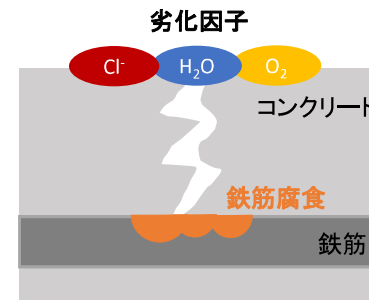


アルカリ耐性菌と生分解性プラスチックを用いた コンクリート用自己治癒材の適用性評価

コンクリート研究室
B4 山口佑太

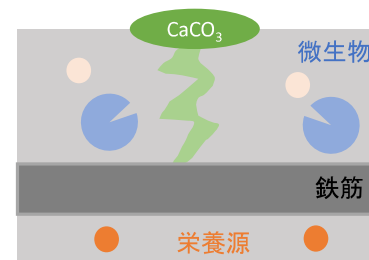
研究背景・目的

- コンクリート構造物の老朽化問題
 - ・ライフサイクルコストの低減
- ひび割れ＋乾湿繰り返し環境
 - ・耐久性が著しく低下



予防保全的な補修方法が必要

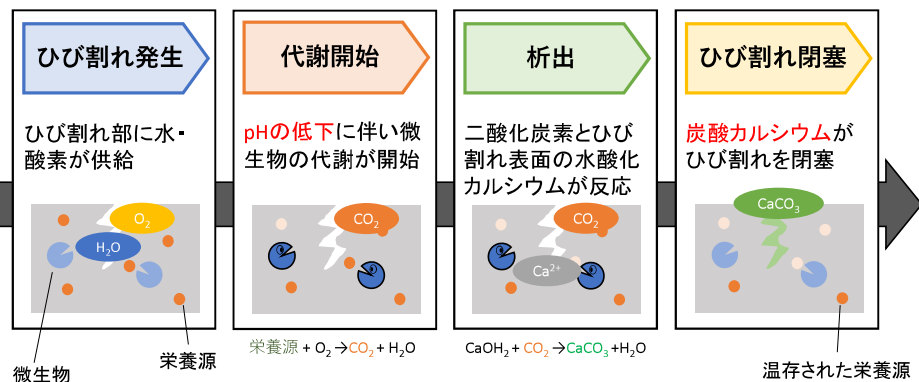
- 微生物を用いた自己治癒コンクリート
 - ・自律的にひび割れを補修
 - ・炭酸カルシウムがひび割れを閉塞
 - ・物理的に劣化因子を遮断
 - ・栄養源の温存により長期的に機能



研究背景・目的

2

□ 自己治癒メカニズム



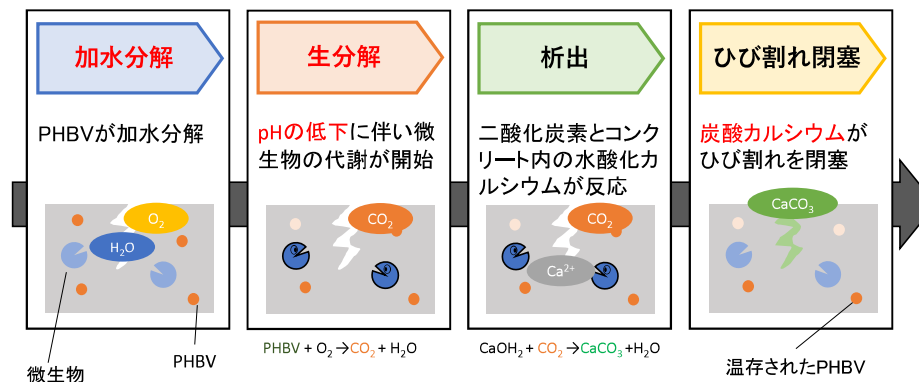
□ 自己治癒コンクリートの課題

- ・長期的な自己治癒効果のために**栄養源が温存**される必要がある
- ・高アルカリ環境下で活動可能な**微生物の選定** ※コンクリートのpH: 12~13

研究背景・目的

2

□ 微生物を用いた場合の自己治癒メカニズム

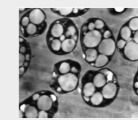


■ アルカリ耐性菌

- ・アルカリ環境下で生育可能
- ・代謝により生分解を行う
- ・強アルカリ環境で芽胞形成

■ PHBV

- ・生分解性プラスチック
- ・アルカリ環境で加水分解
- ・水と二酸化炭素に分解



0.53~31.1 μm

□ 自己治癒メカニズム

目的

■ 微生物の代謝活動を長期的に持続させる方法の検討

- ① アルカリ耐性菌の代謝活動が可能なpH範囲の定量的把握
- ② アルカリ耐性菌とPHBVを練り混ぜたモルタルのひび割れ閉塞効果に関する評価

【目的】

アルカリ耐性菌の代謝活動が可能なpH範囲の定量的把握

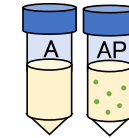
【試験パラメータ】

- ・試験管の環境条件(ケース①, ケース②)
アルカリ環境(pH12)からpHを低下
中性環境(pH7)からpHを上昇

- ・アルカリ耐性菌の培養液30mL
- ・PHBVを1.0g添加(APのみ)
- ・水酸化ナトリウムを用いてpH調整

・自己治癒材(A, P)

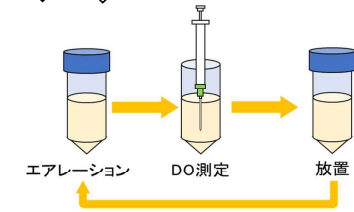
A: アルカリ耐性菌 YE培地
P: PHBV 1.0g



A: アルカリ耐性菌
AP: アルカリ耐性菌 + PHBV

【試験方法】

1. エアレーション
2. 溶存酸素濃度測定(毎秒, 5分間)
3. pH測定
4. 48時間程度静置



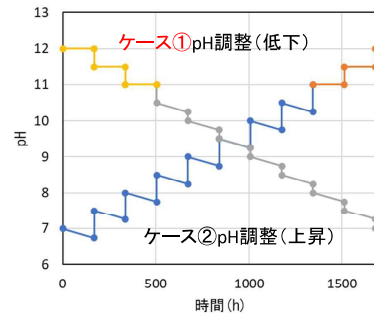
【pHの段階的調整】

ケース①

- ・初期pH12.0
- ・塩酸を用いてpH調整
- ・一週間おきにpHを0.5~1.0程度低下

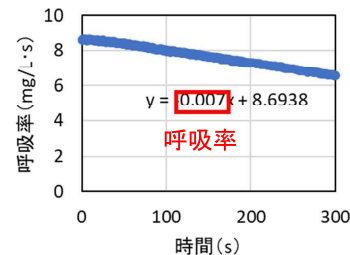
ケース②

- ・初期pH7.0
- ・水酸化ナトリウムを用いてpH調整
- ・一週間おきにpHを0.5~1.0程度上昇



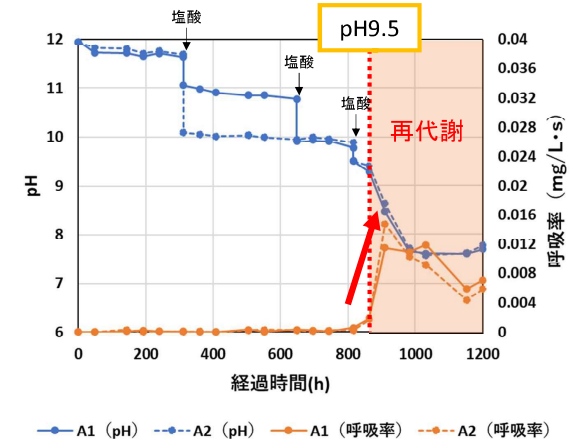
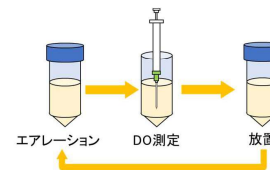
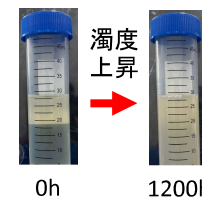
【代謝活性の評価方法】

- ・溶存酸素濃度の経時変化から評価
呼吸率: 溶存酸素濃度の変化率(300s)
- ・呼吸率とpHの関係を把握
- ・PHBVの質量変化から生分解性プラスチックの分解量を評価(一次分解・生分解)



pHを低下させた場合のpH及び呼吸率の経時変化(ケース①)

【自己治癒材:A】



- ・pH10以上では呼吸率が低く, 代謝に伴うpHの変化が小さい
- ・pHが9.5を下回ると呼吸率が**明確に上昇**→代謝活動の再開を確認

【目的】

アルカリ耐性菌を練り混ぜたモルタルのひび割れ閉塞効果に関する検討

【供試体概要】

- ・基準モルタル配合：OPC
- ・アルカリ耐性菌を混練り：A
→ 練混ぜ水の40%置換
- ・アルカリ耐性菌+PHBV：AP
→ 添加量：5kg/m³

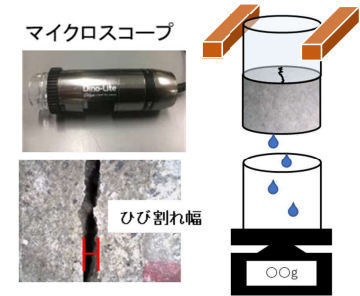


【供試体加工】



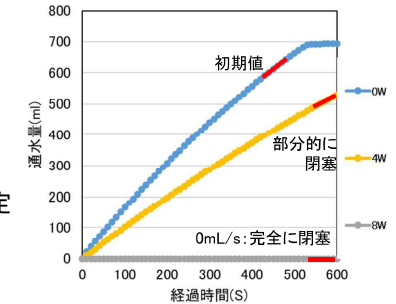
【試験方法】

1. マイクロスコープを用いてひび割れ幅の計測
→ 上面・下面それぞれ5点の平均値
2. 水700mLを型枠上部に入れる
3. 通水量を10秒ごとに10分間測定
通水量：ひび割れ下部から流出した水の質量

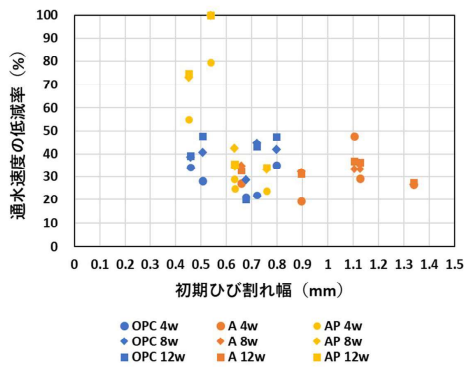


【評価方法】

- ・通水速度：60秒間の通水量の時間変化率
→ ひび割れ閉塞効果を評価
- ・乾湿0週(初期値), 乾湿4週, 8週, 12週に実施
→ 通水速度の変化率からひび割れ閉塞幅を推定



通水速度の低減率と初期ひび割れ幅の関係

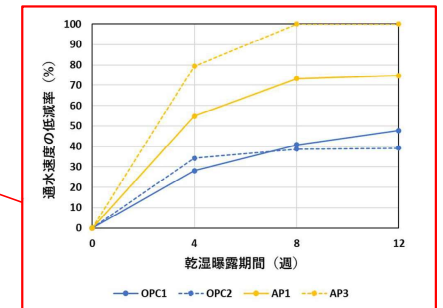
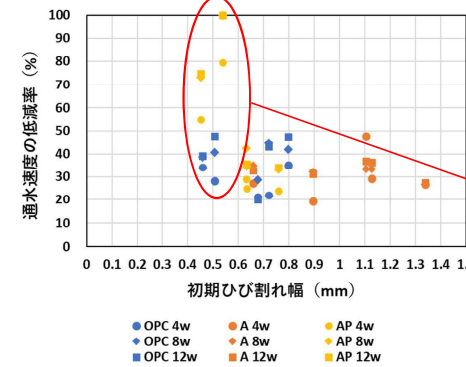


$$QR = (Q_0 - Q_1) / Q_0 \times 100$$

QR: 通水速度の低減率 (%)
 Q₀: 初期通水速度(mL/s)
 Q₁: 乾湿曝露後の通水速度(mL/s)

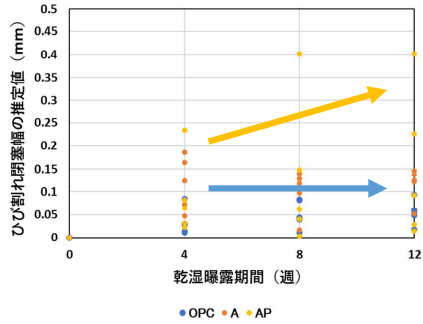
- ひび割れ幅が0.40~0.60mmにおいて、低減率がAP > OPC
→ PHBVIによるひび割れ閉塞効果が向上している
- ひび割れ幅が0.60mm以上は配合にかかわらず、ひび割れ閉塞効果は同程度となっている

通水速度の低減率と初期ひび割れ幅の関係



- ひび割れ幅が0.40~0.60mmにおいて、低減率がAP > OPC
→ PHBVIによるひび割れ閉塞効果が向上している
- ひび割れ幅が0.60mm以上は配合にかかわらず、ひび割れ閉塞効果は同程度となっている

乾湿曝露期間と推定ひび割れ閉塞幅の関係



既往の研究より (Carola Edvardsen, 1999)

通水速度 ひび割れ幅

$$q = \xi \cdot \Delta p \cdot b \cdot w^3 / 12 \cdot \eta \cdot d$$

q: 通水速度(m³/s), Δp:水頭差(N/m²), b: 供試体表面のひび割れの長さ(m), w: ひび割れ幅(m), d: 供試体長(m), η: 水の粘度(Ns/m²), ξ: RF

通水速度から、ひび割れ幅を推定

- 乾湿4週後, AP > A > OPCの順でひび割れ閉塞幅の推定値が大きい
- 乾湿4週以降, OPC, Aはひび割れ閉塞幅が同程度で推移している
- 一方, APはひび割れ閉塞幅が増加傾向を示している
→ PHBVの添加により, 栄養源を長期的に供給可能であることが示唆される

- 本研究で用いたアルカリ耐性菌はコンクリート中環境のような強アルカリ環境 (pH12)では代謝活動を停止し, 芽胞を形成したのち休眠状態となり, pH9.5付近で再代謝活動を開始することが確認された。
- アルカリ耐性菌と生分解性プラスチックを用いた自己治癒材のコンクリートへの適用性を確認した。生分解性プラスチックは水分・酸素が供給される環境において, コンクリート中で加水分解すると考えられ, 長期的な栄養源の供給が可能になることが示唆される。
- 乾燥湿潤状態が繰り返される環境において, 自己治癒材の添加によりひび割れ閉塞効果が向上する可能性が示唆される。

ご清聴ありがとうございました