

群馬大学 学生会員 ○若井 明彦

群馬大学 正会員 鵜飼 恵三

1. はじめに

大地震時には地盤内の塑性化が顕著になるため、杭-地盤間の動的かつ非線形な相互作用の評価が現象予測の精度を大きく左右する。筆者らはこれまで群杭・単杭の静的な室内水平載荷実験を行い、その挙動を地盤の材料定数をそのまま用いた3次元弾塑性FEMにより十分に再現できることを確認している¹⁾。本研究はこれを動的問題に拡張し、単杭の地震時挙動を数値解析的に把握することを試みたものである。

2. 解析手法

室内実験¹⁾で用いられた砂地盤中の単杭を想定して振動解析を行った。杭は長さ170cm、直径5cm、肉厚1.5mmのアルミ製中空円筒杭である。上部構造物の重量は簡単化のため杭頭部に集中していると仮定し、杭体要素を地盤上に5cm延長させ質量(今回は100kg)を付加することで表現した。使用した要素は20節点アイソパラメトリック要素である(図1)。

杭は弾性体とし、地盤は弾完全塑性体、非関連流れ則を仮定した。地盤の降伏条件として Mohr-Coulomb式、塑性ポテンシャルには Drucker-Prager式を用いたMC-DP混合モデルを採用し、主働域内の過度な引っ張り応力発生を制御するため、応力分配法に基づく no tension 解析を実施した。基盤に入射する地震波は正弦波とし、最大加速度は200gal、差分時間間隔は地震波周期の1/100とした。系の減衰特性はRayleigh減衰を仮定した。

3. 解析結果

図2の実線はそれぞれ地盤、杭頭部(上部工)の加速度応答倍率(太線)および基盤との振動位相差(細線)である。比較のため地盤を弾性体と仮定した場合の結果も破線で記した。地盤の共振曲線については杭体モデルを取り除いたメッシュにおける地表面の応答を調べた。地盤は5Hzと12.5Hz付近に固有周期を持っている。杭の固有周期もほぼそれに近いが、2次周期が地盤のみの場合よりやや長周期側に寄っており、その応答も小さくなっていることがわかる。弾塑性では位相差曲線の立ち上がりが弾性より緩慢であることから推察されるように、振動によるエネルギー減衰が大きく応答倍率が小さくなるが、この影響は特に高周波数領域で顕著になる。

図3の太線は杭内部曲げ歪分布最大時の結果を入力周波数毎に整理したものである。実線は弾塑性、破線は弾性解析結果を表す。ま

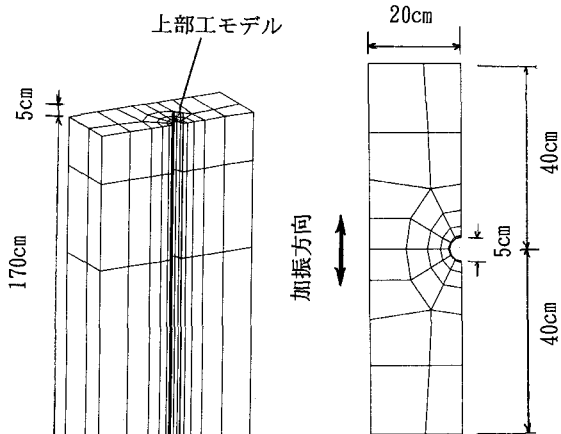


図1.メッシュ分割図

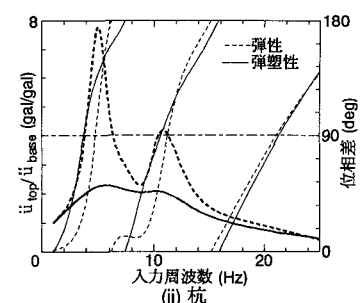
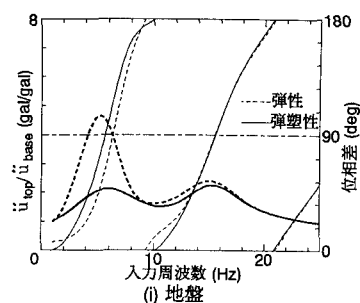


図2.基盤に対する加速度応答倍率および振動位相差

た動的解析において杭頭部(上部工)要素に作用していた慣性力を、水平せん断力として杭頭に作用させた場合の静的解析結果¹⁾も細線で併記した。図2と比較すれば分かるように歪最大値は応答倍率にほぼ比例している。応答倍率は弾性の方が常に大きい、歪の最大値は弾塑性の方が大きくなる場合があることに注意されたい。弾性、弾塑性ともに2次周期付近(10Hz付近)のケースでは深い位置で小さい歪値をとるが、これは振動モードの性質からも容易に理解出来る。1次周期(5Hz)前後の周波数における弾性解析値は、杭の振幅が杭径の50%に至る大変形であるため、杭下端の固定部における曲げモーメントの影響が地盤深部で若干表れている。歪最大値は弾性解析のみに着目すると、各周波数を通じて動的結果よりも静的結果の方が大きめに出ている。弾塑性の方は2次周期付近では弾性と同様の傾向が見られるが、1次周期付近では逆に動的結果の方が危険側の値を与えていることが分かる。最大歪発生位置は弾性では静的、動的に差は見られないが、弾塑性では地盤内部塑性化の影響で、歪最大値が大きいケースの方が発生位置も深くなる傾向がある。

4. おわりに

3次元動的弾塑性FEM解析により杭-地盤系の地震時挙動をシミュレートした。静的震度法設計の現状予測に対する妥当性は入力周波数の大小と地盤内の塑性化に密接に関わっており、その挙動を正確に把握するためには動的弾塑性解析が必須であることが分かる。

本研究にあたり貴重なご意見を頂いた(株)建設技術研究所の五瀬伸吾氏に記して謝意を表します。

参考文献

1) 鶴飼憲三, 齊藤亮, 五瀬伸吾, 若井明彦, 群杭・単杭の水平載荷実験と解析, 第7回計算力学シンポジウム, 1993

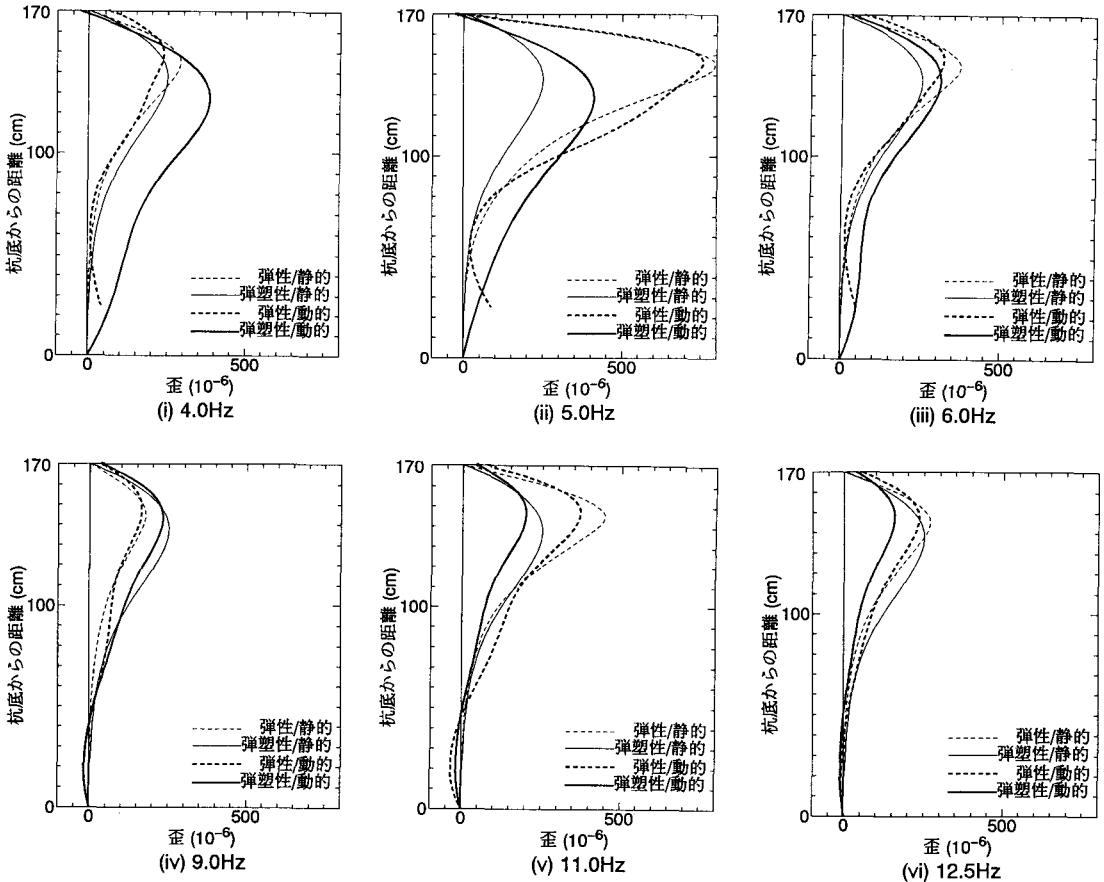


図3.各入力周波数における 杭内曲げ歪分布最大値