

地震時における開削トンネルの中柱影響に関する一検討

鉄道総合技術研究所 正 ○牛田 貴士 正 仲山 貴司 正 井澤 淳

1. はじめに

著者らは、開削トンネルの中柱間隔が、中柱を含む横断面（以下、柱列帯）と中柱と中柱の中間の横断面（以下、柱間帯）の横断方向曲げモーメント（以下、曲げモーメント）に及ぼす影響について、地震時以外の荷重条件で検討を行っている¹⁾。本稿では、地震時の荷重条件での検討について報告する。

2. 解析条件

1) 解析モデル

解析対象は、砂地盤中に位置する土被り 5m の 1 層 2 径間の開削トンネル²⁾（図 1）とし、中柱間隔は、4, 8, 12m の 3 ケースとした。

二次元骨組解析では、中柱は中柱間隔に応じて剛性を低減した仮想梁でモデル化した。

三次元 FEM では、部材をすべてソリッド要素でモデル化した（図 2）。モデル化の範囲は、両端部の境界条件の影響を除外するため、5 スパン分（中柱 6 本）とした。モデル寸法は、中柱間隔 4m の部材寸法を用い、中柱間隔の変更に伴う中柱および縦桁の仕様の差異は、既往文献³⁾と同様に部材の剛性により表現した。

2) 境界条件および荷重ステップ

本検討の荷重条件を図 3 に示す。文献²⁾の荷重条件を基本として、付加死荷重を省略した。地震時の荷重は、同図の荷重を 100 ステップに等分割して段階載荷した。二次元骨組解析は静的非線形解析プログラムである JRSNAP を、三次元 FEM は汎用有限要素解析ソフトウェアである MSC.Marc を用いた。

3) 解析結果の比較方法

本検討では、線形モデルによる三次元 FEM 解析を行った。そのため、比較する荷重ステップは、二次元骨組解析で、部材が弾性応答する範囲で最大の荷重ステップとした。

着目部材は、柱列帯・柱間帯の影響が大きいと考えられる上床版として、一般に開削トンネルの上床版の設計に影響が大きい曲げモーメントで比較を行った。

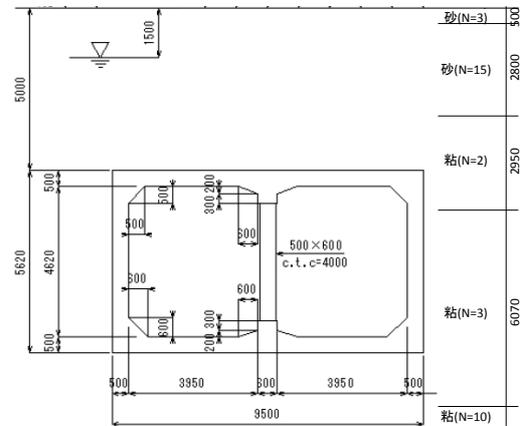


図 1 解析断面
(1 層 2 径間・中柱間隔 4m)

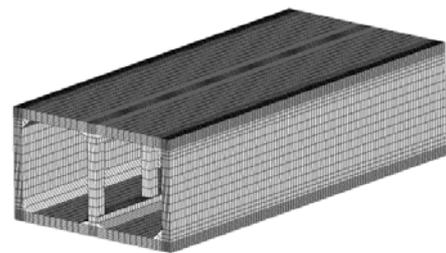
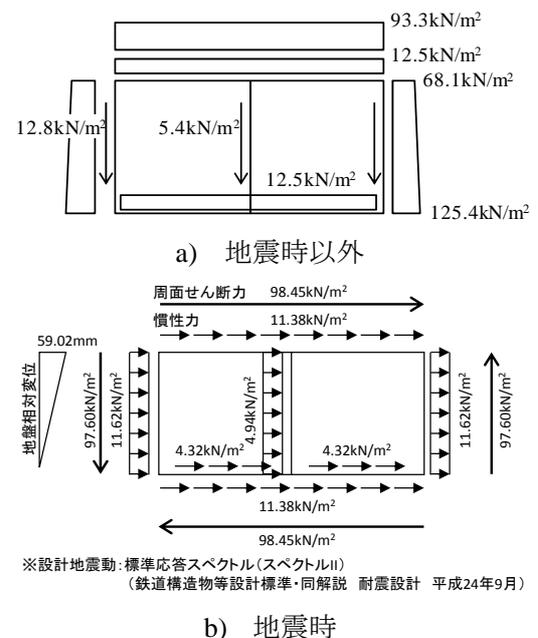


図 2 有限要素モデル（三次元 FEM）



※設計地震動：標準応答スペクトル(スペクトルII)
(鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 平成24年9月)

図 3 荷重図

キーワード 開削トンネル, 中柱, 地震時, 骨組構造解析, 三次元有限要素解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所

構造物技術研究部 基礎・土構造

TEL: 042-573-7261

3. 解析結果

三次元 FEM で得られた地震時以外の中柱間隔と柱間帯・柱列帯の上床版曲げモーメントを示す。本検討では、中柱間隔の変更に伴う中柱および縦桁の仕様の差異を、部材剛性の変更で表現したが、既往研究²⁾と同様に中柱間隔の増加に伴って、1)柱列帯において、中柱付近の負曲げモーメントが増加する傾向、2)柱間帯において、スパン中央の正曲げモーメントが増加する傾向が表現されていることを確認できた。

中柱間隔8mのケースの上床版曲げモーメント分布を図5に示す。同図 a)は、地震時以外と地震時の曲げモーメントを加算した値を示す。

同図 b)に示す地震時以外の曲げモーメントは、骨組解析は三次元 FEM の柱列帯・柱間帯の中間的な挙動を示しており、三次元 FEM は中柱付近で柱列帯・柱間帯の差異が大きくなる傾向を示している。また、既往研究³⁾と比較して、正曲げモーメントの増加が小さい結果となった。これは、本検討の断面の方が、縦梁寸法が大きいことによる縦断方向の剛性の寄与が大きかったためと考えられる。

同図 c)に示す地震時の曲げモーメントは、柱列帯・柱間帯の影響は限定的であった。とくに、決定ケースとなることが多い、側壁付近の負曲げモーメント、スパン中央付近の正曲げモーメントには差異が生じなかった。

以上より、部材が弾性応答する範囲内を対象とした本検討では、柱列帯・柱間帯の影響は、おもに地震時以外の断面力に影響する結果となった。

4. おわりに

1層2径間の開削トンネルを対象として、地震時における柱列帯・柱間帯の影響を検討した。その結果、部材が弾性応答する範囲内において、その影響は限定的であり、地震時以外の断面力に主に影響するという知見を得た。

[参考文献]

- 1) 柳川一心, 牛田貴士, 仲山貴司, 焼田真司: 開削トンネルにおける中柱のモデル化に関する一検討, トンネル工学報告集, Vol.24, III-2, 2014.
- 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 設計計算例 開削トンネル(耐震設計)(暫定版), 2014.
- 3) 西山誠治, 新井泰, 村田修: 三次元解析による開削トンネルの常時および地震時断面力と二次元解析の適用性に関する一考察, トンネル工学研究論文・報告集, Vol.9, pp349-354, 1999.

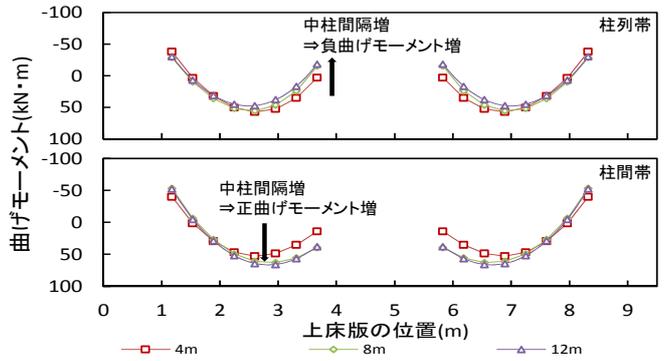
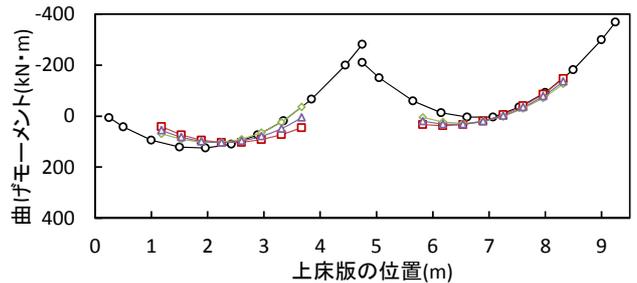
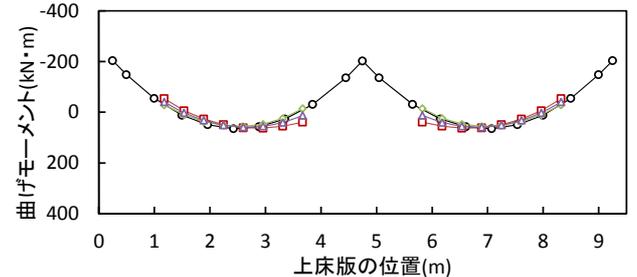


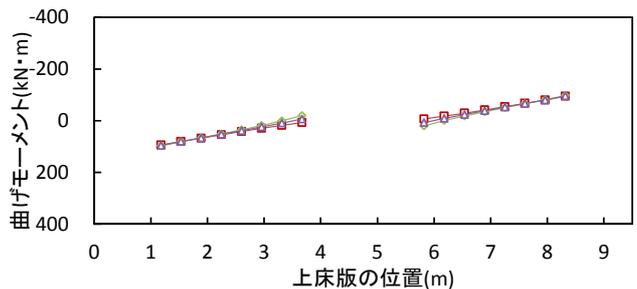
図4 中柱間隔と上床版曲げモーメントの関係 (地震時以外)



a) 地震時以外+地震時



b) 地震時以外



c) 地震時

図5 上床版の曲げモーメント (中柱間隔 8m)