

ИТС

ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО

9/2013

ЖУРНАЛУ – 90 ЛЕТ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



■ 1 СЕНТЯБРЯ – ДЕНЬ ЗНАНИЙ ■

СОУЧРЕДИТЕЛИ:
Российское общество инженеров строительства, Российская инженерная академия**СОДЕРЖАНИЕ****РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВ
СТРОИТЕЛЬСТВА (РОИС)**

В Московском отделении РОИС _____ 3

**ТРУДЫ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА**Системотехника численных представлений качественных параметров среды жизнедеятельности: процедура рекурсивного погружения на уровни детализации объекта (общая математика и логика)
Волков А. А., Воднев Н. Н. _____ 6Результаты исследования несущей способности стержне-вантовой гирлянды и формы оболочек на ее основе. *Дмитриев И. К.* _____ 9Узловые соединения элементов в несущих системах навесных вентилируемых фасадов
Емельянов Д. А., Туснина В. М. _____ 11Структура целевой функции при оптимизации железобетонных плит с учетом конструкционной безопасности. *Тамразян А. Г., Филимонова Е. А.* _____ 14Исследование влияния органоминеральной добавки на эксплуатационные свойства мелкозернистого бетона
Ткач Е. В., Семёнов В. С., Ткач С. А. _____ 16Разработка матрицы жесткости четырехугольного конечного элемента для расчета мембранных систем
Туснина О. А. _____ 19Постановка задачи теории надежности для зданий и сооружений с системой активной сейсмозащиты
Мкртычев О. В., Бунов А. А. _____ 22Методика моделирования наиболее неблагоприятных акселерограмм землетрясений
Мкртычев О. В., Решетов А. А. _____ 24Представление климатической информации в форме специализированного «типового года»
Малявина Е. Г., Иванов Д. С., Фролова А. А. _____ 26Моделирование эмиссии волокон из минераловатного утеплителя навесной фасадной системы с вентилируемой прослойкой
Гагарин В. Г., Гувернюк С. В., Лушин К. И. _____ 29Здания-мосты – решение проблемы автомобильных пробок в крупнейших городах
Забалуева Т. Р., Захаров А. В., Кочешкова Е. И. _____ 32Физические исследования архитектурно-строительной аэродинамики для устойчивого проектирования в строительной отрасли
Поддаева О. И. _____ 35Влияние аэродинамических параметров высотной застройки на микроклимат и аэрацию городской среды
Дуничкин И. В., Жуков Д. А., Золотарев А. А. _____ 39Особенности классификации и составляющие геотехнического риска в строительстве
Чунюк Д. Ю. _____ 42Развитие регионального жилищного строительства на основе моделирования и оптимизации организационно-технических решений в сфере экологизации и ресурсосбережения
Гусакова Е. А., Крыгина А. М. _____ 44Исследование распределения пор по размерам и сравнение пористости материалов расчетными и экспериментальными методами
Куликов В. Г., Каган П. Б., Гаевец Е. С. _____ 49Метрологические проблемы реализации нормативных требований к динамическим обследованиям зданий и сооружений. *Хлыстунов М. С.* _____ 52**ВЕСТИ РААСН**Научное сопровождение ДальНИИС РААСН строительства уникальных объектов саммита АТЭС
Вавренюк С. В. _____ 56**В ПОМОЩЬ ПРОЕКТИРОВЩИКУ**Проектирование холодильных центров с аккумуляторами холода
Наумов А. Л., Ефремов В. В. _____ 59**ФАКУЛЬТЕТ ПГС – СТРОИТЕЛЯМ**К 100-летию со дня рождения П. Ф. Дроздова – ученого и педагога. *Сенин Н. И.* _____ 62Управление производством и поставками комплектов изделий и конструкций предприятиями стройиндустрии
Ефименко А. З., Пилипенко А. С. _____ 63Опыт подготовки мультимедийного учебного курса по строительным конструкциям с использованием визуальных графических языков Дракон и Граф
Беккер Д. А. _____ 65**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**Применение методов геоинформационного анализа при оценке затрат на развитие инженерной и социальной инфраструктуры
Аргунов С. В., Коган Ю. В. _____ 68**ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**Решение задач геомеханики методом физического моделирования при строительстве метрополитена в Санкт-Петербурге
Фролов Ю. С., Коньков А. Н., Ларионов А. А. _____ 71Экспериментальные исследования сцепления композитной арматуры с плоской навивкой с бетоном
Бенин А. В., Семенов С. Г. _____ 74**ПОДГОТОВКА КАДРОВ**Подготовка и переподготовка специалистов в области Еврокодов в МГСУ. *Ляпидевская О. Б.* _____ 77**СПОНСОРЫ И ПАРТНЕРЫ**Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы, РААСН,
Комитет Торгово-промышленной палаты РФ по предпринимательству в сфере строительства,
Министерство строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Московской области,
МГСУ, МНИИТЭП, Моспроект-2 им. М. В. Посохина, ПНИИИС, ЦНИИПромзданий

УДК 539.3:691.87:691.175-419.8:678.067.5

Экспериментальные исследования сцепления композитной арматуры с плоской навивкой с бетоном

Андрей Владимирович БЕНИН, кандидат технических наук, доцент, зав. механической лабораторией им. проф. Н. А. Белелюбского, e-mail: nich@pgups.edu

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения» (ПГУПС), 190031 Санкт-Петербург, Московский просп., 9

Сергей Георгиевич СЕМЕНОВ, инженер, e-mail: semenov.serg@ksm.spbstu.ru

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», 195251 Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования сцепления стеклопластиковой арматуры с плоской навивкой с бетоном, а также сравнительный анализ полученных данных с результатами отечественных и зарубежных исследователей, изучавших сцепление с бетоном других типов арматуры. Установлено, что композитная арматура с плоской навивкой имеет улучшенные характеристики сцепления по сравнению со стальной и композитной арматурой с другими типами рифления.

Ключевые слова: стеклопластиковая арматура, плоская навивка, pull-out тест, сцепление арматуры с бетоном.

EXPERIMENTAL STUDY OF BOND BEHAVIOR BETWEEN FRP REBARS WITH FLAT WINDING AND CONCRETE

Andrey V. BENIN, Sergey G. SEMENOV

Abstract. Experimental studies of bond behavior FRP rebars with flat winding and concrete and also the comparative analysis of data obtained and results of domestic and foreign researchers who studied the bond of other types of reinforcement with concrete were conducted. It is established, that FRP rebars with flat winding has better bond characteristics in comparison with steel and FRP rebars with different riffling.

Key words: FRP rebars, flat winding, pull-out test, bond of rebar and concrete.

Стеклопластиковую арматуру (СПА) в нашей стране начали использовать в 1970-х гг., а первый мост с ее применением был построен в Германии в 1986 г. [1]. Уникальное сочетание прочностных свойств, коррозионной устойчивости и стоимости обусловило использование СПА при сооружении объектов, в которых могут протекать электрохимические процессы (элементы путевого хозяйства, подверженные действию блуждающих токов, электролизные ванны и пр.) или с агрессивными средами (здания химических производств, несущие конструкции эстакад).

Один из основных недостатков СПА — низкая устойчивость к температурному воздействию (до 150 °С) — связана со свойствами полимерной матрицы. При использовании соответствующих полимеров (фенолформальдегидные смолы и смолы на основе циклоалифатических соединений) [1] можно добиться уменьшения несущей способности самого стержня на 15 % после по-

лучасового цикла при температуре 300 °С и напряжениях, составляющих 50 % предела прочности [2].

Другая проблема — существенная анизотропия СПА, которая приводит к изменению механизмов, отвечающих за сцепление арматуры с бетоном. Этому вопросу посвящено большое число публикаций, например [3–7].

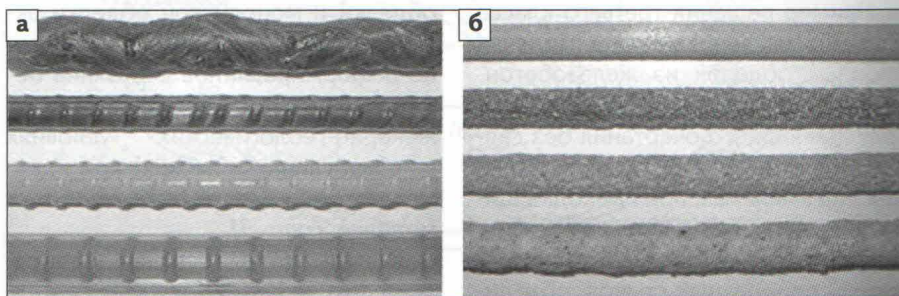
От стальной арматуры СПА отличается слабой адгезией стекловолоконного «гладкого» стержня и бетона. Поэтому для увеличения прочности сцепления на поверхности СПА

создают искусственные неровности или покрывают ее песком (рис. 1).

Исследовали сцепление бетона со стеклопластиковой арматурой с модифицированной плоской навивкой стекловолокном производства ООО «Пласт-Композит» в соответствии с ТУ 2296-001-30604955-2012.

Основные свойства арматуры на растяжение определяли в механической лаборатории им. проф. Н. А. Белелюбского ПГУПС, а также в лаборатории компании Zwick Roell. Вследствие малой прочности стеклопластиковой арматуры в попереч-

Рис. 1. Основные виды поверхностей стекловолоконной арматуры с искусственными неровностями (а), покрытые песком (б)



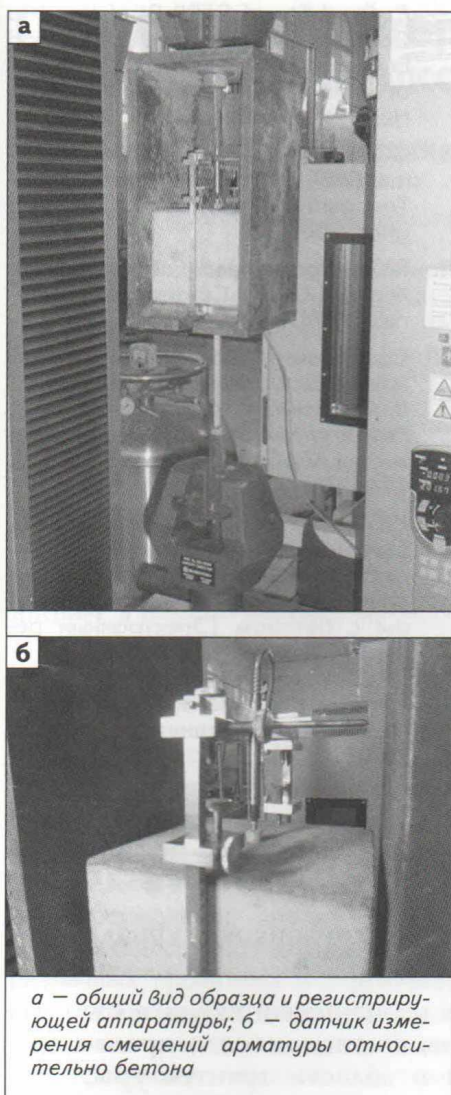


Рис. 2. Испытание композиционной арматуры на сцепление с бетоном (pull-out test)

ном направлении ISO 10406-1 [8] рекомендуют для испытаний на осевое растяжение закреплять концы арматуры в специальных анкерах, предотвращающих ее разрушение из-за обжатия захватами машины. Однако использование испытательной машины Zwick Z250 с захватами, регулирующими силу обжатия образцов и специальных губок с фрикционными вкладышами, позволило не только избежать необходимости изготовления анкеров для арматуры диаметром до 10 мм включительно, но и значительно сократить время испытаний, результаты которых приведены в *таблице*.

Затем исследовали сцепление стеклопластиковой арматуры с бетоном. Для получения диаграммы сцепления армирующего стрежня и бетона применяли метод выдергива-

Результаты испытаний образцов из стеклопластиковой арматуры с плоской навивкой на растяжение

Номер профиля	Предел прочности при растяжении, МПа		Относительная деформация при разрыве, %		Модуль упругости при растяжении, МПа	
	по ТУ	фактическое значение	по ТУ	фактическое значение	норма по ТУ	фактическое значение
6	Не менее 1000	1200	Не более 5,6	2,3	Не менее 50 000	55 800
8		1160		2,5		54 600
10		1130		2,6		54 500
12		1125		2,9		54 200

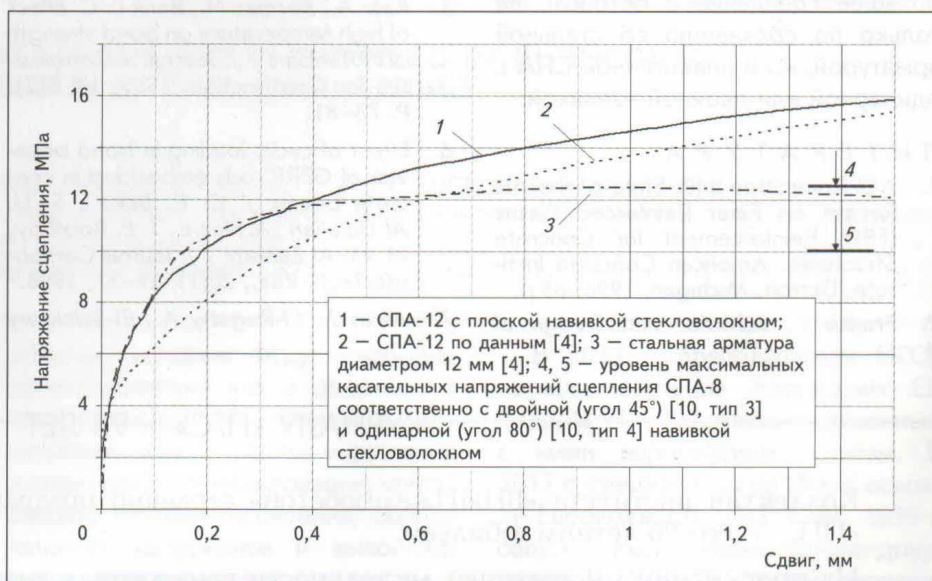


Рис. 3. Диаграмма сцепления СПА с плоской навивкой с бетоном класса В35 в сравнении со стальной арматурой и стеклопластиковой арматурой с искусственными неровностями (по данным [10])

ния арматуры из бетонного куба, так называемый pull-out тест [8, 9]. В различных публикациях отмечается, что этот метод дает немного завышенный результат из-за наличия заметной гидростатической составляющей в напряженном состоянии бетона вследствие влияния опорной пластины. Однако стандарт на испытания СПА [8] предусматривает именно pull-out тест, и, кроме того, большинство исследований выполнено в такой постановке, поэтому авторы статьи использовали методику pull-out теста (*рис. 2*).

Испытания проводили в механической лаборатории им. проф. Н. А. Белелюбского на электромеханической испытательной машине Shimadzu AGX-300. Диаграммы сцепления бетона и СПА с плоской навивкой сравнивали с данными зарубежных исследователей [4] для стальной и стеклопластиковой арматуры

другого типа навивки (*рис. 3*), где также приведены значения максимальных напряжений сцепления СПА с бетоном класса В35 из работы [10].

Следует отметить, что некоторые исследователи [11] применяют методику четырехточечного изгиба [9]. Прямое сравнение результатов испытаний не совсем корректно, однако отличие максимальных напряжений сцепления для схожих классов бетона и диаметров арматуры не превышает 1 МПа (6 %).

Для оценки возможности использования СПА с плоской навивкой в транспортных конструкциях, работающих в условиях переменного нагружения, в настоящее время проводится третий этап экспериментальных исследований — определение изменений сцепления бетона со стеклопластиковой арматурой при циклических силовых воздействиях.

Выводы

1. Использование испытательных машин с захватами, регулирующими силу обжатия образцов и специальных губок с фрикционными вкладышами, позволяет проводить испытания стеклопластиковой арматуры (диаметром до 10 мм включительно) на растяжение и определять сцепление без изготовления концевых анкеров.

2. Стеклопластиковая арматура с плоской навивкой обеспечивает большее сцепление с бетоном, не только по сравнению со стальной арматурой, но и аналогичной СПА с одинарной или двойной навивкой.

ЛИТЕРАТУРА

- ACI Committee 440. State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Plastic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures. American Concrete Institute. Detroit, Michigan, 1996. 68 p.
- Franke L. Behavior and Design of High-Quality Glass-Fiber Composite Rods as Reinforcement for Prestressed Concrete Members. Report, International Symposium. CP/Ricem/i Bk, Prague, 1981. 52 p.
- Cosenza E., Manfredi G., Realfonzo R. Behaviour and modeling of bond of FRP rebars to concrete // Journal of Composites for Construction. 1997. № 1(2). P. 40–51.
- Experimental study of bond behaviour between concrete and FRP bars using a pull-out test / M. Baena, L. Torres, A. Turon, C. Barris. Composites. Part B. 40, 2009. P. 784–797.
- Katz A., Berman N., Bank L. C. Effect of high temperature on bond strength of FRP rebars // Journal of Composites for Construction. 1999. № 3(2). P. 73–81.
- Effect of cyclic loading in bond behavior of GFRP rods embedded in concrete beams / C. E. Bakis, S. U. Al-Dulajian, A. Nanni, T. E. Boothby, M. M. Al Zahrani // Journal Composite Tech. Res., 20(1), 29–37, 1998.
- Alves J., El-Ragaby A., El-Salakawy E. Durability of GFRP Bars' Bond to Concrete under Different Loading and Environmental Conditions // Journal of Composites for Construction. 2011. № 15(3). P. 249–262.
- ISO 10406-1. Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete – Test methods. Part 1: FRP bars and grids, 2008.
- RILEM Recommendations for the Testing and Use of Constructions Materials, 1994. 618 p.
- Сцепление полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном / В. Г. Хозин, А. А. Пискунов, А. Р. Гиздатуллин, А. Н. Куклин // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 214–220.
- Климов Ю. А., Солдатченко О. С., Орешкин Д. А. Экспериментальные исследования сцепления композитной неметаллической арматуры с бетоном [Электронный ресурс] // URL: http://www.frp-rebar.com/frp-rebar_test_adhesion_concrete.html (дата обращения: 20.08.2013).

ЖУРНАЛУ «ПГС» – 90 ЛЕТ

Коллектив института «ВНИИЖелезобетон» сердечно поздравляет сотрудников журнала «ПГС» с его 90-летним юбилеем.

На протяжении многолетней деятельности ваш журнал вносил неоценимый вклад в ознакомление строительной общественности, научных работников, специалистов и производителей с отечественными и мировыми достижениями в области архитектуры, проектирования, строительства, способствовавшими внедрению инновационных технологий, новых строительных материалов, передовых методов организации и повышения эффективности и качества строительства.

Высококвалифицированный подбор актуальных материалов, привлечение ведущих специалистов науки и техники и производителей к сотрудничеству с журналом, освещение пионерных, злободневных исследований и разработок обеспечили огромный интерес к журналу специалистов, работающих в области архитектуры, науки, проектирования, экономики, производства и управления строительством.

Журнал «ПГС» и сегодня занимает достойное место среди журналов отрасли и пользуется заслуженным авторитетом у специалистов-строителей.

Мы благодарны вам за освещение и популяризацию работ специалистов нашего института, работающих в области создания и внедрения новых технологий и строительных материалов, в частности особо легких полистиролбетонов, обеспечивающих энергоресурсосбережение.

Институт «ВНИИЖелезобетон» будет и впредь сотрудничать с вашим журналом на благо развития строительной отрасли.

Хочется пожелать коллективу журнала, во главе с главным редактором – всеми уважаемым крупным специалистом стройиндустрии и строительства А. Д. Дёминовым, дальнейших успехов и творческого долголетия.

Председатель совета директоров группы компаний «ЮНИКОН»
ВНИИЖелезобетона, член-кор. РААСН, профессор,
заслуженный строитель РФ

В. А. РАХМАНОВ