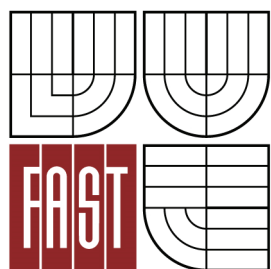




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH, POSOUZENÍ A OPTIMALIZACE OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

DESIGN AND OPTIMIZATION OF THE ARCH STRUCTURE

B.3 STATICKÝ VÝPOČET KONSTRUKCE EKODUKTU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HERKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. RNDr. Ing. PETR ŠTĚPÁNEK, CSc.

BRNO
2014

OBSAH

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

- 1.1 Nosná konstrukce ekoduktu.
- 1.2 Základní parametry nosné konstrukce
- 1.3 Příčné uspořádání
- 1.4 Střednicové schéma

2 ZATÍŽENÍ

- 2.1 Stálé zatížení
 - 2.1.1 ZS 1
 - 2.1.2 Ostatní stálé zatížení
 - 2.1.3 ZS 2_i
 - 2.1.3.1 Stanovení hodnoty součinitelů zemního tlaku
 - 2.1.3.2 Zatížení zásypem zeminou v čase t_0
 - 2.1.4 ZS 3
 - 2.1.4 Zatížení zásypem zeminou v čase t_{∞}
 - 2.1.5 ZS 4_i
 - 2.1.5.1 ZS 4a
 - 2.1.5.2 ZS 4b
 - 2.1.5.3 ZS 4c
- 2.2 Proměnné zatížení

3 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

- 3.1 Kombinace zatížení

4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- 4.1 Beton
- 4.2 Betonářská výztuž

5 NÁVRH A POSOUZENÍ KLENBY S PROMĚNNÝM PRŮŘEZEM

- 5.1 Základní údaje
- 5.2 Geometrie střednice modelu
- 5.3 Základní průřezové charakteristiky
- 5.4 Zatížení - rekapitulace
- 5.5 Vnitřní síly - posuzované návrhové kombinace zatížení
- 5.6 Vnitřní síly - návrhové hodnoty

5.7 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - N + M

- 5.7.1 Materiálové charakteristiky

5.7.2 Posouzení namáhání na N + M - PATA KLENBY

- 5.7.2.1 Návrh výztuže
- 5.7.2.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu
- 5.7.2.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU
- 5.7.2.4 Interakční diagram - posouzení

5.7.3 Posouzení namáhání na N + M - ¼ DÉLKY KLENBY

- 5.7.3.1 Návrh výztuže
- 5.7.3.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu
- 5.7.3.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU
- 5.7.3.4 Interakční diagram - posouzení

5.7.4 Posouzení namáhání na N + M - VRCHOL KLENBY

- 5.7.4.1 Návrh výztuže
- 5.7.4.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu
- 5.7.4.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU
- 5.7.4.4 Interakční diagram - posouzení

5.8 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - SMYK

5.8.1 PATA KLENBY

- 5.8.1.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže
- 5.8.1.2 Únosnost prvku se smykovou výztuží
- 5.8.1.3 Únosnost tlačené diagonály

5.8.2 ¼ DÉLKY KLENBY

- 5.8.2.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže
- 5.8.2.2 Únosnost prvku se smykovou výztuží

5.8.3 VRCHOL KLENBY

- 5.8.3.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže
- 5.8.3.2 Únosnost prvku se smykovou výztuží

5.9 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

5.9.1 PATA KLENBY

- 5.9.1.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

5.9.1.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

5.9.1.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_{∞}

- 5.9.1.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu
- 5.9.1.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu
- 5.9.1.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

5.9.1.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_g

- 5.9.1.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu
- 5.9.1.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu
- 5.9.1.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

5.9.1.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

- 5.9.1.3.1 Kontrola výztuží
- 5.9.1.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny
- 5.9.1.3.3 Stanovení šířky trhliny

5.9.2 ¼ DÉLKY KLENBY

5.9.2.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

5.9.2.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

5.9.2.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_{∞}

5.9.2.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

5.9.2.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

5.9.2.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

5.9.2.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_g

5.9.2.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

5.9.2.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

5.9.2.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

5.9.2.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

5.9.2.3.1 Kontrola výztuží

5.9.2.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

5.9.2.3.3 Stanovení šířky trhliny

5.9.3 VRCHOL KLENBY

5.9.3.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

5.9.3.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

5.9.3.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_{∞}

5.9.3.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

5.9.3.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

5.9.3.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

5.9.3.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_g

5.9.3.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

5.9.3.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

5.9.3.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

5.9.3.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

5.9.3.3.1 Kontrola výztuží

5.9.3.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

5.9.3.3.3 Stanovení šířky trhliny

5.10 VÝPOČET PŘETVOŘENÍ DLE ČSN EN 1992 - 1 - 1

5.10.1 Základní průřezové charakteristiky

5.10.2 Materiálové charakteristiky

5.10.3 Kontrola vyztužení

5.10.4 Výpočet průhybu

5.10.4.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

5.10.4.2 Průřezové charakteristiky - pata

5.10.4.3 Průřezové charakteristiky - ¼ délky klenby

5.10.4.4 Průřezové charakteristiky - vrchol

5.10.4.5 Výsledky

5.11 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VYZTUŽENÍ PRVKU

5.12 KOTVENÍ VÝZTUŽE V PATĚ KLENBY

5.13 KOTVENÍ VÝZTUŽE V $\frac{1}{4}$ DÉLKY KLENBY

5.14 KOTVENÍ VÝZTUŽE VE VRCHOLU KLENBY

6 NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEDOVÉ STĚNY

6.1 Základní údaje

6.2 Geometrie střednice modelu

6.3 Základní průřezové charakteristiky

6.4 Zatížení - rekapitulace

6.5 Vnitřní síly - posuzované návrhové kombinace zatížení

6.6 Vnitřní síly - návrhové hodnoty

6.7 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - N + M

6.7.1 Materiálové charakteristiky

6.7.2 Posouzení namáhání na N + M - PATA STŘEDOVÉ STĚNY

6.7.2.1 Návrh výztuže

6.7.2.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

6.7.2.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

6.7.2.4 Interakční diagram - posouzení

6.7.3 Posouzení namáhání na N + M - VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY

6.7.3.1 Návrh výztuže

6.7.3.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

6.7.3.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

6.7.3.4 Interakční diagram - posouzení

6.8 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - SMYK

6.8.1 PATA STŘEDOVÉ STĚNY

6.8.1.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

6.8.2 VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY KLENBY

6.8.2.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

6.9 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

6.9.1 PATA STŘEDOVÉ STĚNY

6.9.1.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

6.9.1.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

6.9.1.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_{∞}

6.9.1.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

6.9.1.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

6.9.1.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

6.9.1.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_g

- 6.9.1.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu
- 6.9.1.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu
- 6.9.1.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

6.9.1.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

- 6.9.1.3.1 Kontrola výztuží
- 6.9.1.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny
- 6.9.1.3.3 Stanovení šířky trhliny

6.9.2 VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY

- 6.9.2.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

6.9.2.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ**6.9.2.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_g**

- 6.9.2.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu
- 6.9.2.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu
- 6.9.2.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

6.9.2.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_g

- 6.9.2.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu
- 6.9.2.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu
- 6.9.2.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

6.9.2.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

- 6.9.2.3.1 Kontrola výztuží
- 6.9.2.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny
- 6.9.2.3.3 Stanovení šířky trhliny

6.10 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VYZTUŽENÍ PRVKU**6.11 KOTVENÍ VÝZTUŽE V PATĚ STŘEDOVÉ STĚNY****6.12 KOTVENÍ VÝZTUŽE VE VRCHOLU STŘEDOVÉ STĚNY****6 NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEDOVÉ STĚNY**

- 6.1 Základní údaje
- 6.2 Geometrie střednice modelu
- 6.3 Základní průřezové charakteristiky
- 6.4 Zatížení - rekapitulace
- 6.5 Vnitřní síly - posuzované návrhové kombinace zatížení
- 6.6 Vnitřní síly - návrhové hodnoty

6.7 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - N + M

- 6.7.1 Materiálové charakteristiky

6.7.2 Posouzení namáhání na N + M - PATA STŘEDOVÉ STĚNY

- 6.7.2.1 Návrh výztuže
- 6.7.2.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu
- 6.7.2.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU
- 6.7.2.4 Interakční diagram - posouzení

6.7.3 Posouzení namáhání na N + M - VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY

6.7.3.1 Návrh výztuže

6.7.3.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

6.7.3.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

6.7.3.4 Interakční diagram - posouzení

6.8 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - SMYK**6.8.1 PATA STŘEDOVÉ STĚNY**

6.8.1.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

6.8.2 VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY KLENBY

6.8.2.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

6.9 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI**6.9.1 PATA STŘEDOVÉ STĚNY**6.9.1.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$ **6.9.1.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ****6.9.1.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_{∞}**

6.9.1.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

6.9.1.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

6.9.1.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

6.9.1.2.2 Kvizistálá kombinace - čas t_g

6.9.1.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

6.9.1.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

6.9.1.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

6.9.1.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

6.9.1.3.1 Kontrola výztuží

6.9.1.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

6.9.1.3.3 Stanovení šířky trhliny

6.9.2 VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY6.9.2.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$ **6.9.2.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ****6.9.2.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_{∞}**

6.9.2.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

6.9.2.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

6.9.2.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

6.9.2.2.2 Kvizistálá kombinace - čas t_g

6.9.2.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

6.9.2.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

6.9.2.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

6.9.2.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

- 6.9.2.3.1 Kontrola výztuží
- 6.9.2.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny
- 6.9.2.3.3 Stanovení šířky trhliny

6.10 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VYZTUŽENÍ PRVKU**6.11 KOTVENÍ VÝZTUŽE V PATĚ STŘEDOVÉ STĚNY****6.12 KOTVENÍ VÝZTUŽE VE VRCHOLU STŘEDOVÉ STĚNY****8 NÁVRH A POSOUZENÍ ŠIKMÉ VZPĚRY**

- 8.1 Základní údaje
- 8.2 Geometrie střednice modelu
- 8.3 Základní průřezové charakteristiky
- 8.4 Zatížení - rekapitulace
- 8.5 Vnitřní síly - posuzované návrhové kombinace zatížení
- 8.6 Vnitřní síly - návrhové hodnoty

8.7 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - N + M

- 8.7.1 Materiálové charakteristiky

8.7.2 Posouzení namáhání na N + M - ŠIKMÁ VZPĚRA

- 8.7.2.1 Návrh výztuže
- 8.7.2.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu
- 8.7.2.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU
- 8.7.2.4 Interakční diagram - posouzení

8.8 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - SMYK**8.8.1 ŠIKMÁ VZPĚRA**

- 8.8.1.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

8.9 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI**8.9.1 ŠIKMÁ VZPĚRA**

- 8.9.1.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

8.9.1.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ**8.9.1.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_{∞}**

- 8.9.1.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu
- 8.9.1.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu
- 8.9.1.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

8.9.1.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_g

- 8.9.1.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu
- 8.9.1.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu
- 8.9.1.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

8.9.1.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

- 8.9.1.3.1 Kontrola výztuží
- 8.9.1.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny
- 8.9.1.3.3 Stanovení šířky trhliny

8.10 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VYZTUŽENÍ PRVKU

8.11 KOTVENÍ VÝZTUŽE V ŠIKMÉ VZPĚŘE

9 ZALOŽENÍ KONSTRUKCE EKODUKTU

- 9.1 Varianta založení A
- 9.2 Varianta založení B
- 9.3 Varianta založení C
 - 9.3.1 Základový pas pod levou boční stěnou - dokument GEO 5
 - 9.3.2 Základový pas pod středovou stěnou - dokument GEO 5
 - 9.3.3 Piloty pod pravou boční stěnou - dokument GEO 5
 - 9.3.4 Základ na skupině pilot vlevo - dokument GEO 5
 - 9.3.5 Základ na skupině pilot vpravo - dokument GEO 5

PŘÍLOHY:

- B.3.1 Šířkové uspořádání konstrukce ekoduktu**
- B.3.2 Střednicové schéma**
- B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů**
- B.3.4 Vnitřní síly na konstrukci - dokument SCIA**
- B.3.5 Přetvoření konstrukce - dokument SCIA**

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Na základě provedených studií konstrukčního řešení, resp. předběžného návrhu obloukové konstrukce (viz příloha B.1 Předběžný návrh konstrukce) byla pro řešení reálné konstrukce ekoduktu zvolena varianta dvou oblouků vedle sebe. Geometrie střednice byla řešena ve více variantách vzepětí oblouků (viz příloha B.2 Optimalizace tvaru obloukové konstrukce) a pro další postup byla zvolena varianta se vzepětím oblouku ve vrcholu 3,5m. Předmětem tohoto statického výpočtu je podrobná analýza monolitické železobetonové obloukové konstrukce ekoduktu a posouzení jednotlivých konstrukčních prvků na mezní stavy únosnosti a použitelnosti.

1.1 Nosná konstrukce ekoduktu

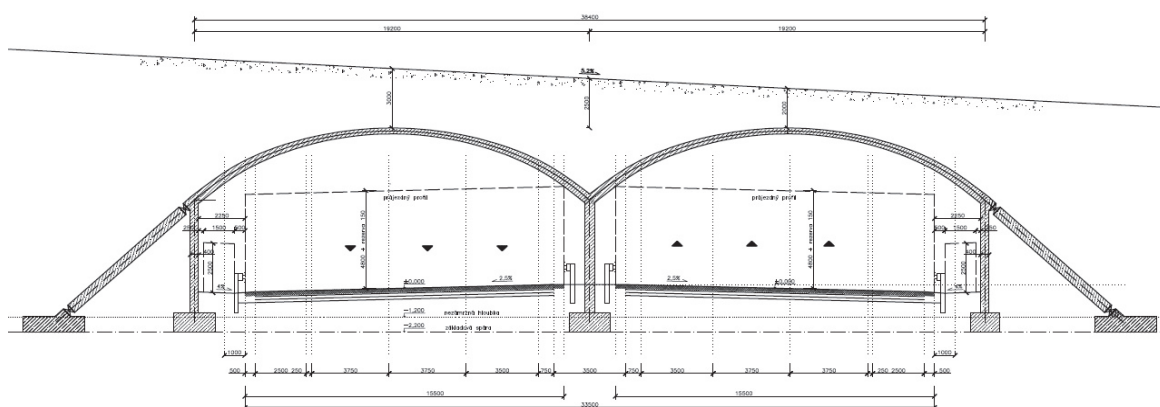
Nosná konstrukce ekoduktu je pro posouzení uvažována jako výřez 1m' délky konstrukce.

1.2 Základní parametry nosné konstrukce

- rozpětí klenby	19200 mm
- celkové rozpětí kleneb	38400 mm
- délka kleneb	24000 mm

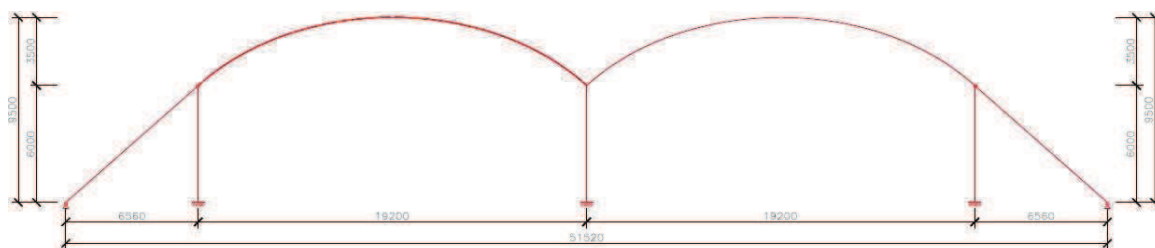
1.3 Příčné uspořádání

Konstrukce ekoduktu přechází přes pozemní komunikaci kategorií šířky D 33,5/120. Na základě šířkového a výškového uspořádání průjezdného profilu komunikace dle ČSN 73 6101 a ČSN 73 6201 bylo zvoleno vhodné rozpětí kleneb tak, aby každou z kleneb procházel jeden jízdní pás směřově rozdělené komunikace a jemu přidružený pruh pro nouzový pohyb chodců nebo účely údržby.



Podrobné schéma šířkového uspořádání konstrukce ekoduktu je zobrazeno v příloze B.3.1 Šířkové uspořádání konstrukce ekoduktu .

1.4 Střednicové schéma pro statický výpočet



Podrobné střednicové schéma pro statický výpočet je zobrazeno v příloze [B.3.2 Střednicové schéma](#).

2 ZATÍŽENÍ

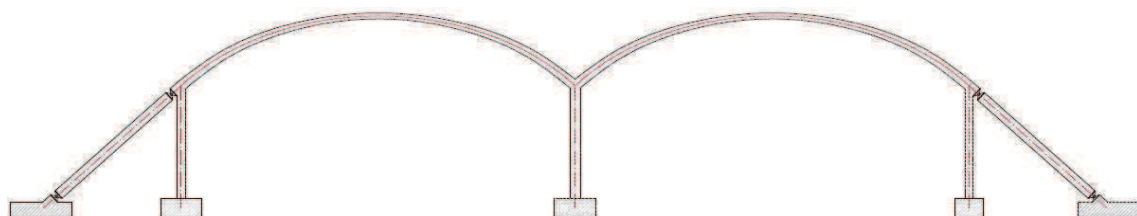
Podrobná schémata zatěžovacích stavů jsou zobrazena v příloze **B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů**.

2.1 Stálé zatížení

2.1.1 ZS 1 - Vlastní tíha nosné konstrukce g_{0k}

objemová tíha železobetonu $\gamma_{zb} = 25 \text{ kN/m}^3$

→ vlastní tíhu nosné konstrukce generuje program SCIA Engineer automaticky na základě definovaného materiálu konstrukce

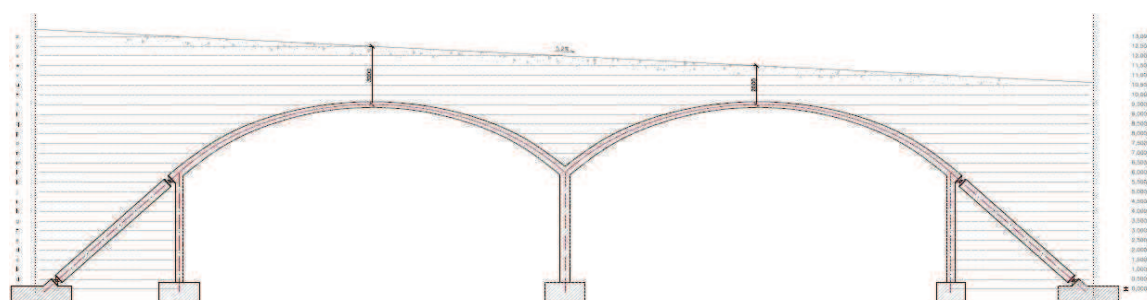


2.1.2 Ostatní stálé zatížení

Na řešené konstrukci bude provedena nástřiková hydroizolace membránového typu, přičemž dle technických listů dodavatelů je max. uvažovaná spotřeba zhruba **0,65 - 1,3kg/m²** plochy konstrukce - tedy zatížení max. **0,0065 - 0,013kN/m²** a proto je tato složka zatížení považována za zanedbatelnou.

2.1.3 ZS 2_i - Montážní stavy postupným zásypem zeminou g_{1k}

Konstrukce ekoduktu je zasypána násypem zeminy v podélném sklonu 5,2%, resp. výška násypu nad vrcholem levé klenby je 3,0m a nad vrcholem pravé klenby pak 2,0m. Pro podrobnou analýzu chování konstrukce při výstavbě bylo uvažováno **26 jednotlivých montážních zatěžovacích stavů ZS 2a** - z odpovídajících postupnému zasypávání konstrukce po vrstvách 0,5m zeminy.



objemová tíha zeminy

$$\gamma_z = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\rightarrow g_{1k, \text{svislá}} = h_{\text{zásypu}} \cdot \gamma_z = [\text{kN/m}']$$

$$g_{1k, \text{vodorovná}} = K_i \cdot h_{\text{zásypu}} \cdot \gamma_z = [\text{kN/m}']$$

2.1.3.1 Stanovení hodnoty součinitelů zemního tlaku

$$\phi = 35^\circ$$

$$\gamma_z = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi'/2) = \tan^2(45^\circ - 35^\circ/2) = 0,271$$

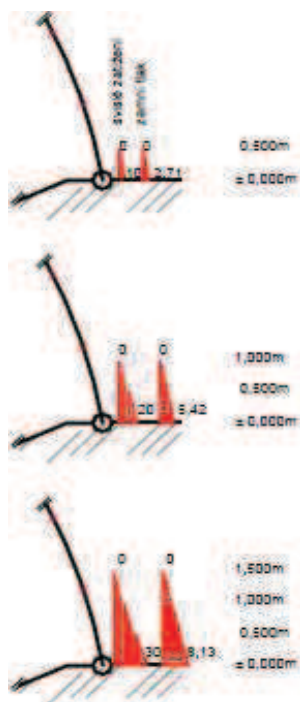
$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi'/2) = \tan^2(45^\circ + 35^\circ/2) = 3,690$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi' = 1 - \sin 35^\circ = 0,426$$

2.1.3.2 Zatížení zásypem zeminou v čase t_0 - aktivní zemní tlak

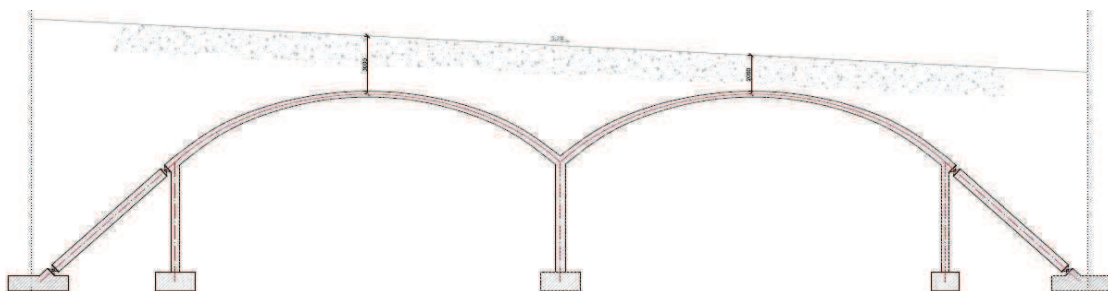
výška zásypu zeminou h [m]

□ 0,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_a \cdot h \cdot \gamma_s = 0,271 \cdot 0,5 \cdot 20 = 2,71 \text{ kN/m}'$
□ 1,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 20 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 5,42 \text{ kN/m}'$
□ 1,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 30 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 8,13 \text{ kN/m}'$
□ 2,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 40 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 10,84 \text{ kN/m}'$
□ 2,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 50 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 13,55 \text{ kN/m}'$
□ 3,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 60 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 16,26 \text{ kN/m}'$
□ 3,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 70 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 18,97 \text{ kN/m}'$
□ 4,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 80 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 21,68 \text{ kN/m}'$
□ 4,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 90 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 24,39 \text{ kN/m}'$
□ 5,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 100 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 27,10 \text{ kN/m}'$
□ 5,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 110 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 29,81 \text{ kN/m}'$
□ 6,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 120 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 32,52 \text{ kN/m}'$
□ 6,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 130 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 35,23 \text{ kN/m}'$
□ 7,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 140 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 37,94 \text{ kN/m}'$
□ 7,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 150 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 40,65 \text{ kN/m}'$
□ 8,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 160 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 43,36 \text{ kN/m}'$
□ 8,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 170 \text{ kN/m}'$ → $g_{1k, \text{vodorovná}} = 46,07 \text{ kN/m}'$



□ 9,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	180	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	48,78	kN/m'
□ 9,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	190	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	51,49	kN/m'
□ 10,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	200	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	54,20	kN/m'
□ 10,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	210	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	56,91	kN/m'
□ 11,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	220	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	59,62	kN/m'
□ 11,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	230	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	62,33	kN/m'
□ 12,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	240	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	65,04	kN/m'
□ 12,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	250	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	67,75	kN/m'
□ 13,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	260	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	70,46	kN/m'

2.1.4 ZS 3 - Finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_{∞}



2.1.4.1 Zatížení zásypem zeminou v čase t_{∞} - zemní tlak v klidu

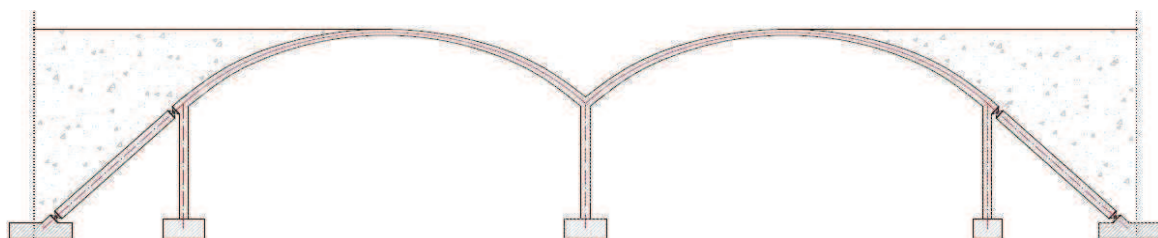
 výška zásypu zeminou h [m]

□ 0,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 0,5 \cdot 20 = 10$ kN/m'		
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot h \cdot \gamma_s = 0,271 \cdot 0,5 \cdot 20 = 8,52$ kN/m'		
⋮			
□ 7,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	140	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	59,64	kN/m'
⋮			
□ 13,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	260	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	110,76	kN/m'

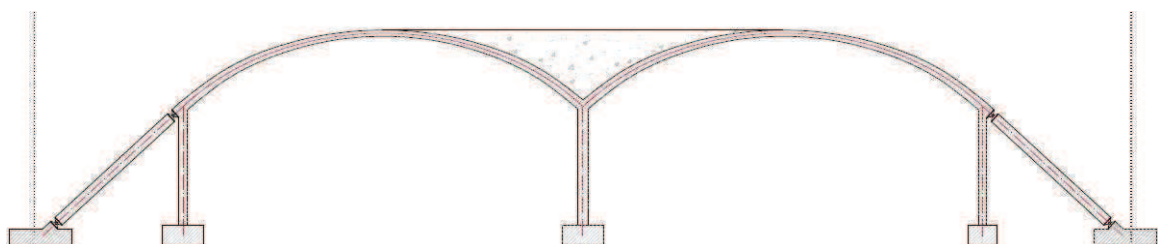
2.1.5 ZS 4_i - Neočekávané zemní práce

Pro doplnění byly zahrnuty i zatěžovací stavy znázorňující neočekávané zemní práce, které mohou s větší pravděpodobností nastat v rámci stavebních úprav v okolí konstrukce ekoduktu nebo při technologické nekázni při zasypávání ekoduktu. Pro výpočet je uvažován zení tlak v klidu.

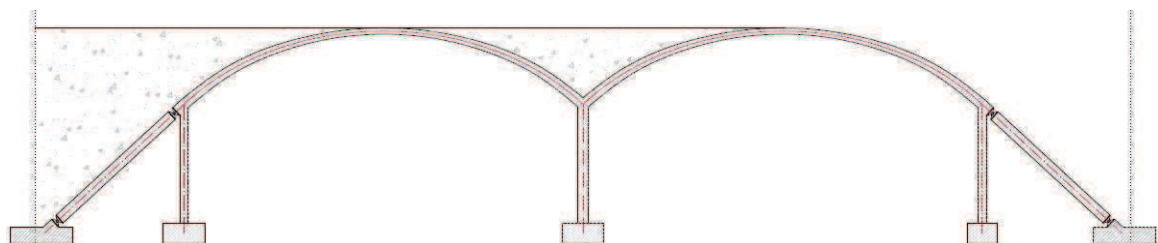
2.1.5.1 ZS 4a - šach 1 - zásyp z obou stran



2.1.5.2 ZS 4b - šach 2 - zásyp uprostřed

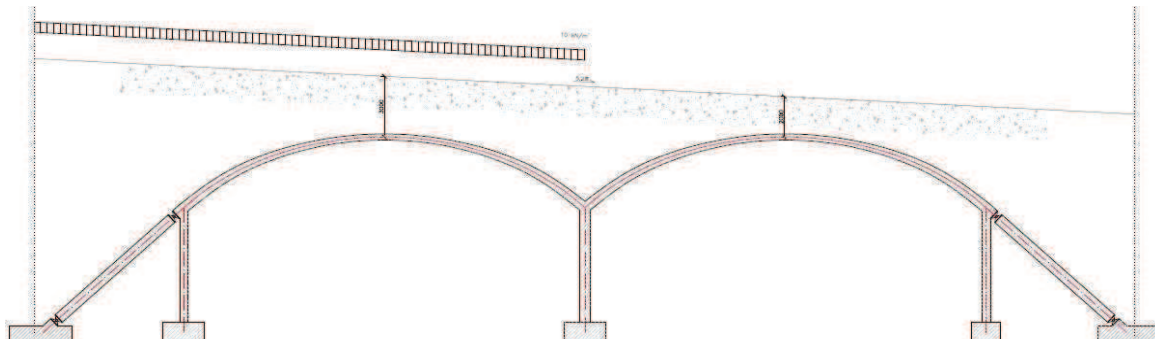


2.1.5.3 ZS 4a - šach 3 - zásyp ze strany



2.2 ZS 5 - Proměnné zatížení q_{1k}

Proměnné zatížení na konstrukci je uvažováno jako rovnoměrné zatížení $q_{1k} = 10 \text{ kN/m'}$ působící v nevýhodné poloze na jedné polovině konstrukce ekoduktu.



→ proměnné zatížení působí rovněž přírůstek vodorovné složky zemního tlaku v klidu

3 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

Konstrukce ekoduktu byla modelována v programu SCIA Engineer 2013 prutovými prvky dle stanoveného střednicového schématu. Pro stanovení průběhu vnitřních sil byl zjednodušeně uvažován výřez 1bm' délky konstrukce. Model konstrukce byl zatížen všemi výše uvedenými zatěžovacími stavy.

→ podrobné výsledky a průběhy vnitřních sil na konstrukci jsou uvedeny v příloze B.3.4
Vnitřní síly na konstrukci - dokument SCIA

3.1 Kombinace zatížení

Výsledné kombinace zatížení v časech t_0 a t_∞ jsou sestaveny dle ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí.

→ **charakteristická** : celkové účinky od všech zatížení, bez součinitele Ψ_i

→ **častá** : stálá zatížení a časté hodnoty proměnného zatížení, součinitele $\Psi_{1,i}$

→ **kvazistálá** : pouze stálá - dlouhodobá zatížení, součinitele Ψ_2

→ **návrhová** : dle ČSN EN 1990

$$\Sigma \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [6.10]$$

$$\Sigma \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [6.10a]$$

$$\Sigma \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [6.10b]$$

→ klíč kombinací zatížení je součástí přílohy B.3.4 Vnitřní síly na konstrukci - dokument SCIA

4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

4.1 BETON

→ nosná konstrukce ekoduktu

dle EN 206 - 1

třída **C 40 / 50** XC 2 - mokré, občas suché
 XD 3 - střídavě mokré a suché
 XF 4 - středně nasycené vodou s rozmrazovacími prostředky

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 48 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1,67 \text{ MPa}$$

→ základové konstrukce

třída **C 30 / 37** XC 2 - mokré, občas suché
 XD 2 - mokré, občas suché
 XA 1 - slabě agresivní chemické prostředí dle EN 206 - 1, tab.1

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 38 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 2 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20,00 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1,33 \text{ MPa}$$

4.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

ocel **B 500 B** (10 505 R)

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

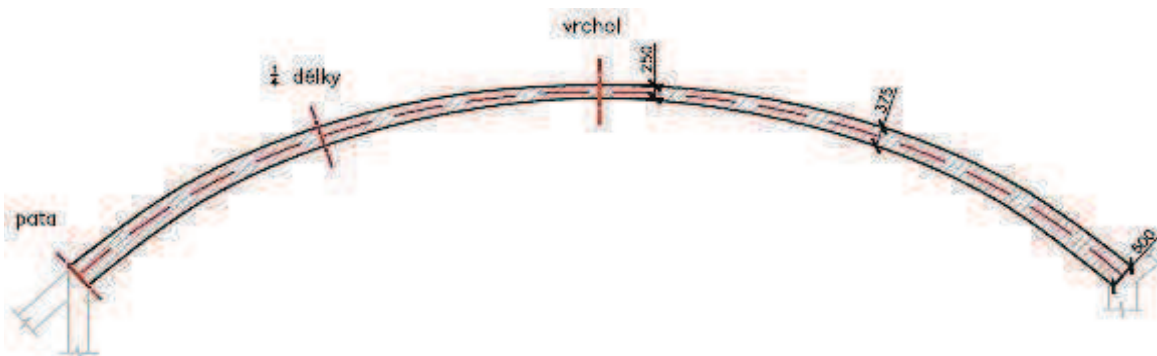
$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78 \text{ MPa}$$

5 NÁVRH A POSOUZENÍ KLENBY S PROMĚNNÝM PRŮŘEZEM

5.1 Základní údaje

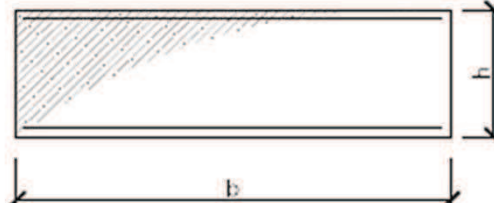
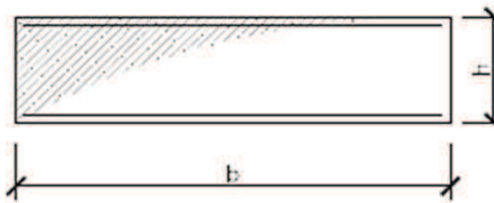
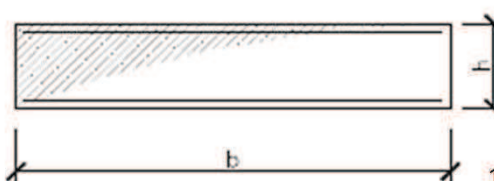
typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	optimalizovaná křivka
statické schéma :	rámově vetknutý oblouk
průřez :	obdélník s proměnnou výškou



5.2 Geometrie střednice modelu



5.3 Základní průřezové charakteristiky

pata	výška průřezu h =	500	mm	A_{s2}	
	šířka průřezu b =	1000	mm		
	plocha průřezu A_c =	0,5	m ²	A_{s1}	
1/4 délky	výška průřezu h =	375	mm	A_{s2}	
	šířka průřezu b =	1000	mm		
	plocha průřezu A_c =	0,375	m ²	A_{s1}	
vrchol	výška průřezu h =	250	mm	A_{s2}	
	šířka průřezu b =	1000	mm		
	plocha průřezu A_c =	0,25	m ²	A_{s1}	

5.4 Zatížení - rekapitulace

Pro výpočet vnitřních sil na prvku konstrukce byly uvažovány následující zatěžovací stavy, popsané mj. v kapitole 2 Zatížení.

- ☐ **ZS 1 - Vlastní tíha nosné konstrukce g_{0k}**
- ☐ **ZS 2 - Montážní stavy postupným zásypem zeminou g_{1k}
resp. finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_0**
- ☐ **ZS 3 - Finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_∞**
- ☐ **ZS 4a,b,c - Neočekávané zemní práce**
- ☐ **ZS 5 - Proměnné zatížení q_{1k}**

5.5 Vnitřní síly - posuzované návrhové kombinace zatížení

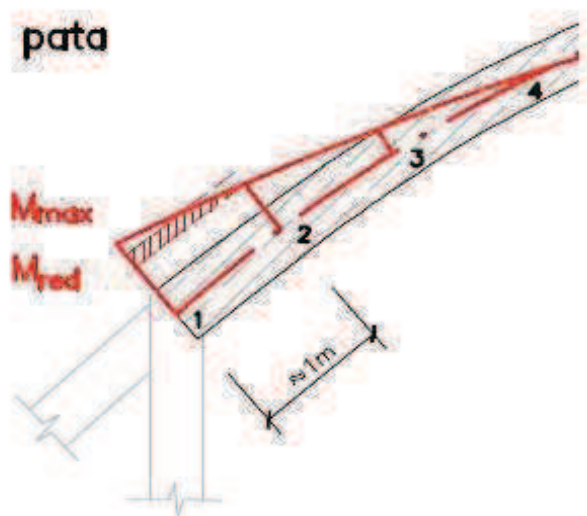
- ☐ **K.1 $E_{d,}$ po betonáži**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d}
- ☐ **K.2 $E_{d,}$ zasypávání konstrukce**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + montážní stavy zásypem zeminou g_{1d}
- ☐ **K.3 $E_{d,}$ čas t_0 (po dokončení konstrukce ekoduktu)**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_0
- ☐ **K.4 $E_{d,}$ čas t_∞ (životnost konstrukce ekoduktu)**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + finální zásyp zeminou g_{1d} v čase t_∞
+ proměnné zatížení q_{1d}
- ☐ **K.5 $E_{d,}$ neočekávané zemní práce - šach 1,2,3**
K.6 = vlastní tíha konstrukce g_{0d} + neočekávané zemní práce v čase t_∞
K.7

5.6 Vnitřní síly - návrhové hodnoty

		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{max}	$M_{bod\ 2}$	M_{red}
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
pata	K.1 $E_{d, g0}$	-196,65	2,18	-6,52	-9,92	-8,22
	K.2 $E_{d, montáž}$	-2019,92	265,83	-529,23	-342,93	-436,08
	K.3 $E_{d, t0}$	-2019,92	265,83	-529,23	-342,93	-436,08
	K.4 $E_{d, tn}$	-2140,09	364,72	-726,56	-454,14	-590,35
	K.5 $E_{d, šach\ 1}$	-584,33	256,2	398,35	257,4	327,875
	K.6 $E_{d, šach\ 2}$	-524,43	312,81	-646,05	-368,54	-507,295
	K.7 $E_{d, šach\ 3}$	-698,71	254,25	-552,9	-352,75	-452,825

pozn.:

$$M_{red} = \frac{M_{max} + M_{bod\ 2}}{2}$$



		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		[kN]	[kN]	[kNm]
$\frac{1}{4}$ délky	K.1 $E_{d, g0}$	-157,52	-1,51	-3,7
	K.2 $E_{d, montáž}$	-157,52	-1,51	-3,7
	K.3 $E_{d, t0}$	-1696,8	-65,96	165,41
	K.4 $E_{d, tn}$	-1901,46	103,42	214,35
	K.5 $E_{d, šach\ 1}$	-398,22	64,88	203,3
	K.6 $E_{d, šach\ 2}$	-339,86	38,28	155,46
	K.7 $E_{d, šach\ 3}$	-502,59	36,37	-126,35

		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		[kN]	[kN]	[kNm]
vrchol	K.1 $E_{d, g0}$	-147,76	1,83	1,5
	K.2 $E_{d, montáž}$	-147,76	1,83	1,5
	K.3 $E_{d, t0}$	-1739,23	25,65	97,05
	K.4 $E_{d, tn}$	-2049,78	31,22	-139,03
	K.5 $E_{d, šach\ 1}$	-410,46	53,06	45,39
	K.6 $E_{d, šach\ 2}$	-325,71	50,59	-11,38
	K.7 $E_{d, šach\ 3}$	-507,04	-50,7	-60,75

5.7 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - N + M

5.7.1 Materiálové charakteristiky

dle EN 206 - 1

- **BETON C 40 / 50** XC 2 - mokré, občas suché
XD 3 - střídavě mokré a suché
XF 4 - středně nasycené vodou s rozmr. prostředky

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 48 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1,67 \text{ MPa}$$

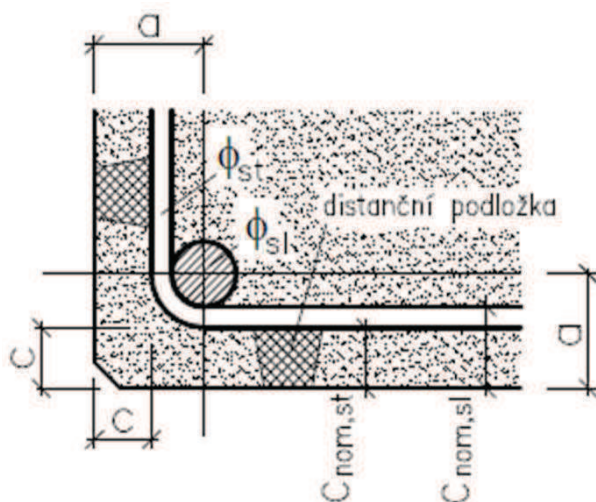
$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

- **BETONOVÁ KRYCÍ VRSTVA**

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} + \phi_{st} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{kde } c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}) = 40 \text{ mm}$$



$$c_{min,b} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 40 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{min,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$\phi_{st} = 0 \text{ mm}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

- **BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ**

ocel **B 500 B** (10 505 R)

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78 \text{ MPa}$$

5.7.2 Posouzení namáhání N + M - PATA KLENBY

5.7.2.1 Návrh výztuže - PATA KLENBY

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 5897,85 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 1473,81 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -6482,18 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 1145,93 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,01439 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -8037,94 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 883,46 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,0039 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

10

Ø

20

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

10

Ø

20

mm

$$A_{s2} = 0,00314 \text{ m}^2 \rightarrow 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00314 \text{ m}^2 \rightarrow 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

5.7.2.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

$$d_1 = c + \varnothing / 2 = 60 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \varnothing / 2 = 60 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 276,462 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 440 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 440 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 146,894 \text{ mm}$$

$$z_1 = h / 2 - d_1 = 190 \text{ mm}$$

$$z_2 = h / 2 - d_2 = 190 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

$$F_{s1} = 1365,91 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 1365,91 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

5.7.2.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - PATA KLENBY

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = -(b h \eta f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s) = -16065,15 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} Z_2 - A_{s1} Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = -(\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -12032,58 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2} Z_2 = 954,14 \text{ kNm}$$

$$x = d = 440 > x_{bal,2} = 146,89 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = -(\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -12032,58 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1} Z_1 = -954,14 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 440 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 146,89 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -5897,85 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1} Z_1 + F_{s2} Z_2 = 880,84 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 276,46 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 146,89 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -5897,85 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = -880,84 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 276,46 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 146,89 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 492,25 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0554 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,291 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 24,303 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -492,25 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0554 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,291 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 24,303 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 1365,91 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 259,52 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 1365,91 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -259,52 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 2731,82 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ **BOD Z**

$$x = x_{bal,2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-3,134 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd,Z} = \lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{519,05 \text{ kNm}}$$

□ **BOD Z'**

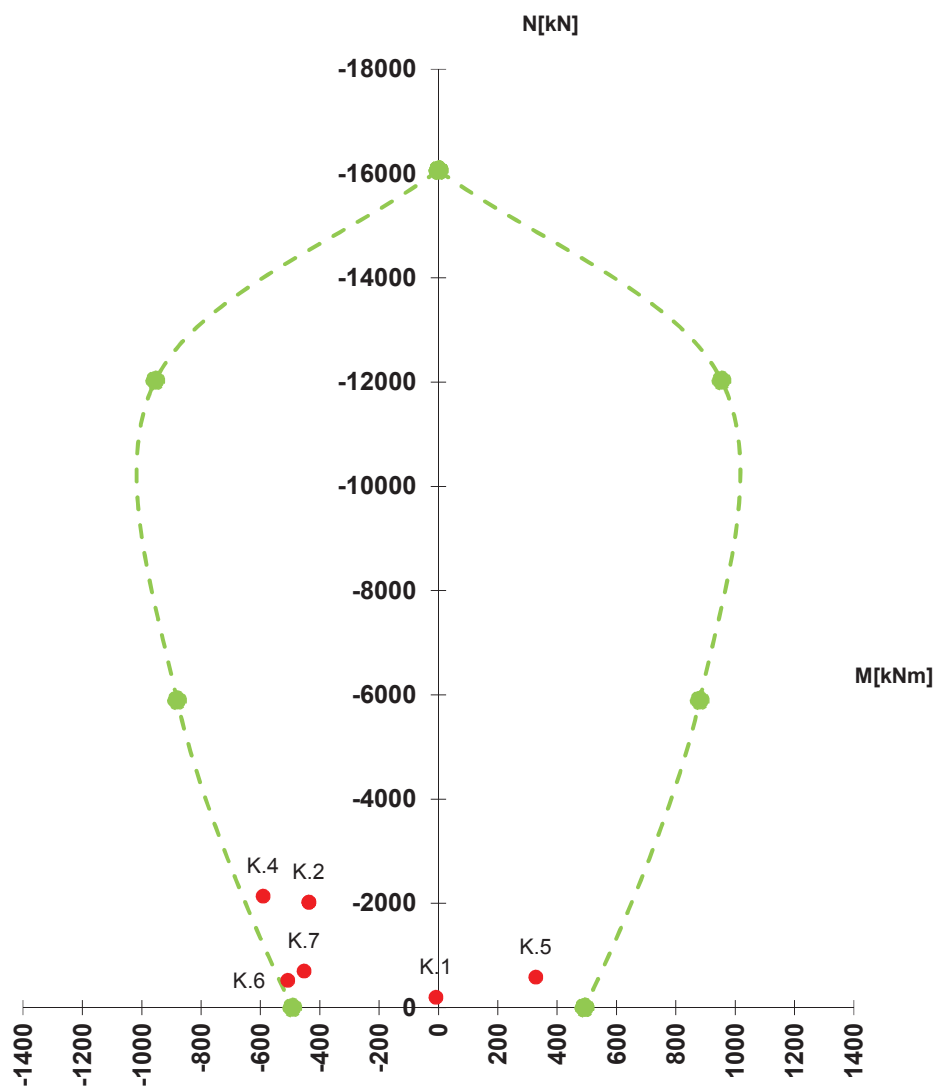
$$x = x_{bal,2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-3,134 \text{ kN}}$$

$$M'_{Rd,Z} = -\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{-519,05 \text{ kNm}}$$

5.7.2.4 Interakční diagram - posouzení v patě klenby

- K.1 $E_{d, g0}$
- K.2 $E_{d, montáž}$
- K.3 $E_{d, t0}$
- K.4 $E_{d, tn}$
- K.5 $E_{d, šach 1}$
- K.6 $E_{d, šach 2}$
- K.7 $E_{d, šach 3}$



průřez vyhovuje na namáhání N + M

5.7.3 Posouzení namáhání N + M - ¼ DÉLKY KLENBY

5.7.3.1 Návrh výztuže - ¼ DÉLKY KLENBY

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 4249,13 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 796,374 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -6150,59 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 582,02 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N_{/2} - \Delta M_{/zs}| \cdot 1/f_{yd} = 0,01224 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -3746,54 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 670,02 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N_{/2} + \Delta M_{/zs}| \cdot 1/f_{yd} = 0,00164 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

10

Ø

16

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

10

Ø

16

mm

$$A_{s2} = 0,00201 \text{ m}^2 \rightarrow 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00201 \text{ m}^2 \rightarrow 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

5.7.3.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

$$d_1 = c + \varnothing_{/2} = 58 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \varnothing_{/2} = 58 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 199,178 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 317 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 317 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 141,997 \text{ mm}$$

$$z_1 = h/2 - d_1 = 129,5 \text{ mm}$$

$$z_2 = h/2 - d_2 = 129,5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

$$F_{s1} = 874,182 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 874,182 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

5.7.3.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - ¼ DÉLKY KLENBY

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = -(bh\eta f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s) = -11748,36 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}Z_2 - A_{s1}Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = -(\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -8874,18 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2}Z_2 = 523,70 \text{ kNm}$$

$$x = d = 317 > x_{bal,2} = 142,00 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = -(\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -8874,18 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1}Z_1 = -523,70 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 317 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 142,00 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -4249,13 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = 441,66 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 199,18 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 142,00 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -4249,13 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = -441,66 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 199,18 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 142,00 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 242,78 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0476 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,761 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 19,789 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -242,78 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0476 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,761 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 19,789 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 874,18 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 113,21 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 874,18 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -113,21 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 1748,36 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ BOD Z

$$x = x_{bal,2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -3,029 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,Z} = \lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = 226,41 \text{ kNm}$$

□ BOD Z'

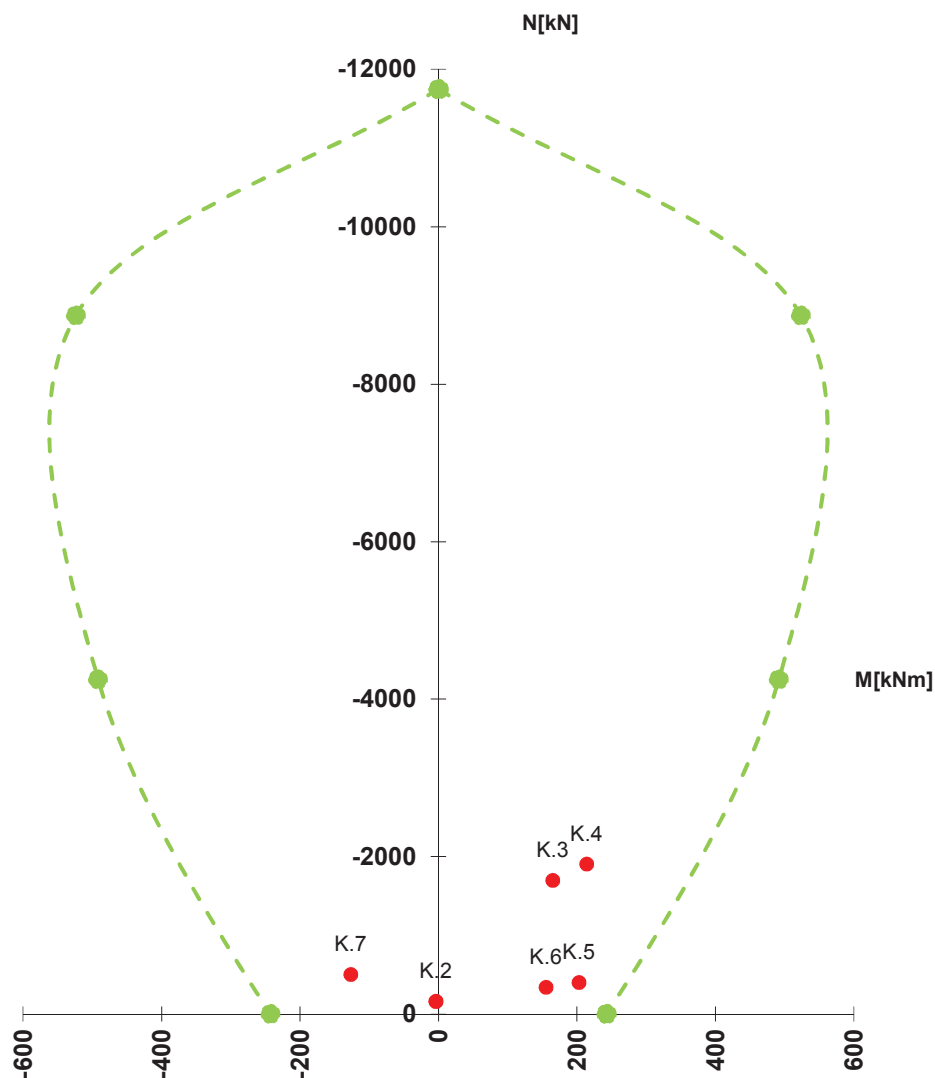
$$x = x_{bal,2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -3,029 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd,Z} = -\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = -226,41 \text{ kNm}$$

5.7.3.4 Interakční diagram - posouzení v 1/4 délky klenby

- K.1 E_d, g_0
- K.2 $E_d, \text{montáž}$
- K.3 E_d, t_0
- K.4 E_d, t_n
- K.5 $E_d, \text{šach 1}$
- K.6 $E_d, \text{šach 2}$
- K.7 $E_d, \text{šach 3}$



průřez vyhovuje na namáhání N + M

5.7.4 Posouzení namáhání N + M - VRCHOL KLENBY

5.7.4.1 Návrh výztuže - VRCHOL KLENBY

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 2573,61 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 321,577 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -4312,84 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 224,53 \text{ kNm}$$

vrchol

$$A_{s1} = |\Delta N_{/2} - \Delta M_{/zs}| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00881 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -4623,39 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 182,55 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N_{/2} + \Delta M_{/zs}| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00218 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

10

Ø

16

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

10

Ø

16

mm

$$A_{s2} = 0,00201 \text{ m}^2 \rightarrow 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00201 \text{ m}^2 \rightarrow 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

5.7.4.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

$$d_1 = c + \varnothing_{/2} = 58 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \varnothing_{/2} = 58 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 120,638 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 192 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 192 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 141,997 \text{ mm}$$

$$z_1 = h/2 - d_1 = 67 \text{ mm}$$

$$z_2 = h/2 - d_2 = 67 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

vrchol

$$F_{s1} = 874,182 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 874,182 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

5.7.4.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - VRCHOL KLENBY

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s) = -8415,03 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}Z_2 - A_{s1}Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -6207,52 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2}Z_2 = 256,00 \text{ kNm}$$

$$x = d = 192 > x_{bal,2} = 142,00 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -6207,52 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = - \lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1}Z_1 = -256,00 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 192 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 142,00 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = - (\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -2573,61 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = 245,06 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 120,64 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 142,00 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = - (\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -2573,61 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = - \lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = -245,06 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 120,64 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 142,00 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 144,71 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0476 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,761 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 10,606 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -144,71 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0476 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,761 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 10,606 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 874,18 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 58,57 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 874,18 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -58,57 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 1748,36 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ BOD Z

$$x = x_{bal,2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -3,029 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,Z} = \lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = 117,14 \text{ kNm}$$

□ BOD Z'

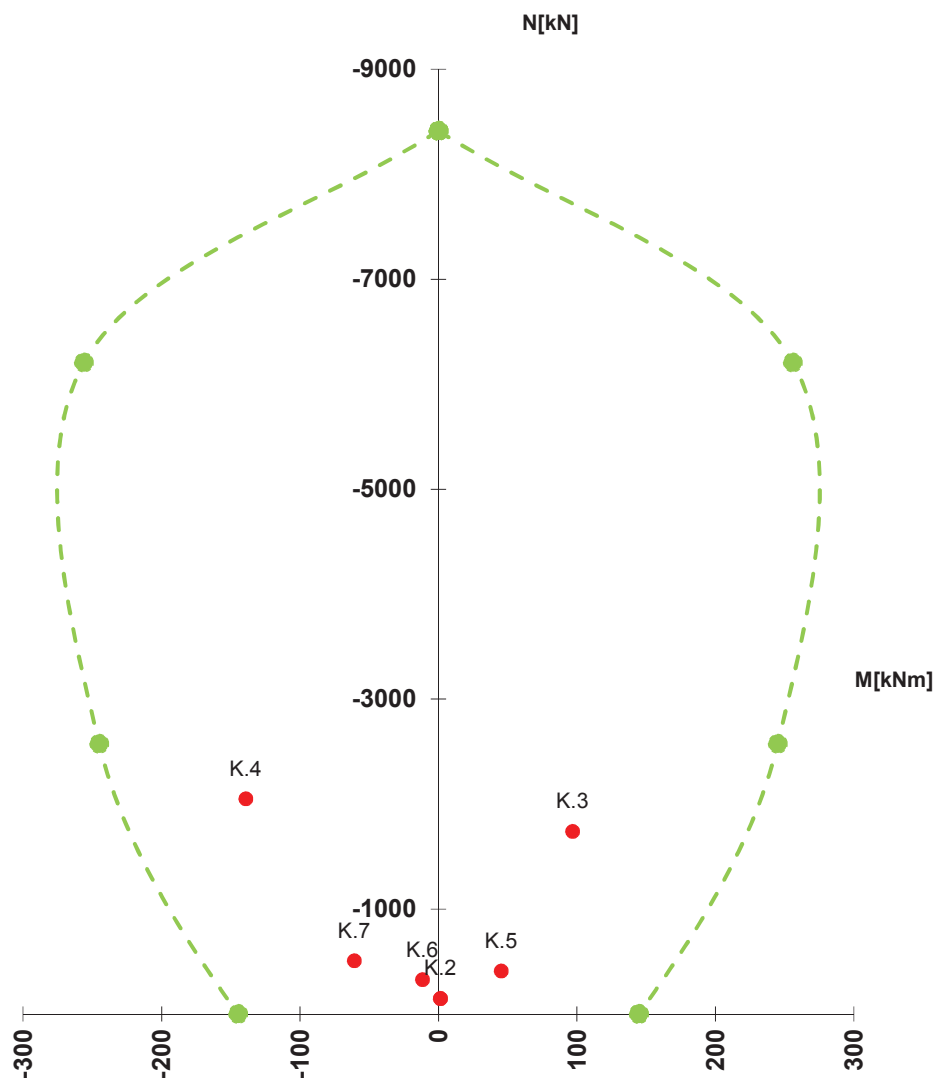
$$x = x_{bal,2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -3,029 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd,Z} = -\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = -117,14 \text{ kNm}$$

5.7.4.4 Interakční diagram - posouzení ve vrcholu klenby

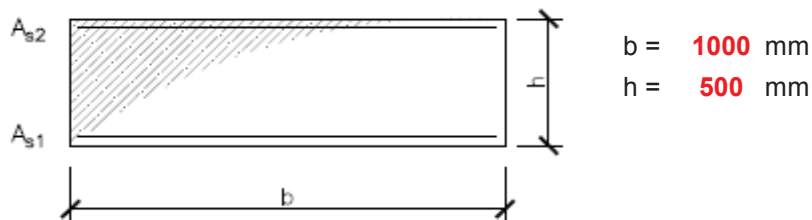
- K.1 E_d, g_0
- K.2 $E_d, \text{montáž}$
- K.3 E_d, t_0
- K.4 E_d, t_n
- K.5 $E_d, \text{šach 1}$
- K.6 $E_d, \text{šach 2}$
- K.7 $E_d, \text{šach 3}$



průřez vyhovuje na namáhání N + M

5.8 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - SMYK

5.8.1 PATA KLENBY



5.8.1.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d = 432 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w \cdot d = 277,36 \text{ kN}$$

$$\text{kde } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \rightarrow 1,6804$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \rightarrow 0,0036 < 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} \rightarrow 4,280 \text{ MPa} < 5,334 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = 2140,09 \text{ kN}$$

$$A_c = 0,500 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = 277,36 \text{ kN} < V_{Ed} = 369,19 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

→ prvek **vyžaduje** návrh smykové výztuže = **smykové ohyby**

$$\text{pozn.: } V_{Ed, sb} = V_{Ed} - V_{Rd,c} = 91,83 \text{ kN}$$

$$\square \min V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 208,31 \text{ kN}$$

$$\text{kde } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,48 \text{ MPa}$$

$$\min V_{Rd,c} = 208,31 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 277,36 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

$$d = 432 \text{ mm}$$

5.8.1.2 Únosnost prvku se smykovou výztuží - ohyby

$$\text{vzdálenost ohybů} \quad s_{\max,b} \leq 0,75d \cdot (1 + \cot\alpha) = 648 \text{ mm}$$

$$\text{navrhují } s_b = 500 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,sb} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot\Phi + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha = 150,13 \text{ kN}$$

$$\text{kde} \quad A_{sw} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{ohyby na prutech } \varnothing 20 \text{ á } 500 \text{ mm}$$

$$z = 0,9d = 389 \text{ mm}$$

$$f_{ywd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\Phi = 45^\circ$$

$$\cot\alpha = 1$$

$$\cot\Phi = 1$$

$$\sin\alpha = 0,707$$

$$V_{Rd,sb} = 150,13 \text{ kN} > V_{Ed,sb} = 91,83 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

5.8.1.3 Únosnost tlačené diagonály

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot\Phi + \cot\alpha)}{1 + \cot^2\Phi} = 6221,58 \text{ kN}$$

$$\text{kde} \quad \alpha_{cw} = 1$$

$$v_1 = 0,6$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\Phi = 45^\circ$$

$$\cot\alpha = 1$$

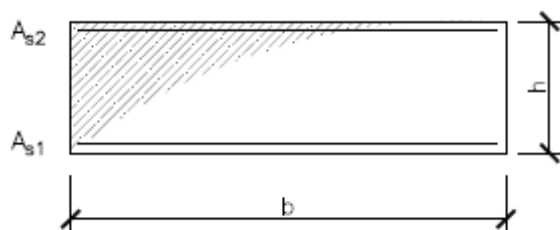
$$\cot\Phi = 1$$

$$z = 0,9d = 389 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,sb} = 150,13 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 6221,58 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

5.8.2 1/4 DÉLKY KLENBY



$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 375 \text{ mm}$$

5.8.2.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d = 309 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w \cdot d = 235,02 \text{ kN}$$

$$\text{kde } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \rightarrow 1,8045$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \rightarrow 0,0033 < 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} \rightarrow 5,071 \text{ MPa} < 5,334 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = 1901,46 \text{ kN}$$

$$A_c = 0,375 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = 235,02 \text{ kN} > V_{Ed} = 103,42 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

→ prvek **nevyžaduje** návrh smykové výztuže

→ **navrhuji použití smykových lišt - hotový výrobek**

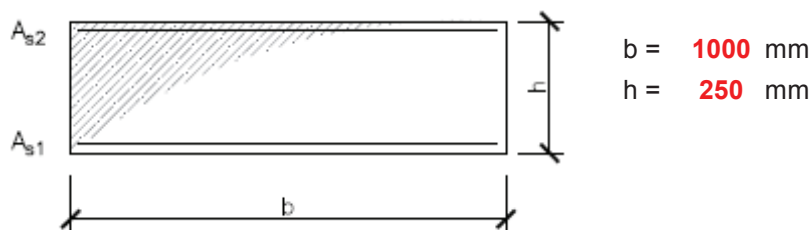
$$\square \min V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 165,81 \text{ kN}$$

$$\text{kde } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,54 \text{ MPa}$$

$$\min V_{Rd,c} = 165,81 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 235,02 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

5.8.3 VRCHOL KLENBY



5.8.3.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d = 184 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w \cdot d = 45,31 \text{ kN}$$

$$\text{kde } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \rightarrow 2,0426$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \rightarrow 0,0055 < 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} \rightarrow 1,642 \text{ MPa} < 5,334 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = 410,46 \text{ kN}$$

$$A_c = 0,250 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = 45,31 \text{ kN} < V_{Ed} = 53,06 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

→ prvek **vyžaduje** návrh smykové výztuže

→ **navrhuji použití smykových lišt - hotový výrobek**

$$\square \min V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 118,90 \text{ kN}$$

$$\text{kde } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,65 \text{ MPa}$$

$$\min V_{Rd,c} = 118,90 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 45,31 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

5.8.3.2 Únosnost prvku se smykovou výztuží

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg \Phi = 72,36 \text{ kN}$$

$$A_{sw} = 2,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

smykové lišty Ø 16 á 200 mm

$$s = 0,2 \text{ m}$$

$$z = 0,9d = 165,6 \text{ mm}$$

$$f_{ywd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\Phi = 45^\circ$$

$$\cotg \Phi = 1$$

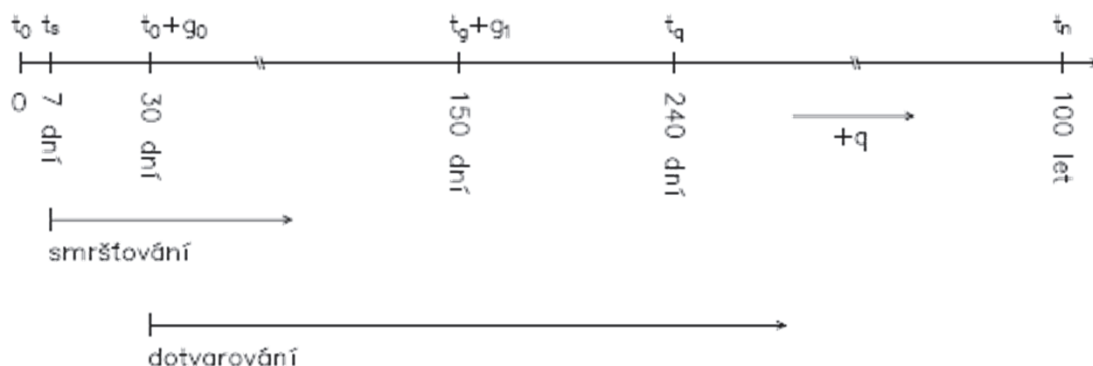
$$V_{Rd,s} = 72,36 \text{ kN} > V_{Ed} = 53,06 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

5.9 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

charakteristická kombinace $M_{Ek} = M_{g0k} + M_{g1k} + M_{qk}$

kvazistálá kombinace $M_{Ek,\psi2} = M_{g0k} + M_{g1k}$



OMEZENÍ NAPĚTÍ

- ☐ tlakové napětí v betonu $|\sigma_c| \leq 0,6 f_{ck}$...charakteristická kombinace
 $|\sigma_c| \leq 0,45 f_{ck}$...kvazistálá kombinace
 → předpoklad lienárního dotvarování
- ☐ tahové napětí v betonu $|\sigma_{ct}| \leq f_{ct,eff}$...charakteristická kombinace
- ☐ tahové napětí ve výztuži $|\sigma_s| \leq 0,8 f_{yk}$...charakteristická kombinace

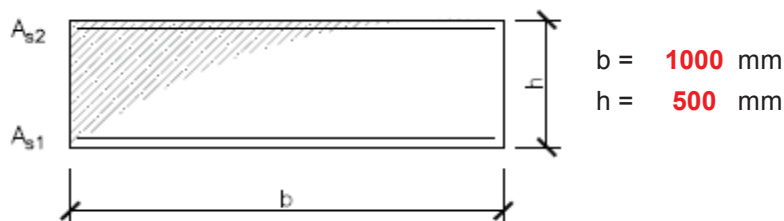
OMEZENÍ TRHLIN

- ☐ kontrola minimálního množství výztuže
- ☐ omezení šířky trhlin $w_k \leq w_{k,max} = 0,3mm$...kvazistálá kombinace

OMEZENÍ PRŮHYBU / PŘETVOŘENÍ

- ☐ výpočet průhybu, resp. přetvoření klenby byl proveden v programu SCIA Engineer za použití průřezových charakteristik odpovídajících předchozím nosníkům
- ☐ pro klenbu není stanovena maximální hodnota průhybu pro porovnání s dosaženými hodnotami

5.9.1 PATA KLENBY



5.9.1.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$1. \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000$$

$$2. \alpha_{e,eff} = E_s / E_{c,eff} = 14,400 \rightarrow \text{kvazistálá kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t, t_1)) = 14,583 \text{ GPa}$$

$$3. \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 12,869 \rightarrow \text{charakteristická kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / (M_{st} + (1 + \varphi(t, t_1)) \cdot M_{lt}) = 16,318 \text{ GPa}$$

$$M_{lt} = M_{Ek, \psi_2} = 467,46 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 63,36 \text{ kNm}$$

$$\varphi(t, t_g) = 1,4$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

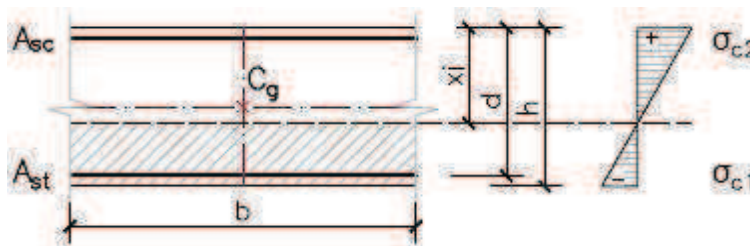
$$\varphi(t, t_\infty) = 1,3$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

5.9.1.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

5.9.1.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_∞

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,540 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,260 \text{ m}$$

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0111 \text{ m}^4$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,25 \text{ m}$$

$$A_c = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,389 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0104 \text{ m}^4$$

5.9.1.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$M_{Ek} = 430,95 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 1533,97 \text{ kNm}$$

$$z_{1i} = 0,240 \text{ m}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek}}{A_i} + \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot z_{1i} = 6,431 \text{ MPa}$$

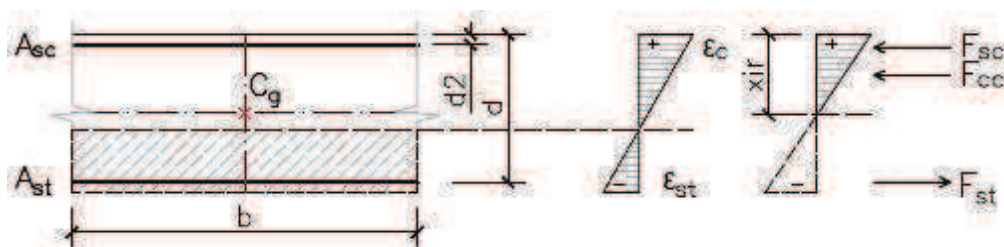
$$f_{ct, eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct, fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 6,431 \text{ MPa} > f_{ct, eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,25 \text{ m}$$

$$A_c = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,432 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,089 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0104 \text{ m}^4$$

$$\alpha_e = 12,869$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,13975 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00447 \text{ m}^4$$

5.9.1.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$M_{Ek} = 430,95 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 1533,97 \text{ kN}$$

$$x_{ir} = 0,140 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 16,319 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 16,319 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.1.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$M_{Ek} = 430,95 \text{ kNm}$$

$$x_{ir} = 0,140 \text{ m}$$

$$I_{ir} = 0,0045 \text{ m}^4$$

$$d = 0,432 \text{ m}$$

$$\alpha_e = 12,869$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 362,802 \text{ MPa}$$

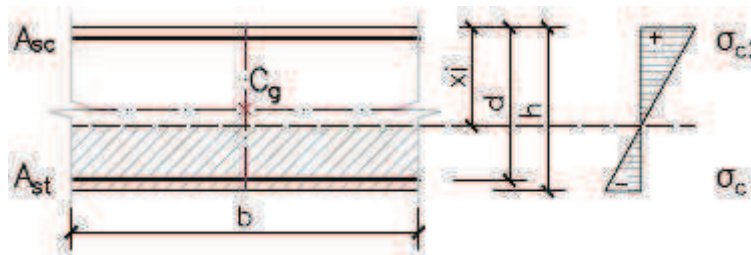
$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 362,802 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.1.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_0

- průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,540 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,260 \text{ m}$$

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0111 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,389 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

5.9.1.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\begin{aligned} N_{Ek,\psi 2} &= 1398,50 \text{ kN} \\ M_{Ek,\psi 2} &= 373,83 \text{ kNm} \\ z_{1i} &= 0,240 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} + \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot z_{1i} = 5,453 \text{ MPa}$$

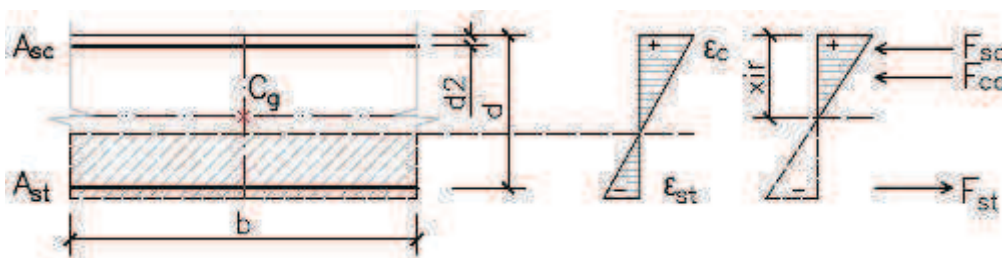
$$f_{ct,eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct,fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 5,453 \text{ MPa} > f_{ct,eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

- průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,432 \text{ m} \\ d2 &= 0,089 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_e = 12,869$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,13975 \text{ mm}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d2)^2] = 0,00447 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned}
 M_{Ek,\psi 2} &= 373,83 \text{ kNm} \\
 N_{Ek,\psi 2} &= 1398,50 \text{ kN} \\
 x_{ir} &= 0,140 \text{ m} \\
 f_{ck} &= 40 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

5.9.1.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} - \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 14,282 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 14,282 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.1.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned}
 M_{Ek,\psi 2} &= 373,83 \text{ kNm} \\
 x_{ir} &= 0,140 \text{ m} \\
 I_{ir} &= 0,0045 \text{ m}^4 \\
 d &= 0,432 \text{ m} \\
 \alpha_e &= 12,869
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 314,715 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 314,715 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.1.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

5.9.1.3.1 Kontrola vyztužení

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 3,5 \text{ MPa} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ b &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 432 \text{ mm} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \geq \frac{0,26 f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,00078624 \text{ m}^2$$

$$\geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0005616 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 0,003142 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,00078624 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

$$< A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

5.9.1.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

k porušení průřezu trhlinou došlo již při kvazistálé kombinaci zatížení

$$\rightarrow \text{zjednodušený předpoklad} \quad \sigma_s = 314,715 \text{ MPa}$$

5.9.1.3.3 Stanovení šířky trhliny

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$\text{kde } S_{r,max} = k_3 c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_{ps,eff} = 0,26594 \text{ m}$$

$$\rho_{s,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,02617$$

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b = 0,12 \text{ m}^2$$

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5 (h-d) = 0,17 \text{ m} \\ (h-x)/3 = 0,12 \text{ m} \\ h/2 = 0,25 \text{ m} \end{cases} \rightarrow 0,12 \text{ m}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{s,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff})}{E_s} \geq \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$0,001 \geq 0,001$$

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,266 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,266 \text{ mm} < w_{k,max} = 0,3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$\begin{aligned} f_{ct,eff} &= 3,50 \text{ MPa} \\ A_{st} &= 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

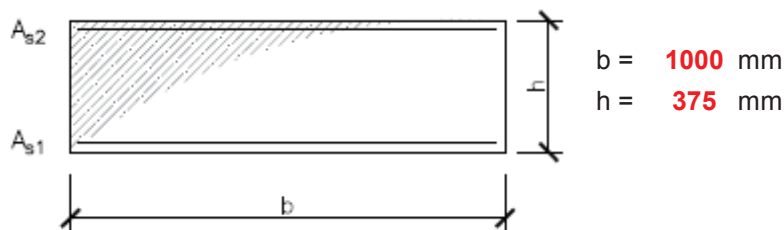
$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ d &= 432 \text{ mm} \\ x_{ir} &= 0,140 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 40 \text{ mm} \\ \emptyset &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_1 &= 0,8 \\ k_2 &= 0,5 \\ k_3 &= 3,4 \\ k_4 &= 0,425 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_t &= 0,4 \\ \alpha_e &= 12,869 \\ E_s &= 210 \text{ GPa} \end{aligned}$$

5.9.2 1/4 DÉLKY KLENBY



5.9.2.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

1. $\alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000$

2. $\alpha_{e,eff} = E_s / E_{c,eff} = 13,800 \rightarrow$ kvazistálá kombinace

kde $E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t, t_1)) = 15,217$ GPa

3. $\alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 12,145 \rightarrow$ charakteristická kombinace

kde $E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / (M_{st} + (1 + \varphi(t, t_1)) \cdot M_{lt}) = 17,290$ GPa

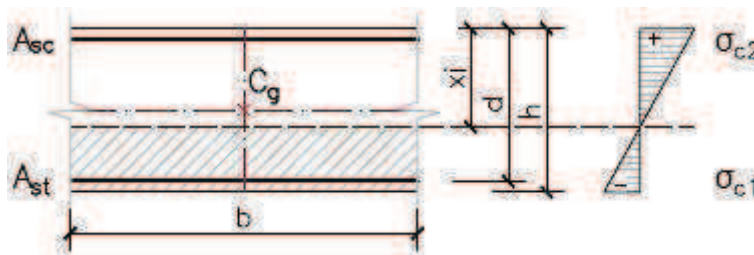
$M_{lt} = M_{Ek, \psi_2} = 153,38$ kNm

$M_{st} = M_{qk} = 26,32$ kNm

5.9.2.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

5.9.2.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_∞

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,399$ m²

$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,195$ m

$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0047$ m⁴

$E_s = 210$ GPa
 $E_{cm} = 35$ GPa

$\varphi(t, t_g) = 1,3$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

$\varphi(t, t_\infty) = 1,2$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

b = **1000** mm

h = **375** mm

$a_g = 0,1875$ m

$A_c = 0,375$ m²

$A_{st} = 20,11 \cdot 10^{-4}$ m²

d = **0,309** m

$I_c = 0,0044$ m⁴

$$M_{Ek} = 190,26 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 1394,51 \text{ kNm}$$

$$z_{1i} = 0,180 \text{ m}$$

5.9.2.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek}}{A_i} + \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot z_{1i} = 3,747 \text{ MPa}$$

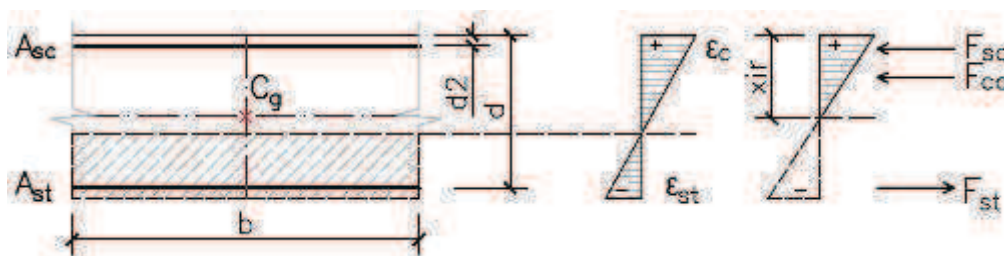
$$f_{ct, eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct, fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 3,747 \text{ MPa} > f_{ct, eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 375 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,1875 \text{ m}$$

$$A_c = 0,375 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,309 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,066 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0044 \text{ m}^4$$

$$\alpha_e = 12,145$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,09504 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00142 \text{ m}^4$$

5.9.2.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 16,182 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 16,182 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.2.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$M_{Ek} = 190,26 \text{ kNm}$$

$$x_{ir} = 0,095 \text{ m}$$

$$I_{ir} = 0,0014 \text{ m}^4$$

$$d = 0,309 \text{ m}$$

$$\alpha_e = 12,145$$

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 346,986 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

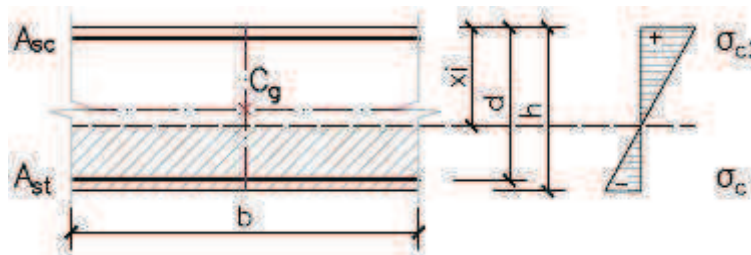
$$\sigma_{st} = 346,986 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

5.9.2.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_0

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 375 \text{ mm} \\ a_g &= 0,1875 \text{ m} \\ A_c &= 0,375 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ d &= 0,309 \text{ m} \\ I_c &= 0,0044 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,399 \text{ m}^2 \\ a_{gi} &= x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,195 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0047 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

5.9.2.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\begin{aligned} N_{Ek,\psi 2} &= 1268,69 \text{ kN} \\ M_{Ek,\psi 2} &= 153,38 \text{ kNm} \\ z_{1i} &= 0,180 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} + \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot z_{1i} = 2,659 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct,fl} = \max (1,6 - h/1000 \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 2,659 \text{ MPa} < f_{ct,eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

→ nevzniknou ohybové trhliny

5.9.2.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\begin{aligned} M_{Ek,\psi 2} &= 153,38 \text{ kNm} \\ N_{Ek} &= 1268,69 \text{ kN} \\ x_i &= 0,195 \text{ m} \\ f_{ck} &= 40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot x_i = 9,493 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 9,493 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.2.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned} M_{Ek,\psi 2} &= 153,38 \text{ kNm} \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ d &= 0,309 \text{ m} \\ z &= 0,278 \text{ m} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = \frac{M_{Ek,\psi 2}}{z \cdot A_{st}} = 274,256 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 274,256 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.2.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

5.9.2.3.1 Kontrola vyztužení

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 3,5 \text{ MPa} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ b &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 309 \text{ mm} \\ A_c &= 0,375 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \geq \frac{0,26 f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,00056238 \text{ m}^2$$

$$\geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0004017 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,015 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 0,002011 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,00056238 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

$$< A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

5.9.2.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

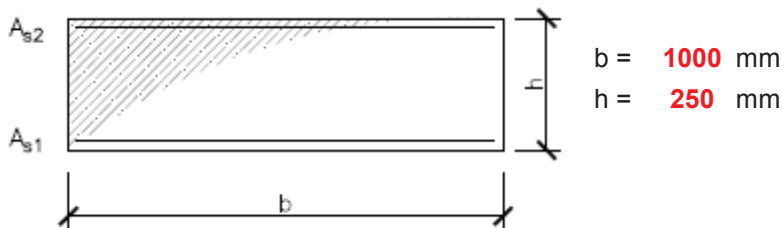
k porušení průřezu trhlinou při kvazistálé kombinaci zatížení nedošlo

$$\rightarrow \text{zjednodušený předpoklad} \quad \sigma_s = 274,256 \text{ MPa}$$

5.9.2.3.3 Stanovení šířky trhliny

Norma ČSN EN 1992-1-1 stanovuje šířku trhliny pro kvazistálou kombinaci zatížení a daný stupeň vlivu prostředí hodnotou $w_{k,max} = 0,3\text{mm}$. Protože při kvazistálé kombinaci zatížení nedošlo k porušení průřezu trhlinou, není šířka trhliny dále kontrolována.

5.9.3 VRCHOL KLENBY



5.9.3.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

$$1. \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000$$

$$2. \alpha_{e,eff} = E_s / E_{c,eff} = 15,600 \rightarrow \text{kvazistálá kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t, t_1)) = 13,462 \text{ GPa}$$

$$3. \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 13,411 \rightarrow \text{charakteristická kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / (M_{st} + (1 + \varphi(t, t_1)) \cdot M_{lt}) = 15,659 \text{ GPa}$$

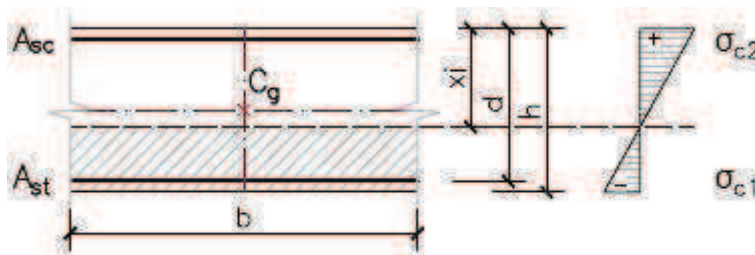
$$M_{lt} = M_{Ek, \psi_2} = 83,16 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 17,83 \text{ kNm}$$

5.9.3.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

5.9.3.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_∞

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,277 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,131 \text{ m}$$

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0014 \text{ m}^4$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,125 \text{ m}$$

$$A_c = 0,25 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,184 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0013 \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 101,00 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 1204,32 \text{ kNm}$$

$$z_{1i} = 0,119 \text{ m}$$

5.9.3.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek}}{A_i} + \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot z_{1i} = 4,337 \text{ MPa}$$

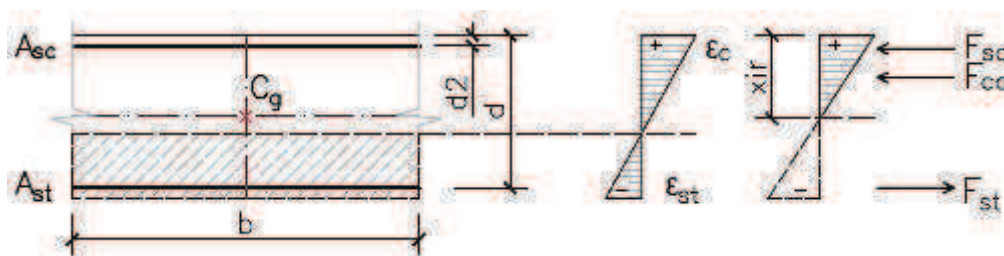
$$f_{ct, eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct, fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 4,337 \text{ MPa} > f_{ct, eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,125 \text{ m}$$

$$A_c = 0,25 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,184 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,066 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0013 \text{ m}^4$$

$$\alpha_e = 13,411$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,07410 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00046 \text{ m}^4$$

5.9.3.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 20,508 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 20,508 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.3.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$M_{Ek} = 101 \text{ kNm}$$

$$x_{ir} = 0,074 \text{ m}$$

$$I_{ir} = 0,0005 \text{ m}^4$$

$$d = 0,184$$

$$\alpha_e = 13,411$$

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 321,421 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

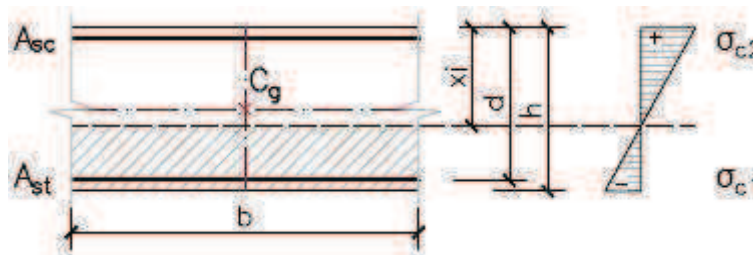
$$\sigma_{st} = 321,421 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

5.9.3.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_0

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 250 \text{ mm} \\ a_g &= 0,125 \text{ m} \\ A_c &= 0,25 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ d &= 0,184 \text{ m} \\ I_c &= 0,0013 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,277 \text{ m}^2 \\ a_{gi} = x_i &= (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,131 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0014 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

5.9.3.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\begin{aligned} N_{Ek,\psi 2} &= 1178,32 \text{ kN} \\ M_{Ek,\psi 2} &= 83,18 \text{ kNm} \\ z_{1i} &= 0,119 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} + \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot z_{1i} = 2,898 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct,fl} = \max (1,6 - h/1000 \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 2,898 \text{ MPa} < f_{ct,eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

→ nevzniknou ohybové trhliny

5.9.3.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\begin{aligned} M_{Ek,\psi 2} &= 83,18 \text{ kNm} \\ N_{Ek} &= 1178,32 \text{ kN} \\ x_i &= 0,131 \text{ m} \\ f_{ck} &= 40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot x_i = 12,096 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 12,096 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.3.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned} M_{Ek,\psi 2} &= 83,18 \text{ kNm} \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ d &= 0,184 \text{ m} \\ z &= 0,166 \text{ m} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = \frac{M_{Ek,\psi 2}}{z \cdot A_{st}} = 249,774 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 249,774 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

5.9.3.3 Omezení šířky trhlin

5.8.3.1 Kontrola vyztužení

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 3,5 \text{ MPa} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ b &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 184 \text{ mm} \\ A_c &= 0,25 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \geq \frac{0,26 f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,00033488 \text{ m}^2$$

$$\geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0002392 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,01 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 0,002011 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,00033488 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

$$< A_{s,max} = 0,01 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

5.8.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

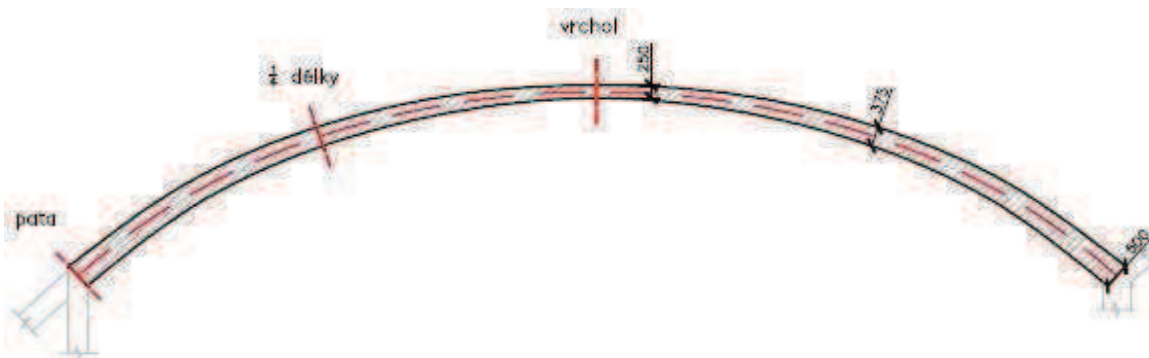
k porušení průřezu trhlinou při kvazistálé kombinaci zatížení nedošlo

$$\rightarrow \text{zjednodušený předpoklad} \quad \sigma_s = 249,774 \text{ MPa}$$

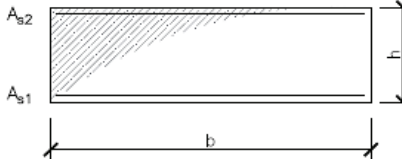
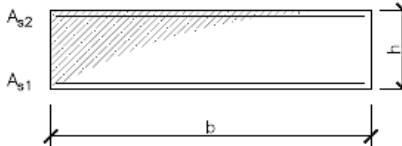
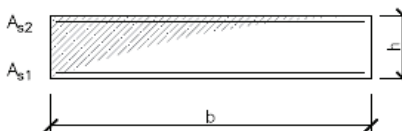
5.8.3.3 Stanovení šířky trhliny

Norma ČSN EN 1992-1-1 stanovuje šířku trhliny pro kvazistálou kombinaci zatížení a daný stupeň vlivu prostředí hodnotou $w_{k,max} = 0,3 \text{ mm}$. Protože při kvazistálé kombinaci zatížení nedošlo k porušení průřezu trhlinou, není šířka trhliny dále kontrolována.

5.10 VÝPOČET PŘETVOŘENÍ DLE ČSN EN 1992 - 1 - 1



5.10.1 Základní průřezové charakteristiky

pata	výška průřezu h = 500 mm	
	šířka průřezu b = 1000 mm	
	plocha průřezu A_c = 0,5 m ²	
1/4 délky	výška průřezu h = 375 mm	
	šířka průřezu b = 1000 mm	
	plocha průřezu A_c = 0,38 m ²	
vrchol	výška průřezu h = 250 mm	
	šířka průřezu b = 1000 mm	
	plocha průřezu A_c = 0,25 m ²	

5.10.2 Materiálové charakteristiky

dle EN 206 - 1

- ☐ **BETON C 40 / 50** XC 2 - mokré, občas suché
 XD 3 - střídavě mokré a suché
 XF 4 - středně nasycené vodou s rozmr. prostředky

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 48 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1,67 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

- ☐ **BETONÁŘSKÁ VÝTUŽ**

 ocel **B 500 B** (10 505 R)

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78 \text{ MPa}$$

5.10.3 Kontrola vyztužení

□ PATA KLENBY

$$A_{s,prov} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,432 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,727 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 7,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 5,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$A_{s,prov} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$>$	$A_{s,min} = 7,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
$A_{s,prov} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$<$	$A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$

□ ¼ DÉLKY KLENBY

$$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,375 \text{ m}$$

$$d = 0,309 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,651 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 5,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 4,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$>$	$A_{s,min} = 5,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$<$	$A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$

□ VRCHOL KLENBY

$$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

$$d = 0,184 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 1,093 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 3,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 2,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,01 \text{ m}^2$$

$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$>$	$A_{s,min} = 3,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$<$	$A_{s,max} = 0,01 \text{ m}^2$

5.10.4 Výpočet průhybu

Pro výpočet průhybu je třeba přihlédnout k účinkům dotvarování a smršťování betonu - na základě předchozího je pro charakteristickou kombinaci zatížení uvažováno stáří betonu v čase $t_g = 150$ dní.

5.10.4.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$\varphi_{(t,tg)} = 1,4$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

$$\varphi_{(t,t^\infty)} = 1,3$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$\varphi_{(t,tg)} = 1,3$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

$$\varphi_{(t,t^\infty)} = 1,2$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$\varphi_{(t,tg)} = 1,6$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

$$\varphi_{(t,t^\infty)} = 1,5$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

pata

$$1. \quad \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000 \rightarrow \text{krátkodobě působící zatížení}$$

$$2. \quad \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 12,869 \rightarrow \text{dlouhodobě působící zatížení}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / M_{st} + (1 + \varphi(t,t_1)) \cdot M_{lt} = 16,318 \text{ GPa}$$

$$M_{lt} = M_{Ek,\psi_2} = 467,46 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 63,36 \text{ kNm}$$

1/4 délky

$$1. \quad \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000 \rightarrow \text{krátkodobě působící zatížení}$$

$$2. \quad \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 12,145 \rightarrow \text{dlouhodobě působící zatížení}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / M_{st} + (1 + \varphi(t,t_1)) \cdot M_{lt} = 17,290 \text{ GPa}$$

$$M_{lt} = M_{Ek,\psi_2} = 153,38 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 26,32 \text{ kNm}$$

vrchol

$$1. \quad \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000 \rightarrow \text{krátkodobě působící zatížení}$$

$$2. \quad \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 13,411 \rightarrow \text{dlouhodobě působící zatížení}$$

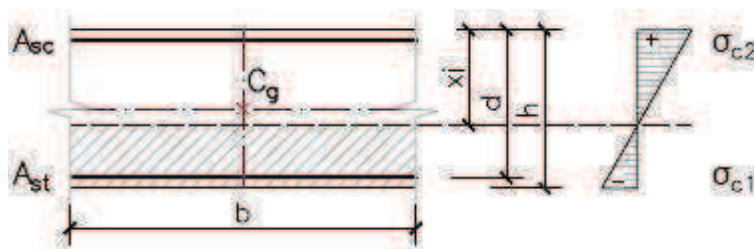
$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / M_{st} + (1 + \varphi(t,t_1)) \cdot M_{lt} = 15,659 \text{ GPa}$$

$$M_{lt} = M_{Ek,\psi_2} = 83,16 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 17,83 \text{ kNm}$$

5.10.4.2 Průřezové charakteristiky pro výpočet v patě klenby

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez

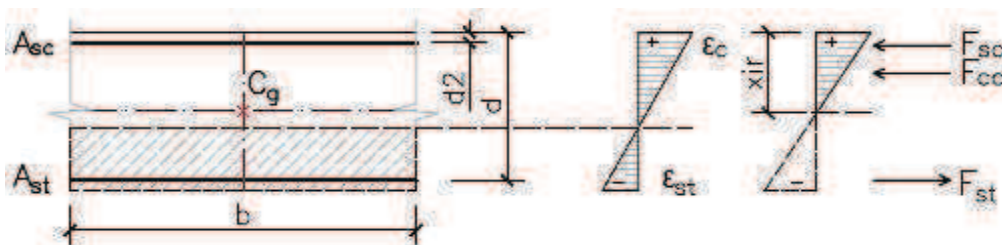


$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,389 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,540 \text{ m}^2 \\ a_{gi} &= x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,260 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0111 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,432 \text{ m} \\ d_2 &= 0,068 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_e = 12,869$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,13587 \text{ mm}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00457 \text{ m}^4$$

Při posouzení MSP omezení napětí bylo zjištěno, že průřez bude porušen trhlinou již při **kvazistálé kombinaci** zatížení - pro další výpočet je uvažováno s průřezovými charakteristikami průřezu porušeného trhlinou.

→ stanovení ohybové poddajnosti

$$\text{krátkodobé zatížení} \quad C_{l,st} = \frac{1}{E_{cm} \cdot I_{ir}} = 0,0063 \text{ MN}^{-1} / \text{m}^2$$

$$\text{dlouhodobé zatížení} \quad C_{ll,lt} = \frac{1}{E_{c,eff} \cdot I_{ir}} = 0,0134 \text{ MN}^{-1} / \text{m}^2$$

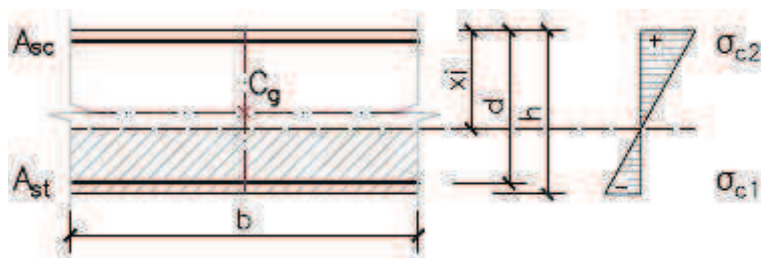
→ stanovení ohybového momentu na mezi vzniku trhlin

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{I_i}{h - a_{gi}} = 162,72 \text{ kNm}$$

5.10.4.3 Průřezové charakteristiky pro výpočet v ¼ délky klenby

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez

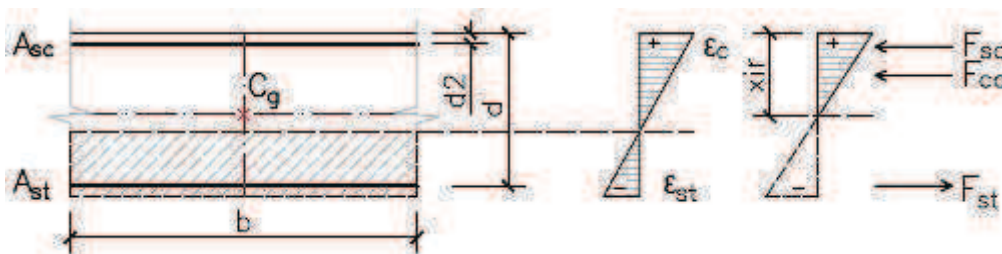


$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 375 \text{ mm} \\ a_g &= 0,1875 \text{ m} \\ A_c &= 0,375 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,309 \text{ m} \\ I_c &= 0,0044 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,399 \text{ m}^2 \\ a_{gi} &= x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,195 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0047 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 375 \text{ mm} \\ a_g &= 0,1875 \text{ m} \\ A_c &= 0,375 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,309 \text{ m} \\ d_2 &= 0,066 \text{ m} \\ I_c &= 0,0044 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_e = 12,145$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,09504 \text{ mm}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00142 \text{ m}^4$$

Při posouzení MSP omezení napětí bylo zjištěno, že průřez bude porušen trhlinou při **charakteristické kombinaci** zatížení - pro další výpočet je uvažováno s průřezovými charakteristikami průřezu porušeného trhlinou.

→ stanovení ohybové poddajnosti

$$\text{krátkodobé zatížení} \quad C_{l,st} = \frac{1}{E_{cm} \cdot I_i} = 0,0201 \text{ MN}^{-1} / \text{m}^2$$

$$\text{dlouhodobé zatížení} \quad C_{ll,lt} = \frac{1}{E_{c,eff} \cdot I_{ir}} = 0,0406 \text{ MN}^{-1} / \text{m}^2$$

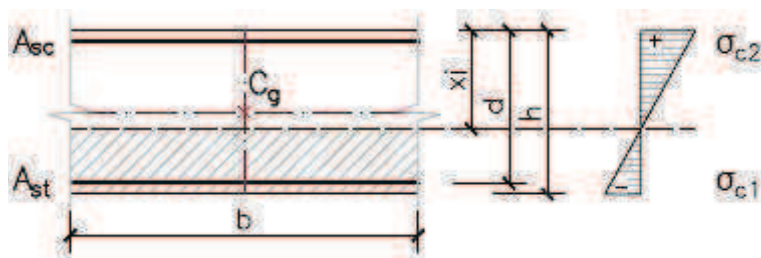
→ stanovení ohybového momentu na mezi vzniku trhlin

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{I_i}{h - a_{gi}} = 92,00 \text{ kNm}$$

5.10.4.4 Průřezové charakteristiky pro výpočet ve vrcholu klenby

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez

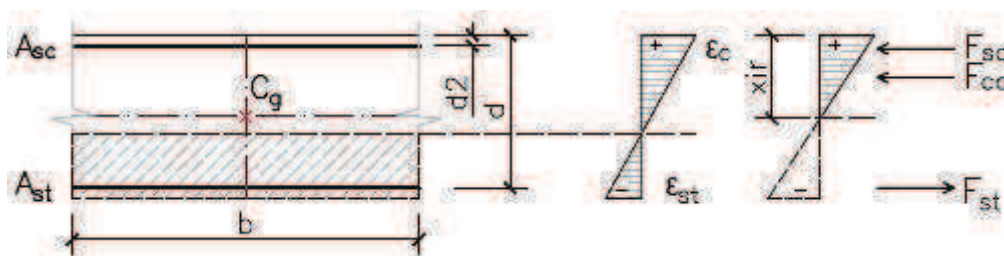


$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 250 \text{ mm} \\ a_g &= 0,125 \text{ m} \\ A_c &= 0,25 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,184 \text{ m} \\ I_c &= 0,0013 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,277 \text{ m}^2 \\ a_{gi} &= x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,131 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0014 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 250 \text{ mm} \\ a_g &= 0,125 \text{ m} \\ A_c &= 0,25 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,184 \text{ m} \\ d_2 &= 0,066 \text{ m} \\ I_c &= 0,0013 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_e = 13,411$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,07410 \text{ mm}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00046 \text{ m}^4$$

Při posouzení MSP omezení napětí bylo zjištěno, že průřez bude porušen trhlinou při **charakteristické kombinaci** zatížení - pro další výpočet je uvažováno s průřezovými charakteristikami průřezu porušeného trhlinou.

→ stanovení ohybové poddajnosti

$$\text{krátkodobé zatížení} \quad C_{l,st} = \frac{1}{E_{cm} \cdot I_i} = 0,0617 \text{ MN}^{-1} / \text{m}^2$$

$$\text{dlouhodobé zatížení} \quad C_{ll,lt} = \frac{1}{E_{c,eff} \cdot I_{ir}} = 0,1379 \text{ MN}^{-1} / \text{m}^2$$

→ stanovení ohybového momentu na mezi vzniku trhlin

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

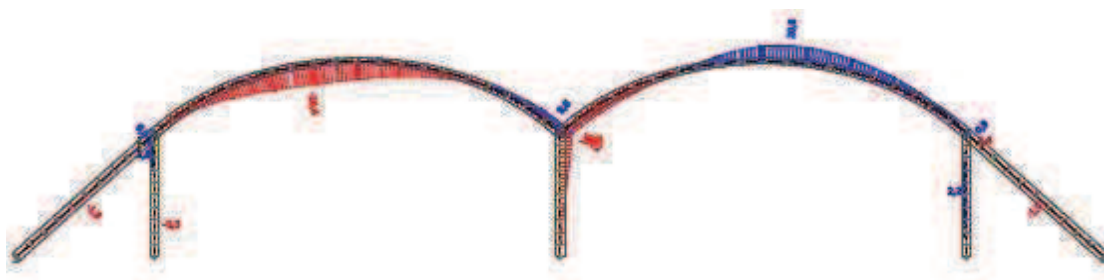
$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{I_i}{h - a_{gi}} = 40,70 \text{ kNm}$$

5.10.4.5 Výsledky

Výše stanovené průřezové charakteristiky a ohybové tuhosti průřezů byly definovány do modelu konstrukce v programu SCIA Engineer 2013.1 a následným výpočtem byly stanoveny deformace konstrukce, resp. kleneb.

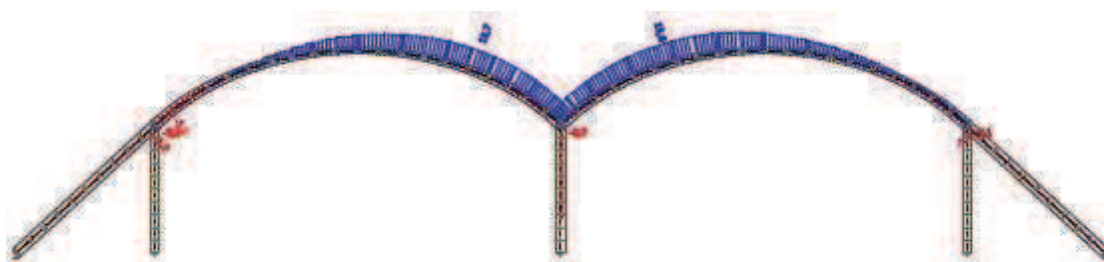
Podrobné výsledky jsou zobrazeny v příloze **B.3.5 Přetvoření konstrukce**

- svislá deformace konstrukce ve směru u_z



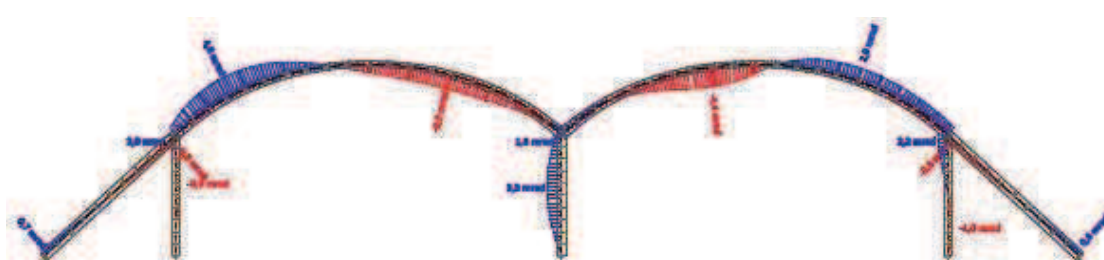
maximální deformace ve směru $u_{z,max} = 26,4 \text{ mm}$

- vodorovná deformace konstrukce ve směru u_x



maximální deformace ve směru $u_{x,max} = 13,8 \text{ mm}$

- pootočení konstrukce f_{iy}



maximální pootočení $f_{iy} = 4,6 \text{ mrad}$

5.11 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VYZTUŽENÍ PRVKU

□ PATA KLENBY

$$A_{s,prov} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,432 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,727 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 7,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 5,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 7,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

□ 1/4 DÉLKY KLENBY

$$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,375 \text{ m}$$

$$d = 0,309 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,651 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 5,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 4,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 5,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

□ VRCHOL KLENBY

$$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

$$d = 0,184 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 1,093 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 3,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 2,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,01 \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 3,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 20,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{s,max} = 0,01 \text{ m}^2$$

5.12 KOTVENÍ VÝZTUŽE V PATĚ KLENBY

□ VSTUPNÍ PARAMETRY

$$f_{ctd} = 1,670 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

mezní napětí v soudržnosti

návrhové napětí ve výztuži

profil prutu výztuže

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,758 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\varnothing = 20 \text{ mm}$$

□ ZÁKLADNÍ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{b, rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 579 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b, rqd} \geq l_{b, min}$$

$$l_{b, min} > \max \left| \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b, rqd} = 174 \text{ mm} \\ 10 \varnothing = 200 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 200 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 405 \text{ mm} > l_{b, min} = 200 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_{bd} = 500 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1$$

$$\alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

□ NÁVRHOVÁ DÉLKA PŘESAHU

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b, rqd} \geq l_{0, min}$$

$$l_{0, min} > \max \left| \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b, rqd} = 260 \text{ mm} \\ 15 \varnothing = 300 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 300 \text{ mm}$$

$$l_0 = 868 \text{ mm} > l_{0, min} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_0 = 900 \text{ mm}$$

5.13 KOTVENÍ VÝZTUŽE V ¼ DÉLKY KLENBY

□ VSTUPNÍ PARAMETRY

$$f_{ctd} = 1,670 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

mezní napětí v soudržnosti

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,758 \text{ MPa}$$

návrhové napětí ve výztuži

$$\sigma_{sd} = 434,78 \text{ MPa}$$

profil prutu výztuže

$$\varnothing = 16 \text{ mm}$$

□ ZÁKLADNÍ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 463 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b,rqd} = 139 \text{ mm} \\ 10 \varnothing = 160 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 200 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 324 \text{ mm} > l_{b,min} = 200 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_{bd} = 400 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1$$

$$\alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

□ NÁVRHOVÁ DÉLKA PŘESAHU

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$l_{0,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 208 \text{ mm} \\ 15 \varnothing = 240 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 240 \text{ mm}$$

$$l_0 = 694 \text{ mm} > l_{0,min} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_0 = 700 \text{ mm}$$

5.14 KOTVENÍ VÝZTUŽE VE VRCHOLU KLENBY

□ VSTUPNÍ PARAMETRY

$$\begin{aligned} f_{ctd} &= 1,670 \text{ MPa} \\ \eta_1 &= 1 \\ \eta_2 &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mezní napětí v soudržnosti} & & f_{bd} &= 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,758 \text{ MPa} \\ \text{návrhové napětí ve výztuži} & & \sigma_{sd} &= 434,78 \text{ MPa} \\ \text{profil prutu výztuže} & & \varnothing &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

□ ZÁKLADNÍ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 463 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b,rqd} = 139 \text{ mm} \\ 10 \varnothing = 160 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 200 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 324 \text{ mm} > l_{b,min} = 200 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_{bd} = 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 \\ \alpha_2 &= 1 \\ \alpha_3 &= 1 \\ \alpha_4 &= 0,7 \\ \alpha_5 &= 1 \end{aligned}$$

□ NÁVRHOVÁ DÉLKA PŘESAHU

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$l_{0,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 208 \text{ mm} \\ 15 \varnothing = 240 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 240 \text{ mm}$$

$$l_0 = 694 \text{ mm} > l_{0,min} = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_0 = 700 \text{ mm}$$

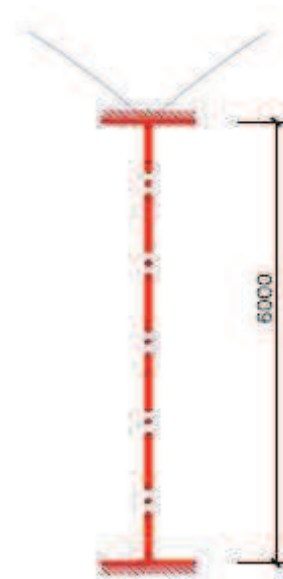
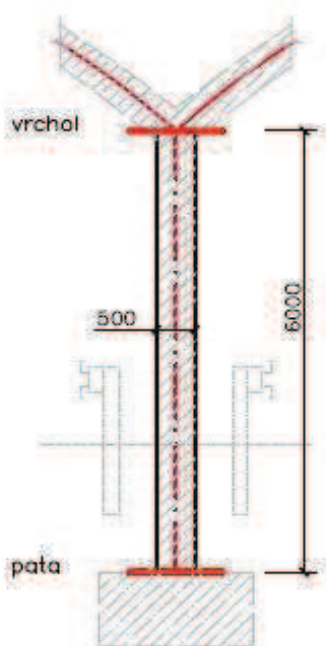
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 \\ \alpha_2 &= 1 \\ \alpha_3 &= 1 \\ \alpha_5 &= 1 \\ \alpha_6 &= 1,5 \end{aligned}$$

6 NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEDOVÉ STĚNY

6.1 Základní údaje

typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	přímka
statické schéma :	oboustranně vetknutý nosník
průřez :	obdélník

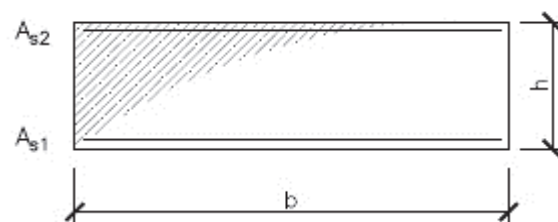
6.2 Geometrie střednice modelu



6.3 Základní průřezové charakteristiky

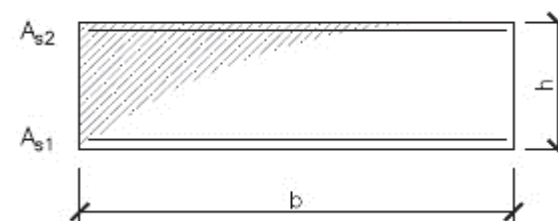
pata

výška průřezu h =	500	mm
šířka průřezu b =	1000	mm
plocha průřezu A_c =	0,5	m ²



vrchol

výška průřezu h =	500	mm
šířka průřezu b =	1000	mm
plocha průřezu A_c =	0,5	m ²



6.4 Zatížení - rekapitulace

Pro výpočet vnitřních sil na prvku konstrukce byly uvažovány následující zatěžovací stavy, popsané mj. v kapitole 2 **Zatížení**.

- ☐ **ZS 1 - Vlastní tíha nosné konstrukce g_{0k}**
- ☐ **ZS 2 - Montážní stavy postupným zásypem zeminou g_{1k} resp. finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_0**
- ☐ **ZS 3 - Finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_∞**
- ☐ **ZS 4a,b,c - Neočekávané zemní práce**
- ☐ **ZS 5 - Proměnné zatížení q_{1k}**

6.5 Vnitřní síly - posuzované návrhové kombinace zatížení

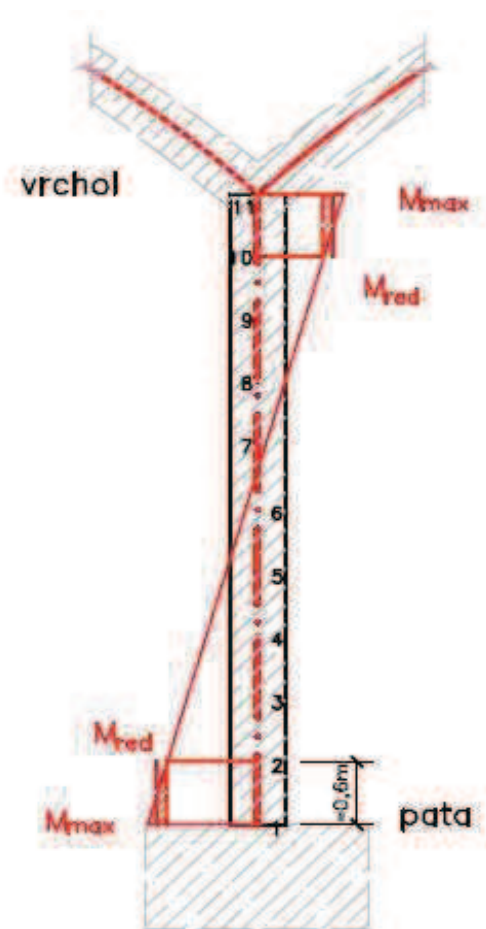
- ☐ **K.1 $E_{d,}$ po betonáži**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d}
- ☐ **K.2 $E_{d,}$ zasypávání konstrukce**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + montážní stavy zásypem zeminou g_{1d}
- ☐ **K.3 $E_{d,}$ čas t_0 (po dokončení konstrukce ekoduktu)**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_0
- ☐ **K.4 $E_{d,}$ čas t_∞ (životnost konstrukce ekoduktu)**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + finální zásyp zeminou g_{1d} v čase t_∞
+ proměnné zatížení q_{1d}
- ☐ **K.5 $E_{d,}$ neočekávané zemní práce - šach 1,2,3**
K.6 = vlastní tíha konstrukce g_{0d} + neočekávané zemní práce v čase t_∞
K.7

6.6 Vnitřní síly - návrhové hodnoty

		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{max}	$M_{bod\ 2}$	M_{red}
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
pata	K.1 $E_{d, g0}$	-358,86	-0,01	0	0	0
	K.2 $E_{d, montáž}$	-2758,08	191,82	-663,78	-548,69	-606,235
	K.3 $E_{d, t0}$	-2758,08	191,82	-663,78	-548,69	-606,235
	K.4 $E_{d, tn}$	-2914,08	294,75	-993,26	-816,41	-904,835
	K.5 $E_{d, šach\ 1}$	-455,95	-0,01	-0,06	-0,06	-0,06
	K.6 $E_{d, šach\ 2}$	-1253,13	-0,05	0,08	0,06	0,07
	K.7 $E_{d, šach\ 3}$	-1301,67	101,89	-393,91	-332,77	-363,34

pozn.:

$$M_{red} = \frac{M_{max} + M_{bod,i}}{2}$$



		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{max}	$M_{bod\ 2}$	M_{red}
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
vrchol	K.1 $E_{d, g0}$	-259,53	-0,01	-0,06	-0,06	-0,06
	K.2 $E_{d, montáž}$	-2658,79	191,82	487,16	372,06	429,61
	K.3 $E_{d, t0}$	-2658,79	191,82	487,16	372,06	429,61
	K.4 $E_{d, tn}$	-2814,75	294,75	775,22	598,37	686,795
	K.5 $E_{d, šach\ 1}$	-356,63	-0,01	-0,11	-0,11	-0,11
	K.6 $E_{d, šach\ 2}$	-1153,8	-0,05	-0,19	-0,16	-0,175
	K.7 $E_{d, šach\ 3}$	-1202,35	101,89	217,42	156,29	186,855

6.7 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - N + M

6.7.1 Materiálové charakteristiky

dle EN 206 - 1

☐	BETON	C 40 / 50	XC 2 - mokré, občas suché XD 3 - střídavě mokré a suché XF 4 - středně nasycené vodou s rozmr. prostředky
---	--------------	------------------	--

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

$$\alpha_{\text{ct}} = 1,0$$

$$Y_c = 1,5$$

$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$

$f_{cm} = 48 \text{ MPa}$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1,67 \text{ MPa}$$

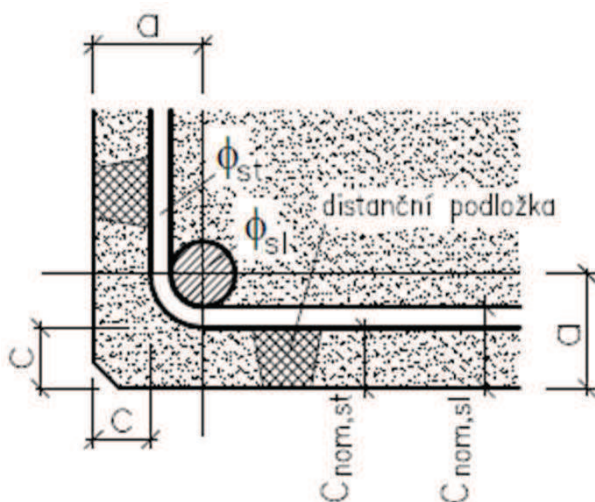
$$\epsilon_{Cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

☐ **BETONOVÁ KRYCÍ VRSTVA**

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} + \varnothing_{st} = 58 \text{ mm}$$

$$kde \quad c_{min} = \max (c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta C_{dur,y} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10mm) = 40 \quad mm$$



$$C_{\min b} = 25 \text{ mm}$$

$$C_{\min \text{ dur}} = 40 \text{ mm}$$

$$\Delta C_{\min,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta C_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta C_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$\phi_{st} = 8 \text{ mm}$$

$$Y_s = 1,15$$

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

ocel **B 500 B** (10 505 R)

$$f_{vk} = 500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78 \text{ MPa}$$

6.7.2 Posouzení namáhání N + M - PATA STŘEDOVÉ STĚNY

6.7.2.1 Návrh výztuže - PATA STŘEDOVÉ STĚNY

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 5757,1 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 1438,65 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -7010,23 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 1438,58 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,01728 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -8671,18 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 533,81 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00655 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

10

Ø

25

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

10

Ø

25

mm

$$A_{s2} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

6.7.2.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

$$d_1 = c + \varnothing / 2 = 70,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \varnothing / 2 = 70,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 269,864 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 429,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 429,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 172,600 \text{ mm}$$

$$z_1 = h / 2 - d_1 = 179,5 \text{ mm}$$

$$z_2 = h / 2 - d_2 = 179,5 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

$$F_{s1} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

6.7.2.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - PATA STĚNY

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = -(b\eta f_{cd} + \sum A_s \sigma_s) = -17601,80 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}Z_2 - A_{s1}Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = -(\lambda b \eta f_{cd} + F_{s2}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2}Z_2 = 1099,62 \text{ kNm}$$

$$x = d = 429,5 > x_{bal,2} = 172,60 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = -(\lambda b \eta f_{cd} + F_{s1}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1}Z_1 = -1099,62 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 429,5 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 172,60 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -5757,10 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = 1117,44 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 269,86 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 172,60 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -5757,10 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = -1117,44 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 269,86 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 172,60 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 697,03 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0690 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,074 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 18,272 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -697,03 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0690 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,074 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 18,272 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 383,10 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -383,10 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 4268,47 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ **BOD Z**

$$x = x_{\text{bal},2}, \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{\text{Rd},Z} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -3,682 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Rd},Z} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = 766,19 \text{ kNm}$$

□ **BOD Z'**

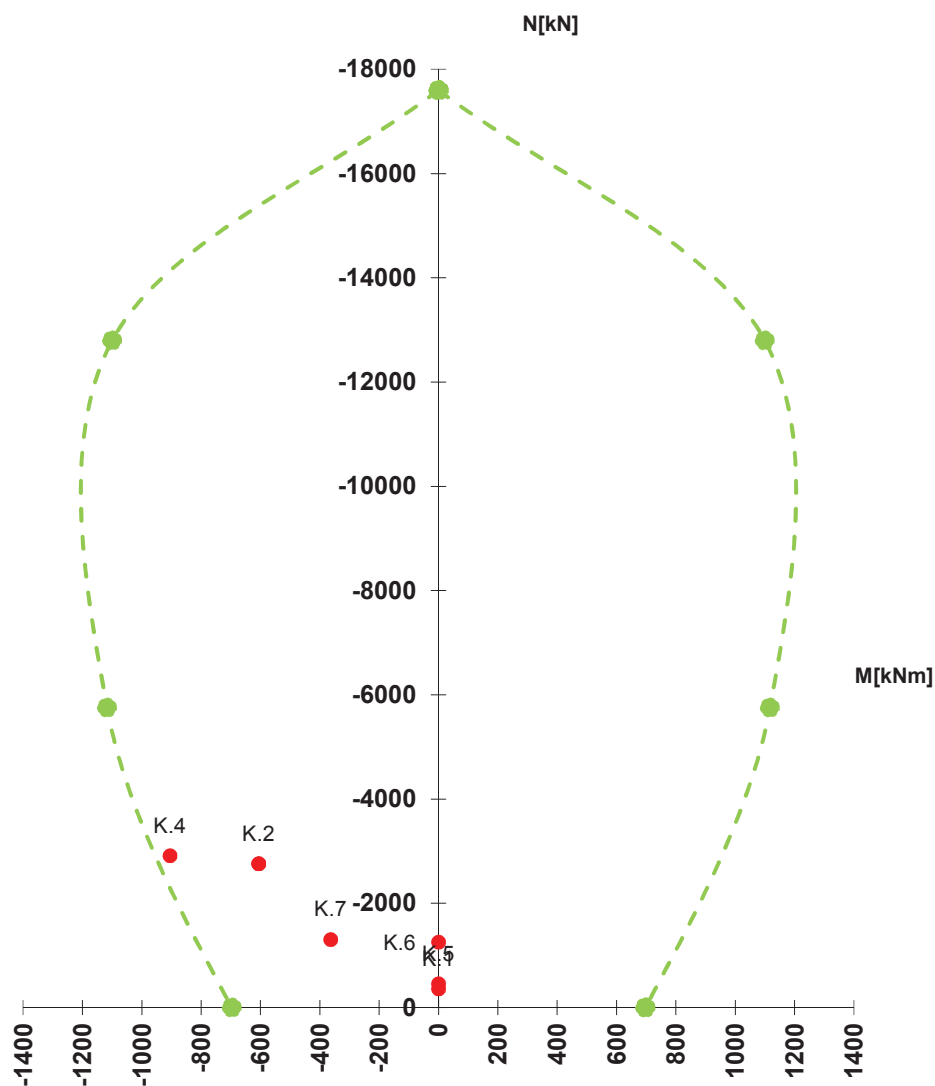
$$x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{\text{Rd},Z} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -3,682 \text{ kN}$$

$$M'_{\text{Rd},Z} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = -766,19 \text{ kNm}$$

6.7.2.4 Interakční diagram - posouzení v patě středové stěny

- K.1 $E_{d, g0}$
- K.2 $E_{d, \text{montáž}}$
- K.3 $E_{d, t0}$
- K.4 $E_{d, tn}$
- K.5 $E_{d, \text{šach 1}}$
- K.6 $E_{d, \text{šach 2}}$
- K.7 $E_{d, \text{šach 3}}$



průřez vyhovuje na namáhání N + M

6.7.3 Posouzení namáhání N + M - VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY

6.7.3.1 Návrh výztuže - VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 5757,1 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 1438,65 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -8571,85 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 751,85 \text{ kNm}$$

vrchol

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,01467 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -6910,90 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 1438,47 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00127 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

10

Ø

25

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

10

Ø

25

mm

$$A_{s2} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

6.7.3.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

$$d_1 = c + \emptyset / 2 = 70,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \emptyset / 2 = 70,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 269,864 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 429,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 429,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 172,600 \text{ mm}$$

$$z_1 = h / 2 - d_1 = 179,5 \text{ mm}$$

$$z_2 = h / 2 - d_2 = 179,5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

vrchol

$$F_{s1} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

6.7.3.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - VRCHOL STĚNY

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s) = -17601,80 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}Z_2 - A_{s1}Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2}Z_2 = 1099,62 \text{ kNm}$$

$$x = d = 429,5 > x_{bal,2} = 172,60 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = - \lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1}Z_1 = -1099,62 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 429,5 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 172,60 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = - (\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -5757,10 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = 1117,44 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 269,86 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 172,60 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = - (\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -5757,10 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = - \lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = -1117,44 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 269,86 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 172,60 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 697,03 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0690 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,074 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 18,272 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -697,03 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0690 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,074 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 18,272 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 383,10 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -383,10 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 4268,47 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ **BOD Z**

$$x = x_{bal,2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -3,682 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,Z} = \lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = 766,19 \text{ kNm}$$

□ **BOD Z'**

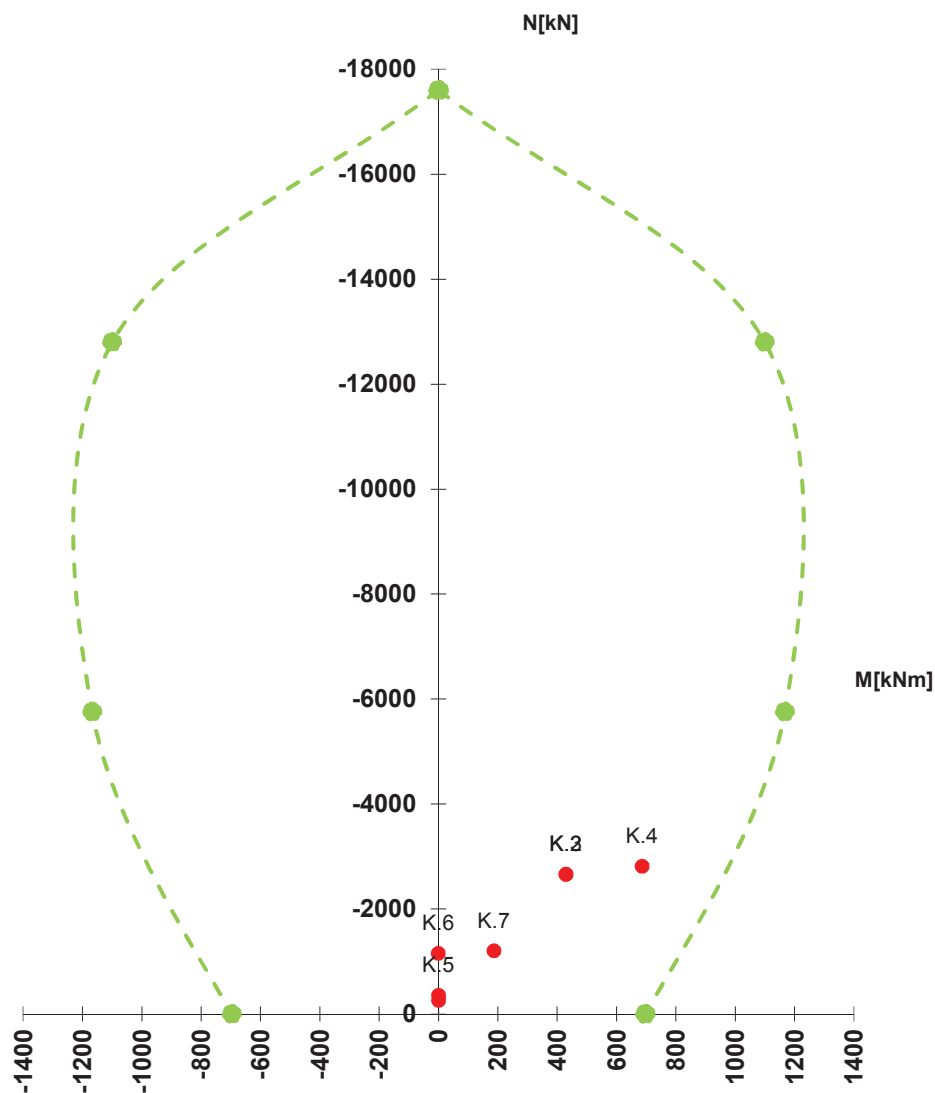
$$x = x_{bal,2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -3,682 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd,Z} = -\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = -766,19 \text{ kNm}$$

6.7.3.4 Interakční diagram - posouzení ve vrcholu středové stěny

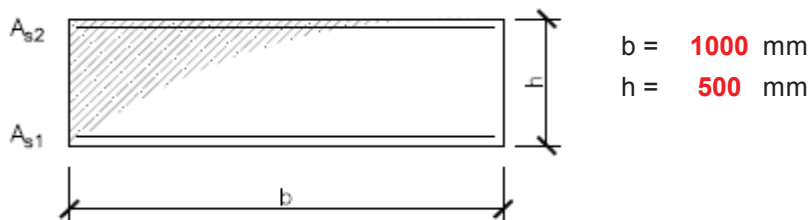
- K.1 E_d, g_0
- K.2 $E_d, \text{montáž}$
- K.3 E_d, t_0
- K.4 E_d, t_n
- K.5 $E_d, \text{šach 1}$
- K.6 $E_d, \text{šach 2}$
- K.7 $E_d, \text{šach 3}$



průřez vyhovuje na namáhání N + M

6.8 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - SMYK

6.8.1 PATA STŘEDOVÉ STĚNY



6.8.1.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d = 430 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w \cdot d = 375,92 \text{ kN}$$

$$\text{kde } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \rightarrow 1,6820$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \rightarrow 0,0057 < 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} \rightarrow 5,828 \text{ MPa} > 5,334 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = 2914,08 \text{ kN}$$

$$A_c = 0,500 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = 375,92 \text{ kN} > V_{Ed} = 294,75 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

→ prvek **nevyžaduje** návrh smykové výztuže

→ navrhuji použití konstrukční smykové výztuže - spony $\varnothing 10 \text{ mm}$ á 250mm

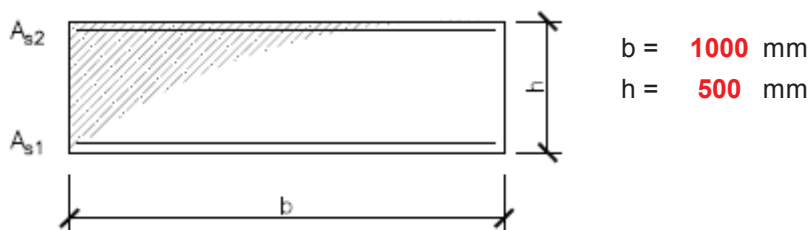
$$\square \min V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 207,64 \text{ kN}$$

$$\text{kde } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,48 \text{ MPa}$$

$$\min V_{Rd,c} = 207,64 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 375,92 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

6.8.2 VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY



6.8.2.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d = 432 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w \cdot d = 364,79 \text{ kN}$$

$$\text{kde } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \rightarrow 1,6804$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \rightarrow 0,0036 < 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} \rightarrow 5,630 \text{ MPa} > 5,334 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = 2814,75 \text{ kN}$$

$$A_c = 0,500 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = 364,79 \text{ kN} > V_{Ed} = 294,75 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

→ prvek **nevyžaduje** návrh smykové výztuže

→ navrhuji použití konstrukční smykové výztuže - spony $\varnothing 10 \text{ mm}$ á 250mm

$$\square \min V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 208,31 \text{ kN}$$

$$\text{kde } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,48 \text{ MPa}$$

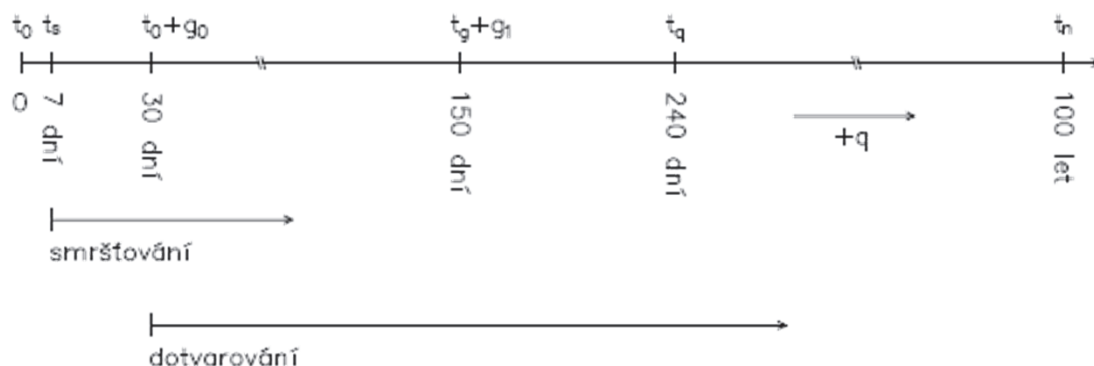
$$\min V_{Rd,c} = 208,31 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 364,79 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

6.9 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

charakteristická kombinace $M_{Ek} = M_{g0k} + M_{g1k} + M_{qk}$

kvazistálá kombinace $M_{Ek,\psi2} = M_{g0k} + M_{g1k}$



OMEZENÍ NAPĚTÍ

- ☐ tlakové napětí v betonu

 $|\sigma_c| \leq 0,6 f_{ck}$...charakteristická kombinace
 $|\sigma_c| \leq 0,45 f_{ck}$...kvazistálá kombinace
 → předpoklad lienárního dotvarování
- ☐ tahové napětí v betonu

 $|\sigma_{ct}| \leq f_{ct,eff}$...charakteristická kombinace
- ☐ tahové napětí ve výztuži

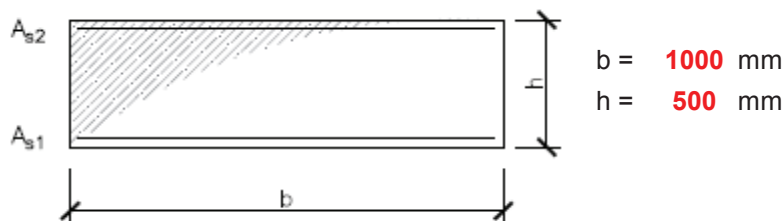
 $|\sigma_s| \leq 0,8 f_{yk}$...charakteristická kombinace

OMEZENÍ TRHLIN

- ☐ kontrola minimálního množství výztuže
- ☐ omezení šířky trhlin

 $w_k \leq w_{k,max} = 0,3mm$...kvazistálá kombinace

6.9.1 PATA STŘEDOVÉ STĚNY



6.9.1.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$1. \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000$$

$$2. \alpha_{e,eff} = E_s / E_{c,eff} = 14,400 \rightarrow \text{kvazistálá kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t, t_1)) = 14,583 \text{ GPa}$$

$$3. \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 11,309 \rightarrow \text{charakteristická kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / (M_{st} + (1 + \varphi(t, t_1)) \cdot M_{lt}) = 18,569 \text{ GPa}$$

$$M_{lt} = M_{Ek, \varphi 2} = 455,32 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 213,60 \text{ kNm}$$

$$\varphi(t, t_g) = 1,4$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

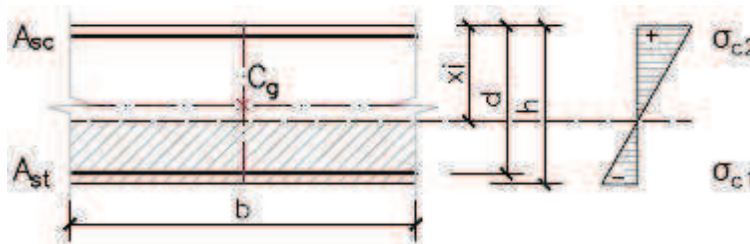
$$\varphi(t, t_\infty) = 1,3$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

6.9.1.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

6.9.1.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_∞

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,25 \text{ m}$$

$$A_c = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,430 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0104 \text{ m}^4$$

$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,556 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,268 \text{ m}$$

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0120 \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 648,75 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 2146,99 \text{ kN}$$

$$z_{1i} = 0,232 \text{ m}$$

6.9.1.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek}}{A_i} + \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot z_{1i} = 8,641 \text{ MPa}$$

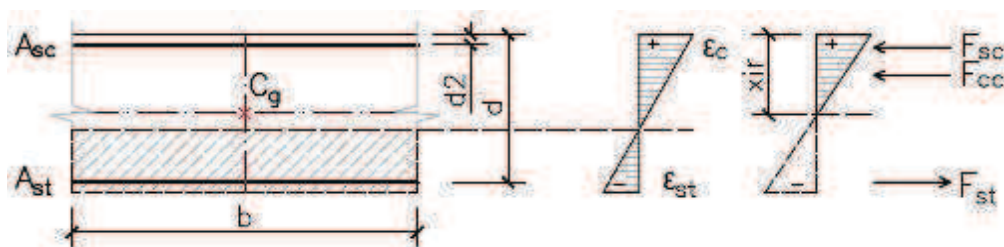
$$f_{ct, eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct, fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 8,641 \text{ MPa} > f_{ct, eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,14965 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00582 \text{ m}^4$$

6.9.1.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 20,535 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 20,535 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

6.9.1.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 353,180 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 353,180 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$M_{Ek} = 648,75 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 2146,99 \text{ kN}$$

$$x_{ir} = 0,150 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$M_{Ek} = 648,76 \text{ kNm}$$

$$x_{ir} = 0,150 \text{ m}$$

$$I_{ir} = 0,0058 \text{ m}^4$$

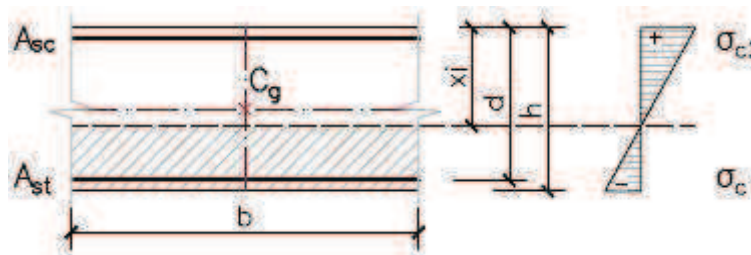
$$d = 0,43 \text{ m}$$

$$\alpha_e = 11,309$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

6.9.1.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_0

- průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,43 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,556 \text{ m}^2 \\ a_{gi} &= x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,268 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0120 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

6.9.1.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\begin{aligned} N_{Ek,\psi 2} &= 2042,67 \text{ kN} \\ M_{Ek,\psi 2} &= 455,32 \text{ kNm} \\ z_{1i} &= 0,232 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} + \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot z_{1i} = 5,100 \text{ MPa}$$

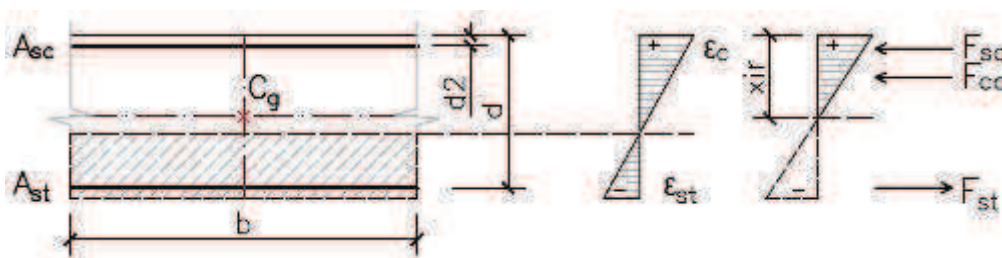
$$f_{ct,eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct,fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 5,100 \text{ MPa} > f_{ct,eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

- průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,43 \text{ m} \\ d_2 &= 0,071 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_e = 14,400$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,15998 \text{ mm}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00708 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned}
 M_{Ek,\psi 2} &= 455,32 \text{ kNm} \\
 N_{Ek,\psi 2} &= 2042,67 \text{ kN} \\
 x_{ir} &= 0,160 \text{ m} \\
 f_{ck} &= 40 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

6.9.1.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} - \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 13,968 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 13,968 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

6.9.1.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned}
 M_{Ek,\psi 2} &= 455,32 \text{ kNm} \\
 x_{ir} &= 0,160 \text{ m} \\
 I_{ir} &= 0,0071 \text{ m}^4 \\
 d &= 0,43 \text{ m} \\
 \alpha_e &= 14,400
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 250,108 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 250,108 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

6.9.1.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

6.9.1.3.1 Kontrola vyztužení

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 3,5 \text{ MPa} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ b &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 430 \text{ mm} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \geq \frac{0,26 f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,0007826 \text{ m}^2$$

$$\geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,000559 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 0,004909 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,0007826 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

$$< A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

6.9.1.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

k porušení průřezu trhlinou došlo již při kvazistálé kombinaci zatížení

→ zjednodušený předpoklad

$$\sigma_s = 250,108 \text{ MPa}$$

6.9.1.3.3 Stanovení šířky trhliny

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$\text{kde } S_{r,max} = k_3 c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_s / \rho_{s,eff} = 0,23412 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} f_{ct,eff} &= 3,50 \text{ MPa} \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ d &= 432 \text{ mm} \\ x_{ir} &= 0,160 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 40 \text{ mm} \\ \emptyset &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_1 &= 0,8 \\ k_2 &= 0,5 \\ k_3 &= 3,4 \\ k_4 &= 0,425 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_t &= 0,4 \\ \alpha_e &= 14,400 \\ E_s &= 210 \text{ GPa} \end{aligned}$$

$$\rho_{s,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,04331$$

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b = 0,11 \text{ m}^2$$

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5(h-d) = 0,17 \text{ m} \\ (h-x)/3 = 0,11 \text{ m} \\ h/2 = 0,25 \text{ m} \end{cases} \rightarrow 0,11 \text{ m}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{s,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff})}{E_s} \geq \frac{\sigma_s}{E_s}$$

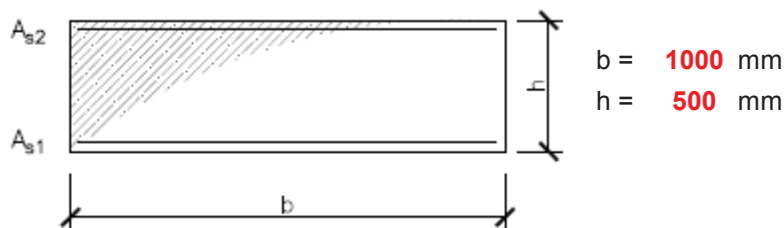
$$0,001 \geq 0,001$$

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,234 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,234 \text{ mm} < w_{k,max} = 0,3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

6.9.2 VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY



6.9.2.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

$$E_s = \mathbf{210} \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = \mathbf{35} \text{ GPa}$$

$$1. \alpha_e = E_s / E_{cm} = \mathbf{6,000}$$

$$2. \alpha_{e,eff} = E_s / E_{c,eff} = \mathbf{14,400} \rightarrow \text{kvazistálá kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t, t_1)) = \mathbf{14,583} \text{ GPa}$$

$$3. \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = \mathbf{10,900} \rightarrow \text{charakteristická kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / (M_{st} + (1 + \varphi(t, t_1)) \cdot M_{lt}) = \mathbf{19,265} \text{ GPa}$$

$$M_{lt} = M_{Ek, \psi_2} = \mathbf{320,46} \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = \mathbf{189,61} \text{ kNm}$$

$$\varphi(t, t_g) = \mathbf{1,4}$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

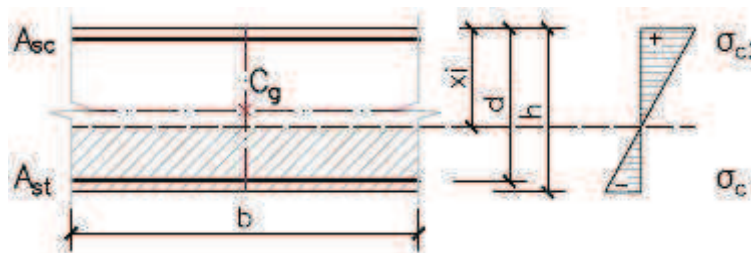
$$\varphi(t, t_\infty) = \mathbf{1,3}$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

6.9.2.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

6.9.2.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_∞

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = \mathbf{0,554} \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = \mathbf{0,268} \text{ m}$$

$$I_i = I_c + A_c (a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = \mathbf{0,0120} \text{ m}^4$$

$$b = \mathbf{1000} \text{ mm}$$

$$h = \mathbf{500} \text{ mm}$$

$$a_g = \mathbf{0,25} \text{ m}$$

$$A_c = \mathbf{0,5} \text{ m}^2$$

$$A_{st} = \mathbf{49,09} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = \mathbf{0,432} \text{ m}$$

$$I_c = \mathbf{0,0104} \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 489,61 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 2080,77 \text{ kN}$$

$$z_{1i} = 0,232 \text{ m}$$

6.9.2.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek}}{A_i} + \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot z_{1i} = 5,709 \text{ MPa}$$

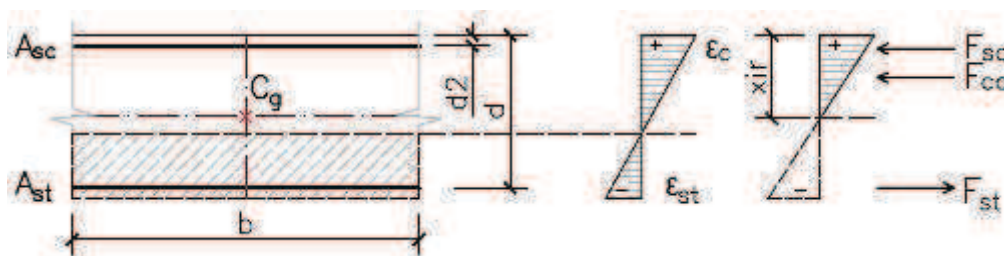
$$f_{ct, eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct, fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 5,709 \text{ MPa} > f_{ct, eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,14786 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00574 \text{ m}^4$$

6.9.2.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 16,374 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 16,374 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

6.9.2.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 264,237 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 264,237 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$M_{Ek} = 489,61 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 2080,77 \text{ kN}$$

$$x_{ir} = 0,148 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$M_{Ek} = 489,61 \text{ kNm}$$

$$x_{ir} = 0,148 \text{ m}$$

$$I_{ir} = 0,0057 \text{ m}^4$$

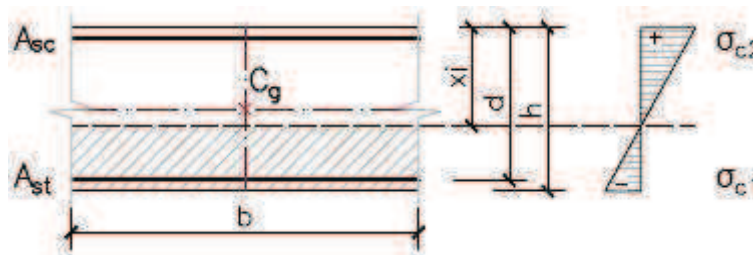
$$d = 0,432 \text{ m}$$

$$\alpha_e = 10,900$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

6.9.2.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_0

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,432 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,554 \text{ m}^2 \\ a_{gi} = x_i &= (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,268 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0120 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

6.9.2.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\begin{aligned} N_{Ek,\psi 2} &= 1969,10 \text{ kN} \\ M_{Ek,\psi 2} &= 320,46 \text{ kNm} \\ z_{1i} &= 0,232 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} + \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot z_{1i} = 2,640 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct,fl} = \max (1,6 - h/1000 \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 2,640 \text{ MPa} < f_{ct,eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

→ nevzniknou ohybové trhliny

6.9.2.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\begin{aligned} M_{Ek,\psi 2} &= 320,56 \text{ kNm} \\ N_{Ek} &= 1969,10 \text{ kN} \\ x_i &= 0,268 \text{ m} \\ f_{ck} &= 40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot x_i = 10,695 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 10,695 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

6.9.2.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned} M_{Ek,\psi 2} &= 320,56 \text{ kNm} \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ d &= 0,432 \text{ m} \\ z &= 0,389 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = \frac{M_{Ek,\psi 2}}{z \cdot A_{st}} = 167,954 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 167,954 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

6.9.2.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

6.9.2.3.1 Kontrola vyztužení

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 3,5 \text{ MPa} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ b &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 432 \text{ mm} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 31,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \geq \frac{0,26 f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,00078624 \text{ m}^2$$

$$\geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0005616 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 0,003142 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,00078624 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

$$< A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

6.9.2.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

k porušení průřezu trhlinou při kvazistálé kombinaci zatížení nedošlo

→ zjednodušený předpoklad

$$\sigma_s = 167,954 \text{ MPa}$$

6.9.2.3.3 Stanovení šířky trhliny

Norma ČSN EN 1992-1-1 stanovuje šířku trhliny pro kvazistálou kombinaci zatížení a daný stupeň vlivu prostředí hodnotou $w_{k,max} = 0,3 \text{ mm}$. Protože při kvazistálé kombinaci zatížení nedošlo k porušení průřezu trhlinou, není šířka trhliny dále kontrolována.

6.10 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VYZTUŽENÍ PRVKU

□ PATA STŘEDOVÉ STĚNY

$$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,43 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 1,142 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 5,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$>$	$A_{s,min} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$<$	$A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$

□ VRCHOL STŘEDOVÉ STĚNY

$$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,43 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 1,142 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 5,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$>$	$A_{s,min} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$<$	$A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$

6.11 KOTVENÍ VÝZTUŽE V PATĚ STŘEDOVÉ STĚNY

□ VSTUPNÍ PARAMETRY

$$f_{ctd} = 1,670 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

mezní napětí v soudržnosti

návrhové napětí ve výztuži

profil prutu výztuže

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,758 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\emptyset = 25 \text{ mm}$$

□ ZÁKLADNÍ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{b, rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 723 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b, rqd} \geq l_{b, min}$$

$$l_{b, min} > \max \left| \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b, rqd} = 217 \text{ mm} \\ 10 \emptyset = 250 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 250 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 506 \text{ mm} > l_{b, min} = 250 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_{bd} = 600 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ DÉLKA PŘESAHU

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b, rqd} \geq l_{0, min}$$

$$l_{0, min} > \max \left| \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b, rqd} = 325 \text{ mm} \\ 15 \emptyset = 375 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 375 \text{ mm}$$

$$l_0 = 1085 \text{ mm} > l_{0, min} = 375 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_0 = 1100 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1$$

$$\alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

6.12 KOTVENÍ VÝZTUŽE VE VRCHOLU STŘEDOVÉ STĚNY

□ VSTUPNÍ PARAMETRY

$$\begin{aligned} f_{ctd} &= 1,670 \text{ MPa} \\ \eta_1 &= 1 \\ \eta_2 &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mezní napětí v soudržnosti} \quad f_{bd} &= 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,758 \text{ MPa} \\ \text{návrhové napětí ve výztuži} \quad \sigma_{sd} &= 434,78 \text{ MPa} \\ \text{profil prutu výztuže} \quad \varnothing &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

□ ZÁKLADNÍ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 723 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b,rqd} = 217 \text{ mm} \\ 10 \varnothing = 250 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 250 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 506 \text{ mm} > l_{b,min} = 250 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_{bd} = 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 \\ \alpha_2 &= 1 \\ \alpha_3 &= 1 \\ \alpha_4 &= 0,7 \\ \alpha_5 &= 1 \end{aligned}$$

□ NÁVRHOVÁ DÉLKA PŘESAHU

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$l_{0,min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 325 \text{ mm} \\ 15 \varnothing = 375 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 375 \text{ mm}$$

$$l_0 = 1085 \text{ mm} > l_{0,min} = 375 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_0 = 1100 \text{ mm}$$

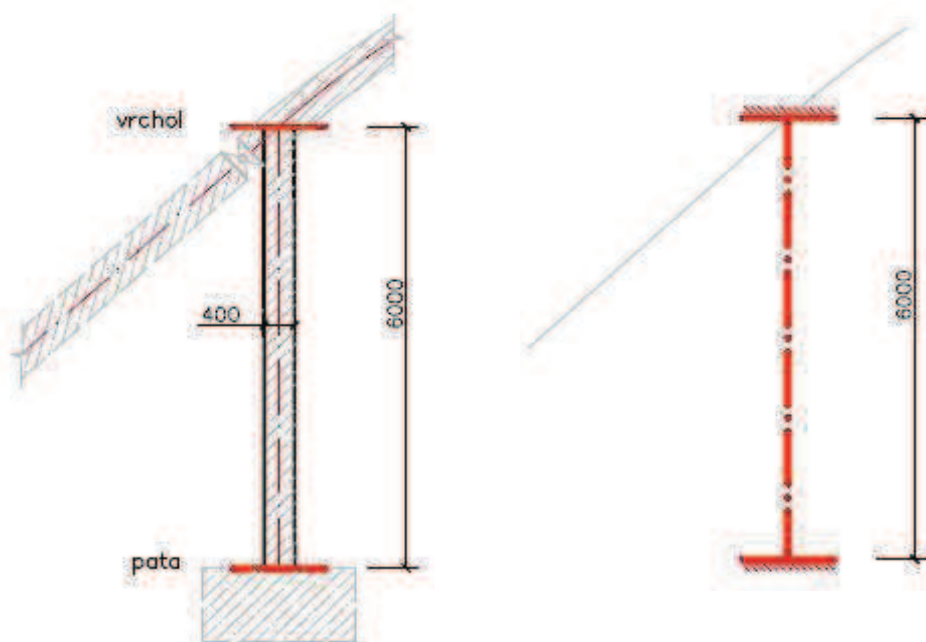
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 \\ \alpha_2 &= 1 \\ \alpha_3 &= 1 \\ \alpha_5 &= 1 \\ \alpha_6 &= 1,5 \end{aligned}$$

7 NÁVRH A POSOUZENÍ BOČNÍ STĚNY

7.1 Základní údaje

typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	přímka
statické schéma :	oboustranně vetknutý nosník
průřez :	obdélník

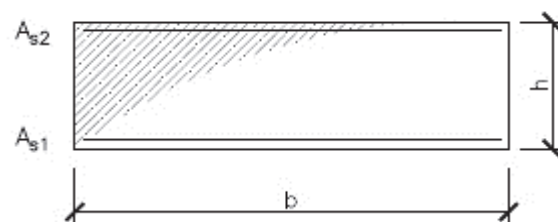
7.2 Geometrie střednice modelu



7.3 Základní průřezové charakteristiky

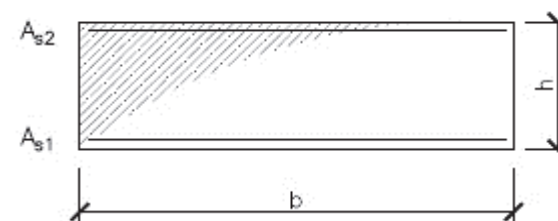
pata

výška průřezu h =	400	mm
šířka průřezu b =	1000	mm
plocha průřezu A_c =	0,4	m ²



vrchol

výška průřezu h =	400	mm
šířka průřezu b =	1000	mm
plocha průřezu A_c =	0,4	m ²



7.4 Zatížení - rekapitulace

Pro výpočet vnitřních sil na prvku konstrukce byly uvažovány následující zatěžovací stavy, popsané mj. v kapitole 2 **Zatížení**.

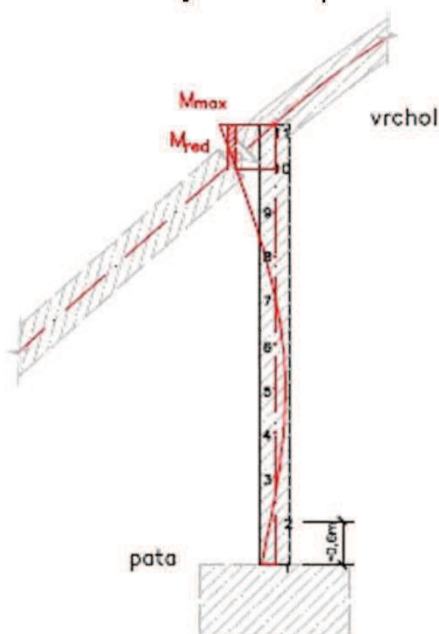
- ☐ **ZS 1 - Vlastní tíha nosné konstrukce g_{0k}**
- ☐ **ZS 2 - Montážní stavy postupným zásypem zeminou g_{1k}
resp. finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_0**
- ☐ **ZS 3 - Finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_∞**
- ☐ **ZS 4a,b,c - Neočekávané zemní práce**
- ☐ **ZS 5 - Proměnné zatížení q_{1k}**

7.5 Vnitřní síly - posuzované návrhové kombinace zatížení

- ☐ **K.1 $E_{d,}$ po betonáži**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d}
- ☐ **K.2 $E_{d,}$ zasypávání konstrukce**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + montážní stavy zásypem zeminou g_{1d}
- ☐ **K.3 $E_{d,}$ čas t_0 (po dokončení konstrukce ekoduktu)**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_0
- ☐ **K.4 $E_{d,}$ čas t_∞ (životnost konstrukce ekoduktu)**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + finální zásyp zeminou g_{1d} v čase t_∞
+ proměnné zatížení q_{1d}
- ☐ **K.5 $E_{d,}$ neočekávané zemní práce - šach 1,2,3**
K.6 = vlastní tíha konstrukce g_{0d} + neočekávané zemní práce v čase t_∞
K.7

7.6 Vnitřní síly - návrhové hodnoty

		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{max}	$M_{bod\ 2}$	M_{red}
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
vrchol	K.1 $E_{d, g0}$	-33,55	-2,25	-6,52	-5,17	-5,845
	K.2 $E_{d, montáž}$	-566,94	-278,24	-529,23	-371,77	-450,5
	K.3 $E_{d, t0}$	-566,94	-278,24	-529,23	-371,77	-450,5
	K.4 $E_{d, tn}$	-827,46	-422,06	-726,56	-489,38	-607,97
	K.5 $E_{d, šach\ 1}$	-520,29	-175,71	-368,01	-267,46	-317,735
	K.6 $E_{d, šach\ 2}$	116,25	-35,56	-150	-128,86	-139,43
	K.7 $E_{d, šach\ 3}$	469,39	-174,9	-362,66	-262,6	-312,63



pozn.:

$$M_{red} = \frac{M_{max} + M_{bod,i}}{2}$$

		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		[kN]	[kN]	[kNm]
cca 1/2 délky	K.1 $E_{d, g0}$	-73,28	-2,25	2,94
	K.2 $E_{d, montáž}$	-167,62	-4,88	-167,98
	K.3 $E_{d, t0}$	-167,62	-4,88	-167,98
	K.4 $E_{d, tn}$	-254,21	-9,76	-253,13
	K.5 $E_{d, šach\ 1}$	-575,92	-3,61	53,73
	K.6 $E_{d, šach\ 2}$	84,47	-35,56	-64,65
	K.7 $E_{d, šach\ 3}$	-525,01	-2,8	55,68

		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		[kN]	[kN]	[kNm]
pata	K.1 $E_{d, g0}$	-113,01	-2,25	6,99
	K.2 $E_{d, montáž}$	-215,3	-247,22	257,35
	K.3 $E_{d, t0}$	-215,3	-247,22	257,35
	K.4 $E_{d, tn}$	-301,89	-390,7	422,98
	K.5 $E_{d, šach\ 1}$	-599,68	-109,74	38,32
	K.6 $E_{d, šach\ 2}$	36,79	-35,56	63,39
	K.7 $E_{d, šach\ 3}$	135,61	-72,52	134,16

7.7 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

7.7.1 Materiálové charakteristiky

dle EN 206 - 1

- **BETON C 40 / 50** XC 2 - mokré, občas suché
XD 3 - střídavě mokré a suché
XF 4 - středně nasycené vodou s rozmr. prostředky

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 48 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1,67 \text{ MPa}$$

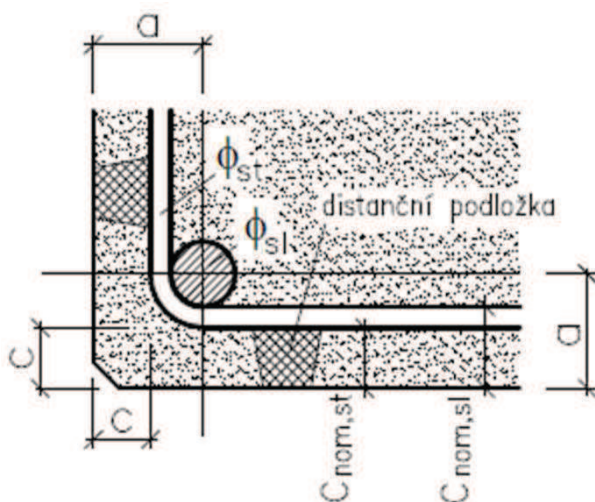
$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

- **BETONOVÁ KRYCÍ VRSTVA**

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} + \phi_{st} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{kde } c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}) = 40 \text{ mm}$$



$$c_{min,b} = 25 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 40 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{min,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$\phi_{st} = 0 \text{ mm}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

- **BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ**

ocel **B 500 B** (10 505 R)

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78 \text{ MPa}$$

7.7.2 Posouzení namáhání N + M - PATA BOČNÍ STĚNY

7.7.2.1 Návrh výztuže - PATA BOČNÍ STĚNY

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 5864,34 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 1465,44 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -6166,23 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 1042,46 \text{ kNm}$$

pata

$$A_{s1} = |\Delta N| / 2 - \Delta M / z_s \cdot 1 / f_{yd} = 0,01348 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -5977,35 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 1458,45 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N| / 2 + \Delta M / z_s \cdot 1 / f_{yd} = 0,00207 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

10

Ø

25

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

10

Ø

25

mm

$$A_{s2} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

7.7.2.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

$$d_1 = c + \varnothing / 2 = 62,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \varnothing / 2 = 62,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 274,891 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 437,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 437,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 153,014 \text{ mm}$$

$$z_1 = h / 2 - d_1 = 187,5 \text{ mm}$$

$$z_2 = h / 2 - d_2 = 187,5 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

pata

$$F_{s1} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

7.7.2.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - PATA BOČNÍ STĚNY

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s) = -17601,80 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}Z_2 - A_{s1}Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2}Z_2 = 1100,17 \text{ kNm}$$

$$x = d = 437,5 > x_{bal,2} = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1}Z_1 = -1100,17 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 437,5 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -5864,34 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = 1159,64 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 274,89 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -5864,34 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = -1159,64 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 274,89 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 697,08 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0623 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 21,080 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -697,08 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0623 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 21,080 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 400,17 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -400,17 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 4268,47 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ BOD Z

$$x = x_{\text{bal},2}, \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{\text{Rd},Z} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \mathbf{-3,264 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rd},Z} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = \quad \mathbf{800,34 \text{ kNm}}$$

□ BOD Z'

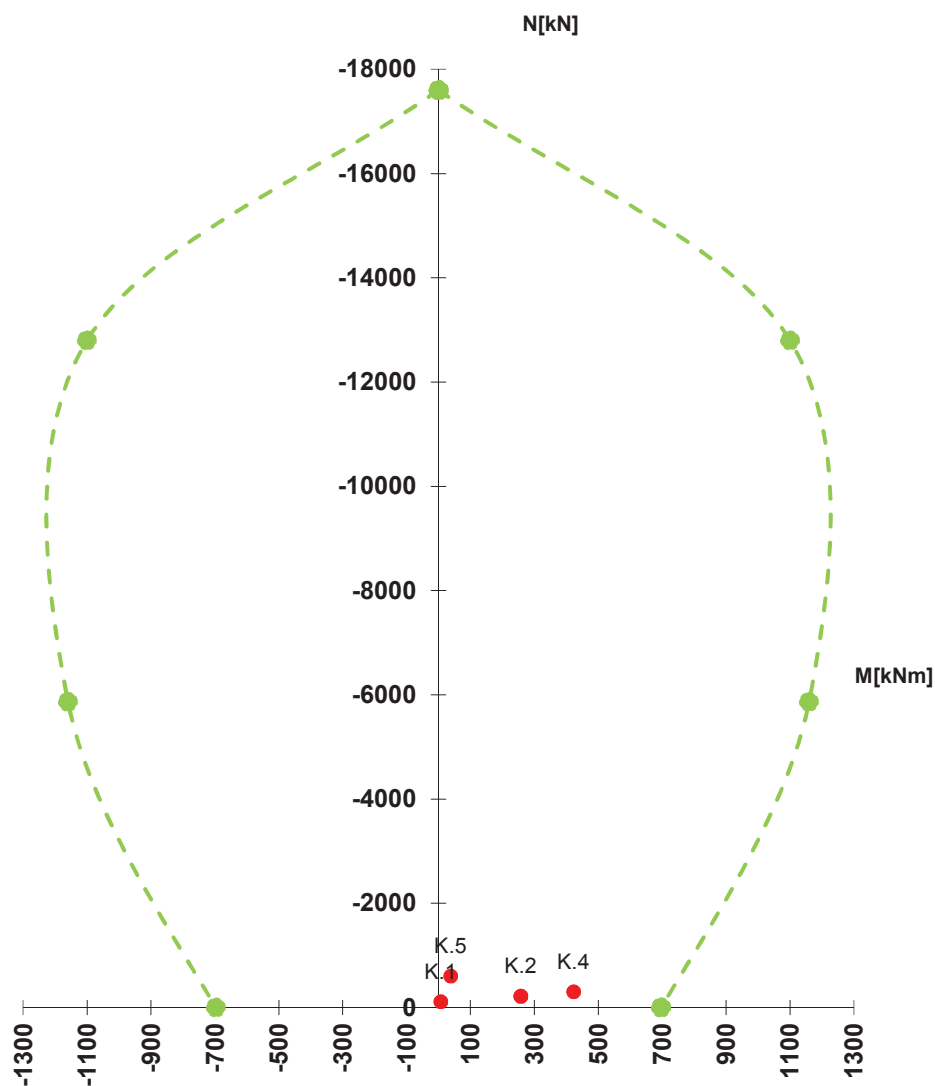
$$x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{\text{Rd},Z} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \mathbf{-3,264 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rd},Z} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = \quad \mathbf{-800,34 \text{ kNm}}$$

7.7.2.4 Interakční diagram - posouzení v patě boční stěny

- K.1 $E_{d, g0}$
- K.2 $E_{d, \text{montáž}}$
- K.3 $E_{d, t0}$
- K.4 E_{d, t_n}
- K.5 $E_{d, \text{šach 1}}$
- K.6 $E_{d, \text{šach 2}}$
- K.7 $E_{d, \text{šach 3}}$



průřez vyhovuje na namáhání N + M

7.7.3 Posouzení namáhání N + M - cca 1/2 DÉLKY

7.7.3.1 Návrh výztuže - cca 1/2 DÉLKY

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 5864,34 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 1465,44 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

cca 1/2 délky

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -6389,35 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 1409,76 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,01599 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -6118,55 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 1212,31 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,0004 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

10

Ø

25

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

10

Ø

25

mm

$$A_{s2} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

7.7.3.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

cca 1/2 délky

$$d_1 = c + \emptyset / 2 = 62,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \emptyset / 2 = 62,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 274,891 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 437,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 437,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 153,014 \text{ mm}$$

$$z_1 = h / 2 - d_1 = 187,5 \text{ mm}$$

$$z_2 = h / 2 - d_2 = 187,5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

$$F_{s1} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

7.7.3.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - cca 1/2 DÉLKY STĚNY

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s) = -17601,80 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}Z_2 - A_{s1}Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2}Z_2 = 1100,17 \text{ kNm}$$

$$x = d = 437,5 > x_{bal,2} = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1}Z_1 = -1100,17 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 437,5 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -5864,34 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = 1159,64 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 274,89 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -5864,34 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = -1159,64 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 274,89 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 697,08 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0623 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 21,080 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -697,08 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0623 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 21,080 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 400,17 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -400,17 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 4268,47 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ BOD Z

$$x = x_{\text{bal},2}, \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{\text{Rd},Z} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-3,264 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rd},Z} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{800,34 \text{ kNm}}$$

□ BOD Z'

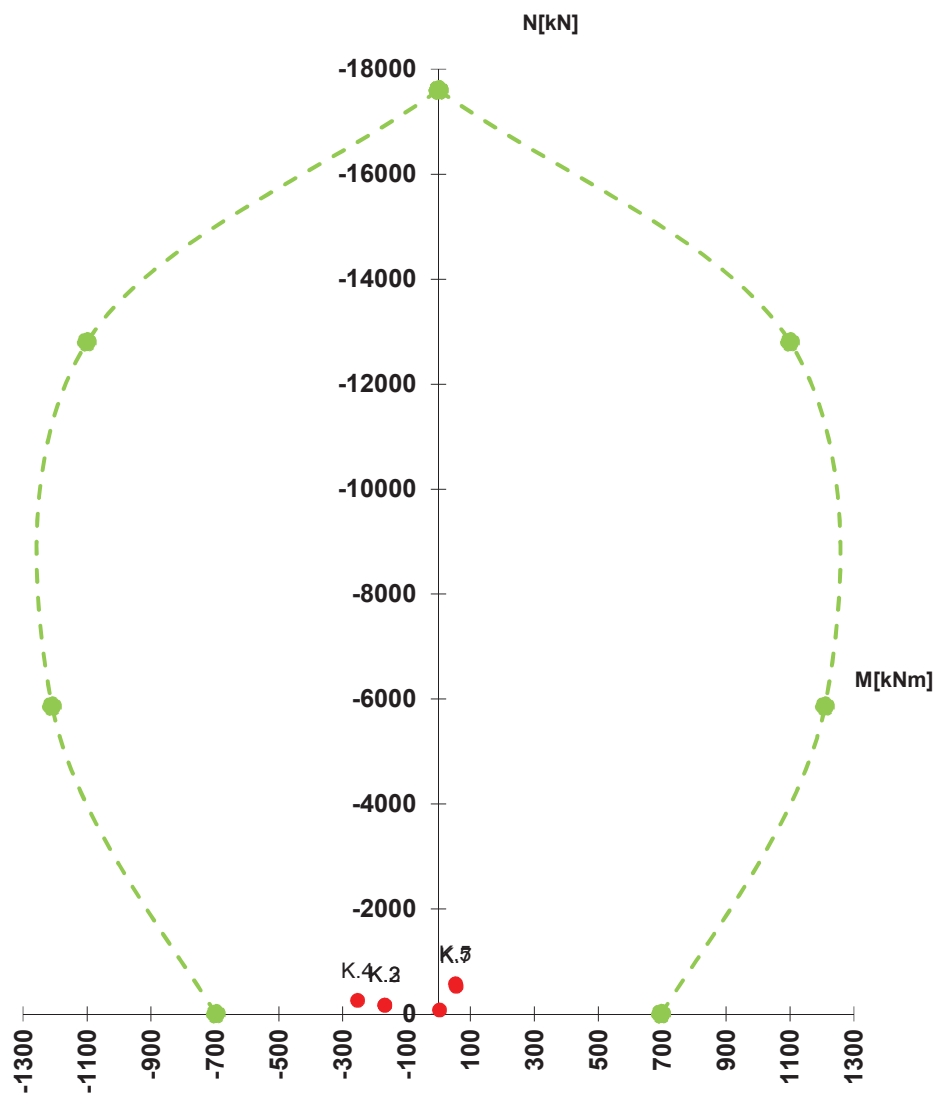
$$x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{\text{Rd},Z} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-3,264 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rd},Z} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{-800,34 \text{ kNm}}$$

7.7.3.4 Interakční diagram - posouzení v cca 1/2 délky boční stěny

- K.1 E_d, g_0
- K.2 $E_d, \text{montáž}$
- K.3 E_d, t_0
- K.4 E_d, t_n
- K.5 $E_d, \text{šach 1}$
- K.6 $E_d, \text{šach 2}$
- K.7 $E_d, \text{šach 3}$



průřez vyhovuje na namáhání N + M

7.7.4 Posouzení namáhání N + M - VRCHOL BOČNÍ STĚNY

7.7.4.1 Návrh výztuže - VRCHOL BOČNÍ STĚNY

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 5864,34 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 1465,44 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -5897,89 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 1471,29 \text{ kNm}$$

vrchol

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,01581 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -6691,80 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 857,47 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00244 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

10

Ø

25

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

10

Ø

25

mm

$$A_{s2} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00491 \text{ m}^2 \rightarrow 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

7.7.4.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

$$d_1 = c + \varnothing / 2 = 62,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \varnothing / 2 = 62,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 274,891 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 437,5 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 437,5 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 153,014 \text{ mm}$$

$$z_1 = h / 2 - d_1 = 187,5 \text{ mm}$$

$$z_2 = h / 2 - d_2 = 187,5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

vrchol

$$F_{s1} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 2134,23 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

7.7.4.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - VRCHOL KLENBY

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s) = -17601,80 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}Z_2 - A_{s1}Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2}Z_2 = 1100,17 \text{ kNm}$$

$$x = d = 437,5 > x_{bal,2} = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -12800,90 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = - \lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1}Z_1 = -1100,17 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 437,5 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = - (\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -5864,34 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = 1159,64 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 274,89 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = - (\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -5864,34 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = - \lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = -1159,64 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 274,89 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 153,01 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 697,08 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0623 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 21,080 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -697,08 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0623 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 21,080 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 400,17 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 2134,23 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -400,17 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 4268,47 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ BOD Z

$$x = x_{bal,2}, \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-3,264 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd,Z} = \lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{800,34 \text{ kNm}}$$

□ BOD Z'

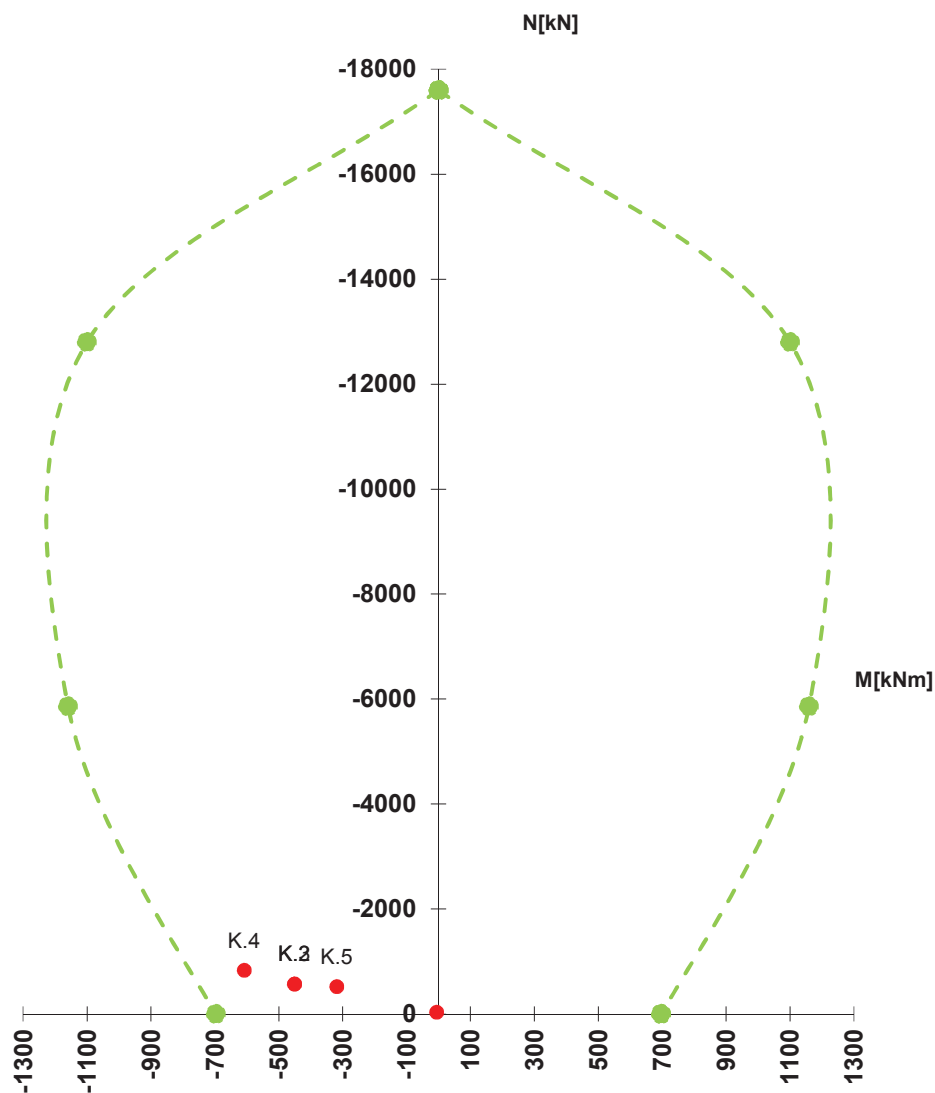
$$x = x_{bal,2} \cdot d_1, \varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-3,264 \text{ kN}}$$

$$M'_{Rd,Z} = -\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{-800,34 \text{ kNm}}$$

7.7.4.4 Interakční diagram - posouzení ve vrcholu boční stěny

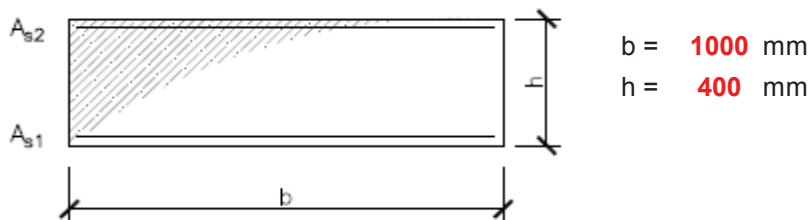
- K.1 $E_{d, g0}$
- K.2 $E_{d, montáž}$
- K.3 $E_{d, t0}$
- K.4 $E_{d, tn}$
- K.5 $E_{d, šach 1}$
- K.6 $E_{d, šach 2}$
- K.7 $E_{d, šach 3}$



V oblasti vrcholu boční stěny bude nutné provést dodatečné vyztužení v návaznosti na vyztuž klenby a vyztuž uložení šikmých vzpěr.

7.8 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - SMYK

7.8.1 PATA BOČNÍ STĚNY



7.8.1.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d = 330 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w \cdot d = 255,59 \text{ kN}$$

$$\text{kde } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \rightarrow 1,7785$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \rightarrow 0,0074 < 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} \rightarrow 0,755 \text{ MPa} < 5,334 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = 301,89 \text{ kN}$$

$$A_c = 0,400 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = 255,59 \text{ kN} < V_{Ed} = 390,70 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

→ prvek **vyžaduje** návrh smykové výztuže

$$\square \min V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 173,26 \text{ kN}$$

$$\text{kde } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,53 \text{ MPa}$$

$$\min V_{Rd,c} = 173,26 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 255,59 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.8.1.2 Únosnost prvku se smykovou výztuží

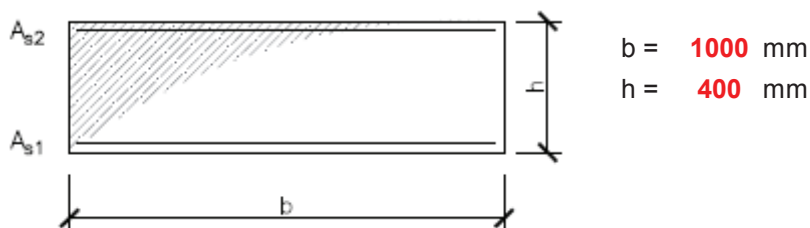
$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg \Phi = 424,95 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} A_{sw} &= 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 && \text{smykové lišty } \varnothing 22 \text{ á } 200 \text{ mm} \\ s &= 0,2 \text{ m} \\ z = 0,9d &= 297 \text{ mm} \\ f_{ywd} &= 434,78 \text{ MPa} \\ \Phi &= 30^\circ \\ \cotg \Phi &= 1,73 \end{aligned}$$

$$V_{Rd,s} = 424,95 \text{ kN} > V_{Ed} = 390,70 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.8.2 VRCHOL BOČNÍ STĚNY



7.8.2.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d = 330 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/4} + k_1 \sigma_{cp}] b_w \cdot d = 320,63 \text{ kN}$$

$$\text{kde } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \rightarrow 1,7785$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \rightarrow 0,0074 < 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} \rightarrow 2,069 \text{ MPa} < 5,334 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = 827,46 \text{ kN}$$

$$A_c = 0,400 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = 320,63 \text{ kN} < V_{Ed} = 422,06 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

→ prvek **vyžaduje** návrh smykové výztuže

$$\square \min V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 173,26 \text{ kN}$$

$$\text{kde } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,53 \text{ MPa}$$

$$\min V_{Rd,c} = 173,26 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 320,63 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.8.2.2 Únosnost prvku se smykovou výztuží

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg \Phi = 424,95 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} A_{sw} &= 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 && \text{smykové lišty } \varnothing 22 \text{ á } 200 \text{ mm} \\ s &= 0,2 \text{ m} \\ z = 0,9d &= 297 \text{ mm} \\ f_{ywd} &= 434,78 \text{ MPa} \\ \Phi &= 30^\circ \\ \cotg \Phi &= 1,73 \end{aligned}$$

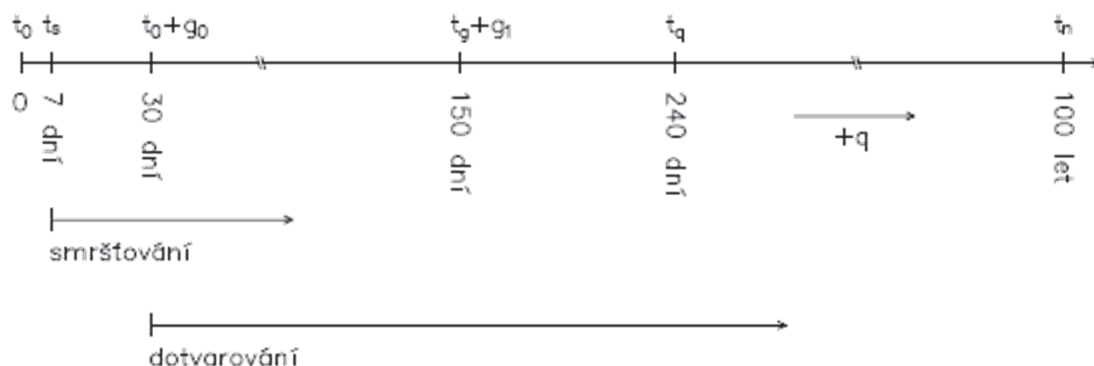
$$V_{Rd,s} = 424,95 \text{ kN} > V_{Ed} = 422,06 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.9 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

charakteristická kombinace $M_{Ek} = M_{g0k} + M_{g1k} + M_{qk}$

kvazistálá kombinace $M_{Ek,\psi2} = M_{g0k} + M_{g1k}$



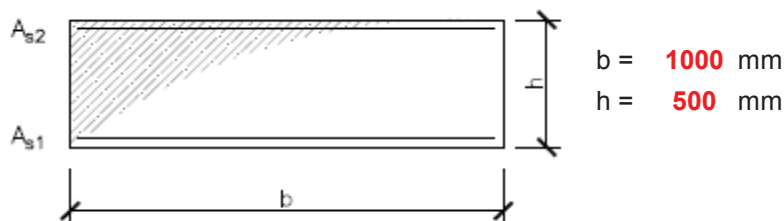
OMEZENÍ NAPĚTÍ

- ☐ tlakové napětí v betonu $|\sigma_c| \leq 0,6 f_{ck}$...charakteristická kombinace
 $|\sigma_c| \leq 0,45 f_{ck}$...kvazistálá kombinace
 → předpoklad lineárního dotvarování
- ☐ tahové napětí v betonu $|\sigma_{ct}| \leq f_{ct,eff}$...charakteristická kombinace
- ☐ tahové napětí ve výztuži $|\sigma_s| \leq 0,8 f_{yk}$...charakteristická kombinace

OMEZENÍ TRHLIN

- ☐ kontrola minimálního množství výztuže
- ☐ omezení šířky trhlin $w_k \leq w_{k,max} = 0,3mm$...kvazistálá kombinace

7.9.1 PATA BOČNÍ STĚNY



7.9.1.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$1. \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000$$

$$2. \alpha_{e,eff} = E_s / E_{c,eff} = 13,800 \rightarrow \text{kvazistálá kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t, t_1)) = 15,217 \text{ GPa}$$

$$3. \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 12,613 \rightarrow \text{charakteristická kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / (M_{st} + (1 + \varphi(t, t_1)) \cdot M_{lt}) = 16,649 \text{ GPa}$$

$$M_{lt} = M_{Ek, \psi_2} = 285,21 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 25,30 \text{ kNm}$$

$$\varphi(t, t_g) = 1,3$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

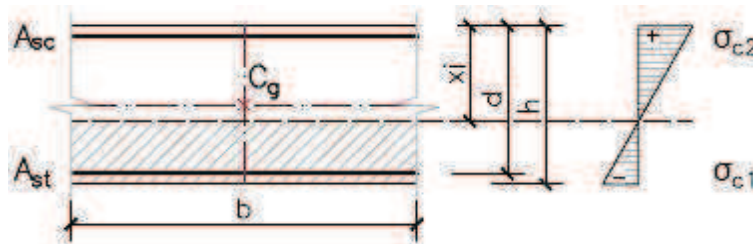
$$\varphi(t, t_\infty) = 1,2$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

7.9.1.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

7.9.1.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_∞

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,562 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,259 \text{ m}$$

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0108 \text{ m}^4$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,25 \text{ m}$$

$$A_c = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,330 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0104 \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 310,51 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 227,38 \text{ kNm}$$

$$z_{1i} = 0,241 \text{ m}$$

7.9.1.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek}}{A_i} + \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot z_{1i} = 6,549 \text{ MPa}$$

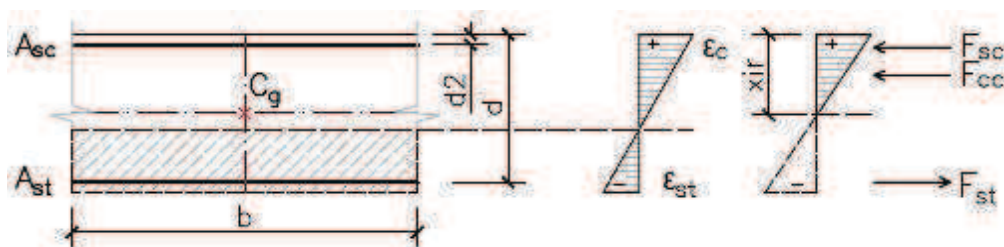
$$f_{ct, eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct, fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 6,549 \text{ MPa} > f_{ct, eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,13110 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00342 \text{ m}^4$$

7.9.1.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 12,293 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 12,293 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.9.1.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 227,489 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 227,489 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$M_{Ek} = 310,51 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 227,38 \text{ kN}$$

$$x_{ir} = 0,131 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$M_{Ek} = 310,51 \text{ kNm}$$

$$x_{ir} = 0,131 \text{ m}$$

$$I_{ir} = 0,0034 \text{ m}^4$$

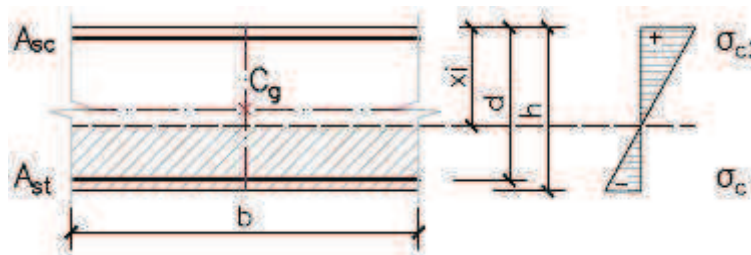
$$d = 0,330 \text{ m}$$

$$\alpha_e = 12,613$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

7.9.1.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_0

- průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,330 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,562 \text{ m}^2 \\ a_{gi} &= x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,259 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0108 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

7.9.1.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\begin{aligned} N_{Ek,\psi 2} &= 261,21 \text{ kN} \\ M_{Ek,\psi 2} &= 285,21 \text{ kNm} \\ z_{1i} &= 0,241 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} + \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot z_{1i} = 5,923 \text{ MPa}$$

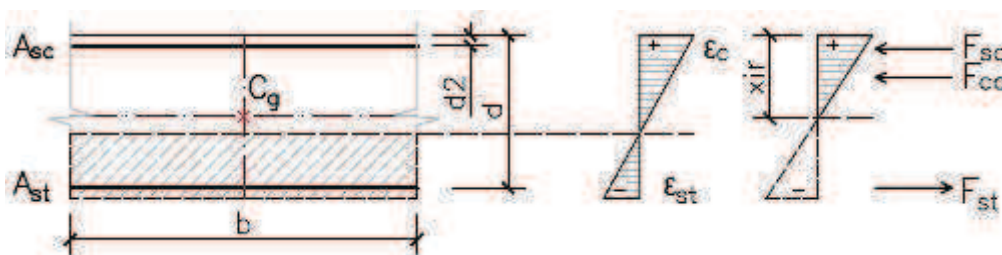
$$f_{ct,eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct,fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 5,923 \text{ MPa} > f_{ct,eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

- průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,330 \text{ m} \\ d_2 &= 0,071 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_e = 13,800$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,13412 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00367 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned}
 M_{Ek,\psi 2} &= 285,21 \text{ kNm} \\
 N_{Ek,\psi 2} &= 261,21 \text{ kN} \\
 x_{ir} &= 0,134 \text{ m} \\
 f_{ck} &= 40 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

7.9.1.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} - \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 10,878 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 10,878 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.9.1.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned}
 M_{Ek,\psi 2} &= 285,21 \text{ kNm} \\
 x_{ir} &= 0,134 \text{ m} \\
 I_{ir} &= 0,0037 \text{ m}^4 \\
 d &= 0,33 \text{ m} \\
 \alpha_e &= 13,800
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 209,881 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 209,881 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.9.1.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

7.9.1.3.1 Kontrola vyztužení

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 3,5 \text{ MPa} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ b &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 330 \text{ mm} \\ A_c &= 0,4 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \geq \frac{0,26 f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,0006006 \text{ m}^2$$

$$\geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,000429 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,016 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 0,004909 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,0006006 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

$$< A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

7.9.1.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

k porušení průřezu trhlinou došlo již při kvazistálé kombinaci zatížení

$$\rightarrow \text{zjednodušený předpoklad} \quad \sigma_s = 209,881 \text{ MPa}$$

7.9.1.3.3 Stanovení šířky trhliny

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$\text{kde } S_{r,max} = k_3 c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_{ps,eff} = 0,24159 \text{ m}$$

$$\rho_{s,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,04025$$

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b = 0,12 \text{ m}^2$$

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5 (h-d) = 0,43 \text{ m} \\ (h-x)/3 = 0,12 \text{ m} \\ h/2 = 0,25 \text{ m} \end{cases} \rightarrow 0,12 \text{ m}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{s,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff})}{E_s} \geq \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$0,001 < 0,001$$

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,179 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,179 \text{ mm} < w_{k,max} = 0,3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$\begin{aligned} f_{ct,eff} &= 3,50 \text{ MPa} \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

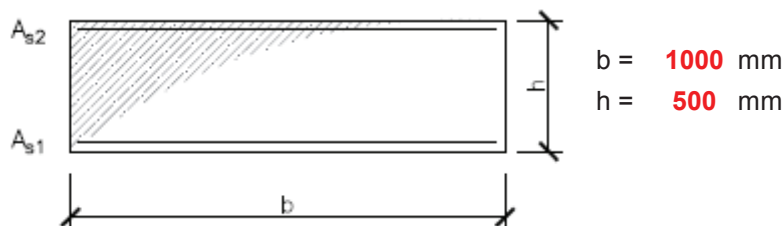
$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ d &= 330 \text{ mm} \\ x_{ir} &= 0,134 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 40 \text{ mm} \\ \emptyset &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_1 &= 0,8 \\ k_2 &= 0,5 \\ k_3 &= 3,4 \\ k_4 &= 0,425 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_t &= 0,4 \\ \alpha_e &= 13,800 \\ E_s &= 210 \text{ GPa} \end{aligned}$$

7.9.2 VRCHOL BOČNÍ STĚNY



7.9.2.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$1. \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000$$

$$2. \alpha_{e,eff} = E_s / E_{c,eff} = 14,400 \rightarrow \text{kvazistálá kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t, t_1)) = 14,583 \text{ GPa}$$

$$3. \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 12,509 \rightarrow \text{charakteristická kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / (M_{st} + (1 + \varphi(t, t_1)) \cdot M_{lt}) = 16,787 \text{ GPa}$$

$$\varphi(t, t_g) = 1,4$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

$$\varphi(t, t_\infty) = 1,3$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

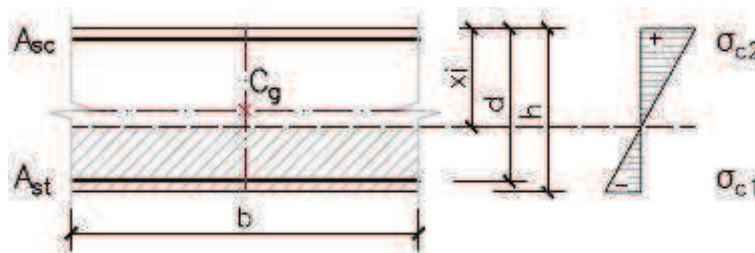
$$M_{lt} = M_{Ek, \psi_2} = 284,04 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 56,32 \text{ kNm}$$

7.9.2.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

7.9.2.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_∞

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,561 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,259 \text{ m}$$

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0108 \text{ m}^4$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,25 \text{ m}$$

$$A_c = 0,5 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,33 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0104 \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 309,78 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 608,37 \text{ kN}$$

$$z_{1i} = 0,241 \text{ m}$$

7.9.2.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek}}{A_i} + \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot z_{1i} = 5,858 \text{ MPa}$$

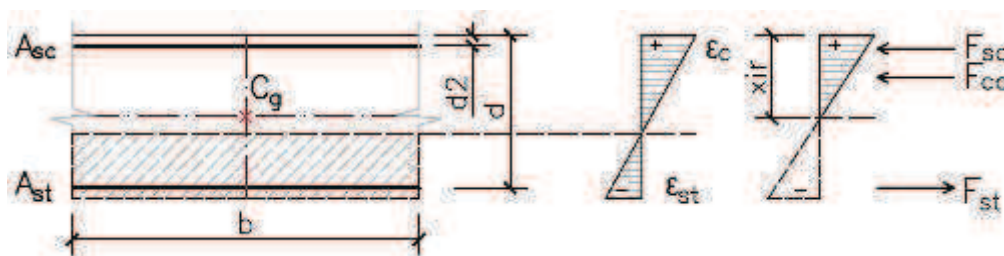
$$f_{ct, eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct, fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 5,858 \text{ MPa} > f_{ct, eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,13082 \text{ m}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00340 \text{ m}^4$$

7.9.2.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 12,995 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 12,995 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.9.2.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek, char.}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 226,860 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 226,860 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$M_{Ek} = 309,78 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 608,37 \text{ kN}$$

$$x_{ir} = 0,131 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$M_{Ek} = 309,78 \text{ kNm}$$

$$x_{ir} = 0,131 \text{ m}$$

$$I_{ir} = 0,0034 \text{ m}^4$$

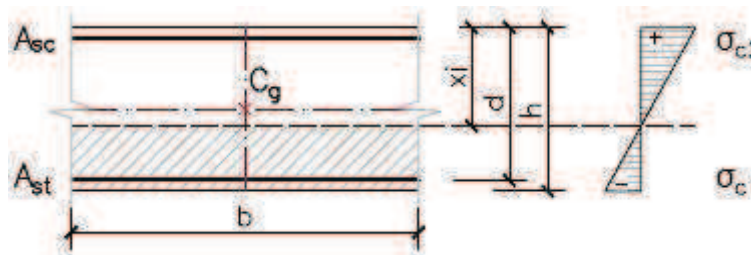
$$d = 0,33 \text{ m}$$

$$\alpha_e = 12,509$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

7.9.2.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_0

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,33 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,561 \text{ m}^2 \\ a_{gi} &= x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,259 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0108 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

7.9.2.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\begin{aligned} N_{Ek,\psi 2} &= 567,26 \text{ kN} \\ M_{Ek,\psi 2} &= 284,04 \text{ kNm} \\ z_{1i} &= 0,241 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} + \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot z_{1i} = 5,354 \text{ MPa}$$

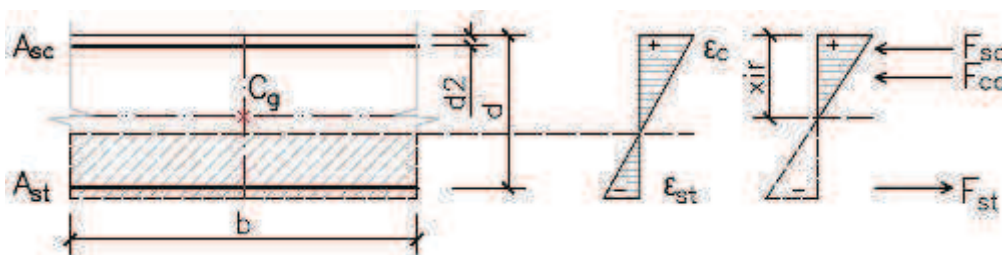
$$f_{ct,eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct,fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 5,354 \text{ MPa} > f_{ct,eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE

→ vzniknou ohybové trhliny = průřez porušený trhlinou

□ průřezové charakteristiky pro průřez porušený trhlinou



$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,33 \text{ m} \\ d_2 &= 0,071 \text{ m} \\ I_c &= 0,0104 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_e = 14,400$$

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{st} + A_{sc}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2b}{\alpha_e} \cdot \frac{A_{st} \cdot d + A_{sc} \cdot d_2}{(A_{st} + A_{sc})^2}} \right] = 0,13553 \text{ mm}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e [A_{st} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{sc} \cdot (x_{ir} - d_2)^2] = 0,00380 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned}
 M_{Ek,\psi 2} &= 284,04 \text{ kNm} \\
 N_{Ek,\psi 2} &= 567,26 \text{ kN} \\
 x_{ir} &= 0,136 \text{ m} \\
 f_{ck} &= 40 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

7.9.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} - \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_{ir}} \cdot x_{ir} = 11,148 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 11,148 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.9.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned}
 M_{Ek,\psi 2} &= 284,04 \text{ kNm} \\
 x_{ir} &= 0,136 \text{ m} \\
 I_{ir} &= 0,0038 \text{ m}^4 \\
 d &= 0,33 \\
 \alpha_e &= 14,400 \\
 f_{yk} &= 500 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_{ir}} \cdot (d - x_{ir}) = 209,450 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 209,450 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.9.2.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

7.9.2.3.1 Kontrola vyztužení

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 3,5 \text{ MPa} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ b &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 330 \text{ mm} \\ A_c &= 0,4 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \geq \frac{0,26 f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,0006006 \text{ m}^2$$

$$\geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,000429 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,016 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 0,004909 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,0006006 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

$$< A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

7.9.2.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

k porušení průřezu trhlinou došlo již při kvazistálé kombinaci zatížení

→ zjednodušený předpoklad

$$\sigma_s = 209,450 \text{ MPa}$$

7.9.2.3.3 Stanovení šířky trhliny

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$\text{kde } S_{r,max} = k_3 c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_s / \rho_{s,eff} = 0,24118 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} f_{ct,eff} &= 3,50 \text{ MPa} \\ A_{st} &= 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 1000 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ d &= 330 \text{ mm} \\ x_{ir} &= 0,136 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 40 \text{ mm} \\ \emptyset &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_1 &= 0,8 \\ k_2 &= 0,5 \\ k_3 &= 3,4 \\ k_4 &= 0,425 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_t &= 0,4 \\ \alpha_e &= 14,400 \\ E_s &= 210 \text{ GPa} \end{aligned}$$

$$\rho_{s,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,04041$$

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b = 0,12 \text{ m}^2$$

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5 (h-d) = 0,43 \text{ m} \\ (h-x)/3 = 0,12 \text{ m} \\ h/2 = 0,25 \text{ m} \end{cases} \rightarrow 0,12 \text{ m}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{s,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff})}{E_s} \geq \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$0,001 < 0,001$$

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,241 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,241 \text{ mm} < w_{k,max} = 0,3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

7.10 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VYZTUŽENÍ PRVKU

□ PATA BOČNÍ STĚNY

$$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,43 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 1,142 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 5,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$>$	$A_{s,min} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$<$	$A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$

□ VRCHOL BOČNÍ STĚNY

$$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,43 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 1,142 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 5,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$>$	$A_{s,min} = 7,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
$A_{s,prov} = 49,09 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$<$	$A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$

7.11 KOTVENÍ VÝZTUŽE V PATĚ BOČNÍ STĚNY

□ VSTUPNÍ PARAMETRY

$$\begin{aligned} f_{ctd} &= 1,670 \text{ MPa} \\ \eta_1 &= 1 \\ \eta_2 &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mezní napětí v soudržnosti} \quad f_{bd} &= 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,758 \text{ MPa} \\ \text{návrhové napětí ve výztuži} \quad \sigma_{sd} &= 434,78 \text{ MPa} \\ \text{profil prutu výztuže} \quad \emptyset &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

□ ZÁKLADNÍ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{b, rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 723 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b, rqd} \geq l_{b, min}$$

$$l_{b, min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b, rqd} = 217 \text{ mm} \\ 10 \emptyset = 250 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 250 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 506 \text{ mm} > l_{b, min} = 250 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_{bd} = 600 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ DÉLKA PŘESAHU

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b, rqd} \geq l_{0, min}$$

$$l_{0, min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b, rqd} = 325 \text{ mm} \\ 15 \emptyset = 375 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 375 \text{ mm}$$

$$l_0 = 1085 \text{ mm} > l_{0, min} = 375 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_0 = 1100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 \\ \alpha_2 &= 1 \\ \alpha_3 &= 1 \\ \alpha_4 &= 0,7 \\ \alpha_5 &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 \\ \alpha_2 &= 1 \\ \alpha_3 &= 1 \\ \alpha_5 &= 1 \\ \alpha_6 &= 1,5 \end{aligned}$$

7.12 KOTVENÍ VÝZTUŽE VE VRCHOLU BOČNÍ STĚNY

□ VSTUPNÍ PARAMETRY

$$f_{ctd} = 1,670 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

mezní napětí v soudržnosti

návrhové napětí ve výztuži

profil prutu výztuže

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,758 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sd} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\varnothing = 25 \text{ mm}$$

□ ZÁKLADNÍ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 723 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,min} > \max \begin{cases} 0,3 \cdot l_{b,rqd} = 217 \text{ mm} \\ 10 \varnothing = 250 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases} = 250 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 506 \text{ mm} > l_{b,min} = 250 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_{bd} = 600 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ DÉLKA PŘESAHU

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$l_{0,min} > \max \begin{cases} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 325 \text{ mm} \\ 15 \varnothing = 375 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases} = 375 \text{ mm}$$

$$l_0 = 1085 \text{ mm} > l_{0,min} = 375 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují } l_0 = 1100 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1$$

$$\alpha_4 = 0,7$$

$$\alpha_5 = 1$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1$$

$$\alpha_5 = 1$$

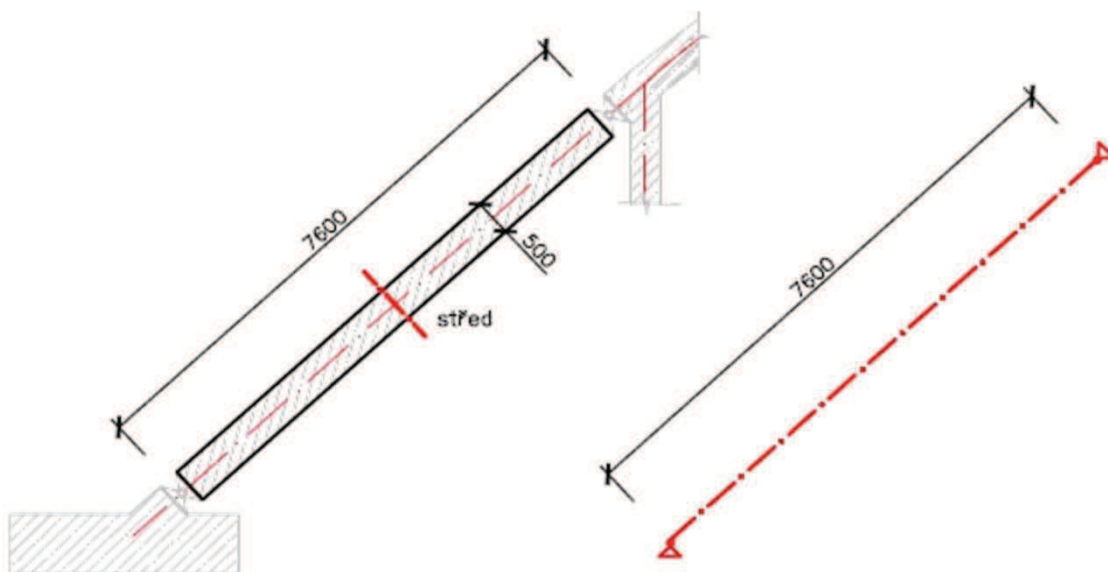
$$\alpha_6 = 1,5$$

8 NÁVRH A POSOUZENÍ ŠÍKMÉ VZPĚRY

8.1 Základní údaje

typ konstrukce :	monolitická - prefabrikovaný prvek
základní geometrie :	přímka
statické schéma :	oboustranně kloubově uložený nosník
průřez :	čtverec

8.2 Geometrie střednice modelu

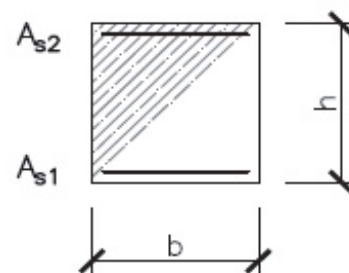


Šíkmé vzpěry jsou uvažovány jako prefabrikované železobetonové prvky. Do konstrukce ekoduktu jsou uloženy pomocí zvláštních válcových ložisek, které tak umožní kloubové připojení a zároveň přenos zatížení z kleneb konstrukce ekoduktu do dalších základových konstrukcí. Na základě předchozích variant výpočtů bylo zvoleno rozmístění šikmých vzpěr po vzdálenosti 3,0m.

8.3 Základní průřezové charakteristiky

střed

výška průřezu h =	500	mm
šířka průřezu b =	500	mm
plocha průřezu A_c =	0,25	m ²



8.4 Zatížení - rekapitulace

Pro výpočet vnitřních sil na prvku konstrukce byly uvažovány následující zatěžovací stavy, popsané mj. v kapitole 2 Zatížení.

- ☐ **ZS 1 - Vlastní tíha nosné konstrukce g_{0k}**
- ☐ **ZS 2 - Montážní stavy postupným zásypem zeminou g_{1k} resp. finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_0**
- ☐ **ZS 3 - Finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_∞**
- ☐ **ZS 4a,b,c - Neočekávané zemní práce**
- ☐ **ZS 5 - Proměnné zatížení q_{1k}**

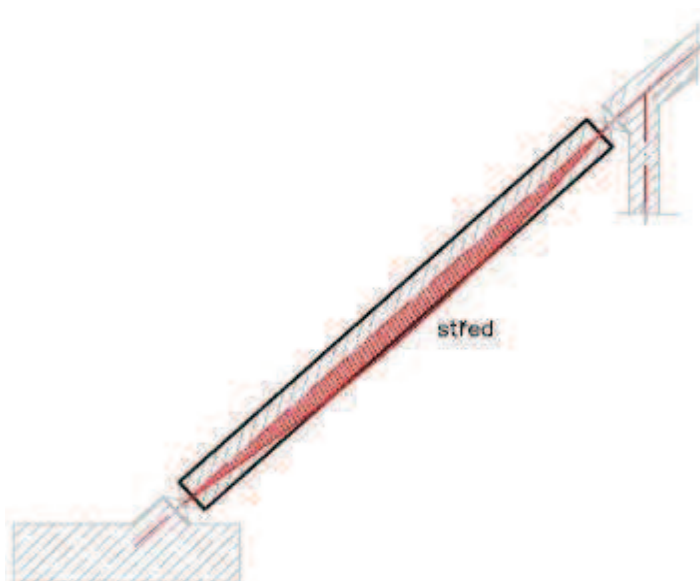
8.5 Vnitřní síly - posuzované návrhové kombinace zatížení

- ☐ **K.1 $E_{d, \text{po betonáži}}$**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d}
- ☐ **K.2 $E_{d, \text{zasypávání konstrukce}}$**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + montážní stavy zásypem zeminou g_{1d}
- ☐ **K.3 $E_{d, \text{čas } t_0 \text{ (po dokončení konstrukce ekoduktu)}}$**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + finální zásyp zeminou g_{1k} v čase t_0
- ☐ **K.4 $E_{d, \text{čas } t_\infty \text{ (životnost konstrukce ekoduktu)}}$**
= vlastní tíha konstrukce g_{0d} + finální zásyp zeminou g_{1d} v čase t_∞
+ proměnné zatížení q_{1d}
- ☐ **K.5 $E_{d, \text{neočekávané zemní práce - šach 1,2,3}}$**
K.6 = vlastní tíha konstrukce g_{0d} + neočekávané zemní práce v čase t_∞
K.7

Pro zjednodušení nebylo uvažováno s vlivem přitížení od zásypu zeminou, na základě předpokladu že se v případě šikmé vzpěry jedná o relativně subtilní prvek umístěný v zemině. Předpokládá se, že v prostoru okolo šikmých vzpěr dojde k přerozdělení napětí v zemině tak, že výsledné zatížení by mělo minimální vliv na ohybové namáhání prvku. Dominantním zatížením tak jsou osově síly přenášené z konstrukce kleneb ekoduktu.

8.6 Vnitřní síly - návrhové hodnoty

		N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		[kN]	[kN]	[kNm]
střed	K.1 $E_{d, g0}$	-553,12	-27,94	60,32
	K.2 $E_{d, montáž}$	-4338,34	-27,94	60,32
	K.3 $E_{d, t0}$	-4338,34	-27,94	60,32
	K.4 $E_{d, tn}$	-3998,27	-27,94	60,32
	K.5 $E_{d, šach 1}$	-381,94	-27,94	60,32
	K.6 $E_{d, šach 2}$	-1370,97	-27,94	60,32
	K.7 $E_{d, šach 3}$	-1835,7	-27,94	60,32



8.7 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - N + M

8.7.1 Materiálové charakteristiky

dle EN 206 - 1

- **BETON C 40 / 50** XC 2 - mokré, občas suché
XD 3 - střídavě mokré a suché
XF 4 - středně nasycené vodou s rozmr. prostředky

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 48 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1,67 \text{ MPa}$$

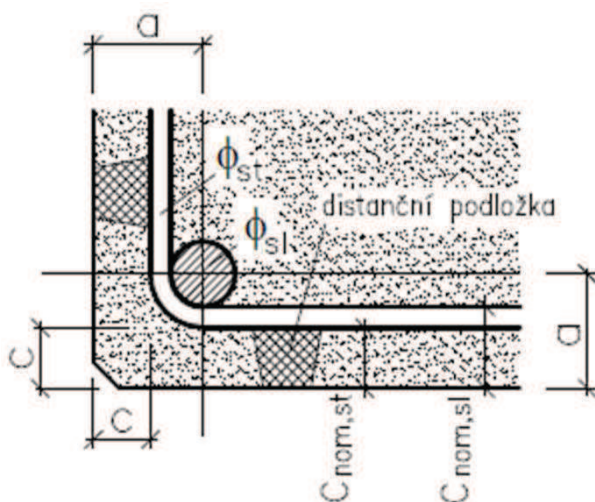
$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

- **BETONOVÁ KRYCÍ VRSTVA**

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} + \phi_{st} = 58 \text{ mm}$$

$$\text{kde } c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}) = 40 \text{ mm}$$



$$c_{min,b} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 40 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{min,y} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

$$\phi_{st} = 8 \text{ mm}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

- **BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ**

ocel **B 500 B** (10 505 R)

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,78 \text{ MPa}$$

8.7.2 Posouzení namáhání N + M - ŠIKMÁ VZPĚRA

8.7.2.1 Návrh výztuže - ŠIKMÁ VZPĚRA

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 2895,31 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 723,512 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -4148,44 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 663,19 \text{ kNm}$$

vzpěra

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00896 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -5809,39 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = 663,19 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00249 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci

4

Ø

20

mm

→ A_{s1} výztuž při dolním líci

4

Ø

20

mm

$$A_{s2} = 0,00126 \text{ m}^2 \rightarrow 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00126 \text{ m}^2 \rightarrow 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

8.7.2.2 Vstupní parametry vyztužení průřezu

$$d_1 = c + \varnothing / 2 = 68 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal1} = 0,628 \text{ ‰}$$

$$d_2 = c + \varnothing / 2 = 68 \text{ mm}$$

$$x_{bal1} = 271,435 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 432 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal2} = 2,448 \text{ ‰}$$

$$d' = h - d_2 = 432 \text{ mm}$$

$$x_{bal2} = 166,479 \text{ mm}$$

$$z_1 = h / 2 - d_1 = 182 \text{ mm}$$

$$z_2 = h / 2 - d_2 = 182 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2,070 \text{ ‰}$$

vzpěra

$$F_{s1} = 546,364 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 546,364 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

8.7.2.3 VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU - ŠIKMÁ VZPĚRA

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = -(b h \eta f_{cd} + \sum A_s \sigma_s) = -7759,39 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} Z_2 - A_{s1} Z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 434,783 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\varepsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = -(\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -5879,70 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2} Z_2 = 455,18 \text{ kNm}$$

$$x = d = 432 > x_{bal,2} = 166,48 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\varepsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = -(\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -5879,70 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1} Z_1 = -455,18 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 432 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 166,48 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -2895,31 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1} Z_1 + F_{s2} Z_2 = 552,66 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 271,44 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 166,48 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -2895,31 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = -552,66 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 271,44 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 166,48 \text{ vyhovuje}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 205,05 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0570 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,677 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 23,034 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -205,05 \quad \text{kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0570 \quad \text{m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,677 < \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 23,034 > \epsilon_{yd} = 2,070 \quad \text{vyhovuje}$$

■ BOD 4

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 546,36 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} Z_1 = 99,44 \quad \text{kNm}$$

□ BOD 4'

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \quad \text{kN}$$

$$N'_{Rdt,bal} = F_{s2} = 546,36 \quad \text{kN}$$

$$M'_{Rdt,bal} = -F_{s2} Z_2 = -99,44 \quad \text{kNm}$$

■ BOD 5

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 1092,73 \quad \text{kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = 0,00 \quad \text{kNm}$$

■ BOD Z

$$x = x_{bal,2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -1,776 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,Z} = \lambda \xi_{bal,2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_2) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = 198,88 \text{ kNm}$$

□ BOD Z'

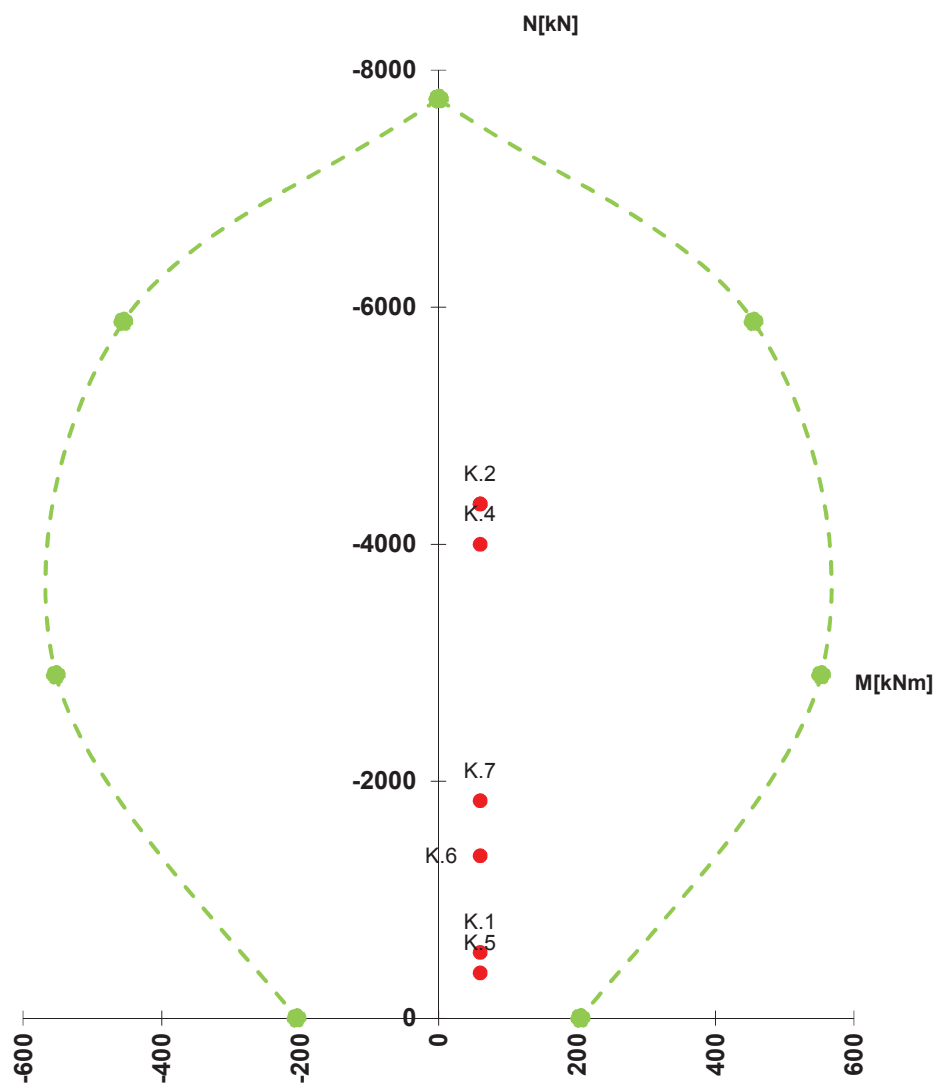
$$x = x_{bal,2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N'_{Rd,Z} = -(\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -1,776 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd,Z} = -\lambda \xi_{bal,2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,2} \cdot d_1) / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = -198,88 \text{ kNm}$$

8.7.2.4 Interakční diagram - posouzení šikmé vzpěry

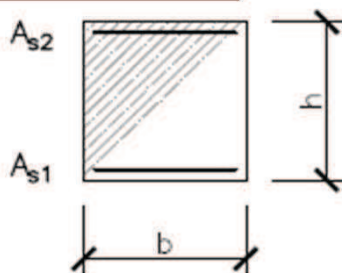
- K.1 $E_{d, g0}$
- K.2 $E_{d, montáž}$
- K.3 $E_{d, t0}$
- K.4 $E_{d, tn}$
- K.5 $E_{d, šach 1}$
- K.6 $E_{d, šach 2}$
- K.7 $E_{d, šach 3}$



průřez vyhovuje na namáhání N + M

8.8 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI - SMYK

8.8.1 ŠIKMÁ VZPĚRA



$$b = 500 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

8.8.1.1 Únosnost prvku bez smykové výztuže

$$\gamma_c = 1,5$$

$$d = 432 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w \cdot d = 49,50 \text{ kN}$$

$$\text{kde } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \rightarrow 1,6804$$

$$\rho_l = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0,02 \rightarrow 0,0029 < 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 f_{cd} \rightarrow 1,528 \text{ MPa} < 5,334 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = 381,94 \text{ kN} \quad \text{min } N_{Ed} \rightarrow \text{odpovídající } V_{Ed}$$

$$A_c = 0,250 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = 49,50 \text{ kN} > V_{Ed} = 27,94 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

→ prvek **nevyžaduje** návrh smykové výztuže

→ navrhuji použití konstrukční smykové výztuže - **třmínky $\varnothing 8 \text{ mm}$ á 250mm**

$$\square \text{ min } V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 104,15 \text{ kN}$$

$$\text{kde } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,48 \text{ MPa}$$

$$\text{min } V_{Rd,c} = 104,15 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 49,50 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

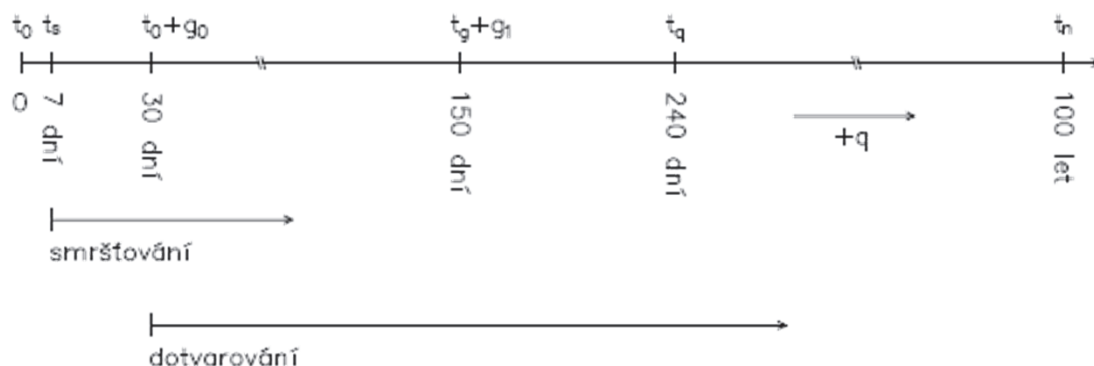
$$\text{min } V_{Rd,c} = 104,15 \text{ kN} > V_{Ed} = 27,94 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

8.9 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

charakteristická kombinace $M_{Ek} = M_{g0k} + M_{g1k} + M_{qk}$

kvazistálá kombinace $M_{Ek,\psi2} = M_{g0k} + M_{g1k}$



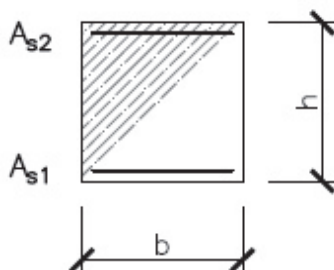
OMEZENÍ NAPĚTÍ

- ☐ tlakové napětí v betonu $|\sigma_c| \leq 0,6 f_{ck}$...charakteristická kombinace
 $|\sigma_c| \leq 0,45 f_{ck}$...kvazistálá kombinace
 → předpoklad lienárního dotvarování
- ☐ tahové napětí v betonu $|\sigma_{ct}| \leq f_{ct,eff}$...charakteristická kombinace
- ☐ tahové napětí ve výztuži $|\sigma_s| \leq 0,8 f_{yk}$...charakteristická kombinace

OMEZENÍ TRHLIN

- ☐ kontrola minimálního množství výztuže
- ☐ omezení šířky trhlin $w_k \leq w_{k,max} = 0,3mm$...kvazistálá kombinace

8.9.1 1/2 DÉLKY ŠIKMÉ VZPĚRY



$$b = 500 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

8.9.1.1 Stanovení součinitele $\alpha_{e,i}$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$$

$$1. \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,000$$

$$2. \alpha_{e,eff} = E_s / E_{c,eff} = 15,600 \rightarrow \text{kvazistálá kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(t, t_1)) = 13,462 \text{ GPa}$$

$$3. \alpha_{e',eff} = E_s / E_{c',eff} = 15,000 \rightarrow \text{charakteristická kombinace}$$

$$\text{kde } E_{c',eff} = (M_{st} + M_{lt}) \cdot E_{cm} / (M_{st} + (1 + \varphi(t, t_1)) \cdot M_{lt}) = 14,000 \text{ GPa}$$

$$M_{lt} = M_{Ek, \psi_2} = 44,68 \text{ kNm}$$

$$M_{st} = M_{qk} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\varphi(t, t_g) = 1,6$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

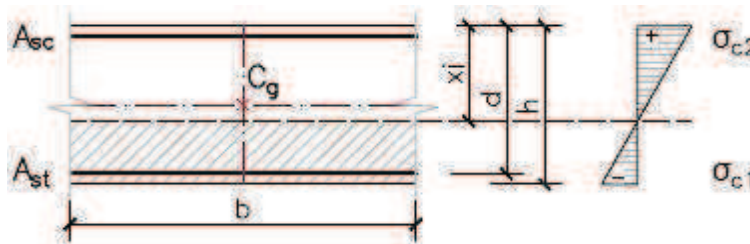
$$\varphi(t, t_\infty) = 1,5$$

zjednodušeně dle ČSN EN 1992-1-1, Obr. 3.1

8.9.1.2 OMEZENÍ NAPĚTÍ

8.9.1.2.1 Charakteristická kombinace - čas t_∞

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$b = 500 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$a_g = 0,25 \text{ m}$$

$$A_c = 0,25 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,432 \text{ m}$$

$$I_c = 0,0052 \text{ m}^4$$

$$A_i = A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,269 \text{ m}^2$$

$$a_{gi} = x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,263 \text{ m}$$

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0058 \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 44,68 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 2945,34 \text{ kN}$$

$$z_{1i} = 0,237 \text{ m}$$

8.9.1.2.1.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek}}{A_i} + \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot z_{1i} = -9,124 \text{ MPa}$$

$$f_{ct, eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct, fl} = \max (1,6 - \frac{h}{1000} \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = -9,124 \text{ MPa} < f_{ct, eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

→ nevzniknou ohybové trhliny

8.9.1.2.1.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$M_{Ek} = 44,68 \text{ kNm}$$

$$N_{Ek} = 2945,31 \text{ kN}$$

$$x_i = 0,263 \text{ m}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek, char.}}{I_i} \cdot x_i = 12,983 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 12,983 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

8.9.1.2.1.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$M_{Ek} = 44,68 \text{ kNm}$$

$$A_{st} = 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0,43 \text{ m}$$

$$z = 0,387 \text{ m}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = \frac{M_{Ek, \psi 2}}{z \cdot A_{st}} = 91,847 \text{ MPa}$$

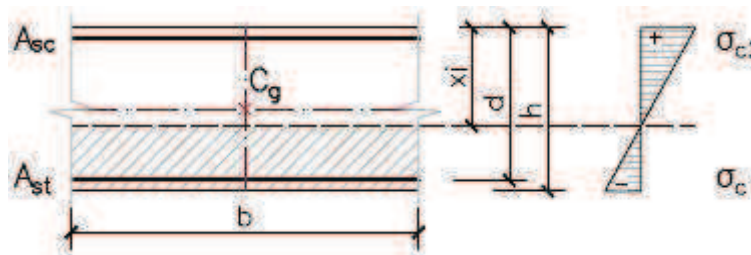
$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 91,847 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

8.9.1.2.2 Kvazistálá kombinace - čas t_0

□ průřezové charakteristiky pro ideální betonový průřez



$$\begin{aligned} b &= 500 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ a_g &= 0,25 \text{ m} \\ A_c &= 0,25 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,432 \text{ m} \\ I_c &= 0,0052 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_i &= A_c + \alpha_e \cdot A_{st} = 0,269 \text{ m}^2 \\ a_{gi} &= x_i = (A_c \cdot a_g + A_{st} \cdot d \cdot \alpha_e) / A_i = 0,263 \text{ m} \\ I_i &= I_c + A_c(a_{gi} - a_g)^2 + \alpha_e \cdot A_{st} \cdot (d - a_{gi})^2 = 0,0058 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

8.9.1.2.2.1 Posouzení - omezení tahového napětí v betonu

$$\begin{aligned} N_{Ek,\psi 2} &= 2798,22 \text{ kN} \\ M_{Ek,\psi 2} &= 44,68 \text{ kNm} \\ z_{1i} &= 0,237 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{N_{Ek,\psi 2}}{A_i} + \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot z_{1i} = -8,818 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,eff} = \max [f_{ctm}; f_{ct,fl} = \max (1,6 - h/1000 \cdot f_{ctm}; f_{ctm})] =$$

$$\sigma_{c1} = -8,818 \text{ MPa} < f_{ct,eff} = 3,500 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

→ nevzniknou ohybové trhliny

8.9.1.2.2.2 Posouzení - omezení tlakového napětí v betonu

$$\begin{aligned} M_{Ek,\psi 2} &= 44,68 \text{ kNm} \\ N_{Ek} &= 2798,22 \text{ kN} \\ x_i &= 0,263 \text{ m} \\ f_{ck} &= 40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_{Ek}}{A_i} - \frac{M_{Ek,\psi 2}}{I_i} \cdot x_i = 12,436 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} = 12,436 \text{ MPa} < 0,45 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

8.9.1.2.2.3 Posouzení - omezení napětí ve výztuži

$$\begin{aligned} M_{Ek,\psi 2} &= 44,68 \text{ kNm} \\ A_{st} &= 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ d &= 0,432 \text{ m} \\ z &= 0,389 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sigma_{st} = \frac{M_{Ek,\psi 2}}{z \cdot A_{st}} = 91,422 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} \leq 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 91,422 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

8.9.1.3 OMEZENÍ ŠÍŘKY TRHLIN

8.9.1.3.1 Kontrola vyztužení

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 3,5 \text{ MPa} \\ f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ b &= 500 \text{ mm} \\ d &= 432 \text{ mm} \\ A_c &= 0,5 \text{ m}^2 \\ A_{st} &= 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \geq \frac{0,26 f_{cm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 0,00039312 \text{ m}^2$$

$$\geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0002808 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \leq 0,04 \cdot A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 0,001257 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,00039312 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

$$< A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

VYHOVUJE

8.9.1.3.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhliny

k porušení průřezu trhlinou při kvazistálé kombinaci zatížení nedošlo

$$\rightarrow \text{zjednodušený předpoklad} \quad \sigma_s = 91,422 \text{ MPa}$$

8.9.1.3.3 Stanovení šířky trhliny

Norma ČSN EN 1992-1-1 stanovuje šířku trhliny pro kvazistálou kombinaci zatížení a daný stupeň vlivu prostředí hodnotou $w_{k,max} = 0,3 \text{ mm}$. Protože při kvazistálé kombinaci zatížení nedošlo k porušení průřezu trhlinou, není šířka trhliny dále kontrolována.

8.10 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY VYZTUŽENÍ PRVKU

□ ŠIKMÁ VZPĚRA

$$A_{s,prov} = 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,432 \text{ m}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = 0,291 \%$$

→ kontrola vyztužení

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min} \geq \frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}} = 7,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0,0013 \cdot b \cdot d = 5,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max} \leq 0,04 A_c = 0,02 \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,min} = 7,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,prov} = 12,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{s,max} = 0,02 \text{ m}^2$$

8.11 KOTVENÍ VÝZTUŽE V ŠIKMÉ VZPĚŘĚ

□ VSTUPNÍ PARAMETRY

$$\begin{aligned} f_{ctd} &= 1,670 \text{ MPa} \\ \eta_1 &= 1 \\ \eta_2 &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mezní napětí v soudržnosti} \quad f_{bd} &= 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3,758 \text{ MPa} \\ \text{návrhové napětí ve výztuži} \quad \sigma_{sd} &= 434,78 \text{ MPa} \\ \text{profil prutu výztuže} \quad \varnothing &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

□ ZÁKLADNÍ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{b, rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = 579 \text{ mm}$$

□ NÁVRHOVÁ KOTEVNÍ DÉLKA

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b, rqd} \geq l_{b, min}$$

$$l_{b, min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b, rqd} = 174 \text{ mm} \\ 10 \varnothing = 200 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 200 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 405 \text{ mm} > l_{b, min} = 200 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhuji } l_{bd} = 500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 \\ \alpha_2 &= 1 \\ \alpha_3 &= 1 \\ \alpha_4 &= 0,7 \\ \alpha_5 &= 1 \end{aligned}$$

□ NÁVRHOVÁ DÉLKA PŘESAHU

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b, rqd} \geq l_{0, min}$$

$$l_{0, min} > \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b, rqd} = 260 \text{ mm} \\ 15 \varnothing = 300 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right. = 300 \text{ mm}$$

$$l_0 = 868 \text{ mm} > l_{0, min} = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhuji } l_0 = 900 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 \\ \alpha_2 &= 1 \\ \alpha_3 &= 1 \\ \alpha_5 &= 1 \\ \alpha_6 &= 1,5 \end{aligned}$$

9 ZALOŽENÍ KONSTRUKCE EKODUKTU

□ GEOLOGICKÝ PROFIL



F1 - MG hlína štěrkovitá

objemová tíha	$\gamma = 19$	kN/m^3
úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} = 29$	$^\circ$
soudržnosti zeminy	$c_{\text{ef}} = 8$	kPa
edometrický modul	$E_{\text{oed}} = 24$	MPa
obj. tíha sat. Zeminy	$\gamma_{\text{sat}} = 19$	kN/m^3



S5 - SC písek jílovitý

objemová tíha	$\gamma = 18,5$	kN/m^3
úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} = 27$	$^\circ$
soudržnosti zeminy	$c_{\text{ef}} = 8$	kPa
edometrický modul	$E_{\text{oed}} = 12,5$	MPa
obj. tíha sat. Zeminy	$\gamma_{\text{sat}} = 19$	kN/m^3



S4 - SM písek hlinitý

objemová tíha	$\gamma = 18$	kN/m^3
úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} = 29$	$^\circ$
soudržnosti zeminy	$c_{\text{ef}} = 5$	kPa
edometrický modul	$E_{\text{oed}} = 13,5$	MPa
obj. tíha sat. Zeminy	$\gamma_{\text{sat}} = 19$	kN/m^3



G4 - GM štěrk hlinitý

objemová tíha	$\gamma = 19$	kN/m^3
úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} = 32,5$	$^\circ$
soudržnosti zeminy	$c_{\text{ef}} = 4$	kPa
edometrický modul	$E_{\text{oed}} = 94,5$	MPa
obj. tíha sat. Zeminy	$\gamma_{\text{sat}} = 19$	kN/m^3



G2 - GP štěrk špatně zrněný

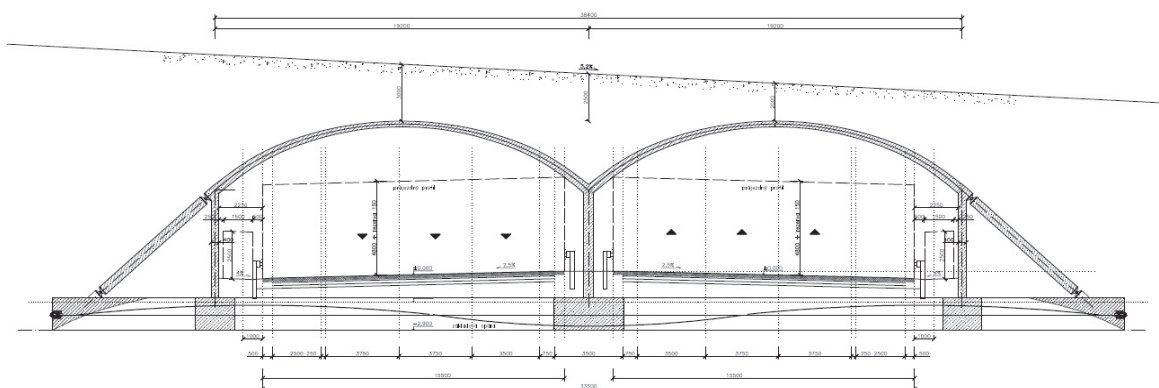
objemová tíha	$\gamma = 20$	kN/m^3
úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} = 38,5$	$^\circ$
soudržnosti zeminy	$c_{\text{ef}} = 0$	kPa
edometrický modul	$E_{\text{oed}} = 234$	MPa
obj. tíha sat. Zeminy	$\gamma_{\text{sat}} = 21$	kN/m^3

Úroveň hladiny podzemní vody nebyla stanovena.

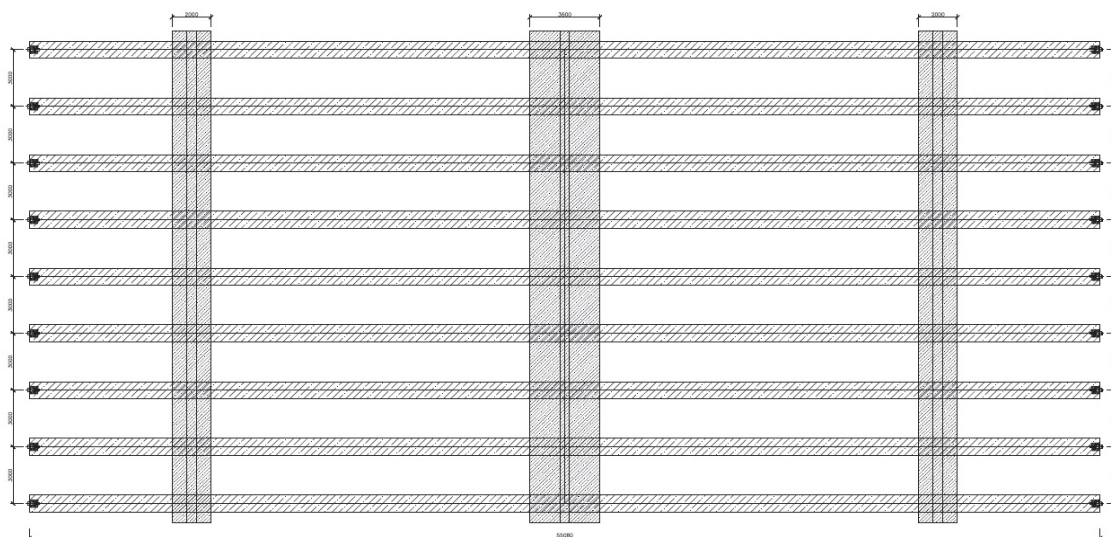
9.1 VARIANTA ZALOŽENÍ A

Tato varianta řešení založení konstrukce ekoduktu uvažuje plošné založení na základovém roštu. Ten měl být v příčném směru tvořen systémem táhel z předpjatého betonu, která díky vnesenému předpětí měla vyrovnávat vodorovné reakce od zatížení obloukové konstrukce ekoduktu. V podélném směru byly uvažovány masivní základové pasy pod průběžnými bočními a středovou stěnou. Tato varianta řešení se na straně jedné vyznačovala dodržением typického statického schématu oblouku s dolním táhlem, na straně druhé byla tato varianta založení velice masivní a uvažovaná spotřeba betonu byla příliš velká a bylo tedy přistoupeno k návrhu dalších variant založení konstrukce ekoduktu.

□ SCHÉMA PŘÍČNÉHO USPOŘÁDÁNÍ



□ PŮDORYSNÉ SCHÉMA



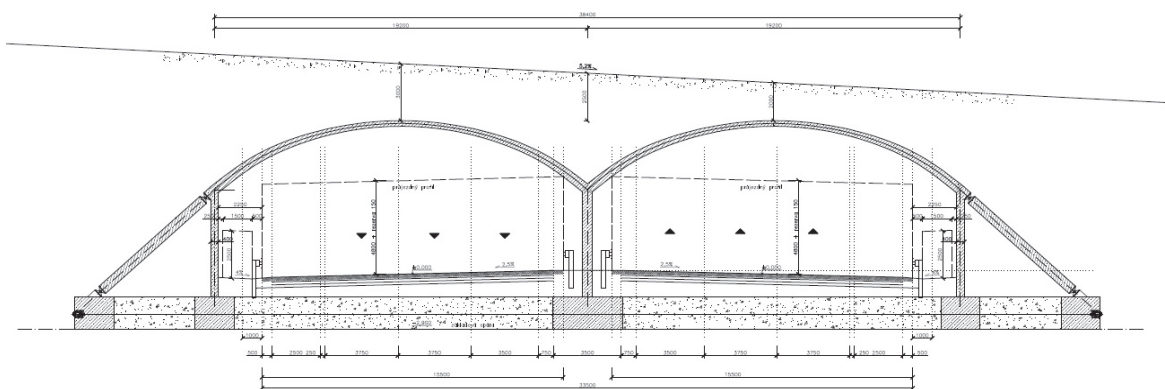
Při předběžném návrhu a posouzení této varianty byl uvažován základový pas pod středovou stěnou o šířce 3,60m a výšce 1,60m. Pod bočními stěnami pak základové pasy šířky 2,0m a výšky 1,6m. Předpjatá táhla měla průřez o šířce 0,90m a výšce 1,60m.

Předpětí bylo navrženo pomocí kabelu průřezové plochy $A_p = 28,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ tvořeného 19-ti lany v kotvách VSL EC 6 - 19. Předpínací síla $P_{m,\infty} = 3488 \text{ kN}$.

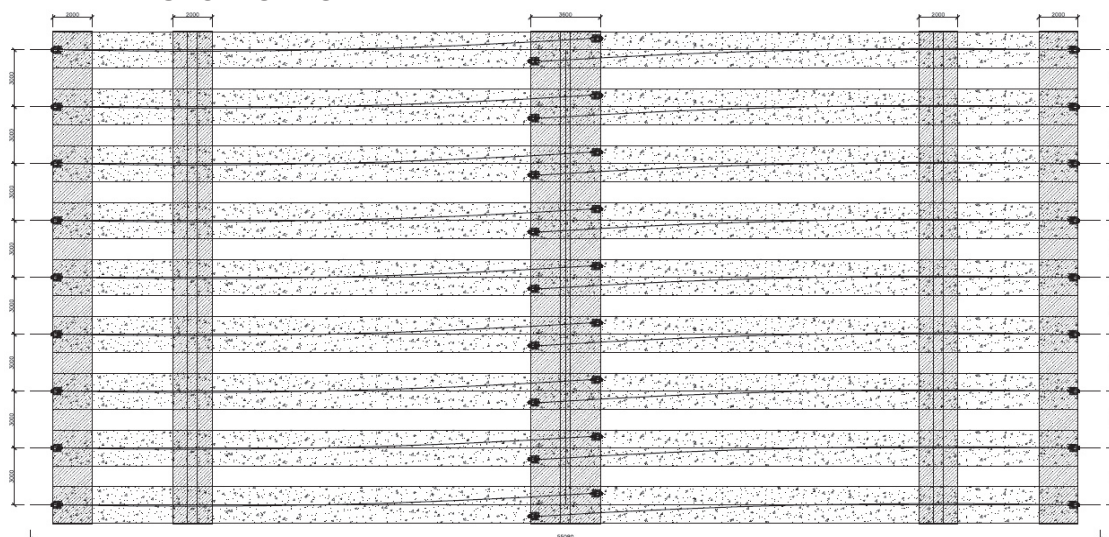
9.2 VARIANTA ZALOŽENÍ B

Tato varianta řešení založení konstrukce ekoduktu uvažuje částečně plošné založení na základových pasech pod středovou a bočními stěnami. Šikmé vzpěry jsou rovněž opřeny do základových pasů. Vodorovné reakce od zatížení obloukové konstrukce mělo být zachyceno systémem předpjatých kabelů kotvených do mrtvých kotev v základového pasu pod šikmými vzpěrami a předpínaných ze základového pasu pod středovou stěnou. Kabely předpínací výztuže byly zainjektovány do PE chrániček a uloženy v hloubených žebrech vyplněných šterkem. Tato varianta opět respektovala typického statické schéma oblouku s dolním táhlem, avšak řešení postupu předpínání a celkového namáhání především základového pasu - kotevního bloku pod středovou stěnou bylo zhodnoceno jako velice složité. Proto bylo přistoupeno k návrhu další varianty založení konstrukce ekoduktu.

□ SCHÉMA PŘÍČNÉHO USPOŘÁDÁNÍ



□ PŮDORYSNÉ SCHÉMA



Při předběžném návrhu a posouzení této varianty byl uvažován základový pas pod středovou stěnou o šířce 3,60m a výšce 1,60m. Pod bočními stěnami a šikmými vzpěrami pak základové pasy šířky 2,0m a výšky 1,6m.

Předpětí bylo navrženo pomocí kabelu průřezové plochy $A_p = 28,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ tvořeného 19-ti lany v kotvách VSL EC 6 - 19. Předpínací síla $P_{m,\infty} = 3488 \text{ kN}$.

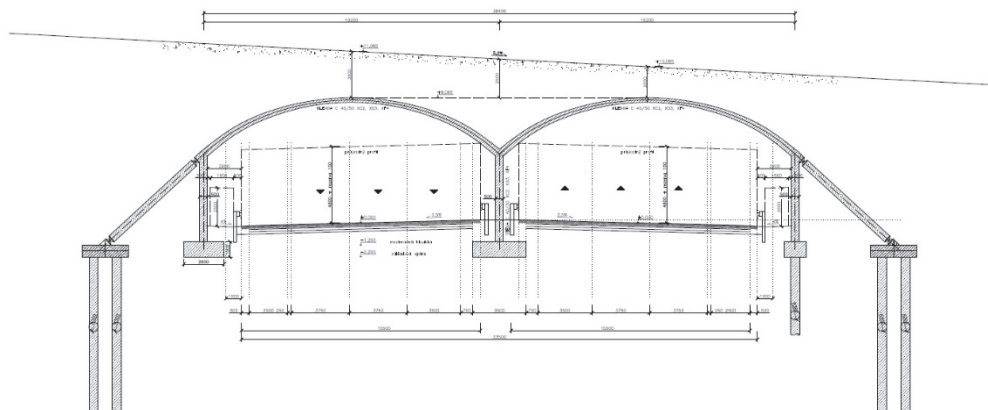
9.3 VARIANTA ZALOŽENÍ C

Jako konečná varianta založení konstrukce ekoduktu byla zvolena kombinace plošných a hlubinných základových konstrukcí – základových pasů a pilotových základů. Cílem bylo navrhnout komplexní založení konstrukce ekoduktu, které spolehlivě vyhoví na mezní stavy únosnosti. Při posouzení na mezní stavy použitelnosti, resp. sedání byl kladen důraz na přibližně podobné hodnoty svislého sedání základových konstrukcí a tím i celého ekoduktu.

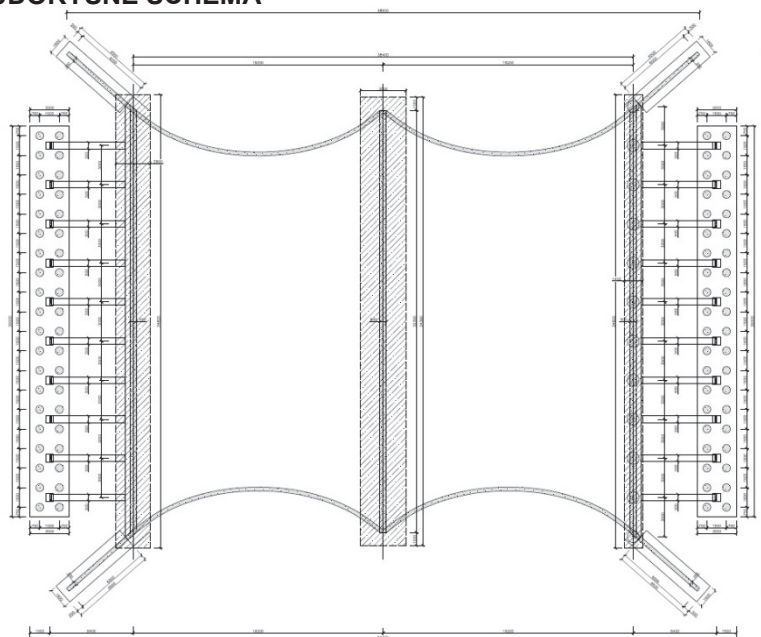
Levá boční stěna je založena na průběžném základovém pasu o šířce 2,60m a výšce 1,0m. Středová stěna je založena na průběžném základovém pasu o šířce 3,50m a výšce 1,0m. Pravá boční stěna je založena na základovém pasu o šířce 1,40m a výšce 1,0m, který tvoří převážku řadě vrtaných betonových pilot o osové vzdálenosti 3,0m, průměru $d = 0,90\text{m}$ a délce 5,0m. Krajiní šikmé vzpěry jsou založeny na základové desce na skupině vrtaných betonových pilot. U základové desky je uvažovaná šířka 3,0m a výška 0,80m. Vrtané piloty průměru $d = 0,60\text{m}$ jsou navrženy v rastru 1,5 x 1,5m. Navržené vrtané betonové piloty jsou uvažovány s délkou 10,0m.

Základové konstrukce byly posouzeny v příslušných modulech geotechnického software GEO 5.

□ SCHÉMA PŘÍČNÉHO USPOŘÁDÁNÍ



□ PŮDORYSNÉ SCHÉMA



Posouzení plošného základu

Vstupní data

Projekt

Akce : Diplomová práce

Část : 9.3.1 Základový pas pod levou boční stěnou

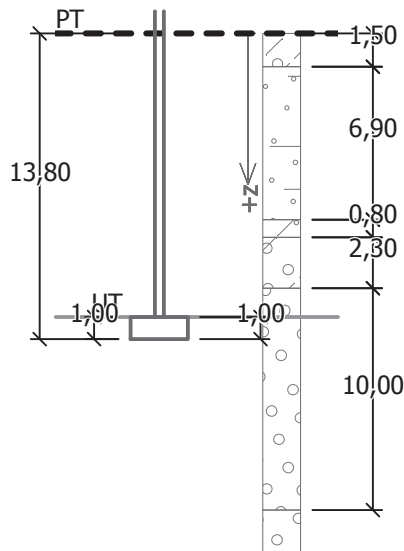
Popis : Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce

Autor : Bc. Martin Herka

Datum : 7.1.2014

Název : Projekt

Fáze : 1



Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : Česká republika

Sedání

Metoda výpočtu :

ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)

Omezení deformační zóny :

procentem Sigma,Or

Koef. omezení deformační zóny : 10,0 [%]

Patky

Výpočet pro odvozené podmínky : standardní postup

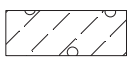
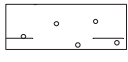
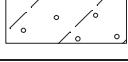
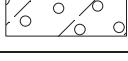

Metodika posouzení : výpočet podle EN1997

Návrhový přístup : 1 - redukce zatížení a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce materiálu (M)				
Trvalá návrhová situace				
		Kombinace 1		Kombinace 2
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,00 [-]		1,25 [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,00 [-]		1,25 [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,00 [-]		1,40 [-]
Součinitel redukce pevnosti horniny :	$\gamma_v =$	1,00 [-]		1,40 [-]

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída F1, konzistence tuhá		29,00	8,00	19,00	9,00	
2	Třída S5		27,00	8,00	18,50	9,00	
3	Třída S4		29,00	5,00	18,00	9,00	
4	Třída G4		32,50	4,00	19,00	9,00	
5	Třída G2, ulehlá		38,50	0,00	20,00	11,00	

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

Parametry zemín
Třída F1, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 24,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída S5

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 12,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída S4

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 13,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída G4

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,50^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 4,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 94,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída G2, ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 233,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Založení
Typ základu: základový pas

Hloubka od původního terénu $h_z = 13,80 \text{ m}$

Hloubka základové spáry $d = 1,00 \text{ m}$

Tloušťka základu $t = 1,00 \text{ m}$

Sklon upraveného terénu $s_1 = 0,00^\circ$

Sklon základové spáry $s_2 = 0,00^\circ$

Objemová tíha zeminy nad základem = $20,00 \text{ kN/m}^3$

Geometrie konstrukce

Typ základu: základový pas

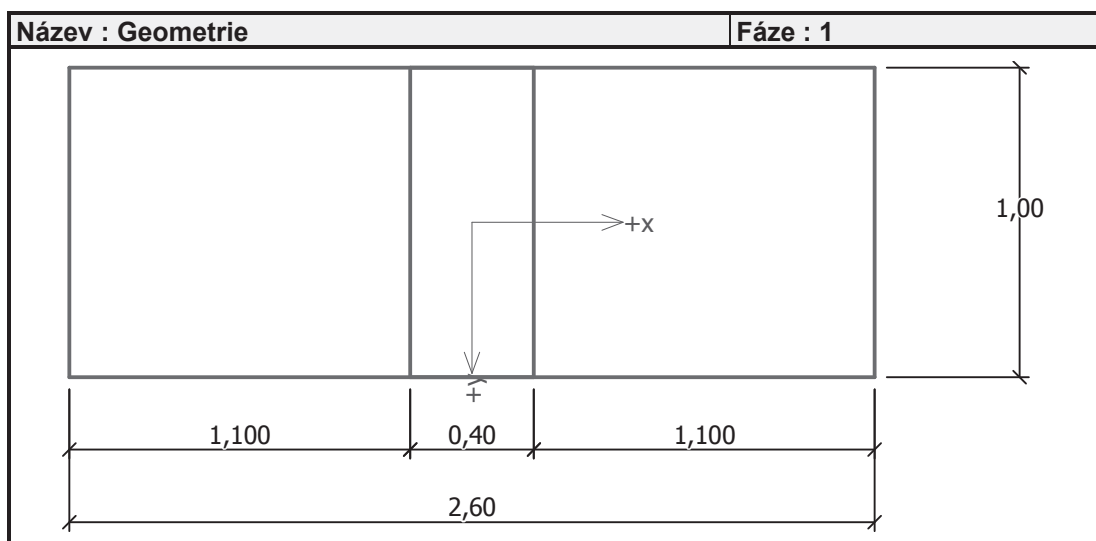
Celková délka pasu = $2,40 \text{ m}$

Šířka pasu (x) = $2,60 \text{ m}$

Šířka sloupu ve směru x = $0,40 \text{ m}$

Objem pasu = $2,60 \text{ m}^3/\text{m}$

Zadané zatížení je uvažováno na 1bm délky pasu.



Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000,00 \text{ MPa}$



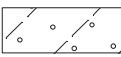
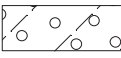
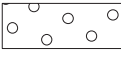
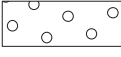
Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,50	Třída F1, konzistence tuhá	
2	6,90	Třída S5	
3	0,80	Třída S4	
4	2,30	Třída G4	
5	10,00	Třída G2, ulehlá	
6	-	Třída G2, ulehlá	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN/m]	M _y [kNm/m]	H _x [kN/m]
	nové	změna					
1	ANO		Ed, g0	Návrhové	113,01	6,99	2,25
2	ANO		Ed, montážní	Návrhové	645,40	-45,12	-160,78
3	ANO		Ed, t0	Návrhové	645,40	-45,12	-160,78
4	ANO		Ed, tn	Návrhové	906,92	-172,52	-306,40
5	ANO		Ed, šach 1	Návrhové	599,76	38,16	-109,66
6	ANO		Ed, šach 2	Návrhové	36,68	63,26	-35,50
7	ANO		Ed, šach 3	Návrhové	548,85	37,67	-110,47
8	ANO		Ed, g0 - provozní	Užitné	94,18	5,82	1,88
9	ANO		Ed, montážní - provozní	Užitné	537,83	-37,60	-133,98
10	ANO		Ed, t0 - provozní	Užitné	537,83	-37,60	-133,98
11	ANO		Ed, tn - provozní	Užitné	755,77	-143,77	-255,33
12	ANO		Ed, šach 1 - provozní	Užitné	499,80	31,80	-91,38
13	ANO		Ed, šach 2 - provozní	Užitné	30,57	52,72	-29,58
14	ANO		Ed, šach 3 - provozní	Užitné	457,38	31,39	-92,06

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro odvozené podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, g0	Ano	-0,03	0,00	69,90	2748,65	2,54	Ano
Ed, g0	Ne	-0,02	0,00	78,64	2756,08	2,85	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,400 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,585$
 $s_c = 1,188$
 $s_b = 0,718$
 $d_d = 1,064$
 $d_c = 1,065$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,978$
 $i_c = 0,978$
 $i_b = 0,978$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 2756,084 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Ed, g0)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,75 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 5,28 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 18,60 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 2756,08 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 78,64 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 145,37 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 2,25 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čis. 2

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, montážní	Ano	-0,16	0,00	312,35	1657,25	18,85	Ano
Ed, montážní	Ne	-0,16	0,00	320,93	1690,73	18,98	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,284 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,593$
 $s_c = 1,190$
 $s_b = 0,714$
 $d_d = 1,065$
 $d_c = 1,066$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,609$
 $i_c = 0,609$
 $i_b = 0,609$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 1690,729 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 2. (Ed, montážní)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,75 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 5,28 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 18,60 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 1690,73 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 320,93 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 568,85 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 160,78 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 3

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, t0	Ano	-0,16	0,00	312,35	1657,25	18,85	Ano
Ed, t0	Ne	-0,16	0,00	320,93	1690,73	18,98	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,284 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,593$
 $s_c = 1,190$
 $s_b = 0,714$
 $d_d = 1,065$
 $d_c = 1,066$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,609$
 $i_c = 0,609$
 $i_b = 0,609$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 1690,729 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 3. (Ed, t0)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,75 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 5,28 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 18,60 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 1690,73 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 320,93 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 568,85 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 160,78 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 4

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, tn	Ano	-0,14	0,00	418,12	1310,52	31,90	Ano
Ed, tn	Ne	-0,13	0,00	426,75	1339,84	31,85	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

φ_d	=	38,500 °
C_d	=	0,000 kPa
γ_{1prum}	=	20,000 kN/m ³
γ_{2prum}	=	20,000 kN/m ³
b_{ef}	=	2,325 m
N_d	=	52,307
N_c	=	64,502
N_b	=	61,218
s_d	=	1,603
s_c	=	1,194
s_b	=	0,709
d_d	=	1,065
d_c	=	1,066
d_b	=	1,000
i_d	=	0,469
i_c	=	0,469
i_b	=	0,469
b_d	=	1,000
b_c	=	1,000
b_b	=	1,000
g_d	=	1,000
g_c	=	1,000
g_b	=	1,000
R_d	=	1310,519 kPa

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 4. (Ed, tn)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00$ kN/m

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN/m

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 5,28$ m

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 18,60$ m

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 1310,52$ kPa

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 418,12$ kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77$ kN

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50$ °

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00$ kPa

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 776,87$ kN

Extrémní horizontální síla $H = 306,40$ kN

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čis. 5

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, šach 1	Ano	-0,22	0,00	308,43	1885,88	16,35	Ano
Ed, šach 1	Ne	-0,22	0,00	316,83	1916,28	16,53	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,170 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,563$
 $s_c = 1,181$
 $s_b = 0,729$
 $d_d = 1,067$
 $d_c = 1,068$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,706$
 $i_c = 0,706$
 $i_b = 0,706$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 1916,285 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 5. (Ed, šach 1)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,75 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 5,28 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 18,60 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 1916,28 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 316,83 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 532,55 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 109,66 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 6

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, šach 2	Ano	-0,97	0,00	154,66	738,38	20,95	Ano
Ed, šach 2	Ne	-0,79	0,00	122,88	1017,46	12,08	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 0,657 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,171$
 $s_c = 1,055$
 $s_b = 0,918$
 $d_d = 1,122$
 $d_c = 1,123$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,424$
 $i_c = 0,424$
 $i_b = 0,424$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 738,384 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 6. (Ed, šach 2)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 5,28 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 18,60 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 738,38 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 154,66 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 84,65 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 35,50 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 7

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, šach 3	Ano	-0,24	0,00	289,92	1804,72	16,06	Ano
Ed, šach 3	Ne	-0,23	0,00	298,23	1839,63	16,21	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,135 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,554$
 $s_c = 1,178$
 $s_b = 0,733$
 $d_d = 1,068$
 $d_c = 1,068$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,683$
 $i_c = 0,683$
 $i_b = 0,683$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 1839,630 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 7. (Ed, šach 3)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,75 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 5,28 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 18,60 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 1839,63 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 298,23 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 492,05 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 110,47 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 8

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, g0	Ano	-0,03	0,00	69,90	2748,65	2,54	Ano
Ed, g0	Ne	-0,02	0,00	78,64	2756,08	2,85	Ano
Ed, montážní	Ano	-0,16	0,00	312,35	1657,25	18,85	Ano
Ed, montážní	Ne	-0,16	0,00	320,93	1690,73	18,98	Ano
Ed, t0	Ano	-0,16	0,00	312,35	1657,25	18,85	Ano
Ed, t0	Ne	-0,16	0,00	320,93	1690,73	18,98	Ano
Ed, tn	Ano	-0,14	0,00	418,12	1310,52	31,90	Ano
Ed, tn	Ne	-0,13	0,00	426,75	1339,84	31,85	Ano
Ed, šach 1	Ano	-0,22	0,00	308,43	1885,88	16,35	Ano
Ed, šach 1	Ne	-0,22	0,00	316,83	1916,28	16,53	Ano
Ed, šach 2	Ano	-0,97	0,00	154,66	738,38	20,95	Ano
Ed, šach 2	Ne	-0,79	0,00	122,88	1017,46	12,08	Ano
Ed, šach 3	Ano	-0,24	0,00	289,92	1804,72	16,06	Ano
Ed, šach 3	Ne	-0,23	0,00	298,23	1839,63	16,21	Ano
Ed, g0 - provozní	Ano	-0,02	0,00	62,41	1141,81	5,47	Ano
Ed, g0 - provozní	Ne	-0,02	0,00	62,41	1141,81	5,47	Ano
Ed, montážní - provozní	Ano	-0,16	0,00	264,37	696,97	37,93	Ano
Ed, montážní - provozní	Ne	-0,16	0,00	264,37	696,97	37,93	Ano
Ed, t0 - provozní	Ano	-0,16	0,00	264,37	696,97	37,93	Ano
Ed, t0 - provozní	Ne	-0,16	0,00	264,37	696,97	37,93	Ano
Ed, tn - provozní	Ano	-0,14	0,00	352,54	551,42	63,93	Ano
Ed, tn - provozní	Ne	-0,14	0,00	352,54	551,42	63,93	Ano
Ed, šach 1 - provozní	Ano	-0,22	0,00	261,02	792,70	32,93	Ano
Ed, šach 1 - provozní	Ne	-0,22	0,00	261,02	792,70	32,93	Ano
Ed, šach 2 - provozní	Ano	-0,86	0,00	108,89	391,38	27,82	Ano
Ed, šach 2 - provozní	Ne	-0,86	0,00	108,89	391,38	27,82	Ano
Ed, šach 3 - provozní	Ano	-0,24	0,00	245,55	760,45	32,29	Ano
Ed, šach 3 - provozní	Ne	-0,24	0,00	245,55	760,45	32,29	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

φ_d	=	32,471 °
c_d	=	0,000 kPa
γ_{1prum}	=	20,000 kN/m ³
γ_{2prum}	=	20,000 kN/m ³
b_{ef}	=	2,328 m
N_d	=	24,499
N_c	=	36,928
N_b	=	22,430
s_d	=	1,521
s_c	=	1,194
s_b	=	0,709
d_d	=	1,062
d_c	=	1,066
d_b	=	1,000
i_d	=	0,475
i_c	=	0,475
i_b	=	0,475
b_d	=	1,000

$$\begin{aligned} b_c &= 1,000 \\ b_b &= 1,000 \\ g_d &= 1,000 \\ g_c &= 1,000 \\ g_b &= 1,000 \\ R_d &= 551,422 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

$$\begin{aligned} \text{Spočtená vlastní tíha pasu } G &= 65,00 \text{ kN/m} \\ \text{Spočtená tíha nadloží } Z &= 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník
Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 11. (Ed, tn - provozní)

Parametry smykové plochy pod základem:

$$\text{Hloubka smykové plochy } z_{sp} = 5,28 \text{ m}$$

$$\text{Dosah smykové plochy } l_{sp} = 18,60 \text{ m}$$

$$\text{Výpočtová únosnost zákl. půdy } R_d = 551,42 \text{ kPa}$$

$$\text{Extrémní kontaktní napětí } \sigma = 352,54 \text{ kPa}$$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 11. (Ed, tn - provozní)

Zemní odpor: klidový

$$\text{Výpočtová velikost zemního odporu } S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$$

$$\text{Úhel tření základ-základová spára } \psi = 38,50^\circ$$

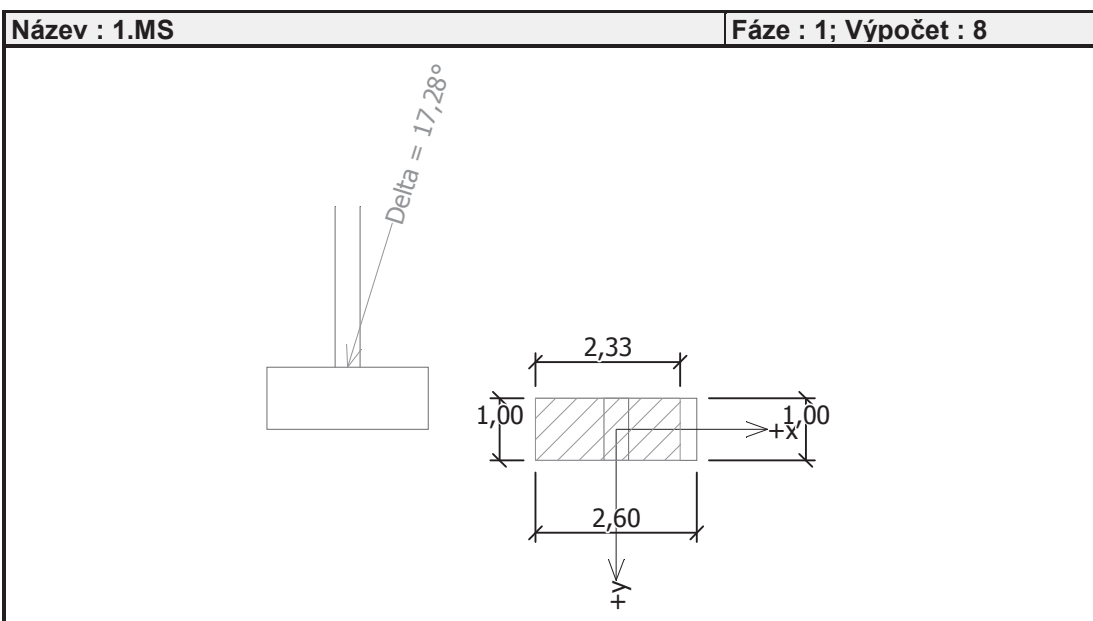
$$\text{Soudržnost základ-základová spára } a = 0,00 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontální únosnost základu } R_{dh} = 526,07 \text{ kN}$$

$$\text{Extrémní horizontální síla } H = 255,33 \text{ kN}$$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE



Posouzení čís. 1

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 8. (E_d , g_0 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	13,80	13,85	0,05	210,15	260,75	41,03	0,01
2	13,85	13,90	0,05	210,15	261,75	39,88	0,01
3	13,90	13,95	0,05	210,15	262,75	37,44	0,01
4	13,95	14,00	0,05	210,15	263,75	34,39	0,01
5	14,00	14,05	0,05	210,15	264,75	31,42	0,01
6	14,05	14,10	0,05	210,15	265,75	28,83	0,01
7	14,10	14,13	0,03	210,15	266,52	27,16	0,00

Sednutí středu délkové hrany = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,0 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=8,93$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,0 mm

Hloubka deformační zóny = 0,33 m

Natočení ve směru šířky = 0,000 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 2

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 9.(Ed, montážní - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od původního terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	13,80	13,81	0,01	210,15	260,35	0,01	0,00

Sednutí středu délkové hrany = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,1 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=8,93$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,0 mm

Hloubka deformační zóny = 0,01 m

Natočení ve směru šířky = 0,050 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 3

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 10. (E_d , t_0 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od původního terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	13,80	13,81	0,01	210,15	260,35	0,01	0,00

Sednutí středu délkové hrany = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,1 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=8,93$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,0 mm

Hloubka deformační zóny = 0,01 m

Natočení ve směru šířky = 0,050 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 4

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 11. (E_d , t_n - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od původního terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	13,80	13,85	0,05	210,15	260,75	55,17	0,01
2	13,85	13,90	0,05	210,15	261,75	53,63	0,01
3	13,90	13,95	0,05	210,15	262,75	50,35	0,01
4	13,95	14,00	0,05	210,15	263,75	46,25	0,01
5	14,00	14,05	0,05	210,15	264,75	42,25	0,01
6	14,05	14,10	0,05	210,15	265,75	38,77	0,01
7	14,10	14,20	0,10	210,15	267,25	34,75	0,01
8	14,20	14,30	0,10	210,15	269,25	30,62	0,01
9	14,30	14,37	0,07	210,15	270,94	28,04	0,01

Sednutí středu délkové hrany = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,3 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,0 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=8,93$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,1 mm

Hloubka deformační zóny = 0,57 m

Natočení ve směru šířky = 0,106 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 5

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 12.(Ed, šach 1 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od původního terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	13,80	13,81	0,01	210,15	260,35	0,01	0,00

Sednutí středu délkové hrany = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,1 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=8,93$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,0 mm

Hloubka deformační zóny = 0,01 m

Natočení ve směru šířky = 0,029 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 6

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 13. (Ed, šach 2 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od původního terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	13,80	13,81	0,01	210,15	260,35	0,01	0,00

Sednutí středu délkové hrany = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,0 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=8,93$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,0 mm

Hloubka deformační zóny = 0,01 m

Natočení ve směru šířky = 0,000 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 7

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 14. (Ed, šach 3 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	13,80	13,85	0,05	210,15	260,75	180,05	0,04
2	13,85	13,90	0,05	210,15	261,75	175,03	0,04
3	13,90	13,95	0,05	210,15	262,75	164,34	0,04
4	13,95	14,00	0,05	210,15	263,75	150,95	0,03
5	14,00	14,05	0,05	210,15	264,75	137,91	0,03
6	14,05	14,10	0,05	210,15	265,75	126,53	0,03
7	14,10	14,20	0,10	210,15	267,25	113,42	0,05
8	14,20	14,30	0,10	210,15	269,25	99,94	0,04
9	14,30	14,40	0,10	210,15	271,25	90,26	0,04
10	14,40	14,50	0,10	210,15	273,25	82,90	0,04
11	14,50	14,60	0,10	210,15	275,25	77,03	0,03
12	14,60	14,70	0,10	210,15	277,25	72,15	0,03
13	14,70	14,95	0,25	210,15	280,75	65,42	0,07
14	14,95	15,20	0,25	210,15	285,75	57,39	0,06
15	15,20	15,45	0,25	210,15	290,75	50,92	0,05
16	15,45	15,70	0,25	210,15	295,75	45,48	0,05
17	15,70	15,95	0,25	210,15	300,75	40,81	0,04
18	15,95	16,20	0,25	210,15	305,75	36,75	0,04
19	16,20	16,48	0,28	210,15	311,04	33,12	0,02

Sednutí středu délkové hrany = 0,7 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,9 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,4 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=8,93$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,8 mm

Hloubka deformační zóny = 2,68 m

Natočení ve směru šířky = 0,187 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 8

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od původního terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 65,00 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	13,80	13,85	0,05	210,15	260,75	55,17	0,01
2	13,85	13,90	0,05	210,15	261,75	53,63	0,01
3	13,90	13,95	0,05	210,15	262,75	50,35	0,01
4	13,95	14,00	0,05	210,15	263,75	46,25	0,01
5	14,00	14,05	0,05	210,15	264,75	42,25	0,01
6	14,05	14,10	0,05	210,15	265,75	38,77	0,01
7	14,10	14,20	0,10	210,15	267,25	34,75	0,01
8	14,20	14,30	0,10	210,15	269,25	30,62	0,01
9	14,30	14,37	0,07	210,15	270,94	28,04	0,01

Sednutí středu délkové hrany = 0,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,3 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,0 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=8,93$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

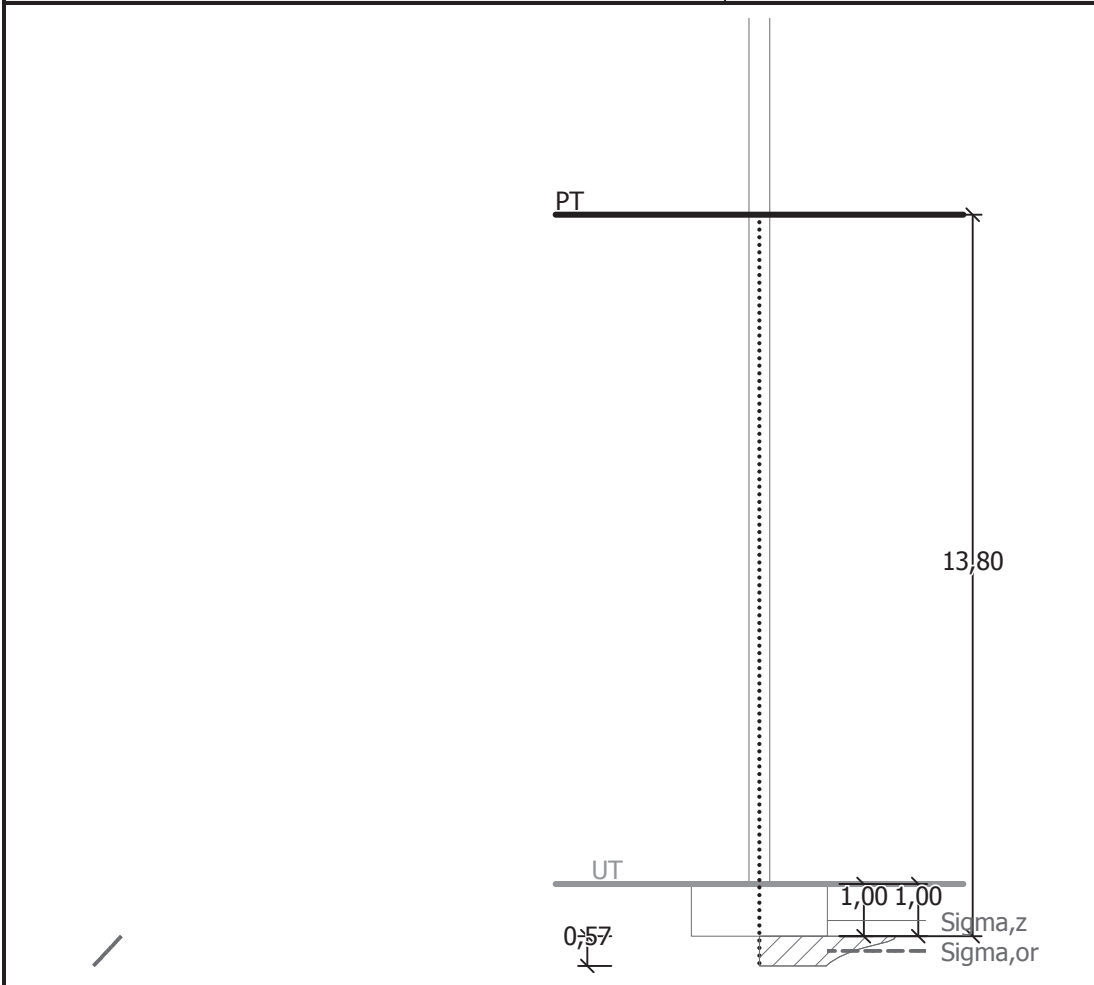
Sednutí základu = 0,1 mm

Hloubka deformační zóny = 0,57 m

Natočení ve směru šířky = 0,106 ($\tan \cdot 1000$)

Název : 2.MS

Fáze : 1; Výpočet : 8



Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

Profil vložky = 16,0 mm
 Počet vložek = 10
 Krytí výztuže = 50,0 mm
 Šířka průřezu = 1,00 m
 Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0,21 \% > 0,15 \% = \rho_{\min}$
 Poloha neutrálné osy $x = 0,05 \text{ m} < 0,58 \text{ m} = x_{\max}$
 Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 804,37 \text{ kNm} > 287,09 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení patky na protlačení

Normálová síla v sloupu = 906,92 kN

Tlaková diagonála na obvodu sloupu

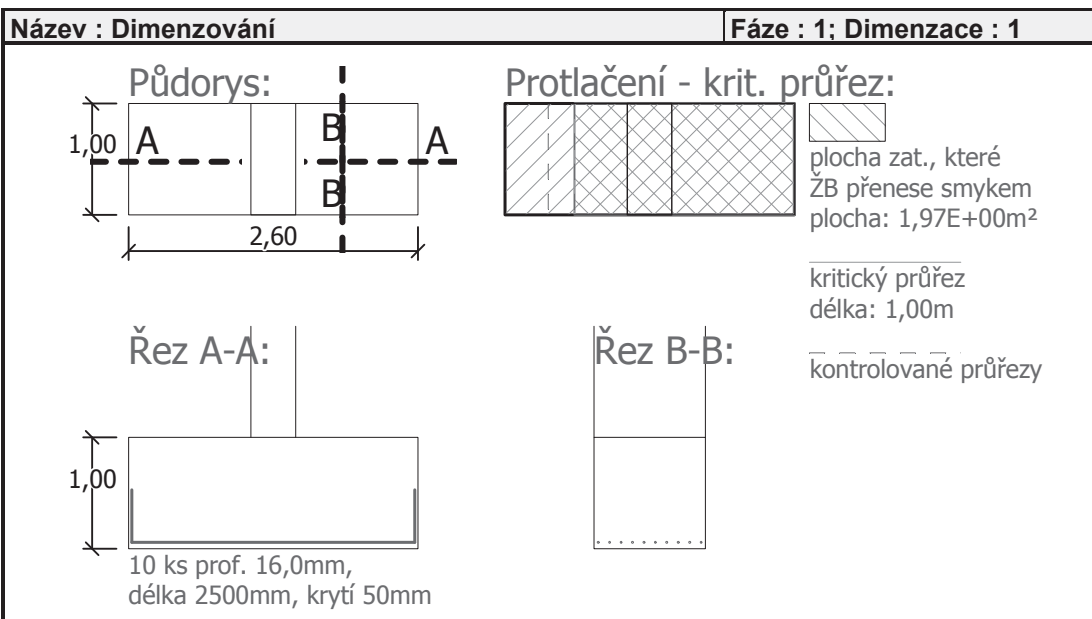
Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 139,53 kN
 Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 767,39 kN
 Uvažovaný obvod sloupu $u_0 = 2,00 \text{ m}$
 Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed, \max} = 0,61 \text{ MPa}$
 Únosnost tlakové diagonály na obvodu sloupu $v_{Rd, \max} = 5,28 \text{ MPa}$

Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 688,39 kN
 Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 218,53 kN
 Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,47 m
 Délka průřezu $u_{cr} = 1,00 \text{ m}$
 Smykové napětí na průřezu $v_{Ed} = 0,35 \text{ MPa}$
 Únosnost nevyztuženého průřezu $v_{Rd, c} = 1,35 \text{ MPa}$

$v_{Ed} < v_{Rd, c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Patka na protlačení VYHOVUJE

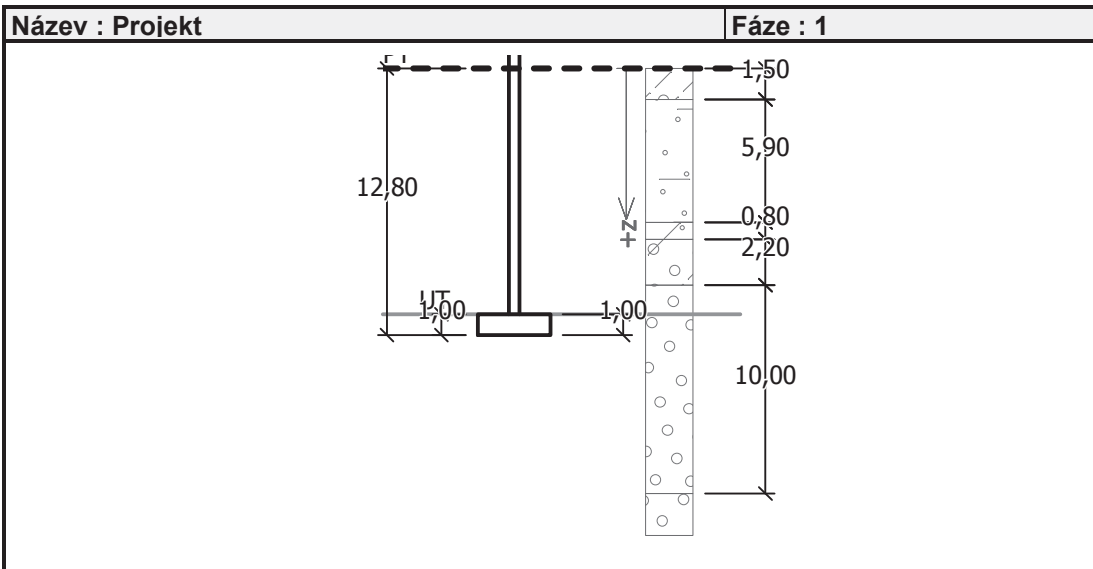


Posouzení plošného základu

Vstupní data

Projekt

Akce : Diplomová práce
 Část : 9.3.2 Základový pas pod středovou stěnou
 Popis : Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce
 Autor : Bc. Martin Herka
 Datum : 7.1.2014



Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
 Omezení deformační zóny : procentem Sigma,Or
 Koef. omezení deformační zóny : 10,0 [%]

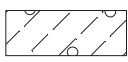
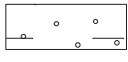
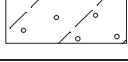
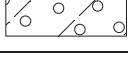

Patky

Výpočet pro odvozněné podmínky : standardní postup
 Metodika posouzení : výpočet podle EN1997
 Návrhový přístup : 1 - redukce zatížení a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Kombinace 1		Kombinace 2	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce materiálu (M)				
Trvalá návrhová situace				
		Kombinace 1		Kombinace 2
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,00 [-]		1,25 [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,00 [-]		1,25 [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,00 [-]		1,40 [-]
Součinitel redukce pevnosti horniny :	$\gamma_v =$	1,00 [-]		1,40 [-]

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída F1, konzistence tuhá		29,00	8,00	19,00	9,00	
2	Třída S5		27,00	8,00	18,50	9,00	
3	Třída S4		29,00	5,00	18,00	9,00	
4	Třída G4		32,50	4,00	19,00	9,00	
5	Třída G2, ulehlá		38,50	0,00	20,00	11,00	

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

Parametry zemín
Třída F1, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 24,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída S5

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 12,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída S4

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 13,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída G4

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,50^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 4,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 94,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída G2, ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Edometrický modul : $E_{oed} = 233,50 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Založení
Typ základu: základový pas

Hloubka od původního terénu $h_z = 12,80 \text{ m}$

Hloubka základové spáry $d = 1,00 \text{ m}$

Tloušťka základu $t = 1,00 \text{ m}$

Sklon upraveného terénu $s_1 = 0,00^\circ$

Sklon základové spáry $s_2 = 0,00^\circ$

Objemová tíha zeminy nad základem $= 20,00 \text{ kN/m}^3$
Geometrie konstrukce
Typ základu: základový pas

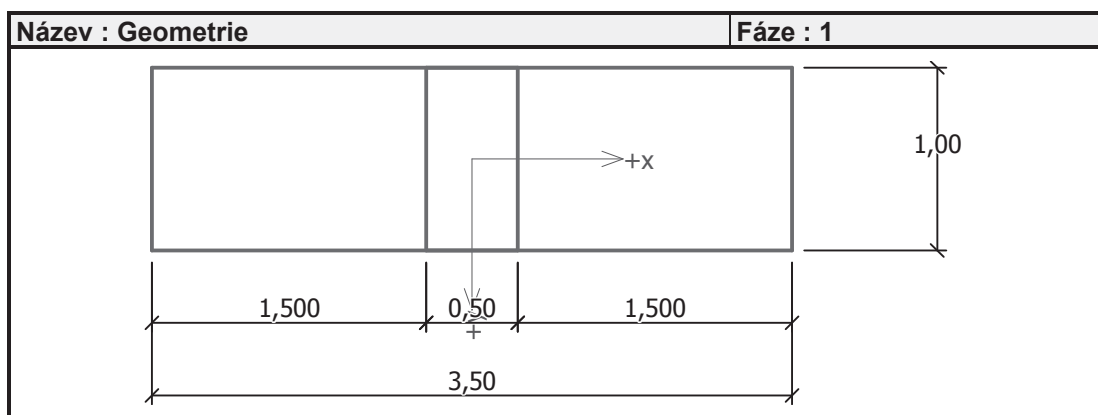
Celková délka pasu $= 3,50 \text{ m}$

Šířka pasu (x) $= 3,50 \text{ m}$

Šířka sloupu ve směru x $= 0,50 \text{ m}$

Objem pasu $= 3,50 \text{ m}^3/\text{m}$

Zadané zatížení je uvažováno na 1bm délky pasu.


Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000,00 \text{ MPa}$



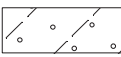
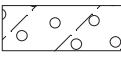
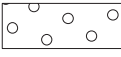
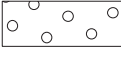
Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,50	Třída F1, konzistence tuhá	
2	5,90	Třída S5	
3	0,80	Třída S4	
4	2,20	Třída G4	
5	10,00	Třída G2, ulehlá	
6	-	Třída G2, ulehlá	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN/m]	M _y [kNm/m]	H _x [kN/m]
	nové	změna					
1	ANO		Ed, g0	Návrhové	358,86	0,00	0,01
2	ANO		Ed, montážní	Návrhové	2758,08	663,78	-191,82
3	ANO		Ed, t0	Návrhové	2758,08	663,78	-191,82
4	ANO		Ed, tn	Návrhové	2914,08	993,26	-294,75
5	ANO		Ed, šach 1	Návrhové	455,95	0,06	-0,01
6	ANO		Ed, šach 2	Návrhové	1253,12	0,00	0,00
7	ANO		Ed, šach 3	Návrhové	1301,67	393,91	-101,89
8	ANO		Ed, g0 - provozní	Užitné	299,05	0,00	0,01
9	ANO		Ed, montážní - provozní	Užitné	2298,40	553,15	-159,85
10	ANO		Ed, t0 - provozní	Užitné	2298,40	553,15	-159,85
11	ANO		Ed, tn - provozní	Užitné	2428,40	827,72	-245,62
12	ANO		Ed, šach 1 - provozní	Užitné	379,96	0,05	-0,01
13	ANO		Ed, šach 2 - provozní	Užitné	1044,27	0,00	0,00
14	ANO		Ed, šach 3 - provozní	Užitné	1084,73	328,26	-84,91

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, g0	Ano	0,00	0,00	127,53	3286,61	3,88	Ano
Ed, g0	Ne	0,00	0,00	136,28	3286,62	4,15	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 3,500 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,623$
 $s_c = 1,200$
 $s_b = 0,700$
 $d_d = 1,053$
 $d_c = 1,053$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 1,000$
 $i_c = 1,000$
 $i_b = 1,000$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 3286,620 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Ed, g0)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 118,13 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 7,71 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 27,13 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 3286,62 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 136,28 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 358,83 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 0,01 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 2

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, montážní	Ano	-0,30	0,00	981,69	2618,76	37,49	Ano
Ed, montážní	Ne	-0,30	0,00	990,07	2625,52	37,71	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,905 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,517$
 $s_c = 1,166$
 $s_b = 0,751$
 $d_d = 1,058$
 $d_c = 1,059$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,871$
 $i_c = 0,871$
 $i_b = 0,871$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 2625,515 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 2. (Ed, montážní)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 118,13 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 7,71 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 27,13 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 2625,52 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 990,07 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 2267,25 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 191,82 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čis. 3

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, t0	Ano	-0,30	0,00	981,69	2618,76	37,49	Ano
Ed, t0	Ne	-0,30	0,00	990,07	2625,52	37,71	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,905 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,517$
 $s_c = 1,166$
 $s_b = 0,751$
 $d_d = 1,058$
 $d_c = 1,059$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,871$
 $i_c = 0,871$
 $i_b = 0,871$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 2625,515 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 3. (Ed, t0)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 118,13 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 7,71 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 27,13 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 2625,52 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 990,07 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 2267,25 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 191,82 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 4

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, tn	Ano	-0,43	0,00	1136,20	2343,87	48,48	Ano
Ed, tn	Ne	-0,42	0,00	1144,04	2352,66	48,63	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,650 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,471$
 $s_c = 1,151$
 $s_b = 0,773$
 $d_d = 1,061$
 $d_c = 1,061$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,815$
 $i_c = 0,815$
 $i_b = 0,815$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 2352,660 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 4. (Ed, tn)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 118,13 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 7,71 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 27,13 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 2352,66 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 1144,04 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 2391,34 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 294,75 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 5

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, šach 1	Ano	0,00	0,00	155,28	3286,54	4,72	Ano
Ed, šach 1	Ne	0,00	0,00	164,03	3286,56	4,99	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 3,500 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,622$
 $s_c = 1,200$
 $s_b = 0,700$
 $d_d = 1,053$
 $d_c = 1,053$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 1,000$
 $i_c = 1,000$
 $i_b = 1,000$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 3286,557 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 5. (Ed, šach 1)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 118,13 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 7,71 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 27,13 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 3286,56 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 164,03 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 436,05 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 0,01 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 6

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, šach 2	Ano	0,00	0,00	383,03	3286,78	11,65	Ano
Ed, šach 2	Ne	0,00	0,00	391,78	3286,78	11,92	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 3,500 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,623$
 $s_c = 1,200$
 $s_b = 0,700$
 $d_d = 1,053$
 $d_c = 1,053$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 1,000$
 $i_c = 1,000$
 $i_b = 1,000$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 3286,776 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 6. (Ed, šach 2)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 118,13 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 7,71 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 27,13 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 3286,78 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 391,78 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 1070,15 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 0,00 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 7

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, šach 3	Ano	-0,36	0,00	498,59	2537,76	19,65	Ano
Ed, šach 3	Ne	-0,35	0,00	506,78	2553,06	19,85	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$\varphi_d = 38,500^\circ$
 $c_d = 0,000 \text{ kPa}$
 $\gamma_{1prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{2prum} = 20,000 \text{ kN/m}^3$
 $b_{ef} = 2,802 \text{ m}$
 $N_d = 52,307$
 $N_c = 64,502$
 $N_b = 61,218$
 $s_d = 1,498$
 $s_c = 1,160$
 $s_b = 0,760$
 $d_d = 1,059$
 $d_c = 1,060$
 $d_b = 1,000$
 $i_d = 0,862$
 $i_c = 0,862$
 $i_b = 0,862$
 $b_d = 1,000$
 $b_c = 1,000$
 $b_b = 1,000$
 $g_d = 1,000$
 $g_c = 1,000$
 $g_b = 1,000$
 $R_d = 2553,062 \text{ kPa}$

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 7. (Ed, šach 3)

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 118,13 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 7,71 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 27,13 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 2553,06 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 506,78 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 38,50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0,00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 1108,77 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 101,89 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 8

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Ed, g0	Ano	0,00	0,00	127,53	3286,61	3,88	Ano
Ed, g0	Ne	0,00	0,00	136,28	3286,62	4,15	Ano
Ed, montážní	Ano	-0,30	0,00	981,69	2618,76	37,49	Ano
Ed, montážní	Ne	-0,30	0,00	990,07	2625,52	37,71	Ano
Ed, t0	Ano	-0,30	0,00	981,69	2618,76	37,49	Ano
Ed, t0	Ne	-0,30	0,00	990,07	2625,52	37,71	Ano
Ed, tn	Ano	-0,43	0,00	1136,20	2343,87	48,48	Ano
Ed, tn	Ne	-0,42	0,00	1144,04	2352,66	48,63	Ano
Ed, šach 1	Ano	0,00	0,00	155,28	3286,54	4,72	Ano
Ed, šach 1	Ne	0,00	0,00	164,03	3286,56	4,99	Ano
Ed, šach 2	Ano	0,00	0,00	383,03	3286,78	11,65	Ano
Ed, šach 2	Ne	0,00	0,00	391,78	3286,78	11,92	Ano
Ed, šach 3	Ano	-0,36	0,00	498,59	2537,76	19,65	Ano
Ed, šach 3	Ne	-0,35	0,00	506,78	2553,06	19,85	Ano
Ed, g0 - provozní	Ano	0,00	0,00	110,44	1340,83	8,24	Ano
Ed, g0 - provozní	Ne	0,00	0,00	110,44	1340,83	8,24	Ano
Ed, montážní - provozní	Ano	-0,30	0,00	822,07	1076,56	76,36	Ano
Ed, montážní - provozní	Ne	-0,30	0,00	822,07	1076,56	76,36	Ano
Ed, t0 - provozní	Ano	-0,30	0,00	822,07	1076,56	76,36	Ano
Ed, t0 - provozní	Ne	-0,30	0,00	822,07	1076,56	76,36	Ano
Ed, tn - provozní	Ano	-0,43	0,00	950,56	967,52	98,25	Ano
Ed, tn - provozní	Ne	-0,43	0,00	950,56	967,52	98,25	Ano
Ed, šach 1 - provozní	Ano	0,00	0,00	133,57	1340,80	9,96	Ano
Ed, šach 1 - provozní	Ne	0,00	0,00	133,57	1340,80	9,96	Ano
Ed, šach 2 - provozní	Ano	0,00	0,00	323,36	1340,89	24,12	Ano
Ed, šach 2 - provozní	Ne	0,00	0,00	323,36	1340,89	24,12	Ano
Ed, šach 3 - provozní	Ano	-0,35	0,00	419,39	1046,78	40,06	Ano
Ed, šach 3 - provozní	Ne	-0,35	0,00	419,39	1046,78	40,06	Ano

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

φ_d	=	32,471 °
c_d	=	0,000 kPa
γ_{1prum}	=	20,000 kN/m ³
γ_{2prum}	=	20,000 kN/m ³
b_{ef}	=	2,647 m
N_d	=	24,499
N_c	=	36,928
N_b	=	22,430
s_d	=	1,406
s_c	=	1,151
s_b	=	0,773
d_d	=	1,059
d_c	=	1,061
d_b	=	1,000
i_d	=	0,814
i_c	=	0,814
i_b	=	0,814
b_d	=	1,000

$$\begin{aligned} b_c &= 1,000 \\ b_b &= 1,000 \\ g_d &= 1,000 \\ g_c &= 1,000 \\ g_b &= 1,000 \\ R_d &= 967,521 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

$$\begin{aligned} \text{Spočtená vlastní tíha pasu } G &= 87,50 \text{ kN/m} \\ \text{Spočtená tíha nadloží } Z &= 0,00 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 11. (Ed, tn - provozní)

Parametry smykové plochy pod základem:

$$\text{Hloubka smykové plochy } z_{sp} = 7,71 \text{ m}$$

$$\text{Dosah smykové plochy } l_{sp} = 27,13 \text{ m}$$

$$\text{Výpočtová únosnost zákl. půdy } R_d = 967,52 \text{ kPa}$$

$$\text{Extrémní kontaktní napětí } \sigma = 950,56 \text{ kPa}$$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 11. (Ed, tn - provozní)

Zemní odpor: klidový

$$\text{Výpočtová velikost zemního odporu } S_{pd} = 3,77 \text{ kN}$$

$$\text{Úhel tření základ-základová spára } \psi = 38,50^\circ$$

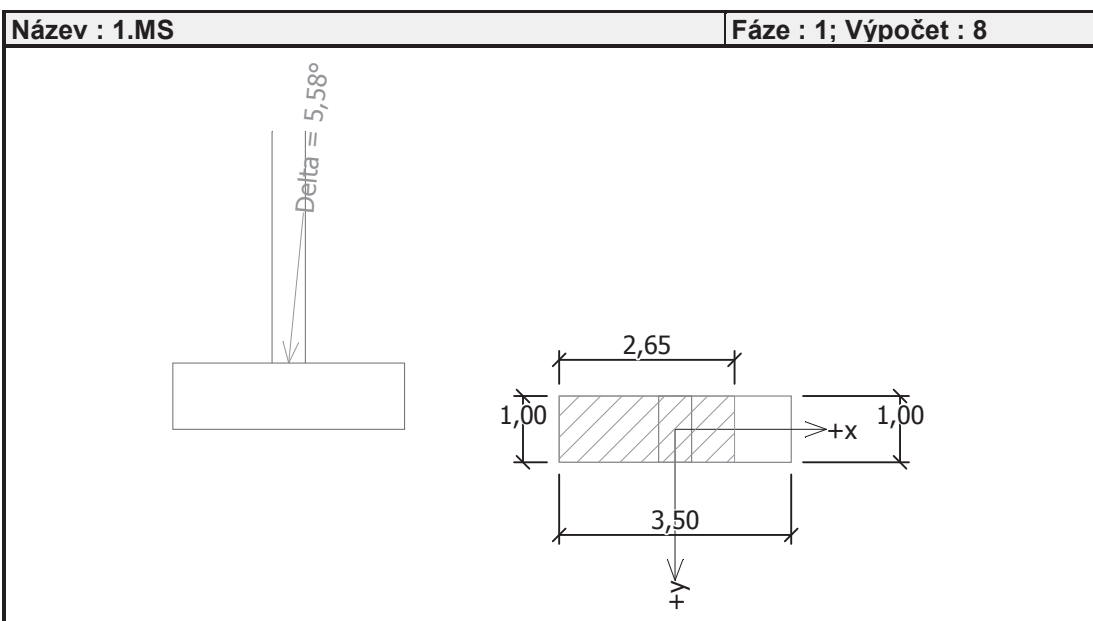
$$\text{Soudržnost základ-základová spára } a = 0,00 \text{ kPa}$$

$$\text{Horizontální únosnost základu } R_{dh} = 1604,76 \text{ kN}$$

$$\text{Extrémní horizontální síla } H = 245,62 \text{ kN}$$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE



Posouzení čís. 1

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 8. (E_d , g_0 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,50 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	12,80	12,85	0,05	210,15	242,35	90,28	0,02
2	12,85	12,90	0,05	210,15	243,35	89,20	0,02
3	12,90	12,95	0,05	210,15	244,35	86,54	0,02
4	12,95	13,00	0,05	210,15	245,35	82,55	0,02
5	13,00	13,05	0,05	210,15	246,35	77,93	0,02
6	13,05	13,10	0,05	210,15	247,35	73,28	0,02
7	13,10	13,20	0,10	210,15	248,85	67,10	0,03
8	13,20	13,30	0,10	210,15	250,85	60,17	0,03
9	13,30	13,40	0,10	210,15	252,85	54,80	0,02
10	13,40	13,50	0,10	210,15	254,85	50,60	0,02
11	13,50	13,60	0,10	210,15	256,85	47,25	0,02
12	13,60	13,70	0,10	210,15	258,85	44,49	0,02
13	13,70	13,95	0,25	210,15	262,35	40,80	0,04
14	13,95	14,20	0,25	210,15	267,35	36,51	0,04
15	14,20	14,45	0,25	210,15	272,35	33,16	0,04
16	14,45	14,70	0,25	210,15	277,35	30,36	0,03
17	14,70	14,80	0,10	210,15	280,83	28,62	0,00

Sednutí středu délkové hrany = 0,3 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,3 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,3 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3,66$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,4 mm

Hloubka deformační zóny = 2,00 m

Natočení ve směru šířky = 0,000 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 2

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 9. (Ed, montážní - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,50 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	12,80	12,85	0,05	210,15	242,35	660,49	0,14
2	12,85	12,90	0,05	210,15	243,35	652,62	0,14
3	12,90	12,95	0,05	210,15	244,35	633,15	0,14
4	12,95	13,00	0,05	210,15	245,35	603,93	0,13
5	13,00	13,05	0,05	210,15	246,35	570,14	0,12
6	13,05	13,10	0,05	210,15	247,35	536,15	0,11
7	13,10	13,20	0,10	210,15	248,85	490,94	0,21
8	13,20	13,30	0,10	210,15	250,85	440,20	0,19
9	13,30	13,40	0,10	210,15	252,85	400,90	0,17
10	13,40	13,50	0,10	210,15	254,85	370,21	0,16
11	13,50	13,60	0,10	210,15	256,85	345,66	0,15
12	13,60	13,70	0,10	210,15	258,85	325,48	0,14
13	13,70	13,95	0,25	210,15	262,35	298,47	0,32
14	13,95	14,20	0,25	210,15	267,35	267,13	0,29
15	14,20	14,45	0,25	210,15	272,35	242,59	0,26
16	14,45	14,70	0,25	210,15	277,35	222,11	0,24
17	14,70	14,95	0,25	210,15	282,35	204,35	0,22
18	14,95	15,20	0,25	210,15	287,35	188,59	0,20
19	15,20	15,70	0,50	210,15	294,85	168,34	0,36
20	15,70	16,20	0,50	210,15	304,85	144,89	0,31
21	16,20	16,70	0,50	210,15	314,85	125,39	0,27
22	16,70	17,20	0,50	210,15	324,85	109,08	0,23
23	17,20	17,70	0,50	210,15	334,85	95,41	0,20
24	17,70	18,20	0,50	210,15	344,85	83,89	0,18
25	18,20	19,20	1,00	210,15	359,85	70,35	0,30
26	19,20	20,20	1,00	210,15	379,85	56,04	0,24
27	20,20	20,40	0,20	210,15	391,85	49,09	0,04
28	20,40	21,20	0,80	210,15	401,83	44,59	0,15

Sednutí středu délkové hrany = 5,1 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 6,1 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 4,0 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3,66$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 5,6 mm
 Hloubka deformační zóny = 8,40 m
 Natočení ve směru šířky = 0,613 (tan*1000)

Posouzení čís. 3

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 10.(Ed, t0 - provozní)
 Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).
 Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,50$ kN/m
 Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN/m

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	12,80	12,85	0,05	210,15	242,35	660,49	0,14
2	12,85	12,90	0,05	210,15	243,35	652,62	0,14
3	12,90	12,95	0,05	210,15	244,35	633,15	0,14
4	12,95	13,00	0,05	210,15	245,35	603,93	0,13
5	13,00	13,05	0,05	210,15	246,35	570,14	0,12
6	13,05	13,10	0,05	210,15	247,35	536,15	0,11
7	13,10	13,20	0,10	210,15	248,85	490,94	0,21
8	13,20	13,30	0,10	210,15	250,85	440,20	0,19
9	13,30	13,40	0,10	210,15	252,85	400,90	0,17
10	13,40	13,50	0,10	210,15	254,85	370,21	0,16
11	13,50	13,60	0,10	210,15	256,85	345,66	0,15
12	13,60	13,70	0,10	210,15	258,85	325,48	0,14
13	13,70	13,95	0,25	210,15	262,35	298,47	0,32
14	13,95	14,20	0,25	210,15	267,35	267,13	0,29
15	14,20	14,45	0,25	210,15	272,35	242,59	0,26
16	14,45	14,70	0,25	210,15	277,35	222,11	0,24
17	14,70	14,95	0,25	210,15	282,35	204,35	0,22
18	14,95	15,20	0,25	210,15	287,35	188,59	0,20
19	15,20	15,70	0,50	210,15	294,85	168,34	0,36
20	15,70	16,20	0,50	210,15	304,85	144,89	0,31
21	16,20	16,70	0,50	210,15	314,85	125,39	0,27
22	16,70	17,20	0,50	210,15	324,85	109,08	0,23
23	17,20	17,70	0,50	210,15	334,85	95,41	0,20
24	17,70	18,20	0,50	210,15	344,85	83,89	0,18
25	18,20	19,20	1,00	210,15	359,85	70,35	0,30
26	19,20	20,20	1,00	210,15	379,85	56,04	0,24
27	20,20	20,40	0,20	210,15	391,85	49,09	0,04
28	20,40	21,20	0,80	210,15	401,83	44,59	0,15

Sednutí středu délkové hrany = 5,1 mm
 Sednutí středu šířkové hrany 1 = 6,1 mm
 Sednutí středu šířkové hrany 2 = 4,0 mm
 (1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky
Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3,66$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 5,6 mm

Hloubka deformační zóny = 8,40 m

Natočení ve směru šířky = 0,613 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 4
Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 11. (E_d , t_n - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,50 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	12,80	12,85	0,05	210,15	242,35	697,57	0,15
2	12,85	12,90	0,05	210,15	243,35	689,26	0,15
3	12,90	12,95	0,05	210,15	244,35	668,69	0,14
4	12,95	13,00	0,05	210,15	245,35	637,83	0,14
5	13,00	13,05	0,05	210,15	246,35	602,15	0,13
6	13,05	13,10	0,05	210,15	247,35	566,24	0,12
7	13,10	13,20	0,10	210,15	248,85	518,50	0,22
8	13,20	13,30	0,10	210,15	250,85	464,91	0,20
9	13,30	13,40	0,10	210,15	252,85	423,40	0,18
10	13,40	13,50	0,10	210,15	254,85	390,99	0,17
11	13,50	13,60	0,10	210,15	256,85	365,07	0,16
12	13,60	13,70	0,10	210,15	258,85	343,76	0,15
13	13,70	13,95	0,25	210,15	262,35	315,22	0,34
14	13,95	14,20	0,25	210,15	267,35	282,12	0,30
15	14,20	14,45	0,25	210,15	272,35	256,21	0,27
16	14,45	14,70	0,25	210,15	277,35	234,58	0,25
17	14,70	14,95	0,25	210,15	282,35	215,82	0,23
18	14,95	15,20	0,25	210,15	287,35	199,18	0,21
19	15,20	15,70	0,50	210,15	294,85	177,79	0,38
20	15,70	16,20	0,50	210,15	304,85	153,02	0,33
21	16,20	16,70	0,50	210,15	314,85	132,43	0,28
22	16,70	17,20	0,50	210,15	324,85	115,21	0,25
23	17,20	17,70	0,50	210,15	334,85	100,76	0,22
24	17,70	18,20	0,50	210,15	344,85	88,60	0,19
25	18,20	19,20	1,00	210,15	359,85	74,30	0,32
26	19,20	20,20	1,00	210,15	379,85	59,19	0,25
27	20,20	20,40	0,20	210,15	391,85	51,85	0,04
28	20,40	21,20	0,80	210,15	401,85	47,08	0,16
29	21,20	21,45	0,25	210,15	412,31	42,37	0,01

Sednutí středu délkové hrany = 5,4 mm
 Sednutí středu šířkové hrany 1 = 7,0 mm
 Sednutí středu šířkové hrany 2 = 3,8 mm
 (1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 210,15$ MPa

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3,66$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 5,9 mm

Hloubka deformační zóny = 8,65 m

Natočení ve směru šířky = 0,917 ($\tan \cdot 1000$)

Posouzení čís. 5

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 12.(Ed, šach 1 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,50$ kN/m

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN/m

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	12,80	12,85	0,05	210,15	242,35	113,35	0,02
2	12,85	12,90	0,05	210,15	243,35	112,00	0,02
3	12,90	12,95	0,05	210,15	244,35	108,66	0,02
4	12,95	13,00	0,05	210,15	245,35	103,65	0,02
5	13,00	13,05	0,05	210,15	246,35	97,85	0,02
6	13,05	13,10	0,05	210,15	247,35	92,01	0,02
7	13,10	13,20	0,10	210,15	248,85	84,26	0,04
8	13,20	13,30	0,10	210,15	250,85	75,55	0,03
9	13,30	13,40	0,10	210,15	252,85	68,80	0,03
10	13,40	13,50	0,10	210,15	254,85	63,54	0,03
11	13,50	13,60	0,10	210,15	256,85	59,32	0,03
12	13,60	13,70	0,10	210,15	258,85	55,86	0,02
13	13,70	13,95	0,25	210,15	262,35	51,22	0,05
14	13,95	14,20	0,25	210,15	267,35	45,84	0,05
15	14,20	14,45	0,25	210,15	272,35	41,63	0,04
16	14,45	14,70	0,25	210,15	277,35	38,12	0,04
17	14,70	14,95	0,25	210,15	282,35	35,07	0,04
18	14,95	15,20	0,25	210,15	287,35	32,37	0,03
19	15,20	15,39	0,19	210,15	291,80	30,23	0,01

Sednutí středu délkové hrany = 0,5 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,5 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,5 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky
Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3,66$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,6 mm

Hloubka deformační zóny = 2,59 m

Natočení ve směru šířky = 0,000 (\tan^*1000)

Posouzení čís. 6
Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 12. (E_d , šach 1 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,50 \text{ kN/m}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00 \text{ kN/m}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	12,80	12,85	0,05	210,15	242,35	113,35	0,02
2	12,85	12,90	0,05	210,15	243,35	112,00	0,02
3	12,90	12,95	0,05	210,15	244,35	108,66	0,02
4	12,95	13,00	0,05	210,15	245,35	103,65	0,02
5	13,00	13,05	0,05	210,15	246,35	97,85	0,02
6	13,05	13,10	0,05	210,15	247,35	92,01	0,02
7	13,10	13,20	0,10	210,15	248,85	84,26	0,04
8	13,20	13,30	0,10	210,15	250,85	75,55	0,03
9	13,30	13,40	0,10	210,15	252,85	68,80	0,03
10	13,40	13,50	0,10	210,15	254,85	63,54	0,03
11	13,50	13,60	0,10	210,15	256,85	59,32	0,03
12	13,60	13,70	0,10	210,15	258,85	55,86	0,02
13	13,70	13,95	0,25	210,15	262,35	51,22	0,05
14	13,95	14,20	0,25	210,15	267,35	45,84	0,05
15	14,20	14,45	0,25	210,15	272,35	41,63	0,04
16	14,45	14,70	0,25	210,15	277,35	38,12	0,04
17	14,70	14,95	0,25	210,15	282,35	35,07	0,04
18	14,95	15,20	0,25	210,15	287,35	32,37	0,03
19	15,20	15,39	0,19	210,15	291,80	30,23	0,01

Sednutí středu délkové hrany = 0,5 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 0,5 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 0,5 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky
Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3,66$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0,6 mm

Hloubka deformační zóny = 2,59 m

Natočení ve směru šířky = 0,000 (tan*1000)

Posouzení čís. 7
Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 14.(Ed, šach 3 - provozní)

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,50$ kN/m

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN/m

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	12,80	12,85	0,05	210,15	242,35	314,35	0,07
2	12,85	12,90	0,05	210,15	243,35	310,61	0,07
3	12,90	12,95	0,05	210,15	244,35	301,34	0,06
4	12,95	13,00	0,05	210,15	245,35	287,43	0,06
5	13,00	13,05	0,05	210,15	246,35	271,35	0,06
6	13,05	13,10	0,05	210,15	247,35	255,17	0,05
7	13,10	13,20	0,10	210,15	248,85	233,66	0,10
8	13,20	13,30	0,10	210,15	250,85	209,51	0,09
9	13,30	13,40	0,10	210,15	252,85	190,80	0,08
10	13,40	13,50	0,10	210,15	254,85	176,20	0,08
11	13,50	13,60	0,10	210,15	256,85	164,52	0,07
12	13,60	13,70	0,10	210,15	258,85	154,91	0,07
13	13,70	13,95	0,25	210,15	262,35	142,05	0,15
14	13,95	14,20	0,25	210,15	267,35	127,14	0,14
15	14,20	14,45	0,25	210,15	272,35	115,46	0,12
16	14,45	14,70	0,25	210,15	277,35	105,71	0,11
17	14,70	14,95	0,25	210,15	282,35	97,26	0,10
18	14,95	15,20	0,25	210,15	287,35	89,76	0,10
19	15,20	15,70	0,50	210,15	294,85	80,12	0,17
20	15,70	16,20	0,50	210,15	304,85	68,96	0,15
21	16,20	16,70	0,50	210,15	314,85	59,68	0,13
22	16,70	17,20	0,50	210,15	324,85	51,92	0,11
23	17,20	17,70	0,50	210,15	334,85	45,41	0,10
24	17,70	18,20	0,50	210,15	344,85	39,93	0,09
25	18,20	18,45	0,25	210,15	352,32	36,45	0,01

Sednutí středu délkové hrany = 2,1 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 2,7 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 1,5 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky
Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 210,15$ MPa

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3,66$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 2,3 mm

Hloubka deformační zóny = 5,65 m

Natočení ve směru šířky = 0,350 (tan*1000)

Posouzení čís. 8
Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 87,50$ kN/m

Spočtená tíha nadloží $Z = 0,00$ kN/m

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{or} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	12,80	12,85	0,05	210,15	242,35	697,57	0,15
2	12,85	12,90	0,05	210,15	243,35	689,26	0,15
3	12,90	12,95	0,05	210,15	244,35	668,69	0,14
4	12,95	13,00	0,05	210,15	245,35	637,83	0,14
5	13,00	13,05	0,05	210,15	246,35	602,15	0,13
6	13,05	13,10	0,05	210,15	247,35	566,24	0,12
7	13,10	13,20	0,10	210,15	248,85	518,50	0,22
8	13,20	13,30	0,10	210,15	250,85	464,91	0,20
9	13,30	13,40	0,10	210,15	252,85	423,40	0,18
10	13,40	13,50	0,10	210,15	254,85	390,99	0,17
11	13,50	13,60	0,10	210,15	256,85	365,07	0,16
12	13,60	13,70	0,10	210,15	258,85	343,76	0,15
13	13,70	13,95	0,25	210,15	262,35	315,22	0,34
14	13,95	14,20	0,25	210,15	267,35	282,12	0,30
15	14,20	14,45	0,25	210,15	272,35	256,21	0,27
16	14,45	14,70	0,25	210,15	277,35	234,58	0,25
17	14,70	14,95	0,25	210,15	282,35	215,82	0,23
18	14,95	15,20	0,25	210,15	287,35	199,18	0,21
19	15,20	15,70	0,50	210,15	294,85	177,79	0,38
20	15,70	16,20	0,50	210,15	304,85	153,02	0,33
21	16,20	16,70	0,50	210,15	314,85	132,43	0,28
22	16,70	17,20	0,50	210,15	324,85	115,21	0,25
23	17,20	17,70	0,50	210,15	334,85	100,76	0,22
24	17,70	18,20	0,50	210,15	344,85	88,60	0,19
25	18,20	19,20	1,00	210,15	359,85	74,30	0,32
26	19,20	20,20	1,00	210,15	379,85	59,19	0,25
27	20,20	20,40	0,20	210,15	391,85	51,85	0,04
28	20,40	21,20	0,80	210,15	401,85	47,08	0,16
29	21,20	21,45	0,25	210,15	412,31	42,37	0,01

Sednutí středu délkové hrany = 5,4 mm

Sednutí středu šířkové hrany 1 = 7,0 mm

Sednutí středu šířkové hrany 2 = 3,8 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 210,15 \text{ MPa}$

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3,66$)

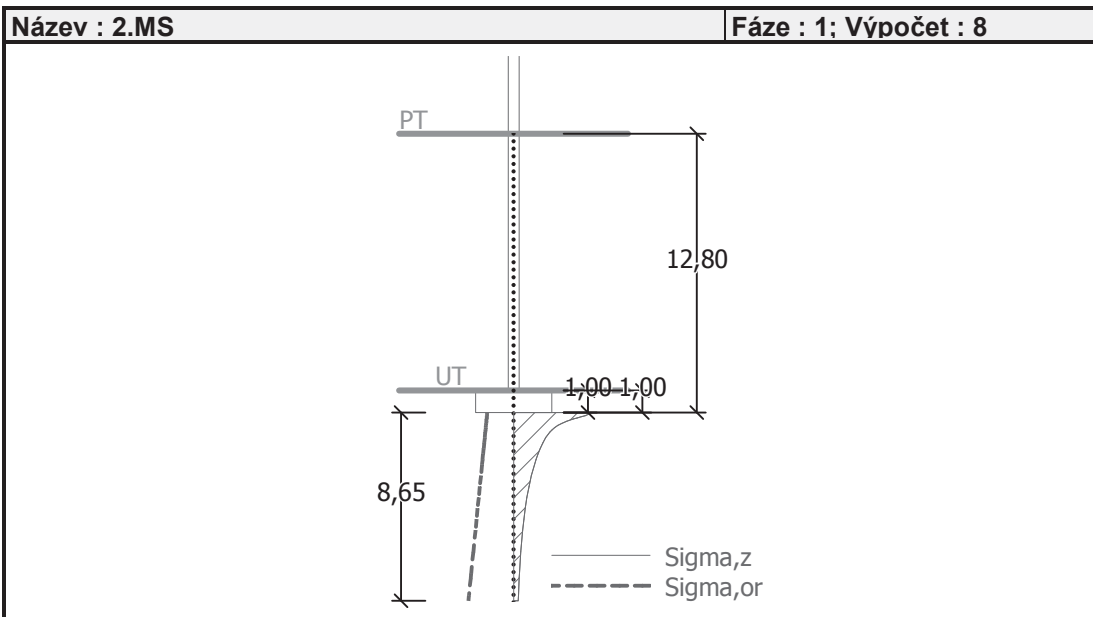
Základ je ve směru šířky tuhý ($k=157,03$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 5,9 mm

Hloubka deformační zóny = 8,65 m

Natočení ve směru šířky = 0,917 (\tan^*1000)



Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

Profil vložky = 25,0 mm
 Počet vložek = 10
 Krytí výztuže = 50,0 mm
 Šířka průřezu = 1,00 m
 Výška průřezu = 1,00 m

Stupeň vyztužení ρ = 0,52 % > 0,15 % = ρ_{min}
 Poloha neutrální osy x = 0,13 m < 0,58 m = x_{max}
 Moment na mezi únosnosti M_{Rd} = 1886,97 kNm > 1564,44 kNm = M_{Ed}

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení patky na protlačení

Profil ohybu = 25,0 mm
 Počet ohybů = 5,00
 Úhel sklonu ohybů = 45,00 °
 Normálová síla v sloupu = 2914,08 kN

Tlaková diagonála na obvodu sloupu

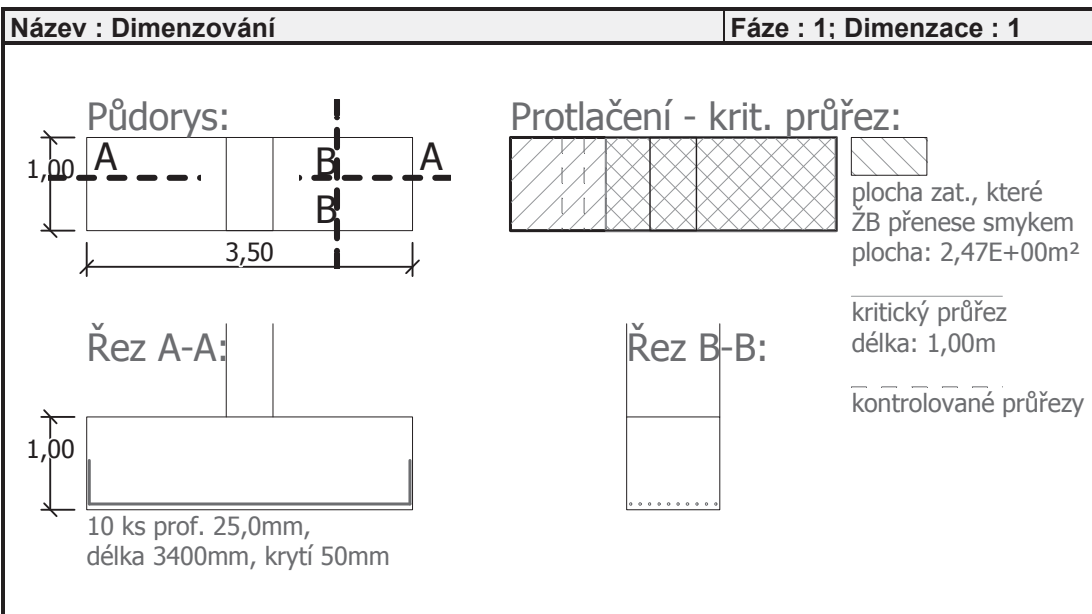
Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 416,30 kN
 Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 2497,78 kN
 Uvažovaný obvod sloupu u_0 = 2,00 m
 Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed,max}$ = 2,27 MPa
 Únosnost tlakové diagonály na obvodu sloupu $v_{Rd,max}$ = 5,28 MPa

Kritický průřez se smykovou výztuží

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 2058,49 kN
 Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 855,59 kN
 Vzdálenost průřezu od sloupu = 0,47 m
 Délka průřezu u_{cr} = 1,00 m
 Smykové napětí na průřezu v_{Ed} = 1,56 MPa
 Únosnost vyztuženého průřezu $v_{Rd,cs}$ = 1,82 MPa

$v_{Ed} < v_{Rd,cs} \Rightarrow$ PRŮŘEZ VYHOVUJE

Patka na protlačení VYHOVUJE

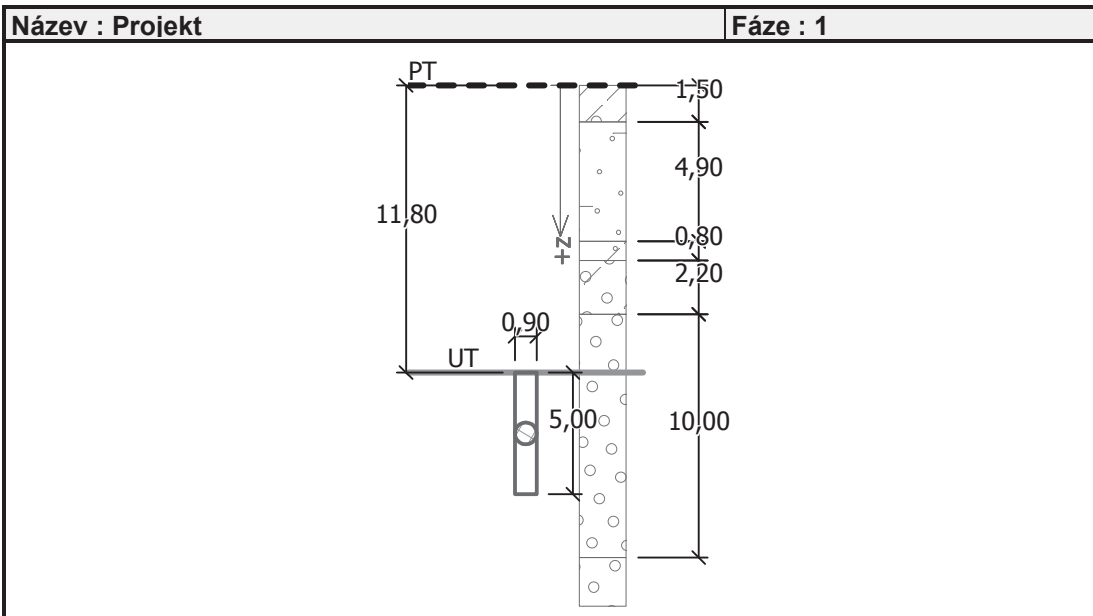


Posouzení piloty

Vstupní data

Projekt

Akce : Diplomová práce
 Část : 9.3.3 Piloty pod pravou boční stěnou
 Popis : Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce
 Autor : Bc. Martin Herka
 Datum : 7.1.2014



Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : Česká republika

Piloty

Výpočet pro odvozené podmínky : NAVFAC DM 7.2
 Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
 Metodika posouzení : výpočet podle EN1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Parametry zemín
Třída F1, konzistence tuhá

Objemová tíha :	γ	=	19,00 kN/m ³
Poissonovo číslo :	ν	=	0,35
Edometrický modul :	E_{oed}	=	24,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	19,00 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	29,00 °
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	29,00 °

Třída S5

Objemová tíha :	γ	=	18,50 kN/m ³
Poissonovo číslo :	ν	=	0,35
Edometrický modul :	E_{oed}	=	12,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	19,00 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	27,00 °
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	27,00 °

Třída S4

Objemová tíha :	γ	=	18,00 kN/m ³
Poissonovo číslo :	ν	=	0,30
Edometrický modul :	E_{oed}	=	13,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	19,00 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	29,00 °
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	29,00 °

Třída G4

Objemová tíha :	γ	=	19,00 kN/m ³
Poissonovo číslo :	ν	=	0,30
Edometrický modul :	E_{oed}	=	94,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	19,00 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	32,50 °
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	32,50 °

Třída G2, ulehlá

Objemová tíha :	γ	=	20,00 kN/m ³
Poissonovo číslo :	ν	=	0,20
Edometrický modul :	E_{oed}	=	233,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	38,50 °
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	38,50 °

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

 Průměr $d = 0,90$ m

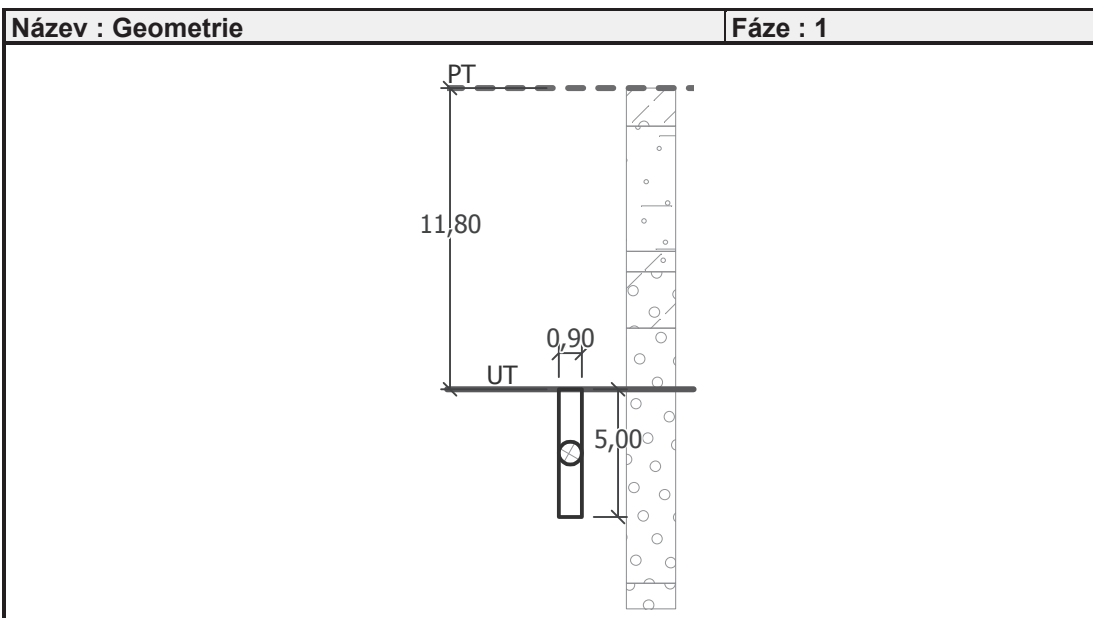
 Délka $l = 5,00$ m

Umístění

 Vysazení $h = 0,00$ m

 Hloubka upraveného terénu $h_z = 11,80$ m

Typ technologie: Vrtané piloty



Modul reakce podloží uvažován jako konstantní.

Materiál konstrukce

 Objemová tíha $\gamma = 25,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 30/37

 Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,00$ MPa

 Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,90$ MPa


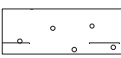
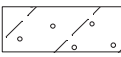
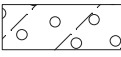
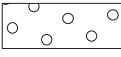
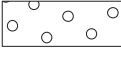
 Modul pružnosti $E_{cm} = 33000,00$ MPa

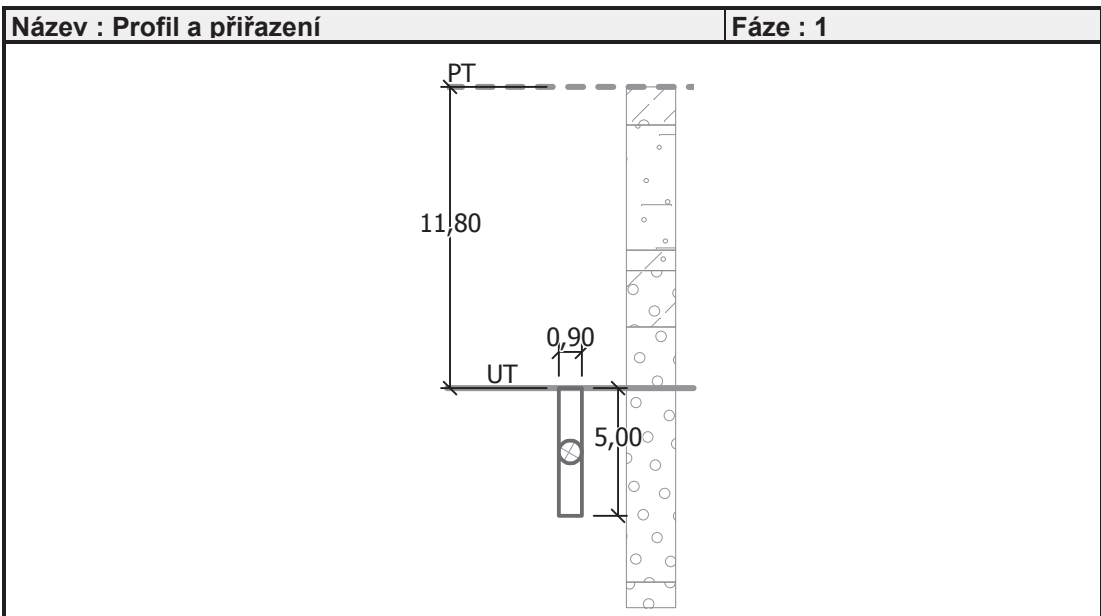
 Modul pružnosti ve smyku $G = 13750,00$ MPa

Ocel podélná : B500

 Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,50	Třída F1, konzistence tuhá	
2	4,90	Třída S5	
3	0,80	Třída S4	
4	2,20	Třída G4	
5	10,00	Třída G2, ulehlá	
6	-	Třída G2, ulehlá	



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	ANO		Ed, g0	Návrhové	291,57	0,00	65,77	-21,14	0,00
2	ANO		Ed, montážní	Návrhové	772,02	0,00	-427,00	631,02	0,00
3	ANO		Ed, t0	Návrhové	772,02	0,00	-427,00	631,02	0,00
4	ANO		Ed, tn	Návrhové	1014,61	0,00	-952,03	1070,72	0,00
5	ANO		Ed, šach 1	Návrhové	1743,31	0,00	-84,17	319,41	0,00
6	ANO		Ed, šach 2	Návrhové	119,71	0,00	-79,89	71,10	0,00
7	ANO		Ed, šach 3	Návrhové	406,07	0,00	-263,68	174,61	0,00

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvozené podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti

$$N_q = 51,50$$

Plocha příčného řezu piloty

$$A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c_{ud} [kPa]	α [-]	k_{dc} [-]	δ [°]	σ_{or} [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	-	-	1,64	28,88	9,00	18,79
5,00	4,10	-	-	1,64	28,88	18,00	171,15

Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Ed, g0)

Součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 189,94 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 2978,44 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 3168,38 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 398,92 \text{ kN}$

$$R_c = 3168,38 \text{ kN} > 398,92 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 2

Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti

$$N_q = 51,50$$

Plocha příčného řezu piloty

$$A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c_{ud} [kPa]	α [-]	k_{dc} [-]	δ [°]	σ_{or} [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	-	-	1,64	28,88	9,00	18,79
5,00	4,10	-	-	1,64	28,88	18,00	171,15

Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 2. (Ed, montážní)

Součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 189,94 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 2978,44 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 3168,38 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 879,37 \text{ kN}$

$$R_c = 3168,38 \text{ kN} > 879,37 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 3

Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti

$$N_q = 51,50$$

Plocha příčného řezu piloty

$$A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c_{ud} [kPa]	α [-]	k_{dc} [-]	δ [°]	σ_{or} [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	-	-	1,64	28,88	9,00	18,79
5,00	4,10	-	-	1,64	28,88	18,00	171,15

Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 3. (Ed, t0)

Součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 189,94 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 2978,44 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 3168,38 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 879,37 \text{ kN}$

$$R_c = 3168,38 \text{ kN} > 879,37 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 4

Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti

$$N_q = 51,50$$

Plocha příčného řezu piloty

$$A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c_{ud} [kPa]	α [-]	k_{dc} [-]	δ [°]	σ_{or} [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	-	-	1,64	28,88	9,00	18,79
5,00	4,10	-	-	1,64	28,88	18,00	171,15

Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 4. (Ed, tn)

Součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 189,94 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 2978,44 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 3168,38 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 1121,96 \text{ kN}$

$$R_c = 3168,38 \text{ kN} > 1121,96 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 5

Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti

$$N_q = 51,50$$

Plocha příčného řezu piloty

$$A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c_{ud} [kPa]	α [-]	k_{dc} [-]	δ [°]	σ_{or} [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	-	-	1,64	28,88	9,00	18,79
5,00	4,10	-	-	1,64	28,88	18,00	171,15

Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 5. (Ed, šach 1)

Součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 189,94 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 2978,44 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 3168,38 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 1850,66 \text{ kN}$

$$R_c = 3168,38 \text{ kN} > 1850,66 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 6

Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti

$$N_q = 51,50$$

Plocha příčného řezu piloty

$$A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c_{ud} [kPa]	α [-]	k_{dc} [-]	δ [°]	σ_{or} [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	-	-	1,64	28,88	9,00	18,79
5,00	4,10	-	-	1,64	28,88	18,00	171,15

Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 6. (Ed, šach 2)

Součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 189,94 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 2978,44 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 3168,38 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 227,06 \text{ kN}$

$$R_c = 3168,38 \text{ kN} > 227,06 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 7

Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti $N_q = 51,50$

Plocha příčného řezu piloty $A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c_{ud} [kPa]	α [-]	k_{dc} [-]	δ [°]	σ_{or} [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	-	-	1,64	28,88	9,00	18,79
5,00	4,10	-	-	1,64	28,88	18,00	171,15

Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 7. (Ed, šach 3)

Součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Únosnost piloty na plášti $R_s = 189,94 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 2978,44 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 3168,38 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 513,42 \text{ kN}$

$R_c = 3168,38 \text{ kN} > 513,42 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 8

Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti $N_q = 51,50$

Plocha příčného řezu piloty $A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	c_{ud} [kPa]	α [-]	k_{dc} [-]	δ [°]	σ_{or} [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	-	-	1,64	28,88	9,00	18,79
5,00	4,10	-	-	1,64	28,88	18,00	171,15

Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

Součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 5. (Ed, šach 1)

Únosnost piloty na plášti $R_s = 189,94 \text{ kN}$

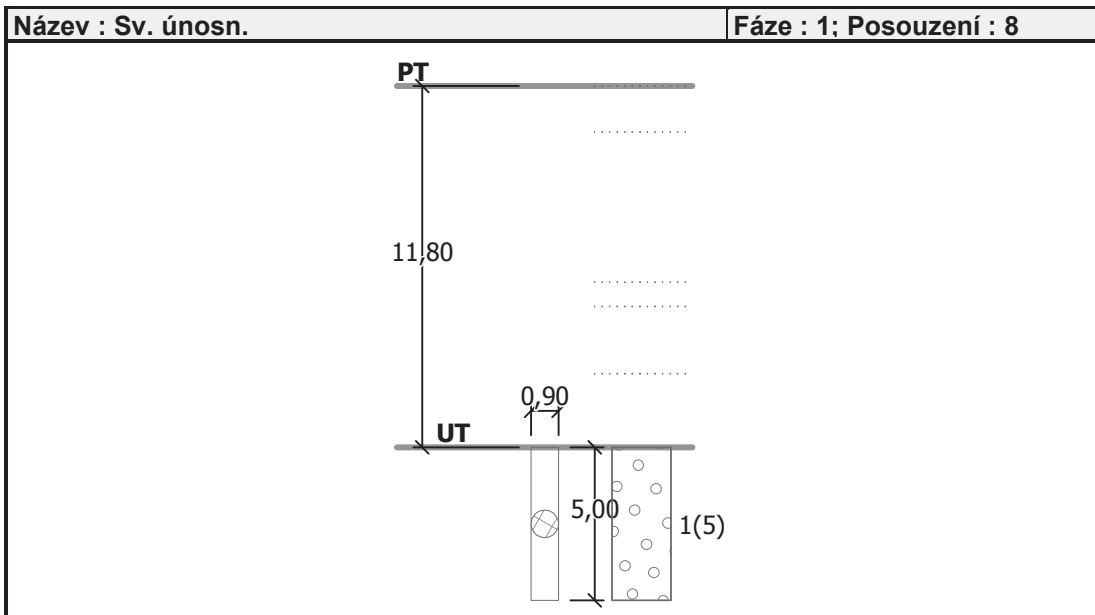
Únosnost piloty v patě $R_b = 2978,44 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 3168,38 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 1850,66 \text{ kN}$

$R_c = 3168,38 \text{ kN} > 1850,66 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE



Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva a	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	5,00	5,00	15,00	20,00	20,00

Uvažovat zatížení : užitné

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Regresní součinitel $e = 0,00$

Regresní součinitel $f = 0,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty	$R_{sy} = 126,67$ kN
Velikost napětí na patě při R_{sy}	$q_0 = 0,00$ kPa
Průměrné plášťové tření	$q_s = 12,80$ kPa
Průměrný sečnový modul deformace	$E_s = 15,00$ MPa
Součinitel přenosu zatížení do paty	$\beta = 0,00$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_1 = 0,19$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,00$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,5	126,67
5,0	126,67
7,5	126,67
10,0	126,67
12,5	126,67
15,0	126,67
17,5	126,67
20,0	126,67
22,5	126,67
25,0	126,67

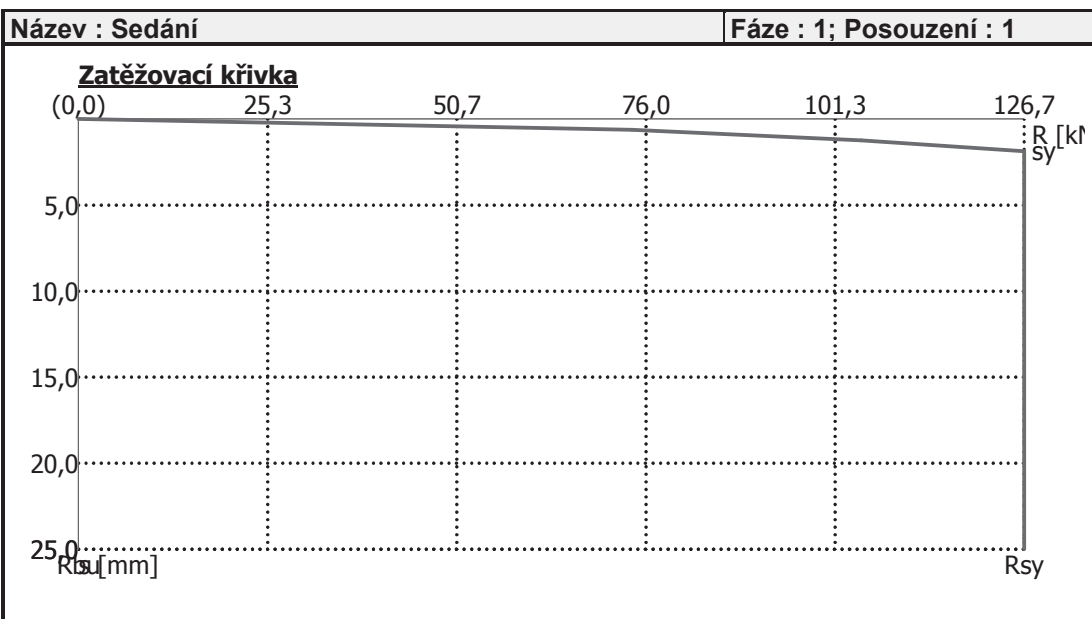
Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 126,67 \text{ kN}$
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 1,8 \text{ mm}$

Únosnosti odpovídající sednutí 25 mm :

Únosnost paty $R_{bu} = 0,00 \text{ kN}$

Celková únosnost $R_c = 126,67 \text{ kN}$



Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnejpříznivějších zatěžovacích stavů.
Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Průběhy vnitřních sil a deformace piloty

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - maximální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	0.36	5.62	1494.39	21.14	952.03
0.25	135.19	0.31	5.37	1308.50	10.92	1179.44
0.50	135.19	0.26	5.07	1131.94	2.29	1333.21
0.75	135.19	0.21	4.75	965.94	-4.88	1423.25
1.00	135.19	0.17	4.41	811.22	19.35	1458.91
1.25	135.19	0.13	4.06	668.06	120.53	1448.88
1.50	135.19	0.10	3.73	536.40	255.82	1401.22
1.75	135.19	0.07	3.41	415.85	362.74	1323.34
2.00	135.19	0.04	3.11	305.81	443.74	1222.01
2.25	135.19	0.02	2.83	205.48	501.09	1103.44
2.50	135.19	-0.00	2.59	113.91	536.86	973.26
2.75	135.19	0.03	2.38	30.07	552.92	836.65
3.00	135.19	0.35	2.20	5.34	550.89	698.31
3.25	135.19	0.88	2.05	7.45	532.14	562.59
3.50	135.19	1.38	1.93	9.38	497.79	433.54
3.75	135.19	1.85	1.84	11.18	448.74	314.92
4.00	135.19	2.30	1.78	12.89	385.65	210.34
4.25	135.19	2.74	1.74	14.54	309.00	123.23
4.50	135.19	3.17	1.72	16.15	219.08	56.94
4.75	135.19	3.60	1.71	17.74	116.06	14.78
5.00	135.19	4.03	1.71	19.33	0.00	0.00

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - minimální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	-11.05	-0.23	-49.14	-1070.72	-65.77
0.25	135.19	-9.68	-0.21	-41.80	-755.55	-69.74
0.50	135.19	-8.37	-0.19	-35.01	-481.19	-71.36
0.75	135.19	-7.15	-0.18	-28.79	-245.39	-71.01
1.00	135.19	-6.00	-0.16	-23.14	-63.02	-69.04
1.25	135.19	-4.94	-0.14	-18.03	-19.14	-65.76
1.50	135.19	-3.97	-0.13	-13.44	-18.86	-61.46
1.75	135.19	-3.08	-0.11	-9.34	-21.41	-56.41
2.00	135.19	-2.26	-0.10	-5.69	-23.10	-50.83
2.25	135.19	-1.52	-0.09	-2.45	-24.01	-44.92
2.50	135.19	-0.84	-0.08	0.44	-24.23	-38.88
2.75	135.19	-0.22	-0.07	-3.44	-23.83	-32.86
3.00	135.19	-0.04	-0.07	-47.12	-22.89	-27.01
3.25	135.19	-0.06	-0.06	-118.75	-21.44	-21.46
3.50	135.19	-0.07	-0.06	-185.91	-19.55	-16.33
3.75	135.19	-0.08	-0.05	-249.61	-17.23	-11.72
4.00	135.19	-0.10	-0.05	-310.81	-14.52	-7.74
4.25	135.19	-0.11	-0.05	-370.31	-11.44	-4.49

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
4.50	135.19	-0.12	-0.05	-428.83	-7.98	-2.06
4.75	135.19	-0.13	-0.05	-486.87	-4.17	-0.53
5.00	135.19	-0.14	-0.05	-544.78	-0.00	-0.00

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 11,1 mm

Max.posouvající síla = 1070,72 kN

Maximální moment = 1458,91 kNm

Dimenzace výztuže:

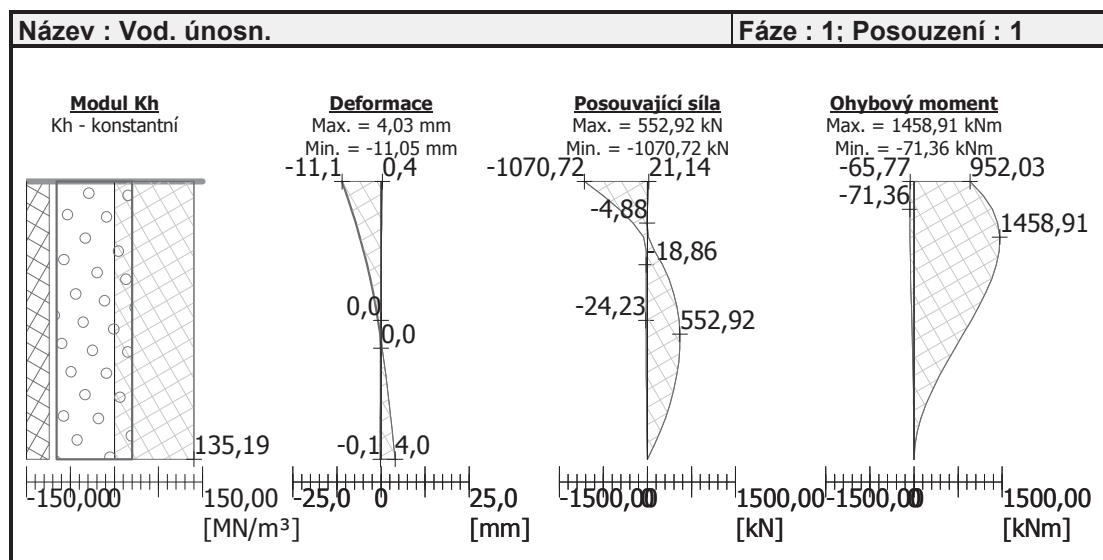
Vyztužení - 16 ks profil 30,0 mm; krytí 40,0 mm

Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

 Stupeň vyztužení $\rho = 1,778 \% > 0,432 \% = \rho_{\min}$

 Zatížení : $N_{Ed} = -1014,61$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 1458,91$ kNm

 Únosnost : $N_{Rd} = -1301,84$ kN; $M_{Rd} = 1871,91$ kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE


Posouzení skupiny pilot

Vstupní data

Projekt

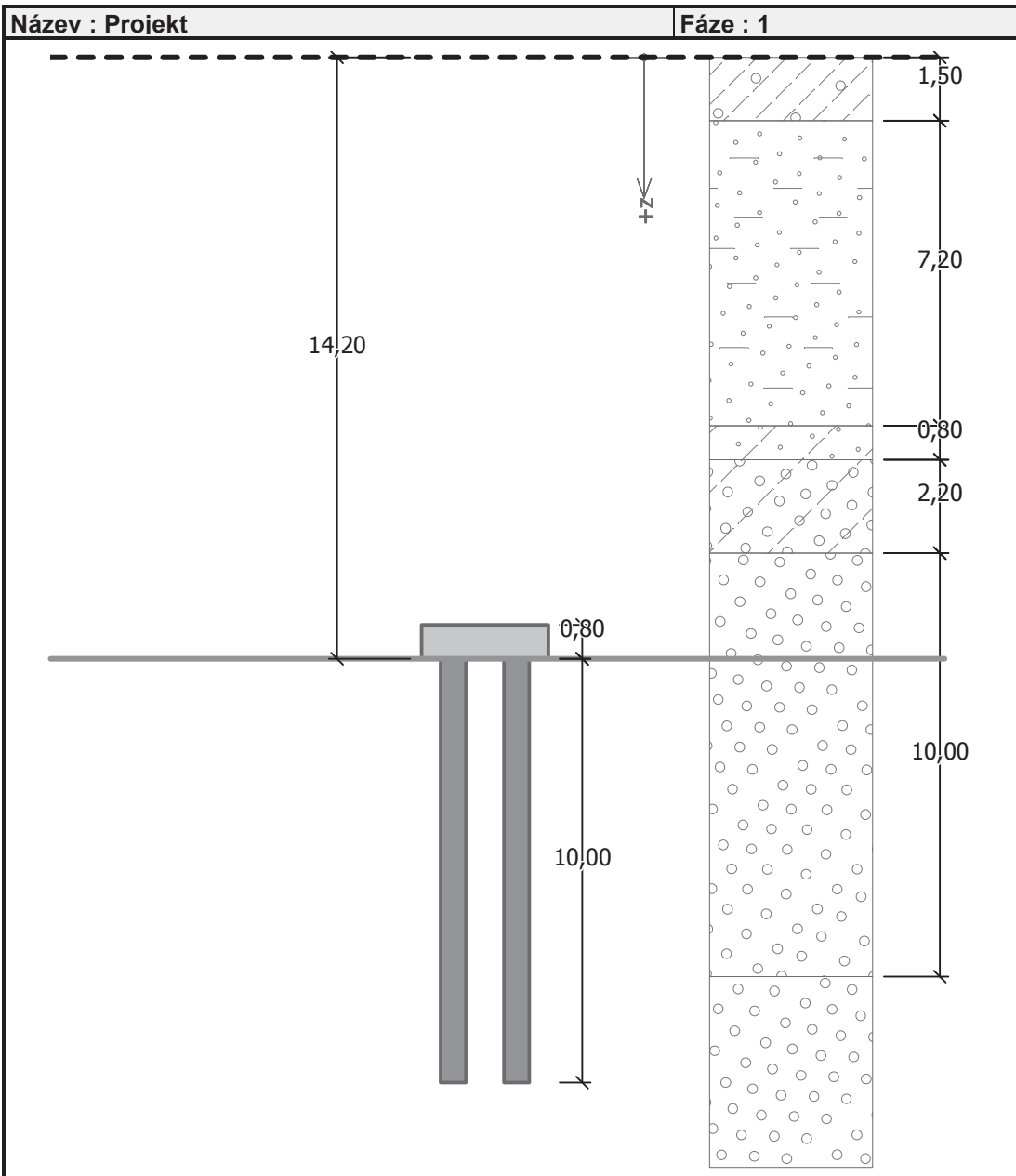
Akce : Diplomová práce

Část : 9.3.4 Základ na skupině pilot pro šikmé vzpěry vlevo

Popis : Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce

Autor : Bc. Martin Herka

Datum : 7.1.2014



Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : Česká republika

Skupina pilot

Výpočet pro odvozené podmínky : ČSN 73 1002
 Účinnost skupiny pilot : La Barré (ČSN 73 1002)
 Metodika posouzení : výpočet podle EN1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	

Parametry zemin
Třída F1, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 24,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída S5

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 12,50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída S4

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 13,50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída G4

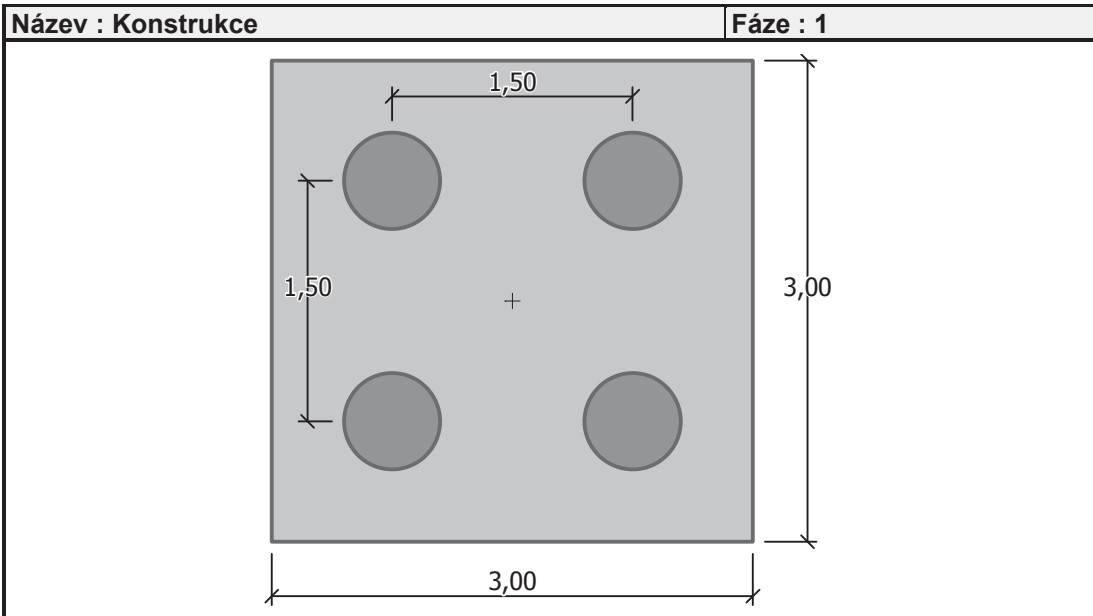
Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 4,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 94,50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída G2, ulehlá

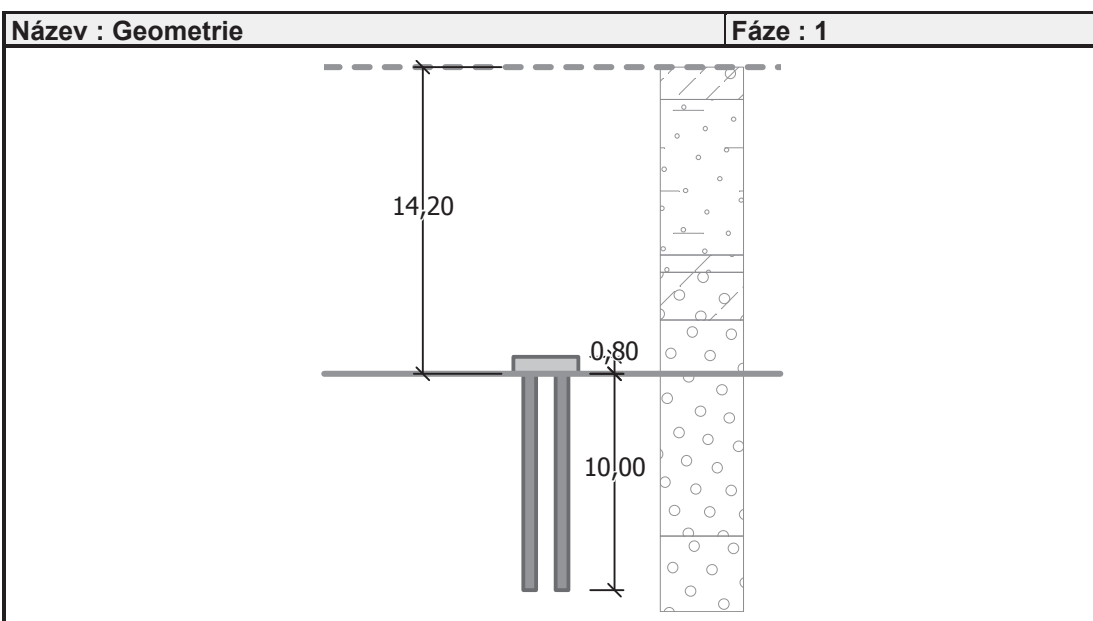
Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 233,50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Konstrukce

Šířka základové desky $b_x = 3,00 \text{ m}$
 $b_y = 3,00 \text{ m}$
 Průměr piloty $d = 0,60 \text{ m}$
 Počet pilot $n_x = 2$
 $n_y = 2$
 Osová vzdálenost $s_x = 1,50 \text{ m}$
 $s_y = 1,50 \text{ m}$


Geometrie

Hloubka založení $h_z = 14,20 \text{ m}$
 Vysazení piloty $h = 0,00 \text{ m}$
 Tloušťka základové desky $t = 0,80 \text{ m}$
 Délka pilot $l = 10,00 \text{ m}$



Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000,00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku $G = 13750,00 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

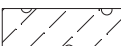

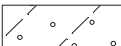
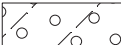


Horizontální modul reakce podloží

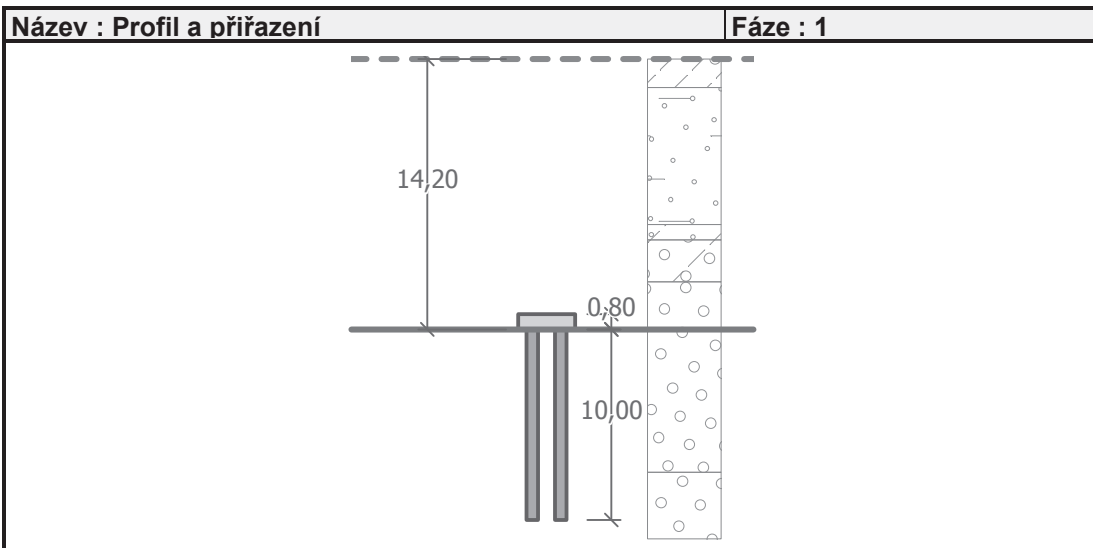
Hloubka [m]	k_h [MN/m ³]
0.00	0.00
5.00	5.00
6.00	5.00
8.00	5.00
10.00	5.00

Stanovení svislých pružin
Smykový modul reakce podloží

Hloubka [m]	k_v [MN/m ³]
0.00	0.00
5.00	5.00
6.00	5.00
8.00	5.00
10.00	5.00

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,50	Třída F1, konzistence tuhá	
2	7,20	Třída S5	
3	0,80	Třída S4	
4	2,20	Třída G4	
5	10,00	Třída G2, ulehlá	
6	-	Třída G2, ulehlá	


Zatížení

Číslo	Zatížení nové	Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
1	ANO	Ed, g0	Návrhové	410,05	0,00	0,00	408,02	0,00
2	ANO	Ed, montážní	Návrhové	2608,84	0,00	0,00	3030,17	0,00
3	ANO	Ed, t0	Návrhové	2608,84	0,00	0,00	3030,17	0,00
4	ANO	Ed, tn	Návrhové	2505,87	0,00	0,00	2700,09	0,00
5	ANO	Ed, šach 1	Návrhové	294,59	0,00	0,00	281,81	0,00
6	ANO	Ed, šach 2	Návrhové	962,17	0,00	0,00	1011,15	0,00
7	ANO	Ed, šach 3	Návrhové	533,37	0,00	0,00	542,83	0,00
8	ANO	Ed, g0 - provozní	Užitné	341,71	0,00	0,00	340,02	0,00
9	ANO	Ed, montážní - provozní	Užitné	2174,03	0,00	0,00	2525,14	0,00
10	ANO	Ed, t0 - provozní	Užitné	2174,03	0,00	0,00	2525,14	0,00
11	ANO	Ed, tn - provozní	Užitné	2088,22	0,00	0,00	2250,08	0,00
12	ANO	Ed, šach 1 - provozní	Užitné	245,49	0,00	0,00	234,84	0,00
13	ANO	Ed, šach 2 - provozní	Užitné	801,81	0,00	0,00	842,62	0,00
14	ANO	Ed, šach 3 - provozní	Užitné	444,48	0,00	0,00	452,36	0,00

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : analytické řešení
 Typ podloží : nesoudržná zemina

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (E_d , g_0)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 1034,75 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 1034,75 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 2

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 2. (E_d , montážní)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 3233,54 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 3233,54 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 3

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 3. (E_d , t_0)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 3233,54 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 3233,54 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 4

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 4. (Ed, tn)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 3130,57 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 3130,57 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 5

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 5. (Ed, šach 1)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 919,29 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 919,29 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 6

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 6. (Ed, šach 2)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 1586,87 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 1586,87 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 7

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 7. (Ed, šach 3)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 1158,07 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 1158,07 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 8

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

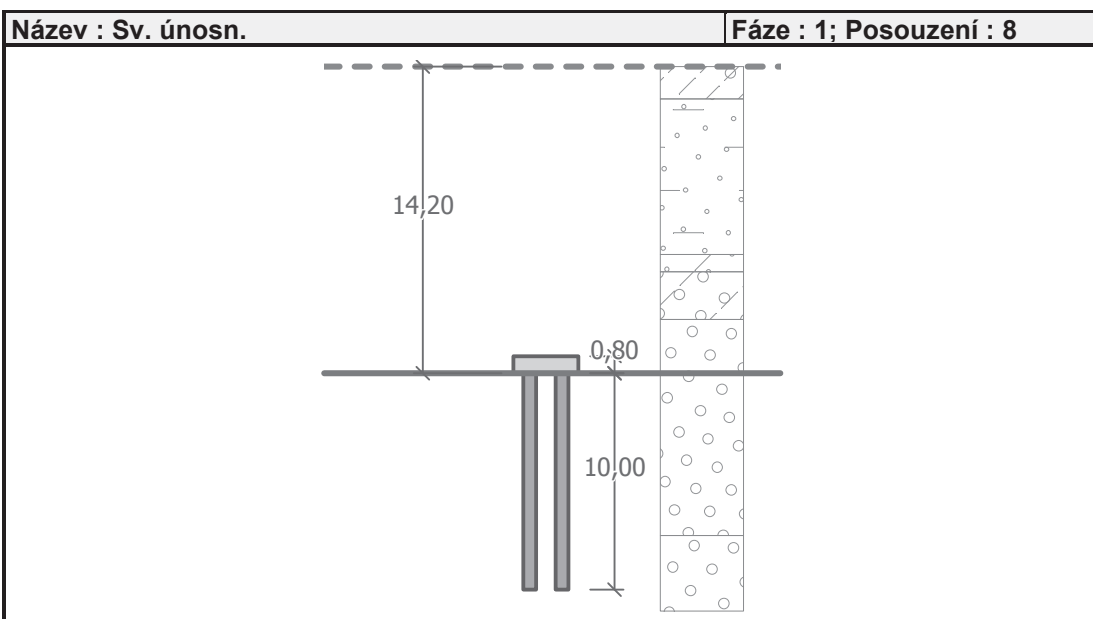
Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 3233,54 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 3233,54 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE



Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva a číslo	E_s [MPa]
1	30,00
2	30,00

Druh piloty : zahlobená do stlač. podloží

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_1 = 0,10$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,14$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Korekční součinitel Poissonova čísla $R_v = 0,86$

Výpočet sednutí skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Součinitel skupinového účinku $g_f = 2,24$

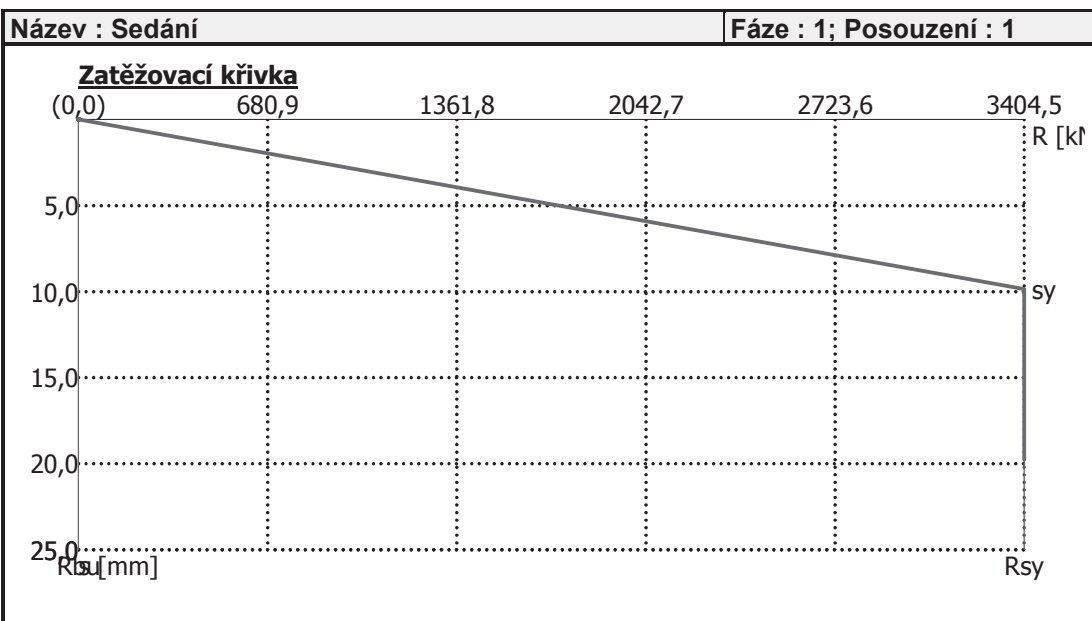
Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 3404,48$ kN

Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 9,9$ mm

Celková únosnost $R_c = 3404,48$ kN

Limitní sedání $s_{lim} = 19,7$ mm

Pro maximální užité svislé zatížení $V = 2174,03$ kN je sednutí skupiny pilot 6,3 mm.



Posouzení skupiny pilot

Vstupní data

Projekt

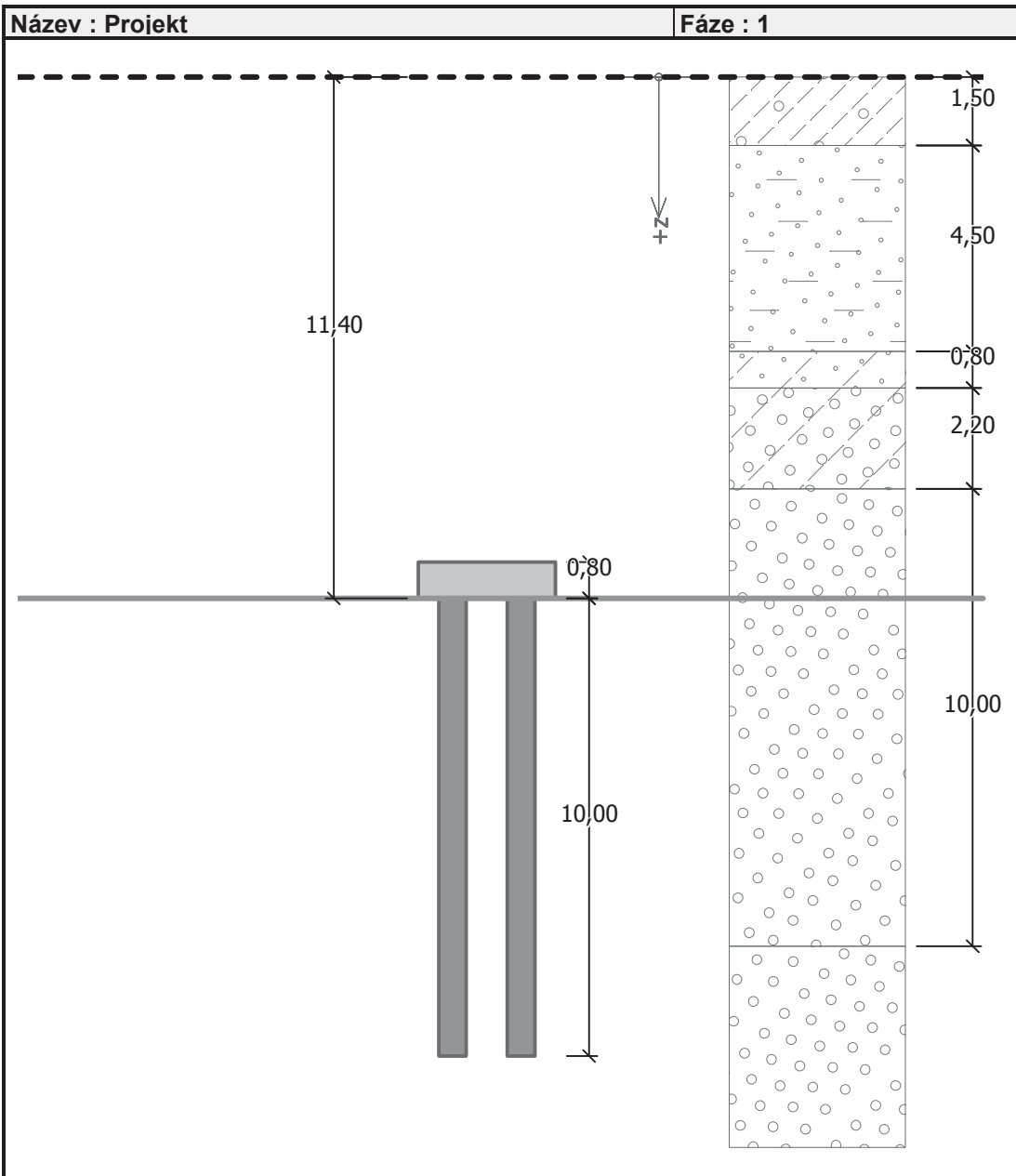
Akce : Diplomová práce

Část : 9.3.5 Základ na skupině pilot pro šikmé vzpěry vpravo

Popis : Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce

Autor : Bc. Martin Herka

Datum : 7.1.2014



Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : Česká republika

Skupina pilot

Výpočet pro odvozené podmínky : ČSN 73 1002
 Účinnost skupiny pilot : La Barré (ČSN 73 1002)
 Metodika posouzení : výpočet podle EN1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	

Parametry zemin
Třída F1, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 24,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída S5

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 12,50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída S4

Objemová tíha : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 13,50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída G4

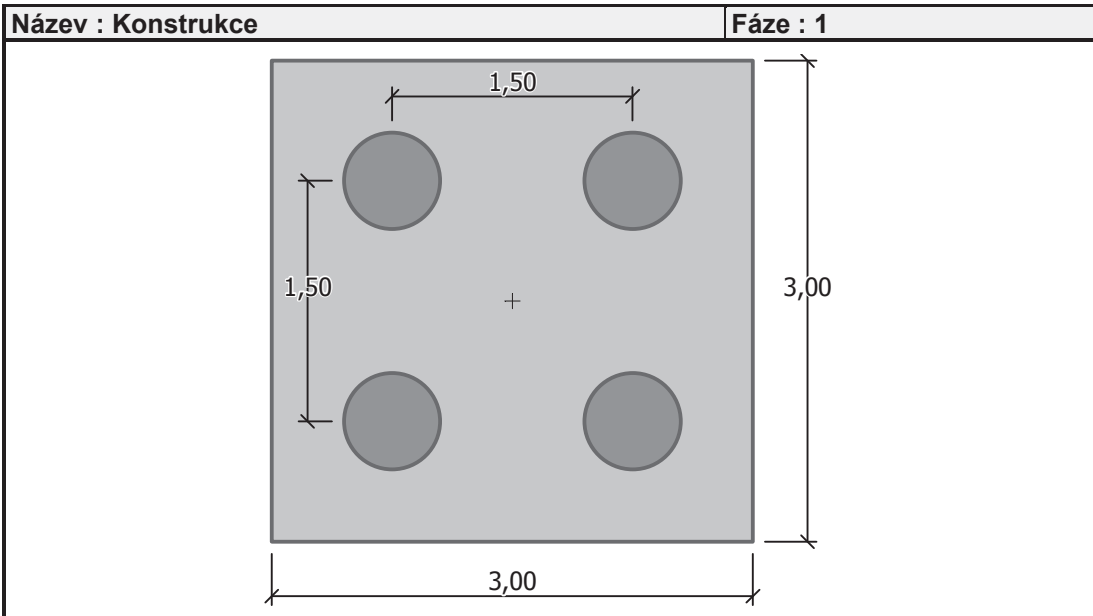
Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 4,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 94,50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída G2, ulehlá

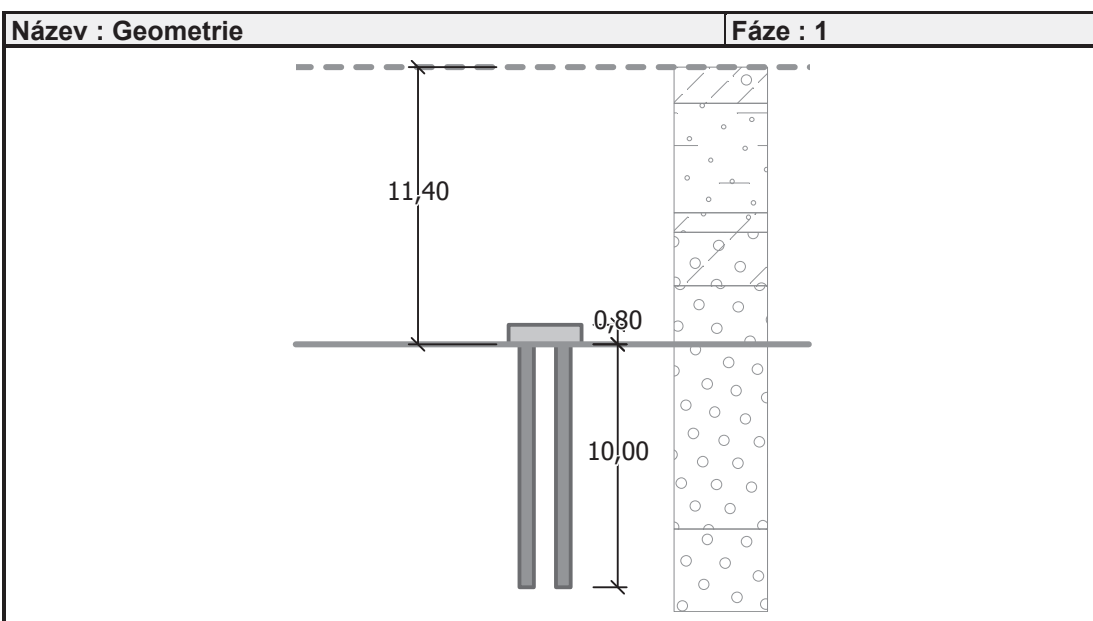
Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 233,50 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Konstrukce

Šířka základové desky $b_x = 3,00 \text{ m}$
 $b_y = 3,00 \text{ m}$
 Průměr piloty $d = 0,60 \text{ m}$
 Počet pilot $n_x = 2$
 $n_y = 2$
 Osová vzdálenost $s_x = 1,50 \text{ m}$
 $s_y = 1,50 \text{ m}$


Geometrie

Hloubka založení $h_z = 11,40 \text{ m}$
 Vysazení piloty $h = 0,00 \text{ m}$
 Tloušťka základové desky $t = 0,80 \text{ m}$
 Délka pilot $l = 10,00 \text{ m}$



Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000,00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku $G = 13750,00 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

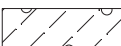

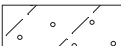
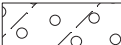


Horizontální modul reakce podloží

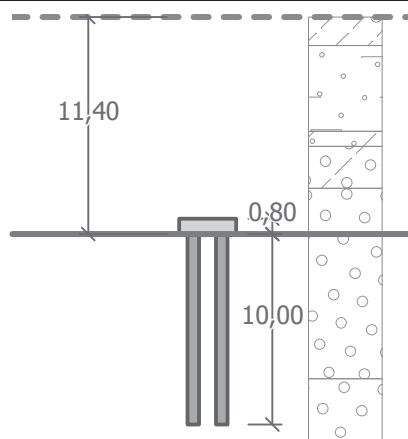
Hloubka [m]	k_h [MN/m ³]
0.00	0.00
5.00	5.00
6.00	5.00
8.00	5.00
10.00	5.00

Stanovení svislých pružin
Smykový modul reakce podloží

Hloubka [m]	k_v [MN/m ³]
0.00	0.00
5.00	5.00
6.00	5.00
8.00	5.00
10.00	5.00

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1,50	Třída F1, konzistence tuhá	
2	4,50	Třída S5	
3	0,80	Třída S4	
4	2,20	Třída G4	
5	10,00	Třída G2, ulehlá	
6	-	Třída G2, ulehlá	

Název : Profil a přiřazení
Fáze : 1

Zatížení

Číslo	Zatížení nové	Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
1	ANO	Ed, g0	Návrhové	410,05	0,00	0,00	408,02	0,00
2	ANO	Ed, montážní	Návrhové	2965,09	0,00	0,00	3200,98	0,00
3	ANO	Ed, t0	Návrhové	2965,09	0,00	0,00	3200,98	0,00
4	ANO	Ed, tn	Návrhové	2735,55	0,00	0,00	2950,06	0,00
5	ANO	Ed, šach 1	Návrhové	294,59	0,00	0,00	281,81	0,00
6	ANO	Ed, šach 2	Návrhové	962,17	0,00	0,00	1011,15	0,00
7	ANO	Ed, šach 3	Návrhové	1275,85	0,00	0,00	1354,44	0,00
8	ANO	Ed, g0 - provozní	Užitné	341,71	0,00	0,00	340,02	0,00
9	ANO	Ed, montážní - provozní	Užitné	2470,91	0,00	0,00	2667,48	0,00
10	ANO	Ed, t0 - provozní	Užitné	2470,91	0,00	0,00	2667,48	0,00
11	ANO	Ed, tn - provozní	Užitné	2279,63	0,00	0,00	2458,38	0,00
12	ANO	Ed, šach 1 - provozní	Užitné	245,49	0,00	0,00	234,84	0,00
13	ANO	Ed, šach 2 - provozní	Užitné	801,81	0,00	0,00	842,62	0,00
14	ANO	Ed, šach 3 - provozní	Užitné	1063,21	0,00	0,00	1128,70	0,00

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : analytické řešení

Typ podloží : nesoudržná zemina

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (E_d , g_0)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 1034,75 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 1034,75 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 2

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 2. (E_d , montážní)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 3589,79 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 3589,79 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 3

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 3. (E_d , t_0)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 3589,79 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 3589,79 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 4

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 4. (Ed, tn)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 3360,25 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 3360,25 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 5

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 5. (Ed, šach 1)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 919,29 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 919,29 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 6

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 6. (Ed, šach 2)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 1586,87 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 1586,87 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 7

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 7. (Ed, šach 3)

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

Maximální svislá síla $V_d = 1900,55 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 1900,55 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Posouzení čís. 8

Posouzení svislé únosnosti - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejneprůznivějších zatěžovacích stavů.

Souč. vlivu technologie - orientační hodnoty podle Sedleckého : $k = 1,00$
(1.0 - bet. bez ochrany výpažnice, tzv. oddělenou betonáží)

Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti $R_s = 851,12 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 4429,04 \text{ kN}$

Svislá únosnost osamělé piloty $R_c = 5280,16 \text{ kN}$

Účinnost skupiny pilot $\eta_g = 0,76$

Svislá únosnost skupiny pilot $R_g = 16004,43 \text{ kN}$

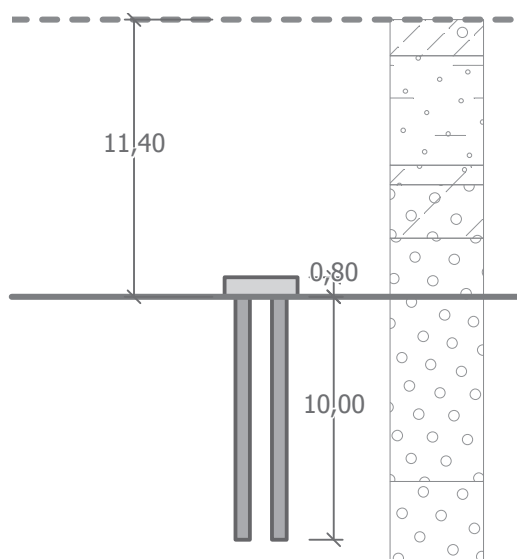
Maximální svislá síla $V_d = 3589,79 \text{ kN}$

$R_g = 16004,43 \text{ kN} > 3589,79 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Název : Sv. únosn.

Fáze : 1; Posouzení : 8



Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva a číslo	E_s [MPa]
1	30,00
2	30,00

Druh piloty : zahlobená do stlač. podloží

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_1 = 0,10$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,14$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Korekční součinitel Poissonova čísla $R_v = 0,86$

Výpočet sednutí skupiny pilot v nesoudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Součinitel skupinového účinku $g_f = 2,24$

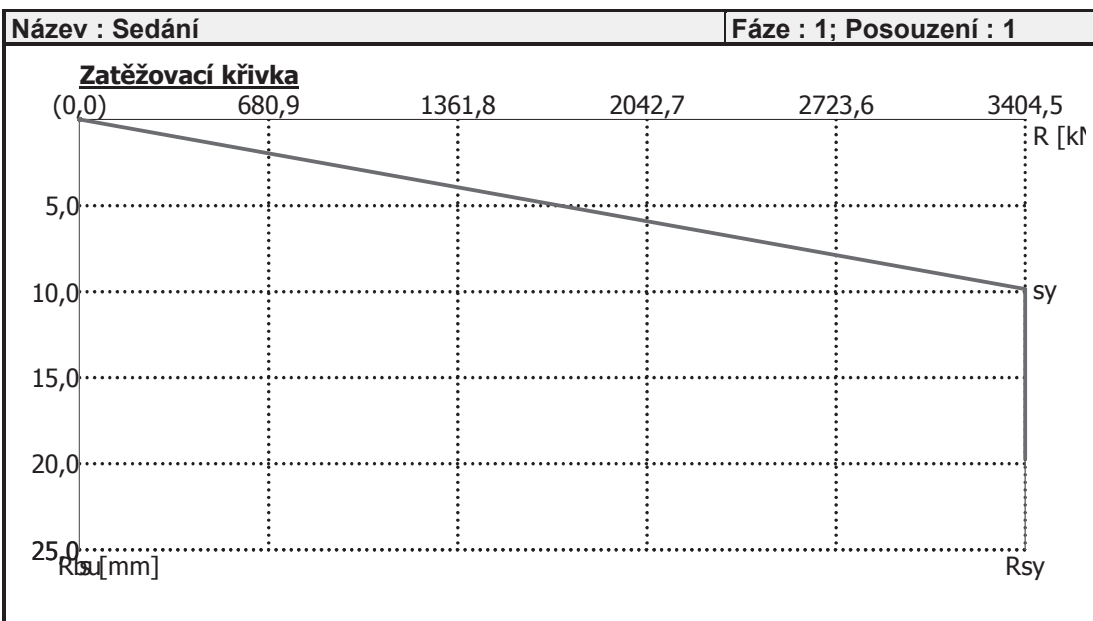
Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 3404,48$ kN

Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 9,9$ mm

Celková únosnost $R_c = 3404,48$ kN

Limitní sedání $s_{lim} = 19,7$ mm

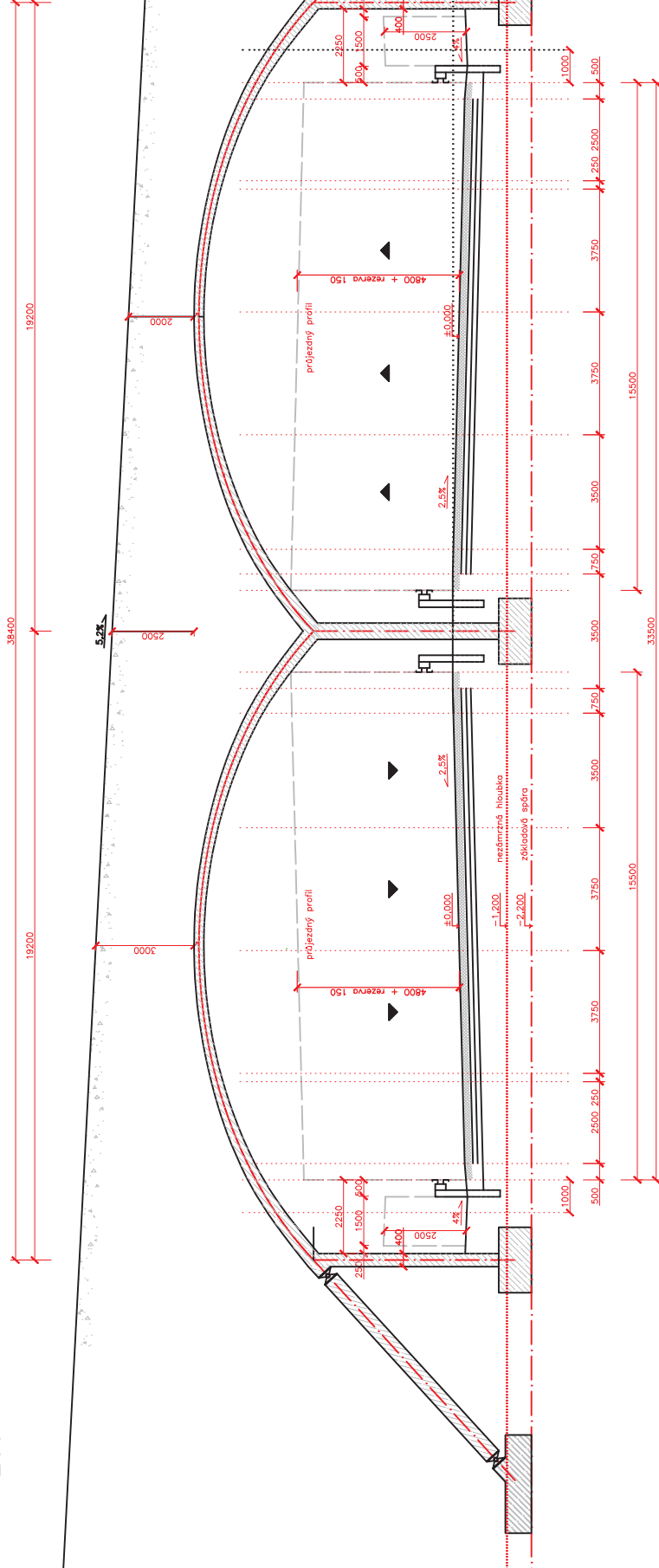
Pro maximální užité svislé zatížení $V = 2470,91$ kN je sednutí skupiny pilot 7,1 mm.



VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

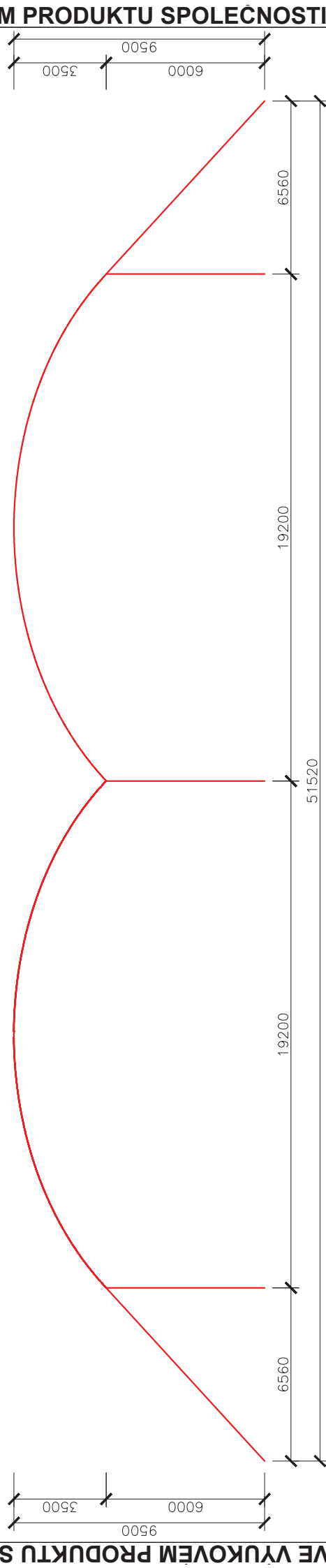
šířkové uspořádání D33,5/120
tl.klenby 500 – 250mm

Technical drawing of a road cross-section showing two lanes with a central median. The drawing includes dimensions for lane widths (3000mm and 2500mm), median width (2000mm), and various offsets (1000mm, 500mm, 2500mm). It also shows a 5.2% slope on the left side and a 2.5% slope on the right side. The drawing is labeled "projektový profil" and "reálný profil".



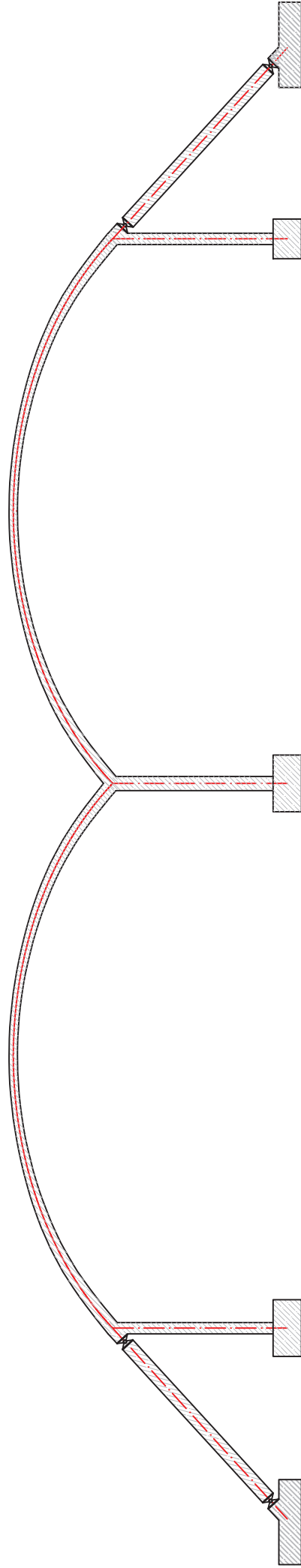
B.3.2 Střednicové schéma

teoretická střednice
D33,5/120
tl. klenby 500 – 250mm
vzepětí 3,5m



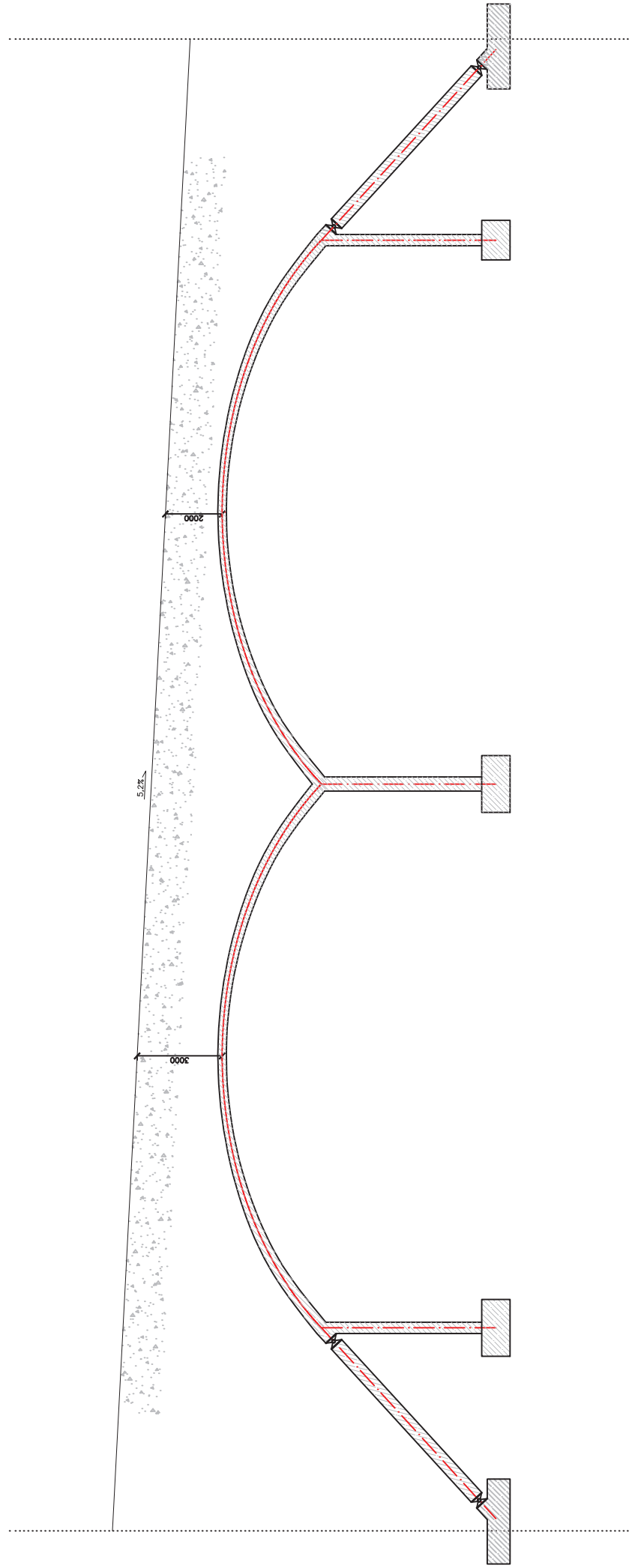
B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů

ZS1 – vlastní tíha konstrukce



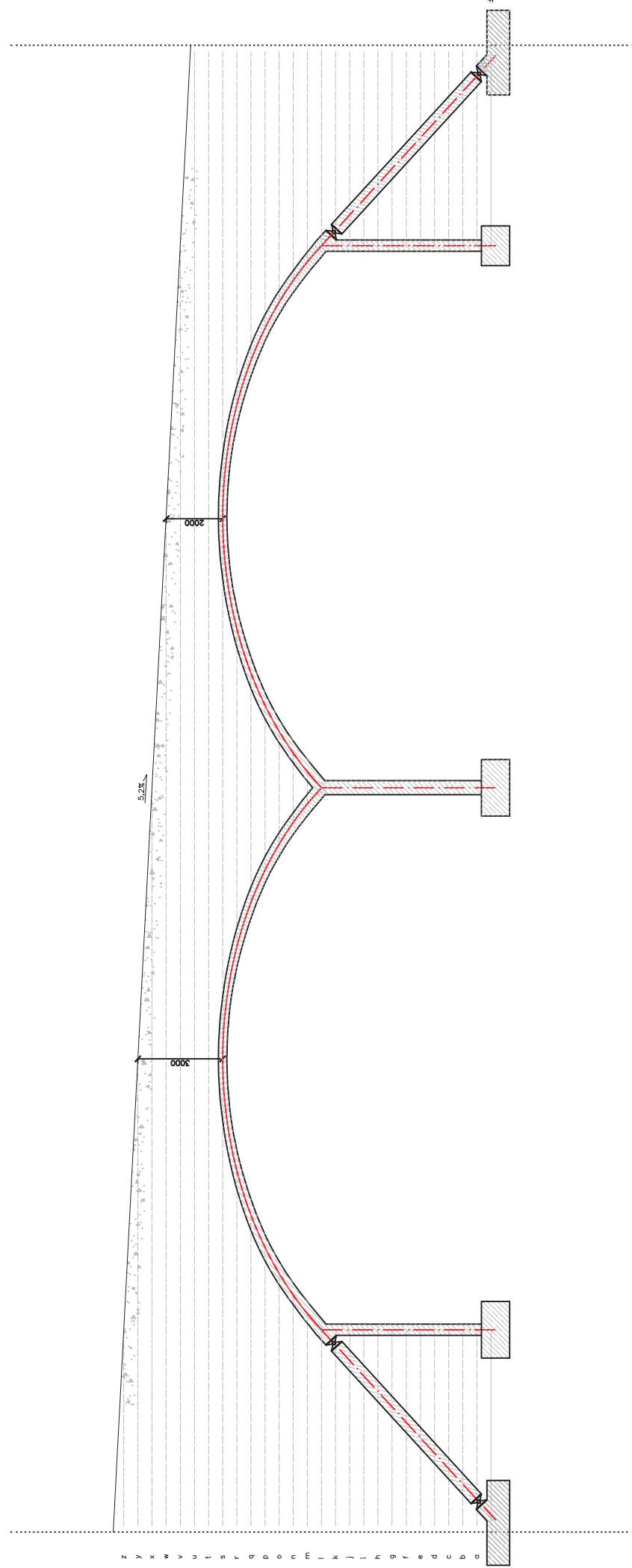
B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů

ZS2 v čase tn



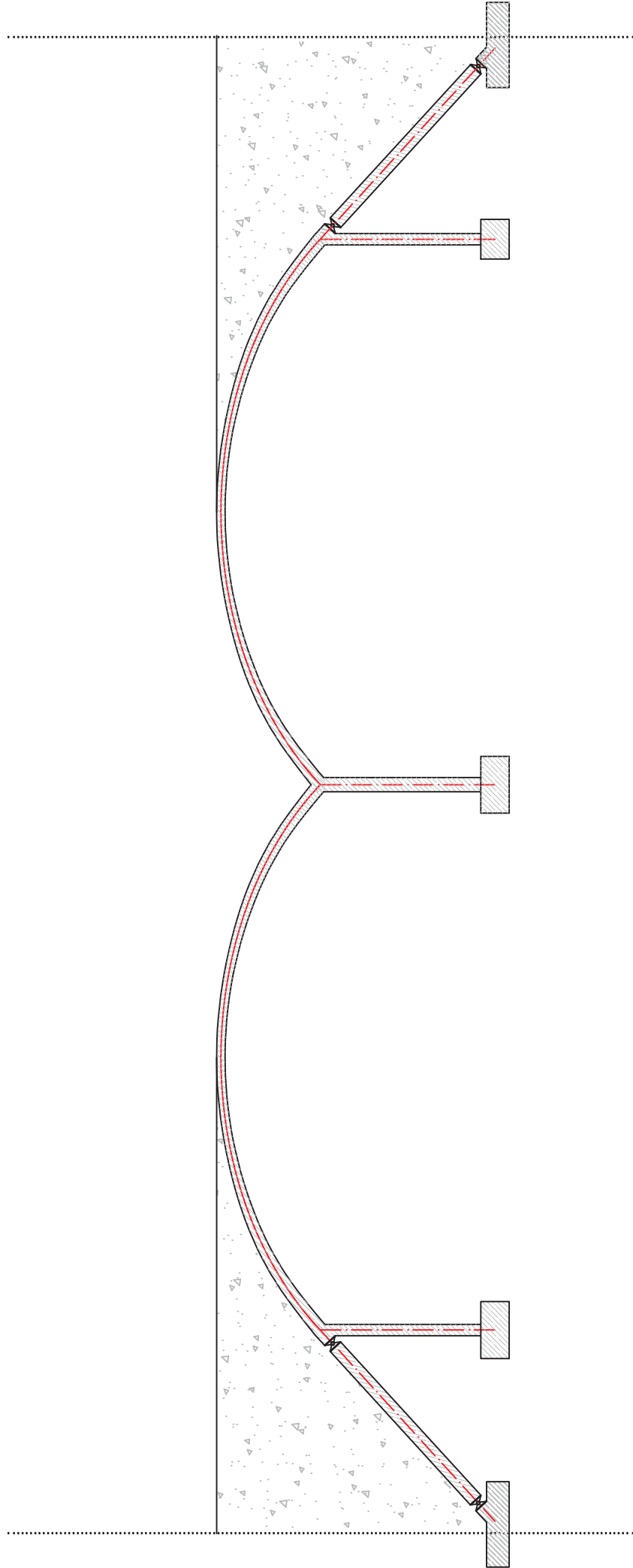
B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů

ZS2a–z montážní stavy v čase t0
resp. 29 jednotlivých zatěžovacích stavů
po 0,500m zásypu zeminou



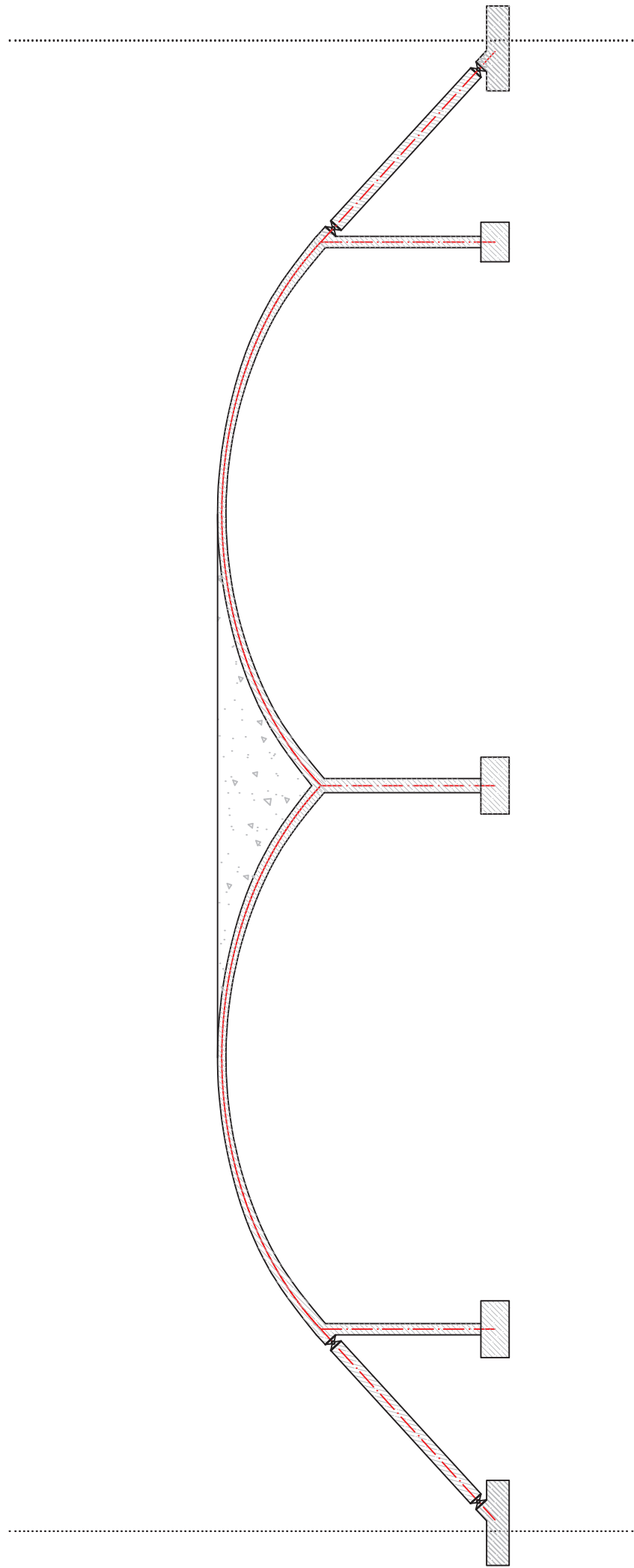
B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů

ZS4a MIMOŘÁDNÉ ZEMNÍ PRÁCE – šach 1
 zásyp zeminou po vrchol klenby



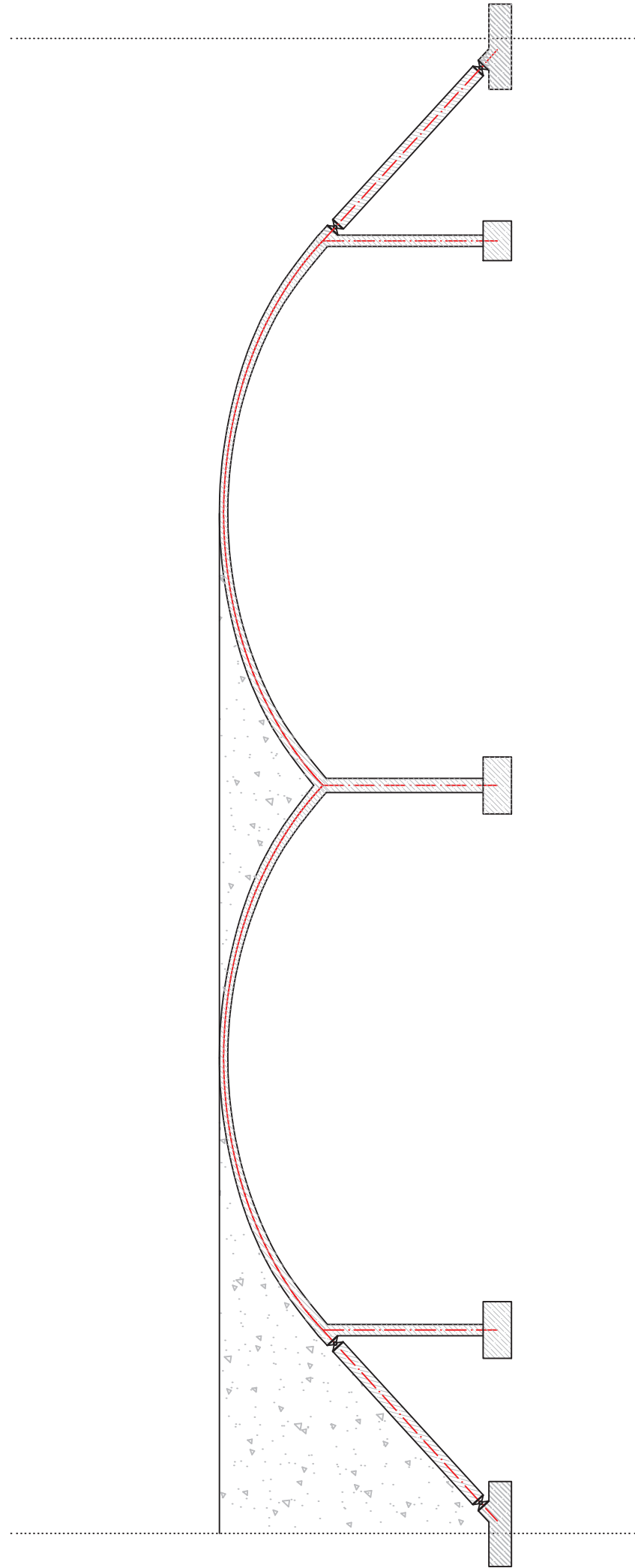
B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů

ZS4b MIMOŘÁDNÉ ZEMNÍ PRÁCE – šach 2
zásyp zeminou po vrchol klenby



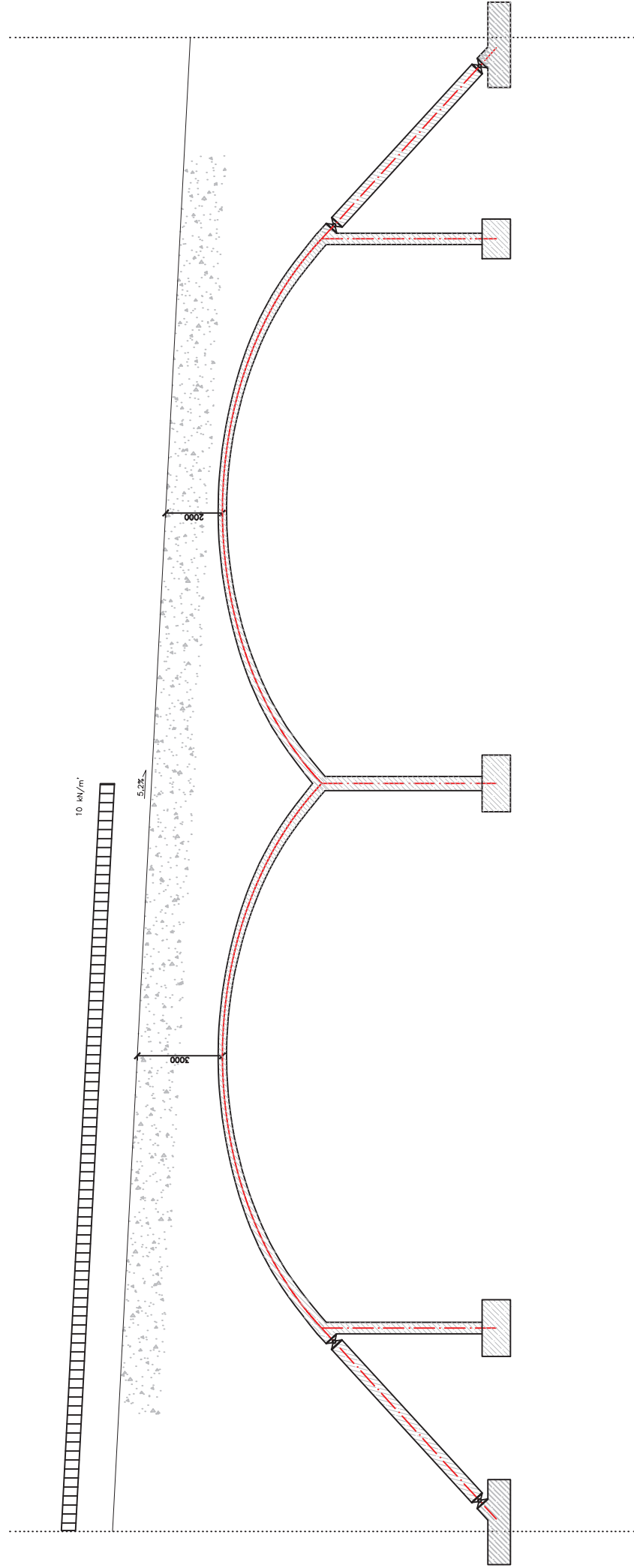
B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů

ZS4c MIMOŘÁDNÉ ZEMNÍ PRÁCE – šach 3
zásyp zeminou po vrchol klenby

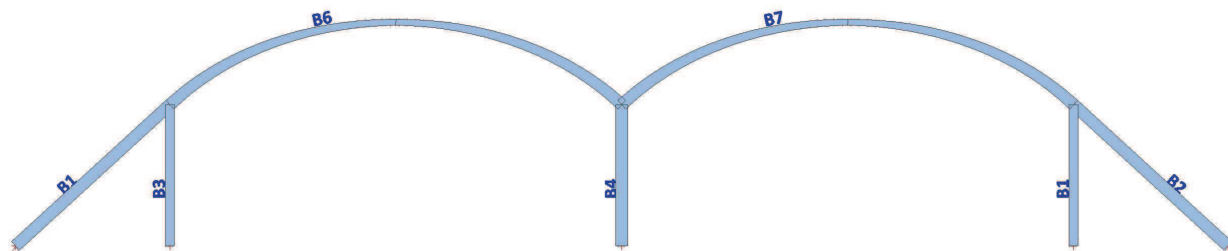


B.3.3 Schémata zatěžovacích stavů

ZS5 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ 10 kN/m' / t nekonečno
 hotový zásyp zeminou, resp. zásyp ve sklonu cca 5,2%
 3,0m na levou / 2,0m nad pravou komorou



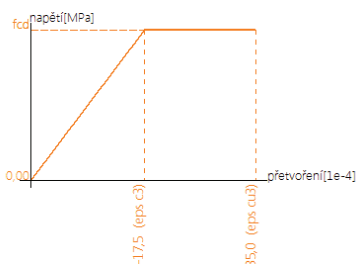
1. Výpočtový model



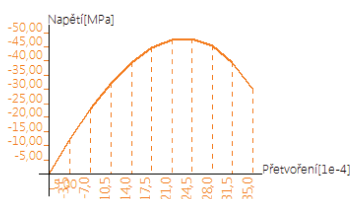
2. Materiály

C40/50 Beton	
Jednotková hmotnost [kg/m ³]	2500,0
E [MPa]	3,5200e+04
Poisson - nu	0,2
Tep.roztaž. [m/mK]	0,00
Charakteristická válcová pevnost v tlaku fck(28) [MPa]	40,00
Vypočtené závislé hodnoty	✓
Průměrná pevnost v tlaku fcm(28) [MPa]	48,00
Střední pevnost v tahu fctm(28) [MPa]	3,50
fcm(28) - fck(28) [MPa]	8,00
fctk 0,05(28) [MPa]	2,40
fctk 0,95(28) [MPa]	4,60
Výpočtová pevnost v tlaku - trvalá (fcd = fck / gama c_p) [MPa]	26,67
Výpočtová pevnost v tlaku - mimořádná (fcd = fck / gama c_a) [MPa]	33,33
Poměrné přetvoření při dosažení maximální pevnosti eps c2 [1e-4]	20,0
Mezní poměrné přetvoření eps cu2 [1e-4]	35,0
Poměrné přetvoření při dosažení maximální pevnosti eps c3 [1e-4]	17,5
Mezní poměrné přetvoření eps cu3 [1e-4]	35,0
n [-]	2,00
Typ kameniva	Křemenec
Měřené hodnoty střední pevnosti v tlaku (s vlivem stárnutí)	x
Typ diagramu	Bilineární pracovní diagram

Pracovní diagram



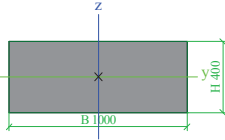
Pracovní diagram pro nelineární analýzu

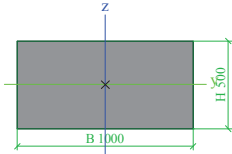


3. Prvky

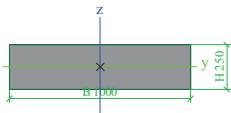
Jméno	Průřez	Vrstva	Délka [m]	Tvar	Poč. uzel	Konc. uzel	Typ	FEM typ
B1	CS4 - Obdélník (500; 500)	Vrstva1	8,889	Čára	N123	N124	obecný (0)	standard
B2	CS4 - Obdélník (500; 500)	Vrstva1	8,889	Čára	N125	N126	obecný (0)	standard
B3	CS1 - Obdélník (400; 1000)	Vrstva1	6,000	Čára	N127	N124	obecný (0)	standard
B4	CS2 - Obdélník (500; 1000)	Vrstva1	6,000	Čára	N128	N129	obecný (0)	standard
B1	CS1 - Obdélník (400; 1000)	Vrstva1	6,000	Čára	N130	N126	obecný (0)	standard
B6	CS3 - Obdélník (250; 1000)	Vrstva1	20,912	Spline	N124	N129	obecný (0)	standard
B7	CS3 - Obdélník (250; 1000)	Vrstva1	20,912	Spline	N129	N126	obecný (0)	standard

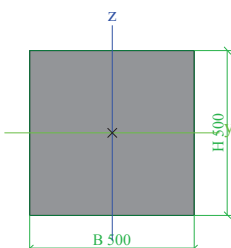
4. Průřezy

CS1		
Typ	Obdélník	
Detailní	400; 1000	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	C40/50	
Výroba	beton	
A [m ²]	4,0000e-01	
Ay [m ²], Az [m ²]	3,3333e-01	3,3333e-01
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	5,3333e-03	3,3333e-02
Welz [m ³], Wely [m ³]	6,6667e-02	2,6667e-02
Wplz [m ³], Wply [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
Iw [m ⁶], It [m ⁴]	2,2999e-04	1,5927e-02
dy [mm], dz [mm]	0	0
cYUSS [mm], cZUSS [mm]	500	200
α [deg]	0,00	
Mply+ [Nm], Mply- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
Mplz+ [Nm], Mplz- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
AL [m ² /m], AD [m ² /m]	2,8000e+00	2,8000e+00
β y [mm], β z [mm]	0	0
Obrázek		
CS2		
Typ	Obdélník	
Detailní	500; 1000	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	C40/50	

Výroba	beton	
A [m ²]	5,0000e-01	
Ay [m ²], Az [m ²]	4,1667e-01	4,1667e-01
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	1,0417e-02	4,1667e-02
Welz [m ³], Wely [m ³]	8,3333e-02	4,1667e-02
Wplz [m ³], Wply [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
Iw [m ⁶], It [m ⁴]	3,1354e-04	2,8533e-02
dy [mm], dz [mm]	0	0
cYUSS [mm], cZUSS [mm]	500	250
[mm]		
α [deg]	0,00	
Mply+ [Nm], Mply- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
Mplz+ [Nm], Mplz- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
AL [m ² /m], AD [m ² /m]	3,0000e+00	3,0000e+00
β y [mm], β z [mm]	0	0
Obrázek		

CS3		
Typ	Obdélník	
Detailní	250; 1000	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	C40/50	
Výroba	beton	
A [m ²]	2,5000e-01	
Ay [m ²], Az [m ²]	2,0833e-01	2,0833e-01
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	1,3021e-03	2,0833e-02
Welz [m ³], Wely [m ³]	4,1667e-02	1,0417e-02

Wplz [m ³], Wply [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
Iw [m ⁶], It [m ⁴]	8,2301e-05	4,3758e-03
dy [mm], dz [mm]	0	0
cYUSS [mm], cZUSS [mm]	500	125
α [deg]	0,00	
Mply+ [Nm], Mply- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
Mplz+ [Nm], Mplz- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
AL [m ² /m], AD [m ² /m]	2,5000e+00	2,5000e+00
β y [mm], β z [mm]	0	0
Obrázek		

CS4		
Typ	Obdélník	
Detailní	500; 500	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	C40/50	
Výroba	beton	
A [m ²]	2,5000e-01	
Ay [m ²], Az [m ²]	2,0833e-01	2,0833e-01
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	5,2083e-03	5,2083e-03
Welz [m ³], Wely [m ³]	2,0833e-02	2,0833e-02
Wplz [m ³], Wply [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
Iw [m ⁶], It [m ⁴]	1,9852e-06	8,7752e-03
dy [mm], dz [mm]	0	0
cYUSS [mm], cZUSS [mm]	250	250
α [deg]	0,00	
Mply+ [Nm], Mply- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
Mplz+ [Nm], Mplz- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
AL [m ² /m], AD [m ² /m]	2,0000e+00	2,0000e+00
β y [mm], β z [mm]	0	0
Obrázek		

Vysvětlivky symbolů	
A	Plocha
Ay	Smyková plocha ve směru hlavní osy y - Vypočteno 2D MKP analýzou
Az	Smyková plocha ve směru hlavní osy z - Vypočteno 2D MKP analýzou
Iy	Moment setrvačnosti kolem hlavní osy y
Iz	Moment setrvačnosti kolem hlavní osy z
Welz	Pružný modul průřezu k hlavní ose z
Wely	Pružný modul průřezu k hlavní ose y
Wplz	Plastický modul průřezu k hlavní ose z
Wply	Plastický modul průřezu k hlavní ose y
Iw	Výsečový moment setrvačnosti - Vypočteno 2D MKP analýzou
It	Moment setrvačnosti v prostém kroucení - Vypočteno 2D MKP analýzou
dy	Souřadnice středu smyku ve směru hlavní osy y měřená od těžiště - Vypočteno 2D MKP analýzou
dz	Souřadnice středu smyku ve směru hlavní osy z měřená od těžiště - Vypočteno 2D MKP analýzou
cYUSS	Souřadnice těžiště ve směru osy Y zadávacího systému
cZUSS	Souřadnice těžiště ve směru osy Z zadávacího systému
α	Úhel pootočení hlavní osy
IYZLSS	Moment setrvačnosti Iyz v LSS
Mply+	Plastický moment kolem hlavní osy y pro kladný moment My
Mply-	Plastický moment kolem hlavní osy y pro záporný moment My
Mplz+	Plastický moment kolem hlavní osy z pro kladný moment Mz
Mplz-	Plastický moment kolem hlavní osy z pro záporný moment Mz
AL	Obvodový povrch na jednotku délky
AD	Vysychající povrch na jednotku délky
β y	Mono-symetrická konstanta kolem hlavní osy y
β z	Mono-symetrická konstanta kolem hlavní osy z

5. Zatěžovací stavy

Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS1	vlastní tíha g0k	Stálé	Vlastní tíha
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2a	0,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS5	proměnné zatížení	Nahodilé	Statické
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2b	1,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2c	1,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2d	2,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2e	2,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2f	3,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2g	3,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2h	4,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2i	4,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2j	5,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2k	5,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2l	6,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2m	6,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2n	7,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2o	7,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2p	8,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2q	8,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2r	9,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2s	9,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2t	10,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2u	10,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2v	11,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2w	11,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2x	12,000m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2y	12,500m zásyp zeminou	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS2z	13,000m finální zásyp zeminou t0	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS3	finální zásyp zeminou t nekonečno	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS4a	mimořádné zemní práce - šach 1 (boky)	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS4b	mimořádné zemní práce - šach 2 (střed)	Stálé	Standard
Jméno, Popis, Typ působení, Typ zatížení	ZS4c	mimořádné zemní práce - šach 3 (levý bok+střed)	Stálé	Standard

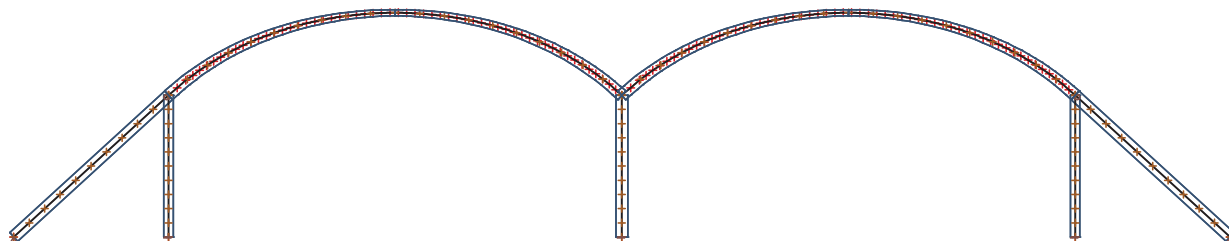
6. Kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Ed, návrhová t0	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,35
		ZS2z - 13,000m finální zásyp zeminou t0	1,35
Ed, návrhová tn	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,35
		ZS3 - finální zásyp zeminou t nekonečno	1,35
		ZS5 - proměnné zatížení	1,50
Ed, návrhová mimořádné šach 1	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,35
		ZS4a - mimořádné zemní práce - šach 1 (boky)	1,35
Ed, návrhová mimořádné šach 2	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,35
		ZS4b - mimořádné zemní práce - šach 2 (střed)	1,35
Ed, návrhová mimořádné šach 3	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,35
		ZS4c - mimořádné zemní práce - šach 3 (levý bok+střed)	1,35
Ek, charakteristická	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,00
		ZS3 - finální zásyp zeminou t nekonečno	1,00
		ZS5 - proměnné zatížení	1,00
Ek, kvazistálá	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,00
		ZS3 - finální zásyp zeminou t nekonečno	1,00
Ed, návrhová g0d	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,35
Ek, charakteristická g0k	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,00
Ed, montážní stavy	Lineární - únosnost	ZS1 - vlastní tíha g0k	1,35
		ZS2a - 0,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2b - 1,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2c - 1,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2d - 2,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2f - 3,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2h - 4,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2i - 4,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2j - 5,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2k - 5,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2l - 6,000m zásyp zeminou	1,35

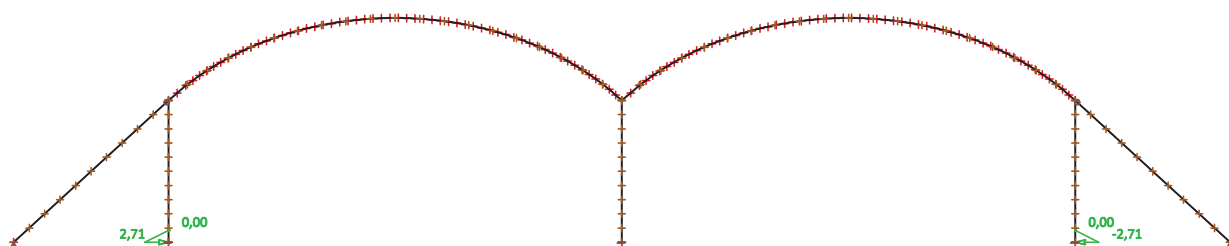
Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
		ZS2m - 6,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2n - 7,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2o - 7,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2p - 8,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2q - 8,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2r - 9,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2s - 9,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2t - 10,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2u - 10,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2v - 11,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2w - 11,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2x - 12,000m zásyp zeminou	1,35
		ZS2y - 12,500m zásyp zeminou	1,35
		ZS2z - 13,000m finální zásyp zeminou t0	1,35

Studentská verze

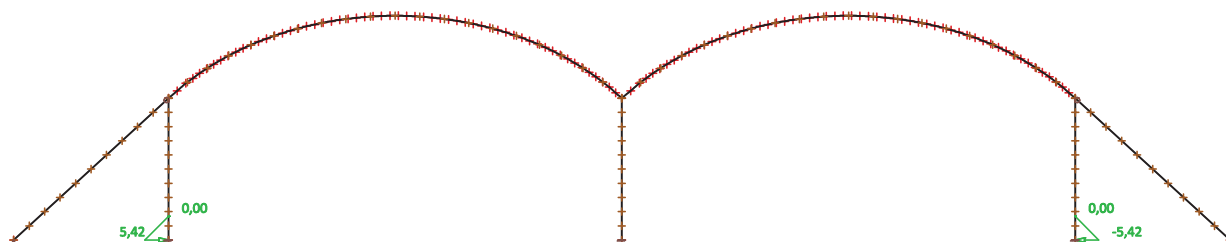
7. ZS1 - vlastní tíha g0k



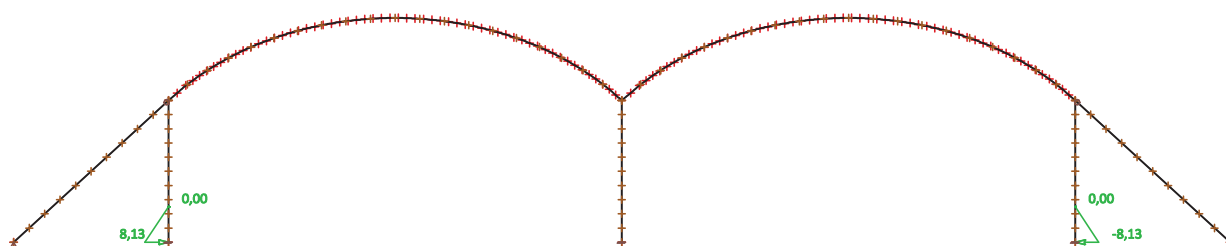
8. ZS2a - 0,500m zásyp zeminou g1k



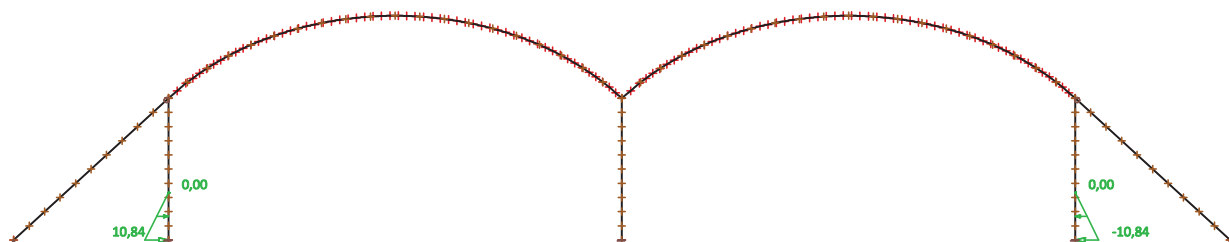
9. ZS2b - 1,000m zásyp zeminou g1k



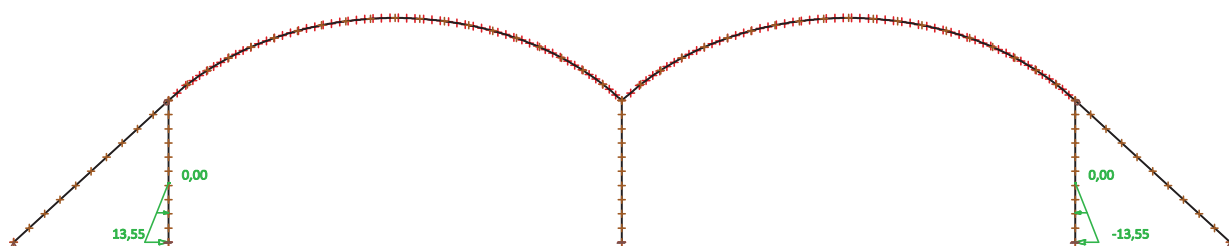
10. ZS2c - 1,500m zásyp zeminou g1k



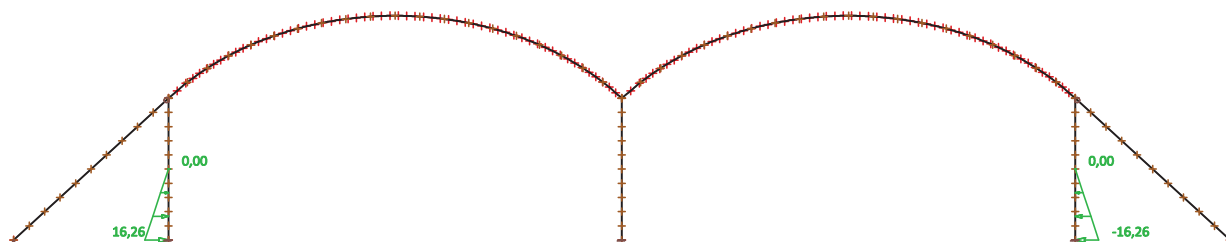
11. ZS2d - 2,000m zásyp zeminou g1k



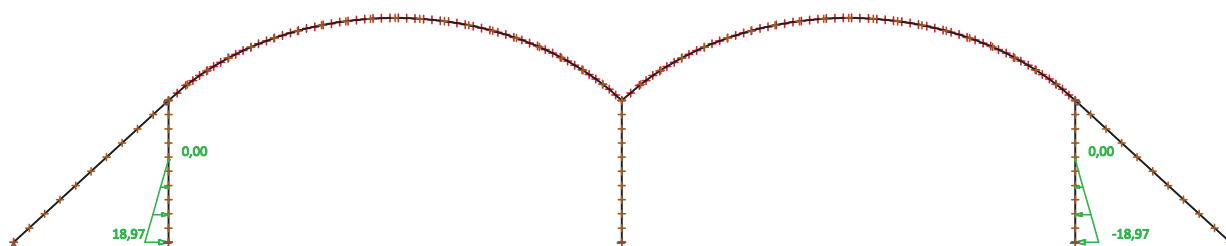
12. ZS2e - 2,500m zásyp zeminou g1k



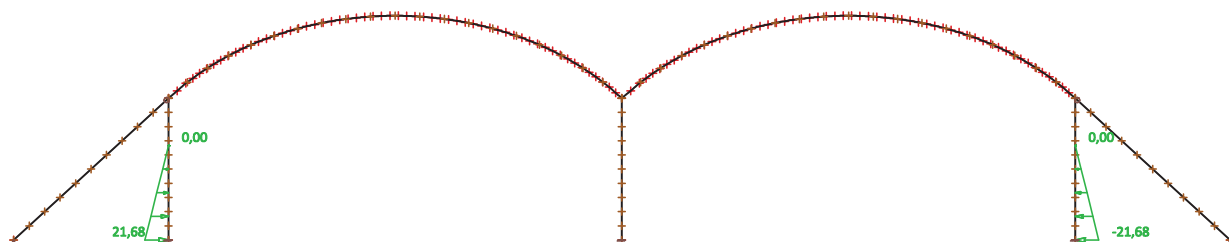
13. ZS2f - 3,000m zásyp zeminou g1k



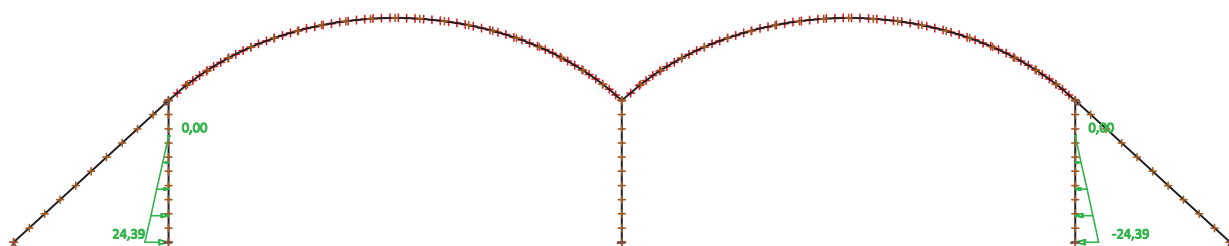
14. ZS2g - 3,500m zásyp zeminou g1k



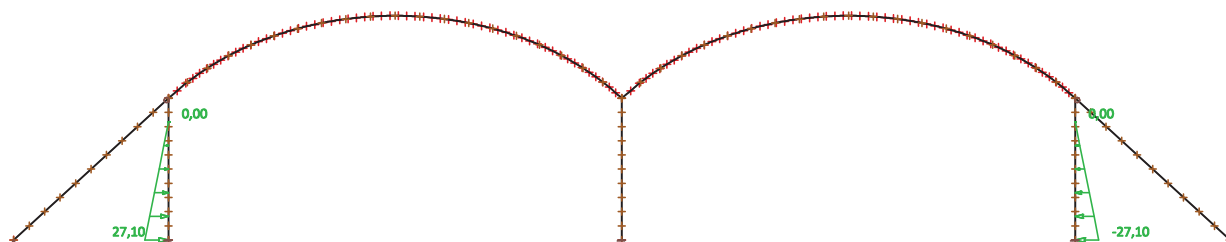
15. ZS2h - 4,000m zásyp zeminou g1k



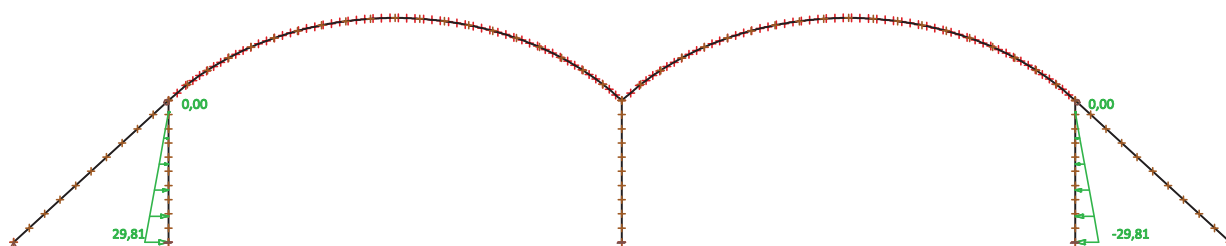
16. ZS2i - 4,500m zásyp zeminou g1k



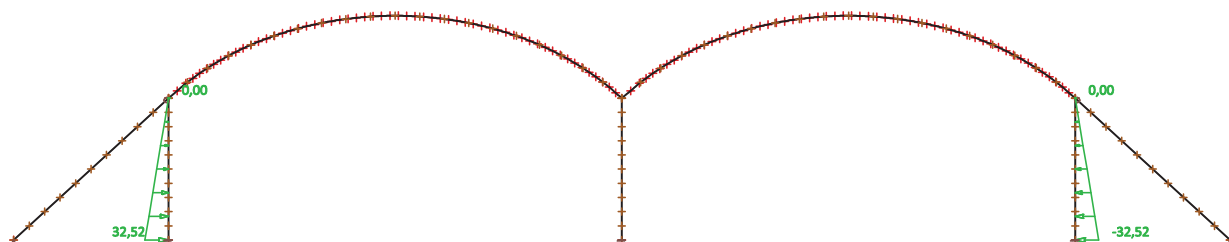
17. ZS2j - 5,000m zásyp zeminou g1k



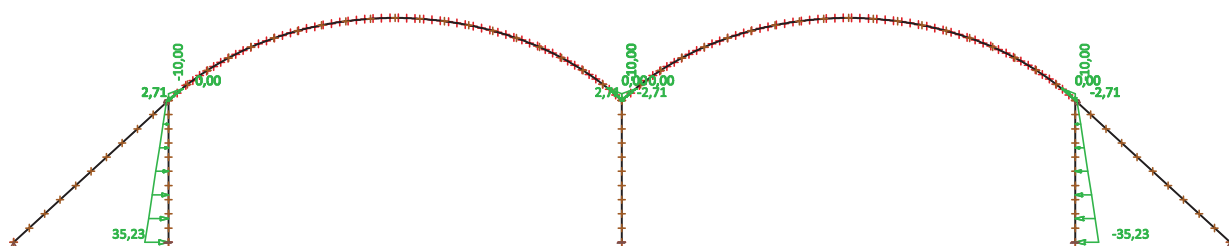
18. ZS2k - 5,500m zásyp zeminou g1k



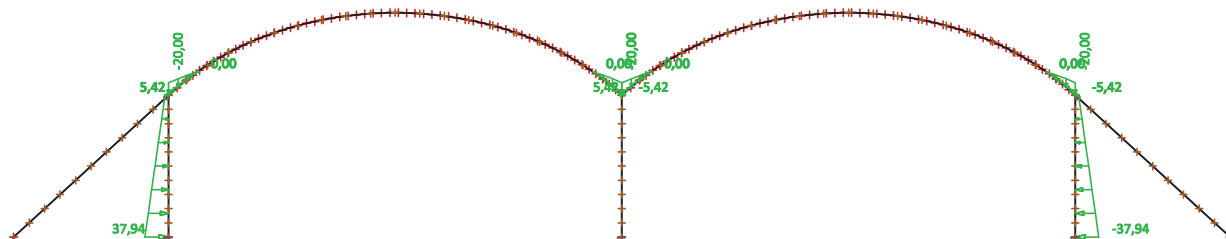
19. ZS2I - 6,000m zásyp zeminou g1k



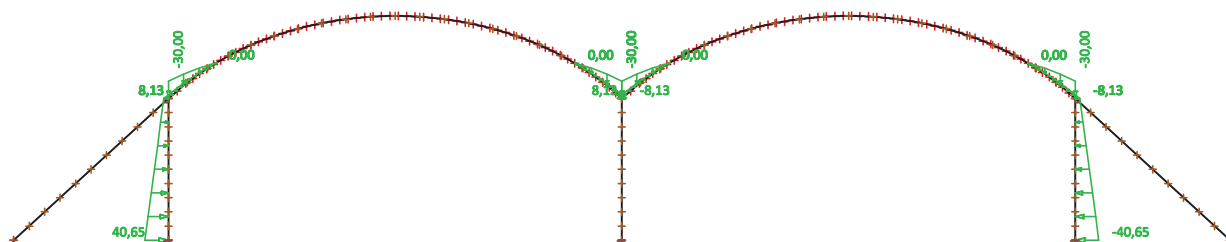
20. ZS2m - 6,500m zásyp zeminou g1k



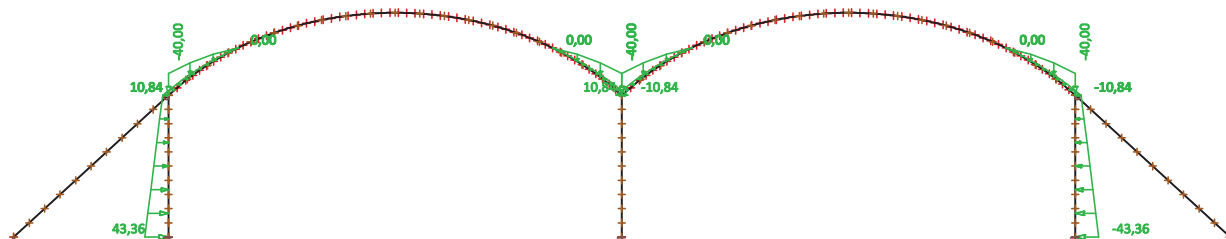
21. ZS2n - 7,000m zásyp zeminou g1k



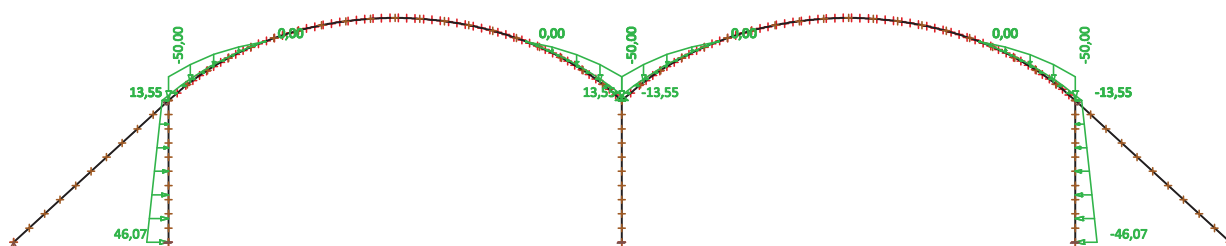
22. ZS2o - 7,500m zásyp zeminou g1k



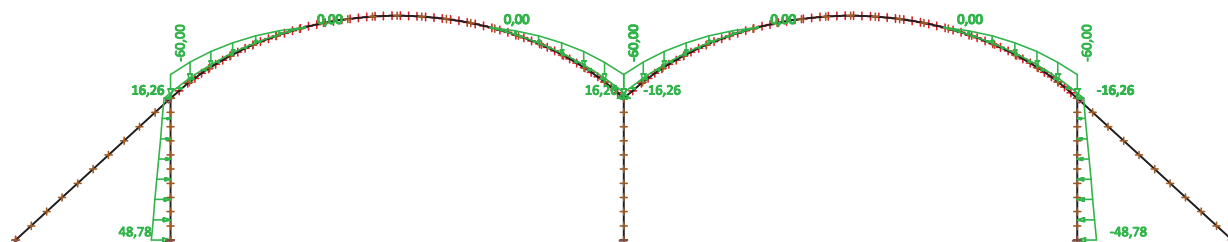
23. ZS2p - 8,000m zásyp zeminou g1k



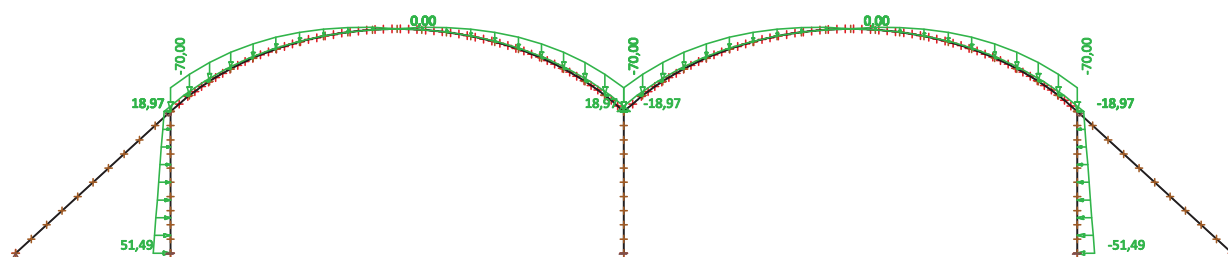
24. ZS2q - 8,500m zásyp zeminou g1k



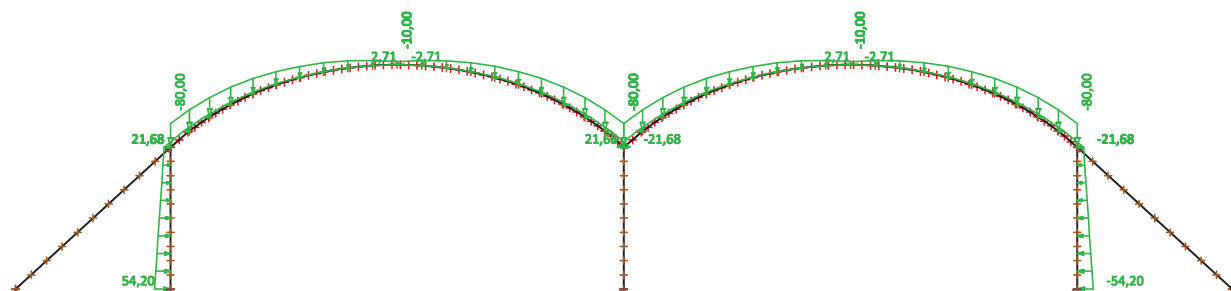
25. ZS2r - 9,000m zásyp zeminou g1k



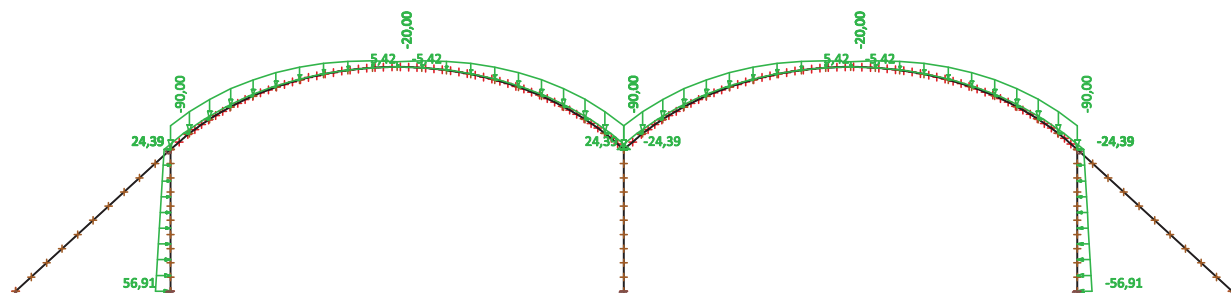
26. ZS2s - 9,500m zásyp zeminou g1k



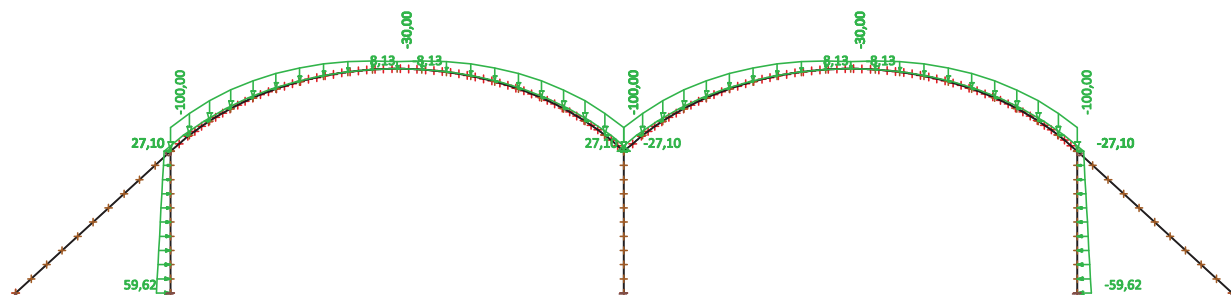
27. ZS2t - 10,000m zásyp zeminou g1k



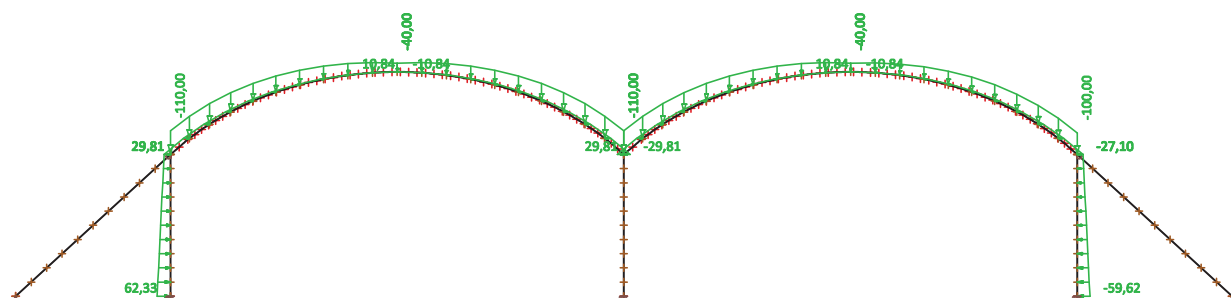
28. ZS2u - 10,500m zásyp zeminou g1k



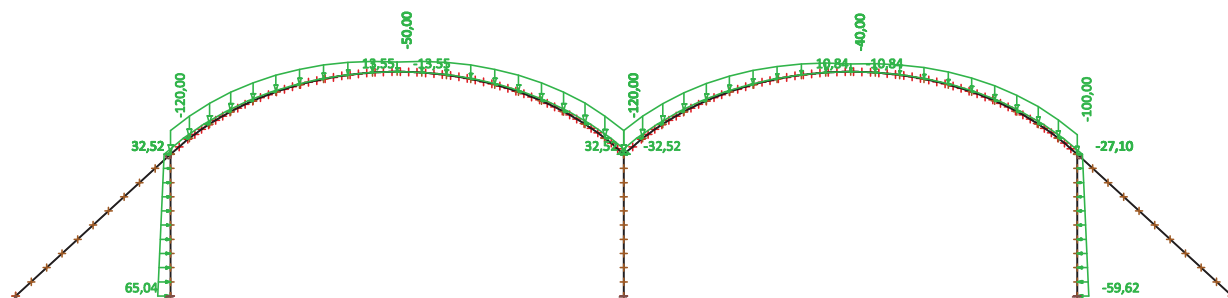
29. ZS2v - 11,000m zásyp zeminou g1k



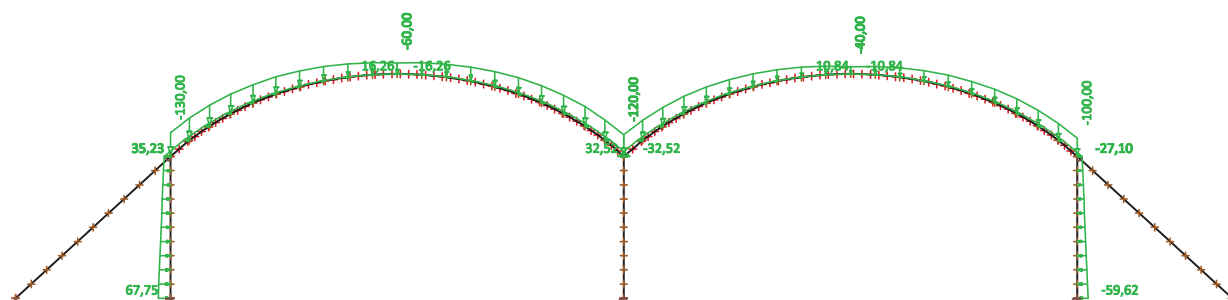
30. ZS2w - 11,500m zásyp zeminou g1k



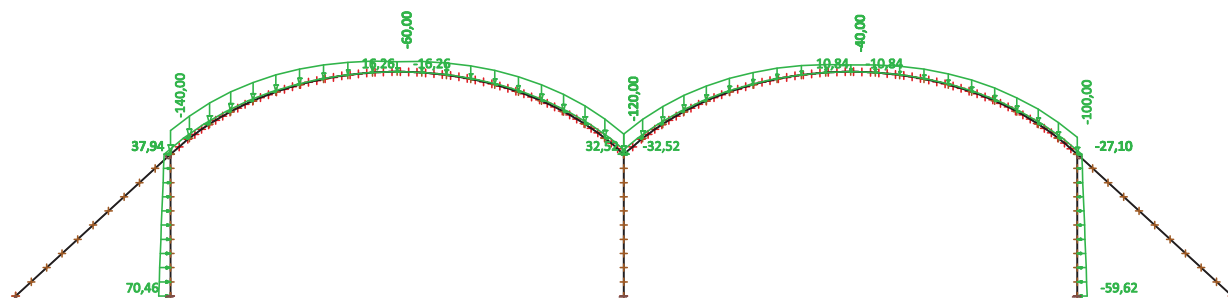
31. ZS2x - 12,000m zásyp zeminou g1k



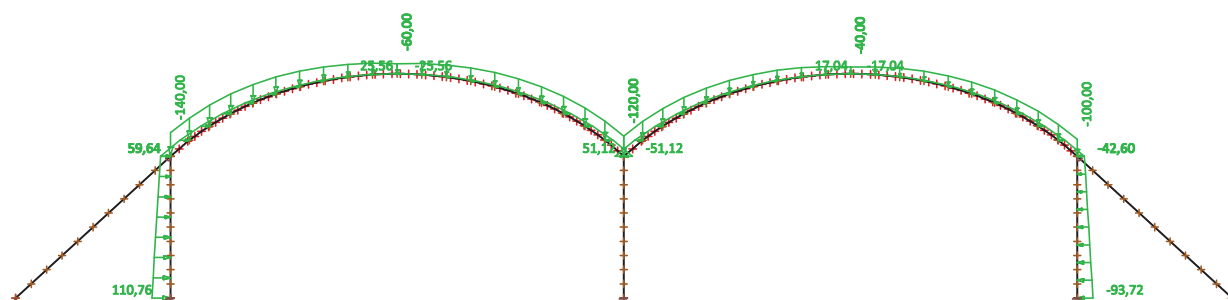
32. ZS2y - 12,500m zásyp zeminou g1k



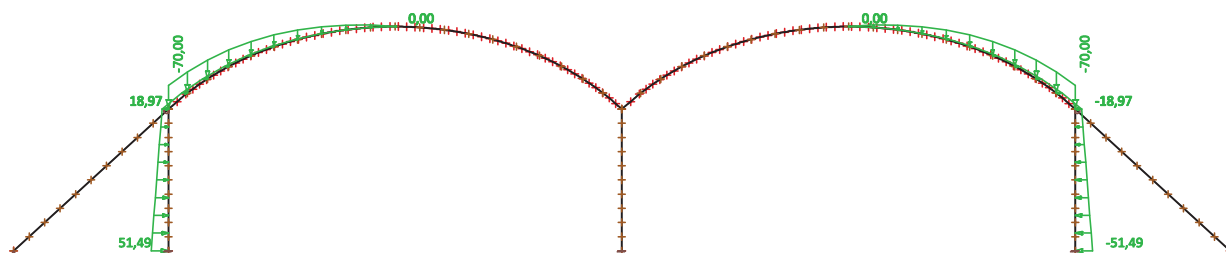
33. ZS2z - 13,000m zásyp zeminou g1k



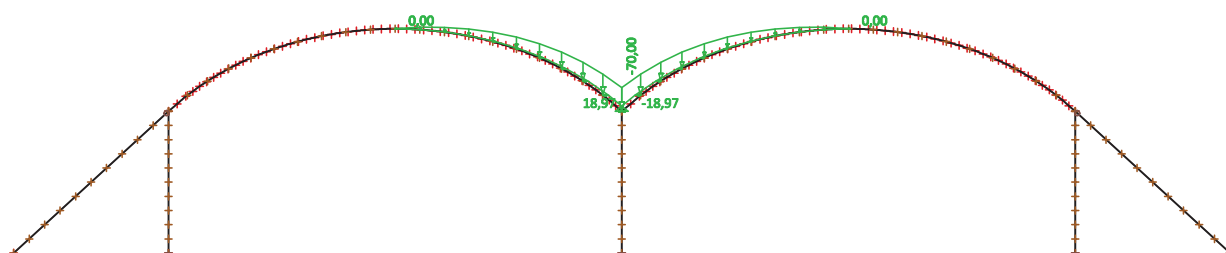
34. ZS3 - finální zásyp zeminou v čase tn



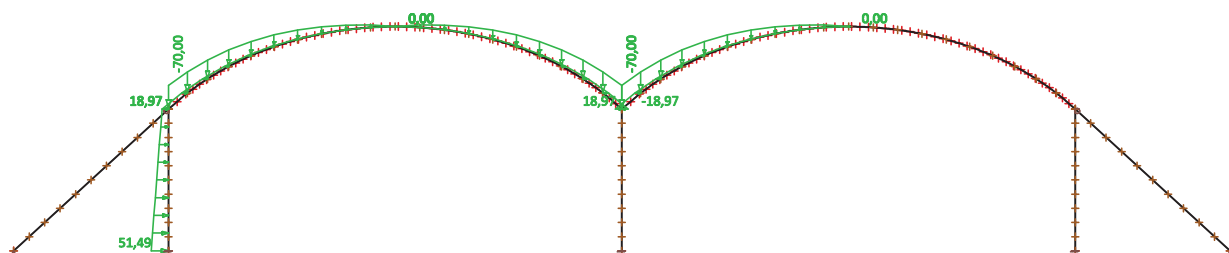
35. ZS4a - šach 1 - zásyp z obou stran



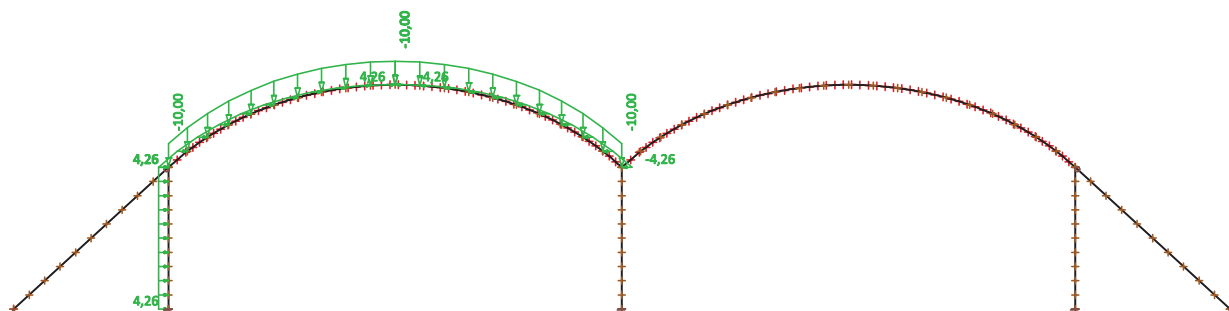
36. ZS4b - šach 2 - zásyp uprostřed



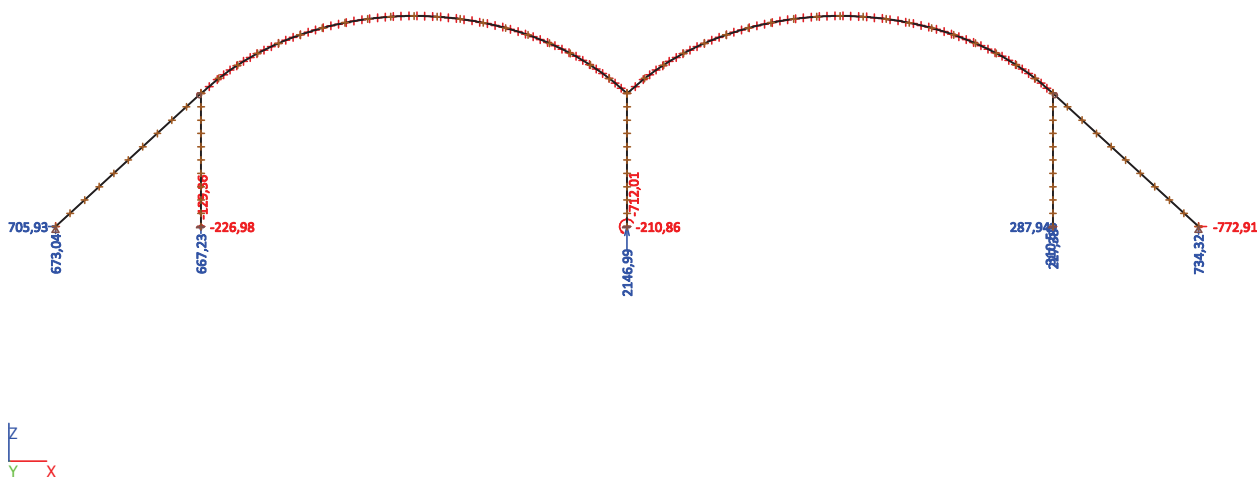
37. ZS4c - šach 3 - zásyp ze strany



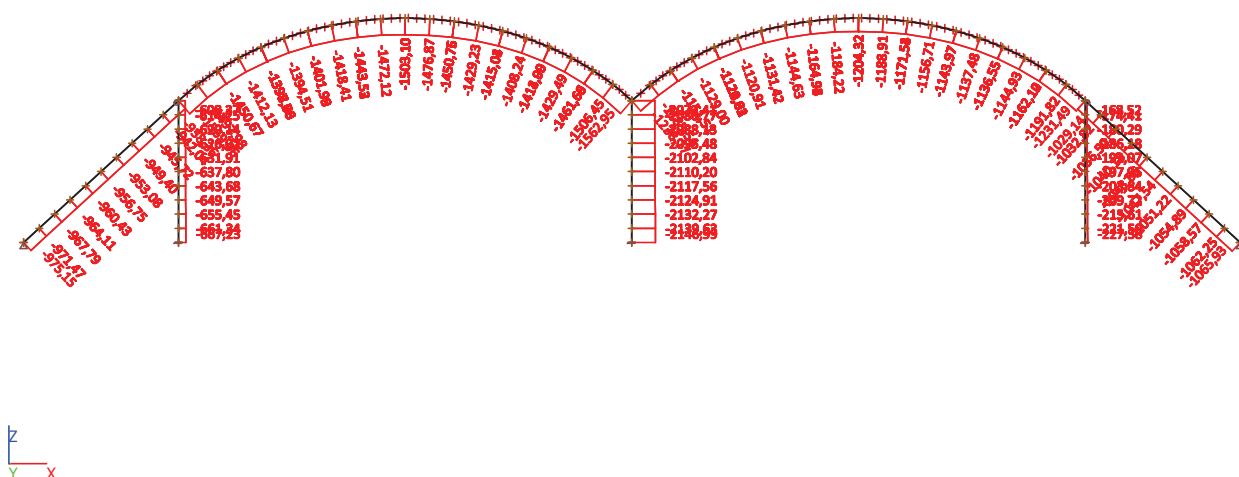
38. ZS5 - proměnné zatížení q1k



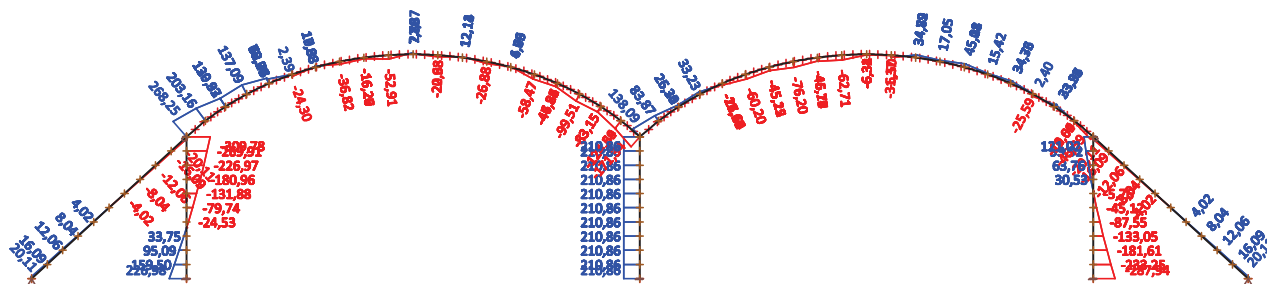
39. Ek, charakteristická - Reakce; Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz



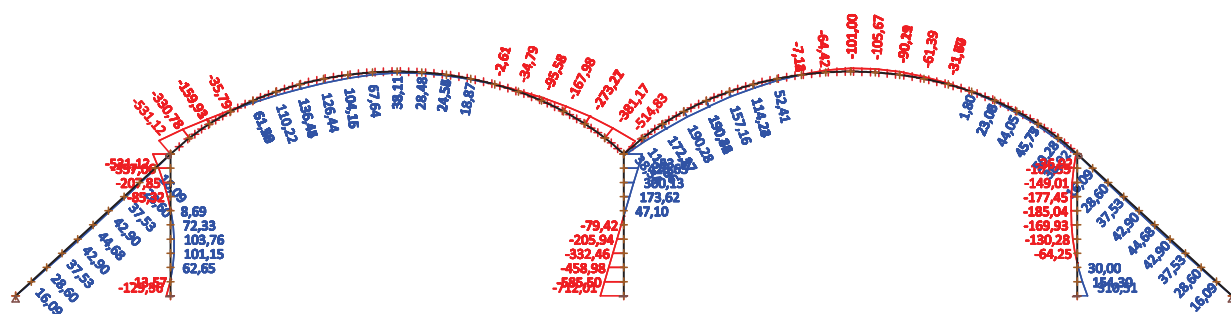
40. Ek, charakteristická - Vnitřní síly na prutu; N



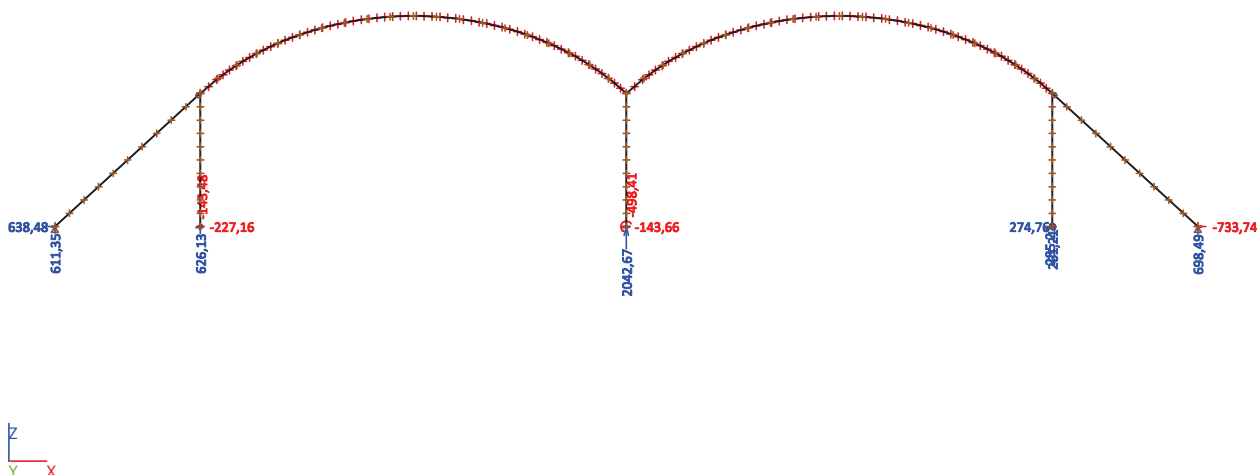
41. Ek, charakteristická - Vnitřní síly na prutu; Vz



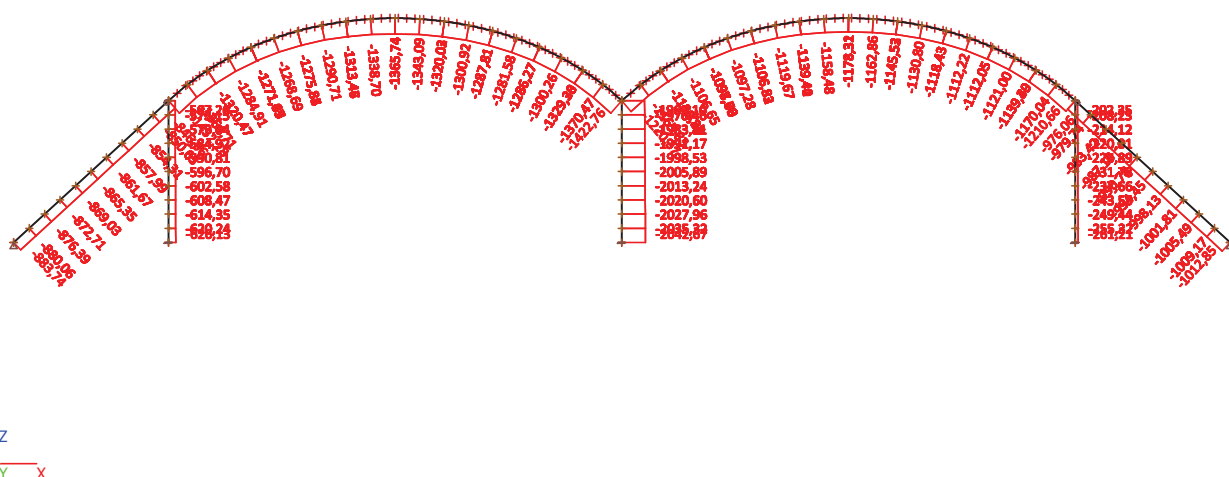
42. Ek, charakteristická - Vnitřní síly na prutu; My



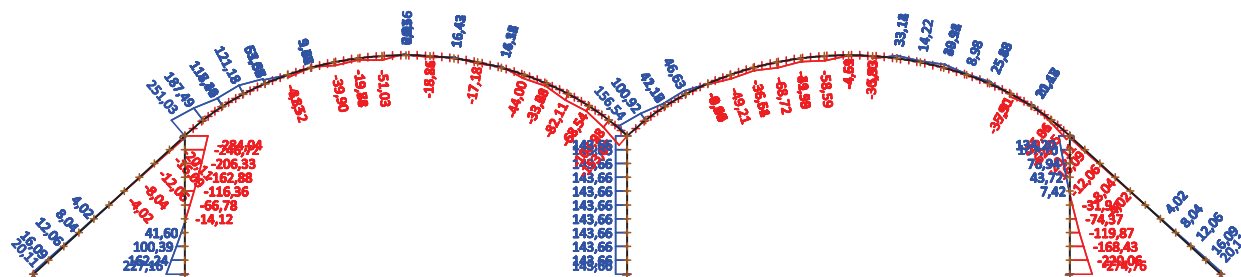
43. Ek, kvazistálá - Reakce; Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz



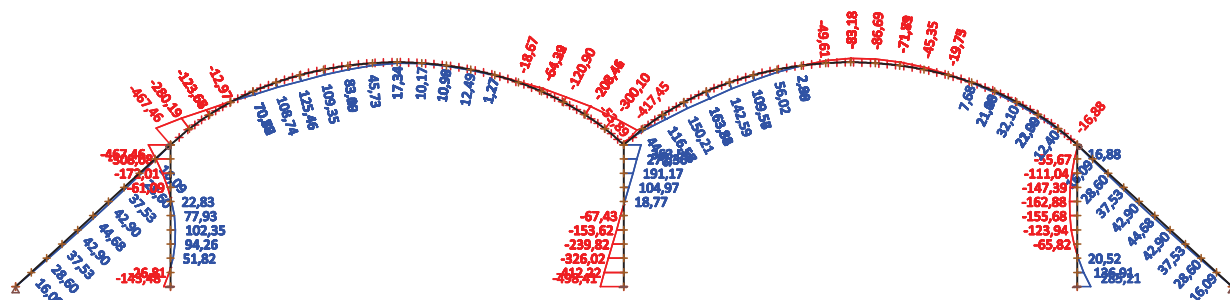
44. Ek, kvazistálá - Vnitřní síly na prutu; N



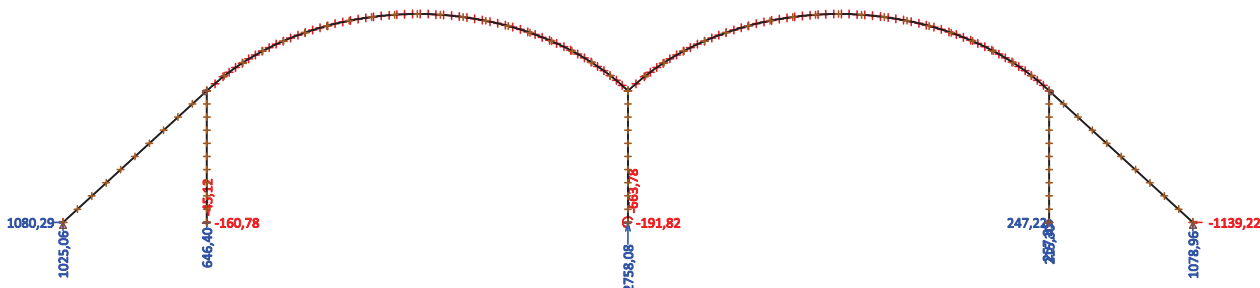
45. Ek, kvazistálá - Vnitřní síly na prutu; Vz



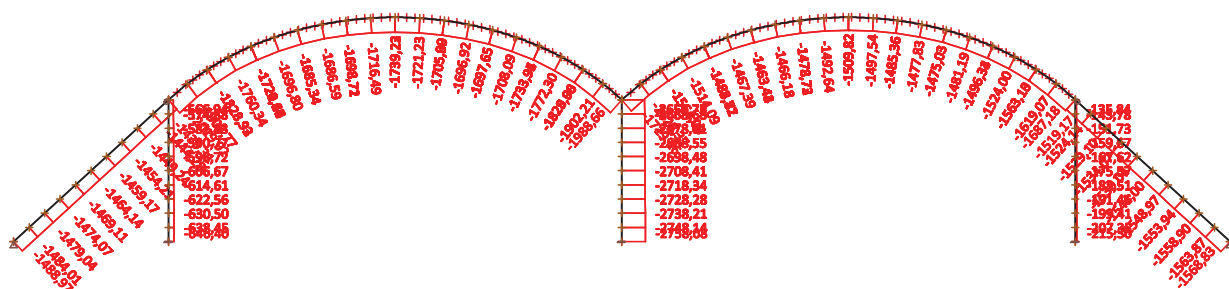
46. Ek, kvazistálá - Vnitřní síly na prutu; My



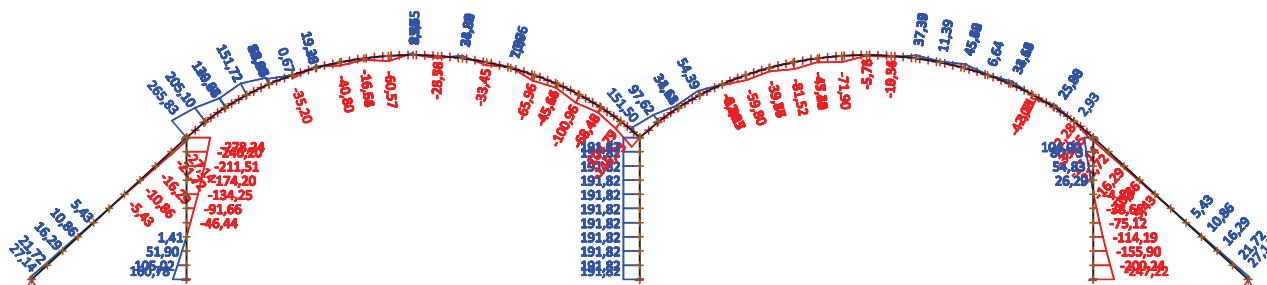
47. Ed, návrhová t_0 - Reakce; R_x , R_y , R_z , M_x , M_y , M_z



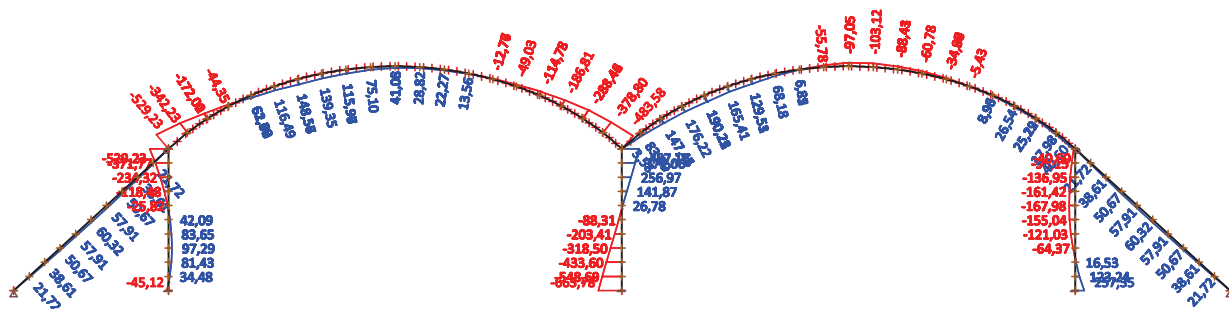
48. Ed, návrhová t_0 - Vnitřní síly na prutu; N



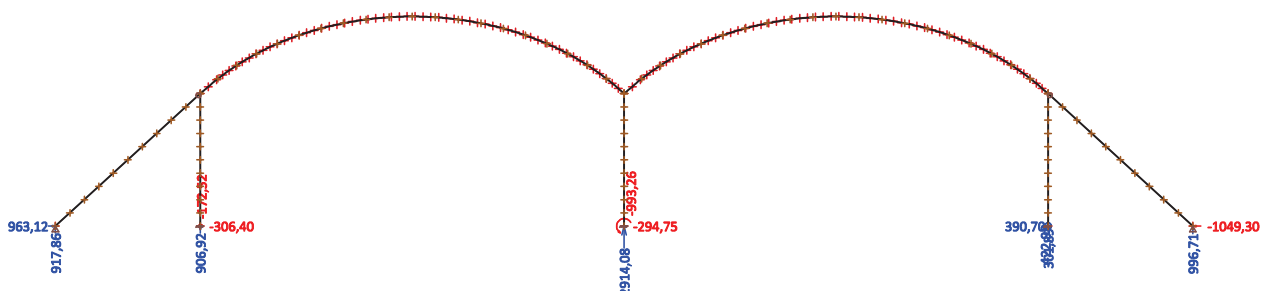
49. Ed, návrhová t0 - Vnitřní síly na prutu; Vz



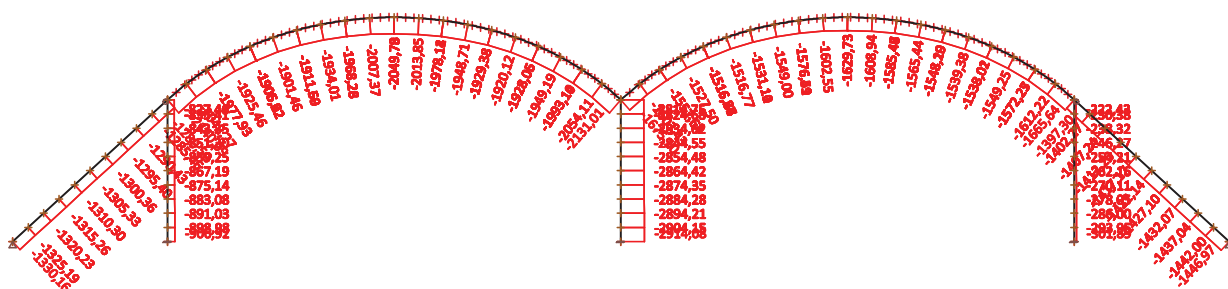
50. Ed, návrhová t0 - Vnitřní síly na prutu; My



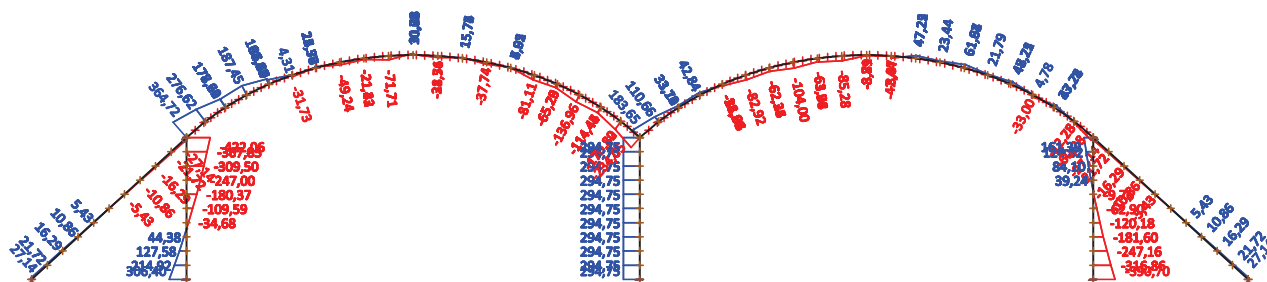
51. Ed, návrhová tn - Reakce; Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz



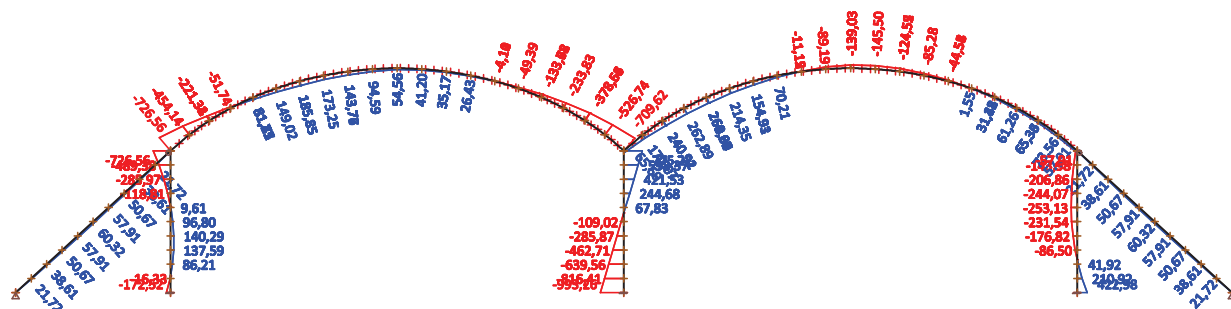
52. Ed, návrhová tn - Vnitřní síly na prutu, N



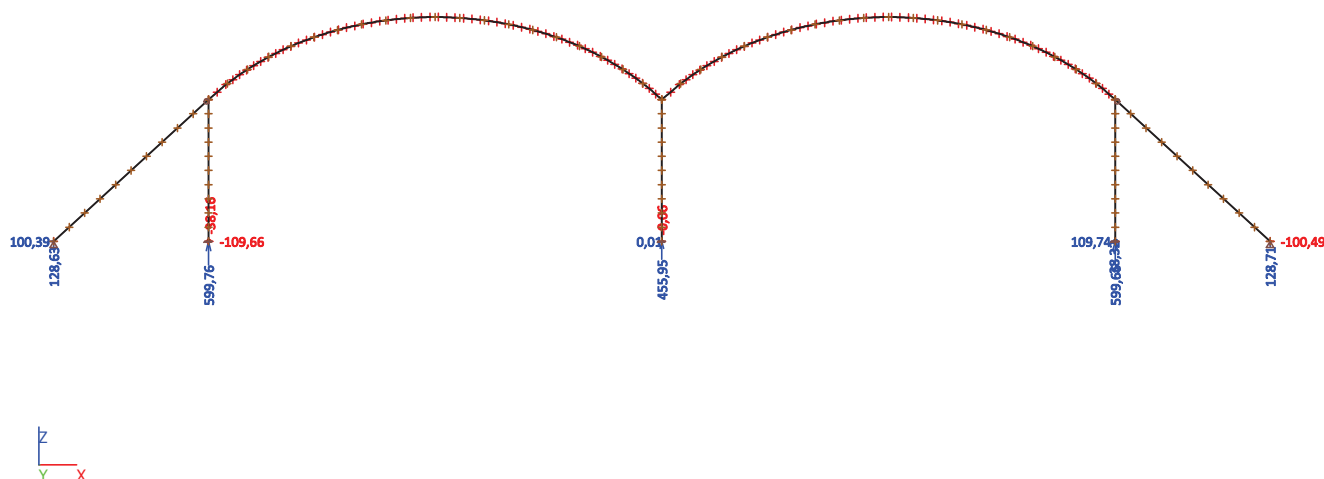
53. Ed, návrhová tn - Vnitřní síly na prutu; Vz



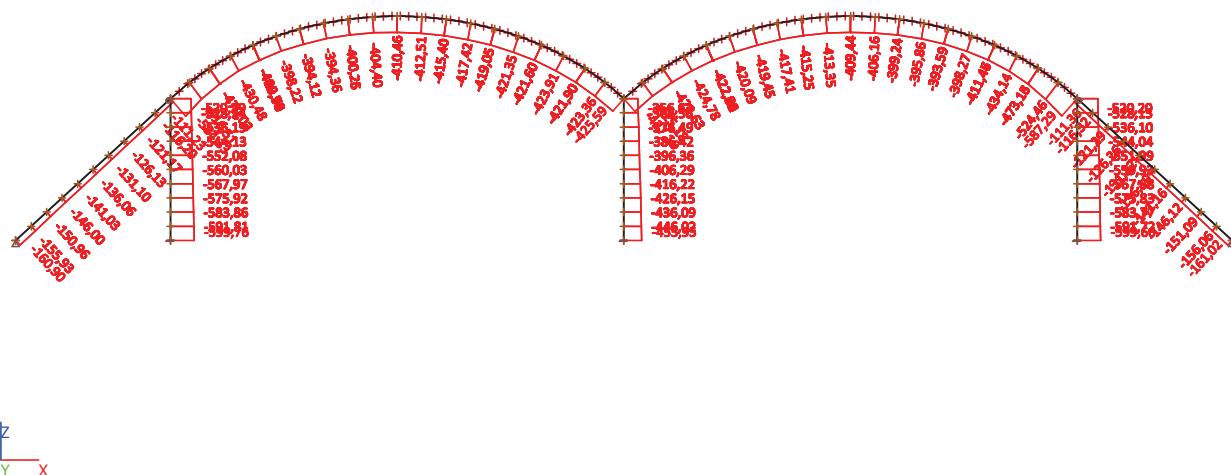
54. Ed, návrhová tn - Vnitřní síly na prutu; My



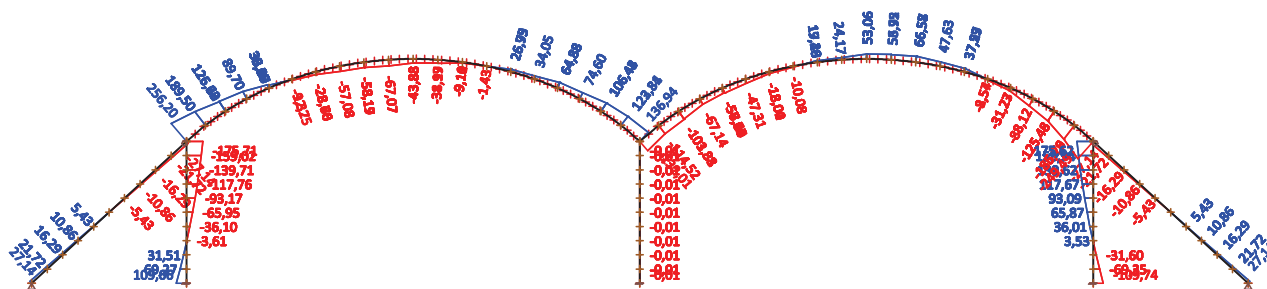
55. Ed, návrhová - šach 1 - Reakce; Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz



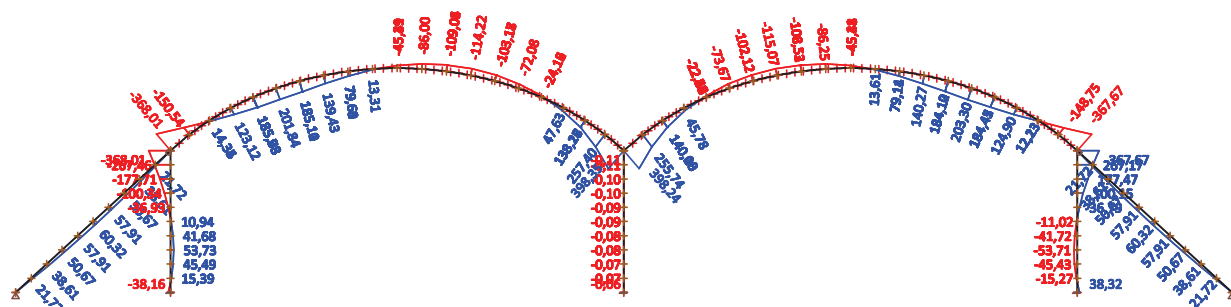
56. Ed, návrhová - šach 1 - Vnitřní síly na prutu; M



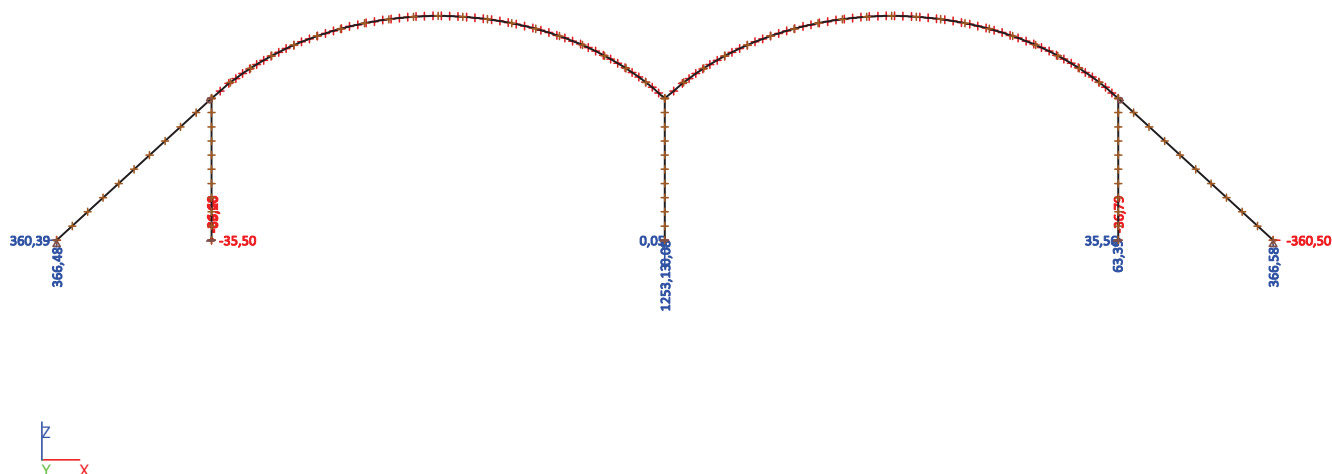
57. Ed, návrhová - šach 1 - Vnitřní síly na prutu; Vz



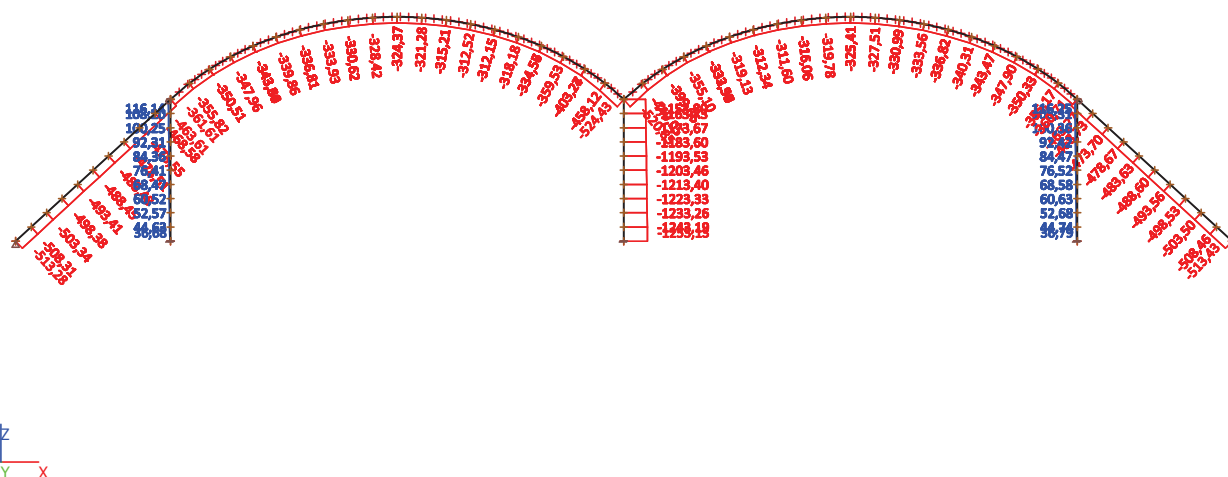
58. Ed, návrhová - šach 1 - Vnitřní síly na prutu; My



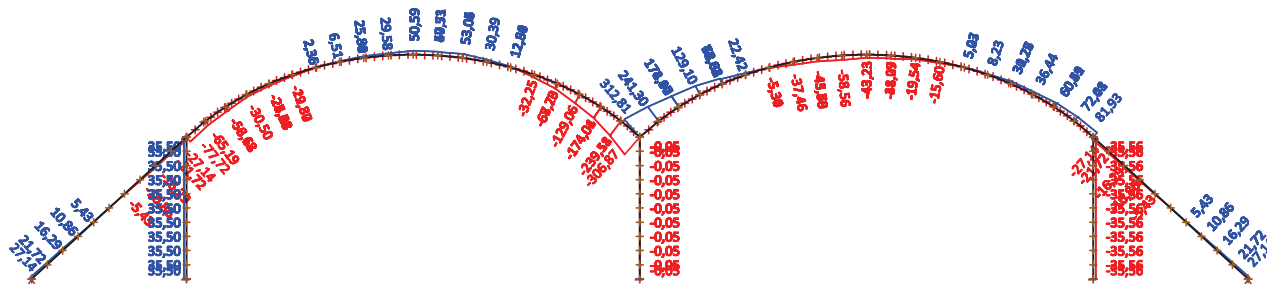
59. Ed, návrhová - šach 2 - Reakce; Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz



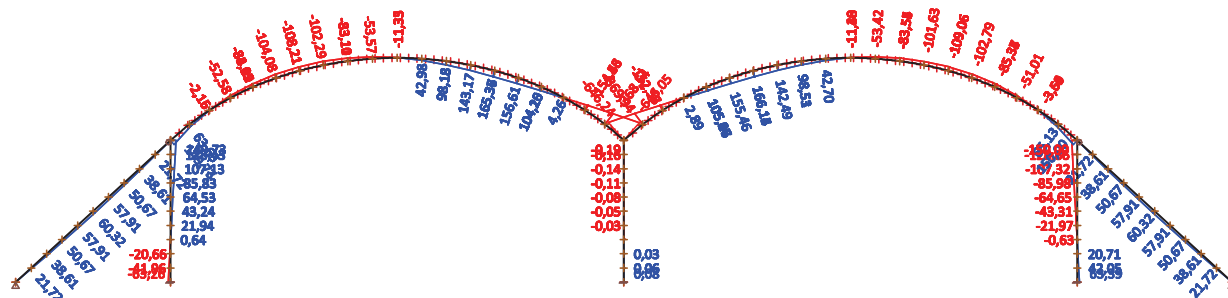
60. Ed, návrhová - šach 2 - Vnitřní síly na prutu; M



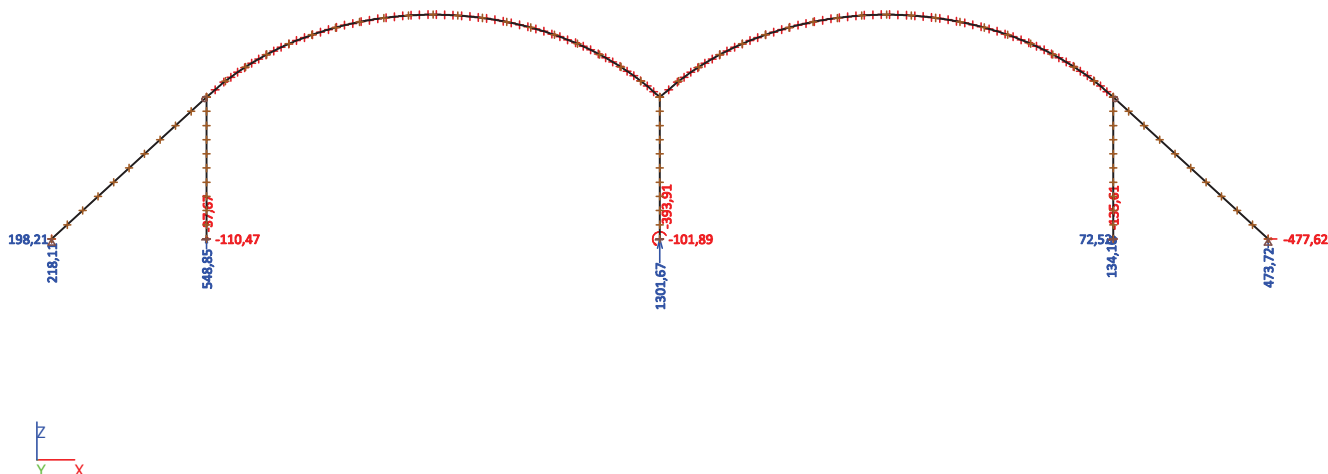
61. Ed, návrhová - šach 2 - Vnitřní síly na prutu; Vz



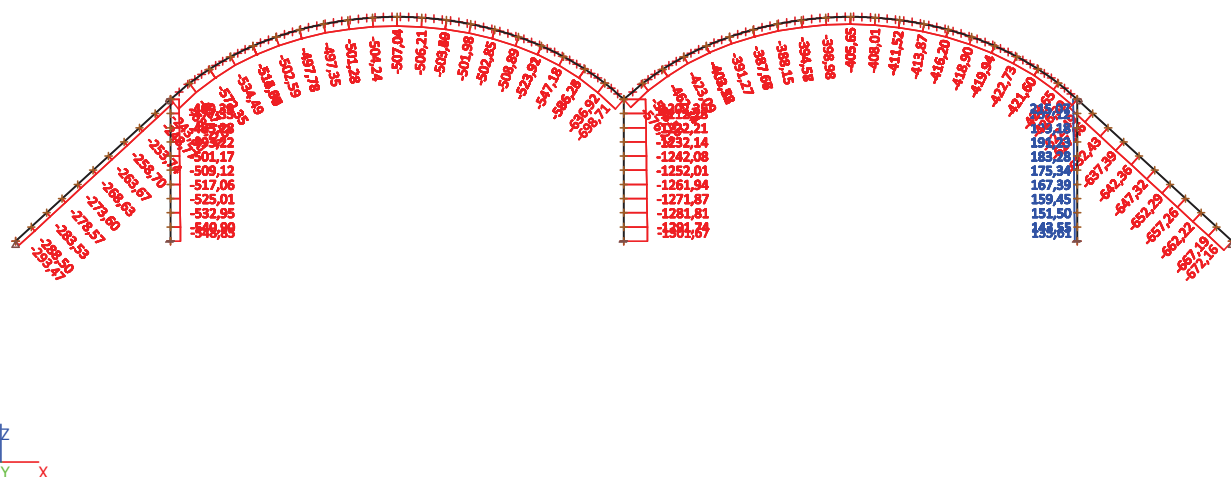
62. Ed, návrhová - šach 2 - Vnitřní síly na prutu; My



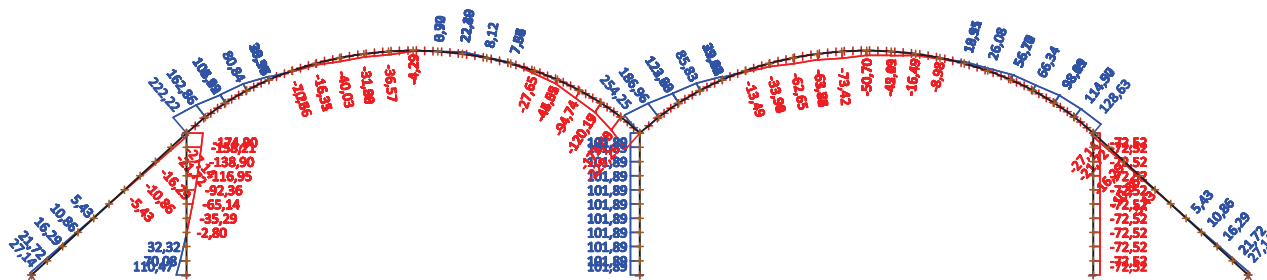
63. Ed, návrhová - šach 3 - Reakce; Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz



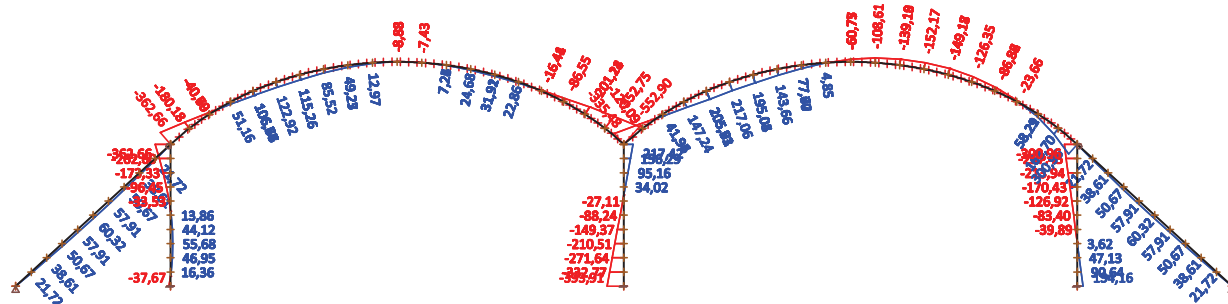
64. Ed, návrhová - šach 3 - Vnitřní síly na prutu; M



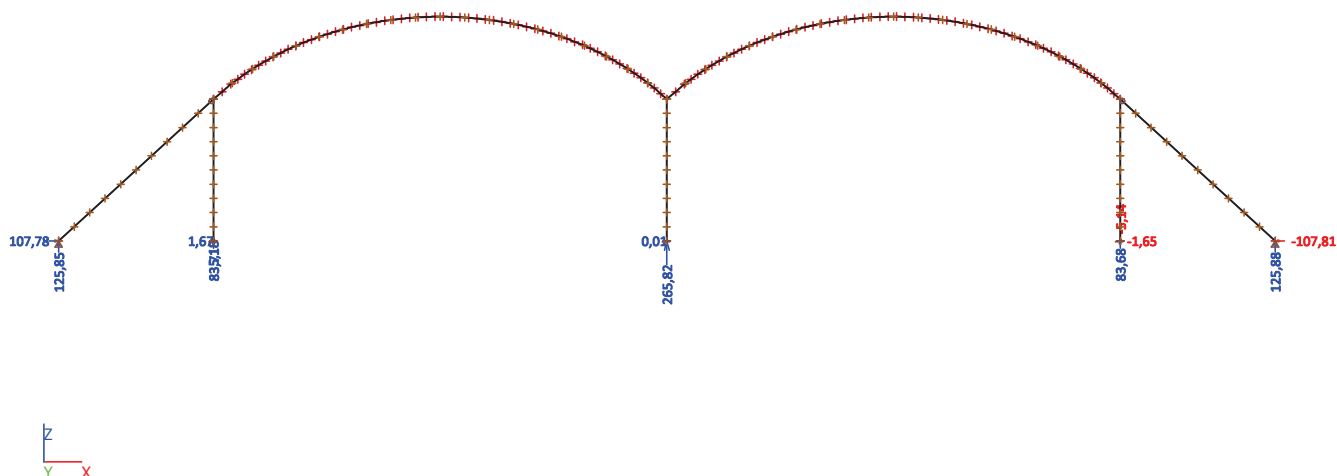
65. Ed, návrhová - šach 3 - Vnitřní síly na prutu; Vz



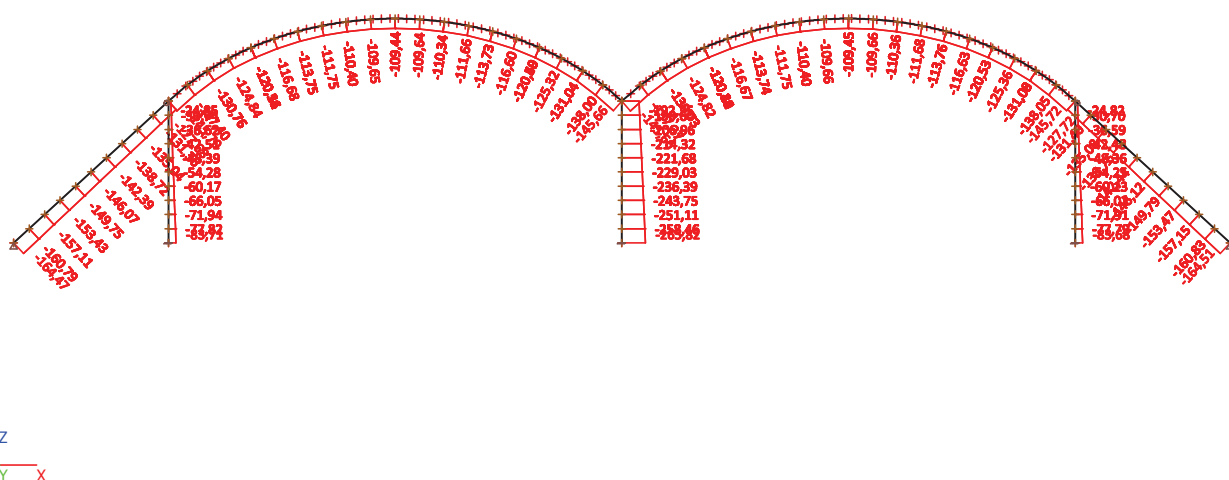
66. Ed, návrhová - šach 3 - Vnitřní síly na prutu; My



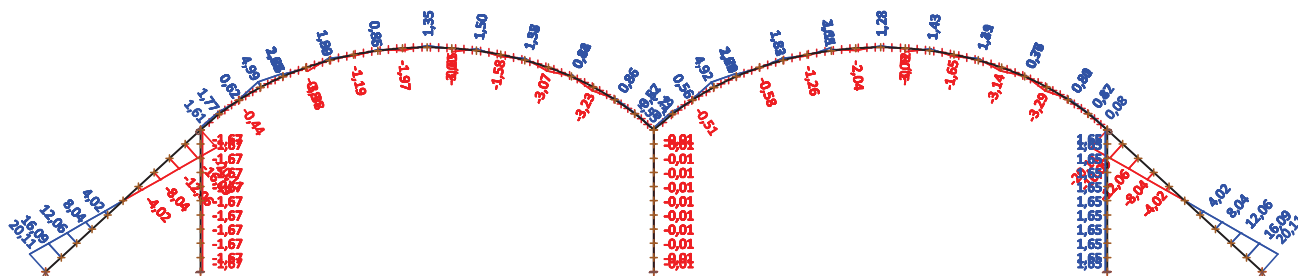
67. Ek, charakteristická g0k - Reakce; Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz



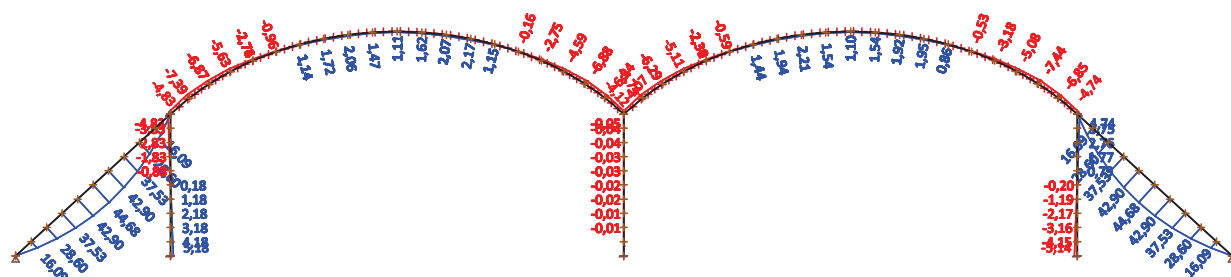
68. Ek, charakteristická g0k - Vnitřní síly na prutu; N



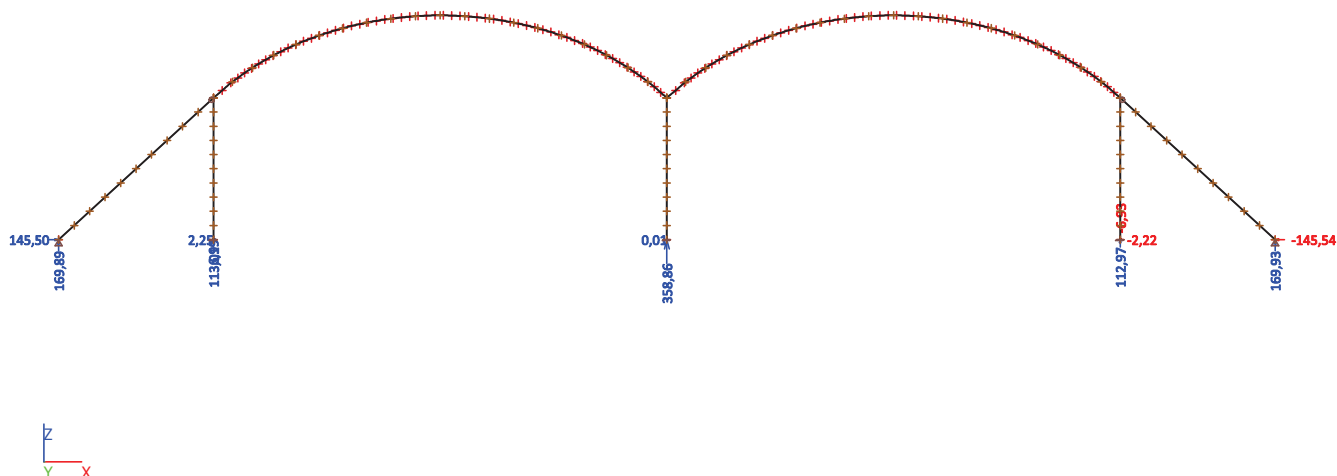
69. Ek, charakteristická g0k - Vnitřní síly na prutu; Vz



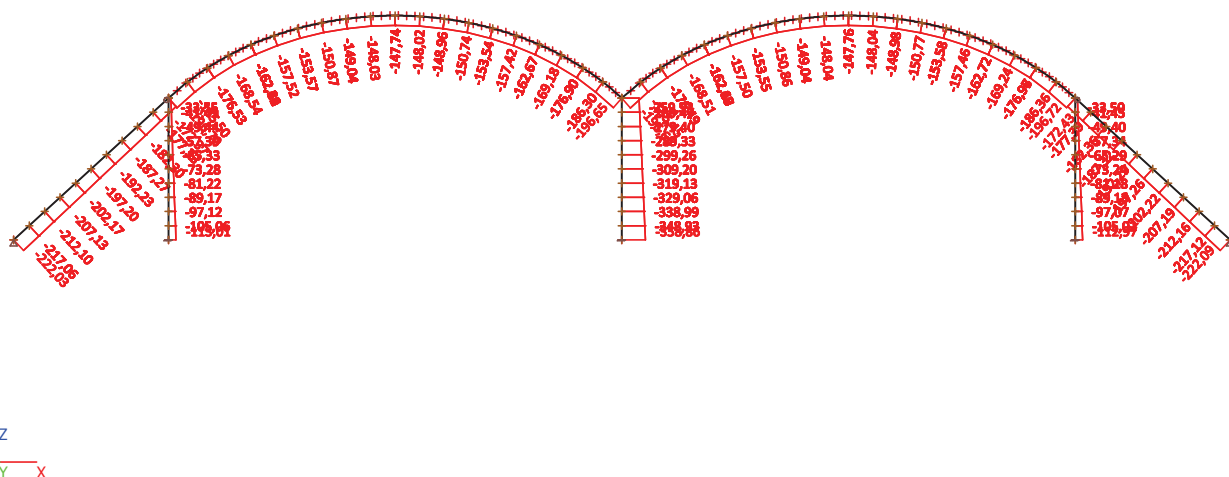
70. Ek, charakteristická g0k - Vnitřní síly na prutu; My



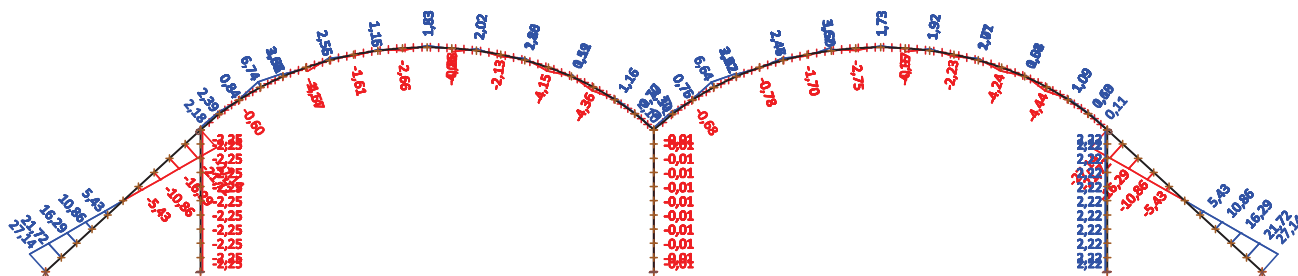
71. Ed, návrhová g0d - Reakce; Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz



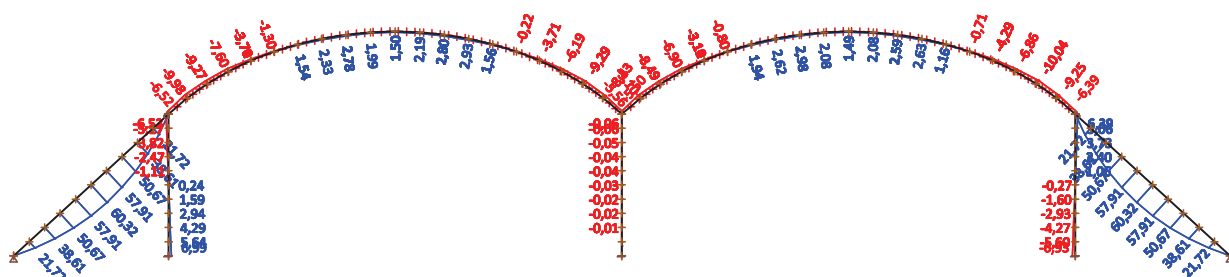
72. Ed, návrhová g0d - Vnitřní síly na prutu, N



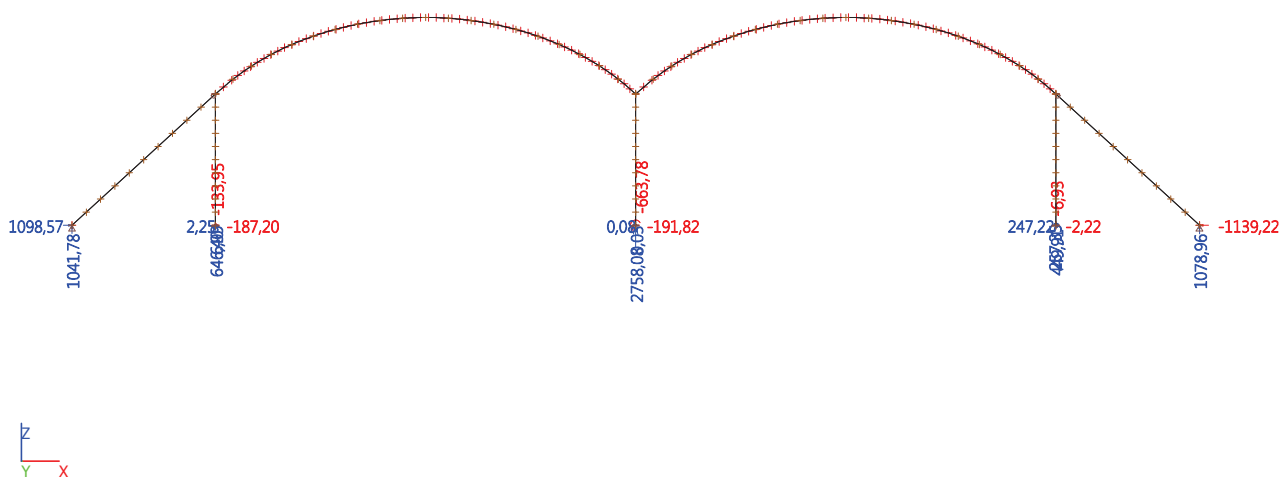
73. Ed, návrhová g0d - Vnitřní síly na prutu; Vz



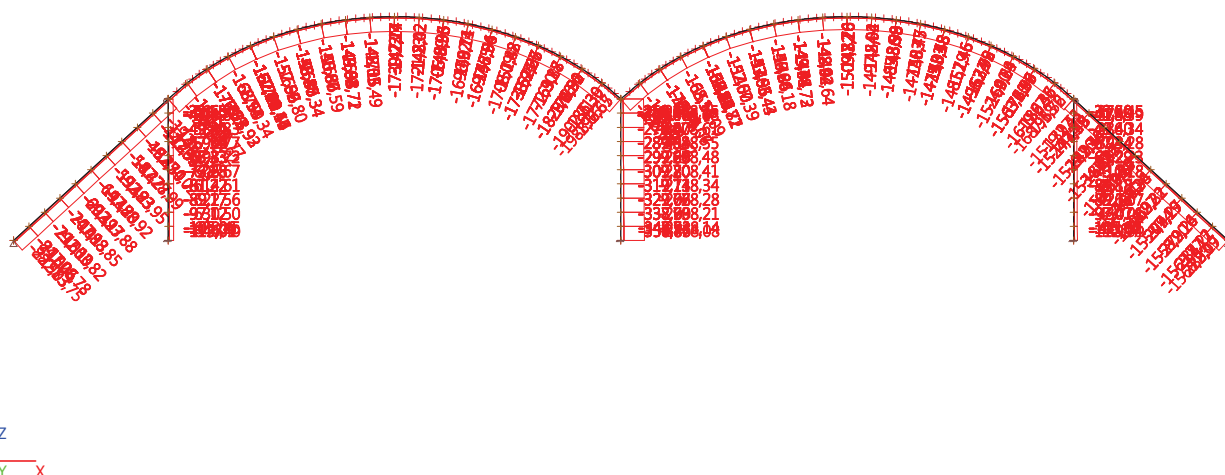
74. Ed, návrhová g0d - Vnitřní síly na prutu; My



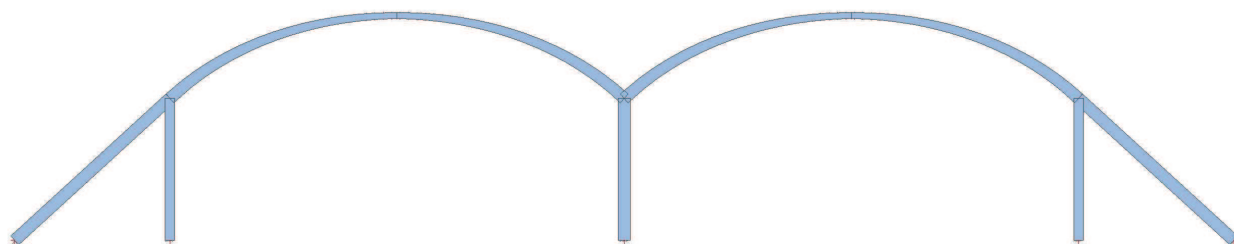
75. Ed, montážní stavy - Reakce; R_x , R_y , R_z , M_x , M_y , M_z



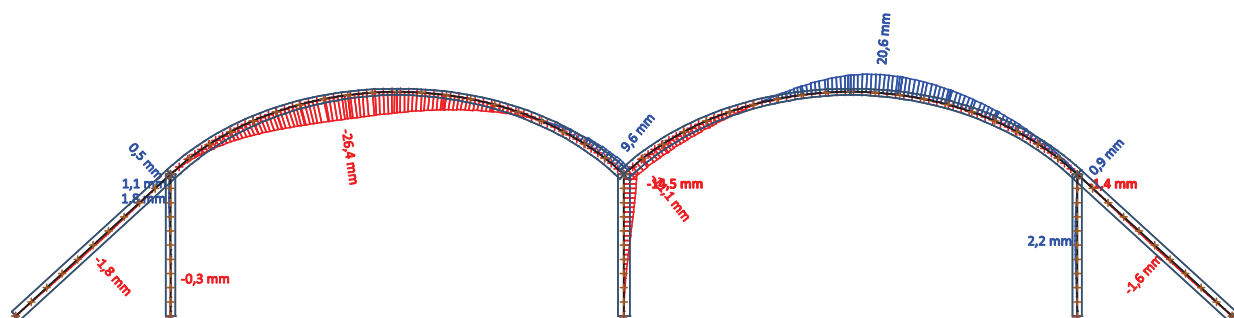
76. Ed, montážní stavy - Vnitřní síly na prutu; N



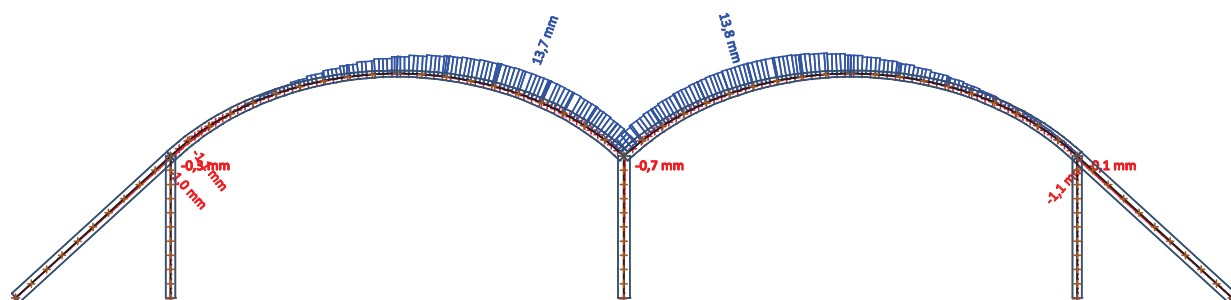
1. Výpočtový model



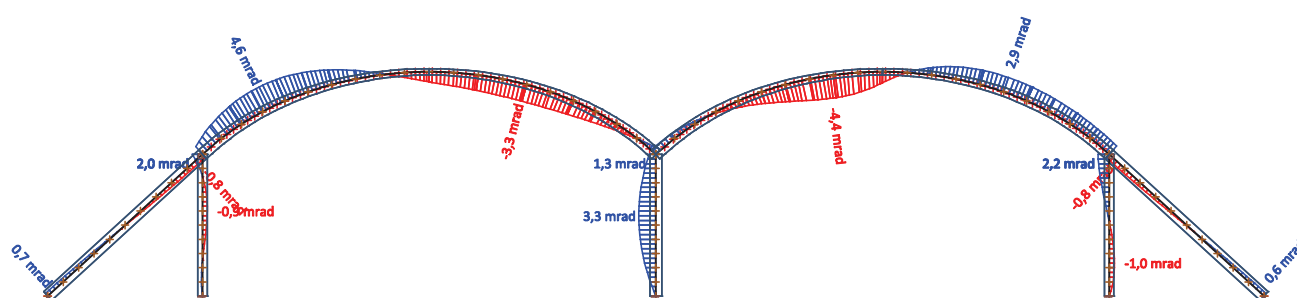
2. Deformace na prutu; uz



3. Deformace na prutu; u_x



4. Deformace na prutu; φ_y



5. Deformace na prutu

