

供試体の製作方法と養生条件がフライアッシュコンクリートの強度発現に与える影響

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○三倉 寛明 笠倉 亮太 渡辺 健 岡本 大
 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 下津 達也 角 孝之

1. 目的

フライアッシュ（以下、FA）を用いたコンクリートの材料特性については、様々な検討がなされている。本論文では、北陸地方での施工を想定し、当該地域の材料供給体制を考慮して決定した配合を用いて、FA コンクリートのフレッシュ性状の把握および養生条件が強度発現に与える影響について検討した。

2. 実験および考察

(1) 使用材料および配合

検討にあたり、表 1 に示す通り 4 種類の配合を用意した。コンクリートは、普通ポルトランドセメントのみを使用した普通コンクリート（以下、N）およびセメントの一部を FA で置換した FA コンクリート（以下、N+F）の 2 種類を用意し、FA の置換による影響を確認することとした。配合 A では七尾大田火力発電所（七尾産）で産出される FA と手取川産骨材を、配合 B では敦賀火力発電所（敦賀産）で産出される FA と九頭竜川で得られる骨材を使用した。なお、それぞれの配合に用いる骨材は、FA が供給される地域の代表的なブランドで用いられるものとした。表 2 にコンクリートの配合条件を示す。なお、セメントに対する FA の重量置換率（内割り）は、スランブ 12cm、空気量 5.5% を目標として、A 配合で 17%、B 配合で 15% とした。

(2) フレッシュ性状

試験は、構造物の施工および低温期の FA コンクリートの強度増進の鈍化を想定して、プラント実機練りとして 1 月に実施した。打設後のフレッシュ性状の経時変化について、図 1 にスランブ、図 2 に空気量を示す。図 3 に N および N+F のブリーディング率（JIS 1123）を比較して示す。図 1 より、1.5 時間以降で N+F (A) のスランブロスがやや大きいものの、セメント種類の比較では、N と N+F のスランブ、空気量およびブリーディング率に大きな差は見られなかった。一方、配合の比較では、スランブは同程度だが、A 配合の方が空気量はやや小さく、ブリーディング率は大きくなった。

これは AE 減水剤および AE 助剤をそれぞれの配合で調整したことによる違いであり、いずれの配合でもスランブおよび空気量の経時変化を制御することができた。

(3) 養生条件および強度発現

(1) に示したコンクリートを用いて、φ100×200mm の円柱供試体(JIS A 1132)および図 4 に示す模擬柱を製作した。円柱供試体の養生方法は、打設翌日に脱型し、20℃の水中にて養生する「標準」、および打設後に打設面をラップで包んだ状態（封緘養生）で屋外に曝露し、材齢 3 日に脱型した後、所定期間の封緘養生を行った。

表 1 配合と使用材料の組合せ

配合 配合表記	A 配合		B 配合	
	N(A)	N+F(A)	N(B)	N+F(B)
セメント	N	普通ポルトランドセメント		
フライアッシュ	F	FA (七尾産) 置換率 17%	—	FA (敦賀産) 置換率 15%
細骨材	S1	手取川産 (5mm)	九頭竜川下流域産 (5mm)	
	S2	手取川産 (2.5mm)	あわら市地内産 (1.2mm)	
粗骨材	G1	手取川産 (5~25mm)	九頭竜川下流域産 (25mm)	
	G2	—	九頭竜川下流域産 (10mm)	
混和剤	A	AE 減水剤 1	AE 減水剤 2	AE 減水剤 3

表 2 配合条件

配合	配合表記	設計基準強度 N/mm ²	セメント種類	FA 置換率 %	最大水セメント比 %	骨材の最大寸法 mm	スランブ cm	空気量 %	単位水量の上限 kg/m ³
A 配合	N(A)	27	N	—	53	25	12 ± 2.5	5.5 ± 1.5	175
	N+F(A)		N+F	17					
B 配合	N(B)	27	N	—	53	25	12 ± 2.5	5.5 ± 1.5	175
	N+F(B)		N+F	15					

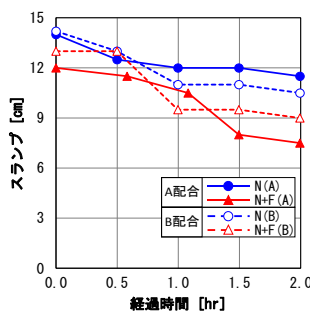


図 1 スランブの経時変化

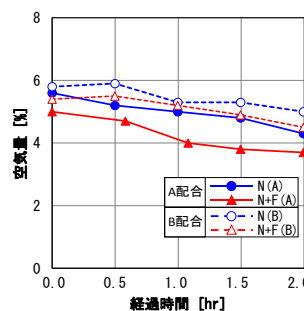


図 2 空気量の経時変化

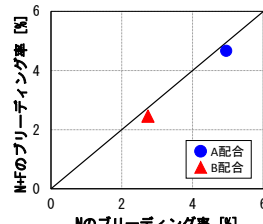


図 3 N と N+F のブリーディング率の比較

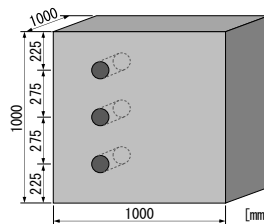


図 4 模擬柱の寸法およびコア採取位置

キーワード フライアッシュコンクリート、強度発現特性、供試体製作方法、養生条件、フレッシュ性状

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部コンクリート構造

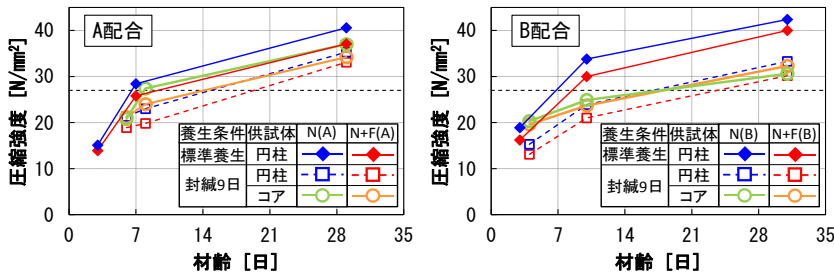


図5 圧縮強度の経時変化

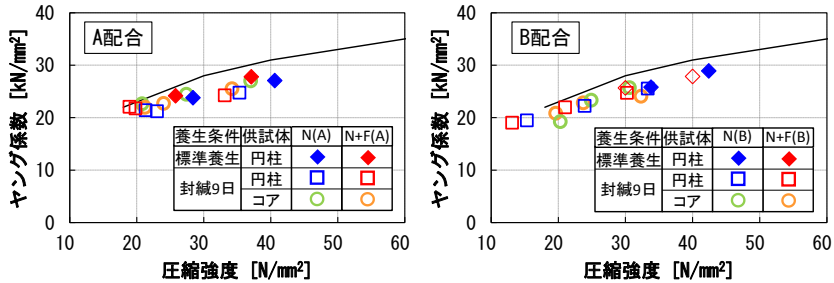


図6 圧縮強度とヤング係数の関係

表3 供試体の種類と養生方法の組合せ

供試体	配合	配合表記	養生方法	養生日数
円柱供試体	A 配合	N(A)	標準	—
		N+F(A)	封緘	9 日
	B 配合	N(B)	標準	—
		N+F(B)	封緘	9 日
コア供試体	A 配合	N(A)	封緘	9 日
	B 配合	N(B)		

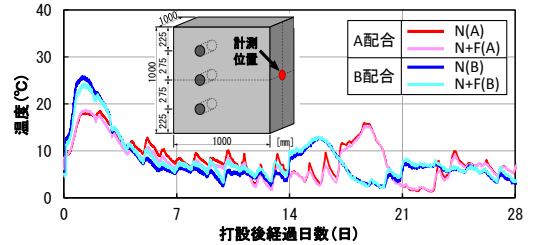


図7 模擬柱の表面温度の経時変化

「封緘」の2通りである。封緘養生の期間（9日）は、コンクリート標準示方書[施工編]²⁾に示される湿潤養生期間の標準値（普通ポルトランドセメント）を参考に、現地で想定される外気温から設定した。一方、模擬柱は、実際の構造物を想定し、コンクリートを上方より打設後、打設面を封緘養生した状態で屋外曝露し、材齢3日に脱型した。その後も所定の封緘養生を継続し、試験を実施する材齢ごとに模擬柱からφ100×200mmのコア供試体（JIS A 1107）を3本ずつ採取した。図4に示す通り、採取位置は高さ方向に異なり、施工による影響が反映されるように決定した。

養生条件がFAコンクリートの強度発現に与える影響を確認するため、標準養生および封緘養生の供試体を用いて圧縮強度試験および静弾性係数試験を実施した。表3に供試体種類と養生方法の組合せを示す。

図5に材齢に伴う圧縮強度の経時変化を、図6に圧縮強度がヤング係数に及ぼす影響を、図7に模擬柱の表面で計測したコンクリート温度を示す。ここで、圧縮強度およびヤング係数は、3本の供試体の平均値を示している。なお、図6には、コンクリート標準示方書[設計編]³⁾に示される設計基準強度とヤング係数の関係を併記している。図5より、材齢初期の強度増進率は、いずれの配合も円柱供試体（標準）、コア供試体（封緘）、円柱供試体（封緘）の順に大きく、特にB配合ではコア供試体（封緘）がやや大きくなった。これは、養生によるコンクリートへの水の供給条件の違いやB配合のコア供試体の初期の温度が高い（図7）ことによる影響と推察される。材齢9日以降の強度増進率は、

配合および養生条件によらず、いずれも同程度となった。28日強度は円柱供試体（標準）が最も大きく、コア供試体（封緘）と円柱供試体（封緘）は同程度であった。なお、B配合のコア供試体で、コンクリート打設やコア採取の施工の影響と考えられる多少のばらつきが見られたが、この傾向はN+FとNで共通しており、相对比较において影響は小さいと考えられる。また、いずれの養生条件もN+FがNの90%程度であった。図6より、NおよびN+Fのヤング係数の試験値はいずれも算出した値³⁾の90%程度で、圧縮強度が同一であればセメント種類の違いに依存した差は見られなかった。

3. まとめ

- (1) スランプ、空気量、ブリーディング率は、混和剤によりN+FをNと同程度に制御可能であった。
- (2) 材齢初期の強度増進率は養生条件により違いが見られるが、材齢9日以降では養生条件によらずN+FとNは同程度であった。
- (3) 養生条件（封緘）が同じであれば、セメント種類によらず28日強度は、コア供試体と円柱供試体で同程度であった。
- (4) ヤング係数は、圧縮強度が同等であれば養生条件によらずN+FとNは同程度であった。

謝辞：本研究の実施にあたり、金沢大学 鳥居和之教授にご協力を頂きました。ここに深く謝意を表します。

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の有効利用促進検討委員会：報告書（富山・石川・福井版），2013.6，2)（公社）土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書[施工編]，p.122，2012.3，3)（公社）土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書[設計編]，p.39