



M. Kuříková s kol.

Předem kvalifikované styčníky  
pro ocelové konstrukce vystavené zemětřesení

**Návrh**

Equaljoints PLUS

Předem kvalifikované  
styčníky  
pro ocelové konstrukce  
vystavené zemětřesení  
Návrh

Marta Kuříková  
Raffaele Landolfo  
Mario D'Aniello  
Silvia Costanzo  
Roberto Tartaglia  
Jean-François Demonceau  
Jean-Pierre Jaspert  
Aurel Stratan  
Dominiq Jakab  
Dan Dubina  
Ahmed Elghazouli  
Dan Bompa  
Matyáš Kožich  
František Wald



Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být reprodukována, uchována v systému vyhledávání nebo šířena ve formě, elektronické, mechanické, kopírováním, nahráváním nebo jinak bez předchozího souhlasu nakladatele.

Autoři nepřebírají odpovědnost za užití materiálů a informací v této publikaci.

Equaljoints PLUS - Předem kvalifikované styčníky pro ocelové konstrukce vystavené zemětřesení, Návrh  
Kuřiková M., Bompa D., Costanzo S., D'Aniello M., Démonceau J-F., Dubina D., Elghazouli A., Jakab D., Jaspart J-P., Kožich, M.,  
Landolfo R., Stratan A., Tartaglia R., Wald, F.  
Vydalo České vysoké učení technické v Praze  
Zpracovala Fakulta stavební ČVUT  
První vydání, 2019  
ISBN 978-80-01-06489-4 (tištěná verze)  
ISBN 978-80-01-06490-0 (online)

## Úvod

V projektu RFCS EQUALJOINTS (RFSR-CT-2013-00021) byly připraveny předem kvalifikované styčníky pro seismicky odolné prutové konstrukce. V projektu EQUALJOINTS PLUS jsou materiály připraveny pro použití ve výuce a výrobě.

Cílem projektu bylo:

Připravit materiály ve dvanácti jazycích (anglicky, španělsky, francouzsky, německy, italsky, holandsky, portugalsky, češtiny, bulharsky, rumunsky, řecky a slovinsky).

Vyvinout normativní návrhové doporučení pro seismicky odolné styčníky na základě výsledků projektu Equaljoints.

Vypracovat příručky pro navrhování stavebních konstrukcí pro tyto spoje.

Vyvinout software a aplikaci pro mobilní zařízení, která předpovídají analytickou odezvu kloubů.

Organizovat dva semináře a čtrnáct workshopů pro šíření získaných znalostí.

Vytvořit web s volným přístupem uživatelů pro podporu šíření výsledků.

Vytvořit kanál You-Tube, aby byly k dispozici videa z experimentálních testů a simulací, které by zobrazovaly vývoj poškození.

V rámci projektu byly připraveny monografie:

### **Equaljoints PLUS - Předem kvalifikované styčníky pro ocelové konstrukce vystavené zemětřesení, Návrh**

Monografie pro čtyři předem kvalifikované styčníky shrnuje přehled nejnovějších poznatků, popisuje zásady konstrukčního řešení zvolených detailů, zobecňuje návrh prutové soustavy se zvolenými spoji, kvantifikuje nelineární závislost natočení na momentu podle EN1998-1:2005, uvádí experimentální vzorky a jejich zatěžování a zobecňuje výsledky zkoušek.

### **Equaljoints PLUS - Předem kvalifikované styčníky pro ocelové konstrukce vystavené zemětřesení, Podklady**

Monografie shrnuje návrh předem kvalifikovaných styčnicků se šroubovanými přípoji nosníku na sloup s čelní deskou s náběhem a vyztuženou a nevyztuženou čelní deskou a návrh styčnicku se svařovaným přípojem nosníku s oslabenými pásnicemi na sloup. Jsou rozebrány konstrukční požadavky, doporučené geometrie detailů, prutové konstrukce, pro které jsou styčníky předem připraveny, předběžné návrhové hodnoty a postup návrhu.

### **Equaljoints PLUS - Předem kvalifikované styčníky pro ocelové konstrukce vystavené zemětřesení, Návod pro EQUALJOINTS kalkulátor**

### **Equaljoints PLUS - Předem kvalifikované styčníky pro ocelové konstrukce vystavené zemětřesení, Prezentace**

Autoři se omlouvají za anglické texty v obrázcích a značení desetinnou tečnou v některých rovnicích, které jsou v projektu připraveny společně.

## **Na projektu pracovali kolektivy pracovníků**

### **Koordinátor**

Università degli Studi di Napoli Federico II (UNINA)

### **Partneři**

Arcelormittal Belval & Differdange SA (AM)

Universite de Liege (Ulg)

Universitatea Politehnica Timisoara (UPT)

Universidade de Coimbra (UC)

Convention Europeenne de la Construction Metallique (ECCS)

Universita degli Studi di Salerno (UNISA)

Imperial College of Science Technology and Medicine (IC)

Centre Technique Industriel de la Construction Metallique (CTICM)

National Technical University of Athens (NTUA)

České vysoké učeni technické v Praze (ČVUT)

Technische Universiteit Delft (TUD)

Univerza V Ljubljani (UL)

Universitet Po Architektura Stroitelstvo I Geodezija (UASG)

Universitat Politecnica de Catalunya (UPC)

Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen (RWTHA)

# OBSAH

<b>1. Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>1</b>
<b>3. STYČNÍKY</b>	<b>3</b>
3.1 Cíle	3
3.2 Předpoklady	8
3.3 Šroubovaný přípoj s náběhem	9
3.4 Šroubovaný přípoj vyztuženou čelní deskou	18
3.5 Šroubovaný přípoj nevyztuženou čelní deskou	32
3.6 Svařovaný přípoj nosníků s oslabenými pásnicemi	44
<b>Literatura</b>	<b>47</b>



## 1. O monografii

Monografie shrnuje návrh tří předem kvalifikovaných šroubovaných styčnicků v projektu Equaljoints, tj. pro styčník s přípojem (i) s náběhem, (ii) vyztužený styčník s čelní deskou s přesahem, (iii) nevyztužený styčník s čelní deskou s přesahem a jednoho předem kvalifikovaného svařovaného styčníku s nosníkem s oslabenými pásnicemi. Podrobně jsou uvedeny:

- technologické požadavky,
- popisy styčnicků,
- prutové konstrukce, pro které jsou přípoje předem kvalifikovány,
- rozsahy platnosti návrhu,
- postupy návrhu.

## 2. Konstrukční řešení

Návrh konstrukce prochází etapami, z nichž každou je třeba připravit. Pro konstrukce, které mohou být vystaveny zemětřesení, je příprava zvláště důležitá. Styčníky ocelových prvků by v tomto typu konstrukcí měly být vždy navrženy, vyráběny a zkonstruovány tak, aby se zabránilo křehkému selhání a tvar porušení byl duktilní.

Je třeba zohlednit konstrukční požadavky stanovené návrhovými normami. V Evropě musí být dodržena norma EN1998-1 Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení, která se odkazuje zejména na EN1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí a EN1993-1-8 Navrhování styčnicků ocelových konstrukcí. EN1993-1-8 definuje požadavky na styčníky z hlediska jejich pevnosti a tuhosti. Styčníky mohou být svařované, šroubované nebo lze využít jejich kombinace šroubů.

Šroubované spoje musí být navrženy v souladu s kap 3 v EN1993-1-8. Tab. 3.1 normy definuje pro šroubové spoje třídy a nejmenší mez kluzu a mez pevnosti šroubů. Tab. 3.3 stanoví minimální a maximální rozteče, koncové a hranové vzdálenosti tak, aby byla zajištěna dostatečná únosnost. Styčníky jsou obvykle navrhovány metodou komponent. Po stanovení únosnosti všech komponent musí být rozhodujícím kritériem duktilní tvar porušení, jako je otláčení.

Kritéria návrhu pro svařované spoje jsou popsána v EN1993-1-8, kap. 4. Při návrhu konstrukce na účinky zemětřesení se svary navrhují na plnou únosnost prvku tak, aby se zabránilo jejich selhání, což se považuje za křehký tvar porušení. Při specifikaci materiálů a rozměrů by měl inženýr uvažovat standardní rozměry a charakteristiky prvků. Např. pokud výrobce dodává plechy o tloušťce 10 a 12 mm, konstruktéři by neměli požadovat plechy o tloušťce 11 mm.

Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou jsou uvedeny v normě EN 1993-1-10. Norma obsahuje návrhové pokyny pro výběr oceli z hlediska lomové



houževnatosti a pro volbu tloušťky svařovaných prvků, u kterých je riziko lamelárního rozdvojení během výroby, pro stavby provedené podle EN 1090-2. Pro výběr materiálu pro novou konstrukci se využívá kap. 2 v EN 1993-1-10. Vhodný stupeň jakosti oceli se najde v evropských normách pro výrobky z oceli, které jsou uvedeny v EN 1993-1-1.

Třída jakosti oceli se volí v tab. 3.1 EN 1993-1-10 podle důsledků případného lamelárního rozdvojení. V závislosti na třídě jakosti z tab. 3.1 se popíše vlastnosti napříč tloušťkou oceli podle EN 10164, nebo se po výrobě konstrukce zkontroluje, zda k lamelárnímu rozdvojení nedošlo. Pokyny k zamezení lamelárního rozdvojení během svařování jsou uvedeny v EN 1011 2. Národní dodatky jsou v předmluvě k EN 1993-1-10.

Projektanti a výrobci, aby zajistili přesnost a jasnost výkresové dokumentace, spolupracují. Při některých příležitostech sám projektant nerozpozná situace, ve kterých nemůže být skutečně provedeno to, co bylo nakresleno, např. kvůli nedostatku adekvátního prostoru pro svařování. Často je třeba několik setkání, než se obě strany přesvědčí, že je navrhované řešení konstrukce správné a může se přistoupit k výrobě. Aby se zajistila konečná kvalita konstrukce, musí být výroba prvků, včetně předmontáže, dopravy a montáže na místě, vhodně řízena.

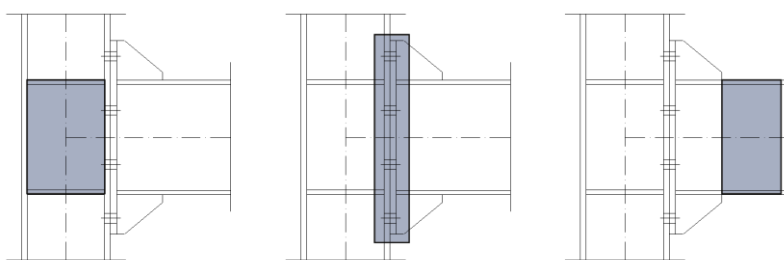
Konstrukce se zhotovují v souladu s prováděcími normami, o EN1090-2 v Evropě a AISC 303-10 v USA, které na kvalitu stanoví minimální požadavky. Na základě zkušeností se někteří výrobci mohou rozhodnout nadsadit požadavky a vyhnout se výzvám, které by se při montáži na místě mohly vyskytnout.

## 3. Styčníky

### 3.1. Cíle

V EN1998-1 je návrh konstrukcí na účinky zemětřesení založen na disipaci energie. V určených částech konstrukce vznikne plastická deformace, ve které se seizmické energie rozptýlí. Části bez disipace energie by se měly chovat pružně, aby se zabránilo jejich křehkému porušení. Hierarchie únosnosti je základním předpokladem návrhu. Jednotlivé prvky se navrhnu tak, aby byly schopny přenášet zatížení odpovídající plastické únosnosti odpovídajících disipativních částí. Návrh v projektu Equaljoints se harmonizuje požadavky na hierarchii pevností makro-komponent (např. stěna, přípoj, nosník a sloup) a jejich dílčích komponent (např. čelní deska, šrouby, svary atd.).

Podle postupu v projektu je styčník považován za sestavu tří makro-komponent, tj. stěna sloupu, oblast přípoje a oblast nosníku, viz obrázek 3.1. Makro-komponenta se navrhne individuálně na konkrétní účinky.



Obrázek 3.1 Makro-komponenty a) panel stěny, b) přípoj a c) nosník.

Lze uvažovat přípoje s

- Plnou únosností  
Spoj se navrhne s větší únosností než ostatní makro-komponenty, napětí na mezi kluzu vzniká v jiných částech styčníku (stěna nosníku nebo sloupu).
- Stejnou únosností  
Spoj se navrhne na únosnost podobnou jako stěna nosníku, stěna sloupu, popřípadě jako obě zmíněné makro-komponenty. Teoreticky by napětí na mezi kluzu mělo být dosaženo ve dvou nebo ve všech třech makro-komponentách.
- Částečnou únosností  
Spoj se navrhne tak, aby došlo k vývoji plastických deformací pouze v jeho vlastních komponentách.

Pro stěnu sloupu navíc požaduje

- Panel stěny sloupu s plnou únosností se navrhne s větší únosností než ostatní makro-komponenty, napětí na mezi kluzu je dosaženo v jiných částech styčníku (nosník nebo přípoj).
- Panel stěny sloupu s částečnou únosností se navrhne s únosností podobnou jako přípoj, stěna sloupu, popřípadě jako obě zmíněné makro-komponenty.
- Panel stěny sloupu s částečnou únosností se navrhne tak, aby došlo k vývoji plastických deformací pouze v jejích vlastních komponentách.

EN1993 a EC8 neuvažují styčník se stejnou únosností, který je v rámci projektu navržen jako střední úroveň návrhu. Podle současné klasifikace spadá styčník se stejnou únosností do kategorie styčnicků s částečnou únosností.

Plastické deformace při návrhu na účinky zemětřesení jsou nosníku. Podle umístění plastického kloubu, zpevnění materiálu a předpokládané mezi kluzu v plastickém kloubu může být návrhový moment únosnosti v čele sloupu stanoven jako

$$M_{con,Ed} = \alpha \cdot (M_{B,Rd} + V_{B,Ed} \cdot s_h) \quad (3.1)$$

kde  $M_{con,Ed}$  je návrhový moment únosnosti v čele sloupu a  $\alpha$  závisí na úrovni návrhu. Pro styčníky s plnou únosností se stanoví pomocí vztahu  $\gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$ , kde  $\gamma_{ov}$  je součinitel nejistoty zvýšené pevnosti materiálu a  $\gamma_{sh}$  součinitel zpevnění materiálů, který odpovídá poměru mezi maximálním a plastickým momentem únosnosti nosníku. Pro styčníky se stejnou únosností se rovná 1 a pro styčníky s částečnou únosností je menší než 1. Aby se zabránilo koncentraci poškození v zóně přípoje, předpokládá se poměr pevnosti u styčnicků s částečnou únosností 0,6 nebo 0,8.  $M_{B,Rd}$  je plastický moment únosnosti připojeného nosníku a  $s_h$  vzdálenost mezi sloupem a plastickým kloubem, který se nachází v připojeném nosníku. Jmenovitě je to vzdálenost mezi sloupem a špičkou výztuhy u nosníku s náběhem a vyztužených nosníků s čelní deskou a rovná se nule pro nevyztužené styčníky s čelní deskou.  $V_{B,Ed}$  je posouvací síla, která odpovídá místu výskytu plastického kloubu v připojeném nosníku, která je dána vztahem

$$V_{B,Ed} = V_{B,Ed,M} + V_{B,Ed,G} \quad (3.2)$$

kde  $V_{B,Ed,M}$  je posouvací síla, která je způsobena vznikem plastických kloubů na obou koncích nosníku o vzdálenosti  $L_h$  a stanoví se pomocí vztahu

$$V_{B,Ed,M} = \frac{2 \cdot M_{B,Rd}}{L_h} \quad (3.3)$$

$V_{B,Ed,G}$  je příspěvek gravitačního zatížení. Vztah nezohledňuje vzdálenost mezi čelem sloupu a plastickým kloubem.  $L_h$  je přibližná vzdálenost mezi plastickými klouby.

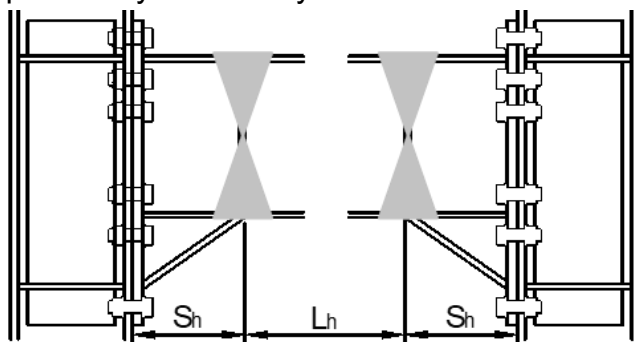
V případě obou součinitelů zvýšené pevnosti se  $\gamma_{ov}$  uvažuje rovno 1,25, viz EN1998-1. Součinitel zpevnění materiálu  $\gamma_{sh}$  se v EN1993-1-8 a EN1998-1 uvažuje

rozdílně. V EN1993-1-8 se pro styčníky s plnou únosností doporučuje 1,2 a v EN1998-1 jako 1,1. V literatuře je pro stanovení součinitele zpevnění  $\gamma_{sh}$  na ocelových nosnících několik empirických vztahů. Na základě prací Mazzolani and Piluso (1992), D'Aniello et al (2012), Güneyisi et al (2013, 2014) je hodnota součinitele zpevnění  $\gamma_{sh}$  pro průřezy v Evropské praxi v rozmezí od 1,1 do 1,2. Hodnota je větší než hodnota doporučená v EN1998-1, ale v souladu s AISC358-10, která doporučuje hodnotu součinitele zpevnění materiálu jako

$$\gamma_{sh,AISC} = \frac{f_y + f_u}{2 \cdot f_y} \leq 1.20$$

(3.4)

Dále je  $\gamma_{sh}$  konzervativně uvažován roven 1,20. Hodnota odpovídá mezi kluzu a pevnosti v Evropě používaných uhlíkových ocelí.



Obrázek 3.2 Poloha plastických kloubů u styčníku s čelní deskou s náběhem.

Posouvací síla v panelu stěny sloupu se stanoví jako

$$V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{B,Rd} + V_{B,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$$

(3.5)

kde

- $V_{wp,Ed}$  je návrhová hodnota posouvací síly v panelu stěny sloupu
- $V_{c,Ed}$  posouvací síla ve sloupu;
- $z$  rameno vnitřních sil;
- $\alpha$  součinitel, který závisí na úrovni návrhu. Může být odlišný od toho, který byl použit k návrhu přípoje.

Pro návrh makro-komponent platí podmínky

$$M_{con,Rd} \geq M_{con,Ed}$$

(3.6)

$$V_{wp,Rd} \geq V_{wp,Ed}$$

(3.7)

kde

$M_{con,Rd}$  je ohybová únosnost styčníku.  
 $V_{wp,Rd}$  smyková únosnost panelu stěny sloupu.

### Kritérium duktility

Duktilita styčníku závisí na tvaru porušení a odpovídající plastické deformační kapacitě aktivních komponent. Obrázek 7.10 popisuje závislost tvaru porušení na geometrických vlastnostech styčníku, poměru tloušťky čelní desky ku pevnosti šroubů (Jaspart, 1997). Na vodorovné ose je znázorněn poměr  $\beta$  mezi ohybovou únosností plechů nebo pásnic sloupu  $M_{pl,Rd}$  a únosností šroubů v tahu  $F_{t,Rd}$ . Na svislé ose je znázorněn poměr  $\eta$  mezi únosností náhradního T profilu  $F$  a  $F_{t,Rd}$ . Porušení tvaru 1 v případě nekruhového porušení závisí na poměru  $v = n/m$ , kde  $m$  je vzdálenost mezi osou šroubu a očekávaným místem vzniku plastického kloubu na pásnici nebo na stěně, a  $n$  je minimální vzdálenost mezi hranou pásnice a osou šroubu nebo  $1.25 m$ . Podle obrázku 7.10 lze předpokládat, že nedojde ke tvaru porušení III pro

#### **Úroveň 1**

$\beta \leq 1$  tento stav způsobuje buď tvar porušení I nebo tvar porušení II, blízký tvaru porušení I), které poskytují vysokou duktilitu.

#### **Úroveň 2**

$\beta < 2$  a  $\eta \leq 0.95$ , jedná se o tvar porušení II s limitovanou duktilitou, ale bez křehkého porušení.

Zaručená duktilita závisí na úrovni návrhu. Pro styčníky s částečnou a stejnou únosností je třeba větší duktility než pro styčníky s úplnou únosností.

Podle normy EN1993 1-8 jr kontroluje rotační kapacita styčníku. V případech, kdy je  $M_{j,Rd}$  menší než  $1,2 M_{B,pl,Rd}$ , mohou lze 1) duktilitu ověřit experimentálně; 2) má tloušťka  $t$  čelní desky nebo stěny sloupu, pokud rozhodují o únosnosti, splnit

$$t \leq 0.36d \sqrt{\frac{f_{ub}}{f_y}}$$

(3.8)

kde  $d$  je průměr šroubu,  $f_y$  mez kluzu relevantní základní komponenty a  $f_{ub}$  mez pevnosti šroubu. Rovnice (3.8) by splňovala kritérium duktility 1 Podle Obrázek 3.3, v případě, že únosnost každého šroubu  $F_{t,Rd}$  je větší než únosnost  $F_{p,Rd}$  připojených plechů, čelní desky nebo pásnice sloupu. Návrhová únosnost šroubu v tahu  $F_{t,Rd}$  je dána vztahem

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9A_s f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad (3.9)$$

kde  $A_s$  je plocha šroubu účinná v tahu a  $\gamma_{M2}$  dílčí součinitel spolehlivosti (doporučená hodnota 1,25). Rovnice (3.8) uvažuje návrhovou hodnotu únosnosti  $F_{p,Rd}$  pro kruhové porušení. Únosnost se stanoví pomocí vztahu

$$F_{p,Rd} = \frac{\pi t^2 f_y}{\gamma_{M0}} \quad (3.10)$$

kde  $t$  je tloušťka plechu a  $\gamma_{M0}$  dílčí součinitel spolehlivosti (doporučená 1,0). V rovnicích (3.9 a 3.10) se předpokládá dokonale plastické chování oceli. Kritérium duktility 1 pro seizmicky odolné styčníky s částečnou únosností má zohlednit variabilitu materiálu plechu a zpevnění a proto

$$F_{t,Rd} \geq \gamma \cdot F_{p,Rd} = \gamma_{ov} \cdot \gamma_{sh} \cdot F_{p,Rd} \quad (3.11)$$

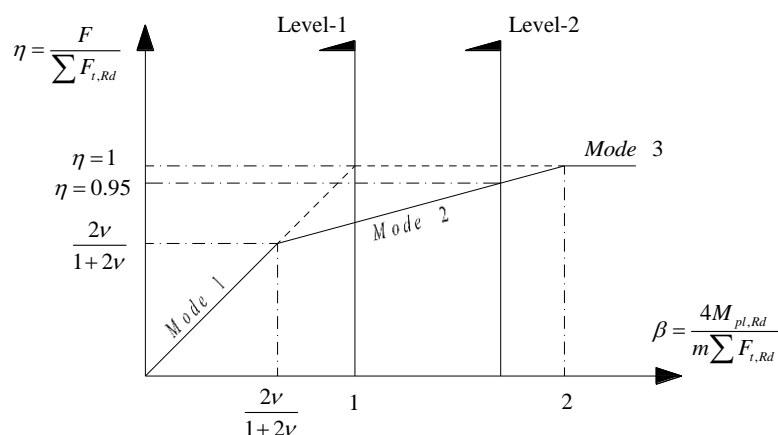
Součinitel zvýšené pevnosti  $\gamma$  (3.11) se uvažuje 1,5; doporučená hodnota pro  $\gamma_{ov}$  je 1,25; pro evropské nízkouhlíkové oceli je hodnota součinitele  $\gamma_{sh} = 1,2$  a doporučená hodnota dílčího součinitele spolehlivosti  $\gamma_{M0}$  je 1,0. Dosazením rovnice (3.8) do rovnice (3.11) je podmínka duktility

$$t \leq \frac{0.42 \cdot d}{\sqrt{\gamma_{ov} \cdot \gamma_{sh}}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{M0} \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2} \cdot f_y}} \cong 0.30 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{f_{ub}}{f_y}} \quad (3.12)$$

Pro styčníky s plnou nebo stejnou únosností se i v případě, že je vyžadována malá nebo žádná duktilita styčníku, doporučuje dodržet lokální kritérium. Pro duktilitu 2 má únosnost šroubů

$$F_{t,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot F_{p,Rd} \quad (3.13)$$

Rovnice (3.13), uspořádat jako (3.8). Všechna kritéria předpokládají, že nedojde ke křehkému porušení svarů.



Obrázek 3.3 Kritérium ductility, únosnost náhradního T průřezu a odpovídající mechanismus porušení

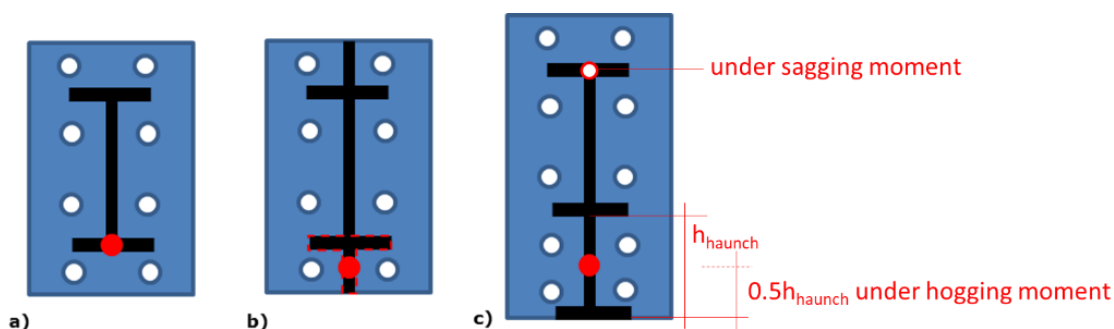
## 3.2. Předpoklady

### 3.2.1. Aktivní řada šroubů v tahu

Na rozdíl od metody komponent v EN 1993-1-8 2006, kde jsou řady šroubů v tahu získány z rovnováhy jejich únosnosti s tlakovou silou, uvažuje jen nad osou styčníku, protože příspěvek od řad šroubů pod osou je v případě čistého ohybu relativně zanedbatelný.

### 3.2.2. Působíště tlaku a rameno vnitřních sil

Pro styčníky s čelní deskou norma EN 1993-1-8 2006 předpokládá, že se působíště tlaku nachází ve středu tloušťky pásnice nosníku nebo ve špičce náběhu v případě styčníků s náběhem. Experimentální a numerické výsledky ukázaly, že umístění středu tlaku závisí jak na typu spoje, tak i na požadavcích na rotaci. Podle (Lee, 2002, Lee a kol., 2005; Abidelah a kol., 2012) a výsledcích dosažených v rámci projektu (Maris a kol., 2015, Stratan et al., 2016, D'Aniello a kol., 2017, Tartaglia a D'Aniello, 2017, Tartaglia a kol., 2018), se umístění středu tlaku doporučuje uvažovat (i) pro nevyztužené styčníky s čelní deskou ve středu tloušťky pásnice nosníku, viz obrázek 3.4a; (ii), pro vyztužené styčníky s čelní deskou ve středu průřezu tvořeného pásnicí nosníku a výtuhou, viz obrázek 3.4b) (iii) v případě styčníků s náběhem v polovině výšky náběhu  $h_h$ , viz obr. 3.4c.



Obrázek 3.4 umístění středu tlaku pro různé typy styčníků  
(a) nevyztužený s čelní deskou (b) vyztužený s čelní deskou (c) s náběhem.

### 3.3. Šroubovaný přípoj s náběhem

#### 3.3.1. Geometrie

Styčníky s náběhem a s čelní deskou s přesahem se hodí pro ohybově tuhé přípoje na plnou únosnost s panelem stěny nosníku na plnou nebo stejnou únosnost. Geometrie je popsána na obrázku 3.5. Přípoj je zesílen náběhem pod spodní pásnicí nosníku. Jsou nutné výztuhy stěny sloupu i nosníku. Příložky na stěnu lze využít ke zvýšení tuhosti a únosnosti panelu stěny sloupu ve smyku.

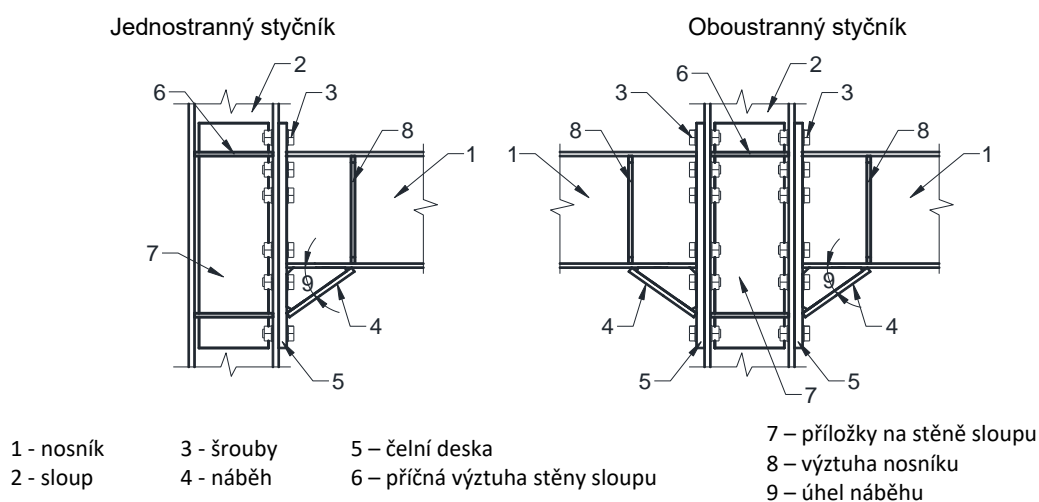
Úhel náběhu, mezi spodní pásnicí nosníku a pásnicí náběhu, se může pohybovat v rozmezí od  $30^\circ$  do  $45^\circ$ . Svarů, pro které byly styčníky s náběhem navrženy, jsou znázorněny na obrázku 3.6. Všechny svary jsou na plnou únosnost. Toho je dosaženo použitím dvou koutových svarů, z obou stran plechu, s minimální tloušťkou 0,55 násobku tloušťky plechu. Kritické svary, horní pásnice nosníku, pásnice náběhu, výztuha stěny sloupu, jsou navrženy tupé s plným průvarem. Svary horní pásnice nosníku a náběhu jsou zesíleny přidavnými koutovými svary.

#### 3.3.2. Konstruktivních systémů

Přípoje nosníku na sloup s náběhem a s čelní deskou s přesahem jsou předem kvalifikovány pro konstrukční systémy

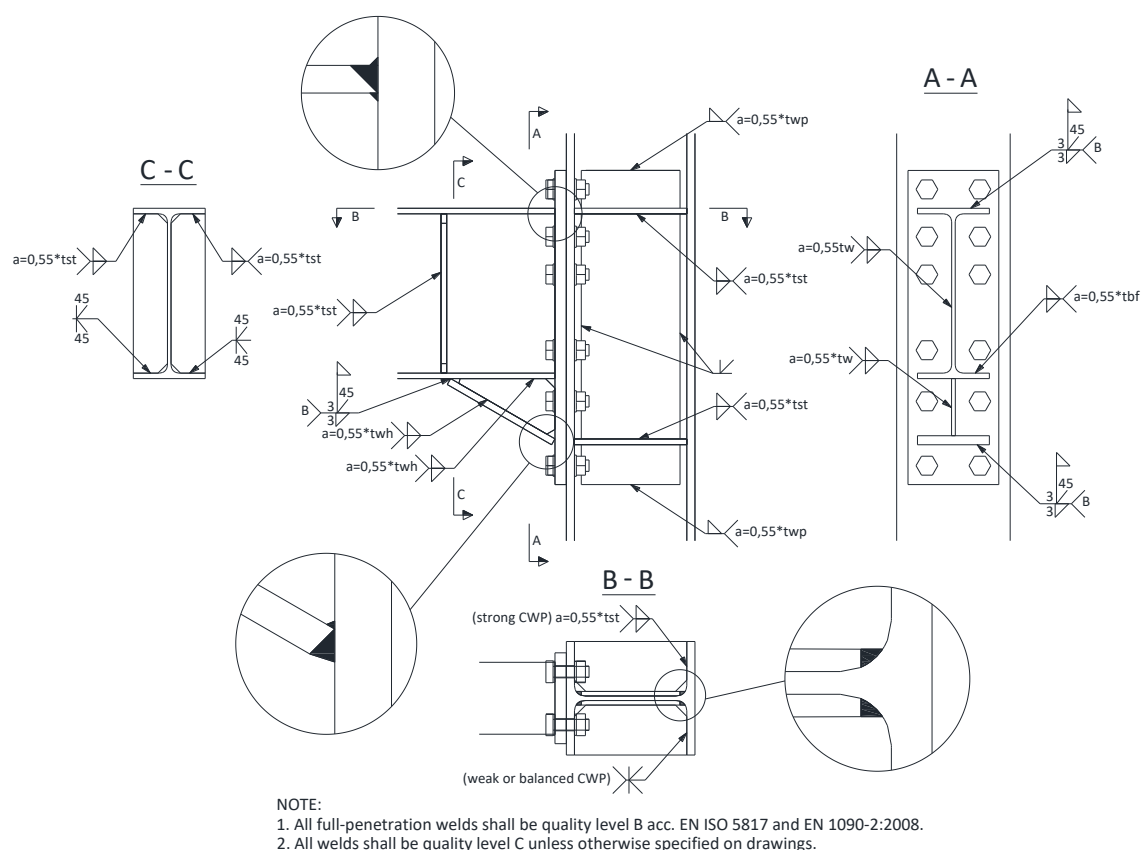
- Prutová soustava s ohybově tuhými styčníky (MRFs);
- Prutová soustava s centrickými ztužidly (MRF+ CBFs);
- Prutová soustava s excentrickými ztužidly (MRF+ EBFs).

Styčníky jsou pro seizmicky odolné konstrukce předem kvalifikovány pro prutové soustavy s pravoúhlými přípoji a běžnými rozpony, tj. bez skloněných nosníků.



Obrázek 3.5 Styčník s náběhem a s čelní deskou s přesahem





Obrázek 3.6 Svary pro styčník s náběhem a s čelní deskou s přesahem

### 3.3.3. Rozsah platnosti

Tabulka 3.1. Rozsah platnosti

Prvky	Rozsah platnosti
Nosník	Za tepla válcované nosníky průřezu IPE330 až IPE600. Průřez třídy 1 podle EN 1993-1-1. Pro svařované nosníky s podobným průřezem v případě, že svary pásnice a stěny jsou plně provařeny tupými svary zesílenými svary koutovými.
Výška	330 až 600 mm
Poměr světlé vzdálenosti podpor k výšce nosníku (mezi předpokládaným umístěním plastických kloubů)	Minimálně 7
Tloušťka pásnic	Minimálně 11 mm Maximálně 21 mm* (10 % extrapolace s ohledem na testované maximum)
Materiál	S235 až S355
Sloup	Za tepla válcované sloupy průřezu HEB260/HEM260 až HEB550/HEM550. Průřez má být třídy 1 Podle normy EN 1993-1-1. Mohou být použity svařované sloupy s podobným průřezem v případě, že svary pásnice a stěny jsou plně provařené tupé svary zesílené svary koutovými.

Výška	260 až 550 mm
Tloušťka pásnic	Minimálně 17,5 mm Maximum 40 mm
Materiál	235 až S355
<i>Poměr výšek nosníku a sloupu</i>	0,60 – 2,00
Čelní deska	20-40
Tloušťka	Minimálně 20 mm Maximálně 40 mm
Šířka	Minimálně šířka pásnice nosníku + 30 mm Maximálně šířka pásnice sloupu
Materiál	S235 až S355
<i>Příčné výztuhy nosníku a sloupu</i>	Dle požadavků EN 193-1-8 a EN 1998-1.
Materiál	S235 až S355
<i>Příložky na stěně sloupu</i>	Podle požadavků EN 1993-1-8 a EN 1998-1. Při výpočtu dodatečné smykové únosnosti panelu stěny sloupu lze uvažovat celou plochu příložek na stěně sloupu.
Výška	Minimálně jako výška čelní desky.
Materiál	S235 až S355
Šrouby	Sestavy vysokopevnostních předepnutých šroubů, podle EN 14399-3 (systém HR) a EN 14399-4 (systém HV). Šrouby mají být plně předepnuty Podle EN 1090-2.
Velikost	M24 až M36
Třída	8.8 nebo 10.9
Otvory	Podle EN 1993-1-8
<i>Náběh</i>	
Úhel	Úhel náběhu měřený mezi spodní pásnicí nosníku a pásnicí náběhu se má pohybovat v rozmezí 30° až 45°.
Svary	Podle Obrázek 3.6
Čelní deska a horní pásnice nosníku nebo pásnice náběhu	Zesílené plně provařené tupé svary.
Příčná výztuha a pásnice sloupu	Plně provařené tupé svary.
Příložek na stěně sloupu a stěny sloupu	Plně provařené tupé svary.
Ostatní svary	Koutové svary po obou stranách s účinnou tloušťkou svaru větší než 0,55 tloušťka připojovaných plechů.

Poznámka:.. Testy pro předem kvalifikované styčníky byly provedeny na nosnících od IPE360 po IPE600. Dolní mez je rozšířena na IPE330. Představuje méně než 10 % změnu výšky nosníku. V menší výška nosníků přináší větší duktilitu.

### 3.3.4. Postup návrhu

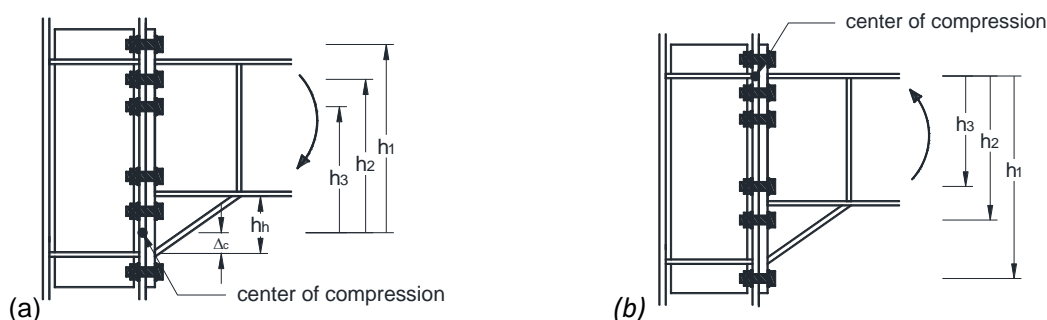
#### Koncept

Postup návrhu je založen na metodě komponent v EN1993-1-8 2006, s úpravami uvedenými podle EN 1998-1.

Uvažuje se, že se styčník skládá z přípoje, panelu stěny sloupu a připojeného členu, nosníku. Připojení je navrženo na ohybový moment a smykovou sílu působící v čele sloupu, odpovídající vzniku plastických kloubů v nosníku v blízkosti náběhu, která zahrnuje zvýšenou pevnost a zpevnění materiálu.

Numerické simulace provedené v projektu EqualJoints ukázaly, že pro záporný ohybový moment je střed tlaku umístěn ve vzdálenosti  $\Delta c$  nad pásnicí náběhu. Předpokládá se, že střed tlaku je posunut o 50 % výšky náběhu ( $\Delta c = 0,45 h_n$ , viz obrázek 3.7a. Pro kladný ohybový moment se předpokládá, že se střed tlaku nachází ve středu tloušťky tlačené pásnice, obr. 3.7b. V řadě šroubů u středu tlaku díky pružnosti čelní desky a omezené duktility řad šroubů u tažené pásnice vznikají zanedbatelné tahové síly.

Předpokládá se, že pouze řady šroubů, které jsou v horní polovině výšky průřezu nosníku bez náběhu, jsou v okamžiku působení záporného ohybového momentu aktivní. Při působení kladného ohybového momentu byly považovány za aktivní pouze řady šroubů, které se nacházejí ve spodní polovině výšky průřezu nosníku včetně náběhu. Pro zajištění stejné plastické deformace se panel stěny sloupu navrhne na stejnou nebo s větší únosností než má nosník.



Obrázek 3.7 Střed tlaku a aktivní řady šroubů pro záporný (a) a kladný (b) ohybový moment.

## Postup

### Krok 1 Volba geometrie a materiálu

- Třída šroubů, velikost šroubů a počet řad šroubů
- Tloušťka a velikost čelní desky
- Tloušťka a velikost náběhu
- Tloušťka a velikost příčných výztuh
- Tloušťka a velikost příložek na stěně sloupu (v případě potřeby)
- Specifikace svarů

### Krok 2 Popis komponent

- Únosnost komponent (styčník v ohybu)
- Tuhost komponent (styčník v ohybu)
- Únosnost komponent (styčník ve smyku)

### Krok 3 Složení

- Únosnost styčníku v ohybu

- Únosnost styčníku ve smyku
- Únosnost panelu stěny sloupu
- Tuhost styčníku v ohybu

#### Krok 4 Klasifikace a kontrola

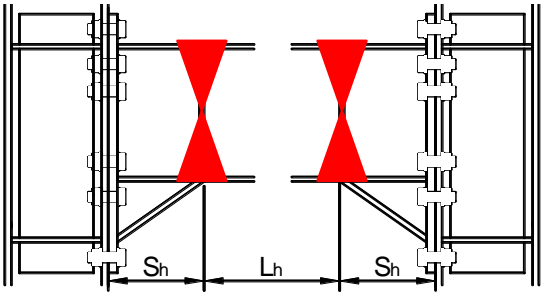
#### Počáteční volba

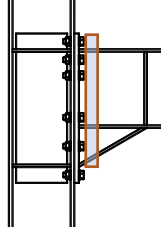
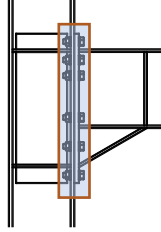
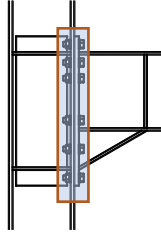
Doporučení k počáteční volbě geometrie a materiálů styčníku jsou uvedena dále v tabulce.

Prvky/přípoje	Velikost nosníku		
	Malý ( $\approx$ IPE360)	Střední ( $\approx$ IPE450)	Velký ( $\approx$ IPE600)
Třída šroubů	10.9		
Velikost šroubů	M27	M30	M36
Počet řad šroubů	6	6	6
Čelní deska	<p><i>Tloušťka</i> <math>t_{ep} = d_b</math>.</p> <p><i>Rozměry</i> Šířka větší než šířka pásnice nosníku (nejméně o 30 mm aby mohl být proveden svar) a menší než šířka pásnice sloupu. Přesah dostatečný pro umístění jedné řady šroubů, při dodržení pravidel daných EN 1993-1-8 2006 (3.5).</p>		
Náběh	<p>Šířka pásnice náběhu rovna šířce pásnice nosníku.</p> <p>Tloušťka pásnice náběhu větší než <math>\gamma_{ov}</math> krát tloušťka pásnice nosníku.</p> <p>Tloušťka stěny náběhu stejná nebo větší, než tloušťka stěny nosníku.</p> <p>Výška náběhu</p> <p><math>h_n = 0,4 h_b</math> pro úhel náběhu <math>30^\circ \leq \alpha &lt; 40^\circ</math>;</p> <p><math>h_n = 0,5 h_b</math> pro úhel náběhu <math>40^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ</math>.</p>		
Příložky na stěně sloupu	Tloušťka a velikost příložek na stěně sloupu podle EN 1993-1-8 (§ 6.2.6.1). Jinak k zajištění pevnosti a stability příložek na stěně sloupu lze využít svarů do otvorů.		
Příčné výztuhy	Tabulka 3.1		
Detaily svarů			
Poznámka: $t_{ep}$ je tloušťka čelní desky a $d_b$ průměr šroubu.			

Složení a ověření únosnosti

Typ klasifikace	Kritérium	Reference									
Únosnost přípoje v ohybu	Přípoje s plnou únosností $M_{con,Rd} \geq M_{con,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h)$ $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$	Equaljoints									
Únosnost spoje ve smyku	$V_{con,Rd} \geq V_{b,Ed}$	Equaljoints									
Únosnost panelu stěny sloupu ve smyku	Panel stěny sloupu na plnou únosnost $V_{wp,Rd} \geq V_{wp,Ed}$ $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$	Equaljoints									
Klasifikace tuhosti	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Klasifikace</th> <th>Vyztužená soustava</th> <th>Nevyztužená soustava</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Polotuhé styčníky</td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 8</math></td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 25</math></td> </tr> <tr> <td>Tuhé styčníky</td> <td><math>k_b \geq 8</math></td> <td><math>k_b \geq 25</math></td> </tr> </tbody> </table> $k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$	Klasifikace	Vyztužená soustava	Nevyztužená soustava	Polotuhé styčníky	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Tuhé styčníky	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	EN1993-1-8 5.2.2
Klasifikace	Vyztužená soustava	Nevyztužená soustava									
Polotuhé styčníky	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$									
Tuhé styčníky	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$									

Návrhové hodnoty ohybového momentu v líci sloupu a odpovídající posouvací síla
 <p>Návrhová hodnota ohybového momentu odpovídající plastickému kloubu se zpevněním na konci náběhu je</p> $M_{con,Ed} = M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h$ <p>Návrhová hodnota posouvací síly v přípoji <math>V_{con,Ed}</math> na základě předpokladu, že se plastický kloub se zpevněním vytvoří na obou koncích nosníku</p> $V_{con,Ed} \cong V_{b,Ed} = V_{Ed,M} + V_{Ed,G}$ <p>kde</p> <p><math>M_{pl,Rd}^* = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov} \cdot W_{pl,beam} \cdot f_{y,beam}</math> je plastický moment únosnosti v místě plastického kloubu</p> <p><math>W_{pl,beam}</math> plastický průřezový modul nosníku</p> <p><math>f_{y,beam}</math> mez kluzu nosníku</p> <p><math>\gamma_{sh}</math> součinitel zpevnění materiálu</p> <p><math>\gamma_{ov}</math> součinitel zvýšené pevnosti</p> <p><math>V_{Ed,M}</math> posouvací síla způsobená vytvoření plastických kloubů</p> <p><math>V_{Ed,G}</math> posouvací síla od gravitačního zatížení při seismické návrhové situaci</p>

<p><math>s_h</math> vzdálenost čela sloupu a plastického kloubu  <math>L_h</math> vzdálenost mezi plastickými klouby</p> <p>Poznámka:          Zkoušky ukázaly, že plastické klouby se tvoří ve vzdálenosti od konce náběhu. Jako zjednodušení lze však předpokládat, že je plastický kloub na konci náběhu.</p>	
<p><u>Ověření konce nosníku s náběhem</u>          Konec nosníku s náběhem se posoudí podle EN 1993-1-1 2005 pro ohybový moment v líci sloupu</p> $\frac{M_{con,Ed}}{M_{bh,Rd}} \leq 1,0$ <p>kde  <math>M_{bh,Rd}</math> je plastický moment únosnosti T profilů z horní pásnice, pásnice náběhu a stěn náběhu a nosníku. Spodní pásnice nosníku se zanedbá, viz čl. 6.2.6.7 EN 1993-1-8 2006  <math>M_{con,Ed}</math> maximální působící ohybový moment v čele sloupu          Pro zohlednění zvýšené pevnosti materiálu nosníku náběhu se tloušťka pásnice náběhu zvýší součinitelem <math>\gamma_{ov}</math>.</p>	
<p><u>Ověření ohybové únosnosti čelní desky přípoje</u>          Ověření únosnosti přípoje v ohybu pro kladný a pro záporný ohybový moment</p> $\frac{M_{con,Ed}}{M_{con,Rd}} \leq 1,0$ <p>kde <math>M_{con,Rd}</math> je ohybová únosnost přípoje.          Na momentové únosnosti přípoje se podílejí komponenty          pásnice sloupu v ohybu;          čelní deska v ohybu;          stěna nosníku v tahu;          stěna sloupu v tahu;          stěna sloupu v tlaku.</p> <p><math>M_{con,Rd}</math> je stanoven podle EN 1993-1-8 2005 s úpravami</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pro záporný ohybový moment jsou uvažovány aktivní pouze řady šroubů v horní polovině průřezu nosníku, bez náběhu.</li> <li>- Pro kladný ohybový moment jsou uvažovány aktivní pouze řady šroubů ve spodní polovině průřezu nosníku s náběhem.</li> <li>- Pro záporný ohybový moment je střed tlaku posunut o polovinu výšky náběhu, <math>\Delta c = 0,5 h_n</math>, viz Obrázek 3.7a;</li> <li>- Neuvažují se komponenty panel stěny sloupu ve smyku, pásnice a stěna nosníku a náběhu v tlaku.</li> </ul>	
<p><u>Ověření smykové únosnosti přípoje</u></p> $\frac{V_{b,Ed}}{V_{con,Rd}} \leq 1,0$ <p>kde <math>V_{con,Rd}</math> je smyková únosnost přípoje.          Na smykové únosnosti přípoje se podílejí komponenty</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stěna nosníku ve smyku;</li> <li>- Únosnost šroubů v otláčení v pásnici sloupu;</li> <li>- Únosnost šroubů v otláčení v čelní desce;</li> <li>- Šrouby ve stříhu. Pro stanovení únosnosti ve stříhu se uvažují pouze šrouby, které se nepodílí na přenosu ohybového momentu.</li> </ul>	

<p><b>Ověření panelu stěny sloupu</b></p> <p>Návrhová únosnost panelu stěny sloupu se určí pro ohybové momenty a smykové síly, které působí v panelu stěny sloupu.</p> $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$ <p>kde</p> <p><math>V_{wp,Ed}</math> je návrhová únosnost panelu stěny nosníku  <math>V_{c,Ed}</math> posouvací síla působící ve sloupu  <math>z</math> rameno vnitřních sil</p> <p>Pro panel stěny sloupu na plnou únosnost se návrhová hodnota posouvací síla stanoví s uvažováním vzniku plastických kloubů se zpevněním</p> $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$ <p>Únosnost panelu stěny sloupu je dostatečná pro</p> $\frac{V_{wp,Ed}}{V_{wp,Rd}} \leq 1,0$ <p><math>V_{wp,Rd}</math> je stanovena podle EN 1993-1-8 2006. Platí omezení</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Při stanovení dodatečné smykové únosnosti panelu stěny sloupu se uvažuje s plnou plochou příložek na stěně sloupu.</li> <li>- Dodatečnou smykovou únosnost <math>V_{wp,add,Rd}</math> pásnic sloupu a příčných výztuh lze zanedbat.</li> </ul>	
---	--

### 3.3.4.1. Popis komponent

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
Panel stěny sloupu ve smyku	Pravidla v EN 1993-1-8, 6.2.6.1 platí s připomínkami - Při stanovení dodatečné smykové únosnosti panelu stěny sloupu lze uvažovat s plnou plochou příložek na stěně sloupu. - Dodatečná smyková únosnost $V_{wp,add,Rd}$ pásnic sloupu a příčných výztuh lze zanedbat.	EN 1993-1-8 6.2.6.1 6.3.2
Pásnice sloupu v ohybu	Pravidla v EN 1993-1-8, 6.2.6.1 platí.	EN 1993-1-8 6.2.6.4 6.3.2
Čelní deska v ohybu	Pravidla v EN 1993-1-8 platí.	EN 1993-1-8 6.2.6.5 6.3.2
Stěna sloupu v tlaku	Pravidla v EN 1993-1-8 platí.	EN 1993-1-8 6.2.6.2 6.3.2
Stěna nosníku v tahu	Pravidla v EN 1993-1-8 platí.	EN 1993-1-8 6.2.6.8 6.3.2

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
Stěna sloupu v tahu	Pravidla v EN 1993-1-8 platí.	EN 1993-1-8 6.2.6.3 6.3.2
Stěna nosníku ve smyku	Pravidla v EN 1993-1-8 platí.	EN 1993-1-1 6.2.6
Šrouby v otačení v pásnici sloupu	Pravidla v EN 1993-1-8 platí.	EN 1993-1-8 3.6.1
Šrouby v otačení v čelní desce	Pravidla v EN 1993-1-8 platí.	EN 1993-1-8 3.6.1
Šrouby ve střihu	Pravidla v EN 1993-1-8 platí.	EN 1993-1-8 3.6.1

#### 3.3.4.2. Klasifikace tuhosti

Styčníky s náběhem a s čelní deskou s přesahem lze považovat za tuhé v případě, že

- únosnost panelu stěny sloupu je navržen podle čl. 6.7 v EN 1993-1-8 2006
- pro globální analýzu konstrukce se styčník uvažuje v ose průřezu os prutů;
- šrouby jsou plně předepnuté třídy E, viz EN 1993-1-8 2006.

Tuhost přípoje a panelu stěny sloupu se navrhne podle EN 1993-1-8 2006. Pro globální analýzu konstrukce lze využít pokročilý model a uvažovat přípoj a panel stěny sloupu ve smyku samostatně.

#### 3.3.4.3. Klasifikace duktility

Přípoje nosníku na sloup s náběhem a s čelní deskou s přesahem navržené podle výše uvedených ustanovení jsou vhodné pro DCH a DCM (prutové soustavy s ohybově tuhými styčníky, prutové soustavy s centrickými ztužidly a prutové soustavy s excentrickými ztužidly).

Všechny testované styčníky splňují požadavky ANSI/AISC 341-16

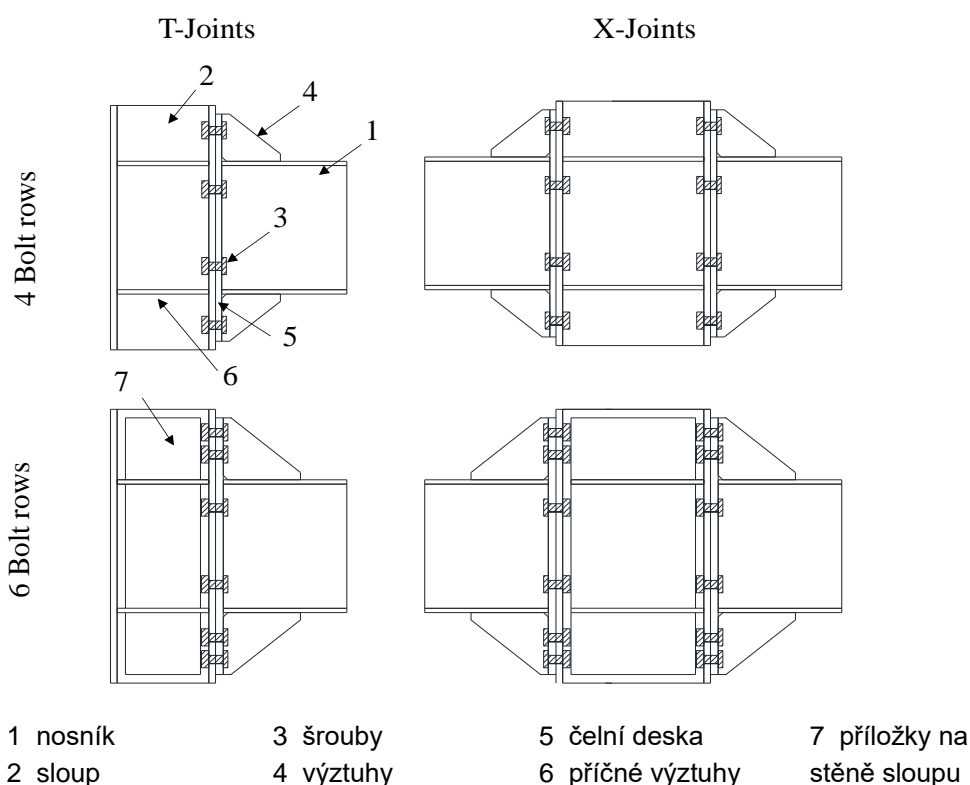
- Styčník umožnil posun patra s natočením nejméně 0,04 rad.
- Při posunu patra s úhlem 0,04 rad byla měřená ohybová únosnost přípoje v líci sloupu rovna minimálně 0,80 MPa ohybové únosnosti připojeného nosníku.
- Při návrhu zohlední, že pro styčníky s náběhem byly posuny patra odpovídající 20 % poklesu maximálního ohybového momentu menší než 0,04 rad, ale větší než 0,03 rad.



### 3.4. Šroubovaný přípoj vyztuženou čelní deskou

#### 3.4.1. Geometrie

Na Obrázek 3.8 jsou zobrazeny nevyztužené styčníky s čelní deskou s přesahem. V závislosti na výšce nosníku a konstrukčních kritériích lze použít čtyři nebo šest řad šroubů. Výztuhy stěny sloupu je nezbytné. Příložky na stěnách je doporučeno. Návrh svarů je v tabulka 3.2.



Obrázek 3.8 Vyztužené styčníky s čelní deskou s přesahem

Tabulka 3.2 Typy svarů

Svařovaný prvek	Únosnost styčníku		
	Plná	Stejná	Částečná
Pásnice nosníku – čelní deska (bf-ep)	FPW	FPW	FPW
Stěna nosníku – čelní deska (bw-ep)	FPW	FPW	FW
Výztuha – sloup (cp-c)	FW	FW	FPW
Výztuha – čelní deska (r-ep)	FPW	FPW	FPW
Výztuha – pásnice nosníku (r-bf)	FPW	FPW	FPW
Příložky – sloup (Swp-c)	FPW+PW	FPW+PW	FPW+PW

#### 3.4.2. Konstrukční systémy, pro které jsou přípoje předem kvalifikovány

Šroubované vyztužené styčníky s čelní deskou s přesahem jsou předem kvalifikovány pro konstrukční systémy

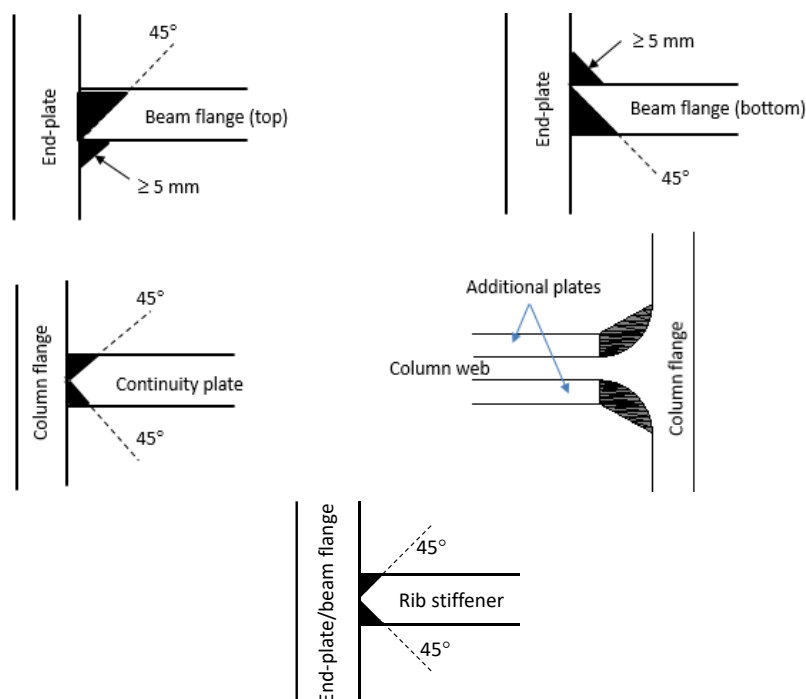
- Prutové soustavy s ohybově tuhými styčníky (MRFs),
- Prutové soustavy s centrickými ztužidly (MRF+ CBFs),
- Prutové soustavy s excentrickými ztužidly (MRF+ EBFs).

Styčníky jsou pro seizmicky odolné konstrukce předem kvalifikovány pro prutové soustavy s pravoúhlými přípoji a běžnými rozpony, tj. bez skloněných nosníků.

### 3.4.3. Rozsah platnosti

Tabulka 3.3 **Rozsah platnosti**

<b>Prvky</b>	<b>Rozsah platnosti</b>	
<i>Nosník</i>		
	Výška	Maximum = 600 mm
	Poměr rozponu k výšce	Maximum = 23, Minimum = 10
	Tloušťka pásnice	Maximum = 19 mm
	Materiál	S235 až S355
<i>Sloup</i>		
	Výška	Maximum = 550 mm
	Tloušťka pásnice	Maximum = 29 mm
	Materiál	S235 až S355
	<i>Poměr výšek nosníku a sloupu</i>	0,65 - 2,15
<i>Čelní deska</i>		
		18 – 30 mm
	Tloušťka	Tabulka 3.4
	Materiál	S235 až S355
<i>Výztuhy</i>		
	Tloušťka	Stejná nebo větší než tloušťka pásnice připojeného nosníku
	Materiál	S235 až S355
<i>Příložky</i>		
	Tloušťka	Tabulka 3.4
	Materiál	S235 až S355
<i>Šrouby</i>		
	Velikost	Tabulka 3.4
	Třída	HV10.9
	Počet řad šroubů	Tabulka 3.4
	Podložky	Podle EN 14399-4
	Otvory	Podle EN1993 1-8
<i>Svary</i>		
	Čelní deska a pásnice nosníku	Plně provařené tupé svary zesílené koutovými, Obrázek 3.9
	Výztuhy a pásnice sloupu	Plně provařené tupé svary Obrázek 3.9
	Příložka a pásnice sloupu	Plně provařené tupé svary Obrázek 3.9
	Ostatní svary	Koutové svary s účinnou tloušťkou svaru větší než 0,55 je tloušťka připojovaných plechů.



Obrázek 3.9 Detaily plně provařených tupých svarů

#### 3.4.4. Postup návrhu

Po volbě geometrie a materiálu styčníku je třeba při ověření komponent postupně řešit tři kroky

- Popis komponent
- Složení komponent
- Klasifikace a ověření styčníku

#### Postup

##### Krok 1 Počáteční volba geometrie a materiálu styčníku

- Třída šroubů, velikost šroubů a počet řad šroubů
- Tloušťka a velikost čelní desky
- Tloušťka a velikost příčných výztuh ve sloupu
- Tloušťka a velikost příložek (v případě potřeby)
- Specifikace svarů

##### Krok 2 Charakteristika komponent

- Únosnost komponent (styčník v ohybu)
- Tuhost komponent (styčník v ohybu)
- Únosnost komponent (styčník ve smyku)

##### Krok 3 Proces složení

- Únosnost styčníku v ohybu
- Tuhost styčníku v ohybu
- Únosnost styčníku ve smyku
- Stupeň duktility styčníku

**Krok 4** Klasifikace styčníku a posouzení

- Únosnost v ohybu
- Tuhost v ohybu
- Únosnost ve smyku
- Duktilita
- Posouzení

**Počáteční návrh**

Doporučení v tabulce 3.4 se využijí pro počáteční volbu geometrie a materiálů styčníku.

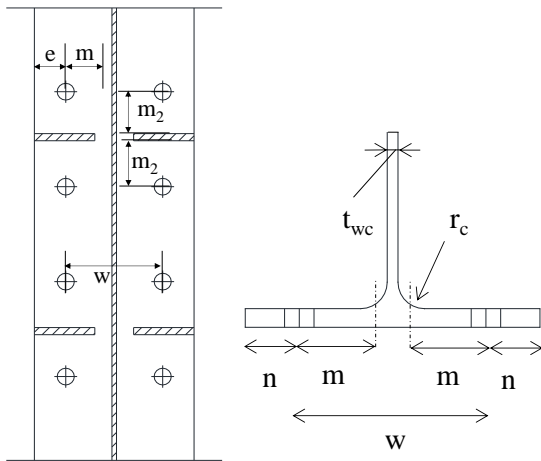
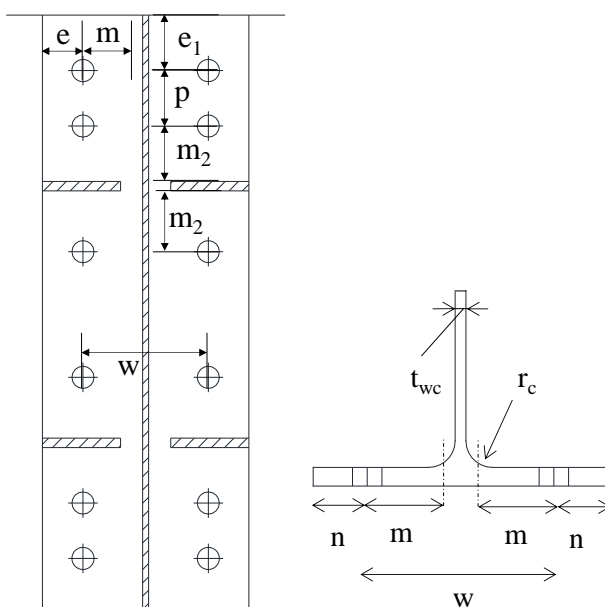
Tabulka 3.4 <b>Počáteční volba geometrie a materiálů</b>			
Prvky přípoje	Velikost nosníku		
	Malý ( $\approx$ IPE360)	Střední ( $\approx$ IPE450)	Velký ( $\approx$ IPE600)
Třída šroubů	HV 10.9		
Velikost šroubů	M27	M30	M36
Počet řad šroubů	4/6	4/6	6
Čelní deska	<p><i>Tloušťka</i></p> <p><math>t_{ep} = (2/3 \div 5/6) d_b</math> pro styčníky s plnou únosností větší než pásnice sloupu</p> <p><math>t_{ep} = (2/3 \div 5/6) d_b</math> pro styčníky se stejnou únosností; ale menší než tloušťka pásnice sloupu</p> <p><i>Rozměry</i></p> <p>Šířka být stejná nebo menší než pásnice sloupu.</p> <p>Přečnívajíc část dostatečně veliká pro umístění jedné nebo dvou řad šroubů, podle čl. 3.5 v EN1993-1-8 2006.</p>		
Příložky	Tloušťka a velikost příložek podle čl. 6.2.6.1 v EN1993-1-8 2006 jinak se příložky přivaří do otvorů		
Příčné výtuby sloupu	Tabulka 3.3		
Detaily svarů			
Poznámka: $t_{ep}$ je tloušťka čelní desky a $d_b$ průměr šroubu.			

## 3.4.4.1. Složení a kontrola únosnosti

Typ klasifikace	Kritérium	Reference									
Únosnost v ohybu	<p>přípoj se stejnou únosností <math>M_{con,Rd} \approx M_{Ed}</math></p> <p>přípoj s plnou únosností <math>M_{con,Rd} &gt; M_{Ed}</math></p> <p>panel stěny na plnou únosnost <math>V_{wp,Rd} &gt; \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]</math></p> <p>kde</p> <p><math>F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}</math> je příčná smyková síla ve styčníku pro řady šroubů v tahu <math>i = 1</math> až 3 pro styčníky se čtyřmi řadami šroubů a pro styčníky se šesti řadami šroubů pro <math>i = 1</math> až 5,</p> <p><math>V_{fbc,Rd}</math> únosnost pásnic a stěny nosníku v tlaku</p>	Equaljoints									
Klasifikace tuhosti	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Klasifikace</th> <th>Vyztužení prutové soustavy</th> <th>Nevyztužení soustavy</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Polotuhé styčníky</td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 8</math></td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 25</math></td> </tr> <tr> <td>Tuhé styčníky</td> <td><math>k_b \geq 8</math></td> <td><math>k_b \geq 25</math></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><math>k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)</math></p>	Klasifikace	Vyztužení prutové soustavy	Nevyztužení soustavy	Polotuhé styčníky	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Tuhé styčníky	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	EN 1994-8 čl. 5.2.2
Klasifikace	Vyztužení prutové soustavy	Nevyztužení soustavy									
Polotuhé styčníky	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$									
Tuhé styčníky	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$									
Únosnost ve smyku	<p><math>V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}</math> je stejná únosnost ve smyku</p> <p><math>V_{con,Rd} &gt; V_{b,Rd}</math> plná únosnost ve smyku</p>										
Klasifikace duktility	<p><math>\beta_{max} \leq 1.0</math> je stupeň duktility 1</p> <p><math>\beta_{max} &gt; 1.0</math> and <math>\eta_{max} \leq 0.95</math> stupeň duktility 2</p> <p>kde <math>\beta_{max} &gt; \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]</math>; <math>\eta_{max} &gt; \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]</math></p>	Equaljoints									

### 3.4.4.2. Popis komponent

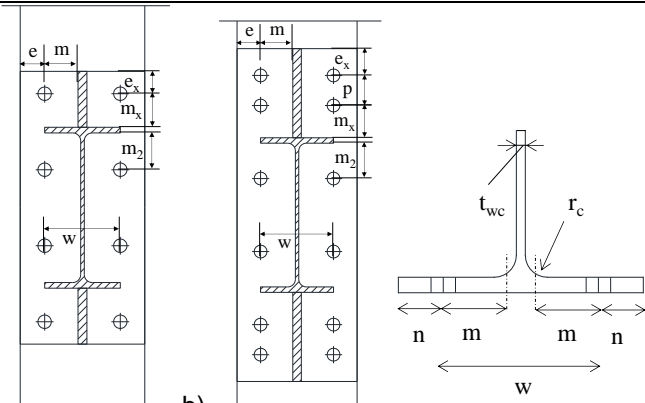
#### Únosnost komponent (v ohybu)

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
Pásnice sloupu v ohybu	<p style="text-align: center;"><b>Styčník s čtyřmi řadami šroubů</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Styčník se šesti řadami šroubů</b></p>  <p style="text-align: center;">Pro každou řadu šroubů nebo pro skupinu řad šroubů je únosnost stanovena pomocí vztahů</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.4

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
	<p>Pro každou řadu šroubů nebo pro skupinu řad šroubů je únosnost stanovena pomocí cích vztahů</p> $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] * \text{nebo}$ $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}] **$ <p>kde</p> $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$ $F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $F_{T,1-2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$ <p>kde</p> $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $m = (w / 2 - t_{wc} / 2 - 0,8 r_c)$ $n = \min[e, 1,25m] \text{ pro kruhové porušení } n = \infty.$ $e_w = d_w / 4$ <p><math>d_w</math> je průměr podložky nebo šířka hlavy nebo matice šroubu.  *V případě páčení  **Bez páčení</p> <p>Poznámka:  EN1993-1-8 umožňuje uvažovat páčící síly pro všechny šroubované styčníky. Podle výsledků projektu EqualJoints je řešení nekonzervativní. Vznik páčení se ověří případ od případu.</p>	

Komponenta	Podrobná pravidla	Referen ce
	<p><b>Účinné délky</b></p> <p>- Přípoj se čtyřmi řadami šroubů</p> <p><b>1. Řada šroubů 1</b></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><b>Řada šroubů 2</b></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><math>\alpha</math> je dáno vztahem 6.11 v EN1993-1-8 2006, v závislosti na</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ <p>Poznámka: Výztuha sloupu ztuží T profily a počítá se jen těmito dvěma řadami šroubů.</p> <p>- Přípoj s šesti řadami šroubů</p> <p><b>Řada šroubů 1</b></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m; 4m + 1.25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1.25e$ <p><b>První řada skupiny 1+2</b></p> $l_{eff,1} = \min[2p; p]$ $l_{eff,nc} = p$ <p><b>Řada šroubů 2</b></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><b>Druhá řada skupiny 1+2</b></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,1} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <p><b>Řada šroubů 3</b></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><math>\alpha</math> je dáno vztahem 6.11 v EN1993-1-8 2006, v závislosti na</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ <p>N.B.</p> <p>Poznámka: Výztuha sloupu ztuží T profily a skupinové porušení může nastat jen u prvních dvou řad šroubů.</p>	<p>EN1993 -1-8 Tab. 6.5</p>



Čelní deska v ohybu	<div style="text-align: center;">  <p>a)                      b)</p> <p>Styčník s čtyřmi řadami šroubů (a) a se šesti řadami šroubů (b)</p> </div> <p>Pro každou řadu šroubů nebo pro skupinu řad šroubů je únosnost stanovena jako</p> $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] \text{ * nebo}$ $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}] \text{ **}$ <p>kde</p> $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$ $F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}}$ $F_{T,1,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$ <p>kde</p> $M_{pl,1,Rd} = 0,25\Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $M_{pl,2,Rd} = 0,25\Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $m = (w/2 - t_{wc} / 2 - 0.8r_c)$ $n = \min[e, 1.25m] \text{ , pro kruhové porušení může být použito } n=\infty.$ $e_w = d_w / 4$ <p><math>d_w</math> je průměr podložky nebo šířka hlavy nebo matice šroubu.</p> <p>*v případě páčení **bez páčení</p>	<p>EN1993 -1-8 čl. 6.2.6.5</p>
---------------------	---	--

Komponent a	Podrobná pravidla	Reference
	<p><b>Účinné délky</b>                      – Styčník s čtyřmi řadami šroubů  <u>Řada šroubů 1</u></p> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$ <p><u>Řada šroubů 2</u></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><math>\alpha</math> je dáno vztahem 6.11 v EN1993-1-8 2006, v závislosti na</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$ <p>– Styčník se šesti řadami šroubů  <u>Řada šroubů 1</u></p> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ <p><u>První řada skupiny 1+2</u></p> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} \pi m + p \\ 2e_x + p \\ 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ <p><u>Řada šroubů 2</u></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><u>Druhá řada skupiny 1+2</u></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <p><u>Řada šroubů 3</u></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><math>\alpha</math> podle čl. 6.11 v EN1993-1-8 2006.</p>	

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
Pásnice a stěna nosníku v ohybu	$F_{fbc,Rd} = M_{c,Rd} f_{y,b} / (h + \xi b - 0.5t_{fb})$ <p><math>h</math> je výška připojeného nosníku;  <math>M_{c,Rd}</math> návrhová momentová únosnost průřezu s příčnou výztuhou připojeného nosníku, v případě velkého smyku redukována podle EN 1993-1-1 2005.  <math>t_{fb}</math> tloušťka pásnice připojeného nosníku.  <math>\xi b</math> je působíště středu tlaku;  <math>b</math> výška výztuhy.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.7
Stěna a příčné výztuhy sloupu v tlaku	<p>Únosnost stěny a příčných výztuh sloupu</p> $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,c,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ <p>kde</p> $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ <p><math>A_{cp}</math> je plocha příčných výztuh (obou stran);  Redukční součinitel <math>k_{wc}</math> zohledňuje normálové napětí ve stěně sloupu a určí se pomocí čl. 6.2.6.2(2) v EN1993-1-8 2006.  Redukční součinitel <math>\omega</math> je uveden v tabulce 6.3 v EN1993-1-8 2006;  Poznámka: Při vyztužení styčnicku příčnými výztuhami lze zanedbat boulení stěny sloupu pod příčným tlakem</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.2
Stěna nosníku v tahu	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ <p>Účinná šířka <math>b_{eff,t,wb}</math> stěny nosníku v tahu se uvažuje rovna účinné délce náhradního T profilu čelní desky v ohybu pro samostatnou řadu nebo skupinu řad šroubů.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.8
Stěna sloupu v tahu	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ <p>Účinná šířka <math>b_{eff,t,wc}</math> stěny sloupu v tahu se uvažuje rovna účinné délce náhradního T profilu čelní desky v ohybu pro samostatnou řadu nebo skupinu řad šroubů.  Redukční součinitel <math>\omega</math> je uveden v tabulce 6.3 v EN1993-1-8 2006.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.3

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
Šrouby v tahu	<p>Únosnost řady šroubů, tj. zde dvojice šroubů, v tahu se učí jako</p> $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>kde</p> <p><math>f_{ub}</math> je pevnost šroubu v tahu  <math>A_s</math> plocha šroubu v tahu</p>	EN1993-1-8 čl. 3.6.1

### 3.4.4.3. Tuhost komponent (styčník v ohybu)

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
------------	-------------------	-----------

Panel stěny sloupu ve smyku	<p>Pro styčníky s výztuhou je příspěvek <math>k_1</math> roven nekonečnu.                      Pro styčníky bez výztuh se má určit pomocí</p> $k_1 = \frac{0.38 \cdot A_{vC}}{\beta z}$ <p>kde  <math>\beta</math> je transformační součinitel uvedený v EN1993-1-8 pr. 5.3(7), a z rameno vnitřních sil.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Pásnice sloupu v ohybu	<p>Pro samostatnou řadu šroubů v tahu</p> $k_4 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2}{m^3}$ <p>Účinné šířka <math>b_{eff}</math> je menší Účinné šířka pro řadu šroubů (samostatnou nebo jako součást skupiny řad šroubů).</p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Čelní deska v ohybu	<p>Pro samostatnou řadu šroubů v tahu</p> $k_5 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3}$ <p>Účinné šířka <math>b_{eff}</math> je menší Účinné šířka pro řadu šroubů (samostatnou nebo jako součást skupiny řad šroubů).</p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Stěna sloupu v ohybu	<p>Pro styčníky s výztuhou je příspěvek <math>k_3</math> roven nekonečnu, pro styčníky bez výztuh se má určit pomocí cího vztahu</p> $k_3 = \frac{0.7 \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{d_c}$ <p>Účinné šířka <math>b_{eff}</math> je menší Účinné šířka pro řadu šroubů (samostatnou nebo jako součást skupiny řad šroubů) při ohybu komponenty pásnice sloupu.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Šrouby v tahu	<p>Pro samostatnou řadu šroubů v tahu <math>k_{10} = \frac{1.6 \cdot A_s}{L_b}</math></p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Výztuha na tlačené straně	$k_{RIB} = \frac{A_{eq}}{L_{Strut}} \cdot \cos(\alpha)$ <p>kde (stanovil Lee)</p> $A_e = \frac{\eta(ab - c^2)}{\sqrt{(a-c)^2 + (b-c)^2}}$ $L_e = (0.6)\sqrt{(a^2 + b^2)}$ <p><math>\alpha</math> úhel naklonění výztuhy.</p>	Equaljoints

## 3.4.4.4. Únosnost komponent (styčník ve smyku)

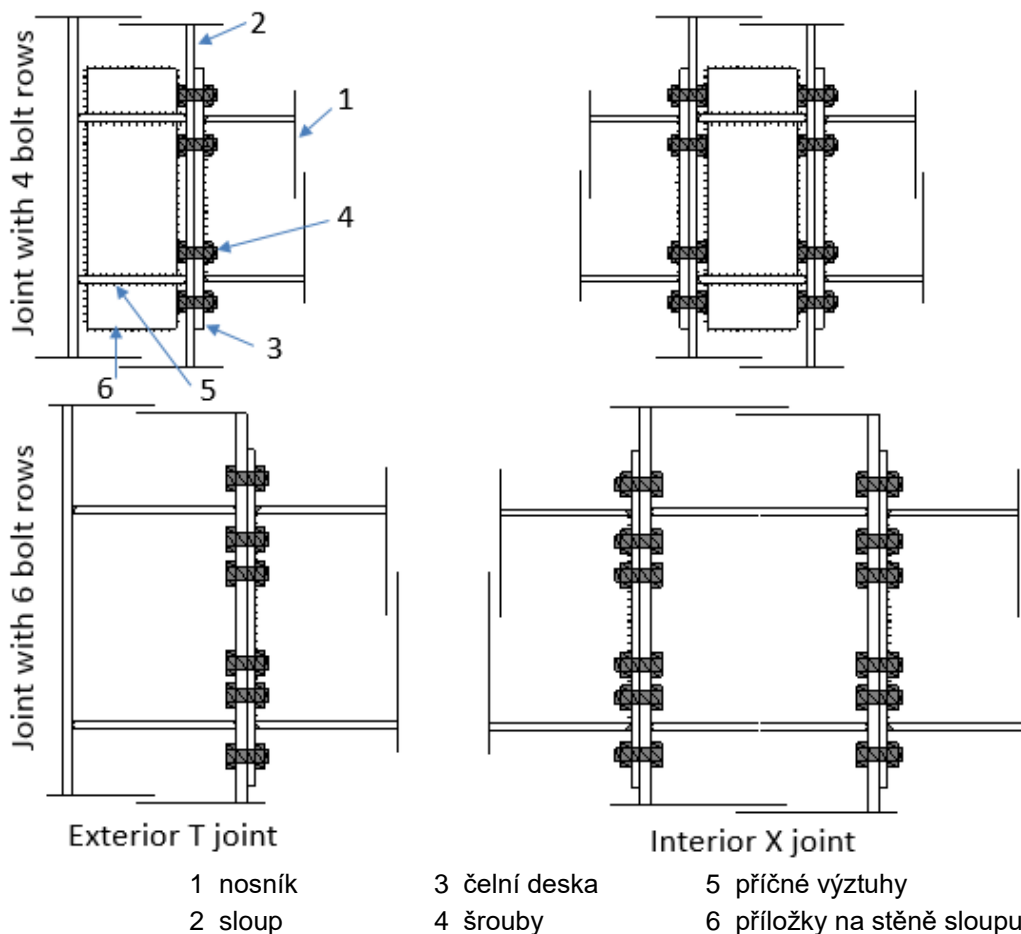
Komponenta	Podrobná pravidla	Referenc e				
Stěna nosníku ve smyku	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ kde $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ pokud } \bar{\lambda}_w \geq 0.83 ;$ $\chi_w = 1.0 \text{ pokud } \bar{\lambda}_w < 0.83$ kde $\bar{\lambda}_w = 0.3467 (h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$	EN1993-1-5 čl. 5.3				
Pásnice sloupu v otláčení	Pro samostatnou řadu šroubů (dva šrouby) ve smyku $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ kde pro krajní šrouby je $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ pro vnitřní šrouby je $k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5]$ $\alpha_b$ závisí na směru působení zatížení a umístění řad šroubů  <div style="text-align: center;">Styčník se čtyřmi řadami šroubů</div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           Zatížení působí dolů            Řady šroubů 1, 3 a 4  <math>\alpha_b = 1.0</math>            Řada šroubů 2  <math>\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]</math> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           Zatížení působí nahoru            Řady šroubů 1, 2 a 4  <math>\alpha_b = 1.0</math>            Řada šroubů 3  <math>\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]</math> </td> </tr> </table> <div style="text-align: center;">Styčník se šesti řadami šroubů</div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           Zatížení působí dolů            Řady šroubů 1, 3 a 5  <math>\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]</math>            Řady šroubů 2, 4 a 6  <math>\alpha_b = 1.0</math> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           Zatížení působí nahoru            Řady šroubů 1, 3 a 5  <math>\alpha_b = 1.0</math>            Řady šroubů 2, 4 a 6  <math>\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]</math> </td> </tr> </table>	Zatížení působí dolů Řady šroubů 1, 3 a 4 $\alpha_b = 1.0$ Řada šroubů 2 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$	Zatížení působí nahoru Řady šroubů 1, 2 a 4 $\alpha_b = 1.0$ Řada šroubů 3 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$	Zatížení působí dolů Řady šroubů 1, 3 a 5 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ Řady šroubů 2, 4 a 6 $\alpha_b = 1.0$	Zatížení působí nahoru Řady šroubů 1, 3 a 5 $\alpha_b = 1.0$ Řady šroubů 2, 4 a 6 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$	EN1993-1-8 čl. 3.6.1
Zatížení působí dolů Řady šroubů 1, 3 a 4 $\alpha_b = 1.0$ Řada šroubů 2 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$	Zatížení působí nahoru Řady šroubů 1, 2 a 4 $\alpha_b = 1.0$ Řada šroubů 3 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$					
Zatížení působí dolů Řady šroubů 1, 3 a 5 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ Řady šroubů 2, 4 a 6 $\alpha_b = 1.0$	Zatížení působí nahoru Řady šroubů 1, 3 a 5 $\alpha_b = 1.0$ Řady šroubů 2, 4 a 6 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$					
Čelní deska v otláčení	Pro samostatnou řadu šroubů (dva šrouby) ve smyku $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ kde pro krajní šrouby $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ pro vnitřní šrouby $k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5]$ $\alpha_b$ závisí na směru působení zatížení a umístění řad šroubů  <div style="text-align: center;">Styčník se čtyřmi řadami šroubů</div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           Zatížení působí dolů            Řada šroubů 1  <math>\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]</math>            Řady šroubů 2 a 4  <math>\alpha_b = 1.0</math>            Řada šroubů 3         </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           Zatížení působí nahoru            Řady šroubů 1 a 3  <math>\alpha_b = 1.0</math>            Řady šroubů 2  <math>\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]</math>            Řada šroubů 4         </td> </tr> </table>	Zatížení působí dolů Řada šroubů 1 $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$ Řady šroubů 2 a 4 $\alpha_b = 1.0$ Řada šroubů 3	Zatížení působí nahoru Řady šroubů 1 a 3 $\alpha_b = 1.0$ Řady šroubů 2 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ Řada šroubů 4	EN1993-1-8 čl. 3.6.1		
Zatížení působí dolů Řada šroubů 1 $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$ Řady šroubů 2 a 4 $\alpha_b = 1.0$ Řada šroubů 3	Zatížení působí nahoru Řady šroubů 1 a 3 $\alpha_b = 1.0$ Řady šroubů 2 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ Řada šroubů 4					

	$\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ Styčník se šesti řadami šroubů Zatížení působí dolů Řada šroubů 1 $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$ Řady šroubů 2, 4 a 6 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ Řady šroubů 3 a 5 $\alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$ Zatížení působí nahoru Řady šroubů 1, 3 a 5 $\alpha_b = \min[1.0, p/3d_0 - 0.25]$ Řady šroubů 2 a 4 $\alpha_b = 1.0$ Řada šroubů 6 $\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]$	
Únosnost šroubů ve stříhu	Pro jednu řadu šroubů, dvojici šroubů, ve smyku $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0,5$ pro šrouby třídy 10.9.		EN1993-1-8 čl. 3.6.1

### 3.5. Šroubovaný přípoj nevyztuženou čelní deskou

#### 3.5.1. Geometrie

Geometrie styčníku je popsána na Obrázek 3.10. Podle výšky nosníku se použijí čtyři nebo šest řad šroubů. Sloup je vždy vyztužen výtuhami. Stěnu sloupu lze vyztužit příložkami.



Obrázek 3.10 Nevyztužený styčník s čelní deskou s přesahem

#### 3.5.2. Konstrukce, pro které jsou přípoje předem kvalifikovány

Nevyztužené přípoje s čelní deskou s přesahem jsou předem kvalifikovány pro konstrukční systémy

- Prutová soustava s centrickými ztužidly (MRF+ CBFs);
- Prutová soustava s excentrickými ztužidly (MRF+ EBFs).

Styčníky jsou pro seizmicky odolné konstrukce předem kvalifikovány pro prutové soustavy s pravoúhlými přípoji a běžnými rozpony, tj. bez skloněných nosníků.

#### 3.5.3. Rozsah platnosti

Rozsah platnosti pro předem kvalifikované styčníky shrnuje tabulka 3.5

Tabulka 3.5 **Rozsah platnosti**

Prvek	Parametr	Rozsah platnosti
<i>Nosník</i>	Výška	Maximum 600 mm
	Poměr rozponu a výšky	Maximum 23, Minimum = 10
	Tloušťka pásnice	Maximum = 19 mm
	Materiál	S235 až S355
<i>Sloup</i>	Výška	Maximum 550 mm
	Tloušťka pásnice	Maximum 31 mm
	Materiál	S235 až S355
<i>Výška nosníku/sloupu</i>		
<i>Čelní deska</i>	Tloušťka	18 - 25 mm
	Materiál	S235 až S355
<i>Příčná výztuha</i>	Tloušťka	Stejná nebo větší než tloušťka pásnice připojeného nosníku
	Materiál	S235 až S355
<i>Příložka</i>	Tloušťka	Table 3.6
	Materiál	S235 až S355
<i>Šrouby</i>	Velikost	Table 3.6
	Třída	HV10.9
	Počet řad šroubů	Table 3.6
	Podložky	
	Otvory	
<i>Svary</i>	Čelní deska a pásnice nosníku	Zesílené plně provařené tupé svary Obrázek 3.9
	Výztuhy a pásnice sloupu	Plně provařené tupé svary Obrázek 3.9
	Příložka a pásnice sloupu	Plně provařené tupé svary Obrázek 3.9
	Ostatní svary	Koutové svary s účinnou tloušťkou svaru větší než 0,55 tloušťka připojovaných plechů.

#### 3.5.4. Postup návrhu

Po volbě geometrie a materiálu styčníku se postupně připraví

- Popis komponent
- Složení
- Klasifikace a ověření styčníku



### 3.5.4.1. Potup

#### Krok 1 Počáteční volba geometrie a materiálu styčníku

- Třída šroubů, velikost šroubů a počet řad šroubů
- Tloušťka a velikost čelní desky
- Tloušťka a velikost příčných výztuh ve sloupu
- Tloušťka a velikost příložek (v případě potřeby)
- Návrh svarů

#### Krok 2 Charakteristika komponent

- Únosnost komponent (styčník v ohybu)
- Tuhost komponent (styčník v ohybu)
- Únosnost komponent (styčník ve smyku)

#### Krok 3 Složení

- Únosnost styčníku v ohybu
- Tuhost styčníku v ohybu
- Únosnost styčníku ve smyku
- Stupeň duktility styčníku

#### Krok 4 Klasifikace styčníku a posouzení

- Únosnost v ohybu
- Tuhost v ohybu
- Únosnost ve smyku
- Duktilita
- Ověření

### 3.5.4.2. Počáteční návrh přípoje

Doporučeními v Table 3.6 lze zvolit geometrii a materiálu styčníku.

Table 3.6 **Volba geometrie a materiálu styčníku**

Prvky přípoje	Velikost nosníku		
	Malý ( $\approx$ IPE360)	Střední ( $\approx$ IPE450)	Velký ( $\approx$ IPE600)
Třída šroubů	HV 10.9		
Velikost šroubů	M27	M30	M36
Počet řad šroubů	4	4	6
Čelní deska	<p><i>Tloušťka</i></p> <p><math>t_{ep} = (1/2 \div 2/3) d_b</math> pro styčníky s částečnou únosností</p> <p><math>t_{ep} = (2/3 \div 5/6) d_b</math> pro styčníky se stejnou únosností; ale menší než tloušťka pásnice sloupu</p> <p><i>Rozměry</i></p> <p>Šířka stejná nebo menší než pásnice sloupu.</p> <p>Přečnickující část dostatečně velká pro umístění jedné řady šroubů podle EN1993-1-8 2006 čl. 3.5.</p>		
Příložky	U sloupů průřezů HEB a nosníků průřezu IPE se příložky na stěně použijí pouze v případě, kdy je požadován silný panel stěny. Tloušťka a velikost příložek podle EN1993-1-8 2006 čl. 6.2.6.1.		
Příčné výztuhy	Tabulka 3.5		

## Detaily svarů

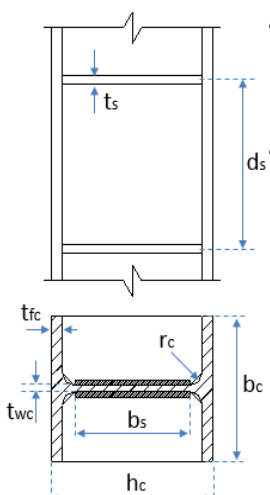
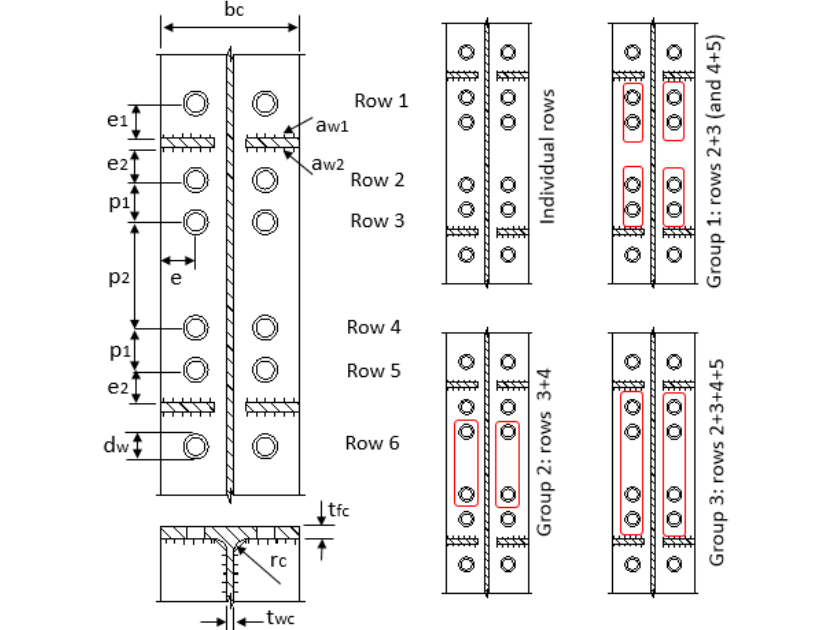
Poznámka:  $t_{ep}$  je tloušťka čelní desky a  $d_b$  průměr šroubu.

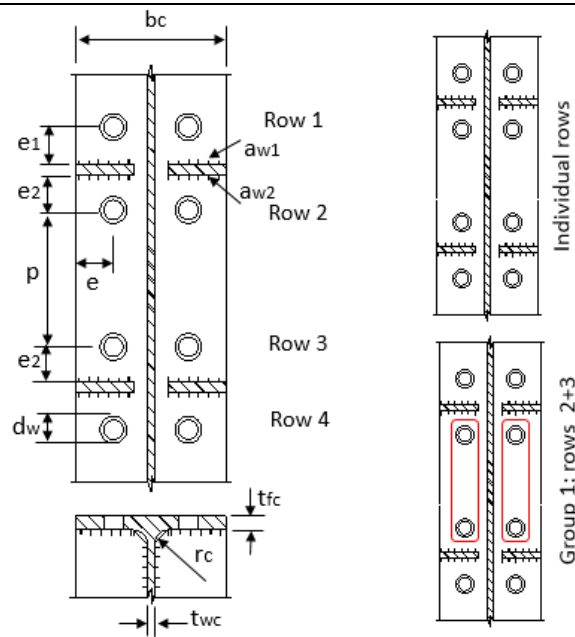
## 3.5.4.3. Složení a kontrola únosnosti

Typ klasifikace	Kritérium	Reference												
Únosnost v ohybu	$M_{con,Rd} < M_{con,Ed}$ přípoj s částečnou únosností $M_{con,Rd} \approx M_{con,Ed}$ přípoj se stejnou únosností $M_{con,Rd} > M_{con,Ed}$ přípoj s plnou únosností $V_{wp,Rd} < \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$ slabý panel stěny $V_{wp,Rd} \approx \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$ vyvážený panel stěny $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$ silný panel stěny kde $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ je příčná smyková síla ve styčníku v důsledku řad šroubů v tahu, $i = 1$ až 5 pro styčníky se šesti řadami šroubů a $i = 1$ až 3 pro styčníky s čtyřmi řadami šroubů, $F_{fbc,Rd}$ únosnost pásnic a stěny nosníku v tlaku.	Equaljoints												
Klasifikace tuhosti	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><i>Klasifikace</i></td> <td style="width: 30%;">Vyztužená soustava</td> <td style="width: 30%;">Nevyztužená soustava</td> </tr> <tr> <td>Polotuhé styčníky</td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 8</math></td> <td><math>0.5 \leq k_b &lt; 25</math></td> </tr> <tr> <td>Tuhé styčníky</td> <td><math>k_b \geq 8</math></td> <td><math>k_b \geq 25</math></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>k_b = S_j / (EI_b / L_b)</math></td> </tr> </table>	<i>Klasifikace</i>	Vyztužená soustava	Nevyztužená soustava	Polotuhé styčníky	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Tuhé styčníky	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	$k_b = S_j / (EI_b / L_b)$			EN1993-1-8 čl. 5.2.2
<i>Klasifikace</i>	Vyztužená soustava	Nevyztužená soustava												
Polotuhé styčníky	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$												
Tuhé styčníky	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$												
$k_b = S_j / (EI_b / L_b)$														
Únosnost ve smyku	$V_{con,Rd} < V_{b,Rd}$ přípoj s částečnou únosností ve smyku $V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$ přípoj se stejnou únosností ve smyku $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$ přípoj s plnou únosností ve smyku													
Klasifikace duktility	$\beta_{max} \leq 1.0$ stupeň duktility 1 $\beta_{max} > 1.0$ and $\eta_{max} \leq 0.95$ stupeň duktility 2 kde $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$ a $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$	Equaljoints												

### 3.5.4.4. Popis komponent

#### Únosnost komponent (styčník v ohybu)

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
<p>Panel stěny sloupu ve smyku</p>	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9A_{vc}f_{y,wc}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} + \frac{4(0.25t_s^2f_{y,s})(b_c - t_{wc} - 2r_c)}{d_s}$  <ul style="list-style-type: none"> <li>Panel stěny sloupu s příčnými výztuhami stěny sloupu bez příložek ve smyku  <math>A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c)t_{fc}</math></li> <li>Panel stěny sloupu s příčnými výztuhami stěny sloupu s příložkami ve smyku  <math>A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c)t_{fc} + t_{wc} b_s</math></li> </ul>	<p>EN1993-1-8 čl. 6.2.6.1</p>
<p>Průřez nosníku v ohybu</p>	$M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b}$ <p><math>W_{b,p}</math> je plastický průřezový modul průřezu nosníku  <math>f_{y,b}</math> mez kluzu oceli nosníku</p>	
<p>Pásnice sloupu v ohybu</p>	 <p>Styčník se šesti řadami šroubů</p>	<p>EN1993-1-8 čl. 6.2.6.4</p>



### Styčník se čtyřmi řadami šroubů

Pro každou řadu šroubů nebo pro skupinu řad šroubů je únosnost stanovena pomocí vztahů

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ kde}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}$$

kde

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$m = 0.5(b_c - 2e - t_{wc} - 1.6r_c)$$

$$n = \min[e, 1.25m] \text{ pro kruhový způsob porušení } n = \infty.$$

$$e_w = 0.25d_w \text{ (kde } d_w \text{ je poloměr podložky)}$$

### Účinné délky

Připoje se šesti řadami šroubů

#### Řada šroubů 1

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

#### Řada šroubů 2 (nebo řada 5)

Samostatná řada

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

První řada skupiny 1 nebo skupiny 3

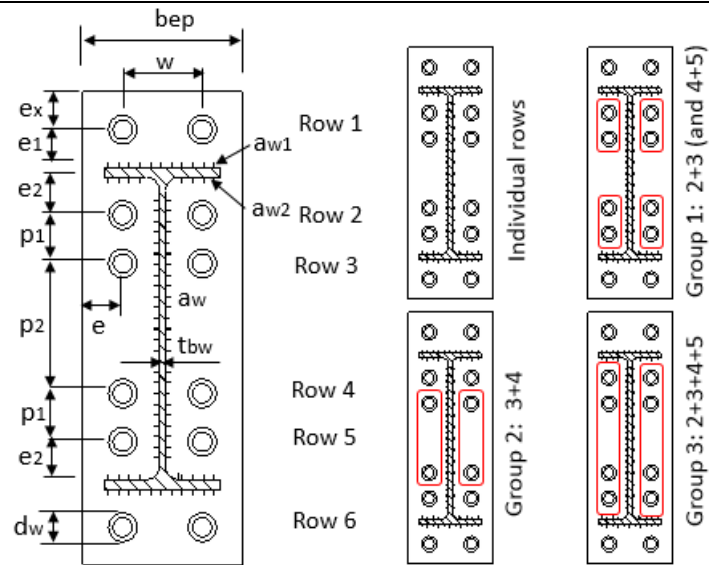
$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

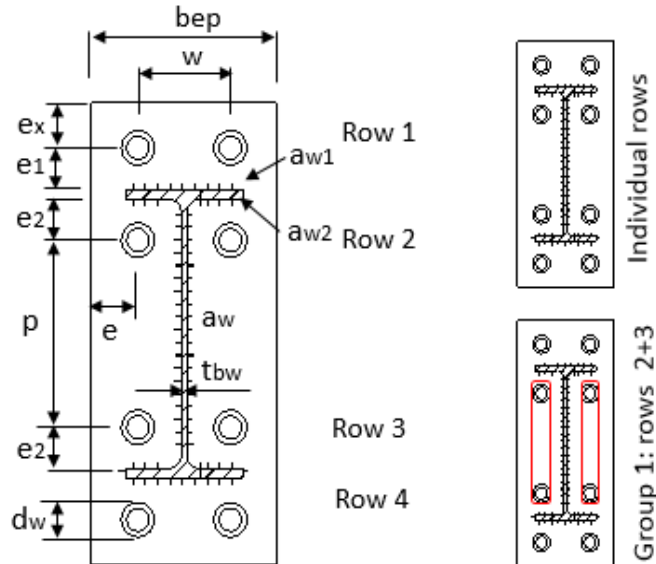
#### Řada šroubů 3 (nebo řada 4)

	<p><b>Individuálně</b></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1, 25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1, 25e$ <p><b>Poslední řada skupiny 1</b></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$ <p><b>Jedna řada skupiny 2</b></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 0.5p_2 + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p_2 + 0.5\alpha m$ <p><b>Prostřední řada skupiny 3</b></p> $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ <p><math>\alpha</math> je dáno vztahem 6.11 v EN1993-1-8 2006, v závislosti na</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ <p>kde</p> $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ pro řadu šroubů 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ pro řadu šroubů 2 nebo 5}$ <p style="text-align: center;">Přípoje se čtyřmi řadami šroubů</p> <p><b><u>Řada šroubů 1</u></b></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><b><u>Řada šroubů 2</u></b></p> <p><b>Individuálně</b></p> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><b>Jedna řada skupiny 2+3</b></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <p><b><u>Řada šroubů 3 podobně jako řada šroubů 2</u></b></p> <p><math>\alpha</math> je dáno vztahem 6.11 v EN1993-1-8 2006, v závislosti na</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ <p>kde</p> $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ pro řadu šroubů 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ pro řadu šroubů 2 nebo 3}$	
--	--	--

Čelní deska v ohybu



Styčník se šesti řadami šroubů



Styčník se čtyřmi řadami šroubů

Pro každou řadu šroubů nebo pro skupinu řad šroubů je únosnost stanovena jako

$$F_{pb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ kde}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m+n)}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n}$$

kde  $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,1} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$

$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \sum \ell_{eff,2} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$

$$\begin{cases} m = 0,5(b_{ep} - 2e - t_{bw} - 1,6a_w \sqrt{2}) \\ n = \min[e, 1,25m] \end{cases}$$

pro řady šroubů mezi pásnicemi nosníku

EN1993-1-8  
čl. 6.2.6.5

$$\begin{cases} m = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \\ n = \min[e_x, 1.25m] \end{cases} \text{ pro řady šroubů vně pásnic nosníku}$$

(pro kruhový způsob porušení se  $n=\infty$ ).

$$e_w = 0.25d_w$$

### Účinné délky

*Připoj se šesti řadami šroubů*

#### Řada šroubů 1

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{cases}$$

$$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$$

#### Řada šroubů 2 (nebo řada 5)

##### Samostatná řada

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$$

$$l_{eff,2} = \alpha m$$

##### První řada skupiny 1 (řady 2+3 nebo 4+5)

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$$

$$l_{eff,2} = 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$$

#### Řada šroubů 3 (nebo řada 4)

##### Samostatná řada

$$l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1.25e]$$

$$l_{eff,2} = 4m + 1.25e$$

##### Poslední řada skupiny 1 (řady 2+3 nebo 4+5)

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$$

##### První řada (nebo poslední řada) skupiny 2 (řady 3+4)

$$l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 2m + 0.625e + 0.5p_2]$$

$$l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_2$$

##### Prostřední řada skupiny šroubů 3 (řady 2+3+4+5)

$$l_{eff,1} = p_1 + p_2$$

$$l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$$

$\alpha$  je dáno vztahem 6.11 v EN-1993-1-8, v závislosti na

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$

kde

$$m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ pro skupinu šroubů 1}$$

$$m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ pro skupiny šroubů 2 nebo 5}$$

*Připoje se čtyřmi řadami šroubů*

#### Řada šroubů 1

$$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{cases}$$

$$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$$

#### Řada šroubů 2

##### Samostatná řada šroubů

	$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <p><b>Jedna řada skupiny 2+3</b></p> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <p><b>Řada šroubů 3 podobně jako řada šroubů 2</b></p> <p><math>\alpha</math> je dáno vztahem 6.11 v EN1993-1-8 2006, v závislosti na</p> $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ pro řadu šroubů 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ pro řadu šroubů 2 nebo 3}$	
Pásnice a stěna nosníku v tlaku	$F_{fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ <p>kde</p> <p><math>h</math> je výška připojeného nosníku;</p> <p><math>M_{c,Rd}</math> návrhová momentová únosnost průřezu s příčnou výztuhou připojeného nosníku, v případě velkého smyku redukována podle EN 1993-1-1.</p> <p><math>t_{fb}</math> tloušťka pásnice připojeného nosníku.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.7
Stěna a příčné výztuhy sloupu v tlaku	<p>Únosnost stěny a příčných výztuh sloupu se má určit pomocí cích vztahů</p> $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,c,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ <p>kde</p> $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ <p><math>A_{cp}</math> je plocha příčných výztuh z obou stran sloupu;</p> <p>Redukční součinitel <math>k_{wc}</math> zohledňuje normálové napětí ve stěně sloupu a určí se pomocí čl. 6.2.6.2(2) v EN1993-1-8 2006.</p> <p>Redukční součinitel <math>\omega</math> je uveden v tabulce 6.3 v EN1993-1-8 2006;</p> <p>Poznámka:</p> <p>V případě vyztužení styčníku příčnými výztuhami se boulení stěny sloupu pod příčným tlakem zanedbává.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.2
Stěna nosníku v tahu	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ <p>Účinné šířka <math>b_{eff,t,wb}</math> stěny nosníku v tahu být rovna účinné délce náhradního T profilu čelní desky v ohybu pro samostatnou řadu nebo skupinu řad šroubů.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.8
Stěna sloupu v tahu	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ <p>Účinné šířka <math>b_{eff,t,wc}</math> stěny sloupu v tahu být rovna účinné délce náhradního T profilu pásnice sloupu v ohybu pro samostatnou řadu nebo skupinu řad šroubů.</p> <p>Redukční součinitel <math>\omega</math> je uveden v tabulce 6.3 v EN1993-1-8 2006.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.2.6.3
Šrouby v tahu	<p>Únosnost řady šroubů, dvojice šroubů, je</p> $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>kde</p> <p><math>f_{ub}</math> je pevnost šroubů v tahu;</p> <p><math>A_s</math> plocha šroubu v tahu.</p>	EN1993-1-8 čl. 3.6.1



## Tuhost komponent (styčník v ohybu)

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference
Panel stěny sloupu ve smyku	$k_1 = \frac{0.38A_{vc}}{\beta z}$ <p>Transformační součinitel <math>\beta</math> viz tabulka 5.4 v EN1993-1-8 2006. Rameno vnitřních sil z je dáno v čl. 6.3.3.1 v EN1993-1-8:2006.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Pásnice sloupu v ohybu	<p>Pro samostatnou řadu šroubů v tahu</p> $k_4 = \frac{0.9b_{eff,cf}t_{fc}^3}{m^3}$ <p>Účinné šířka <math>b_{eff}</math> je menší z efektivních délek řady šroubů, samostatně nebo jako součást skupiny řad šroubů.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Čelní deska v ohybu	<p>Pro samostatnou řadu šroubů v tahu</p> $k_5 = \frac{0.9b_{eff,ep}t_{ep}^3}{m^3}$ <p>Účinné šířka <math>b_{eff}</math> je menší z efektivních délek řady šroubů, samostatně nebo jako součást skupiny řad šroubů.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Stěna sloupu v tahu	<p>Pro samostatnou řadu šroubů v tahu</p> $k_3 = \frac{0.7b_{eff,wc}t_{wc}}{d_c}$ <p>Účinné šířka <math>b_{eff}</math> je menší z efektivních délek řady šroubů, samostatně nebo jako součást skupiny řad šroubů při ohybu komponenty pásnice sloupu.</p>	EN1993-1-8 čl. 6.3.2
Šrouby v tahu	<p>Pro samostatnou řadu šroubů v tahu</p> $k_{10} = 1.6A_s / L_b$	EN1993-1-8 čl. 6.3.2

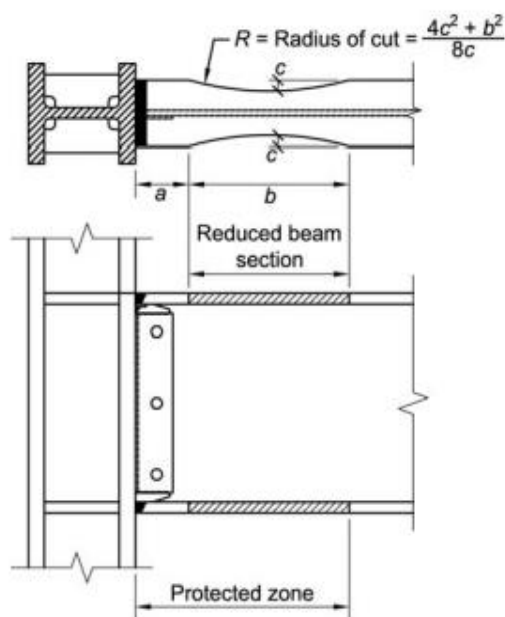
## Únosnost komponent (styčník ve smyku)

Komponenta	Podrobná pravidla	Reference				
Stěna nosníku ve smyku	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ <p>kde</p> $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ if } \bar{\lambda}_w \geq 0.83;$ $\chi_w = 1.0 \text{ if } \bar{\lambda}_w < 0.83$ <p>kde <math>\bar{\lambda}_w = 0.3467(h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}</math></p>	EN1993-1-5 čl. 5.3				
Pásnice sloupu v otláčení	<p>Pro samostatnou řadu šroubů (dva šrouby) ve smyku</p> $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ <p>kde</p> $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ <p><math>\alpha_b</math> závisí na směru působení zatížení a umístění řad šroubů</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Zatížení působí dolů</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Zatížení působí nahoru</i></td> </tr> <tr> <td>Řady šroubů 1, 5 a 6 (nebo (*) řady 1, 3 a 4)</td> <td>Řady šroubů 1, 2 a 6 (nebo (*) řady 1, 2 a 4)</td> </tr> </table>	<i>Zatížení působí dolů</i>	<i>Zatížení působí nahoru</i>	Řady šroubů 1, 5 a 6 (nebo (*) řady 1, 3 a 4)	Řady šroubů 1, 2 a 6 (nebo (*) řady 1, 2 a 4)	EN1993-1-8 čl. 3.6.1
<i>Zatížení působí dolů</i>	<i>Zatížení působí nahoru</i>					
Řady šroubů 1, 5 a 6 (nebo (*) řady 1, 3 a 4)	Řady šroubů 1, 2 a 6 (nebo (*) řady 1, 2 a 4)					

	$\alpha_b = 1.0$ Řady šroubů 2 a 4 (nebo (*) řada 2) $\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$ Řada šroubů 3 $\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$ (*) pro styčníky se čtyřmi řadami šroubů ( $p_1$ je nahrazeno $p$ )	$\alpha_b = 1.0$ Řady šroubů 3 a 5 (nebo (*) řada 3) $\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]$ Řada šroubů 4 $\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]$	
Čelní deska v otláčení	Pro samostatnou řadu šroubů (dva šrouby) ve smyku $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><i>Zatížení působí dolů</i></p>                     Řady šroubů 2 a 6 (nebo 2 a 4)  <math>\alpha_b = 1.0</math>                      Řada šroubů 1 (nebo (*) řada 1)  <math>\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]</math>                      Řady šroubů 3 a 5 (nebo (*) řada 3)  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]</math>                      Řada šroubů 4  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]</math>                      (*) pro styčníky se čtyřmi řadami šroubů (<math>p_1</math> je nahrazeno <math>p</math>)                 </div> <div style="width: 48%;"> <p><i>Zatížení působí dolů</i></p>                     Řady šroubů 1 a 5 (nebo 1 a 3)  <math>\alpha_b = 1.0</math>                      Řada šroubů 6 (nebo (*) řada 4)  <math>\alpha_b = \min[1.0, e_x/3d_0]</math>                      Řady šroubů 2 a 4 (nebo (*) řada 2)  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_1/3d_0 - 0.25]</math>                      Řada šroubů 3  <math>\alpha_b = \min[1.0, p_2/3d_0 - 0.25]</math> </div> </div>	EN1993-1-8 čl. 3.6.1	
Šrouby ve stříhu	Pro samostatnou řadu šroubů (dva šrouby) ve smyku $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0,6$ pro šrouby třídy 8.8 a $\alpha_v = 0,5$ pro šrouby třídy 10.9.	EN1993-1-8 čl. 3.6.1	

### 3.6. Svařovaný přípoj nosníků s oslabenými pásnicemi

Poznatky o svařovaných styčnicích s nosníkem s redukovanou pásnicí byly v projektu EqualJoints rozšířeny o větší průřezy z evropských ocelí. Tyto styčníky, které dobře disipuje energii, se navrhují v USA podle směrnic AISC. Na obrázku 6.1 je doporučení pro oslabení pásnice. Pro návrh panelu stěny sloupu ve smyku a tlaku lze v evropské praxi použít řešení v předchozích kapitolách.



Obrázek 6.11 Přípoje nosníku s oslabenou pásnicí, podle ANSI/AISC 358

Navrhuje se podle poznatků v AISC 341 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings), AISC 358-16 (Prequalified Connections for Seismic Applications) a AISC 360 (Specification for Structural Steel Buildings). Postupuje se po krocích:

1. Ověření lokální stability nosníku

$$b_{bf}/(2 t_{fb}) < \lambda_{ps} = 0,3 \sqrt{(E/f_y)}$$

2. Ověření lokální stability sloupu

$$b_{cf}/(2 t_{fc}) < \lambda_{ps} = 0,3 \sqrt{(E/f_y)}$$

3. Omezení nosníku, AISC 358 čl. 5.3.1

Podle zkoušek v projektu lze nosníky rozšířit z výšky W36 na W44.

4. Omezení sloupu, AISC 358 čl. 5.8

Podle zkoušek v projektu lze sloupy rozšířit z výšky W36 na W40.

5. Plastický průřezový modul ve středu redukované části nosníku, AISC 358 čl. 5.8 krok 2,

$$Z_{RBS} = Z_x - 2 c t_{fb} (h_b - t_{fb})$$

kde

$Z_{RBS}$  je plastický průřezový modul ve středu redukované části nosníku

$Z_{pl,x}$  plastický průřezový modul kolem osy x pro plný průřez nosníku

$t_{fb}$  je tloušťka pásnic nosníku

$h_b$  je výška nosníku

$c$  je hloubka redukované části pásnice

6. Maximální moment v redukované části nosníku, AISC 358 čl. 5.8 krok 3

$$M_{pr} = M_{RBS} = C_{pr} R_y f_y Z_e$$

kde

$C_{pr}$  součinitel, který zohledňuje koncentraci napětí, zpevnění materiálu, místní vyztužení a další konstrukční řešení se uvažuje jako

$$C_{pr} = \frac{f_y + f_u}{2f_y} \leq 1,2$$

$R_y$  je poměr očekávané meze kluzu oceli ku minimální předepsané mezi kluzu oceli  $f_y$

7. Posouvací síla ve středu redukované části nosníku, AISC 358 čl. 5.8 krok 4,

$$V_p = V_{RBS} = 2 M_{pr} / L_h + V_g$$

8. Posouvací síly ve sloupu

$$V_c = M_b V_e L_b / (N_c h_c)$$

9. Maximální momentu v čele sloupu, AISC 358 čl. 5.8 krok 5,

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS} S_h + M_g$$

kde

$$M_g = \frac{1}{2} W_{ub} S_h^2$$

10. Plastická ohybová únosnost nosníku, AISC 358 čl. 5.8 krok 6,

$$M_{pe} = R_y f_y Z_{bx}$$

11. Posouzení, zda ohybová únosnost nepřekročí hodnotu  $\Phi_d M_{pe}$ , AISC 358 čl. 5.8 krok 7,

$$M_f < \Phi_d M_{pe}$$

12. Stanovení a ověření osamocených sil působících na sloup

$$\begin{aligned} P_b &\leq \Phi f_y w_{tw} (5k + l_b) \\ &\leq \Phi 0.8 t_w^2 [1 + 3 (h_b / d) (t_w / t_f)^{1.5}] (E f_{yw} t_f / t_w)^{1/2} \\ &\leq \Phi 6.25 f_{yf} t_f^2 \end{aligned}$$

kde

$$P_b = M_f b_{fb} t_{fb} / Z_x$$

## 13. Ověření poměru momentů na sloupu a nosníku, AISC 358 čl. 9.6,

$$\Sigma M_{pc}^* / \Sigma M_{pb}^* > 1.0$$

kde

$\Sigma M_{pc}^*$  je součet ohybových momentů ve sloupu nad a pod styčником v místě střednice nosníku

$$\Sigma M_{pc}^* = \Sigma [ Z_c ( f_{yc} - P_{uc} / A_g ) + V_c d_b / 2 ]$$

$\Sigma M_{pb}^*$  je součet ohybových momentů působících v nosníku nad a pod styčником v místě střednice sloupu

$$\Sigma M_{pb}^* = M_b M_{RBS} + \Sigma M_v$$

$\Sigma M_v$  je moment od smykového zesílení místa vytvoření plastických kloubů

$$\Sigma M_v = ( V_{RBS} + V_{RBS} ) ( a + b / 2 + d_c / 2 )$$

## 14. Únosnost panelu sloupu ve smyku, AISC čl. 9.3

$$0,75 P_c > P_r$$

$$\varphi_v R_n > \Sigma M_f / ( d_b - t_{fb} ) - V_c$$

## 15. Příložky

$$R_u \leq \varphi R_{ncol} + \varphi R_{ndp}$$

$$t_{dp} \geq ( R_u - \varphi R_{ncol} ) / ( 0,6 f_y d_c )$$

## 16. Tloušťka stěny sloupu a příložek

$$t \geq ( d_z + w_z ) / 90$$

## 17. Výztuhy, AISC krok 10,

$$t_{fc} \geq 0,4 [ 1,8 b_b f_t b_f ( F_{yb} R_{yb} / ( F_{yc} R_{yc} ) ] 0,5$$

$$t_{fc} \geq b_{fb} / 6 \text{ nebo } 12$$

## 18. Tloušťky výztuh sloupu

Ověření 1  $t_s \geq 0,5 t_{bf}$

Ověření 2  $P_b \leq \varphi R_{ncol} + \varphi R_{ncp}$

$$t_s \geq ( P_b - \varphi R_{ncol} ) / ( 0,9 f_y b_{bf} )$$

Konstrukce splňuje požadavky AISC 341 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings), AISC 358-16 (Prequalified Connections for Seismic Applications) a AISC 360 (Specification for Structural Steel Buildings). Experimenty v projektu ověřily, že styčníky z evropské oceli navržené podle amerických předpisů a americké stavební praxe vyhoví.

## Literatura

- American Institute of Steel Construction (AISC) (2010). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, ANSI-AISC 341-10 Standard, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois, USA, 2010
- American Institute of Steel Construction (AISC) (2010). *Specification for Structural Steel Buildings*, ANSI-AISC 360-10 Standard, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois, USA, 2010
- American Society for Testing and Materials (ASTM) (2011). "Standard Practices for Cycle-Counting in Fatigue Analysis." ASTM Standard E1049-85, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- ANSI/AISC 358-10 (2010). *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*.
- ANSI/ASIC 341-16 (2016) *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction
- Arce G. *Impact of higher strength steels on local buckling and overstrength of links in eccentrically braced frames*. MS thesis, Univ.of Texas at Austin, Austin, Tex. (advisor M.D. Engelhardt).
- ASTM E606 / E606M-12 (2012) *Standard Test Method for Strain-Controlled Fatigue Testing*, ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org)
- Bjorhovde R, Colson A. (1991) *Economy of semi-rigid frame design*, in *Connections in Steel Structures II Behaviour, Strength and Design*, Bjorhovde, R., Haaijer, G., and Stark, J.W.B (eds.), American Institute of Steel Construction, 418–430.
- Haaijer G, and Stark JWB (eds.), American Institute of Steel Construction, 418–430.
- Brandonisio G, De Luca A., Mele E. (2012). *Shear strength of panel zone in beam-to-column connections*. *Journal of Constructional Steel Research*, 71, 129–142.
- CEN (2005). Eurocode 3 *Design of steel structures - Part 1-8 Design of Joints*. European Committee for Standardization (CEN), 2005.
- CEN (2005). Eurocode 8 *Design of structures for earthquake resistance – Part 3 Assessment and retrofitting of buildings*. European Standard EN 1998-3 2005, Brussels.
- D'Aniello M, Landolfo R, Piluso V, Rizzano G. (2012). *Ultimate Behaviour of Steel Beams under Non-Uniform Bending*. *Journal of Constructional Steel Research*, 78, 144–158.
- Güneyisi EM, D'Aniello M, Landolfo R, Mermerdaş K. (2013). *A novel formulation of the flexural overstrength factor for steel beams*. *Journal of Constructional Steel Research*, 90, 60-71
- Güneyisi EM, D'Aniello M, Landolfo R, Mermerdaş K. (2014). *Prediction of the flexural overstrength factor for steel beams using artificial neural network*. *Steel and Composite Structures, An International Journal*, 17(3), 215-236.
- Mazzolani FM, Piluso V. (1992). *Member behavioural classes of steel beams and beam-columns*. Proc. of First State of the Art Workshop, COSTI, Strasbourg, 517-29.
- Tartaglia R, D'Aniello M, Rassati GA, Swanson JA, Landolfo R. (2018). Full strength extended stiffened end-plate joints AISC vs recent European design criteria. *Engineering Structures*, Volume 159, 15 March 2018, Pages 155–171.





**Equaljoints PLUS - Předem kvalifikované styčníky pro ocelové konstrukce vystavené zemětřesení, Návrh**

Kuříková M., Bompá D., Costanzo S., D'Aniello M., Demonceau J-F., Dubina D., Elghazouli A., Jakab D., Jaspert J-P., Kožich, M., Landolfo R., Stratan A., Tartaglia R., Wald, F.

Vydalo České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala Fakulta stavební ČVUT

První vydání, 2019

ISBN 978-80-01-06489-4 (tištěná verze)

ISBN 978-80-01-06490-0 (online)