

線状地中構造物縦断方向の応答変位法におけるモデル化に関する考察

(独)土木研究所 正会員 ○岡田太賀雄

(独)土木研究所 正会員 運上 茂樹

阪神高速道路(株) 正会員 小林 寛

1. はじめに

共同溝等の線状地中構造物の縦断方向の耐震解析は、構造物が周辺地盤の変形に追従するため、構造物とその周辺地盤を弾性床上的のりにモデル化し、自然地盤の地震時変位を地盤ばねを介して構造物に静的に作用させる応答変位法が一般に用いられている（以下梁ばねモデルと呼ぶ）。しかし、レベル2地震動時においては地盤変位が大きくなり、地盤と構造物間に滑りや剥離が生じる可能性がある。著者らは3次元FEMモデルによる解析結果との比較から、従来の梁ばねモデルを用いた応答変位法では地盤と構造物間の滑りを考慮できず、継手の軸ひずみ伝達の低減効果が地震時の実挙動を正確に反映できていない可能性を示している¹⁾。従って、梁ばねモデルにおいてもモデルの高度化が必要であると考えられる。本研究は、3次元FEMモデルによる解析結果と比較することにより、梁ばねモデルにおいても、地盤と構造物間の滑り現象を考慮でき、地震時荷重を地盤ばねを介して構造物に作用できるモデル化の方法について検討を行った結果についてまとめたものである。

2. 解析方法

3次元FEMモデルとして図-1に示すように表層地盤および図-2に示す横断面を有する1層2室の共同溝を8節点6面体ソリッド要素としてモデル化した。表層地盤は地盤全体の剛性を単純化するため均質とし、地盤のせん断波速度 $V_s=100\text{m/s}$ 、単位体積重量 $W_g=18\text{ kN/m}^3$ 、ポアソン比 $\nu_g=0.45$ の弾性体と仮定した。共同溝ソリッド要素は軸剛性が等価となるように弾性係数 E_s を共同溝のRC断面と全断面の断面積比により換算した。コンクリートの弾性係数は、 $E_c=2.35 \times 10^4\text{ N/mm}^2$ とした。また、構造物要素のポアソン比はコンクリート相当とし、 $\nu_g=0.167$ とした。単位体積重量については構造物全体で等しい重量となるように $W_s=10.6\text{ kN/m}^3$ とした。

解析は応答変位法によることとし地震荷重は、共同溝設計指針²⁾に従い図-3に示すように鉛直(y)方向の地盤変位分布が基盤面で0、地表面で最大の1/4波長の正弦波、軸(x)方向の地盤変位分布が1波長の正弦波となる慣性力を地盤および構造物に静的に作用させた。地盤変位の波長は $L=240\text{m}$ とし、地表面の地盤変位の振幅 u_{max} は、表層地盤の固有周期 $T_s=4H/V_s=1.2\text{s}$ 、基盤面での速度応答スペクトル $S_v=90\text{cm/s}^2$ ($T_s=1.2\text{s}$)、 45° 方向入射の進行波を仮定し、表層地盤のせん断1次振動モデルより $u_{max}=\sin 45^\circ \cdot (2/\pi^2) \cdot S_v \cdot T_s=15\text{cm}$ とした。地盤・構造物間の滑りについては、図-4に示すようにMohr-Coulomb

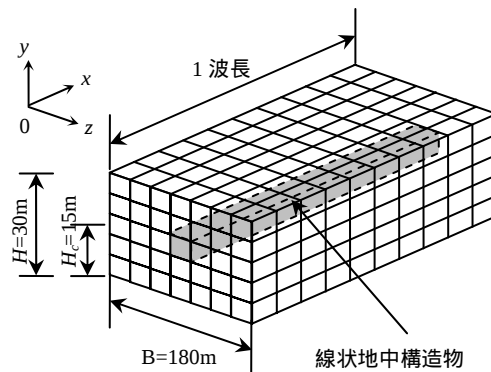


図-1 表層地盤および線状地中構造物のFEMモデルの概念図

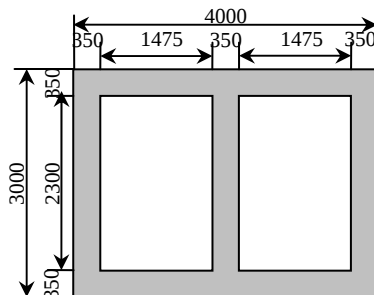


図-2 共同溝断面(単位 mm)

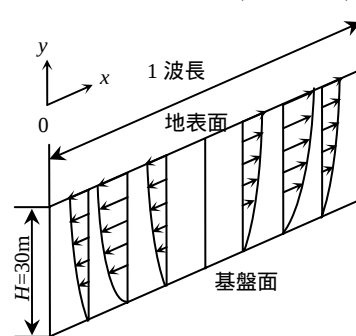


図-3 正弦波地盤変位

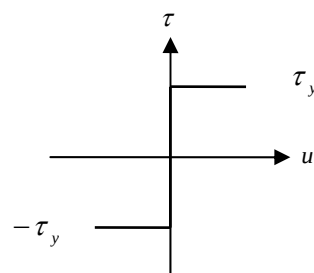


図-4 地盤と構造物間の滑りを考慮するばね要素

キーワード 線状地中構造物，地盤と構造物間の滑り，軸ひずみ伝達率，継手

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL 029-879-6773, FAX 029-879-6736

の式により算出したせん断強度 τ_y とするバイリニアばね要素でモデル化した．付着力 $c_f=100 \text{ kN/m}^2$ ，摩擦角 $\phi_f=30^\circ$ とし， $\tau_y=222.5 \text{ kN/m}^2$ とした．継手は，図-5 に示すように継手長を 20mm とし，地盤・共同溝と同じ 8 節点 6 面体ソリッド要素でモデル化し，継手間隔は 30m とし，側方境界に対して対象となる様に配置した．

梁ばねモデルにおいては図-6 に示すように滑りを考慮した．地盤ばね k_g は FEM モデルで強制変位させて得られる周辺地盤の反力から算定し，函体間の相互作用を考慮するため継手部の地盤ばねを両端で共有し，滑りを考慮するばねを設定した．さらに，隣接する地盤ばねの間に隣接地盤間の相互作用を考慮するため文献 3) を参考にばね質点系での地盤の地震応答解析に用いられている地盤節点間ばね $k_b=8EH/\pi^2l$ (E : 表層地盤の弾性係数， l : モデル化する地盤の軸方向長さ) を設定した．軸ひずみ伝達率および継手変形量について比較し，その適用性について検討する．

3．解析結果

図-7 に構造物剛性を 100%, 50%, 10% とした場合の各モデルで算出された軸ひずみ伝達率を比較した結果を示す．これは大きな地盤変位により生じる断面力により函体にひび割れが生じ剛性低下した場合を想定したものである．地震時の断面力の評価においては最大値が重要であることから，モデル長の中で最大となる軸ひずみ伝達率について比較すると，従来の梁ばねモデルについては FEM モデルの 0.35～0.44 倍と非常に小さい．すべりを考慮した梁ばねモデルについては FEM モデルの 0.79～0.83 倍とその差が減少しており，FEM モデルに近づく結果であった．表-1 に継手変形量が最大となる継手について各モデルでの変形量の比較結果を示す．梁ばねモデルについては 0.92 倍と小さく算出されるものの，いずれのモデルもその差は 10% の範囲内に収まっている．しかし，構造物剛性が 10% と小さくなった場合，従来の梁ばねモデルについては 1.5 倍とその差が大きくなった．滑りを考慮した梁ばねモデルにおいては FEM モデルの 0.94 倍と剛性低下時においても FEM の結果を精度よく再現できている．

4．まとめ

軸ひずみ伝達率や継手変形量について，地盤と構造物間の滑りを考慮するばねと，地盤を連続体としてみなす地盤節点間ばねを考慮することにより，FEM モデルと同程度の結果が得られることが確認された．

参考文献

1) 西岡勉，運上茂樹：線上地中構造物の軸ひずみ伝達特性に及ぼす継手の影響，第 27 回地震工学研究発表会講演論文集，CD-ROM，2003，2) (社)日本道路協会：共同溝設計指針，pp.52-80，1986，3) 建設省土木研究所：土研資料第 1193 号沈埋トンネルの軸線状の断面力および変位の地震応答解析法に関する研究，1977

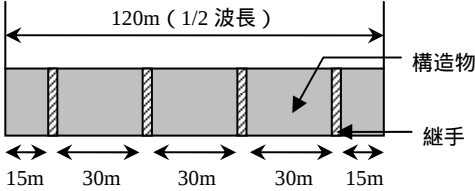


図-5 継手の配置

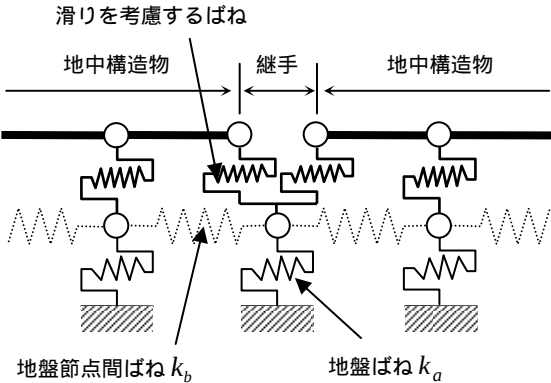


図-6 滑りを考慮した梁ばねモデルの概念図

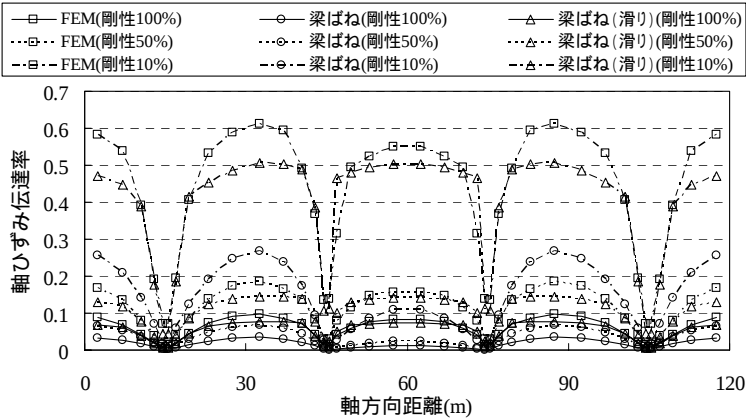


図-7 モデルの違いによる軸ひずみ伝達率分布の比較

表-1 継手変形量の比較

解析モデル	構造物剛性					
	100%		50%		10%	
	cm	比率	cm	比率	cm	比率
FEM	7.04	1.00	6.60	1.00	3.96	1.00
梁ばね	7.19	1.02	7.02	1.06	5.96	1.50
梁ばね(滑り)	6.50	0.92	6.11	0.93	3.74	0.94