

ポリマー材を用いた開削トンネル免震工法のメカニズムに関する検討

ジェイアール東日本コンサルタンツ 正会員 ○桐生 郷史
 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
 同上 正会員 川西 智浩

1. はじめに

著者らは、開削トンネル側面にポリビニルアルコール系ポリマー材¹⁾という柔軟な材料を免震層として配置することによって地震外力の低減を図る耐震対策工法（以下、ポリマー免震）を考案し、駅部の開削トンネルにおいて実用化を図っている²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。さらに、土被りを有するような一般的な開削トンネルへの汎用性についても検討を進め、地盤と構造物の剛性関係によって免震効果に差異があることを確認している⁵⁾。しかし、免震効果に影響を与える詳細なメカニズムの解明には至っていない。そこで、本報では、土被りを有する一般的な開削トンネルにおいて、地震時に構造物に与える影響が大きいと推察される上載土とポリマー免震の関係を解析的に検討し、免震効果に差異が生じる要因を把握することを試みた。

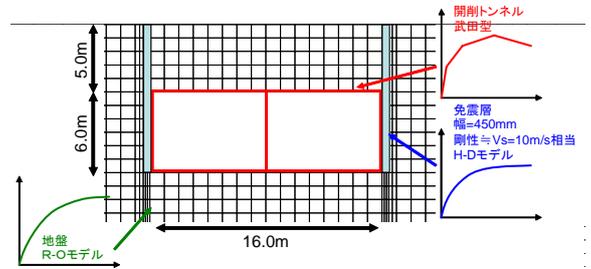


図1 解析モデル

る⁵⁾。しかし、免震効果に影響を与える詳細なメカニズムの解明には至っていない。そこで、本報では、土被りを有する一般的な開削トンネルにおいて、地震時に構造物に与える影響が大きいと推察される上載土とポリマー免震の関係を解析的に検討し、免震効果に差異が生じる要因を把握することを試みた。

2. 解析モデルおよび解析ケース

解析モデルを図1に示す。対象構造物は、幅16.0m、高さ6.0mの1層2径間の開削トンネルである。解析は、2次元FEM動的解析を用い、地盤（R-Oモデル）および免震層（H-Dモデル）は平面ひずみ要素、開削トンネルは梁要素としてモデル化した。また、開削トンネルは非線形特性を考慮してモデル化した。なお、免震層の幅は450mm、

表1 解析ケース

	無対策の状態 (基本ケース)	ポリマー免震	上床版摩擦カット	ポリマー免震 +上床版摩擦カット
ケースA 土被りなし 構造物:剛				
ケースB 土被りあり 構造物:剛				
ケースC 土被りあり 構造物:柔				

深さは地表面から構造物下端とした。物性値は、せん断弾性波速度として、現地盤の約1/10相当となるせん断剛性とした。解析ケースの一覧を表1に示す。土被りの有無と構造物の剛性を変えた3ケースに対して、無対策の状態およびポリマー免震の状態で免震効果を比較した。さらに、土被りのあるケースについては、滑動シートなどで上載土の摩擦をカットしたケース、摩擦カットにポリマー免震を加えたケースで上載土の影響について検討を行った。

3. 解析的検討

解析結果を図2、図3に示す。増分断面力は常時状態の影響を除去するため、地震時最大断面力から常時の断面力を差し引いた断面力としている。なお、抽出した断面力は、各部材の最大断面力発生位置の断面力である。図2は、表1に示した3ケースについて、ポリマー免震による増分断面力の変化を示したものである。土被りのないケースA、および土被りを有し構造物が剛であるケースBは、全ての部材でポリマー免震によって増分断面力が低下しており、免震効果を発揮していることが分かる。それに対して、土被りがあり、構造物が柔であるケースCでは、側壁、中柱において増分断面力が無対策時より増加しており、免震効果が発揮されていない。ケースBとケースCの結果から、同じ土被りを有する開削トンネルにおいても免震効果には差

キーワード 開削トンネル、免震工法、ポリマー材

連絡先 〒171-0021 東京都豊島区西池袋1-11-1 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) TEL03-5396-7245

異があることが分かる。次に、土被りを有する開削トンネルの上載土の影響を把握するため、**図3**に代表してケースBにおける上床版の摩擦をカットした増分断面力とカットしない増分断面力の比較結果を示す。ポリマー免震の有無に関わらず、いずれの部材も滑動シートを配置しても増分断面力はほとんど変わらないことが分かる。つまり、上載土の影響は小さいと言える。

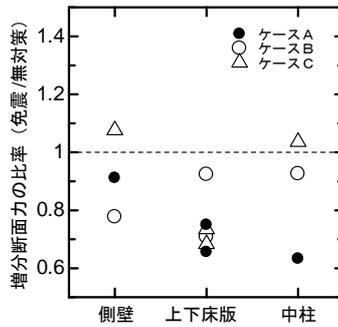


図2 免震効果の比較

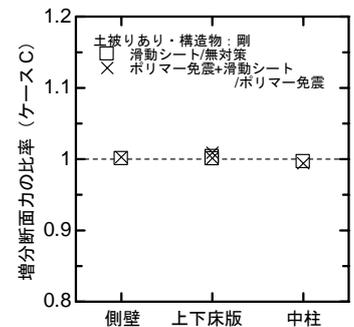


図3 上載土の影響検討

よって、**図2**で示した免震効果の差異は、上載土の影響ではなく、構造物と側方からの地盤変位、つまり、周辺地盤が構造物にとって、抵抗となるのか、作用となるのかの違いが免震効果に影響すると推察される。

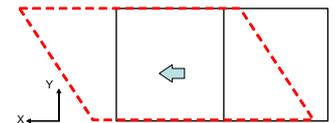


図4 応力抽出時の変形モード

そこで、無対策時の周辺地盤と構造物の関係を把握するため、層間変位最大時における周辺地盤の応力状態の検討をおこなった。**図4**に示すように、応力抽出時の変形モードは、紙面の右側から左側へ地盤・構造物が変形している状態である。X方向の応力コンターを**図5**に、変形モードと応力状態の関係を模式図として**図6**に示す。構造物の変形に大きく寄与すると考えられる側壁の上部に着目すると、免震効果を発揮したケースAおよびケースBについては、構造物が変形している側（紙面左側）の地盤において、上床版付近で圧縮応力が小さく、それに比べて反対側（紙面右側）の地盤で圧縮応力が大きくなっている。圧縮応力が大きいということは、地盤が右から左へ変形した時に反力として応力が大きくなっていると判断できる。つまり地盤が作用として働いているモードとなっている。これに対し、免震効果の発揮しなかったケースCについては、構造物が変形している側（紙面左側）の地盤で圧縮応力が大きく、反対側（紙面右側）の地盤では圧縮応力が小さくなっており、地盤が抵抗として働いているモードとなっていることが分かる。

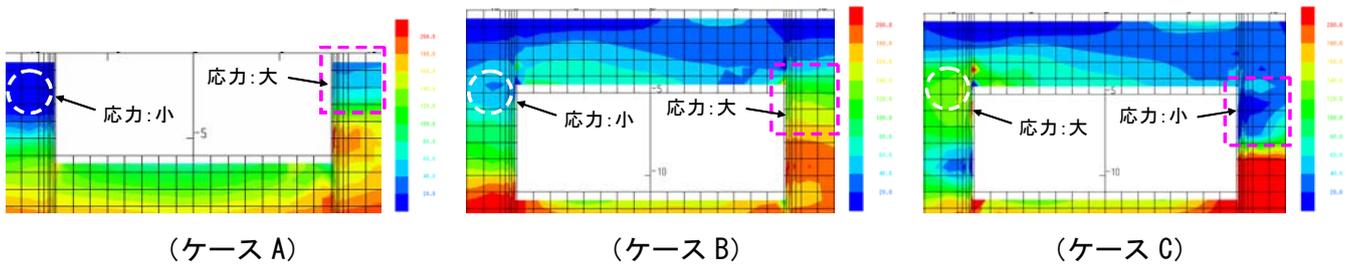


図5 無対策時のX方向応力分布図

4. まとめ

免震工法は、地盤と構造物の剛性関係によって、地盤が作用として働く場合、地盤が抵抗として働く場合で免震効果は異なる。また、その判断は、無対策時の構造物周辺地盤の圧縮領域の状態から把握できる。なお、構造物と地盤の関係は、剛性だけでなく地盤変形の曲率の影響もあると考えられることから、今後は、地盤の変形分布との関係も把握する必要がある。

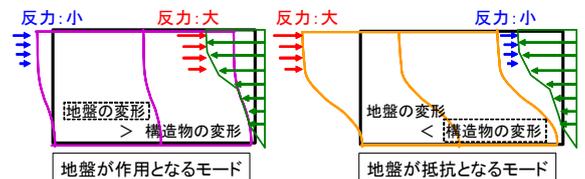


図6 変形モードと応力状態の関係

参考文献 1) 館山勝, 矢口直幸, 平山勇治, 花森一郎: ポリマー地盤改良に関する基礎的研究 鉄道総研報告 Vol.16 No.3 2002.03 pp.19-24 2) 室野剛隆, 桐生郷史, 館山勝, 小林正介: ポリマー材を用いた開削トンネルの免震工法の開発と適用事例 第40回地盤工学研究発表会 2005.07 3) 室野剛隆, 桐生郷史, 館山勝, 小林正介: ポリマー材を用いた開削トンネルの免震工法と実設計事例(その1・その2) 第60回年次学術講演会 2005.09 4) ポリマーの壁を築き免震構造に～横浜市営地下鉄中川駅耐震補強工事(横浜市)～ 日経コンストラクション 2006.3.10 pp.24-28 5) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計(財) 鉄道総合技術研究所 6) 桐生郷史, 室野剛隆, 館山勝: ポリマー材を用いた開削トンネルの免震工法の汎用性に関する検討 第61回年次学術講演会 2006.09