

高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工性を考慮した配合と硬化体物性の向上

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○米塚 真道

名古屋工業大学大学院 正会員 吉田 亮

竹本油脂株式会社 正会員 齊藤 和秀

日本大学研究所 正会員 吉澤 千秋

1. はじめに

高炉スラグ細骨材は細骨材周りの遷移帯を緻密にするため、コンクリート硬化体の乾燥収縮や物質移動の抵抗性を高めることが報告されている1)。しかし、高炉スラグ細骨材の歪な形状により、流動性の低下、ブリーディング増加の問題がある。

本研究では、高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状を、微粉末の添加により改善することを試み、その硬化体物性への影響を把握する。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

本研究では、目標空気量・スランプをそれぞれ 5.5 ±0.5%、12 ± 1 cm と設定し、所定の空気量を得るための混和剤量および単位水量を試し練りによって決定した。配合は、細骨材として大井川産陸砂を 100%使用した normal に対して、75%をスラグ細骨材で置換した SgS75 を基準とした。また、各種微粉末(表 1)はスラグ細骨材の一部として使用し、FA、SgP、SS はそれぞれ 5、10、15%の割合で、LP、C は 10%の割合でスラグ細骨材容積に対して置換した。微粉末の添加により水結合材比が減少する配合の比較として、混和材として C を用いた配合を設定した。同様に、水粉体比が減少する配合の比較として、非反応性微粉末 SS を用いた配合を設定した。コンクリートの配合を表 2 に示す。

2.2 試験概要

スランプは JIS A 1101、空気量は JIS A 1128、ブリーディング量は JIS A 1123 に準拠し、測定を行った。圧縮強度は JIS A 1108 に準拠し、標準養生を行った供試体で材齢 1、4、13、26 週および 1 年の時点において試験を実施した。乾燥収縮は JIS A 1129-3 に準拠し、打設後 24 時間で脱型し、材齢 7 日まで標準養生を行った後に基長を測定した。その後、温度 20℃、R.H.60%の、

表 1 材料物性

材料	名称	物性値
セメント	普通ポルトランドセメント	密度3.16 g/cm ³
粗骨材	岡崎産砕石	表乾密度2.66 g/cm ³ 、吸水率0.78%
細骨材	大井川産陸砂	表乾密度2.59 g/cm ³ 、吸水率1.94%、F.M. 3.01
	高炉スラグ細骨材	表乾密度2.72 g/cm ³ 、吸水率0.80%、F.M. 2.56
微粉末	フライアッシュ	ブレン値 4420 cm ² /g、密度2.32 g/cm ³
	高炉スラグ微粉末	ブレン値 4000 cm ² /g、密度2.91 g/cm ³
	石灰石微粉末	ブレン値 5000 cm ² /g、密度2.71 g/cm ³
	シリカサンド	密度2.65 g/cm ³

表 2 配合

供試体種別	W/C	W/P	単位量(kg/m ³)						
	(%)	(%)	W	C	S	SgS	混和材	G	合計
normal	60.0	161	268	904	0	0	0		2291
SgS75	60.0	177	295	210	664	0			2304
FA5	54.5	168	280	243	631	28			2308
FA10	49.5	158	263	285	598	56			2318
FA15	44.9	154	257	300	563	86			2318
LP10	48.5	166	277	251	598	65			2315
SgP5	53.3	169	282	241	631	35		958	2316
SgP10	48.0	168	280	243	598	70			2317
SgP15	43.3	167	278	249	563	108			2323
SS5	54.0	175	292	218	631	32			2306
SS10	49.2	174	290	220	598	64			2304
SS15	44.9	175	292	218	563	98			2304
C10	47	47.0	168	280	243	598	76		2323

室内で乾燥材齢 26 週まで測定を行った。凍結融解試験促進中性化試験はそれぞれ JIS A 1148、JIS A 1153 に準拠して実施した。

3. 実験結果および考察

単位水量の結果(図 1)をみる。微粉末に置換することで、単位水量を減じることができる。SgP、FA では 5%の置換で 5 kg/m³の減少が確認できる。SgP では置換率を増やしても、単位水量は 167 kg/m³にとどまったが、FA では置換率の増加にともない 154 kg/m³まで減少した。

ブリーディング試験の結果(図 2)をみる。置換率 10%までのブリーディング量の傾向は、微粉末の種類に因らず、無置換に対し、5%で 3/4、10%で 1/2 程度まで減少できることが確認された。

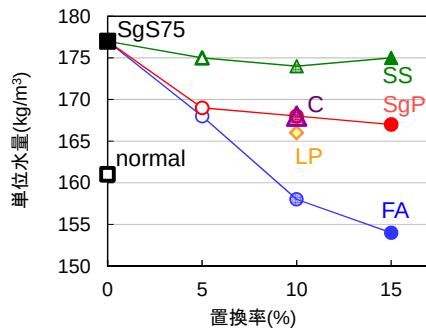


図1 単位水量

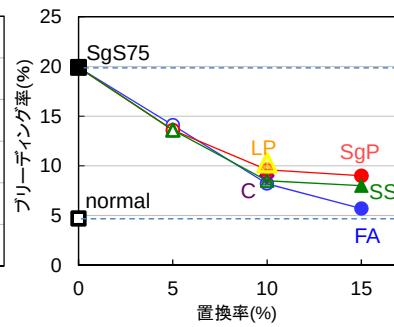


図2 ブリーディング

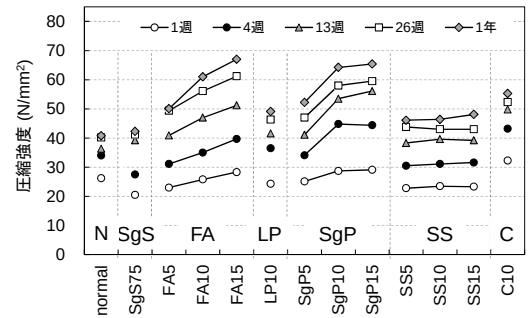


図3 圧縮強度

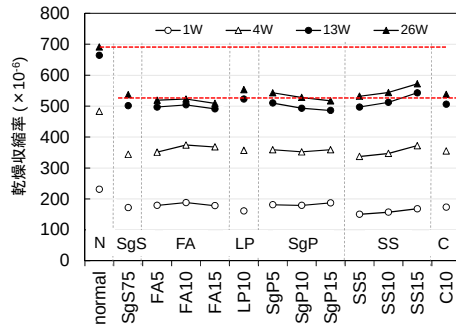


図4 乾燥収縮

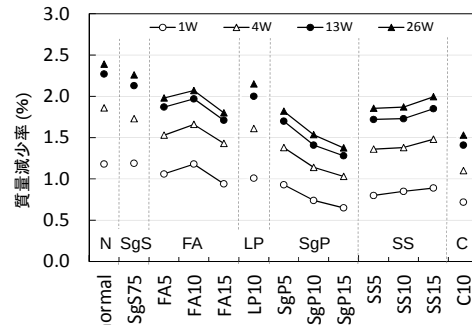


図5 質量減少率

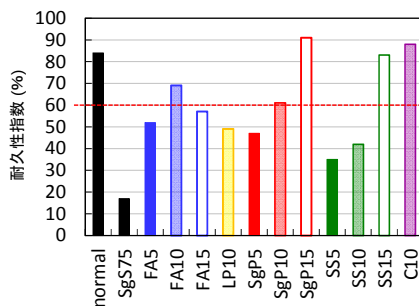


図6 耐久性指数

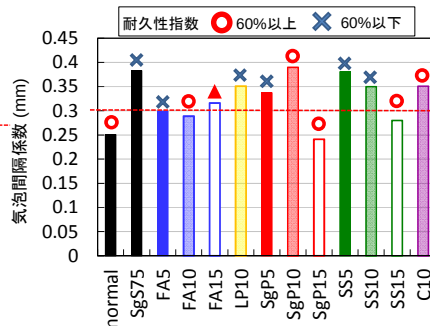


図7 気泡間隔係数

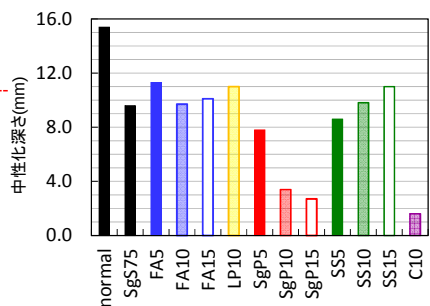


図8 中性化深さ

硬化体物性を考察するうえで、単位水量の影響と反応性の影響を整理するため、3つのグループに分ける。

170 kg/m³以上：SgS75, SS5, SS10, SS15

170–160 kg/m³：FA5, LP10, SgP5, SgP10, SgP15, C10

160 kg/m³以下：normal, FA10, FA15

圧縮強度の結果(図3)をみる。170–160 kg/m³のグループで、C10とSgPを比較すると、材齢7日ではSgpの方が5 N/mm²程度低く、材齢28日では同程度となり、長期材齢では10 N/mm²程度高い。

乾燥収縮および質量減少率の結果(図4、5)をみる。微粉末の種類と置換率に因らず、高炉スラグ細骨材を用いることで、200μ程度も乾燥収縮を低減できる。

耐久性指数、気泡間隔係数(図6、7)をみる。置換率が15%程度になると、気泡間隔係数は300mm以下となり、耐久性指数が60%を超えるものがある。

促進中性化試験の結果(図8)では、乾燥収縮と同様に、高炉スラグ細骨材を用いるだけで天然細骨材よりも大きく中性化を抑制することが確認できる。

4. まとめ

高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状を微粉末の添加により改善し、凍結融解抵抗性を含む硬化体物性の向上効果を確認することができた。

謝辞：本研究は鐵鋼スラグ協会による研究助成を受けて、また竹本油脂株式会社 小林竜平氏によるご協力を得て実施した。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 吉田亮ほか：高炉スラグ細骨材によるコンクリートの乾燥収縮・透気性向上メカニズムに関する空隙構造に基づいた検証、セメントコンクリート論文集、Vol.71、(2018)