

НЕОБХОДИМОСТЬ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

А. Н. НЕВЕЙКОВ

Государственное предприятие «Институт «Белжелдорпроект»,
г. Минск, Республика Беларусь

Устройство свайных фундаментов входит в перечень работ, подлежащих подтверждению ответственности требованиям безопасности ТР 2009 / 013 / ВУ. В соответствии с ним *«сооружения должны быть запроектированы и построены таким образом, чтобы во время строительства и расчетного периода эксплуатации любые возможные воздействия не приводили к... обрушению всего сооружения или его части, деформации сооружения или его части сверх предельно допустимой величины».*

Для свай заводского изготовления качество их стволов контролируют до погружения в процессе входного контроля на соответствие требованиям проекта и ТНПА (внешний вид поверхности, геометрические параметры, положение закладных деталей, марка бетона и др.), так и в процессе погружения свай (пробного и массового). Для свай построечного изготовления (буровых, буронабивных и набивных) их качество контролируют при изготовлении скважин, укладке бетонной смеси и после твердения бетона, что может вызывать затруднения и привести к неоднозначности результатов контроля качества из-за сложности грунтовых условиях и разнообразности применяемых технологий их устройства. Основной опасностью при некачественном устройстве стволов свай является снижение их несущей способности и повышение деформативности, что может сказаться на надежности эксплуатации зданий сооружений.

В СТБ 1164.3-2009 оговорен перечень контролируемых показателей для свай: уровень отметки планировки площадки; точность разбивки осей свай; отклонение в плане, по высоте и от вертикали; глубина погружения свай; несущая способность свай; смещение осей оголовков и ростверков в плане и по высоте; другие показатели, которые определяются технологией устройства свай. Требования к устройству свайных фундаментов до ввода новых СН и СП также отражены в ТКП 45-5.01-254-2012, ТКП 45-5.01-256-2012 и в зависимости от технологии их устройства в пособиях П1, П4, П13, П19 к СНБ 5.01.01-99 и др.

Если при устройстве свай заводского изготовления основные дефекты и нарушения можно выявить в процессе входного контроля, то для свай построечного изготовления контроль качества затруднен или ограничен из-за сложных процессов, происходящих в неустойчивых материалах (бетонной смеси и грунте), что может привести к нарушениям однородности стволов свай, выявить которые при традиционной системе контроля фактически невозможно. *Billy Camp* (2012) по результатам десятилетней работы по контролю качества буровых и буронабивных свай привел данные, в которых частота обнаружения дефектных свай составила 37 % от общего числа проконтролированных, при этом локализация дефектов по длине стволов свай была следующая: у нижнего конца – 32 %, в средней части – 10 %, у верхнего конца – 58 %. Даже традиционные испытания свай статическими и динамическими нагрузками не могут гарантировать монолитность конструкции. По этой причине необходимо контролировать не только свойства исходных строительных материалов при входном контроле (бетонной смеси и арматурных каркасов) и выполнять операционный контроль при производстве работ, но и проводить проверку качества стволов готовых свай.

Долгое время единственными методами контроля сплошности бетона готовых буровых и буронабивных свай были откопка их верхних частей и освидетельствование выбуриванием из ствола керна. Данные методы дороги, трудоемки и ограничены в применении, так как с их помощью можно проверить выборочное количество свай и выявить только нарушения целостности, которые попадают в их зону. Метод контроля однородности стволов свай отбором кернов был закреплен в следующих нормативных документах бывшего СССР: СНиП 3.02.01-87, СНиП 3.03.01-87, СНиП 3.06.04-91. Однако во введенных в Республике Беларусь нормативных документах данный метод отсутствует, как и отсутствуют основные неразрушающие методы кон-

троля сплошности свай (сейсмоакустический, ультразвуковой, термометрический), получившие распространение в мировой практике. В СНБ 2242-2011 лишь упоминается, что «до начала испытаний производится определение глубины заложения и целостности (сплошности) ствола опытных свай». Ни один из этих методов подробно не отражен и в нормативных документах РФ, а лишь указан объем контрольных испытаний для отдельных методов. Упомянутые выше методы контроля сплошности свай подробно отражены в стандартах *American Society for Testing and Materials* – *ASTM D5882*, *ASTM D6760*, *ASTM D7949*, на которые ориентируются производители оборудования и испытатели во всём мире. Во многих странах существуют национальные стандарты, положения которых схожи со стандартами *ASTM*.

Работа по оценке целостности изготовленных буровых и буронабивных свай рассматриваемыми ниже методами состоит из тестирования свай на строительной площадке и интерпретации полученных результатов с помощью программного обеспечения при камеральной обработке в лабораторных условиях.

Сейсмоакустический метод (low strain impact integrity testing) как наиболее распространенный сегодня был описан и применен на практике в 1960-х годах. Принцип действия сейсмоакустических средств основан на регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых в контролируемых сваях с помощью ударного импульса, переданного оголовку сваи. После удара молотком по голове сваи продольная волна распространяется по стволу сваи и на границе раздела сред (бетон – инородное включение или грунт) звуковая волна отражается. Прохождение волны в стволе сваи улавливаются ультразвуковым датчиком, закрепленным на ее оголовке, оцифровываются и анализируются акселерометром прибора. После дополнительной автоматической обработки сигналов выводится рефлектограмма – график изменения скорости звуковой волны во времени или по длине сваи. Их анализ позволяет определить длину сваи и установить наличие дефекта в стволе. Контроль сплошности данным методом может быть реализован, если проведение его не было предусмотрено проектной документацией и не требует дополнительных затрат при устройстве свай по любой технологии.

Межскважинный ультразвуковой метод (cross hole ultrasonic monitor – CHUM) был разработан в конце 1970-х годов. По этому методу в сваях заранее на всю их длину закладываются металлические трубки для прохождения в них ультразвукового преобразователя. Количество трубок зависит от диаметра сваи. В практике работ используют пьезоэлектрические и электро-механические преобразователи. Акустического контакта достигают путем заливки труб водой или незамерзающей жидкости (при температуре ниже 0°C). Сущность метода состоит в контроле сплошности бетона, заключенного между трубками. Присутствие на пути волн каких-либо дефектов в бетоне уменьшает скорость прохождения ультразвукового импульса, его амплитуду и изменяет форму принимаемого сигнала. Большую роль в наиболее полном выявлении дефектов бетона играют расположение трубок по периметру сваи, их число, материал, из которого они изготовлены, а также характер установки их по длине сваи. При использовании системы межскважинного мониторинга свай CHUM могут быть обнаружены дефекты, занимающие более 20–25 % сечения сваи.

Термометрический метод разработан в конце 1990-х годов в университете Южной Флориды, а в конце 2000-х годов компания «PDI» (США) представила первый аппаратный комплекс *Thermal Integrity Profiler (TIP)*. Основной принцип термометрического метода контроля сплошности свай заключается в замере температуры бетона, повышающейся в результате экзотермических реакций при гидратации и твердении цемента и достигающей максимальных значений через 24–48 часов после бетонирования. Величина саморазогрева бетона зависит от состава бетонной смеси, диаметра устраиваемой сваи и ее однородности. Для контроля сплошности на всю длину сваи необходимо закладывать металлические трубки для перемещения в них термозонда с инфракрасными датчиками или располагать термодатчики по стержням арматурного каркаса. Количество трубок или стержней, задействованных для измерения, зависит от диаметра сваи. В программное обеспечение аппаратных комплексов, реализующих данный метод, заложены эмпирические зависимости диаметра сваи от температуры бетона, вариантов добавок и времени измерения. Совокупность замеров по длине сваи формирует график зависимости температуры от

диаметра свай или защитного слоя арматуры. Измерения в полевых условиях позволяют в режиме реального времени увидеть предварительный график кривой температуры, характеризующий общую форму скважины.

Развитие современных методов контроля сплошности свай, начавшееся во второй половине – конце XX века как ответвление от геофизических методов геолого- и сейсморазведки в настоящее время получило широкое распространение в мировой практике свайного фундаментостроения.

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы.

1 Для обеспечения качественного выполнения свай необходим контроль на всех этапах как в процессе их устройства, так и по завершении, что обеспечит надежность эксплуатации зданий сооружений.

2 В отличие от свай заводского изготовления свай, изготавливаемых в грунте, требуют особого внимания к качеству производства работ и знания особенностей технологий их выполнения.

3 Трудоемкость и невозможность применения традиционных методов контроля качества буровых и буронабивных свай может быть компенсирована применением неразрушающих методов контроля сплошности свай.

4 Использование неразрушающих методов контроля сплошности свай должно быть закреплено в практике проектирования и строительства Республики Беларусь, а также в разрабатываемых национальных нормативных документах.

УДК 691.327.32

ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ СТАЛЬНОЙ ФИБРОЙ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

В. А. РЖЕВУЦКАЯ, Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА
Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Дисперсному армированию легкого бетона посвящены работы многих исследователей [1–4]. Согласно аналитическому обзору научной литературы добавление стальной фибры в бетонную смесь позволяет повысить прочностные характеристики бетонов при правильно подобранном составе фибробетонной смеси [1, 3, 4].

Объектом настоящего исследования является керамзитобетон, модифицированный стальной фрезерованной фиброй.

Предмет исследования – средняя кубиковая прочность керамзитобетона, армированного стальной фиброй.

Цель исследования – изучение влияния процента армирования дисперсной арматуры на значення средней кубиковой прочности керамзитосталефибробетона.

Для изготовления опытных образцов был использован следующий состав керамзитобетонной смеси: Ц : П : К = 1 : 1,84 : 0,79, В/Ц = 0,52.

Исследовались следующие проценты армирования стальной фиброй, по массе от массы бетона, %:

– $\rho_{sf} = 2$;

– $\rho_{sf} = 5$;

– $\rho_{sf} = 8$.

Основные материалы для приготовления сталефибробетонной смеси:

– портландцемент марки М500 (изготовитель – ОАО «Белорусский цементный завод»);

– речной песок с модулем крупности $M_k = 2,13$;

– керамзитовый гравий фракции 4–10 мм (изготовитель – ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль»);

– стальная фрезерованная фибра длиной 33 мм (изготовитель – ЗАО «Курганстальмост»).

Результаты испытаний опытных керамзитобетонных и керамзитосталефибробетонных образцов-кубов представлены на рисунках 1 и 2.