

熔融スラグのコンクリートへの有効利用に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○平野 敏宏 学生会員 高田 聡恵
 正会員 糸山 豊 正会員 上原 匠
 正会員 梅原 秀哲

1.はじめに

熔融スラグ（以下スラグ）とは、一般廃棄物や焼却残渣等を 1200℃以上の高温条件下で熔融した後、冷却して生成される固形物である。環境負荷の改善などの観点からコンクリート用骨材としての利用が期待されているが、一部のスラグではコンクリートを膨張させる性質を持つ¹⁾など、スラグの混入がコンクリートの物性に影響を及ぼすことが示唆されている。そこで本研究では、異なる7種類のスラグについてそれぞれ W/C、置換率を変化させ物性の把握を行った。また、保管状態の異なるものや、数種類を混合したものについても同様に物性の把握を行い、スラグのコンクリート用骨材としての適用性を検討した。

2.使用材料

表-1 に使用材料の物性等を示す。

3.スラグを混入したコンクリートの物性

3.1 実験概要

7 種類のスラグを対象に、それぞれを骨材としてコンクリートに混入し物性試験を行った。配合は W/C を 40%,55%、置換率を 10%,20%の 2 水準設定し、計 4 シリーズとした。スラグは 5mm を境に 2 種類に分け、粗骨材と細骨材とに置換した。単位水量は全ての配合で 170kg/m³ 一定とし、s/a は W/C40%、W/C55%で 41.8%、44.8%とした。目標スランプは 12±2.5cm、目標空気量は 4.5±1.5%とし、混和剤の使用量は比較のために用いた BASE での適正値を各シリーズごとに用いた。

3.2 実験結果及び考察

表-2 にフレッシュ試験結果を示す。SgA は低スランプ、低空気量となり、ブリーディング率も低い値を示した。これは SgA の吸水率が影響していると考えられる。

図-1 に膨張率試験結果（BASE,SgA のみ）を示す。膨張率試験は高田らの手法¹⁾を用いた。W/C、置換率に関わらず SgA のみに膨張現象が確認された。この結果より SgA に金属アルミニウムが多く含まれていると判断される。また、W/C の増加による変化はほとんど無く、置換率の増加に伴い膨張率が大きく増加する傾向が見られた。置換率 20%の場合 W/C の増加による膨張率の減少が見られた。これは、単位セメント量とスラグの混入率の組み合わせによる金属アルミニウムとアルカリの反応量が影響したと考えられる。他のスラグはバラツキがあるものの BASE と同様に収縮傾向を示した。

表-1 使用材料

使用材料	種類	記号	物性または成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度：3.15g/cm ³
細骨材	山砂（豊田産）	S	表乾密度：2.57g/cm ³ 、吸水率：1.55% 粗粒率：2.67、微粒分量：1.40%
粗骨材	砕石（瀬戸産）	G	表乾密度：2.73g/cm ³ 、吸水率：0.38% 粗粒率：6.65、微粒分量：1.28%、硬質砂岩
混和剤	高性能AE減水剤	HP	主成分：ポリカルボン酸系
	AE助剤	AE	主成分：樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤
使用材料	熔融方式区分	炉の型式	記号
熔融スラグ	直接熔融炉	内部熔融方式	SgA
	灰熔融炉	コークスベット式	SgB
	直接熔融炉	コークスベット式	SgC
	灰熔融炉	プラズマ式熔融炉	SgD
	灰熔融炉	電気抵抗式熔融炉	SgE
	灰熔融炉	交流電気抵抗式 灰熔融炉	SgF
	熱分解ガス化 熔融炉	熱分解高温燃焼 熔融炉	SgG
			物性
			密度：2.16g/cm ³ 、吸水率：7.88%、粗粒率：3.87 粒徑（5mm以下 92%、5mm以上 8%）
			密度：2.68g/cm ³ 、吸水率：0.63%、粗粒率：3.76 粒徑（5mm以下 99%、5mm以上 1%）
			密度：2.84g/cm ³ 、吸水率：1.01%、粗粒率：2.77 粒徑（5mm以下 100%、5mm以上 0%）
			密度：2.83g/cm ³ 、吸水率：0.94%、粗粒率：3.16 粒徑（5mm以下 98%、5mm以上 2%）
			密度：2.70g/cm ³ 、吸水率：0.52%、粗粒率：5.16 粒徑（5mm以下 60%、5mm以上 40%）
			密度：2.78g/cm ³ 、吸水率：0.34%、粗粒率：2.54 粒徑（5mm以下 100%、5mm以上 0%）
			密度：2.83g/cm ³ 、吸水率：0.23%、粗粒率：2.30 粒徑（5mm以下 100%、5mm以上 0%）

表-2 フレッシュ試験結果

種類	W/C40%、置換率10%			W/C40%、置換率20%			W/C55%、置換率10%			W/C55%、置換率20%		
	Sl (cm)	Air (%)	Br (%)	Sl (cm)	Air (%)	Br (%)	Sl (cm)	Air (%)	Br (%)	Sl (cm)	Air (%)	Br (%)
BASE	12.5	5.0	1.2	13.5	5.3	1.2	13.5	4.7	3.4	12.0	5.3	2.8
SgA	3.0	0.7	0.4	2.6	0.4	1.1	6.0	0.5	2.1	3.5	0.8	1.2
SgB	11.5	4.3	1.1	11.1	3.8	0.7	14.1	4.3	3.2	16.5	5.4	3.9
SgC	12.2	4.4	1.0	15.0	5.2	1.1	16.0	5.8	3.6	10.7	4.8	6.7
SgD	14.5	5.6	1.4	17.5	5.3	0.9	18.3	5.1	4.5	18.6	5.9	5.3
SgE	13.7	6.0	1.1	16.5	4.8	1.1	18.3	4.9	5.1	14.0	6.0	3.8
SgF	13.1	5.0	1.0	17.7	5.6	1.2	12.5	5.1	3.5	16.0	6.4	3.3
SgG	11.3	4.9	1.0	15.0	5.3	1.1	14.5	5.2	3.1	12.7	6.6	3.5

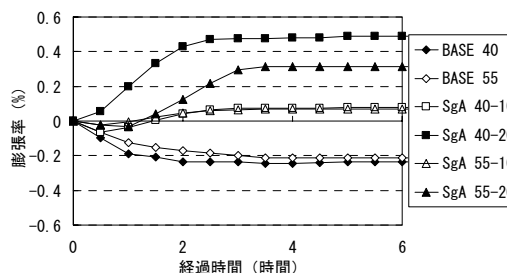


図-1 膨張率試験結果

キーワード： 熔融スラグ、膨張率、フレッシュコンクリート

連絡先： 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学都市循環システム工学専攻 Tel 052-735-5502

図-2に1例として、W/C40%、置換率 20%での圧縮強度、引張強度試験結果を示す。SgA は、引張強度は他と同程度であったが、圧縮強度が他と比べて大幅に低い値を示した。このことから SgA は、そのままの状態では骨材としての利用に適さないと判断される。

他のスラグについては、W/C55%、置換率 20%を除き圧縮強度が BASE と比較して、ほとんど差は見られず、W/C の増加に伴い強度が低下した。また、W/C55%の場合には、置換率の増加に伴いやや強度が低下し、スラグ混入の影響が見られた。引張強度は BASE と比較して大きな差は無く、W/C の増加によりやや強度低下が見られた。

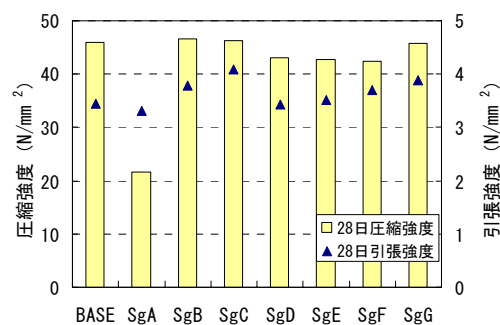


図-2 圧縮強度、引張強度試験結果

4. 保管状態の異なるスラグ、混合スラグを使用したコンクリートの物性

4.1 実験概要

保管状態の異なるスラグ、混合スラグを骨材としてコンクリートに混入し、物性試験を行った。配合は W/C40%、置換率 20%とし、その他の条件は各スラグを単独で使用情况と同様とした。保管状態の違いについては、湿潤状態、絶乾状態とし、混合使用の組合せについては磨砕処理してあるもの、ゴミ焼却施設の場所が近いものの組合せとした。

4.2 実験結果及び考察

表-3にフレッシュ試験結果を示す。保管状態の異なるスラグでは、スランプ、ブリーディング率共に絶乾状態の方がやや低い値を示した。保管状態別、混合スラグ共に、スランプ、空気量、ブリーディング率が BASE と比べ高い値を示した。スランプが大きな値を示した原因として空気量の増加が考えられるが、混和剤による調整が可能と考えられる。

表-3 フレッシュ試験結果
(保管状態別、混合使用)

種類	W/C40%、置換率20%		
	Sl (cm)	Air (%)	Br (%)
BASE	13.0	4.7	0.5
SgD: 絶乾	20.3	7.3	0.9
SgD: 湿潤	20.7	6.5	1.3
SgF: 絶乾	19.0	6.0	0.8
SgF: 湿潤	20.7	6.4	1.2
Sg (C+F+G)	18.5	5.9	1.1
Sg (B+D)	20.3	6.8	1.3
Sg (D+F)	20.5	6.8	1.1
Sg (E+F)	20.2	6.5	1.6

膨張量試験においては、保管状態別、混合スラグ共に BASE と同様に収縮傾向を示し、その他、目立った特徴は見られなかった。今回の配合では、単独で使用する膨張しないスラグは混合使用した場合も膨張現象が見られないと判断される。

表-4に圧縮強度試験結果を示す。保管状態別、混合スラグ共に BASE と比べやや低い値を示したが、これは空気量による影響が大きいと考えられ、コンクリート用骨材として特に問題は無いと判断される。

表-4 圧縮強度試験結果
(保管状態別、混合使用)

種類	圧縮強度 (N/mm²)
BASE	47.3
SgD: 絶乾	39.0
SgD: 湿潤	41.5
SgF: 絶乾	43.8
SgF: 湿潤	42.7
Sg (C+F+G)	43.3
Sg (B+D)	41.0
Sg (D+F)	42.5
Sg (E+F)	41.3

5. まとめ

1. SgB～SgG についてはスラグの種類によりフレッシュコンクリートの物性に差が見られたが、混和剤により制御可能と判断される。また、置換率 20%までは強度など硬化後の物性に影響ないと判断される。
2. SgA についてはスランプ、空気量、ブリーディング率共に低い値となり、膨張現象も確認された。圧縮強度は BASE と比べ大幅に低下し、置換率の増加による強度低下が見られたものの、引張強度については BASE と同程度であった。このことから、そのままの状態では、骨材としての利用に適さないと判断される。
3. 保管状態別、混合使用については各スラグが適用可能であれば問題無いと判断される。ただし、スランプ、空気量は混合する種類により混和剤での調整が必要であると判断される。

【謝辞】本研究を行うにあたり、愛知県溶融スラグ有効利用研究会のご協力を頂きました。ここに記して、会員各位に深く感謝申し上げます。

【参考文献】1) 高田聡恵 ほか：都市ゴミ溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの物性に関する研究、コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.1, 2003