

地震時挙動における静的解析法の妥当性の検討

首都大学東京大学院
首都大学東京大学院
首都大学東京大学院

学会員
正会員
正会員

○須藤 拓馬
土門 剛
西村 和夫

1. 研究目的・背景

トンネルの耐震手法は、大別すると静的解析、および動的解析がある。静的解析にはさらに FEM 応答変位法や応答震度法などがある。しかし、それぞれの耐震手法では、地震作用のモデル化の考え方が異なるため、解析した結果なども異なることが考えられる。動的解析はモデルに直接地震動を与えることができる。一方、静的解析はモデルに強制変位や加速度を与えて簡便化している。解析コスト等を考えると、静的解析でも動的解析と同程度の結果が得られれば、実用性が向上するものと思われる。

そこで本研究では、動的解析と静的解析を行い、それらの解析結果を比較し、静的解析の妥当性を検討した。通常、地下構造物の設計では主に土圧を考慮することから、ここでは構造物上の節点力に着目する。動的解析の比較対象として、静的解析の、地震動を加速度で再現する応答震度法、地震動を変位で再現する FEM 応答変位法を対象とし、両者の節点力の比較を行い、地震時挙動における静的解析の妥当性を検討する。また、本研究は研究の第一ステップとして、解析領域を極めて狭くし、解析をおこなった。

2. 解析方法

2.1 解析コード

解析コードとして、動的解析では TDAPIII、静的解析では MIDAS GTS を用いた。

2.2 解析モデル

(1)モデル

構造物、地山を含む解析モデルを図 1 に示す。地山のモデルは一辺 80m の正方形とし、構造物は一辺 20m の矩形トンネルとした。構造物は梁要素、地山は平面ひずみ要素を用いた。境界条件は、底面は固定とし、側面は動的解析では二次元側方境界とし、静的解析では水平ローラー支点とした。研究の第一ステップとして構造物、地山ともに線形弾性モデルとした。各物性値を表 2 に示す。

(2)入力波

動的解析で用いた入力波形を図 2 に示す。入力波は最大加速度 100gal、データ数 1024、振動数 0.4Hz の正弦波を使用した。この正弦波をモデルに入射し、構造物に最大水平変位が発生した時間断面の結果を比較する。

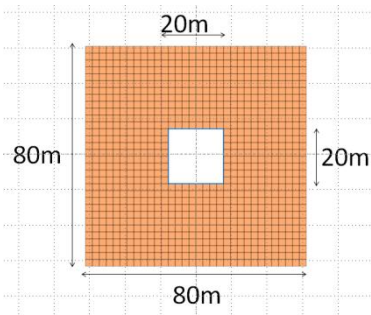


図 1 解析モデル

表 2 地山・構造物物性値

	動的解析		静的解析	
	構造物	地山	構造物	地山
ヤング率[MPa]	2.2×10^4	2.0×10^2	2.2×10^4	2.0×10^2
ポアソン比	0.2	0.3	0.2	0.3
単位体積重量[kN/m ³]	23	21	23	21
減衰比	0.05	0.05		

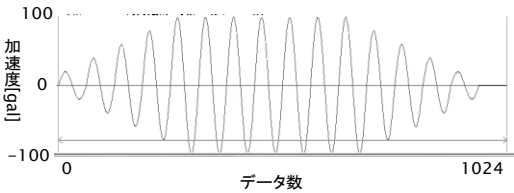


図 2 入力波形

キーワード 動的解析, 静的解析, FEM 応答変位法, 応答震度法, 地震時挙動

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL : 042-677-2785 FAX : 042-677-2772

2.3 解析ケース

解析ケースは動的解析，応答震度法，および FEM 応答変位法の 3 手法でおこなう．応答震度法では，モデルをメッシュ化して，各要素に地震時水平加速度相当の物体力を与えることによって地震動を再現する．ここで与える物体力として，一次元成層地盤解析により求めた，最大変位時の加速度を物体力に変換して各要素に与えた．最大加速度は 199.89gal である．また，FEM 応答変位法では FEM で再現したモデルの側方の各節点を強制変位させることで地震動を再現する．ここで与える強制変位の値は，一次元成層地盤解析により求めた最大変位とした．最大変位は 16.0cm である．

3. 解析結果

動的解析，応答震度法，FEM 応答変位法により算出した水平方向，鉛直方向の節点力の結果を図 4，5 に示す．

図 3 のように，右上の基準節点から反時計回りに，構造物上の節点力を比較した．

3.1 水平方向節点力

図 4 は水平方向の節点力である．水平方向節点力の値が正は引張，負は圧縮力をあらわす．水平方向の節点力をそれぞれの 3 手法で比較すると，大まかな増減は類似していることが分かる．動的解析と応答震度法に関してはモードは概ね一致しているが，最も顕著な違いとしては，FEM 応答変位法の天端部における水平方向節点力である．また，隅角部においては動的解析，応答震度法，FEM 応答変位法，それぞれに違いが生じた．

3.2 鉛直方向節点力

図 5 は鉛直方向の節点力である．鉛直方向の節点力も，水平方向同様，大まかな増減は類似しているが，それぞれの手法で違いが生じた．鉛直方向の節点力も，FEM 応答変位法の違いが他の手法に比べて異なっていることが分かる．また，水平方向節点力同様，隅角部において 3 手法それぞれに違いが生じた．

4. まとめ

本研究より以下のことが明らかになった．

(1)それぞれの解析手法で隅角部の節点力に違いが生じていることがわかった．隅角部以外は概ね等しく，実務設計で適用する際には隅角部以外においては妥当であるが，隅角部は荷重や応力が集中するため，現段階では隅角部に限り，節点力の実務設計の適用は難しい．

(2)FEM 応答変位法が，動的解析と応答震度法と比較して違いが顕著に生じたことから，地震動を変位で再現する方法と加速度で再現する方法との差が影響したものと思われる．このことから，地震動を変位で再現するなんらかの工夫が必要である．

5. 今後の課題

本研究では，変位での地震動のモデル化をおこなった際に他と比べて解析結果に大きな違いが見られた．この解析結果の違いを少なくするには，地震動を変位でモデル化する際に，側方を強制変位させるだけでなく，他になんらかの工夫をする必要があるものと考えられる．今後は，地震動を変位で再現する簡便な方法を追究し，解析を行なう．

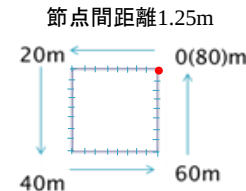


図 3 トンネル上の節点と基準節点からの距離

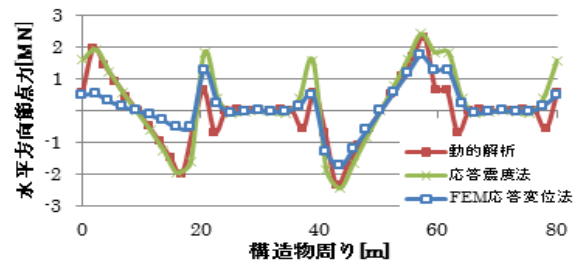


図 4 水平方向節点力の比較

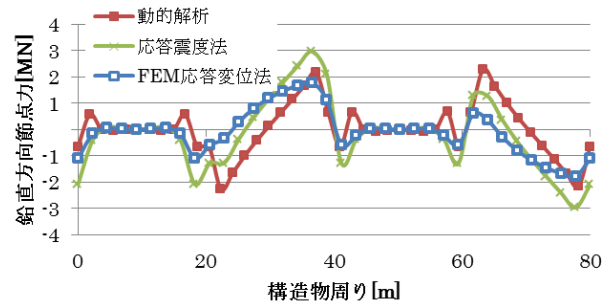


図 5 鉛直方向節点力の比較