

Сдвиговые испытания связных грунтов при различных траекториях нагружения

Старший преподаватель И.С. Бондарь,
Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева*

Ключевые слова: глинистые грунты; сдвиговые характеристики

В основу существующей системы оценки несущей способности оснований эксплуатируемых гражданских и промышленных зданий и сооружений заложен метод предельных состояний. Два предельных состояния доминируют при расчете оснований, а именно: потеря устойчивости формы равновесия под действием нагрузок – расчет на устойчивость; превышение деформациями допустимых значений – расчет осадки. Напряженно-деформированное состояние оснований зданий и сооружений зависит как от действующих нагрузок, так и от физической природы грунтов основания. Следует отметить, что если при изучении деформационных характеристик грунтов, а также прочностных параметров песчаных грунтов (в диапазоне ускорений колебаний до 1 g) в условиях динамических воздействий достигнуты определенные успехи, то при оценке прочности песчаных (в диапазоне ускорений колебаний более 1 g) и глинистых грунтов, даже в области действия малых ускорений, выводы исследователей самые противоречивые.

Например, как в отечественных [1-15], так и в зарубежных работах [16-21] причиной уменьшения прочности грунтов при вибродинамических воздействиях считают изменения параметров их прочности (угла внутреннего трения φ и сцепления c). Некоторые авторы [5, 7, 11] высказывают мнение, что динамическое воздействие приводит к уменьшению коэффициента трения $\tan\varphi$ между грунтом и погружаемыми в него телами (опускные колодцы, сваи и т.д.).

В других исследованиях [14, 22-30] уменьшение прочностных параметров объясняют кратковременным изменением напряженно-деформированного состояния грунта, возникающим при динамических воздействиях. Необходимо отметить, что такие исследования пока немногочисленны, так как сложность определения напряженно-деформированного состояния грунтов (особенно глинистых) в условиях вибродинамического нагружения требует применения качественно нового экспериментального оборудования, сопряженного с ЭВМ.

В работе [10] сделан вывод, что снижение прочности происходит в результате уменьшения значений φ и c при вибродинамическом воздействии. Авторы испытывали красно-бурый суглинок полутвердой консистенции с частотой пульсирующей нагрузки от 1 до 5 Гц. Падение прочности по отношению к статической составило почти 41%. Кроме того, после завершения опытов было отмечено различное по форме деформированное состояние образцов. Если в случае статического нагружения развитие деформаций глинистых грунтов происходит по наклонной к вертикали площадки, то при пульсирующих воздействиях деформации образцов носят бочкообразный, хаотичный характер.

Ценность и качественная сторона приведенных выше экспериментальных работ не вызывает сомнений. Однако, как отмечается в [32], «...многие вопросы, связанные с выяснением природы и определением количественных характеристик сопротивления грунтов сдвигу не получили необходимого разрешения. Недостаточно выяснено влияние изменения напряженного состояния, а также характеристик трения и сцепления на величину сопротивления грунтов сдвигу и зависимость этих характеристик от условий и параметров колебательного движения» [32].

Представляется неверным то (на это впервые указал профессор Н.Н. Маслов), что почти во всех приведенных выше исследованиях трактовка данных не учитывает амплитудного изменения динамической нагрузки, т.е. за расчетное напряжение принимается средняя за период колебаний его величина. Анализируя результаты накопленного экспериментального материала и различные варианты их обработки, Н.Н. Маслов пришел к выводу [29], что уменьшение сопротивления сдвигу песчаных грунтов при вибродинамических воздействиях объясняется только изменением напряженно-деформированного состояния грунта. Было показано, что изменение прочностных параметров песчаного грунта в значительной степени связано с методикой обработки экспериментального материала.

В настоящее время стандартное оборудование для проведения подобных испытаний отсутствует. Однако в этом направлении проводились и проводятся обширные научные исследования, которые обеспечили развитие достаточно большой экспериментальной базы,

состоящей преимущественно из нестандартного оборудования. Основным направлением развития оборудования явилась модернизация или усовершенствование существующих сдвиговых и трехосных приборов, применяемых для проведения статических испытаний. Дополнительно к ним были созданы виброплощадки и нагружающие устройства, позволяющие имитировать различные по характеру динамические воздействия на грунты [2, 4, 10, 14, 23, 31, 33, 34]. В зависимости от направления возмущающего действия можно выделить два основных состояния одновременного действия внешних статических и вибродинамических нагрузок:

- когда динамическое воздействие приложено в плоскости, перпендикулярной направлению сдвигающего усилия;
- когда направление сдвигающего усилия T совпадает с направлением вибродинамического воздействия.

В литературе известны динамические сдвиговые приборы конструкции ДИИТ [4] Д.С. Левшинского, И.А. Савченко [14], многоплоскостной прибор конструкции ВНИИГ [33], конструкции Д.Д. Баркана [35, 36] и др.

Основными параметрами, используемыми в расчётах на устойчивость, являются прочностные характеристики грунтов – угол внутреннего трения и сцепление.

Одним из характерных видов деформации грунтов в природных условиях является простой сдвиг (скашивание), который при увеличении касательных напряжений до некоторого предельного значения завершается истощением их прочности с разрывом или без разрыва сплошности материала. Сопротивление сдвигу является основным прочностным показателем грунтов вообще и глинистых грунтов в частности. Определение сопротивления сдвигу глинистых грунтов испытанием их в условиях простого сдвига имеет важное прикладное значение. В связи с этим, несмотря на внедрение в лабораторную практику новых методов определения прочностных свойств грунтов, использование метода сдвига нисколько не потеряло своего значения. Этот метод испытания грунта на сегодня достаточно востребован.

В опытах на сдвиг в наибольшей степени отображаются действительные условия возможного сдвига сооружения, явления нарушения сопротивления грунта сдвигу очевидны, наглядны и убедительны. Эти опыты предельно просты, а при соблюдении условия дренирования данные испытаний глинистых грунтов методом прямого среза совпадают с данными трёхосных испытаний на сжатие. Между тем эти опыты имеют явное преимущество перед опытами на трёхосное сжатие в смысле определенности напряженного состояния образца, простоты и надежности замера деформации и т. д.

Так, например, изменения свойств слабых глинистых грунтов в лабораторных условиях были изучены на динамическом компрессионно-сдвиговом приборе, опытный образец которого был изготовлен в САФНИИОСП (Таджикистан). Прибор позволяет создавать знакопеременные динамические нагрузки (перепад напряжения) в вертикальном и горизонтальном направлениях, величина которых может составлять 10...50% от статических. Испытания показали, что при перепаде динамических воздействий $n = 10, 20$ и 30% от статических происходит изменение сопротивления сдвигу, которое авторы связывают со снижением значения угла внутреннего трения на $2, 6$ и 8° соответственно. Зависимость изменения удельного сцепления C от перепадов динамического воздействия n имеет более сложный характер. Анализ осредненных значений удельного сцепления грунта свидетельствует о незначительном уменьшении его значения (в пределах 12...15%) при динамических воздействиях. В целом проведенные лабораторные испытания позволили оценить полученные результаты исследований только с качественной стороны, однако пока не позволили разработать конкретные предложения по их учету в расчетах оснований.

Аналогичные исследования лессовидных суглинков проведены в Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (Алматы). Суглинок был взят с горы Кок-тюбе (Зайлийский Алатау, Алматы) и исследовался двух видов. Один с глубины 22 метра, делювиального происхождения с естественной влажностью $W = 0,138$, числом пластичности $J_p = 0,098$, границей раскатывания $W_p = 0,205$, границей текучести $W_L = 0,303$, коэффициентом консистенции (показателем текучести) $J_L = -0,68$, плотностью твердых частиц $\rho_s = 2,7 \text{ г/см}^3$, плотностью $\rho = 1,55 \text{ г/см}^3$. Другой с глубины 26 метров, с естественной влажностью $W = 0,207$, числом пластичности $J_p = 0,113$, границей раскатывания $W_p = 0,205$, границей текучести $W_L = 0,318$, коэффициентом консистенции (показателем текучести) $J_L = 0,02$, плотностью твердых частиц $\rho_s = 2,71 \text{ г/см}^3$, плотностью $\rho = 1,86 \text{ г/см}^3$. Ниже приводятся результаты испытаний тугопластичного суглинка методом прямого среза в модифицированном сдвиговом приборе, работающем по кинематической схеме загрузки (режим заданных деформаций) при двух видах нагружения: статическом и вибрационном. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 1.

Бондарь И.С. Сдвиговые испытания связных грунтов при различных траекториях нагружения

В срезных приборах основными конструктивными элементами являются верхняя и нижняя обоймы (1), определяющие своим движением плоскость среза (рис. 1). Внутри обоймы располагается исследуемый грунт (2), напряженно-деформированное состояние которого определяют значения действующих нормального N и сдвигающего T усилий. К основным недостаткам применяемых ранее сдвиговых приборов следует отнести: неоднородность напряженного состояния по высоте образца вследствие концентрации касательных напряжений у краев; неравномерность распределения касательных напряжений в плоскости среза; переменность площади среза и ограниченность деформаций сдвига, трение грунта о грани обойм прибора. Для проведения экспериментальных исследований автором использован модифицированный вариант прибора одноплоскостного среза ВСВ-25 конструкции Гидропроекта, общий вид которого показан на рис. 2.

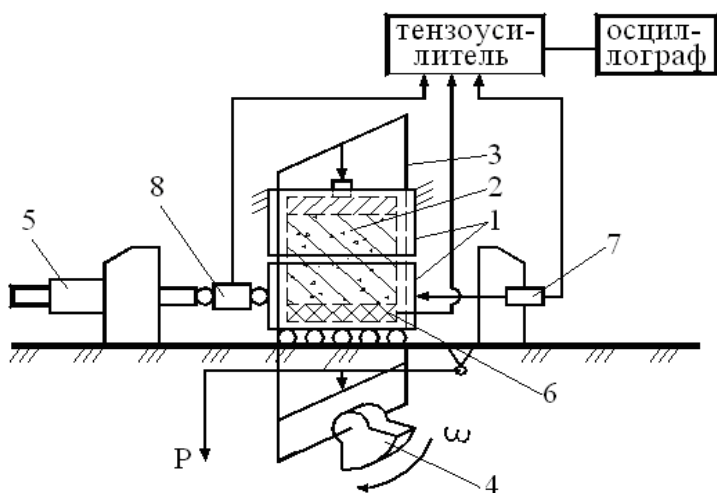


Рисунок 1. Схема вибросдвигового прибора:
 1 – обоймы сдвигового прибора; 2 – образец грунта;
 3 – загрузочная рама;
 4 – эксцентрик; 5 – электродвигатель с редуктором;
 6 – тензодатчик вертикальной нагрузки;
 7 – тензодатчик перемещения нижней обоймы;
 8 – тензодатчик горизонтального усилия

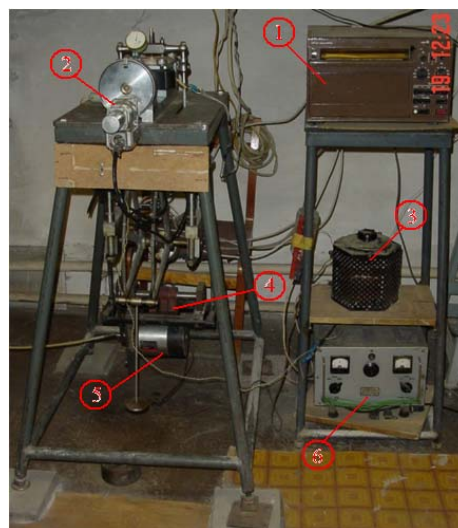


Рисунок 2. Общий вид вибросдвигового прибора:
 1 – осциллограф; 2 – двигатель с редуктором; 3 – лабораторный ЛАТР;
 4 – эксцентриковый вращательный вибратор; 5 – электродвигатель постоянного тока;
 6 – источник питания

В отличие от ранее известных, прибор обеспечивает более равномерное распределение напряжений, действующих в плоскости среза, за счет симметричного действия нормальных N и сдвигающих T усилий. Увеличение толщины стенок обойм прибора позволило достичь величины относительной деформации сдвига образца 27%.

Испытывались образцы-близнецы грунта в количестве 18 штук (6 – при нормальном давлении $\sigma = 100$ кПа, 6 – при нормальном давлении $\sigma = 200$ кПа, 6 – при нормальном давлении $\sigma = 300$ кПа) ненарушенной структуры, предварительно уплотненные в течение 72 часов. Скорость сдвига для всех испытаний составляла 0,1 мм/мин., частота вибрации при вибрационных воздействиях – 10 Гц.

Во избежание потери влажности образцов гильзы прибора предварительного уплотнения и обоймы срезного прибора помещались в тройные полиэтиленовые мешочки.

Целью исследования являлось определение параметров пиковой и остаточной прочности грунта при статическом и вибрационном нагружении образцов грунта. Характеристики остаточной прочности уточнялись повторным сдвигом образцов, аналогичным методу Н.Н. Маслова (метод «плашка по плашке»). Далее образцы-близнецы этого же грунта испытывались при нагружении динамической нагрузкой, которая изменяла действующее статическое значение на 20% по синусоидальному закону.

Графики сопротивления сдвигу грунта при статическом воздействии в координатах «касательное напряжение – перемещение» показаны на рисунке 3. Хорошо просматривается тенденция увеличения сопротивления сдвигу до определенного стабилизированного предельного значения. Испытания в статическом режиме показали отсутствие пикового сопротивления и в предельном состоянии для суглинки устанавливаются следующие параметры:

$$\varphi_{cm} = 37^{\circ}, C_{cm} = 20,5 \text{ кПа.}$$

Бондарь И.С. Сдвиговые испытания связных грунтов при различных траекториях нагружения

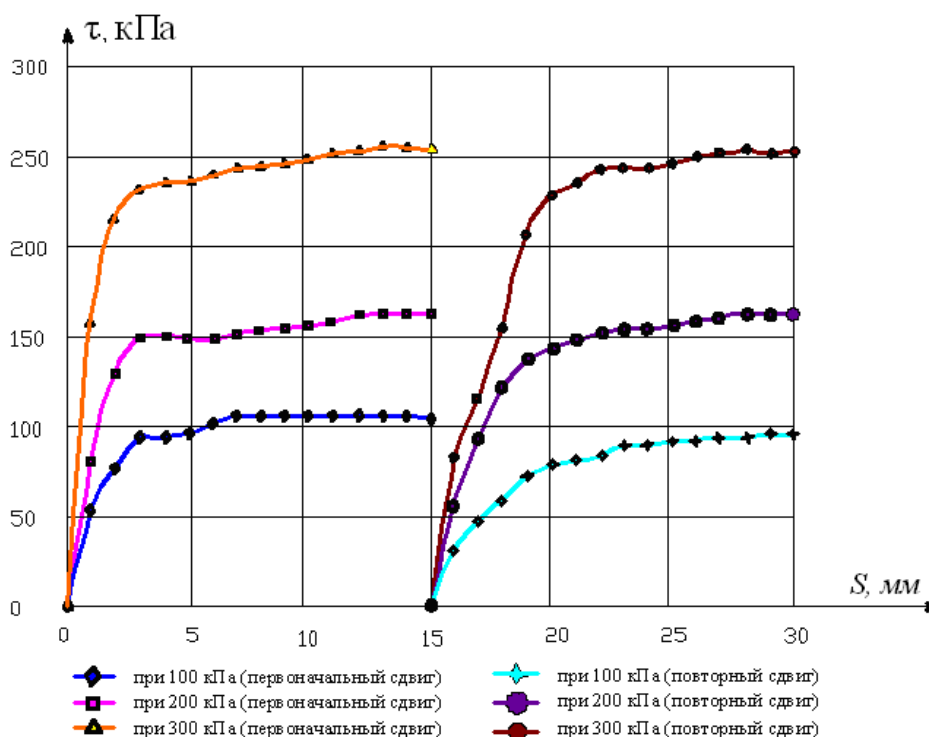


Рисунок 3. График зависимости сопротивления сдвигу при статике

На рисунке 4 представлены графики сопротивления сдвигу при вибрационном режиме нагружения. Величина амплитудной составляющей $\Delta\sigma_n$ нормального напряжения составила 20% от $\sigma_{ср}$. Характерно, что в этом случае наблюдается падение сопротивления сдвигу после максимального пикового. Появление пикового сопротивления, скорее всего, объясняется дополнительным упрочнением вследствие вибрации. Как было отмечено в работах Маслова Н.Н., Иванова П.Л., Красникова Н.Д. [32, 37-38], при вибрационных воздействиях на связный грунт с влажностью выше границы раскатывания молекулы связной воды и ионы диффузного слоя приходят в движение и временно теряют свою ориентацию к поверхности частиц. Вода диффузного слоя становится свободной, и создаются условия, соответствующие переувлажненному состоянию, и грунт из пластического состояния переходит в текучепластическое. В грунте происходят процессы тиксотропного разупрочнения, и его характеристики прочности уменьшаются. Однако после прекращения вибрации связи между водой и частицами восстанавливаются, и грунт переходит в первоначальное состояние.

В эксперименте сдвиг выполнялся с повтором перемещения обоймы. Диаграммы сопротивления сдвигу, как при первом движении обоймы, так и при последующем, показывают сопоставимые данные. При повторном сдвиге опять проявилось пиковое сопротивление, которое по мере перемещения обойм уменьшилось до некоторого уровня.

Для объяснения уменьшения сопротивления сдвигу существуют две гипотезы:

- уменьшение происходит вследствие изменения параметров прочности в состоянии предельного равновесия;
- уменьшение происходит из-за изменения напряженного состояния образца грунта в приборе при динамической нагрузке.

Автору представляется, что если изменение параметров прочности и происходит, то незначительно. Такое предположение высказывалось Ивановым П.Л., Красниковым Н.Д., которые считали, что динамическое колебание напряжения, накладываемое на статическое по гармоническому закону, приводит к изменению напряженного состояния грунта в плоскости сдвига. По их данным в широком диапазоне изменения ускорений (до 2g) угол внутреннего трения не меняется и остается постоянным. Условие изменения сопротивления сдвигу в несвязном грунте будет зависеть от времени воздействия (t) и порового давления u_w и определяться зависимостью вида:

$$\tau \pm \Delta\tau(t) < [\sigma - u_w(t) \pm \Delta\sigma(t)]tg\varphi. \quad (1)$$

В то же время отмечается, что при ускорениях колебаний больше 2g в грунтах условие постоянства угла внутреннего трения может существенно измениться из-за образования на контакте частиц избыточной влажности.

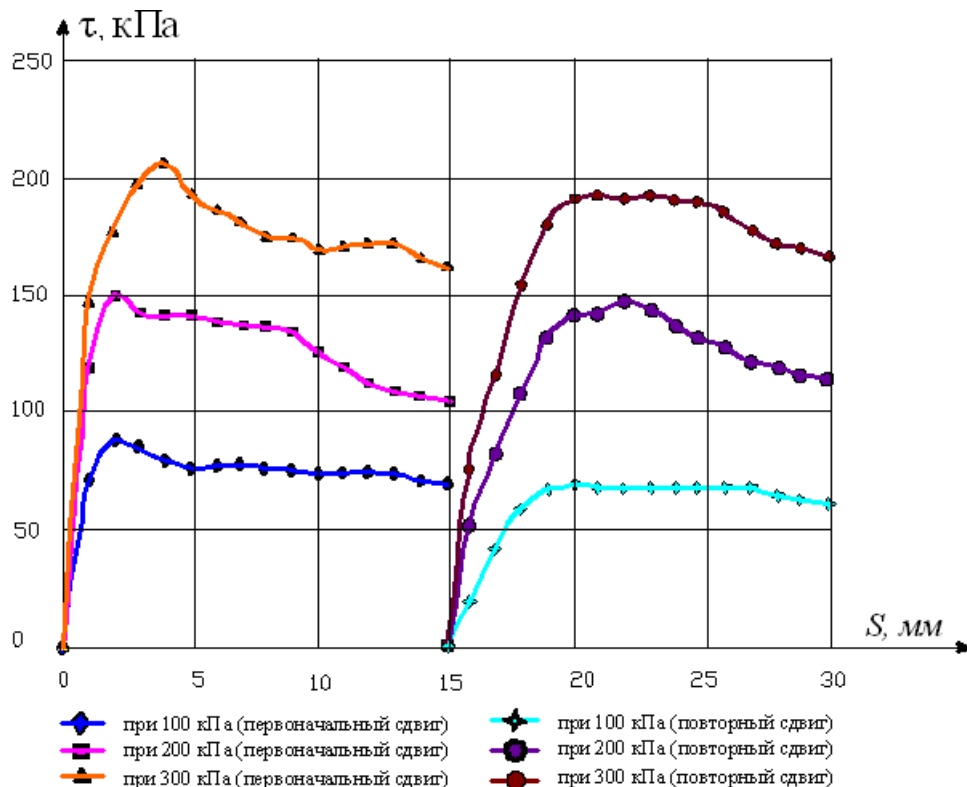


Рисунок 4. График сопротивления сдвигу при динамическом нагружении

Учитывая это, обработка результатов выполнена в двух вариантах: без учета изменения нормального напряжения по средним значениям σ_{cp} , результаты которых приведены на рисунке 5, а также с учетом изменения $\Delta\sigma_n$, результаты приведены на рисунке 6.

Параметры прочности, характеризующие предельное состояние без учета изменения нормального напряжения по средним значениям σ_{cp} , показывают изменение φ от $37,1^\circ$ до $27,5^\circ$, изменение сцепления – от 20,5 кПа до 13,7 кПа.

Параметры прочности, характеризующие предельное состояние с учетом изменения напряжения в плоскости сдвига, были получены из предположения, что сдвиг происходит в основном при разгрузке образца грунта. Таким образом, фактическое напряжение определялось условием:

$$\sigma_{n,факт} = \sigma_{n,ср} - \Delta\sigma_n. \quad (2)$$

Используя выражение (2), получаем, что изменение φ составляет от $37,1^\circ$ до 33° , изменение сцепления – от 20,5 кПа до 13,7 кПа.

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что динамика влияет на сопротивление сдвигу и при перепаде динамических воздействий до 20% от среднего значения приводит к изменению угла внутреннего трения до 4° . Величина сцепления практически не меняется. Эти результаты подтверждают данные САФНИИОСПа.

Для подтверждения того факта, что сдвиг происходит при разгрузке, были проделаны опыты с переменным приложением к образцу грунта статического и динамического нагружения при постоянной скорости перемещения обоймы прибора. Согласно принятой траектории нагружения, в начале сдвиг производился при статическом наложении нормального давления. Затем, при достижении абсолютной деформации образца значения равного 2 мм, включался вращательный вибратор, и до деформации 4 мм грунт испытывался в условиях вибрации. Затем вибратор отключался, и до деформации 6 мм на образец грунта воздействовало только статическое давление и т.д.

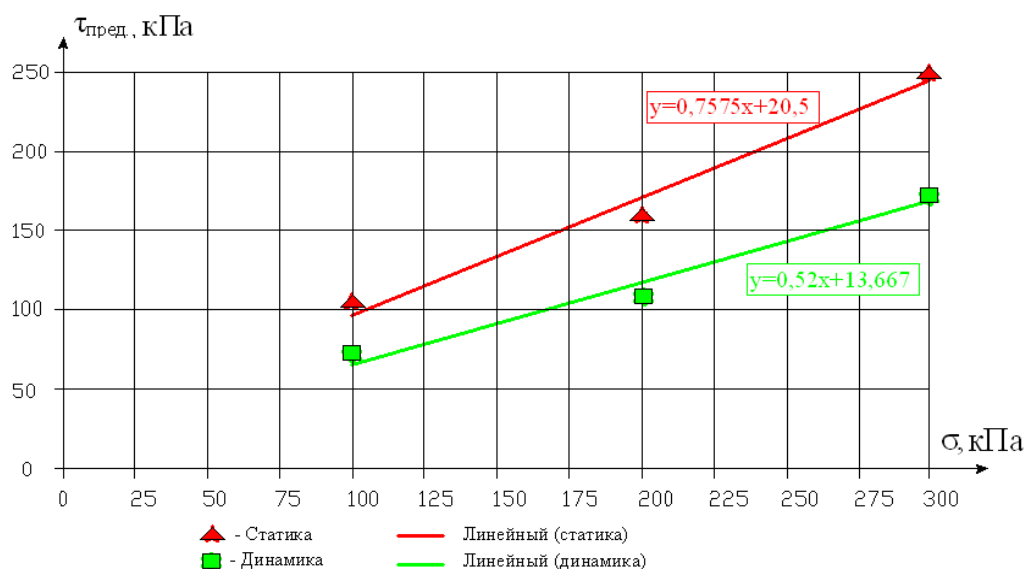


Рисунок 5. Диаграммы предельного состояния суглинка при статическом и динамическом нагружениях, построенные по средним значениям нормального напряжения

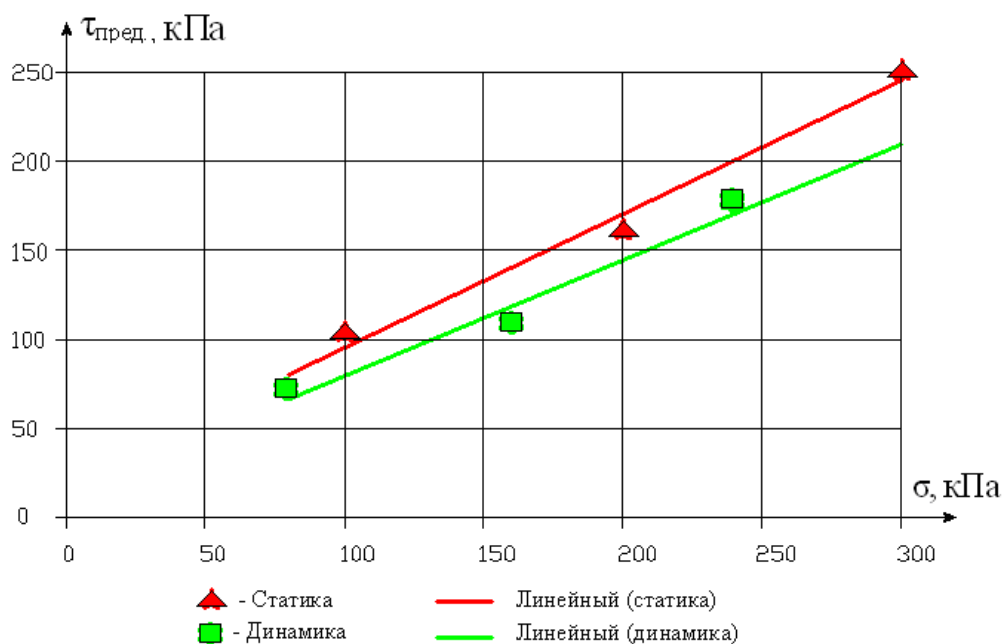


Рисунок 6. Диаграммы предельного состояния суглинка при статическом и динамическом нагружениях, построенные с учетом изменения нормального напряжения в плоскости сдвига

На рисунке 7 показаны графики сопротивления сдвигу, соответствующие пульсирующему режиму нагружения по специальной траектории, – поочередному приложению статических и вибродинамических составляющих нормального напряжения.

Сравнение параметров, полученных при циклическом режиме нагружения, с параметрами, полученными при чисто статических и чисто вибрационных воздействиях, позволяет сделать вывод о различии в показателях прочности, а, следовательно, и о влиянии условий нагружения на результаты сдвиговых испытаний глинистых грунтов.

При определении расчетных прочностных характеристик грунтов в лабораторных условиях необходимо выбирать такой режим испытаний, который наиболее близко соответствует напряженно-деформированному состоянию оснований и реальному поведению грунта под нагрузкой.

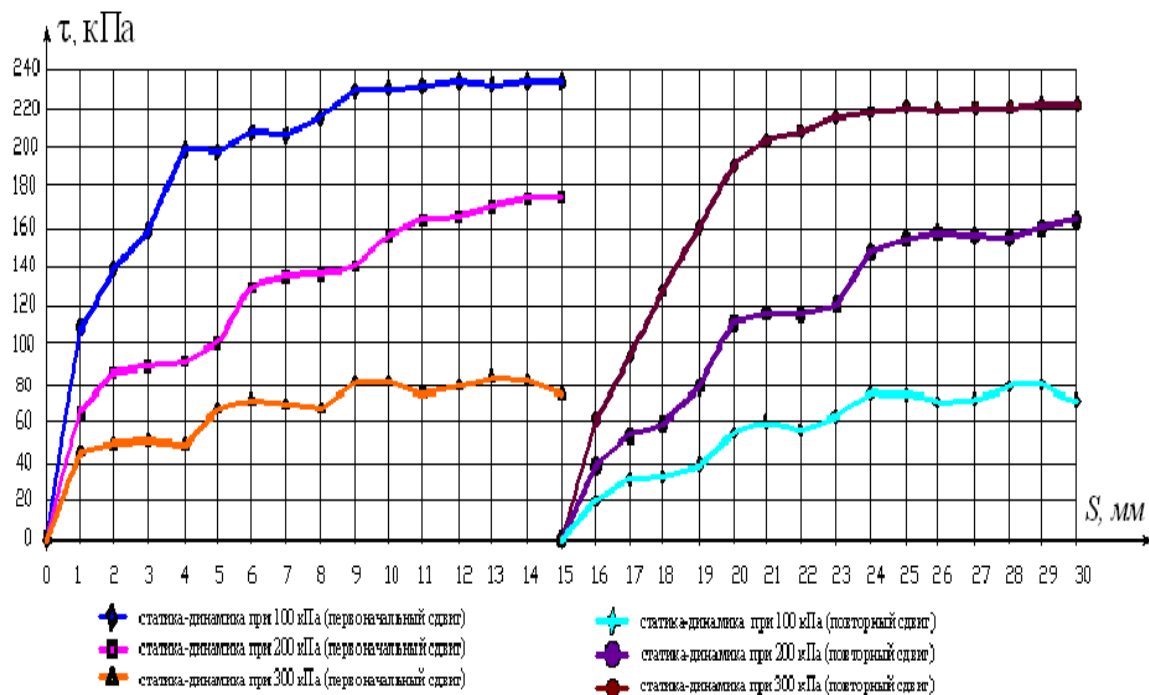


Рисунок 7. Диаграмма сопротивления сдвигу поочередного нагружения грунта статической и динамической нагрузкой

Выводы

1. Экспериментальными исследованиями на вибросдвиговой установке подтверждено, что для связных грунтов динамическое изменение уплотняющей нагрузки с частотой воздействия до 10 Гц приводит к уменьшению сопротивляемости сдвигу.
2. При обработке данных с учетом изменения напряженного состояния в плоскости сдвига динамическое воздействие, составляющее до 20% от среднего значения, в суглинках пластичной консистенции приводит к изменению угла внутреннего трения до 4°. Величина сцепления практически не меняется.
3. Специальной траекторией приложения динамической и статической нагрузки подтверждено, что динамика приводит к снижению прочности связного грунта, а после прекращения вибрации связи между водой и частицами восстанавливаются, и грунт переходит в первоначальное состояние.

Литература

1. Жихович В. В. О методике исследований глинистых грунтов на циклическую нагрузку в условиях одноплоскостного среза // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1996. № 5. С. 10-13.
2. Валов А. П. Изучение динамических свойств сыпучих материалов // Сейсмостойкость плотин. 1969. Вып. I. С. 9-31.
3. Казарновский В. Д. Динамическая реология грунтов // Труды СоюзДорНИИ. 1997. № 194. С. 4-14.
4. Хархута Н. Е., Васильев Ю. М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1975. 288 с.
5. Виноградова Л. Г. Лабораторный способ определения и исследования динамических свойств связного грунта: дисс. ... канд. техн. Наук. Свердловск, 1978. 18 с.
6. Казарновский В. Д. Оценка сдвигоустойчивости связных грунтов в дорожном строительстве. Теоретические аспекты и практические методы. М.: Транспорт, 1985. 168 с.
7. Вялов С. С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высшая школа, 1978. 447 с.
8. Иващенко И. Н., Исаханов Е. А. Исследование длительной прочности глинистого грунта // Изв. АН УзССР, серия техн. Наук. 1971. № 2. С. 68-70.
9. Иващенко И. Н., Игнашин А. П. Экспериментальные исследования прочности грунтов при динамических воздействиях // Гидротехническое строительство. 1982. № 10. С. 37-39.
10. Лапидус А. С., Стороженко В. И. Прочность грунтов при пульсационных нагрузках // Вопросы геотехники. Транспорт. 1964. №7. С. 96-104.

11. Жихович В. В. К уточнению экспериментальных значений сопротивления грунтов сдвигу // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. 1980. № 3. С. 21-23.
12. Покровский Г. М., Булычев В. Г. и др. Исследование внутреннего трения в песках и глинах // Вестник Военно-инженерной академии РККА. 1945. № 6. С. 26-32.
13. Преображенская Н. А., Савченко И. А. О влиянии вибраций на сопротивление глинистых грунтов сдвигу // Динамика грунтов: сб. НИИ оснований. 1958. № 32. С. 89-92.
14. Савченко И. А. Влияние вибраций на внутреннее трение в песках // Динамика грунтов: сб. НИИ оснований. 1958. № 32. С. 83-88.
15. Бабков В. Ф., Безрук Р. М. Основы грунтоведения и механики грунтов. Учебное пособие для автомоб.- дорож. специальностей вузов. М., 1986. 239 с.
16. Jond T. L. Densification and shear of sand during vibration // Proc. ASCE. 1970. 93 (SM3). Pp. 863-880.
17. Lee K. L., Seed H. B. Cyclic stress conditions causing liquefaction of sand // Proc. ASCE. 1977. 93 (SM1). Pp. 47-70.
18. Lee K. L., Seed H. B. Dynamic strength of anisotropically consolidated sand // J. of Soil Mech. a Found. Dur. ASCE. 1977. Vol. 93. № 5. Pp. 52-64.
19. Rendon F. Summary an liquefaction and cyclic mobility research performed on guratory shear apparatus. Intern. Rep. Soil Mechanics Laboratory, Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 1973. 89 p.
20. Seed H. B., Chan C. K. Clay strength under carthquake loading conditions // Proc. ASCE. 1976. 92 (SM2). Pp. 53-78.
21. Shempton A. W. Long-therm stability of clay stopes // 4th Rannine Lecture, Geotechnique. 1984. № 14. Pp. 77-102.
22. Гольдштейн И. Н., Бабицкая С. С. Влияние режима испытаний на деформативно-прочностное поведение глинистого грунта // Труды 1-го Всес. Симпозиума по реологии грунтов. 1973. С. 178-181.
23. Зарецкий Ю. К., Ломбарбо В. Н. Статика и динамика грунтовых плотин. М.: Энергоатомиздат, 1983. 255 с.
24. Зарецкий Ю. К., Чернилов А. Г. и др. Прочность и деформируемость несвязных грунтов при динамических воздействиях // Гидротехническое строительство. 1982. № 10. С. 39-44.
25. Иванов П. Л., Итина Л. И., Поспелов В. А. Влияние динамических нагрузок на прочность песчаных грунтов // Материалы IV Всесоюзной конференции. 1977. Кн. 2. С. 200-203.
26. Геотехника в транспортном строительстве. Межвуз. сб. научных трудов. Днепропетровск, 1988. 92 с.
27. Крыжановский А. Л., Хомяков В. А. Угол трения сыпучего грунта в условиях динамического нагружения и разгрузки // Способы устройства фундаментов и подземных этажей в условиях слабых и мерзлых грунтов: сб. трудов ЛИСИ. 1985. С. 59-64.
28. Тейлор Д. В. Основы механики грунтов. М.: Госстройиздат. 345 с.
29. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высшая школа, 1982. 228 с.
30. Ставницер Л. Р., Карпушина З. С. Динамические трехосные испытания песчаных грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1973. № 1. С. 23-25.
31. Перлей Е. М. Об изменении характеристик внешнего и внутреннего трения движения грунтов под действием вибрации // Тр. ВНИИГМ. М.-Л.: Стройиздат, 1964. Вып. 17. С. 53; Т. XXIV. С. 78.
32. Красников Н. Д. Динамические свойства грунтов и методы их определения. Л.: Стройиздат, 1970. 238 с.
33. Терцаги К., Пек Р. Механика грунтов в инженерной практике. М.: Госстройиздат, 1958. 607 с.
34. Жинкин Г. Н., Прокудин И. В. Изменение прочностных характеристик глинистых грунтов при действии вибродинамической нагрузки и их влияние на устойчивость земляного полотна // Свойства грунтов при вибрациях: материалы III Всесоюзной конференции. Ташкент: Фан, 1973. С. 98-105.
35. Баркан Д. Д. Виброметод в строительстве. М.: Госстройиздат, 1959. 325 с.
36. Баркан Д. Д. Динамика оснований и фундаментов. М.: Стройвоенмориздат, 1948. 412 с.
37. Маслов Н. Н. Механика грунтов в практике строительства. М.: Стройиздат, 1977. 263 с.
38. Иванов П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. М.: Высшая школа, 1985. 352 с.

**Иван Сергеевич Бондарь, Алматы, Казахстан
Тел. моб.: +7(707)364-15-33, эл. почта: ivan_sergeevich_08@mail.ru*

© Бондарь И.С., 2012

doi: 10.5862/MCE.33.6

Shift tests of cohesive soils under the various loading trajectories

I.S. Bondar,*Kazakh national technical university named K.I. Satpaeva, Almaty, Kazakhstan
+7(707)364-15-33, e-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru*

Key words

clay soil; shearing characteristics of soil

Abstract

In the article the results of tests of loams by static, dynamic and cyclic loads are given.

Simple shift (cutting) is typical for soil deformation in natural conditions. At an increase of tangential stresses up to a limiting value the simple shift is completed by exhausting their strengths with break or without break of material uniformity. Shear strength is the basic strength parameter of soils in general and clay soils in particular.

The estimation of shear strength of clay soils by tests in conditions of simple shift by static, dynamic and cyclic loads was considered. The diagrams of limiting state confirming the influence of low-frequency vibration on strength characteristics of cohesive soils were obtained.

References

1. Zhikhovich V. V. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Basis, foundations and mechanics of soils]. 1996. No. 5. Pp. 10-13. (rus)
2. Valov A. P. *Seysmostoykost plotin* [Seismic stability of dams]. 1969. No. 1. Pp. 9-31. (rus)
3. Kazarnovskiy V. D. *Trudy SoyuzDorNIi* [Proceeding of the Road Research Institute], 1997. No. 194. Pp. 4-14. (rus)
4. Kharkhuta N. E., Vasilev Yu.M. *Prochnost, ustoychivost i uplotnenie gruntov zemlyanogo polotna avtomobilnykh dorog* [Durability, stability and compression of soils of earthen linen of highways]. Moscow: Transport, 1975. 288 p. (rus)
5. Vinogradova L. G. *Laboratornyi sposob opredeleniia i issledovaniia dinamicheskikh svoistv sviaznogo grunta* [The laboratory method of determination and research of dynamic properties of coherent soil]. Dissertation of Sciences. Sverdlovsk, 1978. 18 p. (rus)
6. Kazarnovskiy V. D. *Otsenka sdvigoustoichivosti sviaznykh gruntov v dorozhnom stroitelstve. Teoreticheskie aspekty i prakticheskie metody* [Estimation of shift-stability of coherent soils in travelling building. Theoretical aspects and practical methods]. Moscow: Transport, 1985. 168 p. (rus)
7. Vyalov S. S. *Reologicheskie osnovy mekhaniki gruntov* [Rheological bases of mechanics of soils]. Moscow: Higher school, 1978. 447 p. (rus)
8. Ivaschenko I. N., Isakhanov E. A. *Izvestiya Akademii Nauk UZSSR. Seriya tekhnicheskikh nauk* [Proceedings of the Academy of Sciences. Series of tekhn. Sciences]. 1971. No. 2. Pp. 68-70. (rus)
9. Ivaschenko I. N., Ignashin A. P. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydrotechnical building]. 1982. No. 10. Pp. 37-39. (rus)
10. Lapidus A. S., Storozhenko V. I. *Voprosy geotekhniki. Transport* [Geotechnical issues. Transport], 1964. No. 7. Pp. 96-104. (rus)
11. Zhikhovich V. V. *Izvestiya VUZov. Stroitelstvo i arkhitektura* [Proceeding of Institutes. Building and architecture]. 1980. No. 3. Pp. 21-23. (rus)
12. Pokrovskiy G. M., Bulychev V. G. and other. *Vestnik Voenno-inzhenernoy akademii RKKA* [Bulletin of the military Engineering academy of RKKA]. 1945. No. 6.
13. Preobrazhenskaya N. A., Savchenko I. A. *Dinamika gruntov; sbornik NII osnovaniy* [Soils dynamics]. 1958. No. 32. Pp. 89-92. (rus)
14. Savchenko I. A. *Dinamika gruntov; sbornik NII osnovaniy* [Soils dynamics]. 1958. No. 32. Pp. 83-88. (rus)
15. Babkov V. F., Bezruk R. M. *Osnovy gruntovedeniia i mekhaniki gruntov. Uchebnoe posobie dlia avtomob.-dorozh. spetsialnostei vuzov* [Bases of pedology and mechanics of soils]. Moscow, 1986. 239 p. (rus)
16. Jond T. L. *Densification and shear of sand during vibration. Proc. ASCE.* 1970. 93 (SM3). 863-880.

17. Lee K. L., Seed H.B. Cyclic stress conditions causing liquefaction of sand. *Proc. ASCE*. 1977. 93 (SM1). 47-70.
18. Lee K. L., Seed H. B. Dynamic strength of anisotropically consolidated sand. *J. of Soil Mech. a Found. Dur. ASCE*. 1977. Vol. 93. No. 5.
19. Rendon F. Summary an liquefaction and cyclic mobility research performed on guratory shear apparatus. – Intern. *Rep. Soil Mechanics Laboratory*, Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 1973.
20. Seed H. B., Chan C.K. Clay strength under carthquake loading conditions. *Proc. ASCE*. 92 (SM2). 53-78. 1976.
21. Shempton A. W. Long-term stability of clay stopes. *4th Ranrine Lecture. Geotechnique*. 1984. No. 14. Pp. 77-102.
22. Goldshteyn I. N., Babickaya S. S. *Trudy 1th Vsesovetskogo Symposiuma po reologii gruntov* [Proceeding of First Soviet Symposium of reological of soils]. 1973. Pp. 178-181. (rus)
23. Zareckiy Yu. K., Lombarbo V. N. *Statika i dinamika gruntovykh plotin* [Statics and dynamics of the ground weirs]. Moscow: Energoatomizdat, 1983. 255 p. (rus)
24. Zareckiy Yu. K., Chernilov A. G. and other. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydrotechnical building]. 1982. No. 10. Pp. 39-44. (rus)
25. Ivanov P. L., Itina L. I., Pospelov V. A. *Materialy IV Vsesoyuznoy konferentsii* [Proceedings of the IV All-union conference]. 1977. Book 2. Pp. 200-203. (rus)
26. *Geotekhnika v transportnom stroitelstve* [Geotechnics in a transport building]. Dnepropetrovsk, 1988. 92 p. (rus)
27. Kryzhanovskiy A. L., Khomyakov V. A. *Sposoby ustroistva fundamentov i podzemnykh etazhei v usloviyakh slabyykh i merzlykh gruntov* [Ways device of foundations and underground floors in the conditions of weak and frozen soils]. Leningrad, 1985. Pp. 59-64 pp. (rus)
28. Teylor D. V. *Osnovy mekhaniki gruntov* [Bases of mechanics of soils]. Moscow: Gosstroyizdat, 345 p. (rus)
29. Maslov N. N. *Osnovy inzhenernoi geologii i mekhaniki gruntov* [Bases of engineering geology and mechanics of soils]. Moscow: Higher school, 1982. 228 p. (rus)
30. Stavnicer L. R., Karpushina Z. S. *Osnovaniya, fundamentey i mekhanika gruntov* [Basis, foundations and mechanics of soils]. 1973. No. 1. Pp. 23-25. (rus)
31. Perley E. M. *Ob izmenenii kharakteristik vneshnego i vnutrennego treniia dvizheniia gruntov pod deistviem vibratsii* [On the change of descriptions of external and internal friction of motion of soils under the action of vibration]. Moscow-Leningrad: Stroyizdat, 1964. No. 17. 53 p. T. XXIV. 78 p. (rus)
32. Krasnikov N. D. *Dinamicheskie svoystva gruntov i metody ikh opredeleniya* [Dynamic properties of soils and methods of their determination]. Leningrad: Stroyizdat, 1970. 238 p. (rus)
33. Tercagi K., Pek R. *Mekhanika gruntov v inzhenernoi praktike* [Mechanics stove soils in engineering practice]. Moscow: Gosstroyizdat, 1958. 607 p. (rus)
34. Zhinkin G. N., Prokudin I. V. *Svoystva gruntov pri vibratsiiakh: materialy III Vsesoiuznoi konferentsii* [Properties of soils at vibrations]. Tashkent: Fan, 1973. (rus)
35. Barkan D. D. *Vibrometod v stroitelstve* [Vibro method in building]. Moscow: Gosstroyizdat, 1959. (rus)
36. Barkan D. D. *Dinamika osnovaniy i fundamentov* [Dynamics of grounds and foundations]. Moscow: Stroyvoenmorizdat, 1948. 412 p. (rus)
37. Maslov N. N. *Mekhanika gruntov v praktike stroitelstva* [Mechanics of soils in practice of construction]. Moscow: Stroyizdat, 1977. Pp. 45-47. (rus)
38. Ivanov P. L. *Grunty i osnovaniya gidrotekhnichaskikh sooruzheniy* [Soils and the bases of hydraulic engineering constructions]. 1985. 352 p. (rus)
39. Krasnikov N. D. *Dinamicheskie svoystva gruntov i metody ikh opredeleniya* [Dynamic of property of soils and methods of their definition]. Leningrad: Stroyizdat, 1970. 238 p. (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 50-57