

VLIV EXCENTRICKÉHO NAPOJENÍ NOSNÝCH PRVKŮ NA VNITŘNÍ SÍLY SLOUPU

Autoři: Ing. David Mikolášek, Ph.D. Ing. Petr Lehner Bc. Ondřej Miller

CZ.1.07/1.3.05/02.0026 Rozvoj profesního vzdělávání pedagogů SOŠ v oblasti dřevovýroby a stavebnictví



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ondřej Miller¹, David Mikolášek², Petr Lehner³

VLIV EXCENTRICKÉHO NAPOJENÍ NOSNÝCH PRVKŮ NA VNITŘNÍ SÍLY SLOUPU

Abstrakt

Tento článek je zaměřen na vliv uložení hlavních nosných prvků dřevěných lepených lamelových konstrukcí. Pro velké rozpony a tím také tomu odpovídající konstrukční prvky jsou kontaktní plochy uložení velké, což může při nevhodném osazení vodorovného prvku vést k projevům excentricit a tím k také k přídavnému namáhání sloupu ohybovým momentem. Cílem této numerické studie je na konkrétním příkladu vyhodnotit vliv takového uložení vedoucího k excentricitě.

Klíčová slova

Dřevo, lepené lamelové prvky, ANSYS, excentricita, otlačení, MKP, tuhost.

1 ÚVOD

Současný návrh a analýza dřevěných konstrukcí vychází z postupů uvedených v [1] a [2]. Samotné oblasti dřevěných konstrukcí a použití dřeva je věnována velká pozornost také ve výzkumu. Zejména v případech bližšího určení materiálových charakteristik pro návrh a numerické modelování [3] a [4]. Samotný návrh konstrukčních části je rozpracován do postupů uvedených v [5] a [6]. Mezi významné části návrhu a zejména konstrukční optimalizace patří modelování vlivu uložení. Z něj plynoucí efekt na hlavní nosnou konstrukci bude popsán na příkladu dřevěné konstrukce sportovní haly. Hala je tvořena z lepených lamelových prvků třídy řeziva GL28h. Spoje jsou z ocelových prvků třídy oceli S235J0. Ocel a spoje jsou v tomto příkladu uvedeny jen pro doplnění. Konstrukce haly byla modelována jako 3D prutová konstrukce pro získání globální tuhosti a tuhosti ve spojích v hlavním nosném rámu. Výpočet vnitřních sil a deformaci je založen na metodě konečných prvků. Získané tuhosti jsou dále využity pro 2D prutové modely a 2D skořepinové modely hlavního nosného rámu. Tímto zjednodušením se získá nižší výpočtová náročnost modelu a vyšší přehlednost studované úlohy. Skořepinové modely jsou vyhotoveny v programu SCIA [7] a ANSYS [8].

Studovaná hala má základní rozměry 25x35x8m a je zobrazena Obr. 1. Jde o prostorovou dřevěnou lepenou lamelovou konstrukci. Konstrukce se skládá z hlavních rámů, štítových stěn, podélných stěn a střešní roviny. Prostorová tuhost je zajištěna výztužnou střešní rovinou, která svazuje rámové pole do štítových stěn. Podélné stěny zajišťují vodorovnou tuhost kolmo na štít. Rámové pole se tedy opírají o střešní výztužnou rovinu.

Provázání mezi jednotlivými nosnými prvky střešní roviny a štítových a podélných stěn musí být dostatečně tuhé a pevné. Rámové pole, jsou kotveny k základové konstrukci pomocí kloubového uložení s ocelovými kotevními třmeny. Po základním výpočtu 3D prutové konstrukce haly se vytvoří rámové pole Obr. 1 pomocí prutových prvků s různým typem napojení a skořepinovým ortotropním modelem. Vyztužení stěn a štítu včetně střešní roviny je tvořeno z ocelových rektifikovatelných táhel S355J0. Táhla musí být v době výstavby a během celé životnosti stavby aktivní – předepnuté. Konstrukce haly byla modelována ve 3D pomocí prutů a základních excentricit.

¹ Bc. Ondřej Miller, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 32 1391, e-mail: ondrej.miller.st@vsb.cz.

² Ing. David Mikolášek, Ph.D., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 32 1391, e-mail: david.mikolasek@vsb.cz.

³ Ing. Petr Lehner, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 32 1391, e-mail: petr.lehner@vsb.cz.



Obr. 1: Základní schéma 3D konstrukce sportovní haly

Pomocí tohoto numerického modelu bylo dosaženo vhodného globálního chování konstrukce a přerozdělení vnitřních sil, které pak byly kontrolovány s 2D prutovým a zjednodušeným skořepinovým modelem.

Na Obr. 2 je pohled na konstrukci prutového modelu haly. Horní konstrukce střechy byla uvažována v numerickém modelu se zohledněním excentricit uložení hlavního vodorovného nosníku na sloupy. Byla zde namodelována excentricita vzdálenosti uložení nosníku od jeho osy na vrchol sloupu.



Obr. 2: Renderring numerického modelu sportovní haly

2 VÝPOČET VODOROVNÉ TUHOSTI STŘEDOVÉHO RÁMOVÉHO POLE

Zde je za pomocí 3D prutového modelu haly získána vodorovná tuhost pro 2D prutové a skořepinové modely. Takto získaná vodorovná tuhost je potom dosazena do středu vodorovného nosníku zjednodušených modelů kde reprezentuje upnutí do ztužidlového pole ve střešní rovině. Translační vodorovná tuhost byla získána tak, že prostorový model haly byl zatížen vodorovnou sílou uprostřed haly a byla spočtena deformace uzlu, ve kterém byla osazena síla. Schéma osazení síly a deformace je vidět na Obr. 3, kde je znázorněn pohled na halu směrem do štítu. Vnitřní rámové pole jsou kyvné stojky, proto musí být opřeny do střešní výztužné roviny.



Obr. 3: Schéma výpočtu vodorovné tuhosti haly

$$F_{xy} = K_{xy} * u_{xy} \to K_{xy} = \frac{F_{xy}}{u_{xy}} = \frac{10 \cdot 10^3}{9.9 \cdot 10^{-3}} = 1.01 MNm^{-1}$$
(1)

kde:

F_{xy} – je vodorovná síla v uzlu středu haly [kN],

 u_{xy} – deformace uzlu od vodorovné síly F_{xy} [m],

 K_{xy} – translační tuhost uzlu (rámového pole) v konstrukci haly [MNm⁻¹].

Zde uvedený vztah (1) a jeho hodnota platí pro tento typ konstrukce a okrajové podmínky a místo působení. Získaná tuhost je dále použita v dalších numerických modelech.

3 ZATÍŽENÍ NA KONSTRUKCI HALY

Konstrukce haly je pro zvolený typ analýzy zatížena zjednodušeně bez uvážení kombinací podle EC. Zjednodušený přístup v zatěžování konstrukce a tvorbě kombinací je volen z důvodu přehlednosti získaných výsledků a skutečnosti, že i zjednodušené ručně kombinované zatěžovací stavy mají podobné výsledné hodnoty reakcí a vnitřních sil jako kombinace podle EC. Dalším důvodem pro použití zjednodušených kombinací je

vyhodnocování účinků zatížení a excentricit na sloup. Kde má v tomto případě dominantní vliv na přídavný moment od excentricity zatížení stálé a zatížení sněhem.

Zatěžovací Stav	Typ působení	q _x [kN/m²]	q _z [kN/m²]
Stálé + sníh	Stálé + sníh	-	-4,0
Vítr +x;-z	proměnné	1	-0,5
Vítr -x;-z	proměnné	-0,5	-0,5
Vítr sání	proměnné	-1;1	1

Tab. 1: Základní typy zatížení na konstrukci haly

Zatížení v tabulce Tab. 1 udává základní směr a hodnotu pro zadání na rámové pole haly. U zatížení je brán zřetel především na výslednou hodnotu a směr, nejsou zde uvažovány rozdílné oblasti pro zatížení větrem a různé typy nesymetrií zatížení sněhem a jiných klimatických zatížení nebo zatížení stálých.



Obr. 4: Zjednodušení zatěžovací stavy na konstrukci haly

Na obrázku Obr. 4 jsou zobrazeny čtyři základní typy zatížení na konstrukci. Jde o zatížení stálé spolu se sněhem a zatížení od větru. Zatížení sněhem a stálým zatížením je uvažováno v jednom zatěžovacím stavu z důvodu přehlednosti výpočtu a výsledků. Pro zjištění vlivu excentricity na moment ve sloupu má významný efekt svislá složka síly od vnějších zatížení a vlastní tíhy. Proto pro jednoduchost byly některé složky zatížení sečteny.

4 VÝPOČET EXCENTRICITY NA SLOUPU – ZJEDNODUŠENÝ RUČNÍ VÝPOČET

Pro jednoduchost jsou spočítány vnitřní síly a napětí od stálého zatížení a zatížení sněhem. Ruční výpočet poslouží k ověření správnosti prutových a skořepinových modelů.

Tab. 2: Průřezové charakteristiky nosníku a sloupu

Příčel: 200x1800mm GL28h

Sloup:200x520mm GL28h

A=	3,60E-01	mm ²	A=	1,04E-01	mm ²
<i>E</i> =	1,26E+10	GPa	E=	1,26E+10	GPa
l _y =	9,72E-02	m ⁴	l _y =	2,34E-03	m ⁴
W _y =	1,08E-01	m ³	W _y =	9,01E-03	m³
S _y =	8,10E-02	m ³	S _y =	6,76E-03	m ³
b _{roz.} =	5,00E+00	m	b _{roz.} =	5,00E+00	m

Tab. 3: Vnitřní síly na prutech rámového pole

-	<i>L</i> [m]	<i>U</i> _z [mm]	<i>N</i> [kN]	V _z [kN]	<i>M</i> y[kNm]
Příčel	25,00	-83,06	-	-250,00	-1562,5
Sloup	7,10	-	-250,00	-7,62	-54,08

Tab. 4: Napětí na prutech rámového pole

-	σ _{x,T} [MPa]	σ _{x,M} [MPa]	Σσ _x [MPa]	т _{уz} [MPa]
Příčel	-	-14,47	-14,47	-1,04
Sloup	-2,40	-6,00	-8,40	-0,11

Tab. 5: Excentricita na prutech rámového pole v místě uložení

			x[mm]
Tlak rovnoběžně s vlákny (f _{c,0,d}) [MPa]	19,08		131,027
Tlak kolmo na vlákna (f _{c,90,d}) [MPa]	2,16		1157,407
		•	
	<i>e</i> =	216,324	mm

V tabulkách Tab. 2, Tab. 3 a Tab. 4 jsou uvedeny získané výsledky na rámovém poli podle ručního výpočtu za použitím základní rovnic statiky a pružnosti v lineárním oboru deformací a napětí (platí Hookův zákon). Tyto tabulky je pak možné srovnávat s hodnotami získanými pomocí prutových a skořepinových modelů.

V tabulce Tab. 5 je výsledek pro zjednodušený výpočet hodnoty excentricity vlivem uložení nosníku příčle na sloup. Výpočet byl proveden za předpokladu lineárního rozdělení napětí v tlaku po prvku zhlaví sloupu. Dále se předpokládá uložení dřevěného nosníku volně na sloup (dřevo na dřevo). Smykové síly mezi sloupem a nosníkem jsou přenášeny ocelovým kotvením, které není ve výpočtu uvažováno. V reálném uložení jsou ovšem oba prvky svázány jak vodorovně tak svisle, takže i toto kotvení má vliv na přerozdělení sil v otlačení jednotlivých prvků. U reálné konstrukce by také sehrálo svou roli detailní řešení uložení, například pomocí neoprenové podložky částečně eliminující natočení a tím otlačování vodorovného nosníku

přes hranu sloupu. Neopren má také schopnost rovnoměrněji přerozdělit podporové tlaky na jednotlivé zatěžované prvky.

Dále je zjednodušení pro ruční výpočet uvažováno tak, že při natočení nosníku bude rovnoměrné rozdělení napětí pouze po zhlaví sloupu, ale po kontaktní ploše nosníku bude hmota dřeva stlačena a nebude zde platit Hookův zákon. Tedy rovnováha sil bude sestavena jen na sloupu (na nosníku budou podporové tlaky vyšší než mez kluzu v tlačení kolmo na vlákna nosníku).

U ručního výpočtu je zanedbána rozdílná tuhost pro nosník a sloup. Sloup je namáhán tlakem rovnoběžně s vlákny a nosník je namáhán kolmo na vlákna. U ručního výpočtu je zohledněn pouze tlak rovnoběžně s vlákny u sloupu pro výpočet délky otlačení a tím excentricity uložení. Pro běžné řezivo je rozdíl v napětí kolmo na vlákna s napětím rovnoběžně s vlákny kolem 1/10 až 1/7 a podíl tuhostí (modulů pružností) je kolem 1/10.



Obr. 5: Schéma rozdělení kontaktního tlaku na sloupu ANSYS

Na obrázku Obr. 5 se nachází schéma pro výpočet kontaktního tlaku. Výpočet kontaktního tlaku je omezen maximálním lineárním napětím v tlaku rovnoběžně s vlákny což je podle Tab. 5 kolem 19,05 MPa. Pro trojúhelníkový tvar tlaku a konstantní šířky průřezu sloupu 200 mm je možné na základě rovnováhy sil spočítat nutnou délku kontaktního tlaku a tím také excentricitu připojení vodorovného nosníku k ose sloupu. Ve středovém a pravém sloupci je kontaktní napětí pro lineární materiál ANSYS a nelineární materiál ANSYS.

Pokud získáme tuto excentricitu, můžeme následně spočítat vodorovnou sílu v podpoře sloupu (vodorovná reakce). Tato síla musí vyrovnat moment vzniklý od svislého zatížení a excentricity v místě hlavy sloupu na nulovou hodnotu. Předpokládá se, že v místě uložení není momentový spoj a je zde v připojení sloupu a nosníku moment roven nule. Reakce pak vyvozuje po sloupu ohybový moment trojúhelníkového tvaru s maximální hodnotou ve vrcholu sloupu. Tento moment je v tomto případě jen od svislých zatížení.

4.1 Výpočet podle SCIA Engineer 15.3

Aby byl zjištěn vliv excentrického napojení prvků na průběh vnitřních sil, je vytvořeno několik prutových modelů zohledňujících excentrické napojení. Pro přesné vyšetření konstrukce a srovnání výstupů z prutových modelů je vytvořen model skořepinový, který zohledňuje ortogonální vlastnosti dřeva (tlak kolmo - rovnoběžně s vlákny). Na prutových modelech jsou zvoleny různé typy excentrického napojení prvků konstrukce tak, aby byly názorně vidět změny vnitřních sil. Skořepinovým modelem by mělo být reprezentováno "reálné" chování konstrukce. Tím je myšleno, že je vzato v potaz ortogonální chování dřeva a tím reálnější přetvoření a napětí na jednotlivých konstrukčních prvcích rámu.

4.2 Prutové modely s uvážením excentricit

Pro srovnání změny průběhu vnitřních sil jsou vytvořeny čtyři numerické prutové modely zobrazené na Obr. 6. První model má přímé napojení na osy prutů. V dalších dvou modelech je příčel připojená na sloup pomocí tuhého ramene, které demonstruje excentrické napojení. Velikost ramene je zvolena podle myšleného napojení prvků.

Velikost ramene pro napojení sloupu $e_s = 216,324$ mm a příčle $e_p = 900$ mm. Do středu příčle je vložena pružina, které je dána již spočtená příčná tuhost haly (nahrazuje výztužné působení střešní roviny). Poslední, čtvrtý model zohledňuje obě dvě excentricity najednou. Z toho lze usoudit, že průběh vnitřních sil na čtvrtém modelu by měl nejvíce odpovídat vnitřním silám na skořepinovém modelu.





Obr. 6: Zjednodušené schémata typů vnitřních vazeb rámového pole

4.3 Prutové modely deformace a vnitřní síly

Z důvodu porovnání výstupních hodnot vnitřních sil jsou podrobně uvedeny vnitřní síly od stálého zatížení spolu se sněhem. Dále jsou uvedeny vnitřní síly od kombinací zatěžovacích stavů, tak aby bylo možné pozorovat jejich změny, které jsou závislé na typu připojení prvků.



Obr. 7: Deformace prutových modelů od stálého zatížení a sněhu



Obr. 8: Vnitřní síly My [kNm] prutových modelů od stálého zatížení a sněhu

Na obrázku Obr. 7 a 8 je vidět deformace a přerozdělení vnitřních sil v závislosti na excentricitě uložení. Jak se dalo předpokládat tak pro model M_0.1 a M_0.3, kde excentricita není ve vodorovném směru, nevzniká od svislých rovnoměrných zatížení žádný moment na sloupu (pro výpočet podle teorie I. řádu bez imperfekcí). Další výstupy vnitřních sil jsou zobrazeny na Obr. 9 až 11.

Na modelu M_0.2 a M_0.4 jsou uvažovány excentricity ve vodorovném směru a dochází zde k vzniku momentů na sloupech. Moment je závislý na velikosti excentricity, velikosti reakce ve sloupu, délce sloupu a na pružných vazbách v kotvení sloupu a v kotvení mezi sloupem a nosníkem. Získané svislé deformace nosníku z prutových konečně prvkových modelů byly shodné se skořepinovými modely SCIA a ANSYS. Vodorovná reakce pro lineární materiálový model v ANSYS se lišila o cca 20% od reakce pro materiálově nelineární model. Pro materiálově lineární model ANSYS byla vodorovná reakce v podpoře symetrická o hodnotě cca 12,4 kN.



Obr. 9: Vnitřní síly My [kNm] prutových modelů od stálého zatížení a sněhu a větru



Obr. 10: Vnitřní síly My [kNm] prutových modelů od stálého zatížení a sněhu a větru



Obr. 11: Vnitřní síly My [kNm] prutových modelů od stálého zatížení a sněhu a větru

Na modelu M_0.2 a M_0.4 jsou uvažovány excentricity ve vodorovném směru a dochází zde k vzniku momentů na sloupech. Moment je závislý na velikosti excentricity, velikosti reakce ve sloupu, délce sloupu a na pružných vazbách v kotvení sloupu a v kotvení mezi sloupem a nosníkem.

Jak je patrné z jednotlivých obrázků průběhů momentů, tak vítr se může v momentových účincích sčítat nebo odečítat s momenty vzniklými od excentricity. Účinky se sčítají po výšce sloupu a k maximu pak dochází ve vnitřní části sloupu, protože pro tento případ má vítr maximální momentový účinek uprostřed a excentricita ve vrcholu sloupu.

5 SKOŘEPINOVÝ MODEL

Výpočetní skořepinový model je vytvořen z ploch v programu AutoCad. Ty jsou následně importovány do programu Scia Engineer 15.3 ve kterém jim jsou přiřazeny vlastnosti materiálu

a tloušťky. V tomto případě jde o lepené lamelové dřevo GL28h s tím, že se klade důraz na ortotropní povahu materiálu, které je nutno nastavit podle LSS vyšetřovaného prvku. Ortotropní tuhosti materiálu jsou spočteny podle manuálu, který poskytuje Scia Engineer 15.3 [7]. Velikost sítě konečných prvků je přizpůsobena výpočetnímu modelu tak, aby byl výpočet programu časově nenáročný a zároveň poskytoval dostatečně vypovídající hodnoty a chování konstrukčního detailu.



Obr. 12: Zobrazení jemnosti sítě a nastavení ortotropie nosníku a sloupu



Obr. 13: Zobrazení napětí na sloupu pro zatížení stálé + sníh

Na Obr. 12 je vidět postupné zjemňování sítě, které má za úkol zpřesnit numerické řešení úlohy a zajistit modelu numerickou stabilitu a výpočetní náročnost tak, aby byl výpočet časově a ergonomicky optimální. Obr. 13 poskytuje náhled na rozliv napětí po prvku sloupu. Je zde vidět, že sloup je podle barevného spektra namáhán tlakem a ohybem od svislé síly. Tento ohyb je způsobem excentricitou vzniklou natočení nosníku kolem vnitřní hrany sloupu. Na horním pravém obrázku je vidět také přetvoření v okolí uložení mezi sloupem a nosníkem. Nosník je namáhán kolmo na vlákna a sloup rovnoběžně s vlákny. Dřevo je obecně anizotropní, ale dá se uvažovat jako ortotropní kde směr kolmo na vlákna má výrazně menší

tuhost a pevnost než směr rovnoběžně s vlákny. Proto zde, na tomto horním pravém obrázku Obr. 13 dochází k otlačení vodorovného nosníku s přetvořením v extrému okolo 3,854% a v širším okolí kolem 1-2%.



Obr. 14: Zobrazení globální deformace rámového pole pro výpočet podle teorie 2 řádu

Na Obr. 14 je znázorněna globální deformace. Maximum deformace je ve směru svislém a hodnota je okolo 111,90 mm. Tato hodnota je vyšší než u prutových modelů a to z důvodu, že při nelineárním výpočtu podle teorie druhého řádu se modul pružnosti snižuje podílem součinitelem materiálu, který zde je podle EC [mm] 1,25. Pokud deformaci 111,9 podělíme součinitelem 1,25, dostaneme blízkou hodnotu deformace jako u prutového modelu a to okolo 89,52 mm. V této hodnotě je zohledněno i samotné stlačení vodorovného prvku kolmo na osu, které u prutového modelu nemůže být spočteno. Důvodem je že prutové prvky ve standardních komerčních programech se deformují pouze ve své ose, od ohybu a smyku. V prutových modelech se dá tato deformace zahrnout přes dodatečnou pružinovou tuhost v místě napojení sloupu a nosníku.

-	L[m]	Uz[mm]		
Příčel	25,00	111,90		
Sloup	7,10	-		
-	τ _{yz} [MPa]	Σσ _x [MPa]	$\sigma_{x, T}$ [MPa]	$\sigma_{x,M}$ [MPa]
Příčel	1,10	13,70	-	13,70
Sloup	0,22	8,90	2,50	6,40
-	N[kN]	Vz[kN]	My[kNm]	
Příčel	-	264,00	1479,60	
Sloup	260,00	15,53	57,69	

Tab. 6: Deformace a napětí a vnitřní síly na skořepině

Tab. 7: Srovnávací tabulka jednotlivých způsobů řešení pro příčel (nosník)

	Deformace	Vnitřní síly			Procentuální odchylka		
Příčel	Uz[mm]	N[kN]	Vz[kN]	My[kNm]	μ _(Uz) [%]	$\mu_{(Vz)}[\%]$	μ _(My) [%]
Skořep. Model	89,52	0,00	264,00	1479,60	-		-
Prutové modely							
Model M_0.1	91,30	0,00	250,00	1562,35	-1,99	5,6	5,30
Model M_0.2	88,40	0,00	250,00	1535,87	1,25	5,6	3,66
Model M_0.3	91,30	0,00	250,00	1565,10	-1,99	5,6	5,46
Model M_0.4	87,70	0,00	250,00	1531,50	2,03	5,6	3,39
Ruč. výpočet	83,06	0,00	250,00	1562,50	7,22	5,6	5,31

Tabulka Tab. 6 zobrazuje deformační a silové a napěťové veličiny na skořepině. Tyto hodnoty byly dopočteny podle zásad statiky a nauky pružnosti z napěťových stavů na skořepině nebo odečteny přímo jako spočtené hodnoty ze skořepiny. Je patrná shoda s výsledky podle ručních zjednodušených výpočtů nebo prutových modelů. Pouze deformace je vyšší a to z důvodu již zmíněného nastavení programu podle normy (pro výpočet podle teorie druhého řádu se snižuje modul pružnosti). Rozdíl je možné také vysledovat ve vodorovné reakci u skořepinového modelu. Zde je vodorovná síla vyšší než u prutových modelů a ručního výpočtu. Důvodem je, že podle zjednodušeného výpočtu excentricity podle ručního výpočtu je tato excentricita použita také pro prutové modely. A při výpočtu podmínek rovnováhy se musí dospět pro ruční výpočet a prutové modely k podobné vodorovné síle. Zatímco skořepinový model měl trošku jiné okrajové podmínky uložení dolního kotvení a také kotvení sloup a nosník. A také skořepinový model byl spočten s uvážením ortotropie, což může vést na jinou hodnotu excentricity a tím také hodnotu vodorovné síly v podpoře kotvení.

	Vnitřní síly			Procentuální odchylka		
Sloup	N[kN]	Vz[kN]	My[kNm]	μ _(N) [%]	μ _(Vz) [%]	μ _(My) [%]
Skořep. Model	260,00	15,53	57,69	-	-	-
Prutové modely						
Model M_0.1	250,00	0,00	0,00	4,00	-	-
Model M_0.2	250,00	6,46	54,09	4,00	58,44	6,66
Model M_0.3	250,00	0,00	0,00	4,00	-	-
Model M_0.4	250,00	6,51	54,09	4,00	58,08	6,66
Ruč. výpočet	250,00	7,62	54,08	4,00	50,93	6,68

Tab.8: Srovnávací tabulka jednotlivých způsobů řešení pro sloup

Ve výše uvedené tabulce jsou zvýrazněny hodnoty, které se liší nejmenší výchylkou. Nejmenší výchylky od skořepinového modelu vycházejí v Modelu M_0.4. V tomto modelu jsou zohledněny obě dvě varianty excentrického napojení prvků.

6 ZÁVĚR

Tato práce se zaměřila na srovnání prutových modelů závislých na excentrickém napojení prvků se skořepinovým modelem. Prutový model M_0.4, jak bylo předpokládáno, se nejvíce blížil ke skořepinovému modelu a to díky tomu, že jsou na něm zohledněna excentrická napojení prvků podle předpokladů geometrie konstrukce rámu sportovní haly a ručního zjednodušeného výpočtu.

Výsledné hodnoty získané ručním výpočtem byly ověřeny prutovým 3D numerickým modelem, 2D prutovými modely s různými typy excentricit a skořepinovým modelem dobře korespondují mezi sebou. Lze říci že, při nevhodném uložení nebo při zanedbání možného vzniku excentricit může dojít k velkému lokálnímu namáhání dřevěného prvku kolmo na vlákna, ale také k možnému štípání nebo smykovému porušení prvku sloupu namáhaného rovnoběžně s vlákny a to z důvodu jeho zatěžování při okraji. K těmto efektům se pak také přidružuje ohybové namáhání sloupu vlivem vyosení a tím vzniku excentricit. Toto namáhání od ohybu vlivem excentricit může mít za následek snížení využitelnosti sloupu na ohyb mezi 10 – 30%

(15% ve středu sloupu, protože tam je moment od excentricity poloviční oproti vrcholu sloupu) podle účinků a pozice vnitřních sil na geometrii zatěžovaného sloupu.

Tyto závěry ale platí pro velké vstupní síly a rozměrné prvky a to ještě za předpokladu nevhodného detailu v kotvení sloupu a vodorovného nosníku. Řešením jak zmenšit možné excentricity je podložení obou prvků neoprenovou podložkou, která se dotvaruje a tím zmenší vyosení a lokální kontaktní tlaky nebo použitím vhodné úpravy geometrie kontaktních ploch sloupu a nosníku, případně použitím ocelové detailu zajišťujícího osový přenos vnitřních sil mezi sloupem a nosníkem.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 1702 mod DIN 1052:2004 Navrhování, výpočet a posouzení dřevěných stavebních konstrukcí Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI. 2007. 174 s.
- [2] ČSN EN 1995-1-1 73 1701 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí Část 1-1: Obecná pravidla Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI. 2006. 114 s.
- [3] GUNDERSON, R. A., GOODMAN, J.R., BODIG, J. Plate Tests for Determination of Elastic Parameters of Wood, Wood Science, Vol. 5., p. 241-248, April 1973.
- [4] JOHNSSON, H. Plug Shear Failure in Nailed Timber Connections Avoiding Brittle and Promoting Ductile Failures. Doctoral thesis, Div. of Timber Structures, Luleå University of Technology, 2004:03.
- [5] KOŽELOUH, B. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Obecná pravidla pro pozemní stavby, Komentář k ČSN 73 1702:2007, Praha: ČKAIT, 228 s, 2008, ISBN 978-80-87093-73-3.
- [6] KOŽELOUH, B. Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5, STEP 2, Navrhování detailů a nosných systémů. Zlín: KODR, 2004, ISBN 80-86 769-13-5.
- [7] Scia Engineer [online]. 2015 [cit. 2016-01-01]. Dostupný z WWW: < http://www.sciaonline.com>.
- [8] RELEASE 11 DOCUMENTATION FOR ANSYS, SAS IP, INC., 2007.

EFFECT OF CONNECTION ECCENTRIC BEARING ELEMENTS ON THE INTERNAL FORCES POLE

Keywords

Wood, glulam elements, ANSYS, eccentricity, deformation, FEM, stiffness.

Summary

Such a simplification highlights the major points. The purpose is to help the audience get the gist in a short period of time. This article focuses on the impact of the imposition main building blocks of wood glued lamellar structures. For large spans and thus the corresponding elements are large bearing surfaces, which may inappropriately horizontal mounting element lead to manifestations of eccentricities and thereby also the additional stress column bending moment. The aim of this study is to evaluate the effect of a specific example of such a store manager for eccentricity.