

微生物を用いた自己治癒コンクリートの最適な配合に関する実験的検討

日本大学大学院 学生会員 ○川崎 浩長
 日本大学 非会員 PAREEK Sanjay
 日本大学 非会員 春木 満
 デルフト工科大学 非会員 JONKERS Henk
 戸田建設株式会社 正会員 大橋 英紀

1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化の実現には、ひび割れ対策が必須となる。筆者らはこれまでに、特定の微生物を添加することでモルタルのひび割れが治癒することを確認している¹⁾。本研究では、自己治癒コンクリートの最適な配合の決定のための基礎研究として、微生物を添加したモルタルを用いて通水試験を行った。

2. ひび割れ自己治癒の仕組み

2. 1 本研究に用いた微生物

本研究に用いた、微生物を含む粒（以下、HA）を写真1に示す。微生物は好気性かつ好アルカリ性の枯草菌の一種（Bacillus 属の一種）である。コンクリート中などの pH=12~13 の強アルカリ環境下でも生存可能であることがわかっている。これと微生物の栄養分となるポリ乳酸を混合し、生分解性プラスチックで被覆して圧縮・固化したものをを用いた。

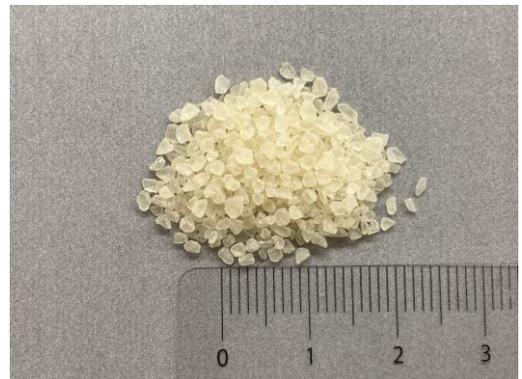


写真1 微生物を含む粒

2. 2 ひび割れ自己治癒の仕組み

以下に、微生物を添加したコンクリートのひび割れ治癒の仕組みを示す。

- (1)コンクリート練り混ぜ時に、任意の量の HA を添加する。
- (2)コンクリート硬化後、微生物を被覆している生分解性プラスチックが、セメント水和物である水酸化カルシウムによって徐々に脆くなる。
- (3)コンクリートのひび割れ発生により、ひび割れ部分に存在する微生物に水分と酸素が供給され、微生物が活性化する。
- (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。
- (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閉塞する。
- (6)ひび割れが閉塞すると、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

- (1)~(6)の過程を経て、ひび割れが治癒する。

表1 使用材料

分類(記号)	使用材料	詳細
水(W)	上水道水	郡山市上水道水
セメント(C)	普通ポルトランド	密度 3.16g/cm^3
細骨材(S)	5号珪砂	絶乾密度 2.62g/cm^3
混和材(HA)	微生物	枯草菌の一種

表2 配合

水準	配合	W/C (%)	単位量(kg/m^3)			HA (kg/m^3 , 外割)
			W	C	S	
1	HA 0	50	225	450	1350	0
2	HA 2.5					2.5
3	HA 5.0					5.0
4	HA 10					10

キーワード 自己治癒, ひび割れ, 微生物, バクテリア, 長寿命化, 通水試験

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. 試験概要

3. 1 使用材料および配合

本試験に用いたモルタルの使用材料を表 1 に、配合を表 2 に示す。HA はモルタル 1m³ 当り 0, 2.5, 5.0, 10.0kg を外割で添加した。

3. 2 試験方法

試験概要を表 3 に示す。φ50×100mm の型枠に、供試体の高さが 50mm となるように打設した。打設後 20°C, 90%(RH)にて湿空養生を 2 日間行い、脱型した。その後、材齢 28 日まで標準水中養生を行った。次の、20°C, 50%(RH)にて行った 7 日間の気中養生期間中に、以下に示す通水試験用供試体作製を行った。標準水中養生後、20°C, 50%(RH)に 1 日置いた。透明の梱包用テープを供試体側面に 1 周巻き、供試体を割裂してひび割れとした。その後、打設時に用いた型枠に供試体を戻した。シーリング材を用いてひび割れ以外からの漏水を防止した。シーリング材を乾燥させるため、20°C, 50%(RH)に 1 日置いた。通水試験開始の前日に、供試体下面のひび割れ部分の中央一点をクラックスケールで測定した。試験サイクルは、試験 1 日、標準水中養生 3 日、気中養生[37°C, 90%(RH)]3 日を 1 週とした。

供試体をスタンドにより鉛直に設置し、その下に水受け、電子てんびんを設置した。試験時間は 3 分とし、時間計測開始とともに供試体上面に 100mL の水を流し込んだ。3 分後、供試体上面からひび割れを通じて下面より滴下した水量(通水量)を記録した。また、ひび割れ部分からの水のしん出の有無の確認も行った。

4. 試験結果

通水量の変化を図 1 に示す。5 週の時点で HA5.0, 10 のすべての供試体でひび割れ面からの水の滴下が確認されなくなった。HA2.5 は 8 週で滴下しなくなり、HA0 は 10 週も滴下した。

完治率(ひび割れからの水のしん出が確認されなかった、すなわちひび割れが完全に治癒した、供試体の割合)の変化を図 2 に示す。HA5.0, 10 の供試体においてそれぞれ 4 週, 3 週の時点でひび割れが完治した供試体を確認され始め、7 週, 6 週でそれぞれ全供試体のひび割れが完治した。

5. まとめ

特定の微生物を添加したモルタルを用いた通水試験により得られた知見を以下に示す。

- (1)どの配合も試験サイクルの増加とともに通水量が減少した。
- (2)ひび割れを完治させるためには、微生物を 5.0kg/m³ 以上添加する必要がある。
- (3)HA5.0, 10 の間には自己治癒性能に大きな違いがなかったことから、コストを考慮すれば、微生物を 5.0kg/m³ 添加するのが最適である。

参考文献

- 1)大橋英紀, 川崎浩長, PAREEK Sanjay, JONKERS Henk : 微生物を添加した自己治癒コンクリートのひび割れ閉塞に関する基礎的検討, 令和 2 年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会, V-80, 2020

表3 試験概要

試験名	概要
通水試験	供試体寸法：φ50×50mm 供試体数：1配合当り6体 工程：湿空養生2日， 標準水中養生26日， 気中養生7日， 試験開始 1週：試験1日， 標準水中養生3日， 気中養生3日 試験材齢：1~10週（毎週） 測定項目：ひび割れからの通水量の変化

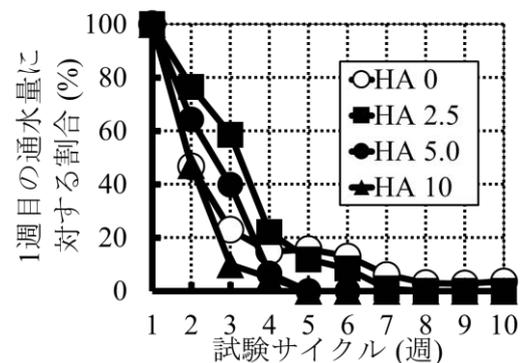


図1 通水量の変化

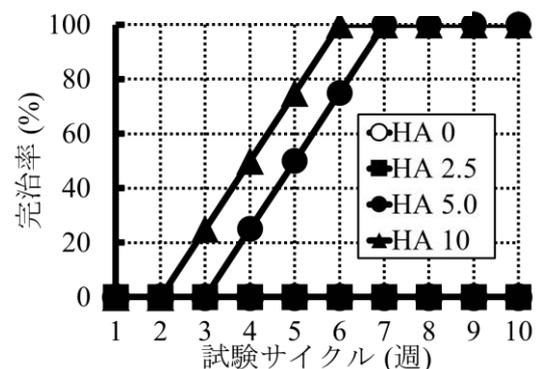


図2 完治率