

立命館大学 学生員 ○石田 拓也

立命館大学院 学生員 市丸 園子

立命館大学 フォロー会員 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。本研究では新たな「植生共存型 PoC」について提案する。すなわち、PoC が保有する植栽機能に注目し、植物の生育過程では PoC が外部の自然環境から植物を保護するが、生育後は植物の根圧により PoC が崩壊(物理的方法)、あるいは PoC の結合材の経年劣化により PoC が崩壊する(化学的方法)システムである。今回は、化学的方法による PoC の自壊に注目し、使用材料と配合の影響を調べた。そこで、劣化材料として「鉄粉」を用い、結合材に練混ぜ、その腐食膨張による PoC 内部組成変化を調べ、「植生共存型 PoC」モデルの可能性を論議した。

2. 実験概要

本研究では劣化促進材料として鉄粉の腐食に着目し、図1のように結合材中に鉄粉を練り混ぜた供試体を作成し、その腐食膨張現象を計測する方法である。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。

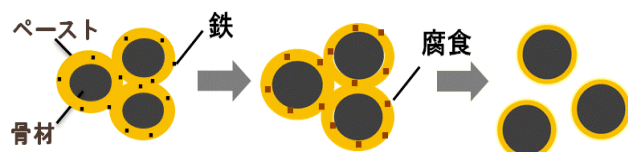


図1. 鉄粉の腐食膨張による PoC の自壊モデル

3. 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、各配合につき圧縮用(φ100×200)と曲げ用(100×100×400)を作成した。全供試体を通じ、W/P = 50%(内1つ 24%)に、空気量を 30%に固定し、粗骨材は砂

岩砕石(10 mm~20 mm)を使用した。また、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	
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
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	
高炉スラグ微粉末+消石灰+鉄粉	50	45	80	8	3	310	0.5	0.5	1513
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/mm²) 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。

$$E_d = 4.00 \times 10^{-3} \frac{L}{A} m f_2^2$$

ここで、L：供試体の長さ (mm)、A：供試体の断面積 (mm²)、m：質量 (mg)、 f_2 ：第一共鳴周波数(Hz)である。

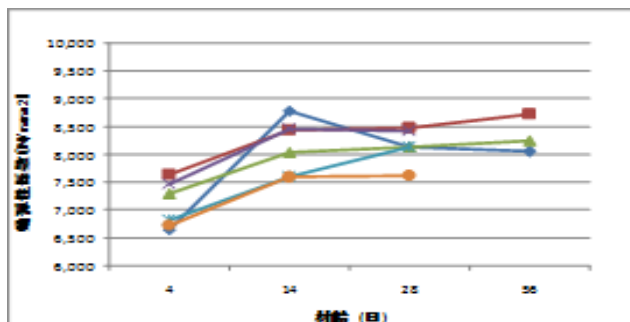


図2 「早強セメント+石灰石微粉末+鉄粉有」 気中養生

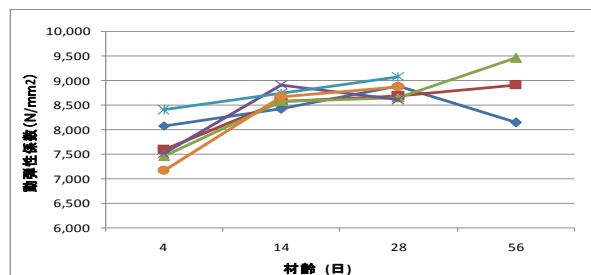


図3 「早強セメント+石灰石微粉末+鉄粉無」 気中養生

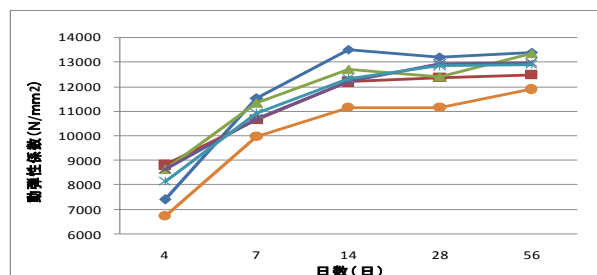


図4 高炉スラグ微粉末+消石灰+鉄粉有」 促進養生

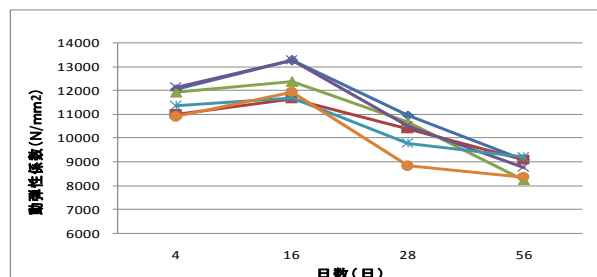


図5 「高炉スラグ微粉末+消石灰+鉄粉無」 促進養生

4.2. 実験結果の考察

図2と図3は「早強セメント+石灰石微粉末」の結合材で、それぞれ鉄粉「有」と「無」の場合の動弾性係数の経時変化を示す。なお、各図中の色違いの線は同じ条件下で作製したPoCにて実施した結果を表す。鉄粉有無の相違は、経時変化に伴う動弾性係数に傾向に影響を殆ど与えず、両図ともに材齢14日までは、動弾性係数は増加するがその後はほぼ一定となった。

図4と図5は「高炉スラグ微粉末と消石灰」の結合材を用い、同様に鉄粉「有」と「無」の場合の動弾性係数の経時変化を示す。図5では図2、図3と異なり材齢14日以降、鉄粉の有無により経時変化に伴う動弾性係数の増減が全く逆の傾向となった。すなわち、鉄粉「有」の場合には動弾性係数はほぼ一定値に収束したが、「無」の場合には動弾性係数が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の影響が鉄粉の有あるいは無と関係し、有の場合には鉄粉による組織の緻密化で動弾性係数の低下が起らず、無の場合には消石灰量が過多であったため動弾性係数の低減が見られた¹⁾と思われた。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のではないかと考えられる。な

お、鉄粉を混入した図2と図4の動弾性係数が材齢とともに増加傾向にあり、これは鉄粉混入とその腐食膨張により組織が緻密し骨材との密着性が改善したことが考えられた²⁾。

5. 鉄粉混入による腐食膨張を利用した植生共存型PoC

本研究の注目した鉄粉混入による腐食膨張を利用するPoC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6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。図7は環境とコンクリートの共存輪廻の可能性を示す。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。

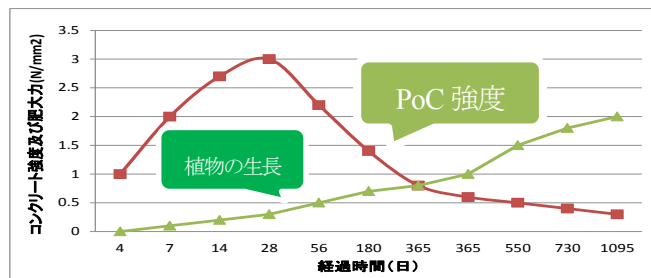


図6 コンクリート強度と植物の肥大力の関係図

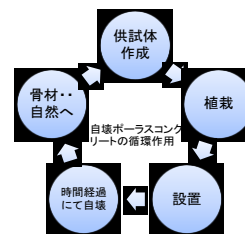


図7 自壊PoCの目的と使用方法

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)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。
- (2)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]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
- [2]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