

金沢大学工学部 正員 ○西田 義親
(株) 鴻1地組 河野 光春
(株) PSコンクリート 畑中 俊治

1. まえがき

従来行なわれてきた杭の水平抵抗解析は、主に杭のたわみ挙動と水平地盤反力係数によって説明しようとしている。しかし、水平力の負荷に伴い杭の周辺地盤が非弾性状態になった場合の水平地盤反力係数の持つ物理的意味は、まだ解明されていない状態である。そこで本研究では、杭の水平抵抗挙動とより基本的立場から解明するための第一歩として、抗周地盤内の応力分布に着目して模型実験を行なったのでその終了結果と以下に述べる。

2. 土試料、実験装置及び実験方法

今回使用した試料は、豊浦標準砂で、その物理特性は、表-1に示されるようである。図-1は、用いた実験装置の概略図である。図のように上板と砂地盤の間にゴム袋を置き、空気圧によって砂地盤に一定の上載圧をかけている。更に、砂地盤の一端と切り欠いて荷重方向での拘束圧を軽減して、地盤の水平方向の変位と評し、半無限状態に砂地盤と表わそうと努めた。砂と箱に詰める際には、一定の締め固め方法と使い、各測定時の砂の間げき比の値を一定になるように努めた。杭に水平力を与えるには、容量2tonの油圧ジャッキを用いた。そして各荷重段階ごとに水平応力 σ_r と接線応力 σ_θ と土圧計(共和製PS-2KBタイプ)を用いて測定した。図-2の○印は、測定地点を表わしている。ただし、土圧計の検定は、次の2方法によって行った。すなわち、①空気圧と直接、土圧計にかける方法。と、②土圧計と砂地盤中に埋め込み、砂地盤表面に空気圧と載荷する方法である。図-3は、その検定結果である。本研究では、模型実験の状況から判断して検定曲線Aを用いた。

Specific gravity	$G_s = 2.67$
Angle of internal friction	$\phi' = 45^\circ$
Uniformity coefficient	$U_c = 1.65$
Maximum void ratio	$e_{\max} = 0.94$
Minimum void ratio	$e_{\min} = 0.64$
Particle size	$0.1 < D < 0.3 \text{ mm}$

表-1 試料の物理特性

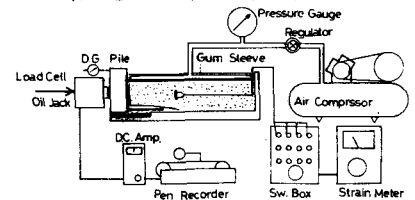


図-1 実験装置概略図

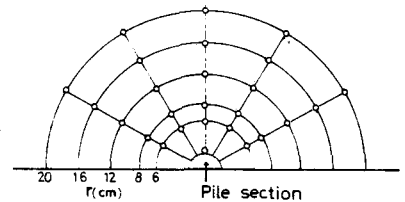


図-2 測定地点

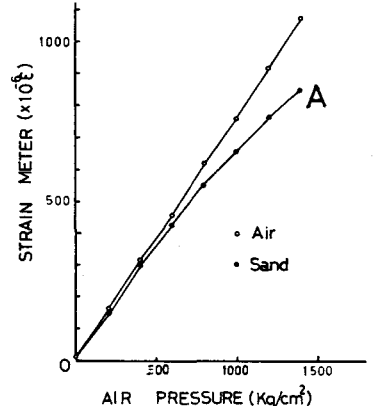


図-3 検定曲線

3. 実験結果及び考察

図-4は、杭に作用する全水平力 H と杭の水平変位 y の関係と表わした曲線である。これから見ると、杭の水平変位が増加するに伴い $H-y$ 曲線は、非線型性が増してくる。図-5は、図-4より求めた $dH/dy-y$ 曲線である。この曲線は、 H が増加するとほぼ直線になる。この直線が H 軸と交った所が地盤の極限支持力と与えると考えられる。よって本実験の模型砂地盤の極限支持力は、63kg程度である。図-6は、 $\theta = 0^\circ$ における σ_r-H 曲線である。 σ_r は、当初、荷重と直線関係にあり、更に荷重が増加するとある値に漸近している。図-7は、 $\theta = 0^\circ$ における $\sigma_\theta-H$ 曲線である。この図において $r = 6 \text{ cm}$ 、 $r = 8 \text{ cm}$ の曲線は、他の曲線とは、異なった傾向を示している。すなわち、→印のところから σ_θ は、最小値ととりその後 H の増加と共に増加している。この理由は、次のように考えられる。つまり、→印の状態はその点の地盤は、半径方向の荷重に

よって降伏する。そのために、その点の地盤は接線方向に膨張しようとする。しかし、接線方向の変形は、拘束されているので、その結果 σ_{θ} が増加するのである。図-8、9は、水平力が小さい時($H=20\text{kg}$)と、水平力が、極限支持力に近い時($H=60\text{kg}$)の σ_r の等応力線図である。Hが小さい時の σ_r の等応力線の形状は、弾性解によるものに相似形である。しかし、Hが大きくなり、極限支持力に近くなると、等応力線図は $\theta=30^\circ$ 方向に伸びた形状になっている。図-10は、最終荷重時における、模型砂地盤の盛り上がり量と測定した結果である。これによると、杭前面での盛り上がりが顕著であるのが解る。

4. まとめ

本実験を通じて、杭の水平抵抗と杭周地盤内の応力分布との基本的関係性に対し具体的なイメージを得ることができた。次のステップとしては杭-地盤系の応力・変形解析を合わせて行ない、水平力と受ける杭の設計指針に役立つ基礎資料と求めたい。

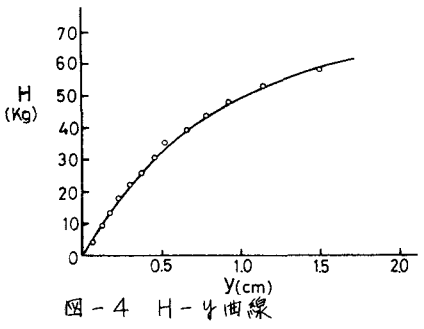


図-4 H-y 曲線

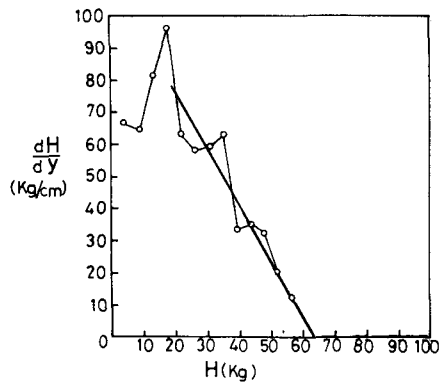


図-5 $dH/dy - H$ 曲線

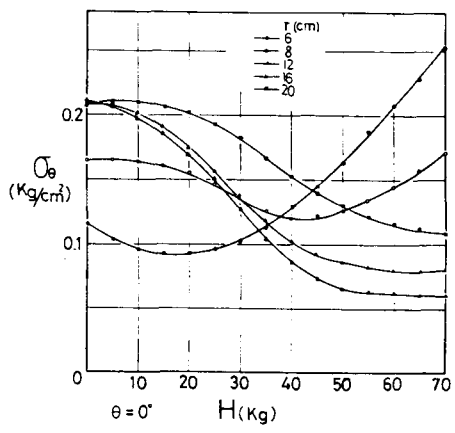


図-7 $\sigma_{\theta} - H$ 曲線

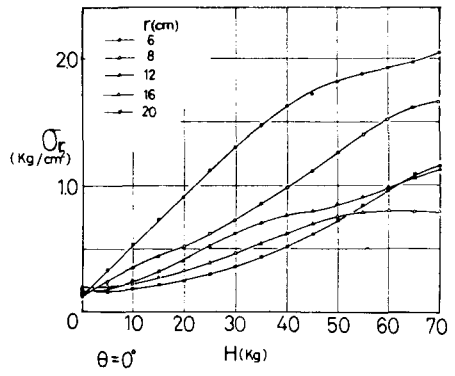


図-6 $\sigma_r - H$ 曲線

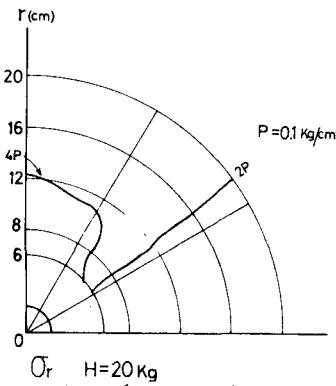


図-8 σ_r 等応力線

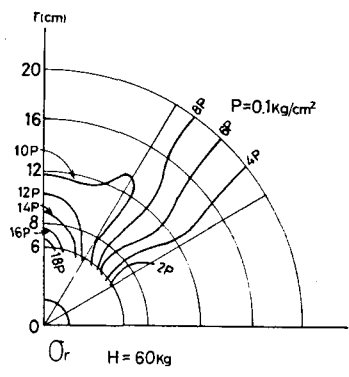


図-9 σ_r 等応力線

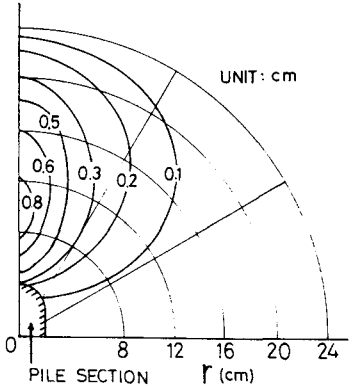


図-10 盛り上がり量