

「赤倉温泉ゆけむり橋」の施工 — 超高強度繊維補強コンクリートを使用した PC 歩道橋 —

細谷 学*1・武者 浩透*2・安部 吉広*3・信夫 榮*4

1. はじめに

「赤倉温泉ゆけむり橋」は、山形県最上町の赤倉温泉地区を流れる最上小国川に架かる歩道橋である。赤倉温泉は、太平洋と日本海のはぼ中央に位置し（図 - 1）、新庄から古川を結ぶ陸羽東線、通称「奥の細道湯けむりライン」の沿線に鳴子温泉に並んである温泉の1つであり、その昔俳聖松尾芭蕉が「奥の細道」紀行で通ったと伝えられている。

この赤倉温泉地区は、最上小国川の流下断面が小さいため毎年のように洪水被害に悩まされてきたが、川沿いに温泉旅館が建ち並んでいることや、河床や護岸を掘削した場合に温泉源泉の湧出量が低下する可能性があることから、これまで十分な治水対策が講じられていなかった。そのため、平成 14 年度から 3 カ年計画で暫定河川改修事業が着手されることとなったが、これまで使用していた橋はその老朽化が進んでおり、桁下のレベルが計画高水位とのクリアランスも満足していないため、約 100 m 上流部に本橋を新設することとなった。

本橋梁には、超高強度繊維補強コンクリートの一種であり、圧縮強度 200 N/mm² を有する「ダクトル」が用いられている。この超高強度繊維補強コンクリートを使用した PC 橋梁としては、2002 年 10 月に同じ山形県の酒田市に架設された「酒田みらい橋」に次いで日本で 2 番目となる^{1)~3)}。

本橋の架設には、プレキャストセグメント工法を採用している。また、本橋が温泉街の中に位置するため、架設ヤードに進入する際の道路幅が狭く、箱桁断面のままではプレキャストブロックを搬入できないという制約より、箱桁断面を上床版と「ウェブ+下床版」からなる U 形桁に上下分離して架設を行う工法を採用した。

赤倉温泉地区に隣接するスキー場が、2004 年 2 月に開催された山形もがみ国体の会場となっており、赤倉温泉街が宿泊施設として用いられることから、2003 年 9 月の発注から約 3.5 ヶ月間という工期で完成させることが要求され、工期的には厳しい工事となった。プレキャストブロックは、全て工場で製作し、現地での架設作業は約 2 ヶ月の短期間で完了することができ、2004 年 1 月初めに竣工している（写真 - 1）。本稿では、主に本橋の施工について報告する。

2. 橋梁概要

2.1 構造形式の選定



図 - 1 施工位置図

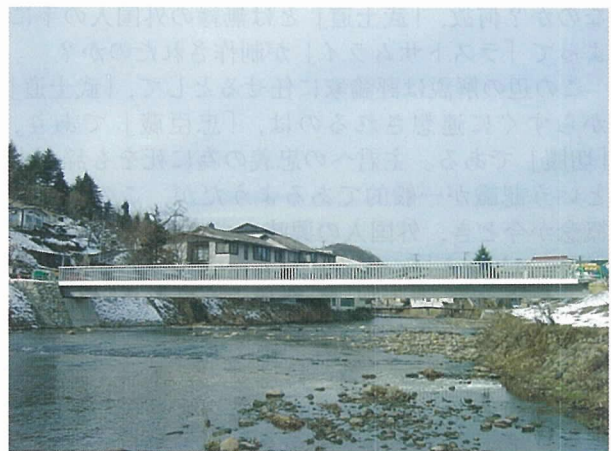


写真 - 1 赤倉温泉ゆけむり橋

表 - 1 橋梁諸元

| 橋種 | PC 歩道橋（超高強度繊維補強コンクリート使用） |
|------|--------------------------|
| 構造形式 | 単径間 PC 箱桁橋（全外ケーブル方式） |
| 施工方法 | プレキャストセグメント工法 |
| 桁長 | 36.340 m（支間長：35.300 m） |
| 幅員 | 総幅員 3.5 m 有効幅員 3.0 m |
| 桁高 | 0.95 m |
| 支承構造 | ゴム支承 |

表 - 1 に橋梁諸元を、図 - 2 に構造一般図を示す。構造形式は、単径間 PC 箱桁橋で、全外ケーブル方式である。桁長は 36.34 m（支間長は 35.3 m）、有効幅員は 3.0 m である。

*1 Manabu HOSOTANI：大成建設(株) 土木設計部 橋梁技術設計室 課長代理

*2 Hiroyuki MUSYA：大成建設(株) 技術センターダクトル事業推進室 課長

*3 Yoshihiro ABE：(財)ダム技術センター（前山形県最上総合支庁建設部 河川砂防課）

*4 Sakae SHINOBU：山形県最上総合支庁建設部 河川砂防課 河川整備主幹

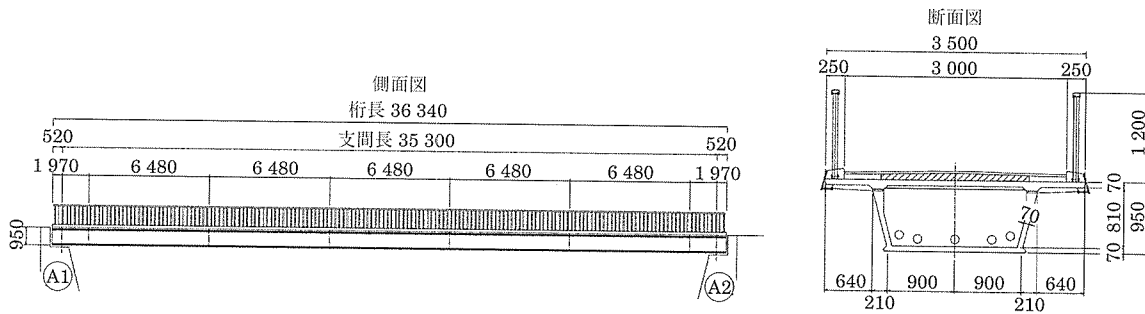


図-2 構造一般図

構造形式の選定に際しては、以下に示す架設地点の厳しい制約条件をクリアすることが大きな課題であった。

① 河川内に橋脚を設置できない

赤倉温泉は特定の源泉をもたず、各旅館がその地下におおのの源泉を有している。各旅館で泉質は異なり、観光者は泊まる施設によってさまざまな温泉を楽しむ。そのため、温泉街の中心を流れる最上小国川の河床下には、温泉脈が流れており、設置によって温泉の湧出に悪影響が考えられる橋脚は設置できない。実際、河川敷内に40℃に近い温泉が湧出している箇所があった。

② 上部工重量を極力軽くする必要がある

上記と同様の理由で、下部工についても杭形式ではなく重力式を採用し、しかも接地反力を小さくする必要があることから、上部工重量の大幅低減化が望まれた。

③ 端部の桁高を低く抑える必要がある

橋に隣接する温泉旅館の地盤高に橋面レベルを合わせるとともに、計画高水位とのクリアランスを確保するために、端部の桁高を95cmに抑える必要があった。

④ 小分割で部材を搬入する必要がある

温泉街の道幅の狭い道路を用いて部材を搬入するために、プレキャスト部材をできるだけ小分割する必要があった。

⑤ 大型重機が使用できない

河床下の源泉脈および搬入道路の制約から、大型重機が使用できない。

⑥ 景観に配慮した形状が求められる

温泉街の中に架けられる橋であるため、重厚なイメージではないデザインとしたいとの要望があった。

これらの条件を踏まえて、PCホローやプレブーム桁が検討されたが、支間長が35.3mと長い上に桁高制限があるため、自重が320t前後と重くなり大型重機の使用が不可欠であり、また中央部の桁高が1.5m程度と景観に対しても問題があった。

そのため、上記制約条件をすべての点において克服するために超高強度繊維補強コンクリートを採用した。

2.2 橋梁概要

設計基準強度180N/mm²の超高強度繊維補強コンクリートを使用することにより、上床版、下床版、ウェブともに部材厚は7cmという薄さを実現している(写真-2)。また、桁高は等桁高で95cmとすることができ、桁高/スパン比

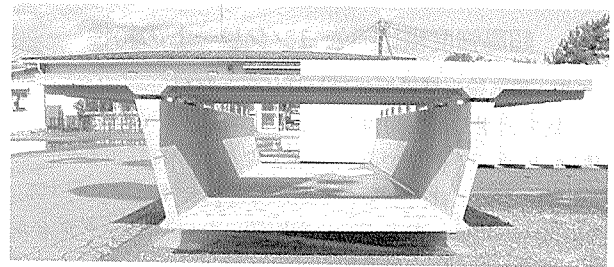


写真-2 部材断面

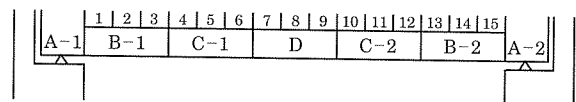


図-3 ブロックの分割

が約1/40と、従来のコンクリート橋に比べて非常にスレンダーな形状となった。また、洪水時の流下能力を低減させないために必要な桁下クリアランスを確保するとともに、景観面にも配慮した設計となっている。さらに、部材厚が薄くなったことにより、橋躯体の重量が65tと従来のコンクリート橋の約1/5の重量と大幅に軽量化されている。

ブロックの分割を図-3に示す。橋軸方向には、端部ブロック(桁長1,970mm)が2個および径間部ブロック(桁長6,480mm)が5個の合計7ブロックに分割している。写真-2に示すように、径間部ブロックは、上床版とU形桁(上床版+ウェブ)に上下分離した構造とし、1ブロックのU形桁に対して上床版は3ブロックずつ配置し、合計15ブロックに分割している。この分割によりU形桁ブロックは幅2.22mとなり、約6.5mのブロック長としても容易にトラック運搬が可能となった。また、床版は幅が3.5mであるが橋軸方向の長さを2.13mとし、重ね積みが可能なため、トラックによる一括搬入が可能となった。端部ブロックの上床版とU形桁部は一体構造とし、外ケーブル方式スパンケーブルの定着部を兼ねた端部横桁のある充実断面となっている。

橋軸方向のブロックは、ブロック継目に超高強度繊維補強コンクリートを現場打設した後、スパンケーブルにてプレストレスを導入して接合するウエットジョイント方式とし、また上床版とU形桁は、孔あき鋼板ジベル(以下、PBLと称する)に超高強度繊維補強コンクリートを現場打設することによって接合している。



写真-3 ダクタルの材料

3. 超高強度繊維補強コンクリートの特性

3.1 超高強度繊維補強コンクリート材料

本橋で使用する超高強度繊維補強コンクリートには、「酒田みらい橋」でも用いられた「ダクトル」を採用した。ここでは、本橋で使ったダクタルの性状を簡単に説明する。詳細については、参考文献を参照願いたい^{1)~3)}。ダクトルは、セメント、反応性微粉末（シリカヒュームなど）、珪砂等があらかじめ配合された「プレミックス」と鋼繊維、高性能減水剤および水を練り混ぜることによって製造される（写真-3）。粗骨材は一切含んでいない。また、高強度鋼繊維（ ϕ 0.2 mm, 長さ $L = 15$ mm）が容積比で2%配合されているので、鉄筋は使用しない。

3.2 材料特性

水セメント比が約22%と水和反応限界付近の水分しか配合しておらず、生成物中の空隙を極限にまで抑えた最密充填のため、高い粘性があり、練混ぜ時にミキサーに負荷がかかる上、10分程度の練混ぜ時間が必要となる。しかし、練混ぜ後半に流動化し始めると、練上がり完了時のモルタルフロー値で200~300mm程度を得ることができるため、高い自己充填性を有し、締固め不要である。また、フロー値の保持時間は2時間程度であり、その間は打設可能である。また、専用の減水剤を多量に使用しているため、凝結時間が18~20時間と長い。打設後の養生は常温で48時間（1次養生）、その後、90℃の蒸気養生を48時間（2次養生）実施するのが基本であり、蒸気養生後には200 N/mm²の強度を得ることができる。

ダクタルの力学的特性（2次養生後）は以下のとおりである。

- ・圧縮強度：200 N/mm²（ ϕ 10 cm × 20 cm 供試体による）
- ・曲げ強度：45 N/mm²（4 cm × 4 cm × 16 cm 供試体による）
- ・引張強度：9 N/mm²
- ・せん断強度：25 N/mm²

また、耐久性状（2次養生後）は以下のとおりである。

- ・耐摩耗性：普通コンクリートの2~3倍
- ・凍結融解抵抗性：きわめて良好

JIS A 6204 付属書2に準拠した200サイクルの繰返し後、質量変化なし

- ・乾燥収縮：50 μ m/m（普通コンクリートの1/10以下）
- ・クリープ係数：0.4

4. 孔あき鋼板ジベルの耐荷照査

4.1 孔あき鋼板ジベルの採用

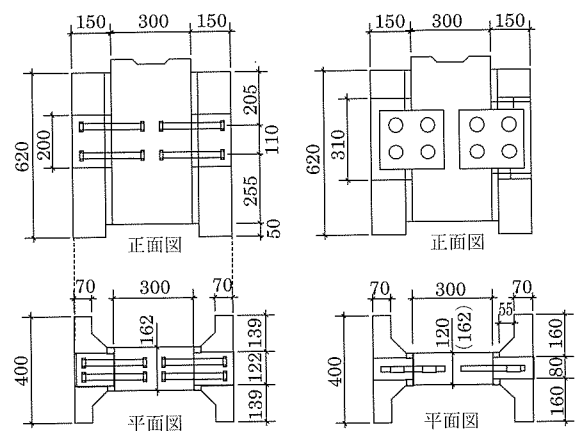
本橋で採用した上下分離架設方式は、PC床版と鋼製1桁との合成桁におけるスタッド接合構造の考え方を、ダクタルの床版と桁に応用したものである。さらに、横方向やねじれの剛性を高めるために桁形状をU形として、合成後にボックス断面となるように設計されている。この上床版とU形桁との接合鋼材は、コンクリートである桁上部に埋め込む必要があることから、元設計においてはスタッドではなく、同等の強度を有するアンカーボルトで設計されていた。このアンカーボルト接合は、道路橋示方書におけるスタッドのずれ止めに準じて設計され、十分な耐力があり問題は無いことが確認されている。しかしながら、この設計手法は設計基準強度が60 N/mm²程度までのコンクリートを前提としているため、200 N/mm²を超える強度を有するダクトルに適用した場合、相対的にアンカーボルトの強度が弱く、両者のバランスが取れていない。そのため、ダクトルが有する高い材料強度とのバランスが取れる構造として、PBLによる接合を開発し、その耐荷性能を実験により確認した。

4.2 実験概要

表-2に実験ケースを、図-4に試験体の構造図を示す。アンカーボルト接合のケースは、間詰め材料に一般的な無収縮モルタルを用いた場合と、ダクトルを用いた場合の2ケースを実施した。また、PBL接合では、間詰めダクトルを用い、ウェブ厚が162mmと120mmの2ケースを実施した。通常PBL接合では、ジベルの孔部分に貫通鉄筋を配置して接合性能を高めているが、ダクトルにおいては桁および床版に鉄筋は使用しておらず、また配合されている鋼繊維にその補強効果を期待できることから、鉄筋は配置

表-2 実験ケース

| 実験ケース | 接合方法 | 間詰め材料 | ウェブ厚 (mm) |
|----------|------|---------|-----------|
| CASE 1-1 | アンカー | 無収縮モルタル | 162 |
| CASE 1-2 | アンカー | ダクトル | 162 |
| CASE 2-1 | PBL | ダクトル | 162 |
| CASE 2-2 | PBL | ダクトル | 120 |



CASE 1-1 および 1-2

CASE 2-1 および 2-2

図-4 接合構造試験体

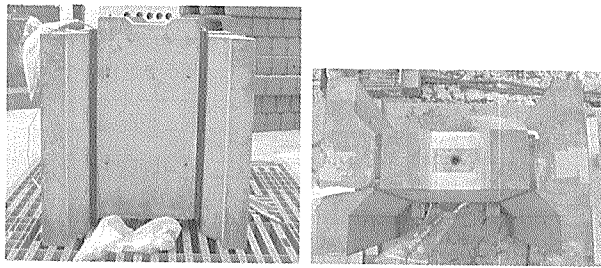


写真-4 実験体

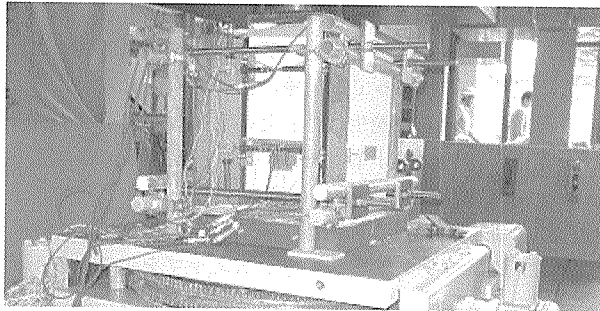


写真-5 荷重実験状況

していない。実験体は荷重の都合上、ウェブの両側に床版を接合する形状とし、上方からウェブ部に荷重することによりウェブと床版との間にせん断力を生じさせた。

実験時の各部材の強度は、床版およびウェブ（ダクトル）が 198 N/mm²、間詰め部の無収縮モルタルが 91 N/mm²、間詰め部のダクトルが 114 N/mm² である。無収縮モルタルの強度が高いのは、ダクトルの強度に合わせて高強度タイプのものを用いており、間詰め部のダクトル強度が比較的低いのは、蒸気養生を施さない現場打設の状況を設定したためである。

4.3 実験結果

表-3 に耐力と破壊形態を、図-5 に荷重-変位曲線を示す。CASE1-1 では強度バランスから、まず間詰め部のモ

表-3 耐力と破壊形態

| 実験ケース | ウェブ厚(mm) | 耐力(kN) | 破壊形態 |
|----------|----------|-------------|--------------------|
| CASE 1-1 | 162 | 920 (460) | 間詰め部とアンカーのせん断破壊 |
| CASE 1-2 | 162 | 1 020 (510) | アンカーのせん断破壊 |
| CASE 2-1 | 162 | 1 607 (803) | Web 部材のジベル近傍のせん断破壊 |
| CASE 2-2 | 120 | 1 418 (709) | Web 部材のジベル近傍のせん断破壊 |

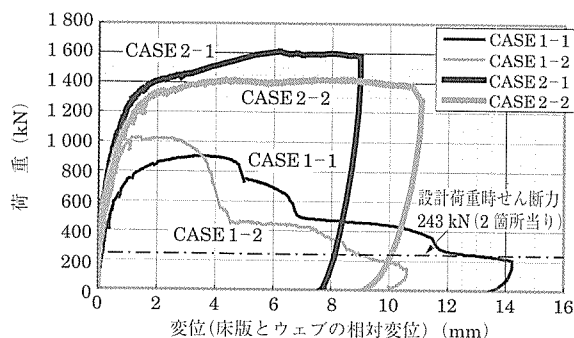


図-5 荷重-変位図

ルタルが破壊し、その後にアンカーボルトが降伏して変形が大きくなっている。そのため、耐力は4ケース中で一番低いですが、最終変形は大きくなっている。CASE1-2では間詰め部にダクトルを用いていることから、間詰め部が破壊することなく、床版とウェブの境界部でアンカーボルトがせん断により降伏して終局を迎えている。一方、CASE2-1および2-2では、ダクトルとPBLの強度バランスが取れており、アンカーボルト接合の1.5~1.7倍の耐力を示した。その荷重過程において、設計せん断力 242 kN (2箇所あたり) の4倍にあたる 950 kN で、ウェブに 0.05 mm 程度の微細なクラックが生じ、その後荷重を続けるに伴って、クラックが分散して発生した。その際の特徴的な点は、ダクトルは多量の高張力鋼繊維で補強されているため、荷重時にクラックが生じても鋼繊維の架橋効果によりその幅は増大せず、微細なクラックが分散して入ることである。これは桁の曲げ実験でも同様の結果が得られ、ひび割れ幅が増大するのは終局破壊が近くなってからである場合が多い。このCASE2-1および2-2ではクラック幅の増大にまでいたっていないが、試験の安全のため途中で除荷している。

4.4 実験のまとめ

本実験により、ダクトルの桁と床版の接合にPBLを用い、その間詰め部にもダクトルを使用することにより、より高い耐荷性能をもつことが立証された。そしてこのPBL接合の採用により、本橋を高耐力でバランスの良い橋とすることができた。今後は、PBLの板厚や孔径、配置等の検討・実験を追加して実施し、その設計式の提案を行う予定である。

5. 施工

5.1 概要

表-4 に全体工程を示す。本橋の施工は、まずプレキャストブロックを工場製作し、同時に、現地では橋台施工および架設地点の支保工設置を行った。現地へはまずU形桁のみを搬入し、クローラークレーンで支保工上に架設した。ブロック継目部をダクトルにて間詰めし、約1週間の保温養生を行った後、5本のうち3本のケーブルのみ緊張を行った(1次緊張)。この時点で支保工をダウンさせ、U形桁の単純梁構造を成立させた。その後、上床版ブロックを搬入し、U形桁上に架設していった。上床版を設置した後、上床版とウェブ天端、上床版間の間詰め部にダクトルを打設し、再び約1週間の保温養生をした後、残りのケーブルの緊張を行った(2次緊張)。

5.2 プレキャストブロックの製作

図-6 にプレキャストブロックの製作フローを示す。ダクトルプレキャストブロックの製作は、酒田市にあるコンクリート2次製品製造プラントにて行った。ダクトルの設計基準強度は 180 N/mm² であり、配合はダクトル 1 m³ あたり、プレミックスタイプの粉体が 2 254 kg、水 175 kg、鋼繊維 157 kg、高性能減水剤 24 kg である。型枠には木製型枠を使用した。ダクトルは高流動であり、凝結開始も非常に遅いため、型枠の計画時には液圧として考慮する必要が

表 - 4 全体工程

| 項目 | 主要工程 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|-------|----------------------|----|-----|-----|-----|
| 主桁製作工 | プレキャストブロック工場製作 | | | | |
| ヤード整備 | 支保工設置 | | | | |
| | 主桁架設・ウエットジョイント打設・養生 | | | | |
| 桁架設工 | 上床版架設・ウエットジョイント打設・養生 | | | | |
| PC工 | 緊張工・グラウト工 | | | | |
| | 支承設置 | | | | |
| 付属物工 | 地覆・高欄設置 | | | | |
| 復旧工 | 支保工・足場解体 | | | | |

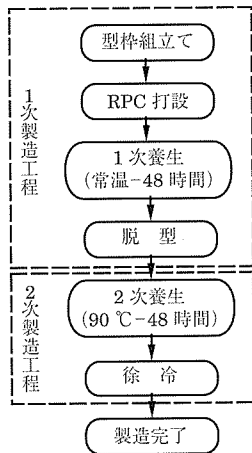


図 - 6 プレキャストブロックの製造フロー

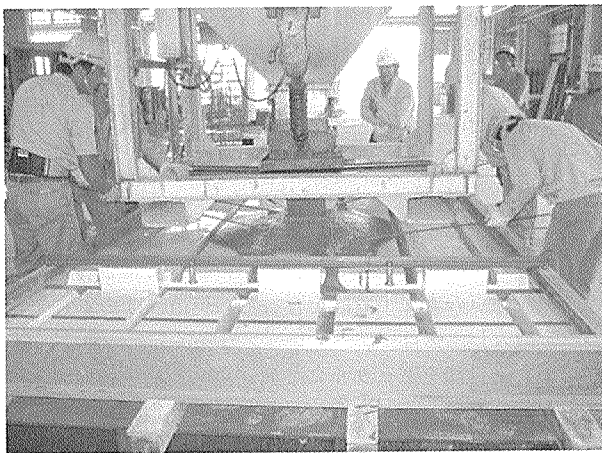


写真 - 6 上床版の打設状況

ある。U形桁の内側部分を浮枠とすると、非常に堅固な補強が必要となり、鋼製の型枠が必要となる。このため、U形桁を反転して下床版の底面より打設を行うこととした。また、型枠の精度が悪いとわずかな隙間からダクトが漏れ出すため、型枠組立ては許容誤差を1mmとした。打設はトレミー管を用いるが、ウェブ厚が7cmと非常に薄いため、そのウェブに挿入でき得る薄型のトレミー管を製作し、管先をダクト内に挿入しながら打ち上げた。上床版も木製の型枠を用いたが(写真-6)、ダクトは他の粉体系の高強度コンクリートと同様に自己収縮量が大いため、その収縮に伴うクラックが生じないように改良がなされている。上床版の打設は床版中央から行ったが、リブやPBL結

合用の箱抜き、各種の埋め込みアンカー等が配置されているため、それらによって鋼繊維の偏在等が生じないように打設を行っている。養生は、1次養生として常温で湿潤状態を保ちながらシート養生を48時間、脱型後に2次養生として90℃の蒸気養生を48時間行った。

5.3 U形ブロックの架設

図-7にブロック架設時の施工ステップを示す。U形桁架設後の1次緊張により単純桁構造が成立するため、支保工は基本的にU形桁の重量が支持できれば良い。このため支保工は、写真-7のように四角支柱で支持したH形鋼(H-350)を橋軸方向に2列配置し、ブロック継目の部分には橋軸直角方向にH形鋼(H-200~H-350)を配置するだけの簡易な構造とすることができた。

工場より搬入したU形桁ブロック(写真-8)は、1ブロックあたりの重量が約5t(径間部)および約8.5t(端部ブ

step 1 支保工設置



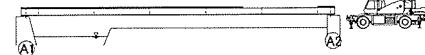
step 2 U形ブロック設置
1次ウエットジョイント打設
1次養生



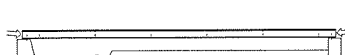
step 3 1次緊張(3本緊張)
支保工ダウン



step 4 上床版ブロック設置
2次ウエットジョイント打設
2次養生



step 5 2次緊張(2本緊張)



step 6 橋面工
付属物設置



図 - 7 ブロック架設時の施工ステップ



写真-7 四角支柱とH形鋼による支保工

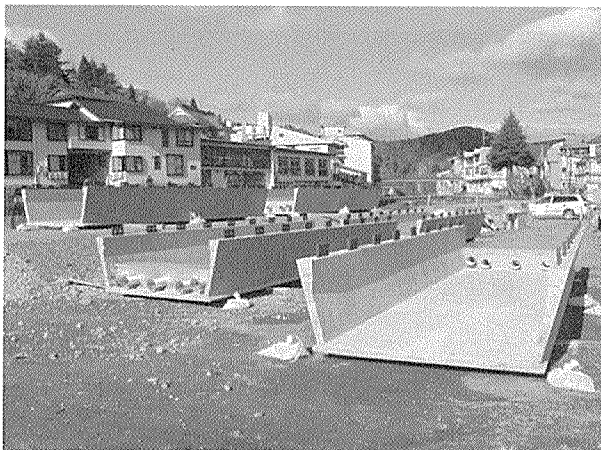


写真-8 U形桁ブロック搬入状況

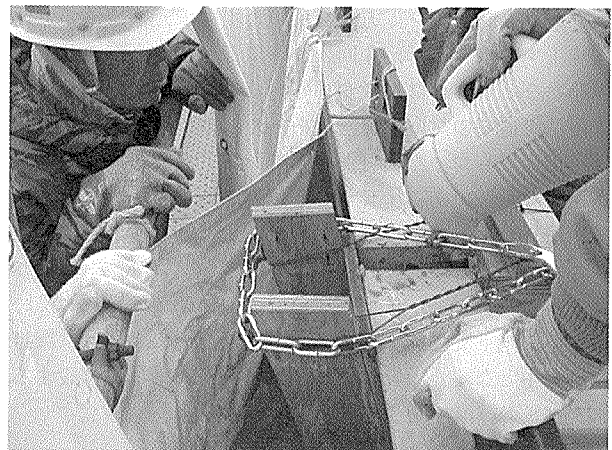


写真-10 1次ウエットジョイント施工状況

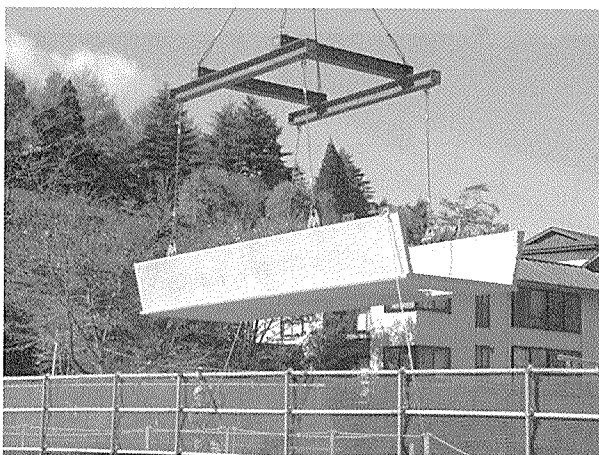


写真-9 U形桁の架設状況

ロック) であり、80tクローラークレーンにて設置した。PBLを吊り金具として使用するため、ジベルに曲げが生じないように、H形鋼で吊り治具を製作して4点吊りとした(写真-9)。

架設はH形鋼の架設桁にU形桁を設置してだけであり、ブロックも軽量でハンドリングが良いことから、7ブロックの設置に要した時間はわずか3時間であった。また、

支保工が非常に軽微であり、重機も比較的小型のもので対応できたため、河床下の源泉脈に与える影響は見られなかった。

5.4 1次ウエットジョイントの施工

各ブロック継目は、間詰めとしてダクトルを場所打ちするウエットジョイント(隙間3cm程度)方式とした。本橋の場合、ブロック継目はフルプレストレスで設計されており、ウエットジョイントには圧縮力しか作用しない。このため充填性を重視して、鋼繊維の量は容積比の1.0%、フロー値は大きめの280mm±10で管理した。ダクトルは自己充填性があるため、写真-10のように、片方のウェブ上方から一方向に流し込んで打設したが、下床版の上面には押え型枠として透明型枠を貼り付け、充填状況を目視で確認している。

ウエットジョイント打設後に、ケーブル緊張後に必要な強度の発現を待ってPCケーブルに1次緊張を行うが、山形県の間山部で11月下旬という状況のため、保温養生が必要であった。1次緊張時に必要となる142.9N/mm²を発現させるためには、現場で実施可能な保温設備から判断すると、40℃以上の状態を1週間保つ必要があった。そのため、ウエットジョイント部分をシートで囲い、そこにコンクリート養生用温風器で約60℃の温風を、昼夜を通して送風した。さらに、U形桁全体をシートで覆い、部材内部の温度勾配を20度以内にすることにより、温度差によるクラックの発生を防止した(写真-11)。計算上は上記の養生で十分であるが、端部ブロックの継目はPC定着部に近いことから、圧縮応力が拡散伝達する途中で応力が集中することに配慮し、強度発現を確実にするために電熱シートを用いた。現場は、最低気温が0℃近くまで低下するため、万一、養生用温風器が停止した場合には急激に温度が低下し、クラック発生の要因となる可能性がある。このため、シート内に温度センサーを配置して、夜間も定期的に温度状況を確認することにより、つねにシート内が40℃以上に保たれるように管理を行った。養生開始から4日後でダクトルの強度は150N/mm²を越え、緊張に必要な強度を確保することができた。

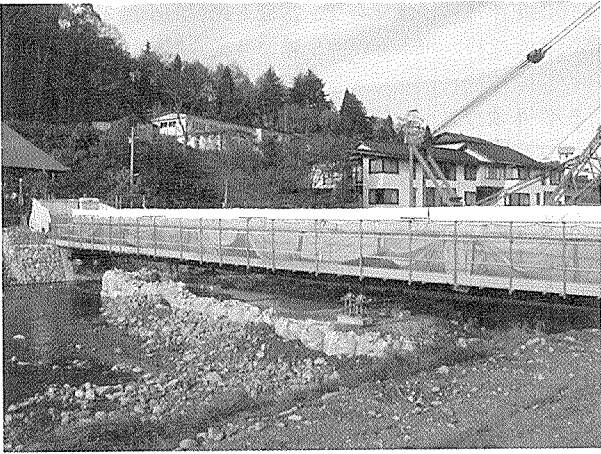


写真 - 11 1次養生状況

ウェットジョイント方式を用いた場合で、寒冷地で冬期に施工する場合には、今回のようにジョイント部の養生が課題となる。本橋は規模が小さいために、シート養生と養生用温風器での対応が可能であった。規模が大きい場合には、工程をも含めた検討が必要である。ただし、施工場所が温暖な地域である場合や冬期以外の施工の場合には、比較的簡易な方法での養生が可能である。同じ山形県に施工された酒田みらい橋では、ウェットジョイントの施工が8月であったために、打設からPCケーブルの緊張までは、単なるシート養生で十分であった。ただその場合には、打設が暑中となるために、ウェットジョイント部に打設するダクトルの練混ぜ温度を下げる対処が必要であった。

5.5 1次緊張

スパンケーブルは、写真 - 12 のように全部で5本配置しているが、U形桁および後から設置する上床版の自重を支持するのに必要な3本を緊張した(1次緊張)。ケーブルは19S15.2Bを使用している。緊張による偏応力を防ぐため、緊張ジャッキを2台使用して、まず左右2本を均等に緊張した後、センターの1本を緊張した。主ケーブルがほぼ直線配置であり摩擦による損失が少ないこと、片側しか緊張スペースが確保できないことから、片引きによる緊張を行った。外ケーブルであるため、圧力と伸び量による緊張管

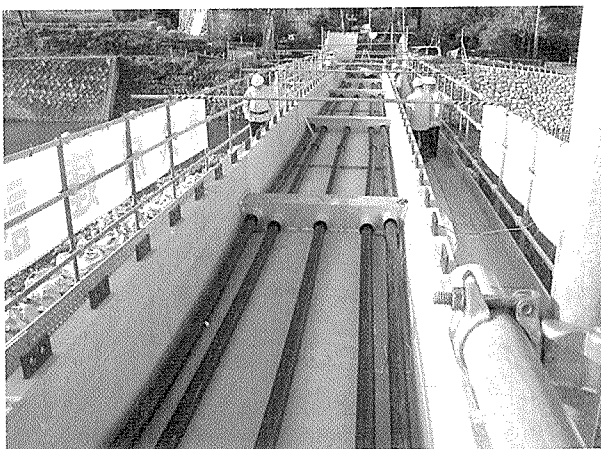


写真 - 12 外ケーブルの配置状況

理を行った。緊張力は圧力計の示度が5 N/mm²(ケーブル張力約350 kN/本)ごとに、ウェットジョイント・マンホール・端横桁などの変状が無いこと、桁の鉛直方向および水平方向の変位等を確認しながら、次第に緊張力を上げていった。最終的に約2800 kN/本の緊張力を与えた。

緊張完了後に支保工をダウンさせ、この時点でU形桁の単純梁構造となった。

5.6 上床版ブロック架設

上床版ブロックの設置状況を写真 - 13 に示す。上床版1ブロックの重量は約1.5 tであり、U形桁と同じ80 tクローラークレーンにより架設した。上床版とU形桁の接合はPBLにより一体化を図っている。PBLは上床版1ブロックにつき、左右3箇所ずつ、合計6箇所設置されている。上床版には箱抜きがされており、ここにウェブ天端に設置したPBLを差し込むように架設していった。

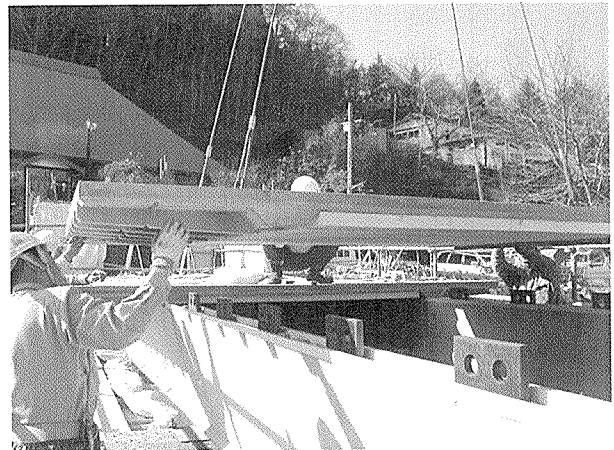


写真 - 13 上床版の架設状況

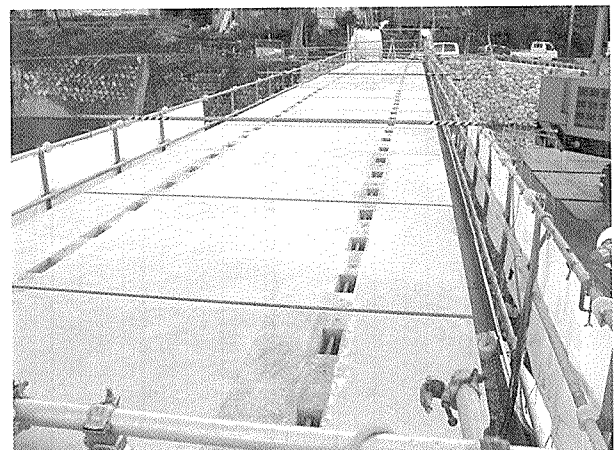


写真 - 14 上床版設置完了

5.7 2次ウェットジョイントの施工

架設が終了した後、上床版の箱抜き部分にダクトルを流し込んで充填した。さらに、上床版と上床版の継目、上床版とウェブ天端の隙間にも同時にダクトルを充填した。この打設作業に要したダクトルは約630リットルであり、ダクトルの現場打設としては量が多いが、100リットルミキ

サーと 50 リットルミキサーを併用して練混ぜを行い、1 日で打設を完了した。上床版と U 形桁は、設計上、PBL のみで一体化されている。したがって、PBL に作用する力を考慮して、ダクトルには本体と同じ容積比 2% の鋼繊維を配合した。打設後、再び桁全体をシートで覆い、コンクリート養生用温風器を用いて、40℃以上で 1 週間の保温養生を行った。温度管理は 1 次ウエットジョイント施工と同様に行った。

2 次緊張により桁中央部が持ち上げられ、その変形により上床版と U 形桁の間にせん断力が生じるが、PBL 接合部はそのせん断力を負担する。そのため、ダクトルの強度が 2 次緊張時に必要な 104 N/mm² が発現したのを確認した後、シート内の温度を徐々に常温に下げていき、シート養生を撤去した。

5.8 2 次緊張

橋面工、活荷重および温度、雪などの荷重に対して、残り 2 本のケーブルを緊張した (2 次緊張)。2 次緊張は、1 次緊張と同様に 2 台のジャッキを同時に用いて行い、圧力計の示度で 5 N/mm² 上げるごとに、桁の鉛直方向および水平方向の変位、桁各部の変状が無いことなどを確認した。

2 次緊張の後、5 本のケーブルすべてに対して、グラウトを行った。1 次緊張および 2 次緊張による桁の短縮が約 30 mm 生じるため、グラウトの養生が完了した後、A 2 側(可動側)の桁をジャッキアップしてゴム支承のひずみを除去した。

5.9 橋面工

橋面工として、地覆工、鋼製高欄工、舗装工などを行った。高欄はアルミ製で、全体的な連続性を保持するために無支柱方式となっている (写真 - 15)。トップレールは歩道橋のスケールに合わせて幅 100 mm と細く、バラストも橋軸方向に対して正方形を 45 度回転させた配置になっており、陰影を綺麗に見せる工夫をしている。また、上床版

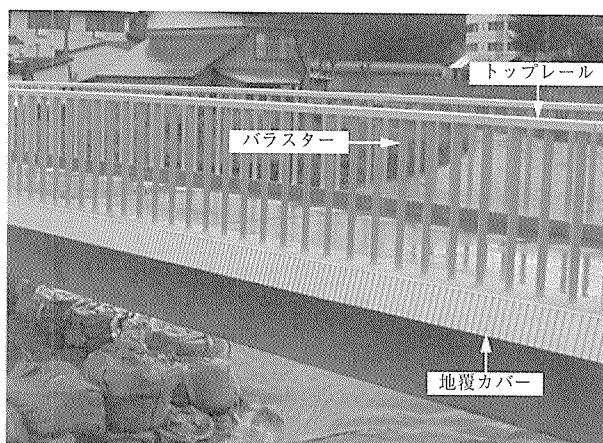


写真 - 15 鋼製高欄および地覆カバーの設置

の側面にはアルミ製の地覆カバーを取り付け、上床版のリップ、上床版および地覆の打継目を隠すことにより、視覚上の連続性を確保することができ、景観に配慮したすっきりとしたデザインに仕上がっている。

6. おわりに

超高強度繊維補強コンクリートを用いた橋梁は、部材厚を薄くできるため従来のコンクリート橋に比べて軽量であるが、上床版と桁を分離することにより、さらに支保工を簡素化することができた。また、今回のように、搬入路が狭く大型車の進入ができないような場所にも対応できること、また、架設用のクレーンが小さくてすむことなど、施工性の向上を図ることができた。本橋が供用開始された 2 月は、赤倉温泉街は雪で覆われており、写真 - 16 のように本橋は風情のある風景を醸し出している。今後、雪解けを待って橋詰広場の整備が計画されている。

本橋の名前「赤倉温泉ゆけむり橋」は、地元の小学生による応募によって命名されたものである。この赤倉温泉ゆけむり橋が地元の人々に永く愛され、さらには温泉街のシンボルとなって、赤倉温泉の発展の一助となれば幸いである。

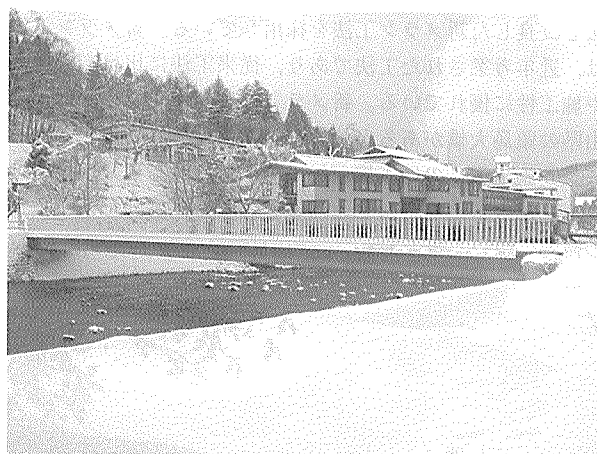


写真 - 16 雪景色の赤倉ゆけむり橋

参考文献

- 武者, 大竹, 兎玉, 小林: 超高強度コンクリート系新素材「ダクトル」を用いた PC 橋梁の設計・施工 - 酒田みらい橋 -, プレストレストコンクリート, Vol. 45, No. 2, Mar. 2003
- 田中, 上野, 下山, 小林: PC 橋梁に用いた超高強度繊維補強コンクリートの用途開発, コンクリート工学, Vol. 41, No. 3, 2003 年 3 月
- 武者, 大竹, 関, 大熊, 兎玉, 小林: 無機系複合材料 (RPC) を用いた酒田みらい橋の設計と施工. 橋梁と基礎, Vol. 36, No. 11, 2002 年 11 月

【2004 年 3 月 24 日受付】