

В процессе бурения скважин № 2 водозабора г. Толочина и д. Высокий Городец произошла коагуляция водоносных горизонтов глинистыми частицами. Для разглинизации применяли импульсную регенерацию, совмещенную с эрлифтной прокачкой, которая позволила увеличить удельный дебит скважин и довести его соответственно до 1,6 и 1,1 м<sup>3</sup>/(ч · м). Даже интенсивные работы по декоагуляции не обеспечивают достижения среднего удельного дебита, полученного для незакоагулированных скважин, пробуренных в старооскольских песках среднего девона, который составил для девяти скважин:  $q_{\text{ср}} = 2,8 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м})$ . Средний удельный дебит двух скважин, пробуренных на четвертичные отложения в д. Заднево и г. Толочине (у озера), составил 9,8 м<sup>3</sup>/(ч · м).

#### ВЫВОДЫ

1. Совместное применение электрокаротажа, механического каротажа и отбор образцов пород при бурении обратной промывкой обеспечивают получение достоверной информации по всему разрезу. Это позволяет в некоторых случаях отказаться от бурения разведочного ствола малого диаметра и проводить комплекс геофизических исследований в стволе конечного диаметра, что позволит сэкономить значительные средства.

2. Наибольший удельный дебит получен в скважинах при вскрытии пласта чистой водой, подаваемой в процессе вскрытия водоносного

горизонта непосредственно в ствол скважины из системы водоснабжения с расходом, равным производительности эрлифтного пульпоподъемника.

3. Использование легкосплавных буровых штанг ЛБТ147-9000 в комплекте с трехшарошечным долотом Ø490 мм и центратором Ø426 мм весом более 2 т позволило пробурить скважины глубиной 150...190 м на мелко- и тонкозернистые старооскольские пески среднего девона методом обратной промывки чистой водой. Максимальный удельный дебит составил 4,2, средний – 2,8 м<sup>3</sup>/(ч · м). Оптимальным в данных гидрогеологических условиях является проволочный фильтр из нержавеющей стали на трубчатом каркасе Ø219 мм. Средний удельный дебит двух скважин, пробуренных на четвертичные отложения, составил 9,8 м<sup>3</sup>/(ч · м).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду / Д. Н. Башкатов, С. Л. Драхлис, В. В. Сафонов, Г. П. Квашиин. – М.: Недра, 1988. – 286 с.
2. СНиП 2.04.02–84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
3. Ивашечкин В. В. Основы расчета необходимого давления для декоагуляции прифильтровой зоны водозаборной скважины // Вестник БНТУ. – 2003. – № 5. – С. 10–16.
4. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду / В. В. Дубровский, М. М. Керченский, В. И. Плохов и др. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1972. – 512 с.

УДК 624.138.9

## ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМИРОВАННОГО ПЕСЧАНОГО ГРУНТА

Канд. техн. наук, доц. **БАННИКОВ С. Н.**, инж. **АЛЬ МАХАМИД ФАЙЕЗ**

*Белорусский национальный технический университет*

При отрывке глубоких котлованов и отсыпке насыпей вблизи существующих зданий и сооружений часто требуется проводить мероприятия по обеспечению устойчивости вертикальных откосов путем устройства подпорных

и ограждающих стенок, усиленных анкерными креплениями. Этого можно достичь методом включения в массив грунта металлических, пластмассовых или синтетических нетканых материалов. Созданные таким образом основа-

ния называются армогрунтовыми. В том случае, если армирование выполнено в направлении меньшего главного напряжения  $\sigma_3$ , то взаимодействие между грунтом и армирующими элементами приведет к возникновению сил трения вдоль поверхности раздела [1]. В арматуре возникнут растягивающие напряжения, а в грунте – соответствующее сжатие. Такое распределение напряжений будет существовать до тех пор, пока не возникнет проскальзывание грунта по арматуре, т. е. его разрушение. Для того чтобы не допустить подобного, необходимо знать коэффициент активного бокового давления грунта  $\xi_a$ , а также прочностные свойства армогрунта, такие как удельная сила сцепления  $C$  и угол внутреннего трения  $\phi$ .

Для определения этих характеристик нами разработан и изготовлен прибор (рис. 1), основными элементами которого являются: подвижная камера 6 с датчиком напряжений 5; корпус 7; система загрузки в виде рычажного пресса и штампа 1; измерительное устройство 4; исследуемый образец армированного грунта 3, подвижная стенка корпуса 2 (3 – армированный грунт).

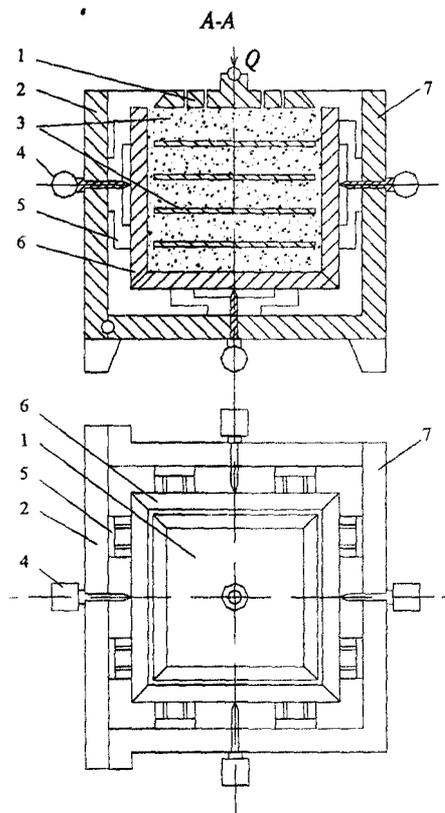


Рис. 1. Схема прибора для определения прочностных характеристик армированного грунта

В наших исследованиях камера прибора послойно заполнялась песком средней крупности, который уплотнялся и армировался металлическими мембранами толщиной 0,5 мкм. Шаг армирования по высоте принимался равным  $h_v/H = 0; 0,5; 0,35; 0,2$ . Здесь  $h_v$  – толщина слоя грунта между армирующими элементами;  $H$  – полная высота армированного грунта.

При определении параметров  $\xi$ ,  $\phi$ ,  $C$  проводили испытания армированного грунта путем его загрузки следующими ступенями нагрузки:  $\sigma_v = 0,05; 0,1 \dots 0,6$  МПа с шагом через 0,1 МПа. Для каждой ступени вертикальной нагрузки в стабилизированном состоянии фиксировали горизонтальное давление  $\sigma_h$ . За условную стабилизацию принимали скорость осадки армогрунта  $v = 0,1$  мм/ч. Испытания считались окончанными, если последние две ступени нагрузки не изменяли коэффициент бокового давления. Результаты испытаний армированного грунта представлены в табл. 1 и на рис. 2. На графиках функции  $\xi = f(\sigma_v)$  появляются горизонтальные площадки, а значения вертикальных  $\sigma_v$  и горизонтальных  $\sigma_h$  напряжений, соответствующие этим площадкам, называются главными, и они соответствуют предельному напряженному состоянию армированного грунта. Отношение этих напряжений

$$\xi_a = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} \quad (1)$$

определяет коэффициент бокового давления для предельного состояния грунта  $\xi_a$ .

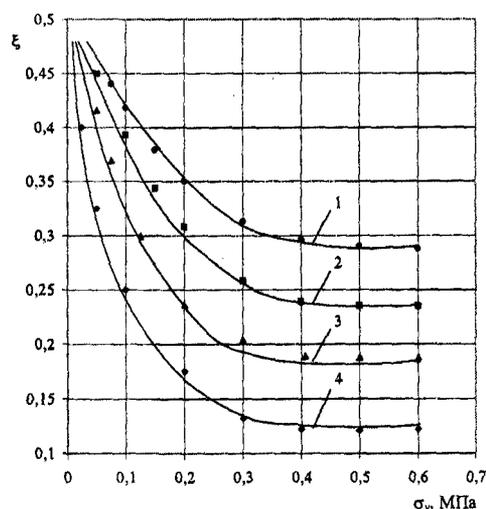


Рис. 2. Графики изменения коэффициента бокового давления  $\xi$  от вертикального напряжения  $\sigma_v$  при сплошном армировании в горизонтальной плоскости: 1 –  $h_v/H = 0$ ; 2 – 0,5; 3 – 0,35; 4 – 0,2

Таблица 1

Результаты испытания образцов армированного грунта в приборе

№ п/п	Шаг армирования $h/H$	$\epsilon_{sa}$	$\sigma_1$ , МПа	$\sigma_3$ , МПа	$\Sigma\sigma_1$ , МПа	$\Sigma\sigma_3$ , МПа	$\Sigma\sigma_1\sigma_3$ , МПа <sup>2</sup>	$\Sigma\sigma_3^2$ , МПа <sup>2</sup>	$(\Sigma\sigma_3)^2$ , МПа <sup>2</sup>	$a/b$	$\varphi$ , град.	$C$ , МПа
1	0	0,3	0,3	0,09	1,8	0,54	0,258	0,077	0,292	3,25/-	32	-
			0,4	0,12								
			0,5	0,15								
			0,6	0,18								
2	0,5	0,24	0,3	0,072	1,8	0,432	0,206	0,05	0,187	3,58/0,077	34	0,02
			0,4	0,096								
			0,5	0,12								
			0,6	0,144								
3	0,35	0,19	0,3	0,057	1,8	0,342	0,163	0,031	0,117	4,023/0,1	37	0,025
			0,4	0,076								
			0,5	0,095								
			0,6	0,114								
4	0,2	0,13	0,3	0,039	1,8	0,234	0,112	0,015	0,055	5,289/0,138	43	0,03
			0,4	0,052								
			0,5	0,065								
			0,6	0,078								

В предельном состоянии грунта соотношение между главными напряжениями выражается следующими формулами [2]:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2C \operatorname{ctg} \varphi} = \sin \varphi \quad (2)$$

или

$$\sigma_1 = \sigma_3 \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) + 2C \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi/2); \quad (3)$$

$$\sigma_1 = a\sigma_3 + b, \quad (4)$$

где

$$a = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2);$$

$$b = 2C \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi/2).$$

Отсюда:

$$\varphi = 2 \operatorname{arctg} \sqrt{a} - 90^\circ;$$

$$C = \frac{b}{2\sqrt{a}}.$$

Вероятные значения  $a$  и  $b$  определяли по методу наименьших квадратов [3]:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n \sigma_{1,i} \sigma_{3,i} - \sum_{i=1}^n \sigma_{1,i} \sum_{i=1}^n \sigma_{3,i}}{n \sum_{i=1}^n \sigma_{3,i}^2 - \left( \sum_{i=1}^n \sigma_{3,i} \right)^2};$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{3,i}^2 \sum_{i=1}^n \sigma_{1,i} - \sum_{i=1}^n \sigma_{3,i} \left( \sum_{i=1}^n \sigma_{1,i} \sigma_{3,i} \right)}{n \sum_{i=1}^n \sigma_{3,i}^2 - \left( \sum_{i=1}^n \sigma_{3,i} \right)^2},$$

где  $n$  – число испытаний.

### ВЫВОДЫ

1. Сконструированный прибор и предлагаемая методика позволяют исследовать прочностные характеристики армированного песчаного грунта.

2. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в армированном песчаном грунте возникают силы связности, а угол внутреннего трения грунта становится значительно большим по сравнению с неармированным.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие П110-01 к СНБ 5.01.01–99. Проектирование и устройство оснований и сооружений из армированного грунта / М. И. Никитенко, Н. Д. Банников, С. Н. Банников. – Мн.: РУП «Минскгипропроект», 2002. – 46 с.
2. Соболевский Ю. А. Механика грунтов. – Мн.: Вышэйш. шк., 1986. – 176 с.
3. Бугров А. К., Нарбут Р. М., Сицидин В. П. Исследование грунтов в условиях трехосного сжатия. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 184 с.