

斜張定着張弦桁橋の施工 —あゆみ橋—

内村 高利*1・宮崎 万寿夫*2・奥村 一彦*3・細野 宏巳*4・杉村 悟*5

1. はじめに

あゆみ橋(事業名:中央公園香貫橋)は、沼津市内を流れる狩野川に建設されている自転車歩行者専用橋である(写真-1)。

沼津市は、狩野川が中心市街地を貫流しているため、本橋は、駅周辺の商業・業務中心地と市役所・文化センター周辺の行政・文化中心地を結ぶため、また狩野川に魅力ある水辺、憩い、交流の空間を整備する一環として計画、架設したものである。

本橋の構造的特徴は、狩野川の低水路に架かる第3、4径間にPC鋼材を桁下に大きく偏心させて配置したPC張弦桁橋を、高水敷に架かる第1、2径間にPC張弦桁の端部を斜張ケーブルで吊り上げた(ここでは、斜張定着張弦桁橋という)特殊な構造形式を、それぞれ採用したことである。

また、張弦桁部は、コンクリート主桁と鋼ストラットを組み合わせた複合構造であり、斜張橋部は、コンクリート主桁と鋼主塔を組み合わせた複合構造である。

施工の特徴は、張弦桁部に高流動コンクリートを用いた工場製作のプレキャストセグメントを、現場架設に架設ガーダーを用いた支間一括架設工法をそれぞれ採用したことである。

本稿では、斜張定着張弦桁橋の構造および施工について報告する。

2. 工事概要

本橋の全体一般図を図-1に示す。

施工法は、張弦桁部は架設ガーダーを用いた支間一括架設工法を採用し、その他の区間は固定式支保工施工である。

橋梁概要を以下に示す。

事業主体：沼津市

橋種：プレストレストコンクリート歩専橋

構造形式：張弦桁橋+斜張定着張弦桁橋

橋長：226.980m(主橋部：178.130m)

支間：16.500m+79.000m+2@40.000m

全幅：7.800m

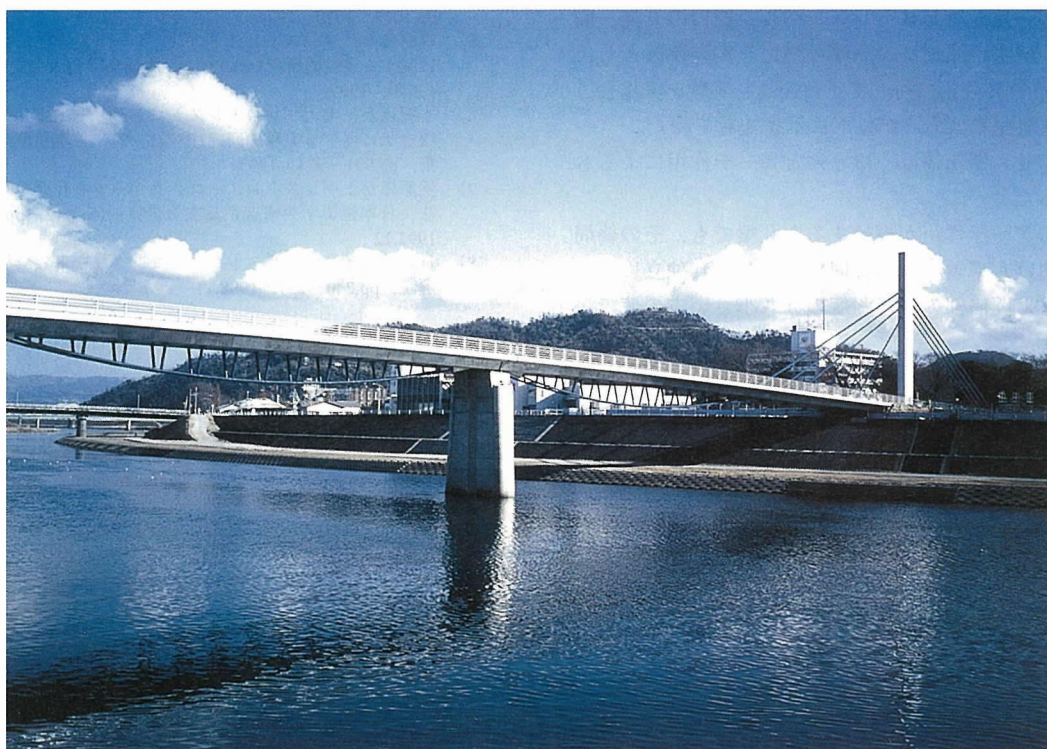


写真-1 全 景

*1 Takatoshi UCHIMURA：沼津市役所 建設部 街路課 工務係長

*2 Masuo MIYAZAKI：沼津市役所 建設部 街路課 工務係主査

*3 Kazuhiko OKUMURA：住友建設(株) 静岡支店 沼津公園橋作業所長

*4 Hiromi HOSONO：住友建設(株) PC設計部 課長代理 (元 作業所主任)

*5 Satoru SUGIMURA：住友建設(株) 静岡支店 沼津公園橋作業所

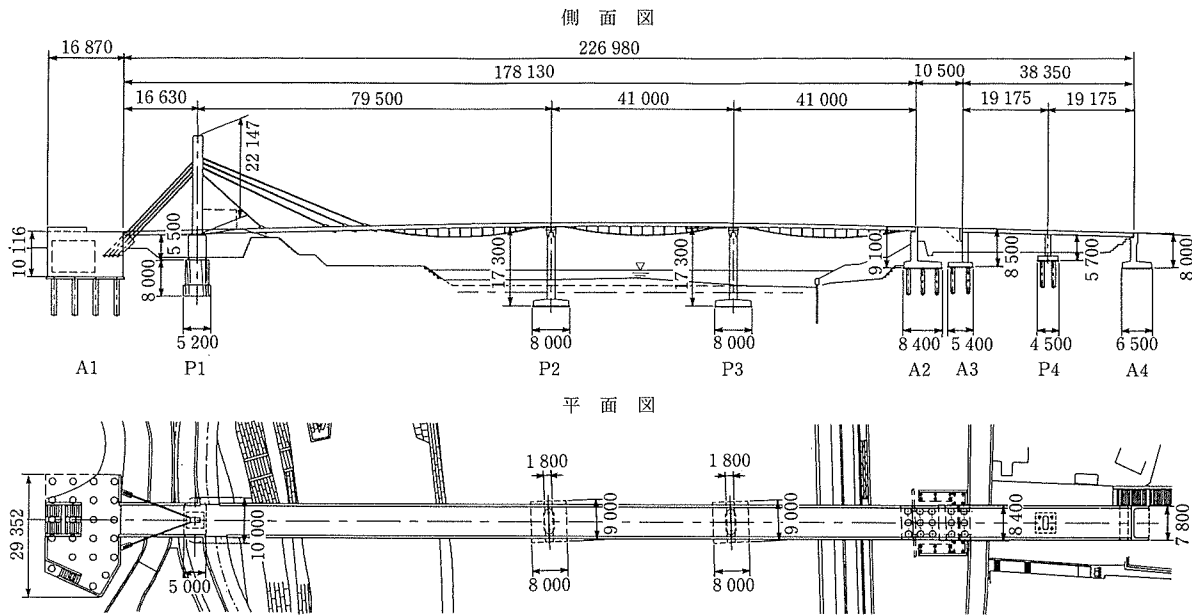


図-1 全体一般図

工 期：平成6年度～平成10年度

本橋は、1995年5月に下部工事に着手し、1997年6月からプレキャストセグメントの製作を開始し、同年9月からセグメント架設、支保工施工を順次行い、1998年8月に橋体工が完成した。

現在、橋面工および取付け道路などの周辺環境整備を行っている。

3. 構 造

3.1 基本構造

第1, 2径間の斜張定着張弦桁橋は、第3, 4径間と同一形状の張弦桁を組み込んだ連続斜張橋である。

張弦桁橋の側面図を図-2に、主桁断面図を図-3に示す。

桁高・支間比は1/44（桁高90cm）、主桁の平均部材厚は $0.420\text{m}^3/\text{m}^2$ であり、通常の単純箱桁橋と比較して、はるかにスレンダーな形状で軽量化されている。

張弦ケーブルの偏心量は、支間中央で2.55m（主桁下縁からの偏心量は2.0m）、偏心・支間比は1/16で、張弦ケーブルの側面形状は円曲線である。

構造系は、第2径間の主桁自重により主塔に発生する転倒モーメントに対して、A1橋台の自重をカウンターウェイトとして抵抗させる形式である。A1橋台のカウンターウェイトとしての機能を高めるため、A1橋台はP1橋脚から後方に分離して主桁と剛結し、P1橋脚上で、主桁は可動支持構造となっている。

主塔およびP1橋脚の構造図を図-4に示す。

主塔は一本柱形式で、主桁を貫通してP1橋脚と剛結されている。

斜張ケーブル配置は、A1橋台上の平面計画の制約条件から、1面吊りの前方ケーブルと、主塔で平面的にY字形に開いた2面吊りの後方ケーブルとで定着する形式である。主塔断面は、この特殊なケーブル配置での定着体を最小の断面に収めるために、五角形断面の鋼製主塔となっている。

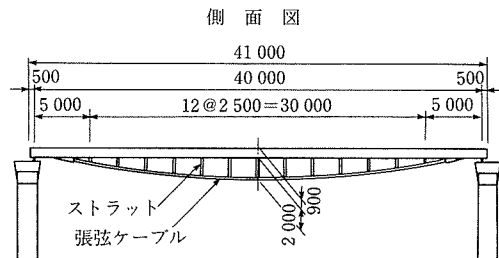


図-2 張弦桁橋側面図

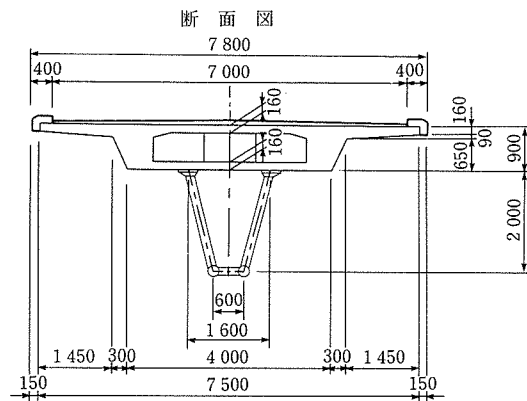


図-3 主桁断面図

3.2 主 桁

主桁は、張弦桁部、斜張橋部および閉合部から構成されている。張弦桁部は、第3, 4径間の張弦桁橋と同一なプレキャストセグメント構造であり、斜張橋部は、現場打ちコンクリートである。

プレキャストセグメント製作用コンクリートと現場打ちコンクリートの設計基準強度は、 $49.1\text{N}/\text{mm}^2$ である。

主桁の桁内ケーブルは、SWPR 7B 12φ12.7が16本配置されている。

3.3 張弦ケーブルおよびストラット

張弦ケーブルは、SWPR 7B 27φ15.2（フレシネーEシステ

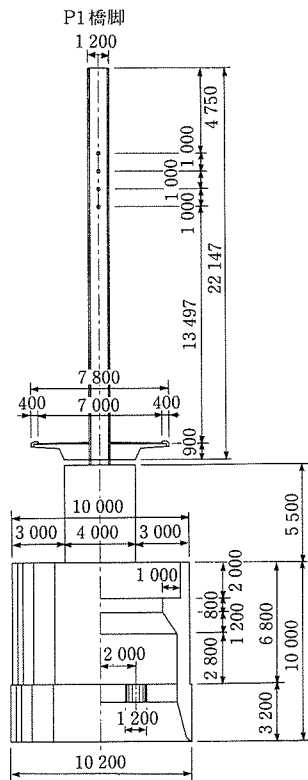


図-4 主塔およびP1橋脚構造図

ム：引張り強さ7047kN)を2本配置している。

張弦ケーブル保護管とストラットの詳細図を図-5に示す。

張弦ケーブル保護管は、 $\phi 165.2\text{mm}$ の一般構造用炭素鋼鋼管 (STK490) であり、水密性確保のために、管の一方はストラットと溶接し、もう一方はオーリングを装着している。保護管の内部は、セメントグラウトが充填される。

ストラットは、 $\phi 190.7\text{mm}$ の溶接構造用鋳鋼管 (SCW520CF) であり、張弦ケーブルを緊張することにより上向きに生じる力を主桁に伝達する。

1カ所のストラットには、内面に2カ所のMCナイロンスペーサーが取り付けられており、張弦ケーブルのストランドはその2カ所で折り曲げられる。曲げ角度は、1カ所あたり約1度以下としている。

3.4 主塔

主塔断面は、 $1.2\text{m} \times 2.2\text{m}$ の五角形である。断面図を図-6に示す。

主塔の鋼材は、溶接構造用圧延鋼材 (SM490YB, SM490YA, SM570) である。

主塔の定着構造を図-7に示す。

3.5 斜張ケーブルおよび斜張ケーブル・張弦ケーブル定着構造

斜張ケーブルは、フレシネーHシステムである。

ユニットは、 $\phi 15.2$ のストランドが19本～48本用(引張り強さ：4959kN～12523kN)が用いられる。

ケーブル保護管はFRP管であり、最終的にセメントグラウトで充填される。

斜張ケーブル・張弦ケーブル定着構造図を図-8に示す。

斜張ケーブルと張弦ケーブルの定着構造は、最上段の斜

張ケーブル定着体が、2列に配置された張弦ケーブルの定着体に挟まれて配置されている。

それぞれの緊張などの作業用に、斜張ケーブルは下床版に、張弦ケーブルは上床版に開口部を設けており、上床版の開口部は、作業終了後、後埋めされる。

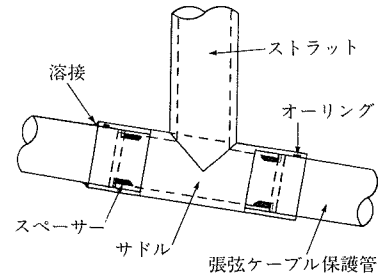


図-5 張弦ケーブル保護管とストラット

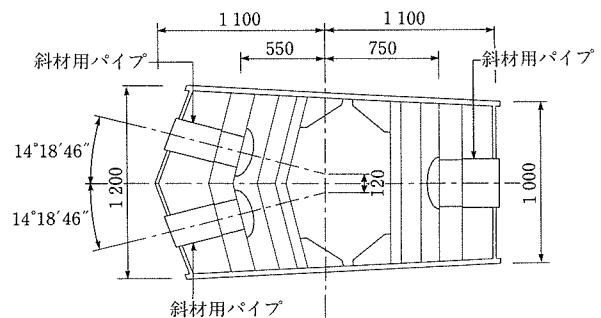


図-6 主塔断面図

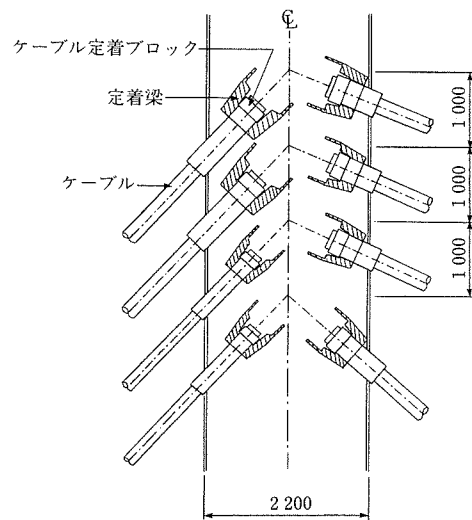


図-7 主塔のケーブル定着構造

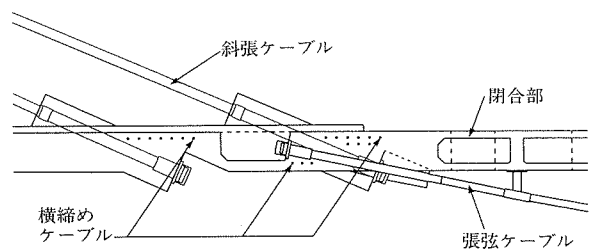


図-8 斜張・張弦ケーブル定着構造

4. プレキャストセグメントの製作

4.1 コンクリート

主桁は、桁高の非常に小さい箱桁であり、工場製作するプレキャストセグメントについては、型枠設備（とくに内枠構造）との関係から、通常のコンクリートでは打込みを確実に行うことができないと判断し、高流動コンクリートを採用した。

ここで用いた高流動コンクリートは、通常の生コン工場で用いられている材料と高性能AE減水剤だけを使用して製造できるもので、結合材は普通ポルトランドセメント、骨材は通常の生コン工場で使用しているもの、混和剤は高性能AE減水剤のみを使用した粉体系の高流動コンクリートである。配合は、設計基準強度49.1 N/mm²、スランプフロー値65 cm±5 cm、空気量4.5±1.5%である。

示方配合を表-1に示す。

表-1 高流動コンクリートの示方配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単用量 (kg/m ³)				
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	高性能AE 減水剤
32.7	51.2	170	520	835	802	6.24

4.2 プレキャストセグメントの製作

主桁プレキャストセグメントは計54個（395 m³：張弦桁橋を含む）であり、1997年8月から1998年2月にかけて、工場内でショートラインマッチキャスト工法により製作した。

実橋に使用するセグメントを製作する前に、実物大供試体による施工性試験を行い、上記のスランプフロー値を設定した（写真-2）。

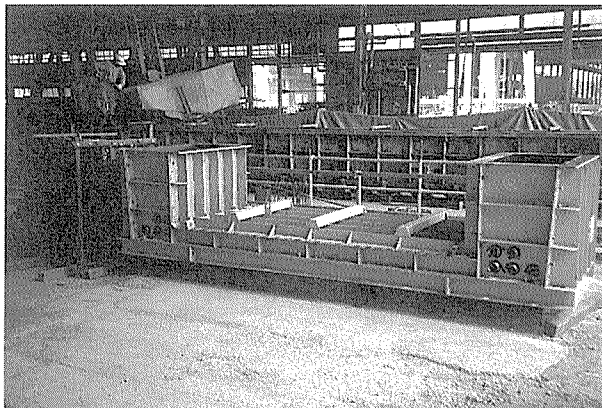


写真-2 実物大供試体

セグメントの製作手順は、まず製作済みのセグメント（旧セグメント）に合わせて底版型枠をセットする。次に、あらかじめ内型枠とともに組み立てておいた鉄筋を吊り込み、端部型枠をセットしてから両側の型枠をセットする。ここで高流動コンクリートを打設、蒸気養生を行い、コンクリート圧縮強度が34.3 N/mm²に達した時点で型枠を脱型する。最後に旧セグメントを分離し、これを搬出してから、新セグメントを前方に移動し、セットする。

1セグメントは最大18.6 tfあり、セグメント吊込みのため

に、亜鉛メッキを施したデーハーアンカー（定格荷重：8 tf、長さ：170 mm）を1セグメントに4カ所埋め込んだ。

工場から現場へ出荷するときのセグメントの強度は、設計基準強度の49.1 N/mm²である。

5. 鋼主塔の製作、架設

鋼主塔の製作は、1997年2月～3月に、原寸、製作、仮組立ての順で行った。

仮組立ては、多点支持状態で平面組みで行った。

塗装工程は、製鋼メーカーから搬入された鋼板をプラスチック処理およびショッププライマー塗布を行い、製作加工、仮組立て検査の後、工場塗装を行った。鋼材とコンクリートの接触面、高力ボルトによる摩擦接合面、サドルの機械仕上げ面および現場溶接部には塗装を行わなかった。

現場へは、4分割して搬入した。

現場ヤード内には、仮受け台を設置し、主塔の全体形状および溶接部開先形状などを調整しながら、水平方向に地組立てと架設用の足場を組み立てた。

継手部は、ガスシールドアーク半自動溶接で接合した。溶接順序は、溶接変形を少なくするため対称溶接とした。

溶接終了後、継手部全長に対して放射線透過試験（RT）を実施し、隅角部は、超音波探傷試験（UT）を実施し、両検査とも2種以上を合格とした。

続いて、縦リブを高力ボルトで締め付け、継手部の塗装を行って主塔を架設した。

主塔の架設には、300 tf吊りトラッククレーンと100 tf吊りトラッククレーンを使用した。300 tf吊りトラッククレーンで主部材を吊り上げ、100 tf吊りトラッククレーンにて下部を補助しながら主塔を立て起こした（写真-3）。その後、300 tf吊りトラッククレーン1台でP1橋脚上のあらかじめ埋め込んでおいたアンカーボルトにセットした。

アンカーボルトの締め付け完了後、無収縮モルタルを打設した。

6. 施 工

6.1 施工概要

斜張定着張弦桁橋は、プレキャストコンクリート構造である張弦桁部と、現場打ちの斜張橋部で構成されている。

張弦桁部は、第3、4径間と同様な架設ガーダーによる支間一括架設工法を採用しているため、第3径間架設終了後、架設ガーダーを第2径間に移動した。

斜張橋部は、全支保工施工とし、第4および第3径間の支間一括架設と並行して施工し、工期短縮を図った。

6.2 プレキャスト部の施工

セグメントは、30 tfトレーラー1台に1セグメントずつ運搬した。現場内へ搬入後、河川敷に山留材で製作した仮置きヤードに80 tf吊りトラッククレーンを用いて荷卸した（写真-4）。

主桁セグメントの架設は、架設ガーダーによる支間一括架設工法である。

架設ガーダーは、全長77 m（本体57 m、手延べ20 m）で、装備重量は280 tfである。

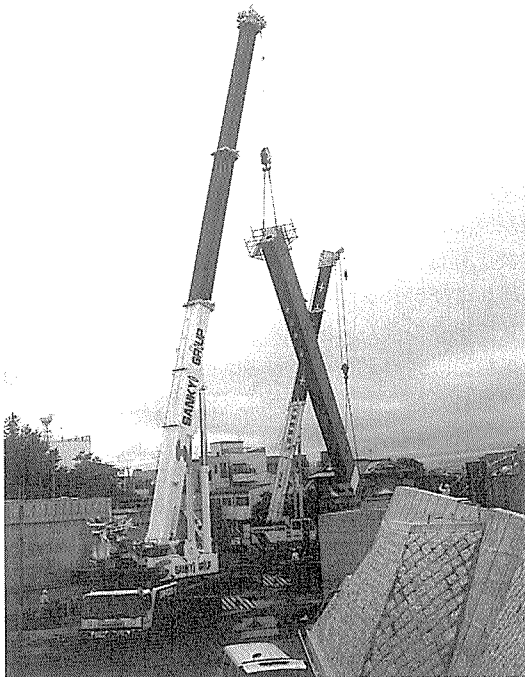


写真-3 鋼主塔架設



写真-4 仮置きヤード

第2径間の施工は、架設ガーダー移動方向に高水敷があるため、架設ガーダーを一部解体しながら移動し、設置する必要があった。

したがって、張出し床版部支保工を独立して解体できる構造として、現場打ち部のコンクリート打設後、張出し床版部支保工を先行解体し、架設ガーダーの移動および一部解体を行った。

また、架設ガーダー先端では、架設ガーダーを受ける基礎として仮支柱を設置した。仮支柱は、ガーダーに作用する反力と、桁内ケーブル、斜張ケーブルおよび張弦ケーブルの緊張により作用する反力を支持する必要があった。したがって、鉛直ジャッキ（能力：300tf）を架設ガーダー直下および主桁ウェブ直下で反力を支持する位置に配置できる構造とした（写真-5）。

セグメントの架設は、仮置きヤードからセグメントを棧橋上に運搬し、100tf吊りクローラークレーンを用いて架設

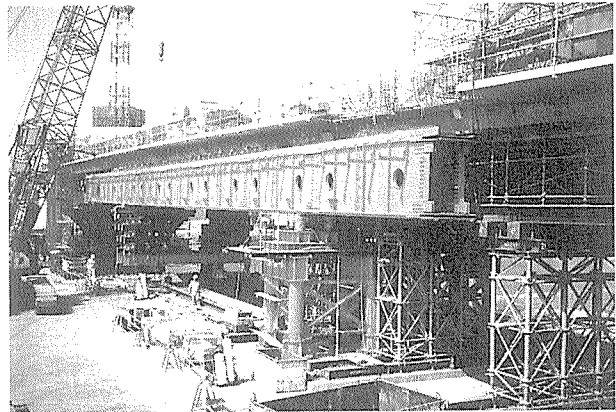


写真-5 第2径間施工時架設ガーダー設置状況

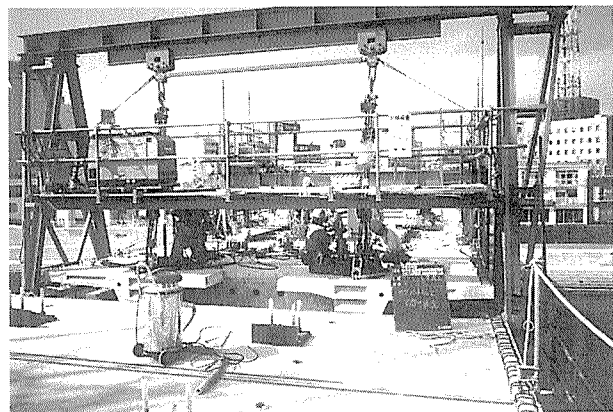


写真-6 セグメント架設

ガーダー上に吊り込んだ。

架設ガーダー上に仮置きしたセグメントは、30tf吊りセグメント架設用門構（走行装置付き）により、所定の位置へ移動した（写真-6）。

架設ガーダー上には、セグメント接合時に架設ガーダーのたわみが大きく変化しないように、できるだけ多くのセグメントを仮置きした。第1セグメントは橋脚上に直接架設し、第2セグメントは接着剤塗布作業スペース（1.0m）を確保して仮置きし、残りのセグメントは接合キーが接触しないように15cm程度の間隔で仮置きした。

接着剤は、仮置きした基準セグメントの端面にエポキシ樹脂系接着剤を塗布した。塗布量は 16N/m^2 で、はけ塗りとした。桁内ケーブルおよび張弦ケーブルのシース付近には、ウレタンバンドを使用し、接合時の接着剤の回込みを防止した。ウレタンバンドの採用にあたっては、事前に接合試験を行い、使用厚みを決定している。

セグメントの接合は、まず架設用門構で仮置きセグメントを基準セグメント側に引き寄せ、同時に主桁下面で張弦ケーブル保護管を取り付けた。次に、セグメントどうしに引寄せ鋼棒（SBPR 930/1180 $\phi 32$ ）を上床版上側に2本、下床版下側に2本の合計4本を配置し、軸圧縮応力 0.7N/mm^2 を与えて接合した。

セグメント接合時は、架設用門構に取り付けたチェーンブロックによりセグメントを前方に若干傾斜させ、接合面の下縁の高さと方向を先行して合わせてから、接合面全体

を密着させた。架設用門構を用いた上記の手順で接合することにより、セグメントを効率よく確実に接合することができた。接合手順を図-9に示す。

以上のようなセグメント接合手順により、接着剤塗布から接合までを全セグメントに対して行った。

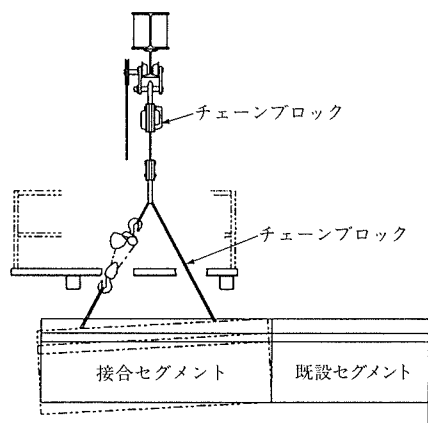


図-9 セグメント接合手順

6.3 現場打ち部の施工

斜張橋部は、全支保工施工による現場打ち施工とし、工程を短縮するために、第4および第3径間の支間一括架設と並行して施工した。

コンクリート打設は、下床版およびウェブを一度で施工し、改めて上床版を施工した。

プレキャスト部の第2径間を施工後、閉合部を施工して主桁を連結した。

6.4 桁内ケーブル、張弦ケーブルおよび斜張ケーブルの施工

桁内ケーブル、張弦ケーブルおよび斜張ケーブルとも、ストランドはプッシングマシンを用いて挿入した。

張弦ケーブルは、ストラット部にMCナイロンスペーサーを設置しており、ストランド挿入時の抵抗を減少させるために、ストランド先端に斜張ケーブル用の大型先端キャップを取り付けて挿入した。

斜張ケーブルの架設には、主塔の塗装工と兼用に、主塔周りおよび斜張ケーブル通過部に足場兼支保工を設置した(写真-7)。

斜張ケーブル保護管(FRP管)は、8.0mを標準長として分割して現場に搬入し、架設前にねじ式カプラーにより所定の長さに繋いで架設した。

桁内ケーブルは、大型ジャッキで左右同時に緊張した。

張弦ケーブルと斜張ケーブルの緊張は、緊張作業中の主桁応力度を許容値内に収めるために、交互に数段階に分けて行う必要があった。張弦ケーブルと斜張ケーブルの緊張順序を図-10に示す。

張弦ケーブルの緊張は、500tfジャッキを4台使用し、左右同時に両引き緊張した。

斜張ケーブルは、主塔内での緊張スペースが確保できないため(写真-8)、主桁下側およびアバット内定着部で行った。桁下の狭い空間で上向きの作業となるため、小型の単

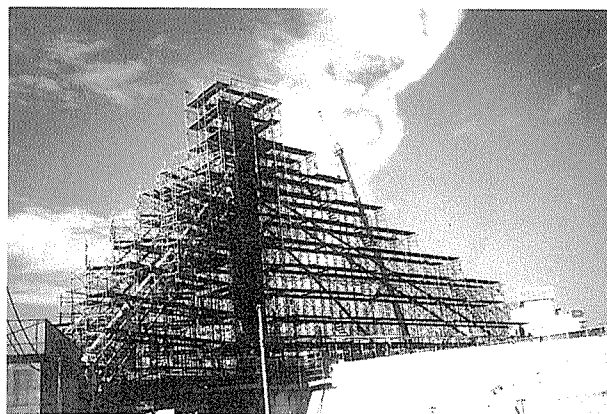
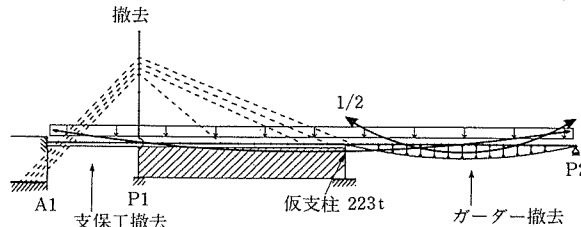
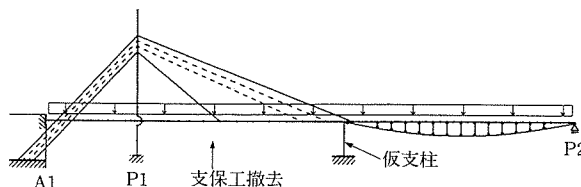


写真-7 斜材架設

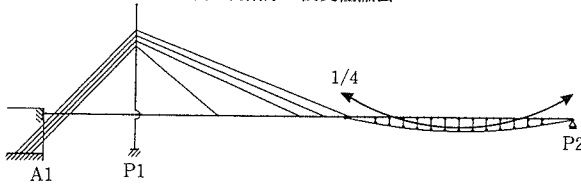
ステップ1 張弦ケーブル緊張(1/2)→架設ガーダー、第1径間支保工撤去



ステップ2 斜張ケーブル(第4,第1)緊張→支保工撤去



ステップ3 斜張ケーブル(第2)緊張→張弦ケーブル(1/4)緊張→斜張ケーブル(第3)緊張→仮支柱撤去



ステップ4 張弦ケーブル(1/4)緊張→斜張ケーブル張力調整

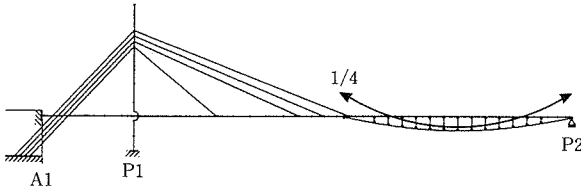


図-10 張弦ケーブル・斜張ケーブル緊張手順

線緊張用のジャッキを使用した(写真-9)。

張弦ケーブルの緊張管理は、ストランドの拔出し量および緊張ジャッキ圧力により行った。

斜張ケーブルの緊張管理は、緊張ジャッキ圧力により行った。ただし、保護管を支保工で受けており、サグによるストランド伸び量に対する影響が少ないため、ストランドの拔出し量をストランドどうしの導入張力のばらつきの目安とした。

また、両ケーブルの圧力管理にはプレッシャーゲージを

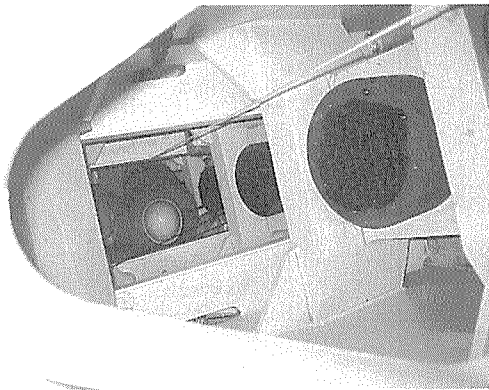


写真-8 主塔内斜材定着状況

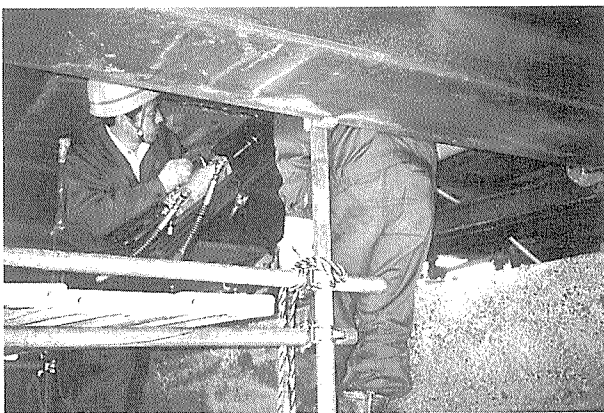


写真-9 シングルストランドジャッキによる斜材緊張

用いて精度を上げ、緊張中の主桁変形も電子レベルおよび電子スタッフを使用し、同時に測定した。

7. ま と め

斜張定着張弦桁橋の施工を通して得られた知見をまとめると、以下ようになる。

- ① 張弦桁橋に特徴的な小さい断面の薄い下床版には、高流動コンクリートを使用することにより、確実にコンクリートを打ち込むことができた。
- ② 架設ガーダーを用いたプレキャストセグメントの支間一括架設に、架設用門構を用いることにより、セグメントを効率よく確実に接合することができた。
- ③ 張弦ケーブルの緊張管理は、ガーダー施工に特有な主桁変形の影響を考慮することにより、一般的なPC桁の緊張管理方法を適用することができた。
- ④ 斜張定着張弦桁橋の張弦ケーブルと斜張ケーブルの緊張は、交互に数段階に分けて行えば、緊張作業中の

主桁応力度を許容値内に収めることができる。

8. おわりに

あゆみ橋は、現在橋面工と公園周辺整備を行っており、1999年春には開通の予定である。

斜張定着張弦桁橋は、主桁を薄くでき、死荷重の低減が図れるため、プレキャストセグメントの支間一括架設工法と組み合わせることにより、その優位性を発揮する。

ねじり剛性を確保しながら死荷重を低減できる主桁は、桁高を小さく抑えた箱桁が適しており、これをプレキャストセグメントとするためには、高流動コンクリートの利用が有効である。

本橋では、施工中の計測管理とともに、斜張定着張弦桁橋および張弦桁橋の基本的な構造特性を把握するなどの目的で、1998年8月に静的および動的載荷試験を行った(写真-10)。現在、試験結果を解析中であり、またの機会に報告したいと考えている。



写真-10 載荷試験

本稿が、今後、斜張定着張弦桁橋および張弦桁橋を計画する際に技術者の参考になれば幸いである。

最後に、本橋の設計、施工にあたりご指導いただいた関係各位に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 清水政和, 竹内禔禮: 中央公園香貫橋(仮称)の計画と設計, 橋梁, Vol.34, No.5, pp.21~28, 1998.5
- 2) 清水政和, 竹内禔禮, 近藤真一, 奥村一彦: 高流動コンクリートを用いたプレキャストセグメント張弦桁橋の構造と施工, コンクリート工学, Vol.36, No.10, pp.31~35, 1998.10
- 3) 細野宏巳, 竹内禔禮, 近藤真一, 奥村一彦: PC張弦桁橋の施工, プレストレストコンクリート技術協会第8回シンポジウム論文集, pp.807~812, 1998.10

【1999年1月20日受付】