

開削トンネルの防水構造に対する一考察

首都高速道路 株式会社 正会員 ○白鳥 明
 首都高速道路 株式会社 正会員 山崎 俊樹
 財団法人 鉄道総合技術研究所 正会員 矢口 直幸
 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 黒崎 信博

1. はじめに

地下水位以深に構築される開削トンネルでは、トンネル躯体の耐久性等の問題から、水密性に十分配慮する必要がある。トンネル躯体の水密性を保持する方法としては、トンネル躯体自身を水密構造にする方法と防水材料でトンネル躯体を被覆して防水層を形成し水密構造とする方法があり、一般的には、後者を採用している場合が多い。しかしながら、防水材料の採用に当たっては、その性能が明確に謳われたものではなく、現状では、各メーカーの試験方法で確認された材料特性、物性値をもとに評価している。

首都高速道路では、上記背景を鑑み、開削トンネルの防水工に求められる性能・品質を整理するため、「鉄道構造物等設計標準・同解説開削トンネル」を参考として性能試験を実施した。本報告では、性能試験方法とその結果を紹介する。

2. 防水材料の試験

(1) 試験項目

防水材料の基本性能は、「水密性」、「強度」、「流出性」に大別され、施工方法（先防水・後防水）によって、その性能が異なる（表1）。

これらの基本性能のうち、防水性能を直接評価する性能を水密性と考えた。また、水密性試験は、時間と経費がかかるため、簡易に水密性を評価できないかという観点から、強度と水密性の関連性を確認することとした。

水密性試験は、漏水が躯体と防水層の間を通水して、クラック等から発生すると考えられるため、「躯体コンクリートと防水層の水密性」と、先防水の重要な特性である「圧縮変形に伴う水密性」について実施することとした。また、強度試験は、防水材料の引張強度試験および躯体と防水層の剥離強度試験とした。

(2) 試験材料の選定

試験材料は、実績および他機関で実施された既往試験のうち、良好な防水性能を示したのから選定した。また、選定した防水材料の内、後防水、先防水の両方に利用可能な材料は、工法による相違点を確認することとした。

表1 防水材料の基本性能

基本性能		内容	先防水	後防水
水密性	躯体と防水層の水密性	躯体と防水層界面での水密性	○	○
	圧縮変形に伴う水密性	コンクリート打設時の土留壁の不陸等に対する水密性	○	—
	接合部水密性	防水材料（塗布材料以外）間の接合部の水密性	○	○
	釘穴水密性	土留壁に釘等を用いて固定する防水材料の局所的な水密性	○	—
強度	引張強度	防水材料の引張強度および伸度	○	○
	接合部強度	防水材料（塗布材料以外）間の接合部の強度	○	○
	躯体と防水層の接着強度	躯体と防水層界面での引張・せん断接着強度および剥離強度	○	○
	柔軟性	施工期間中の風雨等に対する柔軟性	○	○
流出性	亀裂追従性	躯体に発生するクラックへの追従性	○	○
		材料からの有害物質等の溶出性	○	○

表2 試験材料

			水密性		強度	
			躯体と防水層	圧縮変形	引張強度	剥離強度
先防水	シート	未加硫ブチル系	▲	○	▲	○
		EVA系	○	○	○	○
		特殊EVA系	▲	○	▲	▲
	塗膜	ウレタン系	○	○	○	○
後防水	シート	ゴムアス系	○	—	▲	○
		EVA系	○	—	○	○
	塗膜	ウレタン系	○	—	○	○

○：試験実施 ▲：他試験で実施済みのため省略

キーワード 防水，開削トンネル，性能試験

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路株式会社 TEL 03-3539-9422

(3) 試験方法

試験方法は、「鉄道構造物等設計標準・同解説開削トンネル」を参考とした。負荷水圧は開削トンネルの設置深さを考慮して 100kPa および 300kPa、試験水温は 20℃とし、圧力円筒下部から流出する単位時間当たりの漏水量をメスピペットで測定した。また、供試体は、モルタル柱に防水材料を貼り付けるものとし、作成に当たっては、湿潤状態を再現するため、防水材料設置前に水に浸し、乾燥した布で表面水を拭き取るものとした。供試体および試験概念図を各々、図1、図2に示す。「圧縮変形を伴う水密性試験」は、土留壁の不陸を再現するため、架台のポーラスストーンに鋭角の溝を掘った（図3）。

4. 試験結果

「躯体と防水層の水密性試験」では、水圧 100kPa では 0.3～2.2ml/day、水圧 300kPa では 0.9～5.1ml/day の漏水量となった。漏水量のうち、モルタル中を透過する水もあり、参考文献によれば、水圧 500kPa に対して 1ml～2ml/day とされている。同文献を引用すれば、水圧 100kPa での漏水量は 0.4ml/day、水圧 300kPa での漏水量は 1.2ml/day と推定される。このことから、本試験での漏水は、一部を除いて、殆どがモルタル中を透過したものと考えられ、概ね良好な結果と判断した。また、同材料を用いた後防水と先防水の工法による差異を確認する試験では、後防水の方が良好な結果が得られた。工法によって、防水材料自体の違いはないため、先防水で使用した不織布とプライマーの影響と考えられる。

「圧縮変形に伴う水密性試験」では、「躯体と防水層の水密性試験」に対して、特異性は見られなかった。これは、モルタル柱が水圧によって防水材に押しつけられて弾性変形した結果、ポーラスストーンの溝が、モルタルと防水材間から入ってこようとする水みちを遮断した影響と考えられる。

剥離強度試験では、強度と水密性に明確な

相関性は確認できなかったが、剥離強度が小さい材料では、水密性試験の漏水量が大きい傾向が見られた。前述の参考文献では、化学的に躯体コンクリートと結合する先防水材料は、剥離強度 10N/cm 程度以上あれば水密性は確保されるようであり、ウレタン系の防水材料を除いては同傾向にある。

5. おわりに

本試験では、強度と水密性に明確な相関性は確認できず、材料によっては大きなひらきが生じたが、試験数を増やすことによって、材質毎の最小保証強度が得られる可能性もある。また、供試体は、水で浸してはいるが、良好な環境下で作成しているため、現場の作業環境の影響および躯体コンクリートと防水層の密着性を確認するには、現場で施工された躯体からコアを採取して、試験を実施するという方法も考えられる。さらに、水密性は施工に大きく左右されるため、今後は施工性能という観点からも、考えていく必要がある。

参考文献

- ・「鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル」（平成 13 年 3 月）参考資料 15 開削トンネル用先防水材料の性能評価試験
- ・矢口，館山，伊勢：コンクリート接着性防水シートの開発，鉄道総研報告，Vol.17,No.10, 2003

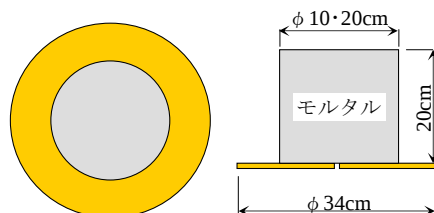


図1 供試体の寸法形状図

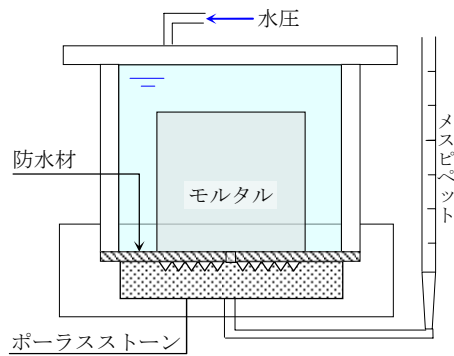


図2 試験概要図

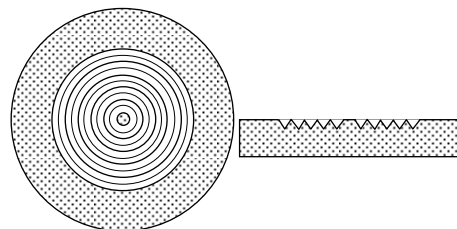


図3 ポーラスストーン形状図

表3 試験結果

			水密性(ml/day)			強度(N/cm)	
			躯体と試料		圧縮変形 (100kPa)	引張強度	剥離強度
			100kPa	300kPa			
先防水	シート	未加硫ブチル系	—	—	0.42	—	13.5
		EVA系	2.24	5.14	2.47	205.8	2.6
		特殊EVA系	—	—	0.44	(298.0)	(14.0)
	塗膜	ウレタン系	0.49	1.64	0.40	175.8	4.8
後防水	シート	ゴムアス系	0.31	0.91	—	—	12.8
		EVA系	0.60	2.63	—	205.8	1.3
	塗膜	ウレタン系	0.30	0.95	—	138.4	60.0

()は他試験値