

## 非液状化層および傾斜を有する地盤における液状化時の杭基礎挙動に及ぼす影響

○ハザマ 正会員 三原 正哉  
 豊橋技術科学大学 正会員 三浦 均也  
 ハザマ 正会員 浦野 和彦  
 ハザマ 正会員 足立 有史

## 1. はじめに

著者らは液状化時の流動を伴う地盤での杭基礎の被災メカニズムを検討するため、一連の1g場模型振動台実験を実施した。文献1)では非液状化層を有する傾斜地盤における液状化時の杭基礎挙動について示した。本報では地表面非液状化層厚および地盤傾斜の影響について報告する。

## 2. 振動台実験の概要

ここでは、図-1に示すように基本ケース（Case st）に対して地表面非液状化層厚および地盤傾斜の影響を検討するため条件の異なる5種類の地盤を対象に1g場模型振動台実験を実施した。

杭基礎模型は外径19.1mm、肉厚1.2mmの鋼管4本と質量10.13kgの剛なフーチングからなり、杭下端は土槽底面に溶接され、上端はフーチングとねじで固定されている。なお、事前に実施した自由振動試験から杭基礎模型の固有振動数は約10Hzであった。

土槽は長さ200cm、深さ60cm、奥行き40cmの鋼製で、土槽の前面と背面には強化ガラスを設置している。地盤は珪砂5号を用い相対密度 $Dr=50\%$ に規定した。地表面非液状化層には透水性の良い角張った川砂利を用い、目が粗く細長い綿製の袋に密に詰め地表面にお互いが密着するよう配置した。各ケースとも事前に実施した正弦波

（振幅5Gal）のステップ加振試験の結果、地盤の固有振動数は約40Hzであった。その他実験模型の詳細は文献1)に示す。

入力加速度は、各ケースとも周波数4Hzの正弦波で継続時間は前後1秒間のテーパ部を含めた12秒間である。加振は予備加振として最大振幅70Gal、その後過剰間隙水圧の消散を確認し、最大振幅150Galの本加振を実施した。

## 3. 実験結果および考察

図-2に各ケースの杭下端部における地盤外力による曲げモーメント $Me$ （=bme9）および地盤中央部の過剰間隙水圧 $p$ （=p1c）の時刻歴を示す。ここで、曲げモーメント $Me$ は杭上下端の結合度を評価したバネモデルを用い、計測さ

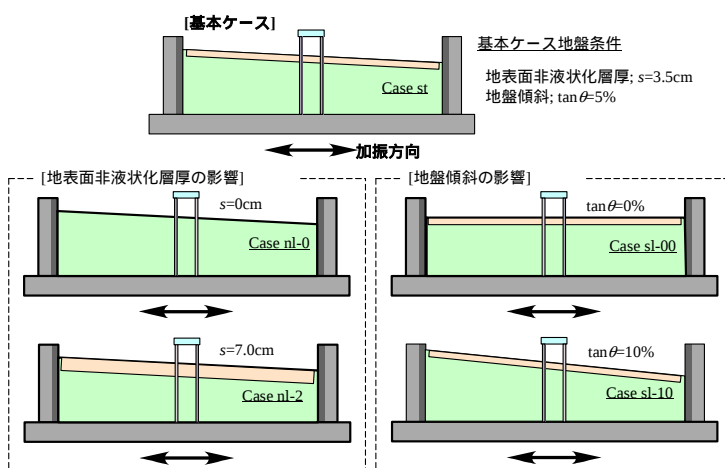


図-1 実験ケース

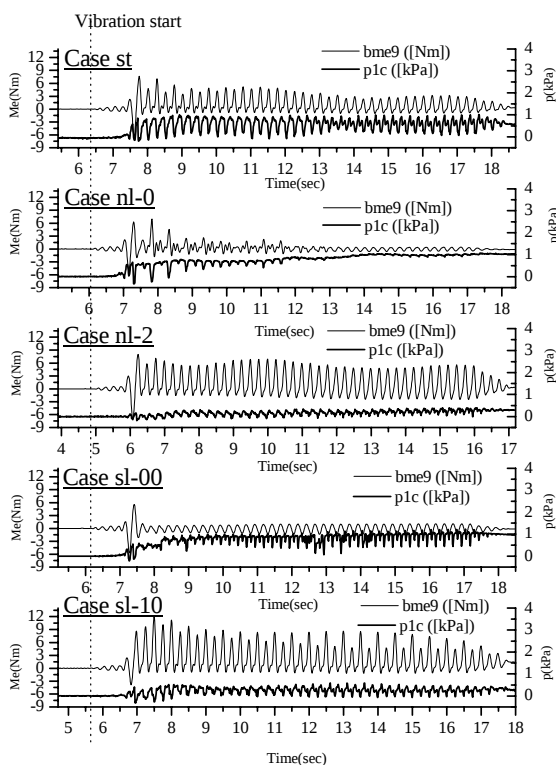


図-2 曲げモーメントおよび過剰間隙水圧

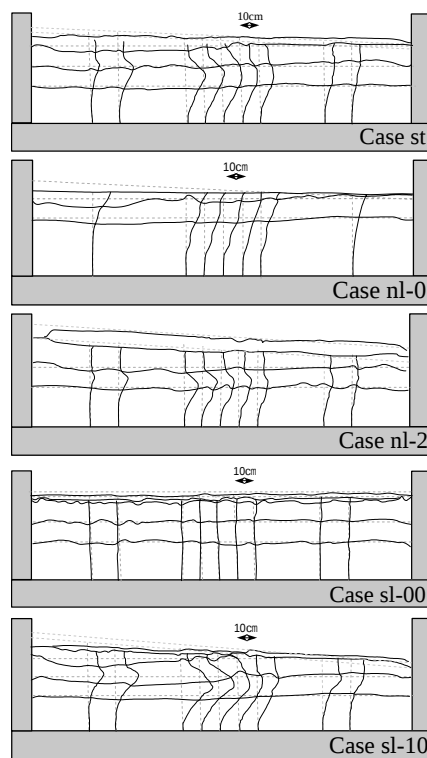


図-3 加振終了後色砂変形スケッチ

キーワード：振動台実験 杭基礎 液状化 非液状化層 側方流動

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 TEL：029-858-8813 FAX：029-858-8819

れた全曲げモーメント  $M_t$  から慣性力による曲げモーメント  $M_i$  を引き算することにより求めている<sup>2)</sup>。図-2よりすべてのケースにおいて加振開始後1秒過ぎには過剰間隙水圧が上昇し、それに伴い曲げモーメントも急激に増加している。これは Case st の結果<sup>1)</sup>同様、過剰間隙水圧の上昇に伴い地盤剛性が低下し、地盤が完全液状化に至る直前における共振現象の発生による影響と考えられる。このことは、地盤傾斜および非液状化層厚にはあまり影響を受けず各ケースとも同様な挙動を示している。なお、完全液状化に至った後、地盤傾斜を有するケースでは傾斜方向への流動が始まっている。次に完全液状化後の挙動においては、非液状化層を有しかつ地盤傾斜がある場合、地盤外力による曲げモーメント  $Me$  は地盤傾斜方向に向かってのみ地盤外力が作用しており、さらにそのサイクルは過剰間隙水圧の挙動で示されるサイクリックモビリティに連動していることがわかる。一方、非液状化層がない場合 (Case nl-0), また、地盤傾斜がない場合 (Case sl-00) については完全液状化後の曲げモーメント  $Me$  の振幅は比較的小さくなっている。図-3に加振後の色砂の変形状況スケッチ図を示すが、地盤傾斜がない Case sl-00 を除くケースでは、傾斜方向へ変形が生じているものの、非液状化層の有無の違いにより、異なる変形状を示している。地表面非液状化層がない場合には地表面に近いほど水平変位量が大きくなっているのに対し、地表面非液状化層を有する場合、杭により非液状化層の変位が抑制されるため、土層中央部約 GL-20cm 位置で最大水平変位を生じている。また、水平変位量は地盤傾斜が最も大きい Case sl-10 (地盤傾斜 10%) で最大値を観測した。

図-4に杭下端部の地盤外力による曲げモーメント  $Me$  の最大値発生時刻における曲げモーメント分布を示す。また同図には、概略的地盤外力を把握するため、地盤外力を直線 (逆三角形) 分布と仮定した場合の解析結果も合わせて示す。地盤外力によって生じた最大曲げモーメント  $Me_{max}$  の分布形状は各ケースとも同様で、直線分布を仮定することで概ね再現できている。地盤外力の合力  $\Sigma P$  は地盤傾斜を 10% とした Case sl-10 で約 280N となり、他のケース (150 ~ 180N) と比較して大きな値となっている。図

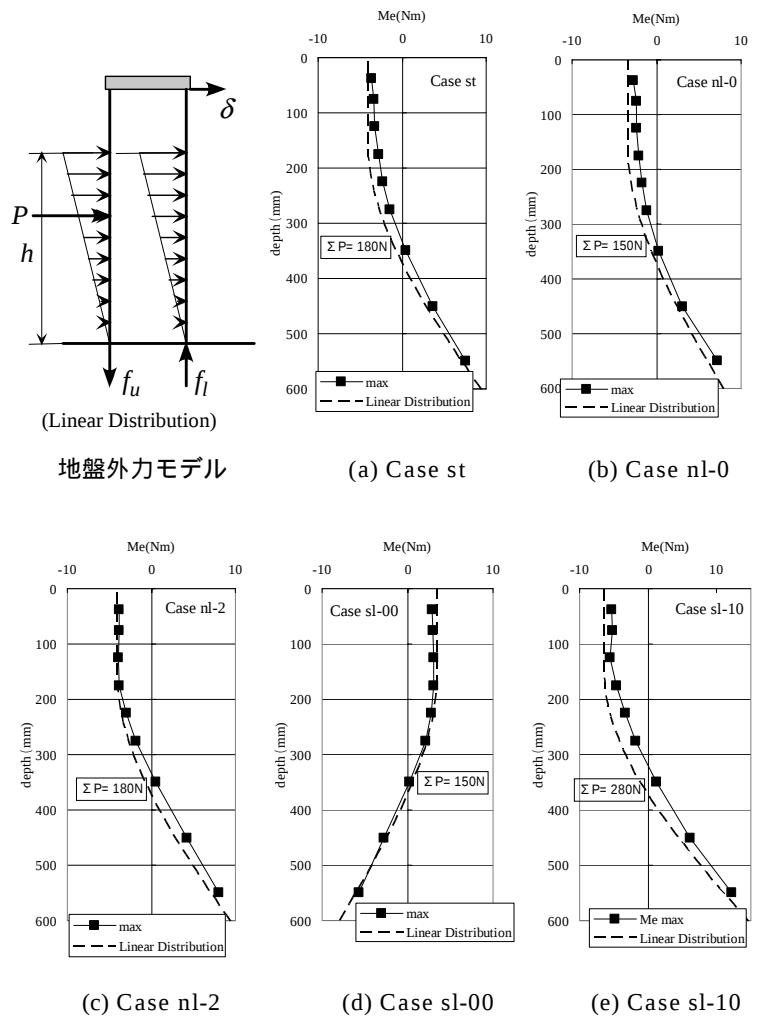


図-4 最大曲げモーメント ( $Me_{max}$ ) 分布

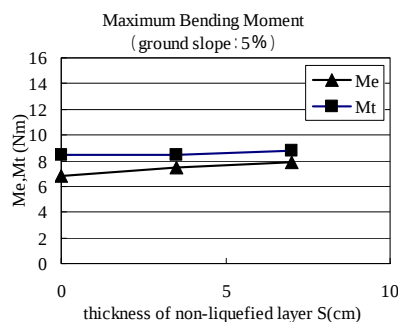


図-5 最大曲げモーメント比較 (非液状化層厚の違いによる比較)

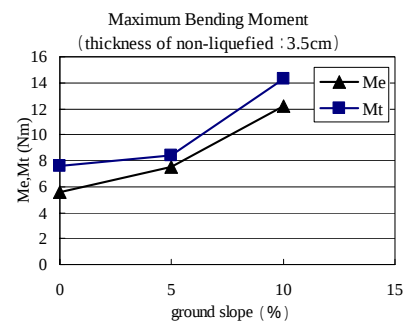


図-6 最大曲げモーメント比較 (地盤傾斜の違いによる比較)

-5, 6に曲げモーメント  $M_t$ ,  $Me$  の最大値と非液状化層厚および地盤傾斜との関係について示す。これらの図からも、最大曲げモーメント  $Me_{max}$  は、非液状化層厚の変化に対してはあまり影響を受けないが、地盤傾斜が大きくなるほど増加する傾向にあることがわかる。ただし、図-3の  $Me$  の時刻歴からもわかるように、非液状化層厚が大きなケースほど、液状化後の繰返し外力の振幅は大きくなっており、累積荷重の観点から評価すると杭に与えるダメージは増加する傾向にあると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、地表面非液状化層を有する地盤における液状化時の杭基礎挙動について地表面非液状化層厚、地盤傾斜の影響を検討した。今後はこれらの結果をもとにより詳細な外力評価および杭基礎の被災メカニズムの検討を予定している。

【参考文献】1) 足立ら: “非液状化層を有する地盤の液状化時杭基礎構造物の挙動”, 第58回土木学会年次講演会, 2003, 2) 三浦ら: “側方流動実験における杭模型の振動特性とバネモデルによる解析”, 第38回地盤工学研究発表会, 2003.