

コンクリート用細骨材としての石炭ガス化溶融スラグの利用に関する基礎的研究

呉工業高等専門学校建設工学専攻 学生会員 ○白井敦士
 呉工業高等専門学校環境都市工学科 正会員 堀口 至
 中国電力株式会社エネルギー総合研究所 正会員 渡辺 勝
 中国電力株式会社エネルギー総合研究所 正会員 杉原 聡

1. はじめに

温暖化の進む近年の社会では、地熱や太陽光といった新エネルギーの導入や高効率な火力発電技術開発などが望まれている。しかし、新エネルギーの導入には我が国の多大な電力需要を満たす発電に必要な国土がなく、自然条件に影響されやすいといった課題もある。そこで世界的に埋蔵量が豊富で価格の安定した石炭を利用し、かつ高効率化を可能とした石炭ガス化複合発電(IGCC)が現在注目されている。IGCC は従来の石炭を直接燃焼させる方式とは異なり、石炭をガス化させて発生する燃料ガスを燃焼させガスタービンを回し、その排ガスを用いて蒸気を発生させて蒸気タービンを回すという複合発電方式である。このガス化炉はフライアッシュとは異なるガラス状の石炭ガス化溶融スラグを発生させるため、その利用に関する研究が求められている。よって、本研究では石炭ガス化溶融スラグのコンクリート用細骨材としての利用について検討するため、細骨材の一部をスラグで置換したスラグコンクリートのフレッシュ性状および強度特性を調べた。

2. 石炭ガス化溶融スラグの基礎特性

本研究ではガス化炉にて発生後、手を加えない未処理スラグと、磨砕加工を行った磨砕スラグの2種類の石炭ガス化溶融スラグを用いた。石炭ガス化溶融スラグと砕砂については、細骨材の基礎特性として粒度分布や粗粒率、密度、吸水率、実積率、粒形判定実積率などを求めた。その結果を表-1 に、粒度分布を図-1 に示す。表より、石炭ガス化溶融スラグは磨砕することで粗粒率は減少し、単位容積質量、実積率および粒形判定実積率が増加して砕砂の値に近づくことが分かる。これらは磨砕加工によって今回の研究に用いたスラグサンプルに含まれていた針状のスラグが砕かれ、細粒分が補填されるために起こるものである。このため、磨砕スラグは図-1 の粒度分布を見ても分かるように全体的に粒度が細くなり、砕砂の粒度に近づく。また、スラグは砕砂と比較すると処理に関わらず吸水率、微粒分量が小さいことが分かる。そもそも石炭ガス化溶融スラグはガス化炉で溶融されたスラグが水冷されガラス状に固まったものである。そのため、スラグ内部には空隙が少なく、微粒分量も少なくなったと考えられる。

表-1 石炭ガス化溶融スラグの基礎特性

		未処理スラグ	磨砕スラグ	砕砂
粗粒率	(-)	3.83	2.81	2.63
表乾密度	(g/cm ³)	2.53	2.55	2.64
絶乾密度	(g/cm ³)	2.50	2.53	2.58
吸水率	(%)	1.08	0.93	2.13
単位容積質量	(kg/L)	1.51	1.71	1.75
実積率	(%)	60.1	67.5	67.7
粒形判定実積率	(%)	57.3	60.9	58.2
微粒分量	(%)	2.3	4.4	10.3

3. 単位水量一定のスラグコンクリートのフレッシュ性状

スラグコンクリートのセメントには普通ポルトランドセメントを、細骨材には砕砂(粗粒率 2.63、表乾密度 2.64g/cm³、吸水率 2.13%、実積率 67.7%)を、粗骨材には砕石(最大寸法 20mm、粗粒率 6.72、表乾密度 2.64g/cm³、吸水率 0.92%、実積率 60.6%)を、混和剤には施工性向上のため AE 剤、AE 減水剤を用いた。

本研究では石炭ガス化溶融スラグがコンクリートのフレッシュ

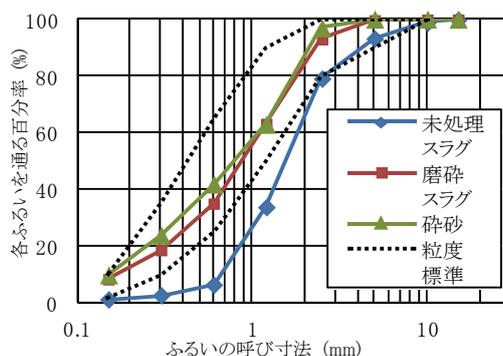


図-1 粒度分布

性状に及ぼす影響を検討するため、スラグ無置換のベースコンクリートの細骨材である砕砂を石炭ガス化溶融スラグによって置換率 0~100%の範囲で置換した。ベースコンクリートの配合は水セメント比 50%、細骨材率 45%、単位水量 175kg/m³、AE 剤、AE 減水剤添加量はそれぞれ単位セメント量の 0.3%、1.0%とした。

図-2 にスラグ置換がコンクリートのスランプに及ぼす影響を示す。図より、磨砕スラグを使用した場合、置換率の増加に伴いスランプは増大する傾向を示したが未処理スラグは一定の傾向を示さないことが分かる。練上がり直後の試料やスランプ形状を観察すると、50%以上の高い置換率になると、スラグの処理に関わらず材料分離の傾向が見られた。スラグ置換がコンクリートの空気量に及ぼす影響を図-3 に示す。図より、スラグの処理や置換率に関わらずスラグコンクリートの空気量は 1%付近となること分かった。スラグコンクリートにも AE 剤を添加していることから、石炭ガス化溶融スラグには空気連行を妨げる何らかの要因を持つと考えられる。

4. 単位水量を調整したスラグコンクリートの圧縮強度

前章の結果から単位水量一定のスラグコンクリートが材料分離の傾向を示すことが分かったため、目標スランプ 8.0±2.5cm として単位水量を調整した。単位水量調整後のスラグコンクリートの配合表を表-2 に示す。なお、未処理スラグを 75%以上置換した配合では単位水量の調整ではスランプが目標範囲内に収まらなかったため、調整を行わなかった。

表-2 の配合表に基づいて供試体を作成し、スラグ置換がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響を調べた。練り混ぜた試料のフレッシュ性状を確認すると、置換率が 50%を超える場合、若干水っぽい感じがした。図-4 にスラグコンクリートの圧縮強度試験結果を示す。図より、高い置換率になるとスラグコンクリートの強度は低下する傾向を示すが、未処理スラグは置換率 25%、磨砕スラグは置換率 50%まではスラグ無置換のコンクリートと比較して同等以上の強度を示した。

5. 結論

今回使用した石炭ガス化溶融スラグでは、以下の結果が得られた。

- (1) 石炭ガス化溶融スラグを磨砕することで全体的に粒度は細かく、実積率は増加して砕砂の値に近づくが、吸水率、微粒分はスラグの処理に関わらず砕砂より小さかった。
- (2) スラグコンクリートのスランプは置換率の増加に伴い増大する傾向を示し、50%以上の高い置換率ではスラグの処理に関わらず材料分離の傾向が見られた。
- (3) スラグの処理や置換率に関わらずスラグコンクリートの空気量は 1%付近になった。
- (4) 未処理スラグは置換率 25%、磨砕スラグは置換率 50%まではスラグ無置換のコンクリートと同等以上の強度を示した。

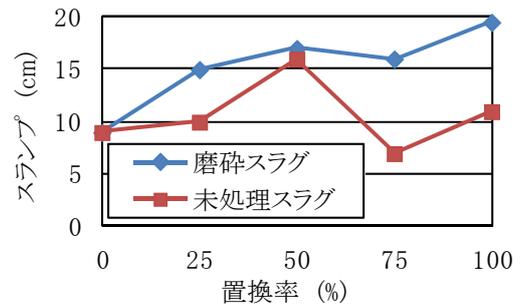


図-2 スラグ置換がスランプに及ぼす影響

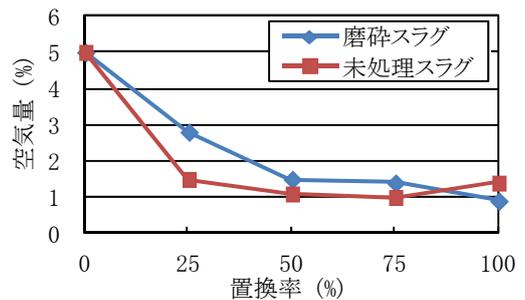


図-3 スラグ置換が空気量に及ぼす影響

表-2 配合表

	置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)						
		W	C	S	SLAG	G	AE	AEWR
ベース	0	175	350	795	0	975	3.50	1.05
未処理スラグ	25	173	346	599	191	980	3.46	1.04
	50	172	344	400	384	983	3.44	1.03
磨砕スラグ	25	173	346	599	193	980	3.46	1.04
	50	171	342	401	388	985	3.42	1.03
	75	168	336	202	586	992	3.36	1.01
	100	165	330	0	787	999	3.30	0.99

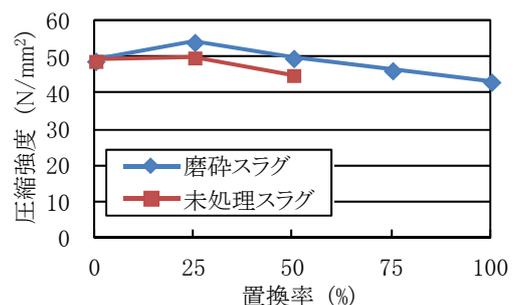


図-4 スラグ置換が圧縮強度に及ぼす影響