

Zrútenie mosta v Kurimanoch – názor na príčiny

Dostupné aj na www.peterpaulik.blog.sme.sk

Hneď na úvod si treba ujasniť, že sa nezrútil betónový most, ale podperná konštrukcia (skruž) nesúca debnenie do ktorej sa ukladal čerstvý betón. Bezprostredne po tragédii bolo k dispozícii len zopár fotografií a strohé nedôveryhodné informácie. V každom prípade však bolo jasné, že niektoré fámy, ktoré sa začali šíriť pár hodín po tragickej udalosti boli úplne mimo reality. Žiaľ podobné nezmysly sa šíria ďalej a tak je možné veľmi ľahko manipulovať verejnou mienkou. Osobne si teda myslím, že je už na čase uviesť veci do reálnych kontúr.



Foto z betonáže - pár hodín pred zrútením skruže (2.11.2012). ((web))



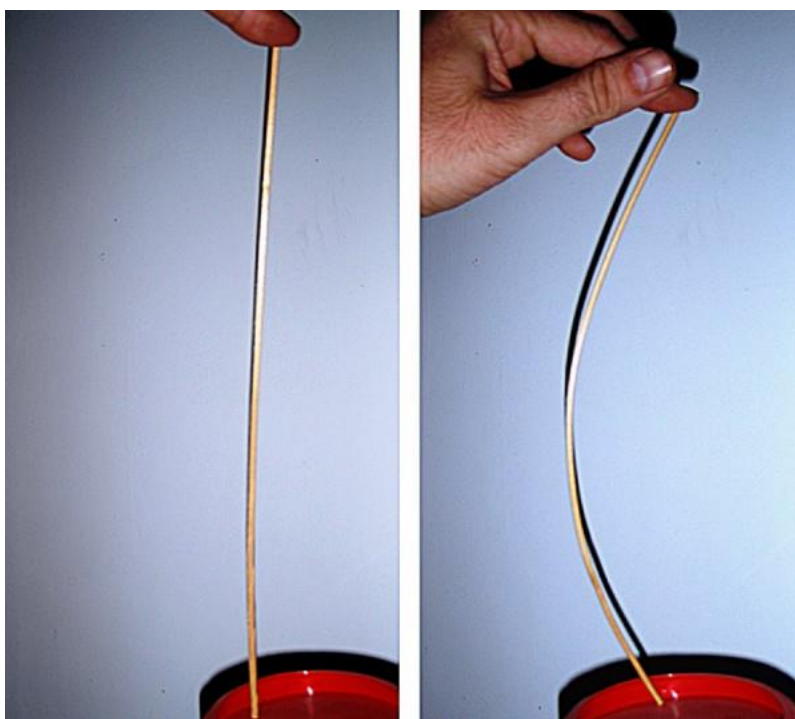
Deň po zrútení skruže (3.11.2012).

Už zo začiatku bolo evidentné, že kvalita betónu nemohla hrať žiadnu úlohu a teda tvrdenia typu bolo tam málo cementu, alebo betónovali v zime a betón nestvrdol boli úplne mimo reality. Kvôli nedostatku informácií však nebolo hneď možné príčinu odhadnúť a tak ostávali v hre rôzne faktory, ktoré mohli kolaps zapríčiniť. Možností bolo viacej: od podložia, cez zlú betonáž

až po chybu v niektorej z podpier. Po návšteve staveniska sa však možnosti výrazne zredukovali. Podľa výpovedí bola betonáž rovnomerná a geodeti merajúci zvislé deformácie skruže počas betonáže namerali hodnoty, ktoré zodpovedajú dobrému, nepodmočenému podložiu. V tom čase zrejme málokoho napadlo, že by to mohol byť aj nesprávny statický výpočet, výkresy, prípadne zlé zmontovanie konštrukcie. Tento typ skruže sa totižto použil už neraz.

Čo sa teda zrejme stalo...

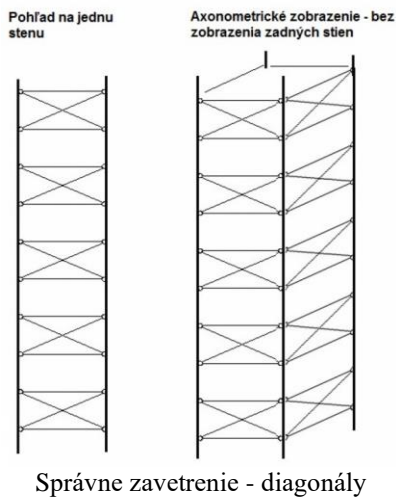
Ako možná príčina sa hneď po návšteve staveniska začal javiť vzper spôsobený nesprávnym zavetrením (stužením) jednej z podporných veží (pozn.: zavetrenie s vetrom ako takým nemá nič spoločné – je to stuženie). Ak by sme si mali laicky vysvetliť, čo vlastne vzper je, asi najjednoduchšie je si predstaviť cca 30 cm dlhú drevenú špajdlu, ktorú postavíte na podlahu a zhora na ňu zatlačíte dlaňou – špajdla vybočí. Ak by ste to skúsili so špajdlou dlhou len cca 3 cm, zrejme by ste si prepichli dlaň. Vzper teda závisí okrem iného aj od výšky prúta a to ešte k tomu kvadraticky (dvojnásobná dĺžka zredukuje únosnosť na štvrtinu).



vzper prúta

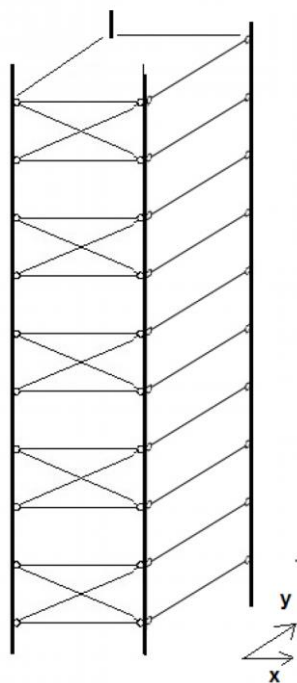
Avšak aj keď teda samotná špajdla (prút) unesie len málo, ak by ste ich mali štyri, zostavené do štvorca a správne ich zavetrili, čo znamená že by ste ich správne vzájomne prepojili, ich únosnosť by výrazne stúpila. Blížila by sa únosnosti štyroch samostatných špajdlí dlhých povedzme len tie tri centimetre (zavetrením by ste zredukovali ich vzpernú dĺžku z 30 cm na 3 cm).

Zavetrenie na všetkých štyroch stranách by malo vyzerat' nejako takto:



Prepojiť ich však musíte diagonálami – ak ich totižto prepojíte len horizontálnymi prútmi ich vzpernú dĺžku nezmenšíte. Dokonca ani vtedy, keď jeden smer bude O.K., no druhý bude zavetrený nesprávne.

Nesprávne zavetrenie v smere y



Stojky skruže použité pri Kurimanoch boli zostavené do tzv. veží so štyrmi stojkami. Kým však veže v stredoch polí boli zostavené správne zavetrenými stojkami, pri pilieroch mosta boli stojky veže v pozdĺžnom smere prepojené veľmi netypickým spôsobom. Takmer 20 metrov vysoké

stojky tam nemali v pozdĺžnom smere také výstuhy, ktoré by zabezpečili zníženie vzperných dĺžok. Zvolené riešenie by sme mohli nazvať provizórnym, keďže sa bežne nepoužíva. Susedné stojky boli prepojené len závitovými tyčami, ktorými sa stiahol drevený hranol medzi nimi. Žiaľ toto zavetrenie nemôžeme zavetrením ani nazvať – je úplne neúčinné. O tom, čo viedlo projektanta k takémuto riešeniu možno len polemizovať, avšak nižšiu cenu by som vylúčil, keďže účinné zavetrenie je len nepatrne drahšie a nikto by to vedome neriskoval.

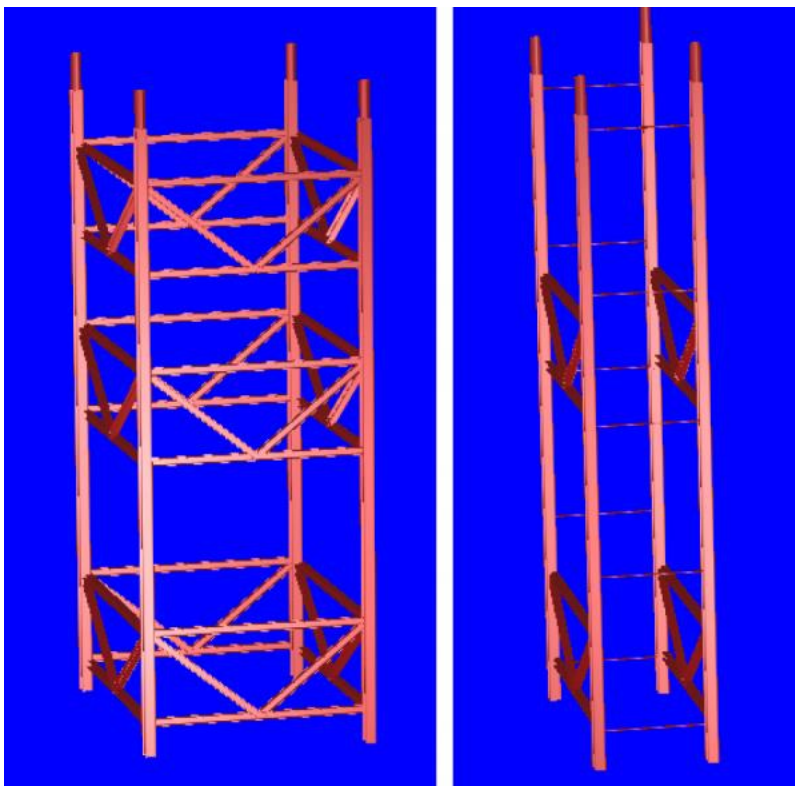


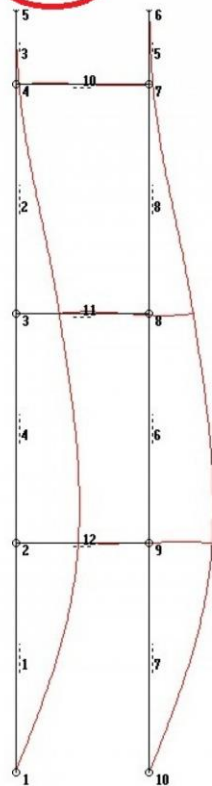
Schéma skruže. Vľavo - veža v strede (účinné zavetrenie). Vpravo - veža pri pilieri (neúčinné zavetrenie v pozdĺžnom smere)

Na ukážku rozdielu medzi správnym a nesprávnym zavetrením som ešte v roku 2012 s pánom Pavlom Sokolom v Štrbe zostavil zjednodušený model skruže, pričom raz som použil nesprávne zavetrenie a raz správne. Aj keď je to len model, ktorý sa líši od skruže použitej pri Kurimanoch, ako názorný príklad to postačuje. Z videa je jednoznačne jasné, že správne zavetrenie výrazne zvyšuje únosnosť celku. *(Model vo videu bol upravený tak, aby pri zlyhaní nedošlo k jeho poškodeniu a dal sa znovu použiť)*

Video: <http://www.youtube.com/embed/sz12aAmNwis>

Prepočet tohto modelu v jednom zo statických programov veľmi dobre zodpovedal experimentálne určenej únosnosti. *(malé rozdiely boli spôsobené nedokonalosťami modelu a výpočtu, ktorý nezohľadňoval excentricity).*

Knickfigur (Systemknicken):
Verzweigungslast (aktoren):
III (Normalfall (e nach Theorie II. Ordnung): eingegebene III
System : 0,7113



Vybočenie modelu skruže z výpočtového programu

Obdobný program, ako sa použil na prepočet modelu, použili kolegovia z Katedry kovových a drevených konštrukcií aj pri výpočtoch skutočnej skruže, samozrejme už s podrobným zohľadnením excentricít podľa noriem. Tieto podrobné prepočty potvrdili zjednodušené výpočty stojky skruže a opätovne preukázali jej nedostatočnú únosnosť vplyvom zlého zavetrenia. Pri betonáži teda tieto stojky pri pilieroch vybočili ako prvé. Po ich zrútení následne došlo k preťaženiu strednej veže a k zrúteniu celého poľa.

Kto bol na vine?

Na túto otázku zrejme nájdu odpoveď až súdy (*neviem či je vyšetrowanie už ukončené, alebo nie*), no keďže sa objavilo množstvo špekulácií o tom, že si to mal niekto všimnúť a niektoré médiá jednoznačne označili za vinníkov stavebný dozor, skúsím načrtnúť zopár postrehov. Je pravda, že mnohým sa tá skruž “nezdala“, no to je len subjektívny pocit. Mne sa tiež nezdá mnoho konštrukcií, ktoré ale predsa len stoja a nenapadne ma ich prepočítať, prípadne dať ich niekomu preveriť. Proste veríte kolegom, ktorí ich navrhli a spočítali. Po tragédii, po návšteve staveniska sme síce už za pár minút mali podozrivý prvok a po vzhliadnutí výkresov sme do dvoch minút mali jasno na čo sa sústrediť a kde bol zjavný slabý článok skruže. Hrubý prepočet kalkulačkou (Eulerova kritická sila), ktorý nezabral viac ako 10 minút, naše podozrenie následne potvrdil a ďalšie podrobné výpočty nás už len uistili v zrejmej príčine. Bolo však ľahké nájsť možnú chybu, keď viete že to spadlo. Otázka ale je: boli by sme si to všimli, keby sme tam boli

na exkurzii? Bral by nás niekto vážne keby sme to aj opomenuli? Ťažko povedať aj keď sa tá chyba javí ako jednoznačná.

Navyše stačilo by, keby bol býval terén o polovicu vyššie a únosnosť skruže by bola 4 násobná, čo by stačilo na prenesenie zaťaženia aj bez zavetrenia. Stačilo by, keby bol most užší a na skruž by pripadlo menšie zaťaženie. Stačilo by orientovať HEB profil v opačnom smere, stačilo by účinné zavetrenie na pár miestach takýchto "stačilo by" je veľa. Konštrukcia to mohla vydržať a možno nikto by nikdy neprišiel na to, že tam bolo niečo nesprávne.

Druhá vec ale zase je, že niekto, kto má stavebné vzdelanie, alebo dlhoročnú prax a každý deň pozerá do tých výkresov a chodí okolo tej skruže by mal spozornieť, že tam niečo nie je v poriadku.

Neviem či je vyšetrowanie už ukončené a čo ďalšie sa pri ňom zistilo. Môžeme však s pomerne veľkou pravdepodobnosťou povedať, že táto jediná chyba stačila k tomu, že sa skruž zrútila, bez ohľadu na prípadné ešte ďalšie chyby, ktoré sa mohli /môžu/ objaviť.

Dalo sa tragédii predísť?

Odpoveď nie je ani v tejto otázke jednoznačná V tomto prípade by možno bol stačil nezávislý statický prepočet (audit) a chyba by sa bola s veľkou pravdepodobnosťou objavila, pričom tento statický prepočet je len nepatrnou položkou popri cene stavby mosta. No keďže ho nik nevyžaduje bežne sa nerobí. A pritom to je zrejme najúčinnější spôsob ako podobnej tragédii predísť aj keď samozrejme zaručiť sa to nikdy nedá.

Čo ďalej?

Treba si tiež uvedomiť, že takéto nehody nie sú vôbec vo Svete ojedinelé. A aj keď je to vždy veľmi ťažké, najmä pre všetkých ktorých sa to priamo týka, najdôležitejšie je sa z takejto udalosti poučiť aby sa viac nestala.

*Tento blog je mojím osobným názorom a **nie je** zhrnutím výsledkov vyšetrowania ani nič podobné.*