

ツインハープ橋上部工の施工

佐々木 寿一*1・佐藤 康雄*2・金沢 雄治*3・瀬間 優*4

はじめに

ツインハープ橋は、北海道第二の人口を有する道北の拠点都市である旭川市の南東部に位置し、旭川市街へ通じる8本の放射道路を相互に連絡する環状1号線（延長31 km）が忠別川を渡る位置に計画された橋梁である。橋名「ツインハープ橋」は、平成2年10月公募により決定したものである。

本橋の構造形式は、地形・地質条件や施工性、経済性、景観とともに、冬期における道路の機能などを加味して比較検討を行い、橋長280 m、中央支間140 m、幅員28 mを有する、スレンダーな主桁を1本柱形式の主塔から1面吊りタイプの斜材で吊り上げた、3径間連続PC斜張橋が選定された。この形式のPC斜張橋としては我が国最大規模の橋梁である。

本稿では、ツインハープ橋上部工の施工について概要を紹介する。

1. 工事概要

本橋は、3径間連続形式としては我が国では初めての1本柱形式の主塔を持つPC斜張橋である。主桁は橋脚上で可動支持され、主塔は主桁柱頭部に設けられた開口部を貫いて橋脚に剛結されている。地震時における主桁の慣性力は、ストッパーにより直接橋脚に伝達される構造となっている。橋梁諸元は以下のとおりである。

事業主体：北海道旭川土木現業所

路線名：都市計画道路3.3.11環状1号線

道路規格：4種1級

橋種：プレストレストコンクリート道路橋

橋格：1等橋

構造形式：3径間連続PC斜張橋

橋長：280.0 m

支間：69.4 m+140.0 m+69.4 m

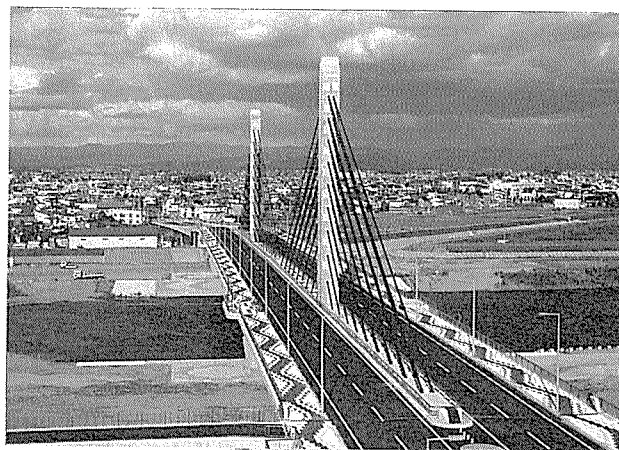


写真-1 ツインハープ橋全景

表-1 主要数量

区分	材料	仕様	数量	
上部工	コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	6 520 m ³	
		$\sigma_{ck}=160 \text{ kgf/cm}^2$	499 m ³	
	鉄筋	SD 30 A	1 163 t	
		PC 鋼棒	B種2号φ32	454 t
		B種2号φ26	28 t	
下部工	斜材	PC鋼より線	B種φ15.2	173 t
	主塔	コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	750 m ³
		鉄筋	SD 30 A	164 t
鉄骨			34 t	
下部工	橋脚	コンクリート	$\sigma_{ck}=210 \text{ kgf/cm}^2$	8 360 m ³
			$\sigma_{ck}=160 \text{ kgf/cm}^2$	1 550 m ³
			$\sigma_{ck}=300 \text{ kgf/cm}^2$	980 m ³
	橋台	鉄筋	SD 30 A	444 t
コンクリート		$\sigma_{ck}=210 \text{ kgf/cm}^2$	895 m ³	
場所打ち杭		φ1 000 mm	34 本	

塔高：40.0 m

幅員：28.0 m（有効幅員：23.5 m）

主要数量を表-1に、構造一般図を図-1に示す。

*1 Hisakazu SASAKI：住友・鹿島・ドーピー・日本高圧特別共同企業体所長

*2 Yasuo SATOH：住友・鹿島・ドーピー・日本高圧特別共同企業体副所長

*3 Yuji KANAZAWA：住友・鹿島・ドーピー・日本高圧特別共同企業体主任

*4 Masaru SEMA：住友建設（株）土木部設計第二課主任

◇工事報告◇

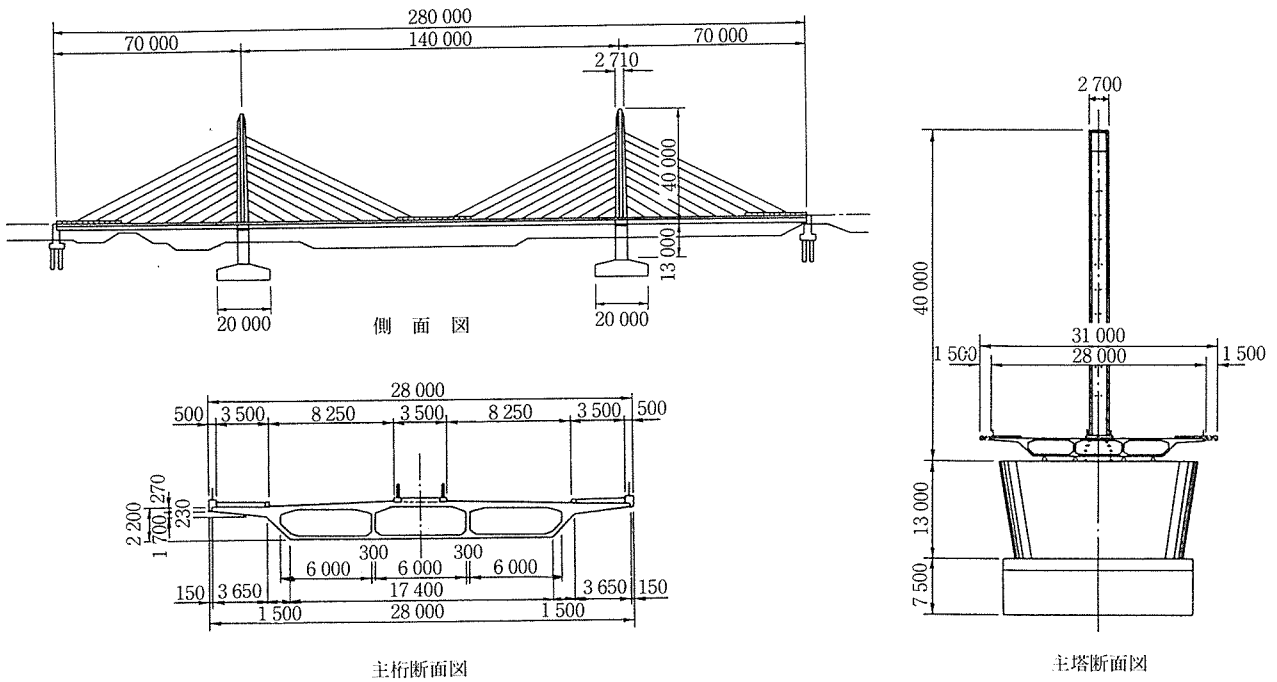
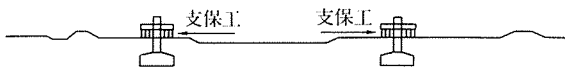
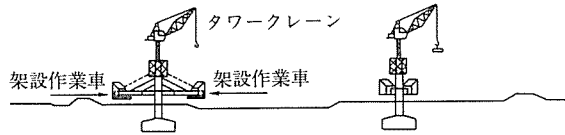


図-1 ツインハープ橋の構造一般図

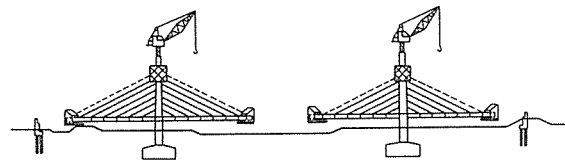
1. 主桁柱頭部の施工



2. 架設作業車の組立て、主塔のジャンプ施工、主桁の張出し施工



3. 主桁の張出し施工



4. 側径間・中央径間の閉合、架設作業車の解体、斜材のグラウト

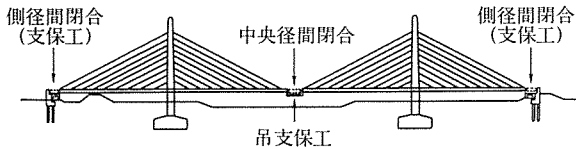


図-2 施工順序図

表-2 全体工程表

	1987		1988				1989				1990				1991			
	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8
橋台工																		
橋脚工																		
主桁工																		
主塔工																		
橋面工																		

主桁は架設作業車を用いたディビダーク式張出し工法、主塔はジャンプ工法、斜材は大型センターホールジャッキによる一括緊張方式を新たに考案し、施工した。施工順序を図-2に、全体工程を表-2に示す。

2. 主塔の施工

2.1 概要

上部工の施工は主塔から始めた。主塔の施工リフト割りは、斜材配置がハープ形で定着体の配置が分散されているため、定着体および切欠きを1リフト内に収まるように、全高40mを高さ3.1~4.0mの12リフトに分割されている。1リフトのコンクリート打設量は、約25~45m³で、第3リフトまでは足場を用いて施工し、第4~12リフトは主桁柱頭部の施工が完了した後、ジャンプシステム(主塔施工用移動足場装置)により主桁の張出し施工にあわせて施工した(写真-2)。

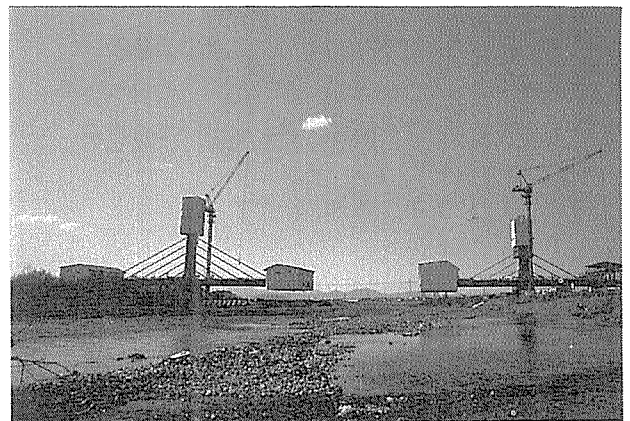


写真-2 張出し施工状況

2.2 ジャンプシステム

ジャンプシステムの構造は、鉄筋、型枠および斜材用の各作業台をセットしたメインフレームと、装置の上昇・下降時のガイド兼アンカーとなるレールの2系統に大別される(図-3)。レールは、主塔1リフトの製作ごとに上へ継ぎ足しPC鋼棒で固定する。装置の移動は、メインフレームの上下に車輪および油圧ジャッキを取り付け、レールから反力を取って油圧ジャッキの盛替えにより行う。また、斜材作業台の支持点には水平スライド用のローラーが組み込まれ、斜張ケーブルの架設後もジャンプシステムの上昇・下降が可能な構造となっており、ケーブル張力調整時およびグラウト注入時にも使用した(写真-3)。

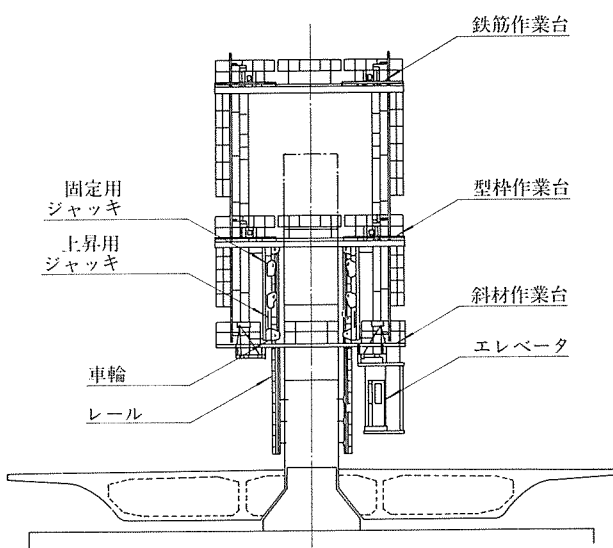


図-3 ジャンプシステムの構造

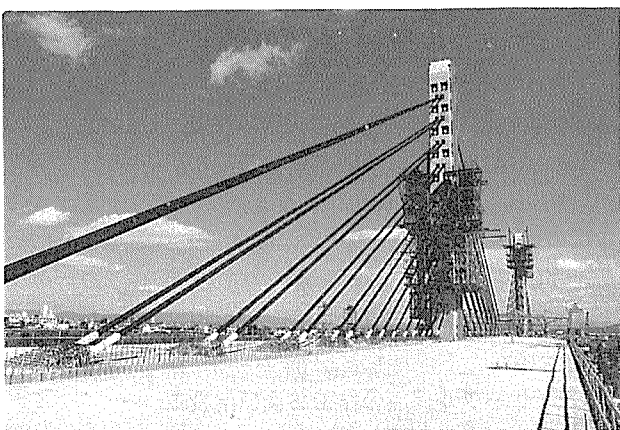


写真-3 ケーブル張力調整工施工状況

2.3 斜材定着体の据付け

斜材定着体の据付けは、主塔躯体内に斜材定着体固定用治具を取り付けた鉄骨を組み立てた後、タワークレーンにより所定の位置に吊り込んで行った。また、斜材定着体据付けの高さおよび角度の微調整は、治具に取り付けた微調整用金具により行った。

2.4 型枠工

主塔周囲の型枠は、鋼製型枠を用いた。斜材定着切欠き用型枠は、形状寸法が各斜材ごとの配置角度の違いにより異なったものとなるため、木製型枠を使用した。

2.5 コンクリート工

本橋の主塔コンクリートは、設計基準強度 400 kgf/cm²、スランプ8 cmの早強コンクリートである。

本橋では平成元年度に冬季施工を実施したが、旭川地区の過去5年間の気象記録によると、日平均気温がコンクリート標準示方書による寒中コンクリート施工の判定気温である4℃を下回っているのが、12~3月で全日、11月で約25日となっていた。そこで、本橋の冬季施工はコンクリートの品質管理を寒中コンクリートの規定により行った。第3~12リフトの施工では、流動化剤(レオビルドNP-20)を添加しスランプ12 cmとして、コンクリート打設を行った。流動化剤(凍結温度:-3℃)は保温から投入までを生コンプラントで一括管理した。

3. 主桁の施工

3.1 概要

主桁の施工区分は、柱頭部、張出し施工部、側径間端部閉合部および中央径間閉合部に分けられる。

柱頭部は、橋脚上にBP沓(BP-B)4基、粘性ストッパー2基および張出し施工時の仮固定用コンクリートブロックを施工した後、枠組み支保工により施工した。張出し施工部は、1基の橋脚から張り出す主桁が36ブロックに分割され、標準ブロック長が4 m、斜材定着構造(隔壁など)のある斜材配置ブロック長は3 mである。コンクリート打設量は、標準ブロックおよび斜材配置ブロックともに70~80 m³である。張出し施工終了後に側径間端部を支保工で施工し、柱頭部の仮固定を解放してから側径間のカウンターウェイトコンクリートを打設した。最後に中央径間閉合ブロックを吊支保工により施工し、橋体を完成させた。使用したコンクリートの仕様は主塔と同一である。

3.2 張出し施工

本橋では標準ブロックと斜材配置ブロックが交互にあるため、桁橋の施工に用いられる一般的な架設作業車を使用した場合には、箱桁内型枠の組みばらしが非常に煩雑となることが想定された。そこで内型枠を、トロリーレールおよび型枠受け台を装備してメインフレームに対して前後に移動できるような構造とすることで、効率的な施工を行った。図-4に架設作業車の構造を、表-3に主桁張出し施工の標準サイクル工程を示す。

また本橋は、3.65 mの長い張出し床版を持つ幅広い主桁の中央を、一面吊り形式の斜材で吊り上げながら張

表-3 主桁張出し施工標準サイクル工程

工種	実稼働日	(斜材配置ブロック)													(標準ブロック)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
主桁	作業車移動, 据付け	—													—								
	型枠組立	—													—								
	鉄筋, PC鋼棒組立	—													—								
	コンクリート打設	—													—								
	養生	—													—								
斜材	PC鋼棒緊張	—													—								
	保護管製作	—													—								
	保護管架設	—													—								
	ストランド挿入 ケーブル緊張	—													—								

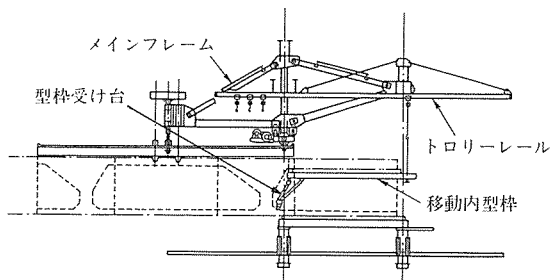


図-4 架設作業車の構造

出し施工するため、施工中には主桁張出し床版先端付近に、斜材張力の水平分力による軸力が有効に分布しない。これに対処するため、主鋼棒をできるかぎり張出し床版先端付近にまで分散して配置し、応力状態を改善した。

3.3 側径間端部閉合部の施工

側径間端部閉合部 ($l=2.9\text{ m}$) は、支柱式支保工で施工した。斜張橋では、日温度変化により主桁が大きく鉛直方向変位を生じるため、施工に際してはこれを十分考慮した支保工形式とする必要がある。本橋では、側径間端部の桁下空間が 5 m と低かったため、張出し施工最終ブロック直下に支柱を組み立てて支持し、上方への変位に対して支柱基礎コンクリートと主桁をゲビンデ鋼棒により緊結して拘束した。

3.4 中央径間閉合部の施工

中央径間閉合ブロックは P_1 橋脚側第 18 ブロック ($l=3.0\text{ m}$) であり、架設作業車のメインフレームを利用した吊支保工で施工した。施工に際して、日温度変化による主桁先端の相対変位および角度変化が、吊支保工部コンクリートの性状と出来形に悪影響を与えることが懸念されたため、事前に各部材の日温度変化を計測してこの影響について検討を行った。計測した日温度変化に対する主桁先端の相対変位および角度変化は、表-4 に示すとおりであった。これより、日温度変化による主桁張出し先端部の最大相対変位は約 3 mm 、最大角度変化は

表-4 主桁張出し先端の日温度変化による挙動

日温度変化	主桁張出し先端の挙動		
	相対鉛直変位 (mm)	角度変化 (度分秒)	鉛直変位 (mm)
全体温度変化 $\pm 1.5^\circ\text{C}$	± 0.0	$0^\circ 0' 3''$	± 0.5
斜材温度変化 $\pm 3.0^\circ\text{C}$	± 0.5	$0^\circ 0' 37''$	± 11.2
床版上下縁温度差 $\pm 2.0^\circ\text{C}$	± 1.1	$0^\circ 1' 21''$	± 9.1

$0^\circ 2'$ 程度であり、コンクリート硬化中に大きな変形を起こさないことが分かった。コンクリート打設から硬化までの間に想定される最大相対変位の拘束は、架設作業車のメインフレームによる閉合部両側の主桁の緊結を補強し対処した。

4. 斜材の施工

4.1 概要

斜張ケーブルはフレシネー H システムであり、1本のケーブルは、最大 60 本のストランド (SWPR 7 B, $\phi 15.2\text{ mm}$) で構成されている。防錆は、硬質ポリエチレン (PE) 製の保護管内にセメントグラウトを充填する方法である。

また、これまで現場製作ケーブルが用いられた長大 PC 斜張橋における張力の導入は、ケーブルを構成する多数のストランドを 1 本ずつ緊張する方法が採られていたが、本橋においては作業効率の向上を図り、多数のストランドを一括して緊張する方法を新たに考案し実施した。

4.2 ケーブル保護管作工および架設工

ケーブル保護管は、定尺 10 m のものを搬入してスパイラルを挿入してから橋面上でバット溶着し、所定の長さ加工した。バット溶着は、溶着用電熱板で PE 管の接合面を 200°C まで加熱して、圧着用ロッドにより加圧し接続するものである。また、1~3 月の厳寒時には屋外での PE 管溶着は困難なので、常時 10°C 以上ある架設作業車内で溶着を行い、順次作業車の外に引き出した。この時、外気が PE 管先端から管内を通り溶着箇所へ流

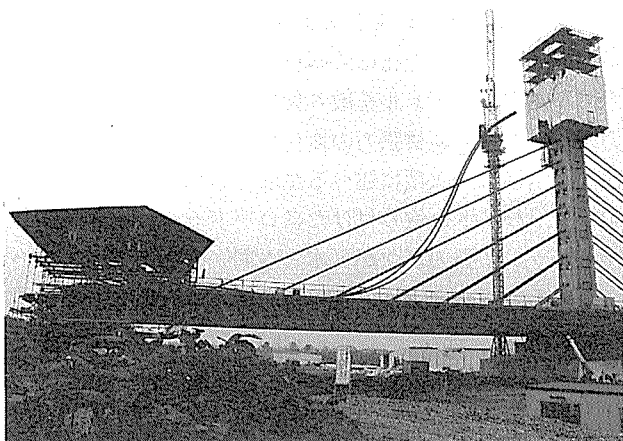


写真-4 ケーブル保護管の架設

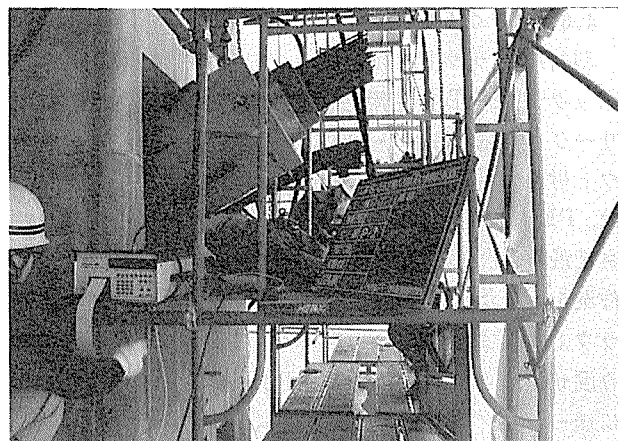


写真-5 後行ストランドの一括緊張

れ込まないように、先端にキャップを装着した。

ケーブル保護管の架設は、タワークレーンにより直接PE管をつかみ、橋面上から吊り上げた(写真-4)。つづいて、PE管に2~3本のストランドを挿入し、シングルストランドジャッキで仮緊張してPE管を所定の位置に仮固定した。このときのサグ量は、15~60cmとした。このストランドを先行ストランドと称する。

4.3 ケーブル作工

先行ストランドにより空中に保持されているPE管の中に、橋面上のプッシングマシンと主塔躯体側面に固定したガイドパイプを用いてストランドを主塔側から挿入し、主塔側の斜材定着体定着ブロックにウェッジで仮固定した。これを所定本数となるまで繰り返し、ストランドの挿入を完了させた。このストランドを後行ストランドと称する。このとき先行ストランドが、保護管および後行ストランドの重量をすべて受け持つ状態となり、サグ量が50~150cmに増大する。

4.4 ケーブル緊張工

本橋で実施した一括緊張方式によるケーブル緊張工の作業手順は、以下のとおりである。

- ① 主塔側斜材定着体に大型センターホールジャッキ(能力800tf)をセットする。
- ② ウェッジで仮固定されている後行ストランド(最大57本)を一括して所定の張力まで緊張する(写真-5)。

この時のストランドの抜け出し量は5~35cmとなり、第6斜材($l=50$ m)以降はジャッキストロークの20cmを超えるため、ジャッキの盛替えを行った。

- ③ 上記作業によりゆるんだ先行ストランドを、シングルストランドジャッキを用いて所定の張力まで再緊張し、すべてのストランド張力を一致させ緊張工を完了する(写真-6)。

この時のサグ量は、2~8cmとなる。

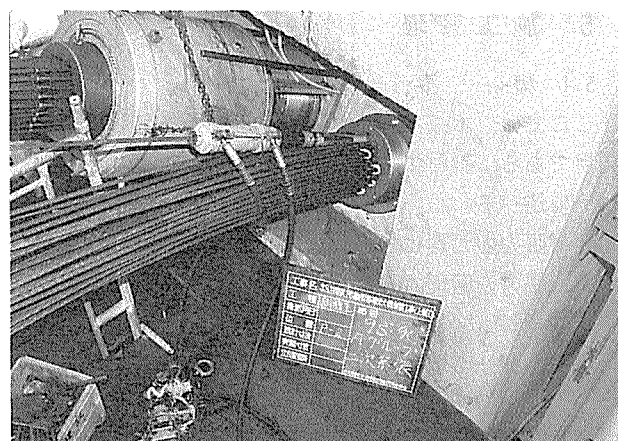


写真-6 後行ストランドの再緊張

また、③の作業において、後行ストランドの伸び剛性が先行ストランドに比べてはるかに大きいために、先行ストランドの再緊張による後行ストランドの張力への影響は微小である。したがって、先行ストランドを所定の張力まで緊張することで、後行ストランドと先行ストランドの張力を一致させることができる。

この一括緊張方式の特徴は、手順②、手順③の2回の緊張時にそれぞれ所定の緊張力を導入するだけで、全ストランドの張力を所定張力に一致させることができることにある。

4.5 ケーブル張力調整工

ケーブル張力調整工は、張力の確認および部材に生じている断面力を全支保工状態の解析による設計断面力に一致させる目的で、中央径間閉合ブロックを施工し橋体が完成した後に行った。

張力調整は、斜張ケーブル架設後も上昇・下降できるジャンプシステムを用いて、緊張と同様に主塔側で行った。作業は、緊張に使用したのと同じ大型センターホールジャッキを用いたが、ストランドを直接緊張せずにテンションロッドを用いてケーブル全体を緊張し、リングナットを回して固定した。ケーブルの抜け出し量は、-20~+80mmであった。

◇工事報告◇

4.6 グラウト工

斜材のグラウトには、ノンブリージング混和剤コンベックス 208 T を使用した。なお、施工に先立ってブリージング試験およびグラウトの試験注入を行い、グラウト材料の品質と施工性を確認した。グラウト施工区分は、PE 管に過大な応力が生じないように1回の注入高さを最大 20 m 程度に設定し、3~4回に分けてグラウト作業を行った。作業は、橋面上にグラウトミキサーとグラウトポンプを設置し、ミキサーでセメントミルクを練り混ぜながら、ポンプから高圧ホースでグラウト注入口に送った。グラウト注入口付近には、鋼製の締付けバンドを取り付けてPE管の変形を抑えた。

5. 施工管理

5.1 概要

ここでは、本橋で行った施工管理のうち斜張橋特有の項目である、斜材張力管理および主桁の上げ越し管理について述べる。

斜材張力の管理は、斜材緊張時および斜材張力調整時の導入張力を管理することを基本とし、既設斜材の経時張力変化は、1斜材を構成するストランドのうち1本にロードセルを取り付け、施工管理システムでモニターすることとした。また、大容量現場製作ケーブルを一括緊張した実績がなかったため、張力導入精度の把握と緊張管理のための基礎データを得る目的で、試験緊張を実施した。

主桁の上げ越し管理には、各施工段階ごとの計測データを自動的に読み込み、上げ越し計算ゲータと比較することのできる施工管理システムを使用した。

5.2 斜材張力の管理

5.2.1 導入張力の管理

本橋では、斜材の緊張を一括緊張方式としたことにより、導入張力の管理は、緊張ジャッキの油圧をポンプのマノメータで管理することを基本とするシンプルな手法とすることができた。ただし、斜材架設直後の緊張時導入張力の誤差は、張出し施工中の主桁応力および変形に及ぼす影響が大きいため、プレッシャーゲージをポンプに取り付けて管理精度の向上を図った。

張力調整時の導入張力の管理も、緊張時の導入張力の管理と同様に行った。ただし、最終張力調整終了後の張力誤差は、橋体完成後の橋体の安全性に直接影響するため、もう1度ジャッキを装着して全段の斜材張力を確認し補正した。なお、最終張力調整量は、斜材張力と主桁橋面形状の誤差を制約条件とし、仕事量最小基準による最適化手法を用いて決定した。これより、最終張力調整後の斜材張力の誤差は、最適化手法を用いて設定した張力に対して±1%の範囲で管理できた。

5.2.2 張力の経時変化の把握

斜材張力の経時変化は、斜材を構成するストランドのうち1本にロードセルを取り付け、ストランド1本の張力変化をもって斜材張力の変化量を代表させた。この手法の妥当性は、次項に述べる試験緊張において用いた8本のストランドに取り付けた各ロードセルにより計測したストランド張力変化が8本とも同一の動きを示していることから確認できた(図-5)。張力変化量を自動定時計測し施工管理システムに取り込み把握するため、張力変化量計測用ロードセルは、P₁ 橋脚側、P₂ 橋脚側ともに1面全段のケーブルに1個ずつ設置することとし、36個使用した。

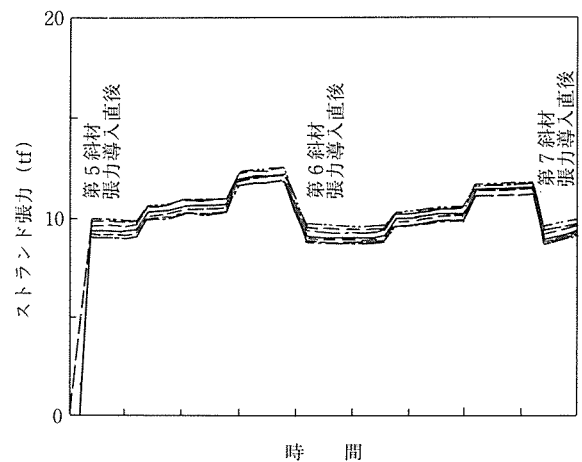


図-5 ストランド張力の推移(第5斜材)

5.2.3 試験緊張

1斜材を構成する多数のストランドの張力は、ストランド挿入時・仮固定時におけるたるみ、斜材定着体内部の摩擦、ウェッジのすべりなどの要因により、ある程度ばらつくものと考えられる。このばらつき量を把握すること、およびポンプの油圧と実際に斜材に導入される張力との関係を把握することを主目的として、最下段の第1斜材と中段の第5斜材で試験緊張を行った。

方法は、主桁の固定側斜材定着体において8本のストランドにロードセルを取り付け、主塔側の緊張ジャッキ

表-5 試験緊張結果(第5斜材)

[1] 張力導入の精度(ストランド張力のばらつき)

定着体内部の摩擦やストランド重量に起因するばらつき	-0.5~+0.6%	} ストランド張力のばらつき -4~+6%
セット量に起因するばらつき	-0.5~+0.6%	
定着プレート間のストランド配置形状に起因するばらつき	-4 ~+4 %	

[2] 斜材張力導入時の緊張管理の基礎データ

摩擦, その他のロス	1.5%
ジャッキロス	1.5%
セット量	5 mm

背面にも固定側と同一のロードセルを取り付けることにより、これらの張力測定値と緊張ポンプに取り付けたブレッシャーゲージの測定値を比較するものである。

試験結果を、表-5 にまとめて示す。

5.3 上げ越し管理

主桁の上げ越し管理のために現場に設置した施工管理システムは、あらかじめ大型コンピュータを使って計算した上げ越し計算結果や温度等の補正計算用影響値などの構造解析データを取り込んでおき、計測データ（斜材

張力、変位、温度等）を各センサーから自動入力することにより、パソコンによる集中管理を行えるよう構築したものである。管理用の計測室は、P₂ 橋脚側方に設置した。P₁ 橋脚側主桁柱頭部内に設置したスキャナーから計測室までは、忠別川をはさんで 300 m の距離を通信する必要があったため、光通信ケーブルを配置した。このシステムの設置により、緊張作業中に橋体の変形・斜材張力の推移などをモニターすることができ、主塔側におけるケーブル緊張作業時のポンプの油圧管理に加

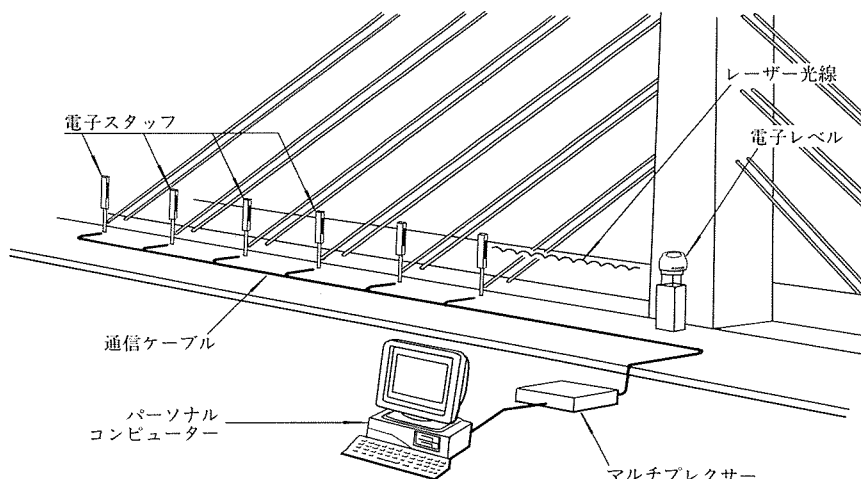
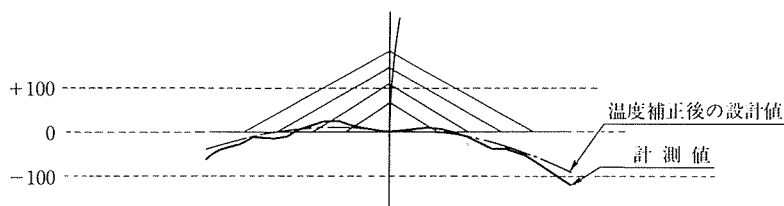


図-6 自動変形計測システム概念図

CASE 17-1 (P₂) 9BL打設完了 ワーゲン移動直後

全体温度	T_1	: +8.0°C
斜材温度	$T_2(T_1 + \alpha)$: 0.0°C
主桁上下縁温度差	T_3	: 0.0°C



CASE 25-1 (P₂) 15BL打設完了 ワーゲン移動直後

全体温度	T_1	: +20.0°C
斜材温度	$T_2(T_1 + \alpha)$: + 3.0°C
主桁上下縁温度差	T_3	: 0.0°C

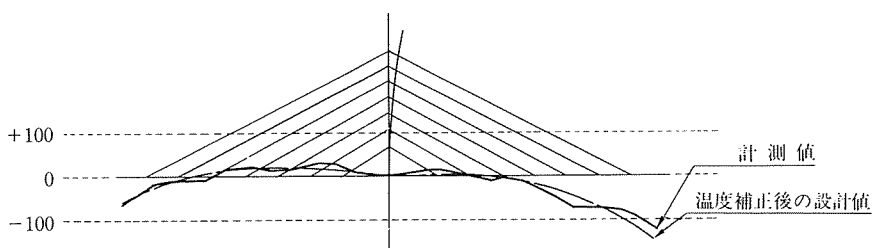


図-7 張出し施工時の主桁橋面形状

◇工事報告◇

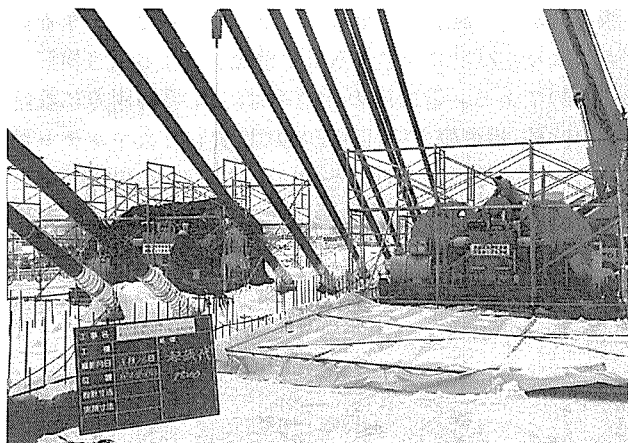


写真-7 起振機設置状況



写真-8 バルコニー

え、計測室側においても導入張力と主桁変形量の関係から安全性を二重に確認できた。

主桁のたわみ測定結果は、第3斜材緊張以前は自重、架設作業車などの荷重によるたわみ量が設計値に対して120～150%、斜材張力導入によるたわみ量が約120%となり、計画高より下がる傾向にあった。これ以降は、荷重によるたわみ量が110～140%、斜材張力導入によるたわみ量が110～120%となり、両者の誤差が相殺する傾向となった。図-7に張出し施工時の主桁橋面形状の一例を示す。

6. 実橋振動実験

本橋では、本橋の特徴である1本柱主塔1面吊り斜材形式の3径間連続PC斜張橋における振動応答特性を把握し、実験結果から実橋における解析上の諸数値を決定するとともに、設計上の諸仮定の妥当性について検討することを目的として、実橋振動実験を行うこととした。実験は冬季施工休止期間中の平成3年3月に、建設省土木研究所のご指導のもとで実施された(写真-7)。

おわりに

ツインハープ橋は、上部工を平成元年7月に着工以来2年2か月順調に工事が進められ、平成3年8月に無事竣工し、平成3年9月中旬には供用の予定である。

本橋のデザインコンセプトは、構造的・造形的に極力無駄を省いたシンプルさが追求されるとともに、色彩的にはブラック・グレー・ホワイトを基調としたモノトーンで構成されている。そして、市民がたたずんで楽しめる橋となるようにとの配慮にも十分な検討が行われ(写

真-8)、トータルとしてモダンで落ち着いた雰囲気橋に仕上がった。

工事では、新しい施工技術を導入し多くの有益なデータおよびノウハウが得られた。この工事実績が、今後さらに長大化が望まれるPC斜張橋の設計・施工の1ステップとなれば幸いである。

最後に、本橋の施工にあたり多大なご指導、ご意見をいただいた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 高谷, 成本, 佐々木: 3. 3. 11 環状1号線東光大橋(仮称)の計画と設計, 橋梁, (1989. 11)
- 2) 近藤, 越智: 住友式ジャンピングステージ工法を用いたPC斜張橋の施工, 最新の施工技術・6, 土木学会(1990. 5)
- 3) 佐々木, 藤井, 本間, 近藤: 1本柱形式の主塔を有する3径間連続PC斜張橋の設計と施工, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, (1990. 10)
- 4) 成本, 佐々木, 藤井, 近藤: ツインハープ橋の設計と施工(上), 橋梁と基礎, (1991. 1)
- 5) 成本, 佐々木, 木下, 本間, 近藤: ツインハープ橋の設計と施工(下), 橋梁と基礎, (1991. 3)
- 6) 野村, 成本, 佐々木, 佐々木: 東光大橋(仮称)建設工事, 土木施工, (1990. 10)
- 7) 古川, 熊谷, 新井, 春日: 新綾部大橋における精度管理のための斜材張力調整量の決定法; 土木学会構造工学論文集, Vol. 35 A, (1989. 3)
- 8) 則久, 熊谷, 新井, 瀬間: 橋梁の自動変形計測システムについて, 土木学会第44回年次学術講演会講演概要集, (1989. 10)

【1991年9月13日受付】