

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОСОГО ВНЕЦЕНТРЕННОГО СЖАТИЯ

Евдокимова Т.С.¹

¹ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4), e-mail: tanjuska_14@mail.ru

В практике проектирования все чаще применяются железобетонные элементы с дисперсным армированием в виде стальных фибр. В связи с этим приходится выполнять расчеты таких элементов, зачастую испытывающих сложные деформации. В данной статье приведены экспериментальные исследования фиброжелезобетонной стойки, подверженной косому внецентренному сжатию. Стойка сечением 200×200 мм армирована четырьмя продольными стержнями диаметром 10 мм класса А400, поперечное армирование выполнено стержнями диаметром 5 мм класса В500, процент фибрового армирования $\mu=2,0\%$. Нагрузка прикладывалась с эксцентриситетами — 4 см к одной оси элемента и 6 см к другой оси. Получены экспериментальные данные о напряженно-деформированном состоянии, схема трещинообразования кососжимаемого фиброжелезобетонного элемента. В рамках работы было проведено сравнение экспериментальных данных с теоретическими.

Ключевые слова: дисперсное армирование, фиброжелезобетон, косое внецентренное сжатие, экспериментальные исследования

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF FIBER-REINFORCED CONCRETE ELEMENT SUBJECT TO COMPRESSION WITH DOUBLE ECCENTRICITY

Evdokimova T. S.¹

¹Saint-Petersburg State University of architecture and civil engineering, Saint-Petersburg, Russia (190005, Saint-Petersburg, 2-Krasnoarmeyskaya st., 4), e-mail: tanjuska_14@mail.ru

In the practice of design are increasingly being applied reinforced concrete members with dispersed steel fibers. Therefore it's necessary to calculate such members often have complex deformation. The paper presents experimental investigations of fiber reinforced concrete strut under biaxial compression. The strut has a cross section of 200 × 200 mm, four longitudinal bars of 10 mm diameter quality class A400, confinement reinforcement of 5 mm quality class B500, the percentage of fiber reinforcement $\mu=2,0\%$. The load was applied with eccentricities of 4 cm and 6 cm to the axis. Experimental data on stress-strain state, schematic view of cracking of fiber reinforced concrete member under biaxial compression were obtained. Experimental and theoretical data were compared as a part of the study.

Keywords: dispersive reinforcement, fiber-reinforced concrete, compression with double eccentricity, experimental study

В связи с расширением области использования фиброжелезобетонных конструкций в России и зарубежных странах становятся актуальными исследования напряженно-деформированного состояния, прочности, трещиностойкости таких конструкций, в том числе в условиях сложных деформаций.

Ввиду разнообразия конструктивных форм и условий эксплуатации современных зданий и сооружений на сегодняшний день встречается все больше конструктивных элементов, работающих в условиях сложного напряженного состояния [1; 2; 7], такого как косое внецентренное сжатие.

Отсутствие в настоящее время в литературе и нормативных документах [6] каких-либо сведений о методах расчета кососжимаемых фиброжелезобетонных элементов

обуславливает своевременность постановки не только теоретических задач, но и задач, связанных с проведением экспериментальных исследований на натуральных конструкциях и физических моделях.

С целью изучения отработки методики эксперимента, а также изучения процессов трещинообразования, деформирования и разрушения фиброжелезобетонных элементов в условиях косоугольного внецентренного сжатия было проведено предварительное испытание фиброжелезобетонной стойки.

Опытный образец представлял собой колонну сечением 200×200 мм высотой 1000 мм. В качестве продольной рабочей арматуры использовались четыре стержня диаметром 10 мм класса А400. Поперечное армирование выполнялось стержнями диаметром 5 мм, расположенными с шагом 120 мм, из арматуры класса В500. По торцам каркасы усиливались четырьмя сетками из проволоки диаметром 5 мм В500 с шагом ячеек 40×40 мм. Дополнительно в торцах колонны устанавливались металлические распределительные пластины толщиной 10 мм.

В качестве фибрового армирования была принята стальная проволочная фибра ФСВ-А-0,3/30 (фибра стальная высокоуглеродистая). Процент фибрового армирования $\mu=2,0\%$. Длина фибры – 30 мм, диаметр – 0,3 мм. Для лучшего сцепления с матрицей фибра на концах имела анкера.

Для определения физико-механических свойств материала были испытаны бетонные и фибробетонные призмы и кубы. Призменная прочность бетона составила 26,4 МПа, кубиковая – 36,5 МПа; призменная прочность фибробетона составила 30,2 МПа, кубиковая – 43,0 МПа.

Испытание фиброжелезобетонной стойки на косоугольное внецентренное сжатие производилось на прессе марки ПММ-250. Схема экспериментальной установки и опытный образец представлены на рисунках 1, 2.

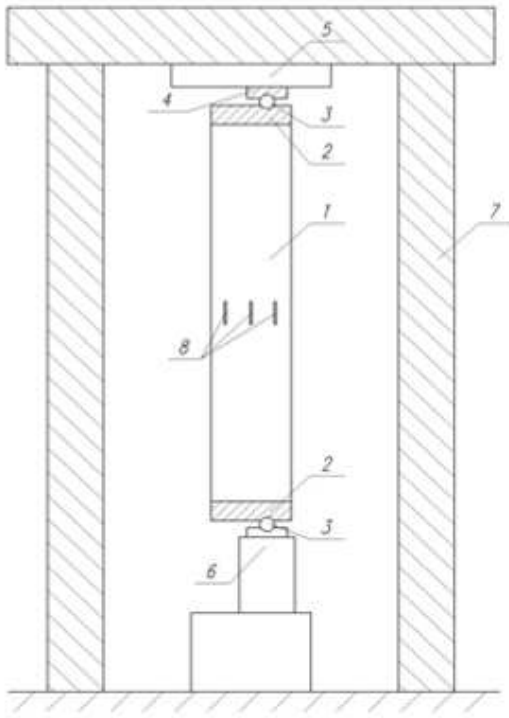


Рис. 1. Схема испытательной установки и измерительные приборы:

1 – опытный образец; 2 – стальная пластина толщиной 50 мм; 3 – стальной шарик диаметром 40 мм; 4 – стальная пластина толщиной 30 мм; 5 – стальная пластина прессы; 6 – домкрат; 7 – рама; 8 – тензодатчики



Рис. 2. Общий вид образца

Возраст образца к моменту испытаний составлял 35 суток. Экспериментальный образец испытывался в вертикальном положении, закрепление по обоим концам – шарнирное. Шарнир создавался металлическим шариком диаметром 40 мм, зажатым между стальными пластинами толщиной 50 и 30 мм. Образец подвергался кратковременной осевой нагрузке, прикладываемой с эксцентриситетами к обоим осям симметрии сечения. Величины эксцентриситетов принимали по оси $X - e_x = 4$ см, по оси $Y - e_y = 6$ см (рис. 3). Выбор эксцентриситетов был обусловлен результатами анализа напряженно-деформированного состояния колонн, работающих в условиях больших продольных усилий, воздействие которых превалировало над воздействием изгибающих моментов, т.е. рассматривается случай малых эксцентриситетов.

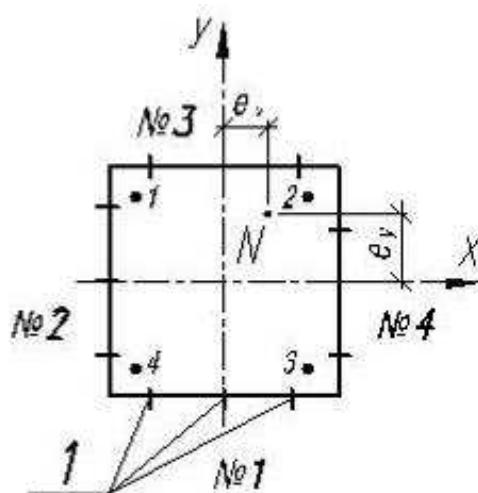


Рис. 3. Схема приложения нагрузки и расположения тензорезисторов на гранях колонны.
1 – тензорезисторы

Для измерения продольных деформаций бетона использовались проводниковые тензорезисторы PL-60-11 с базой 60 мм (производство Tokyo Sokki Kenkyuio). На гранях, наиболее удаленных от точки приложения силы, устанавливались по три тензорезистора, на остальных – по два.

Нагружение производилось ступенями по 0,05 от предполагаемой разрушающей нагрузки. На каждой ступени образец выдерживали под нагрузкой 3–5 мин. Во время испытания фиксировалась картина трещинообразования, за начало образования трещины принималось визуальное обнаружение трещин на поверхности бетона при помощи ацетона.

Первые ацетоновые трещины на растянутой грани № 2 появились при нагрузке 0,6 от разрушающей в средней части образца. При увеличении нагрузки процесс трещинообразования продолжался практически до разрушения, что объясняется характером работы фибробетона [5]. Раскрытие трещин сопровождалось характерным потрескиванием, обусловленным выдергиванием фибр из тела бетона. Трещины располагались нормально к продольной оси образца. Визуальные признаки разрушения на сжатых гранях (шелушение бетона) наблюдались при нагрузке 0,7 от разрушающей. При эксплуатационных нагрузках (\approx 60% от разрушающей) ширина раскрытия трещин на растянутых гранях (грань № 1, № 2) составила 0,1 мм. Характер трещинообразования образца представлен на рисунке 4.

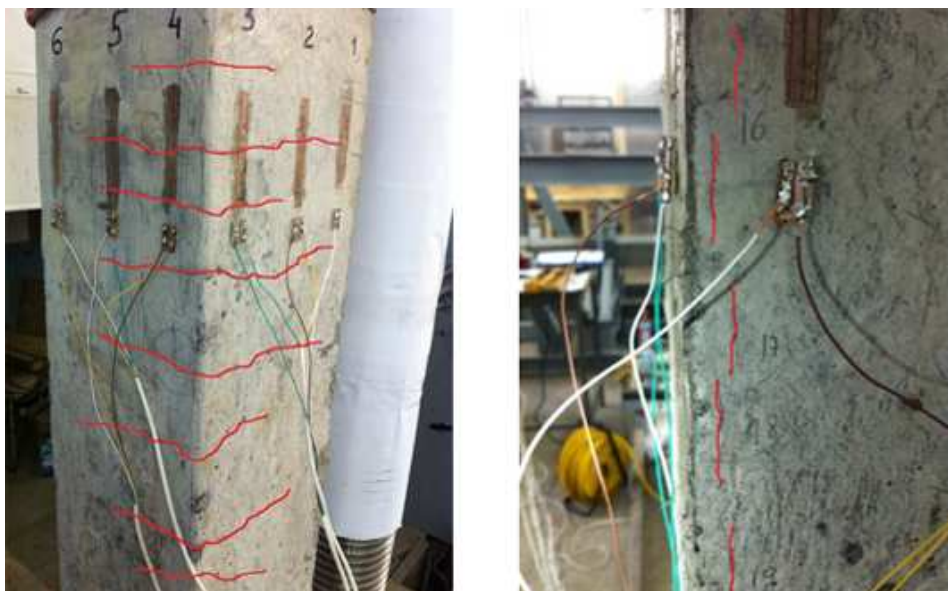


Рис. 4. Схема трещинообразования стойки при нагрузке 0,8 от разрушающей

Согласно замерам деформаций сжатая зона бетона в начальной стадии загрузения представляла собой пятиугольник. При дальнейшем увеличении нагрузки увеличивалась растянутая зона. В стадии, близкой к разрушению сжатой, зона имела форму четырехугольника (рис. 5). Максимальные деформации в сжатой зоне составили $-3,1 \times 10^{-3}$. Наличие пластических деформаций в сжатой зоне конструкции обусловило смещение нейтральной оси вглубь сечения, что характерно как для изгибаемых, так и для внецентренно сжатых элементов [4].

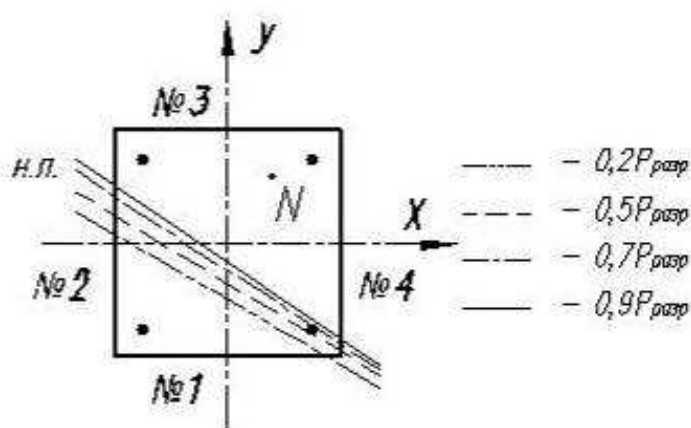


Рис. 5. Схема положения нейтральной линии в зависимости от прикладываемой нагрузки

Сжимающие напряжения в арматурных стержнях № 1 и № 2 (рис. 3) достигали значений 220 МПа и 500 МПа соответственно. Стержни № 3 и № 4 испытывали растягивающие напряжения – 10 МПа и 480 МПа соответственно.

Разрушение образца произошло при нагрузке 54 т от раздробления фибробетона сжатой зоны. Разрушение носило вязкий характер.

Было проведено сравнение экспериментальной разрушающей нагрузки с теоретической, посчитанной согласно методике, предложенной в [3]. Теоретическая

разрушающая нагрузка составила 47 т, отклонение от экспериментальной в пределах 15%. Предварительное испытание показало удовлетворительную сходимость с предложенной теоретической методикой. В дальнейшем предполагается проведение серии испытаний фиброжелезобетонных стоек с варьированием эксцентриситета приложения нагрузки.

Список литературы

1. Бахотский И.В. Экспериментально-теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния фиброжелезобетонных элементов, подверженных воздействию кручения с изгибом // Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2013. – № 4 (39). – С. 55–60.
2. Воронцова Н.С. Расчет прочности косоизгибаемых фиброжелезобетонных элементов // Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2014. – №3 (44). – С. 77–86.
3. Евдокимова Т.С. Практический метод расчета кососжимаемых фиброжелезобетонных элементов // Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2015. – № 3 (50). – С. 68–74.
4. Залесов А.С. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям. – М., 1988. – 320 с.
5. Морозов В.И. Эффективные фиброармированные материалы и изделия для строительства // Промышленное и гражданское строительство. – М., 2007. – № 10. – С. 43–45.
6. СП 52-104-2006. Сталефибробетонные конструкции // Госстрой России. — М.: ГУП НИИЖБ, 2007. – 73 с.
7. Хегай М.О. Напряженно-деформированное состояние фиброжелезобетонных элементов круглого сечения при действии поперечных сил // Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2013. – № 4 (39). – С. 60–65.

Рецензенты:

Веселов А.А., д.т.н., профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург;

Белый Г.И., д.т.н., профессор кафедры «Металлические конструкции и испытания сооружений» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.