

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ ГРУНТОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ДИСКРЕТНОЙ СРЕДЫ

В.А. Королев, Чжан Шэнжун

В настоящее время моделирование физико-механических свойств грунтов, как правило, основано на базе теории сплошной среды. Однако, для дисперсных грунтов, включая песчано-гравийные, такой подход далек от реальности, поскольку их частицы находятся в дисперсном состоянии. Поэтому физико-механические свойства несвязных грунтов (крупнообломочных грунтов, песков, а также искусственных смесей, созданных на их основе) должны рассматриваться с позиций теории дискретной среды (ТДС), а не на основе теории сплошной среды, как это делается в большинстве случаев в механике грунтов. Под дискретной средой понимается совокупность отдельных частиц, каждая из которых, взятая в отдельности, обладает всеми свойствами твердого тела, а механическое взаимодействие между ними определяется особенностями контактов между ними и контактными напряжениями [1,2].

Нами выполнено изучение закономерностей физико-механических свойств песчано-гравийных грунтов и их моделирование на основе ТДС. В простейшем варианте ТДС отдельные частицы заданного размера рассматриваются как шарообразные (рис. 1) [3,4].

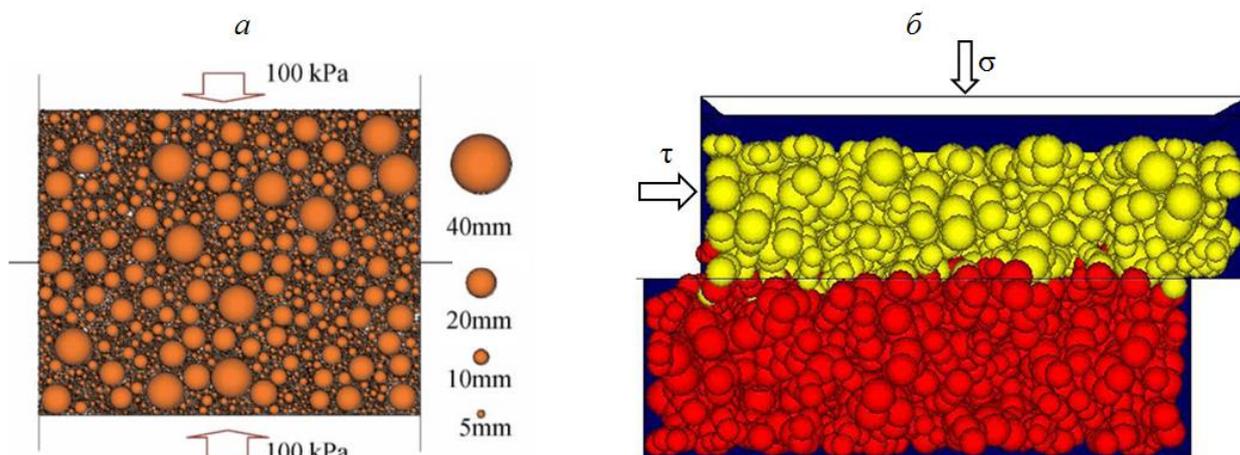


Рис. 1. Модель уплотнения грунтовой смеси, состоящей на 50% из частиц размером 40 мм и более мелких под нагрузкой 100 МПа, построенная в программе PFC [4] (а); моделирование испытания на сдвиг песчано-гравийного грунта [3] (б)

В работе использовалась программа PFC («Particle Flow Code»), как одна из наиболее распространенных программ, созданная на основе ТДС и успешно применяемая для анализа физико-механических свойств дисперсных грунтов, в том числе для моделирования испытаний грунтов на уплотнение и на сдвиг (рис.2).

Установлено, что величины угла внутреннего трения (ϕ) песчано-гравийных грунтов обусловлены в основном содержанием в них «скелетной», т.е. наиболее крупной фракции. Именно она в первую очередь воспринимает наибольшие контактные напряжения, передающиеся на поверхность грунта или на боковые плоскости, которые затем, уменьшаясь, передаются соседним частицам более мелких фракций. При увеличении её массового содержания величина ϕ возрастает (рис. 2), что подтверждается

экспериментальными данными.

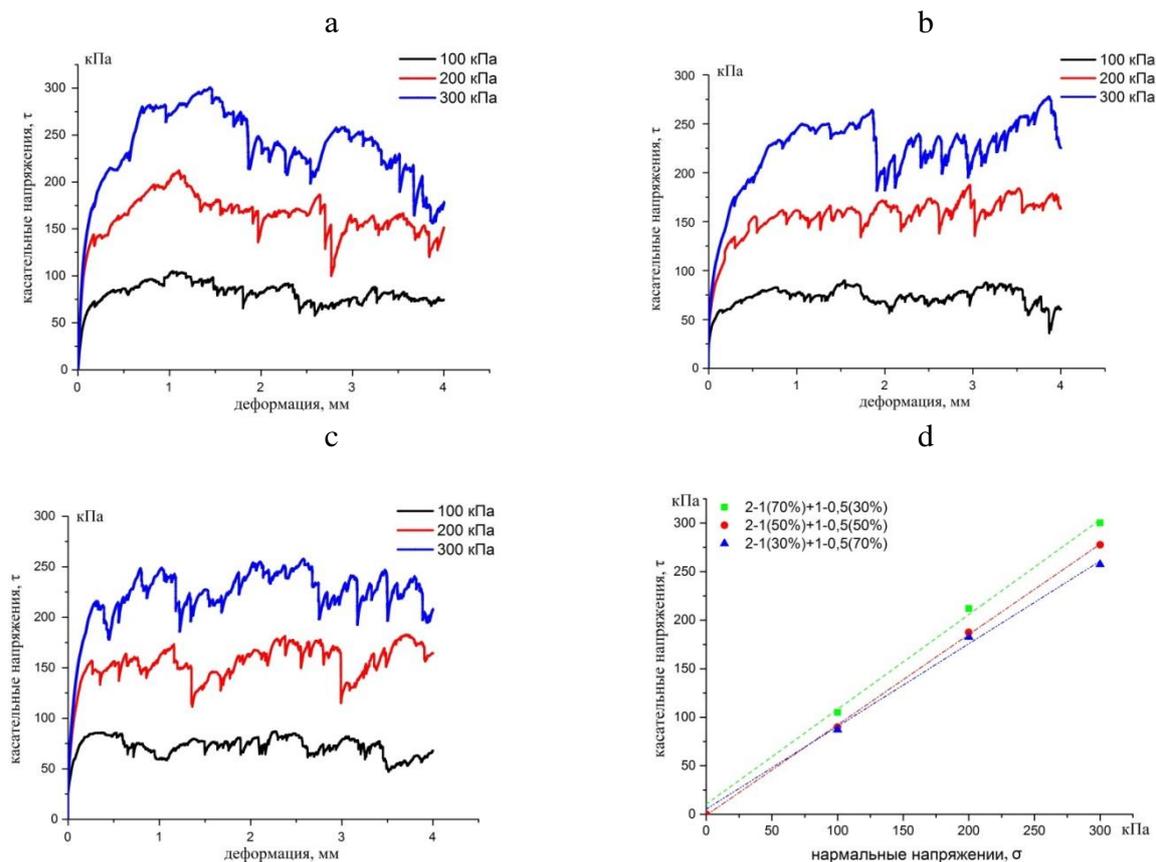


Рис. 2. Взаимосвязь касательных напряжений (τ) и деформаций сдвига исследуемых бидисперсных грунтовых смесей (а-с): а – смесь из фракций 2-1 мм (70%) + 1-0,5 мм (30%), б – смесь из фракций 2-1 мм (50%) + 1-0,5 мм (50%), с – смесь из фракций 2-1 мм (30%) + 1-0,5 мм (70%); д – диаграмма сдвига, построенная по результатам моделирования

Также установлено, что чем меньше в грунте содержание «скелетной» фракции, тем больше происходит рассеивание контактных напряжений по всему объему грунта, а сами напряжения на контактах при этом снижаются. Это подтверждает и объясняет положение о том, что прочность грунтовых песчано-гравийных смесей в первую очередь обусловлена содержанием в них наиболее крупных частиц. Рассеяние контактных напряжений внутри грунтовых смесей с ростом дисперсности постепенно увеличивается. При этом прочность песчано-гравийной смеси в целом постепенно уменьшается и стремится к прочности самого мелкого заполнителя.

Список литературы

1. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений // Учебник для гидротехнических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 350 с.
2. Компьютерная реализация решения научно-технических и образовательных задач: учебное пособие. / В.В. Белов, И.В. Образцов, В.К. Иванов, Е.Н. Коноплев. – Тверь: ТвГТУ, 2015.- 108 с.
3. Liu J., Wang P., Liu J. Macro-and micro-mechanical characteristics of crushed rock aggregate subjected to direct shearing[J]. - Transportation Geotechnics, 2015, 2: 10-19.
4. Xu Xiaofeng, Wei Houzhen et al. DEM simulation on effect of coarse gravel content to direct shear strength and deformation characteristics of coarse-grained soil. - Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2013, 21(2):311–316 (in Chinese)