

NOTA DE CALCUL NR. 1

BREVIAR DE CALCUL STABILITATEA MASIVULUI DE DEȘEURI

1.1 Introducere în analiza stabilității

Rezolvarea problemei stabilității necesită luarea în considerare a ecuațiilor de echilibru și a legăturilor constitutive (ce descriu comportamentul terenului). Aceste ecuații sunt foarte complexe întrucât terenurile sunt sisteme multifazice, care pot fi readuse la forma sistemelor monofazice numai în condiții de teren uscat sau analiză în condiții drenate.

În cea mai mare parte a cazurilor avem de-a face cu un material care, dacă este saturat este cel puțin bifazic, ceea ce îngreunează utilizarea ecuațiilor de echilibru. Este practic imposibilă definirea unei legi constitutive cu valabilitate generală întrucât terenurile prezintă un comportament non-linear cu mici deformații, sunt anizotrope iar comportamentul lor depinde atât de efortul deviator cât și de cel normal.

Din cauza acestor dificultăți se introduc ipotezele de simplificare:

(a) Se folosesc legi constitutive simplificate (modelul rigid perfect plastic).

Se presupune că rezistența materialului este exprimată numai prin parametrii coeziune (c) și prin unghiul de frecare internă (j), constante pentru teren, și caracteristici stării plastice. Deci se presupune valid criteriul de cedare Mohr-Coulomb.

(b) În unele cazuri sunt satisfăcute numai parțial ecuațiile de echilibru.

1.2 Caracteristici geotehnice pentru terenul de fundare

Pentru efectuarea analizelor de stabilitate parametrii geotehnici caracteristici au fost preluați din Studiul geotehnic întocmit de S.C. Hidrogeotesting S.R.L. în iulie 2016.

Valorile de calcul ale parametrilor geotehnici au fost determinați conform NP122:2010.

Programul de calcul utilizat, *SLOPE 2020 (Geostru)*, a aplicat automat coeficienții parțiali de reducere a valorilor caracteristice a parametrilor geotehnici.

Terenul de fundare este alcătuit preponderent din prafuri nisipoase – argiloase, plastic – vâtoase.

Pentru deșeuri valorile de calcul au fost considerate din literatura de specialitate.

Parametrii geotehnici pentru terenul de fundare:

- $g = 18 \text{ kN/m}^3$
- $F_k = 15^\circ$;
- $C_k = 10 \text{ kPa}$;

Parametrii geotehnici pentru masivul de deșeuri (din literatura de specialitate pentru un masiv de deșeuri neomogen):

- $g = 19 \text{ kN/m}^3$
- $F_k = 28^\circ$;
- $C_k = 32 \text{ kPa}$;

1.3 Acțiunea seismică

Din punct de vedere seismic, zona cercetată este caracterizată de valoarea de vârf a accelerației terenului pentru proiectare $a_g = 0.10g$ pentru cutremure având intervalul mediu de recurență IMR = 100 ani și perioada de control (colț) $T_c = 1.0$ sec (conform „Codului de proiectare seismică – Partea I – Prevederi de proiectare pentru clădiri” - indicativ P 100-1/2013).

Acțiunile seismice au următoarele două componente:

$$- k_h = \alpha \cdot k_s$$

$$- k_v = 0.5 \cdot k_h$$

În cazul versanților și al taluzurilor, pentru valoarea α se admite o variație liniară pe înălțime, astfel:

$$- \text{la bază: } \alpha = 0.5$$

$$\alpha = 0.5 - \text{pentru } \beta < 15^\circ$$

$$- \text{la partea superioară (coronament): } \alpha = 0.6 \text{ pentru } 15^\circ < \beta \leq 30^\circ$$

$$\alpha = 0.7 - \text{pentru } \beta > 30^\circ$$

unde β este unghiul mediu de înclinare a taluzului (versantului) față de orizontală.

În calculele practice de stabilitate se poate accepta o valoare medie a coeficientului α , egală cu semisuma valorilor respective pentru bază și pentru partea superioară a taluzului.

În cazul amplasamentului de la Timiș Triaj, componentele orizontală și verticală sunt:

$$k_h = \alpha \cdot k_s \rightarrow k_h = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1$$

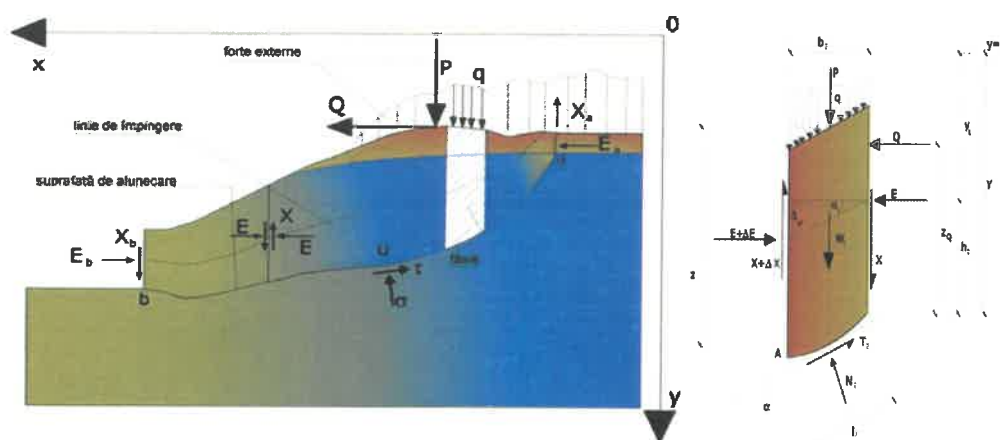
$$k_v = \alpha \cdot k_h \rightarrow k_h = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05$$

Metoda JANBU (1967)

Janbu a extins metoda lui Bishop la suprafețele de alunecare de formă generică.

Când sunt tratate suprafețele de alunecare de formă generică brațul forțelor se schimbă (în cazul suprafețelor circulare rămâne constant și egal cu raza) - de aceea este mai convenabilă calcularea ecuației momentului față de marginea inferioară a fiecărei fâșii.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$



Acțiuni pe fâșia i conform teoriei lui Janbu și reprezentarea fâșiei

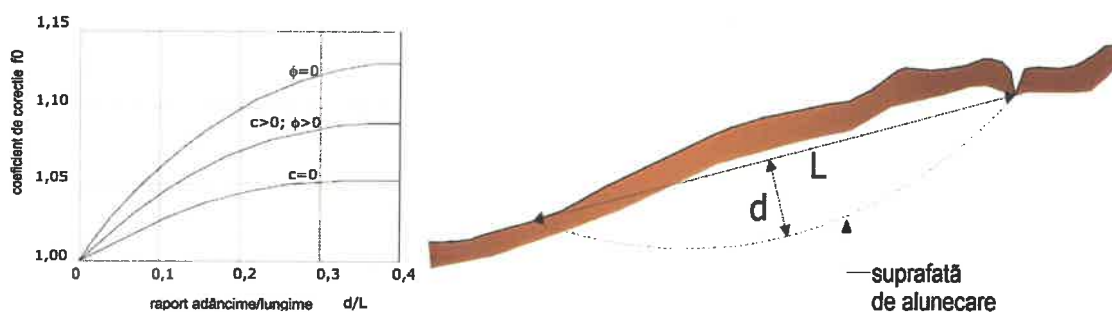
Presupunând că $DX_i = 0$ se obține metoda obișnuită.

Janbu a mai propus și o metodă pentru corectarea factorului de siguranță obținut cu metoda obișnuită:

$$F_{corectat} = f_0 F$$

unde f_0 apare pe grafic în funcție de geometrie și de parametrii geotehnici.

Această corecție este indicată pentru taluzurile puțin înclinate.



Calculul factorului de corecție f_0

Analiza de stabilitate a taluzurilor cu: JANBU (1967)

Zona	BRAȘOV
Calculul efectuat în conformitate cu	EC7: SR EN 1997-1 Anexa A
Număr de straturi	2,0
Numărul fâșiilor	10,0
Nivel de siguranță acceptabil	1,0
Coeficient rezistență parțială	1,0
Parametrii geotehnici de folosit. Unghi de frecare:	Maxim
Analiză	Stare drenată
Suprafață circulară	

Rețea de centri

Abcisa nod stâng inferior xi	105,87 m
Ordonată nod stâng inferior yi	601,73 m
Abcisa nod drept superior xs	222,49 m
Ordonată nod drept superior ys	644,53 m
Interval de căutare	10,0
Număr de celule pe axa x	10,0
Număr de celule pe axa y	10,0
Coefficient seismic orizontal	0,01
Coefficient seismic vertical	0,05

Noduri profil

Nr	X (m)	y (m)
1	107,25	547,91
2	114,88	547,94
3	143,44	562,59
4	148,94	562,88
5	168,38	572,59
6	173,88	572,88
7	193,38	582,59
8	198,88	582,88
9	218,31	592,59
10	229,63	593,19
11	403,25	594,0
12	431,06	592,59
13	441,25	587,56
14	446,81	587,25
15	466,5	577,44
16	472,0	577,19
17	491,69	566,69
18	497,25	566,44
19	516,94	555,56
20	589,38	557,5

Noduri strat.....1

N	X (m)	y (m)
1	107,25	547,91
2	114,88	547,94
3	114,88	547,94
4	124,63	548,0
5	253,94	549,16

N	X (m)	y (m)
6	343,63	550,81
7	413,75	549,53
8	472,25	550,69
9	516,94	555,56
10	589,38	557,47

Coefficienți parțiali acțiuni

Defavorabile: Permanente, variabile	1,0	1,0
Favorabile: Permanente, variabile	1,0	1,0

Coefficienți parțiali pentru parametrii geotehnici ai terenului

Tangent unghiului de frecare internă	1,25
Coeziune efectivă	1,25
Coeziune ne drenată	1,4
Reducere parametrilor geotehnici teren	Da

Stratigrafie

Strat	Coeziune (kN/m ²)	Coeziune ne drenată (kN/m ²)	Unghi de frecare internă (°)	Greutate volumică (kN/m ³)	Greutate specifică saturată (kN/m ³)	Litologie
1	32		28	19		
2	10		15	18		

Rezultate analiză taluz [EC7: SR EN 1997-1 Anexa A (RO)]

Fs minim identificat	1,12
Abscisă centru suprafață	158,35 m
Ordonată centru suprafață	616,71 m
Rază suprafață	71,96 m

Numărul suprafețelor verificate....(201)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	117,5	601,7	49,7	2,65
2	123,4	603,9	46,9	6,84
3	129,2	601,7	52,7	1,72
4	135,0	603,9	56,3	1,43
5	140,9	601,7	51,3	1,75

6	146,7	603,9	59,4	1,17
7	152,5	601,7	57,7	1,18
8	158,3	603,9	52,9	1,73
9	164,2	601,7	51,3	1,76
10	170,0	603,9	59,5	1,26
11	175,8	601,7	57,5	1,26
12	181,7	603,9	46,6	1,80
13	187,5	601,7	38,3	1,87
14	193,3	603,9	33,4	1,90
15	199,2	601,7	57,5	1,84
16	205,0	603,9	59,4	1,88
17	210,8	601,7	20,0	2,58
18	216,7	603,9	59,4	2,56
19	222,5	601,7	57,6	3,11
20	117,5	606,0	53,1	2,97
21	123,4	608,2	56,1	2,14
22	129,2	606,0	56,0	1,76
23	135,0	608,2	59,8	1,68
24	140,9	606,0	54,0	1,77
25	146,7	608,2	56,4	1,68
26	152,5	606,0	61,4	1,14
27	158,3	608,2	63,4	1,26
28	164,2	606,0	54,5	1,72
29	170,0	608,2	49,9	1,71
30	175,8	606,0	61,3	1,28
31	181,7	608,2	50,1	1,76
32	187,5	606,0	61,4	1,43
33	193,3	608,2	36,9	1,92
34	199,2	606,0	34,9	2,11
35	205,0	608,2	30,6	2,33
36	210,8	606,0	28,6	2,65
37	216,7	608,2	63,7	2,50
38	222,5	606,0	61,6	3,02
39	117,5	610,3	57,1	3,16
40	129,2	610,3	59,8	1,79
41	135,0	612,4	63,7	1,66
42	140,9	610,3	64,1	1,23
43	146,7	612,4	67,6	1,19
44	152,5	610,3	65,5	1,15
45	158,3	612,4	67,7	1,13
46	164,2	610,3	65,6	1,19
47	170,0	612,4	67,7	1,28
48	175,8	610,3	52,1	1,71
49	181,7	612,4	67,8	1,55
50	187,5	610,3	65,7	1,47
51	193,3	612,4	67,9	1,64

52	199,2	610,3	65,7	1,87
53	205,0	612,4	67,9	1,95
54	210,8	610,3	65,8	2,46
55	216,7	612,4	68,0	2,45
56	222,5	610,3	65,8	2,93
57	117,5	614,6	61,3	3,20
58	123,4	616,7	64,5	2,00
59	129,2	614,6	57,5	2,98
60	135,0	616,7	67,7	1,63
61	140,9	614,6	61,2	1,77
62	146,7	616,7	71,9	1,17
63	152,5	614,6	69,8	1,18
64	158,3	616,7	72,0	1,12
65	164,2	614,6	63,0	1,63
66	170,0	616,7	72,0	1,26
67	175,8	614,6	56,4	1,69
68	181,7	616,7	72,1	1,63
69	187,5	614,6	70,0	1,49
70	193,3	616,7	72,1	1,67
71	199,2	614,6	70,0	1,88
72	205,0	616,7	39,1	2,44
73	210,8	614,6	37,2	2,84
74	216,7	616,7	72,3	2,42
75	222,5	614,6	63,4	4,08
76	111,7	621,0	67,1	7,80
77	117,5	618,9	65,6	3,10
78	123,4	621,0	62,4	13,31
79	129,2	618,9	67,9	1,77
80	135,0	621,0	65,2	2,04
81	140,9	618,9	65,1	1,74
82	146,7	621,0	76,1	1,16
83	152,5	618,9	74,1	1,18
84	158,3	621,0	69,4	1,60
85	164,2	618,9	74,1	1,16
86	170,0	621,0	76,3	1,28
87	175,8	618,9	74,2	1,31
88	181,7	621,0	76,4	1,51
89	187,5	618,9	74,2	1,51
90	193,3	621,0	76,4	1,68
91	199,2	618,9	74,3	1,72
92	205,0	621,0	50,0	2,51
93	210,8	618,9	74,4	2,47
94	216,7	621,0	76,5	2,39
95	222,5	618,9	74,2	2,73
96	111,7	625,3	71,4	5,72
97	117,5	623,1	69,8	2,93

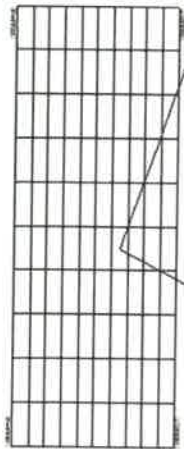
98	123,4	625,3	72,8	1,96
99	129,2	623,1	65,7	2,66
100	135,0	625,3	75,8	1,61
101	140,9	623,1	75,7	1,38
102	146,7	625,3	80,0	1,19
103	152,5	623,1	78,3	1,18
104	158,3	625,3	80,5	1,24
105	164,2	623,1	78,4	1,20
106	170,0	625,3	67,0	1,66
107	175,8	623,1	78,5	1,34
108	181,7	625,3	80,6	1,53
109	187,5	623,1	51,7	1,87
110	193,3	625,3	54,0	2,02
111	199,2	623,1	78,6	1,76
112	205,0	625,3	54,3	2,57
113	210,8	623,1	78,6	2,48
114	216,7	625,3	80,8	2,37
115	222,5	623,1	78,5	2,69
116	111,7	629,6	75,7	4,87
117	123,4	629,6	77,0	1,98
118	129,2	627,4	76,2	1,75
119	135,0	629,6	73,4	1,99
120	140,9	627,4	79,7	1,41
121	146,7	629,6	83,9	1,20
122	152,5	627,4	75,7	1,62
123	158,3	629,6	84,8	1,23
124	164,2	627,4	82,7	1,22
125	170,0	629,6	71,3	1,66
126	175,8	627,4	82,7	1,35
127	181,7	629,6	84,9	1,55
128	187,5	627,4	82,8	1,55
129	193,3	629,6	58,3	2,04
130	199,2	627,4	82,9	1,78
131	205,0	629,6	85,0	2,03
132	210,8	627,4	63,2	2,98
133	216,7	629,6	78,5	3,47
134	222,5	627,4	82,7	2,65
135	111,7	633,8	79,9	4,44
136	117,5	631,7	78,3	2,57
137	123,4	633,8	81,2	1,96
138	129,2	631,7	74,1	2,57
139	135,0	633,8	83,9	1,63
140	140,9	631,7	83,7	1,51
141	146,7	633,8	81,0	1,63
142	152,5	631,7	80,0	1,58
143	158,3	633,8	89,1	1,12

144	164,2	631,7	87,0	1,21
145	170,0	633,8	89,1	1,36
146	175,8	631,7	87,0	1,37
147	181,7	633,8	69,0	1,84
148	187,5	631,7	87,1	1,57
149	193,3	633,8	89,3	1,69
150	199,2	631,7	60,6	2,31
151	205,0	633,8	89,3	2,03
152	210,8	631,7	87,2	2,31
153	216,7	633,8	89,3	2,34
154	222,5	631,7	80,1	3,92
155	111,7	638,1	84,2	4,87
156	117,5	636,0	82,5	2,38
157	129,2	636,0	84,5	1,71
158	135,0	638,1	81,6	1,91
159	140,9	636,0	87,7	1,53
160	146,7	638,1	85,0	1,63
161	152,5	636,0	84,3	1,57
162	158,3	638,1	86,5	1,60
163	164,2	636,0	91,2	1,23
164	170,0	638,1	93,4	1,38
165	175,8	636,0	91,3	1,46
166	181,7	638,1	73,3	1,87
167	187,5	636,0	91,4	1,58
168	193,3	638,1	93,5	1,71
169	199,2	636,0	91,4	1,83
170	205,0	638,1	67,1	2,69
171	210,8	636,0	91,5	2,33
172	216,7	638,1	93,6	2,33
173	222,5	636,0	84,3	3,88
174	111,7	642,4	88,5	4,47
175	123,4	642,4	89,7	1,92
176	129,2	640,3	82,4	2,56
177	135,0	642,4	92,1	1,62
178	140,9	640,3	85,2	1,73
179	146,7	642,4	95,7	1,22
180	152,5	640,3	95,5	1,19
181	158,3	642,4	97,6	1,16
182	164,2	640,3	81,9	1,66
183	170,0	642,4	97,7	1,40
184	175,8	640,3	95,6	1,48
185	181,7	642,4	97,8	1,38
186	187,5	640,3	68,8	2,00
187	193,3	642,4	97,8	1,72
188	199,2	640,3	95,7	1,72
189	205,0	642,4	97,9	2,03

190	210,8	640,3	76,0	3,04
191	216,7	642,4	91,1	3,44
192	222,5	640,3	88,5	3,85
193	129,2	644,5	86,6	2,50
194	140,9	644,5	89,3	1,71
195	152,5	644,5	99,7	1,22
196	164,2	644,5	86,2	1,67
197	175,8	644,5	99,9	1,46
198	187,5	644,5	73,1	2,03
199	199,2	644,5	100,0	1,74
200	210,8	644,5	100,0	2,36
201	222,5	644,5	99,6	2,50

=====

$x_C=156,35$ $y_C=616,71$ $R_C=71,96$ $F_s=1,12$



Strat...1
 $g=19kN/m^3$
 $\phi=28^\circ$
 $c=32 kN/m^2$

Strat...2
 $g=18kN/m^3$
 $\phi=15^\circ$
 $c=10 kN/m^2$

5
4
3
2
1
0
-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
-81
-82
-83
-84
-85
-86
-87
-88
-89
-90
-91
-92
-93
-94
-95
-96
-97
-98
-99
-100

Cote	547,91	547,94	562,59	562,88	572,59	572,88	582,59	582,88	592,59	593,19	296,00	173,63	594,00	592,59	587,56	587,25	577,44	577,19	566,69	566,44	555,56	409,69	19,69	72,44	482,13	557,50	
Distanțe partiale	0,00	7,63	41,69	5,50	61,13	5,50	86,13	91,63	111,06	122,38	1122,38	173,63	594,00	27,81	10,19	5,56	19,69	577,44	577,19	566,69	566,44	555,56	19,69	19,69	72,44	557,50	
Distanțe progresive	0,00	7,63	49,32	54,82	116,45	122,38	208,51	300,14	411,20	533,58	173,63	594,00	592,59	582,59	572,59	567,03	566,69	566,44	566,44	566,44	566,44	566,44	566,44	566,44	566,44	566,44	566,44

Concluzii privind analiza de stabilitate locală

Factorul de stabilitate minim este $F_s = 1,12 > 1$, valoare care se încadrează în limita valorilor acceptate

Întocmit,
 Ing. Alexandru Dumitru

