

摩 擦 杭 周 辺 の 応 力 分 布

井 上 広 胤*

1. は し が き

円型載荷板の下における土中の応力分布を求める実験¹⁾はすでに色々行われており之より支持杭周辺の応力状態を推察することができるが、摩擦杭については数学的解法が行われたのみで之を実験的に求めたものはあまり見当たらない。

数学的解法としては半無限体内の1点に作用する荷重に対して Boussinesqの公式を適用する試が多く行われたが、厳密には Boussinesq の公式は半無限体の境界面に作用する荷重に対してのみ適用しうるもので、かかる条件は杭の場合には満足されていない。Raymond D. Mindlin 氏はこの点を指摘し杭の場合に適用しうる解²⁾を与えたが、この方法は結局杭に沿ったせん断力の分布を決定する積分方程式を解くことになり簡単には解を求め難い。

そこで筆者は二次元光弾性実験によって摩擦杭周辺の垂直応力の分布状態を調べ、土の場合の参考に供したいと考えた。

2. 実験及びその結果

試験片は図-1に示すような形状のもので厚さ約 6 mm のエポキシ樹脂板である。力の伝達が専ら杭側面の摩擦によってのみ行われるように、杭の先端と試験片の切込最深部との間には僅かの空間をあげ、また試験片と杭と

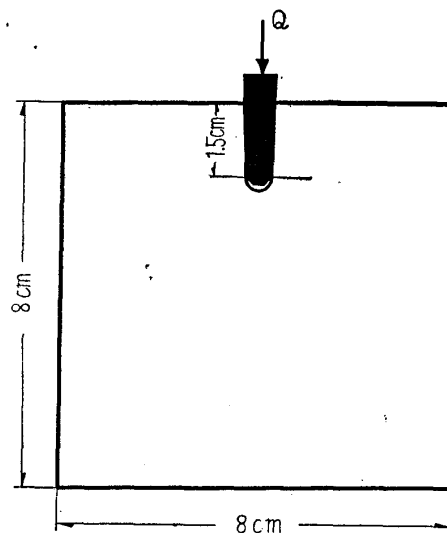


図-1 圧 力 球 根

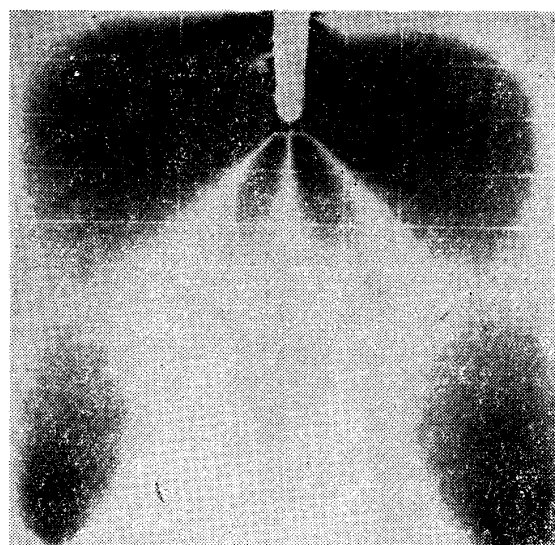


写真-2 等傾線写真 (θ=90°)

の接触が、各部で一樣になるような接触面の仕上げに注意し幾分テーパをつけた。この為杭の径は先端部で 4.5 mm 試験片上端面で 5 mm である。

写真-1は等色線写真であるが、下方釣鐘型の黒い模様は零次の縞であり、上方同心円状の縞は夫々外側から 1 次、次 2、3 次と内部程高次の縞を示し、切込部先端附近において最高 5 次に達し応力集中現象を示している。

縞の形は杭との接触状態が変化すれば変化することが考えられるが、その変化は杭との接触面のごく近傍に限られ、2 次より低次の縞及び切込部先端附近においては殆んど変化の無いことが失敗した数回の試験によって確認できた。よって応力の解析はそれらの部分についてのみ行った。縞の非対称性は、接触面の左右不同のほか荷

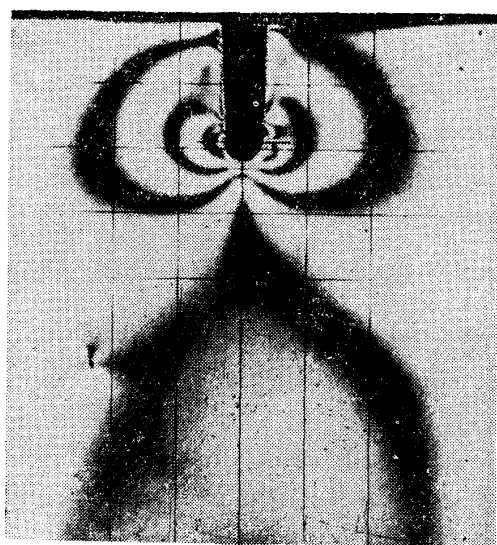


写真-1 等傾線写真

*東京都立大学工学部土木工学科 講師

重の多少の偏心，材料の不均一及びイニシャルストレスによるものと思われる。

写真-2は等傾線写真の例で $\theta=90^\circ$ に対応するものである。

3. 垂直応力の分布及び考察

写真に示した等色線及び等傾線図から応力解析を行い，夫々垂直及び水平の2，3の断面における垂直応力を求めた結果圧力球根を描いたものが図-2である。圧線に添えられた数字は圧力強度を示し，例えば $Q=1$ kgに按ずる単位は kg/cm^2 である。また図-2の $a-a'$

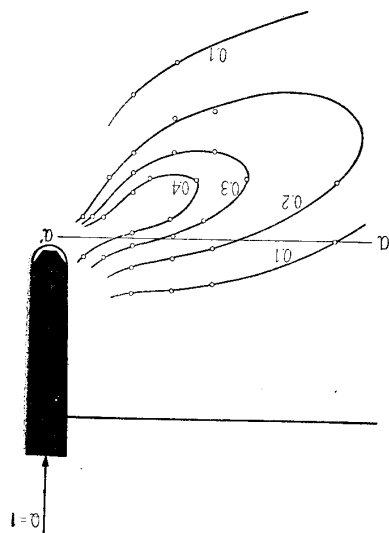


図-2 圧力球根

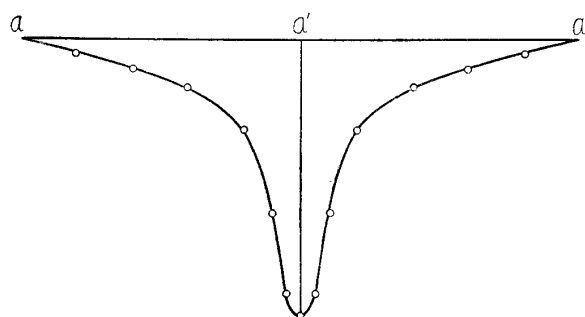


図-3 $a-a'$ 断面の垂直圧力分布

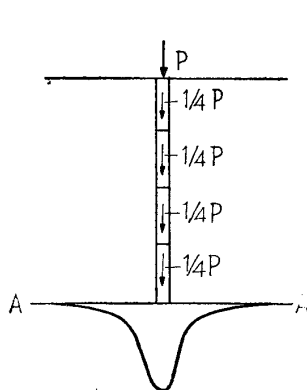


図-4

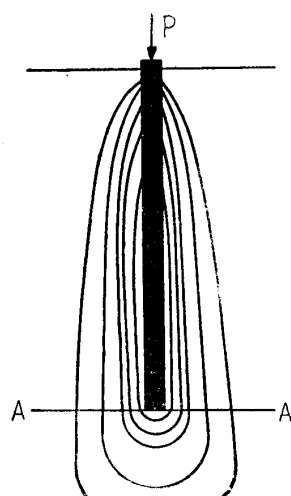


図-5

断面における垂直圧力の分布状況を示したものが図-3である。図-3の最大値は $Q=1$ kg に対し $1.05 \text{ kg}/\text{cm}^2$ に達する。

載荷状態の異なるものを簡単に比較することには疑問があるが，I. F. Morrison 氏が Boussinesq の式を適用して摩擦杭周辺の応力分布を求めているので，その計算結果と比較考察してみることにする。

図-4及び図-5は Morrison 氏の論文³⁾から取ったもので，氏は図-4に示すように全荷重の $1/4$ ずつが各断面で土に作用するとして，杭の先端を通る水平断面の垂直圧力の分布状態を示し，更に種々の深さにおけるこれらの強さを計算して図-5に示すような圧力球根を求めている。

杭先端水平断面の応力分布は，筆者の実験結果とその置位は異なるが大体同じような傾向を示し，唯中央における応力集中の度合は実験の方が幾分大きい。位置のずれを考えればこの断面における最大値はもっと大きな値を示すものと思われるが，実際の土は完全な均質弾性体ではないから実験結果から察せられるような大きな応力集中現象は起らないであろう。同様なことは圧力球根の形に関しても考えられる。図-2に示す圧力球根は斜下方に大きな広がりを持ち，杭の下方において等圧線が狭い間隔で集中する傾向を示しているが，土の場合にはこのような極端な集中現象は起らずまた横方向にも図のような大きな広がりには生じないであろう。唯 Koegler の実験¹⁾にみられるように狭い円形荷載板下の圧力球根が低次のものでは或程度横に広がりを持つことから察すれば，摩擦杭の場合にも同様な傾向が考えられ，Morrison 氏が示すものよりもう少し横に広がりを持った応力分布が起り，きんちゃく形の圧力球根を示すのではなかろうか。いずれにせよ之は土についての実験に俟つかはしない。

4. む す び

以上光弾性実験によって摩擦杭周辺の応力分布を調べ単簡な考察を試みたわけであるが，勿論之をそのまま土に適用することはできない。しかしながら理論的方法による解明も未だ確立されていない現在，一応の参考資料になるうかと考えて敢えてこの実験を行った次第である。将来砂或いは粘土について同様な実験を行いたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 例えば Koegler, F. and A. Scheiding, Druckverteilung im Baugrunde, Boustechnik, Berlin 1927—29
- 2) Raymond D. Mindlin, "Force at a Point in the Interior of a Semi-infinite Solid", Physics, vol. 7, 1936
- 3) I. F. Morrison, "The Fundamentals of Pile Foundations," Eng. J. October, 1939, pp. 1—4 (33. 11. 24)