

# 自己治癒材料を用いた新たな箱型トンネル漏水補修工法の検討 その2

東京地下鉄(株) 正会員 ○村上 哲哉, 非会員 鈴木 拓  
 (株)SERIC JAPAN 正会員 安 台浩  
 (株)CORE 技術研究所 正会員 橋本 達朗, 小椋 紀彦  
 東京大学生産技術研究所 フェロー会員 岸 利治

## 1. はじめに

東京地下鉄株式会社(以下、「東京メトロ」)では、これまで東京大学生産技術研究所で開発が進められてきたひび割れ自己治癒材料を用いた新規補修材料の開発を積極的に実施してきた。昨年度は、第一段階として、東京メトロでの通常の漏水補修方法である、薬液注入とVカット工法での導入を目指し、従来使用されてきた漏水補修材料である急結材と止水材に混入した新たな補修材料を開発し、自己治癒機能を有する補修材料が東京メトロ環境下において有効であることを確認した。

そこで、今年度は最終段階として、新たに自己治癒機能を有する2種類の断面修復材料の開発を行い、室内試験および現地試験施工からその有効性を検討した。

## 2. 検討概要

### 2.1 自己治癒材料

自己治癒材料にはCSA系膨張材、ジオマテリアル、炭酸基系化学添加材を使用している。図-1にひび割れ自己治癒技術の材料設計概念を示す<sup>1)</sup>。これは、主原料の普通ポルトランドセメントに対するそれぞれの材料が担う機能を示している。

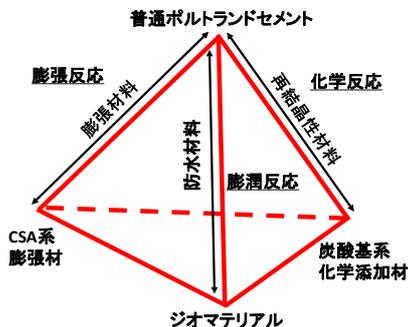


図-1 ひび割れ自己治癒材料の設計概念<sup>1)</sup>

### 2.2 室内試験

東京メトロ環境下で使用されている断面修復材料に求められる性能として現場施工時間の制約上施工後から初電通過に影響がなく、かつ補修後は長期的な耐久

性を有することが望まれる。今回新たに開発した2種類の断面修復材料に対して早期強度発現性、物質移動抵抗性、自己治癒性(再びひび割れに対する止水性能)に着目し土木学会や他機関での試験に基づいて各種性能の確認を行った。また、実現場においても適用可能な材料かを判断するため、従来材料との比較を基本とした。表-1に今回実施した室内試験の項目を示す。

表-1 室内試験項目一覧

試験項目	引用規格	メトロ規格
硬化時間試験	JIS R 5201	—
圧縮・曲げ強度試験	JIS R 5201	有り
付着強度試験	建研式	有り
塩分浸漬試験	JSCE-K 571	—
促進中性化試験	JIS A 1153	—
通水試験	—	—

各補修材料による再びひび割れに対する止水性を評価するために通水試験を行った。

使用する供試体は0.2mm幅のひび割れを模擬した円柱供試体に対して東京メトロで実施している止水工法を施工したものであり、補修材料のみを今回開発した断面修復材料に変更したものである。通水試験は補修後漏水等が無いことを確認した後に再度割裂しひび割れを導入し再漏水を生じさせた供試体に対して実施し、通水量の継時的な変化から評価を行うものである。

### 2.3 現地試験施工

現地試験施工は、新規の漏水発生箇所を対象に、急結材、断面修復材に自己治癒材料を添加した自己治癒型(止水工①②)の2パターンで実施した。

東京メトロの漏水補修工では薬液注入工後に再漏水に対する抵抗性を高めるため、水膨張性ゴムをひび割れに沿って設置するのが標準である。そこで、自己治癒型では、これら水膨張性ゴムの役割を自己治癒性能で置き換えられると考え、水膨張性ゴムの使用の有無を1

キーワード ひび割れ, 自己治癒, 止水材料, 地下トンネル構造物, 断面修復材料

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野3丁目19番6号 東京地下鉄株式会社 TEL: 03-3837-7264

表-2 試験施工一覧

施工方法		止水材	急結材	水膨張性ゴム	断面修復材
自己治癒型	止水工①	従来品 ウルタ系	自己治癒入り	無し	自己治癒 -M
	止水工②	従来品 ウルタ系	自己治癒入り	無し	自己治癒 -ML

表-3 室内試験結果一覧

項目	材齢	従来品	自己治癒 -M	自己治癒 -ML	メトロ 基準
比重 (g/cm <sup>3</sup> )	-	1.30	2.07	1.62	-
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	1時間	5.53	6.92	6.87	-
	3時間	9.57	14.61	14.61	-
	1日	12.28	17.65	18.70	-
	7日	19.41	26.08	24.04	16.0以上
	14日	21.36	27.52	28.63	-
曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	1時間	0.50	0.57	0.50	-
	3時間	1.58	1.80	1.59	-
	1日	2.71	2.66	2.33	-
	7日	3.92	4.12	4.14	4.0以上
	14日	3.94	4.39	4.18	-
付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	1日	2.50	2.27	1.52	0.6以上
	7日	2.65	2.25	1.88	1.6以上
	28日	2.80	2.60	2.20	2.0以上
硬化時間		2h15m	4h30m	1h30m	-
塩分浸透深さ		36.1mm	15.1mm	19.1mm	-
中性化深さ		16.3mm	1.4mm	1.4mm	-

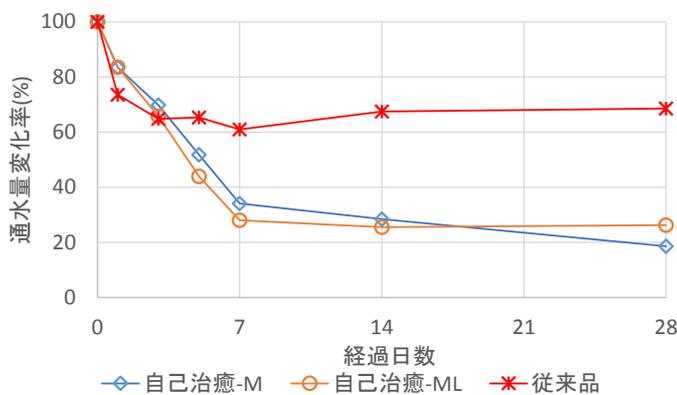
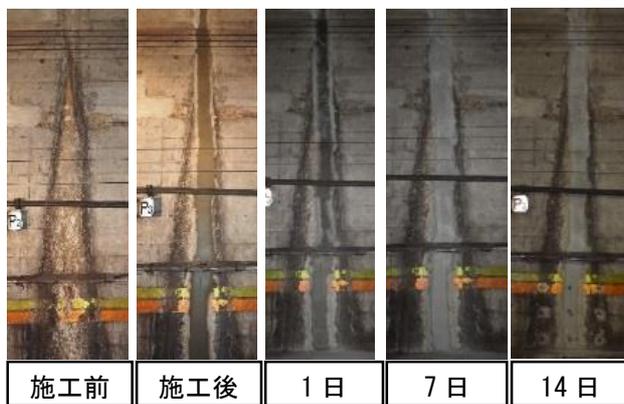


図-2 通水試験結果



止水工 1

図-3 試験施工結果

つのパラメータとして、表-2 に示す各検討工法の詳細を決定した。

### 3. 室内試験結果

室内試験の結果一覧を表-3に示す。硬化時間の測定結果より、自己治癒-MLは硬化時間が早い結果となったが、自己治癒-Mは4時間と遅く改良が必要である。各種強度試験の結果より、今回検討を行った自己治癒-M、-MLは東京メトロの基準を全て満たす結果となった。

また、初期の強度は従来品と同程度であるが28日強度は1.4倍程度高くなる傾向を示した。また、物質移動抵抗性は従来品と比較して塩分浸透深さは50%程度、中性化深さに関しては1/10程度と従来品と比べて高い物質移動抵抗性を有しているのを確認した。次に通水試験の結果(図-2)より、試験5日目より両者に差が生じ始め自己治癒-M、-MLにおいては漏水量の継時的な低減が確認できたが、従来品では漏水量の低減が止まりそれ以降も変化は見られなかった。最終的には自己治癒-M、-MLにおいて試験28日目で約75%程度通水量変化率が低下しているのが確認でき、再びび割れに対する高い止水性を有しているのを確認した。

### 4. 現地試験施工結果

試験施工の結果を図-3に示す。自己治癒材料を使用した止水工1、2において、工程通り作業を完了することができ、現場で問題なく使用できることを確認した。今回試験施工を実施した各工法による差異や自己治癒材料の有無による止水効果、各材料における長期的な安定性を評価するために、今後もモニタリングを継続的に実施し検討を行っていく予定である。

### 5. まとめ

新たに開発した自己治癒-M、-MLにおいて室内試験および現地試験施工を実施した結果、自己治癒材料を用いた断面修復材料はメトロの規定する強度基準を満たしており従来品と比較しても早期強度発現性、物質移動抵抗性、自己治癒性に優れていることを確認した。

また、現地試験施工の結果よりどちらの材料も問題なく施工ができた。以上より、室内試験および現地試験施工より、今回検討を行った断面修復材料は東京メトロ環境下において有効であることを確認した。

### 参考文献

1) Tae-Ho Ahn et al.: Crack Self-Healing Behavior of Cementitious Composites Incorporating Various Mineral Admixture, ACT, Vol.8, No.2, pp.171-186, Jun. 2010