

CU PRIVIRE LA EVALUAREA GRADULUI DE STABILITATE A DEBLEURILOR FOLOSIND PROGRAMUL DE CALCUL PLAXIS

doctorand, Alexandru CÎRLAN

Universitatea Tehnică a Moldovei

ABSTRACT

The problem of assessing the stability of natural slopes and slope recesses is very actual in our time, characterized by complex architectural and construction solutions. The importance of research in this direction is increased by the necessity to develop the potentially dangerous territory affected by landslides. The results of the study presented in article, confirm the possibility of assessing the stability of nonhomogeneous slopes recesses in difficult engineering-geological conditions of Moldova, using FEM.

INDRODUCERE

Problema privind evaluarea și protecția taluzurilor debleurilor adânci împotriva proceselor de alunecare, la construcția drumurilor auto, rămîne actuală. Aproximativ 42% din teritoriul republicii sunt considerate terenuri cu pericol de alunecare, ca urmare alunecările de teren (împreună cu cutremurele și inundațiile) aduc pagube medii anuale în mărime de 20% din PIB [1]. Cea mai mare parte a prejudiciilor materiale provocate de alunecările de teren sunt legate de erorile comise la calculul stabilității taluzurilor debleurilor și rambleurilor precum și la proiectarea construcțiilor pentru prevenirea și combaterea alunecărilor de teren [2].

În practica de construcții, pentru evaluarea stabilității taluzurilor și versanților sunt folosite un șir de metode a echilibrului limită, a căror eficiență a fost demonstrată în timp: metoda suprafețelor de rupere circular-cilindrice, metoda forțelor orizontale a lui Maslov-Berer, metodele lui Șahuneanț, Terzaghi, Bishop ș.a. [3, 4]. Dezavantajul acestor metode constă în faptul că suprafața de alunecare se stabilește pînă a începe calculele propriu zise, iar apoi, prin iterații, se stabilește poziția critică a suprafeței de alunecare cu valoarea coeficientului de stabilitate minimă. Metodele echilibrului limită conțin o serie de ipoteze [5]:

- se admite o anumită formă a suprafeței de alunecare;
- tensiunile sunt înlocuite cu forțe;

- se folosește ipoteza corpului întărit (solid).

De asemenea, sunt admise ipoteze privind acțiunea apelor freatice și sarcinilor seismice.

În pofida ipotezelor indicate mai sus, metodele echilibrului limită oferă rezultate destul de bune pentru condiții geologice de complexitate medie. Însă când apare necesitatea de a stabili gradul de stabilitate a unui taluz sau versant tridimensional sau consolidat cu materiale sintetice, care în ultima vreme sunt tot mai des folosite în industria drumurilor, metodele echilibrului limită oferă rezultate cu o dispersie destul de mare și sunt net inferioare față de programele de calcul moderne, bazate pe metoda reducerii parametrilor rezistenței (phi/c reduction).

În ce privește viteza și precizia de calcul, metodele clasice nu pot concura cu programele de calcul, bazate pe metoda elementelor finite (MEF) sau de frontieră. În țara noastră deja de mai mulți ani pentru calculul stabilității taluzurilor și versanților se folosește subprogramul OTKOC a programului de calcul SCAD. Cu toate acestea, subprogramul OTKOC în funcție de capacitățile sale funcționale, este inferior față de programul PLAXIS, din cauza că:

- acțiunea seismică este considerată ca una statică
- este realizată preponderent pentru calculul stabilității taluzurilor drumurilor auto și de cale ferată, și nu este adaptată pentru calculul altor tipuri de probleme.

Scopul principal al acestui studiu este de a compara rezultatele obținute prin metodele recomandate de normativele de calcul, și cele obținute folosind programul de calcul PLAXIS, bazat pe metoda reducerii parametrilor rezistenței (phi/c reduction). De asemenea, ca obiectiv al studiului a fost inclusă și problema stabilirii cauzelor ce au adus la pierderea stabilității taluzurilor debleurilor pe o porțiune a drumului național Chișinău-Poltava (drumul M21).

Așa cum, în literatura modernă pentru familiarizarea cu complexul de calcul PLAXIS este analizată problema stabilității versanților compus dintr-un material omogen [6, 7], în lucrarea de față, se va analiza un taluz de debleu, situat pe un tronson al drumului național M21. În zona analizată, conform cercetărilor și prelucrării rezultatelor încercărilor de laborator a probelor de pământ din masivul argilo-nisipos, au fost delimitate patru tipuri de pământ, ce corespund adâncimii de la care au fost preluate: 1-3 m, 3-7 m, 7-15 m, și mai multe de 15m. Proprietățile fizice și mecanice sunt prezentate în tab. 1.

Pentru modelarea taluzului în programul PLAXIS a fost ales modelul elasto-plastic a lui Mohr-Coulomb cu următoarele caracteristici suplimentare celor indicate în tab. 1:

- pentru argile nisipoase: $E = 19 \text{ MIIa}$, $\nu = 0,35$;
- pentru argile: $E = 21 \text{ MIIa}$, $\nu = 0,42$.

Calculule analitice au fost realizate prin diferite metode conform următoarelor formule de calcul:

1. prin metoda suprafețelor de rupere circular-cilindrice:

$$k_{rez} = \frac{M_{retinere}}{M_{forfecare}} = \frac{\sum (P_i \cdot \cos \alpha_i \cdot tg \varphi_i + c_i \cdot l_i)}{\sum P_i \cdot \sin \alpha_i} \quad (1)$$

2. prin metoda forțelor orizontale a lui Maslov-Berer:

$$k = \frac{\sum T_i}{\sum \pm H_i} = \frac{\sum P_i (tg \alpha_i - tg(\alpha_i - \psi_{pi}))}{\sum P tg \alpha_i} \quad (2)$$

3. prin metoda Fp a lui Maslov:

$$k = \frac{\sum tg \psi_{pi}}{\sum tg \alpha_i} = \frac{\sum \left(tg \varphi_{wi} + \frac{c_{wi}}{P_{np,i}} \right)}{\sum tg \alpha_i} \quad (3)$$

Tabelul 1

Rezultatele calculului coeficientului de stabilitate pentru diferite valori ale rezistenței și densității pământurilor

Condițiile efectuării încercărilor	Adâncimea de preluare a monolitului h, m	Densitatea pământului în stare naturală ρ , g/cm ³	Parametrii de rezistență		Valoarea coeficientului de stabilitate obținut cu metoda			
			φ , grad	C, kPa	supraf. circular-cilindrice	Maslov (Fp)	Maslov-Berer	PLAXIS
Probe cu structură naturală	1-3	1,89	13	130	2,868	2,462	2,462	2,889
	6	1,86	13	50				
	7-15	1,93	16	100				
	> 15	1,93	20	120				
Probe cu suprafață pregătită de forfecare	1-3	1,89	15	80	1,647	1,676	1,479	1,711
	6	1,86	14	50				
	7-15	1,93	15	50				
	> 15	1,93	16	50				
Probe cu suprafață umezită pregătită de forfecare	1-3	1,89	13	30	0,824	0,822	0,842	0,849
	6	1,86						
	7-15	1,93	10	20				
	> 15	1,93	10	20				

Pentru determinarea coeficientului de stabilitate cu ajutorul programului PLAXIS, a fost folosită “metoda reducerii parametrilor de rezistență. Esența acestei metode este prezentată mai jos.

METODA REDUCERII PARAMETRILOR REZISTENȚEI

Metoda reducerii parametrilor rezistenței, mai bine cunoscută sub numele “phi/c reduction”, este utilizată de programele de calcul bazate pe metoda elementelor finite și de frontieră (PLAXIS, GEO5, Phase2, FLAC). Conform acestei metode, coeficientul de stabilitate și suprafața de alunecare se stabilesc automat în procesul de calcul.

Metoda constă în reducerea succesivă a valorii unghiului de forfecare și coeziunii totale pînă cînd masivul de pămînt își pierde rezistența (stabilitatea) [5]. Pentru determinarea valorilor parametrilor de rezistență, la o etapă de calcul se folosește multiplicatorul total ΣM_{sf} :

$$\Sigma M_{sf} = \frac{\text{tg}\varphi_{input}}{\text{tg}\varphi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}}; \quad (4)$$

unde ΣM_{sf} – coeficient de reducere a rezistenței, corespunzător coeficientului de stabilitate în momentul cedării, $\text{tg}\varphi_{reduced}$ și $c_{reduced}$ – parametrii de rezistență, reduși în procesul de calcul pînă la valori minime, suficiente pentru a asigura echilibrul.

La prima etapă de calcul, coeficientului de reducere a rezistenței (ΣM_{sf}) i se atribuie valoarea $\Sigma M_{sf} = 1$, ulterior valoarea lui ΣM_{sf} se majorează. Rezistența la forfecare și deformațiile se stabilesc la fiecare etapă de calcul, pînă la cedare. Rezultatele sunt prezentate sub formă de grafice, ce reflectă influența coeficientului de reducere a rezistenței (ΣM_{sf}) asupra deplasării punctului de referință (nodului rețelei elementelor finite). Criteriul de cedare a modelului se determină cu condiția lui Mohr-Coulomb. În cazul în care, conform calculelor cu elemente finite, se va obține soluția pentru ultima stare de echilibru a versantului, graficul va lua o poziție orizontală iar coeficientul de reducere a rezistenței va corespunde coeficientului de stabilitate ΣM_{sf} .

Suprafața de alunecare, în cazul folosirii MEF, se formează în procesul de calcul. Un exemplu al rezultatelor obținute cu ajutorul programei PLAXIS este prezentat în fig. 1.

Rezultatele calculelor sunt prezentate în tab. 1.

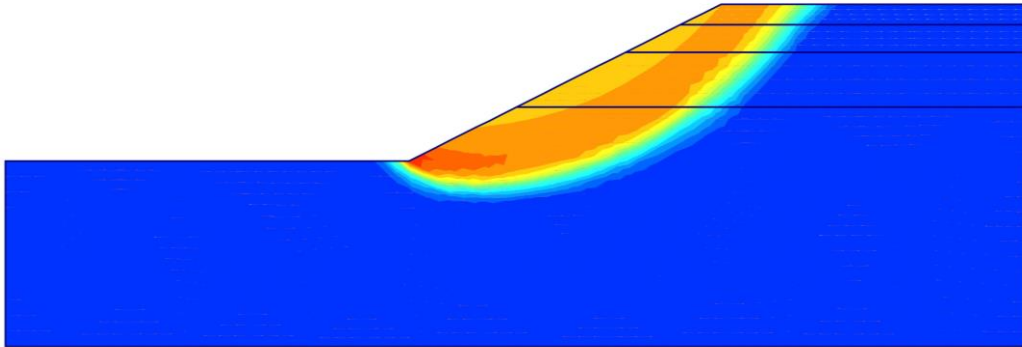


Fig. 1. Liniile de egal grad pentru deformațiile totale, cu introducerea caracteristicilor probelor cu suprafață umedă pregătită de forfecare

Analizând rezultatele, putem vedea o coincidență bună a datelor, obținute prin metodele echilibrului limită și cele obținute cu ajutorul programului PLAXIS. Acest lucru indică faptul că programul dat poate fi folosit pentru calculul stabilității taluzurilor și versanților precum și altor probleme geologico-ingineresti.

Trebuie remarcat faptul că taluzul debleului analizat își pierde stabilitatea odată cu reducerea caracteristicilor de rezistență pînă la valorile ce corespund cu cele obținute pentru probele cu suprafață umezită pregătită de forfecare. Cercetările confirmă faptul că, cauza principală ce a dus la apariția deformațiilor este valoarea prea mare a pantei taluzului, care în timpul proiectării a fost stabilită fără a ține cont de caracteristicile pămînturilor argiloase a zonei analizate, ce a dus la dezvoltarea deformațiilor de curgere lentă și reducerea rezistenței în timp sub acțiunea factorilor nefavorabili, în primul rînd din cauza expunerii la factorii atmosferici a umezirii suplimentare în perioada anului cu cantitatea de precipitații atmosferice maxime.

CONCLUZII

Pe baza rezultatelor obținute pot fi trase următoarele concluzii:

- Metoda reducerii parametrilor rezistenței, folosită de programul PLAXIS, oferă rezultate comparabile cu cele obținute prin metodele echilibrului limită, astfel confirmîndu-ne faptul ca poate fi folosit pentru rezolvarea problemelor geologico-ingineresti complexe;

- La construcția drumului M21 nu s-a luat în considerație posibilitatea formării deformațiilor de curgere lentă precum și reducerea în timp a rezistenței pămînturilor argiloase sub influența factorilor externi, care în cele din urmă au condus la deformarea taluzului debleului și dezvoltarea deformațiilor de alunecare pe pantă.

BIBLIOGRAFIE

1. Полканов В.Н. Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. - Кишинэу, ТУМ, 2013. - 176 с.
2. Левченко С.О. Сравнительный анализ использования программ PLAXIS и ОТКОС при оценке устойчивости оползневого склона с учетом сейсмических воздействий. Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., Вип. 76. – К.: ДП НДІБК, 2012, ТОВ «Видавництво Сталь», 2012, с. 601-606
3. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов / ПНИИИС. — М.: Стройиздат, 1984. – 80 с.
4. ОДМ 218.2.006-2010 Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог. Росавтодор. – М.: Информавтодор, 2010. – 114 с.
5. Федоренко Е. В. Метод расчета устойчивости путем снижения прочностных характеристик. Транспорт РФ. 2013. № 6 (49). С. 24–26
6. Тер-Мартиросян А.З., Лузин И.Н. Сравнительный анализ аналитических и численных методов расчёта устойчивости откоса, сложенного однородным глинистым грунтом. // Интеграция, партнёрство и инновации в строительной науке и образовании : научное издание / М-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО "Моск. гос. строит. ун-т". - Москва : МГСУ, 2012. С. 559-563 ISBN 978-5-7264-0659-6
7. Леханова К.В., Новозинский А.Л. Сравнение численных и аналитических методов расчета устойчивости грунтовых откосов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2011. № 1. С. 45–50.