

008

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第2922号

土 木 研 究 所 資 料

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研究

平成3年1月

建設省土木研究所
機械施工部 土質研究室

Copyright ©(1991) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

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研究

機械施工部土質研究室 室 長 久 楽 勝 行

主任研究員 吉 岡 淳※

※現(財)国土開発技術研究センター

要 旨

ジオテキスタイル等で補強された土構造物の設計に用いられている安定解析手法として、極限状態でのモーメントあるいは水平力のつり合いを考慮した極限つり合い法によるものが知られている。しかしながら、ジオテキスタイルの設置位置や予想されるすべり面の形状等にかかわらず、補強材の全ての断面に対して一様の引張力が発生するものとみなしている。そこで本研究は、ジオテキスタイルの変形に応じた補強材力を用いて構造物の極限つり合いを考える方法を新たに提案し、本解析手法と実物大模型実験や長期引抜き試験との適用について検討した。

キーワード：ジオテキスタイル，補強盛土，補強擁壁，すべり安定，数値解析

は　じ　め　に

ジオテキスタイル等で補強された土構造物の設計に用いられている安定解析手法として、極限状態でのモーメントあるいは水平力のつり合いを考慮した極限つり合い法によるものがよく知られている。これらの多くは、補強材力としてのジオテキスタイルの引張力の算定に際して、ジオテキスタイルに発生する変形や変位によらずに最終的な破断強度や引抜けに対する抵抗のみを考慮しているため、その結果、定着長の不足する部分は別として、ジオテキスタイルの設置位置や想定されるすべり面の形状等にかかわらず、補強材の全ての断面に対して一様の引張力が発生するものとみなしていることになる。しかし、実際にはジオテキスタイルが受ける拘束圧（土被り）や壁面での拘束の有無、想定されるすべり等の形状などによって、ジオテキスタイルに発生する変形が一様でないのは明らかであり、その影響を考慮した安定解析の手法が望まれる。このためフランスでは、ジオテキスタイルの変形（伸びひずみ）に応じた補強材力を用いて構造物の極限つり合いを考える方法（Displacement Method、以下、変位法と称す）が提唱されている^{1), 2)}。

本報告では、まず、変位法による解析手法の概要を述べるとともに、建設省土木研究所で実施した実物大の模型実験結果^{3), 4)}を用いてその妥当性を検討した結果を示す。次いで、ジオテキスタイルが変形し、土との接触部分で相対変位を生じるときの土のせん断に伴う土圧の変化を考慮した解析手法を提案し、ジオテキスタイルの長期引抜き試験結果⁵⁾を用いてその適用性に関する検討の結果を述べる。

目 次

は じ め に

1. ジオテキスタイルの変形を考慮した安定解析手法	1
1.1 変位法の定式化	1
1.2 鉛直な壁面を有する補強盛土内のジオテキスタイルの張力分布の解析	4
1.3 のり面を有する補強盛土内のジオテキスタイルの張力分布の解析	8
2. 補強土擁壁の破壊実験の安定解析	13
2.1 解析の対象および手順	13
2.2 グリッドの初期ひずみ分布の解析	14
2.3 グリッドの切断に伴う盛土の安全率の推移	15
3. ジオテキスタイルと土の双方の変形を考慮した解析手法	18
4. 長期引抜き試験の解析	22
お わ り に	25
参考文献	26
付録 1. <解の誘導>：のり面を有する補強土内のジオテキスタイルの張力および 変位の分布	27
付録 2. ジオテキスタイルの変形性を考慮した補強材力の解析プログラム	35
付録 3. ジオテキスタイルの引抜き試験の解析プログラム	69

1. ジオテキスタイルの変形を考慮した安定解析手法

1.1 変位法の定式化

変位法は、想定されるすべり面上での土塊の変位量に応じてジオテキスタイルが引張り変形を生じるものとし、その変形によって補強力が発生するとの仮定のもとに、極限状態での補強材力を考慮した土塊の静的つり合いを、通常の円弧もしくは非円弧すべり法等（フランスでは、Raulin らの提唱する Perturbation Method⁶⁾を用いている）によって検討するものである。

補強材に発生する応力、ひずみならびに変位は、以下の仮定のもとに計算される。

— ジオテキスタイルの張力～伸びひずみ関係は、線形弾性的であるとし、

$$\epsilon = \frac{du}{dx} = \frac{T}{EA} \quad (1.1)$$

で与えられるものとする（図－1.1 参照）。

ここに、 ϵ はジオテキスタイルの伸びひずみ、 u はジオテキスタイルと土との相対変位、 T はジオテキスタイルの張力、 EA はジオテキスタイルの剛性である。

この仮定は、ジオテキスタイルの伸びが小さな範囲では、十分に妥当なものであると考えられる。

— ジオテキスタイルと土との摩擦抵抗 τ は、(1.2) 式または図－1.2 に示されるように、ジオテキスタイルと土との相対変位との関係で規定されるものとし、ある限界値を越えるまでは摩擦抵抗が相対変位に比例し、その後、一定値をとるものと仮定する。

$$\tau = \begin{cases} \mu \cdot u & \dots u < u_p \\ \tau_p & \dots u > u_p \end{cases} \quad (1.2)$$

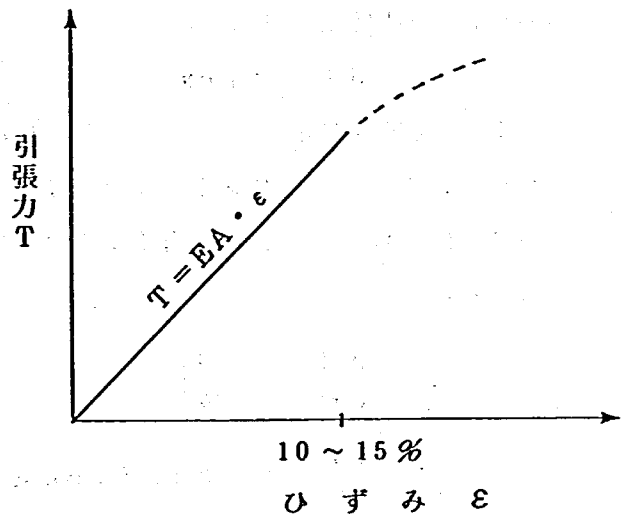
ここに、 τ_p は最大摩擦力、 u_p は最大摩擦力を与える相対変位である。係数 μ は、

$\mu = \tau_p / u_p$ で表されるものとする。ま

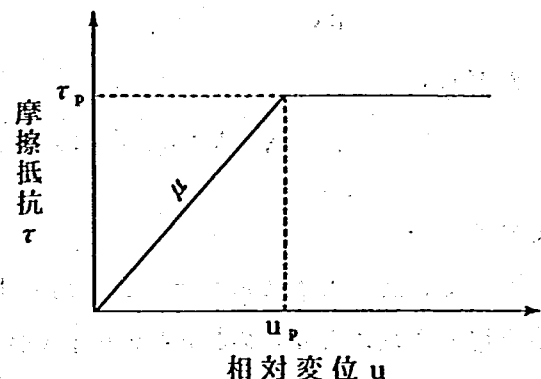
た、最大摩擦力 τ_p は、土の破壊基準に準じて以下のように表すことができる。

$$\tau_p = c_g + \sigma \cdot \tan \phi_g \quad (\text{一般に } c_g = 0)$$

$$\tan \phi_g = \alpha \cdot \tan \phi$$



図－1.1 ジオテキスタイルの張力～ひずみ関係



図－1.2 ジオテキスタイルと土との摩擦則

ここに、 c_g 、 ϕ_g はジオテキスタイルと土との間の粘着力およびせん断抵抗角、 σ はジオテキスタイルに作用する鉛直応力（土被り）である。 α は低減率と呼ばれるもので、一般に 0.8 ～ 1.0 の範囲の値をとるといわれている。

ここで、土中で引張りを受けている状態にあるジオテキスタイルの微小片に対する力のつり合いを考えると（図-1.3 参照）、この微小片の上下面に作用する摩擦力が一樣であるとすれば、ジオテキスタイルの張力 T と摩擦力 τ との間に、次の関係が成り立つ。

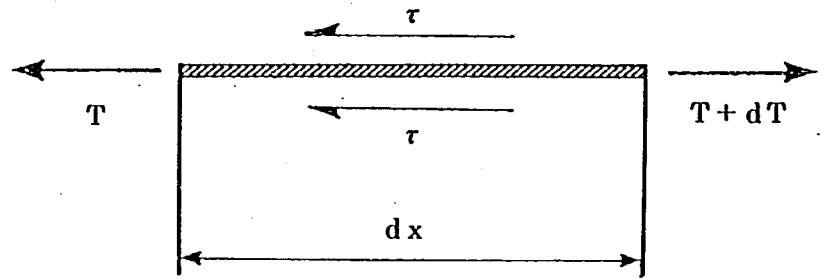


図-1.3 ジオテキスタイルの微小片での力のつり合い

$$dT = 2 \tau dx \quad (1.3)$$

ここに、 dT はジオテキスタイルの張力の増分、 τ は摩擦力、 dx は微小片の長さである。

これに、先に仮定したジオテキスタイルの応力-ひずみ関係ならびにジオテキスタイルと土との摩擦則を代入すると、張力 T および変位 u に関して、次の一階または二階の微分方程式が得られる。

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{T}{\beta^2} \quad u < u_0 \quad (1.4)$$

$$\frac{dT}{dx} = 2 \tau_0 (= \text{const}) \quad u > u_0 \quad (1.5)$$

$$\frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{u}{\beta^2} \quad u < u_0 \quad (1.6)$$

$$\frac{du}{dx} = \frac{T}{EA} \quad u > u_0 \quad (1.7)$$

ただし、

$$\beta = \sqrt{EA \cdot u_0 / 2 \tau_0}$$

である。

ここで、図-1.4 に示すように、あるすべり面に沿って土塊が変位すると仮定した場合、この土塊の変位によってジオテキスタイルが引張りを受け、張力を発生することになる。この仮想すべり面を境にして、主働側の領域内にあるジオテキスタイルと受働側の領域内にあるジオテキスタイルのそれぞれの部分について上記の方程式を立て、それを以下に示す境界条件および適合条件のもとで解くことによって、ジオテキスタイルに発生する補強材力が算定される。

与えられる境界条件は、以下の 2 つである。

- ① 受働側のジオテキスタイル端部（定着部）で、 $T^p = 0$

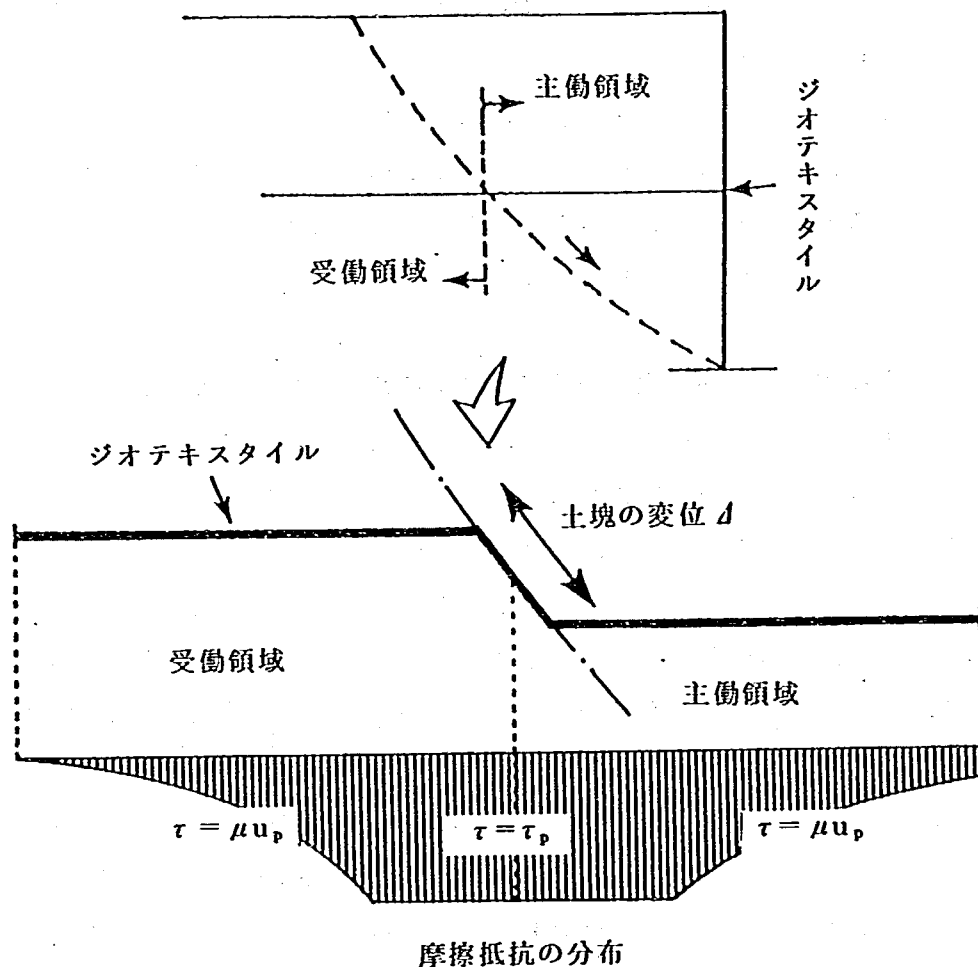


図-1.4 ジオテキスタイルによる補強機構の模式化

② 主働側のジオテキスタイル端部（のり面または壁面）では、

- ・ジオテキスタイルの巻き込みやパネル等への接統を行う場合で、ジオテキスタイルが固定されるために、土とジオテキスタイルとの間に相対変位が生じない場合には、 $u^a = 0$ （いわゆる固定端の条件）

- ・のり面にジオテキスタイルの端部を拘束しない場合には、 $T^a = 0$ （自由端の条件）

この②の条件に示されるように、壁面工（のり面工）の有無を境界条件として取り込み、その構造の差異を安定解析に直接結び付けることができるのも、変位法の大きな特徴の一つである。

また、ジオテキスタイルの変位および張力に関する適合条件は、

- 仮想すべり面の位置でのジオテキスタイルの変位の適合条件、 $u_r^p + u_r^a = d$
- 仮想すべり面の位置でのジオテキスタイルの張力の適合条件、 $T_r^p = T_r^a$
- 受働側および主働側のジオテキスタイル内部で、摩擦力 τ が最大摩擦を越える点があれば、それぞれの位置でのジオテキスタイルの変位およびジオテキスタイルと土との摩擦力に関する適合条件、 $u = u_p$ および $\tau = \tau_p$

である。

ここに、 d は仮想すべり面とジオテキスタイルとの交点位置での土塊の変位量で、これがジオテキスタイルの伸び(変位)に相当するとみなす。また、 u_r^p 、 u_r^a は受働側および主働側のそれぞれのジオテキスタイルの変位、 T_r^p 、 T_r^a は張力である。

このように、変位法では、仮想すべり面上での土塊の変位の大きさに応じたジオテキスタイルの張力を求めることができる点に大きな特徴を有しているといえる。

以下に、簡単なモデルを用いた解析例を示す。

1.2 沿直な壁面を有する補強盛土内のジオテキスタイルの張力分布の解析

図-1.4に示すような沿直な壁面を有する補強盛土内におけるジオテキスタイルの張力、ひずみおよび変位の分布を上記の方程式から直接求める解析解を以下に示す。ここでは、簡便のためにジオテキスタイルを1枚だけ敷設した場合について考えるものとする。

仮想すべり面を境にして、主働側にあるジオテキスタイルと受働側にあるジオテキスタイルのそれぞれの長さを L_a 、 L_p とし、ジオテキスタイルとすべり面との交点でのジオテキスタイルの張力を T_r 、変位(伸び)を d (受働側の変位を u_r^p 、主働側の変位を u_r^a)とする。またジオテキスタイルは壁面工に接続されているものとし、壁面側の境界条件として、ジオテキスタイルの変位 $u=0$ を与えるものとする。定着側の端部では、ジオテキスタイルの張力 $T=0$ である。

先に述べたように、ジオテキスタイルの変位 u が限界変位 u_p を越えない場合、すなわち、土塊のすべり変位が小さい場合には、ジオテキスタイルの張力および変位の分布は(1.4)式および(1.6)式で表され、また、ジオテキスタイルの変位 u が限界変位 u_p を越える場合には、(1.4)～(1.7)式を連立させて解く必要がある。そこで、土塊の変位量の違いによって以下のように場合分けして考える。

(1) 土塊の変位量 d が小さい場合

まず、受働側のジオテキスタイルについて考える。 x 座標の原点を定着側端部にとると、(1.4)式および(1.6)式における境界条件は、

$$x=0 \quad \text{で} \quad T_0=0$$

$$x=L_p \quad \text{で} \quad u_0=u_r^p$$

と表せる。

ここで、ジオテキスタイルに作用する鉛直応力(土被り圧)が長さ方向に一様であることから、最大摩擦 τ_p はジオテキスタイルの全長にわたって一定値、

$$\tau_p = c_g + \sigma \cdot \tan \phi_g = c_g + \gamma \cdot h \cdot \tan \phi_g$$

をとり、係数 β も一定であることがわかる。したがって、(1.4)式および(1.6)式は容易に解けて、受働側のジオテキスタイルの張力 T 、変位 u は、

$$T^p(x) = \frac{EA \cdot u_r^p \cdot \sinh \frac{x}{\beta}}{\beta \cdot \cosh \frac{L_p}{\beta}} \quad (1.8)$$

$$u^p(x) = u_r^p \frac{\cosh \frac{x}{\beta}}{\cosh \frac{L_p}{\beta}} \quad (1.9)$$

となる。

同様に，主働側のジオテキスタイルについても，壁面でジオテキスタイルの変位が拘束されていることに注意して，以下の解を得る。

$$T^a(x) = \frac{EA \cdot u_r^a \cdot \cosh \frac{x}{\beta}}{\beta \cdot \sinh \frac{L_a}{\beta}} \quad (1.10)$$

$$u^a(x) = u_r^a \cdot \frac{\sinh \frac{x}{\beta}}{\sinh \frac{L_a}{\beta}} \quad (1.11)$$

ここで，仮想すべり面の位置でのジオテキスタイルの張力および変位の適合条件，

$$T_r = T^p(L_p) = T^a(L_a) \quad (1.12)$$

$$\Delta = u^p(L_p) + u^a(L_a) \quad (1.13)$$

を考えると，すべり面位置での変位 Δ に対応する受働側，主働側それぞれの任意の位置でのジオテキスタイルの張力および変位が，

$$T^p(x) = \frac{EA \Delta \cdot \sinh \frac{x}{\beta}}{\beta \left(1 + \frac{\tanh \frac{L_p}{\beta}}{\coth \frac{L_a}{\beta}} \right) \cdot \cosh \frac{L_p}{\beta}} \quad (1.14)$$

$$u^p(x) = \frac{\Delta \cdot \cosh \frac{x}{\beta}}{\left(1 + \frac{\tanh \frac{L_p}{\beta}}{\coth \frac{L_a}{\beta}} \right) \cdot \cosh \frac{L_p}{\beta}} \quad (1.15)$$

$$T^a(x) = \frac{EA \Delta \cdot \cosh \frac{x}{\beta}}{\beta \left(1 + \frac{\coth \frac{L_a}{\beta}}{\tanh \frac{L_p}{\beta}} \right) \cdot \sinh \frac{L_a}{\beta}} \quad (1.16)$$

$$u^*(x) = \frac{d \cdot \sinh \frac{x}{\beta}}{\left(1 + \frac{\coth \frac{L_a}{\beta}}{\tanh \frac{L_p}{\beta}}\right) \cdot \sinh \frac{L_a}{\beta}} \quad (1.17)$$

で与えられる。

また、このときのジオテキスタイルの最大張力は、すべり面位置での張力 T_r で、

$$T_r = \frac{EA d}{\beta \left(\coth \frac{L_a}{\beta} + \tanh \frac{L_p}{\beta} \right)} \quad (1.18)$$

であり、また、壁面でのジオテキスタイルの張力 T_0^* は、

$$T_0^* = \frac{EA d}{\beta \left(1 + \frac{\coth \frac{L_a}{\beta}}{\tanh \frac{L_p}{\beta}} \right) \cdot \sinh \frac{L_a}{\beta}} \quad (1.19)$$

である。

さらに、受働領域内でのジオテキスタイルの定着に関する安全率 F_{anc} は、

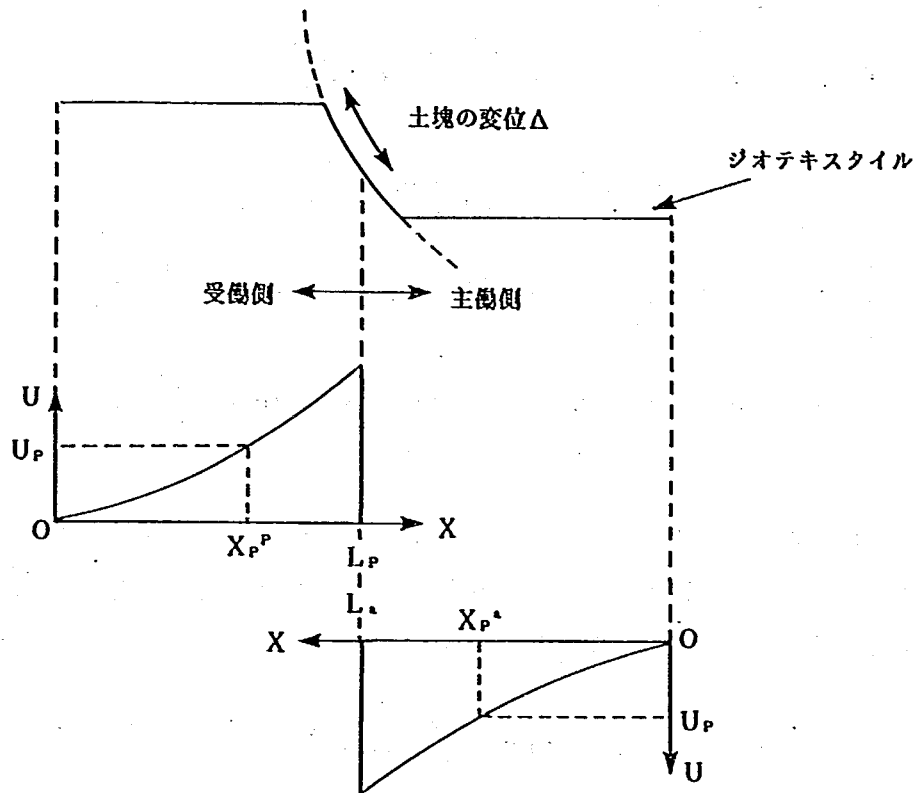
$$\begin{aligned} F_{anc} &= \frac{\int_0^{L_p} 2 \tau_p dx}{\int_0^{L_p} 2 \tau dx} \\ &= \frac{2 \tau_p \cdot L_p}{T_r^p - T_0^p} \\ &= \frac{2 \tau_p \cdot L_p \cdot \beta \left(\coth \frac{L_a}{\beta} + \tanh \frac{L_p}{\beta} \right)}{EA d} \end{aligned} \quad (1.20)$$

で求められる。

(2) 土塊の変位量 d が大きい場合

次に、土塊の変位量が大きく、ジオテキスタイルの変位が限界変位 u_p を超える場合について、解を求める。

まず、受働側のジオテキスタイルについては、 $x = x_p^p$ で、主働側のジオテキスタイルについては、 $x = x_p^a$ で、 $u = u_p$ になるものとする。(図-1.5 参照)、このとき、 $0 \leq x \leq x_p^p$ および $0 \leq x \leq x_p^a$ では(1.6)式が成り立つから、上記の境界条件のもとでこれを解くと、



図－1.5 土塊の変位が大きい場合のジオテキスタイルの変位分布と
限界変位 U_p をとる位置の関係

$$u^p(x) = u_p \cdot \frac{\cosh \frac{x}{\beta}}{\cosh \frac{x_p^p}{\beta}} \quad (1.21)$$

$$u^s(x) = u_p \cdot \frac{\sinh \frac{x}{\beta}}{\sinh \frac{x_s^s}{\beta}} \quad (1.22)$$

が得られる。また、このときの張力 T は、

$$T^p(x) = \frac{EA \cdot u_p \cdot \sinh \frac{x}{\beta}}{\beta \cdot \cosh \frac{x_p^p}{\beta}} \quad (1.23)$$

$$T^s(x) = \frac{EA \cdot u_p \cdot \cosh \frac{x}{\beta}}{\beta \cdot \sinh \frac{x_s^s}{\beta}} \quad (1.24)$$

となる。

一方、 $x_p^p \leq x \leq L_p$ および $x_p^s \leq x \leq L_s$ の範囲では、(1.5)式および(1.7)式で、

$x = x_p^p$ および $x = x_p^a$ における変位と張力の適合条件を考慮して,

$$T^p(x) = 2\tau_p(x - x_p^p) + \frac{EA \cdot u_p}{\beta} \cdot \tanh \frac{x_p^p}{\beta} \quad (1.25)$$

$$T^a(x) = 2\tau_p(x - x_p^a) + \frac{EA \cdot u_p}{\beta} \cdot \tanh \frac{x_p^a}{\beta} \quad (1.26)$$

$$u^p(x) = u_p \cdot \left\{ \frac{1}{2\beta} (x - x_p^p)^2 + (x - x_p^p) \cdot \tanh \frac{x_p^p}{\beta} + 1 \right\} \quad (1.27)$$

$$u^a(x) = u_p \cdot \left\{ \frac{1}{2\beta} (x - x_p^a)^2 + (x - x_p^a) \cdot \coth \frac{x_p^a}{\beta} + 1 \right\} \quad (1.28)$$

が得られる。

ここで, (1.12) および (1.13) 式に示したジオテキスタイルとすべり面との交点での張力と変位の適合条件から, ジオテキスタイルの変位が限界相対変位を超えるときの座標 x_p^p , x_p^a が以下の式の解として得られることが示される。

$$\frac{L_p - x_p^p}{\beta} = -\tanh \frac{x_p^p}{\beta} + \sqrt{\frac{1}{2} \left(\tanh \frac{x_p^p}{\beta} + \coth \frac{x_p^a}{\beta} + \left(\frac{d}{2} + 2 \right) \right)} \quad (1.29)$$

$$\frac{L_a - x_p^a}{\beta} = -\coth \frac{x_p^a}{\beta} + \sqrt{\frac{1}{2} \left(\tanh \frac{x_p^p}{\beta} + \coth \frac{x_p^a}{\beta} + \left(\frac{d}{2} + 2 \right) \right)} \quad (1.30)$$

したがって, すべり面との交点でのジオテキスタイルの張力 T_r は,

$$T_r = 2\tau_p \cdot u_p \cdot EA \left\{ \left(\frac{d}{u_p} - 2 \right) + \frac{1}{2} \left(\tanh \frac{x_p^p}{\beta} + \coth \frac{x_p^a}{\beta} \right) \right\} \quad (1.31)$$

となる。

1.3 のり面を有する補強盛土内のジオテキスタイルの張力分布の解析

図-1.6 に示すように, のり面を有する補強土の場合には, のり面部分におけるジオテキスタイルに作用する鉛直応力(土被り)が長さ方向に一様でなくなる。したがって, (1.4)~(1.7) 式で係数 β の値が一定とならず, 解析的にこれらの方程式の解を求めるのは不可能となる。そこで, 以下に, 近似的に解を求める方法を示す。

まず, 受傷側および主働側のジオテキスタイルを, 図-1.7 に示すように, それぞれ適当な長さのセグメントに分割し, 各セグメント内では鉛直応力 σ が一様であると仮定する。これによって, 各セグメントに対しては, 上記と同様の微分方程式が立てられ, 各セグメントの接合部での変位および張力の適合条件を考慮すれば, 解を得ることができる。

この場合, 図-1.8 および図-1.9 に示すように, 受傷側の k 番目のセグメントに発生する張力 $T_k^i(x)$ および変位 $u_k^i(x)$ は, $\tau = \tau_p$ となる点が i 番目のセグメント内にあるとして,

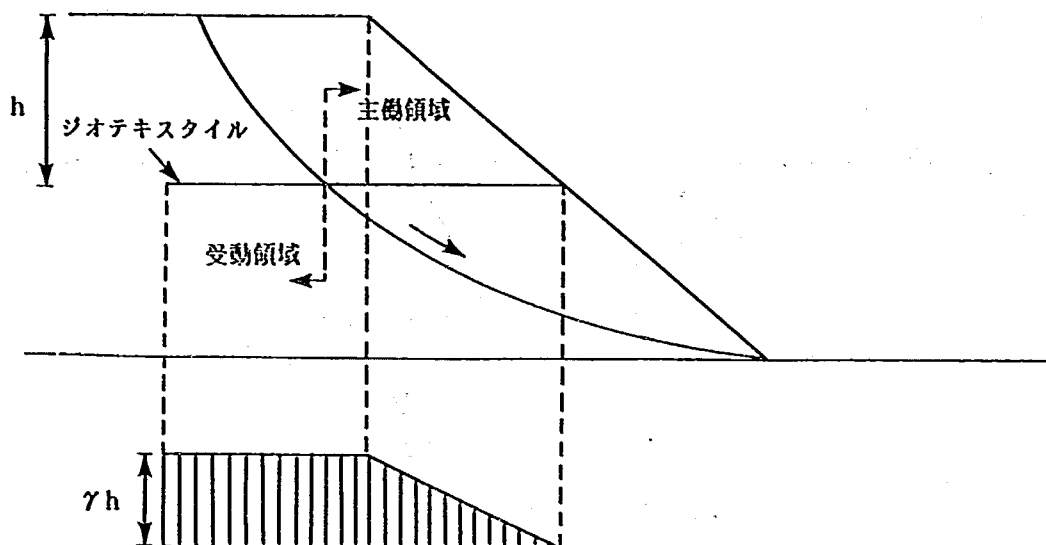


図-1.6 のり面を有する補強土内のジオテキスタイルに作用する鉛直応力分布

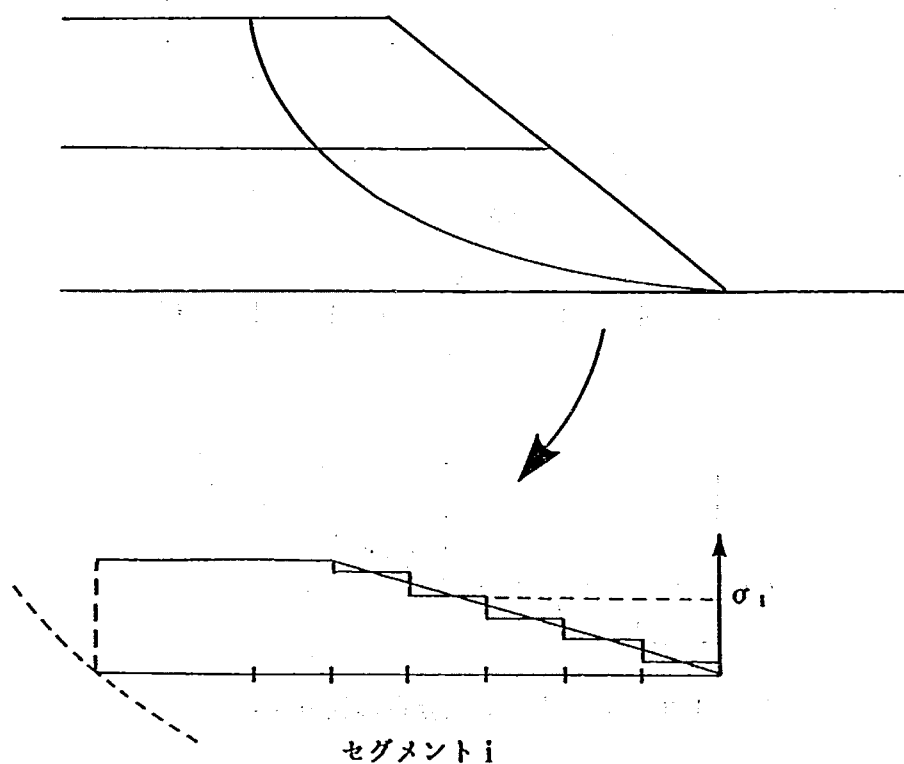


図-1.7 鉛直応力 σ の分布と計算上仮定する σ_i の分布

$$T_k^i(x) = \frac{EA \cdot u_p}{\beta_1} \cdot \left[\frac{\beta_{k-1}}{\beta_k} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_k} + A_{k-1} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_k} \right] \quad k < i$$

$$C_1 \cdot \prod_{j=k}^{i-1} C_j$$

セグメント

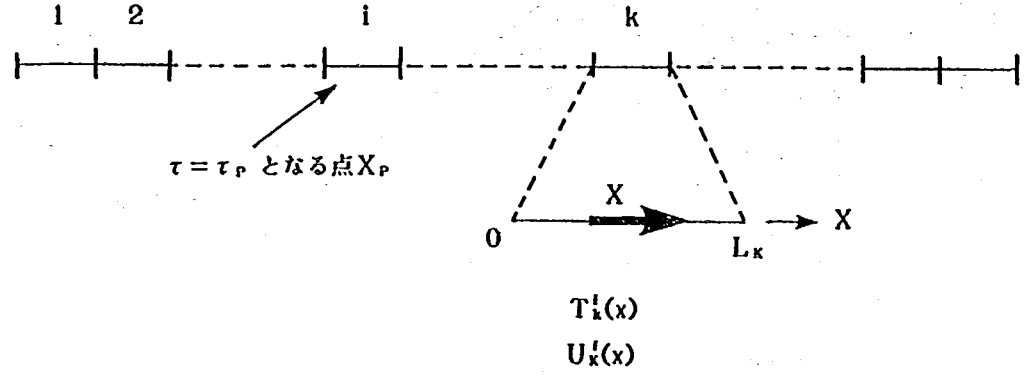


図 - 1.8 セグメントの分割

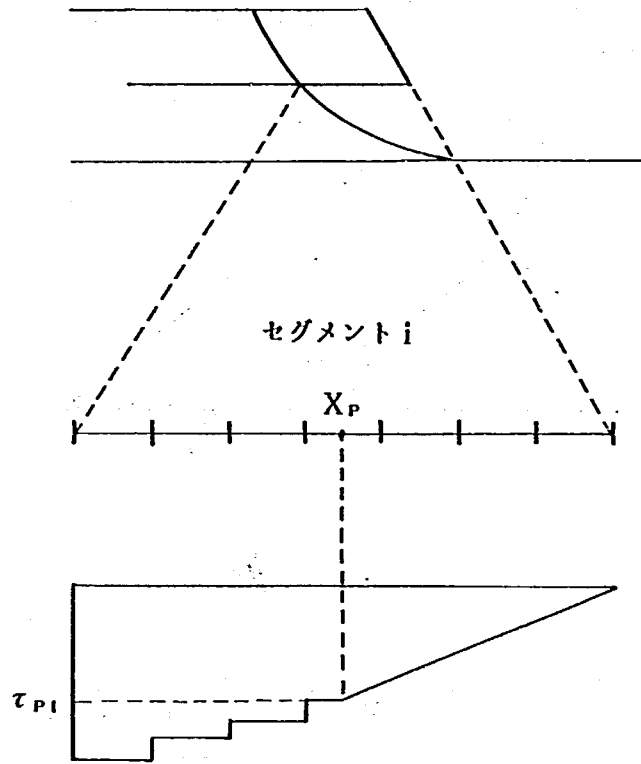


図 - 1.9 摩擦抵抗 τ の分布形状の模式図

$$\begin{aligned}
 & \frac{EA \cdot u_p}{\beta_1} \cdot \left[\frac{\frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_1} + A_{k-1} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_1}}{C_1'} \right] & k = i \\
 & & x \leq x_p \\
 & \frac{EA \cdot u_p}{\beta_1} \cdot \left[\frac{x - x_p}{\beta_1} + A_1' \right] & k = i \\
 & & x \geq x_p \\
 & EA \cdot u_p \cdot \left[\frac{x}{\beta_k^2} + \sum_{j=1}^{k-1} \frac{L_j}{\beta_j^2} - \frac{x_p}{\beta_1^2} + \frac{A_1'}{\beta_1} \right] & k > i + 1 \quad (1.32)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
u_k^i(x) &= u_p \cdot \left[\frac{A_{k-1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_k} + \frac{\beta_{k-1}}{\beta_k} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_k}}{C_i' \prod_{j=k}^{i-1} C_j} \right] & k < i \\
u_p \cdot \left[\frac{A_{i-1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_i} + \frac{\beta_{i-1}}{\beta_i} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_i}}{C_i'} \right] & & k = i \\
& & x \leq x_p \\
u_p \cdot \left[\frac{(x-x_p)^2}{2\beta_i^2} + \frac{x-x_p}{\beta_i} \cdot A_{i-1}' + 1 \right] & & k = i \\
& & x \geq x_p \\
u_p \cdot \left[\frac{x^2}{2\beta_k^2} + \frac{1}{2} \left(\frac{L_1-x_p}{\beta_i} \right) \left(\frac{L_1-x_p+2x}{\beta_i} \right) + \left(\frac{L_1-x_p+x}{\beta_i} \right) A_{i-1}' + 1 \right] & & k = i+1 \\
u_p \cdot \left[\frac{x^2}{2\beta_k^2} + \sum_{j=i+1}^{k-1} \left\{ \frac{L_j(-L_j+2x + \sum_{m=j}^{k-1} 2L_m)}{2\beta_j^2} \right. \right. \\
& \left. \left. + \frac{(L_1-x_p)(-L_1-x_p+2x + \sum_{m=1}^{k-1} 2L_m)}{2\beta_1^2} + \frac{A_{i-1}'(x-x_p + \sum_{m=1}^{k-1} L_m)}{\beta_1} + 1 \right\} \right] & k \geq i+2 \quad (1.33)
\end{aligned}$$

で求められる（付録1参照）。

ここに、 L_i は分割された各セグメントの長さ、 x は各セグメントの端部からの距離（局所座標）で、 $0 < x < L_1$ である。また、係数 A_1 、 A_1' 、 C_1 、 C_1' は、

$$A_1 = \frac{A_{1-1} + \frac{\beta_{1-1}}{\beta_1} \cdot \tanh \frac{L_1}{\beta_1}}{\frac{\beta_{1-1}}{\beta_1} + A_{1-1} \cdot \tanh \frac{L_1}{\beta_1}} \quad (1.34)$$

$$A_1' = \frac{A_{1-1} + \frac{\beta_{1-1}}{\beta_1} \cdot \tanh \frac{x_p}{\beta_1}}{\frac{\beta_{1-1}}{\beta_1} + A_{1-1} \cdot \tanh \frac{x_p}{\beta_1}} \quad (1.35)$$

$$C_1 = \cosh \frac{L_1}{\beta_1} \left(\frac{\beta_{1-1}}{\beta_1} + A_{1-1} \cdot \tanh \frac{L_1}{\beta_1} \right) \quad (1.36)$$

$$C_1' = \cosh \frac{x_p}{\beta_1} \left(\frac{\beta_{1-1}}{\beta_1} + A_{1-1} \cdot \tanh \frac{x_p}{\beta_1} \right) \quad (1.37)$$

で与えられ、 A_1 、 C_1 は境界条件によって以下のようになる。

① 自由端の条件の場合

$$A_1 = \tanh \frac{L_1}{\beta_1} \quad C_1 = \cosh \frac{L_1}{\beta_1} \quad (1.38)$$

② 固定端の条件の場合

$$A_1 = \coth \frac{L_1}{\beta_1} \quad C_1 = \sinh \frac{L_1}{\beta_1} \quad (1.39)$$

ここで、受働側、主働側のそれぞれのジオテキスタイルで $u = u_p$ となる位置 x_p^p および x_p^a が定まれば、全体の張力および変位の分布を求めることができる。ただし、 x_p^p および x_p^a を求めるには、受働側および主働側のジオテキスタイルのそれぞれの両端で、張力もしくは変位のいずれか一方が既知でなければならないが、計算開始時点ではジオテキスタイルとすべり面との交点での張力は未知であり、また、受働側の変位 u_r^p と主働側の変位 u_r^a との和としてジオテキスタイル全体の変位 d が与えられているにすぎない。そこで、この部分での変位の適合条件(1.13)式を満足する u_r^p 、 u_r^a を仮定して計算を行い、(1.12)式の張力に関する適合条件を満足するまで u_r^p 、 u_r^a の値を修正してくり返し計算を行う。これによって、最終的にすべり面との交点でのジオテキスタイルの張力や壁面工(のり面工)との接続部での張力などを含めて、ジオテキスタイル全体の張力および変位の分布を求めることができる。

実際の安定計算における補強土内でのジオテキスタイルの張力や変位の分布を求めるために付録2に示した数値計算プログラムを開発した。

2. 補強土擁壁の破壊実験の安定解析

2.1 解析の対象および手順

前章の解析手法の適用性を検討するために、建設省土木研究所で実施された実物大の模型盛土の破壊実験^{3),4)}の結果について解析を行った。実験は、図-2.1に示すように高さ4 mの鉛直なのり面を有する盛土内に敷設された4層のポリマーグリッドを順次切断することで、盛土の安定性を低下させ、破壊に至らしめるものである。実験では、盛土の築造過程から破壊に至るまでのジオテキスタイルの変形挙動ならびに盛土各点の水平、鉛直変位が計測されている。

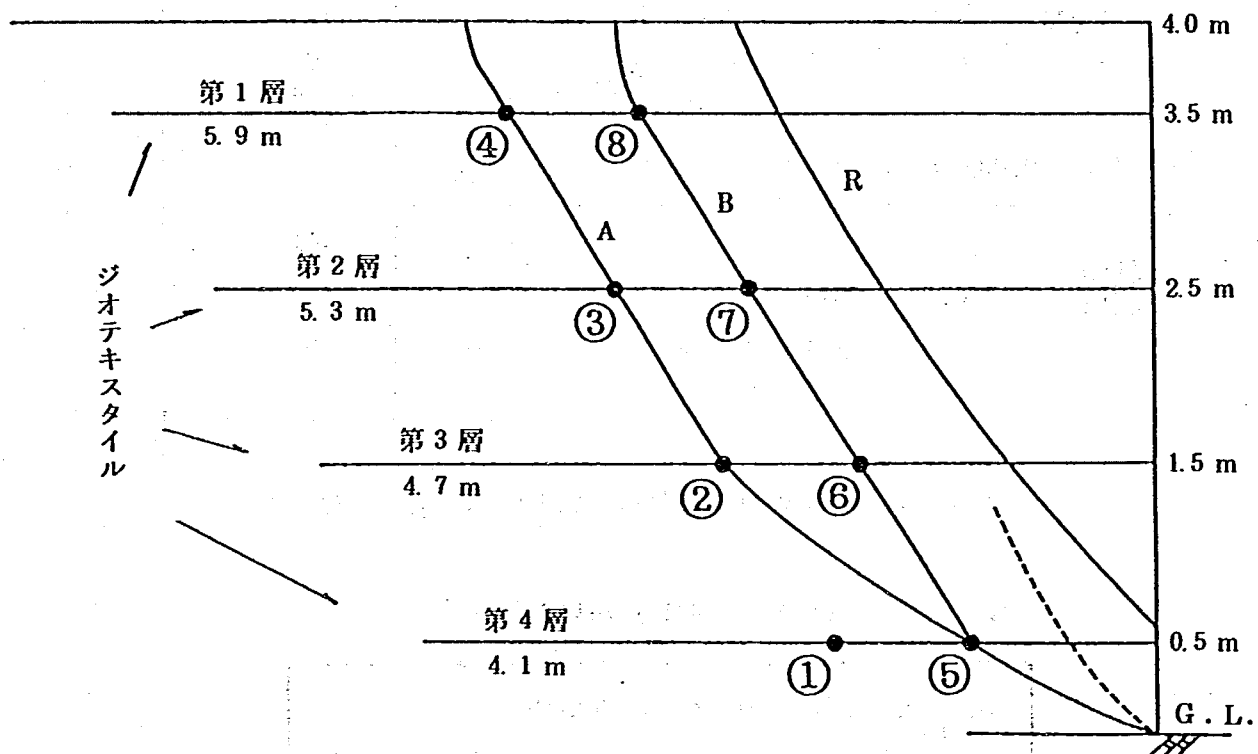


図-2.1 実験模型の概要

解析では、まず、実験開始直前のグリッドの変形の状態を解析し、本手法で必要とされる土とグリッドとの摩擦特性、クリープを考慮したグリッドの剛性などの諸定数の同定を行うとともに、仮想すべり面の位置および仮想すべり面との交点での各層のグリッドの伸びを定めた。さらに、実験時の順序にしたがってグリッドを切断して行った場合のグリッドの変形ならびに張力の変化を、これらの値を用いて解析した。また、そのようにして求められたグリッドの張力を補強力として作用させた場合の仮想すべり面上での安全率、および実際の盛土崩壊時にあらわれたすべり面上での安全率の推移を調べた。安全率の計算は、擾乱法 (Perturbation Method⁶⁾) によった。

2.2 グリッドの初期ひずみ分布の解析

盛土築造直後のグリッドのひずみ分布に関する解析および実測の結果を図-2.2に示す。表-2.1には、解析に用いた諸定数の値を示す。ただし、グリッド（実験では二軸延伸タイプを使用した）の剛性については、一軸延伸グリッドのクリープ特性⁷⁾から推定して、約1か月の実験期間に相当するクリープを考慮した値を与えるものとした。

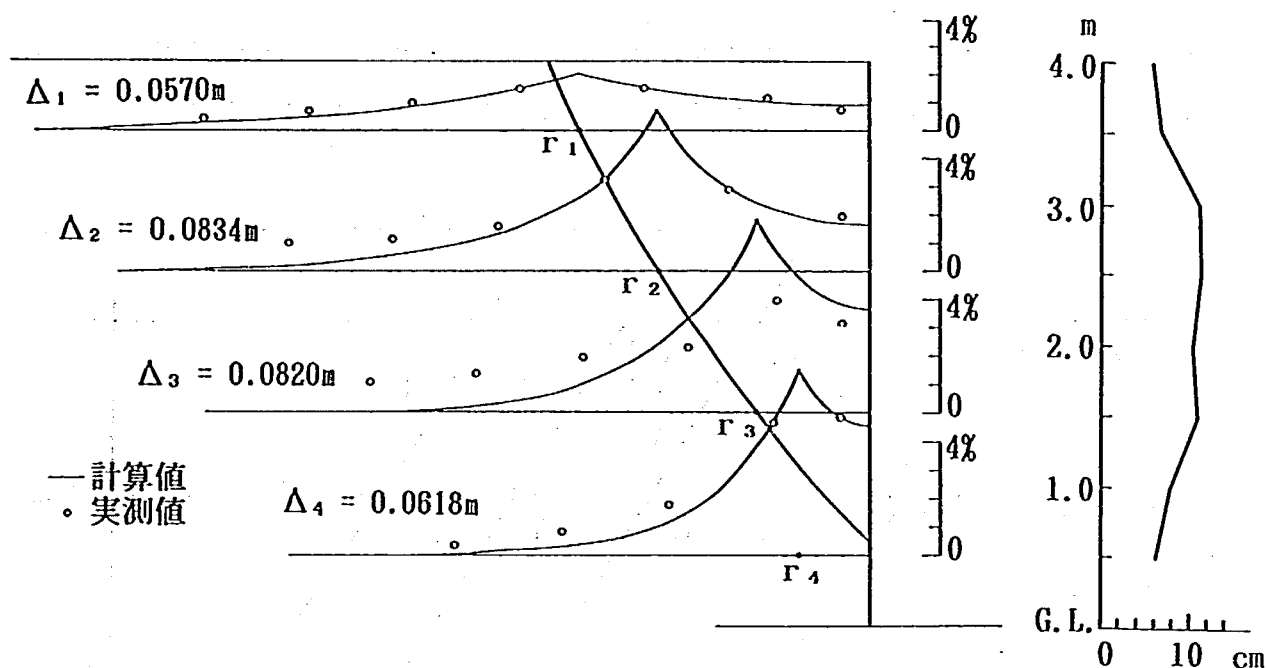


図-2.2 グリッドのひずみ分布と壁面の水平変位（初期状態）

表-2.1 解析に用いた物性値

土摩と 擦特 性 の グ リ ッ ド	粘 着 力 c_g	0 k Pa
	せん断抵抗角 ϕ_g	$\tan \phi_g = 0.7 \tan \phi_s$ $\phi_g = 31^\circ$
	限界相対変位 u_p	0.10 m
グリッドの剛性 EA		150 kN/m

先にも述べたように、この解析手法で得られるひずみ分布は、仮想すべり面と各層のジオテキスタイルとの交点の位置 r_i ($i = 1 \sim 4$) と、その位置での土塊の変位量 d_i （これをジオテキスタイルの伸びに等しいとする）に依存するため、 r 、 d の組合せによっては、様々なひずみ分布が求まることになる。しかし、実際には、各点 r_i が何らかのすべり面を構成しているはずであり、また、今回のように壁面での水平変位が計測されている場合には、それと整合するようにすべり面に沿う土塊の変位 d_i を与えて計算する方が、実際の現象により適合する

ものと考えられる。そこで、すべり面をあらかじめ想定せずに、まず、壁面での実測の水平変位に整合するような d_1 を与えた上で、各層ごとに実測のひずみ分布に最も近似した解を与える r の位置を求め、それらの点は何らかのすべり面を構成するかどうか、さらに、そのすべり面が最小安全率を与えるものであるかどうかを検討するものとした。

仮想すべり面との交点の位置での土塊の変位 d_1 が盛土の壁面で実測された水平変位の 80 % 前後の値をとるようにした上で、 r の位置を変えて最も実測に近いひずみ分布となるように計算した結果が図-2.2 である。第3層に関しては、あまり良い近似は得られなかったが、それ以外の第1, 2, 4層に関しては実測値と良く一致するひずみ分布が得られたといえる。

また、図-2.1の $r_1 \sim r_3$ の3点を通る円弧 R に関して、このようにして求めたひずみから算出されるグリッドの引張力を考慮した安定計算を実施した結果、安全率は $F_s = 0.97$ であった。この仮想すべり面がクリティカルな状態にあることを意味する $F_s = 1.0$ に極めて近い値が得られたといえる。

2.3 グリッドの切断に伴う盛土の安全率の推移

実験のようにグリッドの一部を切断すると、盛土の安定が低下し、土塊に変形が生じるようになる。このときグリッドの側に変形の余裕があれば、引張力が増大し、それに伴って応力が再配分されて盛土の安定が保たれることになる。そこで、グリッドが切断されても初期状態におけるすべり面 R に関する安全率 $F_s = 1.0$ が保たれるように土塊の変位が生じるものと仮定し、ひずみ分布の変化を計算した。ただし、各グリッドとの交点部分での変位 d_1 は、初期状態での計算の場合と同様に壁面で計測された水平変位の分布に比例するものとした。図-2.3に、そのときの土塊の変位を盛土天端での沈下量に換算したものを示す。初期状態で 5 cm で

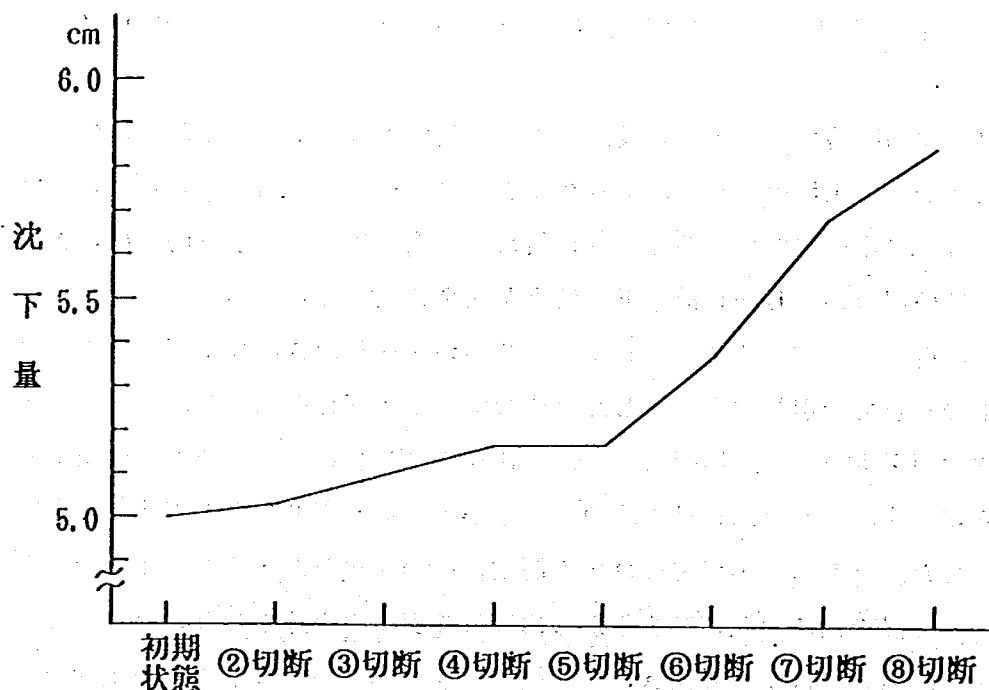
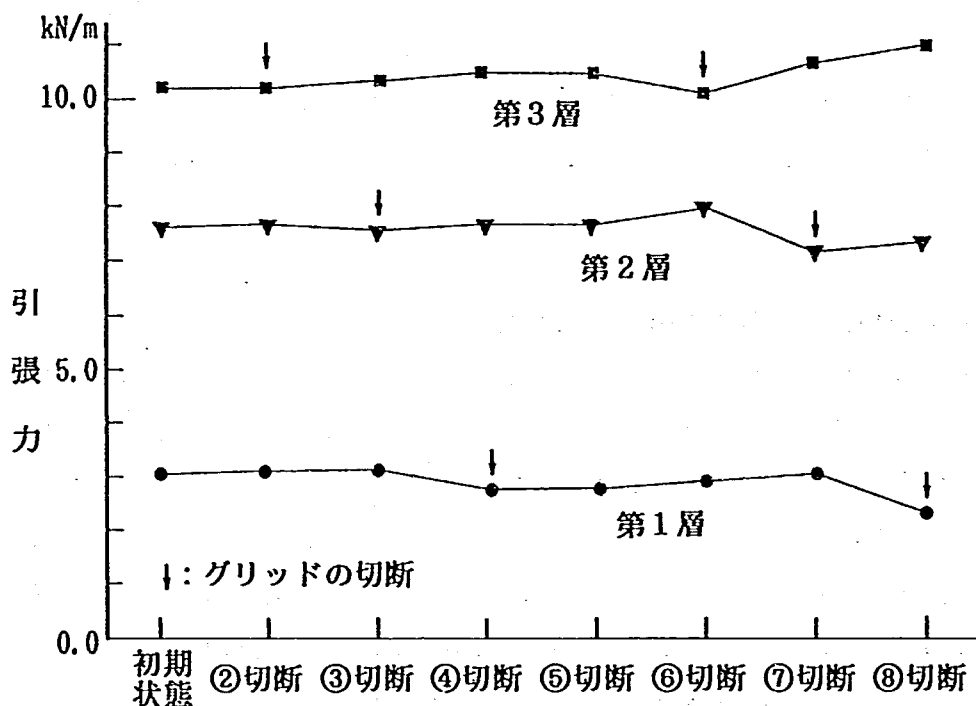


図-2.3 グリッドの切断に伴う天端の沈下量の変化

あった土塊の変位は、④の点（図－2.1 参照）でグリッドを切断したときには 5.2 cm に増加している。これは、実験において、点①～④（図－2.1 参照）までのグリッドの切断において壁面での水平変位の実測結果が 1 ～ 2 mm 程度であったことに整合するものである。また、⑥切断以降は、天端での沈下量に換算した土塊の変位も急激に増大する傾向を示している。

また、このときの第 1 層から第 3 層までの各グリッドの最大ひずみの推移を、図－2.4 に示す。切断されて短くなったグリッドは引張力が低下するが、一方でそれを補うように他のグリッドが変形して引張力が増加している状況が計算結果に良くあらわれている。



図－2.4 仮想すべり面 R との交点でのグリッドの引張力の変化

実験では、⑤切断時に盛土天端に段差が生じ、壁面が大きく変形した。このとき、図－2.1 に示す A 面に沿って土塊のすべりがあったことが実験終了後の開削で確認されている。さらに⑥切断時にはその亀裂が拡大するとともに新たな亀裂を生じた。最終的には、⑧切断後に、この新たな亀裂の部分から B 面に沿う形で盛土が完全に崩壊した。

そこで、解析では、実験時に見られたこの 2 つのすべり面 A、B（図－2.1 参照）について、各グリッドの交点での引張力を考慮した盛土の安全率の変化を求めた。各グリッドの交点での引張力は先の計算によって得られたグリッドのひずみ分布から求めたものである。その結果を図－2.5 に示す。また、図には実測のひずみから求めたグリッドの引張力による安定計算の結果を併記した。ただし、実験でのひずみ測定位置がすべり面とグリッドとの交点に一致しない場合には、交点の両隣の測定ひずみから内挿して引張力を算定した。

まず、⑤切断前まではすべり面 A、B に沿った安全率はいずれも 1.0 を上回っており、盛土に変状が見られなかったことに合致している。また、グリッドの切断に伴って安全率がしだい

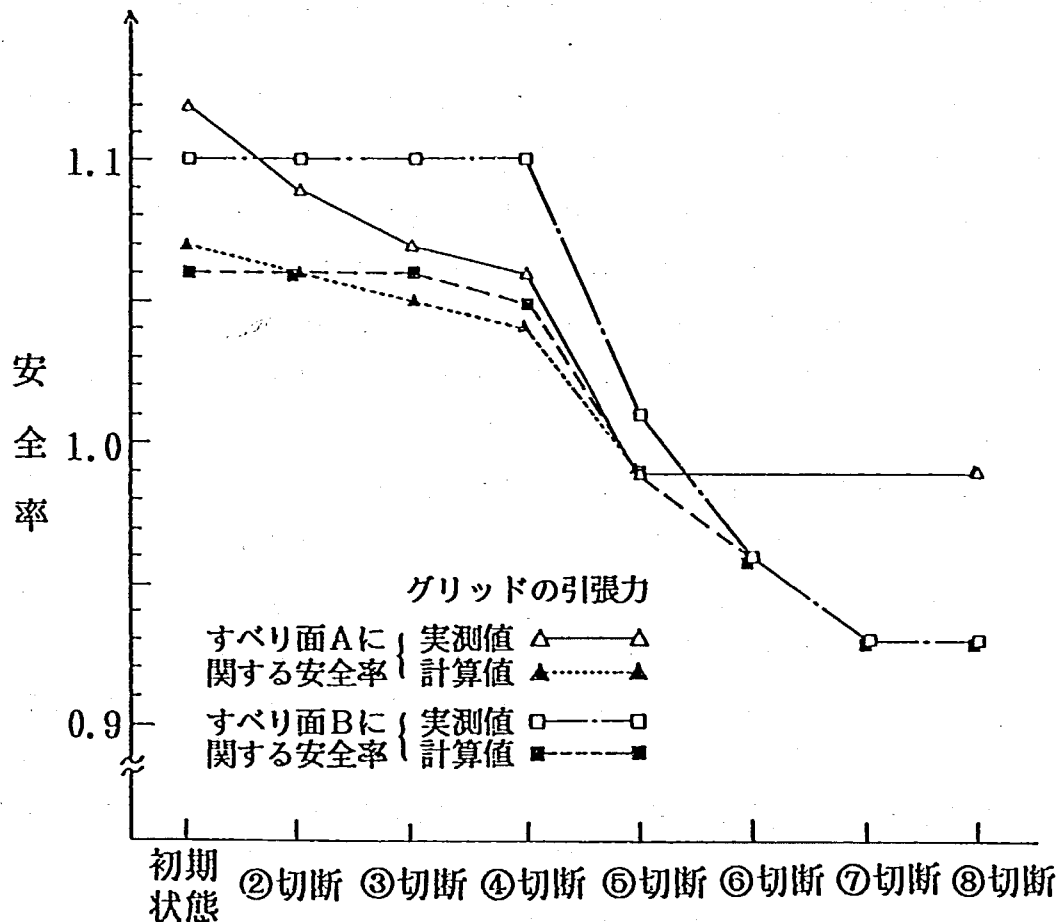


図-2.5 グリッドの切断に伴う安全率の変化

に低下する傾向にあることも妥当な結果である。ただし、計算で得られた引張力を用いた場合に比べ、ひずみの実測値に基づいた引張力を用いた場合のほうが、全体に高い安全率を示している。これは、図-2.2に見られるように、すべり面とグリッドとの交点から離れるに従って実測のひずみに比べて計算値がやや小さくなっていることによるものである。

一方、⑤切断時には、A、B面のいずれに対しても、安全率 F_s が1.0を下回っている。ただし、 $F_s \approx 1.0$ であり、盛土の変状が、亀裂や段差の発生に留まり、完全な崩壊に至らなかったことに合致しているものといえる。

また、実験における盛土の完全な崩壊は⑧を切断したときであるが、解析でもこの時点でのB面に関する安全率は $F_s = 0.92$ で、1.0を大きく下回っている。⑤切断以降はA面に関する安全率が変わっておらず、したがって、最終的にB面に沿って盛土が完全に安定を失って崩壊したことが説明できる。

ここで述べたように、変位法によって求めた築造直後の盛土内のグリッドのひずみ分布は実測値に良く合致し、また、実験におけるグリッド切断に伴う盛土の安全性の低下、変状の発生、そして崩壊という一連の現象の推移を、変位法で求めた張力分布を用いた安全計算を通じて良く説明することができた。

3. ジオテキスタイルと土の双方の変形を考慮した解析手法

先に示した変位法では、ジオテキスタイルの変形を考慮しているが、その接触部分での土の変形は考慮に入れていない。すなわち、土は剛体的にふるまうものとして取り扱われている。しかし、実際には、ジオテキスタイルと土との接触部分がせん断を受ければ、双方に変形が発生するはずであり、また、そのような変形に伴って、ジオテキスタイルに作用する土圧も当然変化してくる。特に、引抜き試験結果からジオテキスタイルと土との摩擦特性を評価する場合には、土圧（特に鉛直土圧）の変化を考慮しないと、ジオテキスタイルと土との摩擦特性を正確に把握することができなくなる。

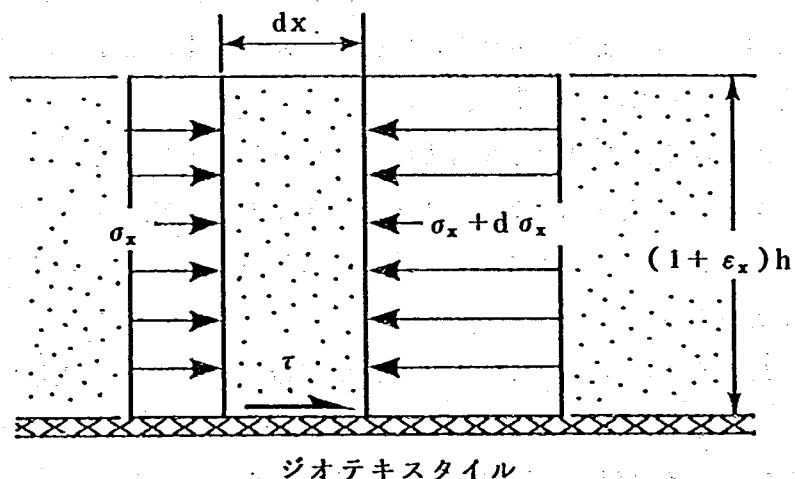
このため、Delmas と Giroud⁸⁾は、土の弾性的な変形を仮定して、微小要素における土とジオテキスタイルとの応力の釣り合い条件から、ジオテキスタイルの土中での挙動と土中の鉛直応力の分布に関する解析法を示した。しかし、ジオテキスタイルと土との間の摩擦力に関する彼らの仮定は、かならずしも実際の現象を十分に反映しておらず、結果的に、引抜き試験時の摩擦抵抗を過大に評価することになっている。そこで、ジオテキスタイルと土との相対的な変位に応じて摩擦抵抗が発揮されると仮定した場合の、ジオテキスタイルの土中での挙動と土中の鉛直応力の分布を解析する手法を以下に提案する。ここでは、まず、Delmas と Giroud の解法の概略を示し、次いで、新しい解析手法について述べる。

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土とのせん断によって、その接触面から高さ h の範囲で一樣な値 ϵ_x をとると仮定し（図－3.1 参照）、微小要素における応力の釣り合い条件から、ジオテキスタイルと土との接触面での摩擦力 τ とその近傍での土の水平応力 σ_x との間に以下の関係が成り立つことを示した（図－3.2 参照）。

$$\tau dx = (1 + \epsilon_x) h d\sigma_x \quad (3.1)$$

この(3.1)式と、ジオテキスタイルの微小片における張力 T と摩擦力 τ との釣り合い式、

$$dT = 2\tau dx \quad (3.2)$$



図－3.1 土中の微小要素での応力の釣り合い

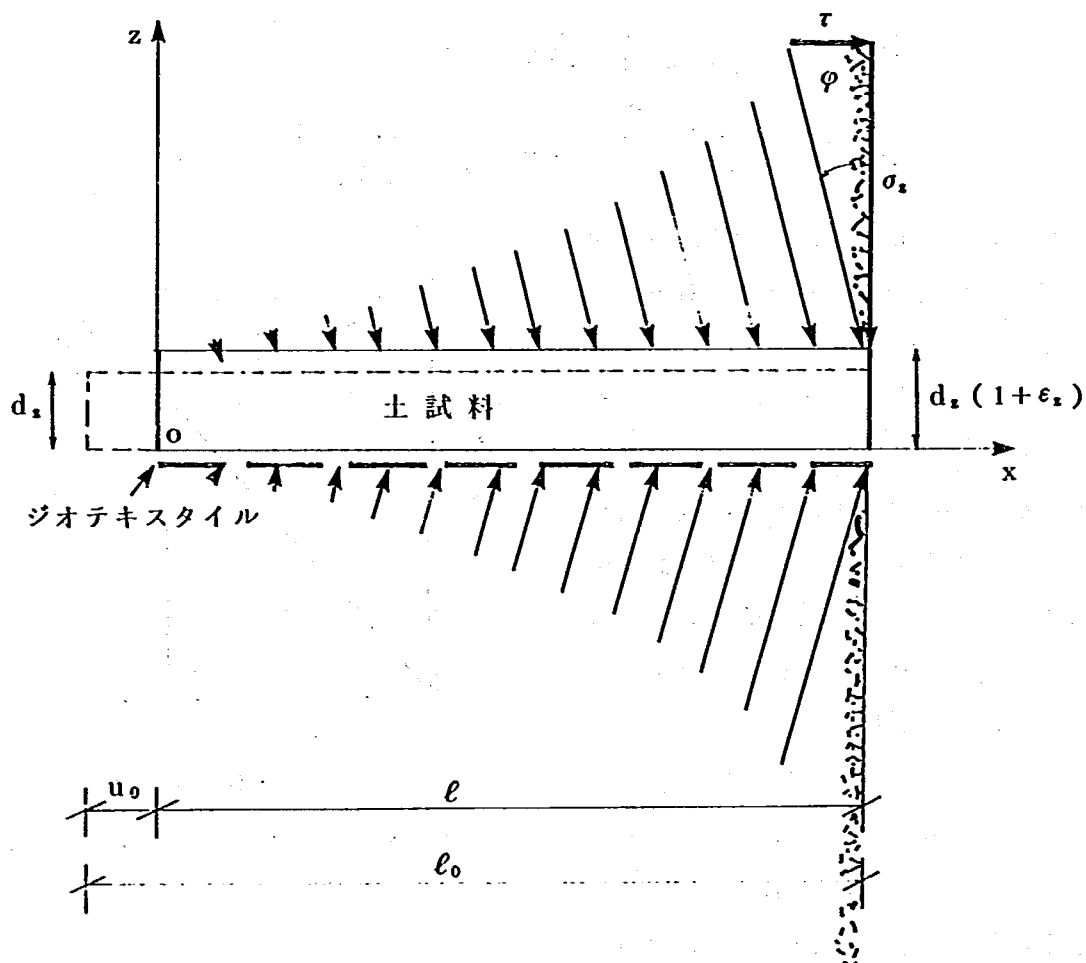


図-3.2 ジオテキスタイルと土との変形の模式図

および水平応力の増分に対する鉛直応力の増分の関係,

$$d\sigma_z = \frac{\nu}{(1-\nu)} d\sigma_x \quad (3.3)$$

から, 鉛直応力 σ_z およびジオテキスタイルの張力 T の間に,

$$d\sigma_z = \frac{\nu}{2(1-\nu)h(1+\epsilon_s)} dT \quad (3.4)$$

の関係が成り立つ。ここに, ν は土のポアソン比である。

ここで, ジオテキスタイルと土との摩擦抵抗 τ に関して,

$$\tau = \sigma_z \cdot \tan \phi_{gs} \quad (\phi_{gs} \text{ は土とジオテキスタイルとのせん断抵抗角}) \quad (3.5)$$

を仮定すると (図-3.3 の点線), (3.1) 式および (3.3) 式から, 土の鉛直応力 σ_z に関する次の微分方程式が導かれる。

$$d\sigma_z = \frac{\nu \cdot \tan \phi_{gs}}{2(1-\nu)h(1+\epsilon_s)} \sigma_z dx \quad (3.6)$$

したがって, 土の鉛直応力 σ_z およびジオテキスタイルの張力 T の分布は,

$$\sigma_z = C_1 \cdot \exp \left(\frac{\nu \cdot \tan \phi_{gs}}{2(1-\nu)h(1+\epsilon_z)} \cdot x \right) \quad (3.7)$$

$$T = C_1 \cdot \frac{2(1-\nu)h(1+\epsilon_z)}{\nu} \cdot \exp \left(\frac{\nu \cdot \tan \phi_{gs}}{2(1-\nu)h(1+\epsilon_z)} \cdot x \right) + C_2 \quad (3.8)$$

で与えられる。ここに、 C_1, C_2 は積分定数で境界条件等から定められる値である。

しかし、(3.5)式は、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、摩擦抵抗を評価すると、摩擦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摩擦抵抗が発揮されると考えて、図-3.3の実線(図-1.2に同じ)のように、摩擦則を

$$\tau = \begin{cases} \mu u & u < u_p \\ \tau_p & u > u_p \end{cases} \quad (3.9)$$

で与えるものとする(1.2)式に同じ)。

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。そこで、まず、図-1.7に示すように、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)し、それぞれのセグメント内では接触面に働く鉛直応力が一定($\sigma_z = \sigma_{z1}$)であるとして、その分布を仮定する。ただし、ジオテキスタイルに作用する鉛直応力の総和は上載荷重に一致するはずであるから、 σ_{z1} の分布は、

$$\sum_{i=1}^n \sigma_{z1} \cdot L_1 = \overline{\sigma_z} \cdot L \quad (3.10)$$

が成り立つ。ここに、 $\overline{\sigma_z}$ は上載荷重、 L はジオテキスタイルの全長、 L_1 は各セグメントの長さで、 $\sum L_1 = L$ である。また、この式と(3.4)式およびジオテキスタイルの応力ひずみ関係((2.1)式参照)から、 σ_{z1} を変位 u_1 との関係で表すと、

$$\sigma_{z1} = \overline{\sigma_z} + \frac{\nu \cdot EA}{2(1-\nu)h(1+\epsilon_z)} \cdot \left(\frac{u_1 - u_{1-1}}{L_1} - \frac{U_n - u_0}{L} \right) \quad (3.11)$$

となる。

したがって、(3.4)式もしくは(3.11)式の関係を満たす σ_{z1} を適当に仮定した上で、(1.32)~(1.39)式を用いてすべてのセグメントに関する張力、変位を計算し、得られた変位分布と各セグメントの σ_{z1} が(3.4)式もしくは(3.11)式の関係を満たすように σ_{z1} の分布を修正しながら

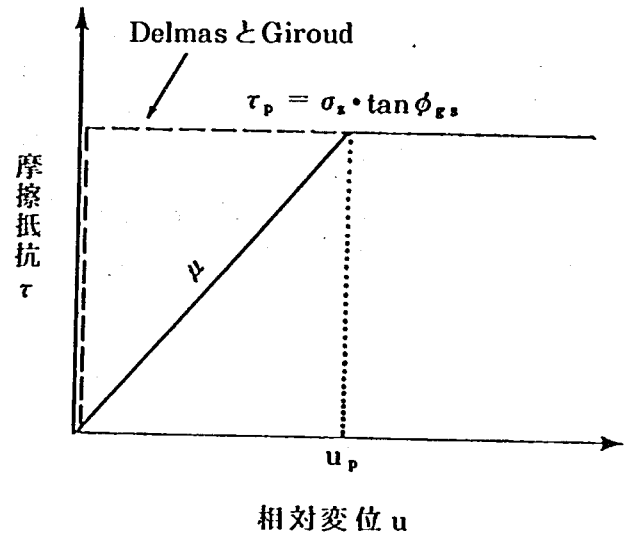


図-3.3 ジオテキスタイルと土との摩擦抵抗則

ら、各セグメントの張力、変位を繰り返し計算することで、土とジオテキスタイルとのせん断に伴う鉛直応力の変化に対応したジオテキスタイルの張力、変位の分布を求めることができる。

付録 3 には、上記の考え方に基づいて開発した引抜き試験の解析プログラムを添付する。

4. 長期引抜き試験の解析

ここでは、久楽ら⁵⁾が、図-4.1に示すような試験装置を用いて行ったジオグリッドの長期引抜き試験結果を前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-4.1に示すとおりである。補強盛土の解析の場合と同様に、ジオグリッド（試験では一軸延伸タイプを用いた）の剛性にはクリープの影響を考慮するものとし、また、土は弾性体（ポアソン比1/3）とし、そ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。

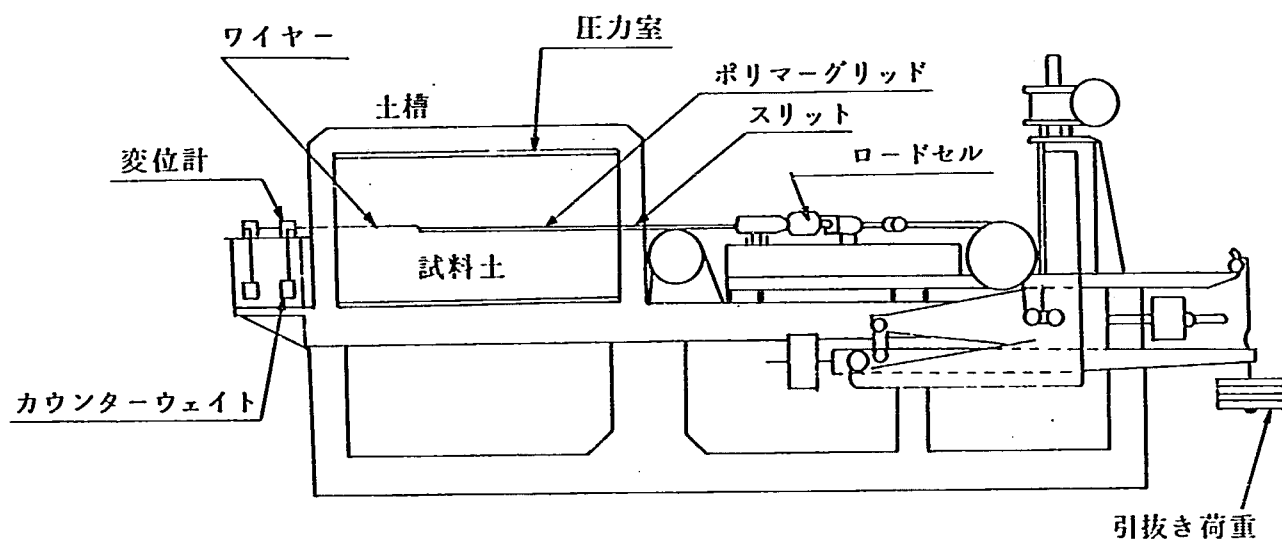


図-4.1 荷重制御による長期引抜き試験

表 4.1 解析に用いたパラメータ

グリッドの剛性 $E A$	320 kN/m	土の鉛直ひずみ ϵ_s	5 %
上 載 荷 重 σ_s	78.4 kPa	ひずみの影響高さ h	0.25 m
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	0.006 m
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-4.2に、試験時に計測されたジオグリッドの変位（実測値）と本解析によって得られた変位（解析値）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（相対密度が65%および20%の場合）のいずれに対しても、同一のパラメータ（但し、土のせん断抵抗角だけは異なる）を用いて実測値によく一致する解析結果が得られた。また、この結果は、土とジオグリッドとのせん断抵抗に関する低減率 $\alpha (= \tan \phi_{gs} / \tan \phi_s$, ϕ_s は土のせん断抵抗角) を従来から言われているように0.7としたときのものであり、ジオテキスタイルと土とのせん断抵抗を土のせん断抵抗の0.7~0.8倍とする従来の方法の妥当

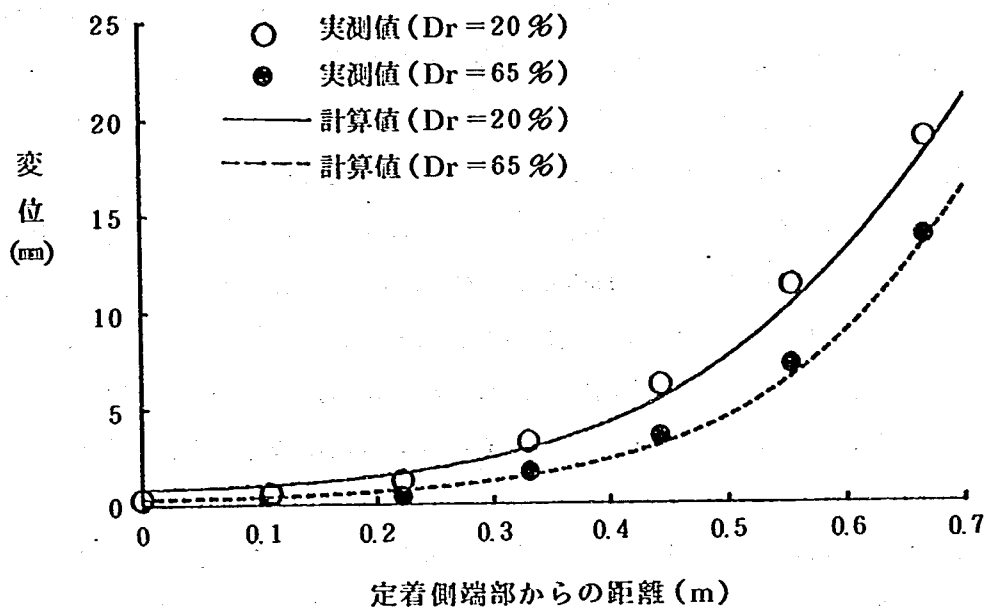


図-4.2 ジオグリッドの変位分布

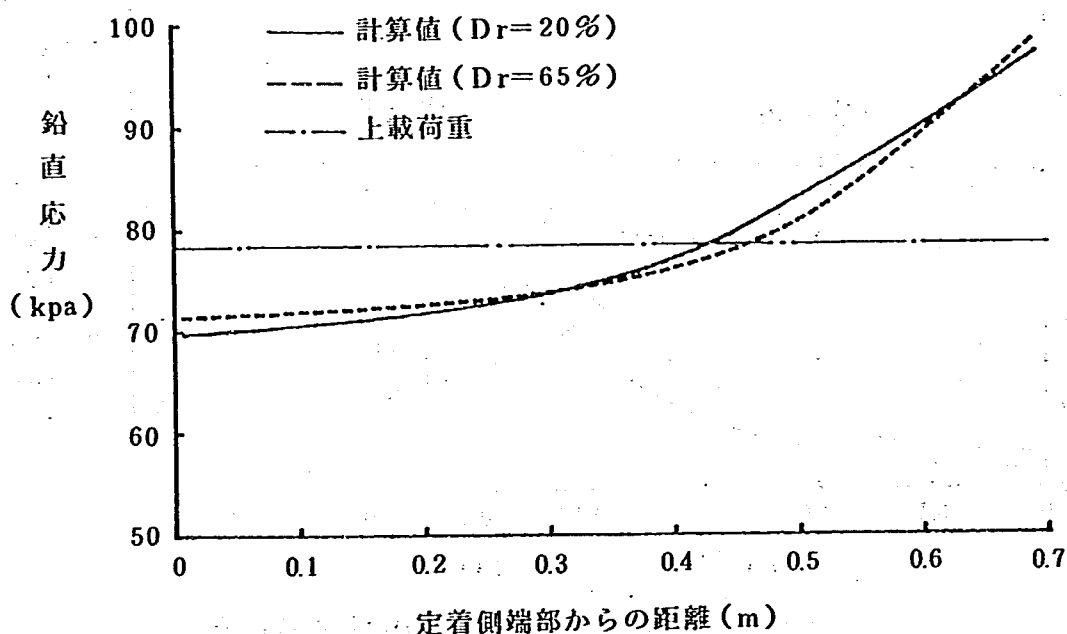


図-4.3 ジオグリッドに作用する直応力の分布

性が、この解析結果からも示されたものと思われる。

次に、ジオグリッドと土との接触面に働く鉛直応力の分布を図-4.3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鉛直応力が変化していることがよく現れている。その分布は、(1.32)式に示した張力分布の関数形と同様に、 $u \leq u_p$ の部分で指数関数的に、 $u \geq u_p$ の部分では直線的に増加する形をとっており、特に、引き抜かれる側での鉛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摩擦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。

また、ジオグリッドの変位 u 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定着側端部から約 54 cm、相対密度 Dr が 65 % の場合には約 41 cm のところであり、最大摩擦抵抗 τ_p が発揮されているのは、たかだかジオグリッドの 1/3 程度の部分にすぎない。このときのジオテキスタイルと土との摩擦抵抗の分布を図 - 4.4 に示すが、ジオテキスタイルの変位が小さい定着側端部付近では、最大摩擦抵抗に比べてかなり小さな摩擦しか発揮されておらず、先に述べたように Delmas と Giroud が、摩擦抵抗を過大に評価していたことがわかる。そして、(3.1) ~ (3.3) 式に示したように、摩擦抵抗 τ と土の鉛直応力 σ_z 、ジオテキスタイルの張力 T がそれぞれ比例関係にあることから、彼らのように摩擦抵抗を過大に評価したとき、引抜き試験におけるジオテキスタイルやその近傍の土の変形挙動の予測に誤差が生じることになる。

そのためにも、ここに示したようなより妥当なモデルを用いた解析によって試験結果を評価することが、引抜き試験から得られるジオテキスタイルと土との摩擦特性の評価の精度を向上させる上で重要なものと考えられる。

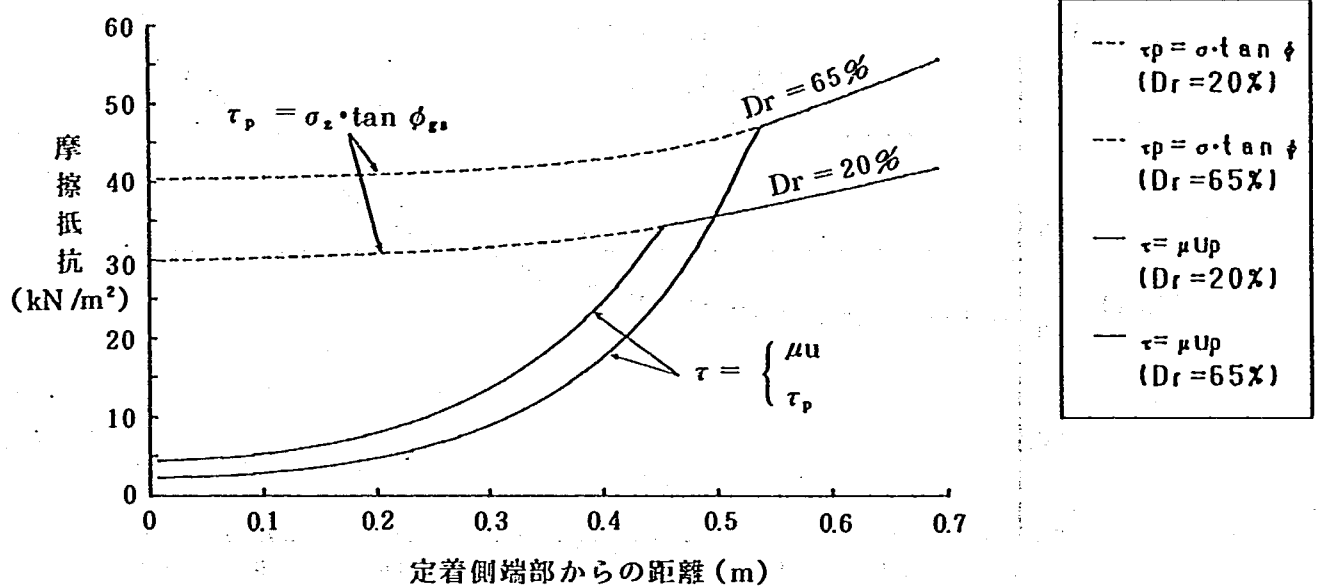


図 - 4.4 ジオグリッドと土との摩擦抵抗の分布

お わ り に

ジオテキスタイルで補強された構造物の設計に用いられる解析手法の一つである変位法について、その概要と簡単な事例に対する解析解を示し、比較的簡単な計算によってすべり土塊の変位の大きさに対応したジオテキスタイルの張力の分布が予測できることを示した。現行の設計法では、極限状態での安定性のみが検討され、そのときの変位は考慮されていないが、本手法によれば、補強土構造物の天端での変位と安全率の関係を求めることができるため、構造物の許容変位を考慮に入れた設計を行うことができるようになるものと考えている。

また、既往の大型模型を用いた破壊実験の結果の解析では、初期状態におけるジオテキスタイルのひずみ（張力）分布が実測値に良く合致しており、また、その後の補強土擁壁の崩壊過程の推移も補強土擁壁の変位と安全率との関係で説明することができた。

さらに、ジオテキスタイルの変形ばかりでなく、ジオテキスタイルに接する土の変形とそれによる土圧の変化を考慮した解析手法とその計算プログラムを開発し、ジオテキスタイルの長期引抜き試験の結果の解析を行った結果、実測値に良く一致する解析結果が得られ、本手法の妥当性が検証された。したがって、この方法を用いて引抜き試験の逆解析を行うことで、補強土構造物におけるジオテキスタイル張力を求める場合に必要となるパラメータを得ることが可能となる。また、この解析によって、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摩擦抵抗に関して有用な知見が得られた。

以上のように、本報告で述べた一連の解析を用いて、試験結果からより妥当な土質定数、ジオテキスタイルと土との摩擦特性を解明することができ、その結果を用いてジオテキスタイルや構造物の変形に着目した安定解析が可能となることが示されたと考えている。

本研究は、フランス政府給費留学生および科学技術庁パートギャランティー研究員として、1年間フランス中央土木研究所で実施した研究成果をとりまとめたものである。末尾ながら、この留学にご協力いただいた各機関の方々、研究の指導をいただいたフランス中央土木研究の Philippe Delmas 氏および帰国後もこの研究の継続にご支援いただいた土木研究所土質研究室の方々に、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) Giroud J. P., Ratal A. and Delmas P. : Design of Fabric Retaining Walls, 3rd Int. Conf. Geotextiles, Vienna, Austria, 1986.
- 2) Delmas P., Berche J. C. and Grouc J. P. : Le Dimensionnement des Ouvrages Renforces par Geotextile, Programme CARTAGE, Bull. Liaison Labo. P. et Ch., No., 142, 1986.
- 3) 建設省土木研究所他 : ジオテキスタイルを用いた土留構造物に関する共同研究報告書 共同研究報告書第 19 号, 1988.
- 4) Minami K. et al. : Large-scale Failure Experiments on Geotextile Reinforced Retaining Wall, Int. Geotech. Sympo. on Theory and Practice of Earth Reinforcement, Fukuoka, Japan, 1988.
- 5) 久桑他 : 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.
- 6) Calcul de la Stabilité des Pentes en Rupture Non Circulaire, Rapport de Recherche No. 36, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 1974.
- 7) CIB : Methode d'Essais et Caracteristiques Physiques des Geogrilles 'Tensor'
- 8) Delmas, P. et Jiroud, J. P. : Analyse experimentale de l'interaction mecanique soil-geotextile, Colloque International sur le Renforcement des Sols, 1979.

付 録 ー 1

〈解の誘導〉：のり面を有する補強土内のジオテキスタイル
の張力および変位の分布

付録 1

＜解の誘導＞：のり面を有する補強土内のジオテキスタイルの張力および変位の分布

N個のセグメントに分割されたジオテキスタイルのそれぞれのセグメントにおける解を求める。

ジオテキスタイルの変位 u が、限界値 u_p (ジオテキスタイルと土との摩擦力 τ が最大値 τ_p をとるときの変位) となる場所が i 番目のセグメントにあると仮定する。1 ~ ($i-1$) 番目のセグメントでは、ジオテキスタイルの張力 T 、変位 u に関して、

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{T}{\beta^2} \quad \dots (1) \qquad T = EA \cdot \frac{du}{dx} \quad \dots (2)$$

が成り立つ。

微分方程式(1)の一般解は、指数関数(双曲線関数)を用いて表示される。そこで、

$$\begin{aligned} T_i(x) &= \alpha \prod_{j=1}^{i-1} C_j \cdot \left(\frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_1} + A_{i-1} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_1} \right) \\ u_i(x) &= \alpha \frac{\beta_1}{EA} \cdot \prod_{j=1}^{i-1} C_j \cdot \left(A_{i-1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_1} + \frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_1} \right) \\ T_1(x) &= \left(\frac{EA \cdot u_0}{\beta_1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_1} + T_0 \cdot \cosh \frac{x}{\beta_1} \right) \\ u_1(x) &= \left(\frac{T_0 \cdot \beta_1}{EA} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_1} + u_0 \cdot \cosh \frac{x}{\beta_1} \right) \end{aligned}$$

と仮定すると、任意のセグメント i ($< i$) に対して、(1)、(2)が成り立つので、これらが解であることがわかる。

そこで、各セグメント間での変位および張力の適合条件について検討する。隣り合う任意のセグメント i と ($i+1$) との間では、張力および変位の連続条件

$$\begin{aligned} T_{i+1}(0) &= T_i(L_i) \\ u_{i+1}(0) &= u_i(L_i) \end{aligned}$$

が要求される。すなわち、

$$\begin{aligned} \alpha \prod_{j=1}^i C_j \cdot A_i &= \alpha \prod_{j=1}^{i-1} C_j \cdot \cosh \frac{L_i}{\beta_1} \left(\frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} \cdot \tanh \frac{L_i}{\beta_1} + A_{i-1} \right) \\ \alpha \frac{\beta_{i+1}}{EA} \prod_{j=1}^i C_j \frac{\beta_1}{\beta_{i+1}} &= \alpha \frac{\beta_1}{EA} \prod_{j=1}^{i-1} C_j \cdot \cosh \frac{L_i}{\beta_1} \left(\frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} + A_{i-1} \cdot \tanh \frac{L_i}{\beta_1} \right) \end{aligned}$$

これから係数 A_i 、 C_i が以下のように求まる。

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{A_{i-1} + \frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} \cdot \tanh \frac{L_i}{\beta_1}}{\frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} + A_{i-1} \cdot \tanh \frac{L_i}{\beta_1}} \\ C_i &= \cosh \frac{L_i}{\beta_1} \left(\frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} + A_{i-1} \cdot \tanh \frac{L_i}{\beta_1} \right) \end{aligned}$$

一方, ipt 番目のセグメントで, $x = x_p$ のところで $u = u_p$ となるものとする。 $x < x_p$ に対しては, 上記と同様に, (1)式の方程式が成り立つから,

$$u_{ipt}(x) = \alpha \frac{\beta_{ipt}}{EA} \cdot \prod_{j=1}^{i-1} C_j \cdot \left(A_{i-1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_{ipt}} + \frac{\beta_{ipt-1}}{\beta_{ipt}} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_{ipt}} \right)$$

と表せる。ここで, $u_{ipt}(x_p) = u_p$ であるから, 係数 α は,

$$\alpha = \frac{EA \cdot u_p}{\beta_{ipt}} \cdot \frac{1}{C'_{ipt} \prod_{j=1}^{ipt-1} C_j}$$

となる。ここに,

$$C'_{ipt} = \cosh \frac{x_p}{\beta_{ipt}} \cdot \left(\frac{\beta_{ipt-1}}{\beta_{ipt}} + A_{ipt-1} \cdot \tanh \frac{x_p}{\beta_{ipt}} \right)$$

である。

以上から, $k < i$ ($=ipt$) なるセグメント k に対して,

$$T_k^i(x) = \frac{EA \cdot u_p}{\beta_i} \cdot \left[\frac{\frac{\beta_{k-1}}{\beta_k} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_k} + A_{k-1} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_k}}{C_i' \prod_{j=k}^{i-1} C_j} \right] \quad k < i$$

$$u_k^i(x) = u_p \cdot \frac{\beta_k}{\beta_i} \cdot \left[\frac{A_{k-1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_k} + \frac{\beta_{k-1}}{\beta_k} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_k}}{C_i' \prod_{j=k}^{i-1} C_j} \right] \quad k < i$$

また, セグメント i ($=ipt$) に対しては,

$$T_i^i(x) = \frac{EA \cdot u_p}{\beta_i} \cdot \left[\frac{\frac{\beta_{i-1}}{\beta_i} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_i} + A_{i-1} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_i}}{C_i'} \right] \quad \begin{matrix} k = i \\ x \leq x_p \end{matrix}$$

$$u_i^i(x) = u_p \cdot \left[\frac{A_{i-1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_i} + \frac{\beta_{i-1}}{\beta_i} \cdot \cosh \frac{x}{\beta_i}}{C_i'} \right] \quad \begin{matrix} k = i \\ x \leq x_p \end{matrix}$$

が得られる。

次に, 境界条件について考える。

通常, ジオテキスタイルの端部では, 境界条件として, ジオテキスタイルが固定されていない場合 (自由端条件), または, ジオテキスタイルが壁面やアンカーに固定されている場合 (固定端条件) のいずれかの条件が考えられる。この条件は, セグメント 1 における $T_1(x)$ もしくは変位 $u_1(x)$ に対して, $T_1(0) = 0$ (自由端条件), または, $u_1(0) = 0$ (固定端条件) として与えられる。

① 自由端, すなわち, $T_1(0) = 0$ の場合

$$T_1(x) = \left(\frac{EA \cdot u_0}{\beta_1} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_1} \right)$$

$$u_1(x) = \left(u_0 \cdot \cosh \frac{x}{\beta_1} \right)$$

と表せる。また、係数 A_1 は、

$$A_1 = \tanh \frac{L_1}{\beta_1}$$

である。したがって、セグメント 1 および 2 の間での張力と変位の連続性から、

$$u_1(L_1) = u_0 \cdot \cosh \frac{L_1}{\beta_1} = u_2(0) = u_p \cdot \frac{\beta_1}{\beta_1} \cdot \frac{1}{C_1' \prod_{j=2}^{i-1} C_j}$$

$$\therefore u_0 = u_p \cdot \frac{\beta_1}{\beta_1} \cdot \frac{1}{C_1' \prod_{j=2}^{i-1} C_j \cdot \cosh \frac{L_1}{\beta_1}}$$

となる。さらに、 $C_1 = \cosh \frac{L_1}{\beta_1}$ と置けば、

$$u_0 = u_p \cdot \frac{\beta_1}{\beta_1} \cdot \frac{1}{C_1' \prod_{j=1}^{i-1} C_j}$$

と表される。 x_p がわかれば、ジオテキスタイル端部（自由端）での変位 u_0 が求まる。

② 固定端、すなわち、 $u_1(0) = 0$ の場合

$$T_1(x) = \left(T_0 \cdot \cosh \frac{x}{\beta_1} \right)$$

$$T_1(x) = \left(\frac{T_0 \cdot \beta_1}{EA} \cdot \sinh \frac{x}{\beta_1} \right)$$

と表され、上記の場合と同様に、セグメント 1 および 2 の間での張力と変位の連続性から、

$$\begin{aligned} T_0 &= \frac{EA \cdot u_p}{\beta_1} \cdot \frac{1}{C_1' \prod_{j=2}^{i-1} C_j \cdot \sinh \frac{L_1}{\beta_1}} \\ &= \frac{EA \cdot u_p}{\beta_1} \cdot \frac{1}{C_1' \prod_{j=1}^{i-1} C_j} \end{aligned}$$

となる。ここに、 $C_1 = \sinh \frac{L_1}{\beta_1}$ と表されるものとし、

また、係数 A_1 は、

$$A_1 = \coth \frac{L_1}{\beta_1}$$

である。

これによって、 x_p がわかれば、ジオテキスタイル端部（固定端）での張力 T_0 が求まることになる。

次に、 i ($u = u_p$ となるセグメント) $\sim N$ までのセグメントにおける張力、変位を求める。
ジオテキスタイルの張力、変位に関する方程式は、

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = 2 \tau_p (= \text{const.}) \quad \dots (1) \quad T = EA \cdot \frac{du}{dx} \quad \dots (2)$$

であるから、張力 T に関しては、解が容易に得られて、

セグメント i ($=ipt$) の $x > x_p$ の範囲では、

$$T_i^1(x) = \frac{EA \cdot u_p}{\beta_i} \cdot \left[\frac{x - x_p}{\beta_i} + A_i' \right]$$

セグメント k ($>ipt$) では、

$$T_k^1(x) = EA \cdot u_p \cdot \left[\frac{x}{\beta_k^2} + \sum_{j=1}^{k-1} \frac{L_j}{\beta_j^2} - \frac{x_p}{\beta_1^2} + \frac{A_i'}{\beta_1} \right]$$

となる。ここに、

$$A_i' = \frac{A_{i-1} + \frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} \cdot \tanh \frac{x_p}{\beta_1}}{\frac{\beta_{i-1}}{\beta_1} + A_{i-1} \cdot \tanh \frac{x_p}{\beta_1}}$$

である。

したがって、ジオテキスタイルの端部（セグメント N の側の）での張力 T_R がわかっているときは、

$$T_N^1(L_N) = EA \cdot u_p \cdot \left[\sum_{j=1}^N \frac{L_j}{\beta_j^2} - \frac{x_p}{\beta_1^2} + \frac{A_i'}{\beta_1} \right]$$

から、 x_p を定めることができる。

一方、ジオテキスタイルの変位 u は、

$$\begin{aligned} u_k(x) &= \frac{1}{EA} \int T_k(x) dx + u_{k-1}(L_{k-1}) \\ &= u_p \cdot \left[\frac{x^2}{2 \beta_k^2} + \left(\sum_{j=1}^{k-1} \frac{L_j}{\beta_j^2} - \frac{x_p}{\beta_1^2} + \frac{A_i'}{\beta_1} \right) x \right] + u_{k-1} \cdot (L_{k-1}) \end{aligned}$$

で与えられる。ただし、セグメント i ($=ipt$) に対しては、

$$u_i(x) = u_p \cdot \left[\frac{(x - x_p)^2}{2 \beta_i^2} + \frac{x - x_p}{\beta_i} \cdot A_i' + 1 \right]$$

である。上記の場合と同様に、ジオテキスタイルの端部（セグメント N の側の）での変位 u_R がわかっているときは、

$$\begin{aligned}
u_N^1(L_N) &= u_p \left[\frac{L_N^2}{2\beta_N^2} + \left(\sum_{j=1}^{N-1} \frac{L_j}{\beta_j^2} - \frac{x_p}{\beta_1^2} + \frac{A_1'}{\beta_1} \right) L_N \right] + u_{N-1} \cdot (L_{N-1}) \\
&= u_p \left[\sum_{j=1+1}^N \frac{L_j^2}{2\beta_j^2} + \frac{(L_1 - x_p)}{2\beta_1^2} + \frac{L_1 - x_p}{\beta_1} \cdot \sum_{j=1+1}^N L_j + \sum_{k=1+1}^{N-1} \left(\frac{L_k}{\beta_k^2} \cdot \sum_{j=k+1}^N L_j \right) \right. \\
&\quad \left. + \frac{A_1'}{\beta} \cdot \sum_{j=1+1}^N L_j + (L_1 - x_p) \cdot \frac{A_1'}{\beta_1} + 1 \right] \\
&= u_R
\end{aligned}$$

から, x_p を定めることができる。

以上のように, ジオテキスタイルの一端 (セグメント 1) でのジオテキスタイルの自由・固定の条件と, 他端 (セグメント N) での張力もしくは変位のどちらかが既知であれば, ジオテキスタイル全体の変位および張力を求めることができる。

付 録 一 2

ジオテキスタイルの変形性を考慮した補強
材力の解析プログラム

ジオテキスタイルの変形性を考慮した補強材力の解析プログラム V.9.8

by A.Yoshioka 09/08/90

```

1  C
2  C
3  C
4  C
5  C
6  C
7  C
8  IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
9  COMMON /TITR/TITRE(20)
10 COMMON /BANK/XS,YS,GS,PHI,TANP,ALPH1,ALTP,COH,ALPH2,XC,YC,RC
11 COMMON /GEO/NGT,DELTA(30),XG1(30),XG2(30),YG(30),LG(30),
12 *      EA(30),UP(30),FFLAG(30)
13 REAL*8 LSA(100),BETAA(101),TAUPA(100),AA(101),CA(101),
14 *      SUMLA(101),SUMTLA(101)
15 REAL*8 LSP(100),BETAP(101),TAUPP(100),AP(101),CP(101),
16 *      SUMLP(101),SUMTLP(101)
17 REAL*8 DUMA1(101),DUMA2(101),DUMA3(101),DUMA4(101)
18 REAL*8 DUMP1(101),DUMP2(101),DUMP3(101),DUMP4(101)
19 INTEGER*2 FFLAG
20 INTEGER*2 NULL/0/
21 CHARACTER*4 TITRE,FNAME
22 EQUIVALENCE (AA(1),DUMA1(1)),(CA(1),DUMA2(1)),(SUMLA(1),DUMA3(1))
23 EQUIVALENCE (AP(1),DUMP1(1)),(CP(1),DUMP2(1)),(SUMLP(1),DUMP3(1))
24 EQUIVALENCE (SUMTLA(1),DUMA4(1)),(SUMTLP(1),DUMP4(1))
25 C
26 C
27 C*****データの入力
28 C
29 CALL INPUT(FNAME)
30 C
31 C*****ジオテキスタイルに生じる補強材力の計算
32 C
33 DO 100 IGT=1,NGT
34 C
35 WRITE(*,4000) IGT,YG(IGT),LG(IGT)
36 WRITE(8,7000) IGT,YG(IGT),LG(IGT),EA(IGT),UP(IGT),DELTA(IGT)
37 C
38 CALL DSEG(XG1(IGT),XG2(IGT),YG(IGT),EA(IGT),UP(IGT),
39 *      MSA,MSP,LSA,LSP,TAUPA,TAUPP,BETAA,BETAP,
40 *      DUMA1,DUMA2,DUMP1,DUMP2)
41 CALL CONST(FFLAG(IGT),MSA,LSA,TAUPA,BETAA,AA,CA,SUMLA,SUMTLA,
42 *      EA(IGT),UP(IGT),TCGA)
43 CALL CONST(NULL, MSP,LSP,TAUPP,BETAP,AP,CP,SUMLP,SUMTLP,
44 *      EA(IGT),UP(IGT),TCGP)
45 C
46 URA=0.5*DELTA(IGT)
47 URP=0.5*DELTA(IGT)
48 XPA=0
49 XPP=0
50 TFLAG=0
51 C
52 10 CALL CALTR(MSA,LSA,AA,BETAA,TAUPA,SUMLA,SUMTLA,TCGA,
53 *      EA(IGT),UP(IGT),FFLAG(IGT),URA,IPTA,AIPA,XPA,TRA)
54 CALL CALTR(MSP,LSP,AP,BETAP,TAUPP,SUMLP,SUMTLP,TCGP,
55 *      EA(IGT),UP(IGT),FFLAG(IGT),URP,IPTP,AIPP,XPP,TRP)
56 EPST=TRA-TRP
57 IF (ABS(EPST).LE.1.D-7) GO TO 150
58 C
59 TR=0.5*(TRA+TRP)
60 IF (TR.LT.SUMTLP(1)) GO TO 20

```

08-09-90
14:55:12

```

61      TFLAG=TFLAG+1
62      TR=SUMTLP(1)
63  C
64      20 CALL CALUR(MSA,LSA,AA,BETAA,TAUPA,SUMLA,SUMTLA,TCGA,
65      *          EA(IGT),UP(IGT),FFLAG(IGT),TR,TFLAG,IPTA,AIPA,XPA,URA)
66      CALL CALUR(MSP,LSP,AP,BETAP,TAUPP,SUMLP,SUMTLP,TCGP,
67      *          EA(IGT),UP(IGT),FFLAG(IGT),TR,TFLAG,IPTP,AIPP,XPP,URP)
68  C
69      IF (TFLAG.EQ.0)                      GO TO 30
70      URP=DELTA(IGT)-URA
71      GO TO 10
72  C
73      30 EPSU=URA+URP-DELTA(IGT)
74      IF (ABS(EPSU).LE.1.D-7)              GO TO 150
75      DUR=DELTA(IGT)/(URA+URP)
76      URA=URA*DUR
77      URP=URP*DUR
78      GO TO 10
79  C
80      150 WRITE(*,4010) MSA,MSP,IPTA,IPTP,XPA,XPP,TRA,TRP,URA,URP
81      CALL OUT1(IGT,1,IPTA,XPA,AIPA,MSA,LSA,AA,CA,BETAA,TAUPA,
82      *          SUMTLA,EA(IGT),UP(IGT),URA,FFLAG(IGT))
83      CALL OUT1(IGT,2,IPTP,XPP,AIPP,MSP,LSP,AP,CP,BETAP,TAUPP,
84      *          SUMTLP,EA(IGT),UP(IGT),URP,NULL)
85  C
86      100 CONTINUE
87  C
88  C
89  C*****結果の出力
90  C
91      CALL OUT2(FNAME,DUMA1,DUMA2,DUMA3,DUMA4,
92      *          DUMP1,DUMP2,DUMP3,DUMP4,TTL1,TTL2)
93      WRITE(*,4020) TTL1,TTL2
94  C
95  C
96      STOP
97      4000 FORMAT(1H,80(1H*))
98      *          /1H,'ジオテクスタイル'      no.:',I3
99      *          /10X,'敷設位置(高さ)'      Hi',F10.4,' m'
100     *          /10X,'敷設長さ'              Li',F10.4,' m')
101     4010 FORMAT(1H,'主傷側セグメント',19X,'受傷側セグメント'
102     *          /1H,2X,'セグメント数',2X,'MSA'=' ,I3,
103     *          12X,'セグメント数',2X,'MSP'=' ,I3
104     *          /17X,'IPTA'=' ,I3,26X,'IPTP'=' ,I3
105     *          /17X,'XPTA'=' ,1PD12.5,17X,'XPTP'=' ,1PD12.5
106     *          /17X,'TRA'=' ,1PD12.5,17X,'TRP'=' ,1PD12.5
107     *          /17X,'URA'=' ,1PD12.5,17X,'URP'=' ,1PD12.5)
108     4020 FORMAT(1H,'ジオテクスタイルの全張力' ΣTr=' ,1PD12.5
109     *          /1H,' ΔMR/Rc=' ,1PD12.5)
110     7000 FORMAT(1H,80(1H*))
111     *          /1H,'ジオテクスタイル'      no.:',I3
112     *          /10X,'敷設位置(高さ)'      Hi',F10.4,' m'
113     *          /10X,'敷設長さ'              Li',F10.4,' m'
114     *          /10X,'剛性'                  EA',F10.4,' tf/m'
115     *          /10X,'限界相対変位'          up',F10.4,' m'
116     *          /10X,'すべり面位置での変位' δ',F10.4,' m')
117     END

```

```

118      SUBROUTINE INPUT(FNAME)
119      C
120      IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
121      COMMON /TITR/TITRE(20)
122      COMMON /BANK/XS,YS,GS,PHI,TANP,ALPH1,ALTP,COH,ALPH2,XC,YC,RC
123      COMMON /GEO/NGT,DELTA(30),XG1(30),XG2(30),YG(30),LG(30),
124      *          EA(30),UP(30),FFLAG(30)
125      REAL*8 DR(30)
126      INTEGER*2  FFLAG,IFLAG,IGFL(3),KGT(10),IFNBR
127      CHARACTER*12 FILENAME
128      CHARACTER*12 RES08
129      CHARACTER*8 FNAME8
130      CHARACTER*4 ,TITRE,FNAME
131      CHARACTER*2 FNBRE
132      EQUIVALENCE (FNBRE,IFNBR)
133      C
134      C*****入力ファイルの定義とオープン
135      C
136      WRITE(*,8000)
137      READ (*,8100) FNAME
138      FNAME8=FNAME//'.DAT'
139      FILENAME='¥WK¥'//FNAME8
140      OPEN(5,FILE=FILENAME,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',
141      *          FORM='FORMATTED')
142      RES08='¥WK¥R08-'//FNAME
143      OPEN(8,FILE=RES08,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',
144      *          FORM='FORMATTED')
145      WRITE(8,6000) FNAME8
146      C
147      C*****計算のタイトル
148      C
149      READ(5,3000) TITRE
150      C
151      C*****盛土形状、材料定数
152      C
153      READ(5,2000) XS,YS,GS,PHI,ALPH1,COH,ALPH2
154      WRITE(8,7000) XS,YS,GS,PHI,ALPH1,COH,ALPH2
155      TANP=DTAN(3.141592653589796433*PHI/180)
156      ALTP=ALPH1*TANP
157      C
158      C*****すべり円
159      C
160      READ(5,2000) XC,YC,RC
161      IF (RC.LE.0.) RC=DSQRT(XC*XC+YC*YC)
162      WRITE(8,7000) XC,YC,RC
163      C
164      C*****ジオテキスタイルの敷設枚数、位置、材料定数
165      C
166      READ(5,1100) NGT,LGI,EAI,UPI,DELTAT,IFLAG,(IGFL(I),I=1,3)
167      WRITE(8,7100) NGT,LGI,EAI,UPI,DELTAT,IFLAG,(IGFL(I),I=1,3)
168      C
169      DYS=YS/(NGT+1)
170      DO 100 IGT=1,NGT
171      YG(IGT)=IGT*DYS
172      LG(IGT)=LGI
173      EA(IGT)=EAI
174      UP(IGT)=UPI
175      DELTA(IGT)=DELTAT
176      FFLAG(IGT)=IFLAG
177      100 CONTINUE
178      C
179      IF (IGFL(1).EQ.0)          GO TO 13

```

```

180      GO TO (11,12,21),IGFL(1)
181  C
182      11 READ(5,2000) (LG(IGT),YG(IGT),IGT=1,NGT)
183      GO TO 13
184  C
185      12 READ(5,1000) NBLOCK
186      DO 120 KBL=1,NBLOCK
187      READ(5,1110) KGTI,LGI,YGI
188      READ(5,1000) (KGT(K),K=1,KGTI)
189      DO 125 J=1,KGTI
190      JGT=KGT(J)
191      LG(JGT)=LGI
192      YG(JGT)=YGI
193      125 CONTINUE
194      120 CONTINUE
195  C
196      13 DO 130 IGT=1,NGT
197      XG1(IGT)=XS*YG(IGT)/YS
198      XG2(IGT)=XG1(IGT)+LG(IGT)
199      130 CONTINUE
200      GO TO 30
201  C
202      21 READ(5,2100) (XG1(IGT),XG2(IGT),YG(IGT),IGT=1,NGT)
203      DO 210 IGT=1,NGT
204      LG(IGT)=XG2(IGT)-XG1(IGT)
205      210 CONTINUE
206      GO TO 30
207  C
208      30 IF (IGFL(2).EQ.0) GO TO 40
209      GO TO (31,32),IGFL(2)
210  C
211      31 READ(5,2200) (EA(IGT),UP(IGT),FFLAG(IGT),IGT=1,NGT)
212      GO TO 40
213  C
214      32 READ(5,1000) NBLOCK
215      DO 320 KBL=1,NBLOCK
216      READ(5,1110) KGTI,EAI,UPI,IFLAG
217      READ(5,1000) (KGT(K),K=1,KGTI)
218      DO 325 J=1,KGTI
219      JGT=KGT(J)
220      EA(JGT)=EAI
221      UP(JGT)=UPI
222      FFLAG(JGT)=IFLAG
223      325 CONTINUE
224      320 CONTINUE
225  C
226  C*****すべり円の交点でのジオテクスタイルの変位
227  C
228      40 IF (IGFL(3).EQ.0) GO TO 90
229      GO TO (41,42),IGFL(3)
230  C
231      41 READ(5,2000) (DELTA(IGT),IGT=1,NGT)
232      GO TO 90
233  C
234      42 READ(5,2000) (DR(IGT),IGT=1,NGT)
235      DO 420 IGT=1,NGT
236      DELTA(IGT)=DELTAT*DR(IGT)
237      420 CONTINUE
238  C
239      90 CLOSE(5)
240      WRITE(8,7000) (DELTA(I),I=1,NGT)
241      WRITE(8,6200)

```

```
242      RETURN
243 1000 FORMAT(16I5)
244 1100 FORMAT(I10,4F10.0,4I5)
245 1110 FORMAT(I10,2F10.0,I5)
246 2000 FORMAT(8F10.0)
247 2100 FORMAT(6F10.0)
248 2200 FORMAT(3(2F10.0,I5))
249 3000 FORMAT(20A4)
250 8000 FORMAT(1H , '入力データセット名 ' ¥)
251 8100 FORMAT(A4)
252 6000 FORMAT(1H , 'INPUT *** START '/1H , '入力データセット名 : ',A8)
253 6200 FORMAT(1H , 'INPUT *** END')
254 7000 FORMAT(1H ,1P8D13.5)
255 7100 FORMAT(1H ,I13,1P4D13.5,1X,4I4)
256      END
```

```

257      SUBROUTINE DSEG(XG1,XG2,YG,EA,UP,MSA,MSP,LSA,LSP,
258      *              TAUPA,TAUPP,BETAA,BETAP,X0A,X1A,X0P,X1P)
259  C
260      IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
261      COMMON /BANK/XS,YS,GS,PHI,TANP,ALPH1,ALTP,COH,ALPH2,XC,YC,RC
262      REAL*8 LSA(100),BETAA(101),TAUPA(100),X0A(100),X1A(100)
263      REAL*8 LSP(100),BETAP(101),TAUPP(100),X0P(100),X1P(100)
264  C
265      WRITE(8,6000)
266  C
267  C*****ジオテキスタイルの分割
268      DX=0.1
269      XR=XC+RC*DSIN(DACOS((YC-YG)/RC))
270  C
271      MSA=1
272      LSA(1)=XR-XG1
273      MSP=1
274      LSP(1)=XG2-XR
275      WRITE(8,7000) XG1,XG2,XR,LSA(1),LSP(1)
276      IF (XS.LE.XG1) GO TO 40
277  C
278      IF (XS.GT.XR) GO TO 20
279      MSA=INT((XS-XG1)/DX)+2
280      LSA(1)=(XS-XG1)/REAL(MSA-1)
281      X0A(1)=XG1
282      X1A(1)=X0A(1)+LSA(1)
283      DO 100 I=2,MSA-1
284      LSA(I)=LSA(1)
285      X0A(I)=X1A(I-1)
286      X1A(I)=X0A(I)+LSA(I)
287  100 CONTINUE
288      LSA(MSA)=XR-XS
289      X0A(MSA)=X1A(MSA-1)
290      X1A(MSA)=X0A(MSA)+LSA(MSA)
291      X0P(MSP)=XG2
292      X1P(MSP)=X0P(MSP)-LSP(MSP)
293      GO TO 40
294  C
295  20 MSA=INT((XR-XG1)/DX)+1
296      LSA(1)=(XR-XG1)/REAL(MSA)
297      X0A(1)=XG1
298      X1A(1)=X0A(1)+LSA(1)
299      DO 110 I=2,MSA
300      LSA(I)=LSA(1)
301      X0A(I)=X1A(I-1)
302      X1A(I)=X0A(I)+LSA(I)
303  110 CONTINUE
304      IF (XS.GE.XG2) GO TO 30
305      MSP=INT((XS-XR)/DX)+2
306      DLSP=(XS-XR)/REAL(MSP-1)
307      LSP(1)=XG2-XS
308      X0P(1)=XG2
309      X1P(1)=X0P(1)-LSP(1)
310      DO 120 I=2,MSP
311      LSP(I)=DLSP
312      X0P(I)=X1P(I-1)
313      X1P(I)=X0P(I)-LSP(I)
314  120 CONTINUE
315      GO TO 40
316  C
317  30 MSP=INT((XG2-XR)/DX)+1
318      LSP(1)=(XG2-XR)/REAL(MSP)

```

```

319      XOP(1)=XG2
320      X1P(1)=XOP(1)-LSP(1)
321      DO 130 I=2,MSP
322          LSP(I)=LSP(1)
323          XOP(I)=X1P(I-1)
324          X1P(I)=XOP(I)-LSP(I)
325      130 CONTINUE
326  C
327  C*****Taup, Beta の計算
328  C
329      40 WS=GS*ALTP
330          EU2=DSQRT(EA*UP)
331          IF (XS.GT.0.0) GRD=YS/XS
332          XSG=XS-XG1
333  C
334          DO 200 I=1,MSA
335              XX=0.5*(X0A(I)+X1A(I))-XG1
336              IF (XX.LE.XSG) THEN
337                  YY=XX*GRD
338              ELSE
339                  YY=YS-YG
340              END IF
341              TAUPA(I)=YY*WS+COH*ALPH2
342              BETAA(I)=EU2/DSQRT(2*TAUPA(I))
343      200 CONTINUE
344          BETAA(MSA+1)=1
345  C
346          DO 210 I=MSP,1,-1
347              XX=0.5*(XOP(I)+X1P(I))-XG1
348              IF (XX.LE.XSG) THEN
349                  YY=XX*GRD
350              ELSE
351                  YY=YS-YG
352              END IF
353              TAUPP(I)=YY*WS+COH*ALPH2
354              BETAP(I)=EU2/DSQRT(2*TAUPP(I))
355      210 CONTINUE
356          BETAP(MSP+1)=1
357  C
358          WRITE(8,7100)
359          WRITE(8,7110) (X0A(I),X1A(I),LSA(I),TAUPA(I),BETAA(I),I=1,MSA)
360          WRITE(8,7120)
361          WRITE(8,7110) (XOP(I),X1P(I),LSP(I),TAUPP(I),BETAP(I),I=1,MSP)
362          WRITE(8,6200)
363  C
364      6000 FORMAT(1H , 'DSEG *** START')
365      6200 FORMAT(1H , 'DSEG *** END')
366      7000 FORMAT(1H ,2X,'XG1',9X,'XG2',9X,'XR',10X,'LSA',9X,'LSP'
367          *      /1H ,1X,1P6D12.5)
368      7100 FORMAT(1H ,2X,'X0A',9X,'X1A',9X,'LSA',9X,'TaupA',7X,'BetaA')
369      7110 FORMAT(1H ,1H ,1P5D12.5)
370      7120 FORMAT(1H ,2X,'XOP',9X,'X1P',9X,'LSP',9X,'TaupP',7X,'BetaP')
371      RETURN
372      END

```

```

373      SUBROUTINE CONST(FFLAG,MS,LS,TAUP,BETA,A,C,SUML,SUMTL,EA,UP,TCG)
374      C
375      IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
376      REAL*8 LS(MS),BETA(MS),TAUP(MS),A(MS),C(MS),SUML(MS),SUMTL(MS)
377      INTEGER*2 FFLAG
378      C
379      WRITE(8,6000)
380      6000 FORMAT(1H,'CONST *** START')
381      C
382      C*****係数 A(i),C(i),SumL(i),SumTL(i) の計算
383      C
384      BL=LS(1)/BETA(1)
385      A(1)=DTANH(BL)
386      IF (FFLAG.EQ.0) THEN
387          C(1)=DCOSH(BL)
388      ELSE
389          C(1)=DSINH(BL)
390          A(1)=1./A(1)
391      END IF
392      IF (MS.EQ.1) GO TO 10
393      DO 100 I=2,MS
394          BLI=LS(I)/BETA(I)
395          BTR=BETA(I-1)/BETA(I)
396          TH =DTANH(BLI)
397          A(I)=(A(I-1)+BTR*TH)/(BTR+A(I-1)*TH)
398          C(I)=DCOSH(BLI)*(BTR+A(I-1)*TH)
399      100 CONTINUE
400      C
401      10 SUML(MS+1)=0
402      SUMTL(MS+1)=0
403      DO 200 I=MS,1,-1
404          SUML(I)=SUML(I+1)+LS(I)
405          SUMTL(I)=SUMTL(I+1)+2.*TAUP(I)*LS(I)
406      200 CONTINUE
407      C
408      TCG=EA*UP*A(MS)/BETA(MS)
409      C
410      WRITE(8,7100)
411      WRITE(8,7110) (A(I),C(I),SUML(I),SUMTL(I),I=1,MS)
412      7100 FORMAT(1H,2X,'A',11X,'C',11X,'SUML',8X,'SUMTL')
413      7110 FORMAT(1H,1X,1P4D12.5)
414      WRITE(8,6200)
415      6200 FORMAT(1H,'CONST *** END')
416      RETURN
417      END

```

```

418 SUBROUTINE CALTR(MS,LS,A,BETA,TAUP,SUML,SUMTL,TCG,EA,UP,FFLAG,
419 * UR,IPT,AIP,XPT,TR)
420 C
421 IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
422 REAL*8 LS(MS),A(MS),BETA(MS),TAUP(MS),SUML(MS+1),SUMTL(MS+1)
423 REAL*8 ZERO/0.0/
424 INTEGER*2 FFLAG
425 C
426 WRITE(8,6000)
427 6000 FORMAT(1H,'CALTR *** START')
428 WRITE(8,7001) MS,UR,
429 * (LS(I),A(I),BETA(I),TAUP(I),SUML(I),SUMTL(I),I=1,MS)
430 7001 FORMAT(1H,2X,'MS=',I4,5X,'UR=',1PD12.5
431 * /1H,2X,'LS',10X,'A',11X,'BETA',8X,'TAUP',
432 * 8X,'SUML',8X,'SUMTL'/(1H,1X,1PD12.5))
433 C
434 IF (UR.GT.UP) GO TO 10
435 TR=TCG*UR/UP
436 IPT=MS+1
437 XPT=LS(MS)
438 AIP=A(MS)
439 WRITE(8,7010) IPT
440 RETURN
441 C
442 10 EU=EA*UP
443 EU2=DSQRT(EU)
444 IPT=MS
445 UNM=UP
446 BL=LS(MS)/BETA(MS)
447 IF (MS.EQ.1) THEN
448 UNP=UP*(0.5*BL*BL+1)
449 IF (UR.GE.UNP) GO TO 20
450 IF (FFLAG.EQ.0) THEN
451 BTR=1.
452 AM1=0.
453 ELSE
454 BTR=0.
455 AM1=1.
456 END IF
457 GO TO 40
458 ELSE
459 BAL=A(MS-1)/BETA(MS-1)
460 UNP=UP*(0.5*BL*BL+LS(MS)*BAL+1)
461 END IF
462 IF (UR.LE.UNP) GO TO 30
463 C
464 DO 100 J=1,MS-2
465 IPT=MS-J
466 BL=LS(IPT)/BETA(IPT)
467 BAO=BAL
468 BAL=A(IPT-1)/BETA(IPT-1)
469 UNM=UNP
470 UNP=UNM + UP*( 0.5*BL*BL + BL*SUML(IPT+1)/BETA(IPT)
471 * + LS(IPT)*BAL + (BAL-BAO)*SUML(IPT+1))
472 IF (UR.LE.UNP) GO TO 30
473 100 CONTINUE
474 IPT=1
475 BL=LS(1)/BETA(1)
476 BAO=BAL
477 IF (FFLAG.EQ.0) THEN
478 BAL=0
479 BTR=1.

```

```

480         AM1=0.
481     ELSE
482         BAL=1/BETA(1)
483         BTR=0.
484         AM1=1.
485     END IF
486     UNM=UNP
487     UNP=UNM + UP*( 0.5*BL*BL + BL*SURL(IPT+1)/BETA(IPT)
488 *           + LS(IPT)*BAL + (BAL-BA0)*SURL(IPT+1))
489     IF (UR.LE.UNP) GO TO 40
490 C
491     20 TR=SUMTL(1)
492     IPT=0
493     WRITE(8,7010) IPT
494     7010 FORMAT(1H , ' IPT=',I4)
495     GO TO 50
496 C
497     30 BTR=BETA(IPT-1)/BETA(IPT)
498     AM1=A(IPT-1)
499     40 FX0=UNM-UR
500     IF (XPT.LE.0) XPT=LS(IPT)
501     WRITE(8,7020) IPT,UNM,UNP,UR
502     7020 FORMAT(1H , 'IPT=',I5, ' UNM=',1PD13.5, ' UNP=',1PD13.5,
503 *           ' UR=',1PD13.5)
504     CALL CHXPT(FX0,BETA(IPT),LS(IPT),AM1,A(IPT),BTR,
505 *           SURL(IPT+1),UP,ZERO,ZERO,AIP,BLX,XPT)
506 C
507     TR=AIP*EU/BETA(IPT) - 2.*TAUP(IPT)*XPT + SUMTL(IPT)
508     50 WRITE(8,7030) XPT,TR
509     7030 FORMAT(1H ,3X,'XPT=',1PD13.5, ' TR =',1PD13.5)
510     WRITE(8,6200)
511     6200 FORMAT(1H , 'CALTR *** END')
512     RETURN
513     END

```

```

514      SUBROUTINE CALUR(MS,LS,A,BETA,TAUP,SUML,SUMTL,TCG,EA,UP,FFLAG,
515      *                      TR,TFLAG,IPT,AIP,XPT,UR)
516  C
517      IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
518      REAL*8 LS(MS),A(MS),BETA(MS),TAUP(MS),SUML(MS+1),SUMTL(MS+1)
519      REAL*8 ZERO/0.0/
520      INTEGER*2 FFLAG
521  C
522      WRITE(8,6000)
523  6000 FORMAT(1H,'CALUR *** START')
524      WRITE(8,7001) MS,TR,
525      *      (LS(I),A(I),BETA(I),TAUP(I),SUML(I),SUMTL(I),I=1,MS)
526  7001 FORMAT(1H,2X,'MS=',I4,5X,'TR=',1PD12.5
527      *      /1H,2X,'LS',10X,'A',11X,'BETA',8X,'TAUP',
528      *      8X,'SUML',8X,'SUMTL'/(1H,1X,1PD12.5))
529      IF (TR.GE.TCG) GO TO 10
530      UR=UP*TR/TCG
531      IPT=MS+1
532      XPT=LS(MS)
533      AIP=A(MS)
534      RETURN
535  C
536  10 EU=EA*UP
537      EU2=DSQRT(EU)
538      IPT=MS
539      TNM=TCG
540      IF (FFLAG.NE.0 .OR. TR.LT.SUMTL(1)) GO TO 20
541      TFLAG=1
542      IPT=0
543      RETURN
544  C
545  20 TNP=TCG
546      IF (MS.EQ.1) GO TO 30
547      DO 100 J=1,MS-1
548          IPT=MS-J+1
549          TNM=TNP
550          TNP=SUMTL(IPT)+EU*A(IPT-1)/BETA(IPT-1)
551          IF (TR.GT.TNP) GO TO 100
552          BTR=BETA(IPT-1)/BETA(IPT)
553          AM1=A(IPT-1)
554          GO TO 40
555  100 CONTINUE
556  30 IPT=1
557      IF (FFLAG.EQ.0) THEN
558          BTR=1
559          AM1=0
560      ELSE
561          BTR=0
562          AM1=1
563      END IF
564      TNM=TNP
565      TNP=SUMTL(IPT)+AM1*TR
566  C
567  40 TAU2=2.*TAUP(IPT)
568      BEU=EU/BETA(IPT)
569      FX0=SUMTL(IPT)-TR
570      IF (XPT.LE.0) XPT=LS(IPT)
571      WRITE(8,7003) IPT,TNM,TNP,TR
572  7003 FORMAT(1H,'IPT=',I5,' TNM=',1PD13.5,' TNP=',1PD13.5,
573      *      ' TR=',1PD13.5)
574      CALL CHXPT(FX0,BETA(IPT),LS(IPT),AM1,ZERO,BTR,
575      *      SUML(IPT+1),ZERO,TAU2,BEU,AIP,BLX,XPT)
576  C
577      TLSUM=0
578      IF (IPT.GE.MS) GO TO 60

```

```
579      DO 160 J=IPT+1,MS
580      TLSUM=TLSUM+LS(J)*(TAUP(J)*LS(J)+SUMTL(IPT+1)-SUMTL(J))
581      160 CONTINUE
582      60 UR=TLSUM/EA
583      *      + UP*( 0.5*BLX*BLX + BLX*SUML(IPT+1)/BETA(IPT)
584      *      + AIP*SUML(IPT+1)/BETA(IPT) + AIP*BLX+1 )
585      WRITE(8,7030) XPT,UR
586      7030 FORMAT(1H ,3X,'XPT=',1PD13.5,' UR =',1PD13.5)
587      WRITE(8,6200)
588      6200 FORMAT(1H , 'CALUR *** END')
589      TFLAG=0
590      RETURN
591      END
```

```

592 SUBROUTINE CHXPT(FX0,BTI,LI,AM1,AM0,BTR,
593 * SUMLJ,UP0,TAU2,BEU,AIP,BLX,XPT)
594 C
595 IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
596 C
597 WRITE(8,6000)
598 6000 FORMAT(1H,'CHXPT *** START')
599 WRITE(8,7001) BTI,LI,AM1,AM0,BTR,SUMLJ,UP0,TAU2,BEU
600 7001 FORMAT(1H,2X,'BTI',9X,'LI',10X,'AM1',9X,'AM0'
601 * /1H,1X,1P5D12.5
602 * /1H,2X,'BTR',9X,'SUMLJ',7X,'UP0',9X,'TAU2',8X,'BEU'
603 * /1H,1X,1P5D12.5)
604 WRITE(8,7002)
605 7002 FORMAT(1H,2X,'ITA',2X,'XPT',14X,'FX',15X,'DF')
606 ITA=0
607 10 ITA=ITA+1
608 LXP=LI-XPT
609 BLX=LXP/BTI
610 BXP=XPT/BTI
611 TH=DTANH(BXP)
612 AIP=(AM1+BTR*TH)/(BTR+AM1*TH)
613 FX=FX0
614 * + UP0*(0.5*BLX*BLX+BLX*AIP+BLX*SUMLJ/BTI+(AIP-AM0)*SUMLJ/BTI)
615 * - TAU2*XPT+BEU*AIP
616 C
617 C
618 IF (ABS(FX).LE.1.0D-8) GO TO 20
619 CIP=DCOSH(BXP)
620 DAI=(BTR*BTR-AM1*AM1)/(CIP*CIP)
621 BT2=BTI*BTI
622 DF=UP0*((LXP+SUMLJ)*(DAI-1)/BT2-AIP/BTI)+TAU2*(DAI-1)
623 XPT=XPT-FX/DF
624 C
625 WRITE(8,7003) ITA,XPT,FX,DF
626 7003 FORMAT(1H,I4,1P3D17.8)
627 C
628 GO TO 10
629 20 WRITE(8,7003) ITA,XPT,FX
630 WRITE(8,6200)
631 6200 FORMAT(1H,'CHXPT *** END')
632 RETURN
633 END

```

```

634      SUBROUTINE OUT1(IGT, ISIDE, IPT, XPT, AIP, MS, LS, A, C, BETA, TAUP,
635      *                                SUMTL, EA, UP, UR, FFLAG
636      C
637      IMPLICIT REAL*8 (A-H, L, O-Z)
638      REAL*8 LS(MS), A(MS), C(MS), BETA(MS+1), TAUP(MS), SUMTL(MS+1)
639      CHARACTER*10 FWK
640      CHARACTER*4 WK(60)/'WK01','WK02','WK03','WK04','WK05',
641      *                   'WK06','WK07','WK08','WK09','WK10',
642      *                   'WK11','WK12','WK13','WK14','WK15',
643      *                   'WK16','WK17','WK18','WK19','WK20',
644      *                   'WK21','WK22','WK23','WK24','WK25',
645      *                   'WK26','WK27','WK28','WK29','WK30',
646      *                   'WK31','WK32','WK33','WK34','WK35',
647      *                   'WK36','WK37','WK38','WK39','WK40',
648      *                   'WK41','WK42','WK43','WK44','WK45',
649      *                   'WK46','WK47','WK48','WK49','WK50',
650      *                   'WK51','WK52','WK53','WK54','WK55',
651      *                   'WK56','WK57','WK58','WK59','WK60'/
652      INTEGER*2   KR1, IFNBR, FFLAG
653      C
654      WRITE(8, 6000)
655      6000 FORMAT(1H, 'OUT1 *** START')
656      IFNBR=2*(IGT-1)+ISIDE
657      KR1=IFNBR+10
658      FWK='WK%'/WK(IFNBR)
659      OPEN(KR1, FILE=FWK, STATUS='NEW', ACCESS='SEQUENTIAL',
660      *                                FORM='FORMATTED')
661      C
662      WRITE(KR1, 5000) MS, IPT, XPT
663      C
664      IF (IPT.GE.1) GO TO 10
665      LSUM=TAUP(1)*LS(1)*LS(1)
666      IF (MS.LE.1) GO TO 5
667      DO 100 I=2, MS
668      LSUM=LSUM+(TAUP(I)*LS(I)*LS(I)+(SUMTL(1)-SUMTL(I))*LS(I))
669      100 CONTINUE
670      5 U1=UR-LSUM/EA
671      T1=0
672      WRITE(KR1, 5100) T1, U1, SUMTL(1)
673      SUMTAU=SUMTL(1)
674      X1=0
675      GO TO 30
676      C
677      10 IF (IPT.LE.MS) THEN
678      IPS=IPT
679      BUP=UP/BETA(IPT)
680      BLI=XPT/BETA(IPT)
681      IF (IPT.GT.1) THEN
682      BTR=BETA(IPT-1)/BETA(IPT)
683      CC=DCOSH(BLI)*(BTR+A(IPT-1)*DTANH(BLI))
684      ELSE
685      IF (FFLAG.EQ.0) THEN
686      CC=DCOSH(BLI)
687      ELSE
688      CC=DSINH(BLI)
689      END IF
690      END IF
691      ELSE
692      BUP=UR/BETA(MS)
693      CC=1
694      IPS=MS
695      END IF

```

```

696      IF (IPT.LE.1)                      GO TO 15
697      DO 200 I=1,IPT-1
698      CC=CC*C(I)
699      200 CONTINUE
700  C
701      15 BEU=EA*BUP
702      X1=0.
703      BTR=1.
704      AM1=0.
705      IF (FFLAG.EQ.0) THEN
706          U1=BUP*BETA(1)/CC
707          T1=0
708      ELSE
709          U1=0
710          T1=BEU/CC
711          BTR=0.
712          AM1=1.
713      END IF
714      SUMTAU=-T1
715      WRITE(KR1,5100) T1,U1,SUMTL(1)
716  C
717      DO 300 I=1,IPS
718      X1=X1+LS(I)
719      A1=BEU*BTR/CC
720      A2=T1
721      B1=BUP*BETA(I)*AM1/CC
722      B2=U1
723      BL=LS(I)/BETA(I)
724      SH=DSINH(BL)
725      CH=DCOSH(BL)
726      T1=A1*SH+A2*CH
727      U1=B1*SH+B2*CH
728      WRITE(KR1,5100) X1,LS(I),TAUP(I),BETA(I),A1,A2,B1,B2,T1,U1
729      CC=CC/C(I)
730      AM1=A(I)
731      BTR=BETA(I)/BETA(I+1)
732      300 CONTINUE
733      SUMTAU=SUMTAU+SUMTL(IPS)-2*TAUP(IPS)*XPT
734      *      +A1*DSINH(XPT/BETA(IPS))+A2*DCOSH(XPT/BETA(IPS))
735  C
736      IF (IPT.GT.MS)                      GO TO 50
737      A3=2*TAUP(IPT)
738      A4=BEU*AIP-A3*XPT
739      B3=0.5*BUP/BETA(IPT)
740      B4=A4/EA
741      B5=B3*XPT*XPT-BUP*XPT*AIP+UP
742      T1=A3*LS(IPT)+A4
743      U1=B3*LS(IPT)*LS(IPT)+B4*LS(IPT)+B5
744      WRITE(KR1,5100) X1,LS(IPT),TAUP(IPT),BETA(IPT),
745      *      A3,A4,B3,B4,B5,T1,U1
746  C
747      IF (IPT.GE.MS)                      GO TO 50
748      30 DO 400 I=IPT+1,MS
749      X1=X1+LS(I)
750      A3=2*TAUP(I)
751      A4=T1
752      B3=0.5*UP/BETA(I)/BETA(I)
753      B4=A4/EA
754      B5=U1
755      T1=A3*LS(I)+A4
756      U1=B3*LS(I)*LS(I)+B4*LS(I)+B5
757      WRITE(KR1,5100) X1,LS(I),TAUP(I),BETA(I),A3,A4,B3,B4,B5,T1,U1

```

```
758 400 CONTINUE
759 C
760 50 WRITE(KR1,5100) SUMTAU
761 CLOSE(KR1)
762 WRITE(8,6200)
763 6200 FORMAT(1H , 'OUT1 *** END')
764 RETURN
765 5000 FORMAT(2I10,1PD15.7)
766 5100 FORMAT(1P7D15.7)
767 END
```

```

768 SUBROUTINE OUT2(FNAME,XA,T1A,E1A,U1A,XP,T1P,E1P,U1P,TTL1,TTL2)
769 C
770 IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
771 COMMON /TITR/TITRE(20)
772 COMMON /BANK/XS,YS,GS,PHI,TANP,ALPH1,ALTP,COH,ALPH2,XC,YC,RC
773 COMMON /GEO/NGT,DELTA(30),XG1(30),XG2(30),YG(30),LG(30),
774 * EA(30),UP(30),FFLAG(30)
775 REAL*8 XA(100),T1A(101),E1A(101),U1A(101)
776 REAL*8 XP(100),T1P(101),E1P(101),U1P(101)
777 REAL*8 ZERO/0.0/
778 INTEGER*2 FFLAG,IFNBR,KR1
779 INTEGER*2 NULL/0/
780 CHARACTER*12 FILE1,FILE2,FILE3
781 CHARACTER*10 FWK
782 CHARACTER*8 FL1,FL2,FL3
783 CHARACTER*4 TITRE,FNAME
784 CHARACTER*4 WK(60)/'WK01','WK02','WK03','WK04','WK05',
785 * 'WK06','WK07','WK08','WK09','WK10',
786 * 'WK11','WK12','WK13','WK14','WK15',
787 * 'WK16','WK17','WK18','WK19','WK20',
788 * 'WK21','WK22','WK23','WK24','WK25',
789 * 'WK26','WK27','WK28','WK29','WK30',
790 * 'WK31','WK32','WK33','WK34','WK35',
791 * 'WK36','WK37','WK38','WK39','WK40',
792 * 'WK41','WK42','WK43','WK44','WK45',
793 * 'WK46','WK47','WK48','WK49','WK50',
794 * 'WK51','WK52','WK53','WK54','WK55',
795 * 'WK56','WK57','WK58','WK59','WK60'/
796 C
797 WRITE(8,6000)
798 6000 FORMAT(1H,'OUT2 *** START')
799 FL1=FNAME//'.DST'
800 FL2=FNAME//'.COE'
801 FL3=FNAME//'.RES'
802 FILE1='¥WK¥'//FL1
803 FILE2='¥WK¥'//FL2
804 FILE3='¥WK¥'//FL3
805 OPEN(1,FILE=FILE1,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',
806 * FORM='FORMATTED')
807 OPEN(2,FILE=FILE2,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',
808 * FORM='FORMATTED')
809 OPEN(3,FILE=FILE3,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',
810 * FORM='FORMATTED')
811 C
812 WRITE(1,4000) FL1,TITRE
813 WRITE(1,4010)
814 WRITE(2,5000) FL2,TITRE
815 WRITE(2,5010)
816 WRITE(3,5000) FL3,TITRE
817 WRITE(3,7010) NGT,XC,YC,RC
818 C
819 C*****ジオテキスタイルに関するループ
820 C
821 TTL1=0
822 TTL2=0
823 MR2 =0
824 XA(1)=0
825 XP(1)=0
826 DL=0.1
827 C
828 DO 100 IGT=1,NGT
829 C

```

```

830      WRITE(1,4020)
831      WRITE(1,4030) IGT,YG(IGT),LG(IGT),EA(IGT),UP(IGT),DELTA(IGT)
832      WRITE(2,5020)
833      WRITE(2,5030) IGT,YG(IGT),LG(IGT),EA(IGT),UP(IGT),DELTA(IGT)
834      WRITE(2,5020)
835      C
836      C*****主働側セグメント
837      C
838          IFNBR=2*(IGT-1)+1
839          KR1=IFNBR+10
840          FWK='¥WK¥'//WK(IFNBR)
841          OPEN(KR1,FILE=FWK,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',
842          *                                     FORM='FORMATTED')
843      C
844          REWIND KR1
845      C
846          READ(KR1,1000) MSA,IPTA,XPTA
847          READ(KR1,1100) T1A(1),U1A(1),SUMTLA
848          E1A(1)=T1A(1)/EA(IGT)
849          WRITE(2,5040) MSA,IPTA,XPTA
850          WRITE(2,5050)
851      C
852          IF (IPTA.GT.MSA)                GO TO 30
853          IF (IPTA.LE.0)                  GO TO 20
854          IF (IPTA.EQ.1)                  GO TO 10
855          DO 200 I=2,IPTA
856          READ(KR1,1100) XA(I),LS1,TAUP1,BETA1,
857          *                               A1,A2,B1,B2,T1A(I),U1A(I)
858          WRITE(2,5100) I-1,XA(I),LS1,TAUP1,BETA1,A1,A2,B1,B2
859      200 CONTINUE
860      C
861      10 READ(KR1,1100) XA(IPTA+1),LS1,TAUP1,BETAA,
862      *                               A1A,A2A,B1A,B2A,T1A(IPTA+1),U1A(IPTA+1)
863      READ(KR1,1100) XA(IPTA+1),LS1,TAUP1,BETAA,
864      *                               A3A,A4A,B3A,B4A,B5A,T1A(IPTA+1),U1A(IPTA+1)
865      WRITE(2,5110) IPTA,XA(IPTA+1),LS1,TAUP1,BETA1,
866      *                               A1A,A2A,A3A,A4A,B1A,B2A,B3A,B4A,B5A
867      IF (IPTA.EQ.MSA)                GO TO 40
868      20 DO 210 I=IPTA+2,MSA+1
869      READ(KR1,1100) XA(I),LS1,TAUP1,BETA1,
870      *                               A3,A4,B3,B4,B5,T1A(I),U1A(I)
871      WRITE(2,5120) I-1,XA(I),LS1,TAUP1,BETA1,A3,A4,B3,B4,B5
872      210 CONTINUE
873      GO TO 40
874      C
875      30 DO 220 I=2,MSA+1
876      READ(KR1,1100) XA(I),LS1,TAUP1,BETA1,
877      *                               A1,A2,B1,B2,T1A(I),U1A(I)
878      WRITE(2,5100) I-1,XA(I),LS1,TAUP1,BETA1,A1,A2,B1,B2
879      220 CONTINUE
880      C
881      40 READ(KR1,1100) STAU
882      FANCA=SUMTLA/STAU
883      WRITE(8,6900) STAU,FANCA
884      CLOSE(KR1,STATUS='DELETE')
885      C
886      DO 230 I=1,MSA+1
887      230 E1A(I)=T1A(I)/EA(IGT)
888      C
889          IF (IPTA.GT.MSA)                GO TO 42
890          IF (IPTA.LE.0)                  GO TO 41
891          WRITE(1,4100) (XA(I),T1A(I),E1A(I),U1A(I),I=1,IPTA)

```

```

892      IL1=XPTA/DL
893      IF (IL1.EQ.0) IL1=1
894      DL1=XPTA/IL1
895      CALL CAL1(1,IL1,1,XA(IPTA),DL1,EA(IGT),BETAA,A1A,A2A,B1A,B2A)
896      LX=XA(IPTA+1)-XA(IPTA)-XPTA
897      IL1=LX/DL
898      IF (IL1.EQ.0) IL1=1
899      DL1=LX/IL1
900      CALL CAL2(1,IL1,1,XA(IPTA),XPTA,DL1,EA(IGT),A3A,A4A,B3A,B4A,B5A)
901      IF (IPTA.EQ.MSA) GO TO 50
902 C
903 41 IF(IPTA+1.LE.MSA) WRITE(1,4100) (XA(I),T1A(I),E1A(I),U1A(I),
904      *                               I=IPTA+1,MSA)
905      LX=XA(MSA+1)-XA(MSA)
906      IL1=LX/DL
907      IF (IL1.EQ.0) IL1=1
908      DL1=LX/IL1
909      CALL CAL2(1,IL1,1,XA(MSA),ZERO,DL1,EA(IGT),A3,A4,B3,B4,B5)
910      GO TO 50
911 C
912 42 WRITE(1,4100) (XA(I),T1A(I),E1A(I),U1A(I),I=1,MSA)
913      LX=XA(MSA+1)-XA(MSA)
914      IL1=LX/DL
915      IF (IL1.EQ.0) IL1=1
916      DL1=LX/IL1
917      CALL CAL1(1,IL1,1,XA(MSA),DL1,EA(IGT),BETA1,A1,A2,B1,B2)
918      GO TO 50
919 C
920 C*****受傷側セグメント
921 C
922 50 CONTINUE
923      IFNBR=2*(IGT-1)+2
924      KR1=IFNBR+10
925      FWK='¥WK¥'//WK(IFNBR)
926      OPEN(KR1,FILE=FWK,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',
927      *                               FORM='FORMATTED')
928 C
929      REWIND KR1
930 C
931      READ(KR1,1000) MSP,IPTP,XTP
932      READ(KR1,1100) T1P(1),U1P(1),SUMTLP
933      WRITE(2,5070) MSP,IPTP,XTP
934      WRITE(2,5050)
935 C
936      IF (IPTP.GT.MSP) GO TO 80
937      IF (IPTP.GT.0) GO TO 55
938      READ(KR1,1100) DUM1,DUM2,DUM3,BETA0,A30,A40,B30,B40,B50,DUM4,DUM5
939      REWIND KR1
940      READ(KR1,1000) IDUM1,IDUM2,DUM3
941      READ(KR1,1100) DUM1,DUM2,DUM3
942      GO TO 70
943 55 IF (IPTP.EQ.1) GO TO 60
944      READ(KR1,1100) DUM1,DUM2,DUM3,BETA0,A10,A20,B10,B20,DUM4,DUM5
945      REWIND KR1
946      READ(KR1,1000) IDUM1,IDUM2,DUM3
947      READ(KR1,1100) DUM1,DUM2,DUM3
948      DO 300 I=2,IPTP
949      READ(KR1,1100) XP(I),LS1,TAUP1,BETA1,A1,A2,B1,B2,T1P(I),U1P(I)
950      WRITE(2,5100) I-1,XP(I),LS1,TAUP1,BETA1,A1,A2,B1,B2
951 300 CONTINUE
952 C
953 60 READ(KR1,1100) XP(IPTP+1),LS1,TAUP1,BETAP,

```

```

954      *          A1P,A2P,B1P,B2P,T1P(IPTP+1),U1P(IPTP+1)
955      READ(KR1,1100) XP(IPTP+1),LS1,TAUP1,BETAP,
956      *          A3P,A4P,B3P,B4P,B5P,T1P(IPTP+1),U1P(IPTP+1)
957      WRITE(2,5110) IPTP,XP(IPTP+1),LS1,TAUP1,BETAP,
958      *          A1P,A2P,A3P,A4P,B1P,B2P,B3P,B4P,B5P
959      IF (IPTP.EQ.MSP) GO TO 90
960 C
961      70 DO 310 I=IPTP+2,MSP+1
962      READ(KR1,1100) XP(I),LS1,TAUP1,BETA1,
963      *          A3,A4,B3,B4,B5,T1P(I),U1P(I)
964      WRITE(2,5120) I-1,XP(I),LS1,TAUP1,BETA1,A3,A4,B3,B4,B5
965      310 CONTINUE
966      GO TO 90
967 C
968      80 READ(KR1,1100) DUM1,DUM2,DUM3,BETA0,A10,A20,B10,B20,DUM4,DUM5
969      REWIND KR1
970      READ(KR1,1000) IDUM1,IDUM2,DUM3
971      READ(KR1,1100) DUM1,DUM2,DUM3
972      DO 320 I=2,MSP+1
973      READ(KR1,1100) XP(I),LS1,TAUP1,BETA1,
974      *          A1,A2,B1,B2,T1P(I),U1P(I)
975      WRITE(2,5100) I-1,XP(I),LS1,TAUP1,BETA1,A1,A2,B1,B2
976      320 CONTINUE
977 C
978      90 READ(KR1,1100) STAUP
979      FANCP=SUMTLP/STAUP
980      WRITE(8,6900) STAUP,FANCP
981      CLOSE(KR1,STATUS='DELETE')
982 C
983      DO 330 I=1,MSP+1
984      330 E1P(I)=T1P(I)/EA(IGT)
985 C
986      IF (IPTP.EQ.0) GO TO 96
987      IF (IPTP.LE.MSP) GO TO 91
988      IF (MSP.EQ.1) GO TO 95
989      IPTP=IPTP-1
990      GO TO 94
991      91 IF (IPTP.EQ.MSP) GO TO 92
992      DO 340 I=MSP,IPTP+1,-1
993      X0=XA(MSA+1)+XP(MSP+1)-XP(I)
994      WRITE(1,4100) X0,T1P(I),E1P(I),U1P(I)
995      340 CONTINUE
996 C
997      92 LX=XP(IPTP+1)-XP(IPTP)-XPTP
998      IL1=LX/DL
999      IF (IL1.LE.1) GO TO 93
1000      DL1=LX/IL1
1001      X0=XA(MSA+1)+XP(MSP+1)-XP(IPTP)
1002      CALL CAL2(IL1-1,1,-1,X0,XPTP,DL1,EA(IGT),A3P,A4P,B3P,B4P,B5P)
1003 C
1004      93 IL1=XPTP/DL
1005      IF (IL1.EQ.0) IL1=1
1006      DL1=XPTP/IL1
1007      X0=XA(MSA+1)+XP(MSP+1)-XP(IPTP)
1008      CALL CAL1(IL1,1,-1,X0,DL1,EA(IGT),BETAP,A1P,A2P,B1P,B2P)
1009      IF (MSP.EQ.1) GO TO 500
1010 C
1011      94 DO 350 I=IPTP,2,-1
1012      X0=XA(MSA+1)+XP(MSP+1)-XP(I)
1013      WRITE(1,4100) X0,T1P(I),E1P(I),U1P(I)
1014      350 CONTINUE
1015 C

```

```

1016 95 LX=XP(2)
1017 IL1=LX/DL
1018 IF (IL1.LE.1) GO TO 500
1019 DL1=LX/IL1
1020 X0=XA(MSA+1)+XP(MSP+1)
1021 CALL CAL1(IL1-1,1,-1,X0,DL1,EA(IGT),BETA0,A10,A20,B10,B20)
1022 GO TO 500
1023 C
1024 96 IF (MSP.EQ.1) GO TO 97
1025 DO 360 I=MSP,IPTP+2,-1
1026 X0=XA(MSA+1)+XP(MSP+1)-XP(I)
1027 WRITE(1,4100) X0,T1P(I),E1P(I),U1P(I)
1028 360 CONTINUE
1029 C
1030 97 LX=XP(2)
1031 IL1=LX/DL
1032 IF (IL1.LE.1) GO TO 500
1033 DL1=LX/IL1
1034 X0=XA(MSA+1)+XP(MSP+1)
1035 CALL CAL2(IL1-1,1,-1,X0,ZERO,DL1,EA(IGT),A30,A40,B30,B40,B50)
1036 C
1037 500 X0=XA(MSA+1)+XP(MSP+1)
1038 WRITE(1,4100) X0,T1P(1),E1P(1),U1P(1)
1039 C
1040 WRITE(3,7020) IGT,YG(IGT),LG(IGT),EA(IGT),UP(IGT),DELTA(IGT),
1041 * T1A(MSA+1),E1A(MSA+1),FANCA,FANCP
1042 TTL1=TTL1+T1A(MSA+1)
1043 DY=YC-YG(IGT)
1044 DX=DSQRT(RC*RC-DY*DY)
1045 MR2 =MR2 +T1A(MSA+1)*(DY+DX*TANP)
1046 100 CONTINUE
1047 TTL2=MR2/RC
1048 C
1049 WRITE(1,4050) TTL1,TTL2
1050 WRITE(3,7050) TTL1,TTL2
1051 WRITE(*,6100) FILE3,FILE1,FILE2
1052 WRITE(8,6200)
1053 CLOSE(1)
1054 CLOSE(2)
1055 CLOSE(3)
1056 CLOSE(8)
1057 C
1058 1000 FORMAT (2I10,F15.0)
1059 1100 FORMAT (7F15.0)
1060 4000 FORMAT(1H , '<<',A8,'>>'68(1H=)/1H ,20A4)
1061 4010 FORMAT(1H , 'ジオテキスタイルの張力、変位の分布')
1062 4020 FORMAT(1H ,80(1H-))
1063 4030 FORMAT(1H , 'ジオテキスタイル no.:',I3
1064 * /10X,'敷設位置(高さ) Hi',F10.4,' m'
1065 * /10X,'敷設長さ Li',F10.4,' m'
1066 * /10X,'剛性 EA',F10.4,' tf/m'
1067 * /10X,'限界相対変位 up',F10.4,' m'
1068 * /10X,'すべり面位置での変位 δ',F10.4,' m'
1069 * /1H , 'X(m)',9X,'T(tf/m)',6X,' ε ',11X,'u(m)')
1070 4050 FORMAT(1H ,113(1H-))
1071 * /1H , 'ジオテキスタイルの全張力 ΣTr =',1PD12.5
1072 * /1H ,26X,' ΔMR/Rc =',1PD12.5,)
1073 4100 FORMAT(1H ,1P4E13.6)
1074 5000 FORMAT(1H , '<<',A8,'>>'101(1H=)/1H ,20A4)
1075 5010 FORMAT(1H , 'ジオテキスタイルの張力、変位を与える関数形'
1076 * /10X,' T ( x ) = A1*sinh( x / β ) + A2*cosh( x / β )',
1077 * 3x,'または',3X,' T ( x ) = A3*x + A4'

```

```

1078      *          /10X, 'u(x) = B1*sinh(x/β) + B2*cosh(x/β)',
1079      *          3x, 'または', 3X, 'u(x) = B3*x^2 + B4*x + B5'
1080      *          /10x, '但し、xはセグメントの局所座標で、0 < x < Li')
1081 5020 FORMAT(1H, 113(1H-))
1082 5030 FORMAT(1H, 'ジオテキスタイル          no.: ', I3
1083      *          /10X, '敷設位置(高さ)          Hi', F10.4, '    m'
1084      *          /10X, '敷設長さ          Li', F10.4, '    m'
1085      *          /10X, '剛性          EA', F10.4, '    tf/m'
1086      *          /10X, '限界相対変位          up', F10.4, '    m'
1087      *          /10X, 'すべり面位置での変位 δ', F10.4, '    m')
1088 5040 FORMAT(1H, '主働側セグメント', 5X, 'セグメント数 MSA = ', I3
1089      *          /36X, 'IPTA = ', I3,
1090      *          /36X, 'XPTA = ', 1PD12.5)
1091 5050 FORMAT(1H, 'No. Σ Li', 8X, 'Li', 10X, 'τ p', 9X, 'β'
1092      *          10X, 'A1/B1', 7X, 'A2/B2', 8X, 'A3/B3', 7X, 'A4/B4', 7X, '---/B5')
1093 5070 FORMAT(1H, '受働側セグメント', 5X, 'セグメント数 MSP = ', I3
1094      *          /36X, 'IPTP = ', I3,
1095      *          /36X, 'XPTP = ', 1PD12.5)
1096 5100 FORMAT(1H, I3, 1X, 1P6D12.5, 2(12H -----)
1097      *          /1H, 52X, 1P2D12.5, 3(12H -----)
1098 5110 FORMAT(1H, I3, 1X, 1P8D12.5/1H, 52X, 1P5D12.5)
1099 5120 FORMAT(1H, I3, 1X, 1P4D12.5, 2(12H -----), 1P2D12.5
1100      *          /1H, 52X, 2(12H -----), 1P3D12.5)
1101 6100 FORMAT(1H, '計算は終了しました'
1102      *          /1H, '計算結果は次のファイルに出力されます'
1103      *          /1H, '出力データセット名 ',
1104      *          A12, ' 入力条件と計算結果'
1105      *          /20X, A12, ' 張力、変位の分布'
1106      *          /20X, A12, ' 張力、変位の関数形、係数')
1107 6200 FORMAT(1H, 'OUT2 *** END')
1108 6900 FORMAT(1H, 'Σ ∫ 2 τ adx = ', 1PD15.7, '    Fanca - ', 1PD15.7)
1109 6901 FORMAT(1H, 'Σ ∫ 2 τ pdx = ', 1PD15.7, '    Fancp - ', 1PD15.7)
1110 7010 FORMAT(1H, 'ジオテキスタイルの枚数: ', I3
1111      *          /1H, 'すべり円の中心', 4X, '(', F5.2, 'm', F5.2, 'm)',
1112      *          8X, '半径: ', F6.2, 'm'
1113      *          /2X, 'no.', 1X, '高さ', 8X, '長さ', 8X, '剛性', 8X, '限界変位',
1114      *          4X, 'すべり変位', 2X, '張力', 8X, 'ひずみ', 11X, '定着安全率'
1115      *          /6X, 'Hi(m)', 7X, 'Li(m)', 7X, 'EA(tf/m)', 4X, 'up(m)', 7X, 'δ(m)',
1116      *          7X, 'T(tf/m)', 5X, 'ε', 10X, 'Fanca', 7X, 'Fancp')
1117 7020 FORMAT(1H, I3, 1X, 1P9D12.5)
1118 7050 FORMAT(1H, 113(1H-))
1119      *          /1H, 29X, 'ジオテキスタイルの全張力 Σ Tr = ', 1PD12.5, '    tf/m'
1120      *          /1H, 55X, 'Δ MR/Rc = ', 1PD12.5, '    tf/m')
1121      RETURN
1122      END

```

```
1123 SUBROUTINE CAL1(I1,I2,I3,X0,DL,EA,BETA,A1,A2,B1,B2)
1124 C
1125 IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
1126 C
1127 R3=I3
1128 DO 10 J=I1,I2,I3
1129 XJ=DL*J
1130 BX=XJ/BETA
1131 SH=DSINH(BX)
1132 CH=DCOSH(BX)
1133 TJ=A1*SH+A2*CH
1134 EJ=TJ/EA
1135 UJ=B1*SH+B2*CH
1136 XJ=X0+DSIGN(XJ,R3)
1137 WRITE(1,4100) XJ,TJ,EJ,UJ
1138 10 CONTINUE
1139 RETURN
1140 4100 FORMAT(1H ,1P4E13.6)
1141 END
```

```

1142      SUBROUTINE CAL2(I1,I2,I3,X0,X1,DL,EA,A3,A4,B3,B4,B5)
1143  C
1144      IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
1145  C
1146      R3=I3
1147      DO 10 J=I1,I2,I3
1148      XJ=X1+DL*J
1149      TJ=A3*XJ+A4
1150      EJ=TJ/EA
1151      UJ=B3*XJ*XJ+B4*XJ+B5
1152      XJ=X0+DSIGN(XJ,R3)
1153      WRITE(1,4100) XJ,TJ,EJ,UJ
1154      10 CONTINUE
1155      RETURN
1156      4100 FORMAT(1H ,1P4E13.6)
1157      END

```

Global Symbols

Name	Class	Type	Size	Offset
BANK.	common	***	96	0000
CAL1.	FSUBRT	***	***	6d3b
CAL2.	FSUBRT	***	***	6f4e
CALTR.	FSUBRT	***	***	27f3
CALUR.	FSUBRT	***	***	3274
CHXPT.	FSUBRT	***	***	3c07
CONST.	FSUBRT	***	***	2140
DSEG.	FSUBRT	***	***	1194
GEO.	common	***	1744	0000
INPUT.	FSUBRT	***	***	06ac
OUT1.	FSUBRT	***	***	3f02
OUT2.	FSUBRT	***	***	4bd0
TITR.	common	***	80	0000
main.	FSUBRT	***	***	0000

Code size = 71c5 (29125)

Data size = 0e7a (3706)

Bss size = 3364 (13156)

No errors detected

DATA SHEET

TITLE ジオテキスタイルの変形性を考慮した補強材力の解析プログラム (EPIT00.FOR Ver.0.0)の入力フォーマット (1)																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)									
2	XS	YS	GS	PHI	ALP1	COE	ALP2									
3	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0									
4																
5																
6	(8)	(9)	(10)													
7	XC	YC	RC													
8	F10.0	F10.0	F10.0													
9																
10																
11	(1) のり層のX座標															
12	(2) のり層のY座標															
13	(3) 土の単位体積重量															
14	(4) 土のせん断抵抗角 ϕ															
15	(5) 底減係数															
16	(6) 土の粘着力C															
17	(7) Cに対する底減係数															
18	(8) 円弧の中心のX座標															
19	(9) 円弧の中心のY座標															
20	(10) 円弧の中心の半径R															
21																
22																
23																
24																
25																

DATA SHEET

TITLE

ジオテキスタイルの變形性を考慮した補強材力の解析プログラム (EPIT90.FOR Ver.0.8) の入力フォーマット (2)

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
2	NOT	LOI	EAI	UPI	DELTAI	IFLAI	IGFL(1,1=1,3									
3	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0
4																
5	※ IGFL(1)=1 のとき、各ジオテキスタイルの長さ、高さ、設置位置															
6	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
7	LG(1)	YG(1)	LG(2)	YG(2)	LG(3)	YG(3)	LG(4)	YG(4)	LG(5)	YG(5)	LG(6)	YG(6)	LG(7)	YG(7)	LG(8)	YG(8)
8	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0
9																
10																
11																
12																
13	(1) ジオテキスタイルの枚数															
14	(2) ジオテキスタイルの長さ															
15	(3) ジオテキスタイルの剛性 (t/m)															
16	(4) ジオテキスタイルの境界相対変位 (m)															
17	(5) 天端での沈下量 Δ (m)															
18	(6) ジオテキスタイルの拘束条件															
19	{ 0 : 自由															
20	{ 1 : 固定															
21	(7) ジオテキスタイルの長さ															
22	(8) ジオテキスタイルの高さ															
23																
24																
25																

DATA SHEET

TITLE

ジオテキスタイルの変形性を考慮した補強材力の解析プログラム (EPIT00.FOR Ver.9.8) の入力フォーマット (3)

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
1	層ごとに同じ長さのジオテキスタイルがある場合の入力方法の1つ																
2	※ 1GFL(1)=2 のとき、各ジオテキスタイルの長さ(設置位置)																
3	(1)																
4	NBLOCK																
5	15																
6																	
7																	
8	(2)	(3)	(4)														
9	KGT1	LGT1	YGT1														
10	110	F10.0	F10.0														
11																	
12																	
13		(5)															
14	KGT(k), k=1~KGT1																
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
16								1									
17								{									
18								NBLOCK									
19																	
20	(1) ブロックの組数																
21	(2) 各ブロックのジオテキスタイルの枚数																
22	(2) ジオテキスタイルの般設長																
23	(4) ジオテキスタイルの般設ピッチ																
24	(5) ブロック内のジオテキスタイルが、下か																
25	ら何層目であるかを入力する。																



DATA SHEET

TITLE ジオテキスタイルの変形性を考慮した補強材力の解析プログラム (EPIT98.FOR Ver.9.0)の入力フォーマット (4)																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1	例 10FL(1)=3のとき、各ジオテキスタイルの両端の位置(X座標)と高さを入力する方式															
2	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)										
3	X01(1)	X02(1)	YG(1)	X01(2)	X02(2)	YG(2)										
4	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0										
5																
6																
7						NGTまで										
8																
9	(1) ジオテキスタイルの左端のX座標															
10	(2) ジオテキスタイルの右端のX座標															
11	(3) ジオテキスタイルの高さのY座標															
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																

DATA SHEET

TITLE ジョテキスタイルの変形性を考慮した補強材力の解析プログラム (EPIT98.FOR Ver.9.8)の入力フォーマット (5)																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1	N 10FL(2)= のとき、剛性と境界変位、壁面での自由or固定の条件をすべてのジョテキスグイルについて入力する方式															
2	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
3	EA(1)	UP(1)	FFLAG(1)	EA(2)	UP(2)	FFLAG(2)	EA(3)	UP(3)	FFLAG(3)	EA(4)	UP(4)	FFLAG(4)	EA(5)	UP(5)	FFLAG(5)	EA(6)
4	F10.0	F10.0	5	F10.0	F10.0	5	F10.0	F10.0	5	F10.0	F10.0	5	F10.0	F10.0	5	F10.0
5																
6																
7																
8																
9	(1) ジョテキスタイルの剛性															
10	(2) ジョテキスタイルの境界変位															
11	(3) 壁面でのジョテキスタイルの拘束条件															
12	{ 0: 自由															
13	{ 1: 固定															
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																

DATA SHEET

TITLE

ジオテキスタイルの変形性を考慮した補強材力の解析プログラム (EPIT98.FOR Ver. 9.0) の入力フォーマット (6)

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1	※ IOPAL(2)=2のとき															
2	(1)															
3	NBLOCK															
4	15															
5																
6																
7	(2)	(3)	(4)	(5)												
8	KGT1	EAI	UPI	IFLAG												
9	110	F10.0	F10.0	15												
10																
11																
12		(6)														
13		KGT(k), k=1~KGT														
14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15								1								
16								1								
17								NBLOCK								
18																
19		(6) ブロック内のジオテキスタイルが、下から何層目であるか入力する														
20		(2) 各ブロックのジオテキスタイルの枚数														
21		(3) ジオテキスタイルの剛性 (t/m)														
22		(4) ジオテキスタイルの限界相対変位 (m)														
23		(5) ジオテキスタイルの拘束条件														
24		{ 0 : 自由														
25		{ 1 : 固定														

DATA SHEET

TITLE

リョテキスタイルの変形性を考慮した補強材力の解析プログラム (EPIT98.FOR Ver.0.8) の入力フォーマット (7)

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
1	例 10FL(3)=1 のとき																
2	(1)																
3	DELTA(I), I=1~NOT																
4	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	
5								1									
6								}									
7								NOT									
8																	
9	(1) 各リョテキスタイルの変位量 (mm)																
10																	
11																	
12																	
13	例 10FL(3)=2 のとき																
14	(1)																
15	DR(I), I=1~NOT																
16	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	
17								1									
18								}									
19								NOT									
20																	
21	(1) リョテキスタイルの変位量 (mm)																
22	$\Delta I = DR(I) \times \Delta$																
23																	
24																	
25																	

付 録 ー 3

ジオテキスタイルの引抜き試験の解析プログラム

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8

```

10 '                                     19/03/90
20 ' ジオテキスタイルの引抜き試験の解析 (arrach91.BAS)
30 '
40 ' 変位法にもとづいたジオテキスタイルの張力、ひずみ、変位の計算
50 '                                     by A.Yoshioka
60 '
70 '
80 '
90 '
100 DEFDBL A-H,L,O-Z
110 DEFINT I-K,M,N
120 '
130 DEF FNASH(Y)=LOG(Y+SQR(Y*Y+1))
140 DEF FNACH(Y)=LOG(Y+SQR(Y*Y-1))
150 DEF FNSH(Y) =.5#*(-EXP(-Y)+EXP(Y))
160 DEF FNCH(Y) =.5#*( EXP(-Y)+EXP(Y))
170 DEF FNTH(Y) =(-EXP(-Y)+EXP(Y))/(EXP(-Y)+EXP(Y))
180 '
190 DIM X0(80),XX(80),SIGN$(2),NSG(51)
200 DIM ZT0(20,25),ZE0(20,25),ZU0(20,25)
210 DIM A(50),C(50),BETA(51),LSEG(51),SIGM(50),TAUP(50),SUMTL(50),U(50),T(50)
220 '
230  CONSOLE 0,25,0:CLS
240  NSEG=50:POISS=.3333333333333333# :U0=0
250 '
260 ' タイトルの入力
270  GOSUB *INTITL
280 '
290 ' データの入力
300  GOSUB *DATAIN
310 '
350  ITAU=0
360 '
370 ' 変位 u0 に関する収束計算
380  ITAU=ITAU+1:ITAS=0:LOCATE 20,14:PRINT "itau";:PRINT USING "###";ITAU
390  L=L0-U0:DL=L/NSEG
400 '
410 ' 直応力 Sigman に関する収束計算
420  ITAS=ITAS+1:LOCATE 20,15:PRINT "itas";:PRINT USING "###";ITAS
430 '
440 ' 係数 Taup, Beta の計算
450  GOSUB *CALTB
460 '
470 ' 係数 A(i), C(i), SumTL(i) の計算
480  GOSUB *CONST1
490 '
500 ' ジオテキスタイルのすべり、引抜きの限界値 : TCR, TCG の計算
510  GOSUB *TCRIT
520 '
530 ' ジオテキスタイルのすべりの判定 (un<up?, u0>up?)
540 '
550  IF TTN>TCG THEN 570
560  IPT=NSEG:IPT0=IPT+1:XPT=DL:UP0=TTN*BETA(NSEG)/(EA*A(NSEG)):GOTO 690

```

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8

```

570 IF TTN<TCR THEN 620
580 GOSUB *MENUTN:NCHOIX=3:GOSUB *REPOSE2:ON NREP GOTO 590,600,900
590 TTN=TCR:IPT0=0:IPT=1:XPT=0:UP0=UP:U(0)=UP:A(1)=0
595 CLS:LOCATE 44,9:PRINT USING "####.####";TTN;:LOCATE 0,15:GOTO 690
600 CONSOLE 15,10,0:CLS:GOSUB *TTNIN:GOTO 530
610 '
620 'u=upとなるセグメントの判定
630 UP0=UP
640 GOSUB *CHERIPT
650 '
660 'u=upとなる位置の決定
670 GOSUB *XPTI
680 '
690 '節点変位 ui(i=0,1,2,...,nseg)の計算
700 GOSUB *CALUI
710 '
720 '直応力 sigm(x)と張力Tの比例関係の判定
730 GOSUB *JUDGE:IF JFLAG=1 THEN 800
740 '
750 '直応力 sigm(x)の修正、再計算
760 GOSUB *MODSIG
770 IF WFLAG=1 THEN GOSUB *LPRTTB:GOSUB *LPRTACS:GOSUB *LPRTUS
780 GOTO 410
790 '
800 '変位 u0 に関する収束の判定
810 ERU0=1-U0/U(0):ERU0=ABS(ERU0)
820 IF ERU0>.00001 THEN U0=U(0):GOTO 370
830 '
840 '節点の張力 Ti(i=0,1,2,...,nseg)の計算
850 GOSUB *CALTI
860 '
870 '計算結果の出力
880 GOSUB *OUTPUT
890 '
900 *FIN
910 CLOSE
920 CONSOLE 0,24,1:CLS:LOCATE 22,1:PRINT "再計算しますか ? (o/n)"
930 GOSUB *REPOSE1:ON NREP GOTO 250
940 '
950 CONSOLE 0,24,1:CLS:LOCATE 22,1:PRINT "計算は終了しました"
960 '
970 END
980 '
990 '
1000 *CALTB ' 係数 Taup, Beta の計算
1010 '
1020 FOR ISEG=1 TO NSEG
1030 TAUP(ISEG)=SIGM(ISEG)*ATANP
1040 BT2 = .5*EA*UP/TAUP(ISEG):BETA(ISEG) = SQR(BT2)
1050 NEXT ISEG
1060 BETA(0)=BETA(1)
1070 '
1080 RETURN

```

.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

```

1090 '
1100 *CONST1
1110 '係数 A(i), C(i), SumTL(i) の計算
1120 '
1130 SUM=0:A(0)=0
1140 FOR ISEG=1 TO NSEG
1150 JSEG=NSEG-ISEG+1
1160 SUM=SUM+2*TAUP(JSEG)*DL
1170 SUMTL(JSEG)=SUM
1180 BTR=BETA(ISEG-1)/BETA(ISEG):LB=DL/BETA(ISEG):CH=FNCH(LB):TH=FNTH(LB)
1190 CC =BTR+A(ISEG-1)*TH
1200 IF ABS(CC)<1E-10 THEN PRINT CC:STOP
1210 A(ISEG)=(A(ISEG-1)+BTR*TH)/CC
1220 C(ISEG)=CH*CC
1230 NEXT ISEG
1240 RETURN
1250 '
1300 *TCRIT 'TCR,TCG の計算
1310 ' TCR : 最大引抜け抵抗 (ジオテキスタイルが完全にすべった場合:u0=up)
1320 ' TCG : ジオテキスタイルがすべり始めるときの引抜き端での張力 (un=up)
1330 '
1340 TCR=SUMTL(1):TCG=EA*UP*A(NSEG)/BETA(NSEG)
1350 LOCATE 0,11:PRINT "最大引抜け力" Tcr =";:PRINT
1360 USING "#####";TCR;:PRINT " kN"
1370 LOCATE 0,12:PRINT "すべり始めるときの張力" Tcg =";:PRINT
1380 USING "#####";TCG;:PRINT " kN"
1390 '
1400 *MENUTN
1410 ' TTn>Tcr>Tcg のときの計算の選択
1420 CONSOLE 14,9,0:CLS
1430 LOCATE 0,15:PRINT "引抜き力 TTn > 最大引抜け抵抗 Tcr"
1440 LOCATE 2,16:PRINT "このままでは計算は続行できません"
1450 LOCATE 3,17:PRINT "次のどれかを選んで下さい"
1460 LOCATE 6,18:PRINT "1 : TTn=Tcr として計算を行う"
1470 LOCATE 6,19:PRINT "2 : 新しい TTn を再入力する"
1480 LOCATE 6,20:PRINT "3 : 計算を中止する"
1490 RETURN
1500 '
2000 *CHERIPT
2010 ' u=upとなるセグメントiptの同定
2020 TMI=TCG
2030 FOR ISEG=NSEG TO 1 STEP -1
2040 TPI=SUMTL(ISEG)+EA*UP*A(ISEG-1)/BETA(ISEG-1)
2050 IF TPI>=TTN THEN IPT=ISEG:IPT0=IPT:GOTO 2080
2060 TMI=TPI
2070 NEXT ISEG
2080 RETURN
2090 '
2100 *XPTI
2110 'u=upとなる位置xpの同定
2120 BTR=BETA(IPT-1)/BETA(IPT)

```

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8

```

2130 C1 =SUMTL(IPT)-TTN
2140 C2 =2#*TAUP(IPT)
2150 C3 =EA*UP/BETA(IPT)
2160 FP=TPI-TTN:XP=0
2170 FM=TMI-TTN:XM=DL
2190 '
2200 XPT=(FP*XM-FM*XP)/(FP-FM)
2210 GOSUB *FXP
2220 IF ABS(FX)<.000001# THEN 2300
2230 IF FX>0 THEN FP=FX:XP=XPT:GOTO 2250
2240 IF FX<0 THEN FM=FX:XM=XPT
2250 LOCATE 37,14:PRINT "fp   =";:PRINT USING "#####";FP;:LOCATE 37,
15:PRINT "fm   =";:PRINT USING "#####";FM;:LOCATE 37,16:PRINT "xpt   =";
:PRINT USING "#####";XPT
2260 ' GOSUB *AFFIRMER
2270 GOTO 2200
2280 '
2290 '
2300 ' Ai', Ci' の計算、A(ipt),C(ipt) への格納
2310 BTR=BETA(IPT-1)/BETA(IPT):LB=XPT/BETA(IPT):CH=FNCH(LB):TH=FNTH(LB)
2320 CC =BTR+A(IPT-1)*TH
2330 A(IPT)=(A(IPT-1)+BTR*TH)/CC
2340 C(IPT)=CH*CC
2350 '
2360 RETURN
2370 '
2400 *FXP
2410 LB=XPT/BETA(IPT):TH=FNTH(LB)
2420 AIP=(A(IPT-1)+BTR*TH)/(BTR+A(IPT-1)*TH)
2430 FX=C1-C2*XPT+C3*AIP
2440 RETURN
2450 '
3000 *CALUI
3010 ' 各節点での変位 ui の計算
3020 '
3030 IF IPT0=0 THEN 3110
3040 '
3050 FOR ISEG=1 TO IPT
3060 UU=UP0
3070 FOR J=ISEG TO IPT:UU=UU/C(J):NEXT
3080 U(ISEG-1)=UU*BETA(ISEG-1)/BETA(IPT)
3090 NEXT ISEG
3100 '
3110 XXPT=(DL-XP)/BETA(IPT)
3120 U(IPT)=UP0*(.5*XXPT*XXPT+XXPT*A(IPT)+1)
3130 '
3140 IF IPT0>=NSEG THEN RETURN
3150 '
3160 DL2=DL*DL:C1=2#*TAUP(IPT)*XP:C2=UP*A(IPT)*DL/BETA(IPT)
3170 FOR ISEG=IPT+1 TO NSEG
3180 U(ISEG)=U(ISEG-1)+(TAUP(ISEG)*DL2+(SUMTL(IPT)-SUMTL(ISEG)-C1)*DL)/EA+C
2
3190 NEXT ISEG

```

```

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8
3200 RETURN
3210 '
3300 *CALT1
3310 ' 各節点での張力 Ti の計算
3320 '
3330 UP0=UP
3340 IF IPT0=0 THEN 3430
3350 IF IPT0>NSEG THEN UP0=UN
3360 '
3370 FOR ISEG=1 TO IPT
3380 TT=EA*UP0/BETA(IPT)*A(ISEG-1)
3390 FOR J=ISEG TO IPT:TT=TT/C(J):NEXT
3400 T(ISEG-1)=TT
3410 NEXT ISEG
3420 '
3430 T(IPT)=EA*UP0/BETA(IPT)*A(IPT)+2#*TAUP(IPT)*(DL-XP)
3440 '
3450 IF IPT0>=NSEG THEN RETURN
3460 '
3470 FOR ISEG=IPT+1 TO NSEG
3480 T(ISEG)=T(ISEG-1)+2#*TAUP(ISEG)*DL
3490 NEXT ISEG
3500 RETURN
3510 '
3600 *JUDGE
3610 ' 直応力 sigm(x)と張力Tの比例関係の判定
3620 '
3630 UNNO=(U(NSEG)-U(0))/L
3640 SIGMN=SIGM0+ENU*((U(NSEG)-U(NSEG-1))/DL-UNNO)
3650 ERSG=ABS(SIGMN-SIGM(NSEG))
3660 IF ERSG<.00001# THEN JFLAG=1 ELSE JFLAG=0
3670 RETURN
3680 '
3690 '
3700 *MODSIG
3710 ' 直応力 sigm(x)の修正、再計算
3720 '
3730 UNNO=(U(NSEG)-U(0))/L
3740 FOR ISEG=1 TO NSEG
3750 SIGM(ISEG)=SIGM0+ENU*((U(ISEG)-U(ISEG-1))/DL-UNNO)
3760 IF SIGM(ISEG)<=0 THEN 3810
3770 NEXT
3780 '
3790 RETURN
3800 '
3810 PRINT "直応力の値が負になりました。パラメータを変えて再計算を行って下さ
い。"
3820 PRINT USING " Sigma(##) = ";ISEG;:PRINT USING "#####.#####";SIGM(IS
EG);:PRINT " <= 0"
3830 CONSOLE 0,24,1:END
5000 'タイトルの入力
5010 *INTITL
5020 CLS:CONSOLE 1,24,0,0:PRINT "<< ジオテキスタイルの引抜き試験 >>";SPC(28);TIM

```

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8

```

E$;" ";DATE$
5030 IF HED$><" THEN 5045
5035 CLS:LOCATE 1,2:PRINT "タイトルを入力して下さい"
5040 LOCATE 1,3:LINE INPUT HED$
5045 LOCATE 1,3:PRINT HED$
5050 LOCATE 1,5:PRINT "タイトルを変更しますか ? (o/n)"
5060 GOSUB *REPOSNE1: ON NREP GOTO 5035
5070 '
5080 RETURN
5090 '
5100 'データの入力
5110 *DATAIN
5120 CONSOLE 1,24,0:CLS:PRINT HED$
5130 LOCATE 0,2:INPUT "ジオテクスタイルの剛性 J      ";EA
5140 LOCATE 0,2:PRINT "ジオテクスタイルの剛性 J      "=:PRINT USIN
G "####.###";EA;:PRINT " kN/m"
5150 LOCATE 0,3:INPUT "ジオテクスタイルの長さ L      ";LO
5160 LOCATE 0,3:PRINT "ジオテクスタイルの長さ L      "=:PRINT USIN
G "####.###";LO;:PRINT " m"
5170 LOCATE 0,4:INPUT "平均直応力 Sig0    ";SIGM0
5180 LOCATE 0,4:PRINT "平均直応力 Sig0    "=:PRINT USIN
G "####.###";SIGM0;:PRINT " kPa"
5190 FOR ISEG=1 TO NSEG:SIGM(ISEG)=SIGM0:NEXT
5200 LOCATE 0,5:INPUT "土のせん断抵抗角 Phi     ";PHI
5210 LOCATE 0,5:PRINT "土のせん断抵抗角 Phi     "=:PRINT USIN
G "####.###";PHI;:PRINT " deg"
5220 LOCATE 0,6:INPUT "土とジオテクスタイルの限界相対変位 Up     ";UP
5230 LOCATE 0,6:PRINT "土とジオテクスタイルの限界相対変位 Up     "=:PRINT USIN
G "####.###";UP;:PRINT " m"
5240 LOCATE 0,7:INPUT "低減係数 Alpha    ";ALPHA
5250 LOCATE 0,7:PRINT "低減係数 Alpha    "=:PRINT USIN
G "####.###";ALPHA
5260 TANP=PHI*3.14159265358979#/180#:TANP=TAN(TANP):ATANP=ALPHA*TANP
5270 LOCATE 0,8:INPUT "せん断の影響範囲 (高さ) Z0     ";Z0
5280 LOCATE 0,8:PRINT "せん断の影響範囲 (高さ) Z0     "=:PRINT USIN
G "####.###";Z0;:PRINT " m"
5285 LOCATE 0,9:INPUT "土の鉛直ひずみ Epsz     ";EPSZ
5287 LOCATE 0,9:PRINT "土の鉛直ひずみ Epsz     "=:PRINT USIN
G "####.###";EPSZ
5290 ENU=EA*POISS/(2#*(1#-POISS)*Z0*(1+EPSZ))
5300 LOCATE 0,10:INPUT "ジオテクスタイルの引抜き力 TTn     ";TTN
5310 LOCATE 0,10:PRINT "ジオテクスタイルの引抜き力 TTn     "=:PRINT USI
NG "####.###";TTN;:PRINT " kN/m"
5320 '
5330 CONSOLE 23,2,0
5340 LOCATE 2,23:PRINT "値を変更しますか ? (o/n)"
5350 GOSUB *REPOSNE1:CLS:ON NREP GOTO 5120
5360 '
5370 RETURN
5380 '
5800 *TTNIN '引抜き力の再入力
5810 '
5820 LOCATE 0,10:INPUT "ジオテクスタイルの引抜き力 TTn     ";TTN

```

.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8

```

5830 LOCATE 0,10:PRINT "ジオテキスタイルの引抜き力" TTN =";:PRINT USIN
G "#####";TTN;:PRINT " kN/m"
5840 '
5850 CONSOLE 23,2,0
5860 LOCATE 2,23:PRINT "値を変更しますか ? (o/n)"
5870 GOSUB *REPOSNE1: ON NREP GOTO 5820
5880 RETURN
5890 '
8000 '計算結果の出力 (出力方法の選択)
8010 *OUTPUT
8020 CONSOLE 12,13,0:CLS
8030 LOCATE 0,13:PRINT "計算結果の出力ー次のいずれかを選んで下さい"
8040 LOCATE 4,14:PRINT " 1.プリンターへの出力"
8050 LOCATE 4,15:PRINT " 2.ディスクへの書き込み"
8060 NCHOIX=2:GOSUB *REPOSNE2:ON NREP GOSUB *LPRT,*SAUVER
8080 RETURN
8090 '
8100 *LPRT 'プリンターへの出力
8110 LPRINT "<< ジオテキスタイルの引抜き試験 >>";SPC(27);TIME$;" ";DATE$
8120 LPRINT HED$
8130 LPRINT "ジオテキスタイルの剛性 J =";:LPRINT USING "#####";EA;:LPRINT
" kN/m";SPC(2);"平均直応力 Sigm0 =";:LPRINT USING "#####";SIGM0;:LPRINT
T " kPa"
8140 LPRINT "ジオテキスタイルの長さ L =";:LPRINT USING "#####";L0;:LPRINT
" m";SPC(5); "土のせん断抵抗角 Phi =";:LPRINT USING "#####";PHI;:LPRINT "
deg"
8150 LPRINT "限界相対変位 Up =";:LPRINT USING "#####";UP;:LPRINT
" m";SPC(5); "低減係数 Alpha =";:LPRINT USING "#####";ALPHA
8160 LPRINT "引抜き力 TTN =";:LPRINT USING "#####";TTN;:LPRINT
T " kN/m";SPC(2);"せん断の影響高さ ZO =";:LPRINT USING "#####";ZO;:LPRINT
" m"
8170 LPRINT "最大引抜け力 Tcr =";:LPRINT USING "#####";TCR;:LPRINT
T " kN";SPC(4);"土の鉛直ひずみ Epsz =";:LPRINT USING "#####";EPSZ
8180 LPRINT "すべり始めるときの張力 Tcg =";:LPRINT USING "#####";TCG;:LPRINT
T " kN";SPC(4);"土のポアソン比 Nu =";:LPRINT USING "#####";POISS
8185 PRINT #1,SPC(21);"ipt =";:PRINT #1, USING "#####";IPT;:PRINT #1,SPC(28);"
xpt";:PRINT #1, USING "#####";XPT
8190 LPRINT " 節点の変位および張力"
8200 LPRINT " No. xi Ui Ti SIGNi TAUPi
BETAi";:LPRINT CHR$(&H1B);CHR$(&H54);"10";
8205 XJ=0
8210 LPRINT SPC(7);:LPRINT USING "#####";XJ,U(0);:LPRINT USING"#####";
";T(0)
8220 FOR J=1 TO NSEG
8230 XJ=DL*J
8240 LPRINT USING "#####";J;:LPRINT SPC(36);:LPRINT USING "#####";SIGM(J
),TAUP(J);:LPRINT USING "#####";BETA(J)
8250 LPRINT SPC(7);:LPRINT USING "#####";XJ,U(J);:LPRINT USING"#####";
";T(J)
8260 NEXT J
8270 LPRINT CHR$(&H1B);CHR$(&H41);:LPRINT
8280 RETURN
8290 '
    
```

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8

```

8300 *SAUVER      ' ディスクへの出力
8310      ON ERROR GOTO *ERMES
8320      '
8330      CONSOLE 2,23,0:CLS:A$="":B$="":F$="":F1$="":F2$=""
8340      LOCATE 0,2:PRINT "書込むファイルのドライブ名を入力して下さい [e:]";:INPU
T A$:IF A$="" THEN A$="e:"
8350      IF RIGHT$(A$,1)>"<:" THEN A$=A$+":"
8360      CONSOLE 3,22,0:CLS:B$=""
8370      LOCATE 0,3:PRINT "ディレクトリ名を入力して下さい";:INPUT B$:IF B$="" THE
N B$="¥WK"
8380      B$=A$+B$:CONSOLE 4,21,0:FILES B$
8390      Y=CSRLIN:YM=25-Y:CONSOLE Y,YM,0:CLS:F$=""
8400      LOCATE 0,Y:PRINT "ファイル名を入力して下さい"
8410      LOCATE 2,Y+1:PRINT " [.RES] - プリンターへの出力イメージ"
8420      LOCATE 2,Y+2:PRINT " [.TXT] - マルチプラン用テキストファイル"
8430      LOCATE 2,Y+3:PRINT " [----] - 省略すると両方のファイルが出力されます"
8440      LOCATE 28,Y:PRINT SPACE$(20):LOCATE 28,Y:INPUT F$:LOCATE 0,Y+4
8450      NF1=LEN(F$):IF NF1<=0 OR NF1>12 THEN 8440
8460      F$=B$+"¥"+F$:NF2=NF1+LEN(B$)+1
8470      FOR I=1 TO NF2
8480      IF MID$(F$,I,1)="." THEN II=I:GOTO 8520
8490      NEXT
8500      IF NF1>8 THEN 8440
8510      F1$=F$+"res":F2$=F$+"TXT":GOTO 8560
8520      IF MID$(F$,II+1,3)="res" OR MID$(F$,II+1,3)="RES" THEN F1$=F$:GOTO 8560
8530      IF MID$(F$,II+1,3)="txt" OR MID$(F$,II+1,3)="TXT" THEN F2$=F$:GOTO 8770
8540      GOTO 8440
8550      '
8560      'FILE 1
8570      OPEN F1$ FOR OUTPUT AS #1
8580      PRINT #1,"<< ジオテクスタイルの引抜き試験 >>";SPC(27);TIME$;" ";DATE$
8590      PRINT #1,HED$
8600      PRINT #1,"ジオテクスタイルの剛性 J   =";:PRINT #1, USING "#####.###";EA;:
PRINT #1," kN/m";SPC(2);"平均直応力      Sigmo =";:PRINT #1, USING "#####.###";S
IGMO;:PRINT #1," kPa"
8610      PRINT #1,"ジオテクスタイルの長さ L   =";:PRINT #1, USING "#####.###";L0;:
PRINT #1," m   ";SPC(2);"土のせん断抵抗角 Phi  =";:PRINT #1, USING "#####.###";P
HI   ;:PRINT #1," deg"
8620      PRINT #1,"限界相対変位      Up  =";:PRINT #1, USING "#####.###";UP;:
PRINT #1," m   ";SPC(2);"低減係数      Alpha =";:PRINT #1, USING "#####.###";A
LPHA
8630      PRINT #1,"引抜き力      TTn =";:PRINT #1, USING "#####.###";TTN;:
PRINT #1," kN/m";SPC(2);"せん断の影響高さ Z0   =";:PRINT #1, USING "#####.###";
Z0;:PRINT #1," m"
8640      PRINT #1,"最大引抜け力      Tcr =";:PRINT #1, USING "#####.###";TCR;:
PRINT #1," kN   ";SPC(2);"土の鉛直ひずみ      Epsz =";:PRINT #1, USING "#####.###";E
PSZ
8650      PRINT #1,"すべり始めるときの張力 Tcg =";:PRINT #1, USING "#####.###";TCG;:
PRINT #1," kN   ";SPC(2);"土のポアソン比      Nu   =";:PRINT #1, USING "#####.###";
POISS
8655      PRINT #1,SPC(21);"ipt =";:PRINT #1, USING "#####";IPT;:PRINT #1,SPC(28);"
xpt";:PRINT #1, USING "#####";XPT
8660      PRINT #1," 節点の変位および張力"

```

```

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8
8670 PRINT #1," No. xi Ui Ti SIGni TAUPi
      BETAi":PRINT #1,CHR$(&H1B);CHR$(&H54);"10";
8675 XJ=0
8680 PRINT #1,SPC(7);:PRINT #1, USING "#####";XJ,U(0);:PRINT #1, USING "
#####";T(0)
8690 FOR J=1 TO NSEG
8700 XJ=DL*J
8710 PRINT #1, USING "#####";J;:PRINT #1,SPC(36);:PRINT #1, USING "#####";
      SIGM(J),TAUP(J);:PRINT #1, USING "#####";BETA(J)
8720 PRINT #1,SPC(7);:PRINT #1, USING "#####";XJ,U(J);:PRINT #1, USING "
#####";T(J)
8730 NEXT J
8740 PRINT #1,CHR$(&H1B);CHR$(&H41);
8750 CLOSE
8760 '
8770 'FILE 2
8780 IF F2$="" THEN 8990
8790 OPEN F2$ FOR OUTPUT AS #1
8800 PRINT #1,"<<ジオテキスタイルの引抜き試験 >>";SPC(1);TIME$;" ";DATE$
8810 FOR I=0 TO 7:IX=I*10+1:H$(I)=MID$(HED$,IX,10):NEXT
8820 FOR I=0 TO 7:PRINT #1,H$(I);:NEXT:PRINT #1,""
8830 PRINT #1,"剛性 J =";:PRINT #1, USING "#####";EA;:PRINT #1," kN/m";S
PC(2);"平均直応力 Sigm0 =";:PRINT #1, USING "#####";SIGM0;:PRINT #1," k
Pa"
8840 PRINT #1,"長さ L =";:PRINT #1, USING "#####";L0;:PRINT #1," m ";S
PC(2);"せん断抵抗角Phi =";:PRINT #1, USING "#####";PHI ;:PRINT #1," deg"
8850 PRINT #1,"限界相対変位Up =";:PRINT #1, USING "#####";UP;:PRINT #1,"
m ";SPC(2);"低減係数 Alpha =";:PRINT #1, USING "#####";ALPHA
8860 PRINT #1,"引抜き力 TTn =";:PRINT #1, USING "#####";TTN;
:PRINT #1," kN/m";SPC(2);"せん断の影 響高さZ0 =";:PRINT #1, USING "#####";
Z0;:PRINT #1," m"
8870 PRINT #1,"最大引抜け力Tcr =";:PRINT #1, USING "#####";TCR;:PRINT #1,
" kN ";SPC(2);"鉛直ひずみ Epsz =";:PRINT #1, USING "#####";EPSZ
8880 PRINT #1,"すべり始めの張力Tcg =";:PRINT #1, USING "#####";TCG;:PRINT
#1," kN ";SPC(2);"ポアソン比 Nu =";:PRINT #1, USING "#####";POISS
8885 PRINT #1,SPC(21);"ipt =";:PRINT #1, USING "#####";IPT;:PRINT #1,SPC(28);"
xpt";:PRINT #1, USING "#####";XPT
8890 PRINT #1,"節点の変位および張力"
8900 PRINT #1,"No. xi Ui Ti xi' SIGni TAUPi BETAi"
8910 J=0:XJ=0
8920 PRINT #1, USING "#####";J;:PRINT #1, USING "#####";XJ,U(J);:PRINT #
1, USING "#####";T(J)
8930 FOR J=1 TO NSEG
8940 XJ=DL*J:XJM=XJ-.5*DL
8950 PRINT #1, USING "#####";J;:PRINT #1, USING "#####";XJ,U(J);:PRINT #
1, USING "#####";T(J);:PRINT #1, USING "#####";XJM,SIGM(J),TAUP(J);:PR
INT #1, USING "#####";BETA(J)
8960 NEXT J
8970 CLOSE
8980 '
8990 RETURN
9000 *REPOSNE1
9001 ' reponse sera rendue avec un chiffre 0 ou 1

```

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8

```

9002     V$=INKEY$:IF LEN(V$)=0 THEN 9002
9003     IF V$="o" OR V$="O" THEN NREP= 1:RETURN
9004     IF V$="n" OR V$="N" THEN NREP= 0:RETURN
9005     GOTO 9002
9006 '
9010 *REPONSE2
9011 '   reponse sera rendue avec un chiffre 1 Nchoix (max.9)
9012     V$=INKEY$:IF LEN(V$)=0 THEN 9012
9013     IF ASC(V$)<=48 OR ASC(V$)>=49+NCHOIX THEN 9012
9014     NREP=VAL(V$)
9015     RETURN
9016 '
9020 *AFFIRMER
9021     CONSOLE 22,2,0
9022     LOCATE 2,23:PRINT "vous avez verifie ? (ret) "
9023     R$=INKEY$:IF R$="" THEN 9023
9024     IF R$=CHR$(8) THEN 9025 ELSE 9023
9025     CONSOLE 14,10,0
9026     RETURN
9027 '
9030 *ECRASER
9031     FOR ILN=LN1 TO LN2
9032     LOCATE 0,ILN:PRINT SPACE$(80)
9033     NEXT ILN
9034     RETURN
9035 '
9036 '
9120 *LPRTTB     ' Taup(i), Beta(i) の確認
9121 '
9122     LPRINT " i      Taup(i)          Beta(i)"
9123     FOR I=1 TO NSEG
9124     LPRINT USING "##";I;:LPRINT USING "#####.#####";TAUP(I),BETA(I)
9125     NEXT I
9126     LPRINT:RETURN
9127 '
9130 *LPRTACS     ' 係数 A, C, SumTL の確認
9131 '
9132     LPRINT " i      A                      C          SumTL"
9133     FOR I=1 TO NSEG
9134     LPRINT USING "##";I;:LPRINT USING "#####.#####";A(I);:LPRINT USING
9135     "#####.#####";C(I);:LPRINT USING "#####.#####";SUMTL(I)
9136     NEXT I
9137     RETURN
9140 *LPRTUS     ' ui, Ti, Sigm(i)の確認
9141 '
9142     LPRINT " i      ui          Sigm(i) "
9143     FOR I=0 TO NSEG
9144     LPRINT USING "##";I;:LPRINT USING "#####.#####";U(I);:LPRINT USING
9145     "#####.#####";SIGM(I)
9146     NEXT I
9147     RETURN
9148 '

```

.....*.....1.....*.....2.....*.....3.....*.....4.....*.....5.....*.....6.....*.....7.....*.....8

```
9900 *ERMES
9901     IF ERR=51 OR ERR=53 OR ERR=56 THEN 9909
9902     IF ERR=62 THEN 9911
9903     IF ERR=64 THEN 9913
9904 '
9905 '
9906     PRINT "エラーがありましたーエラーコード : ";ERR:END
9907 '
9908 '
9909     PRINT "ディレクトリが存在しません":FOR I=0 TO 2000:NEXT:RESUME 8360
9910 '
9911     PRINT "ディスクがつながっていません":PRINT "ドライブ A に a:yosi¥temp.res
          という名前で書き込みます":FOR I=0 TO 2000:NEXT:B$="a:yosi":F1$="temp.res":RESUM
E 8450
9912 '
9913     PRINT "ディスクがいっぱいですーディスクを入れ換えてやり直して下さい":FOR
          I=0 TO 2000:NEXT:RESUME 8330
9914 '

```

N88-BASIC(86) COMPILER REV:6.0 PROGRAM-NAME:ARRACH91

*** NO ERROR ***

<AREA SIZE>

C O D E :	8128 BYTES
VARIABLE :	732 BYTES
CONSTANT :	3492 BYTES

ARRACH91 SUCCESSFULLY COMPILED

ジオテキスタイルの変形を
考慮した安定解析手法に関
する研究

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2922号
1991年1月
久楽勝行, 吉岡 淳

キーワード: ジオテキスタイル, 補強盛土, 補強擁壁, すべり安定, 数値解析

要 旨 ジオテキスタイル等で補強された土構造物の設計に用いられている安定解析手
法として、極限状態でのモーメントあるいは水平力のつり合いを考慮した極限つ
り合い法によるものが知られている。しかしながら、ジオテキスタイルの設置位置や予想され
るすべり面の形状等にかかわらず、補強材の全ての断面に対して一様の引張力が発生するもの
とみなしている。そこで本研究は、ジオテキスタイルの変形に応じた補強材力を用いて構造物
の極限つり合いを考える方法を新たに提案し、本解析手法と実物大模型実験や長期引抜き試験
との適用について検討した。

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十一円切
手をはって
下さい

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

機械施工部土質研究室 御中

No. 008

No. 008

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2922号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

土木研究所資料第2922号