

仮土留めを本体利用した開削トンネルの地震時挙動に関する基礎的検討

ジェイアール東日本コンサルタンツ (株) 正会員 ○桐生 郷史
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 井澤 淳
 正会員 小島 謙一

1. はじめに

都市部の鉄道構造物では用地が狭隘であることなどから、地下連続壁を本体利用した開削トンネルが用いられていることがある。しかし、仮土留めを本体利用した場合に残置される部材等までを反映した上で、開削トンネルの地震時挙動について検討した事例は少ない。そこで、これらの構造が、仮土留めを本体利用した開削トンネル躯体の地震時挙動、安全性に与える影響について、基礎的な検討を行う。

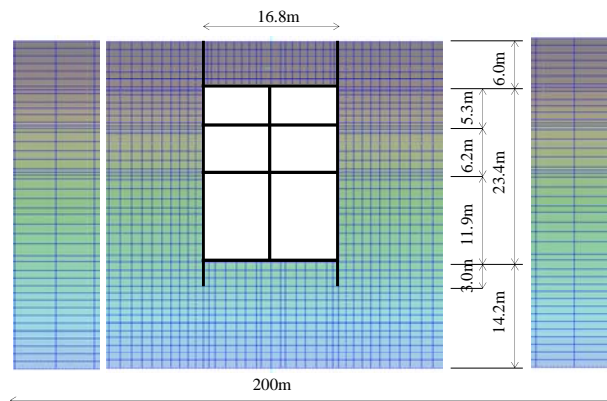


図1 解析モデル図

2. 検討概要

検討対象構造物は、3層2径間の開削トンネルとした。解析モデルは図1に示す。解析は2次元動的FEM解析を用いる。構造物は梁要素、地盤は平面ひずみ要素でモデル化する。開削トンネルは、M点(最大耐力点)剛性を用いた等価線形でモデル化する。本体利用する仮土留めは、地表面から根入れ3.0mの範囲に設定し、地下連続壁の剛性は $0.6EI^1$ とした。なお、開削トンネル側壁と地下連続壁の一体箇所は、1本の線材としてモデル化する。一体壁の断面剛性(単位幅当り)は、鉄筋の影響を無視し、コンクリートの有効断面に対して求めることとし、式(1)に基づき一体壁の断面剛性を設定している¹⁾。

表1 地盤条件

層	土質区分	層厚(m)	初期せん断弾性波速度(m/s)
第1層	砂質土	2.00	100.0
第2層	砂質土	0.90	140.0
第3層	粘性土	2.05	125.0
第4層	砂質土	3.15	100.0
第5層	砂質土	3.55	150.0
第6層	粘性土	14.06	150.0
第7層	砂質土	2.90	220.0
第8層	砂質土	4.94	270.0
第9層	砂質土	10.00	400.0

$$EI = \frac{1}{12} E_1 h_1^3 + \frac{1}{12} E_2 h_2^3 + \frac{E_1 E_2 h_1 h_2 \left(\frac{1}{2} h_1 + \frac{1}{2} h_2 \right)^2}{E_1 h_1 + E_2 h_2} \dots (1)$$

ここに、E：一体壁の弾性係数 (kN/m²)、I：一体壁の断面二次モーメント (=1/12・b・(h₁+h₂)³) (m⁴)、E₁：開削トンネルの弾性係数(M点剛性として設定した弾性係数) (kN/m²)、h₁：開削トンネルの部材高(m)、E₂：仮土留壁の弾性係数(kN/m²)、h₂：仮土留壁の部材高(m)としている。

地盤は、非線形性を考慮するものとし、地盤の構成則はGHE-Sモデル²⁾とした。土の動的変形特性は、標準パラメータを用いた。入力地震動は、耐震標準³⁾のスペクトルII(G1地盤用)を工学的基盤相当に入力した。

検討ケースは、図2に示す。Case A(基本モデル)は、仮土留めの影響を考慮せずに設計された構造を想定している。Case B~Case Dは、地下連続壁を考慮して設計された構造を想定し、Case Bは、地下連続壁全体を本体利用したケースである。Case C、Case Dは、地下連続壁の有無や、地下連続壁を一体化することによる部材剛性の変化の影響を把握するために実施したケースであり、Case Cは、躯体より上部の地下連続壁を除いたケース、Case Dは、開削トンネル側壁のみ地下連続壁を本体利用する場合と同等としたケースである。

キーワード 開削トンネル, 土留め壁, 地震応答

連絡先 〒160-0004 東京都豊島区西池袋1-11-1 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) TEL03-5396-7249

3. 結果および考察

図3は、各部材の曲率 ϕ ($=M/EI$)を示している。なお、ここで示す曲率は、地震時の増分断面力(モーメント)に対して算定した曲率を示し、剛域を除く各部材の端部、およびスパン中央を抽出し、全時刻中の最大曲率について整理している。

地下連続壁を本体利用した場合(Case B)は、基本モデル(Case A)に比べて上下床版、中柱上部の応答値は最大2割程度増加する傾向にある。一方、側壁の曲率は、Case Aに比べて全体的に減少している。これは、地下連続壁を本体利用することにより、側壁の断面剛性が増加した影響である。

地下連続壁の上部を除いたCase C、側壁のみ地下連続壁と一体化した剛性を用いたCase Dについては、各部材とも地下連続壁を本体利用したCase Bとほぼ同等の結果である。本検討条件においては、躯体より上方や根入れ部の地下連続壁が、開削トンネルの地震時挙動に与える影響は小さいと考えられる。

また、仮土留めを考慮せずに設計された構造(Case A)に比べて、仮土留めを本体利用した開削トンネル(Case B~Case D)の応答値が増加するのは、上載土や開削トンネル上床版より上方に突出した地下連続壁の慣性力等の影響ではなく、開削トンネル側壁を地下連続壁と一体化することによる剛性増加の影響が支配的であると考えられる。

4. まとめ

仮土留めを本体利用した開削トンネルにおける上下床版の応答値の増加は、仮土留めを一体化したことによる側壁の剛性増加が主要因である。

仮土留めを本体利用した開削トンネルの設計は、側壁部の地下連続壁を一体として評価できれば、地下連続壁上部の突出部の影響等は考慮せずに部材の仕様を定めることが可能であると考えられる。

なお、本報は、限られた条件に基づくものであるため、今後は、上載土の物性値や根入れ長の影響などについて検証する予定である。

参考文献 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル (財) 鉄道総合技術研究所, 丸善, 2001. 2) 野上雄太, 室野剛隆: S字型履歴曲線を有する土の非線形モデルとその標準パラメータの設定, 土木学会地震工学研究発表会論文集, 30, 2009. 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 (公財) 鉄道総合技術研究所, 丸善, 2012.

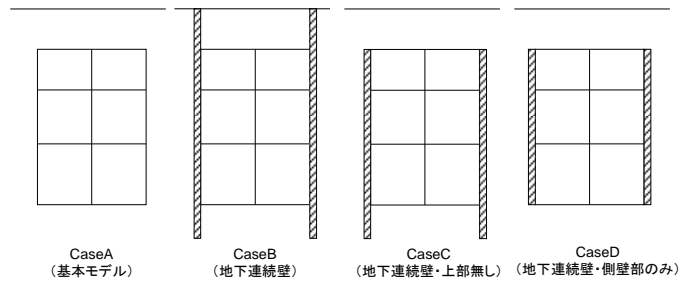


図2 解析ケース模式図

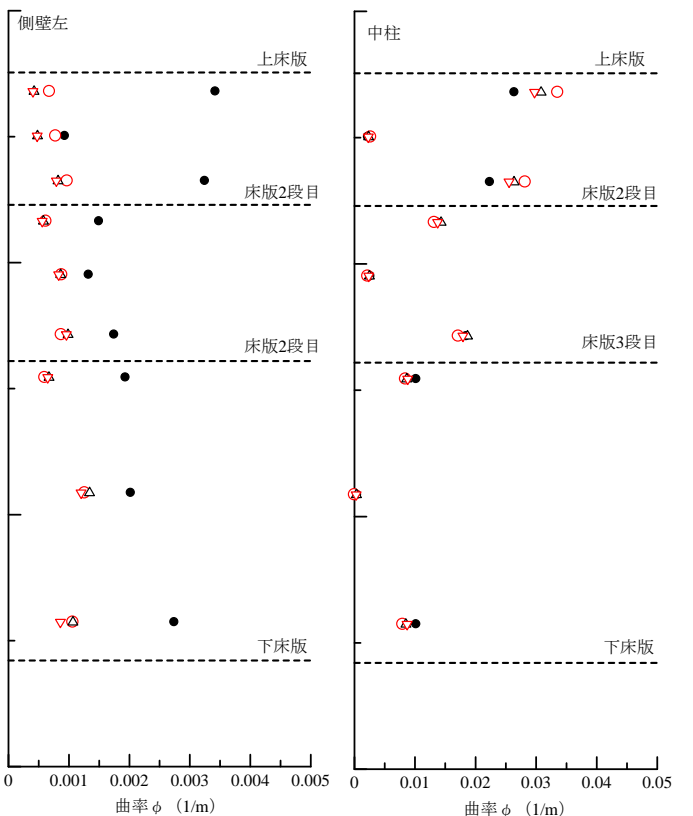
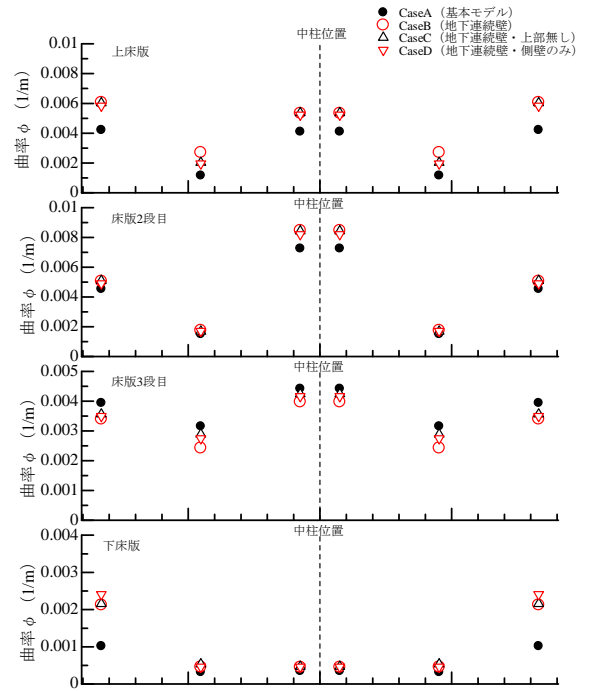


図3 仮土留めの本体利用の有無による曲率