

# 高炉スラグ細骨材と高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの物質移動抵抗性に関する一考察

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○鶴飼 貴史  
竹本油脂株式会社 正会員 齊藤 和秀  
名古屋工業大学大学院 正会員 吉田 亮  
JFE ミネラル株式会社 正会員 吉澤 千秋  
名古屋工業大学大学院 フェロー 梅原 秀哲

## 1. はじめに

近年、天然資源の保全や省エネルギーの観点から、高炉水砕スラグ細骨材(以下、スラグ細骨材)や高炉スラグ微粉末(以下、スラグ微粉末)が注目されている。スラグ細骨材やスラグ微粉末は潜在水硬性を有し、また潜在水硬性がセメント硬化体に与える影響としては、強度増進、乾燥収縮低減、および中性化速度の減少などが報告されている<sup>1)</sup>。

本研究では、スラグ細骨材とスラグ微粉末を用いたコンクリートとモルタルに対して、置換率や水結合材比を変えることで、圧縮強度と物質移動抵抗性に及ぼす影響について検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料、配合

セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16 g/cm<sup>3</sup>, 記号 N), 高炉スラグ微粉末(4000 ブレーン, 石膏無, 密度 2.91 g/cm<sup>3</sup>, 記号 SgP), 粗骨材は岡崎産砕石(表乾密度 2.66g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 0.78%), 細骨材はスラグ細骨材(表乾密度 2.76g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 0.51%, 記号 SgS)と大井川産陸砂(表乾密度 2.59g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 2.08%)を使用した。骨材の物性と配合を表-1 に示す。適宜、高性能 AE 減水剤, AE 調整剤および消泡剤を添加した。

### 2.2 圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠し、供試体は材齢 28 日まで標準養生とした。

## 2.3 透気試験

供試体はコンクリートとモルタルであり、それぞれ  $\phi 10 \times 5 \text{cm}$  の円盤型枠を用いて作製した。打設 24 時間後に脱型し、1 週間の水中養生後、材齢 28 日まで温度  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度  $60 \pm 5\%$  の環境下で気中養生を行った。測定は負荷圧力を  $0.2 \sim 0.5 \text{MPa}$  の範囲で行い、試験体内部を透過した空気の流量が定常となった後、水上置換法により透過量を測定した。

## 2.4 電気泳動試験

供試体はコンクリートであり、形状および材齢、養生条件は透気試験と同様である。電気泳動試験は JSCE G 571 に準拠して行った。また、塩化物イオン濃度は電位差滴定法を用いて測定した。

## 3. スラグ細骨材とスラグ微粉末がコンクリートの各種物性に及ぼす影響

### 3.1 圧縮強度に及ぼす影響

圧縮強度の結果を図-1 に示す。W/B に関わらず、スラグ細骨材とスラグ微粉末を混入させたコンクリートの圧縮強度は、スラグ無置換の供試体と比べると低下する傾向にある。これは、スラグの反応速度がセメントよりも遅いため、材齢 28 日では小さい値を示したと考える。また、W/B=45%では、スラグ微粉末が同量でスラグ細骨材の置換率を上げると、圧

表-1 骨材の物性と配合

| W/B(%) | SgP置換率(%) | SgS置換率(%) | 記号       | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     |      | スランブ (cm) | 空気量 (%) | C.T(℃) |
|--------|-----------|-----------|----------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----------|---------|--------|
|        |           |           |          | W                        | C   |     | S   | SgS | G    |           |         |        |
|        |           |           |          |                          | N   | SgP |     |     |      |           |         |        |
| 55     | 0         | 0         | 55-0-0   | 160                      | 291 | 0   | 834 | 0   | 1013 | 14.4      | 4.4     | 21.0   |
|        | 40        | 30        | 55-40-30 |                          | 175 | 116 | 578 | 265 |      | 13.3      | 5.0     | 20.5   |
|        | 60        | 30        | 55-60-30 |                          | 116 | 175 | 575 | 262 |      | 12.7      | 4.6     | 21.0   |
| 45     | 0         | 0         | 45-0-0   | 155                      | 344 | 0   | 759 | 0   | 1059 | 14.9      | 4.3     | 21.0   |
|        | 0         | 30        | 45-0-30  |                          |     |     | 531 | 243 |      | 13.2      | 4.6     | 21.0   |
|        | 40        | 0         | 45-40-0  |                          | 206 | 138 | 751 | 0   |      | 13.1      | 4.5     | 21.0   |
|        | 40        | 30        | 45-40-30 |                          |     |     | 526 | 240 |      | 13.7      | 4.5     | 21.0   |
|        | 60        | 0         | 45-60-0  |                          | 138 | 206 | 743 | 0   |      | 13.9      | 4.3     | 21.0   |
|        | 60        | 30        | 45-60-30 |                          |     |     | 521 | 237 |      | 14.8      | 4.4     | 21.0   |
| 35     | 0         | 0         | 35-0-0   | 160                      | 457 | 0   | 756 | 0   | 979  | 21.8      | 3.4     | 22.0   |
|        | 60        | 50        | 35-60-50 |                          | 183 | 274 | 368 | 395 |      | 21.4      | 3.6     | 22.0   |

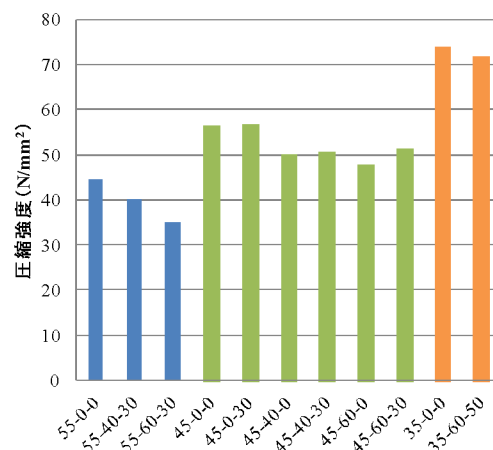


図-1 圧縮強度

縮強度は若干増加している。

3.2 透気に及ぼす影響

透気試験の結果を図-2 に示す。図中の“c”がコンクリートを，“m”がモルタルを表している。また、55c-60-30 は測定データがあまりにもかけ離れていたため、データを排除している。

図-2 より、スラグ細骨材とスラグ微粉末を混入させたコンクリートおよびモルタルは、スラグ無置換の供試体と比較すると、透気係数は同等か、若干高くなる傾向にある。その傾向は置換率が高くなるほど顕著である。また、W/B=45%では、スラグ微粉末が同量でスラグ細骨材の置換率を上げると、モルタルでは透気係数は同等であるが、コンクリートでは若干低下する結果となった。

また、コンクリートとモルタルの透気係数の差は、ほぼすべて 1 オーダー程度であるが、45-0-30 ではオーダーの差は見られない。このことから、スラグ細骨材には粗骨材周りの水を拘束する効果や、生成物の析出によって遷移帯を緻密にするなどの効果があると示唆される。

3.3 塩化物イオン拡散に及ぼす影響

電気泳動試験の結果を図-3 に示す。圧縮強度や透気係数とは異なり、スラグ細骨材とスラグ微粉末を混入させたコンクリートはスラグ無置換の供試体と比較すると、実効拡散係数を低下させている。さらに、その傾向も置換率が高いほど顕著である。

また、W/B=35%は試験期間中に陽極側の溶液中において塩化物イオンが検出されず、著しく高い遮塩性能を有することが確認された。

4. まとめ

本研究では、スラグ細骨材とスラグ微粉末を用いたコンクリートとモルタルに対して、置換率や水結合材比を変えることで、圧縮強度と物質移動抵抗性に及ぼす影響について検討した。

その結果、材齢 28 日の供試体において、スラグ微粉末とスラグ細骨材を混入させると、圧縮強度や透気抵抗性は低下し、塩化物イオン拡散抵抗性については向上することが示された。しかし、スラグ細骨材単体での置換やスラグ微粉末が同量でスラグ細骨材の置換率を上げたものでは、上記した性能をすべて若干向上させることが確認された。このようなスラグ細骨材がもたらす特性について、今後、材齢 91

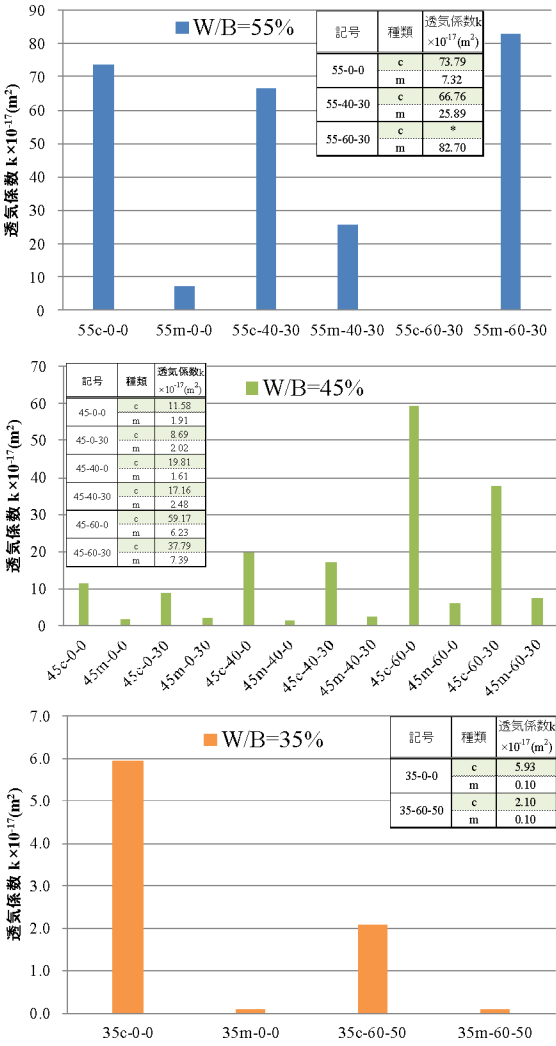


図-2 スラグ置換率と透気係数の関係

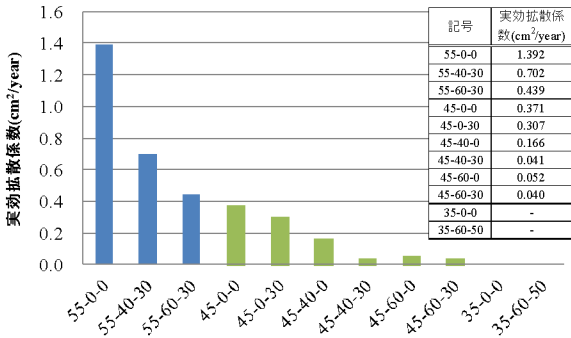


図-3 スラグ置換率と塩化物イオン実効拡散係数の関係

日の結果や空隙構造分析を通してそのメカニズムを解明していく予定である。

謝辞：竹本油脂株式会社小林竜平氏，名古屋工業大学太田健司氏，落合昂雄氏，山崎浩行氏には，実験の実施にあたり多くの協力を頂きました。ここに記し深く感謝致します。

参考文献：1) 木之下光男ほか：高炉スラグ細骨材を使用した耐久性向上コンクリートの性質（その 2：硬化コンクリートの性質），土木学会第 64 回年次学術講演会，V-239，pp.475-476，2009