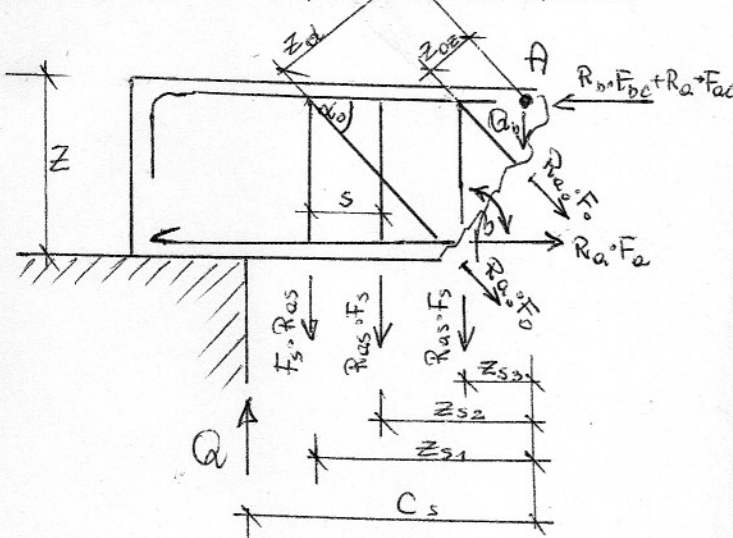


Elementy żygimane o stałej wysokości przekroju (1)

I. METODA OGÓLNA - (nie zwalnia od liczenia rozwarciare rys)

SCINANIE W TYCH ELEMENTACH



$a \leq a_b + \sum R_{as} \cdot F_s + \sum R_{a_0} \cdot F_0 \cdot \sin \alpha_0 \Rightarrow$
 warunek potrzebny do obliczenia strzemion i pretów odgiętych.
 ale $a \leq 0,25 \cdot R_b \cdot b \cdot h_0$
 a jeśli $a \leq 0,75 \cdot R_{b2} \cdot b \cdot h_0$ nie musimy liczyć

$\sum R_{as} \cdot F_s$ → suma sił w strzemiomach prostopadłych do osi elementów przeciętych przekrojem ukośnym. (2)

$\sum R_{a_0} \cdot F_0 \cdot \sin \alpha$ → suma rzutów sił w pretach odgiętych przeciętych przekrojem ukośnym na kierunku prostopadłym do osi elementu.
 $R_{a_0} \cdot R_{a_0} = 0,8 \cdot R_a$

a_b → składowa prostopadła do osi elementu siły przenieszonej przez strefę suśkiego przekroju.
 Dla przekroju prostokątnego, trójkątnego, dwuteowego
 $a_b = \frac{\beta_s \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}{C_s}$

β_s → współczynnik zależny od siły przyłożonej na przekroju
 $\beta_s = 0,15$ (trapezoidalny), $\beta_s = 0,12$ (trapezoidalny), $\beta_s = 0,10$ (trapezoidalny)

C_s → dł. rzutu przekroju ukośnego na osi przedłużonej elementu
 $C_s = \frac{q_s}{\beta_s \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}$
 q_s → siła poprzeczna przeniesiona przez strzemiom o rozstawie s
 $q_s = \frac{R_{as} \cdot F_s}{s}$

Elementy zbrojone wyłącznie strzemiomami (3)

mały sprawdzić z warunkiem:
 $a \leq a_{sb} = \sqrt{4 \cdot \beta_s \cdot R_b \cdot q_s \cdot b \cdot h_0^2 - R_b \cdot q_s \cdot F_s}$
 dotyczy tylko jednego strzemiona

ELEMENTY ZBROJONE STRZEMIOMAMI I PRETAMI ODGIĘTYMI - pod kątem α należy sprawdzić z warunkiem

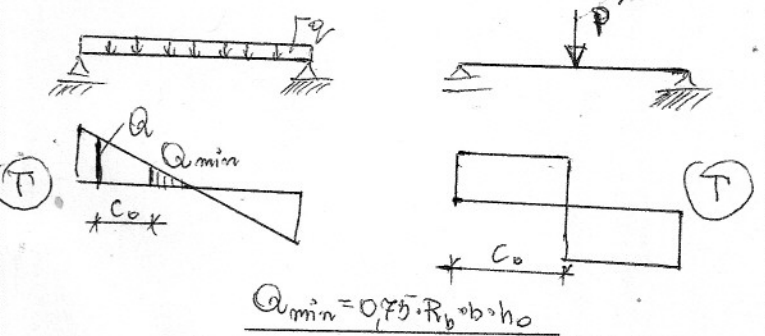
$a \leq a_{sb} + \sum R_{a_0} \cdot F_0 \cdot \sin \alpha$

Sprawdzenie możliwości przekroju ukośnego wykonuje się tylko metodą ogólną.
 przy projektowaniu zbrojenia poprzecznego metodą ogólną należy dodatkowo sprawdzić szerokość rozwarciare rys. ukośnych.

II. METODA SKRÓCONA → przekroje tylko stałe na długości siły ściskającej. (4)

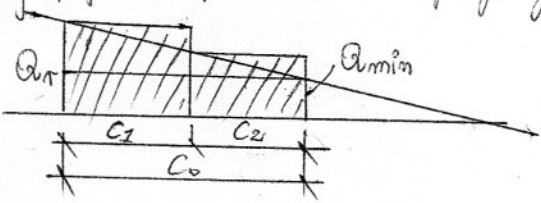
$H = const$ <1> Sprawdzanie:
 $0,75 \cdot R_{b2} \cdot b \cdot h_0 \leq a \leq 0,25 \cdot R_b \cdot b \cdot h_0$ → podstawić do obl. jeśli $a \leq 0,25 \cdot R_b \cdot b \cdot h_0$ to zwiększymy przekroju

<2> Określamy zasięg odcinka, na którym zbrojenie strzemiomami i pretami odgiętymi jest konieczne.
 $C_s = \frac{a - 0,75 \cdot R_{b2} \cdot b \cdot h_0}{q}$ występuje dla belki obciążonej siłami q



gdym występują siły skupione:
 $C_0 = \frac{a - 0,75 \cdot R_{b2} \cdot b \cdot h_0}{q}$

(3) Odcinek C_0 dzielimy na odcinki C_1 , jeśli $C_0 \leq 3 \cdot h_0 \rightarrow$ nie ma potrzeby dzielenia odcinka na C_1 jeśli $C_0 \leq h_0$ - to do obl. przyjmuje się wartość siły poprzecznej na krańcach podpory.



(4) Obl. się wartość umownej siły rozwarstwiającej $T_i = \frac{Q_i \cdot C_i}{h_0}$ $Q_i \rightarrow$ największe wartości obl. siły poprzecznej na rozpatrywanym odcinku C_i

(5) Umowna siła rozwarstwiająca T_i jest przenoszona przez strzemiona i pręty odgięte zgodnie z warunkiem spełnione $\begin{cases} T_i \leq T_s + T_0 & T_0 - \text{odgięte} \\ T_s \geq \frac{1}{3} T_i & T_s - \text{strzemiona} \end{cases}$

(6) Siła przenoszona przez strzemiona i beton $T_s = 1,2 \cdot \sigma_{ps} \cdot m_s \cdot F_s$
 $m_s \rightarrow$ liczba strzemion na odcinku C_i
 $F_s \rightarrow$ przekrój jednego strzemiona
 $\sigma_{ps} \rightarrow$ następcze naprężenie w strzemionach

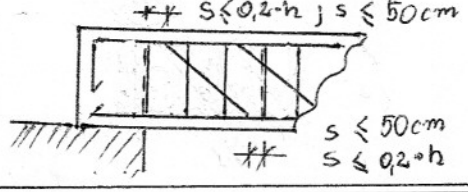
(6) $\sigma_{ps} = \frac{\sigma_p}{\sqrt{0,1 \cdot d_s}} \leq \sigma_{max}$

$\sigma_{max} = \frac{\alpha_s \cdot R_{as} \cdot R_{b0} \cdot b \cdot h_0}{2,9 \cdot A_s}$ $d_s \rightarrow$ średnica strzemion w [mm]
 $\sigma_p \rightarrow$ z normy w zależności od stali i rozwarścia mys.
 $\alpha_s = 1$; $\alpha_s = 0,9$; $\alpha_s = 0,8$

jeżeli $\sigma_{ps} > \sigma_{max} \rightarrow$ do uzoru F_s ustawimy σ_{max}

(7) Siła przenoszona przez pręty odgięte $T_0 = T_i - T_s$ $T_0 = 1,2 \cdot \sigma_{p0} \cdot \sum F_0 \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$
 $\sin \alpha \rightarrow$ zwykle 45° od 15cm do 1m , grubości płyty
 $\sum F_0 = \frac{T_0 \cdot \sin \alpha}{1,2 \cdot \sigma_{p0}}$, gdzie $\sigma = \frac{\sigma_p}{\rho \cdot \sqrt{0,1 \cdot d_0}}$

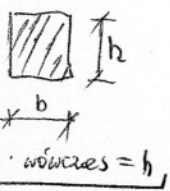
WARUNKI KONSTRUKCYJNE: średnica strzemion co najmniej $4,5\text{mm } \phi$, rozstaw strzemion $s \leq \frac{3}{4} h$ i $s \leq 50\text{cm}$. Dla odcinków ściągania C_0 i odcinków przypodporowych o dł $\frac{1}{6} l_0$ rozstaw strzemion $s \leq \frac{1}{3} h$ i $s \leq 30,0\text{cm}$



ŚCISKANIE Elementy BETONOWE **(9)**

Nośność elementów ściśkanych, których smukłość obliczeniowa wynosi $\frac{l_0}{i} > 20$ lub $\frac{l_0}{h} > 8$ sprawdzal należy z uwzględnieniem wpływu smukłości i wpływów obciążeni długotrwalszych. Nośność ściśkanych elementów betonowych, o przekroju prostokątnym wykonanych z betonu klas B20 i \geq należy sprawdzać ze wzoru

$N \leq \varphi R_{bn} \cdot b \cdot h_0$



$N \rightarrow$ siła działająca na stęp
 $\varphi \rightarrow$ współczynnik uwzględniający smukłość i wpływ obciążeni długotrwalszych
 jeśli $\frac{l_0}{h} > 8$ to nie ma φ , w tym wzorze
 jeśli zaś $\frac{l_0}{h} < 8$ to uwzględniamy φ , które zależy od $\frac{l_p}{h}$ i $\frac{e_0}{h}$

$l_p = l_0 \sqrt{k_d}$
 $k_d = 1 + 0,5 \cdot \frac{N_d}{N} \cdot \varphi_p$ $h \rightarrow$ mniejszy wymiar przekroju $l_p \rightarrow$ dł. sprawdzona, zależna od obciążeni długotrwalszych

$l_0 \rightarrow$ oblicza się z normy
 $k_d \rightarrow$ współczynnik uwzględniający obciążenie ciągłe
 $N_d \rightarrow$ obliczeniowa siła długotrwała (ciężar własny i inne padające są w normach, również zmienne niektóre)
 $\varphi_p \rightarrow$ współczynnik pężenie betonu siły $40 \div 70\%$ oraz jako betonu, którego wstę $> 28\text{dni}$, $\varphi_0 = 2,0$

(8) $e_0 \rightarrow$ mimośrodek początkowy składa się $e_0 = e_m + e_s$
 e_m - mim. niezamierzony
 e_s - " statyczny

mimośrodek niezamierzony określa się go α trzech wartości:

$R_{n,max} \begin{cases} e_m = \frac{l}{600} \\ e_m = \frac{h}{30} \\ e_m = 10\text{mm} \end{cases} \quad e_s = \frac{|M|}{N}$

jeśli stopień zabojenia jest równy $\mu < 0,4\%$ lub $\mu < 0,004 b \cdot h$ to element żelbetonowy obliczamy jako element betonowy.

ELEMENTY ŻELBETONOWE

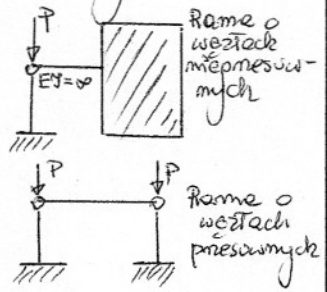
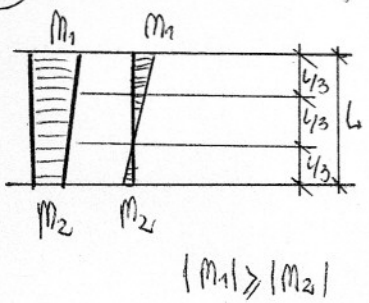
Każda siła działa na mimośrodek początkowym $l_0 = l_n + l_s$
 $(e_m = \frac{l}{600}; e_m = \frac{h}{30}; e_m = 10) \rightarrow e_{m,max}$
 $e_s \rightarrow$ jest obliczone w zależności od węzłów
 Wpływ smukłości na nośność elem. ściśkanych uwzględnia się wówczas, gdy $\frac{l_0}{i} > 35$ lub $\frac{l_0}{h} > 10$ (gdzie $\frac{l_0}{h} > 30$ to należy zwiększyć h).

Gdy $\frac{l_0}{h} \leq 10$, to wpływu smukłości nie uwzględnia się (tzw. słup krępy) (9)

Gdy nośność elementów ściśniętych sprawdzona jest z uwzględnieniem wpływu smukłości, do obliczeń przyjmuje się następujące wartości e_s

UKŁADY O WĘZŁACH NIEPRZESUWNYCH

(a) przebieg momentów prostoliniowych

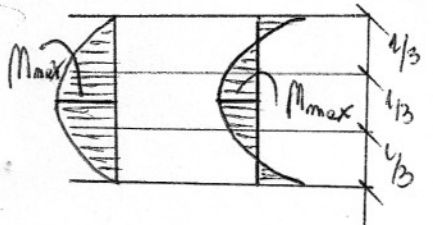


$$e_s = \frac{0,6 M_1 + 0,4 M_2}{N} \quad ; \quad e_s = \frac{0,4 M_1}{N}$$

Większa wartość e_s wstawiamy jest do wzoru.

$$e_o = e_m + e_s$$

(b) przebieg momentu krzywoliniowego (10)



Od obliczeń dalszych przyjmuje się

$$e_s = \left| \frac{M_{max}}{N} \right| \text{ większe.}$$

UKŁADY O WĘZŁACH PRZESUWNYCH

$$e_s = \left| \frac{M}{N} \right| \quad M \rightarrow \text{max. moment występujący na długości elementu}$$

$$l_0 = \psi \cdot \psi_0 \cdot l$$

$\psi, \psi_0 \rightarrow$ przyjmowane z wzoru (zwiększające, zmniejszające).

WPLYW SMUKŁOŚCI NA NOŚNOŚĆ elementów ściśniętych (11)

Wpływ ten uwzględnia się w obliczeniach poprzez zwiększenie wartości mimośrodowo początkowego:

$$e = e_o \cdot \eta = (e_m + e_s) \cdot \eta$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{KR}}}$$

N_{KR} - umowna siła krytyczna

$$N_{KR} = \frac{64 \cdot E_b}{l_0^2} \left[\frac{I_b}{K_d} (0,11 + 0,1) + I_{ap} \right]$$

$$K_d = 1 + \frac{N_d}{N} \quad I_b = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad I_{ap} = I_a \cdot \frac{E_a}{E_b}$$

$E_b \rightarrow$ współczynnik sprężystości betonu
 $I_b \rightarrow$ moment bezwładności przekroju betonowego
 $I_{ap} \rightarrow$ sprawdzony moment bezwładności całkowitego przekroju zbrojenia względem środka ciężkości przekroju betonowego
 $E_a \rightarrow$ współczynnik sprężystości stali
 $K_d \rightarrow$ wyrażający wpływ obciążenia dynamicznego

dla $w = 40 \div 70\%$ i $t \geq 28$ dni
 to $K_d = 1 + \frac{N_d}{N}$
 dla innego
 $K_d = 1 + 0,5 \frac{N_d}{N} \psi_p$

$I_a = (F_a + F_{ac}) (0,5 \cdot h - a)^2 = \mu \cdot b \cdot h \cdot (0,5 \cdot h - a)^2$ (12)

$$\mu_a \text{ i } \mu_{ac} \geq 0,2\% \quad \text{dla } 10 < \frac{l_0}{h} < 24$$

$$\mu_a \text{ i } \mu_{ac} \geq 0,25\% \quad \text{" } \frac{l_0}{h} \geq 24$$

$$\mu_a \text{ i } \mu_{ac} \leq 6\% \quad \mu = \mu_{ac} + \mu_a$$

$$\beta = \frac{e_o}{h} \quad e_o \rightarrow \text{mimośrodek początkowy}$$

$$\beta = \frac{e_o}{h} \geq \beta_{min} \quad ; \quad \beta_{min} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{l_0}{h} - 0,01 \cdot R_b \geq 0,05$$

Wartość siły krytycznej dla słupów żelbetowych o symetrycznym zbrojeniu i prostokątnym, można obliczyć ze wzoru:

$$N_{KR} = \frac{R_b \cdot b \cdot h}{\left(\frac{l_0}{h}\right)^2} \left[1,6 \cdot \frac{E_a}{R_a} m_o + \left(0,1 \cdot \frac{E_b}{R_b} + \frac{l_0^2}{h^2} \cdot \eta_o \right) \frac{2,6}{2 + K_d} \right]$$

$$m_o = \frac{N}{R_b \cdot b \cdot h} \quad m_o = m_o \cdot \frac{e_o}{h}$$

$$\frac{e_o}{h} \geq 0,15$$

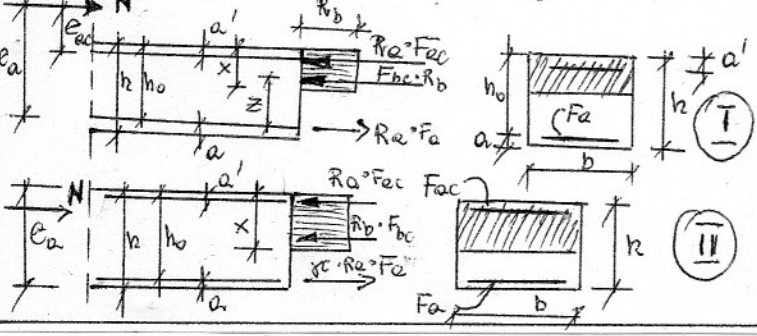
Przy obliczeniach mimośrodowo ściśniętych elementów żelbetonowych rozróżnia się dwa podstawowe przypadki

1. PRZYPADEK DUŻEGO MIMOŚRODU:
występuje wtedy, gdy $\xi \leq \xi_{gr}$ $\xi = \frac{x}{h_0}$

2. PRZYPADEK MAŁEGO MIMOŚRODU:
 $\xi > \xi_{gr}$

W pierwszym przypadku zmniejszenie przekroju następuje w skutek osiągnięcia przez zbrojenie rozciągane F_a wytrzymałości obliczeniowej R_a .
Jeśli: $\epsilon_s > 5 \cdot 10^{-4}$

wielkość siły podłużnej może być w obliczeniach pominięta (obliczamy element jako zginany).
W przypadku drugiego zmniejszenie materiału następuje w skutek osiągnięcia przez beton obliczeniowej wytrzymałości na ściskanie R_b .
Przy czym należy zwrócić uwagę w stali zbrojeniowej, strefy ściśniętej F_{ac} osiąga wytrzymałość obliczeniową R_a



PRZYPADEK DUŻEGO MIMOŚRODU

$$N \leq R_b \cdot b \cdot x + R_{ac} \cdot F_{ac} - R_a \cdot F_a \quad \xi \leq \xi_{gr}$$

$$N \cdot e_a \leq R_b \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5x) + R_a \cdot F_{ac} (h_0 - a')$$

(warunek momentów)

[trzy niewiadome \rightarrow dwa równania]

TOK POSTĘPOWANIA PRZY PROJEKT. ZBROJ. NIESYMETRYCZNEGO

$$e_a = e + 0,5h - a' \quad e = \eta \cdot e_0$$

zbrojenie obliczamy $\rightarrow F_{ac} = \frac{N \cdot e_a - S_{bgr} \cdot b \cdot h_0^2 \cdot R_b}{R_a (h_0 - a')}$ (1)

$S_{bgr} \rightarrow$ dla $B \leq 25$ i stali A-0, A-I $\rightarrow S_{bgr} = 0,44$
 \rightarrow A-II, A-III, A-III-N $\rightarrow S_{bgr} = 0,42$

Jeżeli $F_{ac} < 0$, lub $F_{ac} < F_{ac\min} = \mu_{\min} \cdot b \cdot h_0$
to należy przyjąć $F_{ac} = F_{ac\min}$
i dalej obliczamy F_a ze wzoru $F_a = \frac{\xi_{gr} \cdot b \cdot h_0 \cdot N}{R_a} + F_{ac}$

Jeżeli $F_{ac} > F_{ac\min}$ to F_a obliczamy ze wzoru (*)
Jeżeli zaś $F_{ac} < 0$ lub $F_{ac} < F_{ac\min} = \mu_{\min} \cdot b \cdot h_0$
to liczymy następująco $S_b = \frac{N \cdot e_a + F_{ac} \cdot R_{ac} (h_0 - a')}{R_b \cdot b \cdot h_0}$

$\xi \leq \xi_{gr}$ jeśli tak to duży mimośrodek
 $\xi > \xi_{gr}$ jeśli tak to mały mimośrodek? (STOP!)

$x = \xi \cdot h_0 > 2a' \Rightarrow F_a = \frac{R_b \cdot b \cdot x + F_{ac} \cdot R_{ac} \cdot N}{R_a}$
jeżeli $x \leq 2a' \Rightarrow F_a = \frac{N}{R_a} \left(\frac{e_a}{h_0 - a'} - 1 \right)$

TOK POSTĘPOWANIA PRZY PROJEKT. ZBROJENTA SYMETRYCZNEGO

$$F_{ac} = F_a \quad F_{ac} = F_a = \frac{N (e_a - h_0 + \frac{N}{2 \cdot b \cdot R_b})}{R_a (h_0 - a')} \quad (**)$$

$\xi = \frac{N}{b \cdot h_0 \cdot R_b} \leq \xi_{gr} \Rightarrow$ to F_a liczy się ze wzoru (**)
Jeżeli zaś $\xi > \xi_{gr} \Rightarrow$ to mały mimośrodek

$x = \xi \cdot h_0 \leq 2a'$ jeśli zachodzi to $F_{ac} = F_a \geq (**)$
jeśli nie zachodzi $x = \xi \cdot h_0 > 2a'$

$$F_{ac} = F_a = \frac{N}{R_a} \left(\frac{e_a}{h_0 - a'} - 1 \right)$$

PRZYPADEK MAŁEGO MIMOŚRODU

wzorki do spełnienia: $\xi > \xi_{gr} \rightarrow$ mały mimośrodek

- $N \cdot e_a \leq R_b \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5x) + R_{ac} \cdot F_{ac} (h_0 - a')$
- $N \leq R_b \cdot b \cdot x + R_{ac} \cdot F_{ac} - \gamma_c \cdot R_a \cdot F_a$
- $N \cdot e_{ac} \leq R_b \cdot b \cdot x (0,5x - a') + \gamma_c \cdot F_a \cdot R_a (h_0 - a')$

$\gamma_c \rightarrow$ współczynnik do 1,0
 γ_c zależy od strefy ściśniętej

ZBROJENIE NIESYMETRYCZNE

$$x = x_{gr} = \xi_{gr} \cdot h_0 \rightarrow S_{bgr}$$

$$F_{ac} = \frac{N \cdot e_a - S_{bgr} \cdot b \cdot h_0^2 \cdot R_b}{R_a (h_0 - a')}$$

$$F_{ac} = \frac{R_b \cdot b \cdot h_0 \cdot \xi_{gr} + R_{ac} \cdot F_{ac} - N}{R_a}$$

Jeżeli $F_a > 0$ to przypadek dużego mimośrodu
" $F_a < 0$ to " małego " wówczas
na pewno $x > x_{gr} = \xi_{gr} \cdot h_0$

w tym przypadku zbrojenie F_a nie jest w pełni wykorzystane i wtedy $-1 < \alpha < 1$
więc liczymy $x = a' + \sqrt{(a')^2 + \frac{2 \cdot N \cdot e_{ac}}{R_b \cdot b}}$

jeżeli $x < h$ to \Rightarrow $e_{ac} = e - 0,5h + a'$
 $F_{ac} = \frac{N \cdot e_a - R_b \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5x)}{R_a (h_0 - a')}$

natomiast jeśli $x \geq h$
 $F_{ac} = \frac{N \cdot e_a - R_b \cdot b \cdot h (h_0 - 0,5h)}{R_a (h_0 - a')}$

jeżeli $x < h$
 $\alpha = \frac{2(1-\xi)}{1-\xi_{gr}}$ $x = \xi \cdot h_0$
 $\xi = \frac{x}{h_0}$
 $F_a = \frac{R_b \cdot b \cdot x + R_{ac} \cdot F_{ac} - N}{R_a \cdot \alpha}$ jeśli $x \geq h$
 $F_a = \frac{N - R_b \cdot b \cdot h - R_{ac} \cdot F_{ac}}{R_a}$

ZBRÓJENIE SYMETRYCZNE

16.

$$F_{ac} = F_a = \frac{N \cdot e_a - 0,42 \cdot b \cdot h_0^2 \cdot R_b}{R_b \cdot (h_0 - a')}$$

Przy zastosowaniu zbrojenia niesymetrycznego dla dużego i małego mimośrodów, po obliczeniu F_a i F_{ac} należy pomocniczo obliczyć I_{KR} , N_{KR} , η_e , oraz znormalizowany mimośród $e_s = \eta_m \cdot e_0$

$$0,8 < \frac{e_s}{e_0} < 1,03$$

Jeśli to nie zachodzi to obliczenia pomocnicze dla e_m .

SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI

Ustalenie osi obrotowej $x = \frac{N + R_b F_a - R_{ac} F_{ac}}{R_b \cdot b}$

lub $x = (h_0 - e_a) + \sqrt{(h_0 - e_a)^2 + \frac{2(R_b F_a e_a \pm R_{ac} F_{ac} e_{ac})}{R_b \cdot b}}$

" " $e_a > h_0 - a'$

" " $e_a < h_0 - a'$

gdzie $x \leq x_{gr} = \xi_{gr} \cdot h_0 \rightarrow$ duży mimośród
 $N \leq \frac{R_b \cdot b \cdot x (1 - \xi_{gr}) + R_{ac} \cdot F_{ac} (h_0 - a')}{e_a}$

jeśli $x > x_{gr} \rightarrow$ to mały mimośród
 $N \leq \frac{R_b \cdot b \cdot x + R_{ac} \cdot F_{ac} - R_a \cdot F_a}{e_a}$

(II) $x = h_0 - e_a - \beta + \sqrt{(h_0 - e_a - \beta)^2 + 2h_0 \left[\beta - \frac{R_b F_a e_a - R_{ac} F_{ac}}{R_b \cdot b \cdot h_0} \right]}$
 obliczamy $\frac{x}{h_0} = \xi$ $\xi_a = \frac{2(1-\xi)}{1-\xi_{gr}} - 1$ $\beta = \frac{2e_a \cdot R_a \cdot F_a}{(1-\xi_{gr}) R_b \cdot b \cdot h_0}$

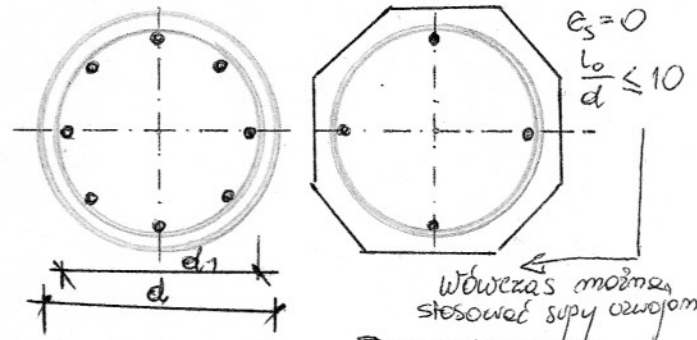
(III) $N \leq R_b \cdot b \cdot x + R_{ac} F_{ac} - \xi_a \cdot R_a \cdot F_a$

(IV) $N \leq \frac{R_b \cdot b \cdot x (0,9x - a') - \xi_a R_a F_a (h_0 - a')}{e_a}$

przy zbrojeniu symetrycznym jeśli $e_e \rightarrow x \leq x_{gr} \Rightarrow N \leq R_b \cdot b \cdot x$
 jeśli $x > x_{gr} \Rightarrow x$ (liczymy ze wzoru (II) i sprawdzamy (III) i (IV))

SKUPY UZWOJONE

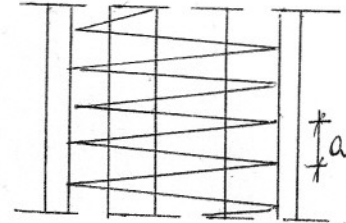
17.



Wówczas można stosować supy uzwojone

PROJEKTOWANIE

materialowy $\mu_{ac} = 1 \div 3\%$ (ścisłego)
 $\mu = 1 \div 2\%$ (uzwojenia)



obliczamy (uzwojenia) \rightarrow

$$F_i = \frac{N}{0,9 \cdot R_b + R_a (\mu_{ac} + 2,5 \cdot \mu_m)}$$

obliczamy średnice nakreślenie: $d_i = 1,128 \sqrt{F_i}$

(zbrojenie uzwojonego)

$$F_u = \frac{1}{2,5 \cdot R_a} (N - 0,9 \cdot R_b \cdot F_i - R_{ac} \cdot F_{ac})$$

$$F_u = \mu_u \cdot F_i$$

$$F_{ac} = \mu_{ac} \cdot F_i$$

Liczmy skok linii śrubowej:

18.

$$C_u = \pi \frac{d_i \cdot f_u}{F_u}$$

$f_u \rightarrow$ pole przekr. uzwojonego

$$f_u = \frac{C_u \cdot F_u}{\pi d_u} ; d_u - \text{średnica przekr.}$$

przy czym:

$$C_u \leq 0,2 \cdot d_i$$

$$C_u \leq 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m} ; d_u \leq 14 \text{ mm}$$

$$d_{ac} \rightarrow \text{śred. przekr. zbrojenia ścisłego} ; d_u \geq 4,6 \text{ mm}$$

Nośność:

$$N \leq 1,5 (0,9 \cdot R_b \cdot F_i + R_{ac} F_{ac})$$

$$N \leq 0,9 \cdot R_b \cdot F_i + R_{ac} F_{ac} + 2,5 \cdot R_{ac} \cdot F_u$$

Przy obliczeniach przyjmujemy charakterystyczne wytrzymałości materiałów i obciążen.

KATEGORIE WYSOOPORNOCI KONSTRUKCJI

I. Konstrukcje sprężone, w których pojawienie się rys jest niedopuszczalne (wysoopornosc jest zabezpieczona sprężeniem bez uwzględnienia współpracy betonu na rozciąganiu).

II. Konstrukcje sprężone, w których pojawienie się rys jest niedopuszczalne (wysoopornosc jest zabezpieczona poprzez sprężenie i współpracę betonu na rozciąganiu).

III. Konstrukcje żelbetone, częściowo sprężone, w których dopuszczalne jest pojawienie się rys ukosowych i prostopadłych do osi elementu o ograniczonej szerokości rozkretu.

SPRAWDZENIE STANU GRANICZNEGO POTAWIENIA

19.

SIE RYS PROSTOPADŁYCH DO OSI ELEMENTU

(1) Elementy osiowo rozciągane

$$N \leq N_f = R_{bzk} \cdot F_p$$

$N \rightarrow$ siła od obciążen charakterystycznych

$$F_p = F_b + 2 \cdot n \cdot F_u$$

$$n = \frac{E_a}{E_b}$$

$F_p \rightarrow$ pole przekroju sprężonego

$$\text{średnice włókien } d \leq 1000 \frac{F_a}{F_b} \text{ [mm]}$$

(2) Elementy zginane:

$$\text{sprawdzamy: } M \leq M_{fp} = R_{bzk} \cdot W_{fp}$$

$M \rightarrow$ moment od obciążen charakterystycznych bez obciążenia siłą połączającą

$W_{fp} \rightarrow$ wskaźnik wytrzymałości poza stycznią w przekroju sprawdzanym z uwzględnieniem zbrojenia F_a i F_{ac}

$$\square, T, I - W_{fp} = 0,202 + 1,5 \frac{n}{b \cdot h} (F_a + 0,4 F_{ac}) +$$

$$\sigma_1 = \frac{(b_t - b) t'}{b \cdot h} \rightarrow \text{górną półkę} ; + 0,15 \cdot \sigma_1 + 0,75 \sigma_2] b \cdot h^2$$

$$\sigma_2 = \frac{(b_t - b) t}{b \cdot h} \rightarrow \text{dolną półkę}$$

(3) Elementy rozciągane siłą N na mimośrodku M i $N \rightarrow$ od obciążen charakterystycznych

$$N \leq N_f = \frac{R_{bzk}}{\frac{1}{F_p} + \frac{e_s}{N_{fp}}}$$

$$e_s = \frac{M}{N}$$

$$F_p = F_b + 2 \cdot n (F_a + F_{ac})$$

Jeśli te warunki nie będą spełnione to dojdzie do rozrywania, więc sprawdzamy:

I. ROZWARCIE RYS PROSTOPADLYCH DO OSI ELEMENTU ZGINANEGO (20)

$a \leq a_{dop}$ zastosowane stal < od stali dop. w zależności od betonu dla elementu prostokątnego, pojedynczozbrojonego należą spr. tylko ten warunek
 W pozostałych przypadkach rozwiązanie rys prostokątnych do osi elementu składa się ze udziału (teoretycznego)

$a_f = a_{sr} \cdot k_f$ (1)
 $k_f = 2,0$ dla $a_{sr} \leq 0,05 m$
 $k_f = 5(0,45 - a_{sr})$; $0,25 > a_{sr} > 0,05$
 $a_{sr} = \gamma_a \cdot \frac{\sigma_a}{E_a} \cdot l_f$ (2)

l_f → odległość między rysami
 γ_a → współczynnik uwzględniający stosunek średnich naprężeń w zbrojeniu, pomiędzy sąsiednimi rysami, do naprężeń w zbrojeniu o przekroju wznowionym.
 σ_a → naprężenie w zbrojeniu, w przekroju przechodzącym przez rysę
 l_f → odległość między sąsiednimi rysami

OBLICZENIA

(1.) $n = \frac{E_a}{E_b}$
 (2.) $\mu_a = \frac{F_a}{b \cdot h_0}$
 (3.) $\mu_a \cdot n = \frac{F_a}{b \cdot h_0} \cdot \frac{E_a}{E_b}$

(21)

(4.) $\sigma_1 = \frac{(b' - b)l}{b \cdot h}$
 $\sigma_2 = \frac{(b' - b)l}{b \cdot h}$
 (5.) $W_{fp} = [0,292 + 1,5 \cdot \frac{m}{b \cdot h} (F_a + 0,1 F_{ac}) + 0,15 \sigma_1 + 0,75 \sigma_2] \cdot b \cdot h^2$
 (6.) $M_{fp} = R_{bzk} \cdot W_{fp}$
 (7.) $\gamma_a = 1,3 - \frac{0,8 \cdot M_{fp}}{M_d} \leq 1$ M_d → max. moment zginający wywołany długotrwałą częścią obciążenia charakterystycznego
 (8.) $l = \frac{M_d}{b \cdot h_0^2 \cdot R_{bzk}}$
 (9.) $G = \gamma_a' (1 - \frac{l'}{2h_0}) + \gamma_a'' (1 - \frac{a'}{h_0})$ $\gamma_a' = \frac{(b' - b)l'}{b \cdot h_0}$
 dla pojedynczo zbrojonego $G = 0$ $\gamma_a'' = \frac{n \cdot F_{ac}}{j \cdot b \cdot h_0}$

$\nu = 0,5$	→ dla obciążenie krótkotrwałego	dowolnie środow.
$\nu = 0,14$	"	środkow. suche
$\nu = 0,19$	"	środkow. wilgotne
$\nu = 0,20$	"	" wilgotne

(10.) $\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(4+G)}{10 \mu_a \cdot n}}$ Współczynnik określający os. obciążoną w przekroju wznowionym.
 (11.) $z_f = h_0 [1 - \frac{h_0 \cdot \gamma_a' + \frac{z_a'}{h_0} \gamma_a'' + \xi^2}{2(\gamma_a' + \gamma_a'' + \xi^2)}]$
 (12.) $\sigma_a = \frac{M_d}{F_a \cdot z_f}$ z_f → ramie sił wewnętrznych w przekroju wznowionym.
 (13.) $K_1 = \frac{W_{fp}}{n \cdot F_a \cdot z_f} - 2$ d_1 → sm. prze zbroj. niezbroj.
 (14.) $l_f = K_1 \cdot n \cdot d_1 \cdot \eta_f$ $d_1 = \frac{d}{4}$ $\eta_f = 0,7$ → stal zbroj. $\eta_f = 1,0$ → " gładka $\eta_f = 1,25$ → włókna szklane w kregach

II. SPRAWDZENIE SZEROKOŚCI ROZWARCIA RYS PROSTOPADLYCH DO OSI ELEMENTU ŚCISKANEGO I MIMOŚRODOWEGO (22)

$a_f = a_{sr} \cdot k_f$ $a_{sr} = \gamma_a \cdot \frac{\sigma_a}{E_a} \cdot l_f$
 $\gamma_a = 1,3 - 0,8 \frac{M_f}{M_c} - \frac{1 - \frac{M_f}{M_c}}{6 - 4,5 \frac{M_f}{M_c}} \leq 1,0$
 $\pm M_f = N_f (e_a + z_f)$ + dla mimośrodkowo rozciągającego
 - " mimośrodkowo ściskającego

$M_c = N_c (e_a + z_f)$
 $N_f = R_{bzk} \cdot F_p = R_{bzk} \cdot [F_b + 2 \cdot n (F_a + F_{ac})]$
 $\xi = \xi_a$ dla obliczenia z_f
 $\xi_a = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(4+G)}{10 \mu_a \cdot n}} + \frac{1,5 + \gamma_a' + \gamma_a''}{11,5 \frac{E_a}{E_b} + 5}$
 znak(+) same → ściskanie
 " (-) różne → rozciąganie

III. SPRAWDZENIE ROZWARCIA RYS PROSTOPADLYCH DO OSI ELEMENTU ROZCIĄGANEGO OSIOWO (23)

$a_f = a_{sr} \cdot k_f$ $a_{sr} = \gamma_a \cdot \frac{\sigma_a}{E_a} \cdot l_f$
 $\gamma_a = 1 - 0,8 \frac{F_b \cdot R_{bzk}}{N} \geq 0,4$
 $\sigma_a = \frac{N}{F_a}$ u → łączny obwód zbrojeń dla rozciągającego
 $l_f = \frac{F_b}{u} \cdot \eta_f$

IV. SPRAWDZENIE ROZWARCIA RYS UKOŚNYCH (każdy element) (23)

$a > 0,75 \cdot R_{bzk} \cdot b \cdot h_0$ jeśli zachodzi spr. rozwiązanie rys.
 $a_f = \frac{4 \cdot \gamma_2 \cdot \lambda_f}{(\mu_s + \mu_0) E_a \cdot R_{bzk}}$ $\gamma = \frac{\sigma_k}{b \cdot h_0}$
 $\mu_s = \frac{F_s}{b \cdot s}$
 $\mu_0 = \frac{F_0}{b \cdot s_{od}}$
 $\lambda_f = \frac{1}{3 \left(\frac{\mu_s}{\eta_f \cdot d_s} + \frac{\mu_0}{\eta_f \cdot d_0} \right)}$

σ_k → tylko od obciążen charakterystycznych
 s → rozstaw stremion
 F_s → pole przekroju powierzchni stremion
 s_{od} → odległość między przseczyznami odległ. przed i między przseczyznami prostopadłe od tych przseczyzn.

STANY GRANICZNE UŻYTKOWANIA, UGIĘCIA ELEMENTÓW

(24)

Wartości dopuszczalne mierzymy w granicach $\frac{1}{150} \div \frac{1}{300} l$. Szczegółowe wartości podane są w normie

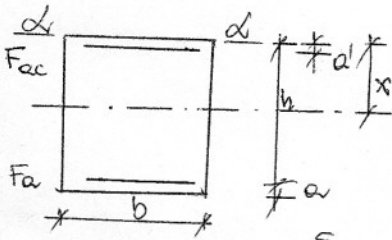
OBLICZENIE UGIĘC NIEZARYSOWANYCH ELEM. ZGINAN.

elementy znajdujące się w fazie I/pracy.

sztymność elementu $EI = B_I = E_b \cdot I_p$

$M \leq 0,8 \cdot M_{fp}$ M_{fp} → moment rysujący

$f = \alpha_g \cdot \frac{M}{E_b \cdot I_p} \cdot l^2$ α_g - współczynnik obciąż. w zależności od schem. statycznego belki.



$F_p = F_b + m(F_a + F_{ac})$
 $m = \frac{E_a}{E_b}$

$s_x - d = 0,5 \cdot b \cdot h^2 + m F_a (h - a) + m F_{ac} a'$
 $x = \frac{s_x - d}{F_p}$

$f = f_1 + f_2 (1 + \alpha)$
 $I_p = \frac{b \cdot x^3}{3} + \frac{b(h-x)^3}{3} + m F_a (h-x)^2 + m F_{ac} (x-a)^2$
 $\alpha = 0,8 \cdot \rho_p \rightarrow$ śr. suche
 $\alpha = 0,5 \cdot \rho_p \rightarrow$ śr. zwykłe
 $\alpha = 0,3 \cdot \rho_p \rightarrow$ śr. wilgotne
 $f_1 \rightarrow$ ugięcie od obciążenia krótkotrwałego
 $f_2 \rightarrow$ ugięcie od obciążenia długotrwałego

OBLICZENIE UGIĘC ELEM. ZARYSOWANYCH

(25)

ugięcia elem. zarysowanych należy obliczać wyznaczając je od krzywizny ze wzoru

$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{B_{II}} + \frac{N}{N_c} \cdot \frac{\gamma_a}{E_a \cdot F_a}$

$0,8 M_{fp} < M < \alpha \cdot M_{fp} \rightarrow$ faza I a pracy ugięcia

gdzie: $\alpha = \frac{0,001 + \mu_e}{\mu_e}$ B_{II} → sztywność na zginanie elementu zarysowanego
 $M > \alpha \cdot M_{fp} \rightarrow$ faza II pracy ugięcia
 M → moment zginający
 N_c → siła podłużna

$f = \alpha_g \cdot \frac{M}{B_{II}} \cdot l^2$ $B_{II} = \frac{\gamma_a \cdot h_0}{\gamma_a + 0,9} \cdot \frac{E_a \cdot F_a}{\gamma_a + 0,9 + \gamma_a \cdot E_b \cdot F_{bc}}$ (PRZEKROJE) α, I, II

(ramię siły)
 $\gamma_a = h_0 \left[\frac{1 - \frac{l'}{h_0} \cdot \gamma_b' + \frac{2a'}{h_0} \cdot \gamma_a' + \xi}{2(\gamma_b' + \gamma_a' + \xi)} \right]$

Pole powierzchni strefy ściskanej betonu
 $F_{bc} = (\gamma_b' + \gamma_a' + \xi) \cdot b \cdot h_0$

$\gamma_b' = \frac{(b_t' - b) h'}{b \cdot h_0}$
 $\gamma_a' = \frac{h \cdot F_{ac}}{\gamma_a \cdot b \cdot h_0}$
 $\gamma_a = 1,3 - 0,7 \frac{\alpha \cdot M_{fp}}{M}$

wartości: $\xi, \gamma, \gamma_a, \gamma_b$ → z tych samych wzorów co dla zarysowanych

ELEMENTY ŻELBETOWE PRACUJĄCE w f. Ia (26)

sztymność $B_{Ia} = B_I \left[1 - \left(1 - \frac{B_{II}}{B_I} \right) \frac{M - 0,8 M_{fp}}{M_{fp} (\alpha - 0,8)} \right]$

Gdy $B_{II} > B_I$ to DO WZORU $B_I = B_{II}$ ustawiamy

B_I dla krótkotrwałego działania obciążenia

$B_I = F_a \cdot I_p$

B_{II} dla długotrwałego działania obciążenia

$B_{II} = \frac{E_b \cdot I_p}{1 + \alpha}$

Ostateczne ugięcie wynosi: (od naprężeń krótko. i długotrwałych).

$f = f_k(k+d) - f_k(d) + f_a(d)$