

I - 780 衝撃载荷下の地盤内波動伝播と周辺構造物の応答

岡山大学大学院 学生員 堀内 深
岡山大学工学部 正会員 竹宮 宏和

1. まえがき

本研究では、杭打等によって地表面に衝撃力が与えられた場合に発生する波動が、周辺地盤および構造物に及ぼす影響を調べるために、地盤を半無限一様弾性体と仮定し、平面ひずみモデル化の下で、地表面から地中内部での衝撃载荷に対する波動伝播、それによる構造物の振動解析の手法を展開している。定式化には直接時間領域境界要素法を適用している。

2. 定式化

解析対象モデルとして、Fig 1 に示す半無限一様弾性体上に剛体基礎が設置されている場合を考える。地表面(S)剛基礎(R)を離散化し、各要素内では変位、表面力は強度一定として半無限一様弾性体のグリーン関数を初期境界値問題の時間領域BEMに導入した。よって各境界要素の変位と表面力は、合積によって与えられ、時間刻み Δt に対して

$$\begin{Bmatrix} \mathbf{u}_R \\ \mathbf{u}_S \end{Bmatrix}^m = \sum_{i=0}^m \begin{bmatrix} \mathbf{G}_{RR} & \mathbf{G}_{RS} \\ \mathbf{G}_{SR} & \mathbf{G}_{SS} \end{bmatrix}^i \begin{Bmatrix} \mathbf{T}_R \\ \mathbf{P}_S \end{Bmatrix}^{m-i} \quad (1) \quad \text{ここで、P: 加振力}$$

u: 境界要素変位、T: 境界要素表面力、G: 変位影響マトリックス
剛基礎についての式を取り出し変形すると、

$$\mathbf{T}_R^m = [\mathbf{G}_{RR}^0]^{-1} \left\{ \mathbf{u}_R^m - \left(\sum_{i=1}^m \mathbf{G}_{RR}^i \mathbf{T}_R^{m-i} + \sum_{i=0}^m \mathbf{G}_{RS}^i \mathbf{P}_S^{m-i} \right) \right\} \quad (2)$$

剛基礎について慣性力と表面力のつりあいを考え縮合マトリックスDを用いると、支配方程式は、

$$[\mathbf{M}] \{\ddot{\Delta}\}^m + [\mathbf{K}^0] \{\Delta\}^m = [\mathbf{D}] \left[\mathbf{G}^0 \right]^{-1} \left\{ \sum_{i=1}^m \mathbf{G}_{RR}^i \mathbf{T}_R^{m-i} + \sum_{i=0}^m \mathbf{G}_{RS}^i \mathbf{P}_S^{m-i} \right\} \quad (3)$$

地表面衝撃载荷の代わりに地盤-剛基礎のインターフェイスに変位を入射する場合は、

$$[\mathbf{M}] \{\ddot{\Delta}\}^m + [\mathbf{K}^0] \{\Delta\}^m = [\mathbf{D}] \left[\mathbf{G}^0 \right]^{-1} \left\{ \mathbf{u}_f^m + \sum_{i=1}^m \mathbf{G}_{RR}^i \mathbf{T}_R^{m-i} \right\} \quad (4)$$

内部载荷による地盤-剛基礎のインターフェイス位置の応答 $\mathbf{u}_f^m$ を相反作用の定理で求め式(4)の $\mathbf{u}_f^m$ に用いることにより内部载荷による剛基礎の応答を求めた。

3. 数値解析例と考察

1) 地表面/地中衝撃载荷による無質量剛体基礎の応答 (Fig 2)

衝撃载荷によって発生した波は、剛体基礎面とのキネマチックな相互作用を経て、後者の自由度（水平並進、鉛直並進、回転）で有効入力動として評価される。水平応答では、地表面载荷時にレーリ波の貢献が大きいが、地中载荷となるとP波、S波の実体波の貢献が支配的となる。鉛直応答では、地表面付近の载荷時にやはりレーリ波の貢献が大きく、地中深くの载荷となると、P波の貢献が増大するもののS波の貢献が支配的である。回転応答では、地表面载荷のときレーリ波の貢献が卓越して最大応答を与えて地中载荷深さと共に応答は減少する。

2) 地表面/地中衝撃载荷による有質量剛体基礎の応答 (Fig 3 (a),(b))

基礎の質量(M)を考慮すると、上記の有効入力動の下で慣性力による相互作用がさらに付加される。ここでは基礎の質量に関して $b = M / \rho b^2$ を導入した。 $b = 1.25$ のときはキネマチックな相互作用応答が支配的であるが基礎の固有周期が現れている。 $b = 10$ のときは、慣性力相互作用応答が支配的となっている。 $b = 1.25$ のときの水平応答には地表面载荷よりも地中载荷のほうが大きい応答となり、 $\theta = 45^\circ$ のときに最大値を与えている。鉛直および回転応答では地表面载荷のときレーリ波の貢献が大きく最大応答となっている。 $b = 10$ のときは、基礎の固有周期が卓越しており、水平応答では载荷位置により位相が大きくずれる。鉛直応答では、载荷位置が地表面付近であるとレーリ波、深い位置であると実体波の貢献が大きい。回転応答ではP波の貢献が卓越する。

4. まとめ

本研究では、単一衝撃载荷による単一剛体基礎応答についてという最も簡単なモデルについての解析を行い、それぞれの波が及ぼす影響を知ることができた。

参考文献 Takemiya, H and Guan, F (1993), Transient Lamb's Solution for Surface Strip Impulses,

EM Vol.119, No.12, ASCE, pp.2385-2403.

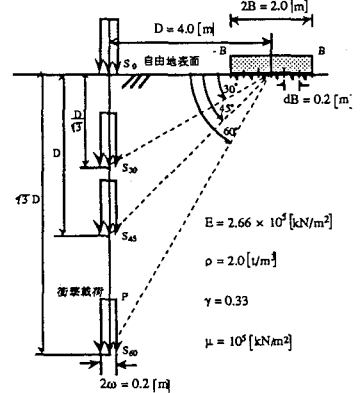


Fig 1 地表面衝撃载荷モデル

Fig. 2 地表面、地中鉛直衝撃載荷による
地表面無質量剛基礎の応答

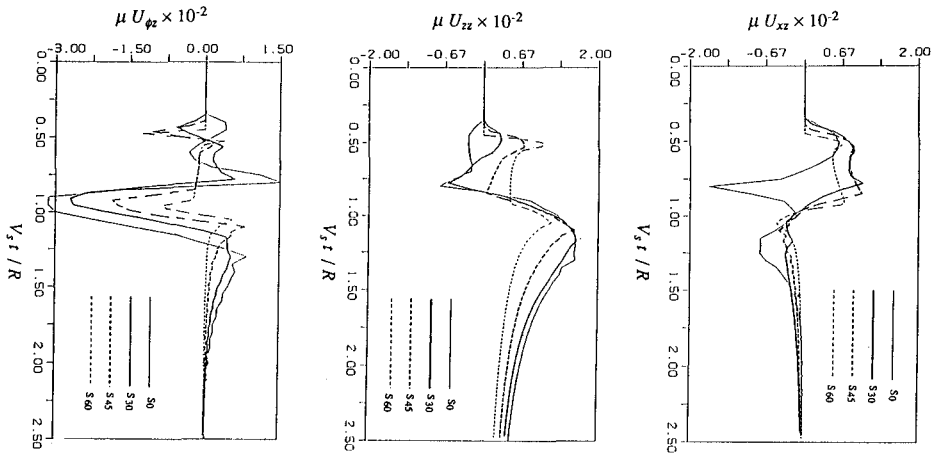


Fig. 3 (a) 地表面、地中鉛直衝撃載荷による
地表面有質量剛基礎の応答 ($\frac{M}{\rho B^3} = 1.25$)

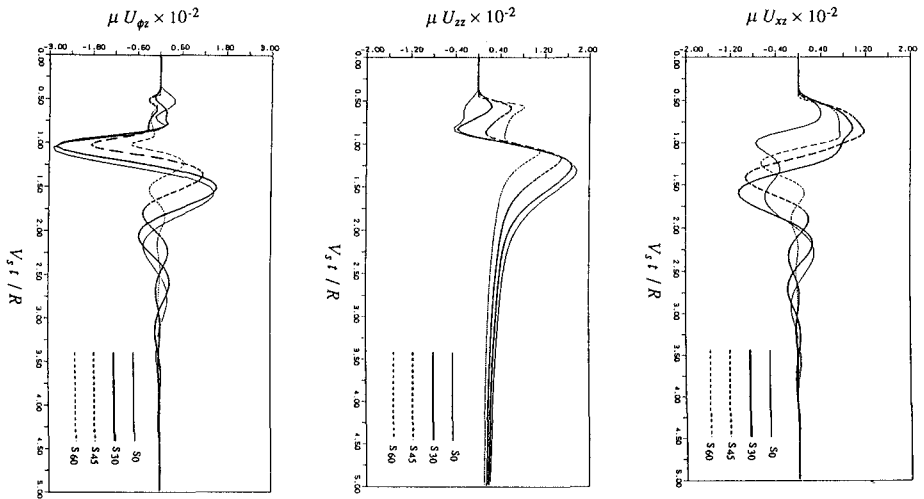


Fig. 3 (b) 地表面、地中鉛直衝撃載荷による
地表面有質量剛基礎の応答 ($\frac{M}{\rho B^3} = 10$)

