

Расчёт осадки ленточного фундамента под жилым зданием

Болтовский Лев Александрович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является описание методик расчетов и непосредственные расчеты осадок ленточного фундамента. В ходе данной работы использованы поисковые и вычислительные методы исследования, позволившие рассчитать осадки фундамента под жилым зданием. В результате описаны методики расчетов, получено значение осадки в каждом из методов.

Ключевые слова: ленточный фундамент, осадка, жилое здание.

Calculation of the draft of the ribbon foundation under a residential building

Boltovskiy Lev Alexandrovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to describe calculation methods and direct calculations of the sediment of the ribbon foundation. In the course of this work, search and computational research methods were used, which made it possible to calculate the precipitation of the foundation under a residential building. As a result, calculation methods were described, and the precipitation value in each of the methods was obtained.

Keywords: ribbon foundation, sediment, residential building.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Актуальность исследования осадки ленточного фундамента под жилым зданием обусловлена необходимостью обеспечения надежности и эксплуатационной пригодности малых и средних по размерности сооружений при разнообразных инженерно-геологических условиях. Осадка основания является одной из ключевых деформационных характеристик, определяющих пространственную неизменяемость конструктивной системы здания, состояние ограждающих и несущих элементов, а также безопасность эксплуатации.

1.2 Обзор исследований

В статье Д. Н. Архипова [1] приведена новая конструкция ленточного фундамента с геометрически изменяемой формой подошвы, позволяющая

регулировать величину осадки основания при неизменной величине площади контактной поверхности подошвы. Приведены результаты определения вертикальных осадок фундаментов двухэтажного здания, Значения осадок малонагруженного фундамента сложной конфигурации определялись двумя способами: аналитическим расчетом по действующим нормативным документам и с помощью программы PLAXIS, предназначенной для вычисления осадки методом конечных элементов в условиях плоской задачи в исследовании Л. А. Игошевы [2]. В работе В. П. Дыба [3] рассматривается понятие глубины сжимаемой толщи грунтового основания, ограниченной величиной структурной прочности грунта, а также необходимость учета структурной прочности в расчетах осадок оснований. Приведен метод расчета осадки ленточного фундамента, учитывающий структурную прочность грунта. В статье рассматриваются геологические закономерности преобразования напряжённо деформированного состояния (НДС) грунтового основания путем образования диссипативных геологических структур, осуществляющих взаимодействие геологической среды и фундамента. в исследовании Г. П. Постоева [4]. Рассмотрены результаты расчета осадок фундаментов на упруго-идеально пластическом основании. Анализируется влияние заглубления фундамента, сцепления и модуля деформации среды на результаты решения нелинейной задачи в исследовании С. В. Платоновой [5].

1.3 Цель исследования

Целью исследования является описание методик расчетов и непосредственные расчеты осадок ленточного фундамента.

2. Материалы и методы

В ходе исследования использованы нормативно-технические документы по проектированию оснований и фундаментов.

Методическая основа исследования включала аналитические методы расчёта осадки по теории упругого полупространства и методу послойного суммирования, с привлечением элементов механики грунтов. Применены методы инженерных расчётов с использованием стандартных зависимостей для определения давления на основание, распределения напряжений в грунтовом массиве и прогнозирования осадки фундамента.

3. Результаты и обсуждение

Ленточный фундамент – это непрерывная линейная фундаментная конструкция, предназначенная для восприятия и равномерной передачи нагрузок от несущих элементов здания (наружных и внутренних стен, столбов, простенков) на основание сооружения. Он формируется в виде замкнутого по периметру здания или отдельных его несущих линий железобетонного либо бетонного «пояса», располагаемого под каждой несущей стеной.

Осадка от ленточного фундамента – это вертикальное перемещение (проседание) основания и расположенной на нём фундаментной конструкции под действием внешних нагрузок и собственного веса сооружения,

возникающее в результате деформации грунтов основания. Осадка проявляется как изменение отметки положения подошвы фундамента относительно исходного проектного уровня и является следствием уплотнения, консолидации или структурной перестройки грунта под действием напряжений.

Произведем расчеты по следующим методам: линейная деформация, послойное суммирование, а также расчёт по теории упругого полупространства Буссинеска. Каждый из методов позволяет рассчитать осадку ленточного фундамента, однако каждая из формул имеют свои особенности.

Метод линейной деформации.

Для начала необходимо ввести некоторые переменные, которые позволят воспользоваться формулой:

1. ширина фундамента $b = 0,4$ м
2. высота фундамента $h = 0,6$ м
3. нагрузка на 1 погонный метр стены $N = 180$ кН/м
4. расчётный модуль деформации грунта $E = 15$ Мпа
5. коэффициент Пуассона $\nu = 0,35$
6. толщина сжимаемой толщи $H = 4$ м

Примечательно, что коэффициент Пуассона – это безразмерная физическая константа упругости материала, характеризующая связь между относительной продольной и относительной поперечной деформацией.

Прежде необходимо рассчитать давление на грунт.

Давление на 1 квадратный метр

$$A = b \cdot 1 = 0,4 \cdot 1 = 0,4 \text{ м}^2$$

Среднее давление под подошвой:

$$p = \frac{N}{A} = \frac{180}{0,4} = 450 \text{ кПа}$$

Выходит, давление на грунт равняется 450 кПа.

Теперь, рассчитав давление на грунт, воспользуемся формулой линейной деформации:

$$s = \frac{p \cdot H}{E \cdot (1 - \nu^2)}$$

Подставим значения:

$$s = \frac{450 \cdot 4}{15\,000 \cdot (1 - 0,35^2)}$$

$$1 - 0,35^2 = 1 - 0,1225 = 0,8775$$

$$s = \frac{1800}{15\,000 \cdot 0,8775}$$

$$s = \frac{1800}{13\,162,5} \approx 0,137 \text{ м}$$

Воспользовавшись формулой установлено, что примерная осадка составит 13,7 сантиметров.

Данный метод позволяет довольно быстро рассчитать примерную осадку, однако он не учитывает случай, в котором фундамент устанавливается на многослойное грунтовое основание.

Рассмотрим расчёт осадки методом послойного суммирования.

Приведем для расчетов три типа слоев: супесь, суглинок мягкопластичный, тугопластичная глина. Ниже представлены характеристики каждого из слоев согласно пособию Н. А. Цытовича «Механики грунтов» [6].

Таблица 1 – Характеристика грунтовых оснований.

Слой	Толщина Н, м	Модуль Е, МПа	е ₀ (начальный коэффициент пористости)
супесь	1,5	18	0,65
суглинок мягкопластичный	2,0	9	0,85
глина тугопластичная	3,0	22	0,70

Не забываем про коэффициент Пуассона $\nu = 0,35$.

Рассчитаем давление на грунт:

$$A = b \cdot 1 = 0,6 \cdot 1 = 0,6 \text{ м}^2$$

$$p = \frac{N}{A} = \frac{240}{0,6} = 400 \text{ кПа}$$

Последовательно получаем давление на грунт в 400 кПа

Формула линейной деформации слоя:

$$s_i = \frac{p \cdot H_i}{E_i \cdot (1 - \nu^2)}$$

Суммарная осадка:

$$s = \sum s_i$$

Далее рассчитываем осадку под каждый из слоев:

Супесь:

$$s_1 = \frac{400 \cdot 1,5}{18\,000 \cdot (1 - 0,35^2)}$$

$$1 - 0,35^2 = 0,8775$$

$$s_1 = \frac{600}{18\,000 \cdot 0,8775} = \frac{600}{15\,795} = 0,038 \text{ м}$$

Выходит, что осадка на супеси равна 3,8 см.

Суглинок мягкопластичный:

$$s_2 = \frac{400 \cdot 2,0}{9\,000 \cdot 0,8775}$$

$$s_2 = \frac{800}{7\,897,5} = 0,101 \text{ м}$$

Суглинок мягкопластичный имеет осадку в 10,1 см.

Глина тугопластичная:

$$s_3 = \frac{400 \cdot 3,0}{22\,000 \cdot 0,8775}$$

$$s_3 = \frac{1200}{19\,305} = 0,062 \text{ м}$$

Выходит 6,2 сантиметра.

Найдем итоговую осадку:

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

$$s = 0,038 + 0,101 + 0,062 = 0,201 \text{ м}$$

В итоге получаем осадку в 20,1 сантиметр. Стоит учитывать, что это консолидационная осадка, которая возникает не сразу, а по мере выхода поровой воды.

Расчёт по теории упругого полупространства Буссинеска.

Теория упругого полупространства Буссинеска представляет собой раздел классической теории упругости, посвящённый аналитическому описанию напряжённо-деформированного состояния однородного изотропного линейно-упругого полупространства при воздействии на его поверхность сосредоточенных или распределённых нагрузок. Решение Буссинеска позволяет получить замкнутые выражения для вертикальных и касательных напряжений, деформаций и перемещений в любой точке массива в функции от величины нагрузки и геометрии её приложения.

Осадка ленточного фундамента:

$$s = \frac{2 \cdot p \cdot b}{\pi \cdot E} \cdot \frac{1 - \nu^2}{1 - \nu}$$

Возьмем эквивалентный модуль:

$$E_{eq} = \frac{\sum E_i \cdot H_i}{\sum H_i}$$

$$E_{eq} = \frac{18 \cdot 1,5 + 9 \cdot 2 + 22 \cdot 3}{1,5 + 2 + 3}$$

$$E_{eq} = \frac{27 + 18 + 66}{6,5} = \frac{111}{6,5} = 17,1 \text{ МПа}$$

Теперь осадка:

$$s = \frac{2 \cdot 400 \cdot 0,6}{\pi \cdot 17\,100} \cdot \frac{1 - 0,35^2}{1 - 0,35}$$

$$\frac{1 - 0,1225}{0,65} = \frac{0,8775}{0,65} = 1,35$$

$$s = \frac{480}{53\,706} \cdot 1,35 = 0,012 \text{ м}$$

Получаем осадку в 1,2 сантиметра.

Нетрудно заметить, что между послойным суммированием и теории упругого полупространства Буссинеска полученные результаты отличаются. Это происходит из-за следующих отличий: послойное суммирование учитывает консолидацию, длительность, в то время как теория Буссинеска высчитывает мгновенную упругую осадку.

4. Выводы

В ходе проведенного исследования рассмотрены методики расчета осадки ленточного фундамента. Также высчитана осадка на жилое здание с условными переменными.

Практическая значимость проделанной работы заключается в возможности непосредственного применения полученных результатов при проектировании и возведении жилых зданий с ленточными фундаментами в конкретных инженерно-геологических условиях. Выполненный расчет осадки позволяет оценить деформативные характеристики основания, выявить вероятность неравномерных осадок и определить соответствие принимаемых конструктивных решений нормативным требованиям по предельным состояниям.

Библиографический список

1. Архипов Д. Н. Расчет осадки ленточного фундамента с геометрически изменяемой формой подошвы // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2004. №. 2. С. 81-83. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16095750> (дата обращения: 13.01.26).
2. Игошева Л. А., Клевеко В. И. Сравнение результатов определения вертикальной осадки ленточного фундамента аналитическим методом и методом конечных элементов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2014. №. 3(15). С. 30-38. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22533029> (дата обращения: 13.01.26).
3. Дыба В. П., Осипова О. Н., Никифоров А. Н., Дорошев Д. С. Осадки ленточных фундаментах с учетом структурной прочности грунта // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2017. №. 1(193). С. 67-70. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28766980> (дата обращения: 13.01.26).
4. Постоев Г. П., Казеев А. И., Кучуков М. М. Геологические основы расчета осадок грунтовых оснований // Грунтоведение. 2023. №. 2(21). С. 29-35. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65654081> (дата обращения: 13.01.26).
5. Платонова С. В., Алешина Е. А. Осадки щелевидных ленточных фундаментах на нелинейно-деформируемом основании // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. №. 7(559). С. 17-22. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18049785> (дата обращения: 13.01.26).
6. Цытович Н. А. Механика грунтов. М.: Высшая Школа, 1983.