



# Program Uczenie się przez całe życie

## Projekt SKILLS



# PROJEKTOWANIE PODSTAW SŁUPÓW



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# OMAWIANE ZAGADNIENIA

- **Procedura projektowania przegubowych i utwierdzonych podstaw słupów**
  - ✓ **Nośność blachy podstawy**
  - ✓ **Nośność śrub kotwiących**
  - ✓ **Nośność podłoża betonowego**
  - ✓ **Nośność połączeń spawanych**
  
- **Zastosowanie metody składnikowej do obliczania przegubowych i utwierdzonych podstaw słupów.**

# SPIS TREŚCI

- **Wprowadzenie**
- **Przegubowa podstawa słupa**
- **Utwierdzona podstawa słupa**
- **Zastosowanie**
- **Podsumowanie**

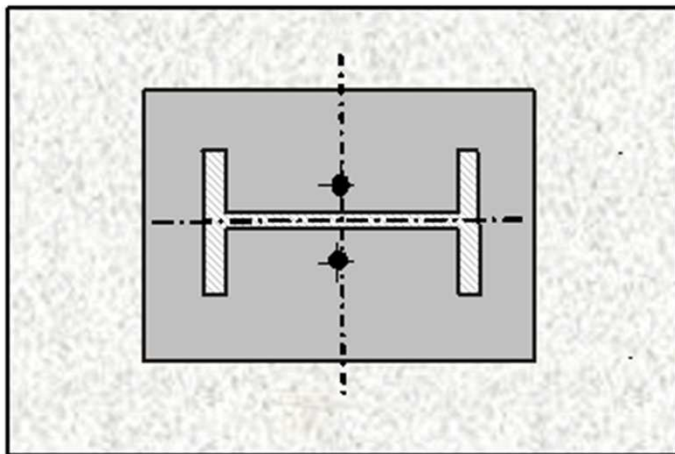
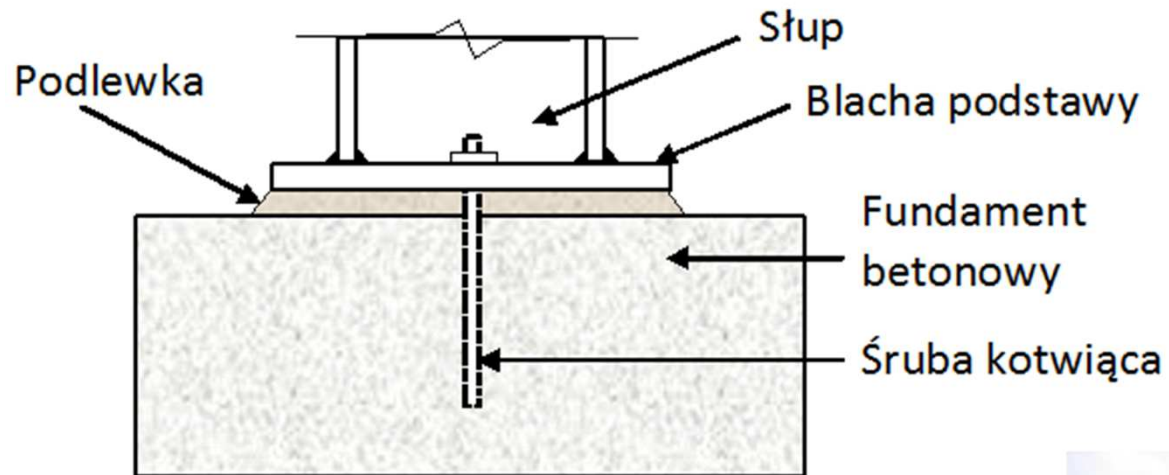
# WPROWADZENIE



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

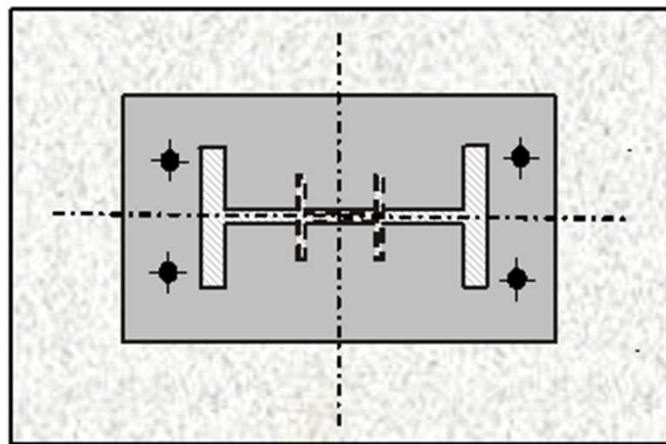
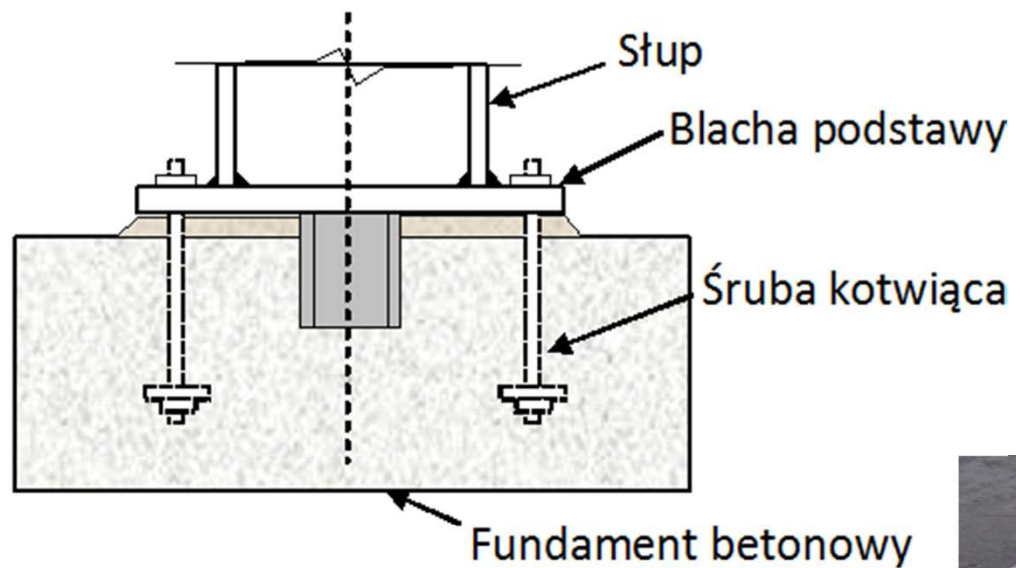
# WPROWADZENIE

- Przykład przegubowej podstawy słupa



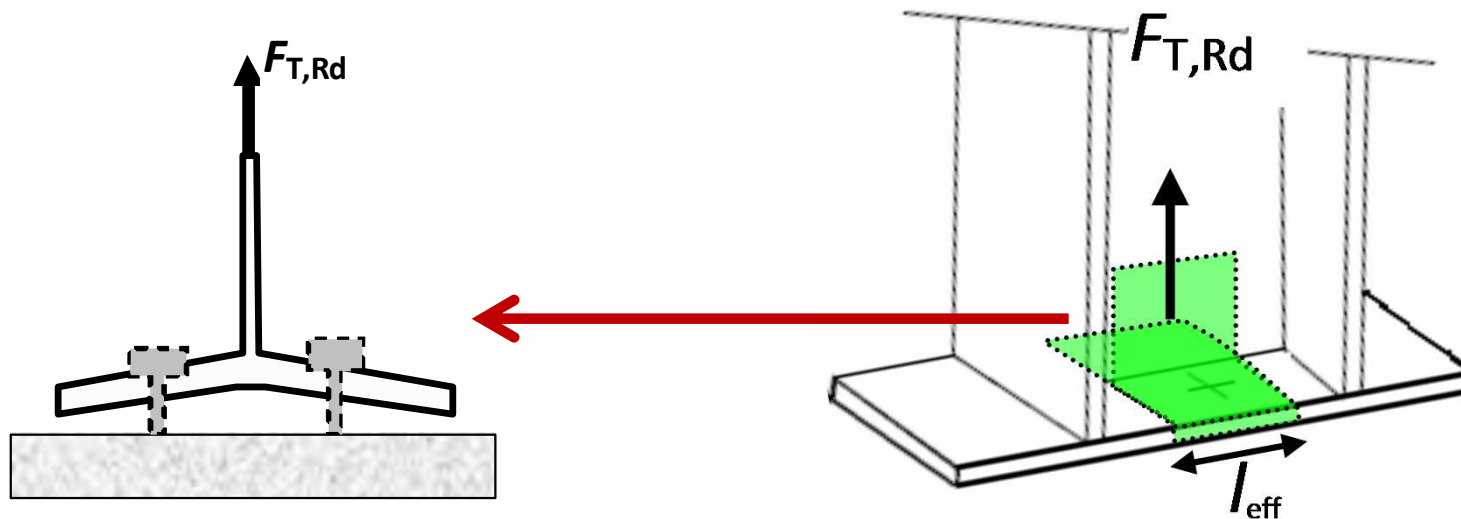
# WPROWADZENIE

- Przykład utwierdzonej podstawy słupa



# WPROWADZENIE

- Analiza węzła zgodnie z PN-EN 1993-1-8
  - ✓ Węzeł jest modelowany za pomocą części podstawowych: króćców teowych
  - ✓ Dwa modele obciążenia:
    - Nośność na ściskanie: króciec teowy w strefie docisku z betonem,
    - Nośność na rozciąganie: króciec teowy w strefie rozciągania (śruby kotwiące + blacha podstawy + środek słupa).





# WPROWADZENIE

- Zalecane współczynniki częściowe zgodnie z PN-EN 1993-1-8:

$\gamma_{M0} = 1,00$  : do obliczania nośności środka słupa przy rozciąganiu,  
blachy podstawy przy zginaniu

$\gamma_{M2} = 1,25$  : do obliczania nośności śrub kotwiących przy  
rozciąganiu/ściananiu i nośności spoin

- Zalecane częściowy współczynnik bezpieczeństwa według PN-EN 1992-1-1 :

$\gamma_c = 1,5$  : do obliczania nośności na ściskanie i przyczepności betonu

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA



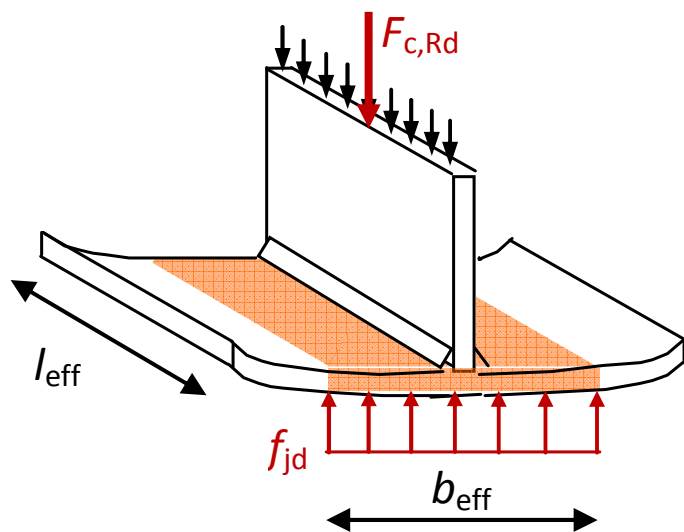
Program  
Uczenie się  
przez całe życie

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY DOCISKU

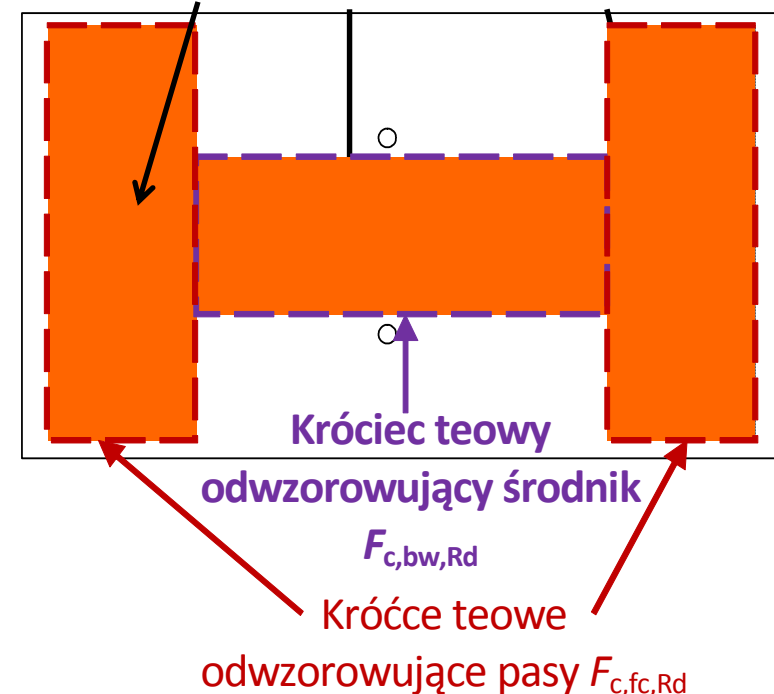
- Określenie nośności obliczeniowej króćców teowych na docisk do podłoża betonowego.

PN-EN 1993-1-8 § 6.2.5

- ✓ Nośność węzła w strefie ściskania: złożenie nośności ściskanych króćców teowych.



Osiągnięto obliczeniową wytrzymałość połączenia na docisk:  $f_{jd}$



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY DOCISKU

- Obliczeniowa wytrzymałość połączenia na docisk

$$f_{jd} = \alpha_{bf} \cdot \beta_j \cdot f_{cd}$$

PN-EN 1993-1-8 § 6.2.5

PN-EN 1992-1-1 § 6.7

gdzie:

$\alpha_{bf}$  parametr opisujący zależność między powierzchnią docisku a obliczeniową powierzchnią rozdziału

$\beta_j$  można przyjąć jako 2/3 (uwaga na następnym slajdzie)

$f_{cd}$  obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$f_{ck}$  charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie betonu mierzona na próbkach walcowych po 28 dniach

$$\alpha_{cc} = 1$$

$$\gamma_c = 1,5$$

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY DOCISKU

- Określenie  $\alpha_{bf}$  :

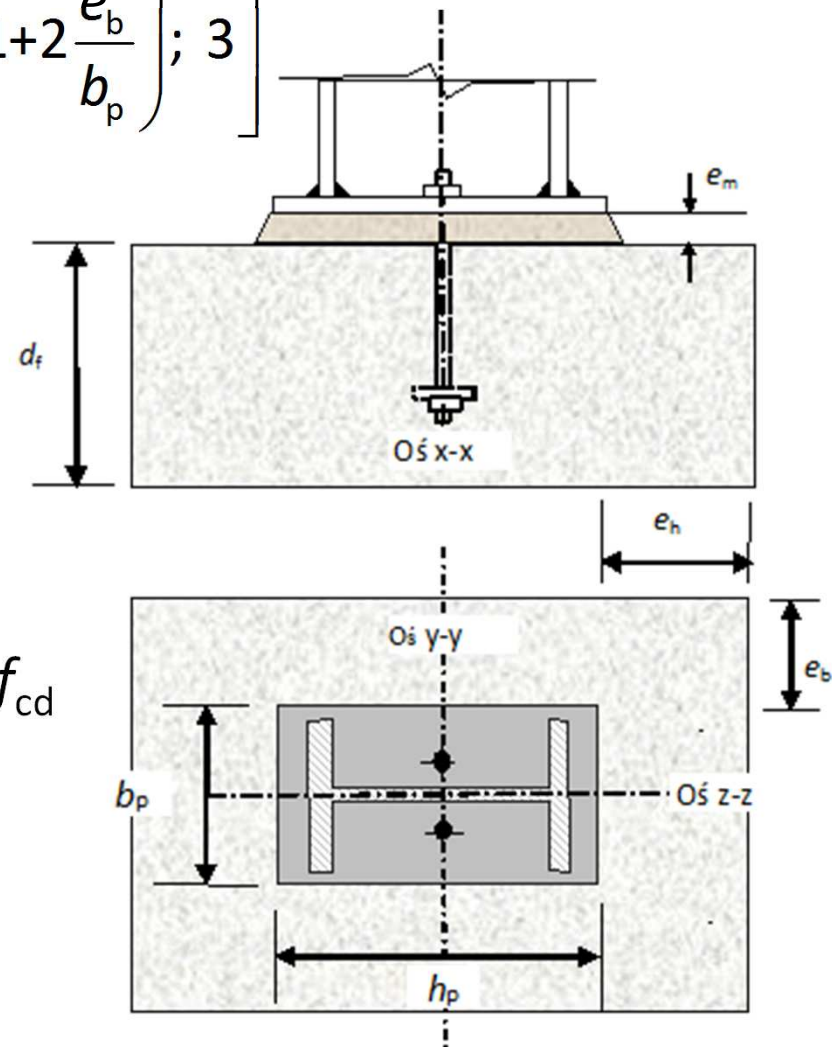
$$\alpha_{bf} = \min \left[ \left( 1 + \frac{d_f}{\max(h_p, b_p)} \right); \left( 1 + 2 \frac{e_h}{h_p} \right); \left( 1 + 2 \frac{e_b}{b_p} \right); 3 \right]$$

- Uwaga:  $\beta_j = 2/3$  jeżeli :

$$e_m \leq \min \begin{cases} 50 \text{ mm} \\ 0,2b_p \\ 0,2h_p \end{cases}$$

Wytrzymałość podlewki  $\geq 0,2 \times f_{cd}$

to:  $f_{jd} = f_{cd}$



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY DOCISKU

- Obliczeniowa nośność przy ściskaniu króćca teowego:

$$F_{C,Rd} = f_{jd} b_{eff} l_{eff} \quad \text{PN-EN 1993-1-8 (6.4)}$$

gdzie:

$l_{eff}$  długość efektywna półki króćca teowego

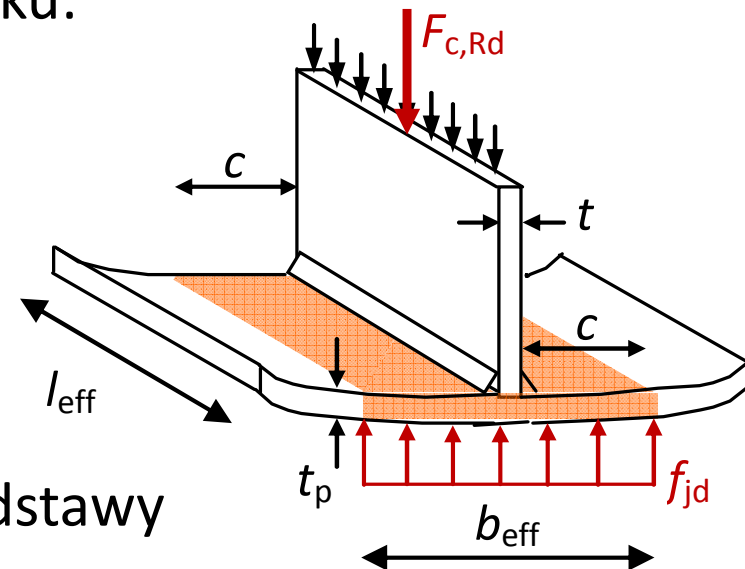
$b_{eff}$  szerokość efektywna półki króćca teowego:  $b_{eff} \leq t + 2c$

$c$  maksymalny wyсіęg strefy docisku:

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yp}}{3f_{jd} \gamma_{M0}}}$$

$\gamma_{M0} = 1$

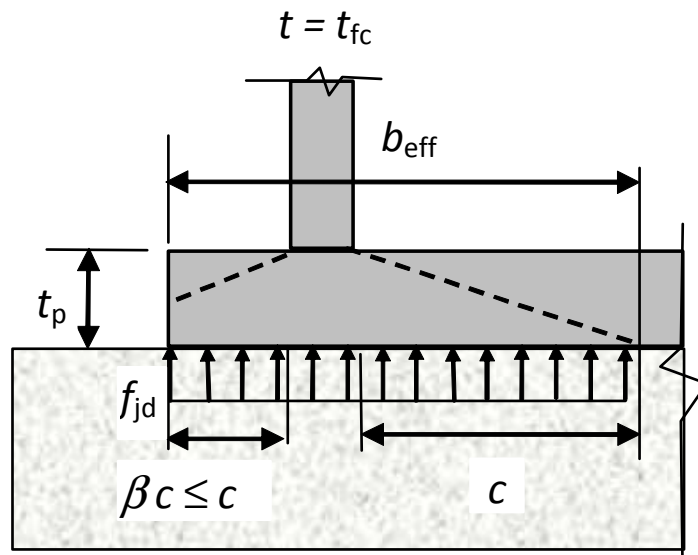
$f_{yp}$  granica plastyczności blachy podstawy



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY DOCISKU

➤ Duży i mały wyięg blachy

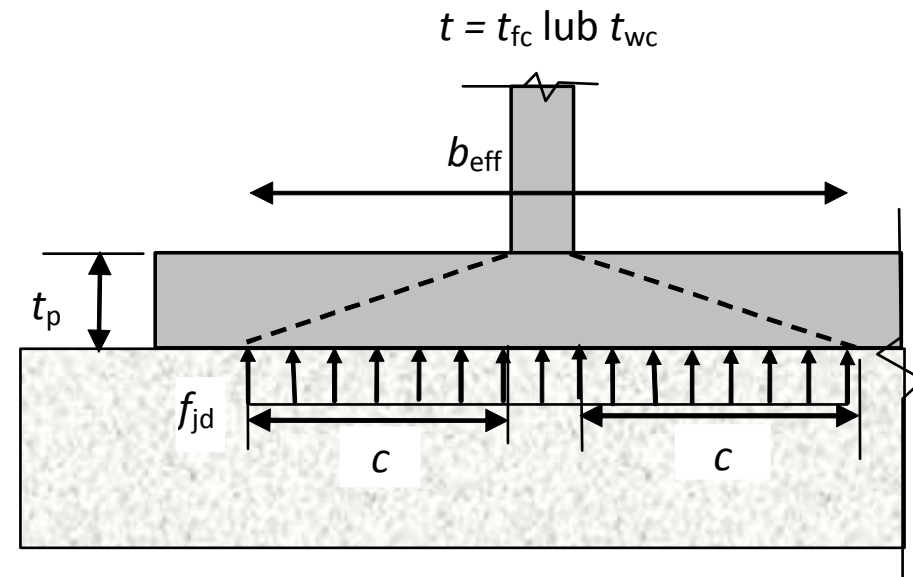
PN-EN 1993-1-8 §6.2.5



a) Mały wyięg blachy

Króciec reprezentujący pas:

$$b_{eff} = t_{fc} + c + \beta c$$



b) Duży wyięg blachy

Króciec reprezentujący pas:

$$b_{eff} = t_{fc} + 2c$$

Króciec reprezentujący środek:

$$b_{eff} = t_{wc} + 2c$$

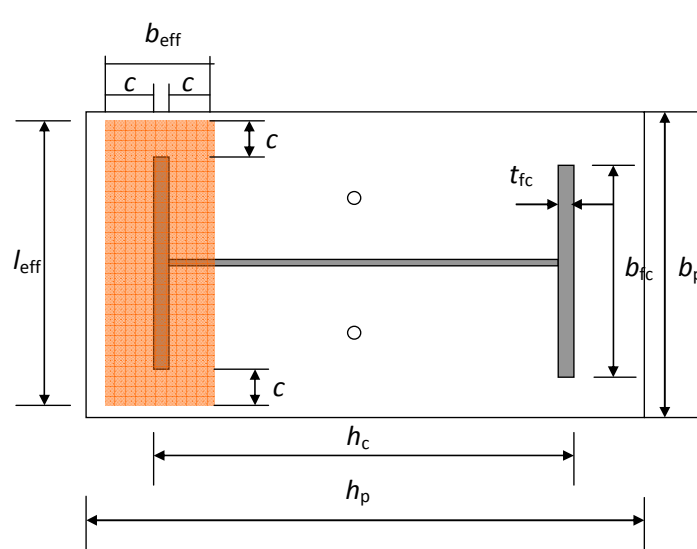
# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY DOCISKU

- Obliczeniowa nośność przy ściskaniu króćca teowego reprezentującego pas słupa:

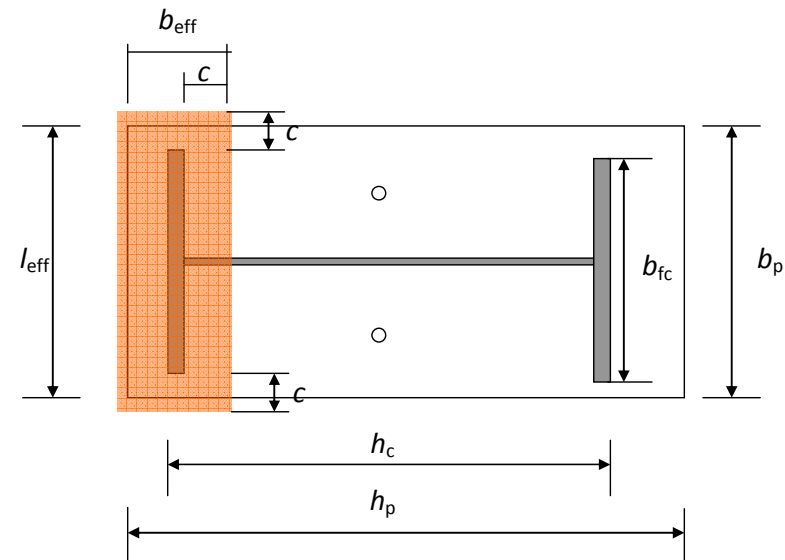
$$F_{c,fc,Rd} = f_{jd} b_{eff} l_{eff}$$

gdzie:  $l_{eff} = \min(b_p; b_{fc} + 2c)$

$$b_{eff} = \min(c; (h_p - h_c)/2) + t_{fc} + \min(c; h_c/2 - t_{fc})$$



Duży wysięg blachy



Mały wysięg blachy

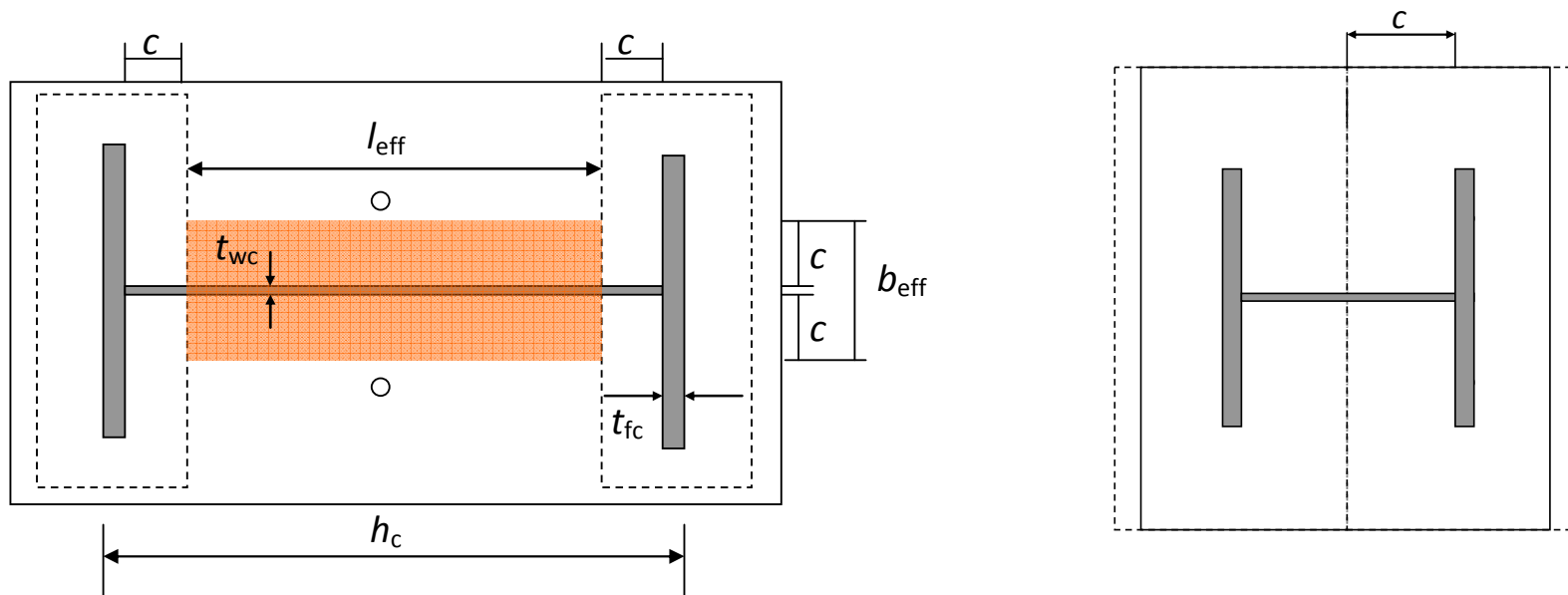


# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY DOCISKU

- Obliczeniowa nośność przy ściskaniu króćca teowego reprezentującego średnik słupa :  $F_{c,bw,Rd} = f_{jd} b_{eff} l_{eff}$

gdzie:  $l_{eff} = h_c - 2t_{fc} - 2c \geq 0$

$$b_{eff} = 2c + t_{wc}$$



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY DOCISKU

➤ Obliczeniowa nośność węzła na ściskanie:  $N_{C,Rd} = 2F_{c,fc,Rd} + F_{c,bw,Rd}$

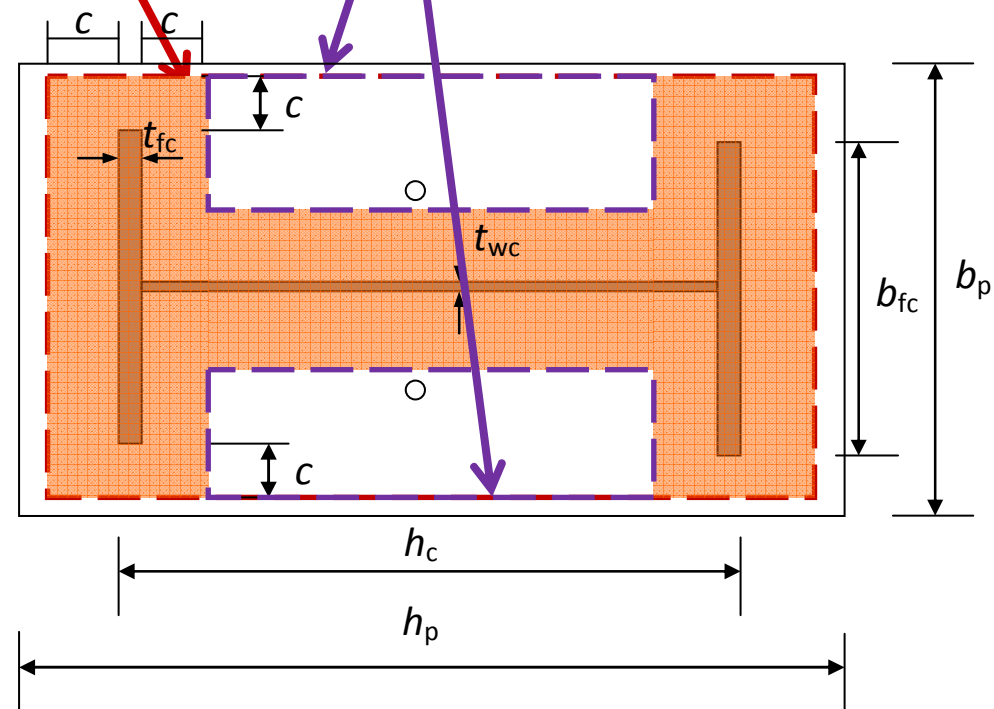
$$N_{C,Rd} = f_{jd} \left( \underbrace{h_{cp} b_{cp}}_{\text{red}} - \underbrace{l_{cp} (b_{cp} - t_{wc} - 2c)}_{\text{purple}} \right)$$

gdzie:

$$h_{cp} = \min(h_p; h_c + 2c)$$

$$b_{cp} = \min(b_p; b_{fc} + 2c)$$

$$l_{cp} = h_c - 2t_{fc} - 2c \geq 0$$

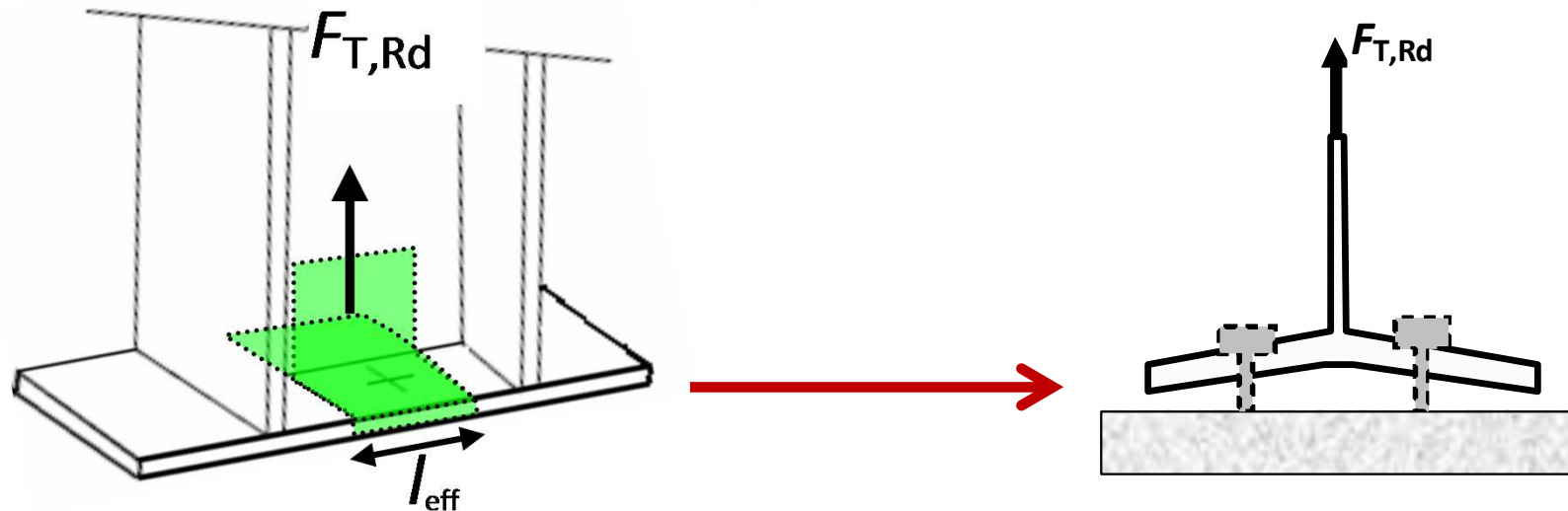


# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

- Węzeł jest modelowany za pomocą króćców teowych (blacha podstawy, śruby kotwiące) w strefie rozciągania
- Obliczenie nośności króćca przy rozciąganiu
- 6 możliwych modeli zniszczenia:

Blacha podstawy/śruby kotwiące (modele 1, 2, 1-2 i 3)

Środek słupa (model 4) i spoiny

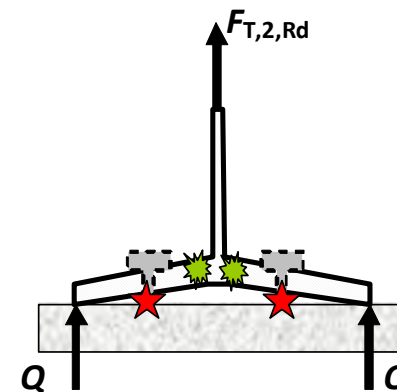
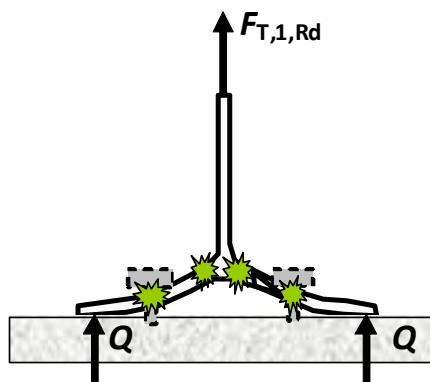


# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

## ➤ Modele zniszczenia blachy podstawy/śrub kotwiących

Model 1: Uplastycznienie blachy podstawy Model 2: Zniszczenie śrub z uplastycznieniem blachy

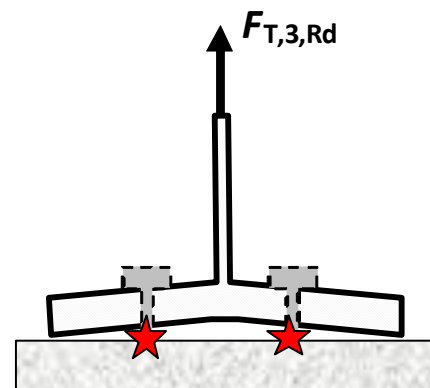
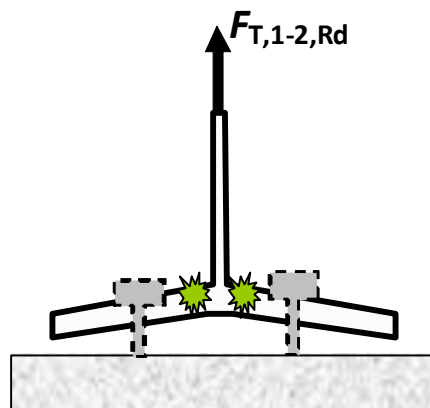
Efekt dźwigni



Model 1-2 : Uplastycznienie blachy podstawy

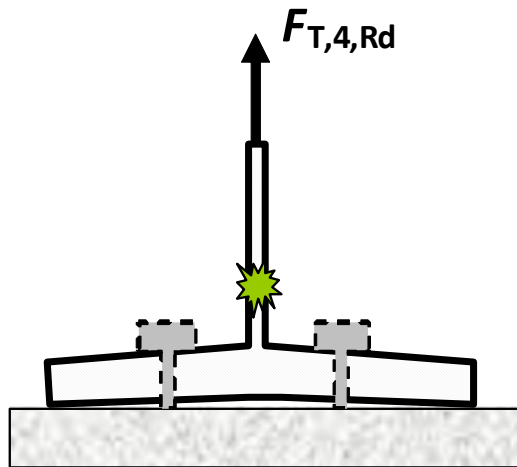
Model 3 : Zniszczenie śrub

Brak efektu dźwigni



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

Model 4 : Uplastycznienie środnika słupa przy rozciąganiu

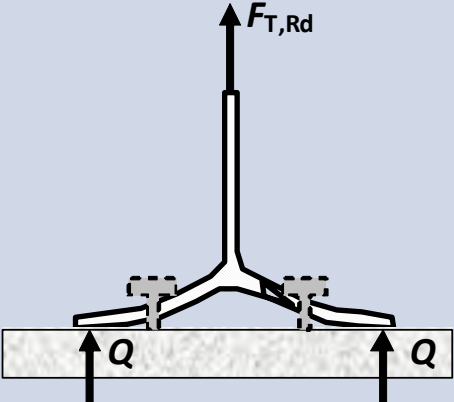
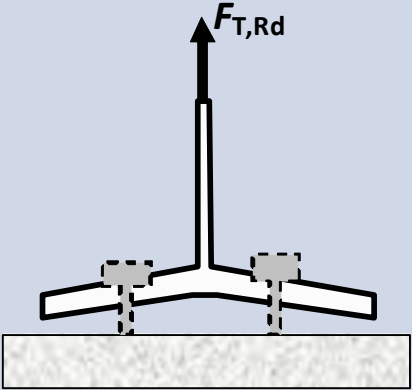


- Efekt dźwigni ma wpływ na wybór modelu zniszczenia.
- Modele zniszczenia 1 i 2 nie są możliwe bez obecności sił efektu dźwigni i są zastępowane modelem 1-2.

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

➤ Efekt dźwigni i modele zniszczenia:

PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.2

Efekt dźwigni	Obecność efektu dźwigni	Brak efektu dźwigni
Deformacja		
Warunek	$L_b \leq L_b^*$	$L_b > L_b^*$
Nośność króćca	$F_{T,Rd} = \min \left( \begin{array}{l} F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd} \\ F_{T,3,Rd}; F_{T,4,Rd} \end{array} \right)$	$F_{T,Rd} = \min \left( \begin{array}{l} F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd} \\ F_{T,4,Rd} \end{array} \right)$

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

➤ Baza wydłużalności śruby kotwiącej:

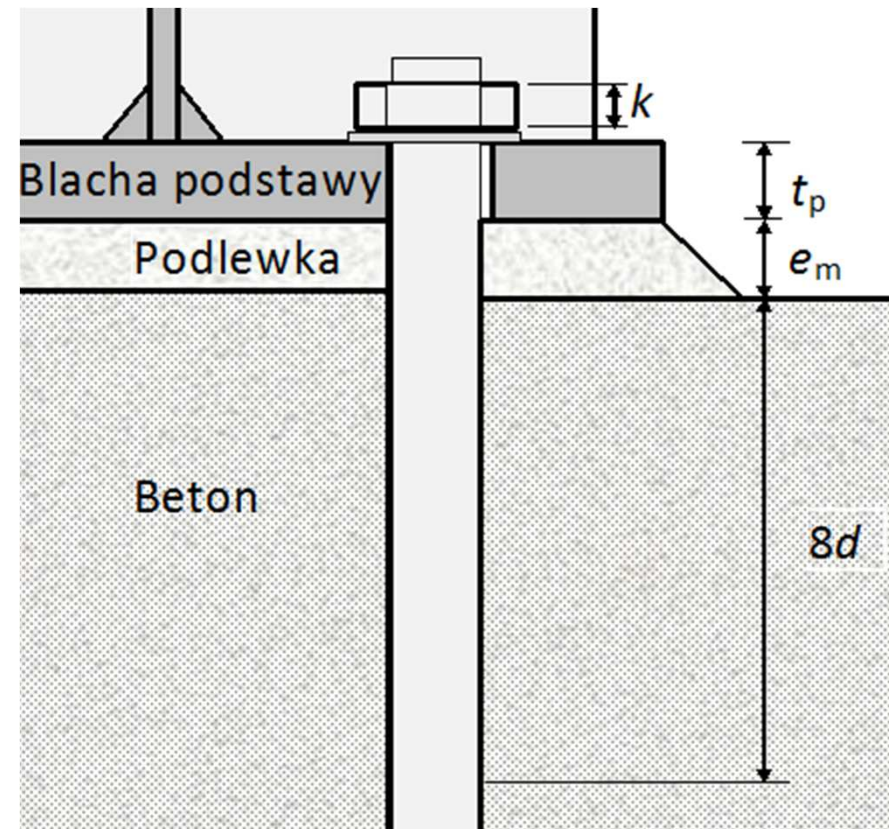
PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.2

$$L_b = 8d + e_m + t_p + t_{wa} + 0,5k$$

gdzie:

$t_{wa}$  Grubość podkładki

$d$  Średnica śruby kotwiącej



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

- Ograniczenie bazy wydłużalności śruby: PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.2

$$L_b^* = \frac{8,8m^3 A_s}{l_{\text{eff},1} t_p^3}$$

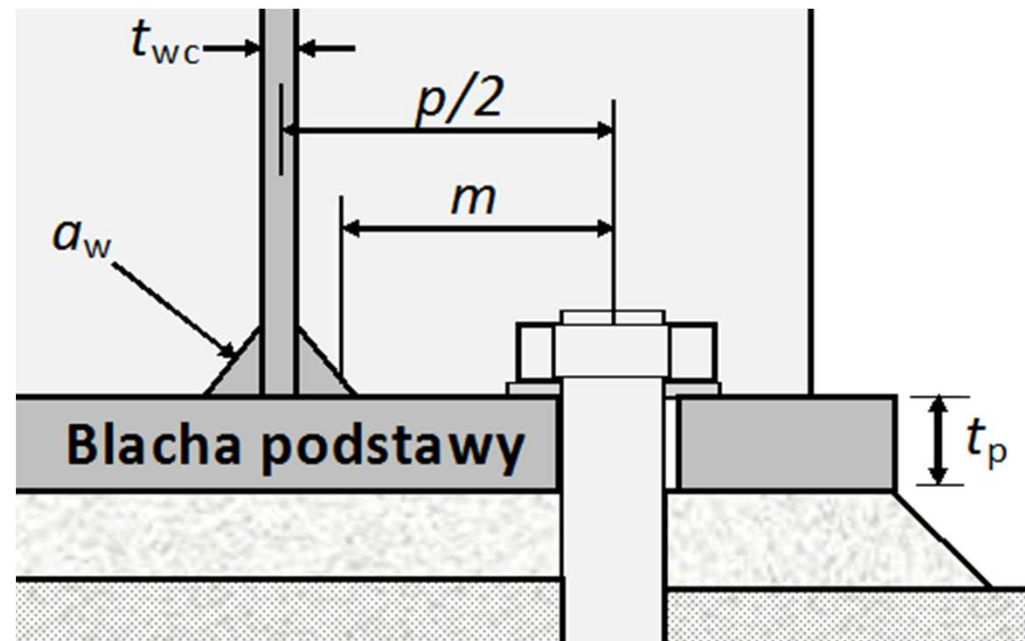
gdzie:

$A_s$  Pole przekroju czynnego śruby kotwiącej przy rozciąganiu

$l_{\text{eff},1}$  Długość efektywna:

$$l_{\text{eff},1} = \min(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}})$$

$$m = p/2 - t_{\text{wc}}/2 - 0,8\sqrt{2}a_w$$



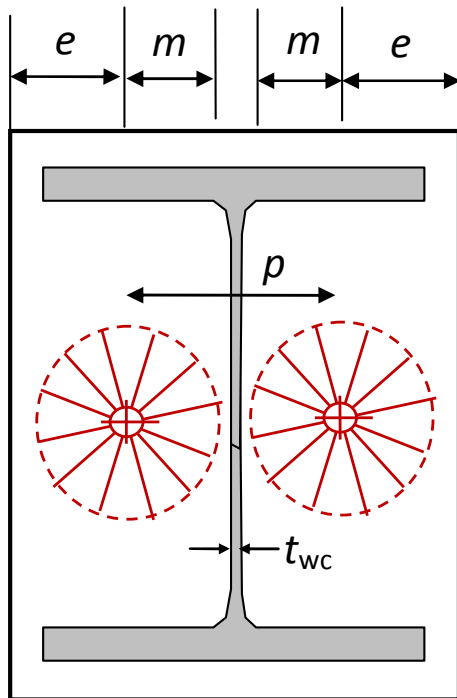


# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

➤ Efektywne długości króćców teowych:

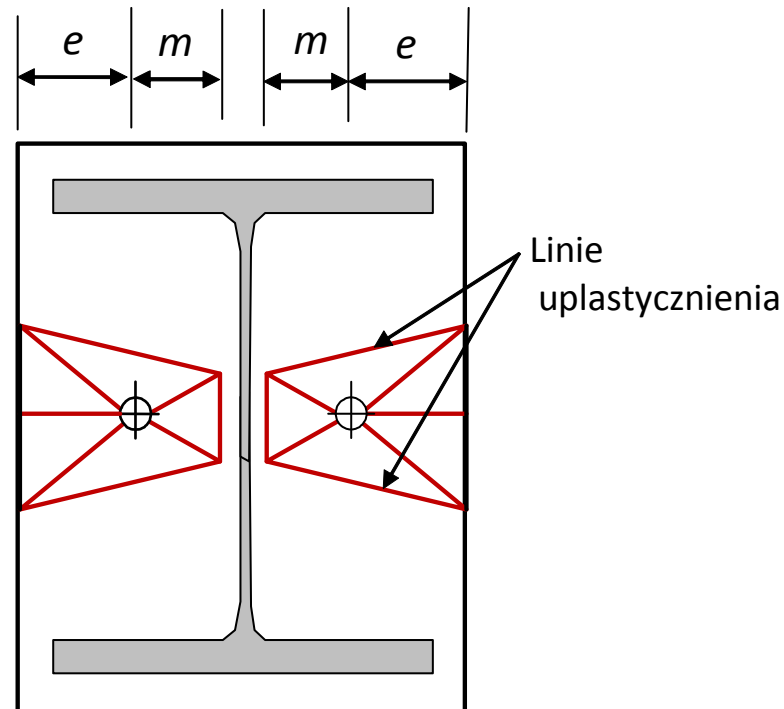
PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.6

Mechanizmy kołowe



$$l_{\text{eff,cp}} = 2 \times \pi \times m$$

Mechanizmy niekołowe



$$l_{\text{eff,nc}} = 4m + 1,25e$$

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

➤ Nośność modelu 1 i modelu 1-2:

PN -EN 1993-1-8 Tablica 6.2

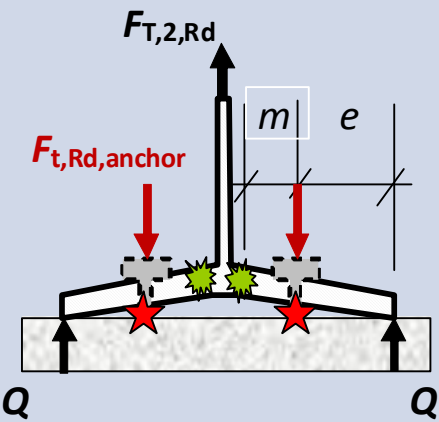
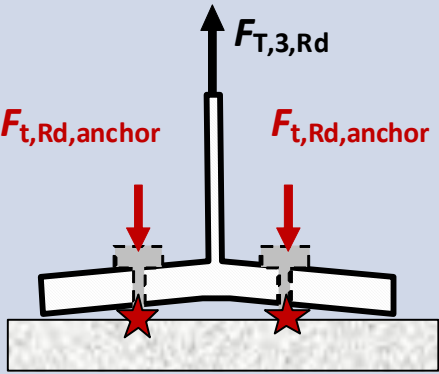
Model zniszczenia	Model 1	Model 1-2
Uplastycznienie blachy podstawy		
Nośność króćca	$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$	$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$

gdzie:  $M_{pl,1,Rd} = m_{pl,Rd} l_{eff,1}$ ;  $m_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 f_{yp}}{4\gamma_{M0}}$ ;  $l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc})$

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

➤ Nośność modelu 2 i modelu 3:

PN -EN 1993-1-8 Tablica 6.2

Model zniszczenia	Model 2	Model 3
Zniszczenie śrub kotwiących		
Nośność króćca	$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + 2nF_{t,Rd,anchor}}{m + n}$	$F_{T,3,Rd} = 2F_{t,Rd,anchor}$

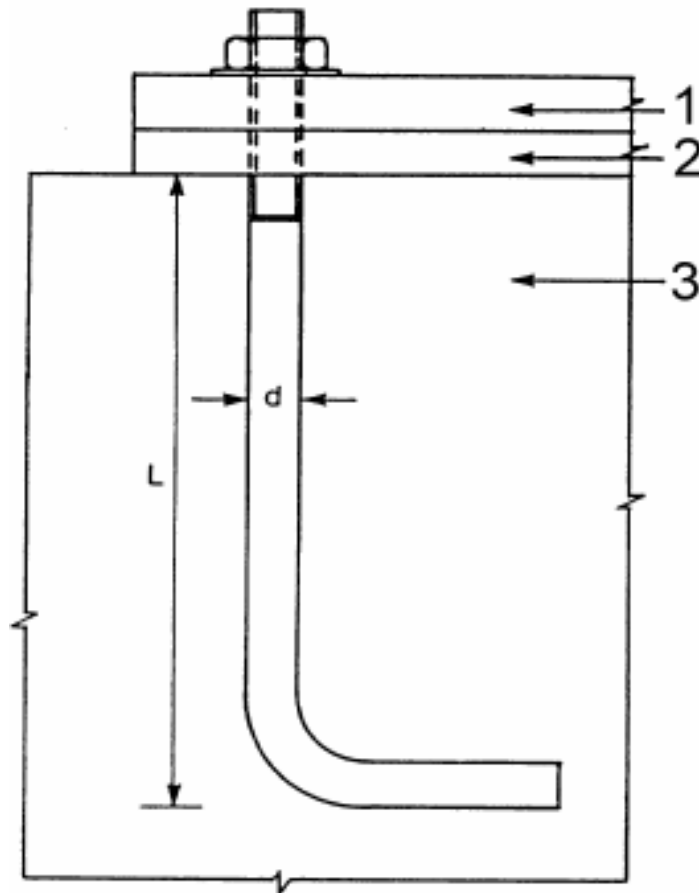
gdzie:  $M_{pl,2,Rd} = m_{pl,Rd} l_{eff,2}$ ;  $l_{eff,2} = l_{eff,nc}$ ;  $n = \min(e; 1,25m)$

$F_{t,Rd,anchor}$

Nośność pojedynczej śruby

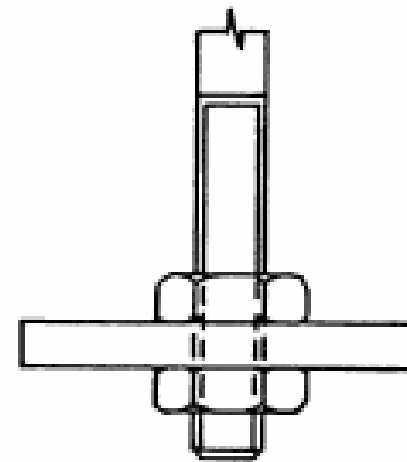
# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

- Nośność na rozciąganie śrub kotwiących: [PN-EN 1993-1-8 §6.2.6.12](#)



(a) Hak: Uwzględnia się przyczepność

1. Blacha podstawy
2. Podlewka
3. Fundament betonowy



(b) Płytką oporową: Brak przyczepności

## PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

- Nośność pojedynczej śruby kotwiącej, dwa modele zniszczenia:  
Nośność na rozciąganie przekroju śruby kotwiącej,  $F_{t,Rd}$ ,  
Nośność zespolenia betonu ze śrubą kotwiącą,  $F_{t,bond,Rd}$ .

$$\rightarrow F_{t,Rd,anchor} = \min [ F_{t,Rd}; F_{t,bond,Rd} ]$$

- Nośność obliczeniowa śruby kotwiącej na rozciąganie:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad \text{PN-EN 1993-1-8 Tablica 3.4}$$

gdzie:

$f_{ub}$  Wytrzymałość na rozciąganie śruby kotwiącej

$\gamma_{M2} = 1,25$  PN-EN 1993-1-8 Tablica 3.1

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

- Nośność zespolenia betonu z prostą śrubą kotwiącą :

$$F_{t,bond,Rd} = \pi d l_b f_{bd}$$

gdzie:

$d$  Nominalna średnica śruby kotwiącej

$f_{bd}$  Wytrzymałość obliczeniowa  
na przyczepność:

Jeżeli  $d < 32$  mm:

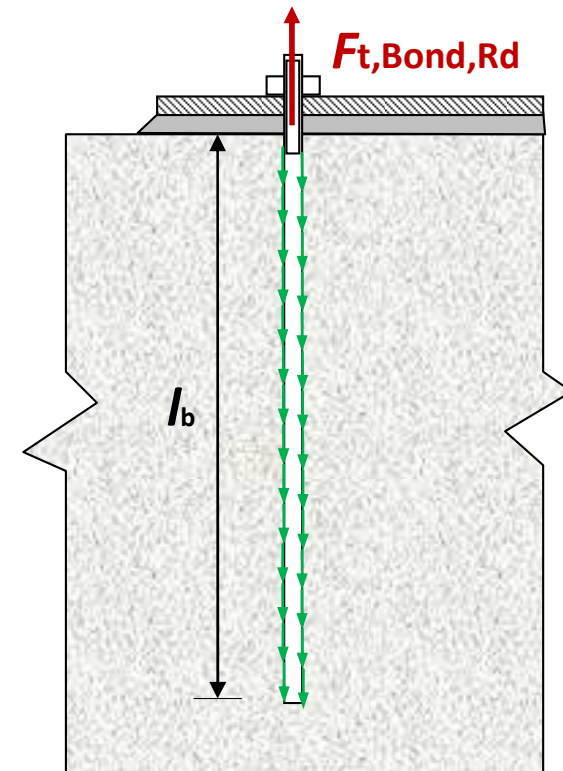
$$f_{bd} = \frac{0,36 \times \sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c}$$

Jeżeli  $d \geq 32$  mm:

$$\gamma_c = 1,5 \quad f_{bd} = \frac{0,36 \times \sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} \frac{132 - d}{100}$$

  $f_{yb} \leq 600 \text{ N/mm}^2$

$f_{yb}$  Granica plastyczności śruby kotwiącej.



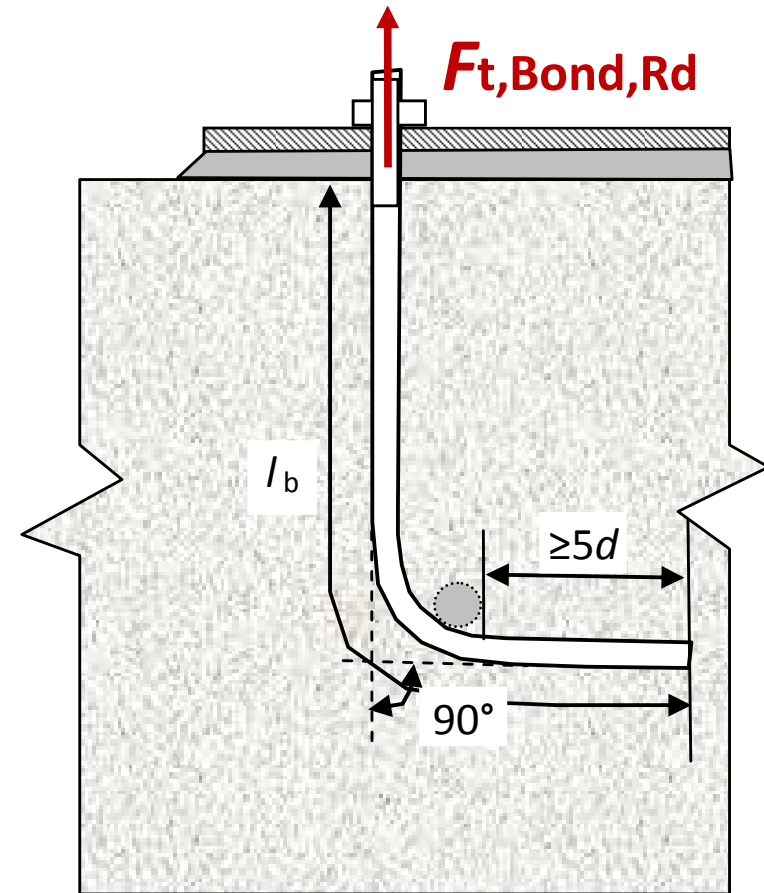
# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

- Nośność zespolenia betonu ze śrubą kotwiącą z hakiem:

$$F_{t,bond,Rd} = \frac{\pi d l_b f_{bd}}{0,7}$$

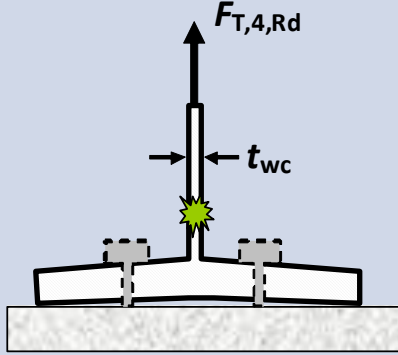
PN-EN 1993-1-8 §6.2.6.12 (5)

⚡ Sprawdzić, czy  $f_{yb} \leq 300 \text{ N/mm}^2$



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

## ➤ Nośność modelu 4:

Model zniszczenia	Model 4
Uplastycznienie średnika słupa przy rozciąganiu	
Nośność króćca	$F_{T,4,Rd} = F_{t,wc,Rd} = \frac{b_{\text{eff},t} \times t_{wc} \times f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$

gdzie:

$f_{y,wc}$  Granica plastyczności średnika słupa

$b_{\text{eff},t} = l_{\text{eff},1}$



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ STREFY ROZCIĄGANIA

- Nośność spoiny:

$$F_{t,w,Rd} = l_{w,eff,t} a_w \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

gdzie:

$a_w$  grubość spoiny łączącej środnik słupa

$\beta_w$  współczynnik korelacji PN-EN 1993-1-8 Tablica 4.1

$f_u$  nominalna wytrzymałość na rozciąganie słabszej łączonej części

$l_{w,wb}$  całkowita długość efektywna spoin łączących środnik słupa

$$l_{w,eff,t} = 2l_{eff,1} \leq l_{w,wb}$$

- Ostatecznie nośność złącza przy rozciąganiu:

$$N_{T,Rd} = \min(F_{T,Rd}; F_{t,w,Rd}) \geq N_{t,Ed}$$

# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ŚCINANIU

- Trzy sposoby przekazywania sił poprzecznych na fundament betonowy:
  - ✓ Opór tarcia w węźle między blachą podstawy a podłożem betonowym (ściskanie),
  - ✓ Nośność śrub kotwiących na ścinanie (ściskanie/rozciąganie),
  - ✓ Zastosowanie specjalnych elementów oporowych - ostróg (przy znacznej sile rozciągającej).



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ŚCINANIU

- Obliczeniowa nośność ze względu na poślizg: PN-EN 1993-1-8 6.2.2 (6)

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} N_{c,Ed}$$

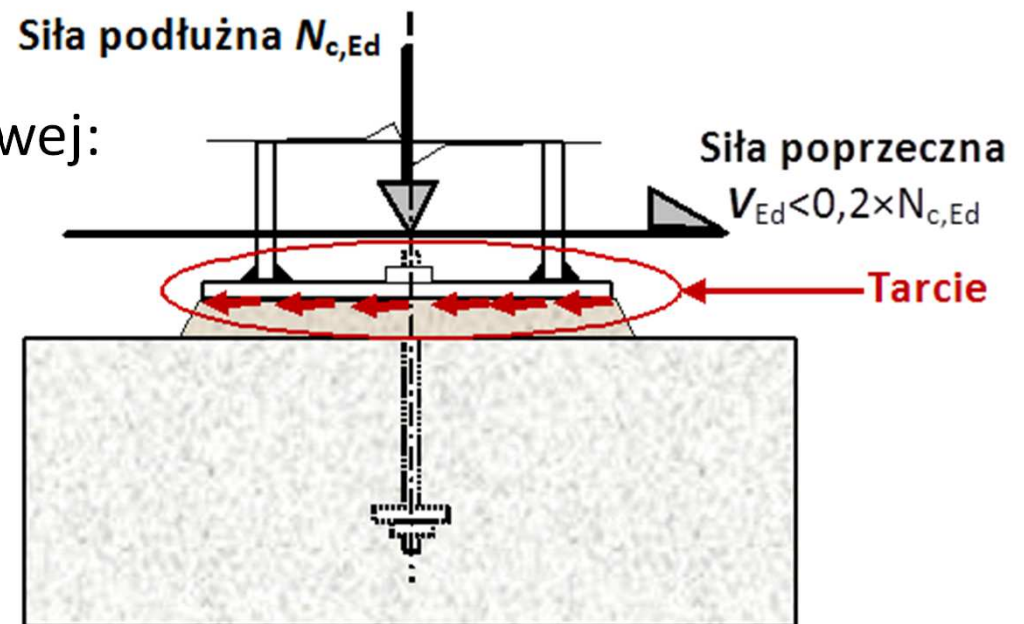
gdzie:

$N_{c,Ed}$  Ściskająca siła podłużna

$C_{f,d}$  Współczynnik tarcia

Dla zaprawy cementowo-piaskowej:

$$C_{f,d} = 0,2$$



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ŚCINANIU

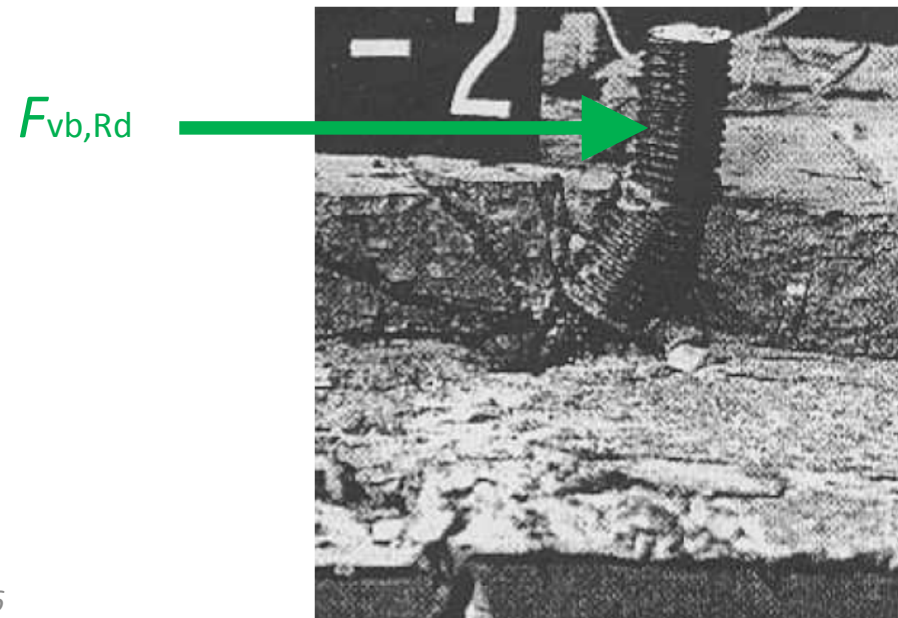
- Obliczeniowa nośność na ścinanie śruby kotwiącej:

$$F_{vb,Rd} = \frac{\alpha_{bc} \cdot f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad \text{PN-EN 1993-1-8 6.2.2 (7)}$$

gdzie:

$f_{yb}$  Granica plastyczności śruby kotwiącej

$\alpha_{bc} = 0,44 - 0,0003f_{yb}$  i  $235 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yb} \leq 640 \text{ N/mm}^2$



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ŚCINANIU

- Obliczeniowa nośność przy obciążeniu siłą poprzeczną i ściskaniu:

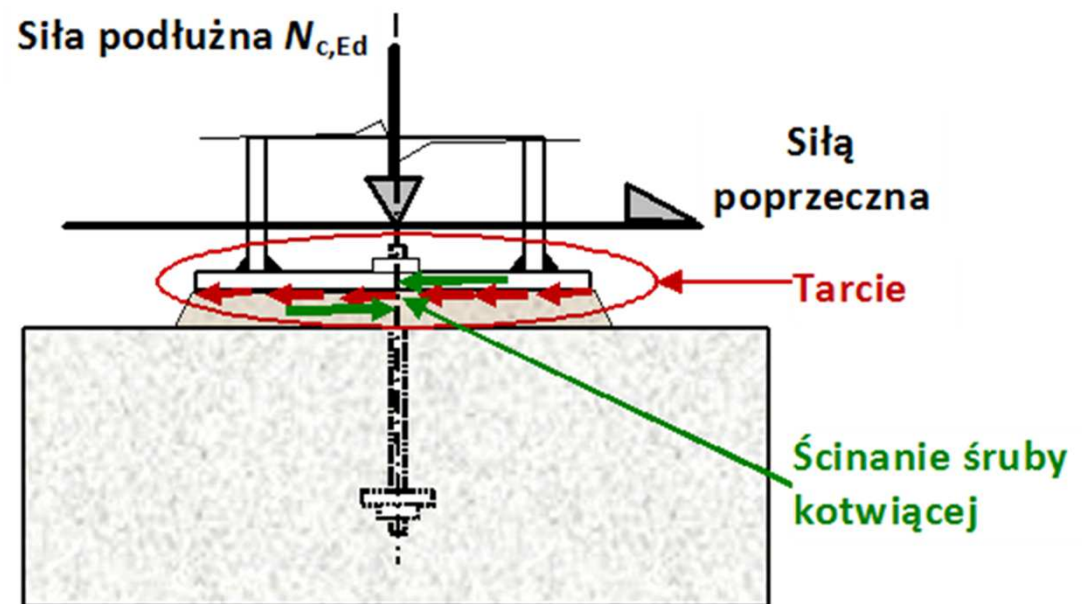
PN-EN 1993-1-8 6.2.2 (8)

- ✓ Suma **nośności ze względu na poślizg** i **nośności na ścinanie** śrub kotwiących:

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + nF_{vb,Rd} \geq V_{Ed}$$

gdzie:

$n$  Liczba śrub kotwiących w blasze podstawy



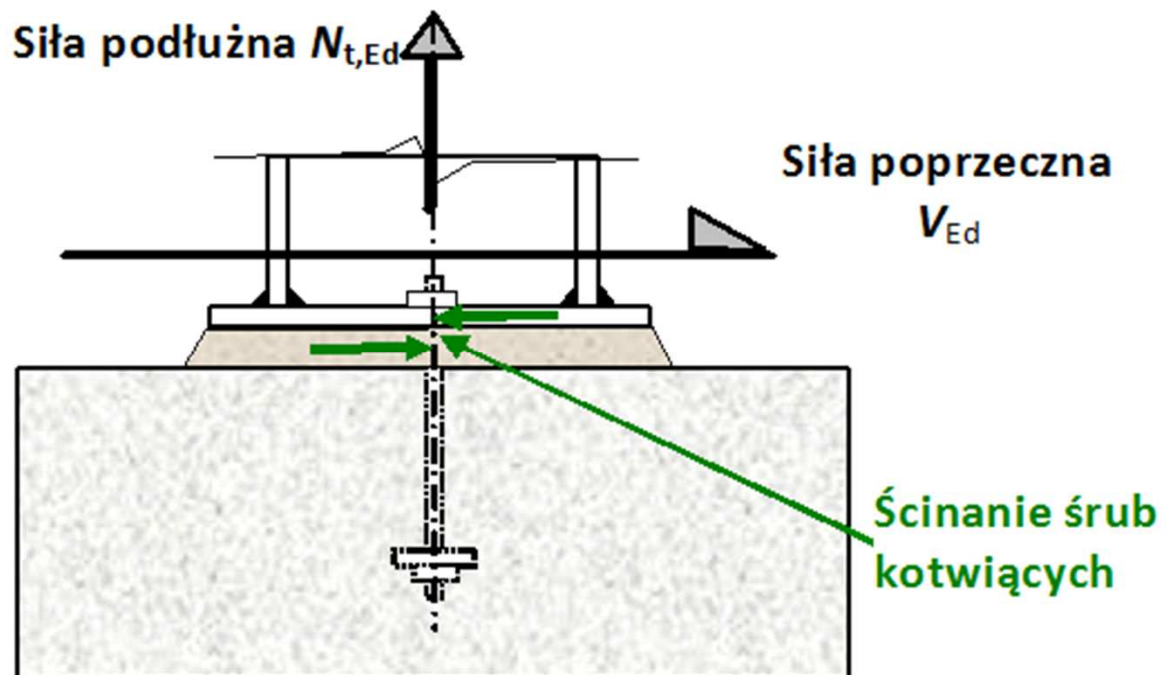
# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ŚCINANIU

- Nośność na ścinanie przy jednoczesnym rozciąganiu:

$$\frac{V_{Ed}}{nF_{vb,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1,4F_{T,Rd}} < 1$$

gdzie:

$F_{T,Rd}$  Nośność na rozciąganie króćca teowego w strefie rozciągania



# PRZEGUBOWA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ŚCINANIU

- Nośność spoin przy ścinaniu (w przypadku ściskania) :

$$V_{w,Rd} = f_{vw,d} \times a \times l_{w,eff} \geq V_{Ed}$$

gdzie:  $f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}}$

$l_{w,eff}$  całkowita efektywna długość spoin w kierunku ścinania

$a$  efektywna grubość spoiny pachwinowej w kierunku ścinania

- Sprawdzenie nośności spoin przy ścinaniu (w przypadku rozciągania) :

$$F_{w,Ed} = \sqrt{\left(\frac{N_{t,Ed}}{l_{w,eff,t}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{l_{w,eff}}\right)^2} \leq f_{vw,d} \times a$$

# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA

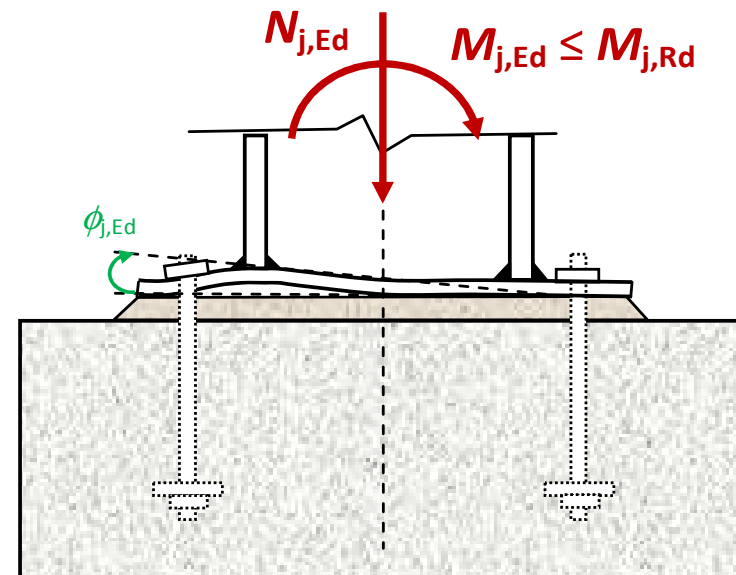
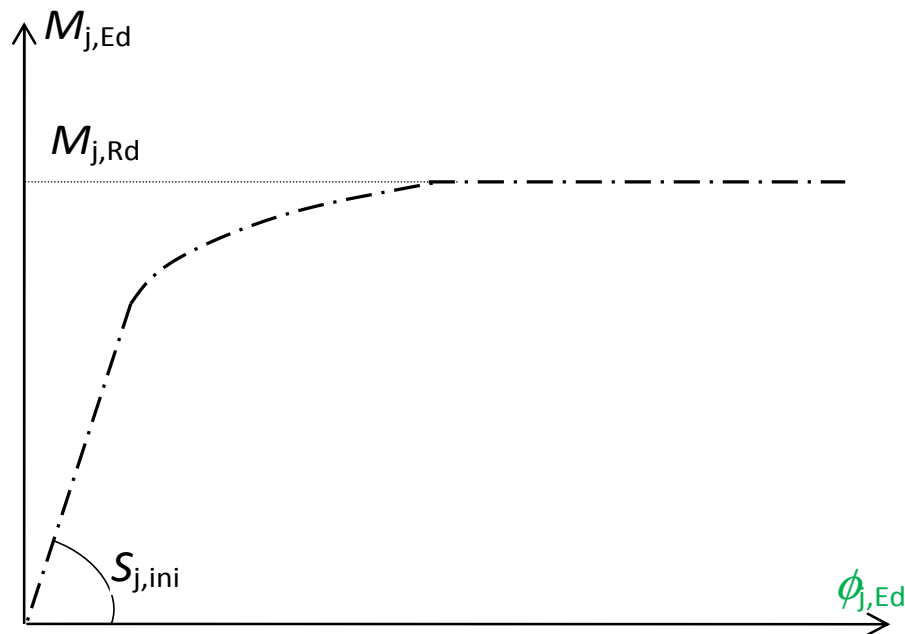


Program  
Uczenie się  
przez całe życie



# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA - WPROWADZENIE

- Obliczenie nośności przy zginaniu i początkowej sztywności obrotowej z uwzględnieniem siły podłużnej:

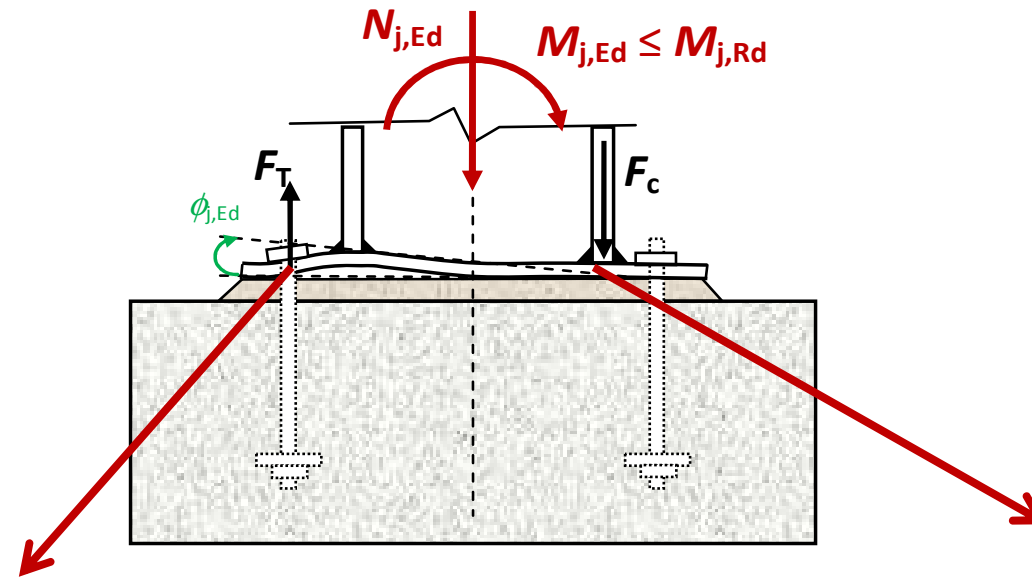


- Początkowa sztywność obrotowa:

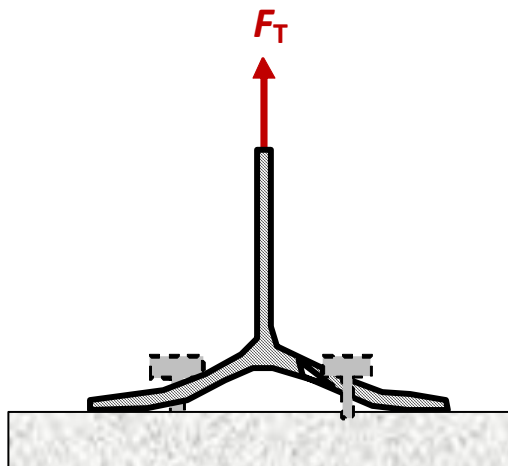
$$S_{j,ini} = \frac{M_{j,Ed}}{\phi_{j,Ed}}$$

# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA - WPROWADZENIE

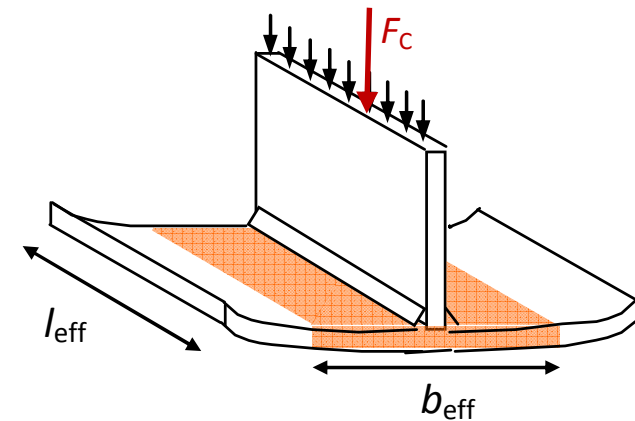
- Zastosowanie metody składowej:



Króciec teowy w strefie rozciągania:



Króciec teowy w strefie ściskania:



# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA - WPROWADZENIE

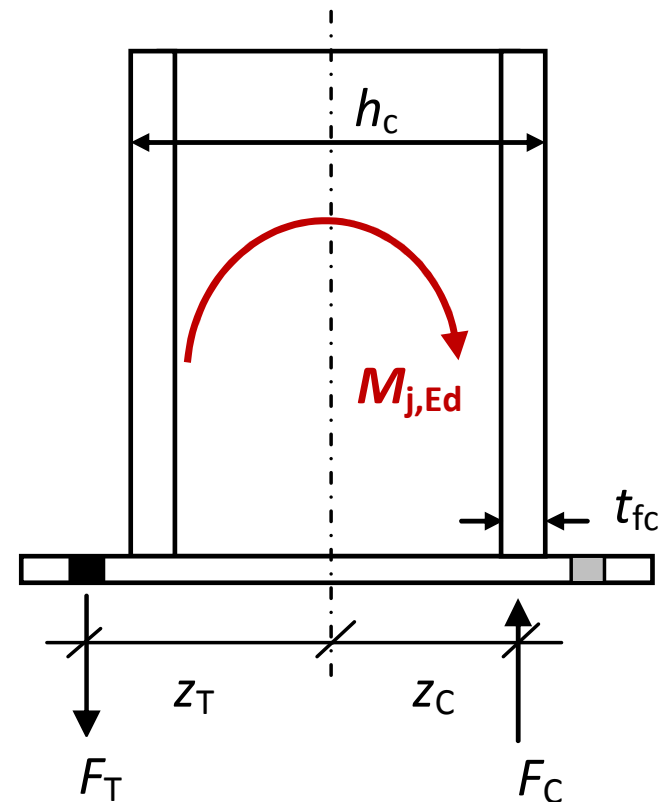
- Ramiona dźwigni:
  - ✓ Siła rozciągająca umieszczona w środku śruby kotwiącej,
  - ✓ Siła ściskająca w środku pasa słupa.

- Moment zginający:

$$M_{j,Ed} = z_C F_C + z_T F_T$$

- Nośność przy zginaniu: nośność osiągnięta przez króciec teowy.

$$F_C = F_{C,Rd} \quad \text{or} \quad F_T = F_{T,Rd}$$

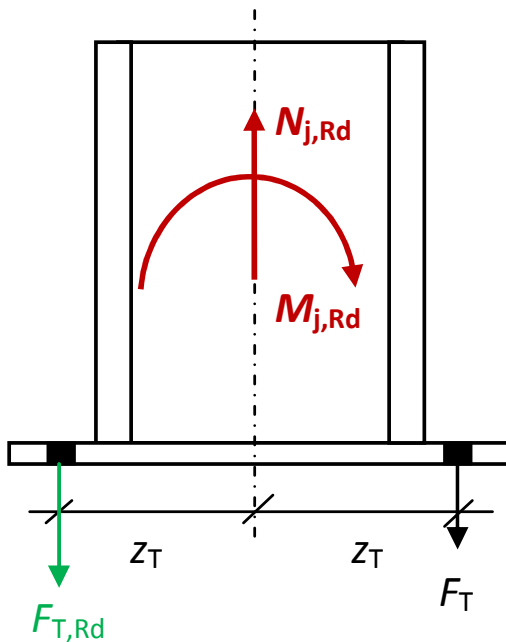


# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ZGINANIU

➤ Nośność przy zginaniu zależy od mimośrodów: 
$$e_N = \frac{M_{j,Ed}}{N_{j,Ed}} = \frac{M_{j,Rd}}{N_{j,Rd}}$$

Dominująca siła rozciągająca:

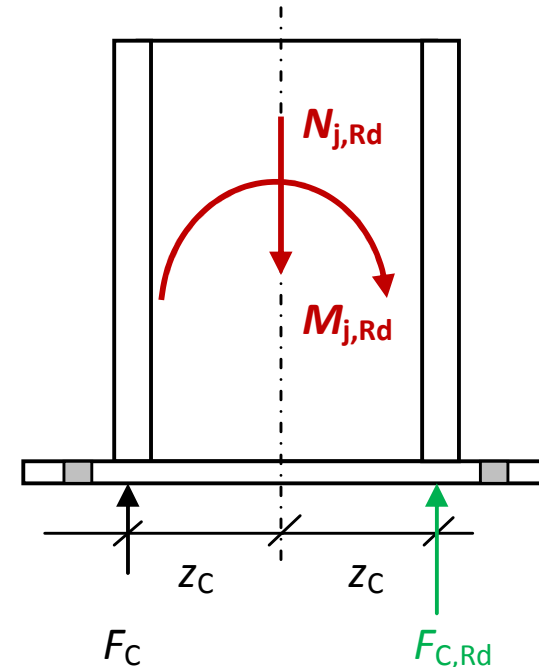
$$0 \leq e_N \leq z_T$$



2 króćce teowe  
w strefie rozciągania

Dominująca siła ściskająca:

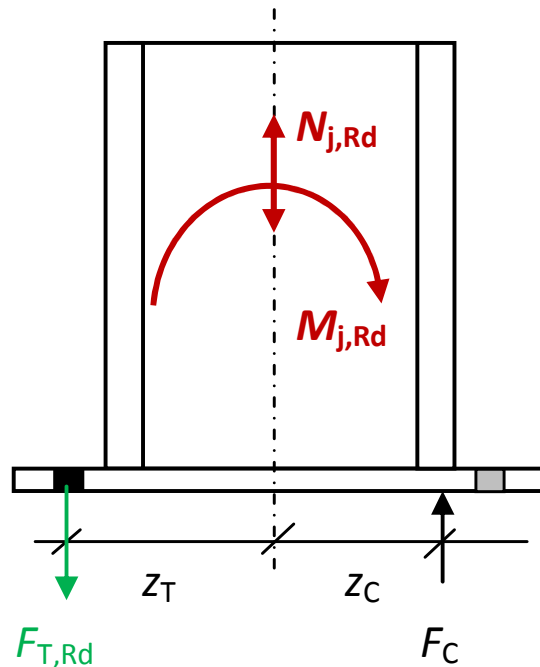
$$-z_C \leq e_N \leq 0$$



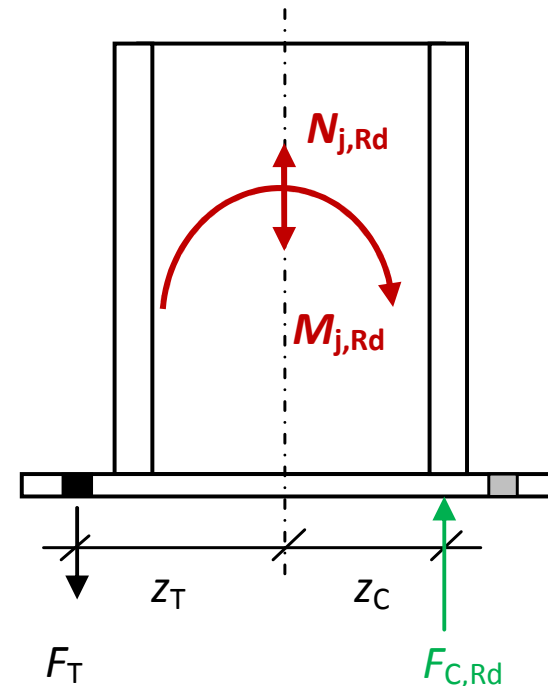
2 króćce teowe  
w strefie ściskania

# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ZGINANIU

- Dominujący moment zginający:  $e_N \geq z_T$  lub  $e_N \leq -z_C$
- Węzeł złożony z części rozciąganej i części ściskanej:
  - ➔ Nośność jest osiągnięta w jednej z tych części,



krytyczny króciec  
w strefie rozciąganej



krytyczny króciec  
w strefie ściskanej

# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ZGINANIU

- Obliczeniowa nośność przy ściskaniu króćca teowego:

$$F_{C,Rd} = f_{jd} b_{eff} l_{eff}$$

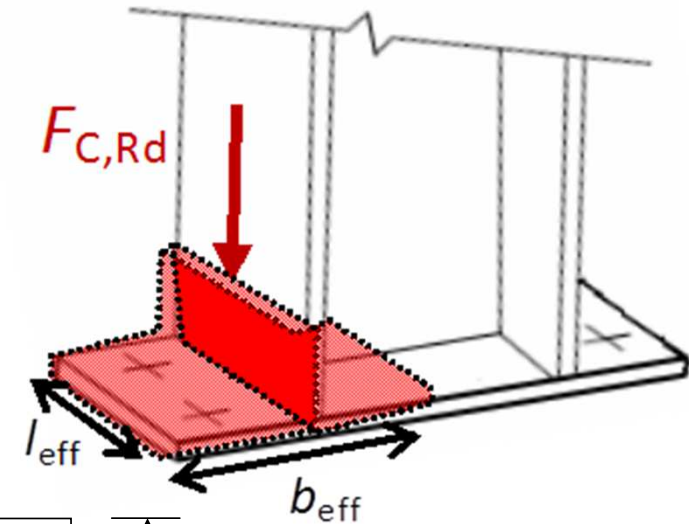
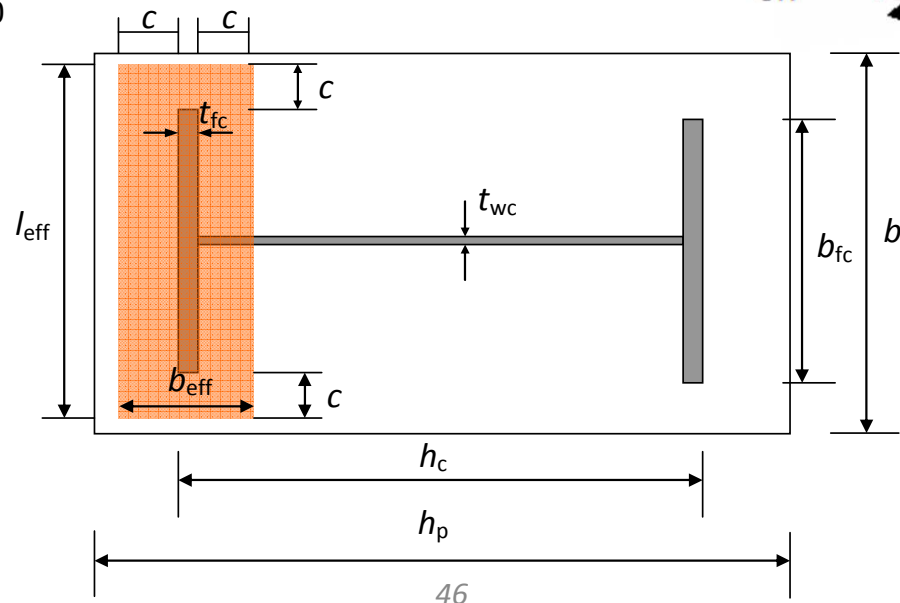
PN-EN 1993-1-8 (6.4)

gdzie:

$$l_{eff} = \min(b_p; b_{fc} + 2c)$$

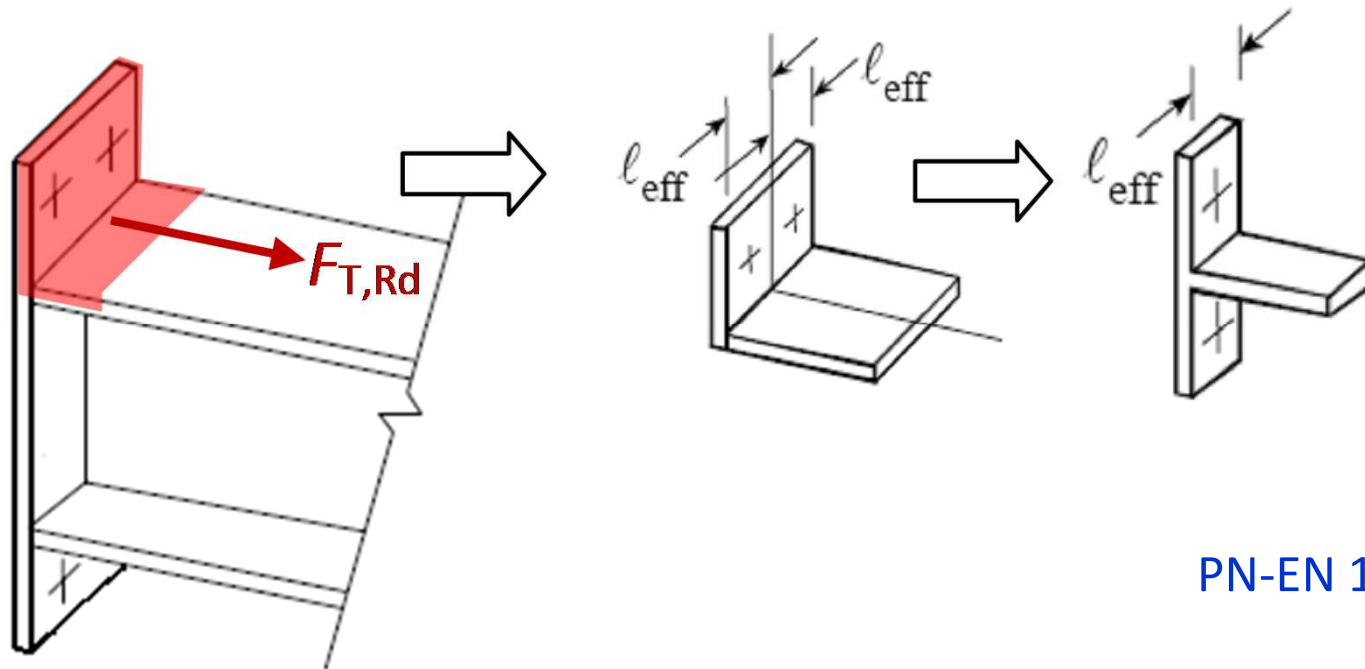
$$b_{eff} = \min\left(c, \frac{h_c}{2} - t_{fc}\right) + t_{fc} + \min\left(c, \frac{h_p - h_c}{2}\right)$$

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yp}}{3f_{jd}\gamma_{M0}}}$$



# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ZGINANIU

- Nośność części rozciąganej węzła (2 śruby kotwiące):
  - ✓ Analiza nośności zastępczego króćca teowego:



PN-EN 1993-1-8 Rys. 6.10

- ✓ Takie same obliczenia jak dla przegubowej podstawy słupa:

Inna długość efektywna,  $l_{eff}$



Należy zastąpić  $m$  przez  $m_x$ ,  $e$  przez  $e_x$  przy ustalaniu nośności króćca teowego

# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ZGINANIU

➤ Efektywne długości króćca teowego:

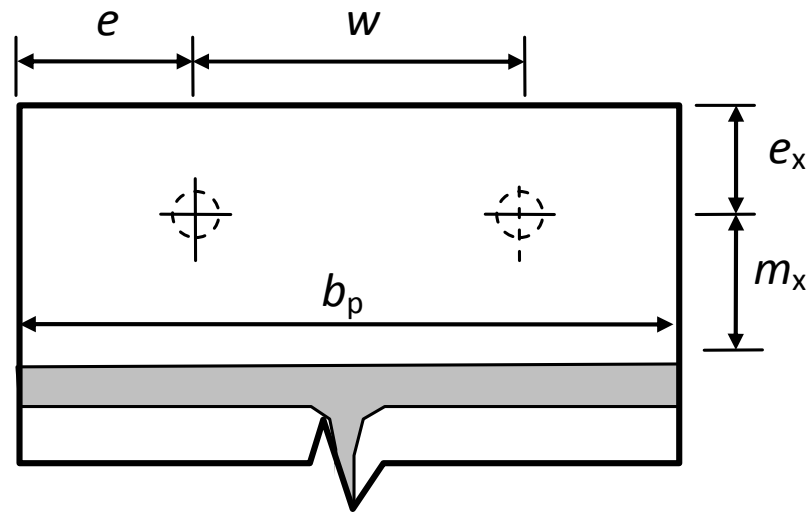
PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.6

Mechanizmy kołowe

$$l_{\text{eff,cp}} = \min \begin{cases} 2\pi m_x \\ \pi m_x + w \\ \pi m_x + 2e \end{cases}$$

Mechanizmy niekołowe

$$l_{\text{eff,nc}} = \min \begin{cases} 4m_x + 1,25e_x \\ 2m_x + 0,625e_x + w/2 \\ 2m_x + 0,625e_x + e \\ b_p / 2 \end{cases}$$





# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – NOŚNOŚĆ PRZY ZGINANIU

Oddziaływania	Ramię dźwigni $z$	Obliczeniowa nośność przy zginaniu $M_{j,Rd}$ dla określonej wartości $e_N$	
Dominująca Ściskająca siła podłużna	$z = z_C + z_C$	$N_{j,Ed} < 0$ i $0 \leq e_N \leq +z_C$	$N_{j,Ed} < 0$ i $-z_C \leq e_N \leq 0$
		Mniejsza z wartości $\frac{-F_{C,Rd}z}{z_C/e_N + 1}$ i $\frac{-F_{C,Rd}z}{z_C/e_N - 1}$	
Dominująca rozciągająca siła podłużna	$z = z_T + z_T$	$N_{j,Ed} > 0$ i $0 \leq e_N \leq +z_T$	$N_{j,Ed} > 0$ i $-z_T \leq e_N \leq 0$
		Mniejsza z wartości $\frac{F_{T,Rd}z}{z_T/e_N + 1}$ i $\frac{F_{T,Rd}z}{z_T/e_N - 1}$	
Dominujący moment zginający	$z = z_T + z_C$	$N_{j,Ed} \geq 0$ i $e_N > +z_T$ lub $e_N < -z_T$	$N_{j,Ed} \leq 0$ i $e_N < -z_C$ lub $e_N > z_C$
		Mniejsza z wartości $\frac{-F_{C,Rd}z}{z_T/e_N - 1}$ i $\frac{F_{T,Rd}z}{z_C/e_N + 1}$	
$M_{j,Ed} > 0$ zgodnie z ruchem wskazówek zegara, $N_{j,Ed} > 0$ jest rozciąganiem.		$e_N = \frac{M_{j,Ed}}{N_{j,Ed}} = \frac{M_{j,Rd}}{N_{j,Rd}}$	

## UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKOWA

➤ Podstawy słupów można sklasyfikować jako sztywne:

✓ W ramach, których układ stężeń redukuje poziomy przechył o min. 80% i w których wpływ deformacji może być pominięty:

- jeżeli  $\bar{\lambda}_0 \leq 0,5$

PN-EN 1993-1-8

- jeżeli  $0,5 < \bar{\lambda}_0 < 3,93$  i  $S_{j,ini} \geq 7(2\bar{\lambda}_0 - 1)EI_c / L_c$

(2) §5.2.2.5

- jeżeli  $\bar{\lambda}_0 \geq 3,93$  i  $S_{j,ini} \geq 48EI_c / L_c$

✓ W pozostałych przypadkach:  $S_{j,ini} \geq 30EI_c / L_c$

gdzie:

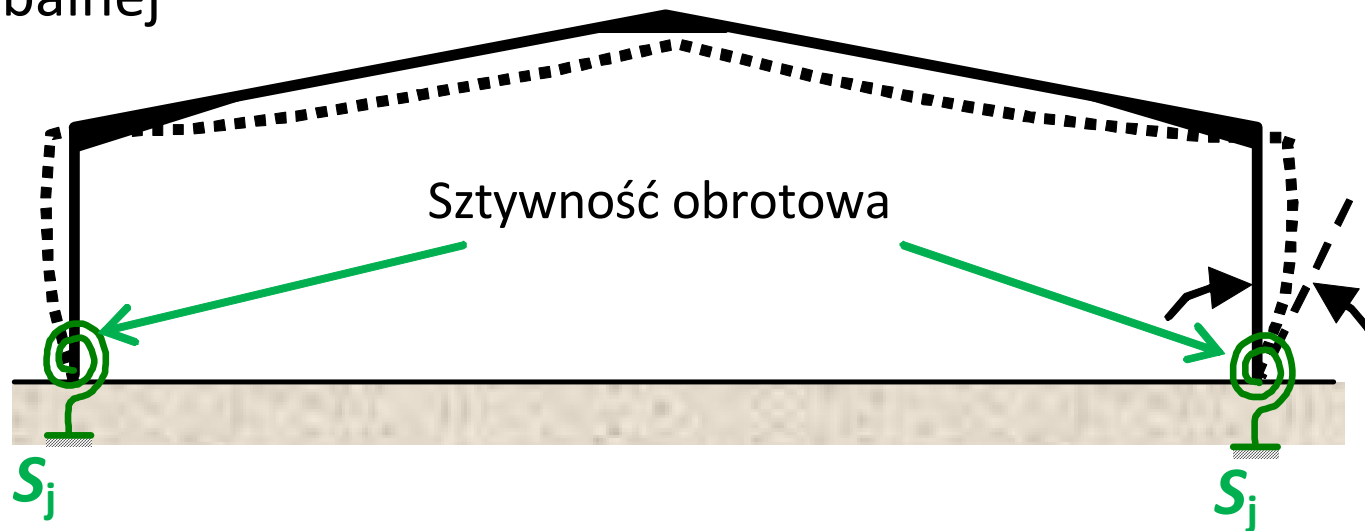
$L_c$  wysokość słupa rozpatrywanej kondygnacji,

$I_c$  moment bezwładności przekroju słupa,

$\bar{\lambda}_0$  smukłość względna słupa, którego obydwa końce przyjmuje się jako przegubowe.

# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKOWA

- W innym przypadku podstawa słupa jest węzłem podatnym:
  - ✓ Należy uwzględnić sztywność obrotową węzła w analizie globalnej



$$S_j = S_{j,ini} \quad \text{jeżeli} \quad M_{j,Ed} \leq 2M_{j,Rd}/3$$

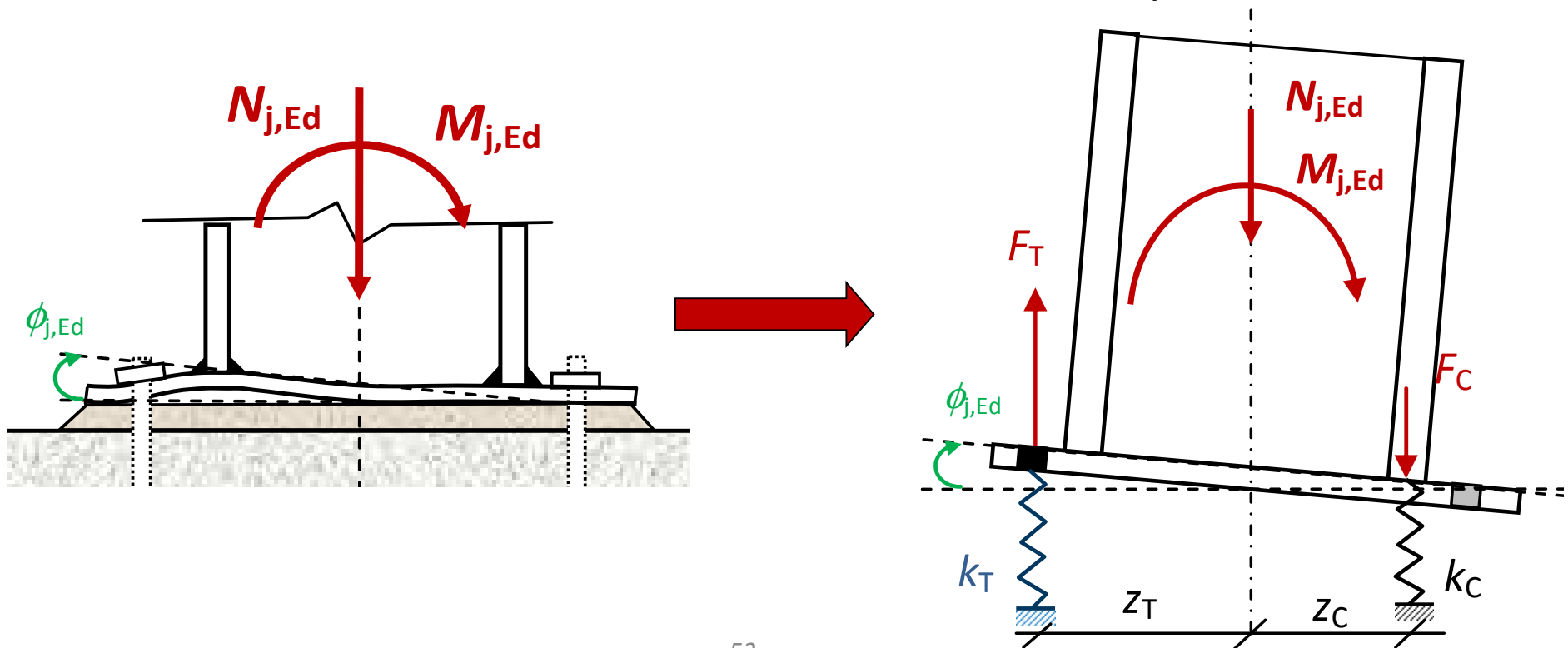
$$S_j = S_{j,ini}/\mu \quad \text{jeżeli} \quad 2M_{j,Rd}/3 \leq M_{j,Ed} \leq M_{j,Rd}$$

$$\mu = (1,5M_{j,Ed} / M_{j,Rd})^\Psi; \quad \Psi = 2,7$$

# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKOWA

- Model do obliczania początkowej sztywności obrotowej:  
Rozciągana i ściskane część podstawy słupa jest modelowana za pomocą współczynników sztywności.

Początkowa sztywność obrotowa  $S_{j,ini} = \frac{M_{j,Ed}}{\phi_{j,Ed}}$



# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKOWA

- Współczynnik sztywności węzła przy ściskaniu

$$k_C = k_{13} = \frac{E_c \sqrt{l_{\text{eff}} b_{\text{eff}}}}{1,275E}$$

PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.11

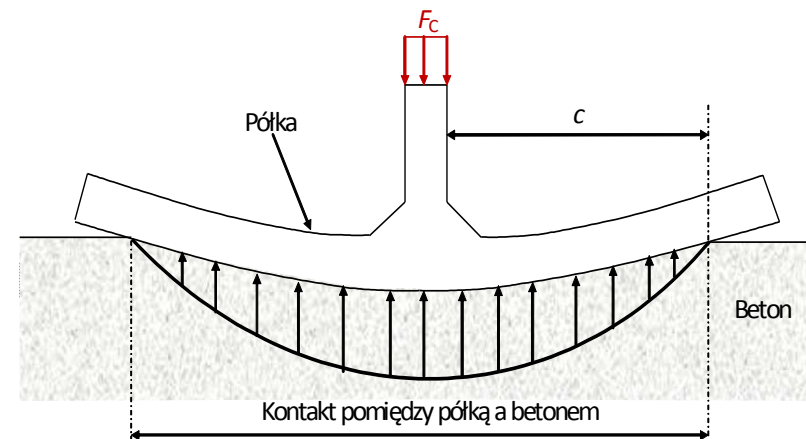
gdzie:

$l_{\text{eff}}$  Długość efektywna króćca teowego

$b_{\text{eff}}$  Szerokość efektywna króćca teowego

$E_c$  Moduł sprężystości betonu (patrz PN-EN 1992-1-1)

$E$  Moduł sprężystości stali



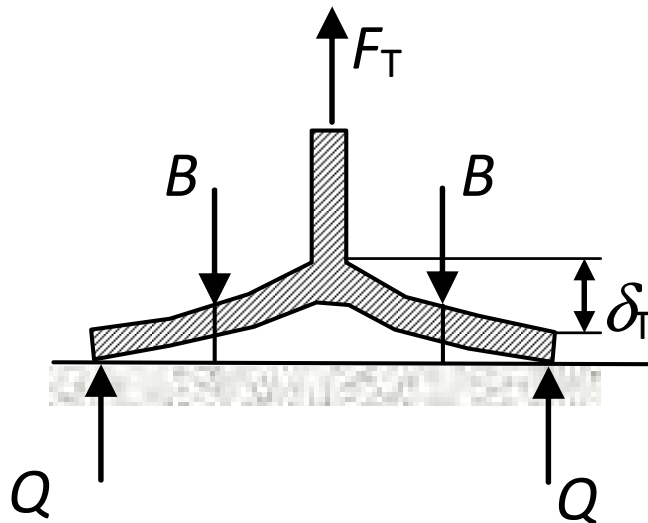
# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKKOWA

PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.11

- Współczynnik sztywności węzła przy rozciąganiu zależy od możliwości wystąpienia efektu dźwigni.

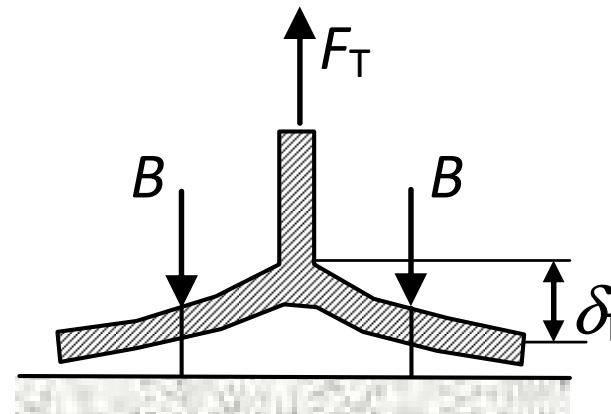
Efekt dźwigni występuje:

$$L_b \leq L_b^*$$



Brak efektu dźwigni:

$$L_b > L_b^*$$



## UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKOWA

- Współczynnik sztywności części rozciąganej z siłami efektu dźwigni:

$$k_T = \frac{1}{\frac{1}{k_{15}} + \frac{1}{k_{16}}} \quad \text{PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.11}$$

$k_{16}$  : współczynnik sztywności rozciąganych śrub kotwiących

$$k_{16} = 1,6 \frac{A_s}{L_b}$$

$k_{15}$  : współczynnik sztywności blachy podstawy w strefie rozciągania

$$k_{15} = \frac{0,85 I_{\text{eff}} t_p^3}{m^3}$$

## UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKOWA

- Współczynnik sztywności części rozciąganej bez sił efektu dźwigni

$$k_T = \frac{1}{\frac{1}{k_{15}} + \frac{1}{k_{16}}} \quad \text{PN-EN 1993-1-8 Tablica 6.11}$$

$k_{16}$  : współczynnik sztywności rozciąganych śrub kotwiących

$$k_{16} = 2 \frac{A_s}{L_b}$$

$k_{15}$  : współczynnik sztywności blachy podstawy w strefie rozciągania

$$k_{15} = \frac{0,425 I_{\text{eff}} t_p^3}{m^3}$$

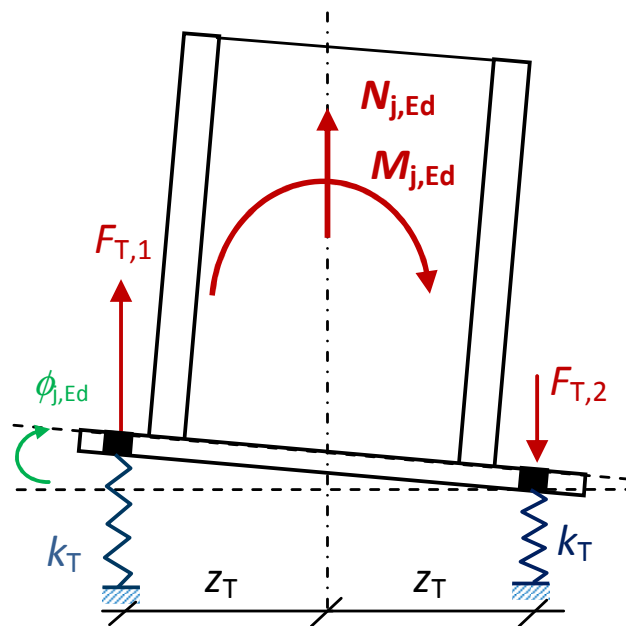


# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKOWA

- Sztywność obrotowa zależy od mimośrodów: 
$$e_N = \frac{M_{j,Ed}}{N_{j,Ed}}$$

Dominująca siła rozciągająca:

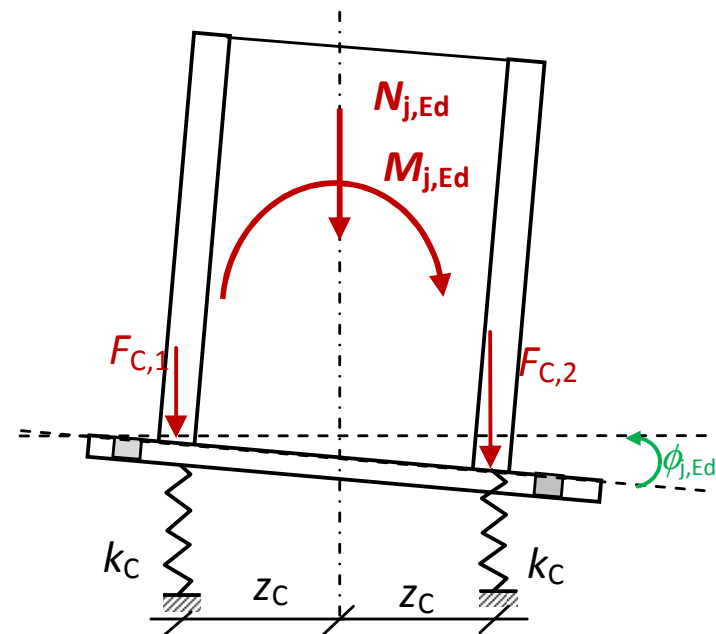
$$0 \leq e_N \leq z_T$$



2 króćce teowe  
w strefie rozciągania

Dominująca siła ściskająca:

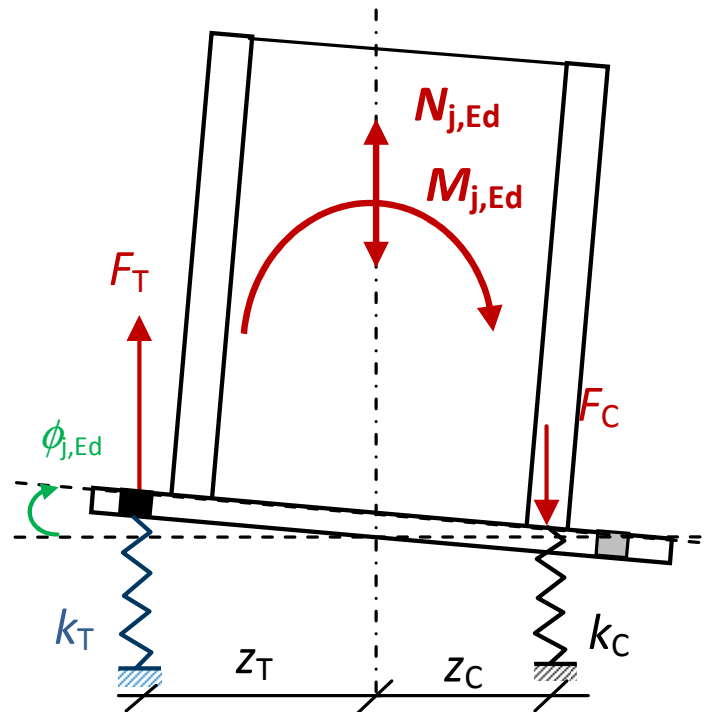
$$-z_C \leq e_N \leq 0$$



2 króćce teowe  
w strefie ściskania

# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKKOWA

- Dominujący moment zginający:  $e_N \geq z_T$  lub  $e_N \leq -z_C$ 
  - ✓ Węzeł jest złożony z części rozciąganej i części ściskanej



# UTWIERDZONA PODSTAWA SŁUPA – SZTYWNOŚĆ POCZĄTKOWA

Oddziaływanie	Ramię dźwigni $z$	Początkowa sztywność obrotowa $S_{j,ini}$ dla określonej wartości $e_N$	
Dominująca ściskająca siła podłużna	$z = z_C + z_C$	$N_{j,Ed} < 0$ i $0 \leq e_N \leq +z_C$	$N_{j,Ed} < 0$ i $-z_C \leq e_N \leq 0$
		$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z^2 \cdot k_C}{2}$	
Dominująca rozciągająca siła podłużna	$z = z_T + z_T$	$N_{j,Ed} > 0$ i $0 \leq e_N \leq +z_T$	$N_{j,Ed} > 0$ i $-z_T \leq e_N \leq 0$
		$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z^2 \cdot k_T}{2}$	
Dominujący Moment zginający	$z = z_T + z_C$	$N_{j,Ed} \geq 0$ i $e_N > +z_T$ or $e_N < -z_T$	$N_{j,Ed} \leq 0$ i $e_N < -z_C$ or $e_N > z_C$
		$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z^2}{\left(\frac{1}{k_C} + \frac{1}{k_T}\right)} \frac{1}{1 + \alpha_k}$	$e_k = \frac{z_C \times k_C - z_T \times k_T}{k_T + k_C}$ $\alpha_k = \frac{e_k}{e_N}$
$M_{j,Ed} > 0$ zgodnie z ruchem wskazówek zegara, $N_{j,Ed} > 0$ jest rozciąganiem.		$e_N = \frac{M_{j,Ed}}{N_{j,Ed}}$	

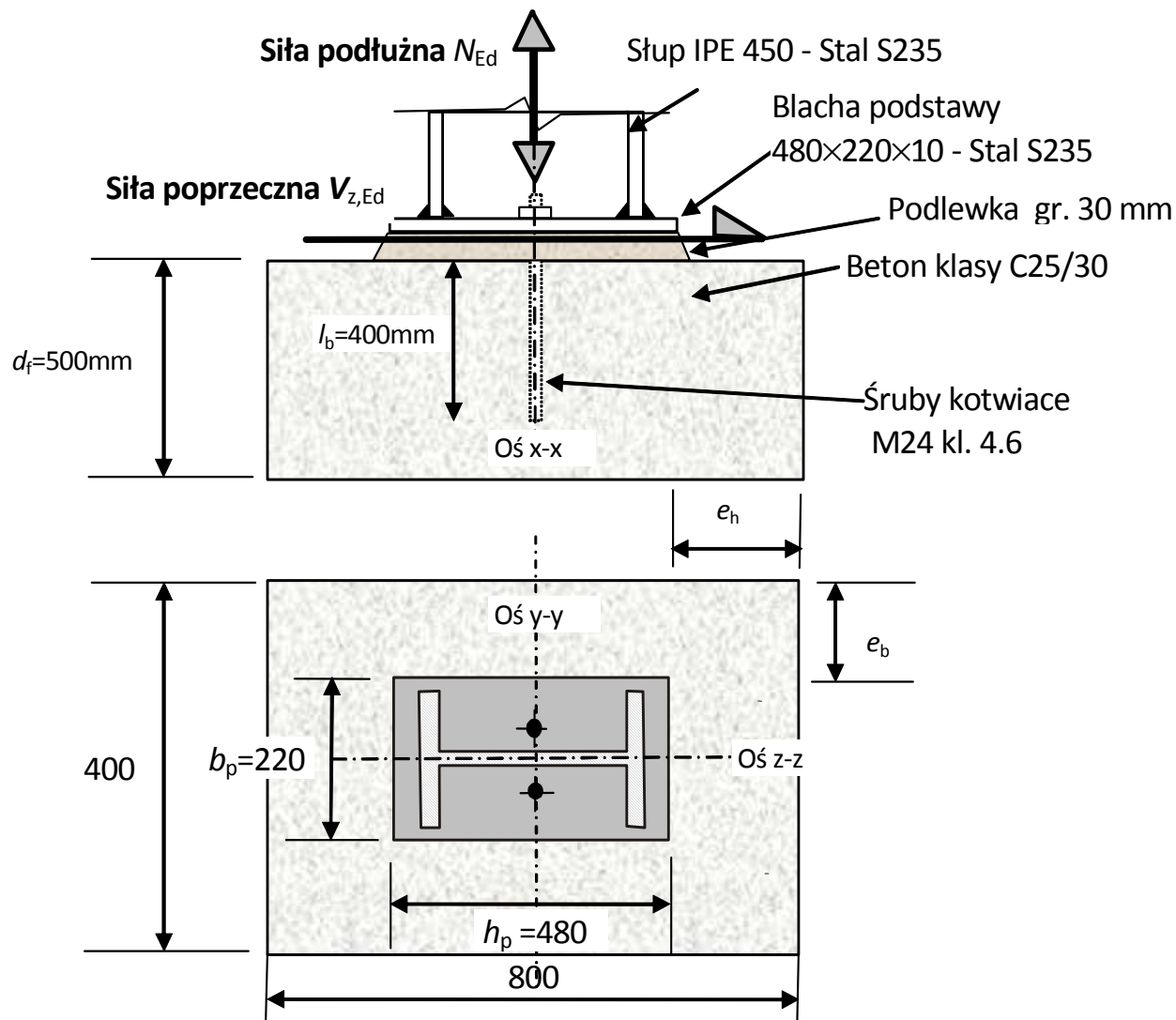
# ZASTOSOWANIE



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

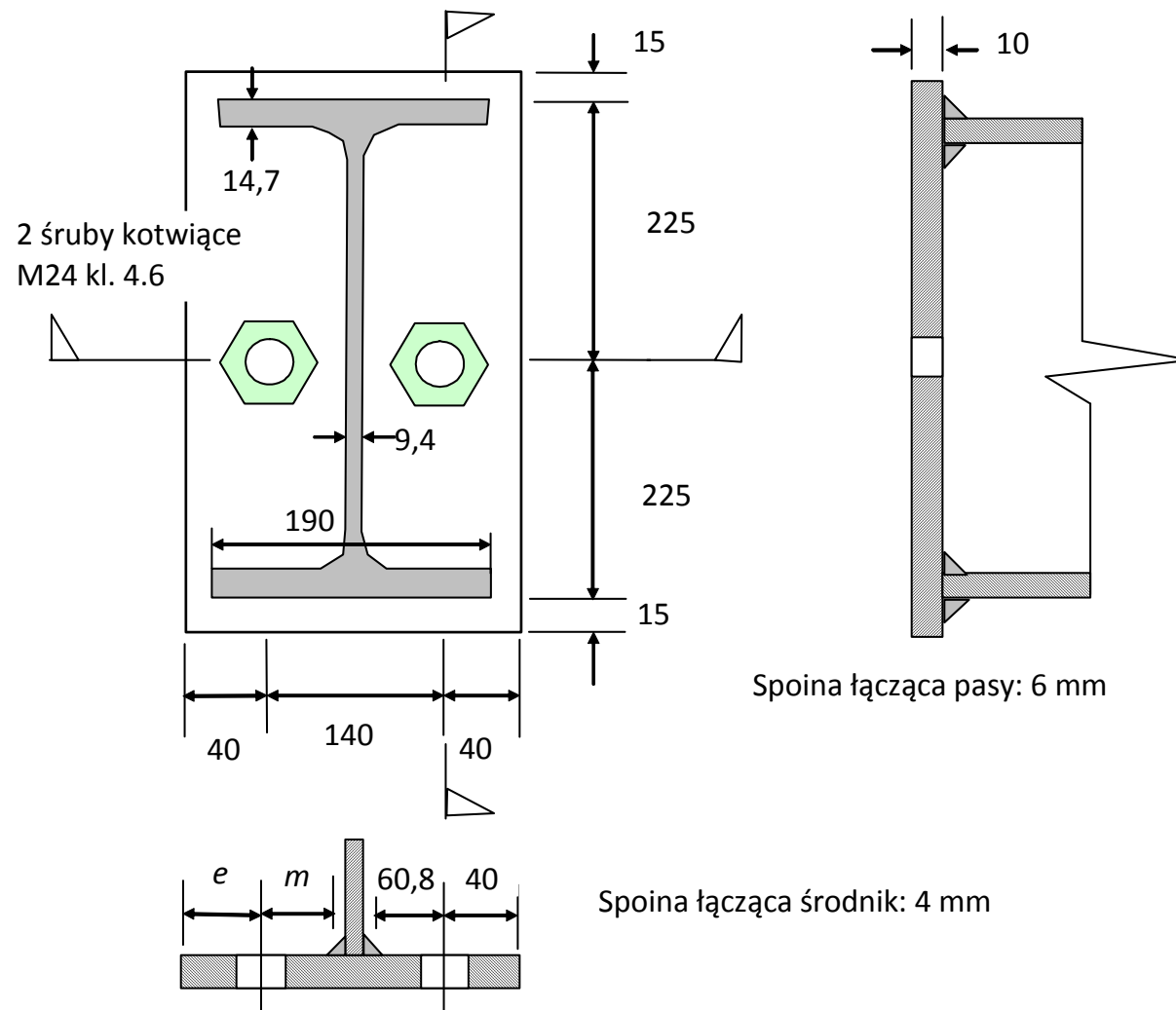
# ZASTOSOWANIE – PREZENTACJA PRZYKŁADU OBLICZENIOWEGO

- Szczegóły konstrukcyjne podstawy słupa i fundamentu



# ZASTOSOWANIE – PREZENTACJA PRZYKŁADU OBLICZENIOWEGO

## ➤ Szczegóły konstrukcyjne



## ZASTOSOWANIE – PREZENTACJA PRZYKŁADU OBLICZENIOWEGO

- Przypadek 1 (docisk) :

$$N_{c,Ed} = 85 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 35 \text{ kN}$$

1-1 – Sprawdzenie nośności na ściskanie

1-2 – Sprawdzenie nośności na ścinanie

- Przypadek 2 (odrywanie) :

$$N_{T,Ed} = 8,86 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 17,5 \text{ kN}$$

2-1 – Sprawdzenie nośności na rozciąganie

2-2 – Sprawdzenie nośności na ścinanie

# ZASTOSOWANIE – 1-1 NOŚNOŚĆ PRZY ŚCISKANIU

- Wytrzymałość obliczeniowa betonu C25/30:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{cd} = 1 \times \frac{25}{1,5} = 16,7 \text{ MPa}$$

- Wartość  $\beta_j$  jest równa 2/3, o ile:  $e_m = 30 \text{ mm} \leq \min \begin{cases} 50 \text{ mm} \\ 0,2 \times b_p \\ 0,2 \times h_p \end{cases}$

- Współczynnik  $\alpha_{bf}$ :

$$\alpha_{bf} = \min \left[ \left( 1 + \frac{d_f}{\max(h_p, b_p)} \right); \left( 1 + 2 \frac{e_h}{h_p} \right); \left( 1 + 2 \frac{e_b}{b_p} \right); 3 \right]$$

$$\alpha_{bf} = \min \left[ \left( 1 + \frac{500}{480} \right); \left( 1 + \frac{800 - 480}{480} \right); \left( 1 + \frac{400 - 220}{220} \right); 3 \right] = 1,67$$



## ZASTOSOWANIE – 1-1 NOŚNOŚĆ PRZY ŚCISKANIU

- Obliczeniowa wytrzymałość połączenia na docisk:

$$f_{jd} = \alpha_{bf} \cdot \beta_j \cdot f_{cd}$$

$$f_{jd} = 1,67 \times 2/3 \times 16,7 = 18,6 \text{ MPa}$$

- Maksymalny wyięg strefy docisku:

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yp}}{3 \times f_{jd} \times \gamma_{M0}}}$$

$$c = 10 \sqrt{\frac{235}{3 \times 18,6 \times 1,0}} = 20,5 \text{ mm}$$

# ZASTOSOWANIE – 1-1 NOŚNOŚĆ PRZY ŚCISKANIU

- Parametr geometryczny:

$$h_{cp} = \min(h_p; h_c + 2c) = \min(480; 450 + 2 \times 20,5) = 480 \text{ mm}$$

$$b_{cp} = \min(b_p; b_{fc} + 2c) = \min(220; 190 + 2 \times 20,5) = 220 \text{ mm}$$

 Mały wysięg blachy

$$l_{cp} = h_c - 2t_{fc} - 2c = 450 - 2 \times 14,7 - 2 \times 20,5 = 379,6 \text{ mm} \geq 0$$

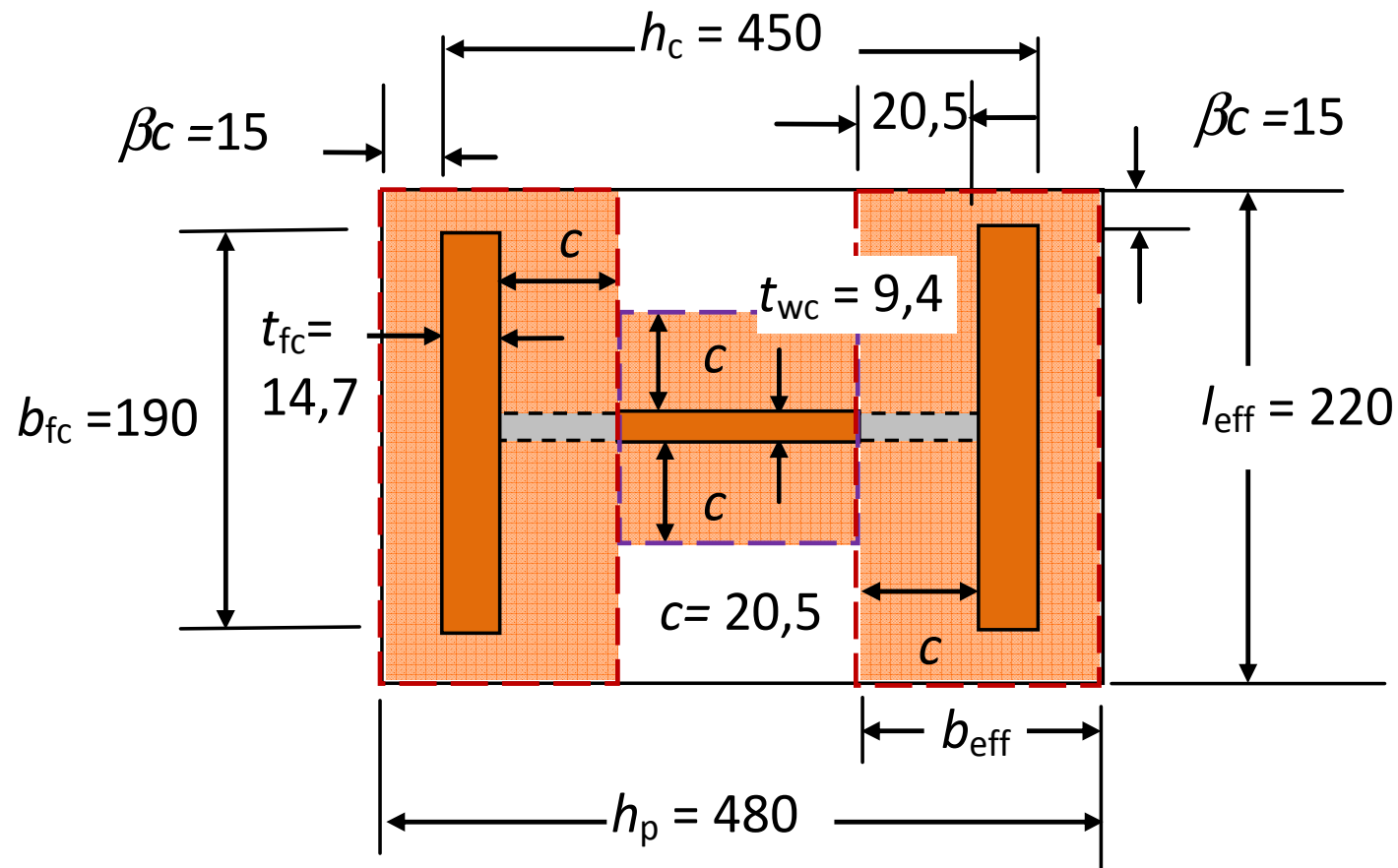
- Obliczeniowa nośność połączenia między blachą podstawy a podlewką przy ściskaniu:

$$\begin{aligned} N_{C,Rd} &= f_{jd} \left( h_{cp} b_{cp} - l_{cp} (b_{cp} - t_{wc} - 2c) \right) \\ &= 18,6 \times (480 \times 220 - 379,6 \times (220 - 9,4 - 2 \times 20,5)) / 1000 \\ &= 766,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

# ZASTOSOWANIE – 1-1 NOŚNOŚĆ PRZY ŚCISKANIU

➤ Sprawdzenie nośności przy ściskaniu:

$$N_{C,Rd} = 766,6 \text{ kN} \geq N_{c,Ed} = 85 \text{ kN}$$



## ZASTOSOWANIE – 1-2 NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE (PRZYPADEK 1)

- Nośność ze względu na poślizg:

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} N_{c,Ed}$$

$$F_{f,Rd} = 0,2 \times 85 = 17 \text{ kN}$$

- Nośność na ścinanie śruby kotwiącej:

$$F_{vb,Rd} = \frac{\alpha_{bc} \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{vb,Rd} = \frac{(0,44 - 0,0003 \times 240) \times 400 \times 353}{1,25 \times 10^3} = 41,6 \text{ kN}$$

- Obliczeniowa nośność przy obciążeniu siłą poprzeczną blachy podstawy słupa

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + nF_{vb,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = 17 + 2 \times 41,6 = 100,2 \text{ kN}$$

## ZASTOSOWANIE – 1-2 NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE (PRZYPADEK 1)

- Nośność spoin ze względu na siłę ścinającą:

$$V_{w,Rd} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}} \times a \times l_{w,eff}$$

$$l_{w,eff} = 2 \times (450 - 2 \times 14,7 - 2 \times 21) = 757,2 \text{ mm}$$

$$V_{w,Rd} = \frac{360 / \sqrt{3}}{0,8 \times 1,25} \times 4 \times 757,2 / 1000 = 629,5 \text{ kN}$$

- Sprawdzenie nośności na ścinanie:

$$V_{z,Rd} = \min(F_{v,Rd}; V_{w,Rd}) = 100,2 \text{ kN} \geq V_{z,Ed} = 35 \text{ kN}$$



# ZASTOSOWANIE – 2-1 NOŚNOŚĆ PRZY ROZCIĄGANIU (PRZYPADEK 2)

- Długość  $m$  :

$$m = p/2 - t_{wc}/2 - 0,8\sqrt{2}a_w$$

$$m = \frac{(140-9,4)}{2} - 0,8 \times \sqrt{2} \times 4 = 60,8 \text{ mm}$$

- Długości efektywne przy różnych mechanizmach zniszczenia:

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 \pi m$$

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 \times \pi \times (60,8) = 381,9 \text{ mm}$$

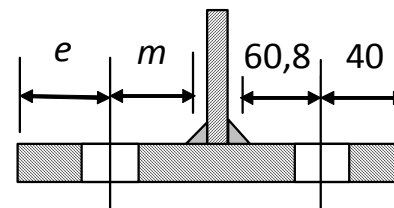
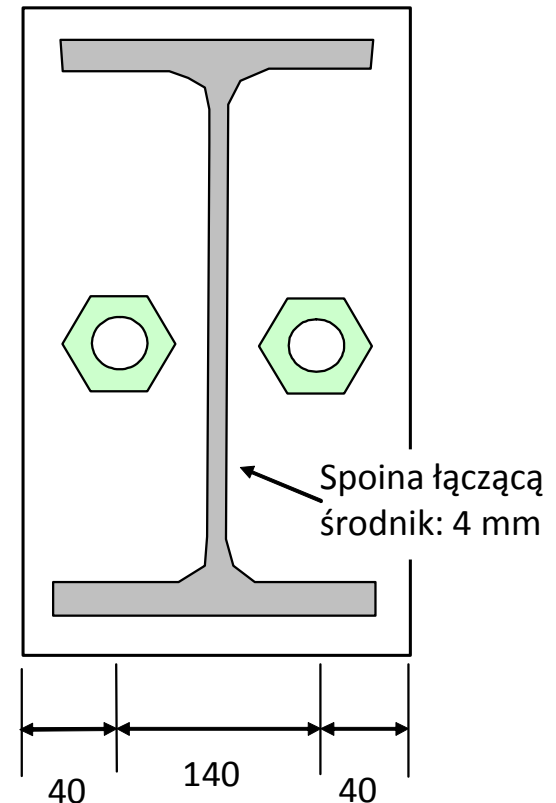
$$l_{\text{eff,nc}} = 4m + 1,25e$$

$$l_{\text{eff,nc}} = 4 \times 60,8 + 1,25 \times 40 = 293,1 \text{ mm}$$

- Długości efektywne w modelu 1 i 2 :

$$l_{\text{eff,1}} = \min(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) = 293,1 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 293,1 \text{ mm}$$



## ZASTOSOWANIE – 2-1 NOŚNOŚĆ PRZY ROZCIĄGANIU (PRZYPADEK 2)

- Czy może wystąpić efekt dźwigni?

Ograniczenie bazy wydłużalności śruby kotwiącej:

$$L_b^* = \frac{8,8m^3 \cdot A_s}{l_{\text{eff},1} t_p^3}$$
$$L_b^* = \frac{8,8 \times 60,8^3 \times 353}{293,1 \times 10^3} \approx 2382 \text{ mm}$$

Baza wydłużalności śruby kotwiącej :

$$L_b = 8d + e_m + t_p + t_{wa} + 0,5k$$

$$L_b = 8 \times 24 + 30 + 10 + 5 + 0,5 \times 22 = 248 \text{ mm} \leq L_b^* = 2382 \text{ mm}$$

 **Efekt dźwigni może wystąpić** i należy rozważyć modele zniszczenia 1, 2, 3 i 4.

## ZASTOSOWANIE – 2-1 NOŚNOŚĆ PRZY ROZCIĄGANIU (PRZYPADEK 2)

- Nośność na zginanie blachy podstawy (na jednostkę długości) :

$$m_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 f_{yp}}{4 \gamma_{M0}}$$

$$m_{pl,Rd} = \frac{10^2 \times 235}{4 \times 1,0 \times 10^3} = 5,87 \text{ kN.mm/mm}$$

- Nośność na zginanie blachy podstawy

- ✓ Model 1 :

$$M_{pl,1,Rd} = l_{eff,1} \times m_{pl,Rd} = 293,1 \times 5,87 = 1722 \text{ kN.mm}$$

- ✓ Model 2 :

$$M_{pl,2,Rd} = l_{eff,2} \times m_{pl,Rd} = 293,1 \times 5,87 = 1722 \text{ kN.mm}$$



## ZASTOSOWANIE – 2-1 NOŚNOŚĆ PRZY ROZCIĄGANIU (PRZYPADEK 2)

- Nośność pojedynczej śruby kotwiącej na rozciąganie
  - ✓ Obliczeniowa nośność przekroju śruby kotwiącej na rozciąganie:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times 353 \times 400}{1,25 \times 10^3} = 101,6 \text{ kN}$$

- ✓ Obliczeniowa wytrzymałość ze względu na przyczepność

$$f_{bd} = \frac{0,36 \times \sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c}$$

$$f_{bd} = \frac{0,36 \times \sqrt{25}}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$$

## ZASTOSOWANIE – 2-1 NOŚNOŚĆ PRZY ROZCIĄGANIU (PRZYPADEK 2)

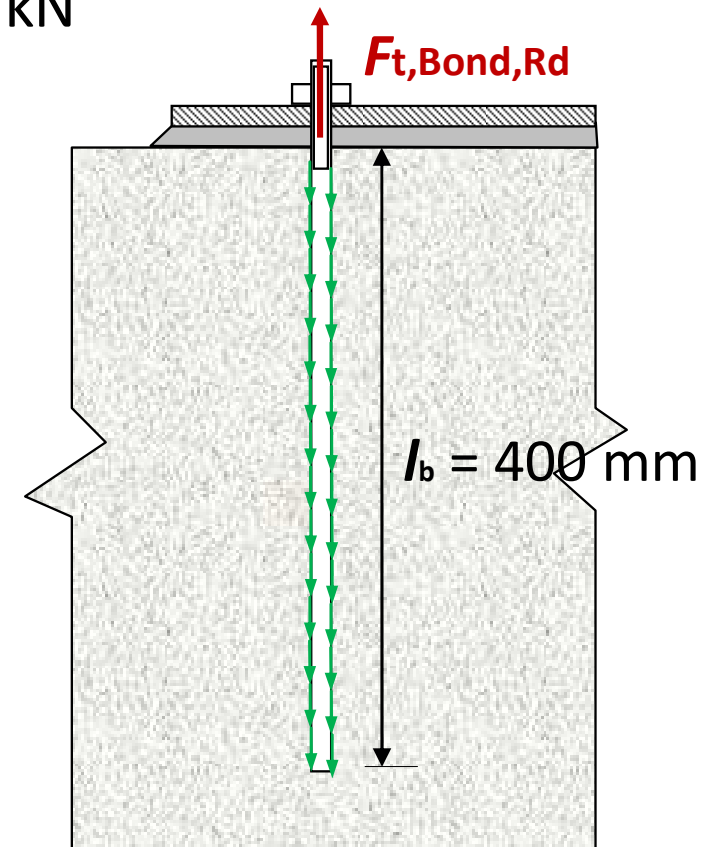
- ✓ Obliczeniowa nośność zespolenia betonu ze śrubą kotwiącą

$$F_{t,bond,Rd} = \pi d l_b f_{bd}$$

$$F_{t,bond,Rd} = \pi \times 24 \times 400 \times 1,2 / 1000 = 36,2 \text{ kN}$$

- ✓ Obliczeniowa nośność śruby kotwiącej

$$F_{t,Rd,anchor} = \min [ F_{t,Rd} ; F_{t,bond,Rd} ] = 36,2 \text{ kN}$$



# ZASTOSOWANIE – 2-1 NOŚNOŚĆ PRZY ROZCIĄGANIU (PRZYPADEK 2)

- Nośność króćca teowego w strefie rozciąganej: modele 1 i 2

Model zniszczenia	Model 1	Model 2
Forma modelu zniszczenia		
Nośność króćca teowego	$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ $F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times 1722}{60,8} = 113,3 \text{ kN}$	$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + 2nF_{t,Rd,anchor}}{m + n}$ $F_{T,2,Rd} = \frac{2 \times 1722 + 40 \times 2 \times 36,2}{60,8 + 40} = 62,9 \text{ kN}$

$$n = \min(e ; 1,25m) = \min(40 ; 1,25 \times 60,8) = 40 \text{ mm}$$

# ZASTOSOWANIE – 2-1 NOŚNOŚĆ PRZY ROZCIĄGANIU (PRZYPADEK 2)

- Nośność króćca teowego w strefie rozciąganej: modele 3 i 4

Model zniszczenia	Model 3	Model 4
Forma modelu zniszczenia		
Nośność króćca teowego	$F_{T,3,Rd} = 2F_{t,Rd,anchor}$ $F_{T,3,Rd} = 2 \times 36,2 = 72,4 \text{ kN}$	$F_{T,4,Rd} = \frac{b_{eff,t} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ $F_{T,4,Rd} = \frac{293,1 \times 9,4 \times 235}{1 \times 10^3} = 647,5 \text{ kN}$

$$b_{eff,t} = l_{eff,1} = 293,1 \text{ mm}$$

## ZASTOSOWANIE – 2-1 NOŚNOŚĆ PRZY ROZCIĄGANIU (PRZYPADEK 2)

- Nośność zastępczego króćca teowego przy rozciąganiu:

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}; F_{T,4,Rd}) = 62,9 \text{ kN}$$

- Nośność spoin:

$$F_{t,w,Rd} = l_{w,eff,t} a_w \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$F_{t,w,Rd} = 293,1 \times 2 \times 4 \times \frac{360 / \sqrt{3}}{0,8 \times 1,25 \times 1000} = 487 \text{ kN}$$

- Sprawdzenie nośności węzła przy rozciąganiu:

$$N_{T,Rd} = \min(F_{T,Rd}; F_{t,w,Rd}) = 62,9 \text{ kN} \geq N_{t,Ed} = 17 \text{ kN}$$



## ZASTOSOWANIE – 2-2 NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE (PRZYPADEK 2)

- Sprawdzenie nośności na ścinanie śrub kotwiących:

$$\frac{V_{Ed}}{nF_{vb,Rd}} + \frac{N_{t,Ed}}{1,4N_{T,Rd}} = \frac{17,5}{2 \times 41,6} + \frac{8,86}{1,4 \times 62,9} = 0,31 < 1$$



- Sprawdzenie nośności na ścinanie spoin:

$$\sqrt{\left(\frac{N_{t,Ed}}{I_{w,eff,t}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{I_{w,eff}}\right)^2} / (f_{vw,d} \times a) \leq 1?$$

$$\sqrt{\left(\frac{8,86}{2 \times 293,1}\right)^2 + \left(\frac{17,5}{757,2}\right)^2} / \left(\frac{360/\sqrt{3}}{0,8 \times 1,25} \times 4\right) = 0,033 \leq 1$$



# PODSUMOWANIE



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

## PODSUMOWANIE

- Zaprezentowano procedury projektowania, oparte na Eurokodzie 3 i Eurokodzie 2 w celu sprawdzenia nośności przegubowej podstawy słupa dla różnych konfiguracji sił wewnętrznych (ściskanie/rozciąganie/ścinięcie).
- Nośność na zginanie i początkową sztywność obrotową sztywnej podstawy słupa określono wykorzystując podejście z króćcami teowymi w strefie rozciąganej i ściskanej.
- Powyższe procedury są oparte na metodzie składnikowej zawartej w PN-EN 1993-1-8. Wyróżniono różne części podstawowe węzła: śruby kotwiące przy rozciąganiu i/lub ścinaniu, zginanie blachy podstawy, docisk blachy podstawy do betonu, spoiny.



# BIBLIOGRAFIA



Program  
Uczenie się  
przez całe życie

## REFERENCES

- PN-EN 1992-1-1 – Eurokod 2 Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1993-1-1 – Eurokod 3 Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1993-1-8 – Eurokod 3 Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-8: Projektowanie węzłów



# Program Uczenie się przez całe życie

Moduły szkoleniowe SKILLS zostały opracowane przez konsorcjum organizacji, podanych na dole slajdu.  
Materiał jest w objęty licencją Creative Commons



Ten projekt został zrealizowany przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej.  
Publikacje w ramach tego projektu odzwierciedlają jedynie stanowisko ich autorów i Komisja Europejska  
nie ponosi odpowiedzialności za umieszczoną w nich zawartość merytoryczną.

