

# 杭打ち時における杭先周辺土の破壊に関する実験的研究

広島大学 正員 林 公重

打ち込み杭は一般的に鋼管杭を除き杭先に角度( $2\lambda$ )をもちその角度は普通 $60^\circ$ 程度である。

この杭先の抵抗を求めるための理論はBierbaumer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仮定し平面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Kurdjümovff効果として知られる弾性平衡状態の楔形三角形の土塊が付着しこれが杭と一体となって貫入する際の楔形三角形の土の側面を杭先の一面と仮定して図-1のように土のこり線場のCEを対数螺旋線( $\delta=0, \varphi=0$ )としている。

これはPrandtlに始まるJaky, Cagnot, Kerisel, Terzaghi, Peck, 四-1 Meyerhofらの考え方であり現在一般に信頼されているが後述するようにこのこり線場はむしろSkemptonの四-1中のAD線上に中心をもつ半円形と考えた方が事実に近いようである。

このPrandtlに始まるTerzaghi, Meyerhofらの杭先抵抗に関する考え方を今一度追記してみると彼らは前記のように杭先角度 $2\lambda=180^\circ$ としてKurdjümovff効果を考慮してよるが杭には普通杭先がありしかもこの杭先の表面は多くの場合鉄板製であるから完全粗面と完全油滑の中間的なものでむしろ完全油滑に近いものであり彼らの考え方が事実と相違していることは明白である。

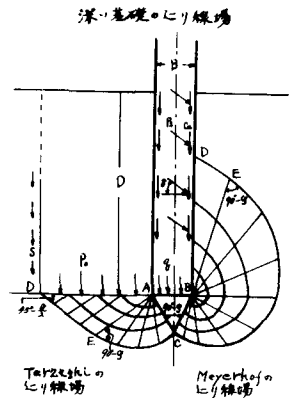
したがって杭先角度 $2\lambda \neq 180^\circ$ の場合を対象に杭先により破壊される地盤の状態を写真にとり(砂地盤の場合)調べてみると次のごとくである(スライドによる)。

今これらの実験結果を基に杭先周面と各こり線とのなす角度を測定すると杭先角度 $2\lambda \neq 180^\circ$ 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の距離が増加するに従って大きくなっている(スライドによる)このことは僅かな範囲内における同一粗度の杭先周面においても摩擦力に相違があることを暗示するものと考える。次にこり線の状態および各こり線のなす外縁を測定するとこれらは何れも円弧あるいは円弧に近くその中心の位置は杭先角度( $2\lambda$ )が極く小さい特殊の場合を除き大体四-1のAD線を中心に上下は約10mm以内左右は杭の半径以内にあることが分る(スライドによる)。

したがって各こり線の外縁は近似的に図-2のようにAおよびBを中心とする円弧と見做して大差ないよう考えられる。

Meyerhof<sup>(1)</sup>は四-1中のCEを対数螺旋線として杭先角度 $2\lambda \neq 180^\circ$ の場合(粘土地盤の場合)を解いているが計算が複雑であるので実測した各こり線は平行ではないが簡単でしかも近似的な計算を行うための一手段として各こり線を平行と見做すと楔の理論( $\delta=0, \varphi=0$ )すなわち頂角 $2\lambda$ の剛性楔を剛完全塑性材料のV型くぼみに押込み力 $P(2\lambda)$ で押込む場合に相当することになる。

楔と普通使用される円錐形の杭先とは異なるが近似値としてその比をとり面積のディメンジョンを $\pi d^2$  径



度の大きさのものとすると  $\pi t^2 \frac{1+2\lambda+\frac{\pi}{2}+\cot\lambda}{1+\frac{\pi}{2}\pi}$  となり、この式は実測値の傾向に比較的よい近似を示すように思われる。

しかし、この場合注意すべきことは杭先角度  $2\lambda$  が  $180^\circ$  の場合杭の貫入により杭先角度が小さいとき杭先周辺に土の圧縮圈を形成し杭先角度が大きいたとき杭先直下に土の圧縮圈を形成して貫入抵抗を増加させるため  $\pi t^2 \frac{1+2\lambda+\frac{\pi}{2}+\cot\lambda}{1+\frac{\pi}{2}\pi}$  のみで杭先角度  $2\lambda$  が  $180^\circ$  の場合の影響を求めることはできず周辺の土の密度変化による接触圧を考慮しなければならぬ。

杭先直下の圧縮圈の範囲は普通使用される程度の杭先角度の場合、大体杭の直径程度と考えられる(スライドによる)。

また杭先と杭筒との接触部においては図-3に示すように密度の増加した周辺土を破壊し杭筒周辺の土の密度分布を変化させる。この時密度の最小値を示す位置は杭先角度が小さい場合杭先と杭筒の接触部であるが杭先角度が大きくなるに従って杭筒部に移動する。しかもその最小密度は杭先角度が大きくなるに従って小さくなる(スライドによる)。

上記の結果の中、杭先抵抗について Alexander<sup>(3)</sup> 最上敬<sup>(4)</sup> は砂地盤の場合普通使用せられる程度の大きさの杭においては杭先抵抗が大きいと述べていることの妥当性を示し、杭筒抵抗について Florentin, L'Heritezu

and Fierhi<sup>(5)</sup> 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<sup>(6)</sup> は杭側面の摩擦分布は深さに比例せずある深さまで増加した後杭先に向って減少する。このことは杭先抵抗が作用する場合何れの上でも成立すると述べていることの妥当性を示しているものと考える。

なお更に上記の実験結果から、これらの事項に次の事項を付加すべきであると考える。

すなわち前記のように杭先角度  $2\lambda$  が  $180^\circ$  の場合杭先と杭筒の接触部が変化するがこの変化の形態が起因して杭周辺の土の最小密度を示す位置が変わり最小密度は杭先角度が大きくなるに従って小さくなることである。

## 参考文献

- (1) G. G. Meyerhof: The ultimate bearing capacity of wedge-shaped foundations - Proc. 5th Int. Conf. Soil Mech. and found. Eng., Vol. 3, 1961.
- (2) 林公重: 杭の支持力、先端抵抗、引拔抵抗におよぼす杭先の影響に関する模型実験的研究 - 土木学会論文集 No. 105, 88 39.
- (3) T. W. Alexander: Discussion - Proc. 4th Int. Conf. Soil Mech., Vol. 3, 1958.
- (4) 最上武雄: 基礎と杭 - 土と基礎, Vol. 6, No. 3, 82 33.
- (5) Florentin, L'Heritezu and Fierhi: Test on small sized model piles - Proc. 2nd Int. Conf. Soil Mech., Vol. 5, 1948.
- (6) S. F. Gizenski: Discussion - Trans. ASCE, Vol. 123, No. 2936, 1958.

図-2

杭先角度  $2\lambda$  が  $180^\circ$  のときの杭先周辺土の破壊圈

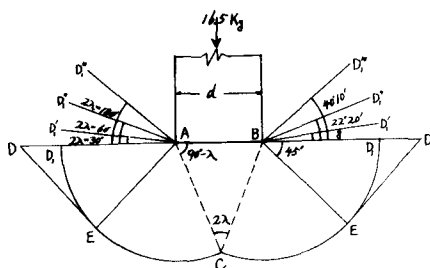


図-3

実験範囲内における

○: 各種杭先部位置における周辺土の密度比  
●: 不連続部により周辺土が、最高増加率破壊されたときの密度比の最低増加率

