Санкт-Петербургский политехнический университет

Высшая школа теоретической механики, ФизМех

Направление подготовки

«01.03.03 Механика и математическое моделирование»

Индивидуальное задание № 4

тема "Метод конечных элементов. Решение плоской задачи теории упругости"

дисциплина "Вычислительная механика"  
Вариант 10

Выполнила студентка гр. 5030103/90301 О.А. Качевская

Преподаватель: Е.Ю. Витохин

Санкт-Петербург

2023

Содержание:

[**1. Формулировка задачи 3**](#_Toc43323906)

[**2. Алгоритм метода 4**](#_Toc43323908)

[**3. Результаты 7**](#_Toc43323909)[**4. Заключение**](#_Toc43323909) **18**

1. **Формулировка задачи.**

Рассматривается плотина, состоящая из двух инженерно-геологических элементов, внешнего и внутреннего, вместе с основанием. Задана граница контакта с водой. Требуется вычислить узловые перемещения, деформации и напряжения, возникающие в плотине, используя метод конечных элементов. На плотину действует гравитационная сила, а на ее элементы, соприкасающиеся с водой, действует давление столба жидкости. Будем полагать, что боковые стороны основания плотины закреплены по оси ОХ, а его низ закреплен по оси OY.

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. Постановка задачи | | |

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Ускорение свободного падения, | 9.8 |
| Плотность воды, | 1000 |
| Плотность частей плотины, | 2500 |
| Плотность основания плотины, | 2950 |
| Модуль Юнга для части B20 плотины, |  |
| Модуль Юнга для части B30 плотины, |  |
| Модуль Юнга для части B35плотины, |  |
| Модуль Юнга для основания плотины, |  |
| Коэффициент Пуассона для частей плотины |  |
| Коэффициент Пуассона для основания плотины |  |

Таблица 1. Параметры задачи

1. **Алгоритм метода.**  
     
   Рассмотрим треугольный конечный элемент 1-го порядка. Перемещение в каждом элементе в этом случае описывается линейным многочленом:

Запишем вектор-столбец узловых перемещений в конечном элементе.

Перемещения в точках конечного элемента зададим с помощью функций форм:

Будем использовать принцип минимизации функционала потенциальной энергии.

Потенциальную энергию можно найти как разность энергии внутренних сил и работы внешних сил:

Компоненты вектора деформаций запишутся как:

Подставим (1) в (2), а затем в (3):

Можем вынести компоненты вектора перемещений.

Где – матрица градиентов,

Зададим вектор-столбец напряжений:

Физические соотношения для плосконапряженного состояния:

С учетом этих соотношений вектор-столбец напряжений распишется в виде:

- матрица упругих характеристик для плоского деформированного состояния.  
Подставим (5) и (6) в (2):

Где

Минимизируем функционал потенциальной энергии:

Следовательно, уравнение метода конечных элементов будет выглядеть:

Вычислим глобальную матрицу жесткости и вектор-столбец нагрузок:

Итоговое уравнение МКЭ:

Для вычисления введем матрицу :

Функции форм для треугольного элемента:

Вычисление интеграла по объему распишется как:

* 1. **Результаты**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| номер узла | U1 Abaqus | U1 Matlab | U2 Abaqus | U2 Matlab |
| 1 | 7.6130E-03 | 7.6132E-03 | -7.8697E-03 | -7.8699E-03 |
| 2 | 7.6601E-03 | 7.6601E-03 | -7.0612E-03 | -7.061E-03 |
| 3 | 2.5056E-03 | 2.5057E-03 | -4.8029E-03 | -4.8029E-03 |
| 4 | 2.5848E-03 | 2.5848E-03 | -5.4338E-03 | -5.4338E-03 |
| 5 | 1.6613E-03 | 1.6613E-03 | -3.3536E-03 | -3.354E-03 |
| 6 | 9.1786E-03 | 9.1786E-03 | -8.1426E-03 | -8.1426E-03 |
| 7 | 9.1853E-03 | 9.1853E-03 | -7.2531E-03 | -7.2531E-03 |
| 8 | 8.9096E-03 | 8.9096E-03 | -7.2475E-03 | -7.2475E-03 |
| 9 | 1.1736E-30 | 1.173E-30 | 1.3155E-04 | 1.3155E-04 |
| 10 | 5.9326E-31 | 5.9328E-31 | -4.8664E-03 | -4.8664E-03 |
| 11 | -8.0740E-31 | -8.0740E-31 | -7.2588E-30 | -7.259E-30 |
| 12 | 4.6152E-30 | 4.6152E-30 | -2.1539E-30 | -2.1539E-30 |
| 13 | 6.8416E-03 | 6.8416E-03 | -6.8328E-03 | -6.8328E-03 |
| 14 | 6.0896E-03 | 6.0896E-03 | -6.5425E-03 | -6.5425E-03 |
| 15 | 5.3535E-03 | 5.353E-03 | -6.1938E-03 | -6.194E-03 |
| 16 | 4.6084E-03 | 4.6084E-03 | -5.7826E-03 | -5.7826E-03 |
| 17 | 3.7489E-03 | 3.7489E-03 | -5.3125E-03 | -5.3125E-03 |
| 18 | 3.5014E-03 | 3.5015E-03 | -6.0202E-03 | -6.0202E-03 |
| 19 | 4.3278E-03 | 4.3278E-03 | -6.4684E-03 | -6.468E-03 |
| 20 | 5.1116E-03 | 5.112E-03 | -6.8721E-03 | -6.8721E-03 |
| 21 | 5.9072E-03 | 5.9072E-03 | -7.2340E-03 | -7.2340E-03 |
| 22 | 6.7383E-03 | 6.7373E-03 | -7.5552E-03 | -7.5552E-03 |
| 23 | 2.5919E-03 | 2.5919E-03 | -5.5820E-03 | -5.5820E-03 |
| 24 | 2.5572E-03 | 2.5572E-03 | -5.5008E-03 | -5.501E-03 |
| 25 | 2.4400E-03 | 2.44E-03 | -5.1715E-03 | -5.1715E-03 |
| 26 | 2.1888E-03 | 2.1888E-03 | -4.5260E-03 | -4.5260E-03 |
| 27 | 2.2651E-03 | 2.2651E-03 | -4.6601E-03 | -4.6601E-03 |
| 28 | 2.8877E-03 | 2.8877E-03 | -5.7315E-03 | -5.7315E-03 |
| 29 | 3.6264E-03 | 3.6264E-03 | -6.6004E-03 | -6.6004E-03 |
| 30 | 4.4290E-03 | 4.4290E-03 | -7.2179E-03 | -7.2179E-03 |
| 31 | 5.2768E-03 | 5.277E-03 | -7.6117E-03 | -7.6117E-03 |
| 32 | 6.0961E-03 | 6.0961E-03 | -7.8252E-03 | -7.8252E-03 |
| 33 | 6.8784E-03 | 6.8784E-03 | -7.8493E-03 | -7.849E-03 |
| 34 | 8.4206E-03 | 8.421E-03 | -8.0835E-03 | -8.0835E-03 |
| 35 | 1.0723E-04 | 1.0723E-04 | 8.8777E-05 | 8.8777E-05 |
| 36 | 2.1193E-04 | 2.1193E-04 | -1.0894E-04 | -1.0894E-04 |
| 37 | 3.4587E-04 | 3.4587E-04 | -4.6934E-04 | -4.6934E-04 |
| 38 | 5.4338E-04 | 5.4338E-04 | -1.0301E-03 | -1.0301E-03 |
| 39 | 8.9468E-04 | 8.9468E-04 | -1.8817E-03 | -1.8817E-03 |
| 40 | 1.7418E-03 | 1.7418E-03 | -4.7653E-03 | -4.765E-03 |
| 41 | 1.2410E-03 | 1.2410E-03 | -4.7826E-03 | -4.7826E-03 |
| 42 | 8.6524E-04 | 8.6524E-04 | -4.8140E-03 | -4.8140E-03 |
| 43 | 5.5238E-04 | 5.5238E-04 | -4.8406E-03 | -4.8406E-03 |
| 44 | 2.7048E-04 | 2.7048E-04 | -4.8584E-03 | -4.8584E-03 |
| 45 | 1.1043E-30 | 1.1043E-30 | -4.1979E-03 | -4.1979E-03 |
| 46 | 6.2588E-31 | 6.2588E-31 | -3.5432E-03 | -3.5432E-03 |
| 47 | 7.7884E-32 | 7.7884E-32 | -2.9105E-03 | -2.9105E-03 |
| 48 | -5.0813E-31 | -5.0813E-31 | -2.3015E-03 | -2.3015E-03 |
| 49 | -9.8770E-31 | -9.877E-31 | -1.7113E-03 | -1.7113E-03 |
| 50 | -1.3335E-30 | -1.3335E-30 | -1.1347E-03 | -1.1347E-03 |
| 51 | -1.5339E-30 | -1.5339E-30 | -5.6545E-04 | -5.6545E-04 |
| 52 | 1.3094E-04 | 1.3094E-04 | -1.4510E-29 | -1.4510E-29 |
| 53 | 2.6042E-04 | 2.6042E-04 | -1.4576E-29 | -1.4576E-29 |
| 54 | 3.8826E-04 | 3.8826E-04 | -1.4721E-29 | -1.4721E-29 |
| 55 | 5.1560E-04 | 5.1560E-04 | -1.4959E-29 | -1.4959E-29 |
| 56 | 6.4490E-04 | 6.449E-04 | -1.5286E-29 | -1.5286E-29 |
| 57 | 7.7800E-04 | 7.7800E-04 | -1.5634E-29 | -1.5634E-29 |
| 58 | 9.1427E-04 | 9.1427E-04 | -1.5894E-29 | -1.5894E-29 |
| 59 | 1.0485E-03 | 1.0485E-03 | -1.5930E-29 | -1.5930E-29 |
| 60 | 1.1705E-03 | 1.1705E-03 | -1.5613E-29 | -1.5613E-29 |
| 61 | 1.2658E-03 | 1.2658E-03 | -1.4871E-29 | -1.4871E-29 |
| 62 | 1.3185E-03 | 1.3185E-03 | -1.3683E-29 | -1.3683E-29 |
| 63 | 1.3139E-03 | 1.3139E-03 | -1.2120E-29 | -1.2120E-29 |
| 64 | 1.2415E-03 | 1.2415E-03 | -1.0322E-29 | -1.0322E-29 |
| 65 | 1.0978E-03 | 1.0978E-03 | -8.4956E-30 | -8.4956E-30 |
| 66 | 8.8750E-04 | 8.875E-04 | -6.8512E-30 | -6.8512E-30 |
| 67 | 6.2170E-04 | 6.2170E-04 | -5.5636E-30 | -5.5636E-30 |
| 68 | 3.2049E-04 | 3.2049E-04 | -4.7128E-30 | -4.7128E-30 |
| 69 | 9.4072E-30 | 9.4072E-30 | -4.8890E-05 | -4.8890E-05 |
| 70 | 9.4474E-30 | 9.4474E-30 | -8.6318E-05 | -8.6318E-05 |
| 71 | 9.4014E-30 | 9.4014E-30 | -1.0051E-04 | -1.0051E-04 |
| 72 | 9.1478E-30 | 9.1478E-30 | -8.4093E-05 | -8.4093E-05 |
| 73 | 8.4735E-30 | 8.4735E-30 | -3.8382E-05 | -3.8382E-05 |
| 74 | 7.1821E-30 | 7.1821E-30 | 2.9349E-05 | 2.9349E-05 |
| 75 | 5.3867E-30 | 5.3867E-30 | 1.1012E-04 | 1.1012E-04 |
| 76 | 3.1816E-03 | 3.1816E-03 | -6.2422E-03 | -6.2422E-03 |
| 77 | 2.6161E-03 | 2.6161E-03 | -5.4825E-03 | -5.4825E-03 |
| 78 | 2.8978E-03 | 2.8978E-03 | -5.9903E-03 | -5.9903E-03 |
| 79 | 3.6358E-03 | 3.6358E-03 | -6.7065E-03 | -6.7065E-03 |
| 80 | 4.5047E-03 | 4.5048E-03 | -7.1663E-03 | -7.1663E-03 |
| 81 | 5.2363E-03 | 5.2363E-03 | -7.3484E-03 | -7.3484E-03 |
| 82 | 3.9536E-03 | 3.9536E-03 | -6.7007E-03 | -6.7007E-03 |
| 83 | 4.6196E-03 | 4.6196E-03 | -6.9604E-03 | -6.9604E-03 |
| 84 | 3.1096E-03 | 3.1096E-03 | -6.1645E-03 | -6.1645E-03 |
| 85 | 2.9568E-04 | 2.9566E-04 | -1.2073E-04 | -1.2073E-04 |
| 86 | 1.1204E-03 | 1.1204E-03 | -5.3415E-04 | -5.3415E-04 |
| 87 | 3.2469E-04 | 3.2469E-04 | -5.0571E-04 | -5.0571E-04 |
| 88 | 1.8098E-04 | 1.8098E-04 | -5.0660E-04 | -5.0660E-04 |
| 89 | 7.1744E-04 | 7.1744E-04 | -5.2453E-04 | -5.2453E-04 |
| 90 | 2.9032E-04 | 2.9032E-04 | -7.5936E-05 | -7.5936E-05 |
| 91 | 1.0067E-03 | 1.0067E-03 | -1.7782E-04 | -1.7782E-04 |
| 92 | 1.1732E-03 | 1.1732E-03 | -1.4833E-03 | -1.4833E-03 |
| 93 | 1.3363E-03 | 1.3363E-03 | -4.0625E-04 | -4.0625E-04 |
| 94 | 2.0784E-03 | 2.0784E-03 | -4.2901E-03 | -4.2901E-03 |
| 95 | 2.0129E-03 | 2.0129E-03 | -4.8363E-03 | -4.8363E-03 |
| 96 | 5.8634E-04 | 5.8634E-04 | -5.1192E-04 | -5.1192E-04 |
| 97 | 1.3074E-03 | 1.3074E-03 | -4.1595E-03 | -4.1595E-03 |
| 98 | 4.5741E-04 | 4.5741E-04 | -5.0309E-04 | -5.0309E-04 |
| 99 | 9.8321E-04 | 9.8321E-04 | -4.1943E-03 | -4.1943E-03 |
| 100 | 6.7198E-04 | 6.7198E-04 | -4.2157E-03 | -4.2157E-03 |
| 101 | 3.6583E-04 | 3.6583E-04 | -4.2422E-03 | -4.2422E-03 |
| 102 | 1.7037E-04 | 1.7037E-04 | -2.5971E-03 | -2.5971E-03 |
| 103 | 1.4855E-04 | 1.4855E-04 | -1.9935E-03 | -1.9935E-03 |
| 104 | 1.3410E-04 | 1.3410E-04 | -1.4145E-03 | -1.4145E-03 |
| 105 | 1.6322E-03 | 1.6322E-03 | -4.1618E-03 | -4.1618E-03 |
| 106 | 1.8288E-03 | 1.8288E-03 | -4.5375E-03 | -4.5375E-03 |
| 107 | 8.5267E-04 | 8.5267E-04 | -5.3614E-04 | -5.3614E-04 |
| 108 | 9.8954E-04 | 9.8954E-04 | -5.4127E-04 | -5.4127E-04 |
| 109 | 2.1101E-03 | 2.1101E-03 | -4.8756E-03 | -4.8756E-03 |
| 110 | 2.1339E-03 | 2.1339E-03 | -4.7030E-03 | -4.7030E-03 |
| 111 | 1.2326E-03 | 1.2326E-03 | -5.0999E-04 | -5.0999E-04 |
| 112 | 1.3098E-03 | 1.3098E-03 | -4.6714E-04 | -4.6714E-04 |
| 113 | 1.9257E-03 | 1.9257E-03 | -3.5667E-03 | -3.5667E-03 |
| 114 | 1.6140E-03 | 1.6140E-03 | -2.5358E-03 | -2.5358E-03 |
| 115 | 1.2983E-03 | 1.2983E-03 | -3.3200E-04 | -3.3200E-04 |
| 116 | 1.1883E-03 | 1.1883E-03 | -2.5244E-04 | -2.5244E-04 |
| 117 | 8.1987E-04 | 8.1987E-04 | -7.8049E-04 | -7.8049E-04 |
| 118 | 5.3493E-04 | 5.3493E-04 | -3.0299E-04 | -3.0299E-04 |
| 119 | 7.6579E-04 | 7.6579E-04 | -1.1473E-04 | -1.1473E-04 |
| 120 | 2.9743E-04 | 2.9743E-04 | -1.2985E-04 | -1.2985E-04 |
| 121 | 2.9762E-04 | 2.9762E-04 | -1.0697E-04 | -1.0697E-04 |
| 122 | 2.8094E-04 | 2.8094E-04 | -5.5678E-05 | -5.5678E-05 |
| 123 | 2.7846E-04 | 2.7846E-04 | -1.0244E-05 | -1.0244E-05 |
| 124 | 1.8903E-03 | 1.8903E-03 | -3.8943E-03 | -3.8943E-03 |
| 125 | 1.8304E-03 | 1.8304E-03 | -4.1400E-03 | -4.1400E-03 |
| 126 | 1.8830E-03 | 1.8830E-03 | -3.4221E-03 | -3.4221E-03 |
| 127 | 1.7122E-03 | 1.7122E-03 | -4.1917E-03 | -4.1917E-03 |
| 128 | 1.7787E-03 | 1.7787E-03 | -2.7216E-03 | -2.7216E-03 |
| 129 | 2.1921E-04 | 2.1921E-04 | 8.3273E-06 | 8.3273E-06 |
| 130 | 1.1447E-04 | 1.1447E-04 | -9.3543E-04 | -9.3543E-04 |
| 131 | 2.7841E-04 | 2.7841E-04 | -1.6942E-03 | -1.6942E-03 |
| 132 | 5.8242E-04 | 5.8242E-04 | -2.1507E-04 | -2.1507E-04 |
| 133 | 1.9939E-04 | 1.9939E-04 | -3.2075E-03 | -3.2075E-03 |
| 134 | 3.1656E-04 | 3.1656E-04 | -2.2885E-03 | -2.2885E-03 |
| 135 | 5.9310E-04 | 5.9310E-04 | -2.3878E-04 | -2.3878E-04 |
| 136 | 6.0375E-04 | 6.0375E-04 | -1.6282E-04 | -1.6282E-04 |
| 137 | 5.7525E-04 | 5.7525E-04 | -2.2209E-04 | -2.2209E-04 |
| 138 | 5.2294E-04 | 5.2294E-04 | -6.9083E-05 | -6.9083E-05 |
| 139 | 5.3006E-04 | 5.3006E-04 | -1.7941E-04 | -1.7941E-04 |
| 140 | 4.0825E-04 | 4.0825E-04 | -1.0018E-03 | -1.0018E-03 |
| 141 | 8.0530E-04 | 8.0530E-04 | -1.0626E-03 | -1.0626E-03 |
| 142 | 9.4292E-04 | 9.4292E-04 | -1.0829E-03 | -1.0829E-03 |
| 143 | 1.0807E-03 | 1.0807E-03 | -1.0845E-03 | -1.0845E-03 |
| 144 | 6.7180E-04 | 6.7180E-04 | -1.0356E-03 | -1.0356E-03 |
| 145 | 5.4041E-04 | 5.4041E-04 | -1.0125E-03 | -1.0125E-03 |
| 146 | 1.2081E-03 | 1.2081E-03 | -1.0556E-03 | -1.0556E-03 |
| 147 | 7.3076E-04 | 7.3076E-04 | -3.6130E-03 | -3.6130E-03 |
| 148 | 1.3094E-03 | 1.3094E-03 | -9.8779E-04 | -9.8779E-04 |
| 149 | 1.2034E-03 | 1.2034E-03 | -1.1187E-03 | -1.1187E-03 |
| 150 | 9.0496E-04 | 9.0496E-04 | -2.7966E-04 | -2.7966E-04 |
| 151 | 9.7682E-04 | 9.7682E-04 | -3.5979E-03 | -3.5979E-03 |
| 152 | 2.5771E-04 | 2.5771E-04 | -1.0689E-03 | -1.0689E-03 |
| 153 | 1.3657E-03 | 1.3657E-03 | -8.8254E-04 | -8.8254E-04 |
| 154 | 1.3619E-03 | 1.3619E-03 | -7.4250E-04 | -7.4250E-04 |
| 155 | 1.2842E-03 | 1.2842E-03 | -5.8355E-04 | -5.8355E-04 |
| 156 | 1.1319E-03 | 1.1319E-03 | -4.2996E-04 | -4.2996E-04 |
| 157 | 8.6655E-04 | 8.6655E-04 | -5.6071E-04 | -5.6071E-04 |
| 158 | 1.5393E-03 | 1.5393E-03 | -1.8831E-03 | -1.8831E-03 |
| 159 | 1.2061E-03 | 1.2061E-03 | -3.6290E-03 | -3.6290E-03 |
| 160 | 1.5404E-03 | 1.5404E-03 | -4.0527E-03 | -4.0527E-03 |
| 161 | 1.3633E-03 | 1.3633E-03 | -3.8058E-03 | -3.8058E-03 |
| 162 | 4.4250E-04 | 4.4250E-04 | -3.5723E-03 | -3.5723E-03 |
| 163 | 1.5554E-03 | 1.5554E-03 | -3.5104E-03 | -3.5104E-03 |
| 164 | 1.7468E-03 | 1.7468E-03 | -3.1023E-03 | -3.1023E-03 |
| 165 | 1.6762E-03 | 1.6762E-03 | -3.3733E-03 | -3.3733E-03 |
| 166 | 9.1857E-04 | 9.1857E-04 | -3.0797E-03 | -3.0797E-03 |
| 167 | 1.7419E-03 | 1.7419E-03 | -2.6282E-03 | -2.6282E-03 |
| 168 | 8.5820E-04 | 8.5820E-04 | -4.4049E-04 | -4.4049E-04 |
| 169 | 4.5629E-04 | 4.5629E-04 | -2.0035E-03 | -2.0035E-03 |
| 170 | 8.4712E-04 | 8.4712E-04 | -3.9166E-04 | -3.9166E-04 |
| 171 | 3.6066E-04 | 3.6066E-04 | -2.8949E-03 | -2.8949E-03 |
| 172 | 1.6400E-03 | 1.6400E-03 | -2.0206E-03 | -2.0206E-03 |
| 173 | 1.0568E-03 | 1.0568E-03 | -5.2304E-04 | -5.2304E-04 |
| 174 | 7.6935E-04 | 7.6935E-04 | -1.5547E-03 | -1.5547E-03 |
| 175 | 1.3132E-03 | 1.3132E-03 | -1.5731E-03 | -1.5731E-03 |
| 176 | 1.3872E-03 | 1.3872E-03 | -9.9860E-04 | -9.9860E-04 |
| 177 | 1.4054E-03 | 1.4054E-03 | -1.4529E-03 | -1.4529E-03 |
| 178 | 1.4328E-03 | 1.4328E-03 | -1.2459E-03 | -1.2459E-03 |
| 179 | 1.2673E-03 | 1.2673E-03 | -7.6472E-04 | -7.6472E-04 |
| 180 | 1.1192E-03 | 1.1192E-03 | -7.8774E-04 | -7.8774E-04 |
| 181 | 1.1879E-03 | 1.1879E-03 | -1.6382E-03 | -1.6382E-03 |
| 182 | 7.1071E-04 | 7.1071E-04 | -3.0022E-03 | -3.0022E-03 |
| 183 | 5.0623E-04 | 5.0623E-04 | -1.5094E-03 | -1.5094E-03 |
| 184 | 6.4047E-04 | 6.4047E-04 | -1.5258E-03 | -1.5258E-03 |
| 185 | 3.7840E-04 | 3.7840E-04 | -1.4527E-03 | -1.4527E-03 |
| 186 | 1.0463E-03 | 1.0463E-03 | -1.6495E-03 | -1.6495E-03 |
| 187 | 9.0148E-04 | 9.0148E-04 | -1.6150E-03 | -1.6150E-03 |
| 188 | 1.4265E-03 | 1.4265E-03 | -1.3930E-03 | -1.3930E-03 |
| 189 | 1.3970E-03 | 1.3970E-03 | -3.4867E-03 | -3.4867E-03 |
| 190 | 5.4652E-04 | 5.4652E-04 | -3.1315E-03 | -3.132E-03 |
| 191 | 1.0702E-03 | 1.0702E-03 | -3.1763E-03 | -3.1763E-03 |
| 192 | 1.2273E-03 | 1.227E-03 | -3.3467E-03 | -3.3467E-03 |
| 193 | 4.9723E-04 | 4.9723E-04 | -2.6235E-03 | -2.6235E-03 |
| 194 | 1.4835E-03 | 1.4835E-03 | -2.7952E-03 | -2.795E-03 |
| 195 | 1.6491E-03 | 1.649E-03 | -2.4328E-03 | -2.4328E-03 |
| 196 | 1.5954E-03 | 1.5954E-03 | -2.6299E-03 | -2.6299E-03 |
| 197 | 1.3382E-03 | 1.3382E-03 | -2.8608E-03 | -2.8608E-03 |
| 198 | 7.4117E-04 | 7.4117E-04 | -2.6242E-03 | -2.6242E-03 |
| 199 | 1.6062E-03 | 1.6062E-03 | -1.8949E-03 | -1.8949E-03 |
| 200 | 1.0932E-03 | 1.0932E-03 | -6.6480E-04 | -6.6480E-04 |
| 201 | 7.9831E-04 | 7.9831E-04 | -4.2073E-04 | -4.2073E-04 |
| 202 | 8.0725E-04 | 8.0725E-04 | -3.0640E-04 | -3.064E-04 |
| 203 | 8.4348E-04 | 8.435E-04 | -2.5284E-03 | -2.5284E-03 |
| 204 | 1.1719E-03 | 1.1719E-03 | -2.2418E-03 | -2.2418E-03 |
| 205 | 1.3195E-03 | 1.3195E-03 | -2.2148E-03 | -2.2148E-03 |
| 206 | 1.5385E-03 | 1.538E-03 | -1.9098E-03 | -1.9098E-03 |
| 207 | 1.4328E-03 | 1.4328E-03 | -1.2207E-03 | -1.2207E-03 |
| 208 | 1.4861E-03 | 1.4861E-03 | -1.4601E-03 | -1.460E-03 |
| 209 | 1.4472E-03 | 1.4472E-03 | -2.1139E-03 | -2.1139E-03 |
| 210 | 6.4119E-04 | 6.411E-04 | -2.0796E-03 | -2.079E-03 |
| 211 | 1.0178E-03 | 1.0178E-03 | -2.1993E-03 | -2.1993E-03 |
| 212 | 1.2501E-03 | 1.2501E-03 | -8.4542E-04 | -8.4542E-04 |
| 213 | 7.4781E-04 | 7.4781E-04 | -1.9572E-03 | -1.9572E-03 |
| 214 | 8.7150E-04 | 8.7150E-04 | -2.0966E-03 | -2.0966E-03 |
| 215 | 1.3367E-03 | 1.337E-03 | -1.0835E-03 | -1.0835E-03 |
| 216 | 1.5079E-03 | 1.5079E-03 | -1.5330E-03 | -1.533E-03 |
| 217 | 2.0221E-04 | 2.0221E-04 | -3.7509E-03 | -3.7509E-03 |
| 218 | 1.1757E-03 | 1.1757E-03 | -2.8191E-03 | -2.8191E-03 |
| 219 | 1.0149E-03 | 1.0149E-03 | -2.6956E-03 | -2.6956E-03 |
| 220 | 6.0641E-04 | 6.0641E-04 | -2.4614E-03 | -2.4614E-03 |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. U1 Abaqus |
|  |
| Рис.1. U1 Matlab |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. U2 Abaqus |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. U2 Matlab |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. S11 Abaqus |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. S11 Matlab |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. S22 Abaqus |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. S22 Matlab |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. E11 Abaqus |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. E11 Matlab |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. E22 Abaqus |

|  |
| --- |
|  |
| Рис.1. E22 Matlab |

1. **Заключение**

В работе произведен расчет плоско-деформированного состояния бетонной плотины на каменном основании под воздействием силы тяжести и давления воды на стену плотины. Решение производилось 2 методами – в КЭ пакете SIMULIA Abaqus и в Matlab. Решения крайне близки друг другу и их разность мала относительно порядка вычисляемых величин.