

УДК 69.04/07

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНКЕРОВКИ АРМАТУРЫ В
ФИБРОБЕТОНЕ****Анжелика Алексеевна Коваленко,**

студент 2 курса магистратуры, направление «Промышленное и гражданское
строительство: проектирование», СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург
alika_kovalenko@list.ru

Аннотация

Приводится описание экспериментального исследования анкерования арматуры в
бетонных и фибробетонных матрицах. Рассматриваются графики напряженно-
деформированного состояния призм, испытываемых по двум моделям.

Ключевые слова: фибробетон, сталефибробетон, НДС, исследование сцепления, длина
анкерования, характер разрушения сцепления.

**EXPERIMENTAL STUDY OF REINFORCEMENT ANCHORING IN
FIBROCONCRETE****Angelika A. Kovalenko,**

2nd year Master's student, e.g. "Industrial and Civil Construction: Design", SPbGASU, St.
Petersburg
alika_kovalenko@list.ru

ABSTRACT

An experimental study of reinforcement anchoring in concrete and fiber-concrete matrices
is described. Graphs of the stress-strain state of prisms tested using two models are considered.

Keywords: fibroconcrete, steel-fibroconcrete, VAT, coupling study, anchorage length, nature of
coupling failure.

Введение

Одной из приоритетных задач при проектировании железобетона является
взаимодействие арматуры с бетоном в условиях растягивающих усилий через арматуру, так

как снижение сцепления приводит к чрезмерному раскрытию трещин, уменьшению жесткости конструкции, снижению несущей способности [1].

Экспериментальные исследования показывают, что продольные трещины появляются после возникновения конусообразных трещин и их развитие определяется в основном степенью стеснения рассматриваемого фрагмента железобетонной конструкции [5].

Дальнейшему развитию трещин препятствует неповрежденная бетонная оболочка, которая может быть усилена косвенной арматурой. Если прочность окружающей бетонной оболочки недостаточна, радиальные трещины выходят на поверхность. При достаточной прочности обоймы увеличение радиальных усилий влечёт за собой рост сил сцепления [2].

Дальнейшее смещение арматуры относительно бетона будет происходить за счёт среза бетона между ребрами [4]. После этого сцепление обеспечивается только силами трения (трение раздробленного бетона).

Цели и задачи исследования

Целью данной работы является экспериментально-теоретическое исследование НДС арматурных стержней в сталефибробетонном основании и его сравнение с работой в бетоне.

Материалы и методы исследования

В рамках работы были проведены испытания 15 призм размерами 15x15x40см с двумя видами анкеровки арматуры А500с ф12 (рис.1). Испытание проводится по двум схемам: 1 схема – когда два отдельных стержня, что уменьшает концентрацию внутренних напряжений (распор), 2 схема – когда арматурный стержень проходит через все тело бетона.

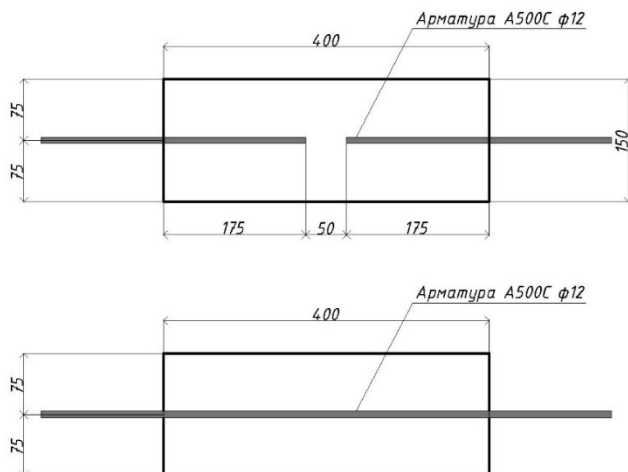


Рисунок 1. Размеры образцов

Так как необходимые габаритные размеры образцов были нестандартные, необходимо было изготовить опалубку. В качестве материала опалубки была использована ламинированная фанера толщиной 20мм. Выбранный материал обусловлен наличием водонепроницаемого покрытия, что предотвратило потерю воды бетонной смесью при наборе необходимой прочности. Сама опалубка была собрана при помощи саморезов (рис. 2).



Рисунок 2. Опалубка из ламинированной фанеры (Коваленко А.А. 02.03.22)

Вследствие того, что главной целью испытания поставлено сравнение поведения сцепления арматурного стержня с матрицей различных материалах: бетоне, сталефибробетоне с процентом фибры 1% и сталефибробетоне с процентом фибры 2%, необходимо было создать матрицу сталефибробетонной смеси идентичную составу бетонных блоков, а также аналогичные условия твердения и испытаний.

Для изготовления сталефибробетонной смеси использовались:

- Цемент ПЦ-500 D0;
- Песок строительный;
- Вода проточная;
- Пластификатор Cemmix CemPlast (рис. 3);
- Фибра стальная анкерная ФСВ-А-0,30/30 (рис. 4).



Рисунок 3. Общий вид пластификатора Cemmix CemPlast [6]

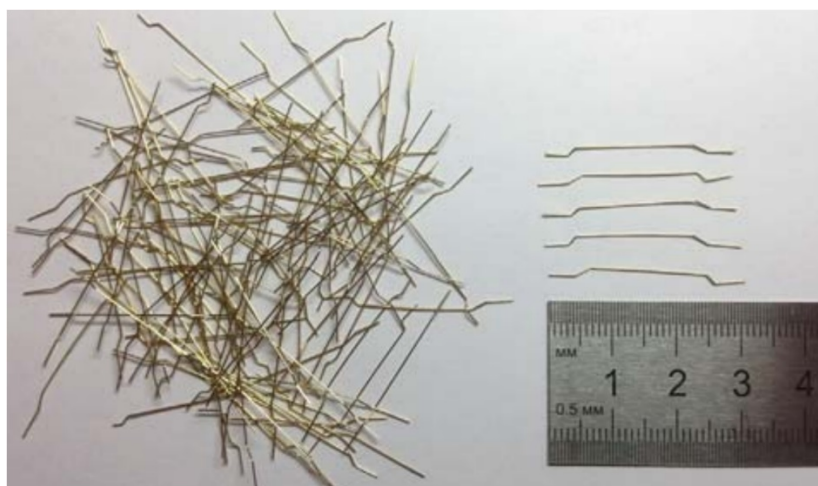


Рисунок 4. Общий вид стальной фибры ФСВ-А-0,30/30 (Коваленко А.А. 02.03.22)

В таблице 1 представлены принятые пропорции компонентов и их количество на один замес, взятых для изготовления образцов (рис. 5).

Таблица 1
Пропорции и состав смеси

Содержание фибры, %	Цемент [кг]	Песок [кг]	Вода [л]	Пластификатор [г]	Фибра, [кг]
0	41,6	124,88	18,72	220	0
1	41,6	124,88	18,72	220	1,85
2	41,6	124,88	18,72	220	3,71



Рисунок 5. Компоненты сталефибробетонной смеси (Коваленко А.А. 02.03.22)

Опытные образцы были изготовлены в лаборатории строительных материалов СПбГАСУ. Приготовление смеси выполнено в смесителе принудительного действия. Опалубки перед формованием были смазаны минеральным маслом. Сталефибробетонные блоки были изготовлены за пять замесов (15 образцов). Помимо опытных образцов были изготовлены стандартные кубиковые образцы размерами 100x100x100 мм для определения физико-механических свойств материала. Для уплотнения смеси использовался вибростол. Для предотвращения потери влаги опалубки были закрыты полиэтиленовой пленкой.

Для определения набранной прочности были испытаны стандартные кубиковые образцы на осевое сжатие (рис. 6). Испытание проходило в соответствии ГОСТ 10180-2012. По результатам был определён класс бетона В30.



Рисунок 6. Испытание стандартных образцов на кубиковое сжатие (Коваленко А.А. 21.04.22)

Приложение осевого выдерживающего усилия к арматуре выполнялось на установке IBERTEST POWERTEST U600 (рис. 7). Регулируемая высота подвижной траверсы позволяет испытывать длинные образцы. Также этот прибор обладает автоматическим измерительным устройством для определения прикладываемых к арматуре усилий и деформаций. После интеграции записанного программой испытания на компьютерное устройство, имеется возможность автоматического построения графика «усилие-деформация». Прочности данного прибора с запасом хватает для испытания с заданными выше условиями: максимальная тяга POWERTEST U600 составляет 600 кН.



Рисунок 7. POWERTEST U600 [7]

Нагружение арматурных стержней производилось равномерно с постоянной скоростью 5 мм/с, доводя соединение до разрушения [1].

На рисунках 8-12 продемонстрированы образцы после испытаний.

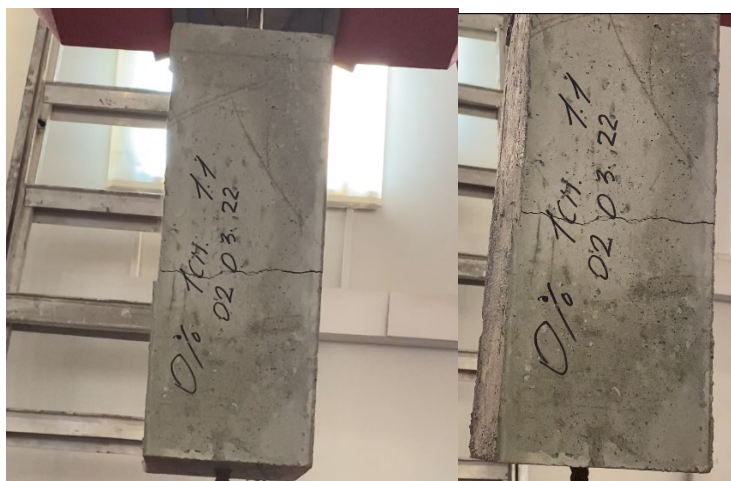


Рисунок 8. Разрушение бетонного образца, 1 схема (Коваленко А.А. 23.04.22)

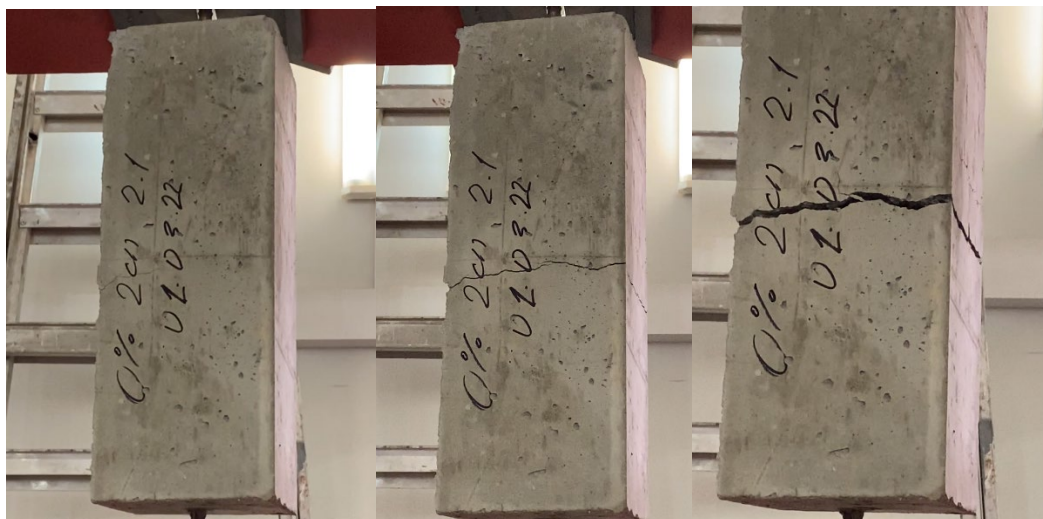


Рисунок 9. Разрушение бетонного образца, 2 схема (Коваленко А.А. 23.04.22)

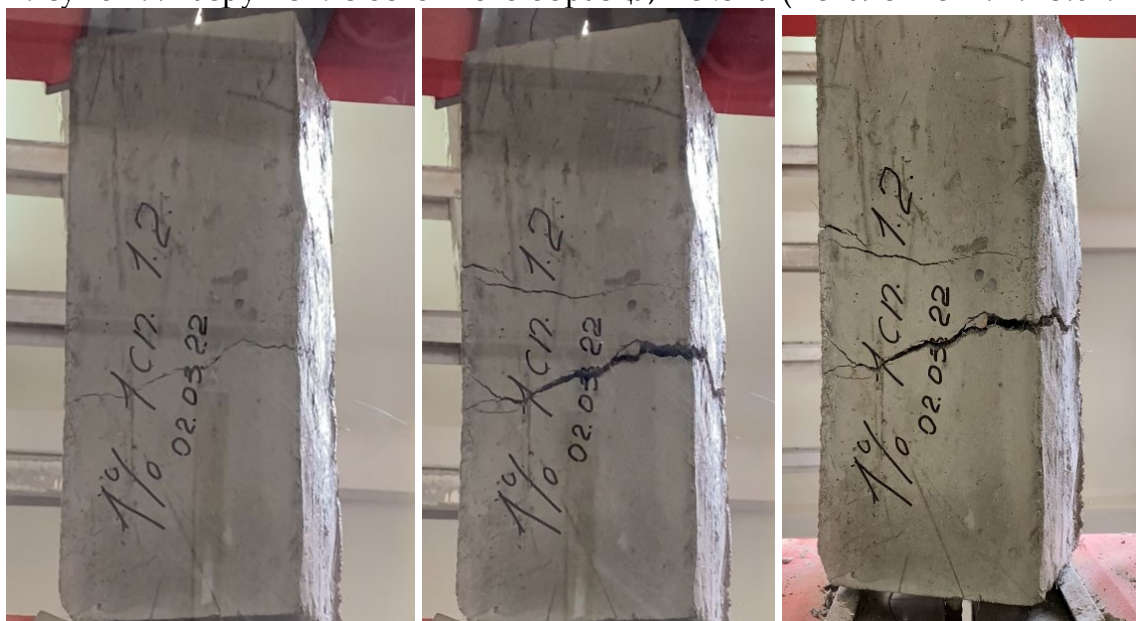


Рисунок 10. Разрушение сталефибробетонного образца (1% фибры), 1 схема (Коваленко А.А. 23.04.22)



Рисунок 11. Разрушение сталефибробетонного образца (1% фибры), 2 схема (Коваленко А.А. 23.04.22)



Рисунок 12. Разрушение сталефибробетонного образца (2% фибры), 2 схема (Коваленко А.А. 23.04.22)

Результаты и их обсуждение

Для наглядности и сравнительной оценки работы, результаты испытаний в бетонном и сталефибробетонном основаниях для обоих методов показаны на одном графике (рис. 13,14).

На этих графиках отмечены упругая (I) и упругопластическая (II) стадии. Разрушение бетонных образцов по 1 схеме происходило при 32,73 кН, с добавлением 1% фибры при 38,92 кН, по 2 схеме без добавления фибры разрушение происходило при 73,76 кН, с добавлением 1% фибры при 81,06 кН, с добавлением 2% фибры при 83,01 кН.

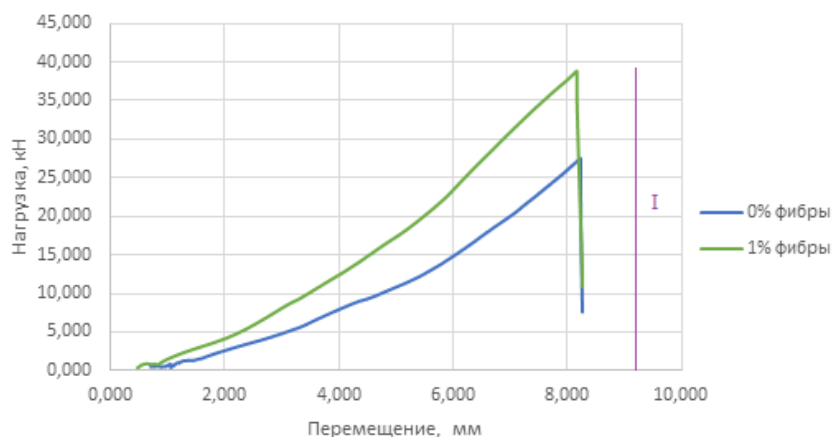


Рисунок 13. Графики работы армированных призм на осевое растяжение в бетонном и сталефибробетонном образцах, схема 1

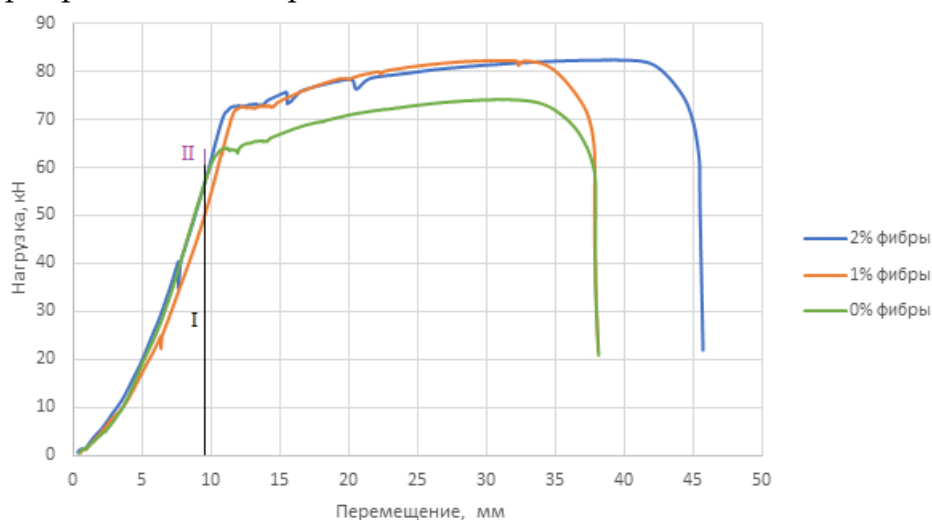


Рисунок 14. Графики работы армированных призм на осевое растяжение в бетонном и сталефибробетонном образцах, схема 2

На графиках четко просматривается наличие упругой стадии работы анкерных шурупов и переход в пластическую стадию, что подтверждается работой [3]. Имеющиеся «неровности» графиков на самых первых единицах усилий нагружения вызваны устранением неплотностей соединения, включением в работу арматуры, поэтому их не принимают во внимание. Значения критической нагрузки, полученные в параллельных испытаниях с использованием бетонного основания, меньше на 12–18 % значений в сталефибробетоне. Это подтверждают влияние дисперсного армирования на работу арматурных стержней.

Заключение

Таким образом, на основе установки IBERTEST POWERTEST U600 нами проделано экспериментальное исследование анкеровки арматуры в бетонных и фибробетонных матрицах. Получены и проанализированы графики напряженно-деформированного состояния призм, испытываемых по двум моделям. Считаем перспективным продолжение проведения такого рода экспериментальных исследований.

Список литературы:

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
2. Холмянский М.М. Бетон и железобетон: Деформативность и прочность. – М.: Стройиздат, 1997. – 576 с.
3. Трофимов А.В. Расчёт железобетонных конструкций с использованием модели составного стержня / А.В. Трофимов; СПбГАСУ. – СПб., 2012. – 101 с.
4. fib Model Code for Concrete Structures 2010 – Berlin, Ernst & Sohn, 2013. 402 p.
5. EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. // Brussels: European Committee for Standardization, 2002.
6. <https://leroymerlin.ru/product/superplastifikator-cemmix-cemplast-16718308/>
7. <http://ibertest-russia.ru/product/powertest-u/>

References:

1. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. Updated edition of SNiP 52-01-2003.
2. Kholmyansky M.M. Concrete and reinforced concrete: Deformability and strength. – M.: Stroyizdat, 1997. – 576 p.
3. Trofimov A.V. Calculation of reinforced concrete structures using a composite rod model / A.V. Trofimov; SPbGASU. – St. Petersburg, 2012. – 101 p.
4. fib Model Code for Concrete Structures 2010 – Berlin, Ernst & Sohn, 2013. 402 p.
5. EN 1992-1-1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. // Brussels: European Committee for Standardization, 2002.
6. <https://leroymerlin.ru/product/superplastifikator-cemmix-cemplast-16718308/>
7. <http://ibertest-russia.ru/product/powertest-u/>