

III-452

ビショップ分割法を用いた
三次元支持力解析(II)

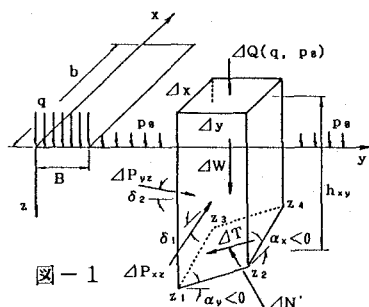
愛知工業大学・工学部 (正) ○ 成田 国朝
東京電機大学・理工学部 (正) 山口 柏樹

1. はじめに

著者らは先に¹⁾、対数ら線を長辺方向に組み合わせて構成される曲面状のすべり面に対して、斜面安定解析で用いられる簡易ビショップ分割法を適用した簡便な三次元支持力解析法を提案し、すべり面形状や支持力係数の特性など、三次元解析に伴う基礎的事項を明らかにした。本報告では、提案した三次元解を二次元解と対比して形状係数の特性を調べ、従来提案されている実験・経験式や他の解析値との比較を行う。

2. 分割法支持力解析

解析法の詳細は前報¹⁾を参照されたい。幅 $B \times$ 長さ $L(=2b)$ の矩形基礎において、基礎左端を通る対数ら線すべり線を大きさを変えて長辺方向に組み合わせた紡錘形のすべり面を考える。すべり領域を微小な角柱体に分割すると、土柱に働く力は図-1の自重 ΔW 、表面力 ΔQ 、有効垂直力 $\Delta N'$ 、せん断力 ΔT 、不静定内力 ΔP_{xz} 、 ΔP_{yz} の6個であり、 ΔQ に未知の支持力 q が含まれる。静定化の条件として本法では、側方拘束力 ΔP_{xz} はすべり面に平行に、断面力 ΔP_{yz} は簡易ビショップ法に従い水平に作用すると仮定した。



3. 数値計算結果と考察

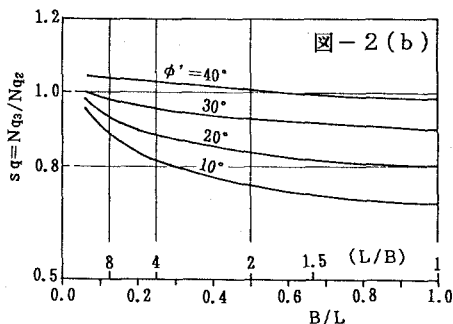
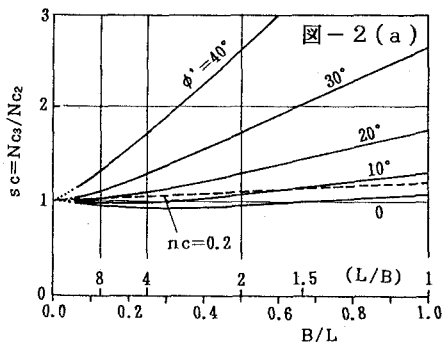
図-2(a)~(c)の実線は3つの支持力係数について本法の三次元解と二次元の対数ら線解²⁾との比をとり、基礎幅比 B/L との関係を調べたものである。二次元解に対数ら線解を用いたのは、本法で仮定した曲面すべり面が基本的には対数ら線の組み合わせで構成されることによる。縦軸の形状係数 $sc, sq, s\gamma$ と基礎幅比の関係は一次式： $s = 1 + n \cdot (B/L)$ の形で整理されることが多く、対応する比例係数 $nc, nq, n\gamma$ も形状係数と呼ばれる。

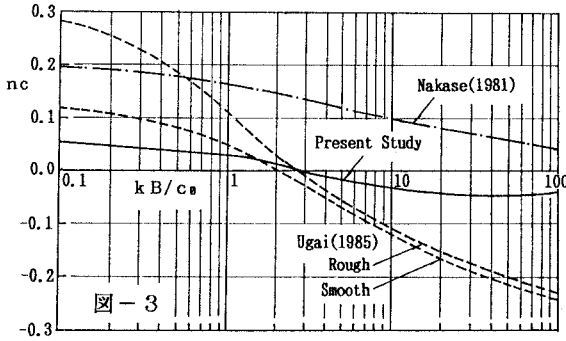
(1) 粘着力項 $sc(nc)$: 図-2(a)に見られるように、全ての ϕ' において $B/L \rightarrow 0$ の極限で $sc \approx 1$ となり、本法の解は対数ら線解に滑らかに収束する。また、 sc 値は ϕ' 大なるほど B/L に対し直線的に増加し、その増加率 nc も加速的に大きくなる傾向が見られる。 nc に関しては以下の3式が代表的な実用式として挙げられる。

① $nc = Nq/Nc$ ② $nc = 0.2 + \tan^2 \phi'$ ③ $nc = 0.2N\phi$

図中の $nc=0.2$ の破線と比べれば、本法の nc 値が実用式に対応するのは $\phi' < \text{約} 15^\circ$ であるが、粘土地盤では $\phi_u=0$ 法によることが多く、逆に ϕ' の大きい砂地盤では Nc の効果が極めて小さいので、この範囲の議論で十分と考えられる。

図-3は非排水強さが深さとともに直線的に増加する正規圧密粘土地盤($c_u = c_a + k \cdot z$)について形状係数の特性を調べたものであり、本法の解を実線、中瀬³⁾の解を一点鎖線で、鶴飼⁴⁾の解を基礎底面の粗滑別に2つの破線で示した。





中瀬の解では nc が常に正であるのに対し、本法と鶴飼の解では kB/c_0 が大なる範囲で nc が負値を示す。また、後2者の nc 値は絶対値にかなり差があるが、 kB/c_0 に対する変動傾向は類似していると言える。

(2) 表面荷重項: sq (nq): 図-2(b)では、本法の sq 解が B/L の増加に伴って単調に減少し ($nq = -0.3 \sim 0$)、従来の有限円筒すべり面を想定した議論⁵⁾とは相反する特性が見られる。本法では紡錘形のすべり面を考え、側方拘束力 ΔP_{xz} がすべり面に平行に働くことと仮定しているため、すべり土塊に対する周囲からの拘束性が小さく、有限円筒で想定するような端部摩擦力の効果があまり期待できないのであろう。

(3) 自重項: $s\gamma$ ($n\gamma$): 上記の sq の特性は自重項にも同様な傾向として現れ、図-2(c)のように $s\gamma$ は B/L の増加とともに減少する。 $n\gamma$ については ① $n\gamma = -0.4$ や ② $n\gamma = -0.5(0.2 + \tan^6 \phi')$ などの実用式が提案されている。

図には参考のため $n\gamma = -0.2, -0.4$ の直線を破線で示すと同時に、各方面で行われた支持力試験の結果を○印でプロットした。これらは実線で描いた本法の解と定性的に比較的良好に対応しているように思われる。

図-4は応力状態の相違が $N\gamma$ に与える影響を調べるために、 $B \times L$ の基礎の両端部と中間の部分で摩擦角が異なるとした場合の解析例である。すなわち、真中の $(L-B)$ 部分では平面ひずみ圧縮を考えて ϕ'_p 、両端の $(B \times B/2)$ 部分では三軸 (ϕ'_t) と平面ひずみの中間の状態を考えて平均値 $\phi'_m = (\phi'_t + \phi'_p)/2$ を用いて摩擦成分を計算した。ただし、 $\phi'_p = 1.1\phi'_t$ とし、すべり面の形状は ϕ'_p と ϕ'_m の重み付き平均値を用いて定めた。図の○印は $\phi'_t = 30^\circ$ の計算結果であり、 $N\gamma \sim B/L$ 関係は破線のようにほぼ直線で近似される。参考のために $\phi'_p = 33^\circ$ 、 $\phi'_m = 31.5^\circ$ それぞれ一定の場合の解を実線で描いたが、プロット点は B/L の増加に伴って ϕ'_p 線から ϕ'_m 線へ単調に移行する様子が見られる。破線関係を $B/L \rightarrow 0$ に延長して求めた $N\gamma$ を帯基礎の解と見なして形状係数の変化を調べると、直線式の比例係数として $n\gamma = -0.31$ を得る。同様の計算を $\phi'_t = 20^\circ, 40^\circ$ について行った結果はそれぞれ $n\gamma = -0.29, -0.35$ であり、応力状態の影響を考慮すると ϕ'_t にあまり関係なく $n\gamma = -0.3 \sim -0.35$ と考えてよいようである。

4. おわりに 以上を整理すると、①本法の sc 解は $\phi' > 15^\circ$ で過大になる。②正規圧密粘土地盤では極限解析の解と定性的に良く一致する。③本法の $s\gamma$ 解は実用式や実験結果と比較的良好に対応する。④基礎面内の応力状態の相違を考慮した計算では、 ϕ' にあまり関係なく実用式に近い値 ($n\gamma = -0.3 \sim -0.35$) を得た。

参考文献: 1)成田・山口(1991):第26回土質 2)Narita & Yamaguchi(1989):S&F 3)Nakase(1981):S&F

4)鶴飼(1985):土質論文集 5)山口(1984):土質力学

