

土 木 研 究 所 資 料

CHEN and CHAMEAU法による地すべり斜面の
三次元安定解析法

昭和61年 1 月

建設省土木研究所
砂防部 地すべり研究室

Copyright © 1986 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。

CHEN and CHAMEAU法による地すべり斜面の 三次元安定解析法

要旨

地すべり斜面の安定解析に関しては、かねてから三次元解析の開発が進められて来た。ここでは、内部応力を考慮できる Chen & Chameau法による三次元斜面安定解析プログラム LIEQMEを開発し、それによる斜面安定解析手法を述べた。

しかしながら、このプログラムは左右対称土塊で円弧すべり面のものにのみ適用し得る段階のものであり、今後その一般・拡張化が望まれる。

事例解析によれば、LIEQMEは従来のもより安全側の安全率を与える傾向があり、FEMとは極めて近い値を与える。しかし、物性値等には十分な検討がなされねばならない。

キーワード：地すべり、斜面、斜面安定、安定解析、安全率、数値解析。

ま え が き

地すべり斜面の安定解析はこれまで主として二次元断面を用いて行われて来たが、現実の地すべり斜面は人工構造物のように簡単ではなく、とても二次元的に捕らえきれものではない。フィルダムや堤防などの人工構造物においては、主な断面の二次元安定解析を実行し、それにより設計がなされることは妥当な面がある一方、地すべり斜面のような自然斜面は非常に複雑かつ地すべりの発生形態も三次元的である。従って、このような地すべり斜面の安定計算を実施するにあたっては、二次元解析が与える安全率と異なった安全率を、実際の斜面は有する可能性がある。故に、土質強度等の適正な把握のみならず、安定解析法の三次元への拡張も望まれている所である。近年、三次元解析として用いられている方法はH. J. Hovland¹⁾によるHovland法すなわち三次元簡便法のみと思われ、分割要素間の内部応力を考慮したJambu法のような高精度の安定解析法は存在しなかった。しかし、1982年にR. H. ChenとF. L. Chameau²⁾が発表した三次元安定解析法は左右対称斜面のみに適用できるものとは言え、三次元的な内力と外力の釣合方程式にのっとりた妥当性の高いものである。当研究室では、このChen & Chameau法による三次元極限安定解析プログラムを開発したので、その理論とプログラムの概要ならびに使用例について述べるとともに、プログラムリストおよび使用マニュアルについても列記した。

現在でも電算機ハードおよびソフトの長足な進歩と相まって、三次元斜面安定解析手法としては、Leshchinsky-Baker-Silver法³⁾や鶴飼-細堀⁴⁾法等の変分原理を用いた最小安全率限界すべり面解析が登上している。しかし、これらは、まだ緒についたばかりでもあり、すべて左右対称問題のみを取り扱っている。従って、ここで述べるChen & Chameau法は、決して古くはなく、現在とり得る安定解析法としては、最も有力な手法のひとつと考えられる。

なお、プログラム開発に当たって御尽力いただいた中央開発㈱の諸氏ならびに、種々の相談にのっていただいた土木研究所新潟試験場、吉松弘行所長に厚く感謝いたします。

昭和61年1月

地すべり研究室長 中 村 浩 之
研究員 久保田 哲 也

目 次

1. Chen & Chameau 法の理論と数値解析	1
1.1 概 要	1
1.2 三次元極限平衡理論.....	1
1.2.1 解析上の仮定	1
1.2.2 三次元極限平衡式	4
1.3 数値解析法	7
1.3.1 非線型連立方程式の割線法	7
1.3.2 Chen & Chameau による解析結果	8
2. Chen & Chameau 法による斜面安定解析プログラム	13
2.1 プログラムの解析機能, 適用限界等	13
2.2 計算の流れとプログラムの構成	13
2.3 安定解析例と他の手段との比較	19
2.3.1 安定解析例	19
2.3.2 二次元解析との比較	21
2.3.3 Hovland 法との比較	25
3 結 論	31
4. あとがき	32
巻末付録	35
I. プログラム LIEQME の使用マニュアル	37
II. プログラム仕様書	52
III. プログラムリスト	71

1. Chen & Chameau 法の理論と数値解析

1.1 概 要

斜面の安定解析を行う場合、通常極限平衡法が用いられるが、これは、すべりを既知の面に沿って考え、安全率 F_s は抵抗力と稼働可能な滑動力を比較することにより得られるとするものである。この方法は、何十年にもわたって使用されて来たものであり、地すべり土塊のせん断力に影響するすべての主要因を考慮し、ほとんどの現場技術者にとって信頼し得るものと考えられている。このような極限平衡法に基づく安定解析のほとんどは二次元であり、平面的な応力条件を仮定している。これらの方法のうちでスライス法は、複雑な地形や種々の土質・地下水条件を扱えるという理由でもっとも普通に用いられている。現在十数種以上にも及ぶスライス法がある一方で、三次元を扱えるものは極めて少ない。また、現在ある三次元解析としては、スライス間もしくは要素間の内部応力を考慮しないホフランド法¹⁾が主なものである。ここで述べる Chen & Chameau 法は、左右対称と言った限られた条件ではあるものの、内部応力を考慮した本格的な三次元解析としては初めてのものである。

1.2 三次元極限平衡理論

地すべり面上の滑動塊を数個の鉛直柱に分割し、これら要素柱の X-Y 平面および、Y-Z 平面そして要素柱底面に働く垂直力、せん断力を考慮して、いわゆる極限平衡理論により全体の安全率を求める三次元解析法をここでは取り扱う (図1.1)。

1.2.1 解析上の仮定

内部応力を考慮した三次元解析を行うに際して使用する変数は通常、極限平衡状態における釣合の方程式より多く存在し不静定である。これを静定する為には種々の仮定が必要である。例えば、簡便分割法では、内部応力 (スライス間力) の合力はスライス底面と

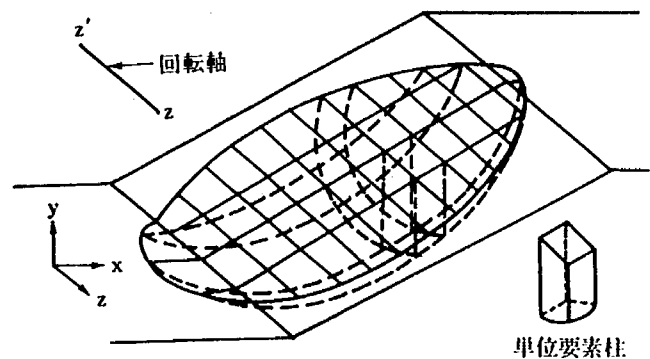


図1.1 三次元 地すべり土塊

平行であって鉛直力の釣合方程式に関与しないと仮定するなどして問題の静定化を図っている。Chen & Chameau らは、静定化の第一の仮定として滑動塊は対称であるとした。更に第二の仮定として移動方向は、X-Y 方向のみであり Z 方向の移動はないとした。(図1.1) 従って、地すべりの Y-Z 方向に働く水平せん断力はゼロであると仮定することになる。

図1.1中の地すべり要素柱単体を抜き出したのが図1.2のフリーボディ・ダイアグラムである。この図中で、上記の仮定より Y-Z 方向に働く水平せん断力は Y-Z 側面の $P_{i,j}$ と $P_{i-1,j}$ ならびに底面に働く $Z_{bi,j}$ であるから、

$$P_{ij} = P_{i-1,j} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Z_{bi,j}=0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、要素柱の幅と長さは、地すべり土塊全体に比べて極めて小さいと考えられるので、各側面（X-Y面、Y-Z面）上の全側力力は各面の中央に働くと考えても良い。故に、次の様な作用点を考えることになる。図1.2上で、

$$b_{1j}=b_{3j}=b/2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$b_{2i}=b_{4i}=\ell/2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

要素柱側面（X-Y平面上）に働くせん断力 R_{ij} および $R_{i,j-1}$ は要素柱底面に平行であり、稼働せん断力の粘着力成分（ R_c/F ）は底面より要素柱中央部の高さ h に対して $h/2$ に作用し（図1.3）、非粘着項（ R_ϕ/F ）は底面より $h/3$ に作用すると考える。

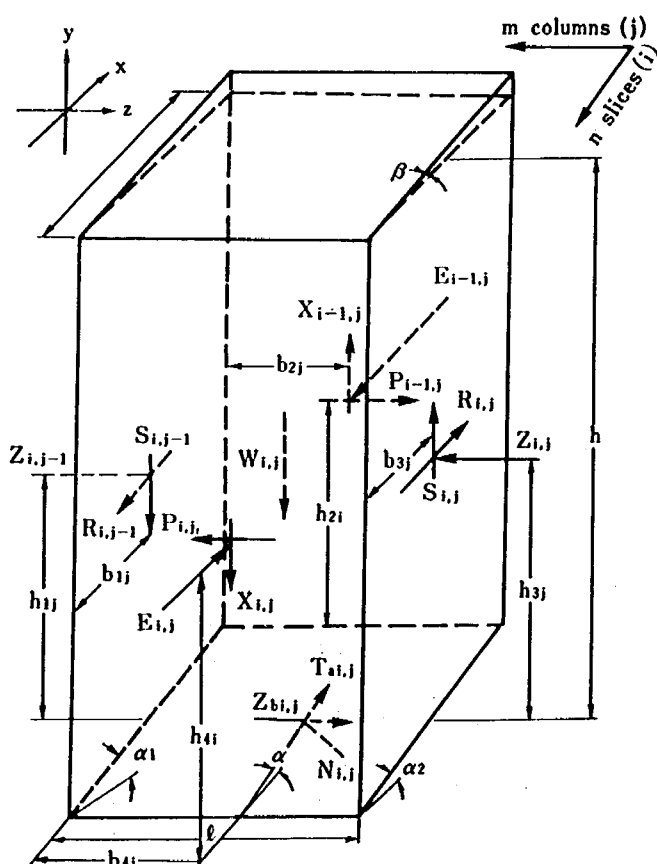


図1.2 要素柱のフリーボディ・ダイアグラム

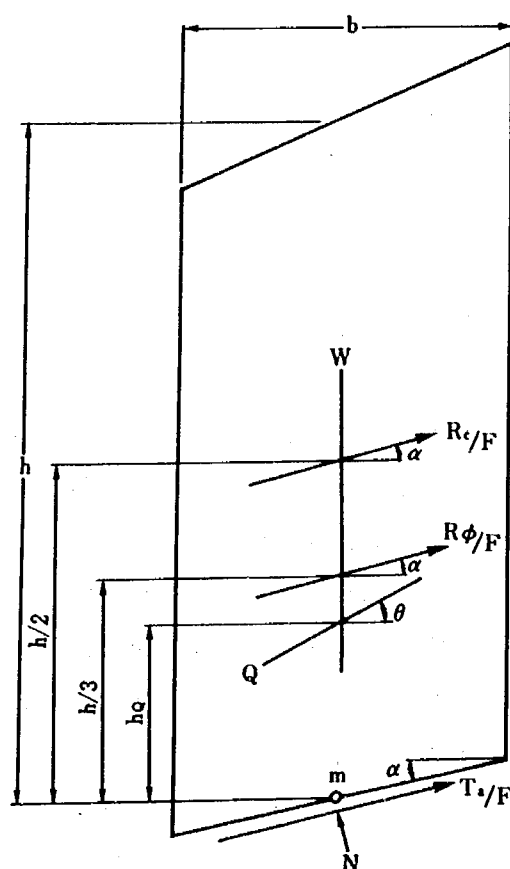


図1.3 要素柱の作用力説明図

ここで、稼働せん断力とは、実際に要素柱に作用しているせん断力のこと、次式で表現できる。

$$T_i = \frac{R_i}{F} = \frac{1}{F} (R_{ci} + R_{\phi i}) \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中、 F は安全率、 T_i は稼働せん断力（添字は i 番目の要素柱の意味）、 R_i は抵抗力（せん断強度）、 R_{ci} は R_i の粘着力成分、 $R_{\phi i}$ は R_i の非粘着力成分。上記においては、 R_ϕ/F は、要素柱深さ方向へ直線分布を成すと考えている。

次に、Chenの研究結果によれば、安全率 F_s は要素柱間せん断力の Z 方向への分布にはあまり

影響されないとされており、ここでも簡単にする為に線型分布を仮定する。すなわち、せん断力は、Z方向に関し、外縁部で最大となり中央部（X軸）へ向かうにつれて直線的に減少して地すべり中央断面でゼロとなる。つまり、中央断面では要素の相対運動はないと考える。外縁部のせん断力 R_{ext} , S_{ext} は

$$R_{ext} = \left\{ \frac{1}{2} K_0 \gamma h^2 \cdot b \cdot \tan \phi + C \cdot b \cdot h \right\} \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (6)$$

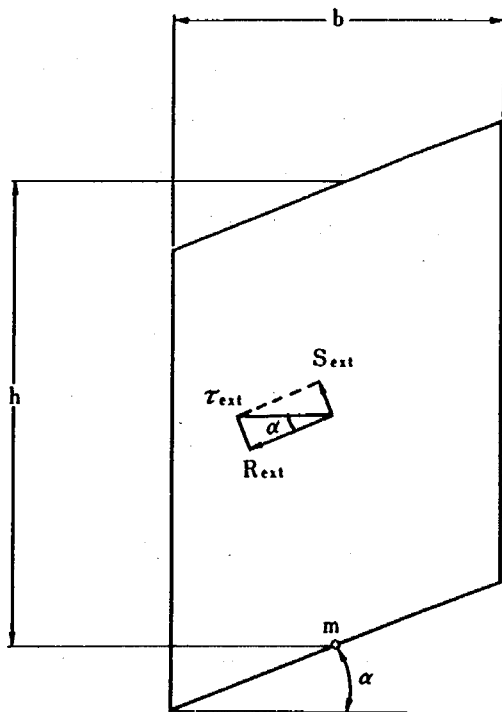
$$S_{ext} = R_{ext} \cdot \tan \alpha \quad \dots\dots\dots (7)$$

となる（図1.4参照）。(6)式の第一項は側面外縁部に加わる全非粘着力を表わし、第二項はその粘着力を表わす。この式は安息条件として用いられるものである。ここで、 K_0 は土圧係数、 γ は土の単位体積重量、 h は要素柱高さ、 b は要素柱の幅、 ϕ は土の内部摩擦角、 C は土の粘着抵抗、そして α は、すべり面の水平となす角である。

また、X方向に働くスラスト力等の内部力の合力 Q は全地すべり土塊を通じて一定の勾配をもって作用すると考える。つまり、

$$\tan \theta = X_{ij} / E_{ij} = X_{i-1,j} / E_{i-1,j} \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここで θ は内部応力の合力 Q と水平のなす角、 E_{ij} と $E_{i-1,j}$ は i と $i-1$ 番目のY-Z面に働くスラ



$$\tau_{ext} = \frac{1}{2} K_0 \gamma h^2 \cdot b \cdot \tan \phi + c \cdot b \cdot h$$

図1.4 地すべり土塊外縁せん断力

理しておく。

仮定1 滑動塊は対称である。

仮定2 滑動方向はX-Y方向に限定。

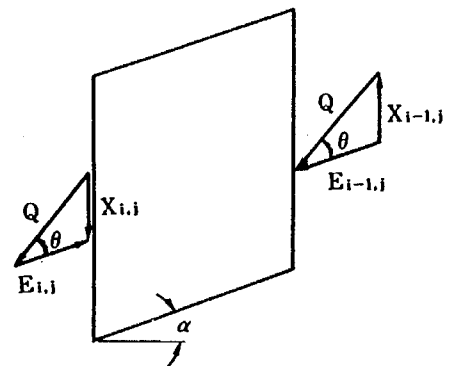


図1.5 内部応力合力 Q と θ の説明図

スト力（水平力）、 X_{ij} と $X_{i-1,j}$ は i と $i-1$ 番のY-Z面に作用する鉛直せん断力である。（図1.3, 図1.5参照）

以上のような仮定の結果、残りの未知数は、Y-Z面に働くスラスト力 E と要素柱底面に作用する垂直力 N そして安全率 F ならびに Q の勾配 θ である。

次に、安全率 F を得る為の釣合い方程式とその解法を述べるが、前述した種々の仮定をここで整

仮定3 要素柱側方力は各面の中央に作用する。

仮定4 せん断力 R_{ij}, R_{ij-1} は要素柱底面に平行に作用する。

仮定5 稼働せん断力の粘着力成分は底面より $h/2$ に、非粘着力は $h/3$ に作用する。

仮定6 要素柱間せん断力の Z 方向への分布は線型であり、中央部でゼロとなる。

仮定7 X 方向に作用する内部力の合力 Q は全土塊を通じて一定勾配を持つ。

これらの仮定中で最も重要かつ大きな仮定は仮定1ならびに仮定2そして仮定7である。この7つの仮定によって問題は静定化されている。

1.2.2 三次元極限平衡式

図1.6に前節の諸仮定後の要素柱フリーボディダイアグラムを示す。図中で柱の下と上で土質が異なる場合も想定して二つの部分に分けている。図中の記号の添字 $C, \phi, E, F, 1, 2$ はそれぞれ、粘性、摩擦、盛土、基礎、側面1と2を表わしている。盛土と基礎で異なる材料を取り扱い可能であり、その時の盛土高さを h_E 、基礎地盤中のすべり面深さを h_F で表わす。要素柱の力の多角形は図1.7のようになり、その時の $X-Y$ 平面上の力の釣合は次式となる。

底面方向に対して、

$$N' \tan \phi'_m + (C'/F) A_b - Q \cos(\alpha - \theta) - W \sin \alpha + R_2 \cos(\alpha_2 - \alpha) - R_1 \cos(\alpha - \alpha_1) = 0 \quad (9)$$

鉛直方向に対して

$$N' + u A_b + Q \sin(\alpha - \theta) - W \cos \alpha + R_2 \sin(\alpha_2 - \alpha) + R_1 \sin(\alpha - \alpha_1) = 0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

ここで、 C' は底面における有効粘着抵抗力、 A_b は底面積、 N' は底面の有効垂直力、 u は底面に作用する間隙水圧、 W は要素柱自重、 Q は内部力 X と E の合力、 R_1 と R_2 はそれぞれ側面1と2に作用するせん断力、 ϕ'_m は稼働有効摩擦角、 α と α_1 と α_2 はそれぞれ中央断面での $X-Y$ 平面上の底面の傾きと側面1と2における底面の傾きである。また、 θ は合力 Q の傾きとし、 F は安全率としている。

有効垂直力 N' は方程式(10式より得られ、これを(9式に代入して移項すれば(11式を得る。

$$Q = \{[(C'/F) A_b - u A_b \tan \phi'_m + W \cos \alpha \cdot (\tan \phi'_m - \tan \alpha) + R_2 \cos(\alpha_2 - \alpha) \cdot \{1 - \tan \phi'_m \cdot \tan(\alpha_2 - \alpha)\} - R_1 \cos(\alpha - \alpha_1) \cdot \{1 + \tan \phi'_m \cdot \tan(\alpha - \alpha_1)\}] / [\cos(\alpha - \theta) \cdot \{1 + \tan \phi'_m \cdot \tan(\alpha - \theta)\}] \} \quad \dots\dots\dots (11)$$

もし、地すべり土塊の合力が平衡状態にあるならば、各断面の要素間力の和はゼロでなければならない。つまり、

$$\sum Q \cos \theta = 0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\sum Q \sin \theta = 0 \quad \dots\dots\dots (13)$$

θ が一定だとする仮定（前節の仮定7）に基づけば、(12式と(13式は統一的に次式で表わされる。

$$\sum Q = 0 \quad \dots\dots\dots (14)$$

次に全力学系はモーメントに関しても釣合うことになるので、0点まわりの内力モーメントの和もゼロでなければならない（図1.8）。故に、

$$\sum Q \cos(\theta - \alpha)(r - h_Q \cos \alpha) = 0 \quad \dots\dots\dots (15)$$

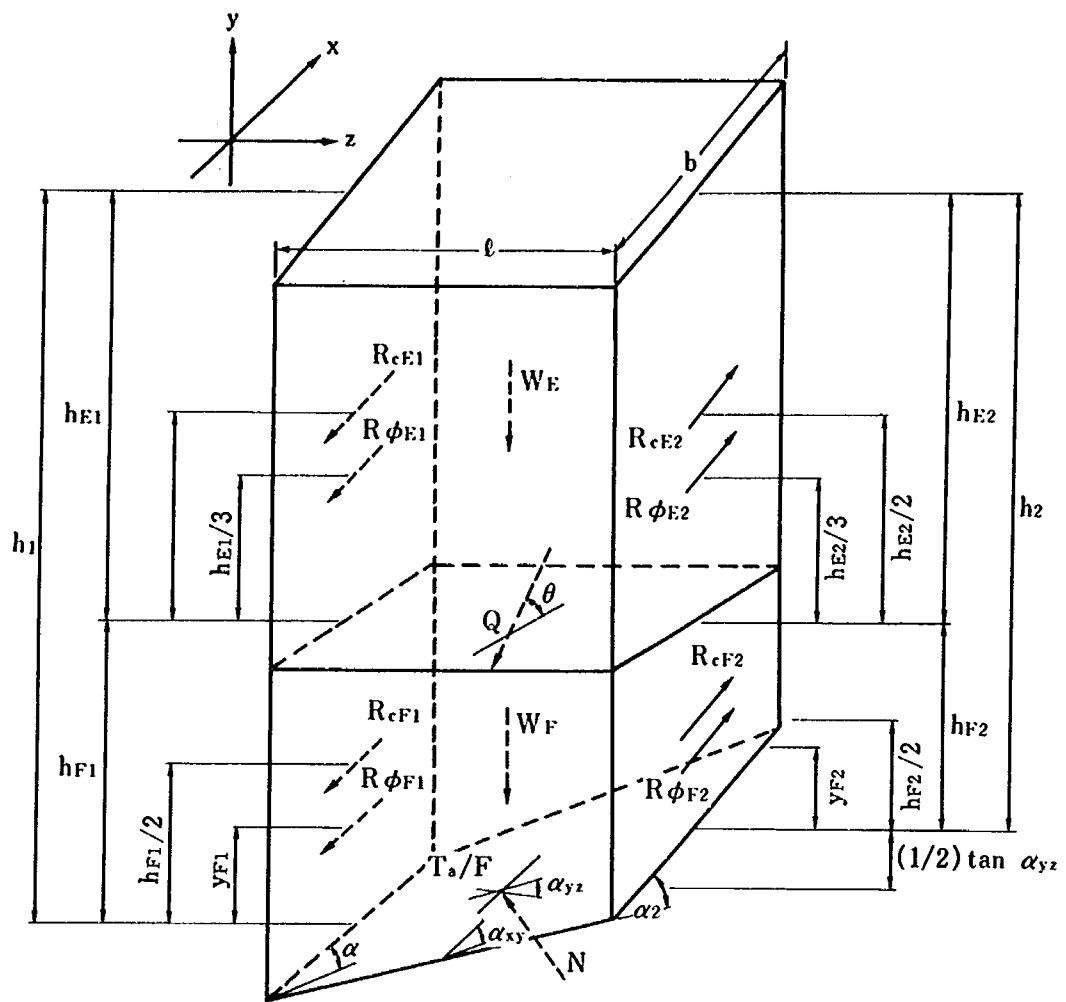


図1. 6 諸仮定後のフリーボディ・ダイアグラム

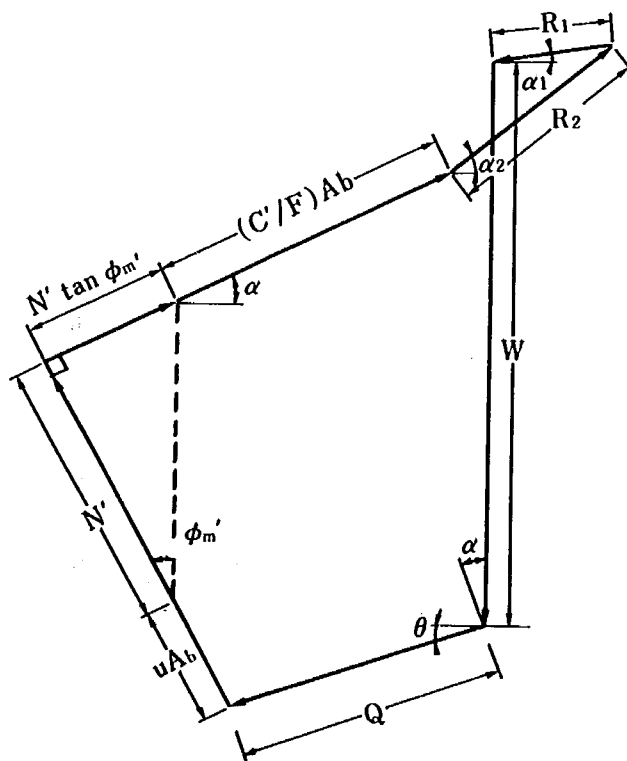


図1. 7 要素柱の力の多角形

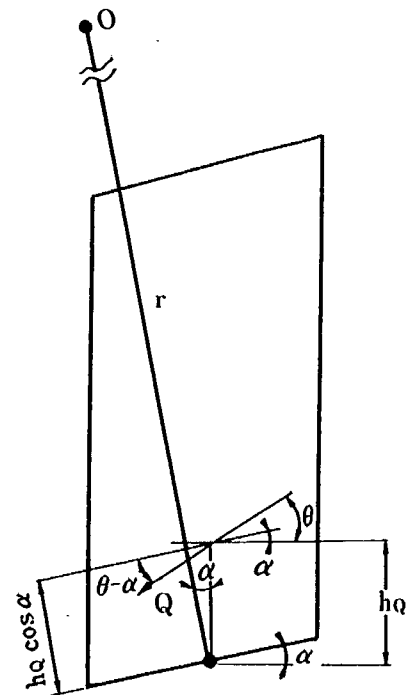


図1. 8 内力モーメント図

あるいは,

$$\Sigma \{Q_{rcos}(\theta - \alpha) - Q_{hqcos} \alpha \cos(\theta - \alpha)\} = 0 \quad \dots\dots\dots (16)$$

ここで、 $Q \cdot h_q$ の値は、要素柱底面中央におけるすべてのモーメントを足し合わせることに
よって得られる。すなわち、図1. 6を参照にして、

$$\begin{aligned} & Q \cdot h_q \cos \theta + \cos \alpha_1 \\ & \times \left\{ R_{CE1} \left(h_{F1} + \frac{h_{E1}}{2} - \frac{\ell}{2} \tan \alpha_{y1} \right) \right. \\ & + R_{CF1} \left(-\frac{h_{F1}}{2} - \frac{\ell}{2} \tan \alpha_{y1} \right) \\ & + R_{\phi E1} \left(h_{F1} + \frac{h_{E1}}{3} - \frac{\ell}{2} \tan \alpha_{y1} \right) \\ & + R_{\phi F1} \left(y_{F1} - \frac{\ell}{2} \tan \alpha_{y1} \right) \left. \right\} - \cos \alpha_2 \\ & \times \left\{ R_{CE2} \left(h_{F2} + \frac{h_{E2}}{2} + \frac{\ell}{2} \tan \alpha_{y2} \right) \right. \\ & + R_{CF2} \left(-\frac{h_{F2}}{2} + \frac{\ell}{2} \tan \alpha_{y2} \right) \\ & + R_{\phi E2} \left(h_{F2} + \frac{h_{E2}}{3} + \frac{\ell}{2} \tan \alpha_{y2} \right) \\ & + R_{\phi F2} \left(y_{F2} + \frac{\ell}{2} \tan \alpha_{y2} \right) \left. \right\} = 0 \quad \dots\dots\dots (17) \end{aligned}$$

これを整理して、

$$\begin{aligned} Qh_q = & \left[\cos \alpha_2 \left\{ 3R_{CE2}(2h_{F2} + h_{E2} + \ell \cdot \tan \alpha_{y2}) \right. \right. \\ & + 3R_{CF2}(h_{F2} + \ell \tan \alpha_{y2}) \\ & + R_{\phi E2}(6h_{F2} + 2h_{E2} + 3 \ell \cdot \tan \alpha_{y2}) \\ & + 3R_{\phi F2}(2y_{F2} + \ell \cdot \tan \alpha_{y2}) \left. \right\} \\ & - \cos \alpha_1 \left\{ 3R_{CE1}(2h_{F1} + h_{E1} - \ell \cdot \tan \alpha_{y1}) \right. \\ & + 3R_{CF1}(h_{F1} - \ell \cdot \tan \alpha_{y1}) \\ & + R_{\phi E1}(6h_{F1} + 2h_{E1} - 3 \cdot \ell \cdot \tan \alpha_{y1}) \\ & + 3R_{\phi F1}(2y_{F1} - \ell \cdot \tan \alpha_{y1}) \left. \right\} \left. \right] / 6 \cos \theta \quad \dots\dots\dots (18) \end{aligned}$$

ここに、

$$R_{CE} = C_E \cdot h_E \cdot b / F \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$R_{CF} = C_F \cdot h_F \cdot b / F \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$R_{\phi E} = \frac{1}{2} K_0 \gamma' h_E^2 \tan \phi_E \cdot b / F \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$R_{\phi F} = K_0 (\gamma'_E h_E + 0.5 \gamma'_F h_F) \cdot h_F \cdot \tan \phi_F \cdot b / F \quad \dots\dots\dots (22)$$

要素柱の基礎部に作用する水平力の作用点は

y_F は、

$$y_F = \frac{\frac{1}{2} \gamma_E' \cdot h_E \cdot h_F + \frac{1}{6} \gamma_E' h_F^2}{\gamma_E' h_E + \frac{1}{2} \gamma_F' \cdot h_F} \dots\dots\dots (23)$$

連立方程式の(14), (16)式中で未知な変数は, 内力(要素柱間力)の傾き θ と安全率 F である。従って, 問題は静定されており, 以下に述べる非線型方程式の差分解法 (Wolfe, 1959⁵⁾) を用いて解くことにする。

1.3 数値解析法

1.3.1 非線型連立方程式の割線法

非線型(もちろん線型でも良いが,) 連立方程式の解法は, P. Wolfe⁵⁾の手法によって次のように与えられる。これは, 1変数の1価関数に対する割線法を一般化して得られる。

1) 初期値の設定

n 個の非線型連立方程式(24)式を解くに際して, $n+1$ 個の試行解 $x^1, x^2, \dots, x^{n+1}$ が手近にあるという仮定の下に以下で述べる反復計算が実行される。

$$f_i(x) = 0 \quad i = 1, \dots, n. \quad \dots\dots\dots (24)$$

ここで, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in E_n$ (E_n は変数 x の定義域) であり, かつ, f_i は x に関して2階微分可能で x について計算可能な関数である。

(14), (16) についての試行解について述べると, 方程式数 $2+1=3$ 個の試行解 $(\theta_1, F_1; \theta_2, F_2; \theta_3, F_3)$ を与えて反復計算を行うことになる。

2) 反復計算

まず, 1) で述べた, θ_i, F_i ($i=1 \dots 3$) を(14)式と(16)式に代入して次の3行3列の行列を作る。

$$[A] = \begin{bmatrix} f_1(\theta_1, F_1) & f_1(\theta_2, F_2) & f_1(\theta_3, F_3) \\ f_2(\theta_1, F_1) & f_2(\theta_2, F_2) & f_2(\theta_3, F_3) \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (25)$$

次に

$$\sum_{j=1}^{n+1} \pi_j f_i(x^j) = 0 \quad \text{for } i=1, \dots, n \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$\sum_{j=1}^{n+1} \pi_j = 1 \quad \dots\dots\dots (27)$$

をまとめて行列表示して,

$$\{\pi\} = [A]^{-1} [0,0,1]^T \quad \dots\dots\dots (28)$$

$[]^{-1}$ は逆行列, $[]^T$ は転置行列を表わす。従って, π は A^{-1} の右側の列ベクトルとなる。

さらに,

$$\bar{x} = \sum_{j=1}^{n+1} \pi_j x^j \dots\dots\dots (29)$$

より, ここでの未知変数 θ と F に関して,

$$\bar{\theta} = \sum_{j=1}^3 \pi_j \theta_j \dots\dots\dots (30)$$

$$\bar{F} = \sum_{j=1}^3 \pi_j F_j \dots\dots\dots (31)$$

すなわち,

$$\{\bar{x}\} = [\bar{\theta}, \bar{F}]^T \dots\dots\dots (32)$$

この, $\bar{\theta}$ および $\bar{F}$ は, 次に計算するノルムが微小であれば, 方程式(30), (31)式の解となり, 微小でなければ次の試行解として用いられる。

次に上述しノルム (norm) とは, 有界な関数より成る関数加法群中の要素 f の絶対値の上端を表わし, ここでは試行解選択の指標である残差となる。ノルムは次式で表現される。

$$\|x\| = \sum_{i=1}^n |f_i(x)|^2 \dots\dots\dots (33)$$

ここでは,

$$\|\bar{x}\| = \sum_{j=1}^2 |f_j(\bar{\theta}, \bar{F})|^2 \dots\dots\dots (34)$$

を得る。

反復計算は, (34)式で求めたノルム $\|x\|$ が許容誤差 ε 以下であれば終了する。また $\|x\|$ が ε 以上であれば, (25)式の行列 $[A]$ を組みかえて(28)式の計算以下を繰り返す。当研究室で開発したプログラムにおいては, $\varepsilon = 1 \times 10^{-4}$ を使用している。

1.3.2 Chen & Chameau による解析結果

Chen & Chameau は, 彼らの三次元安定解析手法の特性を知る為に代表的なモデルを使って, 間隙水圧やすべり面形状の差異による安全率の変化ならびに計算結果の二次元安定解析結果や三次元有限要素解析 (FEM) との比較を行った。この節では, これらの結果をとりまとめた。

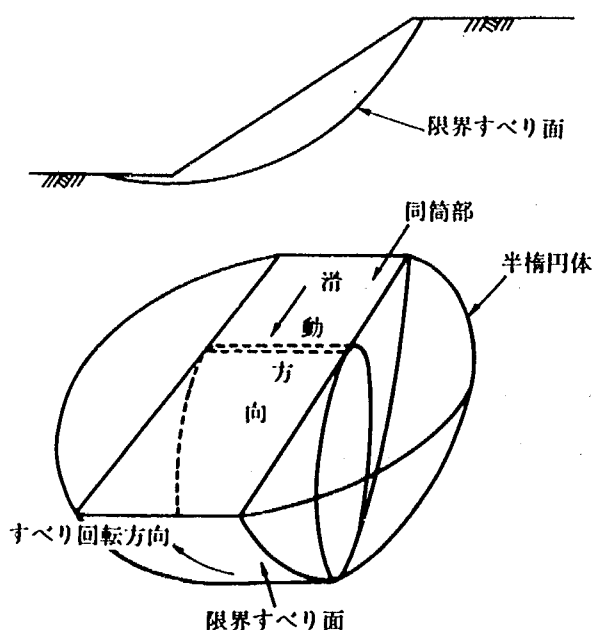


図1. 9 Chen & Chameau による計算モデル図

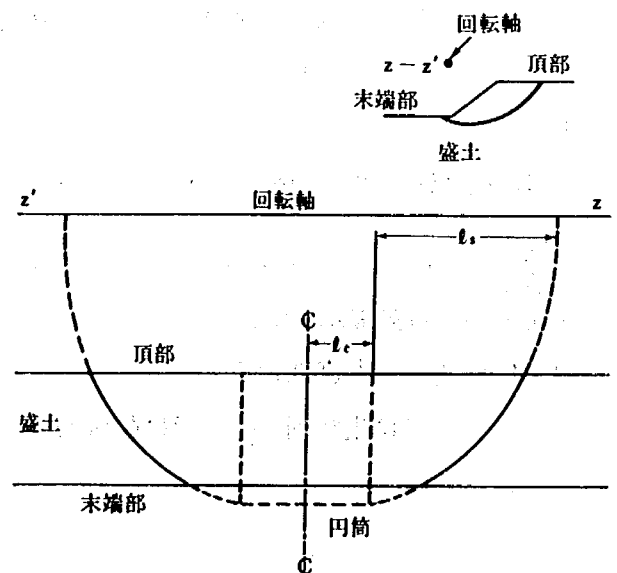


図1. 10 計算モデルのすべり面正面図

Chen & Chameauは土質を均一とし、すべり面は端部で二つの半楕円体に接続する円筒から成っているモデルを考えた。(図1.9, 図1.10参照) 中央の円筒の縦断円弧は二次元安定計算により決定された二次元平衡円弧である。この円筒は高さ(幅) $2\ell_c$ で、それに接続する半楕円の短軸の長さは ℓ_s である。この楕円体に対する方程式は次の様に与えられる。

$$\frac{(x-x_0)^2}{a^2} + \frac{(y-y_0)^2}{b^2} + \frac{(z-\ell_c)^2}{\ell_s^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (35)$$

ここで、 (x_0, y_0) は地すべり末端の座標、 a と b は、それぞれ x 方向と y 方向の軸長である。

従って、 a は地すべり長さ、 b は地すべり深さとなる。

土質強度については、次の5ケースを行っている。すなわち、

- ① $C' = 0 \quad \phi' = 40^\circ$
- ② $C' = 7.2 \text{ kPa } (0.73 \text{ t/m}^2) = 0.073 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi' = 30^\circ$
- ③ $C' = 14.4 \text{ kPa } (1.52 \text{ t/m}^2), \phi' = 25^\circ$
- ④ $C' = 21.6 \text{ kPa } (2.20 \text{ t/m}^2), \phi' = 20^\circ$
- ⑤ $C' = 28.7 \text{ kPa } (2.93 \text{ t/m}^2), \phi' = 15^\circ$

また、間隙水圧のない場合と存在する場合も次で定義される間隙水圧係数 r_u を用いて、 $r_u = 0$ と $r_u = 0.5$ として比較検討している。

$$r_u = u / \gamma h \quad \dots\dots\dots (36)$$

ここで、 u は要素柱底面(すべり面)での平均間隙水圧で、 γ は土の単位重量そして h は要素柱の平均高さである。

1) 間隙水圧係数 $r_u = 0$ (間隙水圧なしの場合。)

二次元安定解析より求めた三次元すべり面中央円筒部の限界すべり円弧は C' が小さく ϕ' が大きい場合は浅くなって斜面の法尻を通過しようとする傾向があり、 C' が大で ϕ' が小さい場合は深くなり法尻を越えて伸びる傾向がある。このような中央円筒部の縦断すべり面形状特性の下で計算された三次元極限平衡解析結果と Spencer 法による二次元安定解析結果を比較する。その為にはまず $\ell_c/H = 0.5, 1, 2, 4$ ならびに $\ell_s/H = 0.5, 1, 2, 4$ を組み合わせて解析が実行された。ここで、 H は滑動の回転軸部におけるすべり面深さである。図1.11には三次元解析による安全率 F_3 と二次元解析によるもの F_2 との比 F_3/F_2 を、 ℓ_s/H と ℓ_c/H ならびに土質強度をパラメータとして示してある。また、同様な結果を斜面勾配を変えたモデルについて得たのでそれらを図1.12に示してある。

これらの両図より以下の結論が得られている。

- ①すべり面の幅が広くなると、すなわち ℓ_s/H が大となると、側壁の影響は小さくなって、 F_3/F_2 は小さくなる。
- ② ℓ_c/H が増せば、二次元の場合に近づき、 F_3/F_2 は一定値に漸近する。($F_3/F_2 = 1$ は平

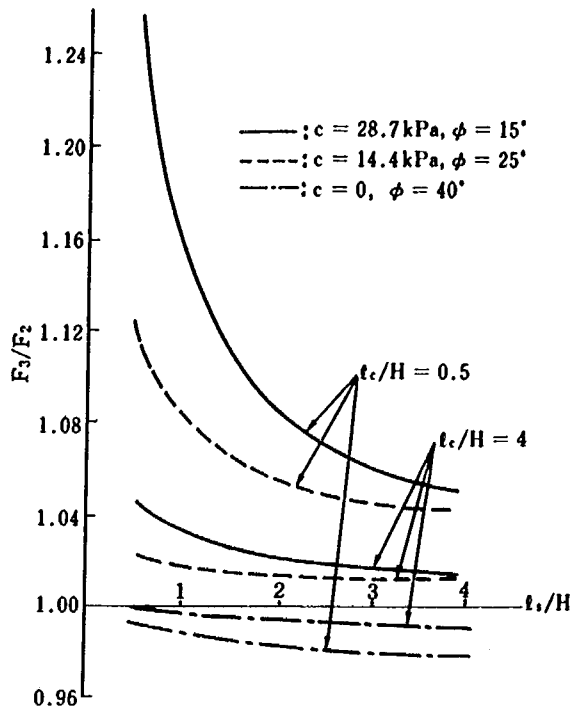


図1.11 F_3/F_2 と l_s/H 等の関係
(勾配1/2.5 $r_u = 0$)

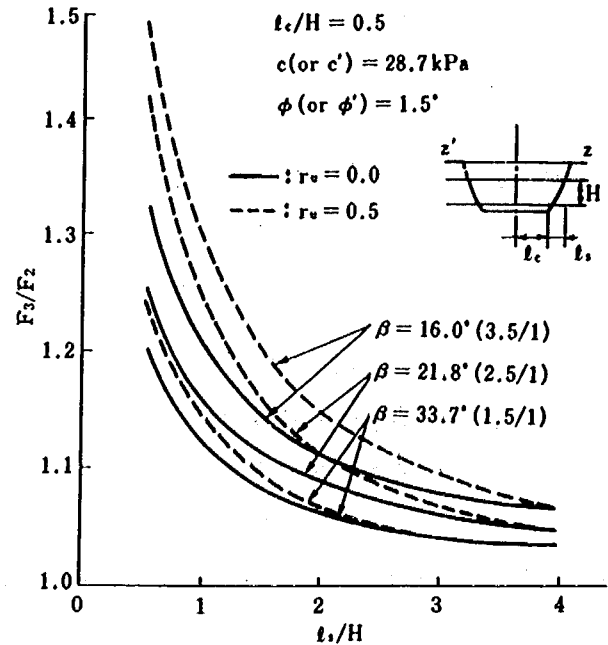


図1.12 F_3/F_2 と斜面勾配の関係

面条件に相当し、 l_c/H の大きな場合にはこのような値になると考えられる。)

通常、粘性土では $F_3 > F_2$ であり、側壁の効果は楕円体の形状に帰着するもので、二次元解析よりも安定な斜面であることとなる。非粘着性土では、抵抗力が要素の自重と内部せん断力ならびに間隙水圧そして形状に依存し、この状態下では側壁効果による安全率の変化は負であって、 $F_3/F_2 \leq 1.0$ となる。この結果を分析するには、さらにモデル解析を進めねばならないと考えられる。

図1.12より、斜面勾配がきつくなれば、 F_3/F_2 は小さくなっていることが分る。このことについて、Chenらは地すべり土塊が緩斜面だと大きくなって、より大きな側壁効果が生じるからだとしている。

2) 間隙水圧係数 $r_u = 0.5$ の場合

間隙水圧の効果を明らかにする為に前述の解析を $r_u = 0.5$ についても繰り返した。三次元地すべり土塊中央円筒部における二次元縦断限界すべり円(図1.9参照)は、間隙水圧の存在によりすべての強度条件、勾配に対して深くなる傾向を持つものの、一般的な傾向は間隙水圧の無い場合と同様である。図1.12に $r_u = 0.5$ の時の F_3/F_2 が示されているが、この図から間隙水圧の存在は、三次元効果をより大きくすることが判明している。

3) Hovland 法による三次元解析との比較

Hovland 法による三次元安定解析の詳細は土研資料第2265号「Hovland 法による地すべり三次元斜面安定解析手法」⁶⁾に譲るが、ここでは極限平衡解析の中の三次元簡便法である Hovland 法と内部応力を考慮した Chen & Chameau 法の比較を試みている。

二次元解析の場合、簡便法はより厳密な分割法(例えば Janbu⁷⁾や Morgenstern and Price法⁸⁾等)

表1. 1 Hovland 法 (OMC) と Chen & Chameau 法 (LEMIX) の比較 ($\beta = 1/2.5$)

l_c/H	土質 強度 の 組合せ	安全率の相対的な差 $\frac{OMC-LEMIX}{LEMIX} \times 100$							
		$r_u = 0.0$				$r_u = 0.50$			
		$l_c/H=0.5$	$l_c/H=1$	$l_c/H=2$	$l_c/H=4$	$l_c/H=0.5$	$l_c/H=1$	$l_c/H=2$	$l_c/H=4$
0.5	1	-16.2	-13.5	-11.8	-10.8	-3.7	-0.1	1.9	3.0
	2	-9.2	-8.3	-7.6	-7.3	-3.6	-6.0	-5.8	-5.7
	3	-7.5	-7.6	-7.8	-8.0	0.2	-0.7	-1.5	-2.2
	4	-2.0	-3.1	-4.3	-4.9	3.8	2.2	0.8	-0.2
	5	0.1	-1.7	-3.3	-4.5	4.5	2.3	0.1	-1.8
1	1	-14.9	-12.5	-11.4	-10.6	-1.9	0.4	2.1	3.0
	2	-8.7	-8.1	-7.6	-7.2	-7.2	-5.9	-6.0	-5.8
	3	-8.3	-8.2	-8.2	-8.2	-1.4	-1.6	-2.0	-2.3
	4	-3.8	-4.2	-4.7	-5.2	0.2	1.1	0.3	-0.4
	5	-2.3	-3.1	-4.0	-4.6	1.0	0.1	-1.1	-2.3
2	1	-11.4	-10.9	-10.5	-10.2	1.4	2.1	3.0	3.6
	2	-7.2	-7.1	-6.9	-6.9	-5.7	-5.6	-5.6	-5.4
	3	-7.8	-7.7	-7.8	-8.0	-1.9	-1.7	-2.0	-2.3
	4	-4.1	-4.3	-4.7	-5.1	0.7	1.4	0	-0.4
	5	-3.5	-3.8	-4.2	-4.8	-1.1	-1.7	-2.1	-2.7
4	1	-9.8	-9.8	-9.6	-9.8	3.8	4.0	4.1	4.2
	2	-6.1	-6.2	-6.3	-6.6	-4.3	-4.7	-4.7	-4.9
	3	-6.9	-7.0	-7.2	-7.6	-1.0	-1.2	-1.6	-1.9
	4	-3.8	-4.1	-4.4	-4.7	0.7	0.6	0.2	-0.3
	5	-3.5	-3.8	-4.1	-4.8	-1.9	-2.1	-2.5	-2.8

よりも通常小さな値を与える。以下では三次元解析についてもこのことが成立するか否かを検討する。表1.1は斜面勾配1/2.5に対して比較した結果であるが、それによれば簡便法（Hovland法）は約10%Chen & Chameau法より低い安全率を与えている。Hovland法は、間隙水の無い場合、 ϕ' が大きく C' の小さなものについて非常に安全側の値を与え、 $r_u=0.5$ に対しては、すべり面形状、土質強度に依存する高い安全率を与えるようである。

4) 有限要素法との比較

ここでは、Chen (1981) が開発したFEM三次元斜面安定解析 (FESPON) による解析結果と極限平衡解析結果を比較した。

解析モデルは高さ9m斜面勾配1/1.5の締固められた盛土（均質土）につき実行した。FEMも極限平衡解析にも同一の地形を使用するが、土質定数は次のものが用いられた。

$C=34.5$ KPa （ただし全応力表示）

$\phi = 6^\circ$ (")

また、FEM用の地盤定数の詳細は省略するが、実際の土塊の値である。FEMの平均安全率は局所安全率より次の様に計算される。

$$F = \sum (LFS \times \tau_N) dA / \sum \tau_N dA \quad \dots\dots\dots (37)$$

ここに、 F =平均安全率、 LFS =局所安全率、 τ_N =局所すべり面せん断応力、 dA =すべり面面積。同じモデルに対して Spencer 法と二次元FEMによる二次元解析も実行し、極限平衡法ならびにFEMそして二次元解析の3者の比較検討を行った。結果は以下のようである。

	F_2	F_3	F_3/F_2
極限平衡法	1.59	1.90	1.20
F E M	1.62	2.01	1.24

このように、FEMは極限平衡法よりも少し高めの安全率を与えるが、三次元解析と二次元解析の比 F_3/F_2 はほとんど一致しているものとなった。

以上述べたことをまとめると、

- ㉑ 三次元効果は地すべり土塊が小さい程大である。
- ㉒ 緩斜面では三次元効果は C が大で ϕ が小さなものに著しい。
- ㉓ 非粘着性土の F_3 は F_2 より少し小さいこともある。
- ㉔ 間隙水圧は三次元効果を高める。(特に C 大、 ϕ 小の土では著しい。)
- ㉕ 簡便法は、常に安全側とは限らない。
- ㉖ FEMと極限平衡法はほぼ同様な結果を与えるが、 F はFEMの方が少し大きくなる。

2 Chen & Chameau 法による斜面安定解析プログラム (LIEQME)

2.1 プログラムの解析機能, 適用限界等

当研究室で開発したChen & Chameau法による斜面安定解析プログラムLIEQMEは, 地すべり斜面を有限個の鉛直柱に分割し, 各柱に対して, 力の釣合い, モーメントの釣合いが満足されるように安全率が計算される。

プログラムLIEQMEの機能と適用限界は次のとおりである。

- (1) 滑動土塊が対称であれば, 任意の斜面形状に対して適用できる。
- (2) 各要素柱で強度定数や間隙水圧条件を変えることが可能である。また, 間隙水圧としては, 間隙水圧のままで与える方法と土塊の重量より浮力を減じる方法の二通りが選択できる。
- (3) 地すべり土塊中の内部応力を考慮した計算が可能である。
- (4) このプログラムでは中心部円筒形, 端では2つの半楕円体につながるような形状のものが取り扱える。従って, 中心部は二次元安定解析により限界すべり面をあらかじめ求めておく必要がある。
- (5) 滑動塊は二層もしくは均質とする。
- (6) 要素柱の数500個以内, 節点の総数も500個以内とする。しかし, デイメンジョンの変更によりこの値は変更できる。
- (7) 要素柱の物性は10組, すべり面の物性も10組以下とするが, 要素柱の数の場合と同様に, プログラム中のデイメンジョンを指定し直すことにより10組以上にもできる。
- (8) 滑動塊は四角柱としてモデル化し, 節点結合は後述するマニュアルに沿ってデータ作成する。

2.2 計算の流れとプログラムの構成

Chen & Chameau 法による地すべり斜面安定解析プログラム“LIEQME”の計算フローを図2.1に示し, プログラムの構成を図2.2表2.1, ならびに巻末付録のⅡプログラム仕様書中のサブルーチンの説明で述べた。

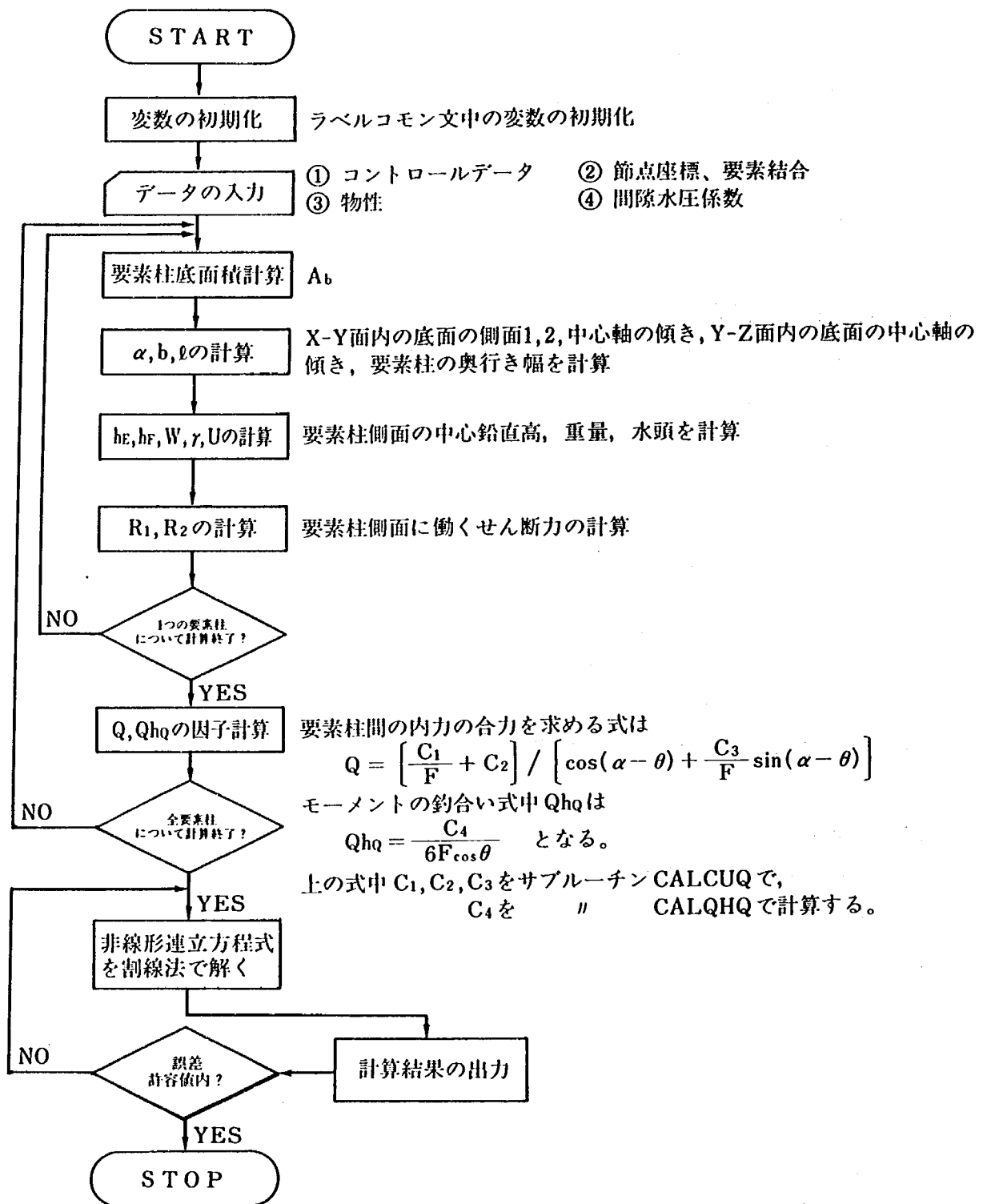


図2. 1 計算の流れ図

表2・1 三次元極限平衡法プログラムの概要

副プログラム名	概 要
DINPUT	節点座標、要素結合、物性等の読み込みを行う。
ARANGE	全要素柱について力の釣合い、モーメントの釣合い式の因子を求める。
SHESTR	1層の場合の側面の粘着力と内部摩擦角によるせん断力を求める。
SHESTF	2層の場合、下層の側面の内部摩擦角によるせん断力を求める。
BAAREA	要素柱の底面積をヘロンの公式によって求める。
INFCUL	要素柱の幅と奥行、それと底面の傾き角を求める。
HEIWEI	側面中心鉛直線の高さと、要素柱の重量、水頭値を求める。
CALQHQ	QhQを求めるために、因子を計算する。
CALCUQ	柱間の内力の合力Qを求めるために、因子を計算する。
FINDIN	合力の傾き θ と安全率の初期値設定を行う。
SECANT	非線形連立方程式を解くため、割線法を使って計算を行う。
YAX	マトリクスとベクトルの積の計算： $\{Y\} = [A] \{x\}$
DSTART	入力や計算を行う前に、変数の初期化を行う。
IDPRNT	入力データのラインプリンタへの出力を行う。
CALDAT	要素柱の情報と割線法に用いるデータの情報を出力する。
RESULT	垂直応力、せん断応力等の出力を行う。
function YF	2層の場合、下層の内部摩擦角による側面のせん断力の作用位置を求める。
RFAE	1層の場合、内部摩擦角による側面のせん断力を求める。
RFAF	2層の場合、下層の内部摩擦角による側面のせん断力を求める。
RC	粘着力による側面のせん断力を求める。

●プログラムの構成

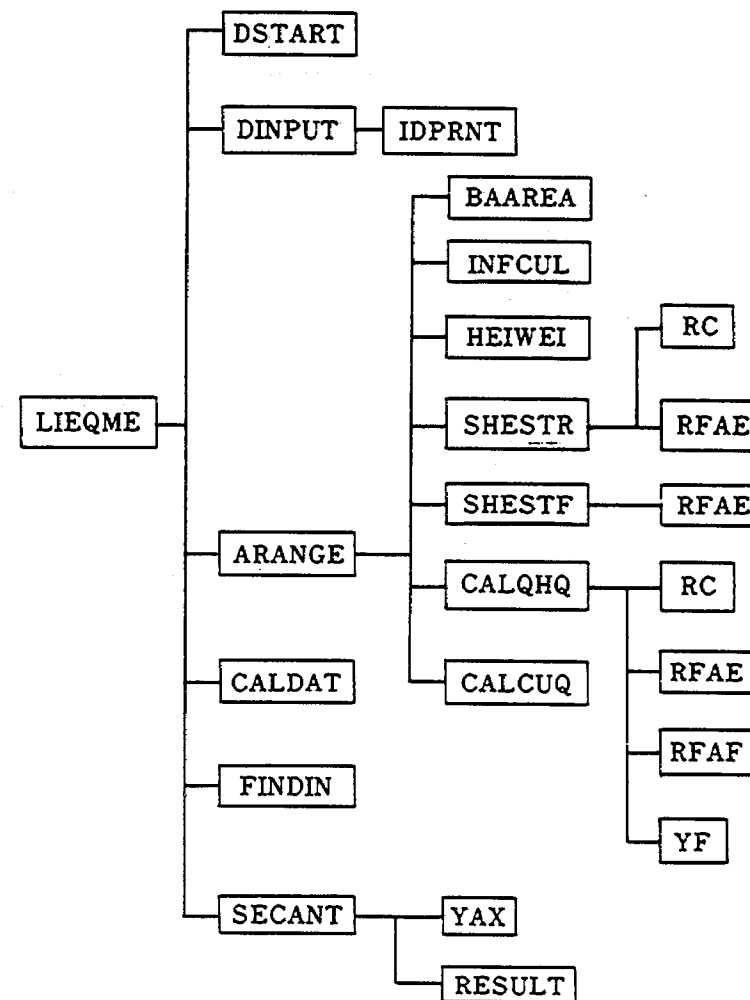


図2.2 三次元極限平衡法のプログラムの構成

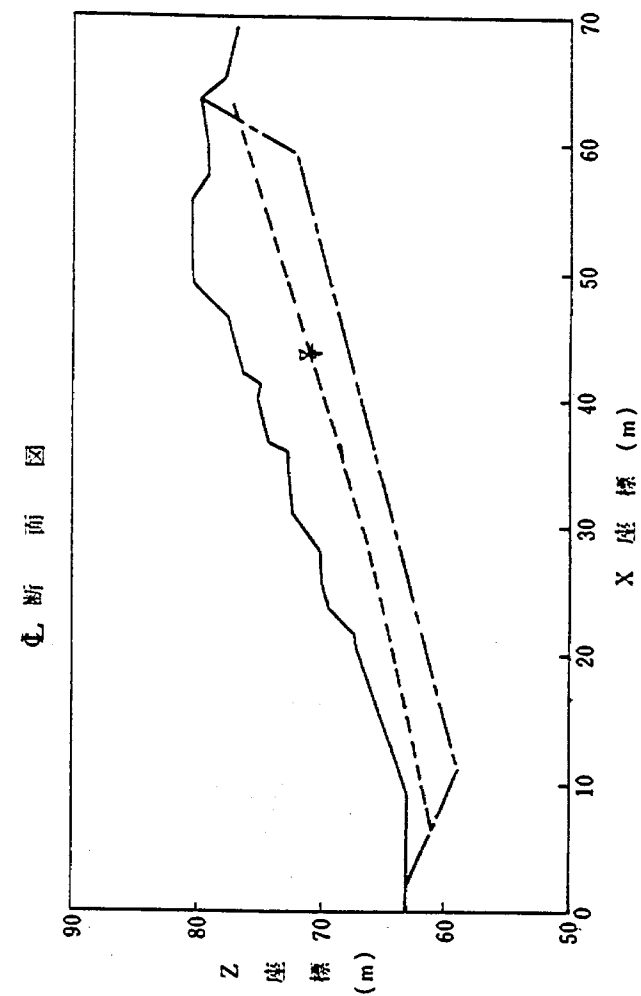
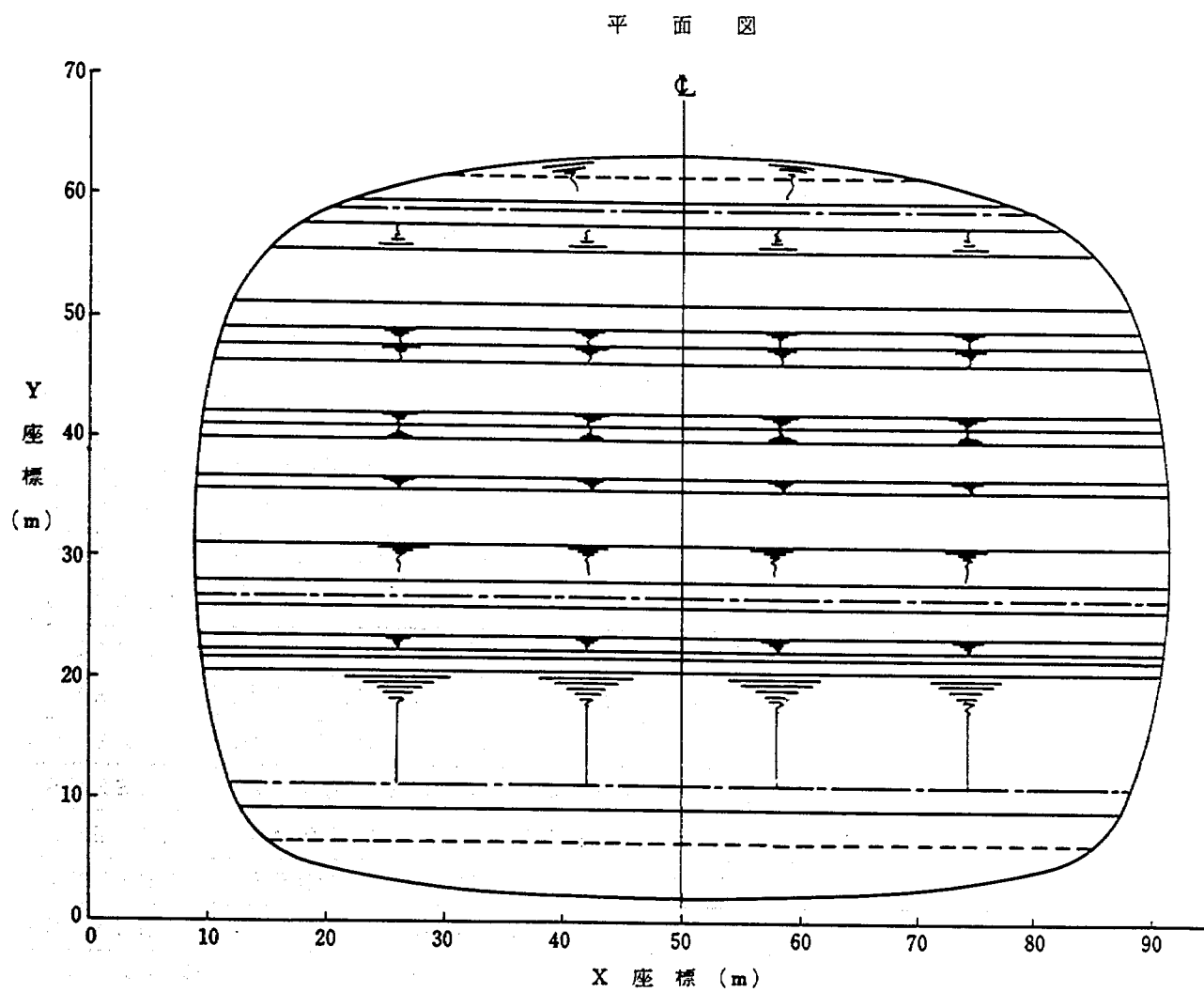


図 2. 3 安定解析モデル (CASE-A)

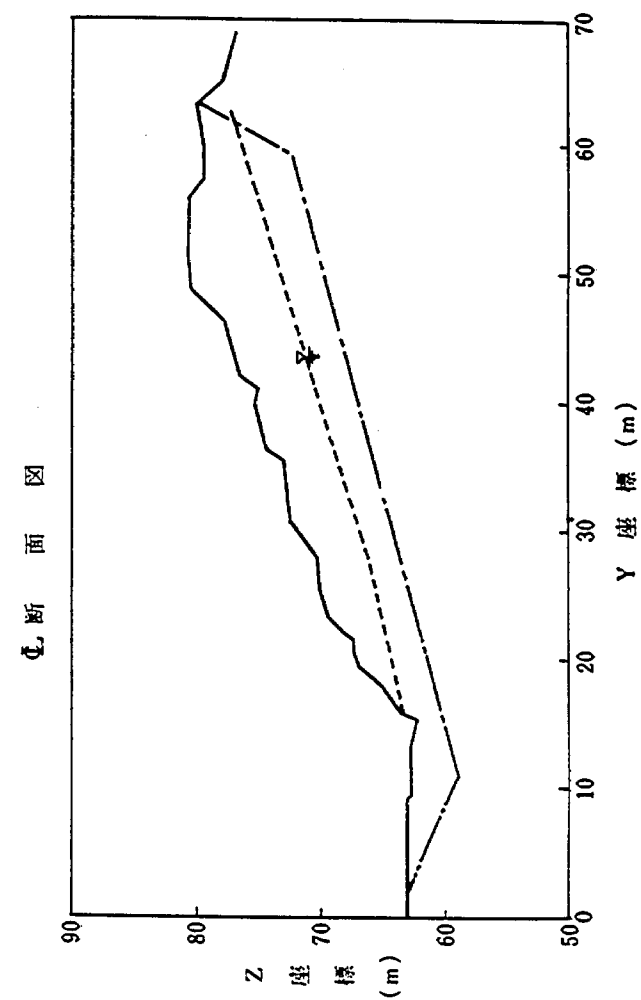
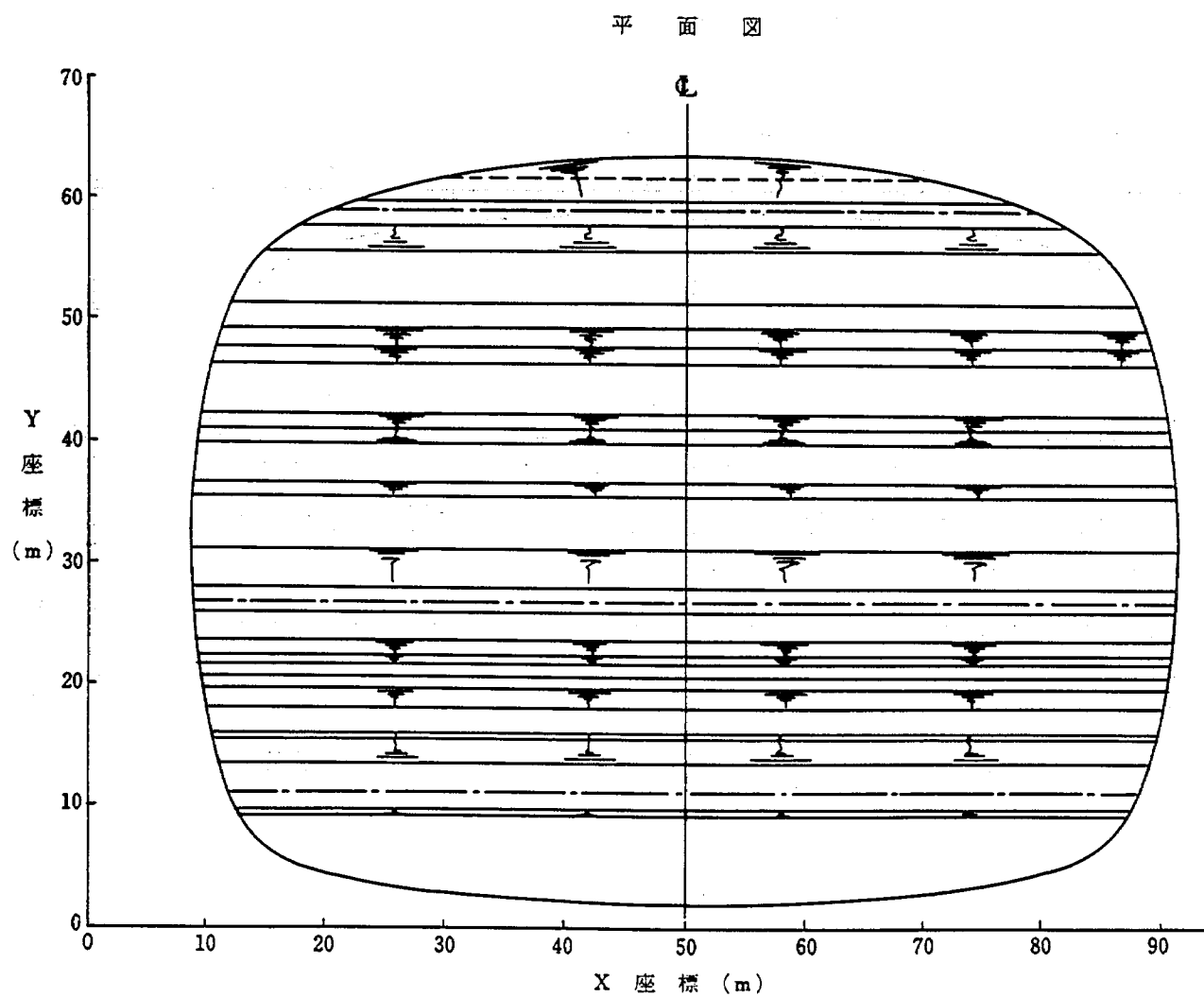


図 2. 4 安定解析モデル (CASE-B)

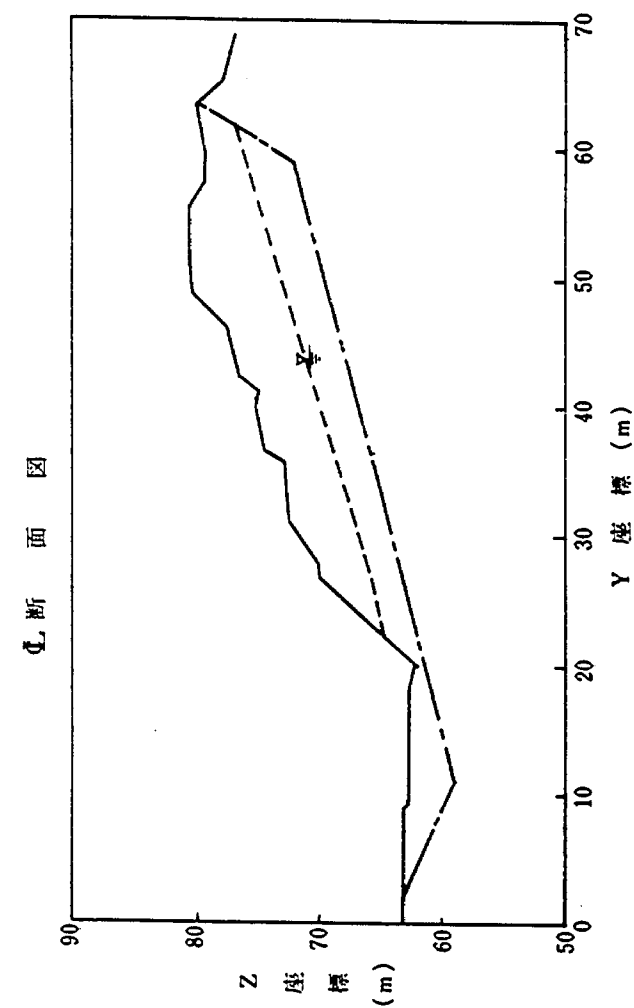
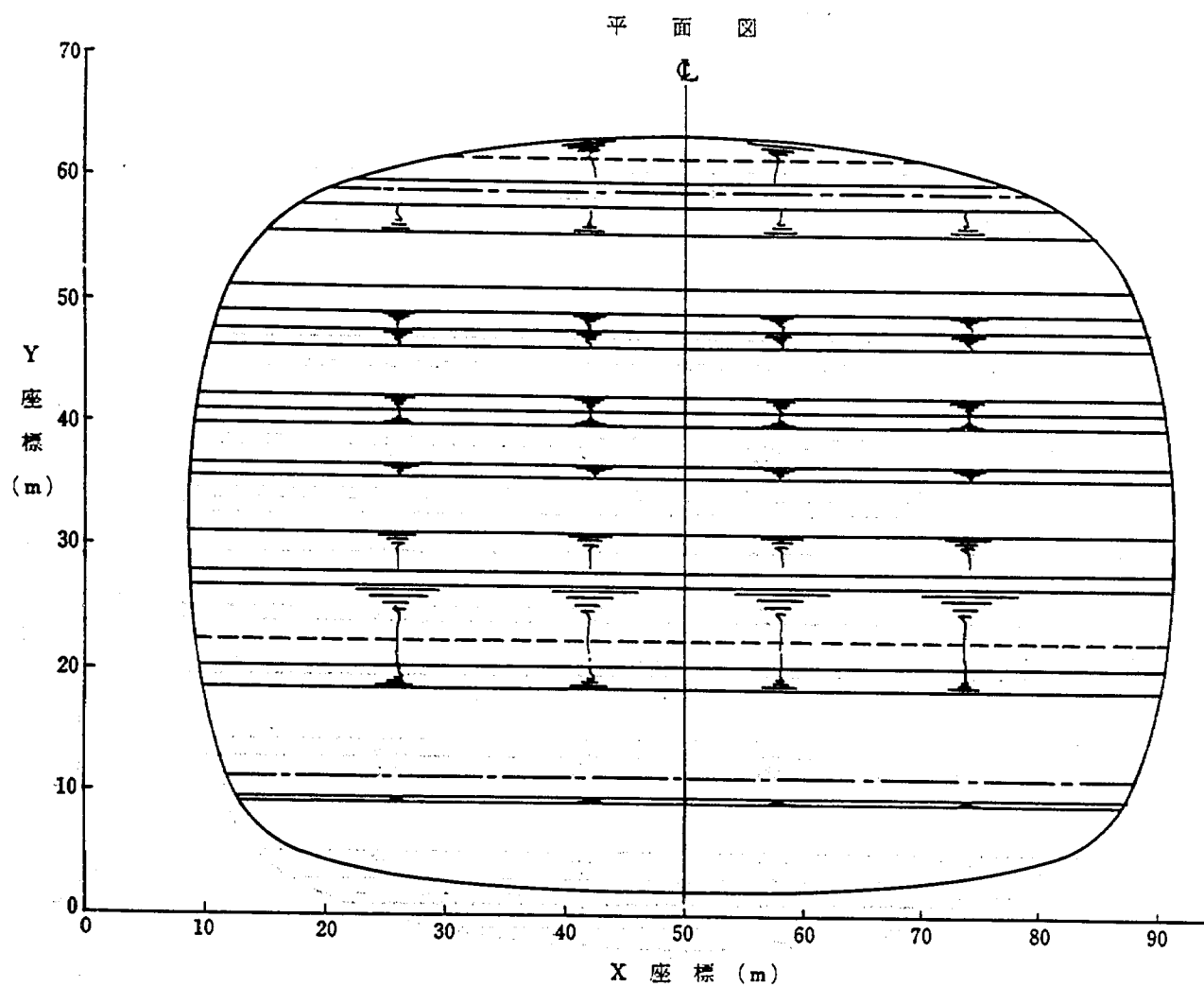


図 2. 5 安定解析モデル (CASE-C)

2.3 安定解析例と他の手法との比較

この節では、Chen らの解析例以外に著者らの実施した安定解析例とそれらの二次元解析や Hovland 法との比較を示す。

2.3.1 安定解析例

実際の地すべりに Chen & Chameau 法を適用して具体的な安定解析を行う為、左右対象に近い地すべりを選定した。この地すべりの地質は上位より強風化片麻状黒雲母花崗岩、風化片麻黒雲母花崗岩そして弱風化黒雲母花崗岩より成り、風化岩地すべりに分類されるものである。すべり面は、強風化岩と風化岩の境目に存在し、滑動塊は強風化黒雲母花崗岩である。すべり面形状は図2.3のような舟形状である。平面形状は、実際の地すべりを少しモデル化した図2.4の平面図のものとした。この他、同じモデルに対し、切土工を施した場合についても解析した。この切土工施工したモデルは切土量によって図2.4と図2.5に示したようなモデルとした。図2.5は図2.4のものより切土量が大である。

滑動塊の土質定数や地盤常数は次のようである。

単位体積重量 $\gamma_t = 1.90 \text{ tf/m}^3$

粘着力 $C = 4.0 \text{ tf/m}^2$

内部摩擦角 $\phi = 30.0^\circ$

弾性係数 $E = 900 \text{ tf/m}^2$

ポアソン比 $\nu = 0.45$

静止土圧係数 $K_0 = 0.82$

また、すべり面の地盤常数は次の様なものを用いている。

粘着力 $C = 1.46 \text{ tf/m}^2$

内部摩擦角 $\phi = 8.9^\circ$

せん断剛性係数 $G = 20000 \text{ tf/m}^3$

垂直剛性係数 $K_1 = 7500 \text{ tf/m}^3$ (引張側)

同上 $K_2 = 75000 \text{ tf/m}^3$ (圧縮側)

上記の定数の中で、 γ_t と C と ϕ 以外はすべて FEM 解析に用いる為のものである。

ただし、Chen & Chameau 法による安定解析プログラムは、すべり面として円弧しか取り扱えないので、ここでは、図2.3～2.5の縦断面図に見られるすべり面を最も良く近似する半径100mの円弧すべり面を考えて計算を実行する。(図2.6)

地下水位は各要素柱で地すべり面からの水頭値として与え、地下水位面下の土塊重量は浮力分を減じて計算した。また、地下水の有無についてもケース分けを行い実行した。

さらに、次に述べる様に二次元解析 (Morgenstern & Price 法ならびに FEM 解析) と三次元の

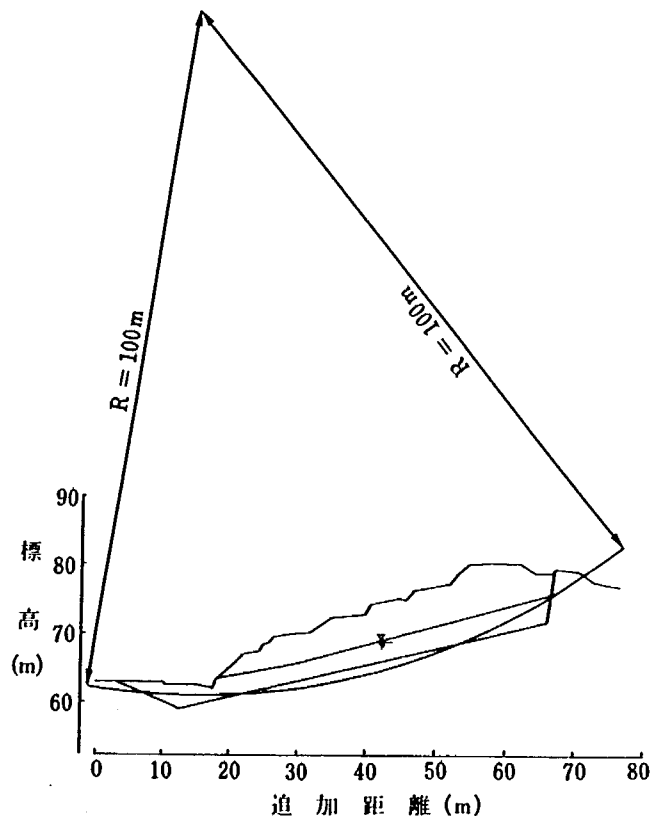


図2.6 三次元極限平衡 (LIEQME) 解析に用いたすべり面円弧

表 2. 2 解析内容とケース番号一覧

解析手法	解析ケース		A		B		C	
	地下水の有無		無	有	無	有	無	有
	モデル断面図							
	解析次元	計算モデル図						
MORGENSTERN	2		CASE A01	A11	B01	B11	C01	C11
HOVLAND	3		A02	A12	B02	B12	C02	C12
LIEQME	3		A03	A13	B03	B13	C03	C13
SSAFEM	2		A04	—	B04	—	C04	—

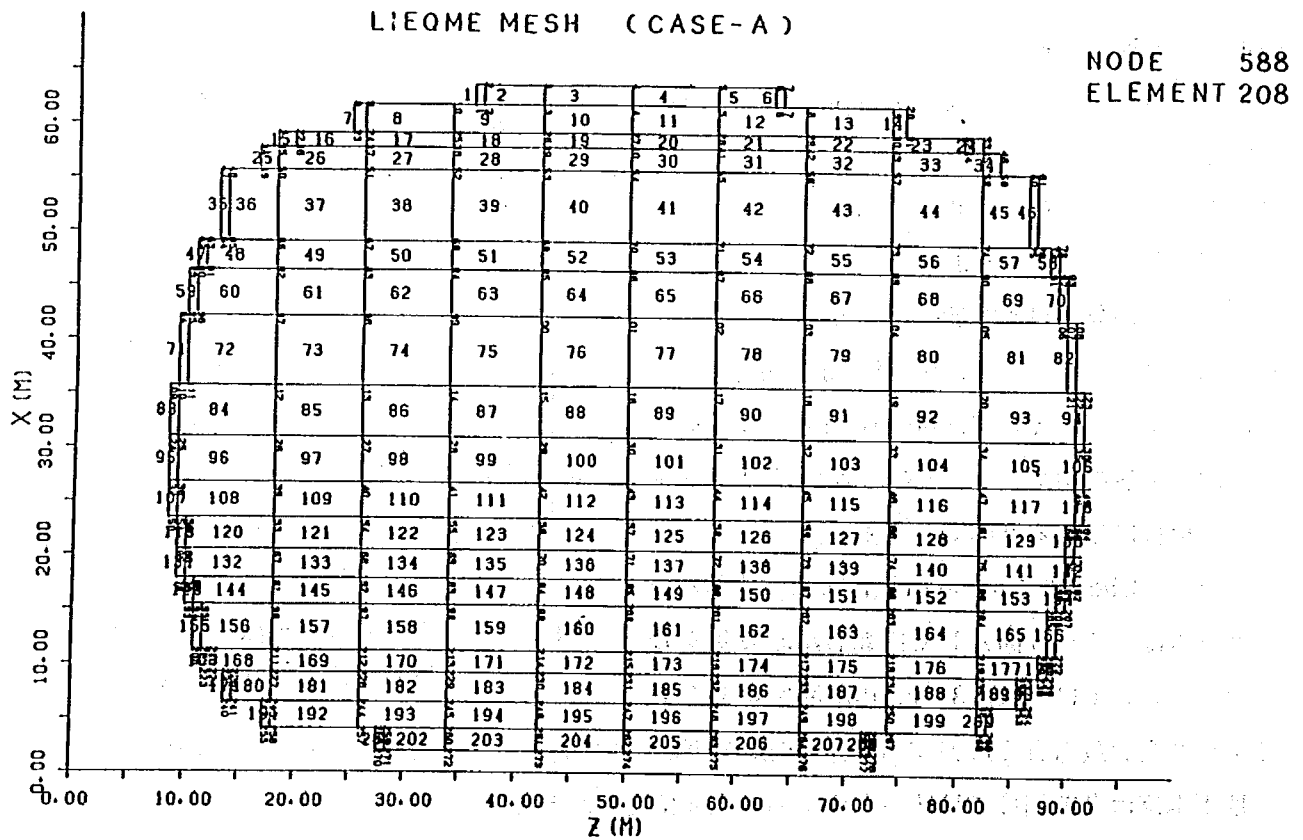


図 2. 7 LIEQMEメッシュ図 (CASE-A)

Hovland 法と比較検討すべく、これらの安定解析も実施した。二次元安定解析に用いた断面は図2.3～2.5におけるセンターライン部である。二次元解析と Hovland 法による解析については次節以下で詳しく述べることとする。以上の計算ケースを整理し表にすると表2.2の様となる。

Chen & Chameau法による解析のメッシュ図を図2.7～2.9に示し、計算結果を表2.3に示したが、特にすべり面の垂直応力とせん断応力の分布については図2.10図2.11に示した。表2.3には Hovland 法による安全率を併記したが、プログラム L I E Q M E で計算した結果の方が8～10%大きくなっている。この差は滑動塊の形状や強度特性による他、内力を考慮している事実により生じたものであろう。また、合力の傾き θ と安全率 F_s の関係は、 F_s が大となる程 θ も少し大となる傾向を持っている。図2.10～2.11を見ると、図2.10は地下水の無い状態、図2.11は地下水の存在する場合であるが、垂直応力は滑動塊上部で最大となり、両端で小さくなっている。ただし、ケース B 0 3 と C 0 3 がケース A 0 4 の垂直応力よりも滑動塊先端寄り小さくなっているのは切土による応力軽減によるものである。図2.11のケース A 13, C 13 の垂直応力についても同様のことが言える。せん断応力については、上述の垂直応力と同様な傾向を持ち、垂直応力最大点で最大の値を取り、最大垂直応力の約20%程度である。なお、垂直応力やせん断応力の分布に関しては、後で述べる F E M 解析と比較する。

2.3.2 二次元解析との比較

図2.3～2.5に示したモデル斜面の中央断面を用いて、まず、Morgenstern & Price法による安定解析を行った。その結果は次の様なものである。

1) 地下水の無い場合の F_s

CASE	A 0 1	1.15
	B 0 1	1.15
	C 0 1	1.20

2) 地下水の有る場所の F_s

CASE	A 1 1	1.02
	B 1 1	1.01
	C 1 1	1.05

地下水の有る場合は、ケース B および C で切土による地下水位の変状が見られるため、本来ならば、浸透解析等とのカップリング解析が必要であるが、ここでは地下水位に切土の影響を認めておらず、その為に地下水の有無により切土の影響が異なっていると思われる。ただし、A 0 1 と A 1 1 を比較して分るように、地下水の有る法が安全率は低い。ケース A 0 1 より C 0 1 が大であったり、A 1 1 より C 1 1 の方が大であったりするのは、切土によって滑動力が減少するためである。

この結果と L I E Q M E による計算結果を比較すれば、表2.3より分るように、地下水の有無にかかわらず、L I E Q M E (Chen & Chameau 法) の結果が大となっている。すなわち、三次元効果が認められる。

次に二次元 F E M による解析結果と比較する。F E M 解析に使用したプログラムは地すべり研究

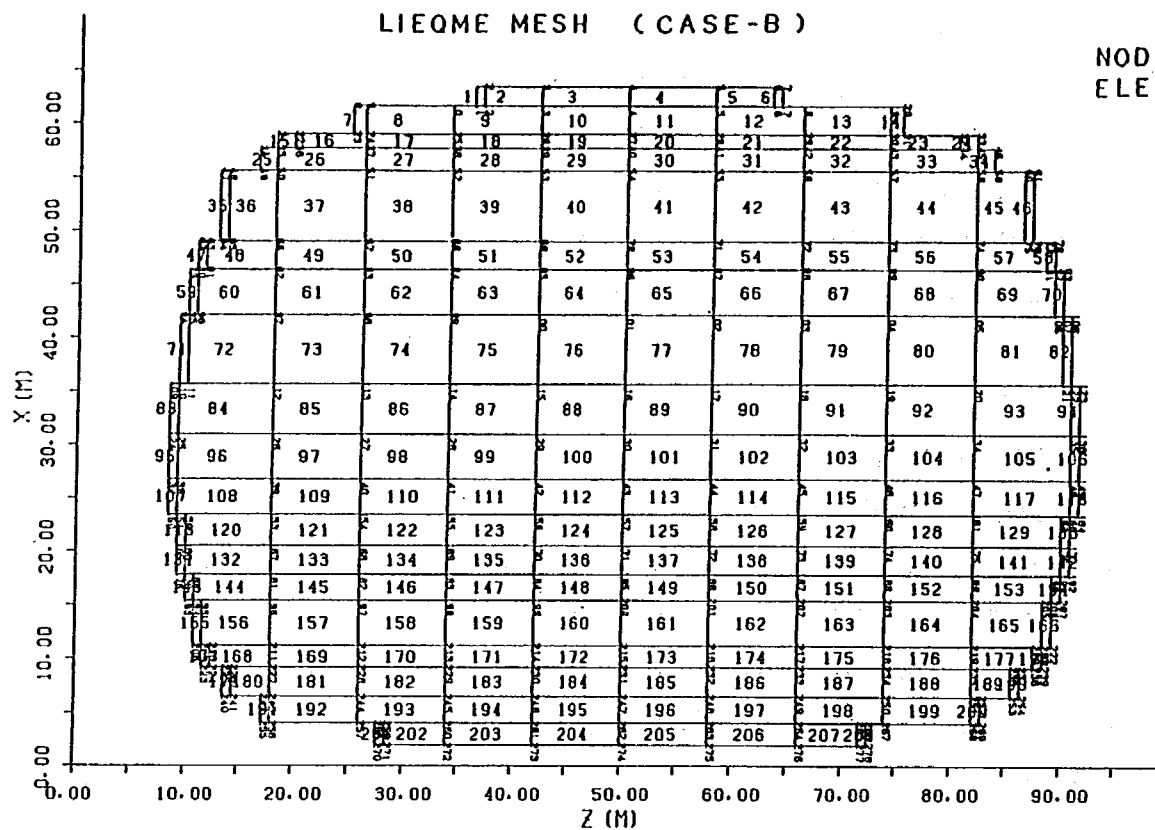


図 2. 8 LIEQMEメッシュ図 (CASE-B)

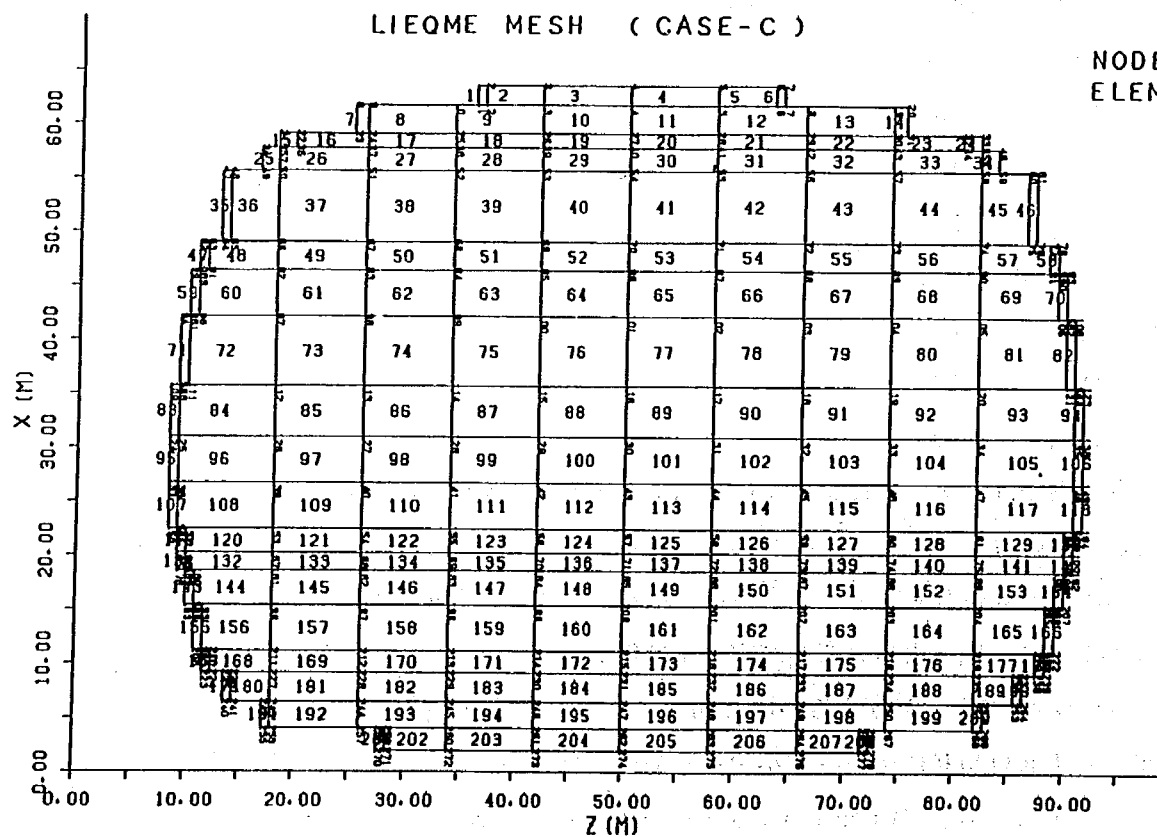


図 2. 9 LIEQMEメッシュ図 (CASE-C)

表 2. 3 計算結果一覧

計 算 ケース	地下水 の有無	合力の 傾き, θ	①LIEQME による 安全率	②HOVLAND による 安全率	$\frac{②-①}{①} \times 100$
A 0 3	無	5.89	1.20	1.10	- 8.3
B 0 3	"	6.26	1.22	1.11	- 9.0
C 0 3	"	6.75	1.26	1.16	- 7.9
A 1 3	有	4.68	1.08	0.97	-10.2
B 1 3	"	5.18	1.08	0.97	-10.2
C 1 3	"	5.63	1.11	1.00	- 9.9

表 2. 4 解析結果と解析手法別の安全率の増分

解析手法	A水無し	ΔF_s A $\rightarrow$ B	B水無し	ΔF_s B $\rightarrow$ C	C水無し
MORGEN 〔簡便法〕	1.15 1.10	0	1.15 1.10	0.05	1.20 1.15
HOVLAND	1.10	0.01	1.11	0.05	1.16
LIEQME	1.20	0.02	1.22	0.04	1.26
SSAFEM	1.21	0.01	1.22	0.09	1.31

解析手法	A水有り	ΔF_s A $\rightarrow$ B	B水有り	ΔF_s B $\rightarrow$ C	C水有り
MORGEN 〔簡便法〕	1.02 0.96	-0.01	1.01 0.95	0.04	1.05 0.99
HOVLAND	0.97	0	0.97	0.03	1.00
LIEQME	1.08	0	1.08	0.03	1.11

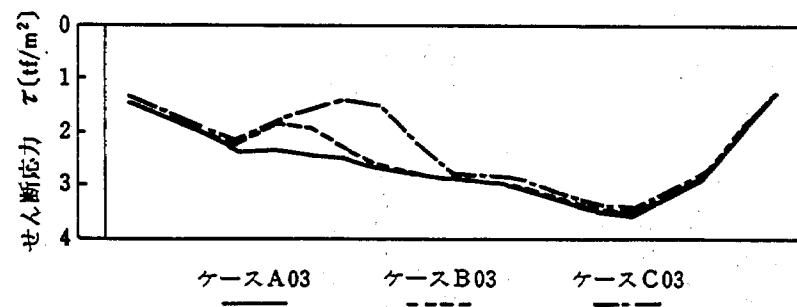
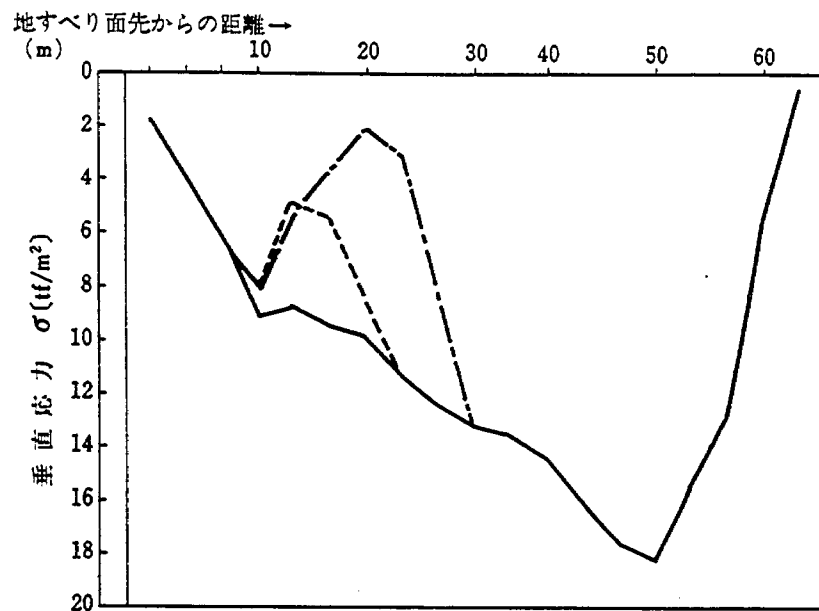


図2.10 地すべり面の垂直応力，せん断応力分布

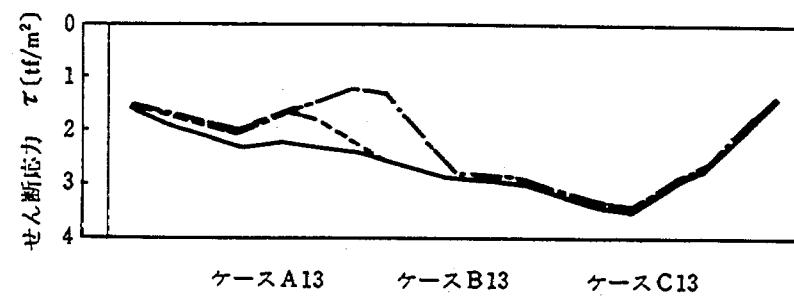
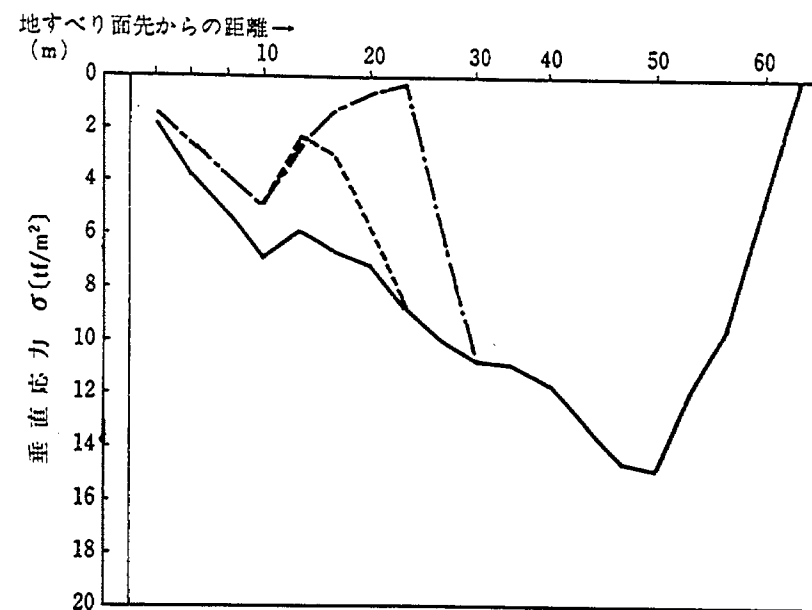


図2.11 地すべり面の有効垂直応力，せん断応力分布

室で開発したSSAFEM⁹⁾で、これはすべり面をジョイント要素として取り扱うものである。計算モデルは要素数185~186、節点数122~125から成るもので図2.12~図2.14のようなものである。計算結果のうち平均安全率 $\bar{F}_s$ は、

CASE A₀₄ 1.21 (切土前)

CASE B₀₄ 1.22 (切土小)

CASE C₀₄ 1.31 (切土大)

となり、切土が進行し、滑動力が小さくなると F_s は大きくなる傾向がある。この傾向は、前述のMorgenstern & Price 法やLIEQMEによるものと同じである。ただしFEMの場合は地下水のない場合のみ取り扱った。 F_s はLIEQMEで得られた値 F_s とはほぼ一致している。

また、すべり面に沿ったせん断応力と垂直応力の分布については、図2.15に掲げたが、垂直応力の分布傾向はLIEQMEのものとそれ程異ならず、斜面下端での垂直応力の低下がLIEQMEの結果(図2.10~2.11)に目立つ程度である。しかし、せん断応力の分布は、斜面の上下端付近でかなり異なっており、FEM解析のものが、その付近で極めて小さくなる傾向が見られる。これは、主としてすべり面形状が、LIEQMEが円弧近似、FEMは舟型である差と思われ、両者のかなりの一致が認められた。また、図2.15には、局所安全率の分布も参考を示してある。

2.3.3 Hovland 法との比較

Hovland による三次元安定解析モデルは要素柱318~378、節点数184~217の図2.16~図2.18に示すものである。要素はこの場合三角柱となる。Hovland による安全率は、

1) 地下水の無い場合の F_s

CASE A₀₂ 1.10

B₀₂ 1.11

C₀₂ 1.16

2) 地下水の有る場合の F_s

CASE A₁₂ 0.97

B₁₂ 0.97

C₁₂ 1.00

この結果もLIEQMEやMorgenstern-Price 法ならびにFEMによるものと同じ傾向を持ち、切土量の大きいほど排土効果が卓越して F_s が上昇している。安全率の大きさは、表2.3を見れば分かる様にLIEQMEによるものより小さい。これは、2.3.1で述べたようにHovland法が簡便分割法を三次元に拡張したものであることや、すべり面形状の相異などで説明し得るものである。

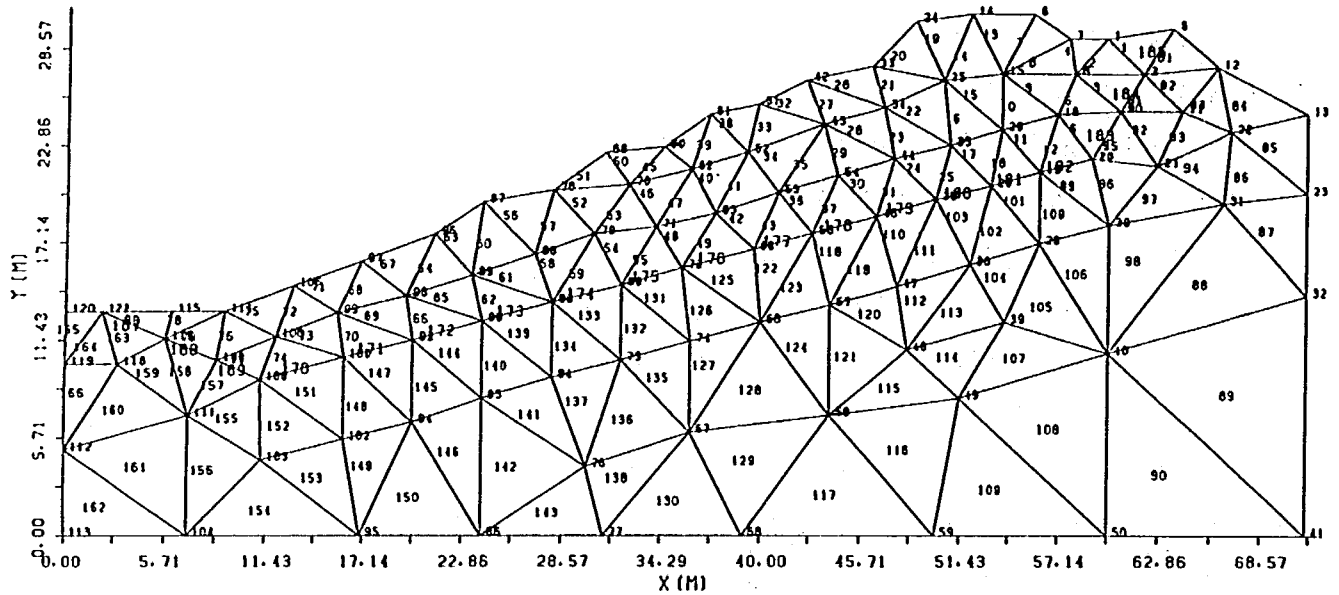
以上の比較をまとめると表2.4のようとなる。ここには二次元の簡便法による安全率もMorganの欄に与えられている。安全率は、どの解析法も切土が大きくなり排土が進むと増加し、地下水があれば低下する傾向がある。また、LIEQMEの計算結果は、FEMの解析結果と最も良く一致することも分る。

この節で挙げた解析例では、二次元解析ならびに三次元解析の各手法とも切土をすればする程安

FINITE ELEMENT MESH

MODEL CASE A04

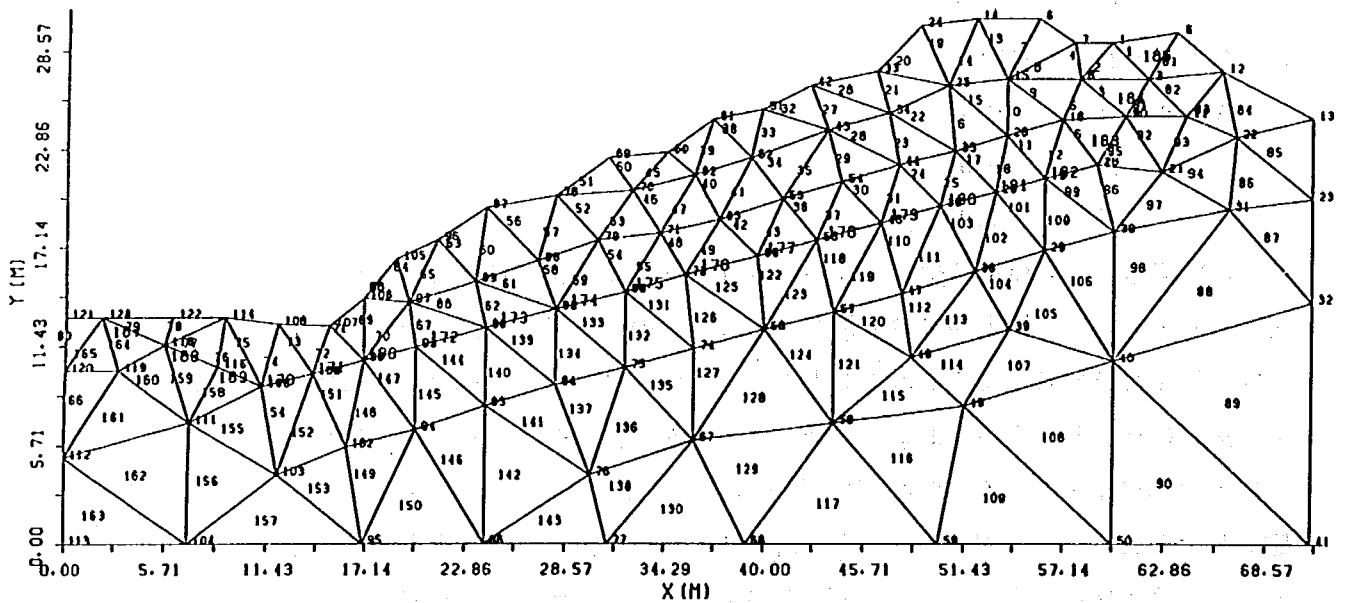
NODE 122
ELEMENT 185

図 2. 12 ケースA ϕ 4の有限要素分割図

FINITE ELEMENT MESH

MODEL CASE B04

NODE 124
ELEMENT 186

図 2. 13 ケースB ϕ 4の有限要素分割図

FINITE ELEMENT MESH

MODEL CASE C04

NODE 125
ELEMENT 186

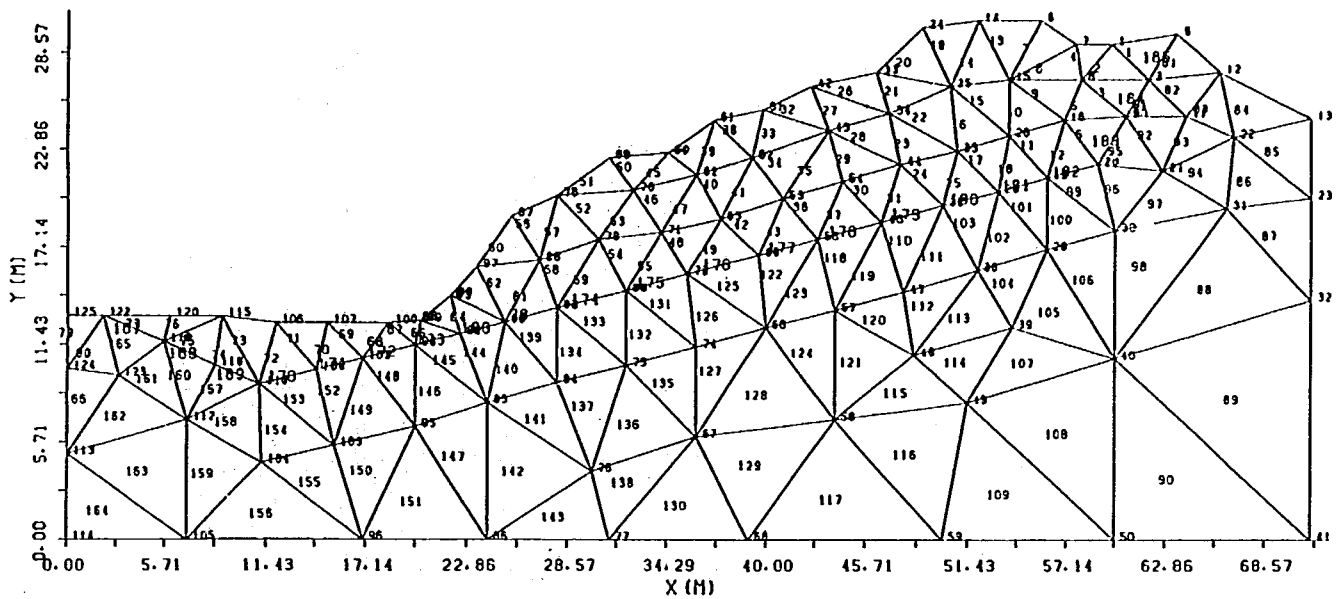


図 2. 14 ケースC04の有限要素分割図

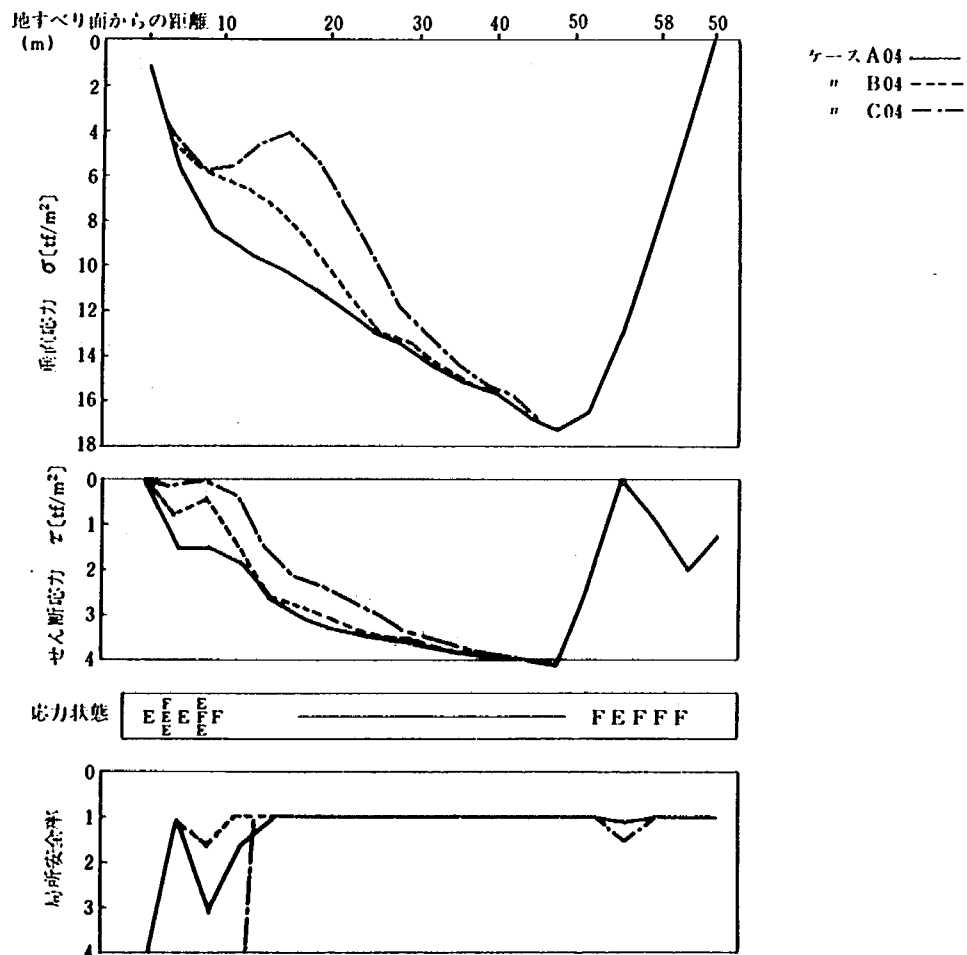


図 2. 15 FEMによる地すべり面の応力，局所安全率分布

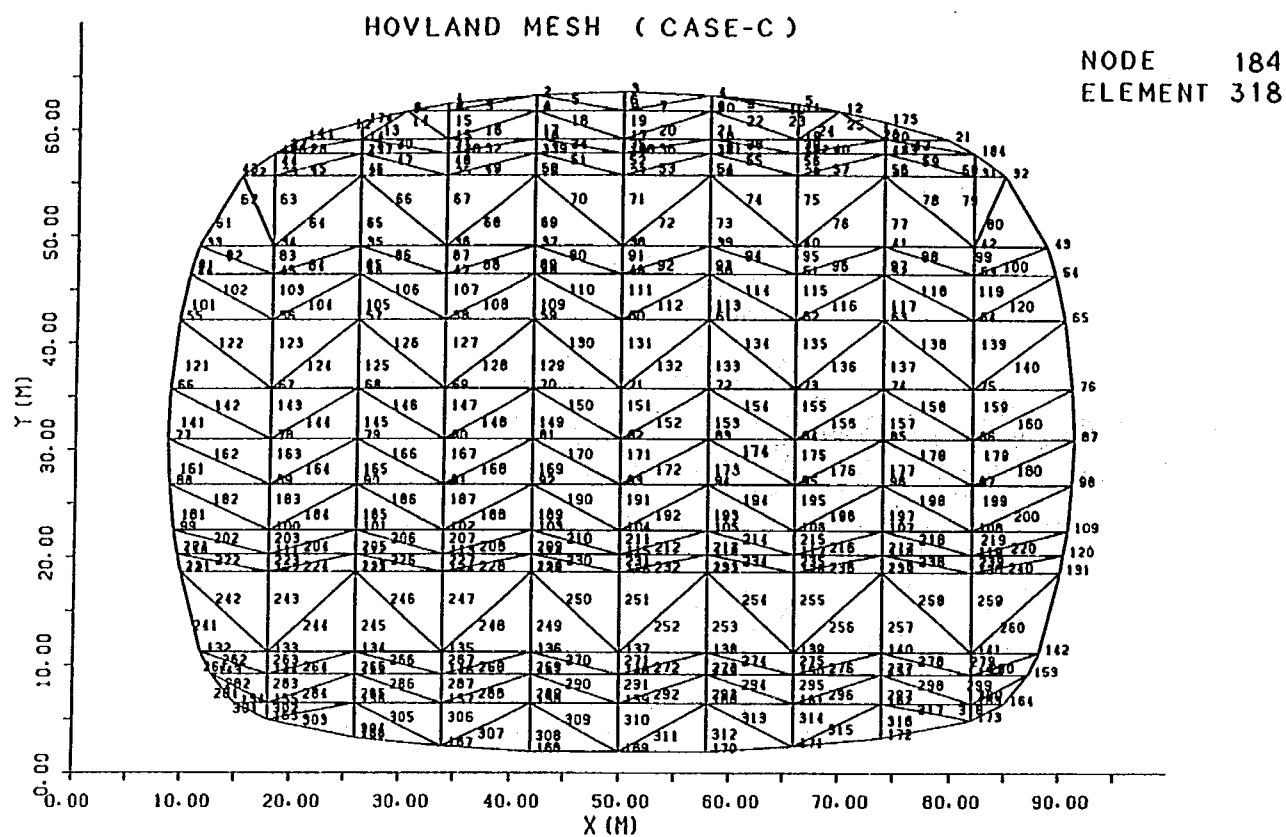


図 2. 18 HQVLANDメッシュ図 (CASE-C)

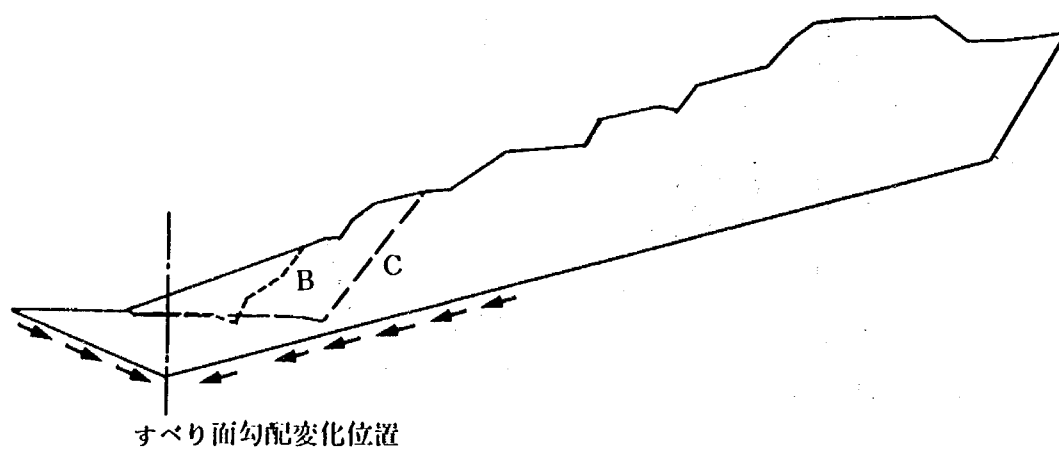


図 2. 19 二次元計算モデル

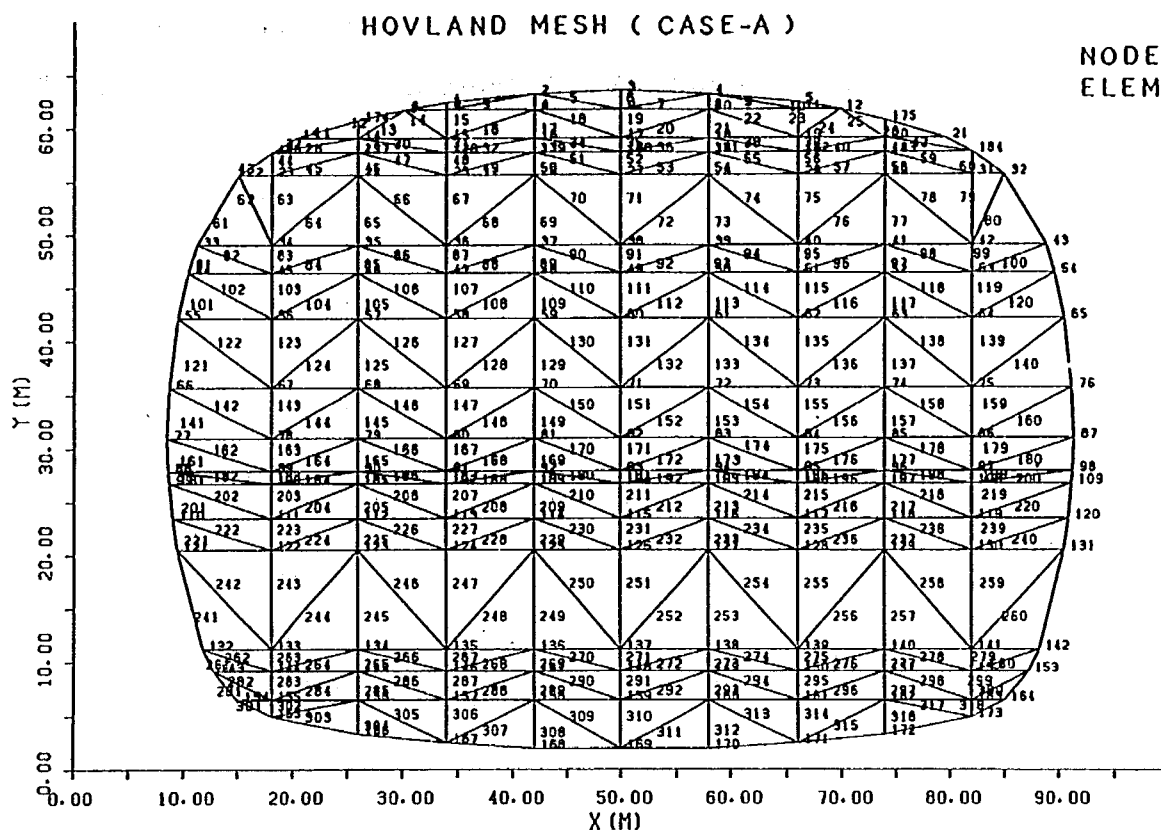


図 2. 16 HQVLANDメッシュ図 (CASE-A)

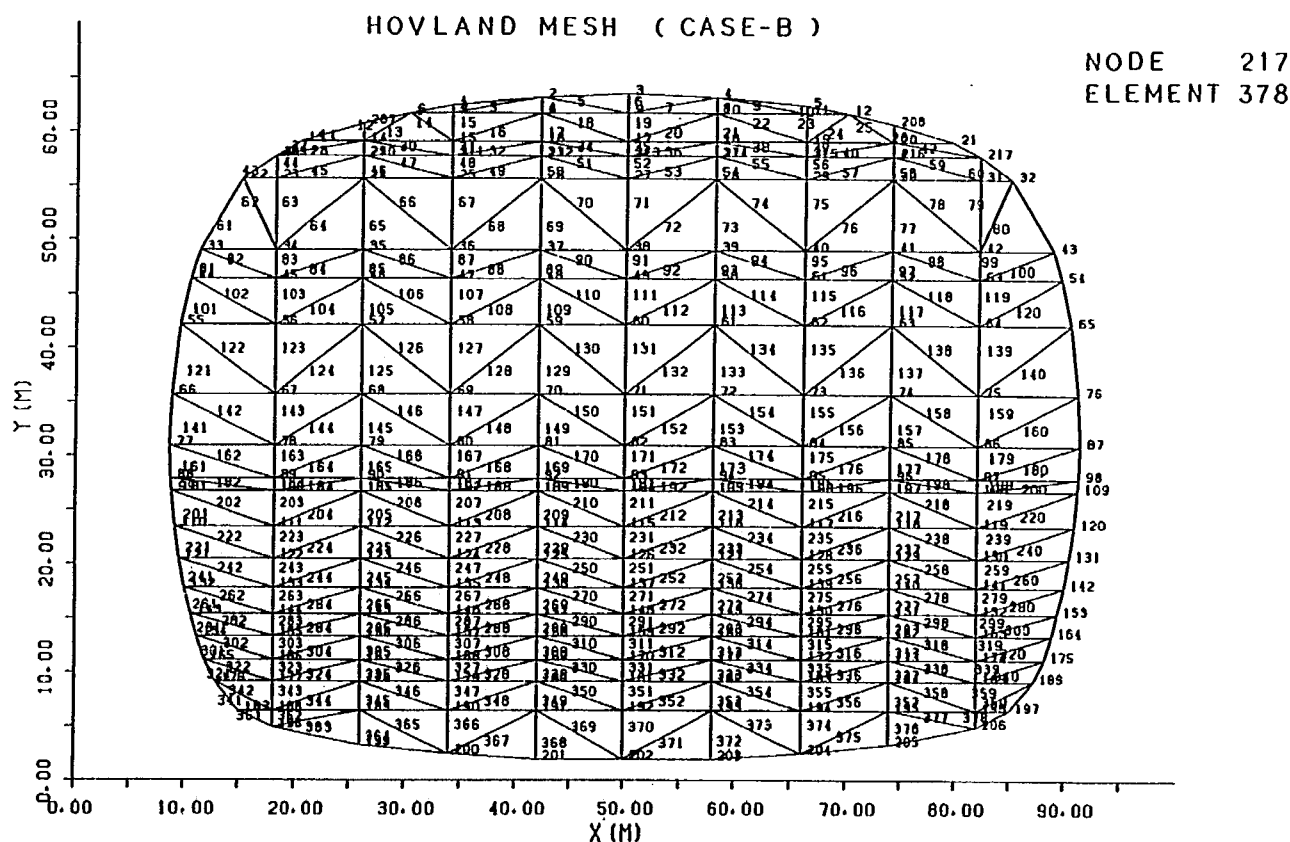


図 2. 17 HQVLANDメッシュ図 (CASE-B)

全率が上昇する傾向にあり，これは図2.19に見られるように切土分の大部分が地すべり末端部のすべり面勾変化点より右側にあり，滑動力（図中の右から左へ向かう矢印）を減じて抑制効果を生じることより説明できる。

3 結 論

汎用性のある地すべり斜面の三次元安定解析プログラムを開発する目的でここで述べた Chen & Chameau 法を始めたが、前述したような仮定より、比較的限られた条件下でしかこの方法は用いられないものとなった。しかし、これによってこの Chen & Chameau 法の有用性が否定されるわけではない。ここでは、Chen & Chameau 法に関して次の様な結論が得られた。

1) 地すべり土塊の内部力を考慮したプログラム L I E Q M E を開発し、左右対象すべりに対し適用し得ることとなった。

2) 事例解析によれば、二次元法の簡便法や三次元の Hovland 法が与える安全率より L I E Q M E によるものが約 0.10 高く安全側を与える。また、二次元の Morgenstern & Price 法より約 0.05 高い安全率を与えるが、二次元 F E M 解析とはほぼ同程度の安全率を与える。

また、内部応力に関しては、L I E Q M E により計算したものは、有効垂直応力、せん断応力ともに、すべり面中央付近で最大を示し、F E M 解析の結果や、従来現場で得られている知見と一致する。

3) 有効応力計算を実行する場合において特に間隙水圧が大きいと、滑動力 (driving force) が地表に対して上向きとなり、土塊が空中に浮くと言った現実離れした計算になり得る可能性が存在するので、このような場合は、土塊重量から浮力を減じる方法を用いるべきであろう。

4) 地すべり抑止工を必要とする場合、すべり面の応力分布が L I E Q M E により計算されるので、安全率のみならず、圧縮部・引張部等を考慮して最適な施工位置を見出し、適切な施工計画を樹立できる。

5) この手法を現場に適用する際には、地すべり土塊のモデル化や物性値の推定に十分な検討を行い、それらの信頼性を確保せねばならず、信頼性・妥当性の欠ける場合は他の解析法に以るべきである。特にモデル化に際しては、左右対象でかつ円弧すべりであるといった制約を熟考した後、解析に当たるべきである。

また、内部応力の計算結果については、今後の現場データとのつき合わせや検証実験等により確実にせねばならない点も多いけれども、上述したモデル化と物性値の推定が妥当であれば、ほぼ問題はないものと結論付けられる。

4 あとがき

地すべり斜面安定解析法は、これまでに1ダースにも及ぶ二次元解析法を始め、三次元にHovland法そしてFEM解析法と開発が進められて来たが、地すべり土塊内の内部力を考慮し得る三次元解析の開発が望まれている。その序論として、ここでは左右対称、かつ円弧すべりを取り扱うChen & Chameau法のプログラムを開発し、地すべり斜面安定における極限平衡解析の進歩に寄与することを望んだ。

現在では、動的計画法による三次元最小安全率すべり面（限界すべり）計算法も開発されつつあり、今後ますますこの分野の進歩が期待されており、ここで述べたChen & Chameau法もひとつの足がかりとなったことを確信している。

参考文献

- 1) H. J. Hovland; Three-Dimensional Slope Stability Analysis Method, Proc. ASCE, GT9, 1977, pp971~986.
- 2) R. H. Chen and J. L. Chameau; Three-dimensional limit equilibrium analysis of slopes, Geotechnique 32, No. 1, pp31~40, 1982.
- 3) D. Leshchinsky, R. Baker, and M. L. Silver; Three Dimensional Analysis of Slope Stability, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, vol. 9, pp199~223, 1985.
- 4) 鶴飼恵三, 細堀健司; 不均質粘土斜面の三次元安定解析, 第20回土質工学研究発表会講演論文集, pp1443~1446, 1985.
- 5) P. Wolfe; The Secant Method for Simultaneous Nonlinear Equations, communications of the Ass. Computer Machine 2, 1959.
- 6) 建設省土木研究所地すべり研究室; Hovland 法による地すべり三次元斜面安定解析手法, 土木研究所資料第2265号, 1985.
- 7) 建設省土木研究所地すべり研究室; 地すべり斜面安定解析—Janbu 法による—, 土木研究所資料第1199号, 1977.
- 8) 建設省土木研究所地すべり研究室; Morgenstern and Price 法による地すべり斜面の安定解析法, 土木研究所資料第1510号, 1979.
- 9) 建設省土木研究所地すべり研究室; すべり面の土質力学的特性を勘案した地すべり斜面安定計算手法, 地すべり研究室資料, 1982.

卷 附

末 録

I 利用者マニュアル

I - I 入力データの作り方

I - II 出力リストの見方

I - III J C L

II プログラム仕様書(変数説明表)

III プログラムリスト

本 部
財 務 部

1. 本部の業務は、
2. 本部の業務は、
3. 本部の業務は、
4. 本部の業務は、

(1) 本部の業務は、
2. 本部の業務は、

業務名 _____

CKC DATA SHEET

年 月 日

DATA名 _____

作成者 _____

PAGE 1

OF 4

No.	COL. I-I R.H.CHEN & J.L.CHAMEAU 三次元極限平衡法 入力データマニュアル																																																															
1																																																																
2	①																																																															
3	TITLE																																																															
4	[20A4]																																																															
5																																																																
6	TITLE ; 計算名称																																																															
7																																																																
8																																																																
9																																																																
10	②																																																															
11	NNP	NOC	NMT	NSMT	NPW	NCW	ICLK																																																									
12	(715)																																																															
13																																																																
14	NNP ; 総節点数																																																															
15	NOC ; 全要素柱数																																																															
16	NMT ; 要素柱の物性組数																																																															
17	NSMT ; 地すべり面の物性組数																																																															
18	NPW ; 地下水の考慮に関する選択パラメータ																																																															
19	=1の時地下水を考慮する。 =0の時考慮しない																																																															
20	NCW ; 地下水の取扱いに関する選択パラメータ																																																															
21	=1の時土塊の重量から浮力分減じる方法で計算を行う。																																																															
22	=0の時間隙水圧を減じる方法で計算を行う。																																																															
23	ICLK ; =1の時サブルーチン中の詳細な計算結果を出力する。																																																															
24																																																																
25																																																																

業務名 _____
DATA名 _____

CKC DATA SHEET

作成者 _____

PAGE 3 OF 4 年 月 日

No.	COL.	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80	
1		
2	④	
3	MAT	NEL(I,J,K), K=1,8
4		(11 I 5)
5	④	
6	IROUP = 1 の時	
7	MAT	NEL(I,J,K), K=1,8
8		(9 I 5)
9		
10		
11		MAT(J) : 要素柱番号Jの物性番号
12		NEL(I,J,K) : 要素柱番号IのJ層の節点結合
13		MATS(J) : 要素柱番号Jのすべり面の物性番号
14		IROUP : ある要素柱が1層から成る時 → 0
15		2 → 1 この時のみ④のカードが必要
16		PWH : ②のカードでNPW=1の時のみ必要
17		NCW = 0 の時 間隙水圧比, = 1 の時 水頭値を入力
18		
19		節点結合は次のように行う。
20		
21		
22		
23		
24		
25		

④,④のカードはNOC個必要

業務名 _____

CKC DATA SHEET

DATA名 _____

作成者 _____

PAGE 4

年 月 日
OF 4

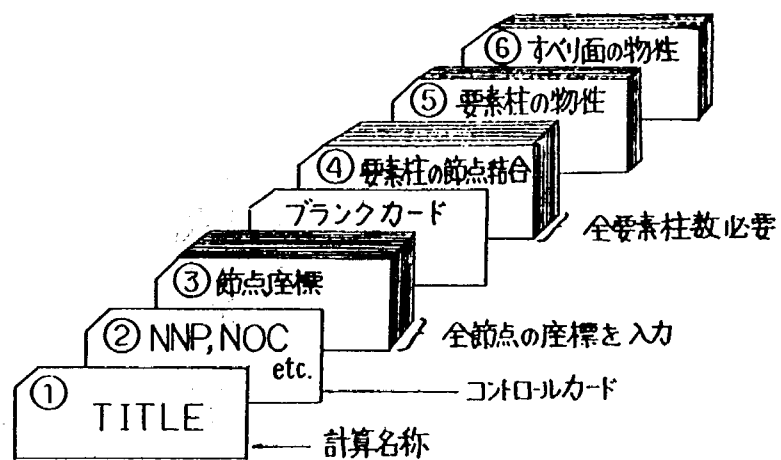
No.	COL.	
1		
2	⑤	
3		PROP(I,J)
4		(4F10.0)
5		
6		
7		要素柱の
8		PROP(1,J) : 物性番号Jの粘着力 (tf/m ²)
9		2. : 内部摩擦角 (度)
10		3. : 単位体積重量 (tf/m ³)
11		4. : 静止土圧係数
12	⑥	
13		SPROP(I,J)
14		(3F10.0)
15		
16		
17		SPROP(1,J) : すべり面の物性番号Jのすべり面半径(m)
18		2. : 粘着力 (tf/m ²)
19		3. : 内部摩擦角 (度)
20		
21		
22		
23		
24		
25		

このカードは、NMT組必要で④のカードのMAT番号とこのカードの入力順番が対応する。

有効応力表示によるC,φ

このカードは、NSMT組必要で④のカードのMATS番号とこのカードの入力順番が対応する。

有効応力表示によるC,φ



LIEQME の標準カードデッキ

入力データリスト (その1)

-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8									
THREE - DIMENSIONAL MODEL TYPE NO.5									
202	56	1	1						①
1	1.4		4.	4.6	102	4.			②
2	1.4		4.	7.	103	4.			
3	1.4		4.	9.4	104	4.			
4	2.4		4.	3.4	105	3.9			
5	2.4		4.	4.	106	2.9			
6	2.4		4.	4.6	107	2.9			
7	2.4		4.	7.	108	2.9			
8	2.4		4.	9.4	109	2.9			
9	2.4		4.	10.	110	2.9			
10	2.4		4.	10.6	111	3.9		③	
11	4.		4.	2.4	112	3.9			
12	4.		4.	3.4	113	2.5			
13	4.		4.	4.	114	2.2			
14	4.		4.	7.	115	2.2			
15	4.		4.	10.	116	2.2			
)									
96	22.4		10.1	9.4	197	7.4			
97	22.4		10.1	10.	198	7.4			
98	22.4		10.1	10.6	199	10.			
99	23.6		10.1	4.6	200	10.1			
100	23.6		10.1	7.	201	10.1			
101	23.6		10.1	9.4	202	10.1			
)									
1	1	2	7	6	102	103	108	107	1
1	2	3	8	7	103	104	109	108	1
1	4	5	13	12	105	106	114	113	1
1	5	7	14	13	106	108	115	114	1
1	7	9	15	14	108	110	116	115	1
1	9	10	16	15	110	111	117	116	1
1	11	13	20	19	112	114	121	120	1
1	13	14	21	20	114	115	122	121	1
1	14	15	22	21	115	116	123	122	1
1	15	17	23	22	116	118	124	123	1
)									

節点座標データの入力が終わったら
ブランクカードが必要

入力データリスト(その2)

-----+-----1-----+-----2-----+-----3-----+-----4-----+-----5-----+-----6-----+-----7-----+-----8

	{					{					
1	80	81	89	88	181	182	190	189	1	④	
1	81	82	91	89	182	183	192	190	1		
1	86	87	93	92	187	188	194	193	1		
1	87	88	95	93	188	189	196	194	1		
1	88	89	97	95	189	190	198	196	1		
1	89	90	98	97	190	191	199	198	1		
1	94	95	100	99	195	196	201	200	1		
1	95	96	101	100	196	197	202	201	1		
2.93		15.		2.			⑤				
0.5		2.93		15.		15.	⑥				

— 44 —

CALCULATION NAME ---		THREE - DIMENSIONAL MODEL TYPE NO.5		計算名称	
NUMBER OF NODAL POINT.	---	202	---	総節点数	
NUMBER OF MATERIAL PROPERTY.	---	1	---	要素柱の物性数	
NUMBER OF SLIDE SURFACE PROP.	---	1	---	すべり面の物性数	
NUMBER OF ELEMENTS (SURFACE)	---	56	---	要素柱数	
PARAMETER OF PORE WATER PRESSURE	---	0	---	地下水考慮選択パラメータ	
				=1の時 地下水を考慮する。	

出力リストの見方(その2)

X & Y & Z COORDINATES OF NODAL POINT

NO.	X-COOR.	Y-COOR.	Z-COOR.	NO.	X-COOR.	Y-COOR.	Z-COOR.
1	1.400	4.000	4.600	102	1.400	4.000	4.600
2	1.400	4.000	7.000	103	1.400	4.000	7.000
3	1.400	4.000	9.400	104	1.400	4.000	9.400
4	2.400	4.000	3.400	105	2.400	3.900	3.400
5	2.400	4.000	4.000	106	2.400	2.900	4.000
6	2.400	4.000	2.600	107	2.400	2.900	4.600
7	2.400	4.000	7.000	108	2.400	2.900	7.000
8	2.400	4.000	9.400	109	2.400	2.900	9.400
9	2.400	4.000	10.000	110	2.400	2.900	10.000
10	2.400	4.000	10.600	111	2.400	3.900	10.600
↑ 節点番号	↑ X座標	↑ Y座標	↑ Z座標	↑ 節点番号	↑ X座標	↑ Y座標	↑ Z座標

NODAL CONNECTIVITIES OF ALL ELEMENTS

NO.	ELEMENT CONNECTIVITY										MAT	SMAT	PWH					
1	1	-	2	-	7	-	6	-	102	-	103	-	108	-	107	1	1	0.0
2	2	-	3	-	8	-	7	-	103	-	104	-	109	-	108	1	1	0.0
3	4	-	5	-	13	-	12	-	105	-	106	-	114	-	113	1	1	0.0
4	5	-	7	-	14	-	13	-	108	-	108	-	115	-	114	1	1	0.0
5	7	-	9	-	15	-	14	-	108	-	110	-	116	-	115	1	1	0.0
6	9	-	10	-	16	-	15	-	110	-	111	-	117	-	116	1	1	0.0
7	11	-	13	-	20	-	19	-	112	-	114	-	121	-	120	1	1	0.0
8	13	-	14	-	21	-	20	-	114	-	115	-	122	-	121	1	1	0.0
9	14	-	15	-	22	-	21	-	115	-	116	-	123	-	122	1	1	0.0
10	15	-	17	-	23	-	22	-	116	-	118	-	124	-	123	1	1	0.0
↑	↑										↑	↑	↑					
要素柱番号	節点結合										要素柱番号							

入力に於て
NCW = 0の時 簡略水圧比が出力
= 1の時 地下水位が出力

MATERIAL PROPERTIES 1 SETS

COHESION	FRICTION	GAMMA-T	CKO
1.000	5.00	2.000	0.500
粘着力	内部摩擦角	単位体積重量	静止土圧係数

MATERIAL PROPERTIES OF SLIDING SURFACE 1 SETS

RADIUS OF SLIDING SURFACE	COHESION OF SLIDING SURFACE	FRICTION OF SLIDING SURFACE
15.000	2.930	15.000
すべり面半径	の粘着力	の内部摩擦角

出力リストの見方(その3)

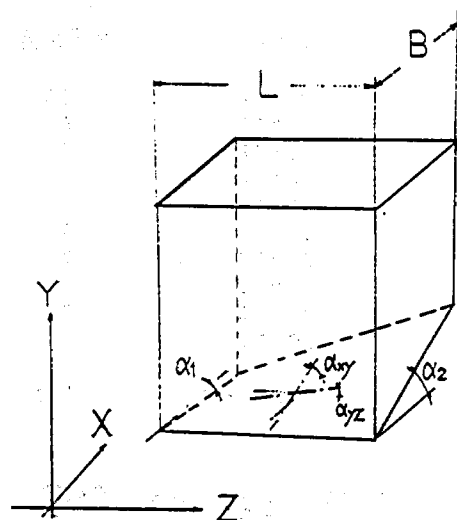
合力の傾きθと安全率Fを求めるための情報を出力

*** THESE DATA WERE CALCULATED AT THE ARANGE ROUTINE AND THESE DATA WERE USED FOR CALCULATION FS ***

PARAMETER 1 = C*AB-U*AB*TAN(FAI)+W*COS(ALFA)*TAN(FAI)-R2*TAN(FAI)*SIN(ALFA2-ALFA)
-R1*TAN(FAI)*SIN(ALFA-ALFA1)
PARAMETER 2 = -W*SIN(ALFA)+R2*COS(ALFA2-ALFA)-R1*COS(ALFA-ALFA1)
PARAMETER 4 = 6F*COS(THETA)*QH*Q*cos(ALFA)

NUM. OF COLUMN	X-DIREC. WIDTH(B)	Z-DIREC. WIDTH(L)	SIDE1 ALFA1	DIP ALFA2	YZ PLANE ALFA-YZ	PARAMETER 1	PARAMETER 2	PARAMETER 3 ALFA-XY	PARAMETER 4
1	1.000	2.400	-0.8330	-0.8330	0.0	10.9296	1.9534	-0.8330	0.0
2	1.000	2.400	-0.8330	-0.8330	0.0	10.9296	1.9534	-0.8330	0.0
3	1.600	0.600	-0.7188	-0.4124	-0.8254	5.1701	1.1851	-0.5808	0.0
4	1.600	3.000	-0.4124	-0.4124	0.0	18.7675	5.5794	-0.4124	0.0
5	1.600	3.000	-0.4124	-0.4124	0.0	18.7675	5.5794	-0.4124	0.0
6	1.600	0.600	-0.4124	-0.7188	0.8254	5.2824	1.1851	-0.5808	0.0
7	2.200	1.600	-0.5337	-0.3081	-0.7188	17.7636	5.3894	-0.4266	0.0
8	2.200	3.000	-0.3081	-0.3081	0.0	28.8862	10.2058	-0.3081	0.0
9	2.200	3.000	-0.3081	-0.3081	0.0	28.8862	10.2058	-0.3081	0.0
10	2.200	1.600	-0.3081	-0.5337	0.7188	17.8377	5.3894	-0.4266	0.0
11	2.200	0.800	-0.4817	-0.3081	-1.1675	15.1267	2.8139	-0.3980	0.0
12	2.200	1.600	-0.3081	-0.2235	-0.5586	18.8694	6.4832	-0.2663	0.0

要素柱番号



$$Q = \frac{\frac{Pa1}{F} + Pa2}{\cos(\alpha_{yz}\theta) + \frac{\tan\phi}{F}\sin(\alpha_{yz}\theta)} \quad , \quad Qh\alpha = \frac{Pa4}{6F\cos\theta} \cos(\theta - \alpha_{xy})$$

$$Pa3 = \alpha_{xy}$$

$$Pa1 = C'Ab - UAb \tan\phi' + W \cdot \cos\alpha_{xy} \cdot \tan\phi' - R2 \tan\phi' \sin(\alpha_2 - \alpha_{xy}) - R1 \tan\phi' \sin(\alpha_{xy} - \alpha_1)$$

$$Pa2 = -W \sin\alpha + R2 \cos(\alpha_2 - \alpha_{xy}) - R1 \cos(\alpha_{xy} - \alpha_1)$$

$$Pa4 = \cos\alpha_{yz} \left[\cos\alpha_2 \left(3C_e h_{e2} b (2h_{f2} + h_{e2} + l \tan\alpha_{yz}) + 3C_f h_{f2} b (h_{f2} + l \tan\alpha_{yz}) + \frac{1}{2} K_0 \gamma_e h_{e2}^2 \tan\phi_e b (6h_{f2} + 2h_{e2} + 3l \tan\alpha_{yz}) + 3K_0 (\gamma_e h_{e2} + 0.5 \gamma_f h_{f2}) h_{f2} \tan\phi_f b (2\gamma_{f2} + l \tan\alpha_{yz}) \right) \right. \\ \left. - \cos\alpha_1 \left(3C_e h_{e1} b (2h_{f1} + h_{e1} - l \tan\alpha_{yz}) + 3C_f h_{f1} b (h_{f1} - l \tan\alpha_{yz}) + \frac{1}{2} K_0 \gamma_e h_{e1}^2 \tan\phi_e b (6h_{f1} + 2h_{e1} - 3l \tan\alpha_{yz}) + 3K_0 (\gamma_e h_{e1} + 0.5 \gamma_f h_{f1}) h_{f1} \tan\phi_f b (2\gamma_{f1} - l \tan\alpha_{yz}) \right) \right]$$

出力リストの見方(その4)

FORCE EQUILIBRIA Θ とF値を仮定した際の ΣQ 値

***** THETA		— 仮定した θ 値										
* (DEG)		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
FS *****												
0.10		0.468E+05	-0.527E+04	0.610E+04	0.262E+05	0.125E+05	-0.537E+03	0.265E+04	0.100E+06	-0.677E+04	0.297E+04	-0.698E+04
0.20		0.709E+04	0.135E+05	-0.580E+03	0.153E+04	-0.141E+05	0.274E+04	0.290E+05	0.346E+04	-0.113E+05	0.970E+05	-0.652E+03
0.30		0.417E+04	0.536E+04	-0.341E+05	0.885E+04	-0.134E+04	0.220E+05	0.142E+05	-0.922E+02	0.819E+04	-0.328E+04	-0.191E+04
0.40		0.425E+04	0.194E+04	0.382E+04	0.497E+04	0.524E+04	0.108E+05	0.188E+04	0.697E+04	-0.706E+04	0.187E+04	-0.404E+05
0.50		0.291E+04	0.341E+04	0.432E+03	0.307E+04	0.399E+04	0.394E+04	0.789E+04	-0.132E+04	-0.752E+03	-0.105E+05	0.732E+03
0.60		0.229E+04	0.250E+04	0.307E+04	0.147E+04	0.272E+04	0.363E+04	0.388E+04	0.862E+04	0.184E+04	0.761E+04	-0.503E+04
0.70		0.188E+04	0.201E+04	0.226E+04	0.354E+04	0.187E+04	0.258E+04	0.426E+04	0.423E+04	0.521E+04	0.619E+04	0.179E+06
0.80		0.157E+04	0.167E+04	0.183E+04	0.221E+04	0.579E+03	0.196E+04	0.264E+04	0.272E+04	0.579E+04	-0.747E+02	0.162E+04
0.90		0.134E+04	0.141E+04	0.153E+04	0.176E+04	0.385E+04	0.149E+04	0.206E+04	0.765E+04	0.365E+04	-0.104E+05	0.828E+04
1.00		0.115E+04	0.121E+04	0.131E+04	0.147E+04	0.202E+04	0.105E+04	0.167E+04	0.244E+04	0.268E+04	0.975E+04	0.249E+04
1.10		0.100E+04	0.105E+04	0.113E+04	0.126E+04	0.158E+04	0.418E+03	0.137E+04	0.191E+04	0.201E+04	0.460E+04	0.949E+02
1.20		0.875E+03	0.920E+03	0.987E+03	0.109E+04	0.132E+04	-0.280E+04	0.114E+04	0.159E+04	0.124E+04	0.328E+04	-0.502E+04
1.30		0.767E+03	0.808E+03	0.868E+03	0.960E+03	0.113E+04	0.289E+04	0.936E+03	0.136E+04	0.890E+04	0.258E+04	-0.520E+04
1.40		0.674E+03	0.712E+03	0.766E+03	0.847E+03	0.992E+03	0.168E+04	0.755E+03	0.117E+04	0.208E+04	0.212E+04	-0.553E+03
1.50		0.594E+03	0.629E+03	0.679E+03	0.751E+03	0.876E+03	0.130E+04	0.582E+03	0.102E+04	0.161E+04	0.179E+04	0.833E+04
1.60		0.523E+03	0.556E+03	0.603E+03	0.669E+03	0.778E+03	0.109E+04	0.403E+03	0.895E+03	0.136E+04	0.152E+04	0.461E+04
1.70		0.460E+03	0.492E+03	0.536E+03	0.597E+03	0.695E+03	0.942E+03	0.198E+03	0.786E+03	0.119E+04	0.129E+04	0.342E+04
1.80		0.404E+03	0.436E+03	0.477E+03	0.534E+03	0.624E+03	0.829E+03	-0.752E+02	0.692E+03	0.105E+04	0.108E+04	0.277E+04
1.90		0.354E+03	0.385E+03	0.424E+03	0.478E+03	0.561E+03	0.737E+03	-0.540E+03	0.609E+03	0.941E+03	0.868E+03	0.234E+04
2.00		0.309E+03	0.339E+03	0.377E+03	0.428E+03	0.505E+03	0.660E+03	-0.180E+04	0.536E+03	0.846E+03	0.621E+03	0.204E+04
2.10		0.268E+03	0.298E+03	0.335E+03	0.383E+03	0.455E+03	0.595E+03	0.219E+06	0.470E+03	0.765E+03	0.235E+03	0.180E+04
2.20		0.230E+03	0.260E+03	0.296E+03	0.343E+03	0.410E+03	0.537E+03	0.285E+04	0.410E+03	0.694E+03	-0.945E+03	0.161E+04
2.30		0.196E+03	0.225E+03	0.261E+03	0.306E+03	0.370E+03	0.487E+03	0.163E+04	0.355E+03	0.631E+03	0.567E+04	0.145E+04
2.40		0.164E+03	0.194E+03	0.229E+03	0.272E+03	0.333E+03	0.442E+03	0.120E+04	0.305E+03	0.575E+03	0.185E+04	0.132E+04
2.50		0.135E+03	0.165E+03	0.199E+03	0.241E+03	0.300E+03	0.401E+03	0.973E+03	0.258E+03	0.524E+03	0.133E+04	0.120E+04
2.60		0.108E+03	0.138E+03	0.172E+03	0.213E+03	0.269E+03	0.365E+03	0.823E+03	0.215E+03	0.479E+03	0.109E+04	0.110E+04
2.70		0.835E+02	0.113E+03	0.146E+03	0.187E+03	0.241E+03	0.331E+03	0.714E+03	0.174E+03	0.438E+03	0.949E+03	0.101E+04
2.80		0.604E+02	0.900E+02	0.123E+03	0.162E+03	0.215E+03	0.301E+03	0.631E+03	0.135E+03	0.400E+03	0.845E+03	0.935E+03
2.90		0.388E+02	0.685E+02	0.101E+03	0.140E+03	0.191E+03	0.273E+03	0.563E+03	0.990E+02	0.365E+03	0.764E+03	0.864E+03
3.00		0.186E+02	0.484E+02	0.807E+02	0.119E+03	0.168E+03	0.247E+03	0.507E+03	0.642E+02	0.333E+03	0.697E+03	0.801E+03
3.10		-0.371E+00	0.296E+02	0.617E+02	0.990E+02	0.147E+03	0.223E+03	0.458E+03	0.308E+02	0.304E+03	0.641E+03	0.743E+03
3.20		-0.181E+02	0.120E+02	0.439E+02	0.806E+02	0.128E+03	0.200E+03	0.417E+03	-0.139E+01	0.277E+03	0.591E+03	0.690E+03
3.30		-0.349E+02	-0.462E+01	0.271E+02	0.634E+02	0.109E+03	0.180E+03	0.380E+03	-0.326E+02	0.251E+03	0.548E+03	0.641E+03
3.40		-0.506E+02	-0.202E+02	0.114E+02	0.471E+02	0.921E+02	0.160E+03	0.346E+03	-0.631E+02	0.227E+03	0.509E+03	0.595E+03
3.50	$\Sigma Q=0$	-0.655E+02	-0.350E+02	-0.344E+01	0.319E+02	0.760E+02	0.142E+03	0.317E+03	-0.930E+02	0.205E+03	0.474E+03	0.553E+03
3.60	この値は	-0.796E+02	-0.489E+02	-0.175E+02	0.175E+02	0.608E+02	0.125E+03	0.289E+03	-0.122E+03	0.185E+03	0.442E+03	0.513E+03
3.70	定まる境	-0.929E+02	-0.620E+02	-0.307E+02	0.390E+01	0.464E+02	0.109E+03	0.265E+03	-0.152E+03	0.165E+03	0.413E+03	0.476E+03
3.80	用線	-0.106E+03	-0.745E+02	-0.432E+02	-0.897E+01	0.328E+02	0.937E+02	0.242E+03	-0.181E+03	0.147E+03	0.385E+03	0.442E+03
3.90		-0.118E+03	-0.864E+02	-0.551E+02	-0.212E+02	0.200E+02	0.794E+02	0.221E+03	-0.210E+03	0.129E+03	0.360E+03	0.409E+03
4.00		-0.129E+03	-0.976E+02	-0.665E+02	-0.327E+02	0.782E+01	0.659E+02	0.201E+03	-0.240E+03	0.113E+03	0.337E+03	0.377E+03
4.10		-0.140E+03	-0.108E+03	-0.772E+02	-0.437E+02	-0.373E+01	0.531E+02	0.183E+03	-0.269E+03	0.977E+02	0.315E+03	0.348E+03
4.20		-0.150E+03	-0.119E+03	-0.874E+02	-0.542E+02	-0.147E+02	0.410E+02	0.166E+03	-0.300E+03	0.831E+02	0.295E+03	0.319E+03
4.30		-0.160E+03	-0.128E+03	-0.972E+02	-0.642E+02	-0.252E+02	0.295E+02	0.150E+03	-0.332E+03	0.693E+02	0.276E+03	0.292E+03
4.40		-0.169E+03	-0.138E+03	-0.107E+03	-0.737E+02	-0.351E+02	0.185E+02	0.135E+03	-0.364E+03	0.561E+02	0.258E+03	0.266E+03
4.50		-0.178E+03	-0.146E+03	-0.115E+03	-0.828E+02	-0.447E+02	0.806E+01	0.121E+03	-0.398E+03	0.436E+02	0.241E+03	0.240E+03
4.60		-0.187E+03	-0.155E+03	-0.124E+03	-0.915E+02	-0.537E+02	-0.190E+01	0.107E+03	-0.433E+03	0.316E+02	0.225E+03	0.216E+03
4.70		-0.195E+03	-0.163E+03	-0.132E+03	-0.998E+02	-0.624E+02	-0.114E+02	0.948E+02	-0.471E+03	0.202E+02	0.210E+03	0.192E+03
4.80		-0.203E+03	-0.171E+03	-0.140E+03	-0.108E+03	-0.707E+02	-0.205E+02	0.828E+02	-0.511E+03	0.938E+01	0.195E+03	0.169E+03
4.90		-0.211E+03	-0.178E+03	-0.147E+03	-0.115E+03	-0.787E+02	-0.292E+02	0.715E+02	-0.554E+03	-0.100E+01	0.182E+03	0.147E+03
5.00		-0.218E+03	-0.186E+03	-0.155E+03	-0.123E+03	-0.863E+02	-0.375E+02	0.607E+02	-0.600E+03	-0.109E+02	0.169E+03	0.124E+03

出力リストの見方(その5)

***** THETA

* (DEG)

FS *****

— 仮定したθ値

M O M E N T E Q U I L I B R I A θ と F 値を仮定した際の

 $\Sigma Q \cos(\theta - \alpha_y)(r - h \alpha \cos \alpha_y)$ 値

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
0.10	0.663E+06	-0.650E+05	0.981E+05	0.384E+06	0.195E+06	0.147E+05	0.627E+05	0.144E+07	-0.633E+05	0.768E+05	-0.598E+05
0.20	0.995E+05	0.179E+06	0.126E+05	0.405E+05	-0.145E+06	0.599E+05	0.377E+06	0.731E+05	-0.102E+06	0.120E+07	0.306E+05
0.30	0.593E+05	0.732E+05	-0.320E+06	0.112E+06	0.117E+05	0.247E+06	0.170E+06	0.291E+05	0.114E+06	0.426E+03	0.157E+05
0.40	0.536E+05	0.358E+05	0.528E+05	0.638E+05	0.672E+05	0.114E+06	0.415E+05	0.852E+05	-0.309E+05	0.447E+05	-0.307E+06
0.50	0.379E+05	0.425E+05	0.225E+05	0.421E+05	0.496E+05	0.501E+05	0.789E+05	0.144E+05	0.192E+05	-0.493E+05	0.312E+05
0.60	0.300E+05	0.321E+05	0.363E+05	0.273E+05	0.356E+05	0.418E+05	0.440E+05	0.735E+05	0.326E+05	0.685E+05	-0.828E+04
0.70	0.247E+05	0.260E+05	0.279E+05	0.353E+05	0.269E+05	0.312E+05	0.407E+05	0.409E+05	0.466E+05	0.523E+05	0.981E+06
0.80	0.207E+05	0.217E+05	0.229E+05	0.251E+05	0.177E+05	0.247E+05	0.283E+05	0.290E+05	0.440E+05	0.163E+05	0.247E+05
0.90	0.177E+05	0.184E+05	0.193E+05	0.206E+05	0.298E+05	0.200E+05	0.227E+05	0.469E+05	0.300E+05	-0.298E+05	0.503E+05
1.00	0.153E+05	0.158E+05	0.165E+05	0.174E+05	0.197E+05	0.162E+05	0.188E+05	0.220E+05	0.231E+05	0.507E+05	0.228E+05
1.10	0.133E+05	0.138E+05	0.142E+05	0.149E+05	0.162E+05	0.123E+05	0.158E+05	0.179E+05	0.184E+05	0.277E+05	0.119E+05
1.20	0.117E+05	0.120E+05	0.124E+05	0.129E+05	0.138E+05	0.485E+03	0.135E+05	0.151E+05	0.141E+05	0.209E+05	-0.615E+04
1.30	0.103E+05	0.106E+05	0.109E+05	0.113E+05	0.119E+05	0.173E+05	0.115E+05	0.129E+05	0.358E+05	0.168E+05	-0.666E+04
1.40	0.909E+04	0.931E+04	0.957E+04	0.990E+04	0.104E+05	0.124E+05	0.990E+04	0.112E+05	0.138E+05	0.140E+05	0.652E+04
1.50	0.805E+04	0.823E+04	0.844E+04	0.871E+04	0.911E+04	0.103E+05	0.847E+04	0.970E+04	0.113E+05	0.118E+05	0.292E+05
1.60	0.714E+04	0.729E+04	0.747E+04	0.769E+04	0.802E+04	0.884E+04	0.719E+04	0.846E+04	0.968E+04	0.101E+05	0.178E+05
1.70	0.633E+04	0.646E+04	0.660E+04	0.679E+04	0.706E+04	0.768E+04	0.599E+04	0.740E+04	0.838E+04	0.865E+04	0.137E+05
1.80	0.561E+04	0.572E+04	0.584E+04	0.600E+04	0.623E+04	0.672E+04	0.475E+04	0.648E+04	0.730E+04	0.739E+04	0.112E+05
1.90	0.497E+04	0.505E+04	0.516E+04	0.530E+04	0.549E+04	0.588E+04	0.323E+04	0.566E+04	0.638E+04	0.626E+04	0.937E+04
2.00	0.438E+04	0.446E+04	0.455E+04	0.466E+04	0.483E+04	0.516E+04	0.266E+03	0.495E+04	0.558E+04	0.515E+04	0.799E+04
2.10	0.386E+04	0.392E+04	0.399E+04	0.409E+04	0.424E+04	0.452E+04	0.419E+06	0.430E+04	0.488E+04	0.388E+04	0.687E+04
2.20	0.338E+04	0.343E+04	0.349E+04	0.358E+04	0.371E+04	0.394E+04	0.813E+04	0.373E+04	0.425E+04	0.129E+04	0.593E+04
2.30	0.294E+04	0.298E+04	0.303E+04	0.311E+04	0.322E+04	0.343E+04	0.542E+04	0.320E+04	0.369E+04	0.124E+05	0.512E+04
2.40	0.253E+04	0.257E+04	0.261E+04	0.268E+04	0.278E+04	0.296E+04	0.423E+04	0.273E+04	0.318E+04	0.531E+04	0.442E+04
2.50	0.216E+04	0.219E+04	0.223E+04	0.229E+04	0.237E+04	0.253E+04	0.344E+04	0.230E+04	0.272E+04	0.401E+04	0.381E+04
2.60	0.182E+04	0.184E+04	0.187E+04	0.192E+04	0.200E+04	0.214E+04	0.284E+04	0.190E+04	0.230E+04	0.325E+04	0.326E+04
2.70	0.150E+04	0.152E+04	0.154E+04	0.159E+04	0.166E+04	0.178E+04	0.234E+04	0.153E+04	0.192E+04	0.267E+04	0.277E+04
2.80	0.120E+04	0.122E+04	0.124E+04	0.128E+04	0.134E+04	0.145E+04	0.191E+04	0.120E+04	0.157E+04	0.220E+04	0.232E+04
2.90	0.926E+03	0.936E+03	0.955E+03	0.988E+03	0.104E+04	0.114E+04	0.153E+04	0.882E+03	0.124E+04	0.179E+04	0.192E+04
3.00	0.668E+03	0.674E+03	0.690E+03	0.719E+03	0.767E+03	0.857E+03	0.119E+04	0.590E+03	0.941E+03	0.142E+04	0.155E+04
3.10	0.426E+03	0.429E+03	0.442E+03	0.467E+03	0.510E+03	0.591E+03	0.882E+03	0.318E+03	0.661E+03	0.109E+04	0.121E+04
3.20	0.199E+03	0.200E+03	0.210E+03	0.232E+03	0.270E+03	0.343E+03	0.599E+03	0.638E+02	0.401E+03	0.786E+03	0.901E+03
3.30	-0.145E+02	-0.156E+02	-0.797E+01	0.103E+02	0.445E+02	0.112E+03	0.339E+03	-0.175E+03	0.158E+03	0.508E+03	0.612E+03
3.40	-0.216E+03	-0.219E+03	-0.213E+03	-0.198E+03	-0.167E+03	-0.106E+03	0.971E+02	-0.399E+03	-0.694E+02	0.252E+03	0.344E+03
3.50	-0.405E+03	-0.410E+03	-0.407E+03	-0.394E+03	-0.366E+03	-0.310E+03	-0.128E+03	-0.611E+03	-0.282E+03	0.137E+02	0.943E+02
3.60	-0.585E+03	-0.591E+03	-0.589E+03	-0.579E+03	-0.554E+03	-0.503E+03	-0.337E+03	-0.811E+03	-0.483E+03	-0.208E+03	-0.139E+03
3.70	-0.754E+03	-0.762E+03	-0.762E+03	-0.753E+03	-0.732E+03	-0.685E+03	-0.534E+03	-0.100E+04	-0.671E+03	-0.416E+03	-0.357E+03
3.80	-0.915E+03	-0.924E+03	-0.926E+03	-0.919E+03	-0.899E+03	-0.856E+03	-0.719E+03	-0.118E+04	-0.849E+03	-0.610E+03	-0.562E+03
3.90	-0.107E+04	-0.108E+04	-0.108E+04	-0.108E+04	-0.106E+04	-0.102E+04	-0.892E+03	-0.135E+04	-0.102E+04	-0.793E+03	-0.755E+03
4.00	-0.121E+04	-0.122E+04	-0.123E+04	-0.122E+04	-0.121E+04	-0.117E+04	-0.106E+04	-0.151E+04	-0.118E+04	-0.965E+03	-0.937E+03
4.10	-0.135E+04	-0.136E+04	-0.137E+04	-0.137E+04	-0.135E+04	-0.132E+04	-0.121E+04	-0.167E+04	-0.133E+04	-0.113E+04	-0.111E+04
4.20	-0.148E+04	-0.150E+04	-0.150E+04	-0.150E+04	-0.149E+04	-0.146E+04	-0.136E+04	-0.182E+04	-0.147E+04	-0.128E+04	-0.127E+04
4.30	-0.161E+04	-0.162E+04	-0.163E+04	-0.163E+04	-0.162E+04	-0.159E+04	-0.150E+04	-0.196E+04	-0.161E+04	-0.143E+04	-0.142E+04
4.40	-0.173E+04	-0.174E+04	-0.175E+04	-0.175E+04	-0.174E+04	-0.172E+04	-0.163E+04	-0.210E+04	-0.174E+04	-0.157E+04	-0.157E+04
4.50	-0.184E+04	-0.186E+04	-0.187E+04	-0.187E+04	-0.186E+04	-0.184E+04	-0.176E+04	-0.224E+04	-0.186E+04	-0.170E+04	-0.171E+04
4.60	-0.195E+04	-0.197E+04	-0.198E+04	-0.198E+04	-0.197E+04	-0.195E+04	-0.188E+04	-0.237E+04	-0.198E+04	-0.182E+04	-0.184E+04
4.70	-0.206E+04	-0.208E+04	-0.209E+04	-0.209E+04	-0.208E+04	-0.206E+04	-0.199E+04	-0.249E+04	-0.209E+04	-0.194E+04	-0.197E+04
4.80	-0.216E+04	-0.218E+04	-0.219E+04	-0.219E+04	-0.219E+04	-0.217E+04	-0.210E+04	-0.261E+04	-0.220E+04	-0.205E+04	-0.209E+04
4.90	-0.226E+04	-0.227E+04	-0.228E+04	-0.229E+04	-0.229E+04	-0.227E+04	-0.221E+04	-0.273E+04	-0.230E+04	-0.216E+04	-0.220E+04
5.00	-0.235E+04	-0.237E+04	-0.238E+04	-0.238E+04	-0.238E+04	-0.236E+04	-0.231E+04	-0.285E+04	-0.240E+04	-0.227E+04	-0.232E+04

境界線

出力リストの見方(その6)

割線法による計算結果

THESE DATA AND RESULTS WERE CALCULATED BY SECANT METHOD

NUMBER OF REPETITION --- 1 ← 繰返し計算回数							
THETA(DEG)	FS	SIG Q	SIG QHQ	NORM	**	CALCULATED	VALUE
5.00000	3.09999	-0.37001	425.77222	0.1813E+06	**	THETA ---	12.07867
15.00001	3.29999	27.13803	-7.95093	0.7997E+03	**	FS ---	3.24156
10.00000	3.19999	11.95704	200.03943	0.4016E+05	**	NORM ---	0.1273E+05

3つの試行解

3つの試行解より得られる新しい解と誤差

NUMBER OF REPETITION --- 2							
THETA(DEG)	FS	SIG Q	SIG QHQ	NORM	**	CALCULATED	VALUE
15.00001	3.29999	27.13803	-7.95093	0.7997E+03	**	THETA ---	12.48635
10.00000	3.19999	11.95704	200.03943	0.4016E+05	**	FS ---	3.24979
12.07867	3.24156	17.83336	111.41687	0.1273E+05	**	NORM ---	0.9243E+04

))

NUMBER OF REPETITION --- 6							
THETA(DEG)	FS	SIG Q	SIG QHQ	NORM	**	CALCULATED	VALUE
7.19519	3.36987	-32.66205	-158.33107	0.2614E+05	**	THETA ---	10.56369
10.55290	3.29458	-0.35719	-3.86469	0.1506E+02	**	FS ---	3.29275
10.55550	3.29411	-0.26629	-2.86959	0.8305E+01	**	NORM ---	0.6848E-04

割線法を用いて得られた θ, F 値
誤差

θ の初期値 F の初期値 初期値 θ, F による
 ΣQ 値 初期値 θ, F による
 $\Sigma Q \cos(\theta - \alpha_{xy})(r - h \cos \alpha_{xy})$ 値 $(\Sigma Q)^2 + [\Sigma Q \cos(\theta - \alpha_{xy})(r - h \cos \alpha_{xy})]^2$

出力リストの見方 (その7)

最終解より得られる応力表

*** THESE DATA WERE CALCULATED USING RESULTS OF FS AND THETA ***

NUM. OF	AREA(BASE)	WEIGHT	SIDE1 REX	SIDE2 REX	VERT. FORCE	SHEAR STR. R1	SHEAR STR R2	VERT. STRESS	RESULT FOR(Q)
1	3.568	2.640	0.0	0.0	11.6036	0.0	0.0	3.2523	11.5524
2	3.568	2.640	0.0	0.0	11.6036	0.0	0.0	3.2523	11.5524
3	1.599	2.160	0.0	0.0	4.6757	0.0	0.0	2.9234	4.1435
4	5.239	13.920	0.0	0.0	20.8642	0.0	0.0	3.9823	14.4338
5	5.239	13.920	0.0	0.0	20.8642	0.0	0.0	3.9823	14.4338
6	1.638	2.160	0.0	0.0	4.7113	0.0	0.0	2.8766	4.1948
7	4.979	13.024	0.0	0.0	19.8660	0.0	0.0	3.9903	13.9617
8	6.926	33.660	0.0	0.0	42.7216	0.0	0.0	6.1683	22.5201
9	6.926	33.660	0.0	0.0	42.7216	0.0	0.0	6.1683	22.5201
10	5.004	13.024	0.0	0.0	19.8828	0.0	0.0	3.9735	13.9908
11	4.551	7.260	0.0	0.0	11.8472	0.0	0.0	2.6033	9.3721
12	4.267	24.640	0.0	0.0	29.9230	0.0	0.0	7.0134	14.1241
13	6.768	52.800	0.0	0.0	61.2991	0.0	0.0	9.0568	24.7408
14	6.768	52.800	0.0	0.0	61.2991	0.0	0.0	9.0568	24.7408
15	4.268	24.640	0.0	0.0	29.9239	0.0	0.0	7.0104	14.1261

要素柱番号

要素柱底面積

要素柱重量

側面1のせん断力

側面2のせん断力

N'

側面1のせん断応力

側面2の
せん断応力

有効垂直応力

各要素柱のQ

業務名 _____
DATA名 _____

DATA SHEET

作成者 _____

PAGE _____

年 月 日
OF _____

No.	COL.	I-III プログラム LIEQME の JCL
1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80	//DWOLB1.1.1 JOB (DWOLB1.1), CLASS=A
2		/*ADMIT SAC
3		//EXEC FORT7CG, PARM, GO=NOPRINT
4		//FORT, SYSPRINT DD DUMMY
5		//FORT, SYSIN DD DSN=LIEQ, FORT, DISP=SHR
6		//GO, SYSIN DD DSN=LIEQME, DATA, DISP=SHR
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		

II プログラム仕様書

サブルーチン DINPUT

目 的 入力データの読み込みを行う。

接 続 方 法 CALL DINPUT

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
TITLE			TITLE (20)	計算名称
NNP			—	総節点数
NOC			—	全要素柱数
NMT			—	全物性数
NSMT			—	すべり面の物性数
NPW			—	地下水考慮選択パラメータ
NCW			—	= 0 の時 向隙水圧を減じる方法で計算 = 1 の時 浮力分を減じる方法で計算
ICLK			—	= 1 の時 計算結果の詳細出力を行う。
COOR			COOR(3,500)	節点 x, y, z 座標
MAT			MAT (500)	要素柱の物性番号
NEL			NEL (500,2,8)	ゝ 節点結合
MATS			MATS (500)	ゝ 底面のすべり面の物性番号
IROUP			—	ゝ 層数指示パラメータ
PWH			PWH (500)	ゝ 向隙水圧比 or 水頭値
NBY			NBY (500)	ゝ 層数
PROP			PROP(4,10)	ゝ 物性
SPROP			SPROP(3,10)	ゝ 底面のすべり面の物性
サブルーチン IDPRNT も同様				

サブルーチン ARANGE

目的 全要素柱について力の釣合い、モーメントの釣合い式の
因子を求める。

接続方法 CALL ARANGE

変数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
NOC	○		—	地表面要素数
HE1,2	—	—	HE1(2), HE2(2)	側面1,2の中心鉛直高さ
WEI	—	—	WEI(2)	上層, 下層の重量
GAM	—	—	GAM(2)	“ 単位体積重量
NBY	○		NBY(500)	任意の要素の層数
COOR	○		COOR(3,500)	任意の節点(x,y,z)座標
NEL	○		NEL(500,2,8)	任意の要素のJ層目の節点結合
AB	—	—	—	任意の要素柱の底面積
ALFA	—	—	ALFA(4) = DIP(3,500)	“ X-Y面内の底面の側面1,2, 中心軸の傾きと, Y-Z “ 中心軸の傾き
BLE	—	—	—	任意の要素柱の奥行き = BWID(2)
SLE	—	—	—	“ 幅 = SWID(2)
UHE	—	—	—	“ 水頭値
WEIG	—	—	—	“ 総重量
MAN	—	—	—	“ J層目の物性番号
REX1	—	—	—	“ 側面1のせん断力
REX2	—	—	—	“ “ 2 “
BL	—	—	—	“ X-Z面に投影した底面積
MATS	○		MATS(500)	“ すべり面の物性番号
SPROP	○		SPROP(3,10)	“ “ 物性
MAT	○		MAT(500)	“ 物性番号
PROP	○		PROP(4,10)	“ 物性
RCE	—	—	RCE(2)	“ 側面の粘着力によるせん断力
RFE	—	—	RFE(2)	“ 内部摩擦角

サブルーチン SHRSTR

目 的 1層の場合の側面の粘着力と内部摩擦角によるせん断力を求める。

接 続 方 法 CALL SHESTR(C,FAI,G,H1,H2,B,RC1,RF1,CK0)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
C	○		—	粘着力
FAI	○		—	内部摩擦角
G	○		—	単位体積重量
H1	○		—	側面1の中心鉛直高さ
H2	○		—	“ 2 “
B	○		—	要素柱の奥行き
RC1		○	RC1(2)	側面に働く粘着力によるせん断力
RF1		○	RF1(2)	“ 内部摩擦角 “
CK0	○		—	静止土圧係数

サブルーチン SHESTF

目 的 要素柱が2層より成る場合、下層の側面に働く内部摩擦角によるせん断力を求める。

接 続 方 法 CALL SHESTF(G, HE, HF, CK0, FA, B, RF1)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
G	○		G (2)	単位体積重量
HE	○		HE (2)	側面1の中に鉛直線の上層,下層高さ
HF	○		HF (2)	〃 2 〃 〃
CK0	○		—	静止土圧係数
FA	○		—	内部摩擦角
B	○		—	要素柱の奥行き
RF1		○	RF1(2)	側面に働く内部摩擦角によるせん断力

サブルーチン BAAREA

目 的 要素柱の底面積の計算

接 続 方 法 CALL BAAREA(COR, AREA)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
COR	○		COR (3,4)	要素柱底面の節点(x,y,z)座標
AREA		○	—	要素柱の底面積

(cf)

三角形の面積 S (ヘロンの公式)

$$S = \sqrt{S'(S' - AL)(S' - BL)(S' - CL)}$$

$$2S' = AL + BL + CL$$

サブルーチン INFCUL

目的 要素柱の幅と奥行き, 底面の傾き角を求める。

接続方法 CALL INFCUL(COR,ALFA,BLE,SLE)

変数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
COR	○		COR(3,4)	COR(I, J) ... 任意の要素柱において, 層の下端の節点(x, y, z)座標 I ... 1(x), 2(y), 3(z) J ... 節点の結合(反時計まわり)
ALFA		○	ALFA(4)	ALFA(1) ... X-Y面内の底面の傾き " (2) ... " 2 " " (3) ... " 中心軸 " " (4) ... Y-Z "
BLE		○	—	要素柱の奥行き
SLE		○	—	" 幅

(cf)

注) 図中 丸つき数字が節点の結合順序
" 数字が底面の傾きALFA(I)に対応する。

サブルーチン HEIWEI

目 的 側面中心鉛直線の高さと要素柱の重量, 水頭値を求める.

接 続 方 法 CALL HEIWEI (KK, IR, BLE, SLE, HE1, HE2,
WEI, GAM, UHEAD)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
CCR	—	—	CCR (8)	要素柱番号KK, 第IR層の節点y座標
HE1		○	HE1 (2)	側面1の第IR層の中心鉛直線高さ
HE2		○	HE2 (2)	“ 2 “ “
BACE	—	—	BACE (2)	要素柱上端, 下端の重心y座標
GAM		○	GAM (2)	要素柱の単位体積重量
UHEAD		○	—	要素柱下端から地下水位線までの高さ
BLE	○		—	要素柱の奥行き
SLE	○		—	“ 幅
WEI		○	WEI (2)	“ 重量

(cf)

サブルーチン CALQHQ

目 的 Qhqを求めるための因子の計算を行う。

接 続 方 法 CALL CALQHQ(ALF, CE, CF, HE1, HE2, BLE, SLE,
CK0, GAME, GAMF, FAIE, FAIF, FAC)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
ALF	○		ALF (4)	X-Y面内の底面の側面1,2, 中心軸, Y-Z " 中心軸の傾き
CE	○		—	要素柱が2層から成る場合, 上層の粘着力
CF	○		—	" " 下層 "
FAIE	○		—	" " 上層の内部摩擦角
FAIF	○		—	" " 下層 "
GAME	○		—	" " 上層の単位体積重量
GAMF	○		—	" " 下層 "
HE1	○		HE1(2)	側面1の中心鉛直高さ
HE2	○		HE2(2)	" 2 "
BLE	○		—	要素柱の奥行き
SLE	○		—	" 幅
CK0	○		—	静止土圧係数
FAC		○	—	Qhqを求めるための因子

サブルーチン CALCUQ

目 的 柱間の内力の合力Qを求めるための因子を計算する。

接 続 方 法 CALL CALCUQ(AB,WEI,UHE,ALF,REX1,REX2,
FACA,FACB,ALF3,W2,CSLID,FSLID)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
AB	○		—	要素柱の底面積
WEI	○		—	〃 重量
UHE	○		—	〃 水頭値
ALF	○		ALF (4)	X-Y面内の底面の側面1,2, 中心軸, Y-Z 〃 中心軸の傾き
REX1	○		—	側面1に働くせん断力
REX2	○		—	〃 2 〃
FACA		○	—	柱間の内力の合力Qを求めるための1つの 因子で未知数Fを含む項の総和
FACB		○	—	柱間の内力の合力Qを求めるための1つの 因子で未知数を含まない項の和
ALF3		○	—	X-Y面内の底面中心軸の傾き
W2	○		—	浮力を考慮しない要素柱重量
CSLID	○		—	任意の要素柱底面のすべり面の粘着力
FSLID	○		—	〃 〃 内部摩擦角

サブルーチン FINDIN

目的 合力の傾き θ と安全率の初期値設定を行う。

接続方法 CALL FINDIN

変数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
THETA		○	THETA(3)	合力の傾き θ
FACS		○	FACS(3)	すべり面の平均安全率
THE	-	-	—	合力の傾きの仮定値
SAF	-	-	—	すべり面の平均安全率の仮定値
MATS	○		MATS(500)	〃 物性番号
SPROP			SPROP(3,10)	〃 物性
PA	○		PA(4,500)	任意の要素柱に於て、安全率を求めるための因子 (SECANT参照)
FJUD	-	-	FJUD(11,50)	内部合力の傾きと安全率のある仮定値を力のつりあい方程式に代入することによって得られる値
CJUD	-	-	CJUD(11,50)	内部合力の傾きと安全率のある仮定値をモーメントのつりあい方程式に代入することによって得られる値
FTMIN	-	-	—	FJUDの絶対値が最小の際の合力の傾き
FFMIN	-	-	—	〃 〃 安全率
CTMIN	-	-	—	CJUD 〃 〃 合力の傾き
CFMIN	-	-	—	〃 〃 安全率

接 続 方 法 CALL SECANT

— 62. —

サブルーチン DSTART

目的 計算開始前に変数の初期化(零クリア)を行う。

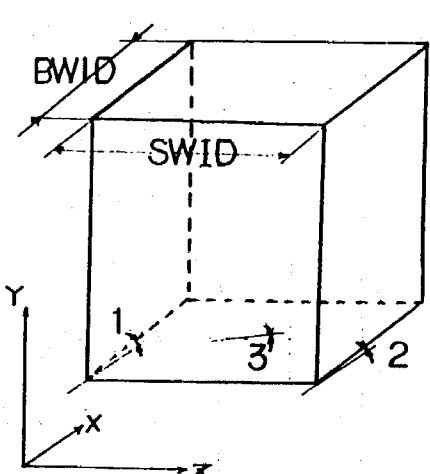
接続方法 CALL DSTART

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
NBY	-	-	NBY(500)	ある要素柱の層数
PWH	-	-	PWH(500)	" 間隙水圧, 水頭値
MAT	-	-	MAT(2,500)	" 層の物性番号
NEL	-	-	NEL(500,2,8)	" " 節点結合
COOR	-	-	COOR(3,500)	ある節点の x, y, z 座標
PA	-	-	PA(4,500)	ある要素柱の安全率を求めるための計算 パラメータ
THETA	-	-	THETA(3)	内力の合力の傾き角
FACS	-	-	FACS(3)	安全率
PROP	-	-	PROP(4,10)	物性(要素柱)
MATS	-	-	MATS(500)	ある要素柱におけるすべり面の物性番号
SPROP	-	-	SPROP(3,10)	すべり面の物性
BWID	-	-	BWID(500)	ある要素柱の奥行き
SWID	-	-	SWID(500)	" 幅
DIP	-	-	DIP(3,500)	" 底面の傾き ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_{yz}$)
ARB	-	-	ARB(500)	" 底面積
WT	-	-	WT(500)	" 重量
HT			HT(2,500)	" 側面の平均高さ
RF1			RF1(500)	" " せん断力
RF2			RF2(500)	" " "

サブルーチン CALDAT

目的 要素柱の情報と、割線法に用いるデータの情報を出力する。

接続方法 CALL CALDAT

変数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
NOC	○		——	全要素柱数
BWID	○		BWID(500)	要素柱の奥行き
SWID	○		SWID(500)	〃 幅
DIP	○		DIP(3,500)	〃 底面の傾き
				 1,2,3の傾きが DIP(1,K) 〃 2, 〃 〃 3, 〃 に対応
PA	—	—	PA(4,500)	安全率を計算するための因子

サブルーチン RESULT

目的 割線法により得られた合力の傾きと安全率を用いて、垂直応力や側面のせん断応力を計算する。

接続方法 CALL RESULT (THEMIN, FSMIN)

変数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
THEMIN	○		—	割線法により得られた内部合力の傾き
FSMIN	○		—	すべり面の平均安全率
NOC	○		—	全要素柱数
MATS	○		MATS(500)	任意の要素柱のすべり面の物性番号
SPROP	○		SPROP(3,10)	物性
CSLID	○		—	粘着力
FSLID	○		—	内部摩擦角
RQ		○	—	割線法により得られた合力の傾きと、すべり面の安全率から計算される各要素柱の合力
SR1, SR2		○	—	側面のせん断応力
RF1, RF2		○	RF1,2 (500)	側面せん断力
HT	○		HT (2,500)	任意の要素柱の側面の平均高さ
BWID	○		BWID(500)	奥行き
ARB	○		ARB (500)	底面積
WT	○		WT (500)	重量
VN		○	—	割線法により得られた合力の傾きと、すべり面の安全率から計算される各要素柱の有効垂直力
VSN		○	—	有効垂直応力

サブルーチン YAX

目 的 マトリクスとベクトルの積の計算

接 続 方 法 CALL YAX(A,X,Y,M,N)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
A	○		A(M,N)	M行, N列のマトリクス
X	○		X(N)	N行のベクトル
Y		○	Y(M)	M行のベクトル

サブルーチン function YF

目的 要素柱が2層から成る場合, 内部摩擦角によって下層側面に生じるせん断力の作用位置を求める。

接続方法 YF(GAME, GAMF, HE, HF)

変数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
GAME	○		—	上層の単位体積重量
GAMF	○		—	下層 "
HE	○		—	上層の側面の中心鉛直高さ
HF	○		—	下層 " "
$Y_F = \frac{\frac{1}{2} \gamma_E h_E h_F + \frac{1}{6} \gamma_F h_F^2}{\gamma_E h_E + \frac{1}{2} \gamma_F h_F}$				

サブルーチン function RFAF

目的 要素柱が2層から成る場合、下層側面に働く内部摩擦角によって生じるせん断力を計算

接続方法 RFAF(GAME, GAMF, HE, HF, CK0, FAIF, B)

変数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
GAME	○		—	上層の単位体積重量
GAMF	○		—	下層 "
HE	○		—	上層側面の中心鉛直高さ
HF	○		—	下層 "
CK0	○		—	静止土圧係数
FAIF	○		—	下層の内部摩擦角
B	○		—	要素柱の奥行き
$R_{\phi F} = K_0(\gamma_E h_E + 0.5 \gamma_F h_F) h_F \tan \phi_F b$				

サブルーチン function RFAE

目 的 要素柱が1層から成る場合、或いは、2層から成る場合上層の
内部摩擦角によって側面に生じるせん断力を計算

接 続 方 法 RFAE (CK0, GAME, HE, FAIE, B)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
CK0	○		—	静止土圧係数
GAME	○		—	単位体積重量
HE	○		—	側面中心鉛直高さ
FAIE	○		—	内部摩擦角
B	○		—	要素柱の奥行き
$R_{\phi E} = \frac{1}{2} K_0 \gamma_E h_E^2 \tan \phi_E b$				

サブルーチン function RC

目 的 粘着力によって側面に生じるせん断力を求める。

接 続 方 法 RC(C, HEI, B)

変 数	IN	OUT	DIMENSION	内 容
C	○		—	粘着力
HEI	○		—	側面の中に鉛直高さ
B	○		—	要素柱の奥行き
				$RC = C \times HEI \times B$

Ⅲ プログラムリスト

FORTRAN 77

LIEQME

DATE 84.11.20 TIME 15.30.25

PAGE 1

DO IF

```

010047      PROGRAM LIEQME      メインプログラム
020019      C .....
030019      C . THIS PROGRAM WAS PRODUCED FOR CALCULATES OF SLOPE STABILITY .
040019      C . ANALYSIS. .
050024      C . LOGICAL OF THIS THREE DIMENSIONAL SLOPE STABILITY ANALYSIS .
060024      C . PROGRAM WAS SUGGESTED BY R.H.CHEN AND J.L.CHAMEAU. .
070019      C .....
080025      COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
090000      COMMON /BLOCKM/ NBY(500),MAT(2,500),NEL(500,2,8)
100032      COMMON /SECMES/ COOR(3,500),PWH(500),PROP(4,10)
110025      COMMON /CONST2/ MATS(500),SPROP(3,10)
120000      COMMON /INITAL/ THETA(3),FACS(3),PA(4,500)
130001      COMMON /COLUMN/ BWID(500),SWID(500),DIP(3,500)
140035      COMMON /USERES/ ARB(500),WT(500),HT(2,500),RF1(500),RF2(500)
150000      COMMON /CANAME/ TITLE(20)
160000      CHARACTER*4 TITLE
170000      C
180000      C      NNP ----- TOTAL NUMBER OF POINTS.
190044      C      NMT ----- TOTAL NUMBER OF MATERIAL OF COLUMN.
200044      C      NSMT ----- TOTAL NUMBER OF MATERIAL OF SLIDING SURFACE.
210044      C      NOC ----- TOTAL NUMBER OF COLUMN.
220044      C      ICHK ----- PARAMETER OF DETAIL OUTPUT.
230044      C      NPW ----- CALCULATE PARAMETER OF PORE WATER PRESSURE.
240044      C      NCW ----- CALCULATE PARAMETER OF PORE WATER TREATMENT.
250044      C      NBY(I) ----- COLUMN NUMBER = J NUM. OF Y-DIR. BLOCKS.
260044      C      MAT(I,J) ----- COL. NUM. (I,J) NUMBER OF MATERIAL OF COLUMN.
270044      C      NEL(I,J,K) -- ELEMENT CONNECTIVITY.
280044      C      COOR(I,J) --- X(1),Y(2),Z(3)-COORDINATES OF J-POINT.
290044      C      PWH ----- IF NCW=0 ; RATIO OF PORE WATER PRESSURE
300044      C                               AT THE CENTER OF COLUMN.
310044      C      IF NCW=1 ; WATER HEAD AT THE CENTER OF COLUMN.
320044      C      PROP(I,J) --- PROPERTY OF SOIL.
330044      C      MATS(I,J) --- COL. NUM. (I,J) NUM. OF MAT. OF SLIDEING SURFACE.
340044      C      SPROP(I,J) -- PROPERTY OF SLIDING SURFACE.
350044      C      THETA(I) ----- DIP OF RESULT FORCE.
360044      C      FACS(I) ----- FACTOR OF SAFETY.
370044      C      PA(I,J) ----- CALCULATION DATA FOR THETA AND FS.
380044      C      BWID,SWID --- WIDE OF COLUMN.
390044      C      DIP(I) ----- DIP OF COLUMN BACE.
400044      C      ARB,WT,HT --- BACE OF AREA , WEIGHT OF COLUMN , HEIGHT OF SIDE.
410044      C      RF1,RF2 ----- FORCE OF SIDE .
420000      C
430000      CALL DSTART
440000      CALL DINPUT
450000      CALL ARANGE
460000      CALL CALDAT
470000      CALL FINDIN
480000      CALL SECANT
490044      -C
500000      STOP
510000      END

```

} コモン文中の変数の説明

```

DO IF
520000 C .....(DINPUT)....
530000 SUBROUTINE DINPUT
540000 C      ヲ サツル=チン ハ マ"=タ ノ ヱミヲ オコナウ。
550000 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
560000 COMMON /BLOCKM/ NBY(500),MAT(2,500),NEL(500,2,8)
570000 COMMON /SECMES/ COOR(3,500),PWH(500),PROP(4,10)
580000 COMMON /CONST2/ MATS(500),SPROP(3,10)
590000 COMMON /INITAL/ THETA(3),FACS(3),PA(4,500)
600000 COMMON /CANAME/ TITLE(20)
610000 CHARACTER*4 TITLE
620000 C
630000 READ(5,130) (TITLE(I),I=1,20)
640000 READ(5,100) NNP,NOC,NMT,NSMT,NPW,NCW,ICLK
650000 KSN=0
660000 5 CONTINUE
670000 KSN=KSN+1
680003 READ(5,110) J,C1,C2,C3,J1,CJ1,J2,CJ2
690003 IF(J.EQ.0) GO TO 25
700003 COOR(1,J) = C1
710003 COOR(2,J) = C2
720003 COOR(3,J) = C3
730000 IF(CJ1.EQ.0) GO TO 15
740000 COOR(1,J1)=COOR(1,J)
750003 COOR(2,J1)=CJ1
760000 COOR(3,J1)=COOR(3,J)
770000 15 CONTINUE
780000 IF(CJ2.EQ.0) GO TO 10
790000 COOR(1,J2)=COOR(1,J)
800003 COOR(2,J2)=CJ2
810000 COOR(3,J2)=COOR(3,J)
820000 10 CONTINUE
830003 GO TO 5
840003 25 CONTINUE
850000 1 DO 20 IELM=1,NOC
860000 1 READ(5,100) MAT(1,IELM),(NEL(IELM,1,J),J=1,8),MATS(IELM),
870000 1 & IROUP,PWH(IELM)
880000 1 GO TO (60,70),IROUP+1
890000 1 60 NBY(IELM)=1
900000 1 GO TO 80
910000 1 70 NBY(IELM)=2
920000 1 READ(5,100) MAT(2,IELM),(NEL(IELM,2,J),J=1,8)
930000 1 80 CONTINUE
940000 1 20 CONTINUE
950000 1 DO 30 I=1,NMT
960000 1 READ(5,120) (PROP(J,I),J=1,4)
970000 1 30 CONTINUE
980000 1 DO 35 I=1,NSMT
990000 1 READ(5,120) (SPROP(J,I),J=1,3)
1000000 1 35 CONTINUE
1010000 1 C
1020000 CALL IDPRNT      入力データの印刷
1030000 1 DO 40 I=1,NMT
1040000 1 PROP(2,I)=PROP(2,I)*0.01745
1050000 1 40 CONTINUE
1060000 1 DO 45 I=1,NSMT
1070000 1 SPROP(3,I)=SPROP(3,I)*0.01745
1080000 1 45 CONTINUE

```

内部摩擦角
(degree を radian に変更)

FORTRAN 77

DINPUT

DATE 84.12.01 TIME 14.01.08

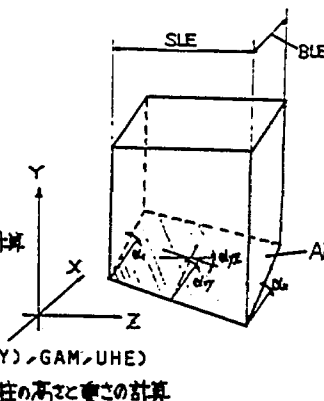
PAGE 3

```
1090000 1 C
1100000
1110000 100 FORMAT(11I5,F10.0)
1120000 110 FORMAT(I5,3F10.0,I5,F10.0,I5,F10.0)
1130000 120 FORMAT(5F10.0)
1140000 130 FORMAT(20A4)
1150000 RETURN
        END
```

```

DO IF
1160000 C -----(ARANGE)-----
1170000 SUBROUTINE ARANGE
1180000 C コノ ルーチンヲハ アンセ"ンリツノ ケイサンニ ヒツヨクナ タ"ンメンノ シ"ヨウホウオ マトメル.
1190000 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
1200000 COMMON /BLOCKM/ NBY(500),MAT(2,500),NEL(500,2,8)
1210000 COMMON /SECME/ COOR(3,500),PWH(500),PROP(4,10)
1220000 COMMON /CONST2/ MATS(500),SPROP(3,10)
1230000 COMMON /INITAL/ THETA(3),FACS(3),PA(4,500)
1240000 COMMON /COLUMN/ BWID(500),SWID(500),DIP(3,500)
1250000 COMMON /USERES/ ARB(500),WT(500),HT(2,500),RF1(500),RF2(500)
1260003 DIMENSION ALFA(4),HE1(2),HE2(2),WEI(2),G(2),COR(3,4)
1270000 DIMENSION RCE(2),RFE(2),RCF(2),RFF(2)
1280000 C
1290000 1 DO 100 KK=1,NOC
1300000 1 C ----- DATA INITIALIZATION -----
1310000 2 DO 5 INI=1,2
1320000 2 HE1(INI)=0.
1330000 2 HE2(INI)=0.
1340000 2 WEI(INI)=0.
1350003 2 G(INI)=0.
1360000 2 5 CONTINUE
1370000 2 C -----
1380000 1 MANS=MATS(KK)
1390000 1 CSLID=SPROP(2,MANS)
1400000 1 FSLID=SPROP(3,MANS)
1410000 1 RAD=SPROP(1,MANS)
1420000 1 LAYER=NBY(KK)
1430000 1 WEIG=0.
1440000 2 DO 110 ILAY=1,LAYER
1450000 3 DO 10 I=1,4
1460000 3 COR(1,I)=COOR(1,NEL(KK,ILAY,I+4))
1470000 3 COR(2,I)=COOR(2,NEL(KK,ILAY,I+4))
1480000 3 COR(3,I)=COOR(3,NEL(KK,ILAY,I+4))
1490000 3 10 CONTINUE
1500000 2 CALL BAAREA(COR,AB) — 要素柱の底面積の計算
1510000 2 CALL INFCUL(COR,ALFA,BLE,SLE)
1520000 2 BWID(KK)=BLE — 要素柱の底面の傾きと、幅、奥行さと計算
1530000 2 SWID(KK)=SLE
1540000 2 DIP(1,KK)=ALFA(1)
1550000 2 DIP(2,KK)=ALFA(2)
1560000 2 DIP(3,KK)=ALFA(4)
1570000 2 CALL HEIWEI(KK,ILAY,BLE,SLE,HE1,HE2,WEI(ILAY),GAM,UHE)
1580003 2 G(ILAY)=GAM
1590000 2 WEIG=WEIG+WEI(ILAY)
1600000 2 MAN = MAT(ILAY,KK)
1610000 2 CHE = PROP(1,MAN)
1620000 2 FAI = PROP(2,MAN)
1630001 2 CKO = PROP(4,MAN)
1640000 2 IF(LAYER.EQ.2.AND.ILAY.EQ.2) GO TO 120
1650000 2 CALL SHESTR(CHE,FAI,GAM,HE1(1),HE2(1),BLE,RCE,RFE,CKO)
1660000 2 REX1=RCE(1)+RFE(1)
1670000 2 REX2=RCE(2)+RFE(2)
1680000 2 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,130) REX1,RCE(1),RFE(1),REX2,RCE(2),RFE(2)
1690000 2 CE=CHE
1700000 2 CF=0.
1710003 2 GAME=G(ILAY)
1720000 2 GAMF=0.

```



```

1730000 2      FAIE=FAI
1740000 2      FAIF=0.
1750000 2      GO TO 110
1760000 2      120  CALL SHESTR(CHE,FAI,GAM,HE1(2),HE2(2),BLE,RCF,RFF,CKO)
1770003 2      CALL SHESTF(G,HE1(2),HE2(2),CKO,FAI,BLE,RFF)
1780000 2      REX1=REX1+RCF(1)+RFF(1)
1790000 2      REX2=REX2+RCF(2)+RFF(2)
1800000 2      CF=CHE
1810003 2      GAMF=G(ILAY)
1820000 2      FAIF=FAI
1830000 2      110  CONTINUE
1840000 2      C
1850000 2      C      .....
1860002 1      WESL=WEIG
1870000 1      IF(NPW.EQ.0) GO TO 115
1880000 1      BL=BLE*SLE
1890002 1      GO TO (20,30,40),NCW+1
1900000 1      20  UHE=PWH(KK)*WEIG/BL
1910000 1      GO TO 115
1920002 1      30  WEIG=WEIG-UHE*BL
1930000 1      UHE=0.
1940002 1      GO TO 115
1950002 1      40  UHE=PWH(KK)
1960002 1      WEIG=(1.-UHE)*WEIG
1970000 1      115  CALL CALCUQ(AB,WEIG,UHE,ALFA,REX1,REX2,PA(1,KK),PA(2,KK),PA(3,KK)
1980000 1      & ,WESL,CSLID,FSLID)
1990000 1      CALL CALQHQ(ALFA,CE,CF,HE1,HE2,BLE,SLE,CKO,
2000000 1      & GAME,GAMF,FAIE,FAIF,PA(4,KK))
2010003 1      WT(KK)=WESL
2020000 1      HT(1,KK)=HE1(1)+HE1(2)
2030000 1      HT(2,KK)=HE2(1)+HE2(2)
2040000 1      RF1(KK)=REX1
2050000 1      RF2(KK)=REX2
2060000 1      ARB(KK)=AB
2070000 1      100  CONTINUE
2080000      RETURN
2090000      130  FORMAT(/10X,'THIS DATA WAS CALCULATED IN THE ARANGE',/12X,
2100000      &'REX1,RCE(1),RFE(1) --- ',3F9.3,/12X,
2110000      &'REX2,RCE(2),RFE(2) --- ',3F9.3)
2120000      END

```

要素柱断面のせん断力の計算

地下水考慮変換パラメータにより
向附水圧、浮力分を計算

すべり面の安全率を求める
ための因子を計算

DATA SET NAME DOKEN.DOKEN.FORT77(LEMIX)

```

2170000 C .....(SHESTF)....
2180000 SUBROUTINE SHESTF(G,HE,HF,CKO,FA,B,RF1)
2190000 DIMENSION G(2),HE(2),HF(2),RF1(2)
2200048 RF1(1)=RFAF(G(1),G(2),HE(1),HE(2),CKO,FA,B)
2210048 RF1(2)=RFAF(G(1),G(2),HF(1),HF(2),CKO,FA,B)  $R_F = K_0(\gamma_{he} + 0.5\gamma_{hf})h_F \tan\phi_b$ 
2220000 RETURN
2230000 END

```

FORTRAN 77

SHESTR

DATE 84.11.20 TIME 15.30.25

PAGE 5

```

DO IF
2030000 C .....(SHESTR)....
2040026 SUBROUTINE SHESTR(C,FAI,G,H1,H2,B,RC1,RF1,CKO) 側面の土の抵抗力成分の計算
2050025 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
2060000 DIMENSION RC1(2),RF1(2)
2070000 RC1(1)=RC(C,H1,B)
2080000 RC1(2)=RC(C,H2,B) RC1=C-h-b の計算
2090000 RF1(1)=RFAE(CKO,G,H1,FAI,B)
2100000 RF1(2)=RFAE(CKO,G,H2,FAI,B) RF1 =  $\frac{1}{2}K_0\gamma\cdot h^2\cdot \tan\phi\cdot b$  の計算
2110000 IF(ICLK.NE.1) RETURN
2120000 WRITE(6,100) RC1(1),RC1(2),RF1(1),RF1(2)
2130000 100 FORMAT(//10X,'THIS DATA WAS CALCULATED IN THE SHESTR ',//12X,
2140000 &'RC1(1),RC(2),RF1(1),RF1(2) --- ',4F9.3)
2150000 RETURN
2160000 END

```

```

DO IF
2240000 C .....(BAAREA)....
2250000 SUBROUTINE BAAREA(COR,AREA)
2260000 C      ヲツチエウ ノ タイメツセキ ノ ケイサン
2270025 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
2280000 DIMENSION COR(3,4),HERON(3,5),AL(2),BL(2),CL(2),S(2),IH(2,5)
2290000 DATA ((IH(I,J),J=1,5),I=1,2)/1,4,2,2,3,2,1,4,3,4/
2300000 1 DO 10 I=1,5
2310000 2 DO 10 J=1,3
2320000 2 HERON(J,I)=COR(J,IH(1,I))-COR(J,IH(2,I))
2330000 2 HERON(J,I)=HERON(J,I)*HERON(J,I)
2340000 2 10 CONTINUE
2350000 1 DO 15 I=1,2
2360000 1 AL(I)=0.
2370000 1 BL(I)=0.
2380000 1 15 CL(I)=0.
2390000 K=1
2400000 1 DO 20 I=1,2
2410000 2 DO 30 J=1,3
2420000 2 AL(I)=AL(I)+HERON(J,K)
2430000 2 BL(I)=BL(I)+HERON(J,K+1)
2440000 2 CL(I)=CL(I)+HERON(J,K+2)
2450000 2 30 CONTINUE
2460000 1 K=K+2
2470000 1 20 CONTINUE
2480000 1 DO 40 I=1,2
2490000 1 AL(I)=SQRT(AL(I))
2500000 1 BL(I)=SQRT(BL(I))
2510000 1 CL(I)=SQRT(CL(I))
2520000 1 40 CONTINUE
2530000 1 DO 50 I=1,2
2540000 1 SS=(AL(I)+BL(I)+CL(I))*0.5
2550000 1 S(I)=SS*(SS-AL(I))*(SS-BL(I))*(SS-CL(I))
2560000 1 S(I)=SQRT(S(I))
2570000 1 50 CONTINUE
2580000 AREA=S(1)+S(2)
2590000 IF(ICLK.EQ.0) RETURN
2600000 WRITE(6,100)
2610000 WRITE(6,110) AL(1),AL(2),BL(1),BL(2),S(1),S(2),CL(1),CL(2)
2620000 WRITE(6,120) AREA
2630000 RETURN
2640019 100 FORMAT(//10X,'THIS DATA WAS CALCULATED IN THE BAAREA',/)
2650019 110 FORMAT(10X,'AL(1),AL(2) = ',2F9.3,10X,'BL(1),BL(2) = ',2F9.3,
2660019 85X,' S(1),S(2) = ',2F9.3,10X,'CL(1),CL(2) = ',2F9.3)
2670019 120 FORMAT(10X,' AREA = S(1) + S(2) ',F9.3)
2680000 END

```

要素柱底面の四角形を
2つの三角形に分け、この
三角形の三辺の長さを計算

ヘロンの公式により面積Sを計算

$$S = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$$

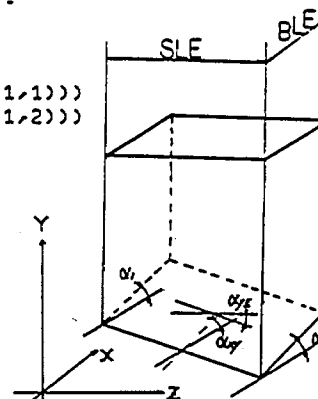
$$S = \frac{1}{2}(a+b+c)$$

a,b,c ; 三辺の長さ

```

DO IF
2690000 C .....
2700000 SUBROUTINE INFCUL(COR,ALFA,BLE,SLE).....(INFCUL)....
2710019 C      コソチワノタイマノカズキトハハ"オクキノケイカオオボカ。
2720025 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
2730019 DIMENSION COR(3,4),ALFA(4)
2740000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,100)
2750000 ALFA(1)=ATAN((COR(2,4)-COR(2,1))/(COR(1,4)-COR(1,1)))
2760000 ALFA(2)=ATAN((COR(2,3)-COR(2,2))/(COR(1,3)-COR(1,2)))
2770000 XX1=(COR(1,1)+COR(1,2))*0.5
2780000 YY1=(COR(2,1)+COR(2,2))*0.5
2790000 XX2=(COR(1,4)+COR(1,3))*0.5
2800000 YY2=(COR(2,4)+COR(2,3))*0.5
2810000 ALFA(3)=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))
2820000 XX1=(COR(3,1)+COR(3,4))*0.5
2830000 YY1=(COR(2,1)+COR(2,4))*0.5
2840000 XX2=(COR(3,2)+COR(3,3))*0.5
2850000 YY2=(COR(2,2)+COR(2,3))*0.5
2860000 ALFA(4)=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))
2870019 BLE=COR(1,3)-COR(1,2)
2880019 SLE=COR(3,2)-COR(3,1)
2890000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,110) (ALFA(I),I=1,4),BLE,SLE
2900000 RETURN
2910000 100 FORMAT(/10X,'THIS DATA WAS CALCULATED IN THE INFCUL',/)
2920000 110 FORMAT(12X,'ALFA(1)=ATAN((COR(2,4)-COR(2,1))/(COR(1,4)-COR(1,1)))=
2930000 &','F9.3,/12X,'ALFA(2)=ATAN((COR(2,3)-COR(2,2))/(COR(1,3)-COR(1,2)))=
2940000 &','F9.3,/3X,'ALFA(3)=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))='F9.3,/12X,
2950000 &'ALFA(4)=ATAN((YY2-YY1)/(XX2-XX1))='F9.3,/12X,
2960000 &'BLE=COR(1,3)-COR(1,2)='F9.3,/12X,'SLE=COR(3,2)-COR(3,1)='F9.3)
2970000 END

```




```

DO IF
3450000 C .....(CALQHQ).....
3460000 SUBROUTINE CALQHQ(ALF,CE,CF,HE1,HE2,BLE,SLE,
3470000 &CKO,GAME,GAMF,FAIE,FAIF,FAC) モーメントの釣り合い式中 QfR の計算
3480025 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
3490019 DIMENSION ALF(4),HE1(2),HE2(2)
3500000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,100)
3510000 FACC=3.*RC(CE,HE2(1),BLE) → 3Ceh2b
3520000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,110) FACC
3530000 FACC=FACC*(2.*HE2(2)+HE2(1)+SLE*TAN(ALF(4))) → 3Ceh2b(2hf2+he2+l tan αyz) ①
3540000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,120) FACC
3550000 FACD=3.*RC(CF,HE2(2),BLE) → 3Cfhf2b
3560000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,130) FACD
3570000 FACD=FACD*(HE2(2)+SLE*TAN(ALF(4))) → 3Cfhf2b(2hf2+l tan αyz) ②
3580000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,140) FACD
3590000 FAC1=FACC+FACD
3600000 FACE=RFAE(CKO,GAME,HE2(1),FAIE,BLE) → 1/2 K0γehe22 tan φeb
3610000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,150) FACE
3620000 FACE=FACE*(6.*HE2(2)+2.*HE2(1)+3.*SLE*TAN(ALF(4)))
3630000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,160) FACE → 1/2 K0γehe22 tan φeb(6hf2+2he2+3l tan αyz) ③
3640000 FAC1=FAC1+FACE
3650000 FACF=RFAF(GAME,GAMF,HE2(1),HE2(2),CKO,FAIF,BLE)*3.
3660000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,170) FACF → K0(γehe2+0.5 γfhf2)hf2 tan φfb*3 ④
3670000 FACF=FACF*(2.*YF(GAME,GAMF,HE2(1),HE2(2))+SLE*TAN(ALF(4)))
3680000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,180) FACF → ④ * { 2 * (0.5 γehe2hf2 + 1/6 γfhf2 / (γehe2 + 0.5 γfhf2) + l tan αyz } ⑤
3690000 FAC1=FAC1+FACF
3700000 FAC1=FAC1*COS(ALF(2))
3710000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,190) FAC1 → (①+②+③+⑤) * cos α2 ⑥
3720019 C .....
3730000 FACC=3.*RC(CE,HE1(1),BLE) → 3Ceh1b
3740000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,200) FACC
3750000 FACC=FACC*(2.*HE1(2)+HE1(1)+SLE*TAN(ALF(4))) → 3Ceh1b(2hfi+he1-l tan αyz) ⑦
3760000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,210) FACC
3770000 FACD=3.*RC(CF,HE1(2),BLE) → 3Cfhf1b
3780000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,220) FACD
3790000 FACD=FACD*(HE1(2)+SLE*TAN(ALF(4))) → 3Cfhf1b(hfi-l tan αyz) ⑧
3800000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,230) FACD
3810000 FAC2=FACC+FACD
3820000 FACE=RFAE(CKO,GAME,HE1(1),FAIE,BLE) → 1/2 K0γehe12 tan φeb
3830000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,240) FACE
3840000 FACE=FACE*(6.*HE1(2)+2.*HE1(1)+3.*SLE*TAN(ALF(4))) ⑨
3850000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,250) FACE → 1/2 K0γehe12 tan φeb(6hfi+2he1-3l tan αyz)
3860000 FAC2=FAC2+FACE
3870000 FACF=3.*RFAF(GAME,GAMF,HE1(1),HE1(2),CKO,FAIF,BLE)
3880000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,260) FACF → 3K0(γehe1+0.5 γfhf1)hfi tan φfb ⑩
3890000 FACF=FACF*(2.*YF(GAME,GAMF,HE1(1),HE1(2))+SLE*TAN(ALF(4)))
3900000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,270) FACF → ⑩ * { 2 * (1/2 γehe1hfi + 1/6 γfhf1 / (γehe1 + 1/2 γfhf1) - l tan αyz } ⑪
3910000 FAC2=FAC2+FACF
3920000 FAC2=FAC2*COS(ALF(1)) → (⑦+⑧+⑨+⑪) * cos α1 ⑫
3930000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,280) FAC2
3940000 FAC=FAC1-FAC2
3950000 FAC=FAC*COS(ALF(3)) → (⑥-⑫) * cos αxy
3960000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,290) FAC
3970019 RETURN
3980000 C .....
3990000 100 FORMAT(/10X,'THIS DATA WAS CALCULATED IN THE CALQHQ',/)
4000000 110 FORMAT(10X,'FACC=3.*RC(CE,HE2(1),BLE) = ',F9.3)
4010000 120 FORMAT(10X,'FACC=FACC*(2.*HE2(2)+HE2(1)+SLE*TAN(ALF(4))) = ',F9.3)

```

```
4020000      130 FORMAT(10X,'FACD=3.*RC(CF,HE2(2),BLE) = ',F9.3)
4030000      140 FORMAT(10X,'FACD=FACD*(HE2(2)+SLE*TAN(ALF(4))) = ',F9.3)
4040000      150 FORMAT(10X,'FACE=RFAE(CKO,GAME,HE2(1),FAIE,BLE) = ',F9.3)
4050000      160 FORMAT(10X,'FACE=FACE*(6.*HE2(2)+2.*HE2(1)+3.*SLE*TAN(ALF(4))) = '
4060000          &,'1X,F9.3)
4070000      170 FORMAT(10X,'FACF=RFAF(GAME,GAMF,HE2(1),HE2(2),CKO,FAIF,BLE)*3.=
4080000          &,'F9.3)
4090000      180 FORMAT(10X,'FACF=FACF*(2.*YF(GAME,GAMF,HE2(1),HE2(2))+SLE*TAN(ALF
4100000          &(4))) = ',F9.3)
4110000      190 FORMAT(10X,'FAC1=FAC1*COS(ALF(2)) = ',F9.3)
4120000      200 FORMAT(10X,'FACC=3.*RC(CE,HE1(1),BLE) = ',F9.3)
4130000      210 FORMAT(10X,'FACC=FACC*(2.*HE1(2)+HE1(1)-SLE*TAN(ALF(4))) = ',F9.3)
4140000      220 FORMAT(10X,'FACD=3.*RC(CF,HE1(2),BLE) = ',F9.3)
4150000      230 FORMAT(10X,'FACD=FACD*(HE1(2)-SLE*TAN(ALF(4))) = ',F9.3)
4160000      240 FORMAT(10X,'FACE=RFAE(CKO,GAME,HE1(1),FAIE,BLE) = ',F9.3)
4170000      250 FORMAT(10X,'FACE=FACE*(6.*HE1(2)+2.*HE1(1)-3.*SLE*TAN(ALF(4))) = '
4180000          &,'F9.3)
4190000      260 FORMAT(10X,'FACF=3.*RFAF(GAME,GAMF,HE1(1),HE1(2),CKO,FAIF,BLE) = '
4200000          &,'F9.3)
4210000      270 FORMAT(10X,'FACF=FACF*(2.*YF(GAME,GAMF,HE1(1),HE1(2))-SLE*TAN(ALF(
4220000          &4))) = ',F9.3)
4230000      280 FORMAT(10X,'FAC2=FAC2*COS(ALF(1)) = ',F9.3)
4240000      290 FORMAT(3X,'FAC=FAC*COS(ALF(3)) = ',F9.3)
4250000      END
```

```

DO IF
4260000 C -----
4270041 SUBROUTINE CALCUQ(AB,WEI,UHE,ALF,REX1,REX2,FACA,FACB,ALF3,
4280042 &W2,CSLID,FSLID)
4290025 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK  内力の合力
4300019 DIMENSION ALF(4)
4310000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,100)
4320000 FACA=CSLID*AB
4330000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,110) FACA
4340000 FACA=FACA-AB*UHE*TAN(FSLID)
4350000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,120) FACA
4360000 FACA=FACA+WEI*COS(ALF(3))*TAN(FSLID)
4370000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,130) FACA
4380000 FACA=FACA-REX2*SIN(ALF(2)-ALF(3))*TAN(FSLID)
4390000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,140) FACA
4400000 FACA=FACA-REX1*SIN(ALF(3)-ALF(1))*TAN(FSLID)
4410000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,150) FACA
4420042 IF(NPW.EQ.1.AND.NCW.EQ.1) WEI=W2
4430000 FACB=-WEI*SIN(ALF(3))
4440000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,160) FACB
4450000 FACB=FACB+REX2*COS(ALF(2)-ALF(3))
4460000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,170) FACB
4470000 FACB=FACB-REX1*COS(ALF(3)-ALF(1))
4480000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,180) FACB
4490000 ALF3=ALF(3)
4500019 RETURN
4510000 C -----
4520000 100 FORMAT(//10X,'THIS DATA WAS CALCULATED IN THE CALCUQ',/)
4530000 110 FORMAT(10X,'FACA=CSLID*AB = ',F9.3)
4540000 120 FORMAT(10X,'FACA=FACA-AB*UHE*TAN(FSLID) = ',F9.3)
4550000 130 FORMAT(10X,'FACA=FACA+WEI*COS(ALF(3))*TAN(FSLID) = ',F9.3)
4560000 140 FORMAT(10X,'FACA=FACA-REX2*SIN(ALF(2)-ALF(3))*TAN(FSLID) = ',F9.3)
4570000 150 FORMAT(3X,'FACA=FACA-REX1*SIN(ALF(3)-ALF(1))*TAN(FSLID) = ',F9.3)
4580000 160 FORMAT(10X,'FACB=-WEI*SIN(ALF(3)) = ',F9.3)
4590000 170 FORMAT(10X,'FACB=FACB+REX2*COS(ALF(2)-ALF(3)) = ',F9.3)
4600000 180 FORMAT(3X,'FACB=FACB-REX1*COS(ALF(3)-ALF(1)) = ',F9.3)
4610000 END

```

① $C \cdot Ab - U \cdot Ab \cdot \tan \phi'$
② $-R_2 \sin(\alpha_2 - \alpha_3) = \tan \phi'$
③ $-R_1 \sin(\alpha_3 - \alpha_1) = \tan \phi'$
④ $-R_1 \cos(\alpha_3 - \alpha_1)$

```

DO IF
4620000 C .....(FINDIN).....
4630000 SUBROUTINE FINDIN
4640019 C   コノ ル-チン ハ THETA ト アツセ"シリツ ノ ヲヨキチ セツタイ オ オボナリ。
4650025 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
4660025 COMMON /CONST2/ MATS(500),SPROP(3,10)
4670000 COMMON /INITAL/ THETA(3),FACS(3),PA(4,500)
4680000 DIMENSION FJUD(11,50),CJUD(11,50)
4690000 THE=0.
4700000 FTMIN=THE
4710000 CTMIN=THE
4720044 FFMIN=THE
4730044 CFMIN=THE
4740000 FJUMIN=1.E+10
4750000 CJUMIN=1.E+10
4760000 PAI=0.0174533
4770000 DO 10 II=1,11
4780000 1 THE=THE+5.*PAI
4790009 1 SAF=0.
4800000 2 DO 10 JJ=1,50
4810000 2 SAF=SAF+0.1
4820000 2 FJUD(II,JJ)=0.
4830000 2 CJUD(II,JJ)=0.
4840000 3 DO 20 I=1,NOC
4850026 3 FSLID=SPROP(3,MATS(I))
4860027 3 RAD=SPROP(1,MATS(I))
4870000 3 AJ1=PA(1,I)/SAF+PA(2,I)
4880000 3 AJ2=COS(PA(3,I)-THE)
4890000 3 AJ3=TAN(FSLID)*SIN(PA(3,I)-THE)
4900000 3 AJ2=AJ2+AJ3/SAF
4910000 3 FJUD(II,JJ)=FJUD(II,JJ)+AJ1/AJ2
4920000 3 AJ3=AJ1/AJ2*RAD*COS(THE-PA(3,I))
4930000 3 AJ3=AJ3-PA(4,I)/SAF*COS(THE-PA(3,I))/(6.*COS(THE))
4940000 3 CJUD(II,JJ)=CJUD(II,JJ)+AJ3
4950000 3 20 CONTINUE
4960010 2 IF(ABS(FJUD(II,JJ)).GT.FJUMIN) GO TO 30
4970006 2 FTMIN=THE
4980006 2 FFMIN=SAF
4990010 2 FJUMIN=ABS(FJUD(II,JJ))
5000006 2 30 CONTINUE
5010010 2 IF(ABS(CJUD(II,JJ)).GT.CJUMIN) GO TO 10
5020006 2 CTMIN=THE
5030006 2 CFMIN=SAF
5040010 2 CJUMIN=ABS(CJUD(II,JJ))
5050000 2 10 CONTINUE
5060000 SAF=0.
5070000 WRITE(6,100)
5080000 WRITE(6,110)
5090000 1 DO 40 JJ=1,50
5100000 1 SAF=SAF+0.1
5110000 1 WRITE(6,120) SAF,(FJUD(II,JJ),II=1,11)
5120000 1 40 CONTINUE
5130000 SAF=0.
5140000 WRITE(6,130)
5150000 WRITE(6,110)
5160000 1 DO 50 JJ=1,50
5170000 1 SAF=SAF+0.1
5180000 1 WRITE(6,120) SAF,(CJUD(II,JJ),II=1,11)

```

仮定された θ とFより
 ΣQ の値と Σ Moment
 の値を計算

```

S190000 1      50 CONTINUE
S200000      THETA(1)=FTMIN
S210000      THETA(2)=CTMIN
S220000      THETA(3)=(FTMIN+CTMIN)*0.5
S230000      FACS(1)=FFMIN
S240000      FACS(2)=CFMIN
S250000      FACS(3)=(FFMIN+CFMIN)*0.5
S260019      RETURN
S270002      100 FORMAT(1H1//50X,'F O R C E      E Q U I L I B L I A')
S280002      110 FORMAT(/1X,'***** THETA'/5X,'* (DEG)'/5X,1H5,10X,2H10,9X,2H15,9X,
S290002          82H20,9X,2H25,9X,2H30,9X,2H35,9X,2H40,9X,2H45,9X,2H50,9X,
S300002          82H55//2X,'FS *****')
S310002      120 FORMAT(2X,F5.2,6X,11(E10.3,1X))
S320002      130 FORMAT(1H1//50X,'M O M E N T      E Q U I L I B L I A')
S330000      END

```

Θ とFの初期値と、力の釣合い式、モーメントの
 釣合い式より得られた最小値時の Θ とF
 により設定

```

DO IF
5340003 C .....(SECANT).....
5350000 SUBROUTINE SECANT
5360024 C   コノルーチンで、"カ" フォンセ"コリツオ カツセシホウオ モチイテ モトメテイル。
5370025   COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
5380029   COMMON /CONST2/ MATS(500),SPROP(3,10)
5390000   COMMON /INITAL/ THETA(3),FACS(3),PA(4,500)
5400019   DIMENSION AJ(3,3),ARJ(3,3),COH(3),PAI(3)
5410019   DIMENSION DEGTH(3),AJJPA(3)
5420000   NCOUNT=35
5430000   KKK=0
5440000   WRITE(6,200)
5450000   S CONTINUE
5460000   DO 1 III=1,3
5470000     DO 1 JJJ=1,3
5480000       1 AJ(III,JJJ)=0.
5490000       KKK=KKK+1
5500000       DO 10 I=1,3
5510000         DO 15 KK=1,NOC
5520026           FSLID=SPROP(3,MATS(KK))
5530026           RAD=SPROP(1,MATS(KK))
5540000           AJ1=PA(1,KK)/FACS(I)+PA(2,KK)
5550000           AJ2=COS(PA(3,KK)-THETA(I))
5560000           AJ3=TAN(FSLID)*SIN(PA(3,KK)-THETA(I))
5570000           AJ2=AJ2+AJ3/FACS(I)
5580000           AJ(1,I)=AJ(1,I)+AJ1/AJ2
5590000           AJ3=AJ1/AJ2*RAD*COS(THETA(I)-PA(3,KK))
5600000           AJ3=AJ3-PA(4,KK)/FACS(I)*COS(THETA(I)-PA(3,KK))/(6.*COS(THETA(I)))
5610000           AJ(2,I)=AJ(2,I)+AJ3
5620015           IF(ICLK.EQ.1.AND.KKK.LT.2) WRITE(6,1500) KK,(PA(J,KK),J=1,4)
5630000       15 CONTINUE
5640000       AJ(3,I)=1.
5650000     10 CONTINUE
5660000   C
5670000     DME=AJ(1,1)*AJ(2,2)+AJ(2,1)*AJ(1,3)+AJ(1,2)*AJ(2,3)
5680000     DME=DME-AJ(1,3)*AJ(2,2)-AJ(1,2)*AJ(2,1)-AJ(1,1)*AJ(2,3)
5690000     DME=1./DME
5700000     ARJ(1,1)=AJ(2,2)-AJ(2,3)
5710000     ARJ(1,2)=-(AJ(1,2)-AJ(1,3))
5720000     ARJ(1,3)=AJ(1,2)*AJ(2,3)-AJ(1,3)*AJ(2,2)
5730000     ARJ(2,1)=-(AJ(2,1)-AJ(2,3))
5740000     ARJ(2,2)=AJ(1,1)-AJ(1,3)
5750000     ARJ(2,3)=-(AJ(1,1)*AJ(2,3)-AJ(1,3)*AJ(2,1))
5760000     ARJ(3,1)=AJ(2,1)-AJ(2,2)
5770000     ARJ(3,2)=-(AJ(1,1)-AJ(1,2))
5780000     ARJ(3,3)=AJ(1,1)*AJ(2,2)-AJ(1,2)*AJ(2,1)
5790000     DO 20 I=1,3
5800000       DO 20 J=1,3
5810000         ARJ(I,J)=ARJ(I,J)*DME
5820000     20 COH(I)=0.
5830000     COH(3)=1.
5840000     CALL YAX(ARJ,COH,PAI,3,3) —  $\pi_i = [A]^{-1}(0,0,1)'$ 
5850000     XBAR=0.
5860000     YBAR=0.
5870000     DO 30 I=1,3
5880000       XBAR=XBAR+PAI(I)*THETA(I)
5890000       YBAR=YBAR+PAI(I)*FACS(I)
5900000     30 CONTINUE

```

θ と F の初期値より、力の釣合いと、
 モーメントの釣合いの値 ($\Sigma Q, \Sigma M$)
 を計算

逆マトリクスの作成

$\bar{X} = \sum_{i=1}^3 \pi_i x_i$

```

5910000 1 C .....
5920000      AJP1=0.
5930000      AJP2=0.
5940000      DO 55 KK=1,NOC
5950026 1      FSLID=SPROP(3,MATS(KK))
5960026 1      RAD=SPROP(1,MATS(KK))
5970000 1      AJP1=PA(1,KK)/YBAR+PA(2,KK)
5980000 1      AJP2=COS(PA(3,KK)-XBAR)
5990000 1      AJP3=TAN(FSLID)*SIN(PA(3,KK)-XBAR)
6000000 1      AJP2=AJP2+AJP3/YBAR
6010000 1      AJP1=AJP1+AJP2/AJP3
6020000 1      AJP3=AJP1/AJP2=RAD=COS(XBAR-PA(3,KK))
6030000 1      AJP3=AJP3-PA(4,KK)/YBAR=COS(XBAR-PA(3,KK))/(6.*COS(XBAR))
6040000 1      AJP2=AJP2+AJP3
6050000 1      55 CONTINUE
6060000 1 C .....
6070000      PNORM=AJP1*AJP1
6080000      PNOR=AJP2*AJP2
6090000      PNORM=PNORM+PNOR
6100012 1      DO 40 I=1,3
6110012 1      AJ1=AJ(1,I)*AJ(1,I)
6120012 1      AJ2=AJ(2,I)*AJ(2,I)
6130012 1      AJJPA(I)=AJ1+AJ2
6140014 1      DEGT(I)=THETA(I)*57.29578
6150012 1      40 CONTINUE
6160012      IF(ICK.NE.1) GO TO 60
6170012 1      DO 45 I=1,3
6180014 1      WRITE(6,1000) (AJ(I,J),J=1,3),(ARJ(I,J),J=1,3)
6190012 1      45 CONTINUE
6200012 1 C .....
6210012      60 CONTINUE
6220012      XXBA=XBAR*57.29578
6230012      WRITE(6,1100) KKK
6240012      WRITE(6,1200)
6250012      WRITE(6,1300)
6260012      WRITE(6,1200)
6270013      WRITE(6,1400) DEGT(1),FACS(1),AJ(1,1),AJ(2,1),AJJPA(1),XXBA,
6280013      &DEGT(2),FACS(2),AJ(1,2),AJ(2,2),AJJPA(2),YBAR,
6290013      &DEGT(3),FACS(3),AJ(1,3),AJ(2,3),AJJPA(3),PNORM
6300013      WRITE(6,1200)
6310035      IF(PNORM.LT.1.E-04) GO TO 70
6320035 C      IF(ABS(PNORM).GT.100.) GO TO 70
6330035      IF(KKK.GT.NCOUNT) GO TO 70
6340000 1      DO 50 I=1,2
6350000 1      THETA(I)=THETA(I+1)
6360000 1      50 FACS(I)=FACS(I+1)
6370000      THETA(3)=XBAR
6380000      FACS(3)=YBAR
6390000      GO TO 5
6400035      70 CALL RESULT(XBAR,YBAR)
6410019      200 FORMAT(1H1,/,/38X,'THESE DATA AND RESULTS WERE CALCULATED BY',
6420019      &' SECANT METHOD')
6430019      1000 FORMAT(5X,'AJ---',/3F15.6,' ARJ---',/3F15.6)
6440019      1100 FORMAT(//51X,'NUMBER OF REPETITION ---',I4)
6450019      1200 FORMAT(20X,5(' ',12(' - ')), ' ** ',24(' - '),1H*)
6460019      1300 FORMAT(20X,'I THETA(DEG) I FS I SIG Q I SIG QHQ I'
6470019      &' NORM ** CALCULATED VALUE I')
6480019      1400 FORMAT(20X,4(' ',F11.5,1H),/11,'E11.4', ** THETA --- ',F11.5,

```

$$||\bar{X}|| = \sum_{i=1}^3 |f_i(\bar{X})|^2$$

Θ<F値の初期値の修正

FORTRAN 77

SECANT

DATE 84.11.20 TIME 15.30.25

PAGE 17

```

6490019      8' /20X,4(' /F11.5,1H ) /' /E11.4, ' ** FS --- '
6500019      8F11.5, ' /20X,4(' /F11.5,1H ) /' /E11.4, ' ** NORM'
6510019      8' --- 'E11.4, ' /'
6520019      1500 FORMAT(/10X, 'THIS DATA WAS CALCULATED IN THE SECANT -- ' /12X,
6530019      8' KK, PA(1, KK), PA(2, KK), PA(3, KK), PA(4, KK) -- ' /15, 2F15.6)
6540000      END
  
```

FORTRAN 77

YAX

DATE 84.11.20 TIME 15.30.25

PAGE 18

```

DO IF
6550000      C .....(YAX).....
6560000      SUBROUTINE YAX(A,X,Y,M,N)
6570000      DIMENSION Y(M),A(M,N),X(N)
6580000      DO 20 I=1,M
6590000      1      S=0.
6600000      2      DO 10 J=1,N
6610000      2      S=S+A(I,J)*X(J)
6620000      2      10 CONTINUE
6630000      1      20 Y(I)=S
6640000      RETURN
6650000      END
  
```

{Y}=[A]{X} の計算を行う。

FORTRAN 77

YF

DATE 84.11.20 TIME 15.30.25

PAGE 19

```

DO IF
6660000      C .....(YF).....
6670000      FUNCTION YF(GAME,GAMF,HE,HF)
6680000      YF1=GAME*HE*HF*0.5
6690000      YF1=YF1+GAMF*HF*HF/6.
6700000      YF2=GAME*HE
6710000      YF2=YF2+GAMF*HF*0.5
6720000      YF=YF1/YF2
6730000      RETURN
6740000      END
  
```

$$Y_F = \frac{\frac{1}{2} \gamma_e h_e h_f + \frac{1}{6} \gamma_f h_f^2}{\gamma_e h_e + \frac{1}{2} \gamma_f h_f}$$

```

DO IF
C .....(RFAF).....
6750000 FUNCTION RFAF(GAME,GAMF,HE,HF,CKO,FAIF,B)
6760025 FAC=GAME*HE+0.5*GAMF*HF
6770000 RFAF=FAC*CKO*HF*TAN(FAIF)*B Rpe=Ko(γehe+0.5 γfhf)hftanφfb
6780000 RETURN
6790000 END
6800000

```

```

DO IF
C .....(RFAE).....
6810000 FUNCTION RFAE(CKO,GAME,HE,FAIE,B)
6820000 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
6830025 FAC=CKO*GAME*HE*HE Rpe=1/2 Ko γe he2 tanφe b
6840000 RFAE=FAC*0.5*TAN(FAIE)*B
6850000 IF(ICLK.EQ.1) WRITE(6,100) RFAE
6860019 RETURN
6870000 100 FORMAT(//10X,'THIS DATA WAS CALCULATED IN THE RFAE',/12X,
6880019 &'RFAE --- ',F9.3)
6890019 END
6900000

```

```

DO IF
C .....(RC).....
6910000 FUNCTION RC(C,HEI,B)
6920000 RC=C*HEI*B Rc=C·h·b
6930000 RETURN
6940000 END
6950000

```

```

DO IF
6960000 C .....(DSTART)....
6970000 SUBROUTINE DSTART
6980000 C      コノ ルーチン は、シミュレーションの初期化を行う。
6990000      COMMON /BLOCKM/ NBY(500),MAT(2,500),NEL(500,2,8)
7000000      COMMON /SECME/ COOR(3,500),PWH(500),PROP(4,10)
7010000      COMMON /CONST2/ MATS(500),SPROP(3,10)
7020000      COMMON /INITAL/ THETA(3),FACS(3),PA(4,500)
7030000      COMMON /COLUMN/ BWID(500),SWID(500),DIP(3,500)
7040000      COMMON /USERES/ ARB(500),WT(500),HT(2,500),RF1(500),RF2(500)
7050000 C
7060000 1      DO 10 I=1,500
7070000 1          NBY(I)=0
7080000 1          PWH(I)=0
7090000 1          MATS(I)=0
7100000 1          BWID(I)=0
7110000 1          SWID(I)=0
7120000 1          ARB(I)=0
7130000 1          WT(I)=0
7140000 1          RF1(I)=0
7150000 1          RF2(I)=0
7160000 2          DO 20 J=1,2
7170000 2              MAT(J,I)=0
7180000 2              HT(J,I)=0
7190000 3              DO 20 K=1,8
7200000 3                  NEL(I,J,K)=0
7210000 2                  DO 30 L=1,3
7220000 2                      DIP(L,I)=0
7230000 2                  30 COOR(L,I)=0
7240000 2                      DO 40 M=1,4
7250000 3                          DO 45 MM=1,10
7260000 3                          45 PROP(M,MM)=0
7270000 2                      40 PA(M,I)=0
7280000 1                  10 CONTINUE
7290000 1                  DO 50 I=1,3
7300000 1                      THETA(I)=0
7310000 1                      FACS(I)=0
7320000 2                      DO 50 J=1,10
7330000 2                          SPROP(I,J)=0
7340000 2                  50 CONTINUE
7350000 RETURN
7360000 END

```

ラベルコモン文中の変数の初期化

```

DO IF
7370000 C -----(IDPRNT)....
7380000 C SUBROUTINE IDPRNT
7390000 C      コー ルーチン ニヨリヨクサシク イテマツ オキナク。
7400000 COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
7410000 COMMON /BLOCKM/ NBY(500),MAT(2,500),NEL(500,2,8)
7420000 COMMON /SECME/ COOR(3,500),PWH(500),PROP(4,10)
7430000 COMMON /CONST2/ MATS(500),SPROP(3,10)
7440000 COMMON /CANAME/ TITLE(20)
7450000 CHARACTER*4 TITLE
7460000 WRITE(6,100)
7470000 WRITE(6,110)
7480000 WRITE(6,120)
7490000 WRITE(6,130)
7500000 WRITE(6,140)
7510000 WRITE(6,150)
7520000 WRITE(6,110)
7530000 WRITE(6,160) (TITLE(I),I=1,20)
7540000 WRITE(6,170) NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW
7550000 N1 = NNP / 2
7560000 N2 = N1 * 2
7570000 IF(N2 .NE. NNP) N1 = N1 + 1
7580000 N3 = N1 + 1
7590000 WRITE(6,180)
7600000 DO 10 I=1,N1
7610000 1 WRITE(6,190) I,(COOR(K,I),K=1,3),N3,(COOR(K,N3),K=1,3)
7620000 1 N3 = N3 + 1
7630000 1 IF(N3.GT.NNP) GO TO 40
7640000 1 10 CONTINUE
7650000 40 IF(I.EQ.N1) GO TO 50
7660000 WRITE(6,190) N1,(COOR(K,N1),K=1,3)
7670000 50 WRITE(6,200)
7680000 1 DO 20 I=1,NOC
7690000 1 IROUP=NBY(I)
7700000 2 DO 25 IR=1,IROUP
7710000 2 WRITE(6,210) I,(NEL(I,IR,J),J=1,8),MAT(IR,I),MATS(I)
7720000 2 25 CONTINUE
7730000 1 WRITE(6,220) PWH(I)
7740000 1 20 CONTINUE
7750000 WRITE(6,230) NMT
7760000 1 DO 30 J=1,NMT
7770000 1 30 WRITE(6,240) (PROP(I,J),I=1,4)
7780000 WRITE(6,245) NSMT
7790000 1 DO 35 J=1,NSMT
7800000 1 35 WRITE(6,250) (SPROP(I,J),I=1,3)
7810000 RETURN
7820000 100 FORMAT(1H, '//')
7830000 110 FORMAT(3X,130('**'))
7840000 120 FORMAT(3X,'**',2(126X,'**',/3X,'**'),20X,'**',13X,6('**'),3X,
7850000 813('**'),3X,11('**'),4X,5('**'),5X,5('**'),3X,13('**'),20X,'**',
7860000 8/3X,'**',20X,'**',13X,6('**'),1X,2(2X,13('**')),3X,'** **',
7870000 85X,'** **',3X,13('**'),20X,'**',2(/3X,'**',20X,'**',15X,'**',
7880000 85X,'**',13X,'**',9X,'**',3X,'** **',3X,'** **',3X,'**',31X,
7890000 8('**'),/3X,'**',20X,'**',15X,'**',5X,'**',4X,2(9X,'**'),3X,
7900000 8('**',3X,'** **',2(3X,'**'),31X,'**')
7910000 130 FORMAT(3X,'**',5X,2(15X,'**'),5X,10('**'),5X,'**',9X,'**',2(3X,
7920000 8('**'),' **',2(3X,'**'),8('**'),23X,'**',/3X,'**',5X,2(15X,'**'),
7930000 85X,10('**'),5X,'**',9X,'**',3X,'**',4X,'**',4X,'**',3X,10('**'),

```

```

7940000      823X,'**',/3X,'**',5X,2(15X,'**'),5X,'**',13X,'**',6X,2(3X,'**'),
7950000      88X,2(3X,'**'),31X,'**',/3X,'**',5X,2(15X,'**'),5X,'**',13X,'**',
7960000      82X,5(' '),2X,'**',3X,'**',8X,2(3X,'**'),31X,'**',/3X,'**',5X,
7970000      82(15X,'**'),5X,'**',13X,'**',5X,'*',4X,'**',11X,'**',3X,
7980000      8'**',31X,'**')
7990000  140 FORMAT(3X,'**',20X,13(' '),2X,6(' '),3X,13(' '),2X,11(' '),5X,
8000000      8'**',11X,'**',3X,13(' '),20X,'**',/3X,'**',20X,13(' '),2X,
8010000      86(' '),3X,13(' '),3X,9(' '), ' *** **',11X,'**',3X,13(' '),
8020000      820X,'**',5(/3X,'**',126X,'**'),/3X,'**',54X,'( V E R S I O N',
8030000      8' - 1 )',51X,'**',2(/3X,'**',126X,'**'),/3X,'**',31X,'THIS ',
8040000      8'CALCULATION IS SOLVED BY LIMITED EQUILIBLIUM METHOD.',
8050000      831X,'**',/3X,'**',126X,'**')
8060000  150 FORMAT(3X,'**',40X,'( SUGGESTED BY R.H.CHEN & J.L.',
8070000      8'CHAMEAU )',39X,'**',2(/3X,'**',126X,'**'))
8080000  160 FORMAT(/30X,'CALCULATION NAME --- ',20A4)
8090000  170 FORMAT(/35X,'NUMBER OF NODAL POINT. --- ',I5,
8100000      8/35X,'NUMBER OF MATERIAL PROPERTY. --- ',I5,
8110000      8/35X,'NUMBER OF SLIDE SURFACE PROP. --- ',I5,
8120000      8/35X,'NUMBER OF ELEMENTS (SURFACE) --- ',I5,
8130000      8/35X,'PARAMETER OF PORE WATER PRESSURE --- ',I5)
8140000  180 FORMAT(1H1,///50X,' X & Y & Z COORDINATES OF NODAL POINT ',
8150000      8//10X,' NO. X-COOR. Y-COOR. Z-COOR.',
8160000      8,10X,' NO. X-COOR. Y-COOR. Z-COOR.'//)
8170000  190 FORMAT(2(10X,I5,3F15.3))
8180000  200 FORMAT(1H1,///30X,' NODAL CONNECTIVITIES OF ALL ELEMENTS ',
8190000      8//10X,' NO. ---- ELEMENT CONNECTIVITY
8200000      8---- MAT SMAT PWH ')
8210000  210 FORMAT(10X,I5,7(I5,' - '),I5,2X,I5,2X,I5)
8220000  220 FORMAT(1H+,97X,F8.2)
8230000  230 FORMAT(/////30X,' MATERIAL PROPERTIES ',I3,' SETS',
8240000      8//30X,' COHESION FRICTION GAMMA-T CKO'//)
8250000  240 FORMAT(30X,F10.3,F13.2,F12.3,F10.3)
8260000  245 FORMAT(///30X,' MATERIAL PROPERTIES OF SLIDING SURFACE ',I3,
8270000      8' SETS')
8280000  250 FORMAT(/30X,' RADIUS OF SLIDING SURFACE --- ',F12.3,
8290000      8/30X,' COHESION OF SLIDING SURFACE --- ',F12.3,
8300000      8/30X,' FRICTION OF SLIDING SURFACE --- ',F12.3)
8310000      END

```

```

DO IF
8330000 C .....(CALDAT)....
8340000 SUBROUTINE CALDAT
8350024 C      コノ ルーチンハ ケイサクハチラメ-タ ノ イマツオ オコナウ。
8360025      COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
8370000      COMMON /INITAL/ THETA(3),FACS(3),PA(4,500)
8380000      COMMON /COLUMN/ BWID(500),SWID(500),DIP(3,500)
8390000      WRITE(6,100)
8400000      WRITE(6,110)
8410000      WRITE(6,120)
8420000      WRITE(6,130)
8430000      WRITE(6,120)
8440000      DO 10 I=1,NOC
8450000      1 WRITE(6,140) I,BWID(I),SWID(I),(DIP(J,I),J=1,3),(PA(J,I),J=1,4)
8460000      1 10 CONTINUE
8470000      WRITE(6,120)
8480000      RETURN
8490000      100 FORMAT(1H1,/,10X,'*** THESE DATA WERE CALCULATED AT THE ARAN
8500000      &GE ROUTINE AND THESE DATA WERE USED FOR CALCULATION FS *
8510000      &**)
8520000      110 FORMAT(/,20X,'PARAMETER 1 = C*AB-U*AB*TAN(FAI)+W*COS(ALFA)*TAN(FAI
8530000      &)-R2*TAN(FAI)*SIN(ALFA2-ALFA)',/53X,'-R1*TAN(FAI)*SIN(ALFA-ALFA1)'
8540000      &,/20X,'PARAMETER 2 = -W*SIN(ALFA)+R2*COS(ALFA2-ALFA)-R1*COS(ALFA-A
8550000      &LFA1)',/20X,'PARAMETER 4 = 6F*COS(THETA)*QH*Q*cos(ALFA)',/)
8560005      120 FORMAT(3X,1H*,9(' '),2(1H*,10(' ')),2(1H*,12(' ')),1H*,14(' '),
8570000      &4(1H*,13(' ')),1H*)
8580005      130 FORMAT(3X,1H1,' NUM. OF I X-DIREC. I Z-DIREC. I SIDE1 DIP I SIDE2
8590005      &DIP I YZ PLANE DIP I PARAMETER 1 I PARAMETER 2 I PARAMETER 3 I P
8600005      &PARAMETER 4 I',/3X,' I COLUMN I WIDTH(B) I WIDTH(L) I ALFA1 I
8610005      &ALFA2 I ALFA-YZ I',2(13X,1H1),3X,'ALFA-XY',3X,1H1,13X,
8620000      &1H1)
8630006      140 FORMAT(3X,1H1,I6,' I',2(F10.3,1H1),2(F12.4,1H1),F14.4,1H1,
8640000      &4(F13.4,1H1))
8650000      END

```

```

DO IF
8650000      C .....(RESULT)....
8660000      SUBROUTINE RESULT(THEMIN,FSMIN)
8670000      C   ル-チンハ ケイサンサツカノ アツセ"クリツト コ"ウリヨクノ カタムキオ モチイテ スイチヨクオウリヨクヲ
8680000      C   ソクメクノ センダ"ンオウリヨクヲ ケイサンシ インサツスル。
8690000      COMMON /CONST1/ NNP,NMT,NSMT,NOC,NPW,NCW,ICLK
8700000      COMMON /INITAL/ THETA(3),FACS(3),PA(4,500)
8710000      COMMON /COLUMN/ BWID(500),SWID(500),DIP(3,500)
8720000      COMMON /CONST2/ MATS(500),SPROP(3,10)
8730000      COMMON /USERES/ ARB(500),WT(500),HT(2,500),RF1(500),RF2(500)
8740000      WRITE(6,100)
8750000      WRITE(6,110)
8760000      WRITE(6,120)
8770000      WRITE(6,110)
8780000      DO 10 I=1,NOC
8790000      1   RF1(I)=RF1(I)/FSMIN
8800000      1   RF2(I)=RF2(I)/FSMIN
8810000      1   CSLID=SPROP(2,MATS(I))
8820000      1   FSLID=SPROP(3,MATS(I))
8830000      1   AJ1=PA(1,I)/FSMIN+PA(2,I)
8840000      1   AJ2=COS(PA(3,I)-THEMIN)
8850000      1   AJ3=TAN(FSLID)*SIN(PA(3,I)-THEMIN)
8860000      1   AJ2=AJ2+AJ3/FSMIN
8870000      1   RQ=AJ1/AJ2
8880000      1   SR1=RF1(I)/(HT(1,I)*BWID(I))
8890000      1   SR2=RF2(I)/(HT(2,I)*BWID(I))
8900000      1   AJ1=-CSLID/FSMIN*ARB(I)+RQ*COS(PA(3,I)-THEMIN)+WT(I)*SIN(PA(3,I))
8910000      1   AJ1=AJ1-RF2(I)*COS(DIP(2,I)-PA(3,I))
8920000      1   AJ1=AJ1+RF1(I)*COS(PA(3,I)-DIP(1,I))
8930000      1   VN=AJ1*FSMIN/TAN(FSLID)
8940000      1   VSN=VN/ARB(I)
8950000      1   WRITE(6,130) I,ARB(I),WT(I),RF1(I),RF2(I),VN,SR1,SR2,VSN,RQ
8960000      1   10 CONTINUE
8970000      WRITE(6,110)
8980000      RETURN
8990000      100 FORMAT(1H1,/33X,'*** THESE DATA WERE CALCULATED USING RESULTS
9000000      &OF FS AND THETA ***',/)
9010000      110 FORMAT(3X,1H*,9('-'),2(1H*,10('-')),2(1H*,12('-')),1H*,14('-'),
9020000      &4(1H*,13('-')),1H*)
9030000      120 FORMAT(3X,1H1,' NUM. OF IAREA(BASE) I WEIGHT I SIDE1 REX I SIDE2
9040000      &REX I VERT. FORCE ISHEAR STR. R1 ISHEAR STR R2 IVERT. STRESS IRE
9050000      &SULT FOR(Q) I')
9060000      130 FORMAT(3X,1H1,I6,' I',2(F10.3,1H1),2(F12.4,1H1),F14.4,1H1,
9070000      &4(F13.4,1H1))
9080000      END
END OF COMPILATION

```

CHEN and CHAMEAU 法による
地すべり斜面の三次元安定解析法

ISSN 0386-5878
土研資料第2281号
昭和61年1月(1986)
中村浩之
久保田哲也

要 旨

地すべり斜面の安定解析に関しては、かねてから三次元解析の開発が進められて来た。

ここでは、内部応力を考慮できるChen & Chameau 法による三次元斜面安定解析プログラムLIEQMEを開発し、それによる斜面安定解析手法を述べた。

キーワード：地すべり，斜面，斜面安定，安定解析，安全率，数値解析。

郵便はがき

四十円切手
をはって
さい。

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

砂防部地すべり研究室

御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 2281 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印