

建設省工本研究所 正員 栗林榮一 川島一彦 ○柴田松雄

1. まえがき

応答スペクトル法は地震応答解析においてよく用いられる手法であるが、その理由は一般に 1) 応答スペクトル曲線があらかじめ用意されている、逐次応答計算法に比較して非常に少ない労力で解を求めることができる、2) 入力地震動として平均応答スペクトル曲線を使用することができる、こと等によると考えられる。応答スペクトル法は、橋梁等の地震応答解析においては比較的精度の良い結果を与えてしまっているが、泥理トンネルの応答計算に適用するためには、1) 一般に近接した固有周期のもとに多数の固有ベクトルが存在するが、このような場合に応答スペクトル法は過大な断面力の見積りにならないか、2) 泥理トンネルの応答計算では、地盤の変位→トンネル変位→トンネルの断面力、という3ステップの手続きを必要とするが、こうした点は精度良く計算できるか、等の点について注意しなければならない。

本報告では、泥理トンネルを長手方向に加振した場合の軸力に限定して、逐次応答計算の結果と、同一の地震動波形より算定した応答スペクトル曲線を用いたスペクトル計算の結果を比較することにより、上記の点につき検討した結果について報告する。

2. 解析対象および計算モデル

解析で想定した表層地盤は図-1に示すように、それぞれ300mの長さをもつ水平部(I)、斜路部、水平部(II)より成る全長900m区間で、水平部(I)の厚さは40mに保ち、水平部(II)の厚さは50m、70mおよび110mの3ケースとした。地盤のせん断弾性波速度 V_s 、単位体積重量 γ_s 、ポアソン比 ν はそれぞれ $V_s = 100\text{m/sec}$ 、 $\gamma_s = 2.0/\text{cm}^3$ 、 $\nu = 0.45$ とし、表層地盤を通じて一様とした。泥理トンネルの伸び剛性は、 $EA = 6.45 \times 10^8 \text{ t/m}$ と仮定した。計算では図-2のように、表層地盤、および泥理トンネルをそれぞれ3質点の離散型モデルに置換した。入力地震動としては、日向難沖地震(1968. 4. 1)による板島橋近傍地盤上の記録、根室半島沖地震(1973. 6. 17)による静内橋近傍地盤の地下40mの記録の2種類を用いた。

3. 計算結果

逐次応答計算の結果求められた泥理トンネルの断面力(軸力)の最大値と応答スペクトル曲線より各モード値の2乗和の平方根で求めた断面力の分布の比較例を図-3に示す。このようにして計算した断面力のトンネル全長を通じた最大値を水平部(I)および(II)の表層地盤の厚さの比 h_1/h_2 もしくは h_1/h_3 で整理すると図-4に示すとおりとなる。地形上の相異を前提として解析しているため、表層地盤の厚さの比が大きくなるにつれ、泥理トンネルに生じる軸力は大きくなる傾向にあるのが認められる。こうした傾向は静内橋地震動を作用させた場合の方が板島橋地震動を作用させた場合よりも顕著に表れているが、これは表層地盤の固有周期と入力地震動の周期特性の両者に起因するのであろう。なお、表層地盤の厚さ比が1.0、すなわち、表層地盤(I)の厚さと表層地盤(II)の厚さが等しい場合には、表層地盤は一律な運動をするため、泥理トンネルには計算上軸力は生じない。

次に、逐次応答計算による軸力の最大値を1.0とした場合の応答スペクトル計算による軸力(軸力比と呼ぶ)を表層地盤の厚さ比で整理すると図-5に示すとおりとなる。表層地盤の厚さ比が大きくなると、軸力比は1.0に近づき、表層地盤の厚さ比が1.0に近づくとも軸力比は大きな値に漸増する傾向が認められる。表層地盤の厚さ比が1.0の場合には、どちらの計算法によっても軸力比は生じないのであるから、しいていえば軸力比は1.0であろう。このように、表層地盤の厚さの比が減少して、一様均一な表層地盤条件の場合に近づくにつれ、応答スペクトル計算は実際よりも断面力を過大に推算する傾向が認められるが、このような場合には、図-4に示したよ

うに、トンネルに生じる断面力の絶対値がもとと小さいことと考慮にみれば、応答スペクトル計算は現理トンネルの地震応答と算定するのに適用可能であるといえよう。

4. まとめ

沈埋トンネルと長手方向に相振した場合に生じる軸力に限定して、逐次応答計算の結果と、スペクトル応答計算の結果と比較し、沈埋トンネルの地震応答解析に対する応答スペクトル法の適用性を検討した。上述の結果は一応以下のようにまとめることができる。

- (1) 応答スペクトル法による計算は逐次応答計算による断面力よりも一般に大きな結果を与える。この傾向は表層地盤の厚さの場所的变化が小さく、均一な地盤条件に近い程著しい。
- (2) 応答スペクトル計算により求められる断面力の分布は実際の断面力の分布とおおむね同じ傾向を有するが、最大値の生じる位置は必ずしも同一ではない。
- (3) 応答スペクトル計算法は上記(1)、(2)の一般的な傾向および特徴を留意したうえで、沈埋トンネルの地震応答解析に適用可能と考えられる。

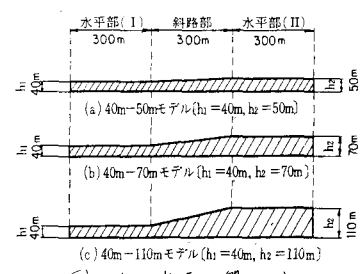


図-1 表層地盤モデル

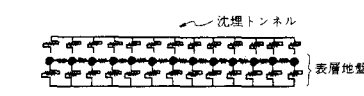


図-2 地震応答解析モデル(3質点系モデル)

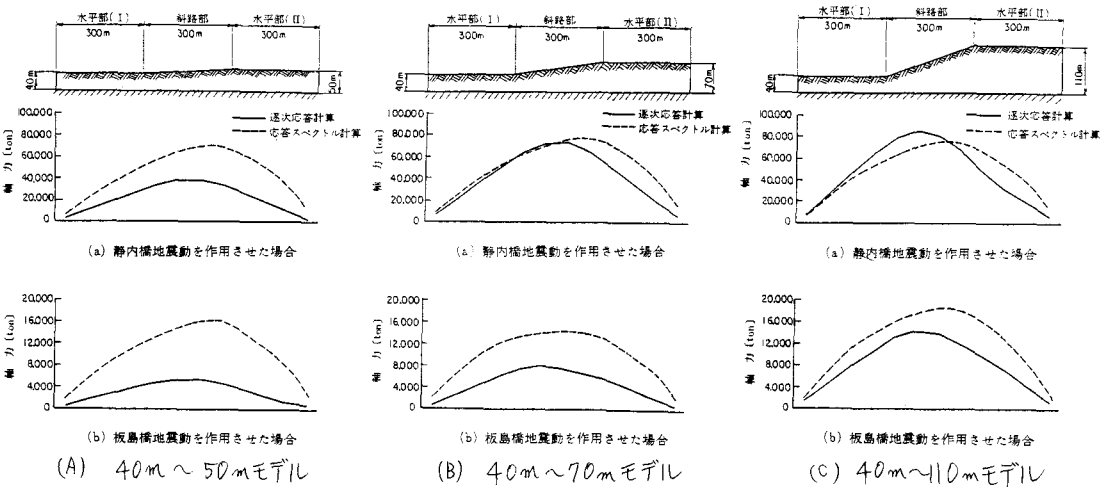


図-3 逐次応答計算とスペクトル応答計算の比較

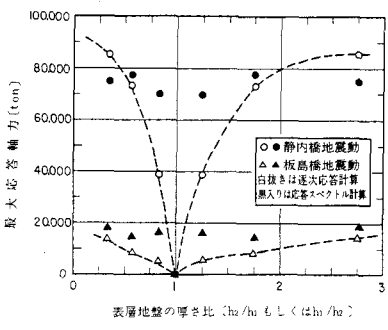


図-4 最大応答軸力へ表層地盤厚比の関係

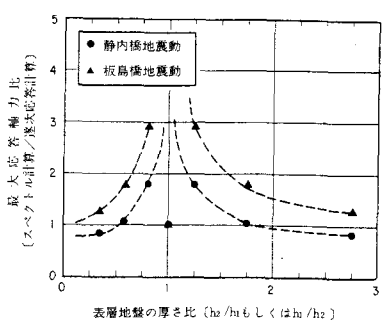


図-5 最大応答軸力へ表層地盤厚比の関係

- 参考文献
- 1) 建設省：新耐震設計法(案) S 50年3月。
 - 2) 栗林、川島、柴田：沈埋トンネルの軸線工の断面力および変位の地震応答解析に関する研究、工研資料1193号 S 52 et c.