

焼却灰溶融スラグ骨材を用いたコンクリートの硬化性状

武蔵工業大学 ○ 学生会員 松本朋士
 武蔵工業大学 フェロー 小玉克己
 武蔵工業大学 正会員 栗原哲彦

1. はじめに

我が国の一般廃棄物総排出量は年間約 5000 万トン、産業廃棄物総排出量は年間約 4 億トンとなっており、最終処分場の許容量が限界に近づいている。そこで焼却灰の無害化・減容化のため一般廃棄物の焼却灰を 1200 以上の高温で加熱溶融させ、冷却固化した溶融スラグを製造することによって、埋立処分場の延命化に努めている。現在は、年々生産量が増大し、生産過多になっている溶融スラグをコンクリート骨材として用いられる研究が進められており、現在 TR 化されたが JIS 化に至っていない。

そこで本研究では溶融スラグをコンクリート用骨材として使用し、コンクリートの硬化性状について検討する。

2. 実験概要

表 - 1 使用材料の物理的性質

2.1 使用材料および性質

使用材料には、一般廃棄物焼却灰を溶融・空冷し、ふるい分けしたもの(MG・MS)、八王子産砕石(NG)、相模原水系川砂(NS)、PC 枕木廃材をジョー・クラッシャーで一次破碎し、ふるい分けしたもの(RG・RS)を用いた。使用材料の物理的性質を表 - 1 に示す。また、溶融スラグ骨材の化学組成表を表 - 2 に示す。

使用材料	物理的性質					
	表積比重	吸水率 (%)	単位容積質量 (t/m ³)	実積率 (%)	粗粒率 F.M	破壊値 (%)
溶融スラグ細骨材(MS)	2.67	1.70	1.54	58.6	3.80	-
溶融スラグ粗骨材(MG)	2.79	0.18	1.63	58.6	6.69	32.23
普通細骨材(NS)	2.51	3.50	1.56	64.3	2.94	-
普通粗骨材(NG)	2.68	0.50	1.59	59.6	6.77	6.92
再生細骨材(RS)	2.17	11.83	1.45	76.1	3.04	-
再生粗骨材(RG)	2.39	8.56	1.43	64.7	6.74	21.85
セメント	普通ポルトランドセメント(比重=3.16)					
混和剤	AE減水剤・AE助剤					

2.2 配合

水セメント比 W/C = 50%、スランプ = 12 ± 1.5cm、空気量 = 4.5 ± 1.5%となるように AE 剤・AE 助剤を調整して配合を決定した。打設した 7 種類の配合パターンにおける配合を表 - 3 に示す。

2.3 実験方法

フレッシュコンクリートのスランプ(JIS A 1101)・空気量(JIS A 1115)・単位容積質量(JIS A 1116)の測定結果を表 - 3 に示す。圧縮強度・引張強度試験用の供試体として円柱(φ10 × 20 cm)を、曲げ強度試験用の供試体として角柱(10 × 10 × 40 cm)を JIS A 1132 に準じて作製した。脱型後、標準水中養生を行い、材齢 7・14・28・91 日目において圧縮強度試験(JIS A 1108)、28 日目にヤング係数の測定(JIS A 1149)・引張強度試験(JIS A 1113)・曲げ強度試験(JIS A 1106)を実施した。

表 - 2 溶融スラグの化学組成表

MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	B ₂ O ₃	C	その他
2.21	16.80	42.90	0.45	19	1.5	0.27	5.02	3.08	2.59	3.17	3.08

その他: Cl, K₂O, Cr₂O₃, CuO, ZnO, Rb₂O, SrO, Y₂O₃, SO₃, ZrO, BaO, PbO (全て wt%)

表 - 3 配合表

配合名	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント 比 W/C(%)	空気量 (％)	細骨材率 s/a(%)	単位量(kg/m ³)									単位容積質量 (t/m ³)	
						水 W	セメント C	細骨材			粗骨材			混和剤		
								NS	RS	MS	NG	RG	MG	AE減水剤		AE助剤
NG-NS	20	11.0	50	5.5	48	175	350	806	-	-	933	-	-	3.50	3.15	2.15
RG-RS		11.5		5.2				-	697	-	-	832	-	4.20	3.15	2.04
MG-NS		13.5		5.5				806	-	-	-	-	971	2.45	2.45	2.21
MG-RS		12.0		6.0				-	697	-	-	-	971	3.85	3.50	2.16
NG-MS		12.0		5.0				-	-	845	933	-	-	1.05	2.45	2.32
RG-MS		11.0		5.0				-	-	845	-	832	-	1.40	2.45	2.21
MG-MS		13.0		3.0				-	-	845	-	-	971	0.70	1.40	2.40

キーワード: 溶融スラグ, 圧縮強度, ヤング係数, 引張強度, 曲げ強度

連絡先: 武蔵工業大学工学部 都市基盤工学科 構造材料工学研究室

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL: 03-3703-3111(内線 3240) FAX: 03-5707-2125

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

図 - 1 に材齢 7, 28, 91 日における MG を用いたコンクリートの圧縮強度試験結果を、図 - 2 に MS を用いたコンクリートの圧縮強度試験結果を示す。図 - 3 にすべてのシリーズのヤング係数と 28 日圧縮強度試験結果を示す。

図 - 1 において、91 日圧縮強度を NG-NS と比較すると、MG-NS は約 14%、MG-RS は約 33%、MG-MS は約 28% 減少した。このことから MG に置換することによる強度の低下が確認できた。強度低下の原因としては、通常養生日数の経過に伴い、水和反応が促進されてコンクリート自体は密になり強度増加が見込まれるが、溶融スラグ粗骨材自身の表面が滑らかなガラス質で、モルタルとの界面上における付着力が弱いためであると考えられる。

図 - 2 において同様に 91 日圧縮強度に関して NG-NS と比較すると、RG-MS は約 18% 減少したが、RG-RS に比べて RG-MS は約 8% の増加となり強度改善が確認された。このことから、MS を使用したコンクリートは、NS を使用したコンクリートより強度は低下するが RS を使用したコンクリートよりは大きくなると考えられる。また、NG-MS は NG-NS と同等の強度が確認された。これは破碎した溶融スラグ細骨材は表面が粗であり、形状がとがっているため剥離しにくく、そのため強度が発現したと考えられる。

図 - 3 より、NG-NS の細骨材を MS に置換すると圧縮強度は低下するがヤング係数は増加した。これより溶融スラグ骨材は、コンクリートの剛性を増加させる効果を持っていることがわかる。また、表 - 1 より溶融スラグの破碎値は大きい値であることがわかる。以上より溶融スラグ骨材は剛性が大きいが強度が小さく脆弱な性質であると推測される。

3.2 引張強度および曲げ強度

図 - 4 に材齢 28 日目における引張・曲げ強度試験結果を示す。図 - 4 において NG-MS は NG-NS よりも大きい値となった。全体的に粗骨材よりも細骨材を溶融スラグに置換した場合のほうが、引張・曲げ強度の両方とも強度向上が確認できた。これは、粗骨材を溶融スラグに置換した場合、曲げや割裂時に骨材とモルタル間が剥離しやすいために強度が小さくなり、細骨材を置換した場合は、細骨材の形状がとがっているため剥離しにくいと考えられる。

4. まとめ

以上の研究より、次のことが明らかになった。

- ・ 溶融スラグ骨材は剛性が大きく脆弱な性質である。
- ・ 圧縮強度において溶融スラグ粗骨材よりも溶融スラグ細骨材を置換したほうが強度は大きくなる。
- ・ 引張・曲げ強度において溶融スラグ粗骨材よりも溶融スラグ細骨材を置換したほうが強度は大きくなる。

〔謝辞〕 本研究に際し、横浜市環境事業局・金沢工場より溶融スラグ骨材を提供して頂きました。ここに記して謝意を表す。

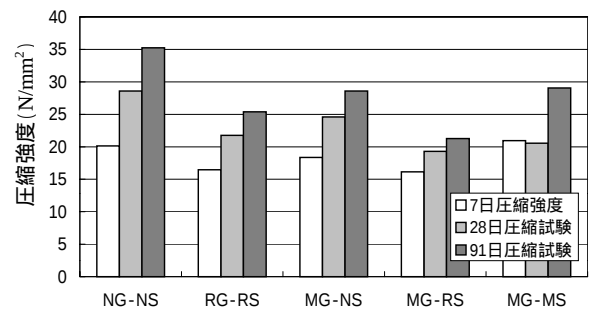


図 - 1 MG を用いたコンクリートの圧縮強度試験結果

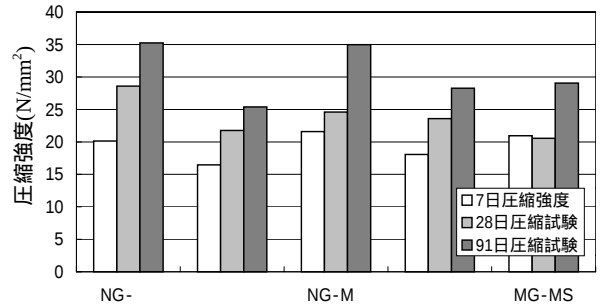


図 - 2 MS を用いたコンクリートの圧縮強度試験結果

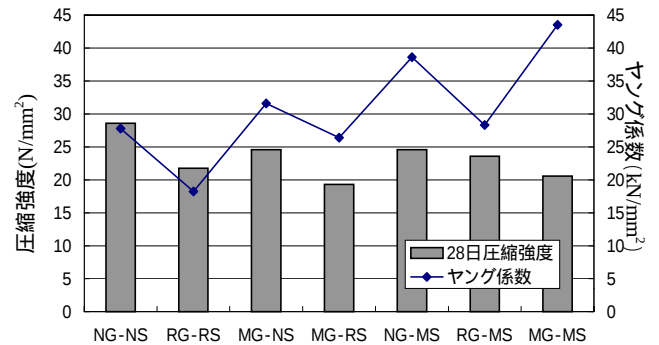


図 - 3 28 日圧縮強度試験結果とヤング係数

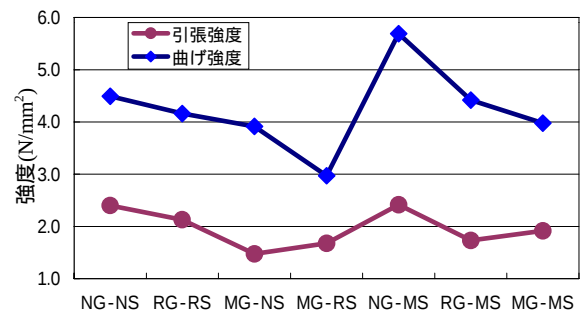


図 - 4 28 日引張・曲げ強度試験結果