ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА МАССИВНОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ПОНСЕЛЕ И В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ Cantilever Retaining Wall Design

Цигипало Л.А., студент 4 курса, направления подготовки 05.03.01 Геология,
профиль – Гидрогеология и инженерная геология
Кубанский государственный университет, г. Краснодар, lev.tsigipalo@mail.ru
Научный руководитель-И.В. Иванусь

Актуальность

Подпорной стеной называется конструкция, удерживающая массив грунта от обрушения. Подпорные стенки находят широкое применение в промышленном, гражданском, дорожном, железнодорожном и гидротехническом строительстве, а также в горном деле и фортификации.

Подпорные стены подразделяются на массивные, тонкостенные и шпунтовые. Основная нагрузка на стены создается боковым давлением грунта, но устойчивость массивной стены обеспечивается только ее собственным весом; при тонко- стенных в работу включается вес грунта на консолях опорной плиты.

Цель

Выполнение расчета подпорной стенки по двум предельным состояниям и предоставление заключения о степени ее устойчивости.

Задачи

1) познакомиться с понятиями первое и второе предельное состояние грунта;
2) определить активное и пассивное давление, действующее на стену аналитическим и графическим методами;
3) выполнить анализ строительных свойств грунта под подошвой фундамента подпорной стены;
4) определить напряжения, действующих по подошве фундамента, и сравнить их с расчетным сопротивлением грунта;
5) выполнить расчет устойчивости стены против опрокидывания и сдвига по подошве фундамента;
6) выполнить расчет крена фундамента;
7) выполнить расчет фундамента и подпорной стенки в программе Cantilever Retaining Wall Design;
8) сделать вывод о достаточности предлагаемой конструкции для долговременной ее работы.

Анализ строительных свойств грунта под подошвой подпорной стены

Удельный вес сухого грунта = 13,31 кН/м .

Пористость грунта = 0,50 д.е

коэффициент пористости = 1.

показатель текучести = 0,54 д.е.

число пластичности = 0,13 д.е.

Согласно ГОСТ 25100.2020 грунт по числу пластичности и показателю текучести является мягкопластичным суглинком.

Согласно СП 22.13330.2016 условное расчетное сопротивление грунта R0 = 200 кПа.

Расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента стены R = 358,94 кП

Расчет устойчивости стены против опрокидывания и сдвига по подошве фундамента

Значения удерживающих и опрокидывающих моментов стены приведены в таблице

Нормативная сила, кН	Расчетная сила, кН	Плечо, м	Момент, кНм	
			Удерживающих сил M_{z1}	Опрокидывающих сил M_{u1}
$G_{ст}$ = 117,72	$G_{ст}$=0,9 · 117,72= 105,95	2,19	232,03	
$G_ф$ = 161,28	$G_ф$= 0,9·161,28=145,15	1,68	243,85	
E_{ar} = 154,65	E_{ar}=1,2 · 154,65=185,58	2,02		374,87
$E_{ав}$ = 47,28	$E_{ав}$ = 1,2 · 47,28 = 56,74	3,22	182,70	
$E_п$ = 4,3	$E_п$ = 1 · 4,3 = 4,3	0,66	2,84	

Расчет устойчивости стены против опрокидывания и сдвигу сводится к выполнению данных условий:

$$\frac{M_{u1}}{M_{z1}} = \frac{374,87}{661,42} = 0,57 < 0,72 = \frac{0,8}{1,1} = \frac{m}{\gamma_n},$$

$$\frac{Q_{z1}}{Q_{z1}} = \frac{181,28}{92,35} = 1,96 > 0,8 = \frac{0,9}{1,1} = \frac{m}{\gamma_n},$$

Условие не выполняется, следовательно, стенка не устойчива против сдвига.

Расчет по второй группе предельных состояний

Расчет сводится к проверке условия ограничения крена подпорной стенки значение предельного iu (0,00007) меньше фактического iф (0,00008) крена подпорной стенки, то условие не выполняется.

Определение активного и пассивного давления, действующего на стену аналитическим и графическим методами.

Расчитаем активное и пассивное давления действующие на подпорную стенку, а также горизонтальные и вертикальные составляющие интенсивности активного давления. По расчетным данным построим эпюры интенсивности давления (кН/м) грунта на подпорную стенку

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
Слой грунта приведенной высоты	$h_{пр}$	м	1,90
Коэффициент бокового активного давления грунта	ξ_a		0,35
Активное давление на уровне верха стены	e_{a1}	$\frac{кН}{м}$;	13,97
Активное давление на уровне подошвы	e_{a2}	$\frac{кН}{м}$;	50,72
Активное давление	E_a	кН	161,73
Горизонтальная составляющая интенсивности активного давления на уровне верха стены	e_{ar1}	$\frac{кН}{м}$;	14,88
Горизонтальная составляющая интенсивности активного давления на уровне подошвы фундамента	e_{ar2}	$\frac{кН}{м}$;	48,5
Вертикальная составляющая интенсивности активного давления на уровне верха стены	$e_{ав1}$	$\frac{кН}{м}$;	4,08
Вертикальная составляющая интенсивности активного давления на уровне подошвы фундамента	$e_{ав2}$	$\frac{кН}{м}$;	14,83
Горизонтальная составляющая активного давления	E_{ar}	кН	154,65
Вертикальная составляющая активного давления	$E_{ав}$	кН	47,28
Интенсивность пассивного давления на отметке подошвы фундамента	$e_п$	$\frac{кН}{м}$;	4,3
Пассивное давление на переднюю грань стены	$E_п$	кН	4,3

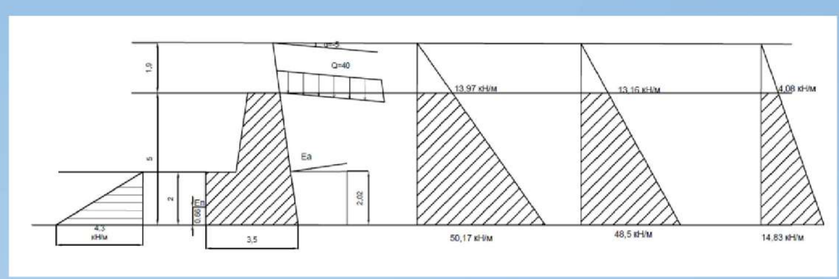

Рисунок 1 - Эпюры интенсивности давления (кН/м) грунта на подпорную стенку

Построение Понселе выполняется с целью проверки правильности нахождения активного давления аналитическим способом. Результатом построения должно стать выведение треугольника Ребхана. Расхождение с давлением, найденным аналитически не должно превышать 5%

$$\frac{161,73 - 159,95}{159,95} * 100\% = 1,11$$

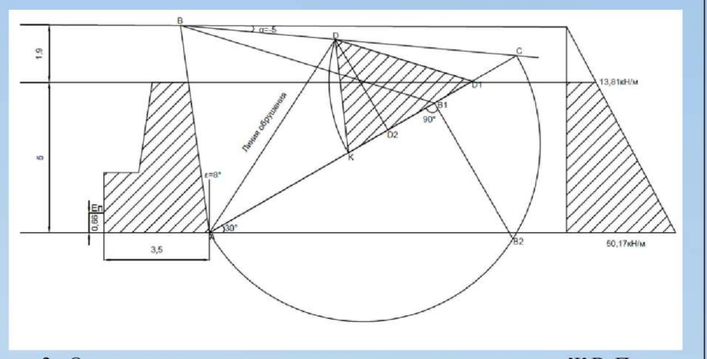

Рисунок 2 - Определение активного давления с помощью построения Ж.В. Понселе

Определение напряжений, действующих по подошве фундамента

Расчет сводится к определению среднего Pср, максимального Pmax и минимального Pmin напряжений по подошве фундамента стены исходя из линейной зависимости распределения контактовых давлений

$$p_{ср} = 103,90 < 256,39 \text{ кПа};$$
$$p_{max} = 223,66 < 307,66 \text{ кПа};$$
$$p_{min} = -15,86 < 0 \text{ кПа}$$

Из трех условий не выполнено последнее, т.е. по задней грани подошвы действуют растягивающие напряжения, что не допускается, а значит грунт у основания может деформироваться.

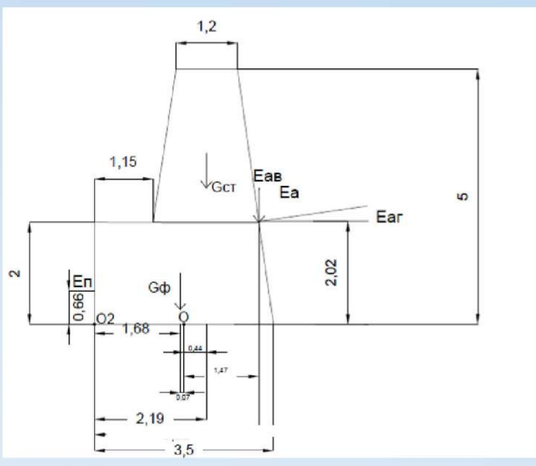

Рисунок 3 - Поперечное сечение стены, силы, действующие на нее

Расчет массивной подпорной стенки в программном комплексе Cantilever Retaining Wall Design

Cantilever Retaining Wall Design - это простое веб-приложение, которое способно предоставить базовый дизайн консольной подпорной стенки на основе пользовательских данных. Для расчета массивной подпорной стены необходимо ввести данные самой стены, а также значения распределенной нагрузки. По окончанию расчетов, программа будет отображать результаты, которые были заданы нами по условию и пригодны ли они для построения стенки с такими значениями и как их можно изменить.

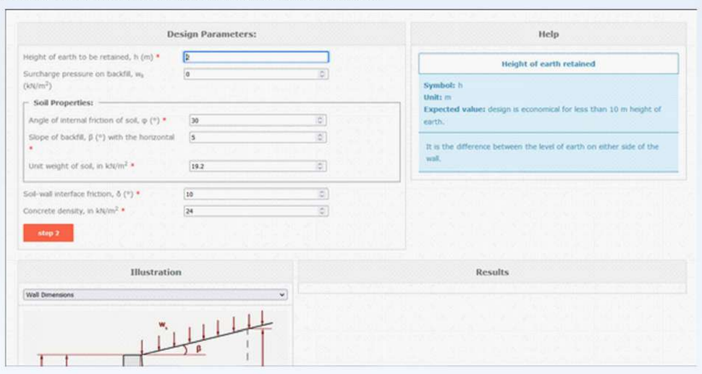

Рисунок 4 - Фрагмент экрана ввода данных геометрических параметров стенки

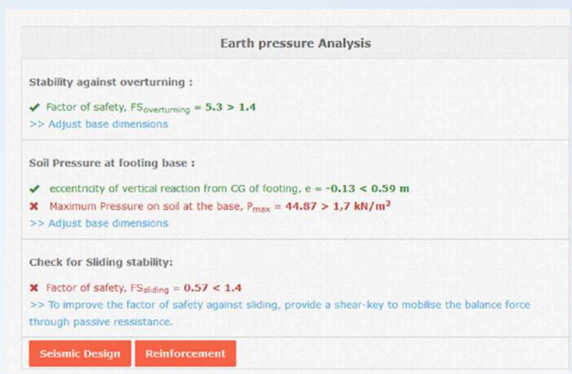

Рисунок 5 - Фрагмент экрана – вывод

Заключение

Выполненные расчеты показали, что стенка с заданными по условию варианта параметрами будет подвержена сдвигу, а также по задней грани подошвы будут действовать растягивающие напряжения и крен. недочеты можно при помощи увеличения длины основания подпорной стенки и введение фиктивных плитных элементов на толщину плиты по ее контуру, а также способ выправления крена зданий включает создание экрана по внешнему контуру здания на расстоянии от 1,5 до 2,0 м от его фундамента на глубину активной зоны путем инъекционного уплотнения грунта.

Полная версия работы предоставлена по ссылке

Библиографический список:

1 Алексеев, С.И. Осадки фундаментов при реконструкции зданий / С.И. Алексеев - Санкт-Петербург: ПГУПС, 2009. - 78 с.

2 ГОСТ 25100−2020. Грунты. Классификация: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: введен впервые: дата введения 2020-07-01 / разработан научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям. - Москва: Издательство стандартов, 2020. - 30 с.

3 Ковалев, И.В. Расчет подпорной стены. Методические указания к курсовой работе / И.В. Ковалев, Н.С. Несмелов - Санкт-Петербург: ПГУПС, 1992. - 56 с.

4 СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений: Свод Правил Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие от 1 июля 2017 г. Приказом Министерства строительства № 309/пр: введен впервые - Москва: [б.и.], 2016. - 52 с. - (Система нормативных документов в строительстве).

5 Улицкий, В.М. Расчет подпорной стены. Методические указания к курсовой работе / В.М. Улицкий - Санкт-Петербург: ПГУПС, 2011. - 46 с.

6 Цимбельман, Н.Я. Предельное равновесие сплошных и сыпучих сред. Методические указания к освоению дисциплины / Н.Я. Цимбельман - Владивосток: ДВГТУ, 2010. - 39 с.