

NCCI: Únosnost ve smyku přípoje deskou na stojině nosníku

Tento NCCI seznamuje s pravidly pro stanovení únosnosti ve smyku "kloubového přípoje" deskou na stojině nosníku na sloup nebo na průvlak. Pravidla platí pro šroubované spoje zatížené smykem s nepředepnutými šrouby (tj. šrouby kategorie A: Spoje namáhané na střih a na otláčení). Tento NCCI zahrnuje postupy pro přípojný plech, připojovaný nosník a sloup nebo průvlak. Postupy mohou být použity k výpočtu celkové únosnosti přípoje ve smyku, pro všechny možné způsoby porušení, založené na pravidlech uvedených v EN 1993-1-8 pro určení únosnosti jednotlivých komponent přípoje.

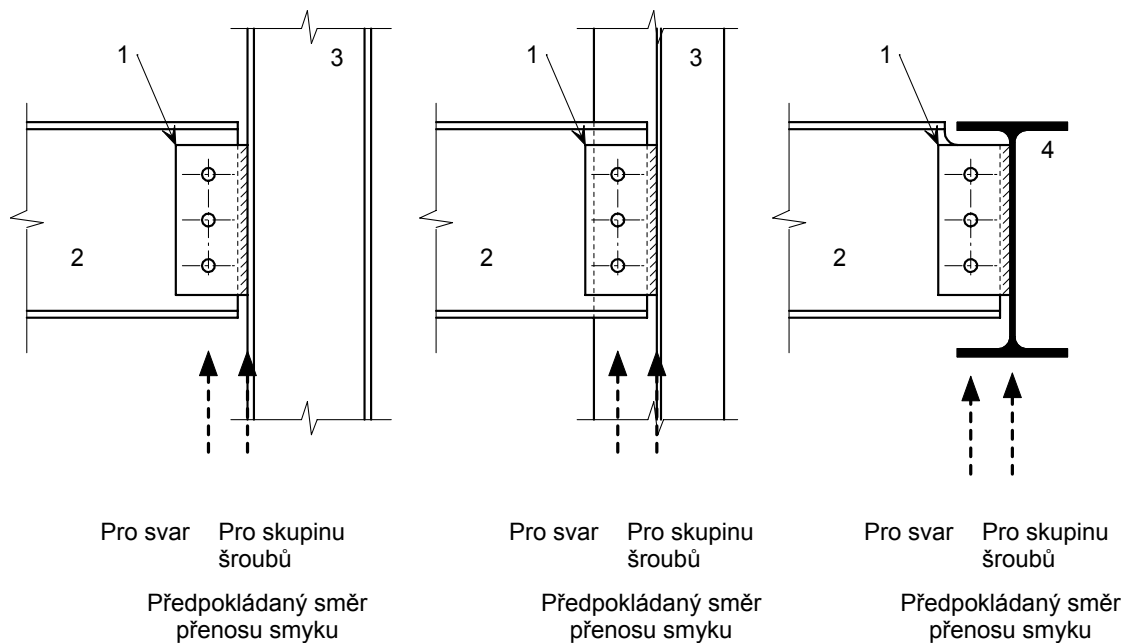
Obsah

1.	Návrhový model	2
2.	Geometrie přípoje a použité značení	3
3.	Šrouby namáhané smykem	5
4.	Přípojný plech v otláčení	5
5.	Přípojný plech ve smyku (plný průřez)	6
6.	Přípojný plech ve smyku (oslabený průřez)	6
7.	Přípojný plech ve smyku (vytržení skupiny šroubů)	7
8.	Přípojný plech v ohybu	7
9.	Přípojný plech při vybočení (klopení)	7
10.	Stěna nosníku v otláčení	8
11.	Stěna nosníku ve smyku (plný průřez)	9
12.	Stěna nosníku ve smyku (oslabený průřez)	9
13.	Stěna nosníku ve smyku (vytržení skupiny šroubů)	9
14.	Stěna sloupu nebo stěna průvlaku (protlačení)	10
15.	Návrh svaru	10
16.	Požadavky na tažnost	11
17.	Požadavky na rotační kapacitu	11
18.	Omezení použití	12
19.	Literatura	12

1. Návrhový model

Přípoje deskou na stojině nosníku lze považovat za kloubové v souladu s [EN1993-1-1 §5.1.2](#) (1) a (2) a [EN1993-1-8 §5.1.1](#) (1), (2) a (3). Další informace týkající se kloubových přípojí jsou uvedeny v [SN020](#). Vliv chování styčnicku nemusí být při analýze prutové konstrukce uvažován.

Při návrhu samotného přípoje se předpokládá, že je známý účinný směr přenosu svislé smykové síly, tj. v místo nulového momentu, které závisí na pružnosti podporového prvku. Nejvíce se v praxi vyskytují podpory plně tuhé nebo zcela poddajné. Z bezpečnostních důvodů se navrhují šrouby a svary na smykovou sílu i na moment. Používají se tedy dva návrhové modely, jeden (pro návrh skupiny šroubů) s působišťem smykové síly v líci podporového prvku a druhý (pro návrh svaru) s působišťem smykové síly v ose skupiny šroubů. Oba modely jsou ukázány na obrázku 1.1.



- Legenda: 1. Přípojný plech
2. Připojovaný nosník
3. Sloup
4. Průvlak

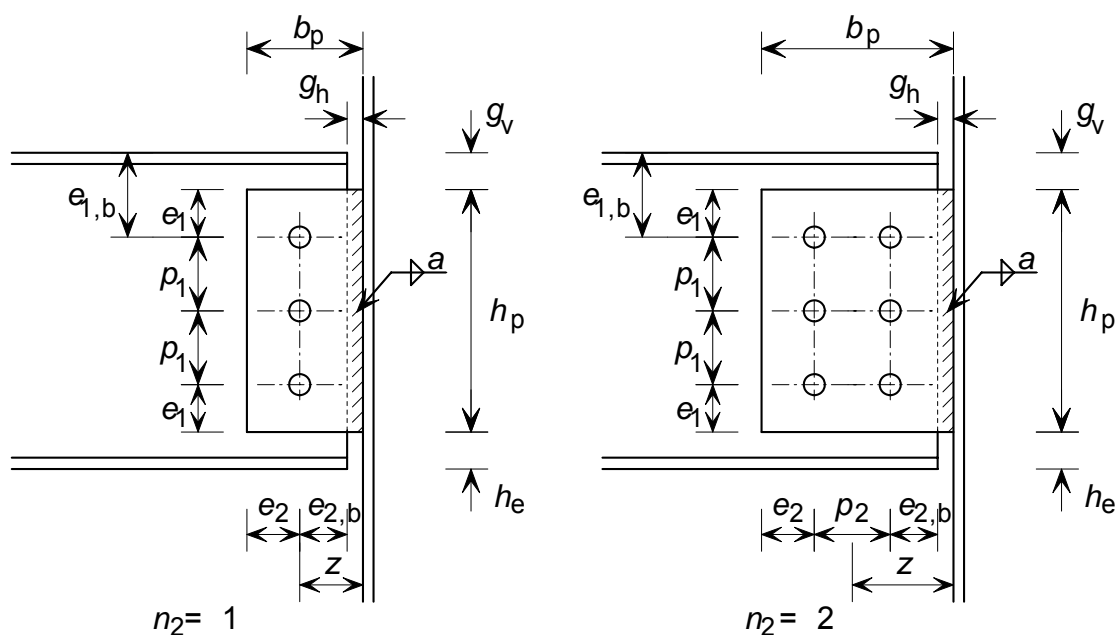
Obrázek 1.1 Přípoj deskou na stojině nosníku namáhaný svislou smykovou silou

Pro přípoj je rozhodující ta únosnost ve smyku a tvar porušení přípoje, která má nejnižší hodnotu únosnosti ze všech možných tvarů porušení. Únosnosti ve smyku přípoje pro všechny tvary porušení jsou uvedeny níže v tabulce 1.1.

Table 1.1 Únosnost ve smyku přípoje deskou na stojině nosníku

Způsob porušení		Číslo odstavce
Šrouby ve smyku	$V_{Rd,1}$	5
Přípojný plech v otláčení	$V_{Rd,2}$	5
Přípojný plech ve smyku (plný průřez)	$V_{Rd,3}$	6
Přípojný plech ve smyku (oslabený průřez)	$V_{Rd,4}$	6
Přípojný plech ve smyku (vytržení skupiny šroubů)	$V_{Rd,5}$	7
Přípojný plech v ohybu	$V_{Rd,6}$	8
Přípojný plech při vybočení (klopení)	$V_{Rd,7}$	9
Stěna nosníku v otláčení	$V_{Rd,8}$	10
Stěna nosníku ve smyku (plný průřez)	$V_{Rd,9}$	11
Stěna nosníku ve smyku (oslabený průřez)	$V_{Rd,10}$	12
Stěna nosníku ve smyku (vytržení skupiny šroubů)	$V_{Rd,11}$	13
Stěna sloupu nebo průvlaku (protlačení)	$V_{Rd,12}$	14

2. Geometrie přípoje a použité značení



Obrázek 2.1 Rozteče šroubů a rozměry přípoje deskou na stojině nosníku

a	účinná výška koutového svaru
$A_{v,net}$	oslabená smyková plocha přípojného plechu
d_0	průměr otvoru
e_1	koncová vzdálenost šroubu ve směru působící síly od okraje plechu
$e_{1,b}$	koncová vzdálenost šroubu ve směru působící síly od okraje nosníku nebo výřezu
e_2	koncová vzdálenost šroubů kolmo ke směru působící síly od okraje plechu
$e_{2,b}$	koncová vzdálenost šroubů kolmo ke směru působící síly od okraje stěny nosníku
f_{ub}	mez pevnosti šroubu
$f_{u,b1}$	mez pevnosti oceli - připojovaný nosník
$f_{u,b2}$	mez pevnosti oceli - průvlak
$f_{u,c}$	mez pevnosti oceli - sloup
$f_{u,p}$	mez pevnosti oceli - přípojný plech
$f_{y,b1}$	mez kluzu oceli - připojovaný nosník
$f_{y,b2}$	mez kluzu oceli - průvlak
$f_{y,c}$	mez kluzu oceli - sloup
$f_{y,p}$	mez kluzu oceli - přípojný plech
g_h	vodorovná mezera mezi připojovaným nosníkem a sloupem nebo průvlakem
g_v	svislá mezera mezi horní hranou příruby nosníku a horním okrajem přípojného plechu
h_b	výška připojovaného nosníku
h_e	vzdálenost mezi dolním okrajem přípojného plechu a dolní hranou připojovaného nosníku
h_p	výška přípojného plechu
I	polární moment setrvačnosti skupiny šroubů k těžišti
n	celkový počet šroubů (tj. $n_1 \times n_2$)
n_1	počet šroubů v řadě
n_2	počet svislých řad šroubů
p_1	rozteč šroubů ve směru působící síly
p_2	rozteč šroubů kolmo na směr působící síly
r	poloměr zaoblení připojovaného nosníku
t_p	tloušťka přípojného plechu
$t_{w,b1}$	tloušťka stěny připojovaného nosníku
$t_{w,b2}$	tloušťka stěny průvlaku
$t_{w,c}$	tloušťka stěny sloupu
z	příčná vzdálenost mezi lícem podporového prvku a těžištěm skupiny šroubů

3. Šrouby namáhané smykem

$$V_{Rd,1} = \frac{n F_{v,Rd}}{\sqrt{(1 + \alpha n)^2 + (\beta n)^2}}$$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu $F_{v,Rd}$ je uvedena v [Tabulka 3.4 v EN1993-1-8](#) jako:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$$

Pro jednu svislou řadu šroubů ($n_2 = 1$, $\therefore n = n_1$)

$$\alpha = 0$$

$$\beta = \frac{6z}{n(n+1)p_1}$$

Pro dvě svislé řady šroubů ($n_2 = 2$, $\therefore n = 2n_1$)

$$\alpha = \frac{z p_2}{2I}$$

$$\beta = \frac{z p_1}{2I} (n_1 - 1),$$

kde:

$$I = \frac{n_1}{2} p_2^2 + \frac{1}{6} n_1 (n_1^2 - 1) p_1^2$$

4. Přípojný plech v otláčení

$$V_{Rd,2} = \frac{n}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n}{F_{b,Rd,ver}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n}{F_{b,Rd,hor}}\right)^2}},$$

kde α , β a n jsou definovány stejně jako v odstavci 3, viz výše.

Únosnost jednoho šroubu v otláčení $F_{b,Rd}$ je uvedena v [Tabulka 3.4 v EN1993-1-8](#) jako:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}.$$

Svislá složka únosnosti jednoho šroubu v otláčení přípojného plechu $F_{b,Rd,ver}$ je:

$$F_{b,Rd,ver} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_p}{\gamma_{M2}}$$

kde:

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_o} - 1,7; 2,5\right)$$

Podobně vodorovná složka únosnosti jednoho šroubu v otláčení přípojného plechu $F_{b,Rd,hor}$ je:

$$F_{b,Rd,hor} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_p}{\gamma_{M2}},$$

kde:

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_2}{3d_o}; \frac{p_2}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0\right)$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_1}{d_o} - 1,7; 1,4 \frac{p_1}{d_o} - 1,7; 2,5\right)$$

5. Přípojný plech ve smyku (plný průřez)

$$V_{Rd,3} = \frac{h_p t_p}{1,27} \frac{f_{y,p}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Poznámka: Smyková únosnost je redukována součinitelem 1,27 v důsledku působení ohybového momentu, viz literatura (1) (odstavec 6.3.3). Další vysvětlení viz:

Development of a European process for the design of simple structural joint in steel frames (in French), by RENKIN Sandra, Diploma work, University of Liege, June 2003.

6. Přípojný plech ve smyku (oslabený průřez)

$$V_{Rd,4} = A_{v,net} \frac{f_{u,p}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}}$$

kde:

$$A_{v,net} = t_p (h_p - n_1 d_o)$$

7. Přípojný plech ve smyku (vytržení skupiny šroubů)

$$V_{Rd,5} = V_{eff,2,Rd}$$

Z [§ 3.10.2 \(3\) v EN1993-1-8](#)

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 f_{u,p} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} f_{y,p} \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

kde:

A_{nt} je oslabená plocha namáhaná tahem

$$\text{pro jednu svislou řadu šroubů (tj. } n_2 = 1) \quad A_{nt} = t_p \left(e_2 - \frac{d_0}{2} \right)$$

$$\text{pro dvě svislé řady šroubů (tj. } n_2 = 2) \quad A_{nt} = t_p \left(p_2 + e_2 - 3 \frac{d_0}{2} \right)$$

A_{nv} je oslabená plocha namáhaná smykem

$$= t_p (h_p - e_1 - (n_1 - 0,5) d_0)$$

8. Přípojný plech v ohybu

Pro $h_p \geq 2,73 z$:

$$V_{Rd,6} = \infty$$

jinak:

$$V_{Rd,6} = \frac{W_{el} f_{y,p}}{z \gamma_{M0}},$$

kde:

$$W_{el} = \frac{t_p h_p^2}{6}$$

9. Přípojný plech při vybočení (klopení)

$$V_{Rd,7} = \frac{W_{el} \sigma}{z \gamma_{M0}}$$

kde:

$$W_{el} = \frac{t_p h_p^2}{6}$$

$$\sigma = 235 \times 81 \left(\frac{t_p}{z} \right)^2 \quad (\text{N/mm}^2)$$

Poznámka: Ztráta příčné a torzní stability (klopení) je způsobená napětím v tlaku, které může vzniknout v dolní části přípojného plechu působením ohybového momentu.

10. Stěna nosníku v otláčení

$$V_{Rd,8} = \frac{n}{\sqrt{\left(\frac{1 + \alpha n}{F_{b,Rd,ver}} \right)^2 + \left(\frac{\beta n}{F_{b,Rd,hor}} \right)^2}},$$

kde α , β a n jsou definovány v odstavci 3, viz výše.

Únosnost jednoho šroubu v otláčení $F_{b,Rd}$ je uvedena v [Tabulce 3.4 v EN1993-1-8](#) jako:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

Svislá složka únosnosti jednoho šroubu v otláčení stěny připojovaného nosníku $F_{b,Rd,ver}$ je:

$$F_{b,Rd,ver} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b1} d t_{w,b1}}{\gamma_{M2}}$$

kde:

$$\alpha_b = \min \left(\frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b1}}; 1,0 \right)$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \frac{e_{2,b}}{d_o} - 1,7; \frac{1,4 p_2}{d_o} - 1,7; 2,5 \right)$$

Podobně vodorovná složka únosnosti jednoho šroubu v otláčení stěny připojovaného nosníku $F_{b,Rd,hor}$ je:

$$F_{b,Rd,hor} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,b1} d t_{w,b1}}{\gamma_{M2}}$$

kde:

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_{2,b}}{3d_o}; \frac{p_2}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,b1}}; 1,0 \right)$$

$$k_1 = \min\left(1,4 \frac{p_1}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

11. Stěna nosníku ve smyku (plný průřez)

Z [§ 6.2.6 \(2\) of EN1993-1-1](#)

$$V_{Rd,9} = V_{pl,Rd} = A_{v,b} \frac{f_{y,b1}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

12. Stěna nosníku ve smyku (oslabený průřez)

$$V_{Rd,10} = A_{v,b,net} \frac{f_{u,b1}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}}$$

kde:

$$A_{v,b,net} = A_{v,b} - n_1 d_0 t_{w,b1}$$

13. Stěna nosníku ve smyku (vytržení skupiny šroubů)

$$V_{Rd,11} = V_{eff,2,Rd}$$

Z [§ 3.10.2 \(3\) v EN1993-1-8](#)

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0,5 f_{u,b1} A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} f_{y,b1} \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

kde:

A_{nt} oslabená plocha namáhaná tahem

$$\text{pro jednu svislou řadu šroubů (tj. } n_2 = 1) \quad A_{nt} = t_{w,b1} \left(e_{2,b} - \frac{d_0}{2} \right)$$

$$\text{pro dvě svislé řady šroubů (tj. } n_2 = 2) \quad A_{nt} = t_{w,b2} \left(p_2 + e_{2,b} - 3 \frac{d_0}{2} \right)$$

A_{nv} je oslabená plocha namáhaná smykem

$$= t_{w,b1} \left(e_{1,b} + (n_1 - 1) p_1 - (n_1 - 0,5) d_0 \right)$$

14. Stěna sloupu nebo stěna průvlaku (protlačení)

Pokud je přípojný plech připojen ke stěně sloupu nebo ke stěně průvlaku

$$V_{Rd,12} = \frac{t_w h_p^2 f_u}{6 z}$$

kde:

t_w je tloušťka stěny sloupu nebo stěny průvlaku, $t_{w,c}$ nebo $t_{w,b2}$

f_u je tahová mez pevnosti oceli sloupu nebo průvlaku, $f_{u,c}$ nebo $f_{u,b2}$

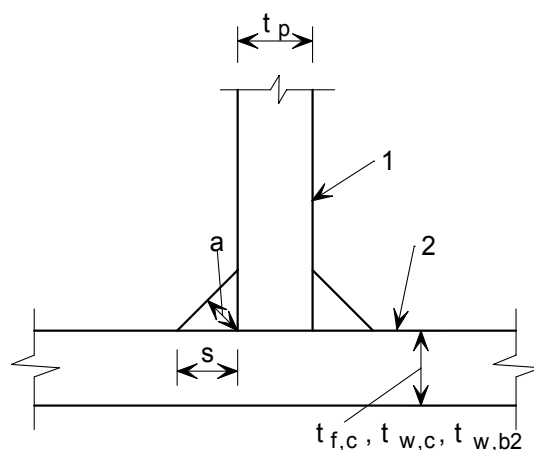
15. Návrh svaru

Oboustranný koutový svar zajišťuje plnou únosnost. Svary jsou uvažovány jako **čelní** koutové svary. Účinná výška svaru "a" by měla splňovat následující podmínky:

$a \geq 0,46t_p$ pro ocel S235 přípojného plechu

$a \geq 0,48t_p$ pro ocel S275 přípojného plechu

$a \geq 0,55t_p$ pro ocel S355 přípojného plechu



- Legenda: 1. Přípojný plech
2. Podpírající prvek (sloup, průvlak)
a: účinná výška svaru
s: délka ramene svaru

Obrázek 15.1 Koutový svar, účinná výška a délka ramene svaru

16. Požadavky na tažnost

K zajištění dostatečné tažnosti musí být splněny následující požadavky

- $V_{Rd} < \min(V_{Rd,1}; V_{Rd,7})$ a
- Pro $V_{Rd} = V_{Rd,3}; V_{Rd,4}; V_{Rd,5}; V_{Rd,6}; V_{Rd,9}; V_{Rd,10}$ or $V_{Rd,11}$
 $V_{Rd,1} > \min(V_{Rd,2}; V_{Rd,8})$

17. Požadavky na rotační kapacitu

K zajištění dostatečné rotační kapacity musí být splněny požadavky (1) a (2) nebo požadavek (3) uvedené níže.

$$(1) \quad h_p \leq d_{b1},$$

kde

$$d_{b1} = h_b - 2t_{f,b1} - 2r$$

$$(2) \quad \phi_{\text{available}} > \phi_{\text{required}}$$

kde:

“Požadované natočení”, ϕ_{required} , se mění podle konstrukčního systému a zatížení. Například pro prostě podepřený nosník (délka L a moment setrvačnosti I) zatížený rovnoměrným zatížením ($\gamma_G g + \gamma_Q q$) v MSÚ:

$$\phi_{\text{required}} = \frac{(\gamma_G g + \gamma_Q q) L^3}{24EI}$$

- Pro $z > \sqrt{(z - g_h)^2 + \left(\frac{h_p}{2} + h_e\right)^2}$:

$$\phi_{\text{available}} = \infty$$

- Jinak:

$$\phi_{\text{available}} = \arcsin \left(\frac{z}{\sqrt{(z - g_h)^2 + \left(\frac{h_p}{2} + h_e\right)^2}} \right) - \arctan \left(\frac{z - g_h}{\frac{h_p}{2} + h_e} \right)$$

- (3) Podrobnosti k předběžnému návrhu přípoje deskou na stojině jsou uvedeny v [SN016](#) nebo v normě, viz literatura (2).

18. Omezení použití

Tento NCCI lze použít pro jednu nebo dvě svislé řady šroubů (tj. $n_2=1$ nebo $n_2=2$), při použití nepředepnutých šroubů kategorie A: Spoje namáhané na střih a na otláčení v souladu s [EN1993-1-8 §3.4.1](#).

19. Literatura

Pravidla v tomto NCCI dokumentu vycházejí z:

- (1) *European recommendations for the design of simple joints in steel structures - Document prepared under the supervision of ECCS TC10 by: J.P. Jaspart, S. Renkin and M.L. Guillaume - First draft, September 2003.*
- (2) *Joints in Steel Construction – Simple Connections (P212). The Steel Construction Institute and The British Constructional Association Ltd., 2002.*

Quality Record

RESOURCE TITLE	NCCI: Shear resistance of a fin plate connection		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Abdul Malik	SCI	Jan 2005
Technical content checked by	Boris Jurasinovic, Edurne Nunez	SCI	August 2005
Editorial content checked by	D C Iles	SCI	16/9/05
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	16/9/05
2. France	A Bureau	CTICM	16/9/05
3. Sweden	A Olsson	SBI	15/9/05
4. Germany	C Müller	RWTH	14/9/05
5. Spain	J Chica	Labein	16/9/05
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	22/5/05
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	M. Eliášová	CTU in Prague	31/7/07
Translated resource approved by:	J. Macháček	CTU in Prague	31/7/07
National technical contact	F. Wald	CTU in Prague	