

**Современное оборудование неразрушающего
метода контроля бетона**

Будилович Е.Н.

Научный руководитель – Шилов А.Е.

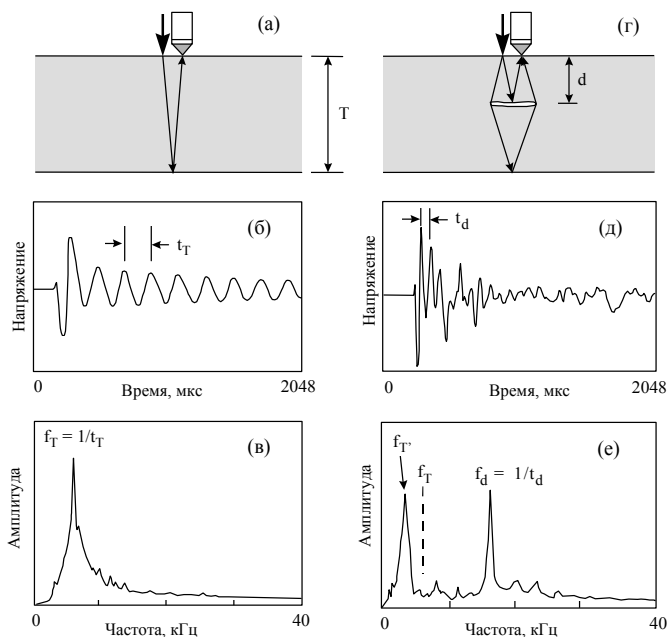
Белорусский национальный технический университет

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 (ИЕМ). ИЕМ причисляется к акустическим методам, хотя ему присущи некоторые элементы характерные для механических ударных. Физическая основа ИЕМ 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 отклика при отсутствии дефекта в зоне контроля (слева) и при наличии дефекта

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

ИЕМ 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 ИЕМ 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 представляются 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).

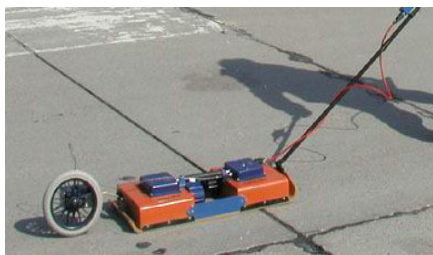


Рис. 2. Антенный блок АБ-400 георадара «ОКО» при обследовании взлетно-посадочной полосы.



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 непростую 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 **Nygropin** - 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 высверливания 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. Данные 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 ρ , 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

1. Глухов, Н.А. Точечные источники ультразвука как инструмент контроля физико-механических свойств материалов. - Дефектоскопия. – 1992. – №8. С. 49-51.
2. 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 построечных 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.