

УДК 693.554.3

АНКЕРОВКА АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Седляр Татьяна Николаевна,

Белорусско – Российский университет, г. Могилев, Беларусь,

аспирант кафедры «Промышленное и гражданское строительство».

Аннотация

Статья посвящена анкеровке арматуры в изгибаемых железобетонных элементах. Приведен обзор методик расчета анкеровки для некоторых стран.

Ключевые слова: арматура, анкеровка, расчетные предпосылки, бетон.

ANCHORING OF REINFORCEMENT IN BENDED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

Sedlyar Tatiana Nikolaevna,

Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus,

postgraduate student of the Department «Industrial and civil engineering».

Abstract

The article is devoted to the anchoring of reinforcement in bending reinforced concrete elements, both from heavy and lightweight concrete. An overview of the methods for calculating anchoring for some countries is given.

Keywords: reinforcement, anchoring, design prerequisites, concrete.

Сцепление арматуры с бетоном является одной из важнейших характеристик железобетона, которая обеспечивает его надежность и зависит от множества факторов: прочности бетона, вида, диаметра арматурного стержня, длины анкеровки стержней в бетоне и т.д.

В данной статье речь пойдет про анкеровку арматуры, методах ее определения по ТКП EN 1992-1-1-2009 [1], СНБ 5.03.01-02 [2] и нормах других стран.

Расчетная длина анкеровки ненапрягаемых стержней (l_{bd}) согласно [2] вычисляется по формуле:

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 l_b \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{b,min} \quad (1)$$

где: $A_{s,req}$ – площадь продольной арматуры, требуемая по расчету;

$A_{s,prov}$ – принятая площадь продольной арматуры;

α_1 – коэффициент, зависящий от толщины защитного слоя;

α_2, α_3 – коэффициенты, зависящие от вида армирования поперечными стержнями по длине анкеровки;

α_4 – коэффициент, зависящий от давления, приложенного перпендикулярно к линии скольжения анкерного стержня и действующее на расчетной длине анкеровки;

l_b – базовая длина анкеровки, определяемая по формуле (4)

$l_{b,min}$ – минимальная длина анкеровки, принимаемая равной:

для растянутых стержней

$$l_{b,min} > \max \{0.6l_b; 15\varnothing; 100\text{мм}\} \quad (2)$$

для сжатых стержней

$$l_{b,min} > \max \{0.3l_b; 15\varnothing; 100\text{мм}\} \quad (3)$$

Величину базовой длины анкеровки в общем случае следует определять по формуле:

$$l_b = \left(\frac{\varnothing}{4}\right) \left(\frac{f_{yd}}{f_{bd}}\right) \quad (4)$$

где: f_{bd} – предельное напряжение сцепления по контакту арматуры с бетоном, определяемое по формуле

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd} \quad (5)$$

f_{ctd} – расчетное сопротивление бетона растяжению (при $\gamma_c = 1.5$).

η_1 – коэффициент, учитывающий влияние условий сцепления и положение стержней при бетонировании;

η_2 – коэффициент, учитывающий влияние диаметра стержня:

при $\varnothing \leq 32$ мм $\eta_2 = 1,0$;

при $\varnothing > 32$ мм $\eta_2 = (132 - \varnothing)/100$.

η_3 – коэффициент, учитывающий форму профиля арматуры, равный:

- для гладких стержней - 1,5;

- для стержней серповидного периодического профиля и проволоки с вмятинами – 2,0;

- для стержней кольцевого периодического профиля – 2,5.

Расчет анкеровки растянутой арматуры согласно ТКП EN 1992-1-1-2009 [1] производится с использованием базовой (номинальной) длины анкеровки (l_b). Базовая длина анкеровки определяется из условия, при котором усилие в продольной арматуре воспринимается сопротивлением сцепления бетона с арматурой по периметру стержня на длине анкеровки. Сопротивление сцеплению принимается равномерным по длине анкеровки и определяется в основном в зависимости от сопротивления бетона растяжению.

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd} \quad (6)$$

На основе базовой длины анкеровки определяется расчетная длина, учитывающая дополнительные факторы, такие как толщина защитного слоя, поперечное сжатие в пределах длины анкеровки. По ТКП EN 1992-1-1-2009 [1] базовая длина зависит от расчетного напряжения σ_{sd} в стержне в месте, от которого измеряется анкерovка.

$$l_{bd} = \left(\frac{\varnothing}{4} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \right) \quad (7)$$

Следует также отметить, что в ТКП EN 1992-1-1-2009 [1] имеет место при определении расчетной длины форма анкеруемых стержней. Так в формуле

расчетной длины анкеровки для случая, когда стержни не имеют прямой формы и при условии, что $c_d > 3\varnothing$, присутствует понижающий коэффициент $\alpha_1 = 0,7$.

Расчет анкеровки растянутой арматуры в большинстве нормативных документов зарубежных стран производится с использованием базовой (номинальной) длины анкеровки l_b , обеспечивающей работу прямого арматурного стержня с полным расчетным сопротивлением f_{yd} (табл. 1). Базовая длина анкеровки l_b определяется из условия, при котором усилие в продольной арматуре с полным расчетным сопротивлением f_{yd} воспринимается сопротивлением сцепления бетона с арматурой f_{bd} по периметру стержня на длине анкеровки.

Таблица 1 – Номинальная длина анкеровки по методикам разных стран

Страна	Формула для определения номинальной длины анкеровки l_b	Примечания
ЕКБ ФИП С1990	$l_b = \left(\frac{\varnothing}{4}\right) \left(\frac{f_{yd}}{f_{bd}}\right)$	$f_{bd} = \eta \cdot f_{ctd}$ η - в зависимости от профиля арматуры $\eta = 1,4$ – «мягкий» профиль $\eta = 2,25$ – «сильный» профиль
Швеция	$\tau_{bond} \leq f_{bd} = \eta \cdot f_{ctd}$	$\eta = 1,4$ – для периодического профиля
Германия		$\gamma = 1,75$ – коэффиц. надежности f_{bd} – в зависимости от

	$l_{an,nom} \approx \frac{N_s}{\gamma \cdot U_s \cdot f_{bd}} \approx \frac{\varnothing}{4 f_{bd}} \frac{f_{yd}}{\gamma} =$ $= \frac{f_{yd}}{7 f_{bd}} \cdot \varnothing$	прочности бетона от 1,4 до 3,0 Н/м ²
Япония	$l_{an,nom} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot A_s \cdot f_{yd} /$ $/ U_s \cdot f_{bd}$	$f_{bd} = \frac{f_{bd,\chi}}{\gamma_c}$ $\gamma_c = 1,5$ $f_{bd,\chi} - \text{в зависимости}$ <p>от прочности бетона от 0,19 до 0,33 кН/см²</p> $a_1, a_2, a_3 - \text{в}$ <p>зависимости от положения арматуры ≈ 1</p>
Англия	$\tau_{bond} = \frac{N_s}{\pi \cdot \varnothing \cdot l_{an}} <$ $f_{bd} = \beta \cdot \sqrt{f_{cd}}$	$\beta - \text{коэффициент,}$ <p>зависящий от вида стержня $\approx 0,4$</p>
Франция	$l_{an,nom} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{\tau_{bond}}$	$\tau_{bond} \leq f_{bd}$ $f_{bd} - \text{в зависимости от}$ <p>прочности бетона от 2,4 до 3,6 Н/мм²</p>

В результате базовая длина анкеровки принимается зависящей прямо пропорционально от диаметра арматурного стержня \varnothing , расчетного сопротивления арматуры f_{yd} и обратно пропорционально зависящей от расчетного условного напряжения сцепления арматуры с бетоном f_{bd} .

Величина напряжений сцепления f_{bd} принимается равномерной по длине анкерówki и определяется, в основном, в зависимости от сопротивления бетона растяжению f_{ctd} . На основе базовой длины анкерówki определяется расчетная длина анкерówki, учитывающая дополнительные факторы, такие как толщина защитного слоя, поперечное сжатие в пределах длины анкерówki, соотношение между фактической площадью арматуры и требуемой по расчету и т.д.

На территории Республики Беларусь не было проведено достаточно испытаний в этой области, особенно если речь идет о легких бетонах. На современном этапе развития железобетонных конструкций, в частности изготовленных из керамзитобетона, существует необходимость провести исследования в этой области.

Библиографический список:

1. ТКП EN 1992 -1-1-2009 Еврокод 2 Проектирование железобетонных конструкций Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Министерство архитектуры и строительства. – Минск., 2010.
2. СНБ 5.03.01-02. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования. – Мн.: Минсктиппроект, 2003. – 139 с.