

CS4-8〔I〕

液化時の杭挙動の解析的検討

清水建設(株) 正会員○大槻 明 吉見吉昭  
 清水建設(株) 正会員 横山一智 福武毅芳

1. はじめに

軟弱地盤中の杭基礎の地震時挙動は周辺の地盤震動に支配され、特に地盤変形によって杭に大きなひずみが生じることが指摘されている。本報文では、二次元有効応力解析により液化時の杭基礎の地震時挙動や液化化対策を目的とした部分地盤改良が杭の応答に与える影響を検討した。

2. 解析手法

使用した解析コードは、有効応力法に基づいた地盤-建屋相互作用二次元解析コードALISS<sup>1)~3)</sup>である。ALISSはこれまでに直接基礎を有する建屋の土槽振動台実験のシミュレーション<sup>2)3)</sup>を実施し、非線形地盤-建屋相互作用問題における解析コードの有効性と適用限界を検討した。三次元的効果の強い杭基礎の挙動を二次元でモデル化することには問題を含むが、検討の第一ステップとして、図1の解析モデルに示すように杭長30mの群杭を4本の梁要素で、高層建物および地下はパネと梁要素で、また、地盤は二次元平面ひずみ4節点ソリッド要素でモデル化した。解析モデルの左右側方は周期境界、底面は固定境界とした。本モデルの建屋系および周辺地盤系の1次モードが卓越する固有周期はおおよそ4秒および0.66秒である。対象地盤の初期応力はK<sub>0</sub>状態の成層地盤として求めた。TAFT-EW波(200Gal)を10秒間入力し、地盤改良を考えない場合と地盤改良としての締め固め地盤改良を行った場合の2ケースについて解析を行った。解析に使用するR-OモデルおよびおわんモデルのパラメータはN値等および既往のデータを基に決めた。

3. 解析結果

地盤改良無しの解析ケースについて建屋基礎近傍の地表および建屋トップの加速度波形を図2に示す。地表および建屋トップの最大加速度はそれぞれ280Gal、230Galである。本報文には示していないが、地盤改良有りの解析ケースの地表および建屋の加速度波形は概ね図2の結果と一致しており、周辺地盤の部分改良が加速度に与える影響は小さい。図3には地盤改良有り無しの場合について間隙水圧比波形を示す。両ケースとも遠方地盤では間隙水圧比は1.0に至っているが、杭近傍の地盤改良により改良地盤および周辺の間隙水圧比は抑えられ、例えば外杭近傍の間隙水圧比は0.8から0.4(要素D)になっ

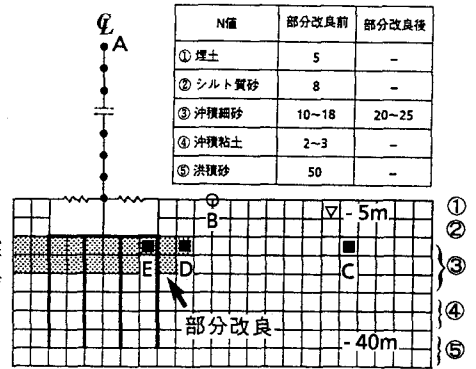


図1 解析モデル

っている。地盤改良無しの場合の応力経路と応力・ひずみの関係を図4に示す。液化化に至っている周辺地盤では2%のせん断ひずみが、杭に囲まれている地盤は液化化していないため0.1%程度のひずみがそれぞれ生じている。4本の杭は地表から第3番目の層の液化化に伴う表層地盤の大きな変位を受け持っていることが図5の変形分布図から分かる。当図では建屋の変形分布は省略した。このため、図6の曲げモーメント図が示すように杭頭で大きな断面力が生じている。一方、同図に示す地盤改良を施した場合の曲げモーメント図から分かるように地盤を部分改良することにより杭頭の断面力がかなり低減していることが認められる<sup>4)</sup>。一方、杭が洪積層に貫入した部分の曲げモーメントは両ケース共に同程度で、大きな値となっている。図7に示す上部構造物を無視した杭-基礎系の曲げモーメント図から上部構造物の応答が杭の断面力に与える影響は小さく、杭断面力は周辺地盤の変形に支配されている。

4. おわりに

杭基礎の地震時挙動を二次元でモデル化することには問題を含むが、本解析で確認した傾向は既往研究<sup>5)6)</sup>で

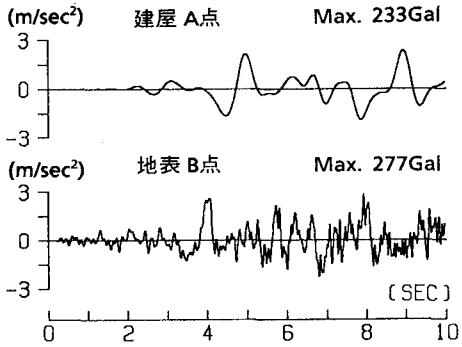


図2 加速度波形(改良前)

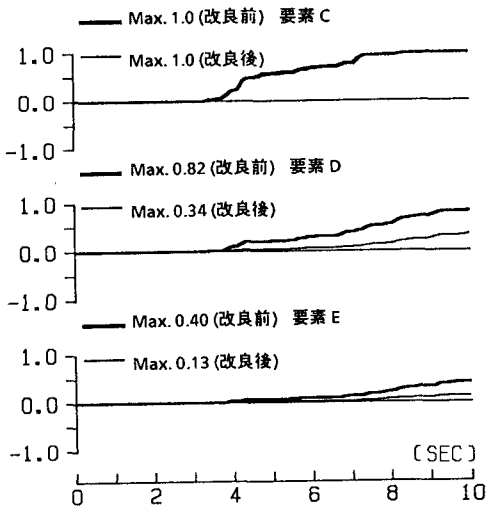


図3 間隙水圧比波形

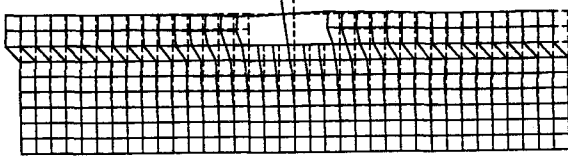


図5 時刻10秒の変形分布図(改良前)

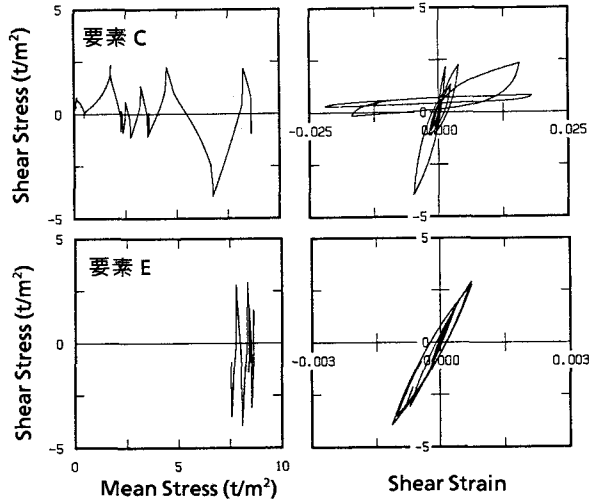


図4 要素 C,Eの応力経路と応力・ひずみの関係(改良前)

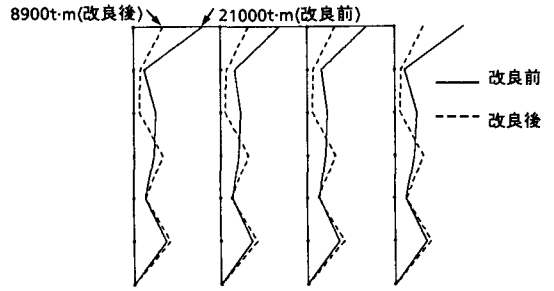


図6 杭の曲げモーメント図

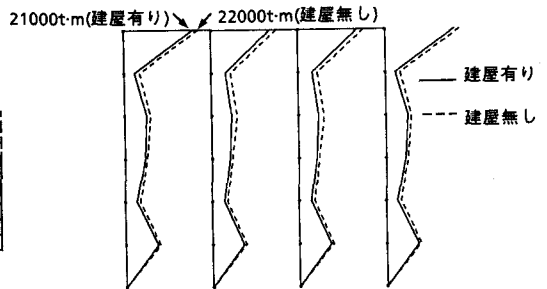


図7 杭の曲げモーメント図(上部構造物無し)

指摘されている杭挙動と一致しており、一解析例であるが本手法を用いることにより大地震時の杭構造物の定性的な検討が可能であることを示している。

参考文献 1) Ohtsuki A. & T. Itoh : Two - dimensional effective stress analysis of liquefaction of irregular ground including soil - structure interaction : Earthquake Eng. Struct. Dyn. 15 (1987) 2) Fukutake K., A. Ohtsuki, M. Sato & Y. Shamoto : Analysis of saturated dense sand-structure system and comparison to results from shaking table test, Earthquake Eng. Struct. Dyn. vol.19 (1990) 3) Ohtsuki A., M. Hirota, K. Ishimura, K. Yokoyama & K. Fukutake : Verification of Two Dimensional Nonlinear Analysis of Sand - Structure System by Examining Results from Shaking Table Test : Earthquake Eng. Struct. Dyn. (1992. in press) 4) 吉見吉昭「超高層建物における液状化対策」基礎工 vol.19 no.117-22(1991) 5) 岩崎敏男・龍岡文夫・坂場義雄「砂層中の杭の挙動荷関する模型振動実験」第14回地震工学研究発表会(1981) 6) 田蔵隆・中桧新・清水勝美 他「基礎杭の地震時挙動を支配する外的要因の定量的検討」第18回地震工学研究発表会(1985)