

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА ПРИ УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

П.Г. Поднебесов, В.В. Теряник

Представлены новые конструктивные решения сталефибробетонных обойм, повышающих несущую способность сжатых элементов железобетонных конструкций при увеличении эксплуатационных нагрузок. Приведен сравнительный анализ образцов из самоуплотнящегося бетона и сталефибробетона.

Ключевые слова: обойма, усиление, фибра, самоуплотняющийся сталефибробетон, эффект обоймы, деформативность, комбинированное армирование.

Повышение несущей способности строительных конструкций по-прежнему остаётся актуальной проблемой в современном строительстве. Это объясняется тем, что большое количество действующих объектов было возведено более 20 лет назад. В настоящее время значительно увеличивается потребность в проведении реконструкции промышленных и общественных зданий, а также опор мостов и эстакад трубопроводов. Поэтому возникает необходимость в разработке новых конструктивных решений усиления несущих элементов, в особенности опорных частей сжатых железобетонных колонн, а также введении инновационных материалов в практику строительства.

Для повышения несущей способности железобетонных колонн используют различные способы усиления. Как показал анализ традиционных способов усиления сжатых элементов, железобетонные обоймы считаются самыми простыми и надёжными конструктивными решениями усиления и применяются достаточно часто [9]. Данный метод усиления изучается и совершенствуется на протяжении многих лет.

Одним из наиболее важных факторов, определяющих сопротивление сжатых усиленных железобетонных конструкций, является эффект обоймы, то есть способность обойм сдерживать поперечные деформации усиливаемого элемента. Поперечное армирование обойм приводит к увеличению деформативности, по этой проблеме известны исследования [3]. С появлением новых композиционных материалов (фибробетон) исследований эффекта обоймы и новых конструктивных решений обойм в настоящее время недостаточно. В нормативной литературе [8] существуют зависимости и формулы для проектирования фибробетонных конструкций, однако, отсутствуют нормы проектирования усиления с использованием дисперсно армированного бетона (сталефибробетона). Существует нормативный документ [7], в котором имеются рекомендации по проектированию конструкций из некоторых видов фибр, рекомендации по технологии приготовления фибробетонной сме-

си, но данный нормативный документ носит рекомендательный характер. А также в нем отсутствуют положения по проектированию усиления конструкций из фибробетона.

Сталефибробетоном называют бетон, дисперсно армированный расположенными в нем стальными волокнами – фибрами. Каждая фибра играет роль стержневой арматуры в железобетоне. Прочность фибробетона на растяжение при изгибе возрастает в 2–3 раза, трещиностойкость – в 1,5–2 раза по сравнению с бетоном.

Фибробетон для усиления конструкций применяется достаточно редко, его можно встретить только при усилении изгибаемых элементов, а также в конструкциях промышленных полов. Усиление опорных частей сжатых элементов фибробетоном изучено не достаточно. Существуют только некоторые исследования [11].

На рис. 1 представлено конструктивное решение усиления железобетонной колонны с помощью спирального комбинированного армирования.

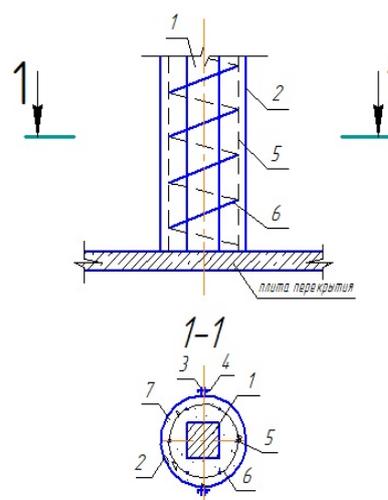


Рис. 1. Усиление с помощью спирального армирования: 1 – плита перекрытия, 2 – U-образный металлический лоток, 3 – усиливаемая колонна, 4 – фланцы, 5 – болты, 6 – фибробетон, 7 – продольная арматура, 8 – поперечная арматура

Теория расчета строительных конструкций

В соответствии с [5] производится усиление концевых участков каркаса обоймы. Технический результат достигается обеспечением совместной работы арматурного каркаса и сталефибробетона. В соответствии с этим, несущая способность железобетонной колонны, утратившей несущую способность, существенно возрастает.

Немаловажным аспектом является повышение качества и удобоукладываемости бетонной смеси, а также постепенный отказ от механизированных средств уплотнения. Для доказательства лучших свойств самоуплотняющегося сталефибробетона при усилении железобетонных колонн были изготовлены кубики размерами 100×100×100 мм из самоуплотняющегося бетона (класс В20) и самоуплотняющегося сталефибробетона, аналогично [6]. Однако в качестве крупного заполнителя был использован гранитный отсев (фр. 0-5), а также местный цемент М400 и песок. Для лучшей удобоукладываемости использовалась добавка поликарбоксилат. Для определения оптимального содержания фибрового волокна были проанализированы экспериментальные исследования [1, 10]. В [10] указывается оптимальное количество стального фибрового волокна для элементов, работающих на сжатие. В [1] подробно указывается процентное содержание волокна для элементов, испытанных на изгиб. Сопоставляя указанные выше исследования: по техническим требованиям, учитывая экономический эффект, для использования в обоймах оптимальным значением является 2 % армирования по объёму стальной волновой латунированной фиброй. В соответствии с ГОСТ 10180–2012 в строительной лаборатории кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Тольяттинского государственного университета на прессе МС-500 были испытаны кубики из самоуплотняющегося сталефибробетона (ССФБ). В качестве бетона-матрицы был принят бетон класса В20. В результате получены данные, которые сведены в табл. 1.



Рис. 2. Опытный образец из ССФБ после разрушения

В кубиках из самоуплотняющегося бетона СУБ (класс В20) разрушение происходит по заполнителю, а в кубиках из самоуплотняющегося сталефибробетона по щебню и по фибре (рис.2.). Фибра существенно сдерживает деформации кубиков, поэтому фибробетон в отличие от простого бетона обладает лучшими деформативными свойствами. Также в лаборатории изготовлены балки из ССФБ (130 кг/м³, бетон-матрица В20). Заполнители и фибра были приняты аналогично изготовленным кубикам. ССФБ лучше сопротивляется растяжению и изгибу, что подтверждают лабораторные испытания балок размерами 40×40×160 мм. Результаты эксперимента занесены в табл. 2.

Отмечено, что введение фибры существенно повышает класс бетона. Если провести аналогию между получившимся классом бетона на изгиб, эмпирически получим соответствующий ему класс бетона на сжатие, то есть, $B_{cb4,0}$ примерно равен В30 [2].

Исходя из особенностей ССФБ стальная фибра встаёт жестким «скелетом» и препятствует нормальному самоуплотнению. Возможным путём развития предполагается изменить концентрацию поликарбоксилата либо объём фибрового армирования.

Таблица 1
Результаты испытаний опытных образцов-кубиков

Вид бетона	Масса, кг	Прочность на сжатие, МПа
Самоуплотняющийся бетон В20 (М250)	2,380	26,75
	2,370	24,79
	2,340	26,06
Самоуплотняющийся сталефибробетон бетон-матрица В20(М250) 130 кг/м ³	2,350	33,03
	2,340	38,12
	2,350	34,49

Таблица 2
Результаты испытания опытных образцов-балок

Вид бетона	Масса, кг	Прочность на изгиб, МПа	Класс бетона / фибробетона на изгиб, B_{cb}
Самоуплотняющийся сталефибробетон, бетон-матрица В20(М250) 130 кг/м ³	0,596	5,34	$B_{cb4,0}$
	0,578	7,09	
	0,580	5,65	
	0,576	5,58	
	0,608	4,54	
	0,580	5,34	

Таким образом, применение самоуплотняющегося сталефибробетона целесообразно в качестве усиления железобетонных колонн реконструируемых зданий и сооружений.

Литература

1. Влияние фибр на прочностные характеристики фибробетона / М.С. Спицына, О.В. Лошакова, В.М. Струлев, В.В. Леденев // Труды ТГТУ: сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2004. – Вып. 16. – С. 31–34.
2. ГОСТ 26633–2012. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство» Росстроя, 2014. – 24 с.
3. Новые конструктивные решения усиления сжатых элементов обоями / В.В. Теряник, А.Ю. Бирюков, А.О. Борисов, Р.В. Щипанов // Жилищное строительство, 2009. – № 7. – С. 8–9.
4. Пат. 118337 Российская Федерация, Е04Г23/02. Наружная усиливающая конструкция колонны / П.Г. Поднебесов, В.В. Теряник. – № 2012107943/03; заявл. 01.03.2012; опубл. 20.07.2012; Бюл. № 20. – 2 с.
5. Пат. 2486322 Российская Федерация, Е04Г23/02. Элемент усиления колонны / П.Г. Поднебесов, В.В. Теряник. – № 2011149086; заявл. 01.12.2011; опубл. 27.06.2013; Бюл. № 18. – 2 с.
6. Поднебесов, П.Г. Усиление железобетонных колонн обоями с использованием стальной волновой латунированной фибры / П.Г. Поднебесов, В.В. Теряник // Жилищное строительство. – 2012. – № 8. – С. 41–44.
7. Руководящие технические материалы по проектированию, изготовлению и применению сталефибробетонных конструкций на фибре. РТМ 17-03-2005. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство» Росстроя, 2005. – 80 с.
8. СП 52-104-2006. Сталефибробетонные конструкции. Текст / Госстрой России; Введ. 2006-0901. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство» Росстроя, 2006. – 110 с.
9. Теряник, В.В. Прочность, устойчивость и деформативность железобетонных колонн, усиление обоями / В.В. Теряник. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 2004. – 188 с.
10. Хегай, А.О. Внецентренно сжатые элементы из фибробетона, армированные высокопрочной арматурой: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.О. Хегай. – СПб., 2011. – 21 с.
11. Naaman, A.E. High Strength fiber reinforced cement composites / A.E. Naaman // Proceedings of MRS Symposium on Potential of Very High Strength Cement-Based Materials, Materials Research Society. – 1985. – Vol. 42, no. 1. – P. 217–229.

Поднебесов Павел Геннадьевич, аспирант кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Тольяттинский государственный университет, p.podnebesov@gmail.com.

Теряник Владимир Васильевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство», Тольяттинский государственный университет, tsp@tltsu.ru.

Поступила в редакцию 27 января 2014 г.

Bulletin of the South Ural State University
Series “Construction Engineering and Architecture”
2014, vol. 14, no. 1, pp. 23–26

PECULIARITIES OF SELF-CONSOLIDATING STEEL FIBER CONCRETE USE WHEN STRENGTHENING REINFORCED CONCRETE COLUMNS

P.G. Podnebesov, Togliatti State University, Togliatti, Samara Region, Russian Federation, p.podnebesov@gmail.com
V.V. Teryanik, Togliatti State University, Togliatti, Samara Region, Russian Federation, tsp@tltsu.ru

A new constructive design of steel fiber concrete clips increasing bearing capacity of compression elements of reinforced concrete structures by increasing operating load is studied in the paper. A comparative analysis of samples from self-consolidating concrete and steel fiber concrete is carried out.

Keywords: clip, strengthening, fiber, self-consolidating steel fiber concrete, clip's effect, deformability, combined reinforcement.

References

1. Spitsyna M.S., Loshakova O.V., Strulev V.M., Ledenev V.V. [Influence of fibers on strength characteristics фибробетона]. Works of TGTU: Collection of scientific articles of young scientists and students, 2004, no. 16. Tambov, Publishing house of Tamb. state. tech. univ., pp. 31–34 (in Russ.)
2. GOST 26633-2012 Betony tyazhelye i melkozernistyе. Tekhnicheskiesloviya [State Standard 26633-2012. Concrete heavy and fine-grained. Specifications]. Moscow, Rosstroy Federal State Unitary Enterprise Research Center «Stroitelstvo», 2013. 24 p.
3. Teryanik V.V., Biryukov A.Yu., Borisov A.O., Shchipanov R.V. [New structural concepts of strengthening of compressed members with fixtures]. *Housing Construction*, 2009, no. 7, pp. 8–9. (in Russ.)
4. Podnebesov P.G., Teryanik V.V. *Naruzhnaya silivayushchaya konstruktivnyy kolonny* [External strengthening design of a column]. Patent RF, no. 118337, 2012.
5. Podnebesov P.G., Teryanik V.V. *Element usileniy kolonny* [Element of pillar reinforcement]. Patent RF, no. 2486322, 2013.
6. Podnebesov P.G., Teryanik V.V. [Strengthening of Reinforced Concrete Columns with Casings Using Steel Wave Brass Plated Fiber] *Zhilishchnoestroitel'stvo* [Housing Construction], 2012, no. 8, pp. 41–44. (in Russ.)
7. RTM 17-03-2005. Rukovodyashchietekhnicheskimaterialyoproektirovaniyu, izgotovleniyu i primeneniystalefibrobetonnykhkonstruktsiy nafibre [Leading technical materials 17-03-2005. Leading technical materials on design, production and application the stalefibrobetonnykh of designs on a fiber]. Moscow, Rosstroy Federal State Unitary Enterprise Research Center «Stroitelstvo», 2005, 80 p.
8. SP 52-104-2006. Stalefibrobetonnyekonstruktsii. [Construction rules 52- 104-2006. Fiber reinforce concrete constructions] State Committee for Construction of Russia, Intr. 2006-0901. Moscow, Rosstroy Federal State Unitary Enterprise Research Center «Stroitelstvo», 2006, 110 p.
9. Teryanik V.V. *Prochnost', ustoychivost' i deformativnost' zhelezobetonnykhkolonn, usilenieoboymami* [Durability, stability and deformability of reinforce concrete columns, strengthening by jacketing constructions]. Chelyabinsk: Southern Ural book publ., 2004, 188 p.
10. Hegai A.O. *Vnetsentrennoszhatye elementyz fibrobetona, armirovannyevysokoprochnoyarmaturoy*. Avto-ref.kand. diss. [Non-central stressed elements of fiber concrete, reinforced by high-strength fittings]. St. Petersburg, 2011, 21 p.
11. Naaman. A. E. [High Strength fiber reinforced cement composites] [Proceedings of MRS Symposium on Potential of Very High Strength Cement-Based Materials, Materials Research Society], 1985, vol. 42, no.1, pp. 217–229.

Received 27 January 2014