

シールドトンネルにおける漏水対策

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○狩屋 守
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 小池 健司
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 小林 敬一

1. はじめに

近年、都市部においては、土地の高度利用化に伴い、鉄道は地下深部に設置せざるを得ない状況にあることが多い。1971年に東京都の地下水汲み上げ規制が施行されたことから、地下水位は急激に上昇し、地下シールドトンネルにおいて漏水が多く発生した。都市部のシールドトンネルはトンネルそのものを作り替えることは困難であり、安全・安定輸送を確保するため、構造物の延命化を図り健全な状態を長く維持していかなければならない。そのため、営業線の地下シールドトンネル漏水対策として、1984年から二次覆工工事を施工してきた。

ここでは、効率的に施工するため、様々な改良を行ってきた二次覆工工事の変遷について述べる。

2. 工事概要

横須賀線東京・品川間に位置する東京トンネル（通称）は、総延長12.4kmの単線並列のシールドトンネルであり、うち約4.2kmを二次覆工施工対象区間としている。現在、漏水に対する抜本的な対策として、一次覆工のみのシールドトンネル内側に厚さ約110mmの二次覆工を施工している。

3. 東京トンネル二次覆工施工フロー

施工している二次覆工工事の構成は、まずトンネルインバートまで二次覆工を施工するためケーブル等の支障移転を行い、側道及びケーブルトラフを撤去する。次に一次覆工セグメントに防水シートを巻き、支保工を取り付ける。予め格子状に組んだ鉄筋を支保工に取付け、埋設型枠となる繊維補強セメントパネルの一段目を取付け、側道を復旧する。同パネルを上段に向け取付け、裏込めモルタル打設時の側圧によるパネルのはらみを抑えるため仮設の梁を設置し、裏込めモルタルを打設する。その後、養生期間を経て仮設梁を撤去し、二次覆工完了となる（図1）。二次覆工施工前・後の状況を写真1、写真2に示す。

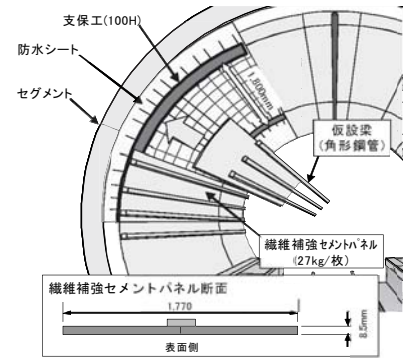


図1 繊維セメントパネル工法の概要



写真1 二次覆工施工前



写真2 二次覆工施工後

4. 建設以降の二次覆工の変遷

営業線における二次覆工工事は、横須賀線東京トンネルと東京地下駅で接続されている総武快速線東京・錦糸町間の総武トンネル（通称）において、1984年から2003年にかけて施工したのが始まりである。

1985年～86年にかけては、場所打ちコンクリート工法による試験施工を実施した。これは支保工部材に型枠を組んで施工するものであったが、支保工表面が露出し鋼材の防錆処理が必要となることや、人力施工のため型枠の設置・撤去に多くの人員及び時間を要す等の課題があった。

1989年からは施工効率向上のため、鉄筋コンクリート製プレキャスト板（以下PCW板）を使用した機械化施工の二次覆工、通称PCW工法を施工した。PCW工法の基本的な機能の考え方を以下に示す。

- ① トンネル内への漏水及び、背面土砂の流入防止
- ② 一次覆工セグメント鋼材の腐食抑制
- ③ 一次覆工キーセグメントの落下防止
- ④ 所定の耐火性を有すること

キーワード：シールドトンネル，二次覆工，漏水

連絡先：〒101-0021 東京都千代田区外神田 1-17-4 6F

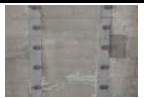
TEL03-3257-1693 E-mail : m-kariya@jreast.co.jp

この施工方法では支保工を組んだ後、専用の施工機械エレクターを使用して PCW 板を支保工に取付け、セグメントと PCW 板との間にモルタルを打設する。支保工の設置までは場所打ち工法と同様だが、PCW 板が埋設型枠となるため鋼材の露出もなく、また型枠の撤去を必要としないため、施工効率は大幅に向上した。

2003 年から施工している東京トンネルでは、施工延長が長く PCW 工法で施工した場合、施工期間 20 年の大規模工事となることが試算され、施工効率向上とコストダウンを目的に、PCW 工法に代る工法を開発した。

PCW 工法のプレキャスト版は、重量が 1 枚約 400kg と非常に重く、人力では施工できないため施工速度はエレクターの能力に制約された。また専用の機械のため、施工編成を増やすことが難しいという課題もあった。そこで二次覆工用埋設型枠を軽量化し施工の自由度、施工速度を向上させるため、繊維補強セメント製の軽量パネルを開発し施工した。なお、二次覆工に要求される機能の考え方は、PCW 工法を踏襲したものとした。これまでの二次覆工の変遷を表 1 に示す。

表 1 二次覆工の変遷

	場所打ちコンクリート	PCW板 (Precast Concrete Wall)	繊維補強セメントパネル
写真			
覆工材料	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート板 1,800×900×75 W=400Kg/枚	セメント板 1,800×900×8.5 W=27Kg/枚
支保工	H-150×1,800 W=60Kg/本 cto900	H-125×3,000 W=72Kg/本 cto1,800	H-100×2,500 W=42Kg/本 cto1,800
覆工厚	150mm	200mm	110mm
速度	100m/年	200m/年	300m/年

5. 繊維補強セメントパネルの改良

繊維補強セメントパネルを用いた工法ではパネルがモルタル打設時の側圧に耐えられないため、はらみを抑える仮設の梁を 300mm ピッチで設置しなければならない。パネルを軽量化したことで施工効率は大幅に向上したが、着手後、全体行程の中でもパネル設置・仮設梁の設置に時間を要していることがわかった。そのため更なる施工効率向上を目的とした作業の簡素化の検討を行った。

まず、パネル設置・固定方法を変更した。当初、繊維補強セメントパネルは仮設の座金を用いてボルト固定としていたが、トンネル内空側に仮設物が多くなり

落下防止の手間もかかっていた (図 2)。そこで、あらかじめパネル裏面に回転板を設置し、パネル設置時にボルトを締めこむことで固定する方法に変更した。

次に繊維補強セメントパネルの採用による仮設梁設置は、当初、パネル厚 8.5mm (27kg/枚) に対して仮設梁は 300mm 間隔で設置していた。仮設梁についても落下防止の措置が必要であり非常に設置に手間がかかっていた。そこで、人力で運搬・設置できる重量に抑えつつパネルの剛性を高め、仮設梁の本数を削減することを検討した。その結果、8.5mm のパネルに 4.5mm のパネルを繊維方向が交差するように張り合わせ剛性を高めることにより、仮設梁設置間隔を 300mm から 450mm に広げることができた。パネル重量は約 27kg/枚から約 42kg/枚と増加したが施工への影響は少なく、仮設梁設置・解体時間短縮により全体の施工速度・効率の向上が図れた。改良のポイントを図 2 に示す。

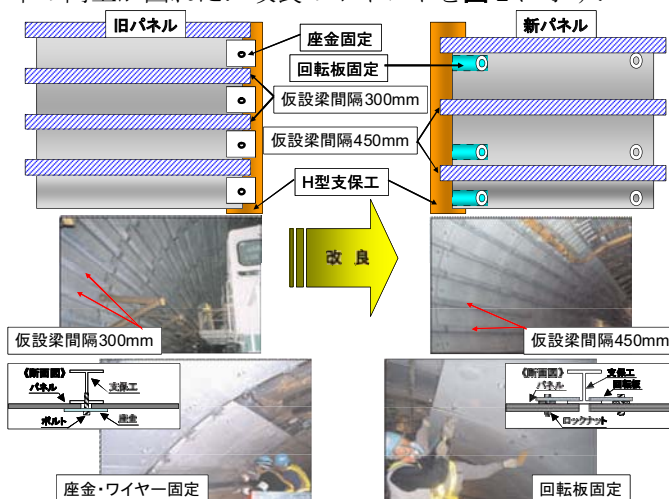


図 2 改良のポイント

6. おわりに

近年では、都市部のシールドトンネルは地下水位以下に構築されることを前提に設計することが一般的であり、建設当初より止水・導水を考慮した構造とすることが多い。またシール材や裏込め注入の技術などの進歩により止水性能が向上しているため、最近では漏水による変状は少なくなっている。

東京トンネルの二次覆工工事では、今後、これまで施工してきた区間とはセグメント形状が異なる区間を施工する。それらのセグメントに適応させるための工法の見直しや、さらなる施工速度・効率の向上を目指した二次覆工工法の検討に取り組んでいく。

【参考文献】

- ・狩屋 守, 四宮 卓夫, 水野 光晴: 軽量パネルを用いたシールドトンネル漏水対策, トンネルと地下, 2007.4 土木工学社
- ・成島 健一, 藍郷 一博, 志野 達也: 横須賀線東京・品川間東京トンネル改良工事について, 学術年次講演会, 2005.9 土木学会