

3. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчёта и конструирования. Учебное пособие/Т.М. Пецольд [и др.]; под ред. Т.М. Пецольда, В.В.Тура. – Брест: БГТУ, 2003. – 380с.: ил.

4. FIB. Structural connections for precast concrete buildings. Guide to good practice prepared by Task Group 6.2. – 2008 – 360с.

УДК 691.87

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ С БЕТОНОМ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ХОТЬКО А.А., САДИН ЭБРАИМ ЯГУБ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Одним из решений, позволяющих экономить стальную арматуру в железобетонных конструкциях, является использование в качестве армирования композитной (стеклопластиковой и базальтопластиковой) арматуры в предварительно напряжённых изгибаемых несущих композитобетонных конструкциях /1, 2, 3, 4, 5/.

При этом является очевидным тот факт, что обладая различными параметрами периодического профиля, стеклопластиковая арматура различных производителей будет иметь и различные характеристики сцепления с бетоном. Следует отметить, что согласно исследованиям различных авторов, именно зацепление за бетон выступов профиля и микронеровностей поверхности арматуры (по сравнению с остальными факторами) оказывают решающее влияние на совместную работу арматуры и бетона. Учитывая то, что при армировании бетонных конструкций, эффективное использование стеклопластиковой арматуры возможно только при выполнении предварительного напряжения последней, периодический профиль арматуры, обеспечивающий совместную работу арматурных стержней и бетона приобретает особое значение, оказывая влияние на ширину раскрытия трещин и прогибы элементов /1/.

С целью разработки предложений по расчету анкеровки в бетоне композитной стержневой арматуры производителей Республики

Беларусь предполагалось исследовать влияние диаметра и длины заделки арматурных стержней на прочность сцепления с бетоном композитной арматуры различных производителей в изгибаемых элементах;

Исследования выполняли для композитной арматуры трех различных производителей Республик Беларусь (ЧП «Минпласт» г. Минск, ОАО «Стройкомпозит, г. Гомель и ООО «Научно-производственная компания «Бизнес-Континент» (г.Брест).

Исследования предусматривали сравнительные испытания балок на свободных опорах, армированных стержнями стеклопластиковой арматуры диаметром от 4мм до 10 мм, производства ООО «Строй-Композит» (г.Гомель), ООО «Научно-производственная компания «Бизнес-Континент» (г.Брест) и ЧП «МИНПЛАСТ» (г.Минск) с различными длинами контакта арматуры с бетоном (10d, 20d и 30d)

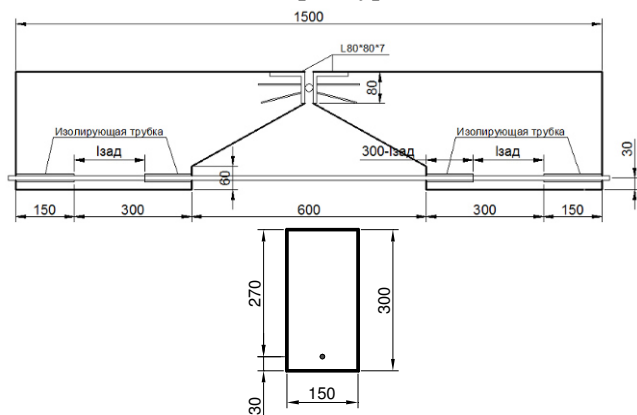


Рис. 1. Геометрические характеристики опытных балок

Поперечное сечение опытных образцов принято прямоугольным с размерами сторон $b \times h = 150 \times 300$ мм. Длина образцов $L=1500$ мм. Опытная балка в середине разделена на две части. Эффективная высота бетона (высота сжатой зоны бетона) зафиксирована путем установки стальных уголков в пределах высоты $x_{eff}=80$ мм с шарниром между ними (рис. 1). В нижней части в пределах зоны чистого изгиба (в пределах 600 мм) бетон отсутствует. При этом в одной части заделки ($l_{сад}$) композитная арматура находилась в контакте с бетоном, а в другой части (150 мм и $300-l_{сад}$) сцепление искусственно исключалось (стержень помещался в изолирующую трубку). Попе-

речная и сжатая арматура отсутствует. Величина относительного пролета среза принята постоянной и равной 450мм.

Контроль геометрических параметров профиля арматуры производился при помощи штангельглубиномера до формования образцов (табл. 1).

Таблица 1

Параметры профилей арматуры опытных образцов

Производитель СПА	Диаметр тела стержня $d_{ном}$, мм	Диаметр с профилем $D_{проф}$, мм	Шаг навивки профиля t , мм	Угол навивки профиля α , градусов
ООО «СтройКомпозит»	4	5.1	11.5	60
	6	7.0	11.5	60
	7.7	8.8	11.5	60
	8	9.0	11.5	60
	10	11	11	60
ЧП «МИНПЛАСТ»	5.5	5.5	2	80
	7.5	7.5	2	80
ООО «Научно-производственная компания «Бизнес-Континент»	5	7	11	25-30
	9,0	10,0	11	25-30
	9.5	10.5	11	25-30



Рис. 2. Деревянная опалубка для изготовления опытных образцов

Опытные образцы-балки изготавливали в разборной деревянной опалубке (рис.2) с формованием в горизонтальном положении (для арматуры). Бетонная смесь для опытных образцов изготавливалась

на растворобетонном узле строительной компании ИООО «Бел-Парс». Проектируемый класс бетона С30/37. Бетонирование производилось с уплотнением бетонной смеси штыкованием. После формирования предусматривалась выдержка их в опалубке в течении двух недель для набора прочности, достаточной для разупалубливания.

Для повышения точности испытаний и для установления равных условий для всех образцов, все образцы изготавливали из одного замеса и испытывали с минимальной разницей во времени. Опытные образцы-балки в процессе твердения находились под слоем регулярно увлажняемого слоя опилок, покрытого полиэтиленовой плёнкой для предотвращения испарения влаги.

Внешний вид опытного образца балки для испытания на сцепление с бетоном композитной арматуры представлен на рисунке 3.

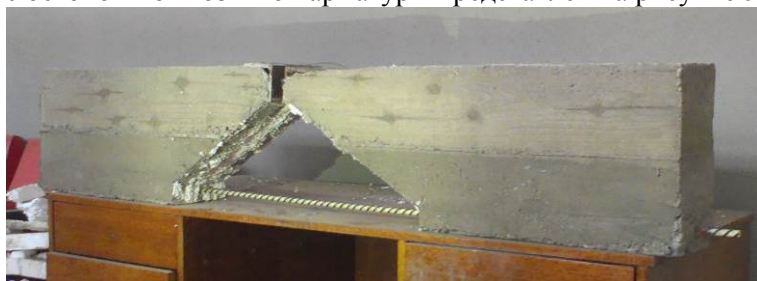


Рис. 3 – Внешний вид опытного образца ББ8-20

Испытания проводились на гидравлическом прессе кафедры ЖБК с расстоянием между двумя точками приложения нагрузки на балку 500 мм, расположенными симметрично относительно центра пролета. Расстояние от опоры до места приложения нагрузки принято 450мм.

Для изучения влияния диаметра и длины контакта с бетоном стеклопластиковых арматурных стержней на прочность сцепления с бетоном композитной арматуры различных производителей относительно бетона изгибаемых железобетонных элементов, контролировали характер разрушения опытных образцов и максимальную нагрузку, при котором сцепление стеклопластиковой арматуры с бетоном не нарушено (P_{max}); Внешний вид установки для проведения испытаний представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Внешний вид установки для испытаний

Разрушение опытных образцов происходило в результате возникновения одного из трех случаев: проскальзывания арматуры относительно бетона, скалывания защитного слоя бетона (фото слайда) или разрыва композитной арматуры (рис. 5, 6, 7).



Рис. 5. Опытный образец после разрушения в результате разрыва арматуры



Рис. 6. Место разрыва арматуры



Рис. 7. Опытный образец после разрушения в результате скола защитного слоя бетона

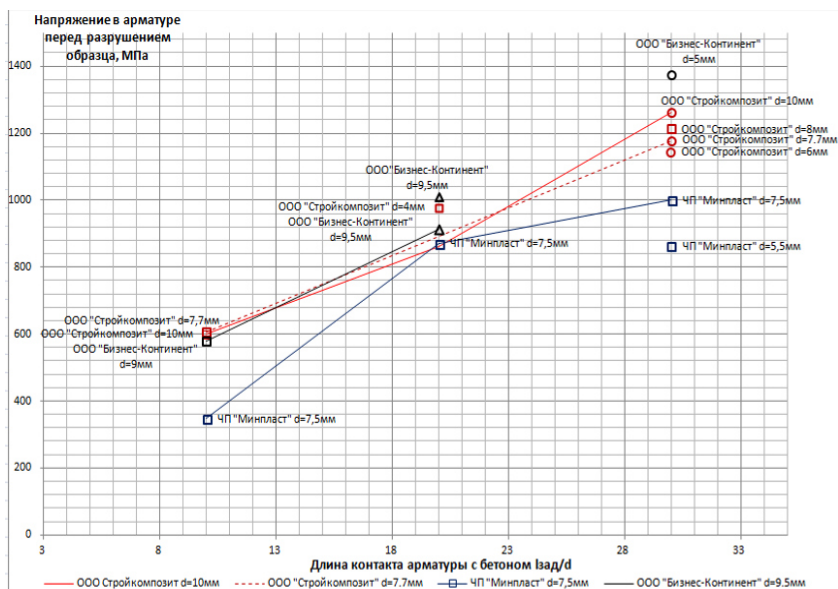


Рис. 8. График зависимости предельных напряжений в арматуре в момент разрушения образцов от длины контакта арматуры с бетоном

Предельная нагрузка перед разрушением образцов, зависела от величины заделки арматуры в бетон и диаметра стеклопластиковой арматуры. На представленном графике рисунка 8 красным цветом помечены образцы с арматурой производства ООО «Стройкомпозит», черным цветом – образцы с арматурой производства ООО «Бизнес-континент» и синим цветом – образцы с арматурой

частного предприятия «Минпласт». Маркер в виде квадрата обозначает разрушение образца по причине нарушения анкеровки арматуры в бетоне вследствие ее проскальзывания, маркер в виде кружочка обозначает, что образец разрушился по причине разрыва стеклопластиковой арматуры, и маркер в виде треугольника показывает на графике образцы, в которых разрушению предшествовал скол защитного слоя бетона арматуры.

Четыре опытных образца с длиной заделки арматуры в бетон равной $30d$ разрушались по причине разрыва стеклопластиковой арматуры. Причем три образца из разрушившихся по причине разрыва арматуры были со стержнями производства ООО «Стройкомпозит» ($\varnothing 6\text{мм}$, $\varnothing 7,7\text{мм}$ и $\varnothing 10\text{мм}$), и один образец с арматурой производства ООО «Бизнес-континент» ($\varnothing 5\text{мм}$). Стоит отметить, что один образец с длиной заделки $30d$ и с арматурой производства ООО «Стройкомпозит» ($\varnothing 8\text{мм}$), который разрушился вследствие проскальзывания арматуры относительно бетона, достиг предельной нагрузки перед разрушением, соответствующей напряжениям в арматуре $\sigma = 1213\text{МПа}$. Учитывая, что данное значение соответствует декларируемому производителем временному сопротивлению разрыва стеклопластиковой арматуры, можно сделать вывод, что арматура в предельном состоянии перед разрушением образца, была близка к разрыву.

Наиболее низкие показатели сцепления арматуры с бетоном показали образцы с арматурой производства частного предприятия «Минпласт», в которых разрушение балок со всеми длинами контакта стержней с бетоном сопровождалось проскальзыванием арматуры относительно бетона.

Так, с увеличением длины контакта арматуры с бетоном с $10d$ до $30d$ предельное усилие на нагруженном конце арматуры (N_{max}) для образцов со стержнями производства ЧП «Минпласт» увеличилось от значения, соответствующего напряжениям 347МПа до значений, соответствующим напряжениям 1000МПа . Для сравнения, максимальные напряжения в арматуре перед разрушением образцов со стержнями производства ООО «Стройкомпозит» и ООО «Бизнес-континент» увеличивались с увеличением длины контакта от $10d$ до $30d$ от значений $\approx 600\text{МПа}$ до $1150\dots 1350\text{МПа}$.

Диаметр арматуры образцов не оказывал значительного влияния на величину предельной нагрузки перед разрушением.

Анализируя данные испытаний, можно сделать вывод, что для обеспечения работы стеклопластбетонных конструкций с полным расчетным сопротивлением в арматуре, требуемая длина анкеровки стеклопластиковой арматуры производства ООО «Стройкомпозит» и ООО «Бизнес-Континент» составляет $\approx 30d$. Для случая с арматурой производства частного предприятия «Минпласт», длина заделки $30d$ не достаточна для обеспечения работы стеклопластбетонных конструкций с полным расчетным сопротивлением в арматуре. С целью разработки предложений по расчетной оценке длины анкеровки стеклопластиковой арматуры, ведется анализ данных измерения перемещений арматуры относительно бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тур В.В., Малыха В.В. Сопротивление изгибаемых железобетонных элементов с комбинированным армированием стеклопластиковыми и стальными стержнями // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будовлі та споруди.– Збірник наукових праць, Вип. 24, 2012.– Рівне.– с. 271–281.
2. ModelCode 2010.
3. Фролов, Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции / Н.П. Фролов. – Москва: Стройиздат, 1980. - 104с.
4. Николаев, Е. Применение композитных материалов в строительстве в мире. Потенциал роста в России / Е. Николаев // ООО «Гален» [Электронный ресурс] – 2011. –
5. Неметаллическая арматура: опыт разработки и применения неметаллической арматуры в СССР и за рубежом // Технологической группы «ЭКИПАЖ» (Украина, Харьков) [Электронный ресурс] – 2009.