

九州大学工学部 正 落合英俊 正 林 重徳
 正 大谷 順 学 得丸史郎
 三井石油化学工業(株) 正 平井貴雄

1. はじめに

ジオグリッド補強土が変形する際には、土塊の変形に伴い土とジオグリッドが相対的に変位するとともに、ジオグリッド自身も伸びながら引抜かれる状態にある。引抜き試験はこのような引抜き抵抗を評価するために行われる。引抜き試験においては、土中のジオグリッドが引抜き力を受けると、ジオグリッド自身が変形しながら引抜かれるために、ジオグリッドに発生する抵抗力の分布は一様にはならない。また拘束圧の大きさによって、ジオグリッドが後端まで引抜ける場合と破断を生じる場合がある。本文は、このような引抜き抵抗の特性を考慮に入れた合理的な試験結果の評価方法を示したものである。

2. 引抜き抵抗の評価法

引抜き試験から、引抜き抵抗を評価する方法は2つに大別される(図-1)。1つは、土とジオグリッドの相対変位に伴って発揮される引抜き抵抗の発現過程を評価する方法である。この方法を変形解析に導入する方法および補強土擁壁への適用例は文献(1, 2)に提案している。他の1つは、最大引抜き抵抗を発揮する際の平均的な摩擦抵抗として引抜き抵抗を評価する方法である。この場合、最大引抜きせん断応力(τ_{max})は次式で算定される。

$$\tau_{max} = \frac{\text{最大引抜き抵抗力 } (F_{Tmax})}{\text{土とジオグリッドの接触面積 } (A)} \quad (1)$$

この方法では上式分母の接触面積Aの決め方に2通りが考えられる。すなわち、引抜き力を受けるときのジオグリッドの抵抗長として、①ジオグリッドの全敷設長を引抜き抵抗長とする方法(全面積法)、②全敷設長のうち、引抜き抵抗力に寄与する割合の少ない部分を除いた長さを抵抗長とする方法(有効面積法)である。本文では、この評価法についての合理的な考え方を提示する。

3. 最大引抜き抵抗による評価

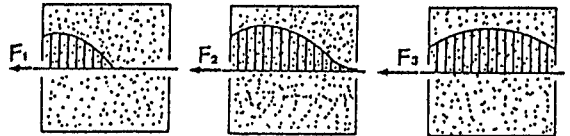
① 全面積法

図-2は全面積法により算出された最大引抜きせん断応力(τ_{max})と載荷圧(σ_v)との関係を示したものである。最大引抜きせん断応力は次式で算定される。

$$\tau_{max} = F_{Tmax} / (2 \cdot B \cdot L) \quad (2)$$

ここで、 F_{Tmax} :最大引抜き抵抗力、L:敷設長、B:敷設幅である。

(1) 土とジオグリッドの相対変位に伴う引抜き抵抗の発現過程でのせん断力分布として評価 ($F_1 < F_2 < F_3$)



(2) 最大引抜き抵抗を発揮する際の平均的な摩擦抵抗として評価

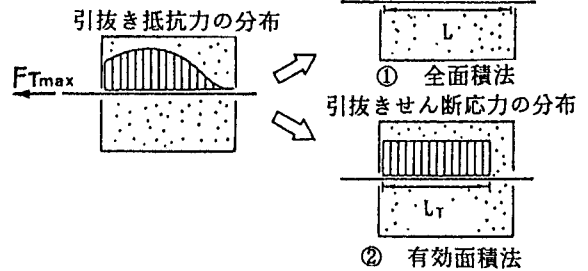


図-1 評価法のご概念図

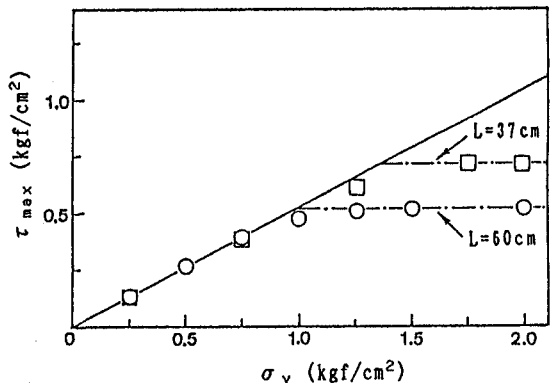


図-2 最大引抜きせん断応力と鉛直載加圧の関係(全面積法, SR2)

τ_{max} - σ_v 関係は、ジオグリッドの破断応力(τ_v)を境にして折れ線となる。ここで、ジオグリッドの破断応力 τ_v は、式(2)において $F_{Tmax}=F_u$ （破断強度）としたときの最大引抜きせん断応力である。 τ_v は敷設長によって異なり、敷設長が短いほど大きな値となる。引抜きせん断応力が τ_v より小さな領域では、ジオグリッドは後端まで引抜ける。このような場合には、引抜きせん断応力と載荷圧との間には次式の摩擦則が成り立つ。

$$\tau_{max} = \sigma_v \cdot \tan \phi_{sg} \quad (3)$$

ここで、 σ_v :載荷圧、 $\tan \phi_{sg}$:砂とジオグリッドの摩擦係数である。

一方、引抜きせん断応力が τ_v よりも大きくなる載荷圧の領域では、ジオグリッドの引抜き力は破断強度に達し、最大引抜きせん断応力は、破断応力と等しくなる($\tau_{max}=\tau_v$)。

② 有効面積法

ジオグリッドが後端まで引抜ける場合には、全敷設長を引抜き抵抗長とみなすことができる。しかし、ジオグリッドの敷設長や載荷圧がある値以上になると、土中のジオグリッドは後端まで引抜けずに破断する。この場合、ジオグリッド後端部において土との相対変位が起きない部分が生じるので、この部分は引抜き抵抗に寄与しないとして、引抜き抵抗長から除外する。ここでは、引抜きに抵抗する有効抵抗長(L_T)として、ジオグリッドが破断強度に至らずに最大引抜きせん断応力を発揮する限界の長さを考える。すなわち、式(1)、(2)を用いることにより、 L_T は次式で算定される。

$$L_T = F_u / (2 \cdot B \cdot \tau_{max}) = F_u / (2 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_{sg}) \quad (4)$$

最大引抜きせん断応力 τ_{max} は、土中のグリッドに働く引張力の分布曲線（図-3）において、土中の先端点(T)から式(4)で算定した長さ L_T までの引抜き抵抗力($F_{Tmax}-F_r$)を用いて、次式で求める。

$$\tau_{max} = (F_{Tmax} - F_r) / (2 \cdot B \cdot L_T) \quad (5)$$

ここに、 F_r は L_T より後方の引抜き抵抗力である。

なお、グリッドが後端まで引抜ける場合には、有効面積法と全面積法は同一の結果を与える。

4. 結論

図-4は全面積法と有効面積法で整理した最大引抜きせん断応力と載荷圧の関係である。有効面積法で求めた結果は、引抜ける状態に対して全面積法で求めた結果の延長上にプロットされ、それらは式(3): $\tau_{max}=\sigma_v \cdot \tan \phi_{sg}$ によって評価される。このことは、有効抵抗長の考えを用いれば、引抜ける場合も破断する場合も、いずれも式(3)の摩擦則として評価できることを示すものである。したがって、土中におけるジオグリッドの引抜き抵抗を、引抜き試験において、最大引抜き抵抗が発揮されときの平均的な摩擦抵抗として評価する場合には、グリッドが後端まで引抜けるような条件（敷設長、載荷圧を選択）で試験を行い、結果を全面積法（式(2)、(3)）で整理すればよい。なお、引抜き試験では、ジオグリッドの敷設幅は試験装置の幅と同じにせねばならない。

【参考文献】

- 1)坂井ら(1987):ジオグリッドを用いた補強土の変形解析法, 土質工学会論文報告集.
- 2)荻迫ら(1990):ジオグリッド補強土壁の解析と設計, 土木学会論文集, 第421号.

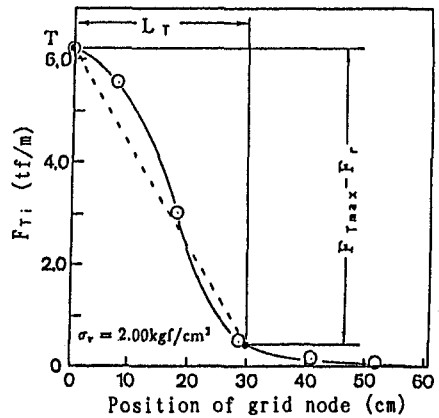


図-3 有効面積法での最大引抜きせん断応力の求め方

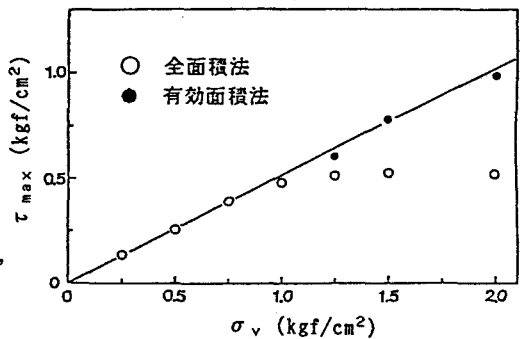


図-4 最大引抜きせん断応力 (全面積法と有効面積法の併用)