与できるものと考えている。

施工については、良好な漁場である浜名湖上での本橋梁の建設工事において、桁下空間の使用制限に影響を受けないというP&Z工法は、その長所を十分に発揮している。また、後ラーメン化については、施工中の上部工の移動量を逐次計測して、設計上の移動量と対比し、細心の注意を払いながら施工している。平成15年4月現在、P₃張出し施工が完了し、平成16年4月の供用開始に向けて引き続き施工中である。

最後に本工事を進めるにあたり、多大なご協力をいただいた地元関係各方面の方々に深く感謝の意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) (財) 高速道路調査会: PC橋の新しい構造事例に関する調査研究(1996.3)
- 2) P&Z協会: P&Z工法「設計・施工の手引き」(1999.10)
- 3) 久保田, 下川, 竹名: 鉄道併用長大橋建設のための新技術の開発。土木学会誌(1983)
- 4) 保田, 武山, 野沢: 岩黒島橋ケーブルの設計と製作, 本四技報