

開削トンネルにおける止水工法選定の検討

東京地下鉄(株)正会員 ○新田 裕樹, 伊藤 聡, 田口 真澄
 (株)CORE技術研究所 正会員 小椋 紀彦, 小西 雄治
 東京大学 フェロー会員 岸 利治

1. はじめに

東京地下鉄(株)(以下,東京メトロ)では,営業線9路線約195kmのうち,約85%がトンネルであり,隅田川や荒川等の河川下や,東京湾近郊の埋立地に建設されたものもある.特に開削トンネルでは,漏水補修が大きな課題の1つになっている.止水工の方法,使用材料については標準化しているが,補修後数年で再漏水してしまうケースが発生している.

そこで,東京メトロでは,東京大学岸教授を主査に迎え,鉄道総研等の外部有識者を含めた検討会を開催し,止水工に対する要求性能及び要求性能を確認するための試験方法について検討してきた.

2. 止水工の要求性能及び試験方法

止水工等の保守作業は,終電後から始発までの限られた時間内で行わなければならない.したがって,限られた時間内で,確実に止水可能な工法及び材料が求められる.表-1に,止水工の要求性能及び要求性能を確認する試験方法を示す.

要求性能は,必ず満たさなければならない「必須要件」と,必要に応じて満たすべき「特長要件」の2つに区別した.「特長要件」を設けることで,現場状況に応じた工法及び材料を選定可としている.

また,これら要求性能に対し,東京メトロの開削トンネルを想定して,いくつかの要求性能を確認するための試験方法を考案した.本稿では,過年度行われた止水性を確認する通水型止水試験¹⁾²⁾を,より開削トンネル近い条件を模擬して行った試験を紹介する.

3. 通水型止水試験の方法

本試験は,簡易的に室内で止水材料の要求性能である止水性を確認することを目的とし,止水材料が漏水で流されることなく,要求した時間内で止水可能であるかを評価する試験である.試験の手順を下記に示す.

(1)供試体の作成

過年度の室内試験結果¹⁾²⁾との比較を容易にするため,φ100mm×200mmのコンクリート円柱供試体を作製した.コンクリートの配合は,東京地下鉄で建設時に標準とされていたW/C=53%とし配合設計を行った.

次に,供試体を割裂し,0.3mmのスペーサーを配置後バンドで再固定し,水圧を作用させることで,地下鉄の漏水環境を模擬した.(図-1)

(2)止水材の注入及び通水量的確認

止水材注入前後での通水量を比較するために,まず供試体ひび割れ面から流れる通水量の計測を行った.

次に,ひび割れ面に注入プラグを設置し,シーリングを施した後に表-2に示す止水材料を注入した.止水材料注入から24時間後,シーリングを撤去し止水材硬化後の通水量の計測を行った.試験は各止水材料に対して3回異なる供試体を用いて行った.(図-2)

(3)止水材の拡散状況の確認

通水量確認後,コンクリート円柱供試体を再度割裂し,模擬ひび割れ断面内での止水材の拡散状況の目視確認を行った.

表-1 止水工の要求性能及び試験方法

要件	要求性能	内容	試験方法	
必須要件	施工性	き電停止中に所定の作業が完了でき,初電に影響を及ぼさない性能	現地試験施工	
	止水性	トンネル内への水の浸入を阻止する性能	通水型止水試験	
特長要件	耐久性	ひび割れ追従性	季節変化によるひび割れの開閉に止水材料が追従する性能	追従性確認引張試験 ³⁾ ,モニタリング ^{※1)}
		自己治癒性	ひび割れ幅の拡大による再漏水を止水する性能	モニタリング ^{※2)}

※1) 有機系材料を使用する場合

※2) 無機系材料を使用する場合

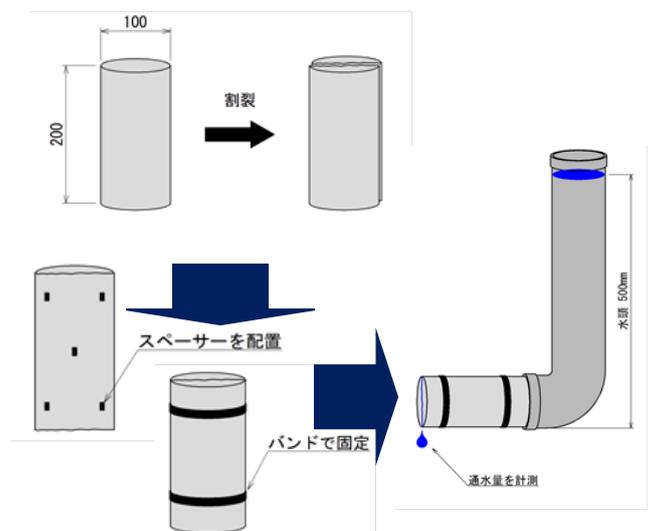


図-1 供試体作成手順

キーワード 開削トンネル, 漏水補修, 止水材料, 止水工法の選定試験

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄(株) 工務部土木課 TEL 03-3837-7264

表-2 止水材一覧

止水材料の特徴			備考
有機系①	ウレタン系	黄色透明	反応後白色
有機系②	アスファルト系	黒色	
無機系①	セメント系	白色	超微粒子セメント
無機系②	セメント系	薄墨色	超微粒子セメント
無機系③	セメント系	灰緑色	自己治癒

表-3 通水型止水試験結果一覧

止水材	通水量 (ℓ / min)		止水割合 (%)
	注入前	注入後	
有機系①	0.689	0.007	99.1
有機系②	0.762	0.095	87.7
無機系①	0.719	0.392	45.4
無機系②	0.684	0.506	25.9
無機系③	0.660	0.070	89.2

4. 通水型止水試験の結果

通水型試験の結果の各止水材における平均値を、表-3 に示す。ここで、止水割合は止水材注入前の通水量に対して止水ができた割合を示す。有機系①、②、無機系③では高い止水効果が確認されたが、無機系①、②では止水効果があまり確認されなかった。

次に、止水材注入後の拡散状況を写真-1~5 に示す。高い止水効果が確認された有機系①、②、無機系③では、上面から下面に広範囲に広がっているのに対し、無機系①、②では材料が下面に集中している様子が確認される。これは、有機系①、②、無機系③が水中不分離性を有しているのに対し、無機系①、②は水中で材料が分離し沈殿してしまったからと考えられる。これより、無機系①、②については、漏水が発生している環境下での止水材としての適用は不向きであるという判断が示唆された。

以上より、本試験により漏水環境下での止水性を確認することが可能である。本試験の運用について、図-3 にフローチャートを示す。本試験により、現地での試験施工実施前に簡易的に適用可否の判断が可能となった。適用可能となった場合、施工後は随時モニタリングを継続し、標準工法として適用可否の判断を行うこととする。

5. まとめ

- ①水中不分離性を有さない材料については、注入後に沈殿を起こすため、止水効果が低いことが分かった。
- ②本試験では、漏水が発生している環境下での止水材料の適否の評価が可能である。
- ③本試験により、現地での試験施工を実施する前に簡易的に適用可否の判断が可能である。

参考文献

- 1) 大槻あや, 瀬筒新也, 保栖重夫, 小椋紀彦, 岸利治: 開削トンネルに適した通水型試験方法の検討, 土木学会第 72 回年次講演会, I-015, pp.29-30, 2017
- 2) 新田裕樹, 大塚努, 堀正弘, 小椋紀彦, 小西雄治, 岸利治: 開削トンネルの止水工に対する通水型止水試験による検討, 土木学会第 73 回年次講演会, V-129, pp.29-30, 2018

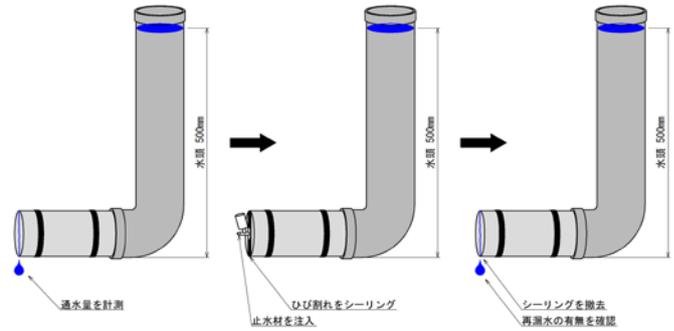


図-2 通水型止水試験手順

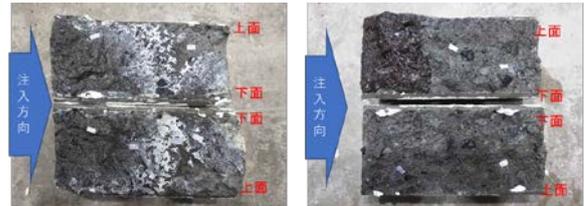


写真-1 有機系①

写真-2 有機系②

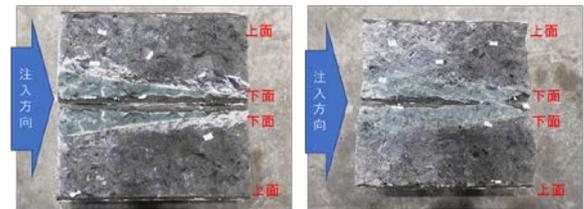


写真-3 無機系①

写真-4 無機系②

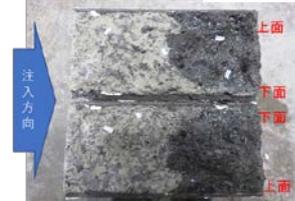


写真-5 無機系③

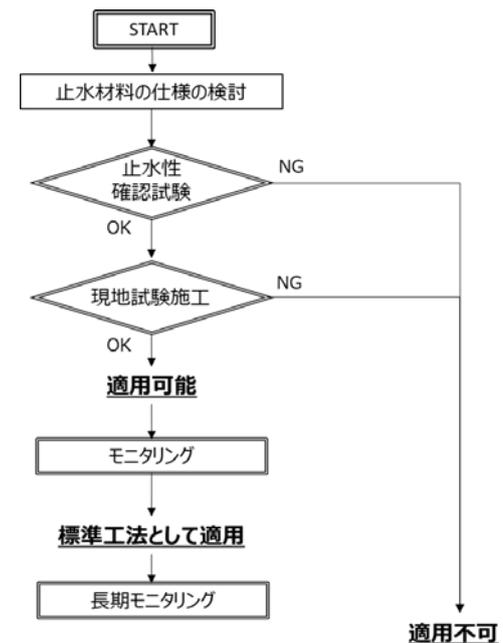


図-3 通水型止水試験運用フロー