

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ КОНТАКТА АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТКЛИКА НА УДАРНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ

Фурса Т.В.¹, Осипов К.Ю.², Мормоев А.Е.¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: fursa@tpu.ru

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия (634021, г. Томск, пл. Ак. Зуева, 1), e-mail: osipov@iao.ru

В работе приведены результаты экспериментальных исследований влияния качества контакта арматуры с бетоном на параметры электрического отклика при упругом ударном возбуждении. Исследования выполнены на лабораторных моделях железобетона. Модели представляли собой образцы тяжелого бетона размером 100x100x100 мм, в центр которых помещен один металлический пруток диаметром 10 мм и длиной 120 мм. Искусственное ухудшение качества контакта достигалось путем смазывания армирующего прутка маслом. Предложена методика определения адгезионной прочности контакта арматуры с бетоном в исследуемых моделях. Показано, что адгезионная прочность обычного контакта составляет в среднем 5,7 Мпа, а контакта через масло 3,8 Мпа. Установлено, что ухудшение контакта не приводит к значимому изменению величины сигнала, а ведет к заметному изменению соотношения спектральных пиков электрических откликов. Максимальный коэффициент взаимной корреляции спектров сигналов из сравниваемых моделей составляет 0,6-0,65.

Ключевые слова: тяжелый бетон, арматура, неразрушающий контроль, электрический отклик, адгезионная прочность, коэффициент корреляции.

THE TESTING METHOD DEVELOPMENT OF A REINFORCEMENT-CONCRETE CONTACT STRENGTH BY THE PARAMETERS OF AN ELECTRIC RESPONSE TO SHOCK EXCITATION

Fursa T.V.¹, Osipov K.Yu.², Mormoev A.E.¹

¹National research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin av, 30), e-mail: fursa@tpu.ru

²V.E. Zuev Institute of atmospheric optics SB RAS, Tomsk, Russia (634021, Tomsk, V.E. Zuev sq, 1), e-mail: osipov@iao.ru

It is showed the results of reinforcement-concrete contact quality influence on the parametres of an electric response at elastic shock excitation. The researches carried out on a reinforced concrete laboratory models. Models represented as a samples of heavy concrete at a size of 100x100x100 mm with a metal stick inside in the center with a diameter of 10 mm and length of 120 mm. Artificial degradation of contact quality was reached by greasing a reinforcing stick with an oil. The methodics of reinforcement-concrete contact adhesive strength determination in the studied models reinforced concrete models is offered. It is showed that average adhesion strength of usual contact is about 5.7 MPa, while the strength of a contact through the oil is about 3.8 MPa. It is established that contact strength changing does not lead to significant change of signal amplitude, but conducts to appreciable change spectral peaks ratio of electric responses. The maximum correlation coefficient of spectra measured from comparing models amounts about 0.6-0.65.

Keywords: heavy concrete, reinforcement, nondestructive testing, electric response, adhesion strength, correlation coefficient.

При эксплуатации железобетона в условиях воздействия не только значительных механических напряжений, а также влажности и засоленности происходят процессы коррозии арматуры и трещинообразование, что приводит к нарушению контакта арматуры с бетоном, а, следовательно, и снижению прочностных характеристик железобетонного сооружения. Поэтому для решения проблем повышения надежности возводимых железобетонных сооружений и их дальнейшей безаварийной эксплуатации необходимо осуществлять входной и текущий контроль качества контакта арматуры с бетоном.

Надежных методов контроля качества арматуры с бетоном в железобетонных конструкциях не существует. Существующие методы неразрушающего контроля бетона и железобетона обладают невысокой точностью и позволяют оценивать только прочность бетона либо наличие в железобетонном сооружении значительных по величине полостей. Для решения этой задачи может быть использовано явление механоэлектрических преобразований при импульсном механическом возбуждении диэлектрических материалов [1; 2]. Проведенные ранее исследования по связи параметров электрического сигнала, возникающего при ударном возбуждении строительных материалов с их структурными и механическими характеристиками [3-6] свидетельствуют о перспективности использования явления механоэлектрических преобразований для разработки неразрушающего метода контроля качества контакта арматуры с бетоном в железобетоне.

Исследования выполнены с помощью лабораторного комплекса, позволяющего производить импульсное механическое возбуждение материалов и регистрацию электрического сигнала. Импульсное механическое возбуждение образцов производится с помощью электромеханического ударного устройства с нормированной силой удара. Для регистрации электрической составляющей переменного электромагнитного поля, возникающего при импульсном механическом возбуждении образцов, используется дифференциальный электрический датчик. Сигналы с электрического датчика регистрируются с помощью многофункциональной платы ввода-вывода «NI PCI-6251», совмещенной с ЭВМ, позволяющей осуществлять оцифровку временной реализации электрического сигнала.

Для проведения исследований были изготовлены лабораторные модели железобетона (рисунок 1). Модели представляли собой образцы тяжелого бетона размером 100x100x100 мм, в которые при формовании образцов было помещено по одному металлическому прутку диаметром 10 мм и длиной 120 мм. Пруток с помощью специально изготовленной направляющей стойки помещался в центр образца параллельно его боковым граням таким образом, чтобы основание металлического стержня находилось на дне формы, а верхняя его часть выступала над поверхностью образца на 20 мм. Перед помещением стержней в образцы концы их были тщательно обработаны таким образом, чтобы они были перпендикулярны боковой поверхности стержней.

По описанной выше методике были изготовлены модели железобетона с различным, искусственно созданным, контактом. В модели М1 металлический прутки не подвергались никакой обработке, а в модели М2 перед помещением в цементный раствор прутки были

смазан маслом. Для статистической достоверности было изготовлено по 3 модели каждого типа.

На рисунке 1 приведены типичные электрические отклики из моделей железобетона с различным качеством контакта арматуры с бетоном.

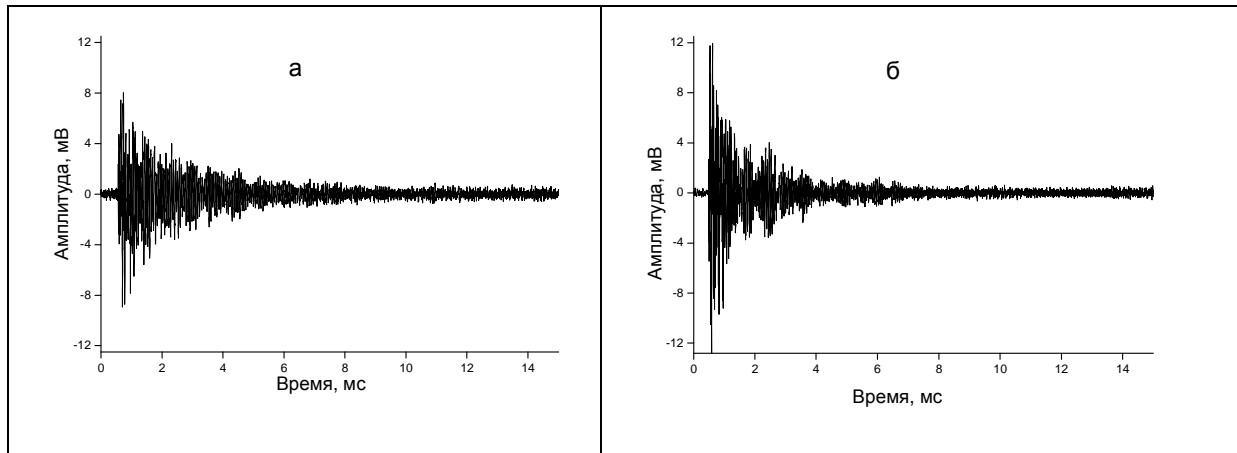


Рисунок 1. Электрические отклики на ударное возбуждение модели: а – М1 и б – М2.

Из рисунка видно, что электрические отклики из образцов с различным качеством контакта близки по величине. Различия составляют в среднем 20-40%. Однако наблюдаются заметные отличия в форме сигналов. Рассмотрим более подробно различия в электрических сигналах с использованием амплитудно-частотного анализа.

На рисунке 2 приведены спектральные характеристики электрических откликов, зарегистрированные из этих же моделей железобетона: а – М1; б – М2.

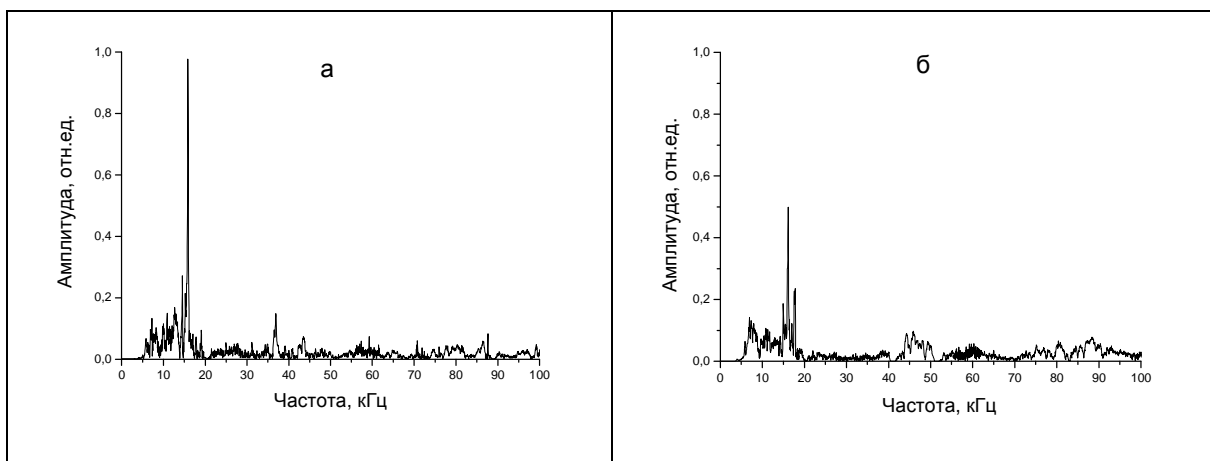


Рисунок 2. Спектры электрических откликов на ударное возбуждение модели: а - М1 и б - М2.

Как видно из рисунка, в спектрах сигналов из обеих моделей основной максимум лежит на частоте 16 кГц. Однако по величине эти максимумы отличаются в 2 раза, и соотношение между спектральными пиками имеет значительные различия. Максимальный

коэффициент взаимной корреляции спектров сигналов из сравниваемых моделей с разным качеством контакта составляет 0,6-0,65.

Задача настоящих исследований заключается в разработке метода неразрушающего контроля прочности контакта арматуры с бетоном по параметрам электрического отклика на упругое ударное возбуждение.

В рамках решения этой задачи разработана методика определения прочности адгезионного контакта арматуры с бетоном.

Определение прочности адгезионного контакта осуществляется следующим образом. Модельный образец железобетона устанавливается на металлическую подставку высотой 1,5 см с отверстием в центре размером 4 см таким образом, чтобы выступающая часть арматуры находилась сверху. Образец с подставкой помещается на нижнюю плиту пресса, в ее центр. Нагружение производится с помощью компьютеризированного пресса ИП-500 с постоянной скоростью, равной 0,2 кН/с. Таким образом, в процессе нагружения производится выдавливание арматуры из образца в отверстие в подставке, находящейся под образцом. В процессе нагружения с помощью специальной программы производится регистрация нагрузки и смещения с дискретом, по времени равным 1 с.

На рисунке 3 приведены типичные нагрузочные кривые, полученные при разрушении адгезионного контакта арматуры с бетоном в образцах с различным контактом.

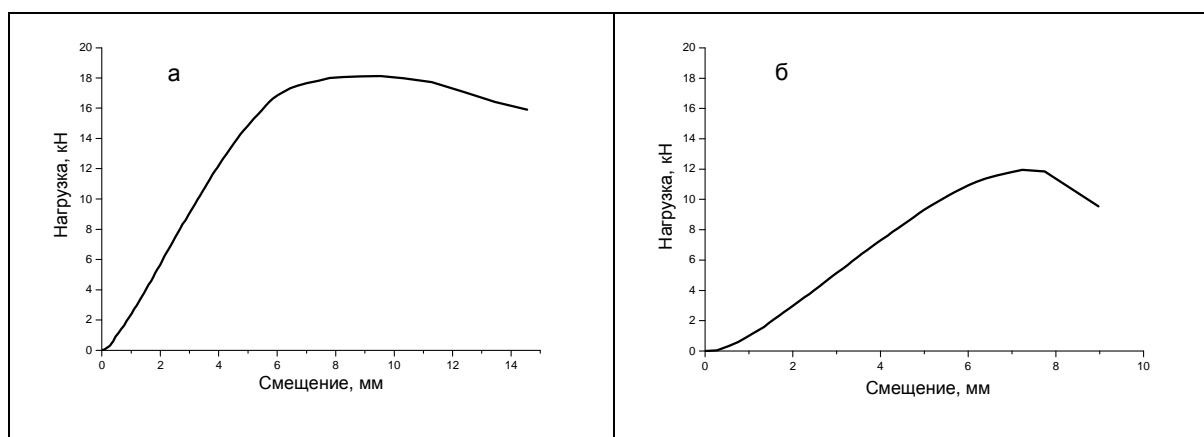


Рисунок 3. Зависимость внешней нагрузки от смещения в процессе разрушения адгезионного контакта металлического прутка с бетоном: а – для модели М1; б – для модели М2.

Адгезионная прочность (R) рассчитывалась по формуле: $R = \frac{P}{S}$,

где: P - величина разрушающей нагрузки; S - площадь контакта прутка с бетоном.

Прочность адгезионного контакта арматуры с бетоном для моделей типа М1 составляет в среднем 5,7 Мпа, а для моделей типа М2 – 3,8 Мпа. Следовательно, ухудшение

контакта путем смазывания металлического прутка маслом приводит к уменьшению адгезионной прочности контакта в 1,5 раза.

Проведенные исследования показывают, что амплитудно-частотные характеристики электрического отклика на ударное возбуждение чувствительны к изменению качества контакта металла с бетоном и могут быть использованы для разработки неразрушающего метода контроля армированных материалов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания «Наука» (№ 7.1826.2011) и гранта РФФИ (№ 11-08-01102а).

Список литературы

1. Суржиков А.П., Фурса Т.В. Механоэлектрические преобразования при упругом ударном возбуждении композиционных диэлектрических материалов // ЖТФ. - 2008. - Т. 78, № 4. - С. 71-76.
2. Фурса Т.В. О механизме механоэлектрических преобразований при ударном возбуждении композиционных материалов на основе цементного вяжущего // ЖТФ. - 2001. - Т. 71. - Вып. 7. - С. 53-56.
3. Фурса Т.В. Исследование механоэлектрических преобразований в образцах цементного раствора в процессе трещинообразования, вызванного циклическим замораживанием-оттаиванием // Письма в ЖТФ. - 2010. - Т. 36. - Вып. 8. - С. 1-6.
4. Фурса Т.В., Хорсов Н.Н., Романов Д.Б. Взаимосвязь качества контакта элементов композиционных материалов с параметрами электромагнитного отклика на ударное возбуждение // Дефектоскопия. - 2001. - № 9. - С. 23-26.
5. Фурса Т.В., Осипов К.Ю., Данн Д.Д. Разработка неразрушающего метода контроля прочности бетона с дефектной структурой на основе явления механоэлектрических преобразований // Дефектоскопия. - 2011. - № 5. - С. 39-47.
6. Фурса Т.В., Осипов К.Ю., Данн Д.Д. Разработка метода контроля динамики изменения дефектности бетона под действием циклического замораживания-оттаивания на основе явления механоэлектрических преобразований // Письма в ЖТФ. - 2011. - Т. 37. - Вып. 7. - С. 1-7.

Рецензенты:

Люкшин Борис Александрович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой механики и графики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, г. Томск.
Суржиков Анатолий Петрович, д.ф.-м.н., профессор, заместитель директора по научной работе Института неразрушающего контроля Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск.