

АНАЛИЗ РАБОТЫ ФИБРОПЕНОБЕТОНА В ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Моргун В.Н.¹, *к.т.н., доц.*, **Богатина А.Ю.²**, *к.т.н., доц.*,
Моргун Л.В.³, *д.т.н., проф.*

¹*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*
²*Государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия*

³*Государственный строительный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

Важнейшим направлением технической политики в строительстве является энерго- и ресурсосбережение. Требования современных теплотехнических норм к ограждающим конструкциям зданий регламентируют обеспечение такого уровня сопротивления теплопередаче который невозможно обеспечить без применения эффективных теплоизоляционных материалов. Поэтому в настоящее время часто возводят многослойные стены из кирпича или легкогобетонных блоков в сочетании с минераловатными или пенополистирольными утеплителями.

В местах расположения оконных и дверных проёмов устройство трехслойных конструкций технологически сложно, там формируются “мостики холода”, обусловленные особенностями сочетания строительных конструктивных элементов с различными теплотехническими свойствами [1]. Бетон литой структуры используемый в железобетонных перемычках, обладая высоким коэффициентом теплопроводности ($\lambda = 1,92...2,04$ Вт/м⁰С), не в состоянии обеспечивать требуемую теплозащиту. Повышенная теплоотдача через “мостики холода ” приводит к следующим негативным последствиям:

- ухудшению теплотехнических характеристик здания;
- росту энергопотребления на отопление и кондиционирование;
- возможности выпадения конденсата на внутренней поверхности стен с последующим появлением плесневого грибка.

Поэтому, опираясь на установленные нами [2] положительные свойства фибропенобетонов неавтоклавного твердения была предпринята попытка экспериментальной оценки, возможности применения этого материала, в изгибаемых конструктивных элементах зданий (перемычках). Она включала:

- выбор разновидностей фибропенобетонов, пригодных для изготовления перемычек;
- оценку их несущей способности в зависимости от средней плотности пенобетона и содержания в нем дисперсной арматуры;
- установление моментов образования и ширины раскрытия трещин;
- определение величин прогибов в зависимости от формы поперечного сечения изгибаемого элемента и свойств пенобетона.

Для решения поставленной задачи в лабораторных условиях были изготовлены и испытаны перемычки прямоугольного и швеллерообразного ([- образного) сечений пролётом 2,3 м.

Перемычки были армированы каркасами из металлической ненапрягаемой арматуры в продольном направлении:

- в растянутой зоне – стержнями Ø12 мм класса А400;
- в сжатой зоне – стержнями Ø8 мм класса А240.

Поперечные арматурные стержни из горячекатаной гладкой стали Ø6 мм устанавливались с шагом 150 мм в крайних третях пролёта и 250 мм в середине пролёта. Перемычки изготавливались в металлической опалубке. Перед бетонированием на арматуру растянутой и сжатой зоны наклеивались электротензодатчики базой 20 мм. Датчики изолировались и их концы выводились на поверхность изделия.

Таблица. - Состав и свойства материалов перемычек

Тип сечения	Прямоугольное	[- образное
Состав и свойства фибропенобетона		
Сопротивление при сжатии, R_b , МПа	4,8	4,9
Сопротивление на растяжение при изгибе, R_{bt} , МПа	2,9	3,1
Модуль упругости на сжатие, $E_b \cdot 10^3$, МПа	5,9	5,8
Средняя плотность фибропенобетона, кг/м ³	900	900
Содержание фибры, % по объему	1	1
Диаметр волокон, мкм	14	14
Длина волокон, мм	30	30
Свойства и содержание стержневой арматуры		
Арматура растянутой зоны (μ – содержание арматуры, %)	2Ø12 А400; $\mu=0,38\%$	3Ø12 А400 $\mu=0,51\%$
Арматура сжатой зоны	2Ø8 А240 $\mu=0,15\%$	2Ø8 А240 $\mu=0,17\%$

Фибропенобетонную смесь изготавливали в смесителе ёмкостью 100л. Бетонирование изделий осуществляли в горизонтальном положении и одновременно изготавливали по 2 изделия. Параллельно с ними формовали контрольные образцы – кубы с ребром 100 мм в количестве 6 штук и призмы размерами 70x70x280 мм в количестве 6 штук. Изделия и контрольные образцы распалубливали на следующий день после формования и хранили во влажных опилках при температуре воздуха $t=18 \pm 2^\circ\text{C}$.

Испытания перемычек внешней кратковременной нагрузкой в возрасте 28...32 суток проводили в соответствии с требованиями [3] по схеме однопролётных свободно лежащих балок, симметрично нагруженных двумя сосредоточенными силами, приложенными в третях пролёта. Нагружение осуществляли ступенями по 0,05...0,1 от ожидаемой разрушающей нагрузки, с выдержкой между ступенями в течение 10 мин.

На каждом этапе испытаний измеряли и фиксировали:

- деформации в бетоне и арматуре - при помощи тензодатчиков базой 50 мм (на бетоне) и 20 мм (на арматуре), а также индикаторами часового типа ценой деления 0,01 мм на базе 250 мм;
- прогибы в середине пролёта – прогибомерами системы Аистова с ценой деления 0,01 мм;
- осадку опор – индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм;
- ширину раскрытия трещин.

Показания тензодатчиков фиксировали измерителем деформаций ИДЦ – 1, т.е. автоматически. Все показания дублировались. Момент образования трещин устанавливали по кривым деформирования фибропенобетона.

Для конструкций, изготовленных из бетона слитной структуры или ячеистых пенобетонов автоклавного твердения по ГОСТ 31360-2007, характерным является осколочное разрушение. В отличие от железобетонных элементов, разрушение опытных фибропеножелезобетонных перемычек [-образного и прямоугольного сечений носило вязкий характер. Все исследуемые изделия разрушились по наклонным сечениям сжатой зоны. При этом приращение несущей способности по величине воспринимаемого момента, по сравнению с равновеликими перемычками из тяжелого бетона слитной структуры, составило более 22% [4].

Экспериментально установлено, что дисперсное армирование волокнами оказывает важное влияние на величину момента, при котором образуются трещины. Поскольку значительно увеличивается прочность пенобетона на растяжение, то соответственно возрастает и доля

усилий, воспринимаемых растянутой зоной изгибаемой конструкции. Анализ полученных данных показал, что эффективность влияния дисперсного армирования волокнами на ширину раскрытия трещин в перемычках из фибропеножелезобетона зависит от:

- величины объемной доли фибры в твердой фазе материала;
- однородности распределения фибры в структуре межпоровых перегородок. В тех случаях, когда вся вводимая в смесь фибра равномерно распределялась по объему твердой фазы, уменьшение ширины раскрытия трещин превышало 2 раза. При недостаточно равномерном распределении фибры эффективность её применения снижалась до 1,5 раз. Применение одностадийной технологии изготовления пеносмесей в турбулентных смесителях позволяет равномерно распределять около 1% фибры от объема твердых компонентов.

В 2010 г. инициативной группой специалистов г. Ростова н/Д [5] была изготовлена и испытана под действием длительно действующей нагрузки плита перекрытия из фибропенобетона размером 900x300x4800 мм и плотностью 800 кг/м³, армированная объемными металлическими каркасами.



Рис. Вид плиты из фибропеножелезобетона при максимальной загрузке

Выводы

Как показали испытания достижение допустимого прогиба, величиной 6,85 мм, имело место после превышения нагрузки в 730 кг/м². Эта нагрузка в 2,4 раза превысила нормативную, предъявляемую к пустот-

ным железобетонным плитам класса В20. При удельной нагрузке 2,2 т/м² прогиб плиты в средней части пролета достиг 35 мм, однако видимых трещин в растянутой зоне изделия обнаружено не было (фото). Плита не получила местного смятия и в местах опирания. При дальнейшем загрузении плиты до 8,9 тонны кинетика прогибов не регистрировалась. Вес брутто испытанной плиты составил 1,2 т, что как минимум на 15% легче пустотной железобетонной плиты такой же площади.

Опыт испытаний и применения в строительной практике изделий из фибропеножелезобетонна показывает, что такой материал как фибропенобетон конструкционно-теплоизоляционного назначения может успешно применяться в самых различных областях домостроения потому, что его свойства обеспечивают достижение высокой энергоэффективности в сочетании с низкой материалоемкостью при высоких конструкционных свойствах.

Свойства фибропенобетонов способны обеспечивать надежное соблюдение проектных механических, теплотехнических и акустических свойств строительных изделий в современных зданиях. Однако широкое и достойное применение этого экологически дружелюбного человеку материала ограничено рядом не зависящих от авторов социально экономических факторов. Важнейшим из них является разрыв между утвержденным законом РФ №261 и подзаконными актами, обеспечивающими возможность его исполнения на практике. Опытная промышленная апробация технологии фибропенобетона, опирающаяся только на личную инициативу авторов патентов и представителей малых предприятий показала возможности высокой эффективности применения этого материала в строительном комплексе. Дальнейшее её развитие сдерживается отсутствием:

- инвестиций, позволяющих исключить влияние «человеческого фактора» на качество выпускаемой продукции;
- документов, регламентирующих возможности получения и правила применения фибропенобетонов в строительстве.

Summary

Reflecting the results of the experimental evaluation of bearing capacity of the floor slabs of the jumpers and heat-insulating fibropenoželezobetona. The expediency of application of such material in modern construction.

Литература

1. Д. В. Лившиц, О. И. Пономарев, А. А. Фролов, Л. М. Ломова. Особенности монолитных зданий с фасадами из облегченной кладки//Ж. Стройпрофиль, 2009, №6. – С.61...64.
2. Л.В. Моргун, А.Ю. Богатина, В.Н. Моргун. Бетон для энергоэффективных зданий//Ж. Известия РГСУ, Ростов-на-Дону, 2006, №10. – С.88...95.
3. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. <http://www.files.stroyinf.ru>
4. Л.В. Моргун, А.Ю. Богатина. Теплоэффективные переемычки для гражданских зданий//Сб.тр. «Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения», 8-акад.чтения РААСН, Самара, 2004. – С.337...339.
5. В.Н. Моргун, А.Ю. Богатина, Л.В. Моргун, П.В. Смирнова. Достижения и проблемы современного крупнопанельного домостроения//Жилищное строительство, 2013, №3. – С.41...45.