



Řešení typických poruchových oblastí pomocí STM

Petr Bílý

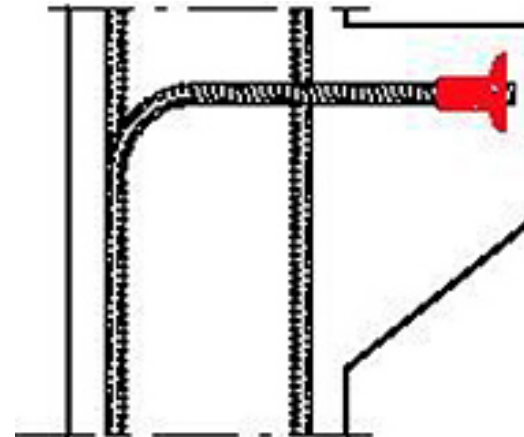
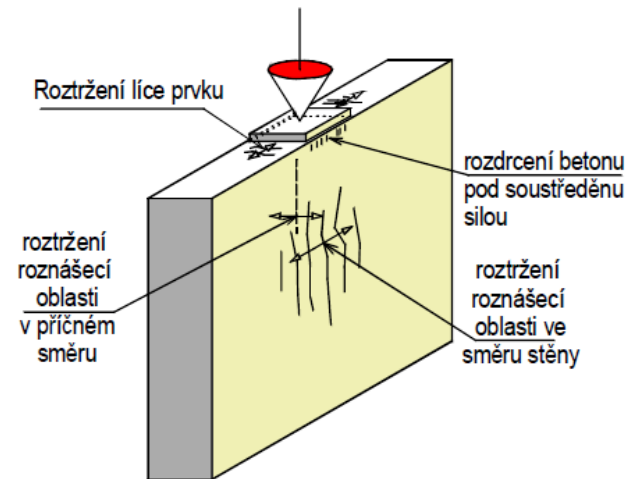
kancelář B731

e-mail: petr.bily@fsv.cvut.cz

web: people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1

Osamělé břemeno

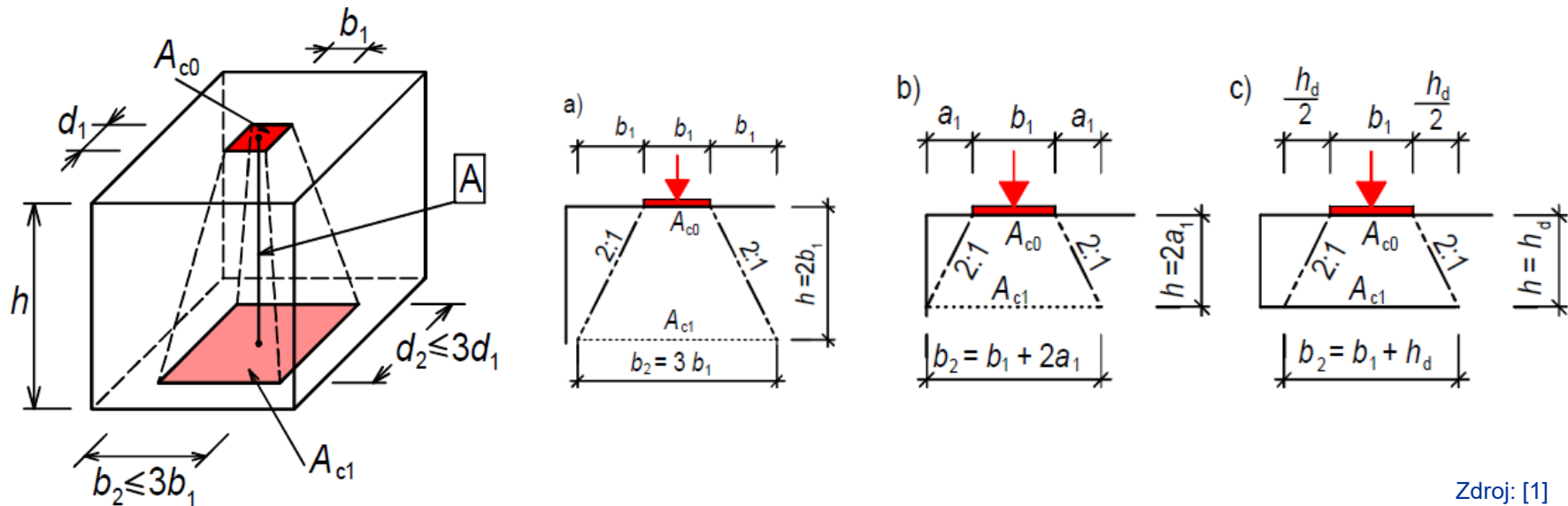
- Drcení betonu pod ložiskem
- Roztržení roznášecí oblasti a líce prvku



Osamělé břemeno

- Drcení betonu pod ložiskem (není STM)

$$F_{Rdu} = A_{c0} f_{cd} \sqrt{A_{c1} / A_{c0}} \leq 3,0 \cdot f_{cd} A_{c0}$$



Zdroj: [1]

Osamělé břemeno

- Roztržení roznášecí oblasti
 - Stanovíme $\sigma_{ct,max}$ (max. tahové napětí v betonu), pro obdélníkovou plochu:

$$\sigma_{ct,max} = \frac{|F_{Ed}|}{b_{21}b_{22}} (0,60 - 0,44\beta - 0,16\beta^4)$$

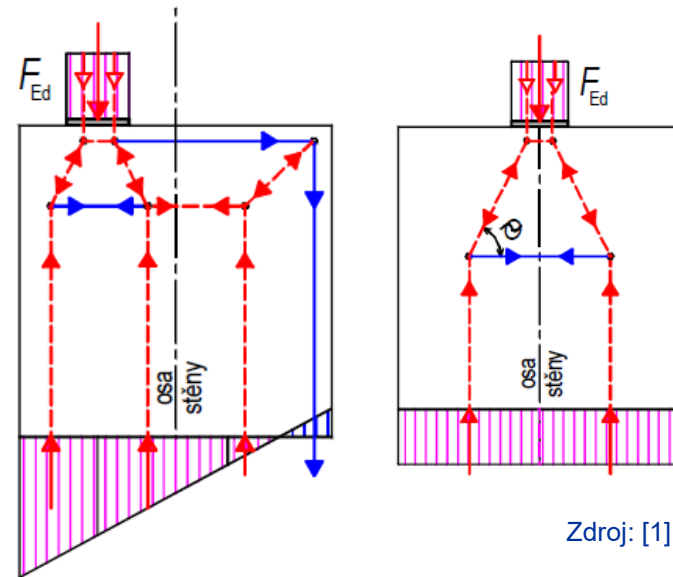
$$\sigma_{ct,max} \leq 0,44 \frac{|F_{Ed}|}{b_{21}b_{22}}$$

- Výztuž není nutná, pokud:

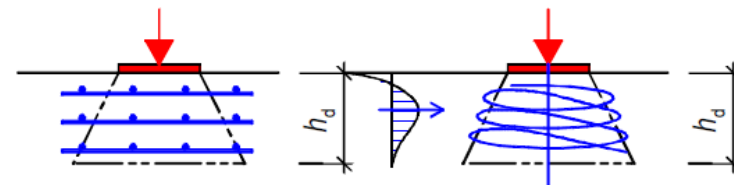
$$\sigma_{ct,max} \leq 0,4 f_{ctd}$$

- Jinak návrh dle STM nebo zjednodušeně na sílu:

$$T = \frac{1}{4} \left(1 - 0,7 \frac{b_1}{h_d}\right) \cdot F_{Ed}$$

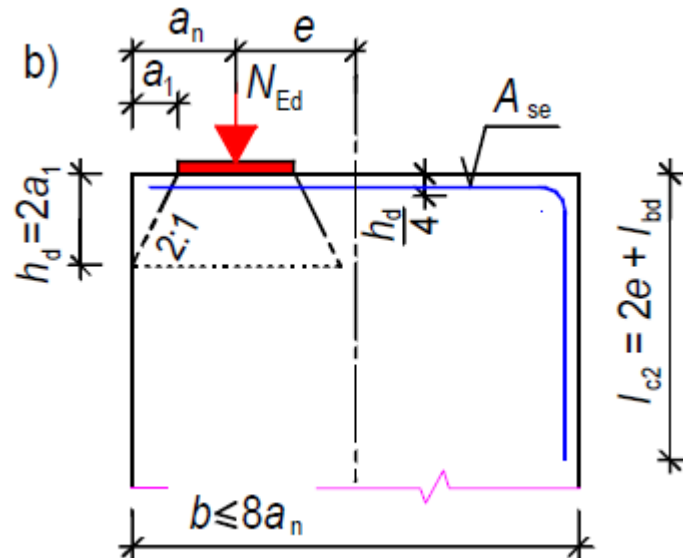


Zdroj: [1]



Osamělé břemeno

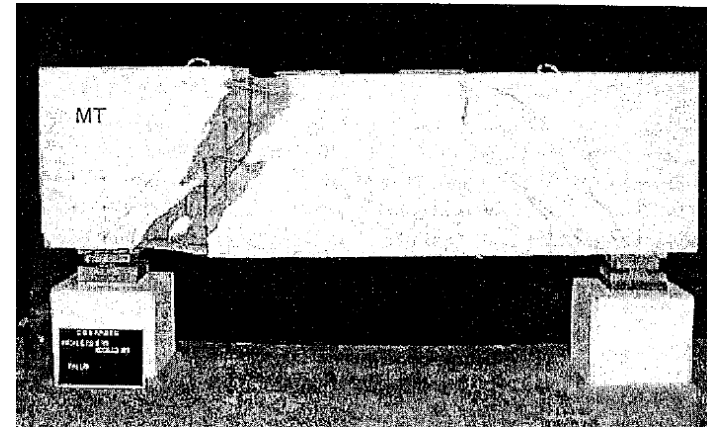
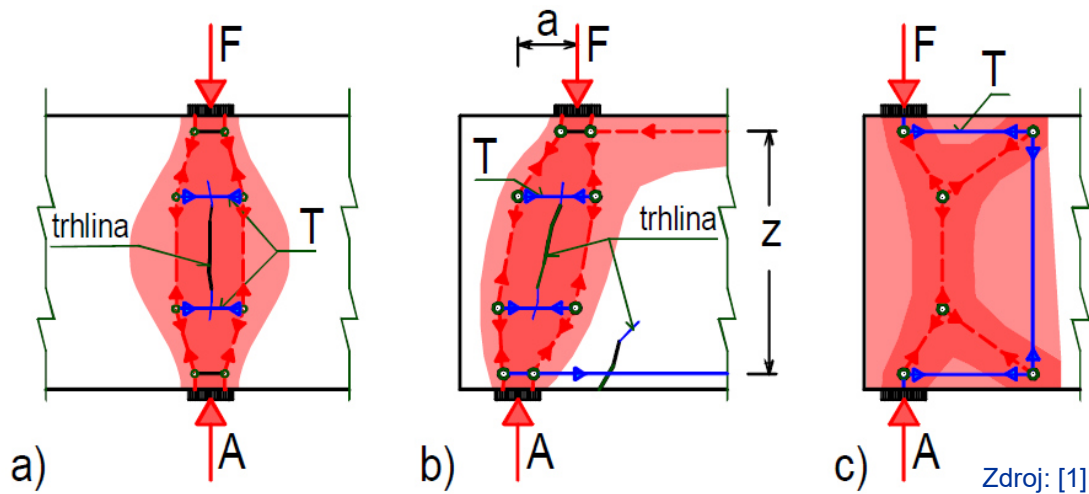
- Roztržení líce prvku
 - Přesně dle STM
 - Zjednodušeně výztuž v obou směrech na $0,1F_{Ed}$



Zdroj: [1]

Osamělé břemeno v blízkosti podpory

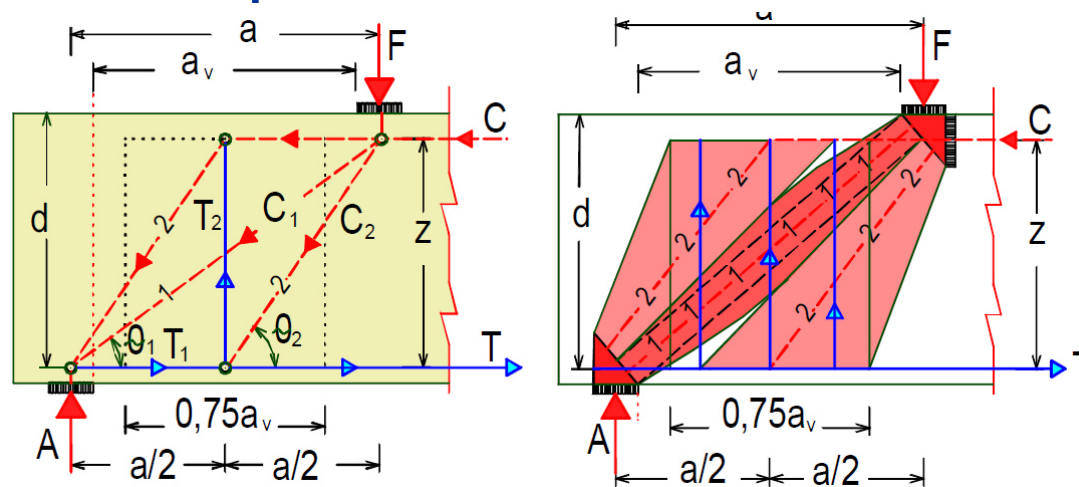
- Velmi blízko ($a < h$) – 1 vzpěra + příčné tahy



Zdroj: [1]

Zdroj: [2]

- Dále – vložená příhrada

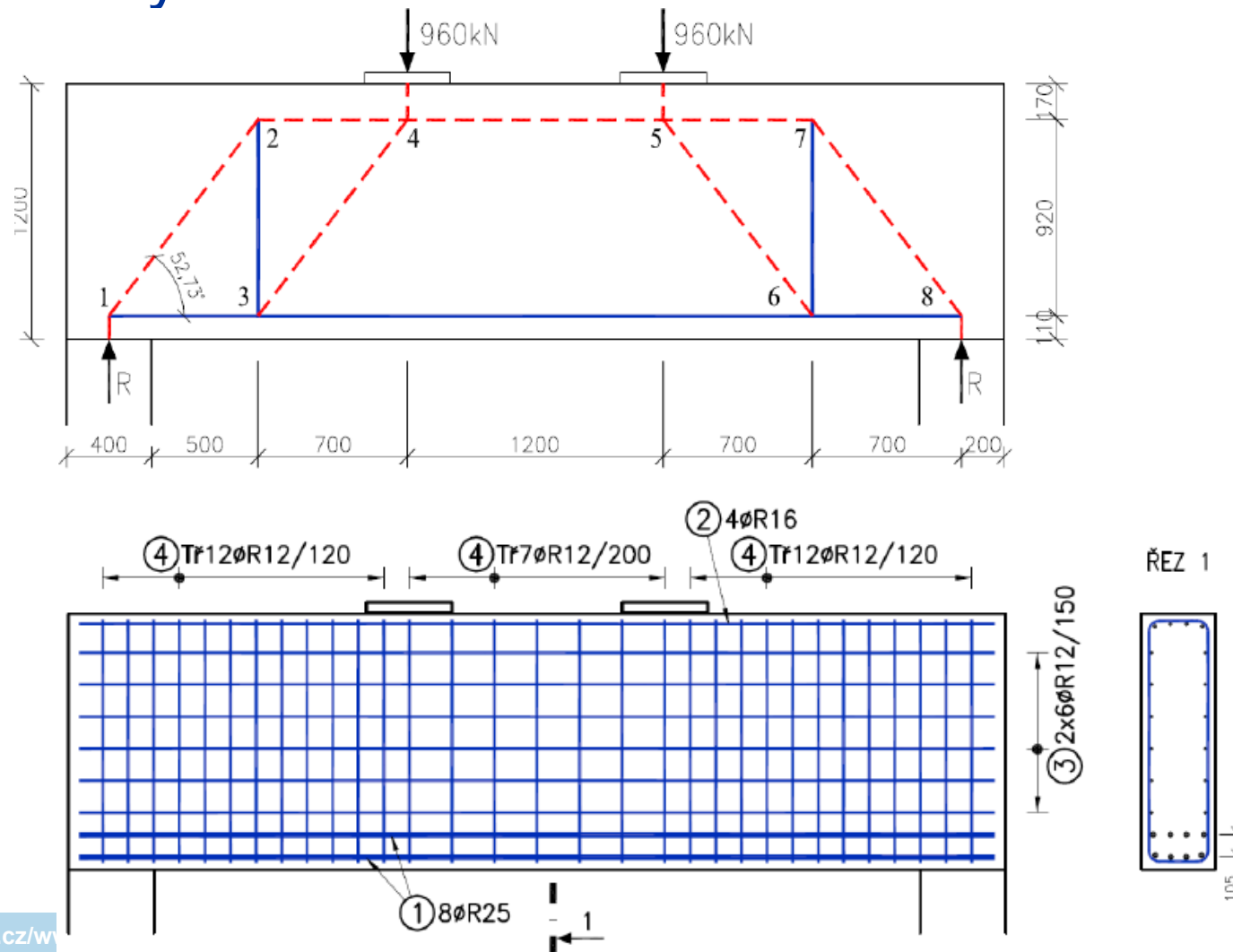


people.fsv.cvut.cz/www/bil

Zdroj: [1]

Osamělé břemeno v blízkosti podpory

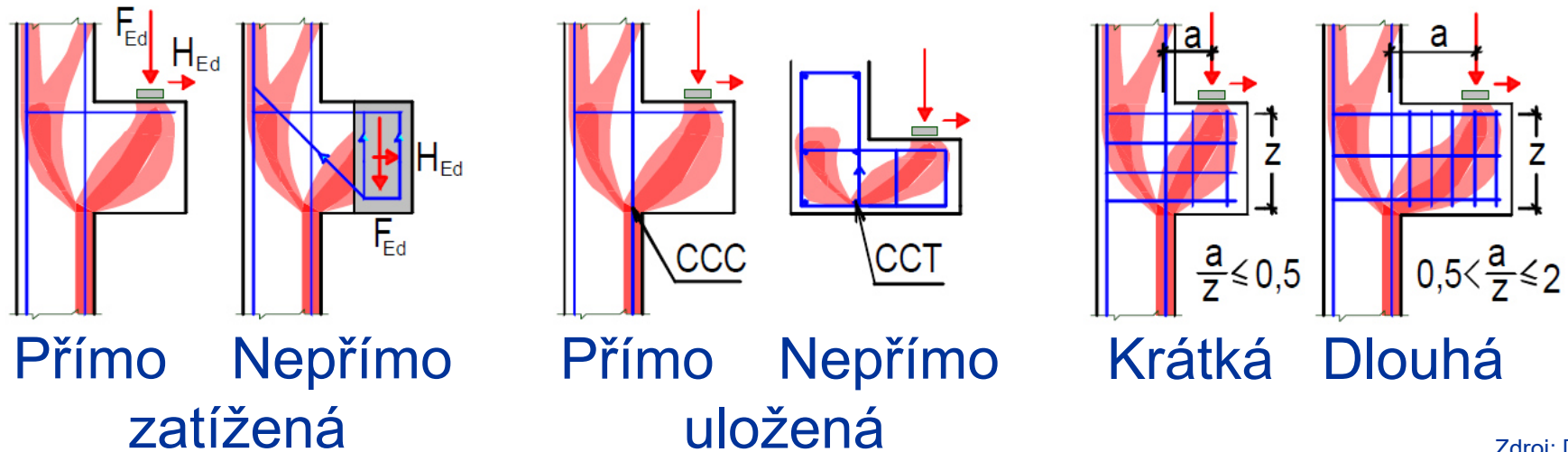
- Příklad vyztužení



Konzoly



Konzoly

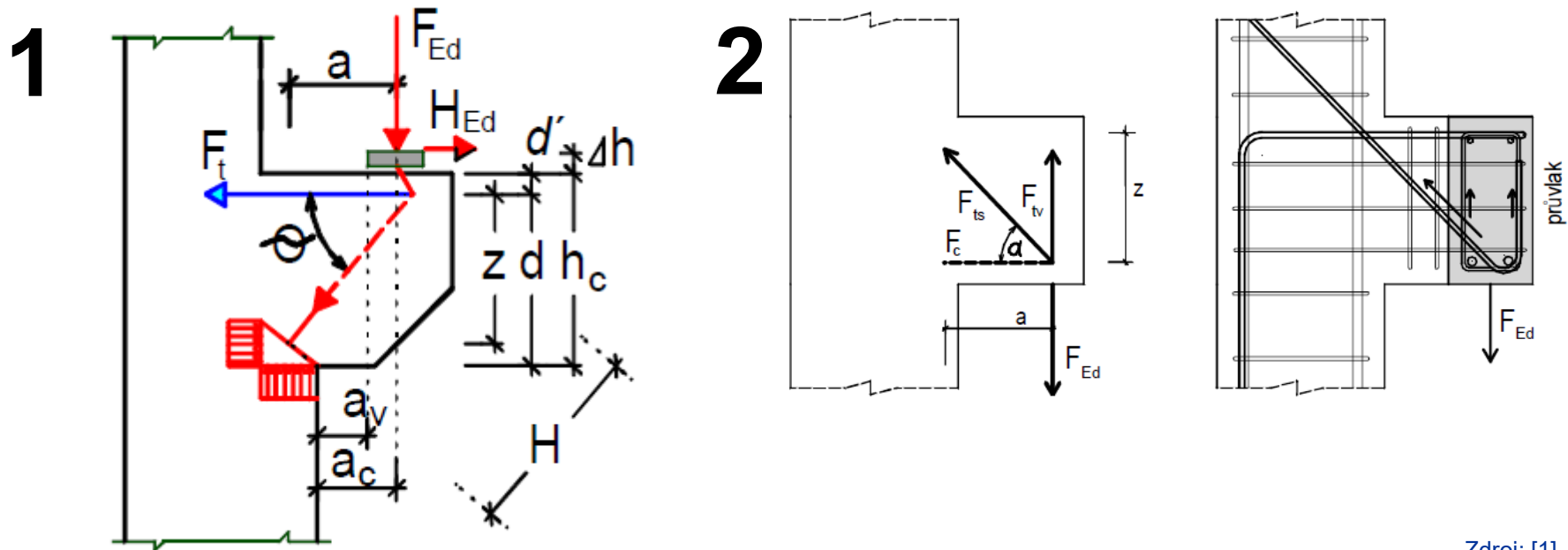


Zdroj: [1]

- Uvažovat tolerance – výroba, uložení
- Vždy podložka – vymezení a roznesení zatížení
- Uvažovat podmínky soudržnosti
- Ověřit STM po provedení výpočtu – často nutná korekce dle skutečného vyztužení

Konzoly

- Základní modely pro přímé a nepřímé zatížení

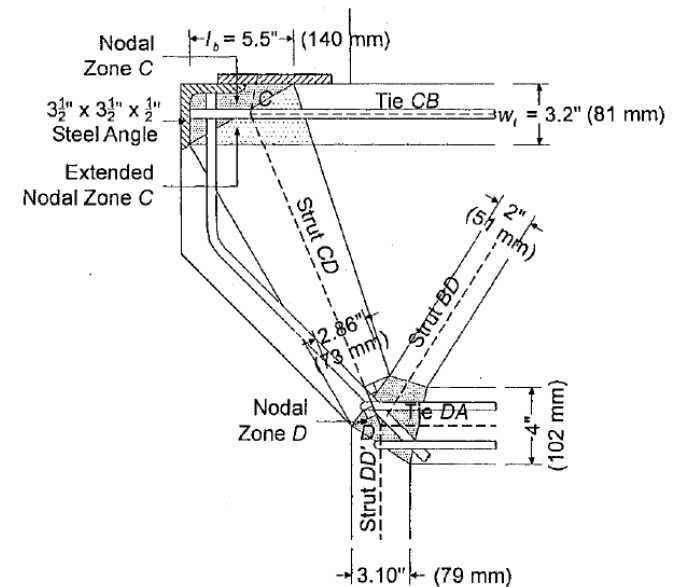
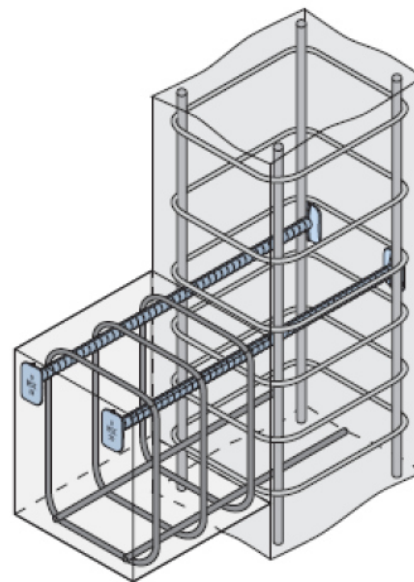
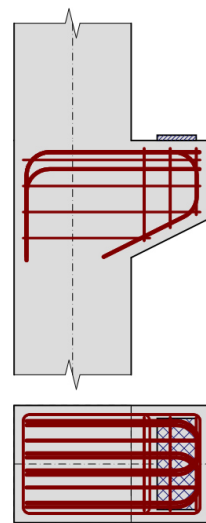
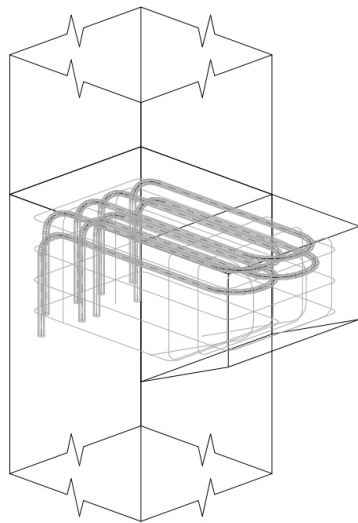


Zdroj: [1]

- U nepřímého zatížení kombinace modelů – model 2 nepřenáší vodorovnou sílu (odhad: $H_{Ed} \geq 0,2F_{Ed}$)

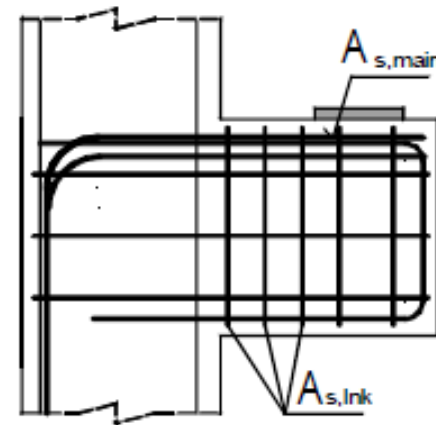
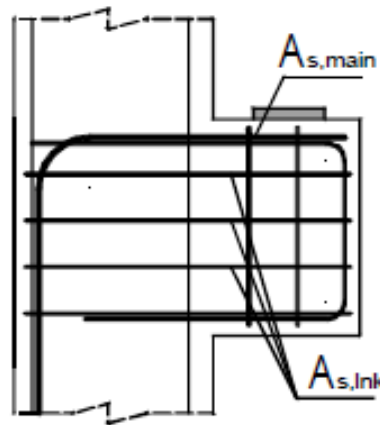
Konzoly

- Zakotvení tahové výztuže
 - Pod ložiskem od vnitřního líce ložiska
 - Ve sloupu od vnějšího líce sloupu
 - Smyčky – pozor na poloměr ohýbání, počet řad
 - Kotevní desky – posouzení viz lokální břemeno



Konzoly

- Kromě hlavní tahové výztuže nutná výztuž na příčné tahy vznikající v betonové diagonále
 - Krátké konzoly – vodorovné třmínky, min. 25 % hlavní tahové, min. 2 ks
 - Dlouhé konzoly – svislé třmínky, min. 50 % hlavní tahové výztuže, min. 3 ks
 - Přesnější vztahy a další konstrukční zásady viz [1]



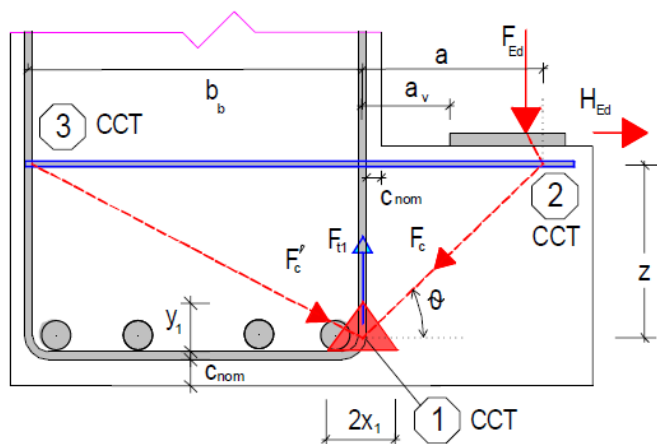
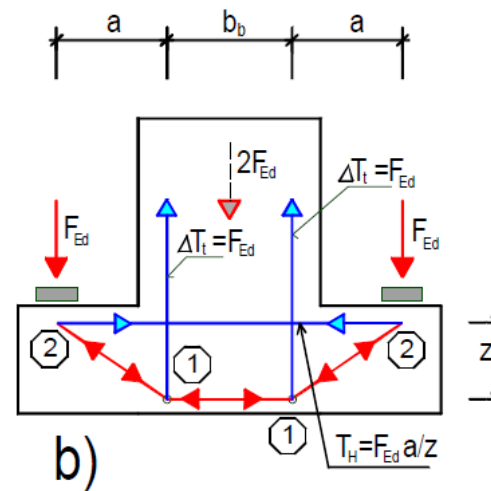
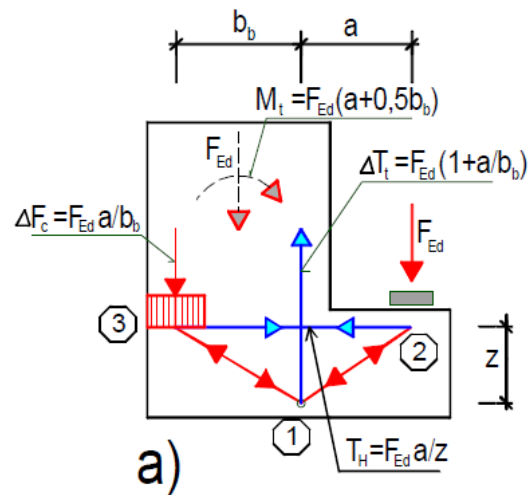
Konzola nepřímě uložená (zavěšená)

- Bodové, průběžné
- Často na spodním líci trámů

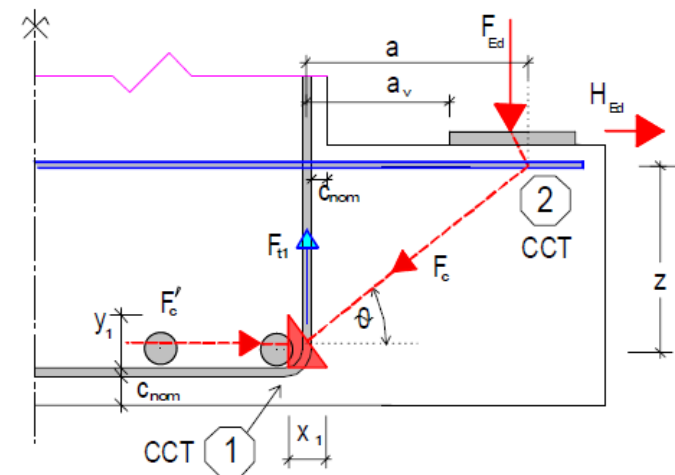


Konzola nepřímo uložená (zavěšená)

- Třmínky – kromě smyku a kroucení i tah od F_{Ed}
- Styčník 1 nad třmínkovou výztuží => redukce z

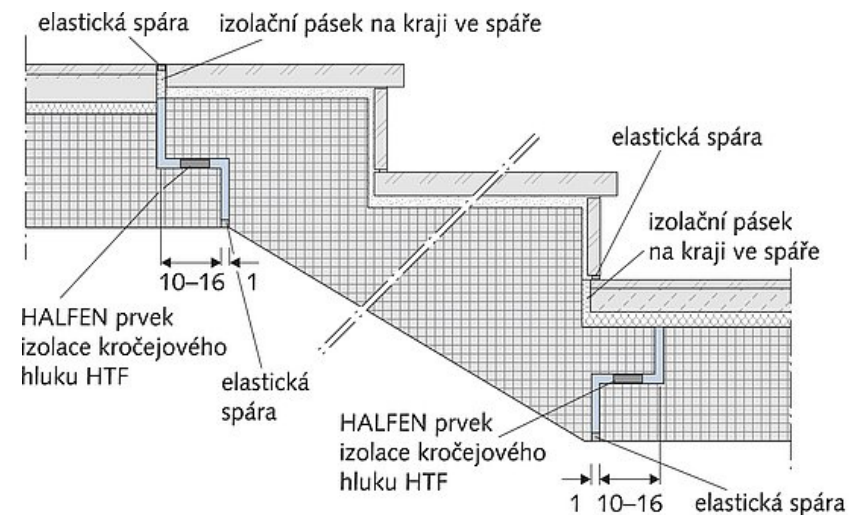


Zdroj: [1]



Konzola průběžná bez smykové výztuže

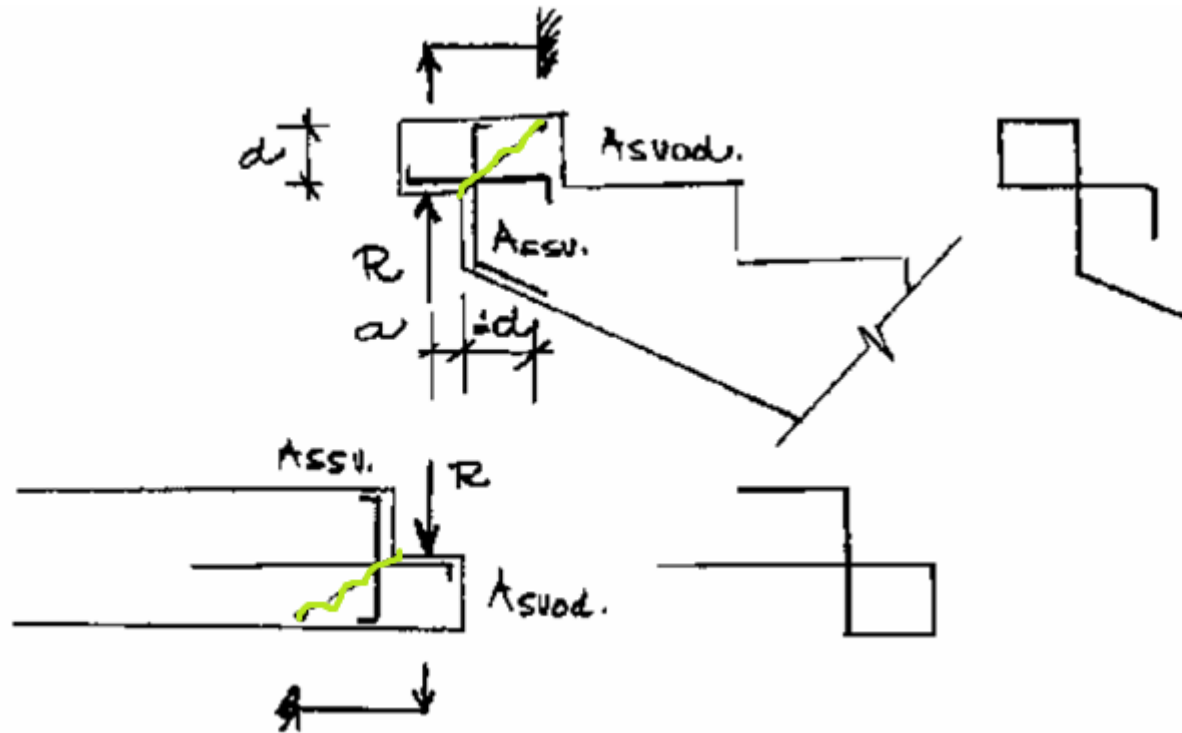
- Ozuby prvků schodiště, dilatace desek



- Při napětí pod styčnou deskou $\sigma \leq 0,08f_{ck}$ nejsou nutné svislé a vodorovné třmínky

Konzola průběžná bez smykové výztuže

- Zjednodušený postup pro $\sigma \leq 0,08f_{ck}$



$$M_{sd} = R \cdot (a + d)$$

$$A_{svod} \geq \frac{R \cdot (a + d)}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}}$$

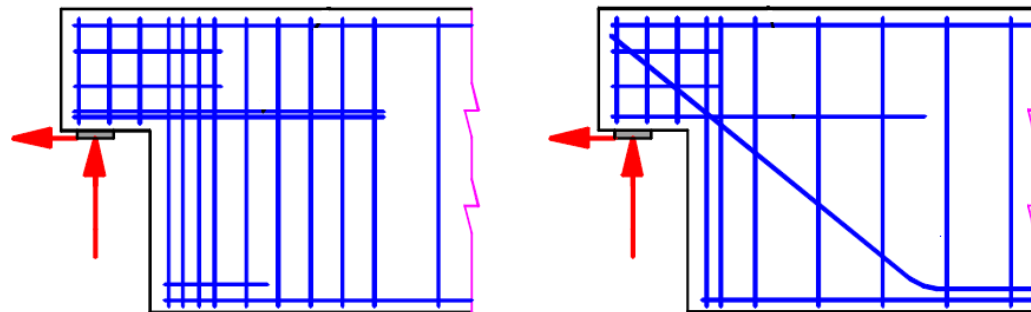
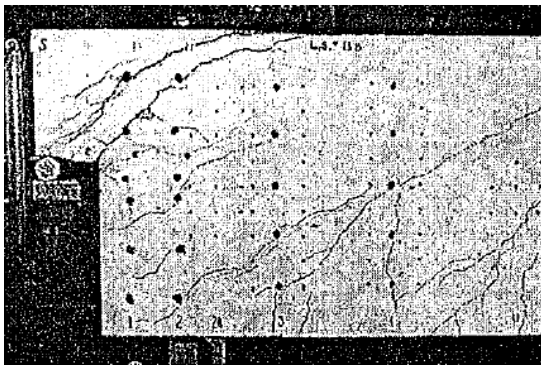
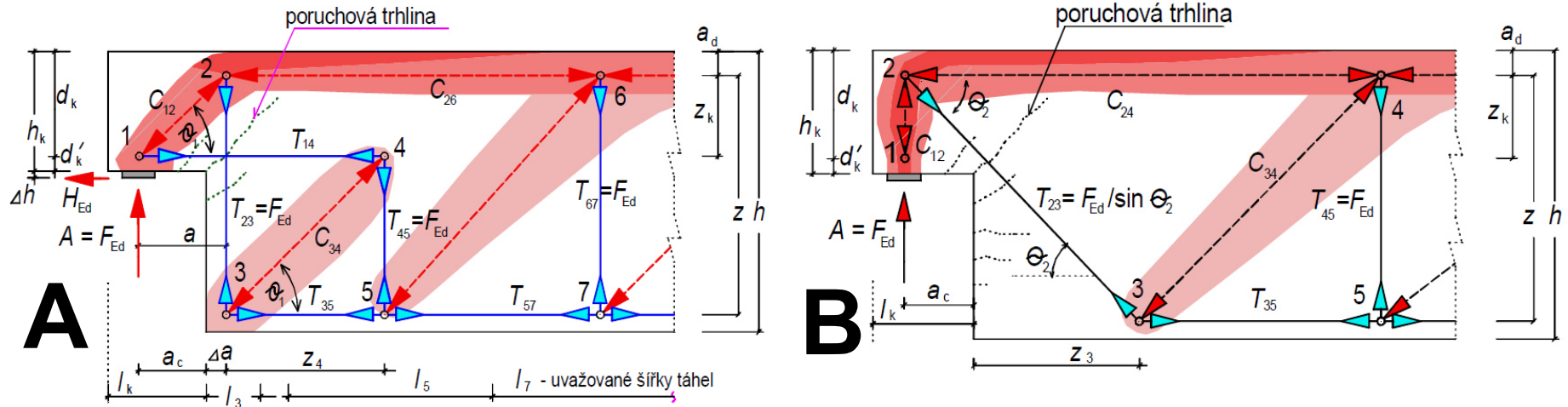
$$A_{ssv} \geq \frac{R}{f_{yd}}$$

Zdroj: Hana Hanzlová, Jitka Vašková

- Pozor, výztuž ozubu ramene a podesty se liší, je-li různé d !

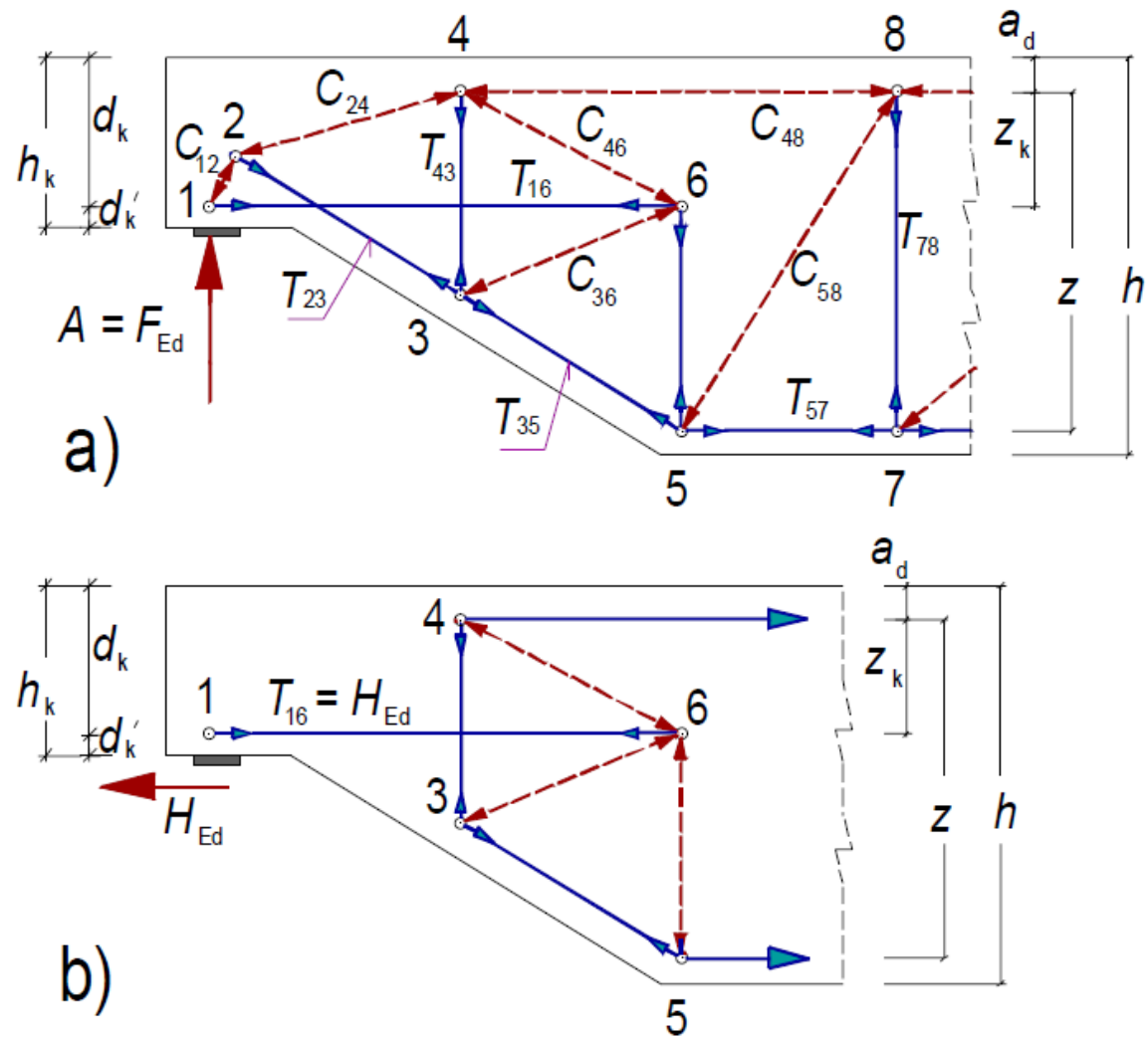
Ozuby

- Principálně nepřímě uložené konzoly
- Buď pouze A, nebo kombinace A a B
- Kombinace: každý 60 % F_{Ed} + A navíc H_{Ed}



Zdroj: [1,2]

Ozuby na nosnících s náběhy

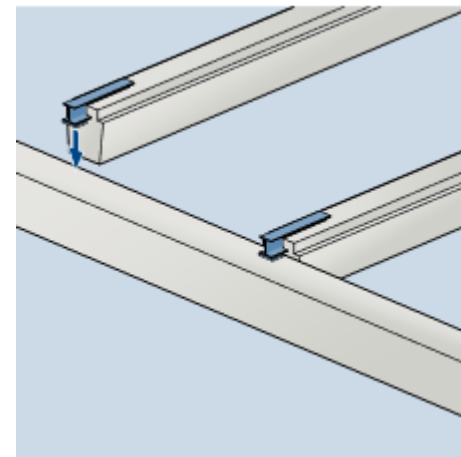


Zdroj: [1]

Speciální prvky nahrazující ozuby



Zdroj: Peikko



people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1/

Zdroj: Jordahl&Pfeifer

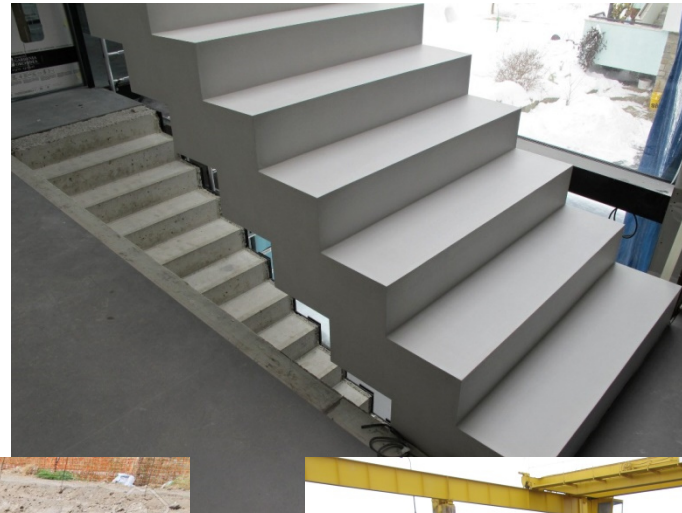
Otvory v nosnících

- Samostatná přednáška + DCV – Josef Novák



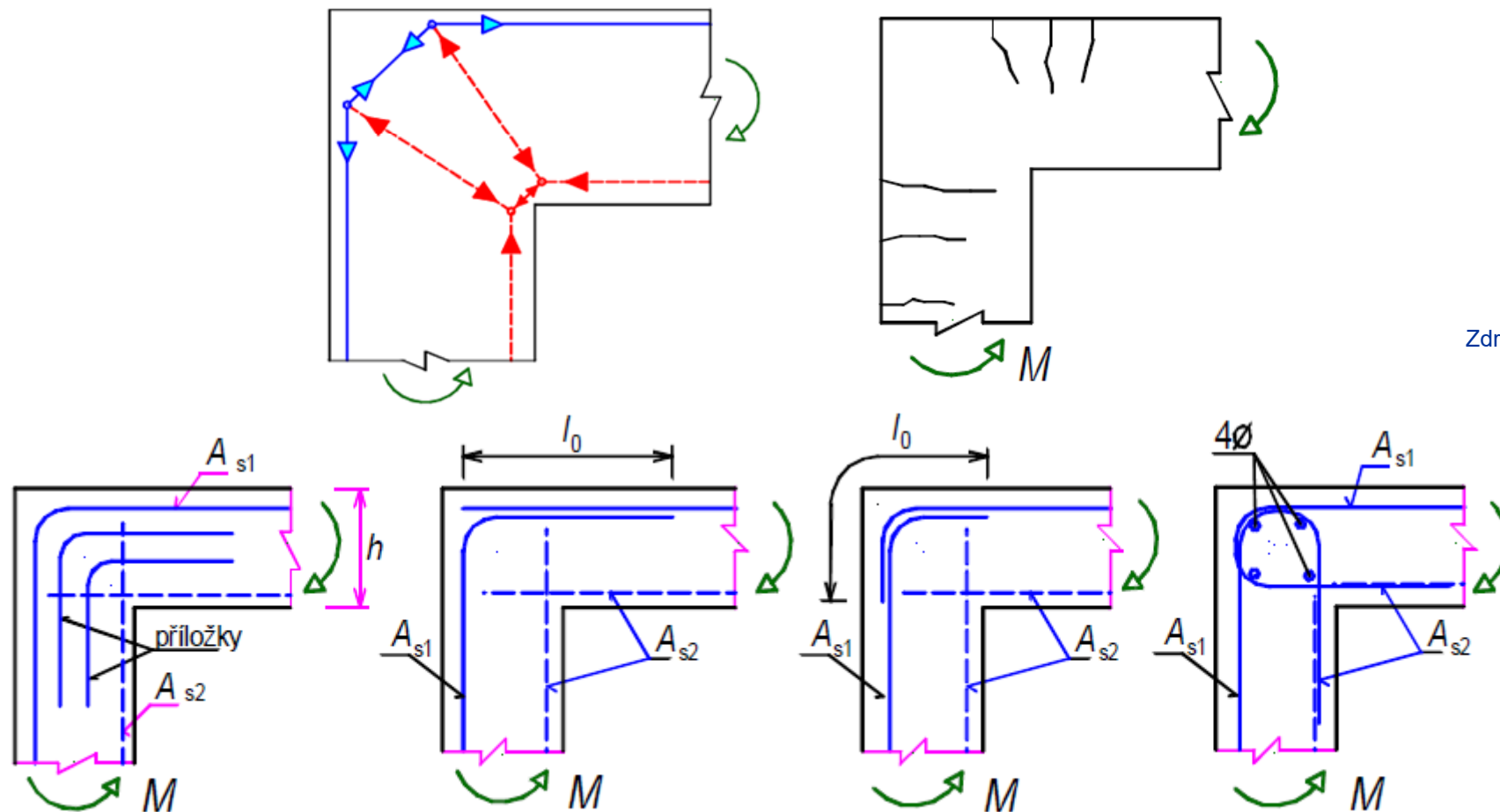
Rámové rohy

- Nejčastější poruchová oblast monolitických kcí
- Neplatí Bernoulliova hypotéza



Rámové rohy

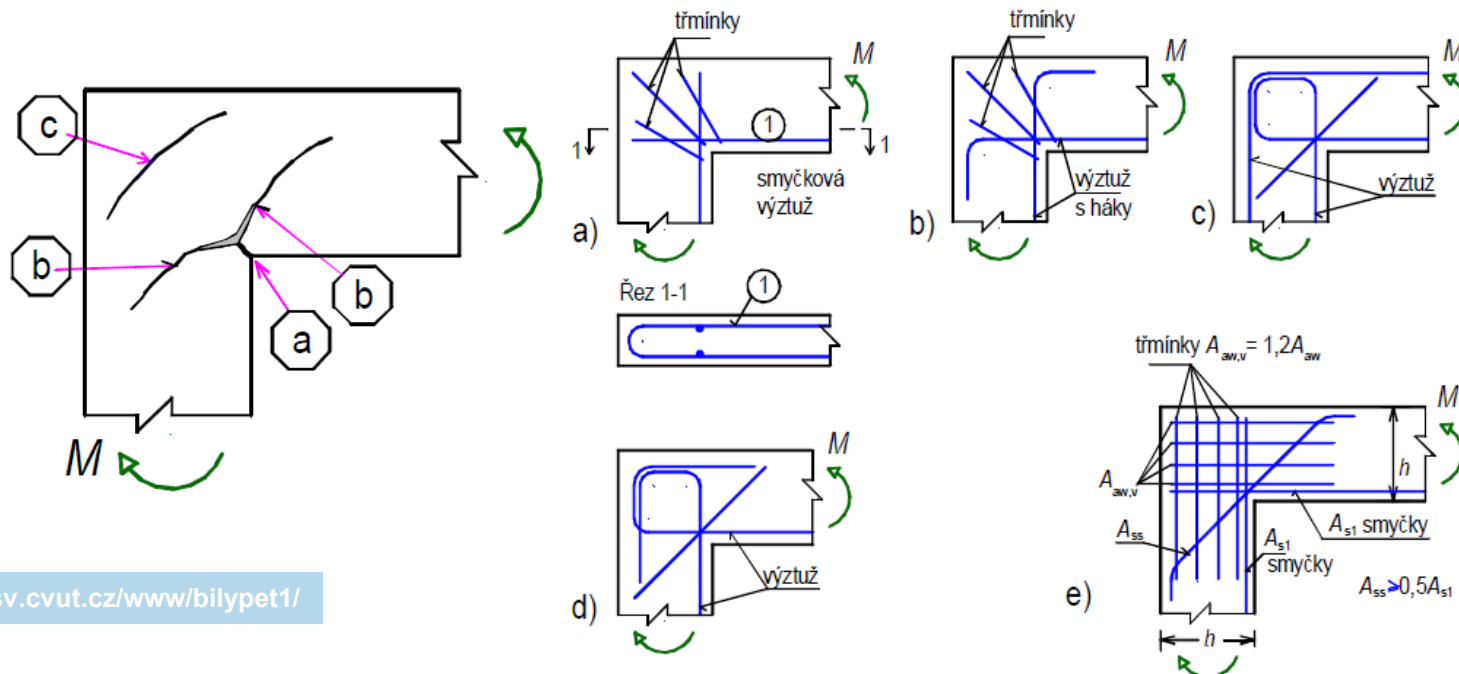
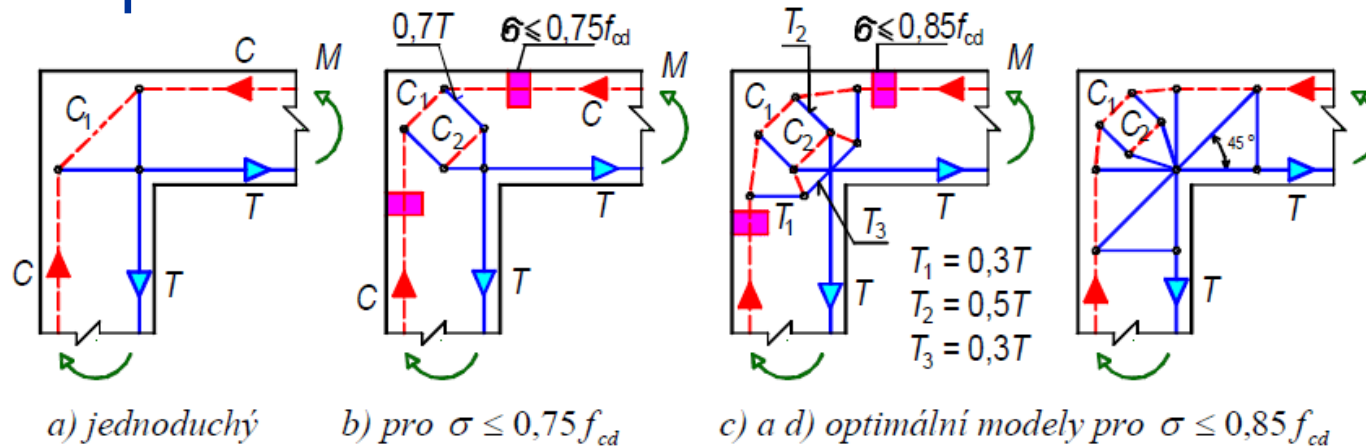
- Záporné působení – moment roh uzavírá



Zdroj: [1]

Rámové rohy

- Kladné působení – moment roh otevírá



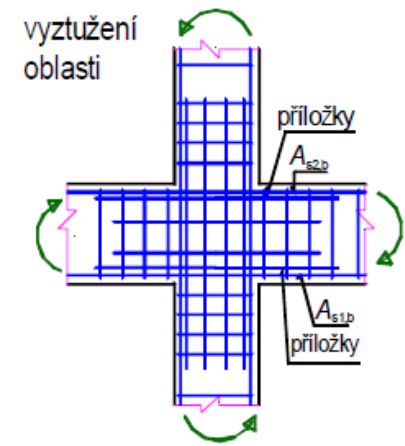
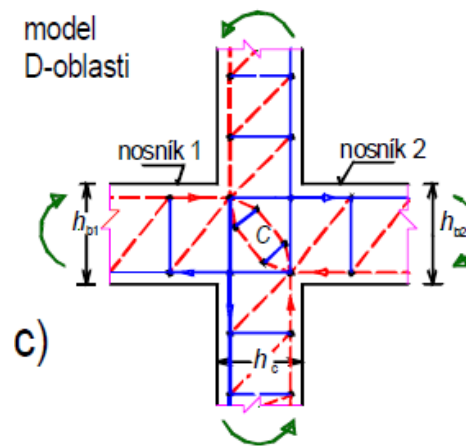
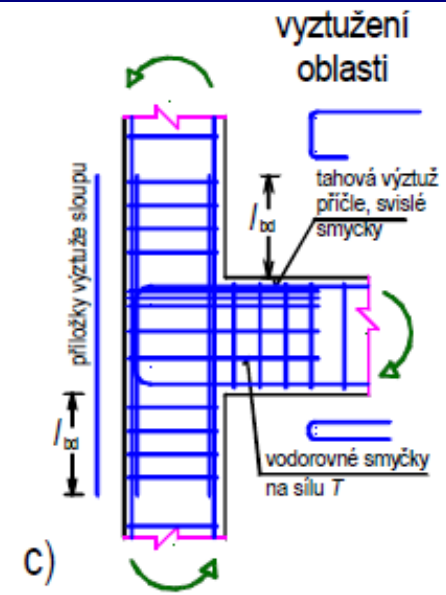
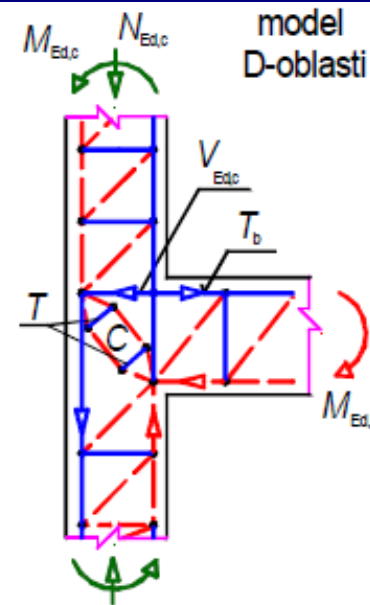
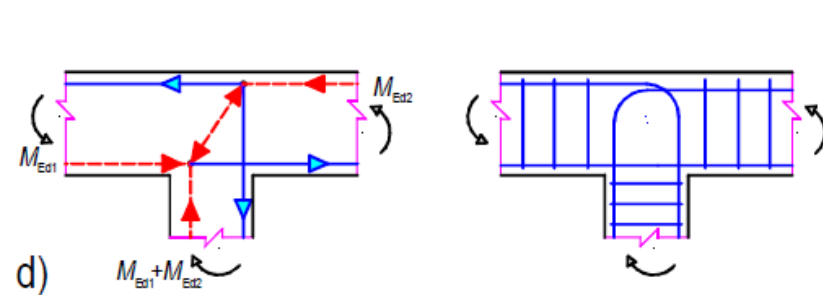
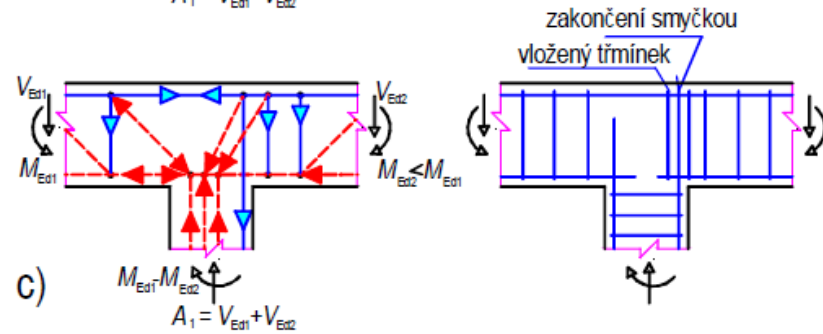
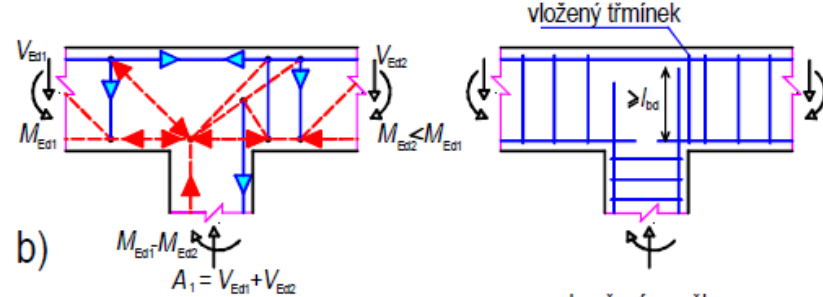
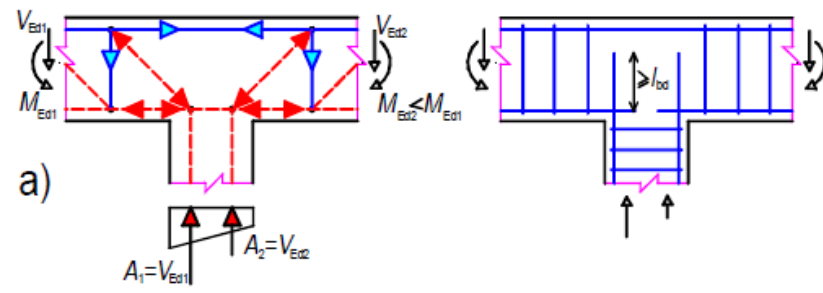
Zdroj: [1]

Rámové styčníky

- Klíčové pro celkové chování konstrukce – trhliny = přerozdělení sil
- Různé kombinace zatížení – různé znaménko momentů – různé modely pro tentýž detail

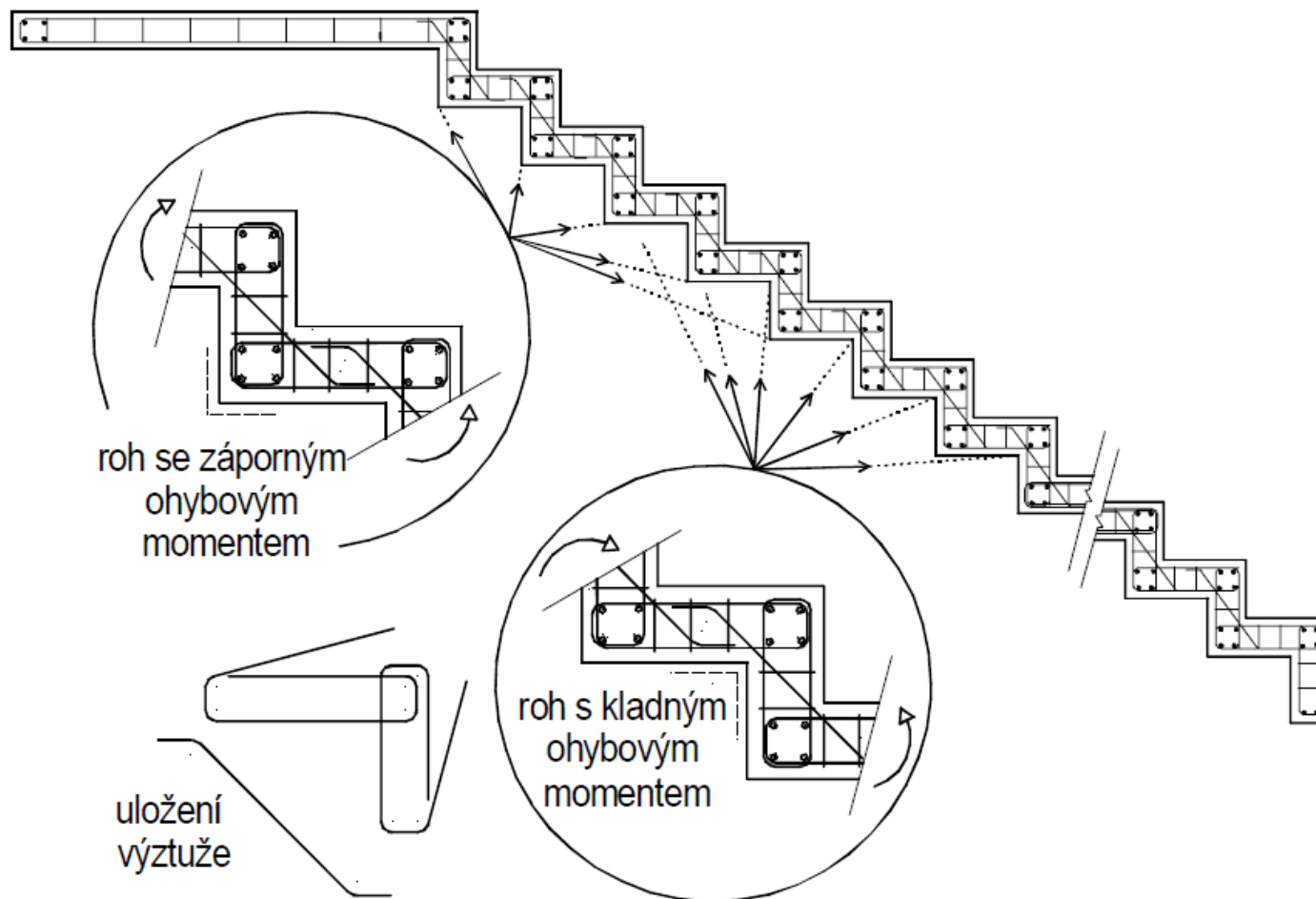


Rámové styčníky



Zalomené nosníky

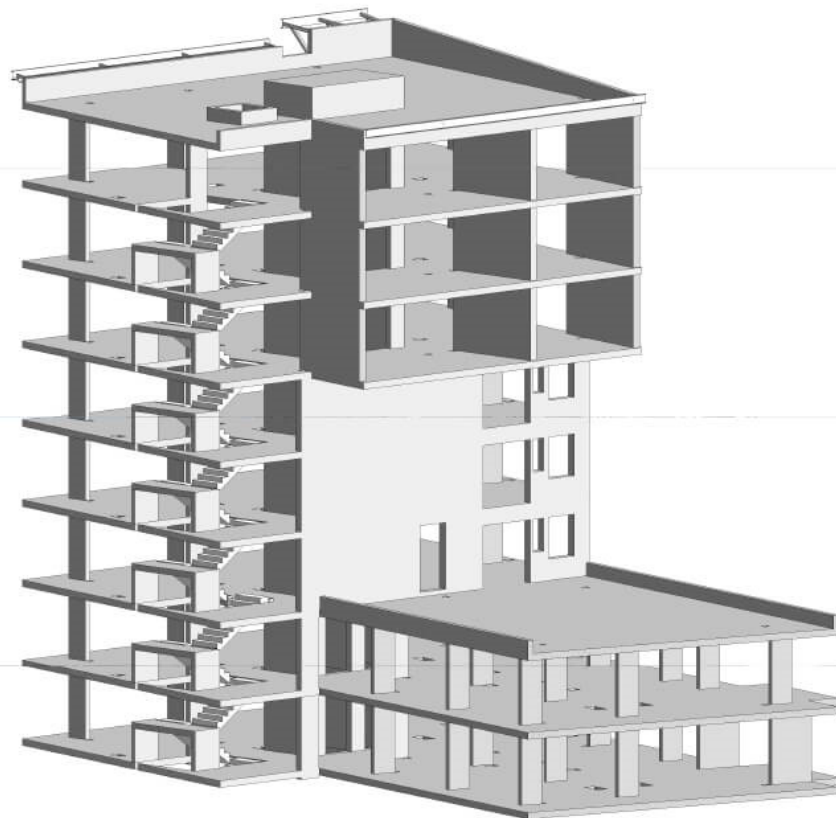
- Soustava rámových rohů



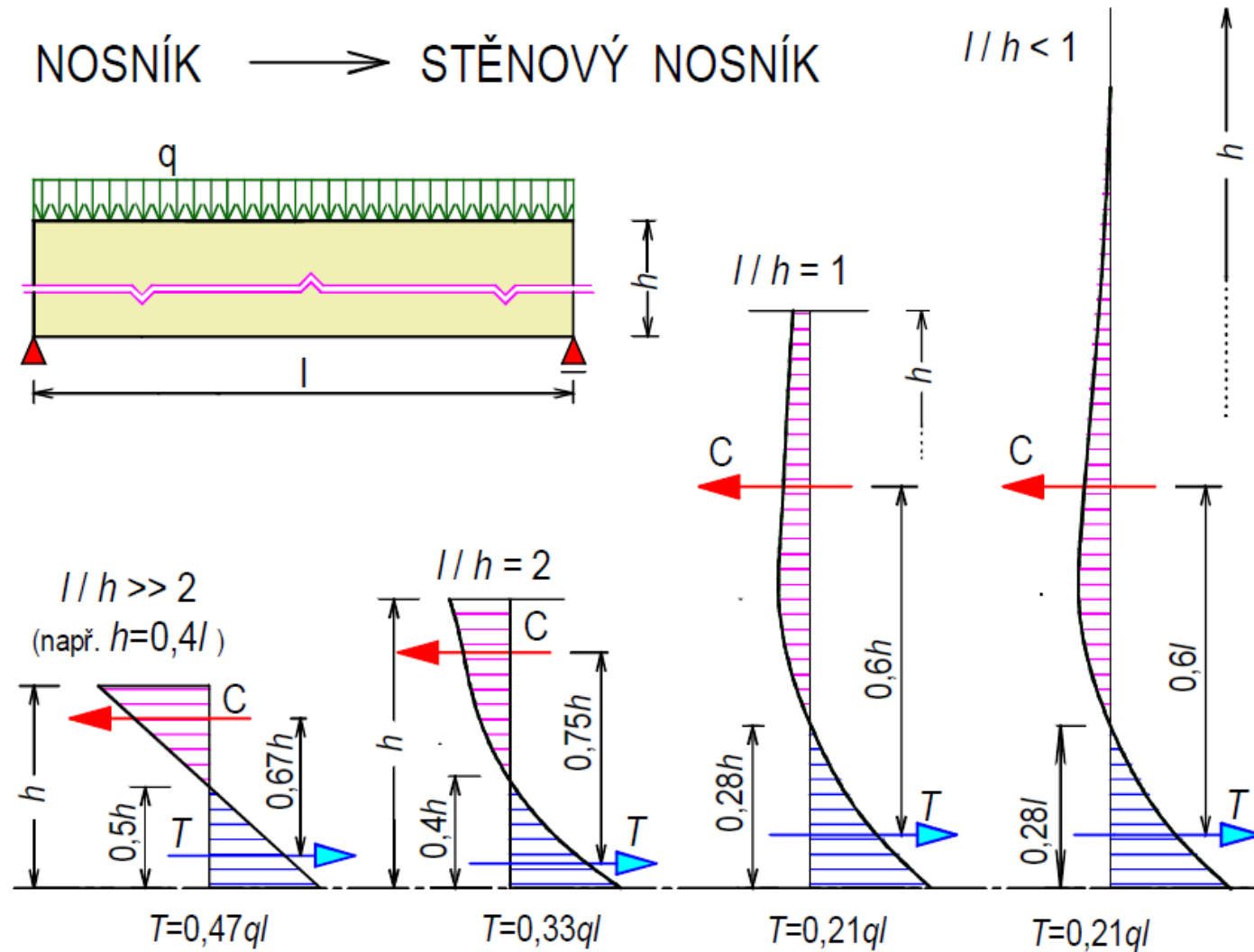
Zdroj: [1]

Stěnové nosníky

- $3h \geq l$, celý nosník je D-oblastí
- Klíčové oblasti: Táhla a jejich zakotvení, podpory
- Nelze zanedbat smykové deformace



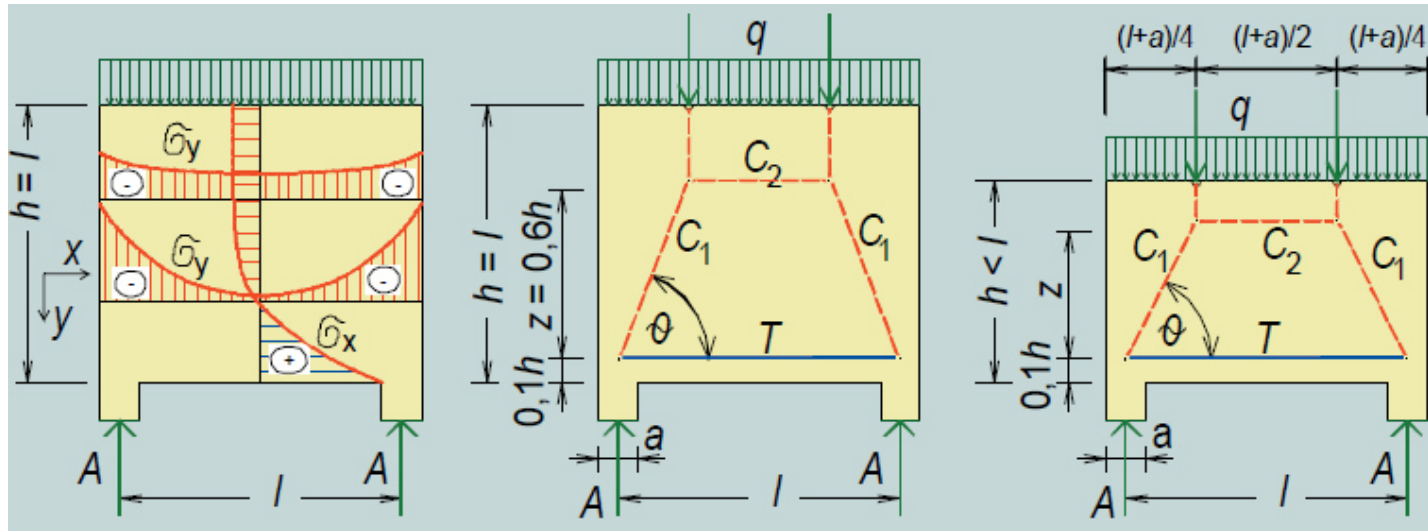
Stěnové nosníky



Zdroj: [1]

Stěnové nosníky

- Příklad nosníku bez otvorů

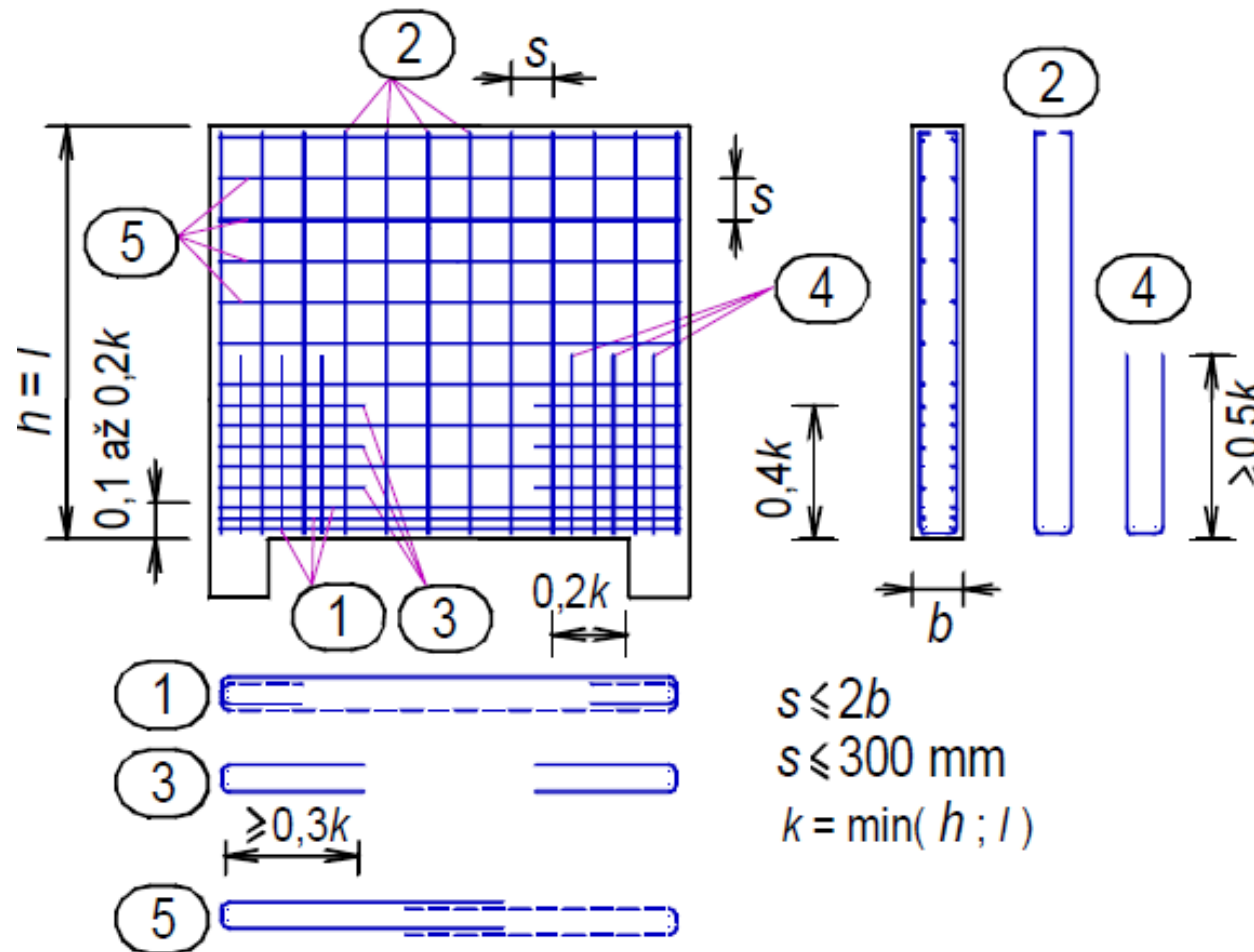


Zdroj: [7]

- Obecný postup:
 - Lineární analýza => volba STM modelu
 - Návrh pomocí STM
 - Kontrola návrhu nelineární analýzou – únosnost, šířka trhlin

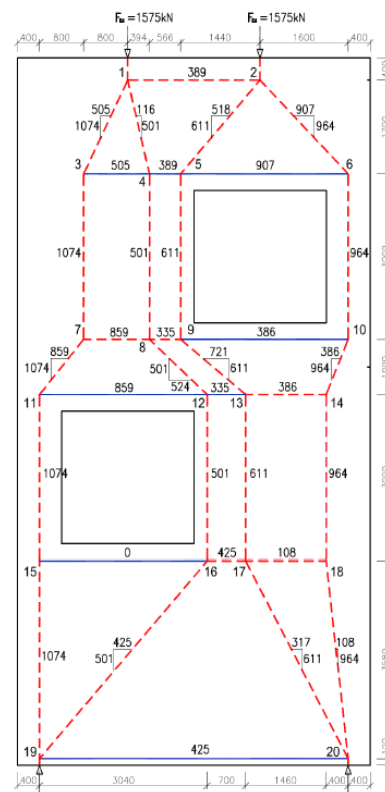
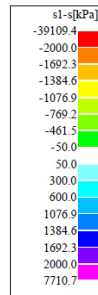
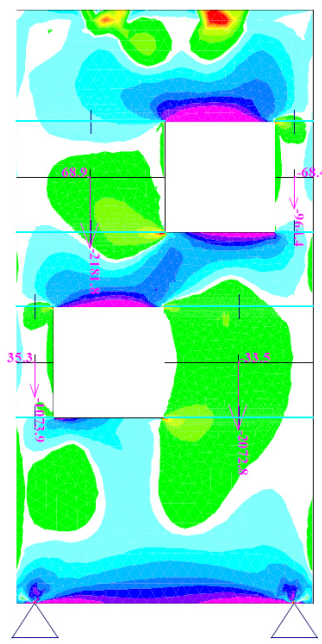
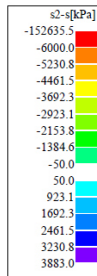
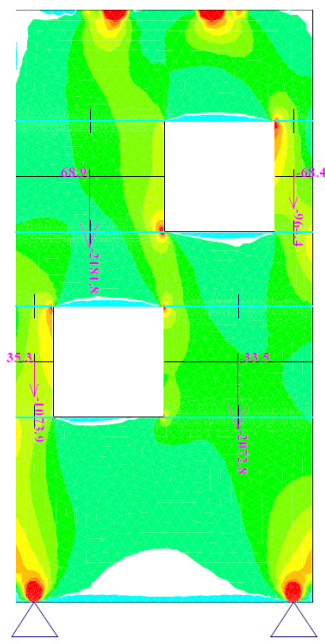
Stěnové nosníky

- Princip vyztužení

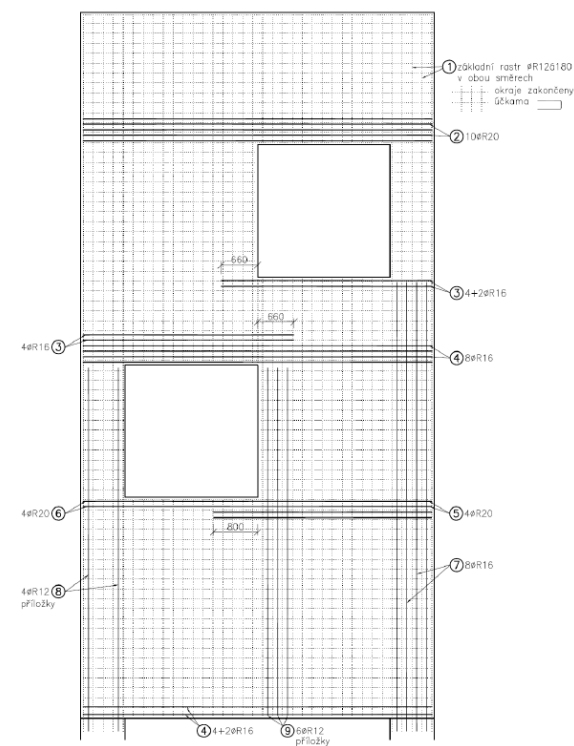


Zdroj: [1]

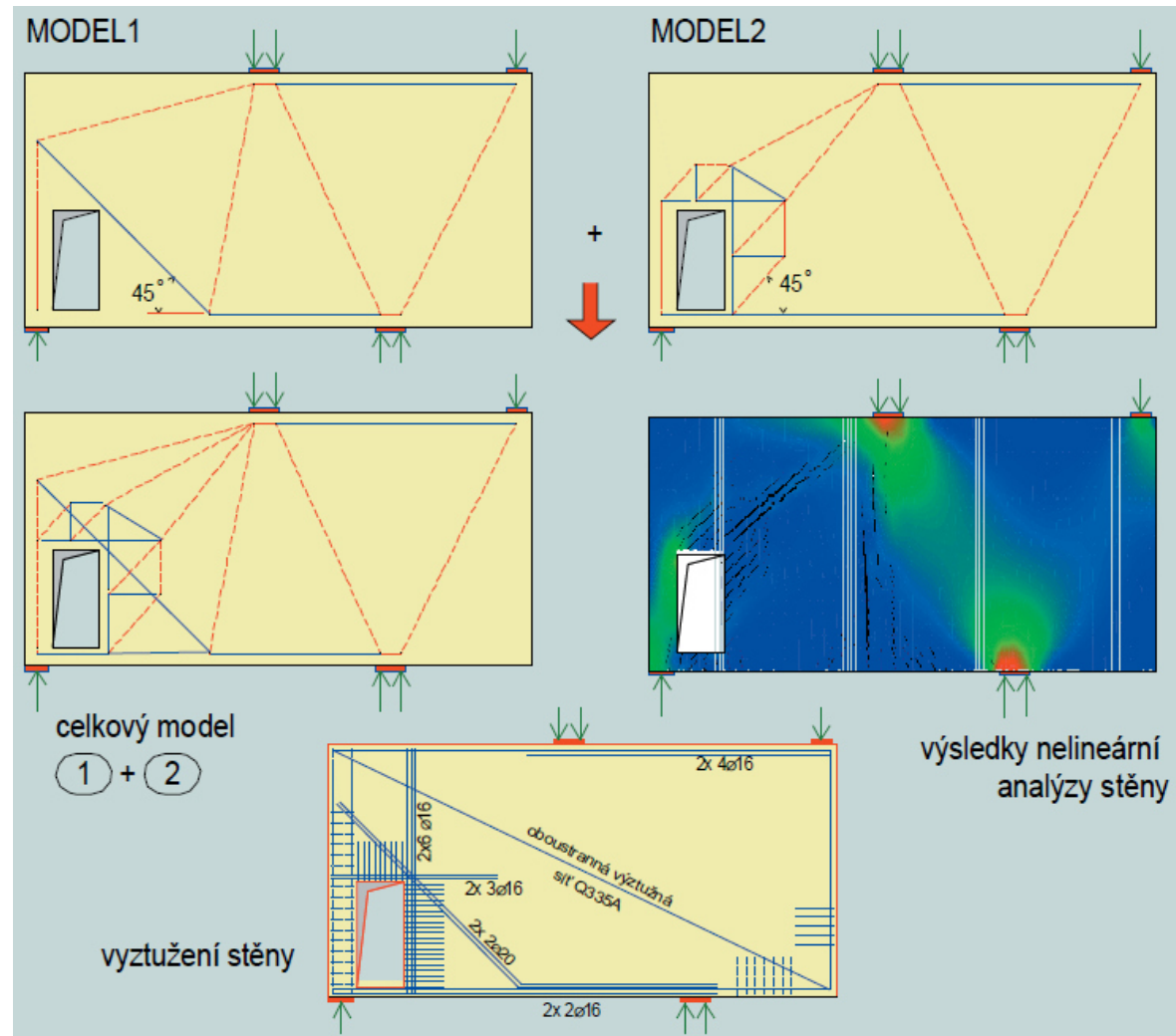
Stěnové nosníky



Zdroj: [3]



Stěnové nosníky



Zdroj: [7]

Literatura pro podrobnější studium

- [1] Kohoutková, A., Procházka, J., Šmejkal, J.: Modelování a vyztužování betonových prvků – Lokální modely železobetonových konstrukcí. Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha, 2013.
- [2] Reineck, K.-H.: Examples for the Design of Structural Concrete with Strut-and-Tie Models. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, USA, 2002.
- [3] Semrád, K., Szücs, C.: Řešené příklady betonových konstrukcí pomocí příhradové analogie. ČVUT v Praze, 2013. Dostupné online: http://concrete.fsv.cvut.cz/projekty/pdf/frvs2009/Prihradova_analogie_a_resene_priklady.pdf
- [4] Martin, B.T.: Verification and Implementation of Strut-and-Tie Model in LRFD Bridge Design Specifications. University of Nevada Reno, 2007. Dostupné online: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/NotesDocs/20-07\(217\)_FR.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/NotesDocs/20-07(217)_FR.pdf)
- [5] Fu, C.C.: The strut-and-tie model of concrete structures. University of Maryland, 2001. Dostupné online: http://www.academia.edu/15837691/THE_STRUT-AND-TIE_MODEL_OF_CONCRETE_STRUCTURES
- [6] Kohoutková, A., Vašková, J.: Zavádění EN 1992: „Navrhování betonových konstrukcí“ do praxe – Poruchové oblasti. BETON TKS 6/2004, s. 32 – 36. Dostupné online: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2004-6-55_0.pdf
- [7] Šmejkal, J., Procházka, J.: Navrhování stěnových nosníků s použitím modelů náhradní příhradoviny. BETON TKS 6/2010, s. 52 – 59. Dostupné online: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2010-6-52_0.pdf
- [8] Kuchma, D.: Strut-and-Tie Resource Web Site. Dostupné online: https://web.archive.org/web/20070707094813/http://www.cee.uiuc.edu:80/kuchma/strut_and_tie/