

埼玉大学大学院 学生員 ○ 岡崎 信一

埼玉大学工学部 正 員 川上 英二

1. 緒言 構造物と地盤との相互作用に関しては、従来多数の解析的、及び離散的手法を用いた研究が行なわれている。離散的手法には、解析的手法に比べ、基礎底面の形状等の複雑な条件を組み込める利点がある。しかし、従来の離散的手法では、分割要素は同一の長方形であり、接触圧は各要素内で一定、または集中力と仮定したものが多く、例えは^{1), 2), 3)}。その為、基礎の周辺部に急変する接触圧を十分に表現するには、底面全体を細かく分割する必要があり、膨大な計算量を要した。本研究は、接触圧分布と Green 関数の表現に改善を加え、精度の向上と計算時間の短縮化を図ったものであり、半無限弾性体上の円形底面の剛基礎の解析結果で精度を検討した。
2. 解析手法 基礎底面を要素分割すると、底面内の任意の点 $(\bar{x}, \bar{y})$ での変位 u は次式で表わされる。

$$u(\bar{x}, \bar{y}) = \sum_{j=1}^{NE} \sum_{k=1}^{N_E} \int_{S_k} G_j(\bar{x}-\xi, \bar{y}-\eta, 0; k, l) g_{jk}^*(\xi, \eta) dS \quad (1)$$

NE ; 要素数 k ; 波数 l ; Poisson's ratio ν_j^* ; 要素 k 内の接触圧分布 j ; 接触圧の方向
 G_j ; Lambによる半無限弾性体上の点加振による Green 関数

本手法では、上式を底面の剛体運動を境界条件として解く¹⁾のに際し、次の仮定を用いる。

- 分割要素は、任意形状の三角形
- 接触圧は、要素内で線形分布

更に、問題を解く際に計算時間の大半を占め、かつ膨大な量となる Green 関数の計算を次のように簡略化する。

先ず、加振点近傍に関しては、全ての Green 関数が静的な場合の関数 $f(r, \theta)$ と4種のなめらかな複素変位関数に分解できる事に留意して²⁾、各々、尖部、崖部を r の3次式 $(\alpha r^3 + \beta r^2 + \gamma r + \delta)$ で表わす、また、それ以外では、Green 関数を各要素内で線形近似式 $(ax + by + d)$ で表わす。よって、各要素の接触圧の影響による任意の点の変位は次式で表わされ、三角形要素内での式(1)の積分は解析的に可能となる。

$$u = \left\{ \int_0^r f(r, \theta)(\alpha r^3 + \beta r^2 + \gamma r + \delta)(A \cos \theta + B \sin \theta + D) r dr d\theta \right. \quad (2)$$

$$\left. \int_S (ax + by + d)(Ax + By + D) dS \right\} \quad (3)$$

$A \cos \theta + B \sin \theta + D, Ax + By + D$; 要素内の未知接触圧分布 r, θ ; 円筒座標 x, y ; 直角座標

3. 数値計算結果 本研究で用いた円形底面の分割例(CASE 1~5)を Lucco³⁾が用いたものと比較して図1に示す。図2, 3は、各々 CASE 1~5 に対して求められた鉛直振動、及びロッキング振動に対する Compliance を無次元振動数 $\omega_0 (= \omega/\nu_0)$ に対して示したものである。CASE 3 (加振点数25)では、尖線、破線で示された厳密解⁴⁾との誤差が数%以内で求まっており、図1の Lucco³⁾による分割例(加振点数52)と同程度の精度が得られている。従って、計算量は加振点数の2乗にはほぼ比例する事から、本手法では、従来の手法に対して約3割弱に計算量が減少されたと言える。更に、従来 Green 関数の計算、または Green 関数を含む積分に計算時間の大半を占められていたのに対し、本研究では、変位関数を積分可能な(式(2), (3)参照)近似式で近似する事により、計算時間は大巾に減少されている。

図4, 5は静的な場合の接触圧の分布形状(CASE 3)である(対称性を考慮し、1象限のみを示す)が、本手法では、基礎の周辺部に急変する接触圧が十分に表現可能と言える。更に、静的な場合についての理論値との比較より、かなりの精度で近似表現できている事がわかる。

4. 結論 本研究では、剛基礎底面に対する複素剛性の算定に際して、①底面の分割要素は任意形状の三角形

②接触圧は要素内で線形分布，③Green関数を積分可能な近似式で近似，の3つの工夫を行なった。本手法を用いると，任意形状の曲線の表現や，応力集中部分のみでの細分割が容易であり，1例も，接触圧を各要素内で線形分布としたため，急変する接触圧が表現可能となり，Complianceの精度が向上した。更には，前述のGreen関数の近似式を用いる事により，計算時間の大幅な減少が可能となった。

本報告をまとめるに際し，久保慶三郎教授，渡辺啓行助教授に貴重な御助言を頂き，更に，文部省科研費（試験研究（2）），代表者，池田駿介助教授）の援助を受けた。記して感謝の意を表わします。

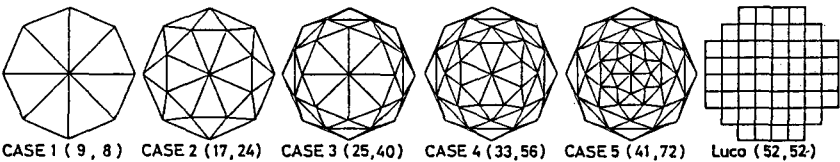


図1. 円形底面の分割例（加振点数，要素数）

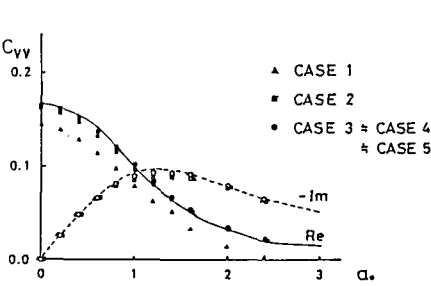


図2. 鉛直振動の Compliance

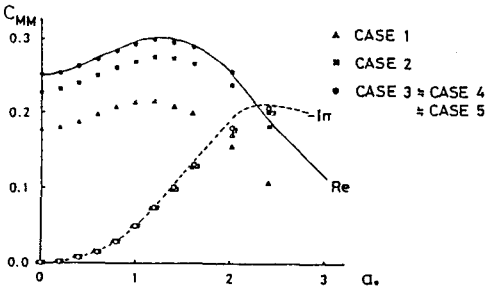


図3. ロッキング振動の Compliance

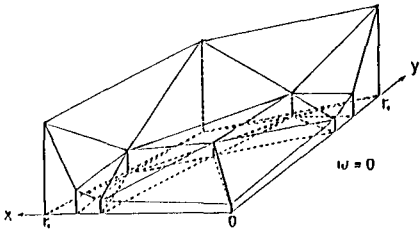


図4. 鉛直振動に対する鉛直方向接触圧の分布形状，及びその理論値との比較

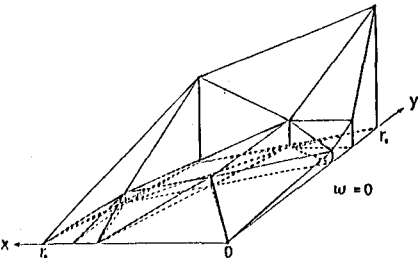
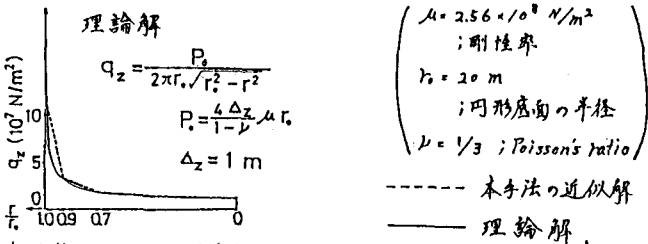
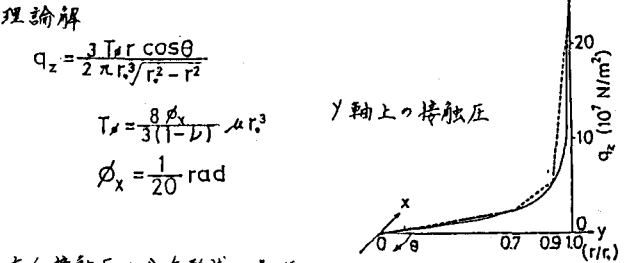


図5. x軸回りのロッキング振動に対する鉛直方向接触圧の分布形状，及びその理論値との比較



参考文献

- 1) H. L. Wong, J. E. Luco, "Dynamic response of rectangular foundations to obliquely incident seismic waves" E.E.S.D., Vol. 6, 1978
- 2) 北村 泰寿, 坪井 春輔, "剛基礎底面の複素剛性に関する一解新法", 土木学会論文報告集, 第270号, 1979
- 3) H. L. Wong, J. E. Luco, "Dynamic response of rigid foundations of arbitrary shape", E.E.S.D., Vol. 4, 1976
- 4) J. E. Luco, A. W. Westmann, "Dynamic response of circular footings", J. Engng Mech. Div., A.S.C.E., Vol. 97, 1971