

УДК 624.154.1

А.Б. Пономарев, Е.Н. Сычкина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗА ОСАДКИ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ, ОПИРАЮЩИХСЯ НА АРГИЛЛИТОПОДОБНЫЕ ГЛИНЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕРМИ)

В статье представлена методика прогноза осадки свайного фундамента, основанием которого служит аргиллитоподобная глина. Достоверность рекомендаций подтверждена сопоставлением расчетных значений осадки с результатами натурных испытаний одиночных свай статической нагрузкой. Большое внимание уделяется вопросу деформирования аргиллитоподобной глины в вертикальной и горизонтальной плоскости в полевых и лабораторных условиях. Авторами предложены поправочные коэффициенты для расчета модуля общей деформации по данным прессиометрических, компрессионных и трехосных испытаний аргиллитоподобных глин.

Ключевые слова: осадка, свайный фундамент, одиночная свая, аргиллитоподобная глина, модуль деформации, анизотропия.

A.B. Ponomarev, E.N. Sychkina

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

TO QUESTION OF FORECAST SETTLEMENT OF PILES FOUNDATIONS, BASED ON CLAYSTONE (FOR EXAMPLE, CITY PERM)

In the abstract methods of forecast settlement of pile foundation, based on claystone, is represented. Reliability of recommendations confirmed by compare calculated values with results of field tests of single piles by static load. Much attention is given to question of straining claystone in vertical and horizontal plane in field and laboratory conditions. The authors proposed correction coefficients for calculate deformation module by pressuremeter, triaxial and oedometer tests of claystone.

Keywords: settlement, pile foundation, single pile, claystone, deformation module, anisotropy.

Важнейшей задачей, стоящей в настоящее время перед специалистами-геотехниками, является повышение экономичности применяемых фундаментов. Одним из путей повышения надежности и экономичности проектируемых фундаментов является совершенствование методов определения и расчета модуля общей деформации грунта, используемого в дальнейшем при расчете оснований по деформациям.

Наиболее надежными в данном случае будут расчетные модели, отражающие реальные свойства грунтового основания, в том числе анизотропию его деформационных свойств. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что все грунты, особенно глинистые, обладают свойством деформационной анизотропии. Однако имеется ряд грунтов нечетвертичного возраста, например аргиллитоподобные глины, данные о физических и механических параметрах которых крайне слабо освещены в действующей нормативной литературе. В связи с этим на первый план выходит вопрос об учете деформационной анизотропии при расчете модуля общей деформации и последующем прогнозе осадок фундаментов.

Цель исследований, выполненных авторами, заключалась в разработке методики прогноза осадок фундаментов, опирающихся на аргиллитоподобные глины г. Перми, на основе экспериментальных исследований модуля деформации, получаемого по данным прессиометрических, компрессионных и трехосных испытаний. Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи:

1) изучить деформируемость глин раннепермского возраста г. Перми в вертикальной и горизонтальной плоскости с учетом водонасыщения, определить степень деформационной анизотропии глинистых оснований г. Перми;

2) на основании выполненных экспериментальных исследований деформируемости аргиллитоподобных глин разработать методику испытаний образцов в приборе трехосного сжатия, сравнить результаты, полученные по методике авторов, с результатами, получаемыми по методике испытаний ГОСТ 12248-2010 для глин твердой консистенции;

3) выполнить прогноз осадок фундаментов аналитическим методом с применением полученных в результате исследования значений модуля деформации, сравнить расчетные данные с результатами натурных испытаний статической нагрузкой одиночных свай;

4) предложить эмпирические поправочные коэффициенты для расчета модуля общей деформации аргиллитоподобных глин по данным полевых испытаний радиальным прессиометром в скважинах, лабораторных испытаний в одомере и приборе трехосного сжатия;

5) дать простые и достаточно надежные рекомендации по прогнозу осадок свайных фундаментов в г. Перми, основанием которых служат аргиллитоподобные глины.

Анализ современного состояния изучаемого вопроса показал, что исследования деформационных свойств глинистых грунтов проводились во многих странах с начала прошлого столетия и свидетельствуют о том, что глинистые грунты обладают трансверсально-изотропной деформационной анизотропией, вызванной текстурными особенностями и условиями их формирования. Среди отечественных ученых, занимающихся исследованиями деформируемости грунтов, хотелось бы отметить М.О. Башелейшвили, П.В. Бехтерева, А.К. Бугрова, А.И. Голубева, М.Н. Гольдштейна, А.П. Клевезаля, О.А. Коробову, С.Г. Лехницкого, В.П. Писаненко, Л.П. Портаева, Р.М. Раппопорт, Г.Н. Савинова. Среди зарубежных Barden L., Biarez I., Bufler H., Deutsch E, Eftimie Al., England H., Willis J.R., Wolf K.

Учет деформационной анизотропии в механике грунтов оснований представляет особый интерес для решения так называемой «прессиометрической задачи». Анализ исследований выявил, что деформируемость глинистых грунтов четвертичного возраста проявляется более заметно в плоскости слоистости (горизонтально). Эта особенность лежит в основе переходных коэффициентов для расчета прессиометрического модуля деформации, приводимых в действующих нормативных документах. Вместе с тем имеется ряд работ, свидетельствующих о том, что глинистые грунты нечетвертичного возраста могут иметь меньшую сжимаемость в горизонтальной плоскости.

По физическим свойствам и значениям предела прочности на одноосное сжатие согласно ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» красноцветные глины раннепермского возраста г. Перми классифицируются как сильновыветрелые полускальные, размягчаемые в воде; вместе с тем их можно отнести к глинам твердой и полутвердой консистенции, что позволяет применять к ним термин «аргиллитоподобная глина». По данным Ш.Х. Гайнанова, Н.А. Игнатьева, В.И. Крупина, А.М. Кузнецова, В.А. Передериева, аргиллитоподобные глины отличаются от современных глин тем, что состоят из пелитовых частиц, покрытых цементационными пленками. Подобные структуры глин, как правило, свидетельствуют о наличии анизотропных свойств. Однако к настоящему времени отсутствуют исследования анизотропии деформационных свойств данных глин. Это указывает на необходимость проведения исследований с целью совершенствования методики расчета осадок зданий и сооружений, основанием которых являются дан-

ные грунты, базирующейся на уточненной методике расчета модуля деформации аргиллитоподобных глин г. Перми с учетом их анизотропной деформируемости.

С этой целью в данной работе проанализированы и сопоставлены результаты полевых и лабораторных испытаний аргиллитоподобных глин. Полевые испытания заключались в испытаниях плоским штампом площадью 600 см^2 и прессиометрических испытаниях, выполненных в скважинах. Таким образом, испытания плоским штампом позволили оценить деформативность среды по нормали к плоскости слоистости (вертикально) глин, а испытания радиальным прессиометром в скважинах позволили определить деформационные свойства среды в плоскости изотропии (горизонтально).

Лабораторные испытания образцов глин, вырезанных параллельно и перпендикулярно слоистости, проводились в компрессионном приборе (одометре) по двум схемам: при естественной влажности и при полном водонасыщении образцов. Результаты испытаний использовались для расчета коэффициента анизотропии a согласно выражению

$$a = \frac{S_x}{S_z}, \quad (1)$$

где S_z – среднее значение деформаций в вертикальной плоскости, мм; S_x – среднее значение деформаций в горизонтальной плоскости, мм. Расчет выполнен как для результатов полевых, так и лабораторных испытаний.

Результаты лабораторного исследования деформируемости представлены в виде зависимостей коэффициентов анизотропии от нагрузки для аргиллитоподобных и современных глин (рис. 1).

Исследование выявило, что у аргиллитоподобных глин отмечается анизотропная деформируемость: деформации в горизонтальной плоскости меньше деформаций в вертикальной плоскости как в маловлажном, так и в водонасыщенном состоянии (средние значения коэффициентов a составили 0,50 и 0,77 соответственно). Кроме этого, исследование показало, что среднее значение коэффициента анизотропии аргиллитоподобных глин, полученное в лабораторных условиях для образцов в маловлажном состоянии, оказалось более близким к среднему значению полевого коэффициента анизотропии (средние значения коэффициентов a составили 0,50 и 0,6 соответственно), чем для водонасыщенных образ-

цов ($a = 0,8$). Эти особенности деформационной анизотропии аргиллитоподобных глин должны быть учтены при прогнозе осадок фундаментов на основе прессиометрического модуля деформации.

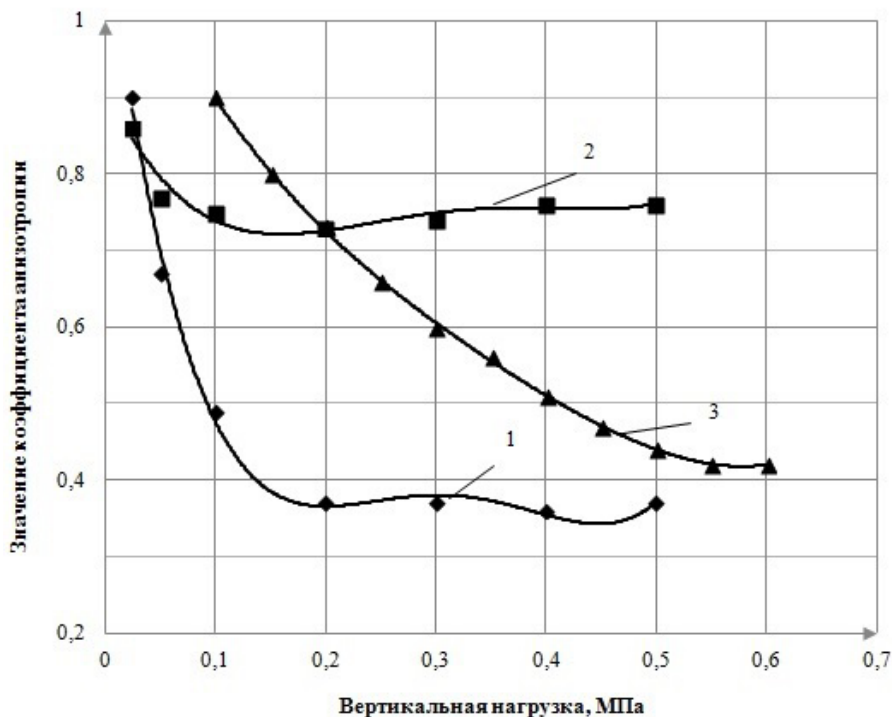


Рис. 1. Кривые средних значений коэффициентов анизотропии аргиллитоподобных глин: 1, 2 – лабораторные испытания в одометре в маловлажном и водонасыщенном состоянии соответственно; 3 – полевые испытания

Далее авторами были выполнены испытания в приборе трехосного сжатия для оценки вертикальных деформаций образцов аргиллитоподобных глин, ориентированных согласно природному залеганию. В данном исследовании на стадии консолидации применялось изотропное обжатие грунта [1]. Время 100%-ной консолидации, определенное согласно ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости» для аргиллитоподобных глин в маловлажном состоянии, в среднем составило 9,5 суток. Для водонасыщенных аргиллитоподобных глин время 100%-ной консолидации в среднем составило 22,5 суток. Экспериментальные исследования состояли из двух этапов.

На первом этапе испытания образцов аргиллитоподобных глин производились согласно методике, приводимой в ГОСТ 12248-2010 для глин с показателем текучести $I_L < 0,25$.

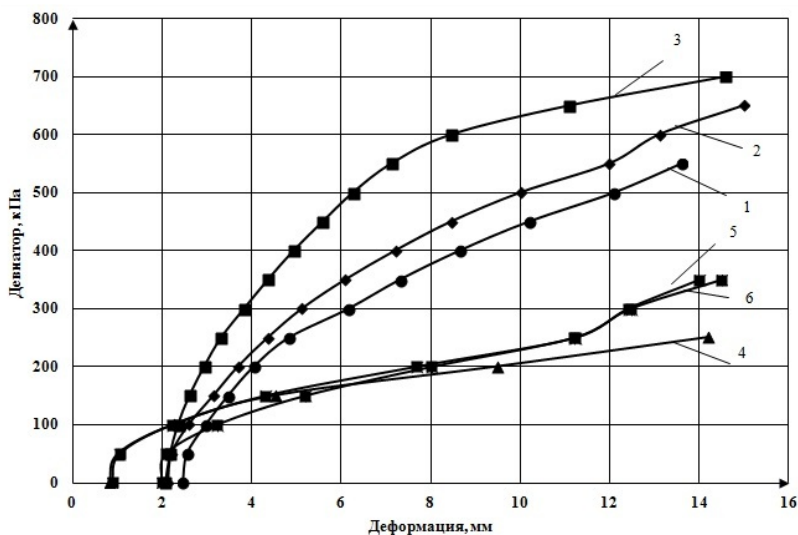
На втором этапе исследований испытания образцов аргиллитоподобных глин производилось по методике авторов. Новизна предлагаемой методики заключалась в изменении скорости нагружения и времени между ступенями. Время между ступенями задавалось равным среднему времени между ступенями при полевых испытаниях штампом площадью 600 см^2 и составило 1,68 час (100 мин). Аналогичным образом была определена средняя скорость нагружения, которая составила $0,004 \text{ мм/мин}$.

Испытания на обоих этапах выполнялись по неконсолидированно-недренированной (далее – схема НН), консолидированно-недренированной (далее – схема КН) и консолидированно-дренированной (далее – схема КД) схеме. Для статистической обработки по каждой из схем было испытано по 6 образцов, которые нагружались вертикальным давлением как ступенями, так и с постоянной заданной скоростью. Результаты испытаний в приборе трехосного сжатия приведены на рис. 2.

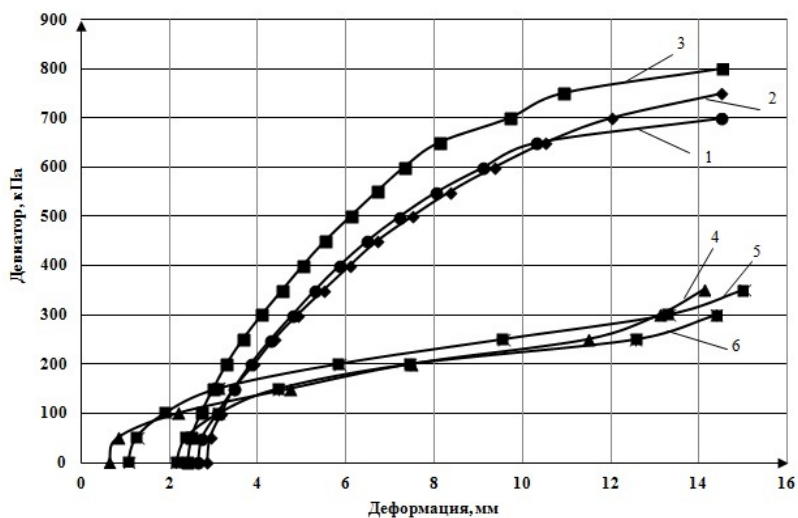
Анализ рис. 2 показал, что при испытаниях по консолидированным схемам по методике авторов наблюдаются большие значения модулей деформации (в среднем на 19 % для недренированной и на 26 % для дренированной схемы), чем для неконсолидированной схемы. При различном характере нагружения наблюдалось расхождение в получаемых значениях модуля деформации в среднем от 6 до 22 %.

Сравнительный анализ результатов, полученных в ходе трехосных испытаний по методике ГОСТ 12248-2010 и по методике авторов показал, что значения модулей деформации аргиллитоподобных глин по методике ГОСТ 12248-2010 оказываются ниже значений, получаемых по методике авторов (в зависимости от применяемой схемы это различие составило от 10 до 55 %). Максимальное значение модуля деформации и модуля сдвига было получено в результате испытаний по схеме КД без водонасыщения по методике авторов (среднее значение модуля деформации составило 17,8 МПа, модуля сдвига – 7,2 МПа). Это значение стабилметрического модуля деформации оказалось наиболее близким к значениям модуля деформации при испытаниях штампом площадью 600 см^2 . Увеличение влажности образцов глин при испытаниях по обеим методикам привело к резкому сниже-

нию значений модуля деформации (в 3–9 раз), что, по мнению авторов, вызвано разрушением цементационных связей между частицами глинистого грунта при водонасыщении.



a



б

Рис. 2. Кривые средних значений деформаций образцов аргиллитоподобных глин при испытаниях в стабилометре: *a* – по методике ГОСТ 12248-2010; *б* – по методике авторов, где: 1 – схема НН без водонасыщения; 2 – схема КН без водонасыщения; 3 – схема КД без водонасыщения; 4 – схема НН с водонасыщением; 5 – схема КН с водонасыщением; 6 – схема КД с водонасыщением

На основе значений модулей деформации, полученных по данным прессиометрических, компрессионных и стабилOMETрических (по методике авторов) испытаний, были рассчитаны поправочные коэффициенты для расчета модуля общей деформации. Предварительно был выполнен расчет модуля деформации согласно действующим нормативным документам, но без введения каких-либо поправочных коэффициентов [2]. Расчет был выполнен для нагрузок в интервале от 0,0 до 0,5 МПа для штамповых ($E_{шт}$), прессиометрических ($E_{pressio}$), стабилOMETрических (E_{triax}) и компрессионных (E_{oed}) испытаний, и его результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения модулей деформации по результатам испытаний

Интервал нагружения, от p_i до p_{i+1} , МПа	$E_{шт}$, МПа	$E_{pressio}$, МПа	E_{triax} , МПа			E_{oed} , МПа
			схема НН	схема КН	схема КД	
0,0–0,1	74,0	15,3	53,3	37,6	48,2	3,6
0,1–0,2	32,2	22,0	19,3	18,9	24,5	5,3
0,2–0,3	24,0	19,3	14,6	15,2	18,0	7,4
0,3–0,4	19,9	21,0	12,1	13,5	15,3	7,7
0,4–0,5	16,7	24,8	10,1	10,5	13,2	9,1

На основе полученных значений модулей деформации (см. табл. 1) были вычислены переходные коэффициенты для приведения значений прессиометрических (K_r), стабилOMETрических (K_{triax}) и компрессионных (m_k) модулей деформации к штамповому модулю деформации (табл. 2) [3].

Таблица 2

Значения поправочных коэффициентов к результатам прессиометрических, стабилOMETрических и компрессионных испытаний

Интервал нагружения, от p_i до p_{i+1} , МПа	K_r , МПа	K_{triax} , МПа			m_k , МПа
		схема НН	схема КН	схема КД	
1	2	3	4	5	6
0,0–0,1	4,8	2,0	1,4	1,5	14,0
0,1–0,2	1,5	1,7	1,7	1,3	4,4
0,2–0,3	1,2	1,6	1,6	1,3	3,1
0,3–0,4	0,9	1,5	1,6	1,3	2,2
0,4–0,5	0,7	1,6	1,6	1,3	1,8
Значения коэффициентов, согласно ГОСТ 20276-12, СП 22.13330.2011	1,5	–			6,0

Зависимость поправочных коэффициентов от интервала нагрузки представлена авторами математически в виде следующих выражений:

– для прессиометрического модуля деформации корректирующий коэффициент

$$K_r = 1388,5 \cdot (P_{i+1} + P_z)^4 - 1927,3 \cdot (P_{i+1} + P_z)^3 + 967,05 \cdot (P_{i+1} + P_z)^2 - 209,78 \cdot (P_{i+1} + P_z) + 17,938; \quad (2)$$

– для компрессионного модуля деформации корректировочный коэффициент

$$m_k = -317,78P_{i+1}^3 + 407,38P_{i+1}^2 - 193,9P_{i+1} + 37,097; \quad (3)$$

– для стабиллометрического модуля деформации, полученного по неконсолидированно-недренированной схеме, корректировочный коэффициент

$$K_{triax} = 134,41P_{i+1}^4 - 154,161P_{i+1}^3 + 65,63P_{i+1}^2 - 13,51P_{i+1} + 2,8031; \quad (4)$$

– для консолидированно-недренированной схемы корректировочный коэффициент

$$K_{triax} = -150,15P_{i+1}^4 + 205,81P_{i+1}^3 - 101,29P_{i+1}^2 + 21,044P_{i+1} + 0,1071; \quad (5)$$

– для консолидированно-дренированной схемы корректировочный коэффициент

$$K_{triax} = 147,59P_{i+1}^4 - 197,41P_{i+1}^3 + 93,68P_{i+1}^2 - 18,721P_{i+1} + 2,6541. \quad (6)$$

В выражениях (2), (3), (4), (5), (6) расчет выполняется в интервале давления от p_i до p_{i+1} , в выражении (2) p_z – бытовое давление на глубине испытания. Величина достоверности аппроксимации R^2 указанных зависимостей равна 1,0. Полученные математические зависимости позволяют произвести расчет модуля общей деформации для любого интервала нагрузок в пределах, исследуемых в настоящей работе.

Для апробации методики, предложенной авторами для определения модуля деформации, при прогнозе осадки фундаментов в качестве натуральных данных были использованы результаты статических испытаний одиночных свай. С этой целью были выбраны площадки, где проводились натурные испытания свай статической вдавливающей нагрузкой (5 свай). Далее авторами было выполнено сравнение результатов натуральных испытаний свай с расчетными значениями осадок, полученными аналитическим методом, приведенным в СП 24.13330.2011 «Свайные

фундаменты», п.п.7.4.2. – п.п.7.4.3., для расчета осадки одиночной сваи. При расчете авторами были использованы значения модуля деформации аргиллитоподобных глин в интервале 0,2–0,3 МПа: штамповый модуль, равный 24,0 МПа, стабилметрический модуль деформации (по методике авторов) – 18,0 МПа, компрессионный модуль деформации – 7,4 МПа (см. табл. 1). Полученные результаты расчета осадки и осадки, полученной при натурных испытаниях одной из свай, приводятся на рис. 3.

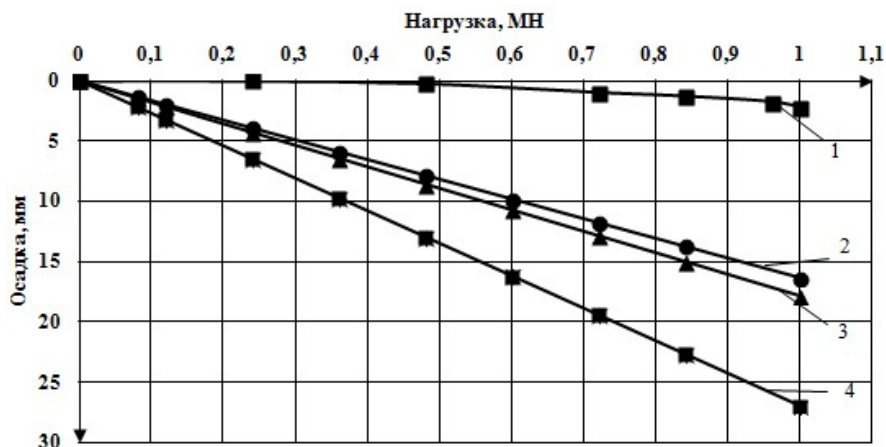


Рис. 3. Графики осадки для одиночной сваи № 587: 1 – натурная осадка; 2, 3, 4 – осадка, рассчитанная по методу СП 24.13330.2011 с применением штампового, стабилметрического и компрессионного модуля деформации соответственно

Наиболее близкие к натурным значениям осадки показал расчет с применением штампового модуля деформации. Превышение величины осадки при расчете с модулем, полученным по методике авторов, по отношению к осадке, рассчитанной с применением штампового модуля, составило 2–21 %. При сравнении величин осадок, рассчитанных с применением компрессионного и штампового модуля, различие составило 70–300 %. Подобная тенденция наблюдалась во всех исследуемых случаях.

На основании выполненных исследований авторами предложена методика прогноза осадки свайных фундаментов, основанием которой служит аргиллитоподобная глина. Данная методика позволяет произвести расчет осадки одиночной сваи с использованием входных параметров (модуля деформации, модуля сдвига), получаемых по данным прессиометрических, компрессионных или трехосных испытаний

с достаточной для инженерной практики точностью. Последовательность действий, согласно предлагаемой методике приводится ниже:

Этап 1. На основе анализа инженерно-геологических условий строительства, требований СП 22.13330.2011 и имеющегося оборудования выбирается метод определения модуля деформации.

Этап 2. Выполняются испытания для определения модуля деформации любым из предложенных ниже методов:

а) испытания в полевых условиях радиальным прессиометром согласно методике ГОСТ 20276-12 для глинистых грунтов с показателем текучести $I_L \leq 0,25$ и коэффициентом пористости $0,5 < e \leq 0,8$;

б) испытания в одометре уплотненных бытовым давлением образцов аргиллитоподобной глины естественной влажности, ориентированных согласно природному залеганию по методике ГОСТ 12248-2010 для глинистых грунтов с показателем текучести $I_L \leq 0,25$ и коэффициентом пористости $0,5 < e \leq 0,8$;

в) испытания в приборе трехосного сжатия с заданными ниже параметрами:

– бытовое давление, время реконсолидации образца, предельная относительная вертикальная деформация определяются согласно ГОСТ 12248-2010 для всех трех схем нагружения. На стадии реконсолидации применяется изотропное обжатие грунта;

– конечная ступень давления на стадии консолидации при испытаниях по консолидированным схемам выдерживается до завершения 100 %-ной фильтрационной консолидации образца грунта равной 228,15 час;

– на стадии вертикального нагружения при статической нагрузке ступень вертикального давления составляет от 10 до 15 % (не более 15 % от всестороннего давления), время между ступенями задается равным 100 мин. В случае непрерывного нагружения скорость вертикальной деформации задается равной 0,004 мм/мин.

Этап 3. Выполняется расчет модуля деформации с использованием корректировочных коэффициентов, полученных авторами. Прессиометрический модуль деформации грунта E (МПа) вычисляются для линейного участка графика $\Delta r = f(p)$ по формуле

$$E = K_r r_0 \frac{\Delta p}{\Delta r}, \quad (7)$$

где K_r – корректирующий коэффициент, рассчитанный согласно выражению (2); r_0 – радиус скважины, равный $r_{pr} + \Delta r_0$; r_{pr} – радиус прессиометра, см; r_0 – приращение радиуса прессиометра, соответствующее p_0 , см; Δp – приращение давления на стенку скважины между двумя точками, взятыми на осредняющей прямой, МПа; Δr – приращение перемещения стенки скважины (по радиусу), соответствующее Δp , см.

Компрессионный модуль определяется согласно выражению

$$E = m_k \frac{1 + e_0}{m_0} \left(1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu}\right), \quad (8)$$

где m_k – корректировочный коэффициент, рассчитанный согласно выражению (3); e_0 – коэффициент пористости до начала испытания; m_0 – коэффициент сжимаемости, соответствующий интервалу давления от p_i до p_{i+1} ; ν – коэффициент поперечной деформации, определяемый по результатам испытаний в приборах трехосного сжатия, либо по справочным данным.

Модуль деформации по данным испытаний в приборе трехосного сжатия вычисляется согласно выражению

$$E = K_{triax} \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\varepsilon_1}, \quad (9)$$

где K_{triax} – корректировочный коэффициент, рассчитанный согласно выражению (4), (5), (6) для испытаний по неконсолидированно-недренированной, консолидированно-недренированной и консолидированно-дренированной схеме соответственно; $\Delta\sigma_1$ – приращение напряжений σ_1 в заданном диапазоне; $\Delta\varepsilon_1$ и $\Delta\varepsilon_3$ – приращение относительных вертикальной и поперечной деформаций образца.

Этап 4. Выполняется расчет осадки одиночной сваи методом СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты», п.п.7.4.2. – п.п.7.4.3.

Согласно расчету, выполненному на основе справочника базовых цен на инженерно-геологические изыскания для строительства, предлагаемое авторами усовершенствование методики расчета модуля общей деформации по данным прессиометрических, компрессионных и стабилметрических испытаний позволит добиться снижения стоимости работ в 2–3 раза по сравнению со штамповыми испытаниями.

Выводы

1. Экспериментально установлено, что у аргиллитоподобных глин г. Перми наблюдаются анизотропные деформационные свойства. Для аргиллитоподобных глин в маловлажном и в водонасыщенном состоянии деформации в горизонтальной плоскости меньше деформаций в вертикальной плоскости.

На основании данных полевых испытаний плоским штампом площадью 600 см² авторами предложена методика испытаний в приборе трехосного сжатия для определения модуля деформации аргиллитоподобных глин, которая позволила получить большие значения модуля деформации, чем по методике ГОСТ 12248-2010.

2. Апробация методики при расчете осадок свайных фундаментов показала, что использование при расчете модуля деформации, полученного по данным испытаний маловлажных образцов в стабилометре по методу, предложенному авторами, показывает лучшую сходимость с расчетом осадки по данным штамповых испытаний и с результатами натуральных испытаний свай, чем осадки, получаемые с использованием компрессионного модуля деформации.

3. Для расчета модуля деформации при прогнозе осадки свайных фундаментов, получаемого по данным прессиометрических, стабилометрических и компрессионных испытаний аргиллитоподобных глин природной влажности, рекомендуется использовать полученные в результате исследования зависимости для поправочных коэффициентов.

4. Авторами предложена методика прогноза осадки свайных фундаментов, основанием которых служат аргиллитоподобные глины г. Перми. Усовершенствование методики расчета модуля деформации позволяет добиться снижения стоимости работ в 2–3 раза.

Библиографический список

1. Сычкина Е.Н., Пономарев А.Б. К вопросу определения начального напряженного состояния полускальных грунтов в лабораторных условиях // Известия вузов. Строительство. НГАСУ (Сибстрин). – 2012. – № 6. – С. 74–80.

2. Пономарев А.Б., Сычкина Е.Н. Сопоставление механических свойств аргиллитов раннепермского возраста по результатам полевых и лабораторных испытаний // Вестник МГСУ. – 2013. – № 2. – С. 55–63.

3. Сопоставление результатов экспериментальных исследований механических свойств аргиллитов при выборе параметров, используемых в проектировании зданий и сооружений / М.А. Акбуляков, А.Б. Пономарев, Е.Н. Сычкина, А.Ю. Черепанов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2012. – С. 7–17.

References

1. Sychkina E.N. Ponomarev A.B. K voprosu opredeleniya nachal'nogo napryazhennogo sostoyaniya poluskal'nykh gruntov v laboratornykh usloviyakh [On the determination of the initial stress state soft rocks in laboratory conditions]. *Izvestiya vysov. Stroitel'stvo. NGASU (Sibstrin)*, 2012. no. 6. pp. 74-80.

2. Ponomarev A.B., Sychkina E. N. Sopostavlenie mekhanicheskikh svoystv argillitov rannepermskogo vozrasta po rezul'tatam polevykh i laboratornykh ispytaniy [Comparison of mechanical properties of claystone Early Permian age by results of field and laboratory tests], *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta*, 2013, no. 2, pp. 55-63.

3. Akbuljakov M.A., Ponomarev A.B., Sychkina E.N., Cherepanov A.Ju. Sopostavlenie rezul'tatov jeksperimental'nykh issledovaniy mekhanicheskikh svoystv argillitov pri vybore parametrov, ispol'zuemykh v proektirovanii zdaniy i sooruzhenij [Comparison of the results of experimental studies of the mechanical properties of claystone in the choice of parameters used in the design of buildings and structures]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2012. pp. 7-17.

Об авторах

Пономарев Андрей Будимирович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительное производство и геотехника» Пермского государственного национального исследовательского университета; e-mail: spstf@pstu.ru

Сычкина Евгения Николаевна (Пермь, Россия) – аспирантка, ассистент кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского государственного национального исследовательского университета; e-mail: aspirant123@mail.ru

About the authors

Ponomarev Andrey Budimirovich (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Building production and geotechnics», Perm National Research Polytechnic University; e-mail: spstf@pstu.ru

Sychkina Evgeniya Nikolaevna (Perm, Russian Federation) – Doctoral Student, Assistant Lecturer of the Department «Building production and geotechnics», Perm National Research Polytechnic University; e-mail: aspirant123@mail.ru

Получено 24.03.2014