



## ANALISIS KEMANTAPAN LERENG DAN TIMBUNAN BADAN JALAN DENGAN PERANGKAT LUNAK (SLOPE AND EMBANKMENT STABILITY ANALYSIS BY COMPUTER PROGRAM)

Adyawati P. Tanzil

### RINGKASAN

*Dalam menunjang Pengembangan dan Pembinaan jaringan jalan untuk perencanaan alinyemen, geometri dan kemantapan jalan, salah satu aspek yang penting adalah kemampuan analisis geoteknik mengenai kemantapan lereng jalan dan timbunan badan jalan.*

*Agar diperoleh hasil perhitungan dan desain yang akurat dan cepat diperlukan program perhitungan secara komputerisasi yang sudah tersusun dalam perangkat lunak /software.*

*Hasil perhitungan dari program perangkat lunak ini diperoleh nilai Faktor Keamanan dalam kondisi alam, kondisi buatan/perkuatan menggunakan geotextile.*

*Makalah ini memperkenalkan salah satu program perhitungan Analisis Kemantapan Lereng yaitu "STABGM", dibuat oleh Prof. Duncan - Virginia Tech., USA.*

*Keuntungan menggunakan perangkat ini adalah dapat menganalisis alternatif perkuatan sehingga pemakai mendapatkan kesempatan untuk memilih alternatif perkuatan yang paling sesuai.*

*Beberapa kasus kemantapan lereng jalan dan timbunan badan jalan akan dibahas dalam makalah ini.*

### SUMMARY

*In supporting the Development and Supervision of integrated road network on alignment design, geometry and road stability, one of the important aspect is the capability of geotechnical analysis especially for slope and embankment stability.*

*Accurate calculation and reasonable design results are therefore required, for which the use of computer program/software is inevitable.*

*The computer software program calculate the Safety Factor value for the slope or embankment in natural/existing condition and after improvement by geotextile reinforcement. This paper introduces one of the programmes on Slope Stability Analysis, i.e "STABGM" prepared by Virginia Tech., USA.*

*The superiority of this program are capabilities to analyse alternative reinforcement designs and providing facilities in selecting the practicable alternative reinforcement system.*

### I. PENDAHULUAN

Pembangunan akhir-akhir ini banyak berkaitan dengan permasalahan kemantapan lereng atau timbunan oleh karena sempitnya lahan atau adanya pengembangan suatu daerah sehingga memaksa dilakukannya pembangunan walaupun lahan yang ada tidak memenuhi persyaratan teknis. Kasus kasus seperti ini diperlukan analisis yang akurat dan cepat agar tidak menimbulkan kerugian ataupun korban jiwa.

Perhitungan kemantapan lereng dan timbunan dengan rumus-rumus perhitungan yang rumit mendorong penggunaan program komputer/ software

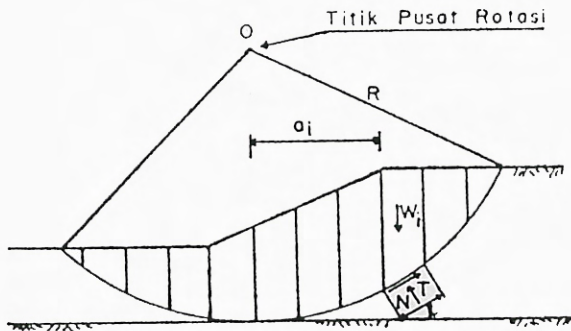
untuk menyelesaikannya sebagai kebutuhan yang tidak dapat dihindari lagi. Makalah ini mengenalkan salah satu program komputer/software kemantapan lereng sebagai salah satu alternatif mengatasi permasalahan.

### II. TEORI DAN ANGGAPAN

Untuk menjalankan program, pemakai harus telah mengerti dengan baik teori / analisis perhitungan kemantapan lereng. Teori dasar yang digunakan dalam program adalah analisis cara irisan, Metoda Swedish/Fellenius dan Metoda Modifikasi Bishop.

Cara ini populer dan disukai serta cukup akurat (kesalahan perhitungan lebih kecil 3%). Analisis perhitungan kemandapan lereng cara ini adalah berdasarkan teori keseimbangan momen suatu lereng yang penampangnya dibuat irisan-irisan, bentuk bidang gelincir lingkaran dengan titik pusat O, seperti dalam gambar berikut :

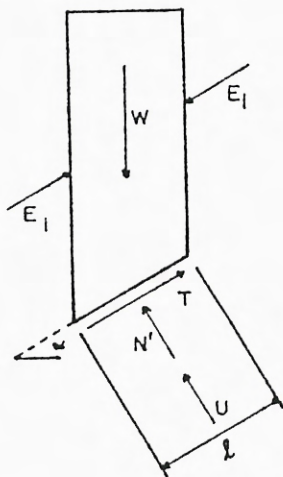
Gambar 1  
LERENG DIBAGI DALAM BEBERAPA IRISAN



$F = \frac{\text{Kuat geser sepanjang bidang gelincir}}{\text{Gaya geser untuk mencapai keseimbangan}}$

$$F = \frac{M_R}{M_o} = \frac{R \sum T_i \cdot l_i}{\sum W_i a_i}$$

Gambar 2  
FORMULA METODA IRISAN/SWEDISH METHOD

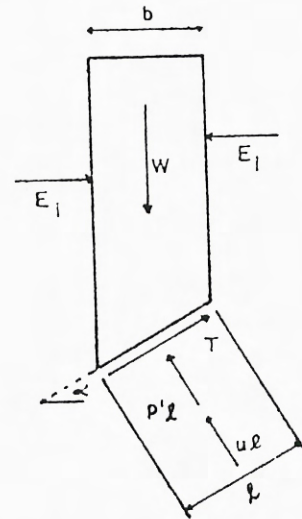


$N' = N - U = W \cos \alpha - u l$   
= Gaya Normal pada dasar irisan.  
 $T = c' + N' \tan \Phi$   
= Gaya Tangensial pada dasar irisan  
 $W = \text{Berat irisan.}$

$c', \Phi' = \text{parameter geser}$   
 $u = \text{tekanan air pori pada dasar irisan}$   
 $\alpha = \text{sudut antara dasar irisan - horis.}$   
 $l = \text{panjang busur}$   
 $E_i = \text{gaya samping}$

$$F = \frac{\sum (W \cos \alpha - u l) \tan \Phi' + \sum c' l}{\sum W \sin \alpha}$$

Gambar 3  
FORMULA METODA MODIFIKASI BISHOP'S



$$p'l = \frac{W - u (\cos \alpha - c' l \sin \alpha)}{\cos \alpha - (\tan \Phi' \sin \alpha) / F} = N'$$

= Gaya Normal pada dasar irisan

$$T = (c' l + p'l \tan \Phi') / F$$

= Gaya Tangensial pada dasar irisan

$W = \text{Berat irisan.}$   
 $c', \Phi' = \text{parameter geser}$   
 $u = \text{tekanan air pori pada dasar irisan}$   
 $\alpha = \text{sudut antara dasar irisan - horis.}$   
 $l = \text{panjang busur}$   
 $b = \text{lebar irisan} = l \cos \alpha$   
 $E_i = \text{gaya samping}$   
 $m_{\alpha} = \cos \alpha (1 + \tan \Phi' \tan \alpha / F)$

$$F = \frac{\sum (c' b + (W - u b) \tan \Phi' / m_{\alpha})}{\sum W \sin \alpha}$$

Anggapan dalam menentukan respons perkuatan geotextile pada bidang gelincir dibedakan dalam arah horizontal atau arah tangen.

#### IV. ANALISA HASIL

Studi kasus yang dipilih untuk uji perhitungan adalah :

- (1) Lereng alam pada jalan propinsi Bandung - Purwakarta, Km 24+200 - Padalarang dan Km 36+400 Padalarang.

Perhitungan dalam program ini ditinjau terhadap :

- Analisis Kemantapan Lereng tanpa perkuatan.
  - Analisis Perkuatan Kemantapan Lereng dengan variasi jumlah, etak & panjang lapisan perkuatan
  - Faktor Keamanan dihitung dengan Metoda Swedish dan Metoda Modifikasi Bishop.
  - Titik rotasi awal  $O_0$  ditentukan dengan analisis praktis berdasarkan sudut arah Fellenius untuk tanah  $c$  dan  $\Phi$ .
  - Iterasi titik  $O_0$  dipilih sebanyak mungkin (komputer yang menentukan).
- (2) Tipikal model timbunan diatas tanah lembek.  
Model Kelongsoran timbunan badan jalan diatas tanah lembek ini didekati sebagai "rotational slide". Kedalaman Bidang gelincir dipilih pada kedalaman yang paling berbahaya.

#### V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari uji penggunaan program adalah :

- (1) Program ini mudah pengoperasiannya dan tidak membutuhkan fasilitas hardware yang mahal.
- (2) Proses menghitungnya relatif cepat, menggunakan PC type AT-386+ mathco, memory 4 MB membutuhkan waktu sekitar 3 menit.
- (3) Kelebihan program ini adalah fasilitas estimasi bentuk geometri yang tidak beraturan, kebutuhan analisis jangka panjang atau pendek, faktor pengaruh gempa, menghitung perkuatan kemantapan lereng.
- (4) Memungkinkan pemilihan type perkuatan sesuai prinsip Benefit Cost Ratio (BCR).
- (5) Keterbatasan program ini adalah :
  - tidak sesuai pada kelongsoran dengan bidang gelincir translasi atau kombinasi.

- tidak dapat menggambarkan geometri serta output / hasil perhitungan (kedalaman bidang gelincir, titik pusat  $O$ ) secara langsung dicetak (harus digambar secara manual).

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Lokakarya Lembaga Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. "Penggunaan Komputer Mikro dalam Rekayasa Geoteknik", 1989.
2. Carolus B. Setjadinigrat Ir, MSc Thesis-ITB 1988, "Bandung clay : properties, structure and stability against embankment failure".
3. Huang, YH 1983, Van Nostrand Reinhold Company - New York, "Stability analysis of earth slopes".
4. Riyanto, J. Ir, MSc Thesis - ITB 1988, "Evaluation of porewater pressure response of Bandung clay under embankment load test".
5. Wang, F.D., Sun, M.C. and Ropchan, DM (1972), RI 7685, Bureau of Mines, "Computer program for pit slope stability analysis by finite element stress analysis limiting equilibrium method".
6. J.M. Duncan, Bak Kong Low and Vernon R. Schaefer, Department of Civil Engineering Virginia Tech, Blacksburg VA 24061, "STABGM: A computer program for slope stability analysis of reinforced embankment and slopes".
7. Yuy Y.S. Dee. O, Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, "Slope Stability & Settlement".

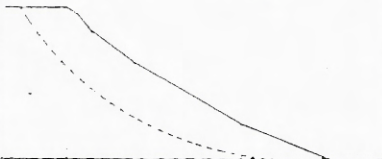
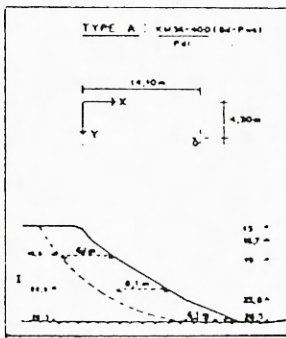
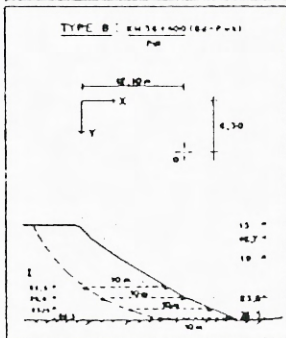
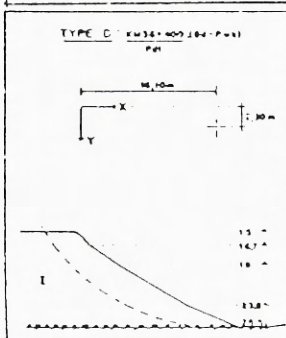
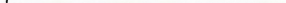
#### Penulis :

*Ir. Adyawaty P Tanzil, Msc. Ajun Perekayasa Madya Bidang Geoteknik, Pusat Litbang Jalan.*

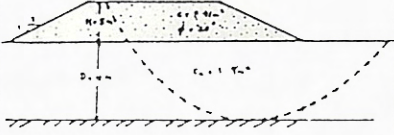
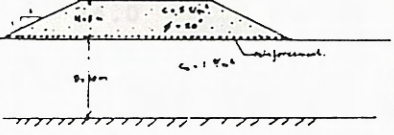
Contoh 1 : PERHITUNGAN KEMANTAPAN LERENG, KM 24+200 PADALARANG

Geometri Lereng :	Identifikasi	Bidang Gelincir/ F.K. min.
	<p>C, <math>\phi</math> Tanpa Perkuatan (TRYM_2RD.DAT)</p>	<p>32m /0,957</p>
	<p>C, <math>\phi</math> Perkuatan Type A1, 3 lapis -panjang 6,1m. -panjang 10m. (TRY_2L_3.DAT)</p>	<p>32m /1,068 32m /1,185</p>
	<p>Perkuatan Type A2, 6 lapis -panjang 6,1 m. -panjang 10m. (TRY_2L6.DAT)</p>	<p>32m /1,077 32m /1,274</p>
	<p>C, <math>\phi</math> Perkuatan type B, 6 lapis -panjang 6,1 m -panjang 10m</p>	<p>21m /1.076 21m /1.076</p>
	<p>C, <math>\phi</math> Perkuatan type C, 9 lapis -panjang 6,1 m -panjang 10m</p>	<p>32m /1.175 32m /1.384</p>

Contoh 2 : PERHITUNGAN KEMANTAPAN LERENG, KM 36+400 PADALARANG

<p>Geometri Lereng :</p> 	<p>Identifikasi</p>	<p>Bidang Gelincir /F.K. min.</p>
	<p>C, <math>\phi</math> Tanpa Perkuatan (TRYM_1R.DAT)</p>	<p>23,8m/1,187 26,5m/1,186</p>
	<p>C, <math>\phi</math> Perkuatan Type A , 3 lapis -panjang 6,1m. -panjang 10m. (COB_1RM.DAT)</p>	<p>26,5m/1,201 26,5m/1,346</p>
	<p>C, <math>\phi</math> Perkuatan type B, 4 lapis -panjang 6,1m -panjang 10m</p>	<p>26,5m/1,186 26,5m/1,250</p>
	<p>C, <math>\phi</math> Perkuatan type D, 1 lapis</p>	<p>26,5m/1,186</p>

CONTOH 3 : TIPIKAL MODEL TIMBUNAN DIATAS TANAH LEMBEK

Geometri Lereng :	Identifikasi	Bidang Gelincir /F.K. min.
	<p>C, <math>\phi</math> Tanpa Perkuatan (PROB_B11.DAT)</p>	<p>25 m /0,742</p>
	<p>C, <math>\phi</math> Perkuatan type D, 1 lapis (PROBRB11.DAT)</p>	<p>25 m /1,864</p>

CONTOH 1 : DATA MASUKAN, "TRY\_2L\_3.DAT"

```

STABGM Exp.Bdg-Pwk/'Km24+2'-c,φ res./drained-w/ reinforcement
0,3,9,4,0,0,3,0,0,1
1,12.5,0.4,1
21,27,32,
-20,10,10,10,13.5,18.6,32,
0,10,10,10,13.5,18.6,32,
11.6,21,21,21,21,24.9,32,
12.1,21,21,21,21,25.2,32,
16,26.7,26.7,26.7,26.7,27.3,32,
17.6,27,27,27,27,28.2,32,
22,31,31,31,31,31,32,
23.3,32,32,32,32,32,32,
44,32,32,32,32,32,32,
1,0.25,32.5,1.263,
2,0.5,32,1.49,
3,0.15,36.5,1.55,
32,3,24,20.39,15.2,20.39,14,0,
24,3,14.1,20.39,5.3,20.39,4.1,0,
17,3,7.4,20.39,-1.4,20.39,-2.6,0,

```

CONTOH 1 : DATA KELUARAN "TRY\_2L\_3.OUT"

```

*****
*
*          STABGM   Version  9.85 (MS-DOS)          *
*
*   Slope Stability Analysis of Reinforced Slopes   *
*
*          Bishop's Modified Method                 *
*          and/or Ordinary Method of Slices         *
*
*****
STABGM Exp.Bdg-Pwk/'Km24+2'-c,φ res./drained-w/ reinforcement
          C O N T R O L   D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS . . . . . 0
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS . . . . . 3
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS . . . . . 9
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES . . . . . 4
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES . . . . . 0
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE . . . . . 0
NUMBER OF REINFORCING LAYERS . . . . . 3
SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S2 . . . . . .00 .00
UNIT WEIGHT OF WATER . . . . . 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD
SEARCH STARTS AT CENTER ( 12.5, .4) WITH FINAL GRID OF 1.0
ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 21.0, 27.0, 32.0,

```

14	21.0	16.6	13.5	4.4	1.662	1.583	.486
15	21.0	15.6	12.5	5.4	1.630	1.538	.424
16	21.0	17.6	11.5	3.4	1.659	1.569	.338
17	21.0	17.6	13.5	3.4	1.644	1.570	.453
18	21.0	15.6	13.5	5.4	1.697	1.615	.530
19	21.0	15.6	11.5	5.4	1.630	1.529	.361

F.S. MINIMUM= 1.625 FOR THE CIRCLE OF CENTER ( 12.5, 4.4)

STABGM Exp.Bdg-Pwk/'Km24+2'-c,φ res./drained-w/ reinforcement							
NUMBER	TANGENT	RADIUS	(X) CENTER	(Y) CENTER	FS(BISHOP)	FS(OMS)	dFS(BS)
1	27.0	21.6	11.5	5.4	1.731	1.543	.000
2	27.0	21.6	9.5	5.4	1.971	1.744	.000
3	27.0	23.6	11.5	3.4	1.771	1.598	.000
4	27.0	21.6	13.5	5.4	1.530	1.373	.000
5	27.0	19.6	11.5	7.4	1.697	1.491	.000
6	27.0	21.6	12.5	5.4	1.625	1.454	.000
7	27.0	22.6	13.5	4.4	1.551	1.401	.000
8	27.0	21.6	14.5	5.4	1.443	1.299	.000
9	27.0	20.6	13.5	6.4	1.510	1.346	.000
10	27.0	22.6	14.5	4.4	1.464	1.326	.000
11	27.0	21.6	15.5	5.4	1.417	1.284	.054
12	27.0	20.6	14.5	6.4	1.422	1.272	.000
13	27.0	22.6	15.5	4.4	1.403	1.276	.019
14	27.0	21.6	16.5	5.4	1.533	1.411	.244
15	27.0	20.6	15.5	6.4	1.471	1.332	.128
16	27.0	22.6	14.5	4.4	1.464	1.326	.000
17	27.0	23.6	15.5	3.4	1.407	1.285	.000
18	27.0	22.6	16.5	4.4	1.494	1.377	.184
19	27.0	23.6	14.5	3.4	1.487	1.354	.000
20	27.0	23.6	16.5	3.4	1.448	1.335	.116
21	27.0	21.6	16.5	5.4	1.533	1.411	.244
22	27.0	21.6	14.5	5.4	1.443	1.299	.000

F.S. MINIMUM= 1.403 FOR THE CIRCLE OF CENTER ( 15.5, 4.4)

STABGM Exp.Bdg-Pwk/'Km24+2'-c,φ res./drained-w/ reinforcement							
NUMBER	TANGENT	RADIUS	(X) CENTER	(Y) CENTER	FS(BISHOP)	FS(OMS)	dFS(BS)
1	32.0	26.6	14.5	5.4	1.751	1.537	.000
2	32.0	26.6	12.5	5.4	1.932	1.688	.000
3	32.0	28.6	14.5	3.4	1.779	1.580	.000
4	32.0	26.6	16.5	5.4	1.592	1.404	.000
5	32.0	24.6	14.5	7.4	1.729	1.497	.000
6	32.0	26.6	15.5	5.4	1.669	1.468	.000
7	32.0	27.6	16.5	4.4	1.607	1.425	.000
8	32.0	26.6	17.5	5.4	1.520	1.343	.000
9	32.0	25.6	16.5	6.4	1.579	1.383	.000
10	32.0	27.6	17.5	4.4	1.535	1.364	.000
11	32.0	26.6	18.5	5.4	1.452	1.285	.000
12	32.0	25.6	17.5	6.4	1.506	1.322	.000



13	32.0	27.6	18.5	4.4	1.466	1.306	.000
14	32.0	26.6	19.5	5.4	1.388	1.231	.000
15	32.0	25.6	18.5	6.4	1.438	1.265	.000
16	32.0	27.6	19.5	4.4	1.402	1.251	.000
17	32.0	26.6	20.5	5.4	1.328	1.180	.000
18	32.0	25.6	19.5	6.4	1.375	1.211	.000
19	32.0	27.6	20.5	4.4	1.342	1.200	.000
20	32.0	26.6	21.5	5.4	1.279	1.139	.007
21	32.0	25.6	20.5	6.4	1.316	1.161	.000
22	32.0	27.6	21.5	4.4	1.285	1.151	.000
23	32.0	26.6	22.5	5.4	1.275	1.144	.055
24	32.0	25.6	21.5	6.4	1.295	1.150	.035
25	32.0	27.6	22.5	4.4	1.258	1.132	.026
26	32.0	26.6	23.5	5.4	1.266	1.144	.095
27	32.0	25.6	22.5	6.4	1.267	1.130	.057
28	32.0	27.6	21.5	4.4	1.285	1.151	.000
29	32.0	28.6	22.5	3.4	1.246	1.124	.000
30	32.0	27.6	23.5	4.4	1.245	1.127	.063
31	32.0	28.6	23.5	3.4	1.244	1.130	.049
32	32.0	27.6	24.5	4.4	1.292	1.183	.156
33	32.0	26.6	23.5	5.4	1.266	1.144	.095
34	32.0	28.6	22.5	3.4	1.246	1.124	.000
35	32.0	29.6	23.5	2.4	1.228	1.118	.018
36	32.0	28.6	24.5	3.4	1.264	1.158	.117
37	32.0	29.6	22.5	2.4	1.261	1.144	.000
38	32.0	30.6	23.5	1.4	1.226	1.119	.000
39	32.0	29.6	24.5	2.4	1.243	1.139	.081
40	32.0	30.6	22.5	1.4	1.278	1.164	.000
41	32.0	31.6	23.5	.4	1.243	1.139	.000
42	32.0	30.6	24.5	1.4	1.220	1.120	.043
43	32.0	31.6	24.5	.4	1.204	1.108	.012
44	32.0	30.6	25.5	1.4	1.272	1.179	.142
45	32.0	29.6	24.5	2.4	1.243	1.139	.081
46	32.0	31.6	23.5	.4	1.243	1.139	.000
47	32.0	32.6	24.5	-.6	1.210	1.116	.000
48	32.0	31.6	25.5	.4	1.251	1.161	.000

F.S. MINIMUM= 1.185 FOR THE CIRCLE OF CENTER ( 25.5, -1.6)

SUMMARY OF THIS STABGM RUN

STABGM Exp.Bdg-Pwk/'Km24+2'-c,φ res./drained-w/ reinforcement

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FSMIN(BMM)
21.00	12.50	4.40	1.625
27.00	15.50	4.40	1.403
32.00	25.50	-1.60	1.185

OVERALL MINIMUM FS = 1.185  
(HORIZONTAL ORIENTATION)

CONTOH 3 : DATA MASUKAN MODEL TIMBUNAN, "PROBRB11.DAT"

STABGM Exp Problem B. (H= 5 m) - with reinforcement  
 0,1,4,3,0,0,1,0,0,1  
 1,3.8775,7.286,1,  
 25,  
 -50,10,10,10,15,25,  
 0,10,10,10,15,25.  
 10,15,15,15,15,25,  
 60,15,15,15,15,25,  
 1,5,20,1.8,  
 2,1,0,1.6,  
 15,1,0,200,

CONTOH 3 : DATA KELUARAN MODEL TIMBUNAN, "PROBRB11.OUT"

```

*****
*
*           STABGM   Version   9.85 (MS-DOS)           *
*
*   Slope Stability Analysis of Reinforced Slopes      *
*
*           Bishop's Modified Method                   *
*           and/or Ordinary Method of Slices           *
*
*****
STABGM Exp Problem B. (H= 5 m) - reinforced at base
    
```

C O N T R O L D A T A

```

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS . . . . . 0
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS . . . . . 1
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS . . . . . 4
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES . . . . . 3
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES . . . . . 0
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE . . . . . 0
NUMBER OF REINFORCING LAYERS . . . . . 1
SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S2 . . . . . .00 .00
UNIT WEIGHT OF WATER . . . . . 1.00
    
```

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER ( 3.9, 7.3) WITH FINAL GRID OF 1.0  
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 25.0,

GEOMETRY

```

SECTIONS   -50.0   .0  10.0  60.0

T. CRACKS  10.0  10.0  15.0  15.0
W IN CRACK 10.0  10.0  15.0  15.0
BOUNDARY 1 10.0  10.0  15.0  15.0
BOUNDARY 2 15.0  15.0  15.0  15.0
BOUNDARY 3 25.0  25.0  25.0  25.0
    
```

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	5.0	20.0	1.8
2	1.0	.0	1.6

REINFORCING FORCE DATA AT 1 LEVEL(S) (HORIZONTAL ORIENTATION)

Y = 15.00 NO. OF FORCE POINTS = 1  
 X FORCE  
 .0 200.0

STABGM Exp Problem B. (H= 5 m) - with reinforcement

NUMBER	TANGENT	RADIUS	(X) CENTER	(Y) CENTER	FS(BISHOP)	FS(OMS)	dFS(BS)
1	25.0	17.7	3.9	7.3	2.018	2.203	1.248
2	25.0	17.7	1.9	7.3	2.084	2.271	1.286
3	25.0	19.7	3.9	5.3	2.117	2.272	1.329
4	25.0	17.7	5.9	7.3	2.013	2.199	1.245
5	25.0	15.7	3.9	9.3	1.875	2.104	1.128
6	25.0	15.7	2.9	9.3	1.904	2.135	1.145
7	25.0	16.7	3.9	8.3	1.953	2.159	1.194
8	25.0	15.7	4.9	9.3	1.864	2.093	1.122
9	25.0	14.7	3.9	10.3	CENTER BELOW INTERPOLATED CRACK		
10	25.0	16.7	4.9	8.3	1.943	2.149	1.188
11	25.0	15.7	5.9	9.3	1.872	2.101	1.127
12	25.0	14.7	4.9	10.3	CENTER BELOW INTERPOLATED CRACK		
13	25.0	16.7	3.9	8.3	1.953	2.159	1.194
14	25.0	16.7	5.9	8.3	1.949	2.156	1.192
15	25.0	14.7	5.9	10.3	CENTER BELOW INTERPOLATED CRACK		
16	25.0	14.7	3.9	10.3	CENTER BELOW INTERPOLATED CRACK		

F.S. MINIMUM= 1.864 FOR THE CIRCLE OF CENTER ( 4.9, 9.3)

