

УДК 691.32

Виснап А.В., Моргун В.Н., Моргун Л.В.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ В ФИБРОПЕНОБЕТОНЕ

Visnap A.V., Morgun V.N., Morgun L.V.

THE RELEVANCE OF COMPOSITE BAR REINFORCEMENT IN THE FIBER FOAM CONCRETE

Аннотация. Из анализа номенклатуры энергосберегающих материалов, применяемых в строительстве, определено, что свойства фибропенобетонов позволяют расширять номенклатуру изделий из ячеистых бетонов. Обоснована актуальность применимости стержневой композиционной арматуры с целью обеспечения эксплуатационной надежности строительных изделий, работающих на растяжение и изгиб при условии снижения их материалоемкости. Выявлены преимущества и недостатки полимерно-волокнистой стержневой арматуры. Доказано, что такие свойства композиционной стержневой арматуры, как коррозионная стойкость и достаточная для газонаполненных бетонов механическая прочность, позволяют прогнозировать возможность достижения технико-экономического эффекта в результате её применения.

Ключевые слова: фибропенобетон, арматура, сцепление.

Abstract. From the analysis of the nomenclature of the energy saving materials applied in construction it is determined that properties of fibropenobeton allow to expand listed products from cellular concrete. Relevance of applicability of rod composite armature for the purpose of ensuring operational reliability of the construction products working for stretching and a bend on condition of decrease in their material capacity is proved. Benefits and shortcomings of polymeric and fibrous rod armature are revealed. It is proved that such properties of composite rod armature as corrosion resistance and mechanical durability, sufficient for gas-filled concrete, allow to predict a possibility of achievement of technical and economic effect as a result of its application.

Key words: fiberfoamconcrete, fittings, coupling.

Введение. В ходе реализации федеральных программ повышения доступности жилья в строительном комплексе обострилась потребность в эффективных материалах, обеспечивающих требуемый уровень теплоизоляционных и конструктивных свойств наружных ограждающих конструкций зданий. Учитывая уровень теплоизоляционных свойств [1] и высокую пожаробезопасность представляется целесообразным поиск приемов, с помощью которых возможно

расширение использования пенобетонов в строительстве.

Постановка задачи. На современном этапе высотного строительства применение ячеистых бетонов экономически обосновано и не имеет разумной альтернативы по сравнению с другими вариантами ограждений [1]. Жилье, построенное с применением пенобетона, обладает повышенной комфортностью при минимальных затратах на строительство домов. Производство изделий из пенобетона также характеризуется высокой экономической эффективностью [2]. Однако, несмотря на перечисленные положительные качества, пенобетон требует улучшения физико-механических свойств и новых подходов к его производству [2,4]. Дисперсное армирование, в настоящее время, считается одним из эффективных направлений качественного улучшения свойств пенобетонов [3]. Введение в пенобетонные смеси дисперсной арматуры отличает фибропенобетонные смеси от тех, которые не содержат фибры, повышенной агрегативной и седиментационной устойчивостью [3].

Именно в период существования в виде смесей, при переходе из вязко-пластичного состояния в упругое, закладываются основы их прочности и дефектности. Отсюда следует, что фибропенобетоны являются эффективными современными материалами, способствующими энерго- и ресурсосбережению в строительстве. Их применение на практике предопределяет снижение материалоемкости строительных конструкций и комплексное улучшение качества зданий.

Методы исследования. Анализ номенклатуры изделий, изготавливаемых из пено- и фибропенобетонов, показывает, что она в настоящее время ограничена следующими разновидностями [4]: стеновые, перегородочные и теплоизоляционные блоки и плиты из пено- и фибропенобетона; галтели из фибропенобетона; перемычки из фибропенобетона. Из изложенного следует, что дисперсное армирование пенобетона волокнами позволит расширить номенклатуру строительных изделий заводского изготовления и, таким образом, способствовать индустриализации строительного комплекса.

Ячеистобетонные изделия, работающие под действием изгибающих нагрузок, армируют металлическими каркасами [5]. Учитывая высокую паропроницаемость [6] ячеистых бетонов не содержащих фибры, ГОСТ 12852.5 – 77 [7] требует защиты металлических каркасов от коррозии.

В то же время, современная промышленность освоила производство обширной номенклатуры органоминеральной (стекло-, базальто- и углепластиковой) арматуры периодического профиля [8]. Коррозионная стойкость такой арматуры под действием атмосферных факторов при условии её защиты от воздействия солнечного света, практически бесконечна.

Органоминеральная арматура в несколько раз легче металлической, поэтому экспериментальная оценка эффективности её применения в изгибаемых элементах строительных конструкций из ячеистого бетона является актуальной.

Стержневая арматура необходима при производстве тех изделий на основе цементного бетона, которые при транспортировании, монтаже и эксплуатации могут быть подвержены изгибающим воздействиям. Причиной потребности в

стержневой арматуре является фундаментальная зависимость между прочностью бетонов на сжатие и растяжение, заключающаяся в том, что у бетонов слитной структуры низких классов по прочности (В 7,5 - В20) показатель трещиностойкости ($R_p/R_{сж}$) составляет 0,1- 0,12. По мере повышения класса бетона это соотношение снижается. В ячеистых бетонах показатель трещиностойкости всегда меньше 0,1 [9,10].

Развитие современного рынка жилья и объектов другого назначения требует создания энергоэффективных, отвечающих современным условиям, строительных конструкций. Увеличение этажности сооружений приводит к росту требований, которые предъявляются к строительным конструкциям по показателям прочности и безопасности. Учитывая вышеизложенное, прочность и надежность строительных конструкций повышают путем их армирования каркасами и сетками различной вещественной природы.

Металлическая арматура периодического профиля – это один из самых распространенных видов стержневой арматуры, предназначена для повышения прочности строительных конструкций на растяжение и изгиб. Самой распространенной её разновидностью является горячекатаная термомеханически упрочненная по ГОСТ 10884 – 94 [13].

Проволочная холоднодеформированная арматура изготавливается из холодноотянутой проволоки по ГОСТ 6727-80 [14] и бывает рядового качества или высокопрочной. Канатная арматура изготавливается из высокопрочной холодноотянутой проволоки по ГОСТ 13840-68 [15]. Чаще всего канатную арматуру применяют для изготовления предварительно напряженных железобетонных изделий. Неметаллическая стержневая арматура (полимерно-волоконистая) может быть стеклопластиковой (ГОСТ 31938-2012), базальтопластиковой (ГОСТ 31938-2012) или углепластиковой (ГОСТ 31938-2012) [16]. В такой арматуре эффективно используется высокая прочность на растяжение неметаллических волокон. С точки зрения применения её в составе бетонных строительных конструкций важно ещё одно преимущество.

Полимерно-волоконистая стержневая арматура обладает высокой химической стойкостью как по отношению к щелочной среде цементного камня, так и по отношению к широкому спектру кислот и щелочей, с которыми возможен её контакт в условиях эксплуатации строительных конструкций.

Опираясь на информацию [11, 17, 18] о её прочности на поперечный срез, прочности при сжатии, сцепления с бетоном, коррозионной стойкости в бетоне в течение длительных сроков эксплуатации и т.д., полагаем, что область применения полимерно-волоконистой арматуры может быть расширена. К таким областям можно отнести: сборные и монолитные фундаменты; в дорожных плитах, предназначенных для покрытия внутрипостроечных, объездных, временных и прочих дорог с полной заменой металлической арматуры; в полотнах автомобильных дорог и асфальтобетонных покрытиях; при обустройстве прибрежных зон (берегоукрепление, морские и припортовые сооружения, армирование бассейнов, емкостей и т.п.); в изделиях из пористых и крупнопористых бетонов (дренажные трубы); в случаях, когда отсутствует возможность

обеспечения нормативных требований к толщине защитного слоя (тонкостенные конструкции различного назначения, например: акустические панели защитных сооружений, ограды, конструкции архитектурного назначения и т.п.).

Основанием для вышеперечисленного перечня областей возможного применения полимерно-волокнутой стержневой арматуры являются её следующие свойства: коррозионно устойчивая по отношению к щелочам и кислотам, поэтому бетоны, подвергающиеся воздействию агрессивной среды обладают большей долговечностью; нагрузка на растяжение и временное сопротивление (на изгиб арматура практически не работает, так как она лежит на упругом основании - земле, песке и т.д.), а у композитной арматуры эти показатели на порядок выше, по сравнению с металлической арматурой; химически стойкая к агрессивным средам (газовая среда повышенных концентраций, хлористые соли, противогололедные реагенты и т.д.); теплопроводность (препятствует передаче низких температур вглубь бетонной конструкции), близкие значения коэффициентов теплового расширения (исключает образование трещин при сезонных изменениях температуры).

Из данных положений следует, что исследования, направленные на анализ эффективности применения стержневой неметаллической арматуры в бетонных изделиях актуальны.

Стержневую полимерно-волокнутую арматуру используют таким же образом для армирования армобетонных конструкций, как и традиционную металлическую, только со специфическими особенностями [8,12], а именно:

- сопротивление на разрыв у различных видов полимерно-волокнутой арматуры выше, по сравнению с металлической арматурой периодического профиля класса А III (А400С);
- модуль упругости колеблется в зависимости от вида волокон. Модуль упругости у стекловолокнутой и базальтоволокнутой около 50 ГПа, а у углеволокнутой – 70-140 ГПа;
- обладает высокой коррозионной устойчивостью, по отношению к концентрированным щелочам и кислотам;
- коэффициенты теплового расширения бетона и арматуры практически совпадают, что чрезвычайно важно для совместной работы стержневой арматуры и бетонной матрицы;
- полимерно-волокнутая арматура не электропроводна.

Отсутствие электропроводности является дополнительным фактором безопасности для строительных сооружений с электрическим энергоснабжением; плотность полимерно-волокнутой арматуры в 3-4 меньше, чем у металлической. Это позволяет облегчать изготавливаемые конструкции и способствует сокращению расходов на транспортировку.

В настоящее время такая стержневая арматура применяется при изготовлении следующих разновидностей строительных изделий и конструкций:

- при армировании гидротехнических сооружений;
- в конструкциях, эксплуатируемых в агрессивных средах при температурах не выше +40°C;

- в зданиях и сооружениях, где необходимо обеспечивать радио- и магнитоэнергетность конструкций;
- для армирования постоянных или временных ограждений;
- в плитах перекрытия до 5м, при толщине плиты до 200мм с шагом ячейки 200х200мм;
- в фундаментах сборного и монолитного типа;
- для смешанного армирования железобетонных конструкций;
- в тонкостенных конструкциях навесов и подобных сооружениях, при отсутствии возможности обеспечения нормативных требований к толщине защитного слоя;
- при армировании деревянных и клееных балок, с целью повышения жесткости изгибаемых элементов.

Помимо достоинств у полимерно-волокнутой стержневой арматуры есть и свои недостатки, такие как:

- Низкий модуль упругости, так как у металлической стержневой арматуры класса А -III (А400С) составляет 210 ГПа, а у полимерно-волокнутой – 55 ГПа, то есть более чем в 3,5 раза меньше;
- Низкая огнестойкость. Полимерно-волокнутой арматуры нельзя применять в конструкциях, к которым предъявляются требования по уровню огнестойкости, без специальных конструктивных мероприятий или дополнительной огнезащиты.

Вывод. В настоящее время интенсивно развивается технология ячеистых бетонов, поскольку строительному комплексу нужны энергосберегающие строительные конструкции. Известно, что металлическая стержневая арматура в таких конструкциях коррозионно неустойчива, поэтому нормативные документы регламентируют специальную защиту стержневой металлической арматуры от коррозии в паропроницаемых материалах, коими и являются ячеистые бетоны.

Отсюда следует, что исследования, направленные на анализ эффективности применения стержневой неметаллической арматуры являются актуальными. Такие положительные свойства композиционной стержневой арматуры, как коррозионная стойкость и достаточная для газонаполненных бетонов механическая прочность, позволяют прогнозировать возможность достижения технико-экономического эффекта в результате её применения.

Библиографический список:

1. Фискинд Е.С., Ухова Т.А. Автоклавный ячеистый бетон – экономичный и эффективный материал для строительства любой этажности // Строительные материалы. – 2007. - № 7. – С.8-9.
2. Опекунов В.В. Эффективное применение пористых бетонов // Строительные материалы. – 2005. – № 12. – С. 13-16.
3. Моргун В.Н. Влияние дисперсного армирования на прочностные и демпфирующие свойства пенобетонов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. – 2009. – 16 (35). – С.113-116.

4. Моргун Л.В. Строительная наука – национальной программе «Доступное жилье» // Вестник Владикавказского научного центра. – 2010. – Том 10 - №2. – С. 45 – 50.
5. Сажнев Н.П., Шелег Н.К., Сажнев Н.Н. Производство, свойства и применение ячеистого бетона автоклавного твердения//Строительные материалы, - №3, 2004. – С. 2 - 6.
6. Моргун Л.В., Тищенко А.А. Паропроницаемость фибропенобетона с химическими добавками // Строительство-2003. М-лы МНПК. РГСУ (ИСТМ). – Ростов-на-Дону. – 2003. – С. 125–126.
7. ГОСТ 12852.5-77 Бетон ячеистый. Метод определения коэффициента паропроницаемости. - Москва: Изд-во стандартов, 1977. – 2 с.
8. Уманский А.М., Беккер А.Т. Перспективы применения композитной арматуры // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2012. - № 2 (11) – С. 7 – 13.
9. Мороз Л.С. Механика и физика деформаций и разрушений материалов. – Л.: Машиностроение. 1984г. – 224 с.
10. Берлин А.А. Современные полимерные композиционные материалы (ПКМ) // Московский государственный строительный университет им. М.В. Ломоносова. Соросовский образовательный журнал. - 1995. - №1, С. 57-65.
11. Моргун Л. В., Виснап А. В. О конструкционных возможностях фибропенобетона при армировании его стеклопластиковой арматурой // Научное обозрение. – 2014. - № 11. – С. 396 – 399.
12. Технические рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры периодического профиля в бетонных конструкциях. – НИИЖБ. – Москва. – 2012. – 7 с.
13. ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия. – Минск. – 1995. – 16 с.
14. ГОСТ 6727-80 Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. - Москва: Изд-во стандартов. – 1980. – 7 с.
15. ГОСТ 13840-68 Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия. - Государственный комитет СССР по стандартам. – Москва. – 1968. – 11 с.
16. ГОСТ 31938-2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. – Стандартинформ. – Москва. – 2012. – 38 с.
17. Моргун Л.В., Костыленко К.И., Виснап А.В., Черноусов А.С. Влияние вещественной природы арматурных стержней на прочность сцепления с ячеистым бетоном/ Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 73-75.
18. Моргун Л.В., Виснап А.В. Эффективность применения стеклопластиковой арматуры в фибропенобетоне//Строительство — формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов Семнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и моло-

дых ученых. – М-во образования и науки Росс. Федерации, Московский гос. строит. ун-т. Москва : МГСУ, 2014. – С. 909-912.

References:

1. Fiskind E. S., T.A. Ukhova Autoclaved cellular concrete is an economical and effective material for building of any height *Building materials*. – 2007. - No. 7. pp. 8-9.
2. Guardians V.V. Effective use of porous concrete *Building materials*. – 2005. – No.12.– pp. 13-16.
3. Morgun V.N. The effect of particulate reinforcement on the strength and damping properties of foam concrete *Vestnik VolgGASU. Ser.: Construction and architectural.*–2009.–16 –Vol.35.– pp.113-116.
4. Morgun L.V. Construction science – the national program "Affordable housing" *Vestnik of the Vladikavkaz scientific center*. – 2010. – Vol. 10 - No. 2. – pp.45 – 50.
5. Sazhnev N.P. Sheleg N. To., Sazhnev N. N. Production, properties and application of aerated autoclaved concrete *Construction and building materials*, No. 3, 2004. – pp.2-6.
6. Morgun L.V., Tishchenko, A. A., Permeability of fiber foam concrete with chemical admixtures *Construction-2003. M-ly PBMCs. Russian state social university (the Eastman)*. – Rostov-on-Don. – 2003. – pp. 125-126.
7. GOST 12852.5-77 Concrete wire mesh. Method of determining the coefficient of permeability. - Moscow: Publishing house of standards, 1977. – 2p.
8. Uman, M. A., Becker T. A. prospects of application of composite valves *Bulletin of the school of engineering, FEFU*. – 2012. - № 2 – Vol. 11 – pp.7-13.
9. L. S. Moroz, *Mechanics and physics of deformation and destruction of materials*. – L.:MechanicalEngineering.1984.–224p.
10. Berlin A. A. the Modern polymer composite materials (PCM) *Moscow state construction University. M. V. Lomonosov. Soros educational journal*. - 1995. - No. 1, pp. 57-65.
11. Morgun L. V., A. V. Visnap About the structural possibilities of reinforced foam concrete in the reinforcement of its fiberglass reinforcement *Scientific review*. – 2014.-No.11– pp.396–399.
12. Technical recommendations for use of non-metal composite reinforcement with periodic profile in concrete structures. – NII ZHB. – Moscow. – 2012. – 7 p.
13. GOST 10884-94 thermomechanically hardened Steel bars for reinforced concrete structures. Specifications. – Minsk. – 1995. – 16p.
14. GOST 6727-80 Wire, cold-drawn mild steel for reinforcement of concrete structures. Specifications. - Moscow: publishing house of standards. – 1980. – 7 p.
15. GOST 13840-68 Ropes of steel wire 1x7. Specifications. - State Committee of USSR, on standards. – Moscow. – 1968. – 11p.
16. GOST 31938-2012 composite polymer Reinforcement for reinforcement concrete structures. General technical conditions. – STANDARTINFORM. – Moscow. – 2012. – 38 p.

17. Morgun L. V., K. I. Kostylenko, Visnap A. V., Chernousov, A. S. Effect of physical nature of reinforcing bars on bond strength with cellular concrete, Modern technics and technology: proceedings of the XIX International scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists. In 3 t. Volume 2, Tomsk Polytechnic University. – Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2013.– pp. 73-75.
18. Morgun L. V., A. V. Visnap the effectiveness of the application of fiberglass reinforcement in the fiber-foam concrete, Construction — forming environments: proceedings of the Seventeenth International interuniversity scientific - practical conference of students, postgraduates and young scientists. – M-vo education and science Ross. Federation, Moscow GOS. stroit. UN-T. Moscow: MGSU, 2014. – pp. 909-912.

УДК 691.34

Газиев М.А., Мажиева А.Х., Мажиев К.Х.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА С УЧЕТОМ КАРБОНИЗАЦИИ

Gaziev M.A., Mazhieva A.Kh, Mazhiev K.Kh.

FINE-GRAINED CELLULAR CONCRETE CREEP ANALYSIS TECHNIQUE WITH CONSIDERATION FOR CARBONATION

Аннотация. Приведена методика определения ползучести и деформации ползучести мелкозернистого ячеистого бетона с учетом карбонизации и требований обеспечения ремонтных свойств и сейсмостойкости. Предложен порядок определения ползучести мелкозернистого ячеистого бетона с учетом его карбонизации атмосферной углекислотой. Теоретически и экспериментально установлено, что предлагаемая методика позволяет получить воспроизводимые результаты и может быть рекомендована для определения ползучести мелкозернистых ячеистых бетонов, в том числе ремонтных, с учетом их карбонизации.

Ключевые слова: ячеистый бетон, ремонтный бетон, карбонизация, деформация, ползучесть, окись кальция.

Abstract. The article considers the creep and creep deformation analysis technique in fine-grained cellular concrete with consideration for carbonation and assurance requirements for the repairing properties and seismic stability. The procedure for determining the creep of fine-grained cellular concrete is proposed with account of its carbonation by atmospheric carbon dioxide. It has been found theoretically and experimentally that the proposed technique allows obtaining reproducible results and