

CS1-17〔Ⅲ〕 土中に敷設したジオグリッドの引き抜き挙動のFEM解析

北海道大学工学部 正会員 ○ 三浦 均也
 北海道大学工学部 学生員 中西 重輝
 北海道大学大学院 学生員 谷瀬 敦
 北海道大学大学院 学生員 村木 俊介

1. まえがき 土質工学では、盛土を補強するためにジオグリッドと呼ばれるポリマーあるいは繊維を素材としたネット状のものを土中に数層に渡って敷設することが多く行われる。盛土が大きく変形して破壊するときには、ジオグリッドが土中から引き抜けることになるので、ジオグリッドと土との間に動員される摩擦抵抗力によって盛土全体の強度あるいは剛性が向上するのである¹⁾。

ジオグリッドの引き抜き過程では剛性の異なる土とグリッドの境界にせん断層が形成され、破壊が生じてグリッドが引き抜けることになる。本研究では有限要素法によるパラメトリックスタディーを行うことによって、ジオグリッド引き抜き時の進行性的な挙動を明らかにすることを目的としている。

2. 解析手法 **2.1. 土要素とせん断層要素** 本研究で用いた解析手法は連続体の変形挙動を解析するための有限要素法に、一種のギャップ要素をせん断層要素として取り入れたものである。本研究では、せん断応力 τ -せん断ひずみ γ 関係において原点を基準にした割線形数を逐次修正する繰返し計算法を採用した。収束条件は、すべての接点における不釣り合い力が $0.001tf/m$ 以内とした。

2.2. 応力-ひずみ関係 本研究では土要素を単純に線形弾性体（ヤング率 E 、ポアソン比 ν ）としてモデル化している。グリッドもまた線形弾性体（ヤング率 E_g 、ポアソン比 ν_g ）としてモデル化している。ここで、グリッドの単位幅あたりの伸び剛性 Eg' (tf/m)はグリッド要素の厚さ h を用いると $Eg' = Eg \cdot h$ の関係にある。

せん断層要素はその厚さを Db とし、せん断応力 τ -せん断ひずみ γ 関係を図1のようにモデル化している。ただし、 $G = E/2(1+\nu)$ 、 $\gamma_r = 20\gamma_f$ で、 $\tau_f = \sigma_n \tan \phi_f$ 、 $\tau_r = \sigma_n \tan \phi_r$ となる。

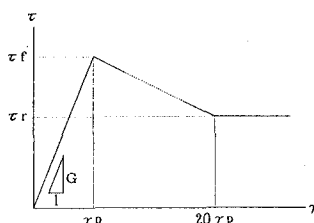


Fig. 1

3. 問題の設定 盛土内のグリッドの敷設間隔を $2H$ 、グリッドの敷設長を L とし、平面ひずみ条件でグリッドの引き抜き問題をモデル化している（図2参照）。図3には用いたメッシュ図を示すが、問題の対称性を考えて図2の半分の領域についてのみ解析している。境界条件は図示のようで、上載応力は $\sigma_v = 5tf/m^2$ とし、土の自重を無視している。土とグリッドの寸法や物性については表1にまとめている。参考文献¹⁾を参照して、良く締まった盛り土とポリマーグリッドに対応するように物性値を選んでいく。

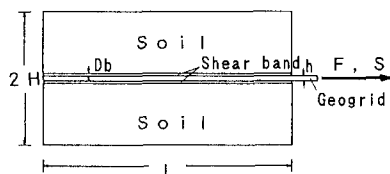


Fig. 2

グリッドの剛性の影響、メッシュの細かさの影響、グリッドの長さの影響を調べるために合計11の条件を設定した（表2）。ただし、紙幅の関係でここではグリッドの剛性の影響についてのみ説明する。

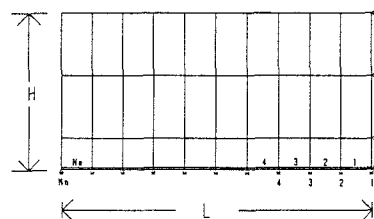


Fig. 3

4. 解析結果および考察 図4(a, b, c)はCase 1, 2, 3における各せん断層要素のせん断ひずみ γ_n をグリッド引き抜き量 S に対して示したものである。せん断層の変形は極めて連鎖的である。図を比較すると縦軸のスケールが違っていることから分かるように、グリッドの剛

Table 1

	E, Eg	ν	
Soil	50kgf/cm ²	1/3	H=0.25m
Shear Band	50kgf/cm ²	1/3	$\tan \phi_r=0.5$ $\tan \phi_s=0.3$ Db=2mm
Geogrid	800kgf/cm ²	0	$E' = E \cdot h$ h=6mm

性が增大するとひずみ分布は一様になっていくことが分かる。

もし、せん断層の発生・進展が進行的ではなく、せん断層の変形が一様で一斉にピーク強度に達するならば、引き抜き力の最大値 F_f は $L \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_f = 2.5 \text{ tf/m}$ であると期待できる。しかし、以下の節で示すように、進行性破壊の影響により終局状態の F_r は $L \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_r = 1.5 \text{ tf/m}$ よりもそれほど大きくならないことになる。

Table 2

Case	E(kgf/cm ²)	Eg(kgf/cm ²)	L(m)	Ne
1	---	400	---	---
* 2	50	800	1.0	10
3	---	1600	---	---
4	---	---	0.50	---
5	---	---	0.25	---
6	---	---	0.125	---
7	---	---	---	5
8	---	---	---	2
9	---	∞	---	---
10	∞	---	---	---
11	∞	∞	---	---

---- は Case2 と同一である

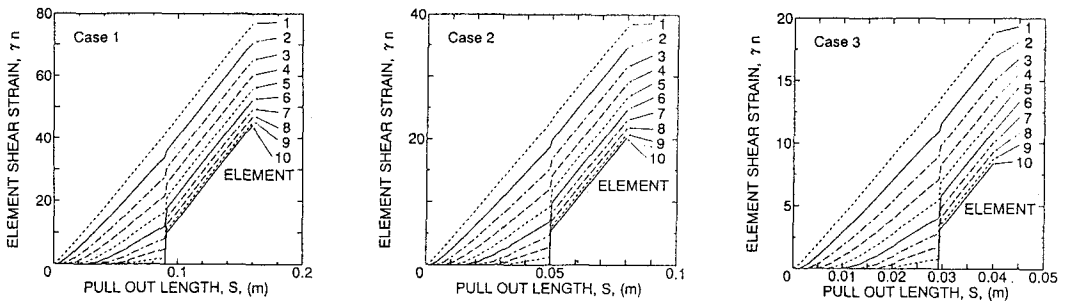


Fig. 4 (a, b, c)

図5にはグリッドの剛性 E_g のみが異なる Case 1, 2, 3, 9 の解析結果を示している。初期においては同じ引き抜き量 S に対する引き抜き力 F は剛性が増すに従って増大し、引き抜き強度の発揮が速やかになる。しかし、ピーク引き抜き強度 F_f には、グリッドの剛性の影響は認められない。

図6は case 2, 9に加えて土の剛性を無限大とした場合 (Case 10, 11) の解析結果を併せて示している。グリッドの剛性 E_g と土塊の剛性 E をともに無限大 (両者を剛体) とした場合にのみ極めて小さな引き抜き量で全てのせん断層要素で一斉にピーク応力に達し、 F_f は 2.5 tf/m まで増加している。ところが、土だけが剛、ジオグリッドだけが剛という条件では F_f の増加は認められていない。

以上から、グリッドの剛性のみではなく土の剛性も進行的なせん断層の発生を支配する要因であることが明かである。グリッドの定着長を算定する際、土の変形を考慮せずに動員されるせん断抵抗の分布を推定することが行われる場合があるが、この場合はピーク引き抜き力を過大評価してしまう可能性がある。

【参考文献】

1) 三田地, 村木, 山本, (1991): 第26回土質工学研究発表会,

pp. 2107-2110

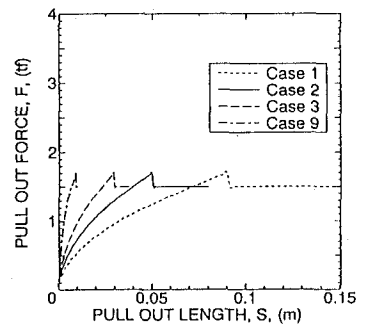


Fig. 5

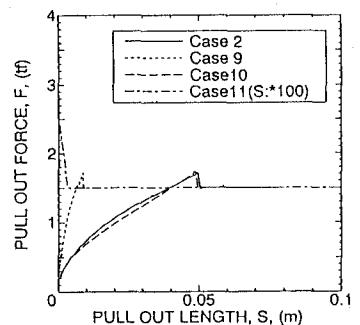


Fig. 6