

開削トンネルの免震設計における構造物規模と免震効果についての検討

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 脇田 一
正会員 新田 勸
○正会員 福澤伸彦

1. はじめに

大都市において都市機能の高度化が進展する中で、残された空間資源として地下空間の有効利用が強く要望されており、地盤条件の厳しい箇所においても地下構造物が建設されることが多くなってきている。一般に、地下構造物は地上構造物に比べて地震の影響を受けにくいといわれてきたが、兵庫県南部地震では、神戸高速鉄道大開駅をはじめ各種の地下構造物で、これまでになかったような被害が報告されており、近年では地下構造物においても耐震設計を行うことが増えてきている。

地下構造物の免震設計は、構造物の周囲に地盤よりせん断剛性の小さい免震層を設け、これが地盤のひずみを吸収することにより、地震時の地盤の変形を地下構造物に伝達しにくくして、構造物を合理的に設計する方法であり、その設計・施工法等が「地下構造物の免震設計法マニュアル(案)」¹⁾にとりまとめられているが、設計対象となる地下構造物の規模が変われば、免震層が吸収する地盤のひずみの大きさが異なり、有効な免震効果を得るのに必要な免震層の仕様(材質、層厚等)も異なるため、構造物の規模によってその適用範囲が限定されると考えられる。

ここでは、規模が異なる2種類の地下構造物の周囲に免震層を設置した場合の免震効果について動的解析による検討を行い、構造物規模と免震効果の関係を整理した。

2. 解析対象モデル

本検討は一様な沖積粘性土地盤中($N=3$, $V_s=115\text{m/sec}$, $G_0=2160\text{tf/m}^2$)に二連一層のボックスカルバートを想定し、①TYPE1(幅 11.45m 高さ 5.78m: 地下鉄規模)および②TYPE2(幅 5.4m 高さ 3.6m: 共同溝規模)の二種類の構造物について検討を行った(図-1)。また、免震材を構造物全面に配置した。

3. 解析手法と解析条件

解析手法は2次元有限要素法による動的応答解析を用い、要素分割モデルはハーフモデルとした(図-2)。表層地盤は平面ひずみ要素でモデル化し、非線形特性を土木研究所資料²⁾に基づいたひずみ依存曲線で評価した。構造物は梁部材でモデル化し、剛性が $1/2 \cdot EI$ (ひび割れを考慮)の線形材料とした。免震材は平面ひずみ要素でモデル化し、物性値は「地下構造物の免震設計法マニュアル(案)」¹⁾に基づいて線形材料(せん断弾性係数 $G=28\text{tf/m}^2$, $\nu=0.46$)として設定した。入力地震動には L2 標準加速度波形(図-3)を用い、基盤面に入射波形(2E)として入力した。有限要素の境界条件としては、底面を粘性境界、側面をエネルギー

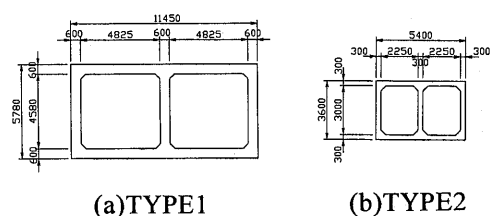


図-1 解析対象構造物

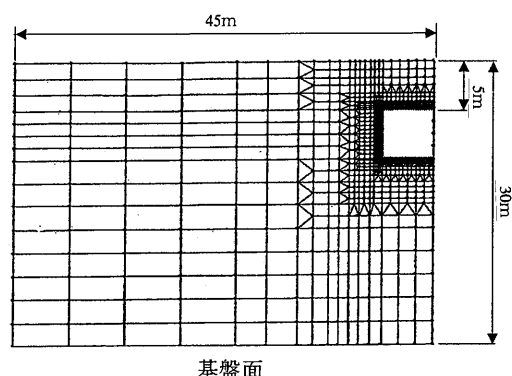


図-2 要素分割モデル

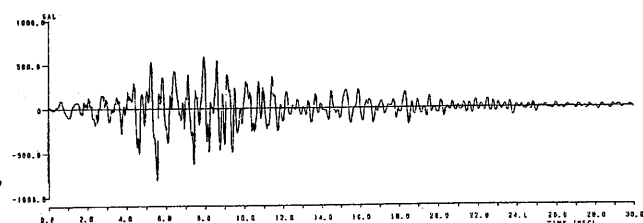


図-3 入力地震動

キーワード：開削トンネル、免震設計、構造物規模、免震効果

連絡先：〒532-0011 大阪市淀川区西中島4-3-24 パシフィックコンサルタンツ(株)大阪本社 TEL：06-6886-8435 FAX：06-6886-8487

4. 解析結果

図-4 および図-5 に地震時最大増分断面力の分布を示す。また図-6 に地震時に塑性化しやすい側壁および中壁の地震時最大増分断面力の低減率を示す。ここで地震時最大増分断面力の低減率を式-1 のように定義する。

$$\text{低減率} = \frac{\text{地震時最大増分断面力 (免震材あり)}}{\text{地震時最大増分断面力 (免震材なし)}} \quad \text{----- (式-1)}$$

側壁および中壁の断面力の低減率は、免震材厚が 20cm の場合、TYPE1 で 0.44～0.87、TYPE2 で 0.47～0.77 となっており、また、免震材厚が 50cm の場合、TYPE1 で 0.44～0.70、TYPE2 で 0.38～0.59 となっている。このことから、本解析条件下では TYPE1 に対しては厚さ 50cm 程度の免震層を、TYPE2 に対しては厚さ 20cm 程度の免震層を設置すれば有効な免震効果が得られるという結果になった。

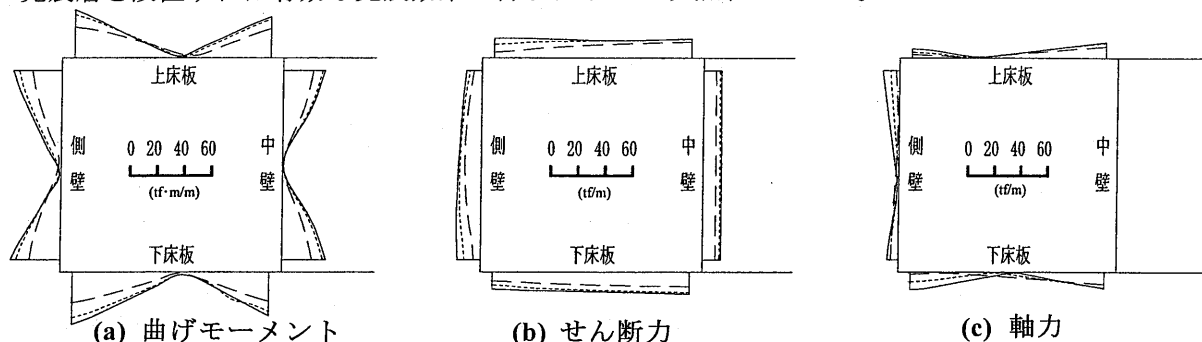


図-4 地震時最大増分断面力：TYPE1

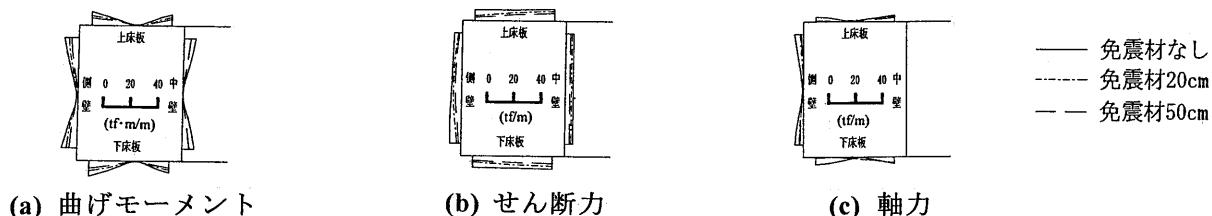


図-5 地震時最大増分断面力：TYPE2

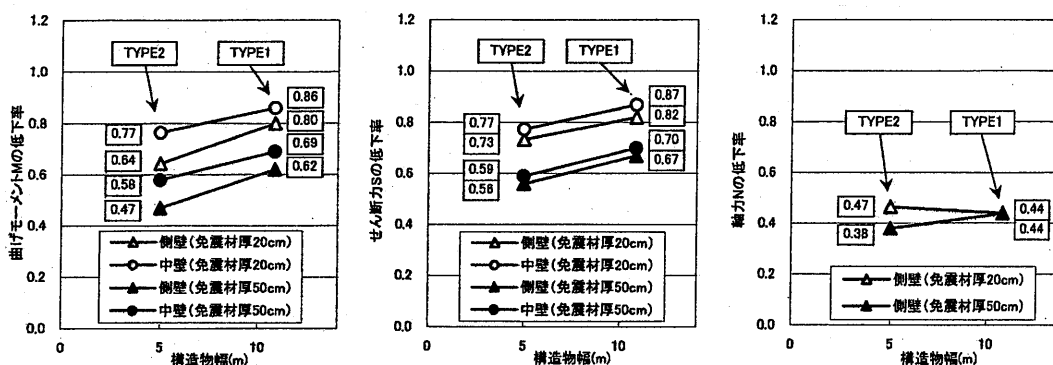


図-6 地震時最大増分断面力の低減率

※側壁または中壁の任意の位置における各断面力の最大値の比

5. まとめ

今回の検討により、以下のことが確認できた。

- ・開削トンネルの免震設計において有効な免震効果を得るためには、構造物の規模に応じた免震材の仕様（材質、層厚等）を設定する必要がある。
- ・構造物の規模が大規模になると、十分な免震効果を得るために必要な免震層厚が厚くなる傾向があり、使用できる免震材の材料が限られているため、設計条件によっては免震設計の適用範囲外となることも考えられる。

【参考文献】

- 1)建設省土木研究所：地下構造物の免震設計法マニュアル(案)，1998.9. 2)建設省土木研究所資料・第1778号，1982.2.