

Ⅲ - A 129 液状化による側方流動地盤により杭に作用する土圧に関する一考察

運輸省港湾技術研究所 正会員 ○一井康二

同上

同上

井合 進

1.はじめに

地震により液状化した地盤が側方流動し、構造物の基礎杭に損傷を与えた例がこれまで数多く報告されている。これらの側方流動による杭の損傷メカニズムを検討する際に検討課題となる点の一つが、杭周辺の地盤の挙動、特に杭間をすり抜ける地盤と杭との相互作用の問題である。これらは、被災事例の詳細な検討、模型実験および数値解析等によって総合的に検討されるべき問題であるが、ここでは数値解析的に検討を行った。杭を含む地盤の数値解析を行う際には本来は三次元の解析を行う必要があるが、現段階では三次元の有効応力解析を精度よく行うのは難しい面がある。そこで、本研究では二次元の有効応力解析プログラムを用い、杭周辺の側方流動地盤と杭との相互作用の問題のみに焦点を絞り検討を行った。

2.解析手法

解析には二次元の有限要素法による有効応力解析プログラム FLIP を用いた。二次元の平面内に杭をモデル化するため、杭を含む地盤を水平断面を上から眺めたとして図-1 に示すような 9×9 のメッシュ断面を作り、中央の1要素を杭、その他の要素を土要素と考えた。杭要素としては円形の要素を考えるのが本来は正しいが、今回は簡単のため正方形のまま検討することとした。また、解析はここでは平面ひずみ条件で行っている。また、各要素のサイズは一辺 2m とした。

解析の第一ステップとしては地震前の状態を作成するため、図-1 の様に 98kPa で全体を等方圧密した。実際の地盤では深さ方向に応力状態が異なり、また、紙面奥行き方向の応力（深さ方向応力）が紙面水平方向の応力よりも大きくなる（ K_0 圧密状態）と考えられるが、ここでも簡単のため以上の条件は無視することにした。

解析の第二ステップとしては、図-2 の様に要素全域にせん断応力を加え、各土要素を液状化させた。

解析の第三ステップとして、図-3 に示すように右側方境界及び左方側方境界に強制変位を与えた。側方流動を生じさせる手法として、右側面より分布力を与える方法もあるが、ここでは数値解析の安定性の問題から強制変位を 0.1m 与えた。

3.解析結果

図-4 に側方流動後の変位を 10 倍に拡大して示す。また、比較のため、液状化を生じさせなかった（Step2 を省略した）場合の変位を図-5 に示す。両者ともほぼ同様に、ひずみの生じている範囲は広く、杭から解析範囲上端までほぼ全域にせん断ひずみが生じている。しかし、非液状化のケースでは杭に隣接する要素にひずみがやや集中し、杭径の2倍ないし3倍以上離れた要素では大きなひずみは生じていない。

杭に加わる土圧（側方流動圧）を検討するため、杭前面の土要素（図-4 及び 5 中の A～I）における X 方向応力 σ_x の最大値を図-6 に示す。杭の直前で応力が増加し、側方流動圧が杭全面に集中している。しかしながら、液状化時は相対的に杭前面の側方流動圧の値が非液状化時に比べて小さく、液状化によるせん断抵抗の低下とともに杭に作用する側方流動圧が小さくなったと解釈できる。なお、側方流動圧の絶対値そのものは強制変位量などにより変化するものであり、ここではあまり意味は持たない。

キーワード：液状化、側方流動、杭、地震

連絡先：〒239 横須賀市長瀬 3-1-1 運輸省港湾技術研究所地盤震動研究室 E-mail: ichti@ipc.phri.go.jp

4.まとめ、および今後の課題

二次元の有効応力解析プログラムを用い、杭周辺の側方流動地盤と杭との相互作用について検討を行った。解析の結果、側方流動変位により杭に作用する土圧について解析的に検討できる見通しが得られた。しかし、本解析は、平面ひずみ条件や境界条件、杭の形状、解析範囲など種々の仮定のもとで一種の思考実験として行っている。今後は、現実の地盤における条件との整合性をより詳細に検討するとともに、実験等の結果と比較検討する必要がある。また、単杭のみでなく群杭の場合の地盤の挙動や、杭間をすり抜ける地盤との杭の相互作用についても今後、検討を加えていきたい。

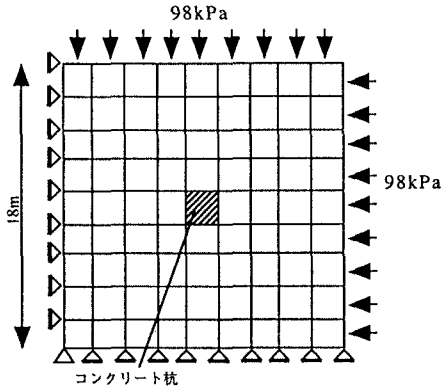


図-1 Step-1: 等方圧密

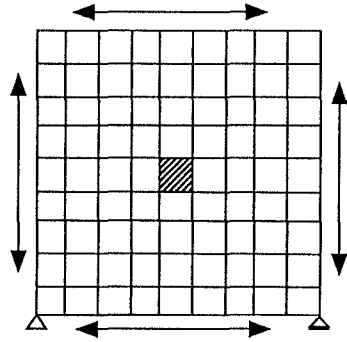


図-2 Step-2: 液状化

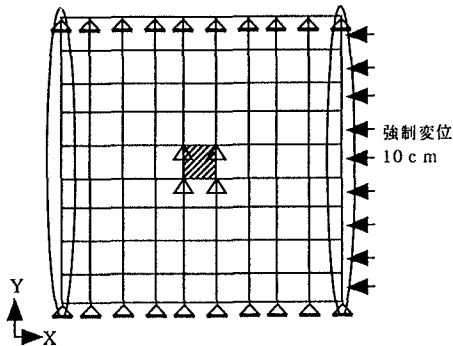


図-3 Step-3: 強制変位

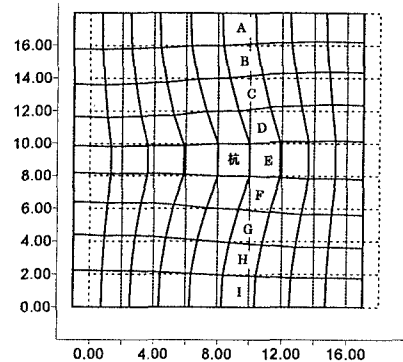


図-4 強制変位後の変位モード（液状化時）

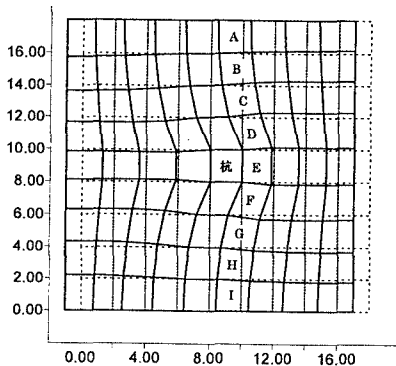


図-5 強制変位後の変位モード（非液状化時）

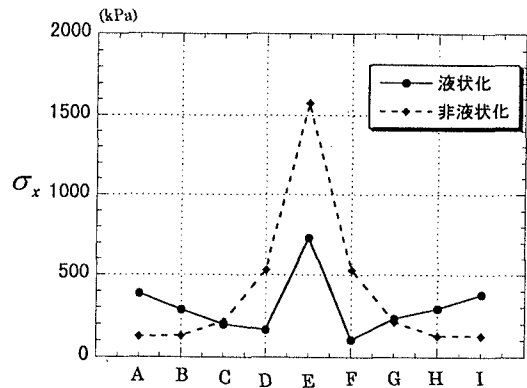


図-6 杭前面列での σ_x