

多孔質型鉄鋼スラグ水和固化体の強度改善に関する研究

○宮崎大学大学院 学生会員 松岡 史也 宮崎大学工学部 正会員 尾上 幸造  
 宮崎大学工学部 フェロー 中澤 隆雄 宮崎大学工学部 正会員 今井 富士夫  
 宮崎大学大学院 学生会員 小川 雅

1. はじめに

鉄鋼スラグ水和固化体<sup>1)</sup> (Steel-making Slag Concrete, 以下 SSC と称する) は、通常のセメントコンクリートに比べアルカリ成分の溶出が少なく、生物生育に好適な元素を豊富に含んでいることから、藻場ブロックとしての適用性が高いとされる。ここで、SSC を多孔質型にすることで生物付着性がより一層向上すると考えられる。しかし、この多孔質型鉄鋼スラグ水和固化体 (Porous-type SSC, 以下 POSSC とする) は、多孔質であるが故に通常の SSC よりも強度が低いことが想定される。

上記より本研究では、POSSC の実用化を図るべく、その強度改善を目的とした。まず、空隙率と骨材実積率が POSSC の圧縮強度に及ぼす影響について検討した。次に、POSSC のペースト分の使用材料と配合条件を変え、意図的にペースト分を沈降させ、曲げ応力を受ける下部を密実とした供試体を作製し、その補強効果により曲げ強度が向上するかどうか検討した。

2. 実験概要

(1) 空隙率と骨材実積率が POSSC の圧縮強度に及ぼす影響

高炉スラグ微粉末 (密度: 2.89g/cm<sup>3</sup>, 比表面積: 4820cm<sup>2</sup>/g), JIS II 種フライアッシュ (密度: 2.28g/cm<sup>3</sup>, 比表面積: 4020cm<sup>2</sup>/g), 製鋼スラグ骨材(粒径 20~10mm および 10~5mm: 吸水率 6.18%, 表乾密度 3.20g/cm<sup>3</sup>/粒径 5mm 以下: 表乾密度 3.26g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 7.04%), およびアルカリ刺激材としての消石灰 (密度: 2.20g/cm<sup>3</sup>) を使用した。本検討における POSSC の配合条件および単位量を表-1 に示す。製鋼スラグ骨材の粒径ごとの比率を変えることで、骨材実積率を表-1 のように変化させた。供試体は φ75×150mm の円柱とした。設計上は空隙率を 25% に設定したものの、実測値は 20~30% 前後にばらついた (図-1)。POSSC を打設後 24 時間で脱型し、その後、海水中養生を施した。海水は宮崎市青島漁港で採取した天然海水を用いた。圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠し、材齢 28, 91 日において耐圧試験機 (2000kN) を用いて行った。

(2) 意図的なペースト沈降が POSSC の曲げ強度に及ぼす影響

使用材料は(1)と同様であるが、フライアッシュの代わりに天然ボランであるシラス (鹿児島県横川産, 表乾密度: 2.14 g/cm<sup>3</sup>, 粒径: 1.2mm 以下, 粗粒率: 1.57) を用いた。本検討における POSSC の配合条件と単位量を表-2 に示す。高炉スラグ微粉末, 消石灰, シラスの質量比を変化させた。曲げ試験用の供試体は 100×100×400mm の角柱とした。今回用いたシラスはフライアッシュよりも粒が粗いため、本検討における POSSC のペースト分は(1)で作製した POSSC のペース

表-1 圧縮強度試験用 POSSC の配合条件と単位量

製鋼スラグ骨材の混合比率	混合骨材の実積率 (%)	目標空隙率 (%)	水 W	高炉スラグ微粉末 BF	フライアッシュ FA	消石灰 CH	製鋼スラグ骨材		
							20~10mm	10~5mm	5mm~
kg/m <sup>3</sup>									
20~10mm: 10~5mm = 3:1	55.5	25%	80	200	80	40	1301	434	-
20~10mm: 10~5mm = 1:1	57.3		74	185	74	37	899	899	-
20~10mm: 10~5mm = 1:3	57.6		74	185	74	37	451	1354	-
20~10mm: 5~mm = 3:1	63.2		52	130	52	26	1486	-	504
20~10mm: 5~mm = 1:1	70.3		24	60	24	12	1102	-	1121

表-2 曲げ強度試験用 POSSC の配合条件と単位量

ペースト分の配合比率	目標空隙率 (%)	水 W	高炉スラグ微粉末 BF	消石灰 CH	シラス	鉄鋼スラグ 20~10mm
BF:CH:シラス = 5:1:1	15	140	400	80	80	1599
BF:CH:シラス = 5:1:2		136	340	68	136	
BF:CH:シラス = 5:1:3		135	300	60	180	
BF:CH:シラス = 4:1:1		138	368	92	92	
BF:CH:シラス = 4:1:2		135	308	72	154	
BF:CH:シラス = 4:1:3		132	264	66	198	

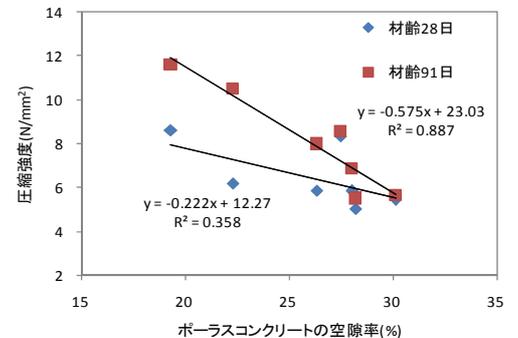


図-1 POSSC の空隙率と圧縮強度の関係

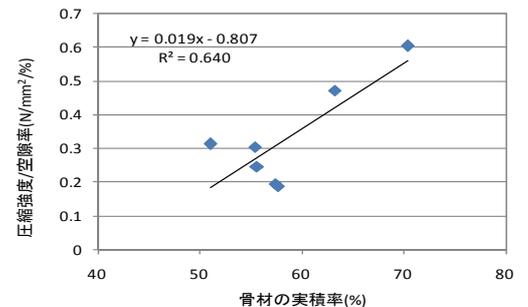


図-2 骨材実積率と(圧縮強度/空隙率)の関係

キーワード 鉄鋼スラグ水和固化体, ポーラス, 強度改善, ペースト, 粘性, ベーン試験  
 連絡先 〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西 1-1 TEL 0985-58-7334 FAX 0985-58-7344

ト分よりも低粘性のものとなった。これにより、ペースト分を意図的に供試体下部に沈降させ、このことが曲げ強度を補強する効果があるかどうかについて検討したものである。曲げ強度試験は JIS A 1106 に準拠し、材齢 28 日において万能試験機 (500kN) を用いて行った。また、練混ぜ直後のペースト分の粘性を数値化するため、ベーンせん断試験 (回転羽根を挿入し、1 分あたり 60° の速度で回転させ、回転角度とせん断応力を測定する試験) と 15 打フロー試験を行った。

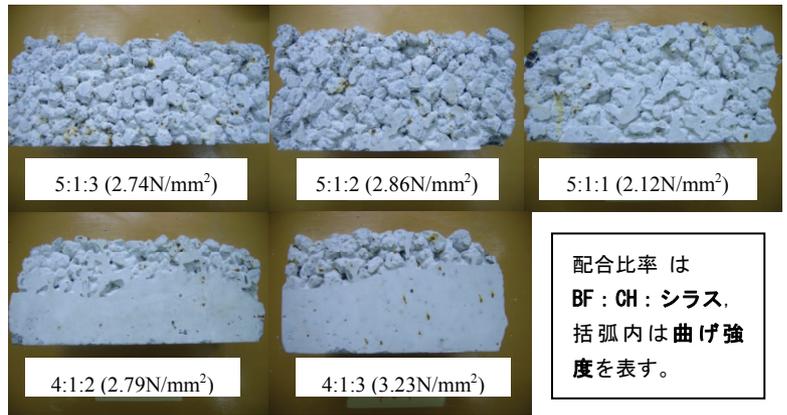


写真-1 POSSC の側面状況

3. 実験結果

(1) 空隙率と骨材実積率が POSSC の圧縮強度に及ぼす影響

図-1 に POSSC の空隙率と圧縮強度の関係を示す。材齢 28 日および 91 日ともに、空隙率が高いほど圧縮強度がほぼ直線的に低下することが確認できる。なお、図-2 に骨材実積率と空隙率あたりの圧縮強度の関係を示す。骨材実積率が高いほど空隙率あたりの圧縮強度が増大することが明らかとなった。

(2) 意図的なペースト沈降が POSSC の曲げ強度に及ぼす影響

写真-1 に曲げ強度試験用供試体の側面状況を示す。ポゾラン材をフライアッシュからそれよりも粒の粗いシラスに変えたことにより、ペースト分の粘性が低下し、配合によっては POSSC の下部が明らかに密なものとなっていることが確認できる。

図-3 にベーンせん断試験の結果を示す。縦軸のせん断応力が小さいほどペースト分の粘性が低いといえる。写真-1 中に示した曲げ強度値とベーンせん断試験の結果を併せて考察すると、最大せん断応力の低いすなわちペースト分の粘性が低い BF:CH:シラスの配合比率 4:1:3, 4:1:2, 5:1:3, 5:1:2 では、曲げ強度が相対的に高い。とくに 4:1:3 と 4:1:2 の配合については、外観上も供試体下部の表面が密となっている。逆に配合 5:1:1 ではペースト分の粘性が高く、曲げ強度も低いものとなっている。

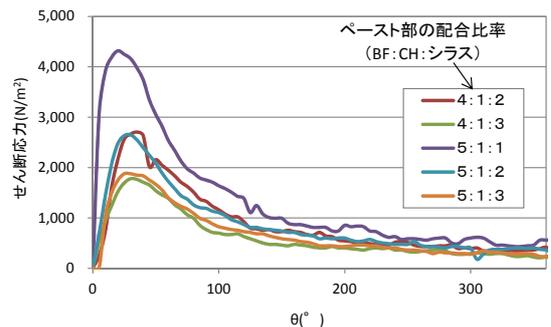


図-3 ベーンせん断試験結果

図-4 に 15 打フロー値とベーンせん断試験における最大せん断応力との関係を示す。15 打フロー値と最大せん断応力の間には良好な相関がある。このことからペースト分の粘性を数値化する試験としてはどちらを行ってもよいが、15 打フロー試験の方が汎用的かつ簡便である。

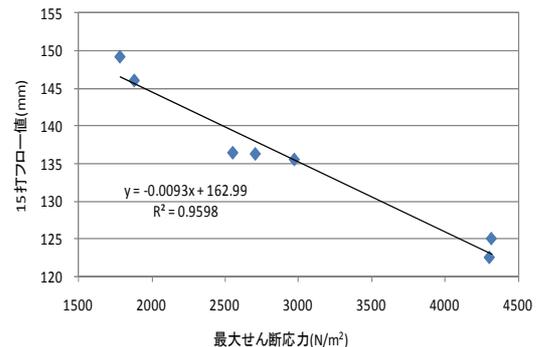


図-4 15 打フロー値と最大せん断応力の関係

図-5 に 15 打フロー値と曲げ強度の関係を示す。15 打フロー値が大きい、すなわち、ペースト分の粘性が小さいほど曲げ強度が増加することが分かる。

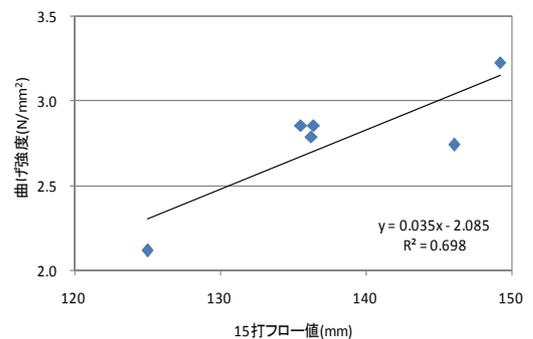


図-5 曲げ強度と 15 打フロー値の関係

4. まとめ

- (1) 骨材実積率が高いほど POSSC の空隙率あたりの圧縮強度は増大する。
- (2) ポゾラン材をフライアッシュからそれよりも粒の粗いシラスに変えることにより、ペースト分の粘性が低下し、下部が密実な POSSC を作製することができた。
- (3) 上記(2)の POSSC は、曲げ強度が向上することを確認できた。

参考文献

1) 松永久宏, 小菊史男, 高木正人, 谷敷多穂: 鉄鋼スラグを利用した環境に優しい固化体の開発, コンクリート工学, Vol.41, No.4, pp.47-54, 2003