

論文 ごみ焼却灰溶融スラグを結晶化させた骨材がコンクリートの性状に及ぼす影響

斉藤 丈士*1, 西田 克範*2, 望月 淳*3, 奈良 禎徳*4

要旨: 都市ごみ焼却灰を溶融・水砕したスラグは一般的にはガラス質の脆弱な細骨材であるが、本研究はこれをコンクリート用骨材として改善するために融液を水砕せずに空冷・結晶化させたものを粗骨材に、さらに粉碎したものを細骨材として検討したものである。本報告は、都市ごみ焼却灰を溶融・空冷・結晶化させた粗骨材あるいはその粉碎物を細骨材として、骨材に対しその置換率を変化させたコンクリートの品質を明らかにしたものである。その結果、都市ごみ焼却灰を溶融・空冷・結晶化することによりコンクリート用骨材として用いる可能性を導いた。

キーワード: 溶融スラグ, 結晶化, コンクリート用骨材, プリーディング, 静弾性係数, 長さ変化

1. はじめに

我が国における一般廃棄物は、年間約5,000万t排出されており、再資源化率は約10%である。直接あるいは中間処理を経て最終処分される一般廃棄物は年間約1,400万t¹⁾であるが、市町村は、一般廃棄物最終処分場の残余年数が数年²⁾とされていることから、最終処分量を減らすために溶融固化設備を導入し始めている。

これらの中間処理(溶融固化)設備から排出されるごみ焼却灰溶融スラグを有効利用することは最終処分場の延命策として有効であり、厚生省通知³⁾などによって利用促進が図られているが、排出された状態のまま利用することは困難であり、依然、最終処分されることが多い。

今までの溶融スラグは、融液(溶融状態)から水砕しているためガラス質となり、細骨材としてコンクリートに用いた場合、過大なプリーディングやコンクリート強度の低下などがみられることが報告⁴⁾されている。また、融液から空冷したガラス質スラグを粗骨材代替として用いた場合には、大幅な強度の低下が見られる^{5), 6)}。

そこで、本報告は、ごみ焼却灰を融液から空冷・

再加熱処理を行いスラグ組織を完全に結晶化させ、従来のガラス質スラグのもつ脆性を改善したスラグ(粒径5~20mm, 以下結晶化スラグと呼ぶ)をコンクリート用粗骨材として、さらに、その粉碎物(粒径0~5mm, 以下粉碎スラグと呼ぶ)をコンクリート用細骨材として用いるために、これらの置換率を変えたコンクリートの品質を明らかにしたものである。

2. 結晶化スラグの概要

本実験で用いた結晶化スラグは、一般廃棄物焼却灰を酸素バーナー溶融炉で高温溶融(約1,450℃)した後、成形機で成形・空冷したガラス質スラグをロータリーキルン結晶化炉(約1,100℃)にてSiO₂-CaO-Al₂O₃系の結晶を析出させたものである。

結晶化スラグとガラス質スラグは、化学組成に差は見られないが、結晶化スラグは鉱物としてgehlenite(Ca₂Al₂SiO₇), augite(Ca(Mg,Fe,Al)(Si,Al)₂O₆)が同定される。結晶化スラグの化学組成を表1に、製造工程を図1に示す。

表1 結晶化スラグの化学組成

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
33.48	1.84	19.33	5.06	0.14	3.86	30.94	1.90	0.47
P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Cr ₂ O ₃	CuO	NiO	ZnO	合計	
2.55	0.01	0.18	0.04	0.03	0.01	0.13	99.97	

*1 ㈱内山アドバンス 中央技術研究所 コンクリート製品研究室(正会員)

*2 月島機械(株) 技術開発部 部長

*3 月島機械(株) 環境エンジニアリング第1部 第5課

*4 ㈱内山アドバンス 中央技術研究所 所長

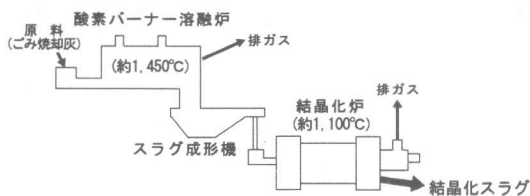


図1 結晶化スラグの製造工程

表2 使用材料

セメント	普通ポルトランド	密度: 3.16g/cm ³
水	上水道水	—
細骨材	陸砂	表乾密度: 2.56kg/ℓ, 粗粒率: 2.49
	(千葉県富津産)	
粗骨材	砕石2005	表乾密度: 2.66kg/ℓ, 粗粒率: 6.28
	(茨城県西茨城産)	
化学	結晶化スラグ	表乾密度: 3.02kg/ℓ, 吸水率: 0.806%, 微粒分量: 0.20%, 実積率: 59.8%, 粗粒率: 6.68
	A E 減水剤	リグニンスルホン酸化合物 ポリオール複合体
混和剤	A E 助剤	アルキルエーテル型 陰イオン界面活性剤

表3 コンクリートの調合条件

スランブ	8 ± 1.0cm
空気量	4.5 ± 1.0%
結晶化スラグの置換率	0, 30, 50, 75, 100%
水セメント比	55.0%
細骨材率	44.0%
コンクリート温度	20 ± 1.5°C

表4 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	
フレッシュ コンクリート	スランブ	JIS A 1101
	空気量	JIS A 1128
	コンクリート温度	アルコール棒状温度計
	単位容積質量	JIS A 1128容器による
硬化コンクリート	圧縮強度	JIS A 1108

表5 単位水量とフレッシュ試験結果

結晶化スラグの置換率 (%)	単位水量 (kg/㎡)	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	単位容積質量 (t/㎡)
0	162	7.5	4.5	19.0	2.292
30	162	7.0	4.5	19.0	2.354
50	162	9.0	4.8	19.0	2.379
75	160	7.5	4.6	19.0	2.429
100	164	8.0	4.1	19.0	2.484

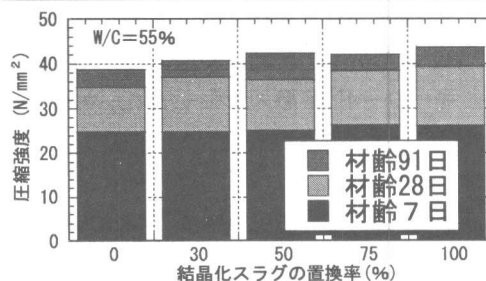


図2 圧縮強度試験結果

3. 結晶化スラグを粗骨材に置換した影響

3.1 実験概要

ここでは、粗骨材への結晶化スラグの置換がフレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートに与える影響を把握するため、結晶化スラグを粗骨材に置換したコンクリートと結晶化スラグを混入しないコンクリート(プレーンコンクリート)の各種性状の比較を行った。

3.2 結晶化スラグの粗骨材への置換率の影響

(1) 実験内容

結晶化スラグの粗骨材への置換率を容積比で0, 30, 50, 75, 100%と変化させ、練混ぜ直後のコンクリート性状および硬化コンクリートの圧縮強度を測定した。

(2) 使用材料およびコンクリートの調合条件

実験に使用した材料を表2に、コンクリートの調合条件を表3に示す。骨材についてはここに示す特性値のほか、JIS A 5308附属書1(レディーミクストコンクリート用骨材)、JIS A 5005(コンクリート用砕石及び砕砂)に規定される主な試験を実施し、規定値を満足していることを確認した。ただし、アルカリシリカ反応性試験は、JIS A 5308附属書7(化学法)による。

(3) 練混ぜ方法、試験項目および試験方法

コンクリートの練混ぜには二軸強制練りミキサ(容量60ℓ)を用いた。練混ぜ時間はセメント、細骨材および粗骨材投入後10秒間、水および化学混和剤投入後90秒間である。

試験項目および試験方法を表4に示す。

(4) 結果および考察

コンクリートの単位水量とフレッシュコンクリートの試験結果を表5に、圧縮強度試験結果を図2に示す。コンクリートのフレッシュ性状は、結晶化スラグを100%粗骨材に置換しても調合条件を満足した。

結晶化スラグコンクリートの圧縮強度は、全体にプレーンコンクリートよりも大きくなった。このことは、骨材強度および骨材界面の付着性状が良好であることを示しており、結晶化することによってスラグのセメントペーストとの付着性が改善されたことを示していると考えられる。

3.3 W/Cと結晶化スラグの粗骨材への置換率の関係

(1) 実験内容

コンクリートのスランブおよび水セメント比を変化させ、結晶化スラグコンクリートのフレッシュ性状および硬化後の性状をプレーンコンクリートと比較検討した。目標スランブは8および18cm、水セメント比は60, 55, 50, 45%である。結晶化スラグの粗骨材への置換率は、スランブ8cmで0, 50, 100%, スラン