

建設省土木研究所 正会員 堀部 正文  
 塩井 幸武  
 浅沼 秀弥

1. まえがき

本論文は、軟弱地盤上に設けられた偏荷重を受ける構造物に見うけられる側方移動現象に関する模型実験を行ない、地盤変位、杭頭変位および杭体曲げモーメントについて検討したものである。

2. 実験概要

実験は1.2×1.2×2.4mのガラス製実験槽に層厚50cmの軟弱地盤を造成して実施した。この軟弱地盤に2本の単列杭からなる杭基礎2基を設置し人工的に側方移動を発生させ、地盤および杭基礎の挙動を観測した。地盤については地盤中に設けた標尺を側壁のガラス面から観測して地盤の変位量を測定した。また、杭基礎については杭先端に設置したダイヤルゲージによって杭頭の水平変位量を測定し、さらに杭体に貼り付けたひずみゲージによって杭体の曲げひずみを測定した。載荷荷重の強度は、Terzaghiの粘土地盤の支持力理論( $q_d=5.71C$ )より推定した極限荷重の1/5を1 cycle当りの荷重強度とし、24時間ごとにこれを増分していき、 $\phi 9$  cycleまで実施した( $\phi 9$  cycleは72時間連続)。実験装置の全体を図-1に、軟弱地盤の土質特性値および杭基礎の諸元を表-1に示す。

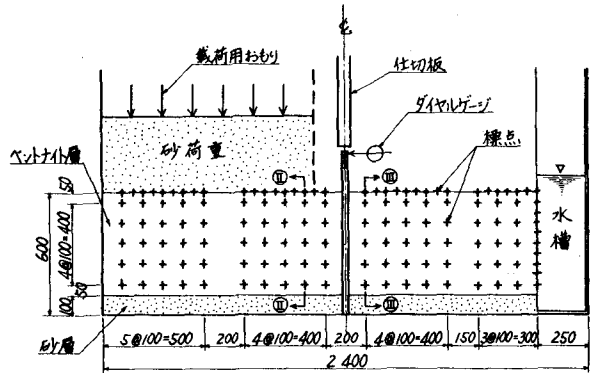


図-1 実験装置全体図

表-1 地盤定数およびくい諸元

比重	$G_s$	2.53	外径	$D$	20 mm
液性限界	$W_L$	189 %	肉厚	$t$	1 mm
塑性限界	$W_p$	36 %	長さ	$l$	800 mm
塑性指数	$I_p$	153	地上部	$l_1$	200 mm
含水比	$w$	193 %	地中部	$l_2$	600 mm
単位重量	$\gamma$	1.26 $\text{t/m}^3$	弾性係数	$E$	$1.33 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$
相対密度	$q_d$	0.025 %	断面二次モーメント	$I$	0.270 $\text{cm}^4$
変形係数	$E_m$	0.93 %	断面係数	$Z$	0.213 $\text{cm}^3$

3. 解析方法

弾性床の上のりの理論によって杭体の挙動(杭頭変位と曲げモーメント)を計算し実測値と比較する。地中部の荷重としては、地盤変位に $\rho$ 値を乗じたものと仮定するが、実測された全地盤変位量を採用すれば曲げモーメントは著しく過大となり実測曲げモーメントと合わない。したがって、全変位量 $\delta$ を弾性変位量 $\delta_e$ と塑性変位量(クリープ) $\delta_p$ に区分し、側方流動圧を考慮する場合の地盤変位は前者の弾性変位によるものとする。すなわち、側方流動圧 $p = \rho B \delta_e$  ( $B$ : 杭幅)とする(図-2参照)。なお、全変位量 $\delta$ に占める弾性変位量 $\delta_e$ の割合 $\delta_e/\delta$ は、杭頭変位量より推定した。図-3に $\phi 1 \sim \phi 9$  cycleまでの杭頭変位を示す。同図中の表には、 $\delta_e/\delta$ について $\phi 3, 6, 9$  cycle時に着目して整理した。すなわち、杭頭変位量から求めた $\delta_e/\delta$ はそれぞれ、 $\phi 3$  cycle $\approx 50\%$ 、 $\phi 6$  cycle $\approx 40\%$ 、 $\phi 9$  cycle $\approx 30\%$ となる。地盤変位についてもこの割合になっているものとして、実測全地盤変位量にそれぞれのcycleごとの比率をかけて弾性変位量を求め、それを台形分布の変位にモデル化したもの(設計上の弾性変位量)を図-4に示す。したがって、計算に必要な側方流動圧はこの設計上の弾性変位量に $\rho$ 値と杭幅 $B$ を乗じたものとなる。ここで用いる設計弾性変位量としては当然、杭位置での変位量を採用しない

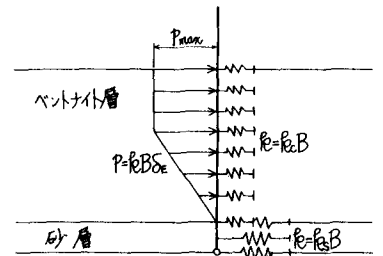


図-2 解析モデル

れはならないが、実験装置の構造上、杭位置での変位量を測定するのは無理なのでその前後の⑩-⑪断面および⑬-⑭断面(図-1参照)の変位量をもとにして検討する。杭位置での地盤変位量は両断面における変位量の向にあると考えられるので、検討結果がこの向にあればよいことになる。

#### 4. 検討結果

※3, 6, 9-1 cycle について、以上のような方法によって設計弾性変位から側方流動圧( $P = \rho_e B \delta E$ )を算出し、弾性床の上のりの理論で求めた杭頭変位量の計算値と実験による実測値との関係を表-2に示す。表において、case 1, 3, 5は⑩断面、case 2, 4, 6は⑬断面の変位をもとに計算したものである。各 cycle とも実測値は両断面の変位から計算した値の向にあることがわかる。このことから、杭頭変位量については地盤の弾性変位量から求めた側方流動圧を用いることによって推定可能であるといえる。

杭体曲げモーメントに関してとも同様に、※3, 6, 9-1 cycle について本解析法による計算値と実験による実測値の関係を整理して図-5に示す。各 cycle の実測値はそれぞれ⑩断面の変位から計算したものと、⑬断面の変位から計算したものの向にあればよいが、図からわかるように各 cycle ともほぼこれに近い値を示している。このことから、杭体の曲げモーメントを推定する場合、何らかの方法で地盤の弾性変位量  $\delta E$  を求め、 $\delta E$  から側方流動圧を算出し、弾性床の上のりの理論によって計算すればよいということがわかる。すなわち、杭体曲げモーメントに対しては地盤の弾性変位だけに着目することで十分推定可能であり、クリープ変位は杭体曲げモーメントにはほとんど寄与しないといえる。

#### 5. まとめ

- (1) 弾性変位に着目することにより、本解析法は側方移動に適用可能である。
- (2) 杭体曲げモーメントに関しては、地盤の弾性変位だけが関係しており、クリープ変位は無関係である。
- (3) 杭頭変位についても地盤の弾性変位から推定可能である。ただし、クリープによる杭の変位量は検討が必要である。

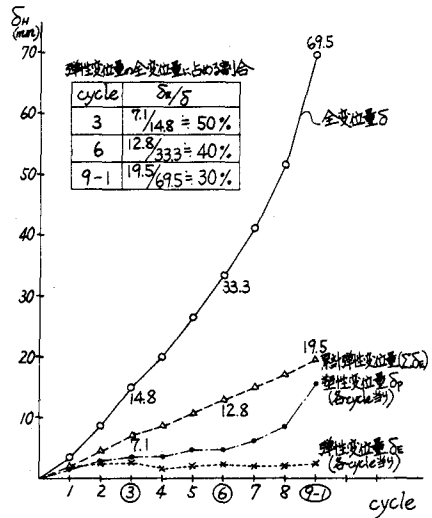


図-3 杭頭変位量

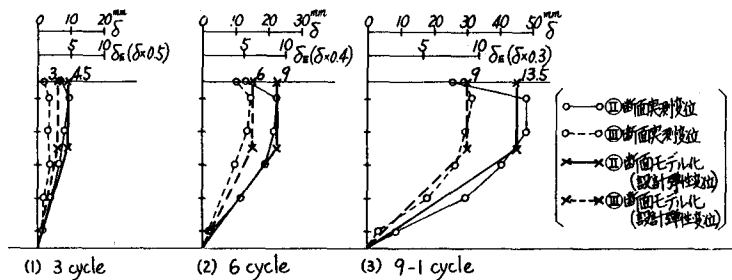


図-4 地盤変位モデル(実測変位と設計弾性変位)

表-2 杭頭変位量の実測値と計算値

Cycle	Case	最大側方流動圧 $\rho_e B$ (kg/cm)		杭頭変位 (cm)		備考
		$\rho_e B$	$\rho_e B$	実測値	計算値	
3	1	0.900	2.0	10.0	0.72	⑩断面の変位
	2	0.600	"	"	0.48	⑬断面
6	3	1.800	2.0	10.0	1.28	⑩断面の変位
	4	1.200	"	"	0.96	⑬断面
9-1	5	2.700	2.0	10.0	2.16	⑩断面の変位
	6	1.800	"	"	1.44	⑬断面

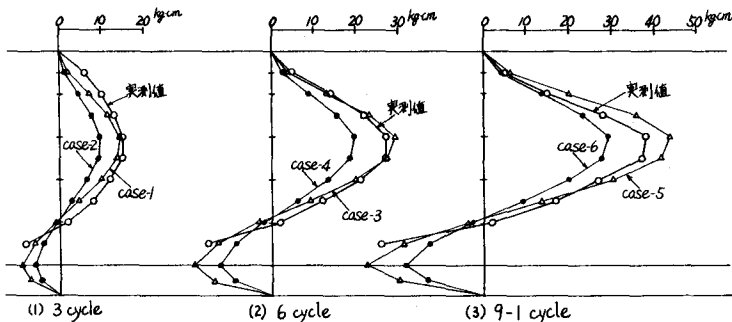


図-5 杭体曲げモーメントの実測値と計算値