

第 部門

転炉スラグを用いたポーラスコンクリートの力学的特性と生物付着に関する研究

近畿大学大学院総合理工学研究科 学生員 ○小西 弘章

近畿大学理工学部 フェロー 玉井 元治

1. 研究目的

海や河川などの水際は、多くの生物を生み出す場であり、生態系の基盤と言える。しかし近年、我が国の海域において、埋め立てや水温の上昇、水産資源の過剰収穫といった海洋環境の悪化に起因する磯焼けにより、藻場が減少している。このような状況から、生物多様性の回復を目的として、周辺海域の環境保全と整備が必要である。

本研究は、表面付着が期待でき、内部に生物の生息空間を確保できるポーラスコンクリート（Porous Concrete：以下 PoC）を用いて、生態系の基盤となる藻場を造成し、生物の生息環境を修復させることを目的としている。また、資源循環型社会への試みとして、材料にリサイクル材料（転炉スラグ、石膏）および刺激剤として人工海水を使用し、藻場造成に有効な配合を検討する。

2. 実験概要

- ①圧縮強度試験：各配合を比較検討する。
- ②藻類付着観察試験：PoCの藻類着生効果を評価。
- ③溶出試験：藻類の生育に必要な各種栄養素、および周辺海域への影響を調査する。

以上のような各種試験により、藻場造成材料としての有効性を検討し、PoCを総合的に評価する。

本研究に使用する材料を表-1に示す。

表-1 使用材料

種類	記号	詳細	密度(g/cm ³)
結合材	CB	高炉セメントB種（T社製）	3.04
	Gy	二水石膏（M社製）	2.32
粗骨材	G-5	5号（13～20mm）碎石（高槻産）	2.68
	G-6	6号（5～13mm）碎石（高槻産）	2.68
	Ir-6	6号鉄鉱石（K社提供）	4.79
	BS-5	5号転炉スラグ（K社提供）	3.58
細骨材	SS	7号珪砂（土岐産）	2.70
混和材	SF	シリカフェューム（E社製）	2.30
混和剤	SP	高性能AE減水剤（K社製）	1.00
練り混ぜ水	SW	人工海水	1.00
肥料	F	表面を被膜処理した粒状肥料※	1.40

※N(窒素)系, P(リン)系混入

3. 圧縮強度試験

3.1 試験方法および配合

φ125×250mmのPoC円柱供試体を打設し、28日

湿潤養生した後、大阪府泉南郡岬町にある大阪府立水産試験場に隣接した湾内に沈漬する。沈漬期間0、30、60、120日ごとに供試体を引き上げ、圧縮強度試験を行う。圧縮強度試験用供試体の配合を表-2に示す。

表-2 圧縮強度試験用供試体の配合

No.	Gy/X(%)	粗骨材	実積率(%)	充填率(%)	SW/X(%)	SS/X(%)
①	0	G-5	61.47	50	35	100
②	7.5					
③	15					
④	0	BS-5	55.63	50	35	100
⑤	7.5					
⑥	15					

※実積率・充填率は体積の割合、X=CB+Gy

3.2 試験結果および考察

圧縮強度と沈漬期間の関係を図-1に示す。

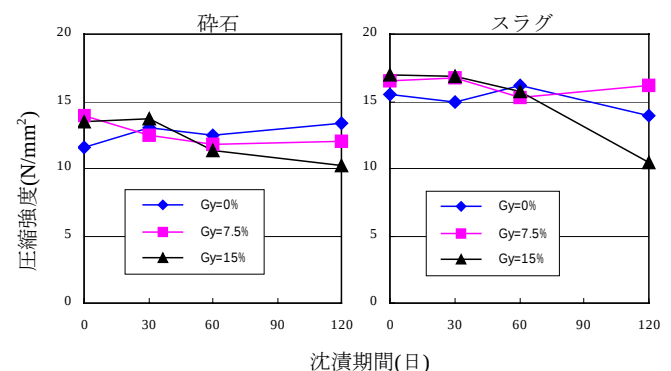


図-1 圧縮強度と沈漬期間の関係

試験結果より、粗骨材に碎石を用いた場合、沈漬期間120日では石膏を多く混入した配合ほど低強度となった。この要因としては、石膏はCa成分を含む物質であるため、混入量が多い配合ほど海水中の各種塩類（NaCl, MgCl₂, MgSO₄など）と結合材の反応によるCa(OH)₂（水酸化カルシウム）の溶出量も増え、強度が低下したと思われる。

一方、粗骨材に転炉スラグを用いた場合、Gy=7.5%の配合では、沈漬期間60日以後にGy=0%の強度を上回った。これは、石膏が結合材と反応したのに加え、転炉スラグとも反応したため反応できない石膏が少なくなり、石膏の分解とCa(OH)₂の溶出量が少なかったためと考えられる。

次に、粗骨材に砕石を使用した配合と転炉スラグを使用した配合を比較すると、転炉スラグを使用した配合が、沈漬期間 120 日の $Gy=15\%$ の強度を除いて、砕石を使用した配合の強度を上回った。これは、転炉スラグの方が砕石より強硬であるためと思われる。更に、転炉スラグが潜在水硬性を発揮し、転炉スラグと石膏の相互反応のために高強度となったと推測される。このことから、リサイクル材料である転炉スラグを粗骨材として使用することは有効であると考えられる。

4．藻類付着観察試験

4.1 試験方法および配合

供試体は $500 \times 500 \times 100 \text{ mm}$ の平板供試体とし、打設後、泉南郡岬町にある大阪府立水産試験場に隣接した湾内に沈漬する。規定の日数ごとに引き上げた供試体に付着した藻類の生育状況を目視で観察する。平板供試体の配合を表 - 3 に示す。

表 - 3 平板供試体の配合

No.	Gy/X (%)	粗骨材比 G-6 : Ir-6	実積率 (%)	充填率 (%)	SW/X (%)	SF/X (%)	F/X (%)
A	0	1 : 0	60.28				
B				55	30	5	0
C	7.5	3 : 1	61.56				
D							20

※粗骨材比・実積率・充填率は体積の割合、 $X=CB+SF+Gy$

4.2 観察結果および考察

一例として、配合 C の沈漬期間と被度（植物が平板表面を覆う面積の割合）の関係を図 - 2 に示す。

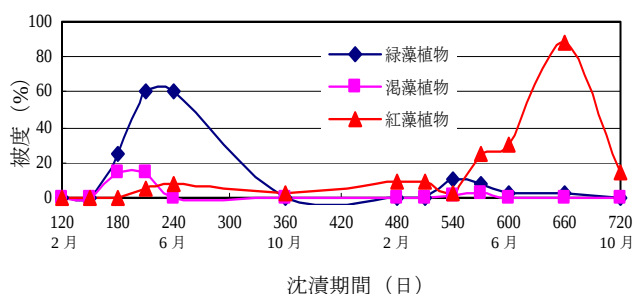


図 - 2 海藻被度と沈漬期間の関係

沈漬期間 360 日までの 1 年目では、4 月に褐藻植物が、6 月に緑藻植物が順次繁茂・沈静していたのに対し、360 日～720 日までの 2 年目に入ると、4 月に緑藻植物が、8 月に紅藻植物が順次繁茂・沈静を繰り返していた。これは、自然界と同じように季節ごとに繁殖する植物の時期が異なることと、その年の海水温度や気候といった諸要因から繁茂する植物が異なることが考えられる。PoC の各配合においても自然界と同様のサイクルが確認されたので、生物

付着材料として有効であると考えられる。

5．溶出試験

5.1 試験方法および配合

溶出試験用の供試体を圧縮試験用供試体と同条件で海中に沈漬する。引き上げた後、一定量（100）・一定温度（20℃）の浄化水に 7 日間浸す。その後、供試体を浸した水を採取し、T-Fe 値や Ca イオン値などを測定する。溶出試験用供試体の配合を表 - 4 に示す。

表 - 4 溶出試験用供試体の配合

No.	Gy/X (%)	粗骨材	実積率 (%)	充填率 (%)	SW/X (%)	SS/X (%)	F/X (%)
⑦	0						
⑧	7.5	BS-5	55.63	50	35	100	20
⑨	15						

※実積率・充填率は体積の割合、 $X=CB+Gy$

5.2 試験結果および考察

Ca イオン値の試験結果を図 - 3 に示す。

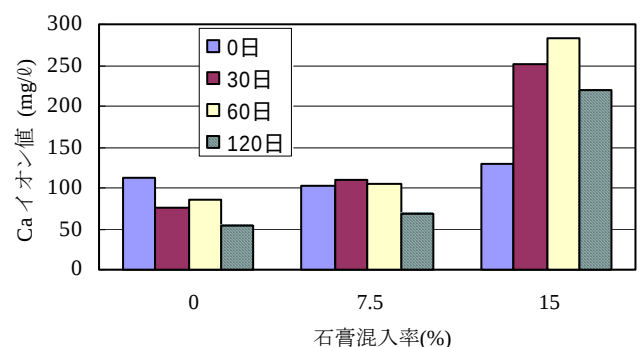


図 - 3 Ca イオン値と石膏混入率の関係

試験結果より、 $Gy=15\%$ の配合では、海中に沈漬した後は Ca イオンの溶出量が他の配合に比べ大きくなっている。この要因として、スラグと反応しきれなくなった石膏の Ca 成分が海中で分解し、Ca イオンが溶出しやすくなったと推測される。

また、Fe 成分の溶出については、全ての配合・沈漬期間において約 0.1 mg/l を維持していた。よって、藻類の成長に不可欠である鉄成分が、転炉スラグから安定して溶出していたと推測される。

6．まとめ

本研究では、全ての配合において藻場造成に必要と考えられる圧縮強度 10 N/mm^2 程度を得ることができた。本研究の配合の中では、粗骨材に転炉スラグを使用し、石膏を 7.5% 混入した配合が最も良い結果が得られた。また、PoC は海中における藻類付着材料として有効であることが確認された。

以上より、リサイクル材料を利用し、藻場造成に PoC を用いることは有効な手段であると考えられる。