

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК [622.271.333+633.58](075.8)

Н.В. Івкіна, к.т.н.
Інститут гідромеханіки АН України**ХАРАКТЕРИСТИКА І ЗАСОБИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗСУВІВ-ПОТОКІВ**

Розглянуто питання розвитку зсувів-потоків в міських умовах і фактори, що впливають на виникнення та прискорення цього процесу. Відзначено, що основним видом протиіснуючих інженерних заходів є не тільки механічне утримання ґрунтових масивів підпорними конструкціями, а й створення системи буронабивних паль.

Умови виникнення та розвитку, форми і механізму посилення, стабілізації прямування та затухання для кожного виду зсувів мають свої особливості, але можна встановити загальні закономірності їхнього прямування і приуроченості до вивітрених пухких відкладень глинистих ґрунтів. Особливу увагу слід звернути на дослідження механізму розвитку зсувів-потоків як найбільш поширених видів деформацій на схилах передгірських та гірських ділянок, де процес прискорюється під впливом ваги інженерних споруджень. Зсуви-потоки, в основному, відбуваються в масах перезволоженого глинистого, піщано-глинистого або щелевено-глинистого ґрунту, що рухається по похилій поверхні, охоплюючи на своєму шляху велику кількість ґрунтових масивів, виробляючи своє, часто звивисте ложе. Наявність пухких, менш міцних і більш гідрофільних аніж на інших ділянках ґрунтів, призводить до акумуляції атмосферних, ґрунтових і випадкових (аварійних) вод від експлуатації споруджень, створюючи передумови для виникнення зсувів-потоків. Зсуви-потоки – це тип зсуву, коли прямування глинистої маси відбувається у вигляді в'язкопластичної течії або комбінації течії зі зсувом. Часто зсувне тіло не обмежується визначеною поверхнею ковзання, швидше нагадуючи моделі між рухомих прошарком і нерухомих масивом. Зсуви-потоки поширені в юрських, бурих, спонділових глинистих і пухко вивітрених ґрунтах. Ці ґрунти в Києві мають велику потужність, при оголенні надзвичайно швидко вивітрюються, дупляться та обсипаються. Розуцільнення порід йде особливо активно на штучних схилах і готує умови для виникнення зсувних процесів.

Крім зазначених причин при вивітрюванні та зсувних процесах відбувається спрямована зміна хімічного і мінералогічного складу глин, їхньої дисперсності, обмінної спроможності та гідрофільності, утримання розчинних солей, що знаходяться в породі у твердому стані та у поровому розчині, фізичних, структурно-механічних і реологічних властивостей порід. У зсувах-потоках відбуваються значні зміни порового тиску, що викликають зміни напруженого стану схилу, руйнування структурних зв'язків і стрибкоподібне падіння в'язкості ґрунту на декілька порядків.

В області тріщинуватості, що виникла на схилі, різко підвищується водопровідність ґрунту, збільшується гідродинамічний тиск (фільтраційна сила), зменшується стійкість схилу. Процеси у зсувах-потоках призводять до зміни міцнісних показників ґрунтів. Проведені нами дослідження ґрунтів, що набухають, у лабораторних умовах у центрифугах із водяним баком, у лотках із дотриманням характеру зсуву в'язкопластичного потоку при ухилі, що змінюється, під впливом гідродинамічного і гідростатичного тиску на стійкість схилу, процесів набрякання та усадки, у ротаційних вискозиметрах РВ-8 із зазорами між циліндрами від 3 мм до 1 мм для визначення в'язкості від $5 \cdot 10^{-1}$ до $1,3 \cdot 10^2$ Па·с показали зниження міцності при набряканні в 10–20 разів, падіння кута внутрішнього тертя до $1-2^\circ$, зчеплення знижується від 0,01 МПа до 0,005 МПа, опір зсуву падає майже до нуля. У зсувах-потоках, що рухаються, вологість досягає 0,35–0,50.

У водонасиченому стані міцність глинистих ґрунтів різко знижується. Жирні глини, такі як спонділова, відрізняються високим рівнем утримання колоїдів при зволоженні до 0,40–0,45. Ці глини мають специфічний хімічний та мінералогічний склад. Вони інтенсивно вивітрюються і стають нестійкими при коливаннях вологості і температури. В цих умовах значно інтенсивніше проходять процеси набрякання-усадки. Усадка, протікаючи нерівномірно в товщі ґрунту, викликає появу системи тріщин нормальних до схилу. На деякій глибині, що залежить від водовіддачі ґрунту та інтенсивності сушіння, вони загинаються майже паралельно до поверхні. Багаторазово повторювані об'ємні деформації при набряканні-усадці можуть бути причиною

повільного сповзання покривних прошарків глинистих ґрунтів по підстилаючих породах. Проте основна роль цих процесів зводиться до ослаблення цілісності масиву системою тріщин і відділенню зони, у якій відбуваються значні коливання вологості. Тріщини збільшують площу взаємодії ґрунту з атмосферними водами, що там накопичуються. При зволоженні ґрунт пристінної зони тріщин розмокає, тріщини заповнюються безструктурною розжиженою масою, що замінює мастило в міжзерновій агрегатній структурі ґрунтів. Як правило, найшвидше розмочування відбувається в підповерхневому прошарку. Тут, у перезволоженому ґрунті, міцність падає дуже сильно.

Імпульсом, що викликає початок руху, може бути поява статичного тиску води, що заповнює тріщини усадки та розтягу. Зазвичай зсувається прошарок, у якому вологість, а відповідно і міцність ґрунту та швидкість руху – змінні за глибиною та часом, але не завжди максимальна швидкість буває на поверхні. Іноді швидше переміщається зона на деякій глибині. Рух зсувів-потоків може продовжуватися з перемінною швидкістю багато років, але в різні періоди змінюється і потужність ґрунту, що рухається. Характер деформацій у різних частинах потоків різний.

Суттєво, що поверхневий прошарок пасивно захоплюється нижчележачими, більш рухливими. Тому що швидкість зсуву змінюється від ділянки до ділянки і залежить від ухилів нижнього рівня, тому жорстка поверхнева кора терпить більш руйнівні деформації та зміщується, закидається, перевертається.

Основними ознаками зсувів-потоків є такі: їхня форма (значно витягнута, грушеподібна з великими наконечниками), стан ґрунтової маси в градієнтному прошарку (прошарок, де швидкість руху змінюється від нуля до максимального значення, складається з перезволоженого рідиноподібного ґрунту), характер і швидкість руху (вимірюються від міліметрів до сотень метрів на добу), пряма залежність активності та швидкості зсуву від кількості атмосферних опадів (особливо великі швидкості зсуву після рясних дощів, що випадають після сухої погоди).

Для розрахунку стійкості схилів, а також розробки ефективних протизсувних заходів варто знати механізм виникнення зсувів-потоків, правильно оцінити стан і стадії глинистого ґрунту, що протікають у процесі зсуву, а також розрахункові схеми руху масиву.

Найбільш близьке рішення задачі про стійкість схилу, стосовно реальних умов роботи ґрунтового масиву в схилі, дозволяють одержати варіаційні методи розрахунку, включаючи і такі аналітичні методи, у яких враховуються змінні значення міцнісних характеристик. Застосування цих методів дозволяє відмовитися від припущення про те, що ґрунт у всіх точках кривої ковзання знаходиться одночасно в стані граничної рівноваги. Розрахунок стійкості схилів варіаційними методами виконується шляхом мінімізації різноманітних функціоналів (функціонали Н.М. Герсенова, И.Коначи, Ю.И. Соловйова). З їхньою допомогою виконуються розрахунки стійкості схилів при довільному обрисі вільної поверхні та шаровому напластуванні ґрунтів, на міцній та слабкій основі стосовно до ґрунтів, що володіють постійними механічними властивостями в межах заданого прошарку або при змінних механічних і фізико-хімічних властивостях ґрунтового масиву. У механічних властивостях ґрунту необхідно враховувати зміну таких параметрів: кут внутрішнього тертя, зчеплення, коефіцієнт бокового тиску в активному та пасивному виді, потенційну деформацію об'єму, граничну напругу, коефіцієнт пористості, вологості, ступінь дисперсності, мінералогічний склад тощо.

Зсуви викликаються сукупністю причин. Яка з них у кінцевому рахунку викликає руйнування – важко визначити, проте, можна оцінити питомий вплив кожної із них окремо і враховувати при виконанні протизсувних заходів.

Дослідники по-різному підходять до оцінки ролі та ефективності протизсувних заходів. Протизсувні заходи можна поділити на пасивні та активні. До пасивних відноситься охорона обмеженого масиву від шкідливих наслідків. До активних – регулювання стоку поверхневих вод, дренажування підземних вод, механічне утримання ґрунтових мас у рівновазі (підпірні стіни, палі, шпунти), штучне закріплення ґрунту (хімічне закріплення, закріплення саджанцями дерев, поверхнєве покриття композицією полімерних матеріалів, насипами тощо).

Основним видом протизсувних заходів є механічне утримання ґрунтових масивів підпірними конструкціями. Підпірні конструкції застосовуються для запобігання зсувних рухів, коли міцність ґрунтового масиву значно знижена минулими деформаціями, проте, вони особливо ефективні як засіб попередження зсувів. Більшість досліджень розглядають опір

зсуву, який утворений будь-яким підпірним спорудженням, у залежності від спроможності самого спорудження опиратися зрізу, перекиданню, ковзанню по підшві або в товщі основи. При цьому часто не враховуються міцнісні властивості ґрунту, хоча саме вони й імітують розміри споруджень при достатньому закладанні фундаментів у нерухому основу. Для стабілізації великого числа зсувних схилів при деформаціях, що відбуваються в глинистих ґрунтах, що містять піщані водонасичені прошарки, можуть бути рекомендовані контрфорсні дренажі. Хоча підпірні стіни широко застосовують для зміцнення зсувів, вони далеко не завжди бувають ефективними, тому що зсувний тиск на підпірні стіни відрізняється від активного тиску ґрунту. Крім того, підпірні стінки мають ряд істотних недоліків, таких як необхідність прорізки ґрунтового масиву впоперек схилу, великі обсяги будівельних робіт, можливість переміщення водонасиченого глинистого ґрунту зсувів-потоків через стінку, труднощі виконання каналів, отворів та інших водопропускних споруджень. У ряді випадків підпірні стіни не в змозі стабілізувати зсуви-потоки.

Найбільш економічно ефективним і технічно правильним протизсувним інженерним заходом можна вважати систему буронабивних паль. Раціональним розміщенням буронабивних паль для затримки руху зсуву-потоків є упорядковане по відстані між осями паль 3–5 d в умовах застосування в один ряд і 5–8 d у два і більше рядів. Ряди розташовуються в шаховому порядку і відстань між рядами визначається розрахунковим шляхом. Діаметр (d) паль приймають від 0,6 до 1,0 м. Відстань між палями залежить від прийнятої ґрунтової моделі, обумовленої стадійністю в процесі руху зсуву-потоків або можливості утворення фартухів провисання між палями розрідженої ґрунтової суміші.

Проведені дослідження в лотках і центрифугах із заміною власної ваги масиву відцентровою силою з дотриманням масштабного фактора та зі зволоженням до повного водонасиченого стану щербистих глин, суглинків і супісків показали, що провисання в'язкого матеріалу між палями коливається в межах 2–3 d . Якщо врахувати жорсткість умов проведення експериментів і порівняти з реальними, тоді вищенаведені відстані між прошарками виправдовують можливе провисання в'язких ґрунтових сумішей при русі зсуву-потоків. Глибина зацмлення буронабивних паль на водонепроникних прошарках ґрунту визначається розрахунком. У випадку відсутності міцного ґрунтового прошарку рекомендується застосовувати буронабивні висячі палі з уширенням п'яти. Якщо в схилах є прошарки осідаючого ґрунту, то палі розраховують, крім горизонтального навантаження проти течії зсуву-потоків, ще і на вертикальні сили негативного тертя від нависання осідаючого ґрунту при зволоженні. Розмір зони нависання ґрунту на буронабивну палю для практичних розрахунків можна приймати 2,8–3,2 d , (де d – діаметр палі). Сили негативного тертя є діючими по всій глибині осадочної товщі, тобто $P = 2\pi Hd^2\gamma$, де H – потужність осадочної товщі; γ – об'ємна вага ґрунту.

ІВКІНА Наталія Валеріївна – кандидат технічних наук, докторантка Інституту гідромеханіки АН України.

Наукові інтереси:

– укріплення нестійких ґрунтів.

Подано 20.09.2000