

# 免震した新設トンネルの地震応答が既設トンネルに及ぼす影響に関する解析的研究

学生会員 首都大学東京 (D1) 馬 其万  
 正会員 首都大学東京 助教 土門 剛  
 正会員 首都大学東京 教授 西村和夫

## 1. 背景と目的

近年、大都市において、地下鉄、地下道路、共同溝など様々な地下空間の利用が進んでいる。中国の大都市にも地下鉄道、地下道路など沢山の地下構造物が建設されており、巨大地震時には、地下構造物は動的に相互に影響を及ぼす可能性があり、これらの構造物の地震時の安全性を評価し、防災対策を図る必要がある。

このような背景から、トンネルの免震化の研究が進められている。一方で、免震対策した新設シールドトンネルを既設シールドトンネルの横に建設する場合、既設トンネルに悪影響を与える可能性がある。本研究では既設トンネルに大きな影響を与えない適切な免震材のせん断剛性とトンネル周辺地盤のせん断剛性の比を解析で求めることを目的としている。

## 2. 研究方法と解析条件

(1) 入力地震動：レベルL2地震を想定し、図-1に示すような最大加速度 = 749.6gal、最小加速度 = -604.7gal を入力地震動とする。

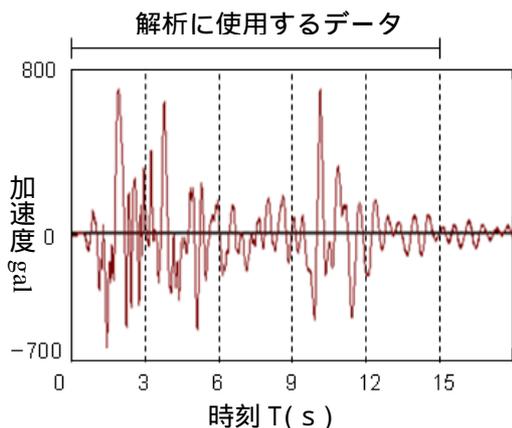


図-1 地震データ

(2) 解析モデル：地盤は、多層地盤(層厚 30m)とし、地下構造物として既設シールドトンネル:(直径5m、セグメント厚 0.3m)と新設シールドトンネル:(直径5m、セグメント厚 0.3m)を設置、免震材(厚さ 10cm)を構造

物の全周面に巻いた。パラメータとして(免震材の地盤に対するせん断剛性率比)を考え、2次元モデル(構造物躯体を梁要素、地盤及び免震材を2次元平面ひずみ要素)にモデル化した。解析周辺地盤底部は固定、免震材の接触面は完全剛結とした。図-2に検討対象の対策工の概念図を示す。地盤物性を表-1に示す。

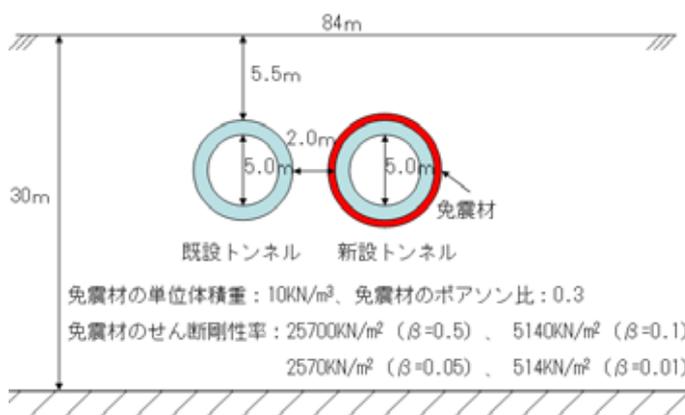


図-2 概要図

表-1 地盤データ

標高(m)	Vs (m/sec)	G (KN/m <sup>2</sup> )	単位体積重量 (KN/m <sup>3</sup> )
0.0	172	51280	17
-11.0	215	80130	17
-22.5	274	153110	20
-26.0	285	165650	20
-30.0	400	332830	20
基盤			

## (3) 解析ケース

- case1: 既設シールドトンネルのみ
  - case2: 既設トンネルの横に新設シールドトンネル
  - case3: 新設トンネルに免震材(パラメータ = 0.5)
  - case4: 新設トンネルに免震材(パラメータ = 0.1)
  - case5: 新設トンネルに免震材(パラメータ = 0.05)
  - case6: 新設トンネルに免震材(パラメータ = 0.01)
  - case7: 新設トンネルに免震材(パラメータ = 0.25)
- 合計7ケースである。

キーワード：地下構造物、免震構造、地震応答解析、相互作用

連絡先：〒192-0364 東京都八王子市南大沢 2-206-24 グリーンビュー 3号棟 102室 tel:080-3550-8781

3. 解析結果と検討

図 - 3、4 の中の各ケースの既設トンネルの最大曲げモーメントの数字を表 - 2、3 に示す。

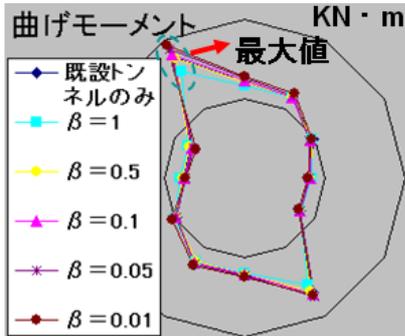


図 - 3 既設トンネルの曲げモーメント

表 - 2 最大曲げモーメント (図 - 3)

ケース	(図-3) $M_{max}$ (KN·m)
1 既設トンネルのみ	5980
2 $\beta=1$	4490
3 $\beta=0.5$	5860
4 $\beta=0.1$	6490
5 $\beta=0.05$	7010
6 $\beta=0.01$	7410

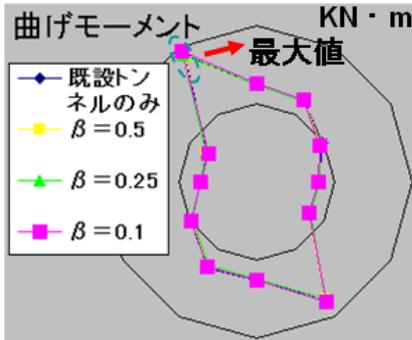


図 - 4 既設トンネルの曲げモーメント

表 - 3 最大曲げモーメント (図 - 4)

ケース	(図-3) $M_{max}$ (KN·m)
1 既設トンネルのみ	5980
3 $\beta=0.5$	5860
7 $\beta=0.25$	6010
4 $\beta=0.1$	6490

(1) 既設トンネル: 図 - 3 に示すように case1 (既設トンネルのみ) の既設トンネル断面力の大きさは case3 ( $\beta=0.5$ )、case4 ( $\beta=0.1$ ) の断面力の間にあるのがわかる。case1 の既設トンネルの断面力ともっと近似のケース、すなわち免震した新設トンネルは既設トンネルにほとんど影響しないケースとして、case7 ( $\beta=0.25$ ) を追加で解析した。図 - 4 に示すように

新設トンネルに  $\beta=0.25$  (case7) の免震材を設置する場合、既設トンネルに影響を与えないのがわかる。

(2) 新設トンネル: 各解析ケースとも、対策した場合と対策しない場合の構造物の断面力を比較し、図 - 5 に示すような結果から見ると新設トンネルの断面力は  $\beta$  の減少に伴って減少し、免震効果を有することが解析的に明らかとなった。図 - 6 に示すような結果から見ると今回解析の条件でせん断剛性比  $\beta=0.25$  (case7) の免震材を新設トンネルに使えば既設トンネルに影響を与えないで新設トンネルの断面力 (曲げモーメント) は 33% ぐらい低減できることがわかる。

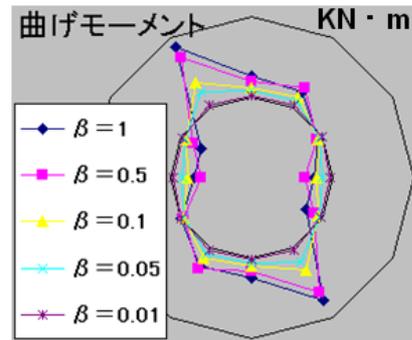


図 - 5 新設トンネルの曲げモーメント

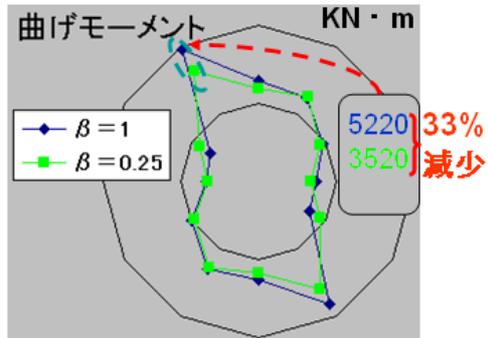


図 - 6 新設トンネルの曲げモーメント

4. まとめ

トンネルを近接して施工する場合、新設トンネルの免震対策の有無に関わらず既設トンネルへの影響は大きいですが、適切な免震材を選べば新設トンネルの免震効果が高いと共に既設トンネルへの影響をほとんど与えない可能性がある。

5. 参考文献

- 1) 大塚久哲: シールドトンネルの横断方向の解析、土木学会第 1 回免震制震コロキウム講習論文集、pp5-17、1996
- 2) 馬其万、岩楯徹広: 地下構造物免震対策工法に関する解析的研究、土木学会第 64 回年次学術講演会、I-476、2009