

УДК 624.012.45/.072.2

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОРОТКИХ БАЛОК, РАЗГРУЖЕННЫХ НА ОСНОВЕ КАРКАСНО-
СТЕРЖНЕВОЙ МОДЕЛИ**

Лаврова Ольга Владимировна,

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

кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции».

Аннотация

В работе описывается методика расчета прочности и способы разгрузки поврежденных коротких балок при реконструкции на основе каркасно-стержневой модели, применяемой для расчета прочности железобетонных балок с малым пролетом среза. Приводится конструкция разгрузки поврежденных коротких балок.

Ключевые слова: короткая балка, прочность, реконструкция, разгрузка, каркасно-стержневая модель, опорные и грузовые площадки, сжатые наклонные полосы бетона, растянутый арматурный пояс, методика расчета прочности.

**METHOD FOR CALCULATING THE STRENGTH OF REINFORCED
CONCRETE SHORT BEAMS UNLOADED ON THE BASIS OF A FRAME-
ROD MODEL**

Lavrova Olga Vladimirovna,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the Department "Building Structures".

Abstract

The paper describes the method of calculating the strength and methods of unloading damaged short beams during reconstruction based on the frame-rod model used to calculate the strength of reinforced concrete beams with a small span of cut. The design of unloading damaged short beams is given.

Keywords: short beam, strength, reconstruction, unloading, frame-rod model, support and cargo platforms, compressed inclined strips of concrete, stretched reinforcing belt, method of calculating strength.

Введение. Традиционно усиление коротких балок, имеющих повреждения, выполняется по аналогии с обычными балками. На рис.1 приводится усиление приопорных участков балок, имеющих наклонные трещины, с помощью напряженных хомутов. Усиление балок предварительно напряженными хомутами производится с помощью обоймы, состоящей из продольных уголков, расположенных по контуру сечения и вертикальных хомутов. Для включения обоймы в работу крайние хомуты предварительно натягиваются с помощью гаек и привариваются к уголкам. Промежуточные хомуты привариваются к уголкам после нагрева с постоянным шагом, рис.1,а. В других случаях натяжение хомутов производится струбцинами после приварки хомутов к уголкам металлической обоймы, рис.1,б.

Данное усиление не является эффективным, так как нет расчетных зависимостей, позволяющих оценить степень участия каждого из элементов усиления поврежденных коротких балок.

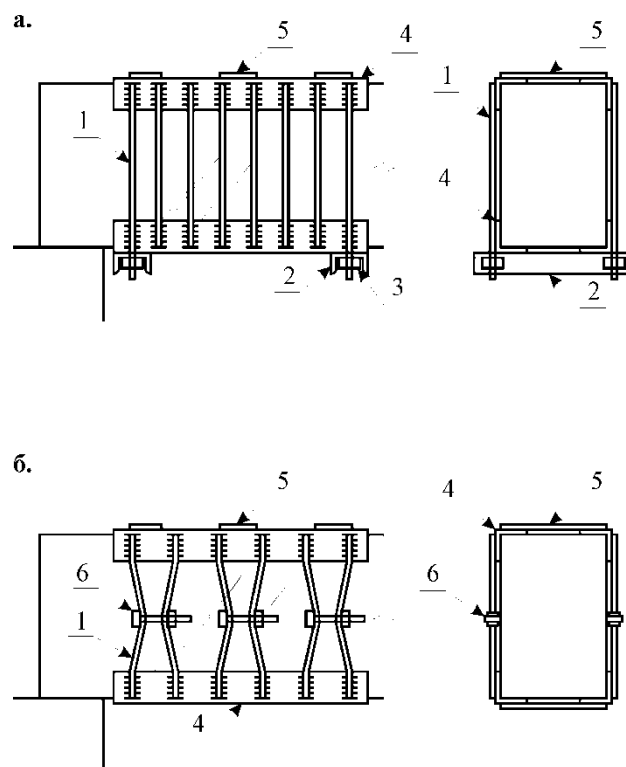


Рисунок 1 - Схема усиления приопорных участков балок напряженными хомутами

1 - напряженные хомуты; 2 - швеллер; 3 - гайка; 4 - уголок;
5 - накладки; 6 - струбцина

Каркасно-стержневая модель. Целесообразно рассмотреть конструкцию разгрузки поврежденных коротких балок при реконструкции, используя метод расчета на основе каркасно-стержневой модели, применяемой для расчета прочности железобетонных балок с малым пролетом среза, $a/h_0 \leq 1$ [1]. Данный метод базируется на предпосылках копирования физической работы коротких балок, а также на предварительном определении функционального назначения каждого элемента новой конструкции усиления.

Каркасно-стержневые модели для расчета прочности железобетонных балок с малым пролетом среза описывают два вида разрушения – по наклонной сжатой полосе бетона и растянутому арматурному поясу. Именно такого рода повреждения и аварийные разрушения возникают в коротких балках и в

приопорных участках обычных балок. Следовательно, задачей усиления является повышение сопротивления указанных зон балок и их элементов.

Цель исследований. В данной статье предлагается схема разгрузки коротких балок, изображенная на рис.2. Разгрузка балки выполнено наклонными ромбовидными элементами, состоящими из стальных уголков, расположенных симметрично относительно оси действия силы. В нижней растянутой зоне балки они объединены горизонтальным стальным поясом из прокатных уголков. Таким образом, пакет продольной арматуры будет осуществлять прямое участие в работе на сжатие вместе с поврежденной наклонной бетонной полосой. Для включения в работу, наклонные ромбовидные элементы привариваются к металлическим косынкам из листовой или прокатной стали, расположенным под грузовой и опорными площадками. Кроме того, для включения в работу наклонные ромбовидные элементы объединяются между собой с помощью стяжных болтов.

Результаты исследований. Расчет разгруженных поврежденных балок заключается в определении усилий, передаваемых на новую стержневую систему.

При построении расчетных моделей разгруженных балок использован принцип построения каркасно-стержневых моделей неповрежденных коротких балок.

Рассмотрим расчетные модели разгрузки КСМ-Р (рис. 2 - 1, 2, 5) коротких балок и приопорных участков обычных балок. Построение моделей КСП-П (рис. 2 - 3) и КСМ-Р (рис. 2 - 4) отличается друг от друга. Сжатые бетонные полосы поврежденной балки в модели КСМ-П имитируются наклонными стержнями. Сжатые наклонные элементы разгружающей модели КСМ-Р представляют собой ромбовидные стержневые фермы. Поперечный стержень этих ферм технологически необходим для предварительного напряжения наклонных элементов разгружающей системы. При этом создаются наклонные распорные усилия между грузовой и опорными площадками. Тем самым происходит разгрузка поврежденных балок с соответствующим

регулированием усилий разгрузки. Принцип определения ключевых точек разгружающей стержневой модели КСМ-Р принимается аналогичным модели КСМ-П поврежденной балки. Угол наклона сжатых ромбообразных ферм максимально приближается к углу наклона сжатых стержней модели КСМ-П. Таким образом, работу поврежденных балок совместно с конструкцией разгрузки предлагается моделировать тремя плоскими моделями КСМ и 2хКСМ-Р (рис. 2 - 2).

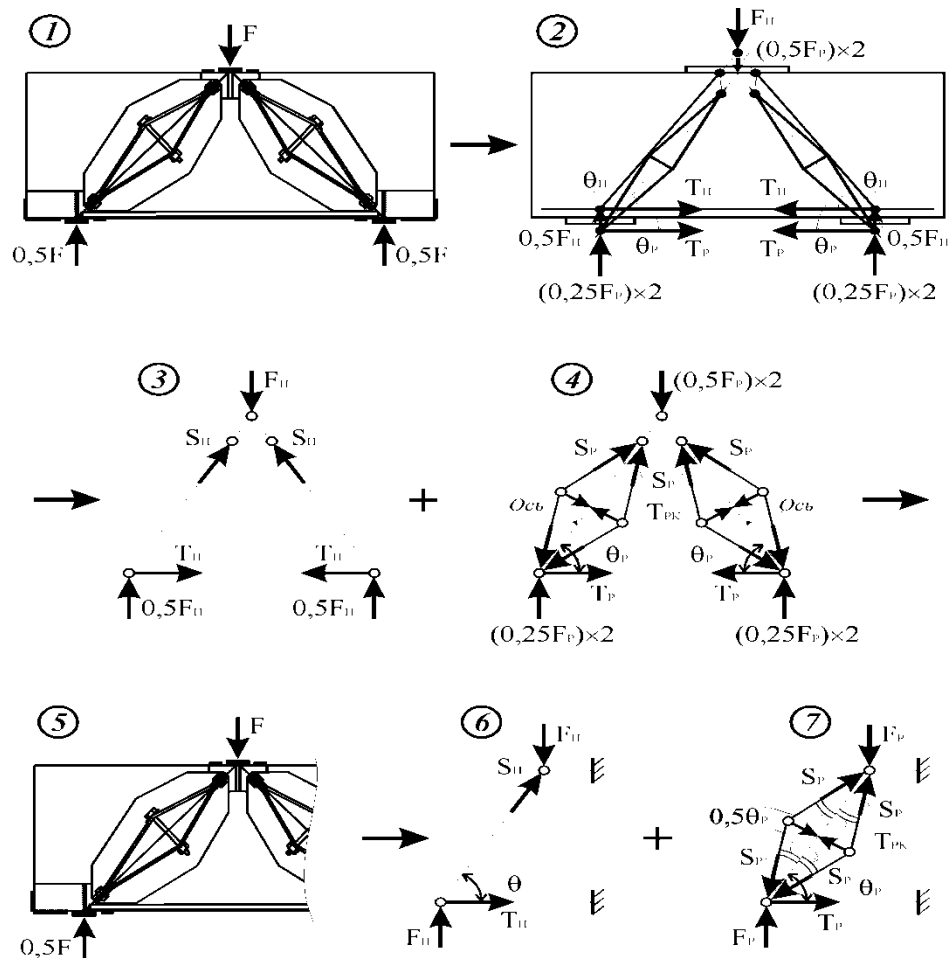


Рисунок 2 - Расчетная модель разгрузки КСМ-Р коротких балок

Рассмотрим, как определяются усилия в расчетной модели разгрузки поврежденных элементов. При расчете стержневой модели разгрузки КСМ-Р сопряжение элементов в узлах принимается шарнирным (рис.2 - 6, 7). В общем случае для коротких балок величины усилий определяются по зависимостям:

$$S = F_y / (2 \sin\theta), \quad (1)$$

$$T = F_y / (2 \operatorname{tg}\theta), \quad (2)$$

где S , T – суммарные усилия в наклонных и горизонтальных стержнях расчетных моделей симметрично расположенных систем разгрузки;

$F_y = (F - F_n)$ – внешняя суммарная сила, передаваемая на симметрично расположенные конструкции разгрузки;

F_n – внешняя сила, передаваемая на поврежденный элемент;

F – внешняя сила, передаваемая на элемент до его повреждения, либо внешняя планируемая сила при реконструкции.

Величина внешней силы, передаваемой на поврежденный элемент, либо величина внешней силы, передаваемой на конструкцию разгрузки определяется в зависимости от степени повреждения конструкции.

В общем случае для коротких балок в расчетных моделях, которые включают в себя икс - и ромбообразные элементы, величины усилий определяются по зависимостям:

$$S = S_l / (2 \sin\theta_p), \quad (3)$$

$$T = S_l / \operatorname{tg}\theta_p, \quad (4)$$

где S_l – усилие в вертикальных или наклонных стержнях расчетной модели КСМ коротких балок.

По величине предварительного обжатия T определяется величина внешней силы F_y , которая передается на разгружающую систему и определяется по формуле:

$$F_y = 2 T \sin\theta \operatorname{tg}\theta_p, \quad (5)$$

Величина внешней силы F_y определяется аналогично выше рассмотренному случаю.

Расчет прочности сжатых бетонных полос элементов, в которых усиление сжатой зоны достигалось путем увеличения размеров грузовых, либо опорных площадок, производится аналогично расчету неповрежденных элементов.

В общем случае прочность расчетных сжатых полос бетона коротких элементов, усиленных за счет предварительного обжатия, определяется по зависимости:

$$S_y \leq \gamma_b R_b l_b b, \quad (6)$$

где $\gamma_b R_b$ – предельное сопротивление предварительно обжатой полосы бетона, определяемое по критерию прочности в зависимости от величины напряжений обжатия. Напряжения обжатия находятся по зависимости:

$$\sigma_{об} = T_{об} / L, \quad (7)$$

где $T_{об}$ – равнодействующая усилий поперечного обжатия, L – длина сжатой бетонной полосы.

Величина внешней силы, которая передается на разгружающую систему, определяется из условия оценки степени аварийности поврежденной конструкции. При высокой степени аварийности внешняя нагрузка полностью передается на разгружающую систему.

Разработанную систему экспериментальных характеристик сопротивления и механики разрушения коротких элементов можно использовать в качестве основных критериев оценки степени их повреждений [1, 2, 3].

Заключение. Расчетные модели коротких элементов описывают два вида разрушения – по наклонной сжатой полосе бетона и растянутому арматурному поясу. Разработанный метод расчета и конструирования в значительной степени совершенствует процесс проектирования при реконструкции. Экспериментально установлено, что разработанные инженерные решения разгрузки являются эффективными, не изменяют характера работы коротких элементов и совместно работают с поврежденной конструкцией. Разрушающая сила увеличивается в 1,7-2,5 раза и может регулироваться при проектировании. Отклонение расчетных и опытных величин составляет $F_{test} / F_{calc} = 1,07-1,18$.

Библиографический список:

1. Лаврова О.В. Прочность железобетонных коротких балок на основе каркасно-стержневых моделей. // Региональная архитектура и строительство. 2018. №1(36). С. 91-96.
2. Лаврова О.В. Закономерность изменения усилий образования трещин и разрушающих усилий при увеличении пролета среза, длины опорных

и грузовых площадок / О.В. Лаврова, А.Д. Маслов, А.С. Клейменов // Эффективные строительные конструкции: теория и практика. XVI Международная научно-техническая конференция. 2016. С.91-96.

3. Лаврова О.В. Расчет прочности железобетонных балок на основе каркасно-стержневой модели при изменении пролета среза. // Эффективные строительные конструкции: теория и практика. XV Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 81-84.