

UDK 624 15

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КРУПНО ОБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ

Доц. А.У. Ташходжаев, асс Д.Н.Галиева, асс. Д.А.Умаров
Ташкентский архитектурно-строительный университет, Узбекистан
E-mail: gdinara26@mail.ru

Аннотация: в данной статье рассматриваются сдвиговые опыты на крупномасштабном сдвиговом приборе. На основании полученных результатов установлены расчетные характеристики для зоны, ограниченной кривыми (фактический гранулометрический состав) суммарного зернового состава.

Annotatsiya: ushbu maqolada katta hajmdagi siljitivchi asboblarda siljish tajribalari muhokama qilinadi. Olingan natijalar asosida umumiy donadorlik tarkibining egri chiziqlari (haqiqiy granulometrik tarkibi) bilan chegaralangan hudud uchun hisoblangan xarakteristikalar aniqlanadi.

Abstract: this article discusses shear experiments on a large-scale shear device. Based on the results obtained, the calculated characteristics for the zone limited by the curves (actual granulometric composition) of the total grain composition were established.

Ключевые слова: плотина, крупнообломочные грунты, перемычки, уплотнение, прибор трехосного сжатия, горизонтальная нагрузка, сдвиг.

При строительстве гидротехнических сооружений из местных материалов качественных насыпей плотин основной задачей является обеспечение качественной укладки грунтов.

В общем случае качество материалов любых зон каменно-земляных плотин определяется их прочностью, деформируемостью и фильтрационными характеристиками. Для удовлетворения этих требований ранее приходилось уточнять зерновые составы горной массы и плотности укладки в решающей стадии строительства, и это определило необходимость проведения экспериментальных исследований по определению прочности каменных материалов на сдвиг, в лабораторных условиях.

Возведение крупного гидротехнического сооружения как Пскемская каменно-земляная плотина высотой 195 метров, является комплексной проблемой с целым рядом вопросов.

Результаты работ позволяют назначить расчетные характеристики грунта используемого для отсыпки тела временной строительной перемычки Пскемской ГЭС.

В работе рассматриваются вопросы контроля несвязных грунтов (горной массы), являющихся в настоящее время наиболее важными в общей технологической схеме возведения земляных плотин. Существующие в настоящее время методы определения контрольных параметров укладки крупнообломочных грунтов крайне разноречивы и требуют больших экспериментальных работ для обоснования контрольных параметров укладки крупнообломочных грунтов в тело плотины. При этом учитывается огромное количество параметров: зерновой состав, влажность, толщина слоя, плотность и т.д., без четкой увязки их друг с другом.

Возведение крупного гидротехнического сооружения, как Пскемская каменно-земляная плотина высотой 200 м, является комплексной проблемой с целым рядом вопросов, связанных с организацией строительства, самой технологией её возведения и контролем.

Согласно проекту упорные призмы верховой перемычки Пскемской плотины возводятся из горной массы. В качестве карьера для упорных призм намечено использовать месторождение №7а, находящееся в верхнем бьефе на левом берегу в 3.0-5.0 км от створа плотины.

Для исследования прочностных свойств крупнообломочных грунтов в лабораторных условиях существуют два основных вида прибора:

а) прибор (установка) плоского сдвига (рис.1);

б) стабилометр-прибор, применяемый для исследования механических свойств грунта в условиях трёхосного сжатия.

Одноосный сдвиговой прибор состоит из следующих основных частей: нижней и верхней кареток; гидравлических домкратов для создания вертикальных и горизонтальных нагрузок и прогибомеры для измерения вертикальных и горизонтальных деформаций. Прибор имеет размер 700x700x700 мм. Нижняя каретка представляет собой металлический контейнер, расположенный на катучих опорах (подвижная). Верхняя каретка (неподвижная) представляет собой раму, укладываемую на катки по нижней каретке. Образец грунта закладывается в контейнер, образованный верхней и нижней каретками, разделенными катками, образуя зазор между ними. Вертикальная нагрузка на образец передается через штампы, а нагрузка на штамп создается непосредственно гидравлическим домкратом ДГ-100, величина ее контролируется манометром. Горизонтальная нагрузка создается горизонтальным домкратом, величина ее также контролируется манометром.

Перемещения каретки фиксируется прогибомерами. Одним из важных этапов подготовки опытов являются тарировка гидравлической системы прибора: насос, напорная линия, домкрат. Тарировка производится с помощью двух образцовых динамометров с пределами измерений 50-100 т. Динамометр устанавливается между опорной балкой и домкратом (для вертикальной и горизонтальной нагрузок).

Строительство грунтовых сооружений для крупных энергетических объектов, а также подготовка основания для мощных агрегатов тепловых электростанций связаны с большими объемами крупнообломочных материалов.

Прибор, имеющий размеры 700x700x700 мм, исходя из условия $5D_{\max} < d_{\text{пр}}$ позволяет в исследованиях принять зерновые составы с максимальным диаметром $D_{\max} = 140$ мм. Если натуральный грунт имеет размеры фракции превышающие возможности прибора, то эксперименты проводятся с модельными смесями.

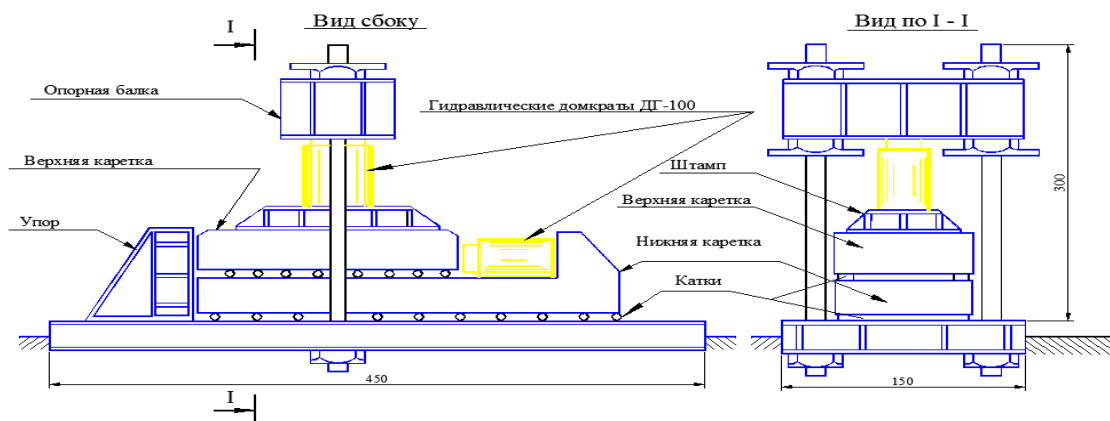


Рис.1. Прибор для определения сдвиговых характеристик грунтов.

Правильное определение расчетных характеристик гравийно-галечниковой смеси и горной массы имеют исключительно важное значение, так как отражается на выборе экономичного решения конструкции, эффективной технологии ее возведения и на деятельности безаварийной эксплуатации построенного сооружения.

Модельная смесь составляется из материала натурального грунта уменьшением фракции в "n" раз, т.е. кривые зернового состава натурального и модельного грунта должны быть параллельны, а зерновой состав модельного грунта ограничен максимальной фракцией $D_{\max} = 140$ мм, т.е. масштаб моделирования подбирается таким образом, чтобы не превосходить максимальный размер фракций. Натурные и модельные составы показаны на рис.2.

Но модельная смесь составлена с максимальной фракцией 120 мм по рекомендации специалистов НИУ МГСУ рис.2.

Последовательность выполнения работ при испытаниях следующая. Для получения размера диаметров фракций модельного грунта диаметры фракций натурального грунта умножаются на масштабный коэффициент.

Приготовленный грунт модельного или естественного состава укладывается в прибор послойно. Толщина слоя укладки $h=1.2 \cdot D_{\max}$ и каждый слой уплотняется ручной трамбовкой. Укладываемый грунт взвешивается, а точней, обмер, прибора позволяет определить средний объемный вес грунта в приборе.

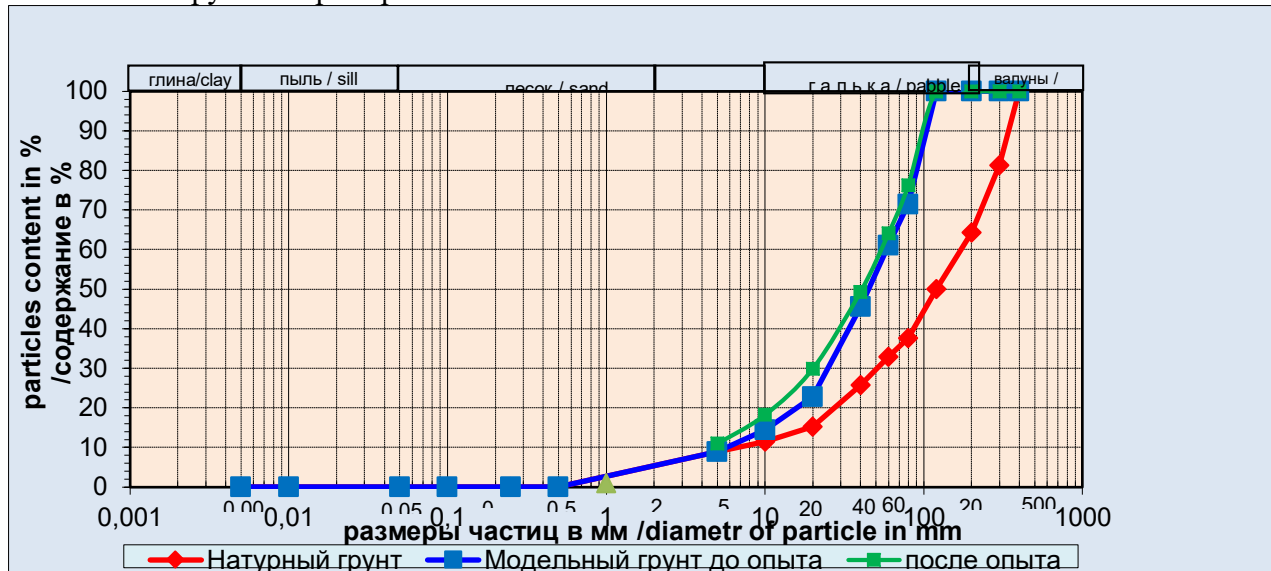


Рис.2. График зернового состава натурального грунта и их модельной смеси до и после опыта.

В связи с переходом оценки прочностных характеристик на доверительную вероятность, следует нормативные и расчётные значения материала устанавливать путём статической обработки результатов экспериментальных данных в количестве не менее шести на каждой вертикальной нагрузке. В нашем случае по количеству (4 нагрузки 2;4;8;12 кгс/см²) число опытов достигло 24.

Грунт укладывался в каретки прибора и уплотнялся ручным методом, плотностью в диапазоне 1,98÷2,03 т/м³.

После укладки грунта в прибор устанавливаются штамп, вертикальный и горизонтальный домкраты, устанавливается упорная балка, упорные и опорные гайки, прогибомеры. В журнале фиксируется начальное значение вертикального положения штампа для определения вертикальных деформаций грунта в процессе опыта.

Вертикальная нагрузка создается вертикальным домкратом ступенями по 0,05-0,1 МПа, до заданной величины и контролируется манометром. При достижении заданной нагрузки фиксируют в журнале значения вертикальной деформации по осадке штампа на каждой ступени нагрузки.

Момент сдвига фиксируется по непрерывному росту горизонтальных деформации, фиксируемых прогибомерами, при постоянном сдвигающем (горизонтальном) усилии. После окончания опыта, сбрасывается давление в домкратах, сначала вертикальное, затем горизонтальное.

По окончании опыта прибор разбирается, производится рассев грунта по фракциям через сита, и каждая фракция взвешивается. Затем строится кривая зернового состава. Анализ зернового состава после опыта дает возможность судить о дробимости каждой фракции состава грунта.

Опыты на сдвиг выполняются для 4 вертикальных нагрузок 2; 4; 8;12 кгс/см². По данным экспериментов строятся графики

$$\tau = f(\Delta l); \quad \tau = f(\sigma),$$

где Δl -величины горизонтальных деформаций, в мм; σ -величины вертикальных давлений, в кг/см².

Определение коэффициента сдвига $tg\varphi$ и сцепления c подсчитываются по методу наименьших квадратов по формулам:

$$tg\varphi = \frac{n \sum_{i=1}^n \sigma_i \tau_i - \sum_{i=1}^n \sigma_i \sum_{i=1}^n \tau_i}{n \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - (\sum_{i=1}^n \sigma_i)^2}; \quad C = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \sum_{i=1}^n \tau_i^2 - \sum_{i=1}^n \sigma_i \sum_{i=1}^n \tau_i \sigma_i}{n \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - (\sum_{i=1}^n \sigma_i)^2},$$

где “n” число опытов; σ -вертикальные напряжения; τ -горизонтальные напряжения, сдвиги; C-зацепление.

Определение главных напряжений σ_1 и σ_3 производится путем построения круга Мора. Предполагается, что сцепление отсутствует, тогда

$$\tau = \sigma \cdot tg\varphi$$

Точка пересечения круга с осью абсцисс и дает искомую величину главных напряжений σ_1 и σ_3 , а угол наклона касательной к оси абсцисс –угол внутреннего трения φ при данном вертикальном напряжении.

При наличии сцепления или зацепления, для каменного материала (горная масса) угол сдвига определяется по формуле:

$$tg\Psi = tg\varphi + \frac{C}{\sigma},$$

где Ψ -угол сдвига; φ -угол внутреннего трения; C-зацепление; σ -вертикальное напряжение.

Коэффициент запаса по грунту вычисляется по совокупности парных измерений вертикальных напряжений и сдвигающих нагрузок от σ_{min} до σ_{max} и зависит от варьирования этих величин, то есть коэффициент вариации “V”.

$$\Delta = n \sum_{i=1}^n (\sigma_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \sigma_i \right)^2 = 8496$$

$$tg\varphi = \frac{1}{\Delta} (n \sum_{i=1}^n \tau_i \sigma_i - \sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n \sigma_i) = 0,805$$

$$c = \frac{1}{\Delta} (\sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 - \sum_{i=1}^n \sigma_i \sum_{i=1}^n \tau_i \sigma_i) = 0,802$$

Расчет коэффициент запаса по грунту

Исходные данные: $n=24$; $\sum_{i=1}^{24} \sigma_i = 156.0$; $\sum_{i=1}^{24} \tau_i = 144.86$; $\sigma_{\frac{min}{max}} = \frac{2}{12}$; $tg\varphi^H = 0.805$;

$$c^H = 0,802; \quad \sum_{i=1}^{24} \sigma_i = 156.0; \quad \sum (\sigma_i - \bar{\sigma}) = 354.0;$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (c^H + \sigma_i tg\varphi^H - \tau_i)^2} = \sqrt{\frac{1}{22} (2.076)} = 0.307;$$

$$G = \frac{\sigma_{min} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}} = \frac{2.0 - 6.5}{\sqrt{354}} = -0.239; \quad D = \frac{\sigma_{max} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}} = \frac{12.0 - 6.5}{\sqrt{354}} = 0.292;$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 - \frac{1 + nGD}{\sqrt{(1 + nG^2)(1 + nD^2)}} \right]} = 0.566;$$

доверительный интервал

$$T_{min} = c^H + G_{min} tg\varphi^H = 0,72 + 2 \cdot 0,798 = 2,316; \quad T_{max} = c^H + G_{max} tg\varphi^H = 0,72 + 12 \cdot 0,798 = 10,296;$$

$$S_{\frac{min}{max}} = \frac{V_T S_i}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{n(\sigma_{\frac{min}{max}} - \bar{\sigma})^2}{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}} = \frac{0.197}{0.223}$$

$$V_T\text{-коэффициент при } k=2 \text{ и } \alpha \text{ доверительной вероятности } 0,95 [81, 82, 83] V_T=2.04;$$

$$S_{\min}^{\max} = \frac{0.197}{0.233}; \gamma_{\sigma} = \frac{T_{\min} + T_{\max}}{T_{\min} - S_{\min} + T_{\max} - S_{\max}} = \frac{2.316 + 10.296}{2.316 - 0.197 + 10.296 - 0.233} = 1.034;$$

Согласно КМК применяем коэффициент запаса по грунту 1,05: тогда расчетные значения будут

$$tg\varphi^P = \frac{tg\varphi^H}{\gamma_{\sigma}} = \frac{0,805}{1,05} = 0,767; c^P = \frac{c^H}{\gamma_{\sigma}} = \frac{0,802}{1,05} = 0,764, \text{ кг/см}^2.$$

Используя расчетные характеристики прочности горной массы для средней кривой зернового состава №2 и методические указания по учету зависимости прочностных характеристик от статического напряженного состояния будем иметь:

$$tg\psi = tg\varphi^P + \frac{c^P}{\sigma}$$

Результаты прочностных характеристик от статического напряженного состояния горной массы
Таблица №1.

σ, кгс/см ²	2	4	8	12
tgφ	1,149	0,958	0,862	0,831
φ°	48,9	43,8	40,8	39,7

Из таблицы №1 следует, что снижение прочности происходит с увеличением напряжений, что позволяет сделать вывод, что упорную призму плотины следует возводить с требованиями их напряженного состояния, то есть для получения однородности по физико-механическим свойствам материала, предъявлять требования к укладке материала в различные зоны тела плотины, обеспечивающие однородность прочностных свойств.

Результаты исследования показаны на графиках зависимости при каждой нагрузке $\tau = f(\Delta l)$ (рис.3÷6) и график зависимости τ и σ .

Литература

1. Rasulov R.Kh. Depth of laying the foundations of structures in seismic regions. Tashkent Publishing house “Tafakkur tomchilari” 2020.
2. Rasulov H.Z. Seismic resistance ground grounds. - Tashkent: Publishing house "Uzbekistan", 1984.-192p.
3. ГОСТ 5180 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
4. ГОСТ 12536 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
5. КМК 2.06.05-98 Плотины из грунтовых материалов.
6. КМК 3.07.01-96 Гидротехнические сооружения речные.