

I-488

擬似三次元地盤モデルによる
井筒基礎側方地盤剛性の評価

東京大学生産技術研究所 正員 小長井 一 男
東京大学生産技術研究所 正員 田村 重四郎
飛鳥建設株式会社 正員 池田 隆 明

1：まえがき

井筒基礎は、条件の悪い地盤中に置かれた場合でも、大きな支持力や水平抵抗力が期待できるため、重量構造物の基礎として最も多用される基礎構造物の一つである。このような井筒基礎の動的挙動を検討する際、基礎を取り巻く地盤の構造、及び地形条件等を考慮する必要がある。しかし、有限要素法をはじめとする現状の解析手段でこれを行うためには、多大な時間と労力を必要とし、効率的な方法とはいえない。本報告では、底面を固い基盤上におく井筒基礎のロッキング振動を対象として、三次元的に複雑な地盤条件を含めた井筒基礎側方地盤の動的剛性を評価する簡便な手法を検討した。

2：解析モデル

さきに田村・鈴木¹⁾は、複雑な三次元的地盤構造を持つ表層地盤の地震時の挙動を検討するために、平面の有限要素モデルとそれを支える質点-バネ系からなる、擬似三次元地盤モデルを提案した。このモデルは、基盤上の軟弱な表層地盤(図1-A)を、地表面と基盤面を端面とする直方体の柱状要素に分割して(図1-B)、それぞれの要素をその土柱のせん断一次振動に注目して、一自由度の振動子に置き換え、振動子の質量部分を表層全体にわたり有限要素網で連結するものである(図1-C)。この解析モデルは、その後の鈴木・稲森²⁾の研究により、土柱のせん断一次振動しか扱うことができないものの、低次の振動領域ではかなり良い解析解が得られること、三次元有限要素解析に比較して、三次元的地盤構造を簡便に、かつ合理的に表現できることが確認されている。

基礎構造物の動的解析では、地盤のせん断一次振動数以上の高い振動数領域まで考慮する状況も考えられるので、前述の擬似三次元地盤モデルを直接適用することは本来不可能である。しかし、剛性の大きい井筒基礎が、底面を中心として動く場合、これを取り巻く地盤の変形は、井筒基礎の剛性によって強く拘束される。つまり、深さ方向の動的変位に及ぼす重複反射の高次モードの寄与は著しく小さなものになる。このため、表層地盤部分を擬似三次元地盤モデルに置換できることが期待される。有限要素網の境界は、堅固な洪積台地等と接する所で固定とし、同様の表層がさらに遠方まで続く所は、波動の逸散を考慮した境界を設けることにすれば、複雑な地形条件を容易にモデルに組み込むことができる。

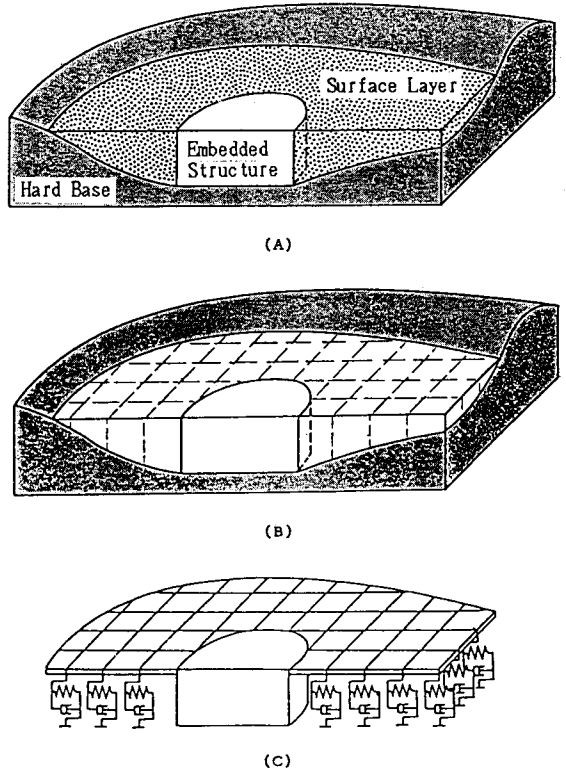
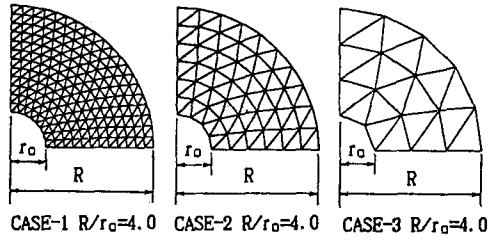


図1 表層地盤のモデル化

3：本手法の照査

図2はCASE-1～CASE-3の3種類の有限要素網を用いて、周波数領域において井筒基礎のロッキング振動に対する側方地盤の動的剛性を算出し、田治見が導いた、弾性波動論による厳密解³⁾と比較したものである。横軸に振動数 ω と表層の固有振動数 ω_0 の比(ω/ω_0)、縦軸に複素剛性を示している。要素の寸法を小さくすることで、本手法による近似解は次第に厳密解に接近していく様子が確認できる。



4：解析例

図3は表層厚が(a), (b)のように井筒基礎の中心から同心円上に変化する場合を考え、地盤形状が側方地盤剛性に与える影響を誘導し、層厚一定の場合と比較したものである。

複素剛性の絶対値が最小となる周波数が、層厚一定の場合に比べて高くなっている。これは、表層地盤の共振振動数が高くなったことに対応するものである。この共振振動数を境に、低い振動数領域では複素剛性の値に大きな変化は見られないが、これより高い周波数領域では、複素剛性が周波数の変化に応じ、大きく脈動する様子が認められる。これは、共振振動数以上の周波数領域で波動の逸散が大きくなるため、地形の変化による波動の反射の影響が強く現れたことによるものである。

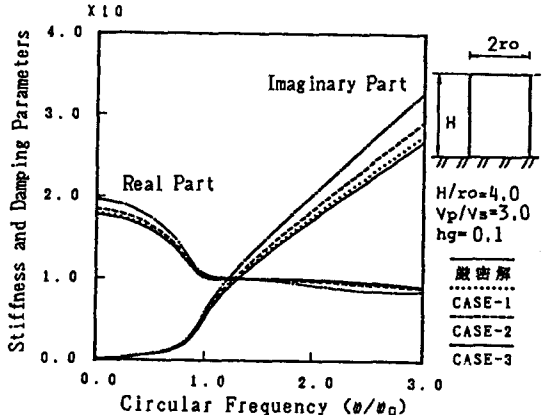


図2 側方地盤の複素剛性の周波数依存性（表層厚一定）

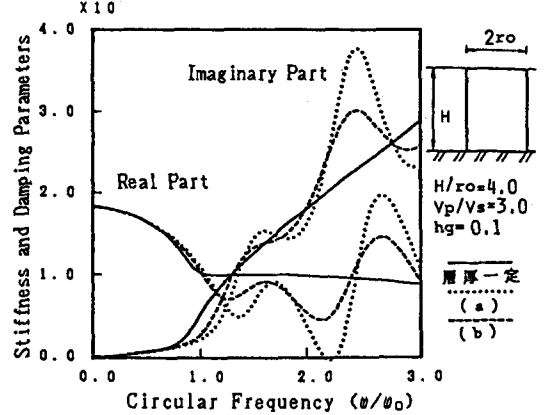
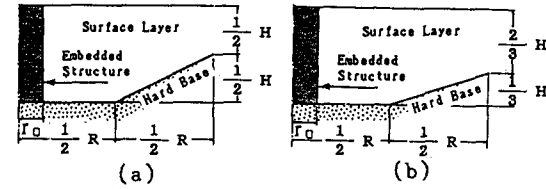


図3 側方地盤の複素剛性の周波数依存性（表層厚変化）

5：まとめ

本手法を用いて様々な数値解析を行った結果、本手法が従来の弾性波動論による厳密解を極めて正確に再現することができるのみならず、これらの波動論では取り扱うことが困難な、複雑な地形条件に起因する興味ある現象を誘導することができた。またこのモデルでは、複雑な土の構成則を導入し、地盤の非線形領域まで及ぶ解析を行うことも可能と考えられ、現在この点を考慮した改良を検討中である。

6：参考文献

- 1) Tamura, C., Suzuki, T.; A Quasi-Three-Dimensional Ground Model for Earthquake Response Analysis of Underground Structures -Construction of Ground Model-, 生産研究 Vol. 39, NO. 1, PP. 37-40, 1987
- 2) 鈴木猛康・稲森光洋; 擬似三次元地盤モデルによる解析例, 土木学会第42回年次学術講演会, I-514, 1987
- 3) Tajimi, H.; Dynamic Analysis of a Structure Embedded in an Elastic Stratum, Proc. of 4th WCEE, 1969