

## 地盤条件急変部におけるシールドトンネル外周での滑動について

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 勝川 藤太  
 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 太田 弘次  
 中央復建コンサルタンツ(株) F10-会員 鈴木 猛康

### 1. はじめに

ガス導管や水道管のように小口径でかつ土被りの小さな地表面下浅い深さに埋設されるパイプでは、パイプ外周で地盤との間で滑りが発生することが知られており、既に滑りを考慮した耐震設計が実用化されている。一方、シールドトンネルや開削トンネルのように比較的大口径で土被りが大きな地下構造物でも、大地震時にはトンネル外周で滑りが発生するので安全ではないかという議論も少なくない。そこで本稿では、地盤ひずみの局所的集中が発生する地盤条件急変部のシールドトンネルを対象として、トンネル外周での滑りを考慮した耐震解析を実施し、トンネル外周での滑りの影響について考察したので報告する。

### 2. 解析条件

検討対象とする地盤条件急変部は、図 - 1 に示す硬軟地盤境界である。硬軟境界面は、水平面と  $60^\circ$  の交角となっており、硬質地盤が  $V_s=750\text{m/s}$ 、 $\gamma_t=1.9\text{tf/m}^3$ 、軟質地盤は  $V_s=50\text{m/sec}$ 、 $\gamma_t=1.6\text{tf/m}^3$  とし、両者のインピーダンスのコントラストを 15 倍以上に設定した。シールドトンネルは、外径 5050mm、桁高 250mm の RC セグメント製とし、トンネル中心が地表面下 10m（土被り約 7.5m）とした。

解析には、軸対称 FEM による簡便なモデル化により、地下構造物と周辺地盤との相互作用を精度良く解析できる解析コード“EASIT”<sup>1)</sup>を用いた。図 - 2 に“EASIT”によるメッシュ分割を示す。地震荷重は 0.2G の一様震度を地盤全体に静的に作用させることとした。EASIT では、セグメント外周のテールボイドに相当する 3~7cm 程度の厚みの要素に、バイリニア型のせん断履歴を有する非線形性を与え、せん断応力が動摩擦応力に達するとせん断応力一定とすることにより滑りの条件を与えた（図 - 3）。

解析ケースとしては(1)滑動なし、(2)動摩擦係数 $\mu=0.6$ 、(3)動摩擦係数 $\mu=0.1$ 、(4)免震層、(5)免震層+滑りセグメント<sup>2)</sup>の 5 ケースとした。

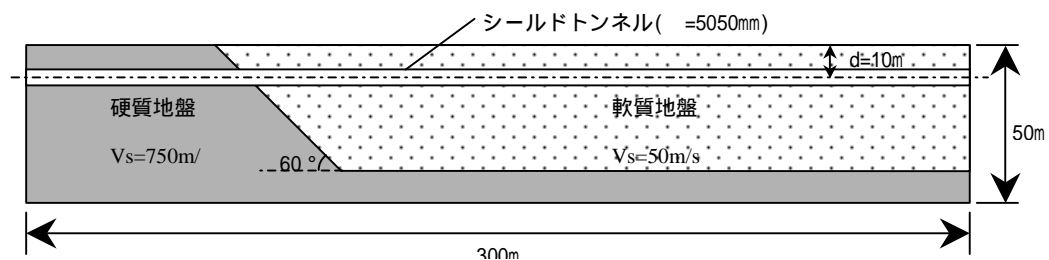


図 - 1 解析条件と解析モデル概要

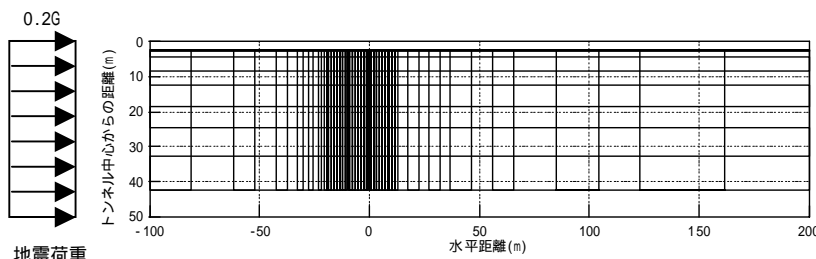


図 - 2 メッシュ分割と地震荷重

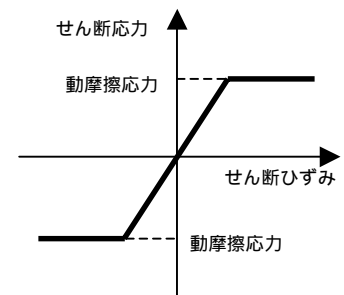


図 - 3 バイリニアモデル

キーワード：耐震設計，地盤急変部，シールドトンネル，リング継手，数値解析

〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町 2-11 イワサキ第 2 ビル Tel:03-3669-1618, e-mail:katsukawa\_t@cfk.co.jp

### 3. 解析結果

図 - 4 は解析結果のうち、セグメントの引張軸力について、滑動なし、 $\mu = 0.1, 0.6$  の3ケースで比較したものである。図のように、滑動なしのケースに対して、滑動を考慮した2ケースでは、わずかながら軸力の低減が認められるが、その効果は極めて小さいことが分かる。 $\mu = 0.6$  はコンクリートと地盤との滑動条件を想定し、 $\mu = 0.1$  は滑り型セグメント等を用いた滑り型免震構造<sup>2)</sup>を想定したものであるが、両者の差もあまり明瞭ではない。図 - 5 にセグメントと地盤間で発生した滑動量をまとめた。シールドトンネルが硬質地盤と軟質地盤の境界面を通過する-20~-15m付近において0.6~0.7mm程度の滑りが発生しているが、やはり $\mu = 0.1, 0.6$  の2ケースに明瞭な差は見られない。

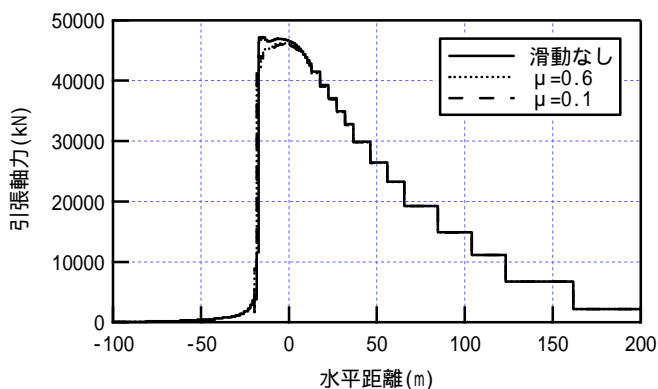


図 - 4 セグメントの引張軸力（滑動なし， $\mu=0.1, 0.6$ ）

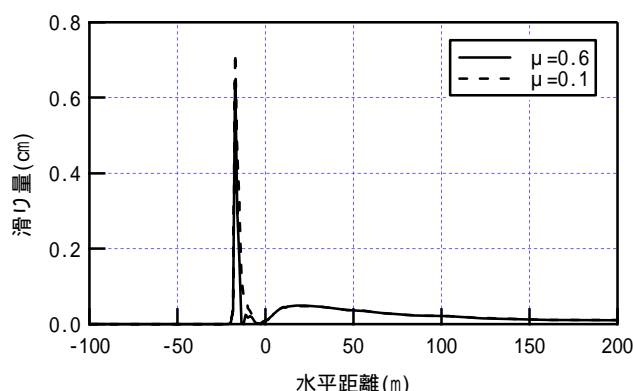


図 - 5 セグメント～地盤間で発生した滑動量

図 - 6 はせん断弾性係数  $G = 0.5\text{N/mm}^2$  の免震層を7cmの厚みで、-32.8m~-4.0mにわたって約30mの区間で形成させた免震構造のケース、免震層+滑りセグメントのケース、無対策の3ケースについて、引張軸力の解析結果を比較したものである。免震層、免震層+滑りセグメントの両ケースとも、同程度の免震効果が得られており、引張軸力の分布形状は、無対策のケースで-20m付近に発生しているピークを低減した滑らかな分布形状となっている。しかし、地盤条件急変部では、免震構造は柔構造化技術との併用がないと<sup>3)</sup>、著しい断面力低減にはつながらないことがわかる。

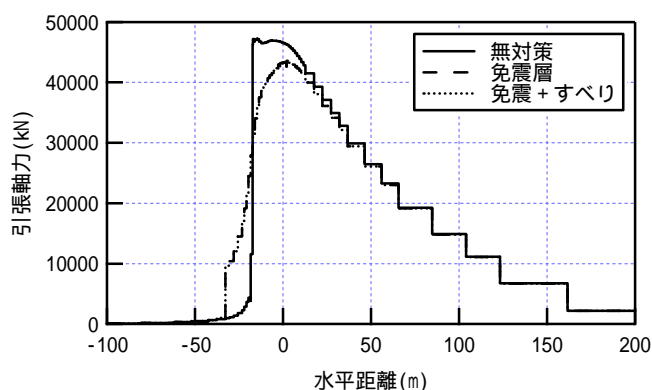


図 - 6 セグメントの引張軸力（滑動なし，免震，免震+滑り）

### 3. まとめ

地震時地盤ひずみの局所的集中が顕著な地盤条件急変部であっても、土被りが10m程度になると、トンネル外周の滑りはほとんどトンネルの地震時挙動には影響しないことがわかった。

### 参考文献

- 1) Suzuki, T.: The axisymmetric finite element model developed as a measure to evaluate earthquake responses of seismically isolated tunnels, Proc. 12WCEE, Auckland, New Zealand, 2000.
- 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, pp.137-151, 2001.10.
- 3) 鈴木猛康: 地盤急変部における免震層, 柔構造と滑り免震を併用した地震対策, 第56回土木学会年次学術講演会, I-A376, pp.752-753, 2001.