

空隙率が多孔質型鉄鋼スラグ水和固化体の圧縮強度および鉄溶出速度に及ぼす影響

宮崎大学大学院 学生会員 ○下野 聖也
 宮崎大学工学教育研究部 正会員 尾上 幸造
 宮崎大学工学教育研究部 正会員 鈴木 祥広

1. はじめに

鉄鋼スラグ水和固化体¹⁾ (Steel-making Slag Concrete ; 以下 SSC) は、製鋼スラグ、高炉スラグ微粉末、ポゾラン材等を主原料とした環境負荷低減型の固化体である。SSC は普通コンクリートと比較してアルカリ溶出性が低く、さらに鉄分等の生物生育に必要な元素を含むことから、生物付着性に優れる¹⁾とされており、藻場・魚礁ブロックとしての適用が期待できる。なお、形状をポーラスとし、表面積を増大させることで鉄分の溶出を促進できるものと考えられるが、この場合、固化体の強度は低下することが予想される。したがって、強度や鉄溶出速度等の要求性能に応じて適切な空隙率を設定する必要がある。本研究では、多孔質型鉄鋼スラグ水和固化体 (以下、POSSC) の藻場・魚礁ブロックとしての材料設計に資することを目的とし、空隙率が POSSC の圧縮強度および鉄溶出速度に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究で使用した材料を表-1 に、配合表を表-2 に示す。粗骨材には、粒径 10~5mm の溶銑予備処理スラグ (製鋼工程において脱 C 製錬前に S, Si, P 等を除去する過程で生成するスラグ) を使用した。また、海水へ浸漬する際の pH の上昇を抑えるためにフライアッシュを、高炉スラグ微粉末の潜在水硬性を促進させるためのアルカリ刺激材として消石灰を使用した。なお、POSSC の目標全空隙率は 15%、25%、35% の 3 パターンとした。

表-1 使用材料

使用材料	物性値
溶銑予備処理スラグ (粗骨材)	表乾密度: 3.15g/cm ³ 実積率: 54.2% 吸水率: 4.21%
高炉スラグ微粉末	比表面積: 4000cm ² /g 密度: 2.89g/cm ³
フライアッシュ	JIS II 種 密度: 2.28g/cm ³
消石灰	密度: 2.20g/cm ³

2.2 空隙率測定

供試体の空隙率は、「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法 (案)」²⁾ に基づき、容積法を用いて連続空隙率、全空隙率の算出を行った。実測値 (供試体 7 本より求めた平均値) を表-2 に示す。

表-2 配合表

目標空隙率 (%)	水結合材比 (%)	単位量 (kg/m ³)					連続空隙率 (%)	全空隙率 (%)
		水 W	高炉スラグ微粉末 BF	消石灰 CH	フライアッシュ FA	単位粗骨材量 G		
15	25	126	315	63	126	1673	14.6	17.9
25		86	216	43	86		25.5	29.2
35		47	117	23	47		32.8	36.1

2.3 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、材齢 28 日と 91 日において JIS A 1108 に準拠して実施した (供試体寸法: φ75×150mm, 供試体本数: 各 3)。試験には耐圧試験機 (容量: 2000kN) を使用した。POSSC は打設面の起伏が大きいため、試験材齢の前日に急硬材を添加したセメントモルタルによるキャッピングを施し、翌日試験を実施した。

2.4 鉄溶出試験

鉄溶出試験の供試体は、φ75×150mm の POSSC を 3 等分に切断し、切断面をエポキシ樹脂塗料でコーティングした上下端部 (φ75×50mm) とした。鉄は、水に対する溶解度が極めて低いため、溶出した二価鉄 (Fe²⁺) は瞬時に三価鉄 (Fe³⁺) に酸化され、水酸化鉄や酸化鉄に変化し沈殿する。本研究では、POSSC から溶出する全鉄を定量化するため、Standard Methods³⁾に従って作製した人工海水 1.5L に対し鉄の比色試薬である PDTS を 0.1g 溶かし溶媒とした。PDTS を添加することにより、鉄の速やかな酸化を避けることが可能となる。容量 2L のポリ容器に溶媒 1.5L と供試体 (プラスチック製のスタンド上に設置) を入れ、マグネティックスターラーを用いて回転速度 7.5cm/s で攪拌した。試験開始後 4 時間おきに溶液を 100ml 採取し、全鉄濃度を分光光度計 UV-2450 (島津製作所製) で測定した。試験回数は一度の採取につき 1 回とした。溶媒は試料採取のタイミングで新しいものに入れ替えた。試験開始後 4 時間から 24 時間までの傾きを鉄溶出速度として算定した。

キーワード 鉄鋼スラグ水和固化体, ポーラスコンクリート, 空隙率, 圧縮強度, 鉄溶出速度
 連絡先 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1 TEL 0985-58-7334 FAX 0985-58-7344

3. 実験結果

3.1 圧縮強度試験結果

材齢 28 日, 91 日における圧縮強度試験結果を図-1 に示す. 材齢にかかわらず, 一般的なポーラスコンクリートと同様に, 目標全空隙率が大きくなるほど圧縮強度が低下することがわかる.

3.2 鉄溶出試験結果

鉄溶出量の経時変化を図-2 に示す. 本実験条件の範囲において, 鉄溶出量は目標全空隙率が大きくなるほど増加することが明らかとなった. これは, 空隙率が大きくなるほど固化体中のスラグを被覆するペースト厚さが小さくなるためと考えられる.

3.3 空隙率による圧縮強度, 鉄溶出速度の関係

実測空隙率, 実測連続空隙率と圧縮強度および鉄溶出速度との関係を図-3, 図-4 に示す. 空隙率の変化に対して, 圧縮強度と鉄溶出速度の間にはトレードオフの関係があることがわかった. 全空隙率と連続空隙率とでは, 関係性に違いは認められないため, 材料設計に際しては, 配合計算が容易な全空隙率を指標にしてよいと考えられる. 以上より, 空隙率により POSSC の圧縮強度と鉄溶出速度が規定されることがわかった. 今後は, ペーストの配合割合の影響を明らかにすることで, より汎用性が高めることが必要と考えている.

4. まとめ

本実験の範囲で以下の知見が得られた.

- (1) 空隙率が大きくなるほど POSSC の圧縮強度は低下する.
- (2) 空隙率が大きくなるほど POSSC からの鉄溶出量は増加する.
- (3) 空隙率の変化に対し, POSSC の圧縮強度と鉄溶出速度の間にはトレードオフの関係がある. この関係において, 全空隙率と連続空隙率の違いは影響しないことから, 配合計算が容易な全空隙率を指標としてよい.

今後は, ペーストの配合条件を変化させた検討をおこなうとともに, 水槽実験による海藻の付着性能の評価を実施する予定である.

謝辞: 本研究は, 科研費 若手研究(B) 25740043 (代表者: 尾上幸造) の助成を受け実施しました. また, 実験実施に際し, 宮崎大学工学部土木環境工学科 4 年生 (当時) の木原浩助君にご協力頂きました. ここに付記し謝意を表します.

【参考文献】

- 1) 松永久宏 他: 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) 日本コンクリート工学協会: エココンクリート研究委員会報告書, 1995
- 3) Eugene W. Rice et al. ed.: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 2012, APHA, AWWA & WEF, 2012

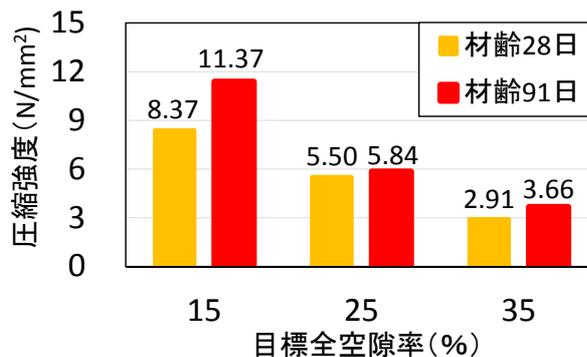


図-1 材齢による圧縮強度の変化

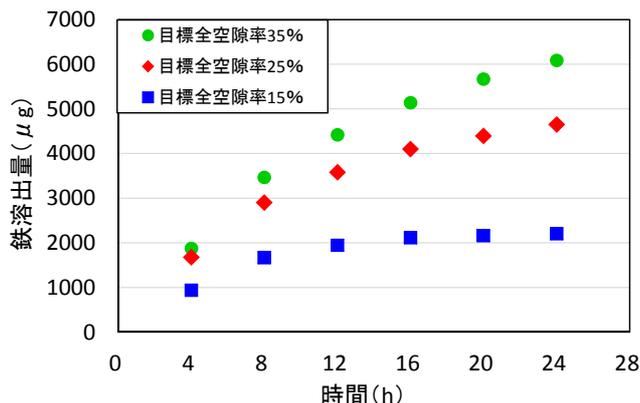


図-2 鉄溶出量の経時変化

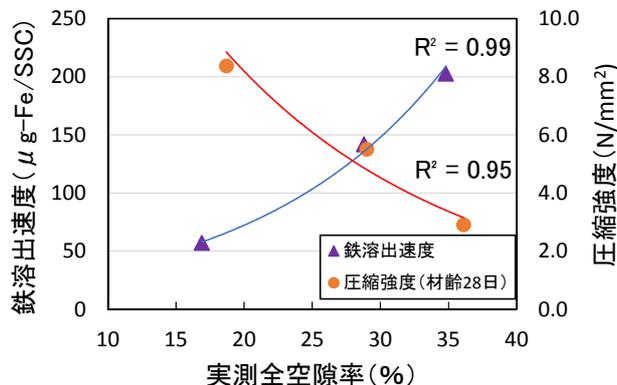


図-3 実測全空隙率と圧縮強度, 鉄溶出速度の関係

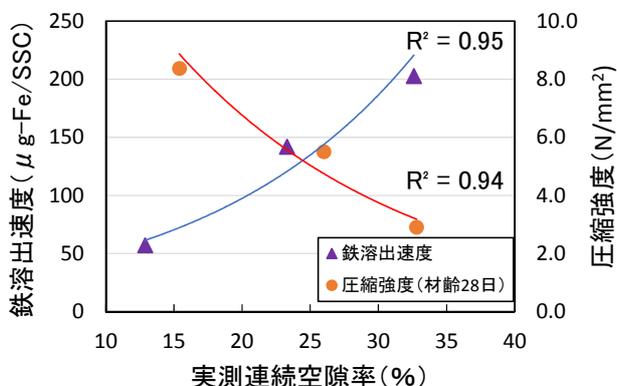


図-4 実測連続空隙率と圧縮強度, 鉄溶出速度の関係