



ПРОБЛЕМЪТ С УСТОЙЧИВОСТТА НА ОТКОСИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Чавдар Колев
ch_kolev@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
ул. „Гео Милев“ 158, София 1574
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: свлачище, откос, укрепване, скала, сила, дренаж, подход

Резюме: В доклада са разгледани накратко най-съществените моменти от решаването на проблемите на устойчивостта на откоси в България, представени и илюстрирани с примери от практиката на автора. Представени са теоретичните подходи, прилагани за оценка на склоновата устойчивост. Примерите обхващат всички райони с критична устойчивост на естествените склонове. Изразителният добър пример за успешната противосвлачищна защита на Балчик показва широкия спектър от технически подходи за защита на брега. За разлика от това много случаи на неуспешни изкопни склонове на новите магистрали в България поставят въпроси пред съвременните инженери относно съответствието между техните знания и умения, както и техните практически подходи. Направена е класификация на аварията и са анализирани причинно-следствените връзки за тях. Обърнато е внимание също на устойчивостта на скалните откоси и методите за тяхното укрепване. Специално внимание е обърнато на дълбоките изкопи в разломени планински склонове. Направени са препоръки за по-успешни технически решения в областта на проектирането и строителството на устойчиви пътни откоси. Разграничени са природните и техногенните предпоставки за образуването на свлачища по време на съвременното транспортно строителство.

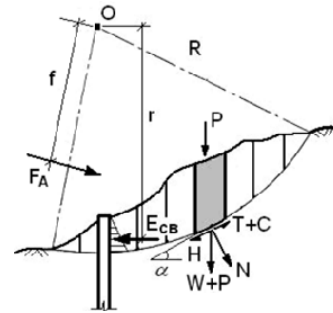
УВОД

Географското местоположение на България в средата на Балканския полуостров, с граници на Черно море и Долния Дунав предопределя нейния много разнообразен релеф, в който планините заемат около половината от територията на държавата. Ако добавим и факта, че в България има сравнително висока сеизмичност, тогава очевидно предпоставката за проблеми с устойчивостта на откосите и естествените склонове е постоянно налице.

Настоящият доклад представя накратко дългогодишния опит на българските инженери в укрепването на дълбоки свлачища, но и редица съвременни проблеми с устойчивостта на откосите на изкопите за трасетата на новите автомагистрали. Практиката показва, че въпреки високото развитие на знанията за устойчивостта на откосите, тяхното приложение в практиката често пъти е подценявано.

I. ПРИЛАГАНИ МЕТОДИ И СТАНДАРТИ ЗА АНАЛИЗ НА УСТОЙЧИВОСТТА НА ОТКОСИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Автоматизираното изчисляване на устойчивостта на откоси в България започва с електронно-изчислителни машини още през 70-те години на миналия век, а в началото на 80-те много наши инженери вече изготвят и прилагат такива програми за персонални компютри. Свличането на откосите е моделирано както върху кръглоцилиндрична повърхност, така и върху начупена линия. Порният натиск и остатъчната якост на почвата също се включват в изчисленията. Всички програми са базирани на аналитичните методи (фиг.1) на Fellenius, Bishop, Janbu и др. Днес аналитичните методи се прилагат паралелно с тези по Метода на крайните елементи (МКЕ), като наред с програмите Plaxis, Rockscience, GeoStru, модулите на Чешката програма GEO5 се използва широко. През последните две-три години в практиката навлязоха и "облачните" технологии за 3D изображения, моделиране и анализ на устойчивостта.



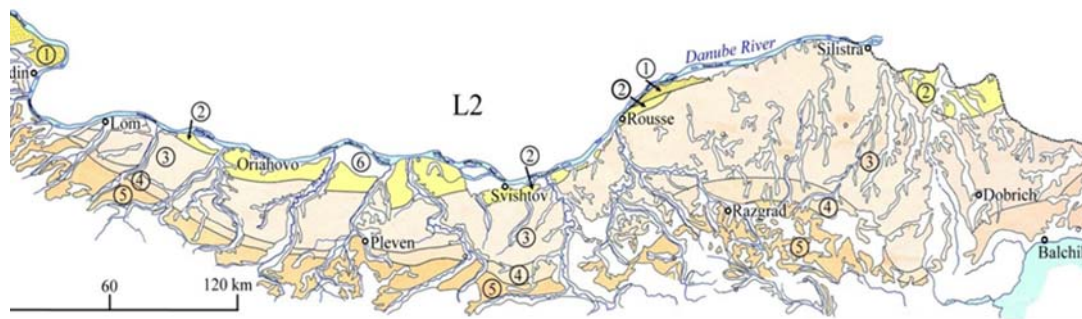
Фиг.1. Изчислителна схема за устойчивост на откос

България е приела втория подход за проектиране DA2 от Еврокод 7 за изчисляване на геотехнически конструкции, но има едно изключение от правилото. Задачите за устойчивост на склонове се решават с помощта на DA3, третият проектен подход. Приемането на DA2 се основава на българските традиции, както е отразено в настоящите основни стандарти. Частните коефициенти на сигурност за параметрите на почвата съгласно Националното ни приложение към ЕК7 са следните (табл.1):

Таблица 1

Параметри на почвата	Символ	Стойност
Ъгъл на вътрешно триене	γ_ϕ	1.25
Ефективна кохезия	γ_c	1.25
Недренирана якост на срязване	γ_{cu}	1.4
Осов натиск	γ_{qu}	1.4
Обемно тегло	γ_γ	1.0

През 2001 г. в България е изготвена и влезе в сила специална Наредба за проучване и проектиране на противосвлачищни укрепителни конструкции [1].



Фиг.2. Лъсовата покривка на Дунавската равнина в България

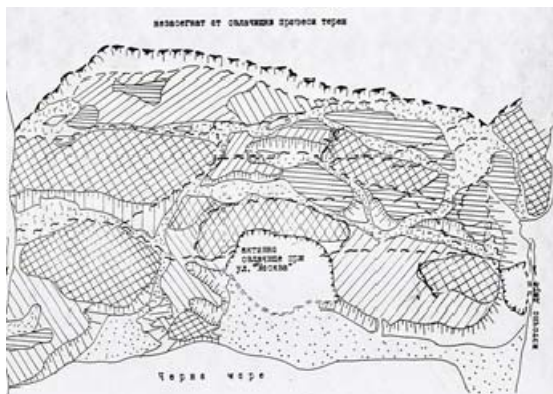
Българският бряг на река Дунав е изцяло покрит с дебел слой лъос, което създава проблеми както за основите на сградите, така и за устойчивостта на крайбрежието (фиг.2). На много места се наблюдават т.н. лъосови стени, чиято височина достига до 30m и повече. Хлъзгателните повърхнини в лъоса не са кръгли, а субвертикални равнини на срязване. Причината е във високата степен на анизотропия на лъоса. На фиг.3 е показан и по-сложен проблем, съчетан със силни сеизмични ефекти. Все още нямаме специална теория, с която да решим комплексно проблема за устойчивостта на откосите в лъоса.



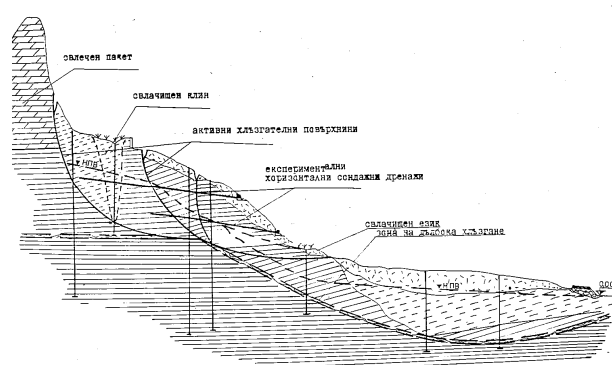
Фиг.3. Лъосова стена и суб-вертикални равнини на срязване

II. СВЛАЧИЩА В БАЛЧИК – НАЙ-ГОЛЕМИЯТ НАТУРЕН ЕКСПЕРИМЕНТ ЗА БРЕГОУКРЕПЯВАНЕ НА БЪЛГАРИЯ

Най-важните брегоукрепителни съоръжения по българското черноморско крайбрежие са в град Балчик, където интегралният подход за укрепване на брега е най-широко приложен (фиг.4). Профилът на свлачището на Балчик (Фиг.5) съответства на активна хлъзгаща повърхност с дълбочина 70m с най-ниска точка под морското равнище и плъзгащ се език по морското дъно. Свлачищният отстъп е разположен в края на варовиковото Добруджанско плато. По основното тяло на свлачището, в границите на стария град, има няколко плитки локални свлачища с различна големина и генезис, повечето от които антропогенни. Докато в миналото дълбокото свлачище най-вероятно е било причинено от внезапното отдръпване на морето, сега варовиковите карстови води на платото основно подхранват склона и подпомагат бавното му движение към морето.



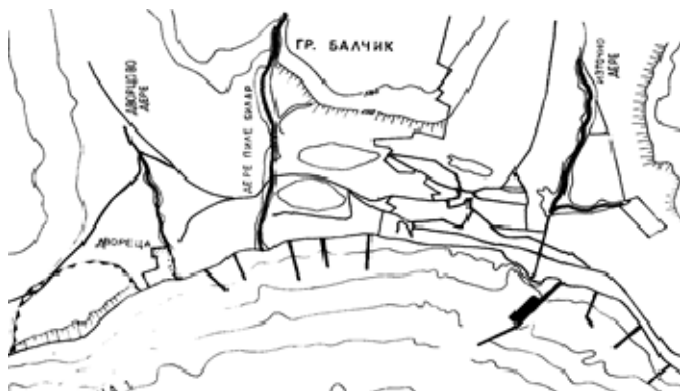
Фиг.4. Геоморфоложки план на свлачището в Балчик [2]



Фиг.5. Напречен геоложки профил през свлачището в Балчик [2]

Интегралният подход [2] към укрепването на брега е най-широко приложен в гр. Балчик (фиг.6).

Предприетите общи мерки включват изграждане на дренажна галерия зад свлачището, което да намали значително подхранването на подпочвените води. Затова в галерията бяха пробити 150 вертикални дренажа, всеки с дълбочина 35 m и на разстояние 6 m от терена на платото (Фиг.7).



Фиг.6. План на старите защитни съоръжения пред Балчик [2]



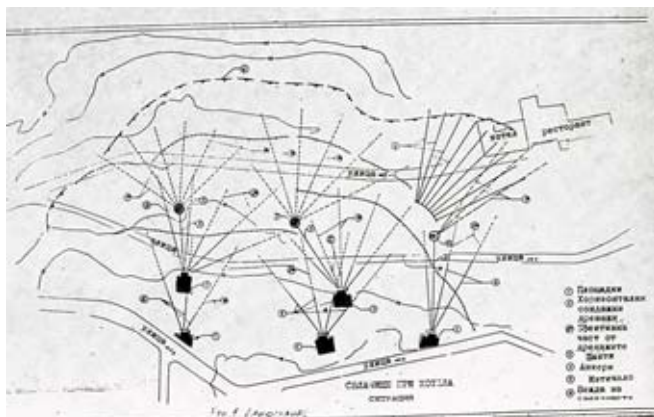
Фиг.7. Дренажната галерия [2]

В зоната на свлачищния език е изградена армировъчна каменна дига с изкуствен плаж зад нея, която поддържа пасивната зона на свлачищния профил и същевременно предотвратява по-нататъшна абразия на брега и образуване на нови локални свлачища. Освен това бяха построени нов кей и вълнолом, за да се натрупа достатъчно нанос в тази зона.

Вторият комплекс от общи мерки включва цялостна подмяна на водопроводната мрежа с тръби от чугун и полиетилен с висока плътност (HDPE) с гъвкави връзки. Извършена е и реконструкция на канализационната мрежа и уличната настилка. Местните мерки могат да бъдат представени в две йерархични нива:

Първото ниво включва укрепване на малки жилищни комплекси или укрепване на зоните около по-значими обекти. В повечето случаи приложените армировъчни действия се състоят от комбинация от хоризонтални сондажни дренажи (фиг.8) и предварително напрегнати анкери (фиг.9).

Второто ниво на локалните мерки включва укрепване на почвата под отделни сгради, част от които са паметници на културата.



Фиг.8. План на укрепителната система под свличащата се ул."Москва" (1988) [2]



Фиг.9. Строителство на предварително напрегнати анкери в Балчик (1988) [2]

Редовните прецизни геодезически измервания показват, че изградените укрепителни системи в стария град имат положителен ефект. По-плитките локални свлачища са напълно укрепени. Движението по дълбоката 70m хлъзгателна повърхнина е намалено до по-малко от 55 mm годишно.

Описаният подход за укрепване и възстановяване на красивия морски град представляват ценен едромащабен експеримент, който да послужи за аналог на други подобни случаи

III. УСТОЙЧИВОСТ НА ОТКОСИТЕ ПО НОВОСТРОЯЩИТЕ СЕ МАГИСТРАЛИ

Има, обаче и твърде много антропогенни свличания по новостроящи се пътни откоси. Съвременното строителство породи редица сериозни проблеми, които показват, че проектантите подценяват основните геотехнически знания и изисквания.

Повечето от новите магистрални трасета, построени в България през последните 10-12 години, преминават през хълмисти или планински терени. Скалите са предимно слаби, изветрели и напукани и създават сериозни проблеми за устойчивостта на откосите при нови изкопи. Поради лоша проектна оценка за качеството на скалите, новостроящите се откоси се свличат по време на строителството. Причините за множество такива свлачища могат да бъдат класифицирани както следва:

- а. Надценени скални характеристики – силно изветрени и слаби (фиг. 10). Съставляващата скала очевидно е здрава, но степента и дълбочината, до която е изветряла, не са точно показани на геоложките профили. Проектантът е приел, че скалата е достатъчно здрава и не е анализирал правилно нейната устойчивост.
- б. Разломните зони не се вземат предвид при проектирането (фиг. 11). Аварията е налице след първия проливен дъжд!
- в. Прекалено дълбоки проектни изкопи, вместо къси тунели (фиг. 12). Известно е, че късите тунели са по-ефективни от изкопите на дълбочина над 15m. За съжаление, има редовно непознаване на това концептуално знание, което определено води до разрушения!
- г. Неразбиране на ролята на стоманените мрежи върху скалните склонове (фиг. 13). Това е пример за стоманена мрежа, използвана като укрепителна конструкция, а не като предпазно устройство.



Фиг.10. Надценени качества на скалите – силно изветрени и слаби;



Фиг.11. Зони на пукнатини, които не са взети предвид в проектите;



Фиг.12. Твърде дълбоки изкопи, вместо да се направят къси тунели;



Фиг.13. Неразбиране на ролята на стоманените мрежи върху скалните откоси;



Фиг.14. Лошо качество на сондажно-взривните дейности за извършване на изкопи в скали;



Фиг.15. Пренебрегване на опасността от свлачища на скални откоси.

д. Лошо качество на сондажно-взривните дейности за извършване на изкопи в скала (фиг. 14). Скалните откоси с грапава неравна повърхност концентрират нормалните напрежения по и точно там те бързо се изветрят и започват да се рушат.

е. Пренебрегване на опасността от свличане на скални откоси (фиг. 15). Анализът на пукнатинните системи в скалния масив е задължителен елемент от проучването, но резултатите от него често се пренебрегват!

Съществуват обаче и добри практики за оптимизиране на проектирането и избягване на антропогенни свлачища по време на строителството. Тези примери често се свеждат до следното:

- Подмяна на много високи насипи по пътя с естакади.
- По-внимателно оформяне на скалните откоси при изкопаването им;
- Полагане на биорогозки и геоклетки за по-бързо стабилизиране на изкопа срещу ерозия на скалните откоси;
- Разширяване на практиката за укрепване на нестабилни откоси с геотехнически конструкции от пилоти и анкери.

Проявата на нови антропогенни свлачища в строителството показва, че практическата работа на инженерите все още не обработва пълния набор от научни знания в тази област.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Географското положение на България в центъра на Балканския полуостров обуславя устойчивостта на откосите като основен геотехнически проблем при всички инфраструктурни проекти на нейна територия.

В повече от сто и тридесет години практика в инфраструктурното строителство е натрупан значителен опит. Има много добри примери, придобити, но все пак този основен проблем в механиката на почвата често се пренебрегва и като такъв причинява определени неочаквани разрушения в нови конструкции. Все повече автоматизираното решаване на този тип задачи и натрупването на нови знания непрекъснато подобряват инженерната практика и околната среда.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Наредба №1/2001 на МРРБ за проектиране и строителство на сгради и съоръжения в свлачистни райони.

[2] Колев Ч., Комплексни системи за геозащита, «Техника», София, 2007, ISBN: 978-954-03-0677-3.

THE PROBLEM WITH SUSTAINABILITY OF SLOPES IN BULGARIA

Chavdar Kolev
ch_kolev@vtu.bg

Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *landslide, slope, support, rock, force, drainage, approach*

Abstract: *The report briefly examines the most essential points of solving the problems of the stability of slopes in Bulgaria, presented and illustrated with examples from the author's practice. The theoretical approaches applied to the assessment of slope resistance are presented. The examples cover all areas with critical resistance of natural slopes. The example of the successful landslide protection of Balchik shows the wide range of technical approaches for coastal protection. In contrast, many cases of failed excavation slopes of the new highways in Bulgaria pose questions to modern engineers regarding the correspondence between their knowledge and skills, as well as their practical approaches. A classification of the accidents was made and the cause-and-effect relationships for them were analyzed. Attention was also paid to the stability of the rock slopes and the methods of their strengthening. Special attention is paid to deep excavations in broken mountain slopes. Recommendations are made for more successful technical solutions in the field of design and construction of sustainable road slopes. Natural and man-made prerequisites for landslide formation during modern transport civil engineering are distinguished.*