

鋼・コンクリート混合橋における接合部への速硬コンクリートの適用

オリエンタル白石(株)	田中 知魅
中日本高速道路(株)名古屋支社	松田 祥吾
オリエンタル白石(株)	井隼 俊也
オリエンタル白石(株)	正会員 工修 俵 道和

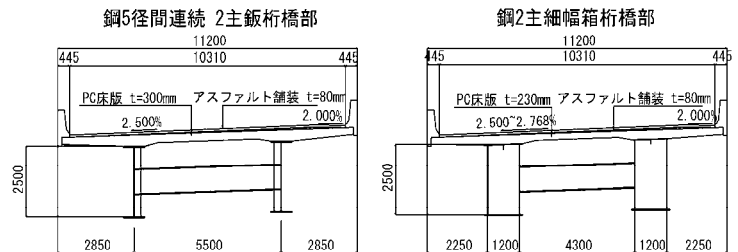
1. はじめに

舞鶴若狭自動車道は、兵庫県三木市の吉川 JCT から福井県敦賀市の敦賀 JCT へ至る高速自動車国道である。現在吉川 JCT から福井県小浜市の小浜 IC まで供用されており、小浜 IC から敦賀 JCT までの区間(約 39km)を現在施工中である。黒河川橋はこのうち福井県敦賀市長谷(STA 678+72.7)～福井県敦賀市山 (STA 683+57.1)の橋長 484.4m の鋼・PC 複合上部工である。

黒河川橋上部工は、鋼桁とPC桁の混合構造であり鋼桁とPC桁の接合箇所が存在する。また、桁端部の伸縮装置部分については、耐久性と走行性を向上させた延長床版システムを採用している。主桁の接合部や伸縮部分について、日温度変化により応力変動が生じ、初期材齢段階において、この接合部のコンクリートにひび割れが発生することが懸念された。本文では、日温度変化で生じる応力変動の影響を受ける前に早期強度を発現することを目的とし、新たに開発された速硬性混和材を用いた速硬コンクリートを適用した事例について報告を行う。

2. 工事概要

工事名：舞鶴若狭自動車道 黒河川橋
 (鋼・PC 複合上部工) 工事
 工事場所：敦賀市長谷(STA 678+72.7)～
 敦賀市山 (STA 683+57.1)
 発注者：中日本高速道路株式会社
 名古屋支社 敦賀工事事務所



所

構造型式：鋼5径間連続2主版桁橋
 + 鋼2主細幅箱桁橋
 + PRC7径間連続2主版桁橋

橋 長：484.4m

支間長：35.800 + 4@42.000 + 64.000
 + 6@31.000 + 28.600m

幅 員：10.500m (有効)

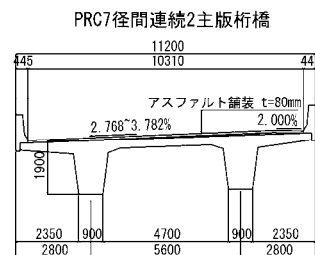


図 - 1 主桁断面図

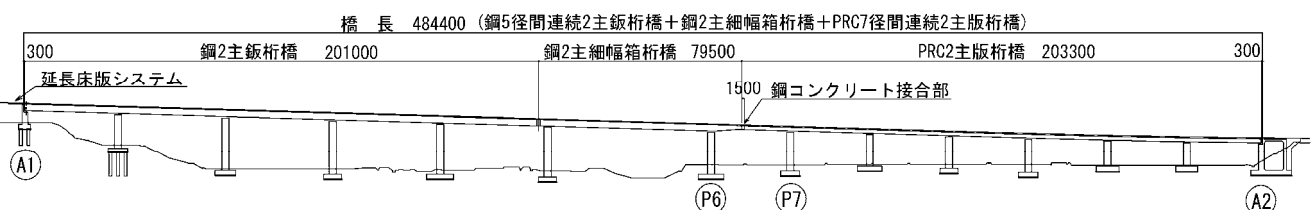


図 - 2 全体一般図(側面図)

3. 接合部施工概要

3.1 速硬コンクリートの採用理由

本橋における接合部は図 - 2 に示すように、P6～P7径間部に配置されている。この接合部の施工順序は、両側の鋼桁ならびにPRC桁の架設完了後である。この接合部の詳細な施工順序を図 - 3 に示す。

従来、STEP3での接合コンクリートは、通常の早強コンクリートを用いており、材齢3日程度で接合PC鋼材の緊張（STEP4）が実施されていた。

しかし、PC鋼材緊張までの期間においても、1日の気温変動によって、先に施工が完了している鋼桁部（A1-P6）およびPRC桁部（P7～A2）に伸縮が生じる。その結果、接合横桁区間に相対変位が生じ、その変位量として、単位温度変化（1℃）あたり2mm程度であることが算定された。また、現地における接合横桁部コンクリート打設前の事前計測（3日間）でも、最大気温変化量12℃に対して、この区間の最大相対変位量として約6mmを確認された。

以上のことより、接合横桁部コンクリート打設より接合PC鋼材緊張までの初期材齢の期間に、打継ぎ鉛直界面の肌隙やひび割れの発生が懸念された。

そこで、材齢6時間で所定強度が得られるような速硬性混和材を用いた速硬コンクリートを採用した。

3.2 接合横桁部の施工

接合横桁部の施工は、気温低下に伴うこの区間の短縮が生じない間に、コンクリート打設からPC鋼材緊張まで可能となるように1日の工程を計画した。施工当日の時間工程を表 - 1 に示す。

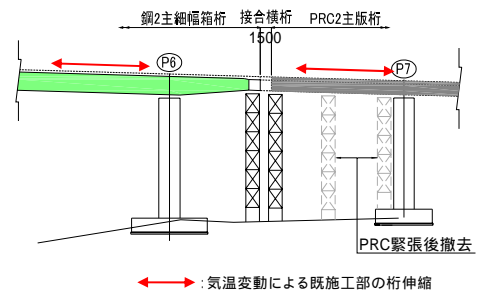
表 - 1 施工当日の時間工程

時刻	気温	項目
7:30	2	コンクリート打設開始
10:00	8	コンクリート打設完了
16:00	13	接合PC緊張開始
19:00	12	接合PC緊張完了

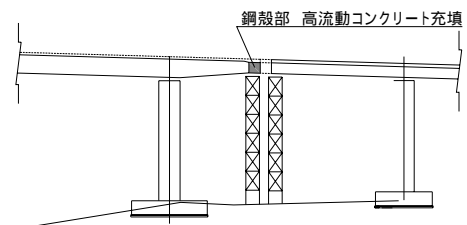
施工前日までの気温低下により、コンクリート打設開始時は気温が相当低下していたものの、当日の天候にも恵まれ、時間の経過とともに気温は上昇して、PC緊張完了まで、既設桁の短縮を招く気温低下を生じることは無かった。完成後の初期点検においても、接合横桁部や打ち継ぎ界面および周辺部コンクリートに、ひび割れ等の変状が生じていないことを確認した。

また、A1端部の延長床版システムの接合部においても、この速硬コンクリートを採用した。以降に、鋼桁とPC桁の接合部および延長床版接合部に適用した速硬コンクリートの特性について詳述する。

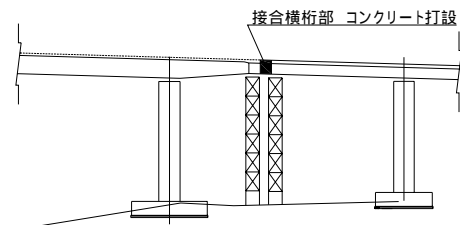
STEP1: 鋼2主細幅箱桁の架設およびPRC桁の施工



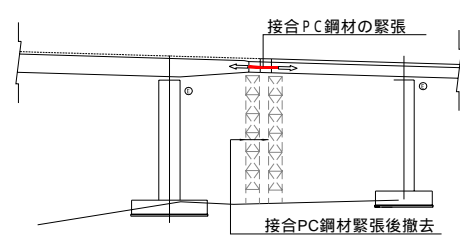
STEP2: 鋼殻部 高流動コンクリート充填



STEP3: 接合横桁部コンクリート打設(速硬コンクリート使用)



STEP4: 接合PC鋼材緊張



STEP5: 鋼2主細幅箱桁床版施工

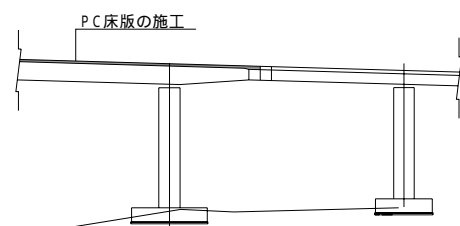


図 - 3 接合部施工順序

4. 速硬コンクリートの概要

4.1 速硬コンクリートの特徴

本橋では、早期強度発現性、施工性および採算性に優れた速硬性混和材を用いた速硬コンクリートを選定した。速硬性混和材は、特殊カルシウムアルミネートと硫酸塩を主成分とする速硬性混和材であり、遅延剤の効きが良く、遅延剤効果消失後の水和反応の進行が早いといった特徴を有しており、良好な速硬性を維持したまま、比較的長い可使時間を確保することが可能である。このため、速硬性混和材を用いた速硬コンクリートは、生コン工場やアジテータ車のいずれの設備でも製造可能である自由度の高い速硬コンクリートである。

4.2 速硬コンクリートの配合

本橋で使用した速硬コンクリートの配合を表 - 2 に示す。ベースコンクリートとして、36-12-20N を使用し現場で速硬性混和材および水に溶解させた凝結調整剤を投入した。また、ひび割れ抑制対策として、ベースコンクリートに低添加型の膨張材を使用した。拘束膨張試験を実施し、収縮補償用コンクリートとして必要な膨張量を確認し、膨張材添加量を 15kg/m³ に設定した。

表 - 2 配合表

ベースコンクリート									速硬コンクリート		
W/B ¹ (%)	Sl (cm)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)						単位量 (kg/m ³)		
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	膨張材 EX	AE 減水剤	速硬性 混和材	凝結 調整剤 ²	水 W
43.6	12.0	4.5	153	336	796	1014	15	6.318	150	2.4 ~ 4.4	10

1: B=C+EX 2: コンクリート温度によって調整

4.3 速硬コンクリートの実機製造試験

実施工に準じた方法により速硬コンクリートを製造し、アジテータ車のドラム内での速硬性混和材の分散状況および練混ぜ状況の確認を行った。試験フローを図 - 4 に示す。速硬コンクリートを製造後にアジテータのドラムの上部、中部、下部のコンクリートを採取し、それぞれにスランプ試験および圧縮強度試験を行い速硬性混和材が均一に分散されているかの確認を行った。

表 - 3 に実機製造試験時のフレッシュ性状と圧縮強度の結果を示す。速硬コンクリートの目標スランプは 21 ± 2.5cm、目標空気量は 2.0 ± 1.5% とした。スランプの経時変化は、2 時間 30 分で 17.5cm を確保しており十分な施工性能を示した。アジテータ車の上部・中部・下部から採取されたコンクリートについてもスランプの大きな変動は見られず均一に攪拌されていることが確認された。

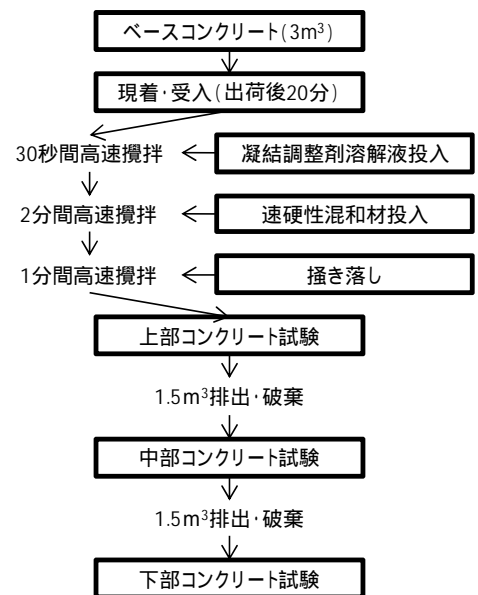


図 - 4 試験フロー

表 - 3 フレッシュ性状および圧縮強度の結果

		測定時間	経時変化	スランプ (cm)	空気量 (%)	コン温度 ()	試験材齢	圧縮強度 (MPa)
生コン出荷時		8:50	0:00	13.5	-	-	7日	36.5
ベースコン 現場到着時		9:05	0:15	14.5	4.5	14.0	28日	49.7
速硬 コンクリート	上部	9:23	0:33	22.0	1.6	16.0	6時間	26.9
							8時間	33.4
	中部	9:45	0:55	22.0	-	15.5	6時間	30.7
							8時間	35.5
速硬 コンクリート	下部	9:55	1:05	22.0	-	16.0	28日	59.7
		11:23	2:33	17.5	-	12.0	6時間	32.2
							8時間	36.3

圧縮強度の結果より、材齢 8 時間で 30MPa 以上とした目標強度を満足する結果が得られた。上部・中部・下部の圧縮強度の差は最大で材齢 6 時間の上部と下部で約 5MPa であった。これは、初期の試験材齢の違いによるものだと考えられる。材齢 28 日の圧縮強度は、ベースコンクリートは 49.7MPa、速硬コンクリートは 59.7MPa であり速硬コンクリートの圧縮強度が約 10MPa 増加した。これは、速硬性混和材を後添加したことによりベースコンクリートよりも速硬コンクリートの見かけの水粉体比が小さくなったためと考えられる。

4.4 速硬コンクリートの温度履歴

ベースコンクリートと速硬コンクリートについて、図 - 5 に示す簡易断熱試験 (JASS 5 T-606:2005) を実施し温度履歴を測定した。図 - 6 に材齢と簡易断熱試験温度履歴の関係を示す。速硬コンクリートは材齢 6 時間で約 45 となり、材齢 30 時間に約 47 の最高温度が確認された。ベースコンクリートは、材齢 30 時間に約 45 の最高温度が確認された。これより、ベースコンクリートと速硬コンクリートに関して最高温度は同程度となるが温度上昇速度に大きな違いが生じることが確認された。

図 - 7 に鋼桁と P C 桁の接合部中心温度 (縦 1.5×横 6.7×高さ 1.9m) と 2007 年制定コンクリート標準示方書 [設計編] に示される断熱温度上昇量の計算値の結果を示す。その結果、実構造物の温度履歴についても簡易断熱試験温度履歴と同様に最高温度は同程度となるが温度上昇速度に大きな違いが生じることが確認された。以上より、温度応力解析を行う場合には、温度上昇速度に関する定数については詳細な検討を行うことが望まれる。

5. おわりに

今回使用した速硬コンクリートは、アジテータ車に現場で添加するため従来のようなプラント設備を備えた機械の必要が無く、より簡便に採用できる。また、配合により強度発現の調整が可能であるため施工性と要求性能を兼ね備えたコンクリートであり、今後様々な箇所での採用が期待される。

最後に、本工事の施工にあたり多大なご指導、ご協力を賜った関係者各位に深く感謝の意を表すとともに、本報告が今後の同種工事の計画の一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 郭度連, JIS 生コンを速硬コンクリートに - 速硬性混和材 FACET -, セメント・コンクリート NO.783, pp.35 ~ 40, 2012.5
- 2) 浜中昭徳, 長塩靖祐, 郭度連, 速硬性混和材を用いた速硬コンクリートの製造方法検討, プレストレストコンクリート技術協会, 第 20 回シンポジウム論文集, pp.541 ~ 544, 2011.10

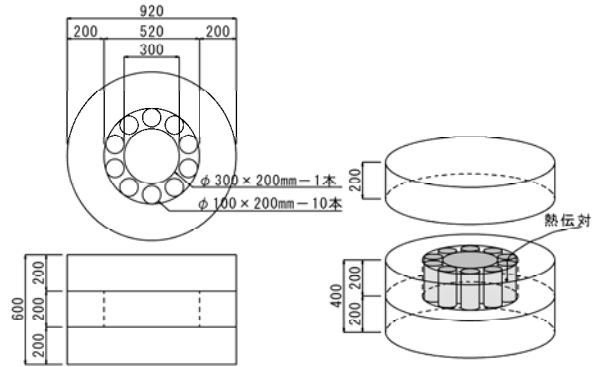


図 - 5 簡易断熱試験

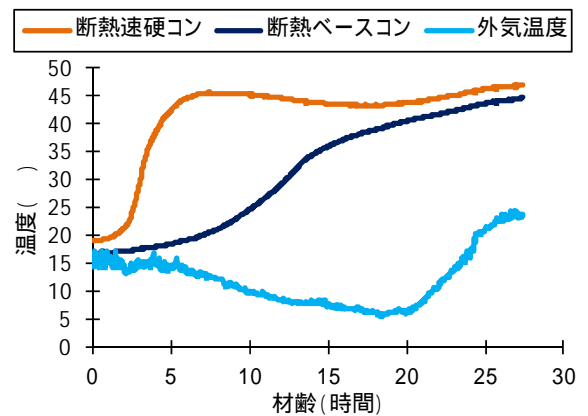


図 - 6 材齢と簡易断熱試験温度履歴の関係

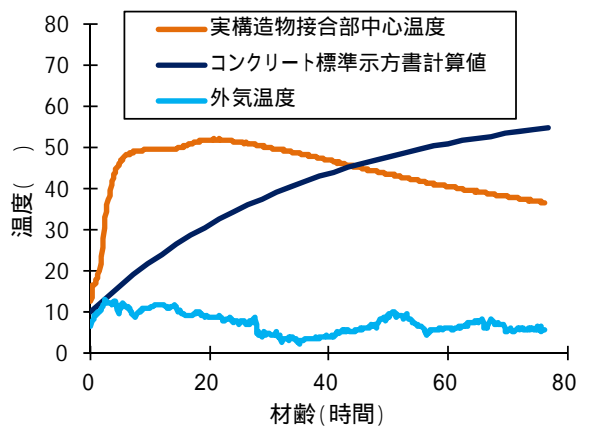


図 - 7 実構造物温度と計算値の比較