

тибюль с лестницей на второй этаж, двухкомнатная квартира с кухней, ванной комнатой, туалетом, два хранилища и помещение охраны. Второй этаж занимали: операционный зал, касса, контора, кабинет директора, зал заседаний, комната курьера, два туалета. Согласно ежегоднику «Брест-над-Бугом», в 1931 г. банк насчитывал 2100 клиентов.

Очередное здание – по ул. Комсомольской. Оно было построено по проекту архитектора Котовича в 1932 г. Один этаж здания занимало казино "Zjednoczony Klub Obywatelski". В конце 1930-х годов в здании размещался ресторан "Esplanada", по свидетельствам старожилов, лучший ресторан в довоенном городе по качеству кухни и обслуживанию. Здание было национализировано в 1940 г. и превращено в столовую (которая, кстати, упоминается в качестве ресторана в повести "В списках не числится"). Точно не установлено, как использовалось здание во время фашистской оккупации. Возможно, по-прежнему в качестве предприятия общественного питания.

Мы рассмотрели лишь малую часть исторических зданий Бреста, но на улицах города есть еще масса объектов, которые ждут, когда кто-то расскажет и их историю.

Выводы. Авторы исследования изучили множество малоизвестных зданий и сооружений города. Накоплено большое количество информации об интересных, уникальных и богатых историей архитектурных объектах.

Сделан вывод, что следует уделять больше внимания и повышать интерес горожан к исторической застройке.

Список цитированных источников

1. Бартењев, А.И. Очерки истории Бреста. – М.: Искусство, 1996. – 383 с.
2. Свод памятников истории и культуры Белоруссии. Брестская область / АН БССР, Ин-т искусствоведения, этнографии и фольклора. – Мн.: БелСЭ, 1990. – 424 с.

УДК 681.3: 634.04

Семенюк О.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

ПРИМЕНЕНИЕ БАЗАЛЬНОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ САМОНПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Введение. При возведении конструкций, эксплуатирующихся в условиях агрессивных сред, а также в зданиях и сооружениях специального назначения, широкое распространение получили бетонные элементы, в которых в качестве рабочих стержней применяются полимерные композиты, армированные волокнами (англ. fiber reinforced polymer (FRP) composites). В качестве полимерной матрицы в композитных стержнях применяют различные термореактивные (матрицы, полученные отверждением эпоксидных, эфирных, имидных, кремнийорганических и других олигомеров в процессе изготовления композитов), термопластичные (матрицы, которые расплавляются для пропитки наполнителя – ПЭ, ПП, сульфиды, кетоны), гибридные (матрицы, которые сочетают в себе термореактивные и термопластичные полимеры) полимеры, а для их армирования используют волокнистые материалы из стекла, полимеров, базальта, углерода и других материалов. Подробная классификация и основные свойства этих материалов могут быть найдены в работе [1], а также технических документах [2]. К достоинствам армированных пластиков следует отнести высокую прочность при низкой плотности; большую коррозионную устойчивость по сравнению со сталью; возможность регулирования в широких пределах тепло- и электропроводности, а также радиопрозрачности в зависимости от типа применяемых армирующих волокон.

В дальнейшем в работе будут исследоваться процессы, связанные с работой в конструкциях базальтовой арматуры, поэтому подробнее рассмотрим её физико-механические характеристики. Характеристики базальтовой арматуры приведены в табл. 1. Вид применённой базальтовой арматуры представлен на рис. 1. Применение базальтовой арматуры в современном строительстве – при строительстве моста в Канаде (показано на рис. 2).



Рисунок 1 – Стержневая базальтовая арматура



Рисунок 2 – Применение базальтовой арматуры при строительстве моста, Канада

Таблица 1 – Характеристики базальтовой арматуры

Показатель	Единицы измерения	Значение
Диаметр	мм	2,5 – 16
Длина	м	До 12 (диаметр до 8 мм – в бухтах)
Прочность при растяжении	МПа	1200
Модуль упругости	МПа	50000 – 55000
Плотность	г / см ³	2,0
Коэффициент теплопроводности	Вт / м*С	< 0,46
Относительное равномерное удлинение при разрыве	%	2,5
Показатели безопасности:		
Электропроводность		диэлектрик (при необходимости возможно придание электропроводных свойств)
Коррозионная и химическая устойчивость		очень высокая
Магнитная характеристика		не намагничивается
Теплостойкость	С	до 300

Следует отметить, что при достаточно высоких прочностных характеристиках (средняя прочность до 1200 Н/мм²), полимерные композиты, армированные волокнами, имеют достаточно низкий, практически соизмеримый с бетоном, модуль упругости (от 32 до 55 ГПа), что создаёт сложности с их применением. Основные проблемы на стадии проектирования возникают при проверках предельных состояний эксплуатационной пригодности (ограничение ширины раскрытия трещин и прогибов). В соответствии с достаточно консервативными рекомендациями fib [1] при проверках предельных состояний несущей способности следует использовать частный коэффициент $\gamma_{ef} = 1,5$, существенно снижая расчётное сопротивление такой арматуры по отношению к характеристическому значению прочности, а при проверках предельных состояний эксплуатационной пригодности ограничивать уровень напряжений до $0,3 \cdot f_{ef}$.

Учитывая, что практически до достижения предельных значений относительных деформаций полимерный композит работает упруго, существует возможность выполнить с

его применением предварительное напряжение конструкций, повысив эффективность работы армирующих стержней. Вместе с тем, как показывает опыт, осуществить натяжение таких стержней с помощью традиционных технологий достаточно трудоёмко, а часто просто нереализуемо (необходимость изготовления специальных анкерных приспособлений, натяжных устройств, особые условия твердения при ограничении технологических температур и т.д.). В этих случаях эффективным, на наш взгляд, может быть применение физико-химического способа предварительного напряжения, основанного на применении напрягающего бетона. Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкций с применением напрягающего бетона представлены в работе [3]. В работе [4] представлена гипотеза условного армирования, в соответствии с которой любое ограничение, препятствующее свободному развитию деформации расширения, может быть представлено некоторым эквивалентом стального армирования, исходя из равенства жесткостных характеристик ограничивающих связей. Такой подход в первом приближении даёт возможность воспользоваться мультипликативной моделью проф. Михайлова В.В., Литвера С. Л., Будаянца Л.И. [3], усовершенствованной проф. Туром В.В. и внесённой в ТКП 45-5.03-158 [1].

Следует отметить, что при применении стальной ограничивающей арматуры относительно высокие напряжения получают при малых относительных деформациях ограничивающих связей, которые впоследствии могут быть погашены за счёт усадки в воздушно-сухих условиях эксплуатации. При равных уровнях самонапряжения стержень из полимерного композита, имеющий значительно меньший модуль упругости и, как следствие, меньшую жёсткость по сравнению со стальной арматурой, позволяет получить большие деформации несободного расширения и тем самым сохранить больший уровень самонапряжения после протекания процессов усадки в условиях воздушно-сухой среды.

В соответствии с [5] относительную деформацию на уровне центра тяжести ограничивающей арматуры следует определять по формуле:

$$\varepsilon_{s,CE} = \frac{1}{\rho_l \cdot E_s} \cdot f_{CE,d} \cdot k_s \cdot k_p \cdot k_e \cdot k_w \cdot k_o, \quad (1)$$

где ρ_l – суммарный коэффициент армирования сечения; $f_{CE,d}$ – расчётное самонапряжение бетона (Н/мм²); E_s – модуль упругости стальной арматуры; k_s, k_p, k_e, k_w, k_o – коэффициенты, определяемые согласно [5].

В случае применения арматуры из полимерных композитов, армированных волокнами, в формуле (1) вместо ρ_l следует использовать эквивалентный коэффициент армирования $\rho_{l,eff}$, который может быть определён из равенства осевых жесткостей ограничивающих связей при работе материалов в упругой стадии:

$$A_{c,f} \cdot E_{c,f} = A_{s,eff} \cdot E_s, \quad (2)$$

где $A_{c,f}$ – площадь арматуры из полимера, армированного волокнами; $A_{s,eff}$ – эквивалентная площадь стальной арматуры; $E_{c,f}$ – модуль упругости арматуры из полимерных композитов, армированных волокнами.

С учётом выражения (2)

$$\rho_{l,eff} = \frac{A_{s,eff}}{A_c} = \frac{\alpha_f \cdot A_{c,f}}{A_c}, \quad (3)$$

где A_c – площадь полного бетонного сечения; $\alpha_f = \frac{E_{c,f}}{E_s}$.

Усилие $P_{0,CE}$, возникающее в ограничивающей арматуре вследствие расширения напрягающего бетона, с учётом выражения (3), используемого при определении величины $\varepsilon_{s,CE}$, определяется по формуле:

$$P_{0,CE} = \varepsilon_{s,CE} \cdot A_{c,f} \cdot E_{c,f}. \quad (4)$$

Самонапряжение $\sigma_{0,CE}$ на уровне наиболее растянутой при нагружении грани сечения рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{0,CE} = \frac{P}{A_c} + \frac{P \cdot e_s}{W_c}. \quad (5)$$

Список цитированных источников

1. FRP Reinforced for reinforced concrete structures: fib / Task Group 9.3 (Fiber Reinforced Polymer) Reinforcement for Concrete Structures. – Lausanne, Switzerland, 2005.
2. Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars: CNR-DT 203/2006.
3. Расширяющиеся и напрягающиеся цементы и самоупрочненные конструкции: учебное пособие / В.В. Михайлов, С.Л. Литвер. – М.: Стройиздат, 1974. – 389 с.
4. Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкций при применении напрягающего бетона: научное издание / В.В. Тур. – Брест: изд. БрПИ, 1998. – 246 с.
5. Бетонные и железобетонные конструкции из напрягающего бетона: ТКП 45-5.03-158-2009 / Министерство архитектуры и строительства РБ. – Мн.: Минстройархитектуры, 2010. – 28 с.

УДК 681.3: 634.04

Семенов О.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Тур В.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОСТИГАЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ САМОНАПРЯЖЕНИЯ В САМОНАПРЯЖЕННЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С АРМИРОВАНИЕМ В ВИДЕ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ

Экспериментальные исследования. С целью проверки предложенных теоретических подходов к оцениванию величины самонапряжения в элементах, армированных стержнями из полимерных композитов, были выполнены специальные постановочные лабораторные исследования на балках-образцах прямоугольного сечения, армированных отдельными стержнями. Переменными параметрами в испытаниях являлись: вид бетона, вид ограничения (стальная арматура, базальтопластиковая арматура), условия хранения опытных балок.

Были испытаны следующие образцы: серия I – балка из напрягающего бетона, армированная базальтопластиковой арматурой; серия II – балка из напрягающего бетона с объёмным фибровым армированием, армированная базальтопластиковой арматурой; серия III – балка из обычного бетона, армированная базальтопластиковой арматурой. Изготавливали балки прямоугольного сечения размером 100x200 мм, длиной 1500 мм, армированные одним базальтопластиковым стержнем, расположенным в растянутой зоне бетона с защитным слоем 40 мм.

В качестве инертных заполнителей для напрягающего бетона использовали гранитный щебень фракции 5-10 мм и песок с модулем крупности 2,4. Водоцементное отношение было назначено равным $W/C = 0,33$. Состав бетонной смеси на 1 м^3 в сухом состоянии: НЦ – 600 кг; щебень – 600 кг; песок 960 кг. Расход материалов на 1 м^3 напрягающего бетона аналогичен расходу материалов для приготовления фибробетона (расход стальной фибры на 1 м^3 фибробетона составлял 185 кг, или 2,37% по объёму и 7,4% по