

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПЕСЧАНЫХ ДРЕН
С РАЗЛИЧНОЙ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ
В ИЛИСТЫХ ГРУНТАХ.**

Посуховский А.К., Мосичева И.И. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Выполнено экспериментальное обоснование необходимости учёта эффекта кальматации вертикальных песчаных дрен при устройстве их в слабых глинистых водонасыщенных грунтах с целью предпостроечного уплотнения.

Одним из допущений существующих методов расчёта уплотнения слабых глинистых водонасыщенных грунтов при устройстве в них вертикальных песчаных дрен является неограниченная фильтрационная способность материала, из которого устроены дрены [1, 2].

В действительности этот материал (песок) изначально обладает конечным значением коэффициента фильтрации, который в 100 и более раз превосходит величину коэффициента фильтрации уплотняемого грунта.

Однако по мере протекания процесса консолидации частицы грунта, окружающие дрена, током отжимаемой из него поровой воды проникают в неё, в результате чего фильтрационная способность дрены уменьшается и становится уже сопоставимой с таковой консолидируемого грунта.

Целью настоящих экспериментальных исследований являлось установление влияния величины коэффициента фильтрации материала заполнения дрены на скорость протекания процесса консолидации илистого водонасыщенного грунта с песчаными дренами.

При этом эффект заиливания дрен в процессе консолидации исследовался путём изготовления их из материала с различным значением коэффициента фильтрации. В качестве такого материала использовались смеси чистого кварцевого песка фракции 0.25-0.50 мм с порошком ила фракции 0.10-0.25 мм при различном соотношении их объёмов.

Достижение указанной выше цели экспериментальных исследований предусматривалось в результате проведения следующих 4-х серий опытов по консолидации цилиндрических образцов иловой пасты диаметром $D=140$ мм и высотой $H=50$ мм с центральной дренажной диаметром $d=20$ мм ($n=D/d=7.0$):

- серия I: опыты с дренажной из чистого песка;
- серия II: опыты с дренажной из смеси песка с илом в соотношении 3:1 (по объёму);
- серия III: то же, в соотношении 1:1;
- серия IV: то же, в соотношении 1:3.

В опытах всех серий начальная влажность иловой пасты была равна удвоенному пределу текучести исходного грунта, т.е. $W_n = 2W_l$.

Опыты каждой серии проводились с 3-х кратной повторностью (всего 12 опытов) в нестандартных приборах (одомерах) специальной конструкции, исключающей выдавливание слабого глинистого водонасыщенного грунта из-под штампа и его перекося во время опыта.

При этом первое условие обеспечивалось тем, что штамп и обойма одометра были выполнены по типу «плунжерная пара», а второе условие – наличием направляющей втулки на крышке одометра.

Образцы для проведения консолидационных испытаний приготавливались из исходного илистого грунта с природной влажностью $W_e = 0.44$, отобранного из прудковой зоны берегового гидроотвала в лимане Малый Аджалык, путём добавления в него необходимого количества воды и последующего тщательного размешивания до получения однородной пастообразной массы.

Устройство дренажей производилось путём внедрения в приготовленный образец иловой пасты трубки внутренним диаметром 20 мм и толщиной стенки 0.5 мм через центральное отверстие в крышке одометра до упора в днище. Грунт, находящийся внутри трубки, удалялся матерчатой щёткой, а в образованную полость засыпался материал, применяемый для образования дренажей (чистый песок и смеси из песка и ила).

После заполнения трубки требуемым материалом она плавно извлекалась из образца, а крышка одометра снималась, в результате чего в центре образца образовывался дренаж.

Уплотняющая нагрузка на испытываемые образцы, равная 0.1 МПа, создавалась за время 10 мин. Пятью равными ступенями по 0.02 МПа с выдержкой каждой ступени нагрузки в течение 2 мин., чем обеспечивалось отсутствие выдавливания грунта из-под штампа.

После достижения расчётного значения уплотняющей нагрузки $p=0.1$ МПа деформации образцов измерялись по показаниям индикаторов часового типа ИЧ-10, установленных на штампах одометров. Регистрация показаний индикаторов производилась через 15"; 30"; 60"; 2'; 3'; 5'; 10'; 20'; 30'; 60'; далее через 1 час в течение первого рабочего дня, т.е. 8 часов. В последующем показания индикаторов брались один раз в начале рабочего дня, т.е. через 1; 2; 3; 4; 5 и т.д. суток, до наступления условной стабилизации деформаций образца, равной 0.1 мм/сут.

Отжимаемая из образца поровая вода в процессе его консолидации удалялась из полости в одомере между его днищем и основанием через отверстие с патрубком. Указанная полость в одомере сообщалась с дренажной системой посредством концентрических отверстий диаметром 1 мм, просверленных в днище на площади круга диаметром, равным диаметру дрены.

Результаты выполненных опытов консолидации образцов иловой пасты при радиальном (в центральную дренажную трубу) направлении фильтрации поровой воды обработаны по методикам Тейлора и Казагранде [3] и представлены в таблицах 1 и 2. Величины коэффициента консолидации C_R при радиальном направлении по аналогии с определением коэффициента консолидации C_v при вертикальном направлении фильтрации определялись по формуле:

$$C_R = T_R \frac{D^2}{t_{50\%}}, \quad (1)$$

где T_R - фактор времени, соответствующий величине степени консолидации при радиальной фильтрации поровой воды $Q_R=0.5$, определяемый по формуле:

$$T_R = -\ln(1 - Q_R) \frac{F(n)}{8} = 0.11, \quad (2)$$

где

$$n = \frac{D}{d_{op}} = \frac{140 \text{ мм}}{20 \text{ мм}} = 7; \quad (3)$$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} = 1.24; \quad (4)$$

$t_{50\%}$ - время 50%-ной фильтрационной консолидации, определяемое по графику зависимости $S_t = f(\lg t)$, как время, соответствующее среднему значению 50%-ной фильтрационной осадки $S_{50\%}$ для каждой серии опытов.

Таблица 1

Результаты консолидационных испытаний иловой пасты.

Время консолид. t , мин.	Средняя осадка образцов \bar{S}_t , мм				Средняя степень консолид. $\bar{Q}_t = \frac{\bar{S}_t}{S_{100\%}^\phi}$			
	Серии				Серии			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
5	1,75	1,97	1,93	2,83	0,14	0,14	0,14	0,14
10	2,00	2,26	2,18	3,10	0,16	0,16	0,16	0,15
20	2,39	2,69	2,54	3,49	0,19	0,19	0,18	0,17
30	2,73	3,08	2,87	3,84	0,22	0,22	0,21	0,19
60	3,54	3,99	3,66	4,73	0,29	0,28	0,26	0,23
120	4,76	5,37	4,85	6,12	0,39	0,38	0,35	0,30
180	5,72	6,45	5,84	7,25	0,46	0,45	0,42	0,35
240	6,55	7,36	6,69	8,27	0,53	0,52	0,48	0,40
300	7,29	8,15	7,46	9,17	0,59	0,58	0,54	0,45
360	7,86	8,87	8,15	10,01	0,63	0,62	0,59	0,49
480	8,79	9,96	9,09	11,62	0,71	0,70	0,65	0,57
720	10,59	11,91	11,09	14,42	0,85	0,84	0,80	0,71
900	11,29	12,81	12,09	15,62	0,91	0,90	0,87	0,77
1120	12,09	13,71	13,09	16,87	0,98	0,97	0,95	0,83
1440	12,72	14,77	14,16	18,08	1,00	1,00	0,99	0,88

Из данных, приведенных в таблице 1 следует, что максимальное расхождение (до 15%) в величинах степени консолидации при фиксированных значениях времени консолидации имеет место при 75%-ной калематации песчаной дрены илом, которая соответствует времени практической стабилизации осадки образца.

Таблица 2

Нормативные значения характеристик иловой пасты

Наименование характеристик	Серия I	Серия II	Серия III	Серия IV
Коэффициент консолидации $\bar{C}_R, \text{см}^2/\text{с}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-3}$
Коэффициент сжимаемости $\bar{a}, \text{см}^2/\text{кгс}$	1,116	1,121	1,164	1,435
Коэффициент фильтрации $k_\phi,$ м/сутки	$3,95 \times 10^{-4}$	$3,56 \times 10^{-4}$	$3,19 \times 10^{-4}$	$2,91 \times 10^{-3}$

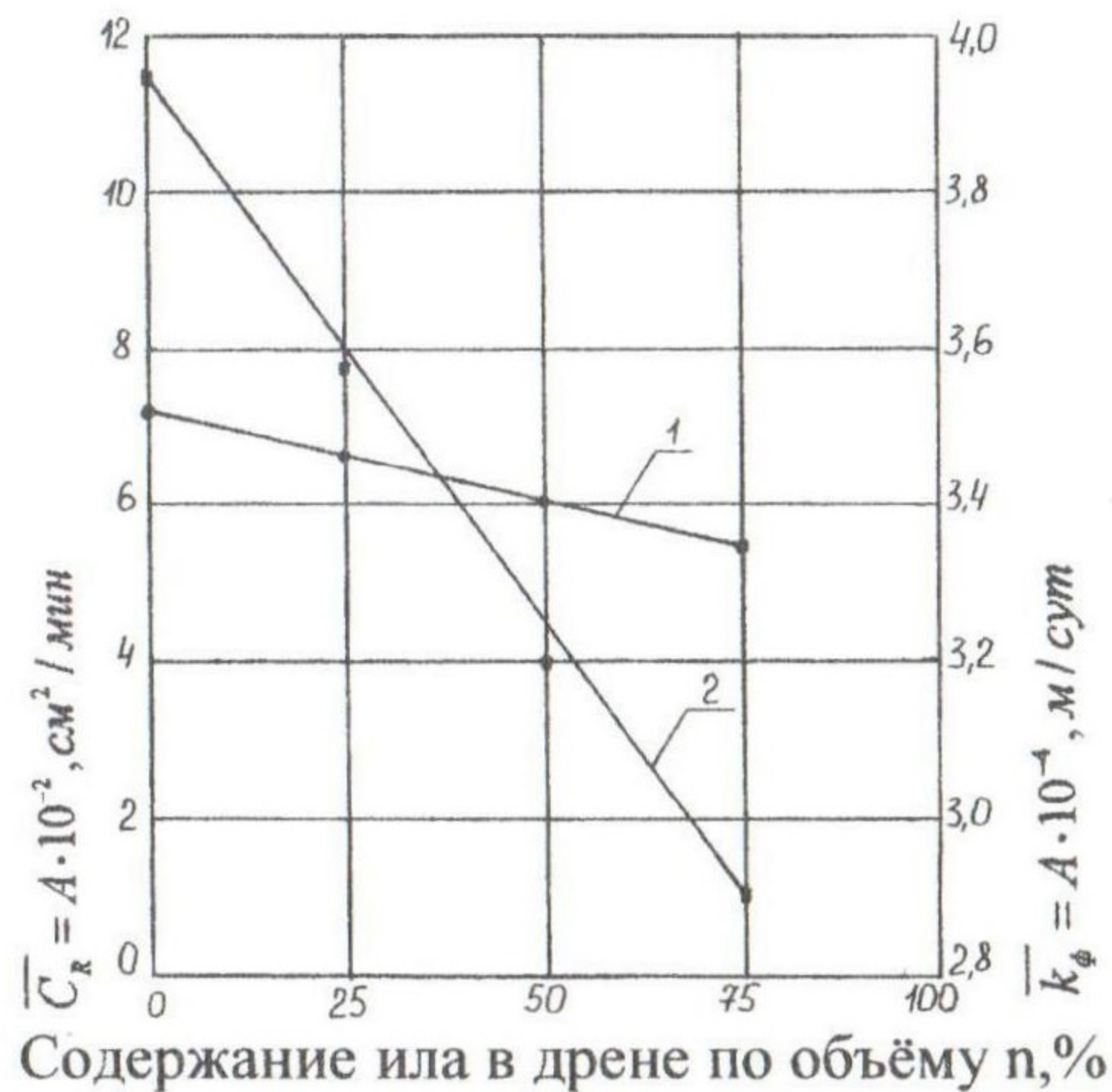


Рис. 1. Графики зависимости коэффициентов консолидации и фильтрации от %-ного содержания ила в составе материала заполнения дрены:

$$1 - \bar{C}_R = f(n); 2 - k_\phi = f(n).$$

В таблице 2 приведены нормативные значения характеристик деформируемости ($\bar{a}, \text{см}^2/\text{кгс}$), консолидации ($\bar{C}_R, \text{см}^2/\text{с}$) и водопроница-

емости (\overline{k}_f , м/сутки) исследованного грунта, полученные в результате выполненных компрессионно-консолидационных испытаний.

По данным, приведенным в таблице 2, построены графики зависимости коэффициентов фильтрации и консолидации от %-ного содержания ила в составе материала заполнения дрены, которые приведены на рис. 1.

Указанные графики могут быть использованы при выполнении расчётов уплотнения слабых глинистых водонасыщенных оснований с вертикальными песчаными дренами с учётом их реальной фильтрационной способности.

Литература.

1. Абелев М.Ю. Слабые водонасыщенные глинистые грунты как основания сооружений // М., Стройиздат, 1973. – С. 288.
2. Марченко А.С. Морские портовые сооружения на слабых грунтах // М., Транспорт, 1976. – С.192.
3. РД 31.31.06 – 79. Руководство по расчёту уплотнения слабых грунтов для портового гидротехнического строительства // М., 1983. – С. 72.