

3次元地盤モデルを用いた都市内道路トンネルの縦断耐震検討

阪神高速道路（株） 正会員 ○平野 翔也，佐藤 彰紀
林 訓裕，村瀬 春祐

1. はじめに

阪神高速道路における開削トンネルの設計指針¹⁾では、縦断方向にも大きな応力や変形が発生すると予想される場合は、縦断方向についても検討を行うことを原則としている。シールドトンネル設計マニュアル²⁾においては、FEMモデルによる縦断方向の耐震設計を原則としている。構造継手(伸縮継手)は防水上の弱点となりやすく、補修も困難なことなどから、特に開削トンネルの躯体は、構造上問題とならない範囲で、構造継手を設けない連続した構造物とすることが望ましい。一方で、対象とする地盤や地震動によっては、トンネル縦断方向に許容値を超える応力が発生する可能性がある。そのため、構造継手部の発生応力に対して要求性能を満足するように、縦断方向の耐震設計などにより適切な継手構造、配置間隔を決定する必要がある。

本稿では図-1に示す地盤条件において、図-2のような構造物を想定した縦断方向の耐震設計検討の結果を報告する。地盤条件は、図-1に示すとおり、浅い沖積層が粘性土層から砂質土層に縦断方向に遷移し、横断方向には構造物の周辺に地盤改良を実施することを想定するため、地盤条件の不均一性がトンネルの地震時挙動に影響を及ぼす可能性が考えられる。構造物条件としては縦断方向に開削トンネル、立坑、シールドトンネルなど振動特性の異なる構造が連続する条件で検討する。横断方向には、開削トンネルの高さが10m、幅が20m以上の大断面となる区間

が存在することを想定する。

一般に、縦断方向の耐震設計手法は、文献³⁾に示すように地盤応答解析から得られた地盤変位に対して地中構造物を耐震設計する手法などが存在する。地盤応答解析は1次元もしくは構造物の軸線に沿った2次元の地盤変位分布に対して設計を行うことが多いが、本稿で検討対象とする縦断及び横断方向に対して設計条件が大きく変化する場合、解析精度の確保が困難となる。そのため、本稿では3次元FEMモデルを用いて地盤応答解析を実施することとした。

なお、液状化による影響については横断方向の耐震解析で別途確認することとし、本稿では考慮しない。

2. 解析概要

図-1に示すとおり、立坑、地層の変化点を含んだ縦断方向に480mを照査対象とするが、側方境界の影響を考慮し約780mをモデル化した。本線は起点側から開削トンネル～立坑～シールドトンネルとなる構造物を想定し、ランプは図-1モデル化範囲の左側からU型擁壁(一部区間は本線と一体擁壁構造)～BOX構造とする。土質はNo.19付近で上側のシールドトンネルのスプリングラインが砂質土層と粘性土層の境界位置となり、No.24付近で粘性土層が砂質土層に遷移することとした。また、No.31付近でランプBOX頂版が地表面以下の深度となる。図-2のとおり、構造物周辺に地盤改良を想定する。また、継手間隔は開削トンネル部で50m～90m程度、シールドトンネ

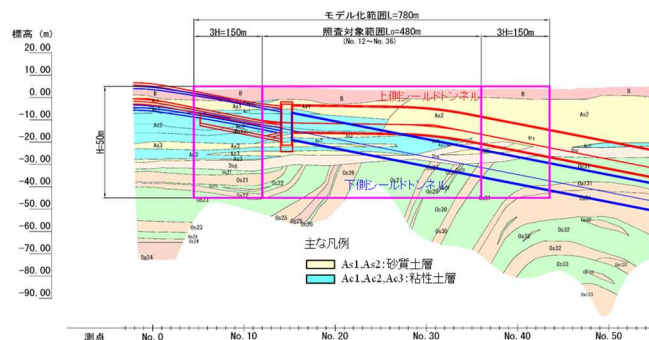
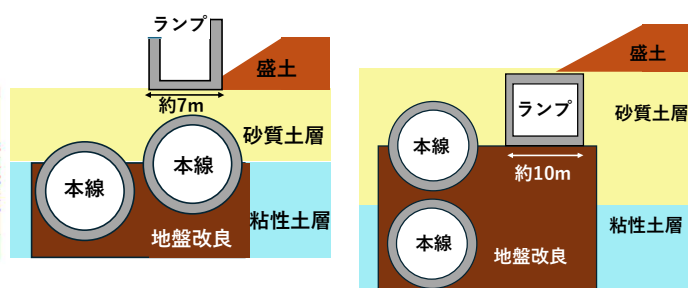


図-1 地質縦断図



(a)No.19 断面イメージ

(b)No.31 断面イメージ

図-2 標準断面図

キーワード 縦断耐震解析，開削トンネル，シールドトンネル，3次元解析

連絡先 〒553-0003 大阪府大阪市福島区福島 7-15-26 阪神高速道路（株） 大阪建設部 TEL06-6136-6654

ルで 2m 程度とした。入力地震動は図-3 に示すタイプ II レベル 2 地震動⁴⁾を用いてモデル下端(GL-50m)に入力した。構造物と地盤の相互作用を考慮するために、地盤応答解析を実施する 3 次元 FEM モデルでは構造物もモデル化した。構造物照査は、地盤応答解析から得られた変位を別途骨組みモデルで作成した構造物に対して静的に入力し、地震時の応答を確認した。

3. 解析結果

軸方向および軸直角方向加振時で照査を行ったが、本稿では軸直角方向加振時の結果のみ示す。図-4 に各要素の最大応答変位をコンター図で示す。遠方では比較的大きな変位が生じているが、構造物周辺では 0.1m 程度であった。また、開削トンネル、地盤条件の変化点で比較的大きくなった。

図-5 にシールドトンネル(上側)の継手部せん断力について、図-6 に継手目開き量についてまとめた。シールドトンネル周辺は地盤改良を想定するため、通常の 2 次元解析では地盤改良を考慮しつつ、地盤改良の外側にある自然地盤の地質条件変化を考慮することは難しいが、今回実施した 3 次元縦断耐震解析では地質変化点となる No.19, No.24 付近で応答が大きくなっており、精度よく評価できることを確認した。また、No.31 では地盤改良範囲の変化に加えてランプボックスがシールド側方に近接することが影響していると考えられる。No.36 付近ではランプボックスと本線シールドトンネルが合流することから構造が大きく変化するため、せん断力が大きくなったと考えられる。

4. まとめ

- ・縦横断方向に函体の形状および地盤条件が変化する場合において、精度よく地震時挙動を再現する目的で 3 次元縦断耐震解析を実施した。
 - ・一般的な 2 次元の縦断耐震解析では横断方向の変化を精度よく評価するためには技術的な工夫が必要になるが、今回実施した 3 次元解析では縦断耐震解析において、地盤改良を考慮しつつ、地質の変化点での継手部のせん断力や目開き量の変化を表現できることを確認した。また、横断方向の近接構造物の影響も精度よく評価できることを確認した。
- 参考文献

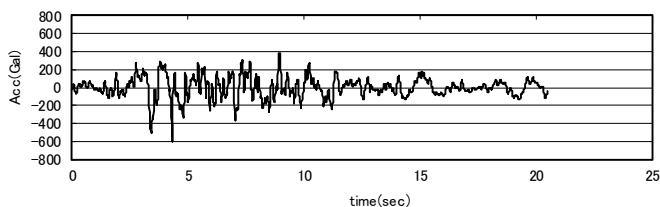


図-3 入力地震動

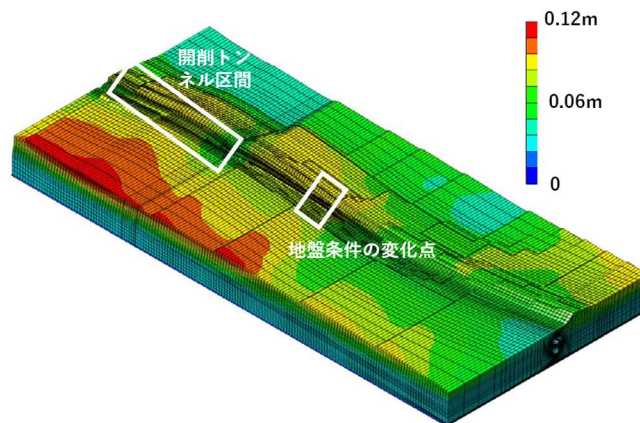


図-4 最大応答変位分布

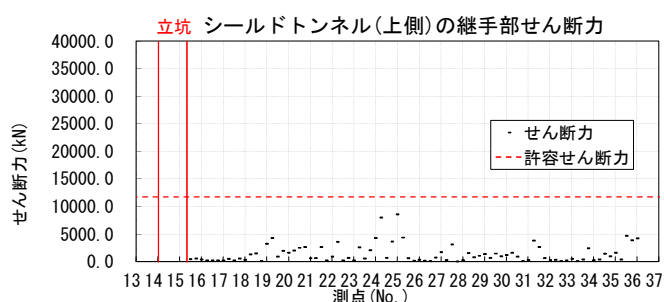


図-5 シールドトンネル(上側)の継手部せん断力



図-6 シールドトンネル(上側)の継手目開き量

- 1) 阪神高速道路株式会社：開削トンネル設計指針，2008.10.
- 2) 阪神高速道路株式会社：シールドトンネル設計マニュアル，2011.2.
- 3) 大塚久哲，新井雅之，井上憲一，高野直道，竹内幹雄，橘善規，節婦光一，村井和彦，楊光遠：地中・基礎構造物の耐震設計，九州大学出版会，pp.37-41，2001.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書 V. 耐震設計編，2012.3.