

Особенности расчета фундаментов по II группе предельных состояний Calculation of foundations for the group II limit states and its features

к.т.н., доцент Баданин Андрей Николаевич
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
chinnab@mail.ru
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Ph. D, Associate Professor Andrey Nikolayevich Badanin
Saint-Petersburg State Polytechnical University
chinnab@mail.ru
Saint-Petersburg
Russian Federation

магистрант Нурумбаева Лунара Максотовна
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
+7 (911) 167 9899; telman_lunara@mail.ru
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Graduate Student Lunara Maksotovna Nurumbayeva
Saint-Petersburg State Polytechnical University
+7 (911) 167 9899; telman_lunara@mail.ru
Saint-Petersburg
Russian Federation

Ключевые слова: глубина активной зоны, толщи, геомеханика, механика грунтов, расчет осадки.

В статье рассматриваются проблемы внесенных поправок в актуализированную редакцию СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».

В соответствии с вновь принятой нормативной базой, практически для всех видов сооружений принимают ограничение, которое теоретически нигде не обоснованно. Следовательно, выявление причин внесенных поправок является актуальной проблемой.

Необходимо проверить насколько снижается надежность, и увеличиваются деформации, найти теоретическое решение обоснования глубины активной зоны и вывести практические рекомендации по ее определению.

Key words: depth of the active zone, strata, geomechanics, soil mechanics, the calculation of precipitation.

The problems of the amendments made in the updated edition of SNIP 2.02.01-83 * "Foundations of buildings and structures" and SP 22.13330.2011 "Foundations of buildings and structures" are discussed in this article.

In accordance with the newly adopted legal framework, restrictions, which were not theoretically justified anywhere, are accepted for all types of constructions. Therefore the identification of reasons of the amendments made is an actual problem. It is necessary to determine the decrease in reliability and increase in strain.

Finding a theoretical solution of the justification of core depth and deriving practical recommendations for its determination are essential as well.

1. Введение

Определение деформаций грунтов под действием внешних сил имеет огромное значение для практики проектирования фундаментов сооружения.

Факторами, определяющими долговечность сооружений, собственно говоря, являются не напряжения в грунте (если они не достигают предельных величин), а деформации оснований, их осадки, под которыми понимают обычно вертикальные смещения грунтовых оснований.

Для нахождения осадок основания под нагрузкой теоретически необходимо выбрать математическую модель основания и, затем, как правило, решить соответствующую краевую задачу для

системы дифференциальных уравнений в частных производных. На этом пути возникают большие трудности математического и вычислительного характера.

Практика инженерно-геологических изысканий, проектирования и строительства сооружений выработала достаточно универсальный инженерный метод послойного суммирования для определения осадок. Этот метод по существу и определяет так называемую линейно-деформируемую модель грунтового основания, которая применяется широко. Однако основной проблемой становится задача определения глубины сжимаемой толщи, то есть вовлечение в работу нескольких слоев грунта.

Глубина активной зоны сжатия соответствует такой глубине, ниже которой деформациями грунтовой толщи (при расчете осадок фундамента заданных размеров) можно пренебречь [3, 4, 13, 15].

По требованиям СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» максимальное давление от внешней нагрузки должно быть меньше 20% давления от собственного веса слоя грунта высотой H от природного рельефа до активной глубины сжатия [10]. По СНиП 2.02.01-85* «Основания гидротехнических сооружений» - меньше 50% [11].

Однако, по внесенным поправкам в нормативные документы, а именно в актуализированную редакцию СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений», условие максимального давления от внешней нагрузки увеличилось до 50% путем уменьшения глубины активной зоны [1].

Уменьшая глубину активной зоны, надежность сооружения уменьшается.

Теоретически глубина активной зоны нигде не обоснована, ограничения принимаются только на основании опытных данных. Следовательно, выявление причин внесенных поправок является актуальной проблемой.

Таким образом предстоит отобразить методику расчета осадки фундамента при новых требованиях нормативных документов, тем самым доказать значимость внесенных поправок.

2. Метод послойного суммирования. Теоретический расчет

Теоретический расчет осадки методом послойного суммирования заключается в том, что приложенные к грунтовому основанию внешние нагрузки, в том числе и от сооружений, изменяют его напряженное состояние, а развивающиеся в грунте дополнительные к бытовым напряжения вызывают появление деформаций грунтового массива. В итоге поверхность основания и соответственно опирающееся на нее сооружение получают вертикальные смещения, называемыми осадками [3, 15].

Весьма часто основания получают неравномерные (неодинаковые) смещения, в результате чего могут возникнуть крены (наклоны), прогибы и выгибы, горизонтальные перемещения сооружений и их элементов. В итоге в сооружениях развиваются дополнительные усилия (напряжения), которые могут привести к образованию трещин и даже разрушению сооружения [3, 5].

Поэтому при проектировании фундаментов в качестве одного из основных принимается условие, в соответствии с которым смещения (деформации), получаемые сооружением, не должны превышать некоторых предельных значений, устанавливаемых нормами на проектирование (формула 1) [3, 5, 12, 15].

$$S \leq S_u, \quad (1)$$

Где s – расчетная деформация (осадка, крен, разность осадок и др.);

s_u — предельная деформация (предельная осадка, крен и т.д.), превышение которой нарушает нормальную эксплуатацию сооружения или переводит его в аварийное состояние.

Основным способом определения осадок является метод послойного суммирования. Для вычисления осадки фундамента, расположенного на многослойном основании, основной проблемой становится задача определения толщины сжимаемой толщи, то есть вовлечение в работу нескольких слоев грунта. В этом случае необходимо построение аппроксимированной эквивалентной эпюры давлений под подошвой проектируемого фундамента.

Понятие эквивалентной эпюры было введено Цытовичем Н. А. при замене вертикального давления под центром тяжести подошвы фундамента на треугольную [3].

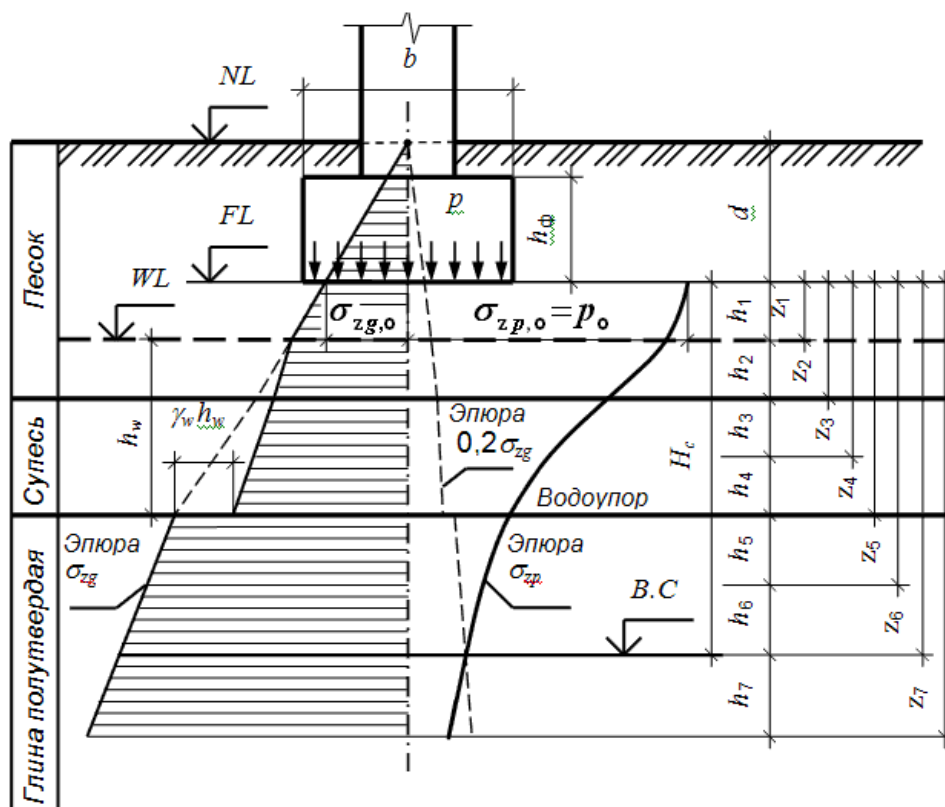


Рис. 1. Схема для расчета осадки фундамента

Пояснения к рисунку 1:

NL – отметка поверхности природного рельефа;

WL – уровень подземных вод;

FL – отметка подошвы фундамента;

B.C – нижняя граница сжимаемой толщи;

H_c – глубина сжимаемой толщи;

d – глубина заложения фундамента;

p – среднее давление под подошвой фундамента;

p_0 – дополнительное давление на основание;

S_{zg} , $S_{zg,0}$ – вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы;

S_{zp} , $S_{zp,0}$ – дополнительное вертикальное напряжение от внешней нагрузки на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы;

h_1 , h_2 , h_3 , h_4 , h_5 , h_6 , h_7 – толщина элементарных слоев.

3. Особенности расчета

Метод послойного суммирования заключается в том, что осадку грунта под действием нагрузки от сооружения определяют как сумму осадок элементарных слоев грунта такой толщины, для которых можно без большой погрешности принимать при расчетах средние значения действующих напряжений и средние значения характеризующих грунты коэффициентов [3].

Во всех случаях для различных сечений толщи грунтов, отстоящих на разном расстоянии от места приложения нагрузки, напряжения будут разными.

По вопросу учета напряжений для отдельных выделенных элементов (слоев) сжимаемой толщи грунтов следует рассмотреть два основных способа:

- учет только осевых сжимающих напряжений σ_z ;
- учет всех нормальных напряжений – σ_z , σ_y , σ_x .

Учет только осевых сжимающих напряжений рекомендуется СНиПом. Основными предпосылками для него является определение осадок грунта по условию невозможности бокового расширения грунта и учет при расчете осадок только осевых максимальных сжимающих напряжений σ_z .

При определении осадок по условию невозможности бокового расширения грунта мысленно выделяют в грунте под центром подошвы фундамента вертикальную призму сечением единица и высотой от уровня подошвы до глубины активной зоны сжатия H_c . Далее считают, что каждый элемент грунта будет испытывать только вертикальное сжатие под действием среднего давления (максимального сжимающего напряжения σ_z) без возможности бокового расширения [3,5].

Тогда для осадки отдельного элемента, если не учитывать (в запас) структурную прочность сжатия, будет применима формула для всей толщи:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zpi} \times h_i}{E_i}, \quad (2)$$

Где S – конечная осадка отдельного фундамента, см;

h_i – толщина i -го слоя грунта основания, см;

E_i – модуль деформации i -го слоя грунта, кПа;

β – безразмерный коэффициент, равный 0.8;

σ_{zpi} – среднее значение дополнительного вертикального напряжения в i -ом слое грунта.

Глубина активной зоны сжатия соответствует такой глубине, ниже которой деформациями грунтовой толщи (при расчете осадок фундамента заданных размеров) можно пренебречь [14].

По СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» эта глубина должна удовлетворять условию:

$$\max \sigma \leq 0.2 \gamma H, \quad (3)$$

т.е. максимальное давление от внешней нагрузки должно быть меньше 20% давления от собственного веса слоя грунта высотой H от природного рельефа до активной глубины сжатия [15].

Для грунтов с модулем упругости $E \leq 5$ МПа принимают:

$$\max \sigma \leq 0.1 \gamma H \quad (4)$$

По СНиП 2.02.01-85* для гидротехнических сооружений с большой площадью подошвы [7,15]:

$$\max \sigma \leq 0.5 \gamma H \quad (5)$$

Некоторые авторы, главным образом, зарубежные принимают [15]:

$$\max \sigma \leq 0.1 p, \quad (6)$$

где p – внешняя нагрузка.

По внесенным поправкам в актуализированную редакцию СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений», глубина гражданских и гидротехнических сооружений стала удовлетворять условию [1]:

$$\max \sigma \leq 0.5 \gamma H \quad (7)$$

Следовательно, по новому условию (7) для гражданских зданий и сооружений, уменьшается глубина активной зоны, при этом уменьшается надежность сооружения, так как меньшее количество слоев входит в расчет осадки, что на самом деле не соответствует действительности.

4. Выводы

Таким образом, необходимо найти теоретическое решение обоснования глубины активной зоны, для этого предстоит:

1. провести сравнительный анализ существующей зарубежной нормативной документации с нормативной документацией РФ;

2. математически обосновать глубину активной зоны основания в соответствии с требованиями руководящих документов (расчет осадки разных типов фундаментов при различных грунтовых условиях);
3. вывести практические рекомендации по использованию методики определения активной зоны основания.

Литература

1. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»: СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».
2. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85* «Основания гидротехнических сооружений»: СП 23.13330.2011 «Основания гидротехнических сооружений».
3. Бугров А. К. Механика грунтов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007.
4. Далматов Б. И. [и др. Механика грунтов. М. СПб.: Изд-во АСВ, 2000.
5. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии). Учебник и учеб. пособ. д/высшей школы (вузы). Изд. 3-е. Лань: 2012. 415 с.
6. Зарецкий Ю. К. Лекции по современной механике грунтов. Ростов: Изд-во РГУ, 1983, 608 с.
7. Иванов П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. Механика грунтов. Учеб. для гидротех. спец. вузов. 2-е изд., переработ. и доп. М.: Высшая школа, 1991. 447 с.
8. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высшая школа, 1982, 511 с.
9. Мироненко В. А., Шестаков В. М. Основы гидромеханики. М., Изд. «Недра», 1974, 296 с.
10. СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений».
11. СНиП 2.02.01-85* «Основания гидротехнических сооружений».
12. Соломенцева Н. С. Методические указания по расчету фундаментов промежуточных опор мелкого заложения. М: МАДИ, 1994.
13. Ухов С. Б., Семенов В. В., Знаменский В. В. Механика грунтов, основания и фундаменты. 4-е изд. под редакцией Ухова С. Б. 2007, 566 с.
14. Флорин В. А. Основы механики грунтов. М.-Л.: Стройиздат, Т.1. 1959, Т. 2, 1961.
15. Цытович Н. А. Механика грунтов (краткий курс). Учебник для вузов. 6-е изд. М.: Высшая школа, 2011. 272 с.
16. Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов: общая и прикладная. Изд-во Стереотип. 2013. 448 с.
17. Braja M. Das. Advanced soil mechanics. New York: Taylor & Francis Group, 2008. 567 p.
18. Punmia B. C., Ashok Kumar Jain, Arun Kr. Jain. Soil mechanics and foundations. Firewall Media, 2005. 940 p.
19. Harr M. E. Foundations of theoretical soil mechanics. NY McGraw Hill, 1966.
20. Harr M. E. Mechanics of particulate media: a probabilistic approach. New York: 1977. 543 p.
21. Venkatramiah C. Geotechnical engineering. New Age International, 2007. 926 p.
22. Whitlow R. Basic soil mechanics. Prentice Hall, 2001. 592 p.

References

1. Aktualizirovannaya redakziya SNIП 2.02.01-83* "Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy": SP 22.13330.2011. "Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy" [Actualized edition of SNIP 2.02.01-83 * "Foundations of buildings and structures": SP 22.13330.2011 "Foundations of buildings and structures"]. (rus)
2. Aktualizirovannaya redakziya SNIП 2.02.02-85* "Osnovaniya gotrotehnocheskyh sooruzheniy": SP 23.13330.2011 "Osnovaniya gotrotehnocheskyh sooruzheniy". [Actualized edition of SNIP 2.02.02-85* "Foundation of hydraulic structures": SP 23.13330.2011 "Foundation of hydraulic structures"]. (rus)
3. Bugrov A. K. *Mekhanika gruntov*. [Soil mechanics]. SPb.: Publishing of SPbSPU, 2007. (rus)
4. Dalmatov B. I [et al.]. *Mekhanika gruntov*. [Soil mechanics] .M. SPb: ASV Publishing, 2000. (rus)
5. Dalmatov B. I. *Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenty (vkluchaya spetskurs inzhenernoj geologii)* [Soil mechanics, bases and foundations (including engineering geology course)] *Uchebnik i uchebnoye posobiye dlya vyshey shkoly (vysy)*. 2nd edition. Lan' publishing: 2012. 415 p. (rus)
6. Zareckiy Y. K. *Lekcii po sovremennoj mehanike gruntov* [Lectures according to the modern Soil Mechanics]. *Rostov-na-Donu: RGU publishing*, 1983. 608 p. (rus)

7. *Ivanov P. L. Grunty i osnovaniya gidrotehnicheskikh sooruzheniy. Mekhanika gruntov.* [Soil and bases of hydraulic structures. Soil mechanics]. *Uchebnik dlya girdoteh. Spez. Vysov.* 2nd edition. M.: Vysshaya shkola, 1991. 447 p. (rus)
8. *Maslov N. N. Osnovy inzhenernoj geologii i mehaniki gruntov.* [Fundamentals of Engineering Geology and Soil Mechanics] M.: Vysshaya shkola, 1982. 511 p. (rus)
9. *Mironenko V. A., Shestakov V. M. Osnovy gidromekhaniki.* [Fundamentals of fluid mechanics]. M., "Nedra" Publishing, 1974. 296 p. (rus)
10. SNiP 2.02.01-83* "Foundations of buildings and structures". (rus)
11. SNiP 2.02.01-85* "Foundation of hydraulic structures". (rus)
12. *Solomentseva N. S. Metodicheskiye ukazaniya po raschetu fundamentov promezhutochnykh opor melkogo zalozheniya* [Methodical instructions on calculation of foundation piers shallow]. M: MADI, 1994. (rus)
13. *Uhov S. B., Semenov V. V., Znamenskiy V. V. Mekhanika gruntov, osnovanoya i fundamenty* [Soil mechanics, bases and foundations]. 4th edition. 2007, 566 p. (rus)
14. *Florin V. A. Osnovy mehaniki gruntov* [Fundamentals of soil mechanics]. M-Leningrad.: Stroyizdat, Vol. 1. 1959. Vol. 2, 1961. (rus)
15. *Zytovych N. A. Mekhanika grunkov (kratkij kurs).* [Soil Mechanics (brief course)]. *Uchebnik dlya vysov.* 6th edition. M.: Vysshaya shkola, 2011. 272 p. (rus)
16. *Zytovych N. A. Mekhanika merzlykh gruntov: obshchaya i prikladnaya* [Permafrost engineering: General and Applied]. "Stereotip" publishing. 2013. 448 p (rus).
17. Braja M. Das. Advanced soil mechanics. New York: Taylor & Francis Group, 2008. 567 p.
18. Punmia B. C., Ashok Kumar Jain, Arun Kr. Jain. Soil mechanics and foundations. Firewall Media, 2005. 940 p.
19. Harr M. E. Foundations of theoretical soil mechanics. NY McGraw Hill, 1966.
20. Harr M. E. Mechanics of particulate media: a problem-solving approach. New York: 1977. 543 p.
21. Venkatramaiah C. Geotechnical engineering. New Age International, 2007. 926 p.
22. Whitlow R. Basic soil mechanics. Prentice Hall, 2001. 592 p.