

(71) サンマリブリッジ (複合斜張橋) の施工

浜名湖競艇企業団	宮野 修
鹿島建設㈱	竹房 秀一
鹿島建設㈱	三浦 信幸
鹿島建設㈱	○ 入倉 英明

1. はじめに

サンマリブリッジは図-1に示すように静岡県浜名郡新居町に浜名湖の一部である準用河川大正川を跨いで架けられた橋であり、2径間連続複合斜張橋(橋長200m)と、2径間連続PC中空床版橋(橋長60m)から構成されている。

諸制約条件から斜張橋の径間割りには145m+55mと非対称となるため長径間側を鋼桁、短径間側をPC桁の複合構造とした。また、湾曲した傾斜主塔(RC構造)を有する点も本橋の特徴のひとつである。これは浜名湖に隣接する場所であるという地域の持つイメージに合致させたことと、航空機に配慮して塔高に制約を受けたことで斜材の吊り効率を確保するために塔を前傾させたことによっている[参考文献1),2)]。さらに、斜張橋の斜材として我が国で初めてノングラウトタイプの現場製作ケーブルが採用された。

今回は主橋部の2径間連続複合斜張橋の施工について報告する。構造一般図を図-2, 3に示す。

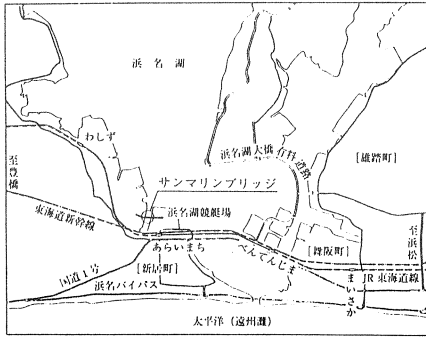


図-1 架橋位置図

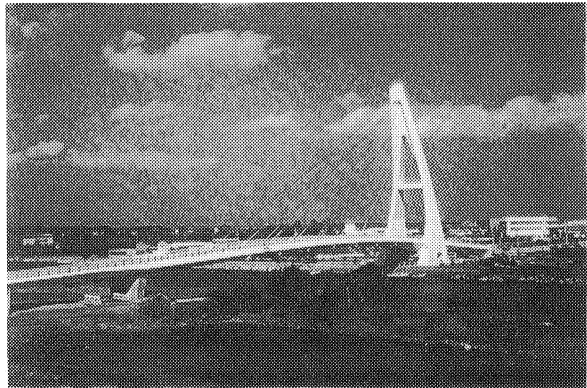


写真-1 完成写真

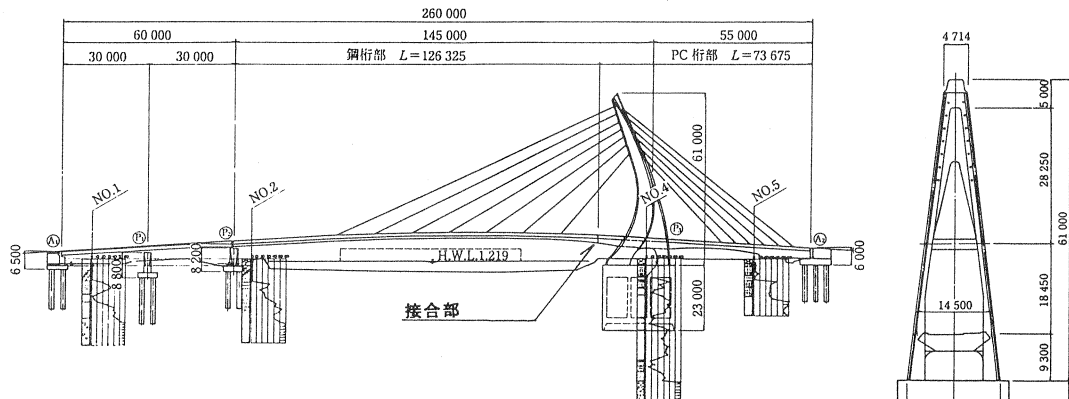


図-2 構造一般図(その1)

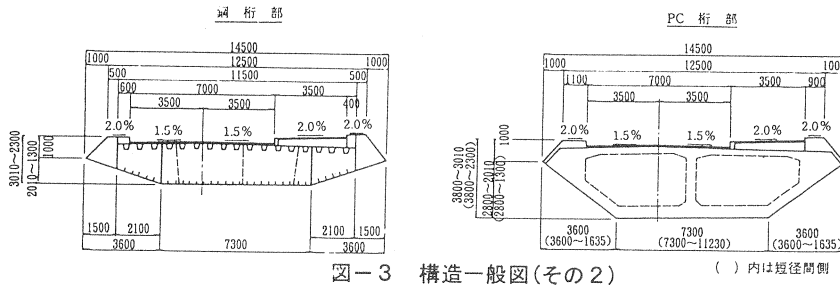


図-3 構造一般図(その2)

()内は短径間側

2. 工事概要

本橋の施工工程は下部工の施工開始から完成まで約2年半と厳しく、種々の工程短縮策を講じる必要に迫られた。そのひとつとして、当初張出し架設で計画していた鋼桁の施工はベント式支保工による架設に変更した。主塔施工用の揚重機は主塔中段の施工までは65t吊クローラクレーンを、その後、100t吊クローラタワーレーンを主として使用した。鋼桁の架設は隣接して設けた仮栈橋上の150t吊クローラクレーンによった。本橋の主要使用材料を表-1に示す。

表-1 主要使用材料

部位	種別	仕様	適要
主桁	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	躯体(但し、接合部中詰めは高流動コンクリート)
		$\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$	地覆
		$\sigma_{ck}=160\text{kgf/cm}^2$	カウンターウエイト
	鉄筋	SD345	D13~D25
	P C 鋼材	SBPR930/1180 $\phi 32$	主方向、せん断、端横桁横締、柱頭部横桁横締
		SWPR7B 12T12.7	斜材定着横桁横締
SWPR1 12 $\phi 7$		床版横締	
鋼材	SS400, SM400, SM490Y		
主塔	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	但し、斜材定着部後埋めは高流動コンクリート
	鉄筋	SD345	D16~D35
斜材	P C 鋼材	SBPR930/1180 $\phi 32$	主方向
	P C 鋼材	SWPR7B $\phi 15.6$ (垂鉛メッキストランド)	SEEE/PAC-Hシステム
	保護管	SUS304 t=0.4mm	但し、下端部は t=1.5mm

3. 下部工の施工

P2橋脚およびA2橋台の下部工は現場打杭式基礎工法とし、仮設として仮締切鋼矢板およびディープウェル排水を設けた。主塔部であるP3橋脚の下部工は圧入式ケーソン基礎工法により、矩形ケーソン躯体を7ブロックに分割して構築した。躯体のコーナー部にアースアンカー(SWPR7 $\phi 21.8$)を設け、300tセンターホールジャッキ8台で強制圧入した。沈下回数は3回とした。

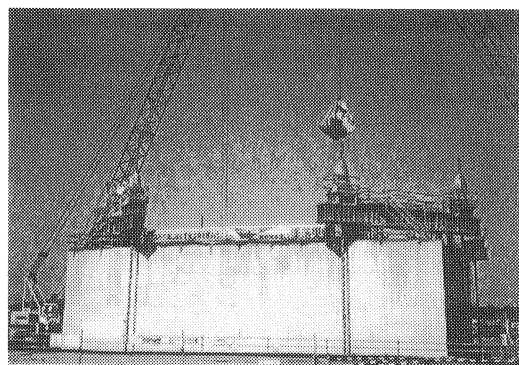


写真-2 P3部ケーソン施工状況

4. 主桁の施工

P C桁は短径間、長径間ともに総支保工施工とした。短径間は3ブロックに分割し、主塔から遠いブロックから順に施工した。長径間は接合部を含めて3ブロックに分割し、はじめに主塔寄りのブロックを施工し、接合部ブロックの施工完了後に、両ブロックの鉄筋やP C鋼材を連結してその間のブロック(横桁部)のコンクリートを打設した。躯体構築完了後プレストレス力を導入し、短径間主桁内の一部にカウンターウエイトとしてコンクリートを打設した。

鋼桁の架設はベント式支保工で計画し、その架設に先立って仮栈橋および9基のベントを施工した。鋼桁部材は陸上輸送とし、架設は仮栈橋上のクローラークレーンによった。部材分割は運搬上の制約から橋軸方向に13分割、断面方向には4分割とした。接合は全てボルト接合とした。フェアリングプレートは斜材架設後に取り付けた。

5. 主塔の施工

主塔は頂部まで柱式足場材による総足場を構築して施工した。主塔の形状は大半が曲線であるが、施工にあたっては直線で近似することとした。曲線の場合とのシフト量が20mm以内となるように高さが2.0~4.5mの22リフトに分割して各リフトを直線として施工した。主塔内部には鉄筋、PC鋼棒、型枠および斜材定着鋼管の位置決めのために鉄骨を設置し、主鉄筋やPC鋼棒は、この鉄骨を利用して弾性曲げで曲線の配置形状と合わせた。主鉄筋の継手はガス圧接継手とした。本橋では斜材定着鋼管が最長約12mと非常に長く、施工性から2分割ないし3分割とした。断面形状が変化しているために各リフト毎に型枠を加工し直し、円形状の部分には工場加工した型枠を使用した。斜材定着用切欠き部の後埋めには、高流動コンクリートを打設した。

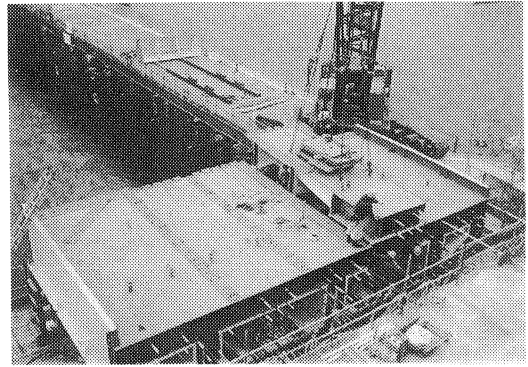


写真-3 鋼桁(接合桁)施工状況

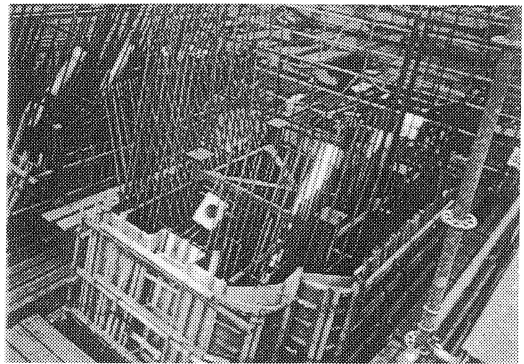


写真-4 主塔施工状況

6. 接合部の施工

6-1 接合方式および施工の概要

本橋の特徴のひとつとして、主桁の途中で鋼桁とPC桁を接続した複合構造を有する点がある。既往の実績などから鋼桁とPC桁の接合部での接合方式は ①中詰コンクリート前面プレート方式、②中詰コンクリート後面プレート方式、③メタルプレート方式などに大別されるが、本橋では、比較検討の結果「中詰コンクリート後面プレート方式」が採用された[参考文献 1)]。接合部の構造を図-4、5に示す。

本橋は河川上にあり重量物の架設ができないため、鋼製接合桁を支保工上の正規の位置に据えてから原位置でコンクリートを打設することとした。コンクリート充填の確実性と施工の省力化を図るために高流動コンクリートのひとつであるNVコンクリートを使用することとした。このコンクリートは流動性が非常に高く、パイプレーターを掛けなくても水平に打ち上がり、充填性が良く良好な品質を得られる。また、特殊な設備を必要とせず市中の生コンプラントで製造できる。コンクリート打設に先立ち接合部前面に鋼板で襜枠を設けて、各セルを密閉し、1セルずつコンクリートポンプ車により打設した。

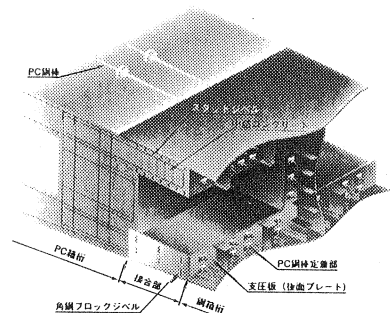


図-4 接合部構造イメージ図

6-2 施工性確認実験

実施工に先立ち、NVコンクリートの配合検討および実大模型を用いた施工性確認実験を行った。

実施工では1セルずつコンクリートを充填する計画とした。そこで典型的なセルを取り出し(図-5ハッチ

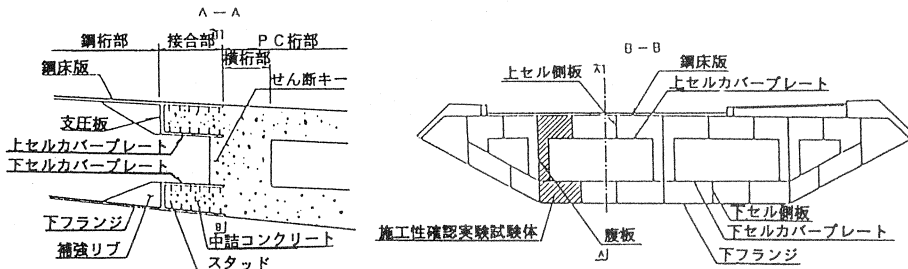


図-5 接合部の構造図

ング部), 施工計画に従って鉄筋や棲枠の組立, コンクリートの充填作業を行った。打設中の充填状況を目視で確認できるように, 試験体では支圧板に代えて透明板(アクリル板)とした。その他の部分は縦断勾配(4.2%)や横断勾配(1.5%)をはじめ, ずれ止めの配置, 鋼板の板厚など実構造物と同一とした。

セル内に配置する鉄筋はあらかじめ地組みし, セル内に設けたハルター上に配置した。セルを密閉するための棲枠はセル毎に分割し, 鋼殻に設けた仮設のリブにボルトで固定した。コンクリートの打設は, 各セルの下部に設けた打設口(φ100mm)にボールバルブを介してコンクリートポンプ車の打設管を接続して行った。各セルの上部には空気抜きおよびコンクリート排出のための排出口を設け, ここからの骨材の噴出を確認したうえで打設口のバルブを閉じて打設を完了した。コンクリート硬化後, 試験体を解体するとともに, セルを貫通するコアを採取し, 隅角部やずれ止めの周囲までコンクリートが充填されていることを確認した。

6-3 接合部の施工

接合桁を支持するために構築したベント上に, 7ブロックに分割した鋼桁をセットして, 鉄筋および棲枠の組立を行い, コンクリートを打設した。コンクリートは底版部のセルと, 床版部およびウェブ部のセルの2回に分けて打設した。コンクリート硬化後棲枠を解体し, 横桁部のコンクリートと一体化させるためコンクリート表面をチップングした後, 接合部とP C 桁部の鉄筋を機械継手で, P C 鋼棒をカップラーでそれぞれ接続した。

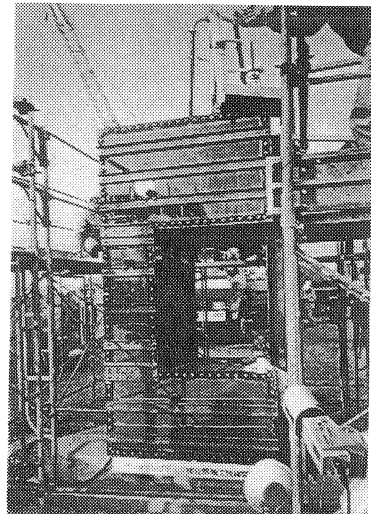


写真-5 施工性確認実験状況

7. 斜材の施工

7-1 斜材システムの概要

本橋の斜材には, 19本~48本の垂鉛メッキストランドを束ねたノングラウトタイプの現場製作ケーブル(P A C-H型ケーブルシステム)が採用された。本斜材システムではケーブルにグラウトを行わないため, 垂鉛メッキを施した7本の素線をより合わせて1本のストランドとし, その外周をポリエチレン被覆したうえで, 内部にグリースを封入するという3重防錆が施されている[参考文献 3]。本斜材システムの定着はウエッジ方式であり, 張力調整は定着体のネジとナットで行う。定着体部は二重管構造であり, ケーブルの交換が可能な構造になっている。

なお, 本斜材システムは本橋で初めて採用となった。

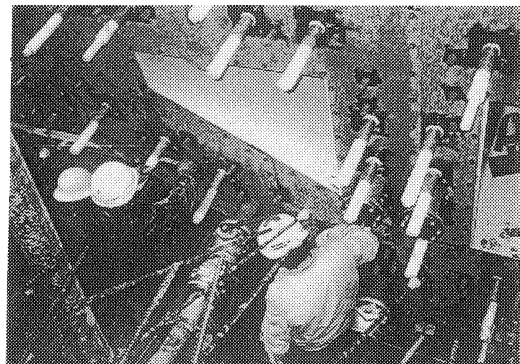


写真-6 接合部コンクリート打設状況

7-2 斜材の諸元

本橋の斜材段数は長径間側が7段、短径間側が6段となっており、2面吊りなので斜材は合計26本である。斜材の諸元を表-2に示す。

配置部位	斜材名称	ストラッドの本数(本)	ケーブル長(m)
長径間	S-1	37	115
	S-2	19	103
	S-3	19	90
	S-4	19	78
	S-5	19	66
	S-6	19	55
	S-7	19	45
短径間	S-8	37	54
	S-9	37	59
	S-10	37	65
	S-11	48	71
	S-12	48	77
	S-13	48	83

7-3 ストラッド架設の施工性確認実験

一般に、現場製作ケーブルではポリエチレン製外とう管をストラッド架設に先立って架設し、ストラッドは外とう管内に順次挿入して架設する。しかしながら、本斜材システムでは外とう管をストラッドの架設完了後に取り付けるためストラッドを架設するための設備が必要となる。

本斜材システムの架設の実績がないためストラッドの架設方法を検討することとし、長さ約70m、角度約30度のストラッドを実際に架設する施工性確認実験を行った。その結果、図-6に示すような架設シュートを用いることにより図-7の要領でストラッドの架設を円滑に行えることが確認できた。架設シュートは五角形断面で上面が開放面(隙間)となっており、ストラッドを架設して緊張すると開放面からストラッドが抜け出す構造になっている。

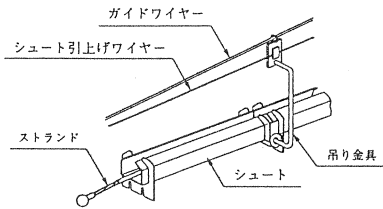


図-6 架設シュート取り付け図

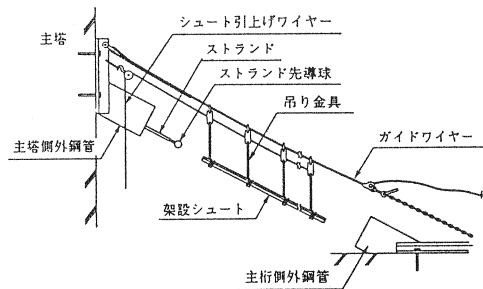


図-7 ストラッド架設設備図

7-4 ストラッドの架設および1次緊張

本橋の主桁は総支保工施工なので、主桁の構築完了後に斜材を架設した。図-8に示すように主塔構築用の足場の頂部に作業ステージを設けてストラッドドラムおよびプッシングマシンを据え、主塔と主桁の間に架設シュートを張り渡した。ストラッドはポリエチレンパイプにて主塔側の斜材定着部まで1本ずつ誘導し、定着体の所定の孔を通して外鋼管出口から架設シュート上を滑らせて主桁側へと渡した後、主塔側でシングルストラッドジャッキにより緊張した。緊張管理は測長してストラッドに記したマークによる長さ管理とした。ストラッドは定着位置付近のポリエチレン被覆を除去したうえで納入された。1段分のストラッドを架設した後、平行状に張られたストラッドが相互に密着するまで、桁側と塔側の斜材定着鋼管の出口付近でクランプにより絞り込んだ。その後、架設シュートの盛替え作業を行った。この作業は滑車やウインチなど用いて、

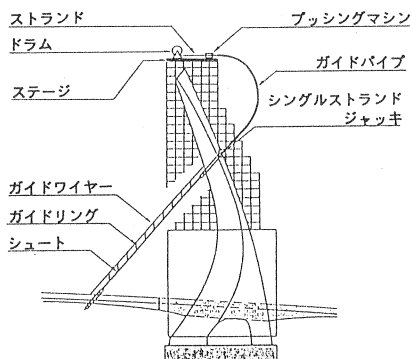


図-8 ストラッド架設要領図

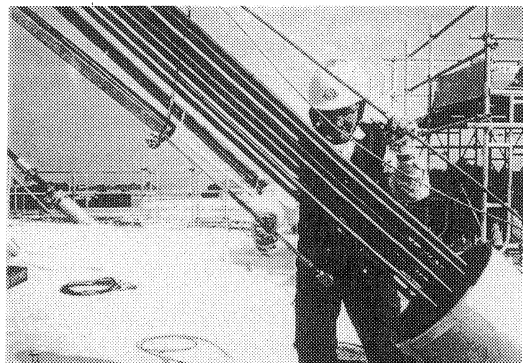


写真-7 ストラッド架設状況

既設の架設シュートをその都度橋面に降ろすことなく行うことができた。斜材の架設は下段から行ったので、必要な分の架設シュートを追加した。

7-5 張力調整

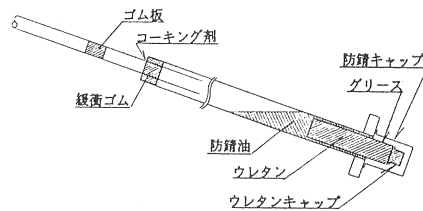
全ストランドの架設および1次緊張終了後に、支保工をジャッキダウンして反力を負担しない状態とした。その後、張力調整を行い設計計算で必要とされた張力を与えた。4台の大容量センターホール型ジャッキを用いて主桁側より緊張し、定着体のナットを締めることで緊張力を保持した。緊張管理は電動油圧ポンプの圧力計の目盛による圧力管理とした。

7-6 定着部防錆工

斜材緊張の完了後、斜材定着部に表-3に示す防錆工を実施した。

表-3 斜材定着部防錆工

名 称	防 錆 の 目 的
ウレタンキャップ	定着部(ウェッジ部)の保護
防錆キャップ	定着部(ナット部)の保護
ウレタン	内鋼管およびウレタンキャップ内の防錆
防錆油	外鋼管内部の防錆
グリース	定着体周囲の防錆
コーキング剤	外部よりの雨水の浸入防止
ゴム板	ストランドを伝っての雨水の浸入防止



7-7 保護管(外とう管)取付け工

保護管はステンレス製(肉厚 $t=0.4\text{mm}$ 、1本の長さ $L=1.0\text{m}$ /本)であり、橋面上に設けた作業ステージ上でポリエチレン製のスペーサー(幅 10mm)と一体化しながら1本ずつ組み立てて、順次引き上げて架設した。架設前の保護管は図-9に示すように円形の一部を切り開いたような形状であり、ラッチ構造の爪を噛み合わせて閉合して円形とし、前後の保護管相互はリベットで接続した。なお、橋面に近い部分は、通行人の故意や衝突などによる斜材の破損を防ぐために保護管を厚肉($t=1.5\text{mm}$)とした。

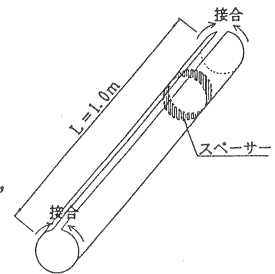


図-9 保護管形状

8. 塗装

本橋ではライトアップが計画されたことから、その効果を高めるとともに屋間の美観を高めるため、防錆上必要な鋼部のみならず、コンクリート部にも白色系の塗装を実施した。コンクリート部の塗装はディスクサンダーによる下地処理後、プライマーとパテによる前処理を実施し、中塗りには厚膜柔軟性エポキシ樹脂塗装、上塗りにはふっ素樹脂塗装をそれぞれ施した。

9. おわりに

サンマリブリッジは平成5年10月に下部工の施工に着手して以来建設を進めてきたが、平成8年3月25日に無事開通式を迎えた。本橋架橋地点は東海道新幹線に近く、よく見える所にあり、夜間にはライトアップを実施している。浜名湖競艇場のランドマーク、地域のシンボルとなりつつある。

本橋は鋼桁とPC桁を接合した複合斜張橋としては国内で2橋目の実績であったが、曲線主塔の施工、長大斜張橋へ適用可能なノングラウト現場製作型ケーブルのわが国で初めての使用、接合桁などへの高流動コンクリートの使用など新しい技術を取り入れて建設を進めてきた。これらの成果が今後同種の橋梁建設に参考になれば幸いである。

[参考文献]

- 1) 山下幹夫；複合斜張橋 サンマリブリッジの計画と設計，プレストレストコンクリート，Vol.37，No.2，1995
- 2) 山下幹夫，夏目良平；複合斜張橋 サンマリブリッジの設計と施工，橋梁，1996.2
- 3) 大橋渡，木部洋，中村茂樹，庄司茂雄；斜張橋用ノングラウトタイプケーブルシステムの開発，プレストレストコンクリート，Vol.38，No.3，1996