

Je potrebná nezávislá kontrola projektu a kontrola zhotovenia nosnej konštrukcie?

Jaroslav Sandanus ¹, Miloš Slivanský ²

V nasledujúcom príspevku sú predstavené tri konštrukcie, u ktorých boli zistené závažné nedostatky v štádiu projektu. Nedostatky pri jednej z nich vyústili do havárie strechy, ďalšie dve konštrukcie boli sanované v štádiu výstavby.

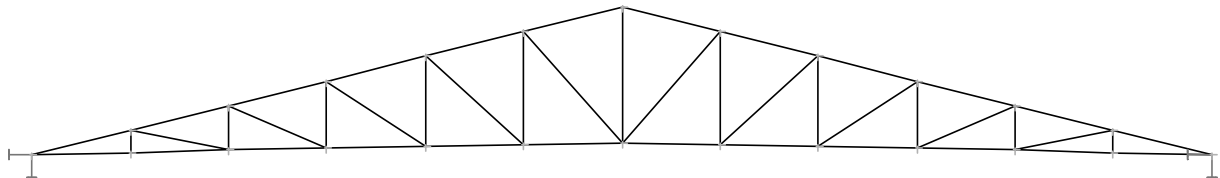
Poukazujeme na problematiku kontroly statiky a možnosti (alebo nutnosti?) zavedenia inštitútu nezávisleho audítora pre významnejšie objekty.

Úvod

Aj napriek skutočnosti, že v súčasnom stave legislatívy v stavebníctve je možné, aby konštrukciu akýchkoľvek rozmerov a akejkoľvek dôležitosti navrhoval jeden autorizovaný statik, na nasledujúcich príkladoch chceme dať podnet na zamyslenie, či je tento stav správny a či by nebolo vhodné klasifikovať konštrukcie resp. určiť pre definované typy konštrukcií povinnosť kontroly statiky nezávislou osobou.

1. Strešná konštrukcia výrobnjej haly

Trojloďová hala rozmerov (19+20+19)m x 50m bola prestrešená priehradovými väzníkmi spájanými oceľovými doskami s prelisovanými hrotmi. Väzník stredného poľa má rozpätie 20m (obr.1), väzníky oboch krajných polí 19m. Osová vzdialenosť väzníkov je 1,20m.



Obr. 1 – Tvar väzníka a uvažovaná statická schéma

Väzníky sú uložené na oceľových prievlakoch.

Väzníky tvoria nosnú konštrukciu pre laťovania (laty 50x50mm) vo vzdialenostiach 600mm. Na laťovaní je pribitá krytina Onduline. Zospodu spodného pása je vytvorený drevený raster z profilov 50x50mm vo vzdialenostiach 625mm, na ktorý je pripevnený sádkokartón hrúbky 12,5mm. Zhora na sádkokartóne je uložená (nafúkaná) tepelná izolácia.

Vystuženie väzníkov je zabezpečené dvoma pozdĺžnymi vertikálnymi stužidlami, umiestnené sú symetricky v rovine štvrtej a ôsmej zvislice. Vystužovadlo je z drevených hranolčekov prierezu 50x70mm v tvare Ondrejových krížov, pribité sú ku každej zvislici.

V rovine strechy je horný pás väzníkov vystužený drevenými Ondrejovými krížmi.

Tvar väzníka (výška v strede rozpätia) nezodpovedá odporúčaniam normy pre navrhovanie drevených konštrukcií.

1) Ing. PhD., e-mail: jaroslav.sandanus@stuba.sk 2) Ing., e-mail: milos.slivansky@stuba.sk,

Katedra kovových a drevených konštrukcií, Stavebná fakulta STU Bratislava

V zimnom období strešná konštrukcia v strednej lodi havarovala, asi polovica väzníkov sa zrútila. Zaťaženie snehom bolo pritom výrazne menšie, ako uvažuje zaťažovacia norma. Väzníky boli porušené na viacerých miestach:

- a) v spoji dolného pása, kde boli kovové spojky vytrhnuté z prierezu. Samotný rozmer spojky je 150x115mm, hrúbka 1,5mm.
- b) v spoji horného pása bol horný pás rozštiepený, pričom časť prierezu bola vytrhnutá zo spojky smerom nadol.
- c) horný pás je porušený v dolnej časti prierezu v mieste montážneho styku



Obr. 2 – Porušenie väzníka

Po analýze nosnej konštrukcie (bol vytvorený rovinný model celej priečnej väzby) sme zistili, že:

- Prierezy horného pása, dolného pása a diagonál vyhovujú.
- Dolný pás je na začiatku a konci namáhaný osovou ťahovou silou 66,6kN a ohybovým momentom 1,5kNm. Prierez pása **nevyhovuje** – prekročenie únosnosti o 6%, toto však nebola príčina havárie.
- Ťahová sila v mieste porušenia spodného pása je 66,7 kN. Túto silu mala preniesť spojka 150x115mm. Spojka **nevyhovuje**. Spojka bolo zrejme navrhovaná na tlakovú silu.

Po pátraní po príčine takéhoto návrhu sme modelovali možné prípady, kedy vznikne v dolnom páse tlaková sila – je to v prípade, ak bude uloženie väzníkov pevné v oboch miestach (t.j. podpora XZ). Takúto chybu urobil zrejme projektant pri zadávaní vstupných údajov. Samotný softvér potom už iba preniesol chybu a navrhol spojku na príslušnú silu...

Pri jednoduchej a pomerne rýchlej kontrole vstupov a výstupov by zrejme skúsenejší statik zaregistroval, že v dolnom páse väzníka vychádzajú tlakové sily, čo nie je bežný prípad.

2. Sklad soli

Dôvodom, prečo je nosná konštrukcia tohoto objektu z dreva, je vysoká odolnosť dreva voči agresívnemu pôsobeniu soli.

Jedná sa drevenú rámovú konštrukciu pôdorysných rozmerov cca 24x36m, ktorá slúži na skladovanie posypovej soli, pričom soľ sa má skladovať popri stenách haly do výšky 4,0m.

Hlavnými nosnými prvkami konštrukcie sú trojkĺbové rámy z lepeného lamelového dreva. Osovú vzdialenosť rámov sú 3,0m. Stojka rámu má rozmery 190/600-1330mm, priečľa rámu má rozmery 190/600-1230mm. Stojka a priečľa sú v rámovom rohu preplátované a spojené oceľovým prípravkom z nerezovej ocele neuviedenej kvality.



Obr. 3 – Pohľad na priečne rámy



Obr.4 – Štítová stena

Pri montáži konštrukcie vzniklo zo strany dodávateľa podozrenie, že projekt statiky nie je správny. Po kontrolnom výpočte objektu sme zistili, že konštrukcia nemá správne navrhnuté prierezy a niektoré navrhované konštrukčné detaily nie sú správne. Vyberáme najzávažnejšie:

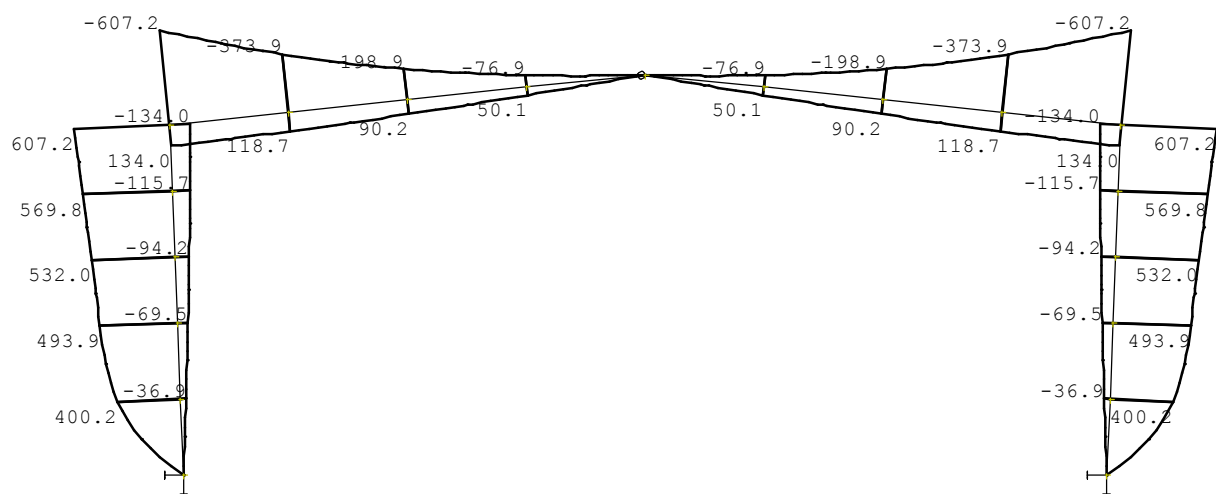
- stĺp vo výške +2,0m: prierez je v tomto mieste 3x poddimenzovaný

- štíhlosť λ stĺpika štítovej steny z roviny štítovej steny (140x140) je $\lambda = 235$. Norma STN 731701 povoľuje maximálnu štíhlosť 120.

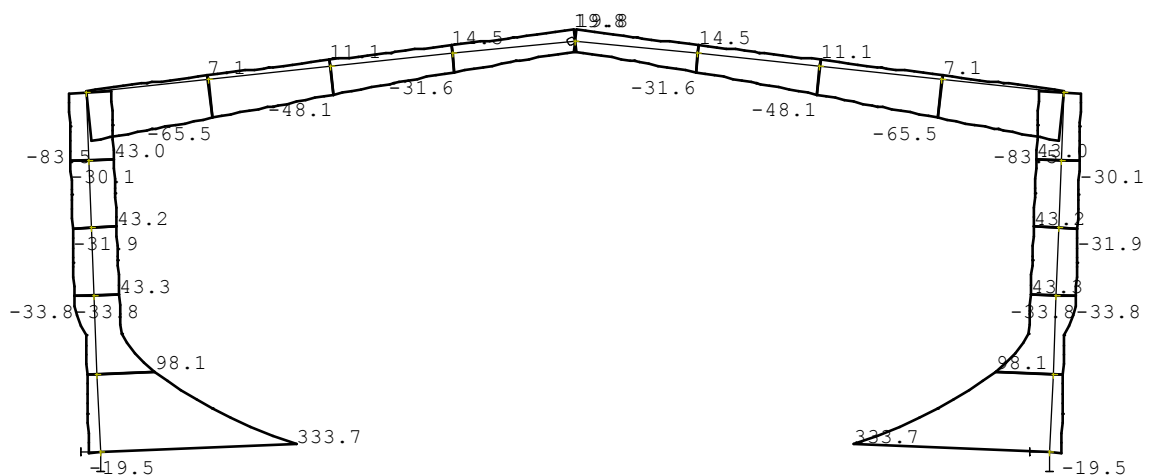
- Napätie od ohybového momentu je na stĺpiku štítovej steny 40 MPa, to znamená, že prierez je v tomto mieste 2,3x poddimenzovaný.

Pri kontrole statického výpočtu sme zistili, že s tlakom soli na steny resp. stĺpy rámu nebolo vôbec uvažované (obr. 5, 6, 7 a 8).

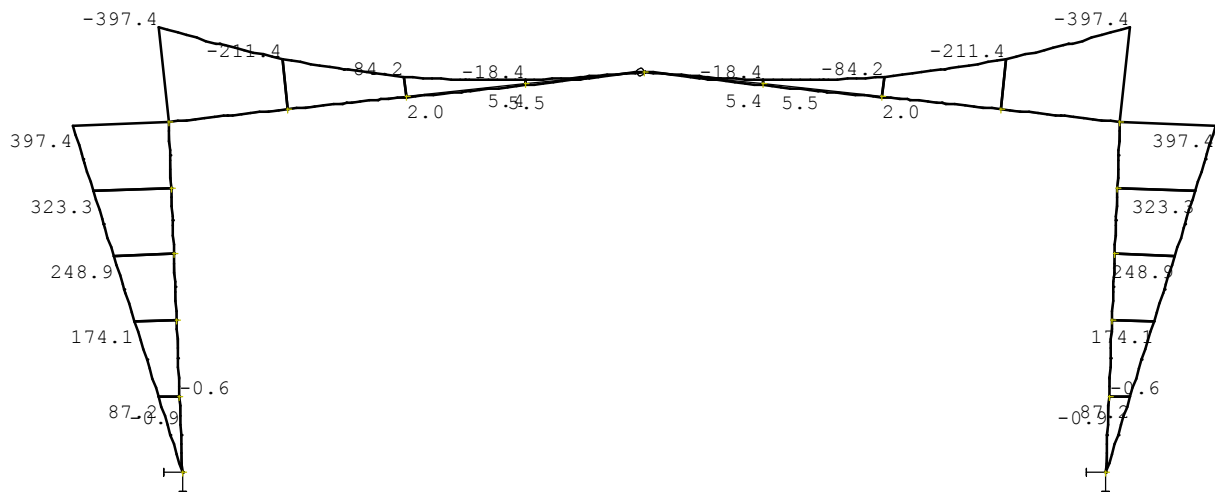
Pri porovnaní vnútorných síl s uvažovaním tlaku soli sme zistili, že tieto sú 1,5x väčšie (ohybové momenty) a až 10x väčšie (pričné sily).



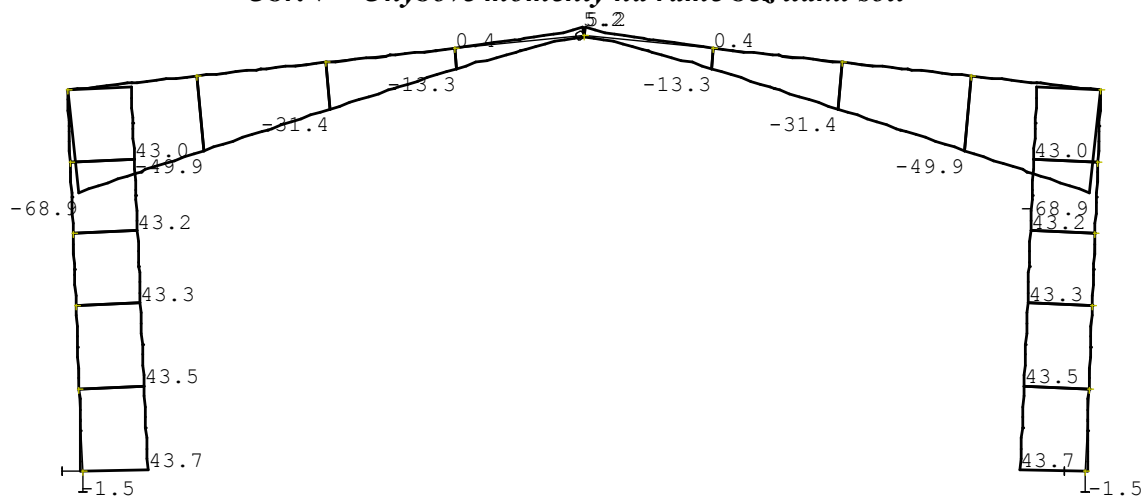
Obr. 5 – Ohybové momenty na ráme s pôsobením tlaku soli



Obr. 6 – Pričné sily na ráme s pôsobením tlaku soli



Obr. 7 – Ohybové momenty na ráme bez tlaku soli



Obr. 8 –Priečne sily na ráme bez tlaku soli

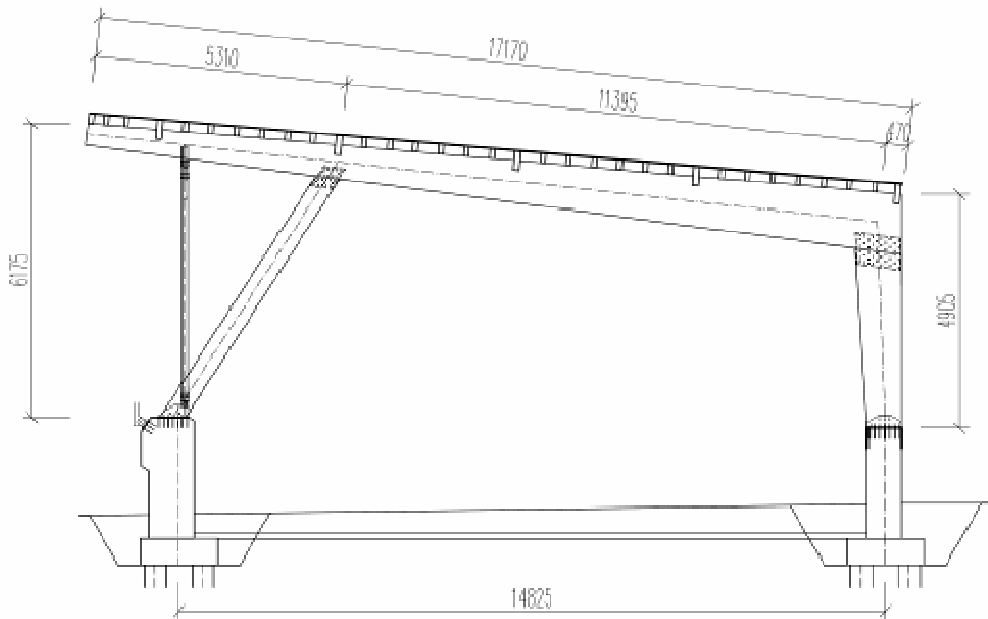
Objekt navrhoval statik bez autorizácie v Slovenskej komore stavebných inžinierov. I keď je táto skutočnosť možno iba administratívnou formalitou, je nesprávne, že takýto projekt prešiel stavebným konaním bez výhrad stavebného úradu.

3. Rekreačný objekt

Podnetom kontrolného výpočtu predstavovanej nosnej konštrukcie bolo podozrenie dodávateľa, že konštrukcia nie je správne navrhnutá. Už počas jej montáže vznikli na priečli trhliny, ktoré by sa nemali objaviť ani pri plnom zaťažení!

Jedná sa drevenú rámovú konštrukciu pôdorysných rozmerov cca 30x33,5m, výška konštrukcie je cca 10m. Hlavnými nosnými prvkami konštrukcie sú rámy z lepeného lamelového dreva. Osové vzdialenosti rámov sú 7,5m. Stĺp rámu má šírku 220mm, výška prierezu v rohu je 2000mm, priečľa rámu má šírku 220mm, výška prierezu v rohu je 2500mm. Stĺp aj priečľa majú premenný prierez – výška prierezu klesá smerom od rámového rohu. Vzpera (šikmý stĺp) rámu má dĺžku cca 12,9m a prierez 220x900mm. Priečľa je podopretá na konci ocelovým stĺpom (súčasť presklenej fasády) 200x200x6mm (obr. 9).

Bol vytvorený priestorový prúťový model konštrukcie, ktorého prierezy prúťov boli dosadené podľa poskytnutých podkladov (obr. 10).



Obr. 9 – Priečny rez



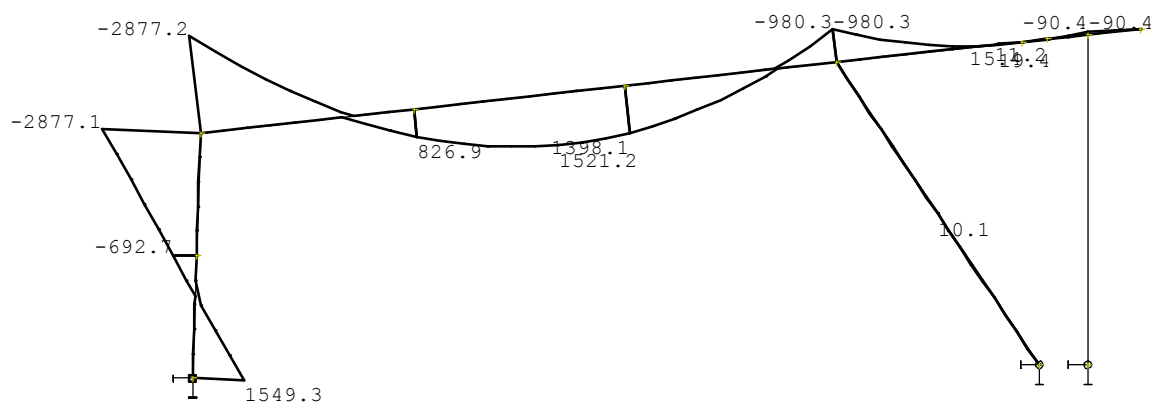
Obr. 10 – Axonometria

Stĺpy rámu sú votknuté do základu, priečľa so stĺpom tvoria tuhý rámový roh, vzpera a oceľový stĺp fasády sú pripojené na základ a na priečľu kĺbovo. Momenty a deformácie na takto predpokladanom systéme sú na obr. 11 a 12.

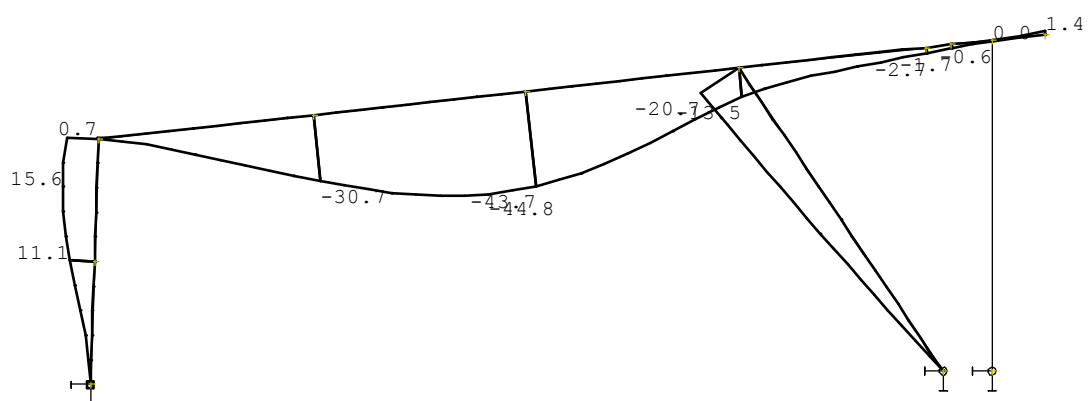
Podľa pôsobiacich vnútorných síl boli postupne posudzované prierezy priečľa, stĺpa, vzpery a niektorých prípojov podľa STN 73 1701. Podľa kontrolného výpočtu boli nájdené viaceré prierezy a riešenia konštrukcie, ktoré nevyhovujú požiadavkám platných noriem:

- Normálové napätia na priečli a stĺpe v štyroch vybratých rezoch prekračujú výpočtovú pevnosť pre materiál SA - že prierezy sú v týchto miestach 1,23–2,23x poddimenzované!!!
- Prípoj priečľa-stĺp v „rámovom rohu“ nie je navrhnutý na vnútorné sily, vznikajúce v tomto mieste. Tento spoj nie je možné považovať za momentový spoj – zjednodušeným výpočtom sme dokázali, že v spoji je asi 1/10 z potrebného počtu spojovacích prostriedkov
- Prípoj stĺpa v päte nie je navrhnutý na vnútorné sily, vznikajúce v tomto mieste. Tento spoj nie je možné považovať za momentový spoj – zjednodušeným výpočtom sme dokázali, že v spoji je asi 1/6 z potrebného počtu spojovacích prostriedkov
- Štíhlosť λ vzpery z roviny rámu je $\lambda = 203$. Norma STN 731701 povoľuje maximálnu štíhlosť 120.
- Riešenie detailov – prípojov stĺpa a vzpery s oceľovými dielcami v základoch – je pre drevenú konštrukciu vo vlhkom prostredí nevhodné.

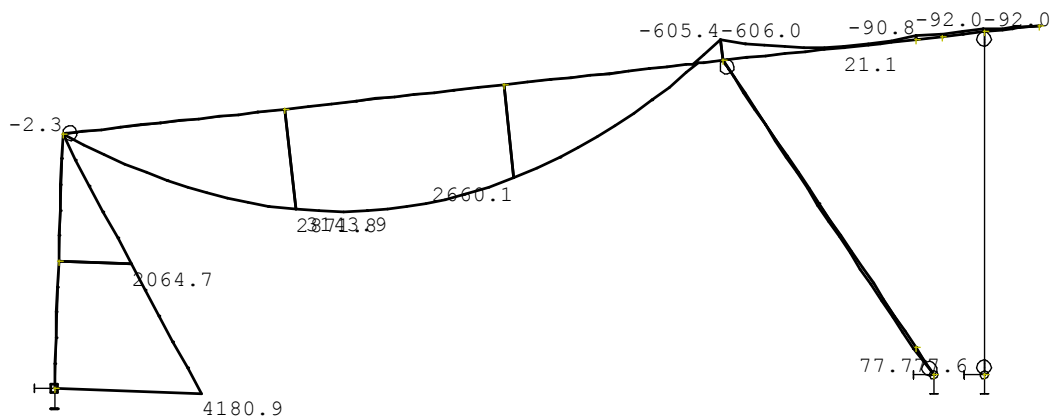
Pri konzultáciách s projektantom sa ukázalo, že statiku objektu robil jediný statik. Možno v prípade tímovej spolupráce alebo vyžiadania si kontroly statiky hlavných častí objektu by nezainteresovaný kolega takto závažné a zásadné chyby objavil už pri pohľade na statickú schému a tomu nezodpovedajúce konštrukčné riešenie...



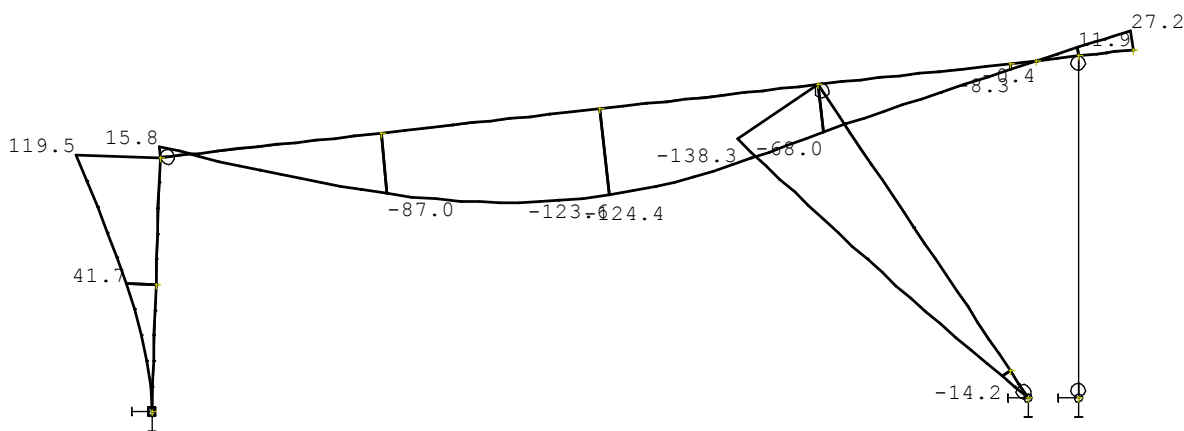
Obr. 11 – My na predpokladanej sústave



Obr. 12 – Deformácie predpokladanej sústavy



Obr. 13 – My- kĺbový spoj priečla-stĺp



Obr. 14 – Deformácie - kĺbový spoj priečla-stĺp

Záver

Zlyhanie nosnej konštrukcie môže byť spôsobené viacerými faktormi – nesprávny návrh, nesprávne zhotovenie, skrytá vada materiálu, väčšie zaťaženie (než plánované). Pri väčšine havárií dochádza ku kombinácii menovných faktorov.

Na prezentovaných konštrukciách sme poukázali na „zlyhanie“ projektanta.

Uvedené chyby v návrhu konštrukcie boli pritom celkom zreteľné a pomerne ľahko identifikovateľné. Stavebníctvo na Slovensku zaznamenáva výrazný rozmach už niekoľko rokov, čo so sebou prináša aj zvýšené požiadavky na inžinierske profesie. Tento trend sa však v záujme o štúdium zo strany mladých ľudí a v podpore štúdia na Stavebnej fakulte zo strany štátu a subjektov v stavebníctve ešte tak výrazne neprejavil. Znamená to zároveň, že prax potrebuje viac inžinierov, ako „je ich k dispozícii“. To ale znamená, že napr. statiku drevených konštrukcií začínajú robiť ľudia, ktorí sa drevu ako materiálu doteraz nevenovali vôbec prípadne iba okrajovo, z čoho môžu prameniť v prípravku prezentované chyby.

Myslíme si, že pre občianske stavby resp. pre stavby za niekoľko desiatok alebo stoviek miliónov korún by mal byť zavedený inštitút kontroly projektu nosnej konštrukcie.