

//Научно-технический сборник серии транспортировки и хранения газа 2005 №3 с.19-20

3 Национальный атлас Республики Беларусь – Мн.:, 2002

4. Колпашников Г.А. Инженерная геология: Учебное пособие /Г.А. Колпашников – Мн.: УП «Технопринт», 2004

5. Колпашников Г.А. Происхождение и свойства лессовидных отложений в Республике Беларусь. / Г.А. Колпашников Сб. «Международная научно-техническая конференция, Геотехника Беларуси: наука и практика, №3-4, Минск, 2003, с.273-278.

6. Колпашников Г.А. Агрессивность грунтовых вод Белорусского Полесья. / Г.А. Колпашников Р.И. Ленкевич. //Вестник Белорусского национального технического университета, № 3, 2004.

УДК 624.151

Сравнительный анализ методов расчета заанкеренных подпорных стенок

Балыш С.М.

(научный руководитель – Повколас К.Э.)

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Исходные данные. Цель настоящей работы – выполнить сравнительный анализ методов расчета, которые широко используются при проектировании заанкеренных подпорных стенок.

В качестве исходных данных были рассмотрены инженерно-геологические условия, соответствующие данным изысканий при строительстве минского метро в юго-западном направлении.

Грунт представляет собой песок пылеватый средней прочности со следующими расчетными характеристиками: модуль деформации $E=14$ МПа; удельный вес $\gamma = 14,4$ кН/м³; удельное сцепление $c = 2,0$ кПа; угол внутреннего трения $\varphi = 25^\circ$. Шпунтовое ограждение выполнено из двутавров марки 60Б1, расположенных на расстоянии 2м. Глубина котлована 8м. Глубина погружения шпунтового ограждения – 5м. На расстоянии 2,5м от уровня поверхности земли устраивается анкерное крепление с усилием натяжения 250кН. Анкер представляет собой стальной стержень Ø40мм. На поверхности грунта имеется нагрузка в 10кПа.

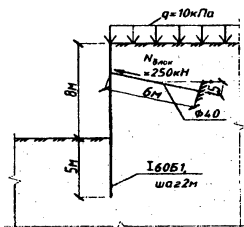


Рис.1. Расчетная схема подпорной стенки

Для сравнительного анализа рассмотрено 4 метода расчета:

- метод конечных элементов, реализованный с помощью программного комплекса «Геомеханика»;
- метод упругой линии;
- методика, изложенная в П17-02 к СНБ 5.01.01-99 «Проектирование и устройство подпорных стен и креплений котлованов»;
- программный комплекс «Фундамент 11.3».

В качестве критериев для сравнения приняты M_{max} – максимальный изгибающий момент в шпунте и N_a – усилие в анкере, возникающие после вскрытия дна котлована.

Расчет методом конечных элементов реализован с помощью ПК «Геомеханика», созданного проф.Фадеевым в г.Санкт-Петербурге.

Рассмотрены 2 варианта решения задачи:

- 1 вариант – без первоначального усилия блокировки в анкере;
- 2 вариант – с вводом усилия блокировки 240кН.

Решение задачи производится в 3 шага:

- 1 шаг. Формирование поля природных напряжений.
- 2 шаг. Погружение шпунта в массив грунта, частичная откопка котлована (на 3м) и установка анкера.
- 3 шаг. Откопка котлована на полную глубину.

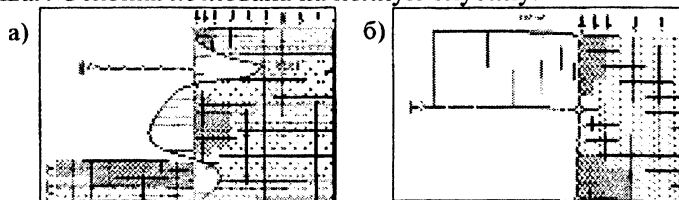


Рис.2. Эпюры результатов расчета по 1 варианту:

- а) изгибающих моментов в шпунте;
 - б) продольных сил в анкере.
- Эпюры результатов расчета показывают:

в 1 варианте ($N_{\text{блок}} = 0$): $M_{\text{max}} = 55,59 \text{ кН}\cdot\text{м}$; $N_a = -147,67 \text{ кН}$;
 во 2 варианте ($N_{\text{блок}} = 240 \text{ кН}$): $M_{\text{max}} = 43,60 \text{ кН}\cdot\text{м}$; $N_a = -108,35 \text{ кН}$.

Расчет методом упругой линии начинается с построения эпюры давления грунта на стенку, которая заменяется системой сосредоточенных сил. По этой системе сил строится силовой и веревочный многоугольники. Далее из точки, соответствующей уровню анкера, проводится касательная к ломаной веревочного многоугольника, образуя в некотором масштабе эпюру моментов в шпунте. Для определения величины момента в каком-либо сечении стенки, необходимо ординату эпюры умножить на полюсное расстояние, принятое при построении силового многоугольника. В данном случае $M_{\text{max}} = 1,73 \cdot 200 = 346 \text{ кН}\cdot\text{м}$.

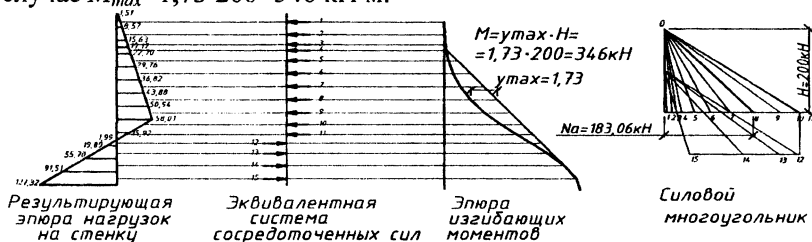


Рис.3. Построение эпюры изгибающих моментов

Для определения усилия в анкере на силовом многоугольнике от полюса O проводим линию, параллельную замыкающей веревочного многоугольника. Отсекаемый ей отрезок дает значение горизонтальной составляющей усилия в анкере: $N_a = -183,06 \text{ кН}$.

Расчет по методике, изложенной в П17-02 к СНБ 5.01.01-99 «Проектирование и устройство подпорных стен и креплений котлованов». Данный метод дает возможность определить минимальную необходимую глубину погружения шпунта ниже дна котлована для обеспечения устойчивости стенки, а также R – анкерное усилие, возникающее при данной глубине погружения шпунта.

Расчет начинается с построения эпюр давлений: напора и отпора. Эти эпюры заменяются результирующими силами F_i . Далее определяются опрокидывающий момент $M_{\text{опр}}$ и удерживающий момент $M_{\text{уд}}$ относительно центра вращения для различных значений глубины погружения шпунта ниже дна котлована h_i .

Основная мысль данного метода состоит в том, чтобы путем последовательного увеличения значения h_i добиться выполнения условия $M_{уд} \geq M_{отпр}$.

Согласно исходным данным, $h_i = 5$ м. Для этого значения усилие в анкере после вскрытия дна котлована $R = -80,72$ кН.

Расчет с помощью программного комплекса «Фундамент 11.3». Данный программный комплекс, разработанный ГПК ИП «Стройэкспертиза», рассчитывает подобные подпорные стенки, не требуя никаких вычислений вручную. Результаты расчета:

Максимальный момент на 1 п.м. шпунта $M_{\max} = 240.71$ кН*м;

Горизонтальная составляющая усилия в распорке $N_a = 169.83$ кН.

Выводы

1. Результаты вычислений, выполненных различными методами, значительно отличаются друг от друга. Разброс результатов по сравнению с методикой, изложенной в действующем нормативном документе, (по критерию сравнения N_a) составляет:

– по МКЭ: – для 1-го варианта **83%**;

– для 2-го варианта **34%**;

– по методу упругой линии **127%**;

– по ПК «Фундамент» **110%**.

2. Столь существенный разброс свидетельствует о необходимости экспериментального обоснования и определения достоверности одного из указанных методов расчета. Это будет реализовано в ходе строительства линии метро в г.Минске в юго-западном направлении.

3. Необходимо заметить, что ранее выполненные расчеты подпорных стенок методом конечных элементов, реализованные при проектировании подпорных стенок на объектах строительства минского метрополитена и площади Независимости, показали хорошую сходимость с данными натурных испытаний.

4. В объяснение причин расхождения результатов расчета, необходимо отметить, что при расчете методом конечных элементов с помощью программы «Геомеханика», в отличие от других методов расчета, учитывается общее начальное (природное) напряженно-деформированное состояние грунта, а также его изменение на различных стадиях устройства подпорных стенок с учетом возникновения пластического состояния в массиве грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основания и фундаменты: Справочник/Г.И.Швецов[и др.];Под ред. Г.И. Швецова.–М.: Высш.шк., 1991.– 383с.
2. Применение метода конечных элементов при выполнении курсовых работ по строительным дисциплинам: Пособие/А.Б.Фадеев[и др.];Под ред. А.Б.Фадеева.
3. Опыт анкерования ограждений глубоких котлованов и других сооружений: Научно-технический журнал «Строительная наука и техника»/ Никитенко М.И., Бойко И.Л., Повколос К.Э., Сернов В.А., Шипица В.И.; МАиС РБ, 2008г.–95с.