УДК 624.1

А.А. Дорджиев¹, Г.М. Скибин², А.Г. Дорджиев¹**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ПРОЧНОСТИ
ГРУНТОВ НА ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**¹Калмыцкий государственный университет, г. Элиста, Россия²Южно-Российский государственный политехнический университет
(Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова,
Новочеркасск, Россия

Приведен анализ изменения влажности и структурной прочности лессовых грунтов, залегающих в основании фундаментов зданий г. Элисты в процессе их эксплуатации.

Ключевые слова: лессовые грунты, влажность, структурная прочность, осадка.

A.A. Dordzhiev, G.M. Skibin, A.G.Dordzhiev¹Kalmyk State University, Elista, Russian Federation²South-Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute)
named. M.I. Platov, Novocherkassk, Russian Federation**DETERMINATION OF THE STRUCTURAL STRENGTH OF SOIL
ON THE BUILT-UP AREAS DURING OPERATION**

An analysis of changes in humidity and structural strength of loess soils, occurring at the base of the building foundations, Elista during their operation.

Keywords: loess soil, humidity, structural strength, draught.

Анализ опыта эксплуатации лессовых грунтов территорий г. Элисты [1, 2, 3] позволяет выявить закономерности процесса изменения влажности грунтов при замачиваний на застроенных участках. Этот процесс является непрерывным, хотя в нем можно выделить ряд этапов. На первом этапе наиболее типично локальное увлажнение от точечного источника на ограниченном фронте. В последующем происходит слияние пятен с образованием единой увлажненной зоны. Прогрессирующий процесс накопления влаги может привести к формированию антропогенного водоносного горизонта с постепенным поднятием уровня подземных вод.

Основная территория обследованных оснований зданий г. Элисты сложена средними и тяжелыми суглинками (табл. 1). Суглинки желтово-бурые, макропористые с включением карбонатов, вскрытая мощность их составляет 6,5–11 м. Весьма неравномерной является влажность грунтов оснований на территории обследуемых объектов [1, 2]. Изменение степени влажности грунтов оснований указанных объектов за период эксплуатации с 1993 по 2007 г. представлена на рис. 1, 2.

За пределами здания влажность грунтов относительно равномерна и уменьшается с глубиной. Так, вскрытые скважинами суглинки до глубины 4–5 м имеют влажность 20–27 %. Ниже от 5 до 11 м влажность грунтов несколько уменьшается и составляет от 20 до 10 %.

Таблица 1

Физические свойства лессовых просадочных грунтов,
типичных для г. Элисты

Наименование грунта	Естественная влажность	Плотность грунта, г/см ³	Коэф. пористости	Пластичность		
				Граница текучести	Граница раскатывания	Число пластичности
Суглинок желтово-бурый	0,07-0,27 0,13	1,46-1,88 1,66	0,72-1,15 0,84	0,24-0,44 0,29	0,14-0,28 0,19	0,06-0,14 0,09

Рис. 1. Степень влажности грунтов (1993)

Рис. 2. Степень влажности грунтов (2007)

Грунты природного сложения уплотнены давлением вышележащих слоев грунта, действием капиллярного давления, развивающегося при высыхании водонасыщенного грунта и вследствие понижения уровня подземных вод (снятия взвешивающего действия воды). В результате уплотнения грунта его частицы сближаются и между ними образуются водно-коллоидные связи. При определенных условиях в них дополнительно могут возникнуть хрупкие кристаллизационные связи. Суммарно эти связи придают грунту некоторую прочность, которую и называют структурной прочностью грунта P_{str} [4]. В работе [5] показано, что наличие структурной прочности оказывает существенное влияние на глубину сжимаемой толщи грунтового основания, а следовательно и на величину осадки. Поэтому оценка изменения P_{str} необходима для прогноза деформаций оснований существующих зданий.

При давлении $P < P_{str}$ процесс уплотнения практически не развивается. Лишь после разрушения водно-коллоидных и кристаллизационных связей при $P > P_{str}$ происходит уплотнение грунта. Компрессионная кривая для таких грунтов представлена на рис. 3.

Казалось бы, по компрессионной кривой можно определить структурную прочность грунта, так как при изменении давления до P_{str}

экспериментальные точки должны ложиться на слегка наклонную прямую. Однако в действительности этот участок кривой обычно имеет выпуклость, направленную вверх. Объясняется это частичным нарушением структуры при отборе монолитов грунта из скважин, а также тем, что при сжатии образца разрушение структуры происходит вначале в наиболее напряженных точках контактов частиц даже при весьма незначительном давлении. По мере увеличения давления разрушение в точках контактов быстро возрастает, и процесс переходит в стадию уплотнения грунта во всем объеме образца, что затрудняет определение на компрессионной кривой начало сжатия образца при $P \geq P_{str}$.

Рис. 3. Компрессионная кривая грунта, обладающего структурной прочностью

Более четко начало сжатия образца при $P \geq P_{str}$ выявляется при построении компрессионной кривой в полулогарифмической системе координат. В этом случае компрессионной кривой первичного сжатия при $P > P_{str}$ будет прямая CD . Продолжение этой прямой вверх до пересечения с горизонтальной (пунктирной) линией EC' , соответствующей значению начального коэффициента пористости e_0 , позволяет найти величину P_{str} , которую можно рассматривать как значение структурной прочности грунта. На рис. 4, 5 представлена реализация

указанной методики по определению P_{str} для описанных выше грунто-вых условий.

Изменение значения структурной прочности за 15-летний период эксплуатации здания представлены в табл. 2 и на рис.6. Значения структурной прочности грунта определены по компрессионным опы-там и показаны в табл. 2.

Рис. 4. Компрессионные кривые для грунтов, обладающих структурной прочностью в полулогарифмической системе координат (1993 г.)

11 – Ш7, $h = 2$ м; 12 – Ш7, $h = 1.0$ м; 13 – Ш7, $h = 5$ м;
14 – Ш7, $h = 5$ м; 15 – Ш7, $h = 5$ м; 16 – Ш7, $h = 4$ м

Рис. 5. Компрессионные кривые для грунтов, обладающих структурной прочностью в полулогарифмической системе координат (2007) 1 – C22, $h = 4$ м; 2 – C23, $h = 2$ м; 3 – C23, $h = 4$ м; 4 – C22, $h = 3$ м; 5 – C21, $h = 3$ м; 6 – C21, $h = 4$ м; 7 – C22, $h = 7$ м; 8 – C23, $h = 8$ м; 9 – C21, $h = 7$ м; 10 – C22, $h = 6$ м

Таблица 2

Структурная прочность грунтов

Год обследования	№ п/п	Выработка	Глубина отбора монолитов, м	Структурная прочность грунта, кПа
				100-200
1993 г.	1	Ш-7	1,0	67
	2	Ш-7	2,0	51
	3	Ш-7	4,0	57
	4	Ш-7	5,0	58
2007 г.	7	С-23	2,0	56
	8	С-21	1,0	54
	9	С-22	3,0	55
	10	С-23	4,0	55
	11	С-22	4,0	43
	12	С-21	4,0	55
	13	С-23	6,0	47
	14	С-22	7,0	50
	15	С-21	7,0	57
	16	С-23	8,0	50

Рис. 6. График изменения структурной прочности по глубине при нагрузке 100–200 кПа (о – 1993г., х – 2007г.)

Анализ результатов инженерно-геологических изысканий проведенных в различное время показал, что при эксплуатации зданий и сооружений, возведенных на лессовых грунтах г. Элисты, под сооружением формируется техногенный горизонт подземных вод за счет естественных и искусственных факторов. Подъем уровня подземных вод и замачивание грунтов основания вызывает неравномерную осадку сооружения, что приводит к аварийным ситуациям. Результаты определения влажности и структурной прочности грунтов подтопленных зданий показывает, что степень влажности и структурная прочность грунтов по глубине и во времени стабилизируется.

Библиографический список

1. Борликов Г.М., Дорджиев А.Г. Влажностный режим грунтов основания в результате длительного замачивания. ВНИИС: библиогр. указат. депон. рукописей. – М., 1989. – Вып. 3.
2. Дорджиев А.Г., Скибин Г.М., Дорджиев А.А. Изменение влажностного режима лессовых грунтов на застроенных территориях // Инженерно-экологические аспекты развития АПК Прикаспийского региона: материалы междунар. науч.-практ. конф. 21–22 октября 2008. – Элиста: Изд-во Калмыц. гос. ун-та. – С. 121–124.
3. Инженерно-геологическое районирование территории Калмыкии: моногр. / В.М. Харченко, А.Г. Дорджиев, А.А. Дорджиев, М.М. Сангаджиев, А.А. Дорджиев. – Элиста: Изд-во Калмыц. гос. ун-та. 2012. – 211с.
4. Механика грунтов. Ч.1. Основы геотехники в строительстве / Б.И. Далматов, В.Н. Бронин, В.Д. Карлов, Р.А. Мангушев, И.И. Сахаров, С.Н. Сотников, В.М. Улицкий, А.Б. Фадеев. – М.: АСВ, 2000. – 204 с.
5. Осипова О.Н., Дыба В.П., Галашев Ю.В. Влияние структурной прочности грунтов на величину глубины сжимаемой толщи и осадку основания // Известия вузов Северо-Кавказский регион. Технические науки. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2010. – № 5. – С. 83–85.

References

1. Borlikov G.M., Dordzhiev A.G. Vlazhnostnyj rezhim gruntov osnovaniya v re-zul'tate dlitel'nogo zamachivaniya [Foundation soil moisture conditions due to prolonged soaking]. *VNIIS. Bibliogr. ukazat. depon. rukopisey*. Moscow, 1989. no. 3.

2. Dordzhiev A.G., Skibin G.M., Dordzhiev A.A. Izmenenie vlazhnostnogo re-zhima lessovykh gruntov na zastroennykh territoriyakh [Changing humidity conditions loess soils in built up areas]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Inzhenerno-ekologicheskie aspekty razvitiya APK Prikas-piyskogo regiona"*, 21-22 october 2008, Elista, Kalmytskiy gosudarstvenny universitet, 2008. pp. 121-124.

3. Kharchenko V.M., Dordzhiev A.G., Dordzhiev A.A., Sangadzhiev M.M., Dordzhiev A.A. Inzhenerno-geologicheskoe rayonirovanie territorii Kalmykii [Engineering geological zoning of Kalmykia]. Elista, Kalmytskiy gosudarstvenny universitet. 2012. 211s.

4. Dalmatov B.I. [et al.] Mekhanika gruntov [Soil Mechanics]. Part Osnovy geotekhniki v stroitel'stve [Fundamentals of geotechnical engineering in construction]. Moscow: ASV. 2000. 204 s.

5. Osipova O.N., Dyba V.P., Galashev Yu.V. Vliyanie strukturnoy prochnosti gruntov na velichinu glubiny szhimaemoy tolshchi i osadku osnovaniya [Influence of the structural strength of the soil with the depth of the compressible layer and the pellet base]. *Izvestiya vysshykh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki*, Novocherkassk, 2010. no. 5. pp. 83-85.

Об авторах

Дорджиев Анатолий Анатольевич (Элиста, Россия) – ассистент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Калмыцкого государственного университета; e-mail: pgs-kgu@yandex.ru

Скибин Геннадий Михайлович (Новочеркасск, Россия) – доктор технических наук, профессор, декан строительного факультета, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение» Южно-Российского государственного политехнического университета (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова; e-mail: skibingm@mail.ru

Дорджиев Анатолий Григорьевич (Элиста, Россия) – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство» Калмыцкого государственного университета; e-mail: pgs-kgu@yandex.ru

About the authors

Dordzhiyev Anatoly Anatolievich (Elista, Russia) – Assistant Professor of Department «Industrial and civil construction», Kalmyk State University; e-mail: pgs-kgu@yandex.ru

Skibin Gennady Mikhailovich (Novocherkassk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of Civil Engineering Faculty, Head of Department «Industrial and civil engineering, geotechnical and foundation», South-Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute) named. M.I. Platov; e-mail: skibingm@mail.ru

Dordzhiyev Anatoly Grigorievich (Elista, Russia) – Ph.D in Technical Sciences, Head of of Department «Industrial and civil construction», Kalmyk State University; e-mail: pgs-kgu@yandex.ru

Получено 31.03.2014