

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Първа научно-приложна конференция с международно участие
„СТОМАНОБЕТОННИ И ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА“

22 – 23 октомври 2015

22 – 23 October 2015

First Scientific-Applied Conference with International Participation

“REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES – THEORY AND PRACTICE”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

48 ^{ТОМ}
vol.

2015

СВ. 12 – I
fasc.

ХАРАКТЕРНИ ОСОБЕНОСТИ ПРИ ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА КРЪГЛИ СТОМАНОБЕТОННИ КОЛОНИ, ПОДЛОЖЕНИ НА ОГЪВАНЕ С НОРМАЛНИ НАТИСКОВИ СИЛИ

В. Кърджиев¹, П. Христов²

Ключови думи: оразмеряване, нецентричен натиск, колони

Научна област: стоманобетон и стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

Разгледани са конструктивните особености при оразмеряването на кръгли стоманобетонни колони, подложени на огъване с нормални натискови сили, при отчитане на нормалното напрегнато и деформирано състояние. Отчетени са особеностите на системата от конструктивни нормативи Еврокод.

1. Въведение

В повечето случаи, разгледани в специализираната литература за изчисляване на кръгли стоманобетонни колони, се приема размазана площ на надлъжната армировка по цялата обиколка на колоната. Това приемане може да доведе до значителни разлики в необходимата площ на армировката особено при малък брой армировъчни пръти. БДС EN 1992-1-1 [1] допуска при кръгли колони да се използват минимум 4 броя армировъчни пръти, които трудно биха могли да бъдат третираны като равномерно разпределена армировка по периметъра на колоната.

¹ Васил Кърджиев, доц. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: kardjiev@mail.bg

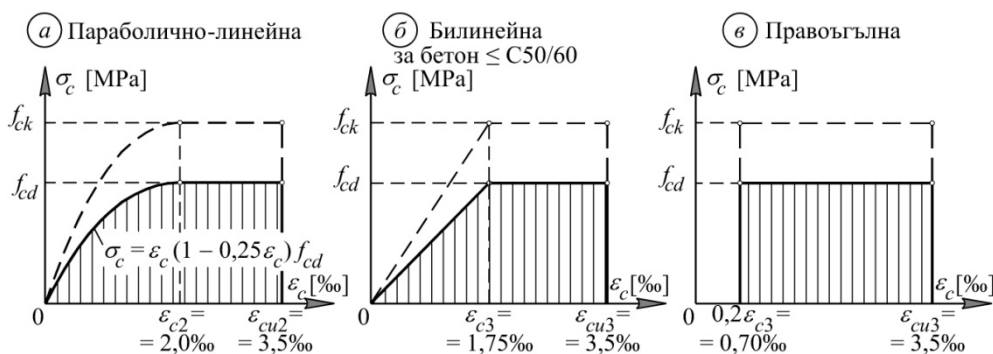
² Петър Христов, доц. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: pchristov_fce@uacg.bg

В настоящата разработка, за случаите на малък брой армировъчни пръти в кръгли колони, бяха създадени нови интеракционни диаграми при най-неблагоприятното възможно разположение на тези пръти в колоната.

2. Работни диаграми за бетона и армировъчната стомана

2.1. Работни диаграми за бетон

За работната диаграма на бетона на натиск в [1] са дадени три възможни варианта – параболично-линейна, билинейна и правоъгълна – фиг. 1. Стойностите на натисковите напрежения и деформации в бетона, представени на фиг. 1, са дадени с абсолютни стойности съгласно БДС EN 1992-1-1/NA [2]. В настоящата разработка е използвана правоъгълно-параболична работна диаграма за бетона – фиг. 1а. Разгледани са само случаите при използване на бетон с класове не по-големи от C50/60, но предложената методика може да бъде използвана и за по-високи класове бетон.



Фиг. 1. Работни диаграми за обикновен бетон $\leq C50/60$

При класове бетон $\leq C50/60$ деформациите на натиснатия бетон се ограничават до $|\varepsilon_{cu2}| = 3,5 \text{‰}$, а при изцяло натиснати сечения – до $|\varepsilon_{c2}| = 2,5 \text{‰}$.

Стойността на изчислителната якост на натиск на бетона f_{cd} за проверка на носимоспособността на нормални сечения се определя по формулата

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c, \quad (1)$$

където γ_c е частният коефициент на сигурност за бетона, който за дълготрайна и краткотрайна изчислителна ситуация се приема със стойност $\gamma_c = 1,5$, а за извънредна изчислителна ситуация – $\gamma_c = 1,2$;

α_{cc} е коефициент, който отчита дълговременни ефекти върху якостта на натиск и неблагоприятни ефекти, породени от начина на предаване на товара. Съгласно [2] при проверките за носимоспособност на нормалните сечения на вертикални или наклонени елементи, изпълнени по монолитен способ, стойността на коефициента α_{cc} се приема 0,85. Във всички останали случаи може да се приеме $\alpha_{cc} = 1,0$.

Напреженията в бетона могат да бъдат получени чрез използване на следните зависимости:

$$\sigma_c = -|\varepsilon_c| \left((1 - 0,25|\varepsilon_c|) f_{cd} \right) \quad \text{за} \quad -\varepsilon_{c2} = -2,0\text{‰} < \varepsilon_c \leq 0 ; \quad (2)$$

$$\sigma_c = -f_{cd} \quad \text{за} \quad -\varepsilon_{cu2} = -3,5\text{‰} \leq \varepsilon_c \leq -\varepsilon_{c2} = -2,0\text{‰} ; \quad (3)$$

$$\sigma_c = 0 \text{ MPa} \quad \text{за} \quad \varepsilon_c > 0 , \quad (4)$$

където ε_{c2} е деформацията на натиснат бетон при достигане на максималното напрежение f_{cd} , а ε_{cu2} е граничната деформация за натиснат бетон.

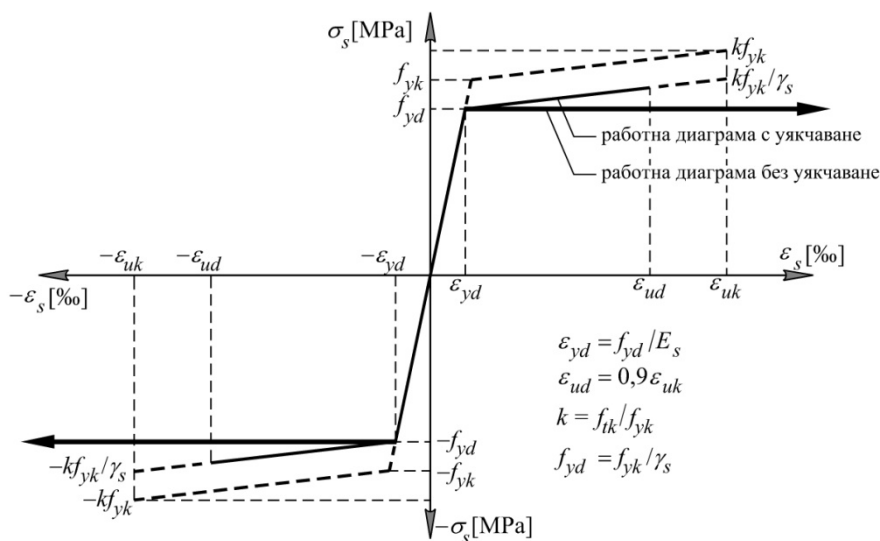
2.2. Работни диаграми за армировъчната стомана

Стойността на изчислителната граница на провлачване на армировъчната стомана f_{yd} се определя по формулата

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s , \quad (5)$$

където γ_s е частният коефициент на сигурност за стоманата, който за дълготрайна и краткотрайна изчислителна ситуация се приема със стойност $\gamma_s = 1,15$, а за извънредна изчислителна ситуация – $\gamma_s = 1,0$;

f_{yk} е характеристичната стойност на границата на провлачване на армировката, която е свързана с класа на армировъчната стомана.



Фиг. 2. Работни диаграми за армировъчната стомана

За стоманата най-често използваната работна диаграма (на опън и на натиск) е билинейна с линеен и хоризонтален участък, като не се контролират граничните деформации – фиг. 2. Напреженията в армировъчната стомана при тази работна диаграма се определят чрез зависимостите:

$$\sigma_s = -f_{yd} \quad \text{за} \quad -\varepsilon_{ud} \leq \varepsilon_s \leq -\varepsilon_{yd} ; \quad (6)$$

$$\sigma_s = \varepsilon_s E_s \quad \text{за} \quad -\varepsilon_{yd} < \varepsilon_s ; \quad (7)$$

$$\sigma_s = f_{yd} \quad \text{за} \quad \varepsilon_{ud} \geq \varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd} ; \quad (8)$$

$$\sigma_s = \varepsilon_s E_s \quad \text{за} \quad \varepsilon_s < \varepsilon_{yd} . \quad (9)$$

Деформацията в началото на площадката на провлачване е $\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$, като модулът на еластичност на стоманата се приема $E_s = 200\,000$ МПа.

В [1] е предвидена и алтернативна работна диаграма с наклонен горен клон (с уякчаване – фиг. 2), при която за разлика от тази с хоризонтален клон се ограничават максималната деформация на армировката до $\varepsilon_{ud} = 0,9\varepsilon_{uk}$. В случая максималното напрежение е kf_{yk} / γ_s съответства на максимална деформация ε_{uk} . Следователно максималната му стойност за деформация ε_{ud} трябва да се получи отделно. Коефициентът $k = f_{tk} / f_{yk}$, където f_{tk} е якостта на опън за разглежданата армировъчна стомана, която зависи предимно от класа ѝ на дуктилност.

В съответствие с [2], при проверка на носимоспособността по нормални сечения се допуска да се приеме, независимо от класа на дуктилност на армировъчната стомана $\varepsilon_{ud} = 25\%$.

В настоящата разработка е приета работна диаграма на армировъчната стомана с хоризонтален горен клон, но с ограничаване на максималната деформация до ε_{ud} , за да е възможно да се обхванат и случаите на централен опън.

3. Интеракционни диаграми за кръгли напречни сечения

Разглежданото напречно сечение с разположението на армировъчните пръти е показано на фигура 3. Деформацията в произволно по височината на напречното сечение бетонно влакно се определя чрез зависимостта

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{c,up} + \kappa(r + z), \quad (10)$$

където $\varepsilon_{c,up}$ е деформацията в бетона за най-горния ръб на напречното сечение;

r е радиусът на напречното сечение;

z е разстоянието между геометричния център на напречното сечение и разглежданото бетонно влакно;

κ е кривината на напречното сечение, която се определя с помощта на израза

$$\kappa = \frac{\varepsilon_{s1} - \varepsilon_{c,up}}{r - d_1}, \quad (11)$$

където ε_{s1} е деформацията в най-долния ред армировъчни пръти,

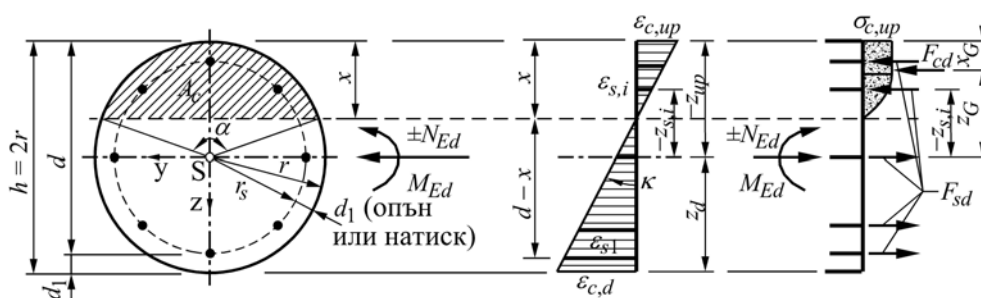
d_1 е разстоянието от ръба на сечението до центъра на тежестта на най-долния ред армировъчни пръти.

Деформацията в произволен ред армировъчни пръти се определя по аналогична формула при приета в сила хипотезата на Бернули за равнинност на напречните сечения:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{c,up} + \kappa(r + z_s), \quad (12)$$

където z_s е разстоянието между геометричния център на напречното сечение и разглеждания армировъчен прът.

За да бъдат получени интеракционните диаграми, трябва да бъде приета височината на натисковата зона x , която определя и стойностите на деформациите $\varepsilon_{c,up}$ и ε_{s1} , а оттам и деформациите ε_c и ε_s .



Фиг. 3. Кръгло напречно сечение с разпределение на напреженията, деформациите и силите

Интеракционните диаграми може да бъдат ползвани за оразмеряване на напречни сечения, подложени на натискови или опънни надлъжни сили, комбинирани или не с огъващи моменти или за проверка на тяхната носеща способност. Също така могат да бъдат използвани и за сечения, подложени само на огъващи моменти, без наличие на надлъжни сили. За целта е необходимо да се разгледат всички възможни случаи на различни деформации в напречното сечение. Счита се, че крайното гранично състояние по носещата способност настъпва, когато бъдат достигнати определените в идеализираните работни диаграми гранични деформации на бетона и армировъчната стомана. Точки А, В и С отговарят на достигането на тези гранични деформации – фиг. 4. Ако линията на деформациите за дадено напречно сечение минава през една от тях, напречното сечение е в крайно гранично състояние.

В зависимост от разпределението на деформациите по височината на сечението при приета хипотезата на Бернули, в [1] са дефинирани основните области на деформирано състояние, свързани с деформациите в бетона и армировката.

Зона 1 (ротация около точка А)

Цялото сечение е натоварено предимно на опън. Нулевата линия се намира извън сечението към зоната на по-малко опънатите влакна или ако е в сечението, то е силно изтеглена към натиснатите влакна. Бетонът, който е натоварен на опън, се изключва от работа. Деформацията в най-долния ред армировъчни пръти достига граничното удължение, т.е. $\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{ud}$. А в най-горното бетонно влакно $\varepsilon_{c,up}$ е в границите от 0 до $-\varepsilon_{cu2}$.

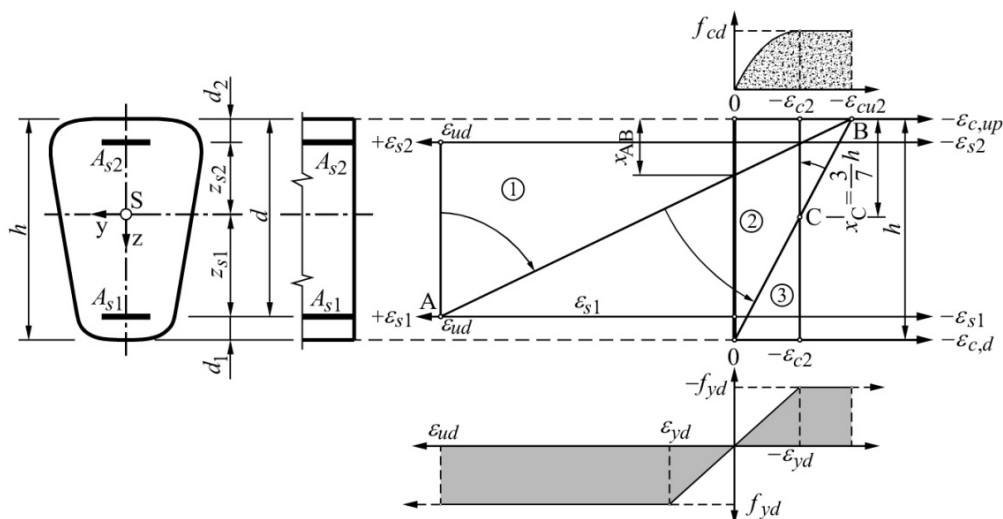
Зона 2 (ротация около точка B)

Нулевата линия се намира вътре в сечението. Бетонът в натисквата зона е достигнал граничните деформации $\varepsilon_{c,up} = -\varepsilon_{cu2}$. Удължението на най-долния ред армировъчни пръти ε_{s1} е в границите от ε_{ud} до $(-\varepsilon_{cu2}/h)d_1$.

Зона 3 (ротация около точка C)

Цялото сечение е натоварено на натиск. Нулевата линия се намира извън сечението към зоната на по-малко натиснатите влакна. Деформациите в най-силно натиснатите бетонни влакна $\varepsilon_{c,up}$ варират в границите от $-\varepsilon_{cu2}$ до $-\varepsilon_{c2}$. А удължението на най-долния ред армировъчни пръти ε_{s1} е в границите от $(-\varepsilon_{cu2}/h)d_1$ до $-\varepsilon_{c2}$. Положението на точката C може да бъде определено с израза

$$x_C = (1 - \varepsilon_{c2}/\varepsilon_{cu2})h = (1 - 0,002/0,0035)h = (1 - 0,571)h = 0,429h = 3h/7. \quad (13)$$



Фиг. 4. Възможни разпределения на деформациите по височина на стоманобетонни произволни по форма напречни сечения

Диференциалната площ на бетона се определя съгласно фигура 5 и се получава

$$dA_c = b(z) dz = \left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz. \quad (14)$$

Изчислителната натискава сила в бетона се определя чрез израза:

$$F_{cd} = \int_{A_c} \sigma_c dA_c = \int_{-h/2}^{h/2} \left[\sigma_c \left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz \right]. \quad (15)$$

Изчислителната сила в армировъчните пръти се получава чрез израза:

$$F_{sd} = \sum_{i=1}^n \sigma_{s,i} A_{s,1}, \quad (16)$$

където $A_{s,1}$ е площта на напречно сечение на един армировъчен прът;

$\sigma_{s,i}$ е действащото напрежение в армировъчен прът i , определено в зависимост от действащата деформация $\varepsilon_{s,i}$ по (12) във функция на разстоянието $z_{s,i}$ от него до центъра на тежестта на сечението;

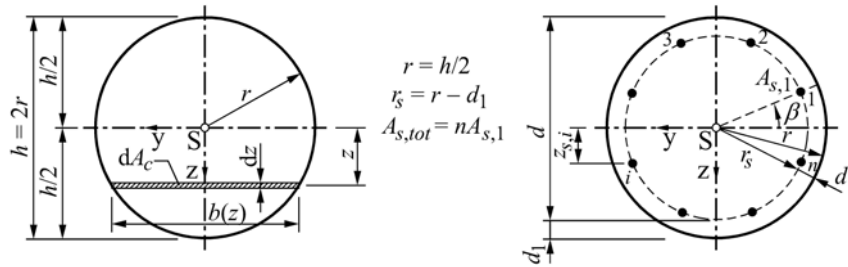
n е общият брой на армировъчните пръти в сечението.

За сечението, в случая на огъване, комбинирано с надлъжна сила, трябва да са изпълнени следните неравенства, които при крайни гранични състояния се трансформират в равенства:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad \text{и} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd}, \quad (17)$$

където N_{Ed} и M_{Ed} са изчислителната надлъжна осова сила и огъващият момент, действащи в сечението;

N_{Rd} и M_{Rd} са носимоспособностите на напречното сечение за надлъжни осови сили и огъващ момент.



Фиг. 5. Диференциална площ на бетона и разположение на армировъчните пръти

Носимоспособността на сечението за осови надлъжни сили се получава чрез зависимостта:

$$N_{Rd} = F_{cd} + F_{sd} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_c \left[\left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz \right] + \sum_{i=1}^n \sigma_{s,i} A_{s,1}. \quad (18)$$

След заместване в първото неравенство на (17) и трансформирайки го в равенство се получава

$$N_{Ed} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_c \left[\left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz \right] + \sum_{i=1}^n \sigma_{s,i} A_{s,1}. \quad (19)$$

Ако разделим двете страни на (19) с произведението $A_c f_{cd}$, се получава

$$\frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} = \frac{\int_{-h/2}^{h/2} \sigma_c \left[\left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz \right]}{A_c f_{cd}} + \frac{A_{s,tot} f_{yd}}{A_c f_{cd}} \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{s,i}}{f_{yd}}, \quad (20)$$

където $A_{s,tot}$ е сумарната площ на надлъжната армировка в сечението,

$A_c = h^2 \pi / 4$ е площта на напречното сечение.

С въвеждането на изразите за относителната надлъжна осова сила n_{Ed} и механичния обемен коефициент на армиране ω_{tot} :

$$n_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}, \quad (21)$$

$$\omega_{tot} = \frac{A_{s,tot} f_{yd}}{A_c f_{cd}}, \quad (22)$$

след тяхното полагане в (20) се получава окончателният израз за големината на относителната надлъжна сила

$$n_{Ed} = \frac{\int_{-h/2}^{h/2} \sigma_c \left[\left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz \right]}{A_c f_{cd}} + \omega_{tot} \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{s,i}}{f_{yd}}. \quad (23)$$

Носимоспособността на сечението на огъващ момент се получава чрез изрза:

$$M_{Rd} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_c z \left[\left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz \right] + \sum_{i=1}^n \sigma_{s,i} A_{s,i} z_{s,i}. \quad (24)$$

След заместване във второто неравенство на (17) и трансформиране в равенство при разделяне на двете страни на получения израз с произведението $A_c h f_{cd}$ се получава

$$\frac{M_{Ed}}{A_c h f_{cd}} = \frac{\int_{-h/2}^{h/2} \sigma_c z \left[\left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz \right]}{A_c h f_{cd}} + \frac{A_{s,tot} f_{yd}}{A_c f_{cd}} \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{s,i} z_{s,i}}{h f_{yd}}. \quad (25)$$

С въвеждане на относителния огъващ момент m_{Ed}

$$m_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{A_c h f_{cd}} \quad (26)$$

и използване на механичния обемен коефициент на армиране ω_{tot} се получава окончателният израз за големината на относителния огъващ момент

$$m_{Ed} = \frac{\int_{-h/2}^{h/2} \sigma_c z \left[\left(2\sqrt{r^2 - z^2} \right) dz \right]}{A_c h f_{cd}} + \omega_{tot} \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{s,i} z_{s,i}}{h f_{yd}}. \quad (27)$$

Търсената площ на надлъжната армировка в колоната е

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} A_c . \quad (28)$$

Въз основа на изрази (23) и (27) са получени интеракционните диаграми, показани на фигура 6 и фигура 7, при вариране на височината на натисквата зона x и получените стойности са въведени в координатна система $n_{Ed} - m_{Ed}$. Разработените интеракционни диаграми са валидни за бетони с класове от C12/15 до C50/60 и армировъчна стомана B500 при прието отношение $d_1/h = 0,10$.

4. Числен пример

Да се получи необходимата надлъжна армировка в кръгла стоманобетонна колона с диаметър 350 mm при разстояние до центъра на тежестта на армировъчните пръти 35 mm. Използваният клас бетон е C25/30, а на армировъчната стомана – B500. Действащата надлъжна натискава сила в разглежданото сечение е $N_{Ed} = 550 \text{ kN}$, а огъващият момент е $M_{Ed} = 120 \text{ kNm}$.

Отношението на разстоянието до центъра на тежестта на армировъчните пръти към височината на сечението е

$$d_1/h = 3,5/350 = 0,10 .$$

Изчислителното съпротивление на якост на натиск за бетона е

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 25 / 1,5 = 14,2 \text{ MPa} .$$

Изчислителното съпротивление при границата на провлачване на армировъчната стомана е

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 \approx 435 \text{ MPa} .$$

Площта на напречното сечение на сечението е

$$A_c = h^2 \pi / 4 = 350^2 \cdot \pi / 4 = 96211 \text{ mm}^2 .$$

Относителната надлъжна сила по израз (21) се получава

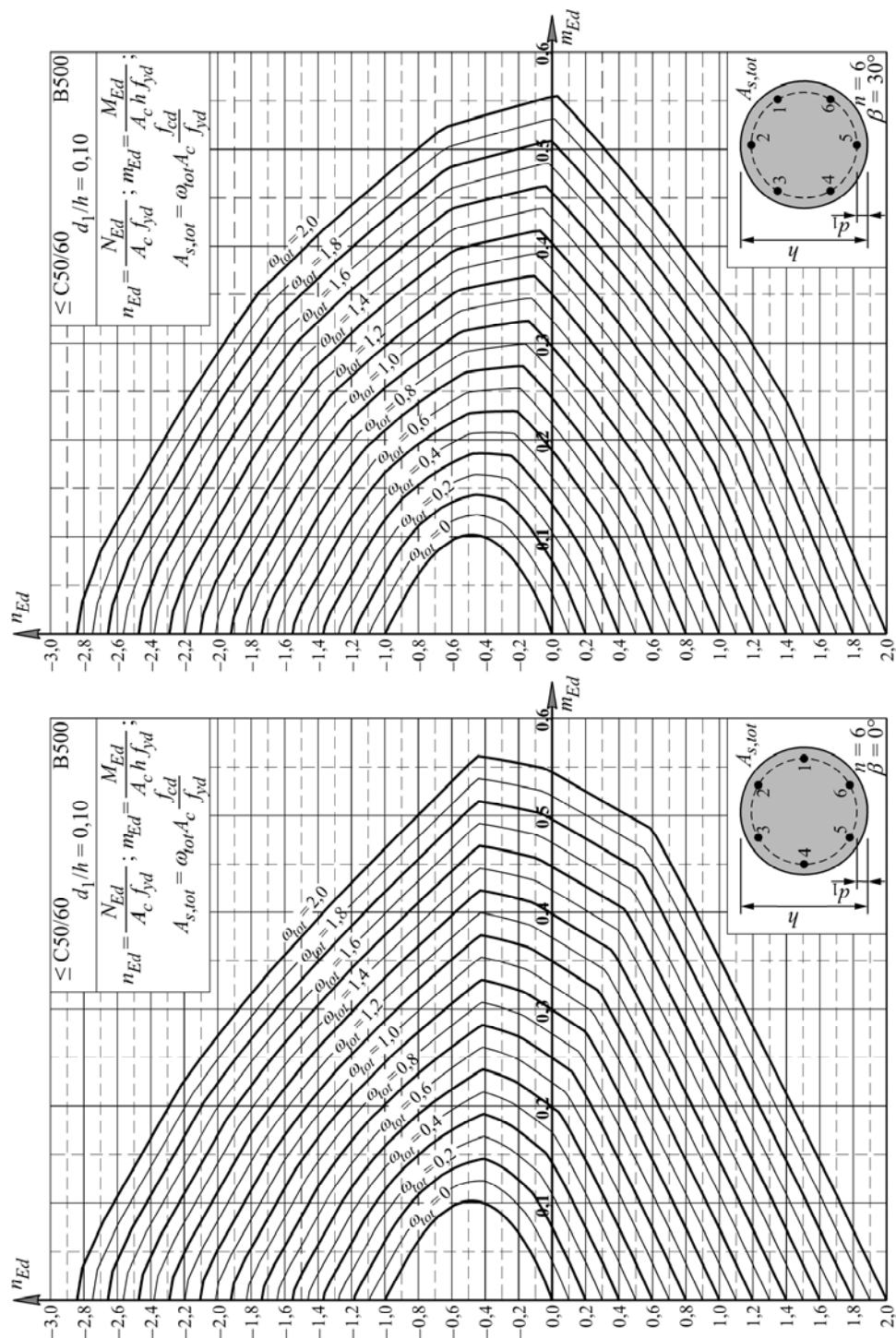
$$n_{Ed} = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 550 \cdot 1000 / (96211 \cdot 14,2) = 0,403 .$$

Относителният огъващ момент по израз (26) се получава

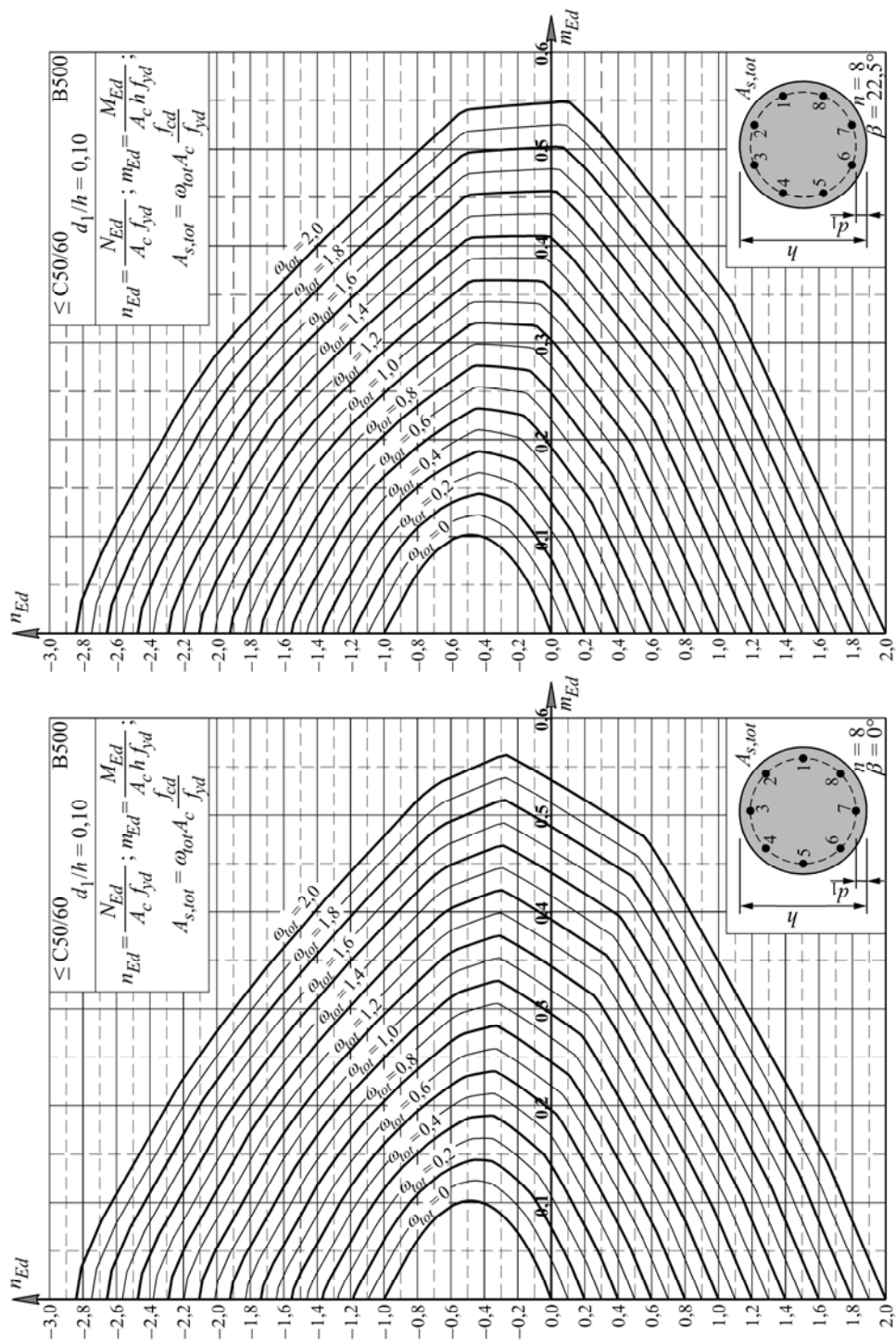
$$m_{Ed} = M_{Ed} / (A_c h f_{cd}) = 120 \cdot 10^6 / (96211 \cdot 350 \cdot 14,2) = 0,251 .$$

Механичният коефициент на армиране за шест броя армировъчни пръти се получава от фигура 6, като се отчитат стойностите при $\beta = 0^\circ$ и $\beta = 30^\circ$ и се взема по-голямата от двете стойности

$$n_{Ed} = 0,40 \text{ и } m_{Ed} = 0,25 \xrightarrow{\text{фигура 6}} \omega_{tot} = \max(0,66; 0,70) = 0,70 .$$



Фиг. 6. Интеракционни диаграми за кръгла колона, армирана с шест броя армивъчни пръти



Фиг. 7. Интеракционни диаграми за кръгла колона, армирана с осем броя армивъчни пръти

Необходимата надлъжна армировка съгласно израз (28) се получава

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} A_c f_{cd} / f_{yd} = 0,70 \cdot 96211 \cdot 14,2 / 435 = 2198 \text{ mm}^2 .$$

Приетата армировка в колоната е 6N22 с $A_{s,tot} = 6 \cdot 380 = 2280 \text{ mm}^2$.

Коефициентът на надлъжно армиране следователно е

$$\rho_{tot} = 100 A_{s,tot} / A_c = 100 \cdot 2280 / 96211 = 2,37\% < 4,0\% .$$

За да се направи сравнение с представените в специализираната техническа литература номограми с приета равномерно разпределена надлъжна армировка по периметъра на колоната, са отчетени стойностите на механичния коефициент на армиране от [4] и [5] при същите входни данни и е определена площта на сумарната надлъжна армировка:

$$n_{Ed} = 0,40 \text{ и } m_{Ed} = 0,25 \xrightarrow{[4]} \omega_{tot} = 0,67 \rightarrow A_{s,tot} = 2104 \text{ mm}^2 ;$$

$$n_{Ed} = 0,40 \text{ и } m_{Ed} = 0,25 \xrightarrow{[5]} \omega_{tot} = 0,68 \rightarrow A_{s,tot} = 2136 \text{ mm}^2 .$$

Вижда се, че в разглеждания случай получената надлъжна армировка, при приемане на равномерно разпределение по периметъра на колоната, не е в полза на сигурността с 6 – 8%.

При увеличение на действащата нормална сила на $N_{Ed} = 1365 \text{ kN}$ и същата стойност на огъващия момент се получават значително по-малки разлики – около 2%, но отново не е в полза на сигурността.

5. Заключение

Приемането на равномерно разпределена надлъжна армировка по периметъра на кръглите колони може да доведе до съществена грешка в избора на броя и диаметъра на армировъчните пръти, особено при малък брой армировъчни пръти и при малки стойности на действащата надлъжна сила. Представените интеракционни диаграми могат да бъдат ползвани при армиране на кръгли колони с малък брой пръти, като е необходимо да се отчете максималната стойност на ω_{tot} в зависимост от разположението на армировъчните пръти по периметъра на напречното сечение.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN 1992 Еврокод 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции. Част 1-1: Общи правила и правила за сгради. Български институт по стандартизация, 2007.

2. БДС EN 1992 Еврокод 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции. Част 1-1: Общи правила и правила за сгради. Национално приложение (NA). Български институт по стандартизация, 2015.

3. Русев, К., Вл. Янчев. Таблици за оразмеряване на кръгови стоманобетонни сечения, подложени на огъващ момент и осова сила по ЕК2 – Стомана В500, X международна научна конференция ВСУ'2010, София, 3 – 4 юни 2010.

4. Русев, К. и колектив, Ръководство по стоманобетон Еврокод 2, КИИП София, 2013.

5. Smolčić, Ž., D. Grandič. Interaction diagrams for reinforced concrete circular cross-section, Gradevinar, Croatia, 2012.

SPECIAL FEATURES FOR DESIGN OF CIRCULAR REINFORCED CONCRETE COLUMNS UNDER BENDING WITH NORMAL COMPRESSION FORCES

V. Kardjiev¹, P. Hristov²

***Keywords:** design, bending with normal force, columns*

***Research area:** concrete and reinforced concrete constructions*

ABSTRACT

A special features for design of circle reinforced concrete columns, under bending with normal compression forces, is analyzed. Simplified methods for designing that kind of sections are suggested, according to Eurocode.

¹ Vasil Kardjiev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: kardjiev@mail.bg

² Petur Hristov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: pchristov_fce@uacg.bg

