I-365　コンプライアンスの離散的算定手法に関する一考察

埼玉大学大学院　学生員　○田崎　信一
埼玉大学工学部　正会員　　川上　英二

1．まえがき　構造物－地盤の連成振動系を解析する場合、地盤の動特性を評価する一手法としてコンプライアンスを用いる場合がある。この値の一算定手法である底面の要素分割を伴う離散的手法にはさまざまな利点がある[1]が、従来の手法では Green 関数の積分が複雑なため、計算時間または精度に問題を生じていた。著者らは昨年度の本会でこの簡易解析手法を提案し、半無限弾性体上の円形の剛基礎底面に対する解析においてその精度を確認した[1]。本報は、その結果に基づいて正方形の剛基礎底面に対して離散化の方法の影響を検討したものである。

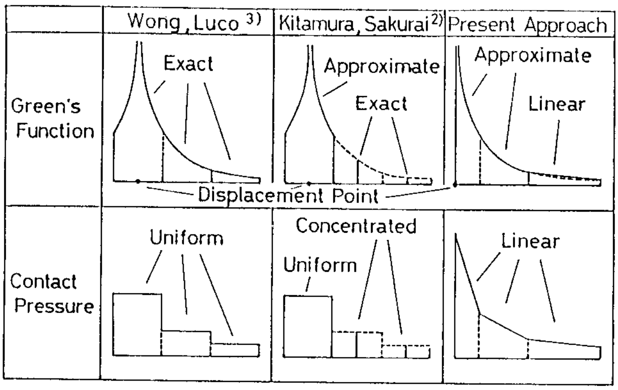
2．本手法の特徴　半無限弾性体表面上に単位の大きさの点加振力が作用した場合の表面変位は、複素変位関数を用いて静的な場合の解を拡張した次式のような形で表現できる[2]。

$$G_{zz} = \frac{1}{2\pi\mu}\,\frac{1-\nu}{r}\,f \qquad \cdots\cdots (1)$$

（上下方向加振による上下方向変位の場合）

μ：剪断弾性係数　ν：ポアソン比　r：加振点と変位点との距離　f：複素変位関数

基礎底面下の接触圧は、これらの Green 関数を用いた第1種 Fredholm 型積分方程式を解く事により得られる。しかし、その際、特異点を含む二重積分を数値計算する必要が生じ、従来の離散化の多くは、同一の長方形要素を用い、変位は各要素の中央で代表させ、接触圧は各要素内で一様分布、または集中力と仮定していた（図－1参照）。一方、本研究で用いた手法は、上記の複素変位関数を無次元振動数a_0（$=\omega r/V_s$，ω：加振円振動数，V_s：S 波の速度）のべき級数、たとえば G_{zz} の場合、$a_0 \leq 2.5$ に対して

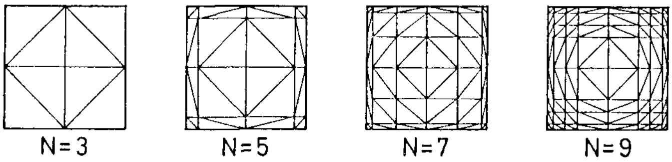


図－1　各手法の比較

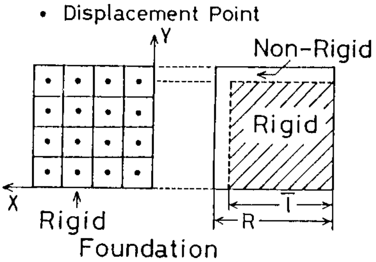
$$f = 1.0 + (0.0897 - 1.45i)\,a_0 + (-0.993 + 0.468i)\,a_0^2 + (0.247 + 0.0357i)\,a_0^3 \qquad (\nu = 1/3) \qquad \cdots\cdots (2)$$

と近似し、またa_0が大きい場合には要素を構成する3節点の Green 関数の値から内挿する関数で近似する事によって積分を解析的に可能にし、“任意形状の三角形要素の使用”，“接触圧を各要素内で線形分布とする”，“加振点と変位点とを分けて考える”の3点を容易にしたものである[1]（図－1参照）。

3．数値計算結果　解析は半無限弾性体（$\nu = 1/3$）上の正方形の剛基礎底面（Welded Case）について行なった。底面は N×N 個の加振点をそれぞれ頂点とする加振要素で等分割（加振点を等間隔にとったもの）、または不等分割（図－2参照）した。ま



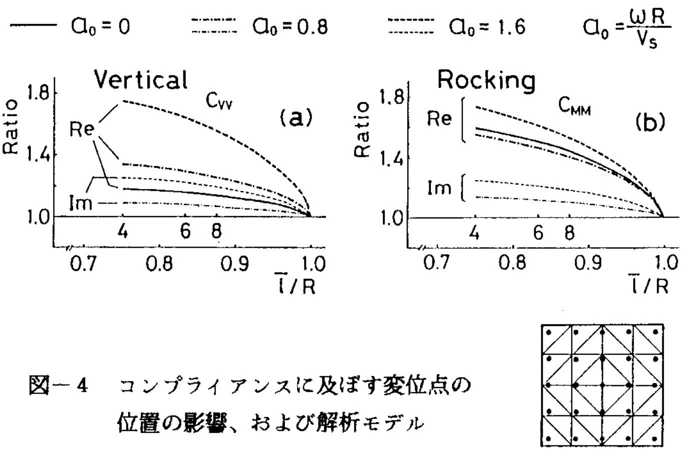
図－2　解析モデル（N＝5,7,9 は不等分割の例）



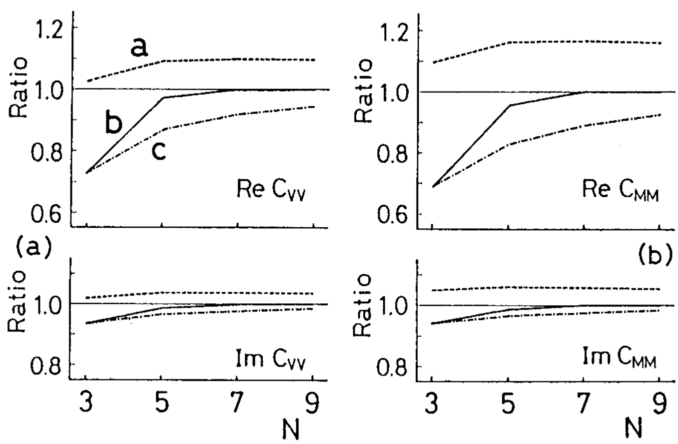
図－3　従来の手法の解析モデル
（一象限のみ，8×8の要素分割）

た変位点は加振点と一致させた場合と等間隔にとった場合の２通りを考え、変位点の位置を表わすパラメーターとして$\bar{l}$／R（$\bar{l}$：最も外側の変位点の位置，R：底面の１／２辺長，図－３参照）を用いた。

従来の手法では、変位点は各要素の中央にとるため底面の輪郭線上に位置せず（$\bar{l}$／R＜１）、図－３に示すように剛基礎底面の実際の大きさよりも小さい領域の剛基礎を想定する危険性がある。そこで、$\bar{l}$／R がコンプライアンスに及ぼす影響を検討した。図－４は、N＝５のモデル（底面等分割、変位点等間隔）を用い、$\bar{l}$を変化させ（横軸）、コンプライアンスを$\bar{l}$／R＝１の場合に対する比（縦軸）で表わしたものである。なお、横軸に記した４，６，８の位置は、各々従来の手法において４×４，６×６，８×８個の正方形要素で等分割した場合の$\bar{l}$／R を示している。分割が粗いため定量的な判断はできないが、この図より、変位点が内側に位置する程コンプライアンスは大きく（柔に）なり、その影響は大きいと推測できる。



図－４　コンプライアンスに及ぼす変位点の位置の影響、および解析モデル



図－５　コンプライアンスに及ぼす解析モデルの影響（a_0＝0.8）

図－５は、解析モデルの違い（横軸）によるコンプライアンスの値の変化を示したものである。図中、a, b, c は、各々（底面等分割，変位点等間隔，$\bar{l}$／R＝0.875）、（底面不等分割，変位点は加振点に一致）、（底面等分割、変位点は加振点に一致）の場合であり、N＝７のモデルのb の値を基準にした比（縦軸）を示している。b とc を比べると、b の不等分割の方が収束が良い事がわかる。また a （$\bar{l}$／R＝0.875）と b （$\bar{l}$／R＝１）はそれぞれ異なった値に収束しており、図－４の結果とも合わせ、変位点が底面の内部にのみ位置する従来の手法では、コンプライアンスはやや大きめに算定されていると考えられる。また$\bar{l}$／R が一定の場合には、分割が粗い程コンプライアンスは小さく（剛に）なっている。従来の手法では、分割が粗い場合には軟かめの結果が求まり、FEMの場合とは異なる事が指摘されている[4]が、その理由は、分割が粗いと$\bar{l}$／R が小さくなり、その影響が現われているためと考えられる。

謝辞　本報告をまとめるに際し、埼玉大学工学部　久保慶三郎先生、渡辺啓行先生に貴重な御助言を頂き、さらに文部省科研費（一般研究（A）、代表者：久保教授）の援助を受けた。記して深謝の意を表わします。

参考文献

1）田崎・川上，第38回年次学術講演概要集，第１部，1983、第30回構造工学シンポジウム，1984
2）北村・桜井，土木学会論文報告集，第 290 号，1979
3）Wong, H.L. and J.E.Luco, Earthq.Engng.Struct.Dyn., Vol.6, 1978
4）川瀬・吉田・佐藤，建築学会学術講演梗概集，1983