

Контроль замачивания грунтов в области фундамента методом динамического зондирования

А.В. Гридневский, С.В. Хоренков

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Водонасыщение грунтов в области фундаментов сопровождается ухудшением их несущей способности и часто обнаруживается лишь с появлением первых признаков деформаций. Эффективный мониторинг состояния грунтовой толщи помогает снизить нарастающий ущерб. С этой целью разработан и применен вариант динамического зондирования, позволивший установить в зоне водонасыщения пятикратное снижение сопротивления грунтов проникновению индентора в сравнении с их природным состоянием. Подход обеспечивает оперативное картирование состояния грунтовой толщи в местах предполагаемого замачивания, например в области обратной засыпки фундаментов. Результаты применимы для мониторинга замачивания грунтов в техногенных условиях и представляют интерес для широкого круга специалистов в области строительства.

Ключевые слова: подтопление, динамическое зондирование, мониторинг, водонасыщение, картирование.

Изменение несущей способности при водонасыщении грунтов, особенно, обладающих просадочными свойствами, негативно сказывается на эксплуатационной надежности зданий и сооружений [1,2]. В ряде случаев ущерб формируется еще на стадии строительства из-за некачественного исполнения проектных решений. Незаметное изменение свойств грунтов в ходе эксплуатации зданий затрудняет диагностику нарастающего ущерба. Чаще всего, исследования грунтовых условий задерживаются, а нарастание дефектов продолжается до полной манифестации негативных проявлений.

Состояние общественного здания в г. Ростове-на-Дону является примером ухудшения его эксплуатационных параметров из-за поступления воды к фундаменту. Задача заключалась в локализации и объяснении механизма проникновения воды в подземную часть здания. План включал применение метода исследования, который мог дать ответ о происходящем замачивании грунтовой толщи и оптимизировать последующие изыскания. Обнаружить участки поступления воды к фундаменту предполагалось по

изменению водонасыщения грунтов, которое связывалось со снижением удельного сопротивления грунтов при динамическом зондировании.

Испытания свойств дисперсных грунтов методом зондирования регламентируются ГОСТ 19912-2012 и заключаются в погружении зонда толщу при динамическом воздействии с измерением условного динамического сопротивления грунта по скорости его проникновения. Метод широко применяется при инженерно-геологических изысканиях для оценки физико-механических свойств грунтов, их неоднородности по корреляционным зависимостям [3,4]. Он применяется при оценке модуля упругости и показателя прочности дорожной одежды. По вариации их значений (12-50%) локализуются участки снижения прочности [5]. Исследования показывают, что результаты испытаний зависят от применяемого оборудования и конструкции зондов [6-8]. При этом коэффициент вариации получаемых параметров может составлять 22-30% [9], что ограничивает сочетание разного оборудования и методик зондирования, но позволяет выполнять сравнительные исследования в рамках одного алгоритма и набора инструментов. В условиях плотной застройки применяется малогабаритное оборудования, увеличивающее возможности применения метода в стесненных условиях [10,11].

Обследуемое здание построено на толще лёссовидных суглинков мощностью 10 м, расположенной на водораздельном склоне. При изысканиях установлены средняя природная плотность грунтов $\rho_d=1,78 \text{ т/м}^3$, влажность $W_e=19\%$, показатель текучести $-0,06$. При устройстве фундамента, в зоне обратной засыпки сформирована толща глинистых грунтов методом послойного уплотнения до плотности сухого грунта $1,55 \text{ т/м}^3$.

Обследование показало, что часть периметра здания (200м) из общей длины 320 м имеет повышенный риск замачивания из-за инфильтрации атмосферных вод. У западного фасада сделана отмостка из тротуарной

плитки шириной 3 м и длиной 18 м. Установлено, что в ее основании отсутствует гидроизоляционный слой. Предполагается, что атмосферные воды инфильтруются в зону обратной засыпки грунта. Расчеты показывают, что во время дождя, с объемом осадков $10\div 30$ мм/сут, на поверхность тротуарного покрытия поступает вода в объеме $V=500\div 1500$ л/сут. Дополнительно с отлива цоколя здания стекает $V= 90\div 250$ л/сут. Кроме этого, на стене укреплены 20 внешних блоков сплит-систем, производящих конденсат до 200-300 л/сут, также попадающий на отмостку. Таким образом, существуют предпосылки для замачивания толщи грунтов, примыкающих к подземной части здания. Повышенный риск проникновения воды к фундаменту возник из-за утраты или изначального отсутствия герметичности отмостки. Конструктивной особенностью здания является расположение фундаментной плиты на глубине 1,4-1,5 м от поверхности земли и выход ее за пределы стены на 2,95 м.

Для оценки консистенции грунтов разработано и сконструировано устройство динамического зондирования. Оно включало перфоратор электрический ПР1000 мощностью 1,0 кВт, стержень, диаметром 14 мм и длиной 2,0м с наконечником – полусферой (диаметр 20 мм). Разница в диаметрах индентора и стержня минимизировало сопротивление зонду от трения грунта по боковой поверхности инструмента и не учитывалось в испытаниях. Ударная нагрузка с частотой 300 уд./мин, передавалась на стержень с помощью насадки для забивания анкера. Для регистрации динамики погружения зонда использовалась геодезическая рейка и производилась видеосъемка. По времени работы перфоратора оценивалась затраченная работа: $A=p*t$, где p – мощность, Вт; t – время, мин.

Подготовка динамического зондирования заключалась в выборе двух участков испытания: первый – над выступающей частью фундаментной плиты на расстоянии 0,5-0,7 м от стены, второй – в 10 м от здания – вне

зоны водонасыщения. В отмостке пройдены отверстия на глубину 15 см, пересекающие плитку и песчано-щебнистую подушку. Зондирование заключалось в погружении зонда до поверхности фундаментной плиты с помощью перфоратора, работавшего в ударном режиме. Изменение консистенции регистрировалось по сопротивлению грунта погружению конуса. Оно оценивалось произведением мощности перфоратора и среднего времени его погружения на 1 м.

Скорость погружения и работа, выполненная при погружении пенетрометра, составили:

точка №1 – 0,3 мин/м : 5 Вт*ч/м, точка №2 – 0,4 мин/м: 7 Вт*ч/м,

точка №3 – 1,7 мин/м: 28 Вт*ч/м, точка №4 – 1,6 мин/м : 27 Вт*ч/м.

Расчеты показали, что сопротивление грунтов внедрению зонда под отмосткой (точки №1 и №2) в 4-5 раз меньше, чем в точках (№3 и №4) на фоновом участке. Скорость погружения индентора под отмосткой увеличивалась по мере его приближения к поверхности фундаментной плиты, и на расстоянии от нее 0,2÷0,3 м в два раза превышало среднее значение. При извлечении инструмента зафиксировано наличие мягко- и текучепластичного грунта на его поверхности. Различие сопротивления грунта в точках №1 и №2 было несущественным. Грунты ненарушенного сложения, испытанные на расстоянии 10 м от здания (точки №3 и №4), существенно замедляли погружение индентора.

На основании выполненных экспериментов установлено значительное снижение прочности и увеличения пластичности грунтов под отмосткой западного фасада здания. На удалении от здания, вне зоны водонасыщения, сопротивление внедрению зонда существенно выше.

Изменения консистенции грунта, установленные по сопротивлению внедрению зонда, являются подтверждением замачивания грунтов, вызванных инфильтрацией атмосферных вод через отмостку у стены. Они

являются необходимым шагом к решению следующей задачи: выяснении механизма проникновения воды в подземную часть здания.

Выполненные эксперименты указывают на возможность экспресс-оценки свойств глинистых грунтов у действующих объектов в ходе их эксплуатации. В рассмотренном случае, предложенный подход целесообразно использовать для предварительной оценки размеров площади замачивания у подземной части здания. Оперативность и малые затраты метода позволяют выполнять поиск участков предполагаемого замачивания грунтов и оптимизировать последующие исследования. Метод может быть эффективным для картирования областей замачивания при утечках воды из водопровода. Он также применим для интерпретации результатов, получаемых при обследовании другими геофизическими методами: георадиолокацией, электроразведкой.

Литература

- 1.Гридневский А.В. Концептуальная модель геофильтрации приустьевой части реки Темерник г. Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2018, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5128.
- 2.Гиря Л.В., Хоренков С.В. Проблемы консервации и технического обследования объектов капитального строительства в современных условиях // Инженерный вестник Дона, 2013, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1656.
- 3.Болдырев Г.Г., Скопинцев Д.Г., Новичков Г.А. Инновационные аспекты проведения инженерно-геологических изысканий // Инженерные изыскания. 2015. №2. Сс. 24-29.
4. Bagińska I. Comparative Analysis of Cone Resistances in Cone Penetration Test (CPTu) and Dynamic Probe Heavy Test (DPH). Geotech Geol Eng.2020. №38. Pp. 5269–5278.

5. Балабанов В.Б., Фам Ши Куан. Определение модуля упругости дорожной одежды по динамическим методам испытания // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019, т.9, №1. Сс. 60–69. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-1-60-69
6. Kwangkyun K., Prezzi M., Salgado R., Woojin L. Effect of Penetration Rate on Cone Penetration Resistance in Saturated Clayey Soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 2008. 134. DOI: 10.1061/ (ASCE) 1090-0241(2008)134:8(1142).
7. Holtrigter M., Pender M., Abuel-Naga H. Simple method for correcting dynamic cone penetration test results for rod friction. Géotechnique Letters. 2011. V. 1. №7. Pp. 37-40. DOI: 10.1680/geolett.11.00012.
8. Yost KM, Yerro A, Martin ER, Green RA. A cone penetration test database for multiple thin-layer correction procedure development. Earthquake Spectra. 2024. V. 40 № 1. Pp. 803-827. DOI: 10.1177/87552930231217002
9. Дмитриев В.В., Зубкова Н.Н. Оценка качества инженерно-геологической информации, получаемой при зондировании грунтов в соответствии с гост 19912-2001 // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2007. №4. Сс. 361-365.
10. Самофеев Н.С., Ковалева Д.В. Оценка эффективности применения средств малой механизации при динамическом зондировании грунта в стесненных условиях // Интернет-журнал «Наукоедение». 2017. Том 9, №6. // URL: naukovedenie.ru/PDF/05EVN617.pdf (дата обращения: 10.03.2024).
11. Филиппович А.А. Исследование степени уплотнения грунта в полевых и лабораторных условиях при реконструкции магистрального нефтепровода // Жилищное строительство. 2016. №12. Сс. 41-44.

References

1. Gridnevskij A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5128.



2. Girja L.V., Horenkov S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1656
3. Boldyrev G.G., Skopincev D.G., Novichkov G.A. Inzhenernye izyskanija. 2015. №2. Pp. 24-29.
4. Bagińska I. Geotech Geol Eng. 2020. №38. Pp. 5269–5278.
5. Balabanov V.B., Fam Shi Kuan. Izvestija vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. 2019. V.9. №1. pp. 60–69. DOI: 10.21285/2227-2917-2019-1-60-69
6. Kwangkyun K., Prezzi M., Salgado R., Woojin L. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 2008. 134. DOI: 10.1061/ (ASCE) 1090-0241(2008)134:8(1142).
7. Holtrigter M., Pender M., Abuel-Naga H. Géotechnique Letters. 2011. V. 1. №7. Pp. 37-40. DOI: 10.1680/geolett.11.00012.
8. Yost KM, Yerro A, Martin ER, Green RA. Earthquake Spectra. 2024. V. 40 №1. Pp. 803-827. DOI: 10.1177/87552930231217002
9. Dmitriev V.V., Zubkova N.N. Geojekologija. Inzhenernaja geologija, gidrogeologija, geokriologija. 2007. №4. pp. 361-365.
10. Samofeev N.S., Kovaleva D.V. Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2017. V. 9, №6. URL: naukovedenie.ru/PDF/05EVN617.pdf (date assessed: 10.03.2024).
11. Filippovich A.A. Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2016. №12. pp 41-44.

Дата поступления: 4.03.2024

Дата публикации: 25.04.2024