

УДК 624.131

Кравченко Эллина Владимировна

кандидат технических наук
доцент кафедры кадастра и геоинженерии
Кубанского государственного
технологического университета
set@id-yug.com

Будагов Иван Владимирович

кандидат экономических наук
доцент кафедры кадастра и геоинженерии
Кубанского государственного
технологического университета
ivan-budagov@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обзору методов пенетрации глинистых грунтов и обоснованию лабораторной модели пенетрационных испытаний клиновидным индентером глинистых грунтов.

Ключевые слова: метод пенетрационных испытаний грунтов, прочностные характеристики почв и грунтов, клиновидный индентер, лабораторная модель, пенетрометры

Kravchenko Ellina Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor of Inventory
and Geo-engineering
Kuban State University of Technology
set@id-yug.com

Budagov Ivan Vladimirovich

Ph.D., Associate Professor of Inventory
and Geo-engineering
Kuban State University of Technology
ivan-budagov@mail.ru

Annotation. This article is devoted to the review of methods of penetration of clay soils and justification of the laboratory model of penetration testing with wedge-shaped indenter on clay soils.

Keywords: Method Penetration testing soil strength characteristics of soils and soil wedge indenter, laboratory model penetrometers

ОБОСНОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ МОДЕЛИ ПЕНЕТРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОЧВ И ГРУНТОВ



JUSTIFICATION OF A LABORATORY MODEL OF A PENETRATION TESTING OF SOILS

Метод пенетрации клиновидным индентером применяется для определения значений прочностных и деформационных характеристик почвы и грунта: удельного сопротивления пенетрации, предельного сопротивления сдвигу, удельной работы трещинообразования, модуля упругости, а также направления анизотропии прочности неоднородного массива грунтов.

Клиновидный индентер контактирует с почвой и грунтом на плоских гранях. Вдавливание их в почву и грунт до их разрушения происходит упруго на малом перемещении клина. Проскальзывание клина относительно почвы и грунта вызвано пластической деформацией (сдвигом) слоя почвы и грунта вблизи граней. При образовании трещин отрыва в почве и грунте вблизи граней клина проскальзывание клина увеличивается [1].

Лабораторная модель для испытаний почв и грунтов пенетрацией имела форму прямоугольного параллелепипеда с размера 115 x 43 x 35 мм (последний размер плавающий, т. к. он зависит от задаваемой при формовании модели плотности грунта). Размеры модели определялись конструкцией автоматизированного сдвигового прибора УСГ-А конструкции В.В. Денисенко.

Модель находилась в рамке, в которой и была заформована. В модели выполнялся вырез, по форме и размерам соответствующий клиновидному наконечнику пенетromетра. Наконечник вставлялся в вырез, плотно прижимался к грунту, и к нему подводился упор прибора УСГ-А. После выбора зазора между упором и рамкой модели прибор включался на исполнение программы нагружения и регистрации (рис. 1).

Размеры наконечника пенетрометра должны быть значительно меньше размеров модели, чтобы на сопротивление грунта внедрению наконечника напряжения на границах модели влияли как можно меньше.

Опыты проводились с тремя видами пенетрометров: симметричный – угол заострения 15° , длина сторон – 42 мм ($\lambda = 1$); несимметричный – угол заострения 15° , соотношение сторон 38/36 мм ($\lambda = 1,05$); несимметричный – угол заострения 15° , соотношение сторон 42/37 мм ($\lambda = 1,13$). Отношение большей стороны клина l_2 к меньшей l_1 назовем показателем асимметрии: $\lambda = l_2 / l_1$.

Исследования [2] показали незначительное влияние скорости на значение параметров зондирования (q_3 – удельное сопротивление грунта под наконечником зонда, f_3 – удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда). Наибольшее влияние на точность результатов зондирования оказывает изменение скорости в пределах от 0,1 до 0,5 м/мин и ее влияние незначительно при дальнейшем увеличении до 3–4 м/мин.

Полученные автором [2] результаты показали, что скорость погружения зонда в интервале 0,1...2 м/мин слабо влияет на усредненные сопротивления грунта, как под конусом, так и по муфте трения. В наиболее прочных грунтах наблюдается небольшое возрастание сопротивлений (на 15...20 %). При увеличении скорости от 2 до 4,5 м/мин q_3 увеличивается в 1,2...1,4 раза [2].

На данный момент нельзя признать эти исследования в полной мере корректными по ряду причин [3]: 1) невозможно при больших значениях q_3 и f_3 выдержать скорость зондирования в указанных пределах; 2) все известные зависимости между параметрами зондирования и физико-механическими характеристиками грунтов установлены для режима погружения зонда с указанными выше скоростями его перемещения в грунте.

Учитывая зависимость q_3 , f_3 и P – порового давления от гидрогазодинамического давления и динамического действия частиц грунта, а также инерционности системы зонд – штанга – регистрирующее устройство, становится ясно, что с точки зрения физики процессов зондирование и статическое нагружение или испытание грунта в приборах не адекватны между собой [3].

Поэтому для лабораторной модели скорость внедрения наконечника пенетрометра определялась, исходя из двух взаимно противоположных тенденций: сократить время испытания; позволить завершиться процессам консолидации.

Время завершения процесса консолидации грунта зависит от его вещественного состава, точнее, содержания глинистых частиц, и пористости [4].

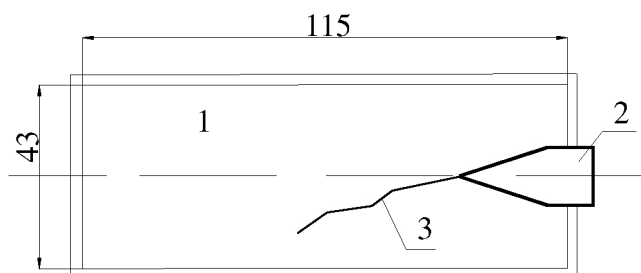
Опираясь на исследования процесса консолидации глинистого грунта при сжатии в компрессионном приборе, в качестве оптимального значения была выбрана скорость пенетрации 1 мм/мин.

Шаг регистрации силовой реакции пробы грунта был предопределен конструкцией прибора (шаг деформации – 0,2 мм и 0,02 мм, при цене деления датчика силы 0,4 Н).

Измеритель с ценой деления 0,001 мм, близкой по значению к размеру наименьшей частицы грунта, является наилучшим. В нашем же случае, приемлемым шагом регистрации был выбран интервал 0,02 мм, так как при этом шаге прибор фиксирует структурные неоднородности грунта [1].

В диапазоне деформаций 5 мм прибор фиксирует при шаге 0,02 мм 250 пар значений силы и перемещения наконечника пенетрометра.

Результаты, полученные автором [5], свидетельствуют о достаточной точности измерений для построения модели деформации структуры грунта, что позволяет обосновать принятую лабораторную модель пенетрационных испытаний почв и грунтов.



1 – рамка с грунтом; 2 – пенетrometer; 3 – траектория трещины
Испытания на приборе УСГ-А

Скорость пенетрации – 1 мм/мин	Грунт: суглинок пылеватый; $\rho = 1,8 \text{ г/см}^3$; $W = 10 \%$; $IP = 0,12$; $IL < 0$
Шаг регистрации силовой реакции – 0,02 мм	Три вида пенетровметров: $\lambda = 1$; $\lambda = 1,05$; $\lambda = 1,13$ (Отношение большей стороны клина к меньшей: $\lambda = l_2/l_1$ – показатель асимметрии)
250 пар значений силы и перемещения наконечника пенетровметра	

Рис. 1. Лабораторная модель пенетрации грунта с постоянной скоростью внедрения клиновидного наконечника

Литература

1. Кравченко Э.В. Определение физико-механических свойств почв и грунтов методом зондирования клиновидным индентером при охране земель : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2005. – 24 с.
2. Кулачкин Б.И. Экспериментально-теоретические исследования и разработка метода зондирования в инженерной геологии : Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1991. – 40 с.
3. Кулачкин Б.И. О корректности данных статического зондирования грунтов / Б.И. Кулачкин, А.И. Радкевич, Ю.В. Александровский, Б.С. Остюков, Е.В. Каширский // Реконструкция городов и геотехническое строительство: Интернет-журнал. – 2001. – № 4.
4. Ляшенко П.А. О критерии выбора скорости нагружения грунтов при компрессионных испытаниях постоянно возрастающей нагрузкой / П.А. Ляшенко, В.В. Денисенко; КубГТУ. – Краснодар, 1993. – 5 с. – Деп. во ВНИИТПИ; № 11393.
5. Ляшенко П.А. Микроструктурная деформируемость глинистых грунтов. – Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2001. – 123 с.

References

1. Kravchenko E.V. Determination of physical and mechanical properties of soils by the wedge-shaped indenter probe in land conservation : Author. dis. ... kand. tehn. science. – Krasnodar, 2005. – 24 p.
2. Kulachkin B.I. Experimental and theoretical research and development of sensing methods in engineering geology : Author. dis. ... dr. tehn. science. – M., 1991. – 40 p.
3. Kulachkin B.I. The correctness of the data static sounding of soils / B.I. Kulachkin, A.I. Radkevych, Y. Alexander, B.S. Ostyukov, E.V. Kashira // Reconstruction of cities and geotechnical construction: an online magazine. – 2001. – № 4.
4. Ljashenko P.A. A criterion for selecting the loading rate of soil compression tests at an ever-increasing load / P.A. Lyashenko, V.V. Denysenko; KubGTU. – Krasnodar, 1993. – 5 p. - Dep. in VNIINTPI; № 11393.
5. Ljashenko P.A. Microstructural deformability of clay soils. – Krasnodar : KubGAU Publishing House, 2001. – 123 p.