

Исследование влияния влажности на устойчивость склонов, сложенных сыпучими грунтами

А.В. Андреева, В.О. Верхогляд

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Возведение зданий и сооружений может вестись на площадках с беспокойным рельефом, которые могут аккумулировать в своей грунтовой толще атмосферные воды. Широко известно, что устойчивость песчаного склона зависит от таких физико-механических характеристик его грунта, как удельный вес и сцепление, а также угол внутреннего трения. Изменение влажности массива грунта склона может существенно изменить численные показатели вышеуказанных характеристик.

Цель — исследование изменений численных показателей физико-механических характеристик грунтов при повышении или понижении их влажности.

Методы. Для установления зависимости физико-механических характеристик была проведена серия опытов по определению сопротивления песчаного грунта сдвигу [1]. Сдвигу подвергались образцы песчаного грунта различной влажности, в процессе чего определялись их удельное сцепление и угол внутреннего трения.

В качестве модельного грунта был использован песок мелкий, для которого было заложено семь уровней влажности: 0 %; 4,8 %; 6 %; 8,2 %; 11,7 %; 15,4 %; 18,0 %. Влажность грунта регулировалась весовым способом, плотность определялась методом режущего кольца, а плотность твердых частиц определялась пикнометрическим методом. Полученные результаты лабораторных экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты серии экспериментов

Влажность (w), %	γ , кН/м	Угол внутреннего трения (φ)	Сцепление (c), кПа
0	17,6	27	0
4,8	17,0624	25	1
6	16,928	24	1,7
8,2	16,6816	24	2,4
11,7	16,2896	23	1,6
15,4	15,8752	21	0,3
18	15,584	21	0,1

Для применения полученных результатов на практике было принято решение рассчитать на устойчивость условный склон. Наиболее полным и удобным для ручного расчета является упрощенный метод Бишопа [2]. Была задана математическая модель склона, находящегося в предельном состоянии, высота и длина которого 700 см и 1500 см соответственно.

Первым этапом расчета является нахождение точки, относительно которой будет проходить потеря устойчивости. Расчет ведется итерационно по формуле (1):

$$k_{st} = \sum_{i=1}^n \frac{c + \gamma \cdot h_i \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\cos \alpha \left(1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{FS} \right)} \bigg/ \sum_{i=1}^n \gamma \cdot h_i \cdot \sin \alpha i, \quad (1)$$

где c — сцепление грунта; γ — удельный вес; h_i — высота блока; $\operatorname{tg} \varphi$ — тангенс угла внутреннего трения; α — угол наклона блока; FS — принятый коэффициент запаса, при первой итерации = 1,2.

Для автоматизации расчета был составлен калькулятор в программе Excel, в который задаются характеристики грунта и геометрические параметры отсеков, на которые был разбит массив грунта.

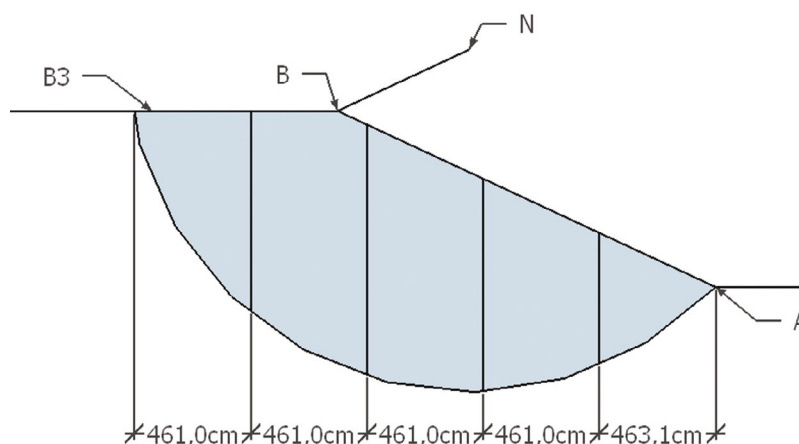


Рис. 1. Поверхность потери устойчивости модели

Поверхность потери устойчивости с центром N представлена на рис. 1.

Путем изменения физико-механических характеристик в калькуляторе были получены значения коэффициента устойчивости откоса математической модели при различной влажности. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость коэффициента устойчивости от влажности

Влажность (w), %	k_{st}
0	0,997
4,8	0,999
6	1,000
8,2	1,042
11,7	0,938
15,4	0,780
18	0,768

Результаты. Анализ результатов серии экспериментов показывает, что изменение удельного веса и угла внутреннего трения идет линейно, а сцепление по кривой, при этом значения влажности, при которых отмечается увеличение сцепления, находятся в диапазоне от 0 % до 8,2 %.

По результатам расчета можно сказать, что изменение характеристик грунта за счет увеличения влажности в диапазоне от 6 % до 8,2 % ведет к увеличению устойчивости склона.

Выводы. Вопреки общепринятому мнению увеличение влажности в песчаных грунтах не сразу ведет к снижению механических характеристик, а в определенном диапазоне, наоборот, способствует их увеличению. Данная зависимость может быть использована для мониторинга состояния склона.

Ключевые слова: устойчивость склона; влажность; сцепление; зависимость влажности и сцепления.

Список литературы

- ГОСТ 22733–2016. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. Росстандарт. Дата введения: 01.01.2017.
- Нгуен Тхай Хоанг. Оценка устойчивости грунтовых откосов гидротехнических сооружений с применением вариационного принципа: дис. ... канд. тех. наук. Москва, 2014. 106 с.

Сведения об авторах:

Александра Викторовна Андреева — студентка, группа 22-ФПГС-115М, факультет промышленного и гражданского строительства; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: 2261254fktcrfylhf@gmail.com

Вероника Олеговна Верхогляд — студентка, группа 22-ФПГС-115М, факультет промышленного и гражданского строительства; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: verhoglyad.veronika@gmail.com

Сведения о научном руководителе:

Дмитрий Валерьевич Попов — кандидат технических наук, доцент; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия.