

# 多孔質型鉄鋼スラグ水和固化体に関する基礎的研究

○宮崎大学大学院 学生会員 小川 雅 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 学生会員 松岡 史也  
宮崎大学大学院 学生会員 本田 寛樹

## 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 (特に鉄分) 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言われている。一方、既往の研究<sup>2)</sup>において、空隙を有するポーラスコンクリートは生物付着性が高いことが明らかとされている。したがって、これらの特徴を組み合わせた多孔質型鉄鋼スラグ水和固化体 (Porous-type SSC; 以下 POSSC と称する) は、通常の密実なブロックと比較して海藻増殖性に優れた藻場ブロックとなる可能性を有すると期待される。

本研究では、これまでほとんど明らかとされていない POSSC の基礎的性質について把握することを目的とした。具体的には、空隙率、骨材粒径およびポゾラン種類 (フライアッシュまたはシリカ) の違いが POSSC の圧縮強度および海水中におけるアルカリ溶出性に及ぼす影響について実験的に検討した。

## 2. 実験概要

使用材料の物性を表-1 に示す。実験の要因と水準は以下に示す通りであり、それら全ての組合せについて計 12 種類の供試体 (φ75mm×150mm の円柱供試体) を作製した。

- ・骨材粒径: 20~10mm, 10~5mm の 2 種類
- ・空隙率: 15%, 25%, 35% の 3 種類
- ・ポゾラン材: FA, シラスの 2 種類

SSC においてポゾラン材は長期強度の増進および  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の消費による固化体のアルカリ低減を目的として使用される。ここで、シリカは南九州に広く分布し、ポゾラン活性を有する<sup>3)</sup>ことが分かっている。シリカを活用することにより、SSC に占める天然由来材料の比率を高めることが可能となる。このことは SSC の環境負荷低減性を向上させるとともに、多量に存在する未利用資源の新たな有効用途先を開拓することにもつながる。

さらに、海洋環境下における SSC の耐久性向上も期待できる。ポゾラン材に FA を用いた POSSC の示方配合を表-2 に、シリカを用いた POSSC の示方配合を表-3 に示す。また、比較用として結合材に普通ポルトランドセメント (密度:  $3.15\text{g}/\text{cm}^3$ ) を使用したポーラスコンクリート (骨材粒径 20~10mm, 空隙率 35%, 以下 POC と称する) を作製した。その示方配合を表-4 に示す。

表-1 使用材料の物性値

| 高炉スラグ微粉末                                                              | 製鋼スラグ粗骨材<br>(20~10mm)                                       | 製鋼スラグ細骨材<br>(10~5mm)                                        | フライアッシュ                                                               | シリカ                                                                 | 消石灰                            |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 比表面積:<br>$4280\text{cm}^2/\text{g}$<br>密度: $2.89\text{g}/\text{cm}^3$ | 表乾密度:<br>$3.20\text{g}/\text{cm}^3$<br>吸水率:5.04%<br>実積率:51% | 表乾密度:<br>$3.20\text{g}/\text{cm}^3$<br>吸水率:5.36%<br>実積率:55% | 比表面積:<br>$4020\text{cm}^2/\text{g}$<br>密度: $2.28\text{g}/\text{cm}^3$ | 粒径1.2mm以下<br>粗粒率:1.57<br>密度: $2.14\text{g}/\text{cm}^3$<br>吸水率5.66% | 密度: $2.20\text{g}/\text{cm}^3$ |

表-2 FA を用いた POSSC 供試体の示方配合

| 骨材粒径<br>(mm) | 目標<br>全空隙率<br>(%) | 水結合材<br>比<br>W/B(%) | 単位量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |              |          |     |           | 全空隙率<br>(%) |
|--------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|--------------|----------|-----|-----------|-------------|
|              |                   |                     | 水<br>W                        | 高炉スラグ<br>微粉末 | 粗骨材<br>G | シリカ | 消石灰<br>CH |             |
| 20~10        | 15%               | 25%                 | 120                           | 301          | 1599     | 120 | 60        | 17.6        |
|              | 25%               |                     | 81                            | 203          |          | 81  | 41        | 25.0        |
|              | 35%               |                     | 42                            | 105          |          | 42  | 21        | 31.2        |
| 10~5         | 15%               | 25%                 | 137                           | 342          | 1735     | 137 | 68        | 14.9        |
|              | 25%               |                     | 98                            | 244          |          | 98  | 49        | 26.0        |
|              | 35%               |                     | 59                            | 147          |          | 59  | 29        | 34.0        |

表-3 シリカを用いた POSSC 供試体の示方設計

| 骨材粒径<br>(mm) | 目標<br>全空隙率<br>(%) | 水結合材<br>比<br>W/B(%) | 単位量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |              |          |               |           | 全空隙率<br>(%) |
|--------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|--------------|----------|---------------|-----------|-------------|
|              |                   |                     | 水<br>W                        | 高炉スラグ<br>微粉末 | 粗骨材<br>G | フライアッシュ<br>FA | 消石灰<br>CH |             |
| 20~10        | 15%               | 25%                 | 138                           | 346          | 1599     | 138           | 69        | 18.8        |
|              | 25%               |                     | 99                            | 247          |          | 99            | 49        | 27.5        |
|              | 35%               |                     | 59                            | 149          |          | 59            | 30        | 36.4        |
| 10~5         | 15%               | 25%                 | 122                           | 304          | 1735     | 122           | 61        | 15.5        |
|              | 25%               |                     | 82                            | 206          |          | 82            | 41        | 26.3        |
|              | 35%               |                     | 43                            | 107          |          | 43            | 21        | 32.3        |

表-4 比較用 POC の示方配合

| 骨材粒径<br>(mm) | 目標全<br>空隙率<br>(%) | 水セメント比<br>W/C<br>(wt%) | セメント<br>ペースト<br>粗骨材率<br>P/G<br>(vol%) | 単位量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |           |          | 全空隙率<br>(%) |
|--------------|-------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|----------|-------------|
|              |                   |                        |                                       | 水<br>W                        | セメント<br>C | 粗骨材<br>G |             |
| 20~10        | 35                | 25                     | 12                                    | 35                            | 139       | 1813     | 38.3        |

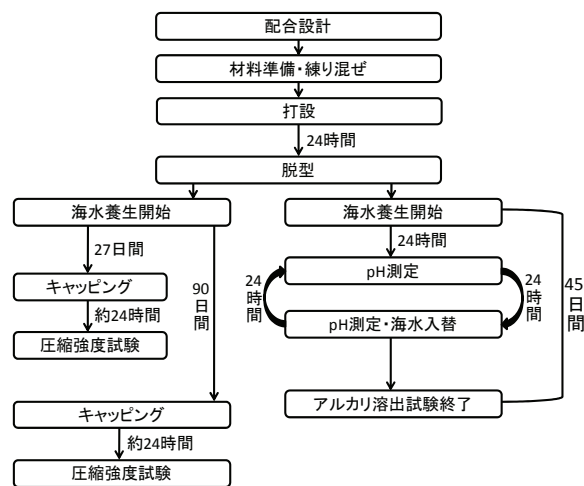


図-1 実験手順

キーワード 鉄鋼スラグ水和固化体, ポーラス, シリカ, 空隙率, アルカリ溶出性, 圧縮強度

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

実験手順を図-1に示す。圧縮強度試験(JIS A 1108に準拠)、空隙率測定試験(ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)に準拠)、アルカリ溶出試験を行った。アルカリ溶出試験はPOSSCおよびPOCの体積に対して3.9倍の天然海水(宮崎市青島漁港より採取)の中で行った。

### 3. 実験結果

圧縮強度試験の結果を図-2に示す。同図より、空隙率が大きいほど圧縮強度は小さくなることが確認できる。同一空隙率、同一材齢で比較した場合、骨材粒径を20~10mmに設定した供試体の圧縮強度が、骨材粒径を10~5mmに設定した供試体の圧縮強度を上回った。また、ポゾラン材の違いで比較すると、同一骨材粒径・同一空隙率ではFAを用いたPOSSCの方がシリカを用いたものよりもやや高い強度を示した。これは、今回用いたシリカがFAよりも粒の粗いものであったためと考えられる。

図-3および図-4にアルカリ溶出試験結果を示す。なお、図中のプロットは、いずれも海水入替え後2日目に測定したpHである。両図より、POSSCの空隙率が高いほど、同じ浸漬日数でのpHは高くなる傾向にあるといえ、表面積の増大がその理由として考えられる。一方、骨材粒径はPOSSCのアルカリ溶出性にほとんど影響しないと考えられる。また、ポゾラン材の違いによる影響についてみると、FAおよびシリカを用いたPOSSCのアルカリ溶出性について、ほとんど差はないといえる。

図-5に骨材粒径および空隙率が同一のPOCおよびPOSSCについてのアルカリ溶出試験結果の比較を示す。試験開始直後は海水pH値にそれほど差は認められないものの、その後は明らかにPOCよりもPOSSCの方がアルカリ溶出性は低くなっている。

### 4. まとめ

- (1)POSSCの圧縮強度は、骨材粒径が大きく、空隙率が小さくなるほど大きくなる。
- (2)POSSCのアルカリ溶出性は空隙率が大きいほど高くなる。
- (3)骨材粒径の違いが多孔質型SSCのアルカリ溶出性に及ぼす影響は認められない。
- (4)本研究の範囲において、FAおよびシリカを用いたPOSSCのアルカリ溶出性は同等であった。
- (5)アルカリ溶出の観点からPOSSCとPOCを比較した結果、POSSCの優位性が認められた。

### 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
- 2) 武田浩二, 村上聖: 産業副産物を活用した藻場復元用ポーラスコンクリートの開発, セメント・コンクリート論文集, No.60, pp.541-546, 2007.2
- 3) 武若耕司: シリカを利用したコンクリート用混和材の開発に関する研究, 材料, Vol.48, No.11, 1999

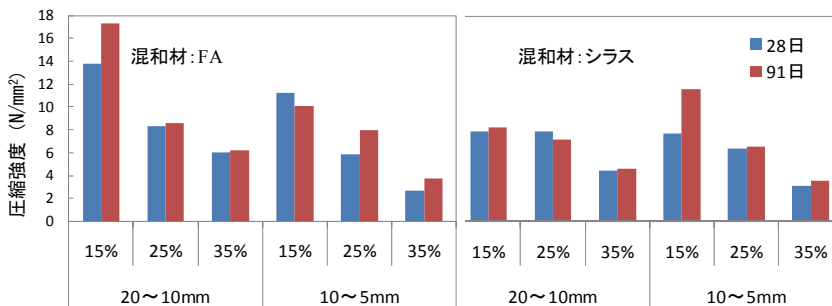


図-2 圧縮強度試験結果

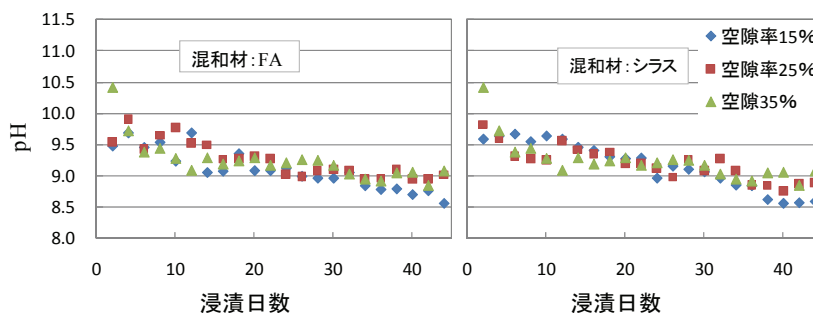


図-3 骨材粒径 20~10mm の POSSC を浸漬した海水 pH の変化

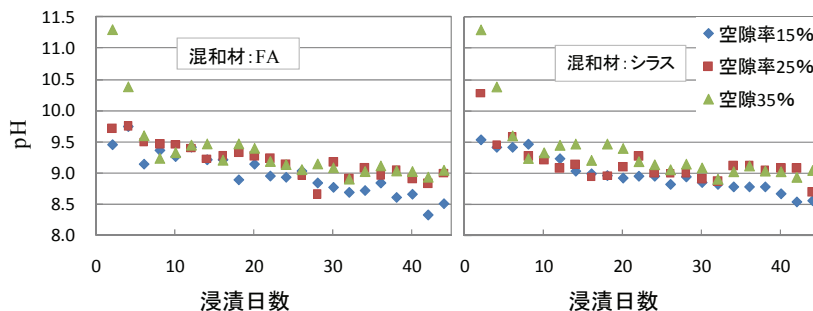


図-4 骨材粒径 10~5mm の POSSC を浸漬した海水 pH の変化

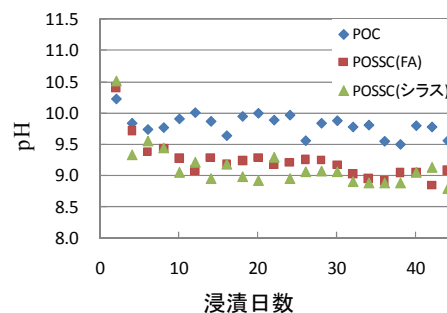


図-5 POC および POSSC を浸漬した海水 pH の変化