

自己治癒補修材料を用いた地下鉄トンネルの漏水補修工法・材料の検討

東京地下鉄(株) ○正会員 村上 哲哉 非会員 大泉政彦 正会員 諸橋 由治
 東京大学生産技術研究所 正会員 安 台浩 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」)は、現在 9 路線、約 195km の構造物を維持管理しており、そのうち約 80%がトンネル構造物である。トンネル区間の多くは都心に位置しており、トンネルが河川・運河・埋立地の下、もしくは近接している箇所が 75 区間存在している。この 75 区間のうち 49 区間が箱型トンネル(開削工法および潜函工法)、29 区間がシールドトンネルを含む区間である(両方を含むが3区間)。

一部の区間で、トンネル内への漏水が顕在化(図-1(a))しており東京メトロでは、毎年多くの費用をかけて止水対策を実施している。しかし、一度補修した箇所からの再漏水(図-1(b))も多く、長期的に維持管理を実施していくに当たり新たな止水材料、止水工法の開発が急務であると考えられる。

そこで、現在東京大学で研究が進められ現場等においても一定の止水効果が確認されているひび割れ自己治癒材料^{1), 2), 3)}をメトロ環境に適用できないかと考え、実現場においてひび割れ漏水止水試験施工を実施した。

ひび割れ自己治癒材料は一度生じたひび割れに対して水分の供給によりひび割れ部に結晶を生成することでひび割れ部を閉塞させる材料であり、補修後の再漏水に対して有効性が高いと考えられる。



(a) 新規漏水箇所

(b) 再漏水箇所

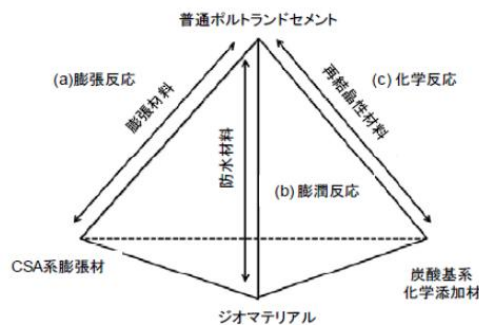
図-1 漏水状況

2. 試験施工概要

2.1 使用材料

今回使用した自己治癒材料は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。

CSA 系膨張材は、水和反応によりエトリンガイト($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$)を積極的に生成させて膨張を付与する材料であり、一般的に収縮補償やケミカルプレストレス導入の目的で使用されている。ジオマテリアルは、砂、粘土・岩などの自然界に堆積・形成された地盤材料の総称であり、今回の検討では粘土系材料を使用した。炭酸基系化学添加材はひび割れ部において結晶性水和物を生成するために使用した。図-2 にひび割れ自己治癒技術の材料設計概念を示す。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-2 ひび割れ自己治癒材料の設計概念¹⁾

2.2 施工方法

今回の試験施工では漏水量によって 3 種類の工法を採用した。工法は漏水量の多少によって決定した。各補修方法を表-1 に示す。

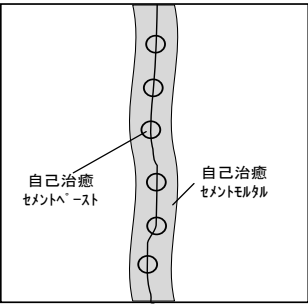
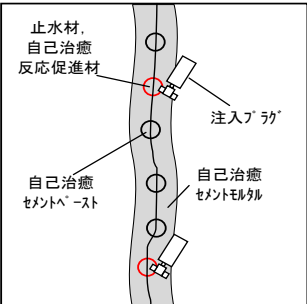
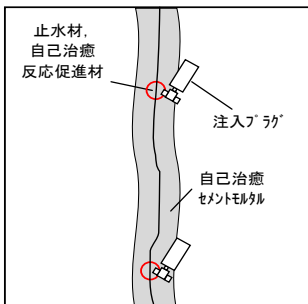
(1) 止水工法①

止水工法①は、ひび割れ部に沿って垂直に $\phi 15\text{mm}$ 程度、深さ 30mm 程度、間隔を 30~50mm でドリル削孔し、削孔内部に自己治癒材料を用いた補修材料を充填していき、最後にひび割れ部を中心に、幅 150mm 程度に自己治癒材料を表面に塗布するものとした。

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

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-1 各種止水工法

分類	止水工法①	止水工法②	止水工法③
漏水量	小	中	大
方法	 ドリル削孔し内部に自己治癒材料を充填，表面部にも塗布	 パターン①に無機系ひび割れ止水材を注入	 パターン②の自己治癒セメントペーストを省略した施工法

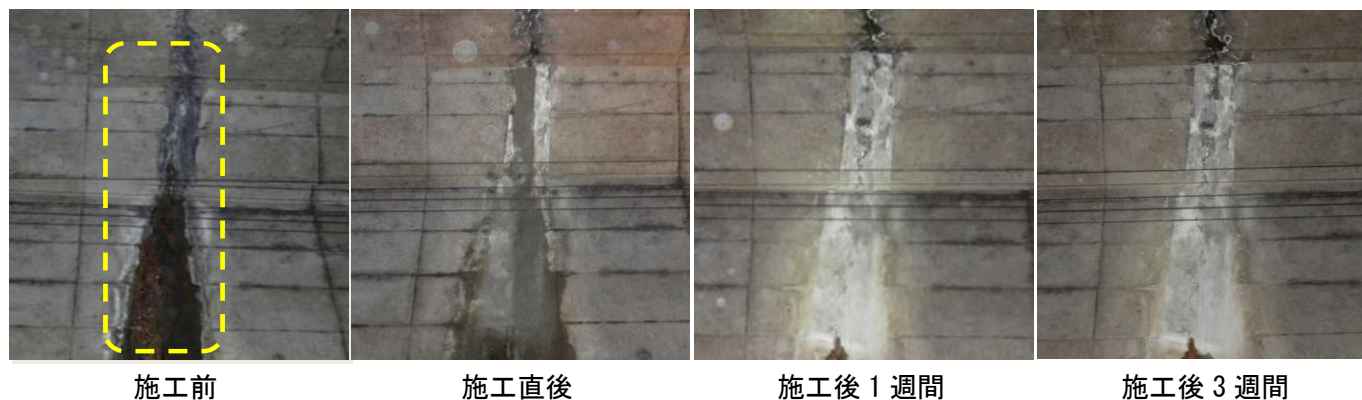


図-3 試験施工結果（止水工法①）

(2) 止水工法②

止水工法②は，止水工法①に無機系ひび割れ止水材を注入して行うものとした。

(3) 止水工法③

止水工法③は，止水工法②のドリル削孔により削孔内部に充填する自己治癒材料を省略して行うものとした。

3. 試験施工結果

試験施工の結果を図-3 に示す。自己治癒材料のみを使用した止水工法①では補修後 1 週間で表面が乾いている状態が確認でき 3 週間後も同様であり止水効果が確認できた。

止水工法②，③においては自己治癒補修材により，施工後 1 週間よりは水滲みが軽減され一定の効果を確認したが，一部から水滲みが再発しており，止水材の注入不足の可能性があった。

4. まとめ

(1) 現在開発された自己治癒材料のみを使用した止水工法①では，ひび割れからの漏水が軽減するのが確認できたため，漏水量の少ない箇所では自己治癒材料のみでも止水効果が期待できると考えられる。

(2) 無機系ひび割れ止水材＋現在開発された自己治癒材料を併用した止水工法②，③では，大量（140/分）の漏水量を止水する効果があることを確認できた。しかし，水圧による注入不良及び材料分離の問題が一部確認されて，注入工法及び材料の改善が必要であることがわかった。

謝辞：The experimental work in this paper was carried out with the financial support by Grants-in-Aid for Young Scientists (A) from JSPS.

参考文献

- 1) 安台浩ほか：無機系ひび割れ自己治癒組成物を用いた効率的な漏水抑制対策に関する検討，セメントコンクリート論文集，No.64, pp477~484,2010
- 2) 森田卓ほか：ひび割れ自己治癒組成物を用いた漏水防止対策に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文集，第 32 巻，pp1577~1582, 2010
- 3) 安台浩ほか：ひび割れ自己治癒技術を応用した無機系ひび割れ補修材料に関する研究，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，11 巻，pp71~78,2011