

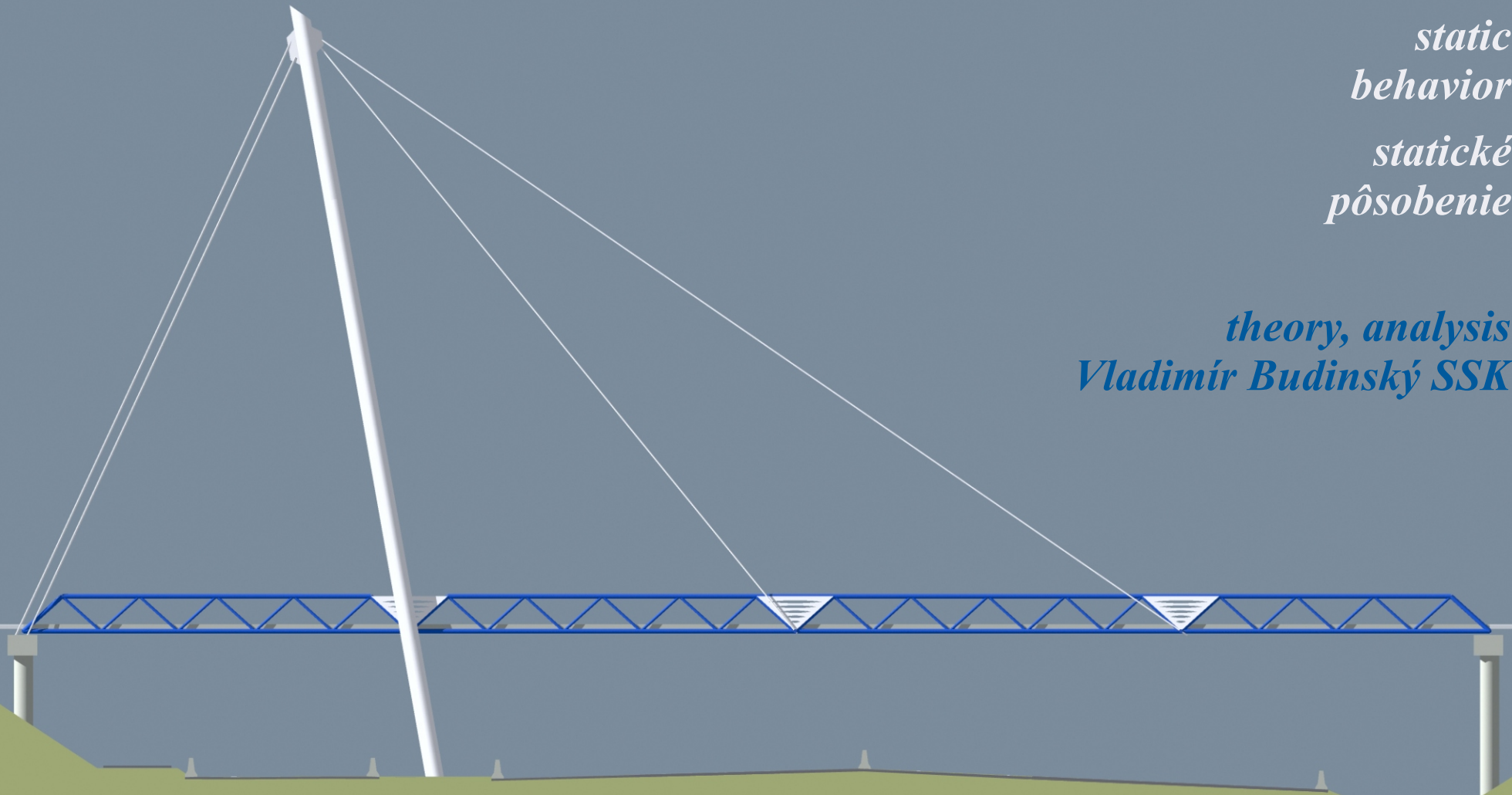
Beachcroft footbridge

Auckland, New Zealand

*static
behavior*

*statické
pôsobenie*

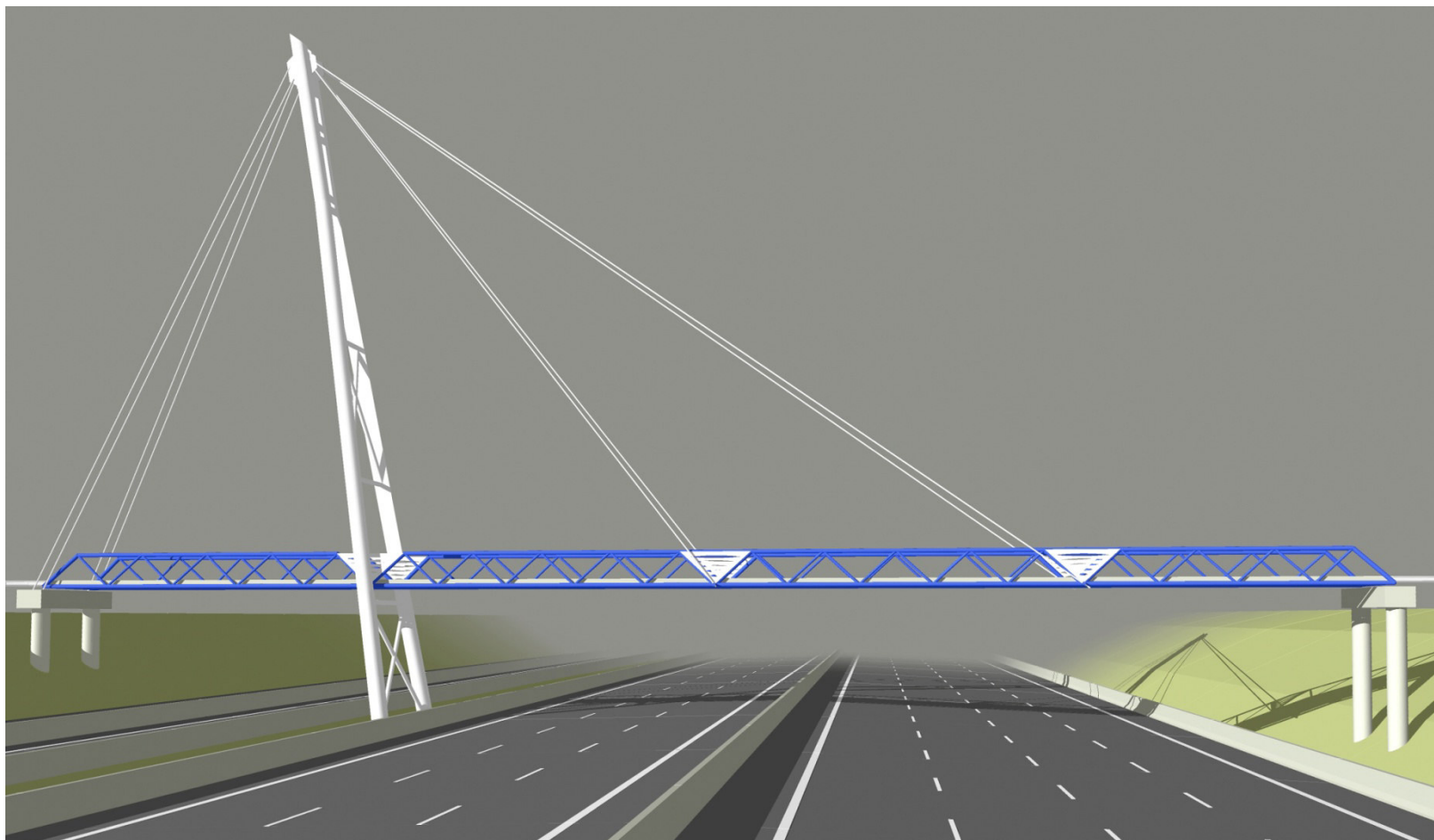
*theory, analysis
Vladimír Budinský SSK*

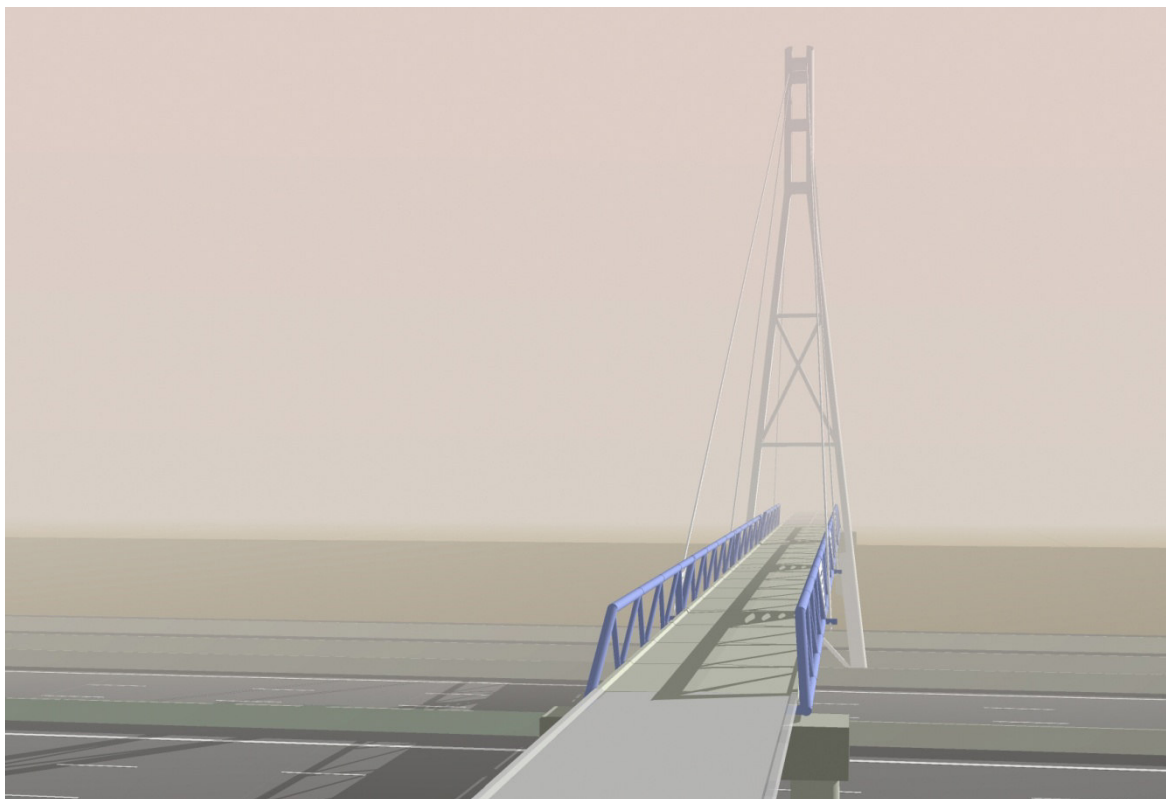


KEYWORDS : bridge, footbridge, cable-stayed bridge, computation, calculation, structural analysis, statický výpočet, SSK

ÚVOD (Introduction)

Lávka pre peších a cyklistov *Beachcroft* sa postavila v rámci projektu *Manukau Harbour Crossing*, ktorý zdvojnásobuje kapacitu diaľnice z *Queenstown Road* v *Onehunge* na *Walmsley Road* v *Mangere*. Zavesený most pre peších sa stal novým orientačným bodom na ceste západného okruhu v *Aucklande*, čo je najväčšia metropolitná oblasť Nového Zélandu s vyše 1,6 milióna obyvateľov. 3,5-metra široký zdieľaný most pre cyklistov a chodcov s jasne modrými priehradovými nosníkmi priamo spája mestské časti *Hillsborough* a *Onehunga*. Nová lávka *Beachcroft* nahradila existujúci most, ktorý bol príliš krátky na to, aby preklenul všetky jazdné pruhy rozšírenej diaľnice.





IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE MOSTA

Investor :	Dopravná agentúra Nového Zélandu
Dodávateľ OK :	Taranaki Engineering
Závesné tyče :	Macalloy
Ďalší dodávatelia :	Fletcher Construction, Beca Infrastructure, Higgins Alliance
Architect :	Jasmax
Bridge engineer :	Andrew Dickson & Melanie Regine

Výstavba :	2010
Rozpon :	47,5 m
Výška pylóna od vozovky :	23,3 m
Celková dĺžka NK mosta :	64,5 m
Prechodná šírka :	3,5 m
Celková výška mosta :	33 m
Typ mosta :	zavesený

POPIS KONŠTRUKCIE MOSTA

Kreatívna kombinácia inovatívneho dizajnu, vysokopevnostnej ocele a nezvyčajného farebného ladenia vytvorila konštrukciu, ktorá z diaľky pôsobí klamlivo krehko.

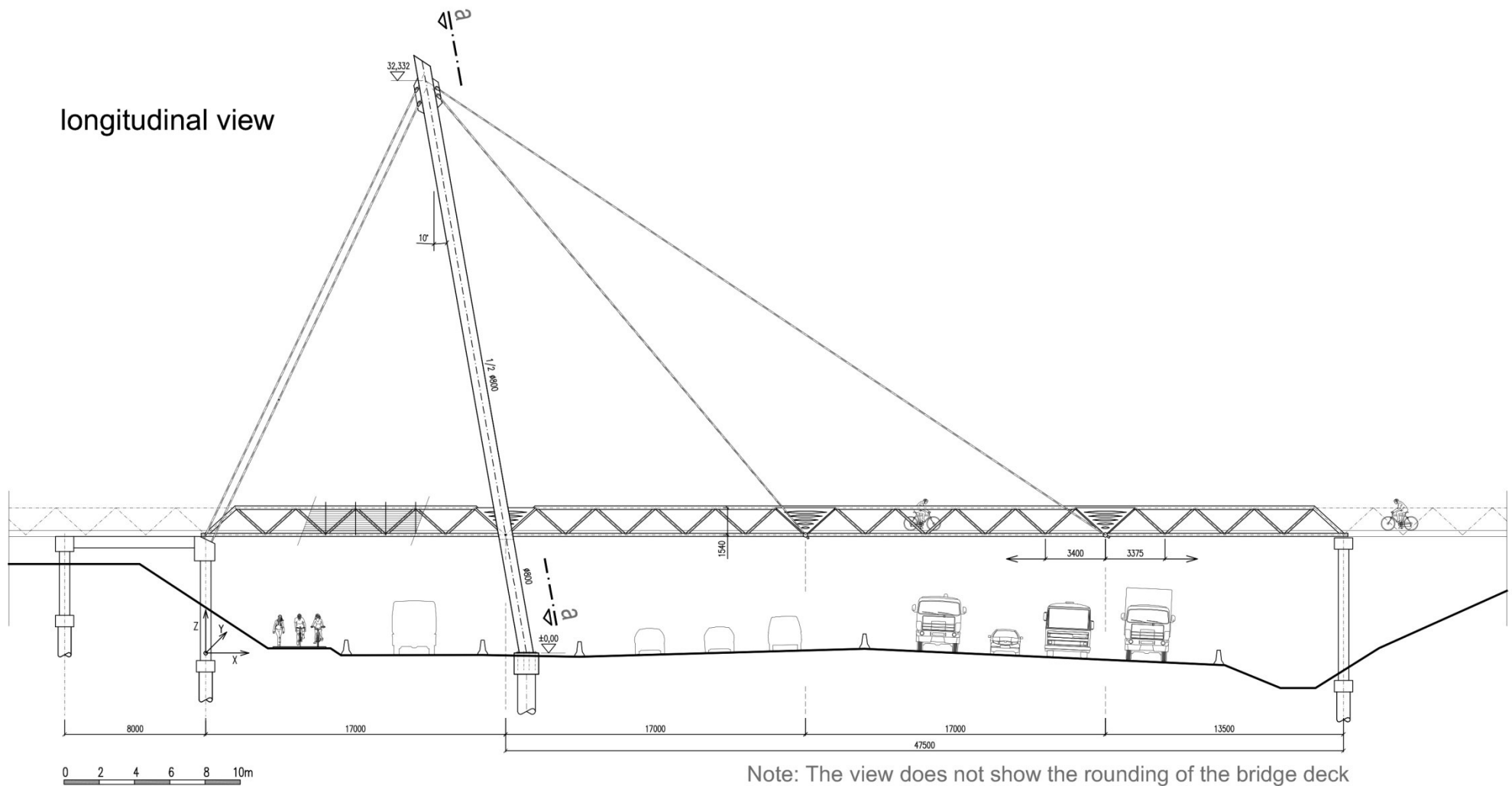
Ako prvotný bol vztýčený ocelový pylón z ocelových rúr priemeru 800 mm v tvare písmena „A“. Projektanti šikovne vymysleli, že od výšky mostovky budú ramená pylónu iba v polovičnom profile $\varnothing 800$ mm, ktorý je uzavretý ocelovým plechom. Pylón je v dvoch výškových úrovniach priečne stužený krížovým zavetrovaním a v štyroch úrovniach na najužšom mieste dvojicami ocelových plechov 400x20–800 mm. Pylón je naklonený v smere osi chodníka o 10° . Od hlavy pylóna sú vedené štyri páry ocelových tyčí (tiahel) s medzou klzu 460 MPa (S460) a priemeru 64 mm, ktoré sú pozinkované a lakované. Ocelové napínacie tyče podopierajú priehradovú mostovku. Rovina priehradovej konštrukcie je naklonená kolmo na os mosta podľa ramien pylóna v uhle $5,95^\circ$. Aj v rovine chodníka je mostovka vystužená priehradovinou. Všetky priehradové konštrukcie sú ocelové trubky rôzneho odstupňovaného priemeru a hrúbky.

Proti prepadu do hĺbky sú osoby chránené trinástimi napnutými ocelovými lankami (na jednej strane), ktoré sú vedené vo zvláštne tvarovanom ozdobnom plechu vo vzdialenostiach cca 1700 a 1687,5 mm.

Pochôzna vrstva je vyskladaná zo železobetónových prefabrikovaných panelov (tvar vid'. priečny rez), ktoré sú ukladané na kolmé priečniky vodorovnej priehradoviny v rozteči 3400 a 3375 mm. Pozdĺžne tvorí mostovka mierne prevýšenie v tvare oblúka, ktoré nie je na našich plánoch a obrázkoch zobrazené.

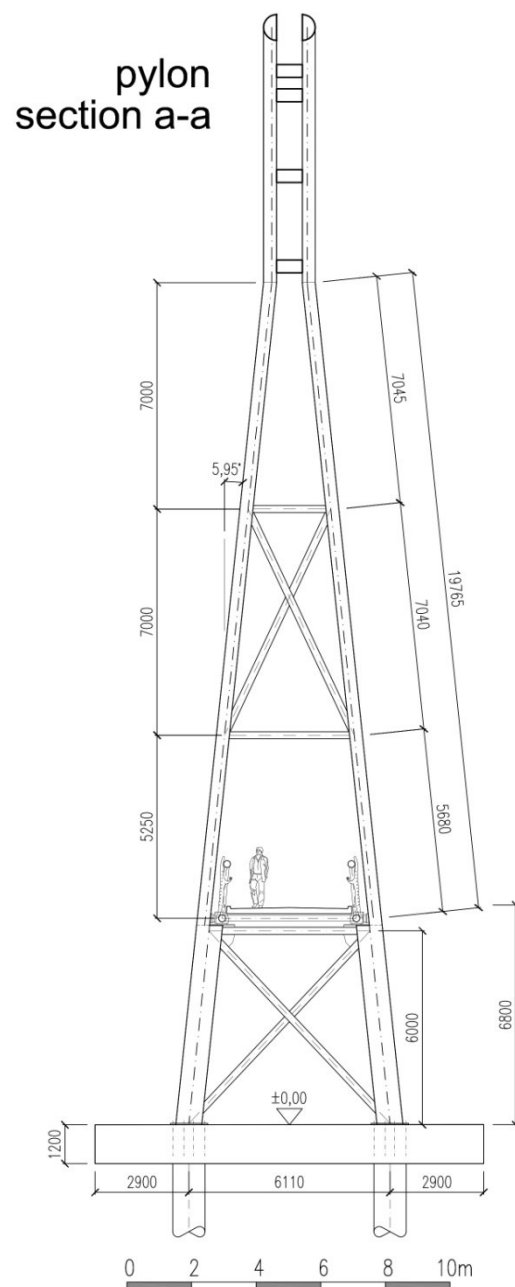
Pylón a obe opory sú založené na dvojiciach železobetónových pilót priemeru 750 a 1000 mm. Priemer $2 \times \varnothing 1000$ mm je pod pylónom. Okrajové podmienky podoprenia : Stojky pylóna sú votknuté do železobetónového prahu na pilótach, mostovka je pozdĺžne posuvná, len na zadnej opore je zabezpečená voči vodorovnému posunu. V mieste kríženia s pylónom je okrem zvislého podoprenia aj priečne pružne uchytená do pylónových stĺpov.

longitudinal view

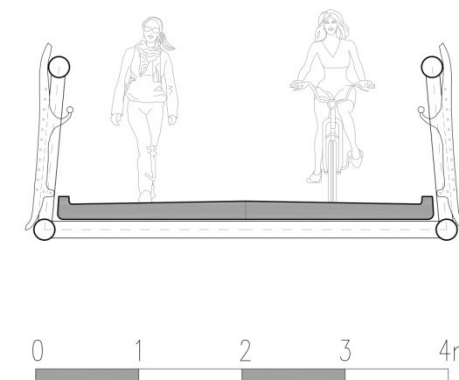


Note: The view does not show the rounding of the bridge deck

Pohľad pozdĺžny



cross section of bridge deck



↑ Priechy rez mostovkou

VÝPOČTY

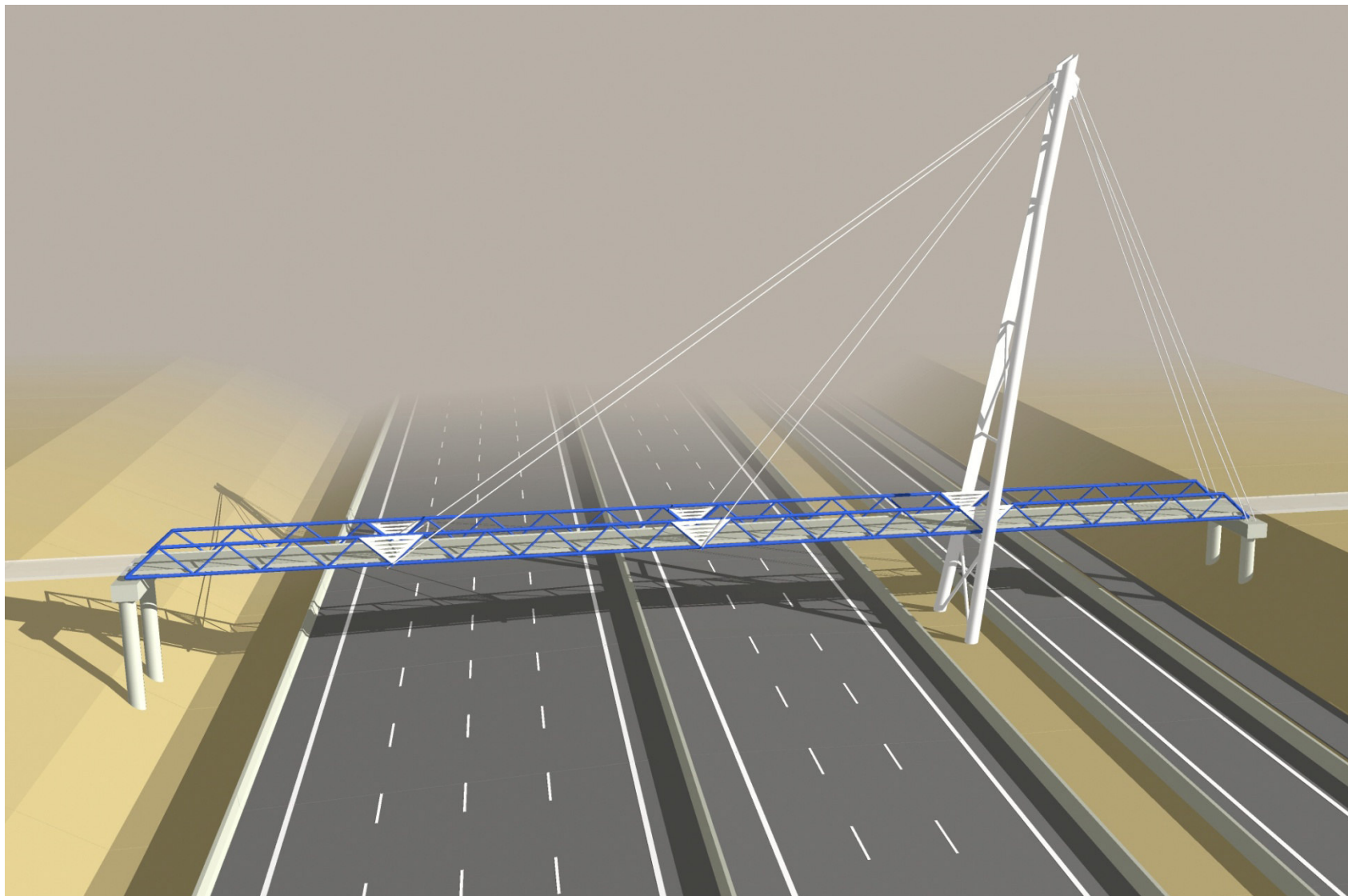
Na základe niektorých veľmi zjednodušených prepočtov sme zisťovali, aké sú základné vlastnosti sústavy. Zamerali sme sa na vlastnú hmotnosť mosta a zaťaženie účinkami chodcov. Výpočty prebiehali v zmysle Eurokódov, a to jednak v zaťaženiach a jednak v materiálových vlastnostiach prvkov. Zaťaženie na chodníku zástupom ľudí malo charakteristickú hodnotu $3,6 \text{ kN/m}^2$ podľa vzorca $q_k = 2,0 + 120 / (L + 30) = 3,6 \text{ kN/m}^2$, kde $L = 47,5 \text{ m}$.

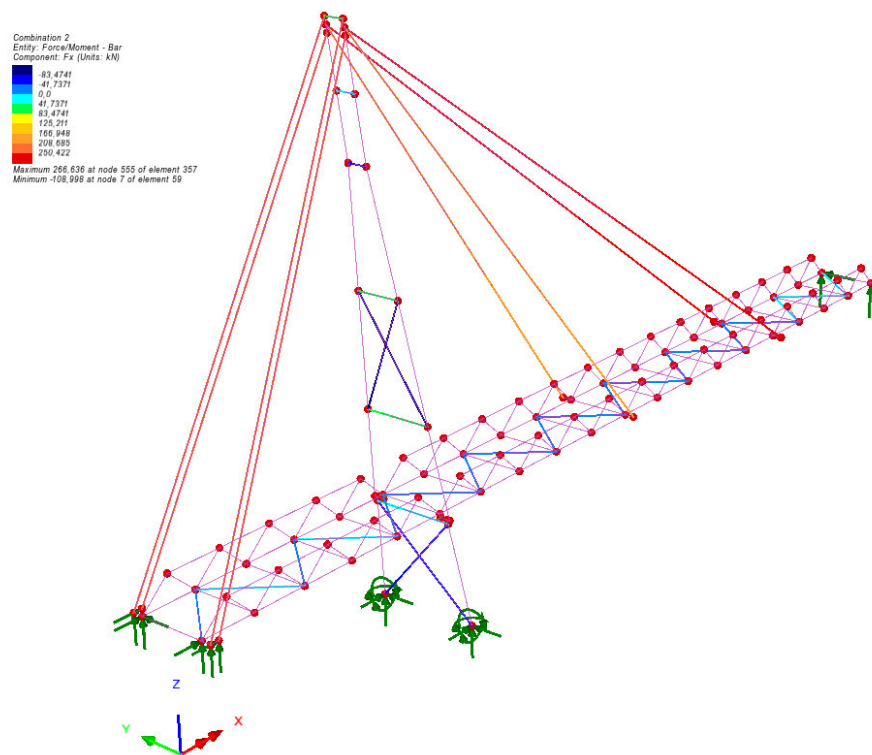
V ďalšom sme skúmali dynamické vlastnosti sústavy. Overovali sme účinky vandalského správania 4 chodcov, ktorí pôsobia v mieste maximálneho participačného faktora súčinnou silou $4 \times 180 \text{ N}$ vo frekvencii blízkej prvej najnižšej zvislej vlastnej frekvencii (f_3). Najväčšie zrýchlenie nám vyšlo $0,329 \text{ m/s}^2$, čo spadá v zmysle hodnotenia v predpise SÉTRA do oblasti zrýchlenia $0 \div 0,5 \text{ m/s}^2$, teda maximálnej pohody vnímania.

Skúmali sme tiež, na aké napätie je potrebné predopnúť tiahla, aby boli splnené deformačné podmienky v SLS a medzné napätia v ULS. Pre ladenie tiahel by teoreticky postačili 3 deformačné podmienky pre tri tiahla, pokiaľ by sme si zjednodušili statickú schému na rovinný systém, pričom zadné dvojité tiahlo nahradíme jedným. Ak chceme vystihnúť aj priestorové účinky, podmienky sa úmerne znásobia. Ako neznáme posuny sme zaviedli $d_z = 0$ pre predné tiahla v mieste mostovky a $d_x = 0$ v hlave pylóna. Druhá podmienka sa ukázala ako dosť tvrdá, tak sme ju zmenili na nerovnicu $-0,02 \text{ m} < d_x < +0,02 \text{ m}$. V texte používame slovo „tiahlo“ namiesto zaužívaného teoretického výrazu „kábové ladenie“, lebo to vlastne nie sú káble. Maximálna sila v tiahle pre ULS nám vyšla $514,9 \text{ kN}$, kontrolná „ručná“ podmienka je $F_x = (243\text{Ladenie} - 185\text{Vlastná tiaž}) + 185\text{Vlastná} \cdot 1,35 + 153,4\text{Chodci} \cdot 1,35 = 514,9 \text{ kN}$.

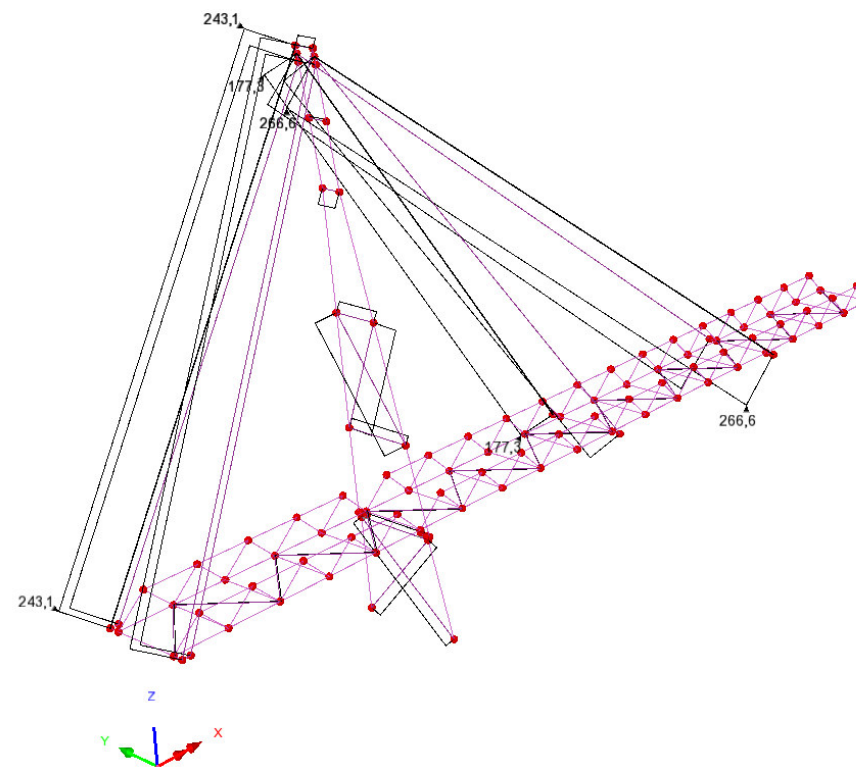
← Priechy rez a-a pylónom, umiestnenie rezu vid'. Pozdĺžny pohľad na predošlej strane

V celkovej sume kontrolnej ručne overovanej podmienky musíme vlastnú tiaž odčítať od ladenia, lebo ladenie prebieha pod charakteristickou hodnotou vlastnej tiaže. Maximálne napätie v tiahle je potom $\sigma_{\max} = F_x / A = 514,9 / (0,064^2 \cdot \pi / 4) = 160\,087 \text{ kN/m}^2 < 0,45 \cdot 540\,000 (f_u)$. Strojové výsledky predošlého textu sú zrejmé s ďalších obrázkov vnútorných síl.

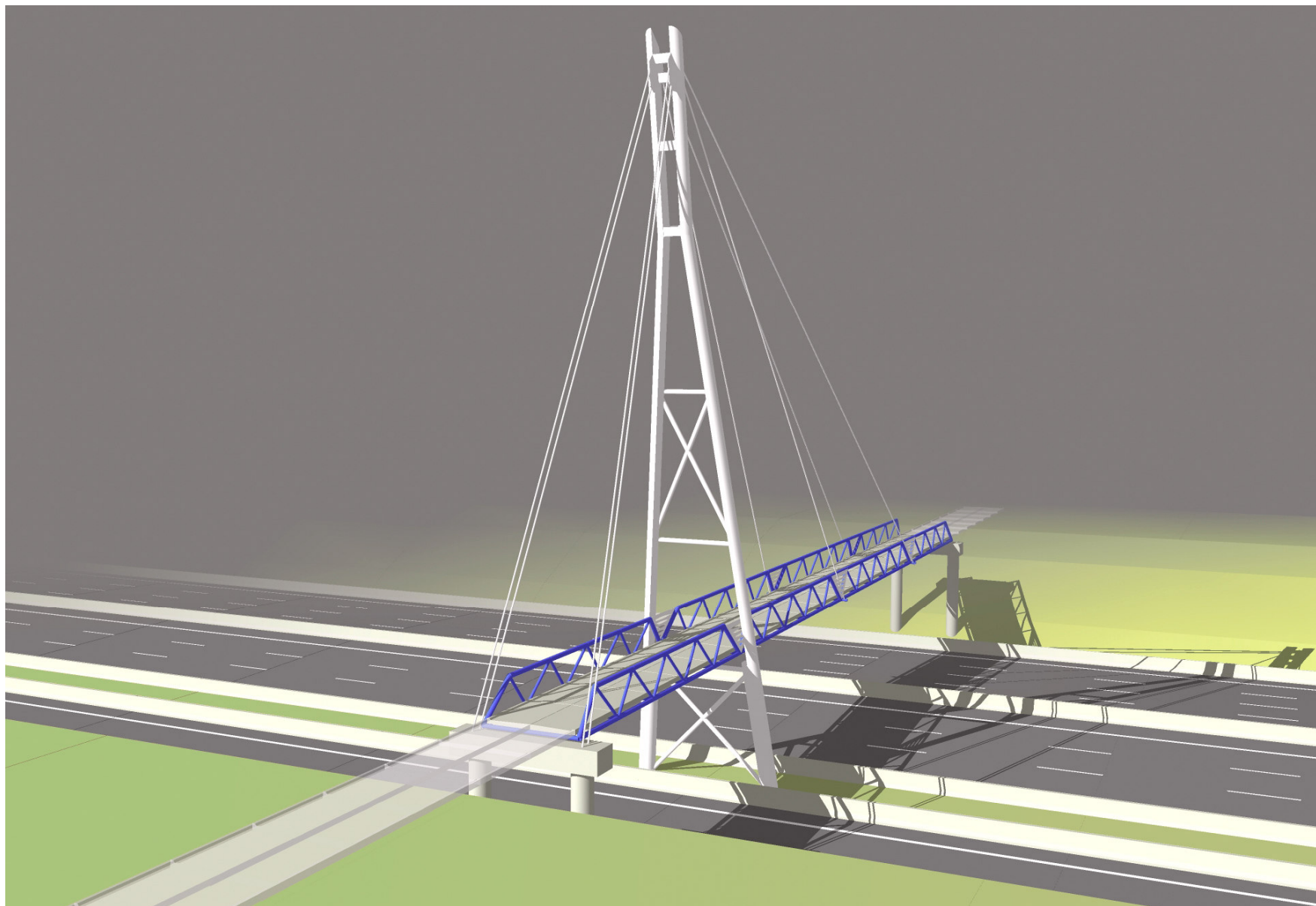


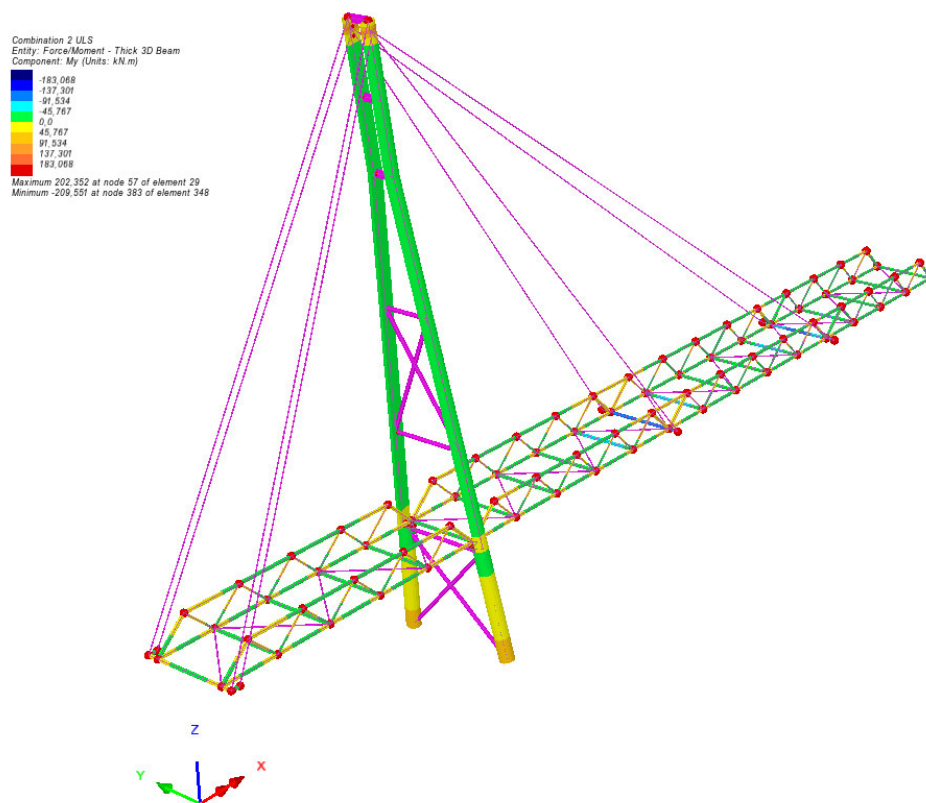


↑ Výsledné sily F_x ladenia tiahel (+ ostatné kĺbové prúty) v [kN]
a okrajové podmienky modelu

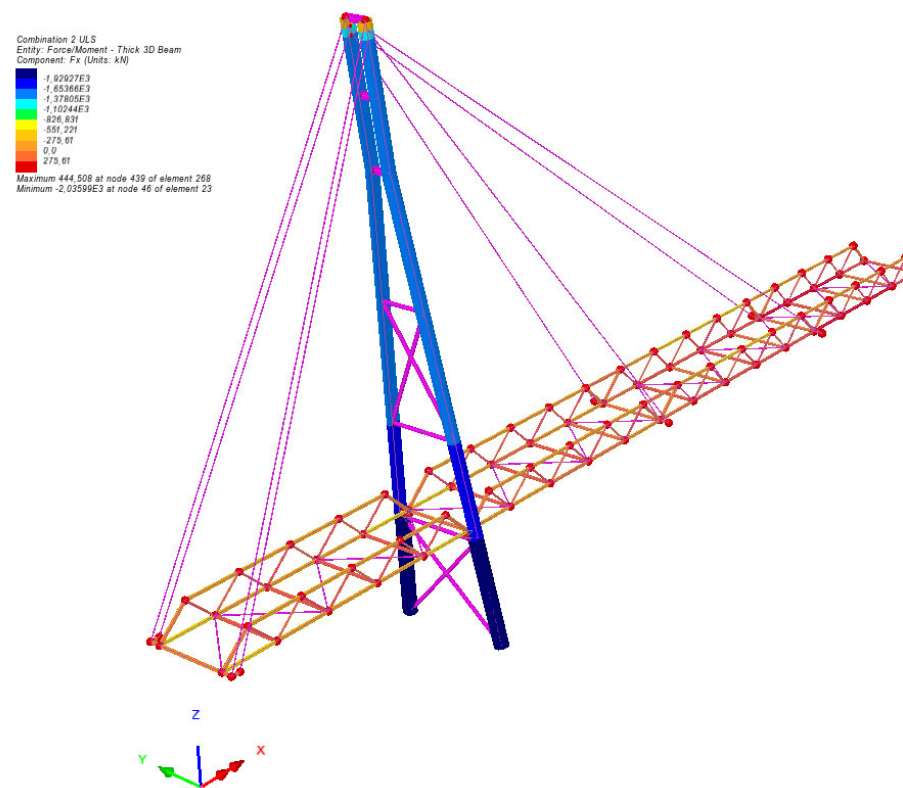


↑ Exaktné vyjadrenie sil F_x v tiahloch, odzadu dopredu :
zadná dvojica po 243,1 kN, stredová dvojica 177,3 kN
a predná dvojica 266,6 kN

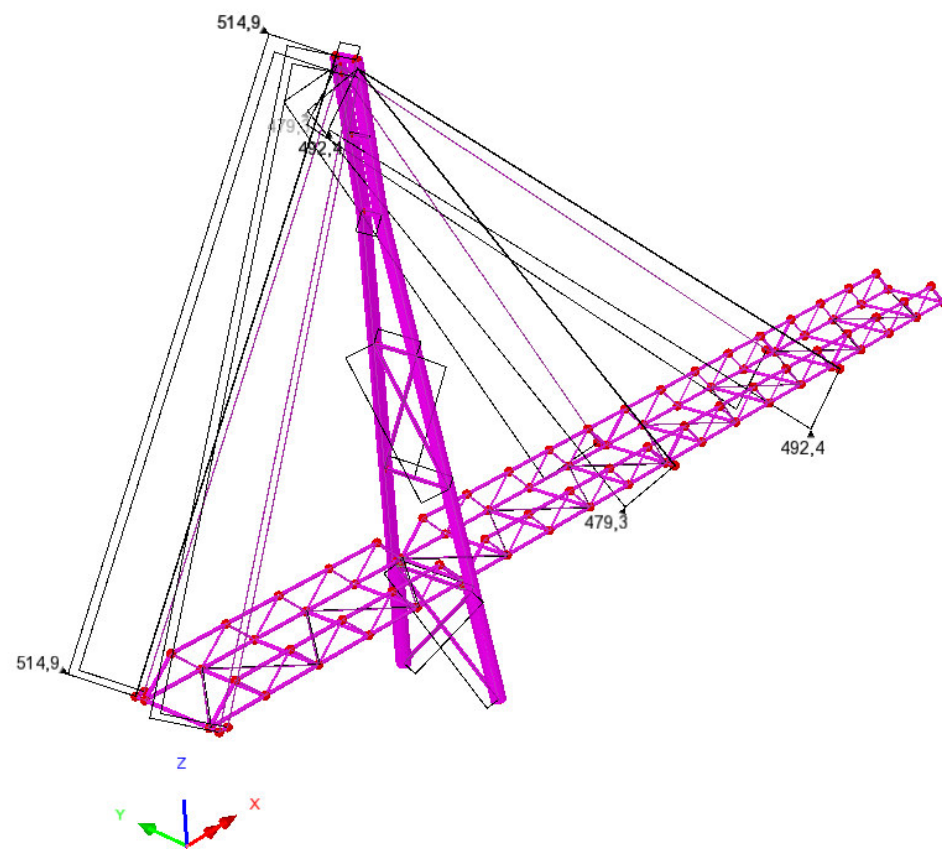




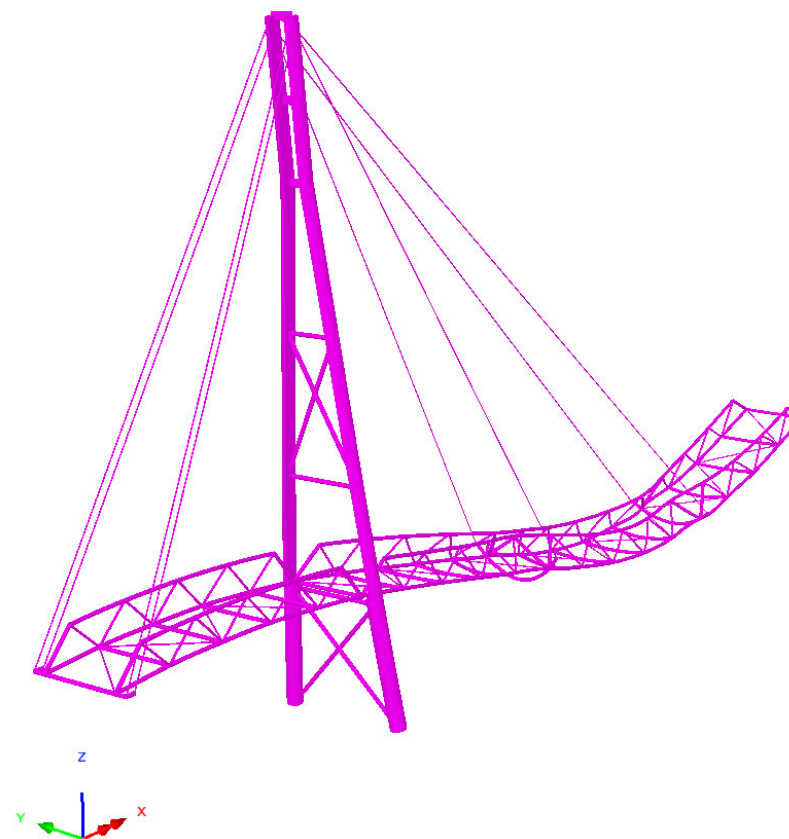
↑ Výsledné momenty M_y v kombinácii ULS [kNm]
v nosníkových prvkoch



↑ Výsledné osovú sily F_x v kombinácii ULS [kN]
v nosníkových prvkoch (okrem ťiahel a klbových prútov
– fialová farba)



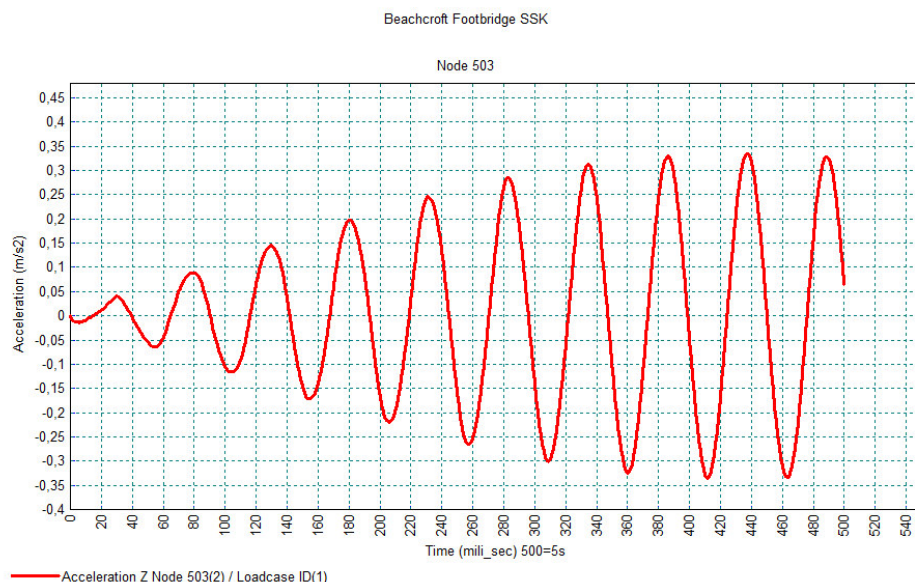
↑ Maximálne osové sily F_x v tiahlach v kombinácii ULS [kN]



↑ Tretí vlastný tvar $f_3 = 1,89$ Hz s maximálnou participáciou hmoty, kmitanie vo zvislej rovine

LUSAS 21.0-0c3

September 10, 2024



C:\bridges\LUSAS\LUSASFiles32\Beachcroft_Footbridge_5_dynam.mdl

Units: kN,m,t,s,C

- ← Nelineárnym výpočtom bolo vyhodnotené zrýchlenie mosta v mieste maximálnej participácie dynamickej energie, čo je pri zvislom kmitaní pri vlastnej frekvencii $f_3 = 1,89$ Hz, za súčinného pôsobenia štyroch vandalsky sa správajúcich chodcov

POSTUPNOSŤ VÝSTAVBY

Základy: Zhotovenie pilót do hĺbky 8 až 14 m. Pilótové vrty sú vystužené a vyplnené betónom.

Na východnom konci mosta zemné práce zvýšia úroveň terénu, ktorý bude pripravený na novú rampu.

Pylón: Zmontovanie pylóna a preprava na miesto v dvoch častiach. Montáž žeriavom do konečnej polohy na východnom konci mosta. Každá noha A-rámu bude ukotvená pilótou. Výška pylónu je 32 metrov od úrovne terénu.

Stĺpy: Betónové stĺpy vyrobené in situ pre zvyšné opory pomocou recyklovaného debnenia.

Priehradové nosníky: Prefabrikované ocelové priehradové jednotky sú postavené ako podpery pre mostovku. Inštalácia v noci pod úplnou uzávierkou diaľnice.

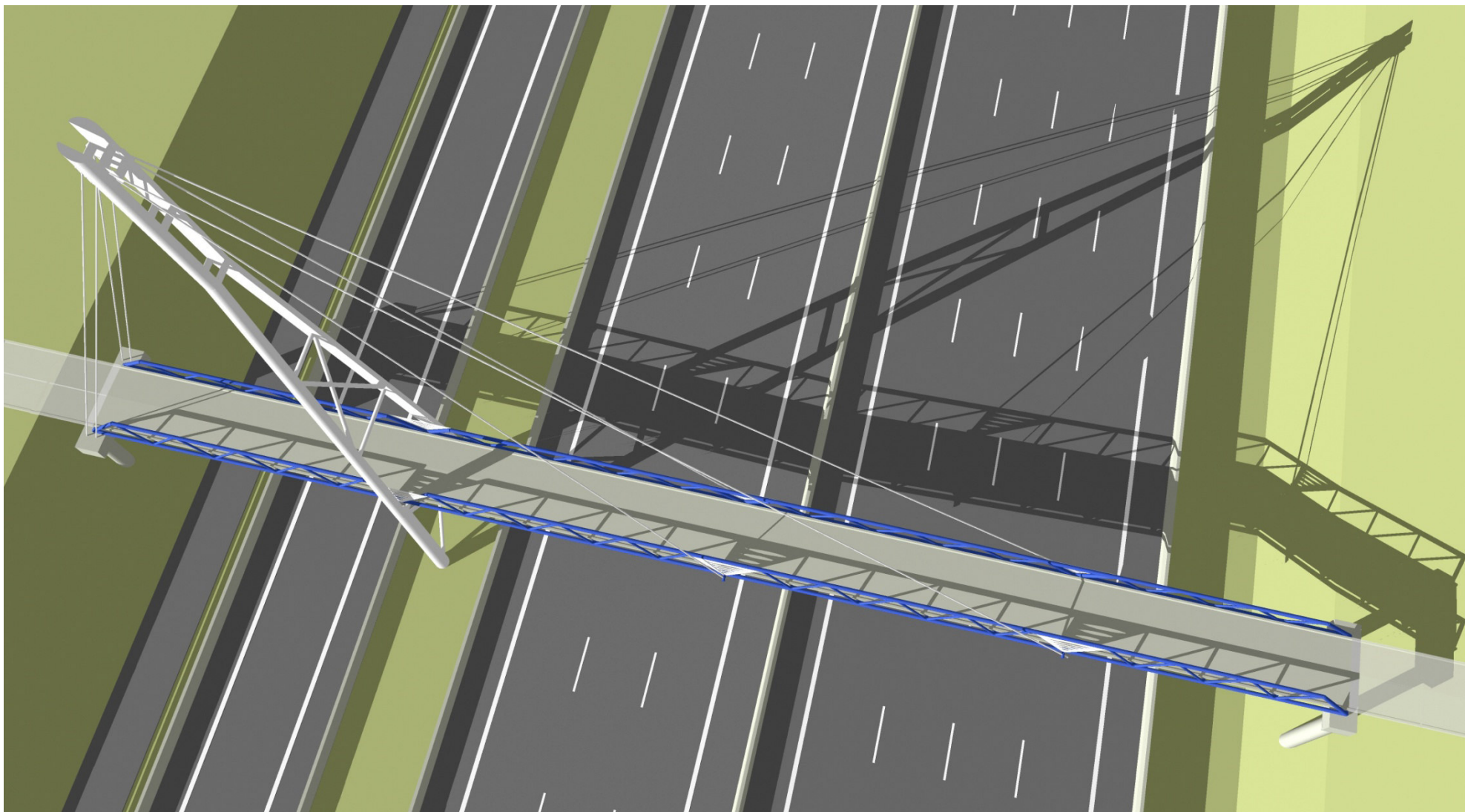
Tiahla: Keď sú priehradové jednotky na svojom mieste, sú spojené s pylónom ocelovými tiahľami. Tiahla sú potom len čiastočne predpäté, aby preniesli hmotnosť mosta do pylóna.

Mostovka: Preprava prefabrikovaných betónových podlahových prvkov na miesto a montáž žeriavom. (Práce počas niekoľkých nocí si vyžaduje uzavretie diaľnice).

Predpínanie: Uskutoční sa druhá fáza predpínania, aby sa most zdvihol do konečnej polohy.

Dokončenie: Dokončovacie práce vrátane osadenia ocelovej balustrády a lankového zábradlia.

Termín otvorenia: Apríl 2010, po ňom bol starý existujúci most zbúraný.



Niektoré ZDROJE, použité pri tvorbe článku :

- [1] New Connections – Seacliffe Road to Beachcroft Avenue, Manukau Harbour Crossing, NZ TRANSPORT AGENCY WAKA KOTAHI, 2010
- [2] Technical guide Footbridges Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading, SÉTRA, 2006
- [3] STN EN 1990/A1 Zásady navrhovania konštrukcií, príloha A2 – Použitie pre mosty
- [4] STN EN 1991–2 Zaťaženie mostov dopravou
- [5] Technique magazine, Tension Structure Macalloy, July 2010

Všetky obrázky a prepočty v tomto príspevku sú pôvodné a nekopírované.

Pri zostavovaní článku boli použité nasledovné POČÍTAČOVÉ PROGRAMY :

LUSAS Bridge Plus, SketchUp, AutoCad LT, Microsoft Word, PDF Creator, IrfanView, Corel Draw

© Ing. Vladimír Budinský SSK, Banská Bystrica, X/2024