

III-B 301

低伸張・高強度補強材の三次元引抜き抵抗に関する考察

佐賀大学 理工学部

学員○

渡辺恵二

佐賀大学 低平地防災研究センター

正員

林 重徳

1 まえがき

現在、ジオシンセティクスには様々な製品があるが、それらの形状特性や物理特性は多種多様である。一方、伸び剛性が大きく異なるポリマージョグリッドおよびスチールグリッドを用いた軟弱地盤上の補強盛土の実測および数値解析の結果、補強材の伸び剛性が補強盛土の挙動に大きく影響することが明らかにされている（Marolo C. Alfaro 1996）。最近では、ジョグリッドおよびスチールグリッドの中間に位置する低伸張・高強度のジオシンセティック材料が開発されており腐食に対する耐久性を問題とすることがなく、金属ストリップのようにジオシンセティック材料を用い、より経済的な設計が可能となっている。

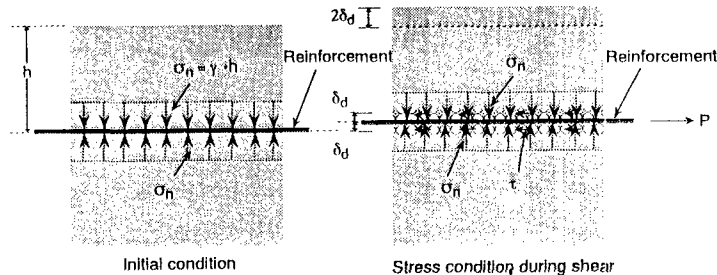
著者らは、これまでに実施した密な土における補強材の引抜き試験とその考察により、引抜き力を受ける帯状補強材では、その両端部周辺の土にダイレイトゾーンと非ダイレイトゾーンが生じ、これらの境界部で発生するせん断応力によって、帯状補強材に作用する垂直応力($\sigma_n + \Delta\sigma_n$)に影響を及ぼすことを明らかにしている。低応力下ではかなりの垂直応力($\Delta\sigma_n$)の増加が見られるが、徐々に垂直応力(σ_n)を上げていくと、正のダイレイタンスーが起これにくくなり、更には、負のダイレイタンスーを生じ $\Delta\sigma_n$ はマイナスに転じる。

本研究は、低伸張・高強度の帯状補強材が引抜かれるときに生じる三次元摩擦抵抗を、これまでに実施した伸張性ジョグリッドとの比較において考察したものである。

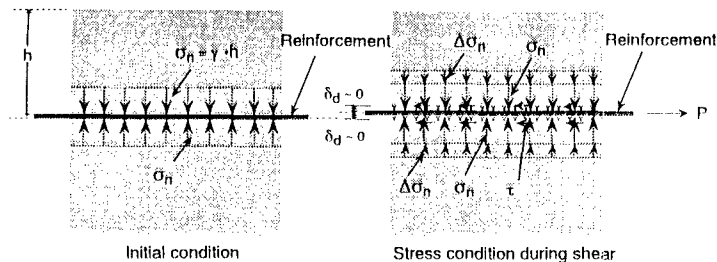
2 自由および拘束されるダイレイタンスーの影響

自由および拘束されるダイレイタンスーについて、まず自由に起こるダイレイタンスーの状態を図-1.aで示す。密な土中のある深さにおける補強材は垂直力を受ける。その補強材の表面に沿って生じる引抜き力によるせん断は、ある厚さの土粒子の層内で、体積が膨張、いわゆる正のダイレイタンスーを起こす。このケースは、シート状の補強材を全面敷設した場合に想定され、せん断によるダイレイタンスーが自由であるため、垂直応力に影響を及ぼさない。

一方、拘束されるダイレイタンスー（図-1.b）が起こるには、帯状の補強材を用いた場合であり、シート状と同様に引き抜き力により表面にせん断が生じダイレイトが起こる。しかし帯状の補強材では、ダイレイトしない周囲の土によってダイレイタンスーが拘束されるため補強材表面に、垂直応力の増加をもたらす。この垂直応力の増加は、表面のせん断応力の増加そして結果として引抜き抵抗に影響を及ぼす。



(a) 自由に起こるダイレイタンスー



(b) 拘束されるダイレイタンスー

図-1 自由および拘束されるダイレイタンスーの応力状態

比較的幅の広い帯状供試体を用いた場合、土と補強材の相互作用は、図-2に断面応力の模式図を示すように中心付近では二次元的に、両端部では三次元的なメカニズムの組み合わせとなると考えられる。

このことから、引抜き抵抗を P_{TE} (kN) とすると、つぎの関係式で表現することができる

$$P_{TE} = P_{2-D} + P_{3-D} \quad (1)$$

$$P_{2-D} = 2 \cdot B \cdot L_e \left(c_p + \sigma_n \tan \delta_p \right) \quad (2)$$

$$P_{3-D} = 4 \cdot B_e \cdot L_e \cdot \Delta \sigma_n \tan \delta_p \quad (3)$$

B : 補強材の幅 (m), L_e : 引抜き有効抵抗長 (m), σ_n : 垂直応力 (kN/m²), B_e : ダイレイタンスーが影響する両端部の幅 (m), $\Delta \sigma_n$: B_e の範囲で増加する見掛けの垂直応力 (kN/m²), c_p : 土と補強材の粘着力 (kN/m²), δ_p : 土と補強材の摩擦角 (°)

これらの式において、二次元および三次元摩擦メカニズムの摩擦角は同じであるとしている。従って、増加垂直力($\Delta \sigma_n$)により付加される引抜き抵抗は、(1)式の第2項、即ち、(3)式における P_{3-D} で表すことができる。

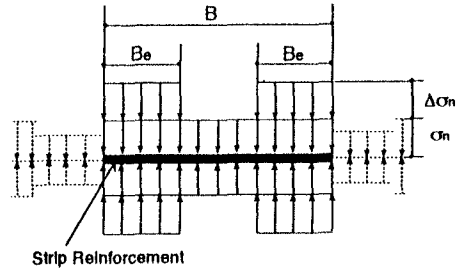


図-2 二次元及び三次元相互作用メカニズム

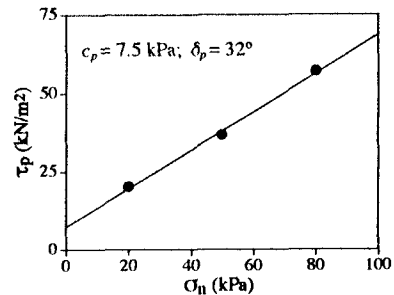


図-3 全面敷設における最大引抜き摩擦強さ

3 試験結果および考察

壁面との摩擦を軽減している引抜き箱よりわずかに狭い幅 ($B = 0.56$ m) で行ったもの(図-3)は、全体が二次元的な相互作用メカニズムとみなすことができる。よって、この幅 ($B = 0.56$ m)での引抜き試験の結果より、引抜き摩擦定数 (c_p, δ_p) を求める。それぞれ、 7.5 kN/m^2 、 32° である。この結果より、(2)式すなわち、(1)式右辺の第1項を求めることができる。次に、 0.28 m の試験結果より、引抜き力と(1)式の第2項との差を求めることができる。

一軸延伸されたポリマーグリッド(Tensar SR-80)と低伸張高強度グリッド(ADEAM G-10)の引抜き試験の結果を示す。(1)式右辺の第2項のみ、すなわち(3)式の値と σ_n の関係を示したものが図-4である。

この図より次の傾向がわかる。

垂直応力の増加に伴い、三次元的な摩擦抵抗は減少する。これは、垂直応力の増加によってダイレイトが減少することが、一般に言われており、ダイレイタンスーが主要因である三次元抵抗メカニズムを説明することができる。一軸延伸の伸張性補強材で行った実験結果と比べると、同じような傾向を示す。上方向に平行移動して現れるのは、破断強度が大きく影響範囲が長くなるからであり、形状による影響は少ない。

4 まとめ

今回用いた粗粒材料のように粘着成分が少ない材料を用いた場合でも、見掛けの粘着力が卓越してくる。

低伸張・高強度である補強材において、三次元抵抗メカニズムは、一軸延伸の伸張性補強材と同様の傾向が見られる。

破断強度が大きいほど、引抜き抵抗長が長くなるため、 P_{3-D} は大きくなり、形状の影響は少ないようである。

帯状の補強材を、大きな垂直応力のもとで用いた場合、二次元摩擦抵抗よりも小さな引抜き抵抗しか発揮されず、部分的な引抜きが起こる危険性が指摘できよう。

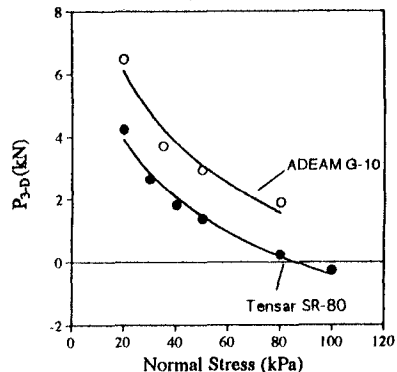


図-4 P_{3-D} に及ぼす σ_n の影響

<参考文献>

- 1) Alfaro, M.C., Hayashi, S., Miura, N. and Watanabe, K., 1995, "Pullout Interaction Mechanism of Geogrid Strip Reinforcement", *Geosynthetics International* Vol. 2, No. 4, pp. 679-698.
- 2) 渡辺、林、アルファロ、ジオグリッドの引抜き抵抗に及ぼす敷設幅の影響、第50回土木学会年次学術講演会、1995.9
- 3) Alfaro, M.C., 1996, "Reinforced Soil Wall-Embankment System on Soft Foundation Using Inextensible and Extensible Grid Reinforcements", *doctor thesis*, Saga Univ.