УДК 624.074

ПРОЧНОСТЬ СЖАТЫХ БЕТОННЫХ ПОЛОС ОПОРНЫХ ЗОН РИГЕЛЕЙ С ПОДРЕЗКАМИ, АРМИРОВАННЫХ ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРОЙ

Комаров Виктор Александрович,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза.

кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции».

Самохин Николай Алексеевич,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза.

аспирант кафедры «Строительные конструкции».

Аннотация

Проведен сравнительный анализ существующих методов оценки влияния на прочность сжатых бетонных полос коротких консолей ригелей (с подрезкой) стержневой продольной и поперечной арматуры. Рассмотрены нормативный и аналитический методы расчета. Продольная и поперечная арматура располагается под углом к сжатой бетонной полосе и каждая по своему оказывает два вида сопротивления: препятствует развитию деформаций поперек сжатой бетонной полосы и развитию деформаций укорочения вдоль полосы.

Ключевые слова: многоэтажные каркасы, консольная опора ригеля, сжатая полоса бетона, продольная и поперечная арматура, деформации бетона.

STRENGTH OF COMPRESSED CONCRETE STRIPS IN THE SUPPORT ZONES OF DAPPED-END BEAMS REINFORCED WITH LONGITUDINAL AND TRANSVERSE BAR REINFORCEMENT

Komarov Viktor Aleksandrovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

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

Samokhin Nikolai Alekseevich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Postgraduate student of the department "Building Structures".

Abstract

A comparative analysis of existing methods for assessing the influence of longitudinal and transverse bar reinforcement on the strength of compressed concrete strips in short cantilevers of dapped-end beams (beams with undercuts) was carried out. Normative and analytical calculation methods are considered. The longitudinal and transverse reinforcement is located at an angle to the compressed concrete strip, and each independently provides two types of resistance: it prevents the development of deformations across the compressed concrete strip and restrains the development of shortening deformations along the strip.

Keywords: multi-story frames, cantilever beam support, compressed concrete strip, longitudinal and transverse reinforcement, concrete deformations.

Сжатая полоса консоли ригеля является нормативным расчетным сечением, принятым СНиП 2.03.01-84* (рисунок 1)

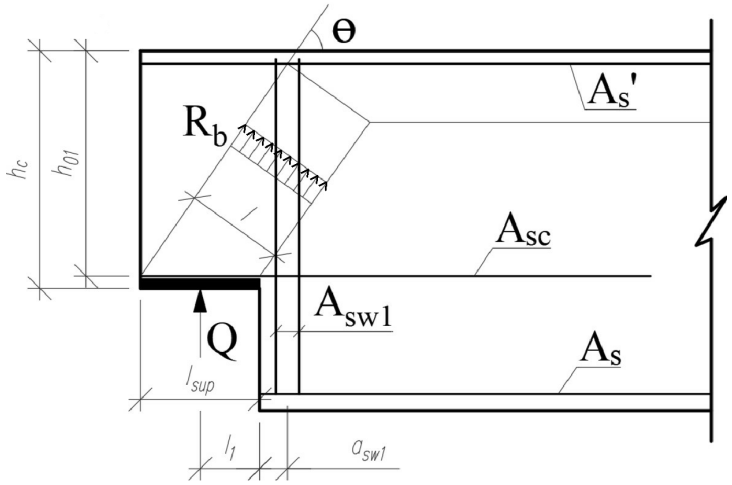


Рисунок 1 – Нормативная стержневая модель сжатой полосы бетона короткой консоли ригеля (с подрезкой)

В ригелях с подрезкой экспериментально обосновано возможное формирование трех сжатых полос бетона [7]. Первая полоса расположена над опорной площадкой короткой консоли по направлению к условной грузовой площадке, образованной узлом сопряжения пакета сосредоточенных хомутов A_{sw1} с продольной арматурой ригеля A_s.

Вторая полоса расположена над опорной площадкой по направлению к физической грузовой площадке при пролетах среза $0{,}9h_{01} \leq a \leq 1{,}5h_{01}$.

Третья полоса расположена над условной опорной площадкой, образованной узлом сопряжения пакета сосредоточенных хомутов A_{sw1} с продольной арматурой ригеля A_s, по направлению к физической грузовой площадке при пролетах среза $1{,}5h_{01} \leq a \leq 2{,}5h_{01}$ (рисунок 2).

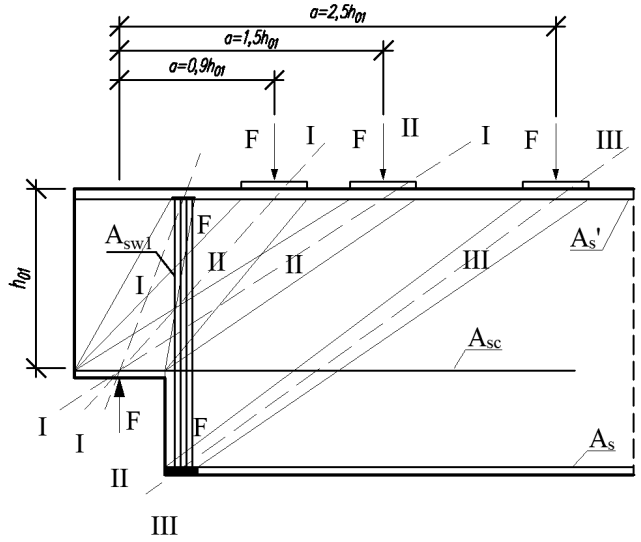


Рисунок 2 – Схемы сжатых полос бетона между физическими и условными грузовыми и опорными площадками:

I – между опорной площадкой короткой консоли и условной грузовой площадкой пакета сосредоточенных хомутов Asw1 с продольной арматурой ригеля As; II – между опорной площадкой короткой консоли и физической грузовой площадкой при пролете среза $0{,}9h_{01} \leq a \leq 1{,}5h_{01}$; III – между условной опорной площадкой пакета сосредоточенных хомутов A_{sw} с продольной арматурой ригеля A_s и физической грузовой площадкой при пролете среза $1{,}5h_{01} \leq a \leq 2{,}5h_{01}$.

Существует два подхода к учету влияния арматуры на несущую способность сжатой полосы, расположенной над опорной площадкой короткой консоли ригеля. Первый подход, принятый в СНиП 2.03.01-84*, заключается во введении в условие прочности (207[2]) коэффициента φ_{w2} учитывающего на основании эмпирической оценки работу поперечной арматуры.

$$Q \leq R_b b l_{sup} \sin^2 \theta * \varphi_{w2} \qquad (207[2])$$

где $\varphi_{w2} = 1 + 5\alpha\mu_{w1}$,

$\alpha = \frac{E_s}{E_b}$; $\mu_{w1} = \frac{A_{sw}}{b * s_w}$ - коэффициент армирования хомутами, расположенными по высоте консоли.

Второй подход заключается в том, что аналитическим путем оценивается две функции, выполняемые арматурой, расположенной в пределах сжатой полосы [5]. Считается, что арматура, расположенная под углом к наклонной сжатой полосе, оказывает два вида сопротивления. Она препятствует развитию поперечных деформаций в бетоне полосы и развитию деформаций укорочения бетона вдоль полосы.

Продольная и поперечная арматура пересекающие наклонную сжатую бетонную полосу оказывают два вида сопротивления – препятствуют развитию поперечных деформаций поперек сжатой бетонной полосы и деформаций укорочения вдоль сжатой полосы.

В первом случае работу продольной и поперечной арматуры можно считать косвенной, во втором - прямым участием в работе бетонной полосы на сжатие.

Степень участия поперечной и продольной арматуры будет определяться проекцией усилий на поперечную и продольную ось бетонной полосы.

Условие прочности будет иметь вид

$$Q \leq \gamma_b R_b b l_b \sin \theta + N_{sw} + N_s \qquad (3)$$

где $\gamma_b R_b b l_b \sin\theta$ - усилие, воспринимаемое бетоном условно выделенной наклонной сжатой полосы,

N_{sw} - усилие, воспринимаемое поперечной арматурой

$$N_{sw} = [N_{swn} + N_{swk}] * sin\,\theta \quad (4)$$

здесь N_{swn} - усилие в арматуре при ее прямом участии в работе наклонной сжатой полосы, определяемое по формуле

$$N_{swn} = \gamma_s\, \mu_{sw} R_s b l_b \sin\theta \quad (5)$$

N_{swk} - усилие в арматуре при ее косвенной работе в наклонной сжатой полосе, определяемое по формуле

$$N_{swk} = \varphi_{sw} \gamma_{sw} R_{sb} l_b sin\,\theta \quad (6)$$

N_s - усилие, воспринимаемое продольной арматурой

$$N_s = [N_{sn} + N_{sk}] cos\,\theta \quad (7)$$

здесь N_{sn} - усилие в арматуре при ее прямом участии в работе наклонной сжатой полосы, определяемое по формуле

$$N_{sn} = \gamma_s\, \mu_s R_s b l_b \cos\theta \quad (8)$$

N_{sk} - усилие в арматуре при ее косвенной работе в наклонной сжатой полосы, определяемое по формуле

$$N_{sk} = \gamma_s\, \varphi_s R_{sb} l_b \cos\theta \quad (9)$$

где φ_s, φ_{sw} – коэффициенты косвенного армирования $\varphi_s, \varphi_{sw} \leq 2{,}5$; γ_{sw}- опытные коэффициенты; θ – угол между направлением соответствующего вида поперечной и продольной арматуры и направлением наклонной сжатой полосы.

На рис. 3 показан фрагмент, иллюстрирующий взаиморасположение наклонной сжатой полосы к поперечной и продольной арматуре, которая располагается под углом θ.

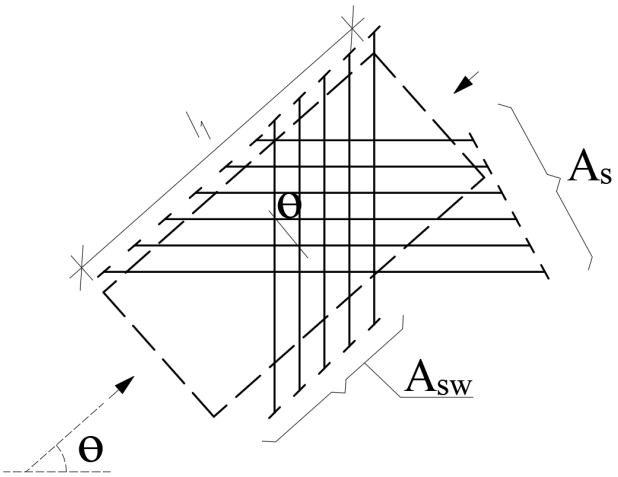


Рисунок 3 – Фрагмент расчетной полосы

При сопоставлении опытов и расчетной зависимости $Q = \gamma_b R_b b l_b \sin\theta + N_{sw} + N_s$ можно отметить, что предлагаемая методика более точно оценивает влияние поперечной арматуры на прочность сжатой полосы, отражая закономерность роста несущей способности.

Выводы

1. Методика оценки работы поперечной и продольной арматуры в сжатой полосе бетона, принятая СНиП 2.03.01-84* на основании эмпирической оценки не вполне отражает закономерности роста несущей способности. Запас прочности составляет 35%. Предлагается аналитическая методика для оценки работы продольной и поперечной арматуры, расположенной под углом к наклонной сжатой полосе.

2. Продольная и поперечная арматура препятствует развитию поперечных деформаций в бетоне полосы и развитию деформаций укорочения бетона вдоль полосы.

3. Степень участия продольной и поперечной арматуры в работе наклонной полосы определяется проекцией усилий на поперечную и продольную ось бетонной полосы.

Библиографический список:

1.СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1984.

2.Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01.-84*). – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 192 с.

3.СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции, основные положения СНиП 52-01-2003 М., 2021.

4.Баранова Т.И., Залесов А.С. Каркасно-стержневые расчетные модели и инженерные методы расчета железобетонных конструкций. – М.: АСВ, 2003.

5.Баранова Т.И., Скачков Ю.П. Теория расчета железобетонных конструкций на основе аналоговых каркасно-стержневых моделей: научно-методическое пособие. – М.: Спутник+, 2011. – 224 с.

6.Баранова Т.И., Комаров В.А., Егинов Э.В. Аналоговые каркасно-стержневые модели сопротивления несущих элементов каркасов многоэтажных зданий. – М.: Спутник+, 2011. – 182 с.

7.Комаров В.А. Экспериментальная теория сопротивления ригелей с подрезкой: монография. – М.: Спутник+, 2013. – С. 199.