

КАК СДЕЛАТЬ ПРАВИЛЬНЫМ НЕПРАВИЛЬНОЕ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ НА УЧАСТКЕ, СЛОЖЕННОМ СЛАБЫМ ГРУНТОМ

ДЖАМИЛЮС М.Х.

Компания KLIA Premier Holdings Sendirian Berhad холдинга Wisma KLIA, г. Бандар-Бару-Банги, штат Селангор, Малайзия
saifulaz@uthm.edu.my

ЛИМ А.Дж.М.С.

Центр исследований слабых грунтов (RECESS) Университета Тун Хусейн Онн, г. Парит Раджа, округ Бату Пахат, штат Джохор, Малайзия
saifulaz@uthm.edu.my

АЖАР А.Т.С.

Центр исследований слабых грунтов (RECESS) Университета Тун Хусейн Онн, г. Парит Раджа, округ Бату Пахат, штат Джохор, Малайзия
saifulaz@uthm.edu.my

АЗМИ М.А.М.

Центр исследований слабых грунтов (RECESS) Университета Тун Хусейн Онн, г. Парит Раджа, округ Бату Пахат, штат Джохор, Малайзия
saifulaz@uthm.edu.my

АННОТАЦИЯ

Предлагаем вниманию читателей сокращенный адаптированный перевод доклада малайзийских исследователей М.Х. Джамилюса и др. «Как сделать правильным неправильное: инженерные изыскания на участке, сложенном слабым грунтом» (Jamilus et al., 2016), сделанного в 2016 году на Международном симпозиуме по инженерным исследованиям и инновациям (IRIS) в Малакке (Малайзия). Этот доклад также был опубликован в виде статьи в журнале Materials Science and Engineering («Материаловедение и инженерия») издательством британской научной благотворительной организации IOP (Institute of Physics – «Институт физики»), ставшей поистине международной. Данная работа находится на официальном сайте IOP в открытом доступе по лицензии Creative Commons Attribution 3.0 (CC BY 3.0), которая позволяет распространять, микшировать, адаптировать, переводить и использовать публикации, даже в коммерческих целях, при условии ссылки на первоисточники. В нашем случае полная ссылка на источник для перевода (Jamilus et al., 2016) приведена в конце. Несмотря на то что этот доклад был сделан уже 7 лет назад, он может быть полезен российским специалистам, поскольку в нем описан передовой уникальный опыт малайзийских инженеров.

Инженерные изыскания – очень важный процесс, с помощью которого получают инженерно-геологическую, геотехническую, геологическую и другую информацию, которая может повлиять на строительство или эффективность развития проекта гражданского строительства. Однако общепринятая практика проведения изысканий не всегда соответствует установленным стандартам. Достоверность полученной информации зависит от нескольких факторов, в том числе от правильности выполнения всех процедур, компетентности работников, а также проведения надзора. В этой статье обсуждается несколько примеров методов изысканий. Подробно объясняется разница между практическим использованием некоторых методов инженерно-геологического бурения и тем, как они должны применяться правильно. Есть надежда, что это поможет тому, чтобы инженерные изыскания всегда планировались индивидуально и представляли собой интерактивный и гибкий процесс обнаружения и внесения изменений в зависимости от состояния грунта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

отбор образцов грунта; бурение; ненарушенные образцы; слабый грунт.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Джамилюс М.Х., Лим А.Дж.М.С., Ажар А.Т.С., Азми М.А.М. Как сделать правильным неправильное: инженерные изыскания на участке, сложенном слабым грунтом (пер. с англ.) // Геоинфо. 2023. Т. 5. № 7. С. 6–12
DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-7-6-12

“DOING THE WRONG THINGS RIGHT” SITE INVESTIGATIONS IN SOFT SOIL

JAMILUS M.H.

KLIA Premier Holdings Sendirian Berhad,
Wisma KLIA Holding, Bandar Baru Bangi,
Selangor, Malaysia

LIM A.J.M.S.

Research Center for Soft Soil (RECESS),
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia,
Parit Raja, Batu Pahat. Johor, Malaysia

AZHAR A.T.S.

Research Center for Soft Soil (RECESS),
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia,
Parit Raja, Batu Pahat. Johor, Malaysia

AZMI M.A.M.

Research Center for Soft Soil (RECESS),
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia,
Parit Raja, Batu Pahat. Johor, Malaysia

ABSTRACT

We present a slightly abridged and adapted translation of the report “«Doing the wrong things right» site investigations in soft soil” (Jamilus et al., 2016) made at the International Engineering Research and Innovation Symposium (IRIS) in 2016 in Melaka (Malaysia). This report was also published in the conferences information package “Materials Science and Engineering” by the publishing company “IOP Publishing” of the British scientific society “Institute of Physics” (IOP) that is now virtually international. This is an open access paper. It is distributed under the Creative Commons Attribution 3.0 (CC BY 3,0) license which allows it to be copied, distributed, translated, adapted, modified, mixed and used for any purposes (even commercial ones) provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the reference to the original paper (Jamilus et al., 2016) is in the end. Despite the fact that this report was made 7 years ago, it can be useful, once again reminding of the importance of the correct performance of site investigation for construction.

Site investigation is a very important process by which geotechnical, geological and other relevant information which might affect the construction or performance of a civil engineering or building project is acquired. However, common practice in site investigations is not always in accordance to the standard that has been defined. Reliability of the information obtained depends upon several factors that involves correct procedures, competent workers, and also supervision. Several examples on site investigation methods are discussed in this paper. Explanation on the difference between the site investigation methods used for real practices in the field and how it should be done are discussed in detail. Therefore, it is hoped that site investigation should always be uniquely planned and should be an interactive and flexible process of discovery and changes according to the condition of the soil.

KEYWORDS:

sampling; boring; undisturbed samples; soft soil.

FOR CITATION:

Jamilus M.H., Lim A.J.M.S., Azhar A.T.S., Azmi M.A.M. Kak sdelat' pravil'nym nepravil'noye: inzhenernyie izyskaniya na uchastke, slozhennom slabym gruntom [“Doing the wrong things right” site investigations in soft soil] (translated from English into Russian) // Geoinfo. 2023. T. 5. № 7. С. 6–12 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-7-6-12 (in Rus.).

Введение

Инженерные изыскания на территории строительства должны быть неотъемлемой частью процесса возведения объекта. К сожалению, они часто рассматриваются как необходимый, но мешающий этап, который должен выполнить проектировщик, если он не хочет, чтобы его считали некомпетентным [1]. Однако изыскания должны быть тщательно продуманным процессом с научным сопровождением и учетом как условий площадки, так и типа предполагаемого строительства.

Для каждого проекта гражданского строительства есть одно простое требование – построить его правильно с первого раза, чтобы не пришлось делать

это во второй раз. В современных инженерных технологиях при проектировании фундаментов и надфундаментных частей зданий и сооружений используются передовые компьютеры и программное обеспечение для проектирования. Однако, если рассматриваемый базовый этап для проектирования выполнен неверно, при строительстве могут возникнуть серьезные проблемы.

В Малайзии доступные данные, материалы и ресурсы для камерального изучения территории будущего строительства, как правило, очень ограничены [2]. При этом грунтовое основание является жизненно важным элементом для каждого здания или сооружения. Хотя исходно именно о нем известно мень-

ше всего, для создания безопасного и экономичного объекта должны быть известны свойства и поведение слагающих площадку строительства грунтов [3].

В геотехнике для обладания базовыми знаниями, необходимыми для любой цели проектирования, является действительно важной достоверность информации о грунтовом основании, полученной в результате инженерных изысканий. Она зависит от таких факторов, как:

- использование надлежащего оборудования и вспомогательных средств;
- компетентность исполнителей;
- соблюдение правил выполнения процедур;
- компетентный надзор;



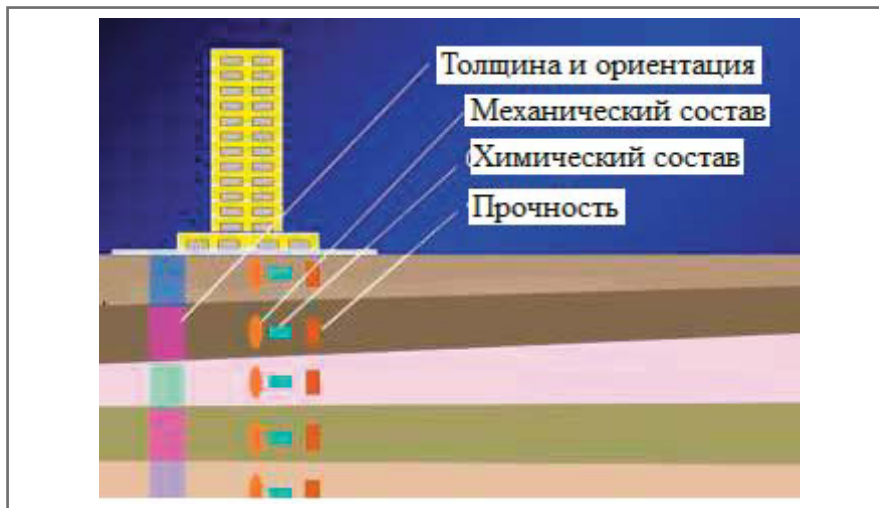


Рис. 1. Исследование слоев грунтового основания



Рис. 2. Метод вращательного роторного бурения (а) и суспензия, поднимающаяся из скважины (б)

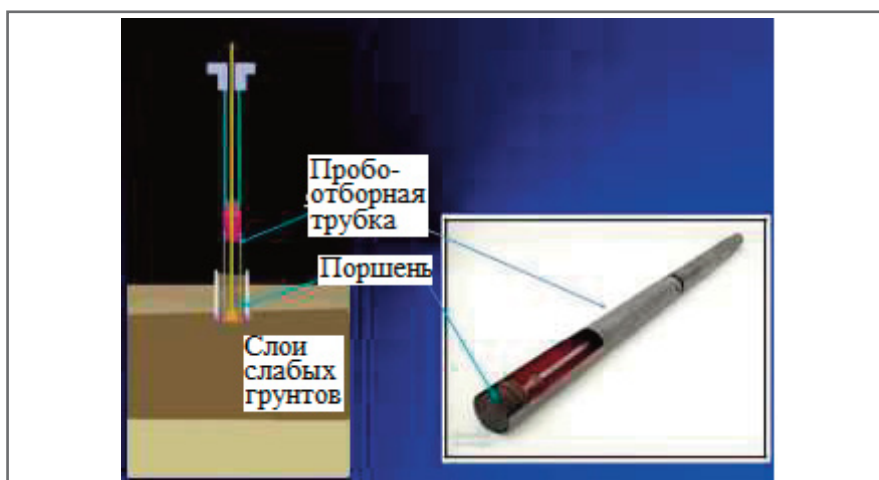


Рис. 3. Забивной поршневой пробоотборник

- разумность наблюдений;
- правильная отчетность.

Проведение инженерных изысканий ▶

Почти все операции по инженерно-геологическим исследованиям на пло-

щадке изысканий включают бурение, отбор образцов грунта и испытания, в том числе неразрушающими методами там, где это необходимо. Отбор проб и полевые испытания проводятся в том числе с поверхности земли в скважинах на некоторой глубине. Поэтому основ-

ным требованием при любом бурении и взятии образцов с глубины является отбор небольших объемов грунта, которые необходимо испытать в лаборатории. И здесь крайне важно, чтобы образец не подвергался изменениям до проведения испытаний, поскольку главной целью является получение достоверной картины о природных грунтовых условиях под поверхностью земли.

При изысканиях может быть получена информация о свойствах каждого слоя грунта [3]. Такими важными данными являются, например, толщина и ориентация слоя, структура, механический и химический состав и прочность грунта (рис. 1).

Методы бурения и стандартные пенетрационные испытания (SPT) ▶

Чтобы получить всю информацию при изысканиях, во-первых, инженер должен внимательно наблюдать и регистрировать все, что он видит и что необходимо сделать во время исследований [4]. Изыскания, включающие бурение, как показано на рисунке 2, а, должны быть тщательной и искусной работой. По мере увеличения глубины инженерно-геологической скважины буровая коронка разрушает и вытесняет встреченный грунт, который поднимается вверх с помощью воды (бурового раствора). Инженер должен внимательно следить за тем, что выходит из скважины (рис. 2, б). По вытесняемой из скважины водной суспензии из диспергированного шлама можно оценить изменения в слоях, просто наблюдая за изменениями цвета суспензии и типа измельченного материала в ней. При этом появляется очень важная информация о том, где происходят изменения слоев и с какой глубины следует взять образец грунта или выполнить испытание.

Как только скважина достигнет необходимого для испытания уровня, можно вынуть буровые штанги, измерить глубину с помощью измерительной ленты и сравнить ее с оцененной глубиной бурения. Затем можно провести стандартное пенетрационное испытание (SPT) в скважине на заданной глубине. Измеренное количество ударов при этом динамическом испытании (N) используется для расчета несущей способности грунтов основания и различных элементов фундамента, например свай в песчаных грунтах. SPT – это эмпирический тест, поэтому инженер должен быть осторожен и внимателен при его выполнении. Любое изменение в про-

цедуре (например, изменения в направлении и скорости удара, колебания штанг, плотность их соединения, состояние желонки) может повлиять на пригодность полученных данных к использованию.

Ненарушенные образцы и лабораторные испытания ►

Хотя метод SPT является весьма распространенным, на самом деле он не подходит для слабых грунтов. Образец, полученный из пробоотборника SPT, можно проверить на содержание компонентов грунта.

Уточнить значения N для целей проектирования можно, проведя различные лабораторные испытания ненарушенных образцов. Поэтому, чтобы получить репрезентативные образцы, состояние которых очень близко к такому *in situ*, важно, чтобы их отбор выполнялся очень тщательно, особенно в случае слабых грунтов [5]. Для этого существует несколько способов в зависимости от типа грунта.

Одним из лучших инструментов для получения хорошего репрезентативного образца грунта в ненарушенном состоянии является забивной пробоотборник с поршнем (рис. 3). Процедура взятия образца состоит во введении в грунт трубки с поршнем, выполняющим роль заглушки. Поршень удерживается на месте, и трубка вдавливаются в слабый грунт одним непрерывным ходом. Это создает вакуум, достаточный для удержания образца, и вызывает лишь весьма незначительные его повреждения. Затем образец осторожно извлекается, запечатывается и транспортируется в лабораторию для дальнейших испытаний с целью получения подходящих расчетных параметров.

Ненарушенные образцы должны давать достаточно достоверные результаты о свойствах слабых грунтов при условии, что они взяты из однородных слоев. Однако грунты могут иметь неоднородности, которые могут потребовать изменений в результатах испытаний или проведения дополнительных испытаний для большей уверенности. Такие неоднородности нелегко заметить.

На рисунках 4 и 5 показаны некоторые примеры неоднородностей в образцах грунта после их лабораторных испытаний. На рисунке 4 показаны ненарушенные образцы, которые были разрезаны сразу после проведения испытаний. При высушивании после этого глинистые участки сжимаются, что позволяет выявить неоднородности, напри-



Рис. 4. Ненарушенные образцы, разрезанные после испытаний



Рис. 5. Глинистые участки испытанных и разрезанных образцов после высушивания могут сжиматься, что позволяет выявить неоднородности



Рис. 6. Образцы, взятые из скважины ненарушенными, после извлечения и высыхания продемонстрировали все неоднородности слоев грунта

мер прослой мелкого песка и песчаные линзы, как показано на рисунке 5. Такие неоднородности действуют как дополнительные пути для воды. И если это не принять во внимание при расчетах осадок, это может вызвать огромные проблемы при строительстве зданий или сооружений.

На рисунке 6 показаны образцы, взятые из скважины ненарушенными, которые после извлечения и высыхания

продемонстрировали все неоднородности слоев грунта. Таким образом, непосредственные результаты лабораторных испытаний недостаточны для использования при проектировании. Результаты испытаний грунтов, которые следует применять при проектных расчетах, должны учитывать неоднородности [6].

Компрессионные испытания ненарушенных образцов обычно проводятся на их глинистых частях. Если получен-

ные результаты слепо использовать при проектных расчетах, то может произойти катастрофа из-за уже существующих естественных водных путей, которые могут привести к тому, что оседание произойдет намного быстрее, а установка вертикальных дрен будет слишком неэкономичной. Если не были учтены такие неоднородности, то осадки, на развитие которых могли бы уйти годы, могут произойти в течение нескольких месяцев, если на поверхность грунта будут воздействовать дополнительные нагрузки от конструкций [7].

Правильные и неправильные процедуры ▶

Ошибки в оценках вызывают много проблем, если данные на таком предварительном этапе развития проекта, как инженерные изыскания, не получены должным образом. Так, при вращательном роторном бурении правильным считается прохождение скважины с помощью режущего инструмента на конце колонны штанг, обсадной колонны [8] и выноса шлама наверх с помощью воды (бурового раствора) (рис. 7, а). Однако на практике скважины часто проходят путем разрушения грунта при вращении бурильной трубы и подаче с помощью насоса напорной струи воды с колебаниями подачи и напора (рис. 7, б).

При вращательном роторном бурении проходка скважины выполняется за счет действия режущих элементов буровой коронки и выноса шлама на поверхность с помощью воды (бурового раствора) по зазору между колонной штанг и обсадной колонной (рис. 8, а).



Рис. 7. Вода (буровой раствор) выносит шлам наверх (а); водоструйная технология, при которой скважина углубляется путем разрушения грунта при вращении бурильной трубы и подаче напорной струи воды с колебаниями подачи и напора (б)

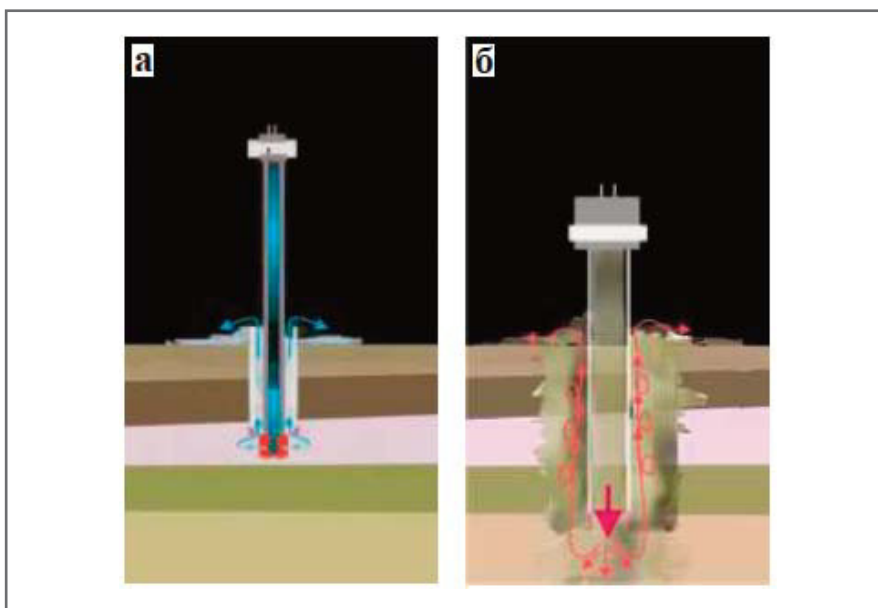


Рис. 8. Проходка скважины за счет действия режущих элементов буровой коронки и выноса шлама на поверхность с помощью воды (бурового раствора) (а); проходка скважины за счет грубой силы высоконапорной струи воды при водоструйном бурении (б)

Таблица. Разница между преимуществами и недостатками вращательного роторного и водоструйного бурения

Плюсы и минусы	Бурение	
	вращательное роторное	водоструйное
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • позволяет определить изменения слоев грунта; • дает возможность выполнить высококачественное взятие образцов грунта и надежные испытания; • производит незначительное (пренебрежимо малое) нарушение природного состояния грунтов 	<ul style="list-style-type: none"> • удобно для отбора керна скальных грунтов и быстрой их оценки; • дешевая и быстрая проходка
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> • штанги, обсадные трубы, буровые коронки должны быть совместимы; • попадание воды в подповерхностные грунты должно быть незначительным или отсутствовать; • большие капитальные затраты на оборудование и вспомогательные принадлежности 	<ul style="list-style-type: none"> • скважина проходится в основном за счет грубого воздействия струи воды под высоким давлением; • большое попадание воды в расположенные ниже грунты; • не подходит для отбора образцов или испытаний
Необходимость навыков	<ul style="list-style-type: none"> • требует особого обучения и навыков персонала; 	<ul style="list-style-type: none"> • не требует особого обучения и навыков персонала
Использование	<ul style="list-style-type: none"> • широко используется в США, Австралии, Гонконге и во всем мире, но быстро заменяется на бурение полым шнеком 	<ul style="list-style-type: none"> • нигде не является приемлемым методом отбора образцов или испытаний

А при водоструйном бурении скважина углубляется за счет грубой силы струи воды, при этом разрушение грунта выходит за пределы обсадной колонны (рис. 8, б). При использовании вращательного роторного бурения грунт под забоем остается неповрежденным и позволяет надежно выполнять отбор проб, испытания и определение изменений слоев. А при водоструйном бурении все это невозможно, поскольку нарушается первоначальное состояние грунта. В таблице показана разница между преимуществами и недостатками вращательного роторного и водоструйного бурения.

Практический пример по изысканиям для строительства линейного объекта ►

При изысканиях для строительства линейных объектов, таких как железные или автомобильные дороги, необходимо удалить верхний слой грунтового основания на некоторую глубину и заменить его выбранными более уплотненными грунтами [9], приняв, что критерием для необходимости удаления и замены верхнего слоя является то, что в природном состоянии он характеризуется значением N , полученным при полевых испытаниях методом SPT, равным 5. Удаление и замена должны применяться ко всему материалу выше бирюзовой линии, как показано на рисунке 9. Однако, если предварительные изыскания и испытания выполнены неверно, например при использовании водоструйной обработки, произойдет сильное разрыхление нижележащего грунта, произойдет сильное разрыхление нижележащего

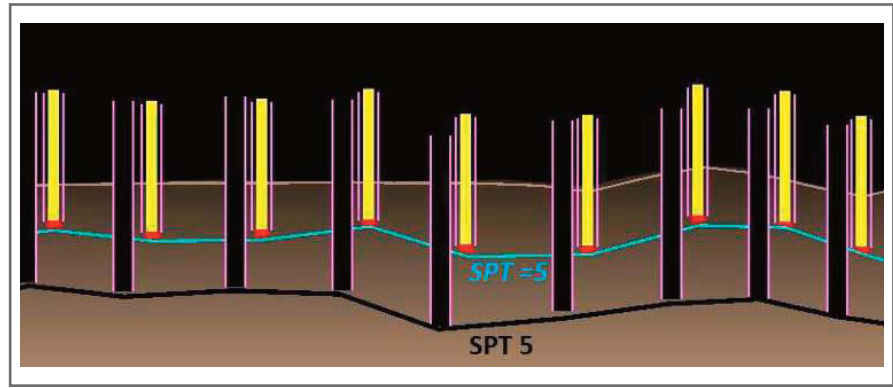


Рис. 9. Удаление и замена грунта при строительстве дороги будет применяться ко всему материалу выше бирюзовой линии, для которой значение N при испытаниях методом SPT равно 5. Однако, если предварительные изыскания и испытания выполнены неверно, например при использовании водоструйной обработки, произойдет сильное разрыхление нижележащего грунта и значение N может уменьшаться или оставаться равным 5 с увеличением глубины, как показано черной линией

грунта, что приведет к изменению его природного состояния [10]. При этом значение N может уменьшаться или оставаться равным 5 с увеличением глубины, как показано черной линией на рисунке 9. А это приведет к удалению и замене дополнительного количества грунта и, соответственно, к лишним временным и денежным затратам [11].

Заключение ►

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что инженерные изыскания – это очень важный процесс, который нельзя игнорировать при любом гражданском строительстве. Рекомендуется, чтобы изыскания планировались индивидуально для каждого объекта. И эти работы должны выполнять инженеры и контролировать консультанты по гео-

технике. Также крайне важно, чтобы во избежание каких-либо неверных действий выполнение изысканий поручалось только компетентным подрядчикам. И очень важно, чтобы эти исследования были интерактивным и гибким процессом для своевременного обнаружения необходимости изменений и их внесения в ход работ. Эти условия и рекомендации требуют выполнять почти все регулирующие органы. **И**

Авторы хотели бы поблагодарить Исследовательский центр слабых грунтов Университета Тун Хусейн Онн, а также Министерство высшего образования Малайзии за грант, предоставленный на проведение этого исследования в рамках «Программы грантов на исследования (ERGS) Vol. 040».

Источник для перевода ►

(Source for the translation) ►

Jamilus M.H., Lim A.J.M.S., Azhar A.T.S., Azmi M.A.M. “Doing the wrong things right” site investigations in soft soil // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 160. Proceedings of the International Engineering Research and Innovation Symposium (IRIS), 24–25 November 2016, Melaka, Malaysia. Article № 012079. DOI: 10.1088/1757-899X/160/1/012079. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/160/1/012079.

Список литературы, использованной авторами переведенной статьи ►

(References used by the authors of the translated paper) ►

1. Clayton C.R., Matthews M.C., Simons N.E. Site Investigation (2d edition). Wiley-Blackwell, 1995
2. Liew S.S. Common problems of site investigation works in a linear infrastructure project // IEM-MSIA Seminar on Site Investigation Practice, 2005.
3. Telford T. Without Site Investigation, Ground is a Hazard. London: Thomas Telford Services Ltd., 1993.
4. Ali A.W.M. Sabarudin M., Mohd I.M.M., Saiful A.A.T., Ismail B., Adnan Z., Azrul Z.K., Ling J.H. Construction of buildings on peat: case studies and lessons learned // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 47. Article 03013.
5. Ling J.H., Sabarudin M., Saiful A.A.T., Syazie N.A.M., Ismail B., Mohd I.M.M., Adnan Z., Ali A.W.M., Construction of infrastructure on peat: case studies and lessons learned // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 47. Article 03014.

6. Wijeyesekera D.C., Alvin John L.M.S., Adnan Z. Embedded empiricisms in soft soil technology // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 136.
7. Shawn C.G., Brady R.C., Ellen M.R. Challenges associated with site response analyses for soft soils subjected to high-intensity input ground motions // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2016. Vol. 85. P. 1–10.
8. Saravanan M., Ibrahim B.N. Construction shortfall and forensic investigation on soft ground // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016. Vol. 136.
9. Batey T. Soil compaction and soil management – a review // Soil Use and Management. 2009. Vol. 25. P. 335–345.
10. Raju V.R. Vibra replacement for high earth embankments and bridge abutment slopes in Putrajaya // Malaysia International Conference on Ground Improvement Techniques, Malaysia, 2002. P. 607–614.
11. Hung N.K., Phienwej N. Practice and experience in deep excavations in soft soil of Ho Chi Minh City // Vietnam KSCE J. Civ. Eng. 2016. Vol. 20. Article 2221.

Независимый электронный журнал **ГеоИнфо**

**С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.**



WWW.GEOINFO.RU