

# I-517 剛体基礎の地盤インピーダンスと有効入力動に及ぼす地盤の物性分布効果

岡山大学・工学部 竹宮宏和  
大成建設㈱・技術研究所 渡辺和明

## 1. まえがき

構造物の地盤との動的相互作用において、地盤インピーダンスと有効入力(動)が重要な役割を果たす。これらの動特性の評価には、対象地盤のモデル化に従って決定されるが、大きく2つの方向がある。つまり、(1)構造物の周辺の不規則な地盤に注目して、その極く近傍領域を解析対象とする、(2)地盤の広がり注目して半無限体の仮定をする。本研究では、上記の動特性に及ぼす地盤の層状性<sup>1,2)</sup>不整形性の影響を把握することを目的とした。

## 2. 定式化

**遠地盤：** この領域は自然地盤としての波動  $u^f$  と近地盤からの逸散波動  $u^s$  からなる。ここでは後者の解析に間接境界要素法を適用するが、その際に加震源として等分布加振力を用いる。これに対する半無限層状地盤の応答解析から、当該グリーン関数を  $G_u$  (変位)、 $G_t$  (表面力) 評価する。近傍地盤との境界面(S)上の変位  $u_b$ 、表面力  $t_b$  を加振力  $P$  を仮想境界面(S')を仮定してそれぞれ

$$u_b^p(y) = \int_S G_u(y, x) p(x) ds(x) \quad t_b^p(y) = \int_S G_t(y, x) p(x) ds(x) \quad (1), (2)$$

と近似するが、その強度を重み付き残差法から決定する。重みには  $w_d = t_b^p$ ,  $w_t = u_b$

$$\int_S w_d^T(y) (u_b(y) - u_b^p(y)) ds(y) + \int_S w_t^T(y) (t_b(y) - t_b^p(y)) ds(y) = 0 \quad (3)$$

この離散化は

$$G^T P + H(U_b^f - U_b) = 0 \quad H^T P + P_b^f + P_b = 0 \quad (4), (5)$$

ここにマトリックス  $G$ ,  $H$  は式(1), (2)を式(3)に代入して定義される。そして式(4), (5)からは遠地盤インピーダンスと同等有効入力<sup>3)</sup>が評価され  $K_{bb}^* = H^T (G^T)^{-1} H$   $P_b = K_{bb}^* U_b^f - P_b^f$  (6), (7)

**近傍地盤：** 構造物の基礎を含めての近傍地盤領域を有限要素法から離散化する。そのとき、質量、減衰、剛性マトリックス  $M_{xx}^n$ ,  $C_{xx}^n$ ,  $K_{xx}^n$  による支配方程式を得る。遠地盤との連続性を節点において考慮され、動的剛性マトリックス  $D_{xx}^n = \omega^2 M_{xx}^n + i\omega C_{xx}^n + K_{xx}^n$ ;  $x=i, b$  による表現は

$$\begin{bmatrix} D_{ii}^n & D_{ib}^n \\ D_{bi}^n & D_{bb}^n + K_{bb}^* \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_i^n \\ U_b^n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_i^n \\ K_{bb}^* U_b^f - P_b^f \end{Bmatrix} \quad (8)$$

さらに、剛体基礎を対象としているので、その自由度でもって接する地盤の自由度は規定され、地盤からの反力もそれに従う合力として評価される。これは式(8)の縮合から基礎インピーダンス  $K_F^*$  と同等有効入力  $P_F^0$  を定義する。

## 3. 解析結果と考察

解析を半無限層状地盤内の根入れ剛体基礎を対象に、2次元平面歪状態の下で行った。解析の主眼点を(1)地盤の層状性、(2)基礎近傍の地盤の埋め戻しによる剛性低下、(3)沖積層の不整形性に置いた。数値計算モデルを図1, 2, 3に示す。

**埋戻し土の剛性低下による影響：** 図2に示すように、周辺地盤を掘削し埋戻した場合、同部分の剛性低下が予想される。本解析では、一様、および二層地盤モデル ( $E = H = 2B = 20$  (m)) を仮定し、後者の場合  $V_{s2} = 3V_{s1}$  のケースを考える。そして基礎は第二層目の上端まで埋込まれている。剛性低下範囲 ( $\alpha B = \beta E = 5$  (m)) は、それぞれ当該地盤の  $1/2$  のせん断波速度、内部減衰は同一と仮定した。地盤インピーダンスの結果を図4、有効入力動についてはSV波の鉛直入射の結果を図5に示す。一様地盤、二層地盤共に剛性低下の影響が実部よりも虚部において大きく現れ、いずれの成分においても振動数に比例して小さくなる。一方、インピーダンスの実部においては、回転成分はどちらの地盤モデルにおいても小さくなるが、一様地盤モデルの水平成分では大きくなり、二層地盤モデルにおいては小さくなる。鉛直成分では一様地盤モデルにおいて影響が見られないが、二層地盤モデルでは大きくなる。二層地盤モデルにおいて、鉛直成分よりも水平成分やロッキングにおいて、剛性低下の影響が大きく現れている。これは支持層の存在により、表層地盤の波動伝播の水平方向の割合が増すためである。次に有効入力動においては、一様地盤モデルでは剛性低下の影響がいずれの成分においても顕著に現れるが、

二層地盤モデルではあまり影響が現れない。これは近傍地盤の剛性が低下しても、支持層の存在により基礎の変位がかなり拘束されるためである。以上より、近傍地盤の剛性低下により基礎周辺地盤の減衰効果が小さくなり、構造物の応答が大きくなることが予想される。

不整形地盤の影響：これに関しては当日発表する。

参考文献：1)竹宮・有岡・渡辺：半無限層状地盤上の帯状基礎におけるコンプライアンス関数、土木学会43回年次講演会,1990,1537. 2)Takemiya, et al., Compliance Functions of Strip Foundation on Layered Halfplane Soils,日本地震工学シンポジウム、1167-1172,1990.

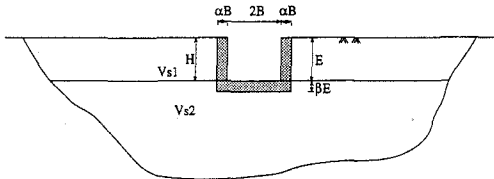


図1.a 地盤—基礎系、埋め戻し地盤を考慮

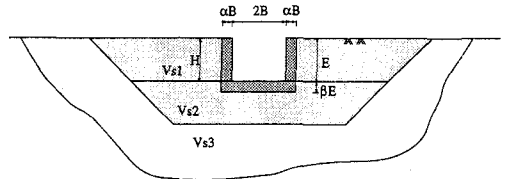


図1.b 地盤—基礎系、不整形地盤を考慮

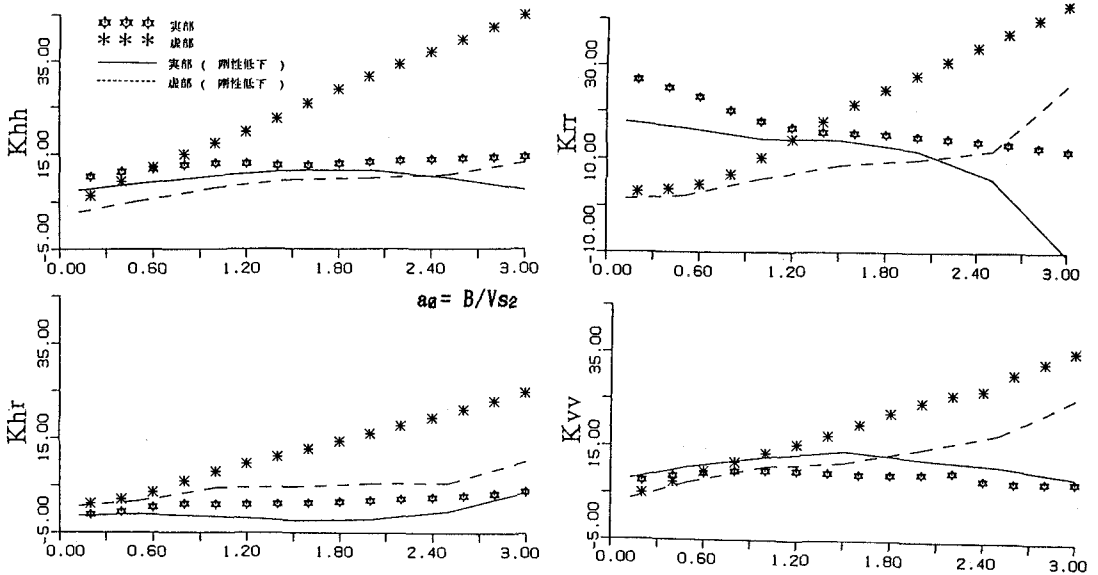


図2 埋め戻し土による剛性低下の基礎インピーダンスへの影響

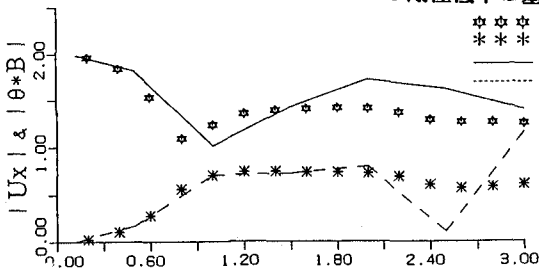


図3 埋め戻し土による剛性低下の有効入力への影響