

Л.С. Шевцов, С.А. Соловьев
Вологодский государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИЗГИБАЕМОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗ АРМИРОВАННОГО ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНОГО КОМПОЗИТА

Исследование выполнено в рамках реализации проекта «Разработка новых видов несущих элементов строительных конструкций из армированного арболита» при финансировании по программе «Умник» Фонда содействия инновациям (Договор № 18620ГУ/2023)

В статье представлены результаты исследования армированной балки из древесно-цементного композита (арболита) при изгибе. Экспериментальный образец из армированного арболита размерами 300×300×1500 мм имеет несущую способность 950 кг сосредоточенной нагрузки по критерию жесткости (прогиба) и 1200 кг по критерию прочности нормальных сечений. Оптимизация технологии вибропрессования элемента при изготовлении, а также использование дополнительных добавок позволят повысить несущую способность элемента аналогичных размеров. Работу изгибаемого элемента из армированного древесно-цементного композита в первом приближении допускается описывать классической теорией железобетона при гипотезе исключения из работы растянутой части бетона. Представленные элементы могут быть использованы в виде несущих и самонесущих перемычек в сооружениях различного назначения.

Арболит, легкий бетон, балка, перемычка, прогиб, экспериментальные исследования.

Одной из актуальных задач строительной отрасли является разработка новых типов элементов несущих и ограждающих конструкций, обладающих повышенными показателями энергоэффективности. Для этой цели проводятся исследования в области легких бетонов, обладающих более низким коэффициентом теплопроводности, чем классический тяжелый бетон. Одним из перспективных видов легкого бетона для энергоэффективного строительства являются древесно-цементные композиты, в частности арболит. Арболит – легкий бетон на цементном вяжущем, древесной дробленке и химических добавках.

С лингвистической точки зрения термин «арболит» является комбинацией латинского «arbor» (дерево) и греческого lithos (камень). Термин «арболит» в текущем понимании сформировался в 50–60-х годах XX века. До этого периода арболит и аналогичные древесно-цементные композиты носили названия «деревобетон», «фибролит», «ксиолит», «древцемент» и т.п. Так, термин «фибролит» существовал уже в середине XIX века. Издание «30000 иностранных слов, вошедших в употребление в русский язык, с объяснением их корней: Сост. по словарям: Гейзе, Рейфа и др.» (1869) приводит информацию, что «Фибролит, от лат. fibre, волокно, и греч. lithos, камень – волокнистый камень».

В настоящее время проводятся исследования конструкций из арболита, которые для повышения несущей способности дополнительно армируются [1–5].

В данной работе выполнены лабораторные испытания балки из древесно-цементного композита, которая может быть использована в качестве несущей или

самонесущей перемычки над проемами в зданиях и сооружениях различного назначения.

Для проведения экспериментальных исследований был выполнен опытный образец балки из армированного арболита (рис. 1, 2). Балка армирована 3 стержнями арматуры диаметром 8 мм. Общая площадь рабочей арматуры составляет $A_s=1,5 \cdot 10^{-4}$ м². Сечение балки $b=h=300$ мм. Балка изготовлена для расчетного пролета $l=1500$ мм. Прочность стали арматуры принята 180 МПа по рекомендациям СН 549-82 «Инструкция по проектированию, изготовлению и применению конструкций и изделий из арболита», разработанной НИИЖБом Госстроя СССР с участием ПТПО «Сельстройматериалы» объединения Росколхозстрой и ВНИИДрева Минлеспрома СССР в 1982 году.

В соответствии с СП 20.13330.2016 конструктивные перемычки и навесные стеновые панели над оконными и дверными проемами имеют предельный вертикальный прогиб $L / 200$. Опытный образец балки из армированного арболита имеет расчетный пролет $L = 1400$ см. Тогда предельный прогиб будет равен $\frac{1400}{200} = 7$ мм.

Согласно СП 63.13330.2018 определим теоретическое значение нагрузки при перемещении равным 7 мм.

Максимальный прогиб балки f определяется по формуле:

$$f = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot J_{red}}, \quad (1)$$

где F – сосредоточенная предельная нагрузка; L – расчетный пролет; E – модуль упругости арболита при сжатии; J_{red} – момент инерции приведенного сечения элемента.

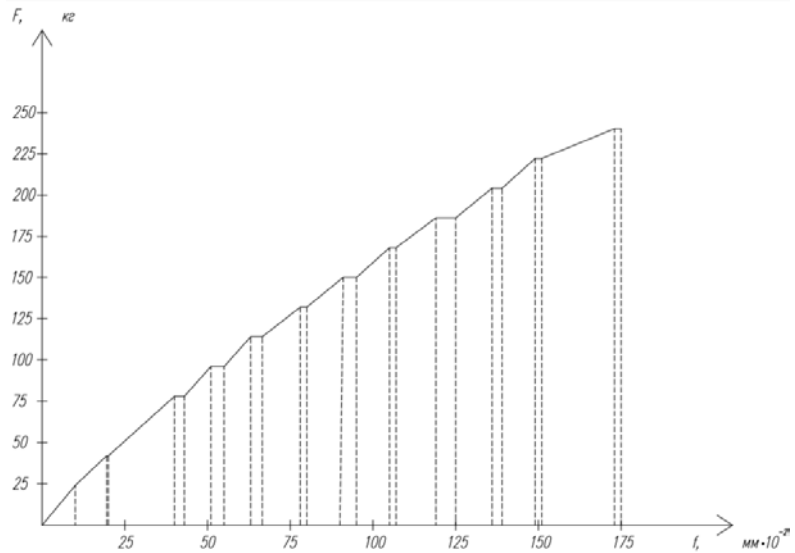


Рис. 1. Зависимость прочности арболита при сжатии от прочности арболита при растяжении

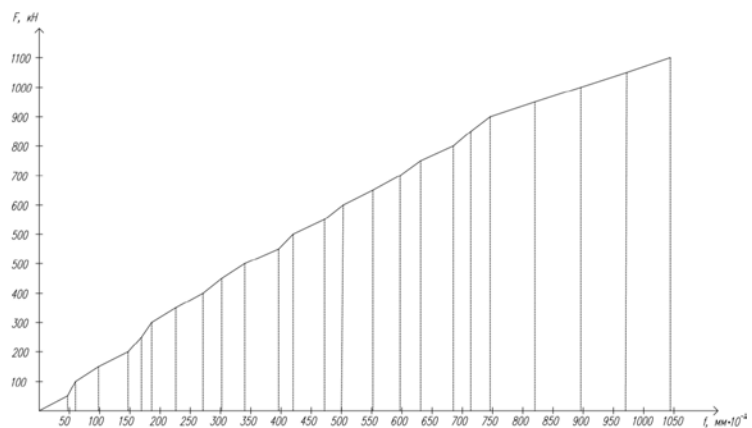


Рис. 2. Зависимость прочности арболита при сжатии от прочности арболита при растяжении

Тогда сосредоточенная предельная нагрузка будет равна:

$$F = \frac{48 \cdot E \cdot J_{red} \cdot f}{L^3} \quad (2)$$

Момент инерции приведенного сечения элемента:

$$J_{red} = J_x + J_s \cdot a, \quad (3)$$

где J_x – момент инерции бетонного сечения; J_s – момент инерции площади сечения растянутой арматуры; $a = \frac{E_s}{E_{bl}}$ – коэффициент приведения арматуры к бетону.

Значения модуля деформации бетона принимают равными:

$$E_{bl} = 0,85 \cdot E.$$

Момент инерции бетонного сечения $J_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$.

Момент инерции площади сечения растянутой арматуры $J_s = A_s \cdot (h_0 - y_c)^2$, где y_c – высота сжатой зоны бетона; h_0 – высота от верхней грани до центра тяжести растянутой арматуры.

В соответствии с теоретическим расчетом элемента прямоугольного сечения предельная сосредоточенная нагрузка по критерию прогиба элемента составляет:

$$F = \frac{48 \cdot E \cdot J_{red} \cdot f}{L^3} = \frac{48 \cdot 0,07 \cdot 900 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 9,926 \cdot 10^{-4}}{1,4^3} = 929,803 \text{ кг}$$

Выводы:

1. График зависимости нагрузки от прогиба для исследуемого изгибаемого элемента из древесно-цементного композита (рис. 2) показывает, что предельный прогиб 7 мм достигается при экспериментальной нагрузке в 950 кг. Теоретический расчет показывает значения нагрузки при предельном прогибе 930 кг. Сравнив полученные значения, можно сделать вывод, что жесткость экспериментального образца соответствует теоретической жесткости.

2. Расчетный критерий прочности арболитовой балки составил 1368 кг. Экспериментальная предельная нагрузка по критерию прочности нормальных сечений составила 1200 кг. Можно сделать вывод, что контрольный образец выдержал нагрузку на 13 % меньше, чем должен был согласно теоретическим предположкам. Данный момент связан с отступлением от технологии изготовления смеси древесно-цементного композита, которое привело к снижению его прочности. В процессе изготовления смесь подвергалась только вибрированию, а не вибропрессованию, по причине отсутствия производственных форм

для индивидуального объекта. При оптимизации технологии производства таких переемычек можно повысить их несущую способность, приблизив ее к теоретическому значению.

3. На основании вышеуказанного подхода можно получить значение предельной нагрузки с некоторой обеспеченностью (уровнем надежности [6]) для конкретной партии балок из армированного арболита.

Литература

1. Шевцов, Л. С. Вероятностный подход в проектировании изгибаемых элементов из армированного арболита / Л. С. Шевцов, А. А. Соловьева, С. А. Соловьев // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2 (20). – С. 15–17.

2. Патент на полезную модель № 212844 U1 Российская Федерация, МПК E04C 3/02. Энергоэффективная переемычка из легкого армированного бетона на органическом заполнителе : № 2021134967 : заявл. 30.11.2021 : опубл. 11.08.2022 / С. А. Соловьев, А. А. Соловьева, Ю. А. Губина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет».

3. Обрезкова, В. А. Исследование изгибаемых предварительно напряженных конструкций из поризованного арболита : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. А. Обрезкова. – Самара : СГАСУ, 2005. – 20 с.

4. Соловьева, А. А. Исследование прочностных показателей арболита при повышенной влажности / А. А. Соловьева, Л. С. Шевцов, С. А. Соловьев // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 1(19). – С. 33–35.

5. Korolev, A. Wood (arbolit) concrete for bearing span structures / Korolev, A. Koroleva, Y. Gusev, D. – doi: 10.4123/CUBS.107.5 // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2023. – Vol. 107. – P. 10705.

6. Карпов, Д. Ф. Алгоритм комплексной диагностики технического состояния строительных конструкций по анализу термограмм / Д. Ф. Карпов // Строительные материалы и изделия. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 23–28.

7. Соловьев, С. А. Вероятностный анализ надежности деревянной стойки по критерию устойчивости при центральном сжатии / С. А. Соловьев, Ю. А. Инькова, А. А. Соловьева // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 12. – С. 1653–1663.

L.S. Shevcov, S.A. Solovev
Vologda State University

STUDY OF REINFORCED WOOD-CEMENT COMPOSITE FLEXURAL ELEMENTS BEHAVIOUR

The research was funded within the framework of the project "Development of new types of load-bearing elements of reinforced arbolite" under the program "Umnik" of the Innovation Assistance Fund (Contract No. 18620GU/2023)

The article presents the results of a study of a reinforced beam made of wood-cement composite (arbolite). An experimental sample made of reinforced wood-cement composite with dimensions of 300x300x1500 mm has a bearing capacity of 950 kg of concentrated load according to the criterion of rigidity (deflection) and 1200 kg according to the criterion of strength of normal cross sections. Optimization of the vibration pressing technology of the element during manufacture, as well as the use of additives, will increase the bearing capacity of an element of similar dimensions. The behaviour of flexural element made of reinforced wood-cement composite in the first approximation can be described by the classical theory of reinforced concrete under the hypothesis of exclusion from the stress-strain of the tensile part of concrete. The presented elements can be used as load-bearing and self-supporting lintels in structures for various purposes.

Arbolite, light concrete, beam, lintel, deflection, experimental studies.