

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛАСТИЧЕСКИХ ЗОН ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ СКЛОНОВ

Рахымбаева Г.С, Баймахан Р.Б.

КазГосЖенПУ, Алматы,
Институт механики и машиноведения Национальной академии наук
Казахстана

После интенсивных дождливых дней ранней весной и в начале лето 2004г. на восточной окраине города Алматы со северного склона «Верблюжьих гор» сошел оползень и накрыл хозяйственные постройки, складские помещения и двухэтажного дома. Погибли все проживающие жители в количестве 29 человек. Затем такие оползни сошли из других горных склонов. Вопросы научного исследования этой проблемы в Казахстане сильно отстают, чем скажем в Кыргызстане.

Оползням на склонах гор или холмов предшествуют процессы влажности и водонасыщенности грунта из-за дождевой инфильтрации. Приводим краткий алгоритм математическое описание сказанного механизма.

Краткий алгоритм МКЭ. Основное разрешающее уравнение МКЭ записывается в виде /1/

$$[K]\{U\} = \{P\}. \quad (1)$$

где $[K]$ —матрица жесткости системы; $\{U\}, \{P\}$ — вектора неизвестных перемещений и известных сил, которые формируются для рассматриваемого конечного элемента от весов вышележащих элементов.

После решения системы уравнений (1) становятся известными составляющих вектора перемещений $\{U\}$. Компоненты деформации и напряжения вычисляются с помощью следующих известных соотношений МКЭ

$$\{\varepsilon\} = [B]\{U\}, \quad (2)$$

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \quad (3)$$

где $\{\varepsilon\}^T = \{\varepsilon_x, \varepsilon_z, \gamma_{xz}\}$ —составляющие деформаций; $[B]$ —градиентная матрица; $\{U\} = \{u, g\}$ —вектор составляющих перемещений; $\{\sigma\}^T = \{\sigma_x, \sigma_z, \tau_{xz}\}$ —вектор составляющих напряжений; $[D]$ —матрица упругих характеристик.

После решения системы алгебраических уравнений (1), вычисляются компоненты напряжений по (3) в каждом конечном элементе. С помощью этих компонент напряжений вычисляются главные напряжения в элементе $\sigma_{\max, \min}$ и направления главных площадок $\bar{\alpha}$

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_z) \pm \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_z)^2}{4} + \tau_{xz}^2}, \quad \tau_{\max, \min} = \pm \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \cdot \operatorname{tg} 2\bar{\alpha} = \frac{2\tau_{xz}}{\sigma_x - \sigma_z} \quad (4)$$

2. Алгоритм определения потери устойчивости грунта. Для определения предельного равновесия воспользуемся критерием Кулона–Мора, для несвязного грунта который имеет вид /2/

$$\tau_{пред} = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

где φ – угол внутреннего трения, c – коэффициент сцепления, σ – нормальная компонента напряжений. Для оценки устойчивости грунта вокруг подземного сооружения удобной мерой критерия является φ . Такие критерии записываются следующими выражениями/2/.

$$\frac{(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 4\tau_{xz}^2}{(\sigma_z + \sigma_x)^2} = \sin^2 \varphi. \quad (6)$$

Для связного грунта

$$\frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{\sigma_{\max} + \sigma_{\min} + 2C \operatorname{ctg} \varphi} = \sin \varphi. \quad (7)$$

На практике часто применяется критерий наступления предельного равновесия в форме условия Кулона–Мора в следующем виде

$$C = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min} - \sin \varphi (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})) / 2 \cos \varphi \quad (8)$$

3. Методика определения предельного состояния склона от упругого в пластическое. Закономерности изменения упругих свойств водонасыщенного грунта можно получить из экспериментальных кривых (G_0, K_0, C, φ) . Значений приведенных упругих свойств можно вычислить также и по формулам работы /4/ в виде

$$E^p = \frac{9\beta K^*}{3\beta K^* + G}, \quad \nu^p = \frac{3\beta K^* - 2G}{2(3\beta K^* + G)} \quad (9)$$

В этих выражениях E^p, ν^p – являются приведенными значениями модуля Юнга и коэффициента Пуассона, а n – объемное содержание водонасыщенного грунта. Значение коэффициента сцепления C , который входит в правой части (5), также можно снимать из экспериментального графика /3/.

Заключение. По приведенным алгоритмам МКЭ определяется напряженно-деформированное состояние всего склона вместе с

покровными грунтами. Напряженно-деформированного состояния склона горы или холма со склонами. С учетом изложенного алгоритма понижения механических свойств, опасные предоползневые пластические зоны находятся по алгоритмам предельного состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баймахан Р.Б. Расчет сейсмонапряженного состояния подземных сооружений в неоднородной толще методом конечных элементов. Алматы, 2002. – 232с.
2. Цытович Н.А. Механика грунтов –М.: 1979. –272 с.
1. Тер–Мартirosян З.Г. Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов.– М., Недра, 1986. –292 с.
2. Красников Н.Д. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений из грунтовых материалов. –М.: Энергоиздат, 1981. –240с