

クリンカーアッシュおよびそれを使用したモルタルの品質特性

九州電力㈱ 総合研究所 正会員 ○樺山圭輔
九州電力㈱ 総合研究所 正会員 船本憲治
西日本技術開発㈱ 地盤耐震部 正会員 永松武教

1. はじめに

石炭火力発電所より発生する石炭灰のうちクリンカーアッシュは、ボイラー底部で採取され全石炭灰量の約 10%を占めているが、そのほとんどが有効利用できていなく、灰捨て場へ埋立て処分されている。本研究では、クリンカーアッシュのコンクリート骨材への適用性を検討するため、クリンカーアッシュおよびそれを使用したモルタルの品質特性に関して報告するものである。

2. クリンカーアッシュの品質特性

試験用のクリンカーアッシュは、九州電力 A 発電所 1, 2 号機よりそれぞれ平成 15 年 7 月および 11 月に灰送管出口にて採取した。

採取したクリンカーアッシュの内、約 90%を占める 5mm 以下にふるい分けを行ったものの粒度分布を JISA5005 (砕砂) と比較し、図-1 に示す。今回採取したクリンカーアッシュは、ほとんどが JIS 規格を外れ、また、文献 1) に示されたクリンカーアッシュの粒度分布よりも細粒分が少ない。その理由として、今回の採取は海水処理した圧送管出口付近から行ったため、細粒分が下流側に流出していると推察される。なお、今後、クリンカーアッシュを搬出する場合、実用的には今回のような粒度になると考えられる。

クリンカーアッシュの物性試験結果を表-1 に示す。試験結果について JISA5005 (砕砂) および JISA5002 (構造用軽量コンクリート骨材) の骨材と比較すると、絶乾密度は $1.65 \sim 1.88 \text{ g/cm}^3$ で砕砂より小さく、軽量骨材としては M~H 区分に該当する。また、吸水率は 6.8~12.6%を示し砕砂と比べて大きい。なお、上記絶乾密度および吸水率は文献 2) と概ね一致している。一方、実積率は 45.4~51.1%で砕砂に比べ粒形が悪いが、強熱減量は 0.4~0.8%で軽量骨材の規格を満足している。塩分含有量については 0.2%程度であり、海水により圧送されるため、軽量骨材の基準を満足しない。また、重金属溶出成分試験結果は環境上問題とならないと考えられる。

以上のように、クリンカーアッシュの品質は砕砂および軽量骨材の規格を満足しないこと、また、塩分除去の必要性があることから一般的な構造用コンクリート細骨材として使用するには難しいが、軽量で多孔質であるという特徴を生かしたコンクリート 2 次製品やポーラスコンクリートとしての利用が考えられる。

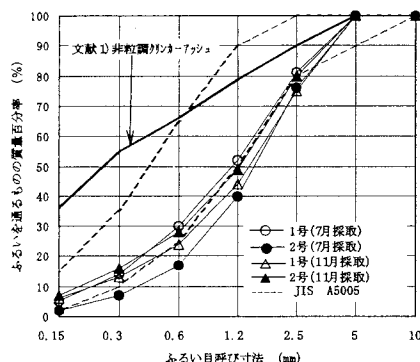


図-1 クリンカーアッシュの粒度分布

表-1 クリンカーアッシュの物性試験結果

項目・試験法 (JIS他)	基準値		H15.7採取分		H15.11採取分	
	JIS A5005	JIS A5002	1号	2号	1号	2号
炭 種			マゼラン+ベンター(1:1)	マゼラン+ベンター(1:1)	ドレイトン+ベンター(4:6)	ドレイトン+ベンター(1:1)
表乾密度 (g/cm^3) (A1109)	—	—	1.93	1.90	1.86	2.01
絶乾密度 (g/cm^3) (A1109)	2.5以上	M:1.3~1.8 H:1.8~2.3	1.76	1.75	1.65	1.88
吸 水 率 (%) (A1109)	3.0以下	—	10.1	8.7	12.6	6.8
粗 粒 率 (FM) (A1102)	—	—	3.19	3.39	3.58	3.20
安定性損失量 (%) (A1122)	10以下	20以下	6.4	5.2	6.7	4.6
微 粒 分 量 (%) (A1103)	7.0以下	10以下	2.4	2.7	1.4	3.1
単位容積質量 (kg/l) (A1104)	—	—	0.849	0.857	0.749	0.905
実 積 率 (%) (A1104)	53以上	—	48.2	51.1	45.4	48.1
強熱減量 (%) (R5202)	—	5以下	0.5	0.4	0.8	0.6
三酸化硫黄含量 (%) (R5202)	—	0.5以下	0.1以下	0.1以下	0.1	0.1以下
密度 1.95 g/cm^3 の液体に浮く粒子 (%) (A1122)	—	—	61.2	58.9	—	—
塩分含有量 (%) (JASS5202)	—	0.01以下	0.26	0.23	—	—
重金属溶出成分量 (mg/L)	全シアン	不検出(土壌環境基準)	不検出	不検出	不検出	不検出
	鉛	0.01以下 (")	0.001以下	0.001以下	0.001以下	0.001以下
	鉛	0.01以下 (")	0.005以下	0.005以下	0.005以下	0.005以下
	六価クロム	0.05以下 (")	0.04以下	0.04以下	0.04以下	0.04以下
	ヒ素	0.01以下 (")	0.005以下	0.005以下	0.005以下	0.005以下
	総水銀	0.0005以下 (")	0.0005以下	0.0005以下	0.0005以下	0.0005以下
	セレン	0.01以下 (")	0.002以下	0.002以下	0.002以下	0.002以下
	フッ素	0.8以下 (")	0.1以下	0.1	0.1以下	0.1
	ホウ素	1以下 (")	0.13	0.12	0.14	0.09

3. モルタルの品質特性

モルタル試験に使用した材料を表-2に示す。モルタル試験は、まず、一般コンクリート2次製品を対象に、W/Cを30, 40, 50, 60%の4水準、目標フロー値を150, 200, 250mmの3水準でフレッシュ性状および強度を確認した。次に、即脱コンクリート2次製品を対象に、W/Cを25, 40%の2水準で強度を確認した。

3.1 一般コンクリート2次製品を対象とした検討

(1) フレッシュ性状

表-3にフレッシュ性状試験結果を示す。クリンカーアッシュを使用した場合、標準砂を使用した場合に比較して1.2~1.6倍程度単位水量が増え、また、フロー値が大きくなるに従い単位水量およびセメント量が増える傾向にある。これはクリンカーアッシュの粒子表面に凹凸が多く実績率が小さいことに起因している。ただし、単位容積質量はクリンカーアッシュの方が10~20%程度軽量となる。なお、クリンカーアッシュと標準砂を混合した場合は、各材料を単独で使った場合の中間の値となっている。

(2) 強度特性

強度試験は、現在実施中で材齢7日目までを表-3に附記する。

同一W/Cで比較すると、圧縮強度は、クリンカーアッシュ使用の場合が標準砂使用の場合に比べ15~25%程度低下する。なお、クリンカーアッシュと標準砂を混合した場合は、各材料を単独で使った場合の中間の値となっている。

3.2 即脱コンクリート2次製品を対象とした検討

即脱コンクリート2次製品を対象にしたモルタルの配合試験結果を表-4に示す。本結果も上記3.1と同様にクリンカーアッシュ使用の場合が標準砂使用の場合に比べ単位水量が1.4~1.5倍程度増え、強度は約10~25%程度低下する。ただし、クリンカーアッシュ使用の方が15%程度軽量である。

4. まとめ

クリンカーアッシュは多孔質性で軽量であり、一般的な構造用コンクリート細骨材として使用するには難しい点が多いが、その特徴を生かしたコンクリート2次製品およびホーローコンクリートの利用に適していると考えられ、今後、それらを対象に研究を進めていく計画である。

参考文献

- 1) 土黒, AFSHIN, 松藤ほか: 石炭灰を骨材及び混和材として使用したコンクリートに関する研究 (クリンカーアッシュを細骨材として使用したコンクリートの諸性状), 日本建築学会大会学術講演梗概集, PP435~436, 1999
- 2) 廃棄物のコンクリート材料への再資源化研究委員会 報告書 コンクリート工学協会, 2003年6月

表-2 モルタル試験使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント
クリンカーアッシュ	A発電所2号機7月採取分
標準砂	セメント協会強さ試験用標準砂 絶乾密度: 2.64g/cm ³ , 吸水率: 0.42%

表-3 一般コンクリート2次製品対象モルタル配合試験結果

使用細骨材	配合設計条件		単位量 (kg/m ³)				モルタルフレッシュ性状		モルタル硬化性状	
	水セメント比 (%)	目標フロー値 (mm)	水 量	セメント 量	細骨材量		フロー値 (mm)	単位容積質量 (kg/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	
					標準砂	クリンカーアッシュ			3日	7日
標準砂	30 ^{FE}	200	215 (100)	717	1470	—	197	2,310 (100)	69.1 (100)	80.9 (100)
		150	229 (100)	673	1555	—	147	2,247 (100)	—	—
		200	266 (100)	665	1381	—	203	2,229 (100)	35.1 (100)	49.4 (100)
	40	250	344 (100)	860	1011	—	245	2,195 (100)	—	—
		150	227 (100)	454	1661	—	152	2,217 (100)	—	—
		200	256 (100)	512	1534	—	202	2,179 (100)	23.5 (100)	33.2 (100)
	50	250	302 (100)	604	1336	—	253	2,206 (100)	—	—
		150	224 (100)	373	1737	—	147	2,172 (100)	—	—
		200	255 (100)	425	1610	—	204	2,140 (100)	—	—
	60	250	288 (100)	480	1478	—	250	2,177 (100)	—	—
		150	274 (127)	913	—	828	199	2,098 (91)	58.5 (85)	70.6 (87)
		200	323 (141)	808	—	798	151	1,881 (84)	—	—
クリンカーアッシュ	30 ^{FE}	200	370 (139)	925	—	638	204	1,888 (85)	30.9 (88)	41.0 (83)
		250	448 (130)	1120	—	372	249	1,927 (88)	—	—
		150	342 (151)	684	—	838	147	1,807 (82)	—	—
	40	200	374 (146)	748	—	739	203	1,817 (83)	17.7 (75)	25.1 (76)
		250	411 (136)	822	—	623	254	1,842 (83)	—	—
		150	352 (157)	587	—	878	152	1,759 (81)	—	—
	50	200	378 (148)	630	—	802	198	1,776 (83)	—	—
		250	407 (141)	678	—	718	248	1,758 (81)	—	—
		150	279 (123)	558	718	517	147	2,075 (94)	—	—
	クリンカーアッシュ + 標準砂 (体積比1:1)	200	309 (121)	618	653	470	198	2,042 (94)	19.8 (84)	28.1 (85)
		250	347 (115)	694	572	411	248	2,021 (92)	—	—

注1) 高性能AF減水剤: セメント量×1%

() 内の数値は標準砂使用の場合を100とした時の比率

表-4 即脱コンクリート2次製品対象モルタル配合試験結果

使用細骨材	条件	単位量 (kg/m ³)					モルタルフレッシュ性状	モルタル硬化性状	
		水セメント比 (%)	水 量	セメント 量	標準砂	クリンカーアッシュ	単位容積質量 (kg/m ³)	3日	7日
標準砂	25	210 (100)	840	1381	—	2.10	2,322 (100)	47.9 (100)	63.3 (100)
クリンカーアッシュ		290 (138)	1160	—	650	2.90	2,004 (86)	43.7 (91)	54.0 (85)
標準砂	40	190 (100)	475	1740	—	—	2,268 (100)	35.0 (100)	44.8 (100)
クリンカーアッシュ		290 (153)	725	—	912	—	1,875 (83)	25.9 (74)	34.4 (77)

注) 試験により単位容積質量が最大となるケースで供試体作成
() 内の数値は標準砂使用の場合を100とした時の比率