

(87) 高性能軽量コンクリートを用いた鉄道橋の施工計画と計測計画
—東北幹沼宮内 Bi—

鹿島・前田建設工業共同企業体工事事務所 正会員 ○大久保秀樹
東日本旅客鉄道株式会社 東北工事事務所 非会員 在田 浩之
東日本旅客鉄道株式会社 東北工事事務所 非会員 大郷 貴之
鹿島建設株式会社 土木設計本部 正会員 齋藤 公生

1. はじめに

沼宮内 Bi, 第一愛宕下 BL は, 東北新幹線盛岡一八戸間の延伸に伴い, 東北本線沼宮内駅の北側に, 在来線を跨いで建設される 11 径間連続 PC 箱桁橋, および RC 単純 T 形 2 主桁橋である。このうち, 沼宮内 Bi の上部構造には, 近年開発された高性能軽量コンクリートが使用されるうえ, 外ケーブルの使用によって部材厚が削減され, 上部工重量の低減が図られている。同橋の架設は押し出し工法によるが, 工期的な制約から 1 ブロック長を 35.0m とし, 押し出しから押し出しまでのサイクル工程を 20 日とする急速施工が予定されている。ここでは, 沼宮内 Bi の施工に先立って実施された高性能軽量コンクリートの施工試験, 高性能軽量コンクリートの使用と急速押し出し架設を考慮した同橋の施工計画, および軽量コンクリートの性状を確認するために, 同橋の施工に際して行われる計測の計画について報告する。

2. 工事概要

工 事 名 : 東北幹沼宮内 Bi 外 1 新設
発 注 者 : 東日本旅客鉄道株式会社 東北工事事務所
工事場所 : 岩手県岩手郡岩手町江刈内地内
工 期 : 平成 12 年 2 月 8 日~平成 13 年 6 月 20 日
橋梁形式 : 11 径間連続 PC 箱桁橋 (10×35m+30m=380m) (以降沼宮内 Bi についてのみ記載)
架設工法 : 押し出し工法 (集中方式)
主要数量 : コンクリート 3244m³ (軽量 I 種 設計単位体積質量 2.0ton/m³)
PC 鋼材 195ton, 鉄筋 375ton

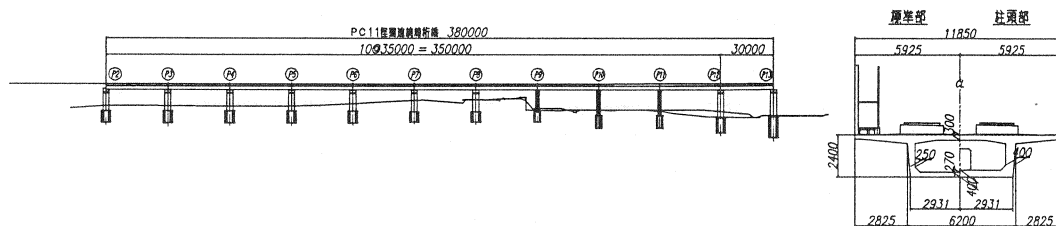


図-1 沼宮内 Bi 側面図, 断面図

3. 高性能軽量コンクリートについて

本橋で用いるコンクリートの粗骨材には, 近年開発された高性能軽量骨材¹⁾を使用する。この高性能軽量骨材は, 内部の気泡を独立させることで, 従来の軽量骨材に比較して大幅に吸水率が低減されたもので, 軽量コンクリ

表-1 コンクリートの仕様

項目	規格	備考
コンクリート種類	軽量骨材コンクリート I 種	粗骨材のみに軽量骨材を使用
設計基準強度	40N/mm ²	強度の保証は材齢28日
スランプフロー	55±5cm	ポンプ圧送性を考慮して決定
空気量	6±1.5%	
単位容積質量	1,800kg/m ³ 程度	
セメント種類	早強ポルトランドセメント	
粗骨材	人工軽量粗骨材	

ートのポンプ圧送性や凍結融解抵抗性を著しく向上させることができるうえ、40~60N/mm²の高強度も容易に得られるものである。また、PC橋のように鋼材が高密度に配置される構造物に対して必要となる、高い流動性を得るために高性能A E減水剤を、ポンプ圧送性の確保²⁾と骨材の浮上り(材料分離)を抑制するために特殊増粘剤を使用する。

本工事に使用する高性能軽量コンクリートの仕様、使用

材料、配合を、表-1, 2, 3に示す。配合目標単位容積質量は、1.8ton/m³である。

表-2 使用材料

使用材料	記号	摘要	
セメント	C	早強ポルトランドセメント	密度: 3.14g/cm ³ , 比表面積: 4,470cm ² /g
細骨材	S1	盛岡市都南産陸砂	表乾密度: 2.58kg/l, 吸水率: 2.87%
	S2	松尾村寄木産砕砂 S1:S2=60:40	表乾密度: 2.68kg/l, 吸水率: 2.84% 粗粒率: 2.56
粗骨材	G	高性能軽量骨材	絶乾密度: 1.24kg/l, 24h吸水率: 2.80% 実積率: 60.0%, 最大寸法: 15mm
混和剤	SP	高性能A E減水材	ポリカルボン酸系
	VIS	特殊増粘剤	主成分: ウェランガム

表-3 コンクリートの配合

スラングワ- (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	G _{val} (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					SP (P×%)	VIS (W×%)	理論U.W. (kg/m ³)
					W	C	S1	S2	G			
55±5	6.0	38.0	320	49.7	165	435	490	338	397	1.00	0.05	1827
					165	139	190	126	320			

下段は単位容積(l/m³)

4. 施工性試験

高性能軽量コンクリートの施工性を確認するために、以下の施工試験を行った。但し、ポンプ圧送性については事前に実験を行っており、良好な結果を得ている²⁾。

4.1. 阿賀野川橋におけるセグメント施工性試験

日本道路公団が建設している、日本海沿岸東北自動車道阿賀野川橋(PC上部工)工事の現場において、高性能軽量コンクリートの実施工への適用性を確認する目的で、施工試験を実施した。PC箱桁の施工を想定し、実施工での手順で打込み・締固め・表面仕上げ・養生を行い、施工性、充てん性等を確認した。

1) 供試体形状

供試体断面を、桁高2.0m、幅10.6mの箱桁形状とし、供試体長さを1.5mとした。各種PC鋼材用の定着体およびシースを供試体内に配置するとともに、供試体の片側にリブ形式の外ケーブル偏向部を設けた(図-2)。

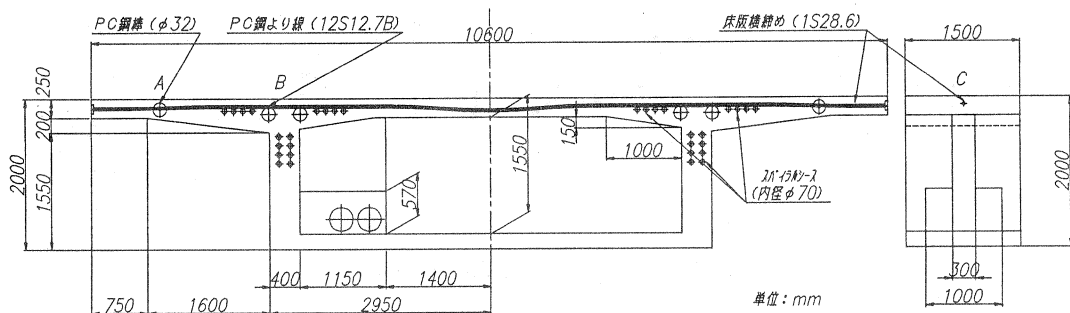


図-2 阿賀野川橋施工試験供試体

2) 施工方法

コンクリートは、ポンプ車1台を用い、ブームより打設した。このとき、ブーム先端には7mの5B

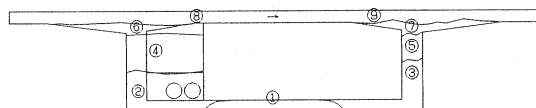


図-3 打設順序

フレキシブルホースを装着した。打設は、①下床版、②左側下床版隅角部およびウェブ・偏向部下部、③右側下床版隅角部およびウェブ下部、④左側ウェブ・偏向部上部、⑤右側ウェブ上部、⑥左側ハンチ上部、⑦右側ハンチ上部、⑧左側上床版、⑨右側上床版の順序であった(図-3)。締固めには内部振動機を、表面仕上げには浮上った骨材を押し込むための器具であるジッタバックを使用した(写真-4)。

3) 結果

本施工試験の結果、以下が確認された。

- ① 高性能軽量コンクリートは、実施工へ十分適用できる。
- ② 高性能軽量コンクリートは流動性が高く、ウェブより打設したコンクリートが下床版に流入する。このため、下床版上端全体に、押え型枠(蓋)の設置を考慮する必要がある。
- ③ 表面仕上げには、全体にジッタバックを使用したため、通常のコンクリートと遜色ない仕上がりとなった。しかし、実工事での作業性を考慮すると、表面仕上げ方法の改善が必要である。
- ④ 高性能軽量コンクリートは流動性が高いため、橋面に設ける排水勾配等の施工の可否を確認する必要がある。

4.2. 沼宮内 Bi における施工性試験

沼宮内 Bi 工事での実際の配合について、実機による練混ぜ試験を実施し、フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの性状確認を行った。また、主桁を模した部分供試体に、ポンプ車を介してコンクリートを打設し、その施工性を確認した。

1) 供試体形状

模擬試験体は実際の桁の一部を取り出したもので、対象部位をウェブ・下床版(半断面:供試体①)、および上床版中央部(排水勾配あり:供試体②)とした。また、流動させたときの分離抵抗性を確認するため供試体③を作製した(図-4)。

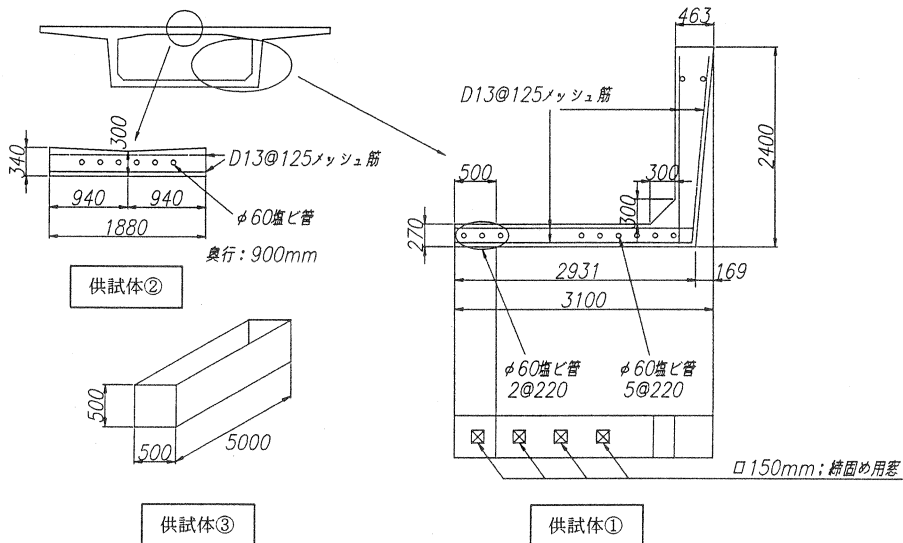


図-4 供試体形状

2) 施工方法

実際のコンクリート打設作業と同様に、①生コン工場でのコンクリート練混ぜ→②アジテータ車による運搬(約40分)→③ポンプ車による打設の手順で行った。

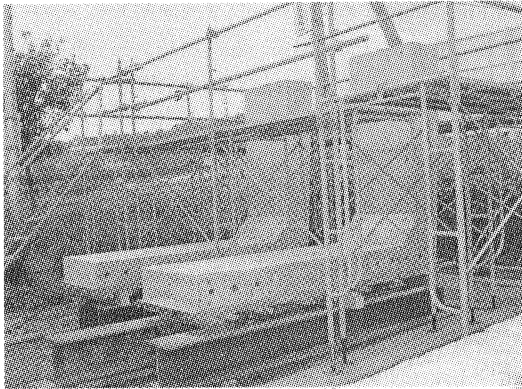


写真-1 供試体①

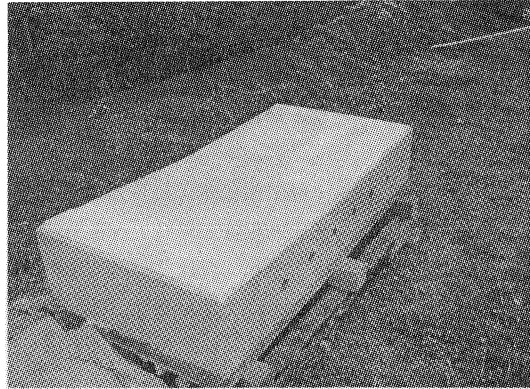


写真-2 供試体②

3) 測定項目および結果

プラントでの製造直後、現場到着時、ポンプ圧送後の各段階での、フレッシュコンクリートの性状と圧縮強度を確認した。フレッシュコンクリートの性状に関する測定項目および結果を表-4に示す。軽量コンクリートの性状変化が、小さいことが確認された。

4) 結果

本施工試験の結果、以下が確認された。

- ① 高性能軽量コンクリートは、5m程度流動させても、著しい材料分離を生じない（写真-3）。
- ② 押え型枠を下床版全面に設置した状態で、下床版の全コンクリートをウェブから打ち込んだ場合、わずかな分離が生じる。
- ③ 表面仕上げの際に、天端面に勾配をつけることは充分可能である。また、こて仕上げの作業性向上には、仕上げ剤の散布が有効である。

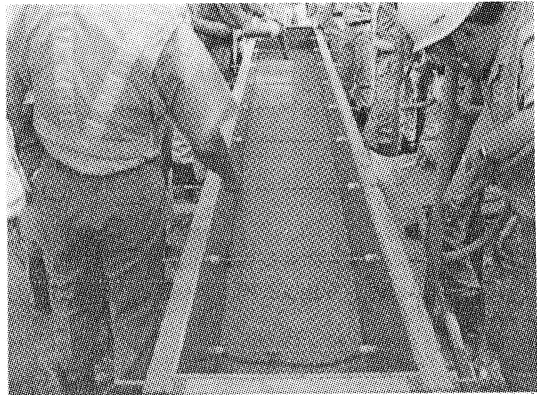


写真-3 コンクリート流動状況

5. 沼宮内 Bi の施工計画

本橋の規模に対して、実質工期が約1年と短いため、工程を短縮する必要がある。そこで、以下のような施工計画を立案した。

- ① コンクリートの打設・養生回数を削減するため、1スパン35mの主桁を、1回で製作し押し出す。なお、この場合の1回の主桁製作日数は、稼働率を考慮して20日程度となる。
- ② 型枠の組立て・解体作業の省力化を図るため、型枠設備をできるだけ大型化・自動化する（図-5）。
- ③ 鉄筋組立て作業を他の作業と並行して行うため、下床版・ウェブの鉄筋をユニット化して、別の場所で組み立てる。
- ④ 作業の効率化を図るとともに冬期養生を容易にするため、主桁製作台には全天候型の上屋を設置する。

表-4 フレッシュコンクリートの試験結果

	1バッチ目	出荷時	現場到着時	ポンプ筒先	ポンプ筒先
試験時刻	13:25	13:42	14:30	14:50	15:45
練上りからの経過時間(分)	4	4	52	68	127
スランプフロー(mm)	524×515 (520)	564×552 (558)	525×510 (518)	588×560 (574)	500×455 (478)
空気量(%)	7.5	7.3	7.0	6.2	—
単位容積質量(kg/m ³)	1709	1783	1700	1783	—
コンクリート温度(℃)	27.0	27.0	27.0	28.0	—
外気温(℃)	30.0	30.0	28.0	28.0	—
軽量骨材含水率(%)	—	1.06	1.14	1.71	—

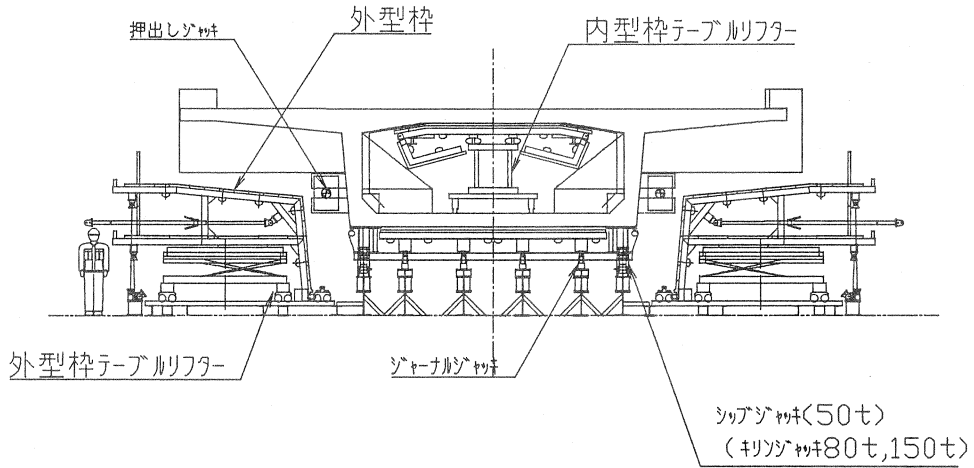


図-5 型枠設備図

高性能軽量コンクリートの打設方法はまだ確立されていないが、施工試験をもとに以下のように行う。

① 打設には、コンクリートポンプ車を使用する。

② 高性能軽量コンクリートは流動性が高く、ウェブから打設したコンクリートが下床版に流れて溢れ出す可能性があるため、下床版上面に押え型枠を設ける。押え型枠には、直径10cm程度の充填確認用および内部振動機挿入用の孔を約50cm間隔で設ける。さらに、直径1cm程度の空気抜き孔を多数設ける。

③ コンクリートの打設は、下床版→ウェブ→上床版の順序で行う。コンクリートの流動性が高いため、下床版のコンクリートはウェブから打設する。また、下床版からの打込みが行えるような対策も準備する。下床版・ウェブ・



写真-4 ジッタバック

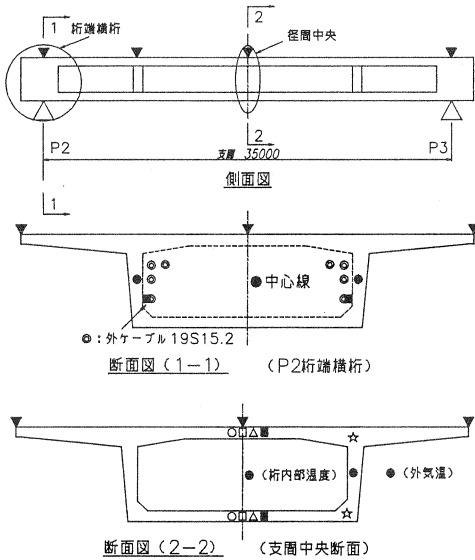
上床版の各段階で、1ブロック全体を打設する。このとき、前段階から次段階への移行の遅延に伴う、コールドジョイントの発生を避けるため、複数のポンプ車を準備し、1時間程度を目途に、次段階のコンクリート打設を、後追いで行う。

④ 締固めにおいて、内部振動機を過度に使用した場合、人工軽量骨材が分離して浮き上がる可能性があるため、内部振動機の使用を1ヶ所5秒以内に、挿入間隔を50cm程度に制限する。

⑤ 表面仕上げは木ごてによる粗均し後、木ごて・金ごてで仕上げる。表面に浮き上がった粗骨材は、通常木ごてにより押し込むことが可能だが、浮上りがはなはだしい部分は、ジッタバック（写真-4）により内部に押し込む。仕上げ時には、表面仕上げ剤を使用する。

6. 沼宮内 Bi の計測計画

本橋の施工にあたり、高性能軽量コンクリートを PC 部材として使用した場合のたわみ特性、有効プレストレス（橋軸方向：外ケーブル 19S15.2）、クリープ量、乾燥収縮量、熱特性等を実橋で計測し、設計用値および設計手法の妥当性の確認を行うと共に、今後の基礎資料とすることを目的に計測を行う。計測により確



使用計器	記号	備考
コンクリート有効応力計	○	橋軸方向・直角方向
	☆	橋軸方向
コンクリートひずみ計	□	橋軸方向・直角方向
コンクリート無応力計	△	橋軸方向・直角方向
鉄筋ひずみ計	■	橋軸方向・直角方向
熱電対	●	

図-6 計測機器配置図

認する項目と必要な計測項目および計測位置を表-5に、計測機器の配置図を図-6に示す。また、計測データを用いて、設計用値および設計手法の妥当性を確認するフローを図-7に示す。

表-5 計測項目と計測位置

確認項目	計測項目	計測位置
たわみ特性	主桁変形量	橋軸方向：1スパン4分割 直角方向：3点
クリープ・乾燥収縮の影響	コンクリートの応力 コンクリートのひずみ 鉄筋ひずみ	橋軸方向：第1径間中央 直角方向：第1径間中央
有効プレストレス	コンクリートの応力 コンクリートのひずみ 鉄筋ひずみ	橋軸方向：第1径間中央 直角方向：第1径間中央
部材応力分布状況	コンクリートのひずみ	橋軸方向：第1径間中央 直角方向：第1径間中央
PC定着部応力状態	コンクリートのひずみ 鉄筋ひずみ	外ケーブル定着P2桁端横桁
熱特性	温度（熱電対）	各部材（上床版、ウェブ、横桁、下床版）

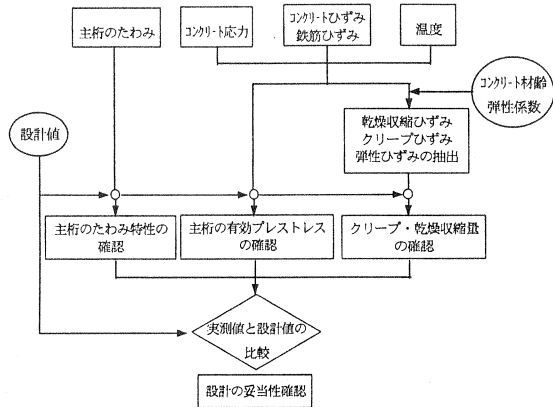


図-7 検討フロー

7. おわりに

これまでの施工試験から得られた知見により、高性能軽量コンクリートを用いたPC箱桁の施工方法が、概ね確立できたものと思われる。今後は実施工をとおして、一層の改善を図ってきたい。本報告が、今後高性能軽量コンクリートを使用する際の一助となれば幸いである。

参考文献

- 岡本, 早野, 柴田: 超軽量コンクリート, コンクリート工学 Vol.36, No.1, pp.48~52, 1998.1
- 柳井, 坂田, 信田, 石川: 高性能軽量コンクリートの配合がポンプ圧送性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集 Vol.22, No.2, pp.1405~1410, 2000.6