

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КРАНОВОЙ КОНСОЛИ ПО МЕТОДИКЕ ТКП EN 1992-1-1–2009*

ХОТЬКО А. А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь

Особенности расчета и конструирования коротких консолей ($Z_0 > a_c$) железобетонных колонн изложены в приложении J3 нормативного документа ТКП EN 1992-1-1–2009*. Согласно указанному приложению, короткие консоли могут быть рассчитаны при помощи модели «распорки и тяжи», описанной в п. 6.5 ТКП EN 1992-1-1–2009*. Однако, следует отметить, что согласно таблице НП1 национального приложения к Еврокоду 2, приложение J не применяется при строительстве зданий и сооружений на территории Республики Беларусь, что, впрочем, не отменяет действие положений п. 6.5 Еврокода 2 и возможности его применения для расчета консолей. Поэтому, учитывая логичность и обоснованность предлагаемой нормативным документом модели «распорки и тяжи», данная модель и была использована нами для расчета коротких консолей железобетонных колонн.

Роль тяжей в модели выполняет основная продольная арматура $A_{s,main}$, а роль распорки выполняет сжатый бетонный подкос (рис. 1, 2).

Угол θ , как правило, необходимо ограничивать. Рекомендуемые предельные значения равны:

$$1 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 2,5 \quad \text{или} \quad 45^\circ \leq \theta \leq 68^\circ.$$

На консоль крайней колонны действует вертикальная сосредоточенная сила от веса подкрановой балки и вертикальной крановой нагрузки и горизонтальная сосредоточенная сила от торможения тележки крана.

Условия равновесия будут выглядеть следующим образом:

$$M_B^t = F_{Ed} a_c + H_{Ed} (a_n + z_0) = F_s z_0, \quad (1)$$

$$M_A^t = F_{Ed} a_c + H_{Ed} a_H = F_c a_c \cdot \sin \theta \quad (2)$$

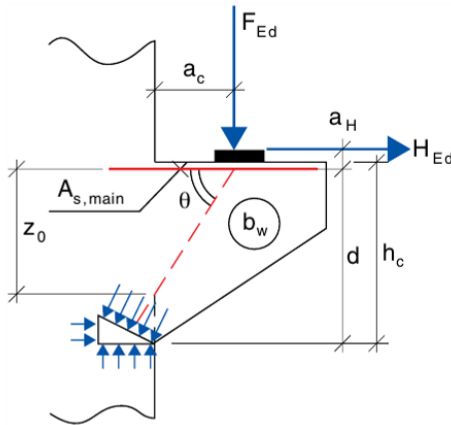


Рис. 1. Система тяжей-распорок в расчете коротких консолей
 θ – угол между бетонным сжатым подкосом и осью консоли, перпендикулярной к поперечному усилию; b_w – ширина сечения консоли;
 z – плечо внутренней пары сил для элемента с постоянной высотой, соответствующее изгибающему моменту в рассматриваемом элементе (при расчете поперечного усилия железобетонного элемента без продольной силы, может быть использовано приближенное значение $z = 0,9d$)

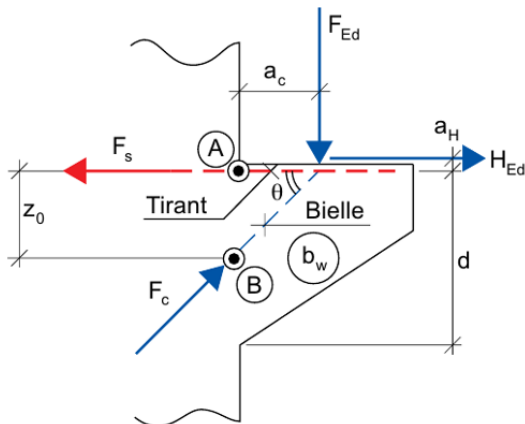


Рис. 2. Схема усилий, действующих в консоли

Из условий равновесия можно определить усилия в растянутой арматуре консоли и сжатом подкосе:

$$F_s = F_{Ed} \cdot \frac{a_c}{z_0} + H_{Ed} \cdot \left(1 + \frac{a_n}{z_0}\right). \quad (3)$$

$$F_c = \frac{F_{Ed} + H_{Ed} \cdot \frac{a_n}{a_c}}{\sin \theta}. \quad (4)$$

При этом напряжение в бетоне следует ограничивать значениями:

$$\sigma_{Rdmax} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}. \quad (5)$$

Значение угла наклона сжатого бетонного подкоса можно определить из рис. 3:

$$\cos \theta = \frac{a/2}{d - z_0}. \quad (6)$$

$$f_c = \frac{F_c}{ab_w} \leq \sigma_{Rd,max}. \quad (7)$$

Следовательно,

$$a \geq \frac{F_c}{b_w \sigma_{Rd,max}}. \quad (8)$$

Для обеспечения прочности должны соблюдаться условия:

$$a_h = a \sin \theta \leq t, \quad (9)$$

$$z_0 = d - \frac{a/2}{\cos \theta} > a_c. \quad (10)$$

Последнее условие относится к определению коротких консолей ($z_0 > a_c$).

Следует обратить внимание, что значение угла 2θ , может принимать значение от 0 до 180° , в то время, как расчет $\arcsin(2\theta)$ с использованием инженерных калькуляторов выдает значения в пределах от 0 до 90° . Поэтому, при вычислении угла следует принимать реально возможный угол θ при данных условиях задачи, исходя из графической схемы усилий, действующих в консоли (см. рис. 3).

Подбор основной продольной арматуры консоли выполняют по найденному усилию

$$F_s = F_{Ed} \cdot \frac{a_c}{z_0} + H_{Ed} \left(1 + \frac{a_n}{z_0} \right), \quad (15)$$

$$A_{s,\text{main}} = \frac{F_s}{f_{yd}}. \quad (16)$$

Главную растянутую арматуру в основном принимают в виде «П-образных» или замкнутых горизонтальных хомутов. Схемы армирования основной продольной арматуры представлены на рис. 4.

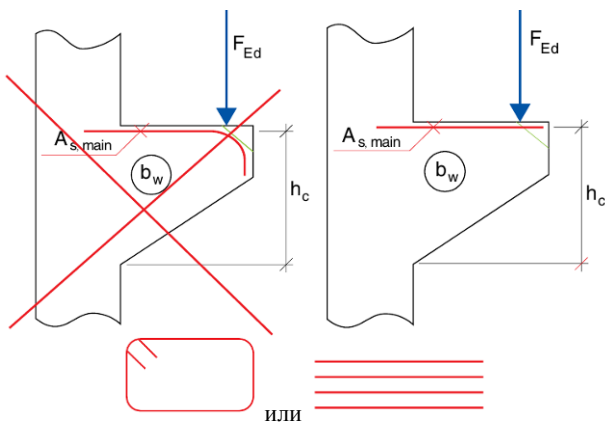


Рис. 4. Армирование консоли колонны

Условия анкеровки главной растянутой арматуры коротких консолей согласно СНБ 5.03.01 изложены в п.11.2.41.

В ТКП EN 1992-1-1-2009*, в отличие от СНБ 5.03.01, данные условия не оговариваются.

Главная растянутая арматура должна быть заанкерена по обоим концам. Она должна быть заанкерена в поддерживающем элементе на противоположной грани, и длина анкеровки должна быть измерена от положения вертикальной арматуры около грани. Арматура должна быть заанкерена в консоли, а длина анкеровки должна быть измерена от внутреннего края нагрузочной плиты.

Конструирование горизонтальных хомутов консоли (рис. 5) выполняют исходя из следующего соотношения:

Если $a_c < 0,5h_c$, замкнутые горизонтальные или наклонные хомуты должны быть установлены в дополнение к главной растянутой арматуре по всей высоте консоли. Площадь этих хомутов должна составлять

$$\Sigma A_{s,link} = k_1 \cdot A_{s,main} \quad (17)$$

где рекомендуемое значение $k_1 = 0,25$.

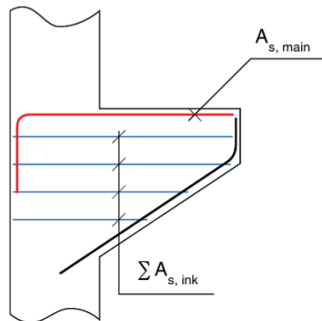


Рис. 5. К конструированию горизонтальных хомутов консоли

В случае если $a_c \geq 0,5h_c$, определяют расчетное значение сопротивления поперечной силе. Причем, для элементов конструкций, у которых нагрузка приложена к верхней грани сечения в пределах зоны $0,5d \leq a_v \leq 2d$ от края опоры (рис. 6), вклад данной нагрузки в поперечном усилии F_{Ed} учитывается умножением на коэффициент $\beta = a_v / 2d$. Для $a_v \leq 0,5d$, как правило, необходимо использовать значение $a_v = 0,5d$. Это правило понижения действительно только в тех случаях, когда продольная арматура полностью надежно заанкерена на опоре.

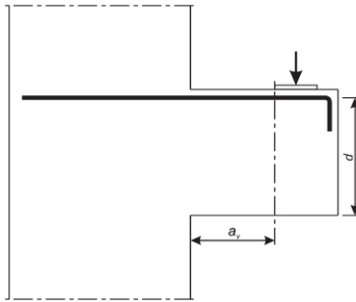


Рис. 6. К определению расчетного значения сопротивления поперечной силе

Если $a_c \geq 0,5 \cdot h_c$ и $F_{Ed} > V_{Rd,c}$, то кроме горизонтальных хомутов необходимо устанавливать расчетное количество поперечной замкнутой арматуры (замкнутые вертикальные хомуты)

Если $F_{Ed} > V_{Rd,c}$, то площадь арматуры вертикальных замкнутых хомутов (рис. 7) определяют из соотношения:

$$\Sigma A_{s,ink} = k_2 \cdot \frac{F_{Ed}}{f_{yd}}$$

где рекомендуемое значение $k_2 = 0,5$

Если $F_{Ed} \leq V_{Rd,c}$, то вертикальное армирование не требуется.

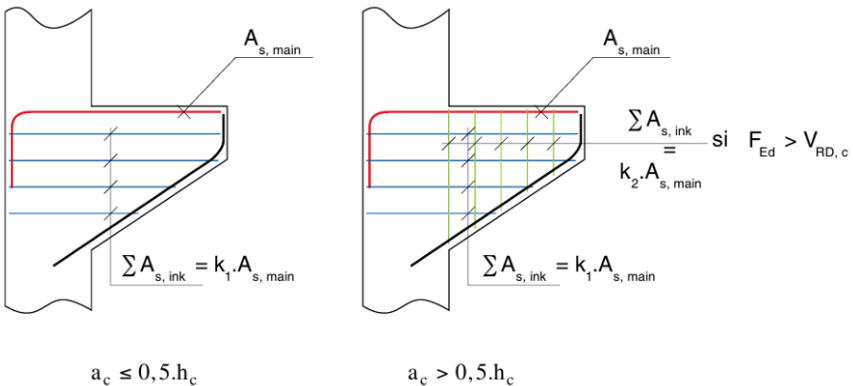


Рис. 7. К расчету армирования консоли вертикальными хомутами

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТКП EN 1992-1-1–2009* Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Минск, 2015. – 205 с.
2. Maotrise de l'eurocode 2. Guide d'application. Jean Roux. – Paris. – 337 p.

УДК 624.012

ЖИВУЧЕСТЬ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕКРЫТИЯМИ ИЗ СБОРНЫХ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

ЦЫМБАРЕВИЧ Т. А., ТУР А. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

К настоящему времени, несмотря на все возрастающее количество научных публикаций, накоплено довольно ограниченное число опытных данных, относящихся к исследованию живучести и поведения конструктивных систем в особых расчетных ситуациях при внезапном приложении нагрузки. Существующие экспериментальные исследования в подавляющем большинстве относятся к испытаниям монолитных железобетонных рам и многопролетных неразрезных балок. Что касается испытаний конструктивных систем из сборного железобетона при мгновенном удалении ключевого несущего элемента, то можно отметить их практически полное отсутствие. В связи с этим, экспериментальные исследования, которые представлены в данной работе, обладают важным практическим значением.

Нормативные документы [1, 2] рекомендуют применительно к феномену прогрессирующего обрушения определять живучесть как нечувствительность к локальному разрушению. Все определения приведены в табл. 1, и могут быть обобщены следующим образом: живучесть есть свойство конструктивной системы противостоять