

РАЗВИТИЕ ДЕФОРМАЦИЙ В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТОВ СЛОЖЕННЫХ СЛАБЫМИ ГРУНТАМИ

Ткалич А. П., к.т.н., доцент

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Более шестидесяти лет назад, в бывшем СССР был принят, на то время, прогрессивный расчета по деформациям - метод послойного суммирования осадок отдельных слоев, в пределах сжимаемой толщи грунтов.

Расчет по этому методу для слабых глинистых грунтов приводит к недостоверным, заниженным результатам [1]. Одна из причин - применение условных параметров.

Цель работы - использование новой методики определения деформативных характеристик грунтов основания (E_n ; ν) позволяющих расширить диапазон применения расчета, повысить его достоверность.

А. Строительные свойства высокопористых грунтов основания.

Лессовидные грунты, служащие основанием для зданий и сооружений, широко распространены как в Украине (70% территории), так в ближнем и дальнем зарубежье [2]. Мощность их может достигать несколько десятков метров.

Важным фактором, влияющим на их физико-механические свойства – это большое содержание пылеватых частиц (70%) и высокая пористость, достигающая 50%.

А.К. Ларионов, Ананьев В.П. выделили три вида пор [3]:

- а) самые мелкие, занимающие 2,6...10%;
- б) межчастичные, размером от 0,5 до 1 мм, содержание их 13...35%;
- в) макропоры в виде вертикальных канальцев, достигают до 6% их объема.

Макропоры они подразделили на первичные, которые возникают при формировании породы и вторичные - возникающие при отмирании корней растений. К иным видам пористости относятся червеходы, трещины, кротовины.

Лессовидные грунты, к ним относятся супеси и суглинки, обладают просадочными свойствами при природной влажности, колеблющейся в пределах 0,10 ... 0,18 и степени влажности 0,35 ... 0,6. При влажности грунта, превышающей эти величины, они переходят в разряд слабых,

сильносжимаемых оснований, теряющих несущую способность в несколько раз.

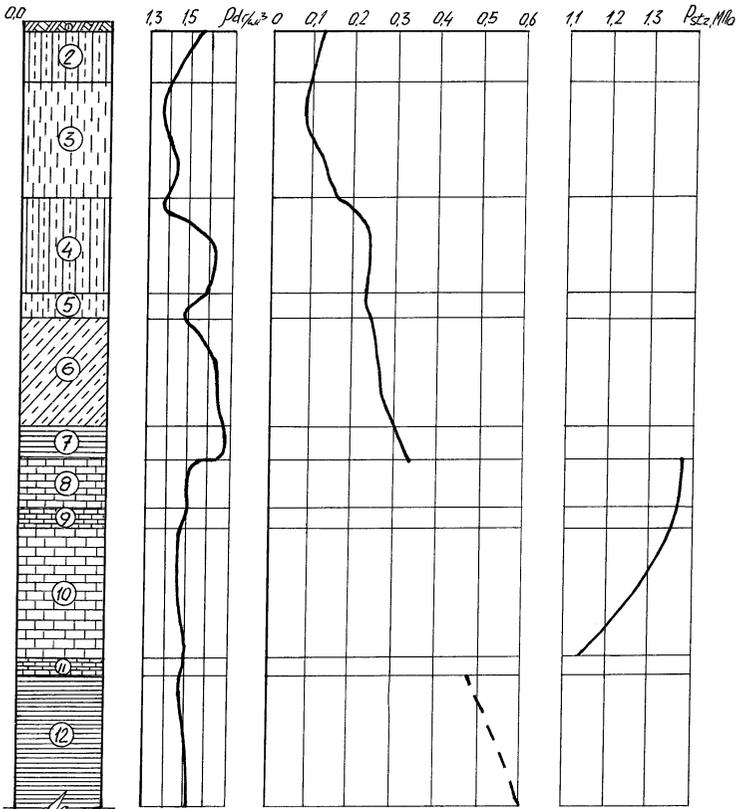


Рис. 1. Литологическое строение лессовой толщи Одесского региона

Инженерно-геологические элементы: 1. Почвенно-растительный слой, мощность 0,4...0,6 м.; 2. Лессовый суглинок, легкий, мощн. 2,2...2,5 м.; 3. Лессовая супесь, мощн. 4,9...5,9 м.; 4. Лессовый суглинок, легкий (II горизонт) мощн. 3,5...5,0 м.; 5. Лессовая супесь (II горизонт) мощн. 1,0 м.; 6. Лессовый суглинок, красно-бурый, тяжелый, мощн. 6...7 м.; 7. Глина красно-бурая, мощн. 1,5...2,2 м.; 8. Известняк желтовато-охристый, перекристаллизованный, состоящий из мелких и средних фракций дресвы с глинистым заполнителем, мощн. 1,4...3 м.; 9. Известняк перекристаллизованный, плитчатый, крупнообломочный, мощн. 1...1,4 м.; 10. Известняк - ракушечник «пильный», мощн. 5,4...5,8 м.; 11. Известняк слоистый, белый водонасыщенный 1,2...1,45 м.; 12. Меотическая глина зеленовато-серая с линзами песка, пройденная мощность 40 м.

В настоящее время лессовидные грунты (в городской черте) обводнены, уровень подземных вод колеблется от 1,8 до нескольких метров, т.е. с учетом капиллярной каймы грунты замочены полностью.

Литологическое строение лессовой толщи Одесского региона представлено чередующимися слоями лессовидных суглинков и супесей, подстилаемых низкопористыми суглинками, глинами и понтическими известняками (рис.1.). Величины плотности сухого грунта и структурной прочности представлены на основании опытов проведенных в грунтовых условиях Одесского региона [4; 5; 6; 7].

Б. Развитие деформации грунта в основании фундаментов

Результаты проведенных полевых исследований позволили график зависимости $s=f(P)$ условно разделить на три этапа (фазы) развития деформаций [8].

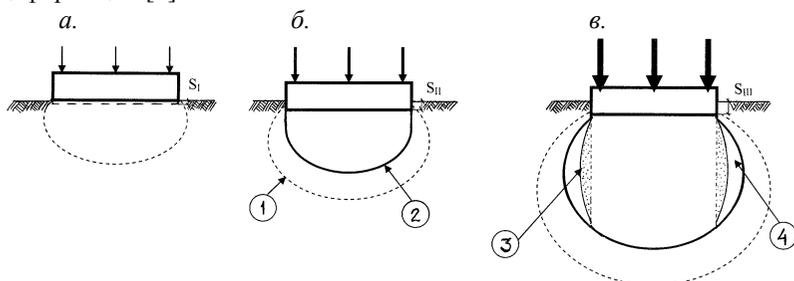


Рис. 2. Схема развития деформации грунта в основании опытного штампа: 1; 2. Границы зон упругих и остаточных деформаций; 3. Выпор сжимаемого объема грунта. 4. Уплотненный грунт от боковой стенки сжимаемого объемом

Деформация грунта в основании фундамента происходит по этапам следующим образом:

первый (а) - давление (p) возрастает от нуля до величины, когда напряжения в грунте основания меньше его структурной прочности (p_{str}). Происходит развитие упругих деформаций (s_y), уплотнение грунта отсутствует. Напряжение на границе фазы численно равно величине структурной прочности природного грунта.

$$p \leq p_{str} \rightarrow s_I = s_y$$

второй (б) - с повышением давления и превышением величины структурной прочности грунта в основании происходит развитие остаточных деформаций. Грунт уплотняется (s_n) только под контуром фундамента (сжимаемый объем грунта). Напряжение на границе фазы численно равно величине

бокового давления ($p_q = p_{str} / \xi$), где: ξ – коэффициент бокового давления.

$$p_{str} \leq p \leq p_q \rightarrow s_{II} = s_y + s_n$$

третий (в) - при превышении величины бокового давления начинают развиваться его поперечные деформации (s_v). Происходит деформирование вертикальных стенок сжимаемого объема грунта, т.е. происходит его выпор, уплотняющий природный грунт. Сопротивление грунта основания под подошвой активной зоны и по боковой поверхности исчерпано, происходит формирование нового объема зоны деформации в природном грунте основания, ниже образовавшегося ранее.

$$p > p_q \rightarrow s_{III} = s_y + s_n + s_v$$

В. Принцип расчета деформаций грунта основания

Применение деформативных показателей грунта (E_n ; ν) основания, определенных по усовершенствованной методике, позволяет производить расчет осадки фундамента, в любой из трех фаз развития деформаций, с учетом его бокового расширения [8].

Модуль уплотнения грунта (E_n) определяется по соотношению плотностей скелетов природного и уплотненного грунтов, как в полевых [9], так и лабораторных [10] условиях, причем величины их совпадают. На величину E_n не влияет площадь опытных штампов.

Коэффициент поперечного расширения грунта (ν) - это отношение поперечной относительной деформаций грунта к продольной. Величина ν зависит от площади фундамента, с ее увеличением коэффициент поперечного расширения грунта основания уменьшается.

Анализ результатов проведенных полевых исследований развития деформации в основании опытных фундаментов, позволил построить график зависимости, величины средней плотности уплотненного скелета грунта от ее природной величины, рис.3 [4;5].

По результатам исследований построен график зависимости коэффициента поперечного расширения грунта от площади фундамента (рис. 4).

Предпосылки к методике расчета

1. Расчет производится методом элементарного суммирования с учетом упругих и остаточных деформаций.

2. Осадка фундамента состоит из суммы деформаций уплотнения и поперечного расширения грунта основания в пределах сжимаемой толщи.

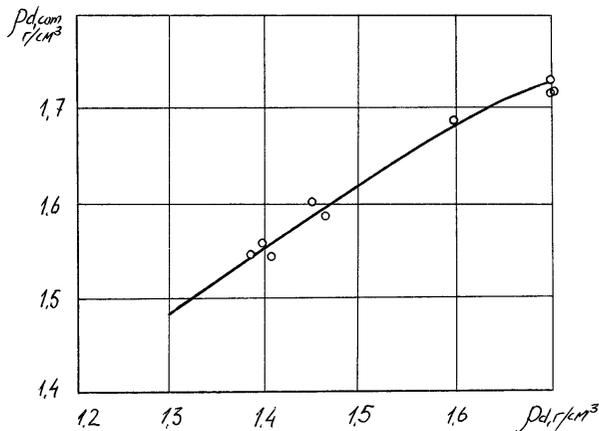


Рис.3. График зависимости средней плотности уплотненного скелета грунта от ее природной величины

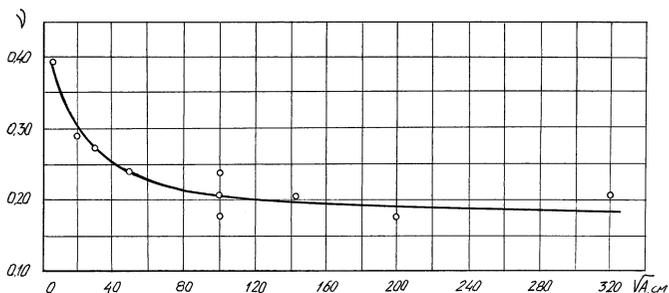


Рис.4. График зависимости коэффициента поперечного расширения грунта от площади опытного фундамента

3. Граница (глубина) сжимаемой толщи ограничивается величиной структурной прочности природного грунта.

4. Расчетное напряжение принимается как сумма нормального (σ_{zpi}) и бытового (σ_{zgi}).

5. Модуль уплотнения, применяемый в расчете, есть функция от плотности скелетов природного и уплотненного грунтов основания.

6. Коэффициент поперечного расширения грунта функционально зависит от напряжения, структурной прочности природного грунта, площади фундамента и условий загрузки фундамента.

7. Структурная прочность в вертикальном и горизонтальном направлениях имеет равные значения.

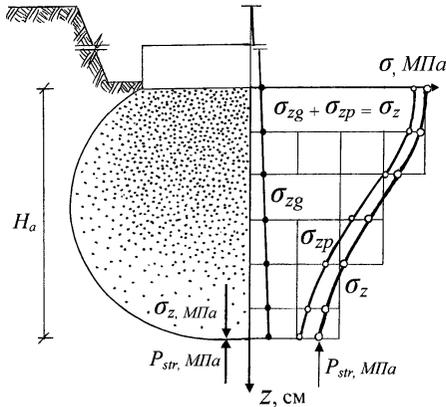


Рис.5. Расчетная схема.

Расчет осадки грунта в основания фундамента производится по формуле [8]:

$$s = \sigma_{cp} \cdot H_{a,y} / E_y + \sigma_{zi, cp} \cdot h_{a,o} / (1-2\nu) E_n ; \quad (1)$$

– для однослойного основания $\sigma_{zi, cp} = 0,5 (p + p_{str})$; $h_{a,o} = H_a$;

H_a – глубина зоны деформации, ее граница принимается на глубине, где напряжения равны структурной прочности грунта.

– в многослойном основании, для каждого слоя: $\sigma_{zi, cp} = \sigma_{zpi, cp} + \sigma_{zgi, cp}$.

Выводы

1. Анализ существующего стандартного метода расчета по деформациям (элементарного суммирования) показал, что при использовании его для слабых, высокопористых грунтов основания он приводит к недостоверным, заниженным результатам. Расчет производимый этим методом корректен только для фазы развития упругих деформаций грунта основания.

2. Применение усовершенствованной (новой) методики определения деформативных характеристик грунтов основания ($E_n; \nu$) позволяет повысить достоверность расчета. Расчет осадки можно производить за пределами линейной зависимости графика $s=f(P)$ с учетом поперечного расширения грунта основания.

Summary

Building properties of loess soils, regularities of the deformation at the base of shallow foundation on the external load, the principle of the

calculation with the use of specific indicators of soil properties are presented on the new methodical.

Литература

1. Цытович Н.А. Вопросы теории и практики строительства на слабых глинистых грунтах /Н.А.Цытович// Материалы всесоюзного совещания по строительству на слабых водонасыщенных грунтах. - Таллинн, 1965. - С. 5-17.
2. Литвинов И.М. Укрепление и уплотнение просадочных грунтов в жилищном и промышленном строительстве /И.М.Литвинов// Будівельник, Киев, 1977. - 288 с.
3. Ларионов А.К., Ананьев В.П. Основы минералогии, петрографии и геологии /А.К. Ларионов; В.П. Ананьев; // Высшая школа. - Москва. 1961. - 389 с.
- 4.Тугаенко Ю.Ф. Развитие деформаций в основаниях фундаментов, способы их ограничения и методы оценки. Монография /Ю.Ф. Тугаенко // Одесса: Астропринт, 2003 . - 224с.
5. Работников А.И., Корякин В.С. Исследования деформаций лессовых грунтов в скважинах штампами. // Основания и фундаменты: Межвед. республ. науч. сб. - К.; Будівельник, 1969.- вып. 2. - С. 77 - 80.
6. Ткалич А.П. Определение структурной прочности под подошвой забивной сваи /А.П. Ткалич //Будівельні конструкції. - Вип.71: Механіка ґрунтів та фундаментобудування.- К.: НДІБК, 2008 - С.203-208.
7. Тугаенко Ю.Ф., Ткалич А.П., Паламарчук А.А., Гевондян А.Р. Прочность и сжимаемость понтических известняков // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Випуск 17. - Одеса. - 2005.- С. 260 - 264
8. Тугаенко Ю.Ф.; Ткалич А.П. Принципы определения осадки фундамента в пределах ее нелинейной зависимости от давления // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. Полтава, випуск 4(34) Том. 1. 2012.- С. 268 - 273;
9. Тугаенко Ю.Ф. Модуль деформации в механике грунтов, методы его определения и их достоверность / Ю.Ф. Тугаенко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.- Випуск № 34.- Одеса, «Зовнішрекламсервіс».- 2009.- С. 538 - 544.
10. Ткалич А.П. Зависимость показателей деформативных свойств грунтов от способа их определения /А.П.Ткалич//Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 36. – Одеса, «Зовнішрекламсервіс». – 2009. – С. 400 – 407.