

日経  
NIKKEI  
CONSTRUCTION

# CONSTRUCTION

特集

## 「i-Con」がいざなう 半歩先の未来

新たな発想で活用の場を広げる動きが盛んに

■ 特別レポート 自治体予算調査2016

### 公共投資微減も単費で工夫凝らす

災害対策や維持管理に独自の財源

■ トピックス

コンクリート診断士試験直前対策

■ スームアップ

地下鉄から塩害の弱点を摘出

ズームアップ



トンネル

横浜市営地下鉄横浜—関内間補修工事(神奈川県)

## 地下鉄から塩害の弱点を摘出

海のそばを通る横浜市営地下鉄ブルーライン。塩分を含む漏水によって、枕木やセグメントの腐食が悩みの種となっていた。横浜市はメーカーと共同で炭素繊維補強材を使った枕木を開発。ライフサイクルコストを重視したリニューアルを進めている。(大村 拓也=フリーライター)

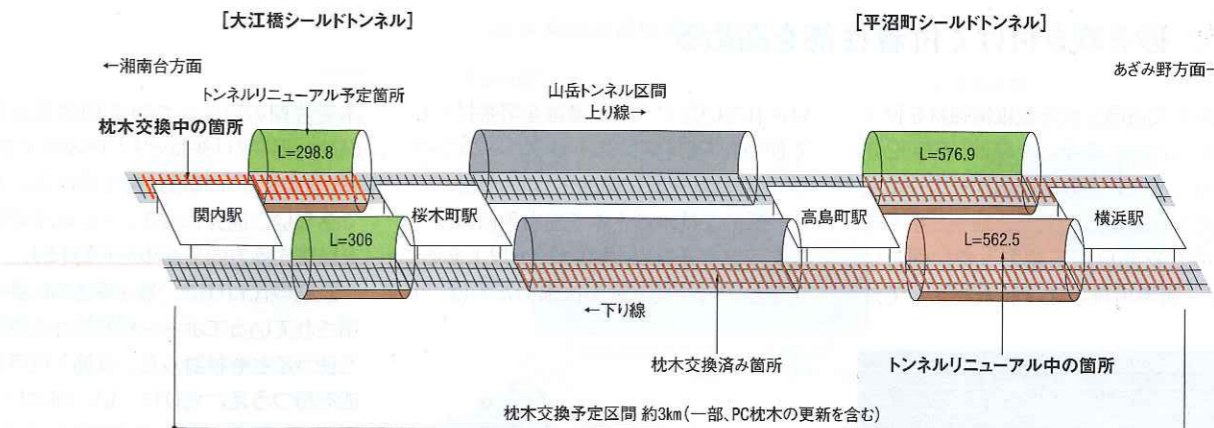
写真1 鉄筋コンクリート製の枕木を1本おきにフレーカーで壊して撤去する。鉄筋の代わりに、塩分で腐食しにくい炭素繊維補強材を使った枕木に取り換える。この日は4本の枕木を交換した(写真:特記以外は大村 拓也)



写真2 炭素繊維補強材を使った枕木をレールに取り付け、その下に早強性の無収縮モルタルを流し込む。始発列車が午前5時30分に通過するまでに15N/mm<sup>2</sup>の強度が出るよう、約3時間前までに打設を終えなければならない。横浜市交通局は今後、開削工法で構築された関内駅付近の躯体も、リニューアルしていく計画だ



図1 ■ リニューアル工事の概要



13ページまで横浜市交通局の資料をもとに本誌が作成

図2 ■ 枕木交換の概要

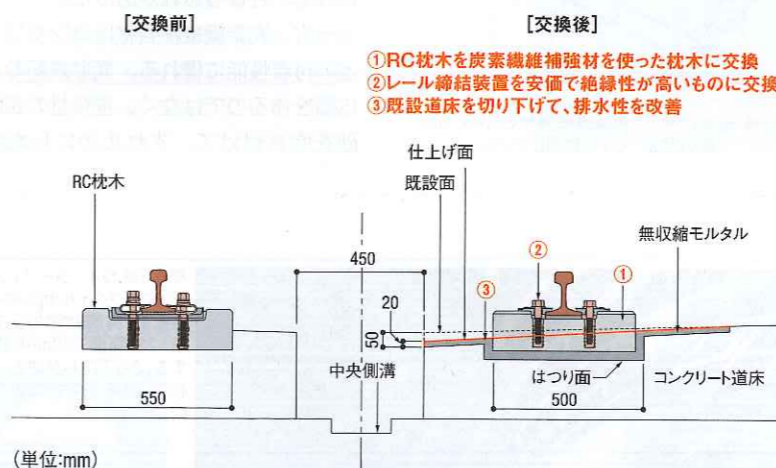
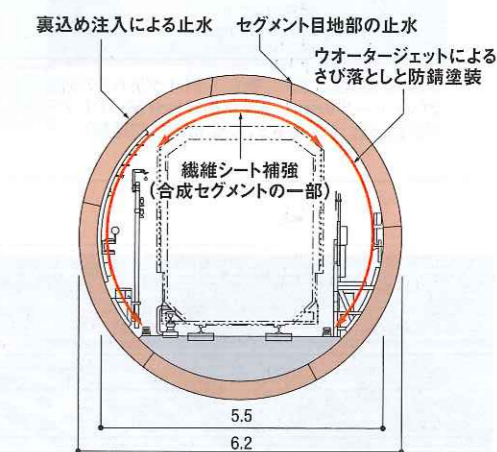


図3 ■ シールドトンネルの補修内容



## さびない枕木、50年でコストは有利に

最終列車が通過してから1時間後の午前1時半過ぎ、横浜中心部の地下を通る横浜市営地下鉄ブルーラインの関内駅構内にブレーカーの音が響き始めた。コンクリートの道床に鉄筋コンクリート(RC)製の枕木を直接埋め込んだ「直結軌道」と呼ぶ地下鉄特有の軌道から、枕木と周囲の道床をはつり取る(写真1)。

枕木の交換工事だが、新たに設置する枕木はRC製ではない。鉄筋の代わりに炭素繊維補強材を使っている(写真2)。横浜市交通局が2006

年、安部日鋼工業(本社：岐阜市)と共同で開発したものだ。

開発を手がけた市交通局施設課の伊藤嗣夫軌道係長は、次のように話す。「横浜—関内間のトンネルは海に近く、塩分を含む地下水が漏れ出すので、RC枕木の劣化が進みやすい。1976年の開通から20年もたたないうちに、部分的な補修を繰り返すようになった。根本的な解決策として、さびない素材で枕木が作れないか検討してきた」。

従来のRC枕木は、塩分で鉄筋が

さびて膨張すると、コンクリートにひび割れが発生。ひび割れから塩分がさらに浸透して、鉄筋の腐食が加速した。最悪の場合、レールから横方向に加わる力に抵抗しなければならない枕木のショルダー部分が、欠けてしまうこともあった。

新たに設置する枕木の単価は、RC枕木と比べて2.5倍ほど高い。「それでも耐久性を向上させたので、50年が経過した時点でのライフサイクルコストはRC枕木を逆転すると見込んでいる」(伊藤係長)。

市交通局は08年以降、横浜—関内間の約3kmにある合計2万本に及ぶRC枕木の交換作業を順次進めている(図1、2)。16年6月時点で約1万本の交換が完了した。終電から始発までの短時間では、1日当たり10本程度しか作業できない。全ての交換を終えるのは21年になる予定だ。事業費は約30億円を見込む。

### ウオータージェットでさび落とし

関内駅構内で枕木の交換作業が進むのと同じ時間帯、北に2kmほど離

れた横浜—高島町間ではシールドトンネルの補修工事も進んでいた。内径5.5m、延長562mの単線トンネルだ。枕木だけでなく、鋼製セグメントの腐食も激しい(図3、写真3、4)。

「過去2回、約15年おきに腐食状況に応じたトンネルの補修工事を実施してきた。しかし、再び腐食しており、原因となるさびを最大限落とす必要があった」と、市交通局施設課の鶴岡正宏施設係長は話す。

これまでの補修と異なるのは、さび落としにウオータージェットを採

用していることだ。市交通局はトンネル内で使用できる効果的な方法として選んだが、セグメントの補修に使った前例はなかったという。従来の補修は、電動サンダーによる部分的なさび落としにとどまっていた。

今回の補修工事では、防錆塗装や止水材の材料も見直した。

今後、桜木町—関内間のシールドトンネルでも、セグメントの補修工事を始める計画だ。全ての工事が終わるのは、22年度を見込む。事業費は90億円程度になる。

### 【開発】砂を吹き付けて付着性能を高める

横浜市交通局が炭素繊維補強材を使った枕木の検討に着手したのは、2002年ごろのことだ。複数の枕木メーカーに共同開発を打診したところ、唯一、手を挙げたのが安部日鋼工業だった。同社は00年、炭素繊維と並ぶ新素材として注

目されていたアラミド繊維を緊張材として使ったPC(プレストレスト・コンクリート)枕木を既に商品化していた。

一般的な枕木は1本で左右両側のレールを固定するため、長さが2m以上ある。しかし、市が地下鉄用に求めたのは、1

本で片側のレールだけを固定する長さ50cm程度の「短枕木」と呼ぶタイプだ。短いので、PC構造に置き換えることはできない。開発は従来のRC枕木の構造を踏襲する方向で進めた(写真5)。

鉄筋の代わりに、海洋構造物に多く採用されているエポキシ樹脂粉体塗装鉄筋を使うことも検討した。鉄筋と同等の性能を持つうえ、さびにくい。何より、炭素繊維補強材と比べて安価だ。しかし、エポキシ鉄筋はコンクリートの道床に埋め込む際、アンカー鉄筋表面の樹脂が剥がれて、さびる恐れがあった。

一方、炭素繊維補強材はコンクリートとの付着性能に優れる。異形鉄筋のように節を作るのではなく、補強材の表面に砂を吹き付けて、ずれ止めにしたから



写真5 ■ 開発した枕木。電食でボルトが折れるのを防ぐため、レールの固定金具は絶縁性が高い「ナブラ型締結装置」を採用する(写真:横浜市交通局)



写真6 ■ 枕木に使う炭素繊維補強材を組み込んだもの。プラスチック製の結束バンドを利用している



写真3 ■ ウォータージェットによるケレンでダクタイルセグメントのさびを落とす。昇降台車の上で2人が作業。2時間弱で30m²の範囲を施工する。さび落としが終わった箇所は後日、組み立て式の足場を使って防錆塗装を施す

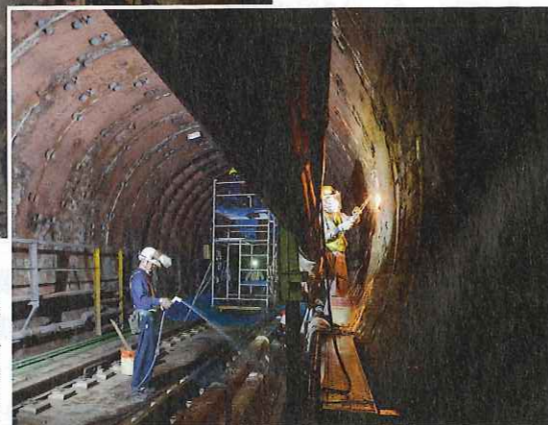
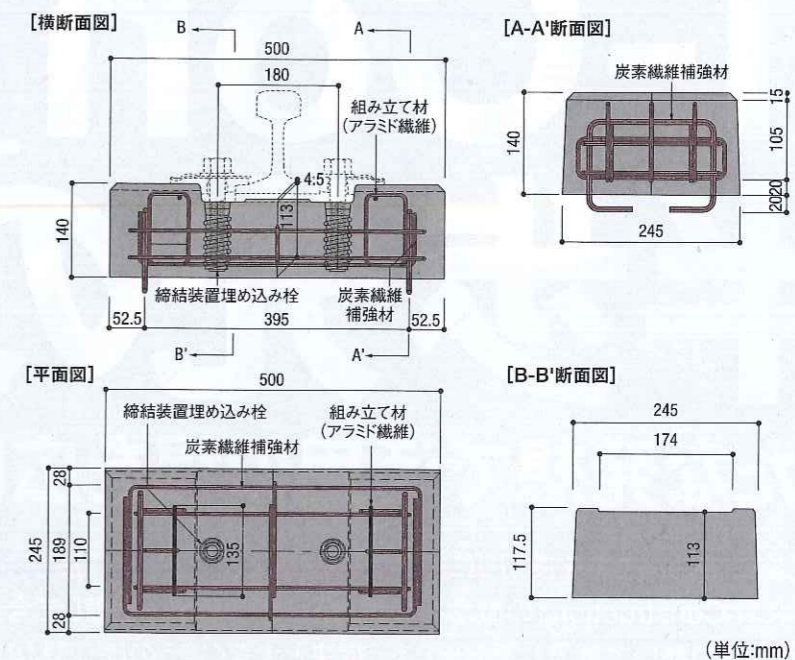


写真4 ■ セグメントの背面に裏込め注入して止水性を高める。注入口を設けるため、セグメントのスキンプレートをガスバーナーで切り開いているところ。合成セグメントはトンネルの内空側が鋼板で覆われているので、腐食が目立つ

図4 ■ 炭素繊維補強短枕木の一般図



だ。安部日鋼工業鉄道事業部の小沼修一理事は、「腐食しないので、通常の鉄筋よりもかぶりを小さくできる。そのうえ付着性能が高く、枕木を短くしても、レールから横方向に加わる力をショルダ一部分で受け止められる」と説明する。

ただし、炭素繊維補強材は曲げ加工が難しいという欠点がある。「構造的には、できる限り直角に近い形で曲げた方が好ましい」(小沼理事)。そこで、材料となる炭素繊維を組みひも状に束ねて所定の形に曲げた後、樹脂を含浸させて補強材を製作するようにした。使用する補強材の外径は5mmと7mmの2種類。繊維メーカーの協力を得て、最小半径10mmで曲げられるようにした(写真6、図4)。

### 枕木の交換と同時に道床も補修



東鉄工業 現場代理人  
谷川 淳一

事前に50m間隔でコンクリートの道床をコア抜きした。強度が小さい区間はコンクリートの撤去範囲を広げ、枕木の交換と同時に道床の健全化も図っている。道床の強度に応じて、撤去する範囲を4段階に分類している。分類ごとに撤去方法も異なる。初めて施工する区間では、交換する枕木の数を限定し、作業時間などを確認する。区間によっては、一晩で枕木を12本交換できることもある。(談)

### ポンプや水タンクの台車を毎晩往復



奥村組・日本国土開発・NB建設JV 現場代理人  
小出 昌克

ウォータージェットの圧力低下を防ぐため、ポンプユニットや水タンクは台車に載せ、作業基地から現場まで毎晩往復させている。水タンクの容量は3m³。トンネル内に設置した専用の配管を使い、手で給水しながら施工している。もし、無人の作業基地で給水してタンク内のセンサーが故障してしまうと、周囲に水があふれ出て地下鉄の運行に支障を来す恐れがあるからだ。(談)

### 位置図



### 【現場概要】

#### 軌道改良工事

■名称=関内・桜木町間軌道改良及びその他工事(その2) ■施工場所=横浜市中区尾上町~花咲町 ■発注者=横浜市交通局 ■設計者=横浜市交通局工務部施設課 ■施工者=東鉄工業(現場代理人:谷川淳一、元請けの技術者数:5人) ■主な専門工事会社=軌道建設、北田建設(以上、軌道)、安部日鋼工業(枕木)、東京ファブリック工業(締結装置) ■工期=2015年2月~16年10月 ■工費=4億2984万円 ■入札方式=一般競争入札 ■予定価格=4億5834万1200円

#### トンネル補修工事

■名称=平沼町シルトトンネル(下り線)補修工事(その2) ■施工場所=横浜西区高島~南幸 ■発注者=横浜市交通局 ■設計者=日本交通技術(管理技術者:門脇功洋) ■施工者=奥村組・日本国土開発・NB建設JV(現場代理人:小出昌克、元請けの技術者数:6人) ■主な専門工事会社=オーゼットユ、ケミカル工事(以上、セグメントケレン)、ヤマト工業(止水)、東洋電装(電気設備) ■工期=15年6月~18年7月 ■工費=28億9980万円 ■入札方式=一般競争入札 ■予定価格=30億2637万6000円