

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ СОВМЕСТОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ КРУЧЕНИЯ С ИЗГИБОМ

Бахотский И. В.¹

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

В работе рассматривается влияние дисперсного армирования стальной фиброй железобетонных элементов, подверженных совместному воздействию кручения с изгибом при кратковременном нагружении. Экспериментальные исследования были выполнены на кафедре железобетонных и каменных конструкций Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета под руководством д.т.н., проф. Морозова В.И. В результате проведенных экспериментов обнаружено, что фиброжелезобетонные и железобетонные балки разрушаются с образованием геометрически сложного пространственного сечения, трещины образуются под углом около 45 градусов. Трещины в фиброжелезобетонных элементах имеют меньшую ширину раскрытия по сравнению с железобетонными и меньший шаг. Данный эффект объясняется наличием дисперсного фибрового армирования в растянутой зоне фиброжелезобетонных балок. Бетонная матрица с включением в нее фибрового армирования значительно повышает свою предельную растяжимость по сравнению с железобетонными образцами, отсюда и повышенная трещиностойкость и несущая способность и соответственно большее количество трещин с меньшим раскрытием.

Ключевые слова: фиброжелезобетон, кручение, изгиб.

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF FIBRE-REINFORCED CONCRETE ELEMENTS EXPOSED TO BENDING WITH TORSION

Bakhotskiy I.V.¹

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

This paper examines the impact of particulate reinforcement steel fiber reinforced concrete elements subjected to the joint effects of torsion with bending at short uploading . Experimental studies were carried out at the Department of reinforced concrete and masonry structures of the Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, under the guidance of prof. Morozov V.I. The experiments revealed that fibre-reinforced concrete and reinforced concrete beams are destroyed with the formation of geometrically complex spatial section , cracks are formed at an angle of about 45 degrees. Cracks in fibre-reinforced concrete elements have a smaller opening width compared with reinforced concrete and smaller step. This effect is explained by the presence of dispersed fiber reinforcement in the tension zone fibre-reinforced concrete beams. Concrete matrix with the inclusion of fibre-reinforced concrete significantly increases its maximum elongation compared with concrete examples, hence the increased fracture toughness and load-carrying capacity and therefore a greater number of fractures with less disclosure.

Keywords: fibre-reinforced concrete, torsion, bend.

Введение

В любом конструктивном элементе, работающем на изгиб, возникает кручение; за счет случайного эксцентриситета, обусловленного асимметрией сечения, неоднородностью материала или внецентренным приложением нагрузки. В этих случаях значение крутящего момента невелико и оно может быть не решающим при разрушении. Однако существует ряд конструкций, в которых не учет влияния крутящего момента может привести к разрушению по нетрадиционной схеме.

К конструкциям, в которых кручение существенно, относятся контурные балки зданий с монолитным каркасом, балки крайних пролетов, балки с консолями, опоры линий электропередач и многие другие конструкции.

Экономия материалов достигается не только за счет совершенствования технологий, повышение прочности материалов и выбора оптимальных геометрических размеров, но и путем разработки методов расчета, наилучшим образом, отвечающим реальной работе конструкций. Отсутствие подобных методов при составлении нормативных документов приводит к принятию расчетных положений, заведомо предполагающих как необоснованный запас прочности, так и наоборот, отсутствие, какого либо запаса.

В настоящее время существует более десятка предложений по оценке прочности железобетона при воздействии кручения. Наиболее прогрессивные методы и предложения, как правило, включаются в нормы. Тем не менее, в действующих нормативных документах по железобетонным конструкциям имеется ряд положений, касающихся оценки прочности при наличии кручения, не всегда согласующихся с реальной работой железобетона в стадии образования трещин и разрушения. Что же касается работы фиброжелезобетонных элементов, т.е. имеющих помимо регулярной стержневой или проволочной арматуры еще и дисперсное армирование в виде фибрового, то рекомендации по расчету отсутствуют вовсе [4].

В статье А.С.Залесова [1] определена общая схема разрушения, а также расчетные уравнения равновесия для расчета по прочности пространственных сечений железобетонных элементов подверженных воздействию кручения с изгибом. Уравнения равновесия, предложенные А.С.Залесовым, учитывают осевые усилия в поперечной арматуре, расположенной у боковых граней железобетонного элемента, однако геометрически сложную “поверхность разрушения” А.С.Залесов заменяет упрощенным диагональным, плоским сечением. Диагональное, плоское сечение, предложенное А.С.Залесовым, не всегда находит подтверждение в натуральных экспериментах.

Профессором А.А. Гвоздевым совместно с к.т.н. Н.Н. Лессиг разработана методика расчета [2] несущей способности железобетонных элементов прямоугольного сечения, работающих на изгиб с кручением на основе неплоского сечения разрушения. Натурные эксперименты проведенные Н.Н. Лессиг совместно с инж. Л.Ф. Касьяновой (1948 – 1949 гг.) а также с инж. Ю.В. Чиненковым и И.М. Лялиным (1953 – 1956 гг.) подтверждают предположение об образовании геометрически сложной, неплоской поверхности разрушения образованной спиральной трещиной развивающейся по трем граням элемента с замыкающей ее сжатой зоной по четвертой грани.

Цель экспериментальных исследований: изучить влияние дисперсного армирования стальной фиброй железобетонных элементов, подверженных совместному воздействию кручения с изгибом при кратковременном нагружении. Экспериментальные исследования были выполнены на кафедре железобетонных и каменных конструкций под руководством д.т.н., проф. Морозова В.И.

Для выполнения поставленной цели изготовлено 36 образцов. Образцы были разделены на 3 серии, в которых варьировался процент фибрового армирования. Для определения физико – механических свойств фибробетона были изготовлены кубы размерами 100×100×100 мм и призмы размерами 400×100×100. Кроме того были изготовлены прямоугольные железобетонные и фибробетонные балки размерами 1200×180×120, армированные поперечной (ф6 В500) и продольной арматурой (ф10 А400).

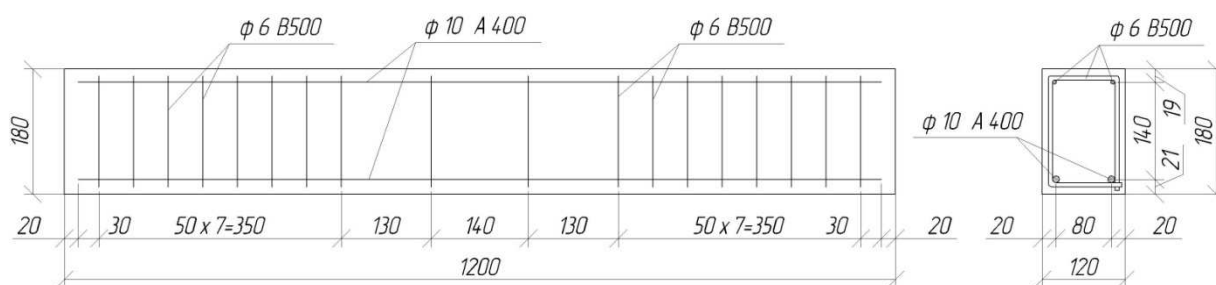


Рис. 1. Схема армирования фиброжелезобетонной балки.

Для изготовления образцов использовался портландцемент марки М400. В качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок с модулем крупности равным 2,1.

Армирование фибробетонных образцов, было произведено путем добавления в бетонную матрицу стальной проволочной фибры «Танис». Общий вид стальных фибр представлен на рис. 2.



Рис. 2. Общий вид фибр «Танис».

В технологии приготовления фибробетонов наиболее важным является введение волокон с одновременным обеспечением соответствующей равномерности и дисперсности их распределения.

Технология изготовления представляет собой следующие операции: в бетоносмеситель принудительного действия постепенно вводились песок, цемент, вода, добавки. После приготовления бетона постепенно небольшими порциями в бетоносмеситель добавлялась фибра. Каждый компонент дозировался на объем бетонной смеси. В предварительно подготовленную форму укладывалась фибробетонная смесь. Уплотнение бетона производилось на вибростоле (для призм и кубов) и с помощью глубинного вибратора (для балок) ИВ-35-1 (частота колебаний 13 000 кол/мин.). Формование призм и балок производилось в горизонтальном положении.

Распалубка опытных образцов осуществлялась на 7 сутки. Образцы хранились 28 суток в помещении с температурой 20...25°C. Для предотвращения потери влаги, открытые поверхности покрывались влажной ветошью и полиэтиленом.

Для проведения экспериментов на совместное воздействия кручения с изгибом была разработана экспериментальная установка, представленная на рис. 3.



Рис. 3. Общий вид экспериментальной установки.

С помощью представленной установки были выполнены испытания фиброжелезобетонных элементов на совместное воздействие кручения с изгибом. Установка позволяет равномерно нагружать (с эксцентриситетом относительно продольной оси балки) оба поперечных сечения балки расположенных в третях пролета.

Основная задача установки это обеспечение жесткого защемления поперечных сечений балки в третях пролета.

Испытания производилось с помощью 25-тонного домкрата ГД - 25. Передача нагрузки на опытные образцы происходила через траверсу, которая в свою очередь опиралась на захваты.

Нагружение экспериментальных образцов осуществлялось двумя сосредоточенными силами, приложенными симметрично относительно середины пролета балки.

Нагружение производилось ступенями по 0,1 от ожидаемой разрушающей нагрузки. Каждую ступень выдерживали по 5-10 минут. Снятие показаний приборов производилось после приложения нагрузки и в конце выдержки. При достижении нагрузки 0,7 от разрушающей величина ступени уменьшалась до 0,05 от ожидаемой разрушающей нагрузки. Кроме снятия показаний с приборов, так же в процессе испытания фиксировалась картина трещинообразования, за начало образования трещины, принималось визуальное обнаружение трещин на поверхности бетона, при помощи ацетона.



Рис. 4. Балки после испытаний (снизу – вверх): железобетонная, фиброжелезобетонная (1,5%), фиброжелезобетонная (3%).



Рис. 5. Общий вид ФЖБ 1,5% после разрушения.

Как видно из рис. 4, 5 фиброжелезобетонные и железобетонные балки разрушаются с образованием геометрически сложного пространственного сечения, трещины образуются под углом около 45 градусов. Трещины в фиброжелезобетонных элементах имеют меньшую ширину раскрытия по сравнению с железобетонными и меньший шаг [3].

Данный эффект объясняется наличием дисперсного фибрового армирования в растянутой зоне фиброжелезобетонных балок. Бетонная матрица с включением в нее фибрового армирования значительно повышает свою предельную растяжимость по сравнению с железобетонными образцами, отсюда и повышенная трещиностойкость и несущая способность и соответственно большее количество трещин с меньшим раскрытием [5, 6].

Список литературы

1. Залесов А.С. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям//Стройиздат – М., 1989. – 120 с.
2. Лессиг Н.Н. Определение несущей способности железобетонных элементов прямоугольного сечения, работающих на изгиб с кручением//Сборник трудов НИИЖБ. Выпуск 5. – М., 1959 г.– 180 с.
3. Пухаренко Ю. В. О вязкости разрушения фибробетона / Ю.В. Пухаренко, В.Ю. Голубев // Вестник гражданских инженеров №3(16). – СПбГАСУ.,2008. — С. 80-83.
4. СП 52 – 104 – 2006 «Сталефибробетонные конструкции». – 73 с.

5. Хегай А.О. Исследования фиброжелезобетонных колон с высокопрочной арматурой / В.И. Морозов, А.О. Хегай // Вестник гражданских инженеров №3(28). – СПбГАСУ.,2011. — С. 34-37.
6. Morozov V. and J. Pucharenko, Nuclear Reactor Shells of Heavy Ferrocoment. World Applied Sciences Journak 23 (Problems of Architecture and Construction), 2013.23.Pac. 90007, pp: 31-36.

Рецензенты:

Пухаренко Ю.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Строительных материалов и технологий» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Егоров В. В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения», г. Санкт-Петербург.