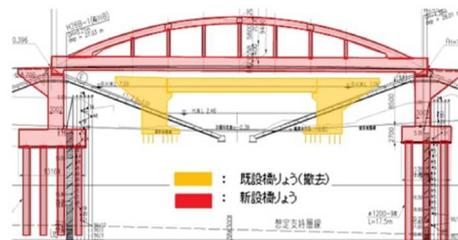


加熱改質フライアッシュを使用したコンクリートによる橋梁上部工の施工

（株）熊谷組 正会員 ○庄司 啓明 武田 隆
 東日本旅客鉄道（株） 神内 亮太
 日本製紙（株） 佐藤 貴之

1. はじめに

PRC ランガー桁の現場打ちコンクリートの施工において、普通ポルトランドセメントに加熱改質フライアッシュ（CfFA）を混和したコンクリートを適用した。CfFA はフライアッシュを加熱改質したもので、未燃カーボンの低減によって強熱減量が 1.0%以下となった高品質なフライアッシュである¹⁾。一般にフライアッシュをコンクリートに混和することによってアルカリシリカ反応（ASR）抑制や耐久性の向上に効果のあることが知られており、CfFA を使用することにより安定的に高品質なコンクリートを確保できると考えられる。



【橋りょう諸元】
 ・既設：PC 上路 I 桁単純桁 L=35m
 ・改築：PRC ランガー桁（下路）L=74m

図-1 桜川橋りょう、改築概要

2. 工事概要

桜川橋りょうは、東日本大震災により甚大な被害を受け BRT (bus rapid transit) による復旧を目指している JR 気仙沼線の橋梁で、L1 津波対応として 6.4m 嵩上げされる堤防整備に伴い橋長 74m、橋幅 6.0m、ライズ 7.0m の PRC ランガー桁（下路橋形式）で改築される（図-1）。

本工事では、旧橋（上・下部）を撤去した後、桜川橋りょうの改築及び橋梁周辺の河川堤防の整備を行った。

3. コンクリートに対する検討

3.1 コンクリートの現場条件による課題

コンクリートの配合条件（設計条件）を表-1 に示す。これに加え現場条件として、骨材の ASR 抑制対策（表-2）を行い、かつ、材齢 9 日での PC 緊張を目標として配合を検討した。

コンクリート打設時期の日平均気温（10～11 月、10～15℃）と現地生コン工場の配合から、PC 緊張に必要な圧縮強度 34N/mm² が発現する材齢を予測した結果（表-3）、材齢 9 日で PC 緊張を行うためには呼び強度が 45 以上必要となった。

設計条件においてセメントの種類として高炉セメント B 種が規定されていたが、強度発現に有利な普通ポルトランドセメントをベースに ASR 抑制に効果のある CfFA（図-2）を使用することとした。生コン工場の運営上、コンクリート製造時にサイロの使用ができないことから、水解紙で梱包した CfFA を直接ミキサーに投入して混練することとした。また、単位水量の上限値 175kg/m³ から水量の低減を図ることについて検討を行った。

3.2 解決策（CfFA と水解紙の使用）

普通ポルトランドセメントに対して質量比 15% の CfFA を混和したコンクリートについて試験練りを実施して水結合材比と圧縮強度の関係性を求めた結果、PC 緊

表-1 コンクリートの配合条件（設計条件）

部材名	打設量	スラブ or スラブラフロー	備考
補剛桁	538.7m ³	12±2.5cm	
アーチ・横継材	162.5m ³		合成短繊維補強455g/m ³
鉛直材	12.5m ³	60±10cm	ノンフリーディング型高流動コンクリート、鋼管に充填
※共通事項	設計基準強度 f _{ck} =40N/mm ² , PC緊張時の圧縮強度34N/mm ² (f _{ck} ×0.85) セメントの種類: 普通ポルトランドセメント, または高炉セメントB種 空気量4.5±1.5%, 粗骨材最大寸法20mm W/C 50%以下, 単位水量175kg/m ³ 以下		

表-2 使用骨材の ASR 判定区分と抑制対策

JIS 区分	JR東日本のASR判定区分と抑制対策		使用骨材
	区分	アルカリシリカ反応抑制対策	
無害	E 無害	無対策 (普通ポルトランドセメントの使用可)	細骨材1, 3
	準有害	アルカリ総量2.2kg/m ³ 以下に規制もしくは、混合セメント等による対策	細骨材2 粗骨材1, 2
無害でない	E 有害	混合セメント等による対策	

表-3 PC 緊張に必要な圧縮強度が発現する材齢の予測

呼び強度	セメント種類	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		混和剤種類	ASR	予測材齢
			セメント	水			
40	N	40.5	427	173	AE	×	(14日)×
40	BB	39.0	446	174	減水剤 (ヤマソー 90SE)	○	(18日)×
42	BB	37.5	464	174		○	(14日)×
45	BB	35.5	493	175		○	(11日)×

【予測材齢の算出】
 コンクリート標準示方書【設計編：標準】6 編 5 章 物性値
 ・有効材齢におけるコンクリートの圧縮強度推定式を参照した。

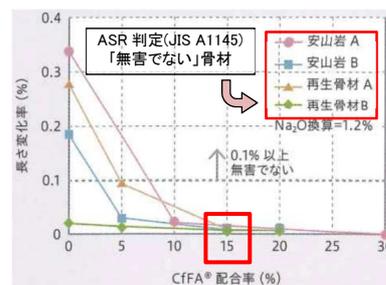


図-2 CfFA の ASR 抑制効果²⁾
 モルタルパー法 (JIS A1146)

キーワード：PRC ランガー桁、アルカリシリカ反応、加熱改質フライアッシュ（CfFA）、水解紙
 連絡先：〒980-0011 宮城県仙台市青葉区上杉 5 丁目 3 番 36 号 第三勝山ビル 4 階
 株式会社熊谷組 東北支店 土木部 TEL022-262-2815

張時の目標強度 42.5N/mm² を得るには水結合材比を 33.1%以下とすれば良いことになった (図-3)。

水解紙は、不溶性繊維であるパルプ(セルロース)の間をカルボキシメチルセルロース(CMC)で繋ぎとめた紙で、水により CMC が分散しパルプがバラバラになる原理を利用している。紙の厚さ及び CMC の種類により 60MDP と 120CD2 の 2 種類がある (表-4)。水解紙の CMC が水に分散することから、コンクリートのフレッシュ性能が変化することになる。水解紙の分散に必要な水量を把握してフレッシュ時の性状確保に必要な最少単位水量を決定するために、水解紙の種類と量を変えて試験練りを実施した。その結果、梱包袋として水中での分散性が良好な 60MDP を二重で使用することとし、配合を決定した (表-5)。

混和剤の種類:高性能 AE 減水剤

W (C+F)	W	C	F	W	スラフ (cm)	空気量 (%)	現場 σ ₉	標準 σ ₇	標準 σ ₂₈
35.7%	2.80	390	68.9	164	14.0	4.8	35.9	41.6	54.5
33.1%	3.02	426	75.2	166	12.0	4.0	42.0	50.2	63.2
30.6%	3.27	467	82.5	168	11.5	4.1	50.6	55.4	72.1

- ・生コン工場の強度保証 1/0.8 (1.25) 倍
- ・緊張時の配合目標強度 34N/mm² ÷ 0.8 = 42.5N/mm²

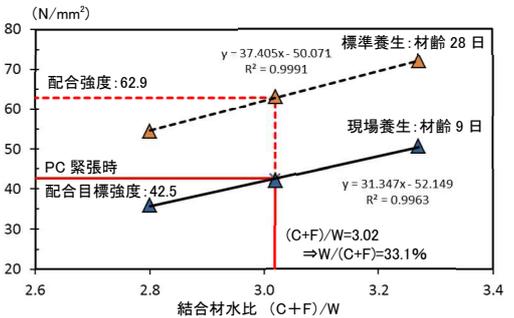


図-3 結合材水比と圧縮強度の関係

表-4 水解紙の諸元

水解紙種類	単位面積の質量	成分構成比		引張強さ MD	分散時間
		セルロース	CMC		
60MDP	60g/m ²	90%	10%(粉末状)	3.1kN/m	10秒
120CD2	120g/m ²	80%	20%(繊維状)	6.5kN/m	100秒

表-5 試験練りによる決定配合

部材名	配合表 (kg/m ³)				水	骨材の種類			SP	水解紙の有無	備考
	W %	W (C+F) %	細骨材率 %	セメント N		混和材 CfFA	水 W	細			
補剛桁	38.8	33.0	37.5	438	77.3	170	595	1,025	4.635	有	
アーチ・横継材	38.8	33.0	37.5	438	77.3	170	595	1,025	5.408	有	合成短繊維補強455g/m ³
鉛直材	40.0	34.0	47.9	435	76.8	174	756	850	9.472	無	

4. コンクリートの製造

補剛桁の打込みでは、CfFA77.3kg/m³を混和しつつ538.7m³のコンクリートを製造することから、効率化のために以下の対策を実施した。

- 1) CfFA をプラント混練単位 2m³ (1 バッチ) ごとに 7 袋投入するように梱包し、人力投入しやすい重量に設定した (22.08kg/袋)。
- 2) CfFA の投入箇所をプラント内の砂計量器放出シュートとした。ここにアクセスするために、プラント外部に足場を組立て、CfFA の荷揚げ場所としてステージを構築した (写真-1)。足場上にはローラーコンベアーを設置し、効率よく運搬する設備を整えた。

製造時には投入箇所に専任担当者を配置して投入量管理を行い、問題なくコンクリートの製造を完了した。

5. まとめ

実施工では、現場養生の供試体で圧縮強度を確認し、PC 鋼材を緊張した。材齢 9 日で PC 緊張に必要な強度を確保することができ (表-6)、予定工程通りに工事を進めることができた。

CfFA を混和したコンクリートの適用にあたって、生コン工場での混和が障害となって適用を断念せざるを得ない場合もある。そのような場合に CfFA を水解紙で梱包することによって、CfFA の混和が可能である。また、梱包によって、投入に要する時間・投入に係る労務・投入時の粉塵削減が可能となり、狭隘なプラント内作業に効果のあることが確認され、システムとして有効な方法であることを実証できた。

CfFA を積極的に使用していくことによって、コンクリートの長寿命化や資源の再利用に伴う環境負荷低減に貢献できるものと考えられる。本報が CfFA の利用普及の一助となれば幸いである。

参考文献 1)久田ら：加熱改質フライアッシュを使用したコンクリート，コンクリート工学，2019.1

2)日本製紙社カタログ：コンクリート用混和材加熱改質フライアッシュ，2016



写真-1 フライアッシュ投入設備

表-6 圧縮強度試験結果

部材名	打設日	現場養生 (緊張時)	標準養生 (σ ₂₈)
補剛桁	10/4	材齢 9 日	最高 52.2N/mm ²
			最低 48.6N/mm ²
アーチ・横継材	11/15	材齢 12 日	最高 47.7N/mm ²
			最低 46.9N/mm ²
鉛直材	10/31	—	44.0N/mm ²