Evaluation of Pull-out Resistance of Geo-grid in Soil by Pull-out Test

S.Fukushima (Fujita Corp.)

A.Sakai (Saga Univ.)

H.Shintani (Mitsubishi Petrochemical Co., Ltd.)

K.Haruta (Kiso Jiban Consultants Co., Ltd.)

M.Hyodo (Yamaguchi Univ.)

S.Yasuda (Kyushu Institute of Technology)

S.Hayashi (Kyushu Univ.)

ABSTRACT

The most common test used to measure the interaction between soil and geo-grid is the pull-out test. The distribution of pull-out resistance of geo-grid in soil, however, is not uniform. The test results obtained with pull-out tests is affected considerably by the non-uniformity.

This paper attempts to investigate a suitable method by which can obtain the pull-out resistance parameters of geo-grid in soil (c^* , β).

概 要

土中にあるジオグリッドの引抜き抵抗特性は引き抜き試験により調べられる。しかし土中にあるジオグリッドを引き抜いた時、ジオグリッドに生じる変形は一樣ではなく引抜き抵抗力の分布も一樣とならない。このため引抜き試験結果はこの変形の非一樣性の影響を受ける。

本報告はこの変形の非一樣性の影響を取り除いた引抜き抵抗パラメータ (c^* , β) の合理的な算定法について検討したものである。

ジオグリッドの引抜き試験結果の整理方法について

フジタ工業（株） 福島 伸二・佐賀大学工学部 坂井 晃
 三菱油化（株） 新谷 秀人・基礎地盤C（株） 治田 堅二
 山口大学工学部 兵動 正幸・九州工業大学工学部 安田 進
 九州大学工学部 林 重徳

1. まえがき

ジオグリッドによる補強盛土・擁壁のような土構造物の設計において、土中のジオグリッドの引抜きに対する検討が行なわれる。この引き抜けに対するジオグリッドの抵抗力は土とジオグリッド面との間で発揮される摩擦に起因するものとして求められる。この土とジオグリッドの間の摩擦特性は引抜き試験¹⁾により調べられ、これをもとに引抜き抵抗力が算定される。

本報告では引抜き試験から求められる土中のジオグリッドの引抜き特性のパラメータの合理的な算定法についてジオグリッドの引抜きに関する一斉試験²⁾（ジオグリッド研究会）のデータをもとに検討したものである。

2. 引抜き試験による土と

ジオグリッドとの摩擦特性

ジオグリッドの引き抜けに対する検討は土塊内の抵抗域に十分な定着長 L_P

$$L_P = T \cdot F_s / \tau_{\max}$$

$$= T \cdot F_s / 2 (\sigma_N \cdot \tan \beta + c^*)$$

を確保することにある。ここで

T はすべり土塊の安定に必要な

ジオグリッドの最大引抜き力で

あり、また β 、 c^* は引抜き試験

（図－1の一点鎖線で囲った部

分をモデル化して再現したもの）で得られる引抜き抵抗パラメータで最大引抜きせん断応力 $\tau_{\max}$ を縦軸に、鉛直応力 σ_N を横軸にプロットした関係を直線により近似したときの直線の傾きと切片である。この式中の分母の引抜きせん断応力は引抜き試験における最大引抜き力 $T_{\max}$ がすべて土中のジオグリッド両面の摩擦により発揮されるとして次式から計算される。

$$\tau_{\max} = T_{\max} / 2 \cdot B \cdot L \quad (1)$$

ここで B は引抜き箱内のジオグリッドの敷設幅、 L はジオグリッドの敷設長あるいは引抜き抵抗長である。また分母の $2 \cdot B \cdot L$ はジオグリッドの両面で摩擦が発揮されているとしているからである。

3. 最大引抜きせん断応力の算定

引抜き箱内にあるジオグリッドの一端を引き抜いた時に、ジオグリッドに生じるひずみは一様ではないのでジオグリッドに発揮される抵抗力の分布は引き抜き方向に一樣とならない。図-2(a)、(b)に一斉試験における2機関で実施された引抜き試験(センサー:SR-2)から得られた節点変位-節点位置関係を示してある。これらの図における関係がもし直線であればグリッドは引抜き方向に一樣な変形状態にあることになるが、実際にはそうではなく下に凸な曲線になっている。特に鉛直応力が高いほど引抜き部に近い部分に変形が集中し、この部分だけが引抜きに抵抗していることがわかる。したがって鉛直応力が高い試験ほど引抜きせん断応力の算定に注意が必要である。

(1) 式による引抜きせん断応力は図-3に模式的示すようにに引抜き抵抗長の範囲内では一樣な抵抗力分布を仮定していることになる。この引抜き抵抗長としては引抜き箱内にあるジオグリッドの全長を用いる方法(ここでは全面積法ということにする)と、引き抜き箱内にあるジオグリッドのうち変形をしている部分の長さを用いる方法(有効面積法)がある。これらの方法で求めた最大引抜きせん断応力-鉛直応力の関係を図-4(a)、(b)に示してある。図中の記号を黒く塗りつぶしてあるプロット点は有効面積法で求めたものである。(a)図と(b)図とは同じセンサー:SR-2に関する試験結果であるが一

致していないこと、またより非一樣な変形をしている鉛直応力の高い領域において全面積法で計算した引抜きせん断応力は有効面積法で計算した値より小さく過小評価してしまうことがわかる。これは全面積法が引抜き箱内のジオグリッドに変形をしない部分、つまり引抜き抵抗に何ら寄与しない部分の存在を無視しているためである。このことから変形をしている領域のみを引抜き抵抗長としている有効面積法の方が合理的であるといえよう。しかしながら変形の生じている部分であってもその範囲内の

図-2(a) 節点変位-節点位置関係
(一斉試験: 機関No. 4)

図-2(b) 節点変位-節点位置関係
(一斉試験: 機関No. 5)

変形は一樣ではなく、ひずみの小さい部分よりも大きい部分の方が引抜き抵抗に寄与する割合が大きいと考えられる。この意味で有効面積法であっても引抜きせん断応力を過小評価してしまうよう

図-3 引抜きせん断応力の算定における仮定

に思われる。そこで引抜き抵抗長として引抜き箱内のジオグリッドが全長にわたって変形しているかいないかにかかわらず、変形の小さい部分の引抜き抵抗を無視したものを採用する方法も考えられる。図-5に模式的に示すようにジオグリッドの引抜き先端部と後端部の節点変位量の差をとり、この差の κ 倍の節点変位量に相当する位置を求め先端部とこの位置までの長さを有効引抜き長(L_E)とする。この時引抜き力は最大引抜き力から引抜き抵抗長よりも後方のジオグリッドに作用している引抜き力(ΔT)を差し引

いた値とする。ここで(1)式は以下のように書き換えられる。

$$\tau_{\max} = (T_{\max} - \Delta T) / 2 \cdot B \cdot L_E$$

(2)

この方法は節点変位-節点位置関係のうち直線関係にある部分の方が一樣な引き抜き抵抗力の分布をしているので、この直線の部分をできるだけ取り込んで引抜きせん断応力を計算しようとするものである。なお、有効面積法は $\kappa=1.0$ の場合に相当している。

図-4 (a) $\tau_{\max} - \sigma_N$ 関係
(一斉試験：機関No.4)

図-4 (b) $\tau_{\max} - \sigma_N$ 関係
(一斉試験：機関No.5)

上述の方法における κ をどのよ

うな値とするかは検討の必要があるが、ここでは $\kappa=0.9$ として計算した最大引抜きせん断応力—鉛直応力関係を図-4に(+)印で示してある。これらの図から試験装置の引き抜き箱の寸法(機関: No. 4は幅50cm、長さ100cm、高さは上部15cm・下部25cm、機関: No. 5は幅30cm、長さ50cm、高さ2x10cm)、ジオグリッドの敷設寸法(BxL)の相違

図-5 有効引抜き抵抗長の求め方

にも関わらず $\tau_{\max}-\sigma_N$ 関係はよく一致していることがわかる。これより鉛直応力が高い領域のように著しく非一様な変形をする場合には引抜き抵抗にあまり寄与しない変形の小さい部分を除いて引き抜きせん断応力を計算することが妥当であることがわかる。しかしこの方法はジオグリッドの引き抜き方向の変位分布、引抜き力分布を求めるために数多くの節点位置で変位測定をしなければならないし、また κ の値の取り方、 ΔT の求め方などさらに検討が必要である。

4. あとがき

引抜き試験によるジオグリッドの引き抜きに対する検討に必要な土とジオグリッドとの間の引抜き抵抗パラメータ(C^* , β)の合理的な算定法について検討してきた。引抜き箱内のジオグリッドを引抜いた時にジオグリッド各部の変形は一様ではなく引抜き先端部に近いほど大きな変形が生じている。この傾向は鉛直応力が高いほど著しく、このため敷設長 L をそのまま用いて引抜きせん断応力を計算すると過小評価することになる。そこで敷設長のうち引抜き抵抗にあまり寄与しない変形の小さい部分を取り除いた長さを有効引抜き抵抗長とするのがよいことが確認できた。最後に一斉試験に参加された各機関に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 林 重徳・山内豊聡・落合英俊・孫 純鐘: 土中におけるポリマーグリッドの引抜き抵抗特性、土と基礎、Vol. 33, No. 5, pp21~26, 1985.
- 2) 坂井 晃ら: ジオグリッドの引抜きに関する一斉試験について、第4回ジオテクスタイルシンポジウム。