

S7-2-7. 横須賀線東京・品川間東京トンネル改良工事について

[土] ○成 嶋 健 一 (東日本旅客鉄道株式会社)

[土] 藍 郷 一 博 (東日本旅客鉄道株式会社)

[土] 志 野 達 也 (東日本旅客鉄道株式会社)

Construction of the second lining of Tokyo Tunnel on the Yokosuka line.
Kenichi Narushima, Kzuhiro Aigou, Tatuya Sino (East Japan Railway Company)

Due to the rise of groundwater level, Tokyo Tunnel, located between Tokyo and Shinagawa on the Yokosuka line, has been suffered from water leaks accelerating corrosion and of lining and rail. The second lining has been constructed to avoid deterioration of the tunnel from the leakage of water. The construction period has been shortened by developing Fiber-cement boards and adopting a mortar plant bogie.

キーワード：東京トンネル、繊維セメント板、モルタルプラント台車
Keywords：Tokyo Tunnel, Fiber-cement board, Mortar plant bogie

1. はじめに

横須賀線東京・品川間の東京トンネルは、通勤客等の増加に対し、輸送力増強を目的として昭和51年10月に開業した全長約6.2kmの単線並列シールドトンネルである(図1)。

また、当区間は昭和48年に開業した東京・錦糸町間の総武トンネルに接続し、京浜・京葉地区を結ぶ輸送ルートであるとともに、成田国際空港への旅客輸送を担うN'EXが運行されている重要路線である。

建設当初、地下水位はトンネルより下面にあったが、昭和46年から施行された東京都の地下水汲み上げ規制により、地下水位は急激に上昇し(図2)、トンネル内への漏水が増えた。これによりセグメントボルトの腐食や軌道などトンネル内設備の劣化が始まったため、止水注入や導水工などの部分的な修繕



図1 東京トンネル位置図

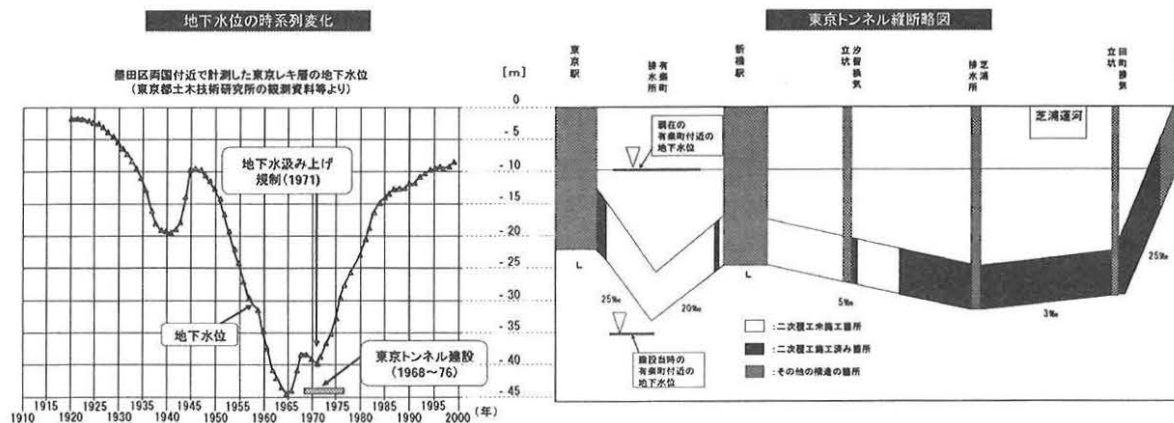


図2 地下水位の変化とトンネル縦断図

工事を行ってきた。

特に劣化の進行が激しかった総武トンネルについては、抜本的対策として二次覆工を施工することとなり、昭和 60～61 年度の試験施工を経た後、昭和 62 年度から平成 14 年度にかけて全線の二次覆工(L=3,199m)を施工した。引き続き東京トンネルで二次覆工を施工することとなったが、施工計画にあたり、施工速度の向上、コストダウンを目指して更なる改良に取り組むこととなった。本論文では、東京トンネル改良工事における取り組み内容とその効果について報告する。

2. 漏水によって発生するトンネル維持管理上の問題点

現在東京トンネル内へは、一日あたり約 4,000～5,000m³の漏水がある。また、海に近いため、漏水は海水の 1/4 程度の塩分を含んでおり、以下のような問題が発生している(図 3)。

- ① 塩分を含む漏水がセグメントの鉄筋が腐食し、セグメントコンクリートの剥落が発生している。また、セグメント継ぎ手ボルトの腐食も進行しており、将来はキーセグメントの落下の可能性がある。
- ② 漏水により軌道が湿潤状態にあるため、レールや軌道材料の腐食が進行するとともに軌道短絡等の信号障害を引き起こしている。

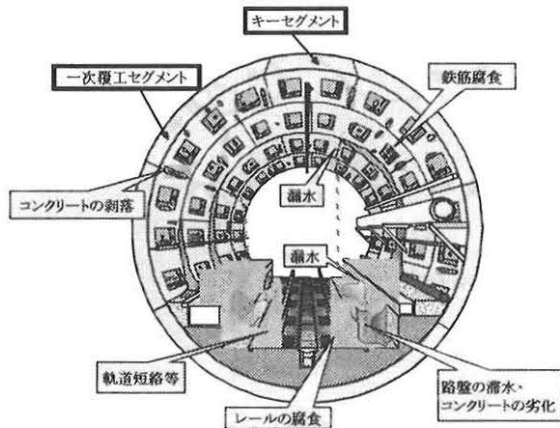
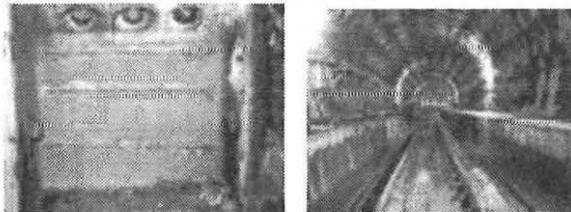


図 3 一次覆工区間の主な変状



セグメント鉄筋の腐食

路盤の湿潤



継手ボルトの腐食

写真 1 一次覆工区間の主な変状

3. 総武トンネルにおける施工概要

試験施工で場所打ちコンクリートによる二次覆工を実施したが、支保工部材の H 型鋼の表面がトンネル内に露出するため防錆処理が必要である、型枠の取付け取外しに時間がかかる、等の問題が発生した。これらを改善し、施工を効率化することを目的に、平成元年にプレキャストの RC 板(PCW板)を開発した。これを場所打ちコンクリートの代わりに支保工に取付け、背面にモルタルを打設することで二次覆工を形成させ、施工速度を大きく向上することに成功した。総武トンネル二次覆工の施工イメージ、施工フローは、それぞれ図 4、5 の通りである。

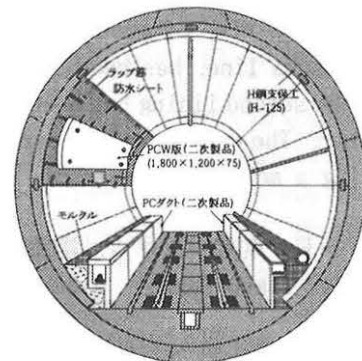


図 4 二次覆工施工イメージ

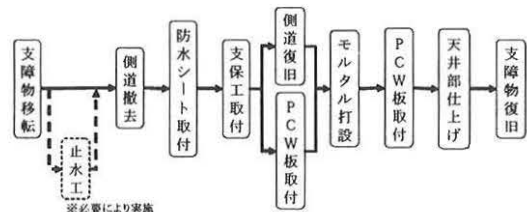


図 5 総武T施工フロー

4. 東京トンネル施工計画時の改善

PCW板を用いた総武トンネル改良工事の施工量は年間 200m 程度であったため、東京トンネルの施工対象区間約 2.8kmを同様の方法で施工した場合、約 14 年要することになる。工期短縮とコストダウンを図るため、総武トンネルの二次覆工工事の各作業の内容を分析し、以下の改善を図った。

(4. 1) 二次覆工材料の改善

(1) PCW板の問題点

PCW板(幅 1,800mm、高さ 900mm、厚さ 75mm)は、場所打ちコンクリートに置き換える目的で開発されたため、重量が1枚 400kgと重く、専用機械を用いて取付ける必要があり、一日あたりの施工量はPCW板の枚数で 14 枚、トンネル延長で 1.9m程度に限られていた。施工速度の向上を図るためには、PCW板の軽量化を図る必要があった。

(2) 繊維セメント板の導入

PCW板で二次覆工を形成する工法を見直し、鉄筋モルタルで二次覆工を形成する工法とした。そのため、PCW板に比べて板厚を極力薄くした埋め込み型枠が必要となり、開発費を節約するために市場に出回っている材料の中から、道路トンネルの覆工修繕用に開発された繊維セメント板を選定した（写真2）。

PVA（ポリビニルアルコール）繊維で補強され、曲げに強い性質を持つこのパネルは、幅と高さはPCW板と同じサイズにしたまま厚さを 8.5mm まで薄くした。これにより重量は1枚 27kg まで軽量化することができた。

また、鋸での切断やドリルによる穴あけなど現場での加工も容易となり、トンネル内の障害物を避けて二次覆工を柔軟に施工することが可能となった。

繊維セメント板の取付けは、人力（2名1組）作業が可能で、作業時間も大幅に短縮することができた。

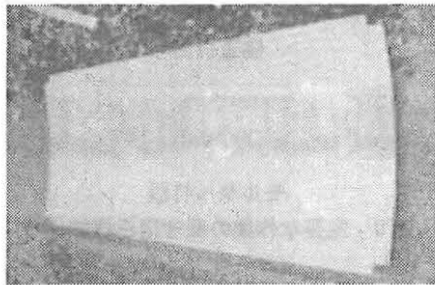


写真2 繊維セメント板

(3) 支保工の軽量化

繊維セメント板の導入により、支保工を 125H から 100H にサイズダウンすることができた。支保工の軽量化により、支保工の取付け速度も向上した。

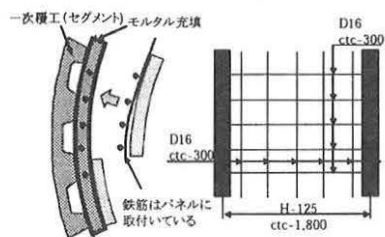


図6 総武トンネルの工法

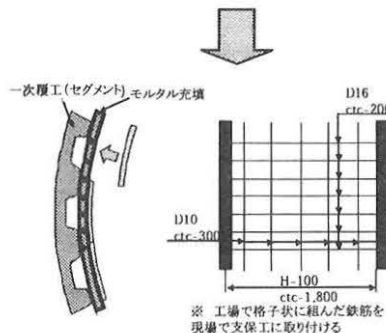


図7 東京トンネルの工法

(4) 仮設梁の採用

繊維セメント板の厚さは 8.5mm と非常に薄いため、モルタルを背面に打設すると側圧でたわみが生じてしまう。そこでモルタルが硬化するまでの間、仮設梁を設置してたわみを抑えることにした。モルタルの打設高さを1回 1.8m（繊維セメント板2枚分）とし、その時の許容たわみ量を10mmと設定した。計算から仮設梁は100mm角の角型鋼管とし、30cmピッチで設置することにした（写真3）。

表1に二次覆工材料と支保工の変遷を示す。



写真3 仮設梁取付け状況

表1 二次覆工材料と支保工の変遷

	総武トンネル		東京トンネル
	場所打ちコンクリート	PCW板	繊維セメント板
写真・略図			
支保工	・H-150 を 900mm ピッチで設置 ・施工後、支保工が内空側に露出するため防錆処理が必要 ・人力取付けのため、小さく分割して設置	・H-125を1,800mmピッチで設置 ・専用機械を使用して取付け	・H-100を1,800mmピッチで設置 ・H鋼のサイズダウンにより人力作業が可能となり施工速度向上
二次覆工材料	・場所打ちコンクリート ・鋼製型枠の取付け、取外しに多大な労力と時間がかかる	・PCW板（t = 75mm、1枚 400kg） ・専用機械を使用して取付け	・繊維セメント板（t = 8.5mm、1枚 27kg） ・人力で取付け ・モルタル打設時のたわみを防止するため、仮設梁を設置

(4.2) その他の作業の改善

モルタル打設及び側道撤去作業についても改善を行い、作業速度の向上、品質の向上、コストダウンを図った。改善内容について表2、3に示す。

表 2 モルタル打設作業の改善

総武トンネル (トラックミキサー車)	東京トンネル (モルタルプラント台車)
	
・トラックミキサー 2 台とポンプを台車に乗せて基地から現場まで移動 ・1 日あたり 9 m³ 打設可能 ・プラントで製造したモルタルを基地で台車上のトラックミキサーに移し、現場に移動して打設するため、モルタル製造から打設まで 5 時間を要していた ・余ったモルタルは廃棄	・専用台車に材料、ミキサー、ポンプを乗せて現場へ移動 ・1 日あたり 12 m³ 打設可能 ・現場で必要数量のモルタルを製造し、直ちに打設することができる ・モルタルの廃棄は無い

表 3 側道撤去作業の改善

総武トンネル (軌陸車)	東京トンネル (ガラ運搬台車)
	
・ブレーカー使用 ・発生ガラを現場で土のう詰めし、軌陸ダンプで搬出 (5t/日程度)	・ブレーカーを使用 ・発生ガラを最大 25t まで積載・運搬可能な台車を製作

(4. 3) 施工体制の見直し

一日あたりの施工量を増やすため、施工体制を以下のように見直した。

(1) 上下線同時施工

年間施工量を増やすため、東京トンネルと総武トンネルの坑口がある品川と両国の保守基地を利用し、上下線同時に施工することとした (図 8)。



図 8 保守用車ルート

(2) 保守用車編成群による施工

効率的な作業を行うため、図 9 のようなさまざまな保守用機械を組み合わせて作業をしている。

【参考文献】

山口、鈴木、藍郷、東京トンネルの変状と対策について、第 59 回年次学術講演会、2004

そして、作業の最盛期には、最大 15 両に達する日もある。



側道撤去



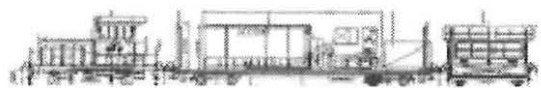
防水シート取付



支保工取付・鉄筋組立・パネル取付



側道復旧



モルタル打設

図 9 主要な作業の保守用車標準編成

5. 改善効果

これまで述べてきたように、計画段階から施工全般にわたってハードとソフトの両面からの様々な改善の取り組み、施工速度の向上を図ってきた (表 4)。年間の施工量としては、上下線で 600m (片線 300m)、総武トンネルの年間施工量の 1.5 倍) を目標としている。また、施工速度の向上によって全体工期が短縮され、材料費以外に機械経費や保安要員費が減少した。

表 4 総武トンネルと東京トンネルの施工速度の比較

工 種	総武トンネル	東京トンネル
側道コンクリート撤去	10.0m/日	20.0m/日 (200%)
支保工設置	6.3m/日	9.1m/日 (144%)
二次覆工材設置	1.9m/日	2.6m/日 (137%)
モルタル打設	4.8m/日	8.3m/日 (173%)

6. おわりに

現在使用している繊維セメント板は、モルタル打設時のたわみ発生防止のために仮設梁を設置しており、仮設梁の取付け、取外しに多くの時間が費やされている。仮設梁の本数を削減すれば、作業時間のさらなる短縮が図れることから、繊維セメント板の重量の増加を極力抑えつつ、剛性を高めることによりたわみの発生を抑制させるべく、板の改良に取り組んでいる。