

揚川橋新設工事における施工報告

鹿島建設(株)	博(工)	○曾我部 直樹
鹿島建設(株) 正会員		佐藤 忠宏
鹿島建設(株)	工修	黒川 篤
鹿島建設(株)	工修	横山 由宏

1. はじめに

揚川橋新設工事は、一般国道49号線のバイパス計画の一部であり、上下部一体のデザイン&ビルド型で発注された工事である。本橋の上部工では、高強度コンクリートおよび厚さの薄い斜めウェブが採用されており、コンクリート打設時の品質の確保が求められた。この課題に対して、ウェブにスランプフローを45cm程度まで流動性を高めたコンクリート(以下、中流動コンクリートと呼称する)を適用した。また、PC鋼材の緊張では、自動緊張管理システムによる緊張管理を試行した。ここでは、揚川橋新設工事における中流動コンクリートと自動緊張管理システムの適用事例について報告する。

2. 工事概要と揚川橋の特徴

工事名：国道49号揚川改良 揚川橋新設工事

発注者：国土交通省北陸地方整備局

施工者：鹿島・大本異工種建設工事共同企業体

工事場所：新潟県東蒲原郡阿賀町小花地地先

工期：2009(H. 21). 3. 5～2013(H. 25)3. 29

橋長：343.2m (支間割：111.0m+127.0m+103.0m)

上部工：PC3 径間連続ラーメン箱桁橋

下部工：P1, P2：小判型 RC 中空橋脚

A1, A2：逆T式橋台

基礎工：P1, P2：ケーソン基礎(鋼殻吊降ろし式ニューマチックケーソン)

A1：場所打ち杭, A2：深礎杭

揚川橋の上部工では、軽量化、耐久性の向上、景観への配慮に対応した提案がなされており、以下のような特徴を有している。

- ① 箱桁に高強度コンクリート($\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$)を適用して、部材寸法の縮小を図っている。これにより、側径間ではウェブ厚が550～250mm、下床版厚が950～270mmまで変化、減少する。
- ② 上部構造の軽量化と景観上の配慮から、斜めウェブが採用されている。
- ③ 凍結防止剤の散布に対する耐久性の確保のため、外側のかぶりが70mmとなっている。

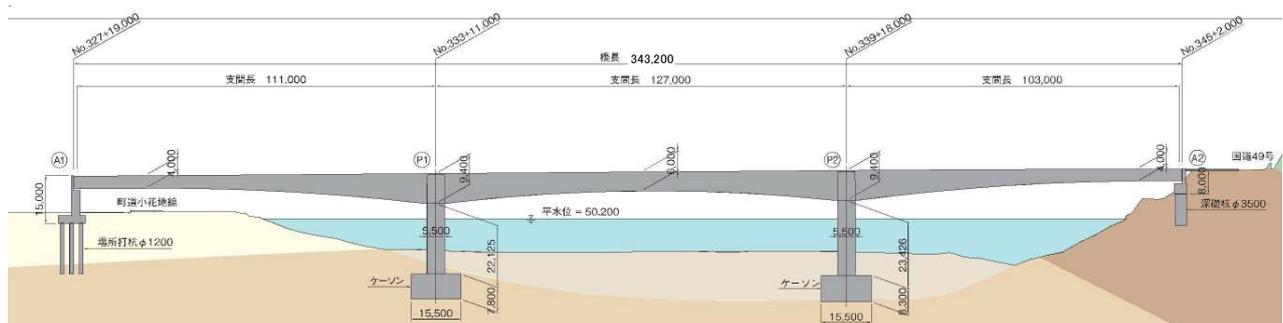


図-1 全体一般図

3. 中流動コンクリートの適用

3. 1 コンクリート打設における課題

ウェブのコンクリート打設では、落下高さが1.5m以下、かつ型枠内でコンクリートを水平移動させない位置に打設窓を設け、そこからコンクリート(50-15-20H)の投入、バイブレータによる締固めを行う方法を計画していた。しかし、上部工の断面が、前述のような特徴を有しているため、打設窓による方法については、図-2のような課題が考えられた。

3. 2 中流動コンクリート

当初は、スランプが 15 ± 2.5 cmである50-15-20Hを使用する計画であったが、上記の課題の対策として、ウェブについては橋面から中流動コンクリートを打設することを検討した。なお、ここでは、50-15-20Hの配合において高性能AE減水剤の添加量を調整して、スランプフローを45cm程度としたコンクリート(50-45-20H)を中流動コンクリートと呼称している(表-1)。

(1)フレッシュ性状

50-45-20Hのフレッシュ性状を確認するため、事前に試験練りを行った。試験練りは夏期における打設を想定して実施したものであり、パラメータとして高性能AE減水剤の添加量を $C \times 1.2\%$ 、 1.25% 、 1.3% (Cは単位セメント量)としている。 $C \times 1.25\%$ 、 1.3% の練上がり後15分経過時のフローについて写真-1、各配合のフローの経時変化を図-3に示す。なお、経時変化は、実機で練り上げたコンクリートをアジテータ車へ移し、そこから15分ごとに試料を採取してスランプ試験を行った結果である。

$C \times 1.25\%$ ではフローが 45.0×44.5 cmとなり、粗骨材もフローの先端まで均一に分布していることから材料分離抵抗性も良好であると判断された。一方、 $C \times 1.3\%$ ではフローが 57.0×56.5 cmと大きく、その中央部分に粗骨材が多く集まり、材料分離している傾向が確認された。このことから、フローの管理値を 45 ± 5 cmとした。なお、経時変化によるフローのロス、 $C \times 1.3\%$ が最も小さい。その他については概ね15分で3cm程度ロスしており、45分経過した時点では、35cm程度まで低下している。

(2)硬化性状

50-15-20Hと50-45-20Hの圧縮強度、弾性係数、曲げ、引張強度および長さ変化率の試験結果を表-2

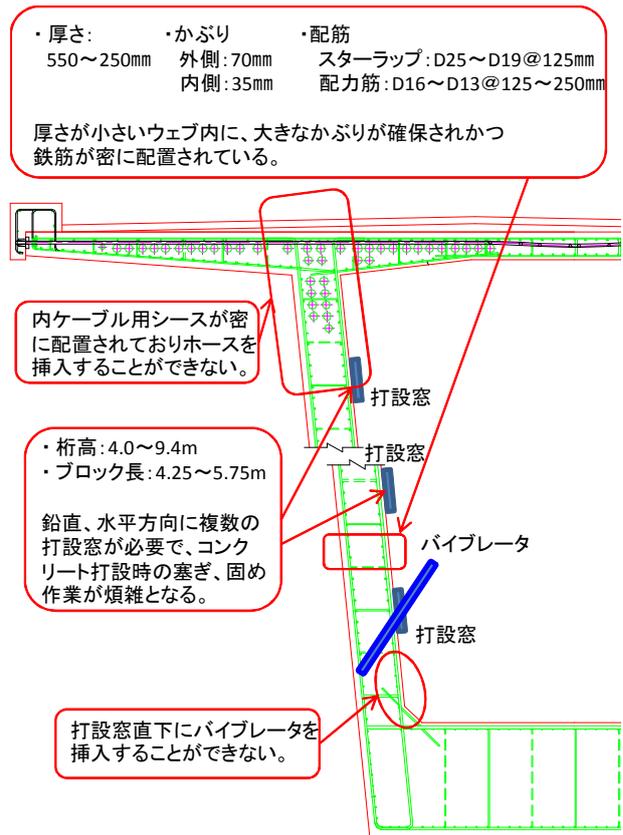


図-2 コンクリート打設における課題

表-1 中流動コンクリートの配合

配合名	スランプ または フローの 範囲 (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg / m ³)				
				水 W	セ メント C	細骨 材 S	粗骨 材 G	混和 剤*
50-15-20H	15±2.5	41.9	48.4	159	380	838	940	2.47
50-45-20H	45±5	41.9	48.4	159	380	838	940	4.28

*: BASFポリリス社製レオビルドSP8SVを使用した



写真-1 中流動コンクリートのスランプフロー

に示す。なお、各試験の供試体は、標準配合についての試験練りにより採取したものである。これらの結果より、50-45-20Hの各種強度および長さ変化率は、50-15-20Hと同様であり、今回の検討範囲では、高性能AE減水剤の添加量が硬化性状に及ぼす影響が小さいことが確認された。

3. 3 施工実績

中流動コンクリートである 50-45-20H は、流動性が高いことから、仕上げを必要とする上床版や浮き型枠のため噴出しが問題となるウェブ下方のハンチ部分への打設には適さない。そのため、揚川橋では、50-45-20H は、ウェブのみに適用した。これにより、断面内に 50-15-20H と 50-45-20H が混在することとなるが、両者の硬化後の性状が変わらないことから問題ないと判断した。

図-4にコンクリートの打設順序を示す。まず、図-4内 ①, ②, ③に 50-15-20H を打設した。この時、②については、内枠に設置した打設窓からコンクリートの投入を行い、ハンチ部分からコンクリートを噴出させた。③の打設中に 50-45-20H へ切り替え、同部分の打設終了後、橋面へホースを盛り替える間に打設窓を塞ぎ、型枠を固めた。④~⑦については、橋面からロート+サニーホースを使用して、層ごとに 50-45-20H を打設した。なお、打設方法の妥当性については、事前に流動性が低下した状態を想定したフロー35cm のコンクリートによる試験施工で確認している。50-45-20H の適用区間では、内側、外側共に良好な仕上がりが確認できた。また、50-15-20H との境界部にも、不連続部、ひび割れ等の不具合は生じなかった。

4. 自動緊張管理システムの適用

これまでのPC鋼材の緊張管理は、緊張用ポンプの圧力値と鋼材の伸び量(めりこみ量)を目視で読み取り、その結果から手書きによる緊張管理グラフを作成していた。これに対し、緊張管理の省力化、高精度化、ヒューマンエラーの防止等を目的として自動緊張管理システムを開発した¹⁾。同システムは、緊張管理に必要な計測を圧力計および変位センサーによって自動的にを行い、その結果をパソコンへ取り込むことで緊張管理グラフ、群管理図を作成するものである。

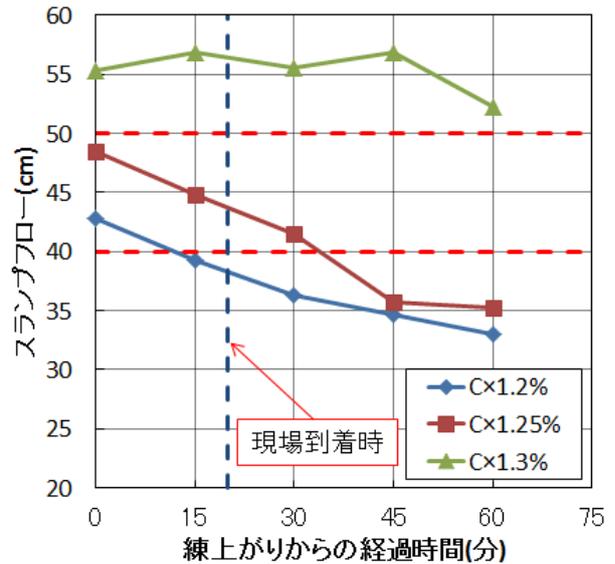


図-3 スランプフローの経時変化

表-2 各種強度の比較

項目	単位	50-15-20H	50-45-20H	差
圧縮強度	N/mm ²	65.8	62.2	-5.5%
見掛け密度	kg/m ³	2440	2427	-0.5%
静弾性係数	kN/m ²	39.6	39.0	-1.5%
引張強度	N/mm ²	4.53	4.57	0.9%
曲げ強度	N/mm ²	7.42	7.43	0.1%
長さ変化率*	× 10 ⁻⁶	-540	-545	0.9%

* 保管材齢182日時の結果である

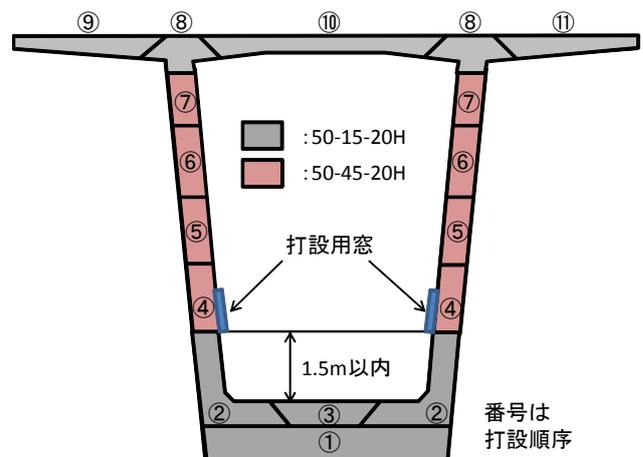


図-4 打設順序と問題点

4. 1 システムの概要

自動緊張管理システムは、センサーユニット、データ変換ユニット、アプリケーションユニットから構成される(図-5、写真-2)。センサーユニットは、緊張ポンプの圧力を計測する圧力計(分解能は0.1MPa)、鋼材の伸び量を計測する変位計(巻き取り式、分解能0.1mm)で構成される。従来の緊張管理では、圧力計と変位計の読み取りは目視でそれぞれ1MPa、1mm単位で行っていることから、同システムは従来よりも10倍の精度を有していると言える。センサーユニットで計測された結果は、PLC-BOXを介して無線伝送され、アプリケーションユニットであるパソコン内へ取り込まれる、パソコン内では、アプリケーションソフトにより計測結果に基づいた緊張管理グラフ、群管理図が作成される¹⁾。

4. 2 システムの適用実績

揚川橋新設工事では、表-3に示す横締めPCケーブルおよび主ケーブルの緊張管理で自動緊張管理システムを試行した。横締めPCケーブルでは、従来に比べ緊張時間が約半分程度まで短縮できた。内ケーブルではケーブル長が100mを超えるような場合でも、計測結果の無線伝送は問題なく機能するとともに、複数回の盛り替え作業にも対応できた。ただし、緊張時間については盛り替え時の作業時間の割合が大きいため、横締めPCケーブルと異なり従来と同様であった。緊張時間の短縮効果は、盛り替えの有無、緊張本数に依存するが、計測精度の向上および計測担当者がジャッキ付近にいないことによる安全性の向上の2点で、従来に対する優位性が確認できた。

5. まとめ

揚川橋新設工事において、中流動コンクリートをウェブへ部分的に適用して、良好な品質を確保できた。また、PC鋼材の緊張では自動緊張管理システムを試行して、緊張管理作業の高精度化、効率化、安全性の向上に有利であることを確認した。これらの内容は限られた条件に基づくものであるが、今後の橋梁の施工の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 齋藤公生, 高橋淳, 一宮利通, 遠藤史: 緊張管理図自動作成システムと緊張中の圧力損失について, 第21回プレストレストとコンクリートの発展に関するシンポジウム, pp.307-310, 2012年10月

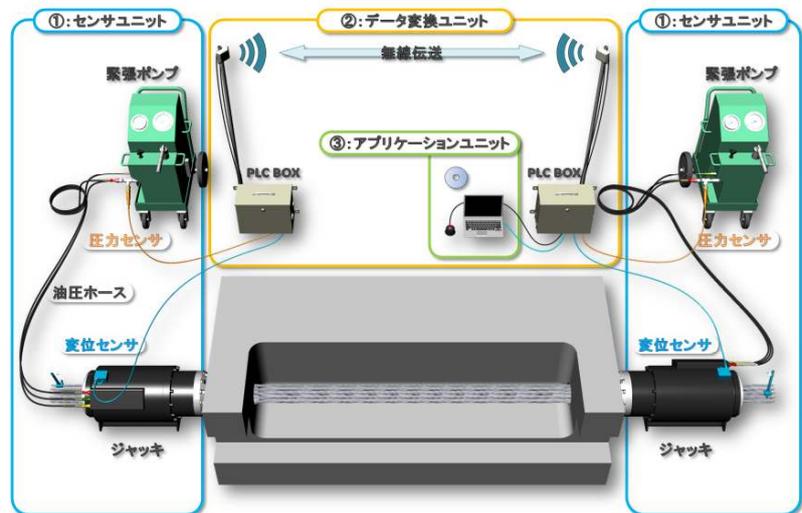


図-5 自動緊張管理システムの構成



写真-2 圧力センサー(左)と変位センサー(右)

表-3 緊張管理の概要

対象ケーブル	緊張方法	実施本数	ケーブル長	導入圧力	伸び量	盛り替え回数
			m	MPa	mm	回
横締めPCケーブル SM工法 1S28.6	片引き	51	13.0	62~63	88~93	0
縦締め内ケーブル デビダーク工法 12S15.2	両引き	15	29.5~115.3	40~42	200~770	0~2