

技術紹介

塩害に強いプレビームをめざして

～フライアッシュを添加した高強度コンクリートの検証～

Verification of High Strength Concrete with Fly Ash Added

栗山 浩 *1
Hiroshi KURIYAMA

泉谷 智之 *2
Tomoyuki IZUMIYA

窪田 一沙 *3
Kazusa KUBOTA

1. はじめに

北陸地方は、地理的要因や気象条件などにより、コンクリート構造物に塩害やアルカリシリカ反応（ASR）、凍害の影響を受けた損傷が多く見られる地域です。この対応策として、フライアッシュ（FA）を添加したコンクリートの効果が認められ、RC 構造物や PC 構造物に多く採用されています。

ここでは、フライアッシュコンクリート（FAC）をプレビームの下フランジコンクリートへ適用することを想定し実施している各種試験について紹介します。

2. 北陸産フライアッシュコンクリートの特徴¹⁾

FA は、石炭火力発電所から排出される石炭灰を電気集塵機で採取される球形微粒子です。製鉄所から排出される高炉スラグとは異なり、セメントの水和（硬化）反応で残された隙間（毛細管空隙）にあるアルカリ性溶液と FA が更に反応しポゾラン反応層が形成されることでより緻密なコンクリートとなることが確認されています。北陸地区の 2 発電所から算出される FA は、専用の分級装置を設置し安定した品質のコンクリートを供給できる体制が整っており、各自治体において推奨されています。

3. プレビームへの適用要件

プレビームの下フランジコンクリートは、鋼 I 桁の下フランジを巻き込む構造であり、狭隘な部位へコンクリートを充填します。そのため、流動性や材料分離抵抗性が求められます。また、鋼桁に集中荷重を載荷し曲げ変形（プレフレクション）を与えた状態で打設した後、所定の強度にて荷重解放（リリース）するため、早期の強度発現も必要となります。そこで、次の性能を満足させるために配合試験を行いました。

- ①高い流動性（スランプフロー40cm）
- ②早期の強度発現（5日強度で50N/mm²）
- ③塩害抑制対策（鋼材の保護性能）

4. フレッシュ性状の確認

(1) 配合設定（室内試験練り）²⁾

プレビームで標準的に採用している配合をベースに試験練りを繰り返し行いました。使用したセメントは通常時使用の普通セメントと冬季使用を想定した早強セメントの2種類、FA有りりとFA無しで計4ケースの配合を設定しました。なお、セメントからFAへの置換率は15%で固定としました。

表1に室内試験練り結果により設定したコンクリートの配合を試験ケースごとに示します。

表1 試験ケースとコンクリートの配合

	セメント種類	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				C	FA	W	S	G
N	普通	31.2	41.8	465	0	145	717	1005
NF		29.0	39.0	430	88	150	637	
H	早強	31.8	42.0	456	0	145	723	
HF		29.0	38.9	430	88	150	635	

表2 試験項目と試験時期

評価性能	試験項目	試験時期
フレッシュ性状	スランプフロー試験	練り上がり直後、20分後、60分後
	空気量試験	
流動性	L形フロー試験	20分後のフロー試験、空気量試験の終了後
加振締固め性	加振スランプ試験	
材料分離抵抗性	V漏斗試験	
充填性(加振なし)	U形充填試験	
強度	圧縮強度試験	材齢5日、7日、28日



写真1 加振スランプ試験（左）およびU形充填試験（右）の状況

*1 川田工業㈱鋼構造事業部技術部富山技術課 主幹

*2 川田工業㈱鋼構造事業部技術部富山技術課 係長

*3 川田工業㈱鋼構造事業部橋梁企画室

(2) 実機（コンクリートプラント）練りによる確認³⁾

室内練りで決めた配合が実際のプラントでも目標性状が維持できるか確認するため、実機練りによるコンクリートの各種試験を行いました。表 2 に試験項目と試験時期を示します。

スランプフローは、練り上がり後 20 分で混和剤の効果が得られスランプフローが増加し、60 分ではすべてのケースが同程度になりました（図 1 左）。加振スランプ試験のスランプフローの比較では、加振による変形量 $10 \pm 3\text{cm}$ ⁴⁾ を満たしており、加振締固めによる流動性と充填性が確保できることが確認できました（図 1 右）。

5. 硬化後の性能確認

硬化後のコンクリートの性能確認として、圧縮強度試験、静弾性係数試験、長さ変化試験を行いました。

N, H, HF の圧縮強度は、材齢 5 日には 50N/mm^2 を上回り、NF の圧縮強度は 7 日で上回りました（図 2）。実機練り試験時の気温が低かったこともあり、室内練りより強度発現が遅い傾向が見られました。静弾性係数試験および長さ変化試験については、FA 添加であっても FA 無しの場合とほとんど相違ないことが確認できました。

6. 塩分浸漬抵抗性

塩分浸漬抵抗性を確認するため、塩分浸漬試験を実施しています。試験練り時に採取した 4 配合の供試体をそれぞれ 3 ヶ月、9 ヶ月、12 ヶ月間浸漬し、各層における塩化物イオン濃度を測定します。図 3 に浸漬時間 12 ヶ月における塩化物イオン量の分布および表面深さ 10~15mm 間における塩化物イオン量と浸漬時間の関係を示します。この結果では、FA 有りの方が FA 無しよりコンクリート内部の塩化物イオン濃度が小さい傾向が見られ、塩分の遮断効果があることが確認できました。

7. おわりに

本研究は、富山県立大学との共同研究として、工学部環境・社会基盤工学科 伊藤始教授の多大なるご指導ご協力のもと進めています。また、SIP（戦略的イノベーション創造プログラム、代表：金沢大学・鳥居和之教授）の一環の研究テーマともなっています。

まだ研究半ばですが、塩害に強いプレビームの実現に向けて、実機練り供試体による塩分浸漬試験のデータの経時確認の継続、さらに実物大モデルによる施工性確認試験の計画を進めています。

参考文献

1) 北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュ

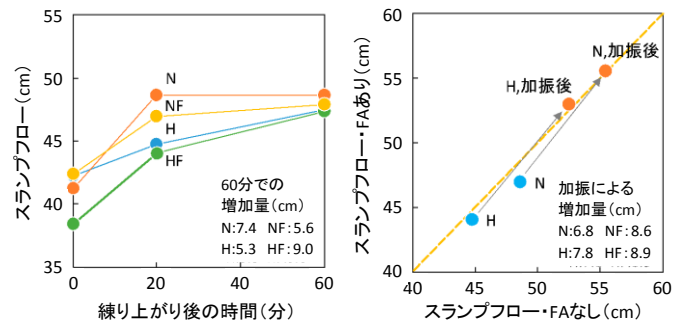


図 1 スランプフローの履歴（左）および加振前後のフローの比較（右）

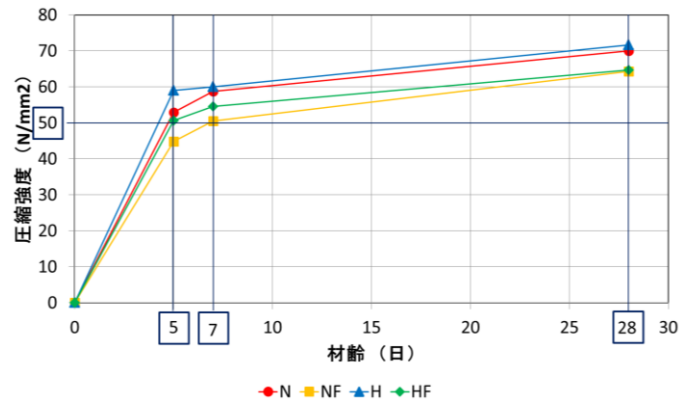


図 2 圧縮強度の経過（実機練り）

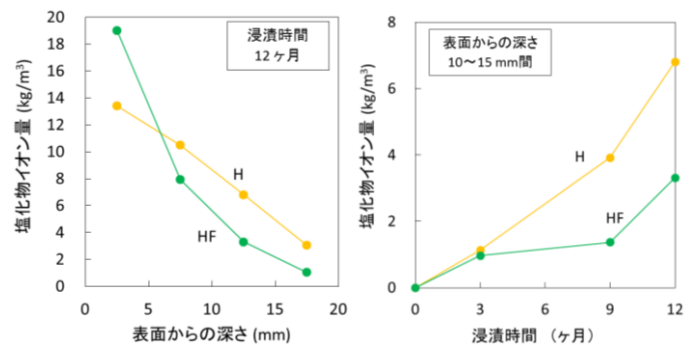


図 3 塩化物イオン量の分布（左）および塩化物イオン量と浸漬時間の関係（右）

の有効利用促進検討委員会報告書（富山・石川版）：コンクリート構造物の長寿命化と環境負荷低減を目指して、pp.2-15, 2012.3.

2) 伊藤, 栗山, 窪田, 泉谷, 中畔：フライアッシュを添加した高強度コンクリートのフレッシュ性状と初期強度に関する検討, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, V-137, 2016.

3) 伊藤, 栗山, 窪田, 泉谷, 田島：実機製造した高強度フライアッシュコンクリートの流動性と材料分離抵抗性に関する検討, 土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集, V-362, 2017.

4) 日本コンクリート工学会：施工の確実性を判定するためのコンクリートの試験方法とその適用性に関する研究報告書, pp.22-34, 2009.