

I-419

時間領域ハイブリッド法による半無限不整形沖積地盤内の長軸構造物の地震応答性状

岡山大学大学院 学生員 内野博樹

岡山大学大学院 学生員 Maher ADAM

岡山大学工学部 正会員 竹宮宏和

1. はじめに

本研究では、不整形地盤内の長軸構造物の地震応答解析を対象として、SH波が入射した際の面外応答を時間領域において有限要素法(FEM)と境界要素法(BEM)のハイブリッド法から解析した。そして、同解析にウインクラーばね法を用いたときの構造物の変位及び断面力の比較を行った。

2. 解析手法

[解析手法1]として、近傍地盤には表層地盤の不規則性を有効に取り入れることが出来るFEMを、また遠地盤には地震波の散乱現象をより忠実に表現できるBEMを導入することにより、両手法の長所を生かした時間領域ハイブリッド法を採用した。その定式化は動的サブストラクチャ法に基づく。両手法のカップリングには重み付き残差法を適用した。BEM領域の支配方程式は、離散化された合積分で表わされ、地震波の入射状態に対して

$$H^K(U^K - U^*) - G^K(T^K - T^*) = - \sum_{k=1}^K (H^K U^{K-k} - G^K T^{K-k}) \quad (1)$$

ここに U^K, T^K はカーレットタイムの変位、表面力を、

G, H は変位、表面力の影響マトリックス、 U^*, T^* は入射波の場の変位、表面力である。

FEM領域の節点力はBEMの表面力の時間変化

から前者の時間刻みへの線形内挿近似する。

FEM領域での平衡方程式は平面モデル

とはり要素を含んだものとして得られる。

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = P_F(t) \quad (2)$$

上記の両解析手法の結合において、境界上で平衡条件として重み付き残差法をとると

$$\int_{-1}^1 W_j(P_F + P_B)d\xi = 0 \quad W_j: \text{重み関数} \quad (3)$$

これに境界上の節点変位の適合条件式、 $u_B = u_F$ (4)を代入して整理することにより各時刻に対する支配式の漸化式が得られる。この解としての変位から曲げ角、ねじり角が求まりさらにせん断力、曲げモーメントが求まる。

[解析手法2]地中構造物の周辺地盤の復元力をウインクラーばねで表現する。本研究では、同ばね定数を無限弾性体中の長軸方向に平面ひずみ仮定の下で算出し、はりの有限要素化と同じ内挿関数でもって等価節点ばねとした。これにより多点入力系の支配式を得る。地震応答解析手法は、まず構造物の存在しないときの地震応答を解析手法1から求め、これを対象系への入力動とした。従って埋設構造物の応答は地盤の変形による準静的変位と質量分布に関係した慣性力による動的応答の和として評価される。

3. 数値解析例

本研究では面外方向の地盤-構造物系の挙動を対象として遷移応答を見るため、入射波としてはリッカー波(代表周期 $T_p = 1.0$, 中心時間 $T_s = 0.5$)を鉛直入射した。これは無次元振動数 η ($= 2a/\lambda$, a : 沖積地盤の地表面の半幅、 λ : 入射波長) $= 1.0$ を与える。一方、不整形地盤の調和振動解析の既往と比較するためSin波 ($\eta = 1.0$)を鉛直入射した場合の構造物変位、地表面変位、構造物の断面力(せん断力、曲げモーメント)などの時間的な最大値を、また、構造物特定断面の時間的な変位(静的な変位、動的な変位)を調べた。

4. 考察

Figure 3,4は各入射波に対する応答最大値をプロットしたもので、調和波の応答値は沖積層内で共振しているためリッカー波に対する応答値より大きい。地表面と構造物位置の変位の差は、構造物位置から地表面への地盤増幅作用効果の結果である。ウインクラーばね定数の評価において、対象地盤の不整形性を導入するためFigure 2のFactorを提案する。ハイブリッド法とウインクラーばね法の比較において変位に関しては、Factorの影響はほとんどないが、断面力(せん断力、曲げモーメント)ではFactorを考慮すると両解の結果が一致がみられる。

(参考文献) Takemiya, ADAM, and Yasui (1994), Seismic Response Of An Extended Buried Structure In Irregular Sites, proceedings of 9 JEEs (to appear)

Table (1) Soil Properties

	Shear Vel. m/s	Density t/m^3	Damping ratio	Poisson ratio
Alluvium Deposits	200	1.6	0.0	0.45
Far Field	500	2.0	0.0	0.35

Table (2) Structure Properties

	Actual m^2	Density t/m^3	E kN/m^2	Damping ratio	I _x m^4	I _y =I _z m^4	Poisson ratio
	3.40	2.80	1.44×10^7	0.0	8.16	4.08	0.25

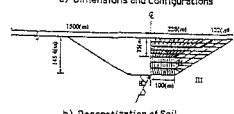
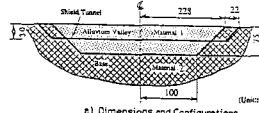
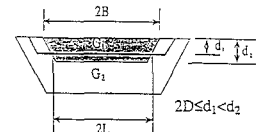
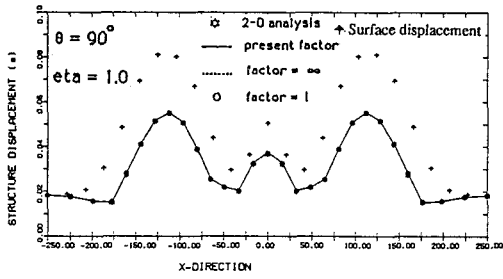


Figure (1) Buried Structure in Soft Soil Depsite

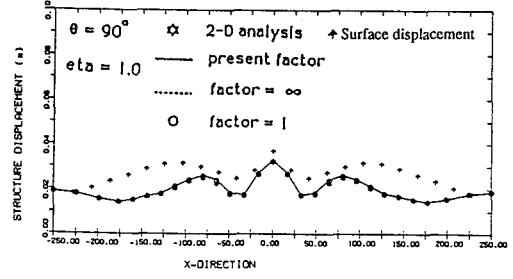


$$\text{FACTOR} = \left(\frac{2B}{2L} \right)^2 \left(\frac{d_2}{d_1} \right) \left(\frac{G_2}{G_1} \right)$$

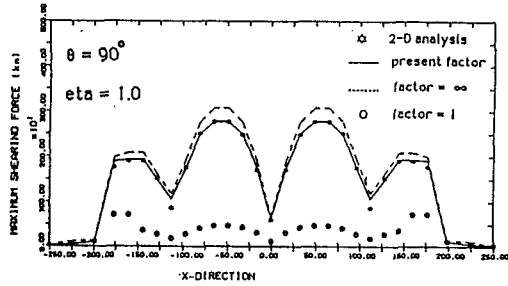
Figure (2) Factor Parameters



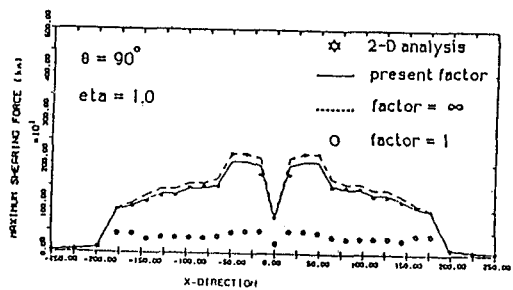
a) Max. Displacement Response



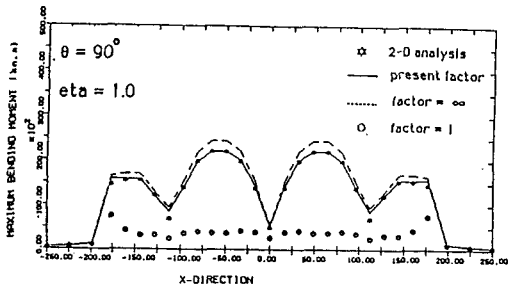
a) Max. Displacement Response



b) Max. Shearing Force Response

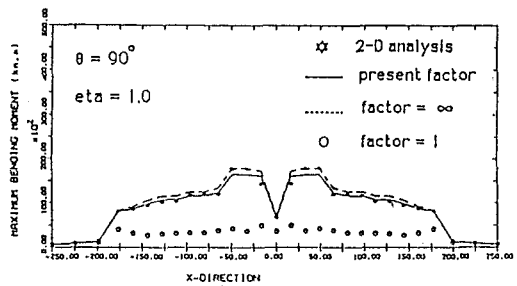


b) Max. Shearing Force Response



c) Max. Bending Moment Response

Figure (3) Comparison between 2-D Analysis and Winkler Spring Analysis for Sine-wave incidence



c) Max. Bending Moment Response

Figure (4) Comparison between 2-D Analysis and Winkler Spring Analysis for Ricker-wave incidence.

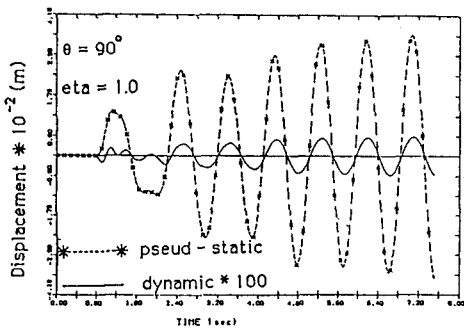


Figure (5) Pseudo-Static and Dynamic Response for Sine-wave incidence

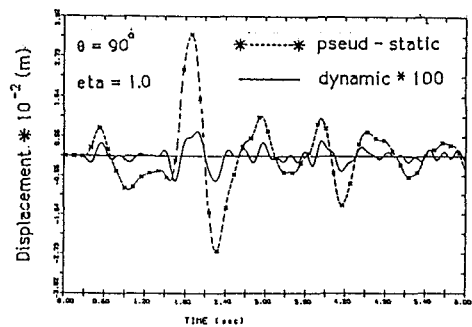


Figure (6) Pseudo-Static and Dynamic Response for Ricker-wave incidence