

РАЗДЕЛ VI. МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 691.328

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕЖСКВАЖИННЫМ МЕТОДОМ

БУДРЕВИЧ Н. А.

Целью исследования являлось исследование однородности структуры буронабивных свай методом межскважинного ультразвукового (УЗ) мониторинга (*CHUM – Crosshole Ultrasonic Method*), определение фактической длины свай, выявление дефектов свай. На основе полученных в ходе экспериментальных исследований сделаны выводы о длине сваи, дефекты сплошности буронабивных свай.

Устройство свайных фундаментов является одним из основных и важных видов работ в строительстве. Как правило, некоторая часть буронабивных свай после их устройства имеют дефекты. Чтобы избежать серьезных проблем при строительных работах, связанных с нарушением сплошности ствола свай, необходимо производить ее оценку неразрушающим методом сразу после их устройства с целью выявления дефектов на ранней стадии строительства. Основные преимущества неразрушающего метода: быстрое получение данных и возможность проверки большого количества данных; определение длины сваи в пределах 80 м; выявление дефектов разного характера в стволе сваи; возможность диагностики любой сваи одним человеком самостоятельно [1].

Методика испытаний и приборы контроля. Основу метода *CHUM* составляет продольное профилирование тела сваи путем регистрации скорости/времени распространения ультразвукового импульса в направлении поперечном по отношению к оси буронабивной сваи. Генерация и прием УЗ импульса производят отдельными преобразователями, которые размещают в трубах доступа (ТД), которые предварительно заполняются водой. Оба преобразователя устанавливаются на одном горизонтальном уровне, после чего производится измерение скорости/времени распространения УЗ им-

пульса. После регистрации УЗ импульса, преобразователи смещаются на один шаг профилирования, и процедура измерения повторяется. Принципиальная схема представлена на рис. 1.

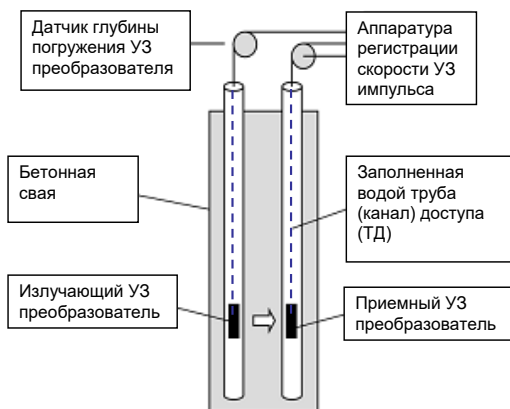


Рисунок 1. Схема проведения испытаний ультразвуковым межскважинным методом *CHUM* [2]

На каждом шаге регистрируется скорость/время распространения импульса.

В практике контроля свай по методу *CHUM* используют продольные волны (волны сжатия-растяжения), скорость которых для зрелого конструкционного бетона лежит в пределах 3000...4500 м/с. Наличие дефектов сплошности – трещин, пустот, участков повышенной пористости и пр. – приводит к увеличению времени распространения УЗ импульса от излучающего преобразователя к приемному, достигшего приемника. Указанные показатели являются информационными параметрами метода. Для анализа состояния сваи по данным испытаний строятся диаграммы распределения скорости (времени) распространения УЗ импульса и его относительной энергии по длине сваи.

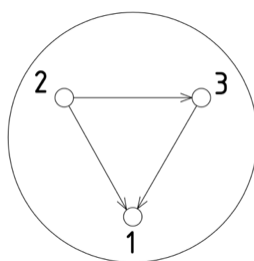
Приборы и оборудование. Ультразвуковые измерения по методу *CHUM* выполняются с использованием приборного комплекса «Пульсар-2.2 ДБС». Состав комплекса приведен на рис. 2.



Рисунок 2. Состав измерительного комплекта «Пульсар-2.2 ДБС»:
 1 – электронный блок; 2 – разъемы для подключения УЗ датчиков;
 3 – разъем для подключения датчиков длины кабеля; 4 – УЗ датчик;
 5 – смотчики кабеля; 6 – кабель для подключения УЗ датчиков (10 м);
 7 – датчик положения (энкодер) Н1; 8 – датчик положения (энкодер) Н2

Проведение испытаний. Для проведения испытаний в стволы изготавливаемых опытной и анкерных свай в арматурные каркасы устанавливаются вертикальные металлические трубы доступа (ТД) с внутренним диаметром ≥ 50 мм, заполняемые водой.

Изготовление опытных свай предусматривает установку трех труб доступа. На рис. 3 показана схема прозвучивания тела свай в плане ее поперечного сечения. Это позволяет произвести измерения по трем направлениям, захватывающим периферию сечения свай, где наиболее вероятно образование дефектов сплошности.



1 – 2 → – направление трасс испытаний бетона опытных свай
 Рисунок 3. Схемы расположения труб доступа (ТД) и трасс (сечений) по методу *СНУМ*

Крепление труб к каркасу должно обеспечивать их вертикальность и неизменяемость положения во время бетонирования. От-

клонение труб доступа от вертикали не должно превышать 1–1,5 % по длине ствола. Нижний торец труб должен находиться на уровне нижнего торца сваи. На нижних торцах труб были установлены заглушки для обеспечения герметичности канала доступа. Для верхних торцов труб были предусмотрены съемные (срезаемые) заглушки, для предохранения трубы от попадания в них бетона и посторонних предметов.

Результаты испытаний. Испытаниям подвергались опытные сваи: 1оп, 2оп, 3оп, 4оп.

Для определения скорости распространения акустической волны V были выполнены ультразвуковые измерения на выступающих из грунта оголовках свай (рис. 4). Измерения скорости V продольной волны выполнялись методом поверхностного профилирования по ГОСТ 17624-2012 [3]. Использовался прибор «Пульсар-2.2». На каждой подвергаемой контролю свае выполнялись не менее пяти в двух взаимноперпендикулярных направлениях. Результаты приведены в таблице 1.



Рисунок 4. Оголовок сваи 2оп с выпуском труб доступа

Результаты испытаний

| № сваи | Среднее время распространения УЗ импульса, мкс | Средняя скорость распространения УЗ импульса, м·с ⁻¹ |
|--------|--|---|
| 1оп | 30,40 | 3 947 |
| 2оп | 30,35 | 3 954 |
| 3оп | 30,31 | 3 960 |
| 4оп | 30,85 | 3 890 |

Свая 1оп. Для сваи 1оп наблюдается значительная неоднородность структуры сваи в интервале отметок от -1 м до -6 м, проявляющая себя разницей (более 10 %) во времени распространения УЗ импульса по трем измерительным траекториям, с выраженными пиками отклонений времени на отметках -3 , -7 , -12 , -23 м. Длина сваи по данным УЗ испытаний – 29,5 м.

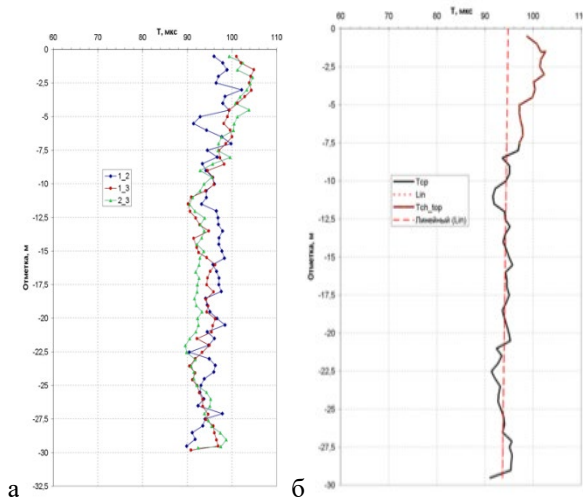


Рисунок 5. Ультразвуковой профиль сваи 1оп:

а – время распространения УЗ по отдельным измерительным траекториям; *б* – среднее время распространения по всем траекториям

Свая 2оп. Выявлена выраженная зона неоднородности бетона в интервале отметок $-12,5\dots-15$ м. В интервале отметок $-2\dots-11$ м по всем траекториям наблюдалось равномерно «размытое» понижен-

ное значение скорости УЗ на уровне 3 % от среднего по всей свае. Длина сваи составляет 29...30 м.

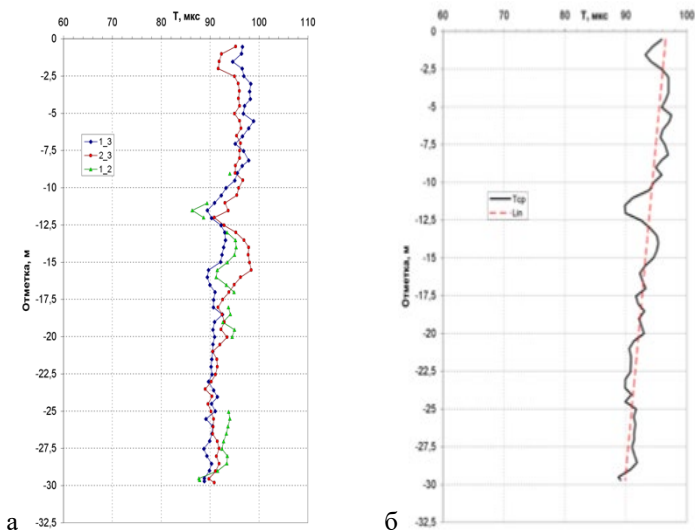


Рисунок 6. Ультразвуковой профиль сваи 2оп:

а – время распространения УЗ по отдельным измерительным траекториям; *б* – среднее время распространения по всем траекториям

Свая 3оп. По данным УЗ мониторинга зарегистрированы пиковые неоднородности структуры сваи в интервале отметок от $-1...-2$ м, $-2,5...4,5$ м и на отметке -7 м, проявляющая себя разницей ($\sim 30\%$) во времени распространения УЗ импульса по двум измерительным траекториям. В интервале отметок $-12,5...-20$ м наблюдалось равномерно «размытое» пониженное значение скорости УЗ на уровне $3...5\%$ от среднего по всей свае. Длина сваи составляет $27...27,5$ м.

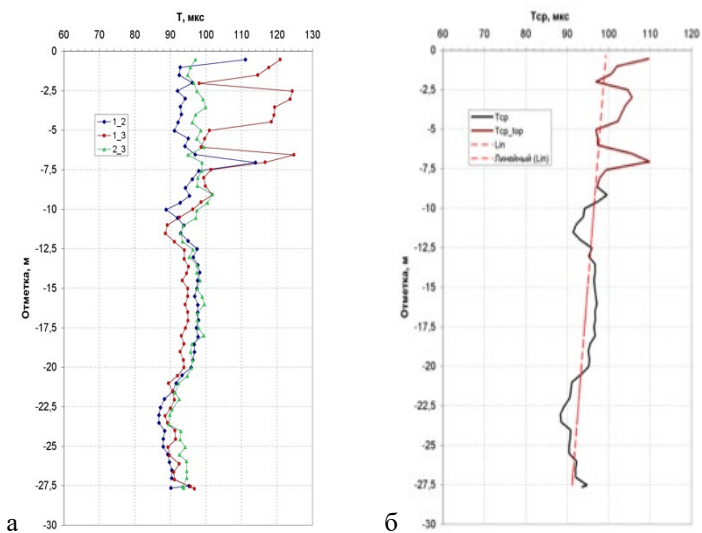


Рисунок 7. Ультразвуковой профиль сваи 3оп:
 а – время распространения УЗ по отдельным измерительным траекториям; б –
 среднее время распространения по всем траекториям

Свая 4оп. По данным УЗ мониторинга зарегистрирована пиковая неоднородность структуры сваи в интервале отметок от $-2,5$ м до $4,0$ м, проявляющая себя разницей (25...30 %) во времени распространения УЗ импульса по всем трем измерительным траекториям. Данные двух измерительных траекторий указывают на присутствие дефекта сплошности на отметках $-7,5...-9,5$ м. По одной измерительной траектории регистрируется дефект сплошности на отметках в диапазоне $-16...-17,5$ м, Длина сваи – $27,5$ м.

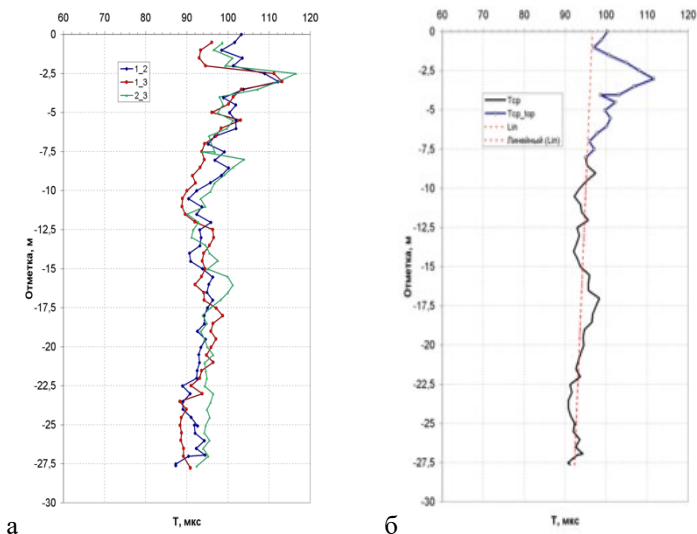


Рисунок 8. Ультразвуковой профиль сваи 4оп:
а – время распространения УЗ по отдельным измерительным траекториям; *б* – среднее время распространения по всем траекториям

Список использованных источников:

1. Леонович, С. Н. Исследование качества буронабивных свай Impact-Echo методом (неразрушающий контроль) / С. Н. Леонович, Д. Ю. Снежков, Н. А. Будревич // Проблемы современного строительства: материалы Международной научно-технической конференции (Минск, 28 мая 2021 г.) / редкол.: В. В. Бондарь, В. Ф. Зверев. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 258 – 269.
2. ASTM D6760-16 «Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing».
3. ГОСТ 17624–2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – Москва: Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева (НИИЖБ), 2014. – 16 с.