

$$\alpha_1 w_{,xxxxxx} + \alpha_2 w_{,xxxx} + \alpha_3 w_{,xx} + \alpha_4 w = \alpha_1 q_0(x) + \alpha_5 (q_0(x))_{,xx}.$$

Его общее решение в нашем случае следующее:

$$w(x) = C_1 e^{\lambda_1 x} + C_2 e^{-\lambda_1 x} + C_3 \cos(\lambda_2 x) - C_4 \sin(\lambda_2 x) + C_5 e^{\lambda_3 x} + C_6 e^{\lambda_4 x} + f(x),$$

где C_1, \dots, C_6 – константы интегрирования, определяемые из граничных условий; $f(x)$ – частное решение дифференциального уравнения.

Численная реализация решения осуществлялась для трехслойного стержня, слои которого набраны из материалов Д16Т – фторопласт – Д16Т. Рассмотрен случай шарнирного закрепления стержня. Проведен сравнительный анализ с деформированием однослойного стержня на упругом основании под действием аналогичных распределенных нагрузок.

УДК 691.328

ПРОБЛЕМЫ АРМИРОВАНИЯ УЗЛОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ

М. СЫЧЕВСКИЙ, Я. МАЛЕША

Белостокский политехнический институт

В узлах монолитных железобетонных рам применяются жёсткие соединения ригелей и колонн. Шарнирные соединения из-за технологических и конструктивных трудностей применяются редко. Жёсткие соединения элементов сопровождаются повышенной несущей способностью рам по сравнению с шарнирными. В большинстве случаев внешних нагрузок в опорных сечениях ригелей образуются отрицательные изгибающие моменты. Положительные узловые моменты в ригелях возникают только при некоторых нагрузках. Ветровая нагрузка вызывает положительные изгибающие моменты в приузловых сечениях ригелей. Суммарные изгибающие моменты в таких сечениях от ветровой и эксплуатационной нагрузок будут отрицательными. Вид внешней нагрузки имеет значительное влияние на конструирование арматуры в узлах рам.

В настоящей работе рассмотрена анкеровка арматуры ригеля в наружном узле монолитной рамы. В научно-технической литературе по железобетонным конструкциям имеются различные способы армирования узлов рам. В некоторых нормах, относящихся к железобетонным конструкциям, представлены также способы армирования узлов рам.

Верхняя растянутая арматура ригеля вводится в узел рамы и в колонну нижнего этажа. В области загиба применяют арочную форму стержней арматуры. В литературе и нормах получают разновидности при определении длины прямолинейного отрезка стержней арматуры, который вертикально погружен в колонну. Кобяк Е., Стахурски В. в монографии «Konstrukcje zelbetowe» предлагают длину заделки арматуры 30 ϕ ниже нижней грани ригеля, хотя не определяют вида поверхности арматуры (круглая гладкая или периодического профиля). В действительности вид поверхности арматурных стержней имеет значительное влияние на длину зоны анкеровки.

Длина заделки стержней арматуры ригеля зависит также от наличия или отсутствия вутов. При наличии коротких вутов применяется такая же анкеровка, как и при их отсутствии. В монографии для узла с конструктивными вутами длина анкеровки приблизительно принята равной суммарной высоте ригеля и вута.

Польская норма PN-91/S-10042 предлагает вводить арматуру ригеля в колонну и колонны в ригель. Длина заделки должна составлять L_b за нулевое значение изгибающего момента (соответственно в колонне и ригеле). Основную длину анкеровки прямолинейного стержня определяют по формуле

$$l_{bo} = \frac{dR_a}{4R_p}.$$

Нужную длину анкеровки, зависящую от напряжений в арматуре и основной длины анкеровки, определяют по зависимости

$$l_b = \delta l_{b_0} \frac{A_{obl}}{A_{rrec}} \geq l_{b \min}.$$

В формулах приняты следующие обозначения: d – диаметр стержня, R_a – расчётная прочность стали, R_p – расчётные напряжения сцепления, зависящие от класса бетона и вида поверхности арматуры, δ – коэффициент, зависящий от вида напряжений в арматуре и бетоне.

При таком конструировании в приузловых сечениях колонны и ригеля получаем почти вдвое больше арматуры, чем в результате расчётов. Принятая в норме длина нахлёстки слишком велика.

Длину заделки стержней арматуры в узле рамы определяют также в зависимости от эксцентриситета нормальной силы в приузловом сечении колонны. При эксцентриситете $e_0 \leq 0,25h$ не применяют криволинейную форму стержней в области загиба, а длина заделки должна быть не меньше L_n , считая от места загиба. Для эксцентриситета величиной $(0,25 \dots 0,5)h$ применяется криволинейная форма в зоне загиба, а длина анкеровки двух стержней должна быть не меньше, чем L_n (считая от криволинейной части). Длина анкеровки остальных стержней должна быть не меньше 30ϕ , считая от нижней грани ригеля. При эксцентриситете $e_0 > 0,5h$ длина анкеровки двух стержней должна быть равна 30ϕ ниже нижней грани ригеля, а остальных стержней – 30ϕ ниже точки окончания анкеровки двух предыдущих стержней. Немецкая норма DIN 1045 рекомендует вводить арматуру ригеля в колонну и колонны в ригель, а длину нахлёстки определять по формуле

$$l_u = \alpha_u \alpha_1 \alpha_A l_o,$$

в которой α_u , α_1 – параметры, зависящие от диаметра и кривизны стержня.

Основная длина анкеровки вычисляется из выражения

$$l_o = \frac{F_s}{\gamma U_{zul} \tau_1},$$

где F_s – напряжения в арматуре; γ – коэффициент прочности; u – периметр стержня; τ – напряжения сцепления.

Из вышесказанного следует вывод о том, что длина заделки растянутой арматуры ригеля в наружном узле рамы, предлагаемая в литературных источниках и в некоторых нормах, является неоднозначной. Длина зоны анкеровки арматуры, определенная на основе различных источников, характеризуется большими отклонениями.

Авторами проведены лабораторные исследования длины зоны анкеровки растянутой арматуры ригеля в наружном узле рамки. Исследования относятся к случаю нагрузки, вызывающей отрицательный изгибающий момент в приузловом сечении ригеля. В связи с ограниченными лабораторными возможностями испытать рамы естественной величины не удалось по поводу больших габаритов и веса. Исследования проводили, принимая упрощенную заменимую схему железобетонного элемента. Элемент, предназначенный для испытания, состоит из колонны длиной 2600 мм и двух консолей длиной 1000 мм. Монолитный элемент изготовлен из бетона класса В25. Длина колонны и консолей определена на основе анализа рамных конструкций зданий, в особенности использовано расстояние от узлов рамы нулевых значений изгибающих моментов в колоннах и ригелях. Размеры поперечных сечений колонн равны 200 x 270 мм, а консолей – 200 x 300 мм. Растянутая арматура консолей принята в виде стержней периодического профиля диаметром 12 мм (сталь класса III, 34 GS). Деформация забетонированных стержней фиксирована тензодатчиками, база которых равна 10 мм, а сопротивление – 120 Ω . Расстояние между тензодатчиками – 50 мм. Прогибы и перемещения фиксировались с помощью механических датчиков. Испытания проводились при поэтапном увеличении нагрузки вплоть до разрушения железобетонного элемента.