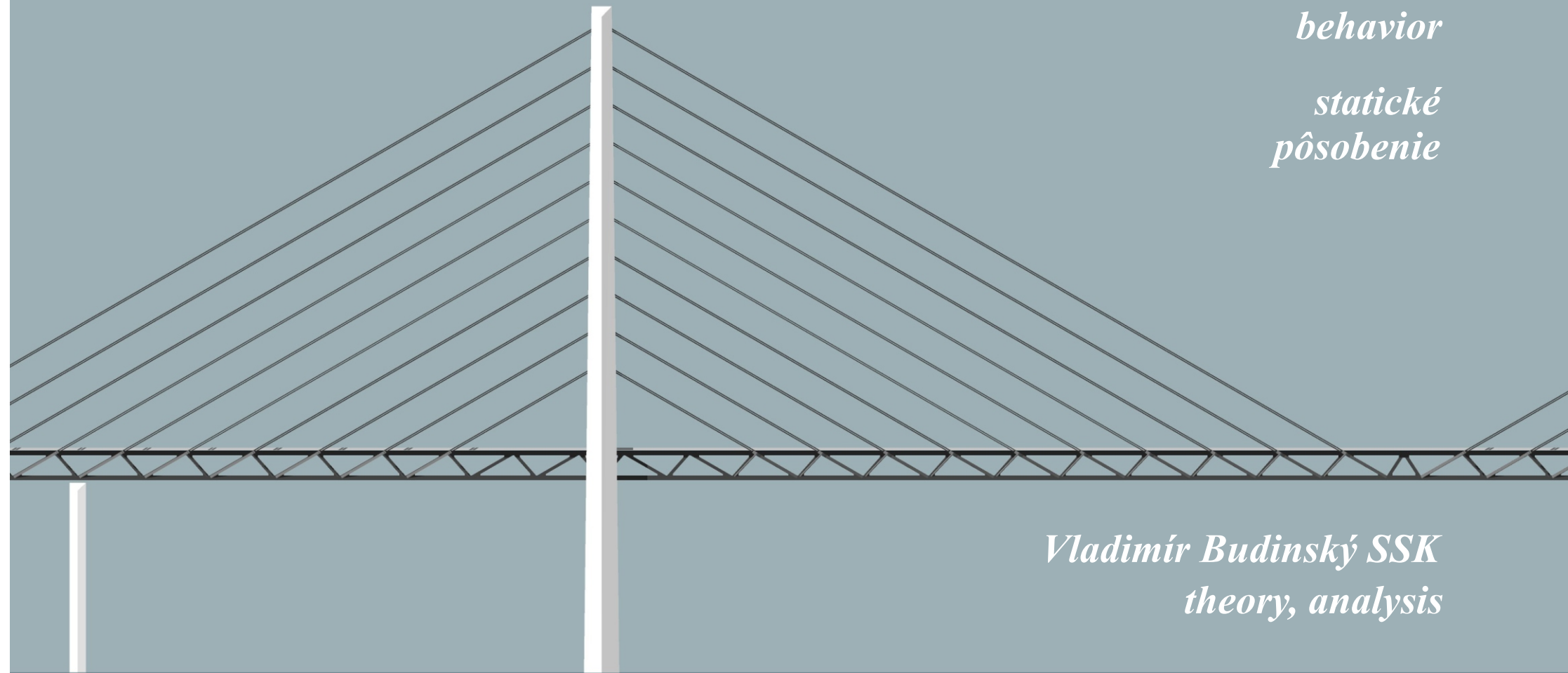


Øresund Bridge

*static
behavior*

*statické
pôsobenie*

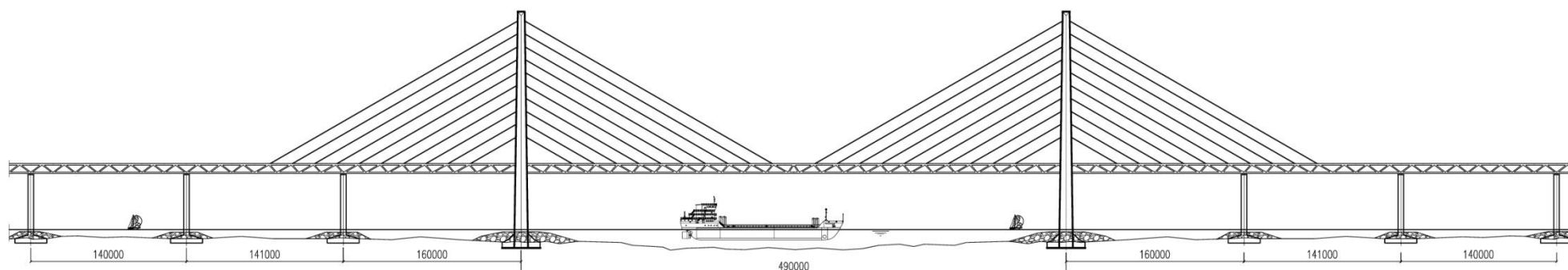
*Vladimír Budinský SSK
theory, analysis*



Keywords: Øresund bridge, cable-stayed bridge, computation, calculation, structural analysis, zavesený most, statický výpočet, SSK

Úvod

Tento článok vznikol na základe jedinej jednoduchej otázky : „Ako môže vzdorovať taký vysoký štíhly pilier enormnému vzpernému zaťaženiu?“ Dva takéto piliere sú súčasťou pylónu mosta, ktorý je dominantou dopravného spojenia Kodaň – Malmö, ktoré prekleňuje Øresundskú úžinu. Nebolo by na tom nič zvláštne, keby ako to býva zvykom, boli stĺpy v hornej časti prepojené nosníkom – ale nie sú. Kónické stĺpy sú navzájom spojené až pod mostovkou a každý zo stĺpov tvorí konzolu o dĺžke 148,5 m, čo znamená vzpernú (účinnú) dĺžku $l_0 = 2 \times 148,5 = 297$ m. Štíhlosť stĺpu λ potom dosahuje číslo 119, kde $\lambda = l_0 / i$ a $i = \sqrt{I/A}$ alebo tiež $i = \sqrt{I_i/A_i}$, pričom berieme polomer zotrvačnosti i naspodku stĺpa, kde je najhrubší. Vybočenie sa uvažuje kolmo na os mosta.



Most bol dokončený v roku 2000 a bol projektovaný už v koncepcii Eurokódov. Naše vedomosti o moste sa zakladajú na dostupných verejných zdrojoch, skromnej literatúre a na pár odborných článkoch. A skoro som zabudol, je tu ešte aj internet. Z tejto neúplnej skladačky sme vyskladali celkom slušnú výkresovú dokumentáciu na veľmi zjednodušené prepočty. Zišli by sa výrobné výkresy, no ale nie sú ☺ ...

Okrem vzpernej únosnosti stĺpa sme nabalili aj niektoré ďalšie prepočty, ktoré sa ukázali ako zaujímavé, napr. predpínacie sily v kábloch. Zišli by sa výsledky z veterného tunela, ale museli sme vystačiť s Eurokódmi. Po celý čas pri práci na článku sme pociťovali veľkú pokoru pred skutočnými tvorcami a konštruktérmi mosta.

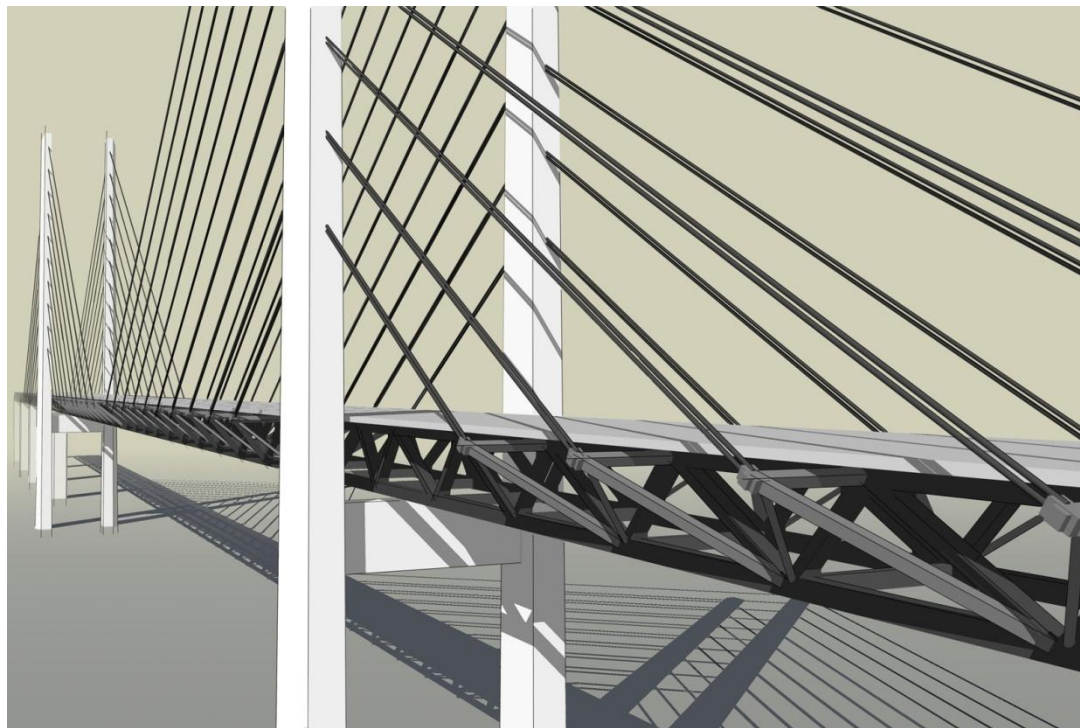
Konštrukcia mosta

Parametre mosta a jeho genéza je známa a mnohokrát dokumentovaná. Preto uvediem len stručný popis. Základná nosná koncepcia je kategorizovaná ako zavesený most. Priamo z pylóna vedú nosné káble na polotuhú mostovku, ktorú podopierajú. Káble sú vedené v dvoch rovinách rovnobežne s osou komunikácie po jej stranách. Káble majú harfovitý tvar, to znamená, že sú navzájom rovnobežné. Hlavný rozpon 490 m vymedzujú dva pylóny tvaru „H“, pričom spojovacia priečľa je až pod mostovkou. Hlavný most, tzv. *High-Level Bridge* má dĺžku 1092 m o rozponoch 141+160+490+160+141 m. Prístupové mosty z oboch strán majú jednotný rozpon 140

m a celkovú dĺžku 3015 a 3739 m. Najdlhší dilatačný úsek má 1740 m pri posune mostného záveru ± 600 mm. Výška pylónov je +203,5 m, založenie pylóna má kótu mínus 18,5 m, ak berieme $\pm 0,00$ priemernú hladinu mora. Gabarit pre lode má výšku 57 m. Mostovka je dvojité ocelový priehradový väzník so spriahnutou priečne predpätou betónovou vozovkou. Prúty väzníka majú krabicový prierez z ocele S460, podružné priečne prúty sú z ocele S355. Hrúbka ocelových prvkov sa pohybuje od 9 do 50 mm. Duté prierezy ocelového väzníka majú zabudovaný vysušovací protikoróznny teplovzdušný systém. Pylóny mosta sú založené v kodaňskom vápenci.

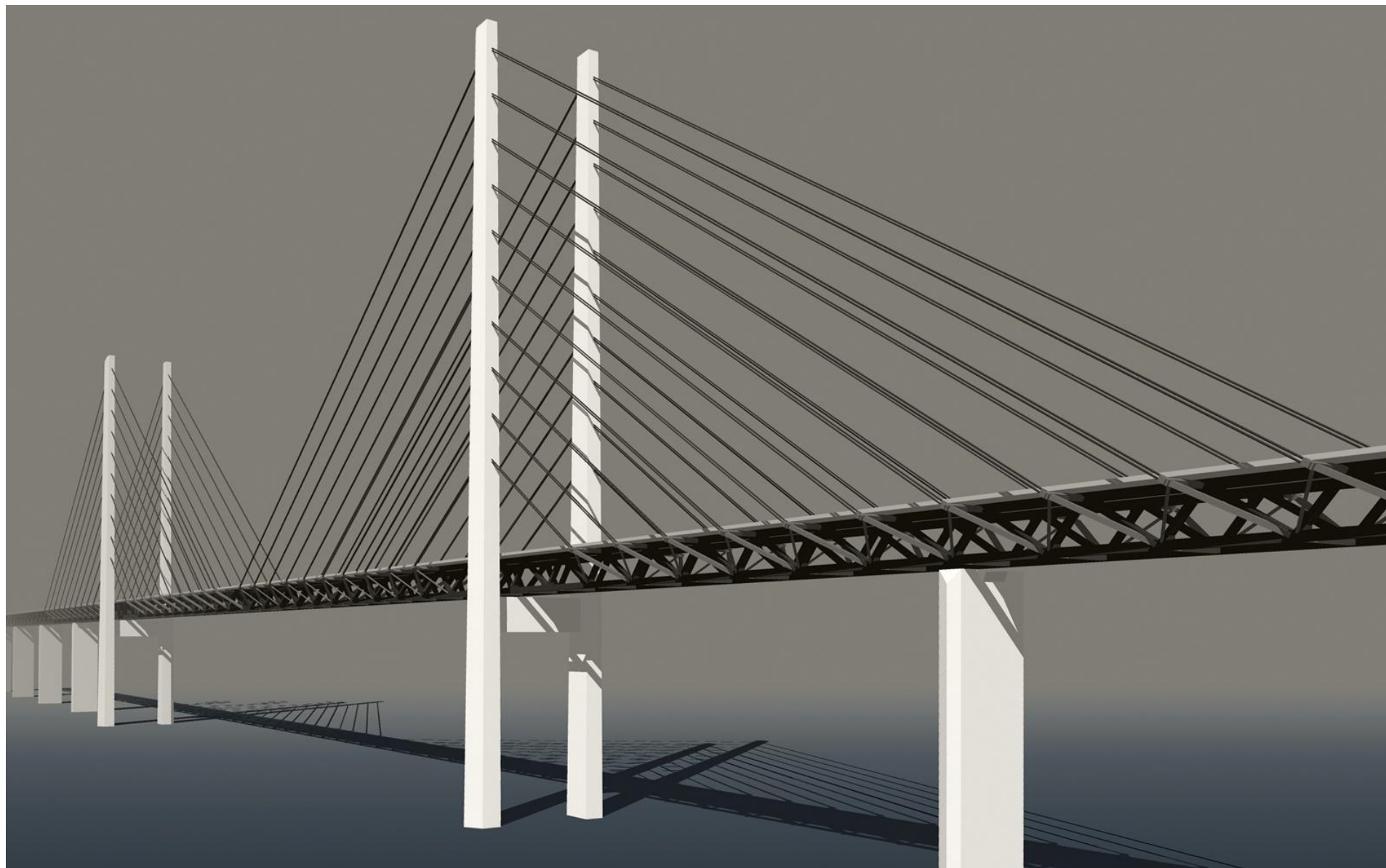
Pri výstavbe mosta bola v maximálnej miere využitá prefabrikácia. Takmer všetky prvky boli vyrobené vo výrobniciach na brehu a zavázané na more, okrem driekov hlavných pylónov, kde bola použitá kontinuálna betonáž do posuvného debnenia. Základy pylónov boli vyrobené ako obrovské duté betónové kesóny o pôdoryse 37 x 35 m, dopravené ako plavidlá na miesto určenia a zaťažené, čiastočne vyplnené pieskom a čiastočne dobetónované. Najťažšie kusy, ako ocelové väzníky alebo piliere prístupových mostov, boli zavázané toho času tretím najväčším plávajúcim superžeriavom *SVANEN* o súčasnej nosnosti 8700 t.

Most prevádza na hornej úrovni betónovej vozovky štvorprúdovú diaľnicu, na spodnej úrovni v tubuse priehradovej mostovky vedie dvojkoľajová trať vysokorýchlostnej železnice. Dopravná trasa sa potom smerom na Kodaň vnára do podmorského tunela, kvôli blízkosti letiska a kvôli neobmedzenému prechodu možno budúcich superlodí v strategickej línii.



Estetické pôsobenie

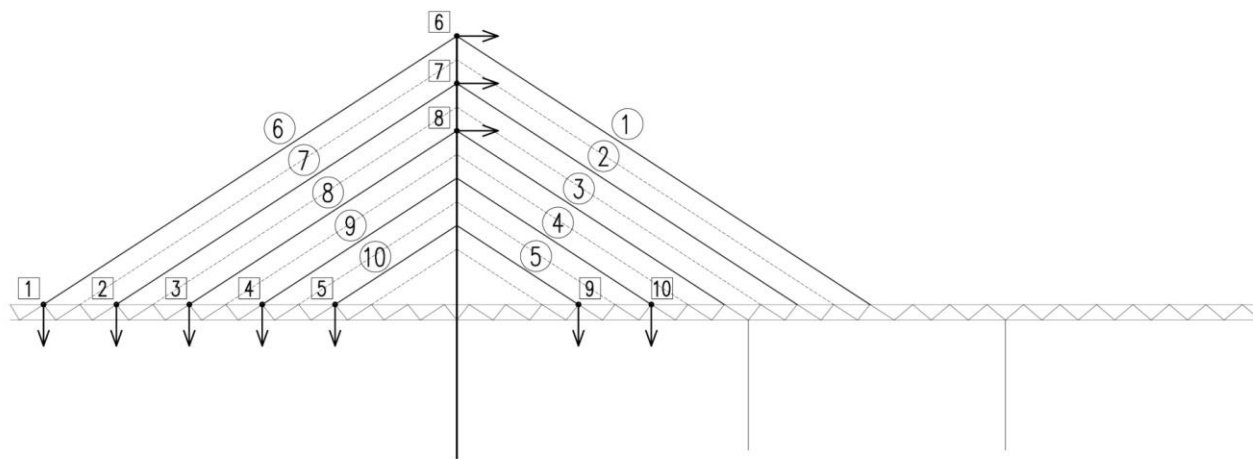
Medzinárodnú súťaž na projekt mosta, vyhlásenú *Konzorciom pre výstavbu mostu*, vyhrala skupina spoločností pod vedením *Ove Arup & Partners*. Pod týmito inkognito znejúcimi pojmami sa podarilo tvorcom mosta, ktorí dali dokopy finálny produkt, dosiahnuť pozoruhodne esteticky ucelené a vysoko pôsobivé dielo. Navyše, ak bolo ešte obmedzené potrebou čo najväčšej prefabrikácie a prísne kontrolovanými finančnými prostriedkami. Stavba vyniká farebnou severskou striedanosťou a jednoduchými účelnými tvarmi s prepracovanými detailmi. Presne podľa hesla *v jednoduchosťi a účelnosti je krása*. Dominantné je najmä strohé harfové vedenie káblov a čistý tvar stĺpov bez priečnika. 30–stupňový sklon káblov je presne zladený so sklonom diagonál priehradoviny mostovky. Päťuholníkový kónický prierez hlavných stĺpov s *mäkkými* hranami ladí s mierne kónickými piliermi prístupových mostov v tvare symetrického šesťuholníka. Prerezaním šesťuholníka na polovice vlastne vzniknú dva päťuholníky. Nezameniteľný výraz dáva mostu tiež bezpätkové vniknutie zvislých nosných prvkov priamo do morskej hladiny, pričom ochrana piliera pred nárazom veľkej lode je riešená až pod hladinou. Elegantné je aj rozdelenie nosného kábla na dva rovnobežne vedené tenšie káble (ako pri 12–strunovej gitare).



Výpočty

Za účelom pochopenia statického pôsobenia konštrukcie boli prevedené niektoré veľmi zjednodušené prepočty vybraných problémov. Hlavné zjednodušenia spočívali vo vynechaní niektorých zaťažovacích stavov, hlavne dynamickej analýzy, teplotného zaťaženia, reologických javov v betóne (dotvarovanie a zmrašťovanie), ako aj seizmickej analýzy. Zo skúsenosti poznáme, že tieto javy v spojení do zaťažovacích kombinácií pomocou kombinačných súčiniteľov môžu, ale aj nemusia mať rozhodujúci vplyv na konečné dimenzovanie. Ako už v úvode bolo naznačené, zamerali sme sa na určenie predpínacích síl v lanách a na vzpernú únosnosť stĺpa.

Determination of cable tension
Adjustment of cable forces by influence matrix – simplified calculation
Prerozdelenie napínacích síl na zjednodušenom modeli – stále zaťaženie
Metóda nulových posunov pomocou vplyvovej matice 10x10



Rozhodujúcim problémom pri zavesených mostoch býva prerozdelenie síl do jednotlivých káblov. Závisí to na množstve okolností, napr. počet lán, tuhosť mostovky, konštrukčné usporiadanie, postup výstavby, spôsob predpínania, kontrola napätia počas výstavby a pod. Existuje viacero spôsobov výpočtu, ja som si konkrétne vybral metódu nulových posunov pomocou vplyvovej matice. Výpočet sa robí pod stálym dlhodobým zaťažením, pričom sa predpokladá, že náhodilé premenné zaťaženie už bude prenesené nepravidelne z rezervy únosnosti v kábli. Pokiaľ chceme zadať konečné predpätie už pri prvom predpínaní, musíme urobiť ešte spätnú analýzu postupu výstavby, tzv. *backward analysis*. To má význam hlavne pri mäkkých mostovkách a letnej montáži. Problém je výrazne nelineárny a celý postup je nutné riešiť iteračným spôsobom ako nadstavbu nad MKP. Toto je možné buď zabudovať do programového vybavenia (*MIDAS*, *ANSYS*) alebo riešiť externe za pomoci bežných komerčných programov. V našom prípade je iterácia

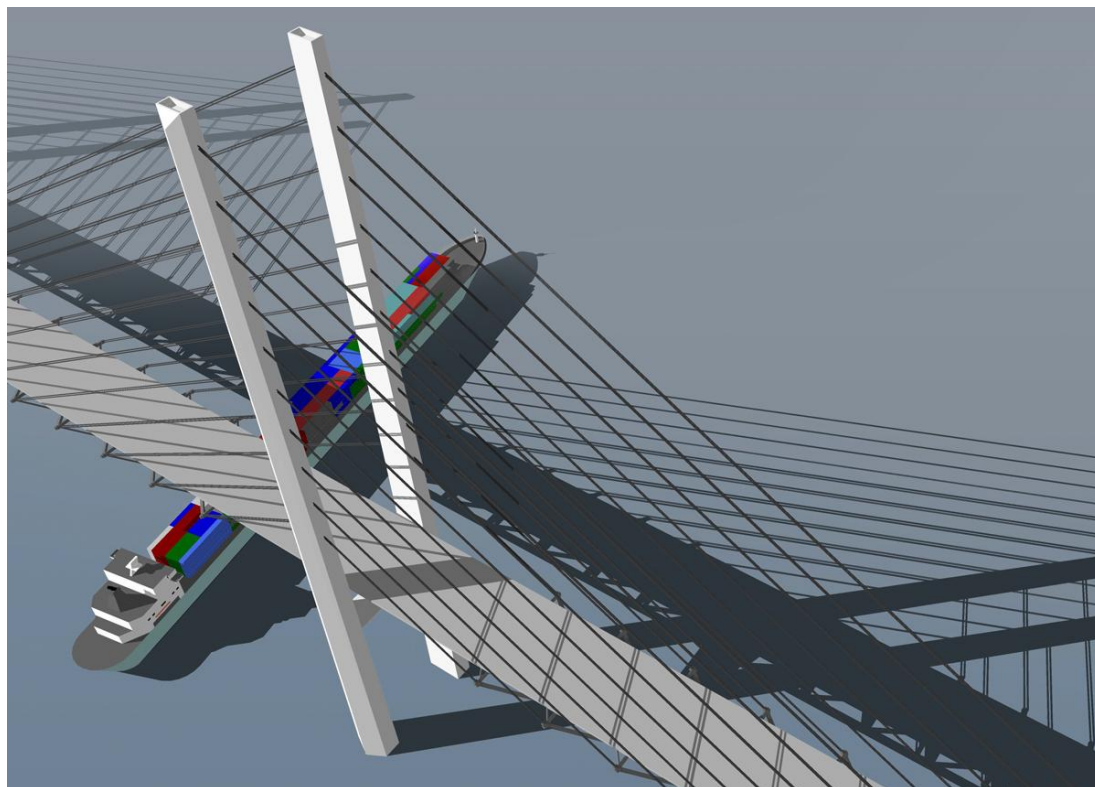
nahradená riešením sústavy lineárnych rovníc. Pri harfovitom usporiadaní káblov dostaneme viacero podmienkových rovníc (nulové posuny), ako neznámych parametrov (počet lán). Preto je nutné vhodne zvoliť nulové posuny, aby sme dostali kompatibilné riešiteľné matice a prípadné nezrovnalosti v riešení vhodne vyhladiť. Ďalej sme použili nasledovné zjednodušenia: dvojicu káblov sme nahradili jedným káblom a použili sme každú druhú dvojicu (pre dvojnásobnú silu).

Riešenie neznámych koeficientov násobkov jednotkových káblových síl \mathbf{T} potom bude vo forme $\mathbf{T} = \delta^{-1} * [\mathbf{A} - \mathbf{I}]$, kde \mathbf{A} je nulová matica $\mathbf{A} = [0, 0, \dots, 0]^T$, \mathbf{I} je transponovaná matica posunov od stáleho zaťaženia *dead load* a δ je vplyvová matica od jednotkových káblových síl.

δ	0,1218	-0,0029	0,0687	0,0278	0,0027	0,1550	0,1093	0,0456	0,0102	-0,0013	I	-1,7888	A	0
	0,0909	0,0018	0,0660	0,0279	0,0034	0,0798	0,1109	0,0654	0,0227	0,0024		-1,6331		0
	0,0531	0,0040	0,0575	0,0264	0,0040	0,0281	0,0512	0,0819	0,0475	0,0131		-1,3436		0
	0,0246	0,0026	0,0420	0,0211	0,0032	0,0072	0,0127	0,0345	0,0664	0,0341		-0,9846		0
	0,0092	0,0001	0,0238	0,0117	-0,0011	0,0018	-0,0006	0,0062	0,0256	0,0541		-0,6065		0
	0,1032	-0,0087	0,0419	0,0165	0,0014	-0,0370	0,0055	0,0113	0,0060	0,0017		-0,7422		0
	0,0584	0,0019	0,0457	0,0184	0,0016	-0,0075	-0,0033	0,0021	0,0028	0,0017		-0,6466		0
	0,0304	0,0004	0,0437	0,0193	0,0023	0,0038	-0,0011	-0,0037	-0,0009	0,0007		-0,5375		0
	-0,0130	-0,0346	-0,0138	0,0423	0,0288	-0,0070	-0,0006	0,0022	0,0026	0,0002		-0,0775		0
	-0,0093	-0,0211	-0,0187	0,0135	0,0519	-0,0055	-0,0005	0,0014	0,0010	-0,0030		-0,0889		0
δ^{-1}	3,265999	-0,57941	-3,95929	0,555711	0,048113	-2,15298	37,76865	-36,6349	1,619406	-0,24144	T	3,388688	prút	1
	-22,23412	42,98331	-24,6124	1,464633	-0,22049	-86,4543	243,0125	-168,572	6,196888	-0,98514		1,413322		2
	2,762735	-11,4044	11,55951	-1,21526	-0,05262	28,10101	-101,371	98,71708	-14,6866	5,928427		8,379454		3
	-12,6315	26,28288	-16,0672	0,589389	-0,8055	-55,3061	158,7138	-108,626	31,80333	-16,115		3,052904		4
	-3,243553	5,797515	-2,47816	-0,64791	1,738659	-11,7674	28,6592	-11,9974	-10,7692	25,26611		5,512959		5
	11,364	-13,2373	5,009743	-0,45354	0,0647	-4,3464	0,333495	-0,23087	-0,01433	0,044367		1,902296		6
	-11,33487	27,39991	-17,6775	5,505062	-0,47167	1,422882	-9,2325	2,916819	-0,06256	-0,04061		2,499359		7
	3,728277	-15,661	29,84985	-18,6025	5,460742	2,588604	-7,55427	-1,17417	-0,20958	0,125544		2,595828		8
	1,417489	0,563038	-13,0882	30,10009	-15,6421	4,634783	-10,4507	-0,30144	-0,73216	-0,67252		2,423379		9
	-0,65339	1,718806	1,481211	-11,7393	25,47796	-2,39635	9,54495	-13,2277	-0,55597	1,736136		4,916773		10

Výsledky po vyhľadání vid'. PRÍLOHA – časť Výber výsledkov z počítačovej analýzy.

Jednotlivý stĺp pylóna vzhľadom na premenlivé osovú (stále a dopravné zaťaženie) a priečne zaťaženie (vietor) po výške stĺpa je nutné počítať s uvažovaním geometrickej a fyzikálnej nelinearity. Tuhostné charakteristiky prierezu sa menia po výške vzhľadom na otváranie trhlín. Fyzikálna nelinearita bola simulovaná rozdielnym zadaním modulu pružnosti betónu, kde tuhosť bola vypočítaná vzhľadom na trhlinový prierez zaťažený momentom a osovou silou. Výsledky takejto analýzy sú v PRÍLOHE od časti *Geometrické charakteristiky pylóna s trhlinou* až po vlastné dimenzovanie prierezu, ktorý vyšiel so stupňom vystuženia tesne pod 4% pri použití zvolenej betonárskej ocele S670/800 a betónu C40/50. S priehybom piliera by sme si už neboli takí istí. Všimnite si, že modelovanie prierezu piliera je zhotovené tak, aby rovina káblov prechádzala vždy ťažiskom prierezu. Keby bol použitý železobetónový priečník nad mostovkou, vychádzali by vnútorné sily len cca 33% oproti silám bez priečníka!



Ďalej bol prepočítaný spojitý nosník prístupového mostu – krajné pole a nasledujúce vnútorné pole o dĺžkach 140 m ako spriahnutá oceľová priehradovina S460 s betónovou vozovkou C50/60. Výpočet potvrdil nutnosť dôsledného odstupňovania hrúbky stien krabicových prierezov od prúta k prútu od cca 20–50 mm. Priehyb od stáleho zaťaženia vychádzal rádovo 1/400, od premenného zaťaženia potom 1/700 pre MSP.

Veľmi zaujímavé bolo skúmať zmenu ponoru plávajúceho žeriavu po naložení maximálneho bremena na háky. Vychádzali sme z takmer nulového natočenia pre bežný presun katamaránu a následného vyvesenia prefabrikátu. Ak by pri montáži vadil 50 cm rozdiel medzi predkom a zadnou časťou lode, stačilo by malé prečerpanie, resp. odčerpanie balastnej vody z predku plavidla. Niektoré podrobnosti výpočtu vid'. strana 16 Prílohy.

Záver

Týmto krátkym článkom som chcel poukázať na zlomok problémov a riešení, ktorými museli dopodrobna prejsť návrhári, konštruktéri a zhotovitelia tohto mimoriadneho a vydareného diela.

© Ing. Vladimír Budinský SSK, Banská Bystrica, IX/2018

Niektoré zdroje, použité pri tvorbe článku:

Angia Sassi Perin, Giorgio Faraggiana : *Bridges* (White Star, Vercelli, 2004)

Lars Hauge, Anton Petersen : *Detailed Design of the Øresund Bridge*, Structural Engineering International 1/1999

Saleema Hughes : *A Critical Analysis of the Øresund Bridge, Connecting Copenhagen to Malmö*, University of Bath UK, 4/2010

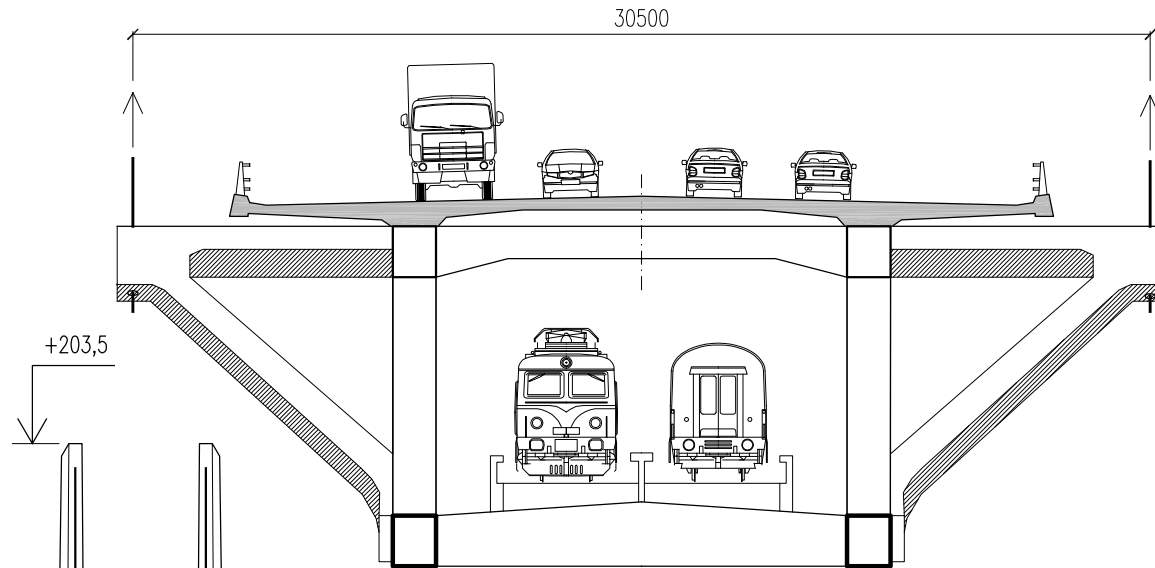
https://en.wikipedia.org/wiki/Øresund_Bridge

Pri zostavovaní článku boli použité nasledovné počítačové programy:

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

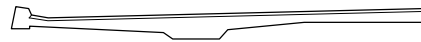
PRÍLOHY

OBSAH	strana
Stále zaťaženie a zaťaženie dopravou	8
Zaťaženie vetrom	9
Fázy výstavby	10
Výber z výsledkov počítačovej analýzy – napätia v kábloch	11
Výsledné vnútorné sily na pylóne	12
Geometrické charakteristiky prierezu pylóna s trhlinou	13
Dimenzovanie prierezu stĺpa pylóna	14
Plávajúci montážny žeriav	16



ZAŤAŽENIE STÁLE

plocha beton	4,5m ²	*25=112,5kN/m	
asfalt	1 m ²	*22 = 22 kN/m	na 1/2
zábradlie	0,5		
cesta celkom		135 kN/m	na 1/2



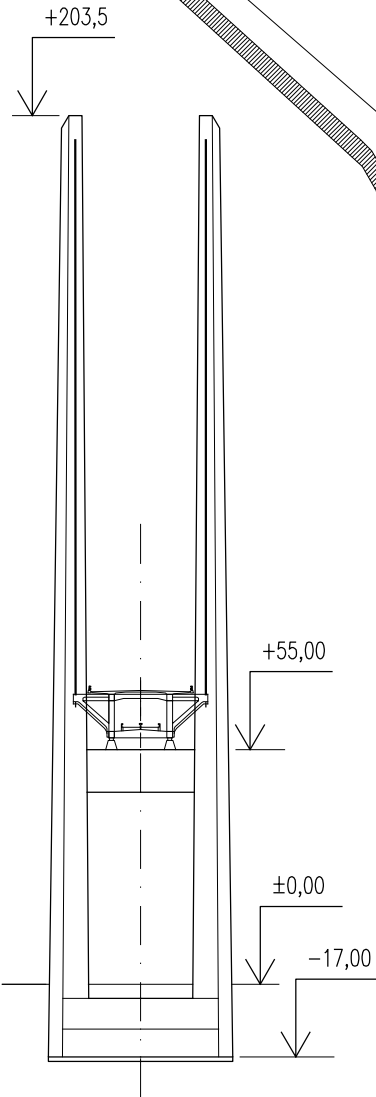
žel. zvršok

betón	2,150m ² *25	=57,75 kN/m
lôžko	3,4m ² *20	67 kN/m
zábradlie	0,3	
celkom		125 kN/m na 1/2

oceľový nosník

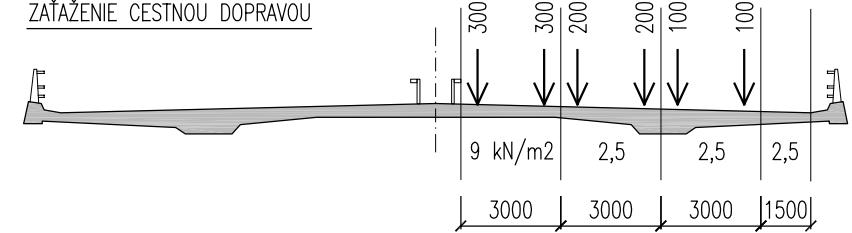
pásnice	1,3+1,52)*2*0,03*78,5*2ks	= 26,6 kN/m
odhad.podiel diagonál	35% vodor.25% konzoly 25%	
celkom	26,6*1,85	= 49 kN/m na 1/2
mostovka stále CELKOM		309 kN/m na 1/2

výpočtové zaťaženie 309*1,35 = 417 kN/m

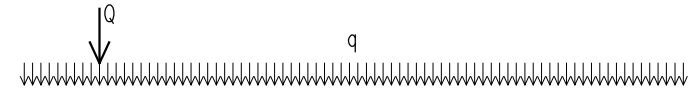


STÁLE ZAŤAŽENIE A ZAŤAŽENIE DOPRAVOU DEAD LOAD AND TRAFFIC LOAD

ZAŤAŽENIE CESTNOU DOPRAVOU



pozdĺžne zaťaženie na 1 polovicu mosta

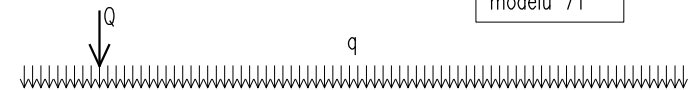


$$Q_k = (300+200+100)*2*0,9 = 1080 \text{ kN} \quad Q_d = 1080*1,35 = 1458 \text{ kN}$$

$$q_k = 9*3m*0,9+2,5*1*7,5m = 43 \text{ kN/m} \quad q_d = 43*1,35 = 58 \text{ kN/m na 1/2}$$

ZAŤAŽENIE ŽELEZNIČNOU DOPRAVOU

pozdĺžne zaťaženie na 1 polovicu mosta



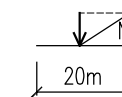
upravené zo
zaťažovacieho
modelu 71

$$Q_k = 6,4m*80*1,33 = 680 \text{ kN} \quad Q_d = 680*1,45 = 986 \text{ kN}$$

$$q_k = 80*1,33 = 106 \text{ kN/m na 1/2} \quad q_d = 106*1,45 = 154 \text{ kN/m na 1/2}$$

súčiniteľ "alfa"

Predbežný návrh prierezu lana (dvojmeta)



$$N_d = (58*20+1458+154*20+986+417*20)/\sin 33^\circ = 27585 \text{ kN}$$

$$/2 = 13793 \text{ kN}$$

pracovné napätie

$$A_{potr} = 27585/(1860000*0,45) = 0,032957 \text{ m}^2 = 32957 \text{ mm}^2$$

$$d = (4*A/\pi)^{0,5} = 205 \text{ mm (do STRAP-u)}$$

$$d1 = (4*32957/2/\pi)^{0,5} = 145 \text{ mm} \Rightarrow 2x \phi 145 \text{ mm}$$

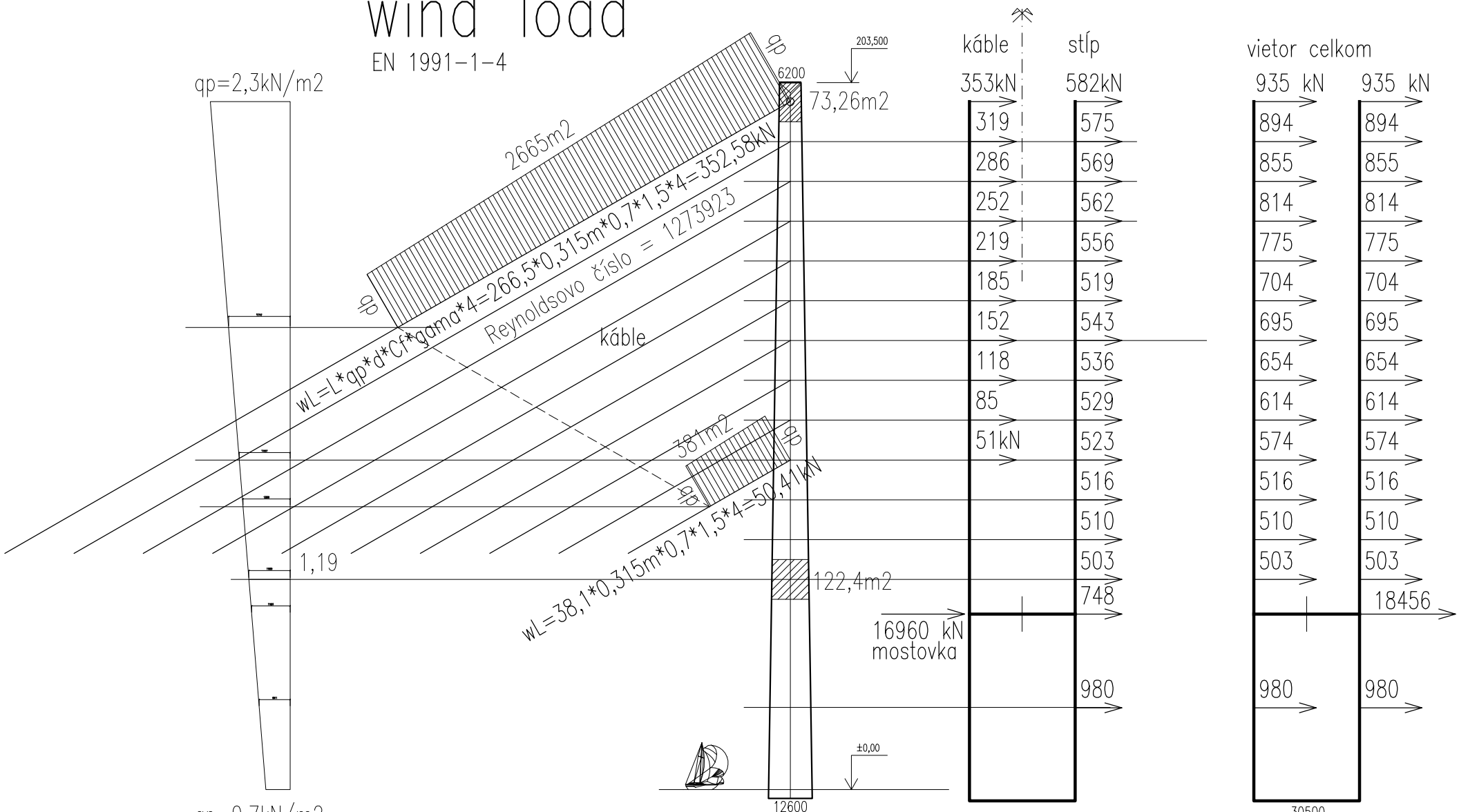
2x108-lán ØHDPE 315mm

wind load

EN 1991-1-4

$q_p = 2,3 \text{ kN/m}^2$

$q_p = 0,7 \text{ kN/m}^2$



$W_L = L * q_p * d * C_f * \gamma = 266,5 * 0,315 * 0,7 * 1,5 * 4 = 352,58 \text{ kN}$
 2665 m^2
 Reynoldsovo číslo = 1273923

$W_L = 38,1 * 0,315 * 0,7 * 1,5 * 4 = 50,41 \text{ kN}$
 381 m^2

stĺp $w_{S1} = A * q_p * C_f * f_{i,r} * \gamma = 73,26 * 2,3 * 2,4 * 0,96 * 1,5 = 582 \text{ kN}$
 $w_{S2} = A * q_p * C_f * f_{i,r} * \gamma = 122,4 * 1,19 * 2,4 * 0,96 * 1,5 = 503 \text{ kN}$

káble	stĺp
353 kN	582 kN
319	575
286	569
252	562
219	556
185	549
152	543
118	536
85	529
51 kN	523
	516
	510
	503
	748
	980

viator celkom	
935 kN	935 kN
894	894
855	855
814	814
775	775
704	704
695	695
654	654
614	614
574	574
516	516
510	510
503	503
	18456
980	980
30500	

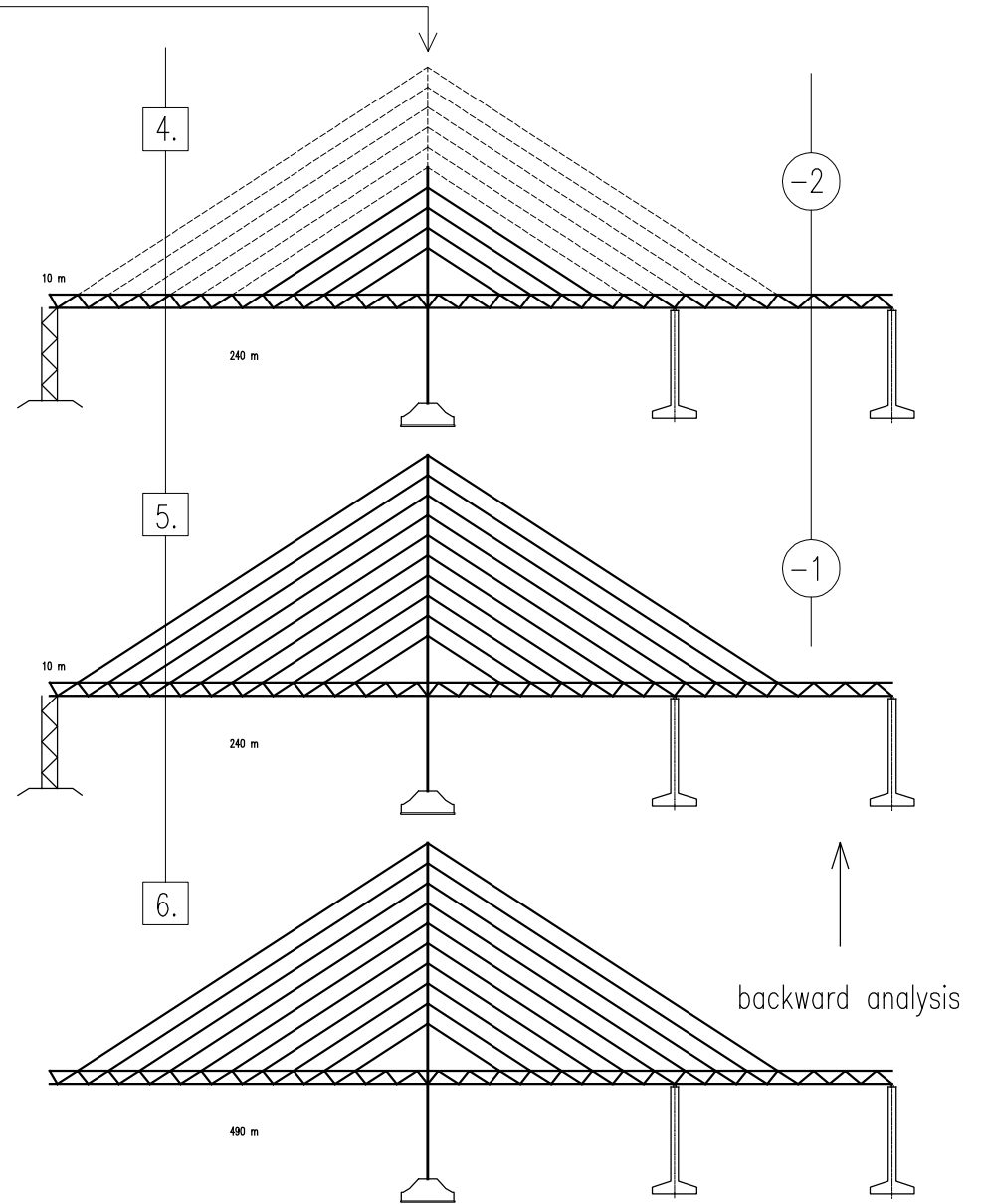
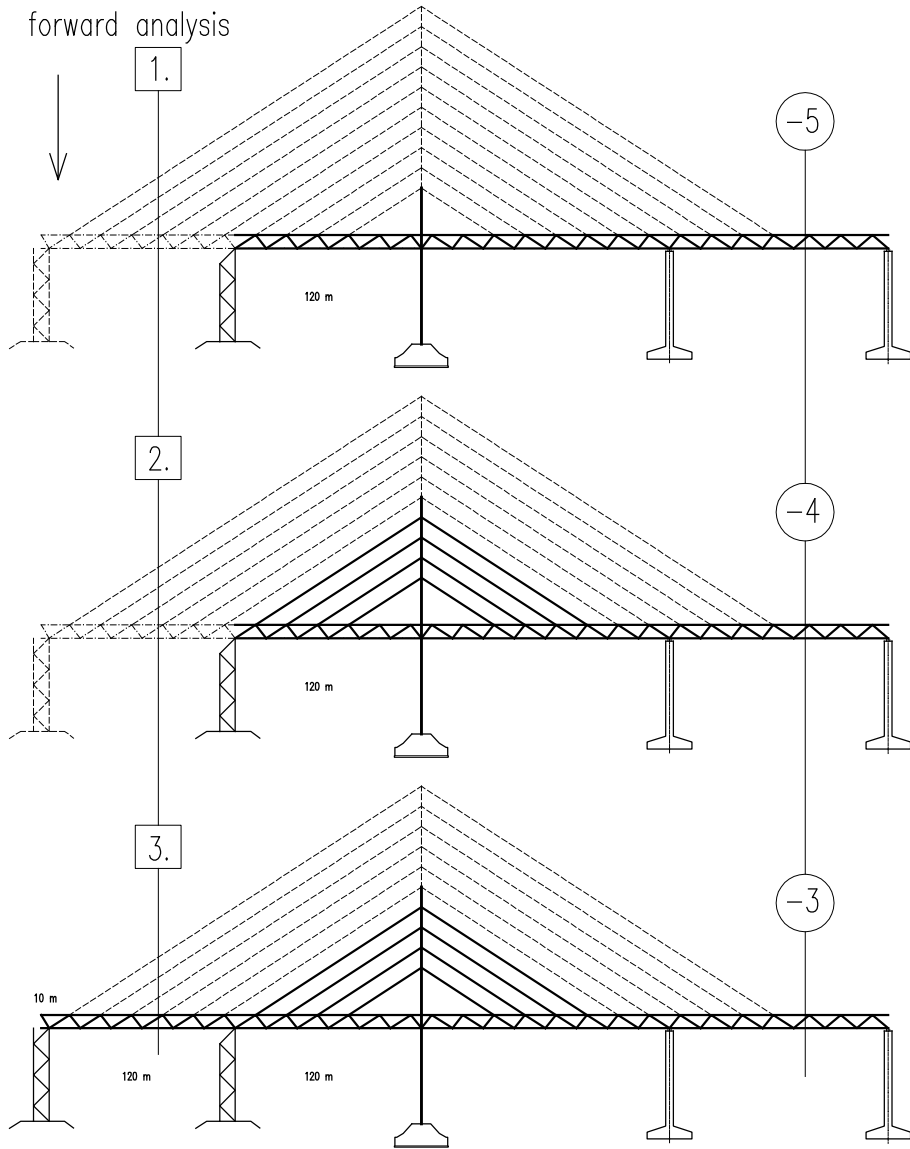
16960 kN mostovka

12600

±0,00

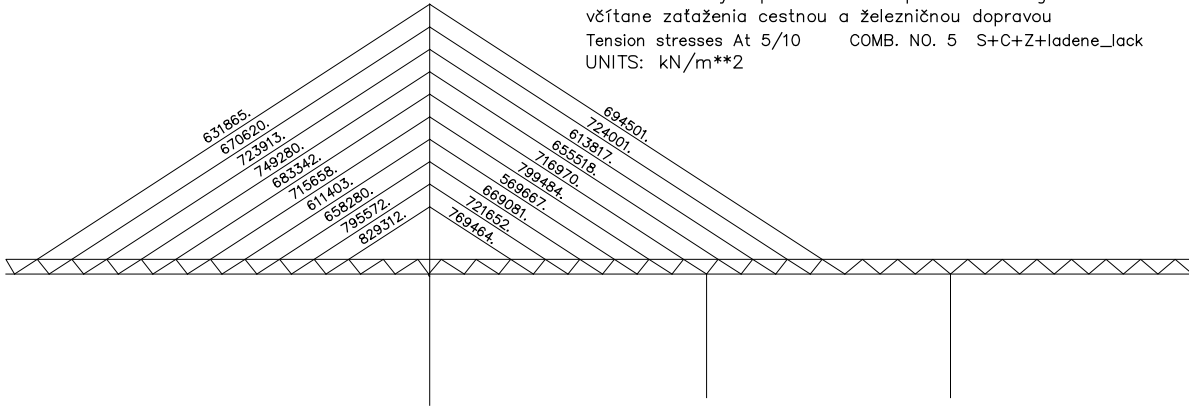
PROCESS OF CONSTRUCTION

forward analysis



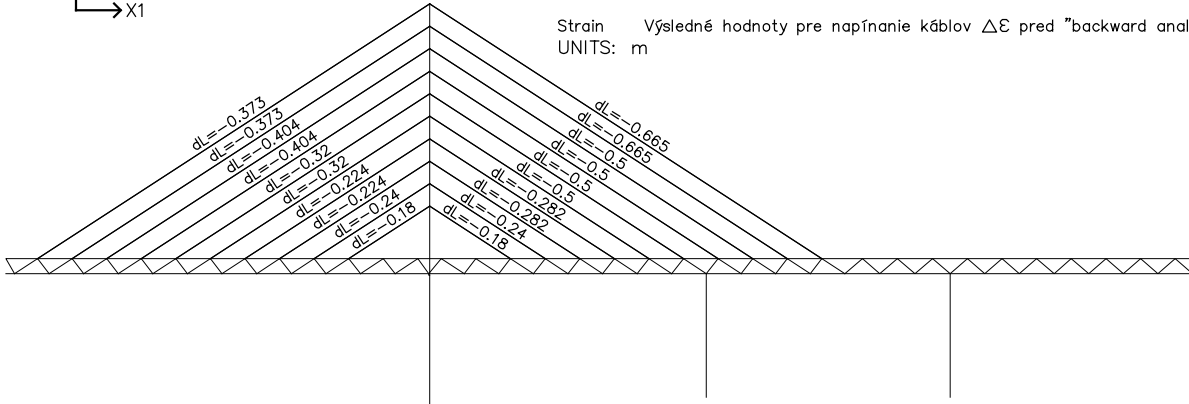
VÝBER VÝSLEDKOV Z POČÍTAČOVEJ ANALÝZY

Finálne hodnoty napätí v kábloch pre "MAX design" kombináciu MSÚ
 včítane zataženia cestnou a železničnou dopravou
 Tension stresses At 5/10 COMB. NO. 5 S+C+Z+ladene_lack
 UNITS: kN/m**2



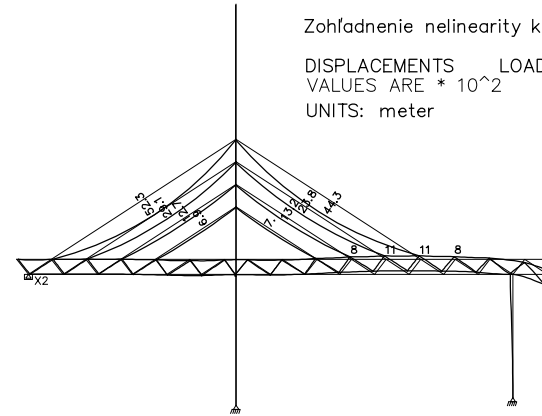
X2
 X1

Strain Výsledné hodnoty pre napínanie káblov $\Delta\varepsilon$ pred "backward analysis"
 UNITS: m



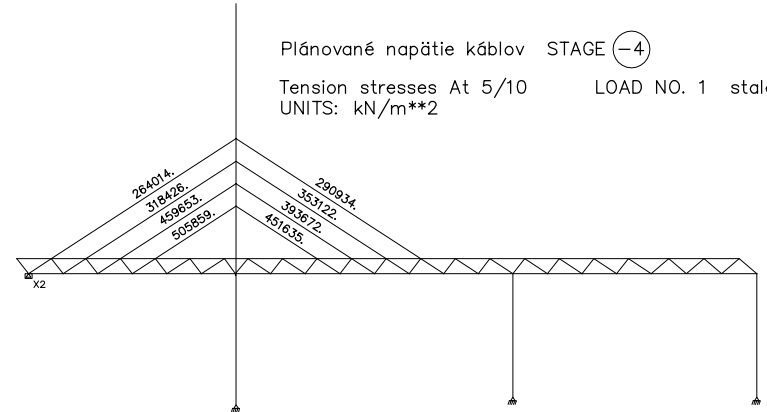
Zohľadnenie nelinearity káblov STAGE (4)

DISPLACEMENTS LOAD NO. 1 stale
 VALUES ARE * 10^2
 UNITS: meter



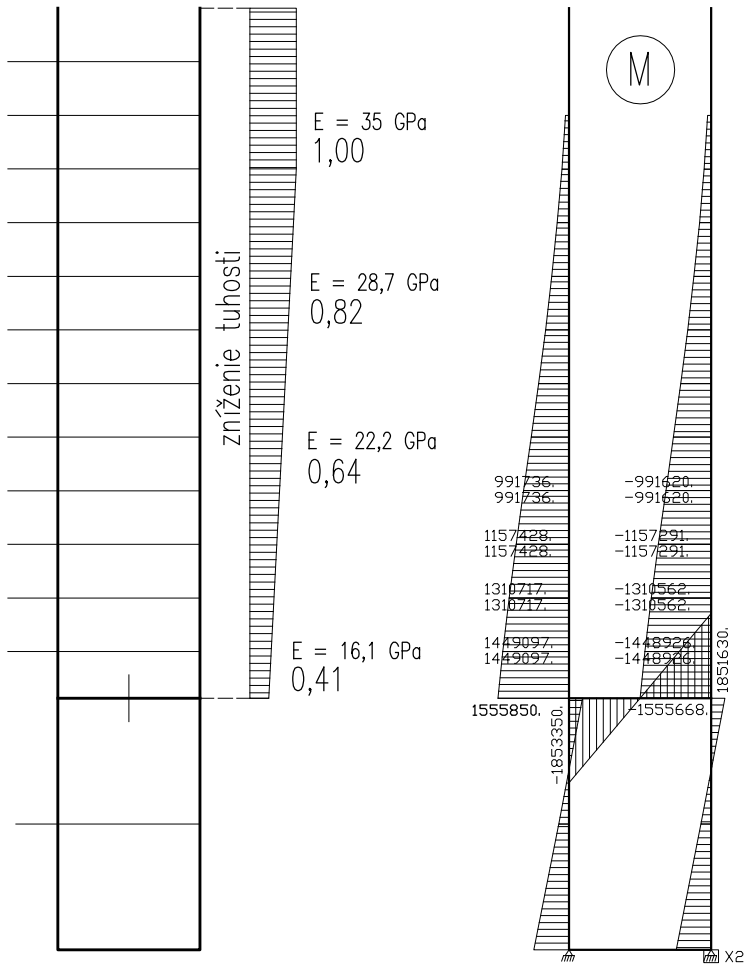
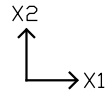
Plánované napätie káblov STAGE (4)

Tension stresses At 5/10 LOAD NO. 1 stale
 UNITS: kN/m**2

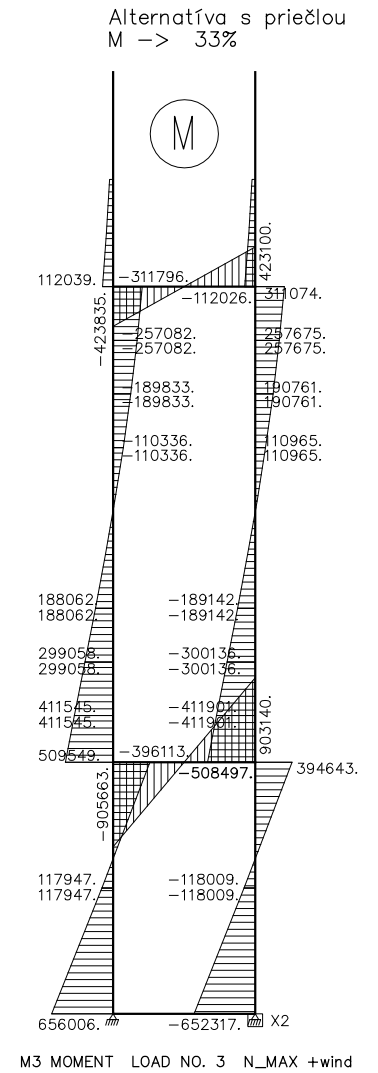
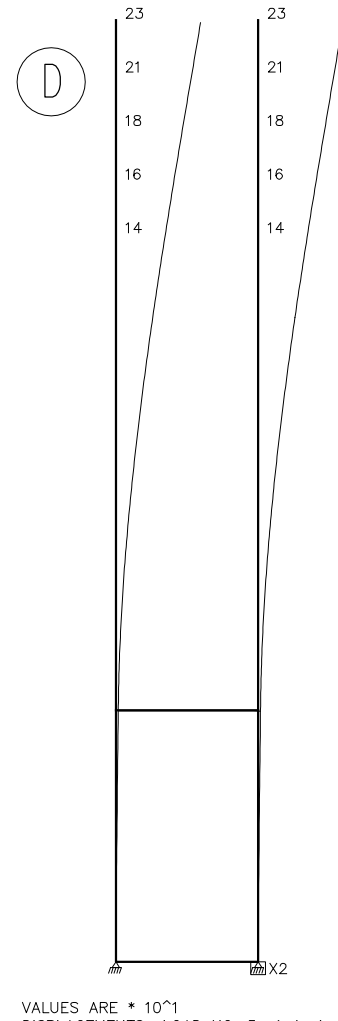
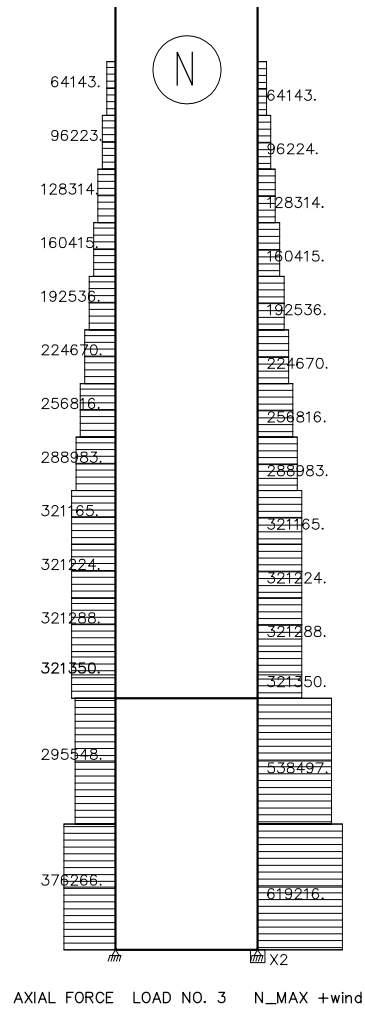
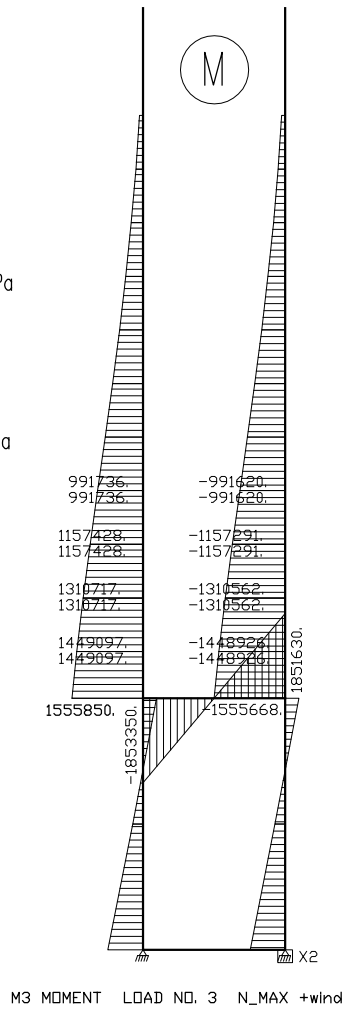


oresund_pilier_II Vnútorné sily
II. order

SCALE = 1:1211	UNITS: kN*m, kN, m	DATE: 15. 9. 2018
----------------	--------------------	-------------------



Zoľadnenie fyzikálnej nelinearity

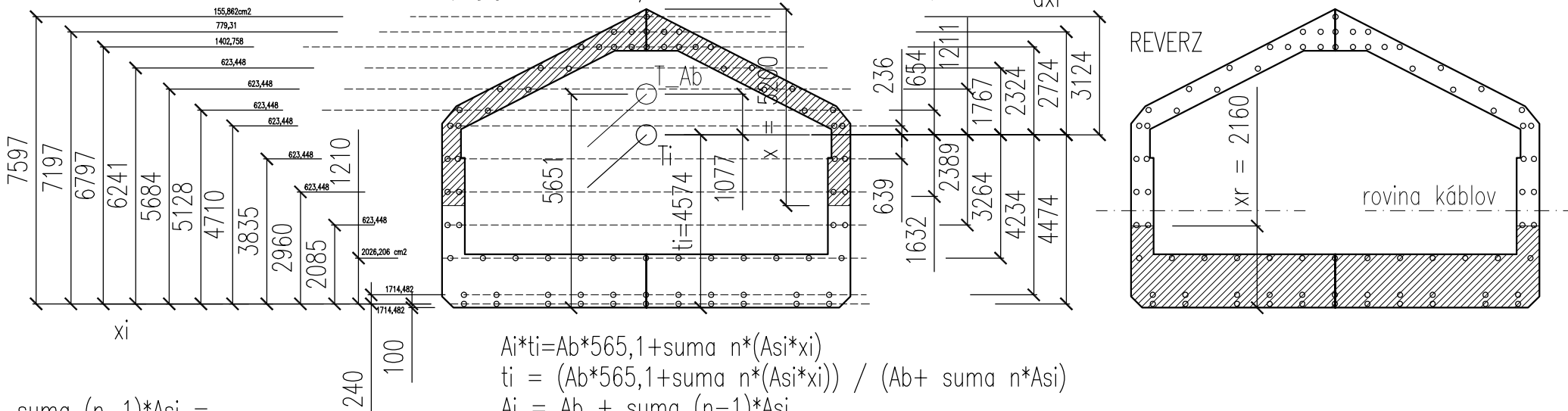


Tlačená oblasť (Acad)

Placha: 9678855
 Obvod: 33048
 Hraniční kvádr: X: 1245655 -- 1256455
 Y: -234864 -- -229664
 Ťžištie: X: 1251055
 Y: -231913
 Momenty setrvačnosti: X: 5E+17
 Y: 2E+19
 Deviačný moment: XY: -3E+18
 Poloměr setrvačnosti: X: 231917
 Y: 1251060
 Hlavní momenty a X-Y směry z Ťžištie:
 I: 17077505128064 poděl [1 0]
 J: 123950501003264 poděl [0 1]

GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY PRIEREZU PYLÓNA S TRHLINOU – prierez nad priečnikom

$A_{s_0} = (\phi 63 = 31,172) * 5 = 155,862 \text{ cm}^2$
 $A_b = 96788,55 \text{ cm}^2$ tlačená oblasť
 $n = 200/35 = 5,714$ $n-1 = 4,714$



$\text{suma } (n-1) * A_{s_i} =$
 $4,714 * (155,862 * 39) + 5,714 * (155,862 * 39) = 63387,8285 \text{ cm}^4$
 $A_i = 160176,3785 \text{ cm}^2$
 $\text{suma } (n-1) * A_{s_i} * x_i = 18566471 \text{ cm}^3$ (excel)
 ← alebo "n"
 -zohľadnené

$A_i * t_i = A_b * 565,1 + \text{suma } n * (A_{s_i} * x_i)$
 $t_i = (A_b * 565,1 + \text{suma } n * (A_{s_i} * x_i)) / (A_b + \text{suma } n * A_{s_i})$
 $A_i = A_b + \text{suma } (n-1) * A_{s_i}$
 $t_i = 96788,55 * 565,1 + 18566471 / 160176,3785 = 457,38 \text{ cm}$
 $I_i = I_b + A_b * d_t^2 + \text{suma } (n-1) * A_{s_i} * d_{x_i}^2$
 $I_i = 1707750512 \text{ cm}^4 + 96788,55 * 107,7^2 + \text{suma } \text{suma } (n-1) * A_{s_i} * d_{x_i}^2 = 6084143024,7611 \text{ cm}^4$ (excel)
 $I_i = 8914571996 \text{ cm}^4$
 $I_{c_i} = 21882748521 \text{ cm}^4$ prierez bez trhlín (SEAN)
 $\text{koef} = I_i / I_{c_i} = 0,4074$

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 : **Spodný prierez pylóna +55m**
 Combination (cross section, reinforcement, load) : 1 1 1

CONCRETE CROSS SECTION

Point number	X (m)	Y (m)	Coordinates right half of polygon
1	0.000	1.000	
2	5.102	1.000	
3	5.400	1.298	
4	5.400	5.866	
5	5.023	6.328	
6	0.000	8.900	
7	0.000	7.797	
8	0.837	7.797	
9	4.900	5.717	
10	4.900	4.963	
11	4.800	4.963	
12	4.800	2.410	
13	0.000	2.410	

Effective length $L_o = 0.00$ m

MATERIAL OF THE CROSS SECTION : concrete C40/50 $f_{ck} = -40000$ kN/m2
 $f_{cd} = -26667$ kN/m2

CONCRETE REINFORCEMENT

No	X(m)	Y(m)	(mm) diameter	(GPa) Es	(MPa) ftk(+)	(MPa) fyk (-)	name
1	0.000	2.310	140	200	670	-670	steel S670/800
2	1.010	2.310	140	200	670	-670	steel S670/800
3	1.990	2.310	140	200	670	-670	steel S670/800
4	3.000	2.310	140	200	670	-670	steel S670/800
5	3.990	2.310	140	200	670	-670	steel S670/800
.							
.							
.							
.							
31	5.320	5.800	140	200	670	-670	steel S670/800
32	-1.000	8.250	140	200	670	-670	steel S670/800
33	-2.000	7.750	140	200	670	-670	steel S670/800
34	-3.000	7.230	140	200	670	-670	steel S670/800
35	-3.990	6.740	140	200	670	-670	steel S670/800
36	-4.990	6.190	140	200	670	-670	steel S670/800
37	-5.290	5.800	140	200	670	-670	steel S670/800
38	0.000	7.940	140	200	670	-670	steel S670/800
39	1.000	7.880	140	200	670	-670	steel S670/800
40	2.000	7.340	140	200	670	-670	steel S670/800
41	3.000	6.830	140	200	670	-670	steel S670/800

Note : every $\phi 140$ mm = 5x $\phi 63$ mm

42	3.980	6.330	140	200	670	-670	steel S670/800
43	4.990	5.840	140	200	670	-670	steel S670/800
44	-1.010	7.870	140	200	670	-670	steel S670/800
45	-2.000	7.340	140	200	670	-670	steel S670/800
46	-3.000	6.810	140	200	670	-670	steel S670/800
47	-3.990	6.330	140	200	670	-670	steel S670/800
48	-4.990	5.810	140	200	670	-670	steel S670/800
49	5.290	5.000	140	200	670	-670	steel S670/800
50	5.290	4.010	140	200	670	-670	steel S670/800
51	5.290	3.000	140	200	670	-670	steel S670/800
52	4.950	4.010	140	200	670	-670	steel S670/800
53	4.930	4.830	140	200	670	-670	steel S670/800
54	4.940	3.000	140	200	670	-670	steel S670/800
55	-5.290	5.000	140	200	670	-670	steel S670/800
56	-5.280	4.010	140	200	670	-670	steel S670/800
57	-5.270	3.000	140	200	670	-670	steel S670/800
58	-4.940	4.840	140	200	670	-670	steel S670/800
59	-4.920	4.010	140	200	670	-670	steel S670/800
60	-4.920	3.000	140	200	670	-670	steel S670/800
61	0.000	8.320	140	200	670	-670	steel S670/800
62	0.000	1.370	140	200	670	-670	steel S670/800
63	1.000	1.350	140	200	670	-670	steel S670/800
64	2.000	1.350	140	200	670	-670	steel S670/800
65	3.000	1.350	140	200	670	-670	steel S670/800
66	-0.990	1.380	140	200	670	-670	steel S670/800
67	-2.000	1.380	140	200	670	-670	steel S670/800
68	-3.000	1.370	140	200	670	-670	steel S670/800

COEFFICIENTS

Partial factor gama concrete : 1.50
 Partial factor gama steel : 1.15
 Mquasi-permanent / Muls : 0.75
 Creep factor (t,t0) : 3.00
 Ultimate strain - concrete : 0.0035
 Ultimate strain - steel : 0.020

PERCENTAGE OF REINFORCEMENT

Top and bottom reinforcement : **3.97%**
 Top reinforcement : 1.11%
 Bottom reinforcement : 2.04%
 Radius of gyration is : 255.28 cm

LOADING CASES

N (kN)	M (kNm)	Mbuckl. (kNm)	Mr (kNm)	x_Mr (m)	result	name
-168380	1054693	1054693	1745164	4.58	O.K.	II.order
-321350	1555850	1555850	1640185	5.52	O.K.	II.order
-321350	-1555850	-1555850	-2071821	1.89	O.K.	II.order
-168380	-1054693	-1054693	-1881949	1.40	O.K.	II.order

INTERACTION DIAGRAM

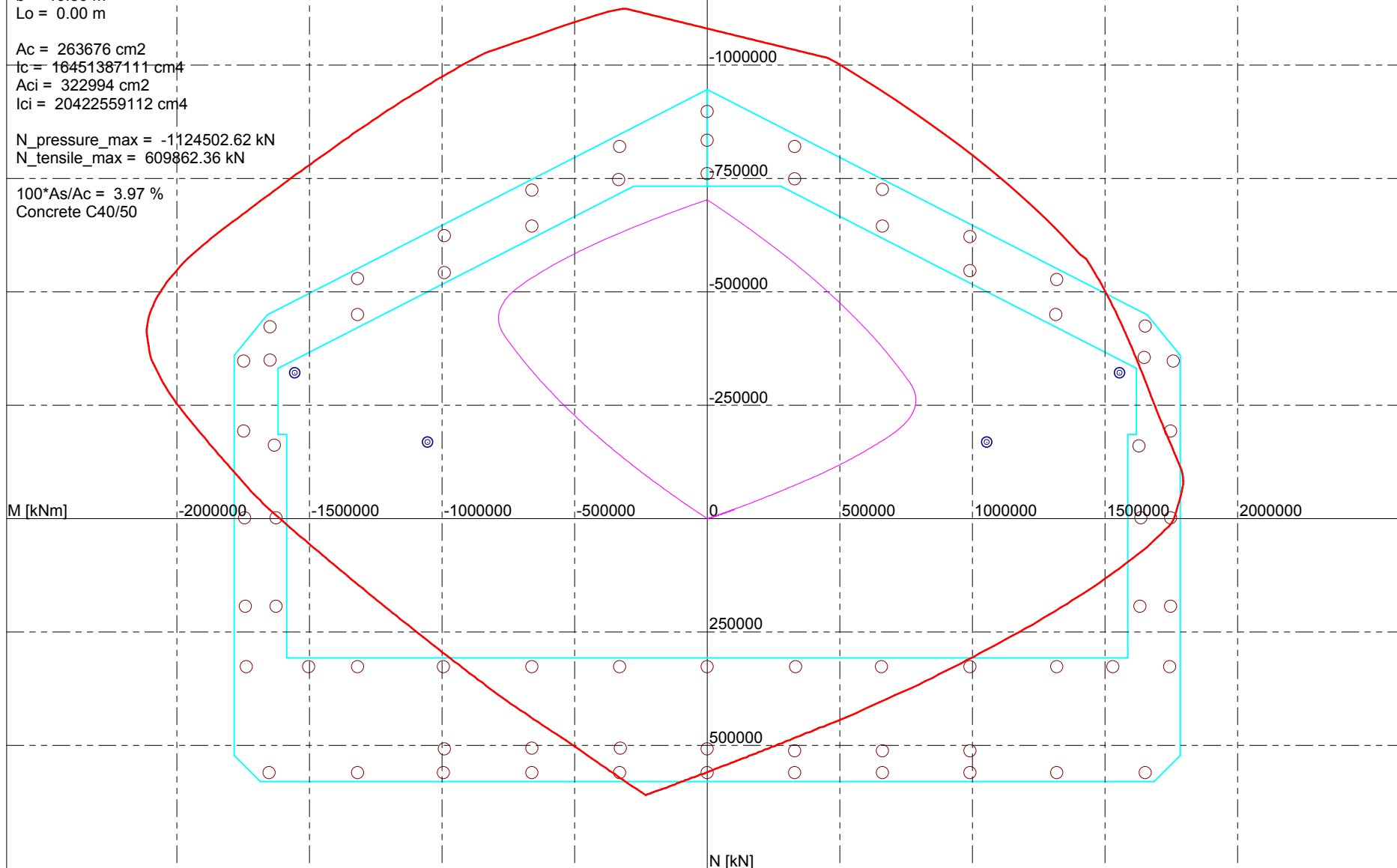
Combination (cross-section, reinforcement, load) : 1 1 1 spodny prierez

h = 7.90 m
b = 10.80 m
Lo = 0.00 m

Ac = 263676 cm²
Ic = 16451387111 cm⁴
Aci = 322994 cm²
Ici = 20422559112 cm⁴

N_pressure_max = -1124502.62 kN
N_tensile_max = 609862.36 kN

100*As/Ac = 3.97 %
Concrete C40/50



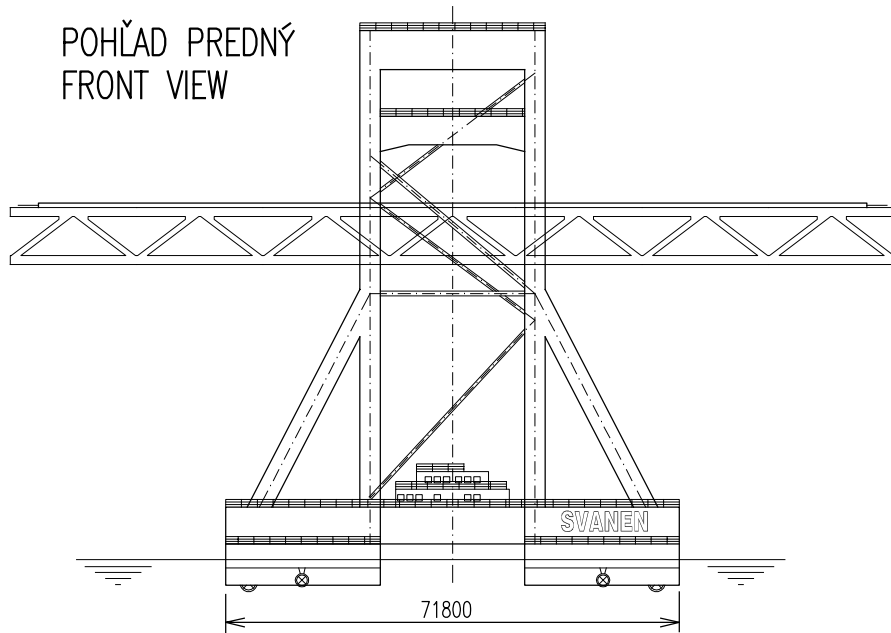
M [kNm]

N [kN]

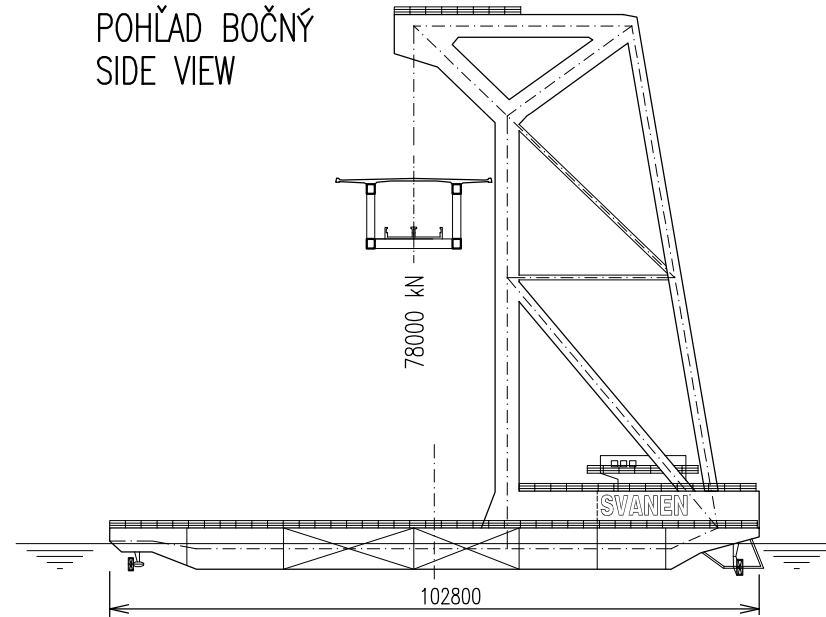
ŤAŽKÝ MONTÁŽNY PLÁVAJÚCI ŽERIAV "SVANEN" – HEAVY LIFTING VESSEL

Displacement weight (výtlak) 20562 t

POHĽAD PREDNÝ
FRONT VIEW



POHĽAD BOČNÝ
SIDE VIEW



VÝPOČTY

1/2 konštrukcie

Ponor od zataženia :

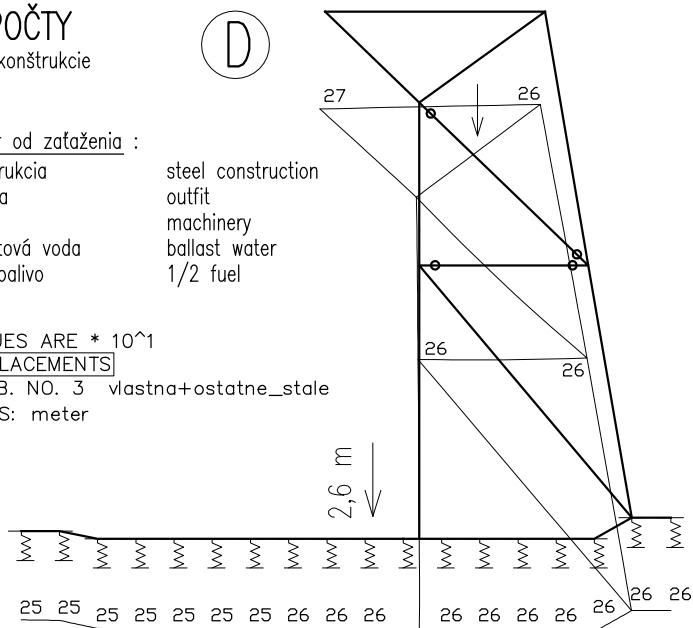
konštrukcia	steel construction
výbava	outfit
stroje	machinery
balastová voda	ballast water
1/2 palivo	1/2 fuel

VALUES ARE * 10¹

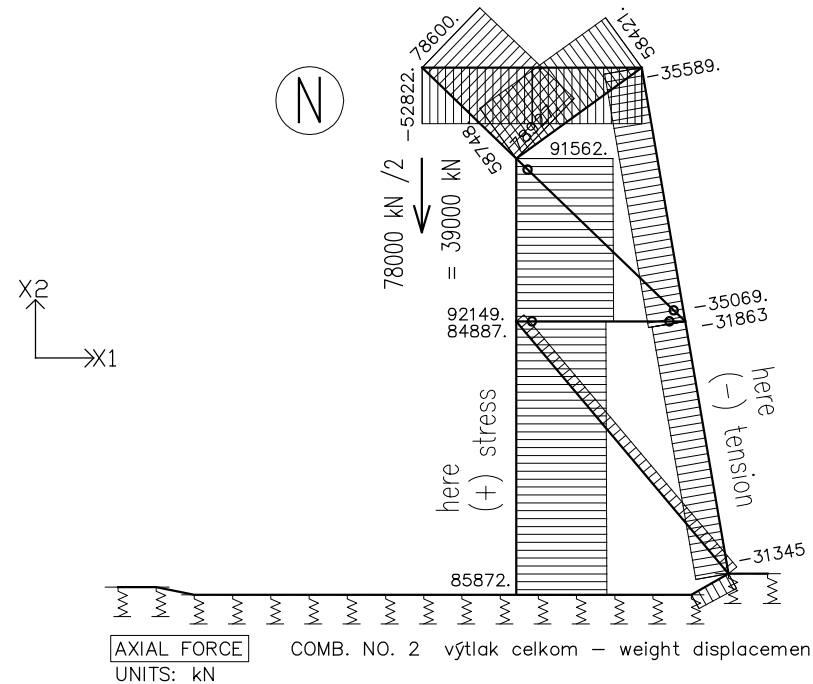
DISPLACEMENTS

COMB. NO. 3 vlastna+ostatne_stale

UNITS: meter



(N)



AXIAL FORCE
UNITS: kN

COMB. NO. 2 výtlak celkom – weight displacement

