

М.С. Горохов, И.В. Волков
«ЦКБ» МОНОЛИТ» (г. Городец)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ФИБРОБЕТОНА

Одним из перспективных способов повышения эксплуатационных характеристик железобетона является его дисперсное армирование. Дисперсное армирование бетонной матрицы позволяет в значительной степени снизить основные недостатки обычного бетона (низкую прочность при растяжении, изгибе, хрупкость разрушения). На данный момент из всех существующих композитных дисперсно армированных материалов наибольшее распространение получил фибробетон.

Прочностные свойства фибробетона зависят от геометрических размеров применяемых волокон, их сцепления с матричным бетоном, прочности самих фибр, величины отношения длины волокна к его диаметру, а также от объемного содержания фибр в бетоне-матрице, которое определяет показатель дисперсности армирования. В настоящее время одной из актуальных задач является задача выработки наиболее точной и рациональной методики расчета прочностных параметров конструкций из фибробетона. Исходя из этого, одной из целей исследования, являлась выработка общих рекомендаций по расчетам прочности фибробетонных элементов.

Для решения поставленной задачи в рамках экспериментально-аналитического исследования была проведена серия статических испытаний нагружением фибробетонных конструкций, в ходе которых определялись значения разрушающих моментов для фибробетонных плит с размерами $2,5 \times 1$ м и толщиной 50 мм.

В опытных фибробетонных плитах варьировались следующие параметры:

- геометрические параметры фибры в бетоне;
- процентное содержание фибры в бетоне;
- шаг и диаметр рабочей арматуры в плитах.

Для изготовления опытных образцов плит использовались следующие материалы:

- бетон класса В30;
- рабочая арматура: Вр-I-4, А-III-6 и А-III-8;
- шаг арматуры диаметром 4 мм – 50 мм, диаметром 6 мм – 100 мм, диаметром 8 мм – 180 мм;
- тип фибры: стальная анкерная $l_f=30$ мм, $d_f=0,3$ мм, $\mu_n=0,00637$ и $l_f=60$ мм, $d_f=1,0$ мм $\mu_n=0,01146$.

Нагружение осуществлялось путем укладки груза в четыре этапа, с выдержкой после каждой ступени 5–7 минут. За разрушающий момент принимался момент, при котором напряжения в бетоне или в арматуре достигали критических значений. Полученные значения разрушающего момента для каждой плиты осреднялись и определялся средний разрушающий момент по каждой серии плит. Средние значения разрушающего момента для каждой серии плит в дальнейшем сравниваются с разрушающим моментом полученным расчетом по различным методикам.

Для нахождения зависимости напряжений от деформаций фибробетона при сжатии, было испытано две серии стандартных призм на осевое сжатие, с составом бетона и объемным содержанием фибры таким же, как и у испытанных ранее плит.

По итогам проведения испытаний для каждого образца формировался протокол, в котором отражалась зависимость деформаций бетонной поверхности от приложенной нагрузки.

Для определения зависимости деформаций растянутой и сжатой зон фибробетона от внешнего изгибающего момента, были проведены испытания на изгиб двух серий фибробетонных призм с размерами $100 \times 100 \times 400$ мм, по 36 штук в каждой серии.



Рис. 1. Проведение статических испытаний образцов из фибробетона

Полученные экспериментальные зависимости деформаций от изгибающего момента по всем призмам каждой серии осреднялись. По осредненным значениям деформаций и соответствующим им моментам выполнялся расчет и построение диаграммы $\sigma(\varepsilon)$ при растяжении, по точкам, полученным в ходе решения по нелинейной деформационной модели. Затем выполнялось сглаживание и аппроксимация полученной диаграммы, с целью получения функциональной зависимости деформаций от напряжений.

Для этой цели диаграммы были разбиты на отдельные участки, которые были зааппроксимированы следующими зависимостями:

а) для диаграммы деформирования призм с фиброй $l_f=30$ мм:

– участок 1:

$$0 < \varepsilon < 0,00021$$

$$\sigma = -5,4461 \times 10^{23} \varepsilon^6 + 3,5930 \times 10^{20} \varepsilon^5 - 8,4686 \times 10^{16} \varepsilon^4 + 8,2318 \times 10^{12} \varepsilon^3 - 3,3513 \times 10^8 \varepsilon^2 + 2,9773 \times 10^4 \varepsilon$$

– участок 2:

$$0,00021139 < \varepsilon < 0,00048307$$

$$\sigma = 5,8378 \times 10^{12} \varepsilon^4 - 2,2078 \times 10^{10} \varepsilon^3 + 2,98091 \times 10^7 \varepsilon^2 - 1,4316 \times 10^4 \varepsilon + 5,01$$

– участок 3:

$$\varepsilon < 0,00048307$$

$$\sigma = 2,61$$

б) для диаграммы деформирования призм с фиброй $l_f=60$ мм:

– участок 1:

$$0 < \varepsilon < 0,00017$$

$$\sigma = -1,1584 \times 10^{24} \varepsilon^6 + 6,3788 \times 10^{20} \varepsilon^5 - 1,2805 \times 10^{17} \varepsilon^4 + 1,0654 \times 10^{13} \varepsilon^3 - 3,8606 \times 10^8 \varepsilon^2 + 3,7300 \times 10^4 \varepsilon$$

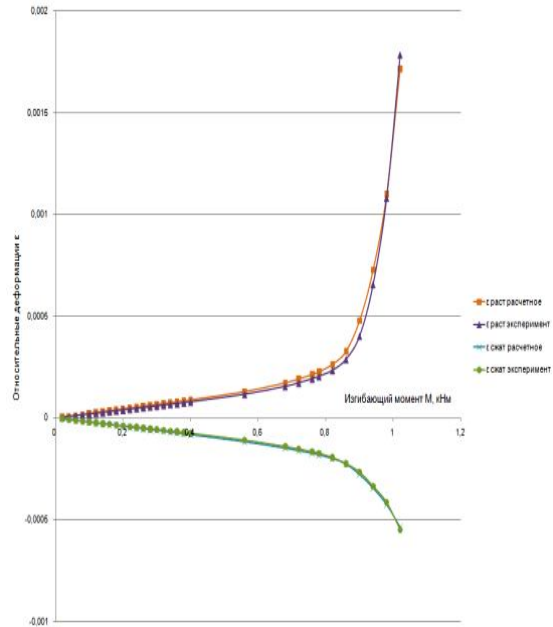
– участок 2:

$$0,00017563 < \varepsilon < 0,00045998$$

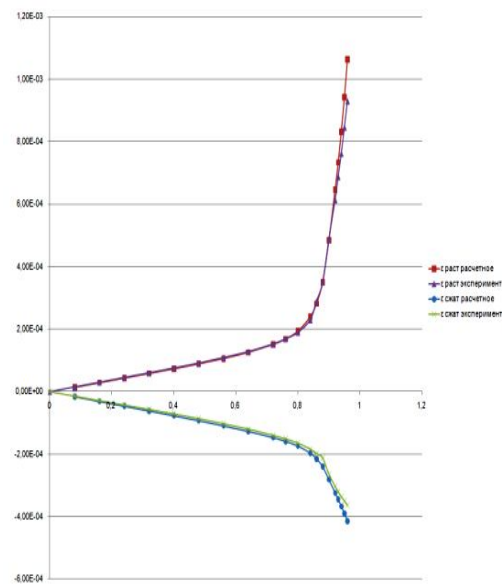
$$\sigma = 2,632 \times 10^{14} \varepsilon^4 - 4,0276 \times 10^{11} \varepsilon^3 + 2,2964 \times 10^8 \varepsilon^2 - 5,8989 \times 10^4 \varepsilon + 8,3303$$

– участок 3:
 $\varepsilon < 0,00045998$
 $\sigma = 2,55$

Проверка правильности выполненной аппроксимации производилась путем прямого расчета фибробетонной призмы по нелинейной деформационной модели, с использованием полученной при аппроксимации зависимости и визуального сравнения, теоретически полученных, графиков зависимости деформаций от изгибающего момента с графиками, построенными по осредненным экспериментальным данным.



a)



б)

Рис. 2. Сравнение зависимостей, полученных расчетом и в ходе эксперимента, для призм с фиброй: а) $\ell_f=30$ мм и б) $\ell_f=60$ мм

Следующим шагом в решении поставленной задачи был расчет разрушающего момента и ширины раскрытия трещин фибробетонной плиты с размерами $2,5 \times 1$ м и толщиной 50 мм, по различным методикам. Расчет выполнялся в двух вариантах: по нормативным значениям характеристик, и по экспериментальным значениям характеристик.

Расчет плиты выполнялся по следующим методикам:

СП 52-104-2006* Сталефибробетонные конструкции

По рекомендациям, изложенным в книге Ф.Н. Рабиновича «Композиты на основе дисперсно армированных бетонов» по Нелинейной Деформационной Модели.

Анализируя результаты расчетов можно сделать следующие выводы:

1) В расчетах фибробетонных плит по прочности по экспериментальным (практическим) характеристикам материала наилучшую сходимость расчетного значения разрушающего момента с экспериментальными значениями показал расчет по НДМ

2) Значения разрушающего момента, определяемые по методам Ф.Н. Рабиновича и СП 52-104-2006* Сталефибробетонные конструкции с использованием экспериментальных характеристик материала, имеют завышенные величины по сравнению с экспериментальными значениями разрушающего момента. Что приводит к ошибке в опасную сторону, причем значения, полученные по СП 52-104-2006*, в большей мере завышены.

3) Значения разрушающего момента, определенные по методу Ф.Н. Рабиновича и СП 52-104-2006* с использованием нормативных характеристик имеют близкие значения, причем значения, полученные по методу Ф.Н. Рабиновича, имеют более близкие значения.

4) Методика обработки результатов испытаний по ГОСТ 10180-90 и нахождение величины предела прочности при растяжении фибробетона в ходе проведения испытаний призм на изгиб в чистом виде неприемлема, поскольку приводит к сильно завышенным значениям указанной характеристики.

Список литературы:

- [1] СП 52-104-2006* Сталефибробетонные конструкции. М.: НИИЖБ и ОАО «НИЦ «Строительство», 2010. 68 С.
- [2] Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории проектирования, технологии, конструкции. М.: Издательство АСВ, 2004. С. 560.
- [3] ГОСТ 10180-90. Бетоны. Метод определения прочности по контрольным образцам, введен 01.01.1991 – М., Государственный строительный комитет, Издательство стандартов, 1990, С. 45;

С.В. Давыдова, А.Ю. Комарова
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ОБОСНОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОГО ТИПА И ГЛАВНЫХ РАЗМЕРЕНИЙ МНОГОЦЕЛЕВОГО СУДНА С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЕГО ТРАНСПОРТИРОВКИ

Многоцелевые суда применяют для предотвращения чрезвычайных ситуаций, а также проведения обстановочных, служебно-разъездных и других видов работ. Потребность в судах-универсалах существовала всегда, так как наиболее выгодно на одной конструктивной и технологической базе строить суда самого разного назначения. Особенно привлекательно пойти по пути модификации одной базовой конструкции малотоннажного судна спроектированного с учетом многофункционального использования.