

В.А. КОМАРОВ, С.Н. ЛАСЬКОВ✉

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
ул. Германа Титова, д. 28, г. Пенза, 440028, Российская Федерация

СТЕРЖНЕВЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ СЖАТЫХ БЕТОННЫХ ПОЛОС СОПРЯЖЕНИЯ РИГЕЛЕЙ С КОЛОННАМИ СБОРНО–МОНОЛИТНЫХ КАРКАСОВ

Аннотация

Введение. Существующие методы расчета железобетонных конструкций не обладают универсальностью. Каждая расчетная модель пригодна только для ограниченного класса элементов. Построение общей расчетной модели, адекватно описывающей сопротивление конструкций действию поперечных сил в комбинации с изгибом, является одной из сложных задач теории железобетона. В связи с этим при практических расчетах прочности на сдвиг пользуются условными моделями.

Цель. Построение стержневых моделей прочности сжатых наклонных полос бетона.

Материалы и методы. Предлагаемые стержневые модели наклонных сжатых полос бетона опорных зон ригелей с малыми пролетами среза $a \leq h_{01}$ между грузовыми и опорными площадками основаны на моделировании их физической работы, копировании траекторий основных трещин и схем разрушения.

Результаты. Проведенными экспериментально-теоретическими исследованиями выявлены возможные схемы разрушения опорных зон ригелей сопряжения с колоннами при действии сосредоточенных сил с соотношением пролета среза $a = h_{01}$ (где h_{01} – рабочая высота консоли).

Экспериментально получены две схемы разрушения сжатых полос бетона, первая схема от сжатия при достижении главными сжимающими напряжениями предела прочности бетона на осевое сжатие и вторая схема от совместного действия сжатия и среза при достижении касательными напряжениями предела прочности.

Дана аналитическая оценка полученных схем разрушения сжатых бетонных полос. Выявлены предельные состояния, разработаны расчетные зависимости прочности.

Выводы. Предлагаемые стержневые модели и расчетные зависимости определения прочности сжатых бетонных полос основаны на аналогиях их физической работы, обладают простотой применения и позволяют производить расчеты с достаточной степенью надежности.

Ключевые слова: сборно-монолитные узлы, сжатые полосы бетона, стержневые модели

Для цитирования: Комаров В.А., Ласьков С.Н. Стержневые модели прочности сжатых бетонных полос сопряжения ригелей с колоннами сборно-монолитных каркасов // Бетон и железобетон. 2024. № 2 (621). С. 5–12. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2\(621\)-5-12](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2(621)-5-12)

Вклад авторов

Комаров В.А., Ласьков С.Н. – изготовление сборно-монолитных узлов, проведение эксперимента, анализ напряженно-деформированного состояния, построение стержневых моделей, разработка расчетных зависимостей.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 10.05.2024

Поступила после рецензирования 21.05.2024

Принята к публикации 27.05.2024

V.A. KOMAROV, S.N. LASKOV✉

Penza State University of Architecture and Construction,
German Titov str., 28, Penza, 440028, Russian Federation

ROD MODELS OF STRENGTH OF COMPRESSED CONCRETE STRIPS OF THE CONJUGATION BETWEEN BEAMS AND COLUMNS OF PREFABRICATED MONOLITHIC FRAMES

Abstract

Introduction. The existing methods of calculation of reinforced concrete structures are not universal. Each calculation model is suitable only for a limited class of elements. The construction of a general design model that adequately describes the resistance of structures to shear forces in combination with bending is one of the most difficult tasks of reinforced concrete theory. Therefore, in practical calculations of shear strength, contingent models are used.

Aim. Construction of bar models of concrete compressive strength of inclined strips of concrete.

Materials and methods. The proposed rod models of inclined compressed concrete strips of beam support zones with small shear spans $a \leq h_{01}$ between load and support pads are based on modeling their physical performance, copying major crack trajectories and failure schemes.

Results. Experimental and theoretical studies have revealed possible schemes of failure of the support zones of beams at the conjugation with columns under the action of concentrated forces with the ratio of the shear span $a = h_{01}$ (where h_{01} is the work height of the console). Two schemes of failure of compressed concrete strips have been experimentally obtained, the first scheme from compression when the main compressive stresses reach the axial compression strength of concrete and the second scheme from the combined action of compression and shearing when the tangential stresses reach the strength limit.

Analytical evaluation of the obtained schemes of failure of compressed concrete strips is given. Limit states are revealed, calculated dependences of strength are developed.

Conclusions. The proposed rod models and calculation dependencies for determining the strength of compressed concrete strips are based on analogies of their physical work, have simplicity of application and allow calculations with a sufficient degree of reliability.

Keywords: precast-monolithic units, compressed concrete strips, core models

For citation: Komarov V.A., Laskov S.N. Rod models of strength of compressed concrete strips of the conjugation between beams and columns of prefabricated monolithic frames. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 2 (621), pp. 5–12. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2\(621\)-5-12](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2(621)-5-12)

Authors contribution statement

Komarov V.A., Laskov S.N. – fabrication of prefabricated monolithic units, experimentation, stress-strain state analysis, construction of rod models, development of calculation dependencies.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 10.05.2024

Revised 21.05.2024

Accepted 27.05.2024

Введение

Сборно-монолитный каркас является одним из наиболее перспективных вариантов несущего железобетонного каркаса многоэтажного здания, в состав которого входят сборные и монолитные конструкции.

Использование такого вида конструктивной системы позволяет совместить положительные качества сборных и монолитных конструкций при максимальном сокращении их недостатков.

Широкое внедрение сборно-монолитных систем затруднено в силу их малой изученности, недостатка экспериментальных данных, позволяющих объективно оценить несущую способность, жесткость и трещиностойкость сборно-монолитных конструкций.

Сложность характера сопротивления бетона и железобетона сдвигу требует использования различных теорий расчета, в том числе оценки сопротивления «точными» методами, которые получили значительное развитие на современном этапе.

«Точный» метод расчета требует использования трудоемких итерационных процедур и, как следствие, значительно большего времени, затрачиваемого на решение задачи.

В связи с этим при практических расчетах прочности железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил пользуются условными моделями, основанными главным образом на аналогиях их физической работы [1–4].

Основная часть

Для совершенствования нормативного метода расчета прочности при сдвиге (срезе) предлагается метод, базирующийся на аналоговых стержневых моделях.

Идеей построения аналоговой модели сдвига является создание стержневой расчетной схемы

сдвига с выявлением предельных усилий в бетоне при образовании трещин, а также разработка расчетных зависимостей.

Для изучения конструктивной надежности узлового сопряжения ригелей с колоннами проведены экспериментальные исследования крупномасштабных образцов сборно-монолитных узлов со скрытой консолью в уровне сборного ригеля.

При пролетах среза $a \leq 0,9 \times h_{01}$ проявляются особенности коротких элементов, то есть на характер образования и развития трещин и схем разрушения в зоне действия поперечных сил оказывают влияние как внутренние силовые факторы, действующие в рассматриваемых по длине пролета среза элемента сечениях (моменты и поперечные силы), так и местные возмущения напряженного состояния в местах приложения сосредоточенных сил. Грузовые площадки формируют сжатые полосы и способствуют концентрации главных сжимающих напряжений [5].

Эксперименты показывают, что прочность опорных зон ригелей с малыми пролетами среза $a \leq 0,9 \times h_{01}$ следует оценивать по стадии разрушения сжатых бетонных полос между грузовыми и опорными площадками. Экспериментально получены две схемы разрушения. К первой схеме относится активный характер появления слабо раскрытых трещин в бетоне опорной зоны монолитных частей ригеля и консоли колонны с последующим раздавливанием бетона. Ко второй схеме следует отнести аналогичный характер развития трещин, но с той лишь разницей, что в момент разрушения мгновенно образовалась диагональная широко раскрытая трещина в результате среза сжатого бетона внутри наклонной полосы [6]. Схемы разрушения сжатых бетонных полос показаны на рис. 1 и 2.

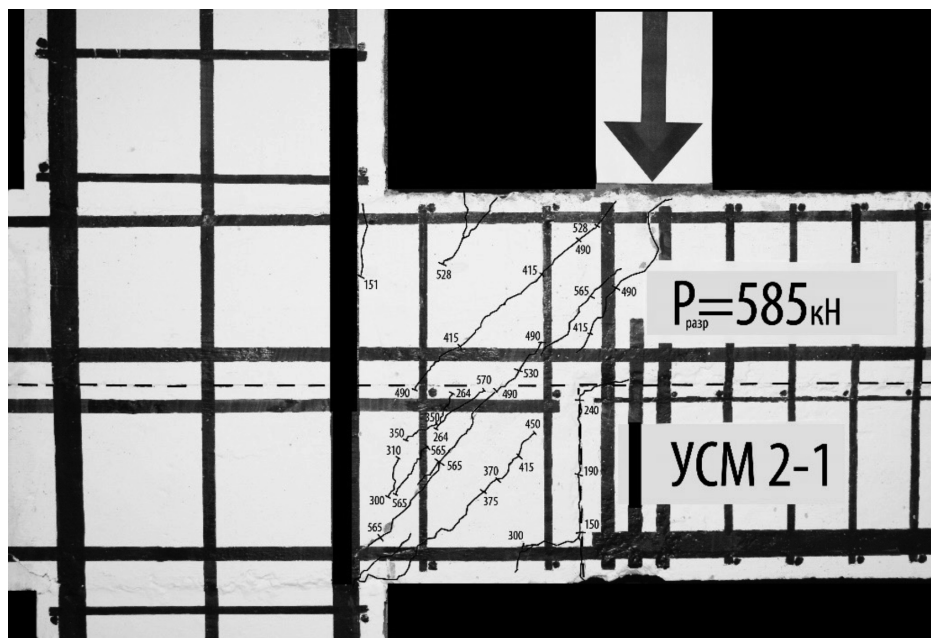


Рис. 1. Схема разрушения приопорной зоны узлового соединения ригеля с колонной при пролете среза $a = 0,9 \times h_{01}$ от действия сжатия
Fig. 1. Scheme of failure of the zone near support of the node connection of the beam with the column at shear span $a = 0,9 \times h_{01}$ from the action of compression

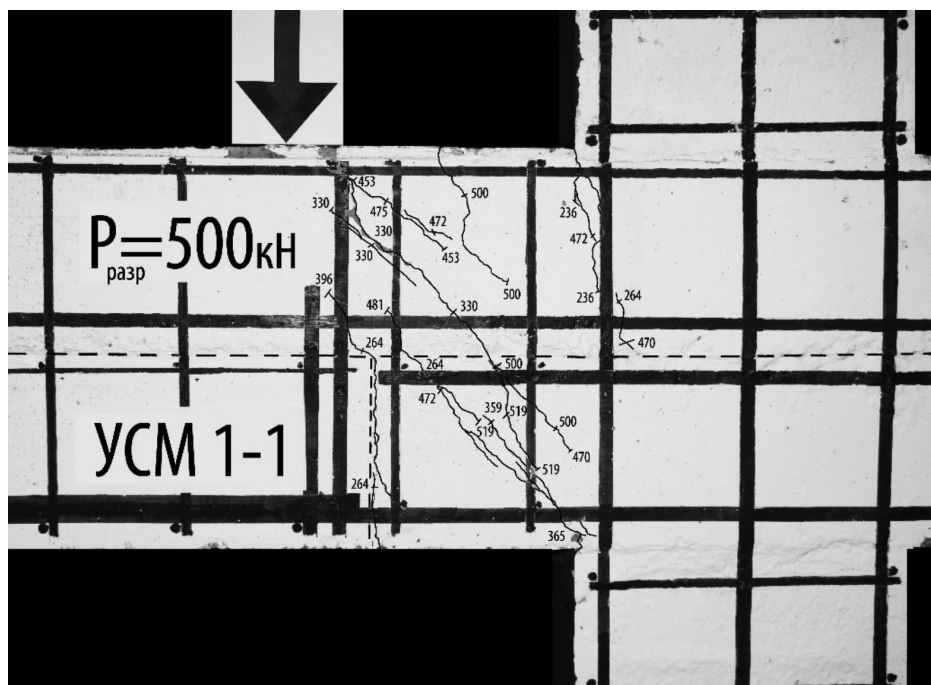


Рис. 2. Схема разрушения приопорной зоны узлового соединения ригеля с колонной при пролете среза $a = 0,9 \times h_{01}$ от совместного действия сжатия и среза

Fig. 2. Scheme of failure of the pylon of the node connection of the beam with the column at shear span $a = 0,9 \times h_{01}$ from the joint action of compression and shear

Расчетную модель сжатой полосы бетона в опорной зоне ригелей между грузовой и опорной площадками предлагается рассматривать по аналогии нормативной стержневой модели консоли колонны, копирующей физическую работу сжатого бетона [7].

Для моделирования принимается метод копирования схем разрушения и комплексный подход к оценке влияния основных факторов.

Принцип построения стержневых моделей сопротивления сжатию бетонных полос заключается в определении стержневых элементов, входящих в модель, ключевых точек, углов наклона, ширины полосы.

Анализ образования и развития наклонных трещин в сжатых полосах бетона показывает, что их угол наклона близок к углу наклона линии, соединяющей наружный край грузовой площадки с входящим углом

примыкания консоли к колонне. Поэтому целесообразно за основной угол наклона главных сжимающих напряжений в сжатой полосе принять угол наклона к горизонтали линии, соединяющей край грузовой площадки с входящим углом примыкания скрытой консоли к колонне. Границы сжатой бетонной полосы определяются грузовой опорной площадкой, ширина – перпендикуляром к основному углу наклона главных сжимающих напряжений в границах сжатой полосы. Расчетная модель прочности сжатой бетонной полосы на сжатие показана на рис. 3.

Бетонные полосы ориентированы по направлению главных сжимающих напряжений при непосредственной передаче усилия на опору. Сжатая бетонная полоса под действием главных напряжений и деформаций находится в условиях плоского напряженно-деформированного состояния (растяжение – сжатие).

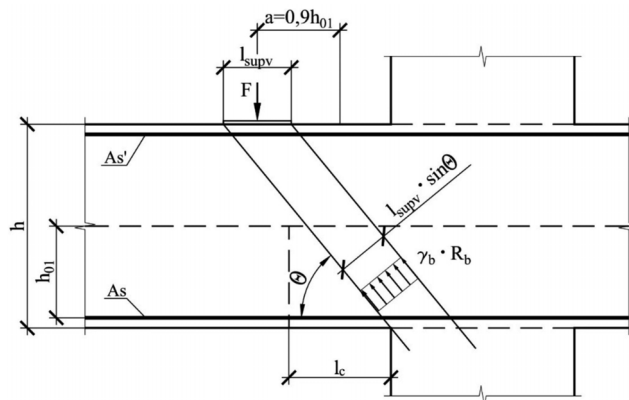


Рис. 3. Расчетная модель прочности сжатой бетонной полосы на сжатие

Fig. 3. Computational model of the compressive strength of a compressed concrete strip

После образования наклонных трещин главные растягивающие напряжения (действующие «поперек» трещин) способствуют снижению прочности при сжатии бетона, заключенного между трещинами в наклонной сжатой полосе.

Эффект разупрочнения бетона, проявляющийся в снижении прочности бетона при сжатии в условиях плоского напряженного состояния «растяжение – сжатие», связывают, как правило, с развивающимися в направлении, перпендикулярном к наклонной сжатой полосе, растягивающими деформациями.

В начальной стадии нагружения, когда растягивающие деформации невелики, образуется несколько трещин с большими расстояниями между ними.

Большие растягивающие деформации при высоких напряжениях приводят к увеличению количества трещин и снижению расстояний между ними.

Процесс трещинообразования, полученный при испытании образцов, имеет изменяющуюся ветвящуюся траекторию, обусловленную неоднородной структурой бетона, что приводит к появлению эксцентриситетов результирующей усилия обжатия в каждой «элементарной полосе», разделенной наклонными трещинами внутри сжатой бетонной полосы.

Внецентренное приложение равнодействующих усилий вызывает неравномерное распределение напряжений по ширине бетонных полос между трещинами.

Бетон, расположенный в районе трещин, оказывается более нагруженным, чем в середине «элементарной полосы». Это различие приводит к раннему разрушению бетона в ослабленной зоне, с перераспределением напряжений в более прочные области. Этот эффект выравнивает напряжения по ширине сжатой полосы.

Соппротивление бетона сжатию представляется напряжениями, равными $\gamma_b \times R_b$ и равномерно распределенными по ширине сжатой бетонной полосы, как это принято в нормах проектирования.

В Приложении Ж СП 63.13330.2018 [7] приводятся рекомендации по расчету коротких консолей колонн при относительном пролете среза $l_1 \leq 0,9 \times h_{01}$ на

действие поперечной силы по наклонной сжатой полосе между грузом и опорой из условия:

$$Q \leq 0,8 \times R_b \times b \times l_{sup} \times \sin^2 \theta \times (1 + 5 \times \alpha \times \mu_w),$$

в котором правая часть принимается не более $3,5 \times R_{bt} \times b \times h_0$ и не менее $2,5 \times R_{bt} \times b \times h_0$, где l_{sup} – длина площадки опирания нагрузки вдоль вылета консоли;

θ – угол наклона расчетной сжатой полосы к горизонтали;

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{b \times s_w} - \text{коэффициент армирования хомутами,}$$

расположенными по высоте консоли:

здесь s_w – расстояние между хомутами, измеренное по нормали к ним.

При расчете учитывают горизонтальные и наклонные хомуты под углом не более 45° к горизонтали.

На участке, расположенном между грузовыми и опорными площадками, кроме главных напряжений действуют касательные и нормальные напряжения. Сечение по высоте этого участка между гранями опорных и грузовых площадок образует зону так называемого «эффективного сдвига (среза)». Особенность заключается в одновременном появлении на указанном участке касательных и нормальных напряжений [8].

Как показывают эксперименты [9–12], происходит резкое возмущение касательных напряжений, сопровождающееся скачкообразным увеличением вблизи растянутой арматуры в поперечных сечениях, прилегающих к трещине.

Исследования показывают, что напряжения сдвига по высоте сечения изменяются, как правило, по зависимости, близкой к параболической.

Соппротивления бетона срезу представляются напряжениями, равными $\gamma_\tau \times R_{bt}$ и равномерно распределенными по высоте сечения среза, как это принято в нормах проектирования.

Расчетная стержневая модель прочности сжатой бетонной полосы на срез показана на рис. 4.

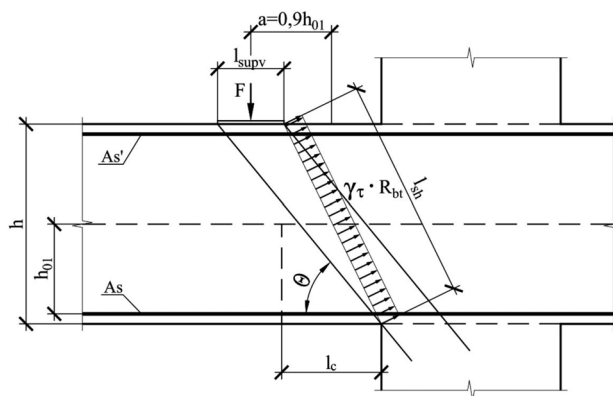


Рис. 4. Расчетная модель прочности сжатой полосы на срез

Fig. 4. Computational model of shear strength of a compressed concrete strip

В настоящее время расчетные значения сопротивления бетона срезу принимаются по эмпирической зависимости $R_{bsh} = (0,5 \dots 0,7) \times \sqrt{R_b} \times R_{bt}$ или в виде удвоенного сопротивления бетона растяжению R_{bt} [13].

Для определения предельных напряжений при срезе принят критерий, разработанный профессором А.А. Гвоздевым, на основе общего анализа результатов испытаний бетонных образцов, железобетонных элементов и конструкций [14, 15].

Расчетный критерий построен в координатах главных напряжений σ_1/R_b и σ_3/R_{bt} . Высота вертикального участка характеризует интенсивность перераспределения напряжений в результате неупругих деформаций. Расчетный критерий для области «сжатие – растяжение» записывается формулами:

$$\sigma_3/R_{bt} = 1 \text{ при } \sigma_1/R_b \leq 1 - \lambda$$

$$\sigma_1/R_b + \lambda \times \sigma_3/R_{bt} = 1 \text{ при } \sigma_1/R_b > 1 - \lambda,$$

где $\lambda = 1 - v$:

здесь v – координата точки перелома графика на оси σ_1/R_b , $v = 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 0$ при повышении класса бетона от В30 до В80 и более.

Расчетные зависимости для определения критерия прочности бетона, в зависимости от касательных τ_{xy} и нормальных σ_x и σ_y напряжений, записываются следующими формулами:

в области «сжатие – растяжение»

$$m \times (\tau_{xy}/R_{bt}) \times 2 - \frac{1}{m} \times (\sigma_x/R_b) \times (\sigma_y/R_b) - (\sigma_x/R_b - \sigma_y/R_b) = 0$$

$$m \times (\lambda - m)^2 \times (\tau_{xy}/R_{bt})^2 + \lambda \times ((\sigma_x/R_b)^2 - (\sigma_y/R_b)^2) -$$

$$- \frac{\lambda^2 + m^2}{m} \times (\sigma_x/R_b)(\sigma_y/R_b) - (\lambda \times m) \times (\sigma_x/R_b + \sigma_y/R_b) - m = 0;$$

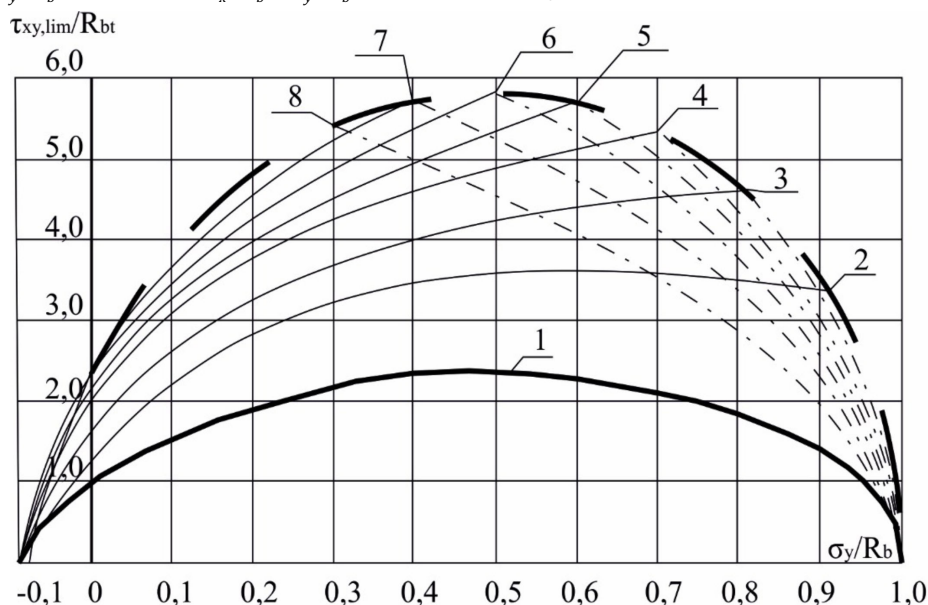


Рис. 5. Расчетный критерий прочности бетона при плоском напряженном состоянии в координатах нормальных и касательных напряжений:

$$1 - \sigma_x/R_b = 0,2; 2 - \sigma_x/R_b = 0,1; 3 - \sigma_x/R_b = 0,2; 4 - \sigma_x/R_b = 0,3;$$

$$5 - \sigma_x/R_b = 0,4; 6 - \sigma_x/R_b = 0,5; 7 - \sigma_x/R_b = 0,6; 8 - \sigma_x/R_b = 0,7$$

Fig. 5. Calculation criterion of concrete strength under plane stress state in coordinates of normal and tangential stresses:

$$1 - \sigma_x/R_b = 0,2; 2 - \sigma_x/R_b = 0,1; 3 - \sigma_x/R_b = 0,2; 4 - \sigma_x/R_b = 0,3;$$

$$5 - \sigma_x/R_b = 0,4; 6 - \sigma_x/R_b = 0,5; 7 - \sigma_x/R_b = 0,6; 8 - \sigma_x/R_b = 0,7$$

в области «сжатие – сжатие»

$$v^2 \times (\tau_{xy}/R_{bt} - \sigma_x/R_b \times \sigma_y/R_b + \sigma_x/R_b + \sigma_y/R_b) - 1 = 0,$$

где $m = R_{bt}/R_b$.

Графическое объяснение расчетного критерия прочности бетона в координатах τ_{xy}/R_{bt} и σ_x/R_b при различных значениях σ_y/R_b представлено на рис. 5. При значительных напряжениях σ_y , характерных для коротких элементов, касательные напряжения резко возрастают.

$$\tau_{xy,lim}^{max} = \frac{1}{m} \times (\sigma_y/R_b - (\sigma_y/R_b)^2) \times \frac{1}{2} R_{bt}.$$

Предельные касательные напряжения бетона сжатой полосы при срезе от совместного действия напряжений сжатия и среза равны

$$\tau_{xy,lim} = \gamma_\tau \times R_{bt},$$

где γ_τ – коэффициент, учитывающий влияние плоского напряженного состояния предельных напряжений в зависимости от касательных τ и нормальных σ_x и σ_y напряжений.

Коэффициент γ_τ принимается по расчетному критерию прочности бетона, разработанному профессором А.А. Гвоздевым, в координатах нормальных и касательных напряжений.

Расчет прочности на действие поперечной силы в сжатой бетонной полосе на срез между гранями грузовой и опорных площадок производится из условия:

$$Q \leq \gamma_\tau \times R_{bt} \times b \times l_{sh},$$

где l_{sh} – длина зоны среза.

Закключение

Предлагаемые стержневые модели оценки прочности сжатых бетонных полос между грузовыми и опорными с малыми пролетами среза площадками наиболее точно отвечают физической работе сжатого бетона, копируя схемы разрушения. Среднее отклонение опытных и расчетных значений поперечных сил $Q_{test}/Q_{calc} = 1,17$.

Список литературы

1. Залесов А.С., Баранова Т.И. Новый подход к расчету коротких элементов при действии поперечных сил // *Бетон и железобетон*. 1979. № 2. С. 22–24.
2. Баранова Т.И. Каркасно-стержневые расчетные модели и инженерные методы расчета железобетонных конструкций: Учеб. пособие по направлению 653500 «Стр-во» / Т.И. Баранова, А.С. Залесов. Москва: Изд-во АСВ, 2003. 240 с.
3. Залесов А.С., Пащанин А.А. Расчет прочности железобетонных балок с использованием объемных элементов в развитие норм по проектированию железобетонных конструкций // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2011. № 4. С. 66–71.
4. Комаров В.А., Болдырева О.В. Прочность сжатых полос бетона консольных опор ригелей с подрезкой // *Региональная архитектура и строительство*. 2017. № 3. С. 105–112.
5. Ласьков С.Н. Напряженное состояние опорной зоны балок сборно-монолитных узлов со скрытой консолью // *Региональная архитектура и строительство*. 2023. № 2 (55). С. 96–105.
6. Комаров В.А., Ласьков С.Н. Сборно-монолитные узлы сопряжения несущих конструкций каркасов многоэтажных зданий: особенности деформирования, трещинообразования и разрушения // *Региональная архитектура и строительство*. 2023. № 3 (56). С. 136–143.
7. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Москва, 2018.
8. Ключева Н.В., Колчунов В.И., Яковенко Н.А. Проблемные задачи развития гипотез механики разрушения применительно к расчету железобетонных конструкций // *Вестник КГАСУ*. 2014. № 3 (29). С. 41–45.
9. Колчунов В.И., Яковенко И.А., Ключева Н.В. Метод физических моделей сопротивления железобетона // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 12. С. 51–55.
10. Баширов Х.З., Дородных А.А., Колчунов В.И. Ширина раскрытия наклонных трещин третьего типа в составных железобетонных конструкциях // *Строительство и реконструкция*. 2012. № 6 (64). С. 3–7.
11. Баширов Х.З., Дородных А.А., Колчунов В.И., Яковенко И.А., Усенко Н.В. К определению деформаций растянутого бетона для расчета трещиностойкости железобетонных конструкций по наклонным сечениям // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2012. № 6. С. 2–7.

12. Ключева Н.В., Яковенко И.А., Усенко Н.В. К расчету ширины раскрытия наклонных трещин третьего типа в составных железобетонных конструкциях // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 2. С. 8–11.

13. Краснощеков Ю.В., Красотина Л.В. О расчете прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям // *Промышленное и гражданское строительство*. 2020. № 6. С. 17–25.

14. Гвоздев А.А., Бич Т.М. Прочность бетона при двухосном напряженном состоянии // *Бетон и железобетон*. 1974. № 7. С. 16–22.

15. Баранова Т.И. Расчетные модели сопротивления срезу сжатых зон железобетонных конструкций. Саратов: СГТУ, 2006. 159 с.

References

1. Zalesov A.S., Baranova T.I. New approach to the calculation of short elements under the action of transverse forces. *Beton i Zhelezobeton = Concrete and Reinforced Concrete*. 1979, no. 2, pp. 22–24. (In Russian).
2. Baranova T.I., Zalesov A.S. Frame-and-barrel calculation models and engineering methods for calculation of reinforced concrete structures. Moscow: ASV Publ., 2003, 240 p. (In Russian).
3. Zalesov A.S., Paschanin, A.A. Calculation of the strength of the reinforced concrete beams using the volume elements in the development of the norms for the design of the reinforced concrete structures. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii = Structural mechanics and calculation of the structures*. 2011, no. 4, pp. 66–72. (In Russian).
4. Komarov V.A., Boldyreva O.V. Strength of the compressed concrete strips of the cantilevered transom supports with undercutting. *Regional architecture and engineering*. 2017, no. 3, pp. 105–112. (In Russian).
5. Laskov S.N. Stress state of the support zone of beams of prefabricated monolithic units with a hidden console. *Regional architecture and engineering*. 2023, no. 2 (55), pp. 96–105. (In Russian).
6. Komarov V.A., Laskov S.N. Prefabricated monolithic junctions of load-bearing structures of multi-storey buildings: features of deformation, cracking and destruction. *Regional architecture and engineering*. 2023, no. 3 (56), pp. 136–143. (In Russian).
7. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. Moscow, 2018. (In Russian).
8. Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Yakovenko N.A. Problem tasks of the fracture mechanics hypotheses development as applied to the calculation of reinforced concrete structures. *Vestnik KGASU*. 2014, no. 3, pp. 41–45. (In Russian).
9. Kolchunov V.I., Yakovenko I.A., Klyueva N.V. Method of physical models of reinforced concrete resistance. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*. 2013, no. 12, pp. 51–55. (In Russian).

10. Bashirov H.Z., Dorodnykh A.A., Kolchunov V.I. The width of third type tangential crack opening in composed reinforced concrete structures. *Building and reconstruction*. 2012, no. 6, pp. 3–8. (In Russian).

11. Bashirov Kh.Z., Dorodnykh A.A., Kolchunov V.I., Yakovenko I.A., Usenko N.V. To determine the deformations of tensile concrete for calculating the crack resistance of reinforced concrete structures along inclined sections. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii = Structural mechanics and calculation of structures*. 2012, no. 6, pp. 2–7. (In Russian).

12. Klueva N.V., Yakovenko I.A., Usenko N.V. On calculation of width of opening of inclined cracks of the third type in composite reinforced concrete. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*. 2014, no. 2, pp. 8–11. (In Russian).

13. Krasnoshchekov Yu.V., Krasotina L.V. About calculation of strength of reinforced concrete elements on inclined sections. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*. 2020, no. 6, pp. 17–25. (In Russian).

14. Gvozdev A.A., Beach T.M. Concrete strength under biaxial stress state. *Beton i zhelezobeton = Concrete and Reinforced Concrete*. 1974, no. 7, pp. 16–22. (In Russian).

15. Baranova T.I. Calculation models of resistance to shear of compressed zones of reinforced concrete structures. Saratov: SSTU, 2006, 159 p. (In Russian).

Информация об авторах /

Information about the authors

Виктор Александрович Комаров, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза
e-mail: komarov58reg@yandex.ru
тел.: +7 (927) 289-29-38

Victor A. Komarov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Building Structures, Penza State University of Architecture and Construction, Penza
e-mail: komarov58reg@yandex.ru
tel.: +7 (927) 289-29-38

Сергей Николаевич Ласков✉, ассистент кафедры «Строительные конструкции», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза
e-mail: Laskovsn@yandex.ru
тел.: +7 (987) 502-69-67

Sergey N. Laskov✉, Assistant, Department of Building Structures, Penza State University of Architecture and Construction, Penza
e-mail: Laskovsn@yandex.ru
tel.: +7 (987) 502-69-67

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



Вышло в свет учебное пособие «Долговечность бетона».

Автор пособия – заведующий лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», доктор технических наук, профессор, академик Российской инженерной академии, Почетный строитель России и г. Москвы, дважды лауреат премии Правительства РФ **Валентина Федоровна Степанова**.

В пособии приведена теория коррозии бетона и металла, рассматривается правильный подход к выбору строительных материалов, приготовлению бетона и железобетона, обеспечивающих требуемую долговечность конструкций. Даны основные признаки коррозии бетона в жидких агрессивных средах, механизм коррозии арматуры. Показаны способы повышения коррозионной стойкости бетона и обеспечения сохранности арматуры на стадии проектирования состава бетона в процессе приготовления и эксплуатации конструкций. Приведены математические модели коррозии бетона, позволяющие совершенствовать технологию получения бетонов повышенной долговечности.

Пособие ориентировано на студентов, обучающихся по направлению «Строительство», а также будет полезно всем специалистам, занимающимся изучением бетона и железобетона.