

I-B439 幅広開削トンネルの耐震設計における応答変位法の適用性の検討

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 室谷耕輔 西山誠治 西村昭彦
(株)TESS 正会員 加藤淳一

1. はじめに

筆者らは1層2径間程度の比較的幅の狭い構造物については、応答変位法の適用性の検討を行っており、その適用性を確認している¹⁾。しかし、幅の広い開削トンネルの耐震設計に応答変位法を用いる場合、その検討例²⁾は少なく、どの程度適用性があるのかはあまり知られていない。そこで、本報告では応答変位法として骨組み応答変位法³⁾とFEM応答変位法⁴⁾に着目し、2次元動的FEM解析(解析コード:FLUSH)と比較することで、どの程度結果に違いが現れるのかを把握し、幅の広い開削トンネルの耐震設計に応答変位法を用いる場合の適用性を検討した。

2. 検討方法

検討には $V_s=187\text{m/sec}$, $\gamma=16.0\text{KN/m}^3$ の一様地盤(砂質土)中にある、土被り約7mの鉄道開削トンネルの車庫を想定した断面(図-1)を対象に、高さ一定として構造物の幅をケース2を基準に調整し、それぞれについて地盤のせん断剛性を一定として構造物のせん断剛性を変化させた(表-1)。これらのケースについてFLUSH、骨組み応答変位法、FEM応答変位法の解析をそれぞれ行った。なお、解析は地盤および構造物を線形とした。ここで、構造物のせん断剛性は単純支持した構造物の上面にせん断力を載荷し、得られる変形量と載荷したせん断力の関係から算出した。骨組み応答変位法およびFEM応答変位法に与える地震時荷重はFLUSHの自由地盤より算出した(図-2,3)。骨組み応答変位法の地盤ばねは図-2に示す算出式³⁾により求めた。なお、入力地震波は文献3)に示すスペクトルⅡ適合波を用いた。解析結果は主に構造物の最大層間変形と中柱および隅角部に発生する断面力に着目した。

3. 検討結果

(1) 構造物と地盤のせん断剛性比の影響

構造物と地盤のせん断剛性比の影響を検討するため、幅の影響があまりないと思われるケース1について結果を整理した。図-4に地盤に対する構造物のせん断剛性比とFLUSHに対する構造物の最大層間変形量の比をまとめたものを示す。FEM応答変位法の結果はせん断剛性比にほとんど影響されず、FLUSHに対して数%程度の差しか現れなかった。一方、骨組み応答変位法はせん断剛性比の影響が大きく、せん断剛性比

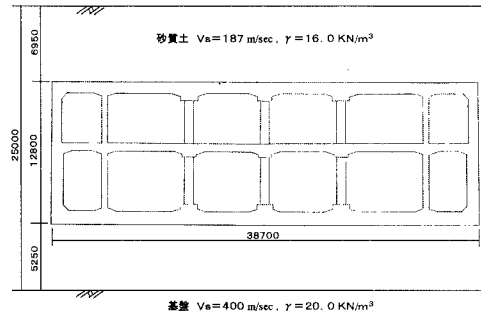


図-1 構造一般図

表-1 解析ケース

ケース	構造物の幅 (高さ:幅)	構造物のせん断剛性 / 地盤のせん断剛性
ケース1	幅 0.5 倍 19.35m (1:0.5)	1/10, 1/2, 1, 3, 10
ケース2	幅 1.0 倍 38.7m (1:3.0)	
ケース3	幅 2.0 倍 77.4m (1:6.0)	
ケース4	幅 4.0 倍 154.8m (1:12.0)	

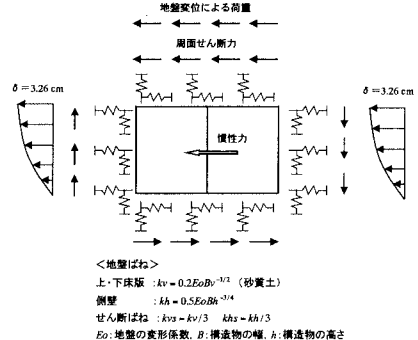


図-2 骨組み応答変位の概略図

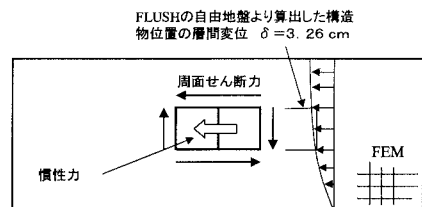


図-3 FEM応答変位法の概略図

キーワード: 開削トンネル, 幅広構造物, 応答変位法

連絡先: 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7262 FAX 042-573-7248

が0.5～3倍程度でFLUSHとの差は1～1.8割程度であるが、せん断剛性比が1/10もしくは10倍になると3割程度の差が現れている。FEM 応答変位法は地盤ばねをFEMで表現している点以外は骨組み応答変位法と全く同じ手法である。従って、骨組み応答変位法がせん断剛性比によって大きく影響を受けるのは地盤ばねの評価方法および、この地盤ばねが接線方向と法線方向の相互作用を考慮できないWinklerの仮定に基づくばねであり、地盤の変形モードに依存した地盤ばねでないことが要因であると考えられる。従って、構造物と地盤のせん断剛性比が大きく異なるような場合に、本検討に用いた骨組み応答変位法の手法を用いて耐震設計を行うときには、結果に対して十分な注意を要する必要があると思われる。特に構造物のせん断剛性が小さい場合には、過小評価になる傾向があるため、設計上注意が必要である。なお、発生断面力は最大層間変形量と同様の傾向であることを確認している。

(2) 構造物の幅の影響

図-5.6に構造物の幅とFLUSHに対する構造物の最大層間変形量の比をまとめたものを示す。FEM 応答変位法の結果は構造物の幅の影響がほとんどなく、FLUSHに対して1割程度の差しか現れなかった（図-5）。一方、骨組み応答変位法は地盤と構造物のせん断剛性比によって幅の影響の現れ方が異なった。せん断剛性比が同等の場合には幅の影響はほとんどなくFLUSHに対して数パーセントの差しか現れなかった。また、せん断剛性比が小さい場合も、幅の影響は少なく、幅が広がってもほとんどFLUSHに対する比は変化しない。しかし、せん断剛性比が大きい場合は、幅の影響が大きく、幅が大きくなるにつれてFLUSHに対する比が大きくなり、過大評価となっている（図-6）。この結果も(1)で述べたように、地盤ばねによるところが大きいと考えられる。従って、耐震設計に本検討で用いた骨組み応答変位法の手法を用いる場合、幅の影響は地盤と構造物のせん断剛性比によって注意する必要があり、特に構造物のせん断剛性が大きい場合は、幅が広がるにつれて、設計上は安全側だが過大評価となる傾向があることに注意しなければならない。なお、発生断面力は最大層間変形量と同様の傾向であることを確認している。

4. まとめ

- FEM 応答変位法は構造物と地盤のせん断剛性比や構造物の幅にあまり影響されず、FLUSHの結果と概ね一致していた。
- 骨組み応答変位法は、構造物と地盤のせん断剛性比によって、結果に大きく影響が現れることが分かった。特に、せん断剛性比が大きく異なる場合は注意を要する。また、構造物のせん断剛性が大きい場合には、幅が広がるにつれて過大評価となる傾向があることに注意しなければならない。これらの結果は、地盤ばねが変形モードに依存したばねでないことが大きな要因と思われる。

今後は、変形モードに依存した地盤ばねの評価方法の検討と、高さのある多層構造物の検討を行う予定である。

一参考文献一

- 1) 室谷他：開削トンネルの耐震設計における構造解析手法の比較、第53回年次学術講演会1-B、pp.750～751、1998.10
- 2) 森他：幅広地下構造物の地震時挙動と地震荷重、第21回地震工学研究発表会、pp.473～476、1991.7
- 3) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計（案）
- 4) 太田他：応答変位法を用いた地下構造物の耐震検討について、第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、pp.437～444、1997.1

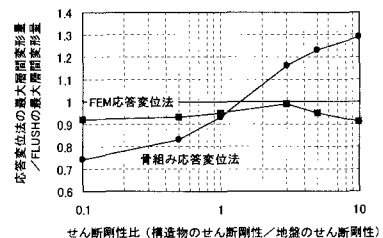


図-4 せん断剛性比が最大層間変形量に及ぼす影響

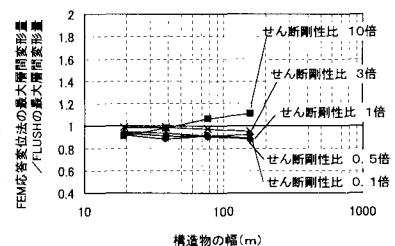


図-5 構造物の幅が最大層間変形量に及ぼす影響（FEM応答変位法）

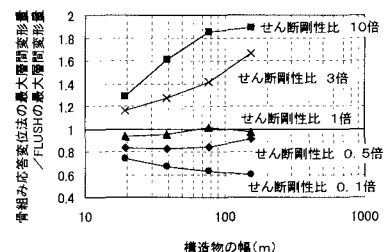


図-6 構造物の幅が最大層間変形量に及ぼす影響（骨組み応答変位法）