

**Идентификация параметров и верификация математической модели
консолидации песчаного грунта**

Научный руководитель – Артамонова Нина Брониславовна

Третьяков Степан Денисович

Студент (бакалавр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра инженерной и экологической геологии, Москва, Россия

E-mail: osrooida@gmail.com

В работе рассмотрен вопрос идентификации параметров и верификации физически и геометрически нелинейной модели деформирования пористой среды при фильтрации жидкости.

Математическая модель включает в себя три уравнения – равновесия, фильтрации и изменения пористости [1,2]. В качестве граничных условий приняты одометрические условия, но с односторонней фильтрацией через верхнюю границу. Численное решение задачи реализовано методом конечных элементов в программном коде [1,2].

Для определения параметров модели консолидации были проведены испытания на автоматизированном комплексе АСИС (ООО НПП «Геотек») двух различных песков: грубозернистого и тонко-мелкозернистого. По минеральному составу пески кварцевые.

Прочностные характеристики песков на сдвиг определялись с помощью установки многоплоскостного среза. Эксперименты проводились при различных, постоянных в ходе опыта, скоростях деформации – от 0.0002 до 0.004 с⁻¹. Зависимость угла внутреннего трения от скорости деформации оказалась выражена слабо.

Для получения диаграмм «напряжение-деформация» проводились испытания песчаных грунтов на компрессионное сжатие при непрерывно растущей вертикальной нагрузке с постоянной скоростью деформации. Опыты проводились при различных скоростях деформации: 3·10⁻⁶, 3·10⁻⁵, 3·10⁻⁴, 3·10⁻³ с⁻¹. Зависимость диаграмм «объемное напряжение – объемная деформация» от скорости деформирования не наблюдалась.

Для измерения коэффициента фильтрации использовался автоматизированный фильтрационный прибор ГТ 1.3.8 (ООО НПП «Геотек»). В ходе обработки результатов экспериментов были построены графики зависимости удельного расхода потока от градиента напора. Каждому значению градиента напора соответствует 5 точек на графике. Коэффициент фильтрации определяется по графикам как тангенс угла наклона аппроксимирующих прямых. По данным этих графиков для грубозернистого песка коэффициенты фильтрации в плотном и рыхлом состоянии составили соответственно 0,7 и 0,9 м/сутки, а для тонко-мелкозернистого в рыхлом состоянии 0,5 м/сутки.

Была проведена верификация модели при одометрических испытаниях при постоянной скорости деформации в условиях отсутствия фильтрации через нижний торец одометрической камеры и свободной фильтрации через верхний торец. Полученное поровое давление на нижнем торце камеры было сопоставлено с результатами расчетов, проведенных методом конечных элементов.

Источники и литература

- 1) Шешенин С.В., Артамонова Н.Б. Моделирование нелинейной консолидации пористых сред // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2022. №1. С.167-176.

- 2) Artamonova N.B., Sheshenin S.V. Finite element implementation of a geometrically and physically non-linear consolidation model // Continuum Mechanics and Thermodynamics. 2023. Vol. 35. No. 4. P. 1291-1308.