トンネル中央通路側壁傾斜の原因と対策に関する検討

西日本旅客鉄道（株）正会員 ○渡邉 晃久
西日本旅客鉄道（株） 弓岡 省吾
西日本旅客鉄道（株）正会員 小谷 洋平
大鉄工業（株） 坂田 和也

１．はじめに

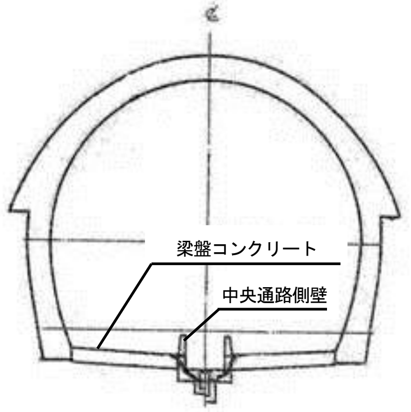
本検討で対象としたトンネルは，トンネル中央部に保守用作業通路（以下、中央通路）を有する鉄道トンネルである．当該トンネルは，建設後約 10 年において中央通路側壁の傾斜が確認されており，当面の措置として経過観察・計測管理およびパイプサポートによる支持を実施してきた．中央通路は，路盤及び軌道の荷重を支持するとともに夜間工事における保守用作業通路として必要不可欠な設備であり，側壁の傾斜が進行すると安全性及び使用性に影響を与えることとなる．そこで，本論文では，中央通路側壁が傾斜した原因分析と対策工について検証を行った結果を報告する．

２．トンネル及び中央通路の構造

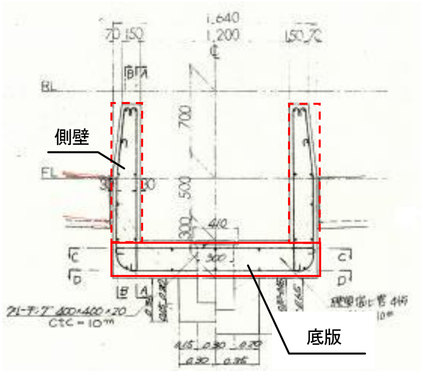
対象としたトンネルの諸元と断面について，**表－１**及び**図－１**に示す．中央通路の構造は，現場打ちの鉄筋コンクリート造であり，底版と側壁で構成され，引張側・圧縮側の鉄筋はともに丸鋼（φ13）が使用されている（**図－２**）．

表－１ トンネル諸元

形式	交流電化直線用
覆工材質	コンクリート
施工年次	昭和46年６月
線形	直線
巻厚	700㎜
勾配	２‰（横断方向）、12‰（縦断方向）
断面	梁盤コンクリート構造ほか
掘削方式	底設導坑先進上部半断面工法



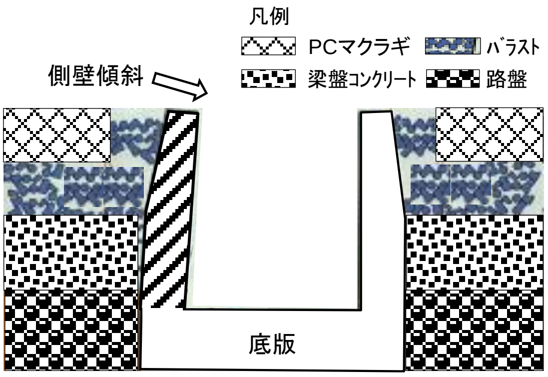
図－１ トンネル断面図



図－２ 中央通路構造

３．変状の概況と計測管理

建設後 24 年が経過し，延長 L≒200m 程度に渡り傾斜進行が顕著となった状況を示す（**図－３**）．以降，下げ振りによる傾斜計測と，通路左右の天端に設置したピン間隔の計測により，数値管理を行っている．また，建設後 26 年にて，通路下部に噴砂が発生し，盤ぶくれの可能性を確認したことから，より定量的な計測を行うため，エクステンソメーターを用いてトンネル覆工側壁と中央通路天端の距離を継続的に計測した．これらの測定結果から，トンネル側壁からの押出しによる影響は認めらないことが確認された．



図－３ 側壁傾斜状況

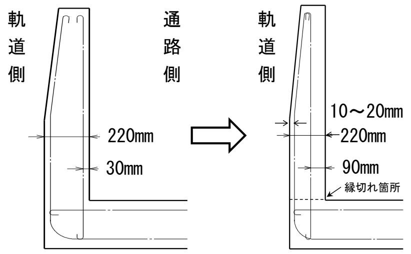
４．側壁傾斜の原因分析

側壁傾斜の原因を把握するため，側壁について，通路側及び軌道側の詳細調査を実施した．鉄筋の縦断方向配置間隔は，設計図通りとなっている．しかし，横断方向通路側の鉄筋かぶりは，設計値 30mm に対し 90mm 程度

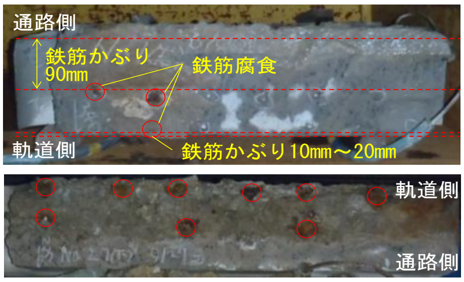
キーワード 鉄道，トンネル，通路，側壁，傾斜
連絡先 〒673-0016 兵庫県明石市松の内 西日本旅客鉄道㈱ 神戸新幹線土木技術センター TEL 078-928-0532

あったことから通路側の鉄筋が，軌道側に偏って配置されていることがわかった．また，側壁基部と底版の縁切れ箇所の一部をはつり，鉄筋が破断していることも確認した（**図－４**）．**写真－１上**は，側壁基部の切断面の様相である．軌道側の鉄筋かぶりは，設計値 30mm に対し 10～20mm 程度であった．また，縁切れ箇所の鉄筋断面（**写真－１下**）が一様に腐食していることを確認した．調査結果から，当該トンネルの一部区間については，側壁の配筋が設計図通り施工されておらず，このため鉄筋腐食による耐力低下が生じたと考えられる．

以上より，水の浸入や列車荷重の繰り返しの影響により，側壁基部に縁切れが生じ，曲げ剛性が低下し側壁の傾斜が進行したものと考えられる．



図－４　鉄筋かぶり調査



写真－１　側壁基部切断面

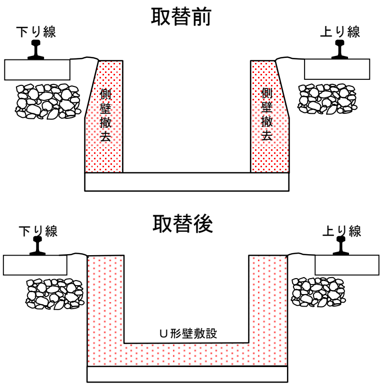
５．対策工と検討事項

列車の安全・安定輸送確保が使命である我々にとって，長期に亘り傾斜状態の側壁を維持管理することは，「安全性」を損う恐れがあり，対策が急務となった．そこで，既設側壁と同等の機能を有する構造に取替えるための検討を行った．工事は，列車運行が終った夜間，約４時間程度の保守作業間合いで行うため，既設側壁と同じ構造の打替えは困難なことから，対策工について検討を行った（**表－２**）．そこで，「安全性」を確保でき，一夜で定量の取替えが可能なコンクリート二次製品のU形壁を採用することとした（**図－５**）．

表－２　対策工の検討

対策案	概要
補強鉄筋樹脂接着工	⇒ 中央通路側壁内に補強鉄筋挿入＋樹脂接着
通路面支保工	⇒ 中央通路底部にﾊﾟｲﾌﾟｻﾎﾟｰﾄ設置＋ﾓﾙﾀﾙ打設
タイロット工法	⇒ 中央通路側壁と覆工側壁をﾀｲﾛｯﾄにより補強
ｺﾝｸﾘｰﾄ製Ｕ形壁に取替	⇒ 既設側壁を撤去後，二次製品（Ｕ形壁）を敷設

以下，施工方法について記す．日々の材料・機械類の運搬は，軌道モータカーと鉄製トロを使用した．既設側壁の切断は，ウォールソーを使用し，既設側壁撤去とU形壁敷設は，4.9t 吊クローラクレーンを使用した．また，U形壁の取替えは，作業工程上，１基/日のペースで行ってきた．



図－５　Ｕ形壁取替概要

しかしながら，本工事は鉄道固有の線路閉鎖等の運転手続き，軌道モータカーの運用調整，要員確保，輻輳するその他工事との工程調整が必要となることから，日当り施工量の増加により施工日数の低減を図ることが懸案事項であった．そこで，作業工程のうち，既設側壁の切断および仮設材による切断側壁の転倒防止措置は，線路閉鎖等の運転手続きを必要としない作業となることから施工方法を見直し，日当りの U 形壁取替え数量が増加となるよう調整した．これに伴い，仮設材は一時的に列車荷重を支持する必要があったが，事前に詳細な耐力照査を行うことで、列車運行に支障することなく施工が実施できた（**写真―２**）．これらの調整により，２基/日のＵ形壁の設置が可能となり，工期の短縮を実現した．

写真－２　仮設材設置状況

６．まとめ

本論文は，トンネル中央通路の側壁が傾斜した原因と対策工について考察したものである．今後も定期的な検査において，側壁の傾斜が認められた場合には傾斜の継続的な計測管理を行うとともに，効率的で効果的な対策工を実施することで中央通路の適切な維持管理に取り組み，安全で安定した列車輸送の確保に努める．