

この研究については、第16回年次學術講演会および第18回中四支支部講演会において、共にスライドを用いて発表した。杭先角度 $2\alpha \leq 180^\circ$ の場合の杭打ち時の杭先周土の破壊の形態は、実験結果から考察して、近似的に次のように考えられる。

打ち込み杭は一般に鋼管杭を除き、杭先に角度(2α)を持ち、その角度は普通 60° 程度である。

この杭先の抵抗を求めるための理論は、Bierbaumの公式のように杭先抵抗を無視したものもあるが、多くの場合、杭先を平面と假定し、平板載荷試験の場合と全く同じように杭打ちにより平らな杭先にKurdjumoff効果として知られる弾性平衡状態の楔形の土塊が付着し、これが事実上の杭先であるとして、図-1のように、土のヒリ線場のCEを計算線としてゐる。

これは、Prandtlに始まるTerzaghi, Meyerhofらの考え方であり、現在一般に信託されているが、この考え方を今一步推考してみると、杭には普通錐形の杭先があり、しかも、この杭先の表面は多くの場合、コンクリート或は鉄板であるから、完全粗面と完全平滑の中間的なものでむしろ、完全平滑に近いものと考えられ、彼等の考え方が事実と相違していることは明らかである。

したがって杭は角度のある杭先をもち、しかも、その杭先角度は $2\alpha \leq 180^\circ$ である場合を考へて、杭先角度が 100° までは 10° 刻み、 100° 以上は $120^\circ, 150^\circ, 180^\circ$ の13種類の模型杭($5\text{cm} \times 3\text{cm} \times 45\text{cm}$)と、一面が磨きガラスである鉄料箱($31\text{cm} \times 31\text{cm} \times 31\text{cm}$)を用い、杭に 16.5kg の荷重を載せて瞬時的に貫入させた時、杭先より破壊される地盤の形態を写真にヒリ調べてみると、一般的に写真-1に示す如くである(純粋の図係上、各杭先角度の寫眞は省く)。

今これらの寫眞を基に杭先周面と各ヒリ線とのなす角度を測定すると、図-2に示すように、杭先角度

寫眞-1. 杭先角度(2α)とヒリ線の一例(杭先角度 50° および 90° の場合)

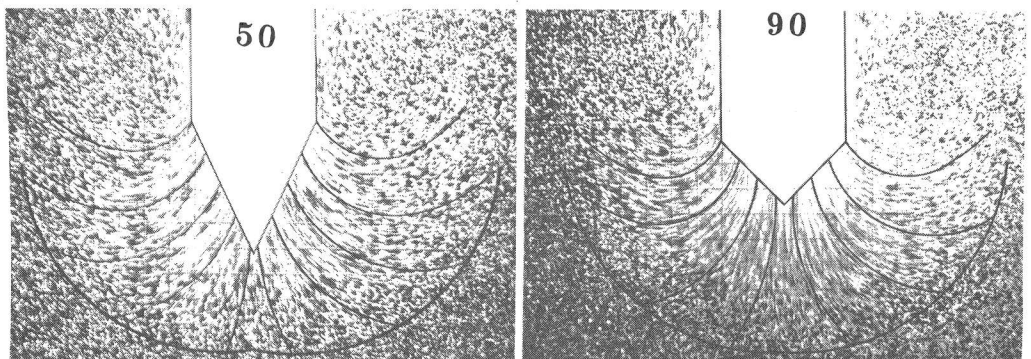
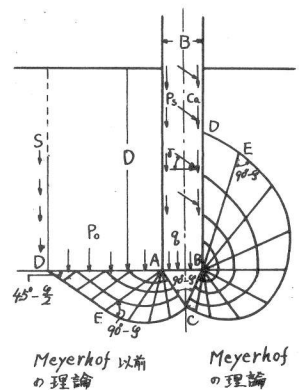
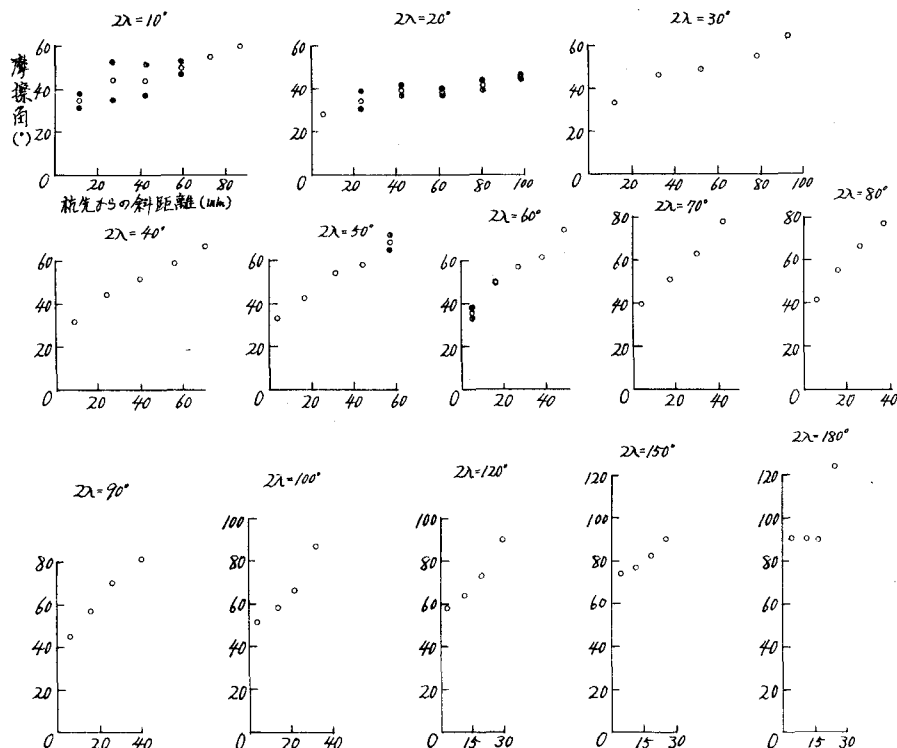


図-1

深い基礎のヒリ線場



図一 各杭先角度における杭先周面と各右リ線とのなす角度



$2\lambda \leq 180^\circ$ の何れの場合においても杭の中心において最も小さく、中心から離れるに従って大きくなり、またその最小角度は杭先角度が大きくなるに従って次第に大きくなっていく。これは同一粗度の僅小中の杭先周面においても摩擦角に差異があることを示すものであり、杭が貫入する時杭先周面に生じる土の圧縮面の密度の相違が、この一因をなすのではないかと考える。

次に右リ線および各右リ線のなす外線を測定すると、これらは何れも円弧または円弧に近く、外線の中心の位置は杭先角度(2λ)が極く小さい場合を除き、図一に示すように、大体図一/のAB線を中心に上下約10mm程度以内、左右は杭の半径以内にある。したがって右リ線の外線は近似的に図一/のように、A及びBを中心とする円弧と見做して大差ないように考えられる。

Meyerhofは図一/中のCEを対数螺旋線として杭先角度 $2\lambda \leq 180^\circ$ の場合(粘性地盤の場合)を解いているが、計算が複雑であるから、簡便でしかも近似的な計算を行うための一手段として、実測した右リ線は平行ではないが平行であるとしても大差ないように考えられるので、各右リ線を平行と仮定すると、樁の理論すなわち、頂角 2λ の剛性樁を剛完全塑性材料のV型くぼみに押し込み力 $P(2\lambda)$ で押し込む場合に相当することになる。樁と普通使用される錐形の杭先とは異なるが、同一杭先角度の単位長さ当りの押し込み力 $P(2\lambda)$ は近似的に $P(2\lambda) : P(180^\circ)$ (樁の場合) = $P(2\lambda) : P(180^\circ)$ (杭の場合) と考えると、その比は $(1 + 2\lambda + \frac{\pi}{2} + C\lambda) / (1 + \frac{\pi}{2})$ となり、面積のデメンジョンを πD^2 程度の大きさのものとすると、 $\pi D^2(1 + 2\lambda + \frac{\pi}{2} + C\lambda) / (1 + \frac{\pi}{2})$ となる。この $(1 + 2\lambda + \frac{\pi}{2} + C\lambda) / (1 + \frac{\pi}{2})$ は図一/に示す如くであるが、図一/は実測した杭先抵抗(図

図-3

外縁の平均中心座標ならびに
外縁半径

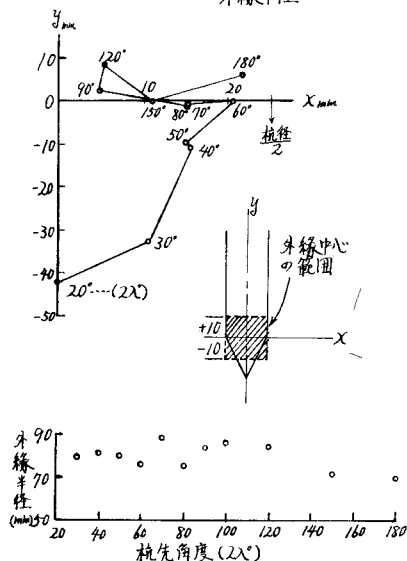


図-4. 杭先角度 $2\lambda \leq 180^\circ$ のときの杭先周辺土の破壊領域

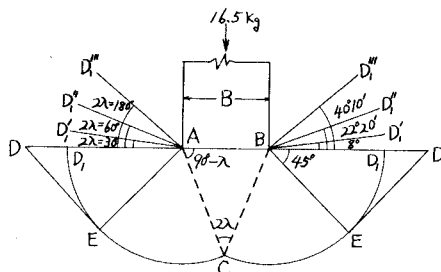
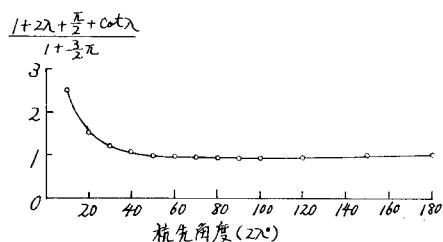


図-5



一6)の傾向に比較的よい近似をなすように図示され杭先角度 2λ

の影響は近似的に $(1 + 2\lambda + \frac{\pi}{2} + \cot \lambda) / (1 + \frac{\pi}{2})$ で表わし得るのではないかと考える。ただこの場合 $\pi^2 (1 + 2\lambda + \frac{\pi}{2} + \cot \lambda) / (1 + \frac{\pi}{2})$ のみで杭先角度 $2\lambda \leq 180^\circ$ の場合の杭先抵抗を求めることはできず、杭先角度の差、また仮定には杭と杭との相違などのために生じる杭先周辺土の変化による杭先抵抗への影響を見積りなければならぬ。

次に前掲その他の図から杭先周辺土の破壊範囲を杭先と杭筒の接続部(不連続部)を基準にして、各杭先角度について調べると基準線上的杭側面においては図-7に示すように杭の直径の約1.4倍程度杭先

直下においては

図-8に示すように各杭先角度によって異なる杭先角度50°程度以上においては大体杭の直径の0.8~1.3倍程度である。

図-7 X軸上の破壊領域

破壊領域
杭の直径

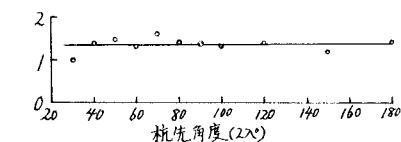


図-6 実験した杭先抵抗の一例
(杭径20mm, 40mmの実測杭先抵抗)

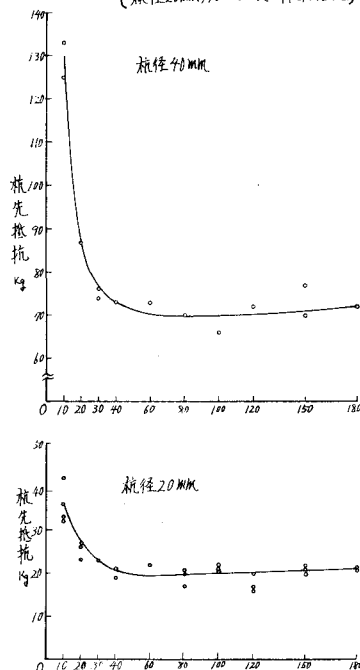


図-8 杭先角度 $2\alpha \leq 180^\circ$ のときの杭先以下の砂粒子の変位量

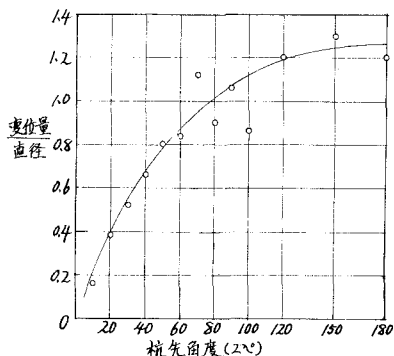
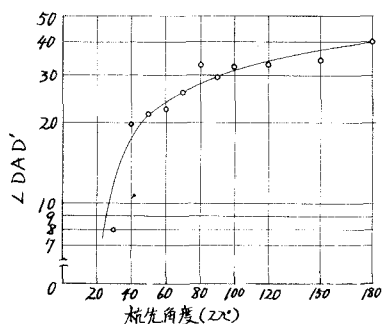


図-9 杭先角度 $2\alpha \leq 180^\circ$ のときの不連続部より上への砂粒子の変位量



また図-9に示すように、周辺土のハネ上りの状態($\Delta DAD'$)も各杭先角度によって異なり、杭先角度(2α)が大きくなるに従って大きくなる。

なお論文集(第105)に発表した如く不連続部においては、図-10に示すように、杭先において密度の増加した周辺土が不連続部で破壊され、密度が低下するが、この密度低下の状態は各杭先角度(2α)によって異なり、これが杭筒周辺の土の密度分布に影響を与える。

この時最小密度を示す位置は杭先角度が小さい場合不連続部であるが、杭先角度が大きくなるに従って杭筒部に移行する。しかも、その最小密度は図-10に示すように、杭先角度が大きくなるに従って小さくなる。

先に、Florentinらは、杭先の破壊条件が杭の周面摩擦の分布に影響すると述べ、また、Gizenskiらは、杭先抵抗が作用する場合何れの上においても杭側面の摩擦力分布は深さに比例せず、ある深さまで増加し、以後杭先に何って減少すると述べているが、この実験のように、杭先角度 $2\alpha \leq 180^\circ$ の場合も、前記のように、杭先の破壊条件を変え、杭側面の土の密度分布に影響を与える。

したがって、杭の不連続部は杭の周面摩擦力の分布に影響を与える一因子と考えられる。

これらの実験結果は、杭先抵抗を求めるに際し、平板載荷試験の場合と同様に考えることの妥当性を欠くことを示すものと考えられる。

図-10 不連続部における密度増加率
○: 各種杭先部表面における周辺土の密度の最高増加率
●: 不連続部により周辺土が破壊されたときの密度の最低増加率

