

新綾部大橋について

神 敏郎*¹・新井 英雄*²

新綾部大橋は、一級河川由良川を渡河し、隣接する JR 山陰本線・府道広野綾部線を跨ぐ、橋長 240 m、最大支間長 110 m の 3 径間連続 PC 斜張橋である。当時、国内においては PC 斜張橋の歴史が浅く、支間長 100 m を超える本格的な道路橋と位置づけられた。本橋は、その規模より、計画段階から詳細設計、施工に至るまでさまざまな検討を実施してきた。本稿では、当時の技術背景を踏まえ、試行錯誤した内容を報告するものである。

キーワード：斜張橋、風洞試験、斜材、張出し施工、押出し施工

1. はじめに

新綾部大橋は、一般国道 173 号が京都府綾部市市街地を迂回し国道 27 号に短絡するバイパスとして計画された。構造形式は、一級河川由良川を渡河し、隣接して JR 山陰本線・府道広野綾部線を跨ぐため、橋長 240 m、最大支間長 110 m の 3 径間連続 PC 斜張橋である（写真 - 1、図 - 1）。当時、国内においては PC 斜張橋の歴史が浅く、支間長 100 m を超える本格的な道路橋と位置づけられた。

工事は昭和 60 年 10 月より主橋脚の下部工施工に着手、62 年 9 月に全橋がつながり、昭和末の 63 年（1988）秋に開通した。

当時の話として、本稿では 2. 計画と設計編を神が、3. 施工編を新井が執筆を担当している。

2. 計画と設計について

一般国道 173 号は京都府が管理する路線であり、事業着手にあたっては国の補助を受ける関係から、橋梁形式・設計の考え方・そして全体事業費などについて、建設省（当時道路局国道第二課）の了解が必要であった。

2.1 研究委員会の設置と風洞実験

国の指示もあり、「研究委員会」（委員長岡田 清京都大学教授）を設置し、設計に関するさまざまな検討を行っ



写真 - 1 現在の新綾部大橋

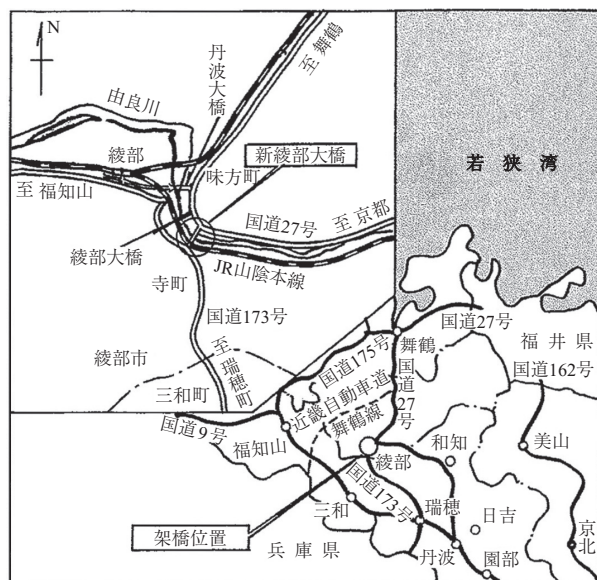


図 - 1 架橋位置



*1 Toshiro JIN

現職

京都府道路公社
理事長

*2 Hideo ARAI

三井住友建設(株)
取締役 常務執行役員
土木本部長

た。また、耐風安定性の確保、照査の必要から委員会の助言もあり風洞実験を実施した。実験は京都大学の白石教授のもとで行われ、6種類の断面モデルの中からもっとも耐風性に優れた主桁断面形状を見いだすこととした¹⁾。

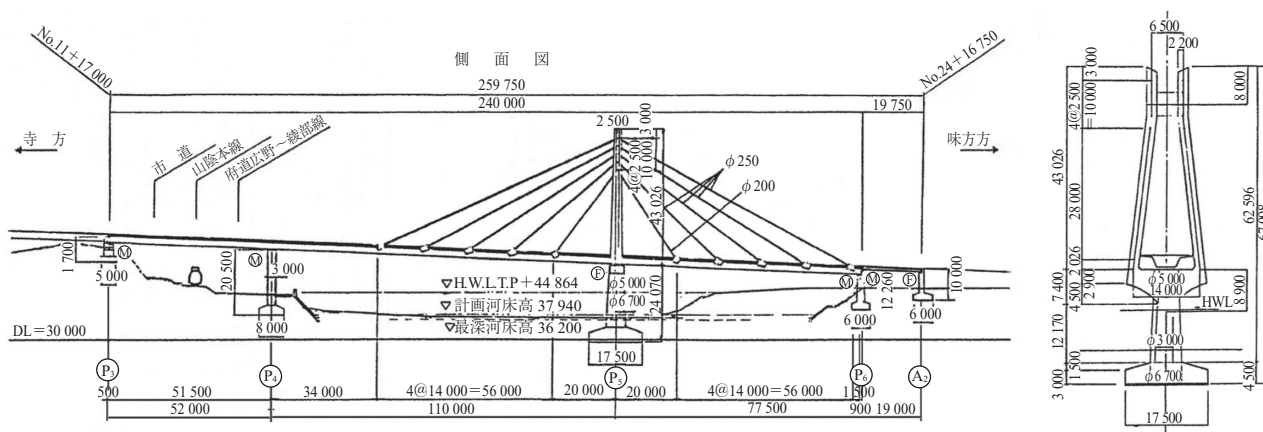


図 - 2 全体一般図

2.2 設計時のエピソード ―斜材安全率のこと―

主桁形状が決まり詳細設計にはいることになるが、何せ初めての本格的道路橋ということで、ありとあらゆる施工例や文献を調査することになった。

斜材は、① 定着部の切欠きがもっとも小さいこと、② 活荷重による応力変動が小さいこと、そして③ 工費面などからデビダーク鋼棒とした。

さて本題の斜材安全率のことであるが、国の補助事業ということもあり、設計の拠り所は道路橋示方書である。当時の道路橋示方書Ⅱ鋼橋編では、ケーブルの安全率を“ $F_s = 3$ ”と規定していた。本橋がPC斜張橋という特性から、さまざまな検討を加えた。

【その1】

海外の文献調査でみると、各国とも疲労に関する考え方に若干の相違はあるが、安全率ベースで見れば $F_s = 2.0 \sim 2.5$ となっている。

【その2】

国内では、昭和56年3月に海洋架橋調査会が「PC斜張橋に関する調査研究報告書」をまとめ、安全率については $F_s = 2.5$ を提案している。

これを受け、PC斜張橋の構造特性、斜材の応力変動そして斜材の空力特性などを考慮し、本橋においても $F_s = 2.5$ を採用すべく、国道第二課との協議が始まることになる。とくに斜材張力の死活荷重比での鋼斜張橋との特性の違いなどの調査資料を基にさまざまなやりとりをした。最終的には“ $F_s = 2.5$ は時期尚早”ということで決着し、本橋においても結果的には $F_s = 3.0$ を採用した。

この結論に至る過程で、道路橋示方書コンクリート橋小委員会を始めさまざまな議論があったように聞いているが、現行の道路橋示方書では $F_s = 2.5$ となっており、当時の議論が無駄ではなかったものと確信している。

2.3 チャレンジ精神の土壌

当時、国道第二課課長補佐の藤原氏、橋梁係長であった光家氏そして後任の中野氏には丁寧なご指導をいただき感謝する次第である。さらに当時、土木研究所橋梁研究室長の佐伯氏には「研究委員会」の委員も務めていただき貴重なご助言をいただいた。改めて感謝いたします。

このPC斜張橋の形式を了解していただいたおりに、当時の京都府道路建設課長であった永井氏の国に対する迫力ある説得にも感謝する次第である。「京都府の橋梁担当は、昭和51年に大雲橋歩道橋建設中の落橋事故で2名の死者を出して意気消沈している。この時、新しい橋に挑戦して何とかしようとしている若い技術者を応援するのも国の努めではないのか」との口上であった。これに応えてくれた建設省の関係各位の暖かい対応にお礼申し上げます。

3. 施工について

施工上の特徴は、主塔高43mの斜材の施工、渡河部斜張橋の約90mワーゲン張出し施工、山陰本線跨線部の押出し施工、両施工部主桁の閉合施工である（図-2）。

3.1 施工前の三者協議

上部工施工に先立ち、施工計画、施工計算、その他の諸検討を行い、発注者、設計者、施工者による三者協議を実施した。協議の場は新しい橋梁形式の施工に向けたチャレンジ精神に満ちており、フランクに意見を出し合うことができ、その関係は施工完了まで、そして完成後以降も続く。施工計画と設計との整合性の確認は勿論であるが、主塔じん性確保のための配筋方法、高軸力が作用する主塔基部横梁のひび割れ評価などの議論が印象的であった。



写真 - 2 施工中の新綾部大橋

3.2 斜材の施工

ひとつの斜材は9～13本の $\phi 32$ mm PC 鋼棒、 $\phi 250$ mm 保護管、防錆グラウトで構成される。主塔・主桁に PC 鋼棒を分散して定着、空中部を保護管を利用して引き上げて1本ずつ接続して緊張する。

空中部の架設は河川内の作業構台の高低差を使ってあらかじめ施工性を確認、グラウト時の高圧下での漏れ対策も現地で実物大試験を実施した。

施工上悩ましかったのは、主塔側の PC 鋼棒の配置をいかに確実にやるかであった。主塔左右13本の鋼棒の中心線が交差するため、適当な位置で曲げることで鋼棒同士があたらないように配置し、定着しなければならないが、図面上では互いの干渉具合は表現されない。当時は3次元 CAD などなく、仕方なくパソコンでの手作業になった。空中部の配置と角度を固定し、定着点の位置と曲げ半径をすべての鋼材で繰り返して仮定した。主塔中心での鉛直断面図をディスプレイ上に表示して干渉しないことを目で確認して、1本1本の加工形状と鉄筋格子での配置位置を決めた。完璧な結果ではなかったが相当正確な結果を得ることができた。

(1) 斜材の緊張管理

斜材の張力は主桁の応力や形状を所定内に納めるために慎重に管理しなければならなかった。

斜材施工時の導入緊張力は、13本が均一でかつ合計値が設計値と合致するように管理しなければならない。コストパフォーマンスを考慮し、13本中2本の張力を計測し、管理を行った。鋼材はまず1本ずつ架設緊張するので、初期導入力は徐々に減少し、また、架設の進行に伴い剛性が大きくなる。

主塔左右上下流4斜材は同時に緊張するが、主桁のコンクリート剛性や遅れ弾性、温度変化により張力変化は計算どおりになるとはかぎらない。そこで、許容値も考慮したうえで斜材架設終了後に9割を導入し、のちに全鋼材を再緊張して所定張力となるように緊張計画を立てた。緊張時の導入力を緊張ジャッキの荷重計で管理、張力の変化をチェック、確認することで所定緊張力を入れることができた(図-3)。

(2) 斜材張力の精度管理

施工の進捗に伴い、斜材張力は設計値と誤差をもつ。主桁や主塔コンクリートの剛性、温度状態、斜材自身の鋼材温度など誤差の要因を理解し、影響の度合いをある程度把握しておかねばならないと考え、解析的な数値シミュレーションと主桁形状計測、温度測定を現場で行った。勿論パソコンでのデータ処理を行った。図-4に温度の経時変化計測例を示す。一意的に現状を確定できなかったため、これらのデータを総合的にみて真の値を推定し、設計値との比較を行った。パソコンのデータ処理は緒についたばかりの時期であったが、自分の PC 9801E に慣れ親しんでいたため対応できた。

自由度のある(全体剛性が低い)閉合前に誤差を精算するために、張力を調整することとした。調整量の決定には、ある意味での最適化手法を用い⁴⁾、形状・張力の妥当

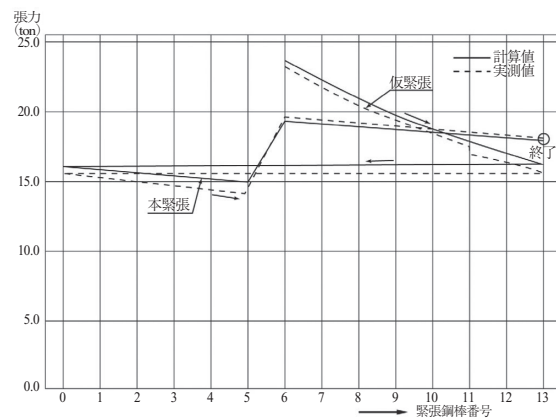


図-3 斜材導入張力の管理

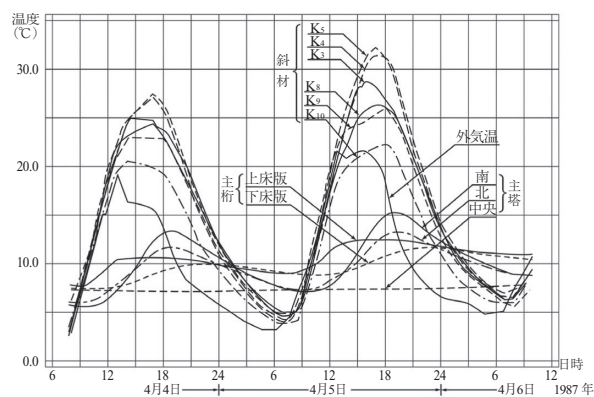


図-4 温度の経時変化

性を確認したうえで、10斜材中5斜材の張力を調整することとなった。

3.3 張出し施工

ワーゲンでの張出し施工はすでに多くの橋梁で実績があったが、この規模の斜張橋では初めてであった。斜材間隔内が4ブロックで、斜材緊張前「ハ」の字の主桁が緊張により30 cm以上も所定の高さまで跳ね上がった様子は、小気味良いものであった。

3.4 押出し施工

山陰本線上の押出し施工は、夜間での施工、押出し早さ、手伸べ桁の位置を考慮して、52 mの支間内に仮支柱2本



写真-3 張出し施工と押出し施工の状況

を設置して行った。一方、押出し時の支間長が短い場合は主桁の合成が大きくなり、各支点の鉛直方向の位置関係が桁応力に敏感に影響する。主桁下面の型枠精度も影響するため、鉄板やベニヤを用いて、各支点での入念な調整を行った。

3.5 閉合部の施工

斜張橋張出し施工部と押出し施工部を由良川の河川上で閉合した。両者は構造が異なり剛性も異なる。そのため、コンクリート打設による相対変位、打設中から硬化中の斜材温度の変化に伴う斜張橋部主桁先端のたわみ変化が生じ、コンクリート性状に悪影響を及ぼす要素となる。これを回避するために、H型鋼で両者を結合したが効果は限定的なため、橋面散水を計画し、あらかじめ効果を確認した。桁上下面の温度差がほぼ無くなるためこの影響を排除できる。準備万端と考えていたが、打設前日天気は雨、当日曇りと最適な条件での施工となった。

翌日はコンクリートの強度発現確認のうえ、一部の連結PC鋼材を緊張して、コンクリート硬化後の引張り応力発生対策とした。

3.6 施工を通じて

施工中、完成後を通じてたくさんの人と出会い、本橋の施工が技術を含め私のその後に影響を及ぼしてくれています。

いいものを作ろうというベクトルが一致し一丸となって取り組んで戴いた発注者や設計者の方々、チリ津波の悲惨さを語ってくれた志津川（現南三陸町）出身の大工の棟梁、日本酒の美味しさを初めてわからせてくれた隣の作りの酒屋の人たち、近隣の人たち。

近くの現場視察を名目に、幾度か供用後も訪れました。この地区の方々の生活を支える一つの基盤として役立って

いる姿をみて、あるいはこの橋と私とのかかわりを覚えてくれている近隣の方とお話をして、この橋の建設に関わってよかったといつも思う次第です。

4. おわりに

冒頭にも述べたように本橋は、最大支間長 110 m であり、当時では本格的な PC 斜張橋の先駆けといえる存在であった。計画から設計・施工に至るまで多くの事が初めての試みであり、関係者がそれぞれの立場から最善の方策を忌憚なく議論し、完成に至った。このような関係者の気持ちが入められた構造物が今後も地元の皆様に愛され、地域の発展に寄与し続けることを願う次第である。

参考文献

- 1) 白石成人：PC 斜張橋（新丹波大橋）の風洞実験，プレストレストコンクリート Vol.27, No.1, Jan.1985
- 2) 宮崎雄二郎，小林憲史，神 敏郎，岡村隆夫：（仮称）新丹波大橋の設計について，プレストレストコンクリート Vol.29, No.1, Jan.1987
- 3) 小林憲史，神 敏郎，佐藤伸次，岡村隆夫，井垣裕司：PC 斜張橋（仮称：新丹波大橋）の計画，橋梁と基礎 1984-11
- 4) 高野叔和，佐藤伸次，植田卓文，新井英雄：新綾部大橋（新丹波大橋）上部工の施工，プレストレストコンクリート Vol.30, No.2, Mar.1988
- 5) 古川浩平，熊谷紳一郎，新井英雄，春日昭夫：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，構造工學論文集 Vol.35A（1989.3）
- 6) 宮崎雄二郎，中居隆章，前林保典，佐藤伸次，植田卓文：新丹波大橋（仮称）の設計と施工，橋梁と基礎 1987-12
- 7) 高野叔和，仕名野裕，藤田 学，新井英雄：新綾部大橋実橋載荷試験，土木学会第 44 回年次学術講演会（平成元年 10 月）
- 8) 新綾部大橋振動実験報告書土木研究所資料第 2617 号

【2012 年 10 月 3 日受付】



刊行物案内

東日本大震災 PC 構造物災害調査報告書

平成 23 年 12 月

定 価 9,000 円／送料 500 円

会員特価 7,000 円／送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会