

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

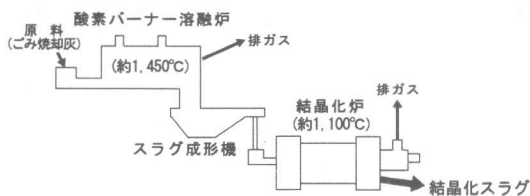


図1 結晶化スラグの製造工程

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

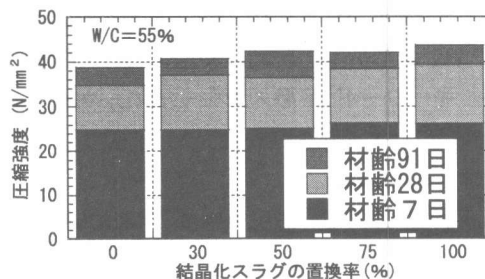


図2 圧縮強度試験結果

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

表6 コンクリートの調合条件

スランブ	8±1.0cm, 18±1.0cm	
空気量	4.5±1.0%	
結晶化スラグの置換率	スランブ 8cm	0, 50, 100%
	スランブ 18cm	0, 50%
水セメント比	60, 55, 50, 45%	
コンクリート温度	20±1.5℃	

表7 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
	ブリーディング	JIS A 1123
硬化 コンクリート	圧縮強度	JIS A 1108
	曲げ強度	JIS A 1106
	引張強度	JIS A 1113
	静弾性係数	JIS原案
	長さ変化	JIS A 1129

表8 コンクリートの調合とフレッシュコンクリートの試験結果

調合					フレッシュコンクリート試験結果			
スランブ (cm)	結晶化スラグの置換率 (%)	水セメント比 (%)	単位水量 (kg/m³)	細骨材率 (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	単位容積質量 (t/m³)
8	0	60	162	45.0	7.5	5.1	18.5	2.294
		55	162	44.0	7.5	4.5	19.0	2.292
		50	162	43.0	7.5	4.4	19.0	2.299
		45	162	42.0	7.0	4.2	19.5	2.317
	50	60	166	45.0	8.5	4.1	21.0	2.396
		55	162	44.0	7.5	4.5	21.0	2.386
		50	162	43.0	7.0	4.0	21.0	2.409
		45	162	42.0	7.5	4.2	21.0	2.411
	100	60	166	45.0	7.5	4.1	20.0	2.467
		55	166	44.0	9.0	4.4	20.0	2.448
		50	168	43.0	7.5	3.9	20.0	2.484
		45	168	42.0	7.5	3.8	20.0	2.484
18	0	60	181	47.5	18.0	4.2	19.0	2.276
		55	181	46.5	17.5	3.9	19.5	2.288
		50	181	45.5	18.5	3.8	19.0	2.300
		45	181	44.5	18.0	3.8	19.0	2.309
	50	60	184	48.7	18.0	4.8	19.0	2.335
		55	184	47.7	17.0	4.9	19.0	2.329
		50	184	46.7	17.0	4.6	19.0	2.352
		45	185	45.7	17.5	4.5	19.0	2.361

表9 圧縮強度試験結果

スランブ (cm)	結晶化スラグの置換率 (%)	水セメント比 (%)	圧縮強度 (N/mm²)		
			材齢 7日	材齢 28日	材齢 91日
8	0	60	21.0	28.7	34.9
		55	24.8	34.8	38.7
		50	29.2	37.0	44.0
		45	33.6	42.5	49.0
	50	60	21.1	31.0	36.7
		55	25.3	34.6	40.2
		50	31.8	40.9	49.3
		45	36.0	46.0	53.8
	100	60	22.8	33.6	40.5
		55	25.4	36.6	43.8
		50	30.4	41.8	50.7
		45	36.2	47.3	57.0
18	0	60	20.5	31.1	38.1
		55	23.5	32.9	39.4
		50	30.7	40.1	45.4
		45	34.2	43.1	48.5
	50	60	21.0	30.3	37.0
		55	22.3	34.2	44.0
		50	28.8	40.0	46.7
		45	31.8	43.1	49.6

表10 曲げ・引張強度および静弾性係数試験結果

スランブ (cm)	結晶化スラグの置換率 (%)	強度 (N/mm²)		圧縮との強度比		静弾性係数 (×10⁴ N/mm²)
		曲げ	引張	曲げ	引張	
8	0	4.85	2.68	1/7.2	1/13.0	2.97
	50	4.89	2.79	1/7.1	1/12.4	3.28
	100	5.09	2.98	1/7.2	1/12.3	3.32
18	0	4.90	2.56	1/6.7	1/12.9	2.75
	50	4.78	2.59	1/7.2	1/13.2	2.89

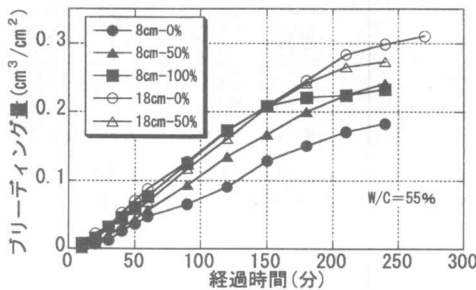


図3 ブリーディング試験結果

プ18cmで0, 50%とした。

(2)使用材料およびコンクリートの調合条件

使用した材料は表2に示したものである。コンクリートの調合条件を表6に示す。

(3)練混ぜ方法、試験項目および試験方法

練混ぜ方法は3.2(3)と同様である。試験項目および試験方法を表7に示す。表中のスランブ、空気量、コンクリート温度、単位容積質量および圧縮強度は全調合、その他の項目は水セメント比55%の調合について試験を行った。

(4)結果および考察

コンクリートの調合とフレッシュコンクリート試験結果を表8に示す。スランブ8cmの調合では結晶化スラグの置換率100%、スランブ18cmの調合では50%において、同一のコンシステンシーを得るための単位水量が増加している。この原因は、現時点では不明である。

ブリーディング試験結果を図3に示す。結晶化スラグコンクリートのブリーディング量は、スランブ8cmでプレーンコンクリートよりも増大する傾向にある

が、0.232~0.273cm³/cm³の範囲にあり、規定値⁷⁾を超えるものはなかった。また、結晶化スラグ混入のブリーディング終了時間に対する影響はみられない。これより、結晶化スラグの粗骨材への置換は、ブリーディングに関しては問題ないと思われる。

圧縮強度試験結果を表9に示す。結晶化スラグコンクリートの圧縮強度は、スランブ8cmではプレーンコンクリートよりも高い値を示し、スランブ18cmではプレーンコンクリートとほぼ同等であった。その原因は3.2(4)と同様と考えられる。

水セメント比55%における曲げ強度、引張強度

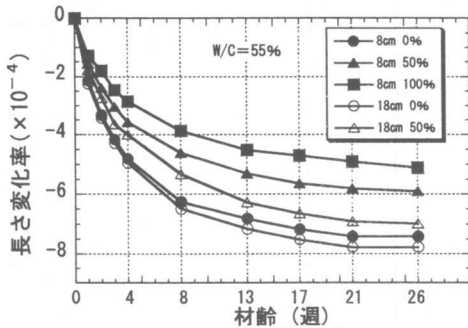


図4 長さ変化率

表11 使用材料

セメント		普通ポルトランド	密度: 3.16g/cm ³
水	水道水		-
細骨材	山砂 (千葉県君津産)	表乾密度: 2.60kg/ℓ, 粗粒率: 2.47	
	粉砕スラグ	表乾密度: 3.04kg/ℓ, 吸水率: 0.60%, 微粒分量: 2.8%, 実積率: 61.4%, 粗粒率: 2.43	
粗骨材	砕石2005 (東京都青梅産)	表乾密度: 2.71kg/ℓ, 粗粒率: 6.77	
化学	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	

および静弾性係数試験結果を表10に示す。結晶化スラグコンクリートの圧縮強度に対する曲げ強度、引張強度の割合は、一般的なコンクリートの範囲⁸⁾にほぼおさまっており、岡村氏⁹⁾と同傾向を示した。

スラグコンクリートの静弾性係数は、プレーンコンクリートに対して5~12%大きく、日本建築学会式¹⁰⁾による計算値に対して、3~12%大きかった。このことは、指針に示されている傾向¹¹⁾と同様に、結晶化スラグの密度が大きく吸水率が小さいことによる影響と思われる。

コンクリートの長さ変化率を図4に示す。長さ変化率は、結晶化スラグを粗骨材に置換することにより小さくなった。これは、建築学会指針の目標値¹¹⁾(8×10^{-4})よりも小さい。このことは、結晶化スラグの密度が大きく、吸水率が小さいことが影響している。

4. 粉砕スラグを細骨材に置換した影響

4.1 実験概要

ここでは、細骨材への粉砕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、粉砕スラグを細骨材に置換したコンクリートと粉砕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。

4.2 粉砕スラグの細骨材への置換率の影響

表12 コンクリートの調合条件

スランブ	8.0±1.0cm
空気量	4.5±1.0%
粉砕スラグの置換率	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℃

表13 単位水量とフレッシュ試験結果

粉砕スラグの置換率(%)	単位水量(kg/m ³)	スランブ(cm)	空気量(%)	コンクリート温度(℃)	単位容積質量(t/m ³)
0	155	8.5	5.3	20.0	2.332
30	158	8.0	4.6	20.0	2.373
50	161	7.0	4.9	20.0	2.385
75	164	7.5	5.0	20.0	2.409
100	165	5.0	5.0	20.0	2.438

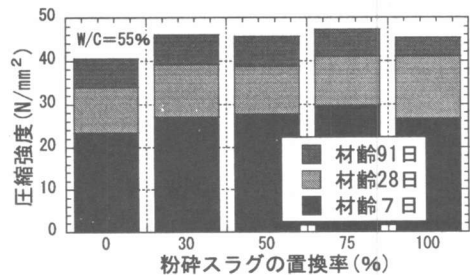


図5 圧縮強度試験結果

(1) 実験内容

粉砕スラグの細骨材への置換率を、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11に、コンクリートの調合条件を表12に示す。骨材について、その他の試験は3.2(2)と同様に行っている。

(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方法は3.2(3)と同様である。試験項目および試験方法は表4による。

(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13に、圧縮強度試験結果を図5に示す。単位水量は、粉砕スラグの置換により増大する傾向を示した。コンクリートのフレッシュ性状は、粉砕スラグを100%細骨材に置換すると単位水量を増大させても流動性に寄与せず分離傾向となり、スランブが調合条件を満足できなかった。置換率75%においても調合条件は満足するが目視によるコンクリートの状態は粗々しく、良好なワーカビリティは得られなかった。これらのことは、目視による

表14 コンクリートの調合とフレッシュコンクリートの試験結果

配合		フレッシュコンクリート試験結果						
スランブ [*] (cm)	粉砕スラグ [*] の置換率 (%)	水セメント比 (%)	単位水量 (kg/m ³)	細骨材率 (%)	スランブ [*] (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	単位容積質量 (t/m ³)
8	0	60	155	45.0	7.0	3.9	19.5	2.365
		55	155	44.0	7.5	4.1	19.5	2.369
		50	155	43.0	8.5	4.4	20.0	2.362
		45	155	42.0	8.5	4.5	20.0	2.367
	50	60	163	46.0	7.0	4.8	20.0	2.401
		55	163	45.0	8.0	4.4	20.0	2.417
		50	163	44.5	8.0	3.7	20.0	2.444
		45	163	44.0	8.0	3.6	20.0	2.443
18	0	60	171	48.5	18.0	4.8	21.0	2.322
		55	171	47.5	19.0	5.0	20.5	2.320
		50	171	46.5	17.5	4.2	21.0	2.342
		45	171	45.5	17.5	4.8	21.0	2.341
	50	60	181	49.5	18.0	4.7	20.0	2.381
		55	182	48.5	19.0	4.5	19.0	2.396
		50	182	48.0	18.5	4.2	20.0	2.403
		45	182	47.5	17.0	4.3	20.0	2.404

粉砕スラグの粒形が悪いこと、実積率が山砂(実積率68.0%)よりも小さいことが影響していると思われる。したがって、粉砕方法を検討し、粉砕スラグの粒形を改善し実積率を増大させることにより、粉砕スラグの細骨材への置換による単位水量の増大、ワーカビリティの悪化は防止できると考える。

粉砕スラグコンクリートの圧縮強度は、プレーンコンクリートよりも大きくなった。このことは、ガラス質溶解スラグの、コンクリートの圧縮強度を低下させる傾向^{4), 12), 13)}が、結晶化・粉砕により改善されていることを示している。

4.3 W/Cと粉砕スラグの細骨材への置換率の関係

(1)実験内容

3.3(1)と同様にして粉砕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。粉砕スラグの細骨材への置換率はスランブ8, 18cmで0, 50%とした。

(2)使用材料およびコンクリートの調合条件

使用した材料は表11に示したものである。コンクリートの調合条件は粉砕スラグの細骨材への置換率を除き、表6と同様である。

(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方法は3.2(3)と同様である。試験項目および試験方法は表7による。

(4)結果および考察

コンクリートの調合とフレッシュコンクリートの試験結果を表14に示す。

粉砕スラグコンクリートの単位水量は、プレーンコンクリートに対し、スランブ8, 18cmの調合ともに増加している。このことは、4.2(4)と同様の原因による

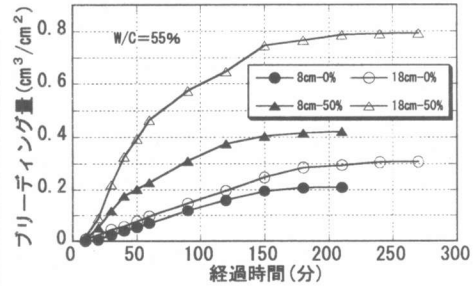


図6 ブリーディング試験結果

表15 圧縮強度試験結果

スランブ [*] (cm)	粉砕スラグ [*] の置換率 (%)	水セメント比 (%)	圧縮強度(N/mm ²)		
			材齢7日	材齢28日	材齢91日
8	0	60	23.0	31.4	41.3
		55	28.3	39.1	46.4
		50	29.3	39.1	48.6
		45	35.1	44.7	54.2
	50	60	22.6	33.0	40.6
		55	26.3	35.6	46.0
		50	30.4	39.9	49.6
		45	34.7	45.4	54.9
18	0	60	20.4	28.4	36.0
		55	20.6	30.4	37.9
		50	27.1	36.0	45.4
		45	30.5	41.0	50.1
	50	60	24.9	37.0	47.1
		55	28.6	39.0	47.9
		50	32.2	46.4	56.6
		45	40.2	51.4	61.5

ものと思われる。

ブリーディング試験結果を図6に示す。粉砕スラグコンクリートのブリーディング量は、0.422, 0.793 cm³/cm²であり、規定値⁷⁾を超えている。このことは、粉砕スラグの吸水率が小さいことおよびコンクリートの単位水量が多いことの影響と思われる。また、結晶化スラグと同様にブリーディング終了時間への粉砕スラグの混入の影響はみられない。

一般にスラグ骨材は表面がガラス質で保水性が悪くブリーディングは多い^{14), 15)}傾向にあり、粉砕スラグはガラス質ではないが同傾向である。これより、粉砕スラグをコンクリート用細骨材として使用する場合にはほかのスラグ同様、ブリーディング抑制対策¹⁵⁾を講じる必要があると思われる。

圧縮強度試験結果を表15に示す。粉砕スラグコンクリートの圧縮強度は、プレーンコンクリートに対しスランブ8cmではほぼ同等、スランブ18cmでは高くなり、結晶化スラグコンクリートと異なった傾向となった。このことより、粉砕によって露出した粉砕スラグ表面部の、セメントペーストとの界面性状は、結晶化スラグとは異なっている可能性がある。また、スランブ8cmにおいては4.2(4)と異なった傾向となったが、この原因は不明である。

水セメント比55%における曲げ強度、引張強度

表16 曲げ・引張強度および静弾性係数試験結果

スラブ (cm)	粉砕スラグ の置換率 (%)	強度 (N/mm ²)		圧縮との強度比		静弾性係数 ($\times 10^4$ N/mm ²)
		曲げ	引張	曲げ	引張	
8	0	5.03	2.86	1/7.8	1/13.7	3.41
	50	5.62	3.37	1/6.3	1/10.6	3.57
18	0	4.65	2.75	1/6.5	1/11.1	3.14
	50	5.36	3.11	1/7.3	1/12.5	3.36

および静弾性係数試験結果を表16に示す。曲げ強度、引張強度は、一般的なコンクリートの圧縮強度に対する割合⁹⁾の範囲にほぼおさまっており、岡村式⁹⁾と同傾向であった。

粉砕スラグコンクリートの静弾性係数は、プレーンコンクリートに対し4.7, 7.0%大きく、日本建築学会計算式¹⁰⁾による計算値に対して18.2, 7.7%大きい。このことは、粉砕スラグの密度が大きく吸水率が小さいことによる影響と思われる。

コンクリートの長さ変化率を図7に示す。粉砕スラグコンクリートの長さ変化率は、プレーンコンクリートよりもスラブ8cmで小、スラブ18cmで大となった。粉砕スラグコンクリートは、単位水量がプレーンコンクリートよりも5~6%程度増加していることから、長さ変化はスラブ8cmでは一般的なコンクリートと異なった傾向といえるが、この原因は不明である。

5. まとめ

結晶化スラグをコンクリート用粗骨材として、および粉砕スラグをコンクリート用細骨材として用いるために、スラグコンクリートとプレーンコンクリートのフレッシュおよび硬化後の性状を比較検討した。この結果より、次の知見が得られた。

- (1) 結晶化スラグの粗骨材への置換は、コンクリートの圧縮強度を同等もしくは高くする。
- (2) 同一のコンシステンシーを得るのに必要な単位水量は、結晶化スラグの粗骨材への置換、および粉砕スラグの細骨材への置換により増加する傾向にある。
- (3) プリーディング量は、粉砕スラグの細骨材への置換により大きくなる。
- (4) 乾燥収縮率は、結晶化スラグの粗骨材への置換により低減する傾向にある。

以上より、本実験の範囲では結晶化スラグを粗骨材代替として用いたコンクリートはフレッシュ、硬化性状ともにプレーンコンクリートに遜色無く、結晶化スラグのコンクリート材料としての有用性が示唆

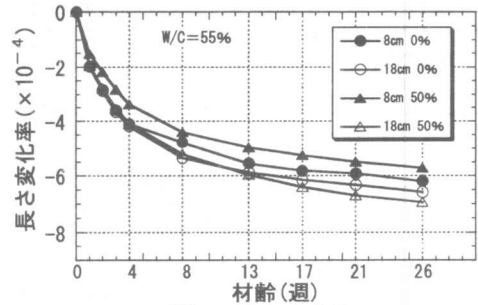


図7 長さ変化率

された。また、粉砕スラグをコンクリート用細骨材として用いる場合、同一のコンシステンシーを得るための単位水量やプリーディングが増大する現象を改善する必要があるが、粉砕スラグの粒形を改善し、これらを検討することによりコンクリート材料としての用途に可能性を見いだすことができる。

謝辞

本実験を行うにあたり、千葉県環境部に御指導を頂きました。ここに付記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 環境庁:平成11年版環境白書,各論 第1章 第4節 第1-4-1図,1999.6.5
- 2) 環境庁:平成10年版環境白書,総説 第1章 第1節, 1998.6.5
- 3) 厚生省生活衛生局水道環境部長:一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進について,1998.3.26
- 4) 越川茂雄ほか:焼却灰溶融スラグを用いたコンクリートの性質,コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.1, pp.405~410,1996.6
- 5) 千葉県環境部:千葉県溶融スラグ有効利用研究会報告,1998.3
- 6) 根本久美子ほか:骨材としての溶融スラグ,第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.436~439, 1998.10
- 7) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造のひび割れ対策(設計・施工)指針・同解説,p.57,1990
- 8) 日本コンクリート工学協会:コンクリート技術の要点,p.57, 1997
- 9) 岡村 甫:コンクリート構造の限界状態設計法,共立出版, 1978
- 10) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, p.43,1991
- 11) 日本建築学会:コンクリートの調合設計指針・同解説, p.161,p.46,1999
- 12) 石丸啓輔ほか:未処理のごみ焼却灰溶融スラグの利用方法に関する実験的検討,土木学会第54回年次学術講演会,pp.18~19,1999.9
- 13) 錦織和紀郎ほか:焼却灰溶融スラグを用いたコンクリートの特性と実施工への適用,コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.1,pp.169~174,1999.6
- 14) 日本建築学会:フェロニッケルスラグ細骨材を用いるコンクリートの設計施工指針(案)・同解説,p.36,1994
- 15) 日本建築学会:銅スラグ細骨材を用いるコンクリートの設計施工指針(案)・同解説,p.34,1998