

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

鉄道総合技術研究所 正会員 ○桐生 郷史
 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
 鉄道総合技術研究所 正会員 舘山 勝

1. はじめに

筆者らは、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⁾（以下、ポリマー）という柔軟な材料を免震層として配置して地震外力の低減を図る耐震対策工法を考案し、免震層の剛性、幅、設置位置に応じた地震時の免震効果を明らかにした²⁾³⁾。また、本免震工法は、建屋を有する駅部の開削トンネルにおいて既に施工が進められており、実用化されている⁴⁾。本工法は、構造部材の耐力を向上させる既存の補強法（鋼板巻き補強・一面せん断補強など）に対して、構造全体の耐震性能を向上させるメリットがある。さらに、施工は、開削トンネル側面の外側で行われることから、既存の構造物を傷めず、かつ供用されているトンネル内の施工が伴わない。その結果、工期短縮、コスト削減に繋がり、今後、広く採用されることが期待される。しかし、適用した構造物は建屋を有する構造物であり、一般的な開削トンネルと挙動が異なることも考えられる。

本報では、免震工法の汎用性を鑑み、土被りを有する一般的な開削トンネルの免震効果およびそのメカニズムに関する検討を実施した。

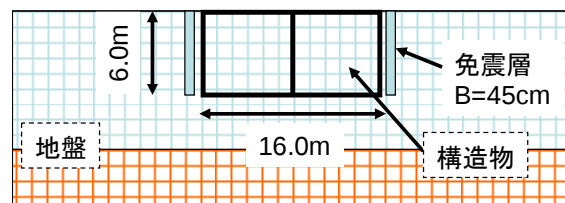
2. 解析モデルおよび解析ケース

解析対象モデルを図-1に示す。対象構造物は、幅 16.0m、高さ 6.0mの1層2径間の駅部を想定した。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、剛性については柔らかいものと剛なものを想定した。なお、免震材の幅は 45cm、深さは地表面～構造物下端とした。物性は、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。また、土被りを有する場合については、上床版と上載土の境界部にジョイント要素を配置している。入力地震波は図-2に示すように、耐震標準⁵⁾に示すスペクトルⅡ（G1地盤用）を用いた。

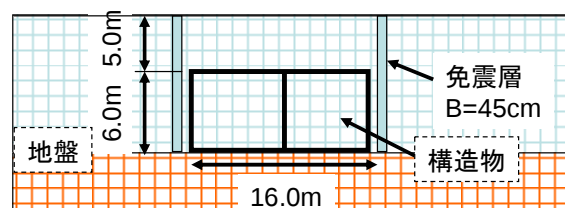
解析ケースを表-1に示す。解析タイプは、土被りのない TYPE-A と土被りを有する TYPE-B（土被り 5.0m）とした（図-1）。また、TYPE-B については、地盤と比較して相対的に構造物の剛性が高い場合と、柔らかい場合の2ケースについて検討した。なお、それぞれのケースについて免震層の有無について検討した。

3. 免震効果とメカニズムに関する解析的検討

図-3～5に免震改良による中柱・側壁に発生する地震時増分断面力と構造物相対変位の変化を示す。ここで示す地震時増分断面力は、発生最大断面力から初期応力状態の断面力を差引いた断面力であり、各部材における



a) TYPE-A



b) TYPE-B

図-1 解析対象モデル

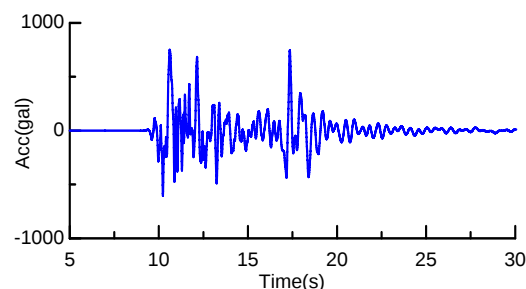


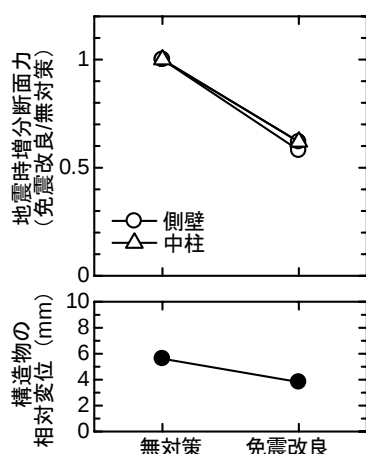
図-2 入力地震波（L2, スペクトルⅡ）

表-1 解析ケース

ケース	TYPE	構造物の剛性	免震層
Case1(a)	A	剛	なし
Case1(b)			あり
Case2(a)	B	剛	なし
Case2(b)			あり
Case3(a)		柔	なし
Case3(b)			あり

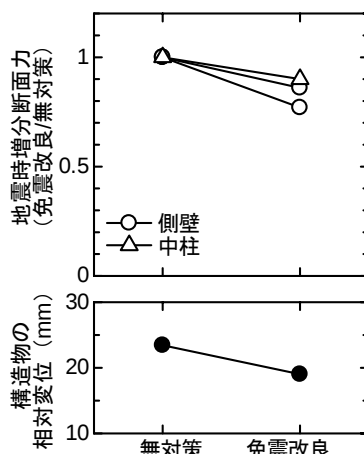
キーワード ポリマー材、開削トンネル、免震工法

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （財）鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7394



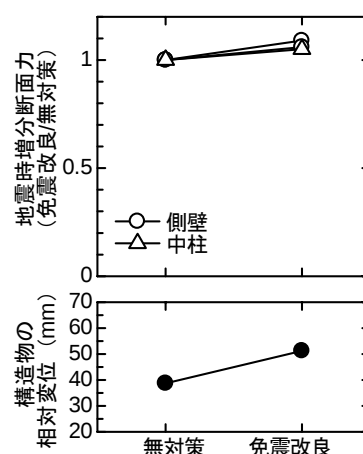
(土被りなし・剛)

図-3 Case1



(土被りあり・剛)

図-4 Case2



(土被りあり・柔)

図-5 Case3

最大値を抽出している。また、構造物相対変位は、構造物中心位置の上床版の変位から下床版の変位を差引いた最大値である。

土被りのない Case1 (図-3) の地震時増分断面力は、免震改良を施すことにより無対策に比べて 40%程度低減している。また、土被りがあり、構造物の剛性が高い Case2 (図-4) についても、地震時増分断面力は 10～20%程度低下している。これらに対して、土被りがあり、構造物の剛性が小さい Case3 (図-5) については、地震時増分断面力は増加し、免震効果が発揮されていない。また、いずれのケースも免震改良に伴う地震時増分断面力の変化と相対変位の変化に相関があることも確認できる。

以上のことより、地盤の剛性に対して構造物の剛性が高く、地盤が作用として働いている場合には、免震層が働いている地盤からの外力を遮断することになり、開削トンネルの挙動は抑制される。しかし、構造物の剛性が地盤に対して柔らかく、地盤が抵抗として働いている場合は、柔軟な免震層を構築することで、現況よりもさらに地盤の抵抗が小さくなり、構造物の挙動がより卓越して発生断面力が増加することが分かった。

4. 免震工法の適用性

地盤と構造物の剛性比に応じて免震効果が異なることから、対象構造物に対して免震工法が効果的か否かを事前に判断する手法が必要となる。図-6 に現況（対策を施さない状態）における地盤の相対変位と構造物の相対変位の関係を示す。免震効果を発揮した Case1, Case2 は、構造物に対して地盤の相対変位が大きく、免震効果を発揮しなかった Case3 は、構造物に対して地盤の相対変位が小さいことが分かる。以上のことより、現況における地盤の相対変位と構造物の相対変位を比較することで、免震工法を採用することが効果的か否かを判断できる。

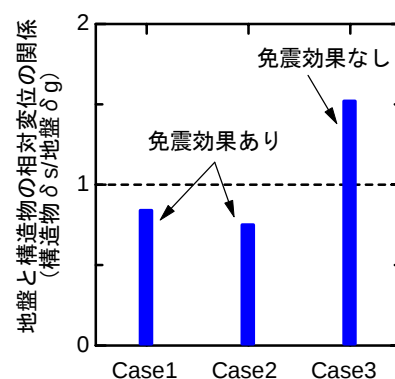


図-6 地盤と構造物の
相対変位関係と免震効果

5. まとめ

免震工法を一般的な開削トンネルへ適用した場合の免震効果とそのメカニズムを把握した。また、免震工法を採用するにあたっての判定手法について考案した。

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