

УДК 624.074

МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ СТЕРЖНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СЖАТЫХ ПОЛОС БЕТОНА ОПОРНЫХ ЗОН БАЛОК С ПОДРЕЗКОЙ

Комаров Виктор Александрович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные
конструкции».*

Еркин Дмитрий Валерьевич,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

аспирант кафедры «Строительные конструкции».

Аннотация

Дан анализ особенности напряженно-деформированного состояния сжатых бетонных полос между наклонными трещинами опорной зоны балки, образованной подрезкой. Выявлены характерные зоны распределения максимальных сжимающих напряжений, формирующие наклонные сжатые полосы бетона между физическими и условными грузовыми и опорными площадками. Рассмотрена методология построения стержневых моделей, наиболее близко отвечающих реальному физическому характеру работы сжатых бетонных полос в рассматриваемых предельных состояниях.

Ключевые слова: опорная зона балки с подрезкой, максимальные сжимающие напряжения, физические и условные грузовые и опорные площадки, наклонные сжатые полосы бетона, стержневые модели.

METHODOLOGY OF CONSTRUCTION OF ROD MODELS OF COMPRESSED CONCRETE STRIPS OF SUPPORTING ZONES OF BEAMS WITH UNDERCUT

Komarov Viktor Alexandrovich,

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,
Candidate of Sciences, Associate Professor, Professor of the department “Building
Construction”.*

Erkin Dmitry Valerievich,

*Penza State University of Architecture and Construction,
Penza,*

Postgraduate student of the department “Building Construction”.

Abstract

The analysis of the features of the stress-strain state of compressed concrete strips between inclined cracks in the support zone of the beam formed by undercutting is given. The characteristic zones of the distribution of maximum compressive stresses which form inclined compressed concrete strips between physical and conditional cargo and support platforms are revealed. The methodology of construction of rod models that most closely corresponds to the real physical nature of the operation of compressed concrete strips in the considered limiting states is considered.

Keywords: support zone of beam with undercut, maximum compressive stresses, physical load and support platforms and conditional load and support platforms, inclined compressed concrete strips, bar models.

Метод расчета сжатых бетонных полос опорной зоны балок с подрезкой между наклонными трещинами базируется на основе стержневых моделей.

При оценки прочности сжатых наклонных полос бетона использована общая методология построения стержневых моделей, принятая для коротких элементов [2,3]. Ее основу составляет принцип копирования физической работы соответствующего элемента, сопротивление которого моделируется.

Проведенный анализ результатов, физического и численного эксперимента позволяет усовершенствовать методологию построения стержневых моделей. Для более точного копирования напряженно-

деформированного состояния схематизирован характер НДС, построены зоны максимальных главных сжимающих напряжений. Они показаны на рис. 1.

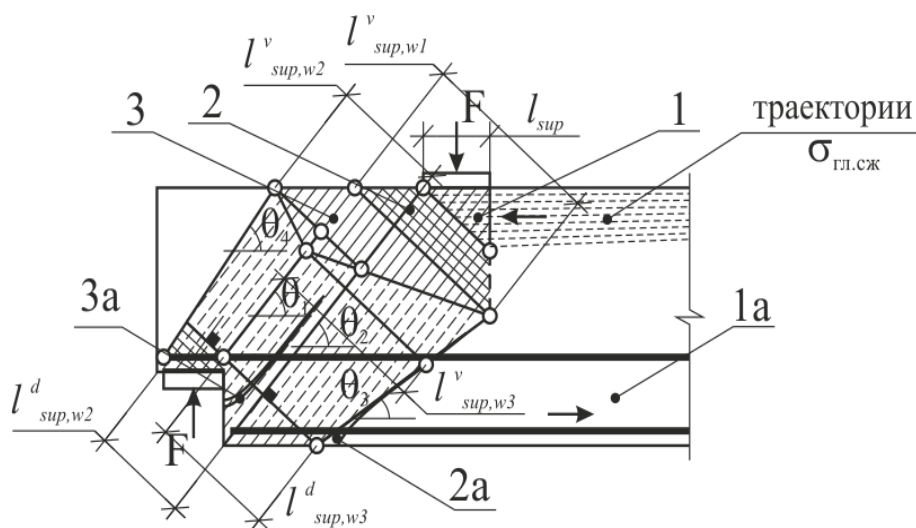


Рисунок 1 - Схема расположения зон максимальных главных сжимающих напряжений и внутренних условных грузовых площадок на участке между внешней и опорной силой в балках с подрезкой

Для балок с подрезкой выявлено три характерные зоны максимальных сжимающих напряжений. Первая зона располагается под грузовой и над опорной площадками. Ее можно представить в виде прямоугольного треугольника. Оказалось, что его наклонная сторона ориентирована на нижний узел сопряжения продольной и поперечной арматуры расположенной за подрезкой. Вторая зона максимальных напряжений, величина которых снижается, имеет трапециевидное очертание, наклонное основание которой ориентировано на верхний и нижний узлы сопряжения продольной и поперечной арматуры. Они условно названы двухуровневыми промежуточными опорами. Третья зона максимальных напряжений величина которых также снижается, имеет нижнюю границу ломаного очертания, угловой участок которого ориентируется на верхний угол подрезки.

Можно гипотетически считать, что рассмотренные зоны максимальных напряжений по сути представляют собой условные внутренние грузовые площадки формирующие наклонные сжатые полосы бетона, базирующиеся на

условных промежуточных опорах. Наклонные полосы представляют собой участки, в пределах которых концентрируются главные сжимающие напряжения, по среднему углу наклона которых можно определить угол наклона соответствующей полосы (рис. 1). Осевые линии наклонных полос при пересечении с границами соответствующих зон напряжений образуют ключевые точки стержневых моделей.

Следующим предложением, развивающим методологию построения стержневых моделей, является введение понятия ширины площадок условных промежуточных опор.

Волнообразный характер распределения главных сжимающих напряжений при удалении от грузовой площадки приводит к рассосредоточению напряжений над соответствующими опорами и характеризуется условием $\sigma_{1(1)} > \sigma_{1(2)} > \sigma_{1(3)}$ (рис. 1). Условные грузовые площадки формируют три наклонные сжатые полосы над опорной частью ригеля с подрезкой. Угол наклона траекторий главных сжимающих напряжений уменьшается от максимальной величины θ_1 , над опорной консолью, до минимальной величины θ_3 в пролете балки. Углы наклона расчетных полос уменьшаются по мере удаления от опорной консоли. Рассмотренный характер напряженно-деформированного состояния в балках с подрезкой имеет место до образования наклонных трещин.

Сформулируем принцип построения стержневых моделей сопротивления сжатых бетонных полос, расположенных между наклонными трещинами в приопорных участках балок с подрезкой. При увеличении пролета среза и использование сосредоточенных и равномерно распределенных хомутов и отгибов изменяется характер напряженно-деформированного состояния и по своему в каждом случае формируются исследуемые наклонные полосы бетона. Очевидно, что указанные факторы приводят к необходимости модифицировать стержневые модели, на основе единого принципа построения расчетных моделей, который и заключается в определении стержневых элементов, входящих в модель, ключевых точек, углов наклона и узлов сопряжения

элементов. Принципиальным является выбор ключевых точек. Для балок с подрезкой верхние ключевые точки располагаются в верхней грани балки, нижние - на уровне продольной арматуры балки и консоли.

В балках с подрезкой (рис. 2) наклонными стержнями моделируются сжатые бетонные полосы, в пределах которых концентрируются главные сжимающие напряжения. Как правило, такие полосы формируются между грузовыми и опорными площадками. В балках с подрезкой выявлено наличие 2-х уровневых условных опор, образуемых узлами сопряжения поперечной и продольной арматуры. В полном соответствии с выявленным характером напряженно-деформированного состояния в стержневую модель ригелей с подрезкой вводится три наклонных стержня имитирующих расчетные наклонные полосы бетона. Первый наклонный стержень имитирует наклонную сжатую полосу бетона расположенную между опорной площадкой консоли и верхней условной грузовой площадкой образуемой зоной сжимающих максимальных напряжений, показанной на рис. 1. Верхняя ключевая точка соответствующая первому наклонному стержню модели определяется точкой пересечения оси пакета хомутов с верхней гранью. Нижняя ключевая точка – определяется пересечением оси продольной арматуры консоли балки с линией действия опорной реакции. Первый вертикальный стержень модели имитирует растягивающее усилие в пакете хомутов, расположенных за подрезкой. Первый горизонтальный стержень имитирует растягивающее усилие проходящее вдоль вылета опорной консоли. На первом вертикальном стержне располагается три ключевые точки – верхняя точка, о ней говорилось выше, средняя точка располагается в центре узла сопряжения продольной арматуры консоли и сосредоточенным за подрезкой хомутом. Нижняя ключевая точка образуется на пересечении оси продольной арматуры балки с осью пакета хомутов.

Второй и третий наклонные стержни модели имитируют соответствующие полосы бетона расположенные между условными опорами, о которых говорилось выше, и зонами максимальных сжимающих напряжений. Каждый следующий наклонный стержень включаемый в стержневую модель

имитирует очередные сжатые полосы бетона расположенные в балке. Их включение в расчетную модель определяется наличием рядовых хомутов. Верхние ключевые точки, соответствующие наклонным стержням определяются аналогично первому наклонному стержню. При таком построении стержневой модели углы наклона расчетных стержней определяются автоматически.

Построенная схема расчетной стержневой модели опорной части балки показана на рис. 2.

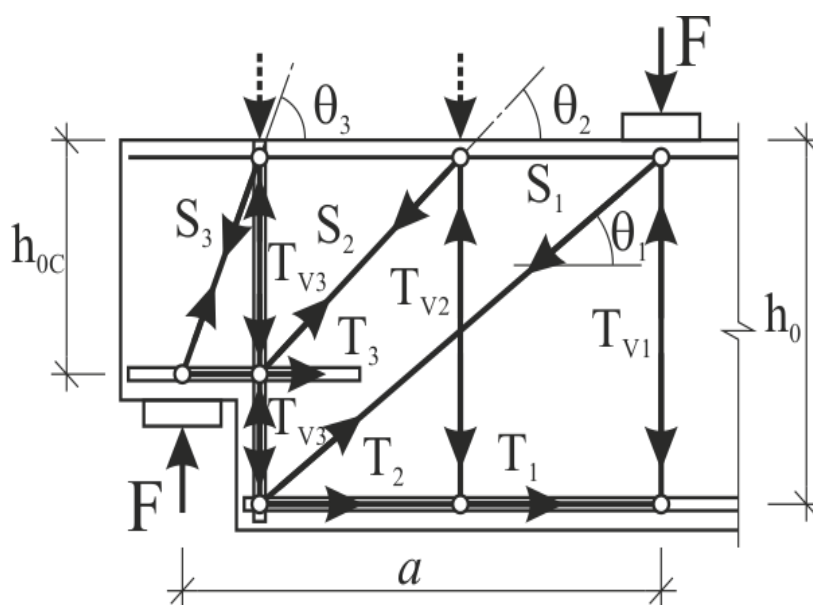


Рисунок 2 - Схема расчетной стержневой модели опорной части балки с подрезкой

Усилия в элементах стержневой модели (рис. 2) определяются по правилам строительной механики при условии шарнирного соединения элементов модели в узлах по следующим зависимостям:

$$S_i = \frac{F}{\sin \theta_i},$$

$$T_i = \frac{F}{\operatorname{tg} \theta_i}.$$

Рассмотрим построение стержневых моделей наклонных сжатых полос бетона в том же порядке, в котором осуществлялось построение стержневых

моделей опорной части балки с подрезкой. Принцип построения стержневых моделей заключается в выявлении размеров опорных площадок, ширины бетонных полос, а также определении характера их сопротивления сжимающим усилиям. От размеров грузовых и опорных площадок, физических и условных опор, формирующих наклонные полосы бетона, зависят размеры ширины расчетных полос и их прочность. Характер сопротивления бетонных полос сжатию определяется эпюрами распределения главных сжимающих напряжений по ширине соответствующих полос. Для упрощения, как правило, указанные эпюры принимаются прямоугольными.

Схема стержневой модели опорной части балки с подрезкой имеет три расчетные наклонные полосы бетона (рис. 3), они поочередно формируются физической опорной площадкой, а также условными внутренними опорами-узлами сопряжения продольной и поперечной арматурой балки и консоли.

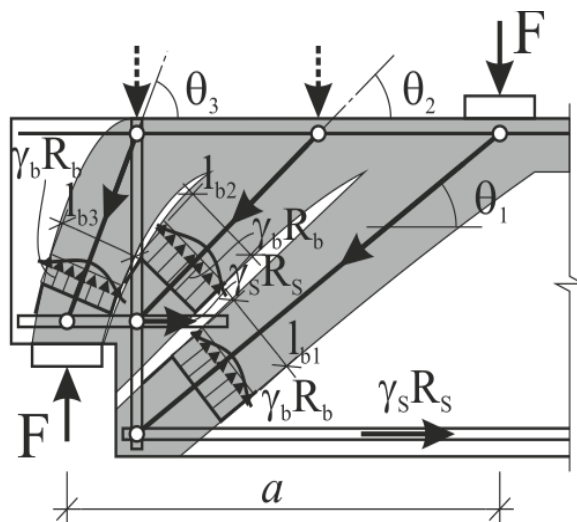


Рисунок 3 - Схема стержневых моделей сжатых полос опорной части балок с подрезкой. Схема предельных усилий в расчетных сечениях наклонных бетонных полос

Схемы предельных усилий в расчетных полосах бетона, расположенных между наклонными трещинами при изменении основных факторов – пролета среза и схемы поперечного армирования, показаны на рис. 3.

Предельным состоянием расчетной сжатой полосы бетона между наклонными трещинами следует считать достижение главными сжимающими

напряжениями предельных расчетных значений $\gamma_b R_b$. Коэффициент γ_b учитывает характер напряженно-деформированного бетона. Очевидно, что размеры поперечного сечения сжатых наклонных полос бетона по длине полос являются непостоянными. Поэтому предельное состояние полос бетона наступает в сечениях с наименьшей прочностью, т.е. в расчетных сечениях.

Наиболее опасной или расчетной зоной в бетонных полосах является их нижняя опорная зона. В этой зоне бетон испытывает продольное наклонное сжатие и поперечное растяжение. Следовательно, расчетное сечение располагается именно в нижней зоне каждой полосы. В связи с этим при построении моделей резкое изменение траекторий граничных трещин не учитывается и угол наклона полос бетона принимается в зависимости от угла наклона главных напряжений, в растянутой нижней зоне балок.

В общем случае условие прочности сжатых полос бетона, расположенных между наклонными трещинами балок с подрезкой записывается следующим образом :

$$F \leq \gamma_b R_b l_b b_{bi} \cdot \sin \theta_i ,$$

где $\gamma_b R_b$ – предельное расчетное сопротивление бетона на сжатие с учетом поперечного растяжения.

Размеры и местонахождение расчетного сечения наклонных полос бетона балок с подрезкой - l_{bi} показаны на рис.3. Толщина сжатых полос b_{bi} принимается равной $b_{bi} = \gamma_{bi} \cdot b$, где b – ширина ригеля, коэффициент γ_{bi} учитывает влияние неравномерного распределения главных сжимающих напряжений по ширине сечения балки .

Вывод: предлагаемая методология построения стержневых моделей наиболее близко отвечает физической работе сжатого бетона опорных зон балок с подрезкой.

Библиографический список:

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные Конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М. 2013.
2. Баранова, Т.И. Теория расчета железобетонных конструкций на основе аналоговых каркасно-стержневых моделей / Т.И. Баранова, Ю.П. Скачков. М.: Издательство «Спутник+», 2011. 224 с.
3. Баранова, Т.И. Аналоговые каркасно-стержневые модели сопротивления несущих элементов каркасов многоэтажных зданий / Т.И. Баранова, В.А. Комаров, Э.В. Егинов. М.: Издательство «Спутник+», 2011. 182 с.
4. Комаров, В.А. Экспериментальная теория сопротивления ригелей с подрезкой. М.: Издательство «Спутник+», 2013. 198 с.
5. Комаров В.А., Болдырева О.В. Оценка прочности бетона ригелей с подрезкой многоэтажных каркасов // Строительная механика и расчет сооружений. 2016. № 4.С.6-9.
6. Комаров В.А. Прочность бетона в сжатом силовом потоке короткой консоли ригелей с подрезкой // Строительная механика и расчет сооружений. 2018. № 4. С.15-18