Experimentálne overovanie priehradových nosníkov

Jaroslav Sandanus[1], Miloš Slivanský[2], Kristián Sógel[3]

V príspevku je predstavené dlhodobé experimentálne meranie dvojice drevených priehradových nosníkov s oceľovými doskami s prelisovanými tŕňmi. Experiment sa realizuje priamo u výrobcu týchto nosníkov vo firme Tectum Novum v Zemnom. Spolupráca STU v Bratislave a výrobcu drevených konštrukcií sa ukázala ako obojstranne prospešná v spoločnom výskumno-realizačnom projekte.

The paper presents the long-term experimental research of a timber truss with joints made by steel nail tooth plates. The experiments were prepared in the cooperation between SUT Bratislava and a company Tectum Novum, which is a manufacturer of these type of structures.

Úvod

Experimentálny výskum zrealizovaný v priestoroch firmy Tectum Novum v Zemnom nadväzuje na krátkodobé meranie odolnosti priehradových nosníkov realizované v roku 2010. Tentoraz sa experimentálne bádanie zameriava na vplyv dlhodobého zaťaženia. Skúmané sú vlastnosti priamopásových priehradových nosníkov z rasteného dreva. Cieľom výskumu je zistiť vplyv dlhodobého zaťaženia na tuhosť a odolnosť nosného prvku.

Experimentálne overovanie priehradových nosníkov

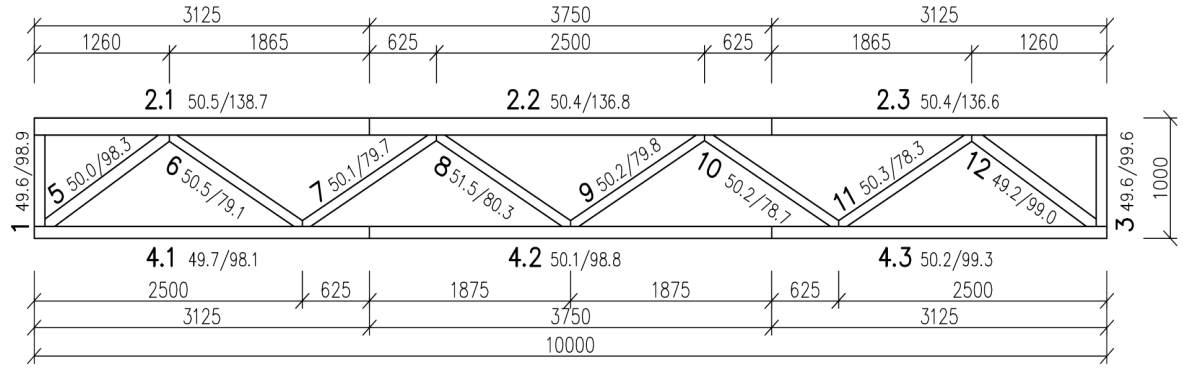
Skúmané typy nosníkov, materiál a geometria

Pri experimente sú skúmané priamopásové priehradové nosníky z KVH so spojmi s oceľovými doskami s prelisovanými tŕňmi (obr. 1).
Skúšobné vzorky priehradových nosníkov majú rozmery 10m x 1m a pozostávajú z prútov vyrobených z KVH pevnostnej triedy C24 vzájomne spojených styčníkmi z oceľových dosiek

Obr. 1 – Skúšobné vzorky, celkový pohľad a detail zosilnenia krajných diagonál

1) doc., Ing., PhD., e-mail: jaroslav.sandanus@stuba.sk, 2) Ing., PhD., e-mail: milos.slivansky@stuba.sk, 3) Ing., PhD., e-mail:, kristian.sogel@stuba.sk, , Katedra kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave

s prelisovanými tŕňmi. Geometria a rozmery overovaného typu nosníkov sú uvedené na obr. 2. Prúty priehradového nosníka boli vyrobené z reziva typu KVH, materiál bol strojovo triedený.

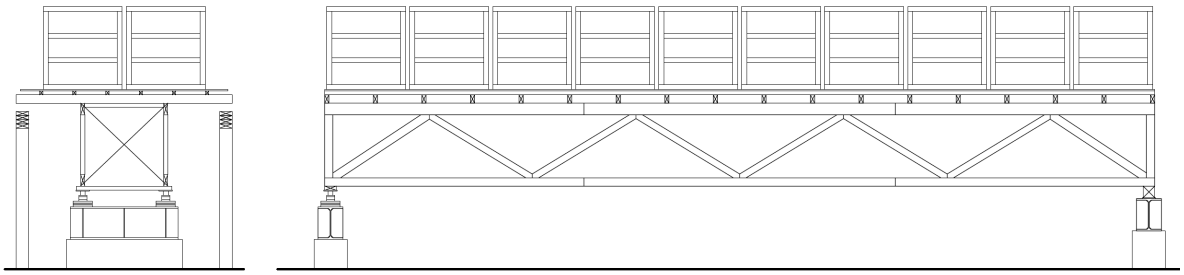


Obr. 2 – Geometria a rozmery skúšobných vzoriek (vzorka B)

Obr. 3 – Detail styčníka v spodnom páse a meranie rozovretia spodného pása

Zaťažovacia zostava

Skúšobné vzorky priehradových nosníkov boli overované ohybovou skúškou (obr. 4). Pri celkovej dĺžke nosníkov 10m bola teoretická vzdialenosť koncových podpier nosníkov 9,90m. Aby bolo možné overiť pôsobenie nosníkov, ktoré sa približuje reálnym podmienkam pri zabudovaní nosníkov v stavebnej konštrukcii, boli vzorky zaťažované symetricky spojitým rovnomerným zaťažením.



Obr. 4 – Zaťažovacia zostava

Vzhľadom na rozmery a typ overovaných nosníkov je skúmaná dvojica nosníkov. Vzájomná osová vzdialenosť nosníkov je 1,0m. Aby sa zabezpečila dostatočná tuhosť a stabilita skúšobnej zostavy ako celku a tiež z hľadiska zabezpečenia stability horného (tlačeného) pása z roviny nosníkov, boli skúšobné vzorky v rovine horných pásov prepojené vodorovným priehradovým vystužovadlom (obr. 5 vpravo).

Obr. 5 – Skúmaná dvojica nosníkov a vodorovné vystužovadlo v rovine horných pásov

Priehradové vystužovadlo bolo vyrobené ako drevený priamopásový priehradový nosník so styčníkmi s oceľovými doskami s prelisovanými tŕňmi a k horným pásom skúšaných nosníkov bolo pripojené drevoskrutkami. V mieste podpier a na koncoch priehradových nosníkov bol výstužný systém doplnený dvojicou zvislých oceľových vystužovadiel usporiadaných v tvare kríža. Keďže išlo o ťahaný systém vystužovadiel, aktivovanie oceľových vystužovadiel bolo zabezpečené dopínaním (obr. 6 vľavo).

Obr. 6 – Zvislé oceľové vystužovadlo a koncová podpera skúšobných vzoriek

Podopretie nosníkov na oboch koncoch tvorili betónové bloky, na ktoré boli uložené oceľové podpery vyrobené z valcovaného prierezu HE 400A (obr. 6 vpravo). Zaťažovanie nosníkov sa realizovalo prostredníctvom nádob, ktoré sa podľa potreby napĺňali vodou (obr. 7). Zaťažovacie nádoby boli vyrobené pracovníkmi firmy Tectum Novum a ich vodotesnosť bola bola pred zaťažovacou skúškou odskúšaná, aby v priebehu merania nedošlo k poškodeniu meracej aparatúry presakujúcou vodou a pod. Pri experiemente bolo na zaťažovanie skúšobných vzoriek priehradových nosníkov celkovo použitých 20ks nádob, 10 + 10ks na každý nosník. Objem každej nádoby bol cca. 600 litrov, to znamená, že naplnením všetkých nádob je možné vyvodiť premenné zaťaženie na každý nosník približne 6,0kN/m. Roznos

zaťaženia na horný pás skúšobných vzoriek priehradových nosníkov zabezpečuje drevený rošt (priečniky prierezu 50/140mm s osovou vzdialenosťou 600mm a latovanie prierezu 50/40mm s osovou vzdialenosťou 500mm) a plnoplošné debnenie z dosiek OSB hrúbky 12mm a rozmerov 1250 x 2500mm. Napĺňanie a odčerpávanie vody z a do zaťažovacích nádob zabezpečovali 4 ponorné elektrické čerpadlá.

Obr. 7 – Zaťažovacie nádoby

Meracie zariadenia

Meracie zariadenia môžeme v podstate rozdeliť do dvoch skupín. Jednu skupinu tvoria elektrické snímacie zariadenia, ktoré sa používali při zaťažovaní alebo odľahčovaní nosníkov. Druhú skupinu tvoria snímače analógové, ktoré sa výhodne používajú pri dlhodobom pozorovaní skúšobných vzoriek. Správanie skúšobných vzoriek vo fáze zaťažovania a každej zmeny zaťaženia bolo zaznamenávané pomocou meracej stanice od firmy HBM Spider8, ktorá prenášala a zaznamenávala namerané údaje prostredníctvom napojenia na prenosné PC cez obslužný softvér CatMan. Namerané údaje boli po ukončení merania exportované do súborov formátu Microsoft Excel. Vzhľadom na počet meracích miest (16) museli byť použité 2 stanice Spider8, pretože jedno zariadenie umožňuje spracovávať merané údaje len z maximálne 8 meracích miest.

Pri zaťažovaní priehradových nosníkov boli merané tieto veličiny (počty kusov na 1 vzorku):

- zvislé deformácie skúšobnej vzorky 3x
- deformácia prípoja dolného pásu 1x
- reakcia v podpere nosníka 1x
- meranie pomerných deformácií skúšobnej vzorky 2x

Ako merače deformácií boli použité elektronické indukčné ihlicové deformometre (obr. 8).

Obr. 8 – Meranie deformácií v mieste podpery a v strede rozpätia nosníka

Rozovretie prípoja na dolnom páse nosníkov bolo sledované pružinovým ihlicovým meračom vodorovných deformácií (HBM WA/20-T), ktorý sa spolu s kovovou zarážkou umiestnil v mieste spoja na spodný okraj dolného pásu priehradového nosníka.

Obr. 9 – Rrozovretie prípoja na dolnom páse nosníka

Obr. 10 – Elektronický silomer pred osadením do zaťažovacej zostavy

Na meranie reakcií v podperách sa použili elektronické silomery HBM RTN 47 s maximálnym rozsahom do 470kN a citlivosťou ±20N (obr. 10).

Meranie pomerných deformácií skúšobných vzoriek sa realizovalo pomocou odporových tenzometrov. Tenzometre boli osadené v strede rozpätia overovaných nosníkov, na jednom (vonkajšom) povrchu pri tlačenom aj ťahanom okraji v osi prútov. Na jednu vzorku boli použité 2 tenzometre (obr. 11).

Obr. 11 – Osadenie tenzometrov na skúšobnej vzorke (v strede rozpätia - dolný a horný pás)

Priebeh a vyhodnotenie experimentálnych meraní

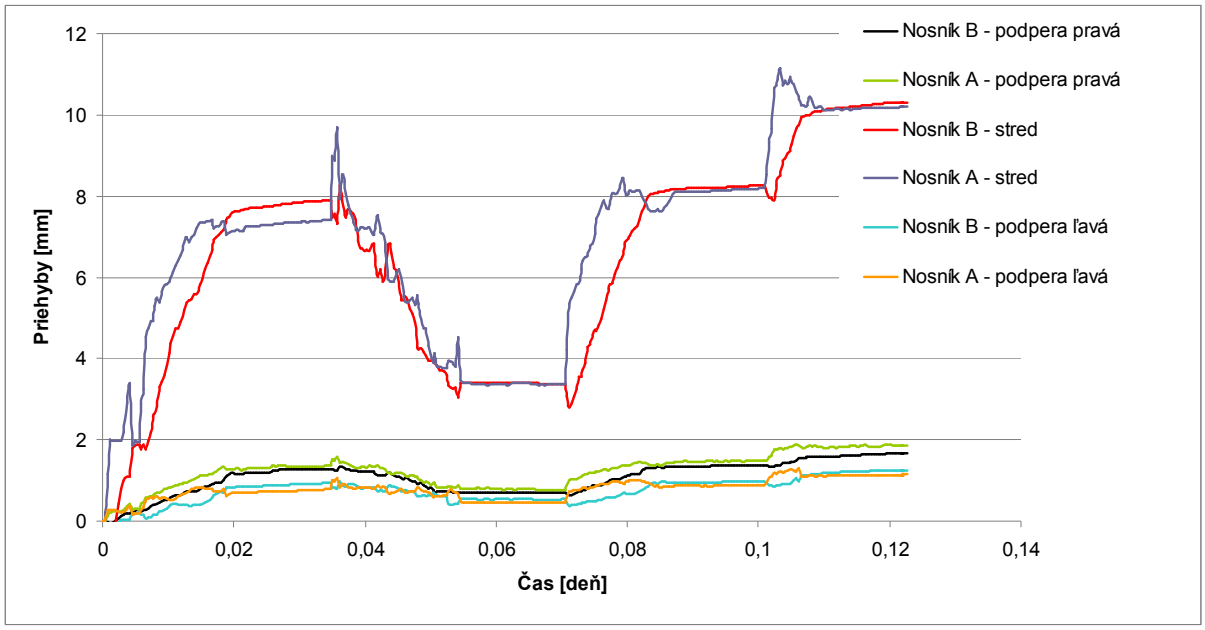
Celkovo sa v priestoroch firmy Tectum Novum skúšajú 2 vzorky (1 dvojica) drevených priehradových nosníkov. Skúšobné vzorky boli označené A a B. Keďže dlhodné pozorovanie nosníkov stále prebieha, nasledovná kapitola obsahuje iba čiastkové výsledky uskutočnených experimentálnych meraní.

Zaťažovanie nosníkov

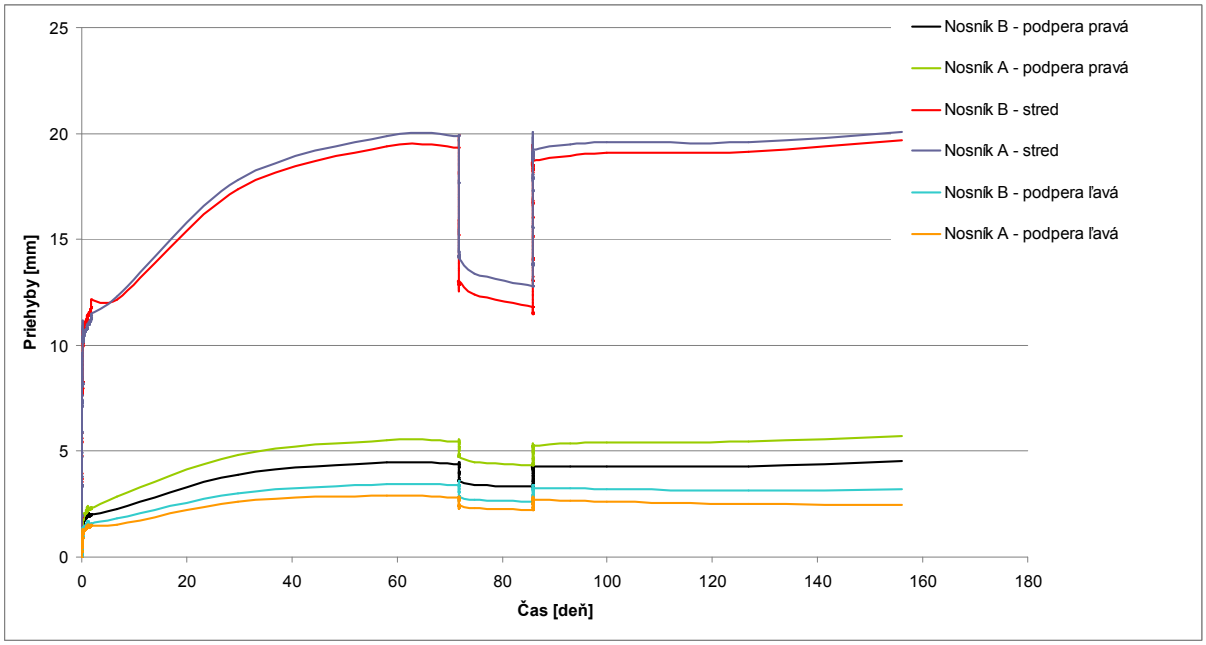
Zaťažovanie vzoriek sa realizovalo 18. júla 2012. Napĺňaním zaťažovacích nádob vodou sa simulovalo zaťaženie snehom. Jednotlivé nádoby sa napĺňali, resp. vyprázdňovali postupne, vždy symetricky od stredu alebo od koncov nosníkov. Úroveň zaťaženia sa sledovala vizuálne na základe výšky hladiny vody v nádobách a súčasne sa kontrolovala reakcia v mieste podpery elektronickým silomerom napojeným na meraciu aparatúru.
Zaťaženie bolo ponechané na nosníkoch do 28. septembra 2012, t.j. 71 dní. Toto obdobie zodpovená strednodobému zaťaženiu podľa STN EN 1995-1-1. V tomto čase boli nosníky odľahčené a sledovala sa návratná deformácia. Po 14 dňoch po odľahčení boli nosníky znova zaťažené pôvodnú úroveň zaťaženia. V čase písania článku je doba zaťaženia asi 150 dní od druhého priťaženia.

Deformácie nosníkov

Zvislé deformácie skúšobnej vzorky boli merané v 3 meracích bodoch (graf 1) – deformácie v mieste podpier (2x) a deformácia v strede rozpätia nosníka (1x). Namerané údaje sa pri spracovaní opravili o deformácie v mieste podpier.



Graf 1 – Závislosť zaznamenaných priehybov od času vo fáze zaťažovania



Graf 2 – Vývoj závislosť zaznamenaných priehybov od času

Čiastkové výsledky meraní

Okamžitý priehyb nosníkov po zaťažení bol 10mm. Z grafu závislosti priehybu od času je možné pozorovať, že k ustáleniu priehybov dochádza asi po 60 dňoch na úrovni 19,6mm. Táto hodnota predstavuje 100%-né zvýšenie priehybov.

Keď už bol ďalší nárast priehybov veľmi pomalý, nosníky boli odľahčené a sledovala sa spätná deformácia. Tu sa zistila trvalá deformácia nosníkov 1,2mm, čo predstavuje 12% z okamžitého priehybu.

Po ďalšom zaťažení nosníkov krivka závislosti priehybov od času akoby nadväzovala na predchádzajúci priebeh. Prírastok priehybov je veľmi pomalý, až zanedbateľný.

Priehyb	Nosník A [mm]	Nosník B [mm]	Priemer [mm]
Okamžitý od prvého zaťaženia	10,2	10,2	10,2
72 dní od prvého zaťaženia	19,9	19,3	19,6
Okamžitý po odľahčení	14,1	13,0	13,6
14 dní po odľahčení	12,8	11,8	12,3
Okamžitý pri druhom zaťažovaní	19,1	18,3	18,7
70 dní od druhého zaťaženia	20,1	19,7	19,9

Poznámka: v uvádzaných priehyboch nie je zohľadnená deformácia podpier
Vypočítaný okamžitý priehyb bez ohľadu na popustenie spojov je 10,4mm.

Záver

Uskutočnený experiment sa snaží poukázať na význam dotvarovania u priehradových väzníkoch s oceľovými doskami s prelisovanými tŕňmi. Vplyvom dlhodobého zaťaženia je možné očakávať 100%-né zvýšenie priehybov. Treba ďalej počítať aj s trvalou deformáciou, ktorá je asi 10% okamžitej deformácie.
Prebiehajúci experiment je dobrým predpokladom pre ďalší rozvoj priehradových konštrukcií s kovovými doskami s prelisovanými tŕňmi. Prípadná investícia do výskumu od viacerých výrobcov týchto konštrukcií by určite pomohla všetkým zúčastneným stranám v propagácii ich produktov a obnoviteľnej suroviny – dreva – v povedomí verejnosti a potenciálnych investorov.
Vzhľadom na počet odskúšaných vzoriek je treba poznamenať, že na formuláciu všeobecných záverov pre tento typ konštrukcie by bolo potrebné urobiť väčší počet experimentálnych meraní, ktoré by utvorili štatisticky vyhodnotiteľný súbor.