

Ⅲ - A125

側方流動地盤中の杭の挙動に関する模型実験

大成建設 技術研究所	正会員	末岡 徹
同上	正会員	堀越 研一
同上	正会員	藤原 斉郁
同上	正会員	田中 満

はじめに 著者らは、先の阪神大震災以来、地盤の液状化に起因する側方流動が基礎構造物に及ぼす影響に明らかにすることを目的とした研究を実施し、その中でいくつかの模型実験結果を報告してきた（例えば1)2)）。本報告は、地震時の護岸・背面砂、および杭の挙動に関する遠心載荷模型実験のうち、杭の挙動に関する結果を報告するものである。なお、本報告中の数値は、すべてモデルスケールで記載されている。

実験モデル 実験に用いた遠心載荷装置は当社保有のものである。モデルの概略図を図-1に示す。背面砂および置換砂に関しては、豊浦標準砂を用いた。背面砂の加振直前の平均相対密度は、 $Dr = 50\%$ であった。その他、モデルに関するの詳細は、参考文献3)を参照されたい。実験では、模型護岸の背面から225 mm（実物換算11.25 m）の位置に模型杭（単杭）を設置した。模型杭は、外径8 mm 内径7 mmの真鍮性のチューブを用いており、下端部を固定条件とした。なお、この模型杭は、実物換算で直径400 mmの中実コンクリート杭に相当する。模型杭には、ひずみゲージを深度方向に5点貼り付け、実験中の曲げモーメント分布の変化を把握できるようにした。また、杭頭部の水平変位をレーザー変位計を用いて計測した。実験では、図-1に示したモデルに50 gの遠心載荷加速度を与え、ポートアイランドで観測された地震波形（NS成分、GL -16.4 m）を最大13.1 g（実物換算256 gal）となる様にして入力した（図-2参照）。加振方向は紙面に水平であり、加速度の符号は、模型護岸に向かう方向を正としている。結果の再現性を確認する意味から、同じ実験を2回実施しているが、その再現性は極めて良好であった。

実験結果 護岸の水平変位 図-3に実験で得られた模型護岸重心の水平変位を示す。この図によれば、加速度振幅が大きくなる $t = 0.4$ sec付近から、変位が著しく増大しており、模型護岸の水平変位が慣性力の影響を大きく受けていることがわか

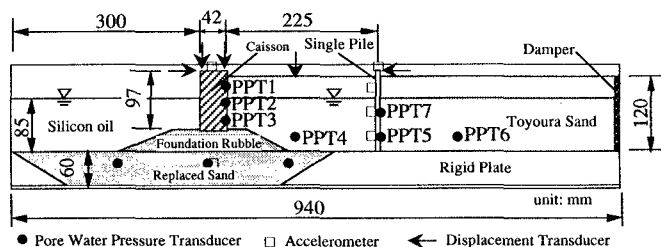


図-1 遠心載荷実験に用いたモデル

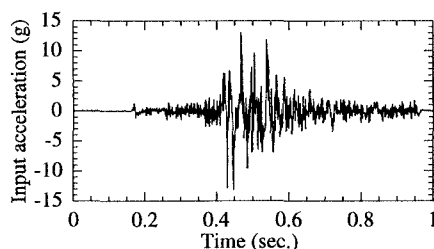


図-2 入力加速度

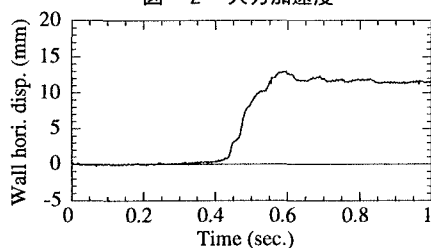


図-3 加振中の護岸重心水平変位

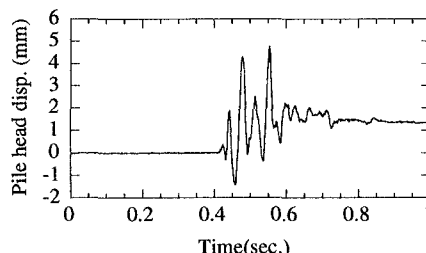


図-4 加振中の杭の水平変位

キーワード：液状化，側方流動，護岸，杭，遠心載荷実験

連絡先：〒245 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設（株）技術研究所 TEL 045(814)7236 FAX 045(814)7257

る。模型護岸は、加振中に約12mm（実物換算約60cm）移動し、加振終了と同時に移動を停止した。なお、護岸の沈下および回転運動に関しては、参考文献3)に報告されている。

杭の水平変位 加振中の杭頭部の水平変位計測結果を図-4に示す。模型杭は、振動をしながら模型護岸の方へ傾いていった。加振中の杭頭最大変位は、約5mm（実物換算約25cm）で、加振終了後の杭頭部の残留変位量は、約1.3mm（65mm）であった。

杭の曲げモーメント分布 加振中に計測された杭の曲げモーメント分布を図-5に示す。図-5では、図-4に示された杭頭変位時刻歴における谷部（ $t = 0.457 \text{ sec.}$ ）と頂部（ $t = 0.473 \text{ sec.}$ ）に相当する部分の曲げモーメント分布を抽出した。その他の時刻における曲げモーメント分布形状もほぼ同様であった。杭軸に沿った計測点数が5点と十分な数ではないが、概略、モーメントが杭下部に従って増大する状況が読み取れる。また、得られた曲げモーメント分布性状に関する限り、表層の非液化化層の存在が及ぼす影響が明確には見られなかった。

杭のたわみ性状 曲げモーメント分布性状を5次式で近似し、これを積分することによって得られた杭の変形性状を図-6に示す。図では、横軸の左側に向かう変位が護岸側への変位を示している。 $t = 0.8 \text{ sec.}$ における杭のたわみ性状は、加振がほぼ終了に近付いた時点で残留変位に近いものである。参考文献3)では、地盤の変形状況として、地表面付近の非液化化層が一体となって移動している状況を報告しているが、杭の変形性状は、非液化化層部で異なっている様子は見られなかった。

杭に作用する分布荷重 さらに図-5の曲げモーメント分布性状の差分をとることにより試算した、杭への作用分布荷重を図-7に示す。試算においては、杭軸直角方向の地盤ばねの存在を考慮していない。得られた点数が少ないので決定的なことは言えないものの、杭に作用する分布荷重は、非液化化層直下の液化化層内で最大となった。

地表面付近の地盤の変形状況

地表面における杭周辺地盤の変形状況を格子状の色砂の変形を加振前後で比較することにより調査した。加振後にモデル上部から撮影された杭周辺地盤の状況を写真-1に示す。15mm間隔でほどこされた杭周辺の格子が、原型を比較的とどめたまま全体的に地盤が移動している様子が読み取れる。

参考文献 1) Horikoshi, K., Ohtsu, H., Tanaka, M. & Sueoka, T. Centrifuge Modeling of a Pile Subjected to Lateral Spreading of Liquefied Soil, KIG Forum '97, Kobe, pp. 199-208, 1997. 2) 堀越研一, 大津宏康, 田中満, 末岡徹: 護岸背面地盤の側方流動影響範囲に関する遠心載荷模型実験, 土木学会第51回年次学術講演会梗概集, pp. 252-253, 1996. 3) 藤原斉郁, 堀越研一, 田中満, 末岡徹: 側方流動時における護岸および背面地盤の挙動, 土木学会第52回年次学術講演会梗概集, 1997（投稿中）。

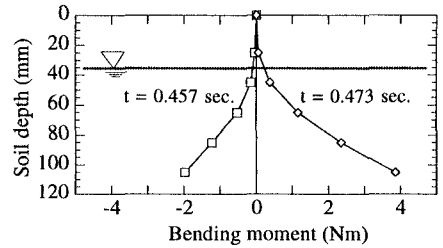


図-5 杭の曲げモーメント分布

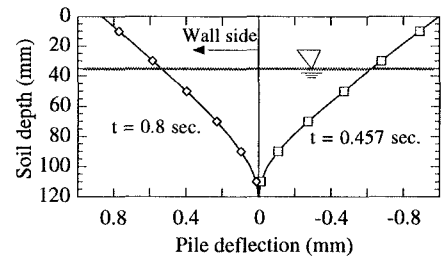


図-6 加振中の杭の変形状況

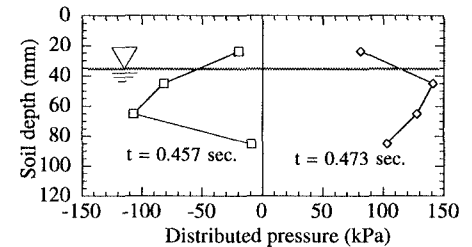


図-7 杭に作用する分布荷重の試算

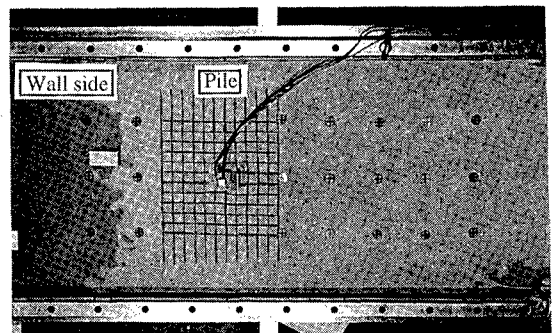


写真-1 加振後撮影された杭周辺地盤の変形状況