

PŘÍLOHA 2

DIPLOMOVÁ PRÁCE

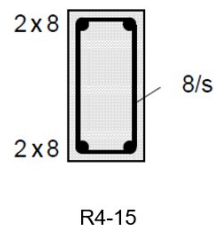
2021

VYPRACOVAL: BC. JAN KUBÁT

V příloze 2 je ověřena únosnost výztuže použité v experimentu [6] C. E. Chalarisem. Jedná se o obecný postup respektující návrhový přístup popsany v ČSN EN 1992-1-1. Postup je ukázán na řešení experimentální prvku R4-15, ostatní průřezy jsou ověřeny stejným postupem a výsledky jsou shrnuty v hlavní části práce.

1. Geometrie:

Výška průřezu:	$h := 200 \text{ mm}$
Šířka průřezu:	$b := 100 \text{ mm}$
Krytí:	$c := 14 \text{ mm}$
Plocha průřezu:	$A_c := b \cdot h = 20000 \text{ mm}^2$
Obvod průřezu:	$u := 2 \cdot (h + b) = 600 \text{ mm}$



2. Materiálové charakteristiky:

Betón:

$$f_{cm} := 20.96 \text{ MPa}$$

$$f_{sp} := 2.89 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 0.85 \cdot f_{sp}$$

$$f_{ctm} = 2.457 \text{ MPa}$$

$$\nu := 0.6 \left(1 - \frac{f_{cm}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.55$$

- střední pevnost betonu v tlaku (získáno experimentálně)
- střední tahová pevnost betonu získaná zkouškou v příčném tahu

- střední tahová pevnost betonu v dostředném tahu

- redukční součinitel při poškození betonu ve smyku

Výztuž:

$$f_{ym} := 518 \text{ MPa}$$

$$f_{ywm} := 365 \text{ MPa}$$

- střední hodnota meze kluzu podélných prutů výztuže (zjištěna experimentálně)

- střední hodnota meze kluzu třmíneků (zjištěna experimentálně)

3. Kroucení dle EC2:

3.1 Analogický tenkostěnný dutý průřez

$$A_c = 20000 \text{ mm}^2$$

$$u := 2 \cdot (b + h) = 600 \text{ mm}$$

$$t_{ef} := \frac{A_c}{u} = 33.33 \text{ mm} > 2 \cdot c = 28 \text{ mm}$$

Vyhovuje, uvažují: $t_{ef} = 33.33 \text{ mm}$

$$b_k := b - t_{ef} = 66.67 \text{ mm}$$

$$h_k := h - t_{ef} = 166.67 \text{ mm}$$

$$A_k := h_k \cdot b_k = 11111.11 \text{ mm}^2$$

$$u_k := 2 \cdot (b_k + h_k) = 466.67 \text{ mm}$$

3.2 Drcení tlačných diagonál

$$\alpha_{cw} := 1.0$$

$$\theta := 36 \text{ deg}$$

$$\cot(\theta) = 1.38$$

- vliv normálového napětí, uvažováno $N_{Ed} := 0 \text{ kN}$

- navrhovaný sklon tlakových diagonál, vztah dle příhradové analogie

$$T_{Rd,max} := \nu \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cm} \cdot A_k \cdot t_{ef} (\sin(2 \cdot \theta)) = 4.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- únosnost tlakové diagonály

3.3 Odhad vzniku trhlin

$$T_{Rd,c;EC2} := t_{ef} \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{ctm} = 1.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- moment na vzniku trhliny, dle EC2

$$W_t := b^2 \cdot h \cdot \frac{1}{3 + 2 \cdot \frac{b}{h}}$$

- modul ve volném kroucení (přibližný vzorec)

$$W_t = (5 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$T_{Rd,c;PR} := W_t \cdot f_{ctm}$$

- moment na vzniku trhliny, dle teorie pružnosti

$$T_{Rd,c;PR} = 1.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.4 Navrhované vyztužení

Podélná vyztuž:

$$\varnothing_{sl} := 8 \text{ mm}$$

- průměr podélné vyztuže

$$n_{sl} := 4$$

- počet podélných prutů

$$A_{sl} := n_{sl} \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing_{sl}}{2} \right)^2 \right) = 201.06 \text{ mm}^2$$

- plocha podélné vyztuže

Příčná vyztuž - třmínky:

$$\varnothing_{sw} := 8 \text{ mm}$$

- průměr třmínků

$$n_{sw} := 1$$

- střižnost třmínků na kroucení

$$A_{sw} := n_{sw} \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{\varnothing_{sw}}{2} \right)^2 \right) = 50.27 \text{ mm}^2$$

- účinná plocha třmínků na kroucení

$$s_l := 150 \text{ mm}$$

- podélná vzdálenost větví třmínků

$$\theta := \arctan \left(\sqrt{\frac{A_{sw} \cdot f_{yw} \cdot u_k}{s_l \cdot A_{sl} \cdot f_{ym}}} \right) = 37 \text{ deg}$$

- kontrola úhlu tlačných diagonál (vztah dle příhradové analogie)

$$T_{Rd,s;EC2} := \frac{A_{sw}}{s_l} \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{yw} \cdot \cot(\theta) = 3.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- návrhová únosnost průřezu, dle EC2

Ověření únosnosti dle příhradové analogie:

Dalším metodou ověření je dle modelu uvažující příhradovou analogii dle Lampert, Thürliman [16]. Všechny materiálové zůstávají shodné s návrhem dle ČSN EN 1992-1-1 [18].

1. Geometrie náhradní příhradoviny:

$$b_k := 60 \text{ mm}$$

$$h_k := 160 \text{ mm}$$

$$A_k := h_k \cdot b_k = 9600 \text{ mm}^2$$

$$u_k := 2 \cdot (b_k + h_k) = 440 \text{ mm}$$

Výpočet dle náhradní příhradové analogie uvažuje efektivní část průřezu, což je část ohraničená osami podélných prutů výztuže.

2. Materiálové charakteristiky:

Beton:

$$f_{cm} = 20.96 \text{ MPa}$$

$$f_{sp} = 2.89 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 0.85 \cdot f_{sp}$$

$$f_{ctm} = 2.46 \text{ MPa}$$

Výztuž:

$$f_{ym} = 518 \text{ MPa}$$

$$f_{ywm} = 365 \text{ MPa}$$

3. Ověření únosnosti:

3.1. Zadané vyztužení

Podélná výztuž:

$$\varnothing_{sl} = 8 \text{ mm}$$

$$n_{sl} = 4$$

$$A_{sl} = 201.06 \text{ mm}^2$$

Příčná výztuž - třmínky:

$$\varnothing_{sw} = 8 \text{ mm}$$

$$n_{sw} = 1$$

$$A_{sw} = 50.27 \text{ mm}^2$$

$$s_l = 150 \text{ mm}$$

3.2. Ověření únosnosti:

$$T_{Rd;s;STM} := 2 \cdot A_k \cdot \sqrt{\frac{A_{sw} \cdot f_{ywm}}{s_l} \cdot \frac{A_{sl} \cdot f_{ym}}{u_k}} = 3.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- návrhová únosnost průřezu, dle modelu náhradní příhradoviny

$$\theta := \text{atan} \left(\sqrt{\frac{A_{sw} \cdot f_{ywm}}{s_l} \cdot \frac{u_k}{A_{sl} \cdot f_{ym}}} \right) = 36 \text{ deg}$$

- kontrola úhlu tlačných diagonál