

地盤との境界非線形性を考慮したケーソン基礎構造物の動的挙動に関する解析的研究

鉄道総合技術研究所 正会員 齊藤正人、池亀真樹
福山コンサルタント 正会員 中野 聡、宮村正樹

1. はじめに

これまでの基礎 - 地盤 - 構造物系の動的相互作用問題は、基礎・地盤間の境界条件を完全密着条件のもとで把握している。これに対して、実際には基礎・地盤間の境界部は滑り・剥離現象が生じており、この境界非線形性が動的相互作用に与える影響は未だ解明されていないのが現状である。そこで本研究は、ケーソン基礎構造物を対象に3次元FEM解析を行い、その境界非線形性が構造物の応答に与える影響について報告する。

2. 解析概要

本解析は周波数応答解析法により、境界線形時における基礎 - 地盤 - 構造物系の卓越振動数を算出し、それと等しい振動成分を有する調和振動を基盤から入力することにより、境界非線形解析を行った。

(1) 解析モデル

本解析で用いた解析モデルを図1に示す。地盤はソリッド要素、ケーソン基礎はシェル要素、境界部は Joint 要素¹⁾として設定し、上部構造物については1質点1自由度モデルとして基礎天端と線形水平ばねで接続した。

解析に用いた表層地盤は $V_s=200\text{m/s}$ の層が厚さ 17m で、ケーソン基礎は直径 13.6m、基礎長 17m とし、基盤層として $V_s=400\text{m/s}$ の層を 17m 設定した。また、上部構造物質量は 13500t とした。

(2) 境界非線形性の設定

ケーソン基礎と地盤の境界部における非線形性は、Goodmanの Joint 要素と同様の不連続特性を有するばねを設定した。しかしながら、本解析では軸方向、せん断方向ともに境界部での相対変位がゼロとなるような非線形ばねは無限度となり数値計算上困難が伴うため、数値計算の可能な範囲内で行える限り大きな有限なばねを設定した。

(3) 解析方法

本解析に用いた入力動は、図2に示す周波数応答解析の結果から得られた上部構造物の卓越振動数 2.00Hz と地盤の卓越振動数 2.75Hz を有する2種類の調和振動で、この調和振動を図1の解析モデルに最大加速度 250gal で入力した。

なお、上部構造物が卓越する調和振動では、基礎と地盤の境界部での塑性化による卓越振動数の低下を予め見込んで 1.80Hz の調和振動として入力を設定した。

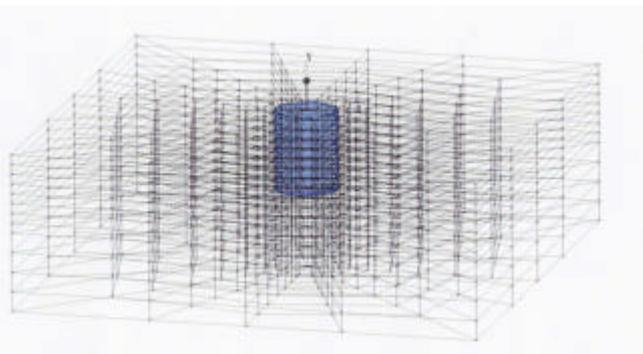
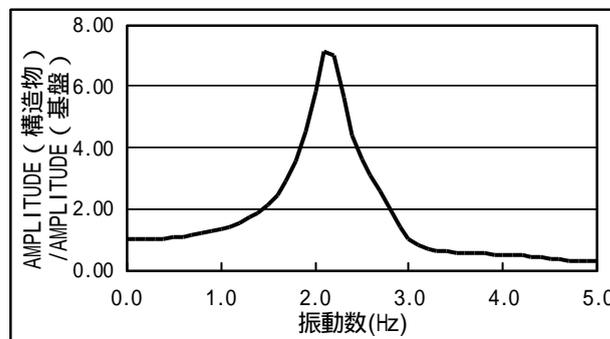
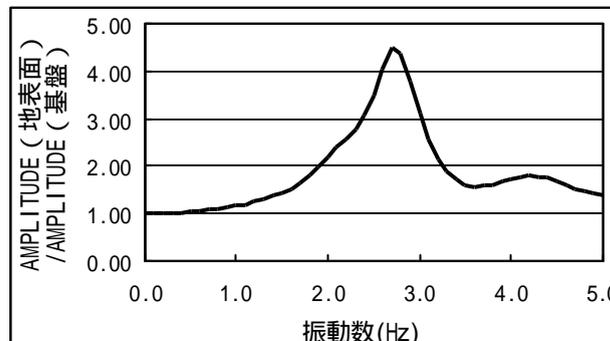


図1 解析に用いた3次元FEMモデル



a)上部構造物卓越時



b)地盤卓越時

図2 周波数応答解析による伝達関数

境界非線形、3次元FEM解析、滑り・剥離

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2 - 8 - 38

TEL 042 - 573 - 7262

FAX 042 - 573 - 7248

〒136-0071 東京都江東区亀戸 2 - 25 - 14

TEL 03 - 3683 - 0721

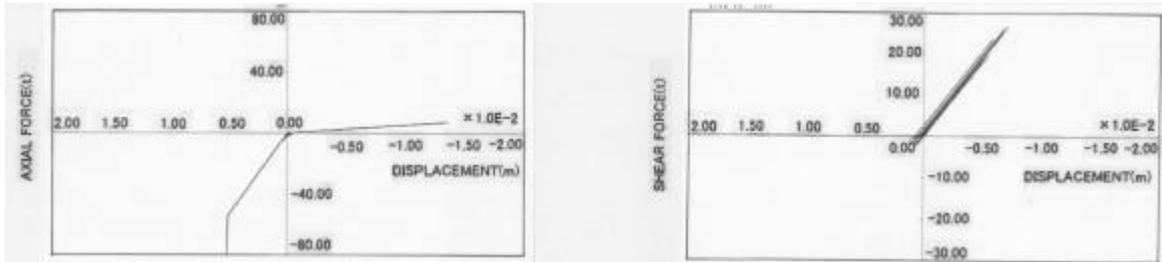
FAX 03 - 5628 - 7211

3. 解析結果

(1) 基礎と地盤の境界部の荷重 - 変位関係

境界非線形解析における結果として、上部構造物の卓越振動時における境界部の Joint 要素の荷重 - 変位関係を図3に示す。図3は、入力方向に対して 1/4 位置の地表面位置での関係を示しているが、基礎の軸方向の引張側に関しては静止土圧を上回ると剥離が生じ、圧縮側では強い抵抗を示しており、せん断方向に関しては上限値を上回ることにはなかったが、剥離が生じた時点で境界面においてせん断力がゼロとなっていることがわかる。

このように、境界部では滑り・剥離現象が生じていることを確認することができた。



a)軸方向

b)せん断方向

図3 基礎と地盤の境界部の荷重変位関係

(2) 基礎と地盤の瞬時モード

接触面での挙動として基礎と地盤の瞬時モード(平面図および断面図の 1/2 周期分)を図4に示す。

上部構造物卓越時の場合を a) に示すが、基礎背面で剥離が生じていることがわかる。また地盤卓越時を b) に示すが、基礎はあまり揺れず、地盤が主体となって揺れることにより基礎の前面から剥離を生じていることが確認できる。

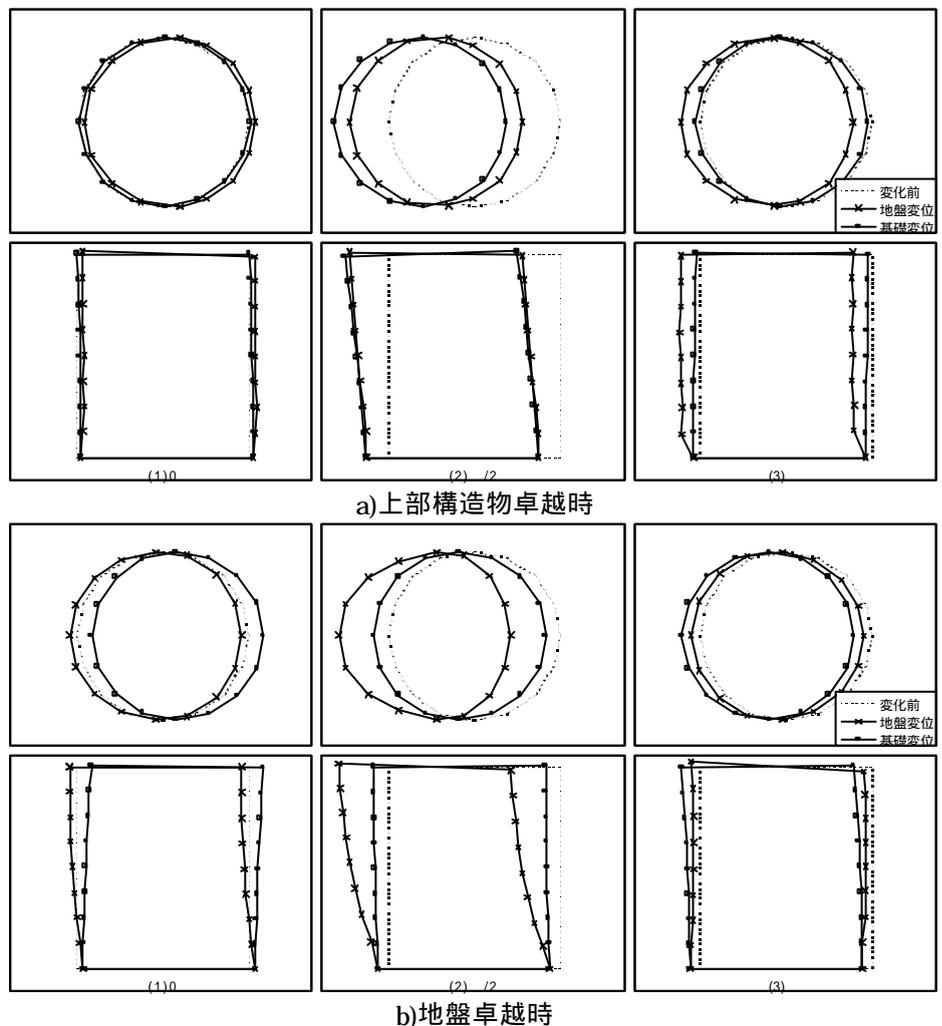
また、ケーソン基礎の変位量が地盤の変位量を上回る現象が存在したが、これは境界部の有限ばねの設定方法の影響によるものである。

4. まとめ

本解析で、ケーソン基礎と地盤間における滑り・剥離現象の挙動を把握できた。また、上部構造物卓越時と地盤卓越時とでは、滑り・剥離現象が生じる箇所が異なることも確認できた。

なお、本研究は、地盤を線形として解析を行ったものであり、今後は地盤を非線形として解析を行うことが課題である。

【参考文献】1)動的解析と耐震設計 第2巻 動的解析の方法：土木学会



a)上部構造物卓越時

b)地盤卓越時

図4 基礎と地盤の瞬時モード