

XXI. Dobór pręgniętek

37

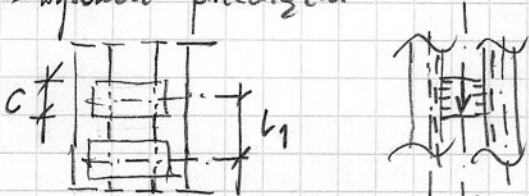
- 1) Pręgniętki należy rozmieszczać tak aby w środku elementu nie było pręgniętki
- 2) Śmiałości pojedynczej gątezi między pręgniętkami jest równa najmniejszej

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{i_{\min}} \leq 0,8 \lambda_{\max}$$

- 3) Dł. wybożenia pojedynczej gątezi - odd. w osiach pręgniętek też nie więcej niż

$$l_1 - c + 100 \text{ mm}$$

$c \rightarrow$ wysokość pręgniętki



min wysokość pręgniętki c

$$c \geq 100 \text{ mm}$$

min wysokość pręgniętki skrajnej

$$c_{\text{skr.}} \geq 1,5c$$

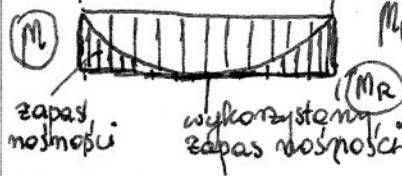
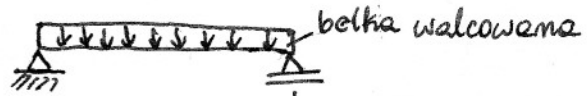
dł. pręgniętki $b \geq 0,75c$

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{N}{p \cdot A} - \text{ster. } c \geq 100 \text{ mm}$$

Pręgniętki mają na celu wytrzymać obciążenie $c \geq 1,5c$ pośr. p. skraj. $c \geq 0,75b$

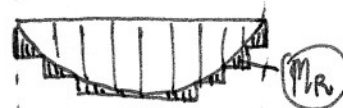
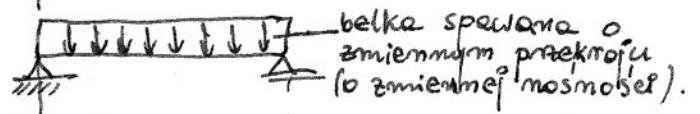
I. BLACHOWNICE

1



$$M_R = d_p \cdot w \cdot f_d$$

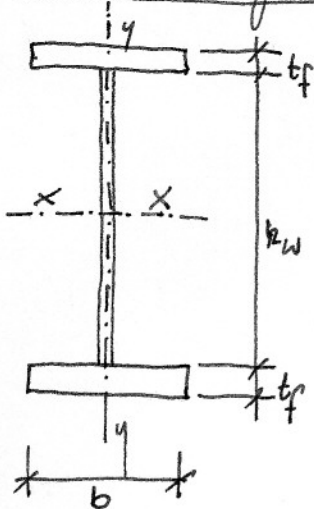
$M_R \rightarrow$ wykres nośności



Dla rozpiętości $l > 8 \text{ m}$ stos. belek walcowanych jest już nieoptyczne. Należy projektować wtedy belki złożone z blach o specjalnie dobr. wymiarach. Belki takie nazywamy blachownicami.

1. DOBÓR PRZEKROJU BLACHOWNICY

2



$$\frac{h}{l} \approx \frac{1}{6} \div \frac{1}{25}$$

\Rightarrow z warunków ugięcia (sztywności)

$$\rightarrow u_{gr} = \left(\frac{1}{150} \div \frac{1}{350} \right) l$$

- belki stropów i pomostów

$$\rightarrow u_{gr} = \left(\frac{1}{400} \div \frac{1}{600} \right) l$$

- belki podsuwnicowe

Ekonomiczna wysokość blachownicy wynosi ok.

$$h \approx k \cdot \sqrt{\frac{W_{potrzeb.}}{t_w}} \quad \text{lub} \quad h \approx k \cdot \sqrt{\lambda_w \cdot W_{potrzeb.}}$$

gdzie: $k = 1,0 \div 1,3$ - współczynnik

$W_{potrzeb.} \rightarrow$ potrzebny wskaźnik opierania belki

$\lambda_w = \frac{h_w}{t_w} \rightarrow$ smukłość środnika

2. GRUBOŚĆ ŚRODNIKA

3

\rightarrow przyjmuje się z uwagi na:

- nieprzekroczenie nośności b. przy ścinaniu
 - gr. środnika $t_w \geq 7 \text{ mm}$ - dla belek naczyniowych na wpływ atmosferyczny $t_w \geq 6 \text{ mm}$ dla belek betonowych
 - dla belek omiatających gr. środnika wpływa na nośność nitów.
 - gr. środnika wpływa na rozstaw żeber usztywn.
- Środnik należy proj. o jak najmniejszej gr., tak żeby należały do przekroju klasy 4.
Ekonom. smukłość środnika wynosi:
- \rightarrow dla stali S235 - $\lambda_w = 140 \div 150$
 - \rightarrow dla stali B62A - $\lambda_w = 110 \div 120$

3. PASY

- ster. pase: $b \approx \frac{1}{4} h$ ($h \rightarrow$ wys. belki) ($\frac{1}{5} \div \frac{1}{3} h$)

- Grubość pasów

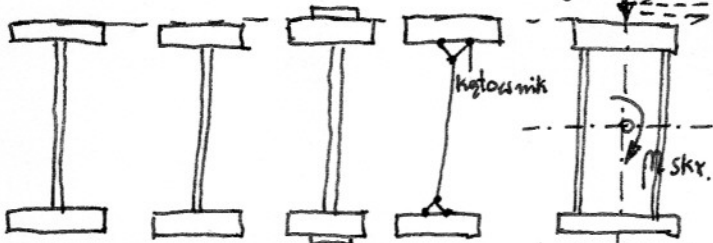
$$t_f \leq 3,5 t_w - \text{ze względu na grubość spoin łączących pasy ze środnikiem.}$$

Potrzebna gr. pase możemy wyliczyć z war. wytrzymałości

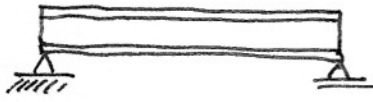
$$t_f = \frac{1}{b \cdot h} \left(W_{potrzeb.} - \frac{t_w \cdot h^2}{6} \right) - \text{ważne dla przekroju klasy 3, gdy } \frac{h}{b} = 1$$

- dla przekroju klasy 4 ($\lambda < 1$), grubość zwiększyć o 10% + 20%

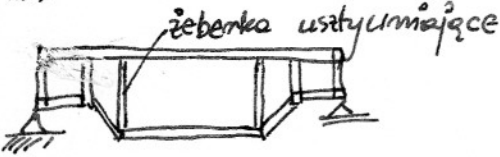
4. RODZAJE BELEK SPAWANYCH



• Belki spawane mogą mieć na dt. wysokości statg lub zmieć (duża odp. na skręcanie).



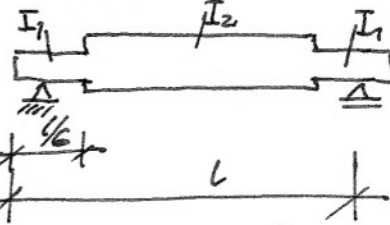
z parabolicznym pasem dolnym



żebrenka usztywniające

5. ZMIANA PRZEKROJU BELKI na DŁUGOŚCI

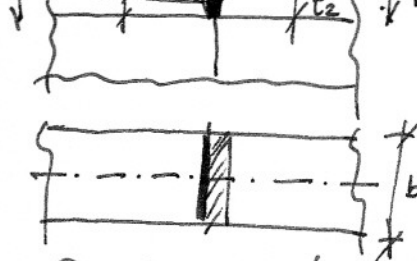
→ Ekom. nożw.



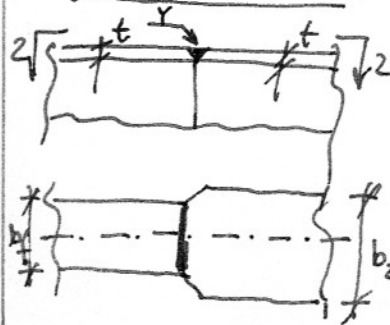
(Bieżąc przekroju belki możemy dok. przeć:
→ zm. gr. pasów
→ zm. szer. pasów

⇒ ZMIANA GR. PASÓW

1:1 dla obc. stat.
1:4 " " dynam.



⇒ ZM. SZER. PASÓW



6. OBL. NOŚNOŚCI BLACHOWNIC

• w blachownicach należy sprawdzić następujące warunki nośności

a) w przekroju zginanym

$$\frac{M}{\psi_L M_R} \leq 1$$

M_R → nośność obl. przekroju przy jednostkowym zginaniu dla przekroju kl. 3 i 4

$$M_R = \psi \cdot W \cdot f_d$$

ψ → wsp. redukcyjny nośności przekroju z uwagi na niestaczejność miejscową

→ dla przekroju kl. 3 ⇒ $\psi = 1,0$

→ " " kl. 4 ⇒ $\psi = \psi_p$ (w stanie krytycznym)

ψ_L → współczynnik zwichnienia zależy od smukłości względem λ_L .

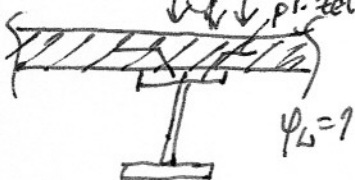
odczytany wg krajowej wytycznej "a"

$$\lambda_L = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{M_R}{M_{cr}}}$$

M_{cr} → moment krytyczny

ZABEZPIECZENIE przed ZWICHNIENIEM

$\psi_L = 1$, gdy pas ścisłkowy jest połączone z sztywną tarczą np. płytą żelbetową



b) w przekr. ścisłkowym (zwykle w przekrojach przy podporach)

$$\frac{V}{V_R} \leq 1 \quad V_R \rightarrow \text{nośność obl. przekr. przy ścinaniu}$$

$$V_R = 0,58 \cdot \psi_{pv} \cdot A_v \cdot f_d$$

0,58 · f_d = f_{dv} (wytrzymał. obl. stali na ścinanie)

A_v → pole przekroju czynnego przy ścinaniu (zwykle pole środkowe)

ψ_{pv} → współczynnik niestaczejności miejscowej przy ścinaniu

• przy zginaniu klasa 4, gdy smukłość śr.

$$\lambda_w > 100 \epsilon \Rightarrow \epsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}}$$

• przy ścinaniu

→ dla przekrojów odpornych $\psi_{pv} = 1$

→ dla " wrażliwych

$$\psi_{pv} < 1, \text{ gdy } \lambda_w = \frac{h_w}{t_w} > 70 \epsilon$$

c) w przekr. zgin. i ścin. należy sprawdzić łączny wpływ M i V .

→ gdy $V < V_0 = 0,3 \cdot V_R \rightarrow M \leq M_R$

→ gdy $V > V_0 = 0,3 \cdot V_R \rightarrow M \leq M_{Rv}$

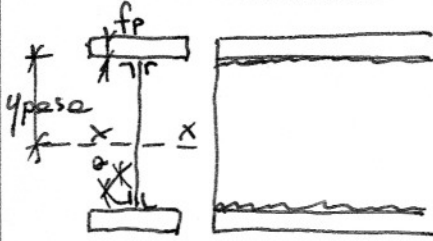
M_{Rv} → nośność przekroju przy zgin. zrod. z uwagi na wpływ siły poprzecznej.

$$M_{Rv} = M_R \left[1 - \frac{I_v}{I} \left(\frac{V}{V_R} \right)^2 \right]$$

→ gdzie I_v → moment bezw. samego środ.

I → moment całego przekroju

7. SPÓJNY KŁĄCZĄCE PASY ZE ŚRODNIKIEM (8)



- w blach. ostrogiętych można stosow. spójny ciągły lub przerywany
- w blach. chw. na wpływ atmosferyczne lub obr. dynamiczne tylko spójny ciągły.

⇒ Nośności spoin ze względu na siłę poprzeczną:

→ dla spoin ciągłych:

$$T_{II} = \frac{V_{max} \cdot S_{x_{pasa}}}{I_x \cdot 2a} \quad S_{x_{pasa}} = A_p \cdot y_p$$

→ dla spoin przerywanych

$$T_{II} = \frac{V \cdot S_{x_{pasa}} \cdot a}{I_x \cdot 2a \cdot l_1} \cdot \frac{d_1}{l_1} \cdot \frac{d_1}{l_1}$$

⇒ ŻEBERKA USZTYWIAJĄCE W BLACHOWNICACH

- Proj. się je z płaskowników lub kształtowników jako stalowe lub nitowane. mogą być jednostronne lub dwustronne.



8. Obl. żeberek (10)

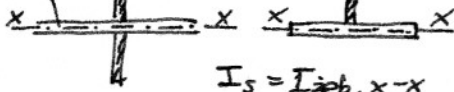
(a) warunek sztywności

$$I_s \gg k \cdot h_w \cdot t_w^3$$

I_s → moment bezw. przekroju żebra wzgl. osi lub lub wia środka

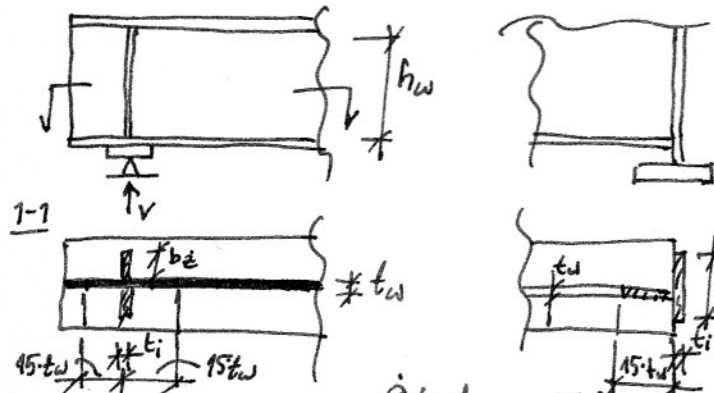
k → współczynnik

środek ciężkości



$$I_s = I_{zb, x-x} \quad I_s = I_{zb, x-x}$$

(b) na podporze i pod siłami skup. żebra wym. się jak pręty ścisk. osiowo przyjmując dt. wyboc. ⇒ $l_e = 0,8 h_w$



$$\frac{N}{\varphi \cdot N_{RC}} \leq 1$$

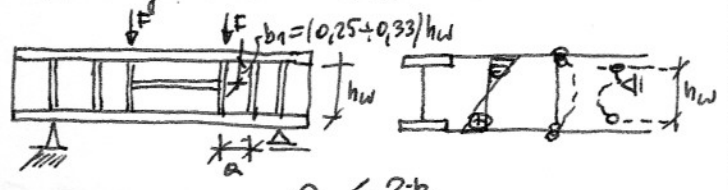
$$N_{RC} = \varphi \cdot A \cdot f_d$$

$$A = 2 \cdot b_z \cdot t_z + 30 \cdot t_w^2$$

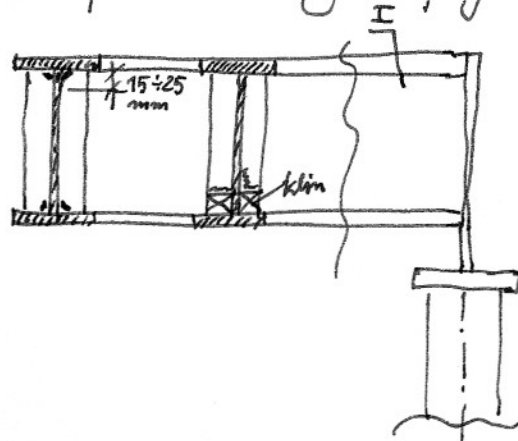
Żeberka podłużne powinny mieć przekrój kl. ≤ 3 i zachowywać odpowiednią sztywność.

⇒ ŻEBERKA POPRZECZNE STOSUJE SIĘ (9)

- w miejscach działania zewm. sił skupionych.
- na podporze
- w strefach węzł. sztyw.
- w miejscach odbit. zach. kon. dod. uszt. smukłych ścianek środnika



- Żeberka podł. stos. się w przyp. b. smukłych śr. lokalnie w ściskanych strefach belki.
- Przekrój żeberek usztywniających



II. KRATOWNICE (11)

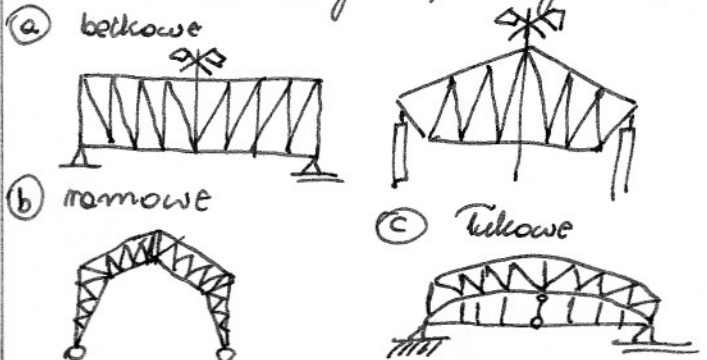
→ Zalety:

- dobre sztywności w swojej płaszczyźnie
- ekonomiczne, zastosota z uwagi na użycie mat.
- prostota wykonania
- estetyczne
- istnieje możliwość tworzenia różnorodnych kształtów

→ ZASTOSOWANIE

- na lekkie konstrukcje
 - płaskie, więzary dachowe o małej rozp.
- na ciężkie konstrukcje
 - podciąg, więzary o dużej rozp. (poręczyska hal przemysłowych, hangarów, dworców, hal sportowych, targowisk)
- inne rodzaje konstrukcji
 - mosty, estakady, słupy linii wysokiego napięcia, wieże i mosty

→ KRATOWNICE PROJEKUJE SIĘ JAKO:



1. BELKI KRATOWE

12

(a) kratow. o pasach równoległych
 Krawiec Górny pas Słupki
 Skratowanie przekątne ze słupkami tzw. kratka N. stosuje się:
 → na podciągach oraz w dachach jednonadkowych i piętach
 Skratow. Δ bez słupków tzw. kratka typu W
 Skratow. Δ ze słupkami
 Skrat. z drugorzędnym podparciem

(b) kratownice dwutrapezowe
 → najczęściej spotyk. rozw. krat. zastosow. w rozw. dachach dwuspadowych
 $i \leq 20\%$
 $l \leq 36m$

str. trój. bez słupków 13

(c) kratownice trójkątne
 $i = 20\% \div 35\%$
 $l \leq 15m$

(d) inne typy kratownic
 • trapezowe

⇒ SKRATOWANIE NA STEŻENIA, mosty i wieże

→ Wysokość belki kratowej
 $G = G(p, l, h)$
 $h_{opt} = (\frac{1}{6} \div \frac{1}{4})l$, praktycznie $h = (\frac{1}{8} \div \frac{1}{12})l$
 • O wys. decyduje wartość ugięcia (II stem górnicy)
 $h = (\frac{1}{10} \div \frac{1}{15})l$ - dla belek ugiętych
 $u \leq u_{gr} = \frac{l}{250}$ → więźba dachowa
 $u_{gr} = \frac{l}{350}$ → podci w stro pach

2. ZAKOŻENIA OBL. KRATOWNIC

14

- (a) pręty połączone są przegubowo w węzłach
- (b) pręty są proste
- (c) ośce brzońców pokrywają się z liniami siatki geometrycz. kratow.
- (d) ośce prętów zbiegają się w węzle przecinają się w jednym punkcie
- (e) obr. przybliżone są w węzłach krat

3. WYMIAROWANIE PRĘTÓW KRATOWNIC

(a) pręty rozciągane
 $N \leq N_{RE} = A \cdot f_d$ w przypadku elem. osłab. otworami lub mom. mimośrod.
 $N \leq A \cdot \psi \cdot f_d$, $A \cdot \psi$ → tzw. sprężone pole przekroju

(b) pręty ściskane
 $\frac{N}{\psi \cdot N_{RE}} \leq 1$ ψ → współz. wybożeniowy
 $N_{RE} = \psi \cdot A \cdot f_d$ - wartość obl. przekroju pręta na ściskanie

(c) pręty mimośrodowo obr.
 $\frac{N}{N_{RT}} + \frac{M}{\psi_i \cdot M_{Ri}} \leq 1$
 $\frac{N}{\psi \cdot N_{RE}} + \frac{\beta \cdot M}{\psi_i \cdot M_{Ri}} \leq 1 - \Delta$
 β → współz. red. dla momentów
 $\beta \leq 1$
 Δ → wsk. poprzekowy

dl. wybocz. prętów kratownic
 l_0 → dl. teoretyczna pręta między węzłami skratowania

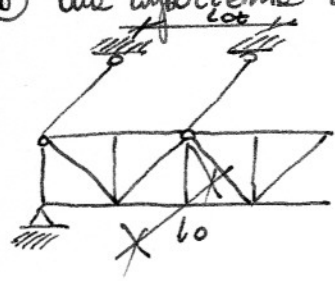
15

$l_e = \mu \cdot l_0$ l_e → dl. wybocz. pręta
 μ → wsp. dl. wyboczeniowej
 $\lambda = \frac{l_e}{i} \rightarrow \varphi$ λ → smukłość pręta
 φ → wsp. wyboczeniowy
 i → moment bezwładności

• W idealnej kratownicy dl. wybocz. prętów równają się dl. prętów

(a) dla wyboczenia w płaszczyźnie kratownicy
 • pasy oraz słupki i krawiec podporowe
 $l_e = l_0$ ($\mu = 1.0$)
 • dla krawców
 $l_e = 0.8l_0$

(b) dla wywołania w płaszczyźnie kraty (16)



lot → osiowy most. stężeń bocznych

→ dla pasów $l_e = l_{ot}$

$l_e = 0,8 \cdot l_0$ → gdy pasy mają przekrój zamknięty [] oraz poprzecz. są wystarczająco sztywne.

4. Maksym. smaleń. prętów krat.

(a) pręty ścisłkane

$\lambda \leq 150$, dla prętów krat. górnych (wieszak, podciąg)
 $\lambda \leq 250$, dla prętów stężeń

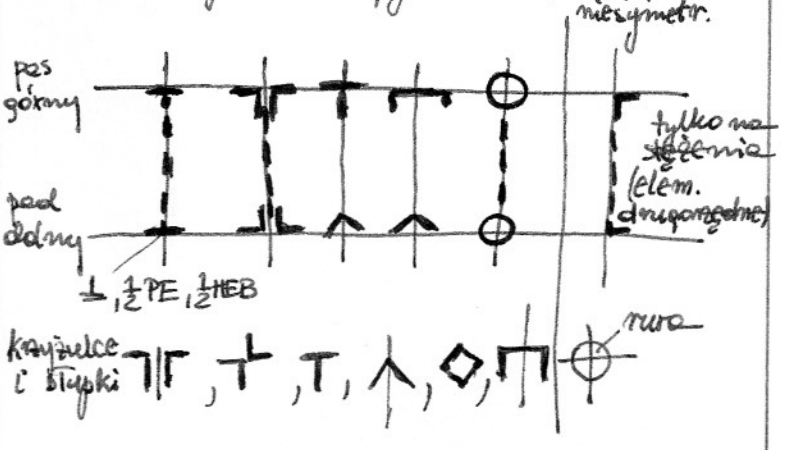
(b) pręty rozciągane (nie ograniczone się w przyp. obc. statycznych)

$\lambda \leq 350$ → dla prętów stężeń
 $\lambda \leq 250$ → dla prętów kratownic } w przypadku obc. dynam.

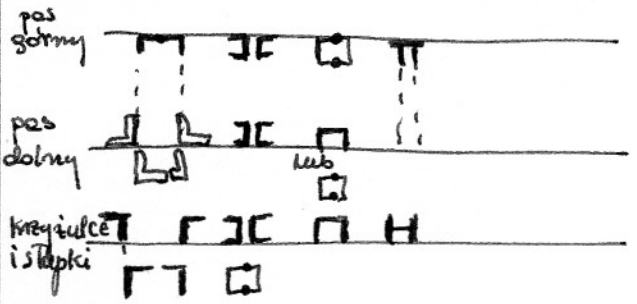
5. PROJEKTOWANIE KRATOWNIC (17)

- (a) Zasady dobrego przekroju pręta**
1. w belkach krat. stemow. odpowied. elementy przekroju prętów należy konstruować symetrycz. wzgl. płaszczyzny środkowej kratownicy
 2. racjonalnie rozkł. materiał w prętach ścisłk.
 3. dążyć do prostych rozw. konstrukcyjnych
 4. umożliwić bezp. i łatwy montaż oraz możliwość łatwego odkrowienia powłok ochronnych (materiałskich)
 5. umożliwić wykonanie połączeń z innymi elementami

→ typowe przekr. prętów kratownic
 ⇒ KRATOWNICE JEDNOŚCIENNE
 (bo krzyżulce i stopy leżą w jednej płaszczyz.)

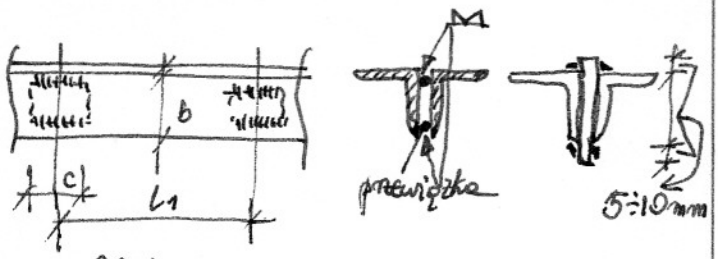


⇒ KRATOWNICE DWUŚCIENNE (18)



• Przy przekrojach dwugłęziowych - wszędzie idą przewiązki

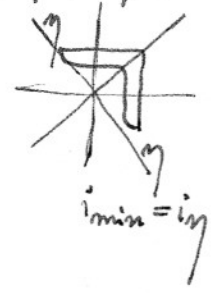
⇒ PRZEWIAZKI W PRĘTACH ZŁOŻONYCH



$c > b$
 $c > 60 \text{ mm}$
 c → szer. przewiązki
 b → szer. kratownicy

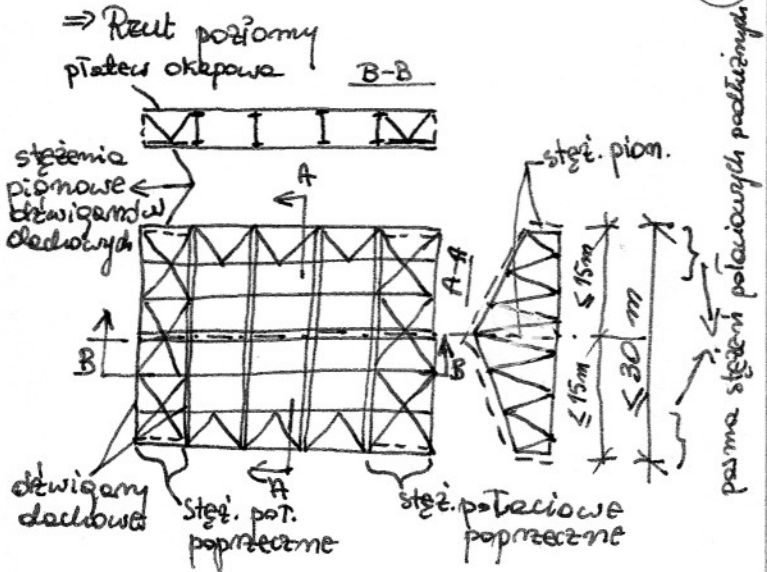
⇒ ODSTĘPY między PRZEWIAZKAMI (19)

- (a) w prętach ścisłkanych**
- należy zakt. parzystą liczbę przewiązek
 - odstęp między przewiązkami - jednolite
- odstęp między przewiązkami $l_i \leq 60 \cdot i_{min}$
 i_{min} - pr. bezw. min. pojedynczej gałęzi pręta
- w płaszczyz. pręta:
 • nie ma opr. w rozst. przewiązek, ale:
 $l_1 \leq 100 \cdot i_{min}$



III. STEŻENIA KONSTRUKCJI DACHOWEJ

20



⇒ WYRÓŻNIAMY NASTĘPUJĄCE STEŻENIA KONSTRUKCJI DACHOWEJ

- a) potłocowe
 - poprzeczne
 - podłużne (okapowe)
- b) pionowe dźwigarów dachowych

1. ZASADY ROZMIESZCZ. STEŻ. DACHOWYCH

21

⇒ STEŻENIA POTŁOCOWE POPRZECZNE

- co najmniej w 2 skrajnych lub przedskrajnych polach między więz. 2 (także w tych polach, w których występują steżenia pionowe) ścian podłużnych. Nie rzadziej niż co 8 pole.
- należy stosować na całej szer. dachu.

⇒ STEŻENIA POTŁOCOWE PODŁUŻNE

- stosuje się je w płaszczyźnie potłoci dachu, a między w poziomie dolnym pasów więzardów
- stosuje się je gdy zach. konieczność przem. sił poziomych \perp do ścian podł.

⇒ STEŻENIA PIONOWE

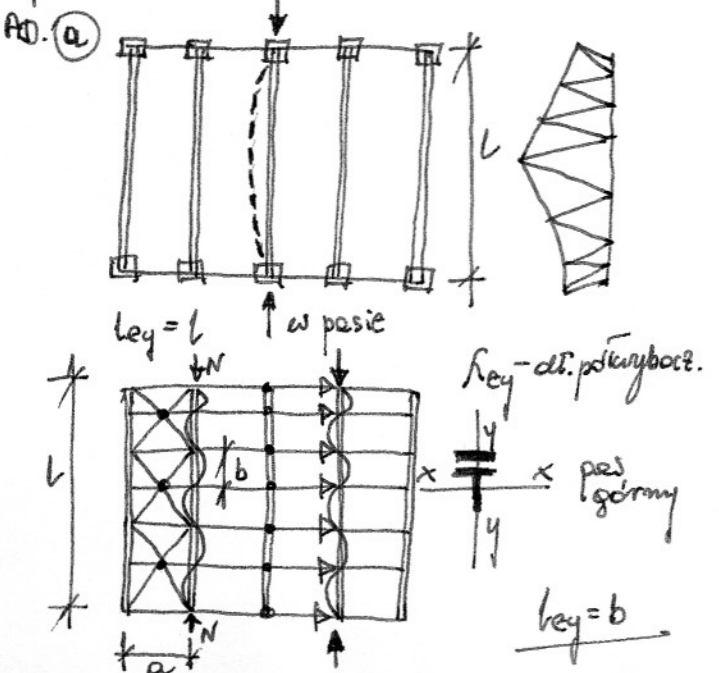
- stosuje się co najmniej w tych polach, w których wyst. steż. potłocowe poprzeczne
- gdy wyst. siła $\geq 150 \text{ kN}$ należy je stosować na całej dł. dachu
- steż. pion. należy rozm. w środku rozpiętości dźwigara w płaszczyźnie słupów podporowych i nie rzadziej niż co 15 m.

2. Zadania (rola) steżen

22

⇒ STEŻENIA POTŁOCOWE POPRZECZNE

- a) zmniejszenie dł. wybochemiowej górnych pasów dźwigarów dachowych
- b) łączenie ze steż. pot. podł. (zwiększają sztywność tarczy dachowej)
- c) przejmują doc. wiatrem ze słupów (obudowy) i ryglówki ściany szczytowej
- d) zapewnienie stateczności dźwigarów podczas montażu.



⇒ STEŻENIA POTŁOCOWE PODŁUŻNE

23

- a) łączenie ze steż. pot. poprz. zwiększają sztywność tarczy dachowej
- b) zmniejszają dł. wybochemiowe pasa górnego podciągów kratowego, na którym opierają się więz. podł.
- c) przejmują oddziaływanie od wiatru ze słupków obudowy ściany podł. i przekazują je na słupki lubt. poprzeczne
- d) zapewniają współpracę sąsiednich ul. poprzecznych przy działaniu doc. lokalnych \perp do ściany podłużnej.

⇒ STEŻENIA PIONOWE DŁW.

- a) łączenie ze steż. pot. poprz. zapew. stateczność dźwigara podczas montażu
- b) zmniejszenie dł. wybochemiowych pasa dolnego dźw. dachowych
- c) przejmują oddz. ze steżen w poziomie pasów dolnych.