

MMST 工法による地中構造物の縦断耐震検討

大成・鹿島・戸田特定建設工事共同企業体 正会員 ○廣末 龍文、渡辺 和明
 首都高速道路公団 正会員 森 健太郎、内海 和仁

1. はじめに

首都高速道路公団の川崎縦貫線のうち、大師ジャンクションより殿町立坑までの約 540m 区間を MMST 工法にてトンネルを構築する。本トンネルは重要度が高く、また大断面(高さ約 27m×幅 24m)を有する大規模構造物であることより、レベル2地震動に対する縦断方向の耐震性の検討(特に継手構造)が必要となる。

本稿では、MMST 工法を適用したトンネル構造物について、周辺地盤の影響を適切に考慮した縦断方向の耐震検討を実施し、耐震安全性を照査した結果を示す。

2. 地質構成とトンネル位置

検討対象の地層構成および地盤物性値を図-2、表-1 にそれぞれ示す。トンネルは大師から殿町へ向け緩やかに上り勾配で計画される。全体の地層構成はほぼ成層に近いが、トンネル深度の変化に伴いトンネル軸線に沿って鉛直方向の地盤条件が変化する。特に断面3と断面4の区間で、トンネル断面下方の Dc1 層の地盤剛性が変化する。なお、耐震上の設計基盤面は、固結シルト層より構成されている上総層群の上面とする。

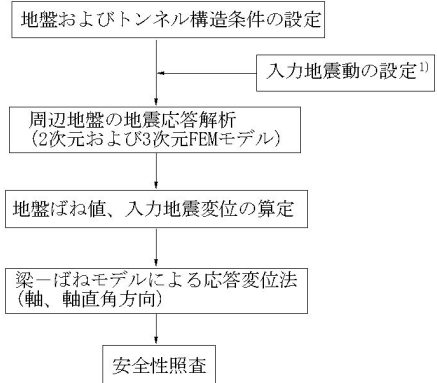


図-1 耐震設計フロー

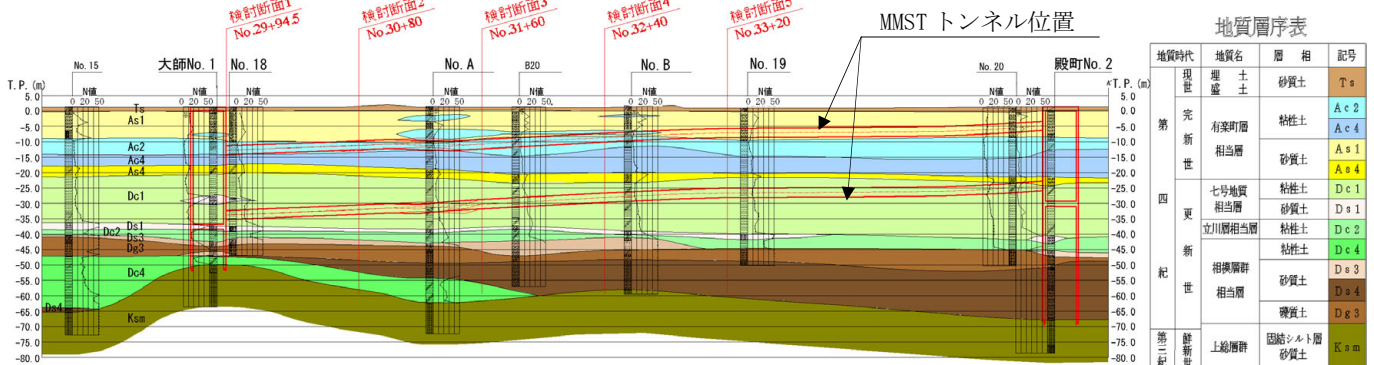


図-2 想定地質縦断面図

3. 縦断方向の耐震検討手順

図-1 に耐震検討の手順を示す。トンネル縦断方向の耐震検討では、トンネル軸線に沿った地盤条件の変化に伴う周辺地盤の変位分布の影響を適切に考慮する必要がある。本検討では、まずレベル2地震動¹⁾に対する周辺地盤のみの地震応答解析を実施し、応答変位法の入力となる時刻歴地盤変位および地盤ばね値の評価を行う。応答変位法による耐震検討は、軸および軸直角方向として、それぞれの解析結果に基づいてリング間ボルトのひずみ及び目開き量について照査する。

4. 応答変位法の解析条件

梁-ばねモデルの地盤ばね値は、代表的な断面を選定し、その断面における静的 FEM 解析の結果より

表-1 物性値

土層名	ρ (tf/m^3)	V_s (m/sec)	ν	G_0 (tf/m^2)
Ts,Ac1,As1	1.90	140	0.494	3800
Ac2	1.75	140	0.494	3500
Ac4	1.60	180	0.493	5290
As4	1.8	265	0.485	12890
Dc1上,Ds1上	1.55	200	0.491	6320
Dc1下,Ds1下	1.65	278	0.484	13000
Dc2,Ds3,Dg3	1.7	300	0.482	15600
Dc4	1.55	325	0.478	16690
Ds4	1.80	390	0.471	27920

キーワード MMST 工法、地中構造物、耐震設計

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 TEL03-5381-5417

軸方向および軸直角方向のばね値を算定する²⁾。なお各検討断面における地盤要素のせん断剛性は、地盤の地震応答解析の結果より、各要素の最大せん断ひずみ発生時の剛性とする。

本トンネルのような大断面を有するトンネルは、トンネル軸線の変位分布と同時に鉛直方向の変位分布の影響も受ける。そこで応答変位法に用いる入力地盤変位は、大断面である構造的特徴を考慮して、図-3 に示すような地盤ばね値に基づく重み付けによる平均化を行い評価する。

トンネル構造は、鋼・コンクリート合成構造（一般部）とRC 構造（接続部）からなる複合構造である。そこで図-4 に示すようなファイバーモデルを用いて、コンクリート、鉄筋、鋼材それぞれの材料特性を考慮したモデル化を行う。なお、鋼殻部分における鋼材の要素特性は、圧縮力に対しては縦リブ鋼材が変形し、引張力に対しては縦リブ鋼材とリング間ボルトが変形するとし、図-5 に示すような縦リブ鋼材とリング間ボルトの直列ばねとして評価した等価剛性を設定する。

5. 解析結果

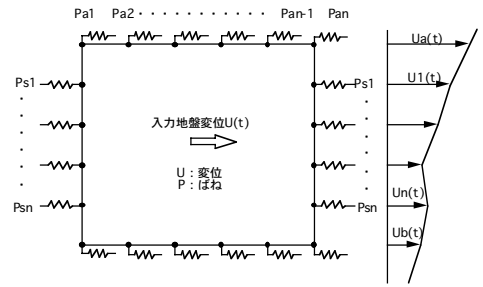
応答変位法の解析結果のうち支配的な軸方向の結果を図-6 に示す。鋼材のファイバー要素に発生する引張ひずみの値は、検討断面 3'から4の区間でリング間ボルトの降伏値を超える結果となった。これは、トンネル深度の変化に伴い、断面鉛直方向の地盤条件が変化したことによる影響と考えられる。なお、リング間ボルトのひずみより目開き量を算定すると 1mm 程度以下となり、止水性の許容値を満足する結果である。

6. まとめ

MMST 工法を適用した大断面を有するトンネルを対象に、レベル2 地震動に対する縦断方向の耐震検討を実施した。応答変位法の解析結果より、部分的に継手部のリング間ボルトが引張降伏する結果となったが、その目開き量はシール材の止水性能以下であることが確認できた。なお本トンネルのような大断面を対象とした縦断方向の耐震検討では、断面鉛直方向の相対変位の影響も重要となるため、今後より詳細な分析が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 森他：複合構造を有する地中構造物の横断耐震検討、第 57 回年次学術講演会（投稿中）
- 2) （社）日本道路協会：「駐車場設計・施工指針 同解説」、平成 4 年 11 月



$$U(t) = \frac{\sum Pa_i \cdot U_a(t) + \sum Ps_i \cdot U_i(t) + \sum Pb_i \cdot U_b(t)}{\sum (Pa_i + Ps_i + Pb_i)}$$

図-3 入力地盤変位の算定

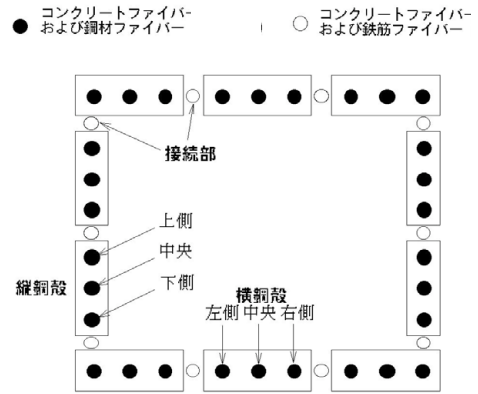


図-4 トンネル断面のモデル化

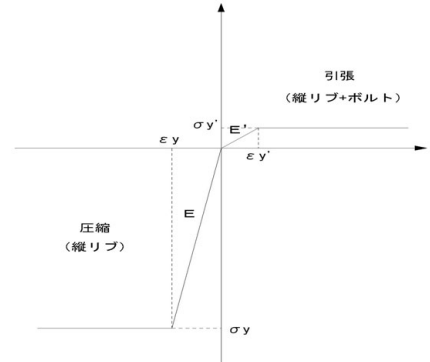


図-5 鋼材ファイバーの非線形特性

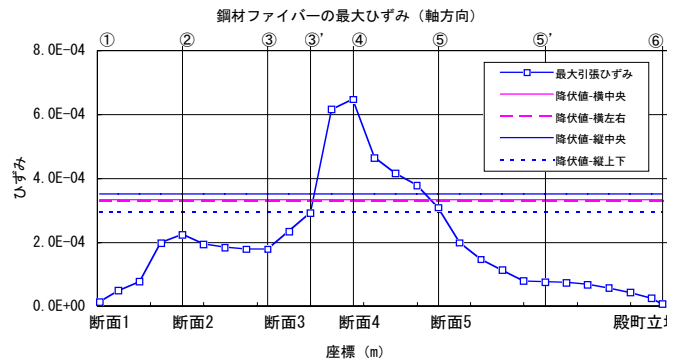


図-6 解析結果