

東海北陸自動車道 黒谷橋の設計

(株)富士ピー・エス・極東興和(株)JV 正会員 ○早川 鋭
 (株)富士ピー・エス・極東興和(株)JV 正会員 西永 卓司
 中日本高速道路(株) 隅田 俊哉
 中日本高速道路(株) 花田 大輝

キーワード：波形鋼板ウェブ橋，高強度PC鋼材，長支間橋梁

1. はじめに

本稿では，現在建設中の東海北陸自動車道の白鳥IC-飛騨清見IC間四車線化事業における東海北陸自動車道惣則橋他1橋（PC上部工）工事の黒谷橋について報告する。本橋は急峻な山間部に位置しており，中央径間では一級河川の庄川を跨ぎ，その兩岸の国道158号と市道を横断している。そのため，本橋の中央径間支間長は波形鋼板ウェブ橋においても長支間に分類される140.0mで計画されている。一方で，有効幅員は9.110mと比較的小さいため，上床版に配置できる内ケーブル本数が構造細目上制限されるため，効率的にPC鋼材を配置することが課題であった。また，本橋の架橋位置は冬季の積雪が多く寒冷な地域であり，冬期休止期間を跨いでの施工などへの対策が課題となった。本稿ではこれらの課題に対する対応について報告する。

2. 橋梁概要

2. 1 橋梁諸元

黒谷橋の橋梁諸元を表-1に示す。本橋は冬季の積雪量が多い地域に張出し架設によって施工されるが，最大張出し状態で冬期休止期間を跨ぐ懸念があった。そのため，冬期休止期間までに閉合可能な工程を課題とし，本橋ではA1側から順に閉合する施工ステップとした。橋梁側面図を図-1に示す。本橋はA1側の橋梁端部にトンネル坑口と非常駐車帯を有した橋梁である。

表-1 橋梁諸元

工事名	東海北陸自動車道 惣則橋他1橋（PC上部工）工事
発注者	中日本高速道路(株) 名古屋支社
構造形式	PRC3径間連続波形鋼板ウェブ橋
橋長	295.500m（道路中心線上）
支間長	76.6m + 140.0m + 76.6m
有効幅員	標準部：9.110m，非常駐車帯部：10.760m
横断勾配	2.500%（↘）～ 0.000% ～ 4.500%（↗）
桁高	端支点部3.0m，柱頭部8.5m，中央閉合部4.0m
架設工法	張出し架設
定着工法	内ケーブル：フレシナー工法
	外ケーブル：フレシナー工法
	横締め鋼材：SM工法

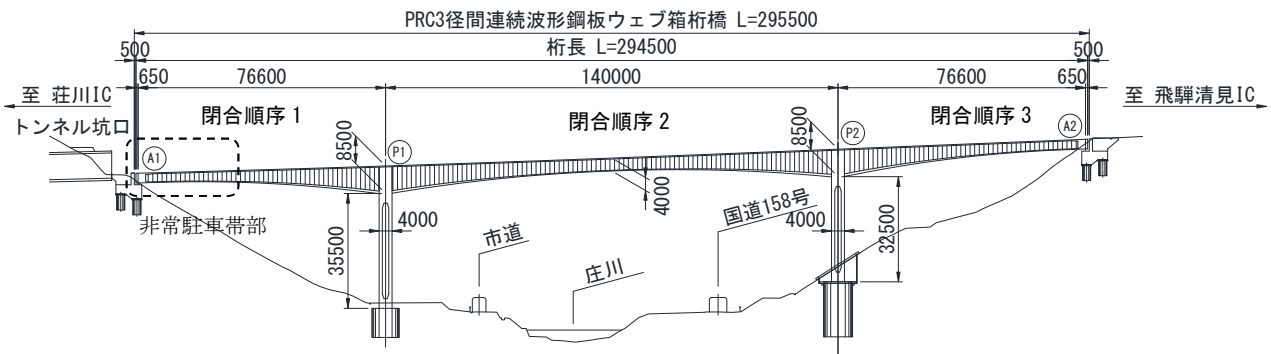


図-1 橋梁側面図

2. 2 波形鋼板ウェブについて

本橋における波形鋼板ウェブは、上床版より作用する活荷重を確実に伝達し、下床版接合部においては供用路線での凍結防止剤散布による塩分を含んだ雨水の侵入に対して抵抗性の高い、ウェブの上下にフランジを有する構造とした。上床版接合部はツインパーフォボンドリブ接合とし、下床版接合部はフランジを有するシングルパーフォボンドリブとスタッドジベルの併用接合を適用した。また、横桁接合部は橋脚主鉄筋や横桁鉄筋とのパーフォボンドリブの干渉を避けるため、L-100×100のアンゲル材を用いたアンゲルジベル接合とした。横桁部の鉄筋に対するアンゲルジベルの取り合いを図-2に示す。

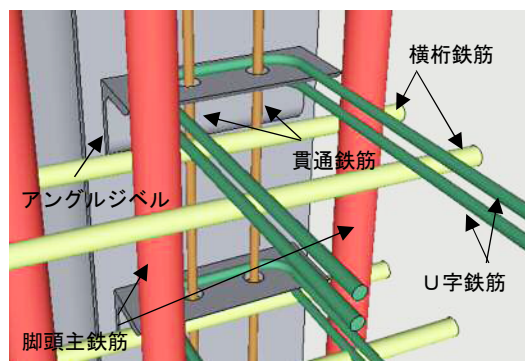


図-2 アンゲルジベルと横桁部の鉄筋との取り合い

本橋で用いた波形鋼板ウェブの材質はSM490YAとSM570とし、経済性を考慮して最適配置を検討した。なお、フランジプレートの材質はウェブと同材質とした。波形鋼板相互の連結は、凍結防止剤による塩害環境下におかれることを鑑みて、塩害に有利な表面凹凸の少ないすみ肉溶接による連結とした。

2. 3 閉合順序の検討

本橋は積雪の多い寒冷地域であるため、最大張出し時に冬期休止期間を迎えた場合、雪荷重が橋体に対して不利に作用する恐れがあった。そのため、本橋では図-3に示すように2度目の冬期休止期間までに閉合できる工程を検討し、閉合順序はA1-P1径間、P1-P2径間、P2-A2径間の順とした。

当初計画からの閉合順序の変更前後で比較した全死荷重時の曲げモーメント図を図-4に示す。P2柱頭部では負の曲げモーメントが29989kN・m増加したが、張出しブロック数が多いことから架設用ケーブルのみで対応が可能であり、そのほかの部位では断面力に特段の差異は見られなかった。なお、P1柱頭部起点側における曲げモーメントの増加は、A1側非常駐車帯の自重増加分による影響である。

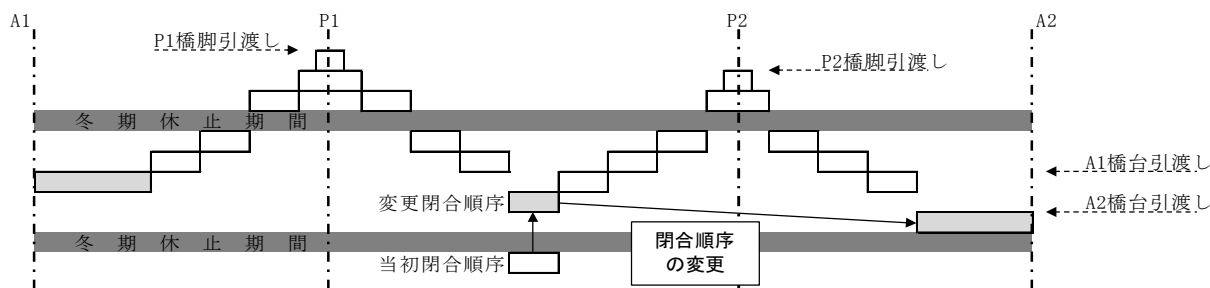


図-3 当初計画からの閉合順序の変更

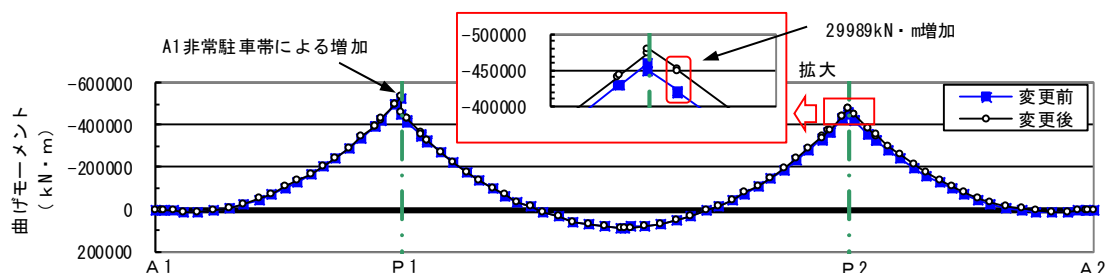


図-4 閉合順序の当初計画からの変更による全死荷重曲げモーメントの比較

3. 高強度PC鋼材について

3. 1 内外ケーブルへの高強度PC鋼材の適用

本橋は支間長140.0mと荷重規模が大きく、張出し架設用の内ケーブルと外ケーブルの必要本数が多くなるが、有効幅員が9.110mと狭く、上床版に配置できるケーブル本数が制約される。この課題に対して、ケーブル本数の削減を目的とした内外ケーブルの両方への高強度PC鋼材の適用によって解決を図った。PC鋼材の強度種別による必要鋼材本数の比較を表-2に、このときの鋼材配置の比較を図-5に示す。

表-2 強度種別毎のPC鋼材本数の比較

適用鋼材	内ケーブル (本)		外ケーブル (本)		
	P1	P2	A1-P1	P1-P2	P2-A2
普通強度	44	44	6	14	4
高強度	36	32	2	10	2

※比較に用いた使用鋼材は以下のとおり

内ケーブル 普通：12S15.2, 高強度：12S15.7
 外ケーブル 普通：19S15.2, 高強度：19S15.7

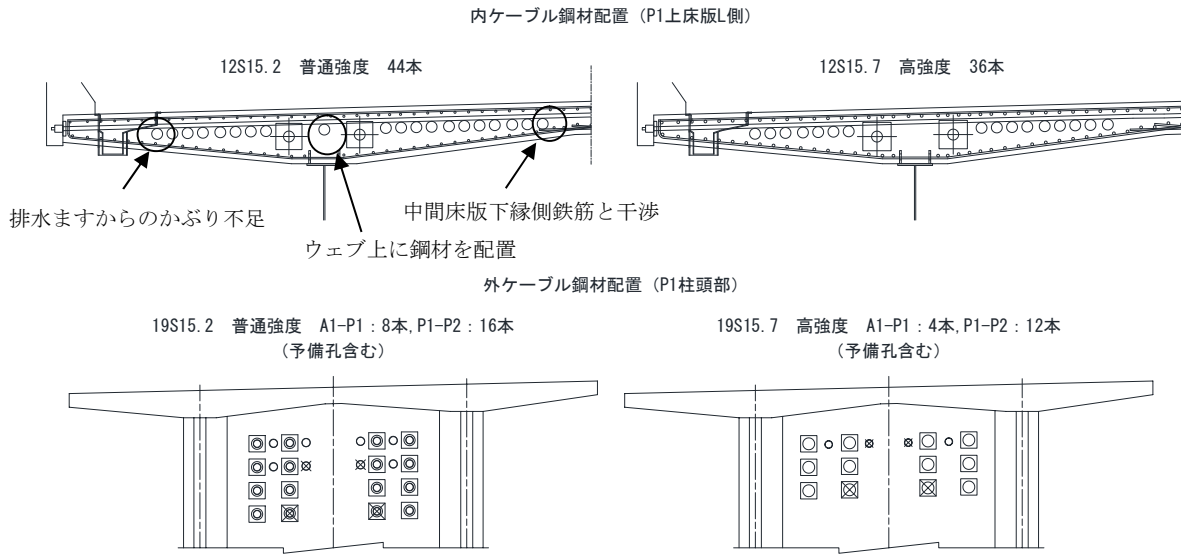


図-5 強度種別によるPC鋼材配置の比較

内ケーブルに普通強度PC鋼材を用いた場合、排水ますからのかぶりが確保できず、シースと中間床版下縁側が干渉し、ウェブ直上にも内ケーブルを配置する必要がある。また、外ケーブルに普通強度PC鋼材を用いた場合は、柱頭部のケーブル配置が4段となり、下段のケーブルの偏心量が十分に確保できないため合理的でない。高強度PC鋼材を用いた場合は、ケーブル本数と定着部の削減が可能となるため、経済性に優れるほか、排水装置などの付属物との干渉回避や、桁内の視認性向上、点検箇所数の減少といった維持管理性の向上を図ることができる。

以上の検討結果より、本橋では内外ケーブルの両方に高強度PC鋼材を適用することとした。なお、高強度鋼材に用いる定着具は専用の定着具を使用する。定着具の性能と定着部コンクリートの安全性については、メーカーおよび他現場にて実証実験が行われており、本工事では高強度PC鋼材の防錆被覆の機械的特性について、二本重ね試験、腹圧圧縮クリープ試験、引き込み摩耗試験、偏向部圧縮試験を実施し、その性能と安全性について確認した。これらの試験結果を踏まえて定着部の補強を行い、グリッド筋、スパイラル筋、定着部補強鉄筋の配置によって過密配筋となる内ケーブル定着部周辺の鉄筋干渉は3D図により確認した。

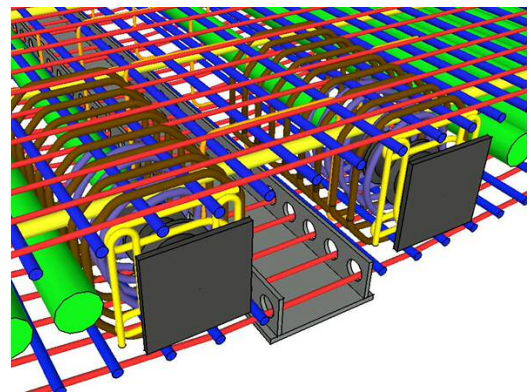


図-6 定着部過密配筋部 3D 図

干渉照査に用いた3D図を図-6に示す。定着部補強鉄筋は軸方向鉄筋やパーフォボンドリブと干渉しない形状とし、定着部補強鉄筋が配置可能な内ケーブル定着位置ならびにシースの配置を決定した。

3. 2 高強度PC鋼材の取り扱いについて

本橋で用いる内ケーブルには、緊張力の導入に有利な低リラクセーションの防錆被覆のない鋼材を使用し、PC鋼材の防錆は早期に確実なグラウト充填を行うことで対応している。ただし、高強度PC鋼材は普通強度PC鋼材よりも取り扱いに注意が必要である。¹⁾ 施工時にはキズや発錆が生じないように留意が必要であるほか、緊張後には速やかにグラウトを充填して防錆を図る必要がある。なお、本橋で用いた被覆のない高強度PC鋼材については、林らによってその性能が報告されている。²⁾

本橋は寒冷地での施工のため、日平均気温が4℃以下となりグラウトによる防錆性能が十分に確保できない場合が想定された。そこで、本橋では冬季に使用する内ケーブルに、防錆油剤を用いた一次防錆処理を行った高強度PC鋼材を使用することで、グラウト充填までの一時的な防錆を図ることとした。一次防錆処理鋼材の防錆性能は、鋼材メーカーによって確認されており、試験結果を写真-1に示す。また、比較用の一次防錆未処理材を写真-2に示す。試験は一次防錆処理を施した防錆被覆のない高強度PC鋼材12S15.7に対して、水かけ後にシーシ挿入作業を模擬した処理を施し、温度40℃、湿度80%の恒温恒湿装置に入れて5週間放置した。一次防錆未処理鋼材が2週間経過後に錆の発生が確認されたのに対し、一次防錆処理鋼材は5週間経過後も錆は確認されなかった。



写真-1 一次防錆処理鋼材

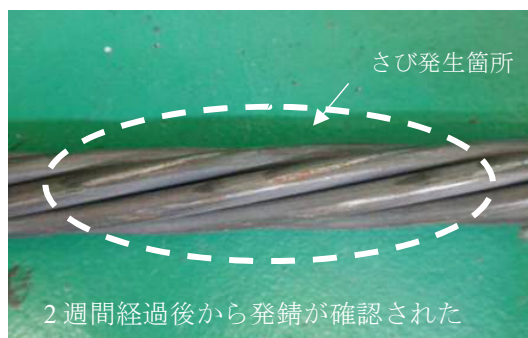


写真-2 一次防錆未処理鋼材

4. おわりに

本稿では、長支間でありながらも幅員の小さな橋梁が抱える課題と、積雪寒冷地域における高強度PC鋼材の取り扱い、ならびに気象条件に対する設計段階での対策について報告した。現在、本橋は年内の閉合を目指して鋭意施工中である。写真-3は冬期休止期間明け3月の空撮写真であり、雪が残っている。本橋の詳細設計業務にあたって、ご指導頂いた関係各位の皆様には深く感謝を申し上げます。また、本報告が類似工事の設計・施工にあたって参考となれば幸いです。



写真-3 黒谷橋冬期休止期間明けの状況

参考文献

- 1) 社団法人プレストレストコンクリート技術協会：高強度PC鋼材を用いたPC構造物の設計施工指針，2011.6
- 2) 林優輔，中野元裕，白濱昭二，吉原直：高強度PC鋼より線の開発，プレストレストコンクリート，Vol.53, No.1, Jan.2011, pp.58-63