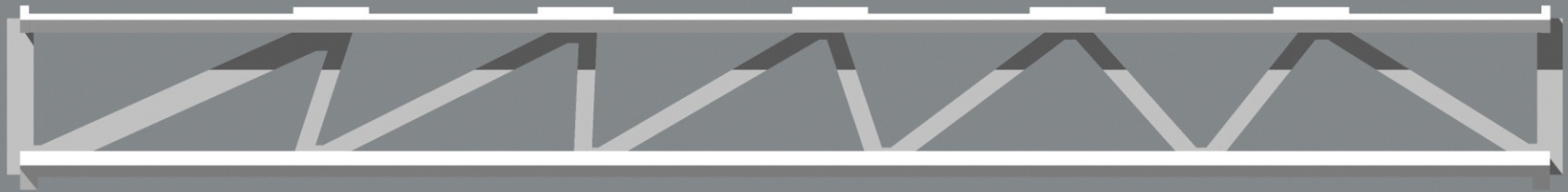


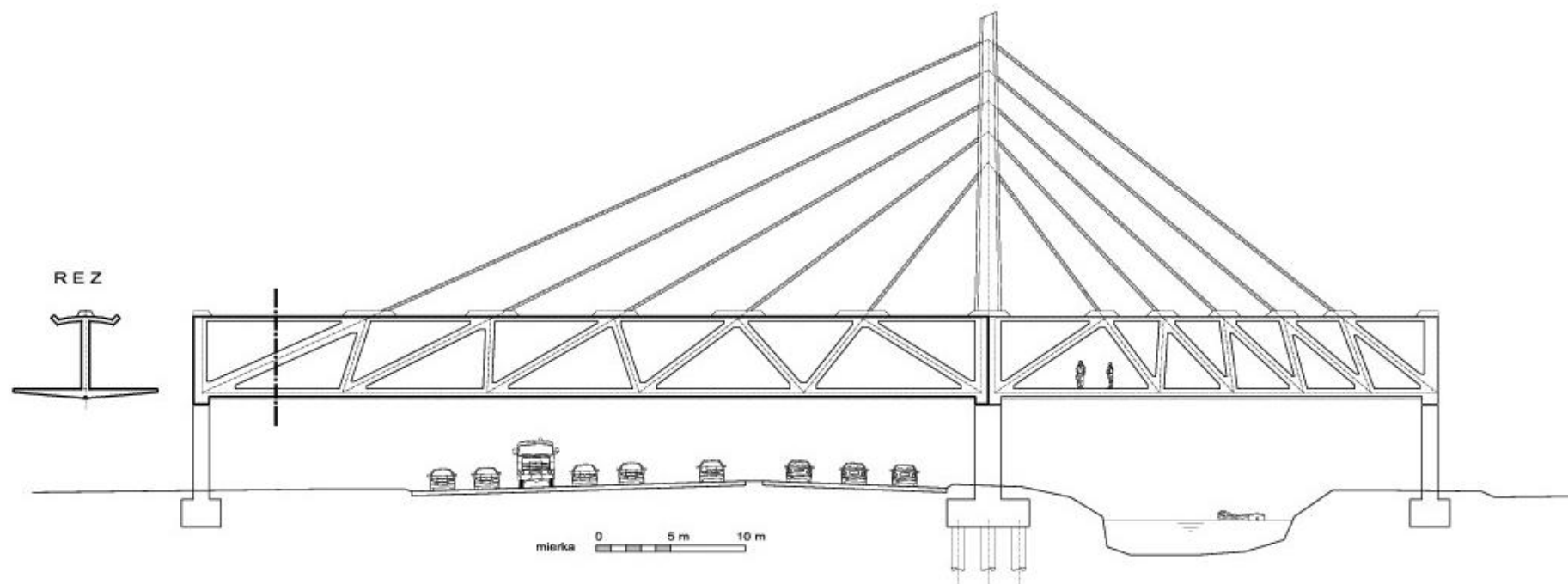
FIU Footbridge Collapse Miami



*static
behavior*

*statické
pôsobenie*

*Vladimír Budinský SSK
theory, analysis*



OBR. 1 PLÁNOVANÝ STAV

Úvod

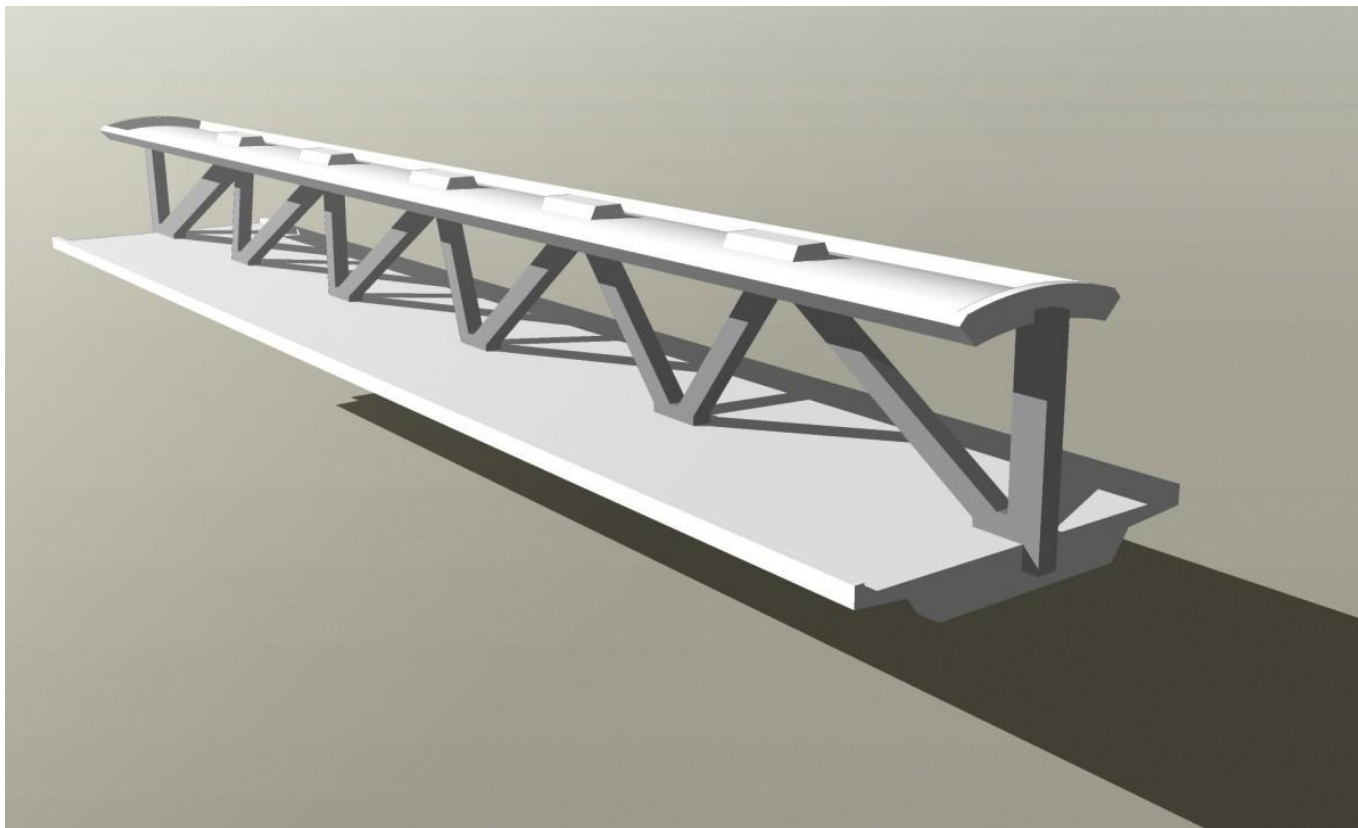
13. marca 2018, tri dni po umiestnení hlavného nosníka na úložné prahy, vedúci inžinier projektu objavil trhliny na konci rozpätia pri budúcom stredovom pilieri. Oznámil to na hlasovú schránku zamestnancovi Ministerstva dopravy na Floride (FDOT). Myslel si, že to nie je záležitosť bezprostredného ohrozenia, len niečo, čo by sa malo opraviť. Zamestnanec FDOT bol niekoľko dní preč a túto správu si vypočul až deň po kolapse.

15. marca o deviatej hodine ráno, jeden zamestnanec univerzity počul prenikavý praskavý zvuk, zatiaľ čo čakal na 9-prúdovej autostráde pod mostom (U.S. Route 41) na červenú. Zároveň sa projektový tím stretol asi na dvojhodinovej porade na stavenisku, aby diskutoval o trhlínach objavených 13. marca. Zúčastnili sa zástupcovia z FIU i FDOT. Závery vedúceho inžiniera FIGG deklarovali, že konštrukčná integrita mosta nebola ohrozená a že neexistovali žiadne vážne obavy vyvolané prítomnosťou trhlín.

15. marca 2018 o 13:47 povolil severný koniec (pri mieste budúceho stredového piliera) hlavného nosníka, ktorý sa vzápätí zrútil na autostrádu, plnú áut. Zahynulo 6 osôb, včítane jedného pracovníka stavby.

Bezprostredným impulzom pre zrútenie boli predpínacie práce na spodnej predpätej tyči v diagonále č. 11, avšak príčiny zrútenia sú komplexnejšieho charakteru a sú predmetom vyšetrovania.

Účelom tejto práce je podať nestranný čiastkový pohľad na konštrukciu mosta a možné príčiny zlyhania. Všetky údaje sú čerpané z verejne dostupných zdrojov na internete, a môžu vychádzať z čiastočne skreslených údajov. Výsledné výkresy, modely a vizualizácie sú zostrojené mozaikovitým spôsobom a krížovými kontrolami. Vlastným prínosom je zostrojenie niekoľkých výpočtových modelov, výkresov a vizualizácií, ako aj statických analýz a záverov z nich.



Organizácie zainteresované v projektovaní, vo výstavbe a vyšetrowaní (výber)

FIU – Florida International University – budúci užívateľ a vlastník mosta, na podnet ktorého sa výstavba uskutočnila

FDOT – Florida Department of Transportation – *Ministerstvo dopravy na Floride*

FIGG Bridge Engineers – hlavný projektant, renomovaná medzinárodne známa spoločnosť v navrhovaní mostov

MCM – Munilla Construction Management

Louis Berger – consulting engineer (má 6000 zamestnancov po celom svete)

Bolton Perez & Associates – *Technický konzultant na Floride*

VSL – dodávka predpínacích tyčí a predpínacie práce

NTBS – National Transportation Safety Board – hlavný vyšetrowateľ – *Národná rada pre bezpečnosť dopravy* začala vyšetrowanie ráno 16. marca

FIU je známa svojimi skúsenosťami v oblasti ABC – Accelerated Bridge Construction – *Zrýchlenia výstavby mostov*, a vedeckým zázemím v mostnom staviteľstve, ako aj organizáciou medzinárodných mostných sympózií.

Konštrukcia mosta

Prvým podnetom pre výstavbu lávky pre peších bola skutočnosť, že množstvo študentov muselo prechádzať cez rušnú autostrádu, s niekoľkými tragickými následkami. Z prvotných jednoduchých a lacných návrhov sa sformovala požiadavka reprezentatívneho mosta pre univerzitu z komfortnými prvkami a infraštruktúrou. Celkové náklady boli dotované sumou 14,2 mil. \$, z toho vlastná konštrukcia mosta mala stáť 9 mil. \$. Prvotný zámer klasického zaveseného mosta bol zrejme v procese návrhu vplyvom technických podmienok, dopravných a finančných obmedzení (drahé zakladanie a výstavba nosného piliera pre závesné laná), ako aj požiadavke rýchlej výstavby (hroziace uzávierky U.S. Route 41) formovaný do formy súčasného projektu mosta. Nielen že sa ponúkala metóda výstavby ABC, ale tu bola priamo požiadavkou.

Dvojpoľový most má nerovnaké polia o rozpätí 52,74 + 30,0 m. Projekt mosta bol navrhnutý tak, aby vyzeral ako klasický zavesený most na jednom centrálnom pylóne, v skutočnosti však spodná priehradovina bola samonosná a ostatné (pylón a závesné „káble“) bola kamufláž pre efekt a osvetlenie. Predsa len závesné „káble“ vo forme oceľových trubiek mali určitú konštrukčnú funkciu, a to vylepšenie nepriaznivej bilancie kmitania väčšieho nosníka (1. vlastná frekvencia zvislého ohybového tvaru 3 Hz spadala akurát do nepriaznivej oblasti 2–5 Hz), ako aj utlmenie neprijemných torzných kmitov priečneho rezu hlavného priehradového nosníka. Toto riešenie vyplynulo hlavne zo skutočnosti, že spodné betónové priehradové nosníky sa dali pomerne ľahko a lacno vyrobiť mimo svoju konečnú polohu, a dodatočne umiestniť na staticky nenáročné opory. Pokiaľ bol už takýto nosník vyrobený a umiestnený, bolo výhodnejšie prisúdiť mu aj ďalšie náhodilé zaťaženia, ako napr. zaťaženie chodcami, ktoré tvorilo cca 25% celkového zvislého zaťaženia. Takmer klasický železobetónový priehradový nosník na rozpätie 52,74 m mal tieto anomálie :

- spodnú pásnicu tvorila pochôzna (predpätá) doska mostovky šírky 9,65 m a odstupňovanej hrúbky 240 – 620 mm
- hornú pásnicu tvoril akýsi (tiež predpätý) prístrešok šírky 4,65 m zaobleného tvaru s hrúbkou 305 mm
- geometrická poloha diagonál je nepravidelná, lebo kopíruje smer kvázi závesných lán, čím získava vzhľad na atraktivnosti

- takmer všetky diagonály boli predpínané tyčami kvôli obmedzeniu trhlín a tým k získaniu dlhšej životnosti mosta, ako aj kvôli priaznivejšej vzpernej odolnosti
- hrubšie diagonály sa pripájali na tenšie pásnice (dosky)
- niektoré prvky priehradového nosníka menili v priebehu výstavby znamienko osového namáhania (ťah/tlak)

Životnosť mosta bola naplánovaná na 100 rokov a most mal vydržať nápor hurikánu 5. stupňa.

V ďalšom sa zameriame len na hlavný nosník celkovej dĺžky 53,34 m, ktorý sa zrútil po svojom umiestnení do plánovanej konečnej polohy a potom na diagonálu č.11, ktorá zlyhala. Tým máme veľmi zjednodušenú prácu, keďže nie je potrebné podrobne analyzovať všetky prvky.

Prierezové rozmery šikmých výplňových prútov sú $B \times H = 533 \times 610$ mm, okrem prúta č. 02, ktorý má výšku v rovine nosníka 914 mm.

Výpočty

Za účelom zjednodušeného výpočtu bol zostrojený dosko–stenový priestorový model hlavného nosníka doplnený jednorozmernými prútmi, ktorý bol zaťažený len vlastnou tiažou, ktorá bola rozhodujúcim zaťažením v čase kolapsu. Číslovanie diagonál a zvislíc, ako aj výsledky rozhodujúcich vnútorných osových síl na dvoch montážnych stavoch sú v **prílohe č. 1**. Hodnoty v hornej a dolnej pásnici sú extrapolované z doskových síl. K lokálnemu výpočtu napätia je nutné pridať napätia od predpínacích síl.



Výpočtový model hlavného nosníka mosta FEM

Tu však prichádzame k záľudnostiam konštrukčného návrhu. Pokiaľ je väzník umiestnený na určenom mieste, ako bol v čase kolapsu, ako prvok má vonkajšiu (takmer) statickú určitosť. Ale vnútorne sa správajú tuho upnuté diagonály ako staticky neurčité. To má vplyv na vnútornú napätosť jednotlivých prvkov, prútov ako aj dosiek pri predpínaní. Pokiaľ pri osových silách činí vplyv predpätia prúta na ostatné (hlavne susedné) prúty cca do 2%, pri momentoch to môže vyskočiť až do 30%. Avšak momenty diagonál a zvislíc nie sú rozhodujúcim namáhaním, treba však prihliadnuť na tieto vplyvy zvýšenou duktilitou prierezu zväčšením stupňa vystuženia betonárskou výstužou. Veľkým počtom predpínacích miest a zmenou statického systému počas výstavby vzniká takmer nekonečné množstvo kombinácií. To kladie veľké nároky na výpočty, projektovú prípravu, postupy predpínania a kontrolu počas výstavby.

Pri predpínaní bola v projekte požadovaná pevnosť betónu cca 6000 psi, čomu zodpovedá cca betón C40/50, konečná pevnosť sa očakávala 8500 psi, čo je zhruba betón C55/67 ÷ C60/75 podľa EC2.

Vo výpočte sme zisťovali možné zaťaženia prúta č.11, ktorý zlyhal ako prvý. Zaťaženia sú kvôli prehľadnosti redukované na rozhodujúce stavy – vlastná tiaž, predpätie a náhodilé zaťaženie od chodcov, s vynechaním vplyvov teploty, zmrašťovania a dotvarovania, sekundárnych účinkov predpätia, vetra a pod.

Montážny stav zavážania väzníka na podvalníkoch :

- bez predpätia : $N = +1541$ kN únosnosť betonárskej ocele v ťahu $N_{ts} = 8 \cdot 3,8 \text{cm}^2 \cdot 50 / 1,15 \text{kN/m}^2 = 1321$ kN → nevyhovuje
- jedna tyč predpätá : $N = +1541 - 1245 = +296$ kN $M = 1245 \cdot 0,1905 \text{m} = 237$ kNm → vyhovuje – pozri **prílohu č. 2**
- obidve tyče predpäté : $N = +1541 - 2 \cdot 1245 \text{ kN} = -949$ kN → vyhovuje *Poznámka : plánovaná sila od jednej predpätej tyče je -1245 kN*

Montážny stav uloženia na prahy :

- bez predpätia : $N = -5963$ kN → nevyhovuje vzperná únosnosť – vybočenie z roviny väzníka
- jedna tyč predpätá : $N = -5963 - 1245 = -7208$ kN $M = 1245 \cdot 0,1905 \text{m} = 237$ kNm → vyhovuje pri stabilizujúcom účinku predpätia
- obidve tyče predpäté + chodci : $N = -5963 \cdot 1,25\% - 2 \cdot 1245 \text{ kN} = -9943$ kN → vyhovuje pri stabilizujúcom účinku predpätia
napätie v betóne $\sigma_c = -9943 / 0,323 \text{m}^2 = 30783 \text{ kN/m}^2 < 36000 = 0,6 \cdot 60000 = f_{ck}$

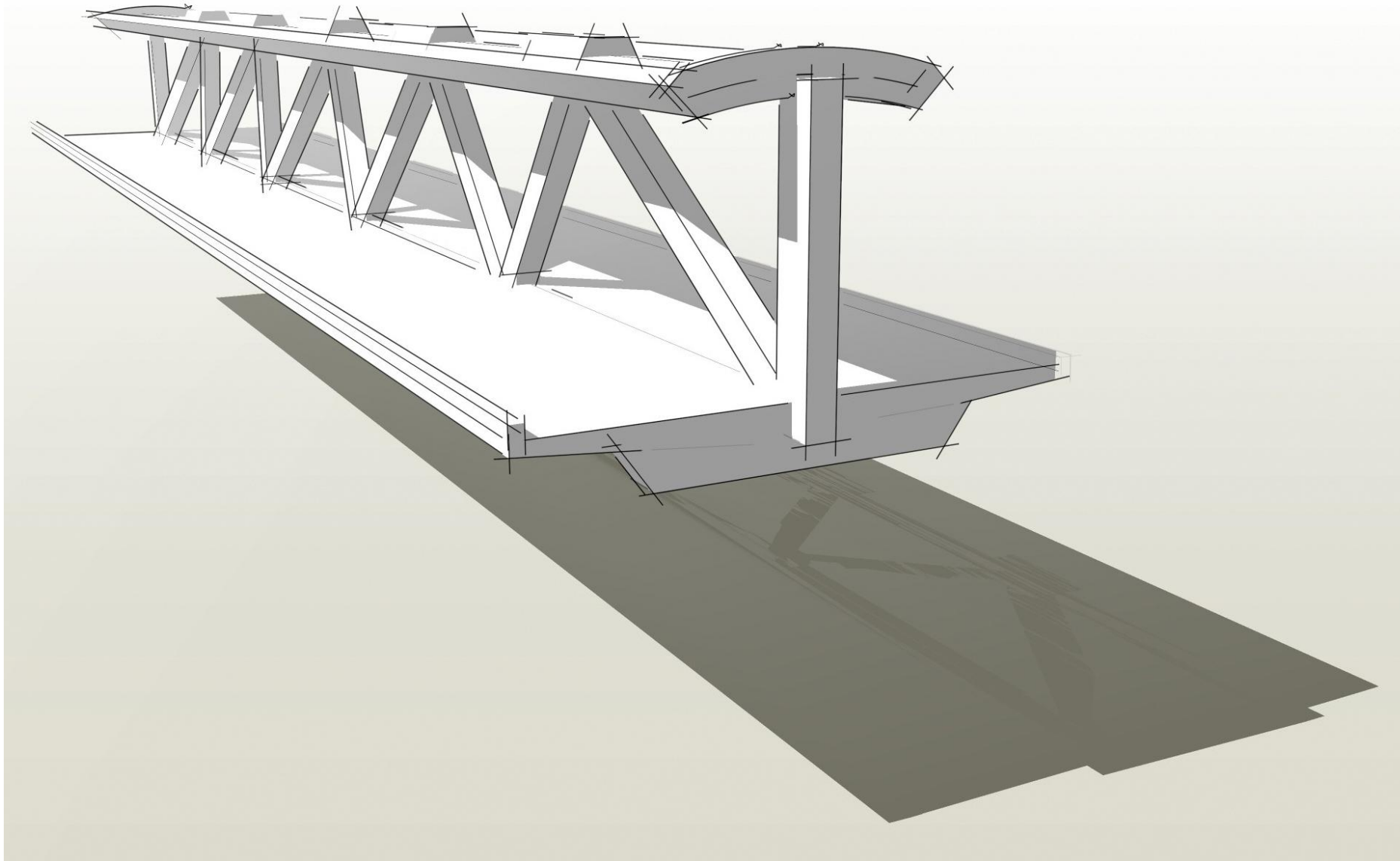
Ako z výpočtov vyplýva, zlyhanie jednej z dvoch predpätých tyčí nemá deštruktívny vplyv na prierez ani pri vzniknutej excentricite, a ani pri plnom predpätí a plánovanom zaťažení nie je prekročené prípustné napätie v betóne. Nebezpečný by bol len prierez bez predpätia (čo nebolo plánované), či už pri zavážaní (čistý ťah), alebo v konečnej polohe (vzper), a to pre nedostatočné vystuženie betonárskou výstužou.

Posúdenie na pretlačenie v uzle prútov 11 a 12 :

Úvaha pri šikmú trhlínu pod uhlom 45° a prostom betóne : $A_c = 1,818 \text{m} \cdot 0,515 \text{m} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} = 2,6474 \text{ m}^2$ $f_{ctd} (\text{C55/67}) = 1 \cdot 3000 / 1,5 = 2000 \text{ kPa}$
 $\sigma_{Q+} = 5363 / 2,6474 = 2025 \text{ kPa} \approx 2000$ → už pri minimálnom vystužení posúdenie vyhovuje.

Záver

Vzniknutej tragickej situácii neprospera zrejme ani zmena zadania v „poslednej chvíli“, keď projektanti museli posúvať hlavný pylón o 11 stôp, čím sa zmenil aj rozpon hlavného väzníka, a výpočty a výkresy sa museli vypracovať odznova, čím sa projektant určite dostal do časovej a možno aj finančnej tiesne. Jednu z hlavných, na prvý pohľad banálnych príčin zlyhania konštrukcie osobne považujem umiestnenie odvodňovacieho žľabu v priestore spodnej pásnice väzníka. Tým vznikol stiesnený priestor s prevystužením priamo v oblasti kotevných platní predpätých tyčí.



Ďalej (presne v zmysle príslovia *Po bitke je každý generál*) by som v projektovej fáze urobil tieto opatrenia :

- spodný pás väzníka by som riešil rovnako ako horný pás so zosilnenými miestami v mieste styčníc, resp. zväčšením výšky celého pásu
- nedoporučoval by som dopĺňanie prútov (hlavne nie nad živou dopravou) a výpočet by som sa snažil viesť s dopredu daným predpätím
- rozhodne by som zvýšil stupeň vystuženia betonárskou výstužou (pri zavážaní môžu vzniknúť neplánované dynamické rázy a poškodiť konštrukciu)
- zameral by som sa na dôkladné dodržanie a kontrolu kotevných dĺžok betonárskej výstuže (možno aj s rezervou)

Bude neľahkou úlohou vyšetrovacieho tímu zistiť skutočné príčiny zlyhania konštrukcie. Do hry vstupuje kvantum faktorov a skutočností, je zainteresovaných množstvo osôb a organizácií, k dispozícii je veľa vyšetrovacieho materiálu, včítane zvyškov konštrukcie.

Niektoré **zdroje**, použité pri zostavovaní článku :

https://en.wikipedia.org/wiki/Florida_International_University_pedestrian_bridge_collapse

<https://www.steel-econ.com.au/expert-witness-3/>

<https://www.giatecscientific.com/education/florida-international-university-bridge-collapse/>

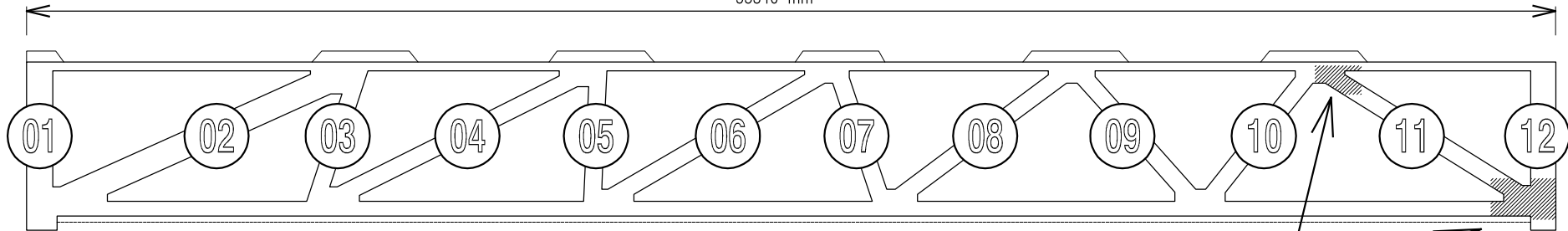
<https://www.crazyengineers.com/threads/analysis-of-florida-international-university-pedestrian-bridge-collapse.100620/>

Pri zostavovaní článku boli použité nasledovné počítačové programy :

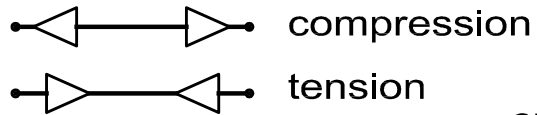
STRAP, SketchUp, AutoCad LT 2004, SEAN, Microsoft Word, PDF Creator, Corel Draw

PRÍLOHA č. 1

53340 mm

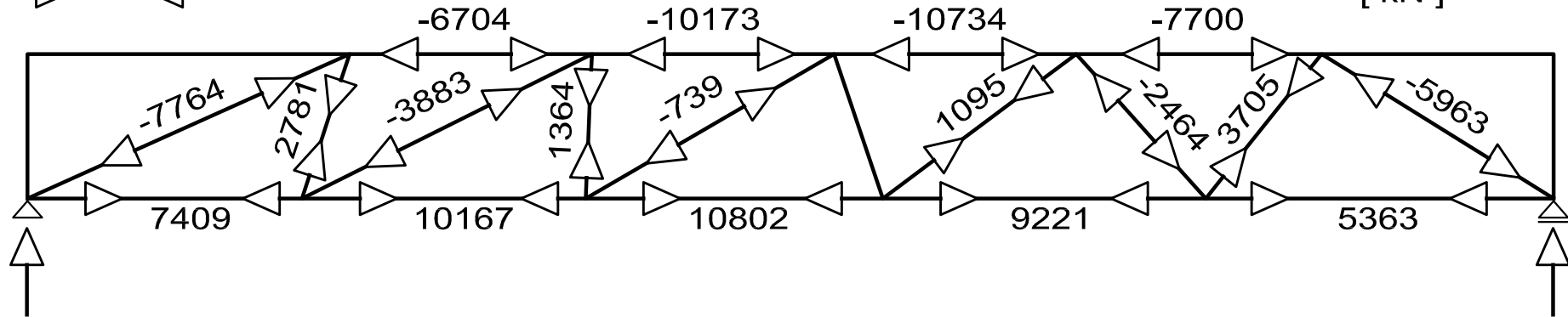


kolaps



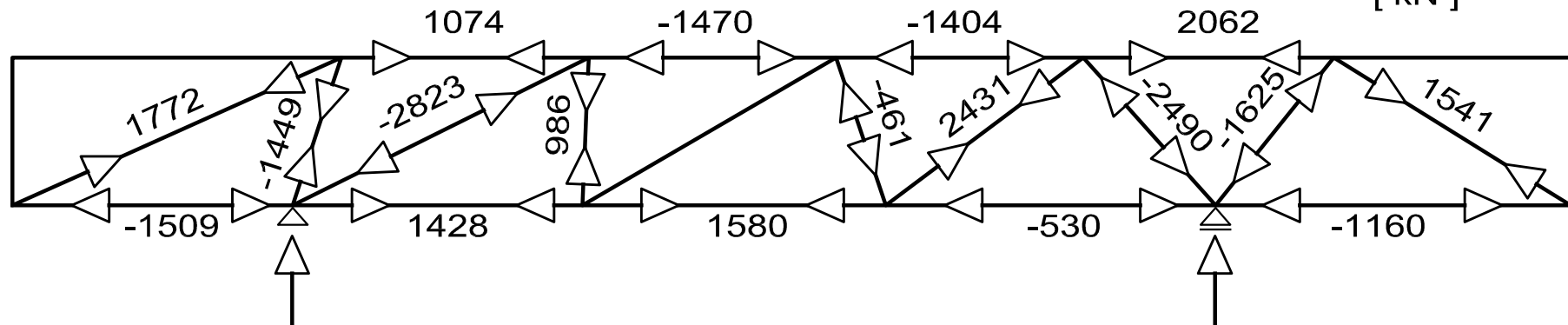
STAV PRED KOLAPSO M

[kN]



MONTÁŽNY STAV PRI ZAVÁŽANÍ

[kN]



S E A N SECTIONAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE MEMBERS (C)SSK 2015

=====
Eurocode No.2 EN 1992-1-1

I N P U T D A T A

Name of the combination : bez náhodilého
Combination (cross section, reinforcement, load) : 1 1 1

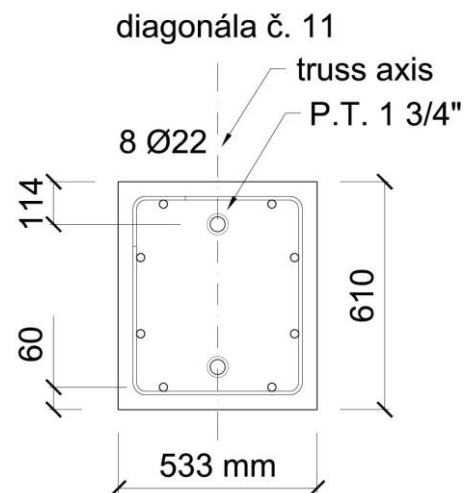
CONCRETE CROSS SECTION

Rectangle b x h = 532 x 610 mm Effective length Lo = 9.37 m

MATERIAL OF THE CROSS SECTION : concrete C40/50 fck = -40000 kN/m2
(pri predpinaní) fcd = -26667 kN/m2

CONCRETE REINFORCEMENT

No	X(m)	Y(m)	(mm) diameter	(GPa) Es	(MPa) ftk(+)	(MPa) fyk (-)	name
1	-0.160	0.160	22	200	500	-500	steel B500B
2	0.160	0.160	22	200	500	-500	steel B500B
3	-0.160	0.650	22	200	500	-500	steel B500B
4	0.170	0.650	22	200	500	-500	steel B500B
5	-0.200	0.303	22	200	500	-500	steel B500B
6	0.200	0.303	22	200	500	-500	steel B500B
7	-0.200	0.507	22	200	500	-500	steel B500B
8	0.200	0.507	22	200	500	-500	steel B500B



COEFFICIENTS

Partial factor gama concrete : 1.50
Partial factor gama steel : 1.15
Mquasi-permanent / Muls : 0.75
Creep factor (t,to) : 3.00
Ultimate strain - concrete : 0.0035
Ultimate strain - steel : 0.020

PERCENTAGE OF REINFORCEMENT

Top and bottom reinforcement : 0.94%
Top reinforcement : 0.47%
Bottom reinforcement : 0.47%
Radius of gyration is : 18.77 cm

LOADING CASES

N (kN)	M (kNm)	Mbuckl. (kNm)	Mr (kNm)	x_Mr (m)	result	name
-1245.00	233.00	455.01	603.13	0.15	O.K.	vnesenie 1. tyče
1541.00	0.00	0.00	0.00	0.00	failure!	montáž bez tyčí
296.00	237.00	237.00	276.67	0.06	O.K.	montáž - jedna tyč
-949.00	0.00	169.23	552.26	0.14	O.K.	montáž - 2 tyče

INTERACTION DIAGRAM

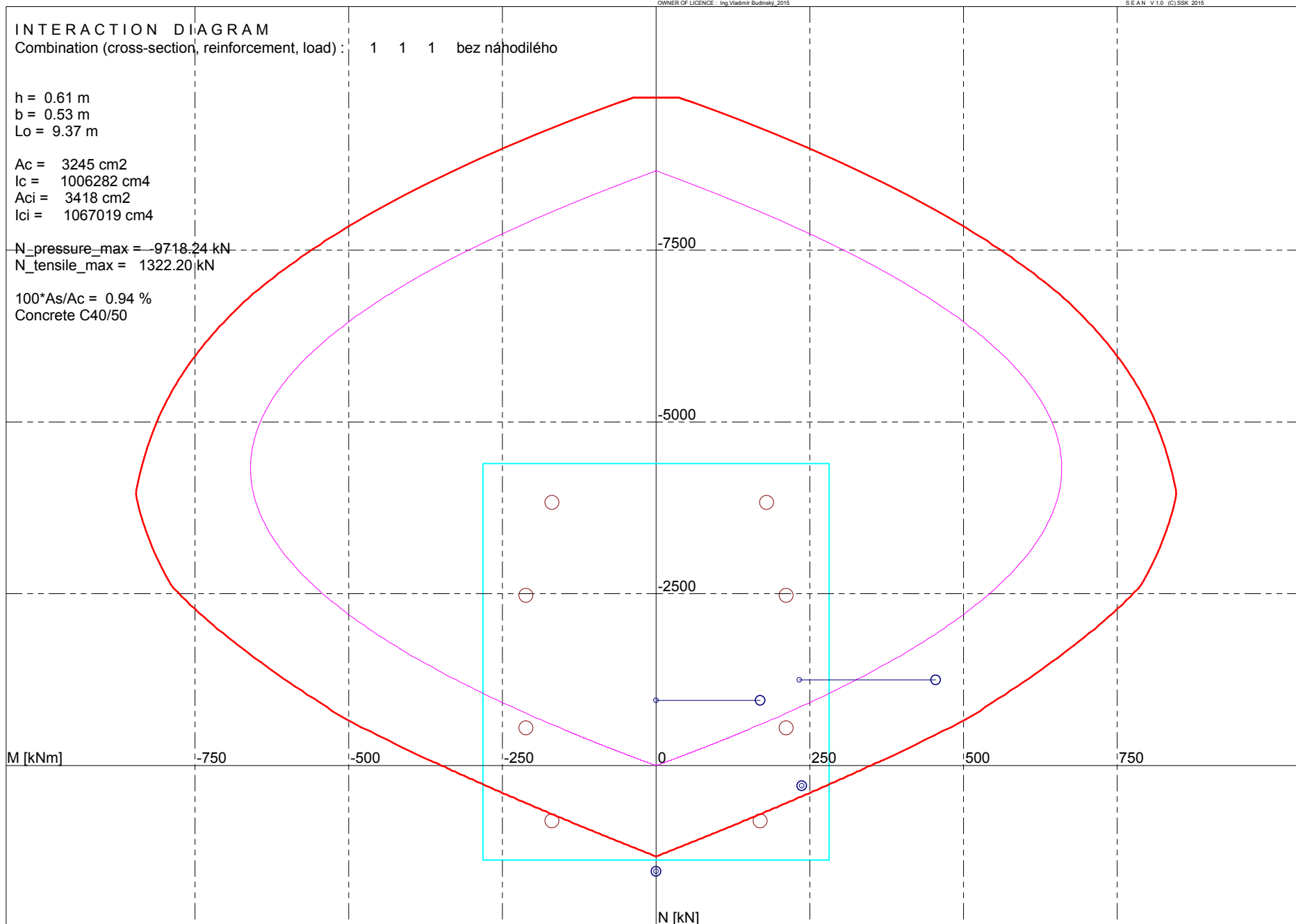
Combination (cross-section, reinforcement, load) : 1 1 1 bez náhodilého

$h = 0.61 \text{ m}$
 $b = 0.53 \text{ m}$
 $L_o = 9.37 \text{ m}$

$A_c = 3245 \text{ cm}^2$
 $I_c = 1006282 \text{ cm}^4$
 $A_{ci} = 3418 \text{ cm}^2$
 $I_{ci} = 1067019 \text{ cm}^4$

$N_{\text{pressure_max}} = -9718.24 \text{ kN}$
 $N_{\text{tensile_max}} = 1322.20 \text{ kN}$

$100 \cdot A_s / A_c = 0.94 \%$
Concrete C40/50



DODATKY k pôvodnému článku zo VII/2018

III/2021

Organizácie zainteresované v projektovaní, vo výstavbe a vyšetrowaní (rekapitulácia)

FIU – Florida International University – budúci užívateľ a vlastník mosta, na podnet ktorého sa výstavba uskutočnila

FDOT – Florida Department of Transportation – *Ministerstvo dopravy na Floride*

FIGG Bridge Engineers – hlavný projektant, renomovaná medzinárodne známa spoločnosť v navrhovaní mostov

MCM – Munilla Construction Management

Louis Berger – consulting engineer (má 6000 zamestnancov po celom svete)

Bolton Perez & Associates – *Technický konzultant na Floride*

VSL – dodávka predpínacích tyčí a predpínacie práce

NTBS – National Transportation Safety Board – hlavný vyšetrowateľ – *Národná rada pre bezpečnosť dopravy* začala vyšetrowanie ráno 16. Marca

US DOT – United States Department of Transportation – Ministerstvo dopravy USA

FHWA – Federal Highway Administration – odbor US DOT

FIU je známa svojimi skúsenosťami v oblasti ABC – Accelerated Bridge Construction – *Zrýchlenia výstavby mostov*, a vedeckým zázemím v mostnom staviteľstve, ako aj organizáciou medzinárodných mostných sympózií.

Predbežná vyšetrowacia správa – november 2018 (skrátene)

vydaná NTSB tvrdí, že došlo k chybám pri návrhu mosta. Praskanie, ktoré bolo pozorované pred kolapsom mosta a následné zrútenie je v súlade s týmito chybami návrhu. Správa vysvetľuje, že chyby vytvorené v konštrukcii v severnej uzlovej oblasti rozpätia boli v spojení diagonály a zvislice s mostovkou. Chyby mali za následok podhodnotenie kapacity a odolnosti kritického uzla ako aj zjavné podhodnotenie zaťaženia v tejto časti.

Výskumné centrum Turner-Fairbanks pre diaľnice v meste McLean v štáte Virginia (Washington, DC, USA), vykonalo niekoľko testov a skúšok vzoriek betónu a ocele odobratých z mosta po jeho kolapse. FHWA je účastníkom vyšetrowania NTSB. Testovanie materiálov sa uskutočnilo v dvoch samostatných

termínoch.

Podľa vyšetrovacej aktualizácie boli kľúčové zistenia z testovania nasledovné:

- Výsledky skúšok ukázali, že všetky betónové vzorky z jadra, ktoré boli získané z mostovky a vrchlíka, splnili požiadavky na kompresiu podľa plánov projektu.
- Projektové plány špecifikovali, že betón použitý pre projekt bol požadovaný tak, aby splňal špecifikácie ministerstva dopravy v štáte Florida (Tallahassee, Florida, USA). Všetky vzorky z mostovky a vrchlíka boli v stanovenom rozsahu pre celkový obsah vzduchu.
- Dva typy vzoriek boli testované počas hodnotenia napínaných tyčí: opracované vzorky kruhových tyčí a vzorky plnej dĺžky prútov. Pri všetkých testoch napätia vzorky splňali špecifikovanú minimálnu medzu klzu, pevnosť v ťahu a percento predĺženia pri pretrhnutí.
- Oceľové výstužné tyče, zozbierané zo zrútenej konštrukcie, obsahovali niekoľko rôznych veľkostí označených ako #5, #7, #8 a #11. Deformácia indukovaná kolapsom priemeru #7 zabránila ich testovaniu. Výsledky testov napätia pre zvyšné veľkosti č. 5, 8 a 11 ukazujú, že všetky splnili minimálnu medzu klzu, pevnosť v ťahu a percento predĺženia pri pretrhnutí pre príslušné veľkosti.

Kontrola návrhu bola vykonaná Úradom mostov a konštrukcií FHWA na podporu vyšetrovania NTSB.

NTSB vysvetľuje, že vyšetovanie kolapsu mostu prebieha a dodáva, že informácie z novembrovej aktualizácie sú predbežné a budú doplnené alebo opravené v priebehu vyšetrovania. "Zo správy ako takej by sa nemali vyvodzovať žiadne závery o pravdepodobnej príčine kolapsu z informácií obsiahnutých v aktualizácii vyšetrovania." píše NTSB.

Správa NTSB z roku 2019

Správa z vyšetrovania Národnej rady pre bezpečnosť v doprave z minulého roka obviňovala niekoľko spoločností z ich úlohy pri tragédii, ale najtvrdšiu kritiku si vyhradila pre FIGG, hlavného projektanta v zadávaní zákaziek na projekt. NTSB vo svojej správe uviedla, že niekoľko členov projektového tímu nevykonalo svoju implicitnú právomoc zastaviť dopravu pod neúplnou konštrukciou, pretože trhliny sa zhoršili a projektový tím po preskúmaní ich významu nevyvodil správny záver, čo ďalej s nimi robiť. FIGG, 42-ročná spoločnosť, známa svojimi inovatívnymi návrhmi mostov, nikdy nepriznala vinu za katastrofu na Floride. FIGG vo svojom návrhu tvrdí (rovnako ako to bolo pred záverečnou správou NTSB o kolapse), že dodávateľ, spoločnosť Munilla Construction Management, poškodil čiastočne zmontovanú konštrukciu pri zavážaní mosta do konečnej polohy nad cestou. Podľa FIGG navyše spoločnosť MCM nedokázala správne dodržiavať konštrukčné pokyny pri kľúčovom spojení neobvyklej betónovej priehradovej konštrukcie. Keď sa objavili trhliny na konštrukcii v dňoch predchádzajúcich zrúteniu, tvrdí FIGG, spoločnosť MCM neoznámila závažnosť situácie montážnej firme, ktorej zamestnanci vtedy na stavenisku neboli.

Výpočtová forenzná analýza

ASCE, American Society of Civil Engineers

[Journal of Bridge Engineering](#) / [Volume 25 Issue 1 - January 2020](#)

- Authors:
 - Cao, Ran
 - El-Tawil, Sherif
 - Agrawal, Anil Kumar
- Publication Date: 2020-1

Záverčné zhodnotenie . 15. marca 2018 sa počas výstavby zrútil betónový priehradový most pre peších v Miami na Floride. Porucha tohto mosta spôsobila mnoho obetí a vyvolala veľa vážnych obáv, týkajúcich sa návrhu a stavby mosta, vrátane vznikajúcej koncepcie urýchlenej výstavby mostov (ABC). Príčiny poruchy tohto mosta nie sú zatiaľ komplexne preskúmané. Autori tohto článku použili podrobnú výpočtovú simuláciu (*demand/capacity analysis*) na skúmanie správania sa kritických konštrukčných prvkov mosta počas výstavby. Boli simulované štyri dôležité fázy výstavby (predpätie, preprava, premiestnenie a napnutie), aby sa určili dominantné faktory, ktoré mohli prispieť k poruche mosta. Nedávna správa z vyšetrovania Národnej rady pre bezpečnosť dopravy (NTSB) pripisovala zrútenie chybnému návrhu spoja na severnom konci mosta. Konkrétnu postupnosť mechanizmov, ktoré viedli k zrúteniu, sa však nepodarilo zistiť. Na základe kapacitnej simulácie táto práca ukazuje, že vodorovná zložka napínacej sily prekonala odpor kĺbu a spôsobila jeho plastické pretvorenie vzhľadom na mostovku. Ako postupovalo pretvorenie, úplne sa zmobilizovalo zaklinenie medzi mostovkou a kĺbom zvislice s diagonálou, ktoré drvilo a poškodzovalo betón v mieste kĺbu. Rozvíjajúce sa porušenie (na studenej škáre) spôsobilo ďalšie pretvorenie a viedlo k cyklickým porušeniam, ktoré vyvrcholili zrútením celého mosta. Parametrické štúdie skúmali účinky súčiniteľa trenia na studenom spoji, predpínacích síl v mostovke a napínacích síl pôsobiacich na severný diagonálny prút, na správanie sa mosta pri zrútení. Výsledky analýz a simulácií poskytujú dôležité informácie o mechanizme kolapsu a poukazujú na poučenia, ktoré by sa mohli vyvodit' ako prevencia podobných katastrofických zlyhaní v budúcnosti.

Správa aktualizovaná 3. 8. 2020 vyhlásením FHWA

Richard Korman and Tom Ichniowski www.enr.com

US DOT navrhuje 10-ročný zákaz zadávania zákaziek projektovej spoločnosti FIGG

Americké ministerstvo dopravy pozastavilo činnosť a podľa návrhu federálnej správy diaľnic navrhuje 10 rokov vylúčiť FIGG Bridge Engineers z vykonávania práce na akýchkoľvek federálne financovaných alebo podporovaných projektoch.

Žaloba FHWA vychádza z úlohy FIGG pri zrútení mosta pre chodcov v roku 2018 na Floridskej medzinárodnej univerzite v Miami. Kolaps zabil šesť ľudí, keď betónová priehradová konštrukcia v záverečných fázach výstavby spadla na frekventovanú cestu.

FHWA tiež pozastavila činnosť a navrhla vylúčiť W. Denney Pate, vedúceho inžiniera spoločnosti FIGG pre projekt mosta na Floride.

V e-maili pre ENR (*Engineering News-Record*) hovorca FHWA uviedol, že kroky agentúry sú výsledkom „bezpečnostných zlyhaní“ súvisiacich so zrútením mosta.

Hovorca dodal, že pozastavenia a navrhované vylúčenia sú „prijímané v záujme ochrany verejnej bezpečnosti“.

Správa z vyšetrovania Národnej rady pre bezpečnosť v doprave z minulého roku obviňovala niekoľko spoločností z ich úloh, ale najtvrdšiu kritiku si vyhradila pre spoločnosť FIGG, subdodávateľa projektu v zadávaní zákaziek na projekt.

NTSB vo svojej správe uviedla, že niekoľko členov projektového tímu nevykonalo svoju implicitnú právomoc zastaviť dopravu pod neúplnou konštrukciou, pretože trhliny sa zhoršili a projektový tím po preskúmaní ich významu nevyvodil správny záver, čo ďalej s nimi robiť.

FIGG dôsledne popiera zodpovednosť za chyby projektu alebo chyby v úsudku počas výstavby, na ktoré poukázal vyšetrovací tím NTSB. Odrezanie firmy od federálne financovaných alebo podporovaných projektov by bolo ďalšou ranou pre 42-ročnú firmu, ktorá prispela k niektorým z najuznávanejších mostov v USA.

Minulý mesiac predstavitelia Texasu poverili tím Arup a CFC, aby dokončili inžiniersku činnosť na *U.S.Route 181 / prístavný most v Corpus Christi* za 930 miliónov dolárov, a nahradili tak FIGG ako vykonávateľa. Vo februári bola firma odvolaná z projektu pre obavy z účasti na zrútení Floridy.

Nedávne kroky proti FIGG sa spomínajú v liste Howarda R. Elliotta, úradujúceho generálneho inšpektora DOT, člena výboru Snemovne reprezentantov zaoberajúcim sa dopravou a súvisiacimi výdavkami.

V liste sa uvádzalo, že 14. júla „FHWA pozastavila činnosť a navrhla vylúčiť spoločnosť FIGG Bridge Engineers – firmu, ktorá navrhovala most pre peších FIU – na obdobie 10 rokov.“

Činnosť FHWA je uvedená aj v databáze systému pre správu ocenení *US General Services Administration*.

Vyhlásenie spoločnosti FIGG uvádza, že oznámenie spoločnosti FHWA je predbežným krokom, ktorý iniciuje formálny proces vrátane zisťovacieho konania, ktorým spoločnosť napadne konanie agentúry.

FIGG tiež uviedla, že oznámila FHWA, že „budeme dôrazne namietat' proti navrhnutým opatreniam agentúry. Spoločnosť je pevne presvedčená, že postup FHWA nie je podložený ani skutočnosťami, ani zákonmi, a bude sa usilovať o vykonanie všetkých náležitých procesov a nápravných opatrení s cieľom postaviť sa proti kroku FHWA na pozastavenie činnosti.“

FIGG Bridge Engineers žiada blokovat' federálne vylúčenie

Napísal 12. augusta 2020 Richard Korman www.enr.com

Spoločnosť FIGG Bridge Engineers, spoločnosť so sídlom v Tallahassee na Floride, ktorú citujú federálni úradníci pri jej úlohe pri fatálnom zrútení mosta pre peších v Miami v roku 2018, požiadala sudcu, aby zabránil americkému ministerstvu dopravy pozastaviť činnosť spoločnosti pred navrhovaným 10-ročným vylúčením z akýchkoľvek dopravných projektov zahŕňajúcich federálne fondy. Advokáti spoločnosti FIGG sa domáhajú dočasného súdneho príkazu na federálnom okresnom súde vo Washingtone, D.C. Spoločnosť vo svojom súdnom spore z 11. augusta tvrdí, že pozastavenia navrhované americkým ministerstvom obrany (DOT) vydané 14. júla „predstavujú hrozbu katastrofickej a bezprostrednej ujmy“ pre spoločnosť FIGG, ktorú nie je možné zvrátiť. Spoločnosť tvrdí, že potenciálna škoda pre FIGG zahŕňa stratu neidentifikovaného projektu, ktorý v súčasnosti predstavuje takmer polovicu jej výnosov. Aj keď projekt nie je pomenovaný, oddelenie dopravy v Texase nedávno oznámilo, že akciu *U.S. Route 181 / Harbour Bridge v Corpus Christ* nahradil FIGG tímom Arup a CFC. Táto zmena odráža obavy z účasti firmy na zrútení mosta pre peších na Floridskej medzinárodnej univerzite v roku 2018. Kolaps zabil šesť ľudí, keď betónová priehradová konštrukcia v neskorých fázach výstavby a pred vykonaním konečných spojov spadla na frekventovanú cestu. Federálna správa diaľnic DOT tiež pozastavila činnosť a navrhla vylúčiť W. Denney Pate, inžiniera spoločnosti FIGG pre projekt mosta na Floride. V súdnej žalobe je uvedený aj ako žalobca.