

I-31 開削トンネルの簡便な地震応答解析手法

徳島大学大学院 学生会員 ○森西由記
徳島大学工学部 正会員 三神 厚
徳島大学工学部 正会員 澤田 勉

1. はじめに

本研究では、1次元動的応答解析によって、トンネル被害との相関が強い層間変位を求める手法を提案する。結果として、実務者が使い慣れた1次元地震応答解析プログラム SHAKE によってトンネルの応答解析が可能になる。

なお、類似の研究で、本研究と同様にトンネルー地盤系を1次元せん断柱としてモデル化する手法が中村¹⁾によって提案されているが、トンネル側方の地盤やトンネルの単位重量などの扱いが本研究とは異なる。

2. 1次元モデルによる解析の提案

トンネルは地震時に地盤の変形に追従するため、トンネル全体系としてせん断変形が卓越する。Wang²⁾はこの観点より、トンネルの応答と周辺地盤の応答の比が、周辺地盤のせん断剛性とトンネル全体の見かけのせん断剛性の比によって支配されることを明らかにしている。このことは、トンネルを等価なせん断土要素として扱うことで本来2次元モデルにより解析されるトンネルー地盤系を、1次元モデルで取り扱うことの可能性を示唆するものである。

そこで本研究では、図-1のように、トンネルー地盤系を1次元せん断梁にモデル化し、動的応答解析によりトンネルの層間変位を求める手法を提案する。ここで、トンネル要素のせん断剛性 $G_{structure}$ は、図-2のように、水平荷重に対するトンネル全体の見かけのせん断剛性である。トンネル要素の単位重量は、側方地盤との慣性力相互作用を考慮するため、地盤の単位重量 ρ_{soil} を用いる。また、トンネルの減衰特性は、周辺地盤の減衰特性に支配されるものとみなし、トンネル要素の減衰定数には地盤の減衰定数 h_{soil} を用いる。このモデルに SHAKE を適用すれば、トンネルー地盤の相互作用を考慮した非線形地震応答解析が可能となる。

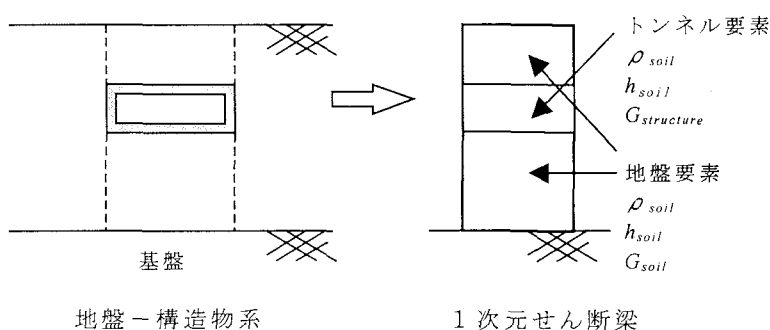


図-1 1次元せん断梁モデル

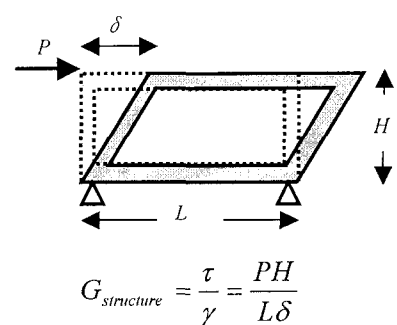


図-2 トンネルの見かけのせん断剛性

3. 適用例

ここでは本研究の提案する解析手法の適用例として、図-3のような地盤条件に、図-4のような構造物（大開駅）を埋設した場合の解析を行う。大開駅のせん断剛性のひずみ依存特性は、中村の研究¹⁾で得られているものを参考にし、それをフィットする曲線を作成した（図-5）。ただし、この関数の適用範囲はせん断ひずみ $\gamma < 4.0 \times 10^{-3}$ の範囲とする。

入力地震動には千葉県東方沖地震（GL-40m）の波形を最大加速度を 50gal に規準化した波形と、最大加速

度を 200gal に規準化した波形の 2 種類を用い、非線形挙動について考察する。

解析の結果得られた層間変位の時刻歴を図-6 および図-7 に示す。比較のため、構造物と地盤の剛性および減衰定数をひずみによらず一定として線形解析を行った場合の層間変位の時刻歴も示す。図-6 および図-7 より、入力地震動を最大 200gal とした場合は、最大を 50gal とした場合と比較して、非線形を考慮した効果が顕著に現れていることがわかる。

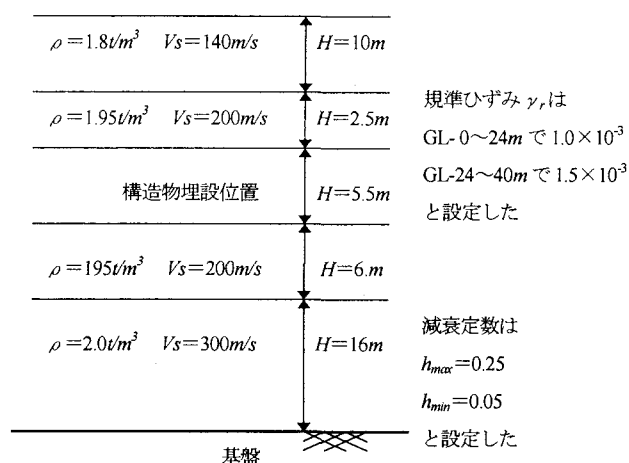


図-3 地盤条件

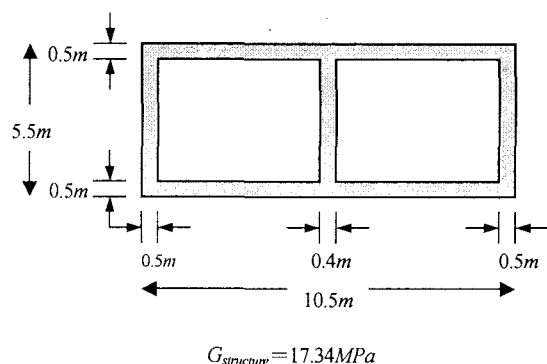


図-4 トンネル形状 (大開駅)

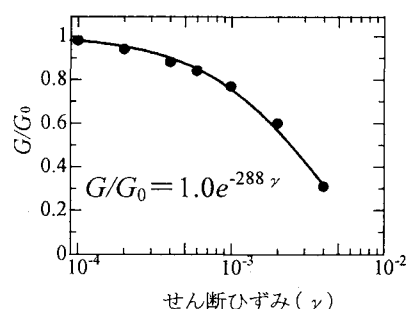


図-5 大開駅の剛性のモデル関数

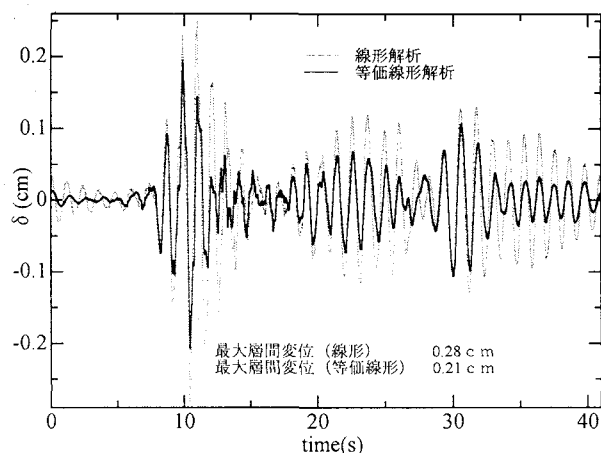


図-6 層間変位の時刻歴 (最大 50gal の地震動を入力)

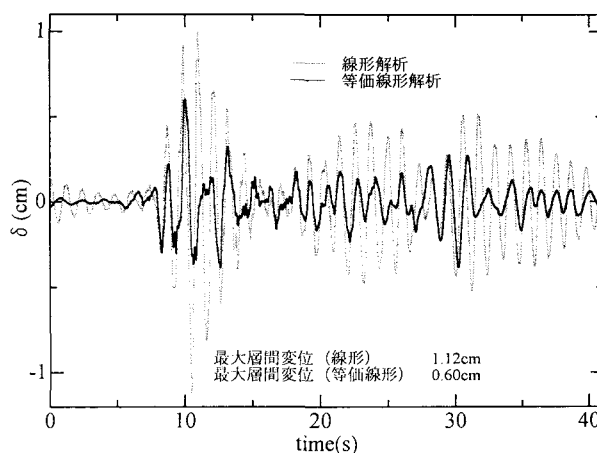


図-7 層間変位の時刻歴 (最大 200gal の地震動を入力)

4. まとめと今後の課題

本研究ではトンネルー地盤系を 1 次元にモデル化し、実務で使いやすい簡便な地震応答解析手法を提案した。今後は 2 次元動的解析による結果と比較して、この解析手法が妥当なものであるかを検討する。また、構造物の見た目のせん断剛性のひずみ依存性は、構造物の形状や載荷方法によって異なるため、これらを考慮した一般性のある関数を考える必要がある。

参考文献

- 1) 中村晋：層間変形に基づく地中構造物の横断方向の耐震設計法に関する提案，土木学会論文集 No.605/I -45, pp217~230, 1998 年
- 2) Jaw-Nan Wang：Seismic Design of Tunnels, Parsons Brickerhoff Inc., 1993.