

ひび割れを治癒する自己治癒コンクリートの微生物添加量に関する一考察

戸田建設株式会社 正会員 ○大橋 英紀 正会員 守屋 健一 正会員 田中 徹
 日本大学大学院 学生会員 川崎 浩長
 日本大学 非会員 Sanjay PAREEK

1. はじめに

コンクリート構造物のひび割れ補修工法に関して、様々な研究・開発が進められている。筆者らは、微生物を添加した自己治癒コンクリートを用いて、コンクリートのひび割れを閉塞し、水密性を回復することを目的に各種検討を実施してきた。

本研究では、コンクリート内部での安定性や製造コスト等について改良した微生物とポリ乳酸を混合した粉体を使用し、モルタルの通水試験を実施することにより、ひび割れ閉塞に適切な添加量に関する検討を行った。



写真-1 微生物を含む粉体 (HAA)

2. モルタルを用いた通水試験

2. 1 試験概要

本試験に用いた微生物は、好気性かつ好アルカリ性の微生物である枯草菌 (Bacillus 属の一種) の一種である。これに生分解性プラスチックであるポリ乳酸を混合した粉体 (HAA) を使用した (写真-1)。HAA の密度は $1.0 \sim 1.5 \text{g/cm}^3$ である。

コンクリートにひび割れが発生し水分が供給されると、ポリ乳酸が加水分解により乳酸カルシウムに分解される。また、水分の供給により、微生物の活動が活発になる。微生物は乳酸カルシウムを分解し炭酸カルシウム、二酸化炭素、水を排出する。生成した炭酸カルシウムにより、コンクリート中のひび割れを閉塞させることができる。

本研究では、HAA の添加量を変化させたモルタル試験体を用いて通水試験を実施した。また比較として、ひび割れ閉塞効果のある天然無機質シリカ系躯体防水混和材 (BE) を添加した場合についても試験を実施した。

2. 2 使用材料および配合

表-1 に本試験に用いたモルタルの使用材料、表-2 に配合を示す。また、表-3 に試験項目を示す。

本試験においては、 $W/C=50\%$ 、細骨材セメント比3 (質量比) のモルタルを用いた。HAA の添加量はモルタル 1m^3 当り 0, 2.5, 5.0, 10.0kg (外割) とした。

2. 3 通水試験方法

図-1 に通水試験に用いた試験体作製方法の概要を示す。

$\phi 50\text{mm}$ 高さ 100mm のプラスチック製型枠に、高さ 50mm となるようにモルタルを打設した。打設後 $20^\circ\text{C}90\% \text{RH}$ にて2日湿空養生し、脱型した。その後、材齢28日まで標準水中養生を行い、通水試験に用いる試験体作製を行った。

試験体は、全自動圧縮試験機により割裂しひび割れを導入した。その後、割裂した試験体を打込み時と同じ向きで型枠に戻した。ひび割れ部分以外からの漏水を防止するためにシーリングを行い、材齢36日より試験を開始した。

表-1 使用材料

分類 (記号)	使用材料
水 (W)	上水道水 (福島県郡山市)
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 (HAA)	微生物 (枯草菌の一種), ポリ乳酸
混和材 (BE)	天然無機質シリカ系躯体防水混和材 主成分: 二酸化ケイ素

表-2 配合

No.	配合名	W/C (%)	単用量 (kg/m^3)			HAA (外割) (kg/m^3)	BE (S置換) (kg/m^3)
			W	C	S		
1	HAA0.0	50	243	486	1458	0.0	—
2	HAA2.5					2.5	—
3	HAA5.0					5.0	—
4	HAA10.0					10.0	—
5	BE7.0	50	243	486	1429	—	34.0

表-3 試験項目

試験項目	試験方法	詳細
フロー	JIS R 5201	—
空気量	JIS A 1128	—
圧縮強度	JIS A 1108	標準水中養生
通水試験	—	本文に記載

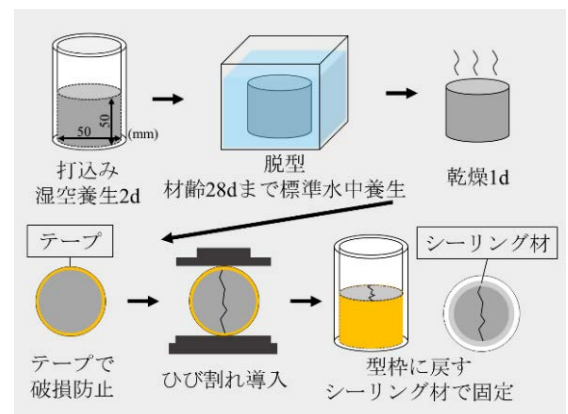


図-1 通水試験用の試験体作製方法

キーワード 自己治癒, 微生物, ひび割れ

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-9-1 戸田建設 (株) 技術研究所 TEL03-3535-2641

試験体のひび割れ幅は 0.05~0.23mm の間で分布した。試験体数は導入したひび割れの幅のばらつきを考慮し、1 配合あたり 8 体とした。

通水試験は、試験体上面に約 100ml の水を注水し、3 分後に下面より滴下した水量を通水量とし、計測した。

また、注水 3 分後、試験体下面において水がにじみ出るかどうかについても確認した。

試験サイクル (週) は、通水試験 1 日、標準水中養生 3 日、気中養生 [37°C90%RH]3 日とした。

3. 試験結果

表-4 に HAA を添加したモルタルのフレッシュ性状および圧縮強度を示す。

HAA を添加することによるモルタルのフローおよび空気量への影響は小さかった。HAA0.0 と比較すると、BE7.0 は空気量が低くなる結果となった。HAA の添加の有無に関わらず、圧縮強度は同等程度であった。また、HAA0.0 と比較して、BE7.0 の圧縮強度は高くなった。

写真-2 に通水試験の実施状況を示す。

図-2 に、1 週目の通水量に対する各週の通水量の割合を平均したものを通水率として、試験サイクル (週) の経過に伴う通水量の変化を示す。

HAA や BE の添加の有無やひび割れ幅の大小に関わらず、通水量の減少が確認できた。

HAA5.0, HAA10.0, BE7.0 では、すべての試験体で試験開始 6~9 週後に、下面からの水の滴下が確認されなくなった。試験開始後 14 週における通水率は HAA0.0 で 11.0%, HAA2.5 で 0.4% であった。HAA0.0 の通水量の減少については、未水和セメントの反応によるものと考えられる。

図-3 に、ひび割れが完全に閉塞した試験体数について確認した結果を示す。

注水 3 分後においても試験体下面から水がにじみ出なかった試験体を、ひび割れが完全に閉塞した試験体と定義した。

HAA10.0 は試験開始 6 週後にひび割れが完全に閉塞した試験体が確認され始め、試験開始 13 週後にすべての試験体のひび割れ閉塞が確認できた。HAA0.0, HAA2.5, HAA5.0, BE7.0 の場合は、試験開始 7 週後からひび割れが完全に閉塞した試験体を確認され始めたが、試験開始後 14 週の時点においても、ひび割れが閉塞しない試験体を確認された。

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。

- HAA の添加によるフレッシュ性状への影響は認められなかった。
- HAA の添加により、モルタルのひび割れ自己治癒性能は向上した。
- HAA10.0 の場合は、試験開始後 13 週ですべての試験体のひび割れ閉塞が確認できた一方、HAA0.0, HAA2.5, HAA5.0, BE7.0 の場合は、試験開始後 14 週の時点においても、ひび割れが閉塞しない試験体を確認された。今後も、微生物を添加した自己治癒コンクリートの現場適用に関する検討を実施する予定である。

謝辞：本研究の実施に際して、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。

参考文献

- 1) 川崎浩長, 大橋英紀, Henk JONKERS, Sanjay PAREEK : 微生物を利用した自己治癒コンクリートの最適な調査に関する実験的検討 コンクリート工学年次論文集 Vol.43 No.1 pp.947-952 2021

表-4 試験結果

配合	フロー(mm)		空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
	測定値	平均値		
HAA0.0	126×129	128	8.2	37.5
HAA2.5	139×135	137	8.4	37.1
HAA5.0	137×140	138	6.5	39.8
HAA10.0	138×138	138	7.8	37.8
BE7.0	131×137	134	5.5	43.4



写真-2 通水試験状況

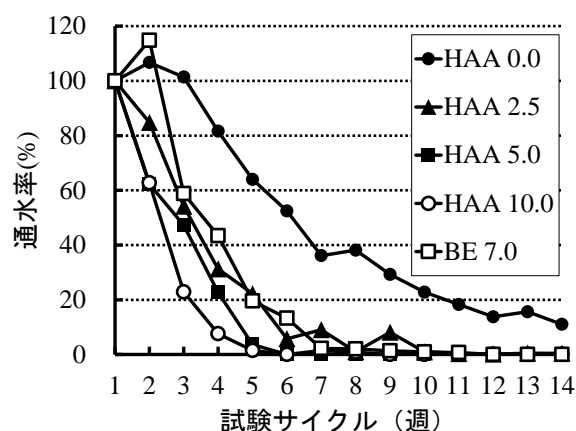


図-2 通水試験結果

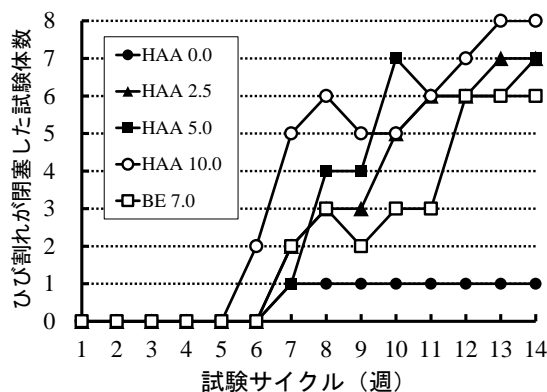


図-3 ひび割れが閉塞した試験体数