
НОМОГРАМИ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ПРАВОЪГЪЛНИ СТОМАНОБЕТОННИ СЕЧЕНИЯ, ПОДЛОЖЕНИ НА КОС НЕЦЕНТРИЧЕН НАТИСК ПО ЕВРОКОД 2

В. Янчев¹, К. Русев²

Ключови думи: деформации, напрежения, номограми

Научна област: стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

В НПБСК е приета правоъгълна диаграма за разпределение на напреженията в натисквата зона на стоманобетонни сечения, подложени на огъващи моменти и осова натисква сила. С цел по-лесната адаптация към Еврокод 2, тук е приета правоъгълна работна диаграма на бетона и работна диаграма на армировъчната стомана – билинейна с хоризонтален горен клон.

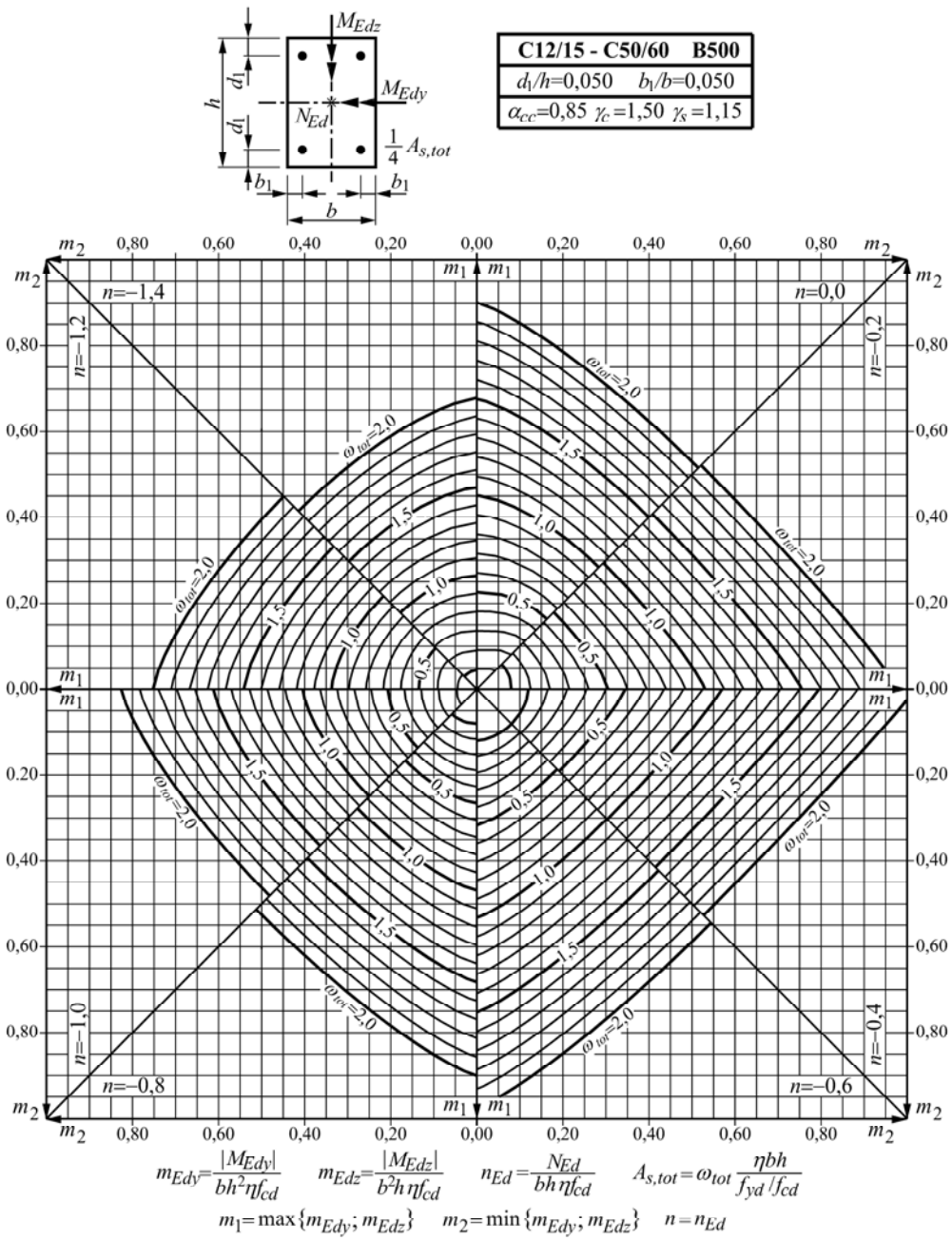
Разработени са номограми за оразмеряване на правоъгълни стоманобетонни сечения, подложени на кос нецентричен натиск по Еврокод 2 при прието разположение на армировката. Разгледани са конкретни примери, които показват работата с номограмите.

Като се използват зависимостите, изведени в [6], за фиксирано d_1/h и при приетото разположение на армировката се получават поредица от фамилии от криви за различни стойности на n_{Ed} и ω_{tot} .

На базата на фамилиите от криви са съставени номограми за оразмеряване на кос нецентричен натиск за различни стойности на отношението d_1/h , които важат за стомана B500 и бетон клас от C12/15 до C50/60 включително. Номограмите са показани на фиг. 1, 2, 3 и 4.

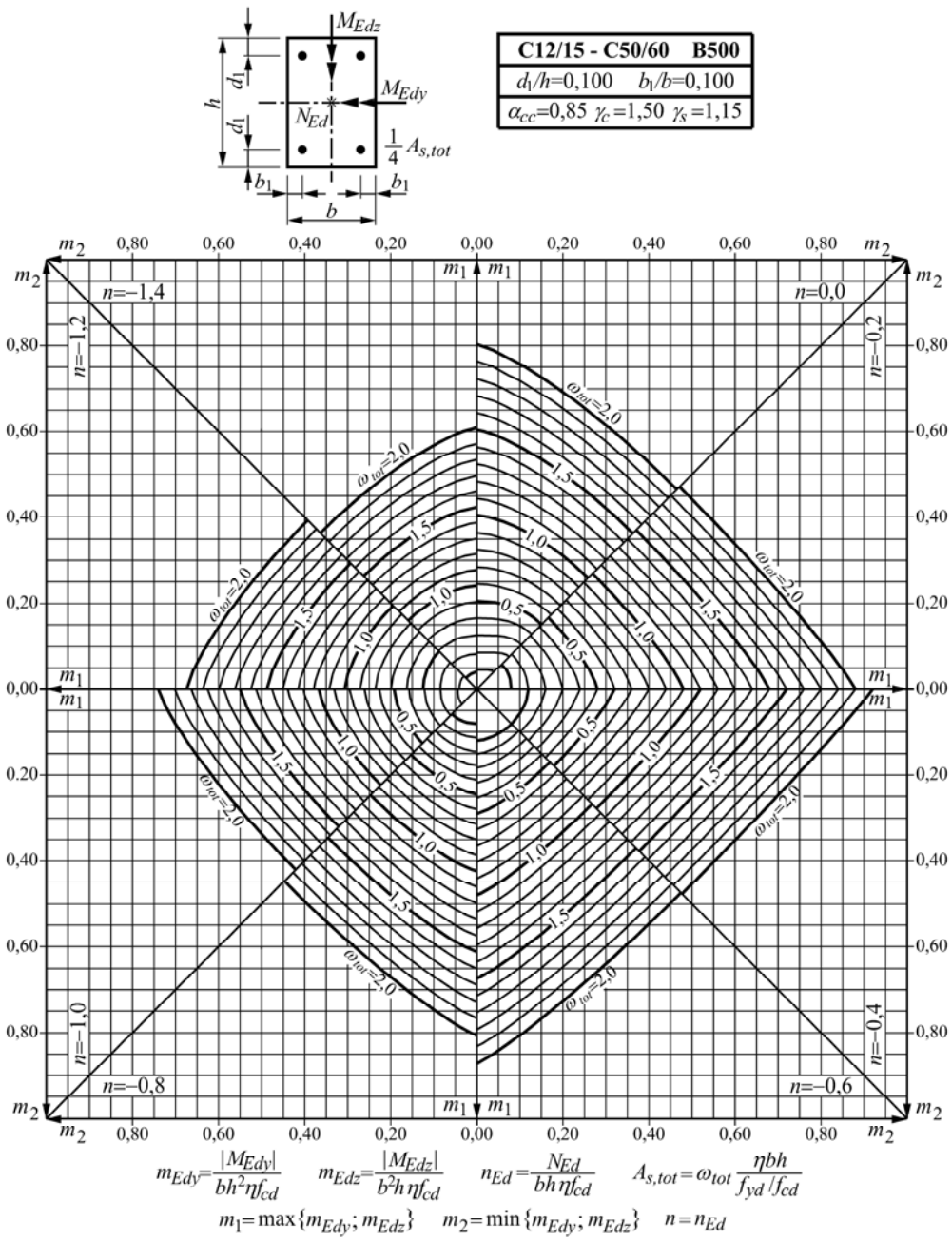
¹ Владимир Янчев, доц. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски” 1, 1046 София, e-mail: vladimir_yanchev@abv.bg

² Константин Русев, проф. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски” 1, 1046 София, e-mail: irb_irb@abv.bg



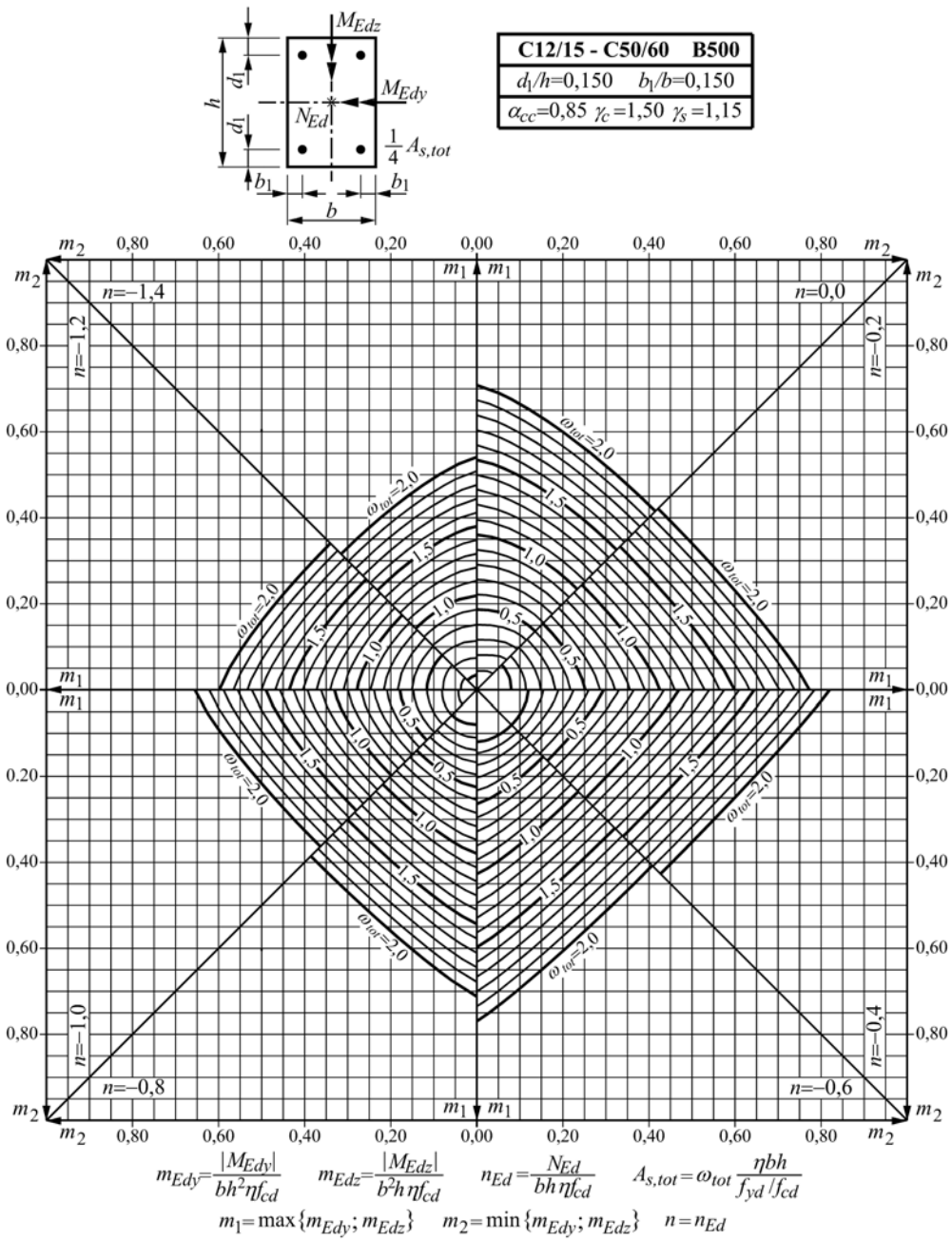
Бетон	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60
f_{cd} [MN/m ²]	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
f_{yd}/f_{cd}	63,9	48,0	38,4	30,7	25,6	21,9	19,2	17,1	15,3

Фиг. 1



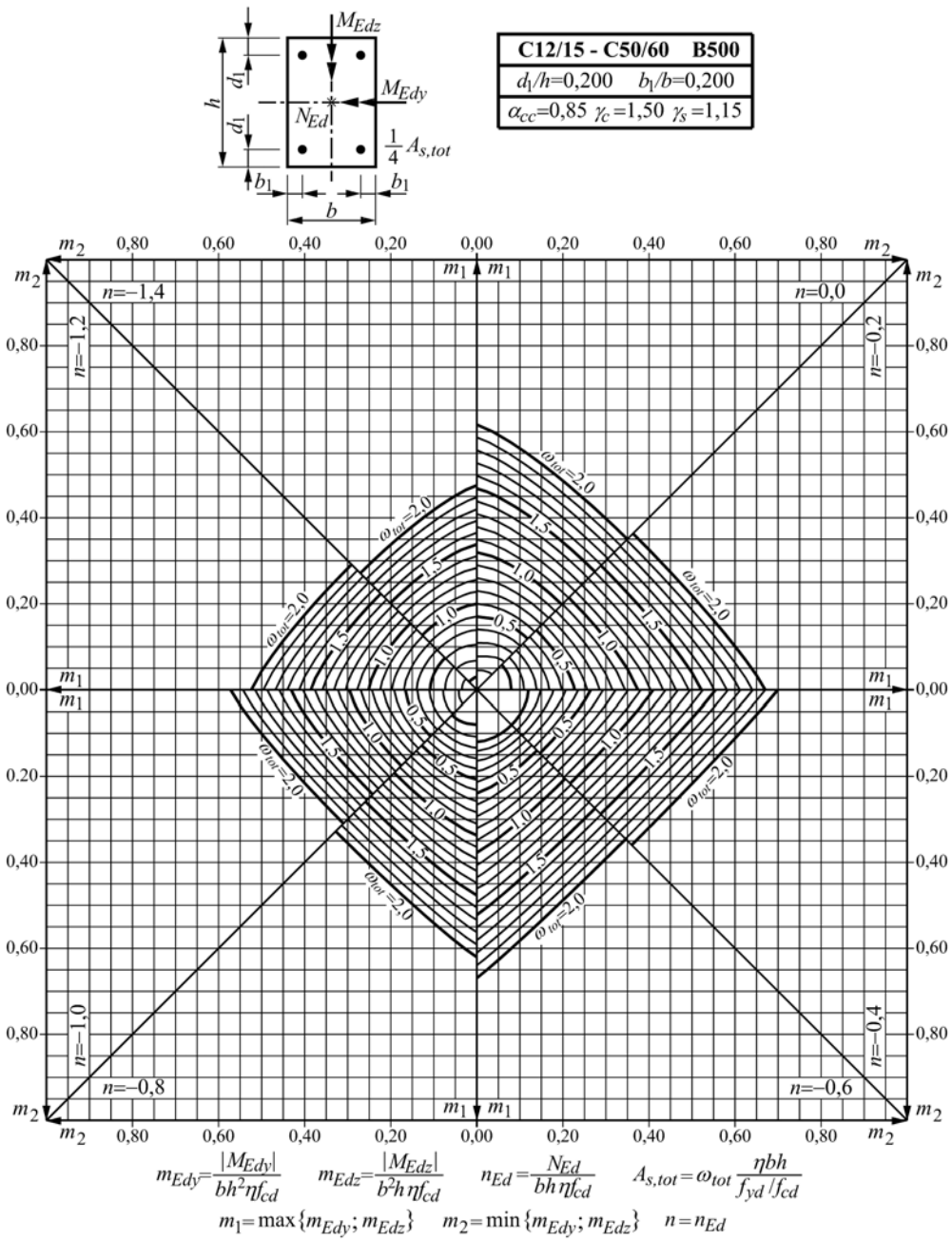
Бетон	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60
f_{cd} [MN/m ²]	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
f_{yd}/f_{cd}	63,9	48,0	38,4	30,7	25,6	21,9	19,2	17,1	15,3

Фиг. 2



Бетон	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60
f_{cd} [MN/m ²]	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
f_{yd}/f_{cd}	63,9	48,0	38,4	30,7	25,6	21,9	19,2	17,1	15,3

Фиг. 3



Бетон	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60
f_{cd} [MN/m ²]	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
f_{yd}/f_{cd}	63,9	48,0	38,4	30,7	25,6	21,9	19,2	17,1	15,3

Фиг. 4

Пример 1. Да се оразмери, при приетото разположение на армировката на фиг. 1, 2, 3 и 4, правоъгълно сечение от колона с размери $b/h = 400/450\text{mm}$ при огъващи моменти $M_{Ed,y} = 92\text{ kNm}$, $M_{Ed,z} = 122,5\text{ kNm}$, натискава нормална сила $N_{Ed} = -816\text{ kN}$ и $d_1/h = b_1/b = 0,175$. Използва се бетон клас C20/25 ($f_{cd} = 11,33\text{MPa}$) и армировъчна стомана клас B500 ($f_{yd} = 435\text{MPa}$).

1. Определяне на n_{Ed} , $m_{Ed,y}$ и $m_{Ed,z}$.

$$n_{Ed} = -\frac{N_{Ed}}{bh\eta f_{cd}} = -\frac{816 \cdot 10^3}{400 \cdot 450 \cdot 1,11,33} = -0,400,$$

$$m_{Ed,y} = \frac{|M_{Ed,y}|}{bh^2\eta f_{cd}} = \frac{92 \cdot 10^6}{400 \cdot 450^2 \cdot 1,11,33} = 0,100,$$

$$m_{Ed,z} = \frac{|M_{Ed,z}|}{b^2h\eta f_{cd}} = \frac{122,5 \cdot 10^6}{400^2 \cdot 450 \cdot 1,11,33} = 0,150.$$

2. Отчет на ω_{tot} .

За $n_{Ed} = -0,400$, $m_1 = m_{Ed,z} = 0,150$, $m_2 = m_{Ed,y} = 0,100$ и $d_1/h = b_1/b = 0,150$, от фиг. 3 се отчита $\omega_{tot} = 0,28$.

За $n_{Ed} = -0,400$, $m_1 = m_{Ed,z} = 0,150$, $m_2 = m_{Ed,y} = 0,100$ и $d_1/h = b_1/b = 0,200$, от фиг. 4 се отчита $\omega_{tot} = 0,35$.

За $d_1/h = b_1/b = 0,175$ чрез линейна интерполация се получава $\omega_{tot} = 0,315$.

3. Получаване на площта на армировката и диаметъра на четирите армировъчни пръта.

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} \frac{\eta bh}{f_{yd}/f_{cd}} = 0,315 \cdot \frac{1 \cdot 400 \cdot 450}{38,4} = 1477\text{ mm}^2.$$

Съгласно предварително приетото разположение на армировката в напречното сечение във всеки ъгъл на правоъгълното сечение се слага по един армировъчен прът $\phi 22$ с площ на напречното сечение $A_{s1} = 380,1\text{ mm}^2 > \frac{A_{s,tot}}{4} = \frac{1477}{4} = 369,3\text{ mm}^2$. Общо в правоъгълното сечение се слагат $4\phi 22$ с общо напречно сечение $A_s = 4 \cdot 380,1\text{ mm}^2 = 1520,4\text{ mm}^2 > A_{s,tot} = 1477\text{ mm}^2$.

Пример 2. Да се оразмери, при приетото разположение на армировката на фиг. 1, 2, 3 и 4, правоъгълно сечение от колона с размери $b/h = 350/350\text{mm}$ при огъващи моменти $M_{Ed,y} = 48,6\text{ kNm}$, $M_{Ed,z} = 60,7\text{ kNm}$, натискава нормална сила

$N_{Ed} = -208 \text{ kN}$ и $d_1/h = b_1/b = 0,143$. Използва се бетон клас C20/25 ($f_{cd} = 11,33 \text{ MPa}$) и армировъчна стомана клас B500 ($f_{yd} = 435 \text{ MPa}$).

1. Определяне на n_{Ed} , $m_{Ed,y}$ и $m_{Ed,z}$.

$$n_{Ed} = -\frac{N_{Ed}}{bh\eta f_{cd}} = -\frac{208 \cdot 10^3}{350 \cdot 350 \cdot 1,11,33} = -0,150,$$

$$m_{Ed,y} = \frac{|M_{Ed,y}|}{bh^2\eta f_{cd}} = \frac{48,6 \cdot 10^6}{350 \cdot 350^2 \cdot 1,11,33} = 0,100,$$

$$m_{Ed,z} = \frac{|M_{Ed,z}|}{b^2h\eta f_{cd}} = \frac{60,7 \cdot 10^6}{350^2 \cdot 350 \cdot 1,11,33} = 0,125.$$

2. Отчет на ω_{tot} .

За $n_{Ed} = -0,200$, $m_1 = m_{Ed,z} = 0,125$, $m_2 = m_{Ed,y} = 0,100$ и $d_1/h = b_1/b = 0,150$, от фиг. 3 се отчита $\omega_{tot} = 0,28$.

За $n_{Ed} = 0$, $m_1 = m_{Ed,z} = 0,125$, $m_2 = m_{Ed,y} = 0,100$ и $d_1/h = b_1/b = 0,150$, от фиг. 3 се отчита $\omega_{tot} = 0,4$.

За $n_{Ed} = -0,150$ и $d_1/h = b_1/b = 0,150$ чрез линейна интерполация се получава $\omega_{tot} = 0,31$.

За $n_{Ed} = -0,200$, $m_1 = m_{Ed,z} = 0,125$, $m_2 = m_{Ed,y} = 0,100$ и $d_1/h = b_1/b = 0,100$, от фиг. 2 се отчита $\omega_{tot} = 0,23$.

За $n_{Ed} = 0$, $m_1 = m_{Ed,z} = 0,125$, $m_2 = m_{Ed,y} = 0,100$ и $d_1/h = b_1/b = 0,100$, от фиг. 2 се отчита $\omega_{tot} = 0,35$.

За $n_{Ed} = -0,150$ и $d_1/h = b_1/b = 0,100$ чрез линейна интерполация се получава $\omega_{tot} = 0,26$.

За $n_{Ed} = -0,150$ и $d_1/h = b_1/b = 0,143$ чрез линейна интерполация се получава $\omega_{tot} = 0,303$.

3. Получаване на площта на армировката и диаметъра на четирите армировъчни пръта.

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} \frac{\eta bh}{f_{yd}/f_{cd}} = 0,303 \cdot \frac{1 \cdot 350 \cdot 350}{38,4} = 967 \text{ mm}^2.$$

Съгласно предварително приетото разположение на армировката в напречното сечение във всеки ъгъл на правоъгълното сечение се слага по един армировъчен прът ф18 с площ на напречното сечение $A_{s1} = 254,5 \text{ mm}^2 > \frac{A_{s,tot}}{4} = \frac{967}{4} = 241,8 \text{ mm}^2$. Общо

в правоъгълното сечение се слагат 4φ18 с общо напречно сечение $A_s = 4.254,5 \text{ mm}^2 = 1018 \text{ mm}^2 > A_{s,tot} = 967 \text{ mm}^2$.

Пример 3. Да се оразмери, при приетото разположение на армировката на фиг. 1, 2, 3 и 4, правоъгълно сечение от колона с размери $b/h = 250/300 \text{ mm}$ при огъващи моменти $M_{Ed,y} = 51 \text{ kNm}$, $M_{Ed,z} = 42,5 \text{ kNm}$, натискава нормална сила $N_{Ed} = -552,3 \text{ kN}$ и $d_1/h = b_1/b = 0,200$. Използва се бетон клас C20/25 ($f_{cd} = 11,33 \text{ MPa}$) и армировъчна стомана клас B500 ($f_{yd} = 435 \text{ MPa}$).

1. Определяне на n_{Ed} , $m_{Ed,y}$ и $m_{Ed,z}$.

$$n_{Ed} = -\frac{N_{Ed}}{bh\eta f_{cd}} = -\frac{552,3 \cdot 10^3}{250 \cdot 300 \cdot 1,11,33} = -0,650,$$

$$m_{Ed,y} = \frac{|M_{Ed,y}|}{bh^2\eta f_{cd}} = \frac{51 \cdot 10^6}{250 \cdot 300^2 \cdot 1,11,33} = 0,200,$$

$$m_{Ed,z} = \frac{|M_{Ed,z}|}{b^2\eta f_{cd}} = \frac{42,5 \cdot 10^6}{250^2 \cdot 300 \cdot 1,11,33} = 0,200.$$

2. Отчет на ω_{tot} .

За $n_{Ed} = -0,600$, $m_1 = m_2 = m_{Ed,y} = m_{Ed,z} = 0,200$ и $d_1/h = b_1/b = 0,200$, от фиг. 4 се отчита $\omega_{tot} = 0,96$.

За $n_{Ed} = -0,800$, $m_1 = m_2 = m_{Ed,y} = m_{Ed,z} = 0,200$ и $d_1/h = b_1/b = 0,200$, от фиг. 4 се отчита $\omega_{tot} = 1,06$.

За $n_{Ed} = -0,650$ чрез линейна интерполация се получава $\omega_{tot} = 0,985$.

3. Получаване на площта на армировката и диаметъра на четирите армировъчни пръта.

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} \frac{\eta bh}{f_{yd}/f_{cd}} = 0,985 \cdot \frac{1,250 \cdot 300}{38,4} = 1923,8 \text{ mm}^2.$$

Съгласно предварително приетото разположение на армировката в напречното сечение във всеки ъгъл на правоъгълното сечение се слага по един армировъчен прът φ25 с напречно сечение $A_{s1} = 490,9 \text{ mm}^2 > \frac{A_{s,tot}}{4} = \frac{1923,8}{4} = 480,95 \text{ mm}^2$. Общо в правоъгълното сечение се слагат 4φ25 с общо напречно сечение $A_s = 4.490,9 \text{ mm}^2 = 1963,6 \text{ mm}^2 > A_{s,tot} = 1923,8 \text{ mm}^2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN 1992-1-1, ЕВРОКОД 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции, Част 1-1: Общи правила и правила за сгради, 2005.
2. Русев, К. Стоманобетон НПБСК-ЕС2. АВС Техника, София, 2008.
3. Русев, К., Вл. Янчев. ЕС2. Оразмеряване на стоманобетонни конструкции по нормални сечения. АВС Техника, София, 2011.
4. Русев, К. и др. Ръководство по стоманобетон Еврокод 2. София, КИИП, 2013.
5. Cedolin, L., G. Cusatis, S. Eccheli, M. Roveda. Biaxial bending of concrete columns: an analytical solution. Studies and researches – V. 26, Graduate school in concrete structures – Fratelli Pesenti Politecnico di Milano, Italy, 2006.
6. Янчев, Вл. Носеща способност на правоъгълни стоманобетонни сечения, подложени на кос нецентричен натиск по Еврокод 2. Годишник на УАСГ, София (под печат).

Постъпила: октомври 2015 г.

DESIGN CHARTS FOR REINFORCED CONCRETE RECTANGULAR CROSS-SECTIONS UNDER TWO BENDING MOMENTS AND COMPRESSIVE AXIAL FORCE ACCORDING TO EUROCODE 2

V. Yanchev¹, K. Roussev²

Keywords: strains, stresses, design charts

Research area: reinforced concrete structures

ABSTRACT

Rectangular stress distribution diagram within the compression zone of RC-sections to resist the flexure moments and compressive axial force is adopted in the Bulgarian norms. In order to achieve an approximate harmonization with the Eurocode 2, rectangular constitutive law for concrete is used along with a bilinear stress-strain relationship with horizontal upper branch for steel.

Design charts are derived to serve for designing reinforced concrete rectangular cross-sections with assumed location of reinforcement under two bending moments and compressive axial force according to Eurocode 2. Practical examples are considered to show the application of design charts.

¹ Vladimir Yanchev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd, Sofia 1046, e-mail: vladimir_yanchev@abv.bg

² Konstantin Roussev, Prof. Dr. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd, Sofia 1046, e-mail: irb_irb@abv.bg

