

III-150 ジオテキスタイルと土との変形を考慮した応力-変形解析に関する一考察

建設省土木研究所 吉岡 淳

1. はじめに

引抜き試験結果からジオテキスタイルと土とのまさつ特性を評価する場合には、試験中のジオテキスタイルの変形（伸び）だけでなく、ジオテキスタイルが引抜かれて土との間に相対変位が生じるときの土のせん断に伴う土圧（特に鉛直土圧）の変化をも考慮することが必要である。このため、DelmasとGiroud¹⁾は、土を弾性体と仮定して、微小要素における土とジオテキスタイルとの応力の釣り合い条件から、ジオテキスタイルの土中での挙動と土中の鉛直応力の分布に関する解析解を示した。しかし、ジオテキスタイルと土との間に常に最大まさつ力が働くとする彼らの仮定は、かならずしも実際の現象を十分に表現しているとはいえない。ここでは、土の変形を考慮したうえで、さらに、ジオテキスタイルと土とのせん断抵抗の分布を考慮した解析手法について検討を加えたので報告する。

2. 解析手法

DelmasとGiroudは、弾性体と仮定した土のひずみがジオテキスタイルとの接触面から高さ h の範囲で一定な値 ε_z をとると仮定し、微小要素における応力の釣り合い条件（図-1参照）から、ジオテキスタイルと土との接触面での直応力 σ_z 及びジオテキスタイルの張力 T の分布を与える解を示した。それによると、直応力 σ_z 、張力 T は共に指数関数で表わされ、両者の間は、

$$d\sigma_z = \frac{\nu}{2(1-\nu)h(1+\varepsilon_z)} dT \quad (1)$$

の関係が成り立つ。ここに、 ν は土のポアソン比である。また、ジオテキスタイルと土とのまさつ抵抗 τ に関しては、 $\tau = \sigma_z \tan \phi_{gs}$ （ ϕ_{gs} は土とジオテキスタイルとのせん断抵抗角）と仮定している（図-2参照）。しかし、ジオテキスタイルと土との相対変位が小さい場合、すなわち、接触面でのせん断が小さい場合には、まさつ抵抗を過大に評価することになる。

そこで、ジオテキスタイルと土との相対変位によってまさつ抵抗が発揮されると考えて、図-2に示した実線のように、まさつ則を、

$$\tau = \begin{cases} \mu u & (u \leq u_p) \\ \tau_p & (u \geq u_p) \end{cases} \quad (2)$$

で与えるものとする。ここに、 u はジオテキスタイルと土との相対変位、 u_p はまさつ抵抗が最大値 $\tau_p (= \sigma_z \tan \phi)$ をとるときの相対変位で、 $\mu = \tau_p / u_p$ である。このとき、 $u \geq u_p$ の範囲ではDelmasとGiroudの仮定に一致し、同一の解が得られるが、 $u \leq u_p$ の範囲では得られる微分方程式を解析的に解くことができない。ただし、いずれの場合にも

ジオテキスタイルの張力 T と接触面での直応力 σ_z との間の(1)式の関係は成立している。そこで、 τ_p が一定の場合にジオテキスタイルの張力 T および変位 u に関して成り立つ次の関係²⁾を用いる。

$$\begin{aligned} \frac{d^2 T}{dx^2} &= \frac{T}{\beta^2}, & \frac{d^2 u}{dx^2} &= \frac{u}{\beta^2} & (u \leq u_p) \\ \frac{dT}{dx} &= 2\tau_p, & \frac{d^2 u}{dx^2} &= \frac{2\tau_p}{EA} & (u \geq u_p) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\beta = \sqrt{EA u_p / 2\tau_p}$$

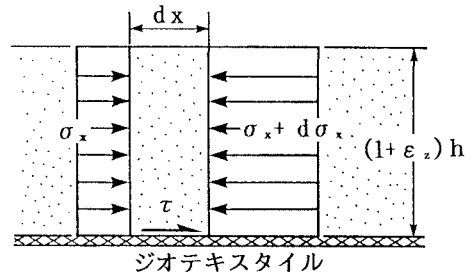


図-1 土中の微小要素での応力のつり合い

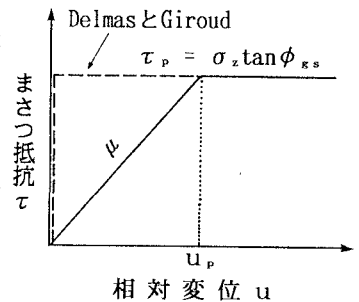


図-2 ジオテキスタイルと土とのまさつ抵抗則

解析では、まず、ジオテキスタイルを有限な微小長さのセグメントに分割（今回の解析では50分割）する。それぞれのセグメント内では接触面に働く直応力が一定（ $\sigma = \sigma_{zi}$ ）であるとする、(3)式からすべてのセグメントに関して張力、変位が計算される。そして、各セグメントに対する σ_{zi} の分布を修正しながら、張力Tと直応力 σ_{zi} とが(1)式の関係満足するまで繰り返し計算を行い、引抜き試験中の直応力とジオテキスタイルの張力の分布を求めた。

3. 解析結果

ここでは、久楽ら³⁾によるジオグリッドの長期引抜き試験結果を上記の手法で解析した結果を示す。解析に用いるパラメータは表-1に示すとおりである。ここでは、ジオグリッドの剛性にクリープの影響⁴⁾を考慮するものとし、また、土のひずみの影響範囲はジオグリッドとの接触面からせん断箱の上端までとした。

図-3に、ジオグリッドの変位に関する計測結果と解析結果とを示す。図の横軸は、ジオテキスタイルの定着側の端部から測った距離である。初期密度の異なる2ケースのいずれに対しても、解析値は実測値によく一致している。このときの土とジオグリッドとのせん断抵抗に関する低減率 $\alpha (= \tan \phi_{gs} / \tan \phi_s, \phi_s$ は土のせん断抵抗角)は0.7で、従来から言われている値に一致する結果となった。また、ジオグリッドの変位が限界変位 u_p に達しているのは、土の相対密度Drが20%の場合にはジオグリッドの端部から約54cm、相対密度Drが65%の場合には約41cmのところである。したがって、ジオグリッドと土とまさつ抵抗が最大値 τ_c となるのはジオグリッドの1/3程度の部分であり、DelmasとGiroudはまさつ抵抗を過大に見積もっていることが示される。

次に、ジオグリッドと土との接触面に働く直応力の分布を図-4に示す。ジオグリッドの変位量に応じて土との接触面に働く直応力が変化していることがよく現れており、特に、引き抜かれる側での直応力の増加が著しい。したがって、引抜き試験結果から土とジオテキスタイルとのまさつ特性を評価する場合に、単純に上載荷重がジオテキスタイルに作用する拘束圧と等しいとみなすことはできないことがわかる。

4. おわりに

ジオテキスタイルの張力と土中の鉛直応力との比例的な関係を用いて土とジオテキスタイルとの変形を考慮した比較的簡便な応力-変形解析を提案し、引抜き試験の結果と本解析結果とを比較した。その結果、解析値と実測値とがよく一致しており、本解析手法の適用性が高いことが認められた。また、引抜き試験中の土圧の変化やジオテキスタイルに作用するまさつ抵抗に関する2, 3の知見が得られた。

参考文献

- 1) Delmas, P. et Giroud, J.P. : Analyse expérimentale de l'interaction mécanique soil-géotextile, Colloque International sur le Renforcement des Sols, 1979.
- 2) 吉岡淳 : ジオテキスタイルの変形を考慮した安定解析手法に関する一考察 —— 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, 1989.
- 3) 久楽他 : ポリマーグリッドの長期引抜き試験, 第23回土質工学研究発表会, 1989.
- 4) CIB : Méthode d'Essais et Caractéristiques Physiques des Géogrilles 'Tensar'.

表-1 解析に用いたパラメータ

グリッドの剛性EA	320kN/m	土の鉛直ひずみ ε_z	5%
上 載 荷 重 σ_z	78.4kPa	ひずみの影響高さh	0.25m
土のポアソン比 ν	0.333	土とグリッドとの限界相対変位 u_p	0.006m
土とグリッドとのせん断抵抗角 ϕ_{gs}	0.7 $\tan \phi_s, \phi_s = 38.8^\circ$ (相対密度65%) 31.5' (相対密度20%)		

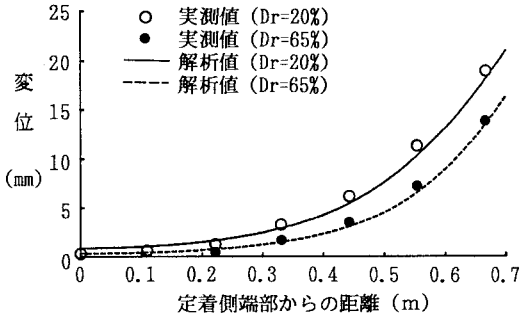


図-3 ジオグリッドの変位分布

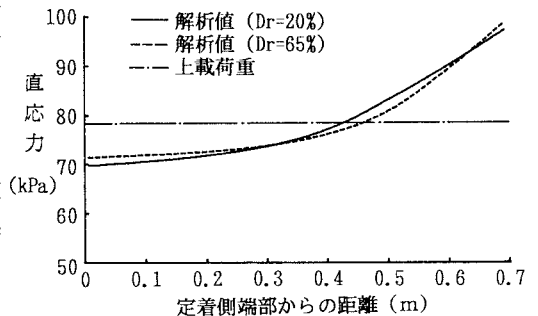


図-4 ジオグリッドに作用する直応力の分布