

## PRIESTOROVÁ TUHOŠŤ DREVENÝCH PRIEHRADOVÝCH KONŠTRUKCIÍ

### Abstract:

Two roof structures made of timber trusses collapsed during the winter in 2005. Employees of the Department of Steel and Timber Structures at SUT in Bratislava performed a detailed diagnostic inspections of 16 sites roofed by mentioned type of timber trusses in Slovakia and also in Czech republic.

### 1. ÚVOD

Diagnostické prehliadky boli zamerané na kontrolu stavu strešnej konštrukcie a porovnanie jej skutočného vyhotovenia vzhľadom na príslušnú projektovú dokumentáciu. V prípade, že bol dostupný aj statický výpočet, kontrolovali sa jeho vstupné parametre (skladby, zaťaženia, snehové a vetrové oblasti, geometria konštrukcie a pod.) a kompletnosť výpočtu (návrh a dimenzovanie jednotlivých nosných prvkov). V niektorých prípadoch bol dokonca podľa potreby spracovaný aj kontrolný statický prepočet vybraných nosných konštrukcií resp. prvkov.



Obr. 1 - Montáž strešnej konštrukcie z drevených väzníkov



Obr. 2 - Priehradový väzník so styčnicami s oceľovými doskami s prelisovanými tŕňmi

<sup>1</sup> doc. Ing., PhD., e-mail: [jaroslav.sandanus@stuba.sk](mailto:jaroslav.sandanus@stuba.sk), KKDK SvF STU v Bratislave

<sup>2</sup> Ing., PhD., e-mail: [milos.slivansky@stuba.sk](mailto:milos.slivansky@stuba.sk), KKDK SvF STU v Bratislave

Strešná konštrukcia na všetkých kontrolovaných prevádzkach bola realizovaná ako drevený väzníkový krov s maximálnym rozpätím cca. 20m, ktorý bol uložený na železobetónový nosný skelet. Vzhľadom na polohu v konštrukcii boli použité väzníky so styčníkmi s oceľovými doskami s prelisovanými trňmi sedlového, lichobežníkového alebo trojuholníkového tvaru. Vzájomná osová vzdialenosť väzníkov sa pohybovala od 900mm do 1300mm. Vystuženie konštrukcie na vodorovné účinky zabezpečovala sústava drevených a oceľových vystužovadiel umiestnených v strešnej rovine (pričné vystuženie) a vo zvislej rovine (pozdĺžne vystuženie). Ako strešná krytina bola použitá ťažká škridľa (keramická alebo betónová), ktorá bola uložená na strešné laty kotvené na horný pás priehradových väzníkov. Tepelná izolácia a podhľad boli realizované v rovine dolných pásov priehradových väzníkov.

## 2. ZISTENÉ NEDOSTATKY

Napriek tomu, že jednotlivé strešné konštrukcie neboli realizované jedinou dodávateľskou firmou (vzhľadom na počet objektov sa na dodávke zastrešení podieľalo 5 firiem), boli nedostatky a chyby na zrealizovaných konštrukciách relatívne podobné, a preto ich v príspevku budeme spomínať obecné. Okrem skupiny chýb, ktoré sa týkali neodborných zásahov do nosnej konštrukcie počas montáže pridružených konštrukcií a zariadení (najmä zariadenia a rozvody vzduchotechniky), alebo zlého výberu dreveného materiálu (trhliny, kôra, hrče a pod.), sa vo veľkom rozsahu objavovali závažné nedostatky súvisiace s vystužením strešnej konštrukcie na účinky zaťaženia vetrom a zabezpečenie stability jednotlivých nosných prvkov, resp. tvaru strešnej konštrukcie ako celku. Zatiaľ čo prvú skupinu nedostatkov môže projektant strešnej konštrukcie ovplyvniť iba okrajovo alebo vôbec, druhá skupina nedostatkov priamo súvisí s nedostatočnou analýzou samotného výstužného systému a s podcenením dôsledkov vyplývajúcich zo zlého návrhu konceptu vystužovadiel ako celku, alebo zlého návrhu riešenia prípojov a detailov jednotlivých výstužných prvkov a pod.



Obr. 3 - Neodborné zásahy do nosnej konštrukcie a vady materiálu

Aj keď jednotlivé prúty priehradových väzníkov sú pomerne subtílné (prierezy od 70/70mm do 70/220-250mm), väzník ako nosná konštrukcia je veľmi efektívny a vyznačuje sa priaznivým pomerom medzi spotrebou materiálu a statickou účinnosťou (únosnosť a ohybová tuhosť).

Takéto riešenie však predpokladá, že priehradový väzník bude výlučne namáhaný iba zaťažieniami pôsobiacimi v jeho strednicovej rovine (zvislé zaťaženia) a stabilita tlačných prútov z roviny väzníka bude zabezpečená vhodne navrhnutým systémom vystužovadiel. V prípade, že nie sú dodržané spomínané skutočnosti, dochádza ku niekoľkonásobnému (nekontrolovanému) nárastu namáhania niektorých častí väzníka (tlačené prúty, styčníky s oceľovými doskami, ohyb prútov z roviny väzníka), ktoré môže viesť ku porušeniu jednotlivých nosných prvkov alebo až ku kolapsu celej strešnej konštrukcie.





Obr. 4 - Nedostatočne stabilizovaný (vybočený) tlačný pás väzníka

Ani v jednom prípade, kedy bol kontrolovaný predložený statický výpočet, nebola funkcia ani reálne zaťaženie vystužovadiel overované podrobnejším statickým výpočtom (zaťaženie vetrom, zaťaženie od stabilizácie tlačných častí väzníka). Žiadnym spôsobom takisto nebola overovaná ani interakcia vystužovadiel a priehradových väzníkov, nehovoriac o navrhovaní detailov prípojev vystužovadiel ku pásom väzníka a pod. Strešný väzník bol posudzovaný ako samostatná rovinná konštrukcia, zaťažená výhradne zvislými účinkami (vlastná tiaž, krytina, podhľad a sneh). Výstužný systém bol vo väčšine prípadov zhotovený podľa akýchsi „konštrukčných“ zásad dodávateľa strešnej konštrukcie. Takto navrhnutý a zhotovený systém vystužovadiel bol veľmi často nielenže neúplný, ale obsahoval navyše prvky, ktoré boli neúčinné, chaoticky usporiadané alebo nadbytočné.



Obr. 5 - Chýbajúci segment vystužovadla a neúčinné (uvoľnené) vystuženie oceľovým pásom

### 3. ANALÝZA VÝSTUŽNÉHO SYSTÉMU

Aby bolo možné zhodnotiť reálny vplyv používaných výstužných systémov na výsledné pôsobenie strešnej konštrukcie ako celku, autori príspevku analyzovali niekoľko výpočtových modelov. Cieľom výpočtov MKP bolo zohľadniť spolupôsobenie vystužovadiel s priehradovými väzníkmi a vystihnúť tak reálne pôsobenie týchto konštrukcií. Na základe dosiahnutých výsledkov a ich porovnaním so skutočným vyhotovením konštrukcie je možné konštatovať tieto postrehy, resp. závery:

- Priečne strešné vystužovadlo je vo väčšine prípadov navrhované ako priehradový nosník, ktorý je umiestnený v strešnej rovine medzi hornými pásmi väzníkov v každom 8 až 10 poli. Statická výška tohoto vystužovadla je teda rovná vzdialenosti väzníkov, čiže cca. 1000mm. Vzhľadom na pôdorysné rozpätie vystužovadla (cca. 20m) ide o pomerne štíhly priehradový nosník, ktorý okrem prenosu

zaťaženia vetrom zabezpečuje stabilitu tlačeneho horného pásu väzníka z jeho roviny. Stabilitným výpočtom MKP bolo overené, že pre bežné rozpätia väzníkov je statická výška priečneho strešného vystužovadla rovná vzdialenosti väzníkov (cca. 1000mm) dostatočná a predpokladané vzperné dĺžky horných pásov z roviny väzníkov možno uvažovať konzervatívne rovné vzdialenosti uzlov strešného vystužovadla.

- V prípade, že priečne strešné vystužovadlo pozostáva z niekoľkých segmentov, je potrebné venovať dostatočnú pozornosť systému účinného prepojenia jednotlivých segmentov (obr. 6). Neprepojené časti vystužovadla sú neúčinné, vystužovadlo nie je schopné zabezpečiť funkciu prenosu vodorovného zaťaženia vetrom ani funkciu stabilizácie horného pásu priehradových väzníkov. V mieste nadpájanie segmentov vystužovadla navyše dochádza ku vzniku prídavného namáhania pásov priehradového väzníka (namáhanie ohybovým momentom z roviny väzníka), na ktoré nie sú nosník ani jeho styčníky navrhované, a v prípade styčníkov s plechmi s prelisovanými tŕňmi nie je takéto namáhanie ani dovolené.



Obr. 6 - Neprepojené segmenty priečneho strešného vystužovadla

- Vzhľadom na pomerne výrazný sklon horného pásu väzníkov ( $15^\circ$  až  $20^\circ$ ) dochádza pri vodorovnom zaťažení priečneho strešného vystužovadla (napr. vietor) ku nezanedbateľnému „príťaženiu“ priľahlých strešných väzníkov v ich zvislej (účinnnej) rovine. V závislosti od rozpätia, sklonu a veľkosti zaťaženia môže takéto príťaženie predstavovať 25 aj viacpercentný nárast osových síl na pásoch väzníka. Na zvýšené zaťaženie nie sú pri bežnom posudku nosník ani jeho styčníky dimenzované. V extrémnych kombináciách zaťaženia môže dokonca prísť ku „nadvihovaniu“ jedného z priľahlých nosníkov, čo má za následok zmenu pôvodne ťahaného dolného pásu (bez stabilizácie) na pás tlačenej, bez dostatočného zabezpečenia stabilizácie z roviny väzníka (veľká vzperná dĺžka = veľmi malá odolnosť prúta).



Obr. 7 - Nedostatočné pripojenie vystužovadla k pásom priehradového väzníka



- Aby vôbec mohlo dôjsť k účinnému zapojeniu priečného strešného vystužovadla a následnému prirážaniu priľahlých väzníkov, musí byť prípoj vystužovadla a horného pásu priehradových väzníkov navrhnutý nielen na zaťažovacie účinky v rovine strešnej konštrukcie, ale predovšetkým na pridružené zaťažovacie účinky pôsobiace vo zvislej rovine. S ohľadom na tento fakt je možné bežné použitie niekoľkých klinčov na celú dĺžku vystužovadla pokladať za nedostatočné (obr. 7).

- Zvislé prirážanie väzníkov od účinkov vodorovného zaťaženia je možné efektívne redukovať (z pôvodných 25% na 10% a menej) vhodným rozmiestnením a geometriou pozdĺžnych zvislých stužidiel. Najčastejšie používaný systém výstužných krížov prechádzajúcich cez 2 polia je účinný iba za predpokladu, že diagonálne prúty a ich prípoje sú navrhované s ohľadom na prenos takýchto prídavných zaťažení. Ešte rovnomernejšie prerozdelenie prirážania väzníkov sa dá dosiahnuť doplnením krížov o pásové prúty (v rovine horných a dolných pásov väzníka). Pri diagnostických prehliadkach boli na strešných konštrukciách v prevažnej miere použité prúty s veľmi vysokou štíhlosťou (nad 200), ktoré nie je možné započítať ako nosné prvky, a ani rozmiestnenie a počet spojovacích prostriedkov (klince) nezodpovedali požiadavkám pre nosné prípoje (obr. 8). Pásové prúty boli použité iba ojedinele.



Obr. 8 - Štíhle (neúčinné) prúty pozdĺžneho vystužovadla a nedostatočný prípoj

- Priečne strešné vystužovadlo je nutné počítať na účinky vodorovných zaťažení (vietor, stabilizácia) na celkové rozpätie priehradového väzníka, pretože pri bežnom konštrukčnom usporiadaní nosnej konštrukcie nie je systém pozdĺžnych zvislých vystužovadiel schopný zabezpečiť dostatočne tuhú vodorovnú podperu pre priečne strešné vystužovadlo (podľa polohy v polovici, resp. n-tinách rozpätia strešného väzníka).

#### 4. ZÁVER

Autori príspevku môžu podľa svojich skúseností z uplynulých rokov konštatovať, že povedomie projektantov a dodávateľov drevených väzníkových konštrukcií sa do dnešného dňa zmenilo iba veľmi málo. Napriek tomu, že po rozsiahlych diagnostických prehliadkach v roku 2006 boli stanovené jednoznačné chyby kontrolovaných konštrukcií, boli uvedené nedostatky statických výpočtov, projektovej dokumentácie a súčasne boli navrhnuté riešenia pre zlepšenie funkcie výstužných systémov, aj nedávno zhotovené konštrukcie vykazujú stále rovnako vážne chyby, ktoré môžu viesť ku porušeniu alebo až kolapsu celej strešnej konštrukcie. Na záver zostáva len dúfať, že zaťaženia ako sneh a vietor budú k nízkej odbornej spôsobilosti v navrhovaní a realizácii drevených väzníkových konštrukcií naďalej dostatočne zhovievavé.