

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ГРУНТА НА СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ

Д.Т. Палуанов, канд. техн. наук, доцент

*Ташкентский государственный технический университет
имени Ислама Каримова – Узбекистан, г. Ташкент*

Аннотация: В гидротехнической практике широко используется сейсмометрический метод для решения задач равномерного и неравномерного увлажнения грунта в теле грунтовых плотин. Используя метод Ньюмарка, определяется поле увлажнения тела грунтовой плотины, распределение увлажнения по сечению плотины через определенные промежутки времени после снижения водохранилища.

Ключевые слова: грунтовая плотина, увлажнение, напряженно-деформационное состояние, грунт, изолиния, влажность, фильтрация.

В грунтовых плотинах фильтрационные задачи имеют особое значение. В целях обеспечения безопасности и надежности, также экономичности плотины требуется решать ряд задач, такие как: силы механического воздействия фильтрационного потока на плотину, положение депрессионной поверхности, точку выхода фильтрационного потока на низовой откос или в дренаж, фильтрационный расход, высоту капиллярного подъема воды, химический состав грунтов и фильтрующейся воды. На практике часто встречаются более сложные случаи – увлажнение грунта в теле грунтовой плотины в период строительства, особенно, по мнению ученых и специалистов, неравномерное увлажнение является фактором, существенно влияющим на напряженно-деформированное состояние, вызывающим их неравномерную осадку и деформации. Поэтому учет неравномерного увлажнения грунта в теле грунтовой плотины представляется важной и актуальной задачей.

Под руководством проф. К. Салямовой [1] проведен ряд исследований по равномерным и неравномерным увлажнением грунтов тела грунтовых плотин республики. Несмотря на множество методов решения таких задач в последнее время используется метод Ньюмарка, который производится расчеты и исследования динамических задач теории упругости для неоднородных областей различной конфигурации. Преимуществом данного метода является удобство расчета, так и точности исследования с учетом физических параметров существующих грунтовых сооружений.

Представленная проф. Салямовой задача решается в следующих этапах: а) определяется поле увлажнения тела грунтовой плотины, согласно которому неравномерно

изменяются физико-механические параметры увлажненного грунта; б) по полученным данным, находится распределение коэффициента запаса прочности в сечении плотины. Обе задачи – и задача о влагопереносе, и упругая задача о напряженно-деформированном состоянии - решаются численно методом конечных элементов с применением метода Ньюмарка [2]. Но, в отличие от задачи упругости, где с каждой точкой пространства связано 2 неизвестных, составляющих компоненты вектора перемещений, в задаче фильтрации участвует только одна неизвестная скалярная величина (w), определяющая степень увлажненности точки среды.

Уравнение состояния, описывающее закон объемного деформирования грунта с учетом увлажнения, представляется нелинейным законом, связывающим полное давление и объемную деформацию θ [3]:

$$P = K_s(\theta)\theta \quad (1)$$

где модуль сжатия

$$K_s(I_\omega) = K_{sat} \exp(\alpha_k \cdot (1 - I_\omega)) \quad (2)$$

и релаксационным уравнением состояния грунта при сдвиговом деформировании в виде

$$S_{ij} + T_s \frac{dS_{ij}}{dt} + \lambda_1 S_{ij} = 2G_s \left(e_{ij} + T_e \frac{de_{ij}}{dt} \right) \quad (3)$$

где

$$G_s(I_\omega) = G_{sat} \exp(\alpha_G \cdot (1 - I_\omega)) \quad (4)$$

В уравнениях (1)-(4) используются следующие обозначения: K_{sat} , G_{sat} - соответственно модули объемного сжатия и сдвига грунта; α_k , α_G - безразмерные коэффициенты, характеризующие степень изменения соответствующих механических характеристик просадочного грунта, определяемые из результатов опытов; $I_\omega = \frac{\bar{\omega}}{\bar{\omega}_{sat}}$ - параметр, характеризующий степень увлажненности грунта; $\bar{\omega}$ - текущая влажность грунта; $\bar{\omega}_{sat}$ - влажность, соответствующая полному заполнению пор грунта водой; ; $\lambda_1 = \frac{2G_s \lambda}{\mu_s}$; $T_s = \frac{1}{\gamma_s \mu_s}$

- время релаксации сдвигового напряжения при постоянной деформации сдвига; $T_e = \frac{1}{\mu_s}$ - время релаксации девиатора деформации при постоянном сдвиговом напряжении.

Указанная модель деформирования с учетом увлажнения грунтов может быть использована при статических расчетах напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов, когда влажность грунта не превышает значений $\bar{w} = 30 - 40\%$.

Конечно-элементная дискретизация, рассматриваемой задачи получается в результате разбиения рассматриваемой области на конечные элементы треугольной формы (рис.1), с линейной аппроксимацией функции увлажнения внутри элемента [1]

$$w = (a + bx + cy) / 2s \quad (5)$$

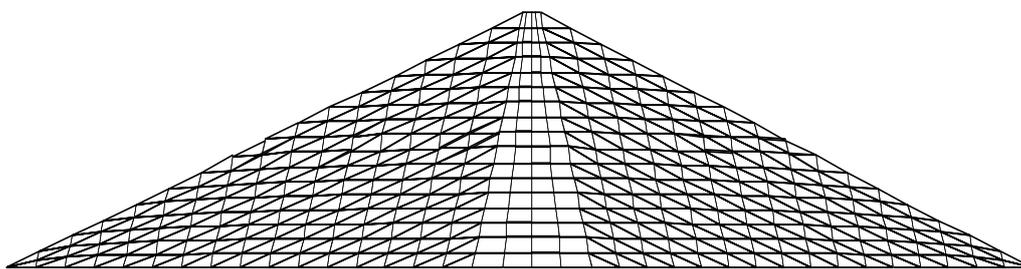


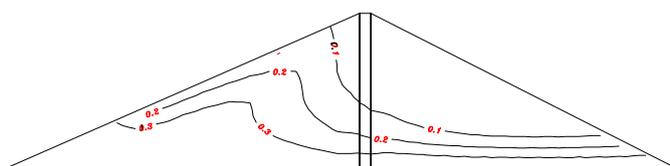
Рисунок 1 - Конечно-элементная дискретизация поперечного сечения грунтовой плотины

Для нестационарной задачи о распределении влаги по всей области в результате максимального увлажнения части свободной поверхности приводится подробно в работе [1].

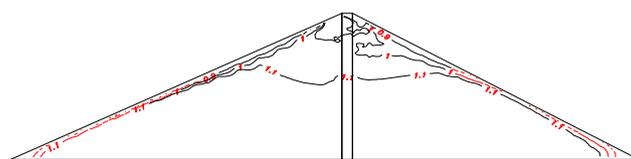
Картина распределения линий увлажненности зависит от времени замачивания, анизотропности среды, определяющей скорости фильтрации в том или ином направлении в различных частях сооружения, а также от учитываемых граничных условий в основании.

Особо отметить, что в работе [1] особое внимание уделено общей картине распространения изолиний увлажненности со временем и коэффициента прочности при заполнении водохранилища. Отличие от предыдущей работы, в работе рассматривается процесс при снижении воды в водохранилище.

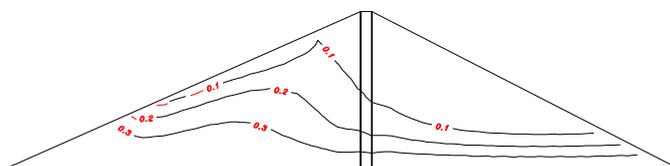
Возникающий дефицит гидростатического давления на верхний откос при резком снижении уровня воды, особенно, если это происходит многократно, может привести к выпору грунта на этих участках. На нарушение прочности верхней части откоса, находящейся выше уровня водохранилища над опустившимся уровнем воды, указывают результаты на рис. 2, где показано и потере устойчивости.



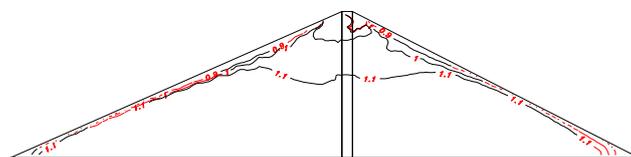
Через 30 суток после опорожнения



Коэффициент прочности через 30 суток



Через 60 суток после опорожнения



Коэффициент К через 60 суток

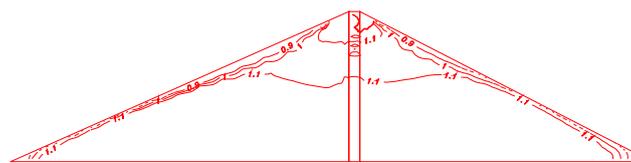
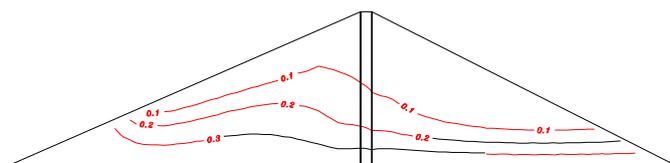


Рисунок 2 - Распространение изолиний увлажненности и коэффициента прочности после снижения уровня воды

Представленные результаты учитывают скопление воды вблизи непроницаемого основания плотины. Поэтому полученные картины распределения увлажнения могут характеризовать только начальную стадию процесса фильтрации, например, в случае быстрого заполнения водохранилища.

Учет скопления воды вблизи основания приводит к результатам, представленным на рис. 2 при различных коэффициентах фильтрации k_x и k_y и продолжительности процесса. Следует отметить, что при таком расчете получена привычная для гидростроителей форма линии увлажнения - кривая депрессии.

Список использованных источников:

1. Салямova К.Д., Руми Д.Ф. Трансформация напряженно-деформированного состояния основания сооружения при неравномерном увлажнении грунта. Научно-теоретический журнал Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – Белгород, 2016. - № 5.
2. Хусанов Б.Э. Модели деформирования лессового грунта при увлажнении. Одноосное деформирование. Узбекский журнал «Проблемы механики». – Т., 2004. – № 5-6. – С. 31-36.
3. Палуанов Д.Т., Бобокулов У.Э. Процессы увлажнения в теле грунтовых плотин и основаниях. Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». – Новочеркасск, 2016. – С. 186-190.