

建設省建築研究所 正員 ○ 岩崎敏男

建設省土木研究所 正員 川島一彦

1. まえがき

沈埋トンネルは、一般に、軟質な地盤の地表近くに埋設される、幅に対して長さの長い、かつ、周辺の地盤に比較して相対的に軽量な構造物である。著者らは先にこのような構造物の長手方向の耐震設計のために、地震時の変形を波動の変形モードによって仮定する地震応答変位振幅を用いた解析法¹⁾を提示し、数値計算例によって平均応答スペクトル曲線を用いた地震応答解析²⁾との比較を示した。

ここではさらに4種類の地震動の加速度波形を使用した地震応答解析を行ない、これらによって地震応答変位振幅を用いた解析法について考察を加えてみた。

2. 計算対象および解析方法

計画時点の東京湾横断道路の基本設計を参考にして、長さ3,340 m、幅4.42 m、高さ1.3 mの矩形断面の沈埋トンネルを計算対象とした。沈埋トンネルは連続構造とし、トンネルと換気塔は構造上独立しているものとして扱った。水底面下30～40 mの位置に基盤面を設け、この面から上の表層地盤の弾性係数は単位体積重量と設計せん断波速度から算出した。ここで、設計せん断波速度は地震時に地盤に生じるせん断ひずみを 10^{-3} 程度と考え、弾性波探査による微小ひずみ時のせん断波速度の $\frac{1}{2}$ 倍とした。表層地盤のせん断振動による1次固有周期は計算上、概略1～2.5秒の範囲内となった。一方、減衰定数は前記のせん断ひずみを考慮して20%とした。

地震応答変位振幅を用いた解析では波動の波長は断面力が最大となるようにとった。また、基盤面で考慮する最大加速度は150 galとした。

地震応答解析では計算モデル、表層地盤の固有周期および振動モード、トンネルと地盤を結ぶばね定数などはすべて地震応答変位振幅を用いた解析と一致させた。

地震応答解析で使用した地震動の波形は表1に示す4種類である。これらの波形は記録の得られた地点の地盤条件が基盤と考えている地盤の条件と類似していること、できるだけ建設地点付近で得られた記録であることの他に、地震動の記録を、マグニチュードと震央距離の鑑点から選定し、以下に示すように分類した。

(1)遠距離に発生した大規模な地震……………根室半島沖地震 ($M=7.4$ 、 $\Delta=305\text{ km}$)

八丈島近海地震 ($M=7.2$ 、 $\Delta=275\text{ km}$)

(2)中程度の距離に発生した中規模の地震……………越前岬沖地震 ($M=6.9$ 、 $\Delta=153\text{ km}$)

(3)近距離に発生した小規模な地震……………多摩川下流地震 ($M=4.5$ 、 $\Delta=8\text{ km}$)

基盤に作用させる地震動の最大加速度としては、実際に記録された最大加速度を使用した。マグニチュードおよび震央距離を固定し、最大加速度の値だけを修正することはさけた。

4種類の地震動の波形および平均応答スペクトル曲線(建設省土木研究所、1970、岩盤、 $h=0.2$)の加速度応答倍率曲線 β を図1に示す。

3. 計算結果

沈埋トンネルの最大断面力を表2に示す。表2には基盤での最大加速度を150 galとした場合の平均応答スペクトル曲線を用いた地震応答解析の結果および地震応答変位振幅を用いた解析の結果も併せて示した。

応答レベルの比較のために、震央距離およびマグニチュードによる波形特性の変化を考慮することなく基盤に作用させる地震動の最大加速度を150 galに正規化した場合の断面力を表3に示した。

4. 結 論

地震応答変位振幅を用いた解析法および4種類の性格の異なる地震動の波形と平均応答スペクトル曲線を

使用した地震応答解析によるトンネルの断面力の計算結果から次のような結論が得られた。

(1)地震応答解析では、トンネルに生じる断面力は遠距離に発生した大規模な地震の波形を作用させた時の方が、近距離に発生する小規模な地震の波形を作用させた時よりもかなり大きい。これは地震動の卓越周期と表層地盤の固有周期（1～2.5秒と比較的長い）とが接近するためである。

(2)地震応答解析によれば一様な地盤に埋設された沈埋トンネルには、原理的に断面力は生じない。この傾向は数値計算結果にも現われている。

(3)地震応答変位振幅を用いた解析法によって求めた断面力は地震応答スペクトル曲線および実記録加速度を用いた地震応答解析によって求めた断面力よりも大きく、安全側の結果を与えている。ただし、地震動の最大加速度を150galに正規化した場合、遠距離に発生した大規模地震を考慮した場合の軸力については地震応答解析の方が大きくなる。遠距離に発生した大規模地震による地震動の波形を、周期特性は固定して最大加速度だけ150galに拡大する方法については、今後検討することが必要であろう。

表-1 地震動の加速度波形および平均応答スペクトル曲線

成分	地震名	発生日月日	記録地点	M	震央距離 (km)	最大加速 度(gal)
1	根室半島沖地震	1973.6.17	静内 (-40m)	7.4	305	45
2	八丈島近海地震	1972.1.24	観音崎 (-80m)	7.2	275	10
3	越前岬沖地震	1963.3.27	岩屋	6.9	153	22
4	多摩川下流地震	1970.9.30	川崎 (-127m)	4.5	8	6
5	平均応答スペクトル曲線（建設省土木研究所、1970、岩盤、h=0.2）					

注1) 静内、観音崎、川崎は地中地震記録で、()内の数字は地表面からの深度(m)を表わす。

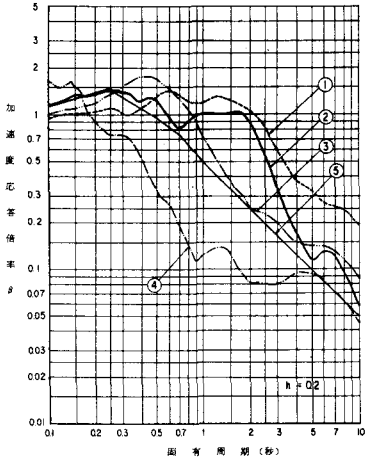


図-1 加速度応答倍率曲線 β

表-2 最大断面力

解 析 方 法	地震応答変位振幅 を用いた解析	地 震 応 答 解 析				
入 力 種 類	平均応答スペクトル	平均応答スペクトル	根室半島沖地震	八丈島近海地震	越前岬沖地震	多摩川下流地震
基盤最大加速度 (gal)	150	150	45	10	22	6
軸 力 (t)	20,600	15,400	19,900	3,750	2,450	180
曲げモーメント (tm)	441,700	259,600	119,000	23,800	13,400	1,120
せん断力 (t)	8,500	2,760	1,230	260	150	10

表-3 最大断面力 (基盤における最大加速度を150galに正規化した場合)

解 析 方 法	地震応答変位振幅 を用いた解析	地 震 応 答 解 析				
		平均応答スペクトル	根室半島沖地震	八丈島近海地震	越前岬沖地震	多摩川下流地震
入 力 種 類	平均応答 スペクトル	平均応答スペクトル				
軸 力 (t)	20,600	15,400	66,300	56,300	16,700	4,500
曲げモーメント (tm)	441,700	259,600	396,700	357,000	91,400	28,000
せん断力 (t)	8,500	2,760	4,100	3,900	1,000	250

参考文献

- 1) 栗林、岩崎、川島：沈埋トンネルの地震時応力、第13回地震工学研究発表会概要集、S49.7
- 2) 田村重四郎他：沈埋トンネルの応答解析、第12回地震工学研究発表会概要集、S47.7