Оценка глубины сжимаемой толщи при расчётах оснований фундаментов.

Горлов А.А.* (МГРИ, andrey.gor10@yandex.ru),
соавтор Фоменко И.К. (МГРИ, ifolga@gmail.com)

Аннотация

Расчет оснований по второй группе предельных состояний является обязательным при проектировании объектов капитального строительства. На практике расчет осадок фундаментов выполняется по модели линейно деформируемого полупространства по схеме линейно деформируемого слоя. Одной из проблем этой методики расчетов является увеличение осадки основания при увеличении учитываемой глубины грунтового массива. Для получения значений осадок зданий и сооружений в этой методике используется эмпирический параметр – глубина сжимаемой толщи основания (активной зоны, расчетной области и др.). Согласно нормативной документации ниже этой зоны деформациями грунтовой толщи при расчете осадок фундаментов заданных размеров допускается пренебречь.

В современной практике проектирования широко используются численные методы расчетов (МКЭ, МКР, МДЭ и пр.). Известно, что эффективность применения численного моделирования зависит от корректности назначения граничных условий, в частности, размеров (глубины) расчетной области. Для успешного использования численных методов требуется внесение уточнений в действующие нормативные документы, регламентирующих как расчет осадок зданий (в части назначения глубины расчетной области), так и предъявляющих требования к проведению инженерных изысканий в части назначения глубины исследований, представляющих исходные данные для проведения таких расчетов.

Ключевые слова

Осадка, сжимаемая толща, грунт, численное моделирование, инженерные изыскания.

Теория

Проектирование зданий и сооружений и прогнозирование осадок требует проведения расчетов оснований по несущей способности и деформациям. Это определяет необходимость выполнения инженерно-геологических изысканий площадки строительства для определения физико-механических свойств грунтов на требуемую глубину. В практике реализации инвестиционных проектов в строительстве наблюдается тенденция к «экономии» за счет сокращения объемов инженерно-геологических изысканий, в частности, путем минимизации глубины бурения. Это, в свою очередь, приводит к ограничению информации о геологической среде площадки строительства, о существующих природных и техногенных процессах, о строении, составе, состояния и свойствах грунтов оснований фундаментов [2].

Согласно требованиям п. 5.6.41 СП 22.13330.2016 нижнюю границу сжимаемой толщи принимают на глубине, где дополнительные вертикальные напряжения от фундамента σ_{zp} не превышают заданную долю природных вертикальных напряжений σ_{zg}, эта доля составляет 50%, в нормативно-технической документации более раннего года издания эта величина составляет 20%.

Развитие компьютерных технологий привело к широкому использованию численных расчетов в геотехнике, развитию математических моделей поведения грунтов.

Эффективность применения численного моделирования, а значит и качество результата, ключевым образом зависит от корректности назначения граничных условий, в частности, размеров (глубины) расчетной области.

В мировой практике одним из самых популярных является метод фактора влияния деформации [4], согласно которому глубина воздействия основания на геологическую среду

определяется через показатель фактора влияния деформаций l_z (Strain Influence Factor), который изменяется от 2B до 4B (B – ширина фундамента), в зависимости от формы фундамента.

Рассмотрим пример оценки влияния активной зоны на осадку основания плитного фундамента. Проектируемое здание представляет собой пятиэтажное сооружение с заглублением подземной части на 2,0 метра от поверхности земли (рис. 1). Здание имеет прямоугольную конфигурацию в плане, длиной 56,75м, шириной 22,20м. Тип фундамента - плитный, нагрузка на фундамент – 200 кПа. Предельная величина осадки основания - 15 см. Расчет осадки выполнялся в рамках теории механики сплошной среды в пространственной постановке задачи в программном комплексе Settle3.

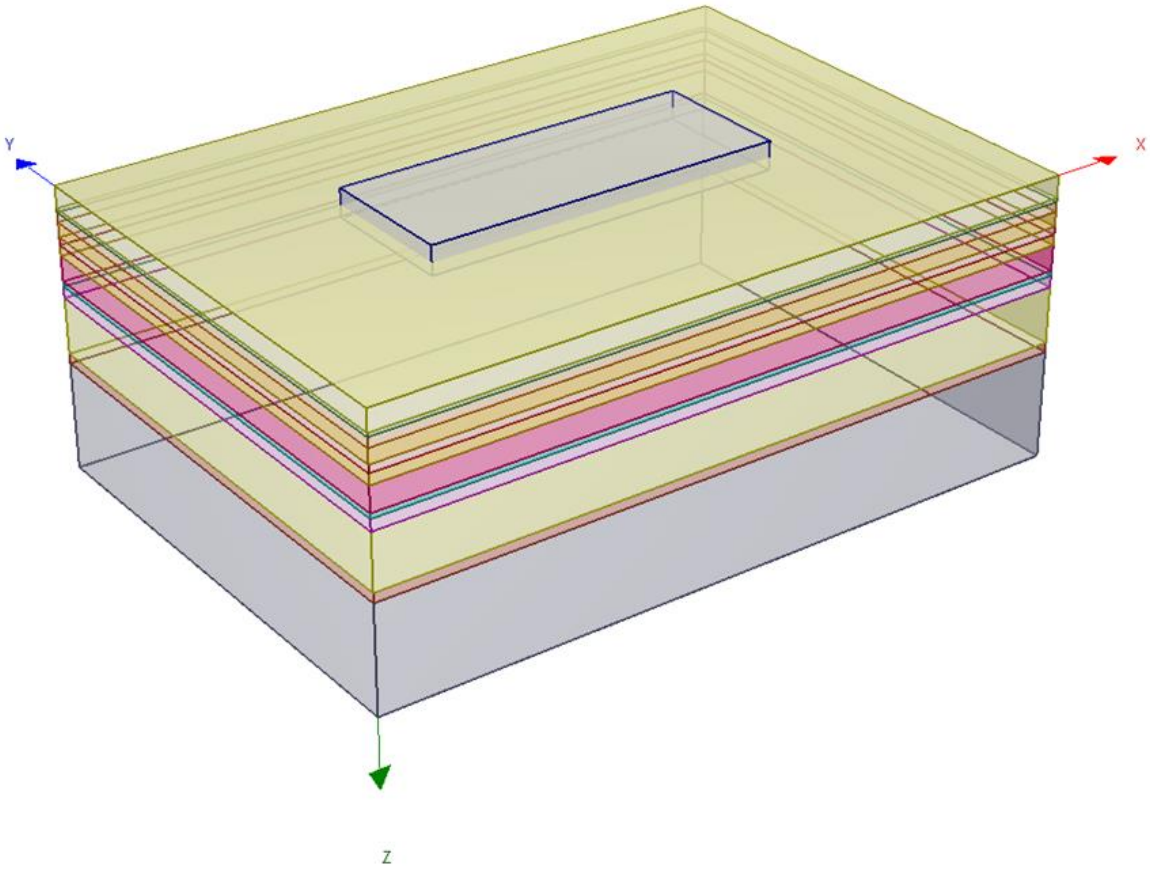

Рисунок 1. Расчетная схема моделирования осадки здания

Свойства грунтов, используемые в расчётах, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства грунтов

Геологический индекс/цвет	ρ, г/см^3	E, Мпа
t-Q_{IV}	1.73	11
a-Q^2_{III}	1.99	30
g-Q^D_{II}	2.02	16
f,lg-Q^{O-D}_{II}	2.01	19

f,lg-Q^{O-D}_{II}	2.04	38
f,lg-Q^{O-D}_{II}	1.95	23
J_3-K_1lp	2.05	38
J_3	1.92	28
J_3	2.01	27

Для оценки влияния активной зоны на величину осадки были выполнены расчеты по следующим вариантам:

- нижняя граница сжимаемой толщи принималась исходя из условия $\sigma_{zp}=0.5\sigma_{zg}$;
- нижняя граница сжимаемой толщи принималась исходя из условия $\sigma_{zp}=0.2\sigma_{zg}$;
- глубина влияния фундамента *lz* равнялась 2В.
- глубина влияния фундамента *lz* равнялась 4В.

Анализ результатов выполненной оценки влияния глубины активной зоны основания на величину конечной расчетной осадки показал, что по мере увеличения глубины расчетной области наблюдается рост значения осадки здания.

- При назначении глубины расчетной области 15,0м (исходя из условия $\sigma_{zp}=0.5\sigma_{zg}$), расчетное значение осадки здания составило *s* = 11,9 см.
- При назначении глубины расчетной области 22,92м (исходя из условия $\sigma_{zp}=0.2\sigma_{zg}$), расчетное значение осадки здания составило s =15,6 см.
- При назначении глубины расчетной области 44,4м (исходя из условия *zl* = 2В), расчетное значение осадки здания составило s =20,4 см.
- При назначении глубины расчетной области 88,8м (исходя из условия *zl* = 4В), расчетное значение осадки здания составило s =24,8 см.

На рисунке 2 приведен график зависимости величины конечной осадки от мощности активной зоны.

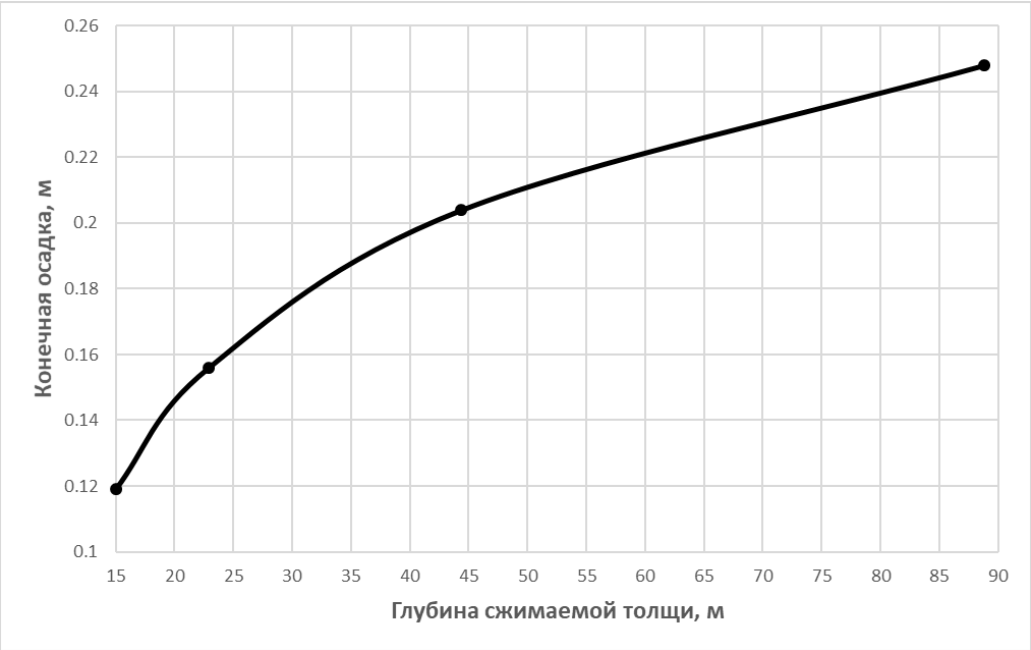

Рисунок 2. График зависимости величины конечной осадки от мощности активной зоны (глубины расчетной области)

Выводы

Ограничение глубины сжимаемой толщи, зачастую приводит к недооценке значения осадки фундамента. Это требует дальнейшего развития НТД, регламентирующих как расчет осадок зданий (в части назначения глубины расчетной области с учетом размеров фундаментов), так и предъявляющих требования к проведению инженерных изысканий (в части глубины изысканий), представляющих исходные данные для проведения таких расчетов.

Библиография

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. - М: Изд-во АСВ, 2016. – 1031 с.
2. Кургузов К.В., Дейнеко А.В., Фоменко И.К. Выбор учитываемой глубины нескальных оснований для инженерно-геологического опробования и расчетов по деформациям//Новые идеи и теоретические аспекты инженерной геологии: Тр. Междунар. научн. конф. (Москва, МГУ, 04.02.2021 г.)/Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королёва. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2021. – С. 146-151.
3. СП 446.1325800.2019 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ.
4. Pantelidis L. Strain Influence Factor Charts for Settlement Evaluation of Spread Foundations based on the Stress–Strain Method. Applied Sciences. 2020; 10(11):3822.