

Ⅲ - B 330

流動化処理土を使用した開削トンネルの耐震性に関する考察

(株)福山コンサルタント 正会員 ○中野 聡  
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 木幡行宏・村田 修  
 日本鉄道建設公団 松岡正幸・井上好一

1. はじめに

MM21 線では、開削トンネル上床版上部の埋戻し土に流動化処理土を使用する計画があり、地震時に流動化処理土が開削トンネルにおよぼす影響について検討する必要があると考えられた。本研究は、埋戻し土として流動化処理土を用いた場合と通常山砂を用いた場合の地震時の構造物および周辺地盤の各種応答値を FEM 解析により比較し、流動化処理土を使用した場合の開削トンネルの耐震性について考察を行ったものである。

2. 解析概要

解析の対象は、MM21 線みなとみらい中央駅であり、この駅舎部の開削トンネル断面は図-1 に示すように 3 層構造中柱 2 柱式の大断面である。また、この付近の地盤は、埋戻し土、沖積粘性土、上総層群堆積軟岩から構成されており、地盤の物性値は図-1 に示す通りである。なお、解析ではこの 3 層の成層構造として取り扱った。

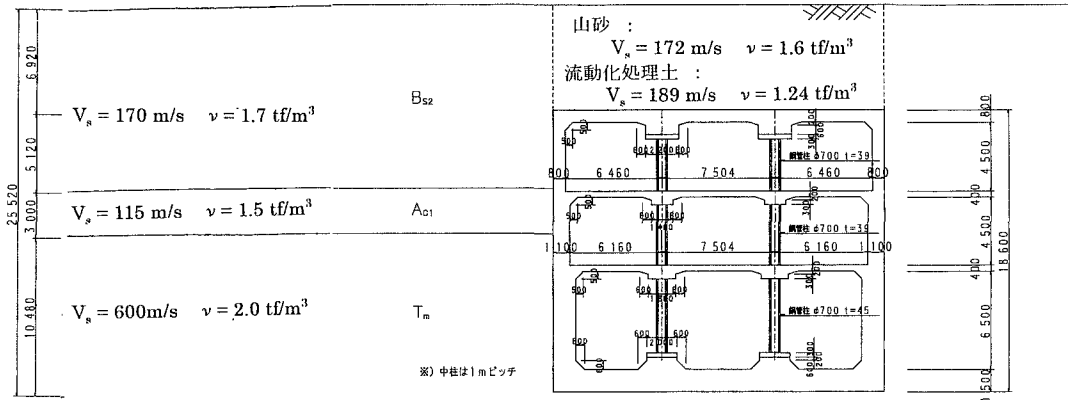


図-1 解析対象とした開削トンネルおよび周辺地盤

解析は、開削トンネルとその周辺地盤を FEM2 次元モデルであらわし、地盤の非線形特性と流動化処理土とトンネル上床版上部の接触面での非線形性を考慮して、兵庫県南部地震の地震波を入力する非線形動的解析を行い、流動化処理土を用いた場合の開削トンネルの耐震性について検討を行ったものである。モデル化に際しては、構造物は弾性梁要素（予め柱および梁の剛性を弾性時に対して 0.5 倍とする等価線形モデル）とし、地盤は平面ひずみ要素（地盤のせん断弾性係数、減衰定数のひずみ依存性（ $G-\gamma, h-\gamma$  曲線）を修正 R-O モデルによって考慮）とし、トンネル上床版上部と流動化処理土の間はスリップ要素（ある限界を超えるとせん断抵抗力を一定とする非線形ばね要素）として考慮した。流動化処理土の非線形特性は、流動化処理土の  $G-\gamma, h-\gamma$  曲線を繰返し三軸試験の結果から設定し、流動化処理土とコンクリートのせん断抵抗特性は一面せん断試験の結果をもとに、図-2 に示すようなスリップ要素のせん断ばね定数および最大せん断応力として設定した。流動化処理土に対する一面せん断試験の試験内容は別論文<sup>1)</sup>に示している。

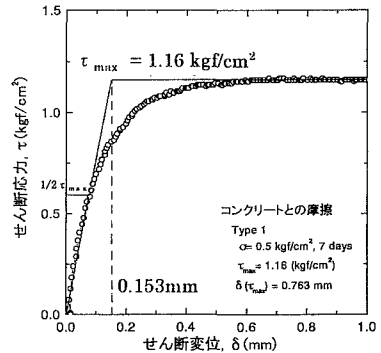


図-2 スリップ要素のモデル化

キーワード：流動化処理土、地盤改良、スリップ要素、開削トンネル、非線形動的解析

〒136-0071 東京都江東区亀戸 2-25-14 立花アベックス TEL03-3683-0721 FAX03-3683-0167

### 3. 解析結果

#### (1) 入力地震波形

解析に用いた入力地震波形は、平成7年兵庫県南部地震で得られた強震記録の内、神戸大学で観測された記録を元に振幅調整して作成された基盤波形<sup>2)</sup>を用いている。この基盤波形を図-3に示す。

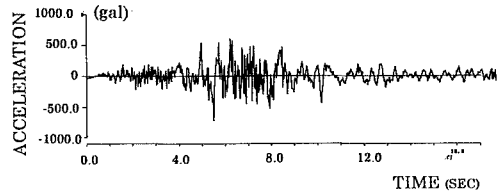


図-3 入力地震動

#### (2) 地表面最大応答時の変形図

地表面が最大応答変位を示す時の地盤および開削トンネルの変形図を山砂と流動化処理土と比較した結果を図-4に示す。地表面の最大応答変位は山砂と流動化処理土を用いた場合の比較ではほぼ同程度であった。

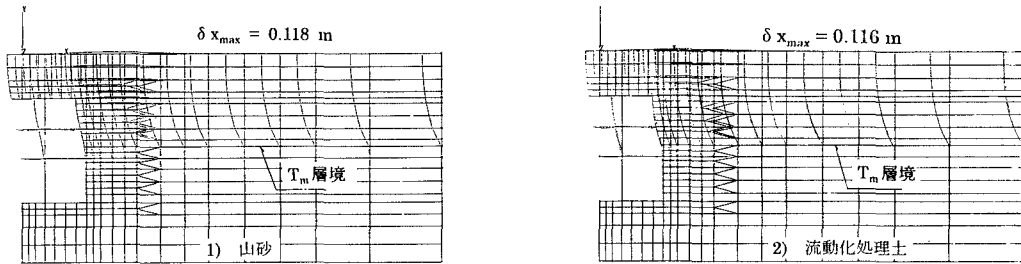


図-4 地表面最大応答時の変形図

#### (3) 埋戻し土のせん断ひずみの応答値

埋戻し土のせん断ひずみの応答値は、山砂と流動化処理土のせん断ひずみとせん断応力度の関係を比較した結果、図-5に示のように、せん断ひずみの最大値は流動化処理土を用いた方が3割程度小さくなるのがわかった。

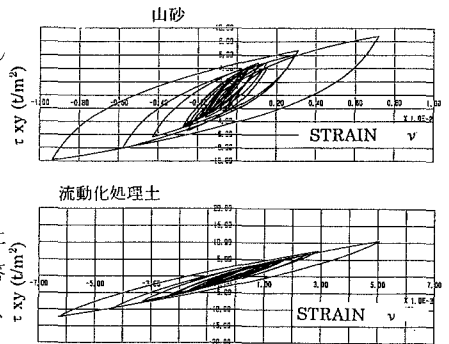


図-5 埋戻し土のせん断ひずみの履歴曲線

#### (4) トンネル上床版上部と流動化処理土のせん断抵抗の応答履歴

流動化処理土を用いたモデルでは、トンネル上床版上部と流動化処理土のせん断抵抗をスリップ要素でモデル化している。このスリップ要素の応答履歴を図-6に示す。このように上床版と流動化処理土の付着が切れ、両者の間にすべりが生じることが確認できた。

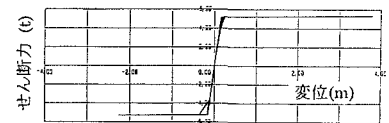


図-6 スリップ要素の応答履歴

#### (5) 開削トンネルの最大断面力

開削トンネルに発生する断面力(単位奥行き当たりの最大モーメント, 最大せん断力)について山砂と流動化処理土の比較を行った結果、側壁では最大モーメントが山砂の4.09MN・mに対し流動化処理土が4.01MN・m、最大せん断力が山砂の1.68MNに対し流動化処理土が1.65MNであり、一方中柱では最大モーメントが山砂の2.80MN・mに対し流動化処理土が2.75MN・m、最大せん断力が山砂の1.13MNに対し流動化処理土が1.10MNと、いずれもほぼ同程度であった。

### 4. まとめ

開削トンネルの埋戻し土として、流動化処理土を用いた場合の耐震性について検討を行った結果、流動化処理土と山砂を用いた場合の各種解析結果にはほとんど差異はなく、本検討対象断面では流動化処理土が構造物の耐震性に影響を及ぼすことはほとんどないことが明らかとなった。本検討対象は、構造物の半分から下の部分が比較的良好な地盤に位置していたことも、流動化処理土と山砂の差異が生じなかったことの一因と考えられる。今後は側壁全面が軟弱地盤のような異なった地盤における同様の解析を行うことが課題である。

参考文献 1) プラガン・中里・田端・木幡・村田・矢崎・井上: 流動化処理土の一面せん断特性、第53回土木学会年次学術講演会 1998.10、2) (財)鉄道総合技術研究所: 新設構造物の当面の耐震設計に関する参考資料 1997.3