

埼玉大学大学院 学生員 ○ 今村 幸一

埼玉大学工学部 正会員 川上 英二

1. はじめに

原子力発電所、地上タンク等の地震時における基礎の浮上り現象は重要な問題であり、非線形性を考慮した詳細な解析が必要である。浮上り問題を浮上り部における応力が零であるという条件で与える場合、振動数領域でなく時間領域において条件を満足させる方が容易である。そのため、土岐ら¹⁾は、有限要素法にジョイント要素を導入することにより基礎の浮上り振動を時間領域で解析している。一方、Wolfら²⁾は、境界要素法を時間増分の形で定式化し、時間領域で浮上り振動を解析する方法を展開している。しかし、定常浮上りロッキング振動を考える場合には、時間領域での方法は定常解に収束するまでに膨大な計算ステップ数が必要であり、また、弾性体の運動方程式は振動数領域の方が扱いが容易であるため、振動数、時間領域双方で問題を扱う方法も重要であると考えられる。

本研究では、時間領域において、応力の境界条件と変位の適合条件を満足するように、また、振動数領域においては、境界要素法で表された弾性体地盤の運動方程式を満足するように定式化した。そして、基礎の浮上りを考慮したロッキング振動解析の一収束計算手法を提案し、簡単な解析例を用いて本手法の検討を行った。

2. 解析手法

解析にあたって用いている主な仮定を以下に示す。

- i) 基礎の浮上り現象を大変形問題よりむしろ応力の境界条件の非線形問題と考える、
- ii) 基礎は質量および厚さのない剛板とし、地盤は半無限弾性体とする、
- iii) 滑動は無視する。

先ず、浮上りを考慮しない場合の基礎底面下の応力分布を振動数領域で定式化された境界要素法によって求め、これを収束の初期値とする。この応力、変位をFFTにより時間領域の値に変換した後、応力補正、変位補正を行う。この時間領域での応力、変位補正と振動数領域における境界要素法とを繰り返して浮上りが生ずる時間と場所、剛体の変位、弾性体の変位、接触圧分布の解を収束させる。(図1 参照)

ただし、応力補正では、接触面垂直方向の引張応力を零とし、圧縮応力には、適当な関数を乗じて剛体の運動方程式を満足するように応力の再配分を行った。また、変位補正では、浮上っていない基礎の部分の地盤変位から基礎の変位を算定し、浮上っていない要素に対して地盤が基礎に適合するように地盤変位を修正するものとした。

収束判定は、反復計算の過程で、応力分布が収束したか否かによって行った。なお、境界要素法で用いたGreen関数には、三次元半無限弾性体の表面が加振された場合の表面上での変位を表す関数を用いた。

3. 解析結果

図2に示す矩形基礎の解析モデルに外力として、静的な垂直荷重 P_z 、動的加振偶力 M_y が働く加振問題を考えた。図3、4には、得られた結果の一例を示してある。

時間領域での接触圧分布を示した図3より、浮上りが生じると基礎端部での応力集中が、一層著しくなることがわかる。一方、変位を示す図4から、浮上っている瞬間には基礎から支持地盤の一部が剝離している事が認められる。

謝辞: 本報告をまとめるにあたり、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ました。記して深謝の意を表します。

参考文献

1) 土岐・三浦・大竹: 三次元ジョイント要素による地盤-構造系の非線形震動解析, 土木学会論文報告集, 1982.

2) Wolf, J. P and Obernhuber, P: Nonlinear soil-structure interaction analysis using dynamic flexibility of soil for impulse forces, 8th W C E E, Vol. 3, pp. 969~976, 1984.

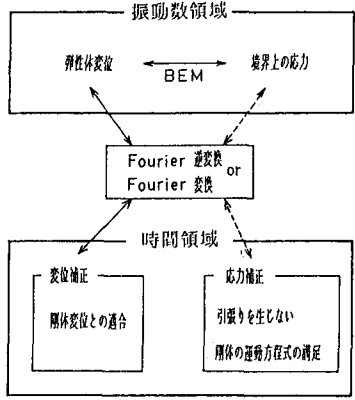


図1 解析手法の概念図

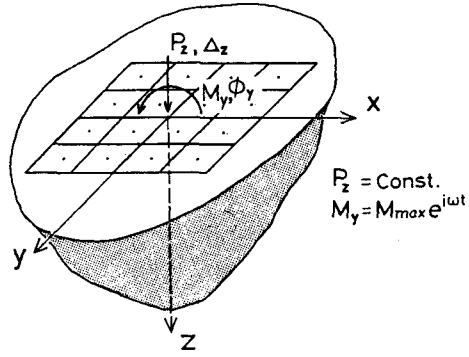


図2 解析モデルと加振力

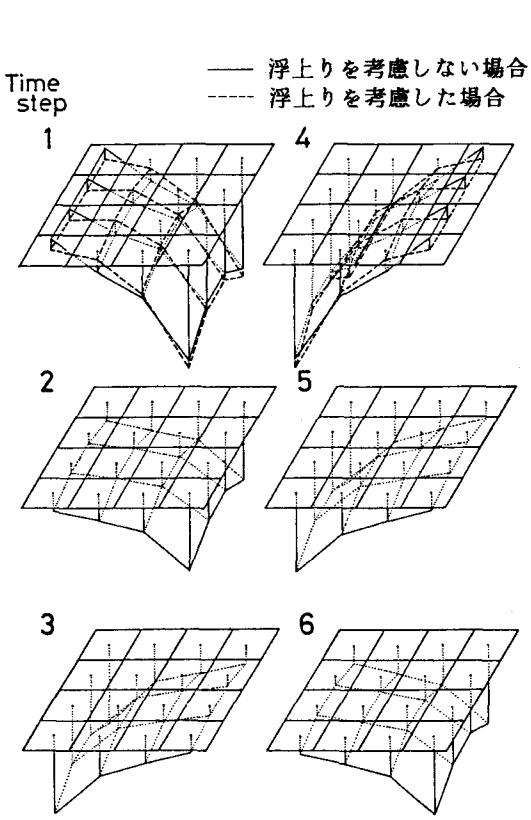


図3 各時間における接触圧分布

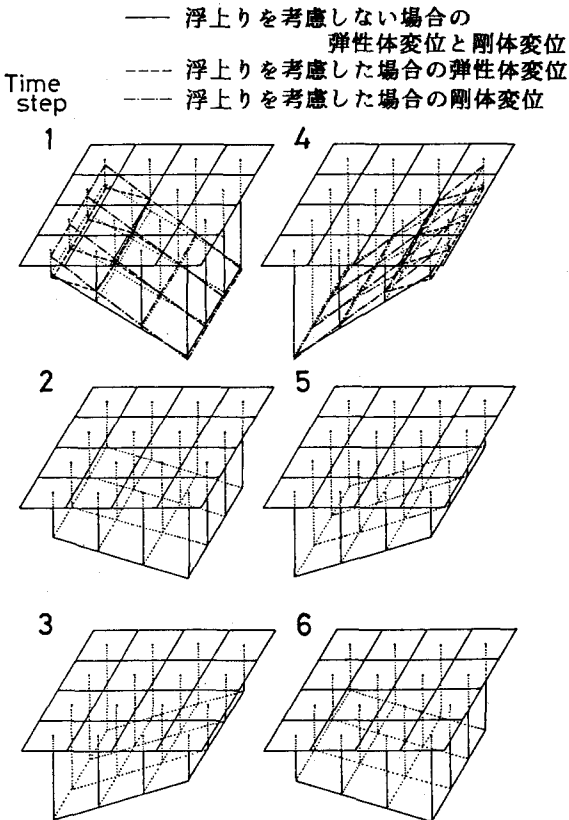


図4 各時間における変位分布