

Расчет уголковой подпорной стены аналитическим методом и в программном комплексе Geo5

Санников Г.А., студент 4 курса, направление подготовки 05.03.01 Геология,
профиль – Гидрогеология и инженерная геология,
Кубанский государственный университет, г. Краснодар.
Научный руководитель – И.В. Иванусь

Актуальность

Подпорные стены являются наиболее распространенными инженерными сооружениями в промышленном и гражданском строительстве.
Главная задача данного сооружения – удержание земляной массы от обрушения. Правильный расчет подпорной стены должен обеспечить наибольшую эффективность сооружения, а также минимизировать затраты при строительстве.

Цель

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

Материалы и методы

Работа выполнена согласно руководству по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства. Составлено к главам СНиП 2.02.01-83.

Задачи

- 1) определить активное и пассивное давление, действующее на стену аналитическим и графическим методами;
- 2) выполнить анализ строительных свойств грунта под подошвой фундамента подпорной стены;
- 3) определить напряжения по подошве фундамента, и сравнить их с расчетным сопротивлением грунта;
- 4) выполнить расчет устойчивости стены против опрокидывания и сдвига по подошве фундамента;
- 5) выполнить расчет крена фундамента;
- 6) выполнить программный расчет фундамента и подпорной стенки;
- 7) сделать вывод о достаточности предлагаемой конструкции для долговременной ее работы.

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

Аналитический метод:

Определили активное давление, а также величину его горизонтальной и вертикальной составляющей:

$$E_a = 211,92 \text{ кН};$$

$$E_{aH} = 201,36 \text{ кН};$$

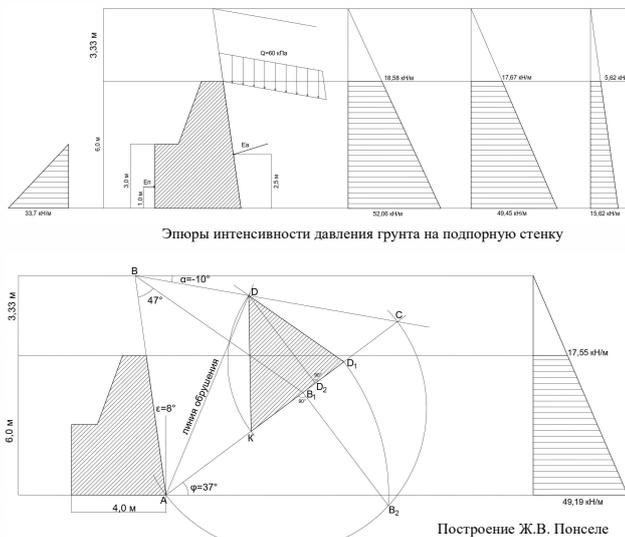
$$E_{aV} = 64,08 \text{ кН}.$$

Определили величину пассивного давления и применили понижающий коэффициент 0,33:

$$E_p = 16,7 \text{ кН}$$

Графический метод:

Результатом построения должно стать выведение треугольника Риббана.
С помощью площади искомого треугольника определяем активное давление:
 $E_a^{\text{анал}} = 200,24 \text{ кН}$
Расхождение с давлением, найденным аналитически, составляет 5 %, что вполне допустимо.



Эпюры интенсивности давления грунта на подпорную стенку

Построение Ж.В. Пенселе

2. Анализ строительных свойств грунта под подошвой подпорной

Определили следующие показатели грунта:
удельный вес сухого грунта $\gamma_d = 19,12 \text{ кН/м}^3$.
пористость грунта $n = 0,31$ д.е.
коэффициент пористости $e = 0,44$.
показатель текучести $I_p = 0,1$ д.е.
число пластичности $I_p = 0,18$ д.е.

По числу пластичности и показателю текучести грунт является глиной твердой (ГОСТ 25100.2020)
Условное расчетное сопротивление грунта
 $R_p = 600 \text{ кПа}$. (СП 22.13330.2016)
Расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента стены
 $R = 1101,6 \text{ кПа}$

3. Определение напряжений на подошве фундамента.

Расчет сводится к определению среднего p_{cp} , максимального p_{max} и минимального p_{min} напряжений по подошве фундамента. Сопоставим найденные напряжения с расчетным сопротивлением:

$$p_{cp} = 127,7 < 786,8 \text{ кПа};$$

$$p_{max} = 296,9 < 944 \text{ кПа};$$

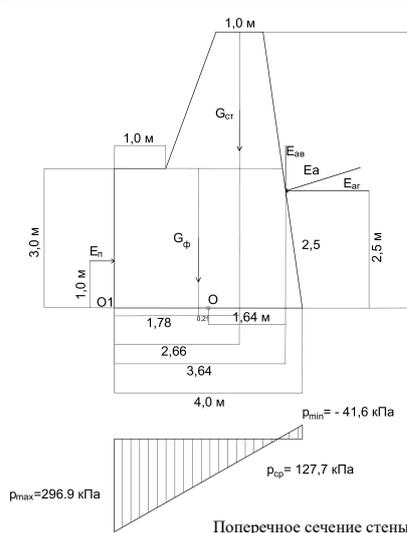
$$p_{min} = -41,6 < 0 \text{ кПа}.$$

$$p_{cp} = \frac{N_1}{A} \leq \frac{R}{\gamma_n};$$

$$p_{max} = \frac{N_1 + M_1}{A} \leq \frac{R}{\gamma_n};$$

$$p_{min} = \frac{N_1 - M_1}{A} \geq 0$$

Не выполнено последнее условие. Действие активного давления грунта вызывает сжимающее напряжение при отрицательном значении в правом углу. Отчетливо видно, что грунт не работает, значит правый угол стены отрывается от подошвы, что не допустимо.



Поперечное сечение стены

4. Расчет устойчивости стены против опрокидывания и сдвига по подошве фундамента.

В таблице моменты вычислены относительно передней грани фундамента стены.

Нормативная сила, кН	Расчетная сила, кН	Плечо, м	Момент, кНм	опрочно-стабилизирующая сила M_{st}	опрочно-стабилизирующий шихс M_{st}
$G_{gr} = 122,4$	$G_{gr} = 110,2$	2,66	293,1	608,8	
$G_{st} = 272,2$	$G_{st} = 244,9$	1,78	435,9		
$E_a = 201,4$	$E_a = 241,6$	2,52	-		
$E_p = 64,1$	$E_p = 76,9$	3,64	279,9		
$E_{aH} = 16,7$	$E_{aH} = 16,7$	1,0	16,7		
			102,5,6		
			608,8		

Расчет сводится к выполнению следующих условий:

$$\frac{Q_{r1}}{Q_{a1}} = 1,73 < 0,82. \quad \frac{Q_{r1}}{Q_{a1}} \leq \frac{m}{\gamma_n} \quad \checkmark$$

$$\frac{M_{st1}}{M_{a1}} = 0,59 < 0,73. \quad \frac{M_{st1}}{M_{a1}} \leq \frac{m}{\gamma_n} \quad \checkmark$$

Оба условия оказались выполнены, что говорит нам об устойчивости стены против опрокидывания и сдвига.

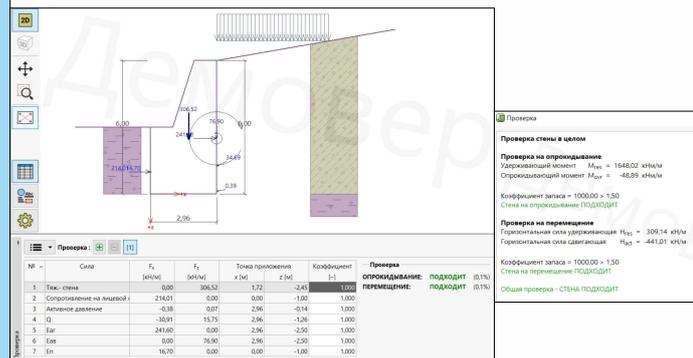
5. Расчет по второй группе предельных состояний.

Расчет сводится к проверке условия ограничения крена подпорной стенки:

$$i_{\phi} \leq i_{\phi}$$

Так как $0,00011 > 0,000087$ условие не выполняется, стенка получит крен.

6. Выполнение расчета в программном комплексе Geo5



Проектируемая конструкция и результаты расчетов в программе Geo5

По результатам расчетов данное проектное решение оказалось полностью подходящим.

Заключение

По итогам работы были определены активное и пассивное давление, а также напряжения, действующие на подошве фундамента. Были вычислены крен фундамента и устойчивость стены против опрокидывания. Был выполнен анализ строительных свойств грунта под подошвой фундамента подпорной стены.

Выполненные расчеты показали, что по задней грани подошвы будут действовать растягивающие напряжения и стенка получит крен. Чтобы этого избежать необходимо увеличить давление на правый угол стенки путем увеличения веса.

Расчет в Geo5 показал, что данная стенка соответствует нормативным значениям.

Библиографический список

- 1 Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства / разработано ЦНИИПромзданий Госстроя СССР. – Москва, 1984.
- 2 ГОСТ 25100–2020. Грунты. Классификация / разработан научно-исследовательским институтом по инженерным изысканиям. – Москва: Издательство стандартов, 2020.
- 3 СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений / утвержден и введен Приказом Министерства строительства № 309. – Москва, 2016.



Полная версия работы представлена по ссылке.