

III-393 一面せん断試験結果を用いたジオグリッドの引抜き力～引抜き量関係の予測

北海道大学大学院 学生員 山本 陽一
北海道大学工学部 正員 三田地 利之
鹿島建設 村木 俊介

1. はじめに

ジオグリッドを利用した補強土工法において、その補強効果を算定するためにジオグリッドと土との摩擦

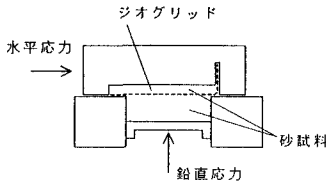


図-1 一面せん断試験

特性を知ることが極めて重要である。そのために行われている試験として引抜き試験があるが、装置が大がかりであり、また統一された条件下で実験が行えるとは言い難い。そこで本研究では一面せん断試験（図-1）で得られた摩擦特性をモデル化し、土中に敷設されたジオグリッドの伸びに関する微分方程式を解くという手法で、ジオグリッドの相対変位分布、摩擦抵抗力分布を求めて、そこから引抜き力と引抜き量の関係を算定しようと試みた。

2. 計算手法

ジオグリッドの引抜きに関する諸量を計算するために次のモデル化をした。

1) ジョグリッド材料自身の引張り力～ひずみ関係は線形とし、その傾きをスティフネス S とする。

$$\varepsilon = \frac{du}{dx} = \frac{T}{S} \quad (1)$$

ε : 任意の伸びひずみ

T : 任意の伸びひずみにおける張力

2) 土中の微小部分で生じているジオグリッドと土との摩擦は、一面せん断試験によって表されるもの

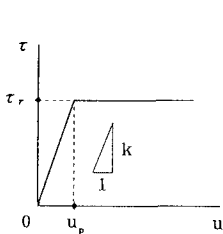


図-2

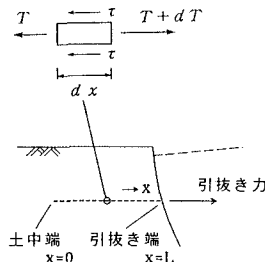


図-3

とし、その摩擦抵抗力 τ ～水平変位 u 関係を一面せん断試験の結果に基づき図-2のように単純化する。

$$\tau = k u \quad (u \leq u_p)$$

$$\tau = \tau_r \quad (u > u_p) \quad k = \tau_r / u_p \quad (2)$$

3) 土中に敷設されたジオグリッドについて図-3のように x をとると、伸び変形の式は(3)のようになる。なお τ が2倍となっているのはジオグリッドの上下両面に τ が働くとしているためである。

$$\frac{dT}{dx} = 2\tau \quad (3)$$

ジオグリッド自身の張力 T とひずみの関係は(1)式で表され、(1)～(3)式より微分方程式

$$\frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{2k}{S} u \quad (u \leq u_p) \quad (4-①)$$

$$\frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{2\tau_r}{S} \quad (u > u_p) \quad (4-②)$$

が得られる。

3. 土中に敷設されたジオグリッドの相対変位、摩擦抵抗力、張力分布の計算

(4)式の①、②に境界条件 $x=0$ で $\varepsilon=0$, $x=x_p$ で $u=u_p$, $x=x_p$ で $T=T_0$ 。(ただし T_0 は①を解くことにより求められ、 $T_0 = 2k/a \cdot u_p \tanh a x_p$, $a = \sqrt{2k/S}$ である。)を入れて解く。

1) $0 \leq x \leq x_p$ のとき

$$u = \frac{u_p}{\cosh a x_p} \cosh a x \quad (5-1)$$

$$\tau = \frac{k u_p}{\cosh a x_p} \cosh a x \quad (5-2)$$

$$T = \frac{2k u_p}{a \cosh a x_p} \sinh a x \quad (5-3)$$

2) $x > x_p$ のとき

$$u = \frac{\tau_r}{S} (x - x_p)^2 + \frac{T_0}{S} (x - x_p) + u_p \quad (6-1)$$

$$\tau = \tau_r \quad (6-2)$$

$$T = T_0 + 2\tau_r (x - x_p) \quad (6-3)$$

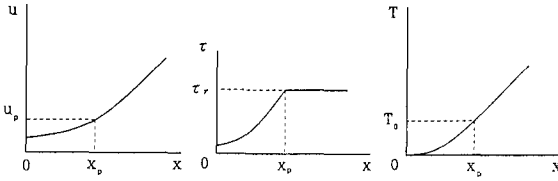


図-4 $u, \tau, T \sim x$ 関係

相対変位分布 ($u \sim x$) 摩擦抵抗力分布 ($\tau \sim x$) 張力分布 ($T \sim x$) は図-4のようになる。このように一面せん断試験によって得られたピーク摩擦抵抗力 $\tau_p (= \tau_r)$ 、そのときの変位 u_p をもとにジオグリッドの引張り剛性 S を代入すれば、これらの関係を計算することができる。

4.1 引抜き力～引抜き量関係の算定

敷設長さ L のジオグリッドの引抜き力は $T (x=L)$ であり、引抜き量は $u (x=L)$ である。ただしここではジオグリッドは破断しないものとする。

引抜き始めには $(0, L)$ 区間に x_p 点 (τ の分布が残留状態になる境目の点) はなく(5)式が採用される。ある程度引抜きが進行すると $x=L$ 点に x_p 点が現れ(6)式が採用され、さらに引抜きが進行すると x_p 点は $x=0$ 点に向かって移動し、 x_p 点と $x=0$ 点が一致すると、 $(0, L)$ 区間上のすべての点は残留状態 ($\tau = \tau_r$) になって引抜け状態となる。

(5)式が採用されている間 T_L と u_L は直線関係であり、(6)式になったときは x_p を L から 0 まで動かせば多数の (T_L, u_L) の組合せができる。これをプロットすれば引抜き力～引抜き量関係がグラフに表示される。

4.2 計算例

敷設長さ $L=50\text{cm}$ 、敷設幅 25cm のジオグリッドについてそれぞれ $\sigma=0.3, 0.55, 0.8\text{kgf/cm}^2$ で行った引抜き試験による引抜き力～引抜き量関係を図-5に示す。計算に必要なパラメータは一面せん断試験結果をもとに表-1のように決定された。図中の点線は計算値を、一点鎖線は補正された計算値を表す。ここでの補正とは、引抜き口から引抜けた部分に分布する摩擦抵抗力は、引抜き口での摩擦抵抗力に等しいとしてその分を差し引いたものである。計算値は実測値の傾向をよく説明している。

5. まとめ

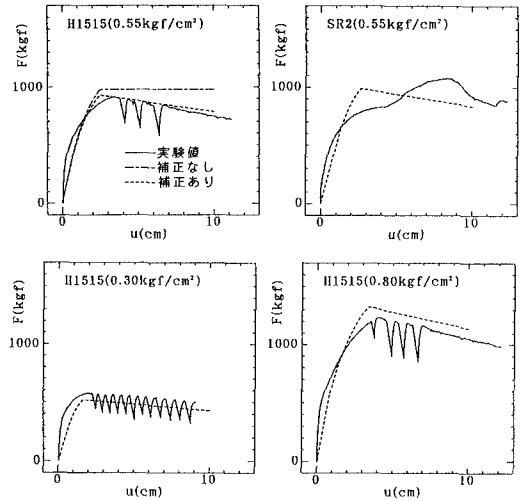


図-5 引抜き力～引抜き量関係

表-1 一面せん断試験の結果

	H1515 $S=523\text{kgf/cm}$ $\phi=35.4^\circ$			SR2 $S=650\text{kgf/cm}$ $\phi=37.2^\circ$		
$\sigma (\text{kgf/cm}^2)$	0.30	0.55	0.80	0.30	0.55	0.80
$\tau_r (\text{kgf/cm}^2)$	0.213	0.391	0.569	0.228	0.417	0.607
$u_p (\text{cm})$	0.65	0.67	0.70	0.75	1.10	1.40

一面せん断試験の結果をもとにして、ジオグリッドの伸び変形を考慮した計算法により、引抜きが進行するに従って変化して行くジオグリッド上の各分布 (相対変位 u 、摩擦抵抗力 τ 、張力 $T \sim$ 位置 x) を、その時々において計算できる。

またその時々での分布における $T (x=L)$ は敷設長さ L のジオグリッドの引抜き力で、 $u (x=L)$ は引抜き量である。この時々での (T_L, u_L) の集合が引抜き力～引抜き量関係である。

このように一面せん断試験をもとにして計算した引抜き力～引抜き量関係で、引抜き試験によるそれを十分よく説明できる。

最後に、数々の実験を行ってくれた松井永史君、小山田和君に心から感謝の意を表します。

【参考文献】

- 吉岡淳:「ジオテキスタイルの変形を考慮した安定解析に関する一考察 -大型模型実験結果を用いた逆解析-」第4回ジオテキスタイルシンポジウム、pp. 28~34 1989.
- 三田地利之、山本陽一、村木俊介:「伸び剛性を考慮したジオグリッドの引抜き特性の評価について」第6回ジオテキスタイルシンポジウム、pp. 94~99 1991.
- 三田地利之、村木俊介、松井永史:「性状の異なるジオグリッドの土中抵抗機構」第27回土質工学研究発表会、1992 (掲載予定)