

#002

名橋をめぐって

昭和26(1951)年にわが国ではじめてPC桁橋が完成してから今日まで橋梁の長大化や橋梁形式の多様化が進み、また施工法のさまざまな開発がなされてきました。

これまでのPC橋の発展について、PCプレス第27・28号で東京工業大学二羽淳一郎名誉教授(当協会理事)に俯瞰していただき、高度成長期以降に建設された道路橋・鉄道橋のなかから一時代を画したPC橋を取り上げて、さまざまな方々に「名橋をめぐって」時代背景など織り交ぜながら、ご執筆していただくことといたしました。

今号では「PC斜張橋への展開」から「呼子大橋」「第2千曲川橋梁」をご紹介します。

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010



呼子大橋(1989年完成)



北陸新幹線 第2千曲川橋梁(1999年完成)

黎明期

進展期

斜張橋

さまざまな橋種

複合化

エクストラドーズド橋

未来

わが国における 長大PC斜張橋の 先駆け 呼子大橋



リテックエンジニアリング(株)
顧問 (建設時 鹿島建設(株) 工事担当)

あらい ひろゆき
日紫喜 剛啓



▲写真-1 呼子大橋全景

呼子大橋は、玄界灘に面する佐賀県北部の呼子町殿ノ浦と離島加部島とを結ぶ全長728mの海上架橋であり、平成元年4月に開通している。本橋は、島民生活に係わる諸問題の解決や農漁業の振興を図るため、地元の高年の悲願であった本土との一体化が計画されて佐賀県が農免農道事業として建設したものである。海峡を跨ぐ必要性から、当時日本最長となる中央支間250mの長大PC斜張橋(橋長494・25m)が建設されたのである(図-1)。本橋は、PC斜張橋の国内実績が中央支間100mの後の長大PC斜張橋建設時代の先駆けとなったのである。

1 概要

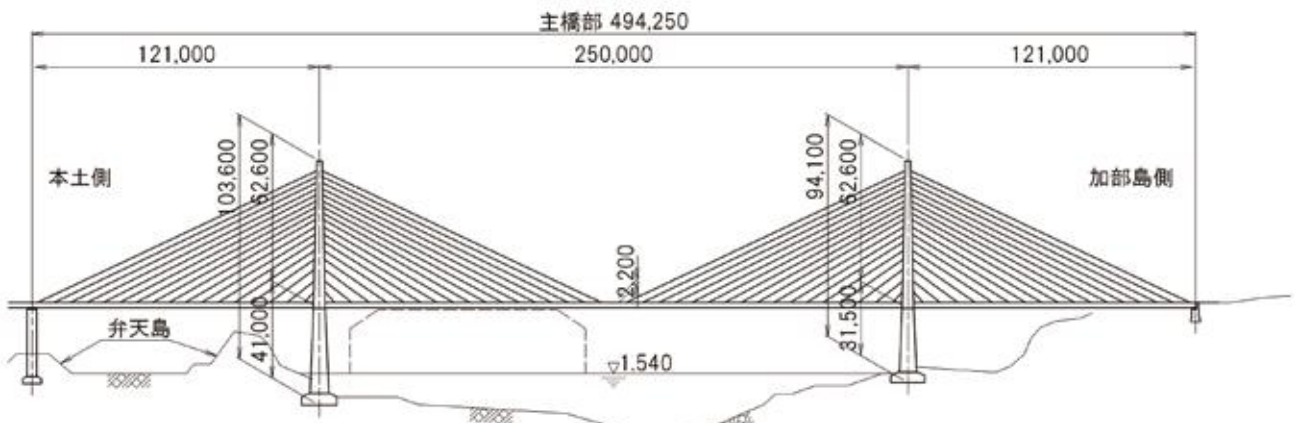
本橋は地震国での初の長大PC斜張橋であり、架橋地点は季節風が強く台風の通過頻度も高いことから、計画・設計に際しては、学識経験者及び専門技術者を委員とする技術委員会(渡辺明委員長)が設置され、設計条件、構造形式、耐震・耐風性、耐久性など広範囲にわたって2年間の綿密な検討が行われた。耐震性や耐風安定性については、架橋地点の地震特性を考慮した地震応答解析や風洞実験結果を基に審議された。本橋の構造形式は、3径間連続PC斜張橋である。主桁の支持形式は、耐震性や活荷重特性から、主桁を主塔から斜

材で吊る無支承の連続桁方式(フローティング方式)が採用されている。斜材形式は、主桁の張出し施工に適した準ハーパー型のマルチケーブル(多斜材)とし、斜材にはポリエチレンで重防錆された工場製作型ケーブルが採用されている。主塔高は斜材の吊り効率等から、また橋脚高は航路限界から決定され、全高103・6mに達する。

設計風速は $V_{10} \parallel 41 \cdot 7 \text{ m/s}$ であり、主桁の形状は、風洞実験から、ウインドノーズと斜めウェブを有する桁高2・2mのスレンダーな逆台形2室箱型断面が採用されている(図-2)。なお主桁のコンクリートかぶりは、沖縄での塩害対策指針案を参考に外気に接する部分は5cmに設定され耐久性に配慮されている。

2 上部工の施工

フローティング状態での主桁張出しは不安定となるため、各橋脚柱頭部で主桁を仮固定して両側に張出し、中央連結完了後に仮固定を撤去する方式とされた。主塔の施工は主桁の張出しに並行して行った(写真-2)。主桁の張出し施工は、PC桁橋と同様に移動作業車を用いた場所打ち施工で行い、主塔へのアンバランス状態を避けるため左右同時張出しとした。斜材の緊張は、剛性の小さい主桁の応力状態を考慮し、張出し施工時は先端2段の斜材張力調整を行い、構造系が完成した段階で



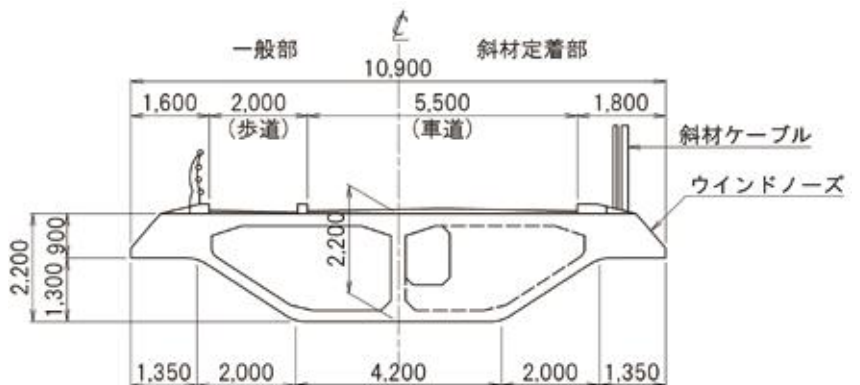
▲ 図-1 橋梁一般図



▲ 写真-2 張出し施工



▲ 写真-3 斜材緊張



▲ 図-2 主桁断面図



▲ 写真-4 斜材制振装置

【参考文献】

佐賀県・呼子大橋工事誌：佐賀県農林部、1989.3
呼子大橋の設計と施工計画：片淵 弘晃ら、プレストレストコンクリート、Vol.29、No.1、1987.1

最終調整を行う方式とした。斜材緊張は、主塔側で行い(写真-3)、1段毎の斜材緊張は、張出し左右4ケーブルを同時に緊張することで主塔に偏荷重を与えないよう留意した。

3 風振動に対する対策

台風や風振動に対して、耐風安定性観測を行いながら施工を進めた。昭和62年8月には、超大型台風12号(最大風速50m/s)の洗礼を受けたが、橋体に異常はなかった。

主桁の風振動には、風の乱れによって主塔と主桁が連成して発生する振動が見られた。施工の支障となるため、側径間連結時は、主桁端部と橋脚または橋台の仮固定対策を行い、中央径間連結時は、主桁間の仮固定対策を行って対処した。

本橋の斜材は、2本のケーブルで1斜

材を構成する並列ケーブルのため、風下のケーブルが風上側のケーブルの影響を受け振動するウエイクギャロッピングといわれる風振動が発生した。当時、本州四国連絡橋でも同様な振動が発生し、対策が検討されていた。それを参考として、本橋でも実地試験を行って斜材クランプと制振ワイヤーからなる制振装置を設置した(写真-4)。

呼子大橋は、日本初の長大PC斜張橋の建設に対して昭和63年度土木学会田中賞、PC技術協会賞、平成元年度農業土木学会上野賞を受賞している。呼子大橋完成の効果は、当初の目的を超えて観光を始めた他の産業にまで及んでいると聞いている。当時計画を推進された方々の慧眼に敬意を表する次第である。

第2千曲川橋梁は、新幹線で唯一の斜張橋である。平成10年2月の長野冬季オリンピックに先立って、日本鉄道建設公団（現鉄道・運輸機構）が北陸新幹線（高崎・長野間）を建設し、平成9年10月に開業した。本橋は、長野県内の上田駅から3kmほど東京方で信濃川本流の千曲川を渡る箇所に架けられた。

鉄道のPC斜張橋は国内には2例のみで、同じく公団が昭和54年に建設した三陸鉄道の小本川橋梁がある。ここでは剛性を持たせた2段のPC斜材が用いられたが、第2千曲川橋梁ではマルチケーブル斜材が採用された（図1）。

1 概要

本橋の設計に際しては、有識者による橋梁委員会（松本嘉司委員長）が設置され、構造や景観が議論された。中でも、鉄道の吊り形式橋梁にとって最大の課題である桁たわみについては、鉄道総合技術研究所が開発したばかりの鉄道車両と線路構造物との動的相互作用シミュレーションDIASTARSを用いて予測が行なわれた。設計列車荷重による桁たわみは、支間長134mに対し66mmと算定され、走行安全性

も問題なく、体感の加速度で評価される乗り心地も「非常に良い」と評価された。静解析による他のたわみ量はクリップ・乾燥収縮87mm、温度変化19mmであった。

斜材は長期の信頼性を考慮し、当時一般的だったグラウトタイプではなくノングラウトタイプのHiAmアンカーケーブルを採用した。φ7mm垂鉛メッキ鋼線を最大241本束ねてポリエチレンで被覆した工場製作品である（写真1・2）。

鉄道橋らしい特徴としては、列車荷重は桁横断面に対する載荷位置が一定であることから、床版の負担軽減のため主桁ウェブを上下線の軌道直下に配置して3室箱桁とした。また、張出しブロック長はPC軌道スラブの標準長に合わせた5m、斜材間隔は2倍の10mとした。その結果は、規則的な幾何学的造形美を生み出すとともに、一定の桁外形を120m以上続けたことで型枠作業も施工管理上も合理的であった。

2 張出し施工

平成4年秋より河川中央部で大口径深礎杭の掘削を開始。仮設栈橋・架台を用いて通年施工し、平成5年

▼写真-1 現在の第2千曲川橋梁

名橋をめぐって

北陸新幹線 第2千曲川橋梁



(独) 鉄道建設・運輸施設
整備支援機構
設計部長

さんとう まつ お
山東 徹生

秋には橋面まで立ち上げた。

主桁の張出しと主塔の立上げは並行して進め、斜材は塔側で緊張した。2本の主塔は1ロット高5m、主桁は1ブロック長5mで2ブロックごとに斜材定着部を設置する、斜材はタワークレーンで吊り上げて張り渡し、1段4本ずつ同時に600tジャッキで緊張する、という工程を繰り返した。張出しは進行速度を上げていき、平成6年2月に柱頭部から始めて平成7年6月には両岸に到達した(写真-3)。

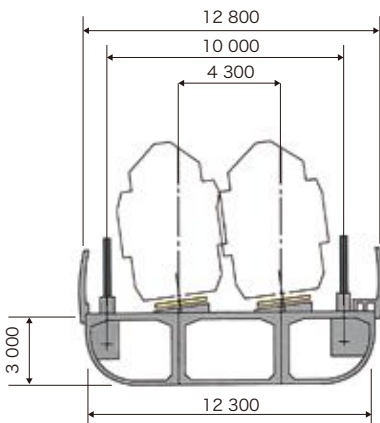
桁の外観を特徴づける丸みを帯びた外側ウェブは半径2m、厚さ25cmで、当時はバイブレータが挿入できず空気が抜けないことが心配された。予め実物大模型による打設試験を実施し、透水シートと型枠バイブレータ、流動化剤を用いる対策を行って打設した(写真-4)。

主桁完成直後に斜材張力調整を行い、防音壁と路盤コンクリート設置後、軌道、電気設備工事に現場を引き渡した。平成7年(95年)末には正式名とは別に上田市民の皆さまから「上田ハープ橋」の愛称を頂いた。また、平成7年度の土木学会田中賞、PC技術協会賞を受賞している。

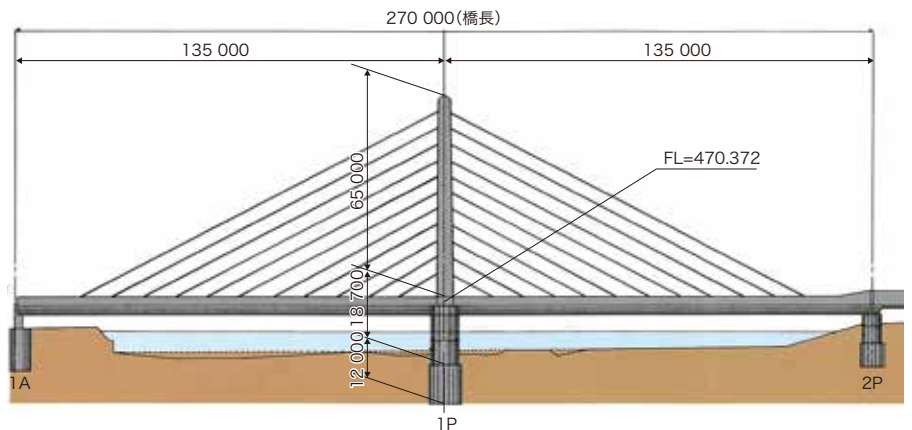
3日射対策

軌道敷設後の平成8年夏から冬に桁挙動把握のため水準測定を行ったところ、日変動が大きく、季節の温度変化を合わせると50mm近く上下し、軌道管理が困難となることが判明した。原因は、ノングラウトタイプの斜材では黒色のポリエチレン被覆から鋼線への熱伝導がグラウトタイプに比べ想定以上に大きく、内陸型気候の上田盆地の日射と放射冷却により伸縮して桁を上下させていたのであった。急遽、全斜材の被覆の外に白い外套管を被せて変動量を半分以下に抑え、現在の姿を整えたのは平成9年6月、開業わずか3カ月前の試験運転中のことであった。営業車による桁たわみは39mmで、乗り心地の良さも実証された。

開業から四半世紀が過ぎたが、第2千曲川橋梁は吊り形式の高速鉄道橋の嚆矢である。桁変動の経験をはじめここで蓄積された設計・施工の技術は、以後、新幹線で主流となるPCエクストラードーズド橋へと継承されていったのである。



▲ 図-2 主桁断面図



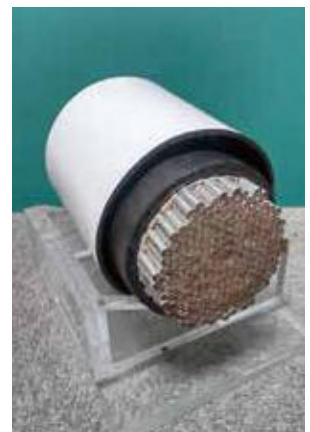
▲ 図-1 橋梁一般図



▲ 写真-4 主桁外ウェブ実物大模型



▲ 写真-3 張出し架設状況



▲ 写真-2 斜材ケーブル模型