

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТА В УСЛОВИЯХ НЕВОЗМОЖНОСТИ ЕГО БОКОВОГО РАСШИРЕНИЯ

Конспект:

И сейчас ведется дискуссия о том, какой плотности грунт оказывает наибольшее давление σ_x в условия невозможности его бокового расширения.

Автором созданы устройства и датчики, которые позволяют измерять боковое давление без подвижки стенки или поверхности измерительного прибора, воспринимающей давление грунта. Одно из устройств имеет квадратную, другое - круглую в плане форму полости.

Найдены причины расхождения величин $K = \sigma_x/\sigma_z$ в этих устройствах. Наиболее близкое совпадение значений K и K_0 получено при измерениях бокового давления в устройстве ИБД-2 и большом градуировочном устройстве, когда внешняя нагрузка прилагается к поверхности грунта через гибкую резиновую диафрагму.

Предмет исследования. Грунт. Устройства и аппаратура.

До настоящего времени ведется дискуссия о том, какой плотности грунт оказывает наибольшее давление на неподвижную подпорную стенку - более или менее плотный. Сложность экспериментального решения задачи, как и нахождение $K = \sigma_x/\sigma_z$ заключается в измерении давления грунта при недопустимости смещения стенки и поверхности измерительного прибора, установленного в такую стенку.

Значения K , определенные разными исследованиями, были разными из-за различия в методиках экспериментов и игнорирования влияния малых смещений.

Покажем, что даже малые смещения стенки, начиная от 0,01 мм существенно изменяют величину бокового давления песчаного грунта. На рисунке 1 приведены графики, построенные по материалам исследований [1]. Представлена зависимость коэффициента бокового давления K песка от перемещения подпорной стенки Δ , мм. Если перемещения нет ($\Delta=0$), то коэффициент K , близко совпадающий по величине с коэффициентом бокового давления «в состоянии покоя» K_0 , составляет 0,6 и 0,4 для плотного и рыхлого песка, соответственно. При подвижке (смещении) стенки в сторону от засыпки боковое давление в плотном песке уменьшается резко; в рыхлом - не так круто, то есть, отстает от уменьшения давления в плотном. При Δ равном 0,05 мм боковые давления рыхлого и плотного песка становятся одинаковыми по величине. Если Δ больше 0,05 мм, то коэффициент бокового давления рыхлого песка становится

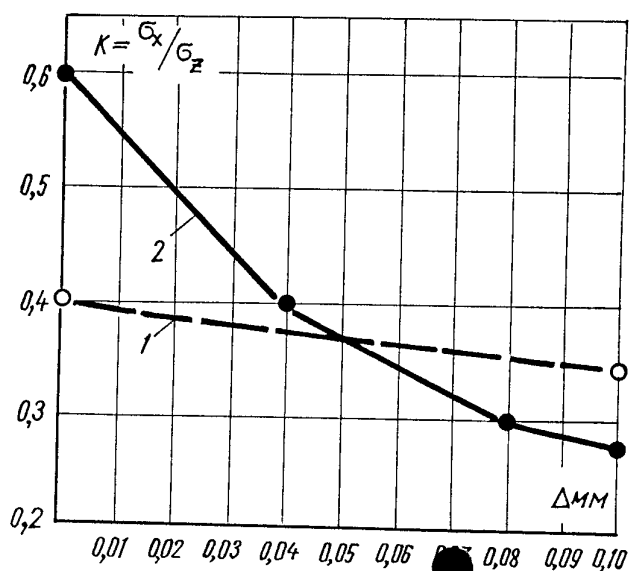


Рис. 1. Зависимость коэффициента бокового давления от величины перемещения подпорной стенки (по опытам К.Терцаги): 1 – рыхлый песок; 2 – плотный песок

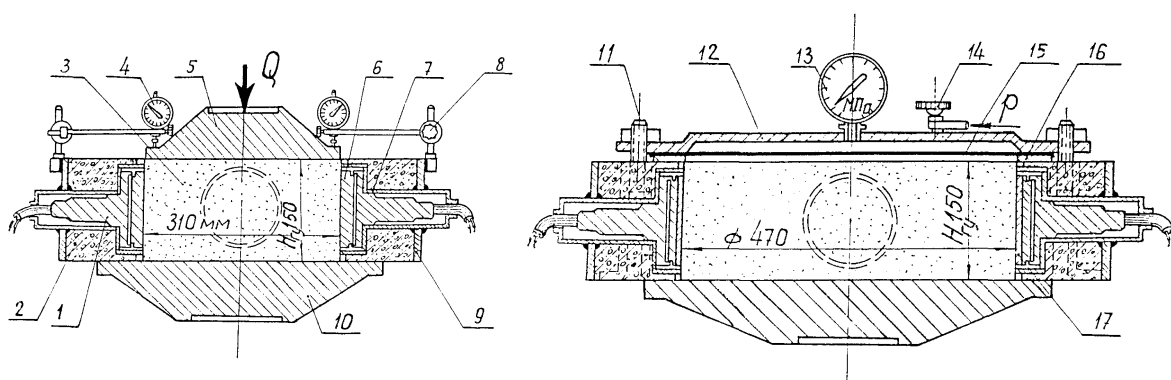


Рис. 2. Устройства для испытания грунтов в условиях невозможности его бокового расширения: а – квадратная камера и жесткий штамп; б – круглая камера и гибкий штамп. 1 – грунтовый динамометр датчик СДКС; 2 – бетон; 3 – грунт; 4 – индикатор деформаций; 5 – квадратная металлическая плита – штамп; 6 – контактная площадка датчика СДКС; 7 – гнездо обойма датчика СДКС; 8 – держатель индикатора; 9 – внешняя обойма (стальная труба); 10 – плита-основание; 11- анкерный болт; 12 – крышка пневмокамеры; 13 – манометр; 14 – воздушный вентиль; 15 – резиновая диафрагма; 16 – прижимное кольцо; 17 – хромированная профилирующая накладка

больше, чем плотного. Следовательно, если не иметь гарантии весьма малой подвижки стенки или поверхности измерительного прибора, воспринимающей давление грунта, то измеренный коэффициент бокового давления рыхлого песка будет больше коэффициента плотного песка.

В результате опытов [2] К.Терцаги нашел, что коэффициент K_0 обладает постоянством для одного и того же грунта и не зависит от того, в каком состоянии - рыхлом или плотном находится грунт. Для песков K_0 был получен равным 0,42; для глин $0,7 \div 0,75$.

Г.П.Чеботарев [3] указывает, что K_0 практически одинаков для всех грунтов, независимо от их состава и плотности и равен примерно 0,5.

Ряд исследователей утверждают, что K_0 в рыхлом грунте больше, чем в плотном [4] (и другие).

П.Роу [5] нашел, что K_0 зависит от изменения величины σ_z , уменьшаясь с возрастанием вертикального давления.

Нами коэффициенты K (K_0), μ (Пуассона) и модуль деформации определялись в массиве грунта и на его контакте с жесткими стенками [6], [7]. Здесь излагаются результаты опытов с днепровским кварцевым песком средней крупности (фракций по весу: $0,5 \div 0,25$ мм 45,95%; $0,25 \div 1,0$ мм 43,23%) в плотном и рыхлом состояниях ($e = 0,472$ и $0,656$, соответственно).

Установлено, что величина K_0 , определенная с помощью жестких плоских грунтовых динамометров типа ПДГС в массиве песка, помещенного в цилиндрические толстостенные градуировочные устройства диаметрами 470 мм («среднее») и 1000 мм («большое») зависит от величины σ_z . При возрастании σ_z K_0 в рыхлом песке увеличивается, в плотном - уменьшается [6], [7]. Результаты измерений в обоих устройствах близки. Например, значения K_0 в среднем устройстве для рыхлого песка при σ_z , возрастающем от 0,1 до 0,4 МПа равны, соответственно 0,400 и 0,491; в большом устройстве при таких же изменениях σ_z 0,35 и 0,445. То же для плотного песка в среднем устройстве составляет 0,536 и 0,506; в большом 0,535 и 0,505.

Устройство с жесткими стенками (измеритель бокового давления модель 1, ИБД-1), принципиальная схема которого приведена на рисунке 2,а, состоит из квадратной толстостенной стальной коробки с полированными внутренними поверхностями. В стенках коробки установлены струнные контактные динамометры-датчики типа СДКС (1). Их конструкция включает гидравлический мультипликатор. Поэтому жесткость датчиков - такого же порядка, как жесткость бетона. Внешняя часть устройства - стальная труба (9). Пространство между ко-

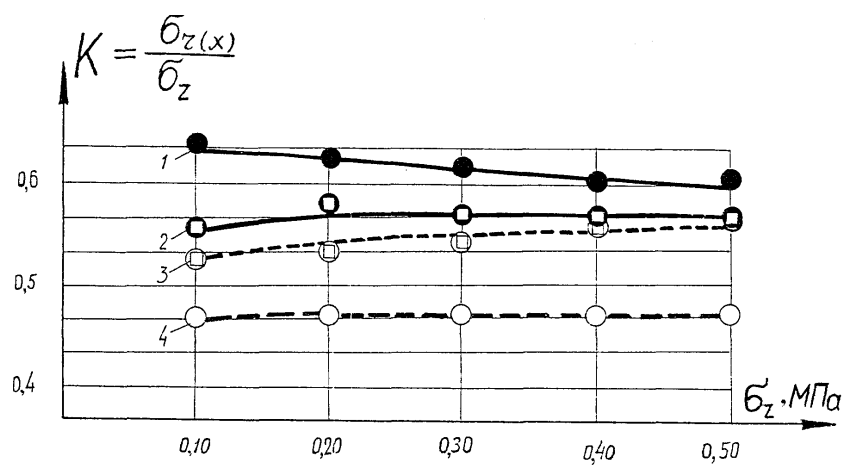


Рис. 3. Зависимость коэффициента бокового давления от вертикального давления: 1,4 – квадратная камера; 2, 3 – круглая камера; ---- рыхлый песок ($e=0,656$); ___ плотный песок ($e=0,472$)

робкой и трубой заполнено бетоном (2). устройство ИБД-1 устанавливается на массивную стальную плиту (10) и заполняется песком - рыхлым или плотным, в зависимости от опыта. Вертикальное давление на грунт от гидравлического пресса передается жестким штампом (5), осадка которого измеряется индикаторами деформаций (4). Величина бокового давления определяется как среднее из показаний четырех датчиков СДКС.

На рисунке 3, графики 2 и 3 приведены результаты определения K в устройстве ИБД-1. Можно видеть, что K практически одинаков для данного вида несвязного грунта, независимо от его плотности. Это совпадает с выводами [2], но расходится с результатами [1] и наших опытов [6] и [7].

Возникло предположение, что при нагружении поверхности грунта жестким штампом, на величину коэффициента K может влиять форма полости прибора. Для проверки этого предположения было сконструировано и изготовлено новое устройство ИБД-2. Оно, в отличие от ИБД-1, имеет круглую в плане полость-камеру. Устройство позволяет нагружать помещенный в камеру грунт двумя способами: с помощью жесткого штампа либо давлением гибкой резиновой диафрагмы пневмокамеры, смонтированной на внутренней поверхности крышки ИБД-2. На схеме рисунок 2,б показан именно этот вариант. Боковое давление грунта, помещенного в камеру, измеряется также четырьмя датчиками СДКС. Остальное ясно из схемы.

На рисунке 3, графики 1 и 4, приведены результаты определения K в устройстве ИБД-2 при нагружении песка разной плотности жестким круглым штампом. Величины K отличаются при всех давлениях, причем как в рыхлом, так и в плотном грунте.

Причина такого значительного различия коэффициентов бокового давления в квадратной и в круглой камерах была выяснена экспериментально с помощью миниатюрных тонких двухмембранных тензорезисторных датчиков типа МЦМ-2 [8]. Исследовалось распределение напряжений в неуплотненном песке, помещенном в камеру ИБД-1 и нагруженном жестким штампом. Напряжения измерялись по площади в двух уровнях по высоте.

Исследования показали, что наибольшие напряжения возникают в центральной части камеры. Самые малые напряжения зарегистрированы в ее углах. Поэтому датчики СДКС, установленные в средней части стенок полости, измеряют увеличенное давление.

Сопоставление результатов, полученных для песков разной плотности при их нагружении жестким штампом и гибкой диафрагмой в устройстве ИБД-2, а также штампом в ИБД-1 показало следующее. В квадратной камере в случае плотного грунта напряжения концентрируются в углах. Поэтому датчики СДКС в

этом случае измеряют меньшие давления. Все это приводит к сближению величин K в ИБД-1, см. рисунок 3, графики 2 и 3.

В круглой камере устройства ИБД-2 в случае плотного грунта и нагружения его жестким штампом максимальные напряжения возникают по периметру штампа. Поэтому боковые давления в этом случае максимальны, см. рисунок 3, график 1.

Если грунт не уплотнен, то распределение напряжений по поверхности образца грунта близко к равномерному. Это подтверждается тем, что графики изменения K при нагружении грунта гибкой диафрагмой и жестким штампом практически совпадают.

Из литературы не удалось установить форму компрессионного прибора К.Терцаги, в котором определялся K песка. Если форма была квадратной в плане, то изложенное выше поясняет причину открытого основоположником механики грунтов явления постоянства величины коэффициента K , независимо от степени плотности грунта.

Наиболее близкое совпадение значений K и K_0 получено при измерениях в устройстве ИБД-2 и большом градуировочном устройстве, когда нагрузка прилагалась к поверхности грунта через резиновую диафрагму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Terzaghi K. Large Retaining Wall Tests. Eng. News-Record, 1934, том 112, стр. 136, 259, 316, 403, 503
- 2 Terzaghi K. Old Ears Pressure Theories and New Test Results. Eng. News-Record, 1920, том 85, сентябрь, стр. 632
- 3 Чеботарев Г.П. Механика грунтов, основания и земляные сооружения. Стройиздат, Москва, 1968.
- 4 Федоров И.В., Малышев М.В. О боковом давлении в песчаных грунтах. Гидротехническое строительство, 1954, №6.
- 5 Rowe P.W. A Stress-Strain Theory for Cohesionless Soil. Geotechnique, 1954 том IV, июнь, № 2
- 6 Лазебник Г.Е., Смирнов А.А., Симаков В.И. Экспериментальное определение коэффициента ξ бокового давления и коэффициента μ Пуассона несвязных грунтов. Основания, фундаменты и механика грунтов, 1967, №4.
- 7 Лазебник Г.Е., Сиволап П.Г. О некоторых факторах, влияющих на величину бокового давления несвязных грунтов "в состоянии покоя". Известия ВНИИГ, т. 105. "Энергия". Ленинград, 1974.
- 8 Лазебник Г.Е. Миниатюрные грунтовые динамометры МЦМ-2. Издательство «Реклама». Киев, 1970.