

フライアッシュ原粉を混和したコンクリートの現場試験による実証評価

(株) エネルギア・エコ・マテリア 正会員 ○高橋和之 正会員 齊藤 直
山口大学大学院理工学研究科 正会員 吉武 勇

1. はじめに

中国地方では、石炭火力発電所から比較的安定した品質で、微細粉から74μm前後の比較的粗い粉が適度に含まれているフライアッシュ(以下、FA)原粉が発生している。これまでコンクリート分野においても多数のリサイクル技術が開発され、産官の取り組みの中で資源循環型社会構築の一環として積極的に活用され、一部の技術はマニュアル化¹⁾され、実用化されてきた²⁾。一方で、中国地方の生コンクリートは、悪化する骨材事情により、全国でも最も悪い水準に相当することが報告³⁾されている。このような背景の下、コンクリートの均質性向上、ひび割れ抑制、並びに耐久性向上などの効果が期待できるFA原粉(JIS II種およびIV種保証品)を混和したコンクリートの採用が、中国地方整備局発注工事を含め、中国地方で増加してきている。

本稿では、このFA原粉を混和したコンクリートについて、その性能を施工性とひび割れの観点から評価することを目的とした試験施工の一つとして、汎用コンクリート(高炉B種)との対比試験を行った結果を紹介する。

2. 試験の概要

今回の実証試験は、普通コンクリート(以下「BBコンクリート」)およびFA原粉を混和したコンクリート(以下「FAコンクリート」)の2種類のコンクリートを打設した。そして、フレッシュ性状・強度特性・発熱特性・収縮特性、施工性等の比較検証について、実機練りしたコンクリートの性能試験のほか、施工箇所における現地計測を行い、実証評価を試みた。

3. 使用材料および配合

使用したコンクリートは、仕様である水セメント比60%以下、スランプ5cm、最大骨材寸法40mmおよび空気量4.5%によって配合を選定した。

FAコンクリート配合は、FA原粉(三隅発電所産、JIS II種品)をセメントの内割20%使用しセメント量を低減することで温度ひび割れ等の問題となる過剰強度を解消する配合設計となり、普通ポルトランドセメントにFAを混和して水結合材比W/(C+F)が60%以下となる配合とした。表-1に示方配合を使用材料と合わせて示す。

4. フレッシュ性状

出荷する生コンクリート工場の実機プラントによる事前練りを実施し、通常のフレッシュ性状のほか、加振式L型フローを用いた流動性評価試験を行った。表-3にフレッシュ性状、図-2に加振式L型フロー試験結果を示す。

事前練りによりフレッシュ性状は、BBコンクリートおよびFAコンクリートも同程度のスランプ・空気量であることを確認した。加振式L型フロー試験において、スランプ・空気量が同一条件の場合、試験器の仕切り板引き抜き時における無振動状態での沈下量および加振時の試験器最終地点への到達時間ともに、BBコンクリートと比較してFAコンクリートが良好であることがわかる。これは、FAの球形をした粒子によって流動性が向上したためであ

表-1 示方配合

Unit; kg/m ³	W/C	W/(C+F)	W	C	F	S	G
BB60%-5-40	57%	---	155	274	0	820	1093
FA60%-5-40	---	57%	151	212	53	824	1093

C BB配合は高炉セメントB種(密度 3.04g/cm³)
FA配合は普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)
F フライアッシュ原粉(表-2参照)
S 砕砂(密度 2.66 g/cm³),石灰砕砂(2.66g/cm³)混合
G 砕石(4005) 密度 2.72g/cm³
AD 標準型AE減水剤(リグニンスルホン化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体)
※FAコンクリートには、FA用AE助剤(高級脂肪酸塩及び非イオン系界面活性剤)を別添加して空気量を調整

表-2 フライアッシュの品質

SiO ₂ %	湿分 %	強熱 減量%	密度 g/cm ³	比表 面積 cm ² /g	フロー値 比%	活性度指数%	
						28d	91d
66.8	0.2	3.1	2.14	3560	107	84	96

表-3 フレッシュ性状結果(事前練り)

BB60%-5-40			FA60%-5-40		
スランプ°	空気量	温度	スランプ°	空気量	温度
6.5cm	3.9%	14℃	6.5cm	4.1%	15℃

キーワード フライアッシュ, 施工性, 流動性, 過剰間隙水圧

連絡先 〒730-0042 広島市中区国泰寺町1丁目3番32号 (株)エネルギア・エコ・マテリア TEL 082-523-3510

り、FAコンクリートの流動性はBBコンクリートに比べ優れているといえる。

生コンクリート出荷時に、工場から施工現場までの運搬時間に1時間程度かかること、また仕様のスランプが5cmと小さいことから打設時の施工性を考慮し、経時変化を見越した配合によって生コンクリート工場で製造・出荷した。

表-4にフレッシュ性状結果を示す。既往の研究成果⁴⁾と同様に、FAコンクリートとBBコンクリートの経時変化量を同程度とすることができ、実用範囲内であることが確認できた。

5. 過剰間隙水圧による施工性評価

コンクリートのバイブレータによる搬送性能は、前述した加振式L型フロー試験やBOX型充填試験のような簡易な加振による手法が有効である。コンクリートの搬送性能は、地震時の液状化現象と同様にペースト部分に発生する過剰間隙水圧により骨材を含むコンクリートが流動することから、振動の影響が大きくコンクリートに作用することが確認できれば、実施工における検証を行うことが出来るものと考えられるが、施工現場での検証は定量的に行われていないのが実情である。

コンクリートを打設箇所に打込み後、締固め時に使用する棒状バイブレータより0.5mと1.0m離れた場所に過剰間隙水圧計を設置し、バイブレータ使用時のコンクリート中の過剰間隙水圧変動を計測した。

図-3にバイブレータ使用時の過剰間隙水圧の振幅の挙動を示す。BBコンクリートと比較して、FAコンクリートの振幅は約2倍と大きく、バイブレータの振動がフレッシュコンクリートに直接的に伝播されており、BBコンクリートと比較してFAコンクリートはバイブレータの振動によって容易に流動する特性を持っていることが分かる。また、コンクリート内部の水が分離することなく振動を伝播していることから、FAコンクリートは水の分離が少ない良質なコンクリートであるといえる。

6. まとめ

今回の試験により、FAコンクリートの施工性がBBコンクリートと同等以上であり、過剰間隙水圧測定がバイブレータ振動時のコンクリート搬送性能を評価できる試験法であると窺え、簡易な加振試験法との相関をとることにより、定量的な評価が行える可能性がある。今後データの蓄積により評価を行っていく予定である。

【参考文献】

- 1) 中国地方整備局：土木工事設計マニュアル（トンネル編），2007.4.
- 2) 齊藤直：ハイボリュームフライアッシュコンクリートの日本での実用化に向けて，石炭灰有効利用シンポジウム，（財）石炭エネルギーセンター，2007.11.
- 3) 日本コンクリート工学協会：骨材の品質と有効利用に関する研究委員会報告書，p.44，2007.7.
- 4) Saito T., Takahashi K., Fukumoto S. : Development of Rapid Evaluation Method on Flow-Ability of Fly Ash and Chemical Admixture for Concrete, CD-ROM, ConMat'09, 2009.8.

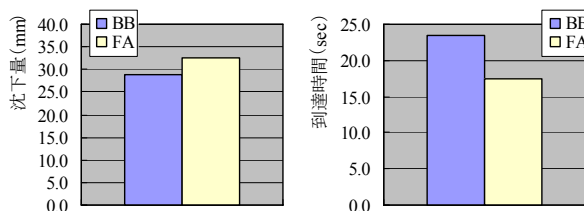


図-2 加振式L型フロー試験結果

表-4 フレッシュ性状結果

項目	BB60%-5-40			FA60%-5-40		
	工場	現場	ロス	工場	現場	ロス
スランプ [*]	8.5cm	6.5cm	-2cm	7.5cm	5.5cm	-2cm
空気量	5.4%	6.0%	0.6%	4.8%	4.7%	-0.1%
温度	---	8℃	---	---	12℃	---

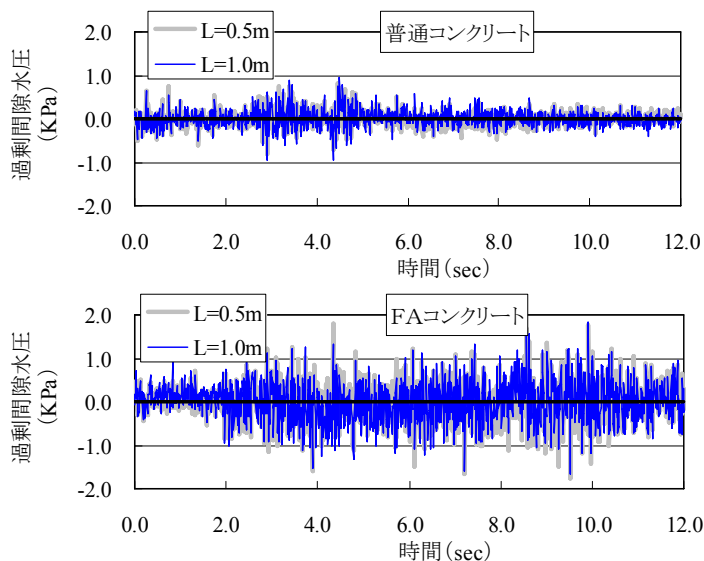


図-3 バイブレータ使用時の振幅挙動