

D.2 Základní stavebně konstrukční řešení

| | |
|---------------------------------------|--|
| Název stavby: | FVE v DPO – Vozovna Poruba |
| Místo stavby: | par.č. 1708/1, k.ú: Poruba - sever |
| Investor: | DOPRAVNÍ PODNIK OSTRAVA a.s., Poděbradova 494/2, Moravská Ostrava, 702 00 Ostrava |
| Stupeň projektové dokumentace: | DSP |
| Generální zhotovitel: | Moore Advisory CZ s.r.o. Karlínská 661/4, 186 00 Praha 8 |
| Zhotovitel: | SUNNYWATT GROUP a.s. Jeseniova 2829/20, 130 00 Praha Žižkov |
| Část D.2 vypracoval: | Ing. Lucia Gabrišová Kristina Kabelová 775 928 203, www.bostatika.cz lucia.gabrisova@bostatika.cz |
| Zodpovědná osoba části D.2: | Ing. Lucia Gabrišová autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb ČKAIT 1104405 |



D.2.1 Technická zpráva

| | | |
|----|--|---|
| 1. | Statické zabezpečení základových patek | 3 |
| 2. | Statické zabezpečení kotvení | 4 |

D.2.2 Základní statický výpočet

| | | |
|----|--------------------------------------|----|
| 1. | Statické posouzení základových patek | 5 |
| 2. | Statické posouzení kotvení | 16 |

Všechny vstupní údaje použité ve výpočtu jsou převzaty z dodané projektové dokumentace pro stavební povolení - DSP, které vypracoval Jakub Vaňatka k datu 29.11.2024. Obsahem statického výpočtu jsou věci vyjmenované v obsahu, za zbylé věci zpracovatel této části nepřebírá zodpovědnost. Použitá norma ČSN EN 1991: Eurokód 1 - Zatížení konstrukcí - část 1-1 - Obecná zatížení - objemové tíhy, užitná zatížení pozemních staveb, část 1-4 - obecná zatížení - zatížení větrem, ČSN EN 1993: Navrhování ocelových konstrukcí.

CELKOVÝ POPIS OBJEKTU:

Předmětem tohoto posudku je statické posouzení kotvení a návrh základových patek pod konstrukci fotovoltaiky. Samotná konstrukce pro fotovoltaiku není součástí tohoto posudku. Na patky je uvažováno s klimatickými zatíženími - zatížení sněhem (sněhová oblast II) a zatížení větrem (větrná oblast II a kategorie terénu II) A140. Konstrukce je kotvena přes ocelovou kotevní desku do betonové základové patky. Pevnostní třída betonových základů je C30/37, XC4. Celková výška konstrukce pro fotovoltaiku je max. 2,31m od terénu.

1. Statické zabezpečení základových patek

Pod hliníkovými konstrukcemi kruhového profilu 60x2,6mm, které jsou součástí konstrukce fotovoltaiky jsou navrženy základové patky z betonu C30/37, XC4, XF1, XA1 o půdorysných rozměrech 0,9x0,9m a celkové výšce 1,1m (0,3m nad terénem a 0,8m pod terénem) pod vnitřními sloupky konstrukce a rozměrech 0,6x0,6m a celkové výšce 1,1m (0,3m nad terénem a 0,8m pod terénem) pod vnějšími sloupky konstrukce (viz schéma pod textem). Patky jsou uvažovány z prostého betonu. Základové patky jsou navrženy na zatížení od hliníkové konstrukce, vlastní tíhy, tíhy fotovoltaiky, klimatických zatížení (sněhová oblast II, větrná oblast II a kategorie terénu II). Základové patky byly navrženy na min. únosnost zeminy 100kPa. Po vykopání základové rýhy bude přizván geotechnik na posouzení základových poměrů a navrhne další postup ve spolupráci se statikem. Zpracovatel této části upozorňuje na to, že se jedná pouze o odborný odhad únosnosti zeminy. Základové patky jsou od sebe vzdáleny max. 2,4m. Nezámrzá hloubka základové patky bude min. 0,8m. **Základové patky jsou posouzeny na minimální únosnost 100kPa a vyhoví na mezní stav únosnosti a použitelnosti.**

Schéma zobrazení patek v půdoryse

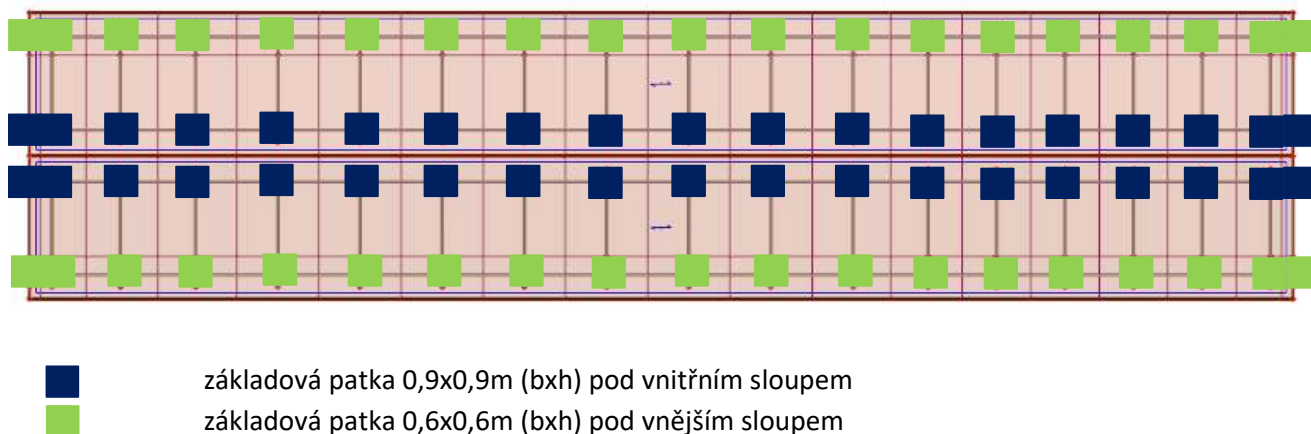


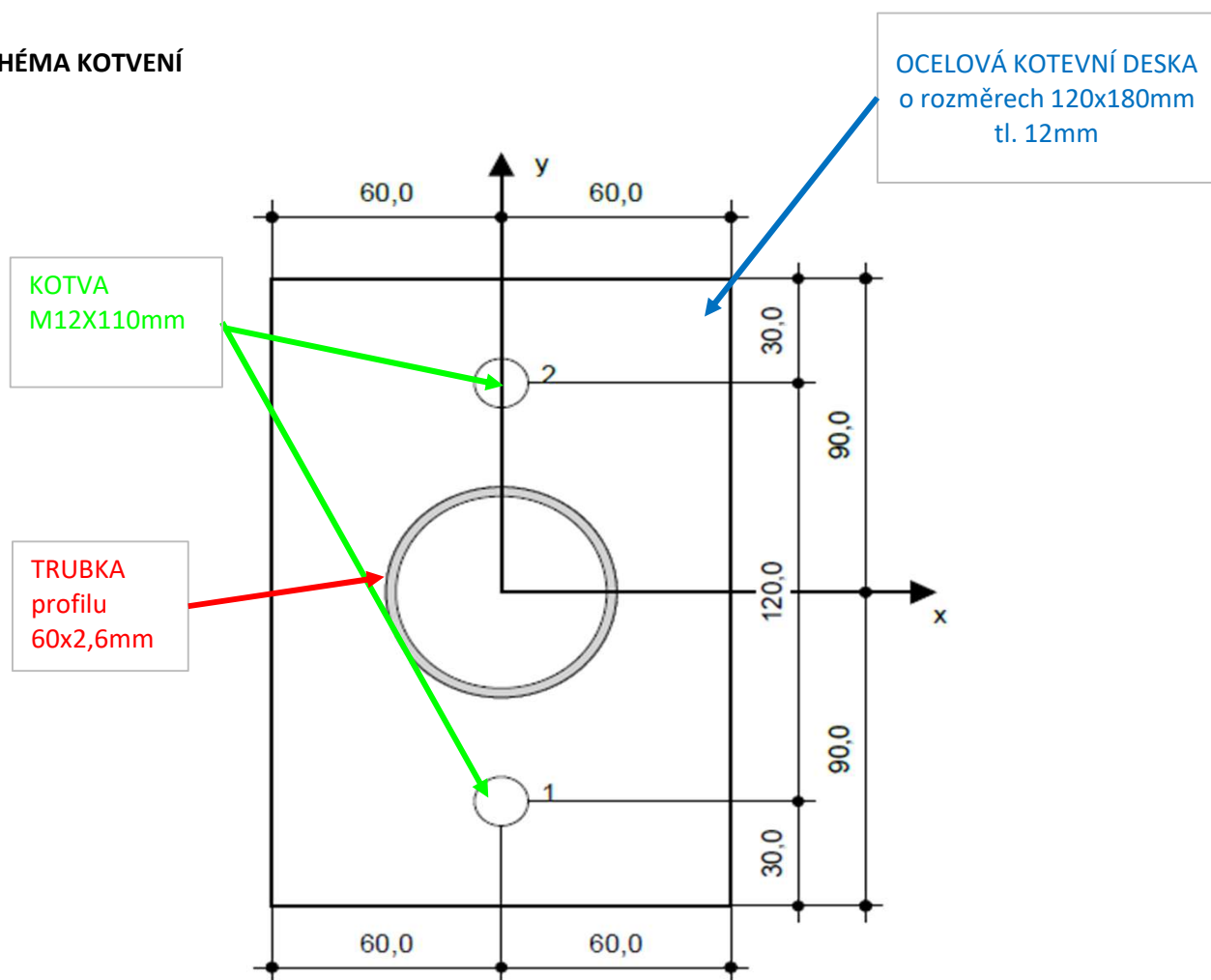
Schéma zobrazení FVE v katastrální mapě



2. Statické zabezpečení kotvení

Hliníková konstrukce profilu 60x2,6 bude kotvena přes ocelovou desku 180x120mm tl. 12mm pomocí 2ks ocelových kotev s průměrem dříku 12mm a s minimální kotevní délkou 70mm v kombinaci s chemickou maltou - M12x110mm, chemická malta (hybridní vinylesterová pryskyřice). Kotva je z materiálu vhodného do exteriéru. Otvor o průměru 14mm pro osazení kotvy bude předvrtán do hloubky min.75mm. Pro bezpečný přenos zatížení musí být dodržena minimální kotevní hloubka 70mm a maximální utahovací moment 40Nm. Při provádění je nutno dodržet technologická pravidla výrobce. Na model bylo uvažováno se zatížením sněhem (sněhová oblast II), větrem (větrná oblast II a kategorie terénu II) a zatížením stálým (vlastní tíha hliníkových profilů 60x2,6 a FVE panelů o tíze 10kg/m^2). Kotvení do betonové patky bude provedeno z ocelové kotevní desky a ocelové trubky, na kterou bude osazena a přišroubována hliníková trubka konstrukce. Nutno použít pozinkovanou nebo nerezovou ocel z důvodu kontaktu s hliníkem (galvanická koroze). Kotvení bude umístěno na střed vůči patce. **Kotvení pomocí M12x110mm - 2ks vyhoví.**

SCHÉMA KOTVENÍ



1. Statické posouzení základových patek

Výpočet zatížení

Stálé zatížení

1.) Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha profilů je generována výpočetním programem.

2.) Zatížení od fotovoltaických panelů

Tíha $0,1 \text{ kN/m}^2$

Proměnlivé zatížení

3.) Zatížení sněhem

Sněhová oblast II $s_k[\text{kNm}^{-2}] = 1,00 \text{ kN/m}^2$

Zatížení sněhem $s = \mu * C_e * C_t * s_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$

μ ... tvarový součinitel zatížení sněhem : 0,80

C_e ... součinitel expozice : 1,0

C_t ... tepelný součinitel : 1,0

| | $s_k(\text{kN/m}^2)$ | γ | $s_d(\text{kN/m}^2)$ |
|---------------------------|----------------------|----------|----------------------|
| Celkové zatížení sněhem | 0,80 | 1,50 | 1,20 |
| Poloviční zatížení sněhem | 0,40 | 1,50 | 0,60 |

4.) Zatížení větrem

Zatížení větrem bylo uvažováno pro II. větrovou oblast a kategorii terénu II. Výška konstrukce nad terénem je max. 2,31m od upraveného terénu.

Výška nad terénem $h = 2,31 \text{ m}$

Budova se nachází ve větrné oblasti s charakteristickou střední rychlostí větru:

$$v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$$

Základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$$

kde $C_{dir} = 1,0$ (součinitel směru)
 $C_{season} = 1,0$ (součinitel ročního období)

Základní tlak větru:

$$q_b = 0,5 * \rho * v_b^2 = 390,625 \text{ Pa}$$

Místní vlivy

Charakteristická střední rychlost větru ve výšce z nad terénem:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 18,21 \text{ m/s}$$

kde $c_0(z) = 1,0$ (součinitel ortografie)

$$c_r(z) = k_r * \ln(z/z_0) = 0,728 \text{ (součinitel drsnosti)}$$

kde $k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,190$ (součinitel terénu)

Kategorie terénu II : $z_0 = 0,05 \text{ m}$

$z_{min} = 2,0 \text{ m}$

$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$

Kategorie terénu

ČSN EN 1991-1-4, tabulka 4.1

| Kategorie | Délka drsnosti z_0 [m] | Min. výška z_{\min} [m] |
|---|-----------------------------|------------------------------|
| 0. Volný prostor bez překážek (moře) | 0,003 | 1 |
| I. Zanedbatelná vegetace nebo jezera | 0,01 | 1 |
| II. Nízká vegetace, izolované překážky | 0,05 | 2 |
| III. Překážky s volným prostorem (vesnice, předměstské oblasti) | 0,3 | 5 |
| IV. Městské oblasti, 15 % s výškou nad 15 m | 1,0 | 10 |

Maximální charakteristický tlak $q_p(z)$:

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2 = \quad \quad \quad \mathbf{0,586 \quad kNm^{-2}}$$

$$\text{kde } I_v(z) = k_l / [c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)] = \quad \quad \quad 0,261 \quad (\text{intenzita turbulence})$$

$$\text{kde } k_l = \quad \quad \quad 1,0 \quad (\text{součinitel turbulence})$$

$$\rho = \quad \quad \quad 1,25 \quad \text{kgm}^{-3} \quad (\text{měrná hmotnost vzduchu})$$

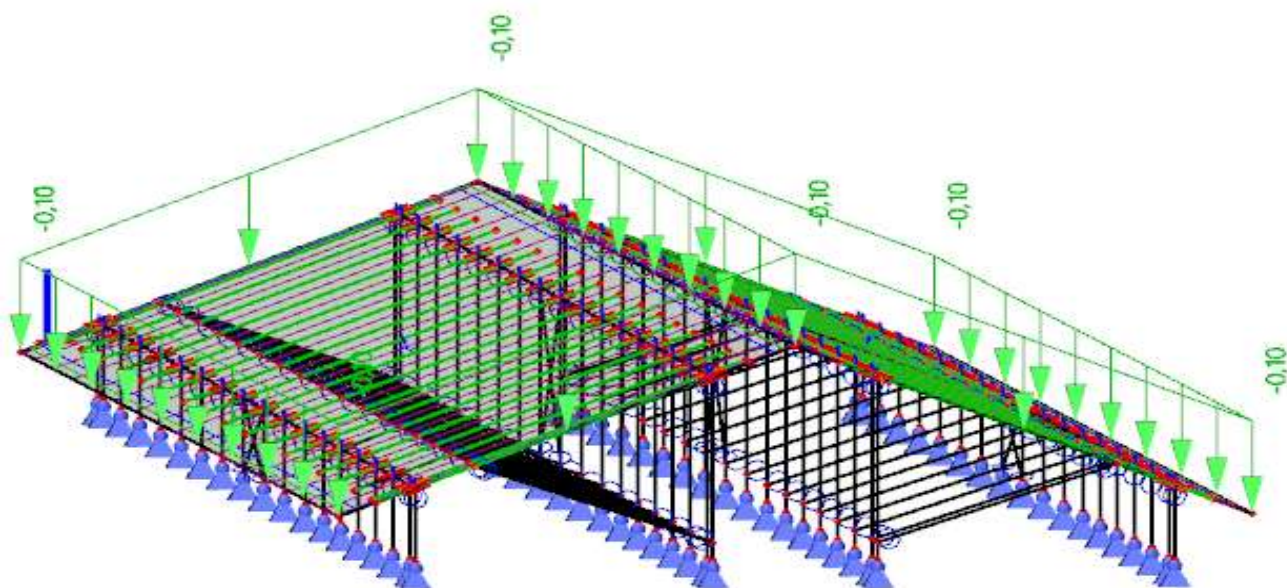
Referenční výška z_e :

$$z_e = \max(h, z_{\min}) = \quad \quad \quad 2,31 \quad \text{m}$$

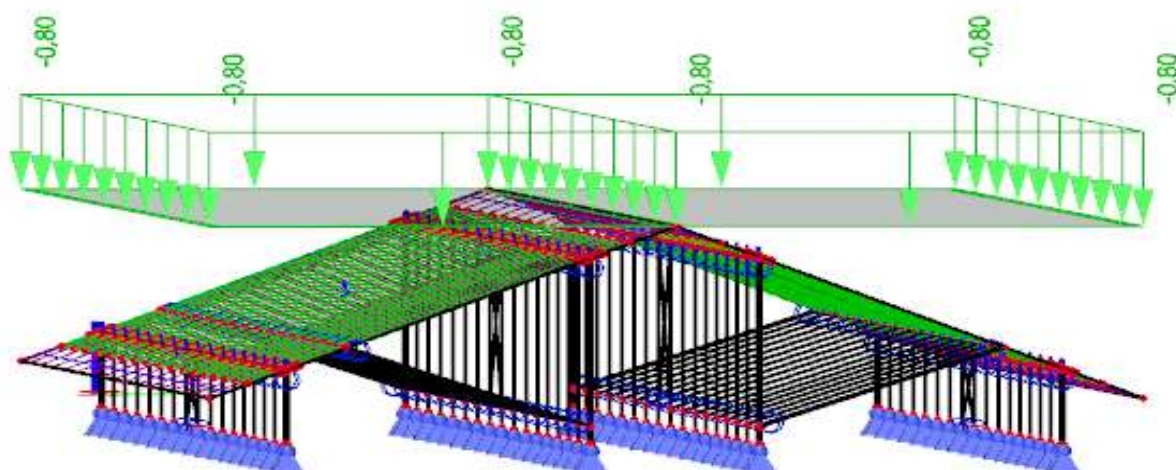
Maximální rychlost:

$$v(z) = \sqrt{(2 \times q_p / \rho)} = \quad \quad \quad \mathbf{30,61 \text{ m/s}}$$

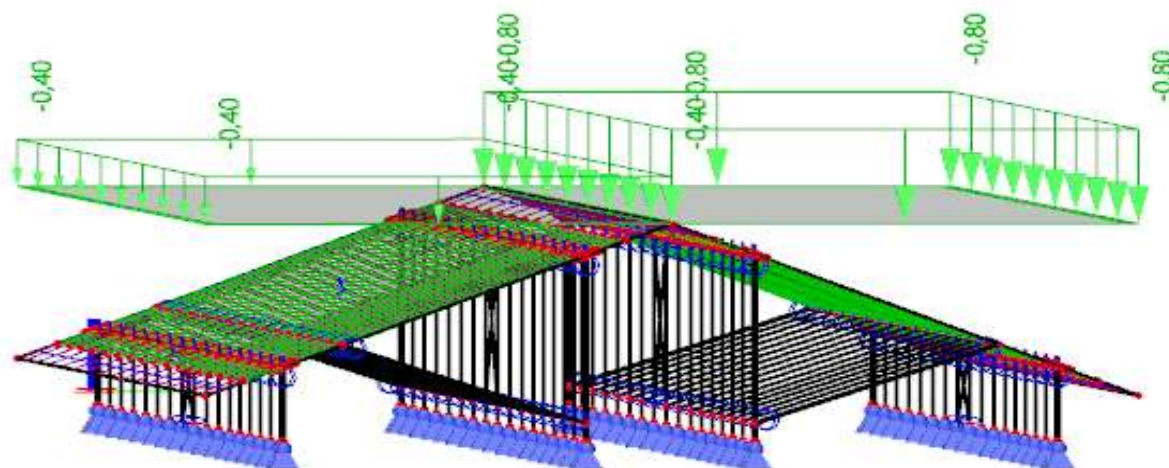
Zatěžovací stavy



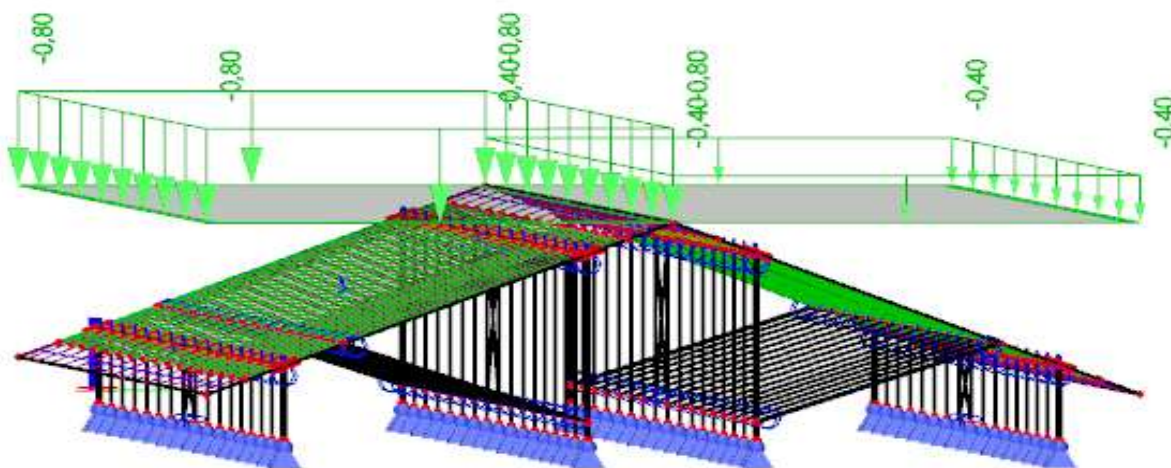
Zatížení od FVE 10kg/m^2



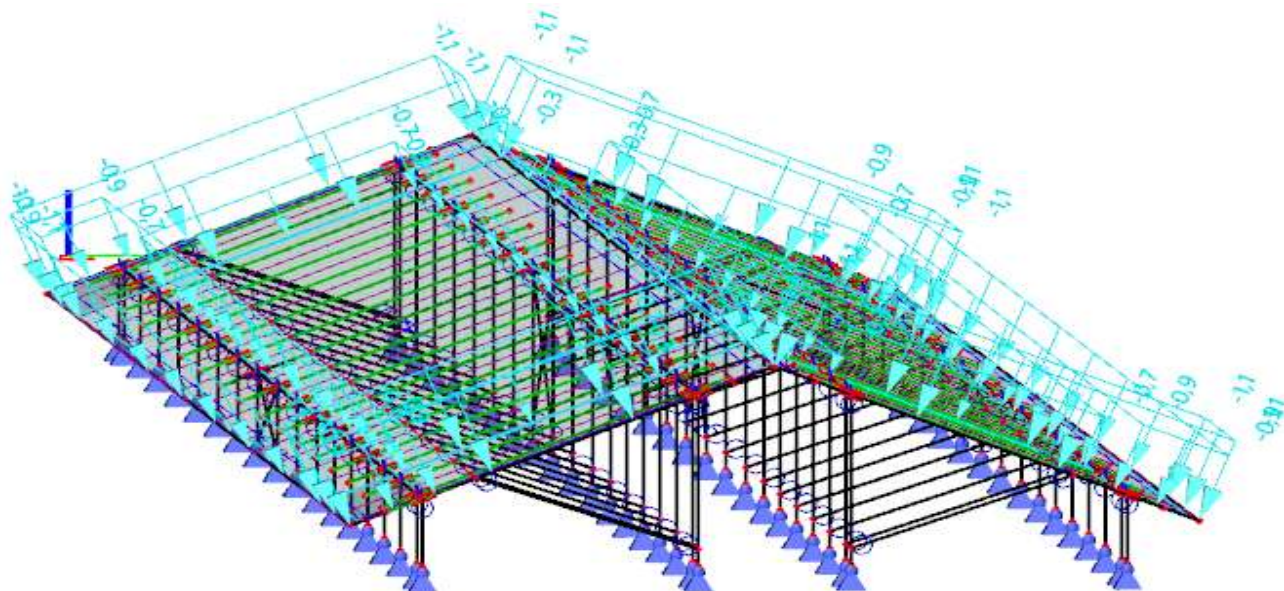
Zatížení od sněhu 80kg/m^2



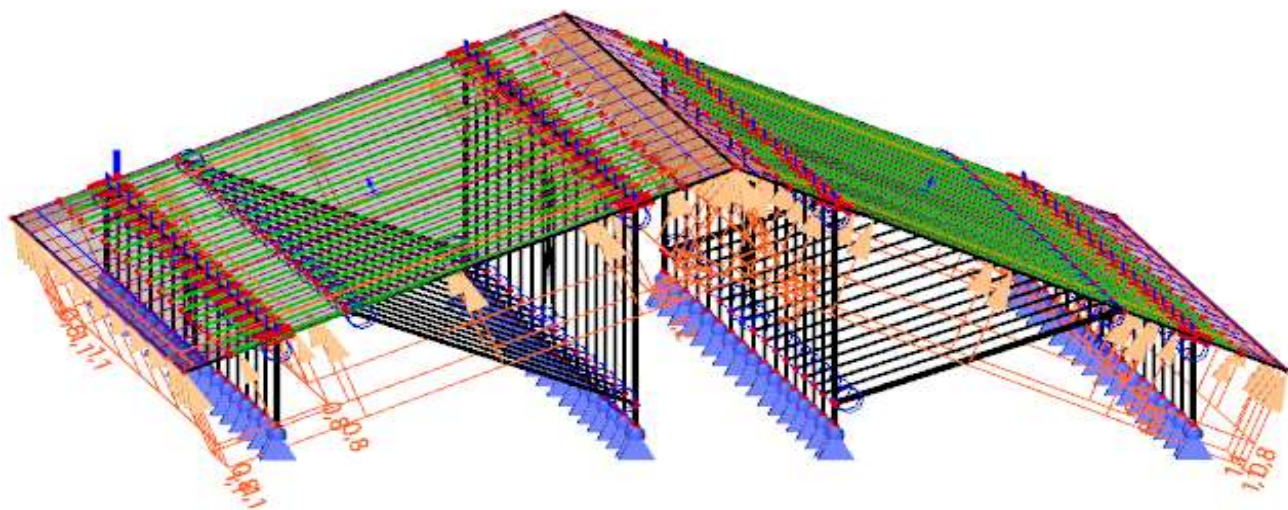
Zatížení od sněhu 80kg/m^2 a poloviční 40kg/m^2



Zatížení od sněhu 80kg/m^2 a poloviční 40kg/m^2

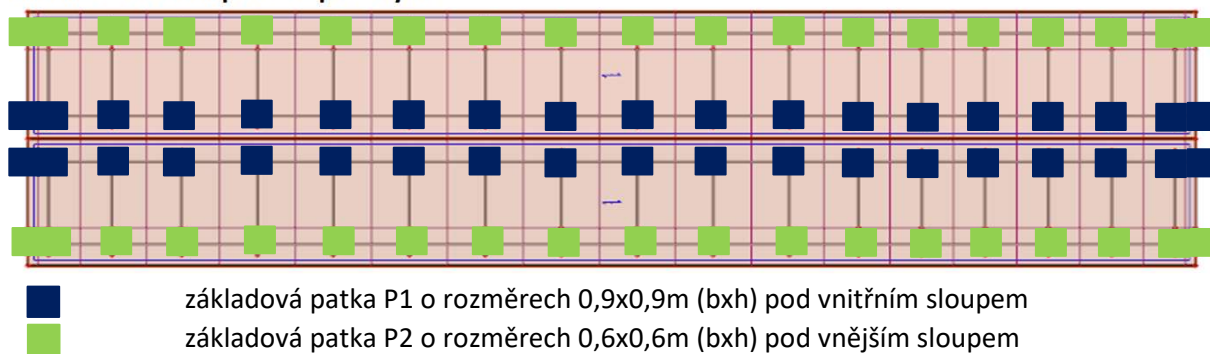


Zatížení od větru (tlak) max. hodnota 110kg/m^2



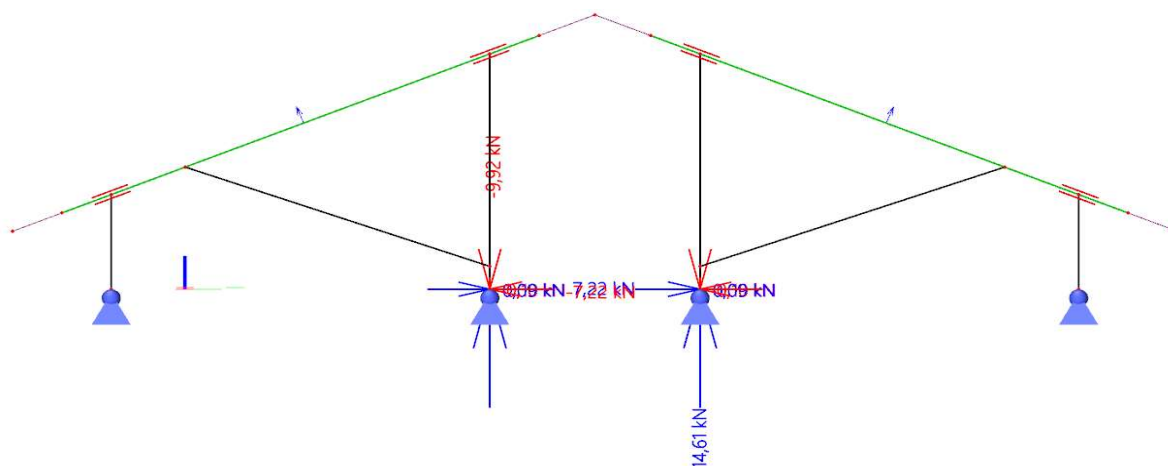
Zatížení od větru (sání) max. hodnota 120kg/m^2

Schéma zobrazení patek v půdoryse

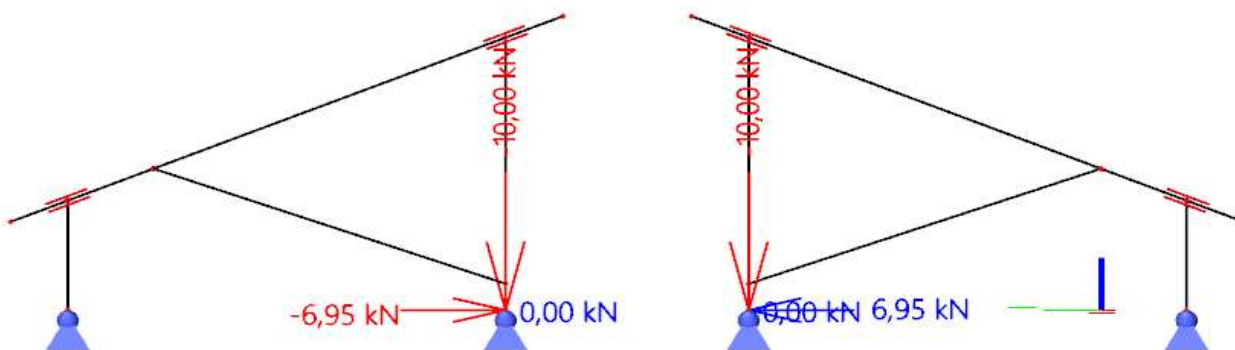


Návrh patky P1 pod vnitřními sloupy hliníkové konstrukce

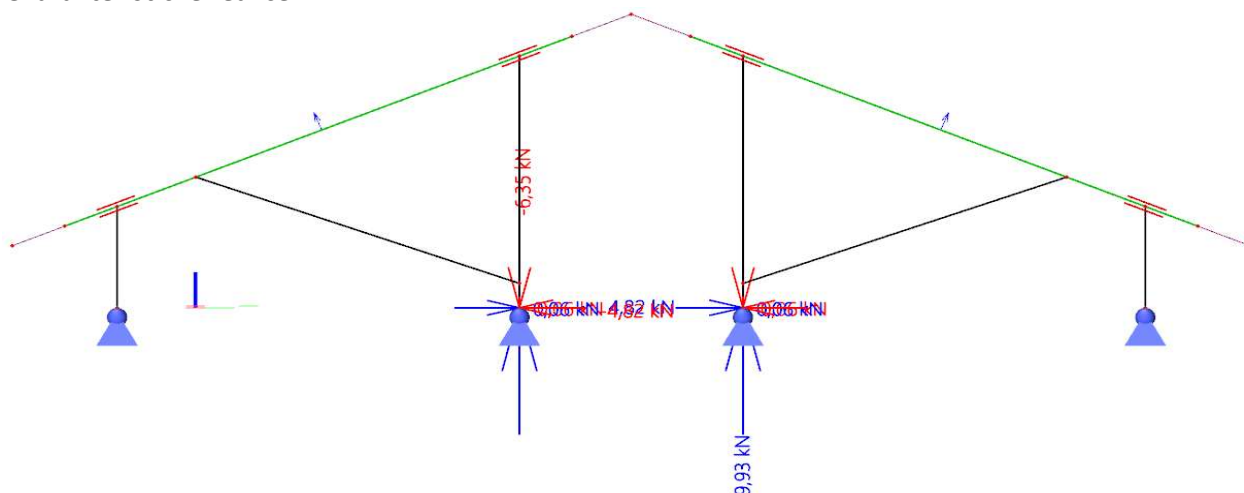
Návrhové reakce



Návrhová reakce od sání větru



Charakteristické reakce



Parametry základové patky

| | | |
|-------------------|---------------------|------------------------------------|
| d | 0,90 m | rozměr patky |
| M _{Ed} | 0,73 kNm | moment působící na dolní líc patky |
| H _{Ed} | 7,22 kN | vodorovná síla na patku |
| h | 1,10 m | výška patky |
| A | 0,42 m ² | efektivní plocha patky |
| N _{Ed,c} | 14,60 kN | svislá síla od sloupku (tlak) |
| N _{Ed,t} | 10,00 kN | svislá síla od sloupku (tah) |
| G ₀ | 25,06 kN | vlastní tíha základové patky |

$$e = \frac{M_{Ed} + H_{Ed} \cdot h}{N_{Ed} + G_0} \quad 0,22 \text{ m}$$

Výška patky:

prostý beton roznášecí úhel zatížení víc jak 60 stupňů, pak platí:

| | | |
|---|--------|---|
| d | 0,06 m | průměr profilu sloupku u vrchní části patky |
| a | 0,42 m | vyložení patky |
| α | 60 ° | roznášecí úhel prostého betonu |

$$h \geq \frac{a}{0,85} \sqrt{\frac{3\sigma_d}{f_{ctd}}} \quad 0,16 \text{ m}$$

$$1,10 \geq 0,16 \text{ m}$$

VYHOVÍ

Pro návrh patky uvažujeme založení v zemině o pevnosti R_d = 100kPa

Hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti R_{dt} [kPa] zemin jemnozrnných
při hloubce založení 0,8-1,5 m, pro šířku základu < 3,0 m

| Třída | Symbol | Tabulková únosnost R _d | | | |
|-------|------------|-----------------------------------|------|-------|-------|
| | | šířka základu - b [m] | | | |
| | | měkká | tuhá | pevná | tvrdá |
| F1 | MG | 110 | 200 | 300 | 500 |
| F2 | CG | 100 | 175 | 275 | 450 |
| F3 | MS | 100 | 175 | 275 | 450 |
| F4 | CS | 80 | 150 | 250 | 400 |
| F5 | ML,MI | 70 | 150 | 250 | 400 |
| F6 | CL,CI | 50 | 100 | 200 | 350 |
| F7 | MH; V; ME | 50 | 100 | 200 | 350 |
| F8 | CH; CV; CE | 40 | 80 | 160 | 300 |

Napětí, kterým podloží působí na patku:

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} \quad 35,06 \text{ kPa} \quad 35062 \text{ Pa}$$

Od napětí vznikne v teoretickém vetknutí konzoly jednotkový moment:

$$m_c = \frac{1}{2} \sigma_d a^2 \quad 3092 \text{ Nm/m}$$

Návrhová tahová pevnost prostého betonu:

α_{ct} 0,80 součinitel nepříznivých účinků zatížení na pevnost betonu v tahu
 $f_{ctk,0,05}$ 2,00 MPa beton C30/37
 γ_c 1,50 součinitel bezpečnosti

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{0,80 \cdot 2,00 \text{ MPa}}{1,50} = 1,07 \text{ MPa} = 1066667 \text{ Pa}$$

Tabulka materiálových charakteristik betonu:

| Vlastnost betonu | | Třída betonu | | | | | | | | |
|--------------------|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | C 12/15 | C 16/20 | C 20/25 | C 25/30 | C 30/37 | C 35/45 | C 40/50 | C 45/55 | C 50/60 |
| pevnost v tlaku | f_{ck} [MPa] | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| | f_{cm} [MPa] | 20 | 24 | 28 | 33 | 38 | 43 | 48 | 53 | 58 |
| pevnost v tahu | f_{ctm} [MPa] | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 2,6 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,1 |
| | $f_{ctk,0,05}$ [MPa] | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 |
| | $f_{ctk,0,95}$ [MPa] | 2 | 2,5 | 2,9 | 3,3 | 3,8 | 4,2 | 4,6 | 4,9 | 5,3 |
| E_{cm} [GPa] | | 26 | 27,5 | 29 | 30,5 | 32 | 33,5 | 35 | 36 | 37 |
| mezí | $\epsilon_{cu} \cdot 10^{-4} \sigma_{cu}^{-1/2}$ | -3,6 | -3,5 | -3,4 | -3,3 | -3,2 | -3,1 | -3,0 | -2,9 | -2,8 |
| přetvoření | $\epsilon_{cu} \cdot 10^{-4} \sigma_{cu}^{-2/3}$ | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 |

¹⁾ pro výpočet únosnosti

²⁾ pro výpočet účinků zatížení

Posouzení patky:

1. Podmínka napětí:

$$\sigma_{ct} = \frac{m_c}{W} = \frac{m_c}{\frac{1}{6}bh^2} \leq f_{ctd}$$

15334 Pa ≤ 1066667 Pa **VYHOVÍ**

2. Podmínka kontaktního napětí:

$$\sigma = \frac{N_{Ed} + G}{A_{eff}} \leq R_d$$

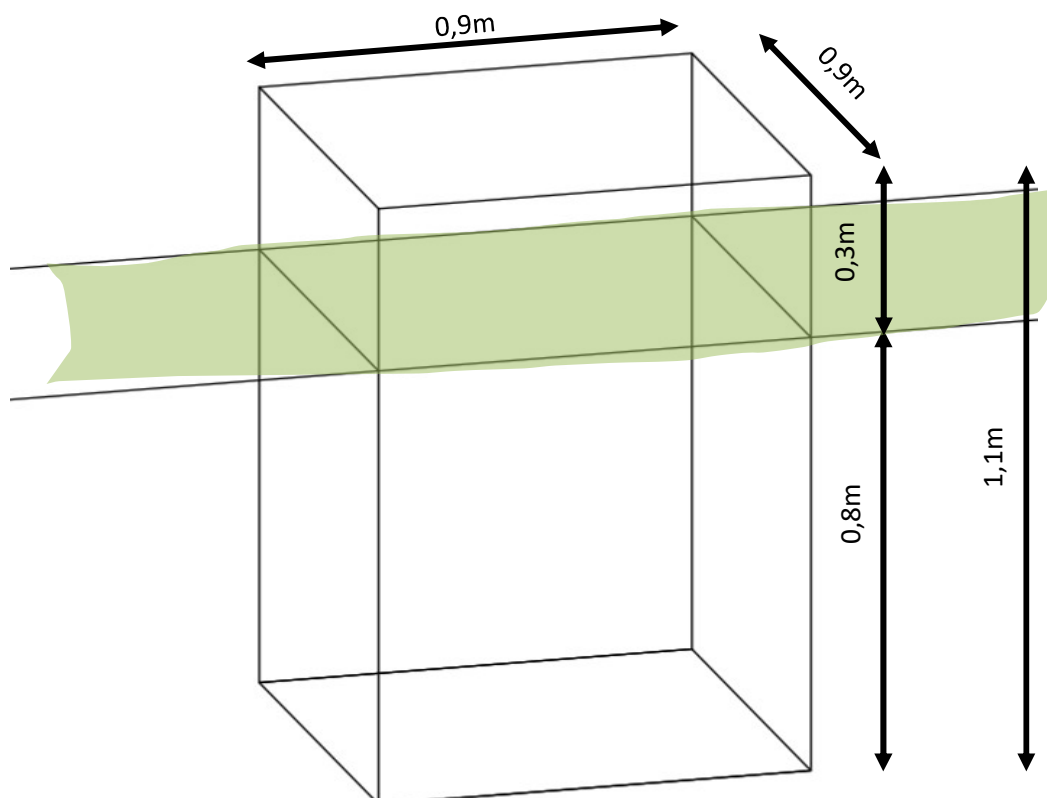
95 kPa ≤ 100 kPa **VYHOVÍ**

3. Podmínka proti vytažení patky:

10 kN ≤ 18 kN **VYHOVÍ**

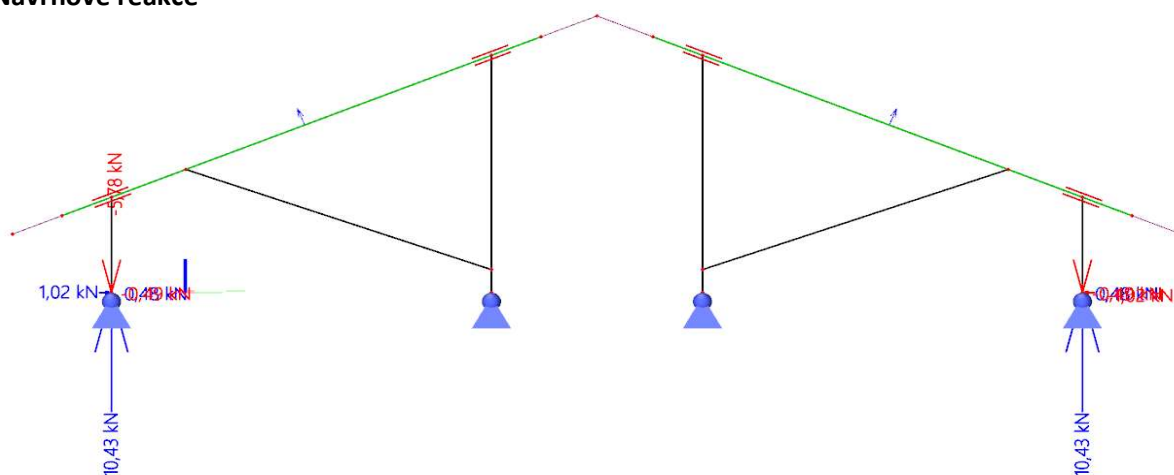
Základová patka z betonu C30/37, XC4 o rozměrech 0,9x0,9m a výšce 1,1m vyhoví.

Schéma betonové patky pod vnitřními sloupy hliníkové konstrukce

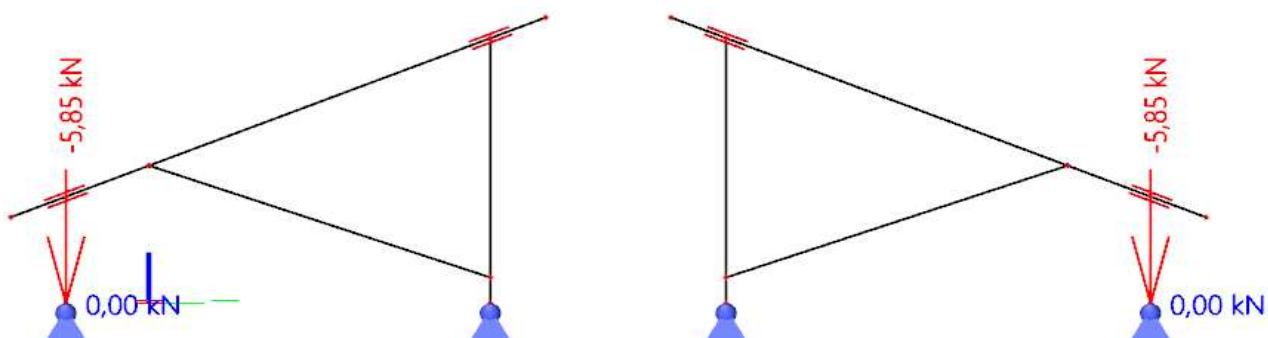


Návrh patky P2 pod vnějšími sloupy hliníkové konstrukce

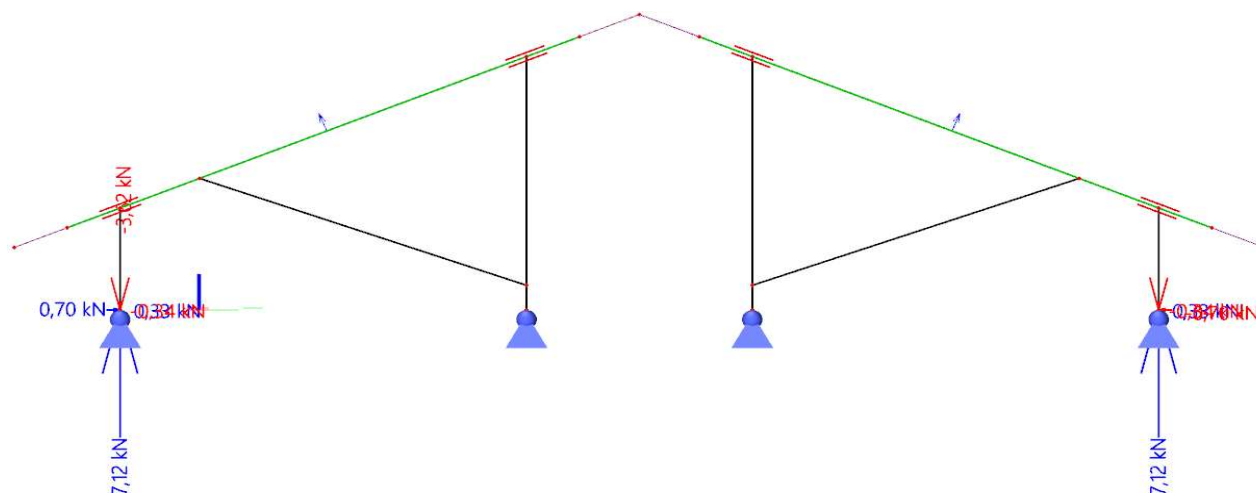
Návrhové reakce



Návrhová reakce od sání větru



Charakteristické reakce



Parametry základové patky

| | | |
|-------------------|---------------------|------------------------------------|
| d | 0,60 m | rozměr patky |
| M _{Ed} | 0,29 kNm | moment působící na dolní líc patky |
| H _{Ed} | 0,49 kN | vodorovná síla na patku |
| h | 1,10 m | výška patky |
| A | 0,28 m ² | efektivní plocha patky |
| N _{Ed,c} | 10,43 kN | svislá síla od sloupku (tlak) |
| N _{Ed,t} | 5,85 kN | svislá síla od sloupku (tah) |
| G ₀ | 7,45 kN | vlastní tíha základové patky |

$$e = \frac{M_{Ed} + H_{Ed} \cdot h}{N_{Ed} + G_0} = 0,06 \text{ m}$$

Výška patky:

prostý beton roznášecí úhel zatížení víc jak 60 stupňů, pak platí:

| | | |
|---|--------|---|
| d | 0,06 m | průměr profilu sloupku u vrchní části patky |
| a | 0,27 m | vyložení patky |
| α | 60 ° | roznášecí úhel prostého betonu |

$$h \geq \frac{a}{0,85} \sqrt{\frac{3\sigma_d}{f_{ctd}}} = 0,08 \text{ m}$$

$$1,10 \geq 0,08 \text{ m}$$

VYHOVÍ

Pro návrh patky uvažujeme založení v zemině o pevnosti R_d = 100kPa

Hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti R_{dt} [kPa] zemin jemnozrnných
při hloubce založení 0,8-1,5 m, pro šířku základu < 3,0 m

| Třída | Symbol | Tabulková únosnost R_{dt} | | | |
|-------|------------|-----------------------------|------|-------|-------|
| | | šířka základu - b [m] | | | |
| | | měkká | tuhá | pevná | tvrdá |
| F1 | MG | 110 | 200 | 300 | 500 |
| F2 | CG | 100 | 175 | 275 | 450 |
| F3 | MS | 100 | 175 | 275 | 450 |
| F4 | CS | 80 | 150 | 250 | 400 |
| F5 | ML,MI | 70 | 150 | 250 | 400 |
| F6 | CL,CI | 50 | 100 | 200 | 350 |
| F7 | MH; V; ME | 50 | 100 | 200 | 350 |
| F8 | CH; CV; CE | 40 | 80 | 160 | 300 |

Napětí, kterým podloží působí na patku:

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} \quad 20,53 \text{ kPa} \quad 20527 \text{ Pa}$$

Od napětí vznikne v teoretickém vetknutí konzoly jednotkový moment:

$$m_c = \frac{1}{2} \sigma_d a^2 \quad 748 \text{ Nm/m}$$

Návrhová tahová pevnost prostého betonu:

α_{ct} 0,80 součinitel nepříznivých účinků zatížení na pevnost betonu v tahu
 $f_{ctk,0,05}$ 2,00 MPa beton C30/37
 γ_c 1,50 součinitel bezpečnosti

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} \quad 1,07 \text{ MPa} \quad 1066667 \text{ Pa}$$

Tabulka materiálových charakteristik betonu:

| Vlastnost betonu | | Třída betonu | | | | | | | | |
|--------------------|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | C 12/15 | C 16/20 | C 20/25 | C 25/30 | C 30/37 | C 35/45 | C 40/50 | C 45/55 | C 50/60 |
| pevnost v tlaku | f_{ck} [MPa] | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| | f_{cm} [MPa] | 20 | 24 | 28 | 33 | 38 | 43 | 48 | 53 | 58 |
| pevnost v tahu | f_{ctm} [MPa] | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 2,6 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,1 |
| | $f_{ctk,0,05}$ [MPa] | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 |
| | $f_{ctk,0,95}$ [MPa] | 2 | 2,5 | 2,9 | 3,3 | 3,8 | 4,2 | 4,6 | 4,9 | 5,3 |
| E_{cm} [GPa] | | 26 | 27,5 | 29 | 30,5 | 32 | 33,5 | 35 | 36 | 37 |
| mezni | $\epsilon_{cu} \cdot 10^{-4} \text{ }_{\infty}^{1/}$ | -3,6 | -3,5 | -3,4 | -3,3 | -3,2 | -3,1 | -3,0 | -2,9 | -2,8 |
| přetvoření | $\epsilon_{cu} \cdot 10^{-4} \text{ }_{\infty}^{2/}$ | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 | -3,5 |

^{1/} pro výpočet únosnosti
^{2/} pro výpočet účinků zatížení

Posouzení patky:

1. Podmínka napětí:

$$\sigma_{ct} = \frac{m_c}{W} = \frac{m_c}{\frac{1}{6}bh^2} \leq f_{ctd}$$

3710 Pa ≤ 1066667 Pa

VYHOVÍ

2. Podmínka kontaktního napětí:

$$\sigma = \frac{N_{Ed} + G}{A_{eff}} \leq R_d$$

47 kPa

≤

100

kPa

VYHOVÍ

Základová patka z betonu C30/37, XC4 o rozměrech 0,6x0,6m a výšce 1,1m vyhoví.

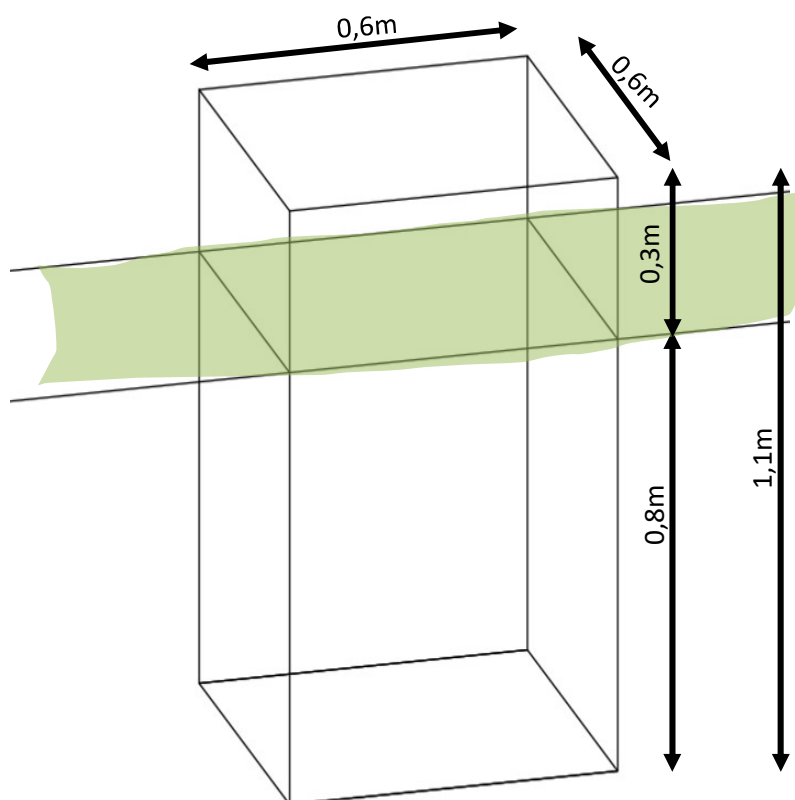
3. Podmínka proti vytažení patky:

5,85 kN

≤

6,71 kN

VYHOVÍ



2. Statické posouzení kotvení

Kotvení bylo posouzeno na maximální reakce v ukotvení. Toto zatížení je šroub schopný bezpečně přenést. Ve výpočtu bylo uvažováno s 2 šrouby M12. Uvažuje se materiál šroubu a kotvící desky S235, materiál kotvené konstrukce je hliník. Nutno zajistit spoj těchto rozdílných materiálů. Konstrukce pro technologii je kotvena přes kruhový profil 60x2,6 do základové patky.

| | | |
|-------|---|----------|
| R_z | = | 10,00 kN |
| R_x | = | 0,00 kN |
| R_y | = | -6,95 kN |
| M_z | = | 0 kNm |

| | | |
|---------------|---|--------------------------|
| Prům. šroubu | = | 12 mm |
| Plocha šroubu | = | 113,0973 mm ² |
| Počet šroubů | = | 2 ks |

| | | | | |
|--------------------|----------|---|-------|----|
| Síla na 1 šroub: | N_{sd} | = | 5,00 | kN |
| Únosnost 1 šroubu: | F_{ut} | = | 23,60 | kN |

Reakce

Lineární výpočet

Kombinace: sání větru

Systém: Globální

Extrém: Globální

Výběr: Vše

| Stav | Podpora | R_x [kN] | R_y [kN] | R_z [kN] | M_x [kNm] | M_y [kNm] | M_z [kNm] |
|----------|------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| CO1/1 | Sn12/N37 | 0 | 6,95 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| CO1/1 | Sn13/N39 | 0 | -6,95 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Sn12/N37 | MSÚ-Sada B (auto)/1 | -0,05 | -7,22 | 14,61 | 0 | 0 | 0 |

| Jméno | Klíč kombinace |
|------------------------|---|
| CO1/1 | 0.90*ZS1 + 0.90*ZS2 + 1.50*3DVítr3 |
| MSÚ-Sada B (auto)/1 | 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 + 0.75*ZS3 + 1.50*3DVítr1 |

1.1.1 Kombinace zatížení

| Stav | Popis | Síly [kN] / Momenty [kNm] | Seizmický | Požár | Max. využití kotvy [%] |
|------|-------------|---|-----------|-------|------------------------|
| 1 | Kombinace 1 | $N = 10,000; V_x = 0,000; V_y = -6,950;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{susp} = 0,000; M_{x,susp} = 0,000; M_{y,susp} = 0,000;$ | Ne | ne | 67 |
| 2 | 2 | $N = -14,610; V_x = -0,070; V_y = -7,220;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{susp} = 0,000; M_{x,susp} = 0,000; M_{y,susp} = 0,000;$ | Ne | ne | 36 |

1.2 Zatěžovací stav/Výsledné síly na kotvu

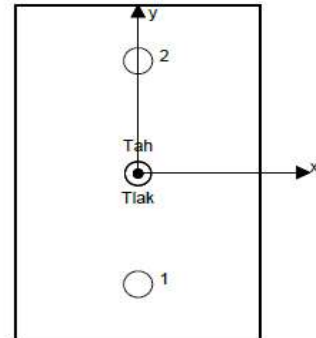
Kontrolovaný zatěžovací stav: 1 Kombinace 1

Reakce kotvy [kN]

Tahová síla: (+ Tah, - Tlak)

| Kotva | Tahová síla | Smyková síla | Smyková síla x | Smyková síla y |
|-------|-------------|--------------|----------------|----------------|
| 1 | 6,572 | 3,461 | -0,000 | -3,461 |
| 2 | 6,489 | 3,489 | 0,000 | -3,489 |

Resulting tension force in (x/y)=(0,0/-0,4): 13,061 [kN]
Resulting compression force in (x/y)=(-0,0/-0,7): 3,453 [kN]



Síla v kotvě je vypočtena pomocí metody konečných prvků (CBFEM)

1.3 Tahové zatížení (EN 1992-4, kap.7.2.1)

| | Zatížení [kN] | Únosnost [kN] | Využití β_N [%] | Stav |
|--|------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Porušení oceli* | 6,572 | 36,667 | 18 | OK |
| Porušení vytažením* | 6,572 | 32,000 | 21 | OK |
| Porušení vytržením betonového kuželu** | 13,061 | 21,687 | 61 | OK |
| Porušení rozštěpením** | Není k dispozici | Není k dispozici | Není k dispozici | Není k dispozici |

* nejnepříznivější kotva ** skupina kotev (kotvy v tahu)

1.3.1 Porušení oceli

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.1}$$

| $N_{Rk,s}$ [kN] | γ_{Ms} | $N_{Rd,s}$ [kN] | N_{Ed} [kN] |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| 55,000 | 1,500 | 36,667 | 6,572 |

1.3.2 Porušení vytažením

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{\psi_s \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.1}$$

| $N_{Rk,p}$ [kN] | ψ_s | γ_{Mp} | $N_{Rd,p}$ [kN] | N_{Ed} [kN] |
|-----------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| 48,000 | 1,000 | 1,500 | 32,000 | 6,572 |

1.3.3 Porušení vytržením betonového kuželu

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.1}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ctk}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.7)}$$

| | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------|----------|
| $A_{c,N}$ [mm ²] | $A_{c,N}^0$ [mm ²] | $c_{cr,N}$ [mm] | $s_{cr,N}$ [mm] | $f_{c,0,91}$ [N/mm ²] | | |
| 54 000 | 32 400 | 90,0 | 180,0 | 30,00 | | |
| $e_{c1,N}$ [mm] | $\psi_{ec1,N}$ | $e_{c2,N}$ [mm] | $\psi_{ec2,N}$ | $\psi_{s,N}$ | $\psi_{re,N}$ | z [mm] |
| 0,0 | 1,000 | 0,4 | 0,996 | 1,000 | 1,000 | 0,3 |
| $\psi_{M,N}$ | k_1 | $N_{Rk,c}^0$ [kN] | γ_{Mc} | $N_{Rd,c}$ [kN] | N_{Ed} [kN] | |
| 1.000 | 7.700 | 19.601 | 1.500 | 21.687 | 13.061 | |

ID skupiny kotev
1, 2

1.4 Smykové zatížení (EN 1992-4, kap. 7.2.2)

| | Zatížení [kN] | Únosnost [kN] | Využití β_v [%] | Stav |
|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Porušení oceli (bez ramene sil)* | 3,489 | 21,600 | 17 | OK |
| Porušení oceli (s ramenem síly)* | Není k dispozici | Není k dispozici | Není k dispozici | Není k dispozici |
| Odolnost proti vylomení betonu** | 6,950 | 63,594 | 11 | OK |
| Porušení okraje betonu ve směru y-* | 6,950 | 20,367 | 35 | OK |

* nejnepříznivější kotva ** skupina kotev (rovnocenné kotvy)

1.4.1 Porušení oceli (bez ramene sil)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_T \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.35)}$$

| $V_{Rk,s}^0$ [kN] | k_T | $V_{Rk,s}$ [kN] | γ_{Ms} | $V_{Rd,s}$ [kN] | V_{Ed} [kN] |
|-------------------|-------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| 27,000 | 1,000 | 27,000 | 1,250 | 21,600 | 3,489 |

1.4.2 Odolnost proti vylomení betonu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,op} = \frac{V_{Rk,op}}{\gamma_{Mc,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.2}$$

$$V_{Rk,op} = k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.39a)}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}^0}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{v,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{v,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.7)}$$

| | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|---------------|---------------------------------|--------------|
| $A_{c,N}$ [mm ²] | $A_{c,N}^0$ [mm ²] | $c_{cr,N}$ [mm] | $s_{cr,N}$ [mm] | k_8 | $f_{c,cr}$ [N/mm ²] | |
| 54 000 | 32 400 | 90,0 | 180,0 | 2,920 | 30,00 | |
| $e_{c1,V}$ [mm] | $\psi_{ec1,N}$ | $e_{c2,V}$ [mm] | $\psi_{ec2,N}$ | $\psi_{s,N}$ | $\psi_{re,N}$ | $\psi_{M,N}$ |
| 0,0 | 1,000 | 0,0 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| k_1 | $N_{Rk,c}^0$ [kN] | $\gamma_{Mc,p}$ | $V_{Rd,op}$ [kN] | V_{Ed} [kN] | | |
| 7,700 | 19,601 | 1,500 | 63,594 | 6,950 | | |
| ID skupiny kotev | | | | | | |
| 1, 2 | | | | | | |

1.4.3 Porušení okraje betonu ve směru y-

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.2}$$

$$V_{Rk,c} = k_T \cdot V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}^0}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{a,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.40)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_9 \cdot d_{nom}^{\alpha} \cdot \beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1.5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.41)}$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1} \right)^{0.5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.42)}$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0.2} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.43)}$$

$$A_{c,V}^0 = 4,5 \cdot c_1^2 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.44)}$$

$$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.45)}$$

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h} \right)^{0.5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.46)}$$

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_v}{3 \cdot c_1} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.47)}$$

$$\psi_{a,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_v)^2 + (0,5 \cdot \sin \alpha_v)^2}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.48)}$$

| l_f [mm] | d_{nom} [mm] | k_9 | α | β | $f_{c, cyl}$ [N/mm ²] | c_1 [mm] |
|------------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|------------|
| 60,0 | 12,00 | 1,700 | 0,052 | 0,056 | 30,00 | 220,0 |
| $A_{s,V}$ [mm ²] | $A_{c,V}^0$ [mm ²] | $\psi_{s,V}$ | $\psi_{h,V}$ | $e_{s,V}$ [mm] | $\psi_{ec,V}$ | |
| 165 000 | 217 800 | 0,927 | 1,000 | 0,0 | 1,000 | |
| α_v [°] | $\psi_{a,V}$ | $\psi_{re,V}$ | | | | |
| 0,00 | 1,000 | 1,000 | | | | |
| $V_{Rk,c}^0$ [kN] | k_T | γ_{Mc} | $V_{Rd,c}$ [kN] | V_{Ed} [kN] | | |
| 43,490 | 1,0 | 1,500 | 20,367 | 6,950 | | |
| ID skupiny kotev | | | | | | |
| 1 | | | | | | |

1.5 Kombinace zatížení tah/smyk (EN 1992-4, oddíl 7.2.3)

Selhání oceli

| β_N | β_V | α | Využití $\beta_{N,V}$ [%] | Stav |
|-----------|-----------|----------|---------------------------|------|
| 0,179 | 0,160 | 2,000 | 6 | OK |

$$\beta_N^a + \beta_V^a \leq 1,0$$

Porušení betonu

| β_N | β_V | α | Využití $\beta_{N,V}$ [%] | Stav |
|-----------|-----------|----------|---------------------------|------|
| 0,602 | 0,341 | 1,500 | 67 | OK |

$$\beta_N^a + \beta_V^a \leq 1,0$$

1.7 Montážní pokyny

Kotevní deska, ocel: S 235; E = 210 000,00 N/mm²; $f_{yk} = 235,00$ N/mm²
 Profil: Trubka, 60,3 x 2,6; (V x Š x T) = 60,3 mm x 60,3 mm x 2,6 mm

Průměr otvoru v kotevní desce (přednastavení) : $d_f = 14,0$ mm

Průměr otvoru v kotevní desce (průvleková montáž) : $d_f = 16,0$ mm

Tloušťka kotevní desky (vstup): 12,0 mm

Metoda vrtání: Vyvrtáno přiklepem

Čištění: čištění vyvrtaného kotevního otvoru není požadováno.

Typ a velikost kotvy: HIT-HY 200-A V3 + HIT-Z M12

Číslo artiklu: 2018411 HIT-Z M12x105 (vložit) / 2378171

HIT-HY 200-A V3 (chemická hmota)

Maximální utahovací moment: 40 Nm

Průměr otvoru v základním materiálu: 14,0 mm

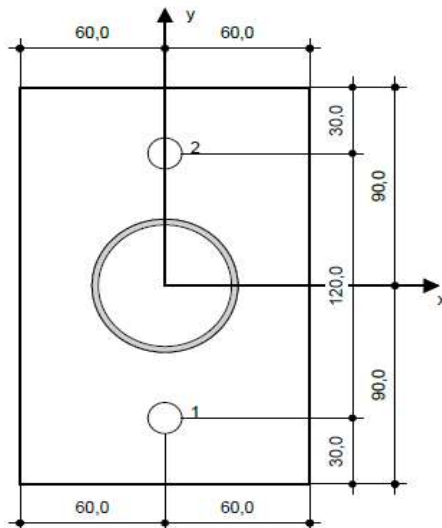
Hloubka kotevního otvoru v základním materiálu: 90,0 mm

Minimální tloušťka základního materiálu: 120,0 mm

Hilti SAFESet HIT-Z DIN EN ISO 4042 chemická expanzní kotva bez nutnosti čištění with HIT-HY 200-A V3 lepicí hmota with 60 mm embedment hef, M12, Galvanicky pozinkováno, Hammer drill bit installation per ETA 19/0632

1.7.1 Doporučené příslušenství

| Vrtání | Čištění | Osazení |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Vhodná pro vrtací kladivo Vrták správného průměru | <ul style="list-style-type: none"> Příslušenství není požadováno | <ul style="list-style-type: none"> Utahovací moment kontrolovaný Rázovým akumulátorovým strojem Výtlačovací přístroj včetně vodící kazety a směšovače Momentový klíč |



Souřadnice kotev [mm]

| Kotva | x | y | c _x | c _x | c _y | c _y |
|-------|-----|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0,0 | -60,0 | 250,0 | 250,0 | 220,0 | 340,0 |
| 2 | 0,0 | 60,0 | 250,0 | 250,0 | 340,0 | 220,0 |

2 Kontrola tuhosti kotevní desky

2.1 Vstupní data

| | |
|----------------------------------|---|
| Kotevní deska: | Tvar: Obdélníková $l_x \times l_y \times t = 120,0 \text{ mm} \times 180,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$ Výpočet: Kontrola tuhosti desky Materiál: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$ |
| Typ a velikost kotvy: | HIT-HY 200-A V3 + HIT-Z M12, $h_{ef} = 60,0 \text{ mm}$ |
| Tuhost kotvy: | Kotva se modeluje s ohledem na hodnoty tuhosti určené křivkou zobrazující závislost deformace na zatížení ze zkoušek v nezávislé laboratoři. Upozorňujeme, že není možná jednoduchá záměna kotvy, protože tuhost kotvy má zásadní vliv na výsledné rozložení zatížení. |
| Návrhová metoda: | Návrh podle EN použití komponentní metody konečných prvků |
| Distanční montáž: | $e_0 = 0,0 \text{ mm}$ (Bez distanční montáže); $t = 12,0 \text{ mm}$ |
| Profil: | $60,3 \times 2,6$; $(L \times W \times T \times FT) = 60,3 \text{ mm} \times 60,3 \text{ mm} \times 2,6 \text{ mm} \times -$ Materiál: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$ Excentricita x: $0,0 \text{ mm}$ Excentricita z: $0,0 \text{ mm}$ |
| Základní Materiál: | Beton s tržlinami; C30/37; $f_{c,oy} = 30,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1\,200,0 \text{ mm}$; $E = 33\,000,00 \text{ N/mm}^2$; $G = 13\,750,00 \text{ N/mm}^2$; $\nu = 0,20$ |
| Svary (profil ke kotevní desce): | Typ redistribuce: Plastický Materiál: S 235 |
| Rozměr sítě: | Počet prvků na okraji: 8 Min. rozměr prvku: $10,0 \text{ mm}$ Max. rozměr prvku: $50,0 \text{ mm}$ |

2.2 Klasifikace kotevní desky

Následující výsledky jsou uvažované pro rozhodující kombinace zatížení: Kombinace 1

| Tahové síly v kotvách | Ekvivalent tuhé kotevní desky (FEM) | Pružná kotevní deska (FEM) |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Kotva 1 | 5,029 kN | 6,572 kN |
| Kotva 2 | 4,971 kN | 6,489 kN |

Uživatel se podle svého inženýrského úsudku rozhodl považovat kotevní desku za tuhou. To znamená, že lze aplikovat pokyny pro návrh kotev.

3 Souhrn výsledků

| | Kombinace zatížení | Max. využití | Status |
|-------|--------------------|--------------|--------|
| Kotvy | Kombinace 1 | 67% | OK |

ZÁVĚR: Posuzovaná konstrukce vychází z podkladů zadavatele a zatěžovacích údajů platných pro navrhování v daném území. Konstrukce byla posouzena podle platných národních norem a evropských norem (tzv. Eurokódů). Prvky jsou posuzovány na I. mezní stav únosnosti a II. mezní stav použitelnosti.

duben 2025