

(89) 合角大橋 (P C斜張橋) の施工

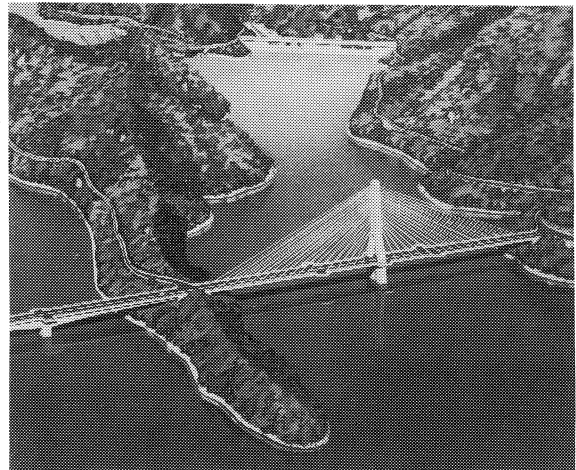
埼玉県土木部ダム砂防課 川田 貢三
 埼玉県合角ダム建設事務所 高木 幹夫
 同 上 桜井 茂
 富士ビー・エス 住友建設JV 正会員〇辻 健次

1. はじめに

埼玉県は吉田川総合開発事業の一環として、その源流である赤平川の支川吉田川に多目的ダム「合角ダム」の建設を進めている。合角大橋はダム建設によって水没する町道の付け替え道路のうち、ダム湖に突き出た半島を挟んで架けられる橋梁で、全長442mの湖面橋である。本橋はP C斜張橋1連およびP C箱桁橋1連からなるが、斜張橋部の張出し支間長は126.5mと長く、コンクリート湖面橋としては我が国最長となる(図-1)。

本稿は、第4回シンポジウムにおける耐風設計についての報告に引き続き、斜張橋部の施工について、主として橋脚工および主塔工の報告をするものである。

図-1 完成予想図



2. 橋梁概要

合角大橋(斜張橋部)の橋梁概要は次の通りである。

事業主体：埼玉県

構造形式：2径間連続P C斜張橋

橋 格：一等橋

橋 長：255m

支 間 長：126.5m+126.5m

幅 員：7.0m(車道部)， 11.5m(全幅)

橋 脚 高：50m

基礎形式：直接基礎

主 塔 高：63m

工事に使用される主要材料を表-1に、構造一般図を図-2に示す。

3. 施工概要

本橋の施工は、下部工についてはP 2橋脚工およびA 3, A 4橋台工、上部工については主桁工、主塔工および斜材工に区分される。

平成7年6月末現在、P 2橋脚工および柱頭部工が終了し主塔工の施工中である。以下にその概要を報告するとともに、主桁工および斜材工に関しては、今後の施工の計画について紹介することとする。

表-1 主要材料(上部工)

材 料	仕 様	数 量
主 桁	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kg/cm}^2$ 2,150 m ³
	鉄 筋	SD345 360 t
斜 材	P C鋼材	12 ϕ 12.7 22 t
		ϕ 32 68 t
		F200, F270, F360 10 t
主 塔	P C鋼材	F360PH, F500PH 118 t
	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kg/cm}^2$ 840 t
橋 脚	鉄 筋	SD345 96 t
	P C鋼材	ϕ 26 1 t
	コンクリート	240kg/cm ² , 400kg/cm ² 2,830 t
	鉄 筋	SD295A, SD345 380 t

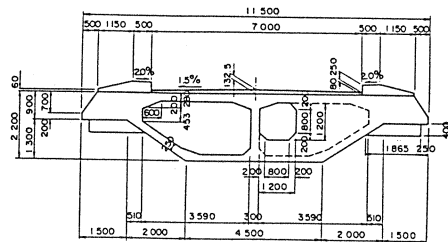
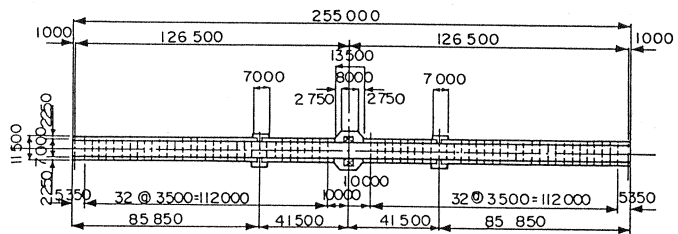
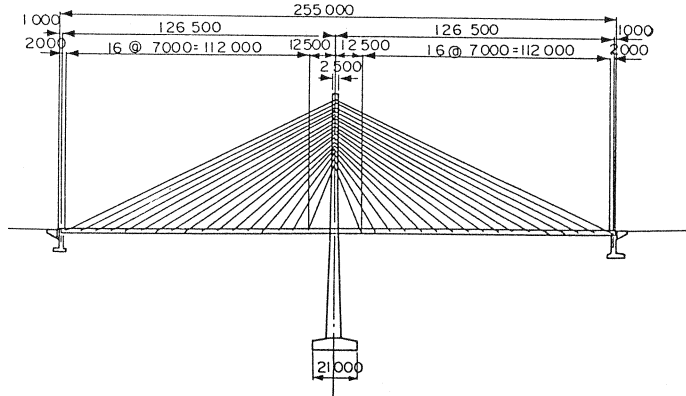
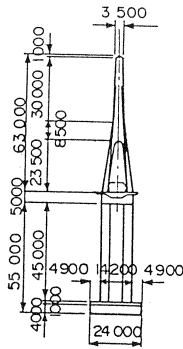


図-2 構造一般図

4. P2橋脚工

(1)基礎工

P2橋脚下には塊状の良好な硬質砂岩および礫岩が分布しており、局部的に破砕帯を挟んでいるものの傾斜角が急でその幅も小さいため、基礎形式としては直接基礎を選定した。ただし、基礎下方に破砕帯が存在しているため、地盤のモデル化を行い有限要素解析にて支持力評価を行うとともに、応答スペクトル法による動的解析にて耐震性の確認を行った。

P2橋脚は吉田川の中ほどに位置するため、躯体の施工に先立ち河川切廻し転流工を行った。転流工の対象流量は0.5年確率流量を採用して $Q = 65\text{m}^3/\text{s}$ とした。図-3にP2橋脚付近の見取図および転流工河川断面を示す。

フーチングの配筋はD51が15cm間隔で3列配置されている。鉄筋の継手は圧接とした。

コンクリート工は、マスコンクリートであることを考慮して、水和熱を低減させるため高炉セメントB種を使用するとともに、高さ5mを2層に分けて打設した（写真-1）。

(2)脚柱工

フーチング天端より上方47.8mの脚柱部は平均打上げ高さ5mで10分割施工とした。図-4にブロック割図

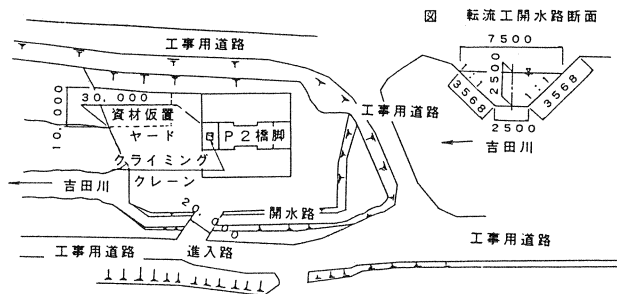


図-3 現場見取図および転流工河川断面図

を示す。最初の2ブロックについては、コンクリート打設が夏季になることを配慮し、フーチングと同じ高炉セメントB種とした。3ブロック目から10ブロックまでは普通セメント、11ブロック(脚頭部)は早期にプレストレスを導入する関係上早強セメントを使用した。2ブロックと3ブロックに熱電対を埋設してコンクリートの水和熱を測定したが、高炉セメントB種を使用した効果が発揮され、幅0.2mm以上の有害なひび割れの発生は認められなかった。

形状は橋軸方向に3.8'の勾配を有し、橋軸直角方向にスリットが設けられている。また、景観を考慮して断面を絞っているため、フーチングと同様に配筋が密であり、型枠はコンクリートの締め固めが容易に行え

るようせき板が透明なアクリルフォームを使用した。アクリルフォームの重量は通常の鋼製型枠に比べ約半分と軽いため、型枠1枚の大きさは逆に2倍となっている。従って、コンクリート打上り表面につく型枠継目模様が細かくなく、すっきりとした感じがする。型枠の組立解体は、このアクリルフォームを組み合わせる橋軸直角方向に3分割、橋軸方向および高さ方向には分割無し的大型パネルとして行ったが、大ききの割に重量が軽いため揚重機も小さくて済んだ。本工事中では高さ20mまでは35tトラッククレーン、最上部までは80tクローラクレーンを使用した。

鉄筋組立には、組立用架台として埋込鉄骨を使用した。この埋込鉄骨は型枠組立時のセパレーターの固定等にも利用される。組立は、まず橋脚脇の鉄骨組立ヤードで10m施工分の2ブロックを組上げる。そして、鉄骨の柱方向部材に橋脚フープ筋(D25ctc150)の柵筋用としてD22筋を溶接し、それに全10m分のフープ筋を組立てる。この状態で橋脚上に一括架設を行った。いわゆるユニット鉄筋化を図った(写真-2)。これは、本橋脚の形状が高さ方向に勾配がついているため、フープ筋の寸法が全数異なっており、これを高所かつ狭い足場上で組立てることは作業スピードが遅くなるのは勿論、安全作業の確保にも難があると判断したからである。このことにより、1ブロック当りの工程が6日間短縮可能となった。

ユニット鉄筋架設後縦筋(D51ctc150, 3段~1段)の組立てを行うが、継手にはエンクロード溶接を採用した。これは施工スピードが圧接継手に比べ1.5倍と早く、継手作業に大型の機具を必要としないため狭い足場上での作業に適している。

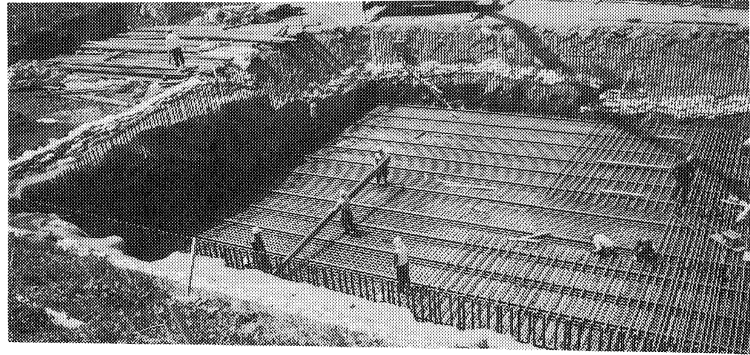


写真-1 フーチング工

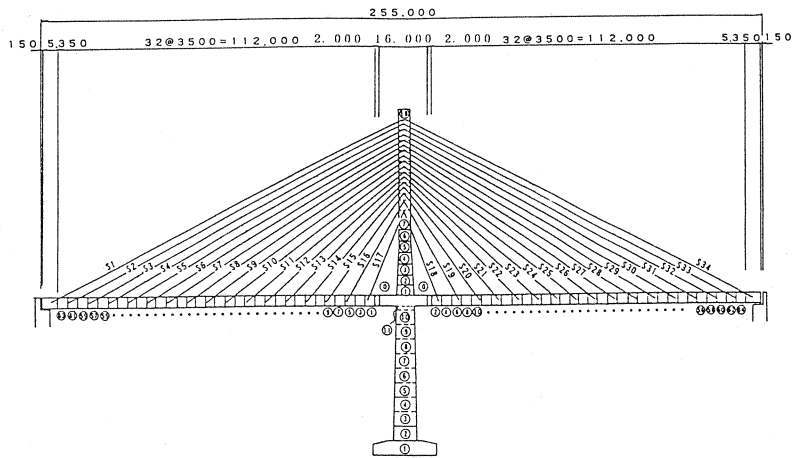


図-4 ブロック割図

コンクリート打設は高圧仕様（71.8kgf/cm²）のポンプ車による圧送打設としたが、配管はコンクリート躯体中に埋め殺しとした（図-5）。これは、本工事箇所が夏季超40°C（平成6年）、冬季0°C以下という気象条件であり、配管の養生に細心の注意が必要なこと、本工事の場合、最終的には主塔を含めた鉛直高さ113mの圧送高さとなるため、配管を躯体壁面に治具等で固定すると、圧送時の振動が相当大きくなることが予想され、トラブルの原因が懸念されたからである。配管をコンクリート中に埋設すると、躯体が熱伝導と振動を押える効果を発揮する。埋設配管は、圧送圧および圧送時の摩耗による断面欠損を考慮して、直径5インチで肉厚4.5mmのSGP管とした。このSGP管は埋め殺しとなるため生材でよく、通常使用される市販の圧送管に比べ安価である。なお、配管は橋脚および主塔に2条ずつ埋設してあり、橋脚および主塔施工時には1条が予備となり、主桁施工時には張出しブロックの左右同時コンクリートの打設を可能とならしめる。

また、橋脚施工用の足場は、橋脚形状の勾配を考慮して、途中1回のブラケットによる盛替を伴った総足場工法とした。

5. 上部工

(1) 柱頭部工

柱頭部は、主桁張出し施工用フォルパワーゲンを左右同時組立が可能となるよう、橋軸方向に16m長さとし、ウェブ付根までと上床版部との上下2分割施工とした。支保工は橋脚に取付けたブラケットとビティ柱により行い、型枠は内外とも合板による木製とした。外枠の合板の割付けは後述する張出し施工部の型枠継目と違和感がないよう配慮して行った。また、外ウェブは耐風性を考慮して33'の勾配がつけられているため、その内側には押え型枠が必要となり表面あばたの発生が懸念された。その防止を目的として、内枠には試験的に3種類の繊維型枠を使用して、その効果を比較してみた。結果は、コンクリートの締固め用として、槍状バイブレーターおよび型枠バイブレーターを用いれば、通常の合板型枠でも遜色がなく、その後の張出し施工部用の型枠としては繊維型枠は不必要と判断した。

柱頭部工以降に使用する主たる揚重機は、P2橋脚脇に配置した100t・m級クライミングクレーンである。本工事規模では、揚程は120m、作業半径20m時の吊上げ能力は5tfを必要とした。通常では120t・m級のクライミングクレーンが計画されるが、これを本橋に適用すると、景観考慮のため主塔断面が比較的小さいため、クライミングクレーンの水平ステーから伝達される水平力によって、主塔に悪影響がある。従って、クライミングクレーンの設置位置を橋脚側面ぎりぎりとし、クレーンの機種を1ランク下げて水平力の低減を図った。ただし、このクレーンは揚程を70mから120mに能力アップしたものである。このことにより、柱頭部片側バルコニーはクレーン解体後に後打ち施工する必要が生じた。なお、この水平打継断面は、機械継手による鉄筋とPC鋼棒を配置したPPC構造とした。また、本橋は主桁、主塔および橋脚が剛結であるため、柱頭部には上部工のほぼ全反力が伝達され、橋軸直角方向に約1700tfの引張力が作用する。これに対して、

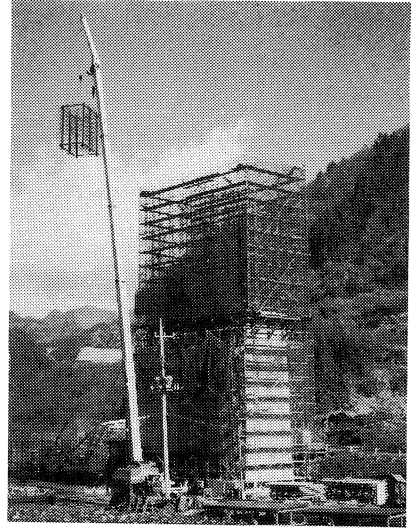


写真-2 脚柱部ユニット鉄筋の架設

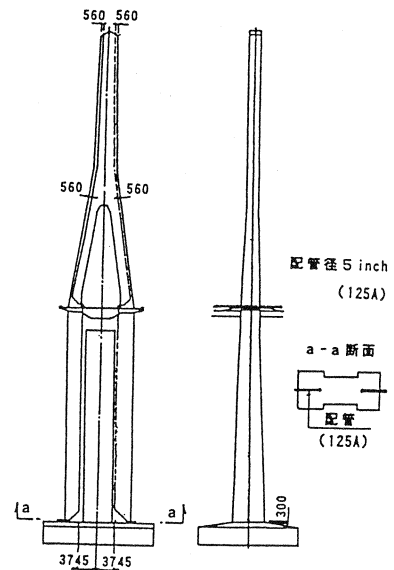


図-5 コンクリート打設用配管

P Cケーブル (SEEE, F360T) - 8本およびD 22-69本を配置した。図-6にF E M解析結果を示す。

(2)主塔工

主塔は高さ63mを18ブロックに分けて施工する。足場は、主塔施工用だけでなく、斜材の架設および張力調整作業をも兼用するため、ブラケットを用いた総足場工法とした。

鉄筋および型枠の組立と斜材の定着部鋼管を固定するための架台として、埋込鉄骨を使用した。埋込鉄骨は、運搬可能な範囲までの大きさで、工場製作とした。

縦筋はD32ctc150の配置であり、継手は天候に左右されず、かつ熟練作業員を必要としない機械継手 (F Dグリップ工法) を採用した。この工法は、圧接継手に比べて3倍、エンクロズド溶接継手に比べて2倍の施工スピードとなる。

型枠は橋脚と同じく大型パネル工法としたが、斜材定着部の箱抜きが毎回形状変化するため、木製とした。

斜材は、主塔側が逆Y型の上部1本柱部分に定着配置されるのに対し、桁側は左右両端のウィンドノーズ部に定着される。従って、主塔の定着部付近および主塔分岐部には過大な割裂力が作用するため、これに対処すべくP C鋼棒によりプレストレスを導入することとした。図-7に主塔定着部のF E M解析結果、図-8に同部のP C鋼棒配置を示す。P C鋼棒は、その長さが3.5m~6.0mと短いため、グラウトの作業性を考慮して、ディビダグ式アフターボンド工法を採用することとした。同工法は周囲のコンクリート温度を85°C程度以下とする必要があるため、当初、コンクリートとしては早強セメントを使用する計画であったが、これを普通セメントに変更した。これは、橋脚および主塔第1ブロックに埋設した熱電対による計測結果を参考として決定した。

(3)主桁工および斜材工

主桁は片側33ブロックを1ブロック長さ3.5mにて張出し架設する。架設機はフォルパワーゲンを使用する。通常、主桁が2室箱桁断面であれば3フレーム式ワーゲンをを用いるが、本橋の幅員は比較的小さいため、作業性を考慮して、両外ウェブのみにメインフレームがくる2フレーム式ワーゲンにすることとした。これにより、コンクリート打設時に発生する斜引張応力に対して、両外ウェブに50mm間隔でせん断鋼棒 (D&W#32mm) を配置する必要が生じた。

外型枠は、転用回数が33回と多いことからステンレスフォームとし、作業性、および景観上少ない型枠継目となるよう、大パネル一体型とする。内枠は通常のメタルフォームとするが、斜材定着ブロックの横桁より後方部上床版型枠にはF R P型枠を用いることとする。これは、桁高が低いため内枠の組立解体作業がしやすく、その搬出作業が1.2m×1.2mの開口部からしか行えないことから、型枠の軽量化を図るためである。F R P型枠は、通常50回以上の転用が可能で、上床版に用いることにより箱桁内への明かり取りにもなる。

日々の作業員の配置を効率良く行うためには、主桁コンクリートの打設は左右交互に行うのが望ましい。本橋の場合、応力および変形に関する事前検討を行ったが、最大張出時で、主塔基部に約20kgf/dの引張応力が発生し、主塔頂部が33cm倒れ、主桁先端が70cmたわむ結果となった。従って、主塔応力および主桁の上越し管理に支障のない範囲までは左右交互打設とし、それ以降は同時打設、又は水バラスト等を用いたカウンターウェイトによる調整を行うこととする。

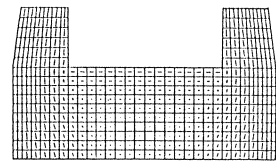


図-6 柱頭部 F E M解析結果

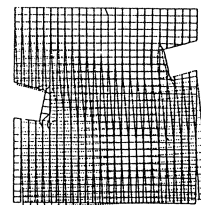


図-7 主塔定着部 F E M解析結果

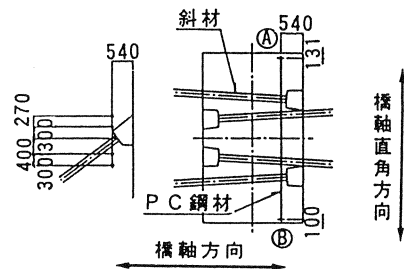


図-8 主塔定着部 P C鋼棒配置図

斜材はファン形2面吊りで、プレファブ系のSEEE F500PHおよびF360PHを使用する。緊張および調整作業は、緊張作業台車を必要としない主塔側で行う。制振については、本斜材がシングルケーブル(並列ケーブルではない)であることから、レインバイブレーションに対する制御のみを対象として、オイル系ダンパーの採用を計画している。

6. おわりに

平成6年1月P2橋脚基礎工に着工し、現在進捗率約25%といったところである。今後、主桁および斜材工が始まり最盛期を迎えるが、その後の施工状況および計測器やパソコンを使用した情報化施工管理等については、また別の機会に報告したいと考えている。

参考文献

- 1) 川田, 根岸, 小川, 下田: 合角大橋(PC斜張橋)の耐風設計について, PC技術協会第4回シンポジウム, 1993.10