

I - 821

円筒形構造物の杭基礎の液状化挙動(その1: 三次元解析)

清水建設(株) 正会員 ○ 福武毅芳 大槻 明

清水建設(株) 正会員 鈴木 健

1. はじめに 本研究では、杭基礎を有する円筒形の構造物(例えばタンクや建築物など)と地盤の動的・非線形相互作用問題を扱う。実際に近い挙動を解明するという観点から、三次元有効応力解析を実施し、液状化も含めた杭基礎の地震時の非線形挙動を検討する。

2. 解析手法 解析に用いたプログラムは、陽解法によるHiPER^{1),2)}である。有効応力法に基づいた非線形地盤・建屋相互作用解析コードで、ダイレイタンシーや過剰間隙水圧、水圧上昇に伴う地盤剛性の低下などの地盤の三次元非線形挙動が表現できる。土の構成式^{3),4)}としては、せん断応力・せん断ひずみ関係として三次元に拡張した修正Ramberg-Osgoodモデル、せん断ひずみ・ダイレイタンシー関係としておわんモデル(Bowl Model)を使用している。水は土粒子骨格に比べて体積変化がないものとして水の体積弾性係数 K_w を十分大きな値で評価し、非排水条件を課することにより過剰間隙水圧を求めている。

3. 解析モデルと解析条件 図1に、地盤・構造物系モデルの概要を示す。地震動は、El Centro波(N-S成分)を振幅100Galとして15秒間一方向に入力した。解析時間間隔 Δt は、クーラン条件から安定な解が得られるように $\Delta t=0.0005$ 秒とした。モデル全体の有限要素分割と、円筒形構造物の水平面内の要素分割ならびに杭配置を図2に示す。対称性を考慮して $\frac{1}{2}$ モデルとした。杭中心間隔は2~3m程度である。

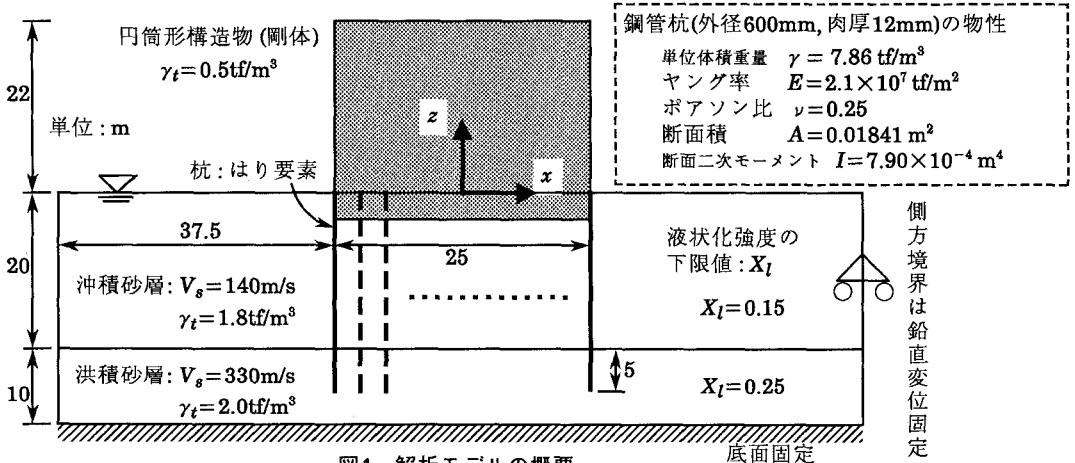


図1 解析モデルの概要

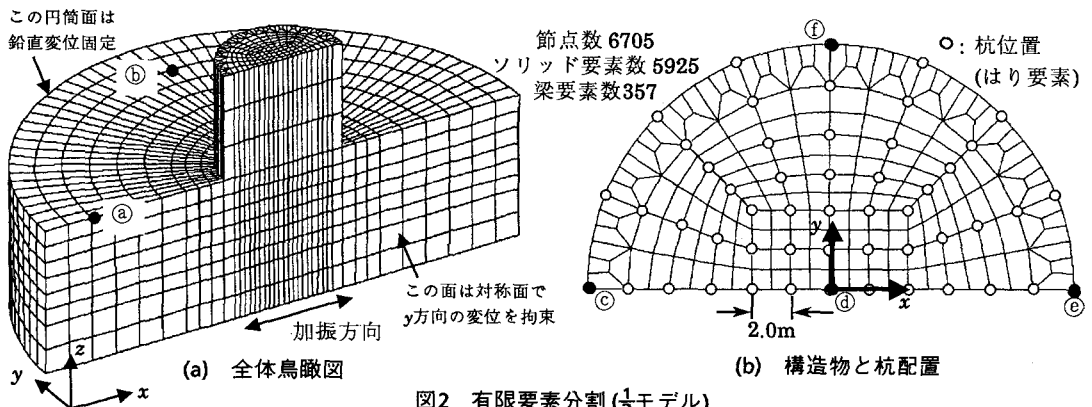


図2 有限要素分割($\frac{1}{2}$ モデル)

4. 解析結果 各杭における杭頭の断面力(動的成分のみ)を図3に示す。各図の高さ(縦軸)が断面力を表す。図中の記号㉔~㉑は、図2(b)に示す杭位置に対応している。せん断力や曲げモーメントの分布形状は、各杭の荷重分担の違いにより中心杭㉑で最小となるおわん型となっており、せん断力と曲げモーメントの最大値は奥の杭㉑で生じている。杭㉑の値を1.0(最小)とすると、杭㉔のせん断力は1.38、杭㉑のせん断力は1.80(最大)となり、杭㉔の曲げモーメントは1.22、杭㉑の曲げモーメントは1.53(最大)となる。実際の地震では二方向同時加振(x と y 方向の同時加振)となるので、杭㉔~㉑の円周上の杭の断面力はほぼ等しくなると考えられる。図4には、図2(a)の節点㉑と㉒の地表面変位(x 方向)の時刻歴を示す。両節点ともに、構造物の中心から40mの距離に位置する。節点㉑よりも㉒の方が振幅が大きく、手前側よりも奥側が大きく揺れている。さらに節点㉑では、残留変形も生じている。節点㉑では杭基礎の影響により変位が抑制され、㉒より振幅が小さくなったと考えられる。加速度は図示していないが、その最大値は節点㉑で135Gal、節点㉑で153Gal、構造物頂部で181Galであった。図5には、過剰間隙水圧比のコンターを変形と併せて示す。杭の地盤変形拘束効果によって、基礎直下では周辺地盤よりも水圧が10%ほど小さくなっている。図からは分かりにくいですが、同じ深度における構造物直下の過剰間隙水圧比はほぼ同じであり、場所による違いはあまり認められない。

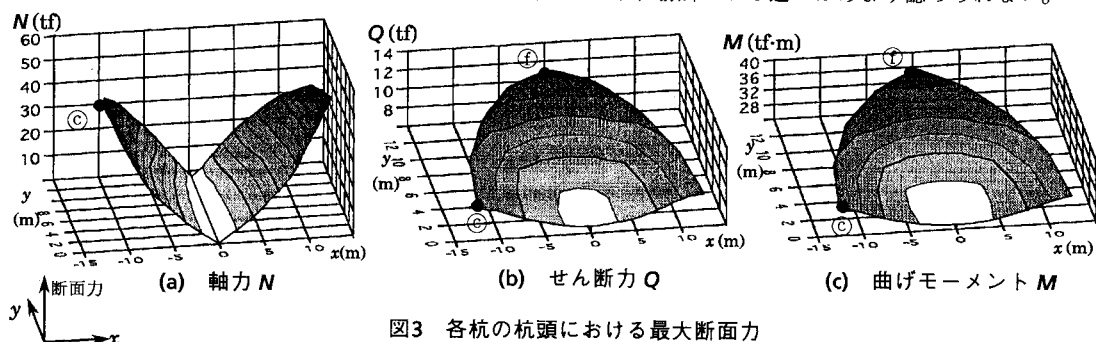


図3 各杭の杭頭における最大断面力

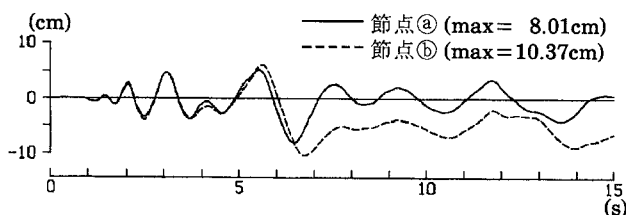


図4 地表面の x 方向変位の時刻歴

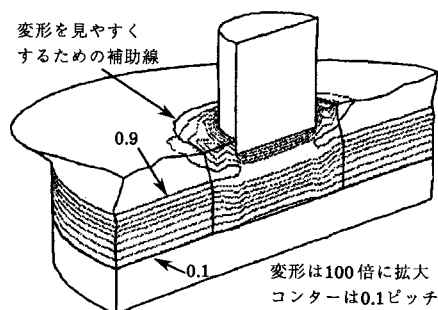


図5 変形と過剰間隙水圧比のコンター(時刻=15秒)

5. おわりに 液状化も含めた三次元非線形解析により、群杭基礎の各杭の動的挙動が表現できたと考えられる。特に内側の杭よりも外側の杭で荷重分担が大きくなる傾向が確認できた。今後はこのコードを用いて、詳細な液状化時の群杭挙動や、杭を含む複合基礎の合理的な液状化対策に適用していきたいと考えている。

- 参考文献**
- 1) 大槻 明・福武毅芳:地震時における超々高層建築物・地盤系の有効応力解析,その2 三次元解析による多方向入力応答の検討,日本建築学会大会学術講演概要集, pp.301-302 (1993)
 - 2) 大槻 明・福武毅芳・藤川 智・佐藤正義:液状化時群杭挙動の三次元有効応力解析,土木学会論文集 I (投稿中)
 - 3) 福武毅芳・松岡 元:任意方向単純せん断におけるダイレイタンスの統一的解釈,土木学会論文集, No.412/Ⅲ-12, pp.240-248 (1989)
 - 4) 福武毅芳・大槻 明:三次元液状化解析による部分改良地盤の効果の予測,地盤の液状化対策に関するシンポジウム,土質工学会, pp.205-210 (1991)