

OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE - ŻELBET

Użytkownik: Biuro Inżynierskie SPECBUD

Autor: mgr inż. Jan Kowalski

Tytuł: **Poz.4.1. Elementy żelbetowe**

Przykład 1 - Obliczenia przykładowe programu KEŻ

Belka - zginanie

DANE

Wymiary przekroju:

Typ przekroju:	prostokątny
Szerokość przekroju	$b_w = 25,0$ cm
Wysokość przekroju	$h = 45,0$ cm

Parametry betonu:

Klasa betonu: B25 (C20/25) →	$f_{cd} = 13,33$ MPa, $f_{ctd} = 1,00$ MPa, $E_{cm} = 30,0$ GPa
Maksymalny rozmiar kruszywa	$d_g = 16$ mm
Wilgotność środowiska	$RH = 50\%$
Wiek betonu w chwili obciążenia	28 dni
Współczynnik pełzania (obliczono)	$\phi = 2,98$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia z góry	$c_{nom,g} = 30$ mm
Nominalna grubość otulenia z dołu	$c_{nom,d} = 40$ mm
Nominalna grubość otulenia z lewej	$c_{nom,l} = 30$ mm
Nominalna grubość otulenia z prawej	$c_{nom,p} = 30$ mm

Zbrojenie główne:

Klasa stali: A-III (34GS) →	$f_{yk} = 410$ MPa, $f_{yd} = 350$ MPa, $f_{tk} = 550$ MPa
Średnica prętów dolnych	$\phi_d = 16$ mm
Średnica prętów górnych	$\phi_g = 16$ mm

Strzemiona:

Średnica	$\phi_s = 6$ mm
----------	-----------------

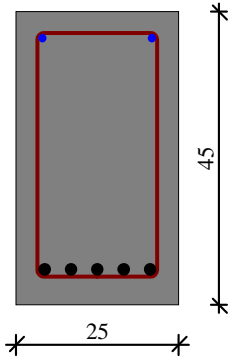
Obciążenia (przekrój przęsłowy):

Moment obliczeniowy	$M_{Sd} = 85,00$ kNm
Moment charakterystyczny	$M_{Sk} = 60,00$ kNm
Moment charakterystyczny długotrwały	$M_{Sk,lt} = 40,00$ kNm
Rozpiętość efektywna belki	$l_{eff} = 7,30$ m
Współczynnik ugięcia	$\alpha_k = (5/48) \times 0,95$

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa:	trwała
Graniczna szerokość rys w_{lim}	$w_{lim} = 0,1$ mm
Graniczne ugięcie a_{lim}	jak dla belek i płyt (wg tablicy 8)

WYNIKI - ZGINANIE (wg PN-B-03264:2002)



Zginanie (metoda uproszczona):

Zbrojenie potrzebne $A_s = 6,73 \text{ cm}^2$. Przyjęto $5\phi 16$ o $A_s = 10,05 \text{ cm}^2$ ($\rho = 1,02\%$)
(decyduje warunek granicznej szerokości rys prostopadłych)

Warunek nośności na zginanie: $M_{Sd} = 85,00 \text{ kNm} < M_{Rd} = 120,77 \text{ kNm}$ (70,4%)

SGU:

Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,076 \text{ mm} < w_{lim} = 0,1 \text{ mm}$ (76,1%)

Ugięcie od $M_{Sk,lt}$: $a(M_{Sk,lt}) = 15,96 \text{ mm} < a_{lim} = 30,00 \text{ mm}$ (53,2%)

Belka - ścinanie

DANE

Wymiary przekroju:

Typ przekroju:	prostokątny
Szerokość przekroju	$b_w = 25,0 \text{ cm}$
Wysokość przekroju	$h = 45,0 \text{ cm}$

Parametry betonu:

Klasa betonu: **B25 (C20/25)** $\rightarrow f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 1,00 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 30,0 \text{ GPa}$
Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 16 \text{ mm}$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia z góry	$c_{nom,g} = 30 \text{ mm}$
Nominalna grubość otulenia z dołu	$c_{nom,d} = 40 \text{ mm}$
Nominalna grubość otulenia z lewej	$c_{nom,l} = 30 \text{ mm}$
Nominalna grubość otulenia z prawej	$c_{nom,p} = 30 \text{ mm}$

Zbrojenie główne (istniejące):

Zbrojenie rozciągane, położone dołem: $7\phi 16$ o $A_{sL} = 14,07 \text{ cm}^2$
Do podpory doprowadzono mniej niż 50% zbrojenia przęsłowego

Strzemiona:

Klasa stali: **A-0 (St0S-b)** $\rightarrow f_{yk} = 220 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 190 \text{ MPa}$, $f_{tk} = 300 \text{ MPa}$
Średnica $\phi_s = 6 \text{ mm}$
Typ strzemion: dwucięte

Obciążenia:

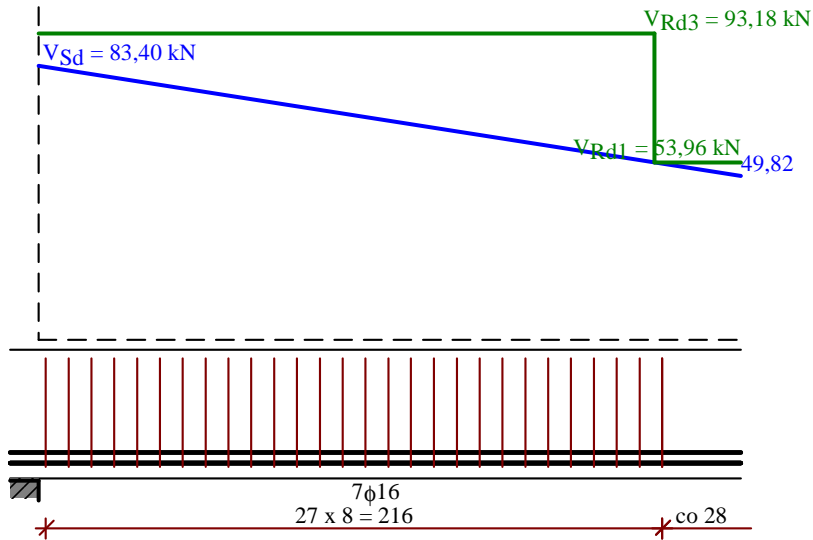
Siła poprzeczna obliczeniowa w licu podpory $V_{Sd} = 83,40 \text{ kN}$
Siła poprzeczna charakterystyczna długotrwała $V_{Sk,lt} = 60,30 \text{ kN}$
Obciążenie równomierne obliczeniowe $q_o = 13,65 \text{ kN/m}$
Obciążenia skupione obliczeniowe na odcinku przypodporowym:

L.p.	F [kN]	a [m]
1.	18,70	0,65
2.	20,30	1,50

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała
Cotanges kąta nachylenia ściskanych krzyżulców betonowych $\cot \theta = 2,00$

WYNIKI - ŚCINANIE (wg PN-B-03264:2002)



Ścinanie:

Zbrojenie strzemionami dwuczętymi $\phi 6$ co 80 mm na odcinku $216,0 \text{ cm}$ przy podporze oraz co 280 mm na pozostałej części belki

Warunek nośności na ścinanie: $V_{Sd} = 83,40 \text{ kN} < V_{Rd3} = 93,18 \text{ kN}$ (89,5%)

SGU:

Szerokość rys ukośnych: $w_k = 0,098 \text{ mm} < w_{lim} = 0,2 \text{ mm}$ (49,0%)

Płyta

DANE

Wymiary przekroju:

Przekrój krytyczny płyty krzyżowo zbrojonej
Grubość płyty $h = 12,0 \text{ cm}$

Parametry betonu:

Klasa betonu: **B20** (C16/20) $\rightarrow f_{cd} = 9,07 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 0,74 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 29,0 \text{ GPa}$
Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 16 \text{ mm}$
Wilgotność środowiska $RH = 50\%$
Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni
Współczynnik pęcznienia (obliczono) $\phi = 3,44$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia $c_{nom} = 20 \text{ mm}$

Zbrojenie główne:

Klasa stali: A-III (34GS) → $f_{yk} = 410$ MPa, $f_{yd} = 350$ MPa, $f_{tk} = 550$ MPa
Średnica prętów $\phi = 12$ mm

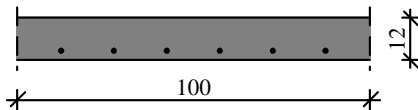
Obciążenia (przekrój przeszłowy):

Moment obliczeniowy	$M_{Sd} = 14,60$ kNm
Moment charakterystyczny całkowity	$M_{Sk} = 12,00$ kNm
Moment charakterystyczny długotrwały	$M_{Sk,lt} = 6,50$ kNm
Siła poprzeczna obliczeniowa	$V_{Sd} = 25,60$ kN
Rozpiętość efektywna płyty	$l_{eff} = 4,65$ m
Współczynnik ugięcia	$\alpha_k = (5/48) \times 1,00$

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała
- element konstrukcyjny o wyjątkowym znaczeniu
Graniczna szerokość rys $w_{lim} = 0,3$ mm
Graniczne ugięcie $a_{lim} = \text{jak dla belek i płyt (wg tablicy 8)}$

WYNIKI - PŁYTA (wg PN-B-03264:2002)



Zginanie:

Zbrojenie potrzebne $A_s = 4,94$ cm² na 1 mb płyty.

Przyjęto $\phi 12$ co $15,0$ cm o $A_s = 7,54$ cm² ($\rho = 0,80\%$)
(decyduje warunek granicznego ugięcia)

Warunek nośności na zginanie: $M_{Sd} = 14,60$ kNm < $M_{Rd} = 20,97$ kNm (69,6%)

Ścinanie:

Warunek nośności na ścinanie: $V_{Sd} = 25,60$ kN < $V_{Rd1} = 49,66$ kN (51,6%)

SGU:

Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,108$ mm < $w_{lim} = 0,3$ mm (36,0%)

Ugięcie od $M_{Sk,lt}$: $a(M_{Sk,lt}) = 23,05$ mm < $a_{lim} = 4650/200 = 23,25$ mm (99,1%)

Słup - ściskanie ze zginaniem

DANE

Wymiary przekroju:

Typ przekroju:	prostokątny
Szerokość przekroju	$b = 35,0$ cm
Wysokość przekroju	$h = 50,0$ cm

Parametry betonu:

Klasa betonu: B30 (C25/30) → $f_{cd} = 14,17$ MPa, $f_{ctd} = 1,02$ MPa, $E_{cm} = 31,0$ GPa
Ciężar objętościowy $\rho = 25$ kN/m³
Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 16$ mm
Współczynnik pełzania $\phi = 2,00$

Otulinie:

Nominalna grubość otulenia $c_{nom} = 20 \text{ mm}$

Zbrojenie podłużne:

Klasa stali: A-III (**34GS**) $\rightarrow f_{yk} = 410 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa}, f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica prętów $\phi = 16 \text{ mm}$

Strzemiona:

Średnica $\phi_s = 6 \text{ mm}$

Obciążenia obliczeniowe:

	N_{Sd} [kN]	$N_{Sd,lt}$ [kN]	$M_{1Sd,x}$ [kNm]	$M_{3Sd,x}$ [kNm]	$M_{2Sd,x}$ [kNm]
1.	1500,00	1060,00	-10,00	40,00	-15,00
2.	2440,00	1745,00	-2,00	25,00	2,00

Dodatkowo uwzględniono ciężar własny słupa o wartości obliczeniowej $N_o = 20,21 \text{ kN}$

Słup:

Wysokość słupa $l_{col} = 4,20 \text{ m}$

Rodzaj słupa: monolityczny

Rodzaj konstrukcji w płaszczyźnie obciążenia: nieprzesuwana (wykres krzywoliniowy)

Rodzaj konstrukcji z płaszczyzny obciążenia: przesuwana

Współczynnik długości wybocheniowej w płaszczyźnie obciążenia $\beta_x = 0,70$

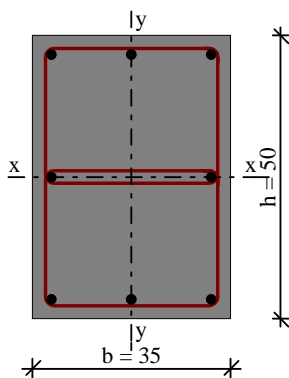
Współczynnik długości wybocheniowej z płaszczyzny obciążenia $\beta_y = 1,00$

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała

- element konstrukcyjny o wyjątkowym znaczeniu

WYNIKI - SŁUP (wg PN-B-03264:2002)



Ściskanie ze zginaniem:

Przyjęto zbrojenie symetryczne wzdłuż boków "b":

Decyduje schemat obciążenia nr 2

Zbrojenie potrzebne po **3φ16** o $A_s = 6,03 \text{ cm}^2$

Przyjęto zbrojenie symetryczne wzdłuż boków "h":

Decyduje schemat obciążenia nr 2

Zbrojenie potrzebne po **3φ16** o $A_s = 6,03 \text{ cm}^2$

Łącznie przyjęto **8φ16** o $A_s = 16,08 \text{ cm}^2$ ($\rho = 0,92\%$)

Warunek nośności:

- dla $N_{Sd} = 2450,11 \text{ kN}$: $M_{Sd,x} = 65,84 \text{ kNm} < M_{Rd,x,odp,max} = 124,24 \text{ kNm}$

- dla $N_{Sd} = 2440,00 \text{ kN}$: $M_{Sd,x} = (-)42,67 \text{ kNm} > M_{Rd,x,odp,min} = (-)125,96 \text{ kNm}$

- dla $M_{Sd,x} = 65,84 \text{ kNm}$: $N_{Sd} = 2450,11 \text{ kN} < N_{Rd,odp,max} = 2750,50 \text{ kN}$

Strzemiona konstrukcyjne:

Przyjęto strzemiona podwójne $\phi 6$ w rozstawie co max. 24,0 cm

Rozciąganie ze zginaniem

DANE

Wymiary przekroju:

Typ przekroju:	prostokątny
Szerokość przekroju	$b = 30,0$ cm
Wysokość przekroju	$h = 30,0$ cm

Parametry betonu:

Klasa betonu: B30 (C25/30) \rightarrow	$f_{cd} = 16,67$ MPa, $f_{ctd} = 1,20$ MPa, $E_{cm} = 31,0$ GPa
Maksymalny rozmiar kruszywa	$d_g = 16$ mm
Wilgotność środowiska	RH = 50%
Wiek betonu w chwili obciążenia	28 dni
Współczynnik pełzania (obliczono)	$\phi = 2,77$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia	$c_{nom} = 30$ mm
----------------------------	-------------------

Zbrojenie podłużne:

Klasa stali: A-IIIIN (RB500W) \rightarrow	$f_{yk} = 500$ MPa, $f_{yd} = 420$ MPa, $f_{tk} = 550$ MPa
Średnica prętów	$\phi = 16$ mm

Strzemiona:

Średnica	$\phi_s = 6$ mm
----------	-----------------

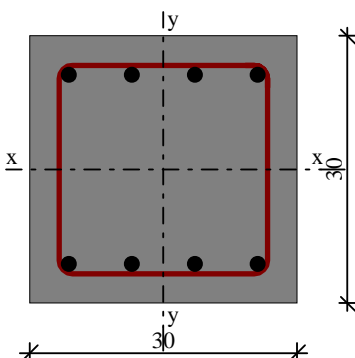
Obciążenia:

Siła rozciągająca obliczeniowa	$N_{Sd} = 510,00$ kN
Siła rozciągająca charakterystyczna	$N_{Sk} = 320,00$ kN
Siła rozciągająca charakterystyczna długotrwała	$N_{Sk,lt} = 250,00$ kN
Moment obliczeniowy	$M_{Sd,x} = 15,00$ kNm
Moment charakterystyczny	$M_{Sk,x} = 10,00$ kNm
Moment charakterystyczny długotrwały	$M_{Sk,lt,x} = 6,00$ kNm
Moment rozciągający pręty dolne	

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała
Graniczna szerokość rys $w_{lim} = 0,1$ mm

WYNIKI - ROZCIĄGANIE (wg PN-B-03264:2002)



Rozciąganie ze zginaniem:

Zbrojenie potrzebne mniej rozciągane (górne) $A_{s2} = 4,39 \text{ cm}^2$. Przyjęto **4φ16** o $A_{s2} = 8,04 \text{ cm}^2$
Zbrojenie potrzebne bardziej rozciągane (dolne) $A_{s1} = 7,76 \text{ cm}^2$. Przyjęto **4φ16** o $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2$
Łącznie przyjęto **8φ16** o $A_s = 16,08 \text{ cm}^2$ ($\rho = 2,09\%$)

SGU:

Szerokość rys prostopadłych: $w_k = 0,195 \text{ mm} > w_{\text{lim}} = 0,1 \text{ mm}$ (195,0%)

← !!!

Słup - Wykres M-N

DANE

Wymiary przekroju:

Typ przekroju: okrągły
Średnica przekroju $d = 65,0 \text{ cm}$

Parametry betonu:

Klasa betonu: **B30** (C25/30) $\rightarrow f_{cd} = 14,17 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 1,02 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 31,0 \text{ GPa}$
Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 8 \text{ mm}$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia $c_{\text{nom}} = 20 \text{ mm}$

Zbrojenie podłużne:

Klasa stali: A-III (**34GS**) $\rightarrow f_{yk} = 410 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$, $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$
Zbrojenie $0\phi 16$ o $A_s = 0,00 \text{ cm}^2$

Uzwojenie:

Klasa stali: A-I (**St3S-b**) $\rightarrow f_{yk} = 240 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 210 \text{ MPa}$, $f_{tk} = 265 \text{ MPa}$
Średnica uzwojenia $\phi = 4,5 \text{ mm}$
Skok uzwojenia $s_u = 40 \text{ mm}$

Siły przekrojowe obliczeniowe:

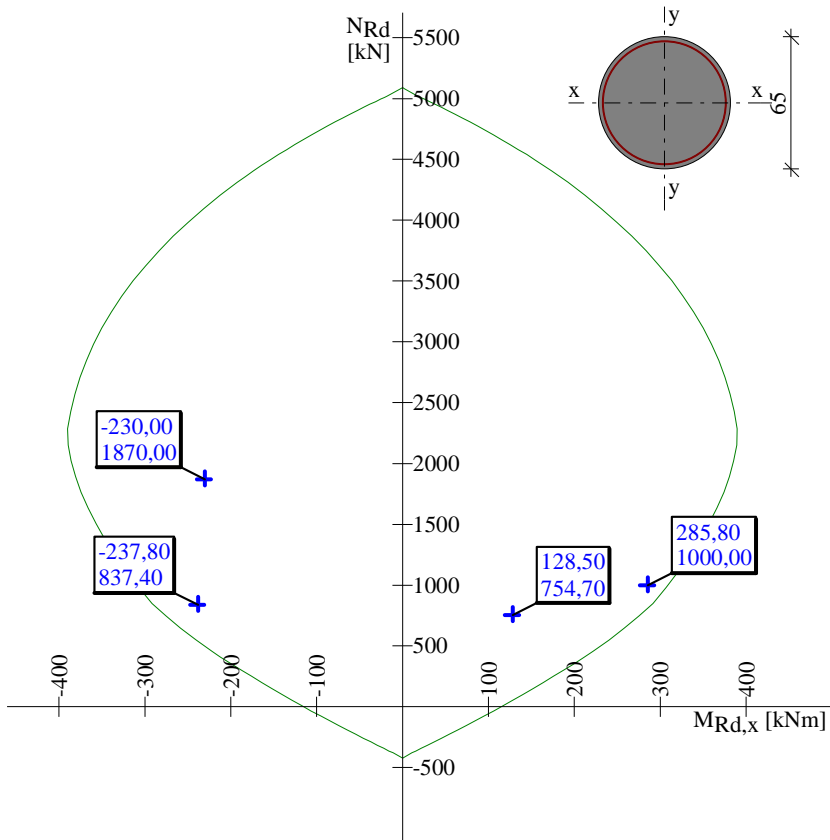
L.p.	N [kN]	M_x [kNm]
1.	1870,00	-230,00
2.	754,70	128,50
3.	1000,00	285,80
4.	837,40	-237,80

UWAGA: Pary sił przekrojowych (N, M_x) od obciążeń obliczeniowych, które zostały określone z uwzględnieniem mimośrodowo początkowego $e_0 = e_a + e_e$ oraz wpływu smukłości.

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: przejściowa
- element konstrukcyjny o wyjątkowym znaczeniu

WYNIKI - WYKRES INTERAKCJI M-N (wg PN-B-03264:2002 - metoda częściowo uproszczona)



Wartości ekstremalne wykresu M-N:

$$M_{Rd,x,max} = 389,86 \text{ kNm}; N_{Rd,odp} = 2283,96 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x,min} = -389,86 \text{ kNm}; N_{Rd,odp} = 2283,96 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x,odp} = 0,00 \text{ kNm}; N_{Rd,max} = 5088,87 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x,odp} = 0,00 \text{ kNm}; N_{Rd,min} = -422,23 \text{ kN}$$

Docisk

DANE

Strefa docisku:

Kształt:	prostokątny
Wymiary	b = 20,0 cm
	a = 25,0 cm
Odległość od krawędzi lewej	20,0 cm
Odległość od krawędzi górnej	5,0 cm
Odległość od krawędzi prawej	20,0 cm
Odległość od krawędzi dolnej	5,0 cm

Parametry betonu:

Klasa betonu: **B15 (C12/15)** → $f_{cd} = 8,00 \text{ MPa}$, $f_{ctd} = 0,73 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 27,0 \text{ GPa}$
 Maksymalny rozmiar kruszywa $d_g = 16 \text{ mm}$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia $c_{nom} = 20 \text{ mm}$

Zbrojenie siatkami zgrzewanymi:

Klasa stali: **A-0 (St0S-b)** → $f_{yk} = 220 \text{ MPa}$, $f_{yd} = 190 \text{ MPa}$, $f_{tk} = 300 \text{ MPa}$
 Średnica prętów $\phi_x = 6 \text{ mm}$
 Średnica prętów $\phi_y = 6 \text{ mm}$

Rozstaw prętów ϕ_x siatki	$n_x = 90 \text{ mm}$
Rozstaw prętów ϕ_y siatki	$n_y = 85 \text{ mm}$
Rozstaw siatek	$s_n = 80 \text{ mm}$
Liczba siatek	$n = 4 \text{ szt.}$

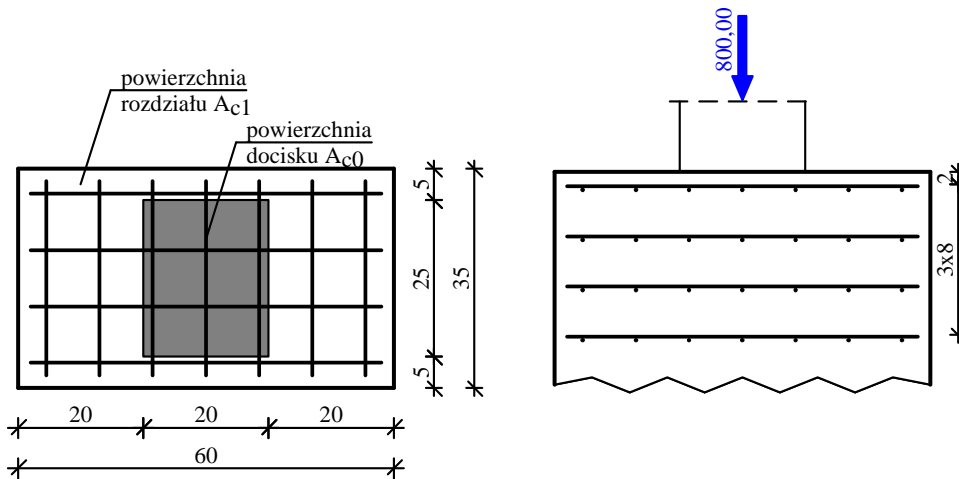
Obciążenia:

Siła obliczeniowa prostopadła do powierzchni docisku	$N_{Sd} = 800,00 \text{ kN}$
Stosunek minimalnego i maksymalnego naprężenia docisku	$\sigma_{\min}/\sigma_{\max} = 1,00$
Średnie naprężenie ściskające na powierzchni rozdziału poza powierzchnią docisku	$\sigma_{\text{cum}} = 0,00 \text{ kPa}$

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała

WYNIKI - DOCISK (wg PN-B-03264:2002)



Docisk:

Warunek nośności na docisk (element niezbrojony na docisk):

$$N_{Sd} = 800,00 \text{ kN} > N_{Rd} = 670,00 \text{ kN} \quad (119,4\%)$$

Warunek nośności na docisk (element zbrojony na docisk):

$$N_{Sd} = 800,00 \text{ kN} < N_{Rd} = 1244,21 \text{ kN} \quad (64,3\%)$$

Krótki wspornik prostokątny obciążony na górnej powierzchni

DANE

Geometria:

Szerokość wspornika w przekroju przystupowym	$b = 35,0 \text{ cm}$
Wysokość wspornika w przekroju przystupowym	$h = 50,0 \text{ cm}$
Wysięg wspornika	$l = 35,0 \text{ cm}$
Odległość od osi siły obciążającej do lica słupa	$a_F = 21,0 \text{ cm}$
Szerokość płytki podporowej	$b_p = 4,0 \text{ cm}$
Grubość płytki podporowej	$h_p = 1,0 \text{ cm}$
Wysokość przekroju słupa	$h_s = 45,0 \text{ cm}$

Parametry betonu:

Klasa betonu: B45 (C35/45)	$\rightarrow f_{cd} = 23,33 \text{ MPa}, f_{ctd} = 1,47 \text{ MPa}, E_{cm} = 34,0 \text{ GPa}$
Maksymalny rozmiar kruszywa	$d_g = 16 \text{ mm}$

Otalenie:

Nominalna grubość otulenia $c_{\text{nom}} = 40 \text{ mm}$

Zbrojenie główne:

Klasa stali: A-III (**34GS**) $\rightarrow f_{yk} = 410 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa}, f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica $\phi = 16 \text{ mm}$

Strzemiona:

Klasa stali: A-III (**34GS**) $\rightarrow f_{yk} = 410 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa}, f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Typ strzemion pionowych: dwucięte

Średnica strzemion pionowych $\phi_s = 6 \text{ mm}$

Typ strzemion poziomych: dwucięte

Średnica strzemion poziomych $\phi_s = 8 \text{ mm}$

Zbrojenie konstrukcyjne (montażowe):

Średnica $\phi = 10 \text{ mm}$

Obciążenia:

Siła pionowa obliczeniowa $F_{V,Sd} = 240,00 \text{ kN}$

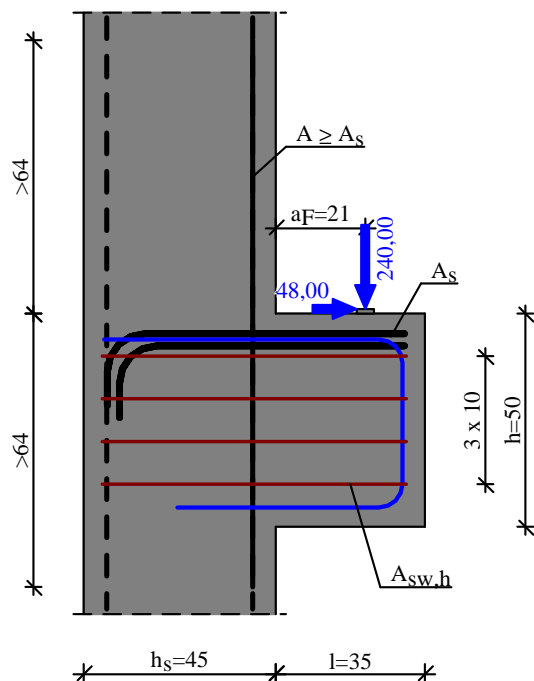
Siła pozioma obliczeniowa $H_{Sd} = 48,00 \text{ kN}$

ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała

- element konstrukcyjny o wyjątkowym znaczeniu

WYNIKI - KRÓTKI WSPORNIK SŁUPA (wg PN-B-03264:2002)



Krótki wspornik słupa:

Krótki wspornik $0,3 < a_F / h = 0,42 \leq 0,6$

Zbrojenie główne potrzebne (war. konstrukcyjny) $A_s = 6,07 \text{ cm}^2$

Przyjęto **2 pętle $\phi 16$** o $A_s = 8,0 \text{ cm}^2$ ($\rho_s = 0,53\%$)

Strzemiona pionowe - nie ma potrzeby stosowania

Strzemiona poziome - potrzebny sumaryczny przekrój $A_{sw,h} = 3,0 \text{ cm}^2$

Przyjęto **4 strzemiona dwucięte $\phi 8$** o $A_{sw,h} = 4,0 \text{ cm}^2$

Zbrojenie konstrukcyjne (montażowe) - przyjęto **2 pręty $\phi 10$**

Uwagi:

Należy przeanalizować zakotwienie pętli w słupie i na końcu wspornika.

Należy sprawdzić dociski pod płytką podporową.

Pionowe zbrojenie słupa usytuowane przy przekroju podporowym wspornika powinno mieć przekrój $\geq A_s$.

Niniejsze obliczenia dotyczą tylko głównego zbrojenia wspornika stanowiąc uzupełnienie niezależnie wykonanych obliczeń trzonu słupa i jego zbrojenia.

----- koniec wydruku -----