



LISOVANIE DOSIEK S PRELISOVANÝMI HROTMÍ DO DREVA V SUCHOM A ČERSTVOM VHLKOSTNOM STAVE

Štefko Jozef – Rohanová Alena – Ondrej Ferenc

Abstract

This paper contains analysis of wood shrinking affection to joints with metal plate connection (MPC) which are pressed in a wet moisture condition. The analysis compares mechanical properties of specimens pressed either in dry or in wet moisture content, by two loading schemes. Mechanical properties were determined for both loading schemes and different moisture contents. For safety using of wooden trusses with metal plate connecting pressed in wet state is necessary to experimentally determinate coefficients according to EN 1075 and EN 14545. These coefficients have to be included in calculations according to STN EN 1995- 1-1+A1 Design of wooden constructions.

Key words: Metal plate connecting, bending stiffness, shear stiffness, semi- rigid joints

ÚVOD

V súčasnej dobe sa kvôli vysokej efektívnosti výroby a montáže stále častejšie využívajú v stavebných konštrukciách priehradové nosníky so spojmi prútov pomocou dosiek s prelisovanými hrotmi. Je potrebné zabezpečiť aby rozdiel vlhkostí pri lisovaní a rovnovážnej vlhkosti dreva v prostredí do ktorého sú takéto stavebné prvky určené bol čím nižší. Kvôli tejto požiadavke je potrebné na takéto nosníky používať rezivo sušené, čo má za následok zvyšovanie energetickej náročnosti výroby takýchto konštrukčných prvkov.

Využívaním mokrého reziva by bolo možné túto náročnosť znížiť. Na to je však potrebné poznať vplyv vlhkosti na vlastnosti takéhoto spoja.

Problematicke matematického modelovania MPC spojov ako polotuhého spojenia sa venoval (ELLEGAARD, NIELSEN, 1999). Experimentálnemu hodnoteniu týchto spojov lisovaných do vrstveného dyhového dreva sa venoval (GUPTA A SPOL., 2002).

MATERIÁL A METODIKA

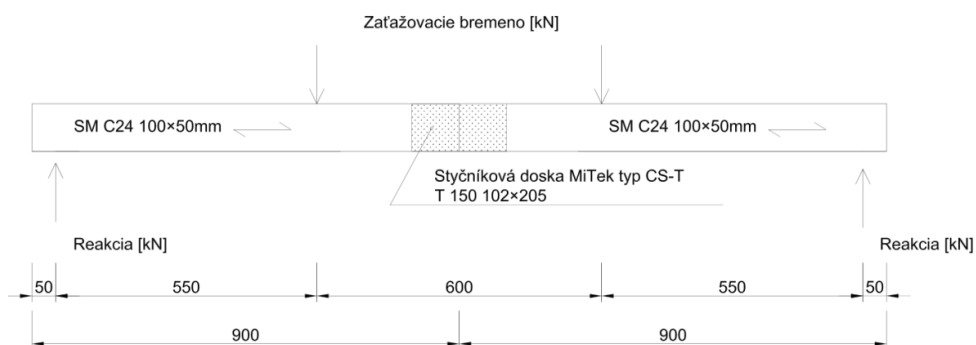
Skúšobné telesá boli vyrobené zo smrekového reziva (*Picea abies L.*) pevnostnej triedy C24 (STN EN 338, 2010) a spájané doskou s prelisovanými hrotmi MiTek typ CS-T T 150 s rozmermi 102x 205mm. Rozmery skúšobných telies sú naznačené na (Obr. 1 a Obr. 2) Spoje na skúšobných telesách boli lisované pri dvoch rozdielnych vlhkostiach 12% ($\pm 2\%$) a 45% ($\pm 5\%$). Následne boli vzorky s vlhkosťou 45% ($\pm 5\%$) sušené na vlhkosť 12% ($\pm 2\%$). Po lisovaní sa spoje vizuálne hodnotili. Toto sušenie slúžilo na simulovanie poklesu

vlhkosti v nosníkoch po zabudovaní do stavby. Po tomto procese sa spoje na skúšobných telesách znova vizuálne hodnotili. Následne boli deštrukčne experimentálne testované.

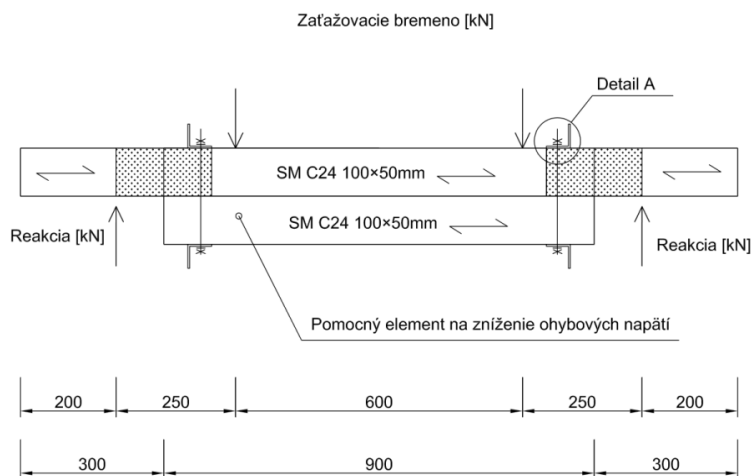
Pre sledovanie dvoch namáhání boli vytvorené dve zaťažovacie schémy pre overenie vplyvu vlhkosti pri lisovaní na mechanické vlastnosti spoja. Pri prvej zaťažovacej schéme (Obr. 1) boli zisťované pevnostné a tuhostné vlastnosti spoja v mieste normálového namáhania ohybovým momentom bez účasti šmykových silových účinkov.

Pri druhej zaťažovacej schéme (Obr. 2) je spoj umiestnený v oblasti s účasťou ohybových momentov, ktoré od podpory po zaťažovacie bremeno sú konštantné. Kvôli zníženiu ohybových napätí sa v strede telesa nachádza pomocný element. Pri tejto zaťažovacej schéme boli zistené mechanické vlastnosti (pevnostné a tuhostné charakteristiky) v šmyku za ohybu.

Správanie spoja nie je ani kĺbové a ani tuhé. Dá sa považovať za polotuhé. Pre tento výskum sa uvažovalo so spojom ako tuhým kvôli náročnosti modelovania polotuhého správania sa spoja.



Obr. 1 Tvar skúšobného telesa so spojom namáhaným ohybovým momentom.



Obr. 1 Tvar skúšobného telesa so spojmi namáhanými ohybovým momentom s účasťou šmykových silových účinkov.

VÝSLEDKY

V Tab. 1 až Tab. 4 sú zaznamenané namerané hodnoty síl silových účinkov a deformácií skúšobných telies. S-1 až S-6 sú označenia vzoriek lisovaných pri vlhkosti 12% ($\pm 2\%$), W-1 až W-6 sú označenia vzoriek lisovaných pri vlhkosti 45% ($\pm 5\%$). X_{mean} sú priemerné hodnoty nameraných vlastností a $X_{0,05}$ je 5% kvantil štatistického súboru určeného podľa normálneho normovaného rozdelenia.

Tab. 1 Experimentálne zistené pevnostno-tuhostné charakteristiky spoja lisovaného pri vlhkosti 12% ($\pm 2\%$) namáhaného ohybom.

Spoj lisovaný zasucha										
	Ozn.	Jedn.	S-1	S-3	S-4	S-5	S-6	X_{mean}	$X_{0,05}$	
1 Konečná sila pri porušení	F_u	kN	5,18	5,12	4,31	5,03	5,14	4,95	4,35	
2 Sila na medzi úmernosti ($0,4 F_u$)	F_{ref}	kN	2,07	2,05	1,72	2,01	2,06	1,98	1,74	
3 Sila referenčná- horná hodnota	$F_{u,2}$	kN	3,86	4,03	3,85	4,24	4,24	4,04	3,73	
4 Sila referenčná- dolná hodnota	$F_{u,1}$	kN	1,07	0,88	0,96	1,08	0,90	0,98	0,82	
5 Maximálna deformácia	w_{max}	mm	61,14	49,49	40,67	60,98	52,74	53,00	67,11	
6 Deformácia pri sile $F_{u,2}$	$w_{u,2}$	mm	9,51	8,69	10,55	11,09	10,44	10,06	11,62	
7 Deformácia pri sile $F_{u,1}$	$w_{u,1}$	mm	2,40	1,55	2,05	2,37	1,78	2,03	2,64	
8 Ohybový moment maximálny	M_{max}	kNm	1,04	1,02	0,86	1,01	1,03	0,99	0,87	
9 Ohybový moment referenčný ($0,4 M_{\text{max}}$)	M_{ref}	kNm	0,41	0,41	0,34	0,40	0,41	0,40	0,35	

Tab. 2 Experimentálne zistené pevnostno-tuhostné charakteristiky spoja lisovaného pri vlhkosti 45% ($\pm 5\%$) po vysušení na vlhkosť 12% ($\pm 2\%$) namáhaného ohybom.

Spoj lisovaný zamokra										
	ozn.	Jedn.	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	X_{mean}	$X_{0,05}$
1 Konečná sila pri porušení	F_u	kN	4,10	4,07	4,33	4,20	3,75	4,07	4,09	3,77
2 Sila na medzi úmernosti ($0,4 F_u$)	F_{ref}	kN	1,64	1,63	1,73	1,68	1,50	1,63	1,63	1,51
3 Sila referenčná- horná hodnota	$F_{u,2}$	kN	3,67	3,57	3,53	3,54	3,37	3,60	3,55	3,38
4 Sila referenčná- dolná hodnota	$F_{u,1}$	kN	0,89	0,95	0,92	0,81	0,68	0,79	0,84	0,68
5 Maximálna deformácia	w_{max}	mm	56,97	61,03	56,95	58,75	48,80	50,47	55,50	63,40
6 Deformácia pri sile $F_{u,2}$	$w_{u,2}$	mm	14,56	14,86	13,14	14,43	13,73	14,52	14,21	15,26
7 Deformácia pri sile $F_{u,1}$	$w_{u,1}$	mm	2,66	3,35	2,77	2,80	2,25	3,08	2,82	3,43
8 Ohybový moment maximálny	M_{max}	kNm	0,82	0,81	0,87	0,84	0,75	0,81	0,82	0,75
9 Ohybový moment referenčný ($0,4 M_{\text{max}}$)	M_{ref}	kNm	0,33	0,33	0,35	0,34	0,30	0,33	0,33	0,30

Tab. 3 Experimentálne zistené pevnostno-tuhostné charakteristiky spoja lisovaného pri vlhkosti 12% ($\pm 2\%$) v šmyku za ohybu.

Spoj lisovaný zasucha										
		Veličina	Jednotka	S-1	S-2	S-4	S-5	S-6	X_{mean}	$X_{0,05}$
1	Konečná sila pri porušení	F_u	kN	14,89	18,50	15,60	14,16	16,68	15,96	13,17
2	Sila na medzi úmernosti ($0,4 F_u$)	F_{ref}	kN	5,96	7,40	6,24	5,66	6,67	6,39	5,27
3	Sila referenčná- horná hodnota	$F_{u,2}$	kN	11,40	15,60	11,80	11,69	12,55	12,61	9,77
4	Sila referenčná- dolná hodnota	$F_{u,1}$	kN	3,38	4,14	2,80	2,41	3,29	3,20	2,13
5	Maximálna deformácia	w_{max}	mm	6,66	21,58	15,91	11,45	13,08	13,74	22,82
6	Deformácia pri sile $F_{u,2}$	$w_{u,2}$	mm	2,74	5,72	3,22	3,59	3,71	3,80	5,67
7	Deformácia pri sile $F_{u,1}$	$w_{u,1}$	mm	0,83	2,33	0,60	0,91	1,40	1,21	2,35
8	Ohybový moment maximálny	M_{max}	kNm	1,49	1,85	1,56	1,42	1,67	1,60	1,32
9	Ohybový moment referenčný ($0,4 M_{\text{max}}$)	M_{ref}	kNm	0,60	0,74	0,62	0,57	0,67	0,64	0,53

Tab. 4 Experimentálne zistené pevnostno-tuhostné charakteristiky spoja lisovaného pri vlhkosti 45% ($\pm 5\%$) po vysušení na vlhkosť 12% ($\pm 2\%$) v šmyku za ohybu.

Spoj lisovaný zamokra										
		Veličina	Jednotka	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	X_{mean}	$X_{0,05}$
1	Konečná sila pri porušení	F_u	kN	12,88	13,10	14,10	10,61	12,01	12,54	10,38
2	Sila na medzi úmernosti ($0,4 F_u$)	F_{ref}	kN	5,15	5,24	5,64	4,24	4,80	5,02	4,15
3	Sila referenčná- horná hodnota	$F_{u,2}$	kN	10,58	10,53	12,06	8,81	11,06	10,61	8,67
4	Sila referenčná- dolná hodnota	$F_{u,1}$	kN	2,72	2,58	3,09	2,15	2,65	2,64	2,08
5	Maximálna deformácia	w_{max}	mm	11,72	16,93	17,74	13,32	18,41	15,63	20,46
6	Deformácia pri sile $F_{u,2}$	$w_{u,2}$	mm	3,48	5,08	5,46	2,98	4,90	4,38	6,16
7	Deformácia pri sile $F_{u,1}$	$w_{u,1}$	mm	1,12	1,14	1,85	0,60	1,50	1,24	2,01
8	Ohybový moment maximálny	M_{max}	kNm	1,29	1,31	1,41	1,06	1,20	1,25	1,04
9	Ohybový moment referenčný ($0,4 M_{\text{max}}$)	M_{ref}	kNm	0,52	0,52	0,56	0,42	0,48	0,50	0,42



Obr. 3 Spoj lisovaný pri vlhkosti 45% ($\pm 5\%$) pred sušením.



Obr. 4 Spoj lisovaný pri vlhkosti 12% ($\pm 2\%$).



Obr. 5 Spoj lisovaný pri vlhkosti 45% ($\pm 5\%$) po vysušení na vlhkosť 12% ($\pm 2\%$).



Obr. 6 Spoj lisovaný pri vlhkosti 12% ($\pm 2\%$).

DISKUSIA

Pri oboch zaťažovacích schémach vykazujú spoje lisované pri vlhkosti 45% ($\pm 5\%$) po vysušení nižšie pevnostné a tuhostné vlastnosti v porovnaní so skúšobnými telesami lisovanými 12% ($\pm 2\%$). Tento rozdiel je pravdepodobne spôsobený zosychaním spájaných drevených elementov. Týmto zosychaním vznikajú v dreve napätia spôsobené zmenšovaním rozmerov drevených elementov (drevo zosychá), pričom na oceľovej platničke k zmenám rozmerov nedochádza. Tieto deformácie spôsobujú v dreve napätie v ťahu kolmo na vlákna, ktoré často presahuje až medzi pevnosti dreveného elementu a tento element lokálne kolabuje.

Na Obr. 1 až 6 vidieť prevedenie konštrukčného spoja, vizuálne sa posudzovali zmeny pred silovým zaťažením, čiže pred samotným experimentom – deštrukčným testovaním. Trhliny spôsobené zosychaním dreveného elementu v mieste spoja môžeme vidieť na Obr. 5.

ZÁVER

Spoje pomocou dosiek s prelisovanými hrotmi (MPC) lisovanými pri vlhkosti 45% ($\pm 5\%$) vykazujú nižšiu pevnosť pri krátkodobom zaťažovaní ako pri vzorkách lisovaných pri vlhkosti 12% ($\pm 2\%$). Na jednoznačné určenie vplyvu poklesu vlhkosti v MPC spojoch na mechanické vlastnosti pri dlhodobom zaťažovaní je potrebná ďalšia analýza.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol s podporou výskumu v grantovom projekte VEGA č. 1/0395/16 „*Stavebné konštrukcie z bukového dreva ako strategickej suroviny, predikcia parametrov kvality a ich implementácia v diagnostických metódach*“, riešeného na Katedre drevených stavieb DF TU vo Zvolene.

LITERATÚRA

- GUPTA, Rakesh a Barbara WAGNER. Effect of metal connector plates on the bending strength of solid sawn lumber and LVL: A pilot study. *Forest Products Journal*. Forest Products Society, 2002, **52**(10), 4. ISSN 0015-7473.
- ELLEGAARD, P., NIELSEN, J. (1999). Advanced Modelling of Trusses with Punched Metal Plate Fasteners. Aalborg: Dept. of Building Technology and Structural Engineering, Aalborg University. (Structural Design; No. 5, Vol. R9909).
- STN EN 338 (49 1532): 2010. *Konštrukčné drevo. Pevnostné triedy*.
- STN EN 1995- 1-1+A1: 2008. *Design of wooden constructions*.