# 既設トンネルにおける免震対策工法の数値解析

首都大学東京大学院 学生会員 〇澤田洋介

- 同上 正会員 西村和夫
- 同上 土門剛 正会員

### 1. 研究背景・目的

大都市の地下は利用が進み,新旧の地下構造物が輻輳してきている.地下構造物は耐震性に優れるが, 既設地下構造物の耐震性には課題があるものもある. その課題に対し,地下構造物周辺に免震材を配置す る免震対策が考案されており、一部施工事例もある.一方で、奥行き方向での地盤条件の変化等を表現で きる三次元解析については未だ研究事例が少ない. そこで, 本研究では地盤条件の変化を考慮した三次元 解析を行い,免震対策の効果を模型実験により確認することを最終目的とする.本研究では施工性を優先 した免震対策を模型実験で確認するための実験モデルの検証を兼ねて,基礎研究として比較的狭い領域で の線形解析を行った. 表1 物性值

### 2. 三次元動的応答解析

### 2.1 解析モデル

解析では硬質、軟質の地盤急変部を縦断する既設矩形トンネ ル周辺に免震材を挿入する場合を想定した.これを既報に基づき モデル寸法および諸物性を決定した.図1に解析モデルを示す. 解析の物性値は表1に示す.物性値は層厚,覆工厚,せん断剛性 (以下 G), ポアソン比(v), 重量密度(v), 減衰定数(h)を用いる.

免震材は壁構造と杭構造の2つを想定する。壁構造では地盤 急変部の前後40mに配置し、杭構造では同じく急変部前後40m 150 の区間に千鳥配置で挿入する.

(1)モデル:トンネルは Mindlin シェル要素, 地盤はソリッド六 面体要素でモデル化した.トンネルと地盤は研究の第一段階とし て線形弾性モデルを用いる.

(2) 境界条件: 底面は完全固定, 側方は水平ローラーを用いる.

# 2.2 解析条件および入力地震動

(1)解析コード:解析コードとして,動的有限要素解析プロ グラム TDAPⅢを用いた.

(2)入力波:入力地震動は新神戸変電所における兵庫県南部 地震の観測記録を工学的基盤に引き戻した推定波形(図 2)を 用いる.これを基盤からx軸方向に入力した.



キーワード 既設トンネル,免震対策工法,免震壁,免震杭 連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL042-677-1111 (内) 4567

	層厚	G	v	V
	[m]	[MN/m]	v	[kN/m]
硬質地盤	20	158	0.45	17.7
軟質地盤	20	63.2	0.49	15.7

0.58

G

[GN/m<sup>2</sup>]

免震材

覆工厚

[m]

9.81

v

[kN/m]

0.49

v

h

0.07

0.09

0.20

h



# 3. 解析結果

免震壁,免震杭,免震材無の場合について,既設矩形トンネルの側 壁上の最大断面力により評価する.図3に示すように,矩形トンネル の向かって左下の側壁部Aにおける縦断方向(z軸方向)の加振時の断 面力を評価する.断面力は曲げモーメントおよび軸力により対策工の 効果を確認することとする.なお,両断面力の正の向きは同様に図3 に示す.断面力は曲げモーメントおよび軸力のいずれも動的解析で生 じた最大時の値とする.なお,図1の平面図において,地盤急変部を 原点とし,z軸下向き,すなわち軟質地盤側をマイナスとし,逆にz 軸上向き,すなわち硬質地盤側をプラスとする.

#### 3.1曲げモーメント

側壁の z 軸上免震無と免震材を挿入した場合の最大時の曲げモー メント(以下,最大曲げモーメント)を示す.

(1)免震材無と免震壁:免震壁を挿入した場合の最大曲げモーメントを図4に示す.免震壁の場合,軟質地盤側で最大曲げモーメントが低減している.

(2)免震材無と免震杭:免震杭を挿入した場合の最大曲げモーメントを図5に示す.免震杭の場合,杭による曲げモーメントの低減はほとんど見られない.

#### 3.2 軸力

側壁の z 軸上で, それぞれの最大時の軸力(以下, 最大軸力)を示す.

(1)免震材無と免震壁:最大軸力を図6に示す.免震壁の場合,地 盤急変部では軸力の低減が見られるものの,免震壁のケースでは軟質 地盤側で軸力の卓越が見られる.

(2)免震材無と免震杭:最大軸力を図7に示す.免震杭の場合,曲 げモーメントと同様,軸力の低減はほとんど見られず,両ケースとも に地盤急変部で軸力が卓越している.

#### 4. 考察

解析の結果により、以下のことが考察される.

(1) 免震材を挿入した際には,軟質地盤側から地盤急変部において断面力の低減が確認された.こ れは免震材を挿入したことで,軟質側と硬質側との相対変位が小さくなり地盤急変部周辺の挙動が平滑 化されることによって,免震効果が得られていると考えられる.

(2) 免震杭を挿入した際に断面力の低減が確認されなかった.これは,免震杭を配置した場合では, 振動が免震材をすり抜けてしまうことによるものと考えられる.そのため振動が直接トンネルに伝わっ てしまい免震効果が得られないものと考えられる.

一方で,免震壁の場合では,連続的に免震材が配置され振動が直接伝達しないため,免震効果が得 られるものと考えられる.

#### 5. 今後の課題

免震壁,免震杭ともに免震効果があることは報告されている.今回の解析では特に免震杭において顕 著な効果が見られなかった.したがって,解析領域を広げるとともに,今回想定した免震材の物性や配 置,免震材の形状寸法等の他,解析領域の大きさなども含めて見直し,改めて解析を実施する.

