

ポーラスコンクリートの利用による「植生共存型システム」の提案

立命館大学 学生員 ○石田 拓也

立命館大学 学生員 市丸 園子

立命館大学 フェロー 岡本 享久

1. 目的

ポーラスコンクリート（以下 PoC）の持つ高い空隙率は舗装、植栽及び水質浄化などに利用されている。本研究では PoC が保有する植栽機能に着目した「植生共存型 PoC」を提案する。すなわち、植物の発芽からの生育過程では PoC が外部の自然環境から植物を保護するが、植物が生育した後は、植物の根の膨張圧により PoC を崩壊させる「物理的方法」、或いは PoC に用いた結合材自体の経年劣化により PoC が自ら崩壊する「化学的方法」の2つ方法により植物の自立を促すシステムである。本研究では各方法毎に PoC の崩壊の可能性、PoC の配合及び植栽機能を論じた。

2. 物理的方法

2.1 実験概要（物理的方法）

物理的方法では、植物の根の膨張圧（根圧）による引張応力が PoC 自体の引張強度以上となれば、PoC 自体を破壊すると考えた。そこで、PoC の引張強度と、植物の根圧によって発生する引張応力を比較検討した。

2.2 実験結果

図 1 は結合材種類別の曲げ強度の経時変化を示す。結合材の種類によって曲げ強度は 0.6 から 1.75 N/mm² に分布した。PoC の引張強度は、曲げ強度の約 50%程度であることから 0.3 から 0.9 N/mm² となる。研究対象としたクマザサの根圧は、12 日間で最大約 2.5 N/mm に達することが分かっている¹⁾。根の接触面積から引張応力に換算する 1.2 N/mm² となる。以上から両者を比較すると、クマザサの根の肥大力による引張応力は PoC の引張強度を越えるため、根圧により PoC 自体を破壊させる可能性が認められた。

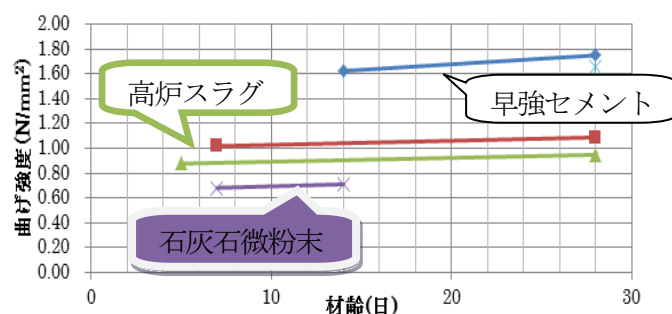


図 1. 各種 PoC 供試体の曲げ強度の経時変化

3. 化学的方法

3.1 実験概要（化学的方法）

化学的方法では、劣化促進材料として鉄粉の腐食に着目し、図 2 のように結合材中に鉄粉を練り混ぜた供試体を作製し、その腐食膨張現象を計測した。養生条件として、気温 20℃、湿度 100%での気中養生する方法、水中養生（塩化カルシウム溶液、濃度 3%）と気中養生を繰り返す促進養生による方法を用いた。PoC 内部の腐食膨張による供試体内の経時変化を「動弾性係数」にて評価した。

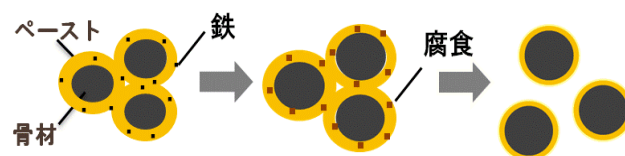


図 2. 鉄粉の腐食膨張による PoC の自壊モデル

3.2 配合設計

今回用いた結合材の種類と配合は、①早強セメント+石灰石微粉末の場合(表 1)と、②高炉スラグ微粉末+消石灰(刺激材)の場合(表 2)の2パターンであり、それぞれについて「鉄粉混入」あるいは「鉄粉無混入」の場合がある。試験用供試体として、各配合につき圧縮供試体 (φ100×200) と曲げ供試体(100×100×400)を作成した。粗骨材は砂岩碎石 (10 mm~20 mm) を使用し、鉄粉の腐食を促進するために、塩化カルシウムを海水濃度と同等の 3%添加した。

表 1 早強セメント+石灰石微粉末

配合名	W/P (%)	単位量 (kg/m ³)								見込み 空気量 (%)
		水	早強セメント	石灰石微粉末	塩化カルシウム	鉄粉	増粘剤	消泡材	粗骨材	
早強セメント+石灰石微粉末+鉄粉	50	45	35	54	3	285	0.5	0.5	1513	30
早強セメント+石灰石微粉末+鉄粉なし	24	45	35	151	3	0	0.5	0.5	1513	

表 2 高炉スラグ微粉末+消石灰

配合名	W/P (%)	単位量 (kg/m ³)								見込み 空気量 (%)
		水	高炉スラグ微粉末	消石灰	塩化カルシウム	鉄粉	増粘剤	消泡材	粗骨材	
高炉スラグ微粉末+消石灰+鉄粉	50	45	80	8	3	310	0.5	0.5	1513	30
高炉スラグ微粉末+消石灰+鉄粉なし	50	68	124	12.4	3	0	0.5	0.5	1513	

4. 動弾性係数の測定

PoC 供試体内部の劣化状況は、経時変化毎に測定した共鳴振動数からの動弾性係数に注目して評価した。共鳴振動

キーワード：ポーラスコンクリート、植栽機能、動弾性係数、植物共存型システム

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 理工学部環境システム工学科 TEL 077-561-3374

数では、供試体毎に予め定めた計測箇所について縦振動及びたわみ振動を測定した。なお、ばらつきが多いことを考慮し、供試体毎に3回ずつ測定を行った。

4.1 動弾性係数

動弾性係数 E_d (N/mm^2) は、第一次共鳴振動数から JIS A 1127(2010)の下式を用いて求めた。

$$E_d = 4.00 \times 10^{-3} \times L/A \times m f_1^2$$

ここで、 L ：供試体の長さ (mm)、 A ：供試体の断面積 (mm^2)、 m ：質量 (g)、 f_1 ：第一共鳴周波数(Hz)である。

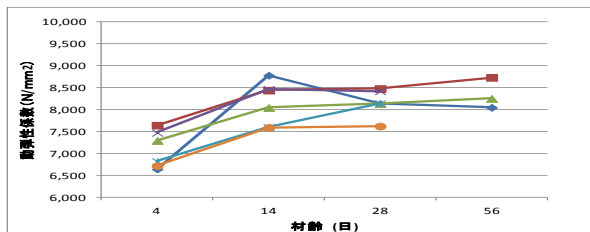


図3「早強セメント+石灰石微粉末+鉄粉有」気中養生

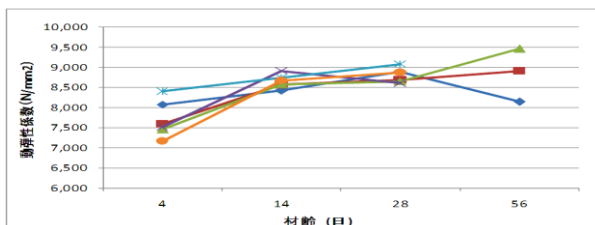


図4「早強セメント+石灰石微粉末+鉄粉無」気中養生

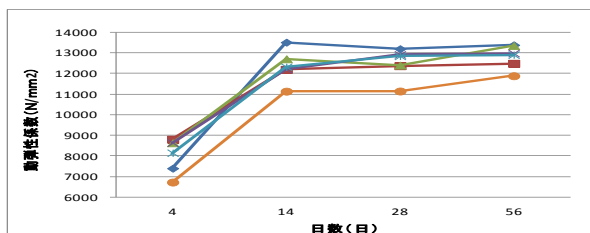


図5 高炉スラグ微粉末+消石灰+鉄粉有」促進養生

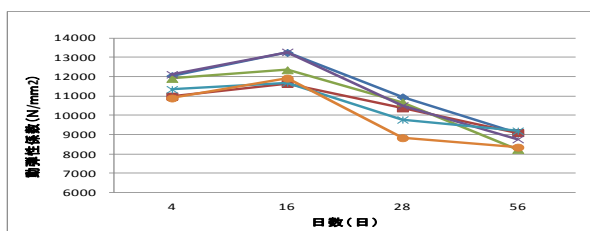


図6「高炉スラグ微粉末+消石灰+鉄粉無」促進養生

4.2 実験結果の考察

図3、図4は結合材に「早強セメント+石灰石微粉末」を、図5、図6は結合材に「高炉スラグ微粉末と消石灰」を用いた場合の E_d と材齢の関係を示す。同時に鉄粉混入が「有」と「無」の場合の E_d の経時変化も示す。材齢14日まで、鉄粉有無の相違は経時変化に伴う E_d に傾向に影響を殆ど与えず、材齢14日目までは E_d は増加するがその後はほぼ一定となった。ただ、図6では材齢14日以降、 E_d は材齢とともに減少した。この原因として、刺激材として用いた消石

灰の量に影響し、無の場合には消石灰量が過多であったため E_d の低減が見られた²⁾と考える。あるいは、本研究で鉄粉の腐食促進のために用いた塩化カルシウムが、ペースト強度の低下を招いたとも考えられる。なお、鉄粉を混入した図3と図5の E_d が材齢と共に増加傾向にある。これは水和反応及び鉄粉混入とその腐食膨張により組織が緻密化し、骨材との密着性が増したことが考えられた³⁾。

5. 鉄粉混入による腐食膨張を利用した植生共存型 PoC

本研究では、植生と共存できる植栽コンクリートへの適用を考えている。すなわち、図7に示すように縦軸を「PoCの強度あるいは植物の肥大力」を、横軸に「経過時間」を取ると、植栽初期では PoC の強度によって外部環境から植物は保護されるが、時間経過とともに、PoC は徐々に強度が低下・崩壊し、その後植物は自らの力で土壌に根を伸長・生育できる。PoC はいずれ崩壊し、PoC の骨材は自然回帰する。本研究では高炉スラグ微粉末など環境負荷が少ない材料を用いることが可能であり、この輪廻によりコンクリートと環境との共存ができると考えた。

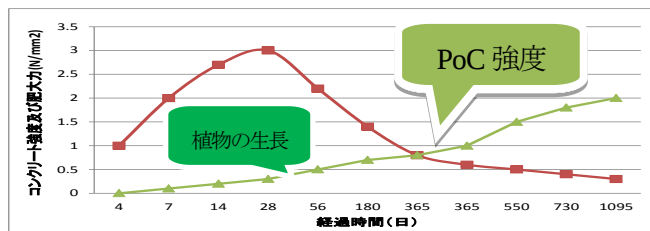


図7 コンクリート強度と植物の肥大力の関係図

6. 結論：本研究の範囲内で得た成果は以下の通りである。

- (1)物理的方法では、PoCの強度とクマザサの肥大力の関係から、根圧により PoC を破壊できる可能性が示された。
- (2)鉄粉を練り混ぜた PoC の組成は細密充填化し動弾性係数は材齢とともに一時的に増加するが、その後一定となり、いずれ鉄粉の腐食膨張により強度が低下する傾向を示した。
- (3)PoC の自壊と植物の生長の両立させた環境配慮型・植生共存型ポーラスコンクリートの開発の可能性を提案できた。

【参考文献】

- [1]石原沙織ほか：地下茎の肥大生長を対象とした耐根性評価手法の検討，日本建築学会関東支部研究報告集，No.1022，p.85-88，2010
- [2]中内、伊代田、後藤、朝賀：アルカリ刺激剤及び炭酸カルシウムが高炉スラグ微粉末の水和反応に及ぼす影響、第40回土木学会関東支部技術研究発表会
- [3]金、朴、兼松、野口：鉄微粉末混入によるモルタル中の鉄筋の腐食抑制メカニズムに関する研究、コンクリート工学年次論文集，Vol. 28，No. 1，2006