

I-B 43

シールドトンネルの免震構造化に関する解析事例

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正員 ○田中 努
日本工営(株) 正員 大角恒雄

1. まえがき

地下構造物を免震化することの効果やその方法については、これまで幾つかの研究例があるが、種々の条件下における効果の統一的な評価や、それを踏まえた設計法および実用的な材料開発などの研究が望まれている。筆者らはこのような研究を進めるにあたり、まず免震材に求められる基本性能を把握する目的で幾つかの基礎的な解析を行なった。ここでは、その一部のシールドトンネルの免震構造化に関する横断方向の解析事例を紹介する。

2. 検討モデルおよび手法

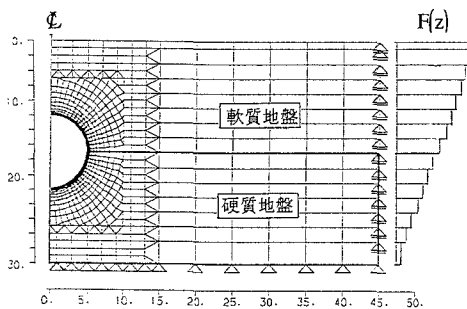


図-1 解析モデル

$$F(z) = w \cdot 4 / \pi \cdot S_v \cdot \omega \cos(\pi z / 2H) \cdot \cdot (1)$$

免震材として有効な材料性状を把握するために、地盤剛性（表-1）と免震材の定数をパラメータとして比較検討（表-2）を実施した。対象構造物はシールドトンネルとし、径 $\phi = 10\text{m}$ 、設置深度は土かぶり1 ϕ 、覆工の単位体積重量 $w_c = 2.65\text{tf/m}^3$ とした。地震時増分断面力は、地盤および免震材を平面要素で、トンネルを梁要素でモデル化し、地震時の変位分布が生じる加速度を入力して求める。具体的には、FEMモデルに1次モードの地盤変位を発生させ、水平慣性力を与える手法（地盤応答震度法）¹⁾ を適用させる。水平慣性力の算出には、共同溝設計指針²⁾ の設計地震入力に示す式の地表面からの深さ $z(\text{m})$ における水平方向の変位振幅 (m) に ω^2 を乗じ、(1) 式に示す水平慣性力とした。

3. 結果および考察

検討結果から以下の傾向が得られた。

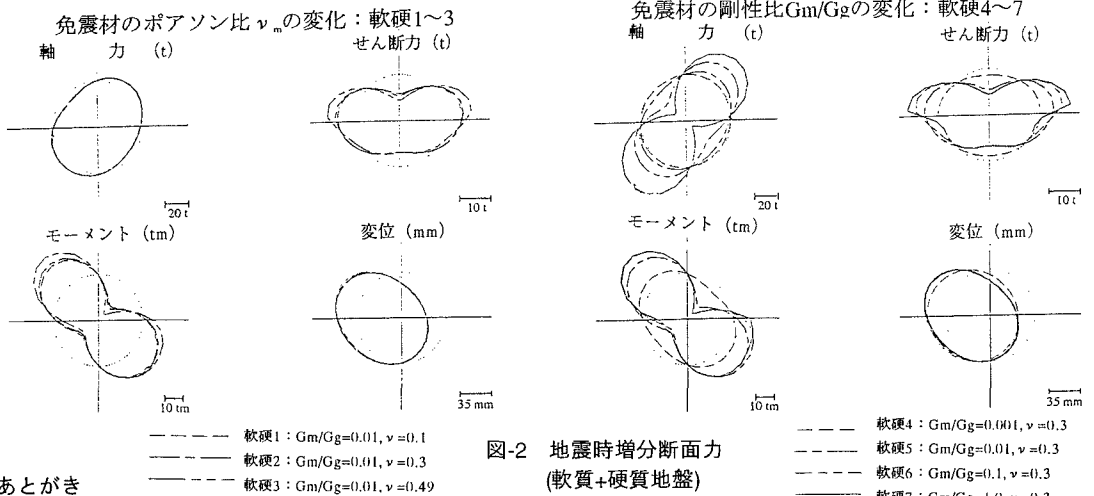
- 免震材のポアソン比と最大断面力の関係は、ポアソン比を増加させると軸力、せん断力、モーメントともに増加する傾向にある。変化の割合は、軸力よりもせん断力、モーメントにあらわれる。ただし、ポアソン比の変化に対する変化の割合は、剛性の変化に比べ小さい。
- 免震材と地盤の剛性比と最大断面力の関係は、剛性比を小さくさせると、軸力、せん断力、モーメントともに減少する傾向にあり、その傾向は、軸力に顕著に現れる。免震材としては、常時の安定性を考慮すると0.01が現実的な値と思われる。
- モーメントの変化よりも軸力が小さくなっているの、応力度を照査したところ、免震層の効果により応力度が10%減となる。また、今回は土かぶり1 ϕ で検討を行っているが、土かぶりが薄い場合は地震時増分断面力の比率が大きく免震効果が現れるので、常時応力を半減させて地震時増分を重ね合わせて応力度を比較すると、20%近い軽減が計れることが期待される。

表-1 地盤剛性 地盤の層厚 : $H=30\text{m}$

土 質	軟質地盤 (粘性土)	硬質地盤 (砂質土)
N 値	3	20
密 度 ρ (tf/m ³)	1.6	1.8
地震時せん断波速度 V_s (m/s)	115	174
地震時せん断弾性係数 G (tf/m ²)	2160	5560
動的ポアソン比 ν	0.49	0.45
地震時弾性係数 E (tf/m ²)	6440	16120

表-2 横断方向検討ケース

検討 ケース	地盤特性 軟質	材料特性 硬質	異方	免震材の剛性比 0.001	0.01	0.1	1.0	ポアソン比 0.10	0.30	0.49
軟-1	○		○		○				○	
軟-2	○				○				○	
軟-3	○		○							○
軟-4	○			○						
軟-5	○		○		○				○	
軟-6	○					○				
軟-7	○		○				○		○	
硬-1		○	○			○		○		
硬-2		○							○	
硬-3		○	○							○
硬-4		○		○					○	
硬-5		○	○		○				○	
硬-6		○				○			○	
硬-7		○	○				○		○	
軟硬1	○	○			○			○		
軟硬2	○	○			○					○
軟硬3	○	○			○					
軟硬4	○	○		○						○
軟硬5	○	○			○				○	
軟硬6	○	○				○			○	
軟硬7	○	○					○		○	



4. あとがき

基礎的な比較検討の結果、免震層の効果により地震時増分断面力が10～20%減少し、応力度が10%程度減となったが、常時の荷重として全土圧考慮する現行設計法においては、継手ボルトの軽減は期待できると思われるが、セグメントの軽減には画期的に影響するものとは言い難い。しかし、免震材の効果としては、耐震性安全性を高めることにある。阪神・淡路大震災後の教訓や土木学会からの提言を踏まえると、大規模地震に対する配慮が求められ、今回の検討レベルよりも大きい地震力を入力地震動として考慮する場合や、重要構造物の耐震設計において期待の大きいものと思われる。

なお、本検討は、建設省土木研究所・財土木研究センター・民間17社による官民共同研究「地下構造物の免震設計に適用する免震材の開発」⁴⁾の1つのテーマとして実施したものであり、関係各位に謝意を表する。

5. 参考文献

- 1) 片山幾夫・足立正信・嶋田穰・都築富雄：地中埋設構造物耐震設計のための実用的な解析手法について、第19回土質工学研究発表会、pp.1445～1448, 1984.
- 2) 共同溝設計指針 (社)日本道路協会S61.3 pp.55
- 3) 耐震設計指針 (案) 解説 日本国有鉄道編 S58.8 pp.51～52
- 4) 長屋和宏・大塚久哲・星隈順一：地盤との縁層を用いた地下構造物の免震技術、第23回地震工学研究発表会、1995.7, pp.433～436

