

Statický výpočet pažení

Obsah:

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | ÚVOD..... | 1 |
| 1.1. | VŠEOBECNĚ | 1 |
| 1.2. | POPIS KONSTRUKCE..... | 1 |
| 1.3. | PŘEDPOKLADY VÝPOČTU | 2 |
| 1.4. | LITERATURA..... | 2 |
| 2. | STATICKÝ VÝPOČET..... | 2 |
| 2.1. | GEOMETRIE..... | 2 |
| 2.2. | ZATÍŽENÍ | 4 |
| 2.2.1. | Stálé zatížení..... | 4 |
| 2.2.2. | Nahodilé zatížení | 4 |
| 2.2.3. | Vedlejší zatížení | 4 |
| 2.2.4. | Mimořádné zatížení | 4 |
| 2.3. | NÁVRH A POSOUZENÍ PAŽENÍ..... | 4 |
| 2.3.1. | Záporová stěna se zemními kotvami | 5 |
| 2.3.2. | Záporová stěna bez kotev | 13 |
| 2.3.3. | Návrh výplně mezi záporami | 19 |
| 2.3.4. | Návrh svlaků v hlavách zemních kotev | 19 |
| 2.3.5. | Návrh táhel zemních kotev..... | 19 |
| 3. | ZÁVĚR..... | 20 |

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o pažení stavební jámy pro vodovodní, resp. kanalizační jímku v Jilemnici v Žižkově ulici u autobusového nádraží.

1.2. Popis konstrukce

Stavební jáma je navržena jako pažená pomocí záporového pažení s kotvou. V rámci výpočtu je posouzena i varianta záporového pažení bez kotvy. Rozměry jámy jsou patrné z níže přiložených schémat.

1.3. Předpoklady výpočtu

Předpokládá se rovnoměrné rozložení geologických vrstev, které je oproti geologickému průzkumu uvažováno jako průměrné.

Přetížení povrchu se přitom uvažuje jako rovnoměrné zatížení od jeřábu roznesenými kolovými tlaky.

Předpokládá se odvodnění stavební jámy pomocí jímek s čerpáním v rohu s odpovídajícím svedení vody z plochy dna do jímek.

S ohledem na výskyt rozpadlých hornin třídy R6-R5 (rozpad uvažují charakteru G4-G5) se předpokládá vrtání s následným zabetonováním paty, nikoli beranění.

Výpočet je proveden ve dvou variantách, s kotvami a bez nich.

1.4. Literatura

Normy:

- ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy

Programy:

- GEO-5 FINE s.r.o. Praha, řešení geotechnických úloh

Podklady:

- Rozpracovaný projekt jímky
- Závěry geologického průzkumu

Literatura

- Statické tabulky

2. Statický výpočet

2.1. Geometrie

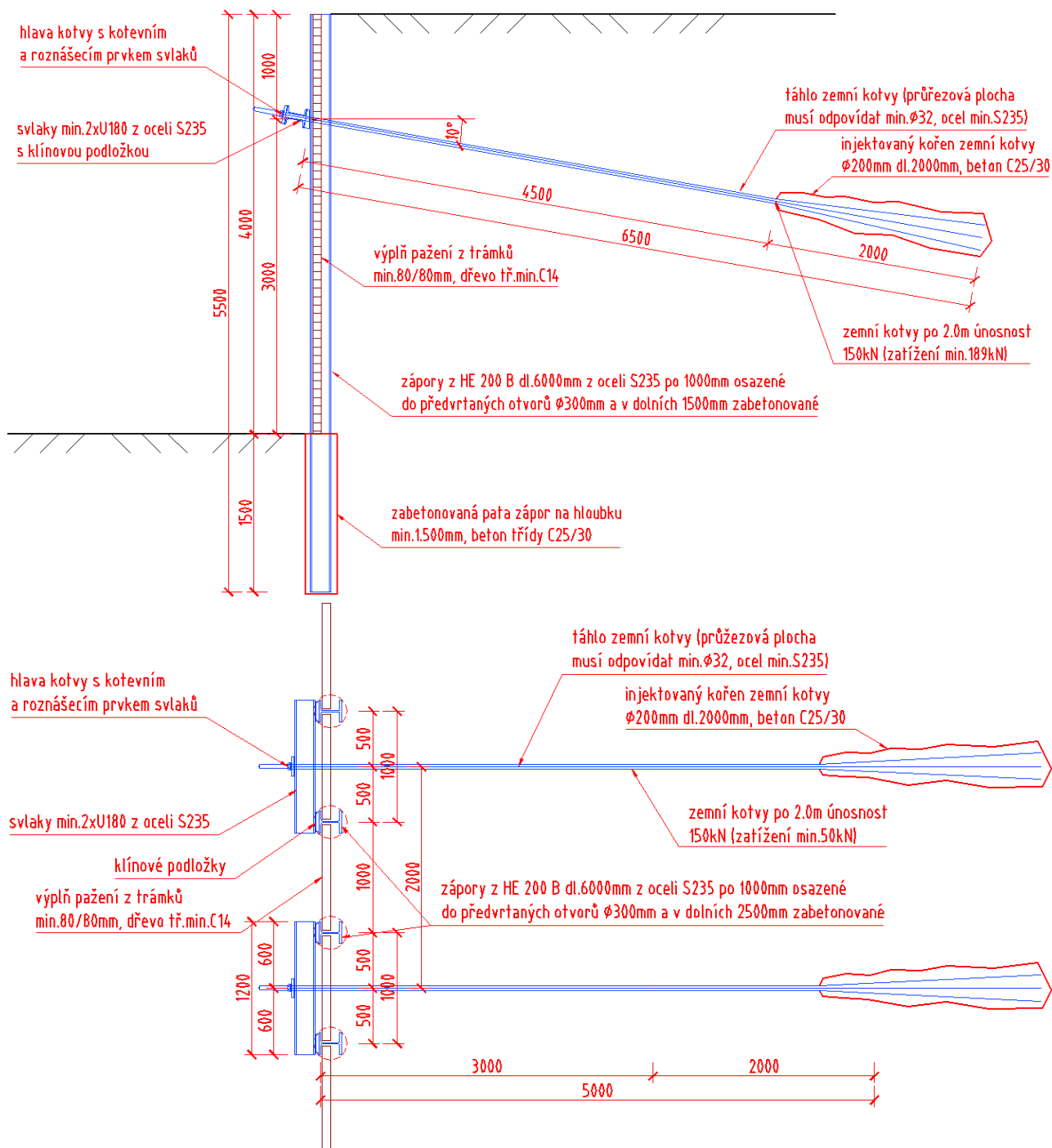
Tvar a základní rozměry navrhované konstrukce i modelu jsou patrné z příložených schémat. Model konstrukce je zvolen jako zemní stěna pažená záporami.

Jsou namodelovány pažnice z HEB 200 po 1.0m délky 6.0m se zemními kotvami po 2.0m pod úhlem 10° v úrovni 1.0m pod horní hranou výkopu. Dno výkopu je přitom 4.0m pod povrchem terénu, sklon je zanedbán, resp. suplován přetížením povrchu.

Jako alternativní řešení je uvažováno použití HEB 260 bez zemních kotev.

Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy jsou archivovány u projektanta.

Příčný řez a půdorys



2.2. Zatížení

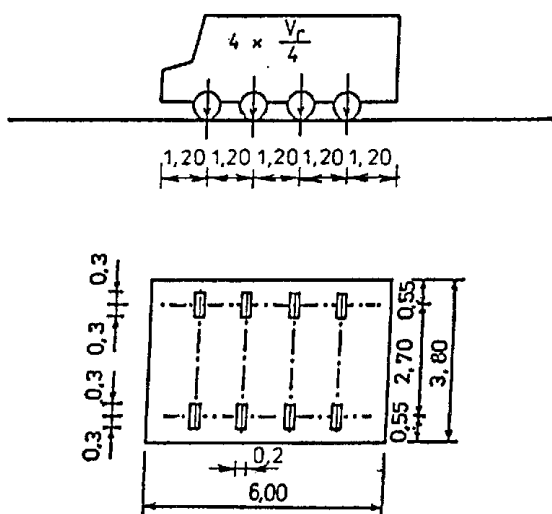
2.2.1. Stálé zatížení

Zatížení vlastní tíhou zemní konstrukce je v programu vygenerováno ze zadaného tvaru a materiálových charakteristik.

2.2.2. Nahodilé zatížení

Nahodilé zatížení je uvažováno jako roznesené zatížení kolových tlaků jeřábu odpovídající 80t čtyřnápravovému vozidlu dle normy pro zatížení mostů ČSN 73 6203.

Rozměry v m



$$p = \frac{800}{3,8 \cdot 6,0} = 35 \text{ kPa}$$

2.2.3. Vedlejší zatížení

Účinky vedlejšího zatížení se tento typ konstrukce neuplatní.

2.2.4. Mimořádné zatížení

Neuvažuje se s mimořádným zatížením.

2.3. Návrh a posouzení pažení

Výpočet je proveden pomocí programového systému GEO-5 pro řešení geotechnických problémů, podprogramem pro výpočet pažení. Kompletní vstupní a výstupní data jsou archivována u projektanta, s ohledem na množství vstupních i výstupních údajů jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata.

2.3.1. Záporová stěna se zemními kotvami

Posouzení pažící konstrukce

Vstupní data

Projekt

Datum : 16.8.2016

Geometrie konstrukce

Délka konstrukce = 5.50 m

Typ konstrukce: Ocelový I-průřez

Průřez : HE 200 B

 Osová vzdálenost průřezů $a = 1.00$ m

Koef.redukce tlaku před stěnou = 1.00

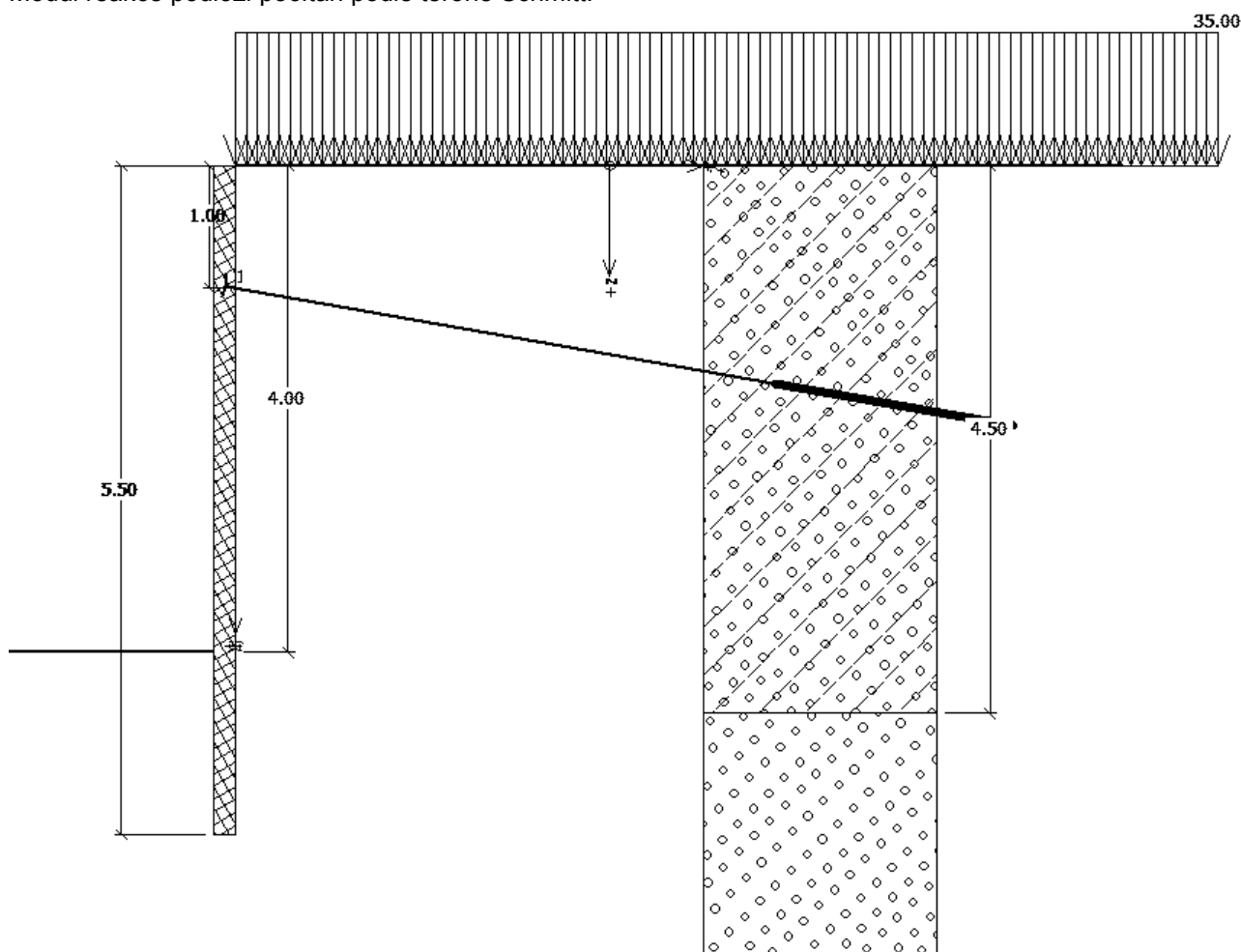
 Plocha průřezu $A = 7.810E-03$ m²/m

 Moment setrvačnosti $I = 5.700E-05$ m⁴/m

 Modul pružnosti $E = 210000.00$ MPa

 Modul pružnosti ve smyku $G = 81000.00$ MPa

Modul reakce podloží počítán podle teorie Schmitt.



Základní parametry zemín

| Číslo | Název | Vzorek | φ_{ef} [°] | c_{ef} [kPa] | γ [kN/m ³] | γ_{su} [kN/m ³] | δ_a [°] | δ_p [°] |
|-------|-------|---|-----------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | R6 |  | 30.00 | 0.00 | 19.00 | 11.00 | 20.00 | 21.00 |
| 2 | R5 |  | 32.00 | 0.00 | 19.00 | 11.00 | 20.00 | 21.00 |

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží (Schmitt)

| Číslo | Název | Vzorek | ν [-] | E_{oed} [MPa] | E_{def} [MPa] |
|-------|-------|---|--------------|--------------------|--------------------|
| 1 | R6 |  | 0.30 | 94.50 | - |
| 2 | R5 |  | 0.25 | 102.00 | - |

Parametry zemín



R6

Objemová tíha : $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : **efektivní**
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 30.00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Třecí úhel aktivní : $\delta_{act} = 20.00^\circ$
 Třecí úhel pasivní : $\delta_{pas} = 21.00^\circ$
 Zemina : **nesoudržná**
 Edometrický modul : $E_{oed} = 94.50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21.00 \text{ kN/m}^3$

R5

Objemová tíha : $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : **efektivní**
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32.00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Třecí úhel aktivní : $\delta_{act} = 20.00^\circ$
 Třecí úhel pasivní : $\delta_{pas} = 21.00^\circ$
 Zemina : **nesoudržná**
 Edometrický modul : $E_{oed} = 102.00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21.00 \text{ kN/m}^3$

Geologický profil a přiřazení zemín

| Číslo | Vrstva [m] | Přiřazená zemina | Vzorek |
|-------|---------------|------------------|---|
| 1 | 4.50 | R6 |  |
| 2 | - | R5 |  |

Hloubení

Zemina před stěnou je odebrána do hloubky 4.00 m.

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je rovný.

Vliv vody

Hladina podzemní vody je pod úrovní konstrukce.

Zadaná plošná přitížení

| Číslo | Přítížení nové změna | Typ | Název | Vel.1 [kN/m ²] | Vel.2 [kN/m ²] | Poř.x x [m] | Délka l [m] | Hloubka z [m] |
|-------|-------------------------|-----|---------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| 1 | ANO | | Celopl. jeřáb | 35.00 | | | | na terénu |

Zadané kotvy

| Číslo | Nová kotva | Hloubka z [m] | Délka l [m] | Kořen l _k [m] | Sklon α [°] | Vzd. mezi b [m] |
|-------|---------------|------------------|----------------|-----------------------------|----------------|--------------------|
| 1 | ANO | 1.00 | 4.50 | 2.00 | 10.00 | 2.00 |

| Číslo | Průměr d [mm] | Plocha A [mm ²] | Modul E [MPa] | Dopnutí | Síla F [kN] |
|-------|------------------|--------------------------------|------------------|---------|----------------|
| 1 | 32.0 | | 210000.00 | | 100.00 |

Nastavení výpočtu

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku - Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

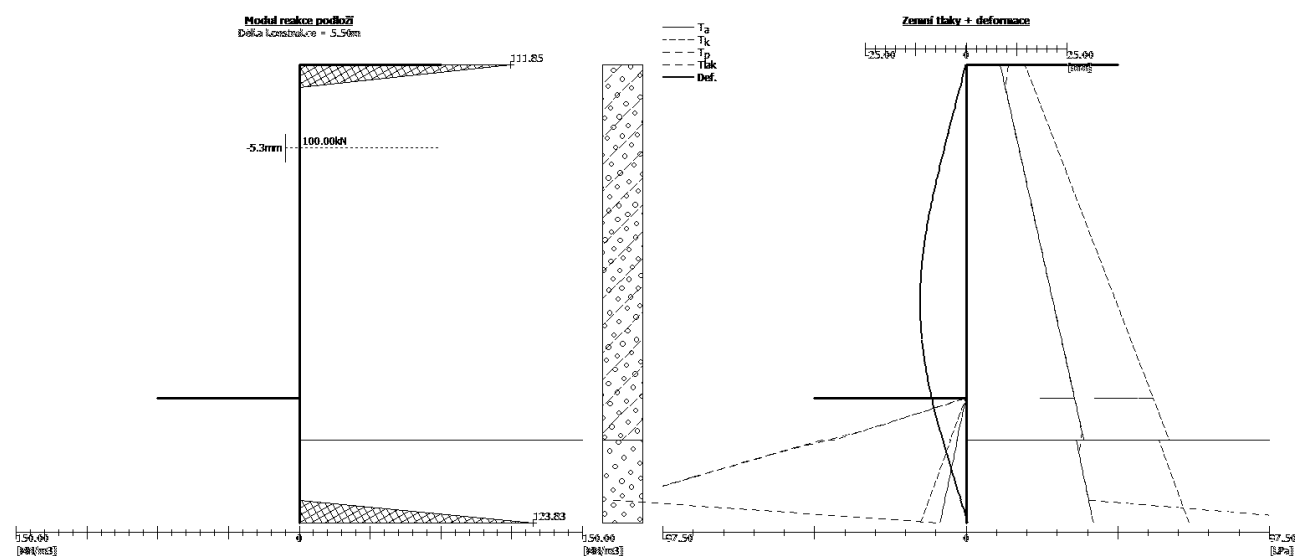
Počet dělení stěny na konečné prvky = 20

Výpočet proveden podle ČSN 730037 (s redukcí vstupních parametrů zemin).

Minimální dimenzační tlak je uvažován hodnotou $\sigma_{z,min} = 0.20\sigma_z$.

Výsledky výpočtu**Průběhy tlaků na konstrukci (před a za stěnou)**

| Hloubka [m] | T _{a,p} [kPa] | T _{k,p} [kPa] | T _{p,p} [kPa] | T _{a,z} [kPa] | T _{k,z} [kPa] | T _{p,z} [kPa] |
|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0.00 | -0.00 | -0.00 | -0.00 | 10.99 | 18.96 | 155.13 |
| 4.00 | -0.00 | -0.00 | -0.00 | 34.85 | 60.14 | 491.99 |
| 4.00 | -0.00 | -0.00 | -0.01 | 34.85 | 60.14 | 492.00 |
| 4.50 | -2.98 | -5.15 | -42.11 | 37.83 | 65.28 | 534.10 |
| 4.50 | -2.79 | -4.88 | -46.24 | 35.36 | 61.91 | 586.47 |
| 5.50 | -8.36 | -14.64 | -138.71 | 40.94 | 71.68 | 678.94 |



Průběhy modulu reakce podloží a vnitřních sil po konstrukci

| Hloubka [m] | kh,p [MN/m ³] | kh,z [MN/m ³] | Deformace [mm] | Tlak [kPa] | Pos.síla [kN/m] | Moment [kNm/m] |
|----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| 0.00 | 0.00 | 111.85 | -0.05 | 13.48 | -0.00 | -0.00 |
| 0.28 | 0.00 | 0.00 | -1.51 | 12.63 | 7.68 | -0.48 |
| 0.55 | 0.00 | 0.00 | -2.98 | 14.27 | 3.98 | -2.09 |
| 0.82 | 0.00 | 0.00 | -4.43 | 15.91 | -0.17 | -2.63 |
| 1.00 | 0.00 | 0.00 | -5.34 | 16.95 | -3.05 | -2.35 |
| 1.00 | 0.00 | 0.00 | -5.34 | 16.95 | 46.19 | -2.35 |
| 1.10 | 0.00 | 0.00 | -5.86 | 17.55 | 44.47 | -6.88 |
| 1.38 | 0.00 | 0.00 | -7.24 | 19.19 | 39.42 | -18.43 |
| 1.65 | 0.00 | 0.00 | -8.51 | 20.83 | 33.91 | -28.52 |
| 1.93 | 0.00 | 0.00 | -9.61 | 22.47 | 27.96 | -37.04 |
| 2.20 | 0.00 | 0.00 | -10.46 | 24.11 | 21.55 | -43.86 |
| 2.48 | 0.00 | 0.00 | -11.05 | 25.75 | 14.70 | -48.85 |
| 2.75 | 0.00 | 0.00 | -11.32 | 27.39 | 7.39 | -51.90 |
| 3.02 | 0.00 | 0.00 | -11.27 | 29.03 | -0.37 | -52.87 |
| 3.30 | 0.00 | 0.00 | -10.88 | 30.67 | -8.58 | -51.65 |
| 3.58 | 0.00 | 0.00 | -10.17 | 32.31 | -17.24 | -48.11 |
| 3.85 | 0.00 | 0.00 | -9.16 | 33.95 | -26.35 | -42.13 |
| 3.99 | 0.00 | 0.00 | -8.54 | 34.79 | -31.16 | -38.11 |
| 4.01 | 0.00 | 0.00 | -8.44 | 34.07 | -31.85 | -37.48 |
| 4.13 | 0.00 | 0.00 | -7.88 | 25.07 | -35.25 | -33.61 |
| 4.40 | 0.00 | 0.00 | -6.39 | 3.55 | -39.19 | -23.24 |
| 4.67 | 0.00 | 0.00 | -4.75 | -26.08 | -36.09 | -12.70 |
| 4.95 | 0.00 | 0.00 | -3.04 | -49.98 | -25.63 | -4.06 |
| 5.22 | 0.00 | 0.00 | -1.29 | -73.87 | -8.60 | 0.79 |
| 5.50 | 0.00 | 123.83 | 0.45 | 119.28 | 0.00 | 0.00 |

Maximální posouvající síla = 46.19 kN/m

Maximální moment = 52.87 kNm/m

Maximální deformace = 11.3 mm

Geometrie konstrukce

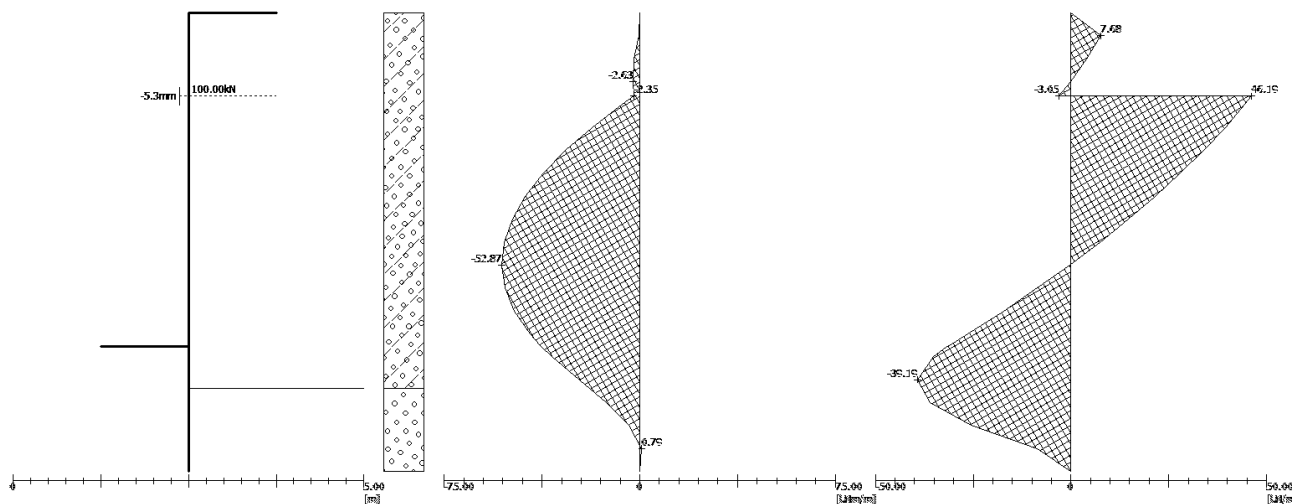
Délka konstrukce = 5.50m

Ohybový moment

Max. M = 52.87 kNm/m

Posouvající síla

Max. Q = 46.19 kN/m



Síly v kotvách

| Číslo | Hloubka [m] | Deformace [mm] | Síla v kotvě [kN] |
|-------|----------------|-------------------|----------------------|
| 1 | 1.00 | -5.3 | 100.00 |

Vnitřní stabilita kotevního systému - mezivýsledky

 $E_A = 155.77 \text{ kN/m}$ $\delta = 18.18^\circ$

| Řada kotev | E_{A1} [kN/m] | δ_1 [°] | G [kN/m] | C [kN/m] | θ [°] | Započítané řady kotev | Q [kN/m] | F [kN/m] | FK _{MAX} [kN] |
|---------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| 1 | 34.28 | 27.27 | 573.18 | 0.00 | 33.20 | | 524.36 | 94.90 | 189.80 |

Posouzení vnitřní stability kotevního systému

| Číslo | Síla v kotvě [kN] | Max.přip.síla [kN] | Stupeň bezpečnosti |
|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 100.00 | 189.80 | 1.898 |

Rozhodující řada kotev : 1

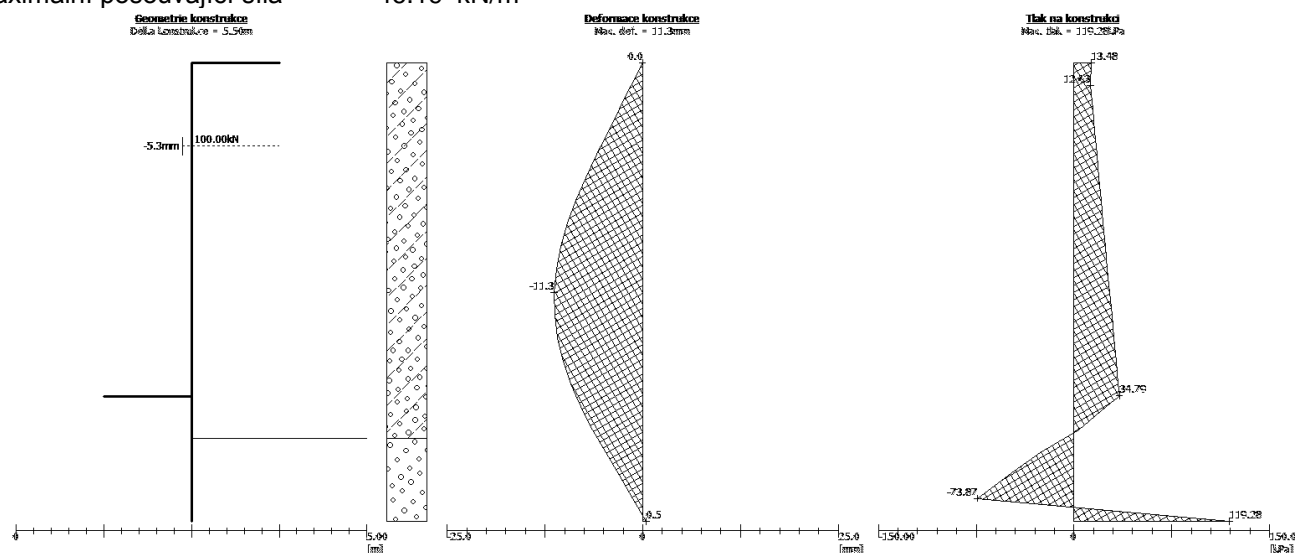
Požadovaný stupeň bezp. SB = 1.50 < 1.90 = SB_{minim.}**Celkové posouzení vnitřní stability VYHOVUJE**

Obálka vnitřních sil č. 1

| | Def. min [mm] | Def. max [mm] | Pos. síla min. [kN/m] | Pos. síla max [kN/m] | Moment min. [kNm/m] | Moment max. [kNm/m] |
|------|------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 0.00 | -0.05 | -0.05 | -0.00 | -0.00 | -0.00 | -0.00 |
| 0.28 | -1.51 | -1.51 | 7.68 | 7.68 | -0.48 | -0.48 |
| 0.55 | -2.98 | -2.98 | 3.98 | 3.98 | -2.09 | -2.09 |
| 0.82 | -4.43 | -4.43 | -0.17 | -0.17 | -2.63 | -2.63 |
| 1.00 | -5.34 | -5.34 | -3.05 | -3.05 | -2.35 | -2.35 |
| 1.00 | -5.34 | -5.34 | 46.19 | 46.19 | -2.35 | -2.35 |
| 1.10 | -5.86 | -5.86 | 44.47 | 44.47 | -6.88 | -6.88 |
| 1.38 | -7.24 | -7.24 | 39.42 | 39.42 | -18.43 | -18.43 |
| 1.65 | -8.51 | -8.51 | 33.91 | 33.91 | -28.52 | -28.52 |
| 1.93 | -9.61 | -9.61 | 27.96 | 27.96 | -37.04 | -37.04 |
| 2.20 | -10.46 | -10.46 | 21.55 | 21.55 | -43.86 | -43.86 |
| 2.48 | -11.05 | -11.05 | 14.70 | 14.70 | -48.85 | -48.85 |
| 2.75 | -11.32 | -11.32 | 7.39 | 7.39 | -51.90 | -51.90 |
| 3.02 | -11.27 | -11.27 | -0.37 | -0.37 | -52.87 | -52.87 |
| 3.30 | -10.88 | -10.88 | -8.58 | -8.58 | -51.65 | -51.65 |
| 3.58 | -10.17 | -10.17 | -17.24 | -17.24 | -48.11 | -48.11 |
| 3.85 | -9.16 | -9.16 | -26.35 | -26.35 | -42.13 | -42.13 |
| 3.99 | -8.54 | -8.54 | -31.16 | -31.16 | -38.11 | -38.11 |
| 4.01 | -8.44 | -8.44 | -31.85 | -31.85 | -37.48 | -37.48 |
| 4.13 | -7.88 | -7.88 | -35.25 | -35.25 | -33.61 | -33.61 |
| 4.40 | -6.39 | -6.39 | -39.19 | -39.19 | -23.24 | -23.24 |
| 4.67 | -4.75 | -4.75 | -36.09 | -36.09 | -12.70 | -12.70 |
| 4.95 | -3.04 | -3.04 | -25.63 | -25.63 | -4.06 | -4.06 |
| 5.22 | -1.29 | -1.29 | -8.60 | -8.60 | 0.79 | 0.79 |
| 5.50 | 0.45 | 0.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Maximální hodnoty

| | | |
|----------------------------|---|--------------|
| Maximální deformace | = | -11.3 mm |
| Minimální deformace | = | 0.5 mm |
| Maximální ohybový moment | = | 0.79 kNm/m |
| Minimální ohybový moment | = | -52.87 kNm/m |
| Maximální posouvající síla | = | 46.19 kN/m |



$$\sigma_{HEB200} = \frac{52}{0.00057} = 91228 \text{ kPa} = 91 \text{ MPa} < f_{md} = \frac{235}{1.15} = 204 \text{ MPa}$$

Výpočet 1

Kruhová smyková plocha

| Parametry smykové plochy | | | | | |
|---------------------------------|-----|-----------|--------|--------------|------------|
| Střed : | x = | -1.75 [m] | Úhly : | $\alpha_1 =$ | -40.90 [°] |
| | z = | 1.30 [m] | | $\alpha_2 =$ | 79.29 [°] |
| Poloměr : | R = | 7.02 [m] | | | |
| Smyková plocha po optimalizaci. | | | | | |

Posouzení stability svahu (Bishop)

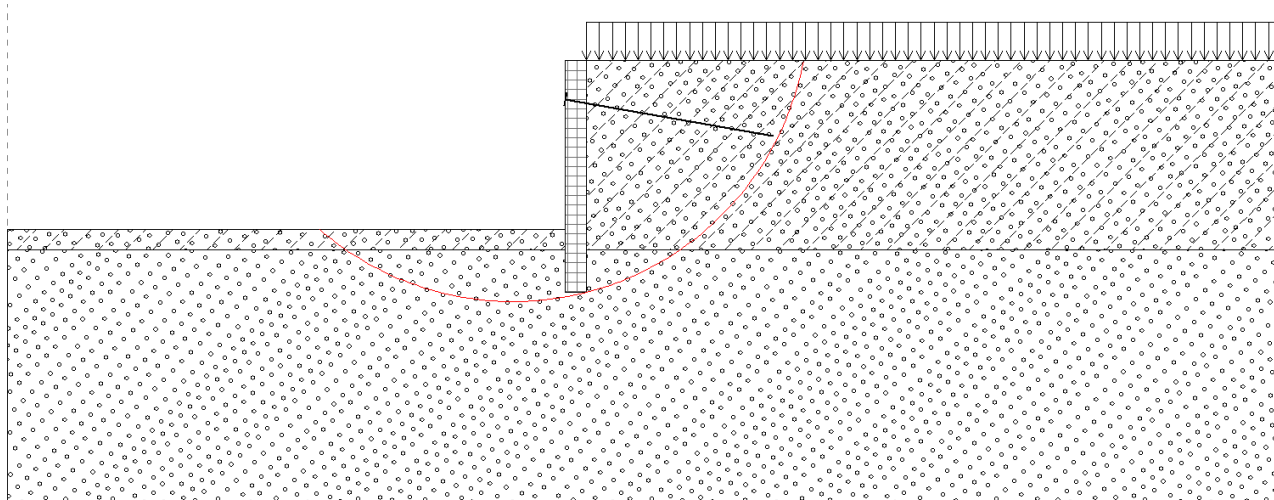
 Sumace aktivních sil : $F_a = 305.06$ kN/m

 Sumace pasivních sil : $F_p = 475.36$ kN/m

 Moment sesouvající : $M_a = 2140.75$ kNm/m

 Moment vzdorující : $M_p = 3335.85$ kNm/m

Stupeň bezpečnosti = 1.56 > 1.20

Stabilita svahu VYHOVUJE


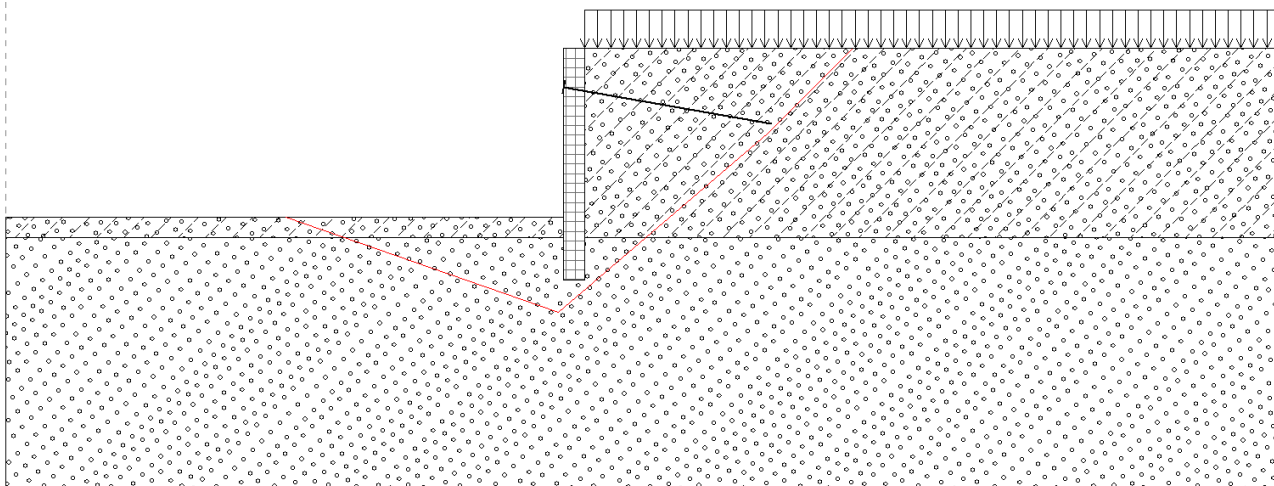
Výpočet 2

Polygonální smyková plocha

| Souřadnice bodů smykové plochy [m] | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|------|
| x | z | x | z | x | z | x | z | x | z |
| -7.10 | -4.00 | -0.64 | -6.26 | 4.35 | -2.02 | 6.31 | -0.06 | 6.36 | 0.00 |
| Smyková plocha po optimalizaci. | | | | | | | | | |

Posouzení stability svahu (Sarma)

Stupeň bezpečnosti = 1.43 < 1.20

Stabilita svahu VYHOVUJE


2.3.2. Záporová stěna bez kotev

Posouzení pažící konstrukce

Vstupní data

Projekt

Datum : 16.8.2016

Geometrie konstrukce

Délka konstrukce = 9.00 m

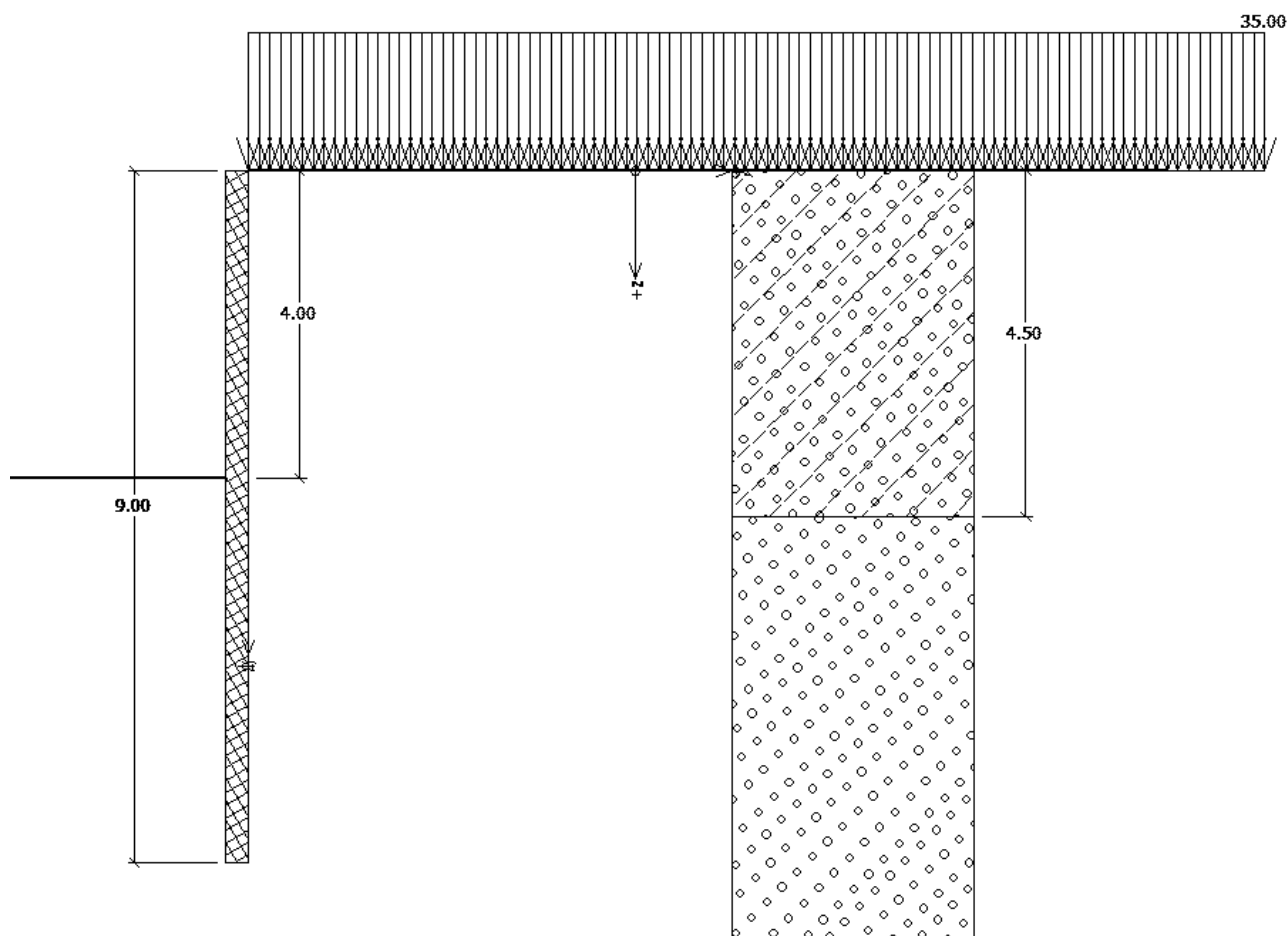
Typ konstrukce: Ocelový I-průřez

Průřez : HE 260 B



 Osová vzdálenost průřezů $a = 1.00$ m

Koef.redukce tlaku před stěnou = 1.00

| | |
|--|-----------------------------------|
| Plocha průřezu | $A = 1.180E-02$ m ² /m |
| Moment setrvačnosti | $I = 1.490E-04$ m ⁴ /m |
| Modul pružnosti | $E = 210000.00$ MPa |
| Modul pružnosti ve smyku | $G = 81000.00$ MPa |
| Modul reakce podloží počítán podle teorie Schmitt. | |



Základní parametry zemín

| Číslo | Název | Vzorek | φ_{ef} [°] | c_{ef} [kPa] | γ [kN/m ³] | γ_{su} [kN/m ³] | δ_a [°] | δ_p [°] |
|-------|-------|---|-----------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | R6 |  | 30.00 | 0.00 | 19.00 | 11.00 | 20.00 | 21.00 |
| 2 | R5 |  | 32.00 | 0.00 | 19.00 | 11.00 | 20.00 | 21.00 |

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží (Schmitt)

| Číslo | Název | Vzorek | ν [-] | E_{oed} [MPa] | E_{def} [MPa] |
|-------|-------|---|--------------|--------------------|--------------------|
| 1 | R6 |  | 0.30 | 94.50 | - |
| 2 | R5 |  | 0.25 | 102.00 | - |

Parametry zemín



R6

Objemová tíha : $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 30.00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Třecí úhel aktivní : $\delta_{act} = 20.00^\circ$
 Třecí úhel pasivní : $\delta_{pas} = 21.00^\circ$
 Zemina : nesoudržná
 Edometrický modul : $E_{oed} = 94.50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21.00 \text{ kN/m}^3$

R5

Objemová tíha : $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32.00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Třecí úhel aktivní : $\delta_{act} = 20.00^\circ$
 Třecí úhel pasivní : $\delta_{pas} = 21.00^\circ$
 Zemina : nesoudržná
 Edometrický modul : $E_{oed} = 102.00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21.00 \text{ kN/m}^3$

Geologický profil a přiřazení zemín

| Číslo | Vrstva [m] | Přiřazená zemina | Vzorek |
|-------|---------------|------------------|---|
| 1 | 4.50 | R6 |  |
| 2 | - | R5 |  |

Hloubení

Zemina před stěnou je odebrána do hloubky 4.00 m.

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je rovný.

Vliv vody

Hladina podzemní vody je pod úrovní konstrukce.

Zadaná plošná přitížení

| Číslo | Přítížení | | Typ | Název | Vel.1 [kN/m ²] | Vel.2 [kN/m ²] | Poř.x x [m] | Délka l [m] | Hloubka z [m] |
|-------|-----------|-------|---------|-------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| | nové | změna | | | | | | | |
| 1 | ANO | | Celopl. | jeřáb | 35.00 | | | | na terénu |

Nastavení výpočtu

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku - Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

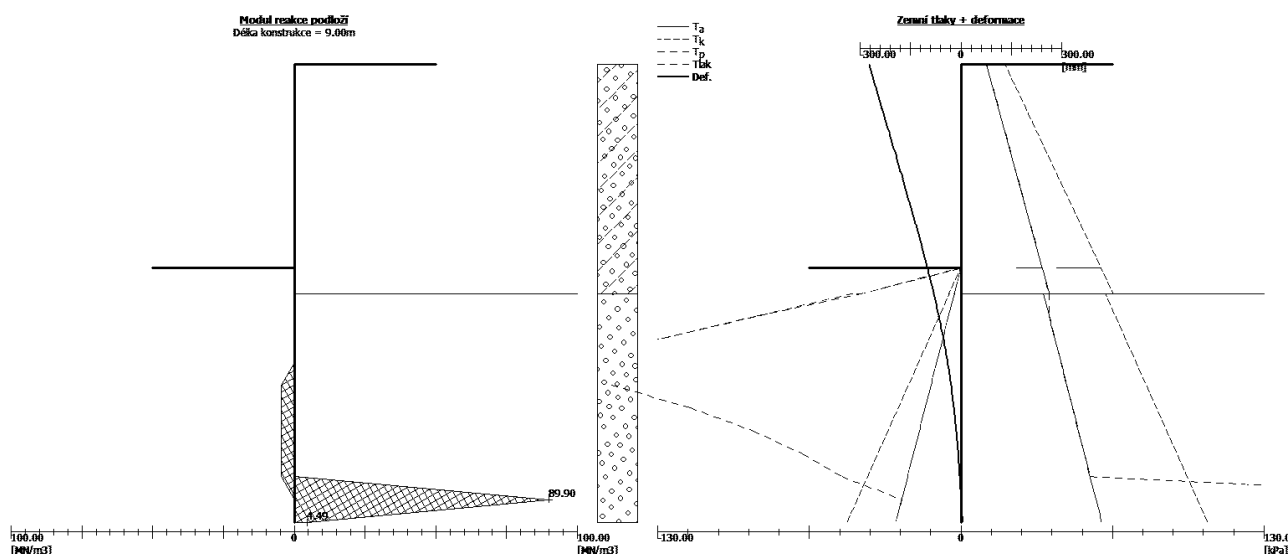
Počet dělení stěny na konečné prvky = 20

Výpočet proveden podle ČSN 730037 (s redukcí vstupních parametrů zemin).

Minimální dimenzační tlak je uvažován hodnotou $\sigma_{z,min} = 0.20\sigma_z$.

Výsledky výpočtu**Průběhy tlaků na konstrukci (před a za stěnou)**

| Hloubka [m] | T _{a,p} [kPa] | T _{k,p} [kPa] | T _{p,p} [kPa] | T _{a,z} [kPa] | T _{k,z} [kPa] | T _{p,z} [kPa] |
|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0.00 | -0.00 | -0.00 | -0.00 | 10.99 | 18.96 | 155.13 |
| 4.00 | -0.00 | -0.00 | -0.00 | 34.85 | 60.14 | 491.99 |
| 4.00 | -0.00 | -0.00 | -0.01 | 34.85 | 60.14 | 492.00 |
| 4.50 | -2.98 | -5.15 | -42.11 | 37.83 | 65.28 | 534.10 |
| 4.50 | -2.79 | -4.88 | -46.24 | 35.36 | 61.91 | 586.47 |
| 9.00 | -27.88 | -48.81 | -462.36 | 60.45 | 105.84 | 1002.59 |



Průběhy modulu reakce podloží a vnitřních sil po konstrukci

| Hloubka [m] | kh,p [MN/m ³] | kh,z [MN/m ³] | Deformace [mm] | Tlak [kPa] | Pos.síla [kN/m] | Moment [kNm/m] |
|----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | -272.13 | 10.99 | -0.00 | 0.00 |
| 0.45 | 0.00 | 0.00 | -252.06 | 13.67 | -5.55 | 1.20 |
| 0.90 | 0.00 | 0.00 | -231.99 | 16.36 | -12.31 | 5.18 |
| 1.35 | 0.00 | 0.00 | -211.97 | 19.04 | -20.27 | 12.46 |
| 1.80 | 0.00 | 0.00 | -192.02 | 21.73 | -29.44 | 23.60 |
| 2.25 | 0.00 | 0.00 | -172.23 | 24.41 | -39.82 | 39.14 |
| 2.70 | 0.00 | 0.00 | -152.70 | 27.09 | -51.41 | 59.62 |
| 3.15 | 0.00 | 0.00 | -133.55 | 29.78 | -64.21 | 85.59 |
| 3.60 | 0.00 | 0.00 | -114.96 | 32.46 | -78.21 | 117.59 |
| 3.99 | 0.00 | 0.00 | -99.46 | 34.79 | -91.33 | 150.62 |
| 4.01 | 0.00 | 0.00 | -98.68 | 34.07 | -92.02 | 152.46 |
| 4.05 | 0.00 | 0.00 | -97.14 | 30.94 | -93.32 | 156.16 |
| 4.50 | 0.00 | 0.00 | -80.33 | -4.27 | -99.32 | 200.10 |
| 4.95 | 0.00 | 0.00 | -64.81 | -49.98 | -87.11 | 242.82 |
| 5.40 | 0.00 | 0.00 | -50.86 | -89.08 | -55.82 | 275.64 |
| 5.85 | 0.00 | 0.00 | -38.69 | -128.19 | -6.94 | 290.42 |
| 6.30 | 4.49 | 0.00 | -28.37 | -104.57 | 50.50 | 276.40 |
| 6.75 | 4.49 | 0.00 | -19.83 | -68.08 | 89.06 | 244.40 |
| 7.20 | 4.49 | 0.00 | -12.87 | -38.68 | 112.84 | 198.49 |
| 7.65 | 4.49 | 0.00 | -7.19 | -15.04 | 124.74 | 144.66 |
| 8.10 | 4.49 | 0.00 | -2.45 | 4.39 | 127.01 | 87.70 |
| 8.55 | 0.00 | 89.90 | 1.72 | 230.98 | 113.48 | 28.74 |
| 9.00 | 0.00 | 4.49 | 5.69 | 103.53 | 0.00 | -0.00 |

Maximální posouvající síla = 127.01 kN/m

Maximální moment = 290.42 kNm/m

Maximální deformace = 272.1 mm

Geometrie konstrukce

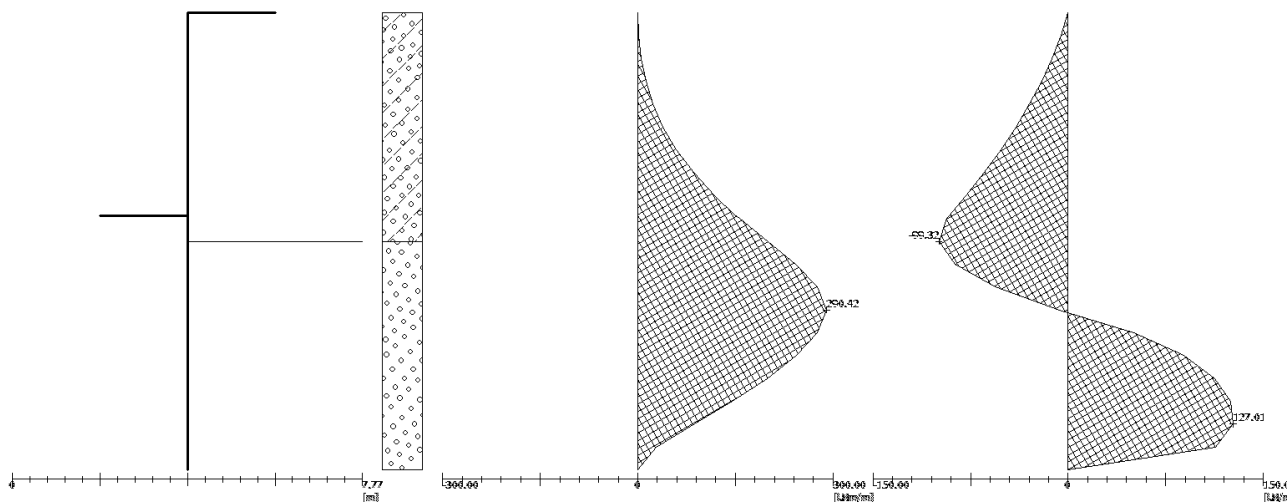
Délka konstrukce = 9.00m

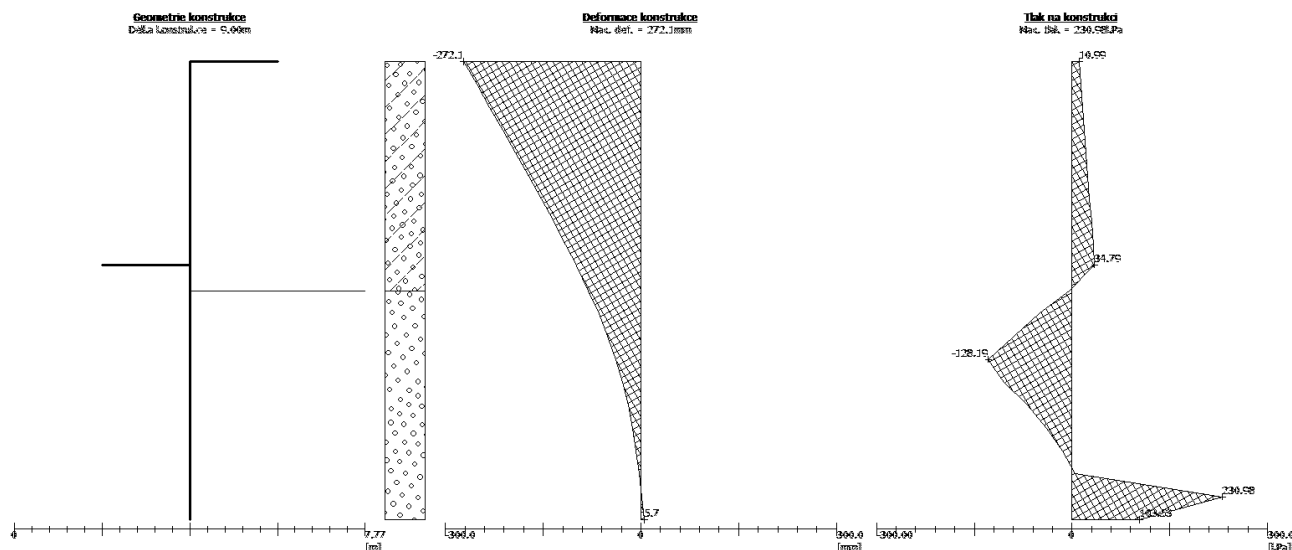
Ohybový moment

Max. M = 290.42 kNm/m

Posouvající síla

Max. Q = 127.01 kN/m





Obálka vnitřních sil č. 1

| | Def. min [mm] | Def. max [mm] | Pos. síla min. [kN/m] | Pos. síla max [kN/m] | Moment min. [kNm/m] | Moment max. [kNm/m] |
|------|------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 0.00 | -272.13 | -272.13 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.45 | -252.06 | -252.06 | -5.55 | -5.55 | 1.20 | 1.20 |
| 0.90 | -231.99 | -231.99 | -12.31 | -12.31 | 5.18 | 5.18 |
| 1.35 | -211.97 | -211.97 | -20.27 | -20.27 | 12.46 | 12.46 |
| 1.80 | -192.02 | -192.02 | -29.44 | -29.44 | 23.60 | 23.60 |
| 2.25 | -172.23 | -172.23 | -39.82 | -39.82 | 39.14 | 39.14 |
| 2.70 | -152.70 | -152.70 | -51.41 | -51.41 | 59.62 | 59.62 |
| 3.15 | -133.55 | -133.55 | -64.21 | -64.21 | 85.59 | 85.59 |
| 3.60 | -114.96 | -114.96 | -78.21 | -78.21 | 117.59 | 117.59 |
| 3.99 | -99.46 | -99.46 | -91.33 | -91.33 | 150.62 | 150.62 |
| 4.01 | -98.68 | -98.68 | -92.02 | -92.02 | 152.46 | 152.46 |
| 4.05 | -97.14 | -97.14 | -93.32 | -93.32 | 156.16 | 156.16 |
| 4.50 | -80.33 | -80.33 | -99.32 | -99.32 | 200.10 | 200.10 |
| 4.95 | -64.81 | -64.81 | -87.11 | -87.11 | 242.82 | 242.82 |
| 5.40 | -50.86 | -50.86 | -55.82 | -55.82 | 275.64 | 275.64 |
| 5.85 | -38.69 | -38.69 | -6.94 | -6.94 | 290.42 | 290.42 |
| 6.30 | -28.37 | -28.37 | 50.50 | 50.50 | 276.40 | 276.40 |
| 6.75 | -19.83 | -19.83 | 89.06 | 89.06 | 244.40 | 244.40 |
| 7.20 | -12.87 | -12.87 | 112.84 | 112.84 | 198.49 | 198.49 |
| 7.65 | -7.19 | -7.19 | 124.74 | 124.74 | 144.66 | 144.66 |
| 8.10 | -2.45 | -2.45 | 127.01 | 127.01 | 87.70 | 87.70 |
| 8.55 | 1.72 | 1.72 | 113.48 | 113.48 | 28.74 | 28.74 |
| 9.00 | 5.69 | 5.69 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |

Maximální hodnoty

Maximální deformace = -272.1 mm
Minimální deformace = 5.7 mm
Maximální ohybový moment = 290.42 kNm/m
Minimální ohybový moment = 0.00 kNm/m
Maximální posouvající síla = 127.01 kN/m

$$\sigma_{HEB260} = \frac{147}{0.00115} = 98000 \text{ kPa} = 98 \text{ MPa} < f_{md} = \frac{235}{1.15} = 204 \text{ MPa}$$

Výpočet stability svahu

Výpočet 1

Kruhová smyková plocha

| Parametry smykové plochy | | | | | |
|---------------------------------|-----|-----------|--------|--------------|------------|
| Střed : | x = | -1.87 [m] | Úhly : | $\alpha_1 =$ | -54.37 [°] |
| | z = | 3.16 [m] | | $\alpha_2 =$ | 75.09 [°] |
| Poloměr : | R = | 12.30 [m] | | | |
| Smyková plocha po optimalizaci. | | | | | |

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 573.42$ kN/m

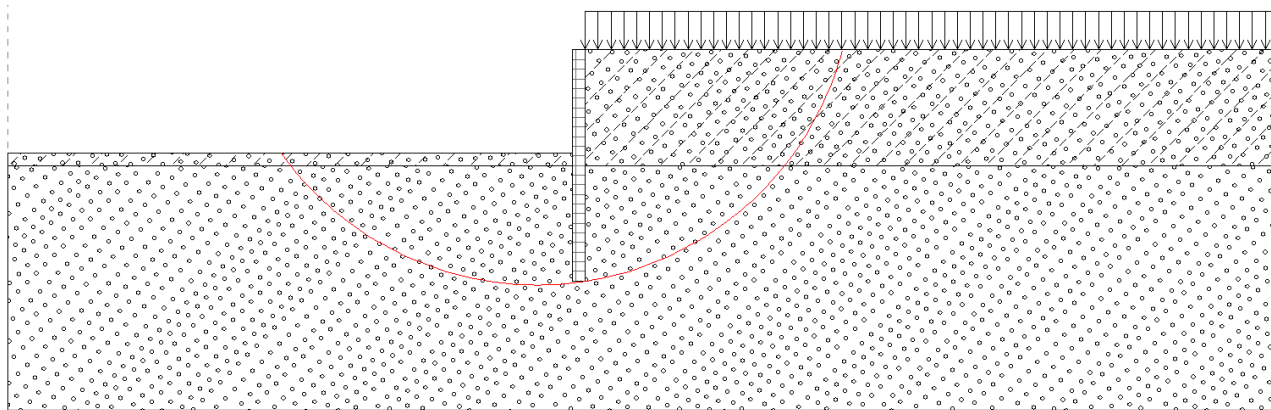
Sumace pasivních sil : $F_p = 1710.86$ kN/m

Moment sesouvajících : $M_a = 7052.71$ kNm/m

Moment vzdorujících : $M_p = 21042.62$ kNm/m

Stupeň bezpečnosti = $2.98 > 1.50$

Stabilita svahu VYHOVUJE



Výpočet 2

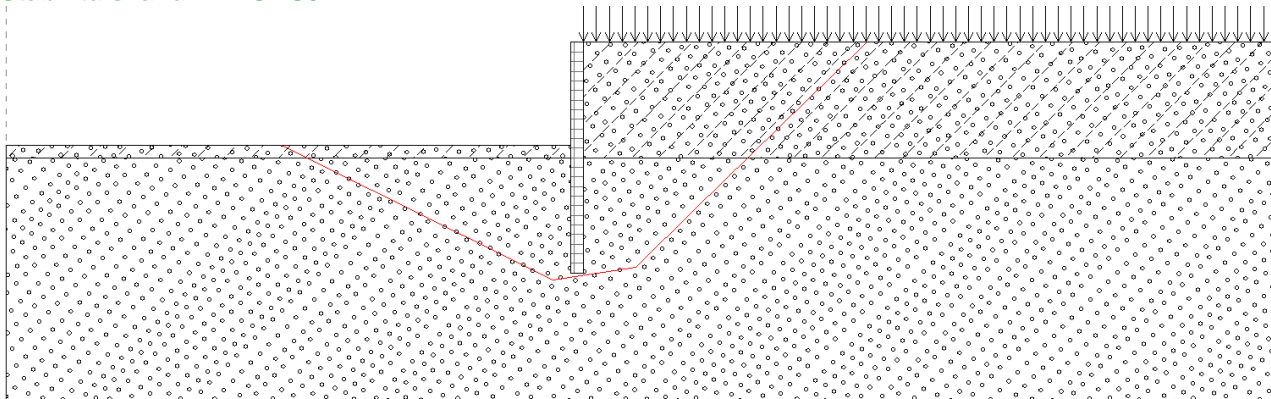
Polygonální smyková plocha

| Souřadnice bodů smykové plochy [m] | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| x | z | x | z | x | z | x | z | x | z |
| -11.80 | -4.00 | -1.20 | -9.25 | 2.02 | -8.77 | 4.35 | -6.47 | 10.89 | -0.14 |
| 11.04 | 0.00 | | | | | | | | |
| Smyková plocha po optimalizaci. | | | | | | | | | |

Posouzení stability svahu (Sarma)

Stupeň bezpečnosti = $2.53 > 1.50$

Stabilita svahu VYHOVUJE



2.3.3. Návrh výplně mezi záporami

Rozpětí výplně 1.0m (vzdálenost mezi záporami). Předpoklad klidového zemního tlaku.

$$p = 20 \cdot 3.5 \cdot (1 - \sin 21) = 46 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{1}{8} \cdot 46 \cdot 1.0^2 = 5.75 \text{ kNm/m}$$

$$\sigma_{ul.80mm} = \frac{5.75 \cdot 6}{1.0 \cdot 0.08^2} = 5390 \text{ kPa} = 5.39 \text{ MPa} < f_{md_C14} = \frac{14}{1.25} \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.9 = 7.34 \text{ MPa}$$

2.3.4. Návrh svlaků v hlavách zemních kotev

Výpočet je proveden za předpokladu umístění zemních kotev uprostřed mezi dvěma záporami vzdálenými 1.0m. Použití krátkých svlaků, nikoli průběžných (neuvažují spojitě pole). Zatížení na zemní kotvu uvažují 120kN (únosnost 157kN).

$$M = \frac{1}{4} \cdot 189 \cdot 1.0 = 47.25 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{2xU180} = \frac{47.25}{2 \cdot 0.00015} = 157000 \text{ kPa} = 157 \text{ MPa} < f_{md_S235} = \frac{235}{1.15} = 204 \text{ MPa}$$

2.3.5. Návrh táhel zemních kotev

Předpokládám použití tyčových prvků $\phi 32\text{mm}$ s úpravou v patě pro roznos sil do betonu kořene. Posouzení je provedeno na maximální sílu ze strojového výpočtu.

$$\sigma_{R32} = \frac{189}{0.0008042} = 235000 \text{ kPa} = 235 \text{ MPa} < f_{md_S235} = 235 \text{ MPa}$$

3. Závěr

V případě zápor bez kotvy vyhovují zápor z profilu min. HEB 260 z oceli S235. Celková délka 9.0m, zahloubení pod patu výkopu 5.0m (hloubka jámy 4.0m). Rozmístění zápor po 1.0m, předpoklad osazení do předvrtaných otvorů se zabetonovanou patou až do úrovně dna výkopu (na výšku 4.5m). Vyklonění v koruně je v tomto případě teoreticky 272mm. To je poměrně dost a proto tuto variantu nedoporučuji.

V případě zápor se zemními kotvami vyhovují zápor z profilu min. HEB 200 z oceli S235. Celková délka zápor 5.5m, zahloubení pod patu výkopu min.1.5m (hloubka jámy 4.0m). Rozmístění zápor po 1.0m, předpoklad osazení do předvrtaných otvorů se zabetonovanou patou až do úrovně dna výkopu (na výšku 1.5m). Zemní kotvy po 2.0m v úrovni 1.0m od koruny výkopu ve sklonu 10°. Celková délka kotvy 6.5m z toho kořen 2.0m, únosnost jedné kotvy 189kN. Svlačky v hlavě kotvy budou provedeny min. z 2xU180, zemní kotva uprostřed mezi dvěma záporami. Táhlá zemních kotev z tyčových prvků přitom musí svou plochou odpovídat min. $\phi 32\text{mm}$ za předpokladu použití oceli min.S235. Deformace je v této variantě max.11mm.

S ohledem na deformace koruny doporučuji použít variantu se zemními kotvami.

Vlastní pažení zeminy mezi ocelovými záporami musí být v obou případech provedeno z trámů min. 80/80mm.

V Liberci, dne 29.11.2016
Vypracoval Ing.T.Humpal