

超極薄合成床版橋（沖田橋）の設計

Design of Extremely Thin Composite Slab Bridge in Okita Bridge

熱海 晋*¹ 奥村 恭司*²
 Shin ATSUMI Kyoji OKUMURA

Summary

QS Bridge is a composite slab bridge featuring a low structural height. While past data for this type of bridge has given a structural span-to-height ratio of approximately 1/30 to 1/40, the ratio for the Okita Bridge, which was constructed as a shore protection restoration work by the Awaji City government, is 1/51. Accordingly, this bridge is far thinner than other QS Bridges. This report introduces precautions in designing extremely thin composite slab bridges.

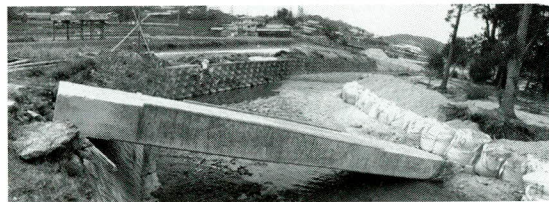
キーワード：QSブリッジ、低構造高、合成床版橋

1. はじめに

QSブリッジ（以下QSBと略す）は1987年に開発されて以来、20年足らずの間に低構造高橋梁としてすでに30橋余りの実績を重ねてきた。各QSBの支間長は10～30m程度で、その構造高比（構造高/支間長）は1/30～1/40である。その中であって、沖田橋は構造高比が1/51であり、他に抜きん出て極薄のQSBである（写真－1）。



写真－1 沖田橋



写真－2 旧橋

2. 沖田橋製作工事の概要

(1) 工事概要

淡路市草香地先の農道にあったコンクリート製の歩道橋は平成16年10月の台風によって橋台が護岸ごと流失した（写真－2）。それに伴い、淡路市から護岸復旧工事が発注された。沖田橋はその復旧工事に含まれる歩道橋である。

構造高の制限が厳しく、可能な限りの低構造高という要求により、製作可能な桁高として、鋼桁部の高さを150mmとして設計した。この構造高はQSBとして前例の無い低構造高である。

(2) 橋梁概要

橋梁概要および側面図・断面図を表－1、図－1にそれぞれ示す。現地への搬入は4tトラックによることから、部材長は4m以内とした。

3. 合成床版橋の設計

(1) 主構造の設計

主桁の設計は通常のQSBと同様にクレーンによる一括架設を想定し、架設時に支保工を必要としない活荷重合成構造とした。

*¹生産本部設計部設計2課

*²生産本部設計部設計2課長

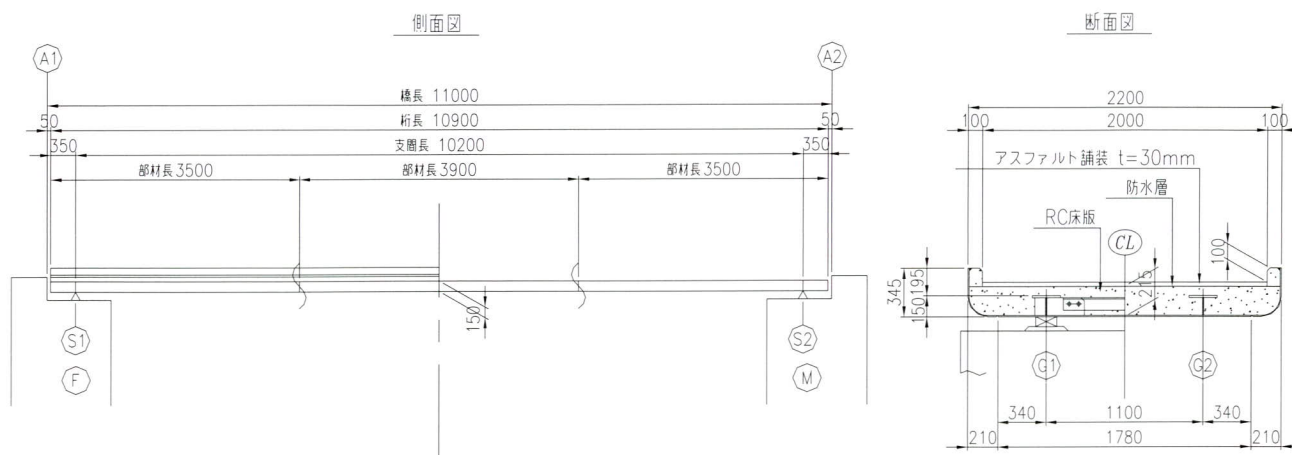


図-1 側面図・断面図

表-1 橋梁概要

| | |
|------|---|
| 施主 | 兵庫県淡路市 |
| 発注者 | (株)芝床建設 |
| 工事場所 | 兵庫県淡路市草香地先(旧一宮町) |
| 形式 | 単純合成床版橋 |
| 荷重 | 群集荷重 (3.5kN/m ²) |
| 橋長 | L = 11.000m |
| 桁長 | L = 10.900m |
| 支間長 | L = 10.200m |
| 構造高 | h = 215mm, (鋼桁: 150mm+かぶり: 65mm) |
| 部材長 | 4.000m以下 (4tトラック) |
| 有効幅員 | 2.000m |
| 斜角 | 90° 00' 00" |
| 平面構成 | R = ∞ |
| 横断勾配 | 無し |
| 縦断勾配 | 無し |
| 舗装 | アスファルト舗装 (t=30mm) |
| 適用基準 | 道路橋示方書・同解説 (H14) 合成床版橋 設計・施工指針 (H10) |

鋼桁の断面形状は下フランジを共有し、2組のウェブと上フランジから構成された逆π型をしている。鋼桁の桁高はフランジウェブのくび溶接、垂直補剛材の取り付け、主桁の添接等の構造的・製作施行性を考慮し、製作可能な高さとして上フランジ上面から、下フランジ下面までの高さを150mmとした。上フランジの幅は200mmであり、これは、上フランジ下側の添接板がウェブと首溶接の脚長をかわし、ボルトの縁端距離を確保できる最低の幅である。鋼桁の受け持つ荷重は合成前の死荷重であること、ウェブ高が低いことより、中間垂直補剛材の無い構造とした。主桁にはコンクリートが充填され、横桁方向もRC構造として期待できるため、設計計算上は鋼材の荷重分配横桁、支点上横桁を必要としない。しかし、輸送・架設時の剛性を考慮し、形状保持材として等辺山形鋼を配置した。

(2) 側板の設計

側板には従来のQSBには無かった2つの改良点がある。1つ目は側板を橋軸方向に短く分割することでキャンバーの不具合を解決した点である。もう1つは鉄筋の設置上の課題を可動式の側板とすることで解決した点である。

本橋では設計条件として、側板に曲面加工を施し、床版橋の断面を船底型とすることが要求された。特に側板に曲げ加工を施す場合、側板の死荷重キャンバーへの影響が顕著となる。すなわち、側板に主桁の応力が伝わると、コンクリート打設時に死荷重の影響を受け、応力に抵抗しきれない側板が面外方向にはらむ可能性がある。これが、側板に曲げ加工がある場合は、曲がった部分がフランジの作用を持ち、構造断面の一部として応力に抵抗し、主構造のキャンバーへ悪影響を及ぼしかねない。従来は、適切な位置にスリットを設けることで解決を図ってきた。

本橋では、側板を1500mmの長さで分割して側板同士の縁を切り、拡大孔を用いた添接板でとめることでコンクリート打設時の荷重に対して自由に動けるような配慮をした(図-2)。さらに、主桁と側板を溶接で一体化せず、取付金具で固定することで、主桁の応力が側板へ伝達することを防ぐことができた。

コンクリート充填タイプを含む、上フランジが床版内に割り込むタイプのQSB¹⁾では床版下側の主鉄筋はウェブの貫通孔を通して設置する必要がある。しかし、この貫通孔の位置は側板よりも低い位置となるため、鉄筋の設置時に側板が障害となっていた。そこで、主桁間の隙間から短い主鉄筋を挿入し、所定の位置へスライドさせ

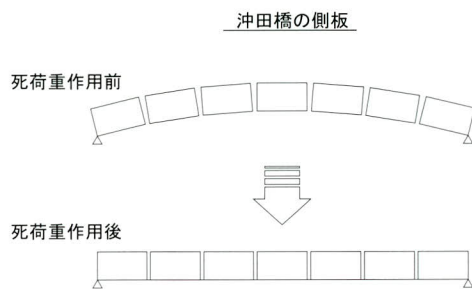
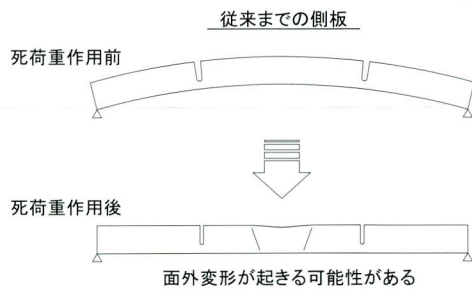


図-2 短く分割した側板

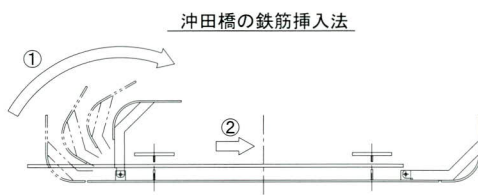
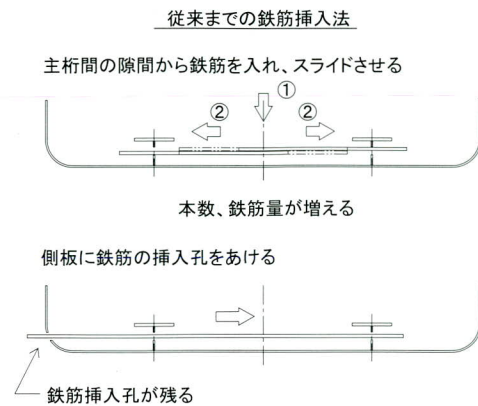


図-3 鉄筋の挿入法

て設置するか、側板にウェブ同様の孔をあけ、その孔から鉄筋を挿入する方法を採っていた。前者は短い鉄筋を継ぐため、本数が増えることと、ラップ長分の鉄筋量が増す問題点があり、後者は施工上の都合で開けた多数の孔が竣工後も残置されるため、見た目に問題がある。

以上の問題を解決するため、沖田橋では側板を可動式とした。取付金具を支点として、スーパーカーのガルウイングのように側板を持ち上げることが出来る構造である。作業員は鉄筋配置時に障害となる側板を持ち上げて鉄筋を挿入する（図-3）。側板1個当たりの重量は50kg程度であり、作業員が1人で押し上げることが可能な重量である（写真-3）。この可動システムは、主構造への溶接量を限りなく減らし側板を固定する方法を考える過程で生まれた構造であり、溶接管理（疲労）の問題と施工上の問題を同時に解決している。

(3) 製作キャンバー

桁高が極端に低く桁の剛性が小さい反面、コンクリートが充填されるため、支間長10.2mに対し、死荷重たわみは140mmもある。この製作キャンバーをどのように付加させるか以下の3案の検討を行った。

① ウェブのジョイントを斜めに加工し、キャンバーを確保し、桁自体には曲げ加工を施さないで済ませる案。

- ② 3ブロックのうち中央の1ブロックのみを曲げ、キャンバーを確保し、曲げ加工は1ブロックで済ませる案。
- ③ 側板の分割間隔で桁を徐々に曲げ、キャンバーを確保する案（従来型）。

最終的に出来形が一番きれいになる③の案を採用した。

また、横断勾配、縦断勾配ともに水平である反面、排水の位置は桁端付近両側に1箇所ずつの計画であった。施工誤差により死荷重キャンバーが計画量より少しでも大きく落ちた場合、支間中央付近に雨水が滞水する可能性がある。そこで、各荷重に対するキャンバーの数値を切り上げ、結果的に10%程度上げ越す計画とした。竣工後のキャンバーは多少残り気味であるが、橋としての使用性は問題無く、狙い通りに施工されたと考えている。



写真-3 可動式の側板

4. 終わりに

(1) 側板と下フランジの間隔

側板と下フランジの間隔は施工誤差を考慮し10mmとした。コンクリートを充填時には耐水テープを用いて、この隙間を止水処理する。仮組み時点では製作誤差はほぼ見られず、耐水テープで止水するには不可能ではないが、多少広すぎるのではないかと考えられる。側板同士の間隔はキャンバーによるずれを考慮し、10mmを基本としているが、この位置の隙間に関してはその限りではない。今後の改善点である。

(2) 可動式の側板

可動式の側板は前記のような利点があるが、製作・施工性は劣ることが実際の製作を通して判った。側板と取付金具をセットして溶接で先付けすれば、別々に製作した部材を後から合せるよりも精度管理を簡略化することが出来る。また、片側だけの側板を可動式とすることで鉄筋の配置は可能である。

(3) 竣工を迎えて

設計計算上に問題がないことには確信があったが、これほどまでに低構造高のQSB（構造高/支間長=1/51）は前例がない事から、実施工では予想もつかないことが起きるのではないかと内心では心配であった。同じく超極薄が特徴の「ipod nano」の厚み/全長が1/13に過ぎないことからその薄さが想像できると思う。特に心配していたキャンバーも無事に収まり、問題なく終れたことで一安心である。また、QSBでこれほどの低構造高を施工したという実績はおおいに意味のあることと考えている。

最後に、本橋を含むQSBの実績表を参考までに掲載する（表一2）。

<参考文献>

- 1) 保呂, 奥村, 佐藤: 合成床版 (QSブリッジ) の紹介, 宮地技報 No.20 2005, pp17 ~ 22, 平成 17年 3月

2005.12.12 受付

表一2 QSブリッジの実績

| 連番 | 橋名 | 橋名 (竣工後) | 型式 | 橋長 (m) | 幅員 (m) | 荷重 | 道路種別 | 鋼重 | 構造高(mm) (支間中央) | 構造高/支間長 | 斜角 | 発注先 | 施工場所 | 竣工年 |
|----|----------|-------------|----|-------------------------|----------------------|----------------|----------------|-------|-------------------|----------------------|-----|----------------|---------|--------------|
| 1 | 展示桁 | | Ω | 18.90 | 3.40 | 群集 | 人道 | 23.9 | 1200 | 1/16 | 90° | 株式会社鐵工所 | 弊社千葉工場 | 昭和62年(1987年) |
| 2 | グリーンパーク橋 | | Ω | 38.10 | 7.00 | TL-20 | 地方道 | 22.1 | 1180 | 1/32 | 68° | 鹿島建設㈱ | 群馬県藤岡市 | 昭和62年(1987年) |
| 3 | 安里橋 | | Ω | 12.60 | 12.00 | TL-20 | 地方道 | 16.0 | 650 | 1/19 | 90° | 沖縄県南部土木事務所 | 沖縄県那覇市 | 昭和63年(1988年) |
| 4 | 運天港橋 | | F1 | 10.50 | 3.50 | TL-20 | 地方道 | 7.0 | 405 | 1/26 | 90° | 沖縄県北部土木事務所 | 沖縄県名護市 | 平成元年(1989年) |
| 5 | 中之橋 | | F1 | 24.30 | 10.00 | TL-20 | 地方道 | 70.0 | 800 | 1/30 | 89° | 沖縄県南部土木事務所 | 沖縄県那覇市 | 平成元年(1989年) |
| 6 | 川倉沢橋 | | F1 | 8.00 | 1.70 | TL-20 | 地方道 | 4.0 | 600 | 1/13 | 90° | 山形県上野土木事務所 | 山形県朝日村 | 平成元年(1989年) |
| 7 | かりゆし橋 | | F2 | 14.00 | 6.00 | TL-14 | 私道 | 13.9 | 495 | 1/28 | 79° | ㈱かりゆし(リゾートホテル) | 沖縄県恩納村 | 平成2年(1990年) |
| 8 | 一ノ橋 | | F1 | 5.50 | 4.50 | TL-20 | 地方道 | 4.0 | 300 | 1/18 | 90° | 京都府福知山土木事務所 | 京都府福知山市 | 平成3年(1991年) |
| 9 | 宮瀬橋 | | F1 | 10.00 | 7.40 | TL-20 | 地方道 | 19.0 | 425 | 1/24 | 45° | 長野県松本市建設事務所 | 長野県松本市 | 平成4年(1992年) |
| 10 | 下安家橋 | | F1 | 6.50 | 7.00 | TL-20 | 地方道 | 8.0 | 350 | 1/19 | 90° | 岩手県久慈土木事務所 | 岩手県久慈市 | 平成4年(1992年) |
| 11 | 木田沢橋 | | F1 | 16.80 | 5.00 | TL-14 | 地方道 | 20.0 | 650 | 1/26 | 78° | 盛岡市役所 | 岩手県盛岡市 | 平成8年(1996年) |
| 12 | 明倫橋 | | F2 | 26.50 | 4.00 | A活 | 人道 | 32.0 | 900 | 1/29 | 90° | 尼崎市役所 | 兵庫県尼崎市 | 平成8年(1996年) |
| 13 | 木津橋 | | F2 | 32.70 | 16.50 | B活 | 国道 | 149.0 | 1024 | 1/32 | 60° | 京都府峰山土木事務所 | 京都府京丹後市 | 平成9年(1997年) |
| 14 | 大池川橋 | | F1 | 6.70 | 87.00 | TL-25 | 国道 | 82.0 | 350 | 1/19 | 90° | 愛媛県宇和島地方局 | 愛媛県宇和島市 | 平成10年(1998年) |
| 15 | 八代橋 | | F2 | 32.60 | 9.50 | B活 | 地方道 | 90.0 | 1200 | 1/27 | 63° | 山梨県石和土木事務所 | 山梨県笛吹市 | 平成10年(1998年) |
| 16 | 亀岡市公園橋 | | F1 | 5.70 | 16.00 | B活 | 地方道 | 16.0 | 350 | 1/16 | バチ | 亀岡市役所 | 京都府亀岡市 | 平成10年(1998年) |
| 17 | 金桜橋 | | F2 | 34.00 | 16.00 | A活 | 地方道 | 147.0 | 1200 | 1/28 | 80° | 福岡市城南區役所 | 福岡県福岡市 | 平成10年(1998年) |
| 18 | 堂前橋 | | F2 | 24.30 | 4.00 | A活 | 地方道 | 28.0 | 800 | 1/30 | 90° | 滋賀県長浜土木事務所 | 滋賀県長浜市 | 平成9年(1997年) |
| 19 | 鶴川1号橋 | 元利橋 | F1 | 10.60 | 7.00 | B活 | 地方道 | 19.0 | 450 | 1/24 | 84° | 京都府大宮町役場 | 京都府大宮町 | 平成11年(1999年) |
| 20 | 百道浜歩道橋 | | F2 | 18.00 18.00 17.40 | 2.00 2.00 3.00 | 群集 群集 群集 | 人道 人道 人道 | 35.0 | 450 | 1/40 1/40 1/39 | 90° | 福岡北九州高速道路公社 | 福岡県福岡市 | 平成11年(1999年) |
| 21 | 西堀新橋 | 大手中央橋 | F2 | 25.00 | 20.00 | B活 | 地方道 | 93.0 | 817 | 1/31 | 72° | 松本市役所 | 長野県松本市 | 平成11年(1999年) |
| 22 | 梅田人道橋 | | F2 | 30.60 | 2.00 | A活 | 人道 | 19.0 | 800 | 1/38 | 90° | 春日部市役所 | 埼玉県春日部市 | 平成11年(1999年) |
| 23 | 中之川橋 | 亀之橋 | F1 | 12.70 | 5.70 | A活 | 地方道 | 18.0 | 450 | 1/28 | 90° | 伊予三島市役所 | 愛媛県伊予三島 | 平成12年(2000年) |
| 24 | 柳橋 | | F2 | 21.90 | 11.00 | A活 | 地方道 | 68.9 | 869 | 1/25 | 88° | 北海道静内町 | 北海道静内町 | 平成13年(2001年) |
| 25 | 上谷津橋 | | F1 | 9.20 | 7.20 | A活 | 地方道 | 11.9 | 400 | 1/23 | 90° | 埼玉県和光市 | 埼玉県和光市 | 平成13年(2001年) |
| 26 | 中井出川橋 | 鐘場橋 | F1 | 10.40 | 50.20 | B活 | 国道 | 133.2 | 350 | 1/30 | 90° | 愛媛県今治地方局 | 今治市鐘場町 | 平成15年(2003年) |
| 27 | 日の出橋 | | F1 | 8.70 | 7.00 | A活 | 地方道 | 12.0 | 399 | 1/22 | 86° | 埼玉県和光市 | 埼玉県和光市 | 平成15年(2003年) |
| 28 | 伊勢町歩道橋 | | F2 | 25.00 | 3.40 | 群集 | 人道 | 20.0 | 600 | 1/42 | 60° | 長野県須坂建設事務所 | 長野県小布施町 | 平成15年(2003年) |
| 29 | 御手洗橋 | | F2 | 20.00 | 4.00 | A活 | 地方道 | 22.0 | 674 | 1/30 | 85° | 愛媛県 | 北宇和郡津島町 | 平成16年(2004年) |
| 30 | 沖田橋 | | F1 | 11.0 | 2.2 | 群集 | 人道 | 3.0 | 215 | 1/51 | 90° | ㈱芝床建設(兵庫県淡路市) | 兵庫県淡路市 | 平成17年(2005年) |
| 31 | 水無橋 | | F2 | 37.10 | 7.20 | A活 | 地方道 | 98.0 | 930 | 1/40 | 90° | 渋谷区役所 | 東京都渋谷区 | 施工中 |

注) F1: コンクリート充填タイプ、F2: 硬質ウレタン充填タイプ