Миниханов Камиль Аклимович

Определение упругих свойств карбонатных пород асимптотическим методом осреднения

3 курс, кафедра инженерной и экологической геологии

Научный руководитель – к.ф.-м.н, к.г.-м.н. Артамонова Нина Брониславовна

Цель данной работы – сравнение показателей упругих свойств карбонатных пород, полученных экспериментальным методом и асимптотическим методом осреднения. Исследовались карбонатные грунты московского и касимовского ярусов верхнекаменноугольной системы, отобранные у южного выхода станции метро «Воробьевы горы» из скважин в интервале глубин от 68,8 до 93,6 м.

По результатам рентгенодифракционного анализа и микроскопического исследования шлифов с помощью оптического микроскопа «OLYMPUS – ВХ41» изучаемые грунты были разделены на несколько категорий в соответствии с ГОСТ 25100 – 2020: доломит чистый, доломит известковый, доломит песчанистый, известняк доломитистый органогенный, известняк чистый органогенный.

По методике ультразвукового просвечивания на приборе «Ультразвук» были определены динамические упругие свойства образцов – модуль Юнга и коэффициент Пуассона. На основе экспериментальных данных были построены графики зависимости модуля Юнга от пористости и плотности карбонатных пород. Все зависимости получились линейными в данных диапазонах пористости и плотности. Наблюдается закономерная тенденция к уменьшению значений модуля Юнга при увеличении пористости и уменьшении плотности. Было выявлено, что упругие свойства сильно зависят от состава карбонатных пород. При одинаковой пористости самыми низкими показателями модуля Юнга обладают органогенные чистые известняки, а самыми высокими – чистые доломиты. Наличие примесей кальцита, кварца и глинистых минералов снижает значение модуля Юнга доломита, а наличие примеси доломита увеличивает значение модуля Юнга известняка.

Вычислительный способ определения эффективных модулей упругости основывается на асимптотическом осреднении уравнения равновесия неоднородной упругой пористой среды и решении краевых задач в представительной области [1,2]. Для расчета эффективных свойств использовались 3D модели чистого доломита и доломитистого известняка, полученные с помощью рентгеновского компьютерного микротомографа Yamato TDM-1000H-II (МГУ имени М.В. Ломоносова) и оцифровки в программе VG MAX 3.3 в ООО «Совтест-Сервис» (г. Курск). Расчеты проводились в конечно-элементной программе. Упругие свойства материала скелета доломита и доломитистого известняка, используемые в вычислительных экспериментах, задавались по литературным данным. Результаты расчетов эффективных показателей упругих свойств исследуемых карбонатных пород по асимптотическому методу осреднения были нанесены на экспериментальные графики зависимости модуля Юнга от пористости. Оказалось, что расчетные данные хорошо согласуются с экспериментальными и тоже лежат вдоль аппроксимирующих прямых. Этот факт совпадения экспериментальных данных с расчетными доказывает возможность использования асимптотического метода осреднения для оценки эффективных показателей упругих свойств скальных грунтов.

Литература

1. Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Осреднение процессов в периодических средах. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1984. – 352 с.
2. Артамонова Н.Б., Мукатова А.Ж., Шешенин С.В. Асимптотический анализ уравнения равновесия флюидонасыщенной пористой среды методом осреднения // Известия РАН. Механика твердого тела. – 2017. – №2. – P. 115-129.