

加熱改質フライアッシュを用いたコンクリートの性状確認実験

鉄建建設(株) 正会員 福岡 瑛莉奈 正会員 西脇 敬一 唐沢 智之

1.はじめに

近年、環境問題に対する社会的な関心の高まりに伴い、建設業界においても二酸化炭素排出量の削減は重要な課題の一つとされている。コンクリート分野における二酸化炭素排出量の削減方法の一つとしては、高炉スラグやフライアッシュ等の混和材の有効利用が挙げられる。

フライアッシュをコンクリート材料として使用することで、耐久性や施工性の向上、長期強度の増進など、コンクリートの品質向上に関して多くのメリットがある。しかし、フライアッシュに含まれる未燃カーボンがフレッシュコンクリートの性状や硬化後の品質に悪影響を及ぼす恐れがあるため、あまり利用が拡大されていない。この問題を解決するために開発された高品質加熱改質フライアッシュ（以下 FA）は、未燃カーボンを焼成し、未燃カーボンを 1%以下に均一化したもの¹⁾であるが、FA を混和したコンクリートの諸性状に関するデータが少ないのが現状である。本報では、FA を混和した JIS 配合コンクリートのフレッシュ時と硬化後の性状を確認することを目的として実施した実験結果について報告するものである。

2.実験概要

(1)実験ケース 本実験では、実施工で使用することを想定したため、JIS 認証製品の配合を用いることとした。

実験ケースを表-1 に示す。実験は、FA を混和した JIS 配合コンクリートと FA を混和していない通常の JIS 配合コンクリートの 2 ケースについて実施した。FA を混和しない通常のコンクリートの水セメント比は、FA を混和したコンクリートの水結合材比と同程度になるように設定した。なお、両ケースのスランブは同一とした。コンクリートの使用材料を表-2 に、実験配合を表-3 に示す。FA を混和したケース 1 では、混和材量の 1/2 を結合材置換、残り 1/2 を細骨材置換として、水結合材比、細骨材率を設定した。

(2)試験項目および試験方法 実験における試験項目と必要性能を表-4 に示す。各種試験は、JIS に準拠して実施した。ただし、ブリーディング試験のみ、JCI 簡易試験法により実施した。コンクリートの練混ぜは、室内ミキサを用い、1 バッチ当たり 40 練混ぜた。練混ぜ直後の試験において、所要の性能を満足していることを確認した後、ブリーディングおよび硬化後の試験用の供試体を採取した。

3.試験結果

(1)フレッシュ性状 フレッシュコンクリートの試験結果を表-5 に示す。両ケースとも、フレッシュ時の必要性能を全て満足し、良好な性状が得られた。空気量についても、空気量調整剤の添加量も含めて、ケース 1、ケ

表-1 実験ケース

実験ケース	結合材	水結合材比	水セメント比	呼び強度	スランブ
1	OPC+FA	49.0%	-	24N/mm ²	12.0cm
2	OPC	-	48.0%	30N/mm ²	12.0cm

表-2 使用材料

材料	記号	種類・物性
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³
混和材	FA	加熱改質フライアッシュ FA 密度 2.15g/cm ³
細骨材	S1	山砂（黒川郡大和町鶴巣産） 表乾密度 2.57g/cm ³
	S2	陸砂（上北郡六ヶ所村産） 表乾密度 2.59g/cm ³
	S3	砕砂（登米市津山町産） 表乾密度 2.66g/cm ³
粗骨材	G1	碎石 1505（石巻湊字葛和田山産） 表乾密度 2.70g/cm ³
	G2	碎石 2010（石巻湊字葛和田山産） 表乾密度 2.70g/cm ³
混和剤	Ad1	AE 減水剤標準型 （リグニンスルホン酸塩、ポリカルボン酸系）
	Ad2	AE 減水剤標準型 （リグニンスルホン酸塩、オキシカルボン酸塩）

表-3 試験配合

試験ケース	W/B (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)									
				W	OPC	FA	S1	S2	S3	G1	G2	Ad1	Ad2
1	49.0	54.3	38.6	163	300	66	208	210	288	540	538	3.33	-
2	-	48.0	42.4	168	350	-	371	223	152	527	527	-	3.50

表-4 試験項目と必要性能

試験項目	試験方法	必要性能	
フレッシュ	スランブ	JIS A 1101	12.0±2.5cm
	空気量	JIS A 1128	4.5±1.5%
	コンクリート温度	JIS A 1156	-
硬化後	ブリーディング	φ150×300mm のぶりき製容器を用いた JCI 簡易試験法による	-
	圧縮強度	JIS A 1108	24.0Nmm ² 以上（ケース 1） 30.0Nmm ² 以上（ケース 2）
	長さ変化	JIS A 1129-2	-
	中性化	JIS A 1153	-

キーワード FA フレッシュ性状 硬化性状 耐久性

連絡先：〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設(株)建設技術総合センター TEL0476-36-2355

ース2で大きな違いはなかった。

ブリーディング試験の結果を図-1に示す。両ケースを比較すると、ケース1の方がケース2よりもやや少なかったがその差は僅かであり、ほぼ同等の結果が得られた。また、ケース2の方が早い時間からブリーディングが発生しブリーディングが終了する時間も早かった。これは、FAを混和した場合、やや凝結が遅延するためと考えられる。

(2)硬化性状 圧縮強度試験の結果を図-2に示す。圧縮強度は、両ケースとも呼び強度を満足した。両ケースの圧縮強度を比較すると、ケース1はケース2よりも全ての材齢で4~5N/mm²小さかった。従って、両ケースが同じ圧縮強度を得るためには、普通ポルトランドセメントを用いた配合の水セメント比よりもFAを混和した配合の水結合材比をやや小さく設定する必要がある。また、一般的には、フライアッシュを混入した場合、長期材齢での強度増進が大きくなるため、長期材齢ではケース1とケース2の強度差が小さくなることも想定されたが、本実験では長期材齢での強度増進の傾向も両ケースで大きな差がなかった。一般的なフライアッシュを混和した場合も本実験結果と同様の傾向を示す場合もあり²⁾、フライアッシュの種類により強度増進の傾向に違いがあることが分かる。

(3)耐久性 長さ変化試験は、乾燥材齢14, 28, 56, 91, 182日に収縮ひずみ(長さ変化率)を測定した。長さ変化試験の結果を図-3に示す。両ケースの材齢182日の時点の長さ変化率を比較すると、ケース1の方がケース2よりも小さくなっており、FAを混和した場合、乾燥収縮は低減する傾向がある。これは、ケース1の方が単位水量は5kg/m³小さくなっていることも一つの要因として考えられる。

促進中性化試験は、促進材齢1, 4, 8, 13, 24週に中性化深さを測定した。中性化深さの試験結果を図-4に示す。両ケースの促進材齢24週の時点と比較すると、ケース1の方がケース2よりも3.7mm大きかった。これは、ケース2の方がケース1よりも単位セメント量が大きく、水セメントが小さいため、また、FAのポゾラン反応により水酸化カルシウムを消費するためと考えられる。従って、FAを混和したコンクリートは、水結合材比がFAを混和していないコンクリートの水セメント比と同程度であってもやや中性化の進行が早い傾向がある。

4.まとめ

本試験の結果、FAを混和した配合のフレッシュ性状については、設定した必要性能を満足し、FAを混和していない普通コンクリートと同程度の結果が得られた。また、硬化性状については設定した必要性能を満足したが、FAを混和していない普通コンクリートよりも小さくなった。耐久性の長さ変化率については、FAを混和していない普通コンクリートよりも小さくなったが、中性化深さについては、大きくなった。

【参考文献】

- 1) 李 相培ほか：焼成工程を備えた風力微粉砕処理システムによる石炭灰の改善，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，pp.183~188，No.1，2007
- 2) 平野 利光ほか：石炭灰の利用（その2），電力土木，No.254，pp.69~75，1994

表-5 試験結果

検討ケース	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ($^{\circ}$ C)
1	13.0	4.2	25
2	11.0	4.5	26

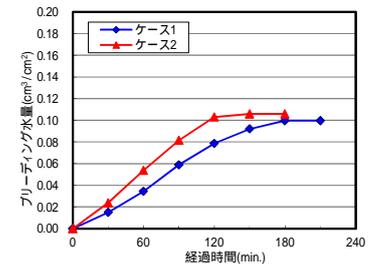


図-1 ブリーディング試験

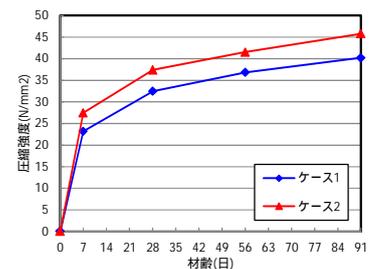


図-2 圧縮強度試験

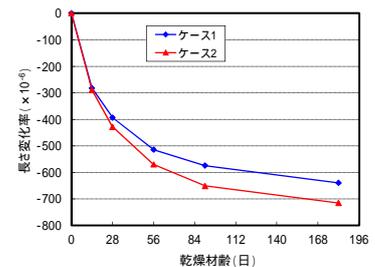


図-3 長さ変化試験

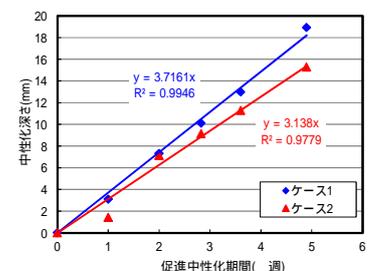


図-4 促進中性化試験