

К РАСЧЕТУ ЭЛЕМЕНТОВ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ ИЗ ФИБРОБЕТОНА ПРИ СОВМЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ ПРОДОЛЬНЫХ СЖИМАЮЩИХ И ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ

Хегай М.О.¹

¹ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт – Петербург, Россия (190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4), e-mail: HegayMaksim@yandex.ru

Все более широкое применение, в частности, в многоэтажных зданиях имеют конструкции круглого сечения, работающие с малыми эксцентриситетами. Зачастую, помимо продольных сил на них также действуют и поперечные силы. В настоящей статье приводится теоретическое исследование фиброжелезобетонных и железобетонных элементов круглого сечения при совместном действии продольных осевых сжимающих и поперечных сил. В данной статье рассматриваются расчеты конструкций, работающих на совместное действие продольных осевых, сжимающих и поперечных сил, принятые в разное время в нормативных документах. Также предложен расчет прочности фиброжелезобетонных элементов круглого сечения при сочетании таких усилий. Отмечено положительное влияние продольного, осевого усилия сжатия на несущую способность как фиброжелезобетонных, так и железобетонных элементов круглого сечения при поперечном изгибе.

Ключевые слова: фибробетон, фибра, поперечный изгиб, круглое сечение

CALCULATION OF THE ELEMENTS OF CIRCULAR CROSS-SECTION FIBRO CONCRETE UNDER THE COMBINED ACTION OF LONGITUDINAL AND TRANSVERSE COMPRESSIVE FORCES

Khegay M.O.¹

¹ Saint-Petersburg State University of architecture and civil engineering, Saint-Petersburg, Russia (190005, Saint-Petersburg, street 2-Krasnoarmeyskaya, 4), e-mail: HegayMaksim@yandex.ru

The increasingly widespread use, particularly in high-rise buildings are constructed in circular working with small eccentricity. Often, in addition to the longitudinal forces on them in the same act and transverse forces. This paper presents a theoretical study of fiber- reinforced concrete and concrete elements of circular cross-section under the joint action of the longitudinal axis, compressive and shear forces . This article discusses the design calculations running on the combined effect of longitudinal axial compressive and shear forces, taken at different times in the regulations. It is also proposed settlement strength fiber- reinforced concrete elements of circular cross section with a combination of such efforts. The positive influence of the longitudinal , axial compression force on the bearing capacity as fiber- reinforced concrete and concrete elements of circular cross-section transverse rupture.

Keywords: fiber concrete, fiber, lateral bending, circular cross-section

Введение

В современном мире есть опасность лавинообразного разрушения конструкций от разного рода техногенных факторов, террористических угроз, в связи с этим становится актуальным вопрос повышения вязкости разрушения элементов.

Одним из способов повышения вязкости разрушения является дисперсное армирование бетона стальными фибрами, способное обеспечить улучшение механических характеристик материала: увеличить предельную сжимаемость, повысить прочность, растяжимость, трещиностойкость, ударопрочность, вязкость разрушения и т.д. [1,2,3,4].

Конструкции круглого сечения приобретают все более широкое применение. Зачастую, помимо продольных сил на них также действуют и поперечные силы.

Вместе с тем отсутствуют данные о расчете как железобетонных, так и фиброжелезобетонных конструкций, как в нормативных документах, так и в специальной литературе.

В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете на кафедре «Железобетонных и каменных конструкций» были проведены испытания элементов круглого сечения из сталефибробетона при совместном действии продольных сжимающих и поперечных сил, в которых варьировалась величина продольного усилия обжатия. В результате эксперимента было выявлено, что:

1. Добавление продольных сжимающих сил увеличивает несущую способность железобетонных и фиброжелезобетонных элементов по наклонному сечению при действии поперечных сил.
2. Количественное влияние продольной силы для железобетонных и фиброжелезобетонных образцов было практически одинаковым. Для железобетонных образцов увеличение составило 50%, 87%, 139%, для фиброжелезобетонных – 50%, 95%, 134% в зависимости от продольного усилия сжатия.
3. Фибровое армирование меняет характер разрушения и трещинообразования образцов. Разрушение становилось более вязким, ширина раскрытия трещин в фиброжелезобетонных образцах была меньше, чем в железобетонных. Шаг трещин в фиброжелезобетонных образцах был больше. Это подтверждается исследованиями авторов [1,2,3,4].

Влияние совместного действия продольных сжимающих и поперечных сил в нормативных документах [5, 6, 7] учитывается коэффициентом:

$$\varphi_n = Q_n / Q,$$

где Q_n – несущая способность от совместного действия продольной сжимающей и поперечной сил; Q – несущая способность от действия поперечной силы.

В таблице 1 приведено сравнение опытных и теоретических коэффициентов φ_n и разрушающей поперечной нагрузки (Q_n) для сталефиброжелезобетонных образцов.

Таблица 1

N, T	β	φ_n			φ_{n_on}	Q_n, T			Q_{n_on}, T
		СНиП 2.03.01.84	СП 52.101.2003	СП 63.13330.2012		СНиП 2.03.01.84	СП 52.101.2003	СП 63.13330.2012	
0	0	1	1	1	1	14,7	14,7	14,7	12,0
10	0,1	1,232	1,023	1,124	1,506	19,06	15,82	17,04	18,1
14	0,14	1,323	1,259	1,173	1,953	20,48	19,48	18,14	23,5
20	0,2	1,461	1,337	1,246	2,344	22,6	20,68	19,28	28,2

Примечание: $\beta = N / N_b$; $\varphi_n = Q_n / Q$; $\varphi_{non} = Q_{non} / Q_{on}$; $Q_n = \varphi_n Q$,

где N – усилие сжатия, $N_b = R_{fb} + \sum R_{sc} A_s$, Q_{on} – экспериментальное значение предельной поперечной силы, воспринимаемой образцом при совместном действии продольных и поперечных сил, Q_{on} – несущая способность элемента без продольного обжатия; Q – теоретическая несущая способность вычисленная по предложенной расчетной модели [8].

В таблице 2 приведено сравнение опытных и теоретических коэффициентов φ_n и разрушающей поперечной нагрузки (Q_n) для железобетонных образцов.

Таблица 2

N	β	φ_n			φ_{non}	Q_n			Q_{non}
		СНиП 2.03.01.84	СП 52.101.2003	СП 63.13330.20 12		СНиП 2.03.01.84	СП 52.101.2003	СП 63.13330.20 12	
0	0	1	1	1	1	9,2	9,2	9,2	8,4
8,5	0,09	1,317	1,183	1,11	1,45	12,12	10,88	10,212	12,2
14	0,147	1,52	1,27	1,183	1,83	14	11,68	10,88	15,4
20	0,21	1,739	1,343	1,25	2,393	16	12,36	11,5	20,1

На основании таблиц 1 и 2 были построены графики зависимости разрушающей поперечной силы от продольного усилия сжатия (рис. 1, 2).

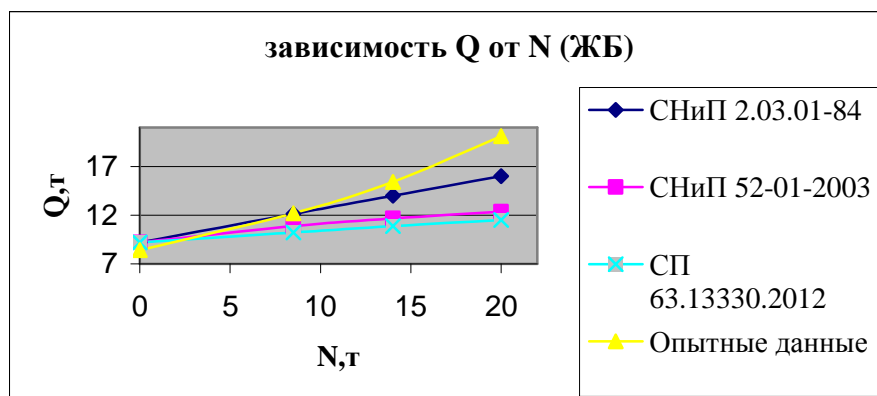


Рис. 1. Зависимость Q от N в железобетонном элементе, где

Q - предельная поперечная сила, N -усилие обжатия

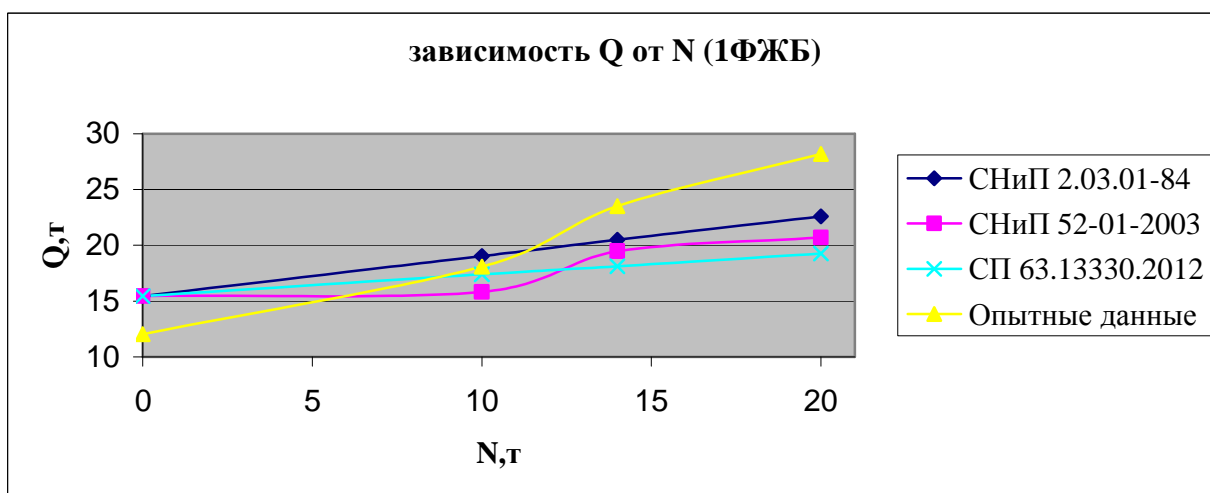


Рис. 2. Зависимость Q от N в фиброармированном железобетонном элементе, где

Q – предельная поперечная сила, N – усилие обжатия

Как видно из графиков, существующие нормативные документы дают значительное отклонение от опытных результатов. Так, для железобетонных конструкций отклонение по нормам СНиП 2.03.01-84 составило 20,4%, для СП 52-101-2003 – 38,51%, по СП 63.13330.2012 – 42,79%. Для фиброармированных конструкций отклонение по нормам СНиП 2.03.01-84 составило 19,86%, для СП 52-101-2003 – 26,67%, по СП 63.13330.2012 – 31,63%.

На рисунке 3, 4 представлены графики зависимости коэффициента φ_n от β по результатам экспериментальных данных и теоретических расчетов для железобетонных и фиброжелезобетонных элементов.

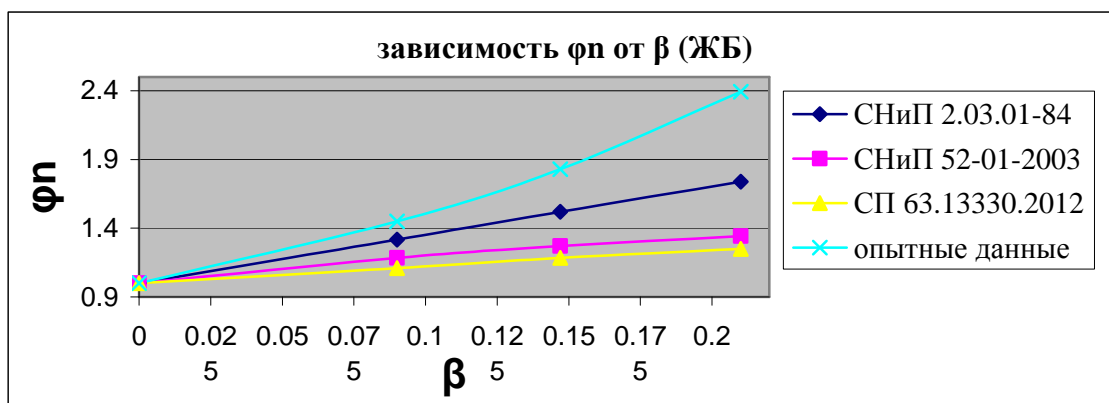


Рис. 3. Зависимость φ_n от β в железобетонном элементе, где

$$\varphi_n = Q_n / Q, \beta = N / N_b$$

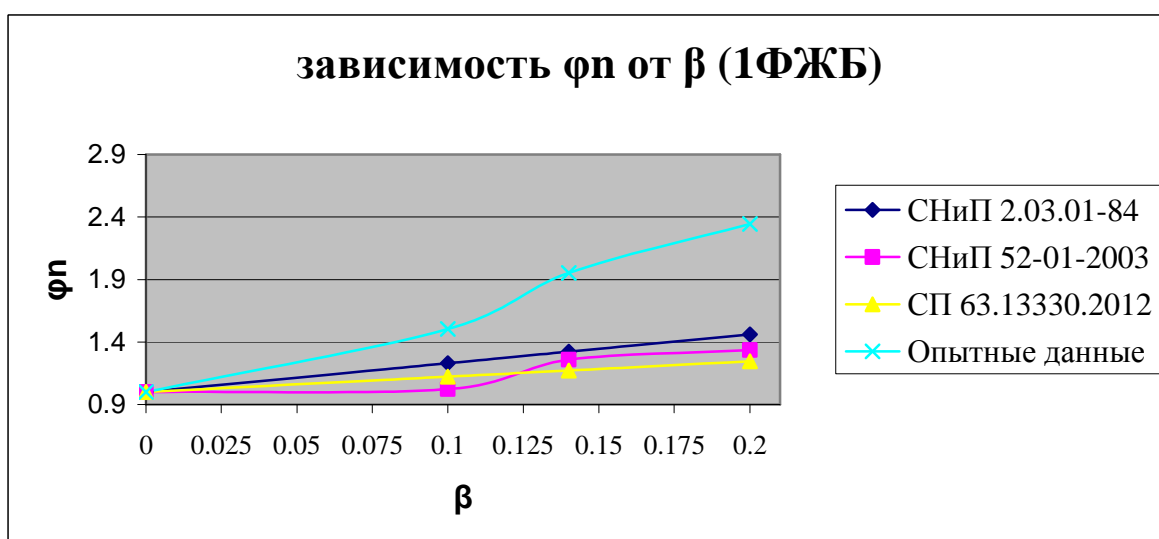


Рис. 4. Зависимость φ_n от β в фиброжелезобетонном элементе, где

$$\varphi_n = Q_n / Q, \beta = N / N_b$$

Наименьшее отклонение теоретических результатов от экспериментальных было получено при расчете по СНиП 2.03.01-84, в котором была принята линейная зависимость коэффициента φ_n от продольного сжатия.

На основании проведенных экспериментов была построена аппроксимирующая зависимость коэффициента φ_n от β (рис. 4), которая выражается формулой:

$$\varphi_n = 6,9\beta + 1$$

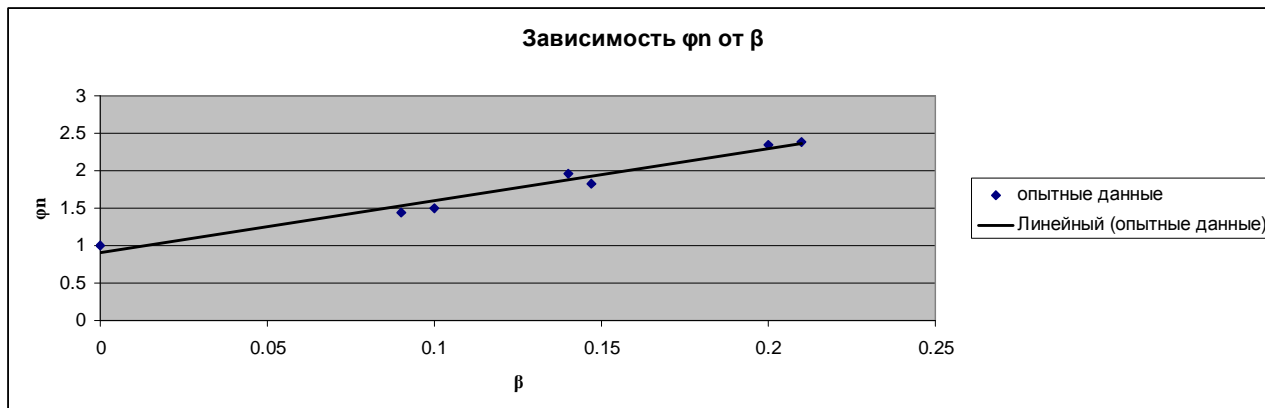


Рис. 4. Зависимость $\varphi_{\text{поп}}$ от β

где $\varphi_{\text{поп}} = Q_{\text{поп}} / Q_{\text{он}}$, $\beta = N / N_b$

Таким образом, несущая способность элемента круглого сечения из сталефибробетона от совместного действия продольной сжимающей и поперечных сил определяется из выражения:

$$Q_n = \varphi_n Q$$

Расчеты по существующим нормативным документам элементов круглого сечения из сталефибробетона при совместном действии продольных сжимающих и поперечных сил дают значительное отклонение от опытных данных ($\Delta_{\text{max}} = 31,63\%$) в запас прочности, что снижает эффективность использования материалов при проектировании.

В результате проведенных исследований получены экспериментально теоретические параметры, обеспечивающие получение адекватных результатов при расчете прочности фиброармированных элементов круглого сечения при совместном действии продольных сжимающих и поперечных сил.

Список литературы

1. Куликов А.Н. Экспериментально-теоретические исследования свойств фибробетона при безградиентном напряженном состоянии в кратковременных испытаниях: автореф. дис. ... канд. техн. наук/ А.Н. Куликов; ЛИСИ. – Л., 1974. – 22 с.
2. Морозов В. И. Исследования фиброжелезобетонных колон с высокопрочной арматурой / В.И. Морозов, А.О. Хегай // Вестник гражданских инженеров. – 2011. - №3(28). – С. 34-37.
3. Морозов В. И. Фиброжелезобетонные конструкции с высокопрочной арматурой [Текст] / В. И. Морозов, Ю. В. Пухаренко // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. - № 1. – С. 45-46.
4. Пухаренко Ю.В. О вязкости разрушения фибробетона / Ю.В. Пухаренко, В.Ю. Голубев // Вестник гражданских инженеров. – 2008. - №3(16). – С. 80-83.
5. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: 1989.
6. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой России. -М.: ГУП НИИЖБ, 2004.
7. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой России. -М.: ГУП НИИЖБ, 2012.
8. Хегай М.О. Напряженно - деформированное состояние фиброжелезобетонных элементов круглого сечения при действии поперечных сил // Вестник гражданских инженеров. – 2013. - № (39).

Рецензенты:

Веселов А. А., д.т.н., профессор, кафедры «Железобетонных и каменных конструкций» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Белов В. В., д.т.н., профессор, кафедры «Строительная механика и строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургского государственного политехнического университета», г. Санкт-Петербург.