

Тиксотропия глинистых грунтов

Thixotropy of clay soils



Ступников Владимир Сергеевич, Данчук Екатерина Максимовна,

кафедра Механика грунтов и геотехника, Московский государственный строительный университет

Черкасова Людмила Игоревна,

д.т.н., Московский государственный строительный университет

Stupnikov Vladimir Sergeevich,

Danchuk Ekaterina Maksimovna, of the Department of soil Mechanics and geotechnics, Moscow state University of civil engineering

Cherkasova Lyudmila Igorevna,

doctor of technical Sciences, Moscow state University of civil engineering

Аннотация. В данной статье автор раскрывает понятия тиксотропия, дает его характеристику, определяет сущность. Дает различные точки зрения ученых на представленное явление тиксотропии при проектировании земляного полотна. Анализирует явление тиксотропии на глинистых грунтах.

Исследования позволяют полагать, что склонность грунтов к тиксотропии определяется его природой, состоянием, а также интенсивностью и характером внешних воздействий. Под природой грунтов, в первую очередь, понимается их гранулометрический состав и минералогический состав глинистой фракции.

Summary. In this article the author reveals the concept of thixotropy, gives its characteristic, defines the essence. Gives different points of view of scientists on the presented phenomenon of thixotropy in the design of the roadbed. Analyzes the phenomenon of thixotropy on clay soils.

Studies suggest that the propensity of soils to thixotropy is determined by its nature, condition, as well as the intensity and nature of external influences. The nature of soils, first of all, is understood as their granulometric composition and mineralogical composition of clay fraction.

Ключевые слова: тиксотропные явления, физико-химические явления, разжижение, механическое воздействие, восстановление прочности, упрочнение.

Keywords: thixotropic phenomena, physico-chemical phenomena, liquefaction, mechanical action, strength recovery, hardening.

Тиксотропия (тиксотропность) (от греч. $\theta\acute{\iota}\xi\iota\varsigma$ — прикосновение и $\tau\rho\omicron\pi\eta$ — изменение) — способность субстанции уменьшать вязкость (разжижаться) от механического воздействия и увеличивать вязкость (сгущаться) в состоянии покоя.

Тиксотропные превращения относятся к физико-химическим явлениям, связанным с механическими воздействиями на грунты. В результате таких воздействий — встряхивания, перемятая, вибрации и т. п. — возникают два следующих друг за другом процесса — разупрочнение и упрочнение.

Для учета явлений тиксотропии при проектировании земляного полотна необходимо знать, при каких грунтах, их состояниях и характерах механических воздействий тиксотропное разупрочнение становится особенно опасным, а также является ли процесс упрочнения полностью обратимым, т. е. идет ли он до конца, а если и идет, то через какое время можно рассчитывать на полное восстановление первоначальных свойств грунтов.

К сожалению на современной стадии исследований еще нельзя исчерпывающе ответить на поставленные вопросы, тем не менее имеющийся материал позволяет дать некоторые рекомендации.

Г. Фрейндлихом было установлено, что тиксотропия проявляется в грунтах, у которых содержание глинистых частиц превышает 2%. Высказывается мнение, что потенциально тиксотропными являются все глинистые грунты, но для конкретного проявления тиксотропии необходимы определенные условия и, в первую очередь, достаточно интенсивные внешние воздействия.

Очевидно, что в расчет должна приниматься не только склонность грунтов к тиксотропным превращениям, но и размер этих превращений. При этом не должны допускаться такие превращения, при которых снижение прочности и сопротивляемости деформированию становится уже опасным.

Большинство исследователей полагает, что склонность грунтов к тиксотропии зависит от содержания в них глинистых частиц. При этом чем большее количество этих частиц грунт содержит, тем меньше его склонность к тиксотропному понижению прочности.

А. И. Лагойский это объясняет тем, что при малом содержании глинистых частиц имеется относительно небольшое число связей между грунтовыми частицами и агрегатами. При большом же количестве глинистых частиц образуется жесткий каркас, который уже труднее поддается разрушению, хотя потенциальные возможности для этого и возрастают.

С повышением содержания в грунтах глинистых частиц их склонность к тиксотропным превращениям, в общем, уменьшается. Однако при некотором количестве глинистых частиц интенсивность тиксотропных превращений снова возрастает.

В данном случае это относится к глинистому грунту, содержащему 26% глинистых частиц; подобное явление наблюдалось в опытах, проведенных Г. И. Жинкиным и Л. П. Зарубиной, где таким грунтом оказался тяжелый суглинок с содержанием глинистых частиц 20%.

Из рис. 1 видно, что вибрационные воздействия более опасны, чем одиночные удары. При ударах с увеличением содержания в грунтах глинистых частиц тиксотропное разупрочнение монотонно убывает и потому для суглинков и особенно тяжелых оно практически уже не является опасным. Вибрационные воздействия могут быть опасными и для тяжелых грунтов.

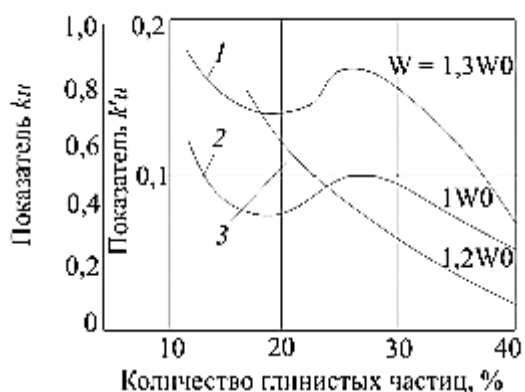


Рисунок 1 - Влияние содержания в грунтах глинистых частиц на их тиксотропное разупрочнение: 1, 2 – при вибрации с частотой 50 Гц; 3 – при одиночном ударе

По-видимому, минералогический состав глинистой фракции грунтов не оказывает решающего влияния на степень тиксотропного разупрочнения грунтов. Некоторые исследователи считают, что у монтмориллонита способность к тиксотропным превращениям выражена сильнее, чем у каолинита и гидрослюды. Имеется также мнение, согласно которому наибольшие тиксотропные превращения соответствуют каолиновым грунтам, а наименьшие — монтмориллонитовым. Гидрослюда занимает промежуточное положение.

На тиксотропные превращения оказывают влияние плотность грунтов. Опыты позволили заключить, что наибольшим тиксотропным превращениям подвержены грунты, плотность которых находится в диапазоне $(0,85-0,93)\delta_{\max}$.

У более рыхлых и более плотных грунтов склонность к тиксотропным превращениям заметно уменьшается. Большое влияние на тиксотропные превращения оказывает влажность грунта. При влажности менее оптимальной и равной ей тиксотропные превращения наблюдаются только у супесей. С повышением влажности сверх ее оптимального значения интенсивность тиксотропных превращений заметно и непрерывно возрастает.

При вибрационных нагрузках большое значение имеет частота колебаний. Изменяя постепенно частоту колебаний от нуля до нескольких сот герц и сохраняя неизменной интенсивность встряхивания грунта, которая в общем характеризуется амплитудными значениями ускорений его частиц, можно выделить два значения частот колебаний, при которых наблюдаются аномальные явления.

При размещении возбудителя колебаний с массой 2 т на насыпи при какой-то определенной для данных условий частоте колебаний, которая обычно находится в пределах 12-28 Гц, амплитуда колебаний возбудителя увеличивается и, кроме того, наблюдаются заметные сотрясения всего грунта с передачей этих сотрясений на значительные расстояния.

Таким образом, при этих частотах наблюдается явление, сходное с тем, которое возникает при резонансных колебаниях упругих систем. Ввиду того, что грунт представляет собой систему с большим сопротивлением, где колебания затухают весьма быстро, то это явление, в отличие от резонансных упругих систем, можно назвать квазирезонансным.

Интересно отметить, что при квазирезонансных частотах больших изменений в состоянии и свойствах грунта не происходит. Практически не происходят также и тиксотропные изменения грунтов. При таких колебаниях грунт представляет собой систему с относительно небольшим затуханием колебаний, вследствие чего они передаются на дальние расстояния.

Вторая характерная для данного вида и состояния грунта частота обуславливает локализацию колебательных движений в сравнительно небольшой зоне, но зато объем грунта, расположенный в этой зоне, претерпевает интенсивные тиксотропные превращения, которые сопровождаются обильным влаговыделением и, по существу, спонтанным уплотнением грунта, происходящим при весьма небольшой нагрузке, измеряемой в десятых, а иногда и в сотых долях кгс/см^2 . Это явление, так же как и предыдущее, наблюдается лишь при грунтах, плотность которых находится в диапазоне $(0,85-0,93) \delta_{\text{max}}$.

Интенсивные тиксотропные превращения наблюдаются не при какой-то определенной частоте колебаний, а в широком интервале частот. Этот интервал оказался равным 175-300 Гц. Он относится к влажности грунта $(1,0-1,3)W_0$. Не было обнаружено также явной зависимости этого интервала от гранулометрического состава грунтов. Возможно, что он находится в зависимости от нагрузки.

Наиболее опасны для устойчивости земляного полотна частоты, при которых происходят интенсивные тиксотропные превращения грунтов. Однако эти частоты велики и возникают весьма редко. Очевидно, их целесообразно создавать при уплотнении грунтов, что приведет к получению требуемой плотности при наименьших затратах механической работы.

В период эксплуатации дорог частота приложения внешней нагрузки, близкой к квазирезонансной, может возникнуть лишь только случайно, поэтому в большинстве случаев приходится иметь дело с нагрузками, при которых возникают частоты колебаний, по своей численной величине меньше квазирезонансных, либо несколько превышающие их.

Исследования позволяют полагать, что склонность грунтов к тиксотропии определяется его природой, состоянием, а также интенсивностью и характером внешних воздействий. Под природой грунтов, в первую очередь, понимается их гранулометрический состав и минералогический состав глинистой фракции.

Список использованной литературы

1. Вознесенский Е.А. Поведение грунтов при динамических нагрузках: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2017. – С. 190–202.
2. Мащенко А.В., Пономарев А.Б., Сычкина Е.Н. Специальные методы механики грунтов и механики скальных пород: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – С. 56–60.
3. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А. Грунтоведение. – М.: Изд-во МГУ, 2015. – С. 538–546.
4. Осипов В.И. Природа прочности и деформационных свойств глинистых грунтов. М.: Изд-во МГУ, 2019. 232 с.
5. Seed H.B. Ground motions and soil liquefaction during earthquakes / H.B. Seed, I.M. Idriss. – Oakland, CA. : Earthquake Engineering Research Institute Monograph, 2015.

References

1. Voznesenskii E.A. (2017) Povedenie gruntov pri dinamicheskikh nagruzkakh: ucheb. posobie. – M.: Izd-vo MGU. – S. 190–202.

2. Mashchenko A.V., Ponomarev A.B., Sychkina E.N. (2014) Spetsial'nye metody mekhaniki gruntov i mekhaniki skal'nykh porod: ucheb. posobie. – Perm': Izd-vo Perm. nats. issled. politekhn. un-ta. – S. 56–60.
3. Trofimov V.T., Korolev V.A., Voznesenskii E.A. (2015) Gruntovedenie. – M.: Izd-vo MGU. – S. 538–546.
4. Osipov V.I. (2019) Priroda prochnosti i deformatsionnykh svoistv glinistykh gruntov. M.: Izd-vo MGU. 232 s.
5. Seed H.B. (2015) Ground motions and soil liquefaction during earthquakes / H.B. Seed, I.M. Idriss. – Oakland, CA. : Earthquake Engineering Research Institute Monograph.