

榑武智工務所 ○ 稲 国芳
東京工業大学 藤井 啓二 岸田 英明

【1】はじめに

1985年に発生したメキシコ地震において、軟弱な粘性土地盤に打込まれた摩擦杭を基礎とする建物が転倒・崩壊した。引き抜かれた杭が露出した基礎部分より観察されており¹⁾、地震時の摩擦杭の性状、挙動が大きく問われようとしている²⁾。本報告は粘性土地盤における模型実験において、杭頭に繰返し軸方向荷重を加えた場合の単杭の基本的な挙動を検討したものである。

【2】実験概要

(1) 模型地盤 実験に用いた試料は豊浦標準砂を加えた川崎粘土である。十分攪拌・脱気したこの試料を実験土槽に静かに投入し、圧密圧力 0.25kgf/cm²で圧密した。なお圧密は時間～沈下量関係にルート法を適用し、圧密度が90%以上になるのを確認した後、さらに数日おいた。物理的・力学的性質を表-1に示す。

(2) 模型杭 杭は外径15mm、長さ200mmの中実な鋼杭である。杭頭部にはボルト穴を設け、試験の際加力部分と接続できるようになっている。杭は予備圧密終了後、鉛直に押し込み、地盤と共に圧密した。

(3) 実験の種類・方法 所定の圧密が完了したのを確認してから非排水状態にして除荷し、杭と加力部を結合した。試験は荷重制御方式と変位制御方式の2通りで行なった。

荷重制御方式は長期荷重を受ける杭が軸力変動を生じた場合を想定したものである³⁾。あらかじめ同じ土槽の別の杭で鉛直載荷試験を実施し、極限荷重 Q_u を求めた。その $Q_u/3$ を長期荷重として載荷した後、荷重振幅 $\pm \Delta Q$ の荷重を加えた。載荷は押し込み側から開始し、1サイクル2分程度で連続的に繰り返した。繰り返し回数は30回とした。また繰り返し載荷終了後、すみやかに鉛直載荷試験を行ない、繰り返し履歴による極限支持力の変化を測定した。加力装置(図-1)にはペロフラムシリンダーを用い、レギュレーターにより空気圧を手動制御した。

変位制御方式では図-1の装置からペロフラムシリンダーを取り除き、スクリージャッキにより杭に大きな繰り返し変位($\pm \Delta S$)を与えた。載荷は荷重制御方式と同様押し込み側から行ない、繰り返し回数は7～30回である。また変位速度はいずれも1mm/minとした。

両載荷方式の振幅の種類を表-2に示す。

【3】実験結果および考察

(1) 荷重制御方式 図-2に荷重～変位曲線の一例を示す。

表-1 模型地盤の物理的・力学的性質

土粒子比重 G_s	2.68
液性限界 W_L (%)	64.9
塑性限界 W_p (%)	32.8
塑性指数 I_p	32.1
含水比 w (%)	64.1
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.61
ペーン強度 τ_f (kgf/cm ²)	0.09 - 0.10
鋭敏比 S_t	3.0 - 3.8

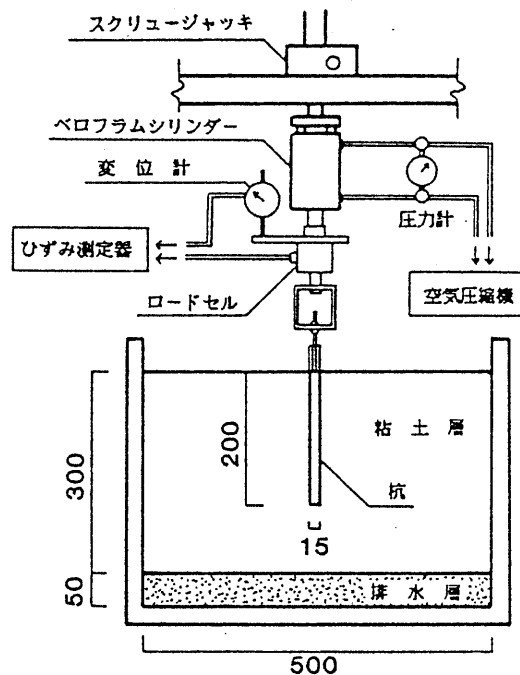


図-1 載荷装置 (単位:mm)

表-2 実験の種類

繰返し 振 幅	
荷重制御 ($\pm \Delta Q$)	変位制御 ($\pm \Delta S$)
$Q_u / 6$	1 mm
$Q_u / 3$	2 mm
$Q_u / 2$	3 mm
	6 mm

繰返し荷重振幅は一番大きな値 $\pm \Delta Q = Q_u/2$ である。1サイクル目は処女荷重であるので大きな変形が表われているが、2サイクル以降の繰返し履歴荷重下においては、沈下量の大幅な増大はみられない。他の小さな荷重振幅の場合も同様であり、 ΔQ の値が小さくなるにつれ全体的な沈下量が減少するだけである。またいずれの場合も繰返し履歴後の極限支持力は、繰返し荷重の大きさにかかわらず、繰返し荷重をうけていない杭の極限支持力と全く同じであった。図-3は繰返し回数と杭頭変位の関係を、各繰返し荷重振幅ごとに示したものである。これらは最初の荷重 $Q_u/3$ 時における沈下量を原点とし、各サイクルにおける同荷重時の変位量を表わしている。これらより、変位量は数回の繰返し回数で安定し、30回程度の繰返しでは過大な沈下はみられない。ピーク荷重以下の単杭の沈下は主として杭周辺部の土のせん断変形にもとづくものであることを考えると、繰返し載荷においても、せん断変形が卓越し、すべりはほとんど生じていないからであろうと考えられる。

(2) 変位制御方式 ここでは杭周面の土のせん断抵抗が極限状態に達し、すべりを生じた場合の繰返し載荷を行なう。荷重～変位曲線の一例を図-4に示す。ピーク荷重を過ぎると変位の進行と共に荷重は低下していく。さらに繰返し強制変位を与えると、繰返し回数と共に荷重は低下していくが、その割合は減っていき、一定荷重に落ち着くことが分かる。図-5に各サイクルの変位 $+\Delta S$ の時の荷重をピーク荷重で正規化したものと繰返し回数の関係を示す。 ΔS が大きくなると地盤の乱される割合も大きくなるので、比較的少ない回数で荷重の低下が起こっている。またいずれもほぼ一定値 $(1/S_t)$ に落ち着いていくことがわかる。これは地盤がせん断変形の限界を越えて破壊を起こし、さらに繰返しによるせん断方向の逆転にともなってすべり領域が著しく破壊されていき、完全に乱された地盤の支持力しか発揮できなくなったと考えられる。

【4】まとめ

(1) 粘性土地盤中の摩擦杭は、ピーク荷重以下でせん断変形が卓越する範囲内では、30波程度の繰返し荷重を受けても、その支持力性能に大きな変化はない。

(2) ピーク荷重を越え、すべりを生じる繰返し変形を受けると、支持力はしだいに低下していき、その値はピーク荷重を鋭敏比で除した値まで落ちる。

<<参考文献>> 1)花里ら：1985年 9月19日メキシコ地震による被害調査；第21回土質工学研究発表会 昭和61年 6月 2)伊藤：地震時における摩擦杭の支持力について；日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和53年 9月 3)山肩：繰返し荷重をうけるくいの変位性状について；日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和45年 9月

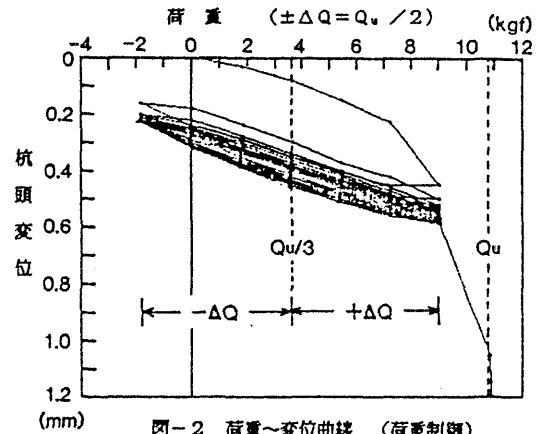


図-2 荷重～変位曲線 (荷重制御)

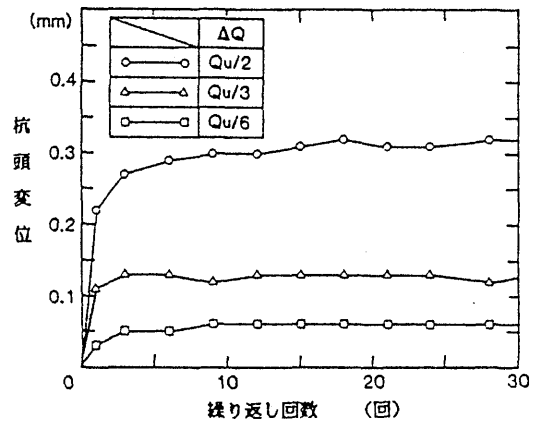


図-3 杭頭変位と繰返し回数の関係

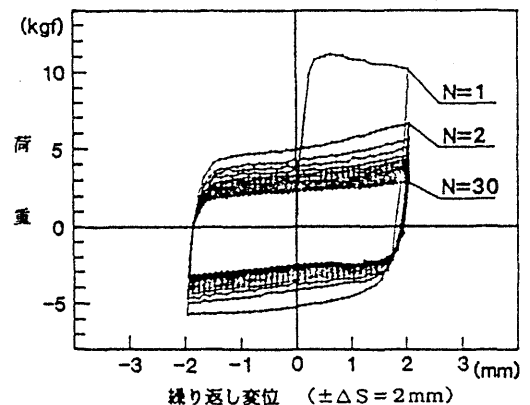


図-4 荷重～変位曲線 (変位制御)

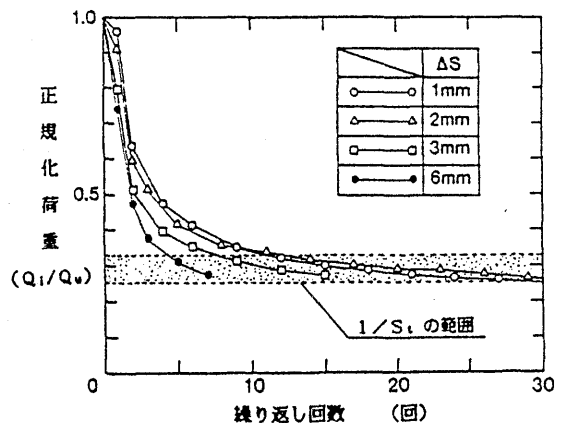


図-5 正規化荷重と繰返し回数の関係