

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТНОЙ ОБЛАСТИ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ БЕТОНА

Данн Д.Д., Фурса Т.В., Петров М.В.
Томский политехнический университет

Строительные конструкции из бетона часто эксплуатируются в условиях значительных нагрузок и сезонных колебаний температуры, которые приводят к образованию трещин и являются одной из главных причин разрушения. Поэтому своевременное обнаружение трещин в бетонных изделиях является важной задачей для предотвращения их разрушения. В настоящее время наибольшее распространение получили акустические методы неразрушающего контроля, которые позволяют обнаруживать поверхностные трещины [1,2]. Для решения этой задачи так же может быть использован неразрушающий метод контроля на основе явления механоэлектрических преобразований [3], который разрабатывается в Томском политехническом университете.

Суть метода заключается в возбуждении образца коротким механическим ударом, при котором возникает сферическая акустическая волна. Под действием механических напряжений, обусловленных акустическими волнами, происходит смещение двойных электрических слоев, расположенных на границах компонентов в гетерогенном материале, либо возникновение пьезоэлектрического эффекта в пьезосодержащих материалах, следствием чего, является возникновение внешнего электромагнитного поля, которое регистрируется приемниками сигнала, расположенными вблизи исследуемого объекта.

Исследования были выполнены с помощью лабораторного комплекса, позволяющего производить импульсное механическое возбуждение изделий и регистрацию электрического отклика. Импульсное механическое возбуждение изделий производили электромеханическим ударным устройством с нормированной силой удара. Для регистрации электрического сигнала использовался дифференциальный электрический датчик, позволяющий существенно повысить соотношение сигнал-помеха. Сигналы регистрировались с помощью многофункциональной платы ввода-вывода «NI PCI-6251», позволяющей осуществлять оцифровку временной реализации электрического сигнала.

Для исследования были использованы изделия тяжелого бетона размером 100×100×300 мм, которые подвергались циклическому замораживанию-оттаиванию для создания естественной трещиноватости. Замораживание образцов производили в климатической камере при температуре -40°C, а оттаивание в универсальной камере при температуре 20±2°C и влажности 95%. После каждых четырех циклов производилась регистрация электрического сигнала при ударном воздействии. После знакопеременных испытаний поверхность образца начинает разрушаться, процесс поверхностного растрескивания отслеживался визуально по фотографиям (рис. 1).

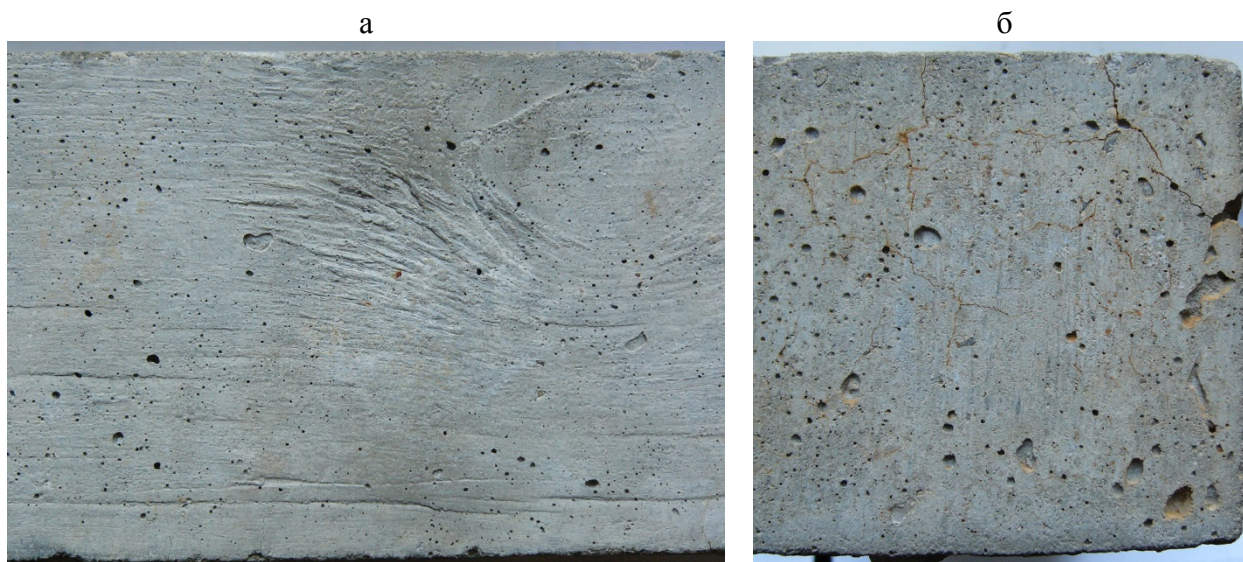


Рис. 1. Фотографии: а – центральной области, б – торцевой поверхности изделия прошедшего 32 цикла замораживания оттаивания

Как видно из рисунка 1, поверхность на торце изделия более дефектная, чем поверхность центральной области. Поэтому было предложено отследить изменение дефектности изделия по параметрам электрического отклика. Проведенными ранее исследованиями было показано, что по параметрам затухания энергии электрических откликов на упругое ударное возбуждение можно судить о концентрации искусственных трещин [4]. Поэтому было предложено оценить параметры затухания электрических сигналов в исследуемых образцах. На рис. 2 показаны сигналы исходного образца и после 32 циклов замораживания-оттаивания.

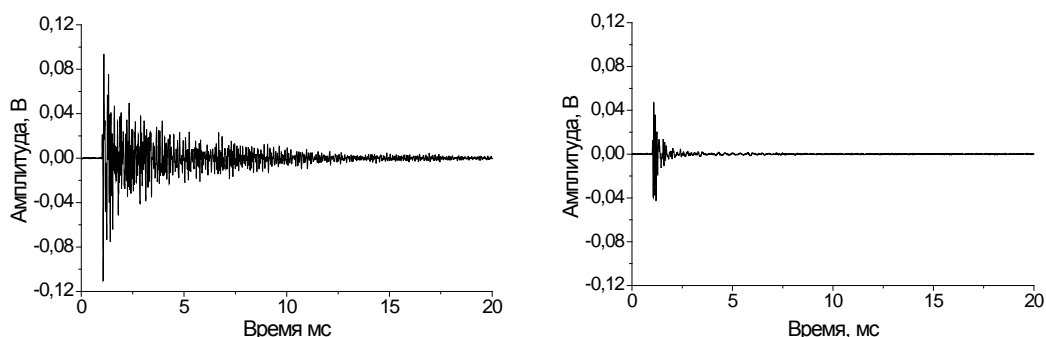


Рис. 2. Сигналы, зарегистрированные из изделия: а – до замораживания-оттаивания; б – после 32 циклов замораживания-оттаивания

Из рисунка видно, что сигнал из изделия прошедшего 32 цикла замораживания-оттаивания и исходного имеют разную величину и затухание. Для определения динамики изменения коэффициента затухания энергии электрического сигнала, использован частотно-временной анализ, как это описано в работах [5,6]. Суть данного подхода заключается в отслеживании характера изменения спектральной энергии электрического отклика на воздействие, создаваемое упругими волнами как функции времени.

На рис. 3 приведены графики зависимости коэффициента затухания энергии электрического отклика, от количества циклов замораживания-оттаивания из разных областей изделия размером $100 \times 100 \times 300$ мм.

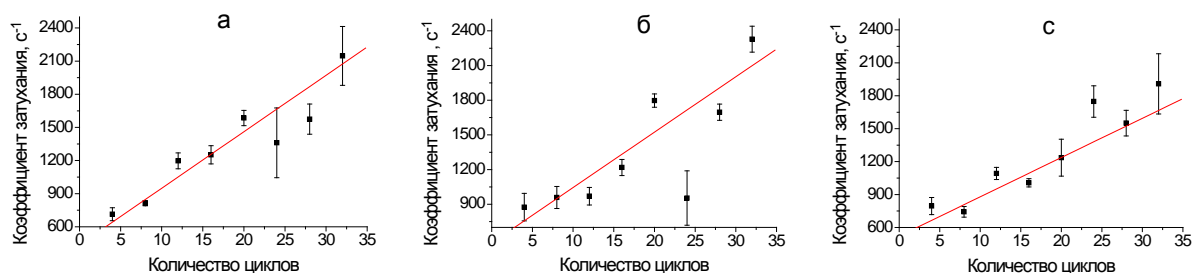


Рис. 3. Зависимости коэффициента затухания от количества циклов из областей расположенных на расстоянии: а - 12см; б – 6 см; с – 3 см от центра

Из рисунков видно, что коэффициент затухания от количества циклов изменяется по зависимостям:

- в торцевой части изделия по зависимости – $\beta = 437 + 51n$ с коэффициентом детерминации 0,96;
- в области между торцом изделия и его центром – $\beta = 565 + 47n$ с коэффициентом детерминации 0,86;
- в центральной области изделия – $\beta = 521 + 36n$ с коэффициентом детерминации 0,87.

Из рис. 3 также видно что, чем дальше от центра, тем интенсивность изменения коэффициента затухания выше. Проведенные исследования показывают, что по параметрам затухания энергии электрических откликов на упругое ударное возбуждение можно оценить наиболее дефектную область в изделии.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Список использованных источников

1. Shah S. P., Subramaniam K. V., Popovics J. S. Use of nondestructive ultrasonic techniques for material assessment and in-service monitoring of concrete structures. NDTnet. 2000. Vol. 5. №2.
2. Wu T.-T., Liu P.-L. Advancement of the nondestructive evaluation of concrete using transient elastic waves. Ultrasonics. 1998. Vol. 36. P. 197-204.
3. Фурса Т.В., Данн Д.Д. Разработка метода дефектоскопии гетерогенных диэлектрических материалов, основанного на использовании явления механоэлектрических преобразований. Дефектоскопия. 2010. № 1. С. 8-13.
4. Фурса Т. В., Данн Д. Д., Демихова А. А. Исследование влияния концентрации поверхностных трещин в бетоне и их ориентации на параметры электрического сигнала при импульсном механическом воздействии. Журнал технической физики. 2014. Т. 84. Вып. 12. С. 77-80.
5. Anugonda P., Wiehn J.S., Turner J.A. Diffusion of ultrasound in concrete. Ultrasonics. 2001. N 39. P. 429-435.
6. Quiviger A., Payan C., Chaix J.-F., Garnier V., Salin J. Effect of the presence and size of a real macro-crack on diffuse ultrasound in concrete. NDT&E International. 2012. N 45. P. 128-132.