



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

P4.18 STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jiří Kutálek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

BRNO 2021

Obsah

1. Základní informace	1
1.1 Popis konstrukce	1
1.2 Parametry mostu	1
1.3 Půdorys a podélný řez	2
1.4 Příčný řez	3
1.5 Materiálové charakteristiky	4
1.6 Konstrukce vozovky	5
1.7 Statický model	5
1.7.1 Okrajové podmínky	6
1.7.2 Geometrie konstrukce	6
1.7.2.1 Průřezové charakteristiky desky	7
1.8 Založení	7
1.9 Fáze výstavby	9
1.10 Požadavky na životnost	11
1.10.1 Krytí betonářské výztuže	11
1.10.2 Krytí předpínací výztuže	11
2. Zatížení	12
2.1 Stálá zatížení	12
2.1.1 Vnitřní síly od stálých složek zatížení	13
2.2 Proměnné zatížení	14
2.2.1 Doprava	14
2.2.1.1 Sestava gr1a	14
2.2.1.2 Sestava gr5	19
2.2.1.3 Úprava průřezů	22
2.2.1.4 Teplota	25
2.2.1.5 Vítr	27
2.2.1.6 Sníh	29
2.2.1.7 Staveništní zatížení	30
2.2.1.8 Nerovnoměrný pokles podpor	32
3. Kombinace	33
3.1 Kombinace pro mezní stav použitelnosti (SLS)	33
3.1.1 Charakteristická kombinace 6.14	33
3.1.2 Častá kombinace 6.15	33
3.1.3 Kvazistálá kombinace	33
3.2 Kombinace pro mezní stav únosnosti (USL)	33
3.2.1 Kombinace 6.10a	33
3.2.2 Kombinace 6.10b	33
4. Návrh předpětí	34
4.1 Základní informace o předpětí	34
4.2 Charakteristiky oslabeného průřezu	35
4.3 Ztráty předpětí	35
4.3.1 Kabely fáze 3	35
4.3.1.1 Okamžité ztráty předpětí	35
4.3.1.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	36
4.3.2 Kabely fáze 4	38
4.3.2.1 Okamžité ztráty předpětí	38
4.3.2.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	39
4.3.3 Kabely fáze 5	41
4.3.3.1 Okamžité ztráty předpětí	41

4.3.3.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	42
4.3.4 Kabely fáze 6	43
4.3.4.1 Okamžité ztráty předpětí	43
4.3.4.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	44
4.3.5 Kabely fáze 7	46
4.3.5.1 Okamžité ztráty předpětí	46
4.3.5.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	47
4.3.6 Kabely fáze 8	48
4.3.6.1 Okamžité ztráty předpětí	48
4.3.6.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	49
4.3.7 Kabely fáze 9	50
4.3.7.1 Okamžité ztráty předpětí	50
4.3.7.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	51
4.3.8 Kabely fáze 10	52
4.3.8.1 Okamžité ztráty předpětí	52
4.3.8.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	53
4.3.9 Kabely fáze 11.1	54
4.3.9.1 Okamžité ztráty předpětí	54
4.3.9.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	55
4.3.10 Kabely fáze 11.2	56
4.3.10.1 Okamžité ztráty předpětí	56
4.3.10.2 Dlouhodobé ztráty předpětí	57
5. Účinky reologických jevů na konstrukci ve fázích výstavby	58
5.1 Výpočet smrštění oblouku v čase fáze 11	59
5.2 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro oblouk	60
5.3 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro podpěry	62
5.4 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 1	64
5.5 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 2	66
5.6 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 3	68
5.7 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 4	69
5.8 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 5	71
5.9 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 6	73
5.10 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 7	74
5.11 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 8	76
5.12 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 9-10	77
5.13 Vliv reologických jevů na konstrukci	78
6. Mezní stav použitelnosti	79
6.1 Posouzení fází výstavby na oblouku v MSP	79
6.1.1 Fáze 1–11	79
6.1.2 Fáze 12–13	80
6.1.2.1 Charakteristická kombinace 6.14	80
6.1.2.2 Častá kombinace 6.15	81
6.1.2.3 Kvazistálá kombinace 6.16	82
6.1.3 V čase životnosti	82
6.1.3.1 Charakteristická kombinace 6.14	83
6.1.3.2 Častá kombinace 6.15	84
6.1.3.3 Kvazistálá kombinace 6.16	84
6.1.4 Souhrn výsledků pro oblouk	85
6.2 Posouzení fází výstavby na podpory pro MSP	86
6.2.1 Fáze 3	86
6.2.1.1 Charakteristická kombinace 6.14	86

6.2.1.2 Častá kombinace 6.15	86
6.2.1.3 Kvazistálá kombinace 6.16	87
6.2.2 Fáze 4	87
6.2.2.1 Charakteristická kombinace 6.14	87
6.2.2.2 Častá kombinace 6.15	88
6.2.2.3 Kvazistálá kombinace 6.16	88
6.2.3 Fáze 5	89
6.2.3.1 Charakteristická kombinace 6.14	89
6.2.3.2 Častá kombinace 6.15	89
6.2.3.3 Kvazistálá kombinace 6.16	90
6.2.4 Fáze 6	90
6.2.4.1 Charakteristická kombinace 6.14	90
6.2.4.2 Častá kombinace 6.15	91
6.2.4.3 Kvazistálá kombinace 6.16	91
6.2.5 Fáze 7	92
6.2.5.1 Charakteristická kombinace 6.14	92
6.2.5.2 Častá kombinace 6.15	92
6.2.5.3 Kvazistálá kombinace 6.16	93
6.2.6 Fáze 8	93
6.2.6.1 Charakteristická kombinace 6.14	93
6.2.6.2 Častá kombinace 6.15	94
6.2.6.3 Kvazistálá kombinace 6.16	94
6.2.7 Fáze 9	95
6.2.7.1 Charakteristická kombinace 6.14	95
6.2.7.2 Častá kombinace 6.15	95
6.2.7.3 Kvazistálá kombinace 6.16	96
6.2.8 Fáze 10.....	96
6.2.8.1 Charakteristická kombinace 6.14	96
6.2.8.2 Častá kombinace 6.15	97
6.2.8.3 Kvazistálá kombinace 6.16	97
6.2.9 Fáze 11.....	98
6.2.9.1 Charakteristická kombinace 6.14	98
6.2.9.2 Častá kombinace 6.15	98
6.2.9.3 Kvazistálá kombinace 6.16	99
6.2.10 V čase životnosti.....	99
6.2.10.1 Charakteristická kombinace 6.14.....	99
6.2.10.2 Častá kombinace 6.15.....	100
6.2.10.3 Kvazistálá kombinace 6.16	100
6.2.11 Souhrn výsledků pro podpěry	101
6.3 Posouzení fází výstavby desky pro MSP	101
6.3.1 Fáze 3	101
6.3.1.1 Charakteristická kombinace 6.14	101
6.3.1.2 Častá kombinace 6.15	102
6.3.1.3 Kvazistálá kombinace 6.16	102
6.3.2 Fáze 4	103
6.3.2.1 Charakteristická kombinace 6.14	103
6.3.2.2 Častá kombinace 6.15	103
6.3.2.3 Kvazistálá kombinace 6.16	104
6.3.3 Fáze 5	105
6.3.3.1 Charakteristická kombinace 6.14	105
6.3.3.2 Častá kombinace 6.15	105

6.3.3.3 Kvazistálá kombinace 6.16	106
6.3.4 Fáze 6	106
6.3.4.1 Charakteristická kombinace 6.14	106
6.3.4.2 Častá kombinace 6.15	107
6.3.4.3 Kvazistálá kombinace 6.16	108
6.3.5 Fáze 7	108
6.3.5.1 Charakteristická kombinace 6.14	108
6.3.5.2 Častá kombinace 6.15	109
6.3.5.3 Kvazistálá kombinace 6.16	109
6.3.6 Fáze 8	110
6.3.6.1 Charakteristická kombinace 6.14	110
6.3.6.2 Častá kombinace 6.15	111
6.3.6.3 Kvazistálá kombinace 6.16	111
6.3.7 Fáze 9	112
6.3.7.1 Charakteristická kombinace 6.14	112
6.3.7.2 Častá kombinace 6.15	112
6.3.7.3 Kvazistálá kombinace 6.16	113
6.3.8 Fáze 10.....	114
6.3.8.1 Charakteristická kombinace 6.14	114
6.3.8.2 Častá kombinace 6.15	114
6.3.8.3 Kvazistálá kombinace 6.16	115
6.3.9 Fáze 11-13	115
6.3.9.1 Charakteristická kombinace 6.14	115
6.3.9.2 Častá kombinace 6.15	116
6.3.9.3 Kvazistálá kombinace 6.16	117
6.3.10 V čase životnosti.....	117
6.3.10.1 Charakteristická kombinace 6.14.....	117
6.3.10.2 Častá kombinace 6.15.....	118
6.3.10.3 Kvazistálá kombinace 6.16	119
6.3.11 Souhrn výsledků pro desku.....	119
7. Mezní stav únosnosti	120
7.1 Oblouk.....	121
7.1.1 Kombinace M+N v místě vetknutí	121
7.1.1.1 Směr Z	122
7.1.1.2 Směr Y.....	123
7.1.2 Smyk a kroucení.....	125
7.1.2.1 Vnitřní síly.....	125
7.1.2.2 Posouzení.....	126
7.2 Podpěry.....	129
7.2.1 Vnitřní síly v čase životnosti	129
7.2.2 Vrubový kloub.....	129
7.2.3 Kombinace M+N.....	130
7.2.3.1 Směr Z	131
7.2.4 Smyk a kroucení.....	133
7.2.4.1 Vnitřní síly.....	133
7.2.4.2 Posouzení.....	134
7.3 Mostovka	136
7.3.1 Konstrukční zásady	137
7.3.2 Vnitřní síly.....	137
7.3.3 Únosnost na ohyb.....	138
7.3.3.1 Řez nad podporou PO9	138

7.3.3.2 Řez v poli 7	140
7.3.4 Smyk a kroucení	143
7.3.4.1 Výpočet torzního zatížení	143
7.3.4.2 Vnitřní síly	147
7.3.4.3 Řez nad podpěrou 2	148
7.3.4.4 Řez v poli 2	150
7.3.5 Příčný směr	152
7.3.5.1 Zatížení deskostěnového modelu	152
7.3.5.2 Řez nad podpěrou	155
7.3.5.3 Řez v poli	158
8. Kotevní oblast	161
8.1 Posouzení na soustředný tlak	161
8.2 Posouzení oblasti pod kotvou	162
8.3 Posouzení oblasti u povrchu kotvy	162
8.4 Posouzení globální oblasti	162
9. Závěr	163

1. Základní informace

1.1 Popis konstrukce

Jedná se o dálniční obloukový most s horní mostovkou, který převádí komunikaci D43 v místě u Brněnské vodní nádrže. Tento most je situován v intravilánu města Brna, přesněji ve dvou katastrálních územích, kterými jsou k.ú. Bystrc a k.ú. Kníničky. Komunikace D43 by měla sloužit především tranzitní dopravě a je zařazena do systému TEN-T. Mostní objekt nese označení SO 201.

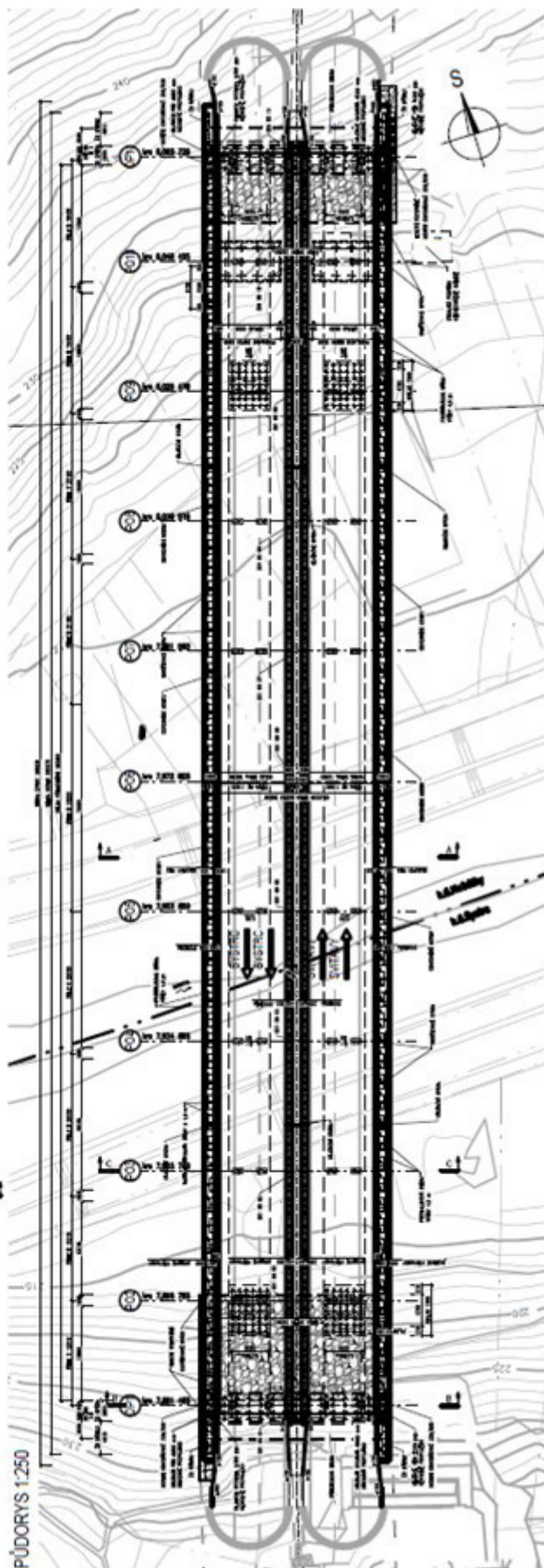
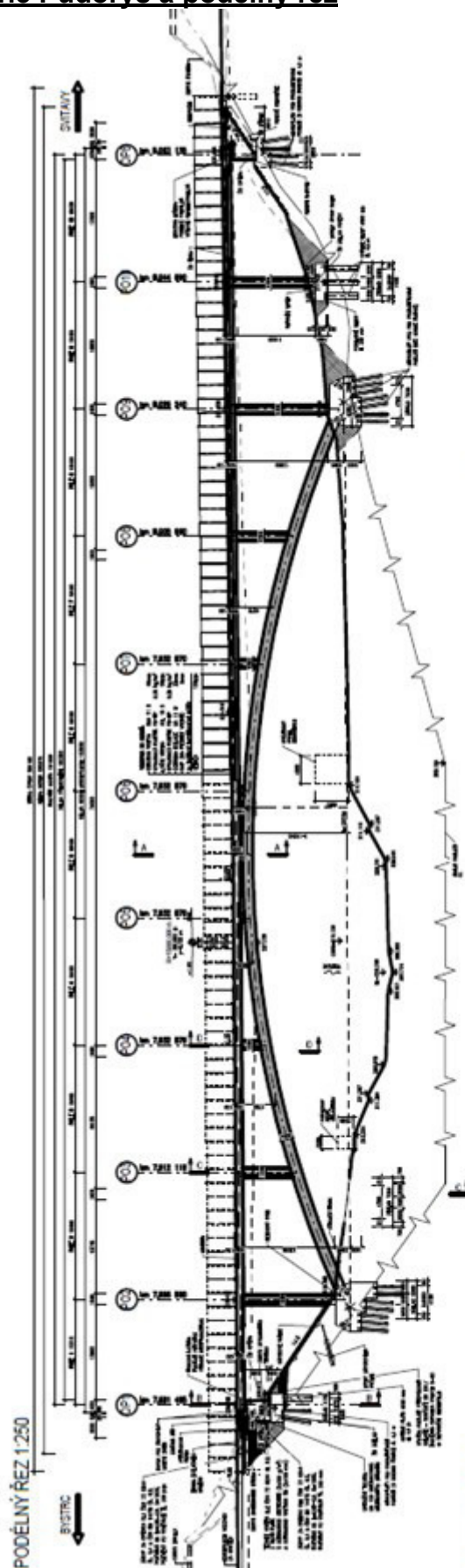
Most překonává údolí řeky Svatky s úhlem křížení 70.08°. Most plynule navazuje na dva tunely jak na pravém, tak i na levém břehu řeky. Komunikace je vedena v místě mostu ve směrovém oblouku s poloměrem $R=4\,000\text{ m}$ a ve výškovém oblouku s poloměrem $R=15\,000\text{ m}$. Povrch komunikace je v celé délce mostu v příčném sklonu 2,5%. Podélný sklon mostu je proměnný. Ve staničení 7,948 710 km se nachází vrchol výškového oblouku. První část mostu je v podélném sklonu -1,1%, ve druhé části má podélný sklon 3,0%.

Komunikaci převádí dva oddělené mosty totožné konstrukce i návrhu. Most je na obou stranách osazen ŽB římsami, na kterých jsou kotveny svodidla s úrovní zadržení H2 a protihlukové stěny výšky 4,5 m.

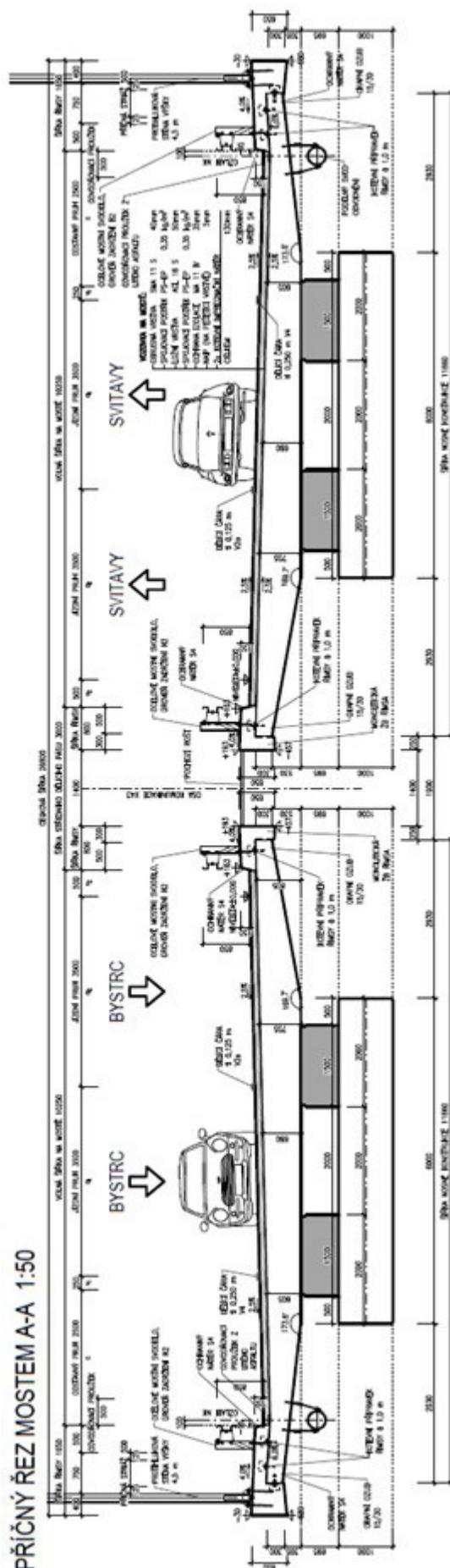
1.2 Parametry mostu

Délka přemostění	$L_p := 180.350\text{ m}$	
Počet polí	$n_p := 10$	
Rozpětí jednotlivých polí		
1. krajní pole	$L_{1-10} := 15.300\text{ m}$	
2. vnitřní pole	$L_{2-9} := 18.955$	
Délka mostu	$L_m := 195.670\text{ m}$	
Délka nosné konstrukce	$L_{NK} := 183.650\text{ m}$	
Šířka nosné konstrukce	$\check{s}_{NK} := 11.860\text{ m}$	
Šířka vozovky mezi svodidly	$\check{s}_v := 10.250\text{ m}$	
Šířka únikového chodníku	$\check{s}_{ch} := 0.750\text{ m}$	
Šířka mostu	$\check{s}_m := 26.800\text{ m}$	
Stavební výška	$v_s := 0.935\text{ m}$	
Úložná výška	$v_u := 0.935\text{ m}$	
Délka oblouku	$L_o := 132.694\text{ m}$	
Vzepětí oblouku	$f_o := 14.497\text{ m}$	
Smělost oblouku	$\frac{L_o^2}{f_o} = 1214.575\text{ m}$	
Zatížení mostu	dle ČSN EN 1991-2	
Poměrné vzepětí	$\frac{f_o}{L_o} = 0.109$	$1 \div 1 \sim 1 \div 15$

1.3 Půdorys a podélný řez



1.4 Příčný řez





1.5 Materiálové charakteristiky:

Předpínací výztuž: Y-1860-S7-15,7

Charakteristická pevnost v tahu

Charakteristická smluvní mez kluzu

Součinitel spolehlivosti materiálu

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa}$$

$$f_{p.0.1k} := 1640 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

Výpočtová pevnost v tahu

$$f_{pd} := \frac{f_{p.0.1k}}{\gamma_s} = 1426.087 \text{ MPa}$$

Průměr lana

$$d := 15.7 \text{ mm}$$

Plocha lana

$$A_{p1} := 150 \text{ mm}^2$$

Počet drátů

$$n := 7 \text{ drátů}$$

Lana s nízkou relaxací

třída 2

Modul pružnosti

$$E_p := 195 \text{ GPa}$$

Poissonova konstanta

$$\nu_p := 0.15$$

Objemová hmotnost

$$\gamma := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tepelná roztažnost

$$\alpha := 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Beton: C50/60

Součinitel spolehlivosti materiálu

$$\gamma_c := 1.5$$

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

Normová pevnost v tlaku

$$f_{ck} := 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{ct} := 1$$

Výpočtová pevnost v tlaku

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 28.333 \text{ MPa}$$

Normová pevnost v tahu

$$f_{ctm} := 4.1 \text{ MPa}$$

0.05 kvantil

$$f_{ctk.0.05} := 2.9 \text{ MPa}$$

Výpočtová pevnost v tahu

$$f_{ctd} := \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk.0.05}}{\gamma_c} = 1.933 \text{ MPa}$$

Poměrné přetvoření betonu

$$\varepsilon_{cu3} := 0.0035$$

Model pružnosti

$$E_{cm} := 37 \text{ GPa}$$

Poissonova konstanta

$$\nu_c := 0.2$$

Objemová hmotnost

$$\gamma := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tepelná roztažnost

$$\alpha := 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Betonářská výztuž: B 500B

Součinitel spolehlivosti materiálu

$$\gamma_s := 1.15$$

Charakteristická mez kluzu

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

Výpočtová mez kluzu

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.783 \text{ MPa}$$

Model pružnosti

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

Poměrné přetvoření výztuže

$$\varepsilon_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.002174$$

Poissonova konstanta

$$\nu_s := 0.3$$

Objemová hmotnost

$$\gamma := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tepelná roztažnost

$$\alpha := 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

1.6 Konstrukce vozovky

VOZOVKA NA MOSTĚ:

OBRUSNÁ VRSTVA	SMA 11 S	40mm
SPOJOVACÍ POSTŘÍK	PS-EP	0,35 kg/m ²
LOŽNÍ VRSTVA	ACL 16 S	50mm
SPOJOVACÍ POSTŘÍK	PS-EP	0,35 kg/m ²
OCHRANA IZOLACE	MA 11 IV	35mm
NAIP (NA PEČETICÍ VRSTVĚ)	5mm	
2x KOTEVNÍ IMPREGNAČNÍ NÁTĚR		
CELKEM		130mm

1.7 Statický model

Konstrukce je tvořena deseti poli o rozpětí 15,3+8x18,955+15,3 m. Rozpětí mostu je 181,650 m a přesah na opěrách OP1 a OP11 je 0,7 m. Celková délka nosné konstrukce mostu je 183,650 m.

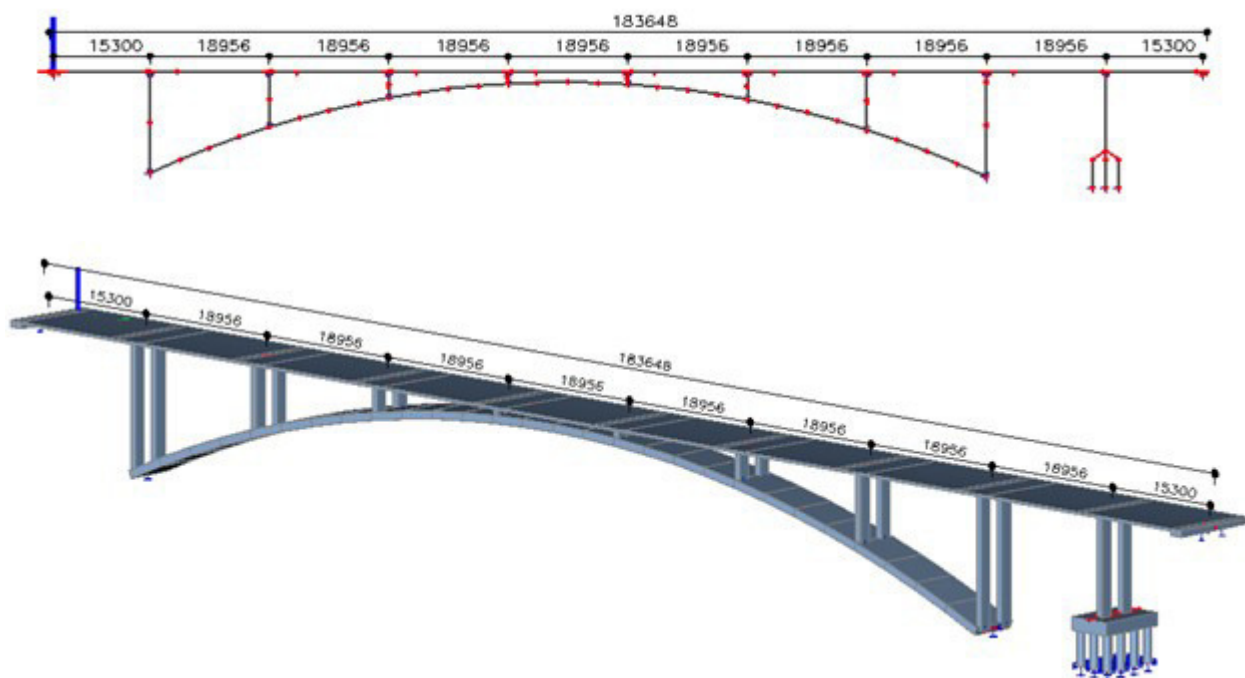
Model konstrukce je vytvořen v programu Scia Engineer 19.1. Nosná konstrukce v podélném směru je vymodelována jako spojitá lomená deska s proměnnou tloušťkou. Jedná se o spojitou konstrukci o 10 polích, podepřenou na opěrách dvojicí ložisek. Mezi opěrami je 9 podpěr, se kterými je nosná konstrukce spojena vrubovým kloubem. Podpěry PO2 až PO9 jsou opřeny do oblouku, se kterým jsou taktéž spojeny vrubovým kloubem. Podpěra PO10 stojí samostatně a je založena na hlubinných základech. Oblouk, do kterého se podpěry PO2 až PO9 opírají, je založen a opřen o skalní masiv u Brněnské vodní nádrže.

Založení oblouku není blíže řešeno z důvodu nutnosti provést podrobný geologický průzkum oblasti. Úroveň skalního masívu pod terénem je po konzultaci s odborníkem z oboru Geotechniky pouze odhadována. Předběžné zatřídění horniny v oblasti bylo stanoveno na R1, což je hornina se stupněm pevnosti velmi vysoká.

Byly vytvořeny dva modely. První model byl vytvořen v obecném XYZ, kde byla provedena globální analýza. Druhý model byl vytvořen jako rám XZ z důvodů výpočtu TDA. Výsledky z TDA byly použity pro stanovení dlouhodobých ztrát předpětí. Stáří betonu bylo zohledněno výpočtem efektivního modulu pružnosti závislým na čase.

Tab. 5.1.1.6 Zatřídění hornin podle pevnosti (ČSN 72 1001)

Symbol	Stupeň pevnosti	Pevnost σ_c (MPa)	Znaky pro terénní hodnocení pevnosti	Příklady hornin
R0	extrémně vysoký	> 250	horninu téměř nelze otloukat geologickým kladívkem	zdravé: bazalty, eklogity, kvarcity, amfibolity
R1	velmi vysoký	150-250	horninu lze těžce otloukat geologickým kladívkem	zdravé: granitoidy, diority, gabra, migmatity, granulity, prokřemenělé ruly, silicity
R2	vysoký	50-150	horninu lze kladívkem těžce rozbít	zdravé: vápence, dolomity, slepence, pískovce, droby, pevné prachovce, pararuly, svory, fylity navětralé: horniny velmi vysoké pevnosti
R3	střední	15-50	horninu lze kladívkem lehce rozbít	zdravé: jílovce, slínovce navětralé: horniny velké pevnosti mírně navětralé: horniny velké až velmi vysoké pevnosti
R4	nízký	5-15	horninu lze rýpat nožem	zdravé: slabě zpevněné jílovce, prachovce, pískovce, chloritické a grafitické břidlice, ultramylonity navětralé: horniny střední pevnosti zvětralé: horniny velké až velmi velké pevnosti
R5	velmi nízký	1,5-15	horninu lze rozdrobit rukou	zdravé: velmi slabě zpevněné jílovce, prachovce, pískovce navětralé a mírně zvětralé: horniny nízké pevnosti silně zvětralé: horniny střední pevnosti zcela zvětralé: horniny velké až velmi velké pevnosti
R6	extrémně nízký	0,5-1,5	horninu lze rýpat nehtem	silně zvětralé jílovce a prachovce



1.7.1 Okrajové podmínky

UMÍSTĚNÍ	OZNAČENÍ	LEVÉ LOŽISKO	PRAVÉ LOŽISKO
OPĚRA 1	OP1	VŠESMĚRNÉ	PODÉLNĚ POHYBLIVÉ
PODPĚRA 2	PO2	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
PODPĚRA 3	PO3	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
PODPĚRA 4	PO4	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
PODPĚRA 5	PO5	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
PODPĚRA 6	PO6	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
PODPĚRA 7	PO7	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
PODPĚRA 8	PO8	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
PODPĚRA 9	PO9	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
PODPĚRA 10	PO10	VRUBOVÝ KLOUB (POOTOČENÍ V PODÉLNÉM SMĚRU)	
OPĚRA 11	OP11	VŠESMĚRNÉ	PODÉLNĚ POHYBLIVÉ

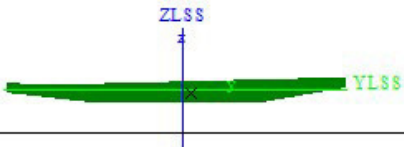
1.7.2 Geometrie konstrukce

Nosná konstrukce je tvořena dodatečně předepnutou spojitou deskou o deseti polích. Nosná konstrukce bude betonovaná postupně na pevné skruži. V pracovní spáře bude vždy zakotvena polovina předpínacích lan.

Deska je konstantního průřezu a je podepřena 9 podpěrami tvořenými dvěma pilíři šířky 0.8 m a výšky 1.5 m. Tyto podpěry jsou spojeny vrubovým kloubem s obloukem tloušťky 1 m a šířky 6 m. Všechny prvky byly namodelovány jako prutové.

1.7.2.1 Průřezové charakteristiky desky

Zde jsou uvedeny pouze průřezové charakteristiky dodatečně předpjaté desky. Průřezové charakteristiky oblouku a podpěr jsou uvedeny v kapitole 2.2.1.3 Úprava průřezů.

Jméno	DESKA	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	C50/60	
Výroba	obecný	
Použít 2D MKP výpočet	✓	
		
A [m ²]	6,8726e+00	
A _{y, z} [m ²]	6,1170e+00	6,2264e+00
I _{y, z} [m ⁴]	2,5227e-01	6,4384e+01
I _{YLCS, ZLCS} [m ⁴]	2,7102e-01	6,4366e+01
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,1603e+00	8,7724e-01
W _{el y, z} [m ³]	5,8580e-01	1,0425e+01
W _{pl y, z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
d _{y, z} [mm]	286	-100
c _{YUCS, ZUCS} [mm]	3251	384
α [deg]	0,98	
I _{YZLCS} [m ⁴]	1,0966e+00	
A _{L, D} [m ² /m]	2,4374e+01	2,4374e+01
M _{ply +, -} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{plz +, -} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00

Průřezové charakteristiky použity ve výpočtu

Plocha desky

$$A_c := 6.8726 \text{ m}^2$$

Moment setrvačnosti plného průřezu

$$I_y := 2.5227 \cdot 10^{-1} \text{ m}^4$$

1.8 Založení

Založení oblouku je tvořeno kotevním blokem, který je opřený do skalního masívu třídy R1. Podpěra PO10 je založena hlubinně na pilotách s průměrem 0,9 m a výšky 4,5 m.

Založení bylo namodelováno plně jen v případě PO10. U založení oblouku byl vliv podloží zjednodušen na pevné podepření, kterému byla přiřazena tuhost. U opěr nebylo modelováno založení, protože je zde konstrukce uložena na ložiscích s možností pohybu ve směru X.

Tab. 14 SMĚRNÉ NORMOVÉ CHARAKTERISTIKY SKALNÍCH HORNIN

Symbol	Pevnost v prostém tlaku σ_c , MPa	Klasifikace pevnosti	Typ procesu přetváření a porušování	E_{def} σ_c	Modul přetvárnosti E_{def} MPa a Poissonovo číslo ν							
					střední hustota diskontinuit – vzdálenost v mm							
					velmi malá > 2 000	malá 2 000 až 600	střední 600 až 200	velká 200 až 60	velmi velká 60 až 20	extrémně velká < 20		
R 1	> 150	velmi vysoká	křehký střední plastický	>500 200 až 500 <200	>25 000 0,10 >25 000 0,15 25 000 0,20	>25 000 0,10 >25 000 0,15 15 000 0,20	25 000 0,10 13 000 0,15 7 500 0,20	6 000 0,10 3 500 0,15 2 000 0,20	1 500 0,10 850 0,15 500 0,20	600 0,10 400 0,15 250 0,20		
R 2	50 až 150	vysoká	křehký střední plastický	>500 200 až 500 <200	>25 000 0,10 15 000 0,15 7 500 0,20	20 000 0,10 10 000 0,15 5 000 0,20	8 500 0,10 4 500 0,15 2 500 0,20	2 500 0,10 1 500 0,15 800 0,20	600 0,10 400 0,15 250 0,20	300 0,10 200 0,15 130 0,20		
R 3	15 až 50	střední	křehký střední plastický	>500 200 až 500 <200	10 000 0,15 4 500 0,20 2 500 0,25	6 000 0,15 3 200 0,20 1 600 0,25	3 000 0,15 1 500 0,20 1 000 0,25	1 000 0,15 600 0,20 350 0,25	300 0,15 200 0,20 120 0,25	150 0,15 100 0,20 70 0,25		
R 4	5 až 15	nizká	křehký střední plastický	>500 200 až 500 <200	3 000 0,20 1 500 0,25 750 0,30	2 000 0,20 1 000 0,25 550 0,30	1 000 0,20 600 0,25 300 0,30	400 0,20 250 0,25 140 0,30	150 0,20 100 0,25 60 0,30	80 0,20 50 0,25 40 0,30		
R 5	1,5 až 5	velmi nízká	křehký střední plastický	>500 200 až 500 <200	1 000 0,20 500 0,25 250 0,30	600 0,20 330 0,25 170 0,30	350 0,20 200 0,25 110 0,30	160 0,20 100 0,25 60 0,30	70 0,20 40 0,25 30 0,30	45 0,20 30 0,25 20 0,30		
R 6	0,5 až 1,5	extrémně nízká	křehký střední plastický	>500 200 až 500 <200	300 0,25 150 0,30 75 0,35	200 0,25 110 0,30 60 0,35	130 0,25 70 0,30 40 0,35	70 0,30 40 0,35 25 0,40	35 0,30 20 0,35 15 0,40	25 0,30 15 0,35 10 0,40		

Směrné hodnoty přetvárných charakteristik platí: – pro kvaziizotropní skalní masív; – pro skalní masív, kde v dosahu přitížení stavbou se nevyskytuje oblast snížených technických vlastností (výrazná dislokace, poruchové pásmo); – pro zatížení maximálně do hodnoty výpočtové únosnosti R_d (stanovené výpočtem podle rovnice 20, nebo podle tabulkových výpočtových hodnot R_d – tab. 18 příloha 6).

Směrné hodnoty přetvárných charakteristik neplatí pro skalní masív, ve kterém došlo k takovému rozvolnění, že by se na jeho přetváření v rozsahu přitížení převážně podílely rozvolněné diskontinuity bez výplně nebo se silně stlačitelnou či vyplavitelnou výplní (např. skalní masív postižený sesuvnými pohyby, poddolováním, stílným pracem, rozvolněním po výlomu apod.). Při stanovení charakteristik je v takovém případě nutný individuální postup.

V případech, kdy se na deformaci základové půdy podílí poruchové pásmo (čl. 61) je možno toto pásmo považovat za samostatný kvaziizotropní celek a při stanovení přetvárných charakteristik se postupuje stejně, tj. ve smyslu čl. 63 až 66.

Příloha 5 – pokračování

ČSN 73 1001

$$E_{def} := 25000 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 37 \text{ GPa}$$

Blok pod podpěrou PO2

$$a := 6 \text{ m}$$

$$b_1 := 11.100 \text{ m}$$

Tuhosti založení

$$k_{1,y} := \frac{E_{def} \cdot a \cdot b_1}{b_1} = 150000000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$k_{1,x} := \frac{E_{def} \cdot a \cdot b_1}{a} = 277500000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Blok pod podpěrou PO9

$$b_2 := 9.071 \text{ m}$$

Tuhosti založení

$$k_{2,y} := \frac{E_{def} \cdot a \cdot b_2}{b_2} = 150000 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

$$k_{2,x} := \frac{E_{def} \cdot a \cdot b_2}{a} = 226775000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Piloty pod podpěrou PO10

$$D := 900 \text{ mm} \quad 5 \cdot D = 4.5 \text{ m}$$

Tuhosti založení

$$k_p := E_{def} \cdot 4 \cdot D^2 = 81000000 \text{ kN}$$

1.9 Fáze výstavby

Výpočet byl proveden pomocí programu Scia Engineer a jeho modulu Fáze výstavby a provozu. V každé fázi byly zjištěny ztráty předpětí, které byly posléze přidány do každé kombinace.

FÁZE	PRVEK	ČINNOST	DÉLKA PRACÍ [DEN]	LOKÁLNÍ ČASOVÁ OSA	CELKOVÁ ČASOVÁ OSA
FÁZE 0	ZÁKLADY	ZAHÁJENÍ STAVBY	0		0
		PŘÍPRAVA STAVENIŠTĚ	3		3
		SEJMUTÍ ORNICE	1		4
		VÝKOPOVÉ PRÁCE	5		9
		VRTÁNÍ PILOT A MIKROPILOT	5		14
		BETONOVÁNÍ PILOT	5		19
		ARMOVÁNÍ OPĚR, ZÁKLADŮ OBLOUKU A OP10	5		24
		BETONÁŽ ZÁKLADŮ	18		42
FÁZE 1	OBLOUK	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3		45
		ARMOVÁNÍ OBLOUKU	14		59
		BETONÁŽ OBLOUKU POLE 2 A 8	7	0	66
		BETONÁŽ OBLOUKU POLE 3 A 7	7	7	73
		BETONÁŽ OBLOUKU POLE 4 A 6	7	14	80
		BETONÁŽ OBLOUKU POLE 5	7	21	87
FÁZE 2	PODPĚRY	PŘÍPRAVA BEDNĚNÍ	3	24	90
		ARMOVÁNÍ PODPĚR	5	29	95
		BETONÁŽ PODPĚR	7	36	102
FÁZE 3	POLE 1	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	39	105
		ARMOVÁNÍ POLE	3	42	108
		BETONÁŽ POLE	7	49	115
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	50	116
FÁZE 4	POLE 2	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	53	119
		ARMOVÁNÍ POLE	3	56	122
		BETONÁŽ POLE	7	63	129
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	64	130
		ODSKRUŽENÍ POLE 1	3	67	133
FÁZE 5	POLE 3	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	70	136
		ARMOVÁNÍ POLE	3	73	139
		BETONÁŽ POLE	7	80	146
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	81	147
		ODSKRUŽENÍ POLE 2	3	84	150
FÁZE 6	POLE 4	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	87	153
		ARMOVÁNÍ POLE	3	90	156
		BETONÁŽ POLE	7	97	163
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	98	164
		ODSKRUŽENÍ POLE 3	3	101	167

FÁZE 7	POLE 5	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	104	170
		ARMOVÁNÍ POLE	3	107	173
		BETONÁŽ POLE	7	114	180
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	115	181
		ODSKRUŽENÍ POLE 4	3	118	184
FÁZE 8	POLE 6	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	121	187
		ARMOVÁNÍ POLE	3	124	190
		BETONÁŽ POLE	7	131	197
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	132	198
		ODSKRUŽENÍ POLE 5	3	135	201
FÁZE 9	POLE 7	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	138	204
		ARMOVÁNÍ POLE	3	141	207
		BETONÁŽ POLE	7	148	214
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	149	215
		ODSKRUŽENÍ POLE 6	3	152	218
FÁZE 10	POLE 8	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	155	221
		ARMOVÁNÍ POLE	3	158	224
		BETONÁŽ POLE	7	165	231
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	166	232
		ODSKRUŽENÍ POLE 7	3	169	235
FÁZE 11	POLE 9 +10	PŘÍPRAVA SKRUŽE + BEDNĚNÍ	3	172	238
		ARMOVÁNÍ POLE	3	175	241
		BETONÁŽ POLE	7	182	248
		PŘEDEPNUTÍ POLE	1	183	249
		ODSKRUŽENÍ POLE 8	3	186	252
FÁZE 12	ÚPRAVY KOLEM OPĚR	ARMOVÁNÍ ZÁVĚRNÝCH ZDÍ	3	189	255
		BETONÁŽ ZÁVĚRNÝCH ZDÍ	15	204	270
		ZÁSYP ZA OPĚROU	3	207	273
		ODSKRUŽENÍ OBLOUKU	1	208	274
		ODSKRUŽENÍ POLE 9 A 10	2	210	276
		ARMOVÁNÍ PŘECHODOVÉ DESKY	1	211	277
		BETONOVÁNÍ PŘECHODOVÉ DESKY	15	226	292
FÁZE 13	PŘÍSLUŠE NSTVÍ MOSTU	OSAZENÍ MOSTNÍHO ZÁVĚRU	5	231	297
		IZOLACE NOSNÉ KONSTRUKCE	7	238	304
		ARMOVÁNÍ A BETONOVÁNÍ ŘÍMS	20	258	324
		VOZOVKA	7	265	331
		OSAZENÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ	7	272	338
FÁZE 14	ÚPRAVY + DOKONČ ENÍ	ÚPRAVY KOLEM MOSTU	14	286	352
		DOKONČOVACÍ PRÁCE	5	291	357
		UVEDENÍ DO PROVOZU	1	292	358

1.10 Požadavky na životnost

Stanovení třídy konstrukce dle ČSN EN 1992-1-1

Stupeň vlivu prostředí: **XC4, XD1, XF2**

Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	15	25	30	35	40	45
S3	10	20	30	35	40	45	50
S4	10	25	35	40	45	50	55
S5	15	30	40	45	50	55	60
S6	20	35	45	50	55	60	65

1.10.1 Krytí betonářské výztuže

Třída prostředí

Třída konstrukce

Uvažovaný profil podélné výztuže

Uvažovaný profil spon

Minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí

Možná návrhová odchylka od nominální hodnoty

Minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti

Minimální krycí vrstva

Nominální krycí vrstva

XC4, XD1, XF2

S5

$\Phi := 25 \text{ mm}$

$\Phi_{sw} := 10 \text{ mm}$

$c_{min,dur} := 45 \text{ mm}$

z tabulky dle normy ČSN EN 1992-1-1

$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$

$c_{min,b} := \max(\Phi + 5 \text{ mm}, \Phi_{sw} + 5 \text{ mm}) = 30 \text{ mm}$

$c_{min} := \max(c_{min,b}, c_{min,dur}, 10 \text{ mm}) = 45 \text{ mm}$

$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 55 \text{ mm}$

1.10.2 Krytí předpínací výztuže

Požadavek trvanlivosti

Minimální krycí vrstva

Nominální krycí vrstva

$c_{kan} := 80 \text{ mm}$

$c_{min} := \max(c_{kan}, c_{min,dur}, 10 \text{ mm}) = 80 \text{ mm}$

$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 90 \text{ mm}$

2. Zatížení

2.1 Stálá zatížení

Vlastní tíha nosné konstrukce

Objemová tíha materiálu
 (generováno programem Scia Engineer)

$$\gamma_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Zatížení ostatní stálé

Vozovka

Objemová tíha materiálu

$$\gamma_v := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Tloušťka vrstvy

$$t_v := 130 \text{ mm}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{v,k} := \gamma_v \cdot t_v \cdot \delta_v = 31.98 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Horní mez: +40%

$$g_{v,k,sup} := 1.4 \cdot g_{v,k} = 44.772 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Dolní mez: -20%

$$g_{v,k,inf} := 0.8 \cdot g_{v,k} = 25.584 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Římsa

Objemová tíha materiálu

$$\gamma_z := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Plocha pravé římsy (vnitřní)

$$A_{r,p} := 0.314 \text{ m}^2$$

Šířka NK pod římsou

$$\delta_p := 575 \text{ mm}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{r,p} := \gamma_c \cdot A_{r,p} = 7.85 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Plocha levé římsy (vnější)

$$A_{r,l} := 0.637 \text{ m}^2$$

Šířka NK pod římsou

$$\delta_l := 1075 \text{ mm}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{r,l} := \gamma_c \cdot A_{r,l} = 15.925 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

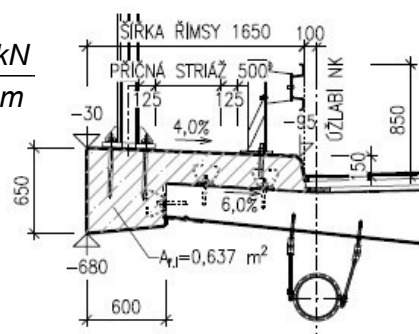
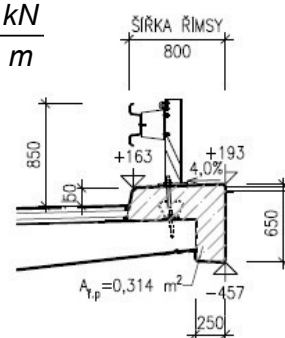
Svodidla a protihlukové stěny

Liniové zatížení svodidlem

$$g_{s,k} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

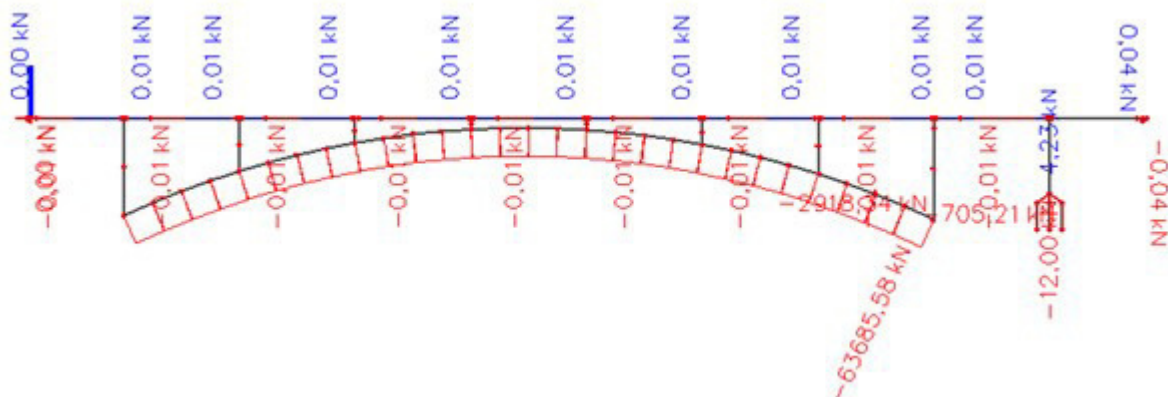
Liniové zatížení protihlukovou stěnou

$$g_{PHS,k} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

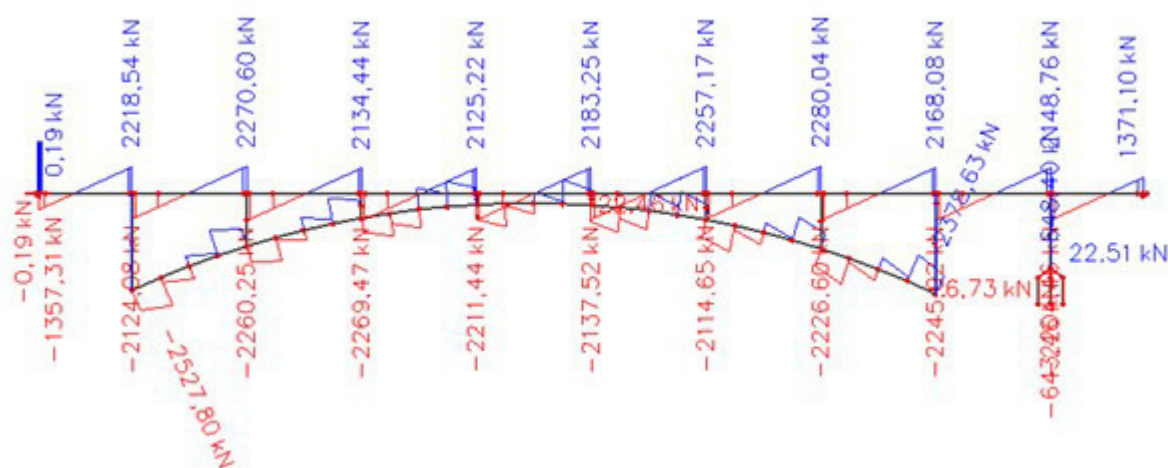


2.1.1 Vnitřní síly od stálých složek zatížení

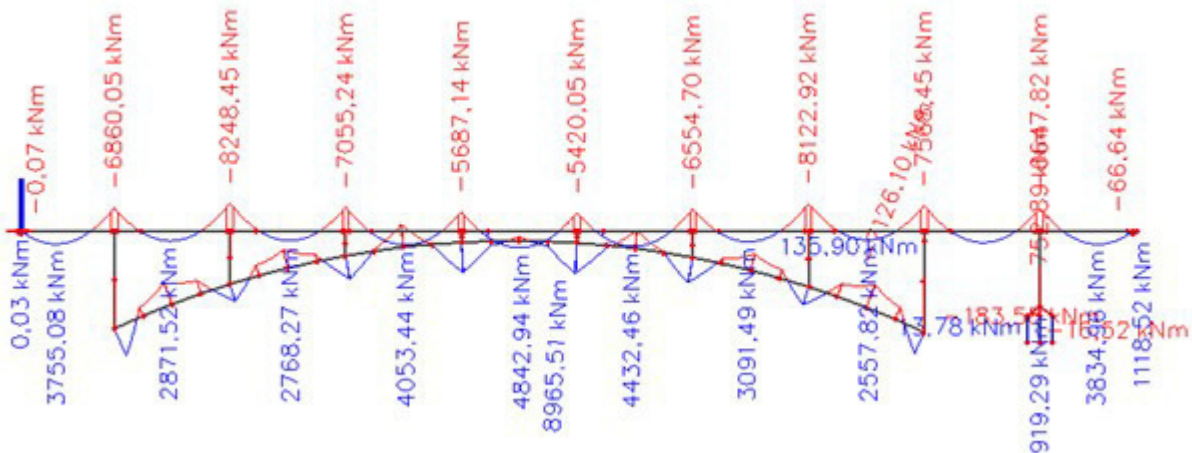
Normálové síly - charakteristické hodnoty



Posouvající síly - charakteristické hodnoty



Momenty - charakteristické hodnoty



2.2 Proměnné zatížení

2.2.1 Doprava

2.2.1.1 Sestava gr1a

Dle normy ČSN EN 1991-2 je definované zatížení možné použít na mostech pozemních komunikací do zatěžovací délky 200 m. Délka 200 m odpovídá maximální délce, která se uvažuje při kalibraci LM1 a obecně je použití LM1 pro délky větší než 200 m na stranu bezpečnou.

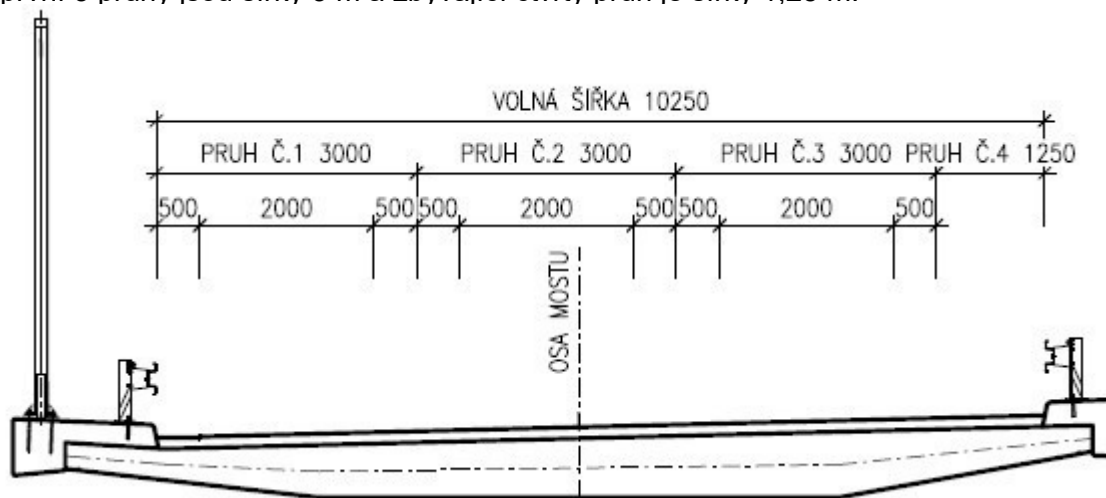
Rozdělení vozovky dle tabulky

Šířka vozovky w	Počet zatěžovacích pruhů	Šířka zatěžovacího pruhu w_i	Šířka zbývající plochy
$w < 5.4 \text{ m}$	$n_l = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5.4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_l = 2$	$w / 2$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int} (w / 3)$	3 m	$w - 3 \times n_l$

$$W := 10.25 \text{ m} \quad W \geq 6 \cdot m = 1 \quad n_l := 3$$

$$W_i := 3 \text{ m} \quad \chi := W - W_i \cdot n_l = 1.25 \text{ m}$$

Z výpočtu a tabulky vyplývá, že zatížení pro LM1 bude rozděleno do čtyř pruhů. Z toho první 3 pruhly jsou šířky 3 m a zbývající čtvrtý pruh je šířky 1,25 m.



Rozvržení zatěžovacích pruhů M 1:100

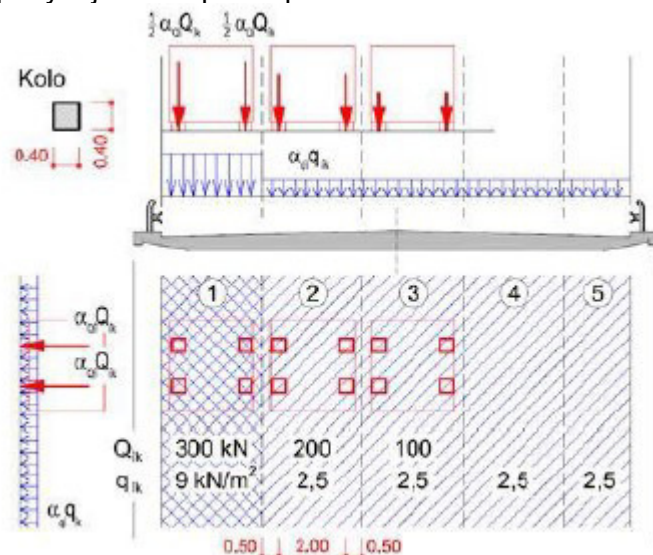
Hodnota regulačních součinitelů α pro ČR

skupina pozemních komunikací	α_{q1}	α_{q2}	α_{q3}	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{qi} (i>2)$ a α_{qr}
1	1.0	1.0	1.0	1.0	2.4	1.2
2	0.8	0.8	0.8	0.45 ¹⁾	1.6	1.6

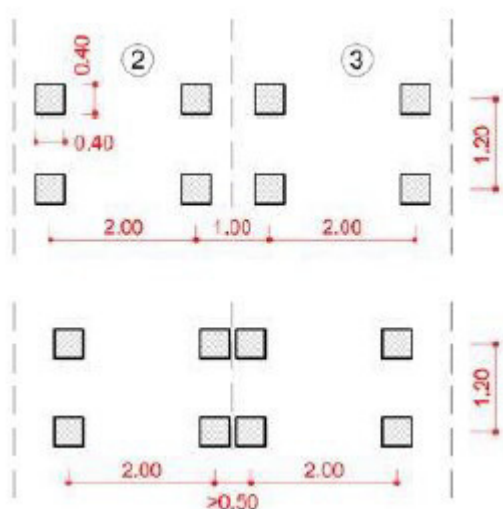
Komunikace D43 patří do skupiny 1.

Zatěžovací model LM1 se skládá ze dvou částí. Ze soustředného zatížení dvounápravy TS (tandem systém), se zatížením od každé nápravy $\alpha_{Q,i} \cdot Q_{i,k}$, a rovnoměrného zatížení UDL $\alpha_{q,i} \cdot q_{i,k}$.

V zatěžovacím pruhu se pohybuje pouze jedna kompletní dvounáprava, která se pohybuje v ose pruhu po 1 m.



Každé kolo nápravy vyvoluje zatížení $0.5 \cdot \alpha_{Q,i} \cdot Q_{i,k}$. Kontaktní plocha kola na vozovce je $0.4 \text{ m} \cdot 0.4 \text{ m} = 0.16 \text{ m}^2$.

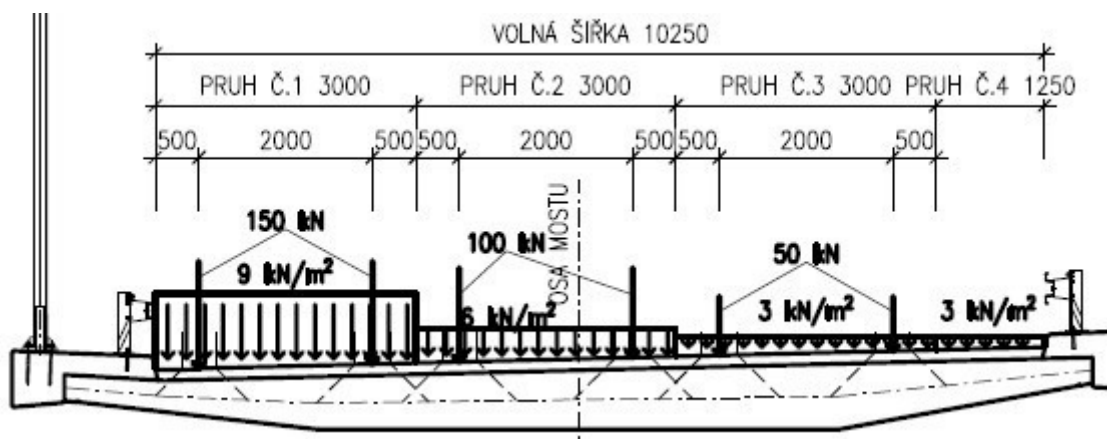


Pro lokální ověření má být dvounáprava umístěna v nejméně příznivé poloze. Pokud se uvažují dvounápravy v obou sousedních pruzích, mohou být umístěny blíže, a to tak, že vzdálenost mezi koly nesmí být menší než 0,5 m.

Rozmístění dvounápravy v pruzích

Normové hodnoty zatížení v jednotlivých pruzích:

Umístění	Dvounáprava (TS)	Rovnoměrné zat. (UDL)
	$Q_{i,k}$ [kN]	$q_{i,k}$ (nebo $q_{r,k}$) [kN/m ²]
pruh č.1	300	9
pruh č.2	200	2.5
pruh č.3	100	2.5
ostatní pruhy	0	2.5
zbývající plocha ($q_{i,k}$)	0	2.5



Příčné rozložení LM1 M 1:100

Umístění TS a UDL v zatěžovacích pruzích

Pruh 1

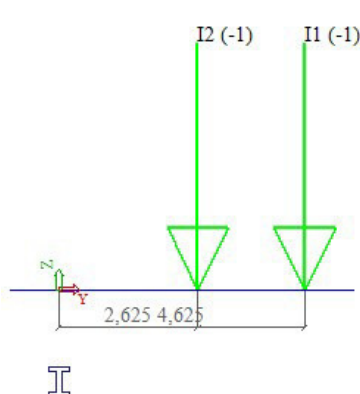
$$Q_{1,k} := 300 \text{ kN}$$

$$\alpha_{Q,i} := 1$$

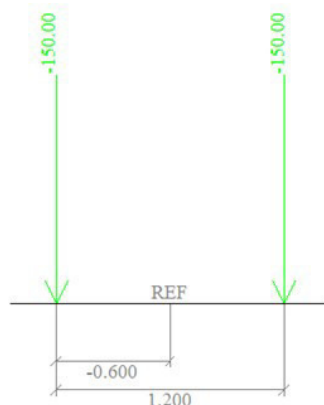
$$q_{1,k} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \alpha_{q,1} := 1$$

$$TS_1 := \alpha_{Q,i} \cdot Q_{1,k} = 300 \text{ kN}$$

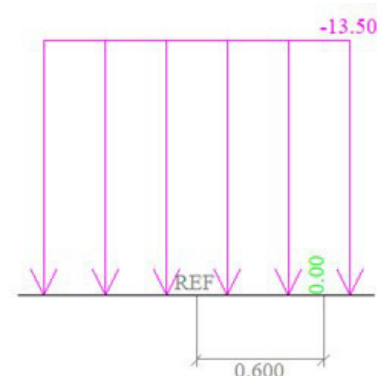
$$UDL_1 := \alpha_{q,1} \cdot q_{1,k} = 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Roznos TS a UDL v příčném směru



Roznos TS v podélném směru



Roznos UDL v podélném směru

Pruh 2

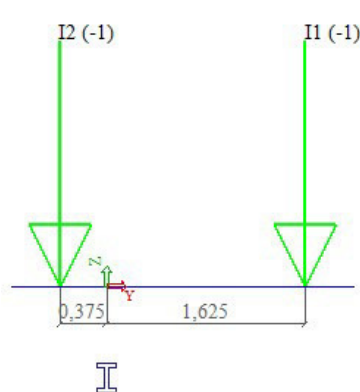
$$Q_{2,k} := 200 \text{ kN}$$

$$\alpha_{Q,i} := 1$$

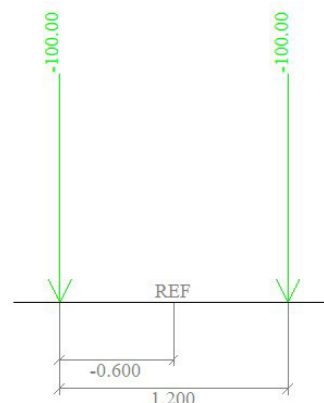
$$q_{2,k} := 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \alpha_{q,2} := 2,4$$

$$TS_2 := \alpha_{Q,i} \cdot Q_{2,k} = 200 \text{ kN}$$

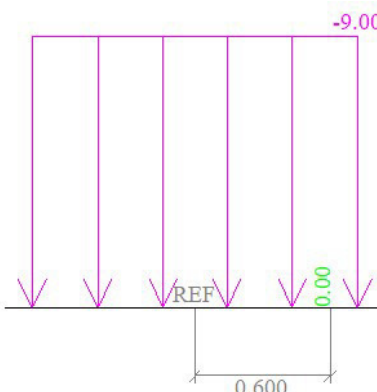
$$UDL_2 := \alpha_{q,2} \cdot q_{2,k} = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Roznos TS a UDL v příčném směru



Roznos TS v podélném směru



Roznos UDL v podélném směru

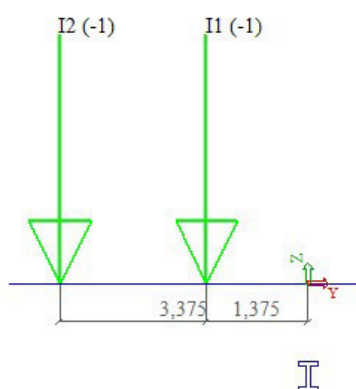
Pruh 3

$$Q_{3,k} := 100 \text{ kN} \quad \alpha_{Q,i} := 1$$

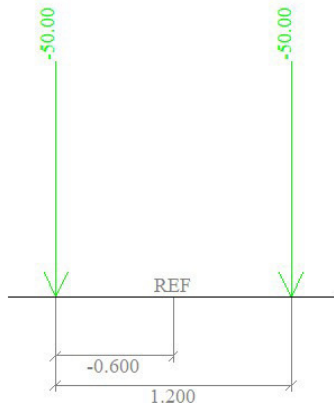
$$q_{3,k} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \alpha_{q,3} := 1.2$$

$$TS_3 := \alpha_{Q,i} \cdot Q_{3,k} = 100 \text{ kN}$$

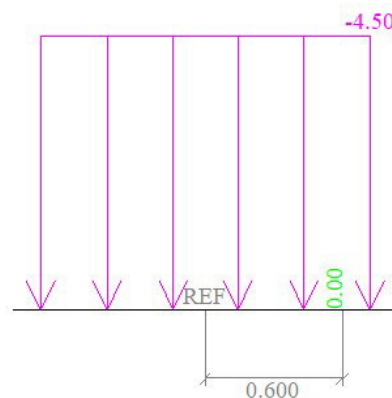
$$UDL_3 := \alpha_{q,3} \cdot q_{3,k} = 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Roznos TS a UDL v příčném směru



Roznos TS v podélném směru

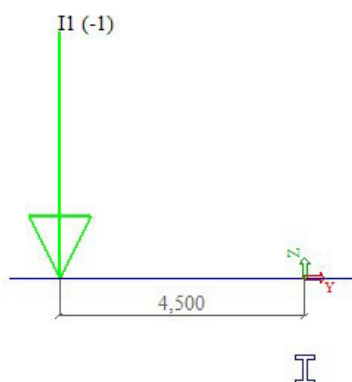


Roznos UDL v podélném směru

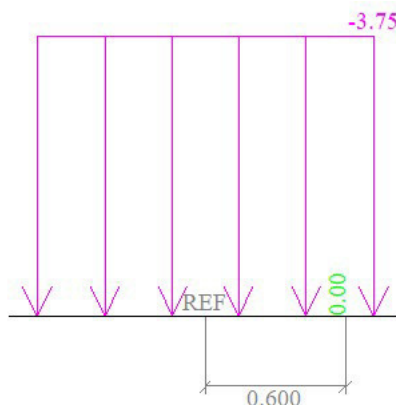
Pruh 4

$$q_{4,k} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \alpha_{q,4} := 1.2$$

$$UDL_4 := \alpha_{q,4} \cdot q_{4,k} = 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

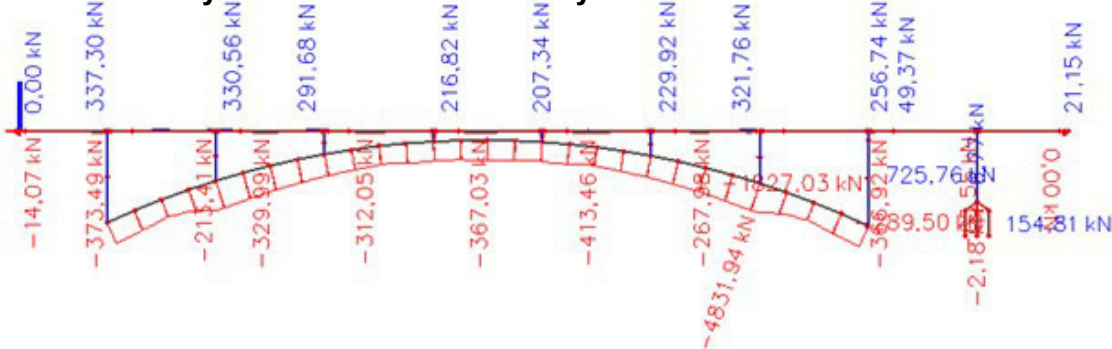


Roznos TS a UDL v příčném směru

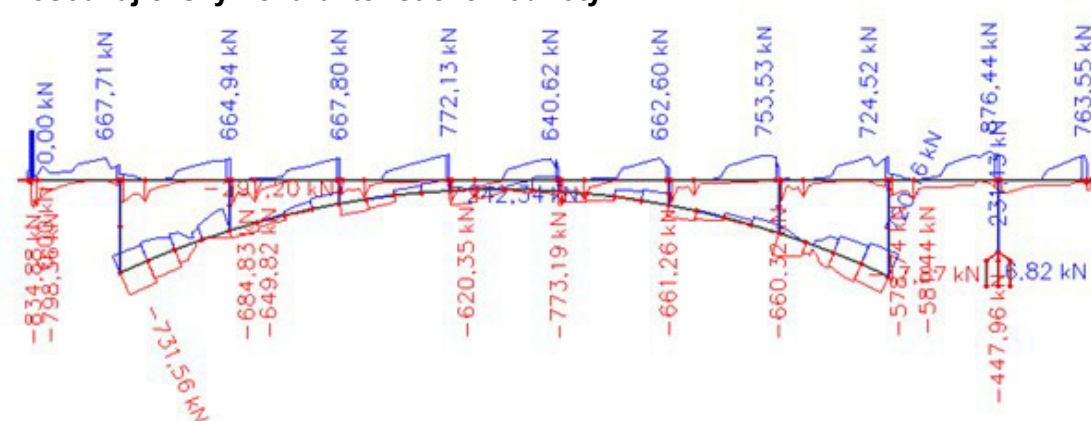


Roznos UDL v podélném směru

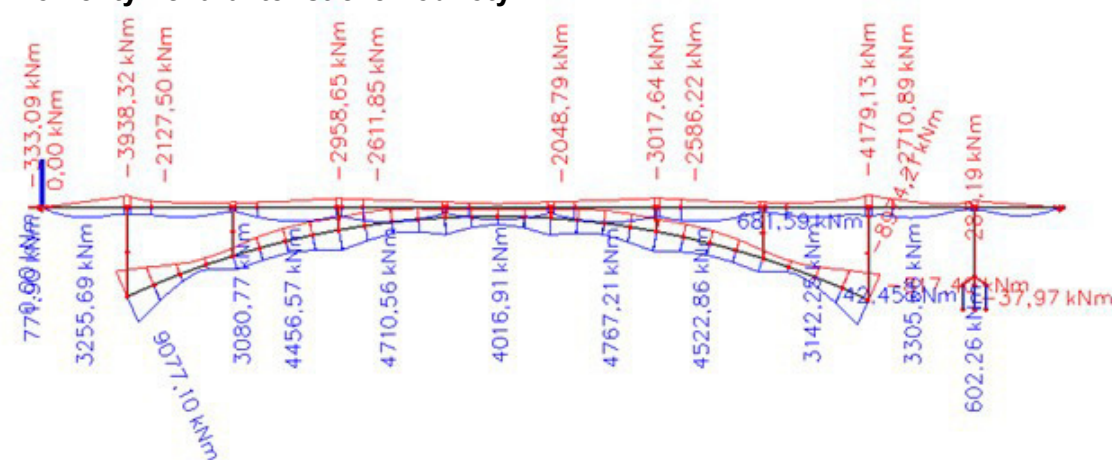
Normálové síly - charakteristické hodnoty



Posouvající síly - charakteristické hodnoty



Momenty - charakteristické hodnoty



Brzdné a rozjezdové síly LM1

Brzdná síla (rozjezdová síla) Q_{lk} se uvažuje jako podélná síla působící v úrovni povrchu vozovky v ose kteréhokoliv zatěžovacího pruhu. Pokud nejsou účinky excentricity významné, předpokládá se působíště v ose vozovky a rovnoměrné rozdělení po celé zatěžovací šířce.

Charakteristická hodnota $Q_{lk} < 900$ kN pro celou šířku mostu se výpočet jako část celkového zatížení modelu LM1 umístěného na pruhu 1.

$$Q_{1,k} = 300 \text{ kN} \quad q_{1,k} = 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \alpha_{Q,i} = 1 \quad \alpha_{q,1} = 1 \quad W_i = 3 \text{ m} \quad L := 183.645 \text{ m}$$

$$Q_{lk} := 0.6 \cdot \alpha_{Q,i} \cdot (2 \cdot Q_{1,k}) + 0.1 \cdot \alpha_{q,1} \cdot q_{1,k} \cdot W_i \cdot L = 855.842 \text{ kN}$$

$$180 \cdot \alpha_{Q,i} \cdot \text{kN} \leq Q_{lk} \leq 900 \text{ kN} = 1$$

Rozjezdová síla se má uvažovat se stejnou velikostí, ale opačného směru.

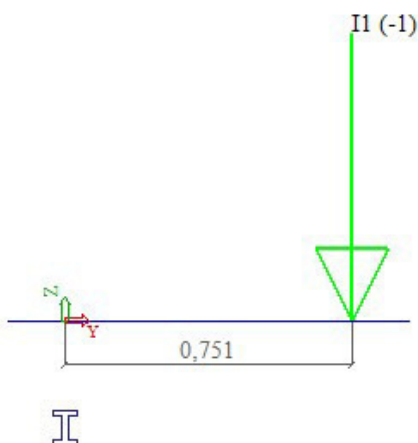
2.2.1.2 Sestava gr5

Tabulka NA.3 – Zvláštní vozidla pro dálnice, rychlostní silnice a vybrané trasy určené příslušným úřadem (Ministerstvo dopravy ČR)

Celková tíha	1 800 kN	3 000 kN
Označení	1800/200	3000/240
Nápravy	$n = 9 \times 200$ kN, $e = 1,50$ m	$n = 1 \times 120 + 12 \times 240$ kN $e = 1,50$ m
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v jednom jízdním pruhu (číslo 1), v tomto pruhu se nesmí umístit současně působící model zatížení LM1 po celé délce mostu. Rozdělení vozovky na zatěžovací pruhy se provede podle A.3(2).	Zvláštní vozidlo šířky do 4,5 m se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zatěžovacích pruhů podle A.3(2), přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50$ m.
Kombinace zatížení	Model zatížení LM1 se uvažuje v pruhu 2 (a dalších) hodnotami pro pruh 2 (a další) bez soustředěných zatížení od dvojnápravy, tj. pouze charakteristickými hodnotami pro rovnoměrné zatížení $\alpha_Q q_{k1}$, resp. $\alpha_Q q_{k2}$.	Po celé délce nosné konstrukce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální (≤ 70 km/hod)	Nízká (≤ 5 km/hod)
Dynamický součinitel	Ano, $\varphi = 1,25^{1)}$	Ano, $\varphi = 1,05$
Poznámka	Při přejezdu zvláštního vozidla nebude povolen souběžný provoz pro vozidla nad 5 t.	Jedná se o jediné vozidlo na mostě.

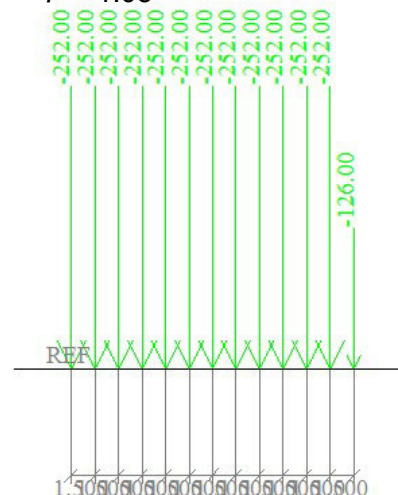
Vozidlo 3000/240

dynamický součinitel



Roznos 3000/240 v příčném směru

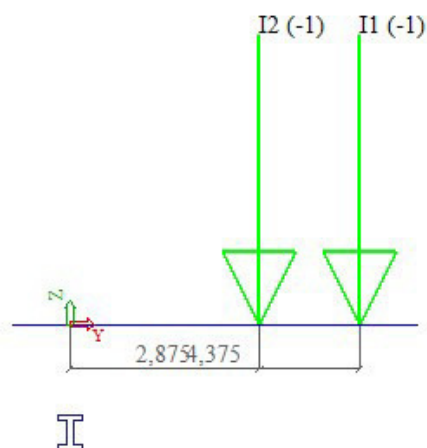
$\Phi := 1,05$



Roznos 3000/240 v podélném směru

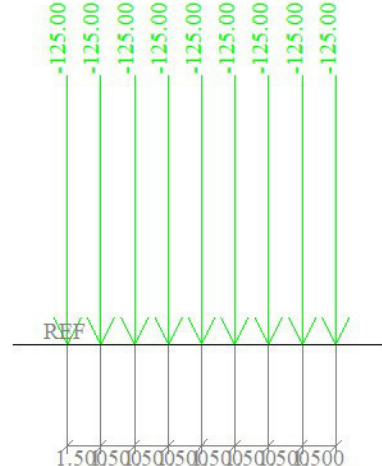
Vozidlo 1800/200

dynamický součinitel



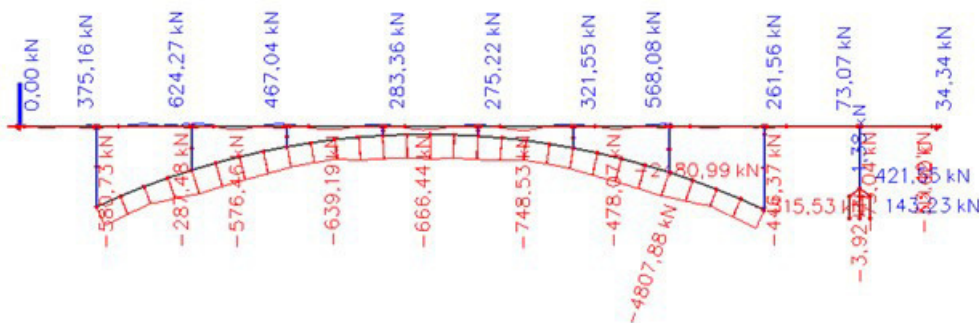
Roznos 1800/200 v příčném směru

$\Phi := 1,25$

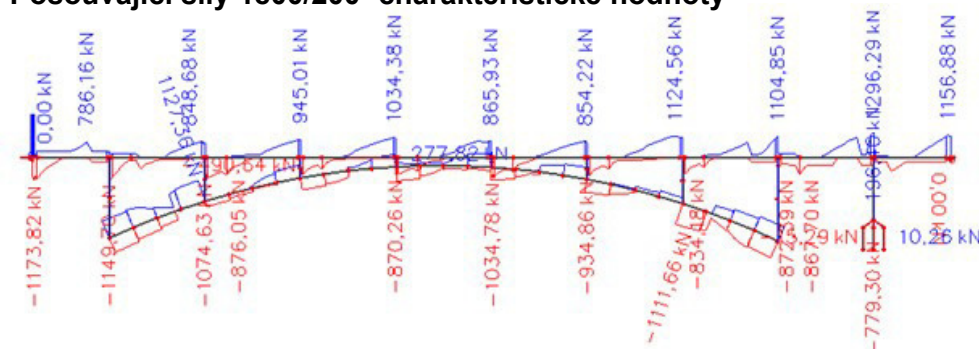


Roznos 1800/200 v podélném směru

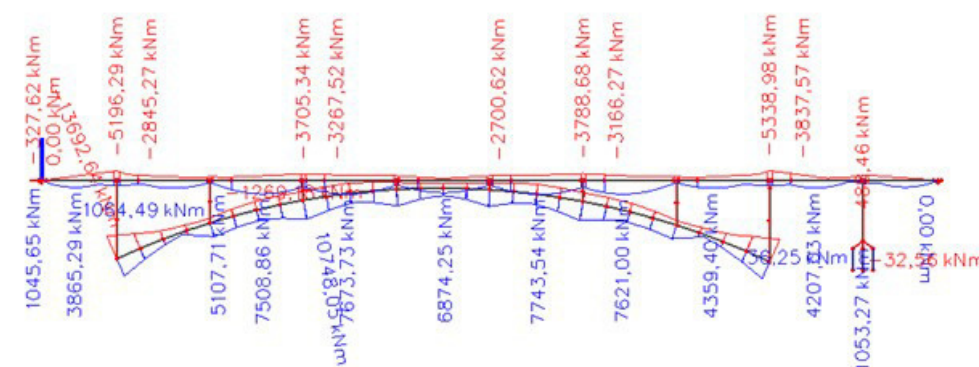
Normálové síly 1800/200- charakteristické hodnoty



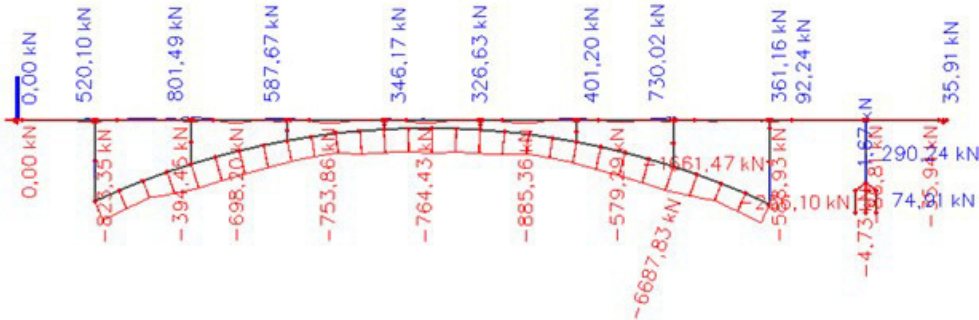
Posouvající síly 1800/200- charakteristické hodnoty



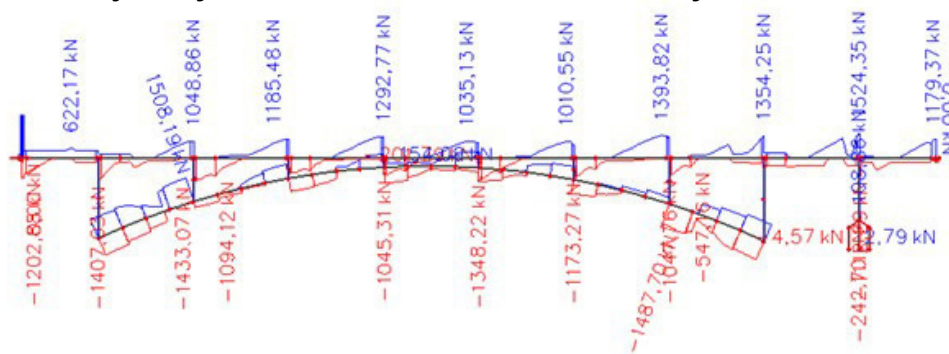
Momenty 1800/200 - charakteristické hodnoty



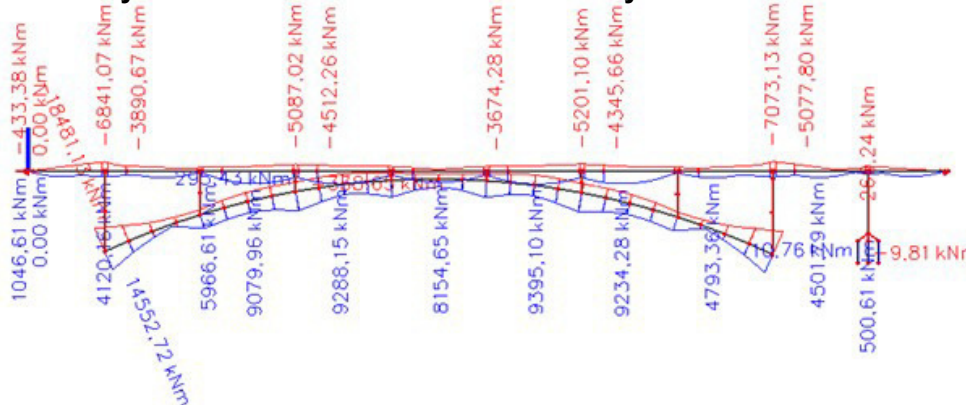
Normálové síly 3000/240- charakteristické hodnoty



Posouvající síly 3000/240- charakteristické hodnoty



Momenty 3000/240 - charakteristické hodnoty



Brzdné a rozjezdové síly LM3

Pro model zatížení LM3 pohybující se po mostě rychlostí 5 km/h se nemusí uvažovat brzdné a rozjezdové síly.

Pro model zatížení LM3 pohybující se normální rychlostí se musí uvažovat brzdné a rozjezdové síly současně se svislým zatížením modelu LM3, které lze umístit na nosnou konstrukci mostu.

Charakteristická hodnota $Q_{lk} < 600$ kN pro celou šířku mostu se vypočítá jako část celkového maximálního svislého zatížení modelu LM3 umístěného v pruhu 1 a případného rovnoměrného zatížení umístěného v pruhu 2.

$$Q_{LM3} := 1800 \text{ kN} \quad UDL_2 = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \alpha_{q,2} = 2.4 \quad W_i = 3 \text{ m} \quad L := 183.645 \text{ m}$$

$$Q_{lk} := 0.6 \cdot Q_{LM3} + 0.1 \cdot \alpha_{q,2} \cdot UDL_2 \cdot W_i \cdot L = 1873.346 \text{ kN}$$

$$180 \cdot \alpha_{Q,i} \cdot \text{kN} \leq Q_{lk} \leq 600 \text{ kN} = 0 \quad \Rightarrow \quad Q_{lk} := 600 \text{ kN}$$

Rozjezdová síla se má uvažovat se stejnou velikostí, ale opačného směru.

Odstředivé a jiné příčné síly

Odstředivá síla Q_{tk} se uvažuje jako osamělá příčná síla v úrovni dokončovaného povrchu vozovky radiálně k ose vozovky v kterémkoliv průřezu NK.

Charakteristické hodnoty Q_{tk} se vypočtou z celkové tíhy svislého soustředného zatížení dvounápravami modelu LM1.

$Q_{tk} = 0,2 Q_v \text{ (kN)}$	je-li $r < 200 \text{ m}$
$Q_{tk} = 40 Q_v / r \text{ (kN)}$	je-li $200 \leq r \leq 1\,500 \text{ m}$
$Q_{tk} = 0$	je-li $r > 1\,500 \text{ m}$

Komunikace je vedena v přímé, proto je hodnota $Q_{tk} := 0 \text{ kN}$.

Současně se silou Q_{lk} v úrovni dokončovaného povrchu vozovky se uvažují i případné boční síly vznikající při šikmém brzdění nebo smyku $Q_{trk} := 0,25 \cdot Q_{lk}$.

Minimální příčné zatížení není v ČR definováno. Do kombinačních vztahů se dosazuje větší z hodnot Q_{tk} nebo Q_{trk} .

Brzdné síly			Příčné síly	
LM1	855,842	kN	0,25	213,9605 kN
LM3	600	kN		150 kN

2.2.1.3 Úprava průřezů

Z důvodu vylehčení konstrukce se předběžné průřezy podpor a oblouku posoudily na normálové síly a jejich návrhovou tlakovou kapacitu.

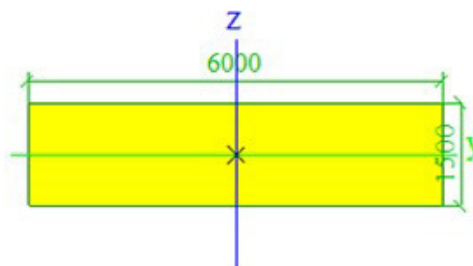
Oblouk $a := 6 \text{ m}$ $b := 1,5 \text{ m}$ $A := a \cdot b = 9 \text{ m}^2$ $f_{cd} = 28,333 \text{ MPa}$

První iterace

Kombinace LM1

$$6.10a \quad N_{Ed.6.10a.LM1} := -114974,38 \text{ kN}$$

$$6.10b \quad N_{Ed.6.10b.LM1} := -106620,24 \text{ kN}$$



Kombinace LM3

$$6.10a \quad N_{Ed.6.10a.LM3} := -108665,32 \text{ kN}$$

$$6.10b/1800/200 \quad N_{Ed.6.10b.1800.200} := -105633,96 \text{ kN}$$

$$6.10b/3000/240 \quad N_{Ed.6.10b.3000.240} := -101675,77 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := \min(N_{Ed.6.10a.LM1}, N_{Ed.6.10b.LM1}, N_{Ed.6.10a.LM3}, N_{Ed.6.10b.1800.200}, N_{Ed.6.10b.3000.240}) = -114974,38 \text{ kN}$$

$$A_{req} := \frac{|N_{Ed}|}{f_{cd}} = 4,058 \text{ m}^2 \quad A_{nut} := 1,2 \cdot A_{req} = 4,87 \text{ m}^2$$

$$b_{nut} := \frac{A_{nut}}{a} = 0,812 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad b_{new} := 1,2 \text{ m}$$

Druhá iterace

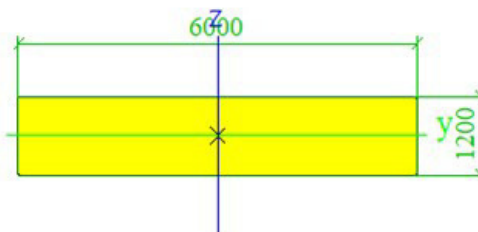
Kombinace LM1

6.10a

$$N_{Ed.6.10a.LM1} := -102766.00 \text{ kN}$$

6.10b

$$N_{Ed.6.10b.LM1} := -96212.38 \text{ kN}$$



Kombinace LM3

6.10a

$$N_{Ed.6.10a.LM3} := -96498.83 \text{ kN}$$

6.10b/1800/200

$$N_{Ed.6.10b.1800.200} := -95101.48 \text{ kN}$$

6.10b/3000/240

$$N_{Ed.6.10b.3000.240} := -91082.83 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := \min(N_{Ed.6.10a.LM1}, N_{Ed.6.10b.LM1}, N_{Ed.6.10a.LM3}, N_{Ed.6.10b.1800.200}, N_{Ed.6.10b.3000.240}) = -102766 \text{ kN}$$

$$A_{req} := \frac{|N_{Ed}|}{f_{cd}} = 3.627 \text{ m}^2 \quad A_{nut} := 1.2 \cdot A_{req} = 4.352 \text{ m}^2$$

$$b_{nut} := \frac{A_{nut}}{a} = 0.725 \text{ m} \Rightarrow b_{new.o} := 1.1 \text{ m}$$

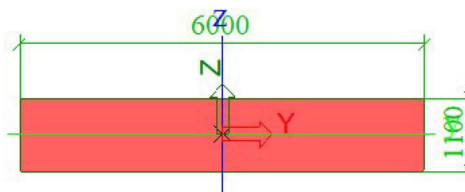
$$N_{Ed} := 93954.77 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := 90688.83 \text{ kN}$$


$$A_{req} := \frac{|N_{Ed}|}{f_{cd}} = 3.201 \text{ m}^2 \quad A_{nut} := 1.2 \cdot A_{req} = 3.841 \text{ m}^2$$

$$b_{nut} := \frac{A_{nut}}{a} = 0.64 \text{ m} \Rightarrow b_{new.o} := 1 \text{ m}$$

$$A_{new.o} := a \cdot b_{new.o} = 6 \text{ m}^2$$



Konečné rozměry oblouku byly stanoveny na 6000x1000.

Jméno	OBLOUK_NEW_2		
Typ	Obecný průřez		
Material	C50/60		
Výroba	obecný		
Použití 2D MKP výpočet	✓		
<div></div>			
A [m ²]	5,9982e+00		
A _{y, z} [m ²]	4,9995e+00	5,0320e+00	
I _{y, z} [m ⁴]	4,9957e-01	1,7984e+01	
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,2967e+00	1,7833e+00	
W _{el} _{y, z} [m ³]	9,9914e-01	5,9946e+00	
W _{pl} _{y, z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00	
d _{y, z} [mm]	0	0	
c _{YUCS, ZUCS} [mm]	0	0	
α [deg]	0,00		
A _{L, D} [m ² /m]	1,3930e+01	1,3930e+01	
M _{ply} ⁺ , - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00	
M _{plz} ⁺ , - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00	

$$A_o := 6 \text{ m}^2 \quad u_o := 14 \text{ m}$$

VYPRACOVAL: Bc. JIŘÍ KUTÁLEK

VEDOUcí PRÁCE: doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

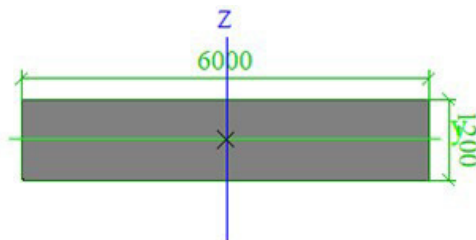
Podpěra $a := 6 \text{ m}$ $b := 0.8 \text{ m}$ $A := a \cdot b = 4.8 \text{ m}^2$ $f_{cd} = 28.333 \text{ MPa}$

První iterace

Kombinace LM1

6.10a $N_{Ed.6.10a.LM1} := -10891.54 \text{ kN}$

6.10b $N_{Ed.6.10b.LM1} := -10570.74 \text{ kN}$



Kombinace LM3

6.10a $N_{Ed.6.10a.LM3} := -9708.56 \text{ kN}$

6.10b/1800/200 $N_{Ed.6.10b.1800.200} := -11848.12 \text{ kN}$

6.10b/3000/240 $N_{Ed.6.10b.3000.240} := -11902.75 \text{ kN}$

$$N_{Ed} := \min(N_{Ed.6.10a.LM1}, N_{Ed.6.10b.LM1}, N_{Ed.6.10a.LM3}, N_{Ed.6.10b.1800.200}, N_{Ed.6.10b.3000.240}) = -11902.75 \text{ kN}$$

$$A_{req} := \frac{|N_{Ed}|}{f_{cd}} = 0.42 \text{ m}^2 \quad A_{nut} := 1.2 \cdot A_{req} = 0.504 \text{ m}^2$$

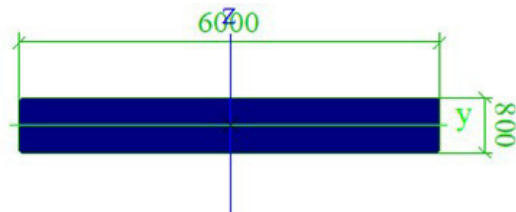
$$b_{nut} := \frac{A_{nut}}{a} = 0.084 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad b_{new} := 0.8 \text{ m}$$

Druhá iterace

Kombinace LM1

6.10a $N_{Ed.6.10a.LM1} := -10026.58 \text{ kN}$

6.10b $N_{Ed.6.10b.LM1} := -9788.26 \text{ kN}$



Kombinace LM3

6.10a $N_{Ed.6.10a.LM3} := -8831.85 \text{ kN}$

6.10b/1800/200 $N_{Ed.6.10b.1800.200} := -11125.60 \text{ kN}$

6.10b/3000/240 $N_{Ed.6.10b.3000.240} := -11234.68 \text{ kN}$

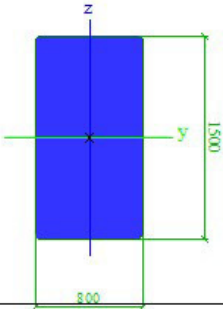
$$N_{Ed} := \min(N_{Ed.6.10a.LM1}, N_{Ed.6.10b.LM1}, N_{Ed.6.10a.LM3}, N_{Ed.6.10b.1800.200}, N_{Ed.6.10b.3000.240}) = -11234.68 \text{ kN}$$

$$A_{req} := \frac{|N_{Ed}|}{f_{cd}} = 0.397 \text{ m}^2 \quad A_{nut} := 1.2 \cdot A_{req} = 0.476 \text{ m}^2$$

$$b_{nut} := \frac{A_{nut}}{a} = 0.079 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad b_{new.p} := 0.8 \text{ m} \quad a_{new} := 3 \text{ m}$$

$$A_{new} := b_{new} \cdot a_{new} = 2.4 \text{ m}^2$$

Podpěry byly v konečném modelu rozděleny na dvě s výškou 0,8 m a šířkou 1,5 m.

Jméno	PODPORA_NEW_3	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	C50/60	
Výroba	obecný	
Použití 2D MKP výpočet	✓	
<div></div>		
A [m ²]	1,1982e+00	
A _{y, z} [m ²]	1,0013e+00	9,9936e-01
I _{y, z} [m ⁴]	2,2401e-01	6,3726e-02
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	3,7441e-03	1,7016e-01
W _{el} y, z [m ³]	2,9864e-01	1,5929e-01
W _{pl} y, z [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
d y, z [mm]	0	0
c YUCS, ZUCS [mm]	0	0
α [deg]	0,00	
A _{L, D} [m ² /m]	4,5297e+00	4,5297e+00
M _{ply} +, - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{plz} +, - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00

$$b_{new.p} := 0.8 \text{ m}$$

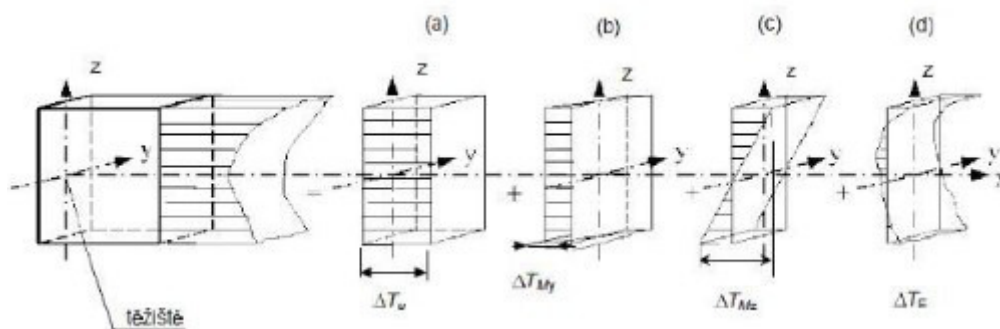
$$a_{new.p} := 1.5 \text{ m}$$

$$A_{new} := b_{new} \cdot a_{new.p} = 1.2 \text{ m}^2$$

2.2.1.4 Teplota

Zatížení teplotou lze podle jejich působení v jednotlivém nosném prvku rozčlenit do čtyř základních složek:

1. rovnoměrná složka teploty
2. lineárně proměnná složka teploty ve směru osy y
3. lineárně proměnná složka teploty ve směru osy z
4. nelineární rozdílová složka teploty představující systém samorovnovážných napětí, které nevyvolávají v prvku žádné zatěžovací účinky



Typ konstrukce: 3

Součinitel tepelné roztažnosti betonu

$$\alpha := 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Rovnoměrná složka teploty

Maximální teplota vzduchu ve stínu

$$T_{max} := 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Minimální teplota vzduchu ve stínu

$$T_{min} := -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Maximální teplota mostu ve stínu

$$T_{e,max} := T_{max} + 1.5 = 41.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Maximální teplota mostu ve stínu

$$T_{e,min} := T_{min} + 8 = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Výchozí teplota mostu

$$T_0 := 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Charakteristické hodnoty:

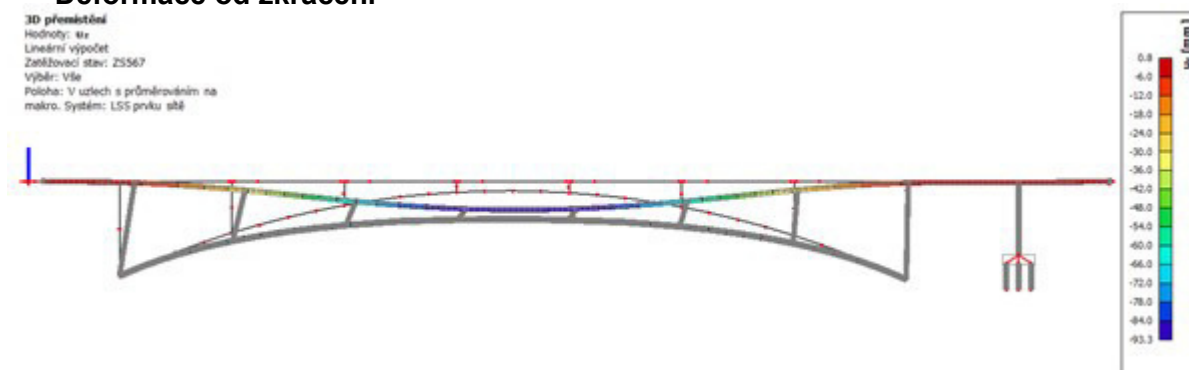
- prodloužení
- zkrácení

$$\Delta T_{N.exp} := T_{e,max} - T_0 = 31.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N.con} := -T_0 + T_{e,min} = -32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Deformace od zkrácení

3D přemístění
 Hodnoty: str
 Lineární výpočet
 Zaměřovací stav: Z5567
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrným na
 makro. Systém: LSS prvku síť



Nerovnoměrná složka teploty

Charakteristické hodnoty lineárních rozdílů teplot pro svršek tloušťky 100 mm

$$\Delta T_{M.heat} := 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M.cool} := 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Tloušťka mostního svršku

$$t_v = 130 \text{ mm}$$

Součinitele pro $t_v = 130 \text{ mm}$

$$k_{sur.heat} := 0.58$$

$$k_{sur.cool} := 1$$

Charakteristické hodnoty lineárních rozdílů teplot pro svršek tloušťky 130 mm

$$\Delta T_{M.heat} \cdot k_{sur.heat} = 8.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M.cool} \cdot k_{sur.cool} = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\omega_N := 0.35$$

$$\omega_M := 0.75$$

Současné působení obou složek teploty

$$\Delta T_{M.heat} + \omega_N \cdot \Delta T_{N.exp}$$

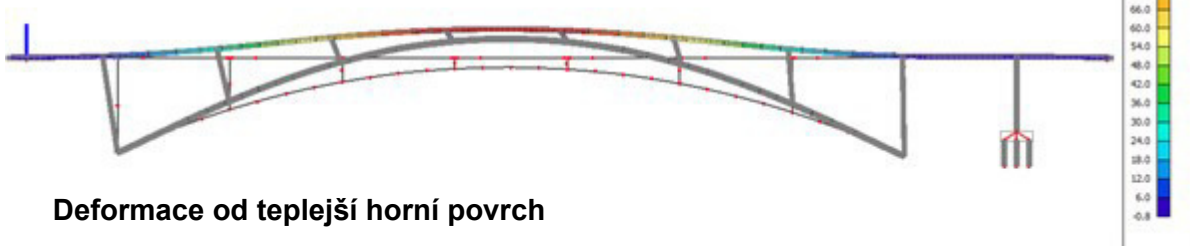
$$\omega_M \cdot \Delta T_{M.heat} + \Delta T_{N.exp}$$

$$\Delta T_{M.cool} + \omega_N \cdot \Delta T_{N.con}$$

$$\omega_M \cdot \Delta T_{M.cool} + \Delta T_{N.con}$$

Deformace od prodloužení

3D přemístění
Hodnoty: 41x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS568
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrným na
makro. Systém: LSS prvku síť



Deformace od teplejší horní povrch

3D přemístění
Hodnoty: 41x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS569
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrným na
makro. Systém: LSS prvku síť



Deformace od teplejší spodní povrch

3D přemístění
Hodnoty: 41x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS570
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrným na
makro. Systém: LSS prvku síť



2.2.1.5 Vítr

Norma ČSN EN 1991.1.4 ed.2 se použije pro mosty s konstantní šířkou a s danými průřezy, tvořenými jednou nosnou konstrukcí o jednom nebo více polích.

Zatížení větrem způsobuje síly ve směrech x, y a z.

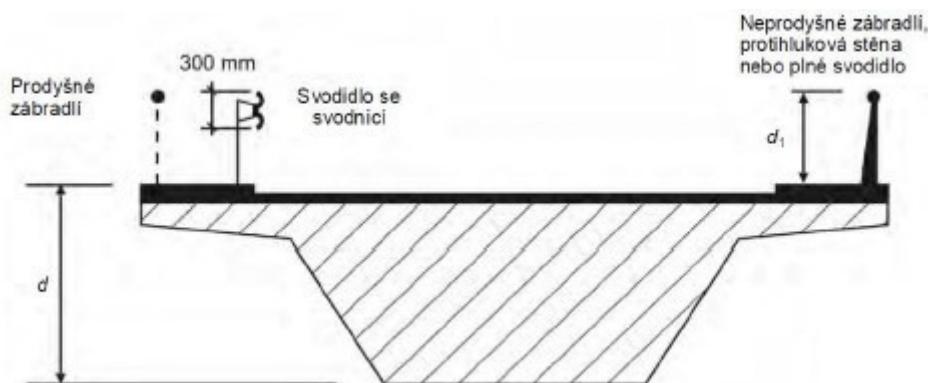
Tam, kde se uvažuje kombinace větru a silniční dopravy (jako v tomto případě), se má hodnota $\psi_0 \cdot F_{wk}$ zatížení mostu a vozidel větrem omezit na hodnotu $F_{w\%}$ pro rychlost

$v_{\%b,0} := 23 \frac{m}{s}$, nahrazující základní rychlost $v_{b,0}$.

Referenční plocha bez zatížením dopravou

Referenční plochy se definují jako součty následujících čelních ploch:

1. Předního hlavního nosníku
2. Průmětů vyčnívajících ploch ostatních hlavních nosníků
3. Římsy nebo koleje se šterkovým ložem
4. Neprodyšných svodidel (0.3 m pro každé prodyšné zábradlí)



Referenční plocha se zatížením dopravou

Stejně jako předchozí s úpravami:

1. Pro mosty pozemních komunikací výšky 2 m od úrovně vozovky na nejméně příznivé délce, nezávisle na umístění zatížení od dopravy.

Zjednodušená metoda - Síla ve směru x

Výchozí základní rychlost větru
(oblast II) Brno

$$v_{b,0} := 25 \frac{m}{s}$$

Základní rychlost větru

$$v_b := 25 \frac{m}{s}$$

Součinitel směru větru

$$C_{dir} := 1$$

Součinitel směru podle ročního období

$$C_{season} := 1$$

Kategorie terénu

$$II$$

Minimální výška

$$z_{min} := 2 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu

$$z_0 := 0.05 \text{ m}$$

Referenční výška mostu

$$z := 23.16 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu pro kategorii terénu II

$$z_{0,II} := 0.05 \text{ m}$$

Součinitel orografie

$$C_{0,z} := 1$$

Součinitel turbulence

$$k_f := 1$$

Měrná hmotnost větru

$$\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3}$$

Součinitel terénu

$$k_r := 0.18 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.18$$

Součinitel drsnosti terénu

$$C_{r,z} := k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 1.105$$

Střední rychlost větru

$$v_{m,z} := C_{r,z} \cdot C_{0,z} \cdot v_b = 27.622 \frac{m}{s}$$

Intenzita turbulence

$$I_v := \frac{k_f}{C_{0,z} \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = 0.163$$

Základní dynamický tlak

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0.391 \frac{kN}{m^2}$$

Součinitel expozice

$$C_{e,z} := (1 + 7 \cdot I_v) \cdot \frac{v_{m,z}^2}{v_b^2} = 2.613$$

Maximální dynamický tlak

$$q_{p,z} := C_{e,z} \cdot q_b = 1.021 \frac{kN}{m^2}$$

Maximální dynamický tlak na jednotlivé prvky

Zatěžovací výška na desku

$$h_{w,d} := 5.505 \text{ m}$$

Rameno zatížení větrem na desku

$$l_{w,d} := 2.755 \text{ m}$$

Spojité rovnoměrné zatížení na desku

$$q_{w,d} := q_{p,z} \cdot h_{w,d} = 5.619 \frac{kN}{m}$$

Spojité rovnoměrný moment na desku

$$M_{w,d} := q_{w,d} \cdot l_{w,d} = 15.479 \text{ kN} \cdot \frac{m}{m}$$

Výška oblouku

$$b_{new,o} = 1 \text{ m}$$

Spojité rovnoměrné zatížení na oblouk

$$q_{w,o} := q_{p,z} \cdot b_{new,o} = 1.021 \frac{kN}{m}$$

Šířka podpory

$$b_{new,p} = 0.8 \text{ m}$$

Spojité rovnoměrné zatížení na podporu

$$q_{w,p} := q_{p,z} \cdot b_{new,p} = 0.817 \frac{kN}{m}$$



2.2.1.6 Sníh

Zatížení sněhem se neuvažuje.

2.2.1.7 Staveništní zatížení

Zatížení od staveniště bylo vymodelováno pro každou fázi výstavby zvlášť. Zatížení od pevné skruže byla namodelována i na oblouk, který je během výstavby podepře pevnou skruží.

Plošné staveništní zatížení $q_{stav} := 1 \frac{kN}{m^2}$

Šířka nosné konstrukce $\check{s}_{NK} = 11.86 \text{ m}$

Spojitě rovnoměrné zatížení od staveništního zatížení $q_{stav.1} := q_{stav} \cdot \check{s}_{NK} = 11.86 \frac{kN}{m}$

Skladba pevné skruže:

Deska Xlife $q_{Xlife} := 0.4 \cdot \frac{kN}{m^2} \Rightarrow q_{Xlife.1} := q_{Xlife} \cdot \check{s}_{NK} = 4.744 \frac{kN}{m}$

Podélný rošt z dřevěných nosníků H20 $q_{H20} := 0.1 \cdot \frac{kN}{m^2} \Rightarrow q_{h20.1} := q_{H20} \cdot \check{s}_{NK} = 1.186 \frac{kN}{m}$

Příčný rošt z nosníků WS10 $q_{WS10} := 0.4 \cdot \frac{kN}{m^2} \Rightarrow q_{WS10.1} := q_{WS10} \cdot \check{s}_{NK} = 4.744 \frac{kN}{m}$

Věž STEXO100 $q_{STEXO100} := 0.5 \frac{kN}{m^3} \Rightarrow$ Dle plochy mezi mostovkou a obloukem.

Fáze 3 - Betonáž P1

$h_{skruže} := 13.107 \text{ m}$

Zjištěno z programu AutoCad 2019

Zatížení od věže STEXO100 $q_{STEXO100.1} := q_{STEXO100} \cdot h_{skruže} \cdot \check{s}_{NK} = 77.725 \frac{kN}{m}$

Zatížení na oblouk od pevné skruže $q_{skruž} := q_{Xlife.1} + q_{h20.1} + q_{WS10.1} = 10.674 \frac{kN}{m}$

Zatížení na oblouk od mostovky umístěné na skruži $g_{ok} := A_c \cdot \gamma_c = 171.815 \frac{kN}{m}$

Celkové spojitě zatížení na oblouk $q_{stav.o} := q_{STEXO100.1} + q_{skruž} + g_{ok} = 260.214 \frac{kN}{m}$

Fáze 4 - Betonáž P2

$h_{skruže} := 9.79 \text{ m}$

Zjištěno z programu AutoCad 2019

Zatížení od věže STEXO100 $q_{STEXO100.1} := q_{STEXO100} \cdot h_{skruže} \cdot \check{s}_{NK} = 58.055 \frac{kN}{m}$

Zatížení na oblouk od pevné skruže $q_{skruž} := q_{Xlife.1} + q_{h20.1} + q_{WS10.1} = 10.674 \frac{kN}{m}$

Zatížení na oblouk od mostovky umístěné na skruži $g_{ok} := A_c \cdot \gamma_c = 171.815 \frac{kN}{m}$

Celkové spojitě zatížení na oblouk $q_{stav.o} := q_{STEXO100.1} + q_{skruž} + g_{ok} = 240.544 \frac{kN}{m}$

Fáze 5 - Betonáž P3

$$h_{skruže} := 4.457 \text{ m}$$

Zjištěno z programu AutoCad 2019

Zatížení od věže STEXO100

$$q_{STEXO100.1} := q_{STEXO100} \cdot h_{skruže} \cdot \dot{s}_{NK} = 26.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení na oblouk od pevné skruže

$$q_{skruž} := q_{Xlife.1} + q_{h20.1} + q_{WS10.1} = 10.674 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení na oblouk od mostovky umístěné na skruži

$$g_{0k} := A_c \cdot \gamma_c = 171.815 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Celkové spojité zatížení na oblouk

$$q_{stav.o} := q_{STEXO100.1} + q_{skruž} + g_{0k} = 208.919 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Fáze 6 - Betonáž P4

$$h_{skruže} := 1.602 \text{ m}$$

Zjištěno z programu AutoCad 2019

Zatížení od věže STEXO100

$$q_{STEXO100.1} := q_{STEXO100} \cdot h_{skruže} \cdot \dot{s}_{NK} = 9.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení na oblouk od pevné skruže

$$q_{skruž} := q_{Xlife.1} + q_{h20.1} + q_{WS10.1} = 10.674 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení na oblouk od mostovky umístěné na skruži

$$g_{0k} := A_c \cdot \gamma_c = 171.815 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Celkové spojité zatížení na oblouk

$$q_{stav.o} := q_{STEXO100.1} + q_{skruž} + g_{0k} = 191.989 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Fáze 7 - Betonáž P5

$$h_{skruže} := 1.058 \text{ m}$$

Zjištěno z programu AutoCad 2019

Zatížení od věže STEXO100

$$q_{STEXO100.1} := q_{STEXO100} \cdot h_{skruže} \cdot \dot{s}_{NK} = 6.274 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení na oblouk od pevné skruže

$$q_{skruž} := q_{Xlife.1} + q_{h20.1} + q_{WS10.1} = 10.674 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení na oblouk od mostovky umístěné na skruži

$$g_{0k} := A_c \cdot \gamma_c = 171.815 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Celkové spojité zatížení na oblouk

$$q_{stav.o} := q_{STEXO100.1} + q_{skruž} + g_{0k} = 188.763 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Fáze 8 - Betonáž P6

$$h_{skruže} := 2.811 \text{ m}$$

Zjištěno z programu AutoCad 2019

Zatížení od věže STEXO100

$$q_{STEXO100.1} := q_{STEXO100} \cdot h_{skruže} \cdot \dot{s}_{NK} = 16.669 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení na oblouk od pevné skruže

$$q_{skruž} := q_{Xlife.1} + q_{h20.1} + q_{WS10.1} = 10.674 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení na oblouk od mostovky umístěné na skruži

$$g_{0k} := A_c \cdot \gamma_c = 171.815 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Celkové spojité zatížení na oblouk

$$q_{stav.o} := q_{STEXO100.1} + q_{skruž} + g_{0k} = 199.158 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Fáze 9 - Betonáž P7

$$h_{skruže} := 6.931 \text{ m}$$

Zjištěno z programu AutoCad 2019

$$\text{Zatížení od věže STEXO100} \quad q_{STEXO100.1} := q_{STEXO100} \cdot h_{skruže} \cdot \dot{s}_{NK} = 41.101 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Zatížení na oblouk od pevné skruže} \quad q_{skruž} := q_{Xlife.1} + q_{h20.1} + q_{WS10.1} = 10.674 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Zatížení na oblouk od mostovky umístěné na skruži} \quad g_{Ok} := A_c \cdot \gamma_c = 171.815 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Celkové spojitě zatížení na oblouk} \quad q_{stav.o} := q_{STEXO100.1} + q_{skruž} + g_{Ok} = 223.59 \frac{kN}{m}$$

Fáze 10 - Betonáž P8

$$h_{skruže} := 11.781 \text{ m}$$

Zjištěno z programu AutoCad 2019

$$\text{Zatížení od věže STEXO100} \quad q_{STEXO100.1} := q_{STEXO100} \cdot h_{skruže} \cdot \dot{s}_{NK} = 69.861 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Zatížení na oblouk od pevné skruže} \quad q_{skruž} := q_{Xlife.1} + q_{h20.1} + q_{WS10.1} = 10.674 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Zatížení na oblouk od mostovky umístěné na skruži} \quad g_{Ok} := A_c \cdot \gamma_c = 171.815 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Celkové spojitě zatížení na oblouk} \quad q_{stav.o} := q_{STEXO100.1} + q_{skruž} + g_{Ok} = 252.35 \frac{kN}{m}$$

2.2.1.8 Nerovnoměrný pokles podpor

Nerovnoměrný pokles podpor nebyl uvažován z důvodu vetknutí spodní stavby do horniny R1.

3. Kombinace

<u>Kombinační součinitelé:</u>	Charakteristická	Častá	Kvazistálá
Pro TS	$\psi_{0.TS} := 0.75$	$\psi_{1.TS} := 0.75$	$\psi_{2.TS} := 0$
Pro UDL	$\psi_{0.UDL} := 0.4$	$\psi_{1.UDL} := 0.4$	$\psi_{2.UDL} := 0$
Pro LM3	$\psi_{0.gr5} := 0$	$\psi_{1.gr5} = -$	$\psi_{2.gr5} := 0$
Pro brzděné a rozjezdové síly	$\psi_{0.gr2} := 0$	$\psi_{1.gr2} := 0$	$\psi_{2.gr2} := 0$
Teplotní zatížení	$\psi_{0.t} := 0.6$	$\psi_{1.t} := 0.6$	$\psi_{2.t} := 0.5$
Vítr - trvalá návrhová situace	$\psi_{0.w} := 0.6$	$\psi_{1.w} := 0.2$	$\psi_{2.w} := 0$
Vítr - provádění	$\psi_{0.w1} := 0.8$	$\psi_{1.w1} = -$	$\psi_{2.w1} := 0$
Staveništní zatížení	$\psi_{0.c} := 1$	$\psi_{1.c} = -$	$\psi_{2.c} := 1$

3.1 Kombinace pro mezní stav použitelnosti (SLS)

3.1.1 Charakteristická kombinace 6.14

$$\Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

3.1.2 Častá kombinace 6.15

$$\Sigma G_{k,j} + P + \psi_{1,i} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

3.1.3 Kvazistálá kombinace 6.16

$$\Sigma G_{k,j} + P + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

3.2 Kombinace pro mezní stav únosnosti (ULS)

Použity mezní stavy STR a GEO, tzn. kombinace 6.10a a 6.10b.

Bezpečnostní součinitelé

Pro stálé složky	$\gamma_G := 1.35$
Pro předpětí	$\gamma_P := 1$
Pro nahodilé zatížení	$\gamma_Q := 1.35$
Bezpečnostní součinitel pro 6.10b	$\xi_j := 0.85$

3.2.1 Kombinace 6.10a

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_Q \cdot \psi_{0,1} Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

3.2.1 Kombinace 6.10b

$$\Sigma \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_Q \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

4.2 Charakteristiky oslabeného průřezu

Průměr předpínacího kabelu

$$\Phi_p := 95 \text{ mm}$$

Počet kabelů

$$n_{kan} := 12$$

poloměr kabelů

$$r := \frac{\Phi_p}{2} = 0.048 \text{ m}$$

Plocha jednoho kabelu

$$A_{s,1} := \pi \cdot r^2 = 0.007 \text{ m}^2$$

$$a_0 := 138 \text{ mm}$$

Celková plocha kabelů

$$A_s := n_{kan} \cdot \pi \cdot r^2 = 0.085 \text{ m}^2$$

Těžiště průřezu

$$z_{cg} := 384 \text{ mm}$$

Plocha desky

$$A_c = 6.873 \text{ m}^2$$

Moment setrvačnosti desky

$$I_y := 2.5227 \cdot 10^{-1} \text{ m}^4$$

Plocha oslabeného průřezu

$$A_{c,r} := A_c - A_s = 6.788 \text{ m}^2$$

Těžiště oslabeného průřezu

$$z_{d,0} := \frac{A_c \cdot z_{cg} + A_s \cdot a_0}{A_{c,r}} = 0.391 \text{ m}$$

Moment setrvačnosti kabelů

$$I_{s,y} := n_{kan} \cdot \left(\frac{\pi}{64} \cdot \Phi_p^4 + A_{s,1} \cdot (z_{d,0} - a_0)^2 \right) = (5.473 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^4$$

Moment setrvačnosti oslabeného průřezu

$$I_{c,r} := I_y - I_{s,y} = (2.468 \cdot 10^{-1}) \text{ m}^4$$

Výška desky v těžišti

$$h := 681 \text{ mm}$$

Průřezový modul ke spodním vláknům

$$W_{d,cr} := \frac{I_{c,r}}{z_{d,0}} = 0.632 \text{ m}^3$$

Průřezový modul k horním vláknům

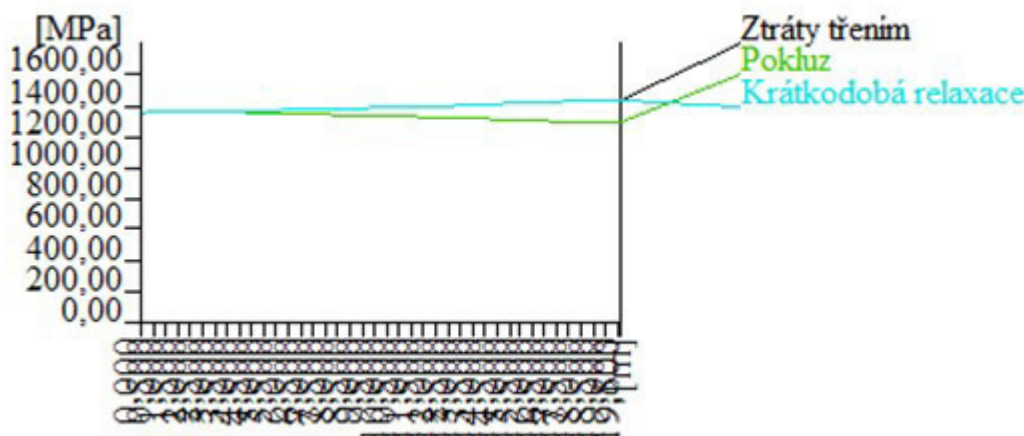
$$W_{h,cr} := \frac{I_{c,r}}{h - z_{d,0}} = 0.85 \text{ m}^3$$

4.3 Ztráty předpětí

4.3.1 Kabely fáze 3

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 3 jsou **KBL (1,3,5,6,8,10)**.

4.3.1.1. Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách
třením, pokluzem a krátkodobou relaxací
Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$\sigma_{psl} := 1291.11 \text{ MPa}$$

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla
Moment od předpětí
Moment od vlastní tíhy

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1278.954 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.08253 \Rightarrow 8,25 \%$$

4.3.1.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly:

Betonáž pole 1	$t_{p1} := 0$	dní
Betonáž pole 2	$t_{p2} := 14$	dní
Betonáž pole 3	$t_{p3} := 31$	dní
Betonáž pole 4	$t_{p4} := 48$	dní
Betonáž pole 5	$t_{p5} := 65$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 82$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 99$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 116$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 166$	dní
Zatížení římsami	$t_{\tilde{r}} := 208$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 215$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 242$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 1

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Betonáž pole 2

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp2} := 1269.44 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp2}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.08935 \Rightarrow 8,94 \%$$

Betonáž pole 3

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp3} := 1242.92 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp3}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.10838 \quad \Rightarrow 10,84 \%$$

Betonáž pole 4

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp4} := 1231.34 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp4}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11669 \quad \Rightarrow 11,67 \%$$

Betonáž pole 5

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp5} := 1237.48 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp5}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11228 \quad \Rightarrow 11,23 \%$$

Betonáž pole 6

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp6} := 1241.91 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp6}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.1091 \quad \Rightarrow 10,91 \%$$

Betonáž pole 7

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp7} := 1239.79 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp7}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11062 \quad \Rightarrow 11,06 \%$$

Betonáž pole 8

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp8} := 1223.97 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp8}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12197 \quad \Rightarrow 12,20 \%$$

Betonáž pole 9_10

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp9_10} := 1212.85 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp9_10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12995 \quad \Rightarrow 13,00 \%$$

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1206.49 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.13451 \quad \Rightarrow 13,45 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1203.39 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.13674 \Rightarrow 13,67 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1197.08 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.14126 \Rightarrow 14,13 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t\infty.3} := 1120.75 \text{ MPa}$$

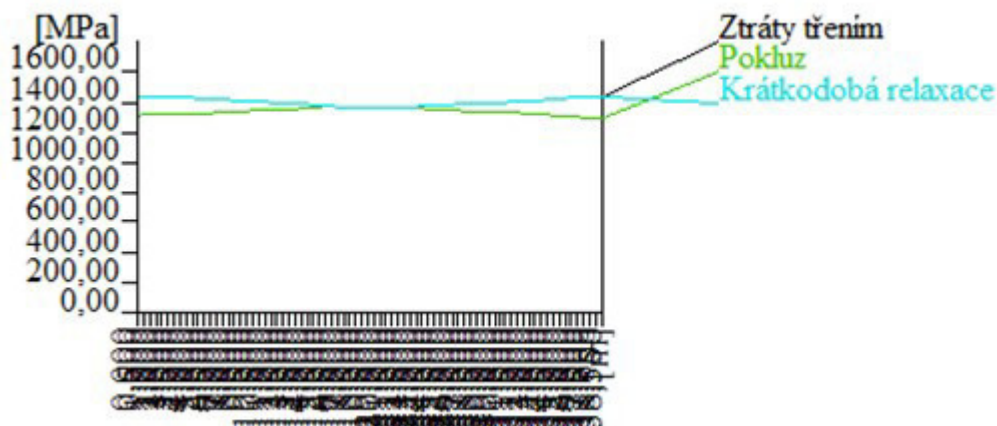
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.3}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.19602 \Rightarrow 19.60 \%$$

4.3 Kabely fáze 4

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 4 jsou **KBL (-,2,4,7,9,11)**.

4.3.2.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách třením, pokluzem a krátkodobou relaxací

$$\sigma_{psl} := 1299.23 \text{ MPa}$$

Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

Moment od předpětí

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment od vlastní tíhy

$$M_{gOk} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1287.074 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.0767 \Rightarrow 7,67 \%$$

4.3.2.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly

Betonáž pole 2	$t_{p2} := 0$	dní
Betonáž pole 3	$t_{p3} := 17$	dní
Betonáž pole 4	$t_{p4} := 34$	dní
Betonáž pole 5	$t_{p5} := 51$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 68$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 85$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 102$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9-10} := 119$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 194$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 201$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 228$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 2

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Betonáž pole 3

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp3} := 1267.93 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp3}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09044 \Rightarrow 9,04 \%$$

Betonáž pole 4

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp4} := 1264.9 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp4}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09261 \Rightarrow 9,26 \%$$

Betonáž pole 5

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp5} := 1251.59 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp5}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.10216 \Rightarrow 10,22 \%$$

Betonáž pole 6

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp6} := 1261.06 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp6}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09537 \Rightarrow 9,54 \%$$

Betonáž pole 7

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp7} := 1260.95 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp7}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09544 \Rightarrow 9,54 \%$$

Betonáž pole 8

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp8} := 1241.87 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp8}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.10913 \Rightarrow 10,91 \%$$

Betonáž pole 9_10

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp9_10} := 1227.92 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp9_10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11914 \Rightarrow 11,91 \%$$

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1221.39 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12382 \Rightarrow 12,38 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1218.33 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12602 \Rightarrow 12,60 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1211.83 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.13068 \Rightarrow 13,07 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t^{\infty}.4} := 1134.26 \text{ MPa}$$

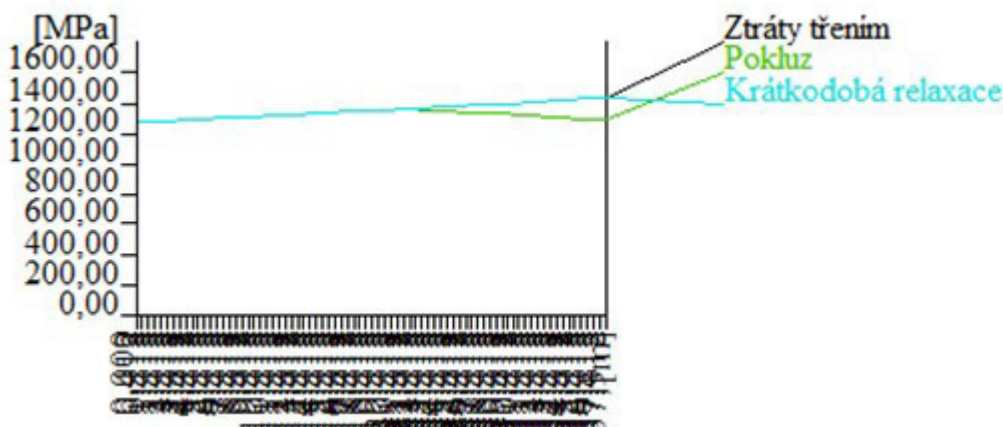
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t^{\infty}.4}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.18633 \quad \Rightarrow 18,63 \%$$

4.3.3 Kabely fáze 5

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 5 jsou **KBL (12,13,14,15,16,17)**.

4.3.3.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách třením, pokluzem a krátkodobou relaxací

$$\sigma_{psl} := 1280.83 \text{ MPa}$$

Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

Moment od předpětí

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment od vlastní tíhy

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1268.674 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.0899 \quad \Rightarrow 7,67 \%$$

4.3.3.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly

Betonáž pole 3	$t_{p3} := 0$	dní
Betonáž pole 4	$t_{p4} := 17$	dní
Betonáž pole 5	$t_{p5} := 34$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 51$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 68$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 85$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 102$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 177$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 184$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 211$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 3

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Betonáž pole 4

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp4} := 1259.56 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp4}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09644 \quad \Rightarrow 9,64 \%$$

Betonáž pole 5

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp5} := 1261.06 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp5}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09537 \quad \Rightarrow 9,54 \%$$

Betonáž pole 6

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp6} := 1270.32 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp6}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.08872 \quad \Rightarrow 8.87 \%$$

Betonáž pole 7

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp7} := 1267.53 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp7}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09072 \quad \Rightarrow 9,07 \%$$

Betonáž pole 8

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp8} := 1248.28 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp8}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.10453 \quad \Rightarrow 10,45 \%$$

Betonáž pole 9_10

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp9_10} := 1234.38 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp9_10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11451 \Rightarrow 11,45 \%$$

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1227.07 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11975 \Rightarrow 11.98 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1223.64 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12221 \Rightarrow 12,22 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1216.73 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12717 \Rightarrow 12.72 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t\infty.5} := 1137.13 \text{ MPa}$$

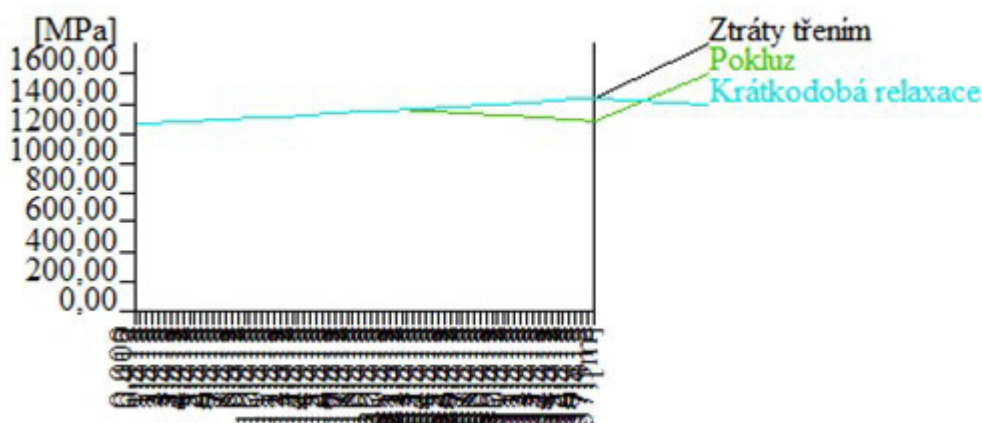
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.5}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.18427 \Rightarrow 18,43 \%$$

4.3.4 Kabely fáze 6

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 6 jsou **KBL (18,19,20,21,22,23)**.

4.3.4.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách
třením, pokluzem a krátkodobou relaxací
Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$\sigma_{psl} := 1268.74 \text{ MPa}$$

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla
Moment od předpětí
Moment od vlastní tíhy

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1256.584 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09858 \Rightarrow 7,67 \%$$

4.3.4.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly:

Betónáž pole 4	$t_{p4} := 0$	dní
Betónáž pole 5	$t_{p5} := 17$	dní
Betónáž pole 6	$t_{p6} := 34$	dní
Betónáž pole 7	$t_{p7} := 51$	dní
Betónáž pole 8	$t_{p8} := 68$	dní
Betónáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 85$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 160$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 167$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 194$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betónáž pole 4

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Betónáž pole 5

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp5} := 1250.46 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp5}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.10297 \Rightarrow 10,30 \%$$

Betonáž pole 6

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp6} := 1258.02 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp6}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09755 \quad \Rightarrow 9,76 \%$$

Betonáž pole 7

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp7} := 1257.42 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp7}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09798 \quad \Rightarrow 9,80 \%$$

Betonáž pole 8

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp8} := 1237.92 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp8}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11197 \quad \Rightarrow 11,20 \%$$

Betonáž pole 9_10

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp9_10} := 1223.59 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp9_10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12225 \quad \Rightarrow 12,23 \%$$

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1216.61 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12725 \quad \Rightarrow 12,73 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1213.28 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12964 \quad \Rightarrow 12,96 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1206.29 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.13466 \quad \Rightarrow 13,47 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t\infty.6} := 1127.31 \text{ MPa}$$

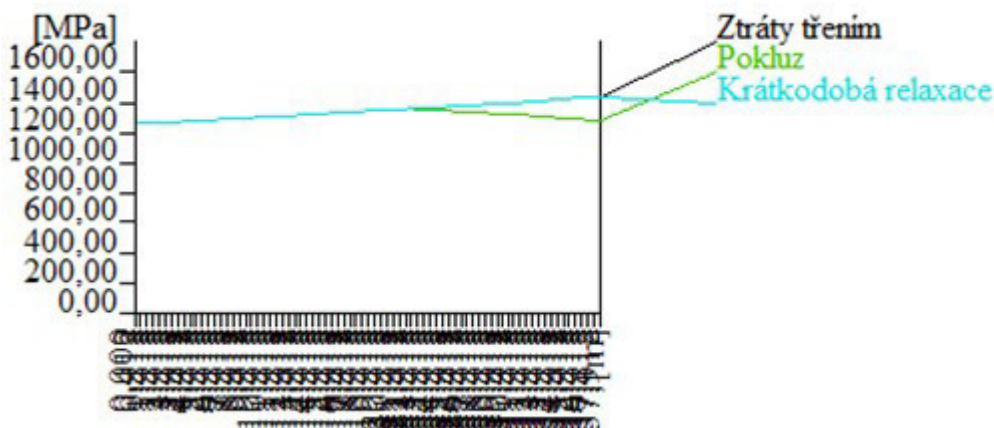
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.6}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.19131 \quad \Rightarrow 19,13 \%$$

4.3.5 Kabely fáze 7

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 7 jsou **KBL (24,25,26,27,28,29)**.

4.3.5.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách třením, pokluzem a krátkodobou relaxací

$$\sigma_{psl} := 1261.60 \text{ MPa}$$

Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

Moment od předpětí

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment od vlastní tíhy

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1249.444 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.1037 \Rightarrow 10.37 \%$$

4.3.5.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly:

Betonáž pole 5	$t_{p5} := 0$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 17$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 34$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 51$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 68$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 143$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 150$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 177$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 5

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Betonáž pole 6

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp6} := 1226.50 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp6}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12016 \quad \Rightarrow 12,02 \%$$

Betonáž pole 7

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp7} := 1226.12 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp7}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12043 \quad \Rightarrow 12,04 \%$$

Betonáž pole 8

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp8} := 1214.58 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp8}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12871 \quad \Rightarrow 12,87 \%$$

Betonáž pole 9_10

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp9_10} := 1205.19 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp9_10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.13544 \quad \Rightarrow 13,54 \%$$

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1196.99 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.14133 \quad \Rightarrow 14,13 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1195.90 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.14211 \quad \Rightarrow 14,21 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1186.80 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.14864 \quad \Rightarrow 14,86 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t\infty.7} := 1103.74 \text{ MPa}$$

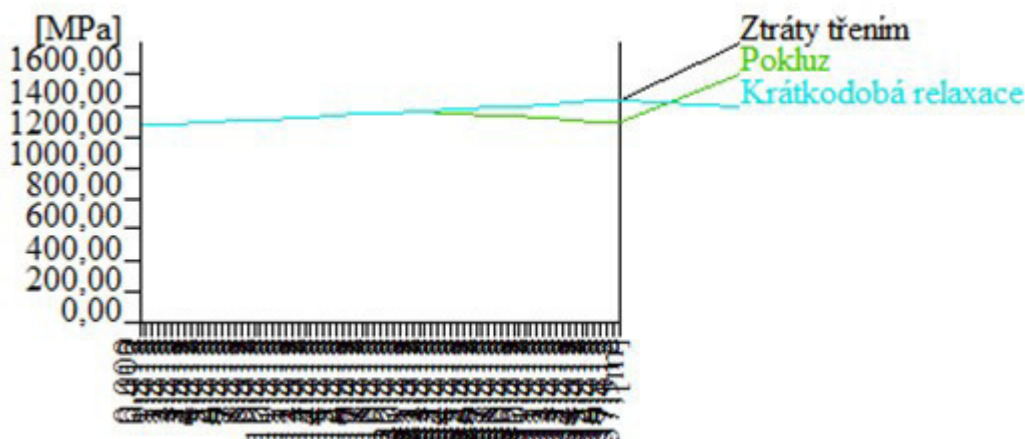
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.7}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.20822 \quad \Rightarrow 20,82 \%$$

4.3.6 Kabely fáze 8

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 8 jsou **KBL (30,31,32,33,34,35)**.

4.3.6.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách třením, pokluzem a krátkodobou relaxací

$$\sigma_{psl} := 1276.96 \text{ MPa}$$

Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

Moment od předpětí

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment od vlastní tíhy

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1264.804 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09268 \Rightarrow 9,27 \%$$

4.3.6.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly

Betonáž pole 6	$t_{p6} := 0$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 17$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 34$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 51$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 126$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 133$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 160$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 6

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Betonáž pole 7

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp7} := 1214.64 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp7}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12867 \Rightarrow 12,87 \%$$

Betonáž pole 8

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp8} := 1222.63 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp8}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12293 \Rightarrow 12,29 \%$$

Betonáž pole 9_10

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp9_10} := 1218.99 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp9_10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12555 \Rightarrow 12,56 \%$$

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1209.92 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.13205 \Rightarrow 13,21 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1205.28 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.13538 \Rightarrow 13,54 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1196.48 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.14169 \Rightarrow 14,17 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t\infty.8} := 1110.26 \text{ MPa}$$

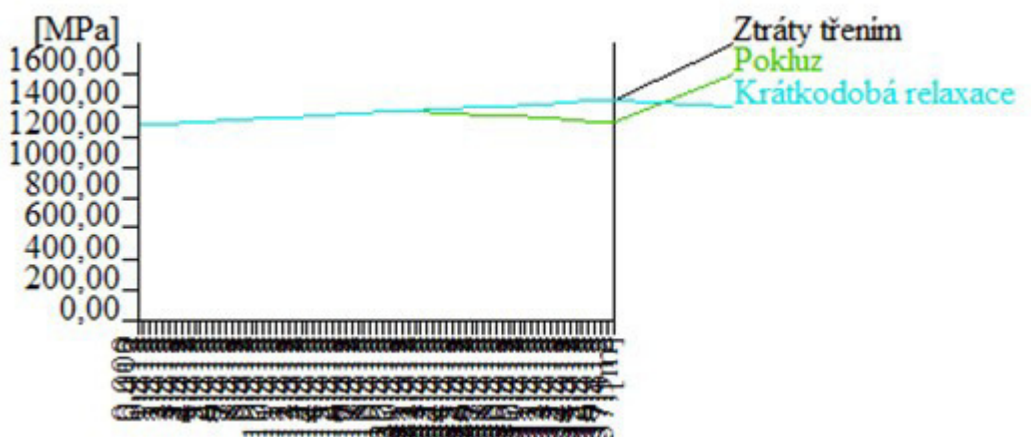
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.8}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.20354 \Rightarrow 20,35 \%$$

4.3.7 Kabely fáze 9

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 9 jsou **KBL (36,37,38,39,40,41)**.

4.3.7.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách třením, pokluzem a krátkodobou relaxací

$$\sigma_{psl} := 1277.61 \text{ MPa}$$

Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla
 Moment od předpětí
 Moment od vlastní tíhy

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1265.454 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09221 \Rightarrow 9,22 \%$$

4.3.7.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly

Betonáž pole 7	$t_{p7} := 0$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 17$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 34$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 109$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 116$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 143$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 7

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Betonáž pole 8

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp8} := 1253.77 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp8}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.1006 \Rightarrow 10,06 \%$$

Betonáž pole 9_10

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp9_10} := 1239.10 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp9_10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11112 \Rightarrow 11,11 \%$$

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1230.25 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11747 \Rightarrow 11.75 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1225.49 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12088 \Rightarrow 12.09 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1215.96 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12772 \Rightarrow 12.77 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t\infty.9} := 1127.77 \text{ MPa}$$

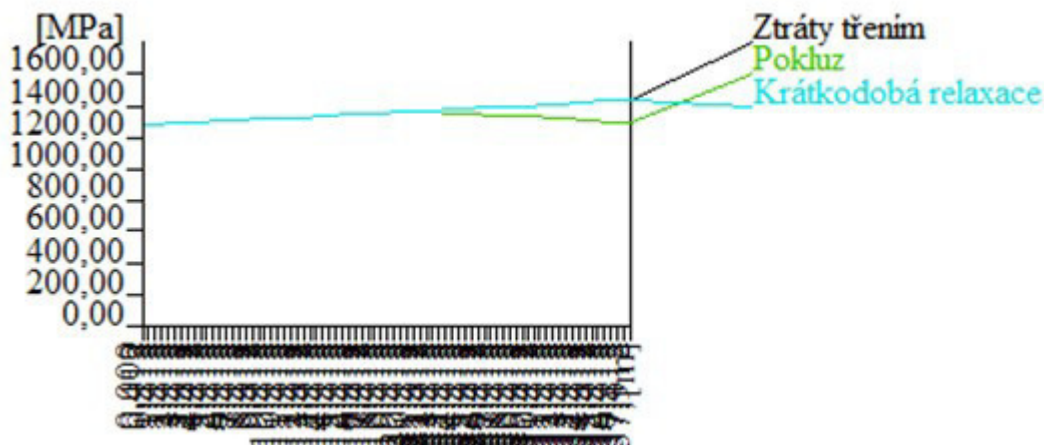
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.9}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.19098 \Rightarrow 19.10 \%$$

4.3.8 Kabely fáze 10

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 10 jsou **KBL (42,43,44,45,46,47)**.

4.3.8.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách třením, pokluzem a krátkodobou relaxací

$$\sigma_{psl} := 1285.13 \text{ MPa}$$

Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla
 Moment od předpětí
 Moment od vlastní tíhy

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1272.974 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.08682 \Rightarrow 9,22 \%$$

4.3.8.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly

Betonáž pole 8	$t_{p8} := 0$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 17$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 92$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 99$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 126$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 8

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Betonáž pole 9_10

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tp9_10} := 1263.39 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tp9_10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09369 \Rightarrow 9,37 \%$$

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1247.09 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.10539 \Rightarrow 10,54 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1234.51 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11441 \quad \Rightarrow 11,44 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1219.94 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12486 \quad \Rightarrow 12,49 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t\infty.10} := 1127.29 \text{ MPa}$$

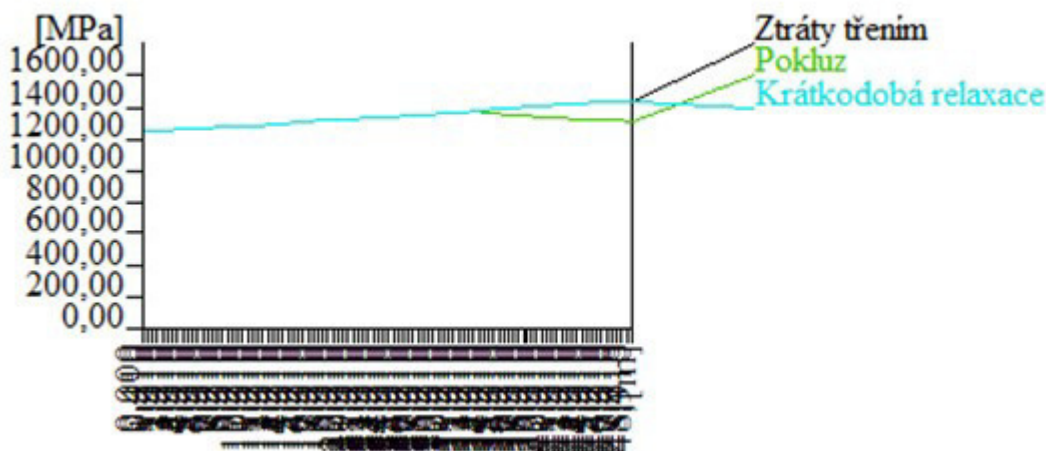
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.10}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.19133 \quad \Rightarrow 19,13 \%$$

4.3.9 Kabely fáze 11.1

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 11.1 jsou **KBL (48,49,50,51,52,53)**.

4.3.9.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách třením, pokluzem a krátkodobou relaxací

$$\sigma_{psl} := 1250.72 \text{ MPa}$$

Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

Moment od předpětí

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment od vlastní tíhy

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1238.564 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.1115 \quad \Rightarrow 11,15 \%$$

4.3.9.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly

Betonáž pole 9 a 10

$$t_{p9_10} := 0 \quad \text{dní}$$

Zatížení římsami

$$t_r := 75 \quad \text{dní}$$

Zatížení svrškem mostu

$$t_g := 82 \quad \text{dní}$$

Zatížení dopravou

$$t_q := 109 \quad \text{dní}$$

Koncový okamžik relaxace

$$t_r := 20805 \quad \text{dní}$$

Konec životnosti

$$t_{\infty} := 36500 \quad \text{dní}$$

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 9_10

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tr} := 1227.89 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.11916 \quad \Rightarrow 11,92 \%$$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tg} := 1219.97 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.12484 \quad \Rightarrow 12,48 \%$$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.tq} := 1207.20 \text{ MPa}$$

Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.134 \quad \Rightarrow 13,40 \%$$

Životnost

Celkové napětí ve fázi

$$\sigma_{Pm.t\infty.11.1} := 1114.08 \text{ MPa}$$

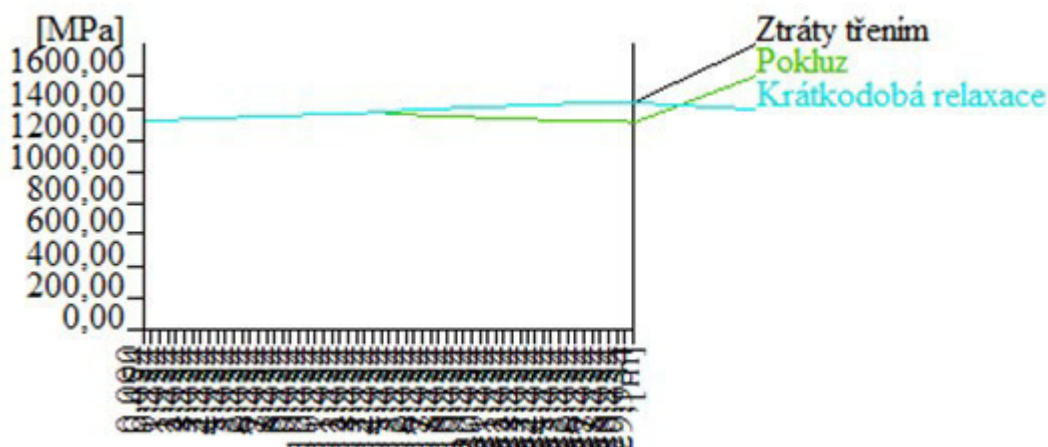
Procentuální ztráty ve fázi

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.11.1}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.2008 \quad \Rightarrow 20,08 \%$$

4.3.10 Kabely fáze 11.2

Ztráty předpětí byly zjištěny programem Scia Engineer, pomocí jeho modulu TDA. Dlouhodobé ztráty byly zjištěny pro každý čas životnosti konstrukce včetně doby výstavby. Tyto hodnoty byly zohledněny ve výpočtu pomocí zjištění procentuálních ztrát v daném čase. Kabely fáze 11.2 jsou **KBL (54,55,56,57,58,59)**.

4.3.10.1 Okamžité ztráty předpětí



Napětí v předpínací výztuži po ztrátách třením, pokluzem a krátkodobou relaxací

$$\sigma_{psl} := 1317.09 \text{ MPa}$$

Vzdálenost kabelů od těžiště průřezu

$$e_{pr} := 185 \text{ mm}$$

Normálová síla

$$N_{msl} := -22579.09 \text{ kN}$$

Moment od předpětí

$$M_{p.msl} := -2947.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Moment od vlastní tíhy

$$M_{g0k} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Změna napětí v betonu

$$\Delta\sigma_{c.t0} := \frac{N_{msl}}{A_{c.r}} + \frac{M_{p.msl} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} + \frac{M_{g0k} \cdot e_{pr}}{I_{c.r}} = -5.536 \text{ MPa}$$

Počet kabelů předpínací výztuže

$$n_{kan} := 6$$

$$j := \frac{n_{kan} - 1}{2 \cdot n_{kan}} = 0.417$$

Změna napětí od postupného napínání

$$\Delta\sigma_{pel.t0} := E_p \cdot \frac{j \cdot \Delta\sigma_{c.t0}}{E_{cm}} = -12.156 \text{ MPa}$$

Celkové krátkodobé ztráty předpětí

$$\sigma_{P.m0} := \sigma_{psl} + \Delta\sigma_{pel.t0} = 1304.934 \text{ MPa}$$

Procentuální krátkodobé ztráty

$$\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{P.m0}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.06389 \quad \Rightarrow 6,39 \%$$

4.3.10.2 Dlouhodobé ztráty předpětí

Posouzení pro časové intervaly

Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 0$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 75$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 82$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 109$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Dlouhodobé ztráty předpětí byly převzaty z programu Scia Engineer po výpočtu TDA.

Betonáž pole 9_10

Ztráty v tomto čase jsou jen krátkodobé.

Zatížení římsami

Celkové napětí ve fázi $\sigma_{Pm.tr} := 1283.07 \text{ MPa}$

Procentuální ztráty ve fázi $\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tr}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.07958 \Rightarrow 7,96 \%$

Zatížení vozovkou

Celkové napětí ve fázi $\sigma_{Pm.tg} := 1272.45 \text{ MPa}$

Procentuální ztráty ve fázi $\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tg}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.0872 \Rightarrow 8,72 \%$

Uvedení do provozu

Celkové napětí ve fázi $\sigma_{Pm.tq} := 1257.15 \text{ MPa}$

Procentuální ztráty ve fázi $\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.tq}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.09817 \Rightarrow 9,82 \%$

Životnost

Celkové napětí ve fázi $\sigma_{Pm.t\infty.11.2} := 1154.33 \text{ MPa}$

Procentuální ztráty ve fázi $\left(\frac{\sigma_{pm0.max} - \sigma_{Pm.t\infty.11.2}}{\sigma_{pm0.max}} \right) = 0.17193 \Rightarrow 17,20 \%$

Napětí v předpínací výztuži po ztrátách předpětí v čase t_∞ pro výpočet MSÚ

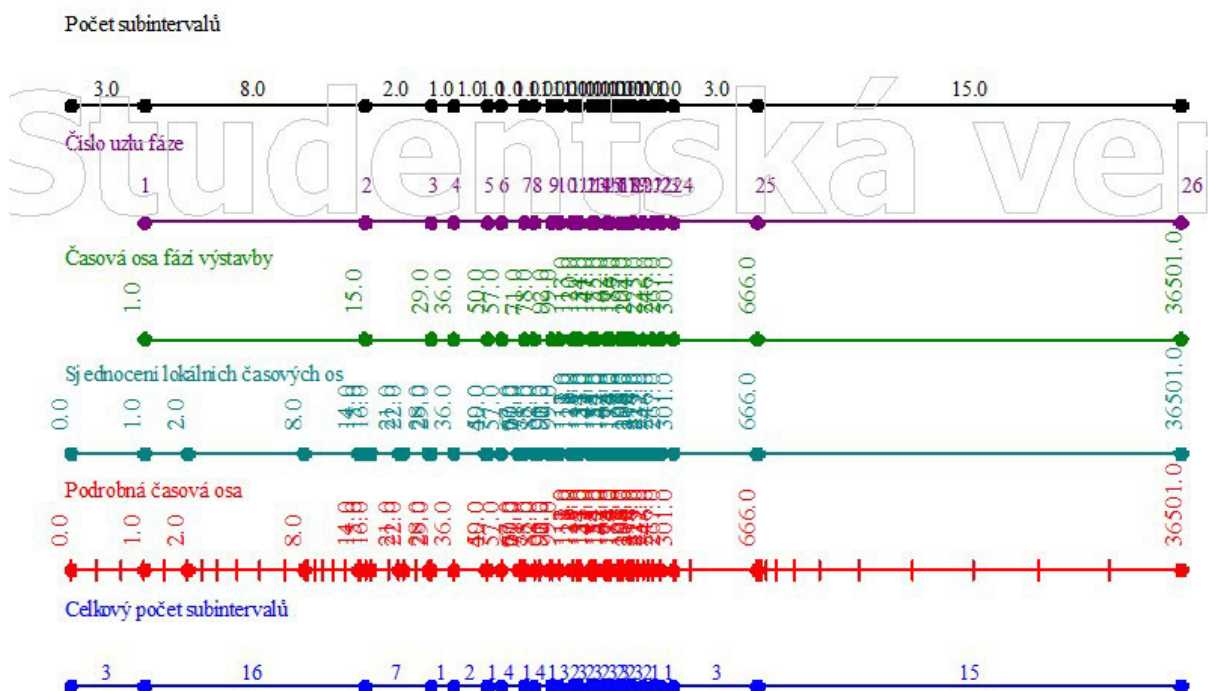
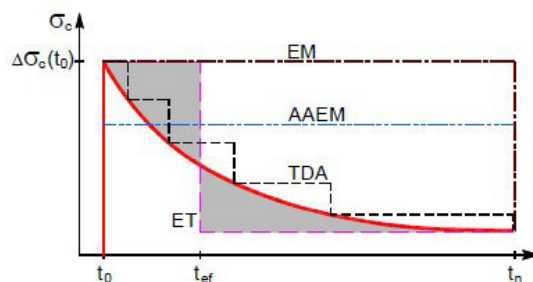
$$\sigma_{Pm.t\infty} := \min(\sigma_{Pm.t\infty.3}, \sigma_{Pm.t\infty.4}, \sigma_{Pm.t\infty.5}, \sigma_{Pm.t\infty.6}, \sigma_{Pm.t\infty.7}, \sigma_{Pm.t\infty.8}, \sigma_{Pm.t\infty.9}, \sigma_{Pm.t\infty.10}, \sigma_{Pm.t\infty.11.1}, \sigma_{Pm.t\infty.11.2})$$

$$\sigma_{Pm.t\infty} = 1103.74 \text{ MPa}$$

5. Účinky reologických jevů na konstrukci ve fázích výstavby

Reologické jevy byly zohledněny pomocí výpočtu efektivního modulu závislého na čase.

Jméno	Pořadí fáze	Popis	Čas fáze [den]
ST1	1	BETONÁŽ_OBLOUK	0,00
ST2	2	BETONÁŽ_PODPĚR	14,00
ST3	3	BETONÁŽ_P1	28,00
ST4	4	PŘEDPĚTÍ_P1	35,00
ST5	5	BETONÁŽ_P2	49,00
ST6	6	PŘEDPĚTÍ_P2	56,00
ST7	7	BETONÁŽ_P3	70,00
ST8	8	PŘEDPĚTÍ_P3	77,00
ST9	9	BETONÁŽ_P4	91,00
ST10	10	PŘEDPĚTÍ_P4	98,00
ST11	11	BETONÁŽ_P5	112,00
ST12	12	PŘEDPĚTÍ_P5	119,00
ST13	13	BETONÁŽ_P6	133,00
ST14	14	PŘEDPĚTÍ_P6	140,00
ST15	15	BETONÁŽ_P7	154,00
ST16	16	PŘEDPĚTÍ_P7	161,00
ST17	17	BETONÁŽ_P8	175,00
ST18	18	PŘEDPĚTÍ_P8	182,00
ST19	19	BETONÁŽ_P9_10	196,00
ST20	20	PŘEDPĚTÍ_P9_10	203,00
ST21	21	ŘÍMSY	224,00
ST22	22	VOZOVKA	245,00
ST23	23	ZAŘÍZOVACÍ_PŘEDMĚTY	266,00
ST24	24	UVEDENÍ DO PROVOZU	300,00
ST25	25	1 ROK	665,00
ST26	26	ŽIVOTNOST	36500,00



5.1 Výpočet smrštění oblouku v čase fáze 11

Výpočet pro dané časy

Betonáž oblouku	$t_0 := 14$	dní
Čas odskružení oblouku	$t_{od} := 215$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bez rozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

$$\epsilon_{cd,0} := -0.85 \cdot \left((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{10 \cdot \text{MPa}}} \right) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = -0.0002848$$

$$\beta_{ds,t0_tod} := \frac{t_0 - t_{od}}{(t_0 - t_{od}) + 0.04 \cdot \sqrt{h_o^3}} = -0.25 \quad \epsilon_{ca,t0_tod} := \beta_{ds,t0_tod} \cdot k_h \cdot \epsilon_{cd,0} = 4.994 \cdot 10^{-5}$$

Přetvoření od autogenního smršťování

$$f'_{ck} := \frac{f_{ck}}{\text{MPa}} = 50$$

$$\epsilon_{ca,\infty} := -2.5 \cdot (f'_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = -1 \cdot 10^{-4}$$

$$\beta_{as,t0} := 1 - e^{-0.2 \cdot t_0^{0.5}} = 0.527$$

$$\beta_{as,tod} := 1 - e^{-0.2 \cdot t_{od}^{0.5}} = 0.947$$

$$\beta_{as,t0_tpod} := \beta_{as,tod} - \beta_{as,t0} = 0.42$$

$$\epsilon_{cd,t0_tod} := \beta_{as,tod} \cdot \epsilon_{ca,\infty} = -9.467 \cdot 10^{-5}$$

$$\sigma_{s,t0_tod} := (\epsilon_{ca,t0_tod} + \epsilon_{cd,t0_tod}) \cdot E_{cm} = -1.655 \text{ MPa} \quad |\sigma_{s,t0_tod}| \leq f_{ctm} = 1$$

$$\text{Tahová síla v oblouku v průběhu stavby} \quad F := |\sigma_{s,t0_tod}| \cdot A_o = 9931.614 \text{ kN}$$

Na tuto tahovou sílu musí být oblouk navržen.

Vliv smršťování na konstrukci vyvolává tahové napětí, které má být menší jak f_{ctm} tak, aby v průběhu stavby nedošlo ke vzniku trhlin. Trhliny od účinku smrštění ve fázích 1 - 11 **nevznikají**.

5.2 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro oblouk

Výpočet pro dané časy

Betonáž oblouku	$t_0 := 14$	dní
Betonáž podpěr	$t_{p0} := 28$	dní
Betonáž pole 1	$t_{p1} := 42$	dní
Betonáž pole 2	$t_{p2} := 63$	dní
Betonáž pole 3	$t_{p3} := 84$	dní
Betonáž pole 4	$t_{p4} := 105$	dní
Betonáž pole 5	$t_{p5} := 126$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 147$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 168$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_o + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436 \quad \beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.557$$

$$\varphi_{0.t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.864$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c.t0_tp0} := \left(\frac{t_{p0} - t_0}{\beta_H + t_{p0} - t_0} \right)^{0.3} = 0.244$$

$$\beta_{c.t0_tp2} := \left(\frac{t_{p2} - t_0}{\beta_H + t_{p2} - t_0} \right)^{0.3} = 0.352$$

$$\beta_{c.t0_tp4} := \left(\frac{t_{p4} - t_0}{\beta_H + t_{p4} - t_0} \right)^{0.3} = 0.421$$

$$\beta_{c.t0_tp6} := \left(\frac{t_{p6} - t_0}{\beta_H + t_{p6} - t_0} \right)^{0.3} = 0.468$$

$$\beta_{c.t0_tp8} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.505$$

$$\beta_{c.t0_tq} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.581$$

$$\beta_{c.t0_tp1} := \left(\frac{t_{p1} - t_0}{\beta_H + t_{p1} - t_0} \right)^{0.3} = 0.299$$

$$\beta_{c.t0_tp3} := \left(\frac{t_{p3} - t_0}{\beta_H + t_{p3} - t_0} \right)^{0.3} = 0.391$$

$$\beta_{c.t0_tp5} := \left(\frac{t_{p5} - t_0}{\beta_H + t_{p5} - t_0} \right)^{0.3} = 0.446$$

$$\beta_{c.t0_tp7} := \left(\frac{t_{p7} - t_0}{\beta_H + t_{p7} - t_0} \right)^{0.3} = 0.487$$

$$\beta_{c.t0_tp9_10} := \left(\frac{t_{p9_10} - t_0}{\beta_H + t_{p9_10} - t_0} \right)^{0.3} = 0.52$$

$$\beta_{c.t0_t\infty} := \left(\frac{t_\infty - t_0}{\beta_H + t_\infty - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0_tp0} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp0} = 0.211$$

$$\varphi_{t0_tp2} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp2} = 0.305$$

$$\varphi_{t0_tp4} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp4} = 0.364$$

$$\varphi_{t0_tp6} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp6} = 0.405$$

$$\varphi_{t0_tp8} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp8} = 0.436$$

$$\varphi_{t0_tq} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tq} = 0.502$$

$$\varphi_{t0_tp1} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp1} = 0.259$$

$$\varphi_{t0_tp3} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp3} = 0.338$$

$$\varphi_{t0_tp5} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp5} = 0.386$$

$$\varphi_{t0_tp7} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp7} = 0.421$$

$$\varphi_{t0_tp9_10} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp9_10} = 0.45$$

$$\varphi_{t0_t\infty} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_t\infty} = 0.854$$

Efektivní modul pružnosti závislé na čase

$$E_{c.ef.tp0} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp0}} = 31.665 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp2} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp2}} = 29.749 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp4} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp4}} = 28.656 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp6} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp6}} = 27.95 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp8}} = 27.428 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tq}} = 26.398 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp1} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp1}} = 30.657 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp3} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp3}} = 29.13 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp5} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp5}} = 28.273 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp7} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp7}} = 27.672 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp9_10} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp9_10}} = 27.212 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_t\infty}} = 21.984 \text{ GPa}$$

5.3 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro podpěry

Výpočet pro dané časy

Betonáž podpěr	$t_0 := 28$	dní
Betonáž pole 1	$t_{p1} := 42$	dní
Betonáž pole 2	$t_{p2} := 63$	dní
Betonáž pole 3	$t_{p3} := 84$	dní
Betonáž pole 4	$t_{p4} := 105$	dní
Betonáž pole 5	$t_{p5} := 126$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 147$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 168$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_o + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436$$

$$\beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.488$$

$$\varphi_{0.t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.758$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c.t0_{tp1}} := \left(\frac{t_{p1} - t_0}{\beta_H + t_{p1} - t_0} \right)^{0.3} = 0.244$$

$$\beta_{c.t0_{tp2}} := \left(\frac{t_{p2} - t_0}{\beta_H + t_{p2} - t_0} \right)^{0.3} = 0.319$$

$$\beta_{c.t0_{tp3}} := \left(\frac{t_{p3} - t_0}{\beta_H + t_{p3} - t_0} \right)^{0.3} = 0.366$$

$$\beta_{c.t0_{tp4}} := \left(\frac{t_{p4} - t_0}{\beta_H + t_{p4} - t_0} \right)^{0.3} = 0.402$$

$$\beta_{c.t0_{tp5}} := \left(\frac{t_{p5} - t_0}{\beta_H + t_{p5} - t_0} \right)^{0.3} = 0.43$$

$$\beta_{c.t0_{tp6}} := \left(\frac{t_{p6} - t_0}{\beta_H + t_{p6} - t_0} \right)^{0.3} = 0.454$$

$$\beta_{c.t0_{tp7}} := \left(\frac{t_{p7} - t_0}{\beta_H + t_{p7} - t_0} \right)^{0.3} = 0.475$$

$$\beta_{c.t0_{tp8}} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.493$$

$$\beta_{c.t0_{tp9_{10}}} := \left(\frac{t_{p9_{10}} - t_0}{\beta_H + t_{p9_{10}} - t_0} \right)^{0.3} = 0.51$$

$$\beta_{c.t0_{tq}} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.574$$

$$\beta_{c.t0_{t\infty}} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0_{tp1}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp1}} = 0.185$$

$$\varphi_{t0_{tp2}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp2}} = 0.242$$

$$\varphi_{t0_{tp3}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp3}} = 0.278$$

$$\varphi_{t0_{tp4}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp4}} = 0.304$$

$$\varphi_{t0_{tp5}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp5}} = 0.326$$

$$\varphi_{t0_{tp6}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp6}} = 0.344$$

$$\varphi_{t0_{tp7}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp7}} = 0.36$$

$$\varphi_{t0_{tp8}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp8}} = 0.374$$

$$\varphi_{t0_{tp9_{10}}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp9_{10}}} = 0.387$$

$$\varphi_{t0_{tq}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tq}} = 0.435$$

$$\varphi_{t0_{t\infty}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{t\infty}} = 0.749$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c.ef.tp1} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp1}}} = 32.237 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp2} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp2}}} = 30.996 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp3} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp3}}} = 30.274 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp4} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp4}}} = 29.755 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp5} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp5}}} = 29.348 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp6} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp6}}} = 29.013 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp7} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp7}}} = 28.727 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp8}}} = 28.48 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp9_{10}} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp9_{10}}}} = 28.261 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tq}}} = 27.449 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{t\infty}}} = 23.141 \text{ GPa}$$

5.4 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 1

Výpočet pro dané časy

Betonáž pole 1	$t_0 := 42$	dní
Betonáž pole 2	$t_{p2} := 63$	dní
Betonáž pole 3	$t_{p3} := 84$	dní
Betonáž pole 4	$t_{p4} := 105$	dní
Betonáž pole 5	$t_{p5} := 126$	dníxxx
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 147$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 168$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_0 = 6 \text{ m}^2 \quad u_0 = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_0 := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_0}{u_0} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_0 := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_0 \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436 \quad \beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.452$$

$$\varphi_{0.t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.702$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c.t0_{tp3}} := \left(\frac{t_{p3} - t_0}{\beta_H + t_{p3} - t_0} \right)^{0.3} = 0.337$$

$$\beta_{c.t0_{tp5}} := \left(\frac{t_{p5} - t_0}{\beta_H + t_{p5} - t_0} \right)^{0.3} = 0.412$$

$$\beta_{c.t0_{tp7}} := \left(\frac{t_{p7} - t_0}{\beta_H + t_{p7} - t_0} \right)^{0.3} = 0.461$$

$$\beta_{c.t0_{tp9_{10}}} := \left(\frac{t_{p9_{10}} - t_0}{\beta_H + t_{p9_{10}} - t_0} \right)^{0.3} = 0.499$$

$$\beta_{c.t0_{t\infty}} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

$$\beta_{c.t0_{tp2}} := \left(\frac{t_{p2} - t_0}{\beta_H + t_{p2} - t_0} \right)^{0.3} = 0.275$$

$$\beta_{c.t0_{tp4}} := \left(\frac{t_{p4} - t_0}{\beta_H + t_{p4} - t_0} \right)^{0.3} = 0.379$$

$$\beta_{c.t0_{tp6}} := \left(\frac{t_{p6} - t_0}{\beta_H + t_{p6} - t_0} \right)^{0.3} = 0.438$$

$$\beta_{c.t0_{tp8}} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.481$$

$$\beta_{c.t0_{tq}} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.567$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0_{tp3}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp3}} = 0.236$$

$$\varphi_{t0_{tp5}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp5}} = 0.289$$

$$\varphi_{t0_{tp7}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp7}} = 0.324$$

$$\varphi_{t0_{tp9_{10}}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp9_{10}}} = 0.35$$

$$\varphi_{t0_{t\infty}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{t\infty}} = 0.693$$

$$\varphi_{t0_{tp2}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp2}} = 0.193$$

$$\varphi_{t0_{tp4}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp4}} = 0.266$$

$$\varphi_{t0_{tp6}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp6}} = 0.308$$

$$\varphi_{t0_{tp8}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp8}} = 0.338$$

$$\varphi_{t0_{tq}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tq}} = 0.398$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c.ef.tp2} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp2}}} = 32.056 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp4} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp4}}} = 30.509 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp6} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp6}}} = 29.694 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp8}}} = 29.131 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tq}}} = 28.073 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp3} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp3}}} = 31.115 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp5} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp5}}} = 30.056 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp7} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp7}}} = 29.391 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp9_{10}} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp9_{10}}}} = 28.903 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{t\infty}}} = 23.804 \text{ GPa}$$

5.5 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 2

Výpočet pro dané časy

Betonáž pole 2	$t_0 := 63$	dní
Betonáž pole 3	$t_{p3} := 84$	dní
Betonáž pole 4	$t_{p4} := 105$	dní
Betonáž pole 5	$t_{p5} := 126$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 147$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 168$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_o + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436 \quad \beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.418$$

$$\varphi_{0,t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.649$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c.t0_{tp3}} := \left(\frac{t_{p3} - t_0}{\beta_H + t_{p3} - t_0} \right)^{0.3} = 0.275$$

$$\beta_{c.t0_{tp4}} := \left(\frac{t_{p4} - t_0}{\beta_H + t_{p4} - t_0} \right)^{0.3} = 0.337$$

$$\beta_{c.t0_{tp5}} := \left(\frac{t_{p5} - t_0}{\beta_H + t_{p5} - t_0} \right)^{0.3} = 0.379$$

$$\beta_{c.t0_{tp6}} := \left(\frac{t_{p6} - t_0}{\beta_H + t_{p6} - t_0} \right)^{0.3} = 0.412$$

$$\beta_{c.t0_{tp7}} := \left(\frac{t_{p7} - t_0}{\beta_H + t_{p7} - t_0} \right)^{0.3} = 0.438$$

$$\beta_{c.t0_{tp8}} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.461$$

$$\beta_{c.t0_{tp9_{10}}} := \left(\frac{t_{p9_{10}} - t_0}{\beta_H + t_{p9_{10}} - t_0} \right)^{0.3} = 0.481$$

$$\beta_{c.t0_{tq}} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.555$$

$$\beta_{c.t0_{t\infty}} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0_{tp3}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp3}} = 0.178$$

$$\varphi_{t0_{tp4}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp4}} = 0.219$$

$$\varphi_{t0_{tp5}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp5}} = 0.246$$

$$\varphi_{t0_{tp6}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp6}} = 0.267$$

$$\varphi_{t0_{tp7}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp7}} = 0.285$$

$$\varphi_{t0_{tp8}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp8}} = 0.299$$

$$\varphi_{t0_{tp9_{10}}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp9_{10}}} = 0.312$$

$$\varphi_{t0_{tq}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tq}} = 0.36$$

$$\varphi_{t0_{t\infty}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{t\infty}} = 0.641$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c.ef.tp3} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp3}}} = 32.379 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp4} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp4}}} = 31.489 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp5} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp5}}} = 30.914 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp6} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp6}}} = 30.483 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp7} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp7}}} = 30.138 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp8}}} = 29.849 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp9_{10}} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp9_{10}}}} = 29.6 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tq}}} = 28.721 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{t\infty}}} = 24.455 \text{ GPa}$$

5.6 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 3

Výpočet pro dané časy

Betonáž pole 3	$t_0 := 84$	dní
Betonáž pole 4	$t_{p4} := 105$	dní
Betonáž pole 5	$t_{p5} := 126$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 147$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 168$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_o + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436 \quad \beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.396$$

$$\varphi_{0.t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.614$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c.t0_{tp4}} := \left(\frac{t_{p4} - t_0}{\beta_H + t_{p4} - t_0} \right)^{0.3} = 0.275$$

$$\beta_{c.t0_{tp6}} := \left(\frac{t_{p6} - t_0}{\beta_H + t_{p6} - t_0} \right)^{0.3} = 0.379$$

$$\beta_{c.t0_{tp8}} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.438$$

$$\beta_{c.t0_{tq}} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.543$$

$$\beta_{c.t0_{tp5}} := \left(\frac{t_{p5} - t_0}{\beta_H + t_{p5} - t_0} \right)^{0.3} = 0.337$$

$$\beta_{c.t0_{tp7}} := \left(\frac{t_{p7} - t_0}{\beta_H + t_{p7} - t_0} \right)^{0.3} = 0.412$$

$$\beta_{c.t0_{tp9_{10}}} := \left(\frac{t_{p9_{10}} - t_0}{\beta_H + t_{p9_{10}} - t_0} \right)^{0.3} = 0.461$$

$$\beta_{c.t0_{t\infty}} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0_{tp4}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp4}} = 0.169$$

$$\varphi_{t0_{tp6}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp6}} = 0.233$$

$$\varphi_{t0_{tp8}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp8}} = 0.269$$

$$\varphi_{t0_{tq}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tq}} = 0.333$$

$$\varphi_{t0_{tp5}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp5}} = 0.207$$

$$\varphi_{t0_{tp7}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp7}} = 0.253$$

$$\varphi_{t0_{tp9_{10}}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp9_{10}}} = 0.283$$

$$\varphi_{t0_{t\infty}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{t\infty}} = 0.607$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c.ef.tp4} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp4}}} = 32.597 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp6} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp6}}} = 31.189 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp8}}} = 30.441 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tq}}} = 29.21 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp5} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp5}}} = 31.743 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp7} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp7}}} = 30.774 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp9_{10}} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp9_{10}}}} = 30.162 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{t\infty}}} = 24.908 \text{ GPa}$$

5.7 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 4

Výpočet pro dané časy

Betónáž pole 4	$t_0 := 105$	dní
Betónáž pole 5	$t_{p5} := 126$	dní
Betónáž pole 6	$t_{p6} := 147$	dní
Betónáž pole 7	$t_{p7} := 168$	dní
Betónáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betónáž pole 9 a 10	$t_{p9_{10}} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o := 6 \text{ m}^2 \quad u_o := 14 \text{ m} \quad E_{cm} := 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_o + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436$$

$$\beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.379$$

$$\varphi_{0,t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.589$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c,t0,tp5} := \left(\frac{t_{p5} - t_0}{\beta_H + t_{p5} - t_0} \right)^{0.3} = 0.275$$

$$\beta_{c,t0,tp6} := \left(\frac{t_{p6} - t_0}{\beta_H + t_{p6} - t_0} \right)^{0.3} = 0.337$$

$$\beta_{c,t0,tp7} := \left(\frac{t_{p7} - t_0}{\beta_H + t_{p7} - t_0} \right)^{0.3} = 0.379$$

$$\beta_{c,t0,tp8} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.412$$

$$\beta_{c,t0,tp9_10} := \left(\frac{t_{p9_10} - t_0}{\beta_H + t_{p9_10} - t_0} \right)^{0.3} = 0.438$$

$$\beta_{c,t0,tq} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.529$$

$$\beta_{c,t0,t\infty} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0_tp5} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp5} = 0.162$$

$$\varphi_{t0_tp7} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp7} = 0.223$$

$$\varphi_{t0_tp9_10} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp9_10} = 0.258$$

$$\varphi_{t0_t\infty} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_t\infty} = 0.581$$

$$\varphi_{t0_tp6} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp6} = 0.198$$

$$\varphi_{t0_tp8} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tp8} = 0.242$$

$$\varphi_{t0_tq} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_tq} = 0.311$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c.ef.tp5} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp5}} = 32.761 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp6} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp6}} = 31.933 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp7} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp7}} = 31.396 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp8}} = 30.993 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp9_10} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tp9_10}} = 30.669 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_tq}} = 29.62 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_t\infty}} = 25.255 \text{ GPa}$$

5.8 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 5

Výpočet pro dané časy

Betonáž pole 5	$t_0 := 126$	dní
Betonáž pole 6	$t_{p6} := 147$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 168$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bez rozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{MPa}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{MPa}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{MPa}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436$$

$$\beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{MPa}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.366$$

$$\varphi_{0,t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.568$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c,t0,tp6} := \left(\frac{t_{p6} - t_0}{\beta_H + t_{p6} - t_0} \right)^{0.3} = 0.275$$

$$\beta_{c,t0,tp7} := \left(\frac{t_{p7} - t_0}{\beta_H + t_{p7} - t_0} \right)^{0.3} = 0.337$$

$$\beta_{c,t0,tp8} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.379$$

$$\beta_{c,t0,tp9_10} := \left(\frac{t_{p9_10} - t_0}{\beta_H + t_{p9_10} - t_0} \right)^{0.3} = 0.412$$

$$\beta_{c,t0,tq} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.514$$

$$\beta_{c,t0,t\infty} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0,tp6} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tp6} = 0.156$$

$$\varphi_{t0,tp7} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tp7} = 0.191$$

$$\varphi_{t0,tp8} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tp8} = 0.215$$

$$\varphi_{t0,tp9_10} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tp9_10} = 0.234$$

$$\varphi_{t0,tq} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tq} = 0.292$$

$$\varphi_{t0,t\infty} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,t\infty} = 0.561$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c,ef,tp6} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tp6}} = 32.891 \text{ GPa}$$

$$E_{c,ef,tp7} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tp7}} = 32.085 \text{ GPa}$$

$$E_{c,ef,tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tp8}} = 31.561 \text{ GPa}$$

$$E_{c,ef,tp9_10} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tp9_10}} = 31.168 \text{ GPa}$$

$$E_{c,ef,tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tq}} = 29.987 \text{ GPa}$$

$$E_{c,ef,t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,t\infty}} = 25.535 \text{ GPa}$$

5.9 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 6

Výpočet pro dané časy

Betonáž pole 6	$t_0 := 147$	dní
Betonáž pole 7	$t_{p7} := 168$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bez rozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_o + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436 \quad \beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.355$$

$$\varphi_{0.t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.552$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c.t0_{tp7}} := \left(\frac{t_{p7} - t_0}{\beta_H + t_{p7} - t_0} \right)^{0.3} = 0.275$$

$$\beta_{c.t0_{tp8}} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.337$$

$$\beta_{c.t0_{tp9_{10}}} := \left(\frac{t_{p9_{10}} - t_0}{\beta_H + t_{p9_{10}} - t_0} \right)^{0.3} = 0.379$$

$$\beta_{c.t0_{tq}} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.498$$

$$\beta_{c.t0_{t\infty}} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0_{tp7}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp7}} = 0.152$$

$$\varphi_{t0_{tp8}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp8}} = 0.186$$

$$\varphi_{t0_{tp9_{10}}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tp9_{10}}} = 0.209$$

$$\varphi_{t0_{tq}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{tq}} = 0.275$$

$$\varphi_{t0_{t\infty}} := \varphi_{0.t0} \cdot \beta_{c.t0_{t\infty}} = 0.545$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c.ef.tp7} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp7}}} = 32.998 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp8}}} = 32.21 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tp9_{10}} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tp9_{10}}}} = 31.698 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{tq}}} = 30.33 \text{ GPa}$$

$$E_{c.ef.t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0_{t\infty}}} = 25.769 \text{ GPa}$$

5.10 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 7

Výpočet pro dané časy

Betonáž pole 7	$t_0 := 168$	dní
Betonáž pole 8	$t_{p8} := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_{10}} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_f := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_{\infty} := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_0 = 6 \text{ m}^2 \quad u_0 = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_0 := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_0 := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_0 \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436 \quad \beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.346$$

$$\varphi_{0,t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.538$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c,t0,tp8} := \left(\frac{t_{p8} - t_0}{\beta_H + t_{p8} - t_0} \right)^{0.3} = 0.275$$

$$\beta_{c,t0,tp9_10} := \left(\frac{t_{p9_10} - t_0}{\beta_H + t_{p9_10} - t_0} \right)^{0.3} = 0.337$$

$$\beta_{c,t0,tq} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.48$$

$$\beta_{c,t0,t\infty} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0,tp8} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tp8} = 0.148$$

$$\varphi_{t0,tp9_10} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tp9_10} = 0.181$$

$$\varphi_{t0,tq} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tq} = 0.258$$

$$\varphi_{t0,t\infty} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,t\infty} = 0.531$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c,ef,tp8} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tp8}} = 33.089 \text{ GPa}$$

$$E_{c,ef,tp9_10} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tp9_10}} = 32.317 \text{ GPa}$$

$$E_{c,ef,tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tq}} = 30.664 \text{ GPa}$$

$$E_{c,ef,t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,t\infty}} = 25.969 \text{ GPa}$$

5.11 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 8

Výpočet pro dané časy

Betonáž pole 8	$t_0 := 189$	dní
Betonáž pole 9 a 10	$t_{p9_10} := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_r := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_o + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436 \quad \beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.339$$

$$\varphi_{0.t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.526$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c.t0_tp9_10} := \left(\frac{t_{p9_10} - t_0}{\beta_H + t_{p9_10} - t_0} \right)^{0.3} = 0.275$$

$$\beta_{c.t0_tq} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.46$$

$$\beta_{c.t0_t\infty} := \left(\frac{t_\infty - t_0}{\beta_H + t_\infty - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t_0, tp9_10} := \varphi_{0, t_0} \cdot \beta_{c, t_0, tp9_10} = 0.144$$

$$\varphi_{t_0, t_\infty} := \varphi_{0, t_0} \cdot \beta_{c, t_0, t_\infty} = 0.519$$

$$\varphi_{t_0, tq} := \varphi_{0, t_0} \cdot \beta_{c, t_0, tq} = 0.242$$

Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c, ef, tp9_10} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t_0, tp9_10}} = 33.168 \text{ GPa} \quad E_{c, ef, tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t_0, tq}} = 31.001 \text{ GPa}$$

$$E_{c, ef, t_\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t_0, t_\infty}} = 26.145 \text{ GPa}$$

5.12 Efektivní modul pružnosti závislý na čase pro pole 9-10

Výpočet pro dané časy

Betonáž pole 9 a 10	$t_0 := 210$	dní
Zatížení římsami	$t_f := 238$	dní
Zatížení svrškem mostu	$t_g := 259$	dní
Zatížení dopravou	$t_q := 314$	dní
Koncový okamžik relaxace	$t_r := 20805$	dní
Konec životnosti	$t_\infty := 36500$	dní

Vstupní parametry do výpočtu

$$A_o = 6 \text{ m}^2 \quad u_o = 14 \text{ m} \quad E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad RH := 70 \quad RH_o := 100$$

$$\text{Cement třídy N} \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \chi := 0.8$$

$$f_{cm} = 58 \text{ MPa}$$

Přetvoření od vysychání

$$h_o := \frac{2 \cdot A_o}{u_o} = 0.857 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad k_h := 0.7 \quad h_o := 857 \quad \text{Bezrozměrná hodnota } h_o \text{ z důvodu výpočtu } \beta_{ds}$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_o} \right)^3 \right) = 1.018$$

Výpočet efektivního modulu závislého na čase

$$\alpha_1 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.7} = 0.702 \quad \alpha_2 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.2} = 0.904 \quad \alpha_3 := \left(\frac{35}{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}} \right)^{0.5} = 0.777$$

$$\beta_H := 1.5 \cdot \left(1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right) \cdot h_o + 250 \cdot \alpha_3 = 1535.436 \quad \beta_H \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 0$$

$$\varphi_{RH} := \left(1 - \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_o}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 = 0.703 \quad \beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 2.206$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.2}} = 0.332$$

$$\varphi_{0,t0} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 0.515$$

Součinitel časového průběhu dotvarování

$$\beta_{c,t0,tq} := \left(\frac{t_q - t_0}{\beta_H + t_q - t_0} \right)^{0.3} = 0.437$$

$$\beta_{c,t0,t\infty} := \left(\frac{t_{\infty} - t_0}{\beta_H + t_{\infty} - t_0} \right)^{0.3} = 0.988$$

Součinitel dotvarování

$$\varphi_{t0,tq} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,tq} = 0.225$$

$$\varphi_{t0,t\infty} := \varphi_{0,t0} \cdot \beta_{c,t0,t\infty} = 0.509$$

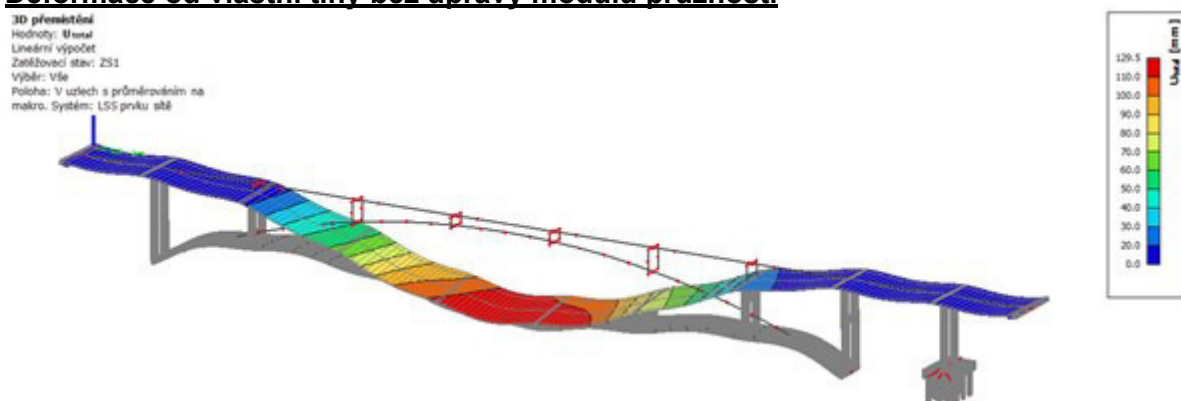
Efektivní modul pružnosti závislý na čase

$$E_{c,ef,tq} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,tq}} = 31.353 \text{ GPa}$$

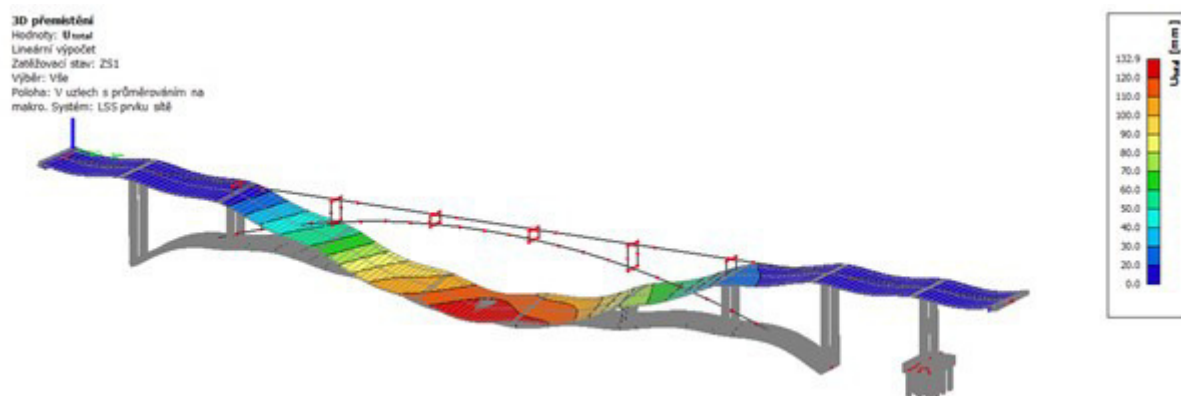
$$E_{c,ef,t\infty} := \frac{E_{cm}}{1 + \chi \cdot \varphi_{t0,t\infty}} = 26.3 \text{ GPa}$$

5.13 Vliv reologických jevů na konstrukci

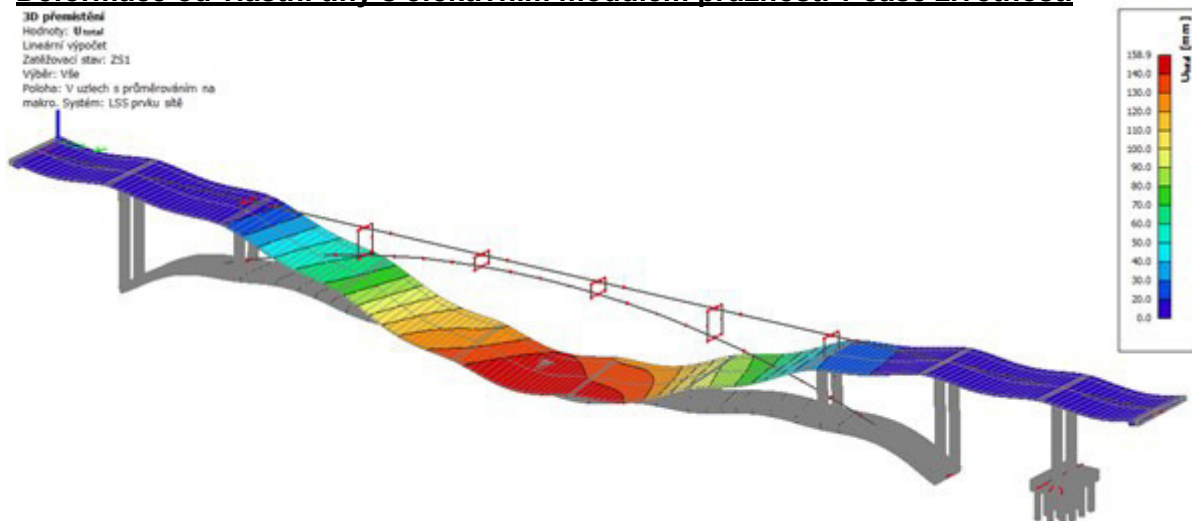
Deformace od vlastní tíhy bez úpravy modulu pružnosti



Deformace od vlastní tíhy s efektivním modulem pružnosti v čase uvedení do provozu



Deformace od vlastní tíhy s efektivním modulem pružnosti v čase životnosti



Na deformacích od vlastní tíhy bylo ukázáno, jaký vliv má změna modulu pružnosti na konstrukci.

6. Mezní stav použitelnosti:

V mezního stavu použitelnosti musejí být u předpjatého betonu splněny stavy napjatosti. Tyto stavy napjatosti v průřezu se stanovují ve třech kombinacích, a to v charakteristické, časté a kvazistálé.

V charakteristické musí být splněno maximální tlakové napětí v betonu, které je stanoveno na $0.6 \cdot f_{ck} = 30 \text{ MPa}$. V časté má být splněno maximální tahové napětí v předpjatém průřezu $f_{ctm} = 4.1 \text{ MPa}$. A v kvazistálé kombinaci musí být splněno tlakové napětí v betonu, které má být $0.45 \cdot f_{ck} = 22.5 \text{ MPa}$. Tyto podmínky musí být splněny jak během provozu, tak i během výstavby samotné konstrukce.

Výpočet napětí

$$\sigma_h = -\frac{N}{A_c} - \frac{M}{W_{yh}} + \frac{M_p}{W_{yh}} \quad \sigma_d = -\frac{N}{A_c} + \frac{M}{W_{yd}} - \frac{M_p}{W_{yd}} \quad \text{Napětí jsou převzaty z programu Scia Engineer}$$

6.1 Posouzení fází výstavby na oblouku pro MSP

6.1.1 Fáze 1 - 11

Ve Fázích 1 - 11 oblouk leží na pevné skruži => v těchto fázích zatížení, které působí na oblouk je rovnoměrně přeneseno na pevnou skruž. V těchto fázích působí na oblouk jen smršťování betonu viz kapitola 5.1.

Jméno	OBLOUK_NEW_2	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	C50/60	
Výroba	obecný	
Použit 2D MKP výpočet	✓	

Diagram showing a rectangular cross-section with width $b = 600$ mm and height $h = 1000$ mm. The center of gravity is marked with a cross and labeled 'G'.

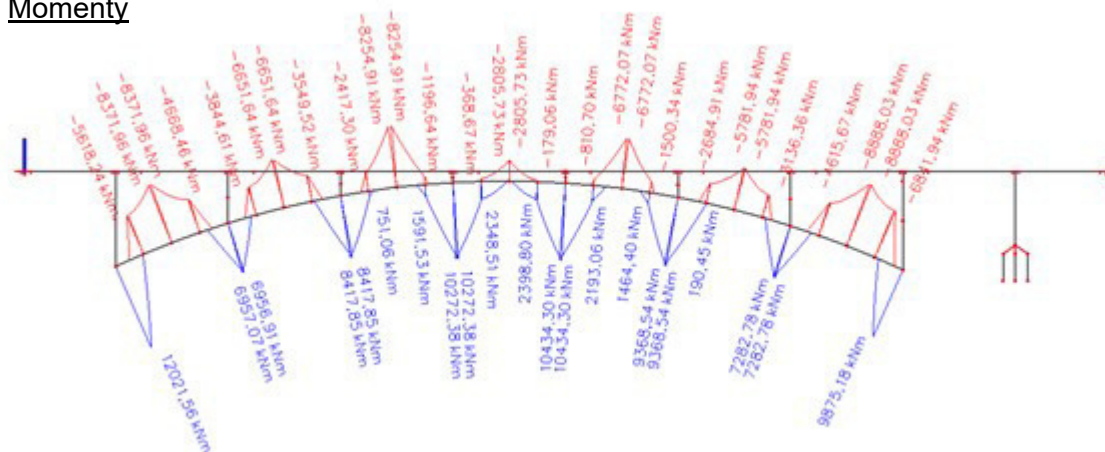
A [m ²]	5,9982e+00	
A y, z [m ²]	4,9995e+00	5,0320e+00
I y, z [m ⁴]	4,9957e-01	1,7984e+01
I w [m ⁶], t [m ⁴]	1,2967e+00	1,7833e+00
W _{el} y, z [m ³]	9,9914e-01	5,9946e+00
W _{pl} y, z [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
d y, z [mm]	0	0
c YUCS, ZUCS [mm]	0	0
α [deg]	0,00	
A L, D [m ² /m]	1,3930e+01	1,3930e+01
M _{ply} +, - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{plz} +, - [Nm]	0,00e+00	0,00e+00

6.1.2 Fázis 12 - 13

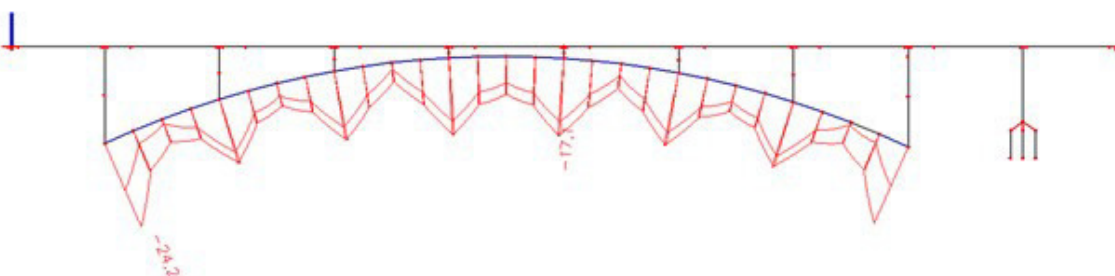
V této fázi působí již všechny stále složky zatížení. Konstrukce před uvedením do provozu.

6.1.2.1 Charakteristická kombinace 6.14

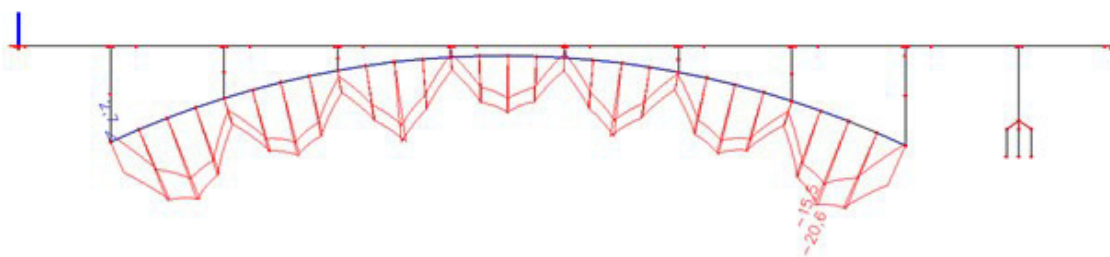
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -24.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

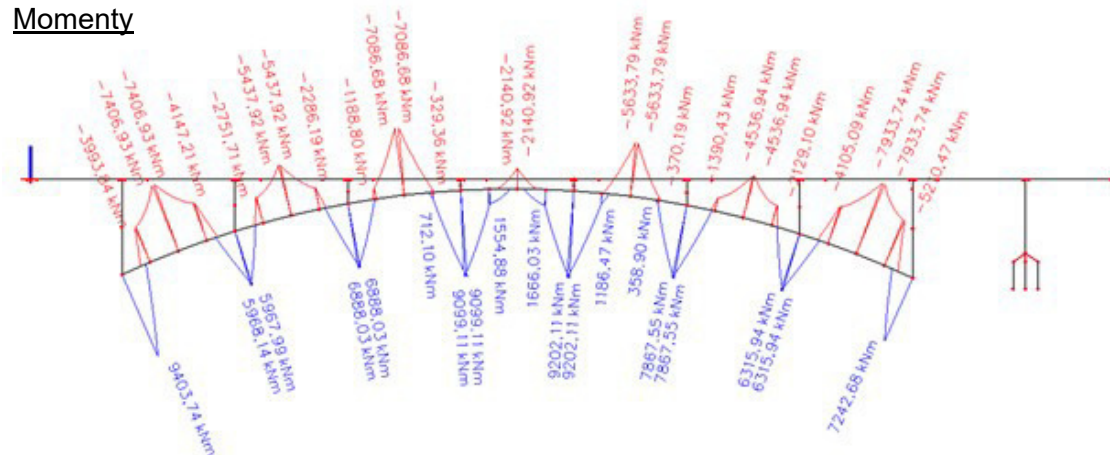


Nabětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -20.6 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

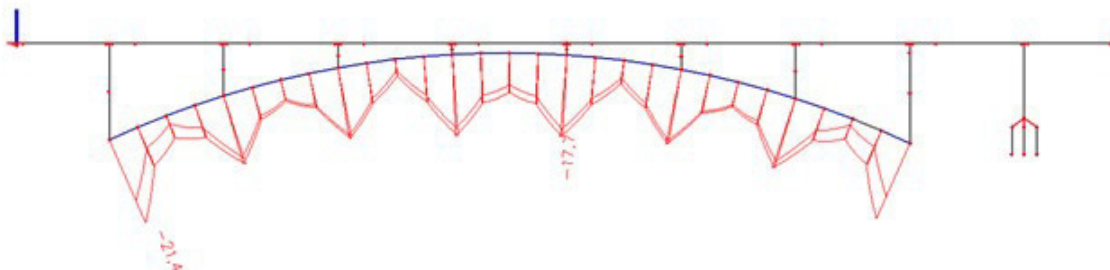


6.1.2.2 Častá kombinace 6.15

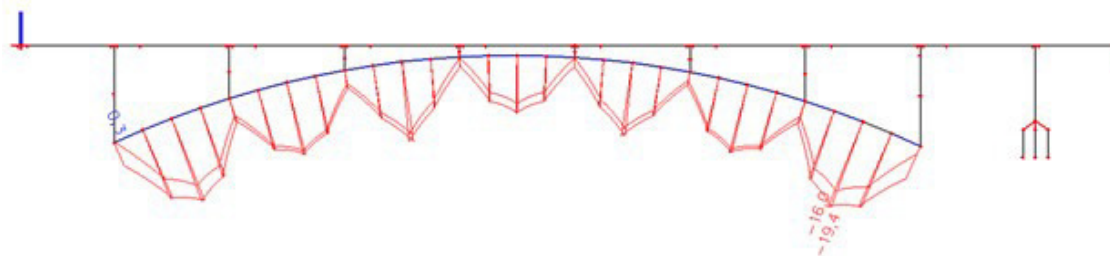
Momenty



Nabětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -17.7 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

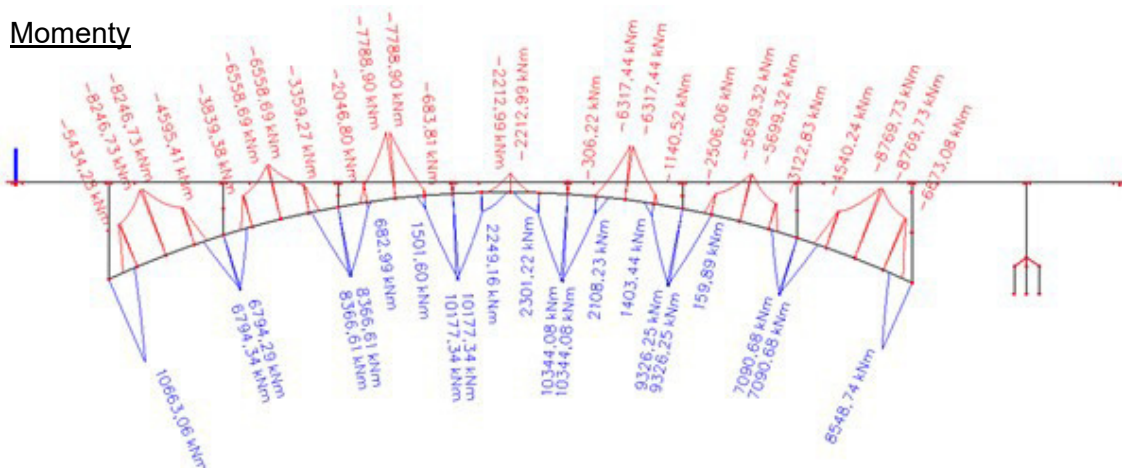


Nabětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := 0.3 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ



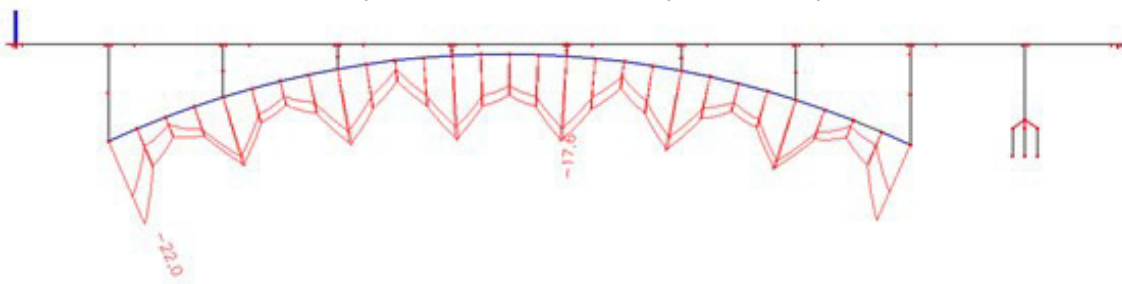
6.1.2.3 Kvazistálá kombinace 6.16

Momenty



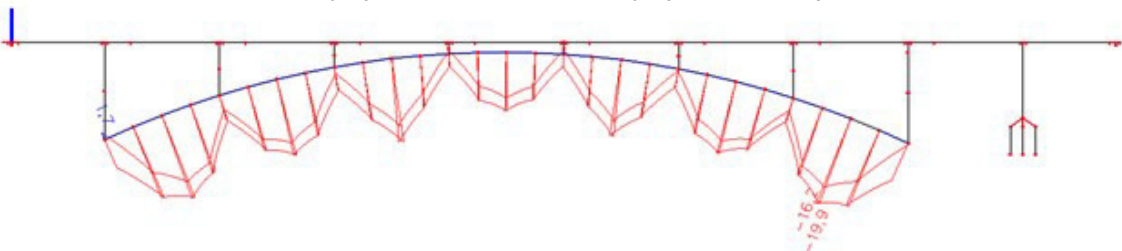
Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -22.0 \text{ MPa} \quad \sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -19.9 \text{ MPa} \quad \sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$

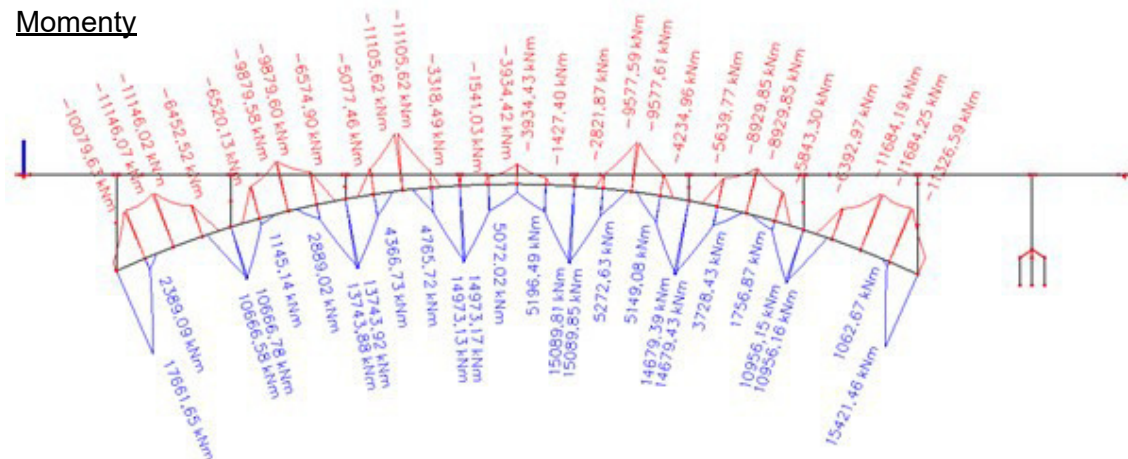


6.1.3 V čase životnosti

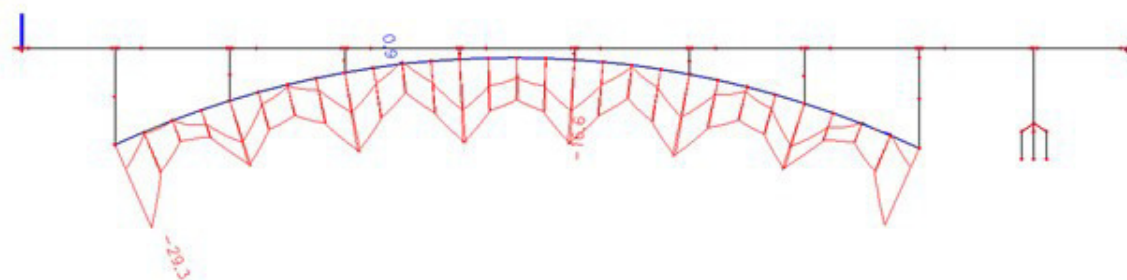
V této fázi působí již všechny složky zatížení. Konstrukce nebyla posuzována v čase uvedení do provozu, protože vlivem reologických jevů jsou účinky zatížení větší v čase životnosti.

6.1.3.1 Charakteristická kombinace 6.14

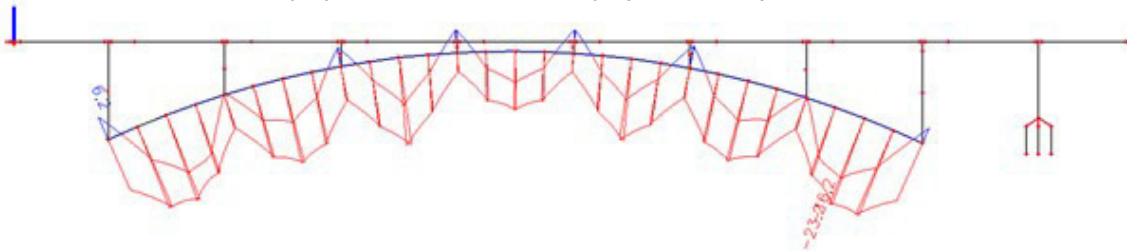
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -29.3 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$



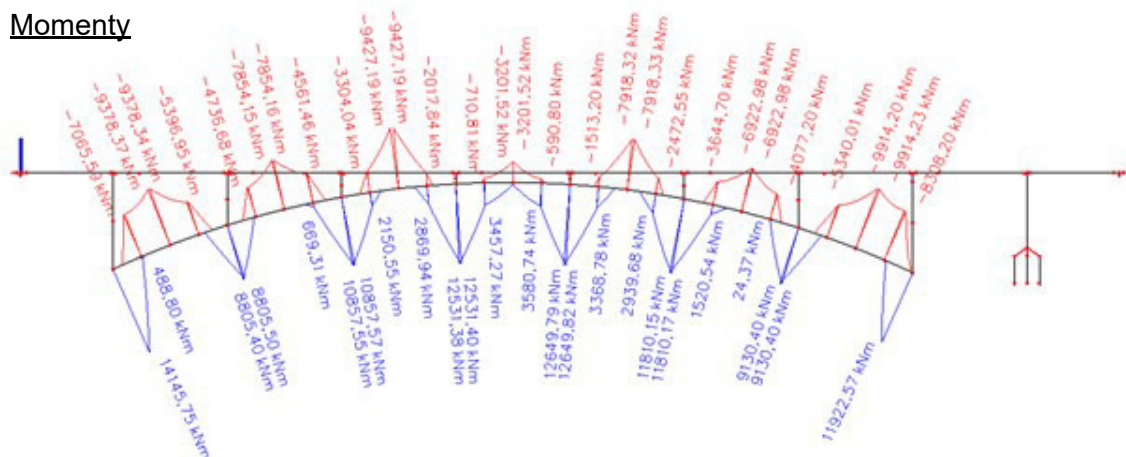
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -23.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$



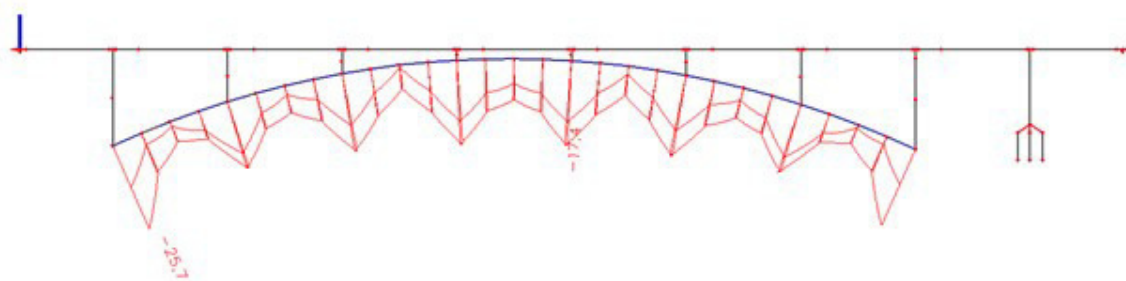
x

6.1.3.2 Častá kombinace 6.15

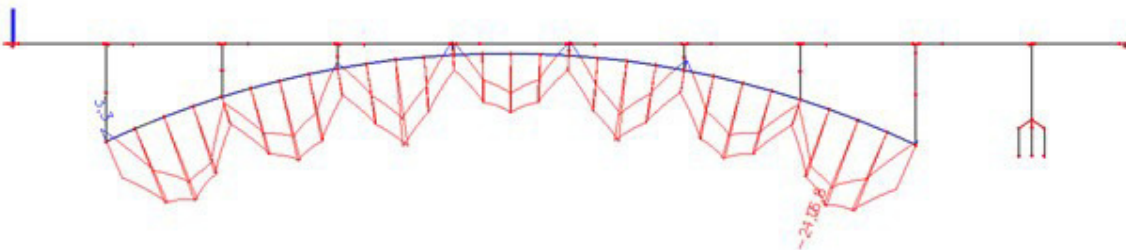
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -17.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

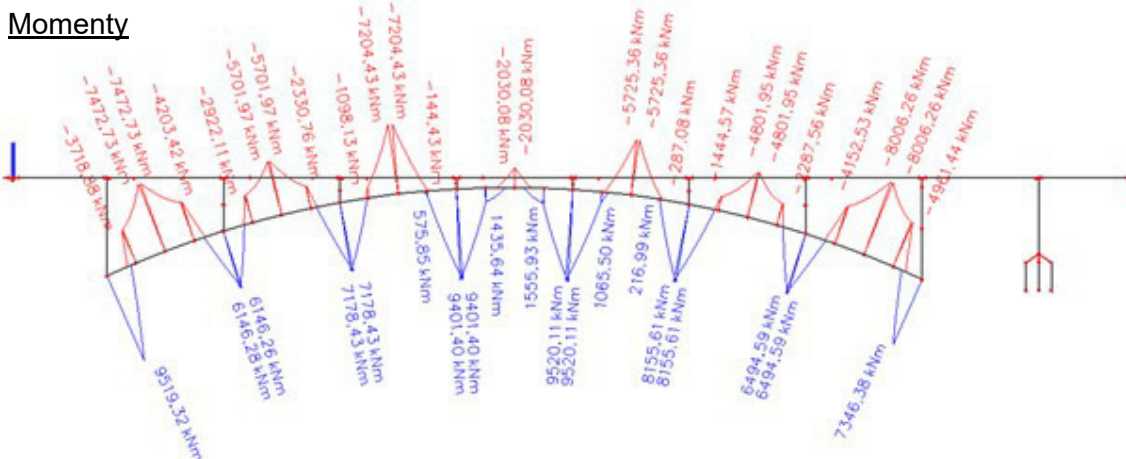


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := 3.3 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

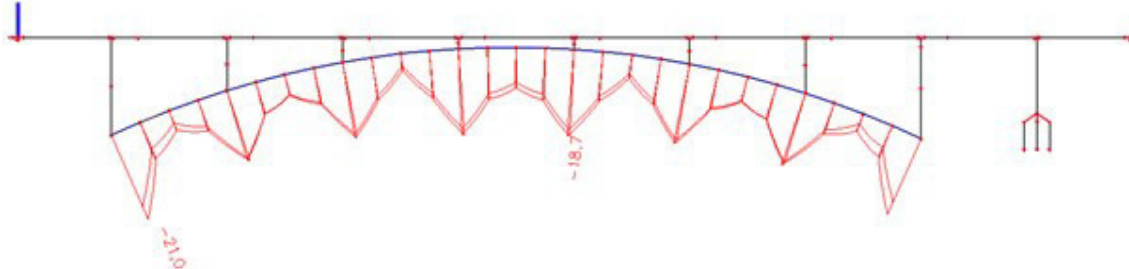


6.1.3.3 Kvazistálá kombinace 6.16

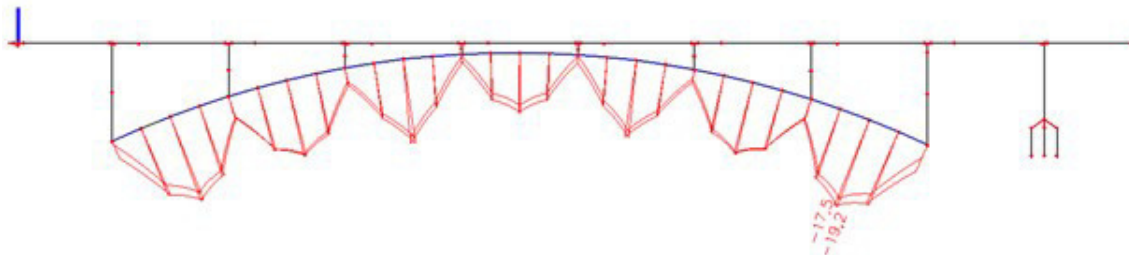
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -21.0 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -19.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



6.1.4 Souhrn výsledků pro oblouk

čas	kombinace					
	charakteristická		častá		kvazistálá	
	horní	spodní	horní	spodní	horní	spodní
fáze 12 - 13	-24,2	-20,6	-17,7	0,3	-22,0	-19,9
životnost	-29,3	-23,2	-17,4	3,3	-21,0	-19,2

Konstrukce **vyhovuje** na mezní stav použitelnosti.

6.2 Posouzení fází výstavby na podpory pro MSP

6.2.1 Fázis 3

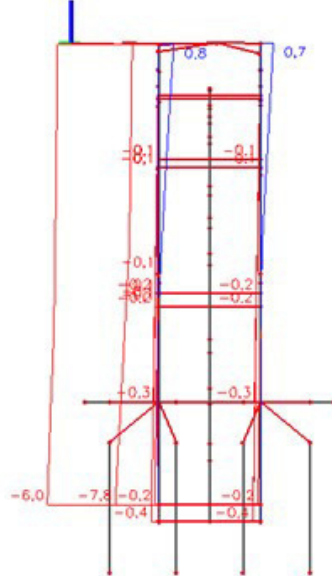
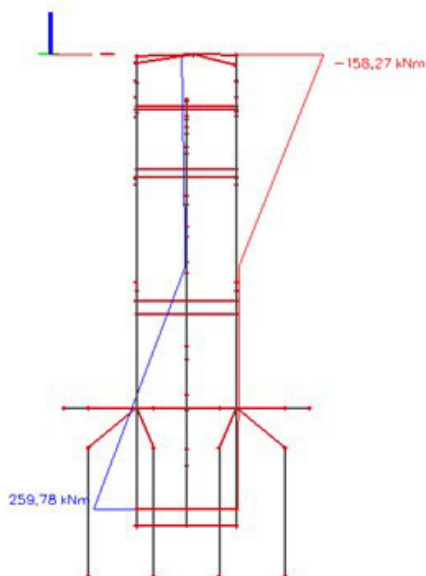
6.2.1.1 Charakteristická kombinace 6.14

Momenty

Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -7.8 \text{ MPa}$$

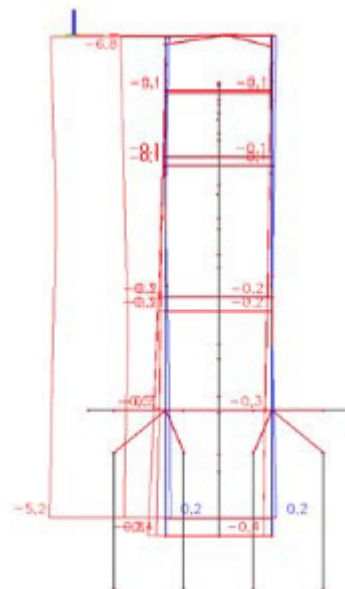
$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -6.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.1.2 Častá kombinace 6.15

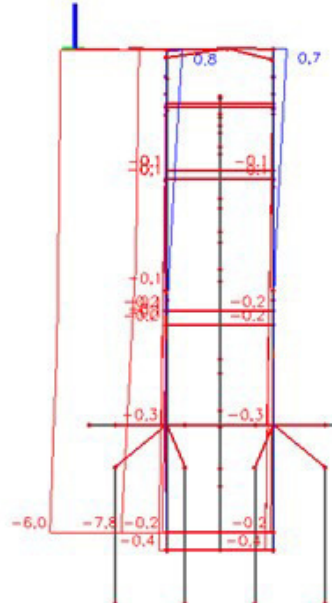
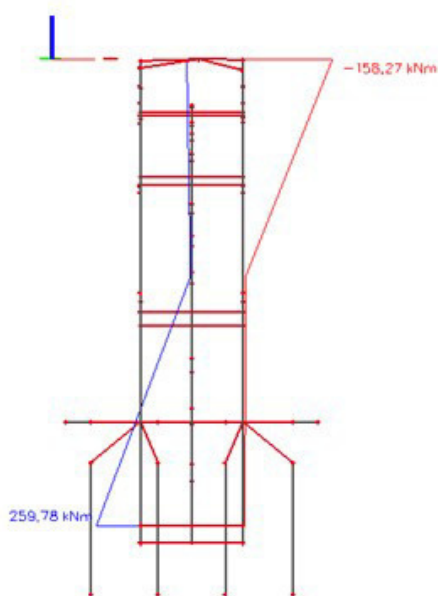
Momenty

Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h \max} := 0.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

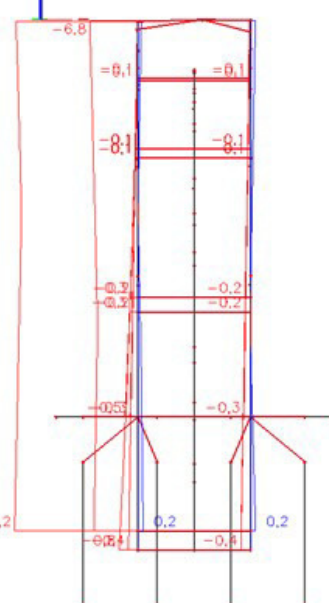


Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d\max} := -5.8 \text{ MPa}$$

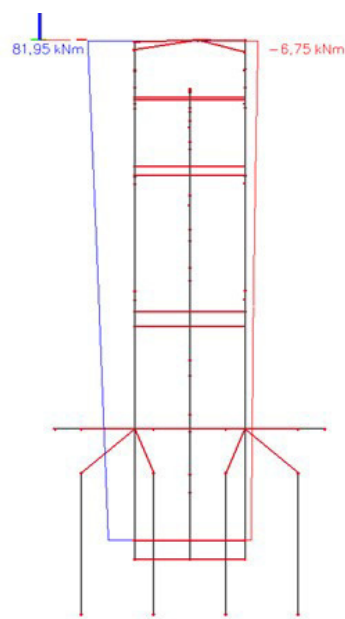
$$\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1$$

\Rightarrow TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.1.3 Kvazistálá kombinace 6.16

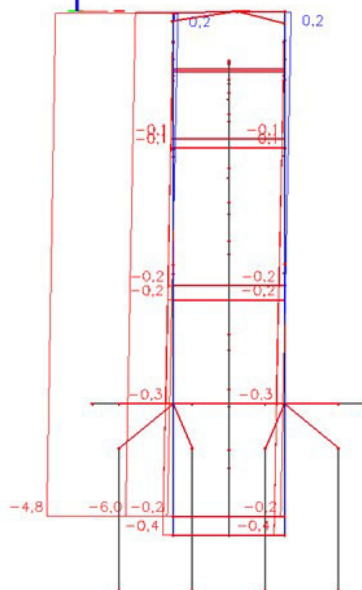
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -4.8 \text{ MPa}$$

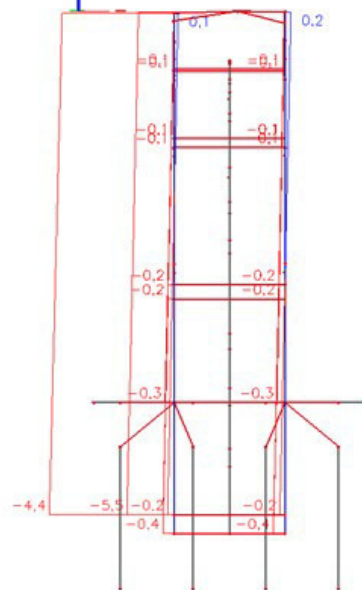
$$\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -4.4 \text{ MPa}$$

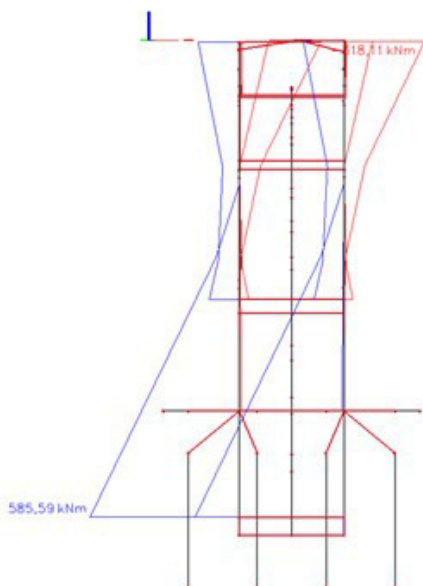
$$\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.2 Fáze 4

6.2.2.1 Charakteristická kombinace 6.14

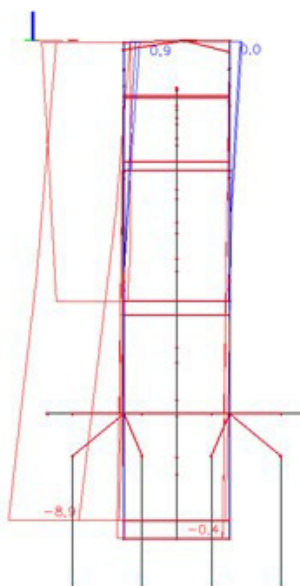
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -8.9 \text{ MPa}$$

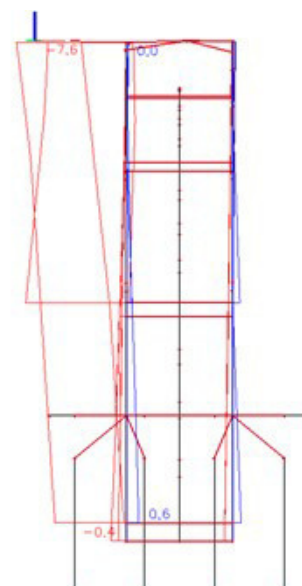
$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

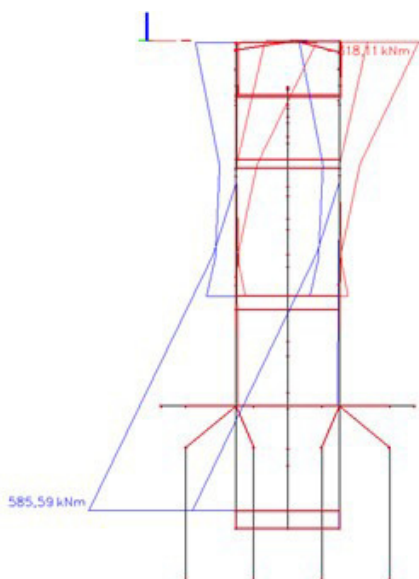
$$\sigma_{d,max} := -7.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.2.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

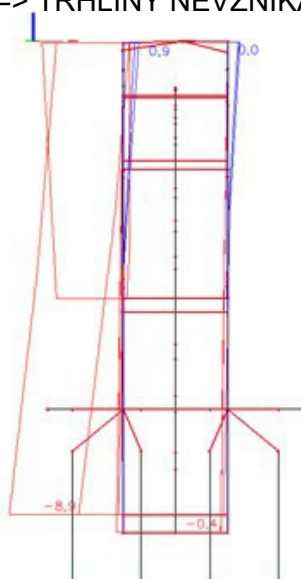


Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h.max} := -5.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h.max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

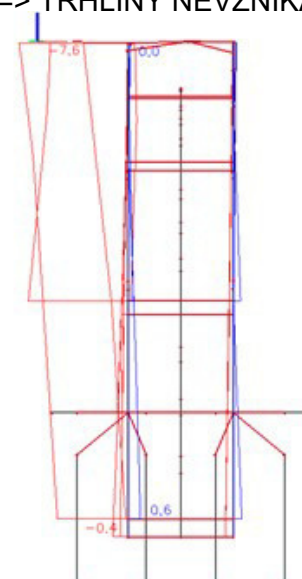


Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d.max} := -5.8 \text{ MPa}$$

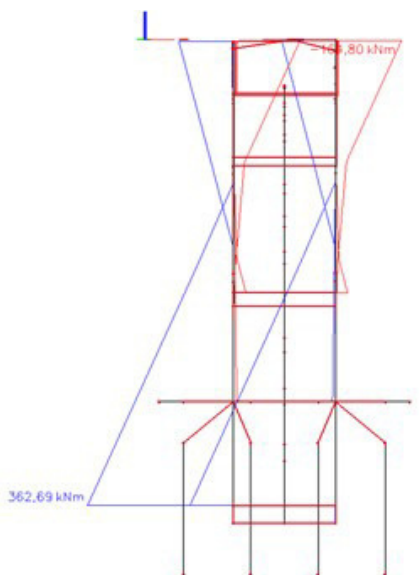
$$\sigma_{d.max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.2.3 Kvazistálá kombinace 6.16

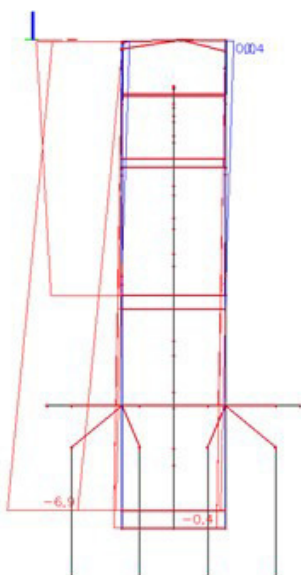
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h.max} := -6.9 \text{ MPa}$$

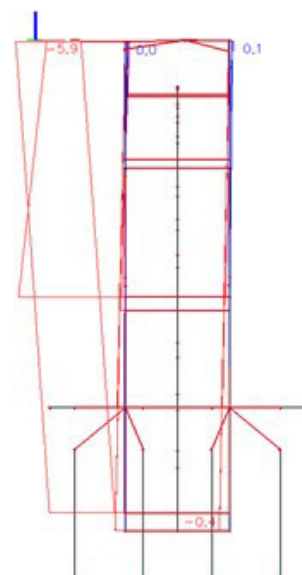
$$\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d.max} := -5.9 \text{ MPa}$$

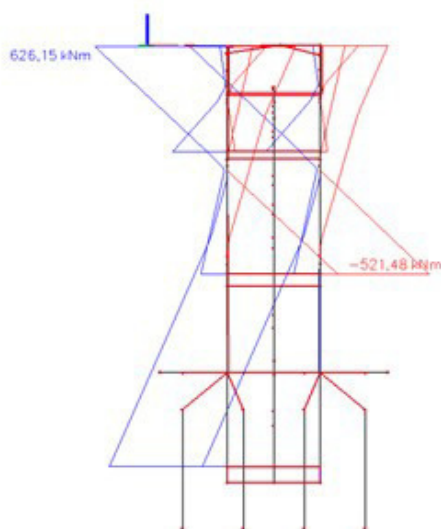
$$\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.3 Fáze 5

6.2.3.1 Charakteristická kombinace 6.14

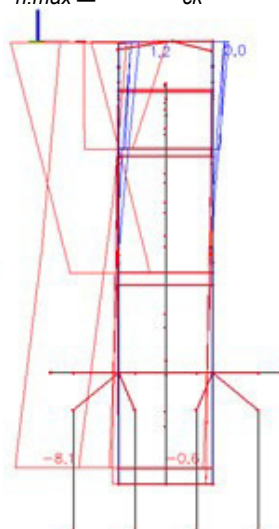
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -8.1 \text{ MPa}$$

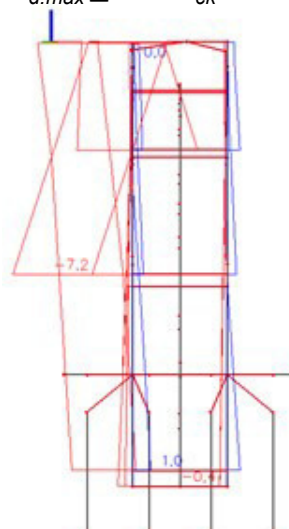
$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

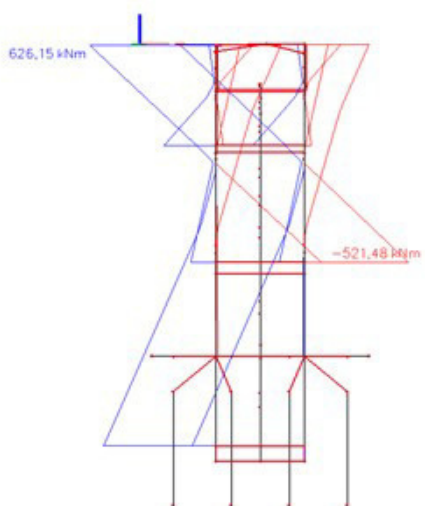
$$\sigma_{d,max} := -7.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.3.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

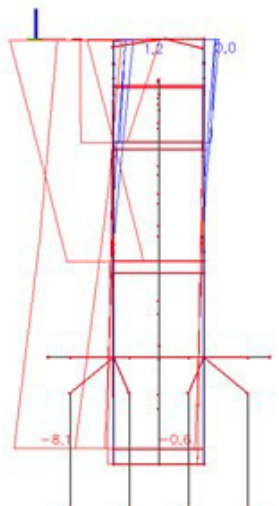


Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := 1.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1$$

$$\Rightarrow \text{TRHLINY NEVZNIKAJÍ}$$

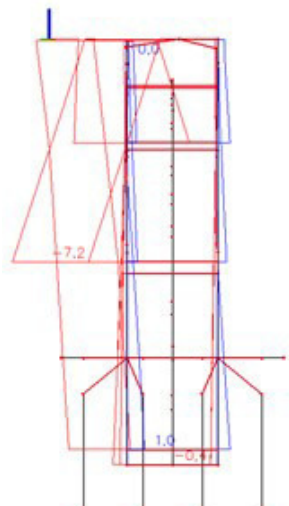


Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := 1.0 \text{ MPa}$$

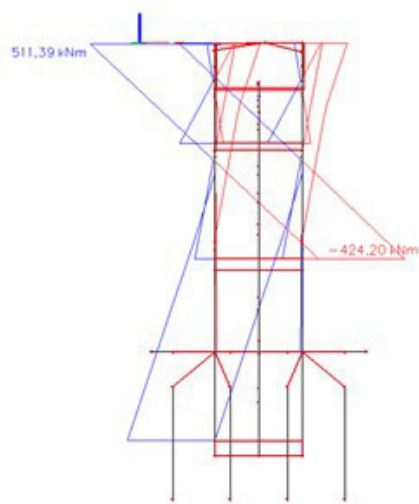
$$\sigma_{d,max} < f_{ctm} = 1$$

$$\Rightarrow \text{TRHLINY NEVZNIKAJÍ}$$



6.2.3.3 Kvazistálá kombinace 6.16

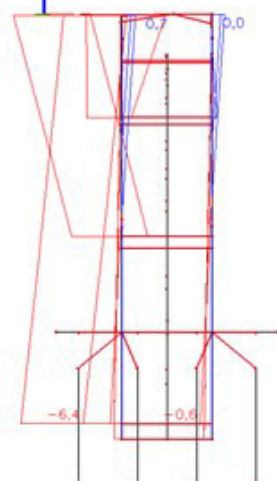
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -6.4 \text{ MPa}$$

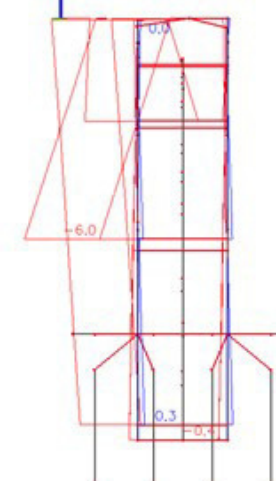
$$\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -6.0 \text{ MPa}$$

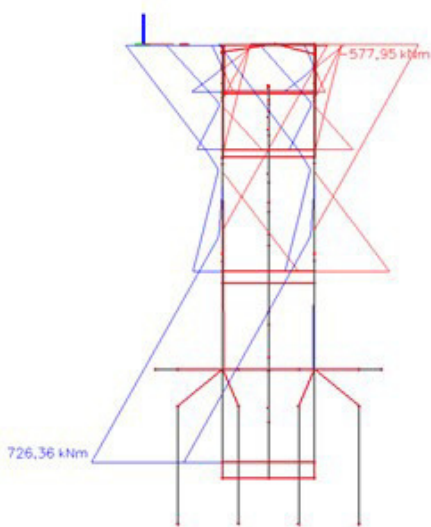
$$\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.4 Fáze 6

6.2.4.1 Charakteristická kombinace 6.14

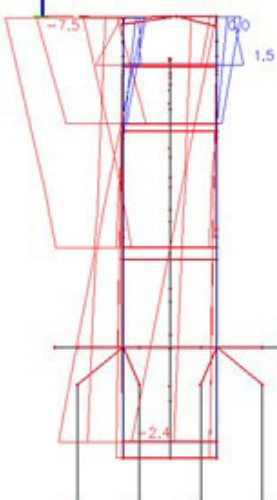
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -14.1 \text{ MPa}$$

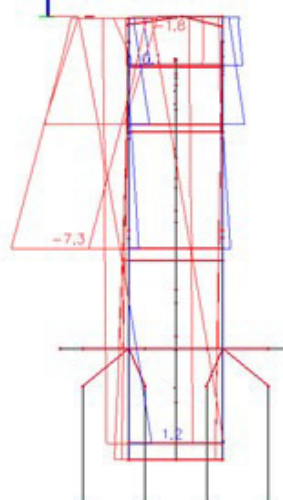
$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

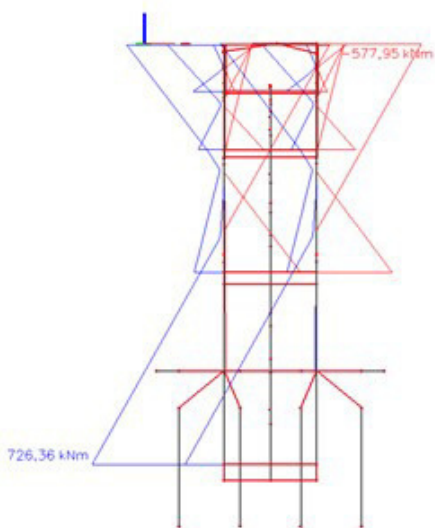
$$\sigma_{d,max} := -9.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.4.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

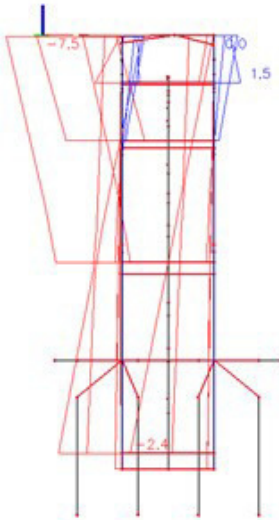


Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h.max} := 1.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h.max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

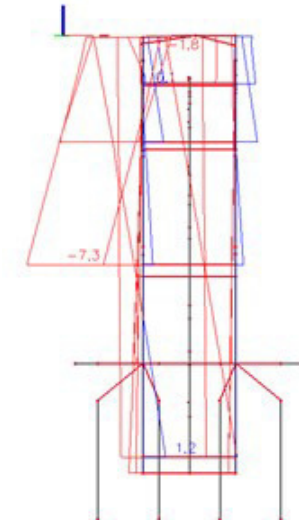


Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d.max} := 1.2 \text{ MPa}$$

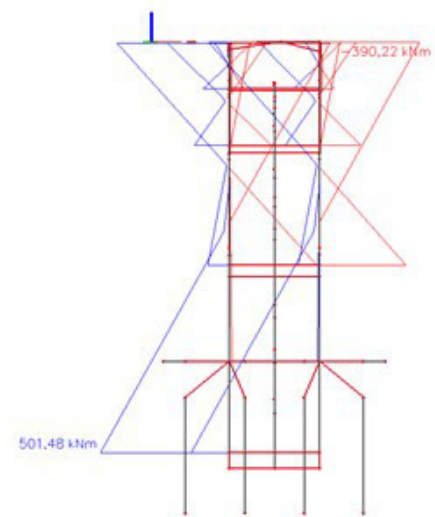
$$\sigma_{d.max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.4.3 Kvazistálá kombinace 6.16

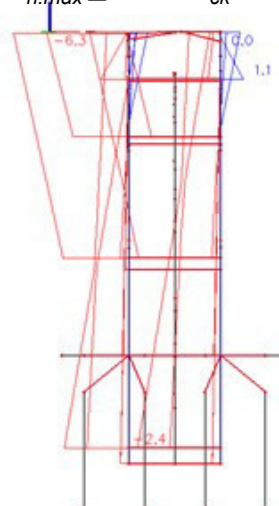
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h.max} := -6.3 \text{ MPa}$$

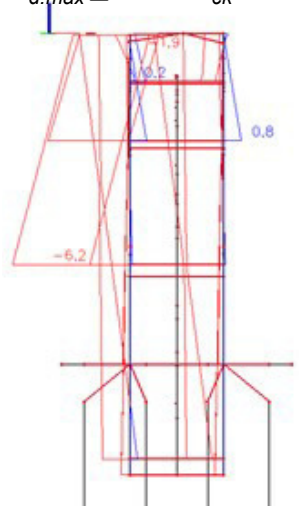
$$\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d.max} := -6.2 \text{ MPa}$$

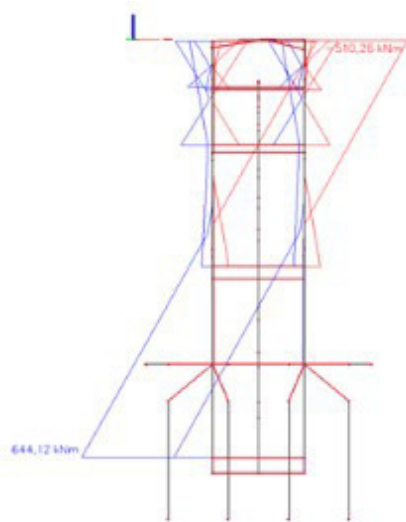
$$\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.5 Fáze 7

6.2.5.1 Charakteristická kombinace 6.14

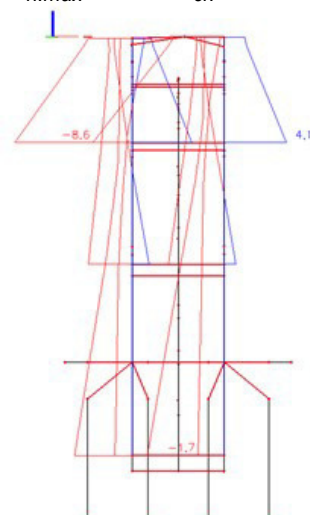
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -8.6 \text{ MPa}$$

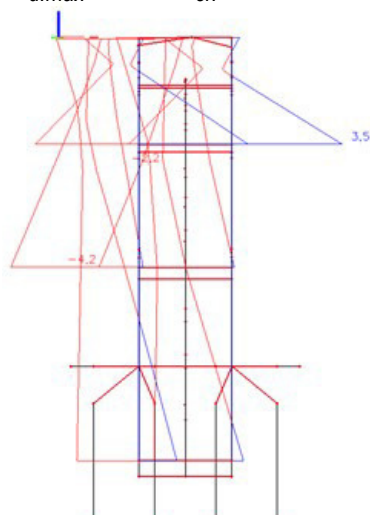
$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

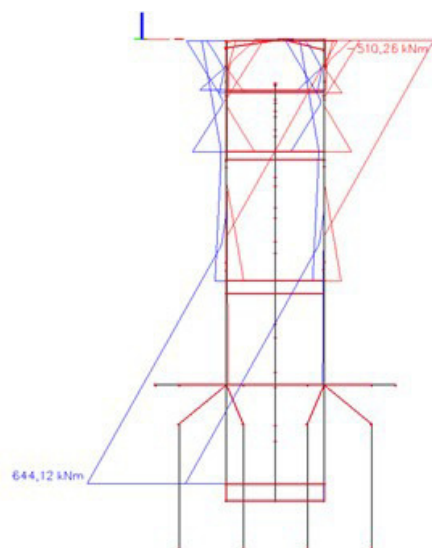
$$\sigma_{d,max} := -4.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.5.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

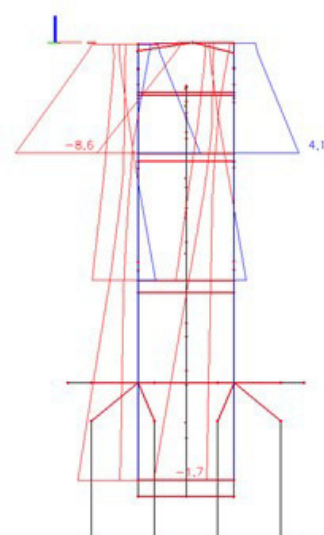


Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := 4.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

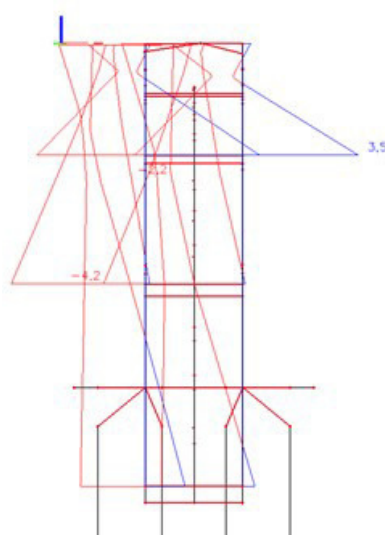


Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := 3.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.5.3 Kvazistálá kombinace 6.16

Momenty

Napětí horní vlákna

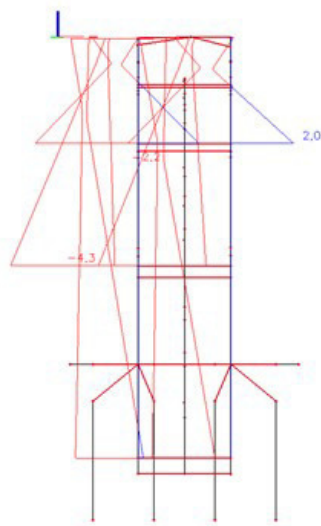
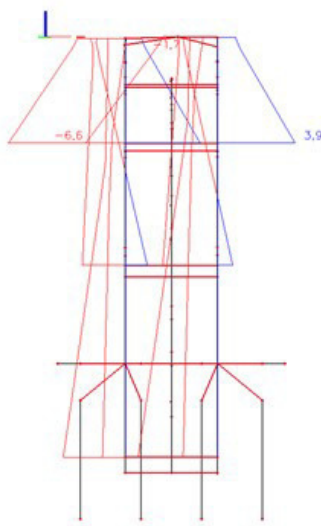
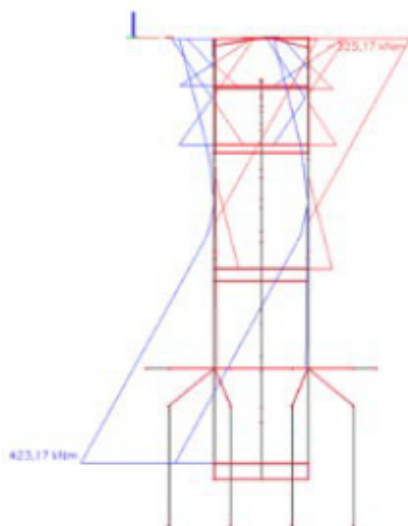
Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{h.max} := -6.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d.max} := -4.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$

$$\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.6 Fáze 8

6.2.6.1 Charakteristická kombinace 6.14

Momenty

Napětí horní vlákna

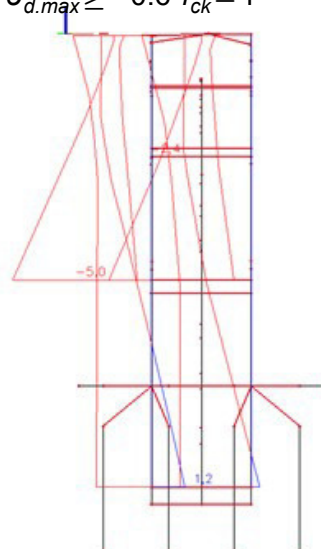
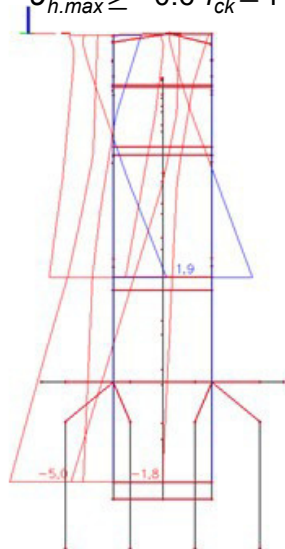
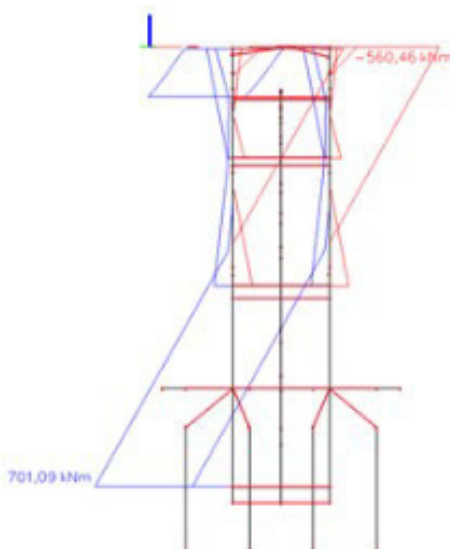
Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{h.max} := -5.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d.max} := -5.0 \text{ MPa}$$

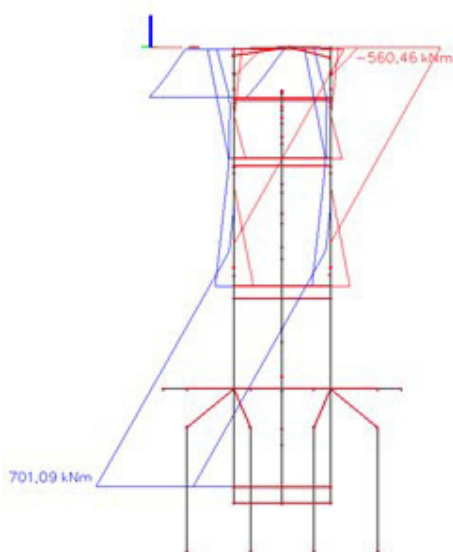
$$\sigma_{h.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$

$$\sigma_{d.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.6.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

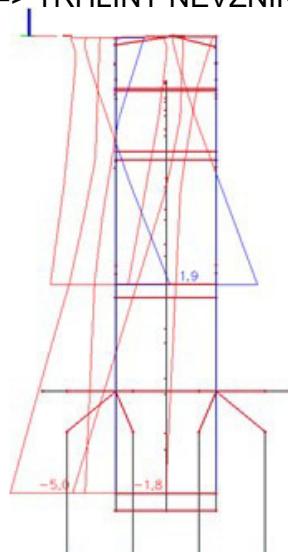


Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h.max} := 1.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h.max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

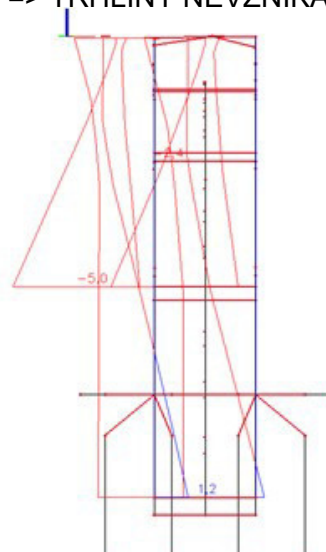


Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d.max} := 1.2 \text{ MPa}$$

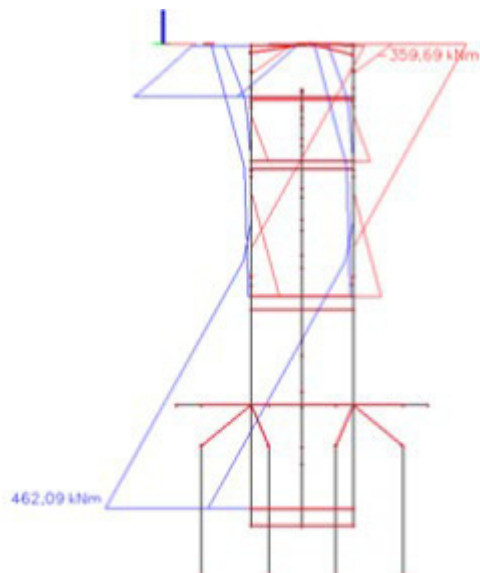
$$\sigma_{d.max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.6.3 Kvazistálá kombinace 6.16

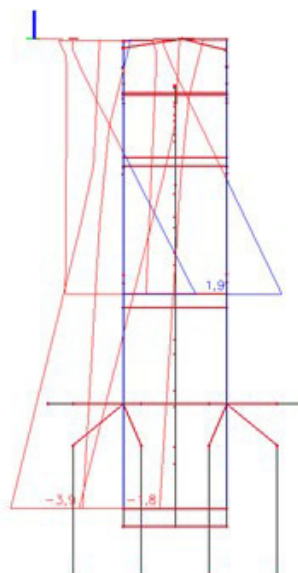
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h.max} := -3.9 \text{ MPa}$$

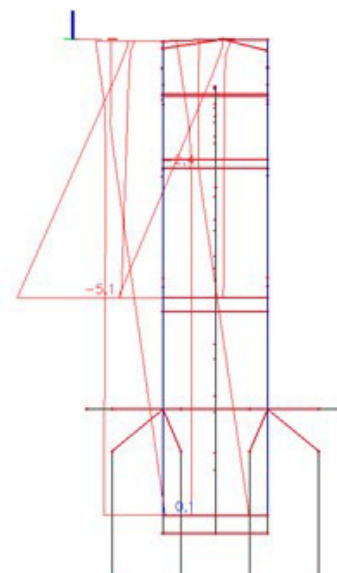
$$\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d.max} := -5.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.7 Fáze 9

6.2.7.1 Charakteristická kombinace 6.14

Momenty

Napětí horní vlákna

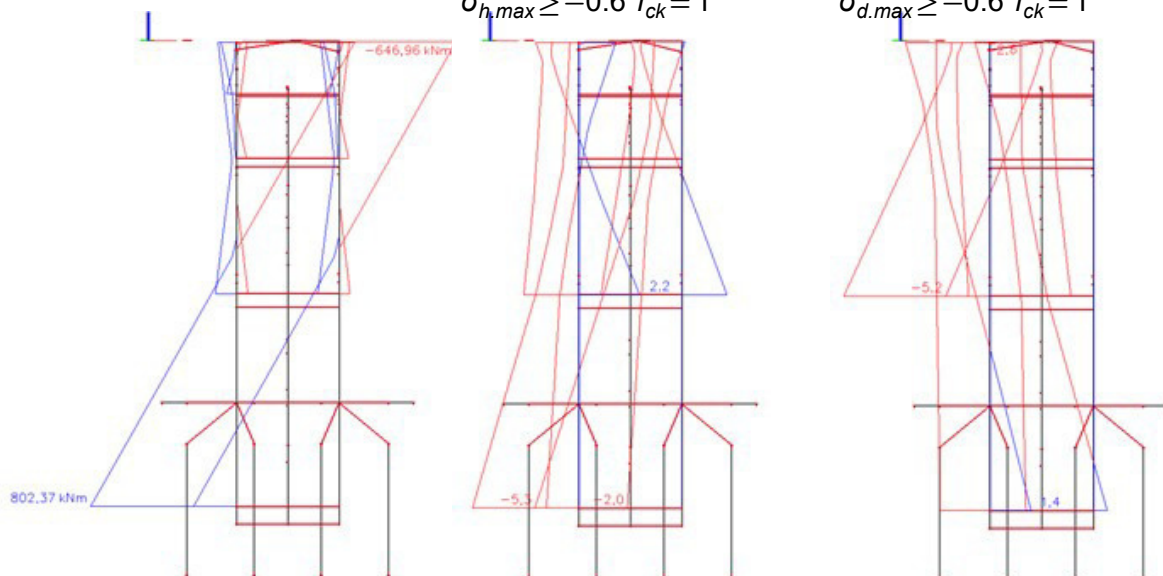
$$\sigma_{h,max} := 5.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$

Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -5.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.7.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := 2.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1$$

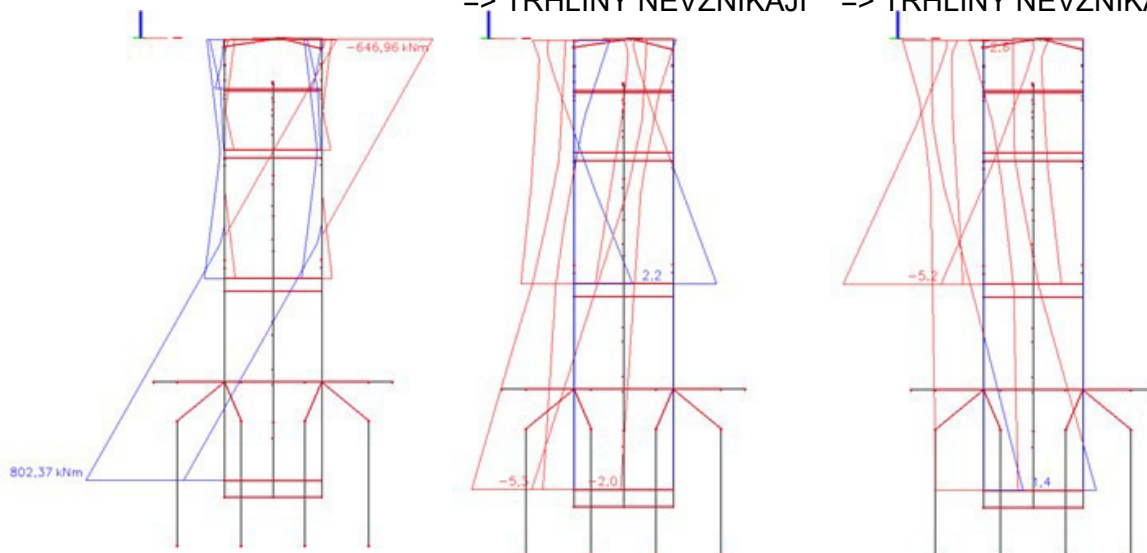
=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := 1.4 \text{ MPa}$$

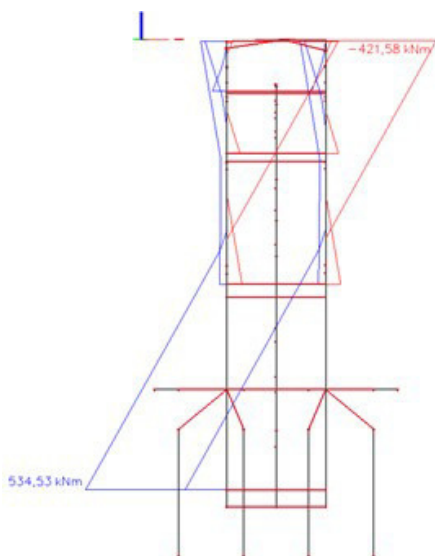
$$\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.7.3 Kvazistálá kombinace 6.16

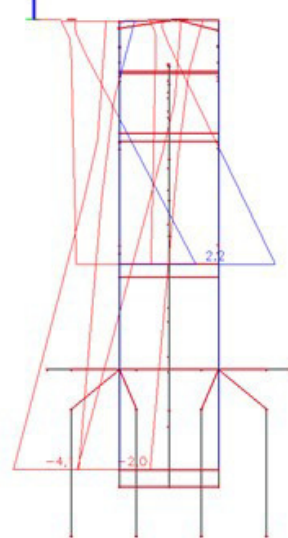
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -4.1 \text{ MPa}$$

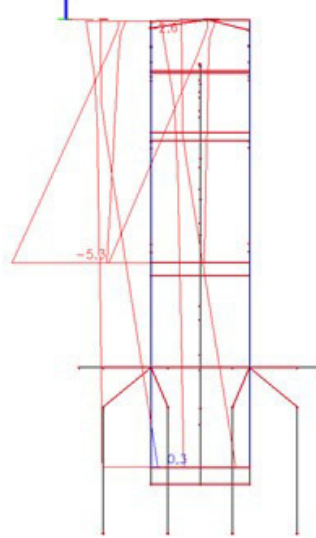
$$\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -5.3 \text{ MPa}$$

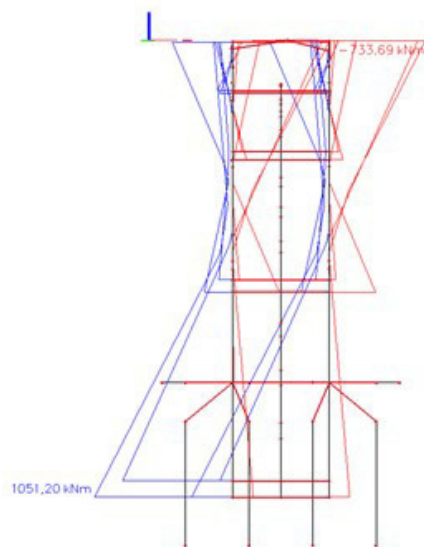
$$\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.8 Fáze 10

6.2.8.1 Charakteristická kombinace 6.14

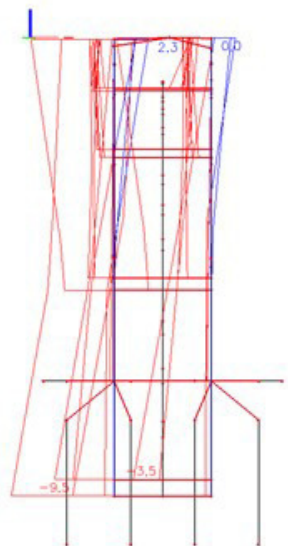
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -9.5 \text{ MPa}$$

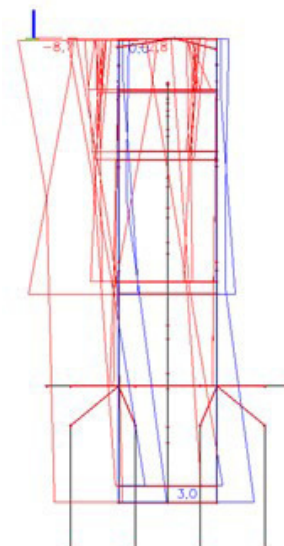
$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

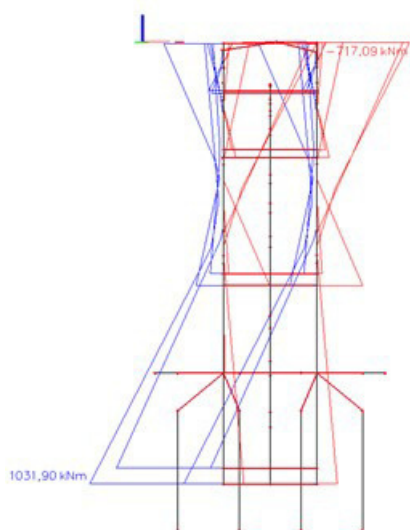
$$\sigma_{d,max} := -8.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.8.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

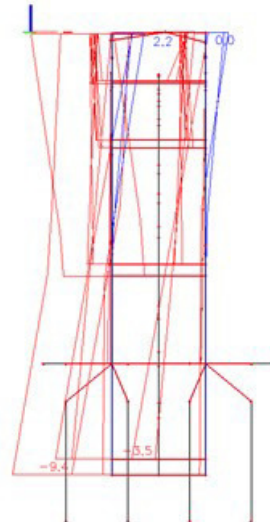


Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := 2.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

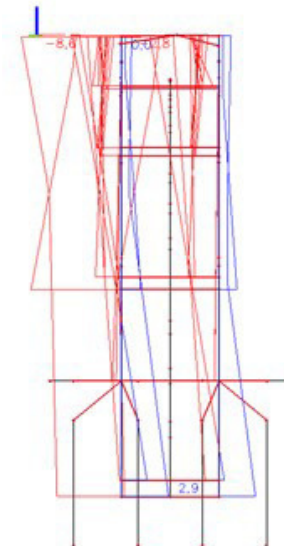


Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := 2.9 \text{ MPa}$$

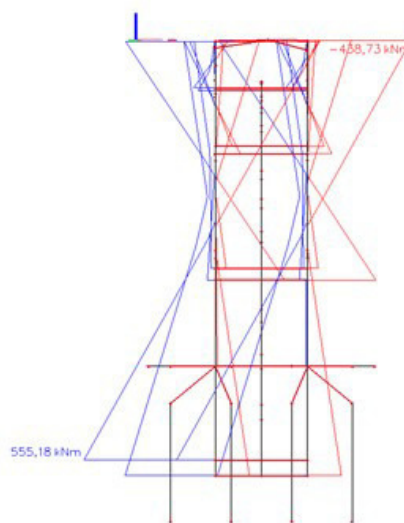
$$\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.8.3 Kvazistálá kombinace 6.16

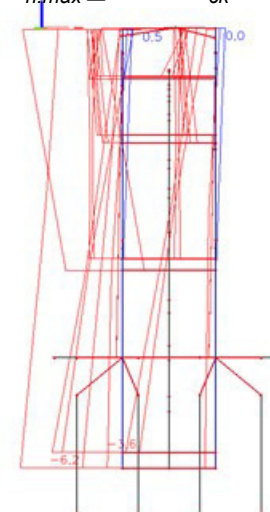
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -6.2 \text{ MPa}$$

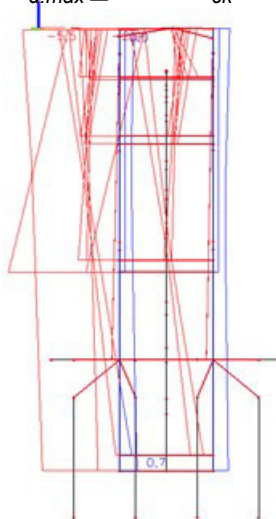
$$\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -5.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.9 Fáze 11

Poslední fáze výstavby, před uvedením do provozu.

6.2.9.1 Charakteristická kombinace 6.14

Momenty

Napětí horní vlákna

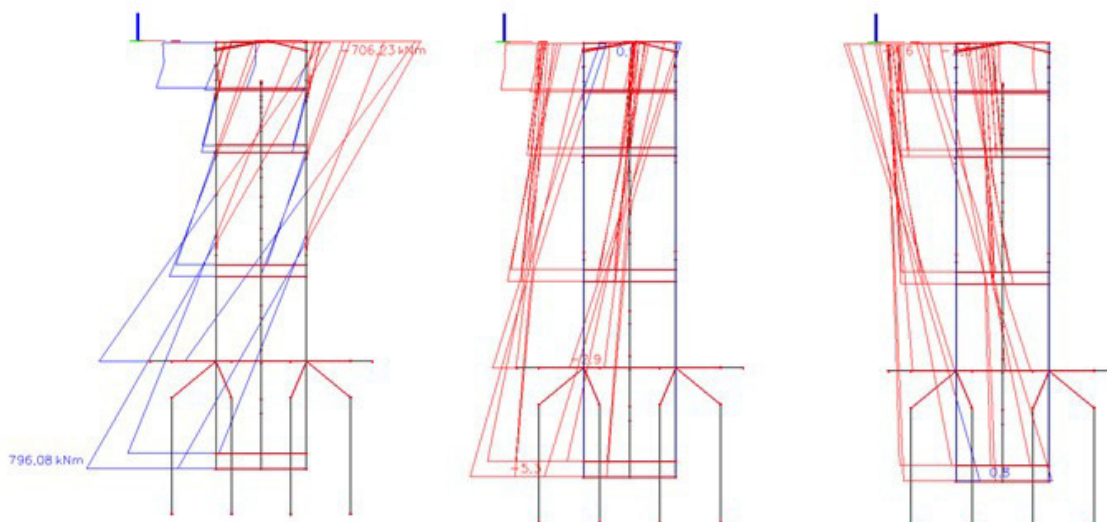
Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -5.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} := -4.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.9.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

Napětí horní vlákna

Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{h,max} := 0.8 \text{ MPa}$$

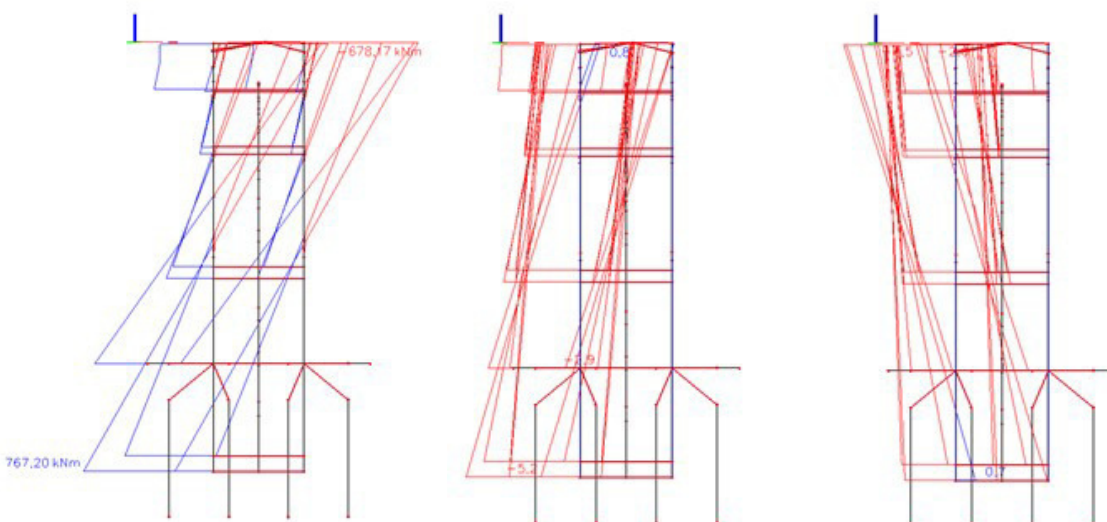
$$\sigma_{d,max} := 0.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1$$

$$\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1$$

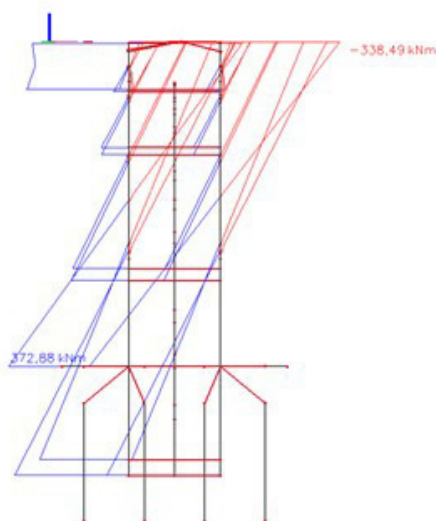
=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.9.3 Kvazistálá kombinace 6.16

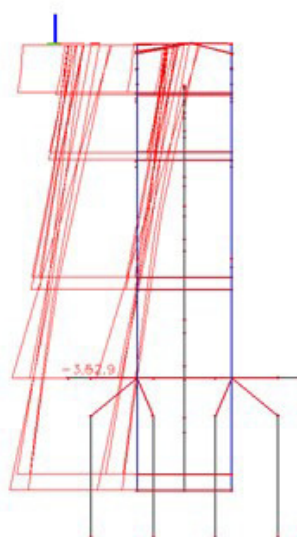
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -3.5 \text{ MPa}$$

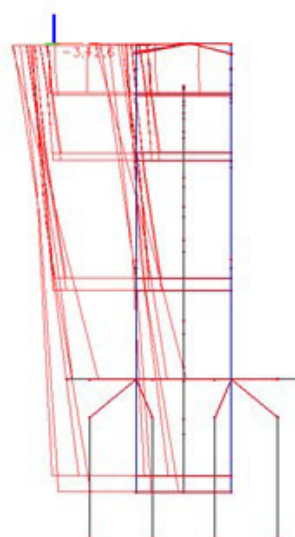
$$\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -3.4 \text{ MPa}$$

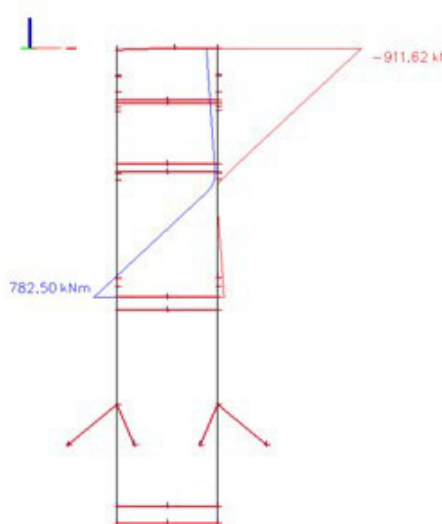
$$\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.10 V čase životnosti

6.2.10.1 Charakteristická kombinace 6.14

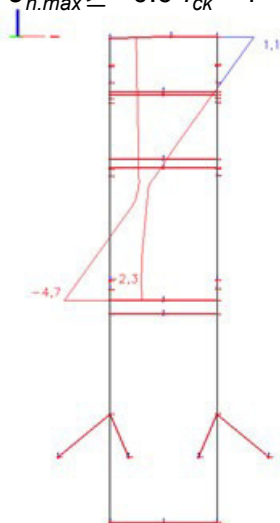
Momenty



Napětí horní vlákna

$$\sigma_{h,max} := -4.7 \text{ MPa}$$

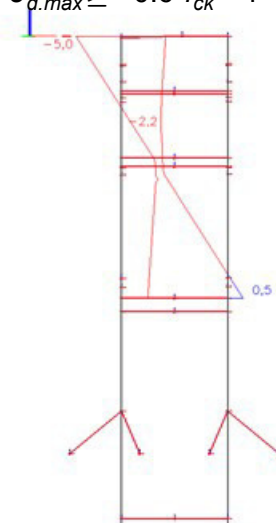
$$\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{d,max} := -5.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$$



6.2.10.2 Častá kombinace 6.15

Momenty

Napětí horní vlákna

Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{h.max} := 0.1 \text{ MPa}$$

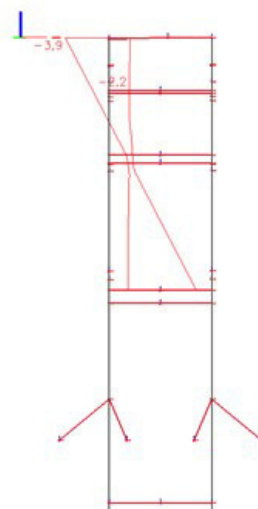
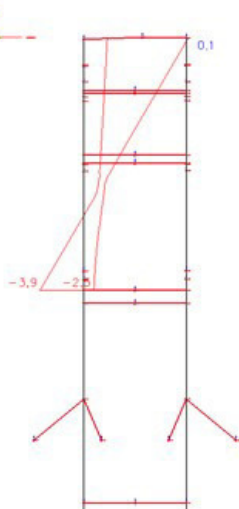
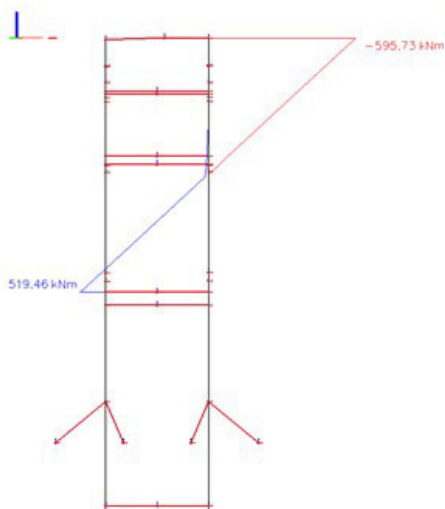
$$\sigma_{d.max} := -2.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h.max} \leq f_{ctm} = 1$$

$$\sigma_{d.max} \leq f_{ctm} = 1$$

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ

=> TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.2.10.3 Kvazistálá kombinace 6.16

Momenty

Napětí horní vlákna

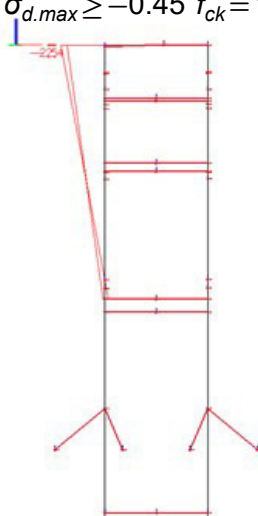
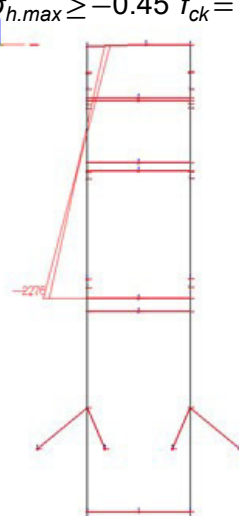
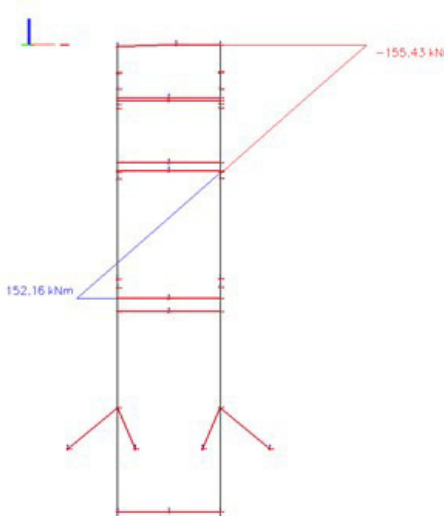
Napětí dolní vlákna

$$\sigma_{h.max} := -2.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d.max} := -2.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$

$$\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$$



6.2.11 Souhrn výsledků pro podpěry

čas	kombinace					
	charakteristická		častá		kvazistálá	
	horní	spodní	horní	spodní	horní	spodní
fáze 3	-7,8	-6,8	0,7	-5,8	-4,8	-4,4
fáze 4	-8,9	-7,6	-5,7	-5,8	-6,9	-5,9
fáze 5	-8,1	-7,2	1,2	1,0	-6,4	-6,0
fáze 6	-14,1	-9,6	1,5	1,2	-6,2	-6,2
fáze 7	-8,6	-4,2	4,1	3,5	-6,6	-4,3
fáze 8	-5,0	-5,0	1,9	1,2	-3,9	-5,1
fáze 9	5,3	-5,2	2,2	1,4	-4,1	-5,3
fáze 10	-9,5	-8,7	2,2	2,9	-6,2	-5,5
fáze 11	-5,3	-4,6	0,8	0,7	-3,5	-3,4
životnost	-4,7	-5,0	0,1	-2,2	-2,7	-2,5

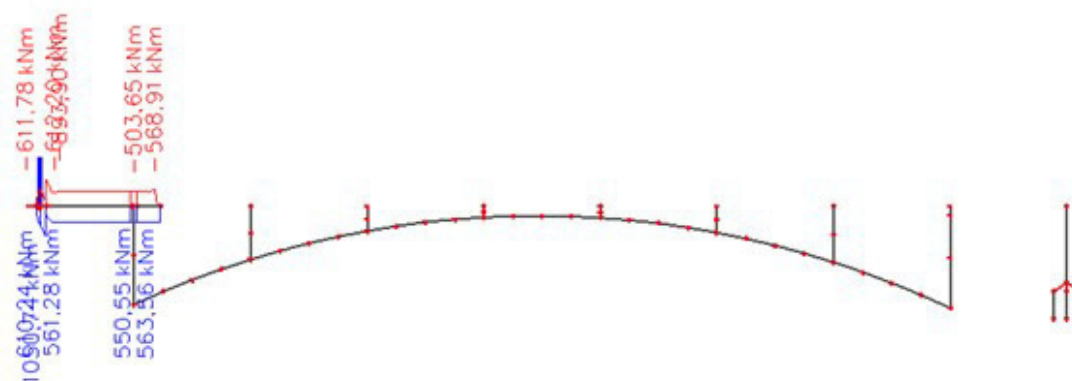
Konstrukce **vyhovuje** na mezní stav použitelnosti.

6.3 Posouzení fází výstavby desky pro MSP

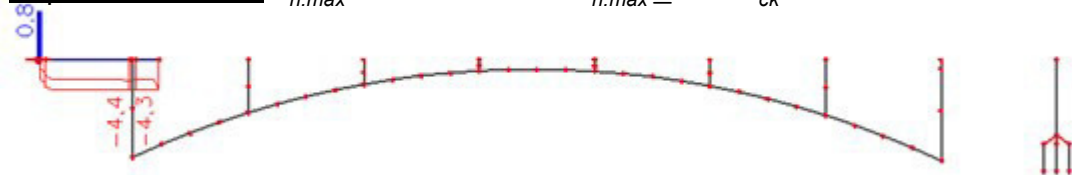
6.3.1 Fáze 3

6.3.1.1 Charakteristická kombinace 6.14

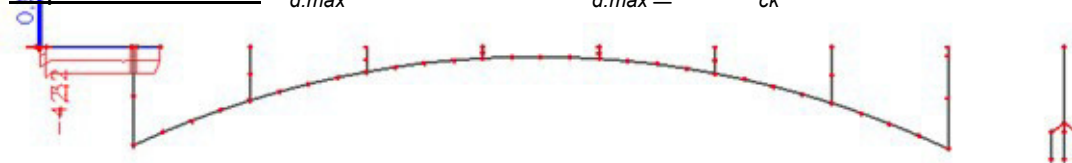
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -4.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

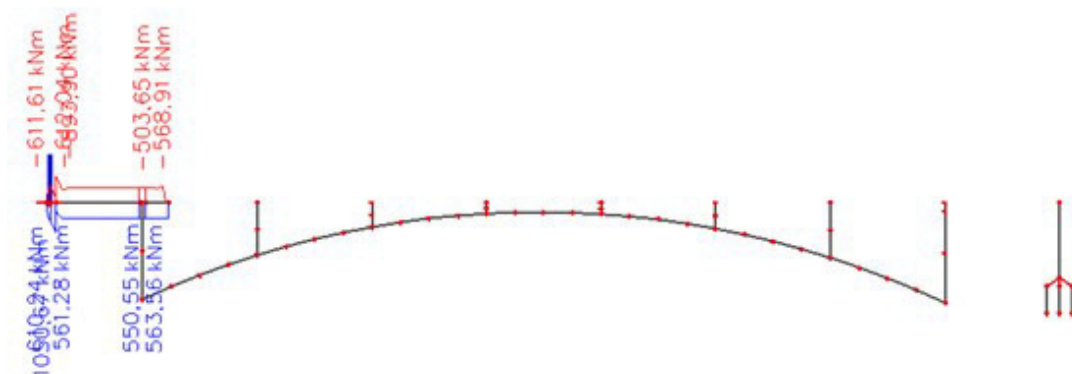


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -4.3 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$



6.3.1.2 Častá kombinace 6.15

Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := 0.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

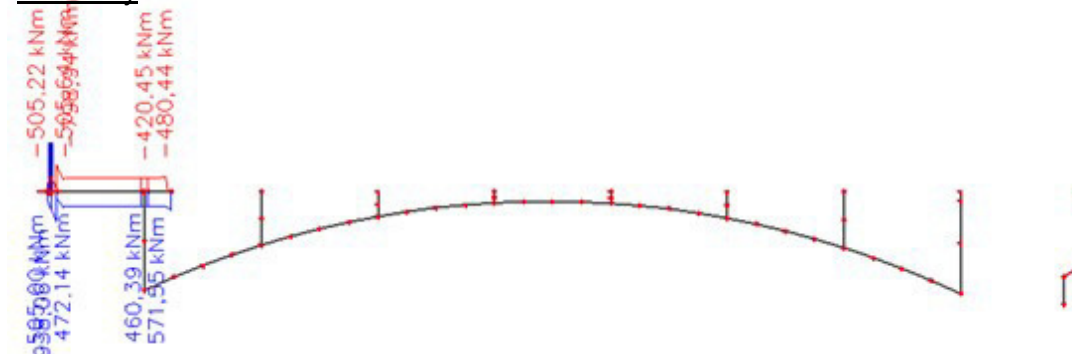


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := 0.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

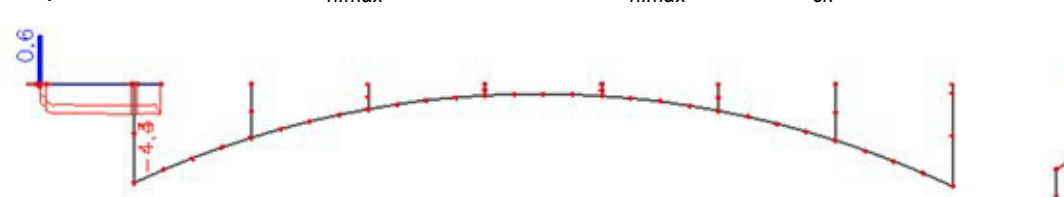


6.3.1.3 Kvazistálá kombinace 6.16

Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -4.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



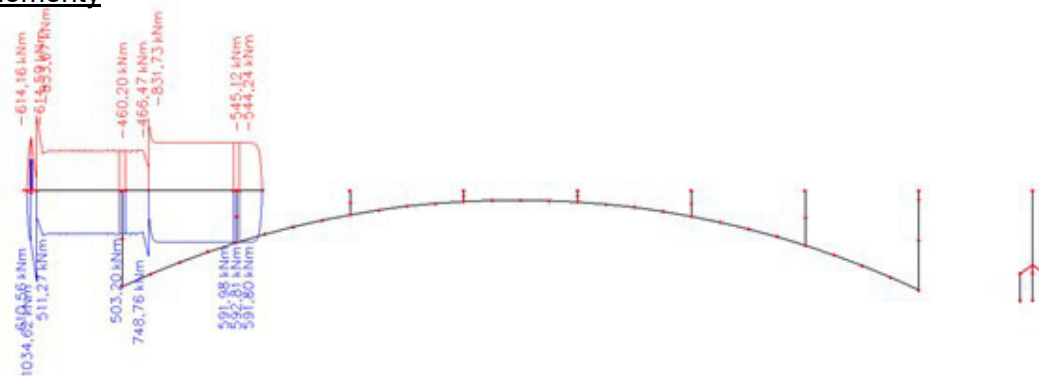
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -4.1 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



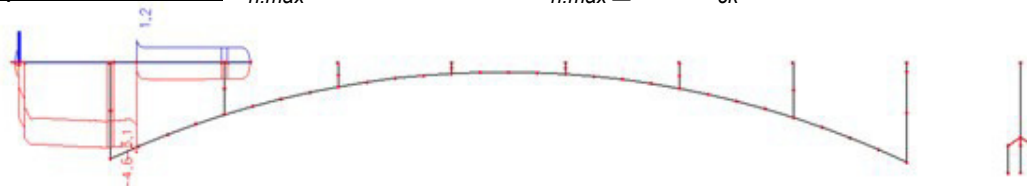
6.3.2 Fáze 4

6.3.2.1 Charakteristická kombinace 6.14

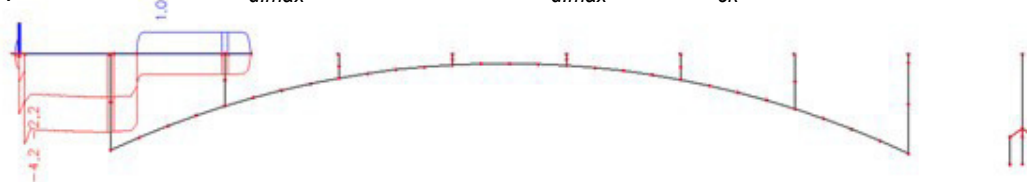
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -4.6 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

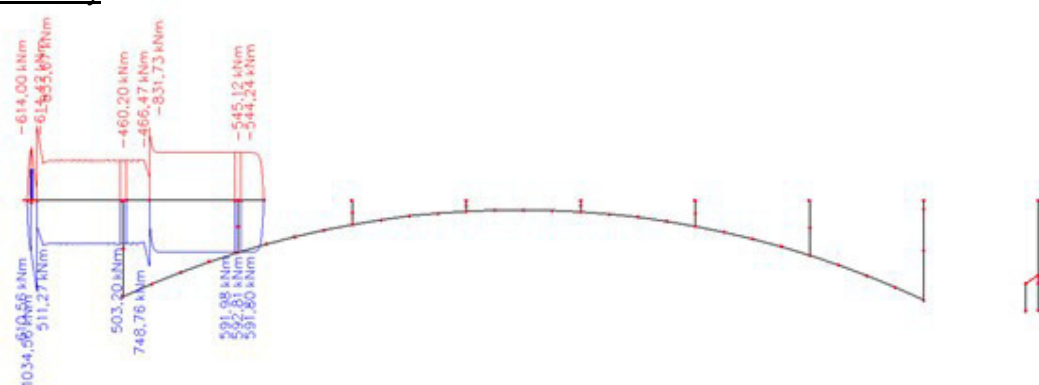


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -4.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

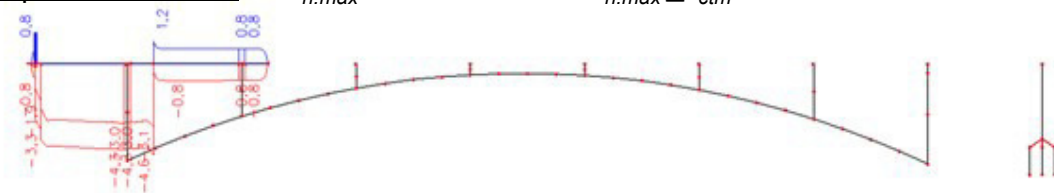


6.3.2.2 Častá kombinace 6.15

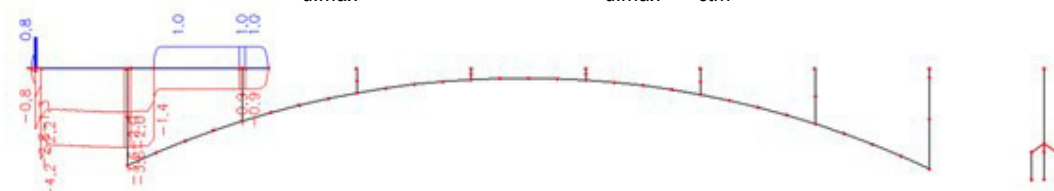
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := 1.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

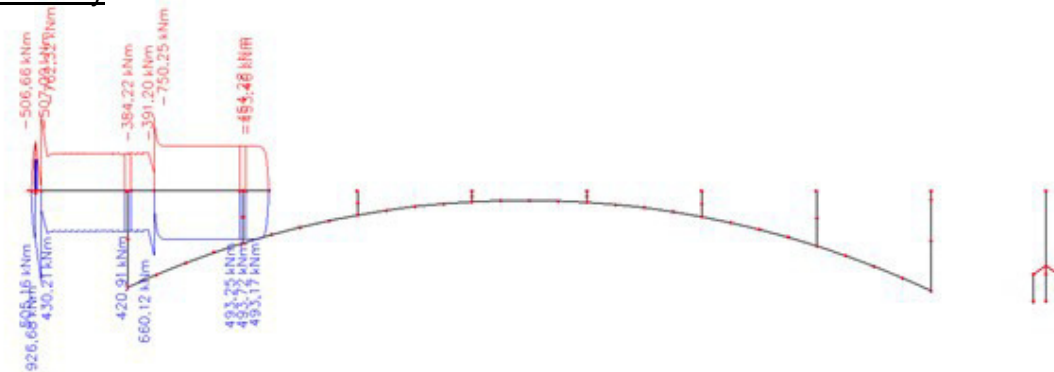


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := 1 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

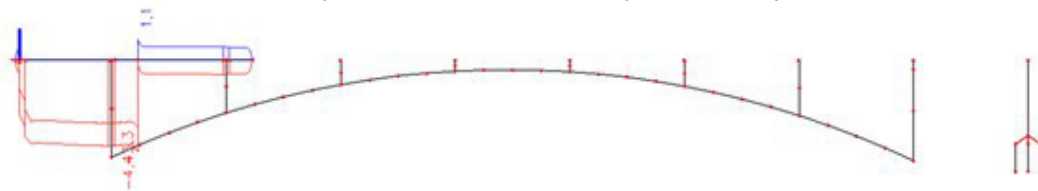


6.3.2.3 Kvazistálá kombinace 6.16

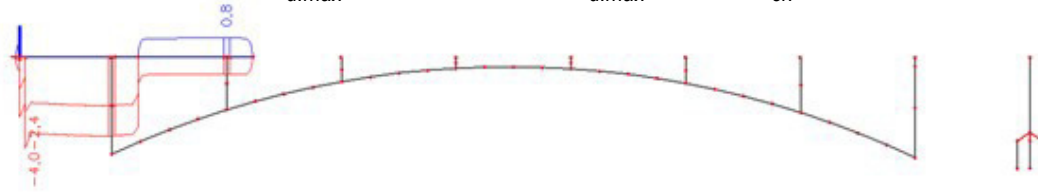
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -4.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



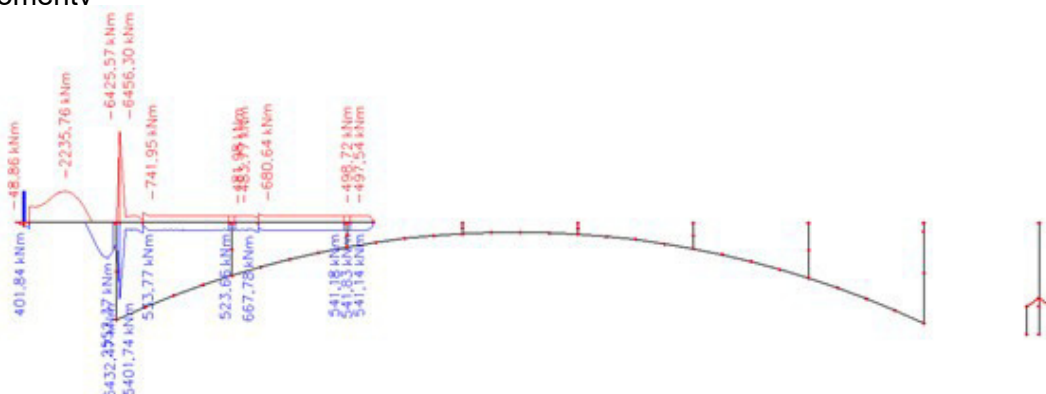
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -4.0 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



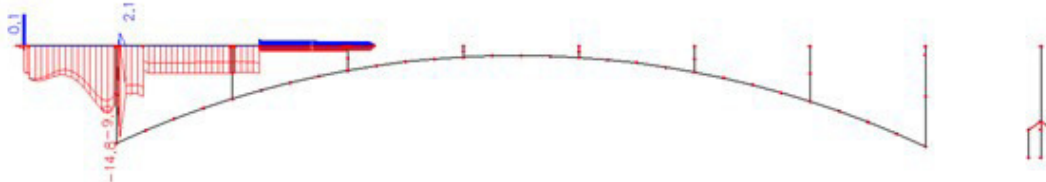
6.2.3 Fáze 5

6.3.3.1 Charakteristická kombinace 6.14

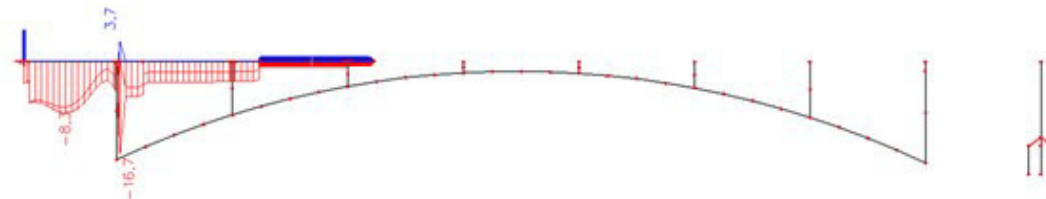
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -14.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

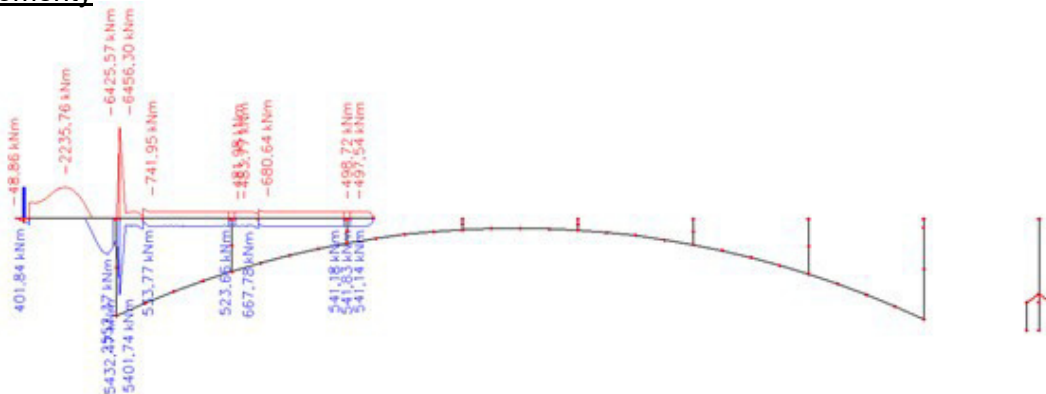


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -16.7 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

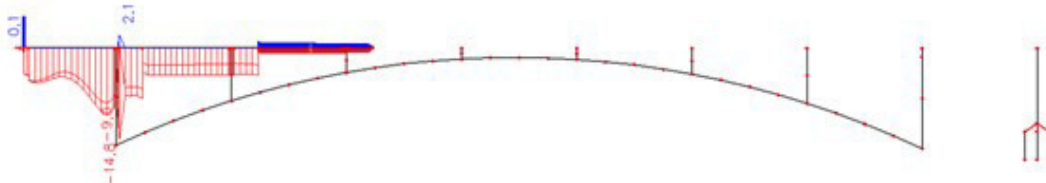


6.1.3.2 Častá kombinace 6.15

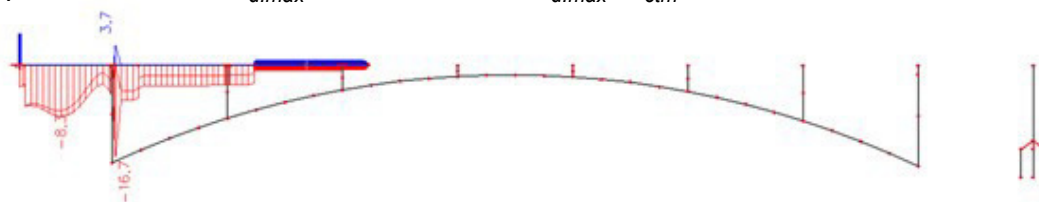
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := 2.1 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow \text{TRHLINY NEVZNIKAJÍ}$

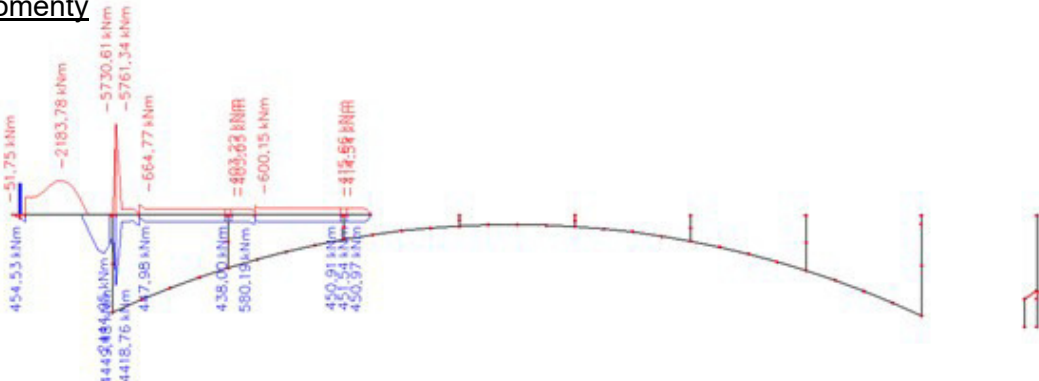


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := 3.7 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

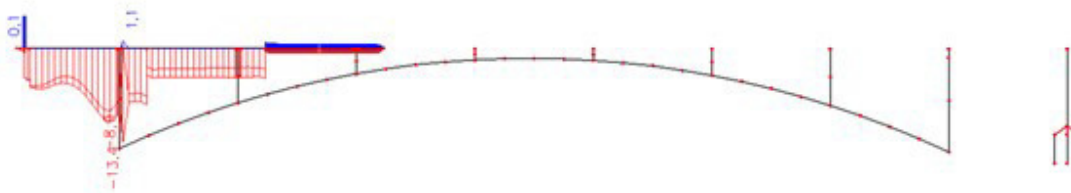


6.3.3.3 Kvazistálá kombinace 6.16

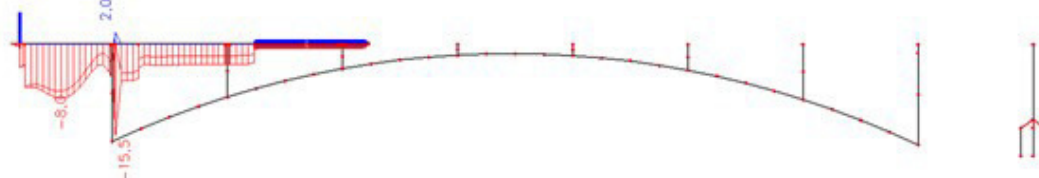
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -13.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



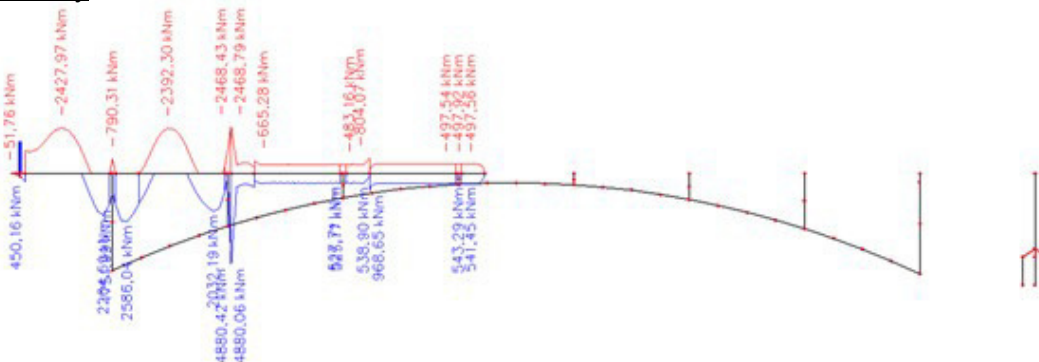
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -15.5 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



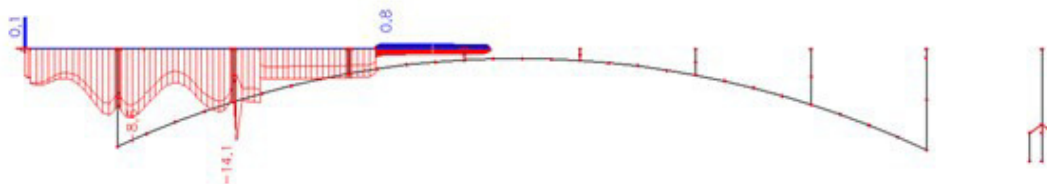
6.3.4 Fáze 6

6.3.4.1 Charakteristická kombinace 6.14

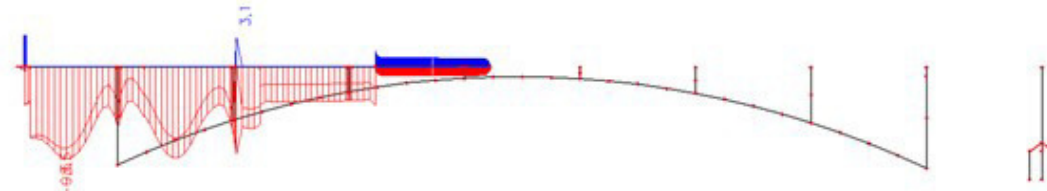
Momenty



Nabětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -14.1 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

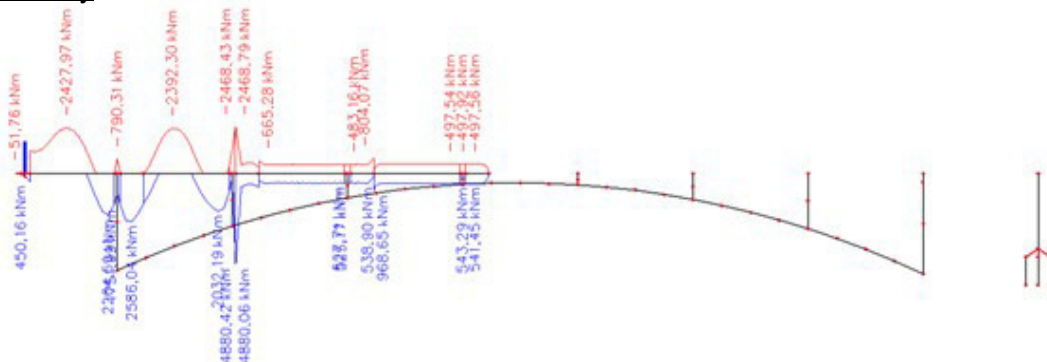


Nabětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -9.6 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

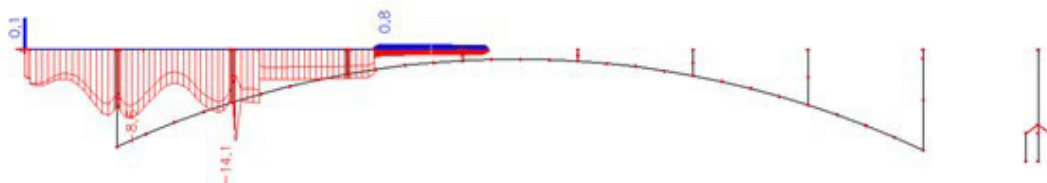


6.3.4.2 Častá kombinace 6.15

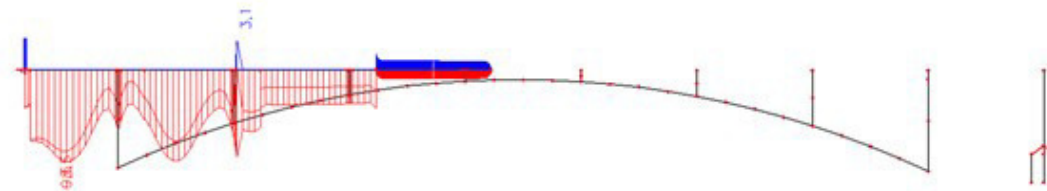
Momenty



Nabětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := 0.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

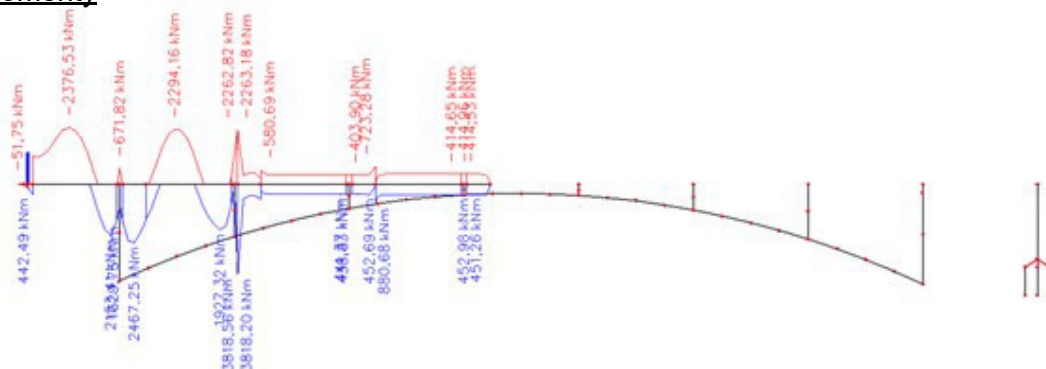


Nabětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := 3.1 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ



6.3.4.3 Kvazistálá kombinace 6.16

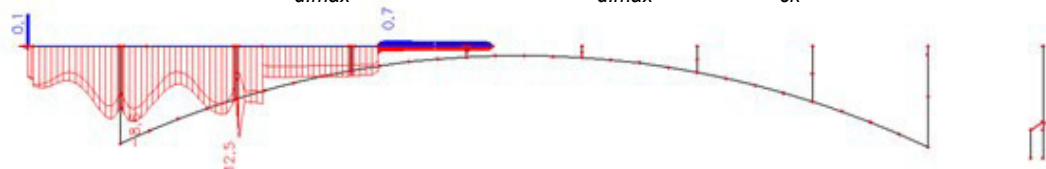
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -5.7 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



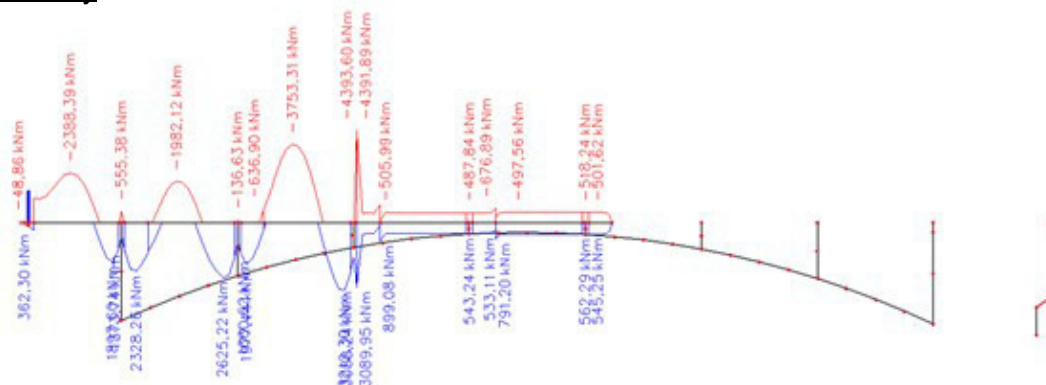
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d\max} := -7.5 \text{ MPa}$ $\sigma_{d\max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



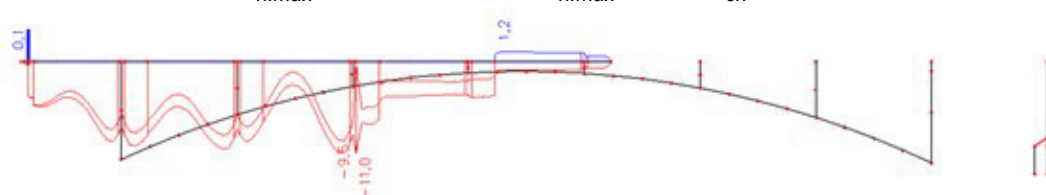
6.3.5 Fázis 7

6.3.5.1 Charakteristická kombinace 6.14

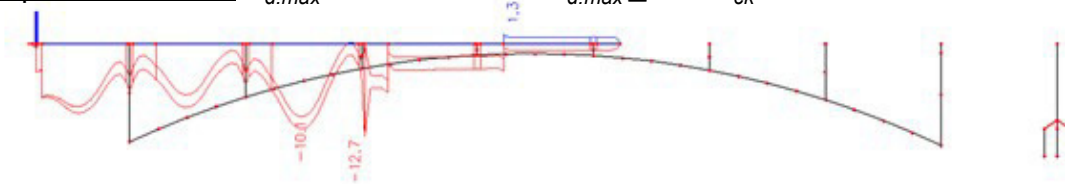
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -11.0 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

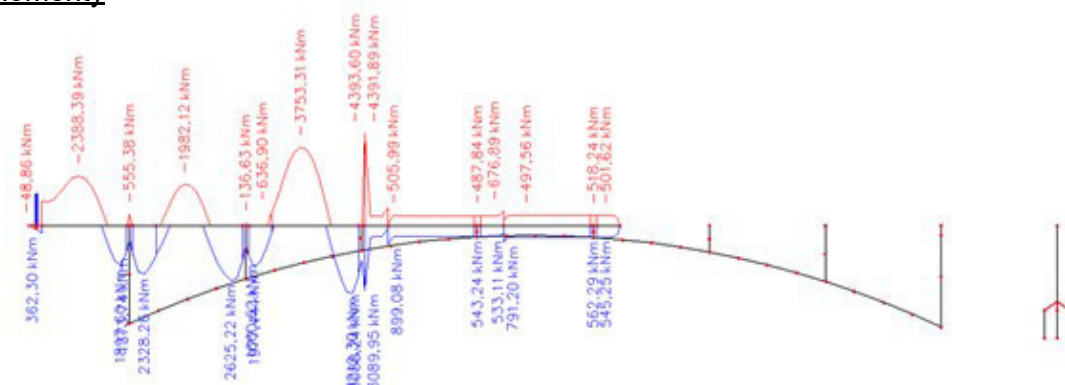


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -12.7 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

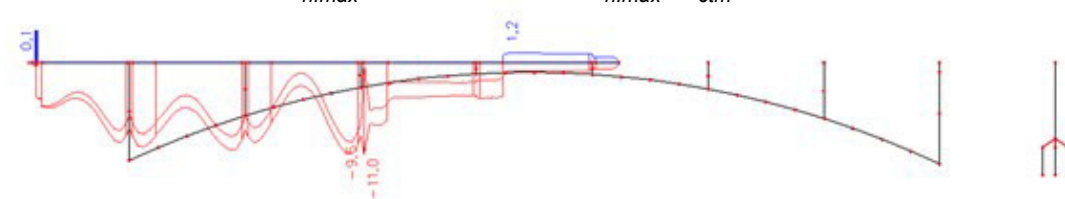


6.3.5.2 Častá kombinace 6.15

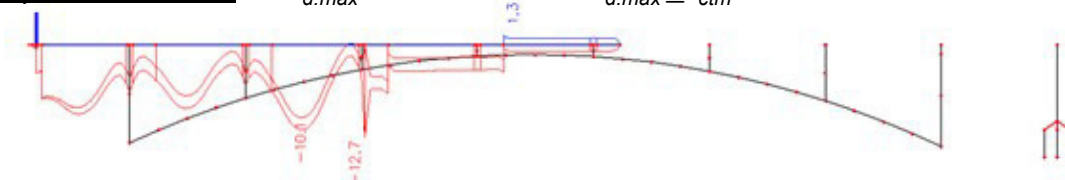
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := 1.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow \text{TRHLINY NEVZNIKAJÍ}$

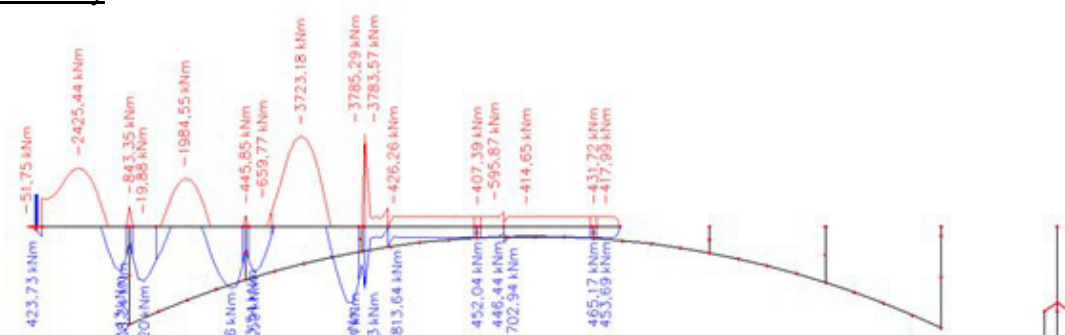


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := 1.3 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow \text{TRHLINY NEVZNIKAJÍ}$

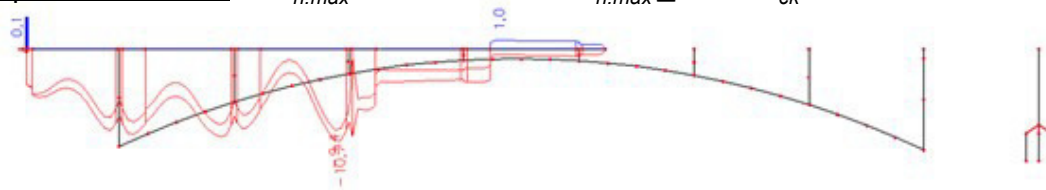


6.3.5.3 Kvazistálá kombinace 6.16

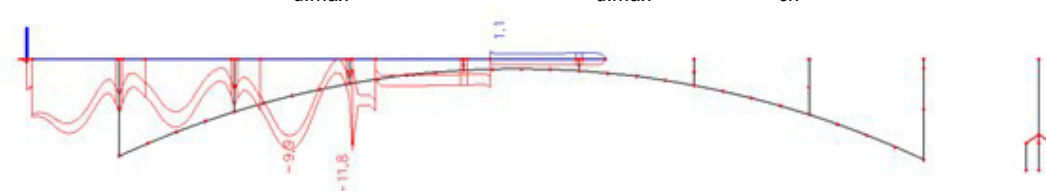
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -10.7 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



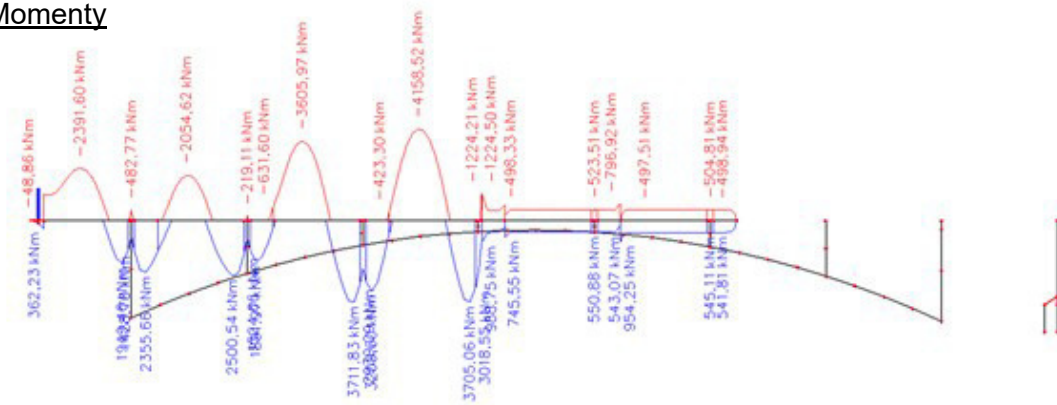
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -11.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



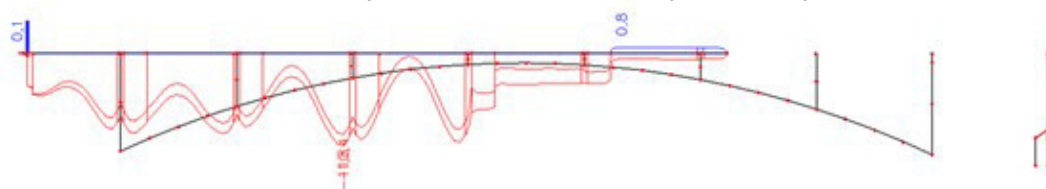
6.3.6 Fáze 8

6.3.6.1 Charakteristická kombinace 6.14

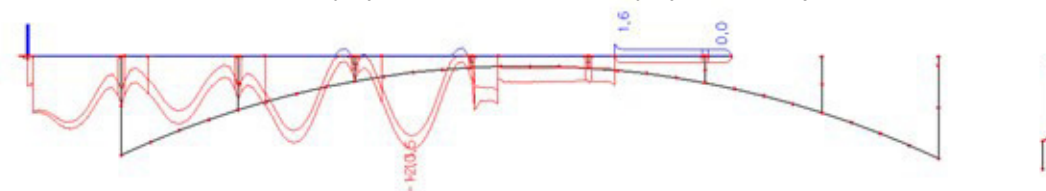
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -11.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

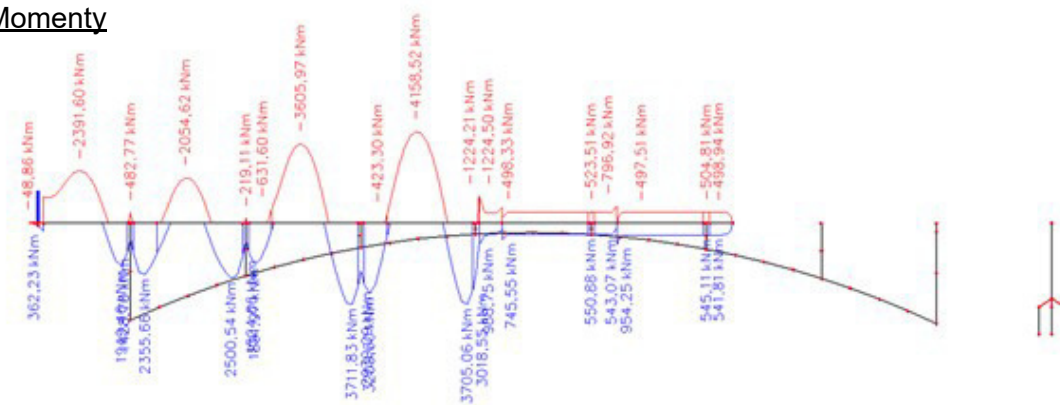


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -12.3 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

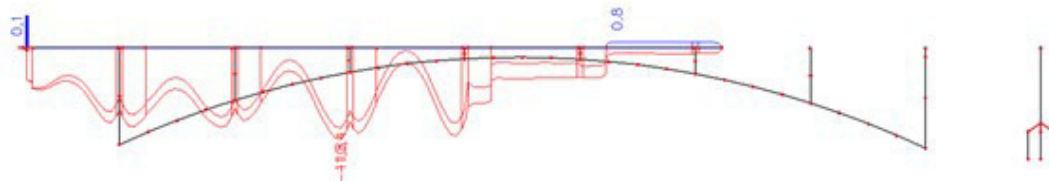


6.3.6.2 Častá kombinace 6.15

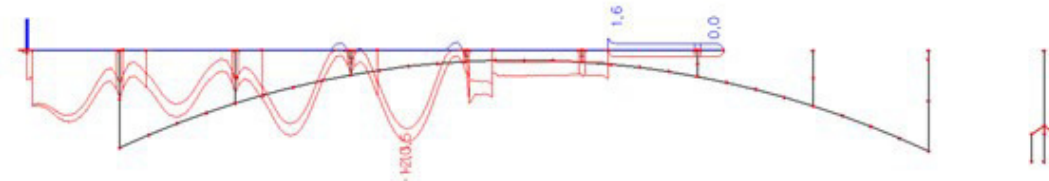
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := 0.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

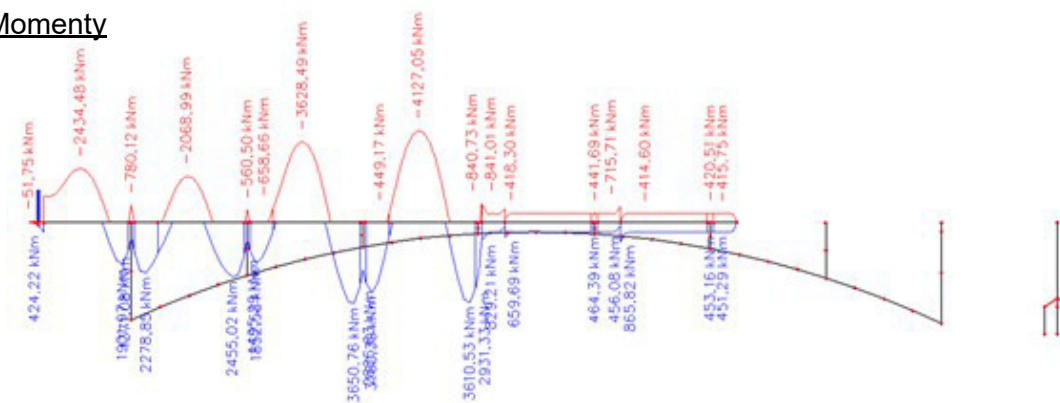


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := 1.6 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

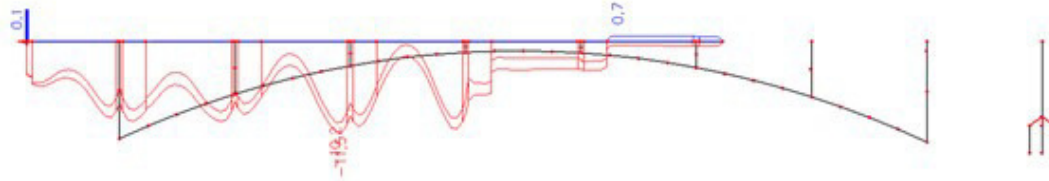


6.3.6.3 Kvazistálá kombinace 6.16

Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -11.5 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



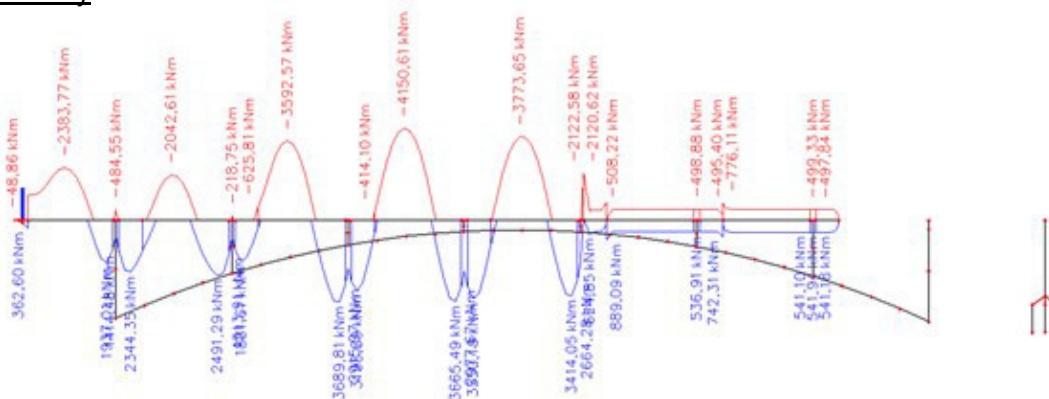
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -12.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



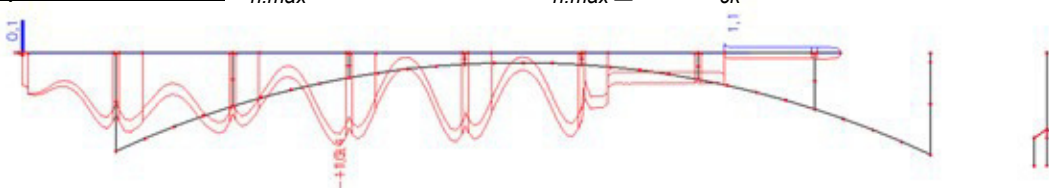
6.3.7 Fáze 9

6.3.7.1 Charakteristická kombinace 6.14

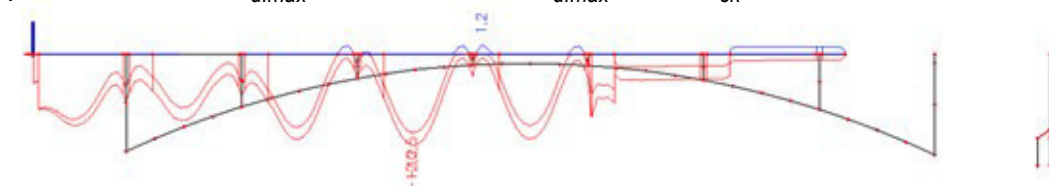
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -11.9 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

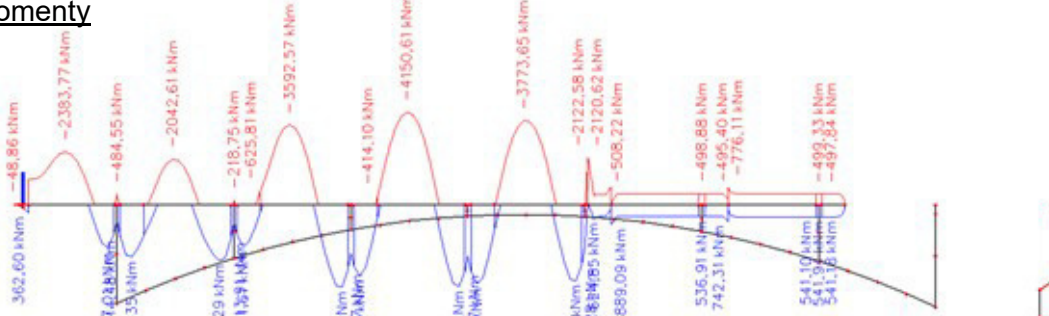


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -12.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

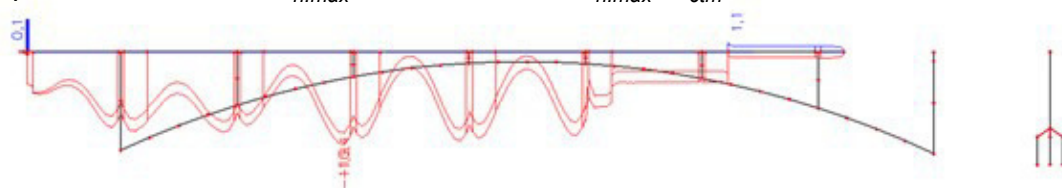


6.3.7.2 Častá kombinace 6.15

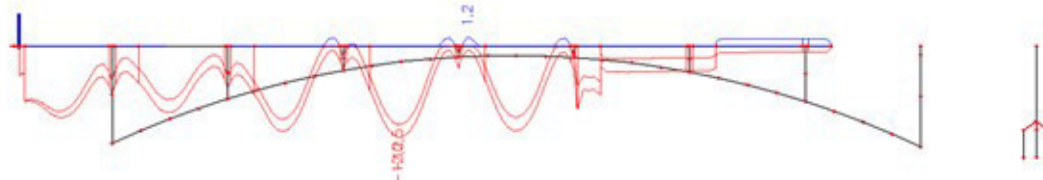
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := 1.1 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

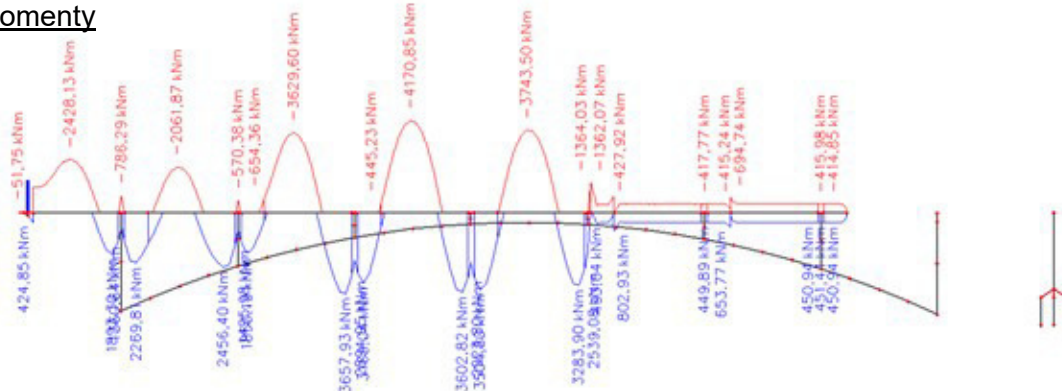


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := 1.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

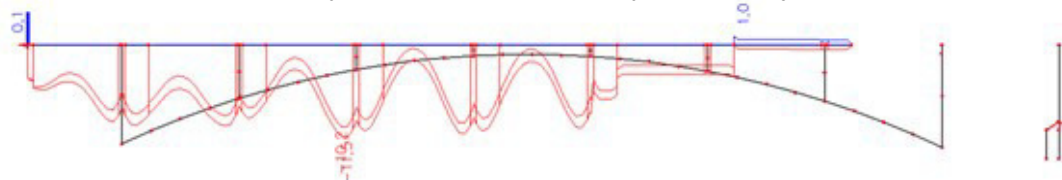


6.3.7.3 Kvazistálá kombinace 6.16

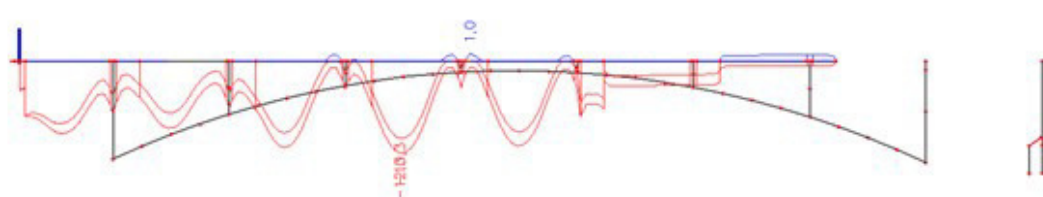
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h.max} := -11.5 \text{ MPa}$ $\sigma_{h.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



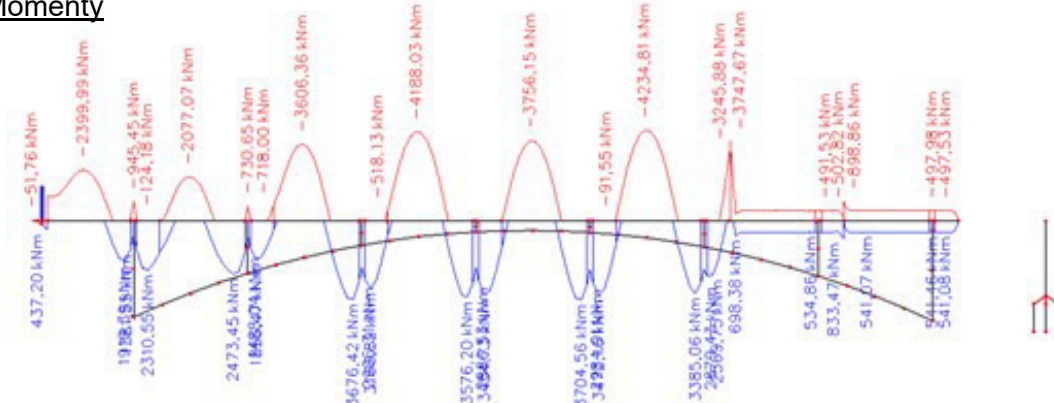
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d.max} := -12.3 \text{ MPa}$ $\sigma_{d.max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



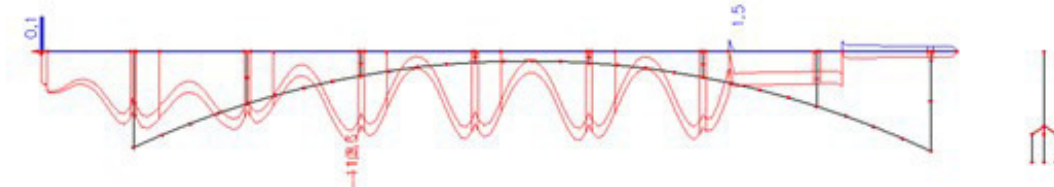
6.3.8 Fáze 10

6.3.8.1 Charakteristická kombinace 6.14

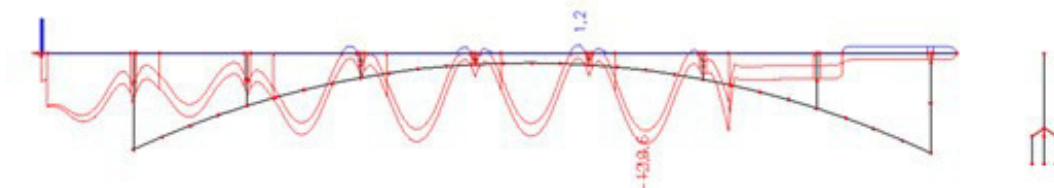
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -11.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

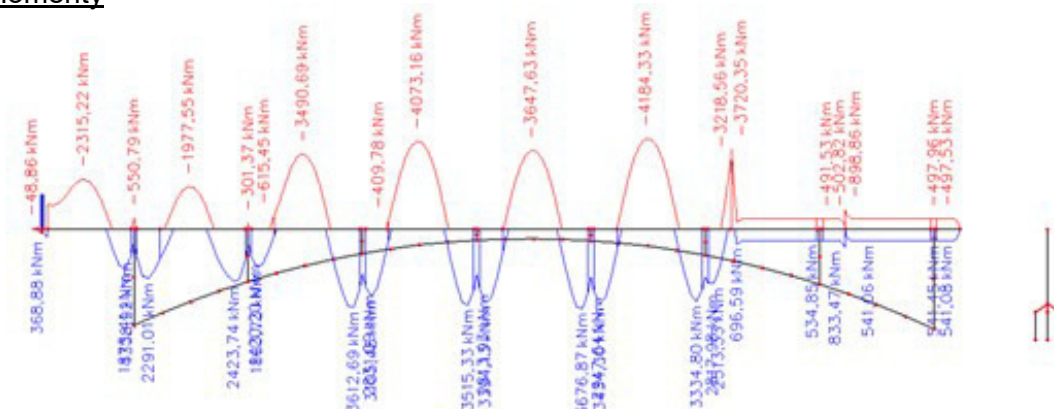


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -12.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

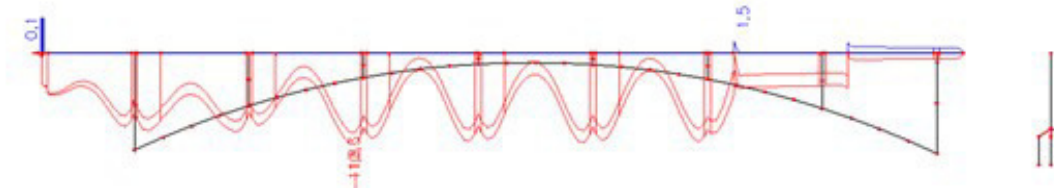


6.3.8.2 Častá kombinace 6.15

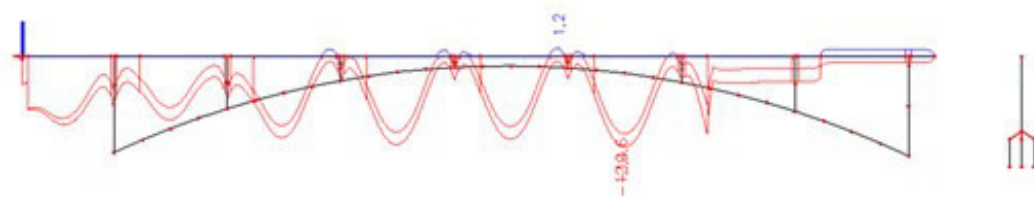
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := 1.5 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

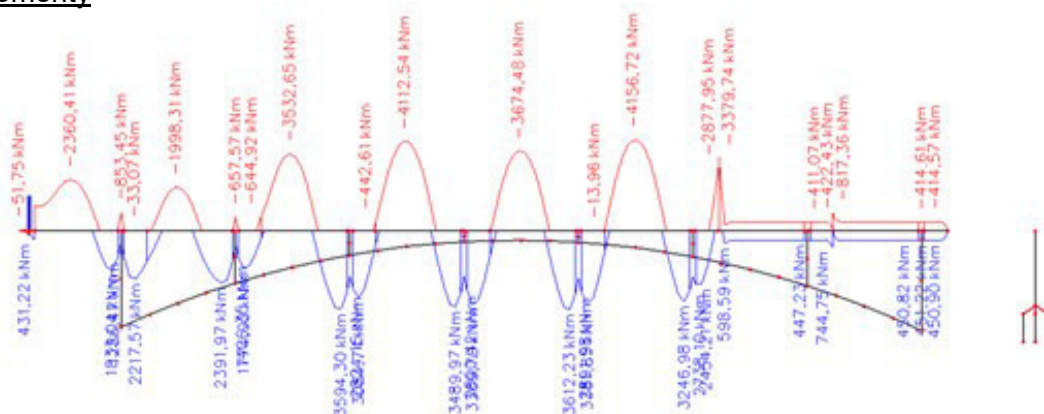


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := 1.2 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

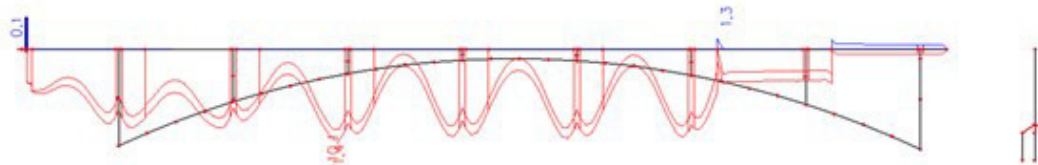


6.3.8.3 Kvazistálá kombinace 6.16

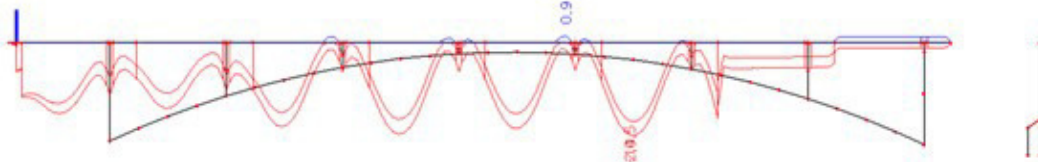
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -11.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -12.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$

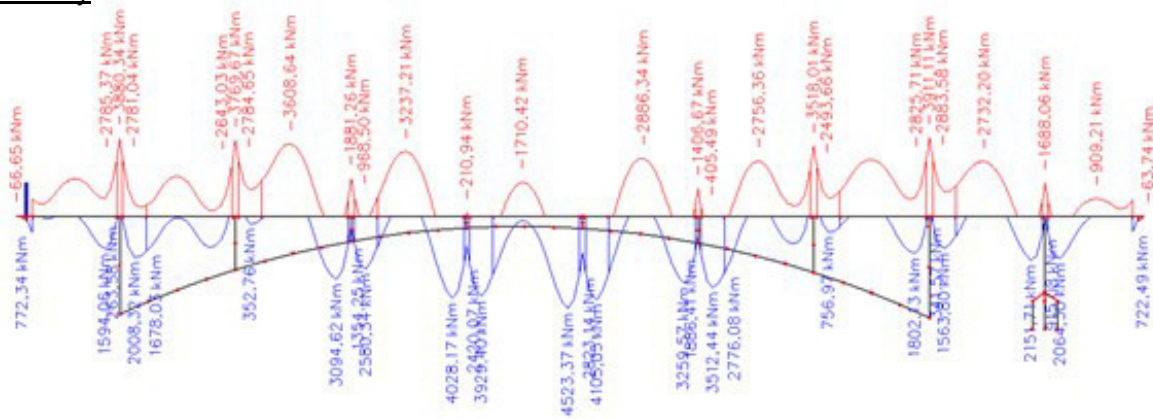


6.3.9 Fáze 11 - 13

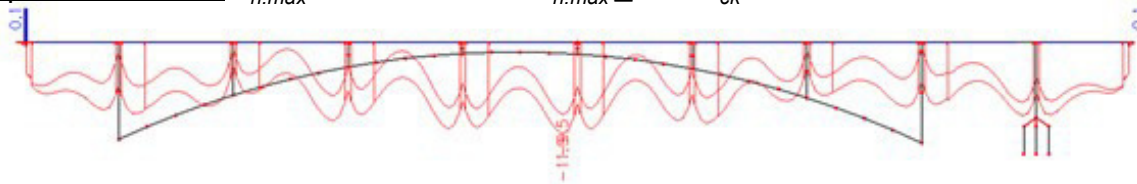
Poslední fáze výstavby, uvedením do provozu.

6.3.9.1 Charakteristická kombinace 6.14

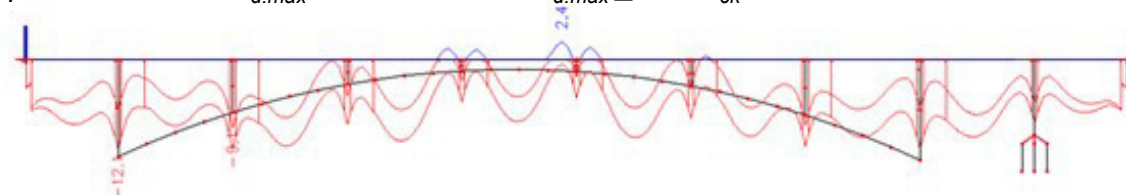
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -11.9 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

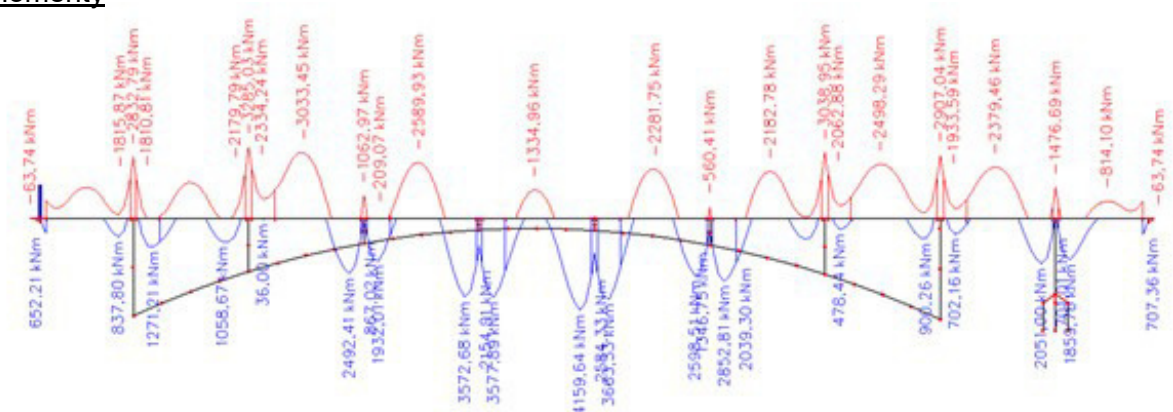


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -12.1 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

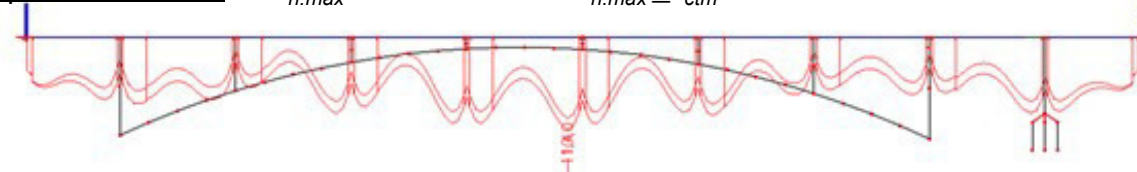


6.3.9.2 Častá kombinace 6.15

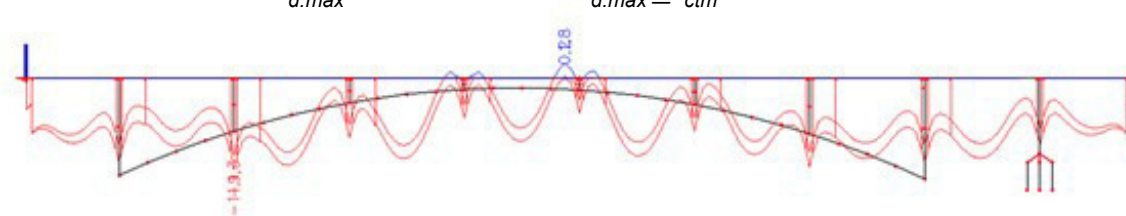
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := 0.1 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow \text{TRHLINY NEVZNIKAJÍ}$

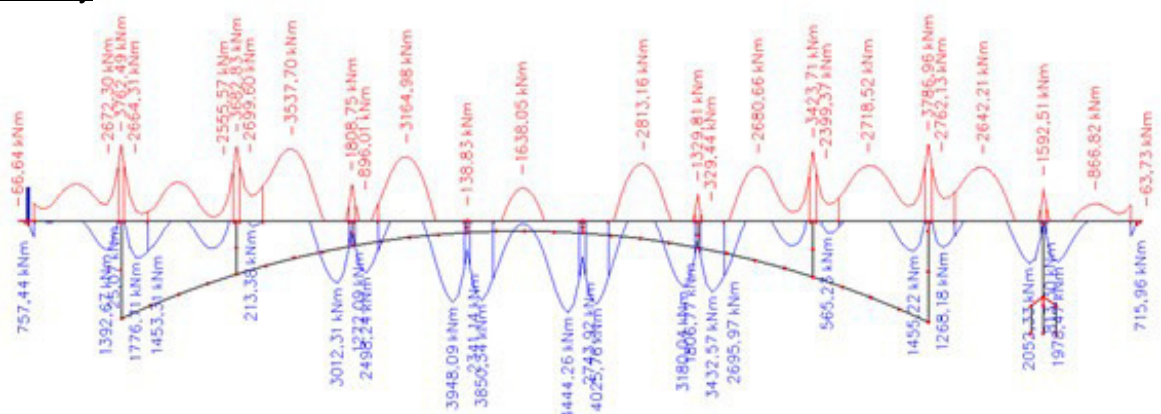


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := 1.8 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow \text{TRHLINY NEVZNIKAJÍ}$

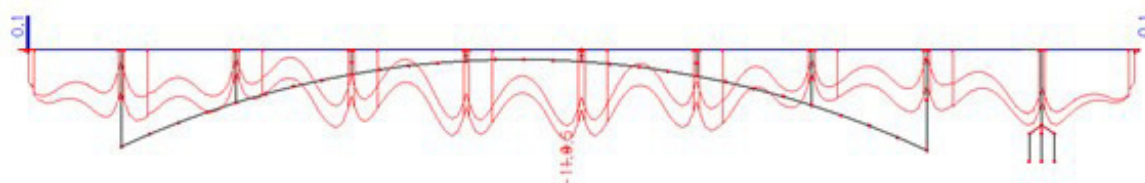


6.3.9.3 Kvazistálá kombinace 6.16

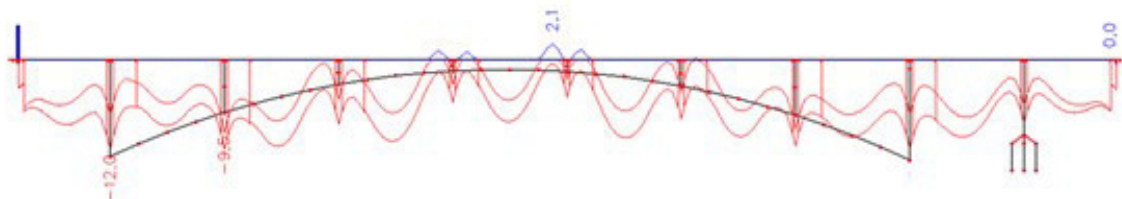
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -11.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



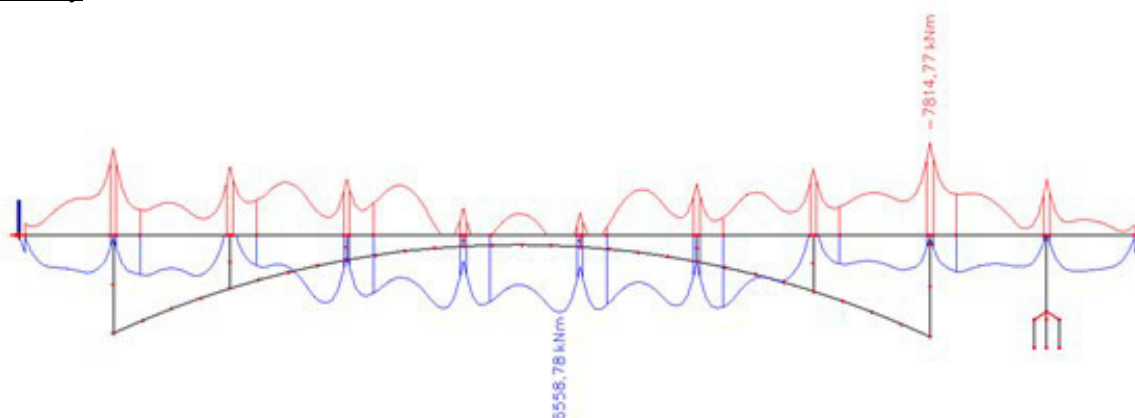
Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -12.0 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



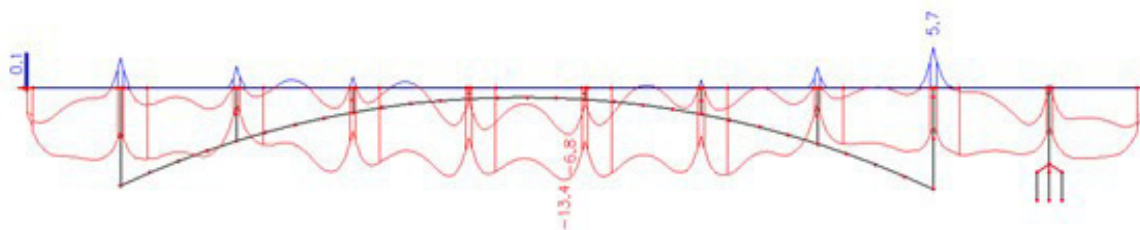
6.3.10 V čase životnosti

6.3.10.1 Charakteristická kombinace 6.14

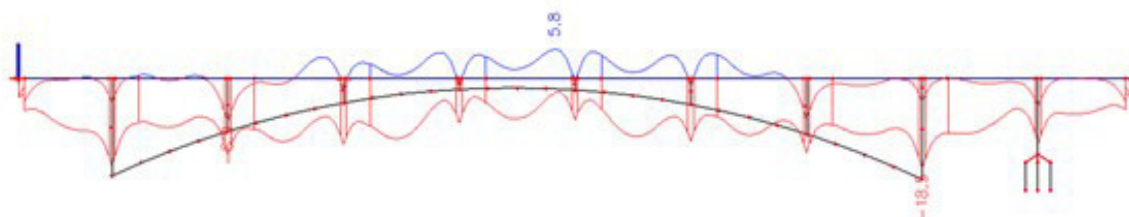
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -13.4 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

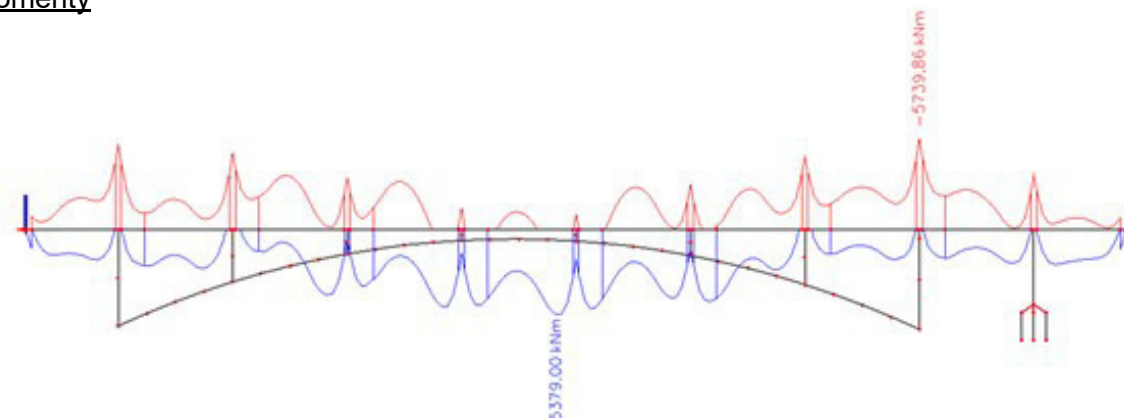


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -18.5 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.6 f_{ck} = 1$

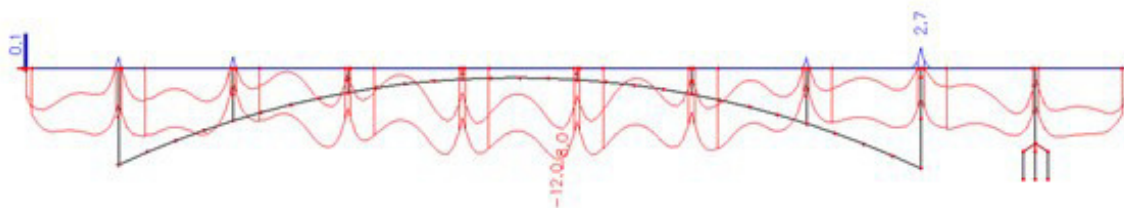


6.3.10.2 Častá kombinace 6.15

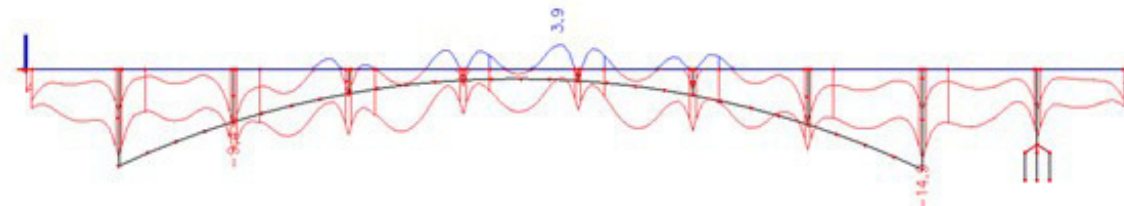
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := 2.7 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

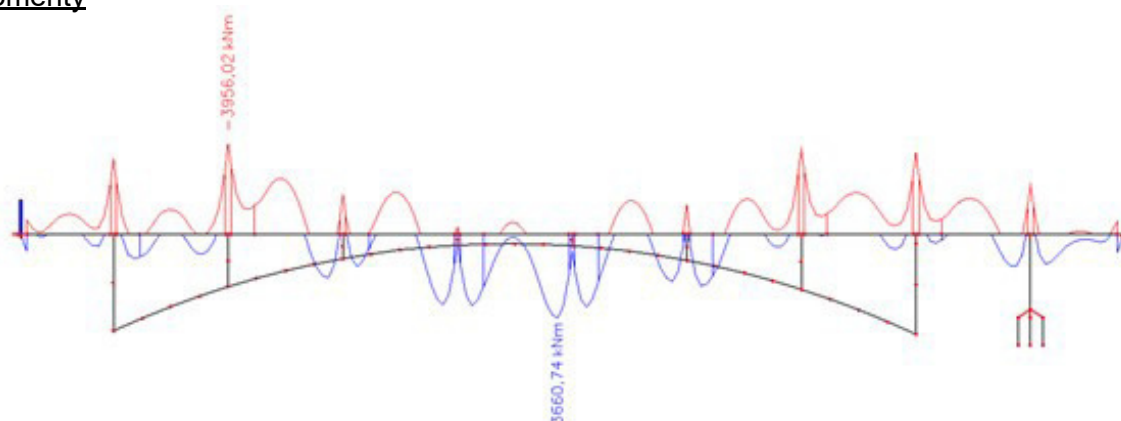


Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := 3.9 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \leq f_{ctm} = 1 \Rightarrow$ TRHLINY NEVZNIKAJÍ

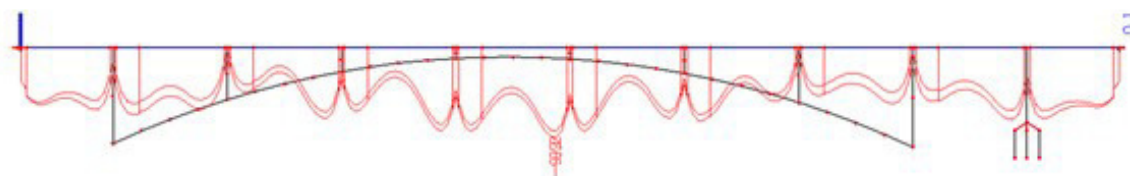


6.3.10.3 Kvazistálá kombinace 6.16

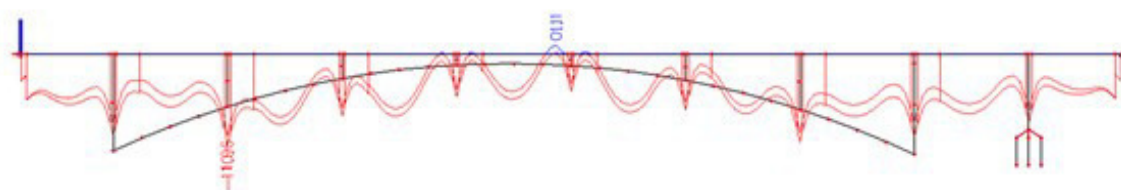
Momenty



Napětí horní vlákna $\sigma_{h,max} := -9.9 \text{ MPa}$ $\sigma_{h,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



Napětí dolní vlákna $\sigma_{d,max} := -11.9 \text{ MPa}$ $\sigma_{d,max} \geq -0.45 f_{ck} = 1$



6.3.11 Souhrn výsledků pro desku

čas	kombinace					
	charakteristická		častá		kvazistálá	
	horní	spodní	horní	spodní	horní	spodní
fáze 3	-4,4	-4,3	0,8	0,8	-4,4	-4,1
fáze 4	-4,6	-4,2	1,2	1,0	-4,4	-4,0
fáze 5	-14,8	-16,7	2,1	3,7	-13,4	-15,5
fáze 6	-14,1	-9,6	0,8	3,1	-5,7	-7,5
fáze 7	-11,0	-12,7	1,2	1,3	-10,7	-11,8
fáze 8	-11,8	-12,3	0,8	1,6	-11,5	-12,2
fáze 9	-11,9	-12,2	1,1	1,2	-11,5	-12,3
fáze 10	-11,8	-12,4	1,5	1,2	-11,4	-12,4
fáze 11	-11,9	-12,1	0,1	1,8	-11,4	-12
životnost	-13,4	-18,5	2,7	3,9	-9,9	-11,9

Konstrukce **vyhovuje** na mezní stav použitelnosti.

7. Mezní stav únosnosti

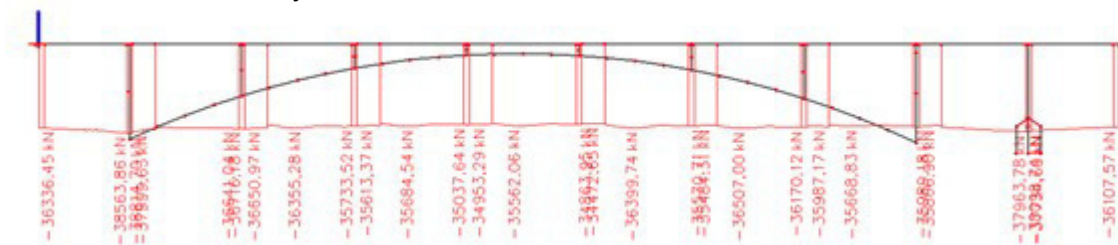
Na mezní stav únosnosti bude posouzen oblouk, podpěra a deska nosné konstrukce. Oblouk bude posouzen na kombinaci M+N ve dvou směrech a na kroucení v kombinaci se smykem.

Podpěry budou posouzeny na nejméně příznivé stavy v průběhu výstavby (z důvodu rozsahu budou zobrazeny jen účinky na podpěry v čase životnosti) na kombinaci M+N ve směru kolmo na rám. Ve směru rámu vznikají malé momenty (do 200 kNm), takže lze konstatovat, že **ve směru rámu podpěry vyhovují na kombinaci M+N**. Podpěry budou taktéž posouzeny na kombinaci kroucení a smyku. Ve směru rámu je situace analogická s posouzením na kombinaci M+N.

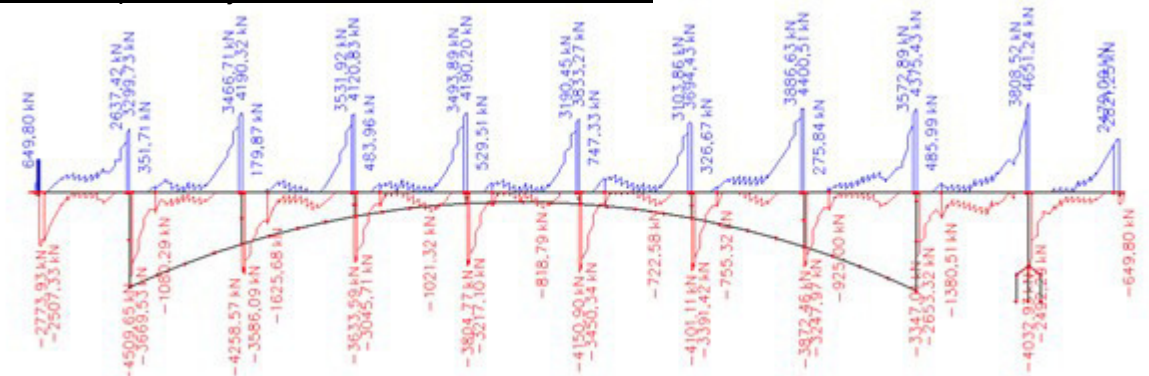
Mostovka bude posouzena na maximální ohyb nad podporou a v poli. Z důvodů velkých momentů bude ovšem deska posouzena i v jiných řezech, aby se zjistilo, zda by tam nebylo možné navrhnout méně výztuže z důvodu úspory materiálu. Dále bude mostovka posouzena na kombinaci kroucení a smyku. Jako poslední se bude posuzovat příčný směr desky.

Zvlášť se posoudí kotevní oblast. Výpočet vrubového kloubu bude proveden u výpočtu podpěr.

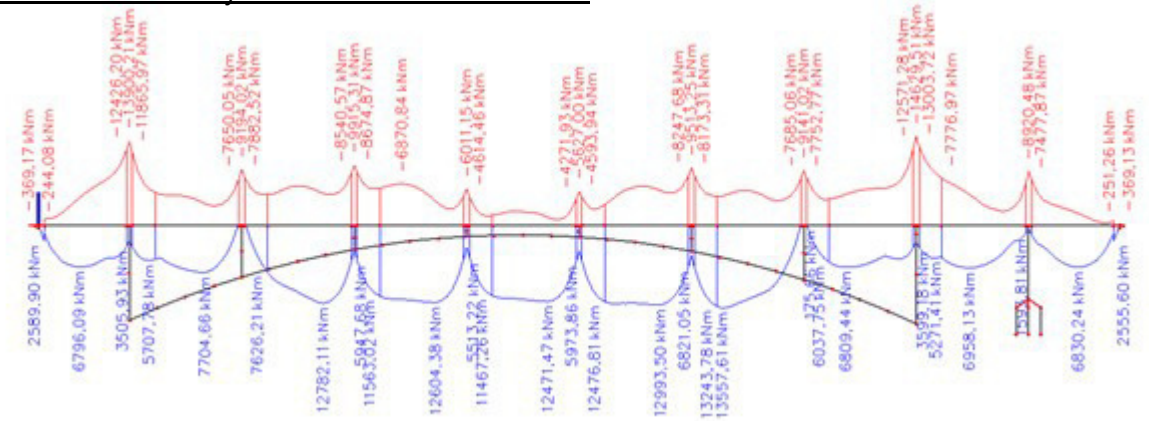
Návrhové normálové síly v čase životnosti na desce



Návrhové posouvající síly v čase životnosti na desce



Návrhové momenty v čase životnosti na desce



7.1 Oblouk

7.1.1 Kombinace M+N v místě vetknutí

$$f_{yd} = 434.783 \text{ MPa} \quad E_s = 200 \text{ GPa} \quad \lambda := 0.8$$

$$\varepsilon_{yd} = 0.002 \quad \sigma_s := \varepsilon_{yd} \cdot E_s = 434.783 \text{ MPa}$$

Průměr podélné výztuže $\Phi_s := 28 \text{ mm}$

Průměr třmínků $\Phi_{sw,p} := 10 \text{ mm}$

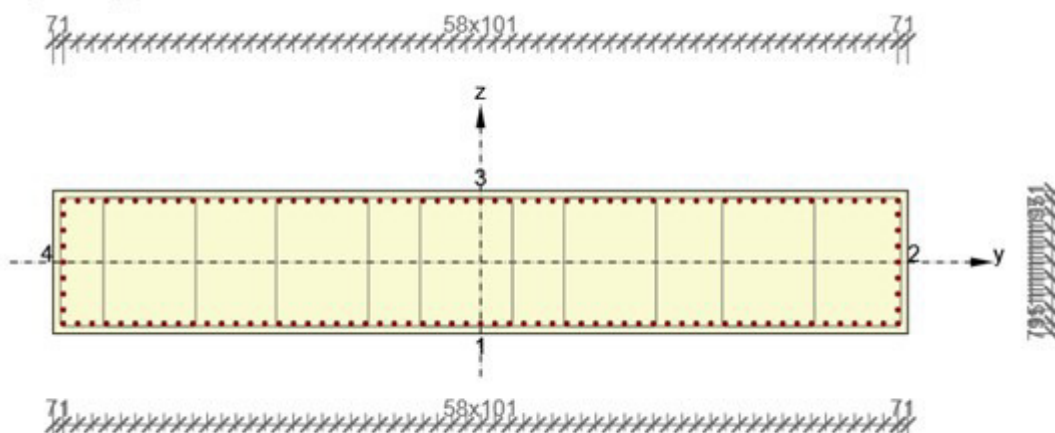
Krytí výztuže $c_{nom} := 55 \text{ mm}$

Rozměry podpěry $a = 6 \text{ m}$

$b_{new.o} = 1 \text{ m}$

$A_c := a \cdot b_{new.o} = 6 \text{ m}^2$

Vyztužený průřez : R 1



Moment setrvačnosti $I_y := 4.9957 \cdot 10^{-1} \text{ m}^4$

Průřezový modul $W_c := \frac{I_y}{b_{new.o}} = (4.996 \cdot 10^{-1}) \text{ m}^3$

Počet prutů v jedné řadě $n := 59$

Plocha výztuže v 1. řadě $A_{s,1} := n \cdot \pi \cdot \frac{\Phi_s^2}{4} = 36329.377 \text{ mm}^2$

Plocha výztuže v 2. řadě $A_{s,2} := n \cdot \pi \cdot \frac{\Phi_s^2}{4} = 36329.377 \text{ mm}^2$

Plocha výztuže celkem $A_{sI} := A_{s,1} + A_{s,2} = 72658.755 \text{ mm}^2$

$$d_1 := c_{nom} + \Phi_{sw,p} + \frac{\Phi_s}{2} = 79 \text{ mm} \quad d := b_{new.o} - d_1 = 921 \text{ mm} \quad z := \frac{b_{new.o}}{2} - d_1 = 421 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 0.0035 \quad f_{cd} = 28.333 \text{ MPa}$$

$$\xi_{bal,1} := \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0.617 \quad x_{bal,1} := \xi_{bal,1} \cdot d_1 = 48.732 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal,2} := \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} - \varepsilon_{yd}} = 2.639 \quad x_{bal,2} := \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 208.508 \text{ mm}$$

7.1.1.1 Směr Z

Bod 0:

$$N_{Rd.0} := -(b_{new.o} \cdot a \cdot f_{cd} + A_{sl} \cdot \sigma_s) = -201590.763 \text{ kN}$$

$$M_{Rd.0} := 0 \text{ kN} \cdot m$$

Bod 1:

$$N_{Rd.1} := -(\lambda \cdot a \cdot d \cdot f_{cd} + A_{s.2} \cdot f_{yd}) = -141051.381 \text{ kN}$$

$$M_{Rd.1} := \frac{\lambda \cdot a \cdot d \cdot f_{cd} \cdot (b_{new.o} - \lambda \cdot d)}{2} + A_{s.2} \cdot f_{yd} \cdot z = 23133.545 \text{ kN} \cdot m$$

Bod 2:

$$N_{Rd.2} := -(\lambda \cdot a \cdot \xi_{bal.1} \cdot d \cdot f_{cd}) = -77265.195 \text{ kN}$$

$$M_{Rd.2} := \frac{\lambda \cdot a \cdot \xi_{bal.1} \cdot d \cdot f_{cd} \cdot (b_{new.o} - \lambda \cdot \xi_{bal.1} \cdot d)}{2} + 2 \cdot A_{s.2} \cdot f_{yd} \cdot z = 34373.749 \text{ kN} \cdot m$$

Bod 3:

$$x := 0.091174275 \text{ m}$$

$$N_{Rd.3} := \lambda \cdot a \cdot x \cdot f_{cd} + A_{s.2} \cdot \frac{\epsilon_{cu3}}{x} \cdot (x - d_1) \cdot E_s - A_{s.1} \cdot f_{yd} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd.3} := \frac{\lambda \cdot x \cdot a \cdot f_{cd} \cdot (b_{new.o} - \lambda \cdot x)}{2} + A_{s.1} \cdot f_{yd} \cdot z + A_{s.2} \cdot E_s \cdot \frac{\epsilon_{cu3}}{x} \cdot (x - d_1) \cdot z = 13827.074 \text{ kN} \cdot m$$

Bod Z:

$$N_{Rd.z} := -(\lambda \cdot a \cdot x_{bal.2} \cdot f_{cd}) = -28357.115 \text{ kN}$$

$$M_{Rd.z} := \frac{\lambda \cdot a \cdot x_{bal.2} \cdot f_{cd} \cdot (b_{new.o} - \lambda \cdot x_{bal.2})}{2} + A_{s.2} \cdot f_{yd} \cdot z + A_{s.1} \cdot f_{yd} \cdot z = 25113.192 \text{ kN} \cdot m$$

Bod 4:

$$N_{Rd.4} := A_{s.1} \cdot f_{yd} = 15795.381 \text{ kN}$$

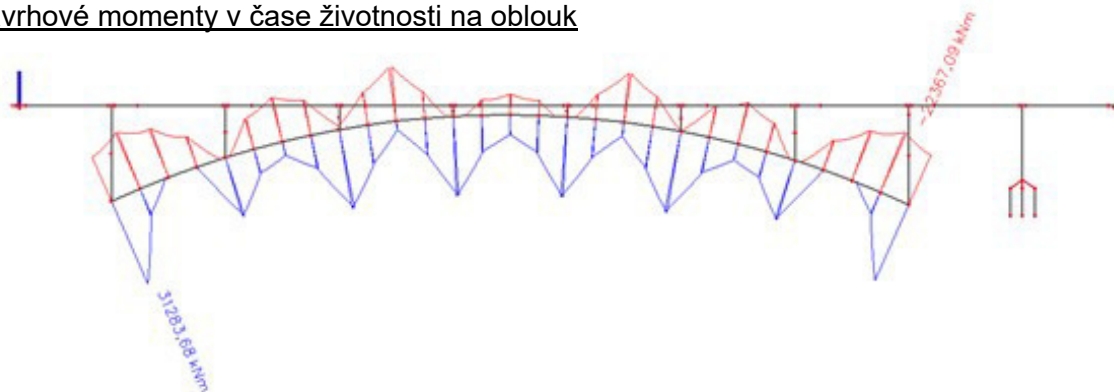
$$M_{Rd.4} := A_{s.1} \cdot f_{yd} \cdot z = 6649.856 \text{ kN} \cdot m$$

Bod 5:

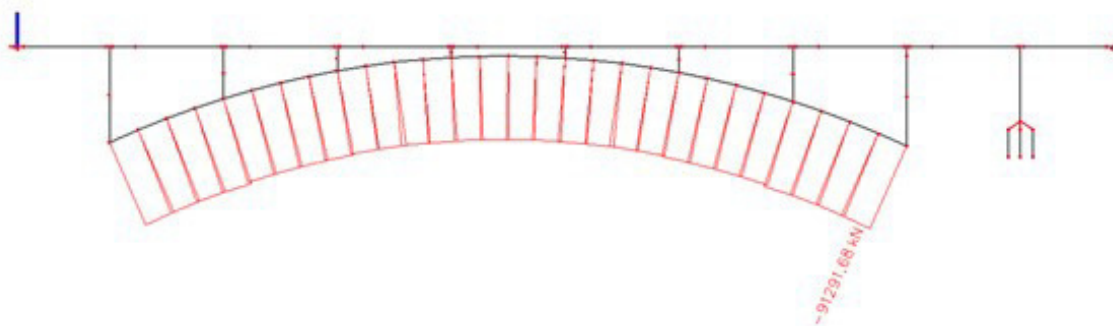
$$N_{Rd.5} := A_{s.1} \cdot f_{yd} + A_{s.2} \cdot f_{yd} = 31590.763 \text{ kN}$$

$$M_{Rd.5} := A_{s.1} \cdot f_{yd} \cdot z - A_{s.2} \cdot f_{yd} \cdot z = 0 \text{ kN} \cdot m$$

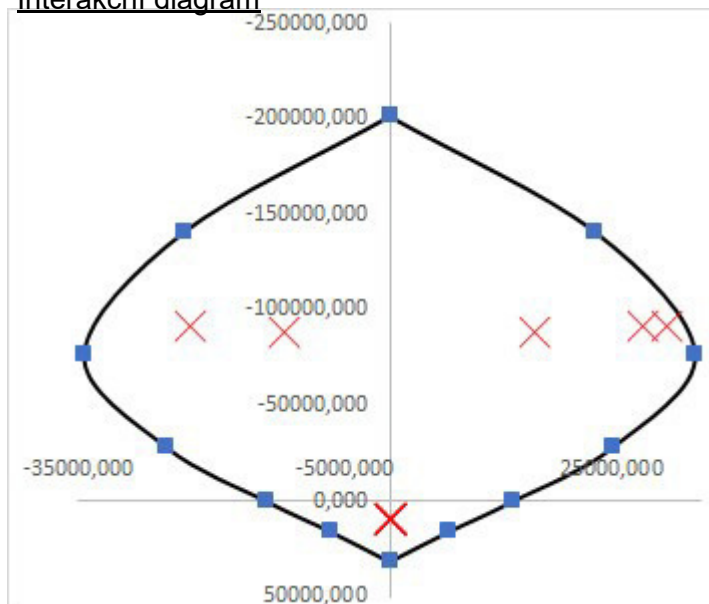
Návrhové momenty v čase životnosti na oblouk



Návrhové normálové síly v čase životnosti na oblouk



Interakční diagram



Vnitřní síly v průběhu životnosti konstrukce

FÁZE	N (kN)	My (kNm)
FÁZE 2	9931,614	0
FÁZE 2	9931,614	0
FÁZE 3	9931,614	0
FÁZE 3	9931,614	0
FÁZE 4	9931,614	0
FÁZE 4	9931,614	0
FÁZE 5	9931,614	0
FÁZE 6	9931,614	0
FÁZE 7	9931,614	0
FÁZE 8	9931,614	0
FÁZE 9	9931,614	0
FÁZE 10	9931,614	0
FÁZE 11	9931,614	0
FÁZE 13	-88564,4	16435,58
FÁZE 13	-88564,4	-11967,61
ŽIVOTNOST	-91291,68	31283,68
ŽIVOTNOST	-91291,68	28584,43
ŽIVOTNOST	-91291,68	-22367,09

7.1.1.2 Směr Y

Počet prutů v první a poslední řadě

$$n_1 := 9$$

Plocha výztuže v první a poslední

$$A_{s,1} := n_1 \cdot \pi \cdot \frac{\Phi_s^2}{4} = 5541.769 \text{ mm}^2$$

Plocha výztuže celkem

$$A_{sl} := 2 \cdot A_{s,1} = 11083.539 \text{ mm}^2$$

$$d_1 := c_{nom} + \Phi_{sw,p} + \frac{\Phi_s}{2} = 79 \text{ mm}$$

$$d := a - d_1 = 5921 \text{ mm}$$

$$z := \frac{a}{2} - d_1 = 2921 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{cu3} = 0.0035$$

$$f_{cd} = 28.333 \text{ MPa}$$

$$\xi_{bal,1} := \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}} = 0.617$$

$$x_{bal,1} := \xi_{bal,1} \cdot d_1 = 48.732 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal,2} := \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} - \epsilon_{yd}} = 2.639$$

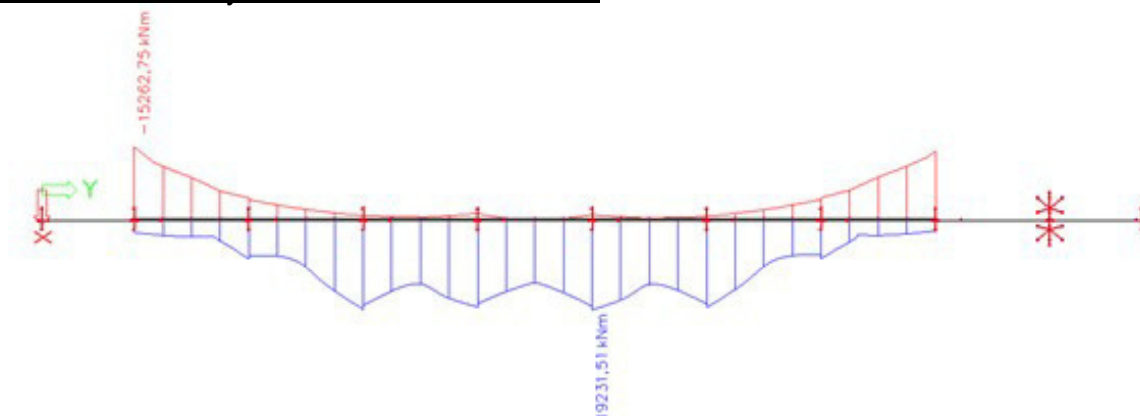
$$x_{bal,2} := \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 208.508 \text{ mm}$$

VYPRACOVAL: Bc. JIŘÍ KUTÁLEK

VEDOUcí PRÁCE: doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

Výpočet je proveden analogicky stejně jako ve směru Z.

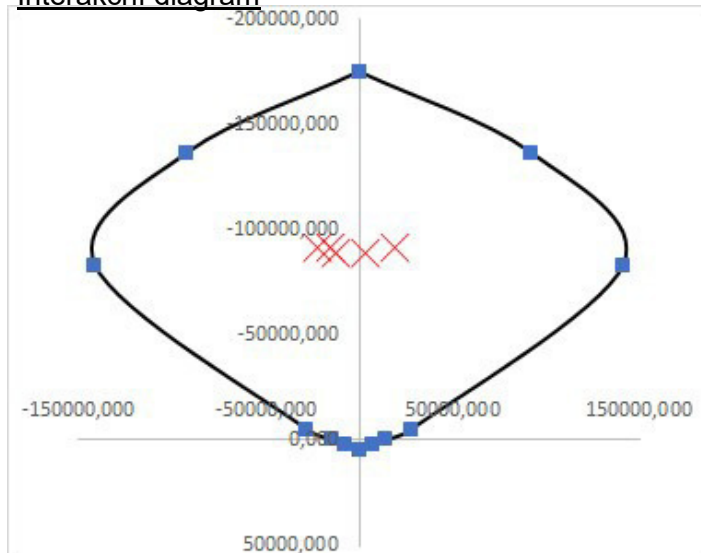
Návrhové momenty v čase životnosti na oblouk



Návrhové momenty v čase uvedení do provozu na oblouk



Interakční diagram



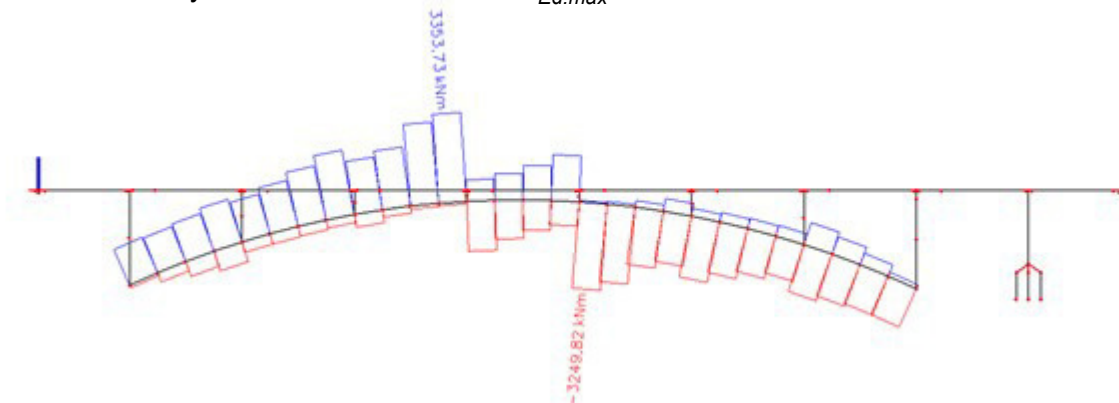
Vnitřní síly v průběhu životnosti konstrukce

FÁZE	N (kN)	My (kNm)
FÁZE 13	-88564,4	-12302,22
FÁZE 13	-88564,4	3325,02
ŽIVOTNOST	-91291,68	-15262,75
ŽIVOTNOST	-91291,68	19231,51
ŽIVOTNOST	-91291,68	-22367,09

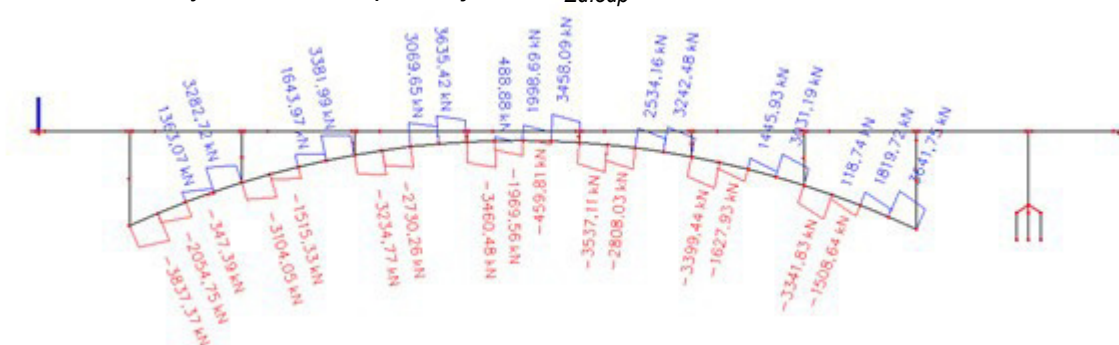
7.1.2 Smyk a kroucení

7.1.2.1 Vnitřní síly

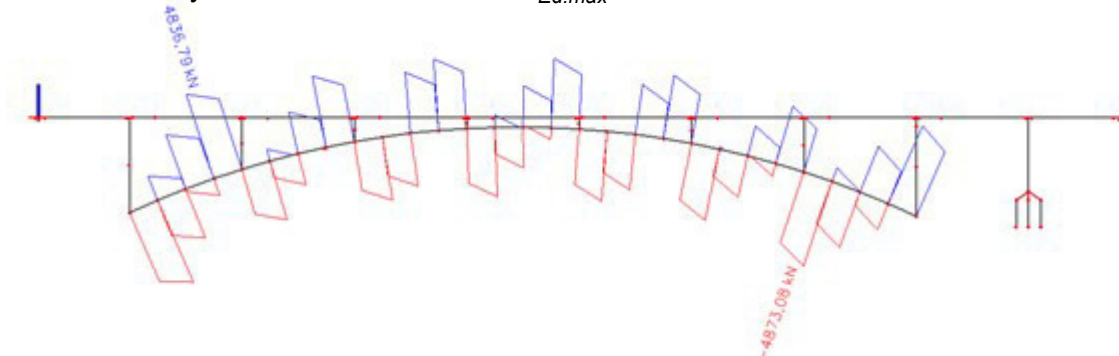
Obálka návrhových hodnot maximálního $T_{Ed,max} := 3353.73 \text{ kN} \cdot m$



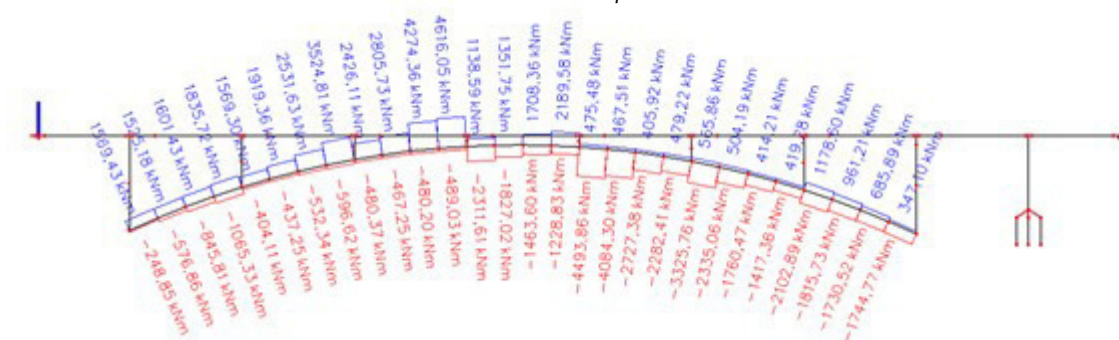
Obálka návrhových hodnot odpovídajícího $V_{Ed,odp} := 3635.42 \text{ kN}$



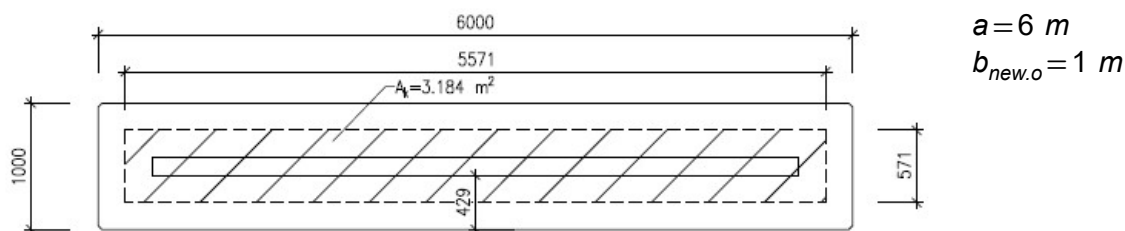
Obálka návrhových hodnot maximálních $V_{Ed,max} := 4873.08 \text{ kN}$



Obálka návrhových hodnot odpovídajícího $T_{Ed,odp} := 2102.89 \text{ kN} \cdot m$



7.1.2.2 Posouzení



$$a = 6 \text{ m}$$

$$b_{\text{new.o}} = 1 \text{ m}$$

$$u := 2 \cdot a + 2 \cdot b_{\text{new.o}} = 14 \text{ m}$$

$$A_c := a \cdot b_{\text{new.o}} = 6 \text{ m}^2$$

$$A_k := (b_{\text{new.o}} - t_{\text{ef.1}}) \cdot (a - t_{\text{ef.1}}) = 3.184 \text{ m}^2$$

$$b_k := b_{\text{new.o}} - t_{\text{ef.1}} = 0.571 \text{ m}$$

$$t_{\text{ef.1}} := \frac{A_c}{u} = 0.429 \text{ m}$$

$$u_k := 2 \cdot (b_{\text{new.o}} - t_{\text{ef.1}}) + 2 \cdot (a - t_{\text{ef.1}}) = 12.286 \text{ m}$$

$$a_k := a - t_{\text{ef.1}} = 5.571 \text{ m}$$

Vnitřní síly

$$T_{\text{Ed.max}} := 3353.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{Ed.odp}} := 3635.42 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Ed.odp.1}} := 27095.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\text{Ed.odp.1}} := -91653.62 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed.max}} := 4873.08 \text{ kN}$$

$$T_{\text{Ed.odp}} := 2102.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Ed.odp.2}} := 21590.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\text{Ed.odp.2}} := -91665.05 \text{ kN}$$

Převod torzního účinku na posouvající sílu

$$V_{\text{Ed.T.1}} := \frac{T_{\text{Ed.max}}}{2 \cdot A_k} \cdot b_k = 300.976 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed.T.2}} := \frac{T_{\text{Ed.odp}}}{2 \cdot A_k} \cdot b_k = 188.721 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed.1}} := V_{\text{Ed.odp}} + V_{\text{Ed.T.1}} = 3936.396 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed.2}} := V_{\text{Ed.max}} + V_{\text{Ed.T.2}} = 5061.801 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed}} := \max(V_{\text{Ed.1}}, V_{\text{Ed.2}}) = 5061.801 \text{ kN}$$

Maximální normálové napětí v posuzovaném průřezu

$$\sigma_{\text{ctd}} := \frac{N_{\text{Ed.odp.2}}}{A_c} + \frac{M_{\text{Ed.odp.2}}}{W_c} = 27.941 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{ctd}} = 1.933 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{ctd}} \geq f_{\text{ctd}} = 1 \quad \Rightarrow$$

Beton porušen trhlinami

Únosnost potrahaného nevyztuženého průřezu

$$\gamma_c := 1.5$$

$$C_{\text{Rd.c}} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$$

$$d := b_{\text{new.o}} - d_1 = 0.921 \text{ m}$$

$$\gamma_c := 1.5$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.466$$

$$k < 2 = 1$$

SPLNĚNO

$$\rho_l := \frac{A_{sl}}{\frac{a_{\text{new}}}{2} \cdot d} = 0.008$$

$$\rho_l \leq 0.02 = 1$$

SPLNĚNO

$$k_1 := 0.15$$

$$\sigma_{\text{sd}} := \left| \frac{N_{\text{Ed.odp.2}}}{A_c} \right| = 15.278 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{sd}} > 0.2 f_{\text{cd}} = 1 \quad \Rightarrow$$

$$\sigma_{\text{sd}} := 0.2 \cdot f_{\text{cd}} = 5.667 \text{ MPa}$$

$$v_{min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot (f_{ck} \cdot MPa)^{\frac{1}{2}} = 0.439 \text{ MPa} \quad V_{Rd.c.min} := (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{sd}) = 1.289 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd.c} := \left(C_{Rd.c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot (MPa)^2 \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{sd} \right) \cdot \frac{a_{new}}{2} \cdot d = 2006.227 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti tlačené diagonály

$$\alpha_{cw} := 1.25 \quad \theta := 33^\circ \quad v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.48$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma_{sd} < 0.5 \cdot f_{cd} = 0 \quad z := b_{new.o} - 2 \cdot c_{nom} - \phi_{sw.p} = 880 \text{ mm}$$

$$V_{Rd.max} := \frac{\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot a \cdot z}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = 40999.92 \text{ kN}$$

Kroucení - únosnost na mezi vzniku trhlin

$$T_{Rd.max} := 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef.1} \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) = 21189.993 \text{ kN} \cdot m$$

$$T_{Rd.c} := 2 \cdot f_{ctd} \cdot A_k \cdot t_{ef.1} = 5275.802 \text{ kN} \cdot m$$

$$\frac{T_{Ed.odp}}{T_{Rd.c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd.c}} = 2.922 \quad \frac{T_{Ed.odp}}{T_{Rd.c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd.c}} < 1 = 0 \Rightarrow \text{nutné navrhnout výztuž}$$

$$\frac{T_{Ed.odp}}{T_{Rd.max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd.max}} = 0.223 \quad \frac{T_{Ed.odp}}{T_{Rd.max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd.max}} < 1 = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh svislé smykové výztuže

$$V_{Ed} = 5061.801 \text{ kN} \quad S_l := 200 \text{ mm}$$

$$A_{sw.req} := \frac{V_{Ed} \cdot S_l}{z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)} = (1.718 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 12 střižné třmínky $\phi 10$ po 200 mm $A_{sw} := 18.17 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
doplněny o 11 spon $\phi 10$ po 200 mm

$$A_{sw} \geq A_{sw.req} = 1$$

$$V_{Rd.s} := \frac{A_{sw}}{S_l} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = 5352.571 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.s} \geq V_{Ed} = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Konstrukční zásady

$$\rho_{w.v.k} := \frac{A_{sw}}{S_l \cdot \frac{a_{new}}{2} \cdot \sin(90^\circ)} = 0.00606$$

$$\rho_{w.min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot MPa}}{f_{yk}} = 0.00113$$

$$\rho_{w.v.k} \geq \rho_{w.min} = 1$$

VYHOVUJE

$$S_{v.k.max} := \min\left(\frac{u}{8}, 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\theta)), 0.75 \cdot d, 400 \text{ mm}\right) = 400 \text{ mm}$$

$$S_{v.k.max} \geq S_I = 1$$

VYHOVUJE

Schéma výztuže oblouku

PŘÍČNÝ ŘEZ OBLOUKEM 1:50

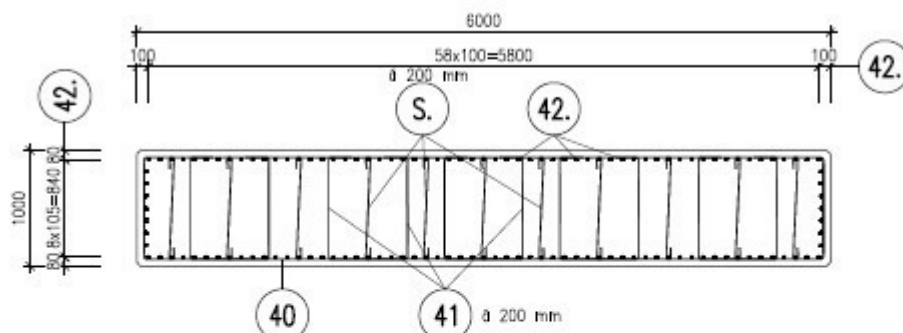
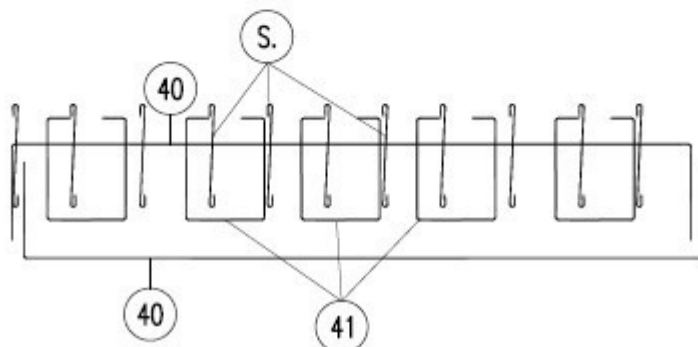
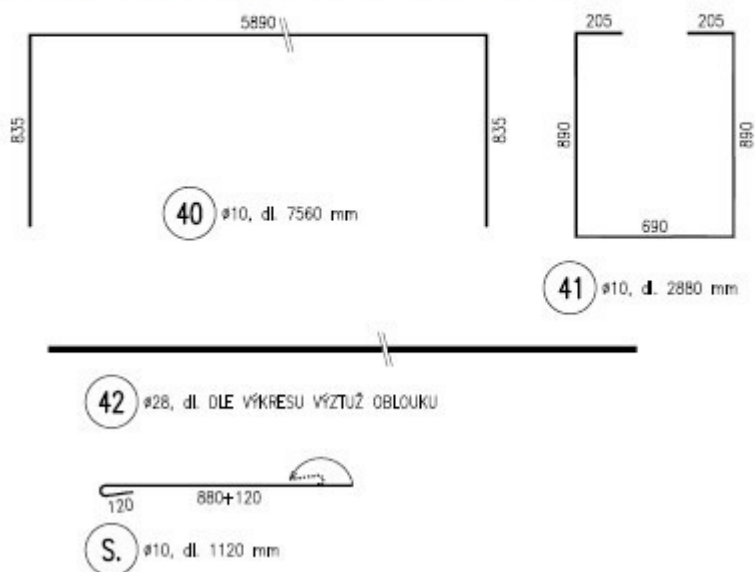


SCHÉMA VÝZTUŽE OBLOUKU 1:50



VÝTAH VÝZTUŽE 1:25

VÝZTUŽ KÓTOVÁNA NA VNĚJŠÍ OBRYŠ



7.2 Podpěry

7.2.1 Vnitřní síly v čase životnosti

Návrhové normálové síly
v čase životnosti

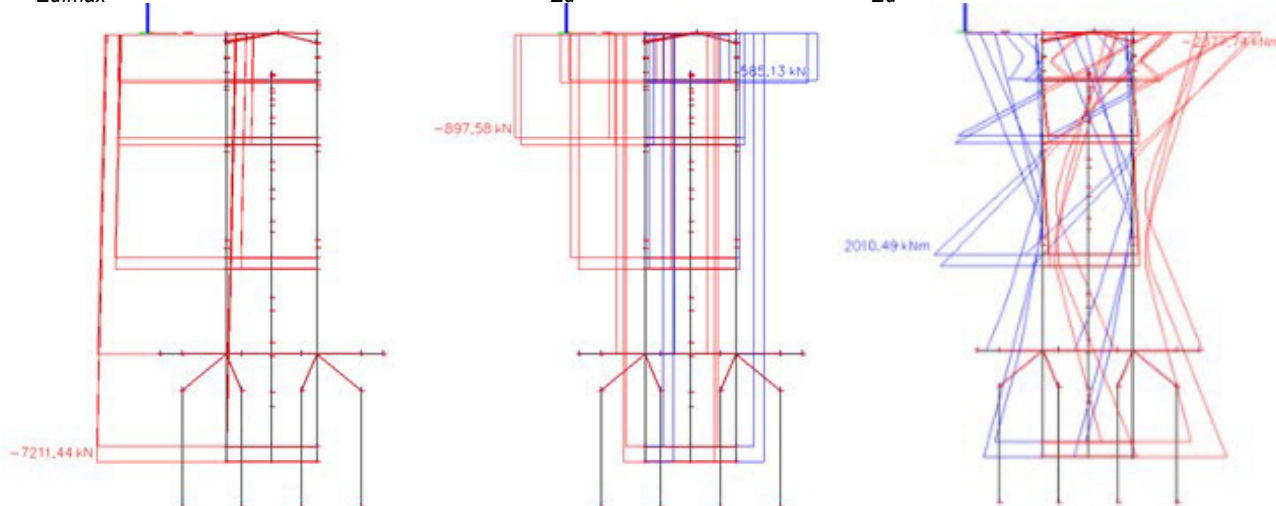
$$N_{Ed\max} := 7211.44 \text{ kN}$$

Návrhové posouvající síly
v čase životnosti kolmo
na rám $V_{Ed} := -897.58 \text{ kN}$

na rám $V_{Fd} := -897.58 \text{ kN}$

Návrhové momenty v čase
životnosti kolmo na rám

$$M_{Fd} := -2377.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Návrhové posouvající síly v čase životnosti v rovině rámu $V_{Ed,max} := 17.24 \text{ kN}$

$$V_{Ed\max} := 17.24 \text{ kN}$$

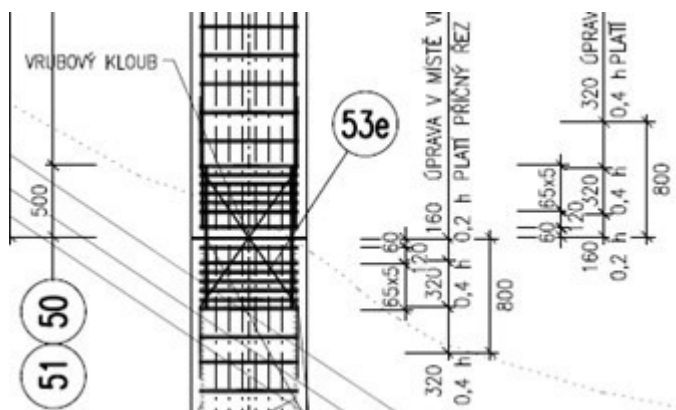


Návrhové momenty v čase životnosti v rovině rámu $M_{Ed} := -162.20 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$M_{Ed} := -162.20 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



7.2.2 Vrubový kloub



Šířka průřezu podpěry

$$a_{new} = 3 \text{ m}$$

Výška průřezu podpěry

$$b_{new\ p}=0.8\ m$$

Šířka vrubového kloubu

$$h_v := 0.23 \text{ m}$$

Výška vrubového kloubu

$$h' := 0.03 \text{ m}$$

Úhel odklonu výztuže

$$\alpha := 35^\circ$$

Maximální normálová síla

$$N_{Ed\max} := 7211.44 \text{ kN}$$

Maximální posouvající síla

$$V_{Ed\max} := 17.24 \text{ kN}$$

Návrhová pevnost oceli

$$f_{vd} = 434.783 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{cd} = 28.333 \text{ MPa}$$

Šikmá výztuž

$$N_s := \frac{V_{Ed,max}}{2 \cdot \sin(\alpha)} = 15.029 \text{ kN}$$

$$A_{s,req} := \frac{N_s}{f_{yd}} = (3.457 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 5 Φ 10 po 200mm

$$A_s := 3.93 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Třmínky

$$T := \frac{N_{Ed,max} \cdot (b_{new,p} - h_v)}{4 \cdot b_{new,p}} = 1284.538 \text{ kN}$$

$$A_{sw,req} := \frac{T}{f_{yd}} = (2.954 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 6 střížné třmínky Φ 10

$$A_{sw} := 4.74 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$7 \text{ řad} \Rightarrow A_{sw,c} := 7 \cdot A_{sw} = (3.318 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$$

Posouzení na soustředný tlak

$$A_{c0} := a \cdot h_v = 1.38 \text{ m}^2$$

$$A_{c1} := a \cdot b_{new,p} = 4.8 \text{ m}^2$$

$$F_{Rd} := A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = 72921.876 \text{ kN}$$

$$3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 117300 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 1$$

$$F_{Rd} \geq N_{Ed,max} = 1$$

VYHOVUJE

7.2.3 Kombinace M+N

$$f_{yd} = 434.783 \text{ MPa}$$

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

$$\lambda := 0.8$$

$$\varepsilon_{yd} = 0.002$$

$$\sigma_s := \varepsilon_{yd} \cdot E_s = 434.783 \text{ MPa}$$

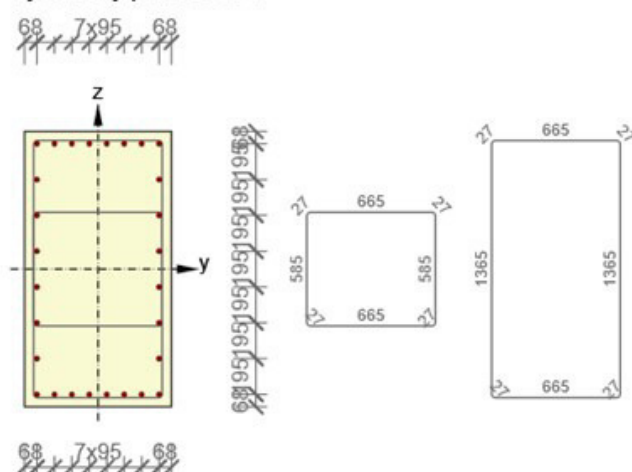
Průměr podélné výztuže

$$\Phi_s := 25 \text{ mm}$$

Průměr třmínků

$$\Phi_{sw,p} := 10 \text{ mm}$$

Vyztužený průřez : R 1



Rozměry podpěry

$$a_{new} = 3 \text{ m} \quad b_{new,p} = 0.8 \text{ m}$$

$$A_c := b_{new,p} \cdot \frac{a_{new}}{2} = 1.2 \text{ m}^2$$

Počet prutů v jedné řadě

$$n := 8$$

Plocha výztuže v 1. řadě

$$A_{s,1} := n \cdot \pi \cdot \frac{\phi_s^2}{4} = 3926.991 \text{ mm}^2$$

Plocha výztuže v 2. řadě

$$A_{s,2} := n \cdot \pi \cdot \frac{\phi_s^2}{4} = 3926.991 \text{ mm}^2$$

Plocha výztuže celkem

$$A_{sl} := A_{s,1} + A_{s,2} = 7853.982 \text{ mm}^2$$

$$d_1 := c_{nom} + \phi_{sw,p} + \frac{\phi_s}{2} = 77.5 \text{ mm} \quad d := \frac{a_{new}}{2} - d_1 = 1422.5 \text{ mm} \quad z := \frac{\frac{a_{new}}{2}}{2} - d_1 = 672.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 0.0035$$

$$f_{cd} = 28.333 \text{ MPa}$$

$$\xi_{bal,1} := \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0.617$$

$$x_{bal,1} := \xi_{bal,1} \cdot d_1 = 47.807 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal,2} := \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} - \varepsilon_{yd}} = 2.639$$

$$x_{bal,2} := \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 204.549 \text{ mm}$$

7.2.3.1 Směr Z

Bod 0:

$$N_{Rd,0} := - \left(b_{new,p} \cdot \frac{a_{new}}{2} \cdot f_{cd} + A_{sl} \cdot \sigma_s \right) = -37414.775 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Bod 1:

$$N_{Rd,1} := - \left(\lambda \cdot b_{new,p} \cdot d \cdot f_{cd} + A_{s,2} \cdot f_{yd} \right) = -27502.054 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} := \frac{\lambda \cdot b_{new,p} \cdot d \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{a_{new}}{2} - \lambda \cdot d \right)}{2} + A_{s,2} \cdot f_{yd} \cdot z = 5817.053 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Bod 2:

$$N_{Rd,2} := - \left(\lambda \cdot b_{new,p} \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot f_{cd} \right) = -15911.653 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2} := \frac{\lambda \cdot b_{new,p} \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{a_{new}}{2} - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \right)}{2} + 2 \cdot A_{s,2} \cdot f_{yd} \cdot z = 8645.307 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Bod 3:

$$x := 0.083412331 \text{ m}$$

$$N_{Rd,3} := \lambda \cdot b_{new,p} \cdot x \cdot f_{cd} + A_{s,2} \cdot \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (x - d_1) \cdot E_s - A_{s,1} \cdot f_{yd} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,3} := \frac{\lambda \cdot x \cdot b_{new,p} \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{a_{new}}{2} - \lambda \cdot x \right)}{2} + A_{s,1} \cdot f_{yd} \cdot z + A_{s,2} \cdot E_s \cdot \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (x - d_1) \cdot z = 2363.192 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Bod Z:

$$N_{Rd,z} := - \left(\lambda \cdot b_{new,p} \cdot x_{bal,2} \cdot f_{cd} \right) = -3709.158 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,z} := \frac{\lambda \cdot b_{new,p} \cdot x_{bal,2} \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{a_{new}}{2} - \lambda \cdot x_{bal,2} \right)}{2} + A_{s,2} \cdot f_{yd} \cdot z + A_{s,1} \cdot f_{yd} \cdot z = 4774.823 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Bod 4:

$$N_{Rd.4} := A_{s.1} \cdot f_{yd} = 1707.387 \text{ kN}$$

$$M_{Rd.4} := A_{s.1} \cdot f_{yd} \cdot z = 1148.218 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

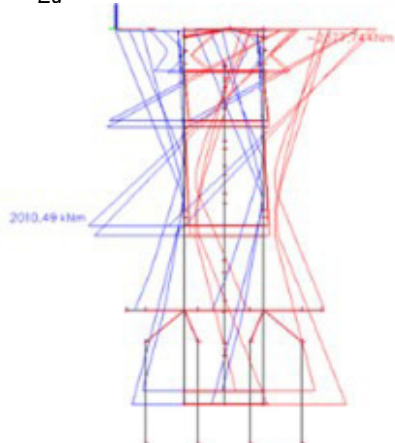
Bod 5:

$$N_{Rd.5} := A_{s.1} \cdot f_{yd} + A_{s.2} \cdot f_{yd} = 3414.775 \text{ kN}$$

$$M_{Rd.5} := A_{s.1} \cdot f_{yd} \cdot z - A_{s.2} \cdot f_{yd} \cdot z = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

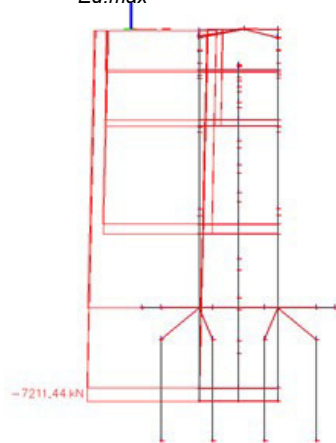
Návrhové momenty v čase
životnosti kolmo na rám

$$M_{Ed} := -2377.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

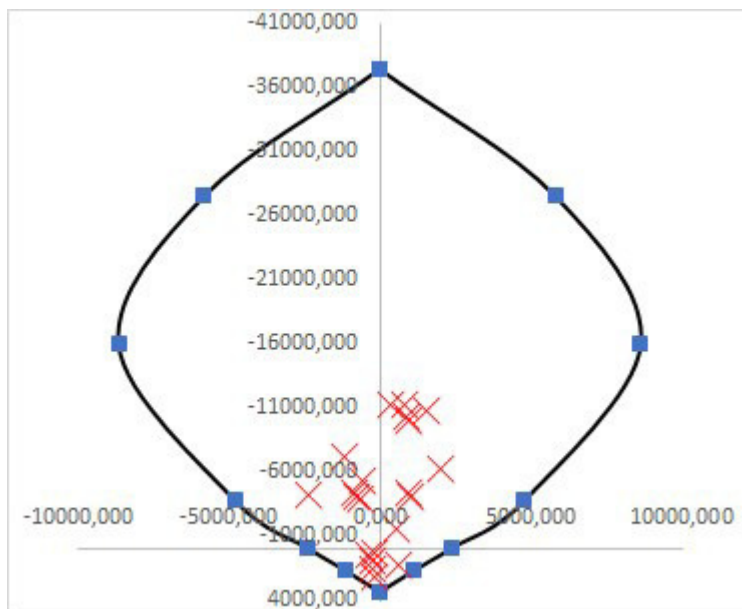


Návrhové normálové síly
v čase životnosti

$$N_{Ed.max} := 7211.44 \text{ kN}$$



Interakční diagram



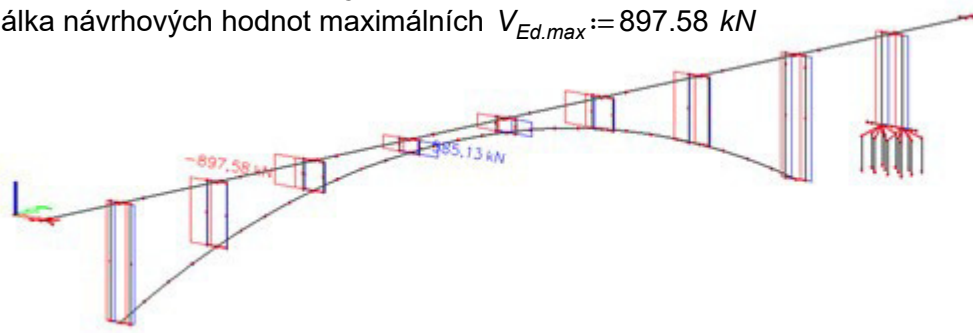
Vnitřní síly v průběhu životnosti konstrukce

FÁZE	N (kN)	My (kNm)
FÁZE 3	-11286,76	350,63
FÁZE 3	360,31	-212,68
FÁZE 4	-11213,94	777,58
FÁZE 4	487,32	-416,38
FÁZE 5	-10249,75	863,88
FÁZE 5	894,97	-255,38
FÁZE 6	-9947,67	914,62
FÁZE 6	1513,97	-243,03
FÁZE 7	-5288,97	-622,63
FÁZE 7	2230,03	-165,48
FÁZE 8	-1503,8	557,91
FÁZE 8	-3924,06	-681,1
FÁZE 9	-4007,1	985,96
FÁZE 9	-4007,1	-787,72
FÁZE 10	-10761,98	1538,23
FÁZE 10	1214,62	606,67
FÁZE 11	-4330,61	941,21
FÁZE 11	-4330,61	-836,44
ŽIVOTNOST	-4235,45	-2377,74
ŽIVOTNOST	-6188,12	2010,49
ŽIVOTNOST	-7211,44	-1182,22

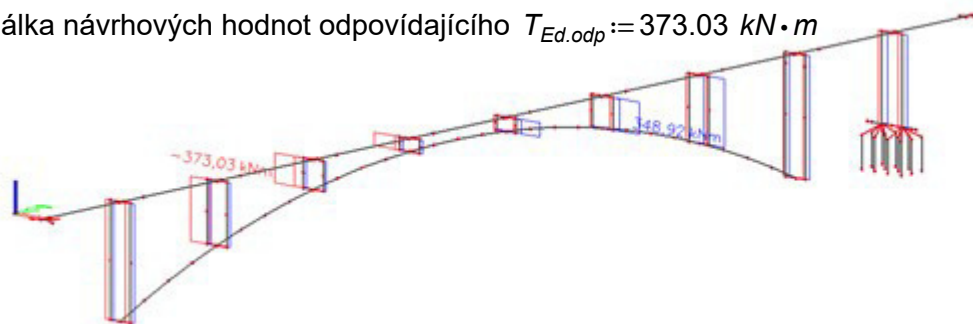
7.2.4 Smyk a kroucení

7.2.4.1 Vnitřní síly

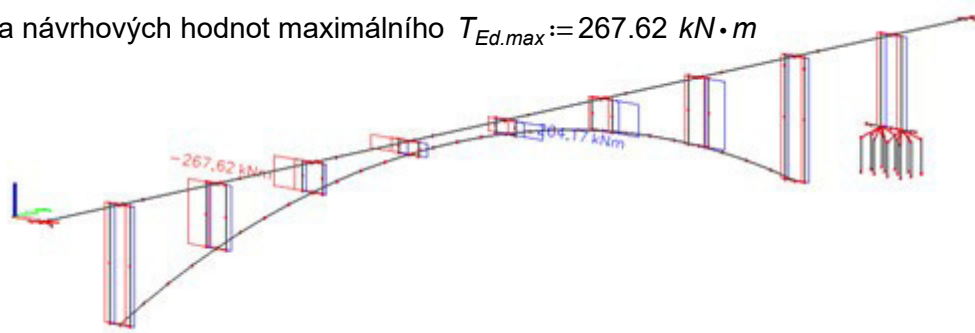
Obálka návrhových hodnot maximálních $V_{Ed,max} := 897.58 \text{ kN}$



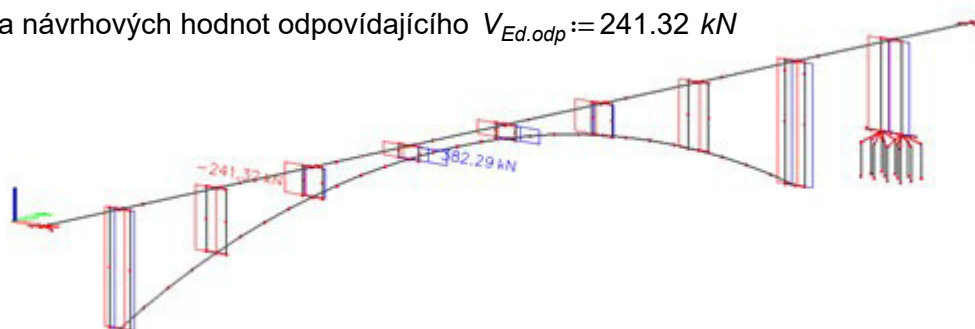
Obálka návrhových hodnot odpovídajícího $T_{Ed,odp} := 373.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$



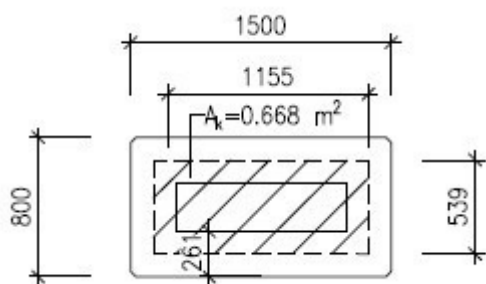
Obálka návrhových hodnot maximálního $T_{Ed,max} := 267.62 \text{ kN}\cdot\text{m}$



Obálka návrhových hodnot odpovídajícího $V_{Ed,odp} := 241.32 \text{ kN}$



7.2.4.2 Posouzení



$$a_{new} = 3 \text{ m} \quad b_{new.p} = 0.8 \text{ m}$$

$$A_c := \frac{a_{new}}{2} \cdot b_{new.p} = 1.2 \text{ m}^2$$

$$u := 2 \cdot b_{new.p} + a_{new} = 4.6 \text{ m}$$

$$t_{ef.1} := \frac{A_c}{u} = 0.261 \text{ m}$$

$$A_k := (b_{new.p} - t_{ef.1}) \cdot \left(\frac{a_{new}}{2} - t_{ef.1} \right) = 0.668 \text{ m}^2$$

$$u_k := 2 \cdot (b_{new.p} - t_{ef.1}) + 2 \cdot \left(\frac{a_{new}}{2} - t_{ef.1} \right) = 3.557 \text{ m}$$

$$b_k := b_{new.p} - t_{ef.1} = 0.539 \text{ m}$$

$$a_k := \frac{a_{new}}{2} - t_{ef.1} = 1.239 \text{ m}$$

Vnitřní síly

$$T_{Ed.max} = 267.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed.odp} = 241.32 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.odp.1} := 537.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.odp.1} := -4164.83 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.max} = 897.58 \text{ kN}$$

$$T_{Ed.odp} = 373.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.odp.2} := 1951.88 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.odp.2} := -5986.17 \text{ kN}$$

Převod torzního účinku na posouvající sílu

$$V_{Ed.T.1} := \frac{T_{Ed.max}}{2 \cdot A_k} \cdot b_k = 107.987 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.T.2} := \frac{T_{Ed.odp}}{2 \cdot A_k} \cdot b_k = 150.521 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.1} := V_{Ed.odp} + V_{Ed.T.1} = 349.307 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.2} := V_{Ed.max} + V_{Ed.T.2} = 1048.101 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \max(V_{Ed.1}, V_{Ed.2}) = 1048.101 \text{ kN}$$

Maximální normálové napětí v posuzovaném průřezu

$$W_c := 2.2401 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{ctd} := \frac{N_{Ed.odp.2}}{A_c} + \frac{M_{Ed.odp.2}}{W_c} = 3.725 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = 1.933 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ctd} \geq f_{ctd} = 1 \quad \Rightarrow$$

Beton porušen trhlinami

Únosnost potrahaného nevyztuženého průřezu

$$\gamma_c := 1.5$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$$

$$d := \frac{a_{new}}{2} - d_1 = 1.423 \text{ m}$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.375$$

$$k < 2 = 1$$

SPLNĚNO

$$\rho_l := \frac{A_{sl}}{\frac{a_{new}}{2} \cdot d} = 0.004$$

$$\rho_l \leq 0.02 = 1$$

SPLNĚNO

$$\sigma_{sd} := \left| \frac{N_{Ed.odp.2}}{A_c} \right| = 4.988 \text{ MPa}$$

$$v_{min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot (f_{ck} \cdot \text{MPa})^{\frac{1}{2}} = 0.399 \text{ MPa}$$

$$k_1 := 0.15$$

$$V_{Rd.c.min} := (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{sd}) = 1.147 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd.c} := \left(C_{Rd.c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot (MPa)^2 \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{sd} \right) \cdot \frac{a_{new}}{2} \cdot d = 2526.135 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti tlačené diagonály

$$\alpha_{cw} := 1.25 \quad \theta := 35^\circ \quad v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.48$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma_{sd} < 0.5 \cdot f_{cd} = 0 \quad z := b_{new,p} - 2 \cdot d_1 = 645 \text{ mm}$$

$$V_{Rd.max} := \frac{\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \frac{a_{new}}{2} \cdot z}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = 7727.797 \text{ kN}$$

Kroucení - únosnost na mezi vzniku trhlin

$$T_{Rd.max} := 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef.1} \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) = 2783.999 \text{ kN} \cdot m$$

$$T_{Rd.c} := 2 \cdot f_{ctd} \cdot A_k \cdot t_{ef.1} = 673.862 \text{ kN} \cdot m$$

$$\frac{T_{Ed.odp}}{T_{Rd.c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd.c}} = 0.968 \quad \frac{T_{Ed.odp}}{T_{Rd.c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd.c}} < 1 = 1 \quad \Rightarrow \text{není nutné navrhnout smykovou výztuž}$$

$$\frac{T_{Ed.odp}}{T_{Rd.max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd.max}} = 0.27 \quad \frac{T_{Ed.odp}}{T_{Rd.max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd.max}} < 1 = 1 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

Konstrukční zásady

Návrh jen konstrukční výztuže 4 stříhů $\Phi 10$

$$\rho_{w.v.k} := \frac{A_{sw}}{S_l \cdot b \cdot \sin(90^\circ)} = 0.00198 \quad A_{sw} := 3.16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\rho_{w.min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot MPa}}{f_{yk}} = 0.00113$$

$$\rho_{w.v.k} \geq \rho_{w.min} = 1 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

$$S_{v.k.max} := \min\left(\frac{u}{8}, 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\theta)), 0.75 \cdot d, 400 \text{ mm}\right) = 400 \text{ mm}$$

$$S_{v.k.max} \geq S_l = 1 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

Schéma výztuže pilíře

PŘÍČNÝ ŘEZ PILÍŘEM 1:50

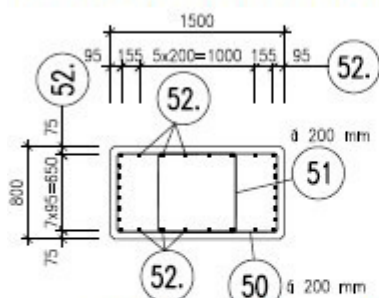
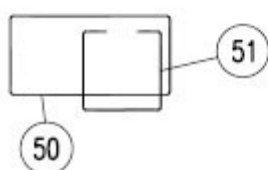
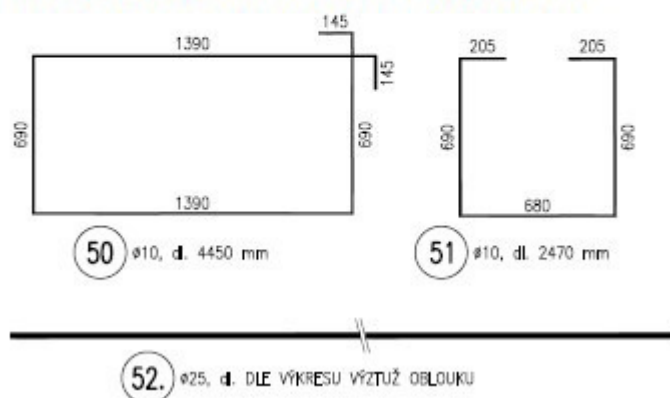


SCHÉMA VÝZTUŽE 1:50



VÝTAH VÝZTUŽE 1:25

VÝZTUŽ KÓTOVÁNA NA VNĚJŠÍ OBRYS



7.3 Mostovka

Třída prostředí

Třída konstrukce

Minimální krycí vrstva

Nominální krycí vrstva

Šířka nosné konstrukce

Plocha betonu mostovky

Průměr kameniva ve směsi

XD2

S5

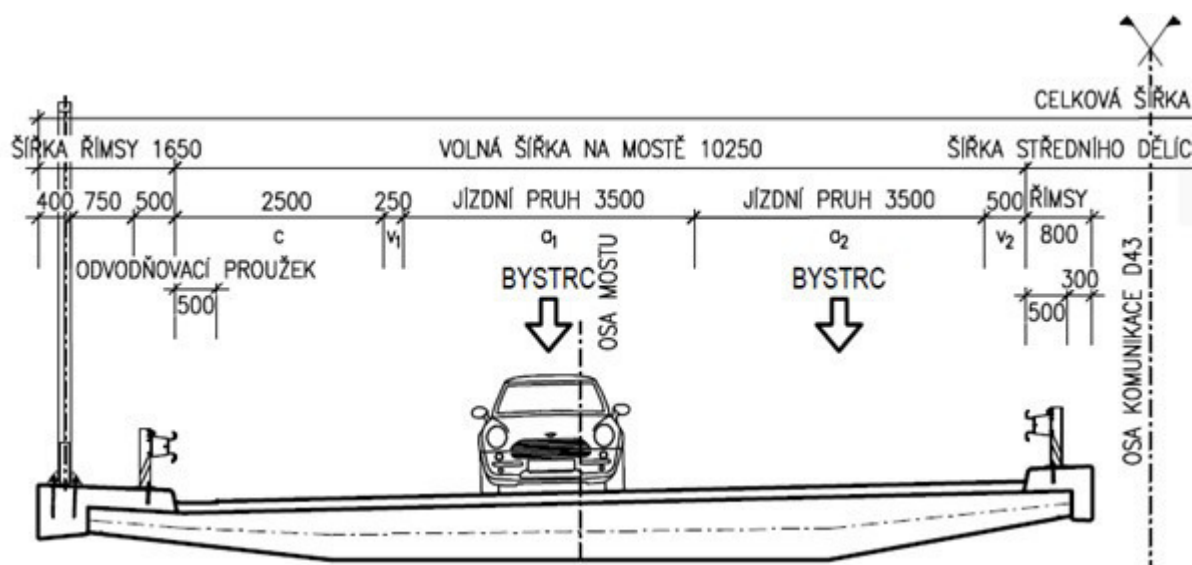
$$c_{min} := \max(c_{min.b}, c_{min.dur}, 10 \text{ mm}) = 45 \text{ mm}$$

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 55 \text{ mm}$$

$$s_{NK} := 11.860 \text{ m}$$

$$A_c := 6.872 \text{ m}^2$$

$$d_g := 32 \text{ mm}$$



7.3.1 Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže

Šířka pro návrh min. výztuže

$$b := 1 \text{ m}$$

Výška mostovky pro výpočet min. výztuže

$$d := 0.6 \text{ m}$$

Uvažovaný průměr betonářské výztuže

$$\phi := 25 \text{ mm}$$

$$A_{s.min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = (1.279 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2 \quad A_{s.min} > 0.0013 \cdot b \cdot d = 1$$

$$A_{s\max} := 0.04 \cdot A_c = (2.749 \cdot 10^{-1}) \text{ m}^2$$

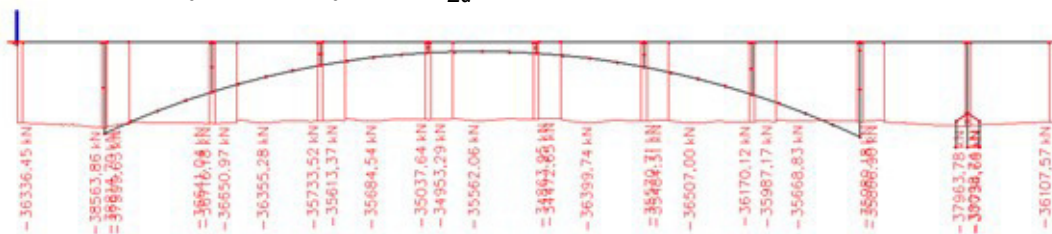
Vzdálenost výztuže

$$S_{min} := \max(1.2 \cdot \Phi, d_q + 5 \text{ mm}, 20 \text{ mm}) = 37 \text{ mm}$$

$$S_{max} := \min(2 \cdot d, 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

7.3.2 Vnitřní síly

Návrhové hodnoty normálových sil $N_{Ed} := 38814.70 \text{ kN}$

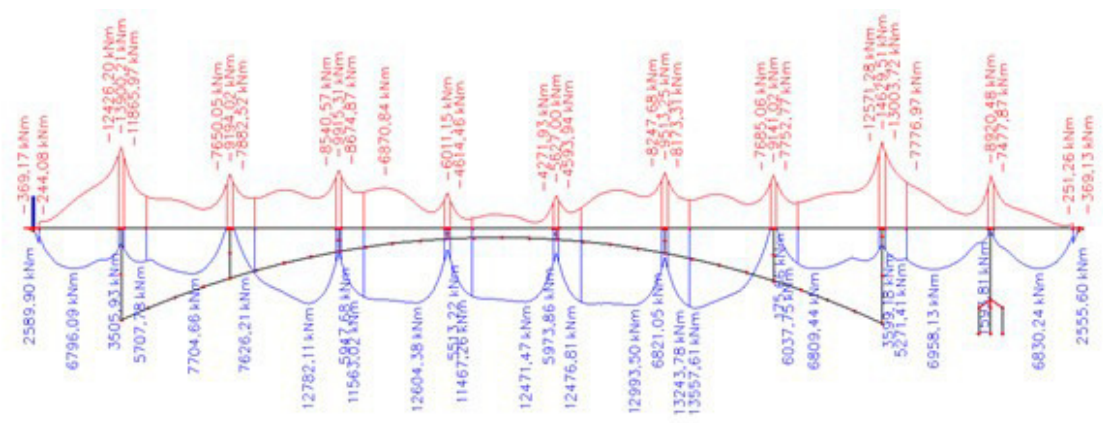


VYPRACOVAL: Bc. JIŘÍ KUTÁLEK

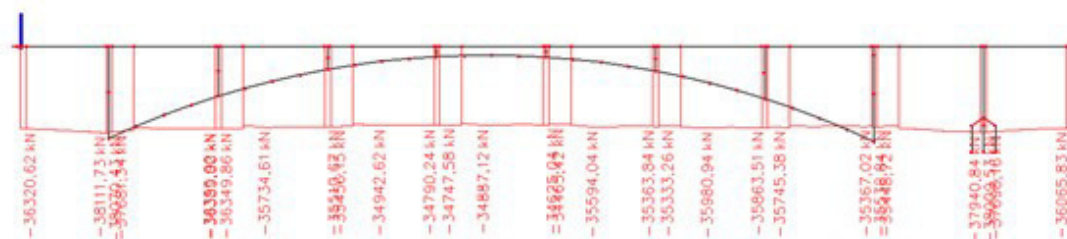
VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

Created with PTC Mathcad Express. See www.mathcad.com for more information.

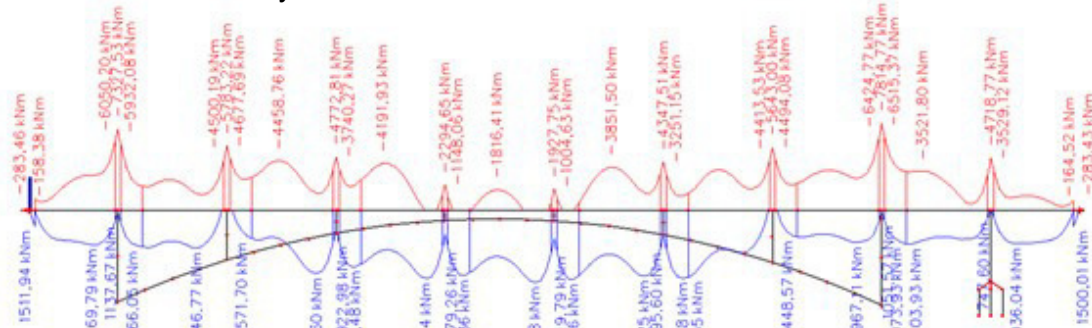
Návrhové hodnoty momentů $M_{Ed} := 14629.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$, $M_{Ed,1} := 13557.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$,
 $M_{Ed,2} := 9915.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$, $M_{Ed,3} := 7704.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$



Charakteristické hodnoty normálových sil



Charakteristické hodnoty momentů



7.3.3 Únosnost na ohyb

7.3.3.1 Řez nad podporou PO9 (platí pro všechny podpory)

Hodnoty vnitřních sil

$N_{Ek} := 38111.73 \text{ kN}$

$N_{Ed} := 38814.70 \text{ kN}$

$M_{Ek} := 7814.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{Ed} := 14629.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Vzdálenost výztuže od
spodního líce NK:

$d := 591 \text{ mm}$

Stanovení základního napětí

$$e_{pr} := 159 \text{ mm}$$

$$\sigma_{p,t} := \sigma_{Pm,t\infty} = 1103.74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} := \frac{N_{Ek}}{A_{c,r}} + \frac{M_{Ek}}{I_{c,r}} \cdot e_{pr} = 10.65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0p,t} := \sigma_{p,t} - \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \sigma_{cp} = 1047.613 \text{ MPa}$$

Návrhové parametry pracovního diagramu

Poloha neutrální osy X byla nalezena iteračním postupem pomocí programu PTC Mathcad. Výpočet byl poté graficky ověřen v programu AutoCad 2019.

$$\varepsilon_{pyd} := \frac{f_{pd}}{E_p} = 0.00731 \quad \varepsilon_{0p,t} := \frac{\sigma_{0p,t}}{E_p} = 0.00537 \quad x := 141.25 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon_p := \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot d}{x} - \varepsilon_{cu3} = 0.01114 \quad \varepsilon_p := \varepsilon_{0p,t} + \Delta\varepsilon_p = 0.017 \quad \varepsilon_{uk} := 0.02222$$

$$\sigma_p := E_p \cdot \varepsilon_p = 3220.742 \text{ MPa} \quad \text{Pro větev I}$$

$$\Delta\varepsilon_p > \varepsilon_{pyd} - \varepsilon_{0p,t} = 1 \quad \Rightarrow \quad \text{Výpočet pro větev II}$$

$$\sigma_p := \frac{\left(\frac{f_{pk}}{1.15} - f_{pd} \right) \cdot (\varepsilon_p - \varepsilon_{pyd})}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{pyd}} + f_{pd} = 1544.198 \text{ MPa} \quad \Delta\sigma_p := \sigma_p - \sigma_{0p,t} = 496.584 \text{ MPa}$$

Určení neutrálné osy a výšky tlačенého betonu

Z podmínky $N_{Ed} = N_{Rd}$ lze vypočíst A_{cc}

$$\Delta F_p := \Delta\sigma_p \cdot 12 \cdot A_p = 16983.174 \text{ kN}$$

$$A_{cc} := \frac{N_{Ed} - \Delta F_p}{f_{cd}} = 0.771 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad x_{cc,p} := 113 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad x := \frac{x_{cc,p}}{\lambda} = 141.25 \text{ mm}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$x_{bal} := \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot d}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{pyd} - \varepsilon_{0p,t}} = 0.38 \text{ m} \quad x_{bal} > x = 1$$

VÝZTUŽ PLNĚ VYUŽITÁ

Posouzení

Předpoklad $M_{Rd} > M_{Ed}$

Ramena vnitřních sil

$$z_{cc} := 0.325 \text{ m} \quad \text{graficky zjištěno z programu AutoCad 2019}$$

$$z_{pt} := e_{pr} = 0.159 \text{ m} \quad \text{graficky zjištěno z programu AutoCad 2019, zvoleno k těžišti lan.}$$

$$M_{Rd} := A_{cc} \cdot f_{cd} \cdot z_{cc} + \Delta F_p \cdot z_{pt} = 9795.571 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{Rd} \geq M_{Ed} = 0 \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

Nutné navrhnout přídatnou nosnou betonářskou výztuž.

Návrh betonářské výztuže

$$\Delta M := M_{Ed} - M_{Rd} = 4833.939 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{s,req} := \xi_{NK} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \Delta M}{\xi_{NK} \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = (1.922 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 59 Φ := 25 mm po 200 mm

$$A_s := 59 \cdot \pi \cdot \left(\frac{\Phi}{2} \right)^2 = (2.896 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

Tlačená plocha betonu

$$\Delta A_{cc} := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = 0.444 \text{ m}^2 \Rightarrow x_{cc} := 58 \text{ mm} \Rightarrow x := \frac{x_{cc}}{\lambda} = 72.5 \text{ mm}$$

Vzdálenost středu tlačené plochy od spodního líce $a_{cc} := 143 \text{ mm}$ graficky zjištěno z programu AutoCad 2019

Vzdálenost středu tlačené plochy od těžiště $\Delta z_c := 243 \text{ mm}$ graficky zjištěno z programu AutoCad 2019

Vzdálenost výztuže od těžiště $z_s := 212 \text{ mm}$ graficky zjištěno z programu AutoCad 2019

$$M_{Rd} := A_{cc} \cdot f_{cd} \cdot z_{cc} + \Delta F_p \cdot z_{pt} + \Delta A_{cc} \cdot f_{cd} \cdot \Delta z_c + A_s \cdot f_{yd} \cdot z_s = 15524.922 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} = 1$$

vyhovuje

Konstrukční zásady

Průřez vyhovuje na M_{Ed} .

$$S := 200 \text{ mm} \quad b := 1 \text{ m} \quad d = 0.591 \text{ m}$$

$$A_{s,max} \geq A_s \geq A_{s,min} = 1 \quad S_{max} \geq S \geq S_{min} = 1$$

vyhovuje

7.3.3.2 Řez v poli 7 (platí pro všechny pole)

Hodnoty vnitřních sil

$$N_{Ek} := 38111.73 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := 38814.70 \text{ kN}$$

$$M_{Ek} := 6558.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} := 13557.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vzdálenost výztuže od horního líce NK $d := 537 \text{ mm}$

Stanovení základního napětí

$$e_{pr} := 75 \text{ mm}$$

$$\sigma_{p,t} := \sigma_{Pm,t\infty} = 1103.74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} := \frac{N_{Ek}}{A_{c,r}} + \frac{M_{Ek}}{I_{c,r}} \cdot e_{pr} = 7.608 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{op,t} := \sigma_{p,t} - \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \sigma_{cp} = 1063.643 \text{ MPa}$$

Návrhové parametry pracovního diagramu

Poloha neutrální osy X byla nalezena iteračním postupem pomocí programu PTC Mathcad. Výpočet byl poté graficky ověřen v programu AutoCad 2019.

$$\varepsilon_{pyd} := \frac{f_{pd}}{E_p} = 0.00731$$

$$\varepsilon_{0p,t} := \frac{\sigma_{0p,t}}{E_p} = 0.00545$$

$$x := 266.25 \text{ mm}$$

$$\Delta\varepsilon_p := \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot d}{x} - \varepsilon_{cu3} = 0.00356$$

$$\varepsilon_p := \varepsilon_{0p,t} + \Delta\varepsilon_p = 0.009$$

$$\varepsilon_{uk} := 0.02222$$

$$\sigma_p := E_p \cdot \varepsilon_p = 1757.678 \text{ MPa}$$

Pro větev I

$$\Delta\varepsilon_p > \varepsilon_{pyd} - \varepsilon_{0p,t} = 1 \quad \Rightarrow \quad \text{Výpočet pro větev II}$$

$$\sigma_p := \frac{\left(\frac{f_{pk}}{1.15} - f_{pd} \right) \cdot (\varepsilon_p - \varepsilon_{pyd})}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{pyd}} + f_{pd} = 1447.91 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_p := \sigma_p - \sigma_{0p,t} = 384.267 \text{ MPa}$$

Určení neutrálné osy a výšky tlačného betonu

Z podmínky $N_{Ed} = N_{Rd}$ lze vypočítat A_{cc} .

$$\Delta F_p := \Delta\sigma_p \cdot 12 \cdot A_p = 13141.919 \text{ kN}$$

$$A_{cc} := \frac{N_{Ed} - \Delta F_p}{f_{cd}} = 0.906 \text{ m}^2$$

\Rightarrow

$$x_{cc,p} := 213 \text{ mm}$$

\Rightarrow

$$x := \frac{x_{cc,p}}{\lambda} = 266.25 \text{ mm}$$

Ověření započitatelnosti výztuže

$$x_{bal} := \frac{\varepsilon_{cu3} \cdot d}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{pyd} - \varepsilon_{0p,t}} = 0.351 \text{ m}$$

$$x_{bal} > x = 1$$

VÝZTUŽ PLNĚ VYUŽITÁ

Posouzení

Předpoklad $M_{Rd} > M_{Ed}$

Ramena vnitřních sil

$$z_{cc} := 304 \text{ mm}$$

graficky zjištěno z programu AutoCad 2019

$$z_{pt} := e_{pr} = 0.075 \text{ m}$$

graficky zjištěno z programu AutoCad 2019, zvoleno k těžišti lan.

$$M_{Rd} := A_{cc} \cdot f_{cd} \cdot z_{cc} + \Delta F_p \cdot z_{pt} = 8790.169 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} = 0$$

NEVYHOVUJE

Nutné navrhnout přídatnou nosnou betonářskou výztuž

Pro výpočet přídatné nosné výztuže je počítáno jen s výztuží při dolním okraji nosné konstrukce.

Návrh betonářské výztuže

$$\Delta M := M_{Ed} - M_{Rd} = 4767.441 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{s,req} := a \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \Delta M}{a \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = (2.152 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 41 $\Phi := 28 \text{ mm}$ po 150 mm

$$A_s := 41 \cdot \pi \cdot \left(\frac{\Phi}{2}\right)^2 = (2.525 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

Tlačená plocha betonu

$$\Delta A_{cc} := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = 0.387 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad x_{cc} := 30 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad x := \frac{x_{cc}}{\lambda} = 37.5 \text{ mm}$$

Střed tlačené plochy	$a_{cc} := 155 \text{ mm}$	graficky zjištěno z programu AutoCad 2019
Vzdálenost středu tlačené plochy od těžiště	$z_c := 212 \text{ mm}$	graficky zjištěno z programu AutoCad 2019
Vzdálenost těžiště výztuže od těžiště průřezu	$z_s := 299 \text{ mm}$	graficky zjištěno z programu AutoCad 2019

$$M_{Rd} := A_{cc} \cdot f_{cd} \cdot z_{cc} + \Delta F_p \cdot z_{pt} + \Delta A_{cc} \cdot f_{cd} \cdot z_c + A_s \cdot f_{yd} \cdot z_s = 14399.136 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} = 1$$

VYHOVUJE

Konstrukční zásady

Průřez vyhovuje na M_{Ed} .

$$A_s = (2.525 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2 \quad S := 150 \text{ mm}$$

$$A_{s,max} \geq A_s \geq A_{s,min} = 1$$

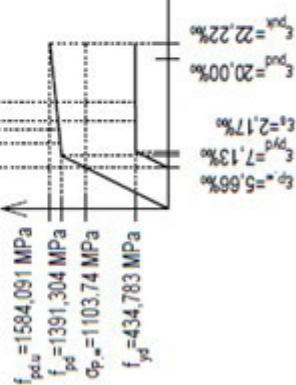
$$b := 1 \text{ m} \quad d = 0.537 \text{ m}$$

$$S_{max} \geq S \geq S_{min} = 1 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

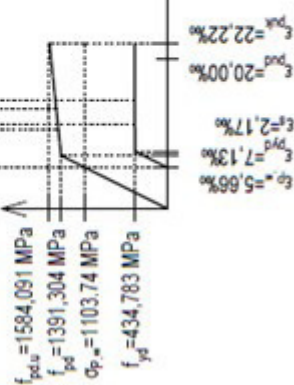
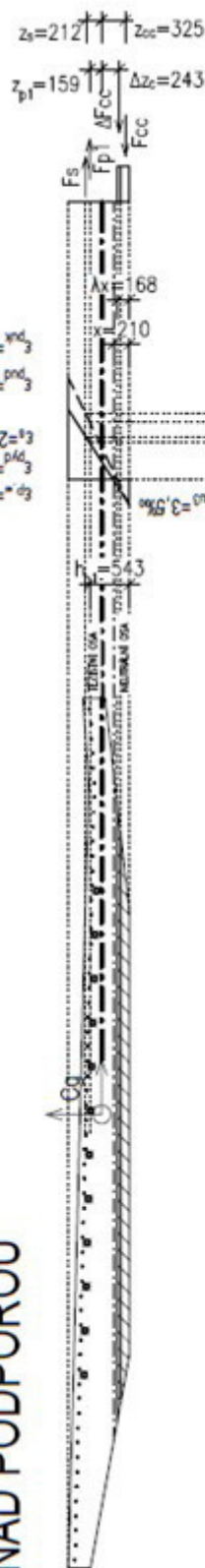
V polích 1,2,8,9,10 je navrženo $\Phi 25$ po 200 mm při dolním okraji. Únosnost v těchto polích nebyla ověřena, protože návrhové momenty jsou o poznání nižší než v polích (3,4,5,6,7) \Rightarrow v těchto polích lze uvažovat jen s konstrukční výztuží. Moment v polích je menší než návrhový moment únosnosti jen s účinkem předpínací výztuže.

PRACOVNÍ DIAGRAMY 1:100

V POLI



NAD PODPOROU



7.3.4 Posouzení na smyk a kroucení

7.3.4.1 Výpočet torzního zatížení

Stále složky zatížení

Vlastní tíha Nosné konstrukce

Objemová tíha materiálu
(generováno programem Scia Engineer)

$$\gamma_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Zatížení vygenerováno do
těžiště nosníku =>
nevyvolává žádné kroucí
momenty

Zatížení ostatní stálé

Vozovka

Objemová tíha materiálu

$$\gamma_v := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Tloušťka vrstvy

$$t_v := 130 \text{ mm}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{v,k} := \gamma_v \cdot t_v \cdot \xi_v = 31.98 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Horní mez: +40%

$$g_{v,k,sup} := 1.4 \cdot g_{v,k} = 44.772 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Dolní mez: -20%

$$g_{v,k,inf} := 0.8 \cdot g_{v,k} = 25.584 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zatížení působí v těžišti nosníku => nevyvolává žádné kroucí momenty.

Římsa

Objemová tíha materiálu

$$\gamma_z := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Plocha pravé římsy (vnitřní)

$$A_{r,p} := 0.314 \text{ m}^2$$

Šířka NK pod římsou

$$\xi_p := 575 \text{ mm}$$

Rameno síly

$$l_p := 5.61 \text{ m}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{r,p} := \gamma_c \cdot A_{r,p} = 7.85 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Plocha levé římsy (vnější)

$$A_{r,l} := 0.637 \text{ m}^2$$

Šířka NK pod římsou

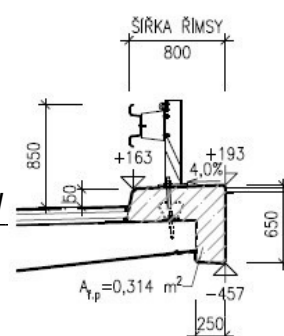
$$\xi_l := 1075 \text{ mm}$$

Rameno síly

$$l_l := 6.145 \text{ m}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{r,l} := \gamma_c \cdot A_{r,l} = 15.925 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Svodidla a protihlukové stěny

Liniové zatížení svodidlem

$$g_{s,k} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Rameno síly

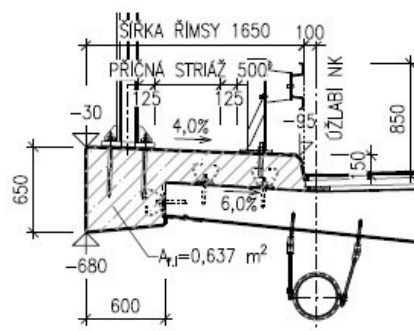
$$l_s := 5.47 \text{ m}$$

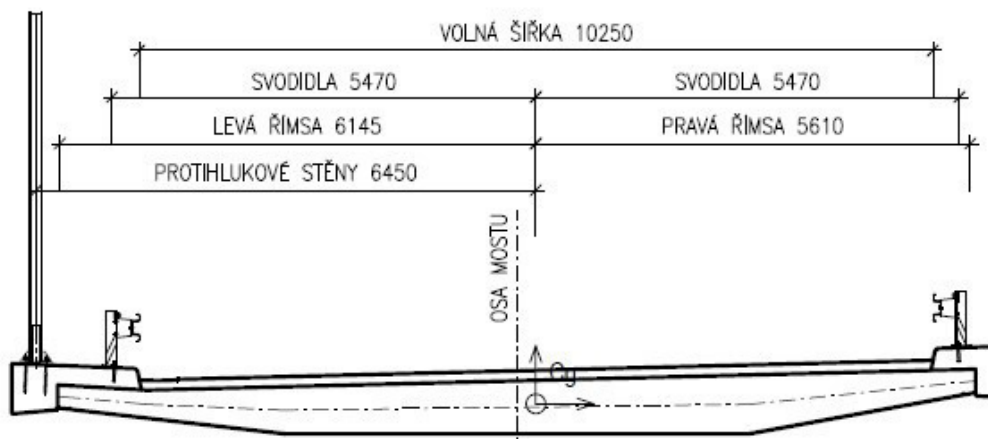
Liniové zatížení protihlukovou stěnou

$$g_{PHS,k} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

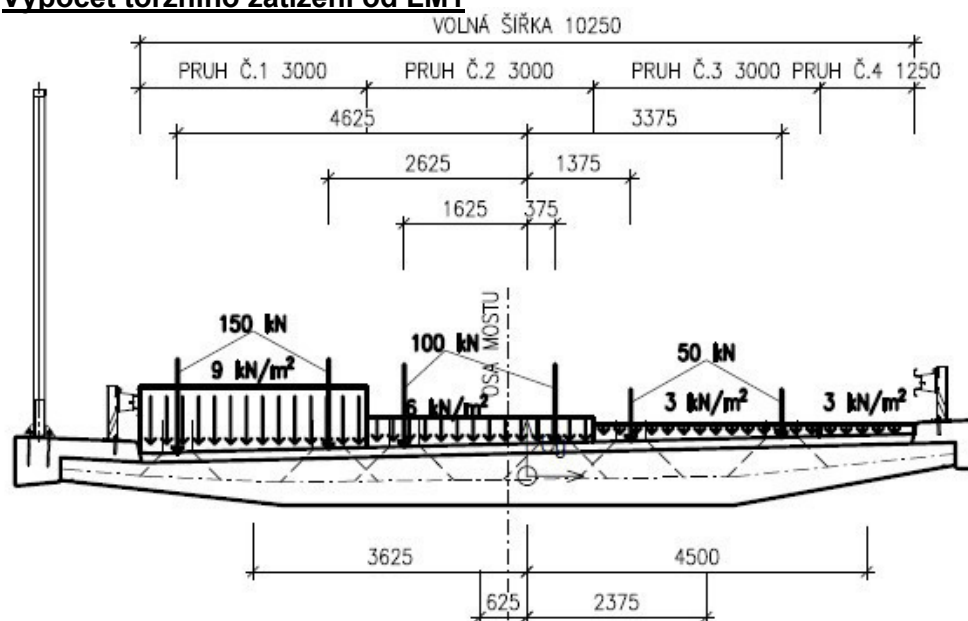
Rameno síly

$$l_{PHS} := 6.45$$

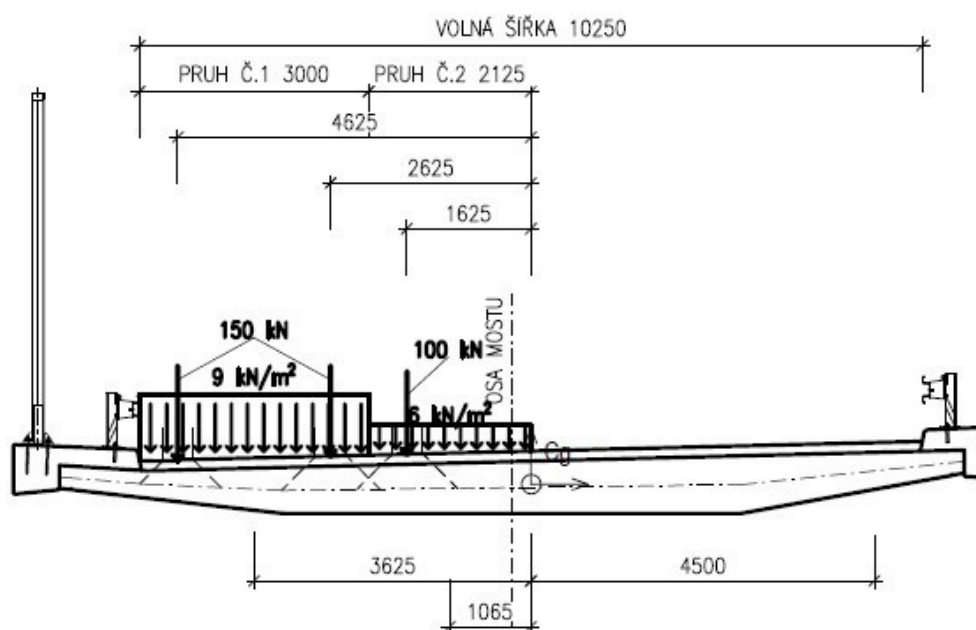




Výpočet torzního zatížení od LM1



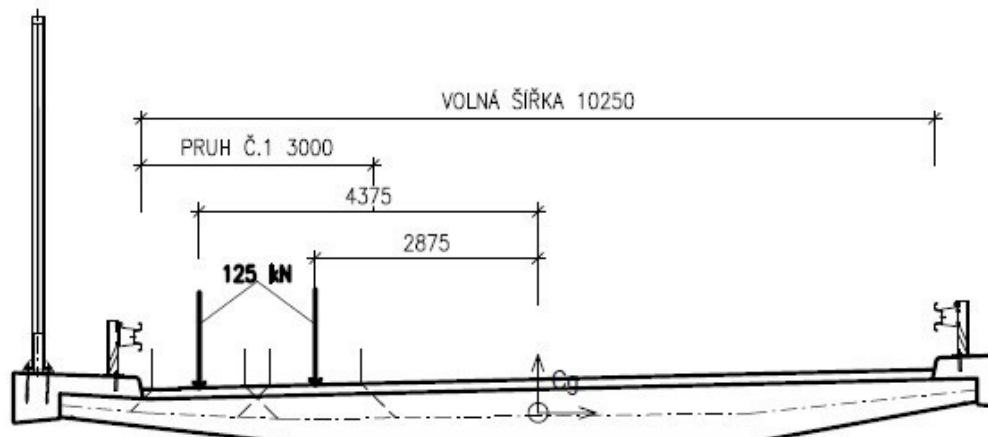
Pro maximální posouvající sílu



Pro maximální krouťící moment

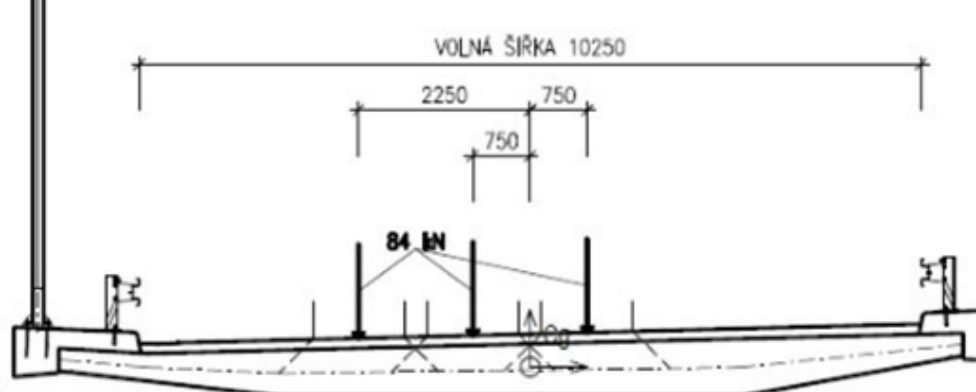
Výpočet torzního zatížení od LM3

1800/200

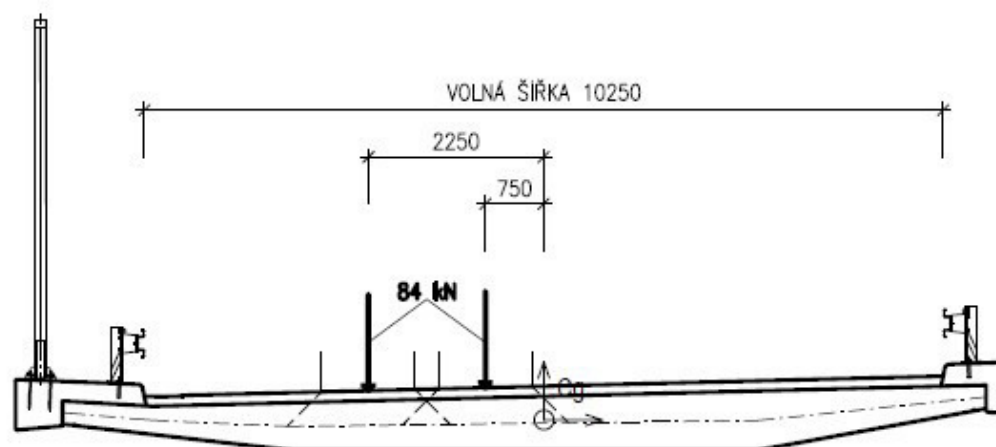


Toto uspořádání platí jak pro maximální posouvající sílu tak pro maximální torzní moment. Zároveň s tímto zatížením působí i spojitě rovnoměrné zatížení od LM1 kromě pruhu č. 1. Pro toto rovnoměrné zatížení platí stejné schéma jako pro LM1

3000/240



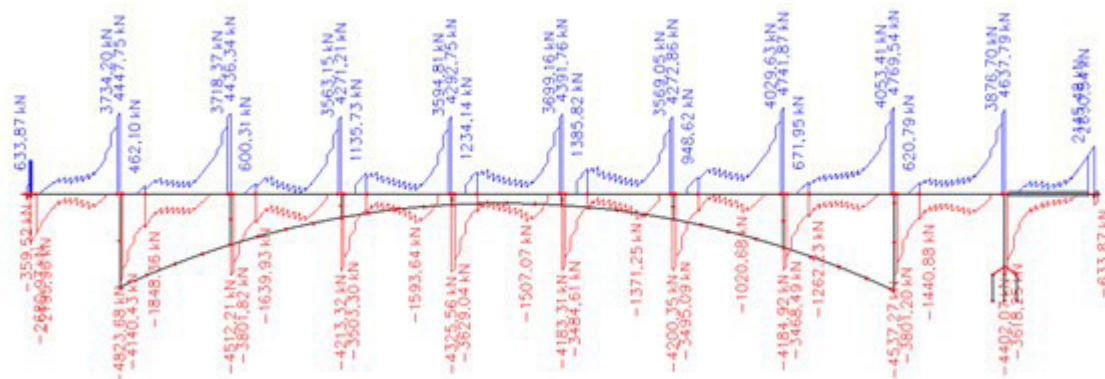
Pro maximální posouvající sílu



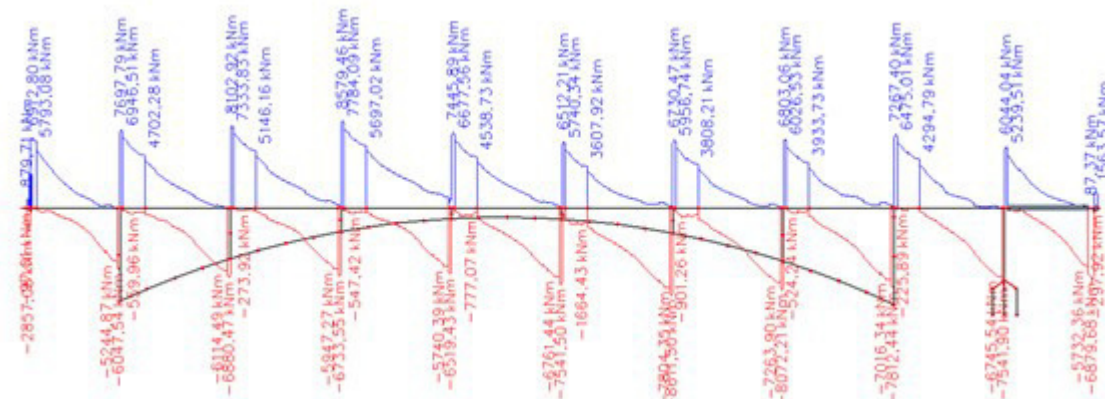
Pro maximální kroutící moment

7.3.4.2 Vnitřní síly

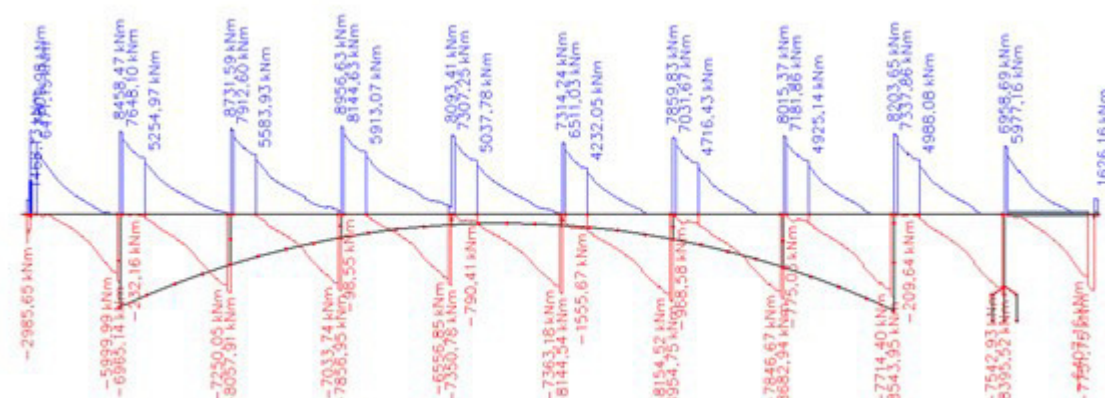
Obálka návrhových hodnot maximálních



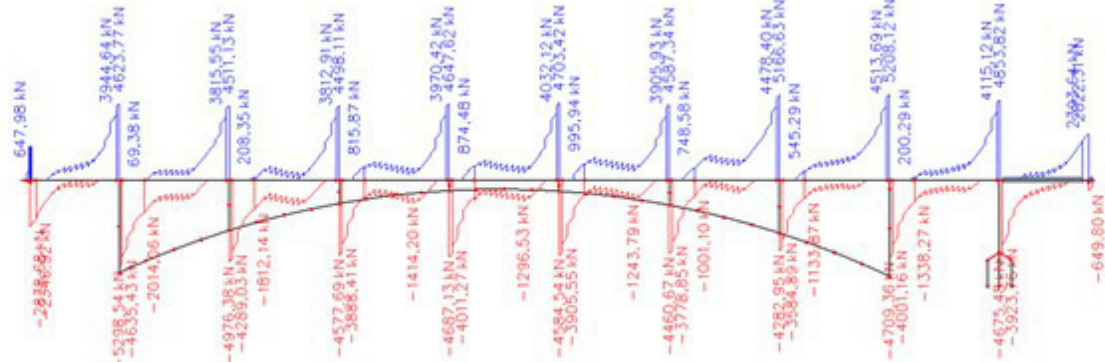
Obálka návrhových hodnot odpovídajícího



Obálka návrhových hodnot maximálního



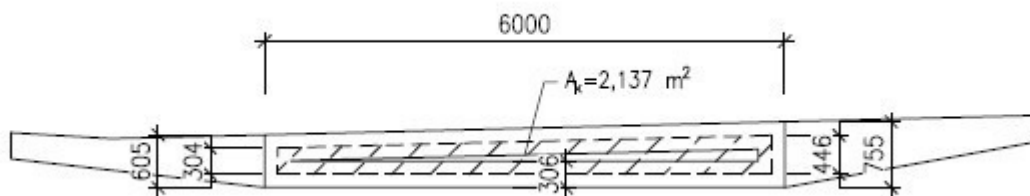
Obálka návrhových hodnot odpovídajícího



7.3.4.3 Řez nad podpěrou 2

$$A_c := 4.088 \text{ m}^2 \quad A_{c.1} := 6.872 \text{ m}^2 \quad u := 13.365 \text{ m} \text{ graficky zjištěno z programu AutoCad 2019}$$

$$t_{ef.1} := \frac{A_c}{u} = 0.306 \text{ m} \quad A_k := 2.137 \text{ m}^2 \quad u_k := 12.14 \text{ m} \quad a = 6 \text{ m} \quad b_k := 304 \text{ mm}$$



Vnitřní síly

$$T_{Ed.max} := 8956.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed.odp} := 4498.64 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.odp.1} := -8054.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.odp.1} := -35720.11 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.max} := 4823.68 \text{ kN}$$

$$T_{Ed.odp} := 7697.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.odp.2} := -13166.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.odp.2} := -46746.54 \text{ kN}$$

Převod torzního účinku na posouvající sílu

$$V_{Ed.T.1} := \frac{T_{Ed.max}}{2 \cdot A_k} \cdot b_k = 637.065 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.T.2} := \frac{T_{Ed.odp}}{2 \cdot A_k} \cdot b_k = 547.526 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.1} := V_{Ed.odp} + V_{Ed.T.1} = 5135.705 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.2} := V_{Ed.max} + V_{Ed.T.2} = 5371.206 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \max(V_{Ed.1}, V_{Ed.2}) = 5371.206 \text{ kN}$$

Maximální normálové napětí v posuzovaném průřezu

$$W_c := 5.858 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{ctd} := \frac{N_{Ed.odp.2}}{A_c} - \frac{M_{Ed.odp.2}}{W_c} = 11.041 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = 1.933 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ctd} \geq f_{ctd} = 1$$

=>

Beton porušen trhlinami

Únosnost potrahaného nevyztuženého průřezu

$$\gamma_c := 1.5$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$$

$$d := 591 \text{ mm}$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.582$$

$$k < 2 = 1$$

SPLNĚNO

$$\rho_l := \frac{A_{sl}}{\frac{a_{new}}{2} \cdot d} = 0.009$$

$$\rho_l \leq 0.02 = 1$$

SPLNĚNO

$$\sigma_{sd} := -\frac{N_{Ed.odp.2}}{A_{c.1}} = 6.802 \text{ MPa}$$

$$v_{min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot (f_{ck} \cdot \text{MPa})^{\frac{1}{2}} = 0.492 \text{ MPa}$$

$$k_1 := 0.15$$

$$V_{Rd.c.min} := (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{sd}) = 1.513 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd.c} := \left(C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot (\text{MPa})^2)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{sd} \right) \cdot a \cdot d = 5999.706 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti tlačené diagonály

$$\alpha_{cw} := 1.25 \quad \theta := 35^\circ \quad v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.48$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma_{sd} < 0.5 \cdot f_{cd} = 0 \quad z := b_{new,p} - 2 \cdot d_1 = 645 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,max} := \frac{\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot a \cdot z}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = 30911.189 \text{ kN} \quad \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = 0.174$$

Kroucení - únosnost na mezi vzniku trhlin

$$T_{Rd,max} := 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,1} \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) = 10441.94 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,max}} = 0.737$$

$$T_{Rd,c} := 2 \cdot f_{ctd} \cdot A_k \cdot t_{ef,1} = 2527.454 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 3.941 \quad \frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,c}} < 1 = 0$$

$$\frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = 0.911 \quad \frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} < 1 = 1$$

VYHOVUJE

Návrh svislé smykové výztuže

$$V_{Ed} = 5371.206 \text{ kN} \quad S_l := 100 \text{ mm}$$

$$A_{sw,req} := \frac{V_{Ed} \cdot S_l}{z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)} = (1.341 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 14 střižné tržníčky $\Phi 10$ po 100 mm $A_{sw} := 13.43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{sw} \geq A_{sw,req} = 1$
doplněny o 3 spony $\Phi 10$ po 100 mm

$$V_{Rd,s} := \frac{A_{sw}}{S_l} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = 5378.747 \text{ kN} \quad V_{Rd,s} \geq V_{Ed,1} = 1 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

Konstrukční zásady

$$\rho_{w,v,k} := \frac{A_{sw}}{S_l \cdot a \cdot \sin(90^\circ)} = 0.00224$$

$$\rho_{w,min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot \text{MPa}}}{f_{yk}} = 0.00113$$

$$\rho_{w,v,k} \geq \rho_{w,min} = 1$$

VYHOVUJE

$$S_{v,k,max} := \min\left(\frac{u}{8}, 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\theta)), 0.75 \cdot d, 400 \text{ mm}\right) = 400 \text{ mm}$$

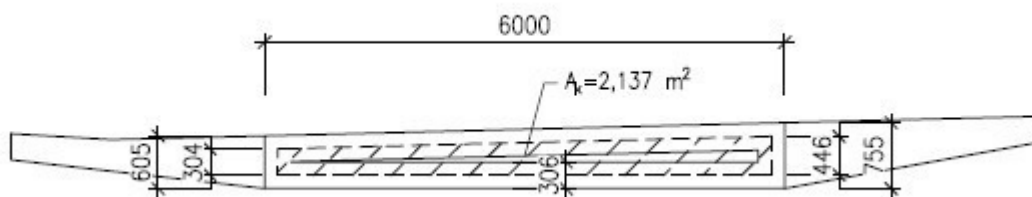
$$S_{v,k,max} \geq S_l = 1$$

VYHOVUJE

7.3.4.4 Řez v poli 2

$$A_c := 4.088 \text{ m}^2 \quad A_{c.1} := 6.872 \text{ m}^2 \quad u := 13.365 \text{ m} \text{ graficky zjištěno z programu AutoCad 2019}$$

$$t_{ef.1} := \frac{A_c}{u} = 0.306 \text{ m} \quad A_k := 2.137 \text{ m}^2 \quad u_k := 12.14 \text{ m} \quad a = 6 \text{ m} \quad b_k := 304 \text{ mm}$$



Vnitřní síly

$$T_{Ed.max} := 5913.07 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed.odp} := 1414.20 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.odp.1} := 8276.63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.odp.1} := -35392.92 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.max} := 1848.36 \text{ kN}$$

$$T_{Ed.odp} := 4702.28 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.odp.2} := 4197.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.odp.2} := -44449.03 \text{ kN}$$

Převod torzního účinku na posouvající sílu

$$V_{Ed.T.1} := \frac{T_{Ed.max}}{2 \cdot A_k} \cdot b_k = 420.583 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.T.2} := \frac{T_{Ed.odp}}{2 \cdot A_k} \cdot b_k = 334.463 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.1} := V_{Ed.odp} + V_{Ed.T.1} = 1834.783 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.2} := V_{Ed.max} + V_{Ed.T.2} = 2182.823 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \max(V_{Ed.1}, V_{Ed.2}) = 2182.823 \text{ kN}$$

Maximální normálové napětí v posuzovaném průřezu

$$W_{c.r} := 5.858 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{ctd} := \frac{N_{Ed.odp.2}}{A_{c.r}} + \frac{M_{Ed.odp.2}}{W_{c.r}} = 0.616 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = 1.933 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ctd} \geq f_{ctd} = 0$$

=>

Beton porušen trhlinami

Únosnost potrhaného nevyztuženého průřezu

$$\gamma_c := 1.5 \quad C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12 \quad d := 537 \text{ mm}$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.61$$

$$k < 2 = 1$$

SPLNĚNO

$$\rho_l := \frac{A_{sl}}{\frac{a_{new}}{2} \cdot d} = 0.01$$

$$\rho_l \leq 0.02 = 1$$

SPLNĚNO

$$\sigma_{sd} := \left| \frac{N_{Ed.odp.2}}{A_c} \right| = 10.873 \text{ MPa}$$

$$v_{min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot (f_{ck} \cdot \text{MPa})^{\frac{1}{2}} = 0.506 \text{ MPa}$$

$$k_1 := 0.15$$

$$V_{Rd.c.min} := (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{sd}) = 2.137 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd.c} := \left(C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot (\text{MPa})^2)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{sd} \right) \cdot a \cdot d = 7529.375 \text{ kN}$$

Posouzení únosnosti tlačené diagonály

$$\alpha_{cw} := 1.25 \quad \theta := 35^\circ \quad v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.48$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma_{sd} < 0.5 \cdot f_{cd} = 1 \quad z := b_{new,p} - 2 \cdot d_1 = 645 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,max} := \frac{\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot a \cdot z}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = 30911.189 \text{ kN}$$

Kroucení - únosnost na mezi vzniku trhlin

$$T_{Rd,max} := 2 \cdot v \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef,1} \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) = 10441.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_{Rd,c} := 2 \cdot f_{ctd} \cdot A_k \cdot t_{ef,1} = 2527.454 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 2.15 \quad \frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} < 1 = 0$$

$$\frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = 0.521 \quad \frac{T_{Ed,odp}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} < 1 = 1$$

VYHOVUJE

Návrh svislé smykové výztuže

$$V_{Ed} = 2182.823 \text{ kN} \quad S_l := 150 \text{ mm}$$

$$A_{sw,req} := \frac{V_{Ed} \cdot S_l}{z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)} = (8.175 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 14 střížné třmínky $\Phi 10$ po 150 mm $A_{sw} := 11.06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad A_{sw} \geq A_{sw,req} = 1$

$$V_{Rd,s} := \frac{A_{sw}}{S_l} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = 2953.038 \text{ kN} \quad V_{Rd,s} \geq V_{Ed,1} = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Konstrukční zásady

$$\rho_{w,v,k} := \frac{A_{sw}}{S_l \cdot \frac{a_{new}}{2} \cdot \sin(90^\circ)} = 0.00492$$

$$\rho_{w,min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot \text{MPa}}}{f_{yk}} = 0.00113$$

$$\rho_{w,v,k} \geq \rho_{w,min} = 1$$

VYHOVUJE

$$S_{v,k,max} := \min\left(\frac{u}{8}, 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\theta)), 0.75 \cdot d, 400 \text{ mm}\right) = 400 \text{ mm}$$

$$S_{v,k,max} \geq S_l = 1$$

VYHOVUJE

7.3.5 Příčný Směr

7.3.5.1 Zatížení deskostěnového modelu

Stále složky zatížení

Vlastní tíha Nosné konstrukce

Objemová tíha materiálu
 (generováno programem Scia Engineer)

$$\gamma_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Zatížení ostatní stálé

Vozovka

Objemová tíha materiálu

$$\gamma_v := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Tloušťka vrstvy

$$t_v := 130 \text{ mm}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{v,k} := \gamma_v \cdot t_v = 3.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Horní mez: +40%

$$g_{v,k,sup} := 1.4 \cdot g_{v,k} = 4.368 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Dolní mez: -20%

$$g_{v,k,inf} := 0.8 \cdot g_{v,k} = 2.496 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Římsa

Objemová tíha materiálu

$$\gamma_z := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Plocha pravé římsy (vnitřní)

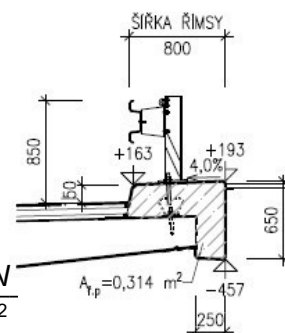
$$A_{r,p} := 0.314 \text{ m}^2$$

Šířka NK pod římsou

$$s_p := 575 \text{ mm}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{r,p} := \gamma_c \cdot \frac{A_{r,p}}{s_p} = 13.652 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Plocha levé římsy (vnější)

$$A_{r,l} := 0.637 \text{ m}^2$$

Šířka NK pod římsou

$$s_l := 1075 \text{ mm}$$

Svislé rovnoměrné zatížení

$$g_{r,l} := \gamma_c \cdot \frac{A_{r,l}}{s_l} = 14.814 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

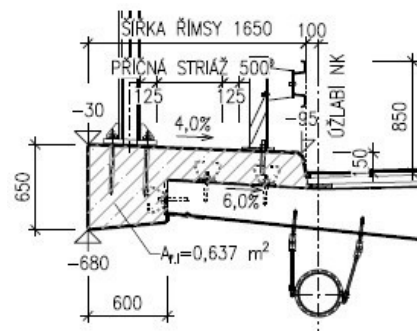
Svodidla a protihlukové stěny

Liniové zatížení svodidlem

$$g_{s,k} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

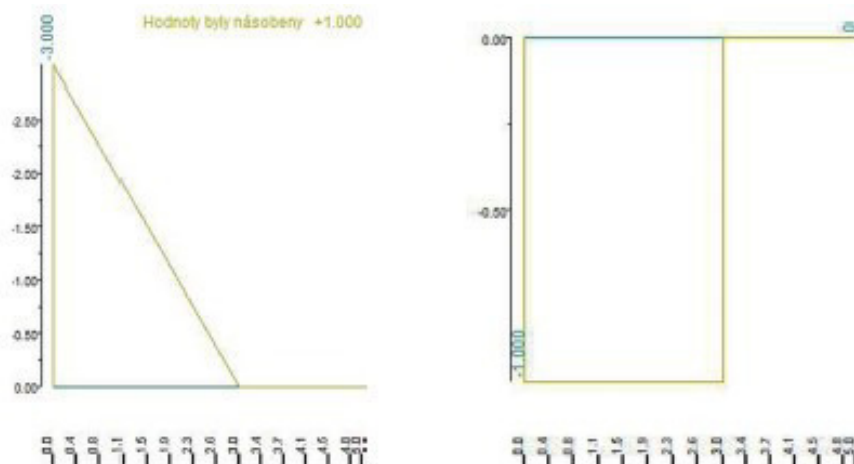
Liniové zatížení protihlukovou stěnou

$$g_{PHS,k} := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

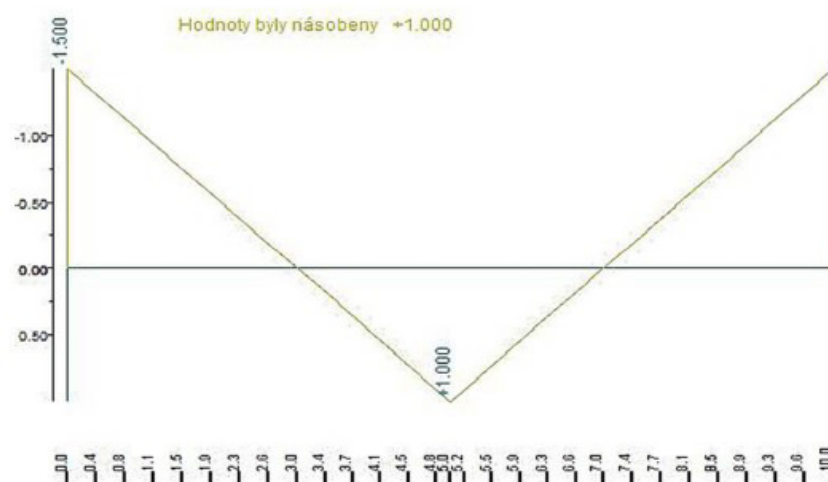


Zatížení od dopravy

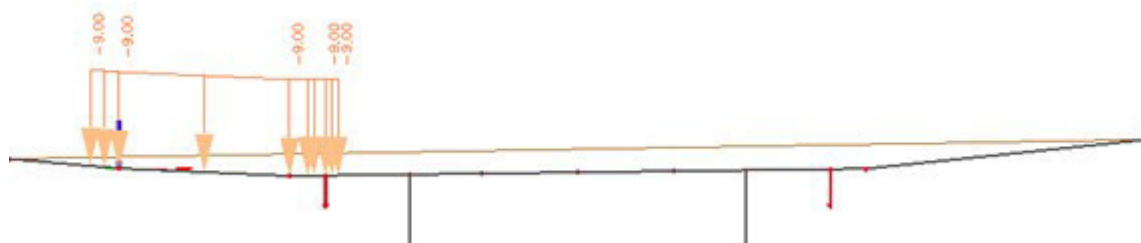
Byly zjištěny příčinkové čáry příčného roznosu zatížení pro stanovení nepříznivých zatížení v příčném směru. Určení bylo provedeno v programu Scia Engineer.



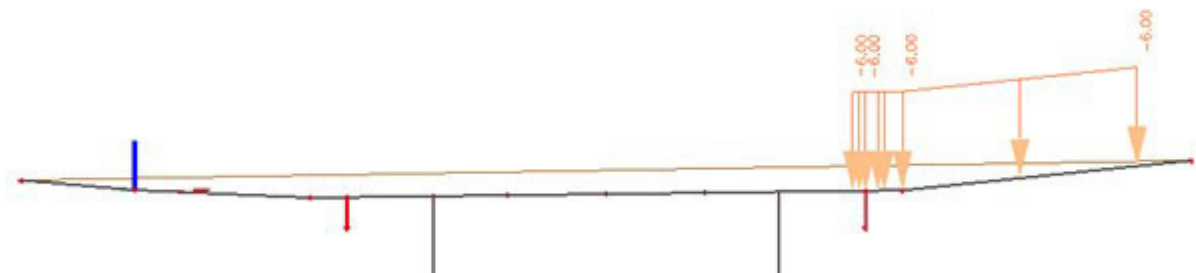
Příčinkové čáry příčného roznosu pro maximální ohybový moment a maximální posouvající sílu na konzole desky



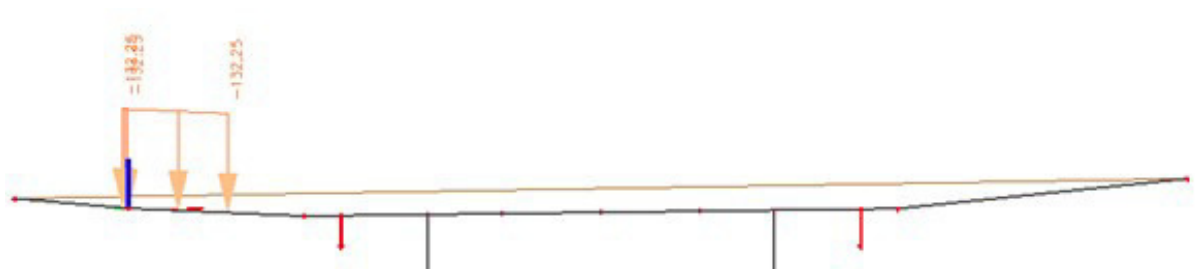
Příčinkové čáry příčného roznosu pro maximální ohybový moment ve středu desky



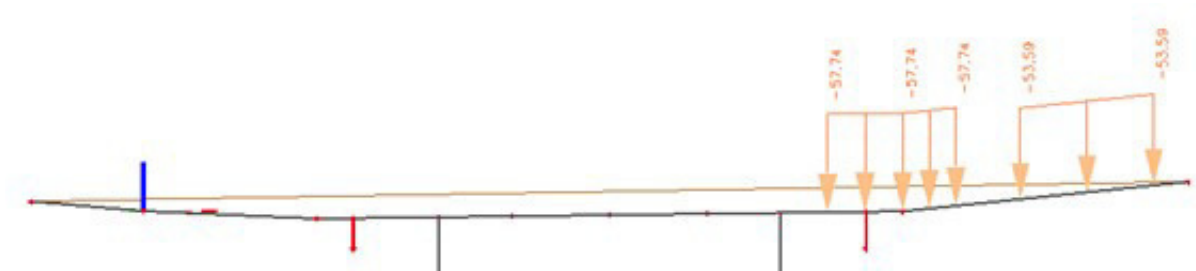
Umístění UDL 1 pro maximální ohybový moment a posouvající síly



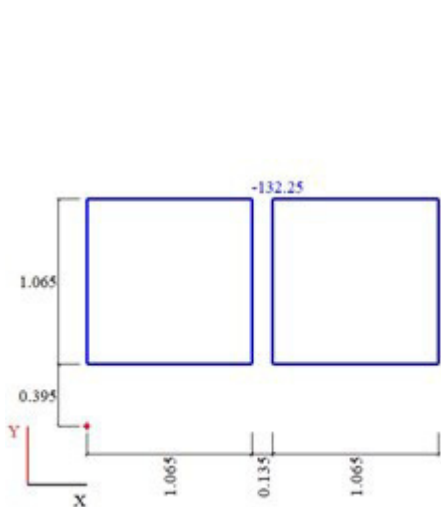
Umístění UDL 2 pro maximální ohybová moment a posouvající síly



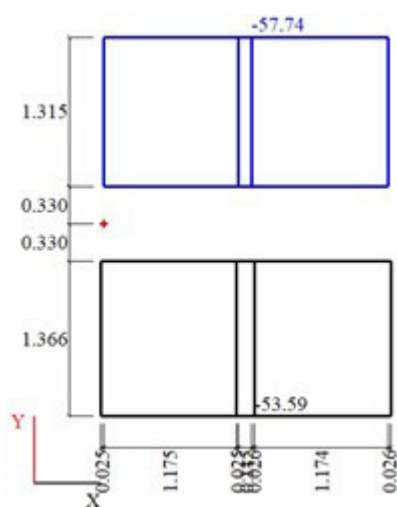
Umístění TS 1 pro maximální ohybová moment a posouvající síly



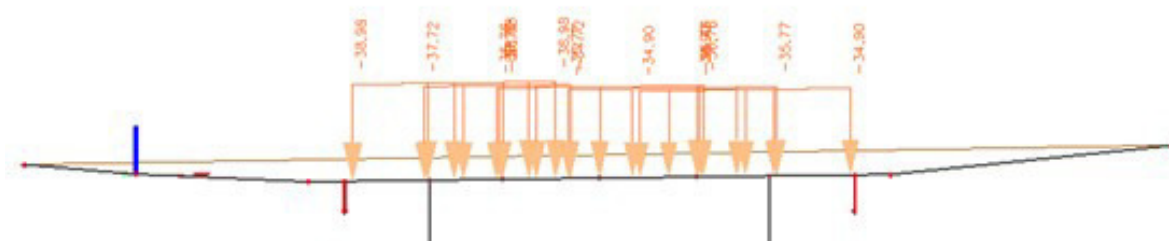
Umístění TS 1 pro maximální ohybová moment a posouvající síly



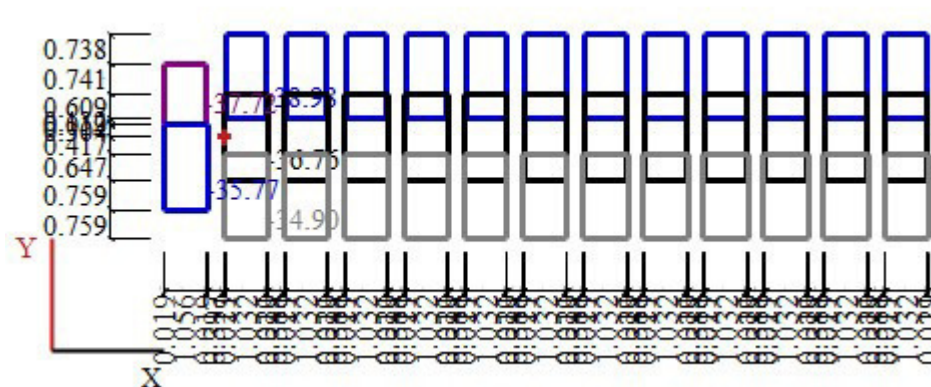
Roznos TS1



Roznos TS2



Umístění speciálního vozidla 3000/240 pro maximální ohybová moment v poli



Roznos od 3000/240

Zatížení od předpětí

Předpětí bylo vneseno pomocí modulu Dodatečné předpětí programu Scia Engineer.

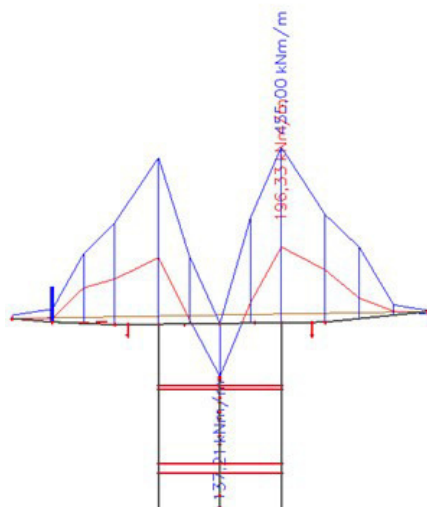
7.3.5.2 Řez nad podpěrou

Návrh je proveden na 1 m běžný. Tloušťka desky v místě maximálního ohybového momentu $h := 638 \text{ mm}$.

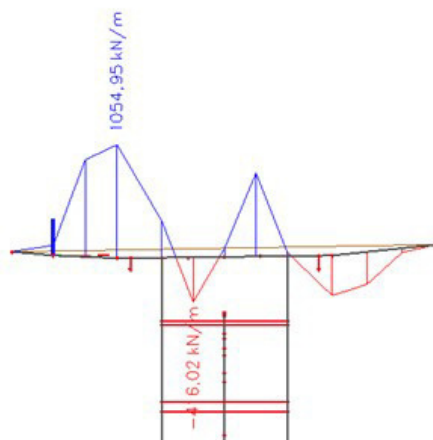
Délka nosné konstrukce pro výpočet $b := 1 \text{ m}$

Průměr příčné výztuže $\Phi_{sl.přič} := 16 \text{ mm}$

Vzdálenost $d := h - c_{nom} - \frac{\Phi_{sl.přič}}{2} = 0.575 \text{ m}$



Maximální ohybový moment
Maximální posouvající síla



$M_{Ed} := 455.00 \text{ kN} \cdot \frac{m}{m}$
 $V_{Ed} := 1054.95 \text{ kN}$

Nutná požadovaná plocha výztuže $A_{s.req} := b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed} \cdot m}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = (1.866 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$

Navrženo: $\Phi 16$ po $S := 100 \text{ mm}$ $A_{s.h} := \frac{b}{S} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\Phi_{sl.přič}}{2} \right)^2 = (2.011 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$

Plocha tlaceného betonu $A_{cc} := \frac{A_{s.h} \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = 30853.493 \text{ mm}^2$

Výška tlaceného betonu $x_{cc} := \frac{A_{cc}}{b} = 30.853 \text{ mm}$

Vzdálenost těžiště tlaceného betonu od líce $a_{cc} := \frac{x_{cc}}{2} = 15.427 \text{ mm}$

Poloha neutrálné osy $x := \frac{x_{cc}}{\lambda} = 38.567 \text{ mm}$

Kontrola přetvoření výztuže $\varepsilon_s := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = 0.049$ $\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd} = 1$

Posouzení

Vzdálenost výztuže od těžiště $z_s := \frac{h}{2} - d_1 = 0.242 \text{ m}$

Vzdálenost tlaceného betonu od těžiště $z_{cc} := \frac{h}{2} - a_{cc} = 0.304 \text{ m}$

$M_{Rd} := A_{cc} \cdot z_{cc} \cdot \frac{f_{cd}}{m} + A_{s.h} \cdot z_s \cdot \frac{f_{yd}}{m} = 476.493 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$ $M_{Rd} \geq M_{Ed} = 1$ **vyhovuje**

Příčný smyk

Únosnost potrhaného nevyztuženého průřezu

$\gamma_c := 1.5$ $C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$

$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.59$ $k < 2 = 1$ **SPLNĚNO**

$\rho_l := \frac{A_{sl}}{\frac{a_{new}}{2} \cdot d} = 0.009$ $\rho_l \leq 0.02 = 1$ **SPLNĚNO**

$\sigma_{sd} := 0 \text{ MPa}$ $v_{min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot (f_{ck} \cdot \text{MPa})^{\frac{1}{2}} = 0.496 \text{ MPa}$

$k_1 := 0.15$ $V_{Rd.c.min} := (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{sd}) = 496082.151 \text{ Pa}$

$V_{Rd.c} := \left(C_{Rd.c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot (\text{MPa})^2)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{sd} \right) \cdot b \cdot d = 391.697 \text{ kN}$ $V_{Rd.c} \geq V_{Ed} = 0$

Nutné navrhnout smykovou výztuž **NEVYHOVUJE**



Posouzení únosnosti tlačené diagonály

$$\alpha_{cw} := 1.25$$

$$\theta := 35^\circ$$

$$z := h - 2 \cdot d_1 = 483 \text{ mm}$$

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.48$$

$$V_{Rd,max} := \frac{\alpha_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = 3857.908 \text{ kN}$$

Návrh svislé smykové výztuže

$$V_{Ed,1} := 1628 \text{ kN}$$

$$S_l := S = 100 \text{ mm}$$

$$A_{sw,req} := \frac{V_{Ed,1} \cdot S_l}{z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta)} = (5.428 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 7 spon $\Phi 10$ po 100 mm

$$A_{sw} := 5.53 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{sw} \geq A_{sw,req} = 1$$

$$V_{Rd,s} := \frac{A_{sw}}{S_l} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot(\theta) = 1658.508 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed,1} = 1$$

VYHOVUJE

Minimální plocha výztuže

Šířka pro návrh min. výztuže

$$b := 1 \text{ m}$$

Výška mostovky pro výpočet min. výztuže

$$h = 0.638 \text{ m}$$

$$A_{s,min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = (1.226 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} > 0.0013 \cdot b \cdot d = 1$$

$$A_{s,max} := 0.04 \cdot A_c = (1.635 \cdot 10^{-1}) \text{ m}^2$$

Vzdálenost výztuže

$$S_{min} := \max(1.2 \cdot \Phi, d_g + 5 \text{ mm}, 20 \text{ mm}) = 0.037 \text{ m}$$

$$S_{max} := \min(2 \cdot d, 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

Průřez vyhovuje na M_{Ed} . Dolní výztuž musí splnit konstrukční zásady

=> **Navrženo: $\Phi 16$ po 100 mm**

$$A_{s,d} := A_{s,h} = 0.002 \text{ m}^2 \quad S := 100 \text{ mm}$$

$$b := 1 \text{ m} \quad d := 0.6 \text{ m}$$

$$A_{s,max} \geq A_{s,h} \geq A_{s,min} = 1$$

$$S_{max} \geq S \geq S_{min} = 1$$

VYHOVUJE

$$A_{s,max} \geq A_{s,d} \geq A_{s,min} = 1$$

VYHOVUJE

Stupeň vyztužení

$$\rho_{s,h} := \frac{A_{s,h}}{b \cdot d} = 0.003$$

$$\rho_{s,h} < 0.04 = 1$$

SPLNĚNO

$$\rho_{s,d} := \frac{A_{s,d}}{b \cdot d} = 0.003$$

$$\rho_{s,d} < 0.04 = 1$$

SPLNĚNO

7.3.5.3 Řez v poli

Návrh je proveden na 1 m běžný. Tloušťka desky v místě maximálního ohybového momentu $h := 675 \text{ mm}$.

Délka nosné konstrukce pro výpočet

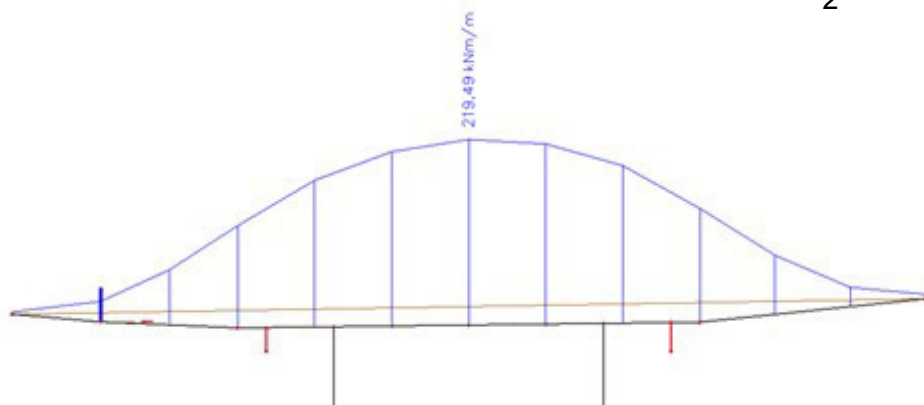
$$b := 1 \text{ m}$$

Průměr příčné výztuže

$$\Phi_{sl.příč} := 16 \text{ mm}$$

Vzdálenost d

$$d := h - c_{nom} - \frac{\Phi_{sl.příč}}{2} = 0.612 \text{ m}$$



Maximální ohybový moment

$$M_{Ed} := 219.49 \text{ kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

Maximální posouvající síla

$$V_{Ed} := 69.77 \text{ kN}$$

Nutná požadovaná plocha výztuže

$$A_{s.req} := b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed} \cdot m}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = (8.336 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

Navrženo: $\Phi 16$ po $S := 150 \text{ mm}$

$$A_{s.h} := \frac{b}{S} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\Phi_{sl.příč}}{2} \right)^2 = (1.34 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

Plocha tlačného betonu

$$A_{cc} := \frac{A_{s.h} \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = 20568.995 \text{ mm}^2$$

Výška tlačného betonu

$$x_{cc} := \frac{A_{cc}}{b} = 20.569 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště tlačného betonu od líce

$$a_{cc} := \frac{x_{cc}}{2} = 10.284 \text{ mm}$$

Poloha neutrálné osy

$$x := \frac{x_{cc}}{\lambda} = 25.711 \text{ mm}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s := \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = 0.08 \quad \varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd} = 1$$

Posouzení

Vzdálenost výztuže od těžiště

$$z_s := \frac{h}{2} - d_1 = 0.26 \text{ m}$$

Vzdálenost tlačného betonu od těžiště

$$z_{cc} := \frac{h}{2} - a_{cc} = 0.327 \text{ m}$$

$$M_{Rd} := A_{cc} \cdot z_{cc} \cdot \frac{f_{cd}}{m} + A_{s.h} \cdot z_s \cdot \frac{f_{yd}}{m} = 342.222 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \quad M_{Rd} \geq M_{Ed} = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Příčný smyk

Únosnost potrhaného nevyztuženého průřezu

$$\gamma_c := 1.5 \quad C_{Rd,c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.572$$

$$k < 2 = 1$$

SPLNĚNO

$$\rho_l := \frac{A_{sl}}{\frac{a_{new}}{2} \cdot d} = 0.009$$

$$\rho_l \leq 0.02 = 1$$

SPLNĚNO

$$\sigma_{sd} := 0 \text{ MPa}$$

$$v_{min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot (f_{ck} \cdot \text{MPa})^{\frac{1}{2}} = 0.488 \text{ MPa}$$

$$k_1 := 0.15$$

$$V_{Rd,c,min} := (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{sd}) = 0.488 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} := \left(C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot (\text{MPa})^2)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{sd} \right) \cdot b \cdot d = 403.674 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq V_{Ed} = 1$$

VYHOVUJE

Minimální plocha výztuže

Šířka pro návrh min. výztuže

$$b := 1 \text{ m}$$

Výška mostovky pro výpočet min. výztuže

$$h = 0.675 \text{ m}$$

$$A_{s,min} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = (1.305 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} > 0.0013 \cdot b \cdot d = 1$$

$$A_{s,max} := 0.04 \cdot A_c = (1.635 \cdot 10^{-1}) \text{ m}^2$$

Vzdálenost výztuže

$$S_{min} := \max(1.2 \cdot \Phi, d_g + 5 \text{ mm}, 20 \text{ mm}) = 0.037 \text{ m}$$

$$S_{max} := \min(2 \cdot d, 200 \text{ mm}) = 200 \text{ mm}$$

Průřez vyhovuje na M_{Ed} . Dolní výztuž musí splnit konstrukční zásady

=> **Navrženo: $\Phi 16$ po 150 mm**

$$A_{s,d} := A_{s,h} = 0.001 \text{ m}^2 \quad S := 150 \text{ mm}$$

$$b := 1 \text{ m}$$

$$A_{s,max} \geq A_{s,h} \geq A_{s,min} = 1$$

$$S_{max} \geq S \geq S_{min} = 1$$

VYHOVUJE

$$A_{s,max} \geq A_{s,d} \geq A_{s,min} = 1$$

VYHOVUJE

Stupeň vyztužení

$$\rho_{s,h} := \frac{A_{s,h}}{b \cdot d} = 0.002$$

$$\rho_{s,h} < 0.04 = 1$$

SPLNĚNO

$$\rho_{s,d} := \frac{A_{s,d}}{b \cdot d} = 0.002$$

$$\rho_{s,d} < 0.04 = 1$$

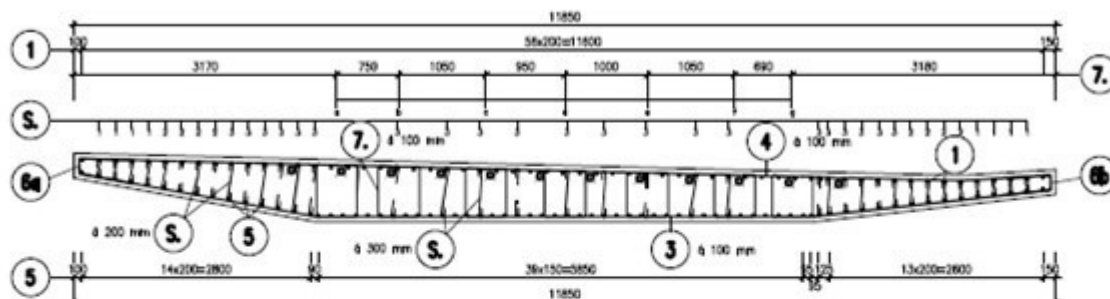
SPLNĚNO

VYPRACOVAL: Bc. JIŘÍ KUTÁLEK

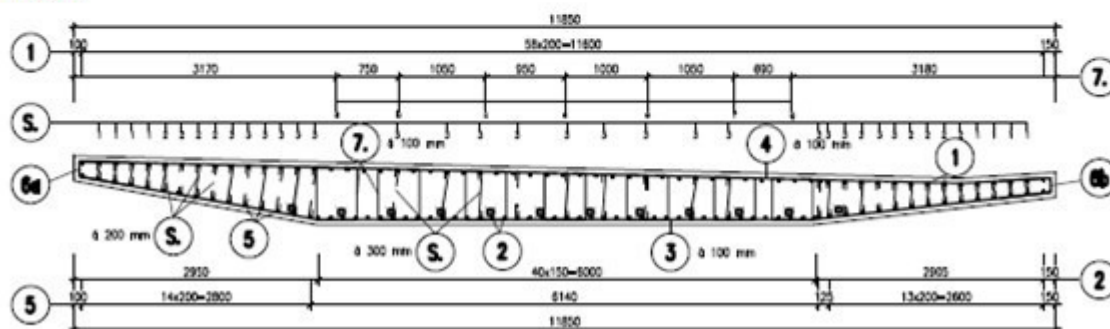
VEDOUcí PRÁCE: doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

Schéma výztuže desky

PŘÍČNÝ ŘEZ 1:50 NAD PODPOROU



V POLI



8. Kotevní oblast

Zvolena kotva typu VSL E6 - 12

$$A := 340 \text{ mm}$$

$$\Phi_{duct} := 345 \text{ mm}$$

$$B := 75 \text{ mm}$$

$$\Phi := 16 \text{ mm}$$

$$C := 40 \text{ mm}$$

$$n := 5$$

$$D := 170 \text{ mm}$$

$$X := 495 \text{ mm}$$

$$f_{cd} = 28.333 \text{ MPa}$$

$$c_{nom.p} := 90 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$$

$$\Phi_k := 95 \text{ mm}$$

$$\gamma_P := 1.2$$

Průměr spirály podkotevní výztuže

Počet závitů spirály

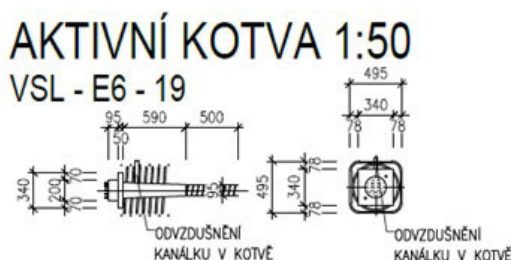
minimální vzdálenost kotev

Krytí přepínací výztuže

Průměr kabelu

$$X_r := \frac{X}{2} + c_{nom.p} - 10 \text{ mm} = 0.328 \text{ m}$$

minimální vzdálenost kotev od líce



8.1 Posouzení na soustředný tlak

Posouzení v nejužším místě desky

Ocelová lana

Y1860 S7 - 15,7 - A

Plocha jednoho lana

$$A_{p1} = 150 \text{ mm}^2$$

Plocha jednoho kabelu

$$A_k := A_{p1} \cdot 19 = 2850 \text{ mm}^2$$

Maximální napětí ve výztuži

$$\sigma_{p,max} = 1476 \text{ MPa}$$

Síla v jedné kotvě

$$P_{max} := \sigma_{p,max} \cdot A_k = 4206.6 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů účinných ploch

$$b_2 := 546 \text{ mm}$$

$$d_2 := 600 \text{ mm}$$

$$3 \cdot A = 1020 \text{ mm}$$

Odečteno z programu
AutoCad 2019

$$b_2 \leq 3 \cdot A = 1$$

$$d_2 \leq 3 \cdot A = 1$$

$$A_{c0} := A \cdot A - \frac{\pi \cdot \Phi_k^2}{4} = 108511.782 \text{ mm}^2$$

$$A_{c1} := b_2 \cdot d_2 - \frac{\pi \cdot \Phi_k^2}{4} = 320511.782 \text{ mm}^2$$

$$F_{Ed} := P_{max} = 4206.6 \text{ kN}$$

$$3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 9223.501 \text{ kN}$$

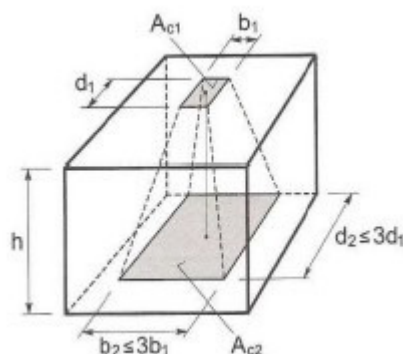
$$F_{Rdu} := A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = 5283.943 \text{ kN}$$

$$F_{Rdu} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 1$$

$$F_{Ed} \leq F_{Rdu} = 1$$

VYHOVUJE

Pozn.: Při dodržení konstrukčních zásad daných výrobcem, výrobce garantuje únosnost v soustředném tlaku.



8.2 Posouzení oblasti pod kotvou

Určení rozměrů oblasti

$$a := A = 340 \text{ mm}$$

$$b' := \frac{P_{max}}{0.6 \cdot f_{ck}} = 0.14 \text{ m}^2 \Rightarrow b := \sqrt{b'} = 0.374 \text{ m} \Rightarrow h := 1.2 \cdot b = 0.449 \text{ m}$$

$$\sigma_{sd} := 250 \text{ MPa}$$

Podmínky:

$$\frac{b}{a} = 1.101 \quad 1.25 \cdot \sqrt{\frac{b'}{a^2}} = 1.377 \quad \frac{b}{a} < 1.25 \cdot \sqrt{\frac{b'}{a^2}} = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$F_{Ed} := P_{max} \cdot \gamma_P = 5047.92 \text{ kN}$$

$$T_{bu} := \frac{1}{4} \cdot \frac{b-a}{b} \cdot F_{Ed} = 116.134 \text{ kN}$$

$$A_{s.req} := \frac{T_{bu}}{\sigma_{sd}} = (4.645 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.min} := 0.15 \cdot \frac{F_{Ed}}{\sigma_{sd}} = (3.029 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

$$\text{Spirála dle výrobce:} \quad \Phi = 16 \text{ mm} \quad n = 5$$

$$A_{s.1} := \pi \cdot \left(\frac{\Phi}{2}\right)^2 = 201.062 \text{ mm}^2$$

$$A_s := A_{s.1} \cdot n \cdot 2 = (2.011 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2 \quad A_s \geq A_{s.min} = 0$$

Pozn.: Při dodržení konstrukčních zásad daných výrobcem, výrobce garantuje únosnost s použitím doporučeného typu spirály.

Posouzení:

$$F_{Rd} := A_s \cdot \sigma_{sd} = 502.655 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} \geq T_{bu} = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

8.3 Posouzení oblasti u povrchu kotvy

$$A_{s.req} := \frac{0.03 \cdot F_{Ed}}{\sigma_{sd}} = (6.058 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$\text{Navrženo: } 4x \Phi 16 \quad A_s := 8.04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad A_s \geq A_{s.req} = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

8.4 Posouzení globální oblasti

$$\text{Řešeno na průřezu šířky 1.2 m} \Rightarrow 2 \text{ kotvy} \quad e := 0.6 \text{ m}$$

$$\Sigma F_{Ed} := 2 \cdot F_{Ed} = 10095.84 \text{ kN}$$

$$c'_{\Sigma} := 2 \cdot e = 1.2 \text{ m}$$

$$a'_{\Sigma} := 0.5 \text{ m}$$

$$h := 1.2 \cdot c'_{\Sigma} = 1.44 \text{ m}$$

$$T_{\Sigma} := \frac{1}{4} \cdot \frac{c'_{\Sigma} - a'_{\Sigma}}{c'_{\Sigma}} \cdot \Sigma F_{Ed} = 1472.31 \text{ kN}$$

$$A_{s.\Sigma.req} := \frac{T_{\Sigma}}{\sigma_{sd}} = (5.889 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.\Sigma.min} := 0.15 \cdot \frac{\Sigma F_{Ed}}{\sigma_{sd}} = (6.058 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

Navrženo: 6 x čtyřstřížné mříže $\phi 18$

$$A_{s,\Sigma} := 6 \cdot 4 \cdot 2.54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = (6.096 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2 \quad A_{s,\Sigma} \geq A_{s,\Sigma,\min} = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Lokální část v globální oblasti

Určení vzdálenosti od líce desky 20% z délky globální oblasti.

$$h_{lok} := 0.2 \cdot h = 0.288 \text{ m}$$

$$A_{s,bu,req} := \frac{2 \cdot T_{bu}}{\sigma_{sd}} = (9.291 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

Z navržených 6 mříží budou v této oblasti dvě.

$$A_{s,\Sigma,lok} := 2 \cdot 4 \cdot 2.54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = (2.032 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2 \quad A_{s,\Sigma,lok} \geq A_{s,bu,req} = 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

9. Závěr

Navržená konstrukce **vyhovuje** všem požadavkům **EC**. Byly ověřeny mezní stavy použitelnosti a únosnosti v průběhu celé výstavby a životnosti konstrukce. V mezním stavu únosnosti byly prvky posouzeny na kombinaci M+N, kombinaci smyku a kroucení. Mostovka byla posouzena na ohyb a smyk v příčném směru.

Vypracoval:

Bc. Jiří Kutálek