

杭基礎構造物の側方流動対策工に関する遠心模型振動実験

株式会社大林組 技術研究所 正会員 ○佐藤 清
 同上 正会員 樋口俊一
 同上 正会員 松田 隆

1. はじめに

護岸背後地盤や傾斜地盤における杭基礎構造物の地震被害として、地盤の側方流動による基礎杭の変形や損傷を挙げることが出来る。文献¹⁾に示されるように、側方流動が発生すると地表面付近の非液状化層がその下部の液状化層とともに流動し、フーチングに大きな力を及ぼす。本研究では、このような杭基礎構造物の被害を防止するために、非液状化層の流動力の低減などに着目して3種類の対策工法を選定し、遠心模型振動実験により基礎杭の被害低減効果を評価した。

2. 実験方法

実験は50g場での遠心振動実験とした。図-1に実験模型の平面図および断面図を示す。長さ1.9m×幅80cm×高さ60cmの大型鋼製剛土槽を4区画に分割し、未対策モデルおよび3種の対策工モデルの模型を各区画に作製した。1つの土槽に4つの模型を同時に作製するので、各模型に全く同じ加速度を入力することができ、それぞれの応答を直接比較できるメリットがある。模型は護岸とその背後地盤および杭基礎構造物によって構成し、護岸の海側への移動と背後地盤の液状化によって側方流動を発生させた。背後地盤は厚さ3m（以下、すべて実物換算値を示す）の非液状化層（ $\rho_{\text{dry}}=1.33\text{g/cm}^3$, $Dr=58\%$ ）、厚さ12mの液状化層（ $\rho_{\text{sat}}=1.70\text{g/cm}^3$, $Dr=7\%$ ）からなり、どちらも8号硅砂を空中散布して作製した。間隙水には脱気水を使用した。杭基礎構造物は厚さ3mの鋼製フーチングと、フーチングに剛結したステンレス杭（ $\phi 1.0\text{m}$, $t=25\text{mm}$ ）とし、杭は支持層（ソイルモルタル）に9m根入れした。

対策工モデルのうち「ドレーン工法」では、粒径50mmの粗粒砂による $\phi 1\text{m}$ のドレーン杭を、構造物周りに2.5mピッチで32本配置し、下部層の液状化の抑制を期待するとともに、非液状化層の剛性低下によりフーチングに作用する流動力の低減を期待した。「土留工法」では、フーチング上流面に土留および幅2.5mのトレンチを設置し、上流からの流動力を直接遮断した。「流線形」では、フーチングの上流側断面を三角形にすることで、フーチングに作用する流動力が上下に分散されるようにした。入力波は振幅600(cm/s^2)を目標に、1.2Hz・20波の正弦波を入力した。

3. 実験結果

ここからは実験結果を実物換算値で示す。図-2に支持層上面での加速度波形、表-1に各ケースの護岸天端の残留水平変位量を示す。護岸変位量は各ケースでややばらつき

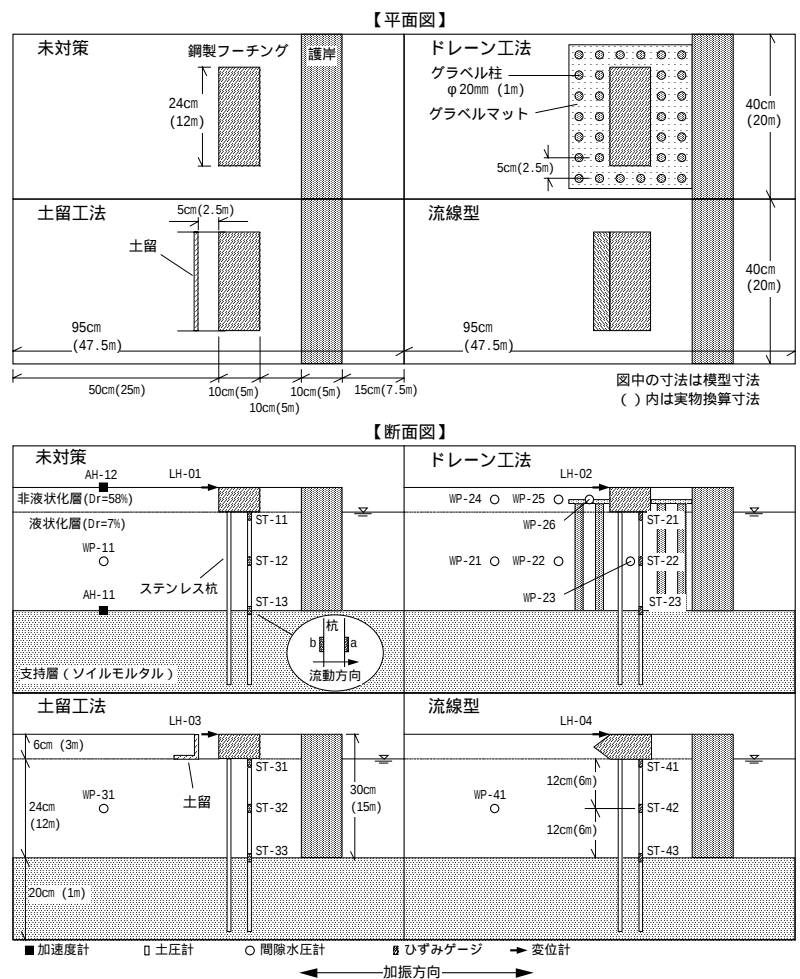


図-1 模型平面図および断面図

キーワード 遠心模型実験，液状化，側方流動，基礎杭

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組技術研究所 土木基礎・耐震研究室
 TEL:0424-95-1090 FAX:0424-95-0903

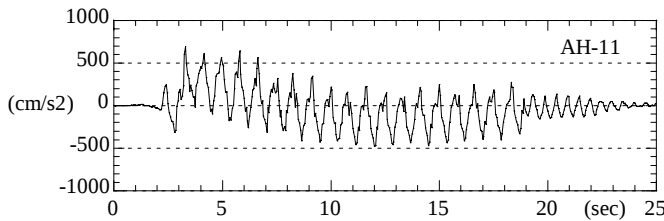


図-2 支持層上部の加速度時刻歴（未対策）

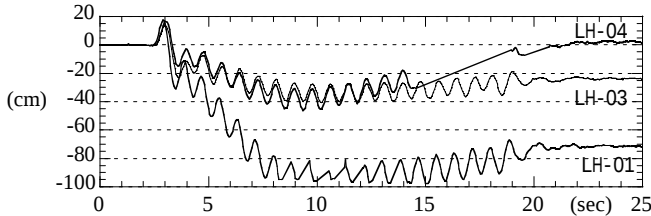


図-4 フーチングの水平変位時刻歴

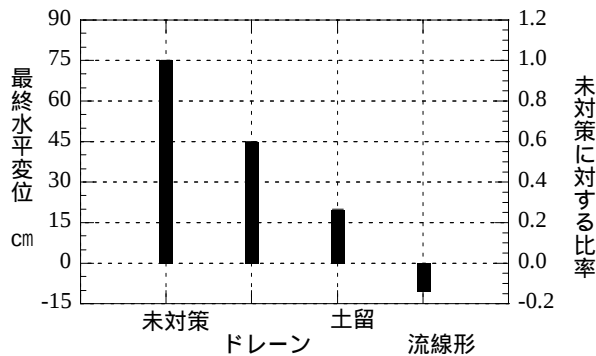


図-5 フーチングの残留水平変位

があり、その平均値は4.0mである。「ドレーン工法」ではドレーン位置に噴砂現象があり、また図-3に示す過剰間隙水圧比の時刻歴から基礎杭周辺での液状化抑制効果が確認できるが、護岸変位量を抑制するまでには至っていない。

図-4にフーチングの水平変位時刻歴を示す。側が護岸方向である。フーチングの護岸側への移動は入力開始から始まり、全体に10秒前後から内陸側へ戻る傾向がある。これは液状化により地盤剛性が低下し、杭基礎への拘束力が喪失することにより、杭の曲げモーメントの反発として復元したと考えられる。

図-5にフーチング天端の残留水平変位量を示す。「未対策」では護岸変位量が最少であったにも関わらず75cmと大きな変位が生じるのに対して、3種類の対策工法はいずれも水平変位が抑制されている。最も変位が少ないのは「流線形」で、「未対策」の12%まで抑制されている。「流線形」の場合、地盤が液状化した時点でのリバウンドが大きく、最終的に内陸側に変位している。

図-6に各ケースの杭の曲げひずみを示す。図には降伏ひずみの概略値(=1600 μ)を点線で示している。「未対策」では杭頭部で2000 μ 、支持層と液状化層の境界で4000 μ を超える曲げひずみが発生しているのに対して、「土留工法」および「流線形」でひずみの低減が顕著であり、ほぼ降伏ひずみ以下となっている。「ドレーン工法」では、杭頭部のひずみは低減されているが、支持層と液状化層の境界においてひずみが低減されていない。

4. まとめ

土留・トレンチの設置やフーチング断面形状を流線形にするなど、非液状化層の流動力を低減することにより、側方流動対策として高い効果が得られることがわかった。また、ドレーン工法でも杭頭部のひずみ抑制に対策効果が見られ、ドレーンの配置等を工夫することにより、効果を高めることが出来ると考えられる。

参考文献：(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，pp.127-133，平成14年3月

表-1 護岸の残留水平変位量

未対策：3.3m	ドレーン工法：4.0m
土留工法：3.8m	流線形：5.0m

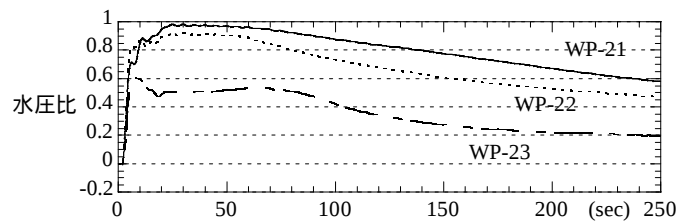


図-3 過剰間隙水圧比時刻歴（ドレーン工法）

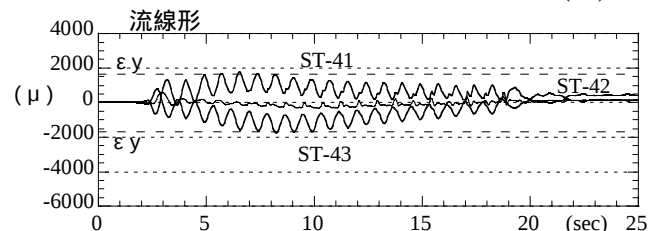
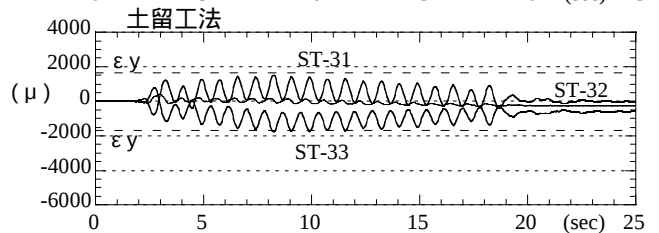
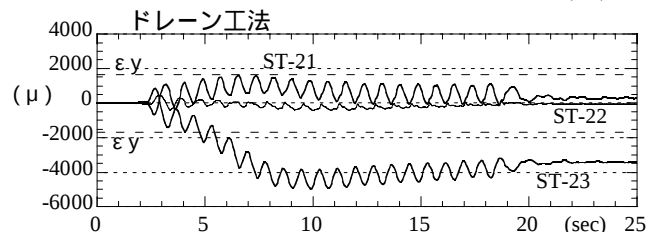
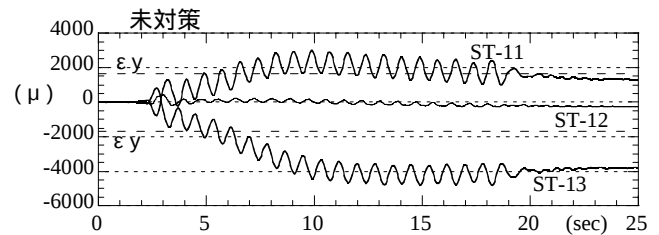


図-6 杭の曲げひずみ時刻歴