

III-394

杭—地盤系の支持力解析

セントラルコンサルタント(株)

○正会員 柳沢 正敏

京都大学工学部

正会員 関口 秀雄

1. はじめに

軟弱地盤上の橋台においては、背面盛土によって盛土直下地盤の側方流動が生じ、橋台に変状をきたした事例が少なくない。このような橋台の基礎杭では「受働杭」としての検討が不可欠であり、杭—地盤間の相互作用を三次元的にとらえる必要がある。本研究では、このような橋台の基礎杭を対象に、三次元的な上界法による解析を実施し、支持力と杭間隔との関係を調べた。その際、杭の抵抗の評価についてはRandolphらによる解¹⁾を参考にした。

2. Randolphらの解

破壊メカニズムを考案する際に、杭周囲については主働単杭に関するRandolphらの解を参照し、ここではそれを受働列杭の場合に適用することを試みた。ここで参考にしたRandolphらの解は、主働杭に関して杭周囲で図-1に示すような速度場を想定して平面ひずみ条件で解析されたものである。地盤はトレスカ材料でせん断強度 $\tau=c_u$ とし、杭は直径 D の円形で十分に剛であるとしている。図中の r_1 、 r_2 は杭径及び杭の付着力によって決まり、杭が完全に粗い場合(杭の付着力 $a=c_u$)を例にとると、 $r_1=(1+\pi/8)D$ 、 $r_2=(1/2+\pi/8)D$ である。極限水平支持力は、完全になめらかな杭(杭の付着力 $a=0$)で $P=(\pi+6)c_u$ 、完全に粗い杭で $P=(2\pi+4\sqrt{2})c_u$ である。

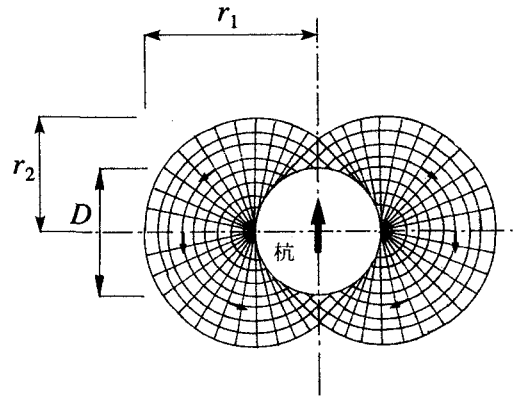


図-1 主働単杭に関するRandolphの破壊メカニズム
(杭が完全に粗い場合)

3. 盛土端部の列杭の存在による支持力増加—三次元上界法の適用

厚さ d の軟弱層上の盛土端部に杭間隔 S の一列の列杭の存在を考え、橋軸方向の盛土地盤のすべり面について直線または円弧を組み合わせた破壊メカニズムを考案した。そして、それぞれの支持力比(q_f/c_u)の値を比較した結果、図-2に示す破壊メカニズムが最良の上界値を与えることが分かった。図に示す通り、破壊メカニズムはくさび形と扇形領域および幅 $2r_2$ の直方形領域からなる。ただし、橋軸の垂直方向の側方流動はないと仮定している。

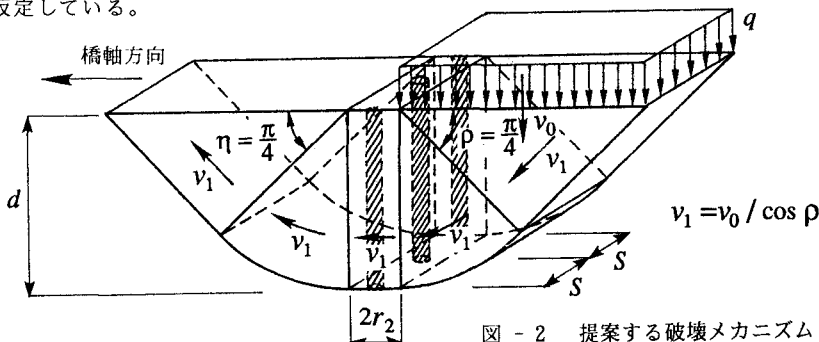


図-2 提案する破壊メカニズム

(1) 支持力式の誘導

上記の破壊メカニズムに基づく支持力式は、杭間隔比を $M(=S/D)$ ，軟弱層厚比を $N(=D/d)$ とすると、次式の通りとなる。ここで、第一項は杭のない場合の支持力比を、第二項は杭の存在の効果を表す。第二項は杭の付着力によって決まり、ここでは杭が完全に粗い場合についてのみ示す。

$$q_f/c_u = f(\rho, \eta) + \xi(M, N) \quad (1)$$

ここで、第一項は、

$$f(\rho, \eta) = \tan \rho + 2(\pi - \rho - \eta) + \tan \eta \quad (2.a)$$

最小の支持力を与える ρ, η は $\pi/4$ であるから、

$$f(\rho, \eta) = \pi + 2 \quad (2.b)$$

第二項は、

$$\xi(M, N) = \frac{1}{M} \left\{ (4\sqrt{2} + 2\pi) + \frac{4 + \pi}{4} MN + N \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 1 + \frac{9 - 4\sqrt{2}}{8\sqrt{2}} \pi - \frac{5}{32} \pi^2 - \frac{7}{384} \pi^3 \right) \right\} \quad (3)$$

(2) 誘導した支持力式の適用性に関する考察

式(1)から得られる支持力比 q_f/c_u は、軟弱層厚比 $N=0.1$ の場合、図-3のようになる。杭が完全に粗い場合を例に挙げると、杭間隔比 $S/D=5$ のとき $q_f/c_u=7.68$ であり、杭間隔が小さくなるほど支持力比が増加する。そして隣合う杭が干渉しあわない最小間隔 $S/D=2.8$ のとき、 $q_f/c_u=9.56$ となる。杭が完全になめらかな場合も基本的な同じである。

4. 結論

- (1) 盛土端部の列杭の存在による支持力の増加を与える式は、杭間隔比 ($M=S/D$) 及び杭径-軟弱層厚比 ($N=D/d$) のみの関数となる。
- (2) 列杭の存在によって、支持力は杭間隔が杭径の2.8倍のとき、杭のない場合の1.8倍にまで増加する。
- (3) 今後、隣合う杭が干渉し合うような杭間隔の場合について検討していく予定である。

5. 参考文献

- 1) Randolph, M. F. & Houlsby, G. T. : The limiting pressure on a circular pile loaded laterally in cohesive soil, *Geotechnique*, Vol.34, No.4, pp.613-623, 1984.
- 2) 柳沢正敏 : 杭・矢板-地盤系の相互作用に関する解析的研究, 京都大学修士論文, 1994.

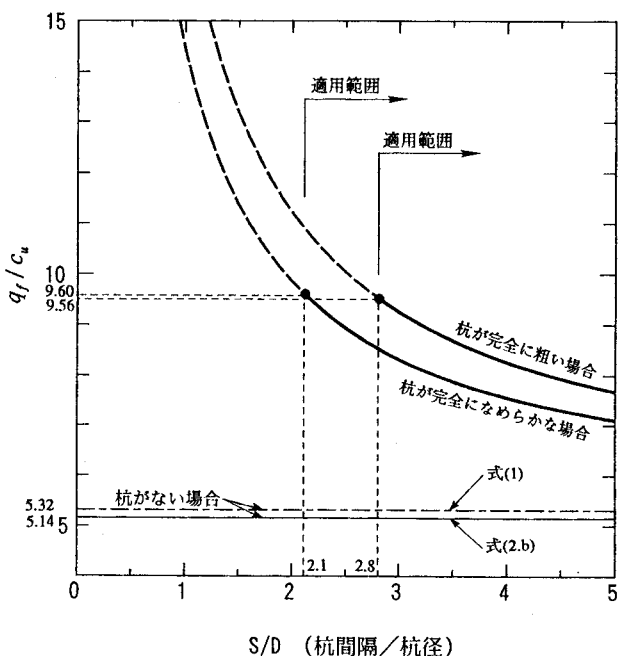


図 - 3 杭間隔比-支持力比関係
(軟弱層厚比 $D/d=0.1$ の場合)