

フライアッシュ原粉の即時脱型コンクリート製品への適用性の検討

太平洋セメント(株) 中央研究所 正会員 ○唐沢 明彦
 太平洋セメント(株) 関西支店 須田 重雄
 関西電力(株) 土木建築室 正会員 内藤 栄康
 関電化工(株) 開発部 藤原 博之

1. はじめに

近年、石炭火力発電所の増設、新設により、石炭灰の発生量が著しく増大しており、従来からのセメント原料の粘土代替としての使用以外に、その有効利用の促進が望まれている。

本研究では、一般に JIS 規格品と比べて品質が劣るとされるフライアッシュ原粉（以下、FA 原粉と表記）を細骨材の代替として大量に混入した配合により、即時脱型コンクリート製品のフレッシュ性状ならびに硬化性状を把握し、FA 原粉の即時脱型コンクリート製品への適用性について検討を行った。

2. 対象製品

即時脱型コンクリート製品の製造方法には、振動加圧成形と加圧成形があり、それぞれ配合に対する要求が異なることから、両成形方法で全国的に生産量が多いインターロッキングブロック（以下、IL ブロックと表記）と舗装用コンクリート平板（以下、平板と表記）を研究の対象とした。

3. 実験概要

3.1 配合設計

FA 原粉は、富山新港共同火力発電所産を用いた。FA 原粉の物理的、科学的性質を表 - 1 に示す。

試験練りの結果から選定した配合を表 - 2 に示す。FA 置換率¹⁾は、IL ブロックと平板いずれも、25%と 40%とした。単位セメント量は、実製品の平均的な単位セメント量とし、対象製品に応じて一定とした。使用骨材の合成粗粒率（以下、合成 F.M. と表記）は、コンクリートの充填率が高く、塑性変形量（脱型時と養生時に生じる塑性的な変形の総量）が小さく、意匠上および製造上問題がないことを判断基準にして選定した。単位水量は、成形限界（成形、脱型時に水が分離する状態）となる水量を確認し、成形限界に至るまでの 3 水準〔W1 = 成形限界時単位水量(kg/m³) W2 = W1 - 10(kg/m³) W3 = W1 - 20(kg/m³)〕を選定した。

3.2 供試体作製条件

IL ブロックと平板いずれも、実機と同等の条件で製品を製造できる小型成形機を用いて供試体を作製した。供試体の表面仕上げは、IL ブロックにおいては一層仕上げとし、平板においては二層仕上げとした。供試体形状は、IL ブロックにおいては幅×長さ×厚さ = 98×198×80mm とし、平板においては縦×横×厚さ = 300×300×60mm とした。供試体の養生は、IL ブロックにおいては平置きで、所定材齢まで標準的な気中養生（室温 20℃，相対湿度 70%）を行った。平板においては縦置きで、標準的な常圧蒸気養生（前置き 2 時間、上昇速度 15℃/時間、最高温度 65℃、3 時間保持）を行った後、平置きで、所定材齢まで標準的な気中養生を行った。

前置き 2 時間、上昇速度 15℃/時間、最高温度 65℃、3 時間保持）を行った後、平置きで、所定材齢まで標準的な気中養生を行った。

3.3 評価項目

フレッシュ性状として、成形直後に供試体寸法および重量を測定し、基層の充填率を求めた。また、硬化後に供試体寸法を測定し、塑性変形量を求めた。

硬化性状として、IL ブロックは、JASS 7 M-101²⁾に準拠し、材齢 7 日で曲げ強度を測定した。平板は、JIS A 5371³⁾に準拠し、材齢 14 日で曲げ強度荷重を測定した。

表 - 1 FA 原粉の物理的、化学的性質

試験項目	FA 原粉	JIS 規格値 (FA 種)
密度(g/cm ³)	2.15	1.95 以上
比表面積(cm ² /g)	4520	2500 以上
45 μm ふるい残分(%)	23	40 以下
フロー値比(%)	92	95 以上
活性度指数(%) 28 日	82	80 以上
強熱減量(%)	3.7	5.0 以下
湿分(%)	0.2	1.0 以下
メチレンブルー吸着量(mg/g)	1.20	規定なし

表 - 2 選定配合

対象製品	層	合成 F.M.	1) FA/P (wt %)	単位水量設定	単位量 (kg/m ³)							
					W 水道水	OPC 普通	G1 6号砕石	G2 7号砕石	S1 陸砂	S2 5号硅砂	S3 8号硅砂	FA 原粉
IL ブロック	基層	4.23	0	W1	125	330	503	503	1007	0	0	0
				W2	115		510	510	1020			
				W3	105		516	516	1033			
			25	W1	150		453	453	906			110
				W2	140		460	460	920			
				W3	130		466	466	932			
		4.77	40	W1	180		563	563	482			220
				W2	170		572	572	490			
				W3	160		581	581	498			
平板	基層	3.05	0	W1	150	450	644	828	0	957	368	0
				W2	140		653	840			373	
				W3	130		793	1019			453	
			25	W1	180		553	711			316	150
				W2	170		756	972			432	
				W3	160		766	984			437	
			40	W1	230		444	571			254	300
				W2	220		453	582			259	
				W3	210		462	594			264	
		表層 ²⁾	-	-	-	305	650	0	0	0	319	0

注 1) FA 置換率 P=C+FA

注 2) 平板では、いずれの配合においても同一の表層モルタルを使用した。

キーワード：フライアッシュ原粉、フライアッシュ置換率、インターロッキングブロック、平板、フレッシュ性状、硬化性状
 連絡先：〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 TEL 043-498-3865 FAX 043-498-3821

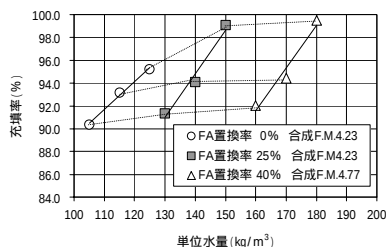


図 - 1 ILブロックの充填率

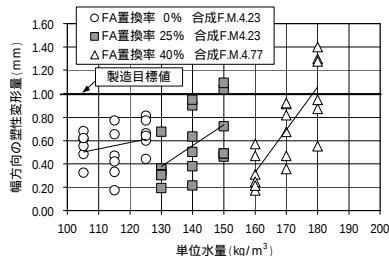


図 - 2 ILブロックの塑性変形量

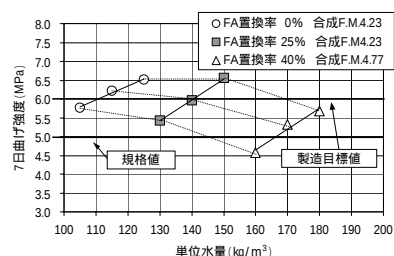


図 - 3 ILブロックの7日曲げ強度

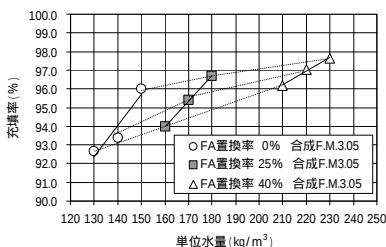


図 - 4 平板の充填率

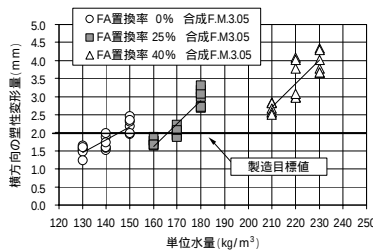


図 - 5 平板の塑性変形量

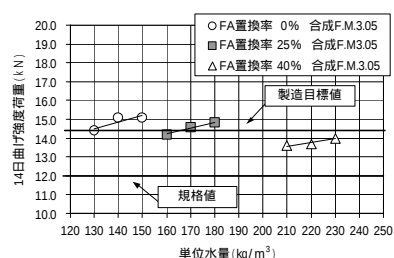


図 - 6 平板の14日曲げ強度荷重

4. 実験結果および考察

4.1 フレッシュ性状

ILブロックと平板におけるFA置換率と単位水量と充填率の関係を図-1および図-4に示す。ILブロックと平板いずれも、同一単位水量設定（FA置換率ごとのW1, W2, W3）において、FA置換率の増大に伴い、充填率が増加する傾向が認められた。また、各FA置換率において、単位水量と充填率は直線的な関係にあり、単位水量の増大に伴い充填率が増加する傾向が認められた。

ILブロックと平板におけるFA置換率と単位水量と塑性変形量の関係を図-2および図-5に示す。ILブロックと平板いずれも、各FA置換率において、単位水量の増大に伴い、塑性変形量が増加する傾向が認められた。

4.2 硬化性状

ILブロックにおけるFA置換率と単位水量と材齢7日曲げ強度の関係を図-3に、平板におけるFA置換率と単位水量と材齢14日曲げ強度荷重の関係を図-6に示す。ILブロックと平板いずれも、同一単位水量設定において、FA置換率の増大に伴い、7日曲げ強度ならびに14日曲げ強度荷重が低減する傾向が認められた。この理由は、FA置換率の増大に伴い、充填率は若干増加する程度であるのに対して、単位水量が大幅に増加することにより水セメント比が大幅に増加し、強度が低下したものと考えられる。

また、各FA置換率において、単位水量と7日曲げ強度、14日曲げ強度荷重の関係は、直線的な関係にあり、単位水量が増大するほど7日曲げ強度、14日曲げ強度荷重は増大する傾向が認められた。

4.3 FA原粉の適用性

試験結果と製造目標値との比較から、FA原粉の適用性を評価した。塑性変形量の製造目標値は、経験的にILブロックでは1mm以下、平板では2mm以下とした。また、曲げ強度ならびに曲げ強度荷重の製造目標値は、製品工場の現状から、規格値に対する割増係数を1.2として、ILブロックでは6.0MPa以上、平板では14.4kN以上とした。

FA置換率25%の配合のILブロックは、製品工場の水量管理の基本となる単位水量（W1～W2）において、塑性変形量の製造目標値を満足でき、一般的な出荷時材齢である7日で、曲げ強度の製造目標値を満足できた。また、FA置換率40%の配合のILブロックは、製品工場の水量管理の基本となる単位水量において、塑性変形量が製造目標値を上回り、一般的な出荷時材齢である7日で曲げ強度の製造目標値を満足できなかった。

FA置換率25%の配合の平板は、製品工場の水量管理の基本となる単位水量（W1～W2）において、一般的な出荷時材齢である14日で、曲げ強度荷重の製造目標値を満足できたが、塑性変形量の製造目標値は満足できなかった。しかしながら、対策として、一次養生を縦置き養生ではなく、平置き養生にすれば、ILブロックの結果からみて、塑性変形量は製造目標値以下になると考えられる。また、FA置換率40%の配合の平板は、製品工場の水量管理の基本となる単位水量において、塑性変形量が製造目標値を上回り、一般的な出荷時材齢である14日で、曲げ強度荷重の製造目標値を満足できなかった。

以上のことから、ILブロックでは、FA置換率25%まではFA原粉を細骨材の代替として適用できると考えられる。また、平板では、一次養生を平置き養生に限定すれば、FA置換率25%まではFA原粉を細骨材の代替として適用できると考えられる。

5. まとめ

FA原粉を細骨材の代替として即時脱型コンクリート製品へ適用できることが明らかになった。今後は、製品工場における実製造において、配合設計手法ならびに製造技術を確立する予定である。

[参考文献] 1) 土木学会：フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)，コンクリートライブラリー94，pp.6，1999

2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 メーソソリー工事，pp.363-383，2000

3) 財団法人 日本規格協会：プレキャスト無筋コンクリート製品 付属書2（規定）舗装用平板，2000