

免震層と滑動材による薄層を組込んだ新しい免震セグメントの提案とその立坑接合部への適用性について

山梨大学大学院 学生会員 金井 拓弥
山梨大学大学院 フェロー 鈴木 猛康

1. はじめに

シールドトンネルの地震対策として、柔構造化技術が主として実用化されている。しかし、外周を地盤で拘束されている地下構造物では、構造物の変形を局部的に集中させることは、原理的に困難であるので、免震層による免震構造¹⁾ならびに特殊滑動塗料を用いた滑り型免震構造²⁾が開発された。しかし、免震構造にも、経済性や施工性に課題が残されている。そこで、本研究では免震層と滑り型免震構造の利点を活かしながら互いの欠点を補える、新たな免震構造について検討した。本稿では、免震層と滑動材による薄層を組込んだ新しい免震セグメントを提案するとともに、この新しい免震セグメントの立坑接合部への適用性について、軸対称 FEM 解析コード「EASIT」を用いて解析的検討を行った結果について報告する。

2. 新しい免震セグメントの提案

本研究では、免震層と滑り型免震構造の利点を活かしながら、互いの欠点を補うことができる、免震層と滑動材による薄層を組込んだ新しい免震セグメントを提案する。このセグメントは通常のセグメントの外側に免震層と滑動材による薄層を形成し、その外側を鋼板などで保護するものである。セグメントの概念図を図-1に示す。

提案する新しい免震セグメントでは、工場において予めセグメント内に免震機構を組み込んでいるので、設計値通りに免震構造を形成することが可能である。さらに、現場施工では、通常シールドトンネルの施工方法で掘進、セグメント組立てが可能で、従来の免震構造の施工のように特別な地上、坑内設備が不要となるため、施工性・経済性の両面を向上させることができる。

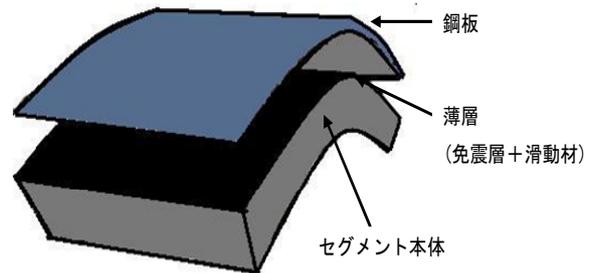


図-1 セグメントの概念図

3. 立坑接合部における提案するセグメントの適用性

立坑接合部に提案するセグメントを適用した場合について、軸対称 FEM 解析コード「EASIT」^{3),4)}により解析的検討を行う。解析の対象とする表層地盤、立坑、シールドトンネルの位置関係を図-2に示す。解析ケースは、剛結合、可撓セグメント、免震層による免震構造、滑り型免震構造、そして新しい免震セグメントを適用したケースの合計5ケースである。

免震構造および新しい免震セグメントの適用区間は立坑接合部より10mとし、可撓セグメントは立坑より1mの位置に配置した。なお、薄層を構成する免震ゴムのヤング率を1MPa、滑動材の動摩擦係数を0.1とした。

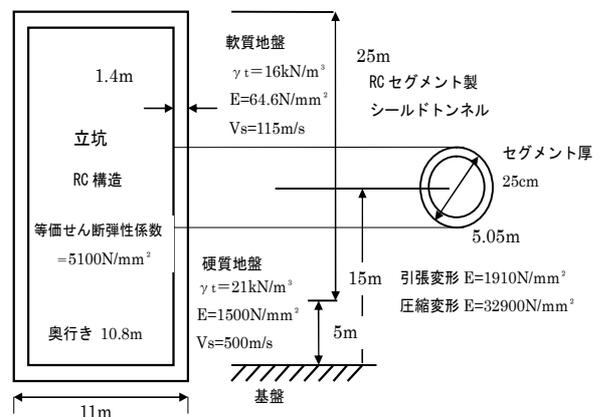
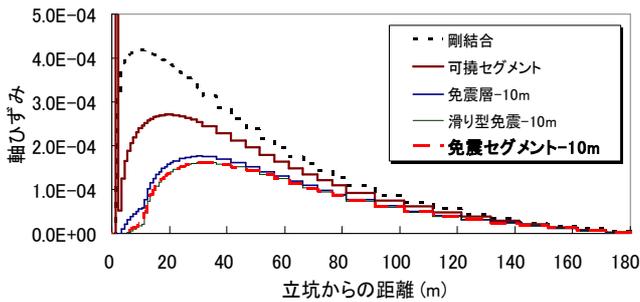


図-2 解析条件

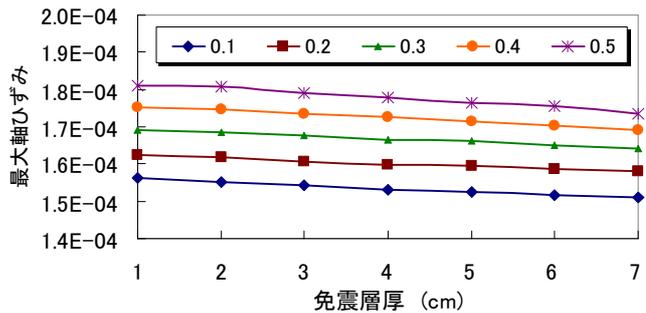
キーワード：免震構造，シールドトンネル，セグメント，立坑接合部，軸対称 FEM，
連絡先：山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学大学院医学工学総合教育部 TEL：055-220-8531

まず、新しい免震セグメントによって得られる免震効果について、他のケースとの比較によって確認した。地震荷重は、応答加速度として 500gal の正弦分布地盤加速度による地盤慣性力を解析モデル全体に節点外力として作用させた。解析結果を図-3(a)に示す。新しい免震セグメントは、剛結合と比較すると最大軸ひずみを半減させ、滑り型免震を適用したケースとほぼ同様な結果となった。

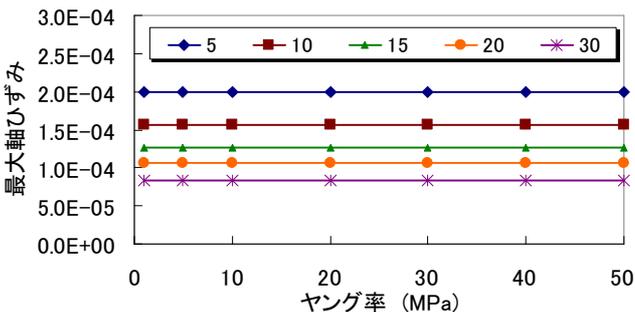
次に、免震効果を得るために必要とされる薄層の物性値を把握するため、免震層の層厚とヤング率、滑動材の動摩擦係数をパラメータとして、同解析条件でパラメトリックスタディを実施した結果を図-3(b), (c), (d)に示す。(b), (c)に示す通り、セグメント薄層の免震ゴムの層厚とヤング率がトンネル軸ひずみ低減効果は小さいことがわかる。一方、(d)に示すように滑動材の摩擦係数が小さいほど、軸ひずみ低減効果が大きい。



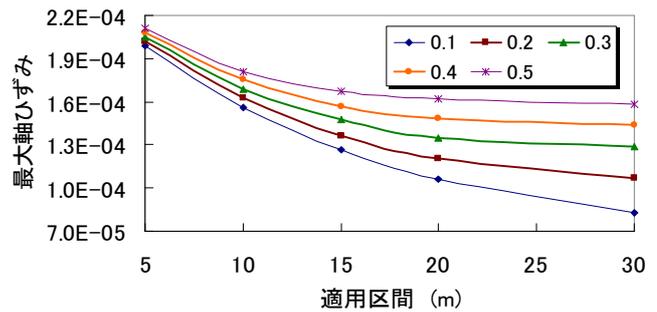
(a) セグメントの軸方向ひずみ分布の比較



(b) 免震層厚と最大軸ひずみの関係



(c) ヤング率と最大軸ひずみの関係



(d) 動摩擦係数による最大軸ひずみ発生比較

図-3 解析結果

4. まとめ

本稿では、免震層と滑動材による薄層を組込んだ新しい免震セグメントを提案した。この新しい免震セグメントの立坑接合部への適用性について解析的検討を実施し、得られた結果についてまとめると以下のようになる。(1)立坑接合部に新しい免震セグメントを適用した場合、免震区間が 10m 程度でもトンネルの軸ひずみは半減することがわかった。(2) 新しい免震セグメントは、滑り型免震と同等な免震効果が期待されることが確認された。(3) 薄層の免震層の厚さとヤング率がトンネルの軸ひずみ低減に及ぼす影響は小さく、滑動材の動摩擦係数が支配的なパラメータとなることがわかった。

今後の課題としては、セグメントピース間の組立て誤差による目違いによる、滑動性能低減の解消のために必要なゴム厚などの薄層の物性値の詳しい検討や、新しい免震セグメントの製作方法や施工法についても検討を行う必要がある。

参考文献

1) 建設省土木研究所, 他: 地下構造物の免震設計法マニュアル(案), 建設省土木研究所, 共同研究報告書 211 号, 1998. 2) 鈴木猛康, 勝川藤太: 地下構造物の滑り型免震構造の提案と検証実験, 土木学会論文集, No.689/I-57, pp.137-151, 2001.10. 3) 鈴木猛康, 金聲漢, 植村靖美: シールドトンネルの免震構造の地震応答評価のための解析法の提案, 土木学会第 1 回免震制震コロキウム論文集, pp.125-132, 1996. 4) 鈴木猛康, 丸山雅淑: 免震トンネルの耐震評価手法としての軸対称モデル, 第 10 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.2003-2008, 1998.