

鉄道営業線における既設開削トンネルの耐震補強（その1） - 補強計画と工法選定 -

東京急行電鉄（株） 正会員 ○高倉 鉄也 小里 好臣
東急建設（株） 井上 善広 味田 二郎
（株）大林組 正会員 坂平 佳久 正会員 佐藤 清

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震で鉄道施設が大きな被害を受けたことから、同年、国土交通省（旧運輸省）より高架橋や開削トンネルなどの耐震性を高める緊急耐震補強工事の通達が出された。東京急行電鉄では、この通達基準に加え、「災害時の復旧困難性」等も考慮して耐震性を検証し、順次補強工事を行っている。本報では最初に耐震補強計画の概要について述べ、次に工事の一例として開削トンネル中柱に対する補強工法の選定と施工後の評価について報告する。

2. 耐震補強計画の概要

東京急行電鉄では、各路線の駅舎、高架橋、トンネルなどを耐震補強の対象としているが、渋谷駅を基点とする田園都市線と東横線は1日の乗降客が100万人を超え、地震により被災した場合、社会に与える影響が甚大なものとなるため、両路線を最重要の補強対象と位置付けている。こ

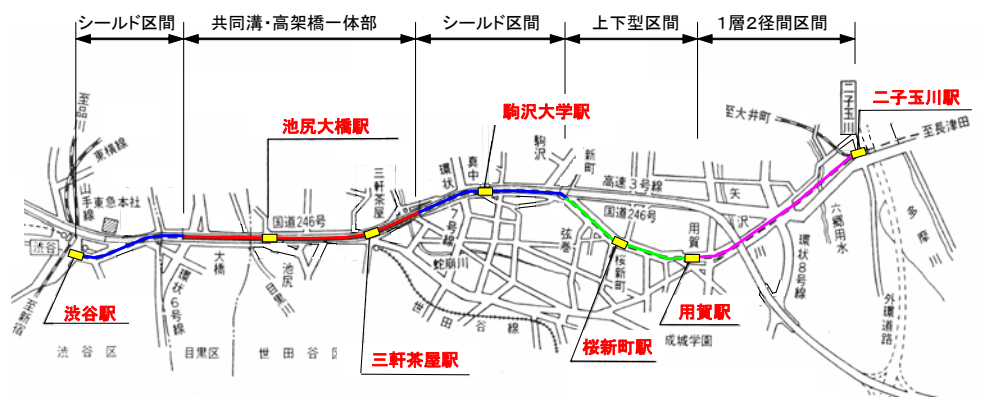


図-1 東急田園都市線における地下区間

このうち田園都市線については、地下区間（図-1）が幹線道路（国道246号および首都高速3号線）の直下にあり、トンネルの損傷が地上道路に影響し、緊急車両の通行等を妨げる可能性も考えられる。1995年兵庫県南部地震では大開駅をはじめとして多くの開削トンネルで中柱がせん断破壊し、上床板の陥没など甚大な被害をもたらした^{1),2)}。このような社会的影響に加え、災害時の復旧困難性も考慮し、開削トンネルの補強については、田園都市線の地下区間を優先することとした。

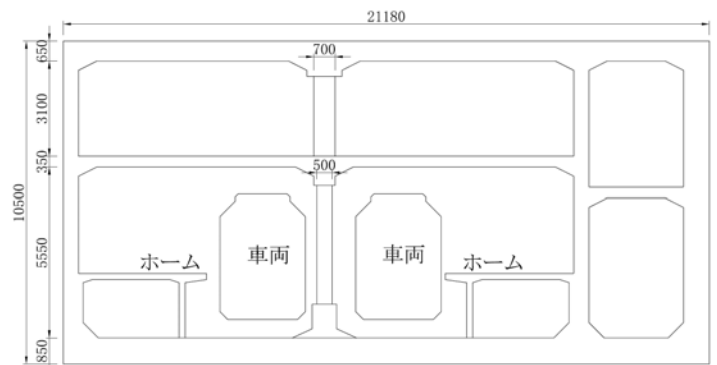


図-2 補強対象としたトンネル断面例

田園都市線の開削トンネルの耐震検討においては、地震時地盤変位や部材のせん断曲げ耐力比などにより補強対象となる中柱を抽出するとともに、田園都市線の社会的重要度や復旧困難性を考慮し、動的応答解析などの詳細な検討も実施して補強対象となる中柱を選定し、補強工事を実施することとした。

3. 開削トンネル中柱の補強工法選定

今回補強対象となった開削トンネルは、主に駅舎部であり2層のボックスラーメン構造で、ホームの形式によって、ホーム上もしくは線路間に中柱がある構造となっている（図-2）。補強工事は列車が運行しない夜間2.5時間に限定され、揚重機を必要とする大掛かりな工事は適さない。また、資機材は乗降客が利用する階段を使って搬入出するしかなく、作業終了時には営業時の安全確保のためにほとんどの資機材を搬出する必要がある。これらのこと

キーワード 耐震補強、地下構造物、駅舎、鋼製パネル組立工法、開削トンネル

連絡先 〒150-8533 東京都渋谷区神泉町8-16 東京急行電鉄株式会社 鉄道事業本部工務部土木課 TEL 03-3477-6322

から、揚重機を使用する鋼板巻き立て工法や足場の設置が必要となるスパイラル鉄筋巻き立て工法は、本工事の条件に適さないものと判断した。本工事では、これらの制約条件に対応できる工法を選定するため、鋼製パネル組立工法とアラミド繊維シート巻付け工法の2つの工法を比較検討した。

鋼製パネル組立工法^{3),4)}は、工場で製造された分割パネルを現地にてリベットやボルトによって組み立て、部材のせん断耐力や曲げ変形性能の向上を図る工法である。分割パネルの重量は10~20kg程度で、人力による運搬や組立が可能である。現地溶接、塗装が不要なため、従来工法よりも工期短縮が可能である。アラミド繊維シート巻付け工法は大掛かりな足場や揚重機を必要としないが、耐火性がやや劣るため、火災を想定した場合、地下駅での採用は適さないと判断した。以上の検討から、今回の施工条件に最も適する工法として鋼製パネル組立工法を採用した。

4. 施工状況と施工後の評価

表-1 に 1 日あたりの作業サイクル、表-2 に柱 1 本あたりの補強工程を示す。1 日の作業可能時間は終電後から始発前までの約 4 時間に限定され、営業時間中はホーム上に資機材等の仮置ができないことから、作業開始前にその日必要となる資材を搬入し、営業開始前には養生材等も撤去する必要がある。そのため実作業時間は約 2.5 時間であったが、高さ 3750mm の中柱に対して、3 日間で全 13 段のパネルを組み立てることができた。表-2 に示す工程ではモルタル充填に日数を要しているが、これはパネルのはらみ出しを抑制するため、1 日あたりの充填量を少なくしたことによるものである。なお、鋼製パネル組立工法による柱 1 本あたりの施工日数は、標準で 13 日であった。一方、鋼板巻立て工法を仮定した場合、仮設や揚重機の設定・撤去によって 1 日あたりの出来高が制限されるため、鋼製パネルの約 1.5 倍となる 20 日を要すると試算された。このことから鋼製パネル組立工法は工期短縮にも効果的であることが確認された。

5. まとめ

鉄道営業線の地震時安全性を確保するため、東京急行電鉄ではこれまで高架橋や開削トンネル中柱等の耐震補強工事を進めてきた。鉄道施設の耐震補強においては、被災時に社会に与える影響や復旧困難性を考慮して補強の優先順位や補強対象を決定するとともに、お客さまの安全性を確保しつつ工事を円滑に進めるため、現地の諸条件に適合した工法を選定する必要がある。今回採用した鋼製パネル組立工法は地下構造物への適用例がほとんど無く、地下駅への大規模な採用は初めてであったが、今回の補強工事により同工法の適用範囲が拡大され、より多くの鉄道施設の耐震補強に寄与するものと期待している。今後も鉄道施設の社会的な重要度に配慮し、お客さまの安全を確保しながら全路線の耐震補強工事を速やかに完了させたい。

参考文献

1)佐俣千載：兵庫県南部地震での地下鉄構造物の被害と復旧，土木学会論文集，No.534／VI-30，1-17，1996.3 2)矢の照夫，梅原俊夫，青木一二三，中村晋，江寄順一，末富岩雄：兵庫県南部地震による神戸高速鉄道・大開駅の被害とその要因分析，土木学会論文集，No.537／I-35，303-320，1996.4 3)財団法人鉄道総合技術研究所：既存鉄道コンクリート高架橋柱当の耐震補強設計・施工指針「鋼製パネル組立補強編」，平成18年9月． 4)長縄卓夫，岡野素之，小松章，相京博幸：鋼製パネル組立てによるRC柱の耐震補強に関する研究，構造工学論文集 Vol.52A，521-528，2006年3月．

表-1 施工サイクル

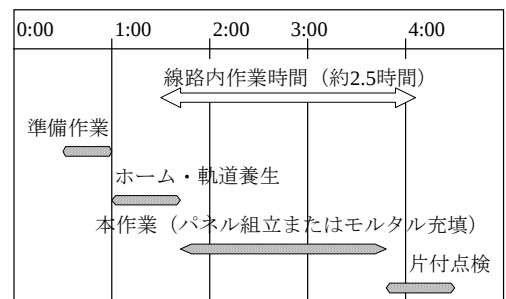


表-2 鋼製パネル組立工法の標準工程（実績）

[illegible]

写真-1 施工状況



写真-2 工事完了状況