

微生物を用いた吹付けコンクリートの自己治癒効果に関する検討

戸田建設株式会社 正会員 ○岡田 裕平 正会員 守屋 健一
正会員 大橋 英紀 正会員 田中 徹
日本大学 学生会員 川崎 浩長 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方法に関して、様々な検討や研究・開発が進められており、筆者らは、トンネルなどの供用後の補修が困難な構造物への適用を視野に入れ、微生物の働きによりひび割れを自己治癒する工法について検討している¹⁾。

本稿では、模擬トンネルを用いた吹付け試験を行い、微生物を添加したベースコンクリートに急結剤を添加した吹付けコンクリートの急結性状、強度発現性および自己治癒効果を確認した。また、急結剤の種類による微生物への影響を確認するため、粉体系および液体系の急結剤を使用した。

2. 試験概要

2. 1 使用材料および配合

表－1に使用材料、表－2に試験に用いたコンクリートを示す。

本研究に用いた自己治癒材（HA）は、微生物に生分解性プラスチックであるポリ乳酸を混合したものである。微生物は、好気性かつ好アルカリ性の枯草菌の一種である。

2. 2 試験項目および試験方法

表－3に試験項目および試験方法を示す。

表－1 使用材料

分類(記号)	種類
セメント(C)	普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm ³ ）
細骨材(S)	新潟県姫川産砕砂（表乾密度 2.61g/cm ³ ）
粗骨材(G)	新潟県姫川産砕石（表乾密度 2.66g/cm ³ ）
粉体系急結剤(P)	カルシウムアルミネート系粉体急結剤
液体系急結剤(L)	酸性液体急結剤
	カルシウムアルミネート系粉体助剤
自己治癒材(HA)	微生物（枯草菌の一種）、ポリ乳酸

表－2 試験に用いたコンクリート

記号	急結剤	W/C (%)	単位量 (kg/m³)					HA (kg/m³)	SL (cm)	圧縮強度 (N/mm²)	
			W	C	S	G	Ad			ベース	吹付け
P-0.0	P	60.0	216	360	1049	718	—	5.0	15.0	36.3	37.7
P-5.0							—		13.5	36.6	36.6
L-5.0	L	50.0	200	400	1089	683	4.0		22.0	43.2	36.9

モルタル試験では、急結性状の確認として、室内での凝結試験を実施した。なお、モルタル試験には、表－2に示すコンクリートから粗骨材を抜いた配合を用いた。

コンクリート試験では、圧縮強度試験にてベースコンクリートおよび吹付けコンクリートの強度を確認し、自己治癒効果の確認は、通水試験にて行った。なお、使用する試験体は、模擬トンネルを用いた吹付け試験にて作製した。

表－3 試験項目および試験方法

試験項目		試験方法
モルタル試験	凝結試験 (プロクター貫入抵抗)	試験方法：JSCE-D 102 を参考に湿式練りで実施 試験条件：環境温度=20℃
	圧縮強度 (ベースコンクリート)	強度試験：JIS A 1108 に準拠 試験体寸法：φ100mm×h200mm（3本/材齢） 測定材齢：28日（標準養生：20℃水中）
コンクリート試験	圧縮強度 (吹付けコンクリート)	コア強度：JIS A 1107 に準拠 コア寸法：φ50mm×h100mm（3本/材齢） 測定材齢：28日（吹付け後室温で約3日間気中養生し、コアを採取後材齢まで標準養生）
	自己治癒効果確認 (通水試験)	試験体作製：JSCE-F 561 に準拠し、パネル型枠に吹付けて作製 コア寸法：φ100mm×h200mm（4本/配合） 工程：気中養生3日後コア削孔、湿空養生25日、気中養生28日後に通水試験開始 《通水試験》 養生条件：温度 20℃、常時通水（図－2 参照） 試験間隔：7日ごとに実施

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



ひび割れ導入



通水試験用試験体

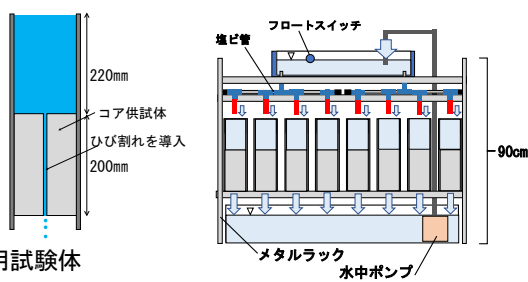


図-2 常時通水用架台

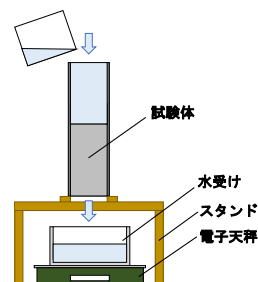


図-3 通水試験方法

ベースコンクリートはプラントで製造し、一般に用いられるコンクリートポンプ、吹付けロボットおよび急結剤添加装置を用いて、コンクリートの吐出量を $10\text{m}^3/\text{hr}$ 一定となるように吹付けた。

図-1に通水試験用試験体概要、図-2に常時通水用架台図、図-3に通水試験方法を示す。

通水試験用試験体は、採取したコア試験体を塩ビパイプに挿入し、圧縮試験機で割裂することによりひび割れを導入した後、隙間をシーリング材で閉塞した。なお、ひび割れ幅は、試験体上下面の3点を測定した平均値とし、平均ひび割れ幅は $0.27\sim 0.78\text{mm}$ の間に分布した。

常時通水は、1時間ごとに上面より給水し、ひび割れ面が乾燥しないよう養生した。

自己治癒効果確認試験は、導入したひび割れからの通水量を測定し、試験開始時 (0W) の通水量を 100% とした時の変化率で評価した。通水量は、試験体の下に水受けを設置した後、試験体上面に約 1700mL の上水道水を注水し、3分間でひび割れを通過する水量を記録した。

3. 試験結果

図-4に経過時間と貫入抵抗値の関係を示す。

急結性状は、急結剤の種類による影響が大きく、HA による影響は見られなかった。

ベースコンクリートおよび吹付けコンクリートの圧縮強度は、粉体系急結剤を使用した場合、HAの有無に関わらず同程度となった。液体系急結剤を使用した場合、ベースコンクリートと吹付けコンクリートの圧縮強度に差が見られた。これは、液体系急結剤を使用したことで水セメント比が上昇した影響と考えられる。

図-5に通水試験結果を示す。

通水試験は、試験開始 1W で通水量が大きく減少した。1W の減少率が同程度であった P-0.0 と L-5.0 を比べると、L-5.0 には通水量の継続的な減少が見られた。急結剤の種類が異なるため純粋な比較はできないが、これは、HA によるひび割れ閉塞効果と考えられる。一方、P-5.0 においては、試験開始 1W での通水量の減少が大きかったため、それ以降の変化から HA による効果を確認できなかった。

4. まとめ

本試験の範囲内において得られた知見を以下に示す。

- (1) 粉体系および液体系の急結剤を使用したモルタルの急結性状には、HA による影響が見られなかった。
- (2) コア試験体による吹付けコンクリートの圧縮強度は、HA の有無に関わらず同程度であった。
- (3) 粉体系急結剤を使用した配合では、通水試験開始 1W で、通水量の変化率が大きく減少した。

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合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

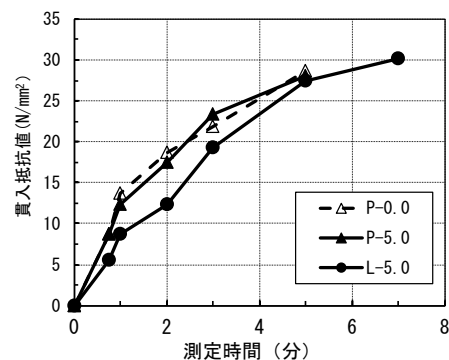


図-4 経過時間と貫入抵抗値の関係

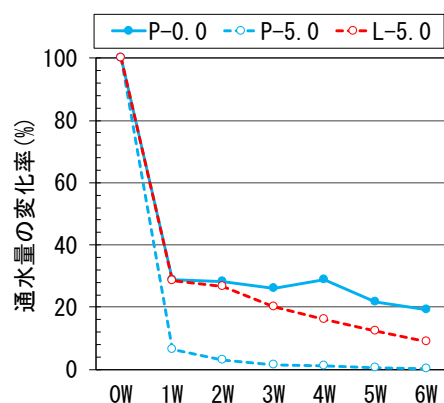


図-5 通水試験結果