

住 友 建 設 正 員○浅井宏隆
神戸大学工学部 正 員 北村泰寿
神戸大学大学院 学生員 澤村 賢

1. まえがき

直接基礎の解析法については多くの提案がなされている。また、杭基礎についても多くの文献が見られるが、杭頭インピーダンスのみが評価されている。本研究は、剛基礎底面と地盤の接触を考慮し、かつ杭頭は剛基礎底面に剛結される構造系を考えると、剛基礎底面の複素剛性をいかに評価するかについて検討を行ったものである。Green関数の離散化手法を用いるが、その際回転モード成分に対するGreen関数を導入する。

2. 解析手法の概要

図1に示すように、粘弾性多層地盤の表面に底面積 $S (=2C \times 2C)$ の正方形剛基礎が存在する場合を考える。剛基礎はマスをレスであると仮定する。図中のダッシュポットは、地盤の有限深さ h を N 層に薄層分割したときの最下端に導入される粘性境界である。いま、剛基礎底面の接触圧は、Green関数 G_{ij} を用いて得られる次の積分方程式を解くことによって求まる。

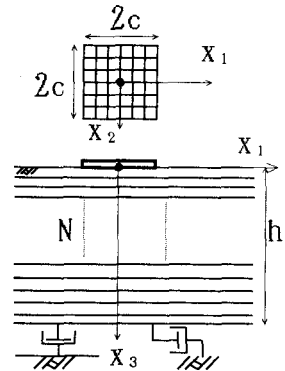


図1 解析モデル

$$u_i(x_1, x_2) = \sum_{j=1}^3 \iint_S G_{ij}(x_1, x_2 | \xi_1, \xi_2) q_j(\xi_1, \xi_2) d\xi_1 d\xi_2 \quad (i=1, 2, 3) \quad (1)$$

ここで、 u_i , q_j はそれぞれ接触面 S 内の既知変位、未知接触圧で、添字 i, j は座標軸方向の成分を表す。式(1)は解析的に解けないため、接触面を有限個(N 個)の矩形要素に離散化する。従来、この離散化要素内の接触圧分布を等分布と仮定する論文が多い。本研究では、各要素内での剛体回転モードを考慮するため、図2に示すように、要素 k 内での接触圧を(a)等分布と(b)三角形分布の和で表す。また、矩形要素に代えて、等価な面積を有する円形要素に近似化する。このとき、Green関数として、Kauselら¹⁾の薄層要素法による円形加振解を利用する。式(1)は、次式のように離散化される。

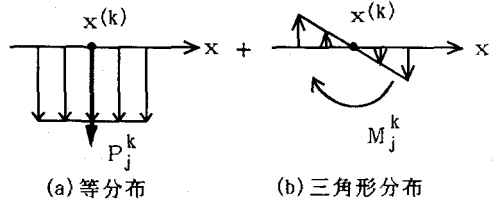


図2 要素 k の接触圧

$$u_i(l) = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^N \{ \overline{G}_{ij}(l | k) P_j^k + \widetilde{G}_{ij}(l | k) M_j^k \} \quad (l=1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

ここで、 $u_i(l)$ は要素 l の中央点の変位および回転角、 $\overline{G}_{ij}$, $\widetilde{G}_{ij}$ は要素 k の等分布荷重、三角形荷重(図2)による要素 l への影響係数である。なお、式(2)では便宜上、合力 P_j^k と合モーメント M_j^k で表示してある。基礎底面が剛体変形となることを考慮して、要素中央点の鉛直変位と要素両端の変位勾配から求まる中央点の回転角を、式(2)の左辺に境界条件として与える。このとき、要素の両端と中央に変形の拘束を与えることになるため、要素の剛体変形を実現し易い。

次節で応用例を示すが、研究上必要のないねじり成分については省略する。

3. 結果と考察

剛板の寸法を3.6m×3.6mとする。本研究の解法の妥当性を検討するため、半無限弾性地盤モデルに対して、本研究と従来型解法による直接基礎の複素剛性の比較を行う。地盤の諸元として、S波速度を120m/s、ポアソン比を0.3、単位体積重量を1.8tf/m³、減衰比を5%とする。計算結果を表1に示す。なお、従来型解法では要素の接触圧を等分布とし、要素分割数は12×12である。一方、本研究では、未知量の数より、要素分割数6×6が対応する。同表より、回転剛性 K_{RR} の差異は、底面端部の接触圧分布の差によるものと考えられる。 K_{RR} 以外はほぼ一致しており、本研究の解法の妥当性が認められる。

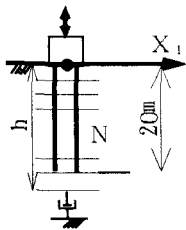


図3 応用例モデル

表1 本研究と従来型解法による複素剛性の比較

f	解 法	$K_{HH}(*10^4 \text{ ton/m})$	$K_{VV}(*10^4 \text{ ton/m})$	$K_{RR}(*10^4 \text{ ton/rad})$
2Hz	本研究	(2.532, 0.572)	(3.234, 0.904)	(7.900, 0.8141)
	従来型	(2.626, 0.606)	(3.176, 0.874)	(9.291, 0.9621)
20Hz	本研究	(2.189, 3.584)	(2.281, 6.860)	(5.695, 4.454)
	従来型	(2.282, 3.859)	(2.130, 6.420)	(6.145, 5.534)

つぎに、応用例として、4本杭に支持される剛基礎と杭を無視した直接剛基礎の複素剛性を求める。杭の諸元は、ヤング係数が $2.1 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ 、ポアソン比が0.167、密度が 0.246 t/m^3 、直径が0.68m、長さが20mである。なお、解析モデルを図3に示す。図4は、振動数 $f=2 \sim 20 \text{ Hz}$ に対する複素剛性の変化を図示したものである。杭の有無による複素剛性の差異から、杭の剛性が支配的であることが認められる。とくに、回転剛性 K_{RR} における差は大きく、杭の軸方向剛性が極めて有効に働いていると言えよう。一方、水平剛性 K_{HH} では杭の有無による差が小さい。これは、スウェイ成分が支配的なため、杭の曲げ剛性に比べて、剛基礎底面と接触する地盤の剛性を無視できないことを示唆している。

4. あとがき

本研究では、杭―地盤系を介した振動の伝達問題を研究するための一貫として、剛基礎底面と地盤との接触、杭頭との剛結を満足する解法を考えた。これにより、剛基礎と杭頭の連続条件に変形の連続性を多少厳密に取り込むことができる。なお、本研究の解法を利用した研究例として文献2)を挙げておく。

[参考文献]

- 1) E. Kausel & R. Peek : Dynamic Loads in the Interior of a layered Stratum—An Explicit Solution—, Bull. Seismo. Soc. Am., 1982.
- 2) 北村・浅井 : 杭基礎―地盤系を介した振動伝達特性に関する一検討、第28回土質工学研究発表会（投稿中）

—— 杭基礎―実部
- - - 杭基礎―虚部
- - - 直接基礎―実部
- - - 直接基礎―虚部

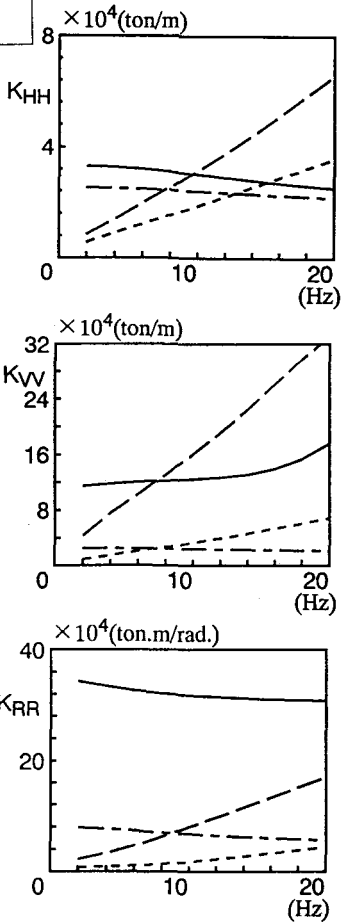


図4 杭の有無による複素剛性の比較