

佐賀県内のゴミ溶融スラグ細骨材を使用したコンクリートの特性

佐賀大学 正 員 ○ 山内直利, 伊藤幸広, 石橋孝治

佐賀溶融スラグ研究会 片山 強*1, 小辻和幸*2, 久原好実*3, 中山直樹*4, 中原健達*5, 藤川紘一*6

1. はじめに

現在, 佐賀県内には都市ゴミの焼却灰を溶融して再資源化する施設を有する清掃工場が3箇所(稼働順にS1, S2, S3工場とする)存在し, 溶融スラグは砂状にして再資源物としている。佐賀県では, JIS A 5031の制定と「佐賀県認定リサイクル製品」認定制度が後押しとなり, プレキャストコンクリート(PCa)製品の細骨材としての利用が進み S2 工場の溶融スラグが主に使用されて来た。本報告は, 本年8月に本格稼働した S3 工場と S1 工場の溶融スラグ骨材を海砂の代替材として置換したコンクリートの性能の確認を行ったものである。

2. 実験概要

使用材料の物理的性質を表-1に示す。溶融スラグ細骨材は, その計量証明書より環境基準と JIS A 5031 を満たすことを確認している。粗骨材は武雄産の碎石, 細骨材は唐津小川島産の海砂である。

表-2に本実験で採用した配合をまとめて示す。PCa製品用のコンクリートであること(要色相考慮)と S2 スラグの使用実績を参考にして, 設計基準強度(f'_{ck})を 30N/mm^2 , 細骨材の置換率を30%と設定した。シリーズ1は無置換のコンクリートを基準として, S1 と S3 スラグをそれぞれ使用した場合を比較検討するために設定した。シリーズ2は S3 スラグ使用コンクリートの圧縮強度(f'_c)と C/W の関係を検討するために設定した。フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの性質は JIS 等の規格に準拠して実施した。なお, スラグ骨材の膨張率は「コンクリート用溶融スラグ骨材を用いたモルタルの膨張率試験」に基づいた試験結果が計量証明書で示されているが, この方法には, 測定精度(測定用シリンダーの最小目盛, 個人誤差)や発生ガスの膨張量非加算の問題があることから, 筆者らが提案した水中重量測定に基づく膨張率試験¹⁾(以降, 佐大法と呼ぶ)を確認のため導入した。

表-1 使用材料の物理的性質

使用材料	表乾密度 (g/cm^3)	粗粒率 FM	吸水率 (%)	実績率 (%)
碎石(2005)	2.60	6.74	1.19	62.8
海砂	2.58	2.68	1.29	63.5
S1スラグ	2.78	3.03	0.03	61.5
S3スラグ	2.84	3.05	0.09	54.9
セメント	普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)			
混和剤	ポリカルボン酸系の高性能減水剤			

表-2 コンクリートの配合表

シリーズ と配合名		(実測値)		水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
		スラグ (cm)	空気量 (%)			水 W	セメント C	細骨材			粗骨材 G	混和剤 AD
								SS	S1	S3		
1	基準	7.0	1.9	49.1	43.0	157	320	802	0	0	1072	2.12
	S1-0	7.5	1.7		43.5	156	318	559	263	0	1067	2.10
	S3-0	8.0	1.6		43.0	157	321	563	0	265	1075	2.12
2	N-1	6.5	1.9	55.1	44.0	157	285	833	0	0	1069	2.47
	N-2	9.5	1.4	50.2	43.0	158	315	808	0	0	1080	2.72
	N-3	9.5	1.5	44.9	42.0	167	350	777	0	0	1081	2.66
	N-4	9.5	1.5	39.8	41.0	157	394	744	0	0	1078	2.80
	S3-1	9.0	1.5	55.1	44.0	157	285	585	0	276	1071	2.32
	S3-2	8.0	1.7	49.8	43.0	157	315	565	0	267	1079	2.40
	S3-3	9.5	1.5	44.9	42.0	157	350	542	0	256	1079	2.31
	S3-4	7.5	1.7	39.8	41.0	157	394	520	0	246	1078	2.40

3. 実験結果および考察

3.1 膨張率試験の結果

佐大法による川砂100%使用のモルタルが1.89%の収縮(セメントの水和収縮)を示したことから, ここでは膨張率を相対指標と位置づけ, 試験結果を体積変化率として認識する。S1スラグとS3スラグの体積変

*1 (株)ヤマワ, *2 不二コンクリート工業(株), *3 (株)馬渡商会, *4 三田川金属工業(株)三田川コンクリート,

*5 有明コンクリート工業(株) *6 大協コンクリート(株)

化率(平均値)はそれぞれ - 1.58%と - 1.28%を示した。相対指標としての膨張率はそれぞれ 0.31%と 0.61%となる。計量証明書では両者とも 0.1%未満の判定である。

3.2 プリーディング試験の結果

シリーズ1の配合で測定されたプリーディング率は、基準、S1-0、S3-0においてそれぞれ 2.12%、2.35%、2.91%であった。溶融スラグ細骨材を使用するとその低い吸水率に起因してプリーディング率が大きくなるという既往の報告と同様な結果を与えた。S3 スラグのプリーディング率は S1 スラグのそれに比べ大きな値を示したが、これは溶融温度と製造方法の違いによる再資源化物の材質を反映しているものと考えられる。

3.3 圧縮強度、曲げ強度およびヤング係数

図 - 1 にシリーズ1における圧縮強度、曲げ強度およびヤング係数の試験結果を示す。なお、用途が PCa 製品用のコンクリートであることから、材齢 14 日の結果を示している。骨材密度の関係で配合に若干の差を生じるが、ほぼ等しい配合と見なすことができ、S1 と S3 スラグをそれぞれ使用したコンクリートの基本的な力学的性質は、基準コンクリートのそれと遜色のない値を示していると言える。

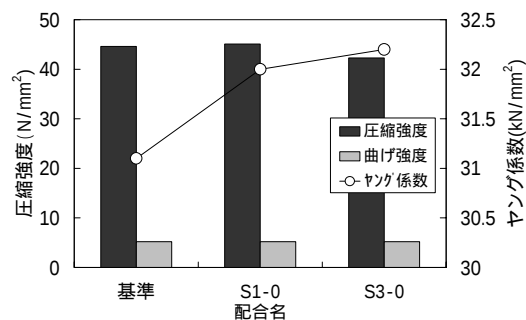


図 - 1 硬化コンクリートの力学的性質

3.4 乾燥収縮

図 - 2 に材齢 7 日を基点とする乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。基準と溶融スラグ細骨材使用の両コンクリート間に乾燥収縮ひずみの大きさと変化の様子に大きな差は認められない。溶融スラグ細骨材を使用すると僅かに乾燥収縮ひずみが小さくなっている。これは、溶融スラグ細骨材の置換率が 30%であることと、その低い吸水率を反映した結果であると考えられる。

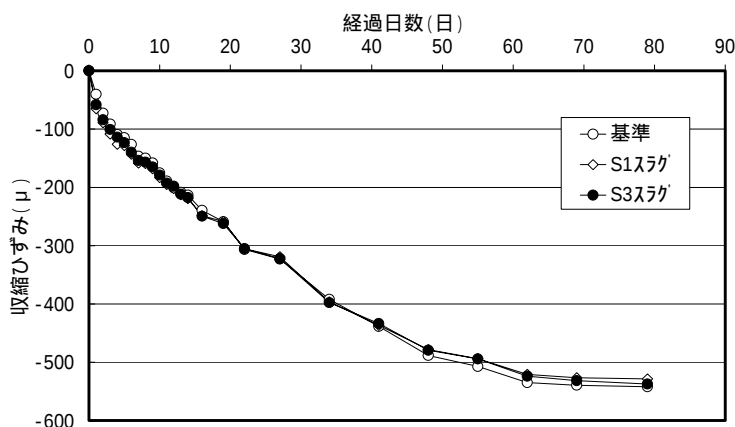


図 - 2 乾燥収縮ひずみの経時変化

3.5 圧縮強度と C/W の関係

図 - 3 にシリーズ2の実験結果をまとめて示す。C/W=1.8 ~ 2.0 (W/C=56 ~ 50%) の範囲では両者の強度発現に著しい差は見受けられない。シリーズ1の結果をも包含している。 $f_c \sim C/W$ の回帰直線の傾きは S3 スラグを使用したコンクリートの方が基準のそれに比べて小さいことが見て取れる。使用する細骨材の違い以外に配合の内容に大きな差がないことから、強度発現の低下はスラグ細骨材自身の特性(骨材強度や実績率など)に起因するものと考えられる。50N/mm²を超える高強度域での使用を考えなければ置換代替材として十分に使用できると材料であると言える。

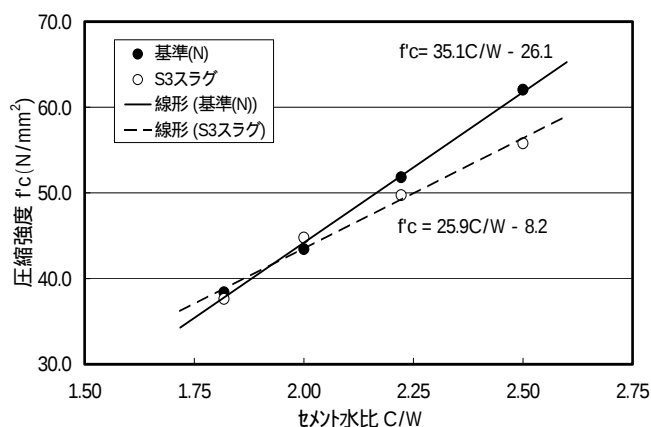


図 - 3 圧縮強度とセメント水比の関係

4. まとめ

S1 工場の溶融スラグ細骨材は品質改善されたものを今回使用した。S1 と S3 スラグ細骨材は、PCa 製品用のコンクリートの部分置換用細骨材として十分に使用できる再資源化物あることを確認した。

参考文献 1) 伊藤幸広ほか：都市ごみ溶融スラグを用いたコンクリートの膨張特性評価方法の検討，土木学会第 60 回年次学術講演会 CD-ROM 版概要集， -404，平成 17 年 9 月