

ПРОВЕРКА СПЛОШНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ МЕТОДОВ: МЕТОД ОТРАЖЕННОЙ ВОЛНЫ ПРИ НИЗКОЙ НАГРУЗКЕ И МЕЖСКВАЖИННОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Шакирова Нургуль Ударбековна

nur_shakirova77@mail.ru

Докторант ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – А.Ж. Жусупбеков

В настоящее время в городе Астане ведутся работы по строительству системы общественного транспорта ЛРТ (Легкий железнодорожный транспорт). Строительные работы производят китайская компания «ChinaRailwayAsia-EuropeConstructionInvestmentCo». ЛРТ - это воздушная дорога с двумя железнодорожными линиями. Первый этап строительства - строительство воздушной дороги (моста) длиной 22,4 км и 18 станций. Высота моста составляет $7 \div 14$ м над землей. Основание каждой колонны включает 4 или 6 буронабивных свай с поперечным сечением $1,0 \div 1,5$ м и длиной $8 \div 55$ м. Расчетная несущая способность каждой буровой сваи составляет от 4500 до 12000 кН. Чтобы сократить время строительства и стоимость свайных работ, китайские компании используют китайские буровые установки Zoomlion без обсадной колонны. Для поддержания стенок скважин в песчаных и гравийных грунтах с использованием полимерной суспензии. Применение полимерной суспензии позволяет сократить время бурения, позволить использовать менее мощные буровые установки и оборудование, но в то же время увеличить риск разрушения грунта во время бурения или бетонирования сваи. В этих условиях очень важно контролировать целостность бетонного тела каждой сваи. Для проверки целостности буронабивных свай контролировались с двумя методами: метод отраженной волны при низкой нагрузке и межскважинной дефектоскопии.

Метод отраженной волны при низкой нагрузке

Метод отраженной волны при низкой нагрузке (звуковой) для проверки целостности сваи направлен на регулярное тестирование полных узлов свай. Для выполнения этого теста датчик (обычно акселерометр) прижимается к верхней части свай, а свая ударяется небольшим ручным молотом. Выходной сигнал датчика анализируется и отображается с помощью подходящего компьютеризованного инструмента, результаты дают значимую информацию относительно длины и целостности свай.



Рисунок1. PileIntegrityTesterPIT-QV

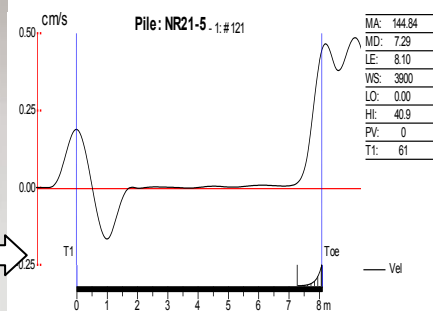


Рисунок2. Графики показывают зависимость амплитуды/длины сигнала

Звуковой тест быстрый и недорогой, с меньшей чем минутой, необходимой для проверки данной сваи. Поверхностные колебания измеряются с помощью акселерометра, прикрепленного к вершине сваи. Хотя кривая ускорения может быть интерпретирована напрямую, интеграция в скорость, как правило, улучшает запись, вызывая детали, которые в противном случае игнорируются. Таким образом, сигнал ускорения верхней части свай

оцифровывается и сохраняется в памяти устройства РИТ, и он численно интегрирован для получения сигнала скорости.

Результаты интерпретации, полученные методом отраженной волны при низкой нагрузке (РИТ)

Оценка этим методом может дать быструю и точную оценку целостности свай. Проверка целостности будет указывать на то, что свай должна быть исследована дальше, но она не может дать информацию о какой-либо несущей способности грунты. Полная интерпретация сигналов должна выполняться только обученным персоналом.

Ограничения при низкой нагрузке часто могут обнаруживаться следующие элементы:

- длина свай.
- включения инородных материалов с различными акустическими свойствами.
- растрескивание перпендикулярно оси.
- суставы и ступенчатые бетонирования.
- резкие изменения в поперечном сечении.
- четкие изменения в слоях почвы.

Все физические измерения имеют ограничения, а тест при низкой нагрузке (звуковой), вероятно, имеет больше ограничений, чем любой другой тест. Например, звуковой тест обычно не обнаруживает следующие элементы:

- отражение конца, когда отношение L / D примерно превышает 20 (в твердых почвах) до 60 (в очень мягких почвах).
- постепенное изменение поперечного сечения.
- незначительные включения и изменения в поперечном разрезе.
- импедансные изменения малого осевого размера.
- небольшие вариации в длине.
- характеристики, расположенные ниже либо полностью треснутого поперечного сечения, либо основного (1: 2) изменения импеданса.
- Мусор в конце свая.
- Отклонения от прямой и вертикальной.
- Грузоподъемность.
- Консистенция бетонного покрытия.
- Длина арматуры.

Межскважинная дефектоскопия - Cross-hole Sonic Logging(CSL)

Метод отраженной волны при низкой нагрузке относится к внешним тестовым методам, поскольку он обращается только к вершине свай. С другой стороны, межскважинная дефектоскопия является навязчивым и требует предварительной установки труб доступа (обычно двух или более) в сваю.

Перед испытанием они должны быть заполнены водой (чтобы получить хорошее сцепление), и два датчика опускаются внутри двух труб. Одним из этих зондов является излучатель, а другой - приемник ультразвуковых импульсов. После опускания на дно зонды затем вытаскиваются одновременно вверх для получения профиля ультразвукового каротажа. Передатчик создает серию акустических волн во всех направлениях. Некоторые из этих волн в конечном итоге доходят до приемника. Затем измерительный прибор отображает время прохождения между трубами и глубиной. Пока это время довольно постоянное, это показывает, что нет никакого

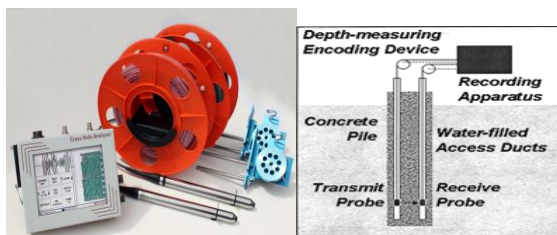


Рисунок 4. Межскважинная дефектоскопия - Cross-hole Sonic: компьютер, кабель, датчики глубины, испытательные зонды и процесс тестирования

изменения качества бетона. Резкое увеличение времени движения на любой глубине может указывать на недостаток на этой глубине.

Количество трубок доступа, отлитых в свайном бетоне, зависит от диаметра сваи, важности сваи и, конечно же, экономического соображения. Хорошее эмпирическое правило - указать одну трубку на каждый 30 см диаметра сваи. Таким образом, для сваи диаметром 1,2 м обычно выполняются четыре трубки. Для лучшего эффекта трубки должны быть равномерно размещены внутри спиральной арматуры и жестко прикреплены к ней с помощью проволоочной или точечной сварки. Там, где трубы проходят под арматурной клетью, их необходимо стабилизировать с помощью подходящих стальных обручей.

Томография по данным Cross-holeSonicLogging

Та же процедура, которая выполняется в двух измерениях на одном профиле, может использоваться в трех измерениях для всей сваи. В этом случае свая делится на элементарные воксели или объемные пиксели, этот процесс обычно называют томографией.

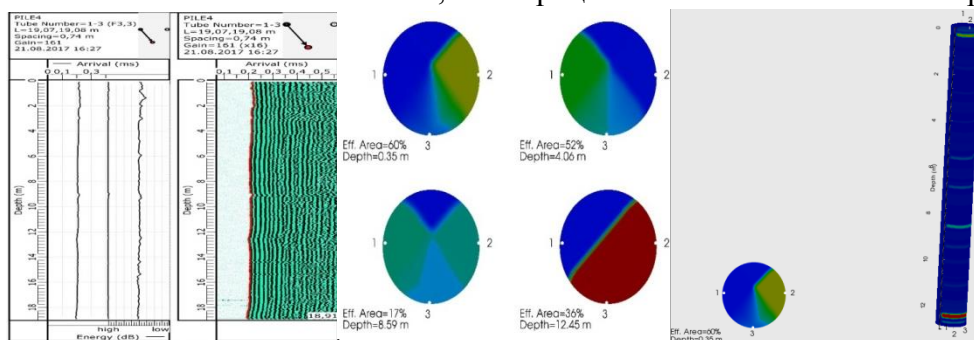


Рисунок 5. Ультразвуковой профиль, горизонтальные поперечные сечения сваи и трехмерная визуализация в программном обеспечении PDI-TOMO (хороший свай)

Томография - это математическая процедура, которая применяется к данным Cross-holeSonicLogging (CSL), предоставляя пользователю визуальный образ внутренних дефектов вала. Процедура включает в себя решение системы уравнений, основанной на первом времени прибытия (FAT), для расчета скоростей волн в разных точках вала. Скорости волны томографии, распределенные по всему валу, прямо пропорциональны плотности, что указывает на качество бетона. PDI-TOMO является расширением программного обеспечения CHA-W, предназначенного для получения превосходных результатов томографического анализа данных CHAMP с повышенной эффективностью для пользователя.

Функции программного обеспечения PDI-TOMO:

- Обеспечивает более точное местоположение, форму и размер дефектных участков внутри вала.
- Предлагает интуитивно понятную визуальную идентификацию поврежденных областей и генерирует легко понятные и профессиональные результаты для потребителя отчетов CSL.
- Предоставляет ценный дополнительный сервис для инженера по тестированию.

Cross-holeSonicLoggingтестирования обычно обнаруживает следующие элементы:

- Находит несколько дефектов, глубину и квадрант.
- Находит «мягкие днища», если трубки идут снизу.
- Находит пустоты лучше, чем почвенные включения.
- Находит большие дефекты легче, чем мелкие дефекты.
- Водопад, FAT (Первое время прибытия), и энергия все помогают найти дефект.
- Нечувствителен к окружающим почвам или длине сваи.

Cross-holeSonicLoggingтестирования обычно не обнаруживает следующие элементы:

- Не удастся найти изменения диаметра или выпуклости.
- Если слишком мало трубок, может пропустить недостаток.
- Может найти дефект по прямому пути.
- Не удастся найти дефект вне клетки.

Результаты сравнения результатов, полученные двумя методами

В 2017-2018 году на стройплощадке LRT в городе Астана более 1500 буровых свай были проверены на целостность с использованием двух методов: 45% методом межскважинной дефектоскопии и других 55% теста при низкой нагрузке. Китайский клиент дает техническое задание для проверки целостности свай:- если один фундамент моста состоит из четырех буронабивных свай, то одна свай проверяется методом межскважинной дефектоскопии Sonic и другими тремя сваями, проверенными с помощью теста при низкой нагрузке.- если один фундамент моста состоит из шести сверлильных свай, то две свай проверяются методом межскважинной дефектоскопии Cross-holeSonicLogging и другими четырьмя сваями, проверенными с помощью теста на низкий пролив. Одна из испытанной свай PR16-2 содержала серьезный дефект целостности.

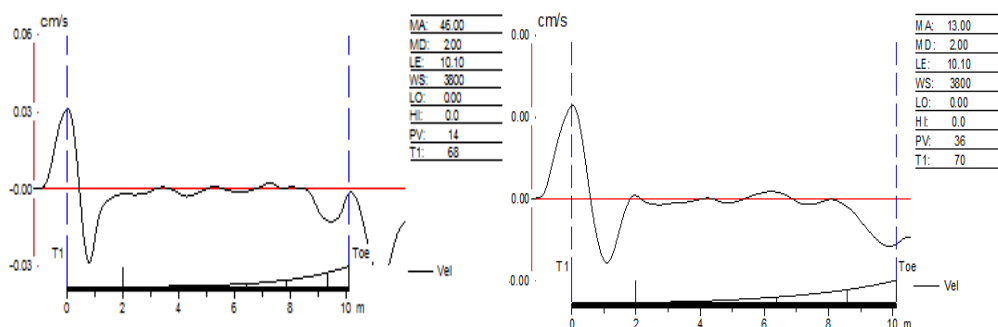


Рисунок 6. Две рефлектограммы буронабивной сваи PR16-2, полученные тестированием целостности свай - PIT-QV.

Анализируя данные, полученные с помощью теста при низкой нагрузке (рис.6), можно сказать только, что на глубине 8,5 м эта свая имеет трещину и ее поперечное сечение уменьшается.

Анализ данных Cross-holeSonicLogging (рис.7), может показывать 3D-местоположение трещин, примерно размер трещин, эффективное поперечное сечение сваи на любой глубине. Cross-holeSonicLogging предоставляет более полезную информацию о целостности и позволяет инженеру оценить серьезность проблемы и возможность использования этой свай фундаменте.

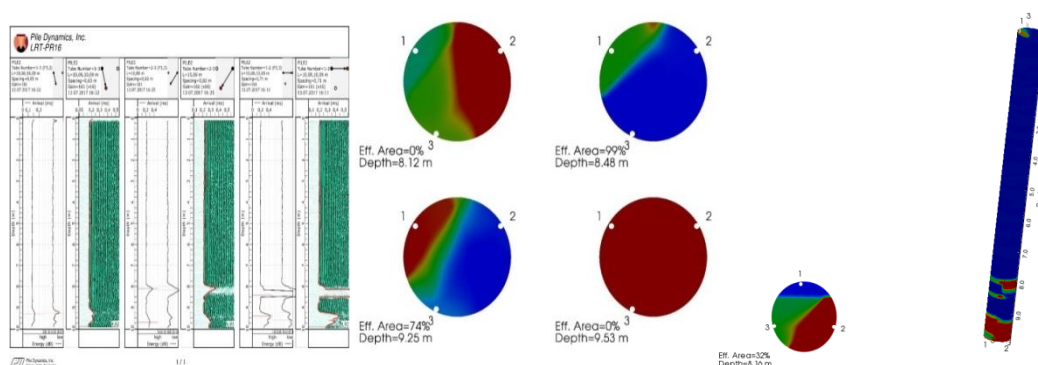


Рисунок 7. Ультразвуковой профиль, горизонтальные поперечные сечения сваи (CHAW) и трехмерная визуализация в программном обеспечении (PDI-TOMO) (плохой свай)

Список использованных источников

1. JoramM.A. (2009). Pile Integrity Testing, Israel.
2. ASTM Standard D 5882 (2000). "Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations," ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.
3. ASTM Standard D 6760 (2002). "Standard Test Method for IntegrityTesting of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing," ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.

5. White, B., Nagy, M. & Allin, R. (2008) “Comparing Cross-hole Sonic Logginglogging and low-strain integrity testing results,” Proceedings of the 8th International Conference of Application of Stress Wave Theory to Piles, Lisbon, 471-476.
6. Bungenstab, F.C. and Beim, J.W. (2015) “Continuous Flight Auger (CFA) Piles – A Review of the Execution Process and Integrity Evaluation by Low Strain Test,” Buenos Aires, Argentina; 414-421. IOS Press.
7. Massoudi, N. and Teferra, W. (2004). “Non-Destructive Testing of Piles Using the Low Strain Integrity Method”. Proceedings of the Fifth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering: New York, NY; 1–6.