

日本大学 正会員 堺 毅
正会員 〇柳 内 睦 人

1. まえがき

銅製錬鉱滓（以下カラミ砂と称す）は鉄分、珪酸分を主成分とする黒色ガラス質の砂状にて産出するものであり、その用途は一部セメント原料、ケーソン中詰材、重量ブロック、鉄筋コンクリートケーソン用蓋ブロック等に用いられているが、大半は埋立用材料、路盤材、研磨材として用いられているにすぎない。年間約230万t産出するカラミ砂を土木構造物用コンクリート細骨材としての有効利用のため、コンクリートのワーカビリティ・水密性に及ぼす影響を明らかにするとともにコンクリートの施工性、品質改善を行う後添加用高性能減水剤の適用性を実験検討したものである。

2. 実験概要

2. 1. 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は鹿島産の川砂（比重2.61、F.M. 2.71）、表-1に示す主成分のカラミ砂（比重3.35、F.M. 2.68）、川砂利（比重2.64、F.M. 6.96）、AE剤はポリゾスN05L、後添加用高性能減水剤は高縮合芳香族スルホン酸塩系複合物を主成分とするNP-10を使用した。配合は単位セメント量250、295、350 kg/m³の中練りコンクリートとし、スランブ8±1 cm、空気量5±0.5%の条件を満足する水セメント比、最適細骨材率を試的に求め、これを基本配合とした。この配合の細骨材にカラミ砂を0、20、40、60%容積比にて混入し、所定スランブ値を満足するよう単位水量を増加させたベースコンクリート（No I、III、V配合）とカラミ砂混入によるスランブ低下を基本配合の水セメント比を変化させずに後添加用高性能減水剤の添加により、所定スランブを満足した流動化コンクリート（No II、IV、VI配合）の6種類とした。（表-2）

2. 2. 実験方法

(1) カラミ砂混入率と単位水量

ベースコンクリートにカラミ砂を混入して所定スランブを満足する水セメント比を決定し、同時に空気量、VB値、単位容積重量を測定した。コンクリートの練り混ぜは強制練りミキサーを用い、練り混ぜ時間は90秒とした。

(2) カラミ砂混入率と後添加用高性能減水剤の添加量

基本配合の細骨材にカラミ砂を混入するとスランブは低下する。カラミ砂を混入しても基本配合の水セメント比を一定とし、練り混ぜ直後に後添加用高性能減水剤の添加量を変えて60秒練り混ぜ、所定のスラン

表-1 カラミ砂の主成分

FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Cu	Pb	Zn
44.27	36.97	5.93	5.98	2.09	1.41	0.53	0.31	2.45

表-2 コンクリートの配合

実験 シリーズ	単位 セメント量 (kg/m ³)	スランブ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	細骨材率 S/a (%)	カラミ砂 混入率 (%)	水セメント 比W/C (%)	ポリゾス 底5L (%)	流動化剤 (cc-C=100kg)
I	250	8±1	5±0.5	47	0	60	C×0.25	—
					20	61		—
					40	62.5		—
					60	65		—
II	250	8±1	5±0.5	47	20	60	C×0.25	170
					40	60		707
					40	60		993
					60	60		—
III	295	8±1	5±0.5	45	0	50	C×0.25	—
					20	50.5		—
					40	51.5		—
					60	54		—
IV	295	8±1	5±0.5	45	20	50	C×0.25	139
					40	50		334
					40	50		640
					60	50		—
V	350	8±1	5±0.5	43	0	40	C×0.25	—
					20	41		—
					40	42.5		—
					60	45		—
VI	350	8±1	5±0.5	43	20	40	C×0.25	124
					40	40		275
					40	40		401
					60	40		—

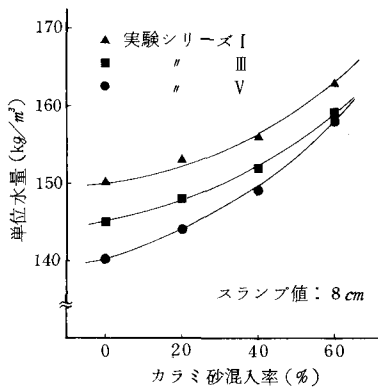


図-1 カラミ砂混入率と単位水量の関係

ブを満足する最適添加量を決定し、同時に後添加用高性能減水剤の添加前後の空気量、VB値、単位容積重量を測定した。

(3) 後添加用高性能減水剤の添加前後の強度試験

(1)、(2)、にて練り混ぜたベースコンクリート、流動化コンクリートのフレッシュ状態の測定実験を行った後、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 、 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の供試体を作製し、材令7、28、91日にて圧縮、引張、曲げ強度試験を行った。なお養生方法は標準養生とした。

3. 実験結果および考察

(1) カラミ砂混入率と単位水量の関係は図-1に示すように所定のスランプを得るために必要な単位水量はカラミ砂の混入率が大きくなるほど増加する。最大で基本配合の13%増である。カラミ砂混入によるワーカビリティの低下は粒形が鋭角的な突起が多く粒の表面も粗である事と混入率が大きくなるとプラスチックシーが悪くなり、粘性が乏しくなる事も一因である。

(2) カラミ砂を混入した流動化コンクリートの効果は図-2に示すように単位水量を増加させる事なく、後添加用高性能減水剤の添加により大幅に流動化され、所定のワーカビリティが得られた。カラミ砂の混入率が大きくなるほど添加量が増大しこの傾向は貧配合ほど顕著である。

(3) 両コンクリートとも初期から長期材令への強度伸びは順調である(図-3)。ベースコンクリートはカラミ砂混入によるスランプ低下を復元するため増水したにもかかわらず基本配合と同等の強度である(図-4)。流動化コンクリートは後添加用高性能減水剤の添加によりワーカビリティが改善されるとともに強度もベースコンクリートより大きい結果を得た。圧縮強度と引張強度の関係を米国ポルトランドセメント協会試験結果と比較しても大きな差異はない(図-5)。後添加用高性能減水剤添加前より添加後が図-6に示すように大きい強度発現である。引張、曲げ強度も同じ傾向にある。

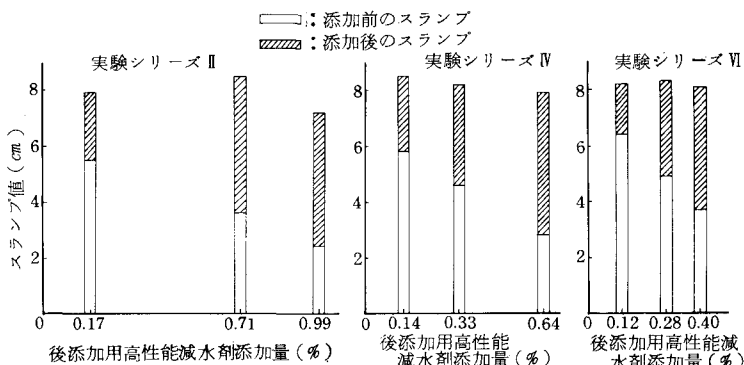


図-2 後添加用高性能減水剤添加量とスランプ値の関係

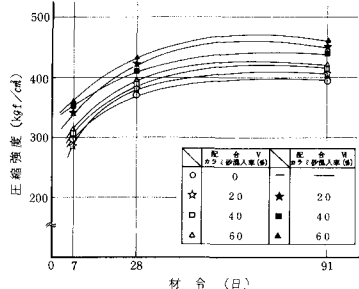


図-3 材令と圧縮強度の関係

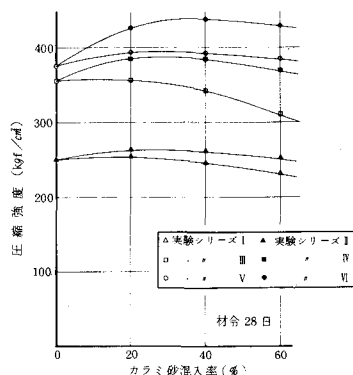


図-4 カラミ砂混入率と圧縮強度の関係

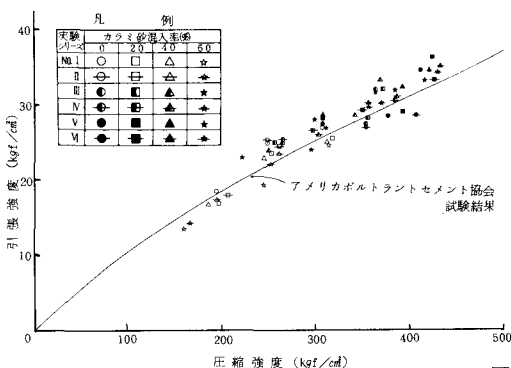


図-5 圧縮強度と引張強度の関係

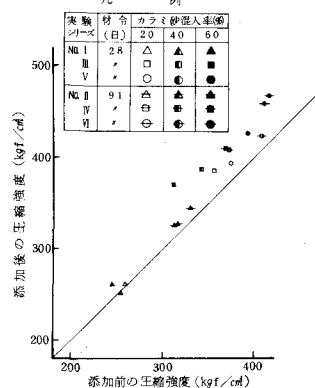


図-6 後添加用高性能減水剤添加による圧縮強度の変化