

開削トンネルの耐震設計における応答変位法の地盤ばねに関する研究

中央復建コンサルタンツ（株） 正会員 室谷 耕輔
日建設計（株） 正会員 西山 誠治
（財）鉄道総合技術研究所 正会員 西村 昭彦

1. はじめに

筆者らは、骨組み応答変位法の地盤ばねに関する研究として、鉄道の設計標準¹⁾によるばね、駐車場の設計指針によるばね、構造物の変形モードを考慮したばね^{2) 3)}（以下、変形依存ばね）の3つの地盤ばねを取り上げ、構造物の幅および高さが解析結果に及ぼす影響について検討を行った。その結果、変形依存ばねは幅や高さが変化しても精度の良い結果が得られたが、他のばねの場合、構造物の幅や高さの変化に応じて適切な補正が必要であることを確認している^{4) 5)}。

本論では、上記検討結果を踏まえ、構造物の土被りおよび基盤までの深さが地盤ばねの設定値および解析結果に及ぼす影響を検討する。検討には、精度の良い結果が得られた変形依存ばねを用いる。

2. 検討条件

検討は、 $V_s=129\text{m/sec}$ 、 $\gamma=16.0\text{kN/m}^3$ の一様砂質土地盤中にある地下鉄道開削トンネル駅部（3層3径間、RC中柱構造）を対象に、土被りおよび構造物の下床版から基盤までの深さを变化させた。また、それぞれについて地盤のせん断弾性係数（ G_g ）を一定として、構造物のせん断弾性係数を（ G_s ）を变化させた（表-1）。ここで、構造物のせん断弾性係数 G_s 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。これらのケースについてそれぞれ変形依存ばねを算出し、骨組み応答変位法を実施した。解析結果は構造物の最大層間変形量に着目し、2次元動的FEM解析（解析コード：FLUSH）と比較した。骨組み応答変位法に用いる地震時荷重はFLUSHの自由地盤より算出した。なお、解析は構造物および地盤を線形とした。変形依存ばねは構造物と地盤間の節点力を空洞地盤の変形量と構造物の変形量の差分で除して算出する。

3. 検討結果

(1)土被りがばね値に及ぼす影響（ケース1～4）

土被りを变化させた場合のばね値の変化を図-2にまとめる。図の横軸は土被りと構造物の高さの比を取った。土被りの変化は上床版および側壁のばね値に影響を及ぼしており、上床版の鉛直、せん断ばねは土被りが大きくなるのに伴って、ケース1より2～10倍以上大きく算出されている。側壁のせん断ばねは土被りが大きくなるのに伴って、ケース1の1～2倍程度大きく算出されたが、水平ばねはケース1より0.9～0.2倍程度小さく算出された。一方、下床版のばねは土被りの影響をあまり受けておらず、土被りが変化してもばね値はケース1の0.8～1.2倍程度であり概ね一定である。これらの傾向は G_s/G_g を変化させても同様であった。

(2)基盤までの深さがばね値に及ぼす影響（ケース5～8）

基盤までの深さを变化させた場合のばね値の変化を図-3にまとめる。図の横軸は基盤までの深さと構造物の高さの比を取った。基盤までの深さの変化は下床版および側壁のばねに影響を及ぼしており、下床版のばねでケース5

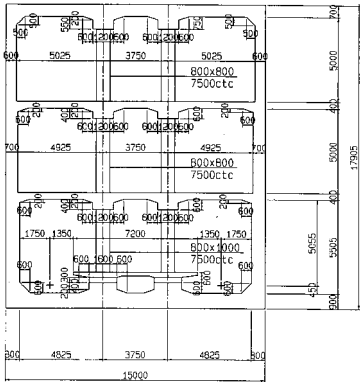


図-1 一般図

表-1 解析ケース

ケース	土被り(m)	基盤までの深さ(m)	G_s/G_g
ケース1	3.5	22.0	0.1 1.0 10.0
ケース2	7.0		
ケース3	14.0		
ケース4	28.0		
ケース5	7.0	11.0	
ケース6		22.0	
ケース7		44.0	
ケース8		88.0	

キーワード：開削トンネル、応答変位法、地盤ばね

連絡先：〒532-0004 大阪市淀川区西宮原 1-8-29 中央復建コンサルタンツ（株） TEL 06-6393-1107 FAX 06-6393-7527

の0.9～0.6倍程度、側壁のばねで0.9～0.3倍程度小さくなっている。一方、上床版のばねはほとんど影響を受けておらず、ばねの値はほぼ一定である。全体的に基盤までの深さの影響は小さいと言える。これらの傾向はGs/Ggを変化させても同様であった。

(3) 応答変位法の結果

応答変位法とFLUSHの構造物の最大層間変形量の比をまとめたものを図-4に示す。(1)、(2)の検討で得られた地盤ばねを用いて応答変位法を行った結果、土被りおよび基盤までの深さが変化しても構造物の最大層間変形量はFLUSHの結果とほぼ等しく、精度良い結果が得られた。すなわち、応答変位法において精度の良い結果を得るためには、変形依存ばねのように土被りおよび基盤までの深さが変化することに応じて地盤ばねを適切に設定する必要がある。

4. まとめ

- 上床版および側壁は土被りの変化の影響を受けたが、下床版はほとんどその影響を受けなかった。
- 下床版および側壁は基盤までの深さの影響を受けたが、上床版はほとんど影響を受けなかった。全体的に基盤までの深さの影響は小さかった。
- 土被りの変化および基盤までの深さの変化に応じて適切に地盤ばねを設定すれば、骨組み応答変位法は精度良い結果が得られた。

今後は、この結果を鉄道設計標準のばねに反映させ、土被りおよび基盤までの深さの影響を考慮した補正係数を提案する予定である。

—参考文献—

- 1) (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，1999.10
- 2) 渡辺他：箱形地中構造物の応答変位法による耐震設計に用いる地盤ばねの検討，第51回年次学術講演会 1-B，pp.834～835，1996.9
- 3) 川島一彦編著：地下構造物の耐震設計，鹿島出版
- 4) 室谷他：幅広開削トンネルへの応答変位法の適用性および地盤ばねの検討，第25回地震工学研究発表会，pp.653～656，1999.7
- 5) 室谷他：多層開削トンネルの耐震設計における応答変位法の適用性および地盤ばねの検討，第9回トンネル工学研究発表会，pp.343～348，1999.11

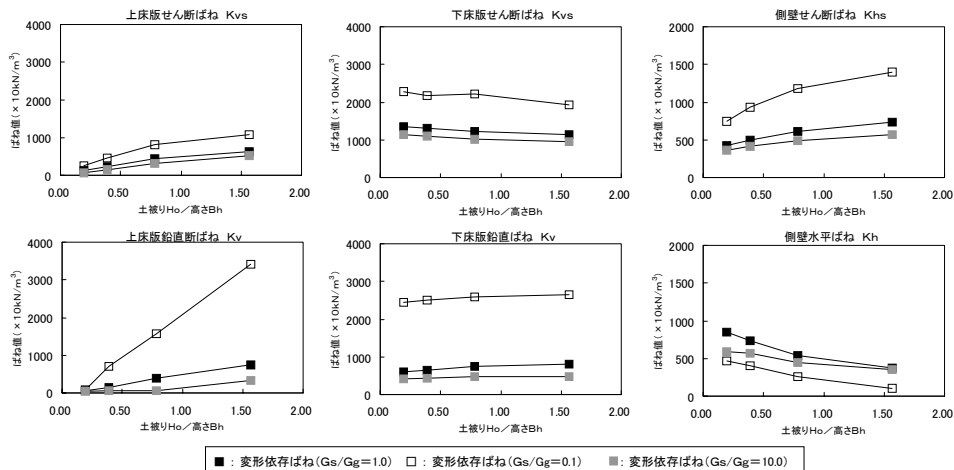


図-2 土被りがばね値に及ぼす影響

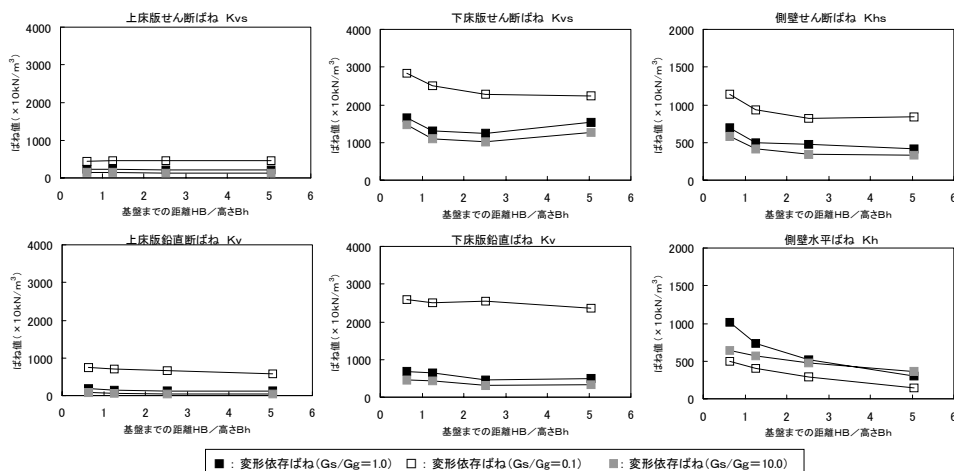
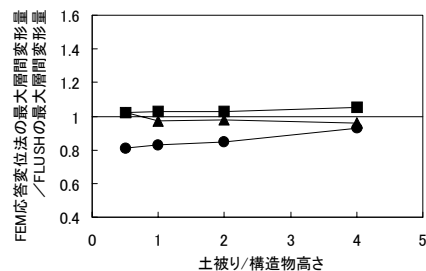
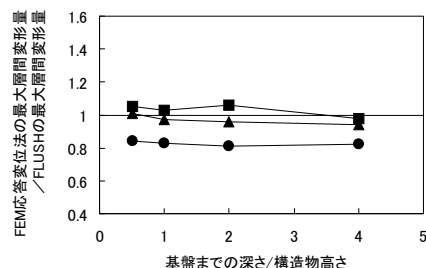


図-3 基盤までの深さがばね値に及ぼす影響



a) 土被りが及ぼす影響



b) 基盤までの深さが及ぼす影響

図-4 応答変位法の結果