

Конструиране на колона за среден клас на дуктилност DCM

Размери на колоната

$$b_c = 500 \text{ mm}, h_c = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Светла височина} - l_{cl} = 2850 \text{ mm}$$

Площ на сечението

$$A_c = b_c \cdot h_c = 500 \cdot 500 = 250000 \text{ mm}^2$$

Осова сила в сеизмична ситуация

$$N_{Ed} = 983.8 \text{ kN}$$

Бетон [БДС EN 1992-1-1, Таблица 3.1]

Характеристична стойност на цилиндричната

$$\text{якост на натиск на бетона} - f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\text{Характеристична якост на осов опън} - f_{ctk_{005}} = 1.8 \text{ MPa}$$

$$\text{Коефициент на сигурност} - \gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1, \alpha_{ct} = 1$$

$$\text{Изчислителна стойност} - f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1 \cdot 25 / 1.5 = 16.67 \text{ MPa}$$

Надлъжна армировка

Клас на армировката - C = 1 (въвежда се 0 за "B" и 1 за "C")

Характеристична граница на провлачване - $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Коефициент на сигурност - $\gamma_s = 1.15$

$$\text{Изчислителна стойност} - f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 434.78 \text{ MPa}$$

Модул на еластичност - $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Избрана е армировка клас **B500C**

Брой на прътите - $n_b = 12$

Брой надлъжно на "h_c" - $n_{b1} = 4$

Брой надлъжно на "b_c" - $n_{b2} = n_b / 2 - n_{b1} + 2 = 12 / 2 - 4 + 2 = 4$

Диаметър на прътите - $d_{bL} = 28 \text{ mm}$

Минимален диаметър - $d_{bL_{min}} =$ [БДС EN 1992-1-1/NA 2.84]

12 mm

Площ на армировката

$$A_{s1} = \pi \cdot d_{bL}^2 / 4 = 3.14 \cdot 28^2 / 4 = 615.75 \text{ mm}^2$$

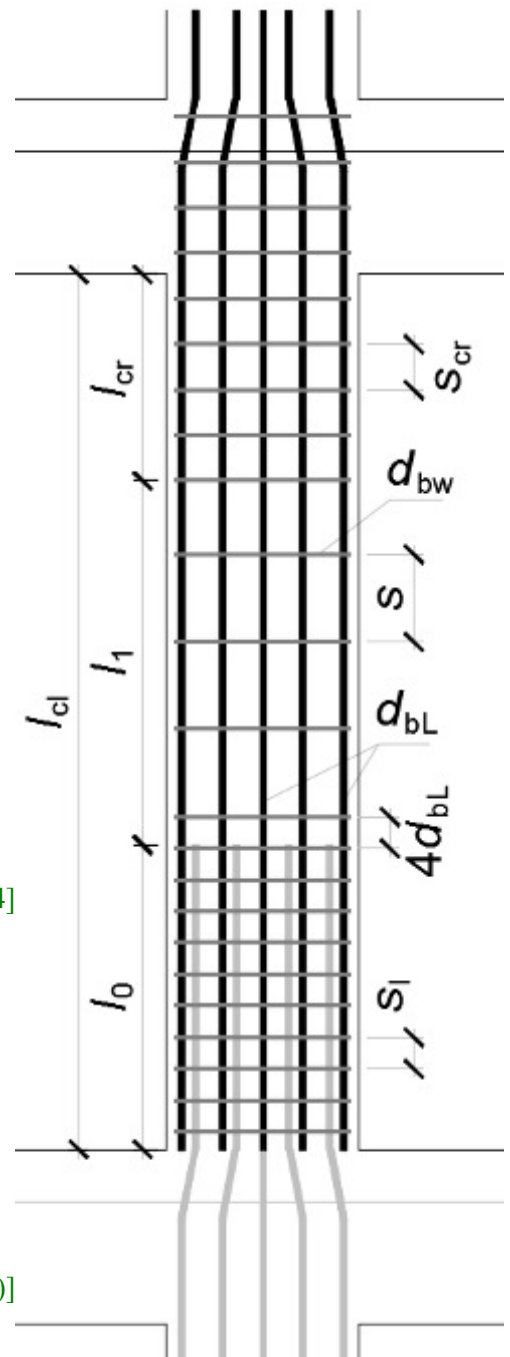
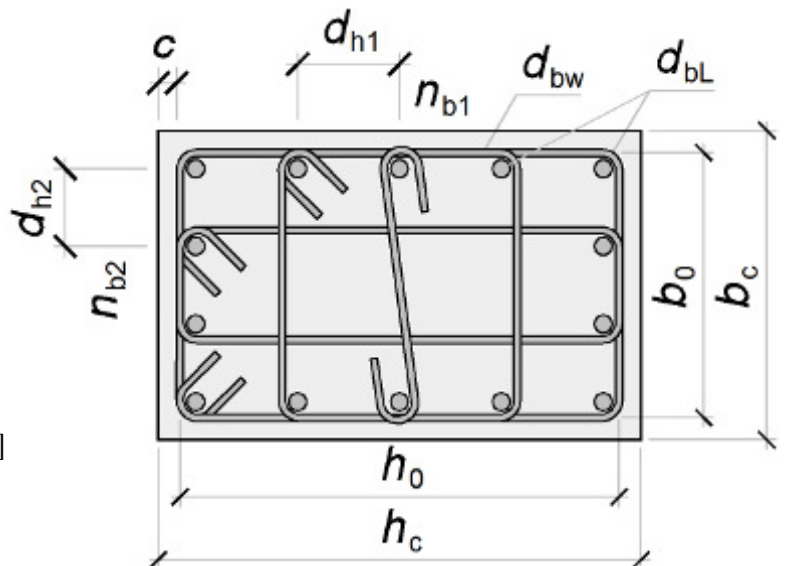
$$A_s = n_b \cdot A_{s1} = 12 \cdot 615.75 = 7389.03 \text{ mm}^2$$

Коефициент на армиране

$$\rho_L = A_s / A_c = 7389.03 / 250000 = 0.03$$

Проверка: $0.01 \leq \rho_L = 0.03 \leq 0.04$. Проверката [т. 5.4.3.2.2 (1)]

е удовлетворена.



Проверка на размерите на колоната [БДС EN 1992-1-1 т. 9.5.1 (1)]

$h_c/b_c = 500/500 = 1 \leq 4$. Проверката е удовлетворена.

Проверка на нормализираната осова сила [т. 5.4.3.2.1 (3)]

$$v_d = N_{Ed}/(A_c \cdot f_{cd}) \cdot 1000 = 983.8/(250000 \cdot 16.67) \cdot 1000 = 0.24$$

$v_d = 0.24 \leq 0.65$. Проверката е удовлетворена.

Дължина на критичната зона [т. 5.4.3.2.2 (4)]

$$l_{cr} = \max(h_c; \max(l_{cl}/6; 450)) = \max(500; \max(2850/6; 450)) = 500 \text{ mm}$$

Дължина на зоната на снаждане

$\eta_1 = 1$ - добри условия на сцепление

$\eta_2 = 1$ - за $d_{bL} = 28 \leq 32 \text{ mm}$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk_005} / \gamma_c = 1 \cdot 1.8 / 1.5 = 1.2 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.2 = 2.7 \text{ MPa} \quad [\text{БДС EN 1992-1-1, т. 8.4.2 (2)}]$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$l_{b_rqd} = d_{bL} / 4 \cdot \sigma_{sd} / f_{bd} = 28 / 4 \cdot 434.78 / 2.7 = 1127.21 \text{ mm} \quad [\text{БДС EN 1992-1-1, т. 8.4.3 (2)}]$$

$$\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 1, \alpha_5 = 1, \alpha_6 = 1.5 \quad [\text{БДС EN 1992-1-1, табл. 8.2}]$$

$$l_{0_} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b_rqd} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.5 \cdot 1127.21 = 1690.82 \text{ mm} \quad [\text{БДС EN 1992-1-1, т. 8.7.3 (1)}]$$

$$l_{0_min} = \max(0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b_rqd}; \max(15 \cdot d_{bL}; 200)) = \max(0.3 \cdot 1.5 \cdot 1127.21; \max(15 \cdot 28; 200)) = 507.25 \text{ mm}$$

$$l_0 = \text{round}(\max(l_{0_}; l_{0_min})) = \text{round}(\max(1690.82; 507.25)) = 1691 \text{ cm}$$

Дължина на средната зона

$$l_1 = \max(0; l_{cl} - l_{cr} - l_0) = \max(0; 2850 - 500 - 1691) = 659 \text{ mm}$$

Напречната армировка

Характеристична граница на провлачване

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

Изчислителна граница на провлачване

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk} = 0.8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \quad [\text{БДС EN 1992-1-1, т. 6.2.3 (3)}]$$

Бетонно покритие до стремената - $c = 40 \text{ mm}$

Диаметър на стремената - $d_{bw} = 10 \text{ mm}$

$$\text{Минимален диаметър - } d_{bw_min} = \max(6; 0.25 \cdot d_{bL}) = \max(6; 0.25 \cdot 28) = 7 \text{ mm} \quad [\text{БДС EN 1992-1-1, т. 9.5.3 (1)}]$$

Проверка на диаметъра на стремената:

$$d_{bw} = 10 \geq d_{bw_min} = 7 \text{ mm. Проверката е удовлетворена.}$$

Размери на ядрото на колоната (между осите на стремената)

$$b_0 = b_c - (d_{bw} + 2 \cdot c) = 500 - (10 + 2 \cdot 40) = 410 \text{ mm}$$

$$h_0 = h_c - (d_{bw} + 2 \cdot c) = 500 - (10 + 2 \cdot 40) = 410 \text{ mm}$$

Разстояния между прътите

$$d_{b1} = (h_c - 2 \cdot (d_{bw} + c) - d_{bL}) / (n_{b1} - 1) = (500 - 2 \cdot (10 + 40) - 28) / (4 - 1) = 124 \text{ mm}$$

$$d_{b2} = (b_c - 2 \cdot (d_{bw} + c) - d_{bL}) / (n_{b2} - 1) = (500 - 2 \cdot (10 + 40) - 28) / (4 - 1) = 124 \text{ mm}$$

Максимално разстояние между пръти, обхванати от стремена

$$d_{h_max} = 200 \text{ mm}$$

[Т. 5.4.3.2.2 (11) b)]

Брой разстояния между два пръта, обхванати от стремена

$$n_{h1} = \max(\text{floor}(d_{h_max}/d_{b1}); 1) = \max(\text{floor}(200/124); 1) = 1$$

$$n_{h2} = \max(\text{floor}(d_{h_max}/d_{b2}); 1) = \max(\text{floor}(200/124); 1) = 1$$

Разстояния между пръти, обхванати от стремена

$$d_{h1} = n_{h1} \cdot d_{b1} = 1 \cdot 124 = 124$$

$$d_{h2} = n_{h2} \cdot d_{b2} = 1 \cdot 124 = 124$$

Брой разстояния между пръти, обхванати от стремена

$$n_{h1} = \text{round}((n_{b1} - 1) \cdot d_{b1}/d_{h1}) = \text{round}((4 - 1) \cdot 124/124) = 3$$

$$n_{h2} = \text{round}((n_{b2} - 1) \cdot d_{b2}/d_{h2}) = \text{round}((4 - 1) \cdot 124/124) = 3$$

Разстояние между стремената в критичната зона

$$s_{cr} = \min(b_0/2; \min(8 \cdot d_{bL}; 175)) = \min(410/2; \min(8 \cdot 28; 175)) = 175 \text{ mm}$$

[Т. 5.4.3.2.2 (11) a)]

Разстояние между стремената в средната зона

$$s = \min(b_c; \min(20 \cdot d_{bL}; 400)) = \min(500; \min(20 \cdot 28; 400)) = 400 \text{ mm}$$

[БДС EN 1992-1-1, т. 9.5.3 (3)]

Разстояние между стремената в зоната на снаждане

$$s_1 = \min(100; b_c/4) = \min(100; 500/4) = 100 \text{ mm}$$

[Т. 5.6.3 (3) c)]

Проверки за достатъчност на стремената в зоната на снаждане

Необходима площ на един срез

$$A_{st} = s_1 \cdot d_{bL} / 50 \cdot f_{yd} / f_{ywd} = 100 \cdot 28 / 50 \cdot 434.78 / 400 = 60.87 \text{ mm}^2$$

[Т. 5.6.3 (4)]

Налична площ на един срез

$$A_{sw1} = \pi \cdot d_{bw}^2 / 4 = 3.14 \cdot 10^2 / 4 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Проверка: } A_{sw1} = 78.54 \text{ mm}^2 \geq A_{st} = 60.87 \text{ mm}^2$$

Проверки за пръти с диаметър > 20 mm:

Брой стремена в крайните 1/3 от зоната на снаждане

$$n_w = \text{round}(2 \cdot l_0 / 3 / s_1) = \text{round}(2 \cdot 1691 / 3 / 100) = 11$$

Обща площ на срезове в крайните 1/3

$$\Sigma A_{sw} = A_{sw1} \cdot n_w = 78.54 \cdot 11 = 863.94$$

$$\text{Проверка: } \Sigma A_{sw} = 863.94 \text{ mm}^2 \geq A_{s1} = 615.75 \text{ mm}^2$$

[БДС EN 1992-1-1 т. 8.7.4.1 (3)]

При натискава армировка е необходимо допълнително стреме на разстояние

$$4 \cdot d_{bL} = 4 \cdot 28 = 112 \text{ mm след последното в зоната на снаждане.}$$

[БДС EN 1992-1-1 т. 8.7.4.2 (1)]

Определяне на броя на стремената

$$\text{В зоната на снаждане} - n_{w_1} = \text{round}(l_0/s_1) = \text{round}(1691/100) = 17$$

$$\text{В средната част} - n_{w_1} = \text{round}(l_1/s) = \text{round}(659/400) = 2$$

$$\text{В критичната зона} - n_{w_cr} = \text{round}(l_{cr}/s_{cr}) = \text{round}(500/175) = 3$$

$$\text{Общ брой на стремената} - n_w = n_{w_1} + n_{w_1} + n_{w_cr} = 17 + 2 + 3 = 22$$

Осигуряване на необходимата дуктилност по кривина за критичната зона в основата на колоната

Обща дължина на ограничаващите стреме

$$\Sigma l_i = (n_{h1} + 1) \cdot b_0 + (n_{h2} + 1) \cdot h_0 = (3 + 1) \cdot 410 + (3 + 1) \cdot 410 = 3280$$

Механичен обемен коефициент за армиране със стреме в критичната зона

$$\omega_d = (A_{sw1} \cdot \Sigma l_i) / (b_0 \cdot h_0 \cdot \min(s_{cr}; s_1)) \cdot f_{ywd} / f_{cd} = (78.54 \cdot 3280) / (410 \cdot 410 \cdot \min(175; 100)) \cdot 400 / 16.67 = 0.37$$

Минималната стойност на коефициента е 0.08.

[т. 5.4.3.2.2 (8)]

Проверка: $\omega_d = 0.37 \geq 0.08$. Проверката е удовлетворена.

Сума от квадратите на разстоянията между обхванатите от стреме пръти

$$\Sigma b_2_i = 2 \cdot (n_{h1} \cdot d_{h1}^2 + n_{h2} \cdot d_{h2}^2) = 2 \cdot (3 \cdot 124^2 + 3 \cdot 124^2) = 184512$$

Коефициент за ефективност на ограничението с надлъжни пръти и стреме

$$\alpha_n = 1 - \Sigma b_2_i / (6 \cdot b_0 \cdot h_0) = 1 - 184512 / (6 \cdot 410 \cdot 410) = 0.82$$

$$\alpha_s = (1 - s_{cr} / (2 \cdot b_0)) \cdot (1 - s_{cr} / (2 \cdot h_0)) = (1 - 175 / (2 \cdot 410)) \cdot (1 - 175 / (2 \cdot 410)) = 0.62$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0.82 \cdot 0.62 = 0.51$$

Период при първа форма - $T_1 = 0.55$ s

Период в края на хор. участък от спектъра - $T_C = 0.6$ s

Базова стойност на коеф. на поведение - $q_0 = 3.9$

Коефициент за дуктилност по кривина

$$u_\Phi = 1.0 \cdot (1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot T_C / T_1) = 1.0 \cdot (1 + 2 \cdot (3.9 - 1) \cdot 0.6 / 0.55) = 7.33 - \text{при } T_1 < T_C$$

[т. 5.2.3.4 (3)]

Деформация при достигане на границата на провлачване на надл. армировка

$$\varepsilon_{sy_d} = f_{yd} / E_s = 434.78 / 200000 = 0.0022$$

Проверка: $\alpha \omega_d \geq \alpha \omega_{d_min} = 30 \cdot \mu_\Phi \cdot \nu_d \cdot \varepsilon_{sy_d} \cdot b_c / b_0 - 0.035$

[т. 5.4.3.2.2 (8)]

$$\alpha \omega_d = \alpha \cdot \omega_d = 0.51 \cdot 0.37 = 0.19$$

$$\alpha \omega_{d_min} = 30 \cdot \mu_\Phi \cdot \nu_d \cdot \varepsilon_{sy_d} \cdot b_c / b_0 - 0.035 = 30 \cdot 7.33 \cdot 0.24 \cdot 0.0022 \cdot 500 / 410 - 0.035 = 0.1$$

Необходимата дуктилност по кривина е осигурена: $\alpha \omega_d = 0.19 \geq \alpha \omega_{d_min} = 0.1$

Заб. Ако не е посочено друго, цитираните препратки са към БДС EN 1998-1.