

大阪大学工学部 正会員 ○鍋島 康之
 大阪大学大学院 学生会員 鶴田慎之介
 大阪大学工学部 正会員 松井 保

1. はじめに

グリッド補強材の横部材が発揮する支圧抵抗力は、一般に Terzaghi - Buisman の帯状基礎の支持力理論を拡張して考えられている¹⁾。その中でも最もよく使用されている支持力理論としては、全体破壊と局所破壊の二つの支持力理論がある。しかし、実際の地盤の支圧抵抗力はこれら二つの支持力理論の中間に位置していることが Jewell et. al²⁾, Palmeria et. al³⁾ の研究によって明らかにされている。本研究では、Prandtl の支持力理論をもとにしてスチールグリッド補強材の支圧抵抗力評価式を導き、引抜き試験結果との比較を通してその適用性を検討する。

2. 支圧抵抗評価式の誘導

土中でスチールグリッド補強材が引抜かれる際、補強材の横部材が帯状基礎と同様に挙動するものと考え、単位幅当たりに横部材が発揮する支圧抵抗力 q_f は式(1)で示される。

$$q_f = d \cdot \sigma_b = c \cdot d \cdot N_c + d \cdot \sigma_n N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot d^2 N_\gamma \quad (1)$$

ここに、 c : 粘着力, σ_n : 上載圧, d : 横部材直径, N_c , N_q , N_γ : 支持力係数である。横部材直径が敷設幅に対して非常に小さい場合には式(1)は式(2)のようになる。

$$q_f = d \cdot \sigma_b = c \cdot d \cdot N_c + d \cdot \sigma_n N_q \quad (2)$$

いま Prandtl の理論に基づいて土が破壊状態にあるとき、地盤内部には図-1 のような塑性領域が発生する。この時、領域 AOA' は主働領域であり、領域 ABC, A'B'C' は受働領域である。領域 AOB, A'O'B' は塑性過渡領域と呼ばれ、OB, OB' は対数らせんで表されるすべり面である。本研究では、主働領域および塑性過渡領域以外の部分を静止土圧状態であるとして支圧抵抗評価式を誘導している。まず、主働領域における力の釣合いを考えると、

$$\sigma_b = (q_0 + c) \tan \alpha \quad (3)$$

ここに、 q_0 : AO, A'O 面上に作用する応力である。また、P 点を AO 面より角度 ω だけ傾いた面上の点とすると、塑性過渡領域 AOP にかかる A 点まわりのモーメントの釣り合い式から式(4)が得られる。

$$q_0 \cos \phi \frac{r_0^2}{2} = q_\omega \cos \phi \frac{r^2}{2} + \int_0^\omega c \cdot r^2 d\theta \quad (4)$$

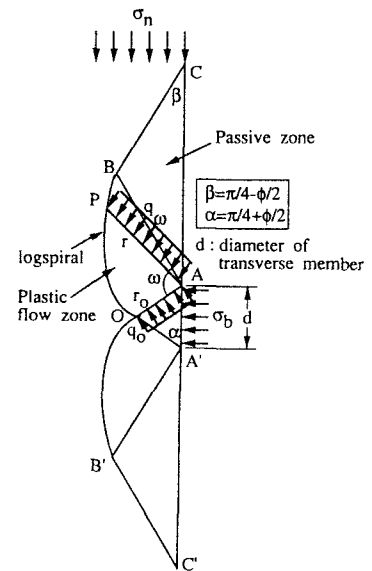
ここに、 q_ω : AP 面上に作用する応力, r_0 , r : AO, AP の距離である。また、OB は対数らせんであるから、 r は式(5)で表される。

$$r = r_0 \exp(\omega \tan \phi) \quad (5)$$

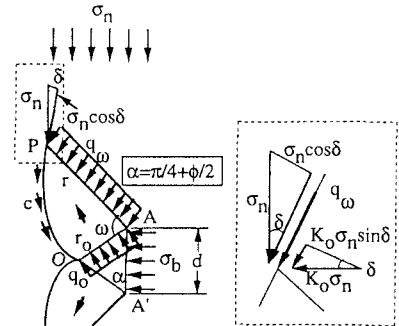
点 P における応力の釣り合いより、

$$\begin{aligned} q_\omega &= \sigma_n \cos \delta + K_0 \sigma_n \sin \delta \\ &= \sigma_n \cos(\omega - \alpha) + \sigma_n (1 - \sin \phi) \sin(\omega - \alpha) \end{aligned} \quad (6)$$

ここに、 K_0 : 静止土圧係数, δ : q_ω と σ_n がなす角度で、対数らせんの性質から $\delta = \omega - \alpha$ である。



(a) Prandtl 理論に基づく支圧抵抗



(b) P点まわりの応力釣り合い状態

図-1 スチールグリッド補強材の支圧抵抗機構

$$\sigma_n = q_\omega \exp(2\omega \tan \phi) \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) + c \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \frac{\exp(2\omega \tan \phi) + \sin \phi - 1}{\sin \phi} \quad (7)$$

$$q_\omega = \sigma_n \left[\cos\left\{\omega - \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)\right\} + (1 - \sin \phi) \sin\left\{\omega - \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)\right\} \right] \quad (8)$$

Prandtl の理論では $\omega = \pi/2$ であるから、支圧抵抗評価式 (式 (2)) は、式 (7)、(8) より式 (9) のように導かれる。

$$\sigma_b = cN_c + \sigma_n N_q \quad (9)$$

$$\begin{cases} N_c = \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \frac{\exp(\pi \tan \phi) + \sin \phi - 1}{\sin \phi} \\ N_q = \exp(\pi \tan \phi) \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \times \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) + (1 - \sin \phi) \sin\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \right\} \end{cases}$$

また、非粘性土の場合は式 (10) のようになる。

$$\sigma_b = \sigma_n \exp(\pi \tan \phi) \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \times \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) + (1 - \sin \phi) \sin\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \right\} \quad (10)$$

3. スチールグリッド引抜き試験結果との比較

提案した支圧抵抗評価式の適用性について検討するため、既往のスチールグリッド補強材の引抜き試験結果^{4), 5)}との比較を行う。試料土は乾燥砂 (ϕ 材) とまさ土 ($c \cdot \phi$ 材) である。表-1 は各試料土の物理・強度特性である。図-2 は各試料土の支圧抵抗力 (実験値) と支圧抵抗評価式による計算値の比較である。図中には全体破壊と局所破壊による支圧抵抗力も併せて示している。実験値は従来の研究と同じく、全体破壊と局所破壊の中間に位置している。また、実験値と提案式による計算値を比較した結果、両者はよく一致している。

4. まとめ

Prandtl の支持力理論をもとにした支圧抵抗評価式を誘導し、スチールグリッド補強材の引抜き試験結果と比較した

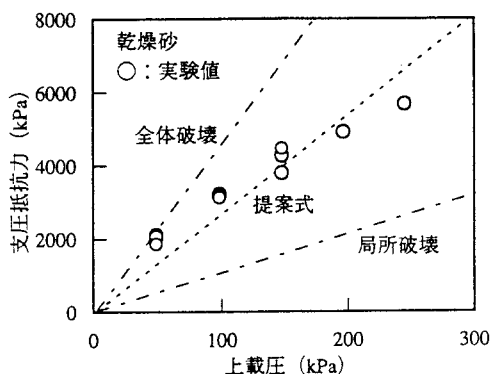
結果、提案した支圧抵抗評価式は全体破壊と局所破壊の中間に位置することがわかった。また、試料土の種類 (ϕ 材, $c \cdot \phi$ 材) にかかわらず、スチールグリッド補強材の引抜き試験結果とよく一致する結果が得られた。

【謝辞】本研究は、(社)近畿建設協会平成8年度研究助成金を受けて行ったものである。ここに記して感謝の意を表する。

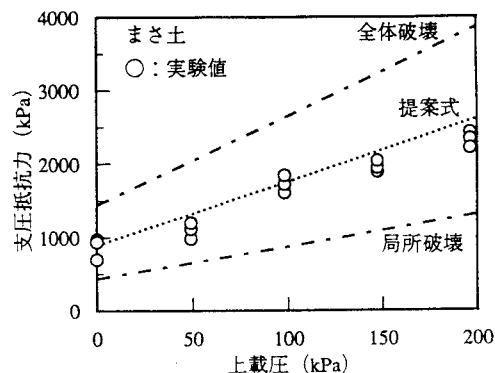
【参考文献】1) 例えば, Nielsen, M. P. and Anderson, L.R.: Pullout resistance of wire mat embedded in soil, Report for Hilfiker Co., Dept. of Civil Eng., Utah State University, 1984. 2) Jewell, R.A., Milligan, G.W.E., Sarsby, R.W. and DuBois, D.: Interaction between soil and grids, Polymer Grid Reinforcement, Thomas Telford, pp. 18~30, 1985. 3) Palmeira, E.M. and Milligan, G.W.E.: Scale and other factors affecting the results of pullout tests of grids buried in sand, Geotechnique, Vol. 39, No. 3, pp. 511~524, 1989. 4) Matsui, T., San, K.C., Nabeshima, Y. and Amin, U.N.: Bearing Mechanism of steel grid reinforcement in pullout test, Proceedings of the International Symposium on Earth Reinforcement, Vol. 1, pp. 101~105, 1996. 5) 松井, 鍋島, 鶴田, 内畑, 小川: まさ土におけるスチールグリッド補強材の支圧抵抗力, 第32回地盤工学研究発表会講演集, 1997. (投稿中)

表-1 試料土の物理・強度特性

	乾燥砂	まさ土
土粒子密度 (g/cm ³)	2.65	2.76
最大粒径 (mm)	4.75	4.75
D ₅₀ (mm)	0.46	0.50
U _c	3.71	380
U _c '	0.84	11.1
内部摩擦角 (deg.)	37.3	26.2
粘着力 (kPa)	0.0	63.8



(a) 乾燥砂



(b) まさ土

図-2 引抜き試験結果と提案式の比較