

УДК 624.012.45.040:69.058.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ БЕТОНА В ТЕЛЕ МАССИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

© 2013 В.Б. Филатов, Е.П. Бубнов

Самарский государственный архитектурно-строительный университет

Поступила в редакцию 21.11.2013

Предложена методика измерения деформаций бетона в теле массивных конструкций и проведены экспериментальные исследования на опытных образцах с целью оценки ее применимости для практического использования. Преимуществом предложенной методики является возможность ее использования для измерения деформаций бетона в теле эксплуатируемых конструкций.

Ключевые слова: *экспериментальное исследования, тензорезистор, напряжение, деформация, бетон, массивная конструкция*

Изучение не одноосных напряженных состояний всегда представляло значительный интерес при проведении экспериментальных исследований железобетонных конструкций. Методика определения величины и направления главных деформаций с помощью тензометрического метода достаточно хорошо отработана для конструкций, работающих по схеме стержня или элемента оболочки. Для плитных конструкций большой протяженности (фундаментные плиты, монолитные плиты безбалочных перекрытий) измерение деформаций методами тензометрии возможно только на гранях конструкции. Однако достаточно часто значительный интерес представляет распределение деформаций по высоте плиты, особенно на участках действия поперечных сил, где использование закона плоских сечений носит достаточно условный характер. В этом случае для оценки напряженно-деформированного состояния конструкции используются преимущественно теоретические подходы, рассматривающие различные математические модели, в том числе реализующие метод конечных элементов [1]. Проверка адекватности расчетных моделей производится путем сопоставления результатов численных исследований с данными эксперимента.

Для экспериментального определения тензометрическим методом величин деформаций бетона при плосконапряженном состоянии была разработана и апробирована специальная методика. Для измерения деформаций в теле

массивной конструкции на выбранном участке выполняется необходимой глубины полость с размерами в плане 10×100 мм. Полость обеспыливается и промывается водой. В полость помещается заранее изготовленная цементно-песчаная пластина толщиной 5 мм с размещенными на ней тензорезисторами и выводами для коммутации. Затем полость инъецируется безусадочным раствором на цементной основе. После набора раствором необходимой прочности снимаются показания тензорезисторов. Апробация предложенной методики производилась на железобетонных балках без поперечного армирования в зоне совместного действия изгибающего момента и поперечной силы, поскольку напряженное состояние этой зоны достаточно изучено и обеспечена возможность контроля деформаций бетона на наружных гранях элемента. Схема испытания балок и участок установки пластины с тензорезисторами представлены на рис. 1.

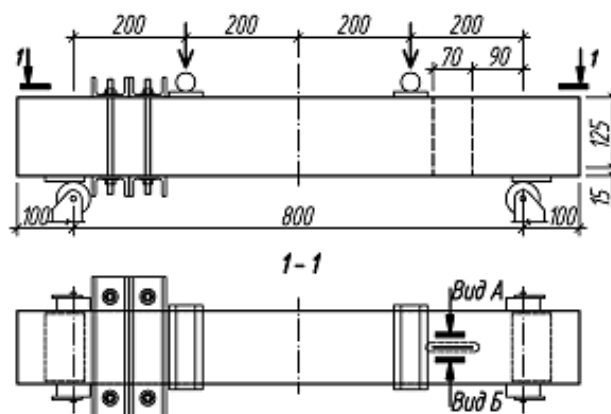


Рис.1. Схема испытания балок

Филатов Валерий Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций. E-mail: vb_filatov@mail.ru

Бубнов Евгений Павлович, магистр

В одном пролете среза балки устанавливалась цементно-песчаная пластина с тензорезисторами по изложенной выше методике, в другом пролете среза для предотвращения его разрушения устанавливались стальные шпильки. Перед установкой на обеих гранях цементно-песчаной пластины были наклеены розетки тензорезисторов (рис. 2), выполнена их гидроизоляция и распаяны выводы для коммутации. Вид пластины, подготовленной для установки в полость с последующим инъецированием, представлен на рис. 3. Плотность в балке после установки пластины инъецировалась раствором на основе смеси «Самкрит», модуль деформации и прочностные характеристики которого близки к характеристикам бетона балки.

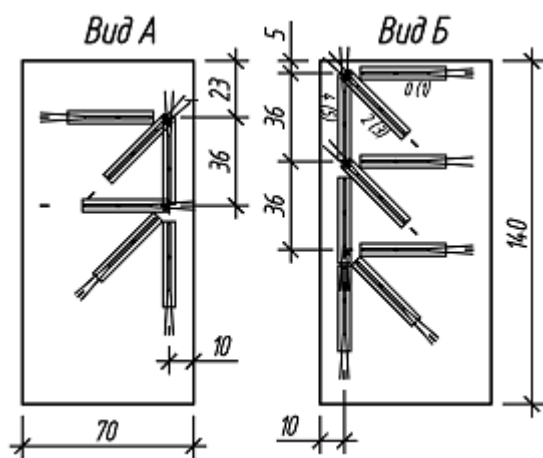


Рис.2. Схема установки тензорезисторов на пластине



Рис.3. Пластина перед установкой

Тензорезисторы, установленные на цементно-песчаной пластине, дублировались тензорезисторами на соответствующих гранях балки с целью контроля показаний, их сопоставления и последующего анализа. Загружение балок производилось сосредоточенной нагрузкой поэтапно до исчерпания несущей способности. На

каждом этапе нагружения регистрировались показания тензорезисторов и фиксировались появляющиеся трещины. Первые наклонные трещины образовались при величине нагрузки в 6,5 тс. Разрушение обеих балок произошло при нагрузке 16 тс по наклонному сечению от действия перерезывающей силы. Вид приопорной зоны балки после разрушения представлен на рис. 4, из которого видно, что разрушение произошло по наклонному сечению от действия перерезывающей силы вследствие среза сжатой зоны бетона над наклонной трещиной. Образование горизонтальной трещины вдоль стержней продольной арматуры (характерное при их продергивании) произошло после среза сжатой зоны бетона над наклонной трещиной, поскольку продольная арматура на опоре имела надежную анкерровку (приварена к опорному уголку).



Рис.4. Разрушение балки в зоне среза

Исследование состояния контактной зоны между цементно-песчаной пластиной и бетоном балки, заполненной инъекционным раствором (рис. 5), показало, что, во-первых, инъекционный раствор целиком заполнил полость (раковины и пустоты отсутствуют) и, во-вторых, пластина работала совместно с бетоном балки вплоть до разрушения (отсутствуют трещины как в самом инъекционном растворе, так и по его контакту с пластиной и бетоном балки).

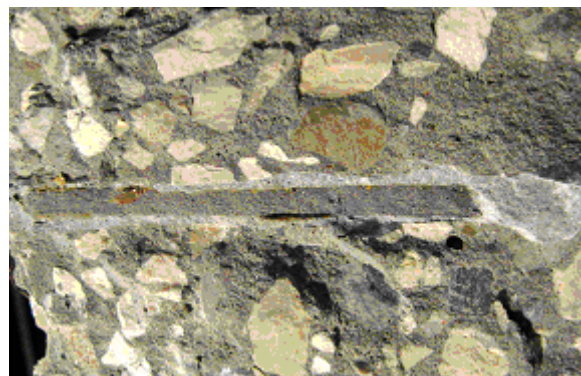


Рис.5. Состояние контактной зоны пластины и бетона балки

По показаниям тензорезисторов построены графики деформаций бетона в зоне поперечного изгиба железобетонной балки. На рис. 6-8 приведены графики зависимостей деформаций бетона от нагрузки для розетки тензорезисторов у верхней грани балки (вид Б на рис. 2). Тензорезисторы 0, 2 и 4 расположены на пластине (пунктирная линия), тензорезисторы 1, 3 и 5 – на боковой грани балки (сплошная линия). Из рисунков видно, что до образования наклонной трещины графики деформаций на пластине и на боковой грани балки практически совпадают. После образования наклонной трещины, которая прошла через тензорезисторы № 4, 5 (рис. 8), графики расходятся.

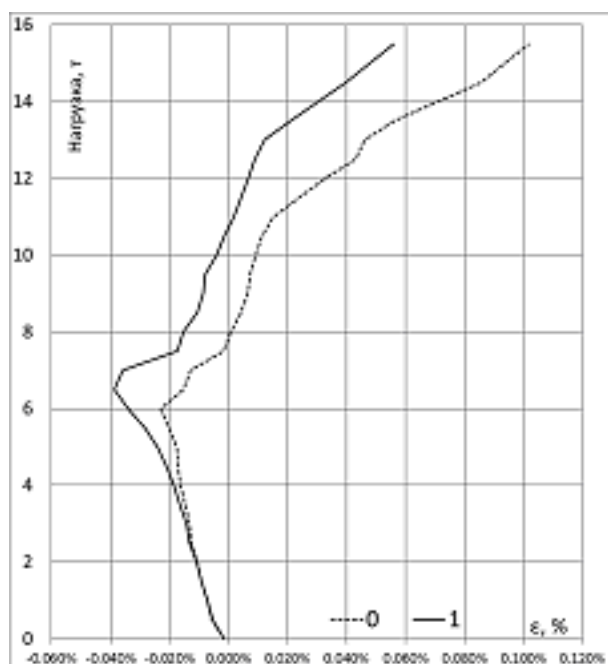


Рис.6. Деформации тензорезисторов № 0, 1

В одном случае (рис. 6) деформации тензорезисторов на пластине выше, чем на балке; в другом случае (рис. 7) деформации тензорезисторов на пластине остаются практически неизменными, а тензорезисторы на балке показывают значительный рост деформаций сжатия. В первом случае тензорезисторы фиксировали деформации у верхней грани балки, где отсутствуют трещины; во втором случае тензорезисторы расположены вдоль наклонной трещины, при этом тензорезистор на балке оказался над трещиной (рис. 4), и фиксировал рост деформаций сжатия до 100×10^{-5} ЕОД, а тензорезистор на пластине, вероятно, оказался под трещиной в силу случайного характера ее развития по сечению.

Кроме того, следует отметить особенность развития деформаций у верхней грани балки (рис. 6). На начальном этапе нагружения балки

тензорезисторы фиксируют рост деформаций сжатия. К моменту образования наклонной трещины эти деформации невелики и составляют не более 40×10^{-5} ЕОД. После образования наклонной трещины и дальнейшем нагружении балки деформации сжатия уменьшаются и переходят в деформации растяжения. Подобный эффект наблюдался при испытаниях образцов в работе [2], когда деформации сжатия бетона у верхней грани балки после образования наклонной трещины либо переставали расти, либо снижались и переходили в деформации растяжения, что сопровождалось образованием нормальных трещин от верхней грани балки. Обсуждение этого эффекта и причин его возникновения выходит за рамки настоящей работы.

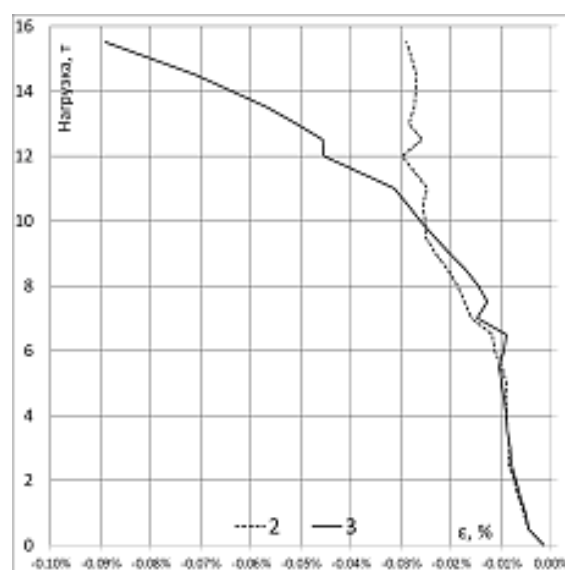


Рис.7. Деформации тензорезисторов № 2, 3

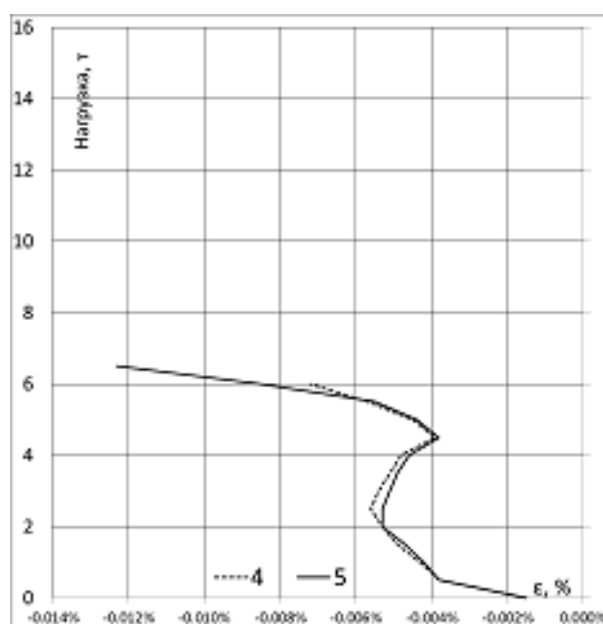


Рис.8. Деформации тензорезисторов № 4, 5

Выводы: предложена методика измерения деформаций бетона в теле массивных конструкций и выполнена апробация на опытных образцах с целью оценки ее применимости для практического использования. Преимуществом предложенной методики является возможность ее использования для измерения деформаций бетона, как на опытных образцах, так и в теле эксплуатируемых конструкций при проведении мониторинга технического состояния. Исследование опытных образцов после разрушения показало, что инъекционный раствор надежно обеспечивает совместную работу цементно-песчаной пластины и бетона балки в условиях плосконапряженного состояния вплоть до разрушения образца. Анализ результатов показаний тензорезисторов на цементно-песчаной пластине и бетоне балок показал их приемлемое совпадение. До образования трещин различие в показаниях тензорезисторов на пластине и на балке

минимально, после образования трещин различие становится более заметным в силу проявляющейся анизотропии бетона и случайного характера развития трещины по сечению образца. Для приведения в соответствие показаний тензорезисторов на пластине и на балке возможно введение поправочного коэффициента. Для определения величины поправочного коэффициента и влияющих на него факторов необходимы дополнительные экспериментальные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Карпенко, Н.И.* Общие модели механики железобетона / *Н.И. Карпенко.* – М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
2. *Филатов, В.Б.* Особенности работы и эффективное использование жесткой поперечной арматуры железобетонных балок / *В.Б. Филатов, Ю.В. Жильцов* // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 4(5). С. 1325-1328.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF METHOD OF MEASUREMENT OF DEFORMATIONS OF CONCRETE IN THE BODY OF MASSIVE CONSTRUCTIONS

© 2013 V.B. Filatov, E.P. Bubnov

Samara State Architectural and Building University

Proposed method of measurement of deformations of concrete in the body of massive constructions and conducted experimental research of samples to estimate it applicability for practical use. The advantage of the proposed method is the possibility to use it for measurements of deformations of concrete in the body exploited structures.

Key words: *experimental research, strain gage, stress, strain, concrete, massive construction*