

• наличие системы открытых субгоризонтальных трещин обеспечивает маломощным пластам, где они развиты, сверхвысокую трещинную проницаемость, на несколько порядков превышающую матричную проницаемость, формируя плитчатый суперколлектор.

Это представляет практический интерес Применения модели резервуара, учитывающей эти особенности, позволит увеличить перспективы изучения прилегающих территорий, позволяет более целенаправленно вести поисковые и разведочные работы.

Список литературы

1. Астраханский карбонатный массив: Строение и нефтегазоносность. Под редакцией Ю.А.Воложа, В.С.Парасыны. Москва. Научный мир. - 2008. 220 с.
2. Багринцева К.И., Дмитриевский А.Н., Бочко Р.А. Атлас карбонатных коллекторов месторождений нефти и газа Восточно-Европейской и Сибирской платформ. М. - 2003. 264 с.
3. Воронин Н.И. Особенности геологического строения и нефтегазоносность юго-западной части Прикаспийской впадины. Астрахань. - 2004. 163 с.
4. Кleshchev K.A., Petrov A.I., Sheinov V.S. Геодинамика и новые типы природных резервуаров нефти и газа. М: Недра. - 1995. 285 с.
5. Федорова Н.Ф., Быстрова И. В., Смирнова Т. С. Характеристика Астраханской карбонатной платформы // Геология, география и глобальная энергия. Издательский дом «Астраханский университет». – 2009. – № 3. - С.79-83.
6. Федорова Н.Ф., Быстрова И.В., Ермолина А.В. Особенности формирования отложений осадочного чехла юго-западной части Прикаспийской впадины // Геология, география и глобальная энергия. Издательский дом «Астраханский университет». – Астрахань - 2016. № 3 (62). – С. 33-49.

References

1. Astrakhan carbonate massif: Structure and oil-and-gas content. Under Yu.A. Volozha, V.S. edition. Parsons. Moscow. Scientific world. - 2008. 220 p.
2. Bagrintseva K.I., Dmitriyevsky A. N, Bochko R.A. Atlas of carbonate collectors of oil and gas fields of the East European and Siberian platforms. M - 2003. 264 p.
3. Voronin N.I. Features of a geological structure and oil-and-gas content of a southwest part of Caspian Depression. Astrakhan. - 2004. 163 p.
4. Kleshchev K.A., Petrov A.I., Sheinov V.S. Geodinamik and new types of natural tanks of oil and gas. M: Subsoil. - 1995. 285 p.
5. Fedorova N.F., Bystrova I.V., Smirnova T.S. Characteristic of the Astrakhan carbonate platform // Geology, geography and global energy. Astrakhan University publishing house. – 2009. – No. 3. – P. 79-83.
6. Fedorova N.F., Bystrova I.V., Yermolina A.V. Features of formation of deposits of a sedimentary cover of a southwest part of Caspian Depression // Geology, geography and global energy. Astrakhan University publishing house. – Astrakhan - 2016. No. 3 (62). – P. 33-49.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРВИЧНОЙ И ВТОРИЧНОЙ КОНСОЛИДАЦИИ ЗАТОРФОВАННЫХ ГРУНТОВ

Любимова Татьяна Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Кубанский государственный университет, 350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: TV-Luy@yandex.ru

Бондаренко Николай Антонович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Кубанский государственный университет, 350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: nik_bond@mail.ru

В настоящее время при строительстве в районах распространения «слабых» грунтов (глины и суглинки, которые отличаются разной степенью заторфованности, а так же торфы) эти грунты являются ключевыми при принятии проектных решений. Данные обстоятельства для г. Краснодара позволили обобщить полученную информацию по инженерно-геологическим свойствам несущих грунтов, составить уравнения для расчета параметров консолидации по другим свойствам грунтов. Всего было обработано около 200 результатов лабораторных испытаний физико-механических свойств грунтов. С помощью статистического аппарата найдены зависимости между «стандартными» физико-механическими и консолидационными характеристиками грунта. Построены серии графиков зависимостей. На основе анализа множественной регрессии составлены уравнения для расчета параметров консолидации по прочим свойствам грунтов. Значимость и возможность применения этих формул подтверждены статистической обработкой полученных значений. Использование предложенных формул позволяет оценивать консолидационные свойства заторфованных глинистых грунтов изученной территории.

Ключевые слова: заторфованные грунты, консолидация, коэффициент фильтрационной консолидации, коэффициент вторичной консолидации, относительная деформация от вторичной консолидации

FEATURES OF PRIMARY AND SECONDARY CONSOLIDATION OF PEAT SOIL

Lyubimova Tatyana V., C.Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russian Federation, e-mail: TV-Luy@yandex.ru

Bondarenko Nikolay A., D.Sc. in Geology and Mineralogy, Professor, Kuban State University, 149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russian Federation, e-mail: nik_bond@mail.ru

Now at construction in areas of distribution of "weak" soil (clays and loams which differ in different degree of a peat and also peat) this soil is key at adoption of design decisions. These circumstances for Krasnodar allowed to generalize the received information on engineering-geological properties of the bearing soil, to work out the equations for calculation of parameters of consolidation for other properties of soil. In total about 200 results of laboratory researches of physicommechanical properties of soil were processed. By means of the statistical device dependences between "standard" physicommechanical and consolidation characteristics of soil are found. Series of schedules of dependences are constructed. On the basis of the analysis of multiple regressions the equations for calculation of parameters of consolidation for other properties of soil are worked out. The importance and possibility of application of these formulas are confirmed with statistical processing of the received values. Use of the offered formulas allows estimating consolidation properties the peat soil of clay soil of the studied territory.

Keywords: peat soil, consolidation, coefficient of filtrational consolidation, coefficient of secondary consolidation, relative deformation from secondary consolidation

Условия плотной застройки больших городов диктуют необходимость особого подхода к технологиям строительства. Это неизбежно приводит к усложнению конструкций, увеличению их высоты, а значит и веса что, безусловно, увеличивает нагрузку сооружений на естественное основание. Кроме этого, остро стоит проблема дефицита полезной площади городов, поэтому проектирование зданий с глубоким заложением фундаментов становится все более актуальным, так как естественно способствует увеличению эксплуатируемого пространства. Однако в таком случае глубина влияния здания на основание многократно возрастает. В зону воздействия попадают новые грунтовые массивы, опыта работы с которыми специалисты, как правило, практически не имеют. По этой же причине проектные и строительные организации неохотно работают над такими рода объектами как устройство двух или трех подземных этажей при строительстве многоэтажных зданий. Эти обстоятельства выдвигают необходимость получения изыскателями более детальной и точной информации по несущим грунтам.

Особенности геологического строения г. Краснодара, а именно глубины залегания органико-минеральных грунтов, оставляют проектировщикам и строителям узкий спектр возможностей работы со "слабым" грунтами. Большая часть г. Краснодара располагается в пределах II правобережной надпойменной террасы р. Кубань. В ее геологическом строении принимают участие: делювиально-золотые, аллювиальные, озерно-лиманные отложения четвертичного возраста. Общая мощность, которых достигает 25–35 м. С учетом указанных особенностей геологического строения при глубоком заложении фундаментов в зону сжимающих напряжений попадают глины и суглинки надпойменной террасы, которые отличаются разной степенью заторфованности, а так же торфы.

Основным режимобразующим фактором уровня режима грунтовых вод являются атмосферные осадки. Имеются благоприятные условия для формирования водоносного горизонта типа «верховодки». Наивысший уровень этих вод зафиксирован на глубинах менее 2 м от природного рельефа. Однако по мере строительного освоения территории, которое сопровождается планировкой рельефа за счет подсыпки и асфальтирования, отводом атмосферных осадков ливневой канализацией, транспирацией влаги растительностью, положение наивысшего уровня постепенно снижается.

Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен к пескам. Относительным водопором для него является толща озерно-лиманных отложений. Относительность заключается в наличии в пределах толщи маломощных прослоев песков и торфа. Полноценным водопором являются глинистые разности, которые, несмотря на высокую пористость, характеризуются весьма низкой фильтрационной способностью. Этот водоносный горизонт может обладать слабым (1–1,5 м) напором за счет изменения мощности покровных лессовых суглинков.

Второй водоносный горизонт залегает в аллювиальных песках, подстилающих озерно-лиманные отложения. Это наиболее мощный и водообильный водоносный горизонт четвертичной террасы.

Залегающая на описываемом участке между песками первого и второго водоносных горизонтов толща водоупорных озерно-лиманных отложений распространена в пределах террасы не повсеместно. Там, где она отсутствует, оба горизонта сливаются, образуя единый водоносный комплекс. Это обстоятельство обусловило напорный характер второго водоносного горизонта. Величина напора может достигать 10–12 м, в зависимости от мощности озерно-лиманных отложений. Пьезометрический уровень второго водоносного горизонта практически совпадает с уровнем первого горизонта, подтверждая наличие между ними связи.

Постановка задачи. Вопросами изучения консолидации грунтов занимались многие отечественные инженеры-геологи, начиная с середины XX в. [5, 6, 7, 9, 12, 13], однако многие вопросы до сих пор считаются неизученными. Это касается и скорости осадки и ее зависимости от количества органического вещества и пр.

Действующими нормативными документами [14, 15] для грунтов с разной степенью торфяности при инженерно-геологических изысканиях в обязательном порядке предписано проведение лабораторных испытаний для определения консолидационных свойств.

В настоящее время [4, 8, 10, 13], согласно теории фильтрационной консолидации, в инженерной геологии процесс консолидации грунта принято разделять на два основных этапа:

- первичная консолидация C_v – уплотнение грунта, происходящее за счет отжатия (фильтрации) поровой воды при уменьшении объема пор.
- вторичная консолидация C_a – уплотнение грунта, происходящее за счет ползучести несущего каркаса (скелета грунта), обусловленной сдвигами частиц и их водно-коллоидных оболочек.

Вместе с тем ГОСТ 12248-2010 [14] не содержит достаточных нормативных предписаний для проведения лабораторных исследований, а также руководств по их обработке, что отмечают специалисты, сталкивающиеся с этой проблемой. И что особенно важно, отсутствуют и какие-либо нормативные документы, содержащие хотя бы приблизительные критерии оценки получаемых результатов.

В данной работе выдвинуто положение о существовании зависимостей между вещественным составом – физическими свойствами – и деформационно-прочностными характеристиками исследуемых грунтов, которые носят индивидуальный характер для изучаемой территории.

Методика работ. В качестве базовых материалов использованы фондовые источники, предоставленные изыскательской организацией ООО ПКФ «Изыскатель». В работе использовались только данные по монолитам с $S_r \geq 0,85$. Кроме этого, стандартно в три этапа (полевой, лабораторный, текущий камеральный) дополнительно были получены физико-механические и консолидационные характеристики грунтов. Лабораторные испытания проводились на базе ОАО «ПИИ-Кубаньводпроект». Справедливо отметить, в ГОСТ 12248–2010 [15] ничего определенного не сказано о предварительном водонасыщении грунта, хотя в литературе по этой теме, данный шаг рассматривается как обязательный [1, 2, 3].

Были обработаны данные по компрессионному сжатию для определения характеристик консолидации для всех выборок. Всего обработано около 160 результатов компрессионных испытаний. То есть для каждого из выделенных монолитов исследуемых грунтов для глубин 10,0–20,0 м было составлено по паре графиков зависимости осадки от времени и вычислены значения C_v , C_a и ε_a .

С помощью статистического аппарата были определены зависимости между «стандартными» физико-механическими и консолидационными характеристиками грунта. Построены серии графиков зависимостей.

Результаты. Анализ графических представлений зависимостей показал, что большинство из них носит степенной – близкий к логарифмическому характер. Это дало возможность использовать анализ множественной регрессии для комплексной оценки всех выявленных закономерностей. В итоге нами были составлены уравнения вида:

$$\ln C_v = 1,89 + 0,02J_r + 0,13e_0 + 0,00041W_l + 0,0261p + 0,00066\%_{0,005} + 0,085a_0 \quad (1)$$

$$\ln C_a = 0,036 - 0,00898J_r - 0,103e_0 + 0,0137W_l - 0,00711p - 0,0007\%_{0,005} + 0,345 a_0 \quad (2)$$

$$\varepsilon_a = 0,014 - 0,000125J_r - 0,003C_{v^{np}} + 0,00055C_{v^{np}} - 0,0196\alpha_0 + 0,00129 \quad (3)$$

Результаты анализа множественной регрессии частично представлены в таблице 1, где R – коэффициент множественной корреляции, а R² – коэффициент детерминации.

Таблица 1

Результаты анализа множественной регрессии			
	lnC _v	lnC _a	ε _a
R	0,76	0,83	0,57
R ²	0,58	0,68	0,44

На рисунке 1 приведена зависимость содержания органики от наблюдаемых коэффициентов первичной консолидации C_v (точки) и от рассчитанных по предложенным формулам «предсказанных» (кресты). На графике видно, что в целом рассчитанные и наблюдаемые значения достаточно четко коррелируются между собой. Отклонения от «нормали» в первую очередь обусловлены погрешностями проведения лабораторных испытаний, так как данный вид испытаний особенно чувствителен к температурному режиму и мелким вибрациям.

Полученные по средствам вышеуказанных формул предсказанные значения C_v, C_a и ε_a, вполне можно использовать в качестве оценочных и предварительных для исследуемых грунтов, а в случае большого количества опробований остальных физико-механических характеристик по отдельному грунтовому слою, и в качестве расчетных.

Значимость предсказанных значений так же подтверждается гистограммой распределения остатков, которая подчиняется нормальному закону распределения.

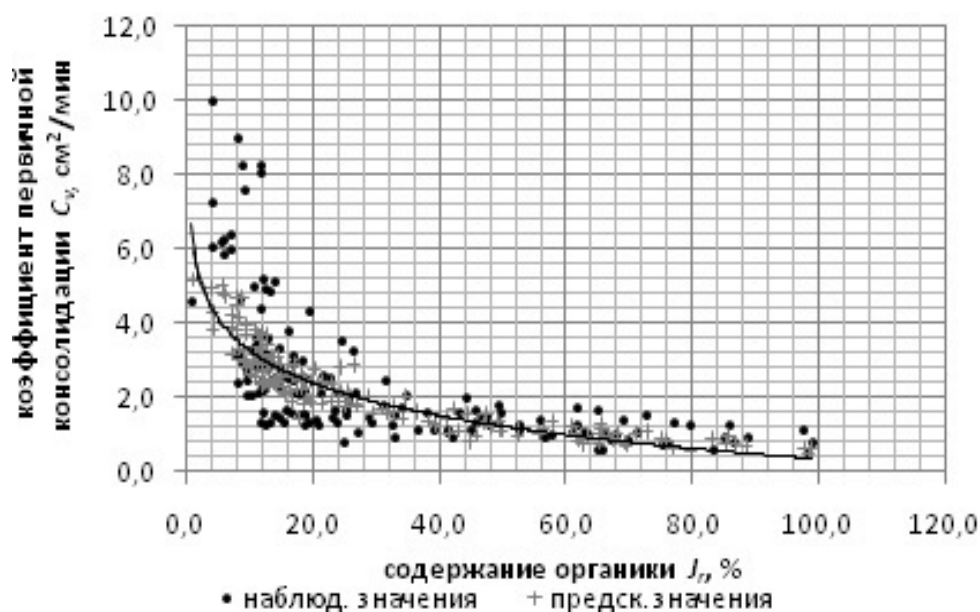


Рис. 1. Зависимость наблюдаемых и предсказанных значений C_v от содержания органики J_r

Заключение. Выявленные отклонения от степенной зависимости основных характеристик заторфованных грунтов вызваны отсутствием учета степени разложения органического вещества. Поскольку среди изученных монолитов встречаются образцы торфа, в которых видны почти неразложившиеся остатки детрита и образцы торфа с высокой степенью разложения органики, имеющие характерный запах. Свойства таких грунтов, конечно, будут различны даже в случае примерно одинакового процента содержания органического вещества. Наибольшую степень корреляции с содержанием органического вещества имеют пять физико-механических свойств: коэффициент пористости, граница текучести, число пластичности, процентное содержание частиц менее 0,005 мм, коэффициент сжимаемости грунта. Установленные зависимости коэффициентов первичной и вторичной консолидации от процента содержания органики пока-

зывают, что все физико-механические характеристики оказались определенным образом связаны консолидационными свойствами грунтов.

Преимуществом данного аналитического метода определения консолидационных свойств грунтов на территории II правобережной террасы р. Кубань можно считать возможность выполнять дорогостоящие лабораторных определения только как «заверочные» для поддержки принятых значений. Например, вместо 6 испытаний по определению консолидационных свойств грунтов, может оказаться достаточным 2 или 3 контрольных испытания.

Предложенная на основе набора предикторов (независимых величин) для величины отнормированной деформации от вторичной консолидации E_a формула, позволяет рассчитать величину осадки основания здания от вторичной консолидации. Стандартная ошибка при использовании данной формулы составляет ± 3 мм на метр заторфованного грунта. Если учесть что мощность торфов на изучаемой территории редко превышает 0,9 м, возможная ошибка в расчетах оснований будет иметь вполне допустимый уровень.

Таким образом, изучение инженерно-геологических свойств грунтов II правобережной надпойменной террасы р. Кубань на территории г. Краснодара позволяет заключить, что они могут использоваться в качестве несущих без предварительного упрочнения, но к принятию решения в каждом конкретном случае следует подходить индивидуально, принимая во внимание нагрузки и допустимые для конкретного здания осадки.

Список литературы

- 1.Абелев М.Ю. Сопоставление результатов полевых и лабораторных исследований сжимаемости слабых водонасыщенных глин. /В сб.: Основания, фундаменты и механика грунтов, Киев, 1971
- 2.Абелев М.Ю. Слабые водонасыщенные глинистые грунты как основания сооружений. М.: Стройиздат, 1973
- 3.Абелев М.Ю. Слабые водонасыщенные глинистые грунты как основания промышленных и гражданских сооружений. //Автореф. дис. докт. технич. наук, МИСИ, М., 1980
- 4.Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. М.: Стройиздат, 1983
- 5.Ананьев В.П., Черкасов М.И. Инженерно-геологические свойства пород Северного Кавказа и прилегающей части Предкавказья (конспект лекций). Ростов-на-Дону, 1970
- 6.Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов, состояние вопроса. Пенза, 2008.
- 7.Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. Москва, 1978
- 8.Дашко Р.Э. Основные представления о критерии начала фильтрационной консолидации водонасыщенных глинистых пород // Проектирование и строительство автомобильных дорог: Меж-вуз. темат. сб. тр. Л., 1982. С. 142–150
- 9.Зарецкий Ю.К., Вялов С.С. Вопросы структурной механики глинистых грунтов. /Основания, фундаменты и механика грунтов, 1972, № 2
10. Зарецкий Ю.К. Теория консолидации грунтов. М.: Наука, 1967
11. Маслов Н.Н., Ле Ба Лданг. К вопросу о повышении прочности и несущей способности глинистых грунтов под нагрузкой во времени. /Основания, фундаменты и механика грунтов, 1972, №1.
12. Тер-Мартirosян З.Г., Цытович Н.А. О вторичной консолидации глин. / Основания, фундаменты и механика грунтов, 1965, № 5.
13. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский В.А., и др. Грунтоведение. Москва, 2005.
14. ГОСТ 12248-2010. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости грунтов.
15. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ.

References

- 1.Abelev, M., Comparison of the results of field and laboratory studies of compressibility of weak water-saturated clays. / In sat.: Bases, foundations and soil mechanics, Kiev, 1971.
- 2.Abelev M. Weak water-saturated clay soils as bases of structures. M.: Stroyizdat, 1973.
- 3.The weakest water-filled clay soils as the Basis of industrial and civil structures. // Autoref. dis. Doc. technical. Sciences, MISI, M., 1980.
4. Construction of industrial and civil structures on weak soils. M.: Stroyizdat, 1983.
- 5.Ananiev V. P., Cherkasov M. I. Engineering-geological properties of rocks of the North Caucasus and the adjacent part of the Ciscaucasia (lecture notes). Rostov-on - don, 1970.
- 6.Boldyrev G. G. Methods for determining the mechanical properties of soils, the state of the issue. Penza, 2008.

7. Vyalov S. S. Rheological fundamentals of soil mechanics. Moscow, 1978
8. Dashko R. E. Basic ideas about the criteria for the beginning of filtration consolidation of water - saturated clay rocks // Design and construction of roads: Inter-University. the themed slots. sat. Tr. L., 1982. P. 142-150.
9. Zaretsky Yu. K., vyalov S. S. questions of structural mechanics of clay soils. / Foundations and soil mechanics, 1972, № 2.
10. Zaretskiy Yu. K. Theory of consolidation of soils. M.: Science, 1967.
11. Maslov N. N., Le BA Lang. On the issue of increasing the strength and bearing capacity of clay soils under load over time. / Bases, foundations and soil mechanics, 1972, №1.
12. Ter-Martirosyan Z. G., Tsytoich N. Ah. On the secondary consolidation of clays. / Bases, foundations and soil mechanics, 1965, № 5.
13. Trofimov V. T., Korolev V. A., Voznesensky, V. A., etc. Soil. Moscow, 2005.
14. GOST 12248-2010. Methods of laboratory determination of soil strength and deformability characteristics.
15. SP 11-105-97. Engineering-geological surveys for construction. General rules of work.