

開削トンネルにおける応答変位法の地盤ばねに関する一考察

— 補正ばねの提案 —

(株)日建設 正会員 西山誠治 中央復建コンサルツ(株) 正会員 室谷耕輔
 東京大学生産技術研究所 正会員 小長井一男 (株)テ ス フォー 西村昭彦
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 棚村史朗

1. はじめに 筆者らは、変形モードを考慮した地盤ばね¹⁾(以下、相互作用ばねと呼ぶ)を算出し、このばね値が構造物と地盤の剛性比、幅や高さの比、土被り厚さや下床版から基盤間までの距離等により変化することや、このばねを用いた応答変位法によりFEM動的解析結果と同等の構造物変形が得られることを確認してきた²⁻⁴⁾。この相互作用ばねは精度が高いものの、算出はFEM解析による必要があり煩雑である。一方、鉄道耐震標準⁵⁾に示す簡便式は、ある程度応答値を精度良く算定できるが、幅や高さの大きい場合にはその精度が悪くなりばね値の補正が望まれた。そこで本研究では、相互作用ばねと同等の精度を有するように設計ばねを補正することを試みる。

2. 相互作用ばねと簡便法による地盤ばねの比較 鉄道耐震標準⁵⁾における簡便式では、法線方向の地盤ばね(kv)および接線せん断方向の地盤ばね(ks)は、以下のように地盤の弾性係数(E)と、換算幅(B)から算出できる。

$$kv=1.7E \cdot B^{-3/4} \quad (\text{式1}) \quad ks=1/3 \cdot kv \quad (\text{式2})$$

現在までに検討してきた各パラメタに対応した相互作用ばね²⁾⁻⁴⁾と簡便式(式1)との比率を図1～図4に示す。この比率が補正係数となる。同図は応答値に及ぼす影響の大きい各部位のせん断ばねおよび側壁水平ばねについて示した。各地盤ばねは地盤と構造物の剛性比(G_s/G_g)の影響を受け、各せん断ばねは G_s/G_g に反比例し、側壁の水平ばねは概ね G_s/G_g に比例することが分かる。

上床版のせん断ばねは簡便式の法線ばねの0.1～2.0倍の値であり、一律に1/3といった比率ではないことが分かる。その比率は、図1より $B/H(=B_v/B_h)$ に反比例し、図3より土被り厚さ(H_2)に比例する。前者はせん断ばねは簡便式以上に載荷幅の依存性があり、さらに側面の影響を受けること、後者は土被り厚さによる影響を受けることを表す。

下床版のせん断ばねは、簡便法の法線方向ばねの1.5～5.0倍で大きく、図1より幅 $B(=B_v)$ に比例し、図4より基盤までの距離(h_3)に概ね反比例している。前者は、簡便式ほど載荷幅依存性が無く、後者は基盤までの距離が近いと基盤の影響を受けることを表している。なお、図2より高さ $H(=B_h)$ には反比例しているようにも見えるが図2のケースは基盤までの距離も変化しているために、 B_h/h_3 に比例すると考えた方が整合性が高い。

側壁のせん断ばねは、図1および図2より $B/H(=B_v/B_h)$ に概ね反比例することが分かる。これは、側壁のせん断ばねは床版の鉛直ばねと相互に関連し、床版幅が広がるほど床版での鉛直力の負担が大きくなり側壁のせん断ばねの影響は小さくなるためと考えられる。図3は土被り h_2 だけを変化させたケースであるが、土被り h_2 に比例するのは相対的に構造物が基盤に近づくことになる。同様に図4は基盤までの距離だけを変化させたケースであるが、基盤までの距離が小さい方がばね値は小さく、表層中の構造物位置 h_5/h_4 (地盤ひずみに関連した値)と正の相関がある。

側面水平ばねは、側面せん断ばねと比べて表層中の構造物位置 h_5/h_4 (地盤ひずみに関連した値)と負の相関があり、基盤が近くなると下床版せん断ばねの影響が大きくなり、側面水平ばねの影響が小さくなる為と考えられる。

3. 地盤ばねの補正 以上の観点から、補正係数と各パラメタの相関分析を実施し、相関の高いパラメタを中心に工学的判断を加えながらパラメタを選択し、さらに重回帰分析により表1の補正係数を設定した。この補正の妥当性は、文献6)にて確認する。

参考文献 1)渡辺・志波：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，1996
 2)室谷・西山他：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，1999
 3)室谷・西山他：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，1999
 4)室谷他：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，第55回年次学術講演会，2003

キーワード：開削トンネル，応答変位法，地盤ばね，地盤と構造物の剛性比

連絡先：〒112-8565 東京都文京区後楽2-1-2 TEL(03)3813-3361 FAX(03)3817-0517

000. 5) (財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・解説 耐震設計，1999.10 6) 室谷・西山他 開削トンネルにおける応答変位法の地盤ばねに関する一考察—補正ばねの検証—，第56回年次学術講演会，2001

△:Gs/Gg=0.1 ▲:Gs/Gg=1.0 ▴:Gs/Gg=10.0

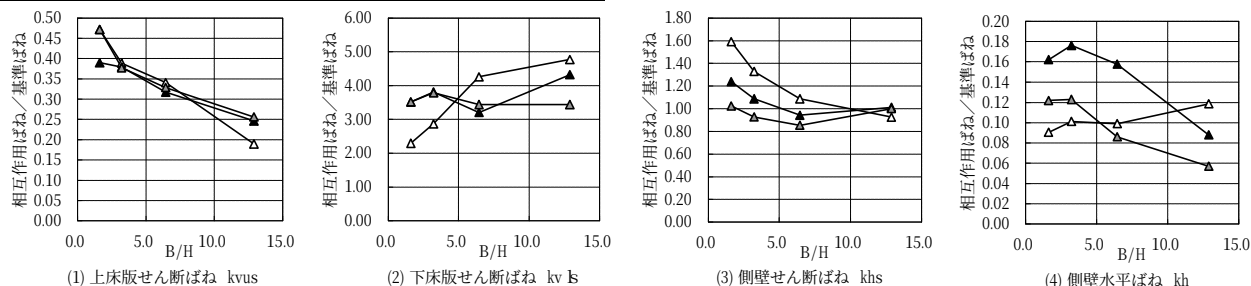


図1 幅の検討²⁾

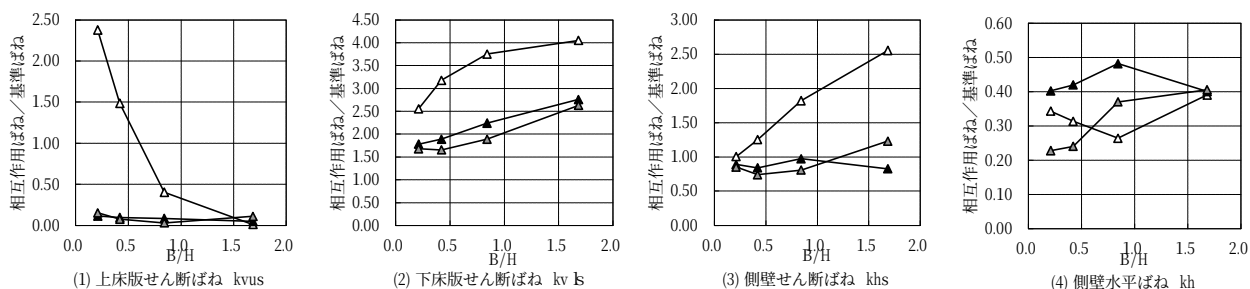


図2 高さの検討³⁾

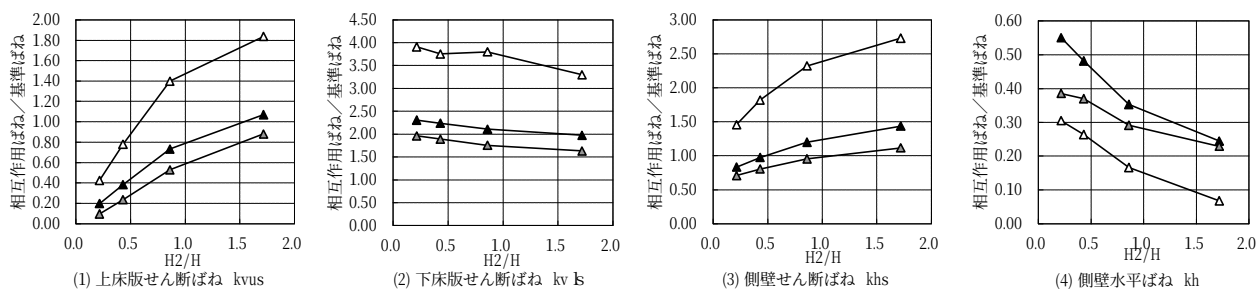


図3 土被りの検討⁴⁾

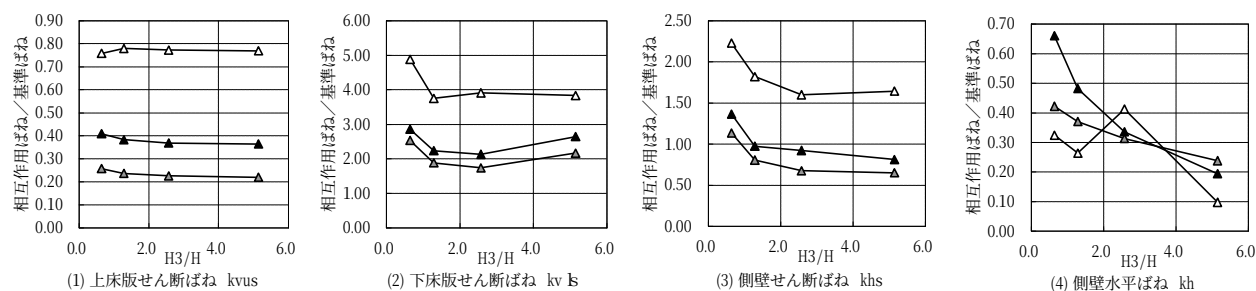


図4 基盤までの距離の検討⁴⁾

表1 補正係数

部位	方向	補正係数
上床版	法線	$k_{vu} \alpha_1 = 0.037(G_g/G_s) + 0.30(h_2/B_v)$
	接線	$k_{vus} \alpha_2 = 0.014(G_g/G_s) + 0.048(h_2/B_v) + 0.15(h_2/B_h)$
下床版	法線	$k_{vl} \alpha_3 = 0.062(G_g/G_s) + 0.47(B_v/h_3)$
	接線	$k_{vls} \alpha_4 = 0.62 + 0.042(G_g/G_s) + 0.015(B_v/h_3) + 0.12(B_h/h_3)$
側壁	法線	$k_h \alpha_5 = 0.47 - 0.0079(G_g/G_s) - 0.018(B_v/B_h) - 0.32(h_5/h_4)$
	接線	$k_{hs} \alpha_6 = 0.17 + 0.026(G_g/G_s) - 0.016(B_v/B_h) + 0.43(h_5/h_4)$

*それぞれ各部位の簡便法の法線方向のばね値に係数を乗じて補正する。

