

分割法による砂地盤の支持力計算

熊本大学工学部 正会員 今泉 繁 良

1. はじめに

斜面安定解析に用いられる分割法も支持力計算に適用するに際して、すべり線を円弧と仮定するのではなく、主働域と受働域を直線すべり線と考えた複合すべり線と仮定して計算する方法を提案してきた^{1,2,3)}。ここでは、提案した方法に基づいて土被りのある砂地盤の支持力を評価する時の重ね合せ解について検討した結果と、異方性砂地盤における解析³⁾で、 $\phi \sim \beta$ 関係として平面ひずみせん断試験の結果⁴⁾を利用した場合の結果について報告する。

2. 土被り砂地盤に対する重ね合せ解について

提案した分割計算法を実施する場合、基礎荷重 $Q/2$ および主働域での分割片への水平力 P_h の、円弧中心からの直距離 x_g と y_R (図-1 参照) を定める必要がある。ここで、本計算法では、土被り荷重と自重に基づく接地圧分布形状を Terzaghi⁵⁾ や Graham⁶⁾ の提案に基づき、それぞれ、矩形と三角形に仮定している。したがって、それぞれに関する支持力 Q_p と Q_r を独立に計算する場合には、 x_g と y_R は、円弧の中心 O から分布形重心までの距離及びそれに相当する値として容易に仮定しうが、土被り荷重と自重を同時に考慮して計算する場合には、両者の重みを評価しなくては x_g と y_R を決めることができない。そこで、次のような計算方法に従った。

- (i) $P_0 \neq 0$, $\delta = 0$ での Q_p , $P_0 = 0$, $\delta \neq 0$ での Q_r を計算し、次式によって Q_{sp} の作用距離 x_{sp} を求める。

$$x_{sp} = \frac{Q_p \times x_p + Q_r \times x_r}{Q_p + Q_r}$$

- (ii) x_{sp} での Q_{sp} の作用線が主働域の $\overline{CA'}$ (図-2 参照) を通る点に対応する $y_{R(1)}$ を y_{Rsp} の第一近似値として、 Q_{sp} の第一近似値を計算する。

- (iii) 計算された Q_{sp} と x_{sp} , 主働くさびの自重 W_a とその作用距離 x_w とから、 Q_{sp} と W_a の合力 F の作用距離 x_f を次式で求める。

$$x_f = \frac{Q_{sp} \times x_{sp} + W_a \times x_w}{Q_{sp} + W_a}$$

- (iv) x_f に対応する $y_{R(2)}$ を求め、 Q_{sp} の第二近似値を計算する。
ここで、 $y_{R(2)}$ が $y_{R(1)}$ に一致してあれば、この Q_{sp} が最終的解と考えられるが、一致していなければ、(iii), (iv) を繰り返し、 $y_{R(n)}$ が収束した時の Q_{sp} を求める。

図-3 は、 $\delta = 9.8 \text{ kN/m}^2$, $B = 2 \text{ m}$, $P_0 = 0.98 \sim 196 \text{ kN/m}^2$ ($D/B = 0.05 \sim 10.0$ に相当) における等方均質地盤上の Q_{sp} を、支持力係数 $N_g \cdot N_\delta$ を用いた重ね合せ解との比率で示したものである。 ϕ が 30° の場合、 D/B が $0.2 \sim 2.0$ の範囲で Q_{sp} が $(Q_\delta + Q_p)$ の 1.06 倍を示し、 D/B がそれ以上または以下で比率は小さくなる。

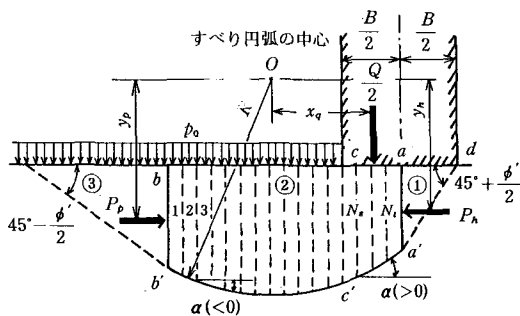
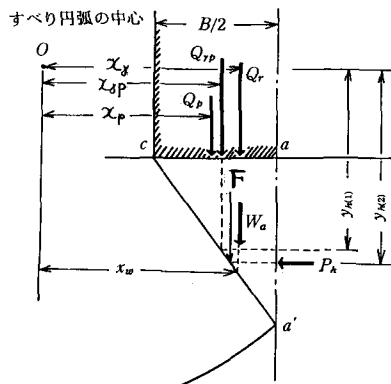


図-1 複合すべり線のキースケッチ

図-2 Q_{sp} を計算する時の力の作用点の仮定

ている。 ϕ' が増大すると、 D/B の大きいところで比率は高まり、 D/B の小さいところで比率は減少する。 ϕ' が $30^\circ \sim 50^\circ$ の範囲では、 $\phi' = 50^\circ$ で $D/B = 2.0$ の時最大比率1.1を示している。図-3には、Lundgren⁷⁾がKötter式から計算した $\phi' = 30^\circ$ に対する値も示してあるが、分割法による値はこれより幾分小さな値となっている。いずれにしても、重ね合せ解は通常の ϕ' の範囲に対して同程度に安全な支持力を与えることがわかる。

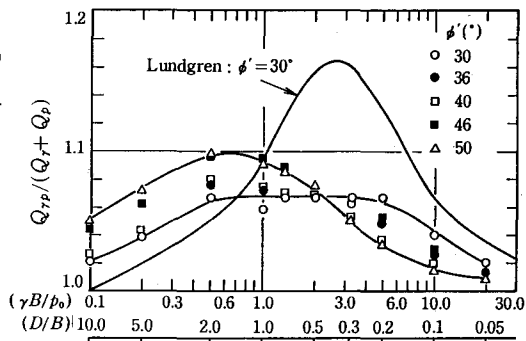
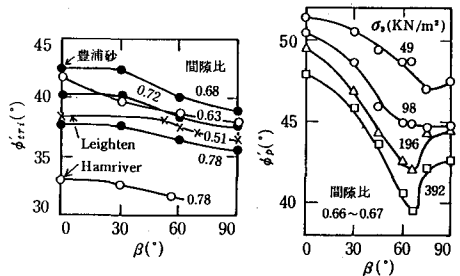


図-3 $Q_{dp} / (Q_d + Q_p)$ の変化

3. 異方性均質砂地盤の支持力計算

地盤の強度特性が粒子の配列により異方性を示す場合の支持力を、分割法で計算する方法を先に示した³⁾が、ここでは、最大主応力面が粒子長軸の配列方向となす角 β と、その時発揮されるせん断抵抗角 ϕ' との関係を、図-4(a)に示す三軸圧縮試験結果⁴⁾を参考に、Meyerhof⁴⁾が示すように $\beta = 0^\circ \sim 90^\circ$ において、 $\beta \sim \phi'$ 関係は二直線で近似しうるとして計算した。しかし、模型実験⁸⁾等は平面ひずみ状態で行われるので、今回は、小田⁹⁾の平面ひずみせん断試験結果(図-4(b))を参考にし、 $\beta = 0^\circ \sim 90^\circ$ における $\beta \sim \phi'$ 関係を二直線で近似し、支持力を計算してみた。



(a) 三軸圧縮試験⁴⁾ (b) 平面ひずみ試験⁹⁾

図-4 $\beta - \phi'$ の関係

表-1は両近似に基づき計算結果および木村の実験値を示したものである。H載荷(載荷方向が粒子配列方向に平行)では、平面ひずみ試験を近似した計算値の方が、三軸試験を近似した時の値より10~18%程小さく評価され、実験値に近いものとなっている。しかし、V載荷(載荷方向が粒子配列方向に直角)では、逆に5~10%程大きく評価することとなり、実験値より一層離れた結果を与えることになった。したがって、この結果をみる限り、三軸圧縮試験での近似関係を利用(ただし、 ϕ' の値は、 $\beta = 0^\circ, 90^\circ$ で平面ひずみ試験を実施した値とする)した近似をしても、解析結果の信頼性としては大差ないと思われる。

表-1 異方性地盤の支持力係数 N_{dA}

相対密度 (%)		65	70	75	80	85	90
V 載荷	実験値 ⁸⁾	120	133	151	180	228	320
	三軸圧縮の近似化	193	226	270	340	443	537
	平面ひずみの近似化	213	260	326	379	472	568
H 載荷	実験値 ⁸⁾	120	133	147	165	195	258
	三軸圧縮の近似化	162	184	224	252	315	378
	平面ひずみの近似化	133	151	193	217	268	335

4. あとがき

等方及び異方性均質地盤に対する分割計算値は、実用的に満足しうる結果を与えるものと判断された。今後は地層傾斜地盤や路肩上での支持力問題に対して、分割計算法の適用性を検討したいと考えている。

<参考文献>

- 1) 山口柏樹他: 分割法を用いた浅い基礎の支持力計算法, 土木学会中部支部(1984)
- 2) 今泉繁良他: 複合すべり線による支持力の分割計算法, 土木学会西部支部(1985)
- 3) 今泉繁良他: 分割法による異方性砂地盤の支持力計算, 土木学会(1985)
- 4) Meyerhof: Bearing Capacity of Anisotropic Cohesionless Soils, Can. Geotech. (1978)
- 5) Terzaghi: Theoretical Soil Mechanics (1943)
- 6) Graham: Scale and Boundary Effects in Foundation Analysis, ASCE, 97-11 (1971)
- 7) Lundgren: Determination by the Theory of Plasticity of the Bearing Capacity of Continuous Footing on Sand, 3rd ICSMFE (1953)
- 8) 木村孟他: 砂地盤の支持力係数に变形性状に対する異方性の影響について, 土木論文集(1982)
- 9) 小田匡實他: 砂地盤の強度異方性と土質工学的意義, 土木論文集(1986)