液状化地盤中における杭への作用外力に関する模型実験

武蔵工業大学 田中 剛

独立行政法人港湾空港技術研究所 菅野 高弘、小濱 英司

竹中工務店 濱田 純次

<u>1.はじめに</u>

1995年の兵庫県南部地震以来,液状化程度に応じた地盤反力係数*k*_Hを評価する研究が盛んに行われている. 既往の研究には,遠心載荷装置を用いたものや,大型せん断土槽を用いた1g場での振動実験¹⁾などがある. これらの実験の多くは,杭の反力を杭体に取り付けた歪みゲージより地盤反力係数を算定しており,杭の前 面と背面の地盤反力を分離して計測することが出来ない.本研究は,杭前面と背面に作用する外力を直接計 測することが可能な計測杭,およびボイリング装置²⁾を用いて水圧比をコントロールさせた静的交番載荷実 験を実施した.

<u>2.実験概要</u>

計測杭の概要を図-1に示す.計測杭は,有効軸長さ(計測区間)2.877mm,外径309mmとし,大きな剛 性を有した芯材(杭本体)にロードセルと受圧板を取り付けた構造となっている.ロードセルは,杭本体と 受圧板間の限られたスペースに配置し,圧縮・引張の両荷重を計測できるようにせん断型ロードセルを採用 した.受圧板は,外形318mmの鋼管を2分割したものを用い,深度方向に16断面,杭の前面と後面に取り付 けている.深度方向に16枚設置されている受圧板のうち8枚に対してロードセルを取り付けており,受圧板1 枚の高さは177mm,肉厚は10.3mmである.また,受圧板同士は上下,前後方向とも3mmの間隔があり,そ れぞれ独立したものとなっている.



図-2に杭と計測器の配置図を示す.せん断土槽は,内寸長さ2.5m,幅 2.5m,高さ8.0m(本実験では深さ約4mまで使用)で,アクチュエータ ーにより建物慣性力を模擬した水平力(水平変位)を与えることができ る.また、液状化地盤は上向きの浸透流により過剰間隙水圧(ボイリング) を地盤中に発生させて模擬する.上向き浸透流は,土槽外に設けた高架タン クを上下させて土槽との水頭差を変化させることで発生させ,地盤内に所定 の水圧比の状態をつくりだす.この時,地盤を均等にボイリングさせるため に,液状化層の下部に設置した給水配管に吹出しの穴が一定間隔であけられ ている.杭頭はフーチングとピン接合し,杭下端は支持層上面の固定枠 とピン結合とした.模型地盤には,珪砂6号(*D*50=0.31mm, s=2.64, *e*max=0.84,*e*min=0.50)を用いて,相対密度が約60%となるように気中落 下法により作製した.

キーワード:杭基礎,模型実験,液状化,水平地盤反力 連絡先:武蔵工業大学 TEL,FAX03-5707-2202



地盤作製後,土槽下部に設置した給水管によって,ボイリングを発生しないよう静かに注水した.載荷実験 は,杭頭載荷実験であり,変位制御による一定振幅の交番載荷で行った.図-3に実験に用いた波形(0.1HZ) の時刻歴を示す.

<u>3.実験結果</u>

図-4 に杭頭部の水平荷重の時刻歴を,図-5 に載荷中の過剰間隙水圧比の時刻歴を示す.過剰間隙水圧の上 昇に伴い水平荷重が減少しており,水圧比が1.0 の時の水平荷重は水圧比0.0 の約1/5 に低下している.図 -6 に深度-1.35m において杭の前面と背面の受圧板に取り付けたロードセルにより計測された荷重の時刻歴 を示す.杭の前背面とも水圧比が上昇することにより荷重が減少しおり,前背面とも分割された荷重が精度 良く計測されている.同図に示す計測値は,実験開始前を0としている.図-7 は杭体の前背面に作用する土 圧の深度分布を水圧比別に示す.このときの杭頭変位は,正方向に載荷した最大変位約25mm~27mm であ る.受働側では,水圧比が増加すると有効応力が低下するため杭に作用する土圧も減少する.杭下端部につ いては,水平変位量が小さいため作用する土圧も他の深度に比べ小さい値が計測されている.一方,主働側 においては,水圧比が増加するにつれて土圧が増加(負→正)した.これは土圧の有効成分は減少するが、 間隙水圧の増加とともに全応力での土圧も増加したためである.この傾向は,図-6(杭背面側)の500秒付 近で土圧が常に正になっていることからもわかる.図-8に杭に作用する水平荷重と杭と地盤の相対変位から 各水圧比における地盤反力係数を示す.各深度での杭の水平変位は,杭頭を変位計で計測した値とし,杭下 端をピン結合している所で変位を0とし,杭は剛体変形しているものと仮定して線形補間して求めている. このときの地盤変位は0とした.ただし杭頭載荷時の杭下端のピン結合部の固定度は完全ではなく,特に深 部での杭変位が正確に求められないため,ここでは深度1.5m以深についての地盤反力係数は割愛している.

<u>4,まとめ</u>

杭前面と背面に作用する外力を直接計測することできる計測杭を開発し静的交番載荷を行った.その結果, 杭の前背面および深度方向の荷重が計測でき,水圧比の違いによる荷重の深度分布が得られた.



謝辞:この研究は,大都市大震災軽減化特別プロジェクトの一環として行った.ここに記して,関係者方々に謝意を表します. 参考文献 1)たとえば,大川寛ら:遠心場における杭の水平交番載荷試験,第 36 回地盤工学研究発表会,P1659~1660,2000 2) 内田明彦、濱田純次、土屋富男;液状化地盤における模型杭の水平載荷実験、第 11 回 日本地震工学シンポジウム、 pp.1241-1246、2002.11.