

自己治癒コンクリートに用いる微生物の pH 条件による増殖性に関する検討

| | | | |
|----------|------|--------|--------|
| 日本大学大学院 | 学生会員 | ○川崎 | 浩長 |
| 戸田建設株式会社 | 正会員 | 大橋 | 英紀 |
| 日本大学 | 非会員 | 春木 | 満 |
| 同 | 同 | Sanjay | PAREEK |

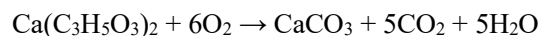
1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化を目的として、様々な自己治癒・修復材料の研究・開発が行われている。著者らはこれまでに、人手を要さず微生物の活動によりひび割れを治癒するコンクリートの普及促進を目指して各種検討を実施してきた。本研究では、微生物とポリ乳酸から成る混和材（HAA）について、これに含まれる微生物の性質を明らかにするための基礎的検討を実施した。pH 条件による微生物の増殖性を検証する培養実験を行った。

2. 微生物によるひび割れ自己治癒の仕組み

以下に微生物によるコンクリートのひび割れ自己治癒の仕組みを示す。

- (1) コンクリート練混ぜ時に所定の量の HAA を添加する。
- (2) ポリ乳酸が加水分解により微生物の栄養分である乳酸カルシウムとなり、HAA が脆くなる。
- (3) コンクリートのひび割れ発生によりひび割れ部分に水分が供給され、間隙水の pH が低下することで微生物が活動を開始する。
- (4) 微生物が乳酸カルシウム ($\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$) を分解する。その結果、炭酸カルシウム (CaCO_3)、二酸化炭素 (CO_2) 及び水 (H_2O) を排出する。以下に微生物による乳酸カルシウムの分解の化学反応式を示す。



- (5) 生成された炭酸カルシウムによりコンクリート中のひび割れが治癒する。
- (6) ひび割れが治癒すると水分と酸素の供給が遮断されるため、微生物は芽胞を形成し再び休眠状態に入る。コンクリートにひび割れが発生する度に (3) ~ (6) の過程を経てひび割れが治癒する。

3. 微生物の培養実験

3. 1 実験概要

コンクリート内部の間隙水は pH 12~13 であり、コンクリートにひび割れが発生すると水分の供給により pH が低下する。本実験ではこの pH の変化に着目し、間隙水の pH の変化の初期段階 (pH 10, 11, 12) を想定した培養実験を行った。HAA を添加した培地の、微生物の活動による濁度の変化を定期的に測定した。

3. 2 使用材料

本実験には、微生物とその栄養分である乳酸カルシウムに変化するポリ乳酸から成る混和材（HAA）と、LB 培地を用いた。写真-1 に HAA を示す。LB 培地は菌や細胞の培養に広く用いられる培地である。組成は培地 1L 当たりトリプトン 10.00g、塩化ナトリウム 10.00g、イーストエキス粉末 5.00g、りん酸水素二ナトリウム 1.42g、りん酸二水素ナトリウム 1.56g であり、5M 水酸化ナトリウム水溶液を添加して所定の pH に調整した。



写真-1 微生物を含む混和材 (HAA)

キーワード 微生物, バクテリア, ひび割れ, 自己治癒, 培養, pH

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部 TEL 024-956-8747

3. 3 実験方法

以下に実験手順の概要を示す。

- (1) フラスコに LB 培地を 55mL と HAA を 0.02g とりサンプルとし、中型恒温振とう培養機を用いて、酸素濃度が飽和に達することが確認されている回転数で振とう培養する。pH ごとに 3 本ずつ用意する。
- (2) 微生物の増殖によりサンプルが白濁するため、定期的に濁度を測定することにより増殖性を評価する。濁度が早く上昇するほど微生物の活動にとって適した環境ということになる。紫外可視近赤外分光光度計を用いて濁度を測定し、pH ごとに平均値を算出した。

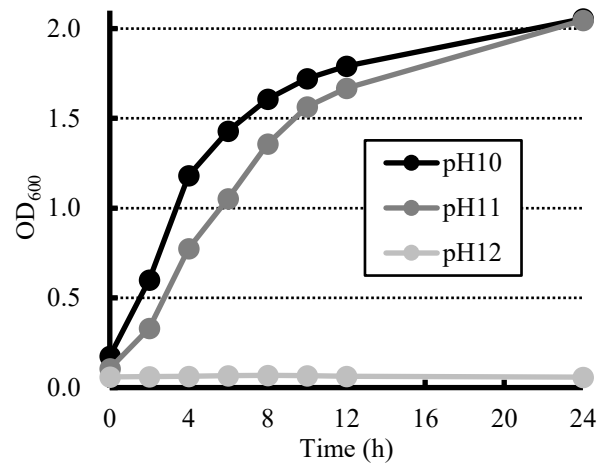


図-1 濁度測定の結果

3. 4 実験結果

図-1 に実験結果を示す。pH 10 と 11 において顕著な微生物の増殖が確認された。測定開始から 24h で定常状態に達した。pH 12 においては栄養分、酸素、水分の供給が十分であるにもかかわらず微生物の増殖は見られなかった。pH が低いほど活発な増殖が確認されたことは pH が微生物の活動に影響を及ぼすことを示している。このことからコンクリート内部等の pH 低下前は活動せず、pH が大幅に低下するのを待たずに微生物の増殖と炭酸カルシウムの排出が開始すると考えられる。

写真-2 に各 pH のサンプルを顕微鏡 (×1000) で観察したものを示す。微生物の代表的な例を○で囲んで示す。pH 10, 11 では微生物が確認できたが、pH 12 では確認できなかった。濁度測定の結果を裏付けることができた。

4. まとめ

本研究の範囲において得られた知見を以下に示す。

- (1) pH は微生物の活動の程度に影響を及ぼし、特に pH 12 と pH 11 以下との差が顕著である。
- (2) コンクリート内部等においては、pH 低下前は活動せず、ひび割れ発生後、水分の供給による pH の大幅な低下を待たずに微生物によるひび割れ自己治癒の開始が期待できる。
- (3) 培養実験に用いたサンプルを顕微鏡で観察することで、濁度測定結果と同様の傾向が確認できる。

今後はより広い pH 範囲や温度条件を検討する培養実験を行うことで、微生物を用いた自己治癒コンクリートの適用可能範囲を明らかにしていく。

謝辞：本研究実施に際し、デルフト工科大学の Henk JONKERS 准教授にご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

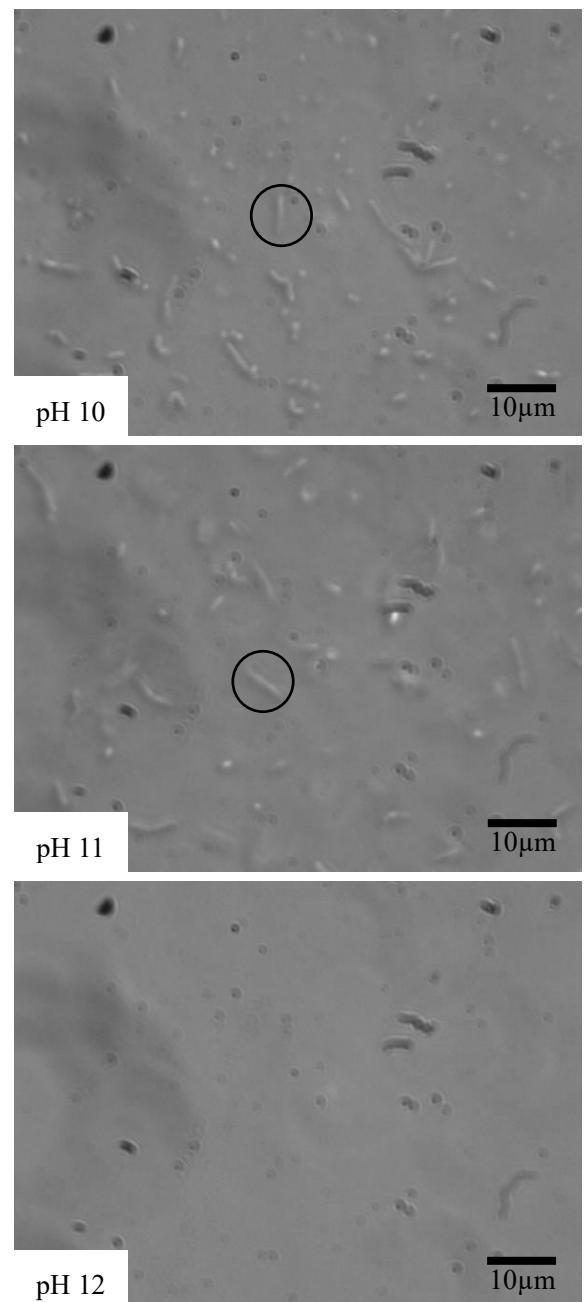


写真-2 サンプルの顕微鏡観察 (×1000)