都市ごみ溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの諸特性

佐賀大学　学生員　○吉丸　功祐
㈱ヤマウ　片山　強
佐賀大学　正会員　石橋　孝治
佐賀大学　正会員　伊藤　幸広

1. はじめに

都市ごみ溶融スラグ（以下，溶融スラグ）の有効利用を目的として，コンクリート用骨材への適用が検討されている。溶融スラグを細骨材として用いた場合，ブリーディングの増加，強度や耐久性の低下が起こるという報告もある。溶融スラグを製造する溶融炉やその運転方法は多種多様であり，溶融スラグの品質の差異が大きいため，実用化に当ってはその溶融スラグを用いたコンクリート諸特性を把握しておく必要がある。

本研究では，ガス化溶融炉から製造された溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートのフレッシュ時および硬化時の諸特性について検討を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

実験で使用した材料およびその特性を表-1 に示す。溶融スラグはガス化溶融炉から製造されたものであり，その化学組成は表-2 に示す通りである。表-3 にはコンクリートの配合を示す。水セメント比は 49%と一定とし，溶融スラグの体積置換率を 0，30 および 60%の 3 段階とした。置換率 30%の配合については，単位水量を 157，167 および 177kg/m^3 の 3 段階に変化させた。目標スランプおよび目標空気量は，それぞれ 10cm および 1.8%とし，混和剤によって調整した。

表-1 使用材料および特性値

材　料	種　類	特性値
練混ぜ水	上水道水	-
セメント	普通ポルトランドセメント	密度:3.16g/cm^3 比表面積:3300cm^2/g
細骨材	唐津産海砂	密度:2.58g/cm^3, FM:2.72 実積率:63.8%, 塩化物含有率:0.015%
	溶融スラグ	密度:2.66g/cm^3, FM:2.59 吸水率:1.62%, 実積率:60.7% 微粒分量:5.3%, 塩化物含有率:0.004%
粗骨材	武雄産砕石	密度:2.60g/cm^3, FM:6.76 実積率:61.7%
混和剤	減水剤	ポリカルボン酸基含有多元ポリマー

表-2 溶融スラグの化学組織

化学組成(wt%)				
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O
39.9	17.1	0.5	33.0	0.4

2.2 養生方法

養生方法としては，標準養生および蒸気養生について行った。蒸気養生方法は，打設後 4 時間 50℃の蒸気養生を行い，その後は気中養生とした。

2.3 実験方法

試験項目としては，ブリーディング試験，圧縮強度試験，曲げ強度試験，透水試験および乾燥収縮試験を行った。圧縮強度の透水性試験は，外径 15cm，高さ 28.5cm の中空円筒型供試体の側面に 5kg/cm^2 の水圧を加え，48 時間に流出する水量を測定し，圧力と流出量の関係からコンクリートの透水係数を求めるアウトプット法を採用した。なお，排出口からの流出がなかった場合は，試験後供試体を割裂し，供試体中への水の浸透深さを測定し，拡散係数を求め透水性を評価した。乾燥収縮試験では，ダイヤルゲージ法により長さ変化率を測定した。標準養生供試体は，水中養生を行い材齢 7 日後の長さを基長としたが，蒸気養生供試体に関しては，蒸気養生後気中養生を 7 日間行った時点での長さを基長として用いた。

表-3 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	溶融スラグ置換率 (%)	単位量(kg/m^3) 水	セメント	細骨材 海砂	細骨材 溶融スラグ	粗骨材	混和剤	スランプ (cm)	空気量 (%)
49	42	0	157	320	802	-	1074	1.44	10.0	1.5
		30	157	320	562	247	1074	1.54	10.0	1.6
			167	341	550	242	1048	1.19	9.0	1.5
			177	361	537	237	1024	0.289	9.5	1.5
		60	157	320	320	497	1074	1.63	8.5	1.8

3. 実験結果および考察

3.1 ブリーディング

表-4にブリーディング試験の結果を示す。置換率の違いによるブリーディングの差異は見られなかった。本実験で使用した溶融スラグは，

表-4 ブリーディング試験結果

溶融スラグ置換率(%)	ブリーディング量 (cm^3/cm^2)	ブリーディング率 (%)
0	0.109	2.75
30	0.094	2.43
60	0.108	2.76

キーワード　溶融スラグ，圧縮強度，曲げ強度，透水係数，乾燥収縮
連絡先　〒840-8502　佐賀市本庄 1　佐賀大学　都市工学科　TEL0952-28-8874

ガラス質で光沢のある表面ではなく，砕砂のようにざらついた表面の持つもので，また微粒分も多いためブリーディング悪影響を及ぼさなかったものと考えられる。

3.2 圧縮強度

図-1は，圧縮強度と溶融スラグ置換率との関係について，養生方法および材齢毎に比較したものである。養生方法や材齢に関わらず置換率の違いが圧縮強度に及ぼす影響は小さい。今回使用した溶融スラグでは，60%置換してもプレーンコンクリートと同等の圧縮強度が得られている。図-2は，置換率別の強度発現性状を示したものであるが，置換率の違いが強度発現に及ぼす影響は見られない。

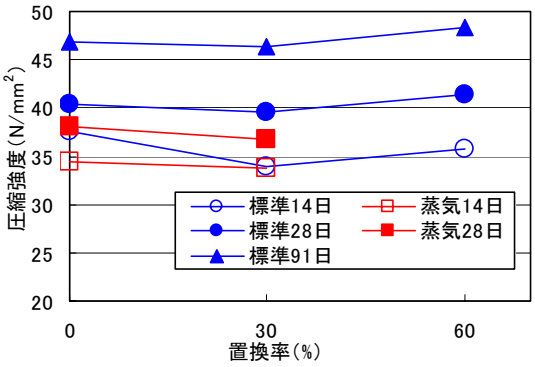

図-1 圧縮強度と溶融スラグ置換率の関係

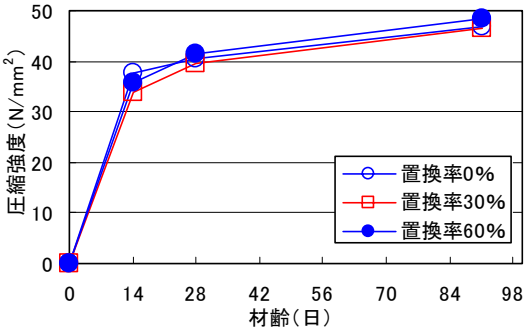

図-2 溶融スラグ置換率別の強度発現性状

3.3 曲げ強度

図-3 に曲げ強度と置換率との関係について，養生方法および材齢毎に比較したものである。蒸気養生の場合には 30%置換しても強度低下はないが，標準養生の場合，置換率の増加に伴い若干ではあるが曲げ強度が低下する傾向が見られる。

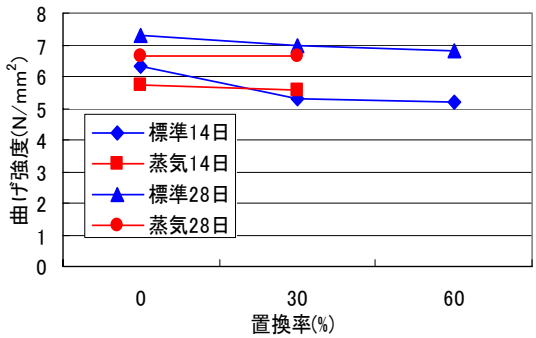

図-3 曲げ強度と溶融スラグ置換率の関係

3.4 透水性

表-5 に透水試験の結果を示す。養生方法の違いにより透水性能が大きく異なる結果となった。標準養生では 48 時間の試験時間では排出口からの流出がなかったため，拡散係数を求めた。蒸気養生のものでは，中心孔から流出があり透水係数を求めた結果，置換率 30%の供試体の透水係数は 4.2×10^{-10}cm/sec であった。これは一般的なコンクリートの透水係数とほぼ同等の値である。また，いずれの養生方法についても置換率の増加に伴い，僅かではあるが透水性が高くなる傾向が見られる。これは，溶融スラグ粒子とペーストとの境界の付着状態が天然骨材に比べ良好ではなかったためと考えられる。

表-5 透水試験結果

養生方法	溶融スラグ置換率(%)	拡散係数 $\times10^{-4}$(cm²/sec)	透水係数 $\times10^{-10}$(cm/sec)
標準	0	6.42	－
	30	7.16	－
	60	14.6	－
蒸気	0	－	2.00
	30	－	4.17

3.5 乾燥収縮

図-4 に乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。標準養生を行ったものは，置換率や単位水量の違いに関わらずほぼ同等の収縮率となっている。蒸気養生を行った供試体の乾燥収縮ひずみは，標準養生のものより小さくなっている。これは，蒸気養生の供試体は蒸気養生後材齢 7 日まで気中養生を行い，その時点で基長を取ったため，材齢 7 日までに乾燥収縮が進行したためと考えられる。

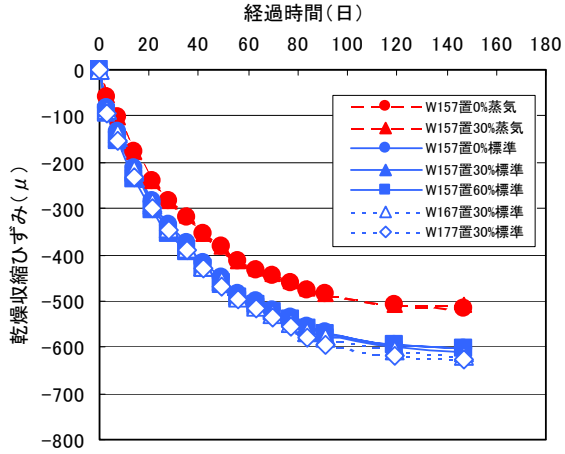

図-4 乾燥収縮ひずみの経時変化

4. まとめ

本実験で得られた結論を要約すると次の通りとなる。

(1) 溶融スラグ置換率の違いによるブリーディングの差異はなく，一般のコンクリートと同等であった。

(2) 溶融スラグ置換率の増加が圧縮強度に及ぼす影響は小さく，置換率 60%までは強度低下が見られなかった。

(3) 透水性は一般のコンクリートと同等であるが，置換率の増加に伴い，僅かではあるが透水性が高くなる傾向があった。

(4) 標準養生を行ったものは，置換率や単位水量の違いに関わらずほぼ同等の乾燥収縮率となった。