

Chování plátového nastavovacího spoje pro opravy dřevěných historických konstrukcí

Petr FAJMAN

ANOTACE: Navrhování tradičních spojů historických dřevěných konstrukcí není normově podchyceno. Velmi rozšířeným nastavovacím spojem je plátový spoj s kolíky nebo hmoždíky nebo jejich kombinací. Síly, které vznikají v jednotlivých částech spoje, nejsou známy. Pomocí analytických a numerických výpočtů lze však určit jejich rozptyl v závislosti na různých parametrech (sklonu čel, tření, délce plátu atd.). Přesné hodnoty lze naměřit v experimentech a poté následně upravit teoretické modely a formulovat konstrukční zásady vhodné pro praxi.



1



2

Úvod

Spoje tradičních krovů můžeme obdivovat pouze na historických stavbách. Nejstarší pocházejí z doby gotické, ale těch je relativně málo, zmínit lze např. kostel v Semněvicích nebo v Zátoni. Naprostá většina těchto krovů buď shořela, nebo byla zničena škůdci a houbami. Počet dochovaných konstrukcí sice roste s časem jejich vzniku, ale i krovky z období renesance jsou poměrně vzácné (např. krov nad hlavní budovou Schwarzenberského paláce, kostel v Blížejově apod.), mnohem více jich můžeme najít z období baroka (například krovky na Pražském hradě). Přehled datovaných konstrukcí lze najít v databázi na www.dendrochronologie.cz.

Při rekonstrukcích historických objektů, které jsou pod dohledem státní památkové péče, je velmi důležitou podmínkou zachování původních prvků (obr. 1 a 2). Druhou podmínkou je použití dobových typů oprav. Z toho vyplývá, že je nutné tyto tradiční spoje umět vyrobit, tj. také umět je staticky dimenzovat.

Při statickém posuzování se tradiční spoje v krovu uvažují jako kloubové styčníky. Při nutnosti nastavení poškozeného trámu se jedná o spoj nastavovací, který zachovává prvek ve své celistvosti. Ze statického hlediska se jedná o vetknuté spojení prutu, to znamená, že se prut uvažuje jako celek, a ne dvě části spojené styčníkem. S nastavovacími spoji se nejvíce setkáme při opravách historických konstrukcí.

Norma ČSN EN 1995 podrobně řeší dimenzování prvků a spojování ocelovými prostředky, ale tradičními spoji se nezabývá. Z toho důvodu je nutné vytvořit jednoduché modely, tak aby byly použitelné pro praxi. Zároveň je nutné dát jednoduché návody pro konstrukční uspořádání styku. Jedním z nejpoužívanějších je plátování, které přenáší moment, posouvající a normálovou sílu.

Obecně jsou krovky a trámové stropy při statických výpočtech modelovány prutovými prvky. Tyto prvky jsou namáhány normálovým napětím rovnoběžným s osou prutu (v případě dřeva vláknou – označení L) a smykovým napětím pů-

Obr. 1. Sobotka (okres Jičín), brad Kost, oprava stropních trámů dle projektu Ing. Víta Mláčovského. (Foto: Vít Mláčovský, 2014)

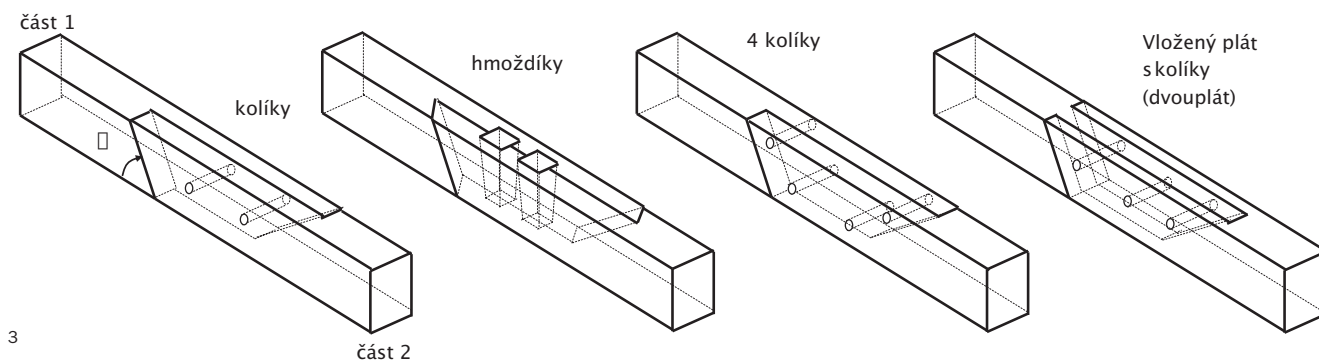
Obr. 2. Plasy (okres Plzeň-sever), pivovar v areálu plaského kláštera, oprava stropních trámů dle projektu Ing. Víta Mláčovského. (Foto: Vít Mláčovský, 2014)

sobícím v rovině průřezu (označení T a R).¹ Při řešení konstrukce jako celku lze použít běžně dostupné komerční programy typu FEAT, SCIA engineer, FIN a další.² Výsledkem jsou vnitřní síly, které jsou použity k prokázání únosnosti

■ Poznámky

1 POŽGAJ, Alexandr; CHOVAŇEC, Dušan; KURJATKO, Stanislav; BABIAK, Marián. *Štruktúra vlastností dreva*. Bratislava : Príroda, 1997. ISBN 80-07-00960-4.

2 PIAZZA, Maurizio; RIGGIO, Mariapola. Typological and Structural Authenticity in Reconstruction: The Timber Roofs of Church of the Pieve in Cavalese, Italy. *International Journal of Architectural Heritage*. 2007, roč. 1, č. 1, s. 60–81. ISSN 1558-3058.



Obr. 3. Tvar řešeného šikmočelného spoje. (Kresba: Petr Fajman, 2015)

konstrukce např. podle normy ČSN EN 1995. Prokázání únosnosti spojů se ale běžně nedělá. Je to způsobeno malou podporou ze strany norem, malou teoretickou průpravou praktických inženýrů i malým teoretickým zázemím v odborné literatuře. Jen výjimečně lze najít ucelené řešení spojů. Studie k zesilování tradičních spojů vyšla na stránkách tohoto časopisu,³ řešení dvojitého plátu je popsáno v publikacích Parisiho a Sordié, respektive Sangreeho a Schafera,⁴ numerické řešení plátového spoje s kolíky nebo s hmoždíky v pracích J. Kuneckého a dalších,⁵ ověření experimentálního zkoušení plátového spoje výpočtem je možné na funkčním vzoru od téhož autora,⁶ teoretické řešení plátu je naznačeno v příspěvcích autora tohoto textu.⁷ Informaci o probíhajícím projektu, který se zabývá celodřevěnými spoji, lze nalézt v příspěvku H. Hasníkové, J. Kuneckého a P. Fajmana.⁸ Pohled do historie a popis konstrukčních zásad je uveden v příspěvcích M. Gernerera a J. Vinaře.⁹

Teoretické řešení lze hledat jen u některých spojů a jen při určitých zjednodušujících podmínkách, kdy můžeme vyjít z integrálních veličin. Důležitým předpokladem je, že se jedná o návrh dle norem, a tudíž se pohybujeme v geometricky lineární oblasti s malými deformacemi i průhyby. Zároveň je vyloučena ztráta stability klopením.

Nastavovací spoj

Nastavení trámu spojem, který přenesse namáhání momentem, posouvající a normálovou silou, lze provést různými způsoby; přílozkami, ocelovými pláty, ale při zachování tradičního způsobu spojení lze použít pouze plátovány.

Nejrozšířenějším spojem je rovný rovnocelný plát ($\alpha = 90^\circ$), rovný šikmočelný plát nebo šikmočelný s vloženým plátem, viz obr. 3. Ze statického hlediska se jeví jako příznivější plát šikmočelný. Z hlediska namáhání momentem a posouvající silou je lepší menší sklon; pro

praxi doporučujeme $\alpha = 45^\circ$.¹⁰ Při namáhání kombinací momentu s tlakovou silou je vhodný větší sklon čel 60° . Spoj může být svorníkový (resp. kolíkový) nebo hmoždíkový s různým počtem spojovacích prostředků. U hmoždíkového spoje musí být čelo plátu podkoseno (proti rozvíření plátu) a hmoždíky by měly mít kónický tvar, aby při sesychání nevypadly (viz obr. 3). Z provedených experimentů a výpočtů vyplývá, že vyosení kolíku nijak výrazně neovlivňuje únosnost spoje a únosnost různě spojovaného plátu je obdobná. Při teoretickém řešení plátového spoje předpokládáme, že je trám namáhán v jedné rovině, a zároveň zanedbáváme tření ve svislé rovině mezi pláty. Kontaktní napětí nahradíme výslednicemi, ale k přesnému určení jejich působišť je nutno dodat další informace, které lze zjistit z experimentů.

Základní vztahy

Pro pochopení působení se zaměříme na plát s jedním kolíkem při namáhání ohybovým momentem. Rovnováhu budeme hledat v integrálních veličinách. Tím se vyhneme nepříjemným otázkám kolem rozložení napětí v čele plátu. Zároveň odvozené vztahy platí pro lineární i materiálově nelineární chování čela i kolíku. Namáhání v daném prvku si můžeme zjednodušit dle obr. 4. Na čelo plátu působí normálová a třecí síla, na kolík posouvající síly. Tyto síly vytvářejí dva momenty, které vzdorují zatížení.

Vztahy mezi šikmými a lokálními silami v bodě 1 lze vyjádřit pomocí transformace dle rovnice 1.

Při zavedení podmínky tření v čele plátu platí, že $V_\alpha = N_\alpha \mu$, kde μ je součinitel tření pro dřevo a $N_\alpha < 0$ je tlaková síla. Rovnice (1) rozšířené o tření pak dosadíme do podmínek rovnováhy v rovnicích 2.

Zde neznáme velikost posouvajících sil v kolíku U_k i V_k , velikost tlakových sil N_α v čelech plátu a jejich působišť. Z uvedeného vyplývá, že máme šest neznámých na tři rovnice. Polo-

Poznámky

3 KLOIBER, Michal; BLÁHA, Jiří; KUNECKÝ, Jiří; HASNÍKOVÁ, Hana; TRIPPNER, Jan; SEBERA, Václav. Navrhování celodřevěných spojů na příkladu opravy krovy kostela Nanebevzetí Panny Marie ve Vranově nad Dyjí. *Zprávy památkové péče*. 2013, roč. 73, č. 2, s. 132–139. ISSN 1210-5538.

4 PARISI, Maria Adelaide; CORDIÉ, Cinzia. Mechanical behavior of double-step timber joints. *Construction and Building Materials*. 2010, roč. 24, č. 8, s. 1364–1371. ISSN 0950-0618; SANGREE, Rachel H.; SCHAFER, Benjamin W. Experimental and numeric analysis of a stop-splayed traditional timber scarf joint with key. *Construction and Building Materials*. 2009, roč. 23, č. 1, s. 376–385. ISSN 0950-0618.

5 ŠOBRA, Karel; FAJMAN, Petr. Utilization of splice skew joint with a key in the reconstruction of historical trusses. *Advanced Materials Research*. 2012, č. 688, s. 207–212. ISSN 1022-6680; KUNECKÝ, JIŘÍ; SEBERA, Václav; TRIPPNER, Jan; KLOIBER, Michal. Numerical assessment of behaviour of a historical central European wooden joint with a dowel subjected to bending. *Conference Proceedings of 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions*. Mexico City, Instituto de Ingenieria UNAM, 2014. Bez ISBN.

6 KUNECKÝ, Jiří; HASNÍKOVÁ, Hana; ARCISZEWSKA-KEDZIOR, Anna; STEJSKAL, David. Celodřevěný plátový spoj se dvěma hmoždíky a podkosenými čely. Funkční vzorek umístěný v ÚTAM AV ČR, v. v. i., Prosecká 809/76, 190 00 Praha 9.

7 FAJMAN, Petr. Rozložení sil v plátovém spoji od ohybového momentu. *Stavební obzor*. 2013, roč. 22, č. 4, s. 101–104. ISSN 1210-4027; FAJMAN, Petr. Vliv tuhosti svorníku na síly v plátovém spoji. *Stavební obzor*. 2014, roč. 23, č. 7, 8, s. 115–120. ISSN 1210-4027.

8 HASNÍKOVÁ, Hana; KUNECKÝ, Jiří; FAJMAN, Petr. Celodřevěné tesařské spoje. *Stavebnictví*. 2015, roč. 9, č. 1, 2, s. 12–15. ISSN 1802-2030.

9 GERNER, Manfred. *Tesařské spoje*. Praha : Grada, 2003. ISBN 80-247-0076-X; VINAŘ, Jan a kol. *Historické krovy, typologie, průzkum, opravy*. Praha : Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3038-7.

10 O vlivu sklonu čel na velikosti sil viz články citované v pozn. 7.

Rovnice 1

$$N = N_{\alpha} \sin \alpha + V_{\alpha} \cos \alpha$$

$$V = -N_{\alpha} \cos \alpha + V_{\alpha} \sin \alpha$$

Rovnice 2

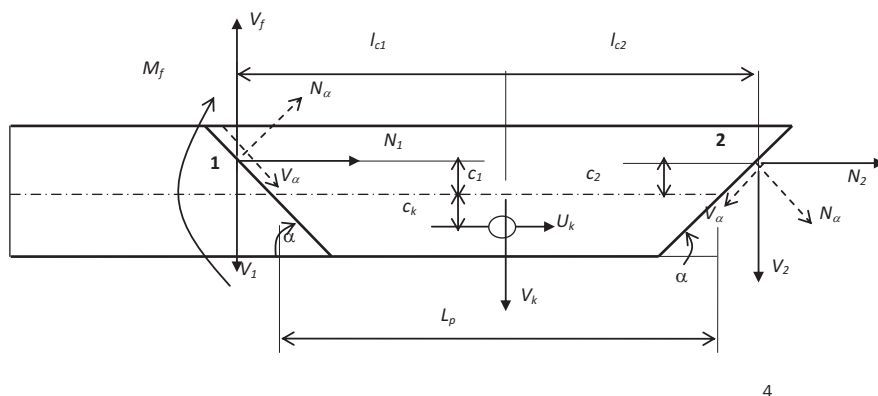
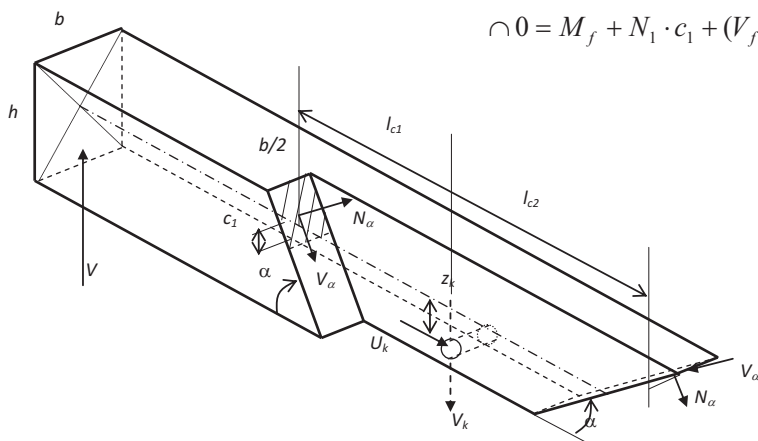
$$N = N_{\alpha} (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)$$

$$V = N_{\alpha} (-\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha)$$

$$V_1 = N_1 \frac{(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}{(-\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = N_1 \cdot k_1, \quad V_2 = N_2 \frac{(-\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}{(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = N_2 \cdot k_2$$

$$N_1 + N_2 + U_k = 0; \quad N_1 k_1 + N_2 k_2 + V_k - V_f = 0$$

$$\sum 0 = M_f + N_1 \cdot c_1 + (V_f - N_1 k_1) \cdot l_{c1} - U_k \cdot c_k + N_2 \cdot c_2 + N_2 k_2 \cdot l_{c2}$$



Obr. 4. Síly na jedné části plátu. (Kresba: Petr Fajman, 2015)

Obr. 5. Řešená konstrukce. (Kresba: Petr Fajman, 2015)

hu sil v čelech můžeme získat z experimentů, nebo ji volit a zjistit závislost sil v plátu na její poloze. Pak zbude jen jedna neznámá, kterou lze získat pomocí podmínky spojitosti plátů. Pro výpočet lze použít silovou metodu s jednou neznámou, například síla N_1 nebo vodorovná síla v kolíku U_k .

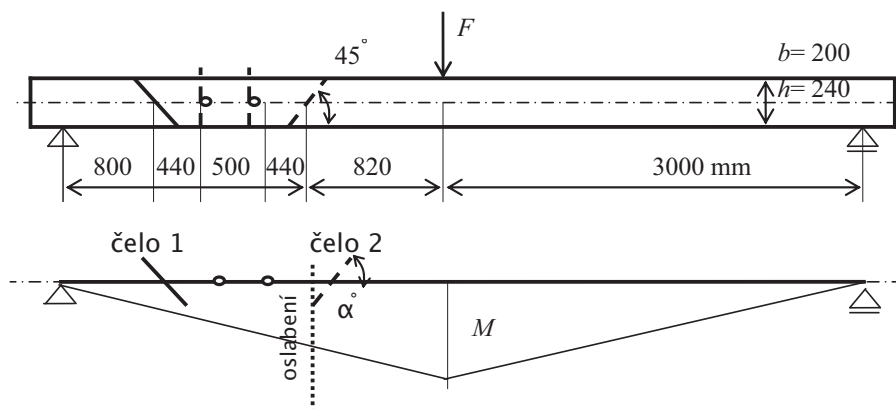
Chování konstrukce s plátem

Experiment

Čtyři konstrukce byly namáhány trojbodovým ohybem v laboratorii v Ústavu teoretické a aplikované mechaniky v Praze – viz obr. 5 a 6.¹¹ Dle střední hodnoty objemové hmotnosti $\alpha = 444 \text{ kg/m}^3$ lze podle normy ČSN EN 338 odhadnout třídu dřeva C27. Pro tuto třídu jsou návrhové hodnoty následující: tlaková pevnost za ohybu je $f_{m,k} = 27 \text{ MPa}$, tahová pevnost $f_{t,0,k} = 16 \text{ MPa}$, tlak $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$.

Kolíky, resp. hmoždíky byly rozmístěny v souladu s doporučenými vzdálenostmi mezi spojovacími prostředky.¹² Deformace získané z experimentálních měření odpovídají třídě dřeva C22, což je méně než třída získaná dle normy podle hmotnosti. Aby byly výsledky nezávislé na materiálových veličinách, jsou porovnány změny tuhosti k nosníku bez spoje.

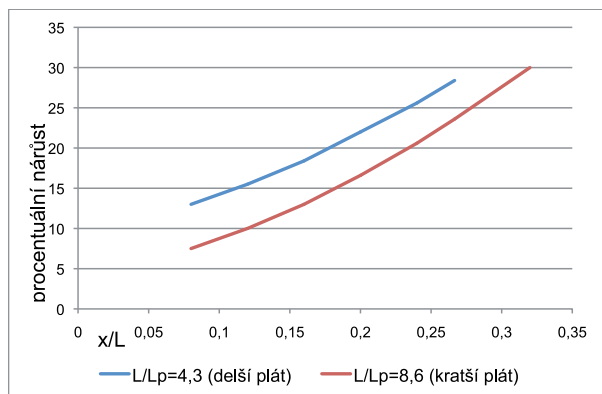
Porušení trámu se dvěma hmoždíky je zobrazeno na obr. 7.



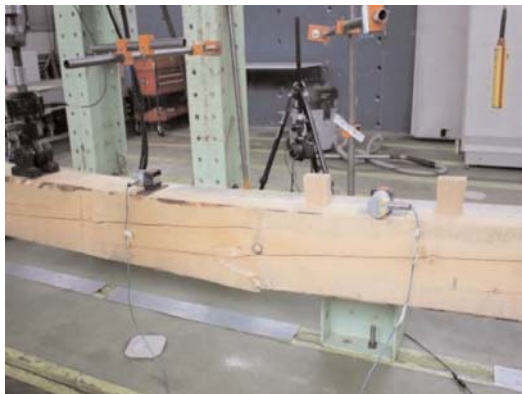
■ Poznámky

¹¹ Podrobněji viz KUNECKÝ, J.; SEBERA, V.; TIPPNER, J.; KLOIBER, M., cit. v pozn. 5; a KUNECKÝ, J.; HASNÍKOVÁ, H.; ARCISZEWSKA-KĘDZIOR, A.; STEJSKAL, D., cit. v pozn. 6.

¹² Viz GERNER, M., cit. v pozn. 9.

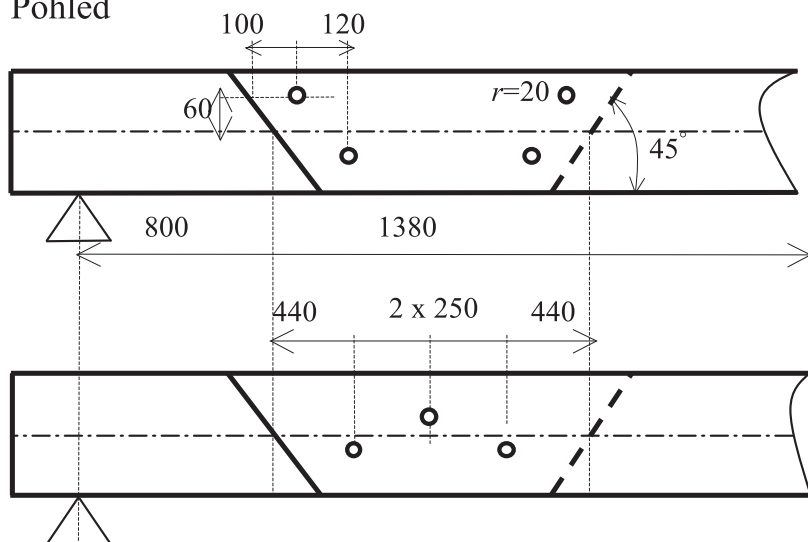


6

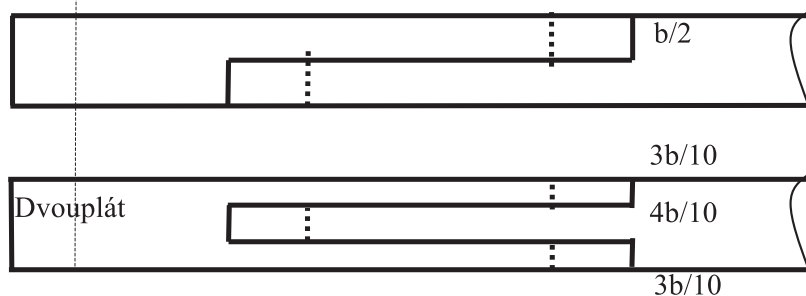


7

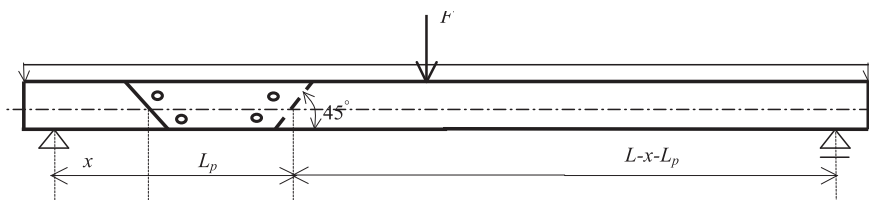
Pohled



Půdorys



8



9

Obr. 6. Závislost posunu na pozici a délce plátu. (Graf: Petr Fajman, 2015)

Obr. 7. Porušení trámu se dvěma hmoždíky. (Foto: Petr Fajman, 2015)

Obr. 8. Konstrukce se čtyřmi a třemi kolíky. (Kresba: Petr Fajman, 2015)

Obr. 9. Řešená konstrukce. (Kresba: Petr Fajman, 2015)

A. Změna tuhosti prutu s plátem oproti původnímu prutu

Výsledky naměřených pohybů a sil, v mezním lineárním stavu a při porušení, jsou ukázány v tabulce 1. Dále jsou zde uvedeny tuhosti nastavených prvků a jejich snížení vůči prvku bez spoje.

Tabulka ukazuje, že chování jednotlivých konstrukcí nastavených různými způsoby je obdobné. Poněkud zarážející je fakt, že plát se čtyřmi kolíky není únosnější než plát se dvěma kolíky. To je přisuzováno využití opření čel. Zatímco u čtyřkolíkového spoje k němu dochází omezeně, u dvojkolíkového spoje je plně využito.

Výsledky výpočtů pro dřevo C27 ($E_{mean} = 11,5 \text{ MPa}$) s uvažováním prokluzu v čelech plátu ($u = h \cdot F / 2000$) jsou uvedeny v tabulce 2.

Chování plátu s kolíky a hmoždíky je velmi podobné. Pokles tuhosti spojovaného prutu je v souladu s experimentálními výsledky. Pokud bychom chtěli porovnat i průhyby s experimentem, bylo by nutné zavést třídu dřeva C22 ($E_{mean} = 10 \text{ MPa}$) a průhyby z tabulky přenásobit hodnotou 11,5/10.

Zvětšení průhybu silně závisí na pozici plátu (jestli je blíže k podpoře, nebo ke středu nosníku) a jeho délce. Závislost je zobrazena v grafu na obr. 6. Výsledky jsou spočítány pro prut o rozpětí $L = 6 \text{ m}$ a pro dvě délky plátu $L_p = 0,7 \text{ m}$ a $L_p = 1,4 \text{ m}$, viz obr. 6. Zajímavé je, že kratší plát (poměr $L/L_p = 8,6$) má menší deformace než delší, nutno podotknout, že s únosností je to naopak. V našem případě delší plát je o cca 50 % únosnější.

B. Vliv umístění spojovacích prostředků na velikosti sil (tab. 3)

Byly zkoumány dva případy při spojení třemi (3K) a čtyřmi (4K) kolíky. V jednom případě bylo rozmístění dáno experimentem varianta V1, v druhém byla poloha dána minimální vzdáleností od okraje plátu V2 (viz obr. 10). V normě i v literatuře¹³ je definována minimální vzdálenost svorníků (kolíků) od okraje konstrukce ve směru tahového namáhání 6–7p, min. 80 mm. Vzdálenost od volného nezatíženého okraje rovnoběžného se směrem zatížení je 3Ø. Rozteč mezi svorníky je 4Ø (kolíky 3Ø). Velikost Ø dřevěného kolíku je 24 mm (h/10), ocelový svorník má Ø 16 mm.

V tabulce 3 jsou uvedeny: F_k je síla v nejvíce namáhaném kolíku, U_k je vodorovná síla v kolíku, σ je napětí v oslabeném průřezu u bodu 2, w je průhyb nosníku uprostřed rozpětí. Za lomítkem jsou hodnoty pro ocelový kolík. Z výsledků vyplývá, že obě varianty umístění kolíků jsou možné a statické veličiny jsou srovnatelné. Síly v ocelovém svorníku jsou mírně větší než v dřevěném kolíku.

C. Vliv délky plátu na velikosti sil /tab. 4)

Doporučená délka plátu [12, 13] je $3h - 6h$, kde h je výška trámu. Délka plátu byla zvolena stejná jako v experimentu, $L_p = 1,4$ m (5,8h), a poloviční, $L_p = 0,7$ m (2,9h), viz obr. 11. Kratší plát byl řešen ve dvou polohách – buď byly ve stejné pozici body 1, nebo 2. V poloze 1 (P1) je kratší plát méně namáhán v koncovém bodě $M_2 = 9,04$ kNm oproti $M_2 = 17$ kNm v delším plátu. V poloze 2 (P2) je namáhání v oslabeném průřezu u bodu 2 stejné, u obou konstrukcí $M_2 = 17$ kNm.

Sklony a dimenze byly stejné jako v předchozím příkladě B.

V tab. 4 jsou uvedeny vypočtené síly v nejvíce namáhaném kolíku, napětí v oslabeném průřezu a průhyb uprostřed nosníku.

Pokud porovnáme delší plát s kratším, který začíná ve stejném bodě 1 (P1), pak je kratší plát více namáhán v kolících, ale méně namáhán v oslabeném průřezu. Je to dáno výrazně menším momentem, který působí na konci plátu. Při realizaci plátů se stejnou polohou konců v bodu 2 (P2) se kratší plát chová obdobně jako delší, jen jsou zde výrazně větší (až o 50 %) vodorovné síly v kolících a na čelech.

Tab. 1 Naměřený pokles tuhosti nosníku vlivem nastavení

	F_{lin} (kN)	U_{lin} (mm)	$k=F/u$ (MN/m)	Redukce k (%)	F_{max} (kN)	U_{max} (mm)	K (MN/m)
4x kolík	22,6	50	450	11,5	32,9	80	415
2x kolík	22,7	50	454	11	32	77,1	416
2x hmoždík	25,4	56,5	444	12,5	32,8	72	454
bez spoje	31,8	63,2	508	–	46,5	126	390

Tab. 2 Vypočtený pokles tuhosti nosníku vlivem nastavení

	F_{lin} (kN)	U_{lin} (mm)	K (MN/m)	Redukce k (%)	Napětí (MPa)
4x kolík	22,7	44,3	512	10	
3x kolík	22,7	44,28	512	10	20,1
3x kolík dvouplát	22,7	44,85	505	12	17,9
2x kolík	22,7	44,55	508	12	20,2
2x hmoždík	22,7	45,55	498	14	22,2
2x hmoždík 1x kolík	22,7	44,8	507	12	20,8
bez spoje	22,7 (31,8)	39,4 (55,4)	576	–	12,1 (16,6)

Tab. 3 Vypočtené hodnoty pro různé umístění kolíků

Umístění kolíků	F_k (kN)		U_k (kN)		σ (MPa)		w (mm)	
	V1	V2 blíže k čelu	V1	V2 blíže k čelu	V1	V2 blíže k čelu	V1	V2 blíže k čelu
3K plát	4,4/4,5	4,4/4,8	4,3/4,4	4,4/4,8	21,0/21,0	21,0/21,0	50/49	50/49
3K dvouplát	4,4/5	4,3/4,7	4,3/4,8	4,3/4,5	18,2/18,1	18,3/18,2	48/47	48/47
4K plát	3,3/4,1	3,6/4,8	3,2/3,7	3,5/4,2	21/21	21/21	50/49	50/49

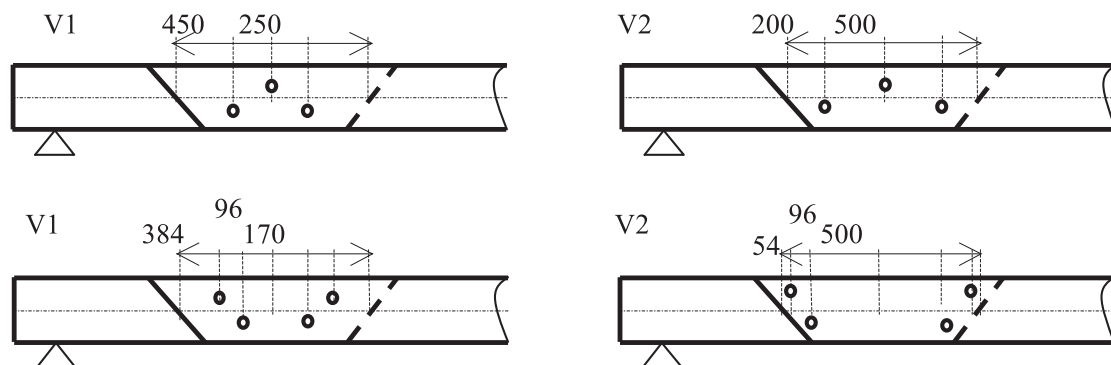
Tab. 4 Vypočtené hodnoty pro různé délky plátu

Délka plátu	F_k (kN)		U_k (kN)		σ (MPa)		w (mm)	
	$L_p = 1,4$	$L_p = 0,7$	$L_p = 1,4$	$L_p = 0,7$	$L_p = 1,4$	$L_p = 0,7$	$L_p = 1,4$	$L_p = 0,7$
3K plát P1 P2	4,4	5,8 9	4,4	5,7 9	21	12,8 18,3	50	48 56
3k dvouplát P1 P2	4,3	5,7 9,0	4,3	5,7 9	18,3	11,2 16	48	46 51
4K plát P1 P2	3,6	4,5 7,3	3,5	4,5 7,3	21	13 18,5	50	49 56

■ Poznámky

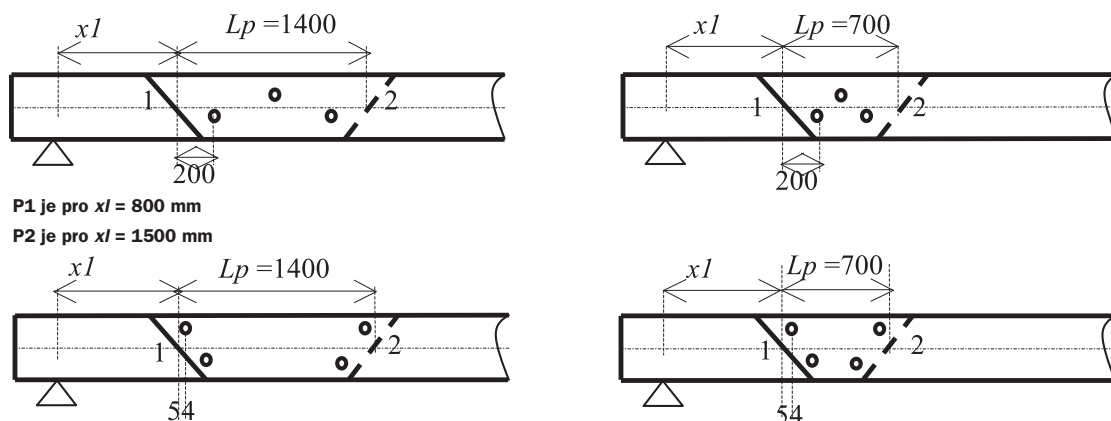
13 Viz studie citované v pozn. 9.

Geometrie změny polohy spojovacích kolíků – jejich vyosení je ± 30 mm



10

Geometrie změny délky plátu – svislé vyosení kolíků je ± 30 mm



11

Obr. 10. Rozmístění kolíků ve variantě V1 a V2. (Kresba: Petr Fajman, 2015)

Obr. 11. Konstrukce se třemi kolíky. (Kresba: Petr Fajman, 2015)

1. Diskuse nad výsledky a praktické závěry

Z uvedených výsledků šikmočelného plátu při plném využití lineární únosnosti a opření čel vyplývá:

- 1) Teoretický výpočet prokazuje vznik obdobného namáhání jako v experimentálně měřených konstrukcích.
- 2) Počet a typ spojovacích prostředků nehraje výraznou roli při statickém návrhu a posouzení na mezní stav použitelnosti.
- 3) Jako optimální se jeví tři kombinované spojovací prostředky nebo čtyři kolíky. Přidání dalšího kolíku nebo hmoždíku nezvyšuje únosnost plátu a mnohdy vede lokálně ke zvětšení namáhání jednotlivých částí.
- 4) Poloha spojovacích prostředků (při posunu ve směru osy) neovlivňuje namáhání plátu.
- 5) Při zkrácení plátu je důležitá poloha plátu v konstrukci. Pokud porovnáme pláty, kde jsou méně namáhaná čela ve stejné pozici, je

rozdíl v únosnosti různě dlouhých plátů. Pokud jsou ve stejné pozici opačná čela, vede zkrácení plátu k nárůstu vodorovných sil na všech dotkových částech a ke snížení únosnosti.

6) Dvouplát je ze statického hlediska lepší jen v několika aspektech (střih kolíků, napětí v oslabení) než jednoduchý plát.

Pro konstrukce namáhané ohybem se smykem, které potřebujeme nastavit plátováním, lze z provedených výpočtů vyvodit několik velmi důležitých praktických doporučení.

– Vzhledem ke zjištěným skutečnostem je při provádění výhodné co nejvíce snížit sklon plátu. Při návrhu je však nutné pamatovat na to, že malý sklon výrazně zvětšuje délku plátu i množství použitého materiálu. Z hlediska statiky i jednoduchosti provádění je pro praxi vhodný sklon 45° .

– Pokud rozhoduje při návrhu napětí v oslabení, je nutné zvolit spoj s vloženým plátem (dvouplát).

– Pokud rozhoduje při návrhu únosnost kolíku, je vhodné zvolit spoj s vloženým plátem, kde je kolík namáhan dvojstřížně.

– Pokud rozhoduje při návrhu 2 mezní stav

použitelnosti, je vhodné použít kratší plát. Zkrácení musí posunovat více namáhané čelo směrem k méně namáhanému a je potřeba zkontrolovat i únosnost, která se zkracováním snižuje.

V současné době je ve schvalovacím procesu metodika „Celodřevěné plátové spoje pro opravy historických konstrukcí“ a památkový postup „Využití celodřevěných tesařských spojů při opravách historických konstrukcí“. Zde je podrobně popsáno statické působení, konstrukční zásady i výrobní postupy. Tyto materiály budou k dispozici na Ministerstvu kultury i u zpracovatelů UTAM, ČVUT, fakulta stavební, MENDELU.

Článek vznikl v rámci výzkumného projektu Návrh a posuzování tesařských spojů historických konstrukcí (kód projektu DF12P010VV004), financovaného z Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní kulturní identity (NAKI).

■ Poznámky

14 Tamtéž.