

## 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

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 奥村 正樹 正会員 田中 徹

日本大学 非会員 Sanjay Pareek デルフト工科大学 非会員 Henk Jonkers

## 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、微生物を用いた自己治癒コンクリートに関する研究を行い、モルタルを用いた通水試験を実施し、ひび割れ閉塞の効果を確認している。

本研究では、微生物を用いた自己治癒コンクリートの現場適用に向けて、自己治癒コンクリートの強度・耐久性を確認した結果について報告する。また、実構造物への適用を行い、打設後6ヶ月に測定した表層品質試験の結果についても報告する。

## 2. 室内試験による検討

## 2.1 使用材料および配合

表-1 に本試験に用いたコンクリートの使用材料、表-2 に配合を示す。

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。これに乳酸カルシウムを混合し練混ぜ、生分解性プラスチックで被覆し、固化したものである (写真-1)。

微生物はコンクリート中などの pH=12~13 の強アルカリ環境下で生存可能であり、0~80°C の温度に耐えられることを確認している。密度は 1.0~1.5g/cm<sup>3</sup> である。

自己治癒コンクリートの配合は、W/C=55.4% (設計基準強度 21N/mm<sup>2</sup>)、スランプ 18cm であり、微生物は 1m<sup>3</sup> 当り外割で 5.0kg/m<sup>3</sup> 添加した。また、比較として微生物を無添加 (普通コンクリート) についても検討を行った。

## 2.2 試験概要

表-3 に試験項目を示す。

本試験において、微生物を添加することによるコンクリートの強度・耐久性への影響を検討するため、圧縮強度試験、長さ変化試験および、促進中性化試験を実施した。

## 2.3 試験結果

表-4 にフレッシュコンクリート試験結果および圧縮強度試験結果を示す。

微生物を添加することによるスランプ・スランプフロー・空気量への影響は認められなかった。

自己治癒コンクリートは普通コンクリートと比較して、圧縮強度は同程度であったが、静弾性係数は小さくなった。

図-1 に長さ変化試験の結果を示す。

長さ変化率は、自己治癒コンクリートの方が普通コンクリートよりも大きくなった。これは、自己治癒コンクリートの方が、静弾性係数が小さいことが影響していると考えられる<sup>4)</sup>。

表-1 使用材料

分類 (記号)	使用材料
水 (W)	上水道水 (東京都)
セメント(C)	普通ポルトランド (密度 3.16g/cm <sup>3</sup> )
細骨材 1(S1)	砂 (千葉県君津市産, 表乾密度 2.61g/cm <sup>3</sup> )
細骨材 2(S2)	砕砂 (茨城県佐野市産, 表乾密度 2.66g/cm <sup>3</sup> )
粗骨材 1(G1)	碎石 (2005, 北海道北斗市産, 表乾密度 2.70g/cm <sup>3</sup> )
粗骨材 2(G2)	碎石 (2005, 埼玉県秩父郡横瀬町産, 表乾密度 2.70g/cm <sup>3</sup> )
混和剤(Ad)	高性能 AE 減水剤, 遅延形
微生物(Ba)	微生物 (枯草菌の一種)

表-2 配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							微生物 (kg/m <sup>3</sup> )
			W	C	S1	S2	G1	G2	AD1	
普通	55.4	48.6	173	313	611	261	664	284	3.76	0.0
自己治癒	55.4	48.6	173	313	611	261	664	284	3.76	5.0



写真-1 本研究に用いた微生物  
表-3 試験項目

試験項目	試験方法	詳細
スランプ	JIS A 1101	目標スランプ : 18±2.5cm
空気量	JIS A 1128	目標空気量 : 4.5±1.5%
コンクリート温度	JIS A 1156	目標温度 : 20°C
圧縮強度	JIS A 1108	標準水中養生
静弾性係数	JIS A 1149	-
長さ変化	JIS A 1129	-
促進中性化	JIS A 1153	-

表-4 試験結果 (室内)

配合	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
普通	18.0	33.5×32.5	5.4	23	37.0	30.1
自己治癒	18.0	33.0×32.0	5.5	24	37.5	27.3

キーワード 自己治癒, 微生物, 耐久性, 表層品質

連絡先 〒104-0031 東京都中央区京橋 1-18-1 戸田建設 (株) 技術開発センター TEL03-3535-2641

図-2 に促進中性化試験の結果を示す。

自己治癒コンクリートおよび普通コンクリートの中性化速度係数 (mm/√週) は、4.13 および 4.14 となり、中性化に対する抵抗性は同等であった。

3. 現場適用

現場適用箇所は高さ 1200mm (埋戻し後、高さ 300mm)、幅 200mm の擁壁であり、コンクリートポンプ車を使用して打設した (写真-2)。自己治癒コンクリートは、プラント敷地内にて普通コンクリート製造後、アジテータ車に微生物を投入し、攪拌することにより製造した。

表-6 に実施工におけるフレッシュコンクリート試験結果および圧縮強度試験結果を示す。

自己治癒コンクリートは、空気量 4.5±1.5%、スランプ 18±2.5cm の範囲内で管理することができた。材齢 28 日の圧縮強度は、いずれも設計基準強度を満足した。また、自己治癒コンクリートの施工性は良好であり、普通コンクリート同様に打設できることを確認できた。

自己治癒コンクリートおよび普通コンクリートの表層透気試験 (TORRENT 法)<sup>5)</sup>、表面吸水試験 (SWAT)<sup>6)</sup> およびテストハンマーによるコンクリート構造物の圧縮強度測定 (JSCE-G504 準拠) を、打設後 26 週で実施した。測定箇所は、埋戻し後擁壁の天端から 15cm の箇所を 2m 間隔で、各 4 点ずつ測定した。

表-7 に測定結果を示す。

透気係数 kT は、自己治癒コンクリートで 0.46~0.68×10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup>、普通コンクリートで 0.50~0.56×10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup> となり、評価は「一般」であった。表面吸水速度 p<sub>600</sub> は、自己治癒コンクリートで 0.137~0.406ml/m<sup>2</sup>/s、普通コンクリートで 0.163~0.358ml/m<sup>2</sup>/s となり、評価は「一般」および「良」であった。なお、測定箇所のコンクリートの表面含水率は、3.7~4.5%であった。

また、シュミットハンマーによる強度推定の結果、自己治癒コンクリートと普通コンクリートで推定強度の違いは見られなかった。

これらの結果より、自己治癒コンクリートの表層品質は、普通コンクリートと変わらないことが確認できた。

4. まとめ

本研究において得られた知見を以下に示す。

- ・室内試験において、微生物の添加による、フレッシュ性状・中性化抵抗性への影響は認められなかった。
- ・長さ変化は、普通コンクリートよりも自己治癒コンクリートの方が大きくなる結果となった。
- ・実構造物に自己治癒コンクリートを適用した結果、表層品質は普通コンクリートと変わらないことを確認した。

今後も継続して、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。

参考文献

- 1) 大橋英紀, 川崎浩長, Henk JONKERS, Sanjay PAREEK : 微生物を利用した自己治癒コンクリートのひび割れ閉塞工法に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, pp.1282-1287, 2020
- 2) 片平博, 渡辺博志 : コンクリートの乾燥収縮率を推定するための簡易評価指標に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集 Vol.32, No.1, pp.467-472,2010
- 3) R.J.Torrent : A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site, Material and Structures, 25,pp.358-365,1
- 4) 林和彦, 細田暁 : コンクリート実構造物に適用できる表面吸水試験方法の開発, コンクリート工学年次論文集 Vol.33, No.1, pp.1769-1774,2011

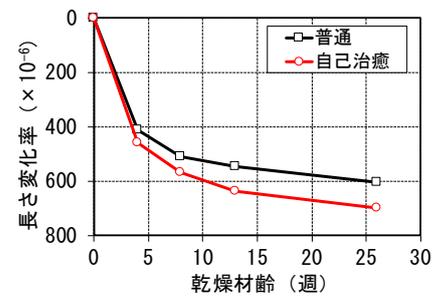


図-1 長さ変化試験結果

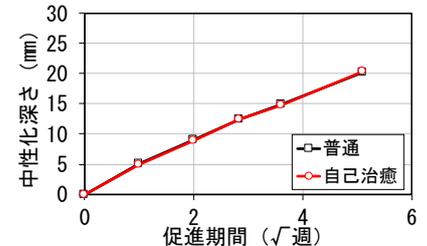


図-2 促進中性化試験結果



写真-2 埋戻し後の自己治癒コンクリート

表-6 試験結果 (実施工)

配合名	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度(°C)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	
				材齢 7 日	材齢 28 日
普通	18.0	4.6	29	24.2	35.6
自己治癒	18.5	3.5	29	24.2	31.6

表-7 表層品質試験測定結果

測定箇所	自己治癒					普通		
	1	2	3	4	5	6	7	8
含水率 (%)	4.0	3.7	4.2	4.3	4.3	4.3	4.1	4.5
トレント法透気係数 kT (×10 <sup>-16</sup> m <sup>2</sup> )	0.46	0.55	0.68	0.62	0.56	0.53	0.50	0.53
評価	一般							
表面吸水速度 p <sub>600</sub> (ml/m <sup>2</sup> /s)	0.137	0.406	0.278	0.349	0.311	0.358	0.260	0.163
評価	良	一般	一般	一般	一般	一般	一般	良
推定強度 (N/mm <sup>2</sup> )	28.2	29.9	29.4	31.0	31.8	30.5	31.8	32.3