



АВТОРЫ



КОРНИЕНКО Н.В.

Канд. техн. наук,
профессор, Киевский
национальный уни-
верситет строитель-
ства и архитектуры



ПОКЛОНСКИЙ С.В.

Аспирант, ГП «Научно-
исследовательский
институт строитель-
ных конструкций»



ФЕСЕНКО О.А.

Канд. техн. наук, стар-
ший научный сотруд-
ник, ГП «Научно-
исследовательский
институт строитель-
ных конструкций»

ОЦЕНКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА ПРИ ПОМОЩИ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ

УДК 624.131

АННОТАЦИЯ

*Существуют различные методы определения E . При ком-
пессионном сжатии грунта используется кольцо неболь-
шого размера. Это обуславливает ряд факторов, влияю-
щих на результаты теста. В статье приводится модуль
деформации грунта, полученный полевым и лаборатор-
ным методами и сравнение их величин.*

*There are various methods of determining E . In compression
soil test a ring of small size is used. It causes a number of factors
affecting the results of the test. The comparison of deformation
modulus values obtained by in situ and laboratory methods is
shown in article.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

модуль деформации, компрессия, штамповые испытания
грунта

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, нагрузка от зданий и соору-
жений на основания значительно увеличивается. Это
увеличивает ответственность получения исходных
данных для грунтов основания, которые характери-
зуют их прочность и деформативность. Модуль де-
формации E является одним из параметров деформа-
тивности. Существуют различные методы определения
 E . В Украине модуль деформации грунта в большин-
стве случаев определяется на основе компрессионных
испытаний грунтов в лаборатории из-за их относи-
тельной простоты и доступности [3].

Тем не менее, этот метод имеет ряд недостатков. В
компрессионных испытаниях грунтов используется
кольцо небольшого размера. Это вызывает ряд факто-
ров, влияющих на результаты теста. Число этих фак-
торов достигает тридцати по утверждению профессо-
ра А.К. Ларионова [1]. Как показывают специальные
исследования, наибольшее влияние на формирова-
ние деформаций в образце оказывают зоны пласти-



ческих деформаций на контакте с верхним и нижним штампами устройства. Эти деформации сопровождаются образованием смятой структуры и переходной (буферной) зоны, а также обеспечивают более плавную передачу давления на образец грунта. По нашим экспериментальным определениям, эти зоны в верхней и нижней части образца имеют ограниченное распространение - 2 ... 3 мм.

Можно утверждать, что различие в значениях E , наблюдаемых в ходе сравнения одометрического и других методов, вызваны этими факторами. Как показывают многочисленные испытания, наибольшая разница наблюдается в результатах штамповых и одометрических испытаний. Эта разница в зависимости от типа и состояния грунта может составлять 2...10 раз.

Поправочные коэффициенты m_k , которые использовались для корректировки компрессионных модулей деформации и установлены путем сопоставления результатов испытаний грунтов при штамповых и компрессионных испытаниях, приведены в руководстве к СНиП 2.02.01-83 [4].

Табличные величины E в нормативных документах устанавливались для территории всего Советского Союза (для Украины нуждаются в уточнении), так как они определялись для глубины 3 ... 5 м, сейчас глубина котлованов увеличилась до 10 ... 25 м, а глубина опирания свайных фундаментов - до 40 ... 60 м.

Особенностью Европейской практики является то, что Еврокод 7 [2] требует определять модуль деформации по корреляции от сопротивления зонда, что важно, так как E , чаще всего увеличивается с глубиной и может достигать 50...100 МПа. Это имело место и в первой редакции МГСН.

Определение E штамповым методом, но с учетом разных вариантов, дает возможность учитывать разные факторы: глубину, статику или динамику, влажность и техногенное влияние.

В то же время Европейские нормы рекомендуют определять значения E разными методами, принимая, что такая оценка должна быть комплексной. Используя различные методы и определения различных значений модулей деформации, например: E - упругости Юнга, E' - упругости Юнга при дренировании (долгосрочном), E_{FDT} - при испытании гибкого дилатометра, E_{oed} - одометрический, E_{PLT} - по испытанию нагрузкой плиты, E_u - упругости Юнга при невозможности дренирования, E_0 - начальный модуль упругости Юнга, E_{50} - модуль упругости Юнга (при давлении, которое соответствует 50% максимальной прочности на сдвиг). Такая трактовка модулей деформации для Украины является необычной. Использование одного из этих значений не только отвечает методу определения, а и учитывает состояние грунтового основания и может быть приближено к реальным условиям использования.

Разница в модулях при разных видах испытаний подтверждается испытаниями аллювиальных песков на экспериментальной площадке. Полученная разница в деформационных модулях песков при компрессионных и штамповых испытаниях составила 1,7 ... 2,3 раза. С другой стороны, использование штампа как более надежного метода, сопряжено с трудностями устройства таких испытаний. Сегодня в большинстве случаев, как при основных, так и при

контрольных испытаниях грунтового основания даже в неглубоких котлованах штамповые испытания не выполняются.

Сравнение зависимости величин E_{PLT} и E_{oed} от давления для большинства видов грунтов показывает (рис. 1), что при компрессионных испытаниях наибольшую неопределенность составляет определение диапазона нагрузок, хотя теоретически его обоснование сложное. Очень часто на практике, как характеристические значения рассматривались величины модулей деформации, определенных по компрессионной кривой в диапазоне давления 0,1...0,2 МПа, при этом имелось в виду, что с изменением глубин залегания грунтов и давления по подошве фундаментов диапазон нагрузок для определения E должен уточняться.

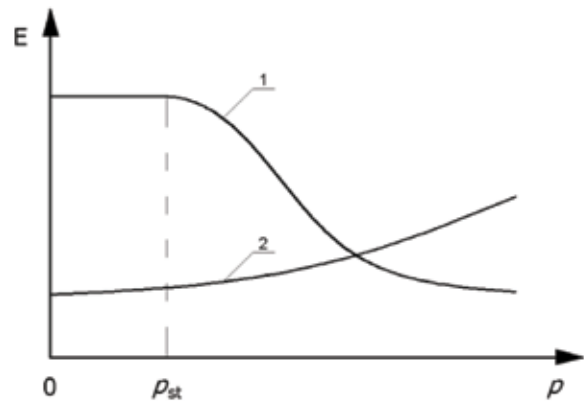


Рис.1. Обобщенная сравнительная оценка модуля деформации штамповых (1) и компрессионных (2) испытаний.

Очевидно, что компрессионные испытания не учитывают возможности развития пластических деформаций в реальной основе, а потому без учета несущей способности увеличения давления p могут даже приводить к завышенным значениям E по сравнению с натурой.

С другой стороны, как известно, история загрузки основания может вызвать соответствующие изменения в деформациях, которые не могут определяться однозначно без учета характера нарастания давления по подошве фундаментов. Поэтому важное значение имеет учет необходимости изменения стандартной методики испытаний образцов грунта в одометре. Эта методика должна согласовываться с характером загрузки основания в реальных условиях.

ШТАМПОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Испытания статической нагрузкой на круглый штамп I типа площадью 5000 см² выполнены согласно норм Украины по центральной оси котлованов с шагом 10 м на поверхности дна котлованов в 24 точках на двух участках, для получения модуля деформации насыпных грунтов. Вычисление модуля деформации грунта по результатам штамповых испытаний ступенями нагрузок от 50 до 300...350 кПа.

По данным штамповых испытаний построены графики зависимости осадки штампа от давления $S=f(p)$, на графике по усредняющей прямой вычислены значения Δp и ΔS .

Модуль деформации грунта E , МПа вычислен для линейного участка этого графика по формуле:

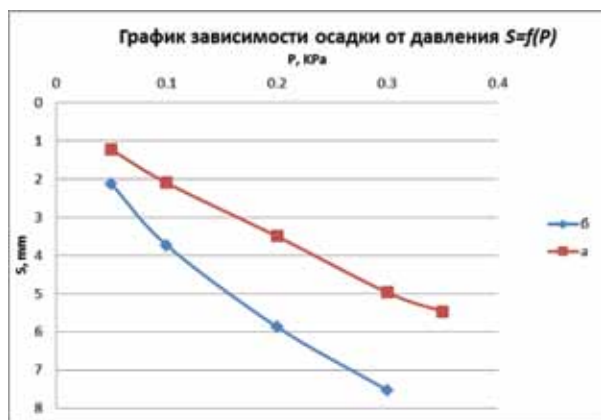


Рис.2. Характерные кривые штамповых испытаний грунта на участках “а” и “б”.

$E = (1 - \nu^2) * K_p * K_I * D * \Delta p / \Delta S$. Типичные графики зависимости деформации от нагрузки приведены на рис. 2.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Для выполнения лабораторных работ был выполнен отбор проб грунта природной структуры в точках штамповых испытаний.

Компрессионные испытания выполнены на образцах нарушенной структуры мелкого песка с заданной (определенной в полевых условиях) плотностью и влажностью в стандартных одометрах при нагрузках до 0,4 МПа при естественной влажности (6 определений). Одна из компрессионных кривых приведена на рис. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Средние значения плотности скелета песчаных грунтов составляют: $\rho_d = 1,792 / \text{см}^3$ (уч. а), $\rho_d = 1,782 / \text{см}^3$ (уч. б).

Средние значения модуля деформации насыпных грунтов, определенные при штамповых испытаниях, составляют: $E_{плт} = 28 \dots 31$ МПа, компрессионного модуля деформации насыпных грунтов $E_{oed} = 8,6$ МПа. Таким образом коэффициент корреляции $m_k = 1,6$.

ВЫВОДЫ

1. Средние значения модуля деформации песчаных грунтов, определенные при штамповых и одометрических испытаниях сильно отличаются, что важно для надежного расчета ответственных сооружений. Эти значения составили: $E_{плт} = 29,5$ МПа, $E_{oed} = 18,6$ МПа.
2. Деформация образца грунта является неравномерной по высоте образца.
3. Деформация смятия значительно влияет на величину модуля деформации.
4. Коэффициенты корреляции m_k установлены в Украине как общие средние значения для глин, суглинков и супесей, не учитывают структурную прочность, диапазон нагружения и зависят от вида, плотности и состояния грунта.
5. Зона смятия имеет место и при испытании грунтов нагрузкой плиты, она соразмерна с

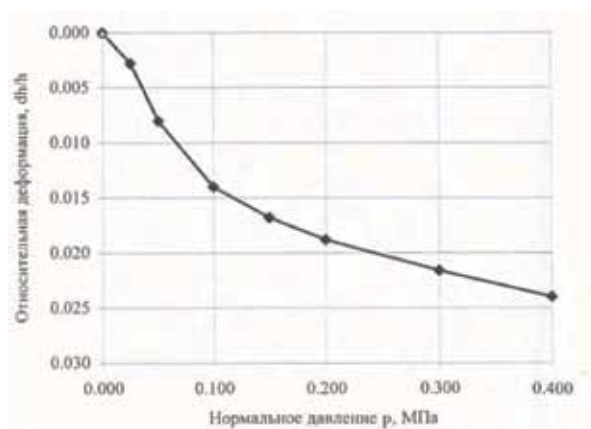


Рис.3. Характерная компрессионная кривая.

зоной смятия в одометре. При расчете осадки испытуемого фундамента смятием грунта у его подошвы можно пренебречь, но в случае компрессионных испытаний из-за малых размеров образца, деформации зоны смятия существенно занижают величину модуля деформации, завышают осадку здания и, как следствие, удорожают строительство.

6. В Еврокоде 7 [2] чтобы избежать неточности определения модуля деформации, принято дифференцированное его определение, а при одометрических испытаниях часто используют с некоторым приближением по ветви разгрузки компрессионной кривой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларионов А.К. К вопросу об изучении ошибок при компрессионных испытаниях грунтов на сжатие. Строительство сооружений на лессовых породах / Ларионов А.К., Кислова Л.В. - Воронеж: ВИСИ, 1963.
2. Eurocode 7 EN 1997-2:2007: (E): - Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing - (together with United Kingdom National Application Document), 1997. - 196 p.
3. Joseph E. Bowles. Foundation analysis and design, 1996. - 624 p.
4. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНИП 2.02.01-83) НИИОСП им. Герсеванова. - М.: Стройиздат, 1986. - 415 с.

REFERENCES

1. Larionov A.K., Kislova L.V. The question of study in oedometer compression soil test errors. Buildings construction on the loess soils. - Voronezh: VISI, 1963.
2. Eurocode 7 EN 1997-2:2007: (E): - Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing - (together with United Kingdom National Application Document), 1997.-196 s.
3. Joseph E. Bowles. Foundation analysis and design, 1996. - 624 p.
4. Manual for the foundations design of buildings and structures (to the SNIP 2.02.01-83) NIIOSP named after Gersevanov. - M.: Stroyizdat, 1986. - 415 p.