

黒崎川橋の施工 高流動コンクリートを採用した張出し架設

鉄建建設(株) 正会員 ○好竹 亮介
 国土交通省 小牧 敏
 鉄建建設(株) 遠藤 文美男
 鉄建建設(株) 前田 智宏

1. はじめに

黒崎川橋は、能登半島の富山湾側を縦断する能越道七尾氷見道路において、黒崎川を渡河する橋長168mの3径間連続ラーメンPC箱桁橋である(図-1)。本橋は、富山湾海岸線から約300m付近にあり、塩害による鋼材腐食への影響の高い箇所であることから、維持管理上補修が困難となる張出し施工ブロックのコンクリートにおいて、ジャンカやコールドジョイントなど耐久性を損なう不具合を確実に防止することが求められた。そこで、本橋は、張出し施工ブロックのコンクリートにおいて、上記の不具合リスクの改善を目的として、充填性と材料分離抵抗性に優れた高流動コンクリートを採用した。本稿では、バイブレーター併用を前提とした高流動コンクリートを採用するにあたっての課題を示し、課題解決に向けて実施した試験施工および本施工の状況について報告する。

2. 橋梁概要

2.1 工事概要

黒崎川橋の工事概要を以下に示す。

工事名：能越道 黒崎川橋上部工事

発注者：国土交通省 北陸地方整備局
 金沢河川国道事務所

路線名：能越自動車道 七尾氷見道路

施工者：鉄建建設株式会社

道路規格：第1種 第3級 (B規格) V=80 km/h

構造形式：3径間連続ラーメンPC箱桁橋

橋長：168.0m

支間：3径間 44.5m+76.0m+44.5m

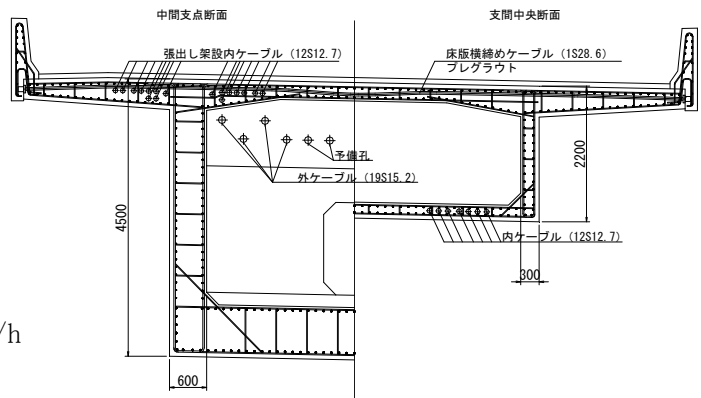


図-2 主桁断面詳細図

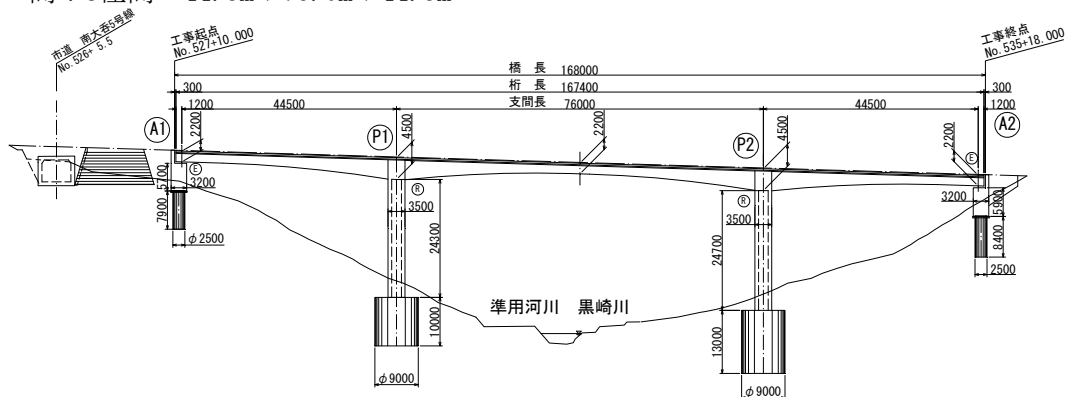


図-1 黒崎川橋全体一般図

2.2 構造概要

本橋は、上床版内に配置する張出し架設用の内ケーブル (12S12.7) と構造系完成後に下床版内に配置する内ケーブル (12S12.7) および外ケーブル (19S15.2) を併用する標準的なボックス断面構造である。桁高は、H=2.2~4.5m、ウェブ幅は、B=300~600mmで変化する(図-2)

3. 高流動コンクリートの採用

3.1 高流動コンクリートの配合

本工事で使用した高流動コンクリートは、増粘剤で粘性を高めることで可能となるセメント粉体総量を抑えた配合とした。セメント総量を少なくできることで、コンクリートのコストの抑制や、温度ひび割れ及び乾燥収縮の抑制が可能となる。表-1に示す本配合は、あらかじめ増粘剤が添加された高性能AE減水剤を使用することで、増粘剤をプラントで計量する必要がなく使用性に優れた配合となっている。

表-1 高流動コンクリート配合表

目標スランプロー (cm)	セメント種別	W/C (%)	s/a (%)	設計空気量 (%)
57.5	早強	40.0	52.2	4.5
単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	混和剤 C×1.30% (kg)
170	425	844	820	5.525

※混和剤：増粘剤が添加された高性能 AE 減水剤

3.2 コンクリート打設方法と型枠構造の検討

箱桁構造の張出し施工ブロックにおいて通常のスランブでコンクリートを打設する手順は、ウェブと下床版の隅角部へコンクリートを流し込み、隅角部ハンチからの吹き上がりを確認することで充填されたことを確認する。次に下床版スラブ、ウェブ、上床版の順にコンクリートを充填し打設完了となる(図-3)。ここで、通常のスランブのコンクリートと同じ打設手順や型枠で高流動コンクリートを打設すると、次に示す状態になると想定された。1. ウェブから投入したコンクリートは、そのまま流動を続け最終的には下床版上面からあふれ出し充填はできない。2. 高流動コンクリートは液圧として大きな力が型枠に作用するため、型枠の変形やはらみだしが発生する可能性が高い(図-4)。

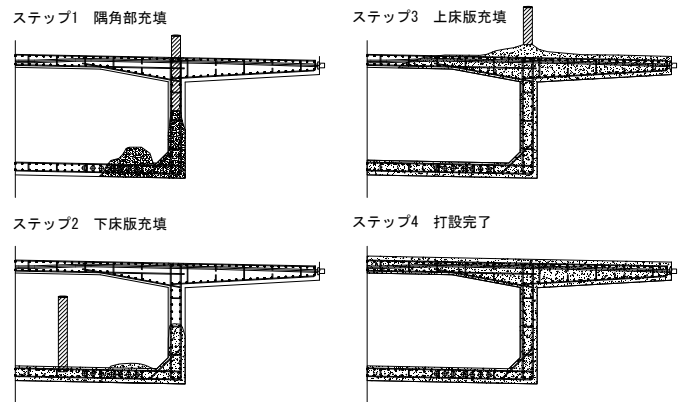


図-3 通常の箱桁打設手順

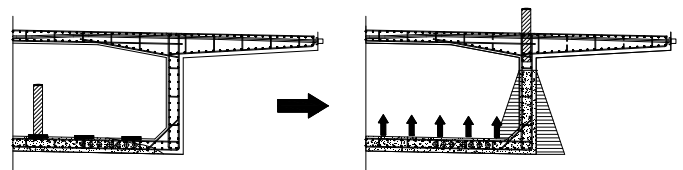


図-4 高流動コンクリート打設状況図

従って、下床版にコンクリートを充填しウェブ上床版と打ち上げるため、下床版上面に伏型枠を設置すること、型枠構造は、液圧で設計し部材を選定することとした。

3.3 高流動コンクリート採用への課題と対策

高流動コンクリートは流動性が高く充填性に優れた性状を示すが、液圧として型枠に大きな応力が作用することおよび粘性が大きいため空気を巻き込んで流動することからコンクリート打設後の仕上がりに関して下記Ⅰ～Ⅲの課題が想定された。

- Ⅰ 高流動コンクリート液圧による型枠変形の防止
- Ⅱ 下床版上面に設置する伏型枠面の気泡だまりの防止
- Ⅲ ウェブ側面に発生する表面気泡の抑制方法

上記の課題に対し、本施工前に実物大打設試験を実施し、コンクリートの打設順序、締固め方法および型枠構造の適否を確認した。

3.4 実物大試験

(1) 実物大試験概要

実物大試験は、ブロック長2.0mの張出し施工ブロックのコンクリートの充填性を確認するため、下床版鉄筋およびPC鋼材を配置したウェブ高さ2.2mの試験体で実施した。なお、下床版上面は、伏型枠とし下床版の最大勾配3.6%を反映させて試験を行った(図-5)。

確認項目を以下に示す。

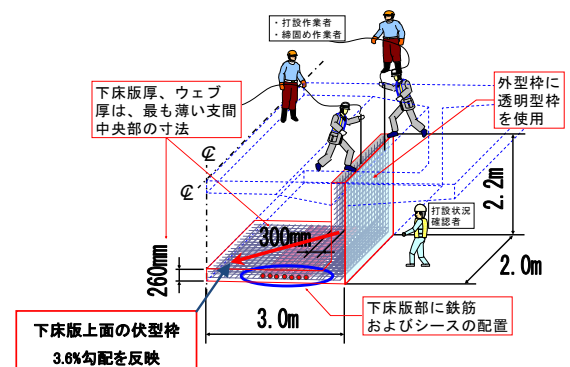


図-5 実物大試験概要図

1) 打設順序および打設速度の確認

打設順序と打設速度は、高流動コンクリートの充填性や側圧作用応力の増加量に影響するため、打設試験で確認し実施工に反映する。

2) 型枠構造の確認

型枠構造は、コンクリート重量が液圧で作用すると仮定し仕様を決定した。打設試験で圧力計により側圧測定を行い、型枠構造の妥当性を検証した。また、下床版上面伏型枠は、型枠構造ごとの仕上がり状態の比較検証を行い実施工に反映した。

3) 締固め方法および表面気泡抑制方法の確認

バイブレーターの仕様や表面気泡抑制対策ごとの仕上がり状態を比較検証し、実施工に反映した。

(2) 打設順序および打設速度の検証結果

高流動コンクリートの性状から下床版、ウェブ、上床版の順に充填する方法を採用した。以下に打設順序と打設速度を示す。

START ・経過時間 0分

STEP1 下床版打設開口より下床版を打設 (写真-1)

コンクリート充填が確認できた伏型枠の開口部を順次閉塞し、下床版が完全に充填されたことを確認する。打設速度は、15分 (6m³/時間) とし、STEP2への段取り替えの時間は、実施工を踏まえて10分と設定した。・経過時間 25分

STEP2 妻型枠打設開口よりウェブを打設 (写真-2)

外型枠に使用する透明型枠により打ち上がり高さを確認し下床版から1mの高さにある妻型枠開口より下部が完全に充填されたことを確認する。打設速度は、3分 (15m³/時間) とした。また打設完了後は、実施工で打設する反対側ウェブの打設時間を考慮し、2回の段取り替え20分と打設時間3分で合計23分の停止時間を考慮した。・経過時間 51分

STEP3 ウェブ上部から最終打設

打設速度は、3分 (15m³/時間) とし、最終打設完了は、合計54分とした。

実物大試験により、各作業員の打設順序の確認を行うことができた。また、事前に設定した打設速度も適正であることが確認でき、そのまま実施工に反映することができた。

(3) 型枠構造の検証結果

型枠に設置した圧力計により側圧を測定し、式-1で算出される液圧で設計した型枠構造が妥当かどうかの確認を行った。また、下床版上面で使用する伏型枠は、脱水性のあるRCクロスを貼り付けさらにスリット付の透水性型枠とした。これは、高流動コンクリートは粘性が高く巻き込んだ空気が伏型枠の表面に残り、大きな気泡だまりが発生する可能性があるためである。実物大試験で、スリット透水性型枠のスリットのピッチを変えて最も仕上がりのよい方法を確認した。

・セパレーター仕様 材質：ストロングセパ (S45CN)

(※標準セパ (SS400) の1.5倍の強度を有す。)

径：1/2インチ、配置ピッチ：600mm間隔

・伏型枠仕様 スリット付き透水性型枠 (RCクロス) (図-6)

・伏型枠設置位置、側圧測定位置 (図-7)

実物大試験結果より測定した側圧は、表-2に示すとおり全て計算値以内であり、打設時に型枠のはらみだしやコンクリートの漏れは発生せず型枠構造に問題ないことが確認できた。



写真-1 下床版伏型枠



写真-2 妻型枠開口打設状況

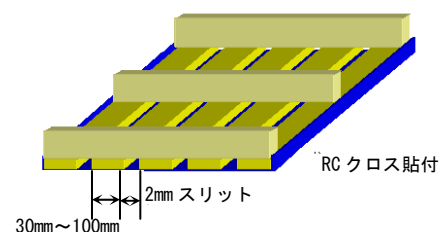


図-6 スリット付き透水性型枠

ウェブ下端No3の測定値が計算値を大きく下回った要因は、モルタルとφ10mmの圧力センサーの間に骨材もしくは気泡が挟まったため、正常な圧力が計測できなかったと思われる。

伏型枠は、打設試験体の仕上がり状況から図-7に示すⅢ：2mmスリット@100mmを採用した(写真-3, 写真-4)。

・側圧計算式(液圧として算出)

$$\text{側圧} : P = H \times \gamma_c \dots (1)$$

ここに、P：側圧(KPa) H：打設高さ(m)

γ_c ：生コンクリート単位体積重量(=23.3 kN/m³)

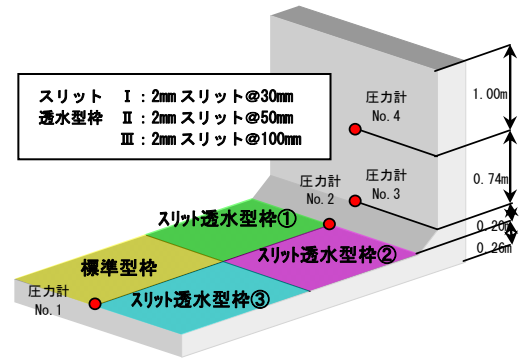


図-7 伏型枠設置位置, 側圧測定位置図

(4) 締固め方法の検証結果

実物大試験において、コンクリート打設時の締固め作業人員配置の確認を行った結果、コンクリートの仕上がり状況は良好であり試験時の配置を実施工に反映させた。

(5) 表面気泡抑制方法の検証結果

高流動コンクリートは、粘性が高くウェブ側に気泡が残る可能性がありそれは表面の出来栄に影響する。表面気泡抑制方法については、実物大試験において下記の通り検証を行った(写真-5)。

- i 普通剥離材の使用
- ii 消気泡効果型剥離材の使用
- iii 消気泡効果型剥離材+脱泡用板状バイブレーターの使用
- iv 消気泡効果型剥離材+楕円気泡除去治具の使用

打設試験体に仕上がり状況を確認した結果、i 普通剥離材の範囲は若干気泡が残っていたが、それ以外ii~ivは、どの組み合わせも気泡は残っておらず仕上がり状況に明確な差異が無かった。実施工では、ウェブ側にⅡ消気泡効果型剥離材使用で対応した(写真-6)。

4. おわりに

本橋は、コンクリート打設時の充填不良やコールドジョイントなどの不具合リスクが低減できる高流動コンクリートを張出し施工ブロックに採用した当社施工の2例目の橋梁である。本橋で高流動コンクリートを採用するにあたり、1例目「第二阪和国道淡輪高架橋 国土交通省 近畿地方整備局」の施工実績を踏まえて課題点を抽出し、実物大試験から得られた各対策を実施工に反映させた。実施工では懸念された下床版上面や上部側面の仕上がり大きなトラブルは発生せず順調に工事が進捗し、平成24年9月に構造系完成後、11月にしゅん功を迎えた(写真-7)。

表-2 側圧測定結果表

測定位置	打設高さ H (m)	側圧計算値 P (KPa)	測定値 (KPa)
下床版中央 No.1	1.94	45.2	43.4
下床版端部 No.2	1.94	45.2	35.8
ウェブ下端 No.3	1.74	40.5	12
ウェブ中段 No.4	1.00	23.3	20.9

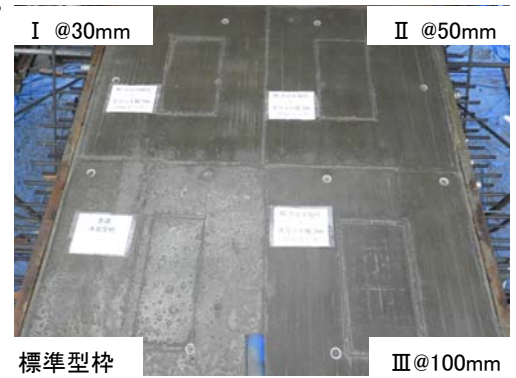


写真-3 下床版上面仕上がり状況



写真-4 下床版打設状況



写真-5 ウェブ仕上げ状況



写真-6 ウェブ側面仕上がり状況



写真-7 架設完了全景