РАЗДЕЛ XII. АРХИТЕКТУРА

Ижендеев А.В.

О соотношениях фаз грунта в иностранных учебных изданиях

*Дальневосточный государственный аграрный университет
(Россия, Благовещенск)*

doi: 10.18411/lj-08-2021-29

Аннотация

В статье описаны особенности изложения вопроса о соотношениях фаз грунта в иностранных учебных изданиях. Приводятся основные термины этого вопроса на русском и английском языках. Материалы статьи можно использовать при изучении механики грунтов.

Ключевые слова: механика грунтов, фаза грунта, иностранное учебное издание.

Abstract

The article describes the features of the presentation of the question of the ratios of soil phases in foreign textbooks. The main terms of this question are given in Russian and English. The materials of the article can be used in the study of soil mechanics.

Keywords: soil mechanics, soil phase, foreign textbook.

Введение.

Согласно подразделу 3.3 ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» [1] грунт – любая горная порода, почва, осадок и техногенные минеральные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и часть геологической среды, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью.

В этом определении предполагается, что грунт состоит из нескольких компонентов. К таким компонентам относят твердые, жидкие и газовые.

В рассмотренных нами отечественных учебных изданиях помимо словосочетания «компонент грунта» используются и другие: элемент грунта, составная часть грунта, фаза грунта.

От соотношений масс и объемов компонентов грунта зависят его практически важные свойства. Например, увеличение массы жидкого компонента глинистого грунта, приходящейся на одну единицу массы твердого компонента, ведет к изменению консистенции грунта от твердой до текучей, а переход песка из плотного в рыхлое состояние сопровождается увеличением суммарного объема жидкого и газового компонентов песка, приходящегося на одну единицу объема твердого компонента.

Существуют многочисленные иностранные учебные издания [2-15 и др.], в которых обсуждается вопрос о соотношениях фаз (phase relationships) грунта.

Выявим особенности изложения этого вопроса в иностранных учебных изданиях. Для определенности – на примере работ [3, 7], выдержавших уже несколько изданий.

Идеализированный грунт и фазовая диаграмма.

Грунт (soil), встречающийся в природе, может быть весьма разнообразен. Обобщая это разнообразие, в грунте в общем случае можно заметить твердые частицы (solids), жидкость (liquid) и газ (gas).

Вода (water) часто является преобладающей жидкостью в грунте, а воздух (air) – преобладающим газом. Поэтому термины «вода» и «воздух» часто используют вместо терминов «жидкость» и «газ».

Как в отечественных, так и в иностранных изданиях по механике грунтов можно встретить рисунок, на котором прямоугольник, символизирующий грунт в целом, разделен на три прямоугольных ячейки, символизирующие три компонента грунта и подписанные названиями этих компонентов (рисунок 1а). Часто на таком рисунке приводятся условные обозначения масс и объемов отдельных частей грунта и грунта в целом, например, V_s – объем (volume) твердых частиц; V_w – объем воды; V_a – объем воздуха; V – общий объем грунта; M_s – масса (mass) твердых частиц; M_w – масса воды; M – общая масса грунта. Там же приводится условное обозначение объема пор (voids) – V_v .

В иностранных изданиях такой рисунок называют «фазы грунта» (soil phases) с пометкой «идеализированный грунт» (idealized soil); «фазовая диаграмма» (phase diagram).

В издании [7] фазовая диаграмма приводится, кроме того, для случая, когда объем твердых частиц равен единице (рисунок 1б). Преимущество такого варианта диаграммы заключается в том, что она позволяет абстрагироваться от величины (объема, массы) конкретного образца грунта; увидеть нечто общее, не зависящее от такой величины.

Рисунок 1 – Фазовые диаграммы

Характеристики грунта, зависящие от соотношений его фаз.

В иностранных изданиях вводятся следующие характеристики грунта, значения которых зависят от соотношений его фаз: w – влажность (water content); e – коэффициент пористости (void ratio); V' или v – удельный объем (specific volume); A – содержание газа (air content); n – пористость (porosity); G_s – специфическая плотность или относительная плотность частиц грунта (specific gravity of the soil particles или relative density); S или S_r – коэффициент или степень водонасыщения (saturation ratio или degree of saturation); ρ – плотность сложения или плотность (bulk density, или mass density, или density); ρ_s – плотность частиц (particle(s) density); γ – удельный вес, или объемный удельный вес, или весовая плотность (unit weight, или bulk unit weight, или weight density); D_r или I_D – степень плотности (relative density или density index); SF – коэффициент разрыхления или коэффициент свободного разрыхления (swell factor или free swell factor).

Некоторые из этих характеристик практически не упоминаются в отечественных изданиях: удельный объем, содержание газа, относительная плотность частиц грунта.

Удельный объем численно равен общему объему грунта, содержащему единицу объема твердых частиц, является безразмерной величиной:

$$v = V/V_s = 1 + e.$$

Содержание газа – часть общего объема грунта, занимаемая газом:

$$A = V_a / V = n(1 - S_r).$$

Относительная плотность частиц грунта показывает во сколько раз плотность ρ_s (или удельный вес γ_s) частиц грунта больше плотности ρ_w (или удельного веса γ_w) воды:

$$G_s = \rho_s / \rho_w = \gamma_s / \gamma_w.$$

Эти характеристики позволяют записывать некоторые формулы механики грунтов более компактно.

Если плотность измерять в граммах на кубический сантиметр (как это обычно и делается в отечественной практике), то относительная плотность частиц грунта будет численно равна плотности частиц грунта. Поэтому G_s и ρ_s являются в определенном смысле взаимозаменяемыми.

Очевидно, что плотность грунта зависит от плотности (или относительной плотности) его частиц, от объема пор, приходящегося на единицу объема твердых частиц, и от степени заполнения пор водой. В связи с этим в иностранных изданиях приводят соответствующую формулу:

$$\rho = \frac{G_s + S_r e}{1 + e} \rho_w.$$

Известно, что плотность грунта определяется экспериментально и в дальнейшем используется в расчетах как аргумент (например, при вычислении плотности сухого грунта).

Последняя же формула важна для понимания того, что плотность грунта является результатом влияния факторов, имеющих отчетливый физический смысл.

Кроме того, эта формула позволяет проследить изменение плотности грунта при его переходе от сухого состояния (с плотностью ρ_d) до состояния полного водонасыщения (с плотностью ρ_{sat}). Эти плотности соответственно определяются выражениями

$$\rho_d = \frac{G_s}{1 + e} \rho_w,$$

$$\rho_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \rho_w.$$

Особенности изложения материала в иностранных учебных изданиях.

При изложении материала в иностранных учебных изданиях выявляется его связь с предыдущим и последующим материалом. Например, описывая компоненты грунта, повторно указывают, что органическое вещество в составе грунта не рассматривается; указывают, что грунтовая вода (поровая вода) играет важную роль в поведении грунтов под нагрузкой. В другом месте повествования, вводя выражение для вычисления удельного объема, отмечается, что это выражение будет полезно при сопоставлении объемов и при расчете объемных деформаций.

Излагая материал, используют аналогии из повседневной жизни. Например, сравнивают дисперсный грунт с хлебным тестом, мягкость и пластичность которого зависит от количества привнесенной в это тесто воды.

При изложении теории одновременно описывают экспериментальные методы определения характеристик грунта (влажности, относительной плотности частиц и других характеристик).

Приводят распространенные ошибки: например, использование общего веса (массы) грунта в знаменателе дроби при вычислении влажности вместо веса (массы) твердых частиц грунта.

Указываю, что иногда точное значение характеристики грунта знать не обязательно: например, для большинства задач относительную плотность частиц грунта можно с небольшой погрешностью предполагать равной 2,7.

Приводят теоретические значения характеристик грунта (пористости, коэффициента пористости), твердые частицы которого были бы сферическими по форме; сопоставляют эти значения с экспериментально определенными значениями.

1. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация = Soils. Classification: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июля 2020 г. № 384-ст: введен впервые: дата введения 2021-01-01 / разработан научно-исследовательским проектно-изыскательским и конструкторско-технологическим институтом оснований и подземных сооружений (НИИОСП) им. Н.М. Герсегонова – институтом Открытого акционерного общества "Научно-исследовательский центр "Строительство" (АО "НИЦ "Строительство") [и др.]. – Москва: Стандартинформ, 2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200174302?section=text>.
2. Aysen, A. Soil mechanics: basic concepts and engineering applications / A. Aysen. – Lisse, The Netherlands; Exton (PA): A.A. Balkema Pub., 2002. – vii, 459 p.
3. Budhu, M. Soil mechanics and foundations / M. Budhu. – 3rd ed. – New York: Wiley, 2011. – xvi, 761 p.
4. Das, B.M. Advanced soil mechanics / B.M. Das. – 3rd ed. – London; New York: Taylor & Francis, 2008. – xxvi, 567 p.
5. Helwany, S. Applied soil mechanics: with ABAQUS applications / S. Helwany. – Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2007. – xiv, 385 p.
6. Kalinski, M.E. Soil mechanics: lab manual / M.E. Kalinski. – Hoboken, NJ: Wiley, 2006. – 191 p.
7. Knappett, J.A. Craig's soil mechanics / J.A. Knappett, R.F. Craig. – 8th ed. – Abingdon, Oxon; New York: Spon Press, 2012. – xxv, 552 p.
8. Lambe, T.W. Soil mechanics / T.W. Lambe, R.V. Whitman. – New York: Wiley, 1969. – ix, 553 p.
9. Murthy, V.N.S. Geotechnical engineering: principles and practices of soil mechanics and foundation engineering / V.N.S. Murthy. – New York: Marcel Dekker, 2003. – xxii, 1029 p.
10. Powrie, W. Soil mechanics: concepts and applications / W. Powrie. – 2nd ed. – London; New York: Spon Press, 2004. – xxv, 675 p.
11. Taylor, D.W. Fundamentals of soil mechanics / D.W. Taylor. – New York: J. Wiley, 1948. – xii, 700 p.
12. Terzaghi, K. Soil mechanics in engineering practice / K. Terzaghi, R.B. Peck, G. Mesri. – 3rd ed. – New York: Wiley, 1996. – xxx, 549 p.
13. Verruijt, A. An Introduction to Soil Mechanics / A. Verruijt. – Cham: Springer International Publishing: Imprint: Springer, 2018. – xiii, 420 p.
14. Wesley, L.D. Fundamentals of soil mechanics for sedimentary and residual soils / L.D. Wesley. – Hoboken, N.J.: Wiley, 2010. – xx, 431 p.
15. Whitlow, R. Basic soil mechanics / R. Whitlow. – 3rd ed. – Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical; New York: Wiley, 1995. – xxi, 559 p.