

ВПЛИВ ЗВОЛОЖЕННЯ ҐРУНТІВ НА СТІЙКІСТЬ СХИЛІВ

Кірічек Ю.О., Кочан С.М., Семенов Є.Д.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
м. Дніпропетровськ, Україна

АНОТАЦІЯ: Наведено результати теоретичного дослідження стійкості схилів на просадочних ґрунтах при їх зволоженні. Проаналізовано зміни геометричних параметрів схилів та їх стійкість з урахуванням зміни напружено-деформованого стану ґрунтів при просіданнях.

АННОТАЦИЯ: Приведенные результаты теоретического исследования устойчивости склонов на просадочных грунтах при их увлажнении. Проанализировано влияние изменения геометрических параметров склонов на их устойчивость с учетом изменения напряженно-деформированного состояния при просадках.

ABSTRACT: The theoretical research results of the slope stability on soil subsidence are exhibited. The influence of change of geometrical slope parameters has analyzed on their resistance under the stress-strain state because of subsidence.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: стійкість схилів, просідання ґрунтів, зволоження, коефіцієнт стійкості.

ВСТУП

Забезпечення міцності і надійності будівель та споруд, зведених на схилах, є актуальним питанням сьогодення. Замокання основи схилу призводить до руйнівних наслідків, особливо якщо схили складені із структурно-нестійких ґрунтів. Тут важливо враховувати не тільки стійкість самого ґрунтового схилу на якому зводяться споруди, але й можливість додаткових деформацій просідання основи.

Дослідження стійкості схилів присвячені роботи W. Fellenius,

J. Duncan, P. Flentie, D. Drucker, R. Chowdhury, V. Greco, H. Hamel, E. Hock, P. James, М.Н. Гольдштейна, М.М. Маслова, В.В. Соколовського, В.Б. Швеця, Т.К. Артеменко, А.А.Бартоломія, С.В. Біди, І.П.Бойко, Ю.О. Кірічека, Л.К. Гінзбурга, та ін. Результати досліджень вказують на те, що у розрахункових моделях не враховуються додаткові деформації основи із структурно-нестійких ґрунтів внаслідок їх замочування.

Мега статі - визначити основні чинники, які впливають на стійкість укосів земляного полотна на просадочних ґрунтах. Запропонувати розрахункову модель стійкості схилу, яка враховує деформації основи внаслідок просідання. Порівняти результати за аналітичними та чисельними розрахунками.

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

Розрахунок стійкості укосів за методом кругло - циліндричних поверхонь ковзання передбачає визначення поверхонь ковзання та розрахунок коефіцієнта стійкості, як відношення суми утримуючих сил до зсувних за виділеними секторами в зоні зсуву. Як показує практика [1] така розрахункова модель не враховує явища, пов'язанні із просіданням лесових просадочних ґрунтів. Річ іде про те, що ця модель не враховує зміну напружено-деформованого стану ґрунту під впливом вертикальних та горизонтальних деформацій, що виникають у просадочних ґрунтах під час їх замочування.

На рис. 1 показані епюри вертикальних 4 та горизонтальних 5 переміщень ґрунту під час фільтрації води з поверхні, внаслідок чого там створюється зона замочування 6. На ділянці АВ під поверхнею рівномірно замоченого ґрунту виникають однакові за величиною просідання ґрунту 4. На ділянці ВD за краєм поверхневого замочування ґрунту 2 внаслідок нерівномірного просідання в межах зони замочування вертикальні деформації просідання швидко зменшуються по мірі віддалення від краю замоченої зони. Це є причиною розвитку тут значних горизонтальних деформацій ґрунту на ділянці ВС ущільнення, а на ділянці CD – навпаки розуцільнення [2, 3]. Розуцільнення ґрунту викликає навіть появу тріщин на поверхні ґрунту у цій зоні. За результатами різних досліджень причиною горизонтальних деформацій ґрунту є нерівномірність вертикальних деформацій (просідання) 3...5 мм/м.

Деформації ґрунту в основі схилів, що виникають внаслідок просідання, впливають на напружено-деформований стан ґрунту у зоні зсуву по поверхні ковзання. На ділянці CD практично відсутнє зчеплення і зменшується внутрішнє тертя внаслідок розпушування ґрунту. Це слід урахувати у розрахункових моделях методу кругло-циліндричних поверхонь ковзання.

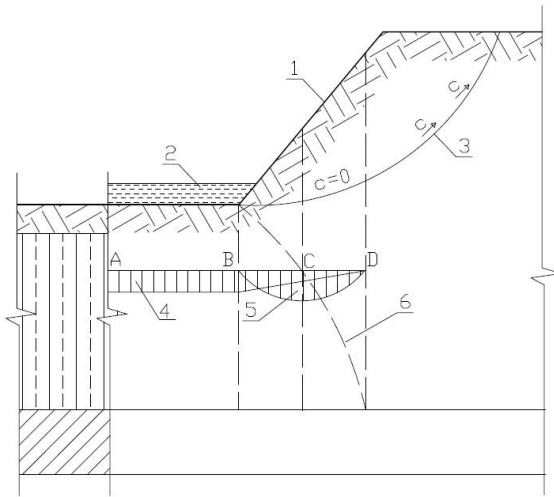


Рис. 1. Модель аналітичного розрахунку стійкості укосу на просадочному ґрунті: 1 – схил, 2 – поверхня замочування ґрунту, 3 – поверхня ковзання, 4 - епюра вертикальних переміщень в ґрунті внаслідок просідання, 5 – епюра горизонтальних переміщень ґрунту, 6 зона фільтрації води в ґрунті

Деформації просідання ґрунтів слід урахувувати і у моделях чисельного аналізу. В таких випадках можливо моделювати просадочну вирву і розрахункова модель може бути близькою до розрахунків фундаментів на підроблених територіях. Такий розрахунок стійкості укосів виконано у програмному комплексі Plaxis на базі методу *Phi-c-reduction* (*φ-c-приведення*), який використаний в програмі PLAXIS для розрахунків коефіцієнта безпеки.

Тестову задачу розв’язано шляхом порівняння результатів чисельного та аналітичного розрахунків стійкості без урахування та з урахуванням просіданням основи від зволоження з утворенням воронки просідання.

На рис. 2 показані можливі поверхні ковзання в масиві ґрунту та пластичні точки (темні) та місця, в яких з’являються тріщини (світлі).

В розрахунку схилу, розташованого над вирвою просідання поєднано задачі моделювання стійкості схилу та деформації ґрунтової поверхні. Для цього розраховано коефіцієнт стійкості схилу без впливу просідання. Було отримано $K_{ст}=1,1$. Потім в основі схилу змодельована вирва просідання.

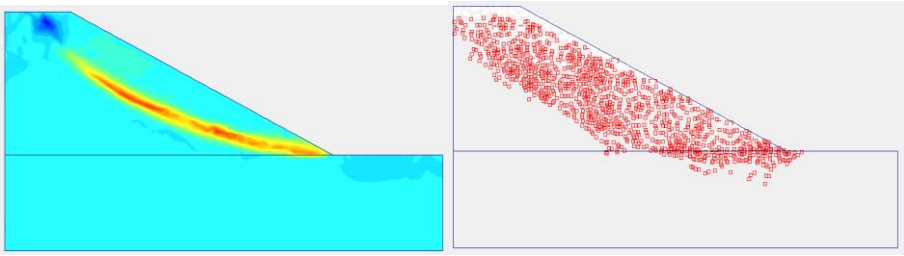


Рис. 2. Деформації схилу: а) зони зсуву; б) точки пластичних деформацій

При цьому враховано зниження деформаційних та міцнісних характеристик ґрунту в зоні замочування, базуючись на даних інженерно-геологічних вишукувань. На рис. 3 наведені схеми деформацій поверхні ґрунту при просіданні внаслідок зволоження. Таким чином, поєднанням задач розрахунку коефіцієнта стійкості з моделюванням вирви просідання було вирішено задачу стійкості схилу в результаті замочування основи, що складається із структурно-нестійких ґрунтів.

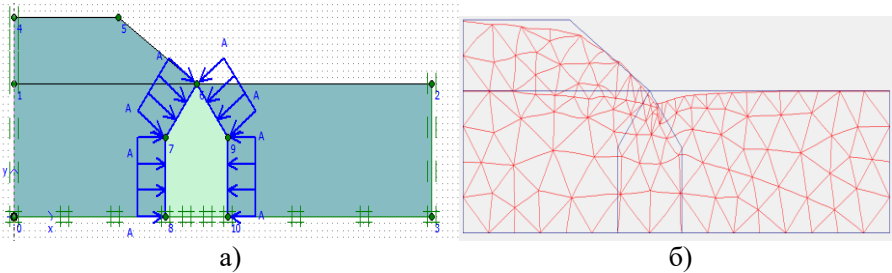


Рис. 3. Модель чисельного розрахунку стійкості схилу на просадочному ґрунті: а) моделюванням воронки просідання; б) моделювання зсуву

Вивчалась залежність між коефіцієнтом стійкості укосу та характеристиками ґрунту за результатами чисельних розрахунків в широкому спектрі параметрів: висота укосу змінювалась в межах $H=6...30\text{м}$; кут нахилу схилу $\alpha=25...35^\circ$; глибина просадочної товщі $H_{sl}=10...30\text{м}$. Навантаження на схил $P=0-0,5\text{МПа}$.

В ході чисельних розрахунків варіювалися параметри схилу: $H=6, 10, 15, 20, 25\text{м}$; $\alpha=26,5; 30; 34^\circ$. Кут розповсюдження вологи в лесоподібному суглинку $\beta=50^\circ$, а в лезоподібному супіску $\beta=35^\circ$. Внаслідок більшого кута розтікання вплив просідання найбільше проявляється коли в основі суглинний ґрунт, тому що утворюється ширша вирва просідання.

Таблиця 1

Характеристики ґрунтів насипу

Назва характеристики	Мінімальне значення	Середнє значення	Максимальне значення
Супісок			
C , кПа	9	14	21
φ °	18	25	30
E , МПа	7	17	32
Суглинок			
C , кПа	12	23	43
φ °	12	20	25
E , МПа	5	15	33
Глина			
C , кПа	32	45	63
φ °	11	17	20
E , МПа	7	16,4	28
Пісок			
C , кПа	-	2	5
φ °	28	34	38
E , МПа	18	28	45

Таблиця 2

Характеристики ґрунтів просадочної товщі

Назва характеристики	C , кПа	φ °	E , МПа
Лесоподібний суглинок	15	18	8
Лесоподібний супісок	13	16	7

Установлена залежність коефіцієнту стійкості укосу від глибини просадочної товщі. При збільшенні просадочної товщі зменшується коефіцієнт стійкості укосу приблизно на 0,2...0,3 для схилу з ґрунту із середніми та максимальними характеристиками міцності.

Зміна глибини просадочної товщі з 15 до 20 м значно впливає на коефіцієнти стійкості схилу. Так при $H_{sl}=20$ м для схилу з максимальними характеристиками ґрунту на суглинистій основі $K_{ст}$ знижується приблизно на 0,4, а схил з піщаного ґрунту втрачає стійкість. Схили на супіщаній основі мають пониження коефіцієнту стійкості на 0,2.

Варіювання характеристик міцності показали високу чутливість $K_{ст}$ до зміни їх параметрів. Підвищення характеристик міцності ґрунту з середніх до максимальних супроводжується збільшенням коефіцієнту стійкості

ті на 0,05...0,15. Це є наслідком меншого впливу просідання на стійкість схилу. При зменшенні куту закладення укосу α з 30° (1:1,75) до $26,5^\circ$ (1:2) коефіцієнт стійкості зростає. Для максимальних характеристик ґрунту дорівнює 1,4 (запас 40%). Вплив глибини просідаючої товщі H_{sl} на $K_{ст}$ найбільш відчутний для схилів, розташованих на суглинистій основі. При максимальних та середніх характеристиках міцності ϕ, c $K_{ст}$ зменшується в межах 7...10 %.

ВИСНОВКИ З ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗРОБОК ЗА ДАНИМ НАПРЯМОМ

В даній роботі запропоновані моделі аналітичного та чисельного розрахунку схилів земляного полотна на просадочних ґрунтах. Розроблена методика моделювання просадочної вирви від джерела замочування, що дозволило розрахувати коефіцієнти стійкості укосів з урахування додаткових деформацій ґрунтової поверхні. Проаналізовано вплив механічних характеристик ґрунту на стійкість схилу із структурно нестійких ґрунтів при його замочуванні.

Результати виконаних досліджень свідчать про те, що необхідно враховувати просадочні властивості ґрунту основи в розрахунках коефіцієнтів стійкості схилів з можливим їх замочуванням. Особливу увагу слід приділяти високим укосам або схилам з невеликим запасом міцності (20 %).

ЛІТЕРАТУРА

1. Киричек Ю.О. Устойчивость склонов на просадочных ґрунтах / Киричек Ю.О., Кочан С.М. // Вестник ХНАДУ: сборн. науч. трудов, 2006. - №34-35. – С. 55-56.
2. Клепиков С.Н. Расчет сооружений на деформируемом основании / Клепиков С.Н. - К.: НИИСК, 1996. – 202 с.
3. Крутов В.И. Расчет фундаментов на просадочных ґрунтах / Крутов В.И. - М.: Стройиздат, 1972. - 176 с.

REFERENCES

1. Kyrychek Yu.O., Kochan S.M. Ustoychyvost' sklonov na prosadochnukh hruntakh. Vestnyk KhNADU, Sbornyk nauchnykh trudov, - 2006. - #34-35. – P. 55-56.
2. Klepykov S.N. Raschet sooruzhenyy na deformatsyruемом osnovanyu. - K.: NYYSK, 1996. – 202 p.
3. Krutov V.Y. Raschet fundamentov na prosadochnukh hruntakh. - M.: Stroyyzdat, 1972. - 176 p.

Стаття надійшла до редакції 02.09.2016 р.