

円筒剛体基礎と地盤との動的相互作用評価のための簡便化数値モデルの改良

○ 東京大学生産技術研究所 正会員 三神 厚
東京大学生産技術研究所 正会員 小長井 一男

1. はじめに

井筒基礎のような根入れを有する基礎構造物と地盤との動的相互作用を評価するためには基礎周辺地盤構成のみならず三次元的広がりを持つ複雑な地形・地質条件をも考慮する必要がある。そこでそれらの諸要因を簡便な方法で評価しかつ所要の精度を有するような合理的な数値モデルの確立が要求される。これまで本研究では、田村等によって開発された不整形表層地盤の地震応答解析のためのモデル（擬似三次元地盤モデル）⁽¹⁾を基礎と地盤との動的相互作用評価手法として適用してきた。このモデルでは表層地盤の深さ方向の振動モードに対してある特定の振動形を仮定する必要があるが、これまでは表層地盤全体に対して一様な振動モードを仮定してきた。しかし表層地盤が不整形性を有する場合には表層の共振振動数よりも高い振動数領域において波動の反射の影響を受けるため場所ごとに異なった振動モードを考慮する必要がある。本論文では、田治見の方法⁽²⁾から求められる表層地盤内の振動モードの変化を簡便な方法を用いて擬似三次元モデルに反映させモデルの改良を試みた。ただし、ここでの検討は剛基盤上に載る一様厚さの軟弱表層地盤中に円筒剛体基礎がその底面を剛基盤に置いて埋めこまれている場合の基礎側方地盤のモデル化に限定する。

2. 簡便化の手順および本解析手法

剛基盤上に載る軟弱表層地盤をモデル化するにあたって、田治見は上下動無視の仮定のもと、地盤の深さ方向の地盤振動形を三角級数で表現し、剛体基礎との境界条件を満たすように未定係数を決定することによってロッキングに対する地盤の動的剛性評価を厳密に行った。さらにモデルを簡便にするため、上下動無視の仮定に加えて深さ方向の振動モード特定したものが擬似三次元モデルである。したがって田治見の方法から求められる地盤振動形を何らかの簡便な方法で擬似三次元モデルに反映させることが考えられる。

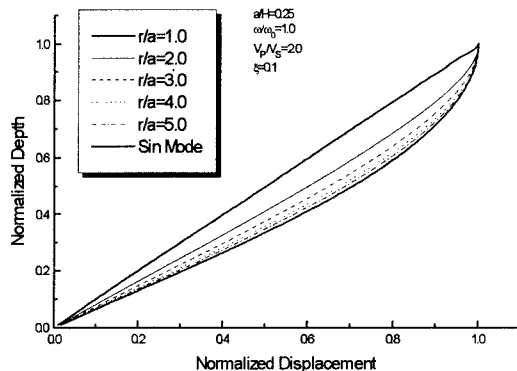


図1 地盤の振動モード

2.1 田治見の方法

剛体基礎加振方向の地盤の振動モードを基礎半径(a)の1～5倍までの範囲について示したものが図1である。剛体基礎近傍地盤は基盤に頂点を置く逆三角形型の振動モードで変形するが、剛体基礎から十分離れたところでは1次のせん断振動モード（sin波状）に近い振動モードになっている。以下では、図1に示される振動モードの変化を擬似三次元モデルに簡便な方法で反映させるを試みる。

2.2 擬似三次元モデルによる解析

擬似三次元モデルでは表層地盤はWinklerモデル上の二次元平面としてモデル化される。モデル化にあたっては地盤モードを特定することが要求されるが、これまでの研究では地盤の振動モードが場所によらず表層地盤全体で一様であることを仮定した。図1に示すような場所ごとの振動形の変化を簡便な方法で考慮するために、逆三角形型の振動モードとせん断一次振動モードを線形結合したモードを用いて表層地盤の振動モードの

変化を考慮する(式1)。

$$\psi = (1 - C) \frac{z}{H} + C \sin\left(\frac{\pi z}{2H}\right) \quad (\text{式 1})$$

$$C = C\left(\frac{a}{H}, \frac{r}{H}, \frac{\omega}{\omega_0}, \frac{V_p}{V_s} \xi, \theta\right)$$

ただし、 a :基礎半径、 H :表層厚、 ω, ω_0 :表層地盤の振動数および共振振動数
 V_p, V_s :P波およびS波速度、 ξ :減衰定数、 θ :加振方向から着目点までの角度

(式1)により示される振動形と田治見の方法から求められる振動形の差の二乗和を最小にするような係数 C を決定する。係数 C はいくつかのパラメータの関数であるが、表層地盤の固有振動数の数倍程度までの範囲では、基礎半径、表層深さおよび基礎から着目点までの距離を組み合わせた変数 $(r-a)/H$ に主に依存する。そこで解析にあたっては、 C を $(r-a)/H$ の多項式近似で表現し、また地表面での応力開放の影響を考慮しモデルの二次元平面に対して平面応力状態を仮定した。

3. 解析結果

図3は複素剛性を周波数領域で表現したもので、擬似三次元モデルによる解析で三角形モード、せん断一次振動、それらを組み合わせたモードを仮定した場合の剛性および田治見の方法による解が示されている。モードを組み合わせた場合の解は三角形、せん断1次を仮定した場合の中間に存在するが、田治見の方法による解との間には開きがある。

4. まとめ

表層地盤の深さ方向の振動モードの場所ごとの変化を考慮することによって基礎と地盤の動的相互作用評価のための簡便化モデルを改良した。厳密なアプローチによる解との間に差が生じた要因についてさらに詳細な検討を加える必要がある。

なお、本研究は文部省科学研究費補助金による研究成果の一部を取りまとめたものである。

参考文献

- (1)Tamura C. and Suzuki T.: A Quasi-Three-Dimensional Ground Model for Earthquake Response Analysis of Underground Structures, 生産研究 Vol.39, No.1, pp.37-40, 1987.
- (2)Tajimi H.: Dynamic Analysis of a Structure Embedded in an Elastic Stratum, Proc., 4th World Conference on Earthquake Engineering, Vol.A-6, pp.54-69, 1969.

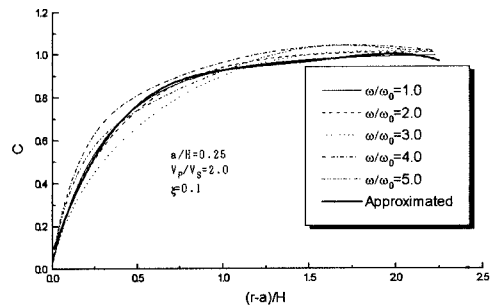


図2 係数 C の近似表現

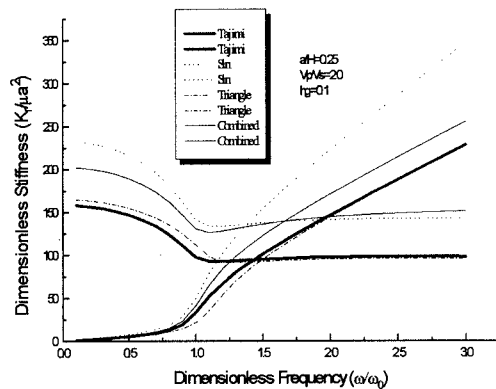


図3 動的剛性の比較