

岡山大学 正会員 竹宮宏和
岡山県 正会員 藤原章弘

1. まえがき

最近、機械振動、直接振動によって、構造物の立地周辺に振動障害が多発している。この対策を講じることが急務となっている。本研究は、これらの上載加振による剛体基礎の地盤との遷移動的相互作用解析を地盤のモデル化によって波動論的に調べ、その応答様相から波動遮断法を剛な埋設ブロック(WIB)によって新しく提案するものである。対象系の解析法は時間領域境界要素法(TD-BEM)によった。

2. TD-BEMによる定式化

TD-BEMにおいて境界積分方程式を空間・時間で離散化すると、一般に次のように表される。

$$H^0 U^K - G^0 T^K = - \sum_{k=1}^{K-1} (H^{K-k} U^k - G^{K-k} T^k) = - F^K \quad (1)$$

G^k, H^k は境界要素マトリックスで変位、応力のグリーン関数から得られる。¹⁾ Fig.1のような埋設WIBを有する地盤一基礎系モデルの支配方程式は動的サブストラクチャ法の定式化により当該境界条件の下に、

$$\begin{bmatrix} \ddots & \vdots & \ddots & 0 \\ \dots & \hat{H}^0 & \dots & -I \\ \ddots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & \bar{H}_H^0 & 0 & \bar{G}_H^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_S^K \\ U_B^K \\ u^f \\ T_B^K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{F}_S^K \\ \hat{F}_B^K \\ \hat{F}_I^K \\ T_B^K \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ p^f \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここに、

$$\hat{H}^0 = \beta^T (G^0)^{-1} H^0 \beta, \quad \hat{U}^K = \begin{bmatrix} U_S^K \\ U_B^K \\ u^f \end{bmatrix}$$

$$\hat{T}^K = \begin{bmatrix} T_S^K \\ T_B^K \\ p^f \end{bmatrix}, \quad \hat{F}^K = \beta^T (G^0)^{-1} F^K$$

β は剛体結合条件である。

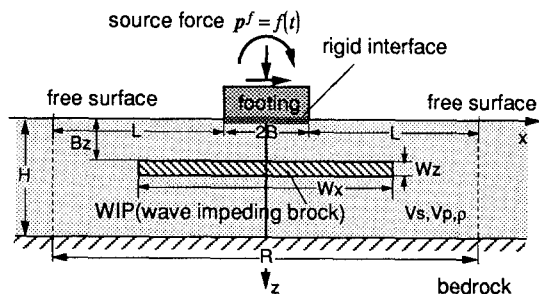


Fig. 1 A rigid foundation on stratum soils with wave impeding block (WIB)

3. 数値解析例と考察

半無限地盤/成層地盤上の無質量剛体基礎が衝撃载荷を受けたときの遷移応答を求め、本解析手法の検証を行った。Fig.2a,bは剛体基礎に衝撃载荷を水平・鉛直・回転に加えた場合の基礎遷移応答で、Antes & Estorff²⁾, Takemiya, et. al.³⁾の結果と比較したもので良好な一致を示している。ただし水平载荷時の応答で、 $T=2H/V_s$ の周期性がみられるが、Antes & Estorffの解は減衰度が大きすぎる。

成層地盤では実体波の伝播が大きく関与し、同層の固有周期による応答の増幅が懸念される。本研究では载荷の周期 T を付与できて、しかも波動伝播が捉えられる効果的な時間関数としてのRicker型载荷を採用した。成層地盤内のP波、S波の伝播に対しては、それぞれ固有周期は $T_B^p=4H/V_p$, $T_B^s=4H/V_s$ と定義される。そこで、 T/T_0 による応答の変化を調べた。Fig.3aは応答ピークを半無限解の応答ピークとの比で表したもの、Fig.3bは時刻歴である。共振層厚となる $T/T_0=1.0$ では半無限解に比して水平・鉛直で3倍、回転で2.2倍の増幅が見られ、固有振動を起こす地盤の危険性を示している。逆に、 $T/T_0=0.5$ 以下では最大応答が半無限解よりも小さく抑えられ、かつ载荷後の振動が全くなく制振効果を与えている。

上述した結果に基づいて、固有振動時の地盤に制振ブロックWIBを構造物の直下の地盤内部に埋設した場合の制振効果を調べた。WIBは剛な弾性体で近似し、 $T/T_0=0.2$ に対応する深さに設置した。Fig.4a, b, cは水平载荷において $W_x=2B$, $W_x=6B$ のWIBを埋設したときの基礎および地表面の応答をWIBの施工前と施工後とで比較したものである。基礎では制振効果はいずれの場合も約20%程度に抑えられている。周辺地盤でも同様で、 $W_x=6B$ の時にはほとんど応答は生じず、地盤の固有振動も生じていない。WIB幅の影響については、周辺地盤の応答も抑えるときにはその幅を大きく取ると有効であるが、基礎自体への制振効果は変わらない。

参考文献 1) H. Antes and O. von Estorff, 'Dynamic response analysis of rigid foundations and of elastic structures by Boundary Element procedures', Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 8, 2, 68-74, (1989). 2) H. Takemiya, F. Guan, 'Transient wave propagation in soils through interaction with structures', submitted to J.Int.Ass.Ear.Eng., EESD, (1993)

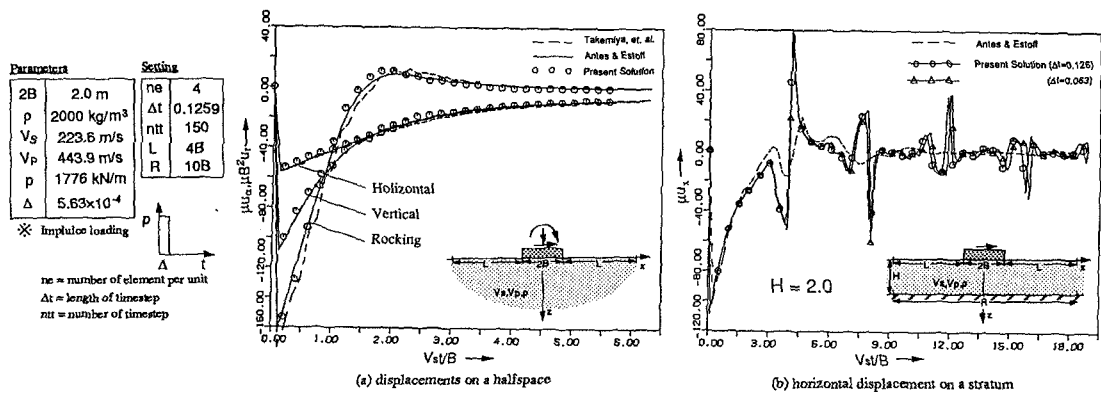


Fig.2 Responses of a massless rigid strip foundation due to impulse loading

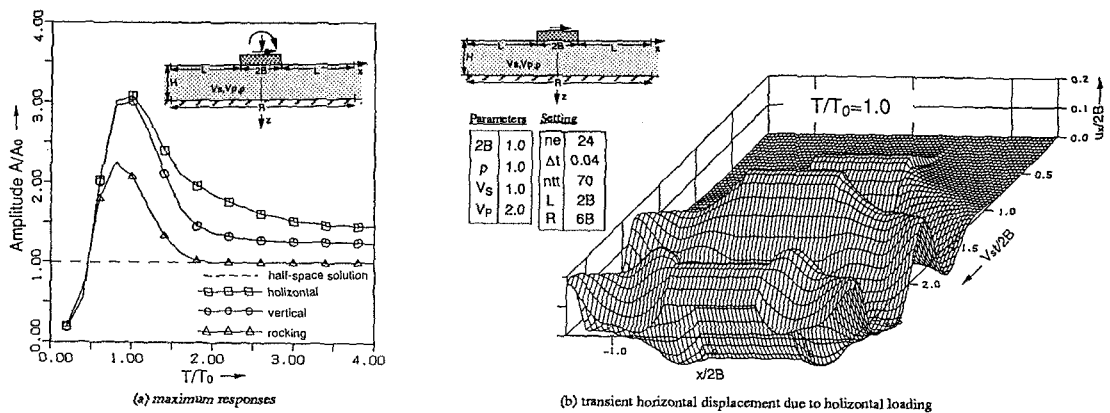


Fig.3 Responses of a rigid foundation on a stratum due to Ricker type loading

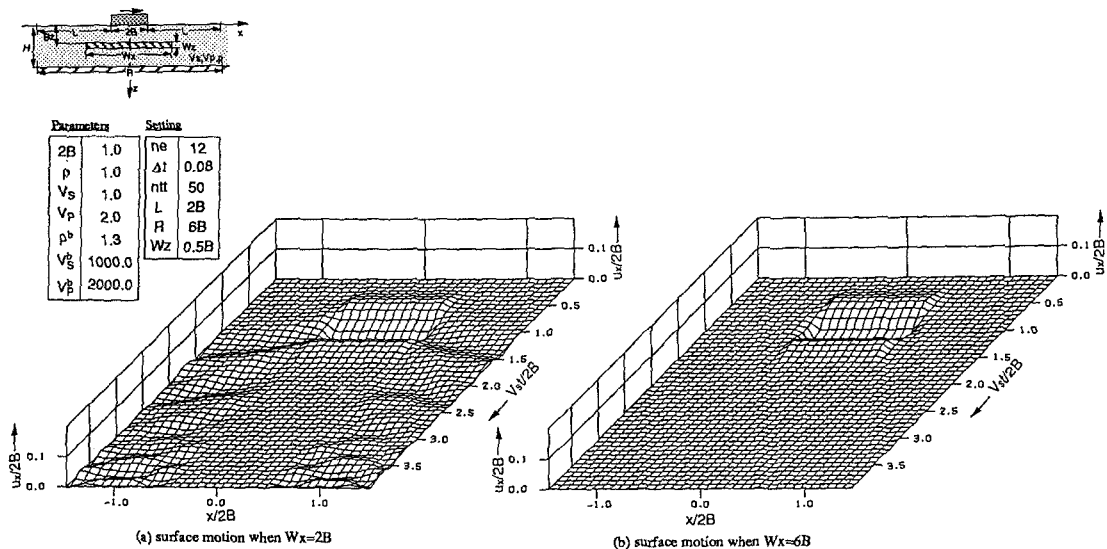


Fig.4 Transient horizontal responses of a rigid surface foundation with buried block in a stratum and the nearby soil surface under a horizontal Ricker type loading