

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СКВОЗНЫХ ПОКРЫТИЙ
ОТКОСОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ДЕЙСТВИЮ ВОЛН

В практике гидротехнического строительства для защиты верховых откосов плотин широко применяются крепления с покрытиями из железобетонных монолитных и сборно-монолитных плит.

Однако когда в процессе эксплуатации возможны осадка сооружения или фильтрация воды в сторону верхового откоса при сработке уровня воды, применяются сборные покрытия из плит с неомоноличенными швами — сквозные покрытия [1...3].

Характеристикой проницаемости таких покрытий является скважность

$$P = \frac{S_{\text{отв}}}{S_{\text{пл}}} 100\%, \quad (1)$$

где $S_{\text{отв}}$ — площадь отверстий с учетом шва; $S_{\text{пл}}$ — площадь плиты.

На практике, как правило, применяются покрытия со скважностью до 6% [2,3], достигаемой за счет размеров швов между плитами, хотя имеются случаи применения плит с отверстиями — круглыми или шелевидными [4].

Известно несколько методов расчета покрытий, из которых наиболее распространенные изложены в работах [1,2,5]. Расчеты в большинстве случаев сводятся к определению толщины плиты по условию ее устойчивости, которая зависит от параметров волн, размеров плиты и конструкции крепления.

При одних и тех же параметрах волн расчетные толщины плит, вычисленные по различным формулам, существенно отличаются [1,3,6]. Кроме этого, не выяснена степень влияния скважности плит на их устойчивость. Известно лишь [3,4,7,8], что устойчивость сквозных плит выше, чем сплошных. При этом не приводятся данные о необходимом количестве или относительном содержании отверстий, обеспечивающем устойчивость плит. Все это показывает, что вопрос устойчивости плит сквозных покрытий еще недостаточно изучен.

Нами были проведены лабораторные исследования, задача которых состояла в изучении устойчивости бетонных плит сквозных покрытий, а именно: плит сплошных на гравийной

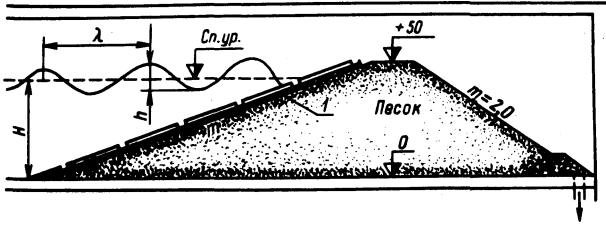


Рис. 1. Схема опытной установки: 1 — плиты на слое подготовки $t = 2,0 + 2,5$ см.

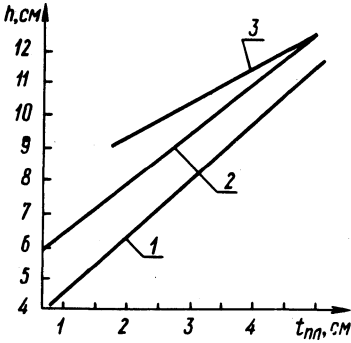


Рис. 2. Изменение устойчивости плит в зависимости от высоты волны (h) и толщины плиты ($t_{пл}$): 1 — сплошные плиты со швами, $P=5,3\%$; 2 — плиты с отверстиями, $P=9,3\%$; 3 — плиты из пористого бетона.

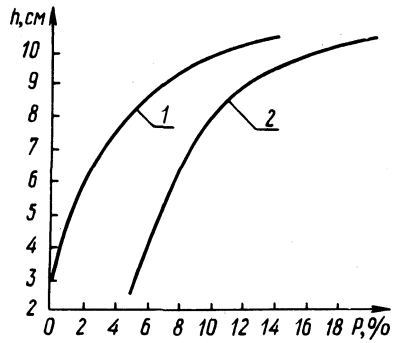


Рис. 3. Изменение устойчивости плиты в зависимости от скважности: 1 — скважность плиты без учета швов; 2 — скважность плит с учетом швов.

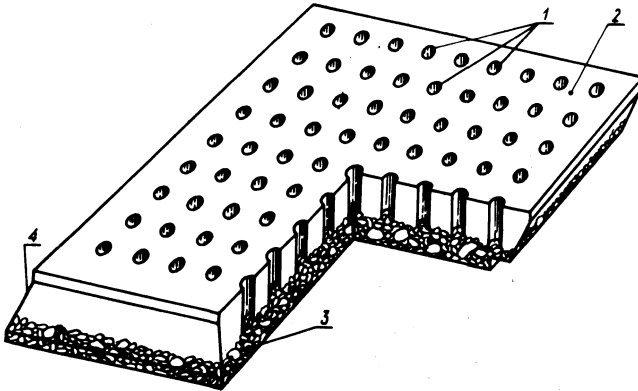


Рис. 4. Двухслойная плита: 1 — отверстия; 2 — верхний слой из сплошного бетона; 3 — нижний слой из пористого бетона; 4 — скошенные торцы.

подготовке; плит с отверстиями на гравийной подготовке; плит из пористого бетона на гравийной подготовке.

Опыты проводились в волновом лотке, в котором была сооружена модель земляной плотины (рис. 1) высотой 50 см, имеющая заложение верхового откоса $m = 3,0$, низового $m = 2,0$. На верховой откос укладывались опытные плиты размером 15 x 15 см, толщина которых в зависимости от условий опыта была от 1 до 5 см. Ширина швов между плитами 0,3...0,4 см. Плиты укладывались на подготовку толщиной 2,0...2,5 см, фракционный состав которой подбирался по методике [9].

Опыты состояли в том, что каждый тип крепления подвергался воздействию волн разных серий, высота которых в каждой серии увеличивалась. Увеличение высоты волны производилось до разрушения крепления, причем за начало разрушения принимался фиксирувавшийся визуально момент смещения плиты вдоль откоса от индексов, нанесенных на стенке лотка. Опыты проводились при длине волны $\lambda = 125$ см. Высота волны изменялась в пределах $h = 2,5-12,4$ см.

На рис. 2 показано изменение устойчивости различных плит в зависимости от их толщины и высоты волны. Как видно, с увеличением скважности устойчивость плит возрастает.

Для исследования влияния скважности на устойчивость плит проделана серия опытов с плитами размером 15 x 15 x 2 см, имевших 81 отверстие диаметром 7 мм. Для уменьшения скважности часть отверстий закрывалась. Опыты состояли в том, что крепление из плит с различной скважностью доводилось до разрушения по методике, аналогичной описанной.

На рис. 3 показано изменение устойчивости плит с различной скважностью в зависимости от высоты волны. При увеличении скважности до 20% значительно повышается устойчивость плит.

В результате лабораторных исследований, а также с учетом работ [2,3,6,10] предложена конструкция плиты для защиты верховых откосов, аналогичная предложенной ЛатНИИГиМом [13], с некоторыми дополнениями и изменениями (рис.4).

Плита состоит из двух слоев: верхнего -- из плотного бетона и нижнего -- из пористого бетона. В верхнем слое на всю его толщину устраиваются отверстия произвольной формы и размера, суммарная площадь которых составляет около 20% общей площади плиты. Нижний слой из пористого бетона выполняется на заполнителе, имеющем диаметр, исключающий вынос подстилающего грунта через поры между зернами. Это

условие выполняется при $\frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 10$, где D_{50} — средний диаметр частиц грунта [11,12].

Для предотвращения выноса грунта через стыки между плитами торцевые грани плит выполняются скошенными. При укладке на откос торцы смежных плит перекрываются, а под ними укладывается ленточный фильтр из стекловолокна.

Наличие верхнего слоя придает плитам предлагаемой конструкции достаточную прочность. Опыты показали, что они более устойчивы, чем сплошные: крепление из предлагаемых плит с толщиной верхнего слоя 1 см и нижнего (пористого) 2 см разрушилось при тех же параметрах волнения, что и крепление из сплошных плит толщиной 3 см, уложенных на гравийной подготовке толщиной 2,5 см.

Плиты предлагаемой конструкции, имеющие одинаковую толщину со сплошными, выполняют одновременно функции как защитного покрытия, так и фильтровой подготовки. В связи с этим они содержат резерв экономии и могут при определенных условиях найти применение.

Л и т е р а т у р а

1. Шайтан В.С. Проектирование креплений земляных откосов на водохранилищах. М., 1962. 2. Шайтан В.С. Крепление земляных откосов гидротехнических сооружений. М., 1974. 3. Пышкин Б.А. Динамика берегов водохранилищ. Киев, 1973. 4. Гугняев Я.Э. Плиты с отверстиями для защиты откосов земляных сооружений от воздействия волн. — Железнодорожное строительство, 1952, № 10. 5. Методические рекомендации по проектированию креплений откосов земляных гидротехнических сооружений, подверженных действию ветровых волн. П52-71. Л., 1972. 6. Шабанов А.Д. Крепление напорных земляных откосов. М., 1971. 7. Калмыков В.А., Челбина Н.К. Лабораторные исследования крепления береговых откосов. — В сб.: Гидравлика и гидротехника. Вып. 7. Киев, 1968. 8. Мишин А.В. Пустовойт В.Ф. Защита гидротехнических сооружений от разрушения при воздействии волн. — Гидротехническое строительство, 1975, № 5. 9. Рекомендации по проектированию креплений земляных откосов сборными железобетонными плитами. М., 1963. 10. Шанкин П.А. Расчет покрытий откосов гидротехнических сооружений. М., 1961. 11. Осипов А.Д. и др. Дренажи и фильтры из пористого бетона. М., 1972. 12. Макаров В.Б. Сборное

крепление откосов земляных сооружений. -- Гидротехническое строительство, 1960, № 11. 13. Файтельсон В.А. Двух-слойные плиты крепления каналов осушительных систем. -- В сб.: Устойчивость фильтрующих откосов. Минск, 1969.

УДК 627.417.4

Г.П. Сапожников

О ВЛИЯНИИ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОКРЫТИЙ ОТКОСОВ НА ВЫСОТУ НАКАТА ВОЛН

Для определения высоты наката имеется ряд методов и формул, предложенных разными авторами, анализ которых приведен в работах [1,2]. В более поздних исследованиях в этой области получены зависимости для определения высоты наката [3...6]. Все авторы предлагают определять высоту наката, как функцию нескольких переменных. Основные из них: длина и высота волны, коэффициент откоса, шероховатость, т.е.

$$h_n = f(\lambda, h, m, k_{ш}). \quad (1)$$

Анализ показывает, что зависимости, предложенные в [1 ... 6], не учитывают характеристик водопроницаемости сквозных покрытий откосов на высоту наката. Однако различная способность покрытий пропускать воду (проницаемость) ведет к уменьшению высоты наката вследствие потери части энергии массой накатывающейся на откос воды.

П.А.Шанкин [1] делает попытку учесть это явление, вводя в формулу опытный коэффициент k , который называет "обобщенным коэффициентом шероховатости и проницаемости". Аналогичный коэффициент $k_{шп}$ использован в работе [6]. Но проницаемость в обоих случаях оценивается без учета непосредственных характеристик проницаемости, таких как пористость или коэффициент фильтрации.

Для изучения характеристик влияния проницаемости покрытия откоса на высоту наката были проведены опыты со сквозными креплениями, выполненными из пористого бетона. В качестве характеристики проницаемости покрытия был принят коэффициент фильтрации, который обобщает разные свойства материала покрытия: диаметр частиц грунта, пористость [7], степень уплотнения, технологию изготовления.

Для опытов были изготовлены плиты (5 серий) размером 15x15x2 см на заполнителе $d=10-15$ см. Время вибриро-