

Navrhování přípojí ocelových konstrukcí na betonové

Valorisation of Knowledge for Innovative Fastening Solutions between Steel and Concrete

Obsah prezentace

INFASO⁺



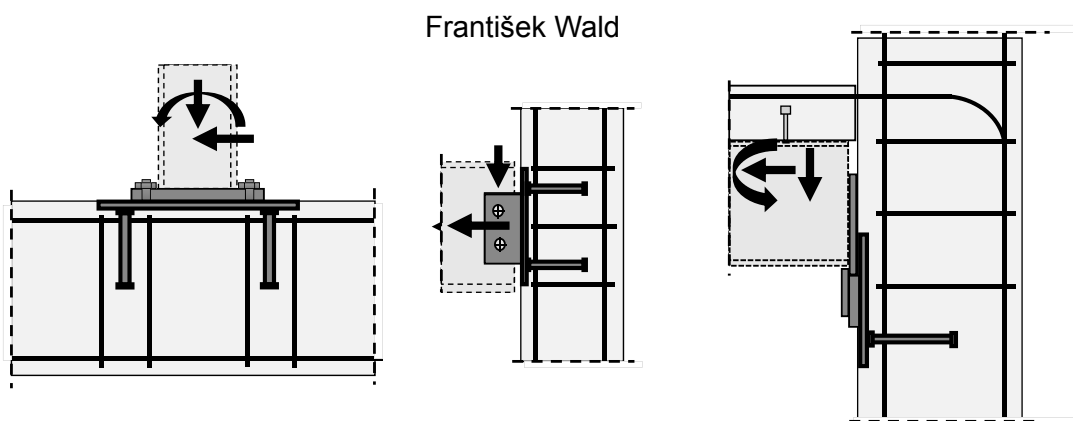
Úvod

prof. Wald

- ❑ Návrh kotvení patní a kotevní deskou
- ❑ Komponenty pro kotvení trny s hlavou
- ❑ Tolerance
- ❑ Řešené příklady
 - ❑ Kotvení patní a kotevní deskou
 - ❑ Kloubový přípoj

Ing. Bečková

Úvod



Valorisation of Knowledge for Innovative Fastening Solutions between Steel and Concrete

Obsah prezentace

- ☐ Motivace
- ☐ O projektu
- ☐ Partneri
- ☐ Materiály projektu
- ☐ Shrnutí

Obvyklé kotvení patní deskou INFASO⁺

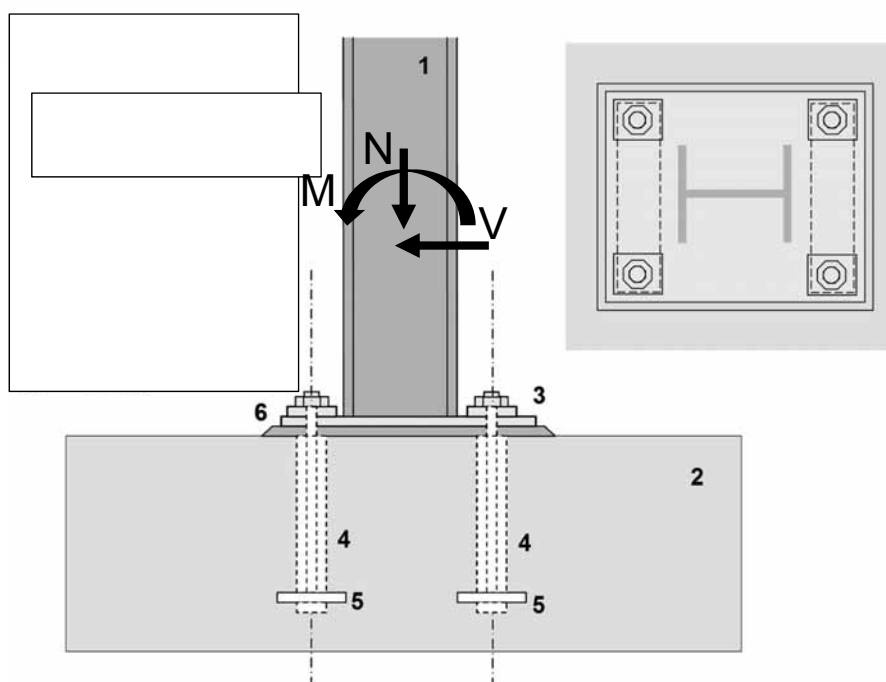
► Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



□ Předem zabetonované kotevní šrouby

5

Obvyklé kotvení patní deskou INFASO⁺

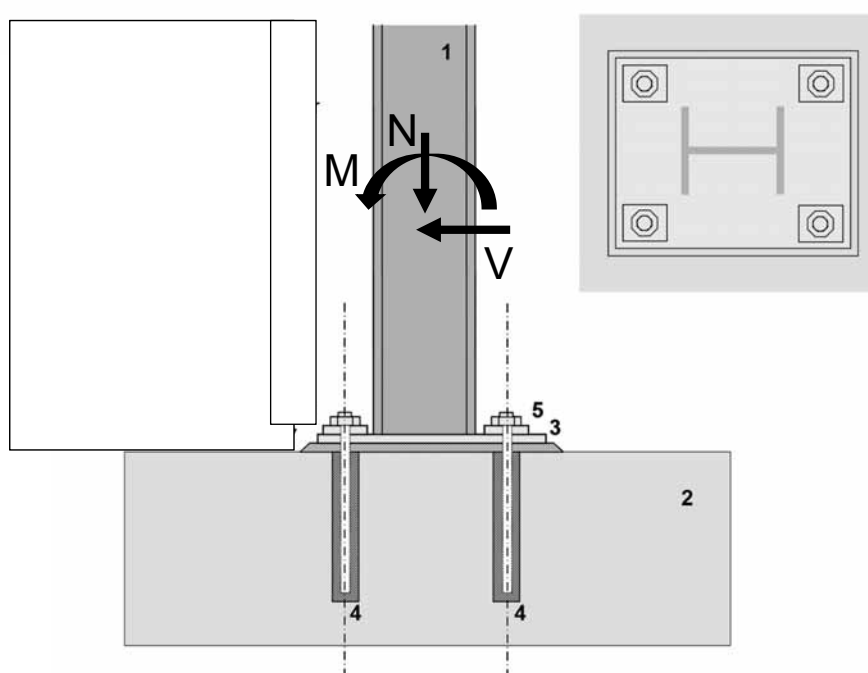
► Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



□ Dodatečně kotvené šrouby

6

Kotvení patní a kotevní deskou INFASO⁺

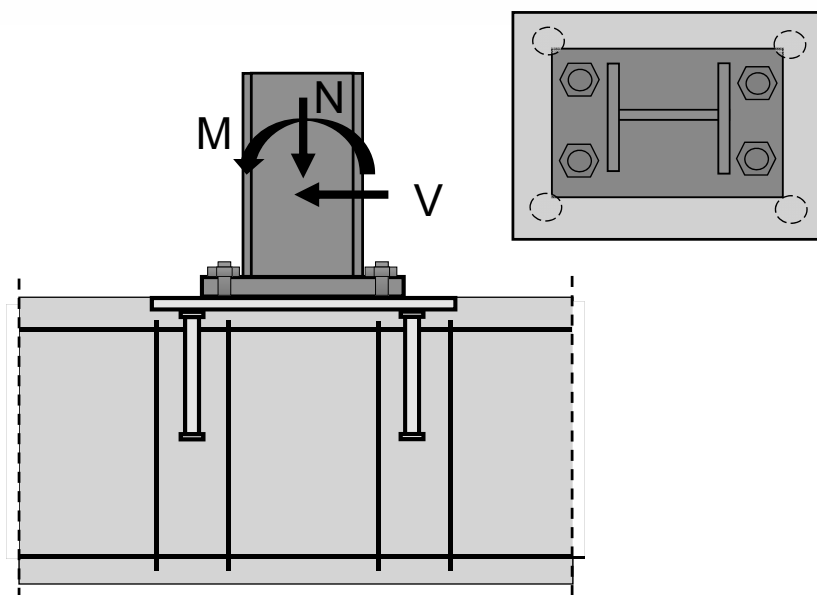
➤ Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



- ☐ Předem zabetonovaná deska s kotevními trny s hlavou

7

Kotvení na sloup/stěnu

INFASO⁺

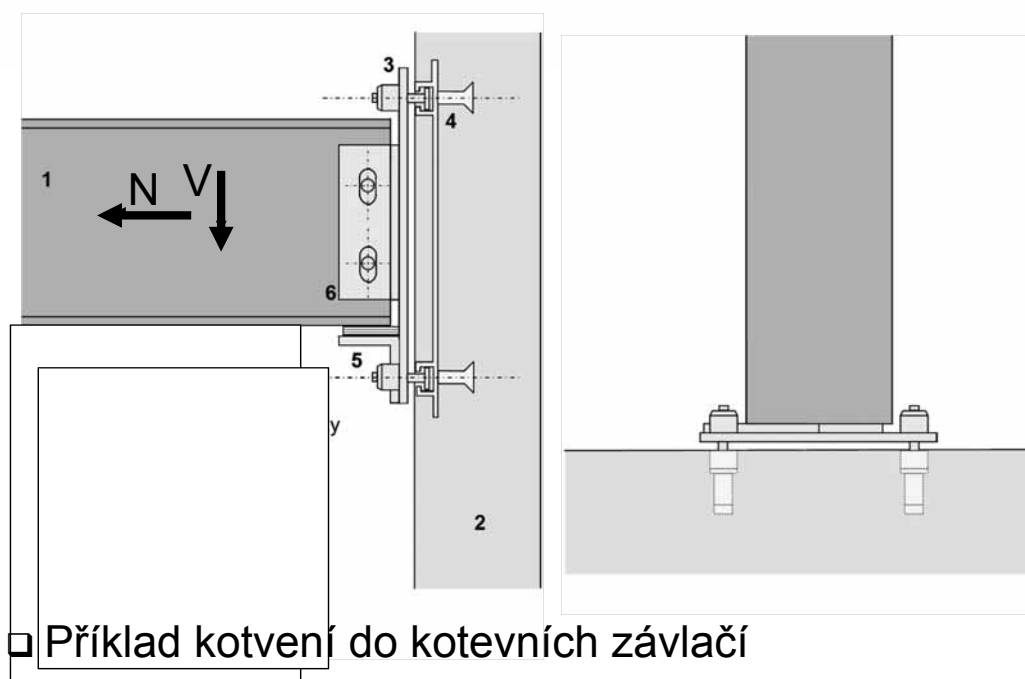
➤ Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



- ☐ Příklad kotvení do kotevních závlačí
- ☐ Předem zabetonovaný přípravek
- ☐ Kloubový přípoj

8

Kotvení na sloup/stěnu

INFASO⁺

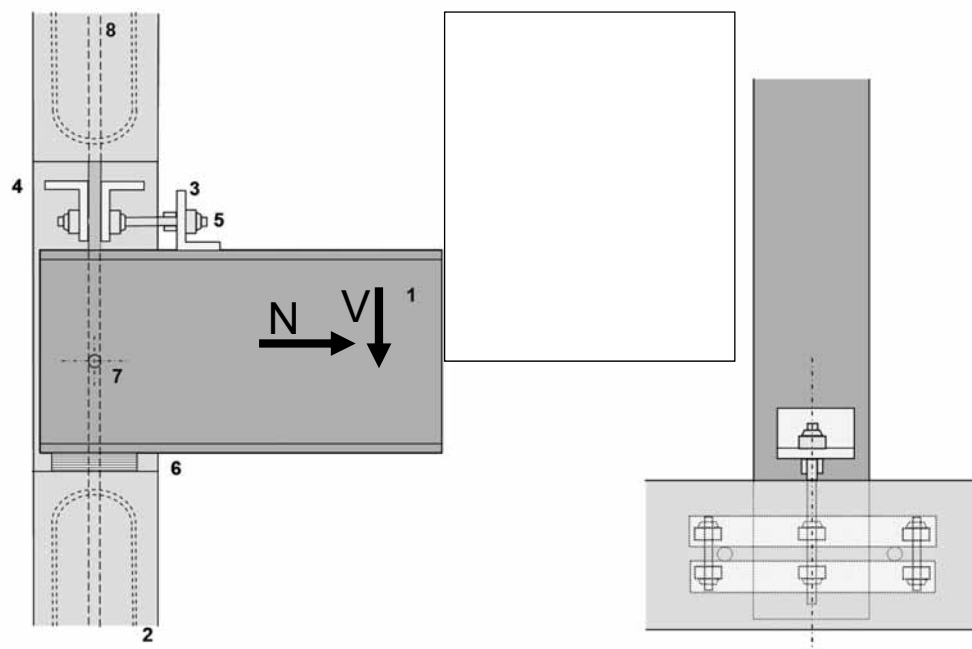
➤ Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



❑ Příklad kotvení do otvoru ve sloupu/stěně

❑ Kloubový přípoj

9

Kotvení na sloup/stěnu

INFASO⁺

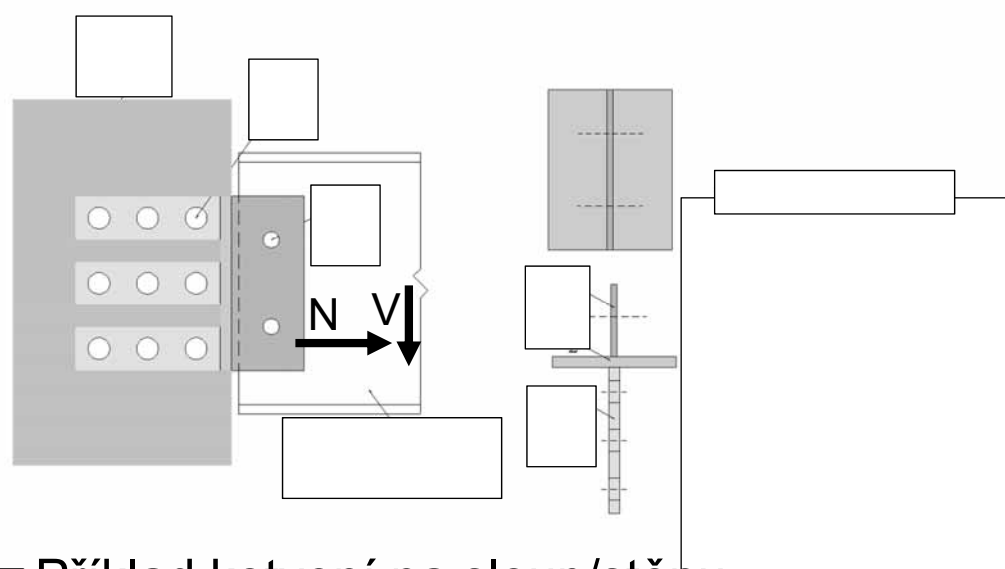
➤ Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



❑ Příklad kotvení na sloup/stěnu
kotevní lištou s otvory

❑ Kloubový přípoj

10

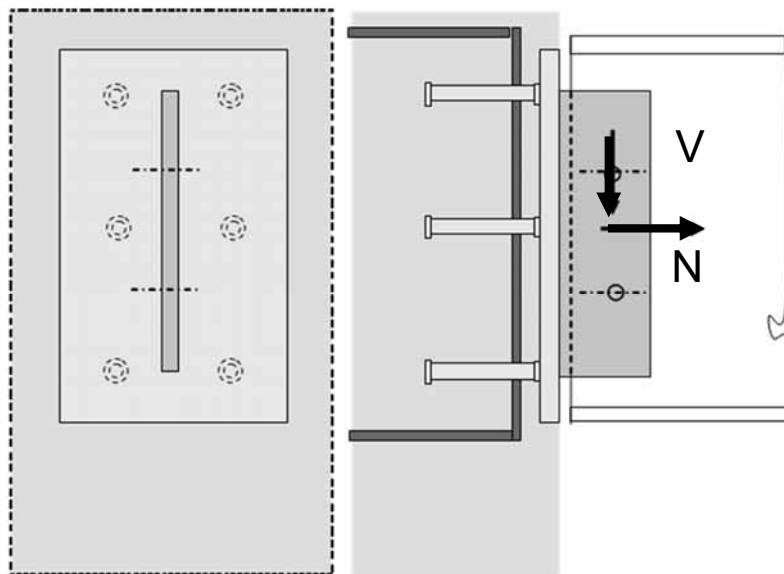
➤ Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



❑ Kotvení nosníku na sloup/stěnu deskou s trny

- ❑ Kloubový přípoj

11

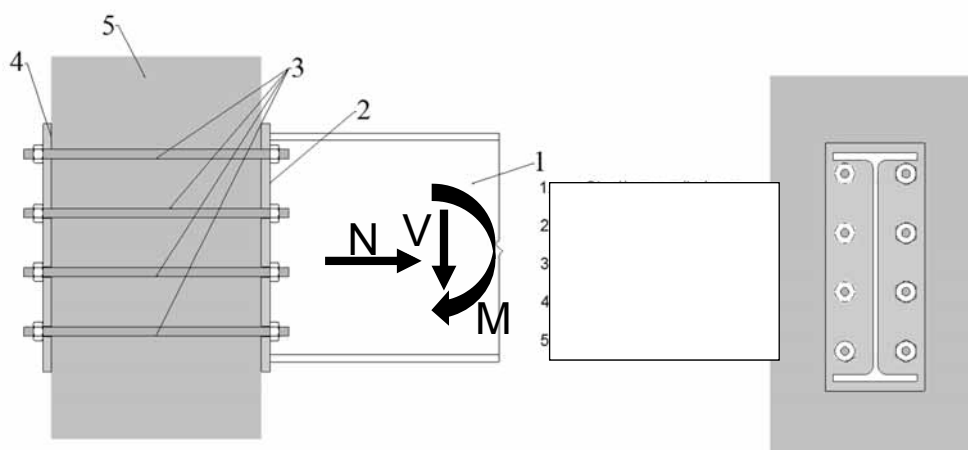
➤ Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



❑ Běžné kotvení nosníku na sloup/stěnu

- ❑ Ohybově tuhý přípoj
- ❑ Dodatečné kotvení

12

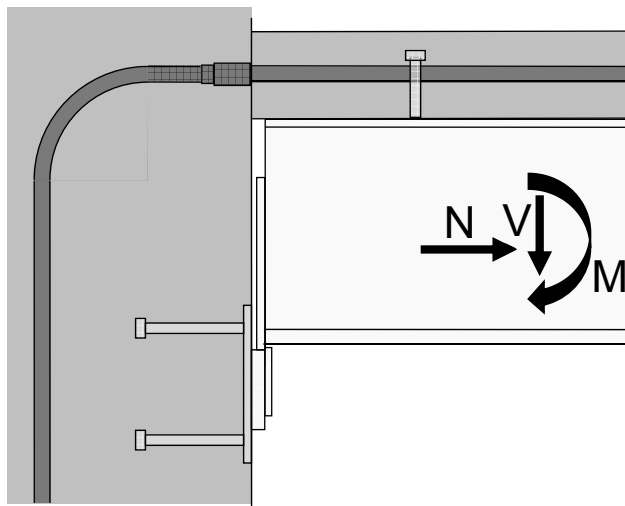
➤ Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí



❑ Kotvení nosníku na sloup/stěnu deskou s trny

- ❑ Ohybově tuhý přípoj

13

➤ Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

Shrnutí

❑ Smíšené nosné konstrukce

- ❑ Přípoje ocelových konstrukcí na betonové
- ❑ Stavební prvky jako průmyslové výrobky
- ❑ Normalizace v kotvení ocelových konstrukcí na betonové

❑ Typové řešení přípojí

- ❑ Project INFASO v letech 2009-2012
- ❑ Kotevní desky s trny s hlavou
- ❑ Vývoj kotevních trnů a jejich návrhu

14

Kotevní desky s trny s hlavou INFASO⁺

► Motivace

O projektu

Partneři

Materiály
projektu

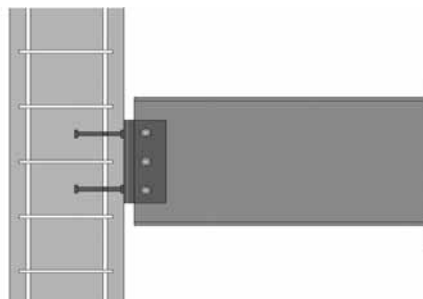
Shrnutí

□ Pro nové konstrukce i rekonstrukce

□ Montáž

□ Jednoduchá

□ Rychlá



□ Vhodná únosnost

□ Dobrá deformační kapacita

□ Dostatečná robustnost
(odolnost vodorovným silám při mimořádném zatížení)

15

Rozsah projektu

INFASO⁺

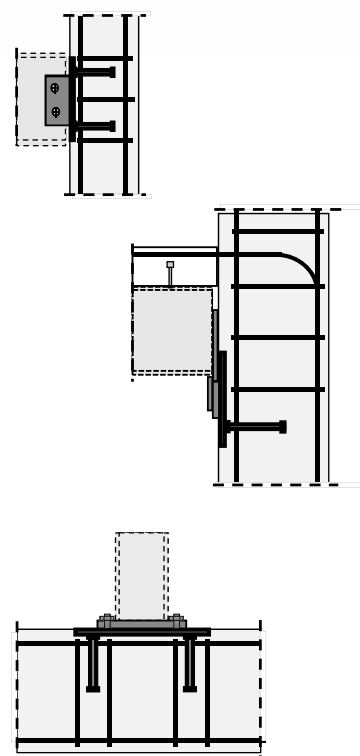
□ Kloubové přípoje

□ Ohybově tuhé přípoje

□ Kotvení patní deskou

o Ocelové konstrukce

o Ocelobetonové konstrukce



16

Motivace
➤ <u>O projektu</u>
Partneři
Materiály projektu
Shrnutí

- ❑ Materiály připraveny v rámci projektu
 - ❑ New Market Chances for Steel Structures by Innovative Fastening Solutions between Steel and Concrete (INFASO) Project RFSR-CT-2007-00051
- ❑ Výukové materiály připraveny v rámci projektu
 - ❑ Valorisation of Knowledge for Innovative Fastening Solution between Steel and Concrete (INFASO⁺) Project RFS2-CT-2012-00022
- ❑ S finančním přispěním
 - ❑ Research Fund for Coal and Steel (RFCS) of the European Community

17

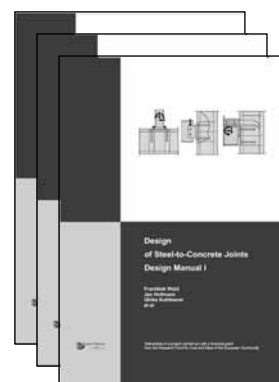
Motivace
O projektu
➤ <u>Partneři</u>
Materiály projektu
Shrnutí

- ❑ University
 - ❑ Institute of Structural Design, Universität Stuttgart
 - ❑ Institute of Construction Materials, Universität Stuttgart
 - ❑ Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí Českého vysokého učení technického v Praze
- ❑ Firmy
 - ❑ Gabinete de Informática e Projecto Assistido Computador Lda., Coimbra
 - ❑ Goldbeck West GmbH, Bielefeld
 - ❑ stahl+verbundbau GmbH, Dreieich
 - ❑ European Convention for Constructional Steelwork, Brussels

18

- ❑ Kuhlman U., Ožbolt A. and Ruopp J.
Institute of Structural Design, Universität Stuttgart
- ❑ Hofmann J., Sharma A.
Institute of Construction Materials, Universität Stuttgart
- ❑ Wald F., Bečková Š., Žižka J., Sokol Z., and Schwarz I.,
Czech Technical University in Prague
- ❑ Luis da Silva, Henriques J., Gervasio H., and Gentili F.
Gabinete de Informática e Projecto Assistido Computador Lda., Coimbra
- ❑ Krimpmann M.
Goldbeck West GmbH, Bielefeld
- ❑ Van Kann J.
Stahl+verbundbau GmbH, Dreieich
- ❑ Baes-Dehan V.
European Convention for Constructional Steelwork, Brussels

- ❑ Metodika návrhu I
 - ❑ Analytické modely metodou komponent
 - ❑ Řešené příklady
- ❑ Metodika návrhu II
 - ❑ Příklady použití
 - ❑ Studie citlivosti řešení
 - ❑ Návrhové tabulky
- ❑ Softwarový nástroj
 - ❑ Kotvení patní deskou s kotevní deskou
 - ❑ Kloubové a vetknuté přípoje
 - ❑ Ocelové a ocelobetonové konstrukce



Obsah - Metodika návrhu I INFASO⁺

	Úvod
	1. Metoda komponent
	2. Komponenty kotvení do betonu
	3. Komponenty v ocelové části
	4. Skládání komponent pro stanovení únosnosti
	5. Skládání komponent pro stanovení tuhosti
	6. Globální analýza
Motivace	7. Tolerance
O projektu	8. Řešené příklady
Partneři	1. Kloubové kotvení patní deskou
Materiály projektu	2. Ohybově tuhé kotvení patní deskou
	3. Kotvení patní deskou s výztuhami
	4. Kotvení patní a kotevní deskou
	5. Kloubový přípoj
	6. Ohybově tuhý přípoj
	7. Konstrukce jednolodní haly
Shrnutí	Shrnutí



21

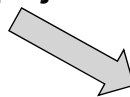
Obsah - Metodika návrhu II INFASO⁺

	Úvod
	1. Příklady použití
	1. Kotvení patní a kotevní deskou
	2. Kloubový přípoj
	3. Ohybově tuhý přípoj
	2. Kotvení patní a kotevní deskou
	1. Validace analytických modelů na experimentech
	2. Studie citlivosti
	3. Rozsah použití
	4. Návrhové tabulky
	3. Kloubový přípoj
	1. Validace analytických modelů na experimentech
	2. Studie citlivosti
	3. Rozsah použití
	4. Návrhové tabulky
	4. Ohybově tuhý přípoj
	1. Validace analytických modelů na experimentech
	2. Studie citlivosti
	3. Rozsah použití
	4. Návrhové tabulky
	5. Software
	1. Vstupy
	2. Výstupy
	3. Validace
Motivace	
O projektu	
Partneři	
Materiály projektu	
Shrnutí	Shrnutí



22

- ❑ Kloubový přípoj
- ❑ Ohybově tuhý přípoj
- ❑ Kotvení patní a kotevní deskou



Drawings:

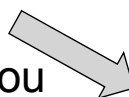
1. Composite beam (steel section)
2. Concrete slab
3. Concrete wall
4. Anchor plate
5. Steel bracket
6. Contact plate
7. Reinforcing bars (tension component)
8. Additional stirrups

Input:

1. Steel section	IPE 300	Material:	Fe 360
2. Concrete slab	h_{cs} 16 cm	Material:	C30/37
3. Concrete wall	t_{cw} 30 cm	Material:	C30/37
4. Anchor plate	Dimension $b_{ap} \times h_{ap} \times t_{ap}$	20 mm	300 mm
Type of fasteners: Headed Studs			
Fasteners	$n \times l_{st} \times h_{st}$	4	200 mm
5. Steel bracket	Dimension $b_{sb} \times h_{sb} \times t_{sb}$	50 mm	100 mm
6. Contact plate	Dimension $b_{cp} \times h_{cp} \times t_{cp}$	20 mm	100 mm
7. existing reinforcement slab	A_{s1}	4.2 cm ²	
8. Additional reinf.	Stirrups 2x2 legs	d_{s1}	0 mm
	Surface reinforcement	$\# d_{s1}$	
Loads	V_{Ed} 100.0 kN	M_{Ed} 100.0 kNm	
Design results:	Load bearing capacity	V_{Rd} 429 kN	M_{Rd} 303 kN
	V_{Ed} / V_{Rd}	0.23	M_{Ed} / M_{Rd} 0.33
7. Min req. reinforcement slab	calc. min. A_{s1}	4.2 cm ²	

23

- ❑ Kloubový přípoj
- ❑ Ohybově tuhý přípoj
- ❑ Kotvení patní a kotevní deskou



Drawings:

1. Steel profile
2. Anchor plate
3. Headed studs
4. Reinforcement (stirrups)
5. Concrete member
6. Rigid plate area
7. Flexible plate area

Input:

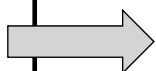
1. Steel profile	l_{sp} [mm]	b_{sp} [mm]	240	310
2. Anchor plate	l_{ap} [mm]	b_{ap} [mm]	l_{st} [mm]	Studs/row
	250	310	20	3
3. Headed studs	l_{hs} [mm]	b_{hs} [mm]	Shaft Ø	Length l_s
	150	220	22	150
4. Reinforcement (stirrups)	d_s [mm]			Material
	10			S355JO
5. Concrete member	h [mm]			Material
	300			B500A
Loads	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	Material
	60.7	0.0	436.6	C25-30
Design results:	Element	Exploital.		
	Headed studs tension	3.53		
	Headed studs shear	0.64		
	Concrete member pressure	2.31		
	Steel plate bending			

24

- ❑ Přípoje ocelových konstrukcí na betonové
 - ❑ **Trny s hlavou na kotevní desce**
 - ❑ Připraven předpovědní **model metodou komponent**
 - ❑ Přípoje **ocelových/ocelobetonových nosníků** na betonovou stěnu/sloup
- ❑ **Nové poznatky** pro model metodou komponent
 - ❑ Kotvení trny s hlavou
 - ❑ **Únosnost bez/s třmínky** v tahu, smyku a kombinaci namáhání
 - ❑ Deformační **tuhost kotevních trnů** s hlavou bez/s třmínky
 - ❑ Kotevní deska
 - ❑ Únosnost s využitím chování **kotevní desky v tahu**
 - ❑ Rotační tuhost při složení všech komponent

- ❑ Úvod

prof. Wald



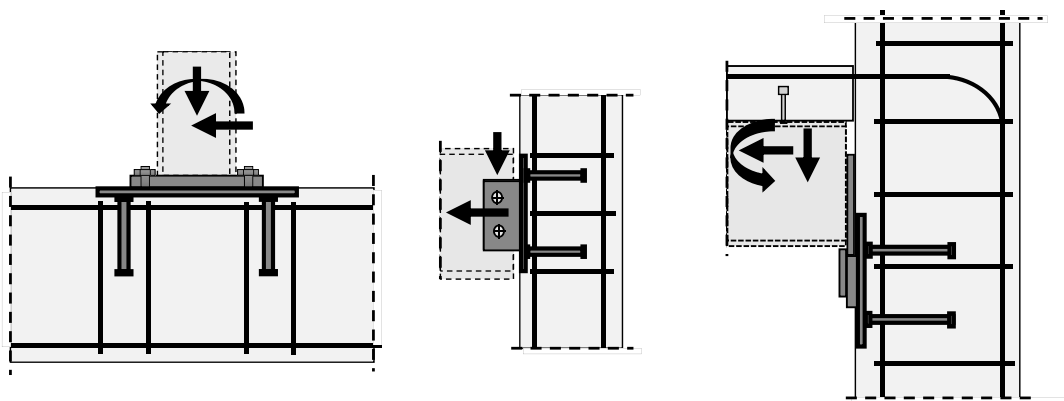
Návrh kotvení patní a kotevní deskou

- ❑ Komponenty pro kotevní trny s hlavou
- ❑ Tolerance
- ❑ Řešené příklady
 - ❑ Kotvení patní deskou s kotevní deskou
 - ❑ Kloubový přípoj

Ing. Bečková

Návrh kotvení patní a kotevní deskou

František Wald



Valorisation of Knowledge for Innovative Fastening Solutions between Steel and Concrete

Obsah

- ❑ Úvod
- ❑ Únosnost komponenty kotevní deska v ohybu
- ❑ Únosnost komponenty kotevní deska v tahu
- ❑ Omezení únosnosti kotevní desky
- ❑ Experimenty
- ❑ Tuhost komponenty
- ❑ Shrnutí

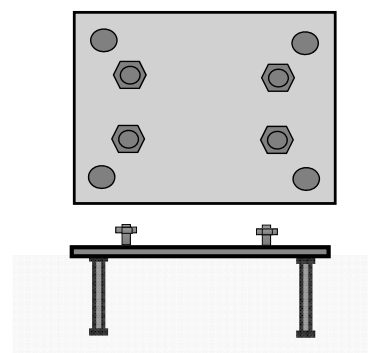
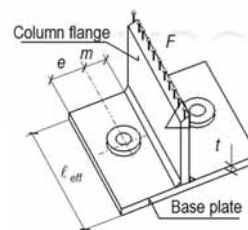
Metoda komponent pro kotvení

❑ Základní komponenty

- ❑ Pro ocelové konstrukce, kap. v 6 EN1993-1-8
- ❑ Pro ocelobetonové konstrukce, kap. 8 v EN1994-1-1

❑ Komponenty pro kotevní desku s trny

- ❑ Kotevní deska v ohybu a tahu
- ❑ Trny se závitem
(Přetržení trnu a protlačení trnu kotevní deskou)
- ❑ Trny s hlavou – komponenty v betonu



3

➤	Úvod
	Únosnost v ohybu
	Únosnost v tahu
	Omezení únosnosti pro kotvení
	Experimenty
	Tuhost
	Shrnutí

Základní komponenty

INFASO⁺

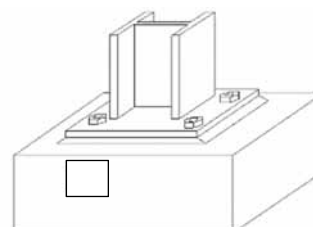
❑ Ocelové konstrukce

- ❑ Stěna a pásnice nosníku/sloupu v tlaku
- ❑ Patní deska v ohybu a kotevní šrouby v tahu
 - ❑ Model pomocí **Ekvivalentního T profilu v tahu**
čl. 6.2.6.11(2) v EN1993-1-8:2006

❑ Ocelobetonové konstrukce

kap. 8.4 v EN1994-1-1

- ❑ Kontaktní deska
- ❑ Podélná výztuž



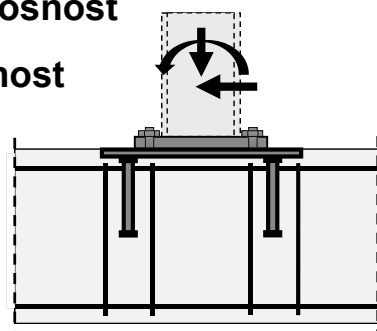
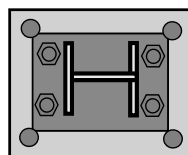
4

➤	Úvod
	Únosnost v ohybu
	Únosnost v tahu
	Omezení únosnosti pro kotvení
	Experimenty
	Tuhost
	Shrnutí

Kotvení patní a kotevní deskou INFASO⁺

Postup návrhu celého kotvení

➤	Úvod	A. Rozdělení na komponenty (stanovení vnitřních sil)
	Únosnost v ohybu	B. Popis komponenty patní deska v ohybu a trn se závitem v tahu
	Únosnost v tahu	C. Popis komponenty kotevní deska v ohybu a v tahu včetně kotevních trnů
	Omezení únosnosti pro kotvení	D. Popis komponenty patní deska v ohybu a kotevní blok <i>v tlaku</i>
	Experimenty	E. Složení chování komponent pro únosnost
	Tuhost	F. Složení chování komponent pro tuhost
	Shrnutí	



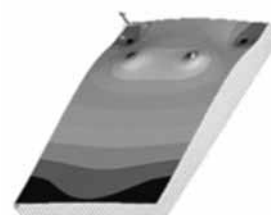
5

Kotevní deska

INFASO⁺

Postup návrhu kotevní desky

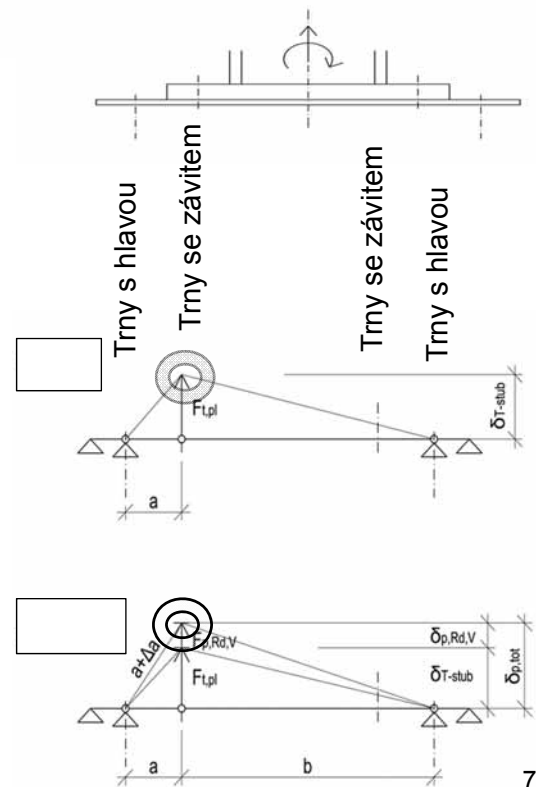
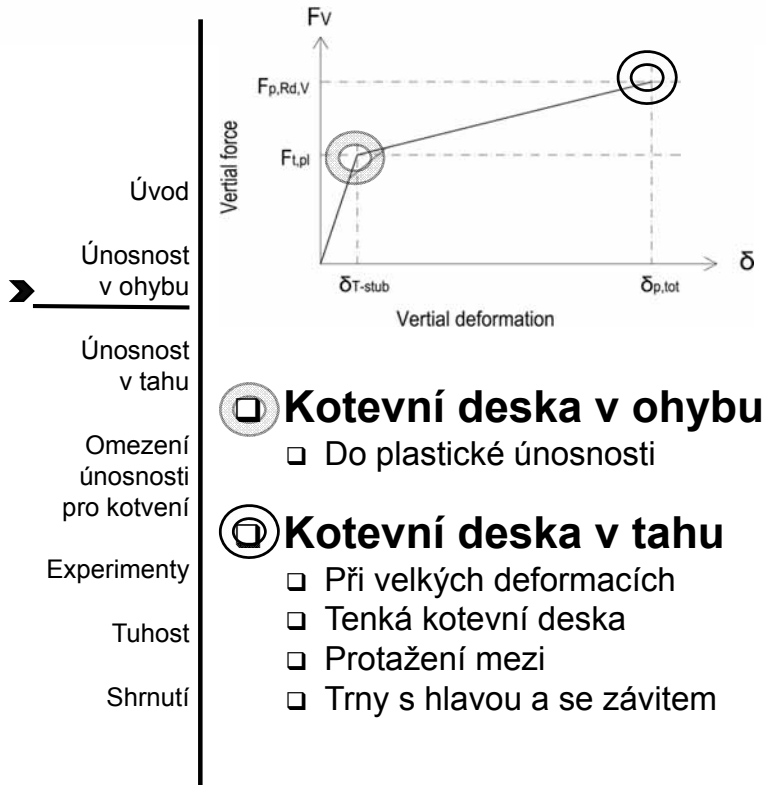
	Úvod	1. Kotevní deska v ohybu – náhradní T profil
➤	Únosnost v ohybu	2. Kotevní deska v tahu – tažená deska
	Únosnost v tahu	3. Omezení únosnosti dalšími komponentami <u>v tahu svislém směru</u>
	Omezení únosnosti pro kotvení	4. Omezení únosnosti dalšími komponentami <u>ve smyku vodorovném směru</u>
	Experimenty	5. Omezení únosnosti <u>interakcí sil v dalších komponentách</u>
	Tuhost	
	Shrnutí	



6

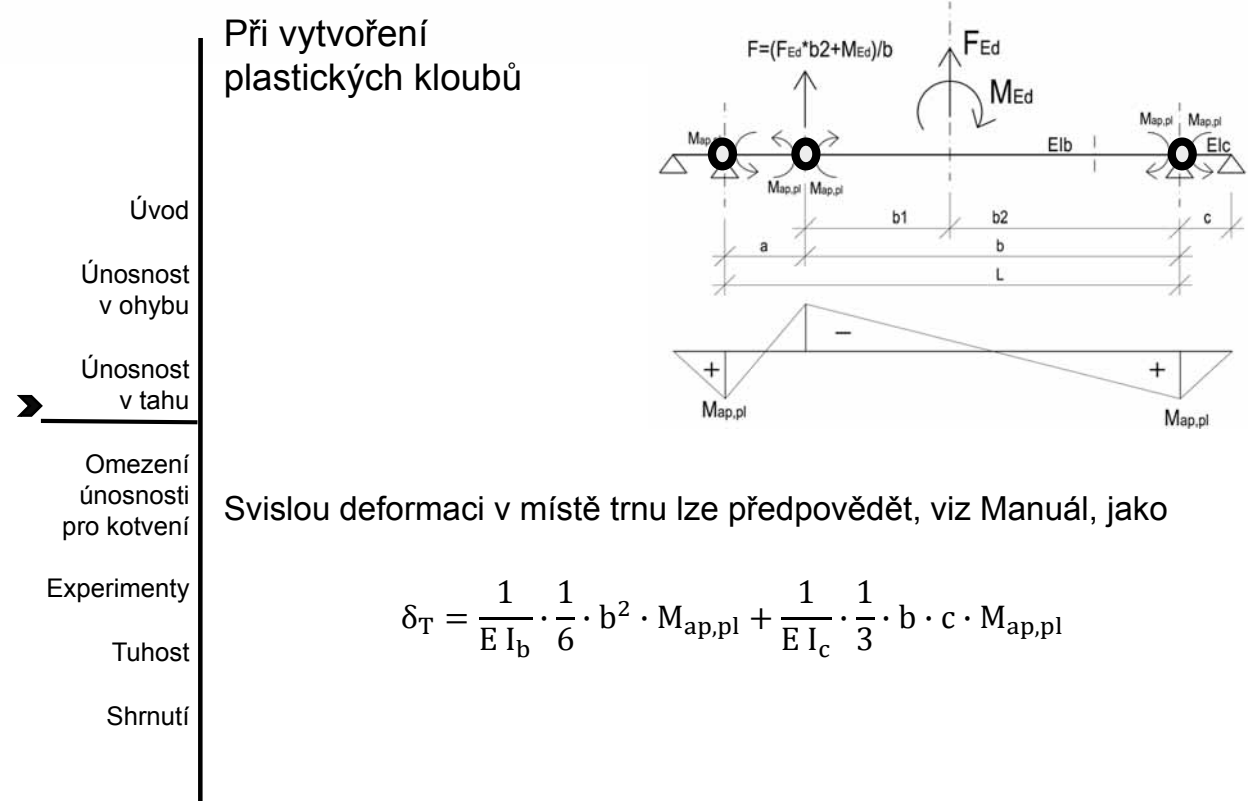
Kotevní deska

INFASO⁺



Deformace kotevní desky

INFASO⁺



Síla v trnu se závitem při plném vytvoření kloubového mechanismu

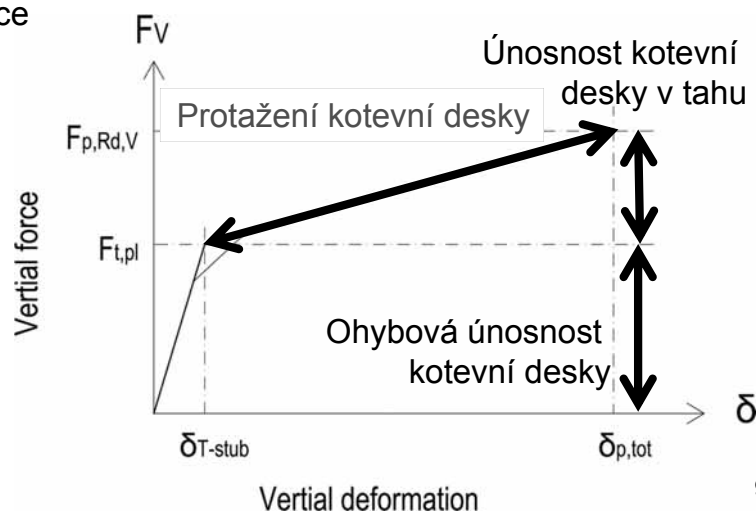
$$F_{t,pl} = 2 \cdot M_{ap,pl} \cdot b \cdot \frac{\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)}{(b_2 + e)}$$

Kotevní deska se mezi trny deformuje

$$a_{ap} = a + \Delta a = a + \frac{a \cdot F_{t,pl}}{t_{p1} \cdot b_{ap,eff} \cdot E}$$

Svislá část deformace

$$\delta_{p,tot} = \sqrt{a_{ap}^2 - a^2}$$

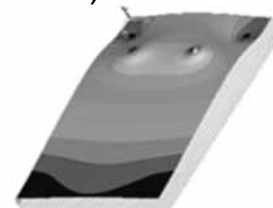


9

Omezení únosnosti

❑ Omezení únosnosti komponentami v tahu svislém směru

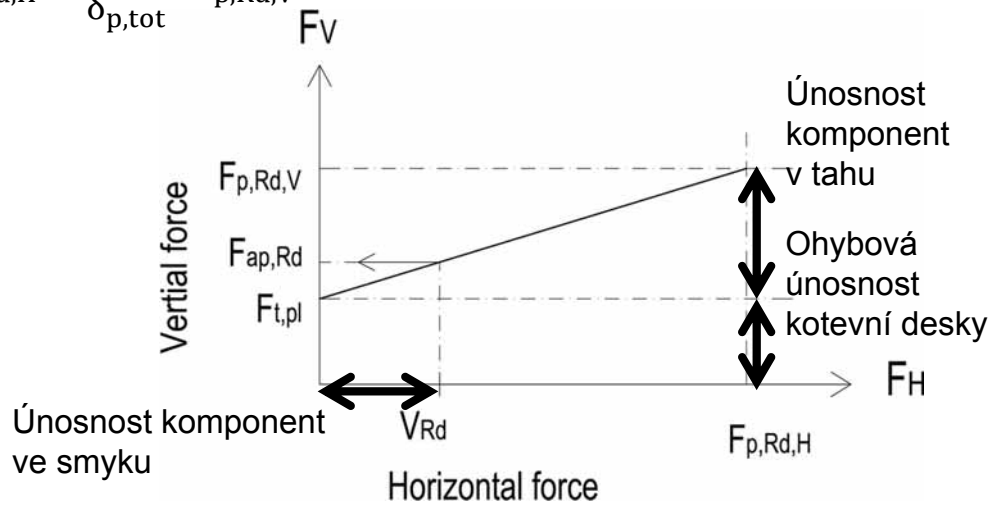
1. Trn se závitem v tahu
2. Protlačení kotevní desky (trnem závitem / s hlavou) kotevní deskou
3. Přetržení trnu se závitem v tahu
4. Vytržení trnu se závitem v tahu
5. Porušení kužele betonu s/bez smykové výztuže



Omezení únosnosti komponentami namáhanými v tahu

$$F_{p,Rd,H} = \frac{a}{\delta_{p,tot}} \cdot F_{p,Rd,V}$$

Úvod
Únosnost v ohybu
Únosnost v tahu
Omezení únosnosti pro kotvení
Experimenty
Tuhost
Shrnutí

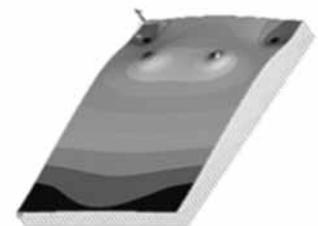


Omezení únosnosti komponentami namáhanými ve smyku

$$F_{ap,Rd} = F_{t,pl} + \frac{F_{p,Rd,V} - F_{t,pl}}{F_{p,Rd,H}} \cdot V_{Rd}$$

❑ Omezení únosnosti komponentami ve smyku vodorovném směru

1. Porušení trnu se závitem ve smyku
2. Vypáčení trnu se závitem z betonu



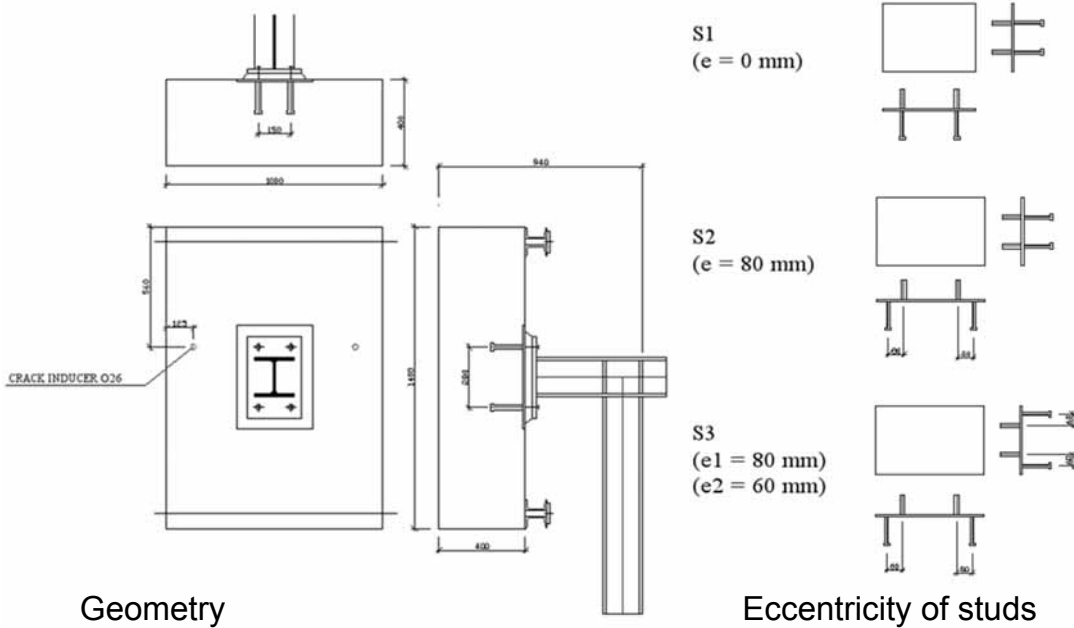
❑ Omezení únosnosti interakcí sil v komponentách

1. Porušení trnu se závitem v tahu a smyku
2. Porušení trnu s hlavou v tahu a smyku
3. Porušení kotvení trnu s hlavou v tahu a smyku

Úvod
Únosnost v ohybu
Únosnost v tahu
Omezení únosnosti pro kotvení
Experimenty
Tuhost
Shrnutí

INFASO+

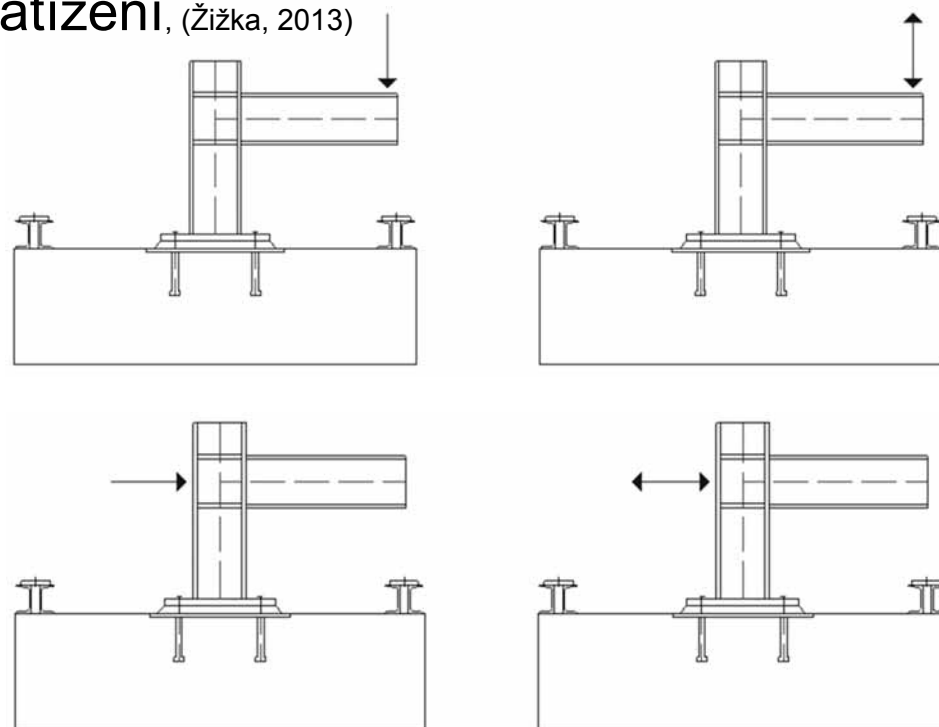
- 16 vzorků, (Žižka, 2013)



13

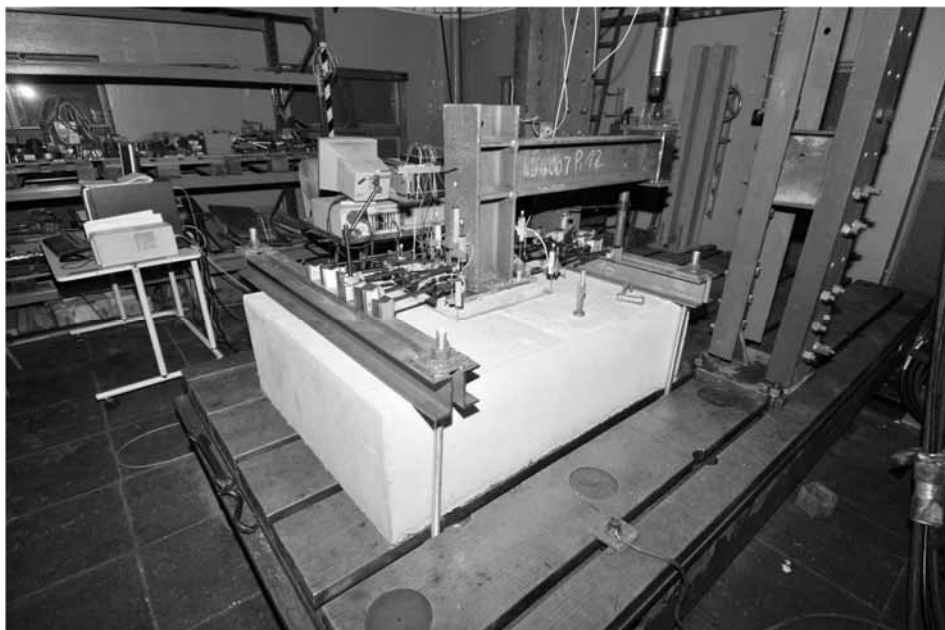
INFASO⁺

- ❑ **Zatížení**, (Žižka, 2013)



14

□ Nezatížený vzorek 1-S1-30-T



(Žižka, 2013)

15

Úvod

Únosnost
v ohybu

Únosnost
v tahu

Omezení
únosnosti
pro kotvení

► Experimenty

Tuhost

Shrnutí

□ Porušený vzorek 4-S2-0-TT



(Žižka, 2013)

16

Úvod

Únosnost
v ohybu

Únosnost
v tahu

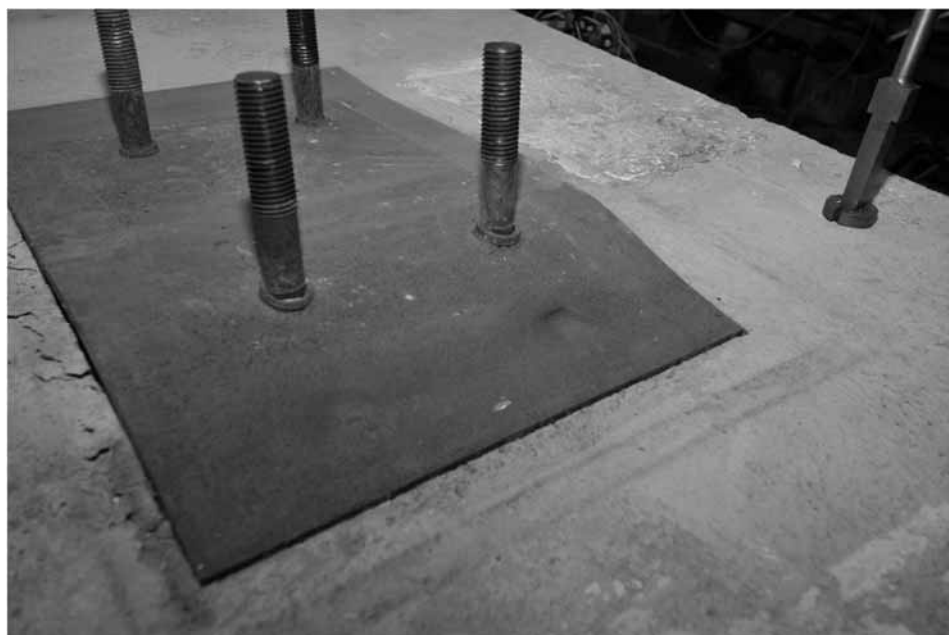
Omezení
únosnosti
pro kotvení

► Experimenty

Tuhost

Shrnutí

□ Deformovaná kotevní deska, 4-S2-0-TT



(Žižka, 2013)

17

Úvod

Únosnost
v ohybu

Únosnost
v tahu

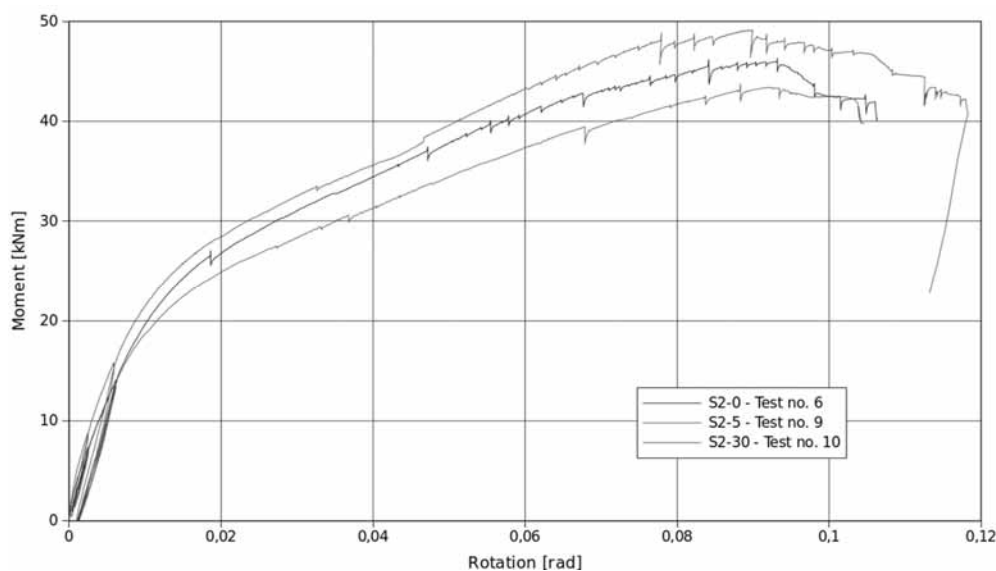
Omezení
únosnosti
pro kotvení

► Experimenty

Tuhost

Shrnutí

□ Závislost natočení na momentu



(Žižka, 2013)

18

Úvod

Únosnost
v ohybu

Únosnost
v tahu

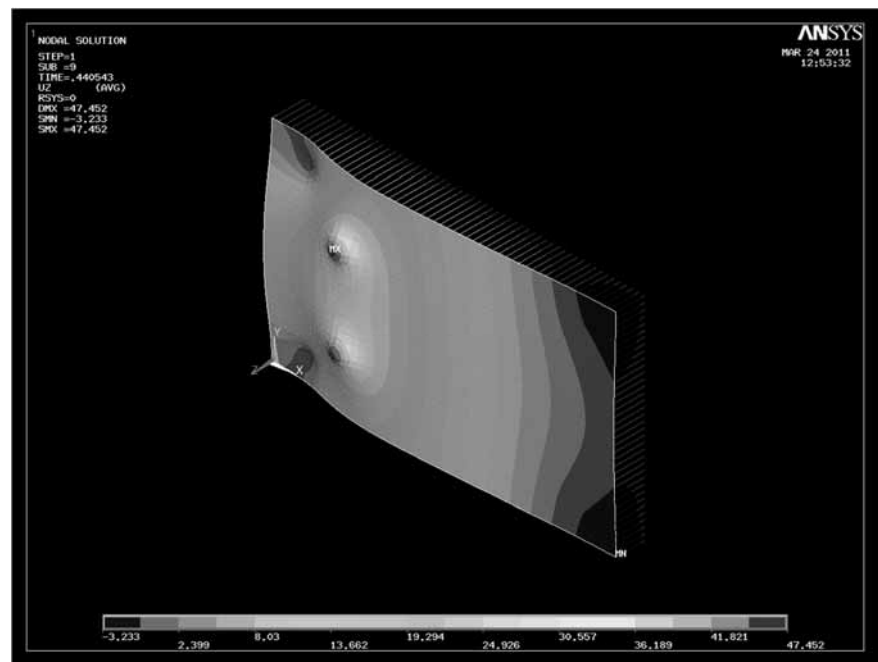
Omezení
únosnosti
pro kotvení

► Experimenty

Tuhost

Shrnutí

□ Přetvoření kotevní desky

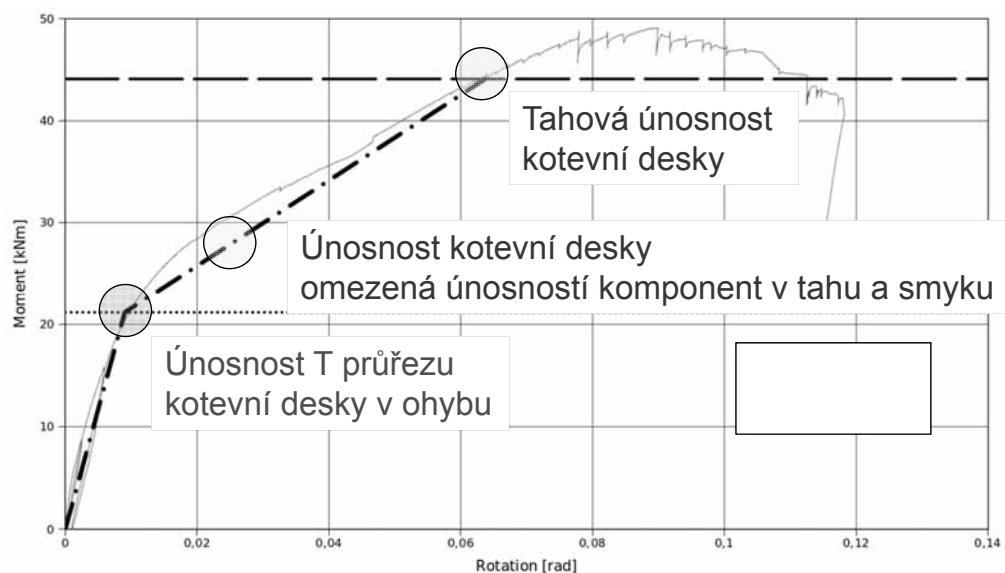


(Žižka, 2013)

19

Úvod
Únosnost
v ohybu
Únosnost
v tahu
Omezení
únosnosti
pro kotvení
► Experimenty
Tuhost
Shrnutí

□ Validace modelu zkouškou



Úvod
Únosnost
v ohybu
Únosnost
v tahu
Omezení
únosnosti
pro kotvení
► Experimenty
Tuhost
Shrnutí

20

□ Komponenty uvažované při ohybu kotvení

Úvod
Únosnost v ohybu
Únosnost v tahu
Omezení únosnosti pro kotvení
Experimenty
➔ Tuhost
Shrnutí

Patní deska v ohybu

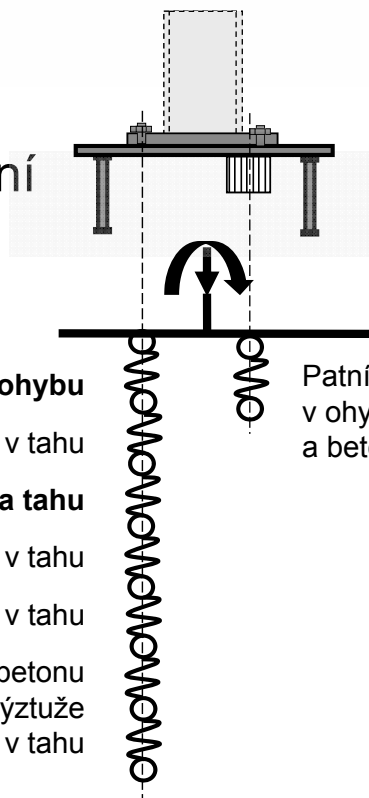
Trny se závity v tahu

Kotevní deska v ohybu a tahu

Trny s hlavou v tahu

Vytržení trnu v tahu

Kužel betonu s/bez smykové výztuže v tahu



Patní a kotevní desky v ohybu a betonový blok v tlaku

□ Komponenty při namáhání ohybem a normálovou silou

Úvod
Únosnost v ohybu
Únosnost v tahu
Omezení únosnosti pro kotvení
Experimenty
Tuhost
➔ Shrnutí

Patní deska v ohybu

Trny se závitem tahu

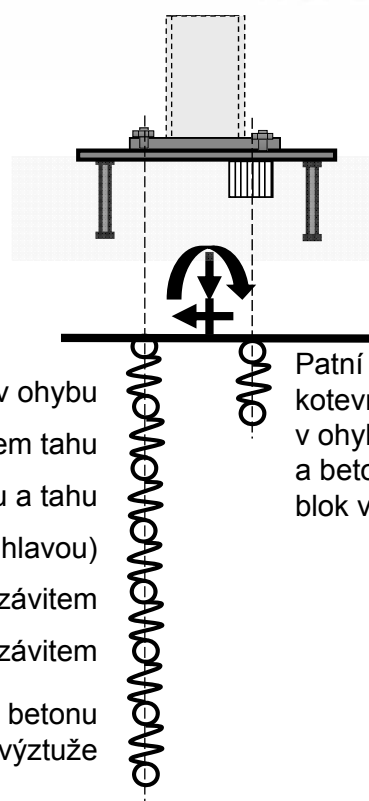
Kotevní deska v ohybu a tahu

Protlačení trny (se závitem s hlavou)

Přetržení trnů se závitem

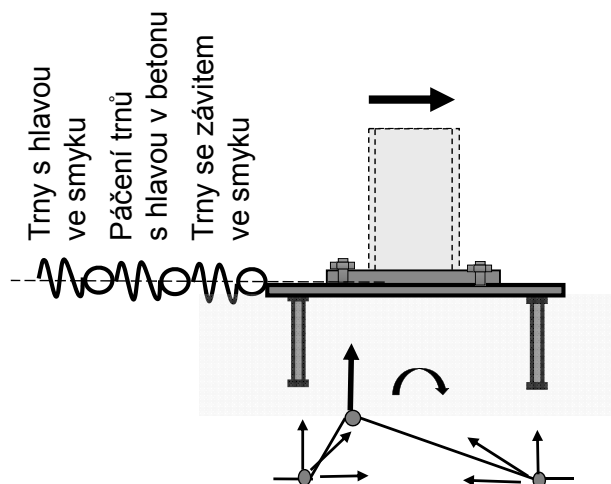
Vytržení trnů se závitem

Porušení kužele betonu s/bez smykové výztuže



Patní a kotevní desky v ohybu a betonový blok v tlaku

□ Komponenty při namáhání ve smyku



Únosnost je omezena **interakcí v tahu a smyku**

- Porušení trnu se závitem v tahu a smyku
- Porušení trnu s hlavou v tahu a smyku
- Porušení kotvení trnu s hlavou v tahu a smyku

Úvod

Únosnost
v ohybu

Únosnost
v tahu

Omezení
únosnosti
pro kotvení

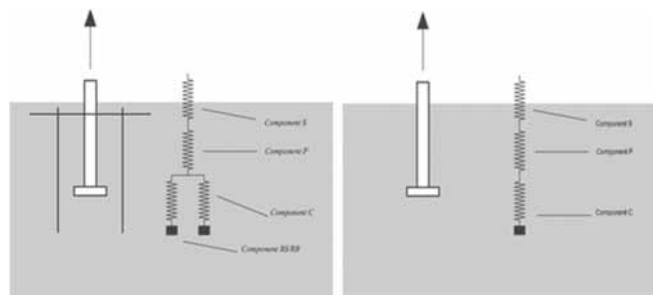
Experimenty

Tuhost

Shrnutí

Komponenty pro kotevní trny s hlavou v tahu

Jan Hofmann
Akanshu Sharma



Valorisation of Knowledge for Innovative Fastening Solutions between Steel and Concrete

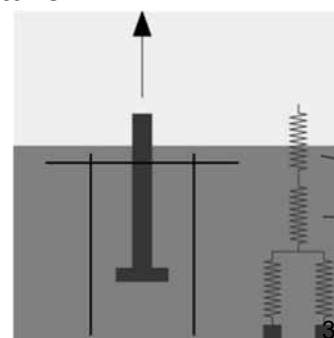
Layout of Presentation

- ❑ Úvod
- ❑ Přetržení trnu s hlavou
- ❑ Porušení kužele betonu
- ❑ Přetržení/vytržení přídavné výztuže
- ❑ Vytržení trnu s hlavou
- ❑ Kombinace komponent
- ❑ Shrnutí

Únosnost/tuhost ovlivňuje INFASO⁺

Chování kotvení/trnu zabetonovaného v kotevním bloku závisí na

- ❑ Materiálu kotvy/kotevního trnu
- ❑ Materiálu betonu
- ❑ Přítomnosti a geometrického uspořádání vyztužení
- ❑ Materiálu případné smykové vyztuže
- ❑ Interakce betonu a kotvy/trnu s hlavou
- ❑ Interakce kotvy/trnu s hlavou a smykové vyztuže



➤ Úvod

Přetržení
trnu s hlavou

Porušení
kužele betonu

Přetržení/vytržení
přídavné vyztuže

Vytržení
trnu s hlavou

Kombinace
komponent

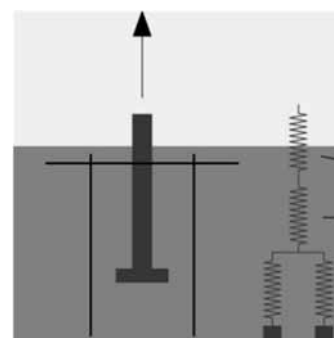
Shrnutí

Metoda komponent

INFASO⁺

- ❑ Chování kotvení v betonu lze popsat pružinovým modelem, který kombinuje chování komponent
- ❑ Komponenty se určí na základě **tvaru porušení**
 - ❑ Komponenta S – Přetržení trnu s hlavou
 - ❑ Komponenta C – Vytržení kužele betonu
 - ❑ Komponenta RS – Přetržení vyztuže
 - ❑ Komponenta RB – Vytržení vyztuže
 - ❑ Komponenta P – Vytržení trnu s hlavou

Trn je v betonovém bloku umístěn dostatečně daleko od stěn a únosnost/tuhost není ovlivněna tvary porušení na okraji bloku.



➤ Úvod

Přetržení
trnu s hlavou

Porušení
kužele betonu

Přetržení/vytržení
přídavné vyztuže

Vytržení
trnu s hlavou

Kombinace
komponent

Shrnutí

Úvod
➤ <u>Přetržení trnu s hlavou</u>
Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přidavné výztuže
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
Shrnutí

- ❑ Plastické chování

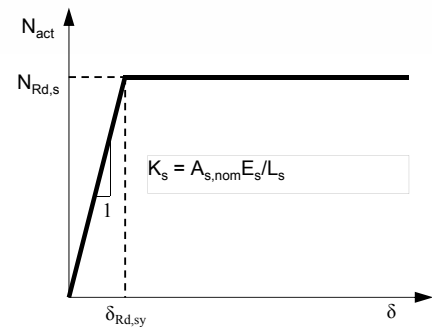
- ❑ Únosnost na mezi kluzu

$$N_{Rd,s} = A_{s,nom} \frac{f_{uk}}{\gamma_{Ms}} = n \pi \left(\frac{d_{s,nom}^2}{4} \right) \frac{f_{uk}}{\gamma_{Ms}}$$

$A_{s,nom}$ je plocha trnu v tahu

f_{uk} mez pevnosti trnu

γ_{Ms} dílčí součinitel spolehlivosti pro ocel



- ❑ Tuhost trnu odpovídá jeho pružné deformaci

- ❑ Protážení na mezi kluzu

$$\delta_{Rd,sy} = \frac{N_{Rd,s} L_h}{A_{s,nom} E_s} = \frac{\sigma_{Rd,s} L_h}{E_s}$$

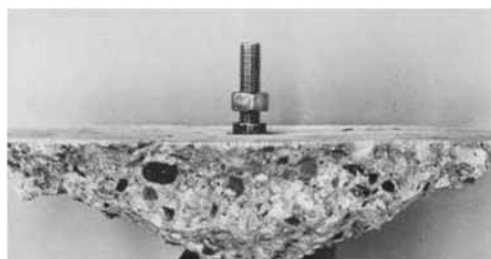
Úvod
➤ <u>Přetržení trnu s hlavou</u>
Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přidavné výztuže
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
Shrnutí

- ❑ Do porušení velká tuhost

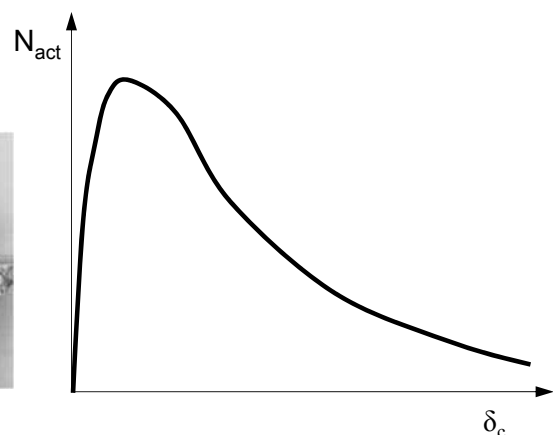
- ❑ Po porušení

- ❑ Se otevírají trhliny

- ❑ Ztráta tuhosti a únosnosti

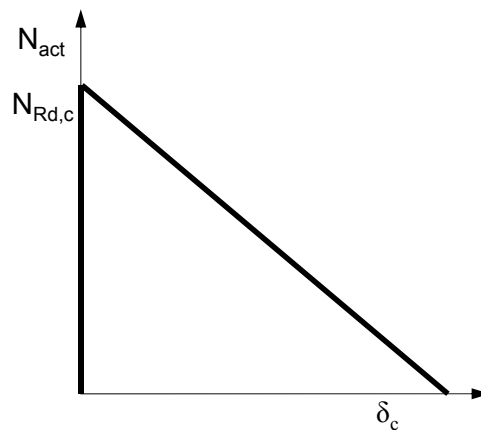
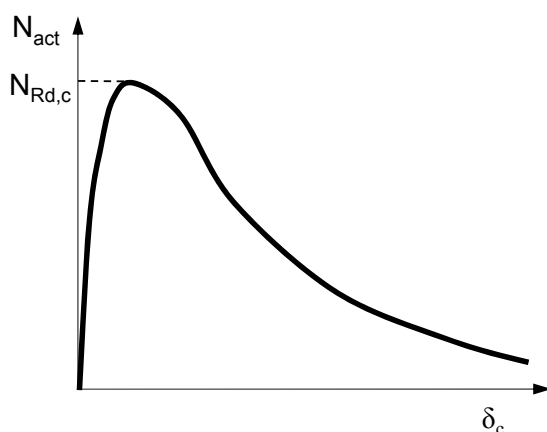


Eligehausen et al., 2006
Ernst & Sohn



Úvod
Přetržení trnu s hlavou
► Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přídavné výztuže
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
Shrnutí

- ❑ Bilineární model
- ❑ Nekonečná tuhost do porušení
- ❑ Lineární sestupná větev



7

Úvod
Přetržení trnu s hlavou
► Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přídavné výztuže
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
Shrnutí

- ❑ Návrhová únosnost pro jeden trn

$$N_{RK,c}^0 = k_1 h_{ef}^{1.5} f_{ck}^{0.5}$$

h_{ef} efektivní hloubka zabetonování

f_{ck} válcová pevnost betonu v tlaku

$k_1 = 12,7$ součinitel pro beton bez trhlin

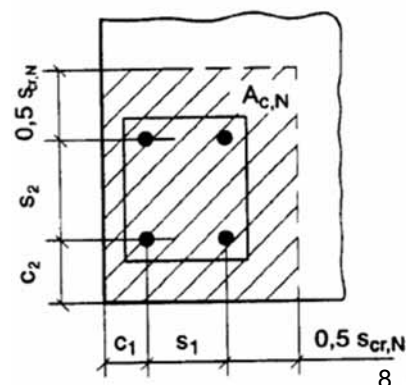
- ❑ Návrhová únosnost skupiny trnů s vlivem skupiny a hran bloku

$$N_{Rd,c} = N_{RK,c}^0 \psi_{A,N} \psi_{S,N} / \gamma_{Mc}$$

vliv skupiny trnů $\psi_{A,N} = A_{c,N} / (9 h_{ef}^2)$

vliv hrany $\psi_{S,N} = 0,7 + 0,3 c / c_{cr,N}$

souč, spolehlivosti $\gamma_{Mc} = 1,5$

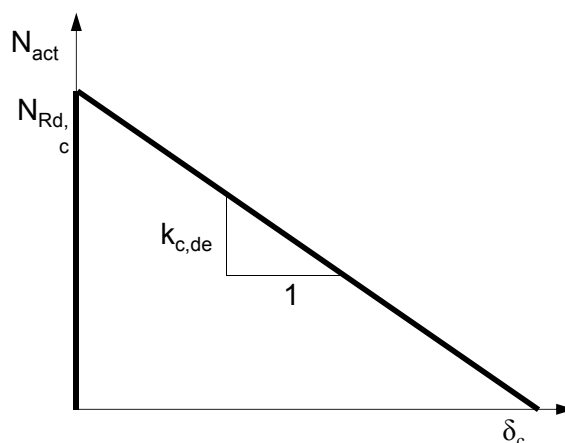


8

□ Tuhost po porušení

$$k_{c,de} = \alpha_c \cdot \sqrt{f_{ck} h_{ef}} \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \left[\frac{N}{mm} \right]$$

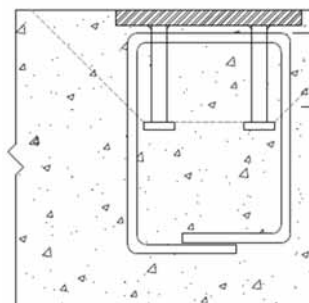
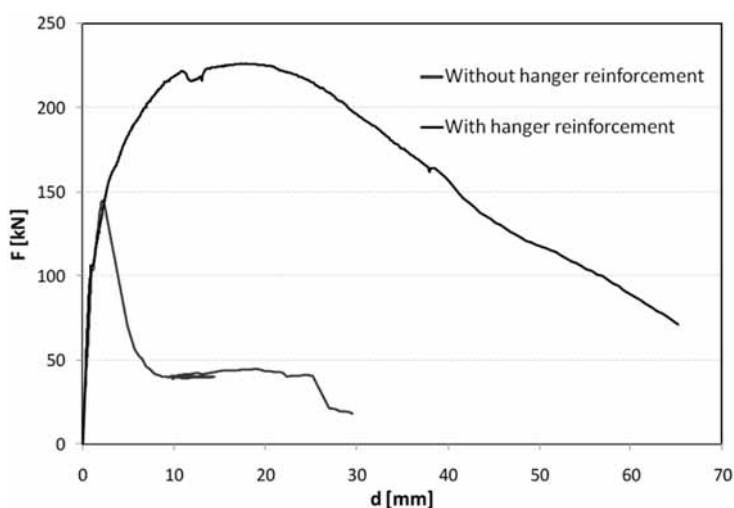
$\alpha_c = -537$ je součinitel pro porušení betonu s tahu



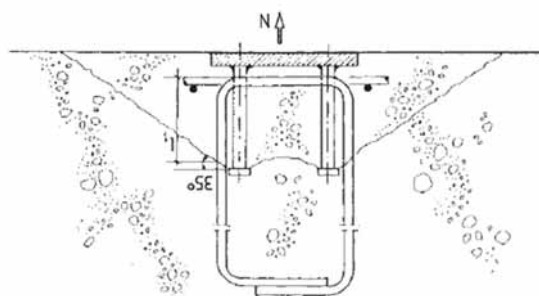
9

Vliv třmínků

□ Porovnání vytržení kužele se třmínky a bez nich



10



- ❑ Třmínky se poruší
 - ❑ Přetržením
 - ❑ Vytržením
- ❑ Deformace lineární regresí parametrů zkoušek

$$\delta_{Rd,re} = \frac{2 N_{Rd,re}^2}{\alpha_s f_{ck} d_{s,nom}^4 n_{re}^2} [\text{mm}]$$

$N_{Rd,s,re}$ je únosnost třmínku v tahu
 $\alpha_s = -12 \ 100$ součinitel
 $d_{s,nom}$ průměr třmínku
 n_{re} počet účinných třmínků

11

- ❑ **Porušení třmínku**
z porušení přetržením a vytržením

$$N_{Rd,re} = \min(N_{Rd,s,re}; N_{Rd,b,re})$$

- ❑ **Přetržení**

$$N_{Rd,s,re} = A_{s,re} f_{yd,re} = n_{re} \pi \left(\frac{d_{s,nom}^2}{4} \right) f_{yd,re}$$

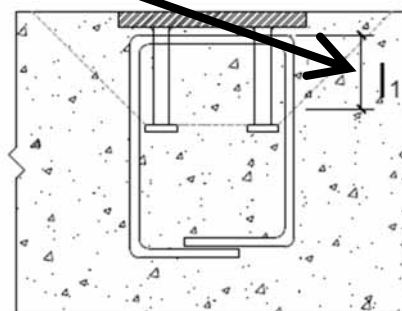
$A_{s,re}$ je plocha všech třmínků na účinné ploše
 $f_{yd,re}$ mez kluzu třmínků
 n_{re} počet třmínků

12

□ Porušení vytržením

$$N_{Rd,b,re} = \sum_{n_{re}} l_1 \pi \cdot d_{s,nom} \cdot \frac{f_{bd}}{\alpha}$$

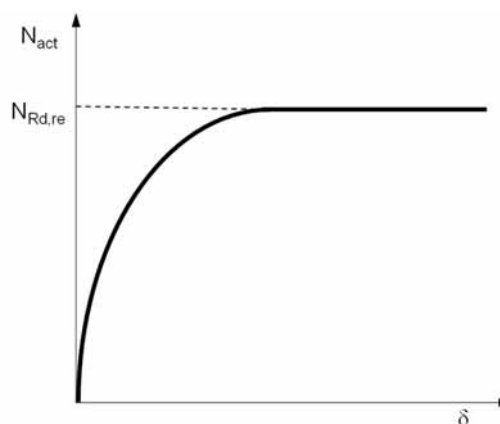
n_{re} je počet účinných třmínků
 l_1 účinná délka kotvení
 $d_{s,nom}$ průměr třmínku
 f_{bd} pevnost při porušení v soudržnosti
 $\alpha = 0,49$ součinitel



Úvod
Přetržení trnu s hlavou
Porušení kužele betonu
<u>Přetržení/vytržení přídavné výztuže</u>
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
Shrnutí

□ Po porušení třmínek plastifikuje při

$$N_{Rd,re} = \min (N_{Rd,s,re}, N_{Rd,b,re})$$



Závislost deformace třmínků na působící síle

Úvod
Přetržení trnu s hlavou
Porušení kužele betonu
<u>Přetržení/vytržení přídavné výztuže</u>
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
Shrnutí

Úvod
Přetržení trnu s hlavou
Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přídavné výztuže
➤ <u>Vytržení trnu s hlavou</u>
Kombinace komponent
Shrnutí

□ Návrhová únosnost

$$N_{Rd,p} = n f_{uk} \frac{A_h}{\gamma_{Mc}}$$

n je počet trnů s hlavou
 f_{uk} charakteristická hodnota meze pevnosti betonu v tlaku pod hlavou trnu

$$f_{uk} = 12 \cdot f_{ck}$$

A_h plocha hlavy trnu v tlaku

$$A_h = \frac{\pi}{4} \cdot (d_h^2 - d_s^2)$$

d_h průměr trnu

d_s průměr hlavy trnu

$\gamma_{Mc} = 1,5$ dílčí součinitel spolehlivosti

15

Vytržení trnu s hlavou

INFASO⁺

Úvod
Přetržení trnu s hlavou
Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přídavné výztuže
➤ <u>Vytržení trnu s hlavou</u>
Kombinace komponent
Shrnutí

□ Tuhost při zatížení klesá

□ Lze rozlišit části křivky

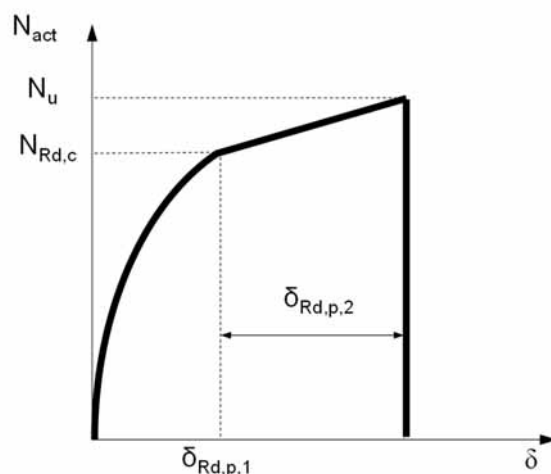
$$N_{act} \leq N_{Rd,c}$$

$$N_{Rd,c} < N_{act} \leq N_u$$

□ Síly na mezi porušení N_u je nejmenší z

□ Vytržení

□ Porušení výztuže



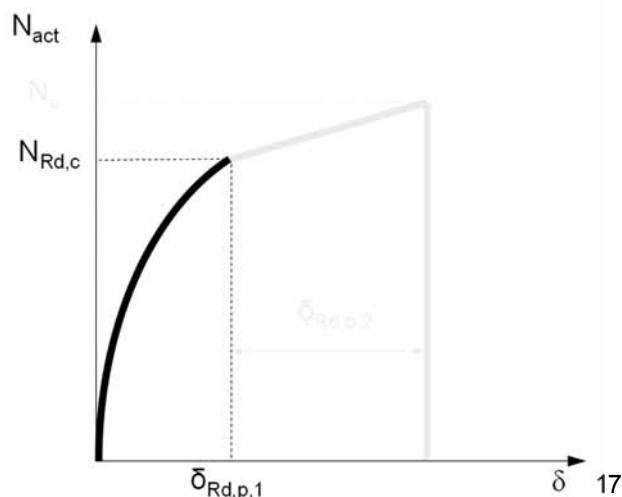
16

- Závislost deformace na namáhání pro první oblast

$$N_{act} \leq N_{Rd,c} \text{ a } \delta \leq \delta_{Rd,p,1}$$

$$\delta = k_p \cdot \left(\frac{N_{act}}{A_h \cdot f_{ck} \cdot n} \right)^2 \leq \delta_{Rd,p,1}$$

k_p je součinitel, viz Návrhové postupy



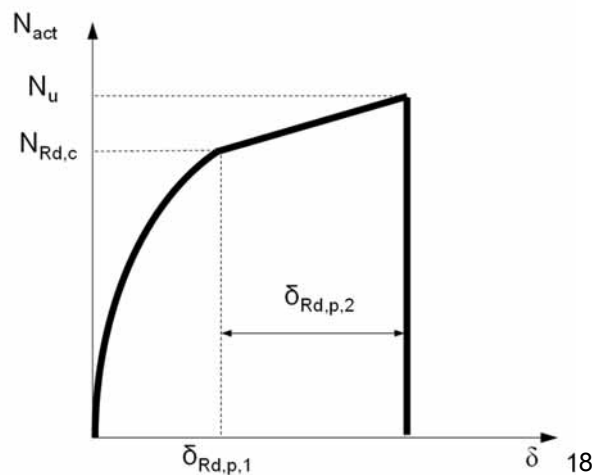
- Úvod
- Přetržení trnu s hlavou
- Porušení kužele betonu
- Přetržení/vytržení přídavné výztuže
- Vytržení trnu s hlavou
- Kombinace komponent
- Shrnutí

- Závislost deformace na namáhání pro první oblast

$$N_{Rd,c} < N_{act} \leq N_u$$

$$\delta = 2 k_p \cdot \left(\frac{N_{act}}{A_h \cdot f_{ck} \cdot n} \right)^2 - \delta_{Rd,p,1}$$

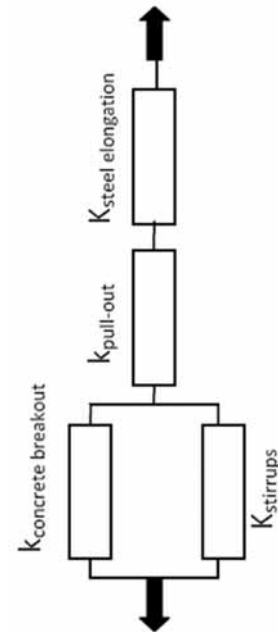
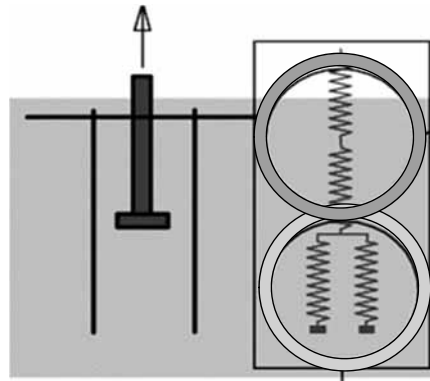
Dále se předpokládá křehké porušení



- Úvod
- Přetržení trnu s hlavou
- Porušení kužele betonu
- Přetržení/vytržení přídavné výztuže
- Vytržení trnu s hlavou
- Kombinace komponent
- Shrnutí

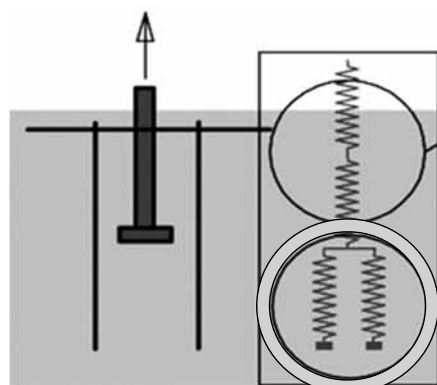
- ❑ Kombinace při paralelním/sériovém zapojení
- ❑ Pro celé kotvení trnem s hlavou

Úvod
Přetržení trnu s hlavou
Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přídavné výztuže
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
Shrnutí

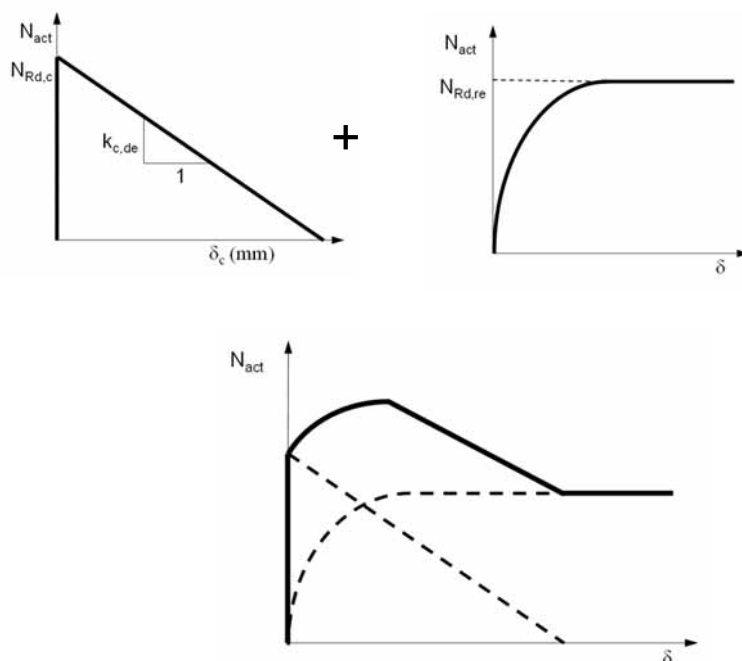


- ❑ Vytržení kužele betonu + Přetržení/vytržení výztuže
- ❑ Pro výztuž = kužel + třmínky
- ❑ Paralelní zapojení
- ❑ Při dané deformaci d součet únosností

Úvod
Přetržení trnu s hlavou
Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přídavné výztuže
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
Shrnutí



- Vytržení kužele betonu +
Přetržení/vytržení výztuže



21

- Síly v betonu

$$N_c = N_{Rd,c} + k_{c,de} \delta$$

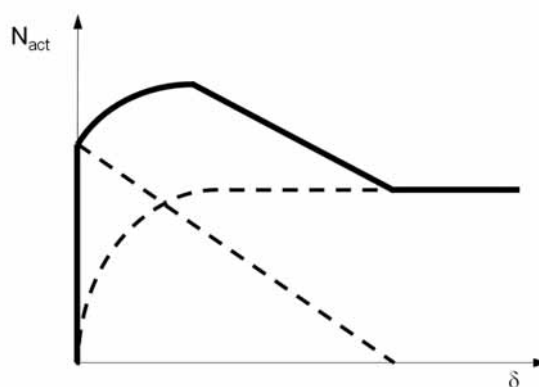
- Síla ve výztuži

$$N_{re} = n_{re} d_{s,nom}^2 \sqrt{\frac{\alpha_s f_{ck} \delta}{2}}$$

pro

$$N_{act} = N_c + N_{re}$$

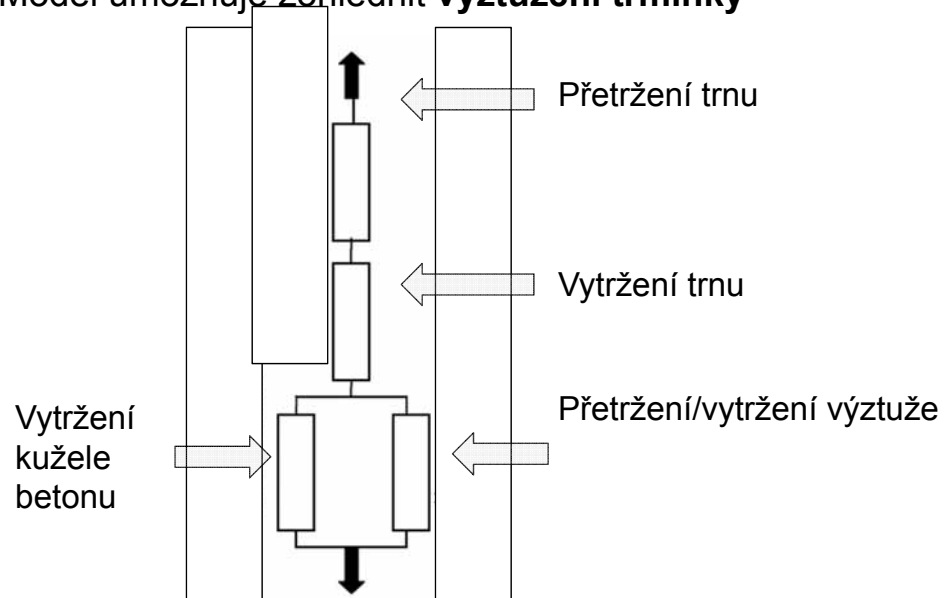
$$N_{act} = N_{Rd,c} + k_{c,de} \delta + \min\left(n_{re} d_{s,nom}^2 \sqrt{\frac{\alpha_s f_{ck} \delta}{2}}; N_{Rd,s,re}; N_{Rd,b,re}\right)$$



22

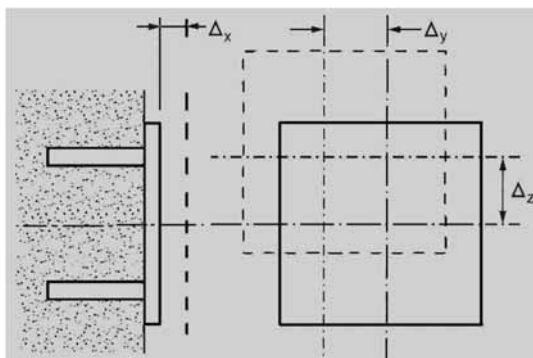
- ❑ **Kotvení** v betonu popsáno **modelem komponent**
- ❑ Komponenty definovány **tvarem porušení**
- ❑ Model umožňuje zohlednit **vyztužení třmínky**

Úvod
Přetržení trnu s hlavou
Porušení kužele betonu
Přetržení/vytržení přidavné výztuže
Vytržení trnu s hlavou
Kombinace komponent
➤ Shrnutí



Tolerance

František Wald



Valorisation of Knowledge for Innovative Fastening Solutions between Steel and Concrete

Obsah

- ❑ Úvod
- ❑ Normové tolerance
 - ❑ Ocelové konstrukce
 - ❑ Betonové konstrukce
- ❑ Doporučené tolerance
 - ❑ Úchyly
 - ❑ Přípoje ocelových konstrukcí na betonové
- ❑ Shrnutí

► Úvod

Normové
tolerance

Ocelové
konstrukce

Betonové
konstrukce

Doporučené
tolerance

Úchyly

Přípoje
ocelových
konstrukcí
na betonové

Shrnutí

- ❑ **Základní tolerance** (*essential tolerance*)
základní mezní hodnoty pro geometrické tolerance potřebné pro
splnění návrhových předpokladů pro navrhování konstrukcí
pro mechanickou únosnost a stabilitu
- ❑ **Funkční tolerance** (*functional tolerance*)
geometrické tolerance, které se mohou požadovat
pro dosažení funkce jiné než stanovené s ohledem na mechanickou
únosnost a stabilitu, např. pro vzhled nebo pro přesnost provedení
- ❑ **Zvláštní tolerance** (*special tolerance*)
ve zvláštním případě je třeba stanovit geometrické tolerance, které se
neuvádějí v tabulkách typů a hodnot tolerancí uvedených v této normě
- ❑ **Výrobní tolerance** (*manufacturing tolerance*)
dovolený rozsah rozměrů a tvaru dílce vyplývající z jeho výroby

Třídy tolerancí

► Úvod

Normové
tolerance

Ocelové
konstrukce

Betonové
konstrukce

Doporučené
tolerance

Úchyly

Přípoje
ocelových
konstrukcí
na betonové

Shrnutí

- ❑ Mezní geometrické úchyly nezávisí
přímo na třídách provedení (EXC1 až EXC4)
 - ❑ Jako např. jakost řezaných ploch, otvorů, atd.
- ❑ Mezní hodnoty úchylek se dělí na dvě třídy
 1. třída - s omezením
 2. třída - bez omezení
- ❑ Hodnoty
Základních tolerancí a Funkčních tolerancí
jsou **normativní**

Ocelové konstrukce

Úvod

Normové tolerance

➤ Ocelové konstrukce

Betonové konstrukce

Doporučené tolerance

Úchylky

Přípoje ocelových konstrukcí na betonové

Shrnutí

❑ Základy

❑ Základní geometrické tolerance **kap. 11 v EN1090-2:2008**

- ❑ Kap. 11.2.3.2 Základové šrouby a ostatní podpěry
- ❑ Kap. 11.2.3.3 Základy sloupů
 - ❑ Vůli otvorů přizpůsobit se dovoleným úchytkám
 - ❑ Použití velkých podložek mezi maticemi kotevních šroubů a horní hranou základového plechu

❑ Přípoje s kotevními deskami

- ❑ Příloha D Tab. 2.20 v **EN1090-2:2008**
Funkční tolerance – Betonové základy a podpěry

5

Funkční tolerance – Betonové základy a podpěry

Tab. D.2.20 v EN1090-2:2008, zkráceno

Úvod

Normové tolerance

➤ Ocelové konstrukce

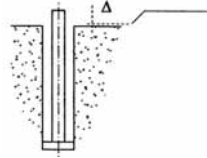
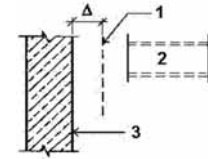
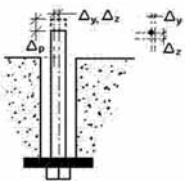
Betonové konstrukce

Doporučené tolerance

Úchylky

Přípoje ocelových konstrukcí na betonové

Shrnutí

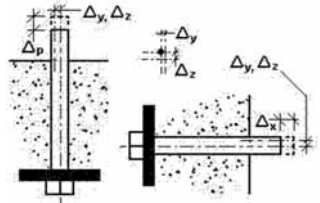
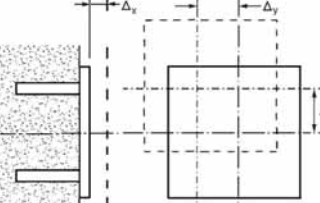
Č.	Kritérium	Parametr	Dovolená úchylka Δ
1	Úroveň základů 	Úchylka od stanovené úrovně	$-15 \text{ mm} \leq \Delta \leq +5 \text{ mm}$
2	Svislá stěna  Legenda: 1 předepsaná poloha 2 ocelový dílec 3 nosná stěna	Úchylka od předepsané polohy v podpěrném bodě pro ocelový dílec:	$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$
3	Přednastavení základového šroubu připraveného pro rektifikaci 	Úchylka Δ od předepsané polohy a vyčnívání: - umístění horního konce: - svislé vyčnívání Δ_p : POZNÁMKA Dovolena úchylka umístění středu skupiny šroubů je 6 mm.	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq 25 \text{ mm}$

6

Funkční tolerance – Betonové základy a podpěry

Tab. D.2.20 v EN1090-2:2008, zkráceno

Úvod
Normové tolerance
➤ Ocelové konstrukce
Betonové konstrukce
Doporučené tolerance
Úchylky
Přípoje ocelových konstrukcí na betonové
Shrnutí

Č.	Kritérium	Parameter	Dovolená úchylka Δ
4	Přednastavení základového šroubu bez rektifikace 	Úchylka Δ od předepsané polohy, úroveň a vyčnívání: - umístění horního konce: - svislé vyčnívání Δ_p ; - vodorovné přečnívání Δ_x ; POZNÁMKA Dovolená úchylka pro umístění se rovněž použije pro střed skupiny šroubů.	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq 45 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq 45 \text{ mm}$
5	Zabetonovaná ocelová kotvicí deska 	Úchylky $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ od předepsaného místa a úrovně	$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$

7

Betonové konstrukce

Úvod
Normové tolerance
Ocelové konstrukce
➤ Betonové konstrukce
Doporučené tolerance
Úchylky
Přípoje ocelových konstrukcí na betonové
Shrnutí

- ☐ **EN13670:2011** Provádění betonových konstrukcí
- ☐ Třídy úchylek, kap. 10
 - ☐ 1. třída – omezené požadavky
 - ☐ 2. třída - spoje pro návrh podle EN1992-1-1:2004 Příloha A
- ☐ **Svislé stěny a pilíře**
základní tolerance obr. 2
 - ☐ Rozhodují o návrhu připojované ocelové konstrukce
- ☐ **Kotevní desky a podobné vložky**
Tolerance geometrických rozměrů Příloha G
 - ☐ Malý vliv na únosnost kotvení

8

Připustné úchyly od svislé pro stěny a sloupy

Fig. 2 in EN13670:2011, zkráceno

Úvod

Normové tolerance

Ocelové konstrukce

➔ Betonové konstrukce

Doporučené tolerance

Úchyly

Připoje ocelových konstrukcí na betonové

Shrnutí

Č.	Typ úchyly	Popis	Připustné úchyly Δ 1. třída tolerancí
a		Sklon sloupu nebo zdi na každé úrovni jedno nebo vícepodlažní budovy $h \leq 10$ m $h > 10$ m	Větší z 15 mm nebo $h/400$ 25 mm nebo $h/800$
b		Úchyly mezi středy	Větší z $t/300$ nebo 15 mm ale ne více než 30 mm

9

Připustné úchyly od svislé pro stěny a sloupy

Fig. 2 in EN13670:2011, zkráceno

Úvod

Normové tolerance

Ocelové konstrukce

➔ Betonové konstrukce

Doporučené tolerance

Úchyly

Připoje ocelových konstrukcí na betonové

Shrnutí

Č.	Typ úchyly	Popis	Připustné úchyly Δ 1. třída tolerancí
c		Zakřivení sloupu nebo stěny mezi sousedními úrovněmi podlaží	Větší z $t / 30$ or 15 mm but not more than 30 mm
d		Poloha sloupu nebo stěny na jakémkoliv podlaží, od svislé čáry jeho zamýšleného středu na úrovni základů ve vícepodlažní konstrukci n je počet podlaží, kde $n > 1$	Menší z 50 mm nebo $\frac{\sum h_i}{(200 n^2)}$

10

Přípustné úchyly pro otvory a vložky

Obr. G.6 v EN13670:2011, zkráceno

Úvod

Normové tolerance

Ocelové konstrukce

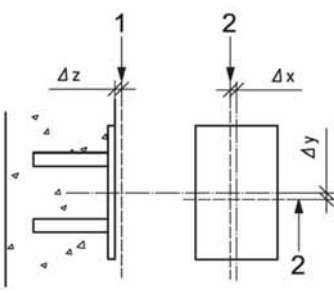
➤ Betonové konstrukce

Doporučené tolerance

Úchyly

Přípoje ocelových konstrukcí na betonové

Shrnutí

Č.	Typ úchyly	Popis	Přípustná úchyly Δ
d	 1 normální poloha v rovině 2 normální poloha v hloubce	Kotvení desky podobné vložky Úchyly v rovině Úchyly v hloubce	$\Delta_x, \Delta_y = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$

11

Kotevní desky

v EN13670:2011 obr. G.6 a v EN1090-2:2008 Tab. D.2.20

Úvod

Normové tolerance

Ocelové konstrukce

Betonové konstrukce

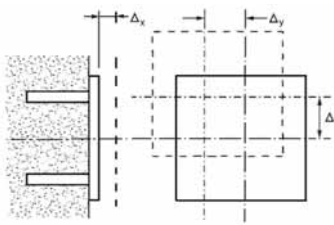
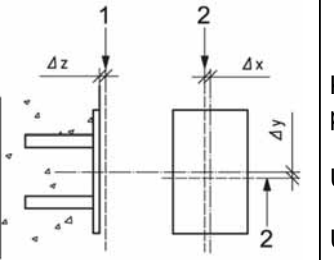
Doporučené tolerance

➤ Úchyly

Přípoje ocelových konstrukcí na betonové

Shrnutí

Tab. D.2.20 v EN1090-2:2008
Obr. G.6 v EN13670:2011

Č.	Typ úchyly	Popis	Přípustná úchyly Δ
5	Zabetonovaná ocelová kotvicí deska 	Úchyly $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ od předepsaného místa a úrovně	$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$
d	 1 normální poloha v rovině 2 normální poloha v hloubce	Kotvení desky podobné vložky Úchyly v rovině Úchyly v hloubce	$\Delta_x, \Delta_y = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$

12

Kotevní desky ve vícepodlažních budovách vodorovné úchytky horního podlaží

Úvod

Normové
tolerance

Ocelové
konstrukce

Betonové
konstrukce

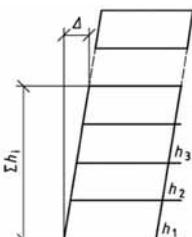
Doporučené
tolerance

Úchytky

Přípoje
ocelových
konstrukcí
na betonové

Shrnutí

Obr. 2 v EN13670:2011

Č.	Typ úchytky	Popis	Přípustné úchytky Δ
d	 $\sum h_i =$ součet výšek uvažovaných podlaží	Poloha sloupu nebo stěny na jakémkoliv podlaží, od svislé čáry jeho zamýšleného středu na úrovni základů ve vícepodlažní konstrukci n je počet podlaží, kde $n > 1$	Menší z 50 mm nebo $\frac{\sum h_i}{(200 n^2)}$

□ Např.

pro sedmipodlažní budovu o výšce podlaží 3,50 m

Přípustné vodorovné posunutí horního podlaží od předpokládané polohy je $\sum h_i / (200 n^{1/2}) = 46 \text{ mm}$

A úchytky požadované přímo pro jednotlivé kotevní desky

$\pm 10 \text{ mm}$

Celkem $\pm 56 \text{ mm}$

13

Shrnutí

Úvod

Normové
tolerance

Ocelové
konstrukce

Betonové
konstrukce

Doporučené
tolerance

Úchytky

Přípoje
ocelových
konstrukcí
na betonové

Shrnutí

- Podle evropských norem na provádění ocelových a betonových konstrukcí se doporučuje uvažovat s úchytkou polohy kotevní desky od plánované polohy **± 20 až 25 mm**

- Pro specifické případy lze stanovit pro jednotlivé kotevní desky **zvláštní tolerance**

- Řadu tolerancí lze **absorbovat příčné a podélné tolerance** vhodným návrhem ocelové konstrukce kompenzovat požadavky v cílové poloze prvku

14

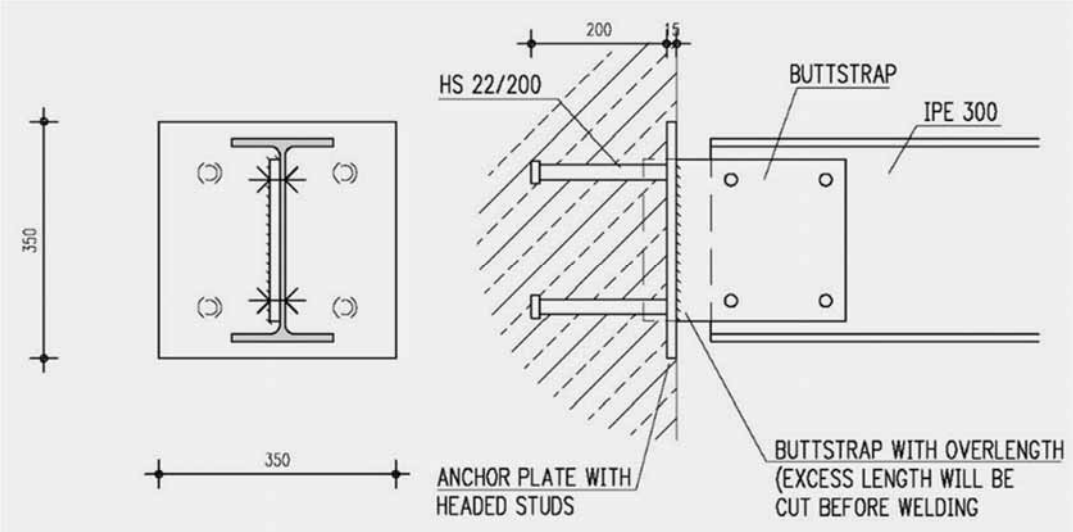
Možnosti absorbovat tolerance INFASO⁺

Úvod Normové tolerance Ocelové konstrukce Betonové konstrukce Doporučené tolerance Úchylky Přípoje ocelových konstrukcí na betonové ➤ <u>Shrnutí</u>	❑ <u>Podél ocelového prvku</u> ❑ Šroubovaný přípoj čelní deskou s vložkou ❑ Kotvení patní deskou s podlitím ❑ Úložný úhelník / úložná konzola ❑ Nosník / sloup s přesahem, zarovnáním a svařováním na staveništi ❑ Příložka s přesahem zarovnáním a svařováním na staveništi ❑ Příložka s oválnými děrami ❑ <u>Napříč ocelového prvku</u> ❑ Další plech se závitovými trny přivařenými na staveništi ❑ Nosník / sloup s čelní deskou ❑ Kotevní deska se závitovými trny ❑ Čelní deska a nadměrnými otvory ❑ Příložka přivařená na staveništi
--	--

15

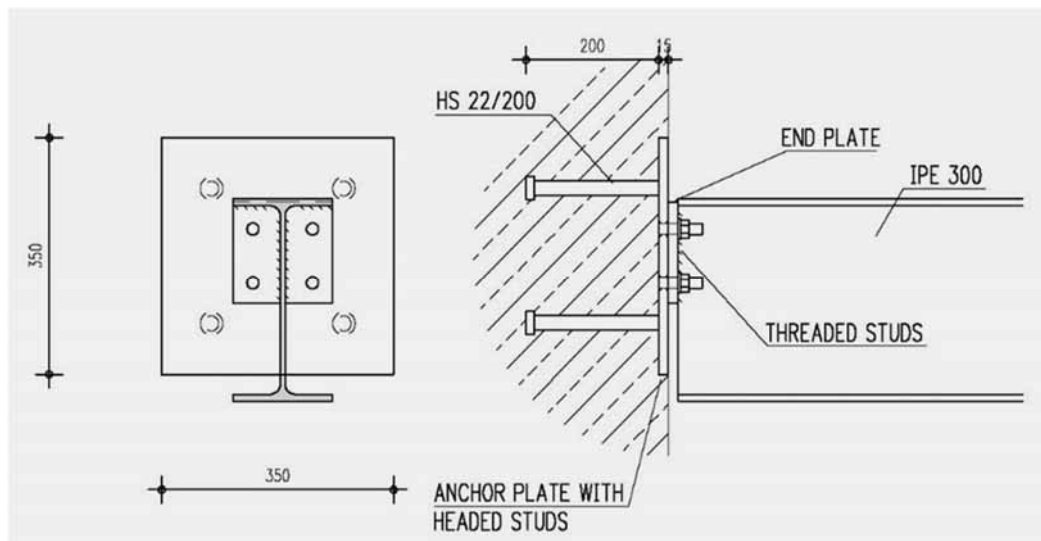
Příklad použití

INFASO⁺

Úvod Normové tolerance Ocelové konstrukce Betonové konstrukce Doporučené tolerance Úchylky Přípoje ocelových konstrukcí na betonové ➤ <u>Shrnutí</u>	❑ Styčník s možností rektifikace 
--	--

16

□ Styčník **bez** možnosti rektifikace



Úvod

Normové
tolerance

Ocelové
konstrukce

Betonové
konstrukce

Doporučené
tolerance

Úchylky

Přípoje
ocelových
konstrukcí
na betonové

➤ Shrnutí