

# 薄肉鋼板補強工法による トンネルの耐震補強工事

久保 英明\*  
Hideaki Kubo

## 1. はじめに

藤塚ずい道は、横浜市水道局の送水管を道路下に埋設するために、横浜市保土ヶ谷区の丘陵部に築造された馬蹄形断面のトンネル（延長 91 m、幅員 4.7 m）である。現在は、周辺住民の生活道路として 1 車線（交互通行）で供用されているが、築後 57 年が経過した覆工には、漏水やび割れが数多く発生している。「平成 19 年度藤塚ずい道耐震診断調査業務委託」において、健全度 2A（早急に対策が必要）の判定が下されたため耐震補強を行うこととなった。

補強方法は、現状の建築限界を確保した上で耐震性能が確保できる「薄肉鋼板補強工法」が採用された。「薄肉鋼板補強工法」は、鉄道トンネルの補強工法として開発された工法で下記の特徴がある。

- ① トンネル内に既設覆工の内空断面と相似形状を持つ薄肉の鋼板覆工（厚さ 38 mm）を加工・設置し、内空断面を大幅に変えることなく補強構造体が構築できる。
- ② 規定の形状に工場製作された複数の鋼板を嵌合継手（リブ）（図-1、写真-1）によりトンネル坑内で組立てるため、内空側に部材やボルトが露出することが無く、迅速な施工が可能である。
- ③ 既設覆工との隙間にグラウト材を注入し補強する。  
本稿では、この「薄肉鋼板補強工法」の施工および課題について報告をする。

## 2. 耐震補強施工時の既設トンネルの安定確保

鋼板設置に先立ち、インバート構築や既設覆工のはつり等を行う必要があった。各施工段階において、既設トンネルの安定性が低下する恐れがあったため、対応策の検討を行った。

### (1) インバート施工時

既設トンネルの下端まで掘削する際に、既設覆工下端に側圧による大きな変形が生じ（図-2）、トンネルの安定性が低下する。

### (2) 既設覆工はつり時

当初設計の道路線形は、既設覆工に合わせて平面・縦断共に折れ点が何ヶ所も設けられていたが、鋼板接合が

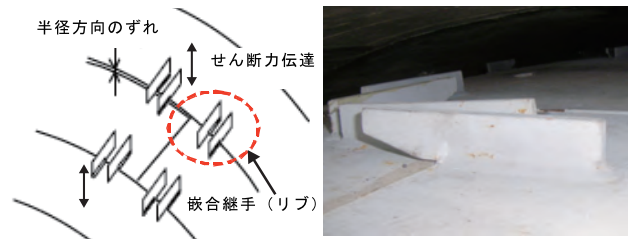


図-1 嵌合継手の役割

写真-1 嵌合継手設置状況

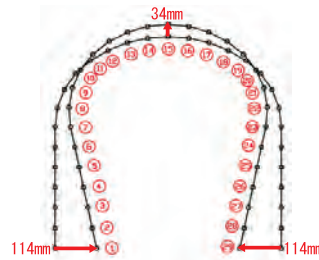


図-2 掘削時の変形図

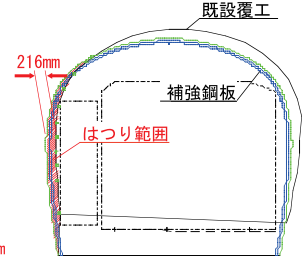


図-3 はつり概念図

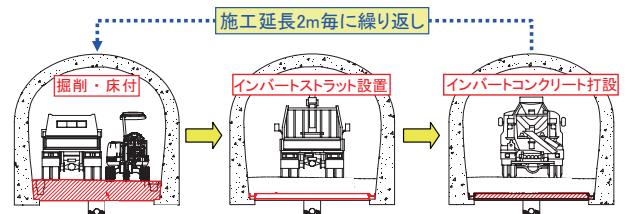


図-4 インバート施工次第図

困難となることが予想された。このため、平面線形を直線に、縦断勾配を一定（2.57%）に変更した。

その結果、はつり厚は当初設計（一律 50 mm）に対して最大 216 mm に増大した（図-3）。これにより既設覆工の断面剛性が不足し、トンネルの安定性が低下する。

### (3) トンネルの安定性確保のための対応策

以上の懸念事項について検討した結果、インバートの掘削後、直ちに鋼製ストラット（H-200）を設置したインバートコンクリートを 2 m 毎に施工することで（図-4）、掘削時の変形抑制およびはつり後の既設覆工の安定性確保が可能となった。

## 3. 薄肉鋼板補強工の実施

当該工法は、延長 1 m あたり 6~7 枚に分割した鋼板パネルを、坑内でエレクターを装備した専用機械にて組立てるのが一般的である（写真-2）。

しかし、今回使用するパネルは厚さ 38 mm であり、重量が約 700 kg/パネルとなるため、狭隘な坑内での組立は危険かつ困難であると判断した。

そこで代替方法として、坑外の専用台車上で延長 2 m 分（1 リング=1 m）を組立て、台車が坑内に自走し運搬・設置する方法（写真-3）を採用した。この方法は全国的にも前例のない組立方法である。以下に、1 サイ

\* 関東土木（支）藤塚トンネル（作）

クル当たりの作業手順を概説する。

#### 《施工のサイクル》

- ① 鋼板の設置は北坑口から南坑口に向かい2リング毎に繰返し行う（ヤードが無い場合仮置場から2リングずつ小運搬する）。
- ② 鋼板は南坑口前で2リングを自走式運搬台車上にて組立てる。これにより台車と鋼板リングは一体化する。
- ③ 軌道（H-200）上を走行し所定の位置まで運搬した後、レバブロックや油圧ジャッキを使用して鋼板間の目違いが生じないようにリップを噛み合わせて、既設置リングに接合させる。
- ④ 設置高さは鋼板脚部に鋼材スペーサーを敷設し、内空幅は油圧ジャッキや台車の可動装置により微調整して、それぞれ目標の数値に合わせる。
- ⑤ 鋼板リング受部材（インバート施工時に埋設）に溶接し固定する。同時に既設覆工に設置した天端からのアンカーにもアングルを介して溶接し、鋼板リング全体を固定する。
- ⑥ 鋼板の固定完了後、台車と鋼板リングとを緊結しているボルトを外し、台車のジャッキを降下させ台車を引抜く。台車は南坑口に戻り1サイクル完了となる。1サイクルの作業に要する時間は7時間程度であった。

#### 4. 工夫した点と注意点

- ① はつり作業における余掘り低減（グラウト材増加防止）のため、断面測定器によるはつり面の管理を行った。その結果、大きな余掘りは防ぐことができたが、実際に台車を走行させた時や、鋼板同士を接合する際にリップが干渉することもあり、削り直す場合もあった。
- ② 台車のアーチ部材が、組み立てた鋼板と接触するため、プラスチックシートを貼付けた。これにより接合時、鋼板のすべりが向上し、塗膜を傷つけないように防止することができた。
- ③ 噛み合わせ後のリップと鋼板には2mmの遊びが設けられている。この遊びが設置時に与える影響を確認するため、試験的に台車をジャッキダウンさせた。台車を20mmダウンさせても、鋼板天端は追従してきた。これでは、内空寸法を確保するどころか、リップに過度な応力が発生する状態となってしまうため、既設覆工に打込みアンカーを取付け、補助的に吊下げる方法を採用した。その結果、設計位置に鋼板リングをセットすることが可能となり、次リングの接合も速やかに行うことができた。



写真一2 一般的な鋼板補強工の施工方法



写真一3 本工事で採用した鋼板補強工の施工方法



写真一4 着手前（左）と完成後（右）

#### 5. 今後の課題

- ① 接合・緊結作業での塗膜損傷は不可避である。最終層の塗装は設置完了後に一気に吹付けるのが望ましい。
- ② 今回のように鋼板を坑外で組立てる場合、1リングあたり2~3枚の分割でも施工可能なことから、「リップの噛み合わせ」の核心部分を自社で設計できれば、さらにコストと工期を詰められると考える。
- ③ 今回は平面・縦断共に折れた線形を直線状に変更できたので成功したが、カーブに対応するためには台車の改良が必要となり、はつりも多く発生する。

#### 6. おわりに

本工事は、平成22年7月1日より完全通行止めを開始し、約7ヵ月後の平成23年1月25日に擁壁工などを残してはいるものの暫定開通をしている（写真一4）。

本工事での設計・施工・効果確認の手法が今後の同種工事の参考となれば幸いである。

謝辞. 本工事の施工にあたって、御指導・御協力を頂いた関係各位の皆様へ深く感謝申し上げます。