

側方流動地盤内の杭の破壊

広島大学工学部 正会員 佐々木 康
広島大学大学院 学生員 白武 寿和
広島大学工学部 正会員○竹中 学

1.はじめに

地盤が液状化する場合、杭の設計にあたり液状化地盤の強度を低減して設計されてきた。ところが、平成 7 年阪神淡路大震災などの杭の破壊を考えると、これまで通り液状化地盤が強度をもたないとして設計するだけでは側方流動の影響が取り入れられていないため不適切であることが分かってきた。液状化に伴い杭に働いたと思われる外力には様々な要因が複雑に絡んおり、液状化により側方流動する地盤における杭の破壊メカニズムの検討が急務となっている。このような背景を受けて本研究では、液状化現象再現装置を用いた杭の模型実験により、液状化時の側方流動地盤内にある杭が流動地盤からどのような外力を受け、どのような破壊メカニズムを示すかを追求した。

2.試料の物理特性及び実験方法

1) 試料の物理特性

本実験で用いた試料は豊浦標準砂であり、表 2-1 にその物理特性を示す。

表 2-1 砂の物理特性

$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.645
U_c	1.697
$D_{50}(\text{mm})$	0.189
$e_{\max}$	0.995
$e_{\min}$	0.62

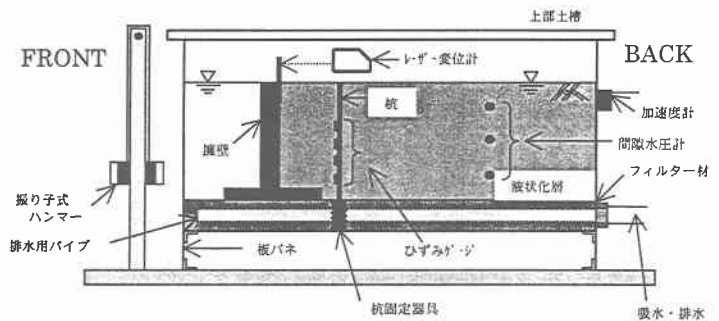


図 2-1 上部土槽

2) 実験方法

図 2-1 に示す液状化現象再現装置の上部土槽(高さ 596mm×幅 300×深さ 400)にひずみゲージを貼り付けた杭(長さ 200mm, 幅 10mm, 厚さ 0.1, 0.15, 0.25, 0.3, 0.5mm の 5 パターン)を擁壁背面から 8cm, 14cm, 20cm の位置になるように設置する。フィルター材を層厚 5cm になるように敷き詰め、逆 T 型擁壁(滑動に対する安全率:常時で 1.75, 液状化時で 0.49)を FRONT から 20cm の所に設置する。擁壁背後に豊浦標準砂を水中落下法により層厚が 20cm になるように緩く堆積させる。各計測器は図 2-1 に示すように、間隙水圧計を地表面より 5cm の等間隔で 3 つ、ひずみゲージは同様に 5cm の等間隔で 4 つセットした。次に上部土槽を振り子式ハンマーで加振することにより模型地盤を瞬時に液状化させる。これに伴い擁壁は背後地盤の間隙水圧の上昇により変位を示し、その背後地盤は側方流動する。その時の各計測器のデータを収録する。

3.試験結果

杭のひずみゲージによる実測値をもとに図 3-1 に示す近似モデルを用いて求めた杭の厚さ 0.1, 0.5mm でそれぞれ擁壁から 8cm (左), 14cm (右) の所に設置した杭のたわみ曲線を図 3-2 に示す。たわみ v は次式で求める。

$$\therefore v = \varepsilon_0 x^3 / (3Ly) - \varepsilon_0 x^2 / (2y) \quad (3-1)$$

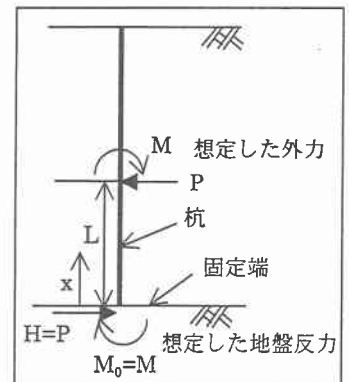


図 3-1 近似モデル

これに $x=L$ のとき、 v = (最終的な杭頭変位) の仮定から L を求め、最終的なたわみの式を求めた。各時間における杭頭の変位は擁壁の移動量と相似になるものとし、最終的な擁壁の変位と最終的な杭頭の変位の比率を考えて算出した。まず、厚さ 0.3mm の杭に注目すると擁壁から離れるに従い L 及び変曲点はやや上昇するが、背後地盤にすべり面が発生したと思えるほどではなく、これより背後地盤は全体的に一樣な流動を生じたと思われる。また杭の形状を見てみると下層部で大きく変形し、それより上層部ではたわみ一定となっている。このことより液状化層下層部において最も大きな外力が働いたと思われる。このことについて、厚さ 0.1mm と 0.5mm のものを比較してみると厚さ 0.5mm のものは全体的に変形をしている。これは杭の剛性の違いによるものと思われる杭の剛性が高まるにつれて L 及び変曲点の上昇が見られた。

図 3-3 に過剰間隙水圧挙動(上)と擁壁の変位と杭のひずみの挙動(下)を示す。擁壁の変位と杭のひずみの挙動に注目すると、杭の変形は擁壁の変位すなわち地盤の流動に起因する事を意味している。また、間隙水圧の挙動を見てみると、間隙水圧の消散はフィルター材からの距離 5cm の所で約 6 秒頃から始まっている。その時点の杭のたわみを見てみると既に一定な値に落ち着いている事が分かる。このことより間隙水圧の消散過程を砂の再堆積過程と考え、杭に再堆積による外力の増加はないと考えられる。

また、図 3-4 に厚さ 0.5mm の杭 (擁壁から 8cm) のひずみの挙動を示してある。ひずみはあるピークに達した後、減少傾向を示す。これは厚さ 0.3mm の杭にも同じ傾向が見られた。これは、擁壁背後地盤の流動が停止していく過程において杭に働く流動による力が減少するために杭が戻ろうとしたためと思われる。このため、剛性の高い 0.3, 0.5mm の杭では近似で求めた変曲点付近から直線的な変形をしているものがほとんどであった。

4. 結論

液状化地盤の側方流動では、顕著な地盤内のすべり面の発生はなく、杭の変形に関与する時間内では液状化層が全体的に流動していると思われる。

杭は液状化地盤の流動に伴い最も外力を受け、液状化層と非液状化層の境界付近で大きな変形を生じる。しかし、杭の変状においては剛性が大きくなるにつれ変形をみせる部分 (上記の L の部分) が大きくなる傾向がある。

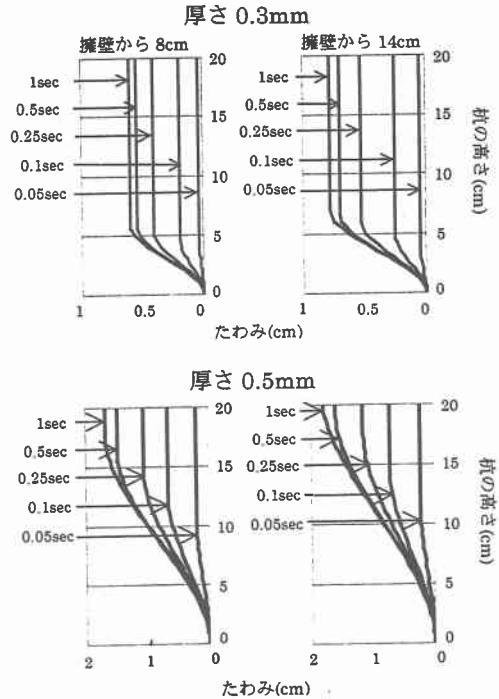


図 3-2 たわみの経時変化

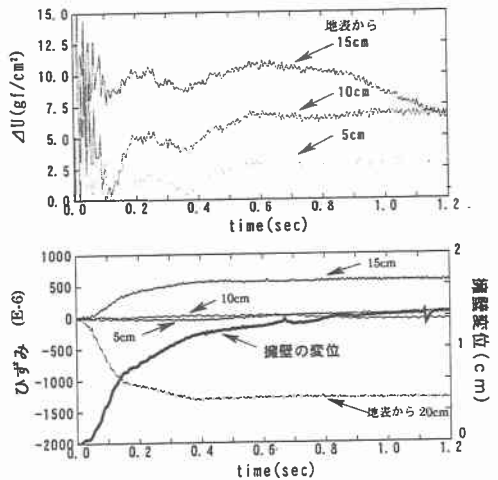


図 3-3 各パラメーター挙動

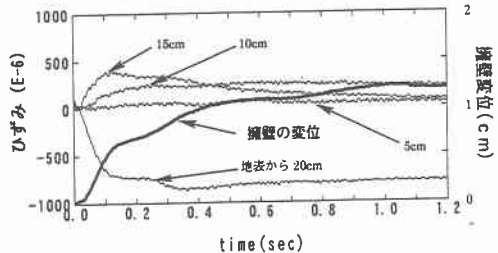


図 3-4 剛性の高い杭のひずみの挙動