

電力中央研究所 正 員 ○新木 均
埼玉大学工学部 正 員 渡辺啓行

1. はじめに 原位置のブロック起振実験により岩盤の弾性係数等を評価する場合、物理探査による地盤物性を用いてFEM解析で実験結果をシミュレートすると、固有振動数の計算値は実験値よりかなり大きな値となる。FEM解析による種々の試行的検討を加えたところ、表層直近の剛性のみを検層時の値からゆるめた地盤モデルを用いると大、小の寸法のブロックとも同一地盤モデルに対してFEM解析結果が実験結果と比較的良好に一致するという結果が得られている¹⁾。この表層付近の剛性低下は施工に伴うゆるみに起因すると考えられるが、一方では、岩盤上のブロックがロッキングを伴って振動している場合、接地部分の岩盤の不整形などにより圧縮側と引張側の剛性の不均衡が生じることが考えられ、極端な場合には引張側で浮上りが生じているものと思われる。浮上りに伴うロッキングばねの非線形特性は、矢野らによって模型振動実験と解析により調べられている²⁾。本報告では、地盤と構造物の相互作用に境界での滑りや剥離を伴う現象を解析できる非線形動的解析プログラムを用い原位置ブロック起振実験をシミュレートすることにより、地盤ばねを精度良く評価する手法を開発することを目的に、シリコンゴム模型地盤上の構造模型の振動実験を行い、表層部分の剛性低下や基礎の浮上りの影響を詳細に調べ、併せて上記プログラムの検証を行うものである。

2. 模型実験 図1に示すような表層に柔層をもつ地盤、二種と柔らかな一層地盤の計三種の模型地盤とマスばね系を石膏ブロックにとりつけ剛性のみ変化させた上部構造モデル4種を作製した。実験は各模型の物性試験、浮上りを伴わない場合、及び浮上りを伴う基礎地盤系の共振実験の三種あり、正弦波形を入力し圧電子型加速度計を用いて電磁オシログラフに同時記録した。浮上り実験では基礎と地盤との間に紙を敷き基礎の接触面積を変化させた。浮上りのない場合の構造物の応答曲線の一例を図2に、表層地盤のゆるみによる共振振動数の変化を図3に示す。また図4は浮上りを伴う構造物の応答曲線であり、図5は浮上り時の共振振動数が基礎の接触面積と入力加速度振幅によって変化していく様子を示している。これから次のことが言える。浮上りのない場合にはいずれの構造物-地盤系も固有振動数は地動加速度によらず一定で線形振動を維持する。表層地盤のゆるみの影響は、上部構造の剛性が高いほど柔層の厚さの増加に伴う固有振動数の低下の程度が著しい。これは、上部構造の剛性が低くなるにつれて連成系の固有振動数が、上部構造のそれに接近し、自己振動が卓越するため相互作用が低下し地盤剛性の影響が少なくなることに起因するものである。図4では、浮上りを伴うことにより固有振動数が低下しソフトスプリング型の非線形ばねの応答に類似している。図5からは、構造物-地盤系の固有振動数は接地率 μ の低下と共に低下していき、その程度は入力加速度振幅80galでは上部構造の剛度が高い程著しい。50galでは上部構造の剛度の大きいModel 4では固有振動数の低下は認められず、最も剛性の低いModel 1で明瞭となっている。これは、剛度が高い程ロッキング振動が卓越し、加速度が小さいと浮上りに至らないためであると考えられる。Model 1ではスウェイ振動が卓越しており小さな入力加速度でも接地面積の低下による水平ばねの低下が表われていると考えられる。

3. 数値解析 基礎-地盤系を平面ひずみとして扱い、上部構造の質量など1点に集中する量は固有振動数が変化しないよう考慮しつつ基礎の奥行き法で割って単位厚さの量に変換した。基礎は剛体として扱い、基礎と地盤の間にジョイント要素を挿入した。地盤は通常の三角形要素

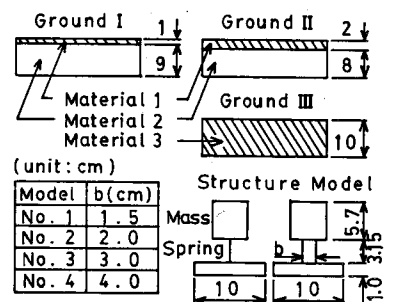


Fig.1 Dimensions of Structure Models and Ground Models

のFEMでモデル化し、質量行列はLumped MassとConsistent Mass との平均値を用いた。減衰行列は、Rayleigh 型減衰を仮定している。地盤物性はP波とS波を測定して求め、上部構造については静的水平載荷試験によって得られた力変位直線関係からばね定数を求めている。浮上りのない場合について実験と同一の地動を入力し地盤上上の構造モデル1と2の共振点付近において定常解を求めた。これを図2に実験結果と併せて一点鎖線で示す。応答曲線の計算値は実験値よりやや大きく減衰の評価に誤差を伴っていると言えるが、連成系の固有振動数と共振特性の一致は良好である。これより剛性の評価の精度は高いと言える。次に、滑りと浮上りを考慮して地盤Ⅲ、構造モデル2に対して接地率80%、地動加速度振幅80galの場合のシミュレーションを行った。ジョイントの強度定数は紙を敷いた領域において粘着力5gf/cm²、内部摩擦角30°を仮定した。浮上りについては、自重による初期応力と動的応力との和が正となるときの浮上りようにした。計算結果を実験結果と併せて図4に一点鎖線で示す。計算値は浮上りによる基礎-地盤系の固有振動数の低下をとらえている。これから、ジョイント要素による浮上りと滑りを模擬する非線形動的解析により、浮上り部分の地盤反力の欠如に伴う構造物-地盤系の連成振動固有振動数の低下を良好にシミュレートできるものと言える。

謝辞 本報告をまとめるに当り埼玉大学の久保慶三郎先生に貴重な御助言をいただきました。

参考文献 1) 上島昭幸, 平田和太, 堀見 哲, 渡辺啓行, 基礎起振実験による岩盤の弾性および減衰特性の評価, 土木学会論文報告集, No.329, 1983-1, pp.13~26. 2) 矢野明義, 佐藤仁人, 原 昭夫, 内藤幸雄, 他, 弾性地盤上の剛体建屋模型の浮上り振動実験とその解析(その1~その4) 日本建築学会大会学術講演要覧集(北陸) 昭和58年9月, pp. 755~762.

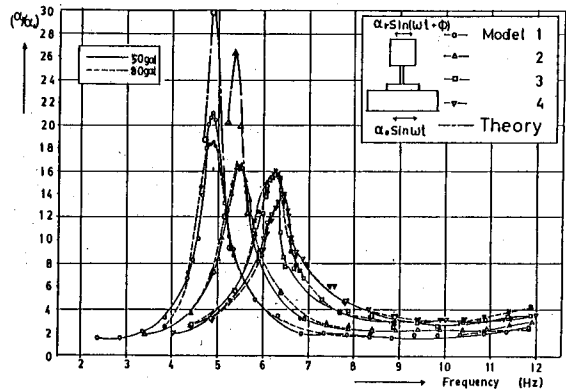


Fig.2 Comparison of Numerical Results with Experimental Ones (Without Uplift)

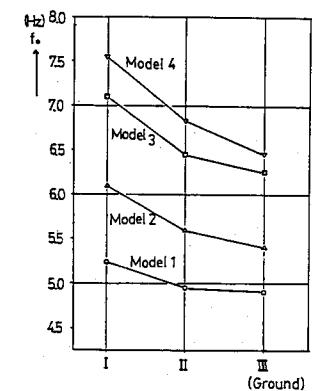


Fig. 3 $f_0 \sim$ Ground No. Relation (Without Uplift)

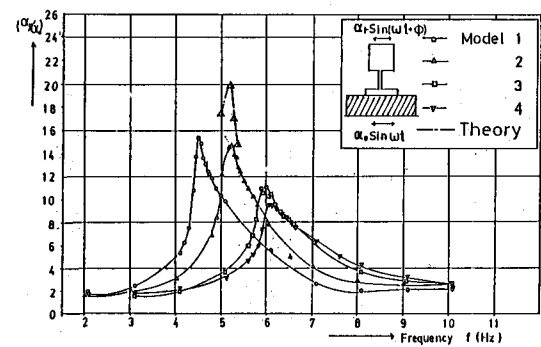


Fig.4 Comparison of Numerical Results with Experimental Ones (Followed by Uplift)

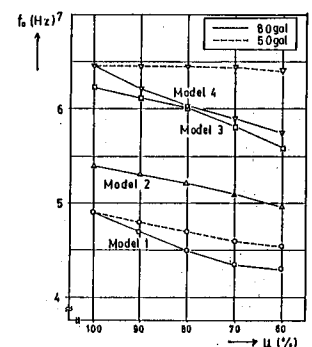


Fig.5 $f_0 \sim \mu$ Relation