

# 硫黄・高炉スラグ固化体の力学的性状に関する実験的研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 福井 英人  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 小野 紘一  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 杉浦 邦征  
 日石三菱株式会社 技術開発部 秋山 正成

## 1. はじめに

近年、廃棄物投棄の問題から産業廃棄物のリサイクルがコンクリート工学の分野においても注目されている。そこで、本研究では産業副産物である硫黄を結合剤として被結合剤に高炉スラグとフライアッシュを用いた硫黄・高炉スラグ固化体（SSC と呼ぶ）を提案する。この SSC は資源リサイクルシステムであり、硫黄の冷却固化により強度を発揮するため養生期間が不要である<sup>(1)</sup>といった優れた特徴を持ち、また高強度も期待できる。この SSC の実用化に向けて、基本的な力学特性や化学特性の把握は必要不可欠である。本研究では、まず SSC の力学特性に注目して種々の材料実験<sup>(2)</sup>を行い、基礎物性を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験概要

SSC の基礎物性を明らかにするために、表 1 の特性を求める事とした。各種強度、弾性係数、ポアソン比に関しては日本工業規格に準じた材料実験<sup>(3)</sup>を行い、空隙率は使用材料の密度から材料の占める体積を求め、体積の計測結果から空隙の体積を求め、体積で割り無次元化して評価した。吸水率は吸水により増加した重量を計測し、吸水前の重量で割り無次元化して評価した。線膨張係数は常温の 24 を基準として、- 22 におけるひずみの変化を測定し 1 毎のひずみ変化を求めた。予備検討の結果、高強度が得られる配合として重量比で、硫黄 20.0wt%、高炉スラグ 67.7wt%、フライアッシュ 13.3wt% のように決定し、以後の試験はすべてこの配合を用いて実施した。使用材料は高炉スラグとフライアッシュに関しては同一のものを用いた。硫黄に関してのみ純硫黄と改良硫黄の 2 種類を用いたが、本論文では純硫黄配合を SSC P、改良硫黄配合を SSC D と呼ぶことにする。

表 1 . 試験項目

基礎物性	単位体積重量
	空隙率
	吸水率
	線膨張係数
	静弾性係数
	ポアソン比
強度	圧縮強度
	割裂強度
	曲げ強度

### 実験結果および考察

(1) SSC の単位体積重量は、SSC P で 2.48 gf/cm<sup>3</sup>、SSC D で 2.50 gf/cm<sup>3</sup> が達成できた。SSC P で見られた供試体サイズの増大に伴う単位体積重量の低下は、施工性が低いことにより空隙が生じていることが考えられる。

(2) 吸水率は 図 1 の通り、SSC P、SSC D とそれぞれ 0.5 % 未満、0.1 % 未満となった。これは双方ともほとんど吸水しない遮水性の高い材料であるが、

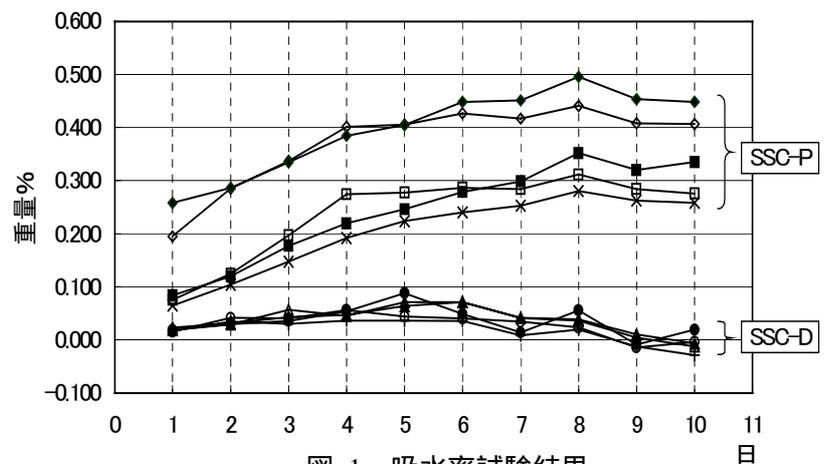


図 1 . 吸水率試験結果

、今後は SSC の水中における長期安定性について確認が必要である。

硫黄，高炉スラグ，フライアッシュ，力学的性状

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 Tel.・Fax.075-753-4791

(3) 空隙率は SSC P, SSC D それぞれ 4% 未満, 1% 未満と小さいことが確認され, 高い遮水性とも合致する結果となっている。

(4) 線膨張係数は SSC P, SSC D それぞれ  $5.6 \times 10^{-6} 1/$ ,  $8.1 \times 10^{-6} 1/$  となっている。鉄筋の線膨張係数が  $10 \sim 12 \times 10^{-6} 1/$  であり, 温度挙動に関して鉄筋と SSC の複合には問題ないと考えられる。

(5) 圧縮強度は, SSC P で  $81.7 \text{ N/mm}^2$ , SSC D で  $96.7 \text{ N/mm}^2$  程度の高強度が得られることがわかった。初期接線弾性係数は SSC P, SSC D それぞれ  $50 \text{ kN/mm}^2$ ,  $42 \text{ kN/mm}^2$  となった。通常の骨材を用いた高強度コンクリートでは圧縮強度  $80 \text{ N/mm}^2$  で約  $38 \text{ kN/mm}^2$ ,  $100 \text{ N/mm}^2$  で約  $40 \text{ kN/mm}^2$  の弾性係

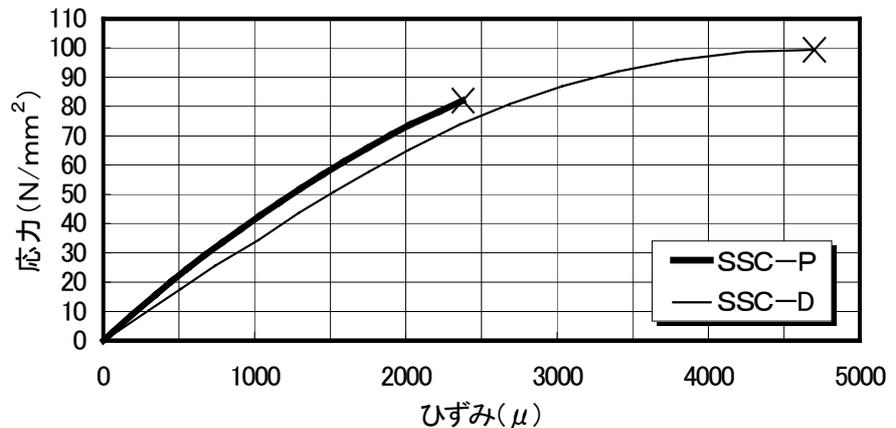


図 2. 応力ひずみ関係の一例

数となっており, SSC D では高強度コンクリートとほぼ同じ値で, SSC P では高強度コンクリートよりもやや大きな値となった。図 2 から, SSC P においては破壊に至るまで線形的であり脆性的な破壊となった。これに対して SSC D ではこの点で改善されており, SSC P に比べ圧縮に対し約 3 倍のエネルギーを吸収できた。ただし破壊の様子は SSC P と同様に脆性的であった。

(6) ポアソン比は SSC P, SSC D とともに,  $0.2 \sim 0.3$  でとなっており, 高強度コンクリートとほぼ同じ値が得られた。

(7) 割裂強度の試験結果は, SSC P で  $4.7 \text{ N/mm}^2$ , SSC D で  $5.2 \text{ N/mm}^2$  となり, 双方ともに圧縮強度の  $1/20$  程度の強度であった。また, 曲げ強度の試験結果は, SSC P で平均  $9.1 \text{ N/mm}^2$ , SSC D で平均  $10.8 \text{ N/mm}^2$  となり, とともに圧縮強度の  $1/9$  程度の強度となった。破壊の様子はいずれも脆性的であり, また圧縮強度と比較したときの割裂強度, 曲げ強度は高強度コンクリートと類似している。

### 3. 結論

以上が本研究で明らかになった点であり, SSC とくに SSC D は高強度コンクリートに類似した特殊な建設材料として利用が期待できることが判明した。このような特性と速硬化性を活かした適用場所として, 施工時間の短縮が重要である高速道路ジョイント部, 海水に強い点を利用した港湾関係の工事, ダム工事等の基礎材, などが考えられ, 水中浮遊式パイプラインにおけるアンカーやパイプの補強用材としても適用が期待できる。

今後の課題としては, 施工性の低さにより生じる恐れのある空隙, SSC の浸水時における長期安定性, 強度と弾性係数の相関関係の検討などがあり, 性能の多様化に向けて, 衝撃や振動に対する抵抗性の高い配合の検討や, 鉄筋や炭素繊維シートとの付着性の調査も今後の課題である。

### 参考文献

- (1) 猪狩俣将: 硫黄固化(サルフィックス)技術の実用化に向けて, 環境管理, Vol.31, No.7 P.74~78, 1995.
- (2) 日本コンクリート工学協会: コンクリート便覧(第二版), 技報堂出版, 1996.
- (3) 岡田 清, 明石外世樹, 小柳 洽: 新編土木材料学, 国民科学社, 1987.