

クリンカアッシュのコンクリート二次製品への適用性について

九州電力(株) 正会員 ○中島信彦
古賀善雄
西日本技術開発(株) 松尾 徹

1. はじめに

当社の石炭専焼火力発電所から発生する石炭灰には、JIS A 6201 の規定を満足する細粒のフライアッシュと粗粒のクリンカアッシュがあるが、それらの中でクリンカアッシュについては有効利用率も低く、その多くは灰捨場に埋立処分されているのが現状である。

そこで、クリンカアッシュの多孔質な特性を活用し、多量使用が見込める用途の拡大を目的として、コンクリート二次製品への適用性を検討したので報告する。

2. 試験概要

(1) 使用材料

試験に用いた材料を表-1 に示す。

(2) コンクリート配合試験

本試験は、スランプ $6 \pm 1.5\text{cm}$ 、空気量 $2 \pm 1\%$ を目標として、クリンカアッシュを細骨材の容積比 25, 50, 100% で代替(以下、クリンカアッシュ細骨材代替率と称す)し基本配合とした。また、フレッシュ性状確認試験としてスランプ試験および空気量の測定、硬化性状確認試験として圧縮強度、引張強度、曲げ強度試験を行った。なお、強度試験に用いた供試体は、直径 $10 \times$ 高さ 20cm の円柱供試体、幅 $10 \times$ 高さ $10 \times$ 長さ 40cm の角柱供試体とし、打込み後に前置きを含む蒸気養生(養生温度: 65°C)を約 6.5 時間行った後、気中養生したものを用いた。

(3) 試作性能試験

本試験は、(2)の試験結果によって設定した示方配合で JIS A 5372 「U 字形側溝(呼び 300B)」を試作し、JIS A 5345 「道路用鉄筋コンクリート側溝」に準じた曲げ強度試験で合否を確認した。なお、図-1 に U 字形側溝の曲げ強度試験方法を示す。

3. 試験結果

(1) コンクリート配合試験

図-2 は、クリンカアッシュ細骨材代替率 25, 50, 100% とした場合のセメント水比と材齢 14 日の圧縮強度の関係を示している。この図に示すセメント水比と圧縮強度の相関式より、クリンカアッシュ細骨材代替率 25, 50, 100% とした場合の U 字形側溝(呼び 300B)の配合強度 (34.5N/mm^2) を満足する水セメント比を推算すると 48, 44, 41% となった。これらの水セメント比によって、設定された U 字形側溝(呼び 300B)の示方配合を表-2 に示す。

表-1 使用材料

材 料	仕様および物理性状
セメント	普通ポルトランドセメント(トキマ製) 密度 3.16g/cm^3
細骨材	熊本県下益城郡富合町産川砂(細砂) 表乾密度 2.56g/cm^3 吸水率 1.43% 粗粒率(F.M) 2.42
クリンカアッシュ	九州電力・荻北火力発電所 最大粒径 6mm以下 表乾密度 1.96g/cm^3 吸水率 4.97% 粗粒率(F.M) 3.32
粗骨材	熊本県下益城郡松橋町産2005碎石 表乾密度 2.85g/cm^3 吸水率 0.59% 粗粒率(F.M) 6.44
混和剤	シカントFF(日本シカ製) 減水剤(I種)

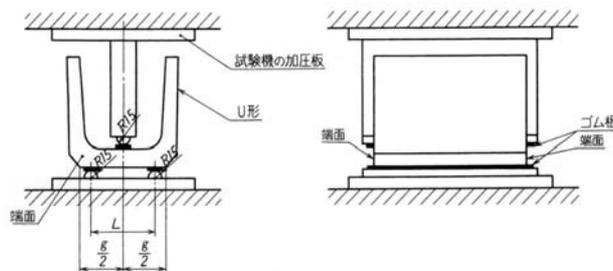


図-1 曲げ強度試験方法

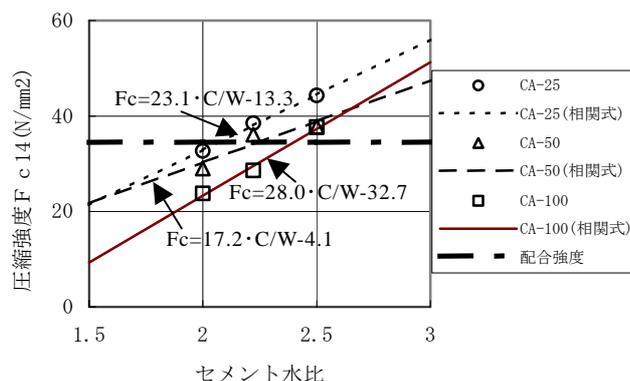


図-2 セメント水比と圧縮強度 Fc14 の関係

(2) 試作性能試験

表-3 に試験結果の総括表を示す。また、図-3 にクリンカアッシュ細骨材代替率別の圧縮強度の経時変化、図-4 に製品曲げ強度荷重および示方配合から推算した単位容積重量比とクリンカアッシュ細骨材代替率との関係を示す。なお、図-4 では、クリンカアッシュ細骨材代替率 0% のデータとして、実製品の工場検査結果を示した。

表-2 U字形側溝(呼び 300B)の試作における示方配合

配合名	配合条件					単位量 (kg/m ³)					
	スラブ	空量	水セメント比	細骨材率	外ガガシ	水	セメント	細骨材	外ガガシ	粗骨材	減剤
	(cm)	(%)	W/C	S/a	細骨材代替率	W	C	S2 (細粒)	CA	G	SF (C×%)
100-41	6.0±1.5	2.0±1.0	41	41.0	100	174	424	0	540	1130	4.24
50-44	6.0±1.5	2.0±1.0	44	41.0	50	166	377	355	279	1168	3.77
25-48	6.0±1.5	2.0±1.0	48	41.5	25	167	348	500	143	1172	3.48

度荷重および示方配合から推算した単位容積重量比とクリンカアッシュ細骨材代替率との関係をそれぞれに示す。なお、図-4 では、クリンカアッシュ細骨材代替率 0% のデータとして、実製品の工場検査結果を示した。

表-3 U字形側溝(呼び 300B)の試作性能試験結果

配合名	試作時の実配合		フレッシュ性状			硬化性状(蒸気養生)											
	水セメント比 W/C	単位量(kg/m ³)		スラブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	圧縮強度 Fc (N/mm ²)			引張強度 Ft (N/mm ²)		曲げ強度 Fb (N/mm ²)	製品曲げ強度荷重 (kN)				合格判定
		水 W	セメント C				材齢7日 Fc7	材齢14日 Fc14	材齢28日 Fc28	材齢7日 Ft7	材齢14日 Ft14	材齢4日 Fb14	材齢4日				
						①	②	③	平均値								
100-41	40.0	174	435	4.0	1.8	18.0	35.2	41.4	44.6	3.03	3.33	5.95	27	31	30	29.3	合格
50-44	45.1	173	384	6.5	1.6	20.0	35.6	37.1	42.7	2.83	2.69	5.22	25	25	29	26.3	合格
25-48	50.0	172	344	5.5	1.8	20.0	35.2	34.5	42.8	2.91	3.41	5.27	27	26	24	25.7	合格

(注) 製品曲げ性能の合格判定基準：製品曲げ強度試験で、規定された曲げ強度荷重(17kN)において端部0.05mmを超えるひび割れがないこと。

図-3 より、全てのクリンカアッシュ細骨材代替率において、材齢 14 日における配合強度を上回っていることが確認された。図-4 より、今回の示方配合で設定したクリンカアッシュ細骨材代替率の範囲においては、製品曲げ強度荷重に関して従来の普通骨材だけで製造された製品と遜色がないことが確認された。一方、クリンカアッシュの軽さを活かした製品重量の軽量化については、クリンカアッシュ細骨材代替率 100% でも従来製品と比べて約 6.5% 低減された程度であり、大幅な軽量化は達成できなかった。これは、クリンカアッシュ細骨材代替率が大きくなるとコンクリートの強度が低下し、使用される単位セメント量が多くなることに起因している。

4. おわりに

本検討によって、クリンカアッシュがコンクリート二次製品用骨材として使用できる可能性があることが確認された。しかしながら、クリンカアッシュ細骨材代替率 100% において、コンクリートに材料分離の傾向が確認されたこと、従来製品より単位セメント量が増えること、従来製品に対して大幅な軽量化が達成できなかったことから、今後クリンカアッシュ・フライアッシュ混合材のコンクリート二次製品用骨材への適用性を検討する予定である。

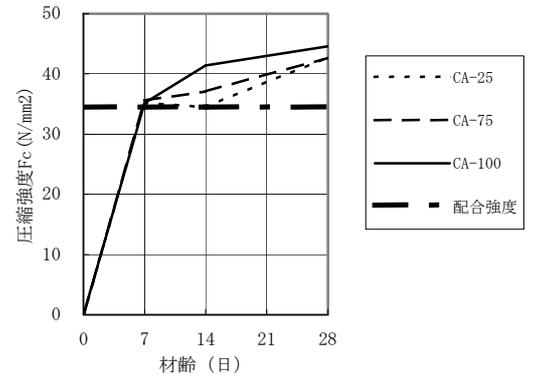


図-3 圧縮強度の経時変化

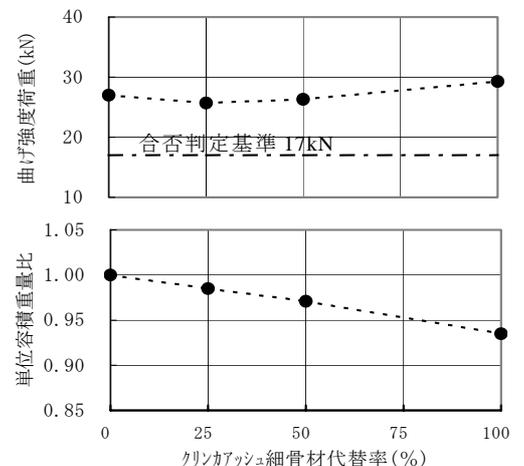


図-4 曲げ強度荷重・単位容積重量比とクリンカアッシュ細骨材代替率の関係