

ジオグリッド補強盛土の補強効果およびそれに及ぼす端面拘束の影響

九州大学

学○山路 徹 学 河村 隆 正 落合英俊

正 安福規之 正 大嶺 聖 正 大野司郎

三井石化産資(株) 正 平井貴雄

1. はじめに

ジオグリッド補強盛土における補強効果は、土塊の変形に伴って発生する補強材張力の値を用いて評価されることが多い。しかし、補強材に張力が発生しなくても、土中に補強材が配置されることによって土の変形を拘束し、その結果として土塊の強度を増加させる効果が存在すると考えられる。すなわち、補強効果は次式で表される。

$$\Delta\tau_R = \Delta\tau_T + \Delta\tau_S \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\tau_T$ は補強材張力に起因する効果、 $\Delta\tau_S$ は拘束圧に起因する効果である。また、補強効果は敷設されたジオグリッド端部の拘束条件にも支配されると考える。

本研究では「すべり面設定型せん断試験装置¹⁾」を用い、補強効果に及ぼす補強材張力および相対密度の影響、補強効果における拘束効果の存在の確認とその評価、および補強効果に及ぼす端面拘束の影響について検討を行ったものである。

2. 試験装置と実験概要

実験は「すべり面設定型せん断試験装置」を用いた。本装置は、上下せん断箱は摩擦のないガイドローラーに沿ってすべり、そのすべり面に垂直な方向の力は働かないように設計されている。そのため、補強材張力 T のすべり面に対して垂直な成分 $T\sin\alpha$ に起因して発揮される補強効果 $T\sin\alpha \cdot \tan\phi$ (ϕ :土のせん断抵抗角)は、本装置では発生しない。供試体は気乾状態の豊浦標準砂、相対密度 D_r は90, 15%, 補強材はジオグリッドを用いた。また端面拘束の条件は、(1)固定、(2)自由の2種類である。実験は上載圧 σ_0 (土の自重に相当)と補強材張力 T の値を変化させて、すべり角度 $\alpha=40^\circ$ 、载荷速度一定(0.35mm/min)の条件で行った。

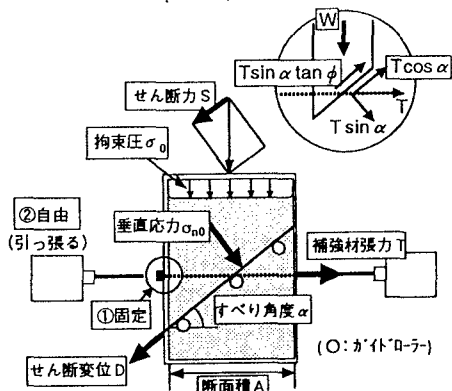


図-1 装置略図

3. 補強効果について

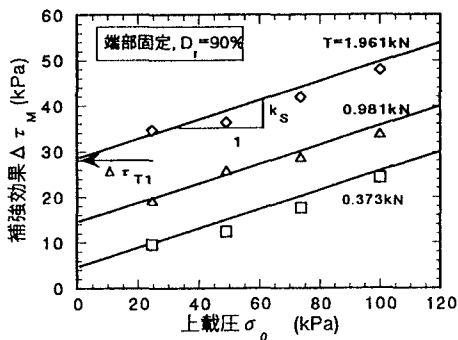
補強効果 $\Delta\tau_R$ は(1)式で表される。(1)式の $\Delta\tau_T$ は、補強材張力 T のすべり面方向の成分 $T\cos\alpha$ による効果 $\Delta\tau_{T1}$ と、すべり面に垂直な成分 $T\sin\alpha$ による効果 $\Delta\tau_{T2}$ に分けられる。このうち、 $\Delta\tau_{T2}$ は、先述のように本装置の機能上発生しない。したがって、実験で測定される補強効果 $\Delta\tau_R$ は、次式で表される。

$$\Delta\tau_M = \Delta\tau_{T1} + \Delta\tau_S \quad (2)$$

この $\Delta\tau_R$ は次式より求められる。

$$\Delta\tau_M = \frac{S_R - S_0}{A'} \quad (3)$$

ここで、 S_R と S_0 は補強時および無補強時の最大せん断力、 A' はすべり面面積($=A/\cos\alpha$)である。図-2は補強材張力が異なる場合の補強効果 $\Delta\tau_R$ と上載圧 σ_0 の関係である。なお、これまで拘束応力として、すべり面上の垂直応力 σ_{n0} を用いていたが、本文では σ_{n0} に代わって土の自重 W に相当する上載圧 σ_0 を用いている。図より補強効果 $\Delta\tau_R$ は①補強材張力 T に起因する効果 $\Delta\tau_{T1}$ 、②上載圧 σ_0 に起因する効果 $\Delta\tau_S$ の和で与えられ、それぞれ次式で表される。

図-2 補強効果 $\Delta\tau_R$ と上載圧 σ_0 の関係
(補強材張力が異なる場合)

$$\Delta\tau_M = \Delta\tau_{T1} + \Delta\tau_S$$

$$\Delta\tau_{T1} = \frac{T \cos \alpha}{A'} = \frac{\cos^2 \alpha}{A} \cdot T \quad (4)$$

$$\Delta\tau_S = k_s \sigma_0 \quad (5)$$

$\Delta\tau_{T1}$ は補強材張力 T のすべり面方向の成分に起因する効果である¹⁾。 $\Delta\tau_S$ は、ジオグリッドが土を拘束することに起因する効果(拘束効果)であり、補強材張力 T によらない。

4. 実験結果

(1) 相対密度 D_r の影響 (端部固定の場合)

図-3は無補強時および補強時のせん断力 S とせん断変位 D の関係の一例である。なお、明確なピークが現れない場合には、 $D=10\text{mm}$ の時の値を最大せん断力とする。図-4は相対密度が異なる場合の補強効果 $\Delta\tau_u$ と上載圧 σ_0 の関係を示している。切片 $\Delta\tau_{T1}$ は密度によらないことが認められる。一方、直線の傾き k_s は密度によって異なり、したがって補強効果 $\Delta\tau_S$ は密度に支配される。ここで、土の密度の影響は、土のせん断抵抗角 $\tan \phi$ として現れると考える。このことから図-4の直線の傾き k_s と $\tan \phi$ の関係を整理したのが図-5であり、次式が成り立つ。

$$k_s = k \cdot \tan \phi \quad (6)$$

係数 k は補強材の形状によって定まる値である¹⁾。

(2) 端部拘束の影響 ($D_r=90\%$)

図-6は端部拘束条件が異なる場合の補強効果 $\Delta\tau_u$ と上載圧 σ_0 の関係を示す。端部自由の場合の補強効果は端部固定の場合に比べてかなり小さく、また補強材張力による差はほとんど認められない。また補強材張力 T に起因する効果 $\Delta\tau_{T1}$ はほとんど発揮されない($\Delta\tau_{T1} \approx 0$)。また直線の傾き k_s も端部自由の場合の方が小さく、これはジオグリッドの移動が自由であるために、土を拘束する効果が小さくなるためと考える。以上のことより、補強効果を十分に発揮させるためにはジオグリッド端部を固定することが効果的であるといえる。

5. まとめ

(1) 補強効果 $\Delta\tau_R$ は次式で表される。

$$\Delta\tau_R = \Delta\tau_M + \Delta\tau_{T2} = \Delta\tau_{T1} + \Delta\tau_S + \Delta\tau_{T2}$$

$$\Delta\tau_{T1} = \frac{\cos^2 \alpha}{A} \cdot T$$

$$\Delta\tau_S = k \sigma_0 \tan \phi$$

定数 k はジオグリッド形状によって決まる定数である。

(2) ジオグリッド端部を固定することによって、大きな補強効果を得ることができる。

参考文献 1) H. Ochiai, et. al.: Experimental evaluation of reinforcement in geogrid-soil structure, Earth reinforcement, Balkema, vol. 1, pp. 249-254, 1996.

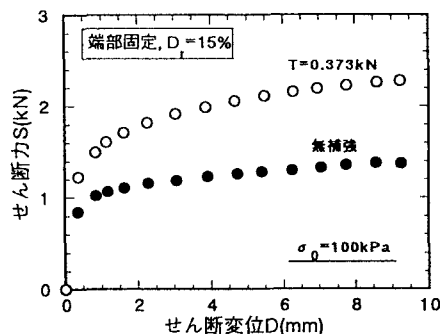


図-3 せん断力 S とせん断変位 D の関係

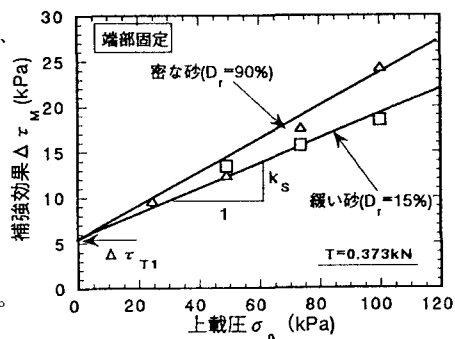


図-4 補強効果 $\Delta\tau_u$ と上載圧 σ_0 の関係 (相対密度が異なる場合)

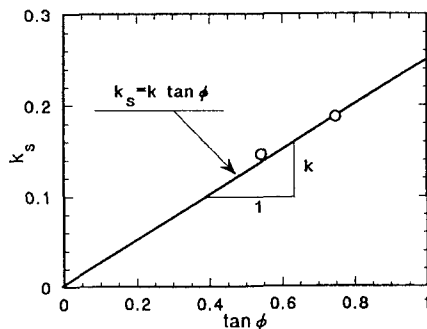


図-5 k_s と $\tan \phi$ の関係

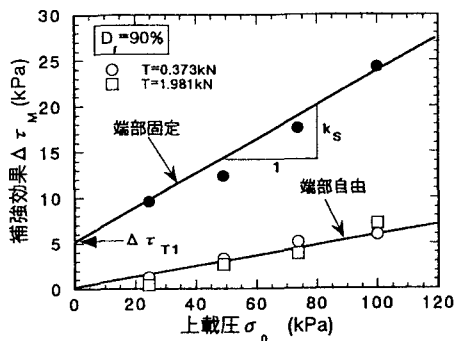


図-6 補強効果 $\Delta\tau_u$ と上載圧 σ_0 の関係 (端部拘束条件が異なる場合)