

側方流動に伴う杭基礎への流動圧軽減対策についての遠心模型実験

国土交通省 中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所 正会員 ○水谷 享二
独立行政法人 港湾空港技術研究所 正会員 田中 智宏

1. はじめに

実用化されている液状化対策工法には多大なコストを要するものが多く、数多くの港湾施設において液状化対策は遅れている。液状化対策を全国の港湾に普及させて地震防災力を高めるためには、各種の液状化対策の経済性を高めるとともに技術的信頼性を検証し、費用対効果が大きい設計手法を確立することが必要不可欠である。そこで、本研究では杭基礎を改良体によって取り囲む部分的な対策工が、効果的且つ経済的な液状化対策の一方策となると考え、液状化抑制および杭の変形抑制の効果を確認することを目的とした基礎的な遠心模型実験を行った。

2. 実験概要

図-1 に実験模型を示す。長さは 50G 場における模型スケールである。無対策の場合（ケース 1）と対策工として杭全周を改良体で取り囲んだ場合（ケース 2）の 2 種類の模型地盤を作成した。間隙流体は粘性流体（セルロース溶液）を使用した。地盤構成は最下層に基盤として固化層を設け、その上に埋立地を模した液状化層を配し、地下水面には不飽和層を設けた。基礎構造物模型は直径 1200mm の場所打ち RC 杭 4 本をフーチングで剛結した杭基礎をプロトタイプとした。水平慣性力のみ考慮するよう上部構造物無しの構造とした。境界条件を明確にするため、杭模型下端は土槽底面に固定し、杭の曲げ剛性の相似則が実物と一致するようにモデル化した。改良体模型は鋼板箱形構造で底面は土槽に固定した。改良体は固化処理土をプロトタイプとし、改良体一面あたりの曲げ剛性の相似則のみ一致させた。入力加速度は図-2 に示すように振動数 1.2Hz の正弦波とし、最初の 15 波は加速度振幅 240Gal、次の 15 波で加速度振幅を 60～70Gal 程度まで漸減させた後、同じ振幅で 30 波入力した。

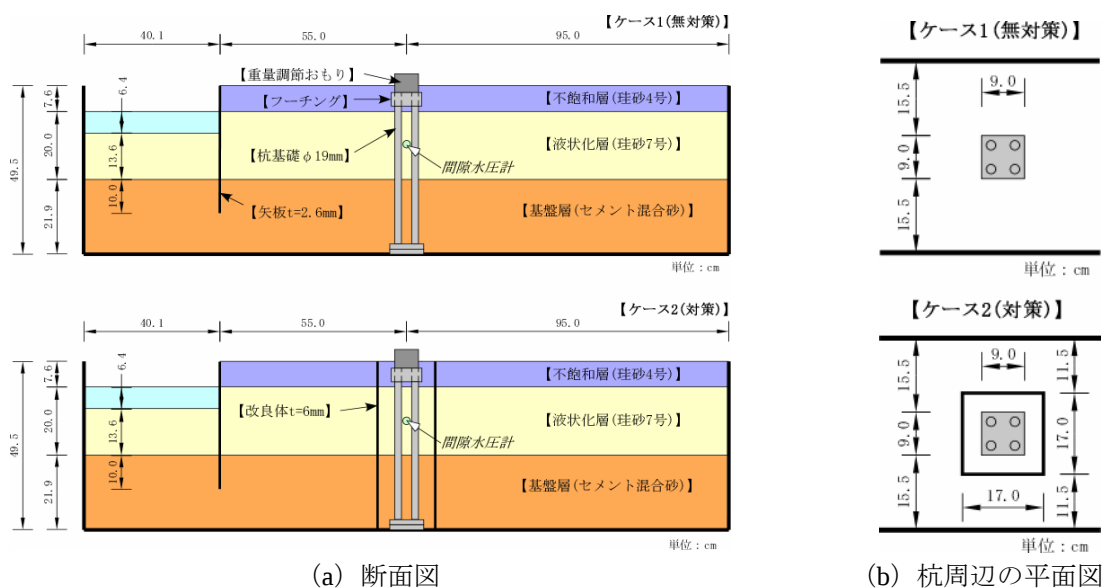


図-1 実験概要図

3. 実験結果

図-3 に杭基礎直近の液状化層内における過剰間隙水圧の時刻歴を示す（図-1 参照）。グラフの縦軸は加振により発生した過剰間隙水圧を初期有効上載圧で除した過剰間隙水圧比で整理した。なお、これ以降の結果図は全て実物換算値で示した。ケース 1 では加振開始と同時に過剰間隙水圧が上昇

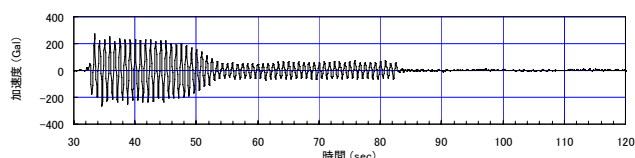


図-2 入力加速度の時刻歴

キーワード 地震、液状化、遠心模型実験、側方流動

連絡先 〒734-0014 広島県広島市中区三川町 2-10（愛媛ビル 6F）

TEL082-545-7017

し、加振から約 25 秒後に過剰間隙水圧比で 1 に至り液状化した。加振中はその状態を維持し、加振終了後にゆっくりと消散し始める。一方、ケース 2 では加振開始直後から過剰間隙水圧は上昇し始める。加振振幅の大きい約 35 秒～55 秒間では改良体の影響により動水圧が発生している。動水圧の振動成分を除くと最大過剰間隙水圧比は 0.86 程度である。しかしながら無対策時と異なり、約 55 秒以降の小さい加振振幅になると過剰間隙水圧の消散が始まる。これは、小さい加振振幅では地盤のせん断変形が改良体により抑制されること、周辺地盤の過剰間隙水圧の流入が改良体により阻害されたことに起因するものと考えられる。

図-4 は曲げひずみの計測値から計算した杭基礎曲げモーメント深度分布図である。ここでは海側に凸の変形がプラスである。ケース 1 を見ると、加振中海側に慣性力が働くとき(図中▲)に杭頭部と基盤層境界付近で大きな曲げモーメントが発生している。基盤層内では負の値を示す。一方、陸側に慣性力が作用するとき(図中■)は曲げモーメントが比較的小さい。ケース 1 では流動の影響でフーチングが海側へ変位していくため、液状化層内では海側に凸の変形をしている。また、基盤層では受働抵抗により杭基礎は凹の変形をする。杭基礎の曲げモーメントは加振後と比較して加振中の方が大きく発生することがわかる。またケース 2 と比較すると、改良体により杭基礎を囲うことで加振中や残留時において杭基礎に発生する曲げモーメントの値を大きく低減している。

図-5 は曲げモーメントの深度分布をスプライン関数で補完し、さらに 2 階微分を行うことで杭基礎に作用する荷重を推定した¹⁾。地盤反力は陸側へ作用する値がプラスである。無対策のケース 1 を見ると、液状化層内では海側方向へ地盤反力が作用し、基盤層内では陸側方向へ受働抵抗力が作用している。残留時の地盤反力は加振時よりも小さいものの比較的大きな値である。ケース 2 では加振中には液状化層で大きな地盤反力値であるが、無対策のケース 1 と比較するとその値は小さいことがわかり、杭基礎を改良体で囲むことで地盤反力を低減できた。

4. まとめ

今回行った実験条件においては、改良体内の地盤の液状化を完全に防ぐことはできなかった。しかしながら、発生した過剰間隙水圧の消散が早く、過剰間隙水圧の抑制効果は確認された。また、杭の変形抑制については改良体設置の効果により杭基礎に発生する曲げモーメントや地盤反力を大幅に低減し、加振後の杭基礎の残留曲げモーメントもほとんど生じない結果が得られた。ただし、加振時には残留時よりも大きな曲げモーメントが発生しており、設計への反映にあたっては留意が必要である。【参考文献】1) 菊池喜昭・高橋邦夫・鈴木操：繰返し水平荷重下で大変形する砂地盤中の杭の挙動、港湾技術研究所報告、第 31 巻、第 4 号、pp.33-60、1992.12。

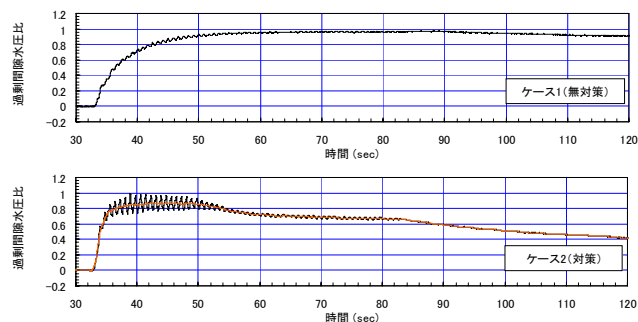


図-3 過剰間隙水圧比の時刻歴

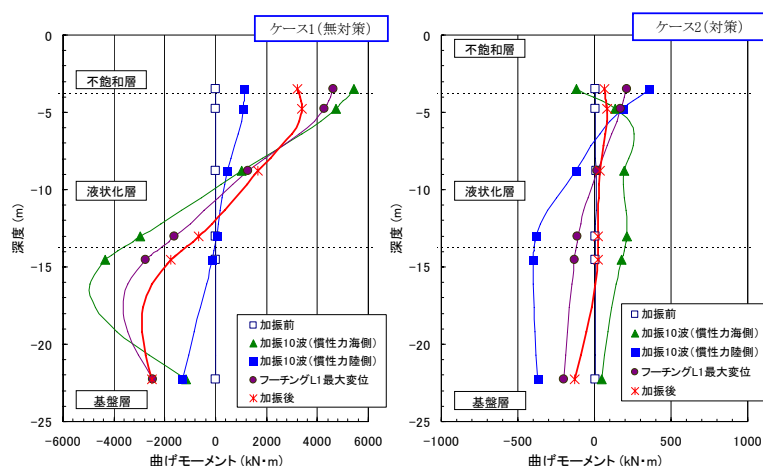


図-4 杭基礎の曲げモーメントの深度分布図

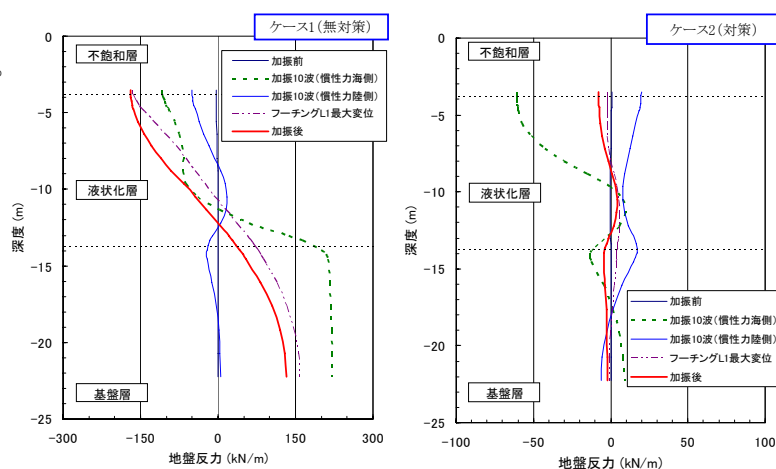


図-5 杭基礎に作用する地盤反力の深度分布図