

УДК 624.131.25

**К ВОПРОСУ НАЗНАЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ
НА ОСНОВАНИЕ, СЛОЖЕННОЕ ПОНТИЧЕСКИМИ
ИЗВЕСТНЯКАМИ**

Матус Ю.В.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Одесса, Украина*

Приведена методика назначения давлений на понтические «пильные» известняки одесского региона, базирующаяся на опытных данных о прочности на одноосное сжатие лабораторных образцов грунтов с последующей экстраполяцией их прочности на прочность грунтового массива.

Приведена методика призначення тисків на понтичні «пільні» вапняки одеського регіону, що базуються на дослідних даних про міцність на одновісне стискування лабораторних зразків ґрунтів з наступною екстраполяцією їх міцності на міцність ґрунтового масиву.

Methods over of setting of pressures are brought on the limestones of the Odessa region, being based on the experienced data about durability on the monaxonic compression of laboratory standards of soils with subsequent extrapolation of their durability on durability of the ground array.

На территории одесского региона геолого-литологическое строение площадок строительства представлено, как правило, верхним напластованием лессовых супесей и суглинков общей мощностью

от 0 до 23 м, подстилаемым красно-бурыми глинами и понтическими известняками, неоднородными по простиранию и мощности. Верхняя часть понтических известняков сложена рыхлыми мергелистыми разностями, содержащими отдельные слои желто-буро-охристого перекристаллизованного известняка, подстилаемые мелкоплитчатыми, перекристаллизованными, разрушенными известняками с включением красно-бурых глин, а средняя – белыми и светло-желтыми, так называемыми «пильными», анизотропными известняками-ракушечниками со слабой цементацией, с резкой структурной неоднородностью, обусловленной слоистостью, значительной микро и макротрещиноватостью и пористостью, наличием включений, каверн и пр. В нижней части разреза залегают плотные, желто-серые перекристаллизованные известняки.

По современной классификации скальных грунтов перекристаллизованные известняки верхней и нижней части разреза относятся к полускальным грунтам низкой и пониженной прочности, а «пильные» известняки-ракушечники – к полускальным грунтам весьма низкой прочности (предел прочности R_c на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии менее 1 МПа).

В последнее время в одесском регионе «пильные» понтические известняки все чаще начинают использоваться непосредственно в качестве естественных оснований многоэтажных зданий с несколькими подземными этажами. Кроме того, в старых частях городов и поселков региона на известняках, выходящих на поверхность, имеются ранее построенные здания, реконструкция которых связана с увеличением нагрузки на фундаменты.

Полевые и лабораторные исследования прочности «пильных» известняков-ракушечников, как материала грунтового основания зданий и сооружений, выполнены только в последние годы, и при том в количестве, делающим невозможным обобщение их результатов по региону.

Лабораторные образцы для определения прочности понтических известняков отбирают методом выпиливания в подземных выработках (катакомбах), что, естественно, возможно далеко не всегда, и гораздо реже из керна, полученного бурением при проходке скважин, где отбор сплошного (монокристаллического) керна известняка, как правило, существенно затруднен, а в большинстве случаев и просто невозможен.

Для косвенной оценки показателей свойств «пильного» известняка и его классификации инженеры-геологи используют характеристики процесса бурения, состав и выход керна. Таким образом, чаще всего в результате проведенных инженерно-геологических изысканий в отчете имеются лишь данные об отношении известняка к той или иной группе по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии R_c .

Отсутствие данных о пределе прочности «пильного» известняка-ракушечника на конкретной площадке и наличие сведений только лишь о верхнем пределе его прочности заставляет инженера принимать необоснованные решения по назначению давления на основание.

Проблема назначения безопасных, обоснованных давлений на естественные основания, сложенные полускальными грунтами – понтическими «пильными» известняками, на основе анализа имеющихся экспериментальных данных по определению прочности на одноосное сжатие лабораторных образцов грунтов одесского региона с последующей экстраполяцией этих данных на прочность массива полускальных грунтов – достаточно актуальна, имеет теоретическое, и практическое значение.

По действующему стандарту [1] предел прочности (временное сопротивление) при одноосном сжатии определяют на образцах грунта в форме круглого цилиндра диаметром от 40 до 100 мм и отношением высоты к диаметру от 1:1 до 2:1 или в форме прямоугольного параллелепипеда с торцевыми гранями размерами от 40×40 до 100×100 мм и таким же отношением высоты к размерам торцевых граней. Причем испытание образцов трещиноватых грунтов диаметром (или размером торцевой грани) менее 60 мм не допускается.

Прочность основания, сложенного известняком-ракушечником по умолчанию принимается равной прочности его образца с любыми стандартными размерами. В то же время известно, что прочность образцов зависит от их объема и с увеличением размеров образца прочность уменьшается, что обусловлено повышением вероятности нахождения в его теле дефектов, имеющих большие размеры, чем дефекты, расположенные в образце меньших размеров. Стандартом на полускальные грунты это положение игнорируется.

Такой подход можно оправдать только тем обстоятельством, что работа образца грунта при его одноосном сжатии в лаборатории и работа объемного элемента массива грунтового основания происходит в существенно разных условиях, в следствии чего объемный элемент, находящийся внутри грунтового массива, обладает существенно большим сопротивлением нагрузке.

Объем лабораторных исследований образцов известняка-ракушечника, выполненный на данный момент в процессе инженерно-геологических изысканий, существенно меньше объема аналогичных исследований, выполненных в промышленности строительных материалов [2]. В связи с чем, были совместно рассмотрены и проанализированы результаты исследований прочности «пильного» известняка-ракушечника понтического яруса на 4 грунтовых площадках и 26 месторождениях одесского региона.

В промышленности строительных материалов при определении марки природных камней принимают предел прочности на одноосное сжатие кубов с размером ребер 200 мм, целого камня (390×190×188, 490×240×188, 390×190×288) или половины камня, распиленного поперек. Таким образом, размеры образцов природных камней превышают размеры образцов, рекомендуемых стандартом на полускальные грунты, в следствии чего, значение временного предела прочности будет меньше примерно на 30%, чем прочность, полученная на стандартных [1] образцах.

Из анализа опытных данных следует, что зависимости между средней плотностью «пильного» известняка-ракушечника в воздушно-сухом состоянии ρ и его пределом прочности (временным сопротивлением) в водонасыщенном состоянии R_c , а также между плотностью ρ и коэффициентом размягчаемости k_{saf} не имеют какого-либо, ярко выраженного, закономерного характера и достаточно хаотичны, что является следствием резкой структурной неоднородности и наличия существенно различной структурной прочности у плотных и мягких разностей понтических известняков. Среднее арифметическое значение минимального предела прочности (временного сопротивления) на одноосное сжатие (соответствующее нижней граничной линии, параллельная оси ρ и окаймляющей область рассеивания точек на графике $R_c = f(\rho)$) лабораторных образцов в водонасыщенном состоянии «пильного»

известняка-ракушечника, установлено равным $R_c = 0,45$ МПа. Среднее арифметическое значение максимального коэффициента размягчаемости в воде, найденное аналогично, равно $k_{saf} = 0,67$.

Для установления осредненного коэффициента бокового расширения (коэффициента Пуассона) для известняков различных видов и месторождений использовано 21 опытное их значение [3] (данные по «пильным» известнякам-ракушечникам автору не известны). Статистическая обработка указанных опытных значений при односторонней доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ дала расчетное значение коэффициента Пуассона для известняков в целом, равное $\mu = 0,29$.

Рассмотрим вопрос о экстраполяции прочности образца полускального грунта на прочность массива грунтового основания.

Отдельно взятые обломки трещиноватого, «пильного» известняка-ракушечника раздавливаются в массиве при некотором значении нагрузки. Сопоставим их прочность с прочностью образца, испытанного в лаборатории. Стандартное раздавливание происходит в условиях отсутствия нагрузок по бокам образца (при отсутствии боковых ограничений), т.е. со свободным поперечным расширением, а каждый отдельно взятый обломок грунтового основания окружен соседними обломками и блоками, и свобода его бокового расширения существенно ограничена. Очевидно, что для раздавливания обломка известняка, входящего в систему обломков, необходимо большее усилие, чем при раздавливании соответствующего стандартного образца. Соседние обломки или блоки испытывают давление со стороны обломка, подвергающегося сжатию, и препятствуют поперечной деформации последнего.

Существенно большие значения прессиометрического модуля деформации известняков ($E = 100...200$ МПа) обуславливают тот факт, что зона деформации под фундаментом, при передаваемых на грунтовое основание давлениях от 1 до 1,5 МПа, не выходит в плане за пределы подошвы фундамента. В связи с чем, с большой долей вероятности можно предположить, что обломок системы, подвергающийся раздавливанию, как и в целом весь материал системы обломков грунтового основания, будет работать в условиях невозможности бокового расширения.

При передаче сжимающей нагрузки от столбчатых или ленточных фундаментов на сравнительно небольшую по размерам площадь участка поверхности грунтового основания, сложенного «пильным» известняком-ракушечником, указанная нагрузка вызывает не общую, а местную деформацию сжатия основания, при которой полускальный грунт будет иметь повышенную прочность благодаря как удерживающему влиянию обоймы, так и перераспределению на нее некоторой части сжимающей нагрузки от фундамента. Коэффициент увеличения давления равен корню кубическому из соотношения площадей сечения обоймы, приходящейся на фундамент, к площади подошвы фундамента и не должен приниматься более 1,5 (аналогично практике расчета бетонных конструкций на местное сжатие (смятие)).

Одна из гипотез прочности материала, а, именно, «гипотеза деформаций» предполагает, что прочность сплошной системы определяется той деформацией, которая возникает в ней в момент разрушения при действии любой системы сил, и что во всех случаях, когда материал получает одну и ту же деформацию, он может считаться равнопрочным. Тело, сжимаемое одной силой, действующей по направлению координатной оси z (одноосное сжатие с напряжением $\sigma = P/F$), и тело, сжимаемое по трем взаимно перпендикулярным направлениям (главные напряжения σ_z , σ_x , и σ_y) могут считаться равнопрочными только при условии равенства деформаций по направлению оси z . В пределах прямой пропорциональности между напряжениями и относительными деформациями это требование выражается следующим условием

$$\sigma/E = \sigma_z/E - \mu (\sigma_x/E + \sigma_y/E) \quad (1)$$

или

$$\sigma = \sigma_z - \mu (\sigma_x + \sigma_y). \quad (1a)$$

Здесь, E и μ – соответственно модуль упругости (модуль Юнга) и коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона).

Соотношение между относительной поперечной ε_1 и относительной продольной ε деформациями для каждого материала

является величиной постоянной и в случае упругих деформаций равно

$$\varepsilon_1 = -\mu \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

а зависимость между напряжениями и относительными продольными деформациями выражается законом Гука

$$\sigma = \varepsilon \cdot E. \quad (3)$$

Для рассматриваемого случая можно записать

$$\sigma_x = \sigma_y = \xi \cdot \sigma_z, \quad (4)$$

где ξ – коэффициент бокового распора, равный

$$\xi = \frac{\mu}{1-\mu}. \quad (5)$$

Окончательно, для условий невозможности бокового расширения, запишем

$$\sigma = \sigma_z - \mu\xi(\sigma_z + \sigma_z) \quad (6)$$

или

$$\sigma_z = \frac{\sigma}{1-2\mu\xi}. \quad (6a)$$

Таким образом,

$$\sigma_z = \frac{1-\mu}{1-\mu-2\mu^2} \cdot \sigma. \quad (7)$$

Приняв σ равным R_c , получим безопасное (минимальное) допускаемое давление на естественное основание, сложенное полускальными грунтами в условиях невозможности их бокового расширения

$$\sigma_z = \frac{1-\mu}{1-\mu-2\mu^2} \cdot R_c. \quad (7a)$$

При подстановке в формулу (7а) значения коэффициента Пуассона $\mu = 0,29$, получим $\sigma_z = 1,31 R_c$. Для «пильных» известняков-ракушечников одесского региона, как в водонасыщенном, так и сухом их состояниях, значение допускаемого давления на естественное основание можно после округления принять равным соответственно 0,6 и 0,9 МПа.

Отметим, что указанному подходу к определению допускаемого давления свойственны надежность и осторожность.

Выводы

1. При известном пределе прочности R_c на одноосное сжатие водонасыщенных образцов «пильных» известняков-ракушечников, определение допускаемого давления на естественное основание необходимо выполнять по формуле (7а), учитывающей невозможность бокового расширения материала грунтового основания.

2. При отсутствии сведений о пределе прочности R_c на одноосное сжатие водонасыщенных образцов и коэффициенте размягчаемости в воде k_{saf} для «пильных» известняков-ракушечников одесского региона, рекомендуется принять их значение равными соответственно 0,45 МПа и 0,67.

3. В необходимых случаях следует увеличить допускаемое давление, учитывая эффект местного приложения нагрузки на грунтовое основание.

Литература

1. Грунты. Метод лабораторного определения предела прочности (временного сопротивления) при одноосном сжатии : ГОСТ 17245-79.

2. Якубець, О.О. Про пилчасті вапняки Північно-Західного узбережжя Чорного моря / О.О. Якубець // Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів у межах УРСР : міжвід. респуб. наук. зб. – Київ : Видав. Київ. ун-ту, 1972. – Вип. 6. – С. 87 – 93.

3. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. – М. : Недра, 1975. – 279 с.