

石炭ガス化溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの凍結融解抵抗性向上に関する研究

宇都宮大学 学生会員 ○左部 晃司 宇都宮大学 正会員 藤原 浩巳
宇都宮大学 正会員 丸岡 正知

1. はじめに

我が国におけるコンクリート業界では環境保全の観点から、天然骨材の採取制限に伴うコンクリート用骨材の枯渇が問題となっており、代替骨材の利用研究および開発が行われている。また我が国の電力供給割合構成は東日本大震災の影響により原子力発電から火力発電へ移行し、現在の国内発電量のうち約32%を石炭火力発電が占めている¹⁾。しかし既存の石炭火力発電方法ではCO₂を大量に排出することからCO₂削減対策が必要となる。これらより高効率である石炭ガス化複合発電(IGCC)の利用が推進されている。この発電方式は石炭火力発電に対し石炭消費量が20%削減され、発電効率は48~50%に向上する可能性を示し、発電効率の向上で発電電力量あたりのSO_x, NO_x, 煤塵の排出量が低減できる²⁾。IGCC技術の利用拡大において発電の過程で排出される廃棄物である石炭ガス化溶融スラグの有効利用方法の確立は不可欠となる。そのため石炭ガス化溶融スラグをコンクリート用骨材として利用することは大きく社会に貢献するものである。しかし石炭ガス化溶融スラグ骨材は規格化に至っていない。石炭ガス化溶融スラグを細骨材としてコンクリートに用いた既往の研究³⁾ではブリーディング率の増加、凍結融解抵抗性の低下が確認されている。

本研究では石炭ガス化溶融スラグを細骨材として用いた際のコンクリートの凍結融解抵抗性向上についての検討を行ったものである。

2. 石炭ガス化溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの凍結融解抵抗試験

2.1 試験概要

本研究では凍結融解抵抗性の向上を目的として石灰石微粉末混和によるブリーディング率の抑制による方法、および石炭ガス化溶融スラグ細骨材の微粒分量を増加させて粒度調整を行い、ブリーディング率の抑制

を行う方法において実験的に検討を行った。

2.2 使用材料

本研究で用いる使用材料を表1に示す。

表1 使用材料

種別	名称	記号	密度(g/cm ³)	吸水率(%)
水	上水道水	W	1.00	
結合材	普通ポルトランドセメント	C	3.16	
細骨材	石炭ガス化溶融スラグ	Sg	2.68(表乾)	0.14
粗骨材	鹿沼産砕石(最大寸法25mm)	G	2.63(表乾)	
混和材	石灰石微粉末	L	2.72	
混和剤	AE減水剤	SP	1.00	
	消泡剤	DF	1.00	
	AE剤	AE	1.00	

2.3 配合条件

配合条件は水セメント比(W/C)を50%、細骨材の全量を石炭ガス化溶融スラグとした。目標フレッシュ性状はスランプを12.0±1.5cm、空気量を4.5±1.5%とした。石灰石微粉末(比表面積:4000cm²/g)を混和したコンクリートの計画配合を表2に、石炭ガス化溶融スラグの微粒分量を増加させたコンクリートの計画配合を表3に示す。石灰石微粉末無混和の石炭ガス化溶融スラグ混和コンクリートの配合名をBL1とし、そのブリーディング率を1/2および1/4に抑制した配合名をそれぞれBL1/2, BL1/4とした。また石炭ガス化溶融スラグ細骨材における粒径0.075mm未満が10%および13%となるように粒度調整し、ブリーディング率を抑制した配合について検討した。

3. 試験項目

試験項目はスランプ試験(JIS A 1101)、空気量試験(JIS A 1128)、コンクリート温度(JIS A 1156)、圧縮強度試験(JIS A 1108)、凍結融解試験(JIS A 1148)とした。

4. 試験結果

フレッシュ性状試験結果をそれぞれ表4, 表5に示す。微粒分量を増加させた配合において微粒分量を10%から13%に増加させてもブリーディング率がほとんど下がらない傾向となった。

キーワード IGCC, 石炭ガス化溶融スラグ, 細骨材, ブリーディング率, 凍結融解抵抗性

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学土木材料研究室 TEL: 028-689-6211 E-mail: r169344@cc.utsunomiya-u.ac.

表2 計画配合（石灰石微粉末混和）

W/C (%)	配合名	単体量 (kg/m ³)					混和剤添加率 (C×%)		
		W	C	L	Sg	G	SP	AE	DF
50	BL1	170	340	0	853	944	0.75	0.80	0.05
	BL1/2	157	314	27	867	967		1.20	0.05
	BL1/4	163	326	56	842	938		1.90	0.05

表3 計画配合（微粒分量増加）

W/C (%)	微粒分量 (Sg×%)	単体量 (kg/m ³)				混和剤添加率 (C×%)		
		W	C	Sg	G	SP	AE	DF
50	10	175	350	843	933	0.75	1.60	0.05
	13	173	346	974	973		1.80	0.05

表4 フレッシュ性状試験結果（石灰石微粉末混和）

W/C (%)	配合名	L添加率 (C×%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	ブリーディング率 (%)
50	BL1	0	11.0	3.5	28	10.55
	BL1/2	10	10.5	4.6	30	4.64
	BL1/4	20	12.0	5.2	31	2.87

表5 フレッシュ性状試験結果（微粒分量増加）

W/C (%)	微粒分量 (Sg×%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	ブリーディング率 (%)
50	10	10.5	5.1	27	7.30
	13	13.0	4.5	26	7.28

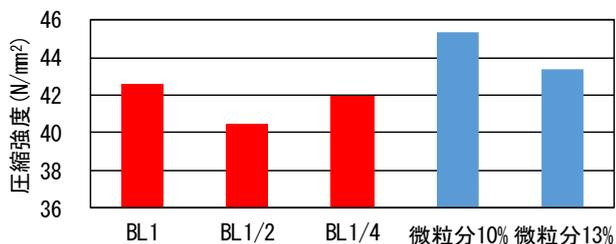


図1 圧縮強度試験結果

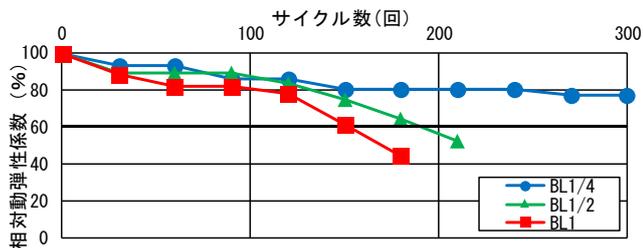


図2 凍結融解試験結果（石灰石微粉末混和）

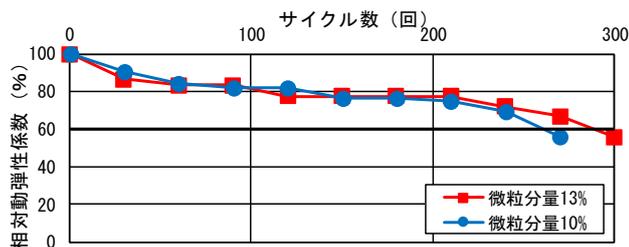


図3 凍結融解試験結果（微粒分量増加）

圧縮強度試験結果を図1に示す。石灰石微粉末の混和、微粒分量の増加に伴う圧縮強度の低下が見られなかったことから、これらによる強度発現性への影響はないことが確認された。

また凍結融解試験結果をそれぞれ図2、図3に示す。石灰石微粉末を混和した石炭ガス化溶融スラグコンクリートにおいてBL1/2では300サイクルでの相対動弾性係数が60%を下回る結果となったが、BL1/4では300サイクルでの相対動弾性係数が60%を上回る結果となった。これらの結果はブリーディング率を抑制することで硬化組織の粗雑化が改善され、加えて微細空気泡の合一化が防がれることで微細空気泡が保持されたためと考えられる。また微粒分量を増加させたコンクリートにおいては10%、13%ともに300サイクルでの相対動弾性係数が60%を下回る結果となった。これらは石炭ガス化溶融スラグ自体の吸水率が0.14%と低いことからブリーディング率の抑制のための保水が低いためと考えられる。

5. まとめ

本研究により以下の知見が得られた。

石炭ガス化溶融スラグは凍結融解抵抗性向上に関する研究において石灰石微粉末を混和させることでブリーディング率を抑制することが可能であり、耐凍害性の向上が確認された。

参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁エネルギー白書 2018 第2部第1章国内エネルギー動向 http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2018pdf/whitepaper2018pdf_2_1.pdf (2020年1月4日閲覧)
- 2) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 実用化ドキュメント 石炭ガス化して高効率化を実現「石炭ガス化複合発電 (IGCC)」
- 3) Kobayashi,R and Fujiwara,H and Maruoka,M Experimental Study on Properties of Concrete Containing Molten Slag from Integrated Coal Gasification Combined Cycle as Fine Aggregate, Proceedings of the International Conference on Sustainable Materials, Systems and Structures, pp.264-271, March.2019

謝辞：この成果は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託業務の結果得られたものです。一般財団法人石炭エネルギーセンターには石炭ガス化溶融スラグの提供と試験実施の機会・サポートを頂き、心より感謝申し上げます。