

東大生研 正 竹内 則雄・正 川井 忠彦

1. はじめに 土の支持力問題は安定解析の一つとして極限解析の立場に立ち古くから研究されてきた。それゆえ、耐力等の極限支持力に関する公式は多く見られるが、変位に対する実用公式はあまり多く見られない。直接基礎や杭等の耐力力が極限支持力や許容沈下量から決まるとすれば、ある程度変位を考慮する必要があると考える。一方、ここで用いるモデルは一般化された極限解析用のモデルであるため変位に対する信頼性は低い⁽¹⁾⁻⁽³⁾。しかし、バネ定数の並び次第である程度の変位の傾向を知ることが出来る。従って、荷重-変位曲線を書くことによって変位が急増するなり線の状態も知ることが出来る。

川井によ、2体系付けられた新離散化モデル(以後RBSMと呼ぶ)に新しく軸対称要素を追加し、支持力問題に対する極限解析をおこなった。良好な結果が得られたのでここに報告する。

2. 浅い帯状基礎の極限支持力 数理塑性学を土の支持力問題に適用する理論がPrandtlによ、与えられた。このときの仮定は土を(c-φ)塑性体として自重を考慮しないものであった。都井は⁽⁴⁾この種の問題で内部摩擦角φを零として解析しているが、使用したモデルはRBSMのθ(回転角)に関する影響を無視したものであった。

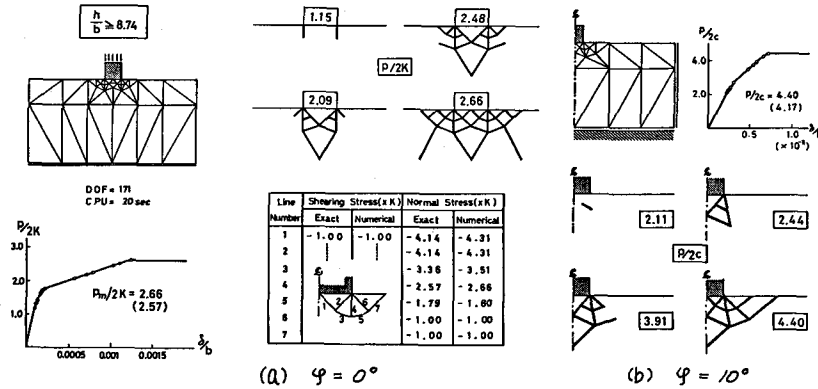
(a) $\phi = 0^\circ$ (b) $\phi = 10^\circ$

図2-1 自重を無視した浅い帯状基礎の支持力

最終的なメカニズムを形成した段階における最高荷重は、θの有無に関係なく同じ結果となるが、なり線の発生は異なるようである。(図2-1-a) 著者はさらに、内部摩擦角のある場合についてもモール・クーロン(直線脆性線)の破壊条件式を用いて解析を試みた。

その結果、本解析法では内部摩擦角が30°を超えると理論と異なりなり線を与える。内部摩擦角の大きい問題では十分な注意が必要であると考えられる。

Prandtlは自重の影響を無視したが実際の地盤は初期地圧を含んでいる。Terzaghiは自重を考慮した支持力公式を与えているが、彼の仮定した基礎直下におけるクサビ状の主動域に関する形状は誤りであることが指摘されている。そこで、著者はクサビの形状を種々仮定して計算を試みた。図2-4のようなωをパラメーターとした。

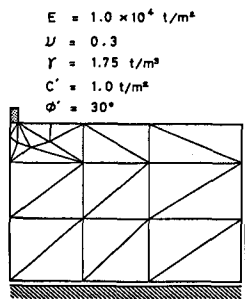


図2-2 自重を考慮した浅い帯状基礎の支持力

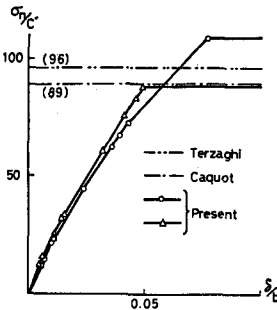


図2-3 ωの変化による最高荷重

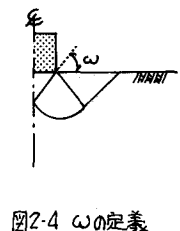
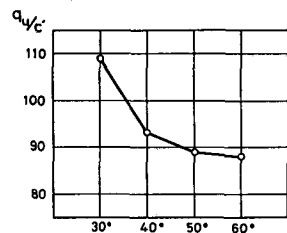


図2-4 ωの定義

る。—印は $\omega=30^\circ$ の、また—△印は $\omega=60^\circ$ の結果である。一般に、 $\omega=\pi/4+\phi/2$ であることが実験的にも知られており、計算結果においても、Terzaghiの仮定した $\omega=30^\circ$ より、 $\omega=60^\circ$ としたケースの方が最高荷重は小さい値を示した。 ω の変化による最高荷重の変化をプロットしたものが図2-3に示してある。 $\omega=60^\circ$ 程度で収束する傾向が見られ、実験的にいわれていることが良くうかがえる。

3. 深い帯状基礎の極限支持力 一般に根入れ(D_f)が載荷幅(B)に比べて大きいとき深い基礎と呼ぶが、深い基礎の場合根入れした部分の周辺摩擦の影響が大きい。Meyerhofは深い基礎の支持力公式をTerzaghiと同様な形で与えているが、Terzaghiの仮定と異なり根入れ部分の土り線も考慮している。一般に根入れが深くなると、数値計算上、構造がメカニズムを形成しにくくなり、先端破壊の様相が表われる。もちろん最高荷重に対する周辺摩擦の影響も大きくなる。そこで、根入れ幅比(D_f/B)が3の場合について計算をおこなってみた。図3-1-aは土り線とその順番、また最高荷重を書いたものである。周辺摩擦を考慮した場合とそうでない場合($C_a=C$:周辺摩擦考慮, $C_a=0$:周辺摩擦無し)で土り線の発生順番は異なるが、どちらの場合も基礎直下が始めに破壊する。そこで、図3-1-bに示す様な荷重—変位曲線を書いてみた。周辺摩擦を考慮した場合で7番目の土り線が生じたとき、周辺摩擦を無視した場合でも6番目の土り線が生じたときから変位が急増する。これを図3-1-aとてらし合わせるとほぼ基礎直下が破壊すると変位が急増し、許容沈下量とてらし合わせればよいのではないかと考えられる。このように荷重—変位曲線と土り線図を見くらべた後の状態を知るのも可能であろう。

4. 浅い円形基礎の極限支持力 単一の円形基礎の場合、軸対称塑性問題として取り扱うことが可能である。帯状基礎に比べ土り線の発生する範囲が小さい。この種の問題では簡易法や差分法が用いられてきた。しかし、一般的軸対称塑性問題に対する支持力公式を与えるのはむずかしい。

そこで、RBSM要素についても軸対称要素を開発し、この種の問題に適用することを考えてみた。図4-1は表面基礎の例である。降伏条件としては内部摩擦角を零とし、せん断力が一定値を越えたらせん断バネを切断するという方法をとった。Prandtlの解よりHillの解に近い状態の解が得られている。この例では、11番目の土り線が発生した後も構造はメカニズムにならず、徐々にまわりが破壊していく結果となった。

5. むすび 支持力問題における基本的問題を取り上げてRBSMの有効性を確認した。RBSMはバネという概念を用いているため、周辺摩擦の影響が簡単に導入できる。このモデルの変位解の精度はバネ定数の選定に依存し、あまり信頼性は無いが、荷重—変位曲線と土り線図を書くことにより、変位の急増する土り線を定性的に知ることが出来る。特に深い基礎では有効であろうと考える。

参考文献 (1) 川井：生研セミナーテキスト(1979) (2) 竹内・川井：年講概要集(I部内)(1979)

(3) 川井・竹内：シミュレーション技術研究会論文集(1979) (4) 川井・都井：生産研究, 29, 4 (1977)

(5) 土質工学会編：“土質工学ハンドブック”(1965) (6) 最上：“土質力学”技報堂(1964)

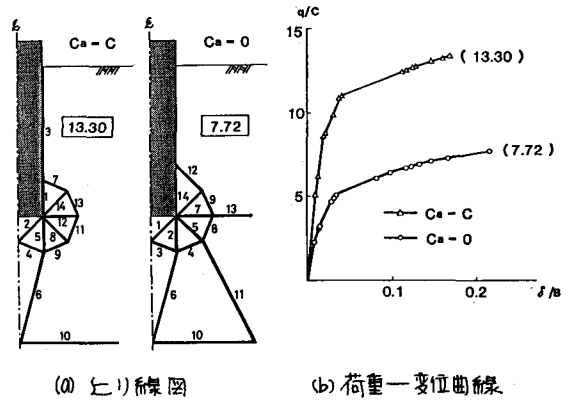


図3-1 深い帯状基礎の支持力 ($D_f/B=3$)

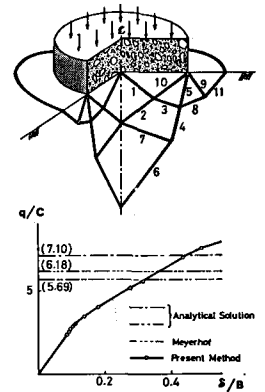


図4-1 円形基礎の支持力