

УДК 691.32:620.1

Современное оборудование неразрушающего метода контроля бетона

Будилович Е.Н.

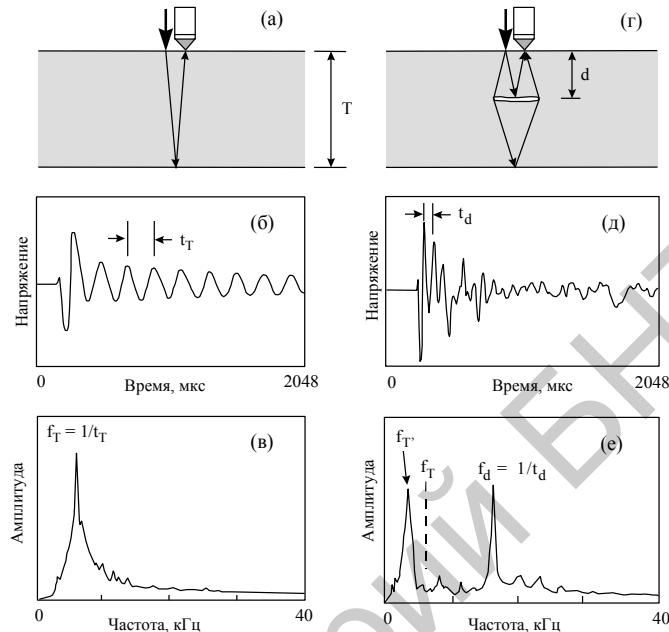
Научный руководитель – Шилов А.Е.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Предельная несущая способность определяется нагружением конструкции вплоть до ее разрушения. Однако применение такого метода является экономически нецелесообразным. Гораздо более привлекательны в этом плане неразрушающие методы, которые подразумевают применение для оценки состояния конструкций специальных приборов. В этом случае обработка полученных результатов измерений осуществляется при помощи компьютерных программ, что позволяет получить значительную достоверность конечных характеристик.

Существующий уровень оснащенности технологии монолитного строительства в Республике Беларусь нельзя признать удовлетворительным ни в плане использования технических средств (оборудования, приборов, приспособлений) и методик, ни в плане развития нормативной базы неразрушающего контроля, что в итоге негативно сказывается на качестве строительной продукции, на эксплуатационной надежности зданий и сооружений.

Активно набирает популярность у исследователей и внедряется в практику неразрушающего контроля бетона в США и многих странах западной Европы Impact-Echo метод (IEM). IEM причисляется к акустическим методам, хотя ему присущи некоторые элементы характерные для механических ударных. Физическая основа IEM заключается в зависимости амплитудно-частотных параметров акустического отклика на кратковременное ударное воздействие с небольшой энергией от физико-механических параметров бетона. Основными косвенными параметрами метода являются длительность отклика и соотношения основных частотных составляющих спектра колебаний (рис. 1).



а, г – схемы контроля; б, д, - временные диаграммы сигналов откликов; в, е – частотные спектры сигналов

Рис. 1. Сравнение акустического отклика при отсутствии дефекта в зоне контроля (слева) и при наличии дефекта

IEM высоко эффективен для обнаружения скрытых под поверхностью дефектов: трещин, расслоений, пустот. При отсутствии дефекта, после ударного воздействия в зоне контроля образуется акустическое поле, основные составляющие которого имеют частоты кратные частоте полуволновых колебаний. Частота f_T связана со скоростью распространения продольной волны c и расстоянием T соотношением

$$f_T = \frac{c}{2T}.$$

Наличие дефекта обогащает частотный спектр составляющими, частота которых определяется глубиной расположения дефекта d , а амплитуда зависит главным образом от размеров, формы и ориентации по отношению к фронту волны:

$$f_d = \frac{c}{2d}$$

Возбуждение колебаний в бетоне обычно производится специальным ударным механизмом, либо вручную – нанесением удара стальным сферическим индентором по поверхности изделия вблизи приемного преобразователя.

В зависимости от размеров и формы изделия, упругих свойств бетона, присутствия крупных дефектов, а также массы индентора изменяется частотный спектр отклика.

Прием колебаний осуществляется пьезоэлектрическими датчиками, регистрация и обработка сигнала – посредством портативного компьютера, связанного с датчиком через блок предварительной обработки сигнала, производящего его усиление и «оцифровку».

Современным прибором, использующим IEM метод является **Pundit PL-200PE**. Режим А-скан позволяет осуществлять прямой анализ исходного сигнала и в режиме реального времени, В-скан режим обеспечивает вид в поперечном сечении, перпендикулярном к поверхности сканирования. Широкая область сканирования позволяет оценить глубину и однородность тестируемого участка. Плюсом данного устройства является также сухой контакт датчика. Русским аналогом данного устройства является томограф ультразвуковой низкочастотный **A1040M Полигон**, где результаты поставляются в виде графического изображения внутренней структуры исследуемого объекта.

Представляют интерес опыт использования для локализации и оценки размеров неоднородностей и структурных нарушений в бетоне методов **радиолокации**. Основными достоинствами данного метода, в сравнении с акустическими методами являются: возможность бесконтактного (на расстоянии) взаимодействия приемно-излучающей системы с контролируемым изделием, возможность плавной/ступенчатой перестройки частоты зондирующих колебаний в достаточно широком диапазоне, что повышает информативность контроля.

Популярны радиолокационные приборы подповерхностного зондирования серии «ОКО» (НИИ приборостроения и ООО "Логис" г. Жуковский, Россия) и радиолокаторы разработки ЦНИИРЭС (Россия) – «Раскан-3» (рис. 2).



Рис. 2. Антенный блок АБ-400 георадара «ОКО» при обследовании взлетно-посадочной полосы.



Рис. 3. Антенный блок (датчик) прибора «Раскан-3»

Прибор серии “РАСКАН” обеспечивает обнаружение протяженного объекта диаметром 0.05 мм и длиной 20 мм в толще бетона на глубине 50 мм, осуществляя формирование подповерхностного изображения исследуемой области на экране монитора компьютера.

Для обнаружения дефектов в строительных конструкциях более важным параметром радара, чем максимальная глубина зондирования, становится минимальная глубина обнаружения дефекта. Снижения этой величины до значений 2...5 см представляет собой не-простую техническую задачу, так как электромагнитный импульс проходит это расстояние за время порядка $2...3 \cdot 10^{-10}$ секунды. В настоящее время получили применение два подхода в её решении: на основе использования зондирующих электромагнитных импульсов малой длительности 0,1...1 нс; и использование непрерывных сверхвысокочастотных (СВЧ) колебаний с широкополосной перестройкой по частоте и регистрацией разницы частот (частоты биений) излучаемого и отраженного от дефекта сигналов.

Широкую популярность приобрел **SmartRock** – беспроводной датчик зрелости. Устройство применяется для контроля температуры свежего и затвердевшего бетона. SmartRock может быть помещен в опалубку перед заливкой, чтобы контролировать температуру бетона на месте. Непрерывные измерения записываются в память устройства и могут быть загружены в любое время в течении схватывания и твердения с помощью бесплатного мобильного приложения на смартфоне или планшетном устройстве.

На основе полученных данных можно сделать выводы о сроках удаления опалубки, оптимизации условий отверждения и необходимости отопления или охлаждения процессов.

Profometer PM-600 - прибор для точного измерения толщины защитного слоя бетона и диаметра арматурных стержней, использующий, в качестве метода измерений, принцип вихревых токов и импульсную индукцию.

Прибор оснащен универсальным датчиком "все в одном", в который входят: стандартный датчик - лучше всего подходит для произведения измерений в местах большого скопления арматурных стержней, таких, как колонны, балки и плиты над колоннами; датчик большого радиуса действия; точечный датчик - для произведения измерений в углах и в ограниченном пространстве. Прибор оснащен графическим дисплеем для отображения измеренных величин и минимальной толщины защитного слоя бетона.

Profometer Corrosion является универсальным решением для разностороннего анализа процессов коррозии в железобетонных конструкциях, основанный на методе измерения потенциала. Уникальные роликовые электроды позволяют проводить максимально быстрое и эффективное обследование. Ударопрочный корпус разработан специально для проведения измерений в полевых условиях. Сенсорный экран представляет результаты в виде двумерной расчетной схемы и позволяет представлять объекты любой геометрически неправильной формы. Прибор имеет улучшенную цифровую фильтрацию, удаляющую эффект внешнего шума (гражданские и промышленные источники энергоснабжения).

Избыточная влага в бетоне может иметь неблагоприятные последствия для бетонных напольных покрытий. Измеритель влажности **Hygropin** - идеальное решение для идентификации и мониторинга влажности в бетоне. Для определения влажности необходимо расположить измерительную манжету диаметром 5мм на конкретной глубине в бетоне. Это можно сделать либо путем вы сверливания отверстия или путем предварительной установки отверстия в свежем бетоне.

Измеритель влажности снабжен двумя различными датчиками, которые работают одновременно: контактный датчик осуществляет измерение под поверхностью бетона, а дополнительный бескон-

тактный датчик осуществляет регистрацию параметров окружающей среды.

В зависимости от настроек измеритель влажности отображает относительную влажность, температуру и рассчитанные психрометрические параметры, а также индикаторы направления для каждого параметра.

Воздухо- и водопроницаемость бетона являются отличными показателями потенциальной долговечности конкретного вида бетона и его сопротивления проникновению агрессивных газообразных или жидких сред.

Прибор измерения проницаемости **Torrent** позволяет быстро и без разрушений произвести измерение качества защитного слоя бетона для определения долговечности бетонной конструкции. Даные автоматически поступают на электронный блок, при этом автоматически высчитываются коэффициент проницаемости kT и глубина проникновения вакуума.

Категорию качества защитного слоя из сухой бетонной смеси можно посмотреть в таблице, используя значение kT . Если речь идет о влажной бетонной смеси, kT объединяется с электрическим сопротивлением бетона r , и тогда категория качества определяется исходя из номограммы.

Выявление неоднородности бетона, присутствия структурных нарушений, макродефектов, оценка водонепроницаемости и коррозионной стойкости является предпочтительной областью использования неразрушающих методов контроля в сравнении с механическими. К достоинствам данных методов можно отнести: высокую скорость проведения обследований, высокую точность получаемых результатов и простоту в использовании.

ЛИТЕРАТУРА

- Глухов, Н.А. Точечные источники ультразвука как инструмент контроля физико-механических свойств материалов. - Дефектоскопия. – 1992. – №8. С. 49-51.
- Леонович, С.Н., Мулярчик, В.С., Снежков, Д.Ю. Применимость сухого контакта в приборах ультразвукового контроля для контроля глубины трещин. Материалы XI международного научно-методического межвузовского семинара «Перспективы развития

- новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь. - Брест, 2004. - Часть I.
3. Леонович, С.Н., Снежков, Д.Ю., Мулярчик, В.С. Оценка глубины усадочных трещин на натурном объекте ультразвуковым методом. Тезисы доклада на международной научной конференции «Технология строительства и реконструкции: проблемы и решения» TCR-2004. - Минск, 2006.
 4. Леонович, С.Н., Снежков, Д.Ю., Мулярчик В.С., Марковский Д.М. Оценка распалубочной прочности бетона при бетонировании конструкций в построенных условиях современными неразрушающими методами. BIALORUSKO-POLSKI NAUKOWO-PRAKTYCZNY SEMINARIUM, POLSKA, OLSZTYN 4-7.10.2004
 5. Снежков, Д.Ю., Леонович, С.Н. Неразрушающий контроль бетона в монолитном строительстве: совершенствование средств и методов. монография. – Минск: БНТУ, 2006. – 220 с.

УДК 624.131.042

Моделирование и расчет монолитных железобетонных конструкций жилых зданий в Robot Structural Analysis

Вирт А.А.

Научный руководитель – Рак Н.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В связи с увеличением масштабов монолитного домостроения и увеличения этажности возникла потребность в эффективной и простой расчетной программе, применение которой позволяет рассчитать строительные конструкции различного назначения согласно требованиям ТНПА многих стран. К числу таких программных продуктов относится Robot Structural Analysis, разработанный компанией Autodesk.

Порядок использования возможностей Robot Structural Analysis рассмотрен ниже на примере 26-этажного дома из монолитного железобетона.