



Title	ジオテキスタイルを用いた覆土工法の設計法と効果判定のための解析法の提案
Author(s)	棚橋, 由彦; 禿, 和英; 平尾, 和年; 高岡, 恭三; 西村, 淳
Citation	長崎大学工学部研究報告, 21(36), pp.43-52; 1991
Issue Date	1991-01
URL	http://hdl.handle.net/10069/24331
Right	

This document is downloaded at: 2019-04-19T02:39:41Z

ジオテキスタイルを用いた覆土工法の 設計法と効果判定のための解析法の提案

棚橋由彦*・禿和英**
平尾和年***・高岡恭三****
西村淳*****

A Proposal of Design and Analytical Procedure for Earth Covering Method Reinforced with Geotextiles

by

Yoshihiko TANABASHI*, Kazuhide KAMURO**
Kazutoshi HIRAO***, Kyozo TAKAOKA**** and Jun NISHIMURA*****

Soft alluvial clay deposits, unable to insure trafficability, are very popular in Japan. Earth covering method with sheet or net has been developed from 1966 to 1967 in Japan for the security of trafficability. Recently, the earth covering excution with geotextiles has gradually increased. However, a rational design for the earth covering method with the reinforced materials, has not been established, because of the variation of the ground condition, the tensile stress within the geotextiles and the thickness of covering layer according with excution procedure.

First, this paper proposes a reasonable design for the earth covering method reinforced with geotextiles, integrating the past investigations.

Secondaly, the paper proposes a new analytical procedure for the judgement of the effectiveness of geotextiles as the reinforced materials, and for the establishment of a new design in the near future. The proposed finite element technique is consisted of rational modelings for soil, geotextile and the interaction between those materiales.

Each modeling is as follows.

- 1) Soil model is the elasto-viscoplastic model proposed by Sekiguchi and Ohta.
- 2) Geotextile model is a plane truss element with pin connections.
- 3) Interaction model is a Goodman's joint element considering a deformation dependancy of pull-out resistance.

From the comparison between the calculated and the observed values for the model experiments carried out by Yasuhara and Hirao, the availability of the proposed technique has been shown.

平成2年10月1日受理

*土木工学科 (Department of Civel Engineering)

**大学院修士課程土木工学専攻 (Graduate Student, Muster course of Civil Eng.)

***西日本工業大学 (Nishinihon Institute of Technology)

****三井石化産資㈱ (Mistui Petrochemical Industrial Products, Co., Ltd.)

*****三井石油化学工業㈱岩国高分子研究所 (Mistui Petrochemical Industries, Co., Ltd.)

1. まえがき

我が国では、昭和40年代の高度成長期に入り大規模臨海工業地帯の開発、高速道路・大規模宅地等の開発が活発になり、埋立地、湿地帯を対象に広大な面積のトラフィカビリティの確保を目的とした表層処理のため、覆土工法として二つの新たな工法が開発された。その一つが、福住らのシート工法¹⁾であり、もう一つが山内らの敷網工法²⁾である。その後、ジオテキスタイルの開発が進み、現在ではジオグリッド(テンサー)を用いた覆土工法も行なわれるようになってきた。

しかし、これらの覆土工法³⁾には、現在のところ、設計法として確立されたものはない。

補強材を用いた覆土工法の設計案は Terzaghi の支持方式⁴⁾に基づくものとケーブル理論⁵⁾、版理論⁶⁾、膜理論⁷⁾など弾性論に基づくものが提案されている。前者は、未知パラメータの見積りに難点があり、後者は、塑性流動を伴う大変形を弾性理論で予測するところに難点がある。一方、有限要素法を用いた解析では、地盤材料として線形または非線形弾性モデル^{8) 9) 10)}を用いており、覆土工法のような超軟弱地盤のモデルとしては極めて不十分である。

本研究では、まず既往の研究を概観し、覆土工法の現時点における合理的な設計法の提案を行う。次いで、補強材としてのジオテキスタイルの効果判定のために、また覆土工法の合理的な設計方法を確立するために、新しい解析方法を提案する。提案する有限要素解析は、地盤、ジオテキスタイルおよびそれらの相互間のインタラクションのモデルとして現時点では最良と思われるモデルを組合せて構成されている。すなわち、地盤材料に弾粘塑性モデルの一つである関口・太田モデル¹¹⁾を用い、ジオテキスタイルには引張り時の変位の非線形性を考慮した平面トラスのピン結合⁹⁾、ジオテキスタイルと地盤材料のインタラクションには引き抜き抵抗の変位依存性を考慮した Goodman らの Joint 要素¹⁰⁾を用い構成されている。提案解析法により、安原・平尾が行った覆土工法模型実験¹⁶⁾の解析を試み、解析値と実測値の比較から、ジオテキスタイルの効果判定のための解析法としての有用性を検討する。

2. 既往の研究の概観

2.1 補強材を用いた覆土工法のメカニズム

設計方法の策定に際して、メカニズムを把握しておくことは重要である。ここでは、西林¹²⁾を参考にして9の支持機構を列挙しておく。

- (a)基礎地盤の残留強度 (q_1)
- (b)補強材の撓みに伴いもたらされるハンモック効果による支持力増 (q_2)
- (c)側方隆起に伴い補強材に作用する揚圧力による支持力増 (q_3)
- (d)盛土沈下、側方隆起に伴う根入れ効果による支持力増 (q_4)
- (e)補強材と土の付着力や摩擦力による支持力増
- (f)補強材自体の抗張力によるすべり抵抗力の増加
- (g)補強材自体の剛性と、盛土および補強材との版状層が持つ剛性
- (h)補強材の端部拘束力による支持力増
- (i)荷重分散層としての盛土厚さによる上載荷重の減衰効果

2.2 覆土工法の既往設計案の概要と問題点

大別すると、テルツァギーの支持方式に基づく方法と、弾性論を援用する方法がある。前者は、支持力メカニズムの基本式⁴⁾にネットのせん断抵抗による支持力増を考慮した山内らの設計案がある。後者には、それぞれケーブル理論、版理論、膜理論に基づく弾性論を援用した設計案が提案されている。

清水ら⁵⁾は、補強材の剛性を無視し、ウインクラモデル地盤上のケーブルとして扱い、沈下曲線式と、荷重強度の関係を地盤係数 C_2 に包括して導いている。

山内・後藤ら⁶⁾は、盛土完成時には、ネットと周囲の土は一体化して剛性を有した版状構造をなしていると考え、両端単純支持の弾性床土の版とみなしたモデルから、たわみ曲線、地盤反力を求めている。

林・渡ら⁷⁾は、ネットを不透水性の弾性膜と仮定し、間隙水圧を含めた力の釣り合い式を誘導している。その際、非排水変形を仮定し、未知パラメーターを減じている。

軟弱地盤基礎の補強材は盛土や基礎の変形に伴い専ら受動的に引張力やせん断力が動因され、その支持力増に寄与することは、先述した支持力機構(b)~(d)が変形を前提にして初めて発揮される支持力増であることから明らかである。しかも、その変形が弾性変形の範囲を大きく越えたはばクリティカルな状態での塑性変形・塑性流動を伴う大変形であるところに、覆土工法の設計基準案の算定を難しいものにしていく。

すなわち、文献(5)(6)(7)は、いずれも、弾性論に基づき変形を見積もっているが、塑性流動・側方隆起を伴う大変形の前測値が弾性論の範囲に納まるものでないことは明白であろう。また一方、文献(4)は、補強材により拘束されたクリティカルな変形そのものを未知パ

ラメーター (r, θ, D_f)として扱っており、問題が解決された訳ではない。

3. 既往の研究を受けての設計法の提案

(1) 工法の適用範囲

設計法が対象とする範囲は、埋立地等の超軟弱地盤で、かつ一次覆土撤き出し先端部分の短期安定問題に限定する。覆土工法では地盤条件、覆土厚さ、補強材料に生じる張力など施工中に変化するため、支持力の算定を困難にしている。このため、現象を単純理想化する必要から適用範囲を一次覆土撤き出し時に限定するものである。さらに、覆土施工の方法にも大きく影響されるが、Fig. 1 (b)渦巻き型、(c)同芯円型では盛土幅が決らないのと支持力式の基本である平面ひずみ条件を満足しないため、提案する設計法では Fig. 1 (a)の格子型覆土法を想定している。

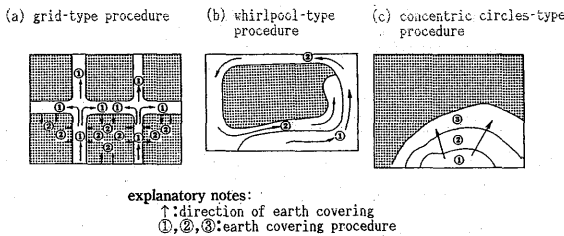


Fig. 1 Type of Earth Covering Procedure

(2) 荷重の考慮

設計荷重は、覆土および施工機械の荷重を考慮する。一次覆土撤き出し時の施工機械の総重量は、Fig. 2のように分散させ施工機械の投影面積に近似的に等分布されると考える。衝撃荷重として $i = 0.2$ を用いる。なお、一次覆土撤き出しが水搬工法あるいはジェットコンベアによる工法の場合、施工機械の重量は考慮しない。

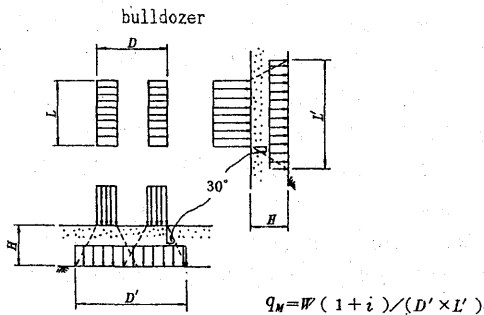


Fig. 2 A Diagram of Loading Dispersion of Execution Machine

(3) 覆土材

覆土材は、良質な砂質土を用いる。通常は、海砂や山砂など細粒分の少ない砂を使用するが、覆土荷重低減のため水滓など重量の軽い覆土材を用いることも考えられる。

(4) 補強材の選択

対象としている地盤が、超軟弱であることを考えると、大きな引張りを有するジオグリッドが有利となる。ただし、施工においてはジオグリッドの張力や摩擦力が十分発揮されるような工法の工夫が必要である。

(5) 設計手順

覆土工法においてジオグリッドを用いる場合、その材料の特徴である高張力を利用するような施工が望ましい。そのため、設計においては、端末拘束できる場合とそうでない場合に分けて未知パラメータを推定できるように配慮している。しかし、端末拘束できる場合、補強材の初期張力の影響やジオグリッドの伸びなどが的確に評価できない。ジオグリッドを用いる補強工法の狙いとして、ジオグリッドと覆土の咬み合わせ効果が考えられるが、現在、この効果の定量的評価法は確立されていない。

(6) 設計法の安定検討

広い面積の超軟弱地盤において施工機械などのトラフィカビリティーの確保を主たる目的としているため、沈下に関しては二次的な問題と捉えている。このことから、覆土の安定性の検討は支持力についてのみ検討する。

(i)本設計法では、既往設計案のうち支持力のメカニズムが明快で技術者にも受け入れやすい支持力の基本式¹³⁾を用いることにする。

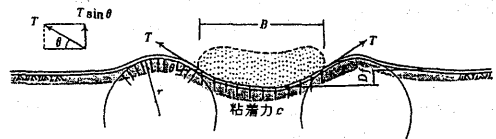


Fig. 3 A Model of Bearing Mechanism

極限支持力

$$q_d = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

$$= c \cdot N_c + \frac{2T \cdot \sin \theta}{B} + \frac{T}{r} + \gamma \cdot D_f$$

許容支持力

$$q_a = (q_1 + q_2 + q_3) / F_s + q_4$$

$$= \frac{1}{F_s} \left\{ c \cdot N_c + T \left(\frac{2 \cdot T \cdot \sin \theta}{B} + \frac{1}{r} \right) + F_s \cdot \gamma \cdot D_f \right\}$$
(1)

ここに、

q_a : 全体の極限支持力

q_1 : 基礎地盤の支持力

q_2 : 補強材張力によるハンモック効果

q_3 : 補強材周辺の押え効果

q_4 : 覆土が沈下したことによる根入効果

γ : 軟弱地盤の単位体積重量

c : 軟弱地盤の粘着力

N_c : テルツァギの支持力係数

F_s : 設計安全率

B : 盛土撤き出し幅

D_f : 盛土のめり込み量

T : 補強材の張力

r : 仮想円の半径

θ : 補強材が水平となす角

ここで、テルツァギの支持力係数 N_c は施工時の地盤強度の低下を考慮して、便宜的に $(2/3) \cdot N_c$ を用いる。

(ii) 一次撤き出し厚の決定は、現在では過去の施工実績によって表の様に撤き出し厚が提案されている (Table 1 参照)。

Table 1 Standard values of Layer Distance, Layer Thickness and Ground Strength with Step Embankment Execution

地盤の状態	第1層	第2層	第3層	第4層以上	層間距離
超軟弱 (表面へドロ状)	砂 20~30cm	砂 30~40cm	50cm	50cm	20m以上
かなり軟弱 (亀甲の存在)	砂 30~40cm	砂または山土 50cm	50cm	50~80cm	15m以上
軟弱 (人間歩行可能)	砂 50cm	50cm	50cm	50~100cm	15m以上

(iii) 支持力の基本式に含まれる未知パラメータの設定 (端部を拘束しない場合)

支持力メカニズムの基本式における未知パラメータ r, θ, D_f, T の現場計測結果 (ジオネット $T=700\text{kgf/m}$ で、端末拘束なし) は、唯一、渡ら (北陸地区)³⁾ によって報告されている。我が国では、超軟弱地盤と呼ばれる埋立地が多くその土質特性が類似していることから数値の類推も可能と判断される。このことから、地盤条件が同様な工事では、 $r=3\text{m}, \theta=20^\circ, D_f/H=0.5$

を設計に用いれば良いと考えられる。

張力 T は材料によって異なることが予想されるので、式(1)を変形した式(2)で換算する。具体的には、許容支持力 q_a の代わりに上載荷重 q を用いて計算する。つまり、現地盤の許容支持力 q_a と上載荷重 q がつりあうために必要な補強材張力 T を求めることになる。

$$T = \frac{F_s \cdot q_a - c \cdot N_c - \gamma \cdot D_f \cdot F_s}{\frac{2 \cdot \sin \theta}{B} + \frac{1}{r}}$$
(2)

$$q = q_B + q_M, \quad q_B = \gamma_B \cdot H$$

ここに、

γ_B : 盛土の単位体積重量

γ : 軟弱地盤の単位体積重量

q_M : 施工機械の荷重

q : 上載荷重

H : 盛土高さ

q_B : 覆土荷重

施工に当っては、この計算張力を上回るジオグリッドを使用すれば良いことになる。

(7) 設計法に関する留意点

- (i) 未知パラメータ (r, θ, D_f, T) の推定を含んでいる。特に、盛土めり込み量 D_f の仮定が問題である。
- (ii) 軟弱地盤の変形が施工法に大きく左右される。
- (iii) 支持力の計算では、軟弱地盤の粘着力が支配的なので原地盤の粘着力の決定には注意を要する。
- (iv) 補強材の引張り強度は考慮されるが、補強材と地盤のせん断抵抗は無視されている。
- (v) 補強材と覆土との咬み合せが、計算式に考慮されていない。

4. ジオテキスタイルの効果判定の為の解析法の提案

4.1 地盤材料のモデル化

既往の有限要素解析による研究をTable 2に示す。注目されるのは、地盤モデルが貧弱であり、線形弾性または非線形弾性 (パラメータ2個、 E と ν) に限られていることである。地盤モデルが弾性材料では、ジオテキスタイルの補強効果を定量的に把握することができないのは明白である。そこで、地盤材料は塑性流動、側方隆起を伴う大変形に十分追従できると考えられる関口・太田の弾粘塑性モデルを採用した。

関口・太田は正規圧密粘土の二次圧縮特性、応力誘導異方性と時間依存性を表現できる弾粘塑性構成式を導いた。

関口・太田モデルの降伏関数は、

Table 2 Past Studies of Finite Element Calculation

文献番号	著者	地盤	インタラクション	ジオテキスタイル
8)	久楽ら (1985)	非線形弾性 (no tension)	Goodman の Joint 要素 (非線形性考慮)	平面トラス要素のピン接合
9)	山岡ら (1986)	非線形弾性 (初期の Duncan モデル)	Ngo のバネ要素 文献 (8) と同様	平面トラスのピン接合 (非線形性考慮)
10)	荻迫ら (1988)	線形弾性	Goodman の Joint 要素 (変形依存型)	平面トラス要素のピン接合

$$f = \frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0} \ln \frac{p}{p_0} + D\eta^* \quad (3)$$

また、粘塑性ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_{ij}^p$ は、

$$\dot{\epsilon}_{ij}^p = \left[\left\{ 1 - \exp\left(-\frac{V^p}{\alpha}\right) \right\} \left(\frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0} \frac{\dot{p}}{p} + D\dot{\eta}^* \right) + \dot{V}_0 \exp\left(\frac{f - V^p}{\alpha}\right) \right] \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} \bigg/ \frac{\partial f}{\partial p} \quad (4)$$

ここに、
 D はダイレイタンス係数、 α は二次圧縮指数、 V_0 は初期体積ひずみ、 $p = \sigma_{ij} / 3$ 、 $q = \sqrt{3/2} (s_{ij} s_{ij})$ 、 $\eta = p/q$ 、 η_{ij}^p 、 $\eta^* = \sqrt{3/2} (\eta_{ij} - \eta_{ij0}) (\eta_{ij} - \eta_{ij0})$

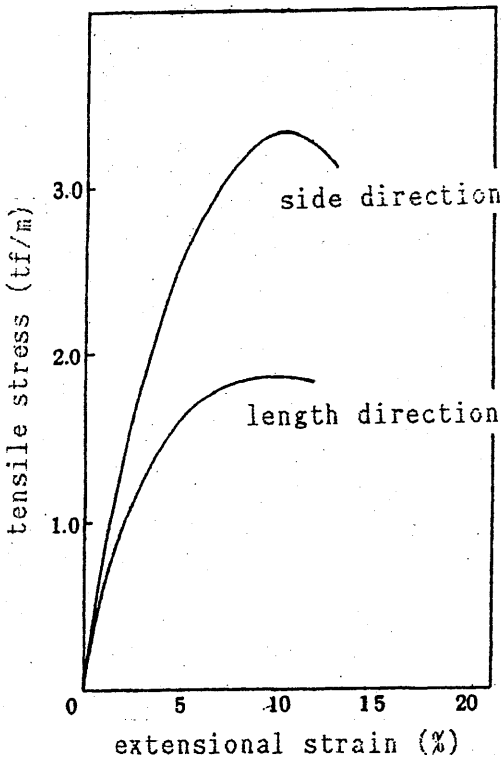


Fig. 4 Stress-Strain Curves of Geotextile

4. 2 ジオテキスタイルのモデル化

ジオテキスタイルは若干の曲げ剛性を有するが、主として抗引張材としての機能に優れているので、軸力のみが作用する平面トラス要素としてモデル化される例が多い。Fig. 4 にジオテキスタイル補強材テンサー SS2 の引張り試験の応力-ひずみ曲線を示す。この非線形性を表現するために山岡⁹⁾ らにならない、この曲線を次式の多項式に置き換える。

$$\sigma = C_1 \epsilon + C_2 \epsilon^2 + C_3 \epsilon^3$$

上式より任意のひずみレベルにおける変形係数 E_i は次式より求められる。

$$E_i = \partial \sigma / \partial \epsilon = C_1 + 2 C_2 \epsilon + 3 C_3 \epsilon^2$$

4. 3 インタラクションのモデル化

ジオテキスタイルは引張り力にのみ抵抗する一次元要素によって表現されるのが一般的であるが、問題はジオテキスタイルと土の境界面のせん断特性を表現する手法にある。このため、ジオテキスタイルと土との間の接触面の力の伝達や剥離、すべりといった不連続面の影響を考慮した解析を進めることが必要である。そこで、Fig. 5 に示すように、ジオテキスタイルと土との間の不連続面を Joint 部に置き換える。

Joint 要素は鉛直剛性 k_n とせん断剛性 k_s の二つの剛性を有し、前者は圧縮力のみ伝達を表現し、後者は

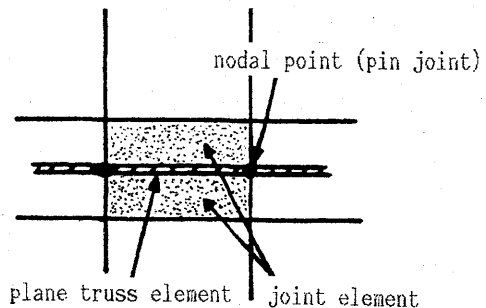


Fig. 5 Finite Element Model

せん断変位に対するすべりを表わす。ジオテキスタイルの引抜き試験においてその引抜き抵抗はグリッドの節点変位にともなって変化する。すなわち、Joint 要素のせん断剛性の決定には引き抜き抵抗の粘着力成分および摩擦成分の発現過程とその範囲を示した Fig. 6 の関係を用いる。Joint 要素の非線形性は、三つの領域区分に対して表わした比較的簡単なせん断剛性 k_s の最大せん断変位 u_{max} 依存性によって表わせる。今回の解析では、Joint 要素は林ら¹⁴⁾ の土におけるジオテキスタイルの引き抜き抵抗機構をモデル化した手法を採用し、せん断剛性を一定とせず、せん断変位に伴って連続的に変化させることによってインタラクションの非線形特性をモデル化する。

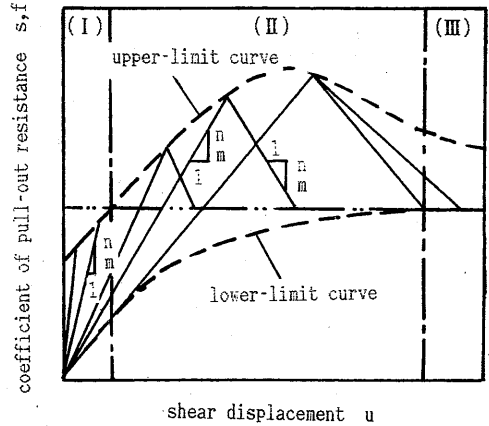


Fig. 6 Determination of Shear Stiffness of Joint Element

Table 3 Input Values of Parameters for Soil and Geotextil

Ground Material Properties		geotextile	
D : coefficient of dilatancy	0.0477	C 1	660
Λ : irreversibility ratio = $1 - \kappa/\lambda$	0.506	C 2	-8800
M : critical state parameter	0.886	C 3	40000
ν' : effective poisson ratio	0.4176		
K_{x0}/γ_w : coefficient of permeability of x direction	$0.354 \times 7.51 \times 10^{-4}$ cm/min		
K_{y0}/γ_w : coefficient of permeability of y direction	$0.354 \times 7.51 \times 10^{-4}$ cm/min		
σ'_{v0} : preconsolidation pressure	0.005 kgf/cm ²		
K_0 : coefficient of earth pressure at rest	0.717		
σ'_{v1} : effective overburden pressure	0.0014 ~ 0.0431 kgf/cm ²		
K'_1 : coefficient of earth pressure at rest in-situ	0.216 ~ 0.630		
α : coefficient of secondary compression	7.51×10^{-3}		
\dot{v}_0 : initial volumetric strain rate	$2.88 \times 10^{-8} \sim 2.59 \times 10^{-5}$		
λ : compression index	0.317		
e_0 : void ratio (at preconsolidation)	2.80		

5. 実験の概要・解析方法及び条件

(1)実験の概要……試料は福岡県京都郡苅田町の苅田港より採取した苅田粘土で、実験土槽は幅2000mm、高さ1000mm、奥行き500mmの鋼枠の前後面に、粘土地盤の挙動を外から観察できるように厚さ25mmのアクリル板を取り付けたものである。荷重載荷装置は、荷重が約0.01kgf/cm²程度の載荷板を何枚か用意し、それを各段階ごとに粘土地盤へ載荷する方法で行なっている。また、苅田粘土の物理的性質は $G_s=2.619$, $W_L=107\%$, $W_p=41\%$, $I_p=66$ である。ジオテキスタイルは引張強度3.05tf/m、摩擦力5.5kgf/50cmの二軸延伸グリッド(SS2)を用いた。

(2)解析方法……太田・飯塚の DACSAR プログラムに上述のジオテキスタイル、インタラクションのモデ

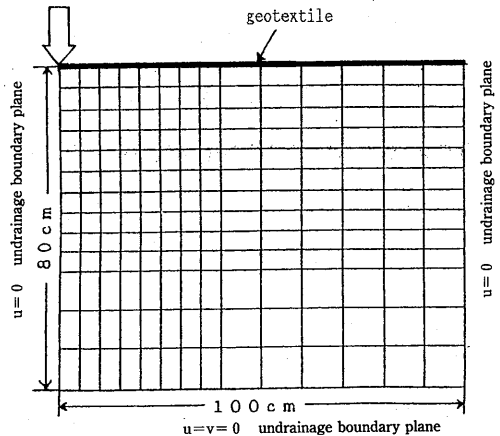


Fig. 7 Finite Element Meshes

ルを組込み行った。

(3)解析条件……解析モデル (Fig. 7 参照) は、苅田粘土模型地盤の右半分を13層、要素数182、節点数210に分割した。

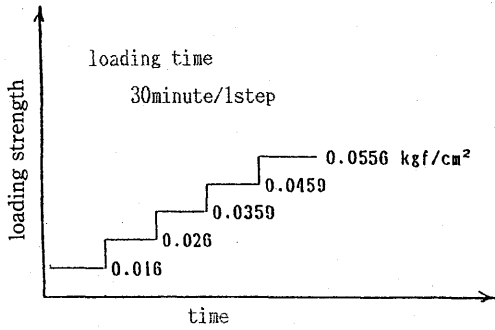


Fig. 8 Loading Procedure

解析に必要なパラメーターの同定は苅田粘土のモデルパラメーター同定に必要な試験を実施していないため、太田・飯塚らが提案した塑性指数 PI のみによる決定法¹⁵⁾を用いた。苅田粘土の本解析に所要のモデルパラメーター値を一括して Table 3 に示す。載荷方法は実験と対応させるために、0.016~0.0556kgf/cm²を5ステップに分け1ステップを30分とし載荷した (Fig. 8を参照)。なお、剛性載荷をシミュレートするため要素荷重を用い、平面ひずみ条件とした。

6. 解析結果と考察

無補強・補強地盤の実験結果の変位図をそれぞれ Fig. 9 (a), (b)に示し、解析結果の変位図をそれぞれ Fig.10(a), (b)に示す。解析結果から、ジオテキスタイルを敷設した効果により地盤の鉛直変位、水平変位ともかなり抑制されているのが分かる。解析値と実測値を比較すると、変形状況はほぼ一致するような傾向を

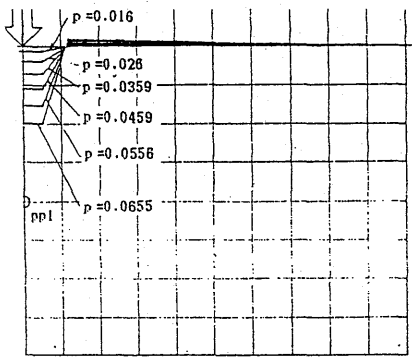


Fig. 9 (a) Observed Deformation (Unreinforced Ground)

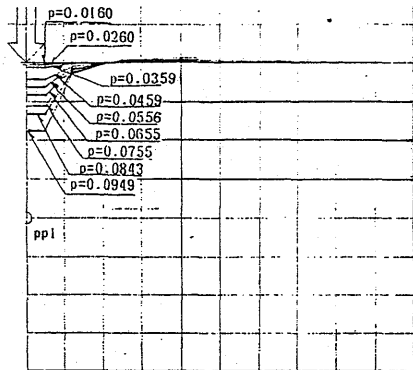


Fig. 9 (b) Observed Deformation (Reinforced Ground)

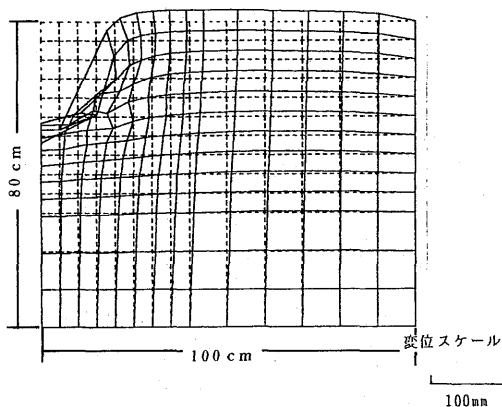


Fig.10(a) Calculated Deformation (Unreinforced Ground)

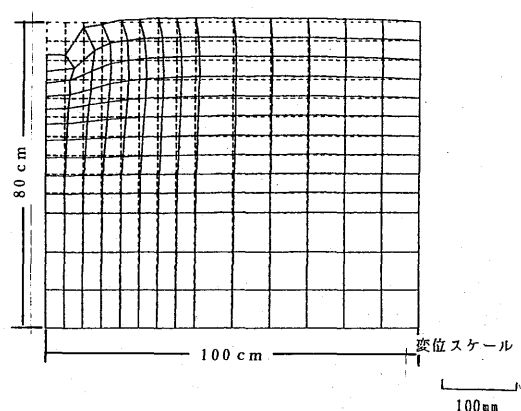


Fig.10(b) Calculated Deformation (Reinforced Ground)

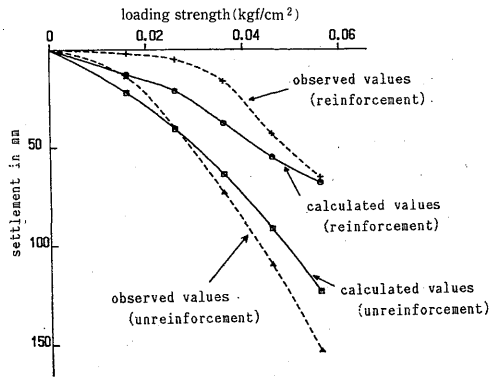


Fig.11 Load-Settlement Curves

示している。従ってジオテキスタイルを敷設した変形挙動を Joint 要素と軸力のみが作用する平面トラス要素とからなる有限要素モデルに置き換えることによって解析することが可能であると考えられる。次に、Fig.11に載荷中心における荷重-沈下量曲線を示す。補強することにより、沈下が抑制されていることがわかる。

また、無補強については多少の差異はあるが、実測値、解析値と対応がとれている。一方補強した場合の実測値、解析値では、最終荷重段階では、よく一致しているが、それまでの載荷過程での差異が著しい。

これについては、Joint 要素のパラメーターの影響が大きいと考えられる。今後、一番影響すると考えられるパラメーター t (Joint 要素の厚さ)、 k_n (鉛直剛性) についてパラメトリックスタディーを行うことにより解決されると思われる。

7. あとがき

現時点では地盤材料、ジオテキスタイル、土とジオテキスタイルのインタラクションのモデルとして最良の1つと考えられるモデルを組合せて、模型実験の解析を試みた。Fig.11にみられる実測値と計算値の差異は、解析に使用するパラメータの同定を標準圧密試験、三軸圧縮試験に基づいて行うことにより、かなり改善されると思われる。織布、不織布、グリッドなどのジオテキスタイルが土との複合材料として用いられる以上は、両者が一体となった場合の試験が必要である。今後、せん断試験用ボックスを利用して、土とジオテキスタイルの摩擦力・粘着力を評価し、複合ジオテキスタイルのインタラクションのモデル化、ジオグリッドの曲げ剛性、ジオテキスタイルの端部拘束条件を考慮したモデルの作成を急ぎたい。

謝 辞

DACSAR プログラムを快く提供いただいた金沢大学太田秀樹教授、種々の示唆を頂いた茨城大学安原一哉教授に深甚の謝意を表する次第である。なお、前半の現時点での覆土工法の設計法の提案は、ジオグリッド研究会（会長：山内豊聡九産大教授）の試験・設計法部会・補強基礎 W. G. (G. L.; 棚橋, G. M.; 平尾) の成果の一部であることを付記するとともに、ジオグリッド研究会のメンバー、並びに補強基礎 W. G. のメンバー大竹勉氏 (S. L. 基礎地盤コンサルタンツ(株) 福岡支社)、田島恒美氏 (日本地研(株))、丸山健吉・原田智嘉両氏 (岡三興業(株) 開発部) に深謝の意を表したい。

引用文献

- 1) 福住・西林 (1966) : ビニロン製織布の土木的利用に関する研究, 大林組技報, No.1, 97-106.
- 2) Yamanouchi, T. (1967) : Structural Effect of Restraint Layer on Subgrade of Low Bearing Capacity in Flexible Pavement, Proc. 2nd Int. Conf. on Structural Design of Asphalt Pavement, Ann Arbor, 381-389.
- 3) Watari, Y., Higuchi, Y., Aboshi, H. (1986) : Field studies of the behavior of geogrids and very soft ground, 3rd International Conference on Geotextiles, 2A/3, Vienna, Austria, 187-191.
- 4) 山内・後藤 (1979) : 敷網工の実用支持力公式の一提案, 九大工学集報, 第52巻, 第3号, 201-207.
- 5) 清水・堀家・篤・西村 (1977) : トリカルネット工法の基本原理と実施例, 熊谷組技術報告, No. 20, 103-115.
- 6) 山内・後藤・案浦 (1979) : 版理論を用いた敷網工の沈下量計算, 九大工学集報, 第52巻, 第4号, 433-440.
- 7) 林・樋口・渡 (1988) : ジオテキスタイルを用いた軟弱地盤上の覆土設計, 五洋建設技術研究所報, Vol. 17, 115-120.
- 8) 久楽・護摩堂・竹内・前田 (1985) : ジオテキスタイルを用いた盛土部の不同沈下対策とその解析法, 土と基礎, Vol. 33, No. 5, 27-32.
- 9) 山岡・西形・坪井 (1986) : ジオテキスタイルによる軟弱路床の補強に関する模型実験と数値解析結果, 土質工学会第30回シンポジウム, 27-32.
- 10) 荻迫・河辺・了戒・町田 (1988) : シオテキスタイルを用いた盛土地盤の変形解析, 清水建設研究報告, 第47号, 17-23.

- 11) Sekiguchi. H and Ohta. H(1977) ; Induced anisotropy and time dependency in clay, consolidated clay, Proc. 9th Int. conf. on SMFE, Specialty Session No 9., 163-175.
- 12) 西林 (1984) : シートによる軟弱地盤表層処理工法, 2章, シート工法の原理, 鹿島出版会, 49-55.
- 13) 土質工学会編: 補強土工法 (1986).
- 14) 林・山内・落合・孫 (1985) : 土中におけるポリマーグリッドの引き抜き抵抗機構, 土と基礎, Vol. 33, No. 5, 21-26.
- 15) 太田・飯塚ら (1987) : 変形解析用土性パラメータの検討, 第22回土質工学研究発表会, 1043-1046.
- 16) 安原・平尾 (1990) : ジオテキスタイルによる埋立て地盤の支持力改良に関する実験, (未発表).