

# 効果的なトンネル二次覆工工法の開発

石川島建材工業(株) 正会員 松浪康行 正会員 伊達重之 正会員 橋本博英  
東日本旅客鉄道(株) 正会員 藍郷一博

## 1. はじめに

東京地区の地下トンネルにおいて漏水等の変状が発生している箇所がある。これは、トンネル建設当時と比較し、地下水が上昇してきていることがひとつの原因となっている。

その中でもシールド工法で施工された総武トンネル(総武快速線)の覆工は、漏水のみならずセグメント継手部のボルト及び鋼板の腐食進行 ひび割れやはく落等の変状が多くあった。

これらの変状対策としてトンネル二次覆工を施工している。当初の工法は、場所打ち鉄筋コンクリート造であったが、人力主体であり施工速度も遅くなおかつ工事費も高かった。そのため平成元年度より機械化施工を目的に PCW 工法に変更した。(図 - 1 参照) PCW 工法は、既設トンネルに H 鋼支保工を円周方向に巻立て、その内側に PCW 板(RC 構造)を H 鋼支保工に取り付ける構造であり、PCW 板と既設トンネルの隙間には裏込めモルタルを注入する。本工法では、トンネル内面に鋼材部が露出しないなどが特徴がある。

しかし、PCW 工法も夜間の線路閉鎖間合での施工であり、コストも高くなっている。そこで二次覆工材料である PCW 板のコストダウンと PCW 板の施工速度を向上する目的で新 PCW 板の開発を実施した。

## 2. 二次覆工工法の基本的な考え方

新 PCW 板開発に先立ち、二次覆工の基本的機能を整理した。

トンネル内の漏水防止

一次覆工であるセグメントの腐食抑制

一次覆工の K 型セグメントの落下防止機能を持つこと

耐久性(概ね 50 年の耐用年数)を有すること

トンネル内における所定の耐火性(不燃材)を有すること

こと

覆工表面は、後日ボルト等を打ち込めること

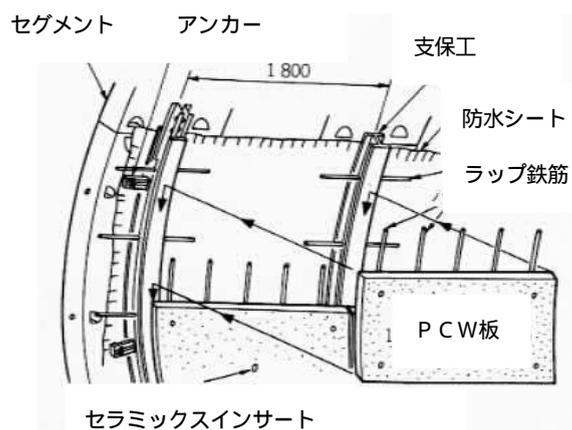


図 - 1 . PCW工法説明図

## 3. 新 PCW 板の開発

最初に新 PCW 板の大きさに着目し、現行の PCW 板を 1 リング当り 14 枚使用しているのを極力枚数を少なくし 1 枚当たりの大きさを大きくする検討を行った結果、12 枚が運搬・作業性等について優れていることがわかり、その大きさ(PCW 板: 1,800 x 1,200)について VE 手法を用いて検討を行った。

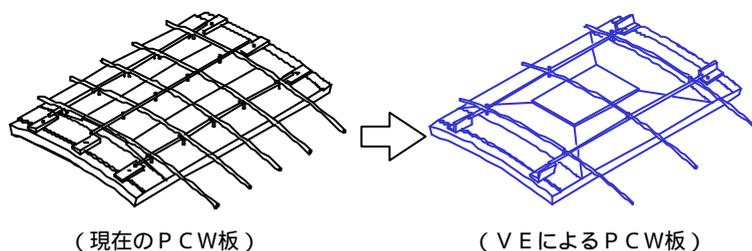


図 - 2 . VE 手法による検討

その結果、現行の PCW 板の部品点数 18 種類 96 部材を 12 種類 63 部材まで少なくする可能性があることがわかった。(図 - 2 参照)(具体的には、鉄筋径、ジベル形状の統一、取付金具である回転板形状の変更などである。)次に VE 手法により得られた新 PCW 板の考え方を基に、次のような開発行程を組み、検討、強度試験および施工性の確認を実施した。

キーワード : 二次覆工, トンネル補修

連絡先 : 〒331-0853 東京都千代田区有楽町 1-12-1 TEL: 03-5221-7239 FAX: 03-5221-7298  
〒140-0005 東京都品川区 2 丁目 1 番地 19 号 TEL: 03-5709-3665 FAX: 03-5709-3666

## 新 PCW 板の材料検討

鉄筋コンクリート，高強度軽量コンクリート，高曲げコンクリート，連続繊維補強を用いた高強度軽量モルタルの4種類について概略設計を行い，1枚当りの材料コストで比較した結果，鉄筋コンクリートと高強度軽量コンクリートが優位となり，新 PCW 板の試験体とした。

## 新 PCW 板取付工法の検討

新 PCW 板とH鋼支保工との取り付けについても検討し実現性のある平板と等辺山形鋼の2つの方法につて試験体とした。

## 新 PCW 板の製作及び試験

， の検討事項及び新 PCW 板の裏込めモルタルは，板の軽量化を図るために気泡モルタルを採用することとし設計を行った。試験体は，新 PCW 板の材質2種類，回転板2種類（平鋼，等辺山形鋼）で計5枚製作し性能確認試験（曲げ試験，目地部の止水性確認）を実施した。（表 - 1，2 参照）

その結果，どの試験体についても強度等に問題なくコスト比較により，図 - 3 に示した新 PCW 板（普通コンクリートで回転板形状が等辺山形鋼6箇所）を開発品とした。

## 4．実トンネルでの施工確認実験

次に新 PCW 板，新エレクターアームを用いて模擬トンネル及び実トンネルにおいて架設作業のサイクルタイムを計測（図 - 4，5 参照）し，施工性の向上が確認された。但し，PCW 板の大型化に伴うH鋼支保工の施工精度などが，新たな問題点として挙げられる。

## 5．おわりに

模擬トンネル及び実トンネルの試験において下記の事象があり，今後見直していく予定である。

施工サイクルを更に速めるために，取付金具結合用ボルトを「普通ナット」から「溝付ナット」に変更するなどのアイデアが出された。

新 PCW 板とH鋼支保工の連結に用いる回転板をアングル（等辺山形鋼）としたが，重心が回転板中央から外れているため，新 PCW 板をH鋼支保工に取り付ける際に，垂直方向から水平方向に回転する傾向が多く見られた。

## <参考文献>

1) JTA 保守管理委員会：建設・保守管理へのフィードバック(3)，トンネルと地下 7VOL.29.NO.7(P.75~P.84)，1998

表 - 1．試験体物性値

	圧縮強度	弾性係数
普通コンクリート	$f'_{ck}=49\text{N/mm}^2$	$E_c=25\text{kN/mm}^2$
高強度軽量コンクリート	$f'_{ck}=59\text{N/mm}^2$	$E_c=18\text{kN/mm}^2$

表 - 2．実機モデルでの試験結果

PCW 板材質	普通コンクリート				高強度軽量コンクリート
	平板 (t=22) 6箇所	平板 (t=16) 6箇所	等辺山形鋼 6箇所	等辺山形鋼 4箇所	等辺山形鋼 6箇所
重量 (現行 400kg)	約 380 kg	約 380 kg	約 380 kg	約 380 kg	約 320 kg
板の形状	1,800(長さ) × 1,200(幅) × 66(厚さ)				
試験	曲げ試験	OK	OK	OK	OK
	コンクリート応力度	11.1	10.1	11.5	11.0
	鉄筋応力度	66.8	74.7	76.1	66.4
	ひび割れ幅	0.08 mm	0.08 mm	0.07 mm	0.10 mm
試験	止水性確認	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし
	ひび割れ幅	0.08 mm	0.08 mm	0.07 mm	0.10 mm

コンクリートの許容応力度は $15\text{N/mm}^2$ ，鉄筋の許容応力度は $120\text{N/mm}^2$ ，許容ひび割れ幅は， $0.1\text{mm}$

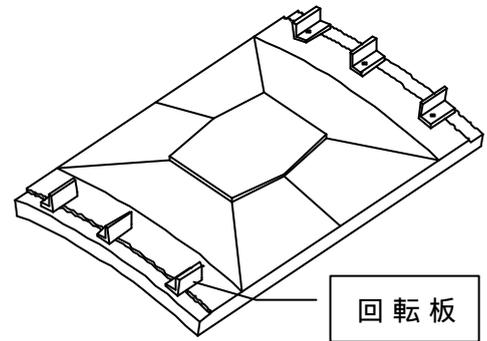


図 - 3．開発した新 PCW 板



図 - 4．模擬トンネルでの試験



図 - 5．実トンネルでの試験