

OBSAH

A. TECHNICKÁ ZPRÁVA K STATICKÉMU VÝPOČTU

B. GEOLOGICKÉ POMĚRY

C. ANALÝZA ZATÍŽENÍ

D. STATICKÝ VÝPOČET

D.1.2.c.0 STATICKÝ VÝPOČET_TECHNICKÁ ZPRÁVA

D.1.2.c.1

VÝPOČET VNITŘNÍCH SÍL, REAKCÍ A PRŮHYBU HLAVNÍHO OCELOVÉHO LANÁ – 16,0m:

VÝPOČET VNITŘNÍCH SÍL, REAKCÍ A PRŮHYBU HLAVNÍHO OCELOVÉHO LANÁ – 8,5m:

VÝPOČET VNITŘNÍCH SÍL, REAKCÍ A PRŮHYBU SEKUNDÁRNÍHO OCELOVÉHO LANÁ – 17,35m:

DYNAMICKÉ CHOVÁNÍ LANOVÉ KONSTRUCE

CELKOVÉ PRODLOUŽENÍ HLAVNÍHO LANÁ

D.1.2.c.2 STATICKÝ VÝPOČET_TABULKA LAN

D.1.2.c.3 STATICKÝ VÝPOČET_POSOUZENÍ OCELOVÝCH SLOUPŮ A KOTVENÍ

D.1.2.c.4 STATICKÝ VÝPOČET_ZÁKLAD_PILOTA_4m

D.1.2.c.5 STATICKÝ VÝPOČET_ZÁKLAD_PILOTA_5m

D.1.2.c.6 STATICKÝ VÝPOČET_OPĚRNÁ ZEĎ

D.1.2.c.7 STATICKÝ VÝPOČET_UBIKACE

D.1.2.c.8 STATICKÝ VÝPOČET_UBIKACE_ZÁKLADY_OPĚRNÁ ZEĎ

D.1.2.c.9 STATICKÝ VÝPOČET_VYHLÍDKA

A. TECHNICKÁ ZPRÁVA K STATICKÉMU VÝPOČTU

A 1. VÝCHODISKOVÉ PODKLADY:

1. Architektonické řešení – Masák&Partner
2. Geologický průzkum – ZOO Zlín, Jaguar Trek, I. Etapa, č. z.: 180109, Ing. Martin Volf, PhD.

A 2. NEODDELITELNÁ SOUČÁST VÝPOČTU:

Výkresová dokumentace

A 3. POPIS OBJEKTU:

UBIKACE

Ubikace je jednopodlažní budova se suterénem, celková délka objektu je 32,2m a šířka je 9,8m, výška objektu je 4,1m bez skleníkového zastřešení, výška suterénu-výběhu je 2,7m. Po délce objektu jsou dvě příční nosné stěny tl.200 mm se vzájemnými vzdálenostmi 7,0m, 10,0m a 15,0m, výškové osazení objektu je $\pm 0,000 = 293,100\text{m.n.m.}$ Nosnou konstrukci ubikace tvoří monolitická železobetonová konstrukce se stěnami tl.300 mm v suterénní části a tl.200 mm nad suterénem. Založení objektu je na železobetonových základových pásech šířky 800 mm a výšky 600 mm, základ pokračuje ze zalévaných bednicích tvárnic tl.300 mm a je ukončen železobetonovou základovou deskou tl.150 mm vyztuženou KARI sítí. Suterénní část je založená na základovém pásu šířky 2400 mm a výšky 600 mm, základový pás je součástí oporné stěny se smykovou zarážkou 600x600mm, suterénní stěnou a příčnými žebry tl.300mm ve vzájemné osové vzdálenosti 2500 mm. Stěny jsou ukončené ve výšce +4,1m železobetonovým věncem 500x250mm, nad výběhem v třetině rozpětí jsou propojeny dvěma ocelovými vzpěrami SHS 200x4mm. V části bez skleníkového zastřešení je střešní železobetonová deska tl.200 mm a je k ní připojen vnější ocelový přístřešek s třemi ocelovými sloupy SHS 100x4mm, vazník je IPE200 a UPE200 a vaznice jsou z IPE 120, konstrukce je ve své rovině zavěšena profily L40x4. Vstup do suterénu je zabezpečen šikmou rampou ze železobetonovými stěnami tl.300 mm a základovou deskou tl.250 mm. Předsazená betonová fasáda tl.100mm je uložena na nosnou stěnu pomocí úchyty FAST Bracket-140x95x151 a kotev M16-mat.8.8 Hilti HIT-RE 500 vzdálených 500mm, na tyto kotvy je uchycen ocelový úhelník L150x100x10. **Střešní skleníková ocelová konstrukce není předmětem návrhu a posouzení!**

VOLIÉRA

Voliéra je tvořená soustavou vetknutých ocelových sloupů s nepravidelným půdorysem, roztečí sloupů a proměnlivou výškou. Na ocelové sloupy jsou ve vrcholu uchycená hlavní ocelové lana průměru D22 – 6x19m IRWC 1770MPa, lana nejsou předeprnuté, jsou volně visící s předdefinovaným převisem 0,8m a následným průhybem od zatížení. Na hlavní ocelové lana jsou uchycené volná sekundární lana průměru D10 – 6x19m IRWC 1770MPa ve vzájemné vzdálenosti 2,0-2,5m, na tuto střešní horizontální síť navazuje svislá síť sekundárních lan, která vytváří nosnou síť pro stěny z pletiva, tyto svislá sekundární lana jsou uchycené do základové pod hrabové desky. Na vytvořenou lanovou síť je seshora položena pletivo – **304hb35** – AISI 304 – D3,5 mm – 100x100mm. Stěny jsou vytvořené z pletiva – **304hb35** – AISI 304 – D3,5 mm-60x60mm. Ocelové sloupy jsou založené na železobetonových vrtaných pilotách průměru 900mm délky 4,0m, 5,0m a ukončené hlavicí 1,2x1,2x1,0 m z betonu C30/37. Po obvodu voliéry jsou hlavice propojeny železobetonovými podhrabovými nosníky 200x800mm z betonu C30/37.

Návrh a posouzení lanové ocelové visuté konstrukce:

- I. Vnitřní rozpon 15,0m – zatěžovací šířka 17,5m – 2 x Lano D22
- II. Vnější obvodový rozpon 8,5m – zatěžovací šířka 8,75m – 1 x Lano D22
- III. Sekundární střešní a stěnová lana – D10

Lano D22 – 6x19 WSC ČSN EN 12385-4 - 1770MPa – uchycení do nalisované očnice na jedné straně a na druhé straně vytvořením slučky do protisměru a sepnutí lan pomocí lanových svorek EN 13411-5 Typ A (DIN 1142) – 6ks se vzájemní vzdáleností 200 mm.

Lano D10 – 6x19 WSC ČSN EN 12385-4 - 1770MPa – uchycení do křížové spojky na jedné straně a na druhé straně vytvořením slučky do protisměru a sepnutí lan pomocí lanových svorek EN 13411-5 Typ A (DIN 1142) – 4ks se vzájemní vzdáleností 100 mm.

VYHLÍDKA

Vyhlídku je jednopodlažní budova s rozměry 7,6 x 7,6 m, výška objektu ve vrcholu je 4,1m, lokální výškové osazení objektu je $\pm 0,000 = 288,850\text{m.n.m.}$

Nosnou konstrukci tvoří monolitická železobetonová konstrukce se stěnami tl.300 mm z důvodu uchycení ocelových sloupů voliéry a pletiva na vyhlídku. Založení objektu je na železobetonových základových pásech šířky 800 mm a výšky 600 mm, základ pokračuje ze zaléváných bednic tl.300 mm. Stěny jsou ukončené ve výšce +2,35m železobetonovým věncem 500x300mm. Zastřešení

objektu je dřevěným hambálkovým krovem – pozednice 150x150mm, krovy 100x180mm a kleštiny 2x50x180 ze dřeva C24. Ocelová konstrukce je z profilů SHS 100x4. Vyhlídka bude mít skleněnou tabuli s tepelně tvrzeného skla tl. 19 mm s min pevností vtahu za ohybu 70MPa.

OPĚRNÁ ZEDĚ

Opěrná zeď je tvořena základovou deskou 1500x250mm pokračuje ze zalévaných bednicích tvárnic tl.250 mm a je ukončen železobetonovým věncem výšky 200 mm, základová deska je zhotovena se smykovou zarážkou 250x300mm a příčnými žebry tl.250 mm ve vzájemné osově vzdálenosti 2500 mm. Mezi žebra je nutné osadit drenážní trubku DN50 na odvod drenážní vody.

DĚLÍCI ZEDĚ

Dělící zeď je tvořena základovou deskou 2500x500mm pokračuje ze zalévaných bednicích tvárnic tl.300 mm a je ukončen železobetonovým věncem výšky 500 mm, základová deska je zhotovena s příčnými žebry tl.300 mm ve vzájemné osově vzdálenosti 2500 mm. Mezi žebra je nutné osadit drenážní trubku DN50 na odvod drenážní vody.

A 4. NORMY, PŘEDPISY, SMĚRNICE

ČSN EN 1990 Eurokód 0 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód 1 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992 Eurokód 2 Navrhování betonových konstrukcí

ČSN EN 1993 Eurokód 3 Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1996 Eurokód 6 Navrhování zděných konstrukcí

ČSN EN 1998 Eurokód 8 Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení

ČSN EN 206-1 Beton

ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu

ČSN EN 13369 Betonové prefabrikáty

ČSN EN 1536 Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty

ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí

ČSN EN 1090 Zhotovování ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí

ČSN EN 12 944 Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí

ČSN EN 62 305 Ochrana před bleskem

ČSN 73 26 11 Odchytky rozměrů a tvarů ocel. konstrukcí

ČSN 73 08 21 Požární odolnost stavebních konstrukcí

A 5. POUŽITÝ SOFTWARE

AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

A 6. POUŽITÁ LITERATÚRA

Edward. G. Nawy – Prestressed concrete – 3rd Edition

Ivan Havran – Předpjatý beton

Jaroslav Navrátil – Předpjaté betonové konstrukce

A 7. POUŽITÉ MATERIÁLY

Ocel S355

Ocelové lano průměru D22 – 6x19 WSC ČSN EN 12385-4 - 1770MPa

Průřezová plocha – $A=223\text{mm}^2$, Modul pružnosti – $E_p=110\text{GPa}$,

$R_{\min}=310,12\text{ kN}$

Ocelové lano průměru D10 – 6x19 WSC ČSN EN 12385-4 - 1770MPa

Průřezová plocha – $A=41,80\text{mm}^2$, Modul pružnosti – $E_p=110\text{GPa}$,

$R_{\min}=64,07\text{ kN}$

A 8. POŽÁRNÍ ODOLNOST

Požární odolnost konstrukce není předmětem posouzení.

B. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Geologické poměry sú definované v Inženýrsko-Geologický průzkumu – ZOO Zlín, Jaguar Trek, I. Etapa, č. z.: 180109, Ing. Martin Volf, PhD.

C. ANALÝZA ZATÍŽENÍ

C 1. VLASTNÍ TÍHA:

Vlastní tíha – zatížení je generované výpočtovým programem AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS. Součinitel zatížení - $\gamma_f = 1,35$.

C 2. STÁLE ZATÍŽENÍ:

Lano D22 $g_n = 0,02\text{ kN/m}$

Lano D10 $g_n = 0,006\text{ kN/m}$

304hb35 – AISI 304 – D3,5 mm – 100x100 $g_n = 0,012\text{ kN/m}$

304hb35 – AISI 304 – D3,5 mm – 60x60 $g_n = 0,020\text{ kN/m}$

C 3. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ:

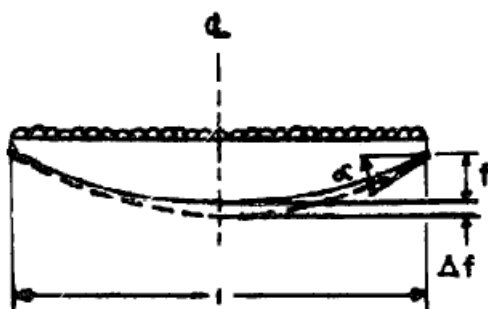
		TLOUŠŤKA	q_n	γ_f	q_d
		/ mm /	/ kN/m ² /	/ - /	/ kN/m ² /
PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	Střecha	-	0,75	1,50	1,125
	Strop	-	2,00	1,50	3,00

C 4. OSLNĚNÍ: $T_4 = +30\text{ }^{\circ}\text{C}$

přírůstek teploty od slunečního záření STN EN 1991-1-5 tab.5.2

C 5. VÍTR:**STN EN 1991-1-4**I. větrová oblast – základní rychlost větru $v_{b,o} = 22,5\text{ ms}^{-1}$ $C_{prob} = 1,038$ $C_{dir} = 1$ $C_{season} = 1$ **Základní rychlost větru:** $v_b = C_{prob} * C_{dir} * C_{season} * v_{b,o} = 1,038 * 1 * 1 * 22,5 = 23,35\text{ ms}^{-1}$ **Základní tlak větru:** $q_b = 1/2 * \rho * v_b^2 = 1/2 * 1,25 * 23,35^2 = 0,340\text{ kNm}^{-2}$ $h = 8,0\text{m}$ – výška konstrukce $c_e = 2,30$ – II. Kategorie terénu**Špičkový tlak větru:** $q_n = q_b * c_e = 0,340 * 2,30 = 0,78\text{ kNm}^{-2}$ **C 6. SNÍH:****STN EN 1991-1-3**Sněhová oblast III. $s_k = 1,50\text{ kN/m}^2$, $s_n = \mu_i * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,50 = 1,20\text{ kN/m}^2$

D.1.2.c.1 VÝPOČET VNITŘNÍCH SÍL, REAKCÍ A PRŮHYBU HLAVNÍHO OCELOVÉHO LANA – 16,0m:
KOMBINACE STÁLÝCH A PROMĚNNÝCH ZATÍŽENÍ EN 1990 / STÁLE + SNÍH /



Maximální rovnoměrné zatížení:

$$q_d = 1,35 * g_n + 1,5 * q_p = 1,35 * 0,015 + 1,5 * 0,12 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

Počet nosných lan: $n = 2$

Maximální zatížení na lano:

$$q_{dl} = (q_d * z_s) / 2 = (0,20 * 17,35) / 2 = 1,735 \text{ kN/m}$$

Převis lana:

$$f = L / 20 = 16 / 20 = 0,8 \text{ m}$$

Délka lana:

$$L_c = l * [1 + 8/3 * (f/L)^2] = 16 * [1 + 8/3 * (0,8/16)^2] = 16,106 \text{ m}$$

Maximální tahová síla v laně:

$$T_{max} = (q_{dl} * L^2 / 8 * f) * \sqrt{1 + 16 * (f/L)^2} = (1,735 * 16^2 / 8 * 0,8) * \sqrt{1 + 16 * (0,8/16)^2} = 70,7 \text{ kN}$$

Elastické předlužení lana:

$$\Delta L = T_{max} * L / E * A = 70\,700 * 16\,000 / 110\,000 * 202,3 = 50,83 \text{ mm}$$

Zvýšení převisu:

$$\Delta f = \Delta L / \{16/15 * (f/L) * [5 - 24 * (f/L)^2]\} = 50,83 / \{16/15 * (0,8/16) * [5 - 24 * (0,8/16)^2]\} = 193,26 \text{ mm}$$

Uhel v místě kotvení:

$$\tan \alpha = 4 * (f + \Delta f) / L = 4 * (0,8 + 0,193) / 16 = 0,243 \rightarrow \alpha = 13,67$$

Maximální reakce v uložení:

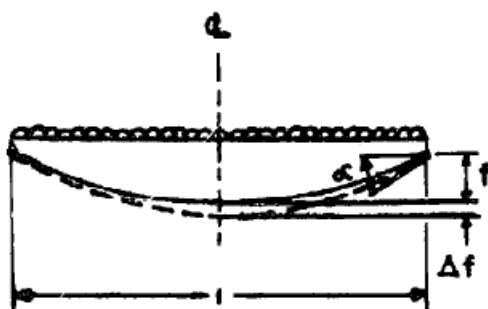
$$V = T_{max} * \sin \alpha = 70,7 * \sin 13,67 = 16,70 \text{ kN}$$

$$H = T_{max} * \cos \alpha = 70,7 * \cos 13,67 = 68,70 \text{ kN}$$

$$T_{max} = 70,70 \text{ kN} < R_{min} = 310,12 \text{ kN}$$

Vyhovuje lano D22 - 6x19m WSC 1770MPa

VÝPOČET VNITŘNÍCH SÍL, REAKCÍ A PRŮHYBU HLAVNÍHO OCELOVÉHO LANA – 8,5m:
KOMBINACE STÁLYCH A PROMĚNNÝCH ZATÍŽENÍ EN 1990 / STÁLE + SNÍH /



Maximální rovnoměrné zatížení:

$$q_d = 1,35 * g_n + 1,5 * q_p = 1,35 * 0,015 + 1,5 * 0,12 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

Počet nosných lan: $n = 1$

Maximální zatížení na lano:

$$q_{dl} = (q_d * z_s) / 2 = (0,20 * 17,35) / 2 = 1,735 \text{ kN/m}$$

Převis lana:

$$f = L / 20 = 8,5 / 20 = 0,425 \text{ m}$$

Délka lana:

$$L_c = l * [1 + 8/3 * (f/L)^2] = 8,5 * [1 + 8/3 * (0,425 / 16)^2] = 8,52 \text{ m}$$

Maximální tahová síla v laně:

$$T_{max} = (q_{dl} * L^2 / 8 * f) * \sqrt{1 + 16 * (f/L)^2} = (1,735 * 8,5^2 / 8 * 0,425) * \sqrt{1 + 16 * (0,425/8,5)^2} = 37,56 \text{ kN}$$

Elastické předlužení lana:

$$\Delta L = T_{max} * L / E * A = 37\,560 * 8500 / 110\,000 * 202,3 = 14,35 \text{ mm}$$

Zvýšení převisu:

$$\Delta f = \Delta L / \{16/15 * (f/L) * [5 - 24 * (f/L)^2]\} = 14,35 / \{16/15 * (0,425 / 8,5) * [5 - 24 * (0,425/8,5)^2]\} = 54,5 \text{ mm}$$

Uhel v místě kotvení:

$$\tan \alpha = 4 * (f + \Delta f) / L = 4 * (0,425 + 0,0545) / 16 = 0,119 \rightarrow \alpha = 6,83$$

Maximální reakce v uložení:

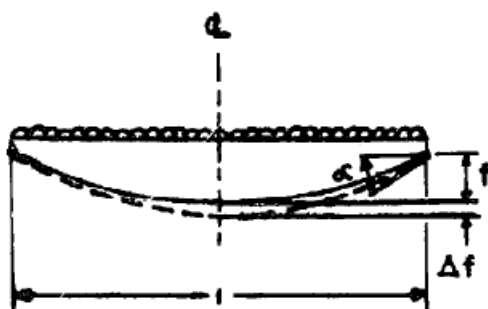
$$V = T_{max} * \sin \alpha = 37,56 * \sin 6,83 = 4,47 \text{ kN}$$

$$H = T_{max} * \cos \alpha = 37,56 * \cos 6,83 = 37,3 \text{ kN}$$

$$T_{max} = 37,3 \text{ kN} < R_{min} = 310,12 \text{ kN}$$

Vyhovuje lano D22 - 6x19m IRWC 1770MPa

VÝPOČET VNITŘNÍCH SÍL, REAKCÍ A PRŮHYBU SEKUNDÁRNÍHO OCELOVÉHO LANA – 17,35m:
KOMBINACE STÁLÝCH A PROMĚNNÝCH ZATÍŽENÍ EN 1990 / STÁLE + SNÍH /



Maximální rovnoměrné zatížení:

$$q_d = 1,35 * g_n + 1,5 * q_p = 1,35 * 0,015 + 1,5 * 0,12 = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

Počet nosných lan: $n = 1$

Maximální zatížení na lano:

$$q_{dl} = q_d * z_s = 0,20 * 2 = 0,40 \text{ kN/m}$$

Převis lana:

$$f = L / 20 = 17,35 / 20 = 0,867 \text{ m}$$

Délka lana:

$$L_c = l * [1 + 8/3 * (f/L)^2] = 17,35 * [1 + 8/3 * (0,867 / 17,35)^2] = 17,463 \text{ m}$$

Maximální tahová síla v laně:

$$T_{max} = (q_{dl} * L^2 / 8 * f) * \sqrt{1 + 16 * (f/L)^2} = (0,40 * 17,35^2 / 8 * 0,867) * \sqrt{1 + 16 * (0,867 / 17,35)^2} = 17,70 \text{ kN}$$

Elastické předlužení 1 lana:

$$\Delta L = T_{max} * L / E * A = 17\,700 * 17\,350 / 110\,000 * 60,92 = 45,82 \text{ mm}$$

Zvýšení převisu:

$$\Delta f = \Delta L / \{16/15 * (f/L) * [5 - 24 * (f/L)^2]\} = 45,82 / \{16/15 * (0,867 / 17,35) * [5 - 24 * (0,867 / 17,35)^2]\} = 174,2 \text{ mm}$$

Uhel v místě kotvení:

$$\tan \alpha = 4 * (f + \Delta f) / L = 4 * (0,867 + 0,174) / 16 = 0,260 \rightarrow \alpha = 14,58$$

Maximální reakce v uložení:

$$V = T_{max} * \sin \alpha = 17,7 * \sin 14,58 = 4,45 \text{ kN}$$

$$H = T_{max} * \cos \alpha = 17,7 * \cos 14,58 = 17,3 \text{ kN}$$

$$T_{max} = 17,7 \text{ kN} < R_{min} = 64,07 \text{ kN}$$

Vyhovuje lano D10 - 6x19m IRWC 1770MPa

DYNAMICKÉ CHOVÁNÍ LANOVÉ KONSTRUCE

Kmitání lana je podmíněné velikostí převisu lana, velikostí tahové síly v laně, průřezovou plochou lana a modulem pružnosti. Pro lano s převisem se můžou vyskytnout 2 typy kmitání, a to kmitání kolmo na vertikální rovinu (Fig 2.15) a kmitání ve vertikální rovině (Fig 2.14).

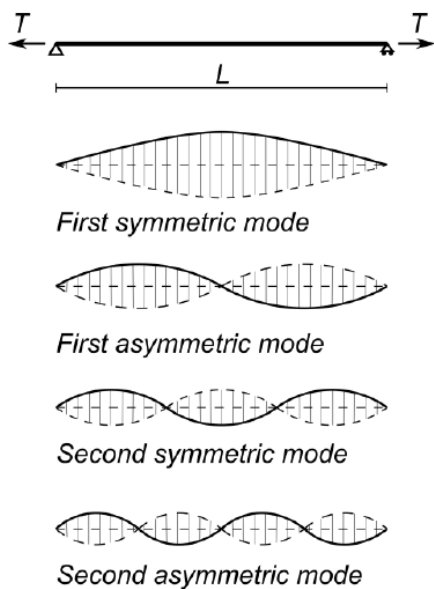


Figure 2.12 The first 4 vibration modes for the taut string

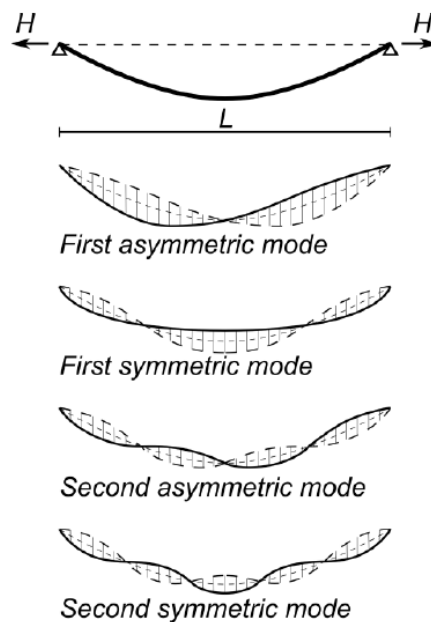


Figure 2.13 The first 4 in-plane vibrations modes for the sagging cable

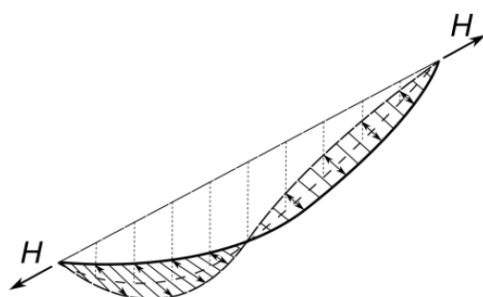


Figure 2.15 Sway vibration out of the vertical plane. Notice the arrows

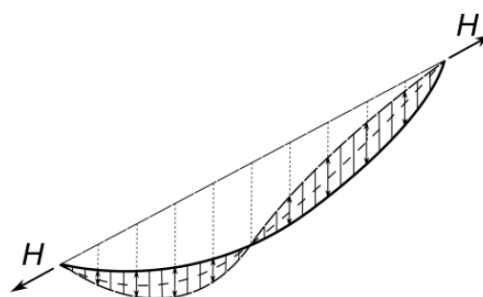


Figure 2.14 In-plane vibration. Notice the arrows

Parametr dynamického chování lana P_{ge} , který definuje vztah mezi symetrickými a asymetrickými stavy kmitání:

$$P_{ge} = (8 * f / L)^3 * E * A / g * m * L > 4 * \pi^2$$

To znamená, že prvá frekvence symetrického kmitání v rovině převisu je vyšší jako prvá frekvence asymetrického kmitání v rovině převisu.

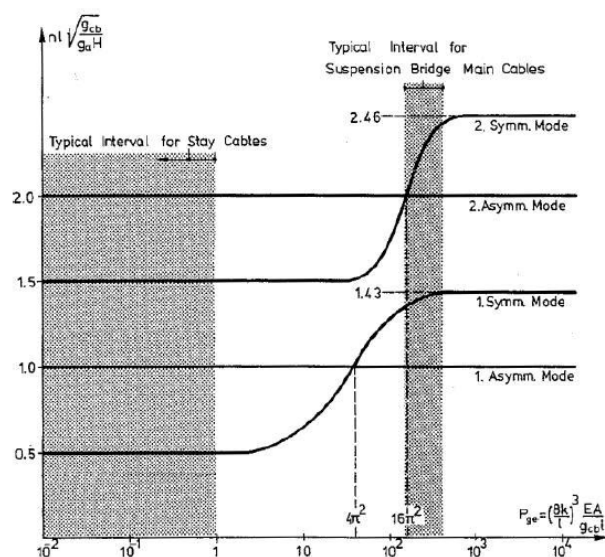


Figure 2.16 The first four natural frequencies for a sagging cable. With permission from (Gimsing, 1997).

První frekvence kmitání kolmo na rovinu převisu:

$$\omega_{1\text{sway}} = \pi / L * \sqrt{H / m}$$

První frekvence asymetrického kmitání v rovině převisu:

$$\omega_{1\text{asym}} = 2 * \pi / L * \sqrt{H / m}$$

První frekvence symetrického kmitání v rovině převisu:

$$\omega_{1\text{sym}} = 2,86 * \pi / L * \sqrt{H / m}$$

Jednotlivé frekvence jsou vypočtené pro lano s převisem, avšak konstrukce jako celek se chová jiným způsobem.

CELKOVÉ PŘEDLUŽENÍ HLAVNÍHO LANA D22 – ROZPON 16,0m

1. Dlouhodobí konstrukční předlužení $\Delta_{sk} = 0,125 \% * L = 0,125 \% * 16 = 20 \text{ mm}$
2. Elastické předlužení $\Delta_{el} = F_{\text{max}} * L / E * A = 70\,700 * 16\,000 / 110\,000 * 202,3 = 50,83 \text{ mm}$
3. Teplotní předlužení $\Delta_T = 0,0000125 * L * T = 0,0000125 * 16000 * 30^\circ = 6 \text{ mm}$

Celkové předlužení lana $\Delta = \Delta_{sk} + \Delta_{el} + \Delta_T = 20 + 50,83 + 6 = 76,83 \text{ mm}$

ZÁVĚR:

Konstrukce jsou navrženy dle v současnosti platných technických norem ČSN EN. V době realizace stavby, je nutný na stavbě dodržovat důsledně všechny platné bezpečnostní předpisy a normy určené pro práce předmětného druhu, aby se dosáhla maximální bezpečnost a kvalita vykonávaných stavebních prací.

Bratislava, 02 / 2019

Ing. Pavol Kohutiar