

В ручьях образовалась значительная отстойка, поэтому движение воды в них было еле заметно. В зоне от 3,4 м до 3,9 м буртики, образовавшиеся в результате давления оплывших вышерасположенных участков откоса, были подсушены канавками. Контур наплыва в нижней зоне откоса достиг 4,9 м (начало наплыва сформировалось на расстоянии 4 м от напорного бака).

На восемнадцатые сутки в основном наступила стабилизация деформаций откоса. В канавках с отстойкой были видны железистые отложения. Движения воды по канавкам визуально не наблюдалось. Верхний контур обрушения, достигший 1,98 м, не изменял уже своей конфигурации.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: 1. При анализе деформации во времени надо рассматривать распределенные зоны по высоте откоса, так как в них наблюдаются разные картины разрушения откоса, а это требует разной капитальности крепления.

2. Расход стекающих по откосу вод возрастает от точки высачивания к урезу воды только в начальный момент высачивания до образования ручейков. Ручейки же определенной глубины (до 2 – 3 см) осушают среднюю часть откоса и картина стока меняется.

Л и т е р а т у р а

1. Шестаков В.М., Кузнецова Н.А. Фильтрационная устойчивость песчаных откосов. – Тр. ин-та ВНИИВОДГЕО, 1958. 2. Покровский Г.И. К расчету устойчивости грунтов на откосе. – Гидротехническое строительство, 1955, № 4.

УДК 624.131.37

Г.В.Мишурова, канд. техн. наук
(БелНИИМиВХ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОНТАКТА СУПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ И ФИЛЬТРОВ

Формирование структуры контакта различных грунтов при определенных начальных условиях влияет на фильтрационные деформации, происходящие в контактной зоне, а следовательно, и на фильтрационную прочность контакта.

Формирование структуры у контакта изучалось экспериментально для двух видов супесей Белорусского Полесья, ха-

Таблица 1, Зерновые составы исследованных супесей

$d, \text{мм}$	0,005	0,005- 0,01	0,01- 0,05	0,05- 0,1	0,1- 0,25	0,25- 0,5	0,5
Р, %							
Супесь 1	9	7	54	18,5	4	3,5	3,5
Супесь 2	6	4	26	54	8	2	-

характеристики которых приведены в табл. 1 и 2; крупность гравийного фильтра в опытах равнялась $5 \div 10$ мм.

В разъемный по вертикальной плоскости цилиндр диаметром 60 мм помещали супесчаный грунт с характеристиками, соответствующими требованиям СНиП [1]. Сверху на слой супеси укладывался фильтр. Затем образец подвергали действию нагрузки от 0,05 до 20 кгс/см². Для первой супеси были проведены опыты с сухим состоянием контакта и с замачиванием контакта под нагрузкой, для второй супеси – только с замачиванием контакта.

Затухание осадки образца в опытах без замачивания контакта происходило в течение 10 – 15 мин, а в опытах с замачиванием – за 40 – 60 мин. После затухания осадки с образца снимали нагрузку, аккуратно удаляли с поверхности супеси частицы фильтра и в таком виде высушивали. В опытах с замачиванием сначала сливали воду, а частицы фильтра удаляли с поверхности образца лишь после некоторого подсушивания супеси, чтобы не нарушалась (не оплывала) граница между свободной поверхностью супеси и той ее частью, которая находилась в контакте с фильтром.

Измерение площади поверхности образца, открытой для фильтрационного потока, производили следующим образом. Предварительно образцы для получения контрастной картины окрашивали – обводили синей тушью контуры вдавлений от частиц фильтра (в опытах без воды) или окрашивали всю оставшуюся свободной поверхность образца (в опытах с водой). Подготовленные образцы снимали на цветную обратимую пленку (рис.1).

С цветных слайдов через фотоувеличитель переснимали на обычную бумагу увеличенную (до 200 мм в диаметре) копию образца с картиной распределения искомых площадей. Затем участки, соответствующие свободной поверхности образца, вырезали и взвешивали на аналитических весах (ошибка взвешивания 0,0001 г). Взвешивали также и оставшуюся часть бумажной проекции образца. По соотношению весов различных

Таблица 2. Основные характеристики супесей в опытах

Вид грунта	Плотность γ'_c , г/см ³	Границы, %		Число пластичности W_p	Максимальная молекулярная влагоемкость W_M , %	Характеристики в опытах		
		текущей W_t	раскатывания, W_p			$\gamma'_{ск}$, г/см ³	W %	G
Су-1 песь	2,68	21	17	4	11,2	1,67	15,7	0,7
Су-2 песь	2,69	20	17	3	9,7	1,73	14,8	0,71

Таблица 3. Результаты определения свободных площадей образцов супесей для описанной выше серии экспериментов

Вид грунта	Свободная поверхность образца, %	Нагрузка P , кгс/см ²							
		0,05	0,25	0,5	1	3	5	10	20
Су-1 песь	S	-	76,4	78,0	62,9	-	62,6	52,6	40,2
	S	-	78,9	-	82,3	-	-	-	-
	S^I	25,6	23,1	17,8	18,2	-	12,6	9,6	7,7
Су-2 песь	S^I	22,7	-	19,1	15,5	12,0	10,6	-	-

Примечание. S - свободная площадь образца в опытах с сухим состоянием контакта; S^I - то же при замачивании

участков определяли процент площади образца, свободной от контакта с частицами фильтра, и, следовательно, доступной для фильтрационного потока, идущего по его порам.

Опыты показали, что при замачивании контакта супеси и фильтра даже при незначительной нагрузке происходит дополнительное вдавливание фильтра в грунт, что приводит к уменьшению как свободной поверхности защищаемого грунта, так и размера пор фильтра в зоне контакта (табл. 3).

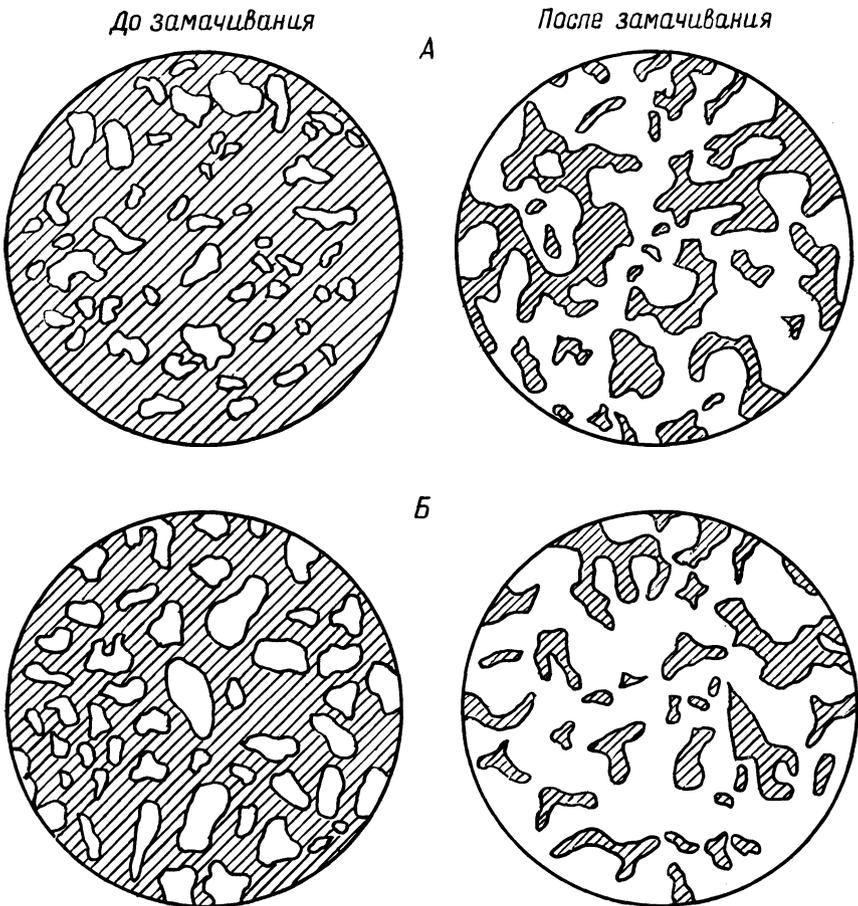


Рис. 1. Вид контакта супеси и фильтра при нагрузке:
 А - 0,25; Б - 10 кгс/см² (свободная для доступа воды поверхность образца заштрихована).

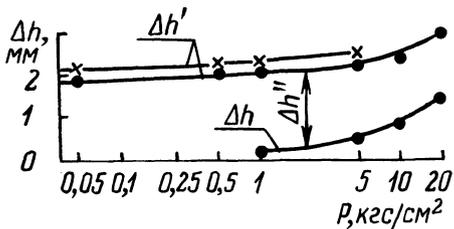


Рис. 2. Зависимость глубины проникания фильтра в супесчаный грунт от величины действующей нагрузки:
 • - супесь 1; x - супесь 2.

Данные табл. 3 показывают, что даже при минимальной нагрузке на контакте для фильтрационного потока открыто всего лишь 22,7 – 25,6% площади всего контакта. Кроме того, в плоскости самого контакта движение воды происходит путем перетока и обтекания частиц фильтра на различных расстояниях от плоскости контакта. Это объясняется тем, что прямых сквозных фильтрационных путей в порах фильтра нет, линии тока имеют весьма сложную форму, и длина их значительно превышает длину среднего пути фильтрации. Следовательно, за счет увеличения пути фильтрации возрастают силы трения и соответственно увеличивается сопротивление контакта продольному размыву.

Для обеих исследованных супесей долю свободной поверхности контакта при совместном воздействии нагрузки и воды можно определить по следующей эмпирической зависимости:

$$S^I = 27 - 81g 20P.$$

Кроме площади свободной поверхности, для каждого образца определяли глубину вдавливания частиц фильтра в супесчаный грунт Δh . Измерение проводили с помощью штангенциркуля, определяя Δh как среднюю величину из 20 замеров. Результаты определения глубины вдавливания приведены на рис. 2, где Δh – глубина вдавливания только от действия нагрузки, Δh^I – то же от совместного воздействия на контакт нагрузки и воды, Δh^{II} – глубина вдавливания, происходящего только за счет действия на контакт воды.

Как видно из рис. 2, глубина проникания фильтра при действии только нагрузки (без воды) увеличивается от 0,3 до 1,5 мм при соответственном увеличении нагрузки от 1 до 20 кгс/см². При замачивании же контакта даже при самой малой нагрузке глубина проникания достигает 2 мм. Дополнительное проникание фильтра в супесь при замачивании контакта приводит к уменьшению расчетного диаметра пор фильтра на контакте, по которому будет в дальнейшем проходить продольный фильтрационный поток, и, следовательно, к повышению фильтрационной прочности контактной зоны в условиях размыва.

Обозначим расчетный диаметр пор фильтра на контакте с учетом вдавливания $(D_{60}^0)_k$. Анализируя графически структуру контакта, получаем, что при величине проникания $\Delta h^I = 2$ мм расчетный диаметр пор фильтра крупностью (5–10) мм на контакте его с супесчаным грунтом будет равен $(D_{60}^0)_k = 0,55$ мм, тогда как средний диаметр пор в толще этого

фильтра D_{60}^0 равен 2,47 мм. Это означает, что на контакте с супесью размер пор фильтра будет примерно в 4,5 раза меньше, чем в его толще. Аналогичным образом получаем: для фильтра крупностью (7 - 10) мм - $D_{60}^0 = 3,48$ мм, $(D_{60}^0)_к = 0,9$ мм, $D_{60}^0 / (D_{60}^0)_к = 3,86$; для фильтра (5 - 7) мм - соответственно 2,1 мм, 0,42 мм, 5; для фильтра (3 - 5) мм - соответственно 1,43 мм, 0,22 мм, 5,7. Чем меньше крупность фильтра, тем сильнее сказывается влияние просадки образца при замачивании на уменьшении диаметра пор в зоне контакта. Для мелких фильтров на контакте образуется переходный слой, состоящий из полностью погруженного в защищаемый грунт фильтра. Фильтрационная прочность такого слоя значительно выше, чем у частично защищенного контакта.

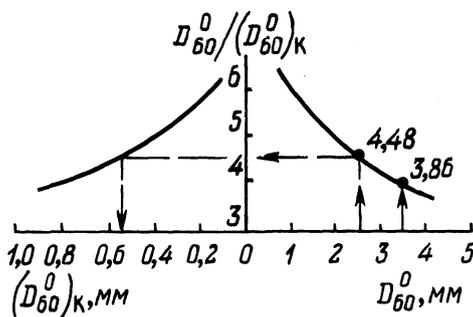


Рис. 3. Определение расчетного диаметра пор фильтра на контакте с супесчаным грунтом.

Результаты исследований позволили предложить графическую зависимость расчетного диаметра пор фильтра на контакте с супесями от величины среднего диаметра его пор (рис. 3). Полученная зависимость использована при оценке фильтрационной прочности супесчаных грунтов в условиях контактного размыва [2].

Л и т е р а т у р а

1. СНиП II-И. 4-62. Плотины земляные насыпные. Нормы проектирования. - М., 1962.
2. Рекомендации по расчету обратных фильтров плотин из грунтовых материалов с глинистыми противофильтрационными устройствами и однородных плотин из супесчаных грунтов с $W_{II} = 3 - 5$. - М., 1977.