

フライアッシュ原粉を使用した PHC 杭の適用性検討

東京電力ホールディングス (株) 正会員 ○松浦 忠孝
 東京電力ホールディングス (株) 正会員 鬼東 俊一
 日本コンクリート工業 (株) 本間 雅人

1. はじめに

近年の国内における石炭火力発電所建設計画の増加により、発電の副次産物として排出される石炭灰の有効利用方策の確保が急務となっている。東京電力グループにおいても土木材料への利用を中心とした技術開発・実用化検討に取り組んでおり、このうち本報告では、コンクリート二次製品への石炭灰利用策として、フライアッシュ原粉（以降、FA 原粉という）を使用した PHC 杭の適用性について検討した結果を記す。

2. FA 原粉の特性

FA 原粉とは電気集塵機で捕捉されたまま、分級等の前処理を行っていない未管理状態のフライアッシュを指す。今回使用した FA 原粉（当社グループ火力発電所産）は、表-1 に示すとおり活性度指数がやや小さいことを除くと、概ね JIS A6201 (II 種) の品質規格に相当する。

表-1 使用した FA 原粉の品質特性

試験項目	今回 FA 原粉	JIS A6201 (II 種)	
湿分 (%)	0.215	≦1.0	
強熱減量 (%)	1.50	≦5.0	
密度 (g/cm ³)	2.34	≧1.95	
比表面積 (cm ² /g)	2,924	≧2,500	
フロー値比 (%)	107	≧95	
活性度指数 (%)	28 日	79 (NG)	≧80
	91 日	97	≧90

3. 配合の検討

(1) 試験練り配合とフレッシュ性状

FA 原粉は、セメントと細骨材の併用置換材として添加し、その量は予備試験結果から混和剤量が著しく増加しない 90kg/m³ と設定した。試験練りでは、単位水量と FA 原粉量を一定としつつ、FA 原粉のうちセメント置換する分量を 12, 25, 50% の 3 水準設定することで、指定材齢において所要強度を満足するセメント量を求めることとした。

表-2 で設定した試験練り配合について、コンクリート温度の季節変動を想定し、練上り温度 25, 18°C 前後の 2 水準についてフレッシュ性状の確認を行った。その結果を表-3 に示す。いずれも目標値であるスランプ 1.5±1cm、空気量 2.0±1% を満足しており、適度なワーカビリティが得られた。なお、石炭灰を使用した配合の特徴として、遠心力締固め後の仕上がり状態において内面にスラリーが生じなかったことが挙げられ、これは、石炭灰の混入によってセメント粒子間の空隙が減少し、遠心力による水の移動が抑制されたためと考えられる。

表-2 試験練り配合

CASE	水粉体比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)			混和剤 ×(C+FA) (%)
			水 W	セメント C	FA 原粉 FA	
比較用	30.7	34.8	130	423	0	1.10
F90-12	25.9	31.4	130	412	90	1.20
F90-25	26.5	31.8	130	401	90	1.15
F90-50	27.8	32.5	130	378	90	1.10

表-3 各配合のフレッシュ性状

CASE	コンクリート温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)	練上り状態	遠心力締固め仕上り状態
比較用	26.7	0.5	2.4	全体に光沢	内面平滑 スラリー少
F90-12	27.0	1.5	2.3	全体に光沢 柔らかめ	内面平滑 スラリー無
	18.8	0.5	2.5	全体に光沢	〃
F90-25	25.9	0.5	2.3	〃	〃
	18.1	0.5	2.3	〃	〃
F90-50	26.1	0.5	2.3	全体に光沢 柔らかめ	〃
	17.7	0.5	2.8	全体に光沢	〃

キーワード 石炭灰, フライアッシュ, 有効利用, PHC 杭

連絡先 〒100-8560 東京都千代田区内幸町 1-1-3 東京電力ホールディングス(株)経営技術戦略研究所 TEL03-6373-4232

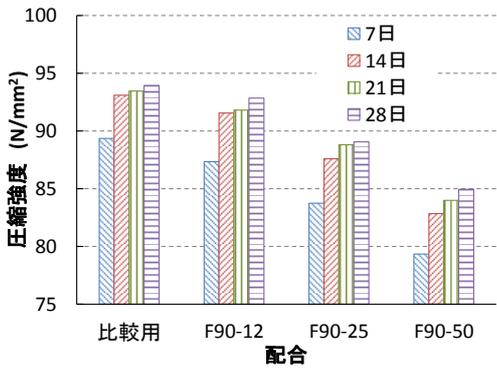


図-1 試験練り配合の強度試験結果

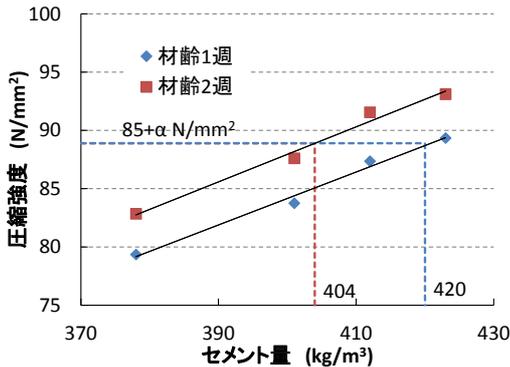


図-2 セメント量と圧縮強度の関係



写真-1 試作品の製造状況



写真-2 曲げ試験状況

表-4 指定材齢別の示方配合

CASE	水粉体比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m³)			混和剤 ×(C+FA) (%)
			水 W	セメント C	FA 原粉 FA	
F90-1w	25.5	31.2	130	420	90	1.20
F90-2w	26.3	31.7	130	404	90	1.15

表-5 試作品の曲げ試験結果

	材齢 (日)	ひび割れ 曲げモーメント (kN・m)		破壊曲げモーメント (kN・m)		圧縮強度 (N/mm²)	可否
		安全率		安全率			
F90-1w	7	317.3	1.29	591.9	1.34	98.0	合格
F90-2w	14	314.8	1.23	576.4	1.31	85.2	合格

(2) 示方配合の決定

試験練りの配合別強度試験結果を図-1に示す。ここに、強度試験はJIS A1136に準拠し、PHC杭と同様に蒸気養生を行った供試体を用いている。FA原粉の活性度が小さいため、セメント置換する分量が多いほど同一材齢の強度は低下した。一方、材齢1週から2週の強度増進率は、石炭灰を使用した配合の方が大きく、これはポズラン反応による強度増進の効果と推定される。

図-2には材齢1,2週におけるセメント量と圧縮強度の関係を示す。この結果から、設計強度85N/mm²に変動分を考慮したセメント量として指定材齢1週では420kg/m³、2週では404kg/m³を設定し、表-4のとおり指定材齢別に対応した示方配合を定めた。

4. PHC杭の試作と性能確認

(1) 試作品の製造

上記配合により実際の製造ラインを利用して試作品(PHC杭B種、外径600mm、長さ8m)の製造を行った。製造作業は、FA原粉用の材料供給設備がないためにFA原粉をミキサーに人力投入したことを除けば、現行PHC杭の製造との差はなかった。また、型枠内への盛り込み、締め後の充填状況、壁厚の偏りなど、製造工程および品質面での問題が発生することもなかった。

(2) 製品性能

製造した試作品を用いて、JIS A5373 付属書E(規定) くい類に従い、寸法および曲げ試験による製品性能の確認を行った。

その結果、外観にキズ、ひび割れなどの欠陥は認められず、寸法も許容差以内であった。曲げ試験結果においても、表-5に示すとおり設計耐力に対して1.3程度の安全率を有するなどいずれの配合も現行のPHC杭と同等の性能を有していることを確認した。

5. まとめ

当社グループの排出するFA原粉を使用したPHC杭は、FA原粉の添加量90kg/m³とした場合において、現行のPHC杭と同等の性状・性能を有する。したがって石炭灰利用策として十分適用可能であり、今後、FA原粉の品質特性のばらつきなども考慮して実用化を具現化していく。なお、フライアッシュのポズラン効果を期待して指定材齢を2週にするなどの工夫を加えることで、配合材であるセメントの減量、製造材料コストの低減にも繋がることから、これらも視野に検討を進めていく。