

Výškový systém: Bpv
Souřadnicový systém: S-JTSK

MOST PŘES ULICI MEZIBOŘSKÁ V LITVÍNOVĚ

Objednatel:



MĚSTO LITVÍN OV

Město Litvínov
nám. Míru 11, 436 01 Litvínov

Hlavní projektant DÚR:

BLANK TEJ, s.r.o.

BLANK TEJ, s.r.o.

Nad Tratí 386/15
160 00 Praha 6

Podzhotovitel DÚR:

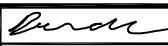


Novák Partner

NOVÁK & PARTNER, s.r.o.

Perucká 2481/5
120 00 Praha 2

HIP:

Doc. Ing. LUKÁŠ VRÁBLÍK, PhD.

<div>NovákPartner</div>	Vypracoval	Ing. MICHAL BRADA		Zak. číslo	16NO05019		
	Zodp. projektant	Ing. MICHAL BRADA		Datum	04/2020		
	Tech. kontrola	Doc. Ing. LUKÁŠ VRÁBLÍK, PhD.		Stupeň	PDPS		
	Akce SO 202 ŽB RÁM POD MOSTEM V ULICI NERUDOVA			Počet formátů	A4		
Příloha STATICKÝ VÝPOČET				Měřitko			
				Č. přílohy	Paré		
Zhotovitel: NOVÁK & PARTNER, s.r.o. Perucká 2481/5 120 00 Praha 2				07			

Obsah

1	Identifikační údaje mostu	3
2	Základní údaje o mostě	4
2.1	Zdůvodnění mostu a jeho umístění	4
2.2	Charakter překážky a převáděné komunikace	4
2.2.1	Údaje o převáděné komunikaci	4
2.3	Územní podmínky	4
2.4	Geotechnické podmínky	5
2.4.1	Průzkumné práce	5
2.4.2	Geologická charakteristika	5
2.4.3	Základové poměry	6
2.4.4	Hydrogeologická charakteristika	6
2.4.5	Založení objektu	7
2.4.6	Korozní průzkum	7
2.5	Seznam použitých norem, předpisů a programů	7
2.5.1	Normy a předpisy	7
2.5.2	Programy	8
2.6	Použitý materiál	8
2.6.1	Betonářská výztuž	8
2.6.2	Beton	8
2.6.3	Předpínací výztuž	9
3	Geometrie konstrukce	10
4	Popis konstrukce a postup výpočtu	13
5	Zatížení	14
5.1	Vlastní tíha	14
5.2	Ostatní stálé zatížení – zatížení vozovkou	14
5.3	Nerovnoměrný pokles podpor	14
5.4	Zatížení zeminou na opěry	14
5.5	Zatížení teplotou	15
5.6	Zatížení dopravou	17
5.6.1	LM1	17
5.6.2	LM2	18
5.6.3	LM3	18
5.6.4	Rozjezdové a brzdné síly	19
5.6.5	Sestavy zatížení dopravou	19
5.7	Dotvarování a smršťování	20

6	Kombinační pravidla pro mosty PK.....	21
6.1	Mezní stav únosnosti	21
6.2	Kombinace pro mimořádné kombinace.....	21
6.3	Kombinace pro mezní stav použitelnosti.....	21
7	Model konstrukce.....	22
8	Schéma zatěžovacích stavů.....	23
9	Kombinace zatěžovacích stavů	24
10	Obálky vnitřních sil	25
11	Posouzení průřezu na MSU	26
12	Posouzení průřezu na MSP	27
13	Napětí v základové spáře.....	28
14	Závěr.....	30

1 Identifikační údaje mostu

<i>Stavba</i>	Most přes ulici Mezibořská v Litvínově
<i>Objekt č.</i>	SO 202
<i>Název objektu</i>	ŽB rám pod mostem v ulici Nerudova
<i>Katastrální území</i>	Horní Litvínov, 686042
<i>Město, obec</i>	Litvínov
<i>Kraj</i>	Ústecký
<i>Stavebník / objednatel</i>	Město Litvínov, nám. Míru 11, 436 01 Litvínov
<i>Nadřízený orgán investora</i>	Ústecký kraj Velká Hradební 3118/48 400 02 Ústí nad Labem
<i>Správce mostu</i>	Město Litvínov, nám. Míru 11, 436 01 Litvínov
<i>Nadřízený orgán správce mostu</i>	Ústecký kraj Velká Hradební 3118/48 400 02 Ústí nad Labem
<i>Zhotovitel dokumentace</i>	
<i>Hlavní projektant</i>	Blank Tej, s.r.o. Nad Tratí 386/15, 160 00 Praha 6 Ing. Arch. Marek Blank, Nad Tratí 386/15, 160 00 Praha 6, Číslo autorizace: 3955
<i>Hlavní inženýr projektu</i>	Novák & Partner, s.r.o., V Olšinách 2300/75, 100 00 Praha 10 - Strašnice, IČ: 48585955, DIČ: CZ48585955 Doc. Ing. Lukáš Vráblík, PhD.
<i>Odpovědný projektant objektu</i>	Novák & Partner, s.r.o. V Olšinách 2300/75, 100 00 Praha 10 - Strašnice, IČ: 48585955, DIČ: CZ48585955 Ing. Michal Brada
<i>Stupeň PD</i>	PDPS
<i>Druh převáděné komunikace</i>	Místní komunikace, parkovací plochy, chodníky, zeleň
<i>Kategorie komunikace na mostě</i>	-
<i>Druh přemostované překážky</i>	Koryto divokého potoka
<i>Volná výška pod mostem</i>	-

2 Základní údaje o mostě

<i>Charakteristika mostu</i>	Trvalá, šikmá, přesýpaná konstrukce ze železobetonu, která převádí parkovací plochy, chodníky a zeleň přes koryto Divokého potoka. Jedná se o přesýpaný objekt s normovanou zatížitelností
<i>Délka nosné konstrukce</i>	36,0 m
<i>Stavební výška</i>	0,835 m
<i>Světlost mostního otvoru</i>	3,865 m
<i>Zatížení mostu</i>	Skupina zatížení 1 podle ČSN EN 1991-2 + zm. 3
<i>Poznámka: Plocha mostu je určena jako součin délky nosné konstrukce a šířky mostu.</i>	
<i>Zatížení mostu</i>	dle ČSN EN 1991-2 dle modelu zat. LM1 a LM2 pro skupinu komunikací 1 a dle modelu zat. LM3 pro zvláštní vozidlo o celkové tíze 3000 kN

2.1 Zdůvodnění mostu a jeho umístění

Konstrukce se nachází v intravilánu obce Litvínov v katastrálním území Horní Litvínov a převádí místní komunikaci, parkovací plochy a zeleň přes stávající koryto Divokého potoka.

Mostní objekt odpovídá schválené dokumentaci pro územní rozhodnutí (DÚR) a schválené dokumentaci pro stavební povolení (DSP).

2.2 Charakter překážky a převáděné komunikace

2.2.1 Údaje o převáděné komunikaci

<i>Šířkové uspořádání</i>	-
<i>Výška nivelety v místě křížení s Divokým potokem</i>	344,730 m. n. m.

<i>Šířkové uspořádání</i>	-
<i>Výška nivelety v místě křížení s Divokým potokem</i>	344,730 m. n. m.

2.3 Územní podmínky

Mostní konstrukce se nachází v intravilánu obce Litvínov v katastrálním území Horní Litvínov a převádí Podkrušnohorskou ulici přes ulici Mezibořskou, přes ulici Nerudovu a přes soubor místních komunikací, chodníků a zpevněných ploch.

Most je situován mimo památkově chráněnou oblast a mimo památkově chráněné území, ale nachází se v záplavovém pásmu Divokého potoka pro hodnoty průtoků Q5, Q20 a Q100. Most se nenachází v poddolovaném ani sesuvem ohroženém území.

2.4 Geotechnické podmínky

2.4.1 Průzkumné práce

Inženýrsko-geologický průzkum byl vypracován firmou AZ GEO, s.r.o (Kořenského 1186/14, 710 00 Ostrava).

Cílem průzkumu bylo posouzení inženýrsko-geologických poměrů zájmové lokality pro plánovanou výstavbu nového mostu v ulici Podkrušnohorská přes ulici Mezibořská v Litvínově, v katastrálním území Horní Litvínov. Závěrečná zpráva IG průzkumu slouží jako podklad pro vypracování PD.

2.4.2 Geologická charakteristika

Širší okolí zájmového území se vyznačuje složitými geologickými poměry. Ve svazích nad Krušnohorským zlomem je podloží budováno prekambrijskými metamorfovanými horninami – středně zrnitým muskovitem – nevýrazně porfyrickým biotitickým metagranitem, středně zrnitým muskovitem, biotitickou ortorulou s reliktními granitovými strukturami, granitovými porfyry, v prohlubních – roklích se nacházejí deluviální hlinito-kamenité sedimenty (Šumná, Horníves). Rokle ve svazích pokrývají deluviofluviální sedimenty - písčité hlíny a písky s příměsí úlomků hornin. Ve východní části jsou svahy tvořeny středně zrnitým muskovitem – slabě migmatizovanou biotitickou pararulou.

Směrem k jihu (mimo samotné zájmové území) se nacházejí území silně ovlivněná povrchovou těžbou hnědého uhlí. Nadložní vrstvy tvoří kvartérními uloženinami pleistocénu - proluviálními písčitými štěrky a terciérní jíly miocénu svrchní části mosteckého souvrství. Podloží zájmového území, které bude zastiženo stavebními pracemi budují kvartérní sedimenty, a to převážně pleistocenní (würm – riss) proluviální písčité štěrky, v menší míře lze očekávat i holocenní fluviální sedimenty aluvií (písčité hlíny, písky, písčité štěrky).

Morfologie i litologie území jsou ovlivněny přítomností původního koryta Divokého potoka. Horniny krystalinika, tvořící skalní bázi Mostecké pánve, nebyly provedeným vrtným průzkumem zastiženy. Ve všech hodnocených sondách byly zjištěny pod 0,3 – 2,1 m mocnou antropogenní navážkou kvartérní sedimenty v podobě svahových, kamenitohlinitých sutí s nepravidelným obsahem písčité a jílovité složky. Směrem ke komunikaci Mezibořská se jejich charakter mění a kvartérní sedimenty mají spíše charakter aluvia Divokého potoka – jsou tvořené středními až hrubými rulovými štěrky, středně až málo opracovanými o průměru do 15 cm. Kamenivo tvoří od 60 do 70 % celkového objemu a jeho výplň je tvořena hlinitým střednozrnným, až hrubozrnným pískem. Mocnost kvartérních sedimentů zasahuje do hloubek cca 1,0 – 3,30 m pod úroveň původního terénu. Pod kvartérní vrstvou byly zjištěny sedimenty Mostecké pánve, jedná se nejčastěji o miocenní sedimenty v jílovitém, či písčitém vývoji, často s velmi náhlým přechodem. Ten je zřejmý ve všech vrtech. Obdobně ostře probíhá i pískovcová formace zachycená ve vrtech V-101, V-103, V105, V-106, V-108 v hloubkách od 4,2m. Tyto skutečnosti naznačují, že jsou pískovcové formace omezeny lokální tektonickou linií a souvrství miocenních jíků transgradovalo přes pískovce. Přesný průběh těchto tektonických linií a rozsah těles miocenních sedimentů v písčitém vývoji nelze z dostupných zdrojů exaktně zmapovat.

2.4.3 Základové poměry

Geotechnické poměry staveniště a složitost stavby dle ČSN 73 6133 : poměry jsou složité, základová půda se v rozsahu stavebního objektu místo od místa podstatně mění, vrstvy mají proměnlivou mocnost, vrstvy jsou nepravidelně uloženy, podzemní voda se nepříznivě uplatňuje při návrhu objektů a znesnadňuje jejich zakládání

Stavba je nenáročná, je zařazena do 2. geotechnické kategorie

2.4.4 Hydrogeologická charakteristika

Mostní konstrukce se bude nacházet v povodí Divokého potoka (v povodí Bíliny) v záplavovém území pro rozliv při průtocích Q5, Q20 a Q100.

Z vrtů V-102 a V-108 byly odebrány vzorky podzemní vody pro stanovení agresivity na betonové a ocelové konstrukce. Posouzení agresivity podzemní vody na základě chemických rozborů z uvedených vrtů je shrnuto v následující tabulce.

Posouzení agresivity podzemní vody

Vzorek		V-102	V-108
Datum odběru:		20.4.2020	28.4.2020
RL(105)	mg/l	948	990
tvrdost	mmol/l	2,39	3,32
vodivost	ms/m	169	182
pH	-	6,7	6,7
CO ₂ agres.	mg/l	37,2	24,7
Mg ²⁺	mg/l	8,44	15,8
NH ₄ ⁺	mg/l	4,27	4,15
SO ₄ ²⁻	mg/l	72,4	83,2
ČSN EN 206-1			
pH		XA1	XA1
CO ₂ agres		XA1	XA1
Mg ²⁺		-	-
NH ₄ ⁺		-	-
SO ₄ ²⁻		-	-

Vysvětlivky: - hodnoty posuzovaných parametrů jsou nižší než dolní mezní hodnota XA1

Všechny hodnoty laboratorně zjištěných základních chemických vlastností podzemní vody z kvartérního kolektoru budou uvedeny v kopii protokolů laboratorních rozborů v příloze č. 7. Zhodnocením laboratorních analýz vzorků podzemní vody vyplývají následující závěry:

Podzemní voda je neutrální, velmi slabě kyselá i podle archivního rozboru. A dle obsahu rozpuštěných iontů Ca, Mg je málo až středně tvrdá (2,39 až 3,32 mmol/l).

dle ČSN 03 8375 vykazuje podzemní voda velmi nízkou agresivitu na ocel a ocelové konstrukce vlivem agresivního CO₂.

pro zařazení dle normy ČSN EN 206-1, stanovující skupiny agresivity na vodostavebný beton, je podzemní voda slabě agresivní (XA1) vlivem agresivního CO₂. V ostatních uváděných parametrech nevytváří podzemní voda agresivní prostředí (hodnoty posuzovaných parametrů jsou nižší než dolní mezní hodnota XA1 pro slabou agresivitu).

2.4.5 Založení objektu

Na základě provedeného inženýrsko-geologického průzkumu, je uvažováno s plošným založením mostního objektu.

2.4.6 Korozní průzkum

V místě současného mostu byly provedeny elektrická a geofyzikální měření pro zjištění přítomnosti stejnosměrných bludných proudů. Tento základní korozní průzkum byl proveden dle normy ČSN 03 8372 a souvisejících norem.

Z hlediska ČSN 03 8372, tab. 1, na základě měrného odporu horniny, se stanovuje agresivita prostředí ve stupni č. III. – zvýšená

Stupeň ochranných opatření pro nové přemostění přes ulici Mezibořskou se dle TP 124, tab. 1 stanovuje na č. 3

Na novém mostu přes ulici Mezibořskou korozní průzkum navrhuje následující ochranu proti účinkům bludných proudů:

- **na úrovni primárních ochran:** Navržený beton pro spodní stavbu bude odpovídat dle ČSN EN 206 a ČSN EN 1992-1-1. Budou navrženy betony se zvýšenou kvalitou ve smyslu TP 124 MD ČR. Pro ŽB konstrukce ve styku se zemínou (základové patky) bude navrženo krytí výztuže ve výši 50 mm.
- **na úrovni sekundárních ochran:** Z hlediska ochrany proti účinkům bludných proudů se nestanovuje požadavek na aplikaci sekundárních ochran (foliové izolace, natavovací asfaltové pasy), avšak doporučuje se, pokud to bude možné použít například dvojité asfaltopryskyřičné penetrační nátěry.
- **na úrovni konstrukčních opatření:** Doporučuje se využít s ohledem na požadavek na ochranu před bleskem a dotykovým napětím provést provaření výztuže spodní stavby pod úrovní terénu, pokud nebude požadována i příprava pro ochranu před chemickými vlivy do úrovně terénu. Svislá výztuž v pilířích bude využita pro účely svodů. Vývody z výztuže budou navrženy nad terénem na každé podpěře jeden.

Bude zachován návrh elektrického izolačního uložení nosné konstrukce v s využitím trnů uložených v polymerní maltě.

uzemňovací soustava: Vzhledem k délce mostu (117,108 km) musí být mostní stavba vybavena ochranou před bleskem. V rámci PD budou zpracována jiskřiště s ohledem na uložení NK a podpěrách. Navrhují základové zemniče z výztuže patek.

2.5 Seznam použitých norem, předpisů a programů

2.5.1 Normy a předpisy

ČSN 73 6200	Mostní názvosloví
ČSN 73 6201	Projektování mostních objektů
ČSN EN 1990 + A1	Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí - obecné zatížení - objemové tíhy, vlastní tíha a užité zatížení
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí - obecná zatížení - zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí - obecná zatížení - zatížení větrem
ČSN EN 1991-1-5	Zatížení konstrukcí - obecná zatížení - zatížení teplotou
ČSN EN 1991-1-6	Zatížení konstrukcí - obecná zatížení - zatížení během provádění
ČSN EN 1991-1-7	Zatížení konstrukcí - obecná zatížení - mimořádné zatížení
ČSN EN 1991-2	Zatížení konstrukcí - zatížení mostů dopravou
ČSN EN 1992-1-1	Navrhování betonových konstrukcí - obecná pravidla
ČSN EN 1992-2	Navrhování betonových konstrukcí - betonové mosty
ČSN EN 1997-1	Navrhování geotechnických konstrukcí - obecná pravidla
ČSN EN 206-1	Beton. Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN EN 1536	Provádění speciálních geotechnických prací - Vrtané piloty
Jaromír Křížek	Integrované mosty – Spolupůsobení se zemínou
Doporučení pro zpracování statických výpočtů ražených tunelů dle EC – zatížení teplotou pro přespané konstrukce	

2.5.2 Programy

Scia engineer	programový systém pro statické výpočty
EXCEL	tabulkový procesor
Word	textový editor
AutoCAD	grafický editor
IDEA	posudkový a dimenzační program
Geo 5	program pro návrh a posouzení geotechnických konstrukcí

2.6 Použitý materiál

2.6.1 Betonářská výztuž

Pro vyztužení železobetonových částí mostní konstrukce je použita výztuž z ocele **B500B**.

2.6.2 Beton

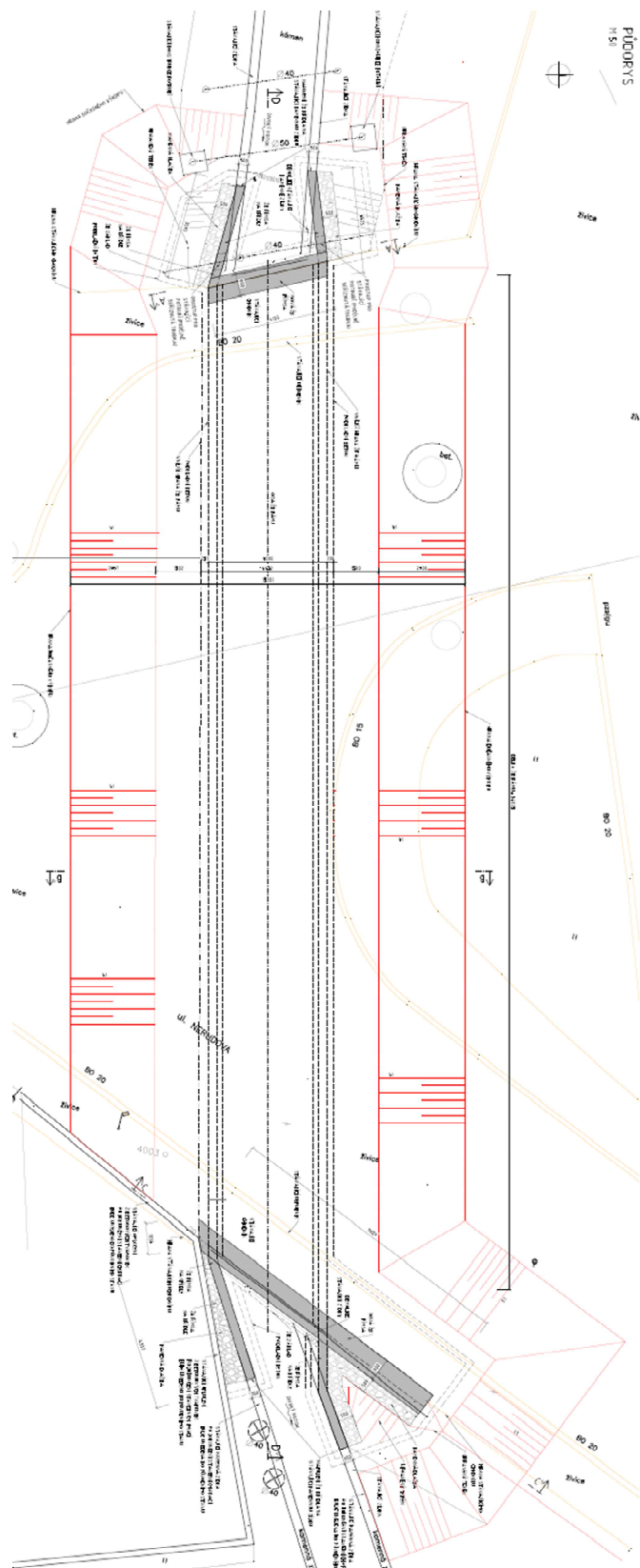
Základy opěr a podpěr	C25/30-XF3+XA2
Monolitická křídla, dříky opěr	C30/37-XF4+XD3
Vnitřní podpěry (pilíře)	C50/60-XF2+XD1
Nosná konstrukce	C40/50-XF2+XD1

2.6.3 Předpínací výztuž

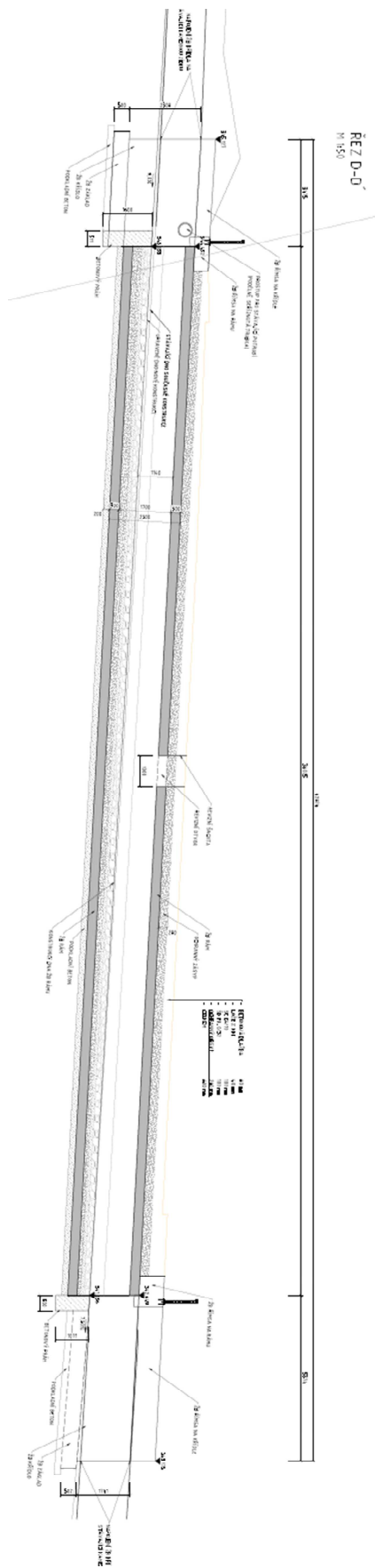
Předpínací výztuž budou tvořit 19-ti lanové kabely z vysokopevnostní oceli **Y1860S7**.

3 Geometrie konstrukce

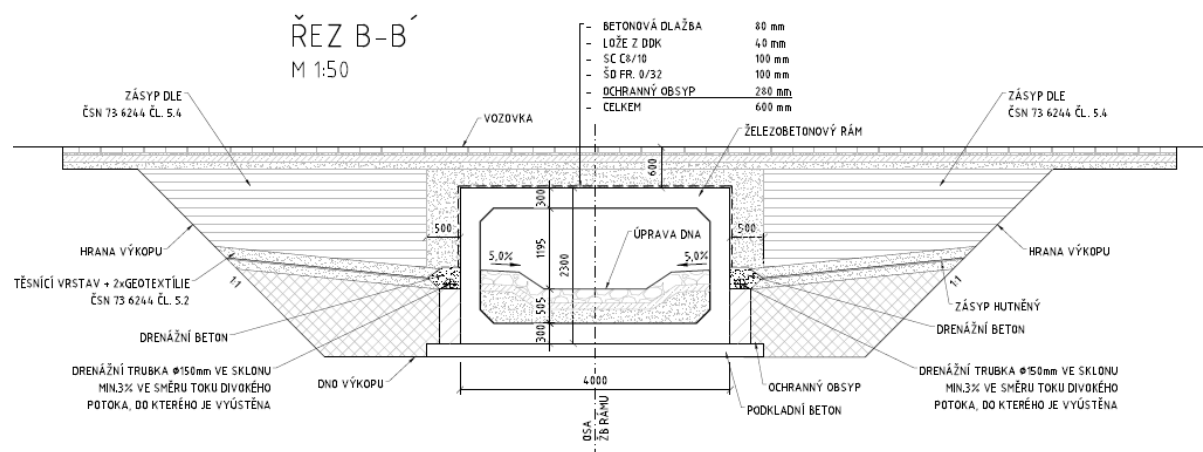
Půdorys



Podélný řez



Příčný řez



4 Popis konstrukce a postup výpočtu

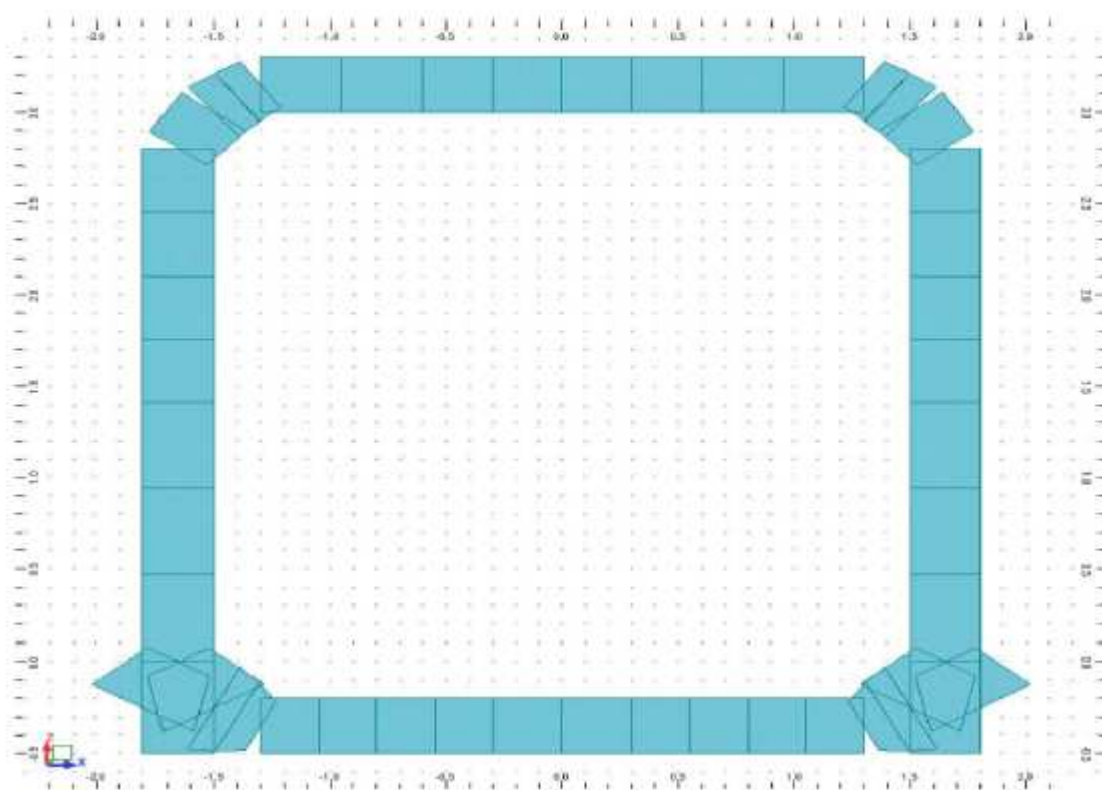
Nosnou konstrukci mostu tvoří monolitická předpjatá deska o sedmi polích. Teoretická rozpětí nosné konstrukce v ose mostu jsou 14,00+14,5+14,5+14,5+14,5+14,5+14,0 m.

Nosná konstrukce má konstantní konstrukční výšku. Konstrukční výška desky je 0,70 m. Celková šířka nosné konstrukce je 11,80 m. Nosná konstrukce je společně s ložisky uložena na pilířích. Pilíře tvoří dvojice stojek o čtvercovém rozměru 1,10 x 1,10 m. Výška základu opěr je 1,00 m, výška základu pilířů je 1,50 m

Konstrukce bude budována po částech – základy, pilíře a opěry, nosná konstrukce

Pro výpočet nosné konstrukce byl použit desko-stěnový model v programu Scia Engineer respektující fáze výstavby a zatěžování, včetně smršťování. Tloušťky jednotlivých prvků odpovídají reálným tloušťkám konstrukčních prvků.

Diagram of Sections



Výpočetní model konstrukce s tloušťkami prvků

5 Zatížení

5.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha je generovaná programem Scia Engineer na základě průřezové plochy prutového prvku či tloušťky plošného prvku. Objemová tíha betonu byla uvažována hodnotou $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

5.2 Ostatní stálé zatížení – zatížení vozovkou

Hodnota ostatního stálého zatížení mostu je určena pro jednotlivé části mostní konstrukce podle ČSN EN 1990, včetně Změny A1, a podle ČSN EN 1991-1-1. Objemové tíhy byly uvažovány v souladu s hodnotami uvedenými v ČSN EN 1991.

Uvažované zatížení:

Železobetonové římsy:	$0,740 \cdot 25,0 / 2,175 =$	8,50 kN/m ²
	$0,660 \cdot 25,0 / 2,175 =$	7,60 kN/m ²
Vozovka	$0,130 \cdot 24$	3,12 kN/m ²
Izolace vozovky	$0,005 \cdot 14,0$	0,1 kN/m ²
Zábradlí		2*0,5 kN/m

5.3 Nerovnoměrný pokles podpor

Ve výpočtu nosné konstrukce jsou uvažovány relativní hodnoty poklesu hodnotou 10 mm. Tyto hodnoty vycházejí z hodnot nerovnoměrného poklesu podpor s přihlédnutím k přerozdělení reakcí.

Ve statickém výpočtu je uvažována libovolná kombinace poklesů podpor, pro každou podporu je uvažována hodnota 10 mm.

5.4 Zatížení zeminou na opěry

Pro dimenzaci železobetonových prvků byl uvažován zemní tlak v klidu. Pro zeminu zásypu bylo podle doporučení ČSN 1991-2 uvažováno s úhlem vnitřního tření zeminy $\phi = 30^\circ$, objemová tíha zeminy je 19 kN/m^3 .

Součinitel zemního tlaku v klidu: $k_r = 1 - \sin \phi = 1 - \sin 30^\circ = 0,5$

5.5 Zatížení teplotou

Rovnoměrná složka teploty

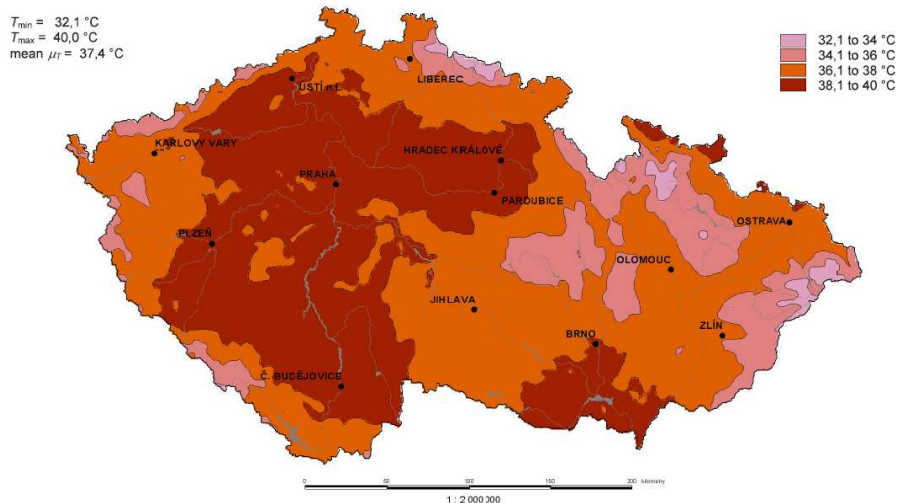


Figure NA.1 – Map of maximum shade air temperatures

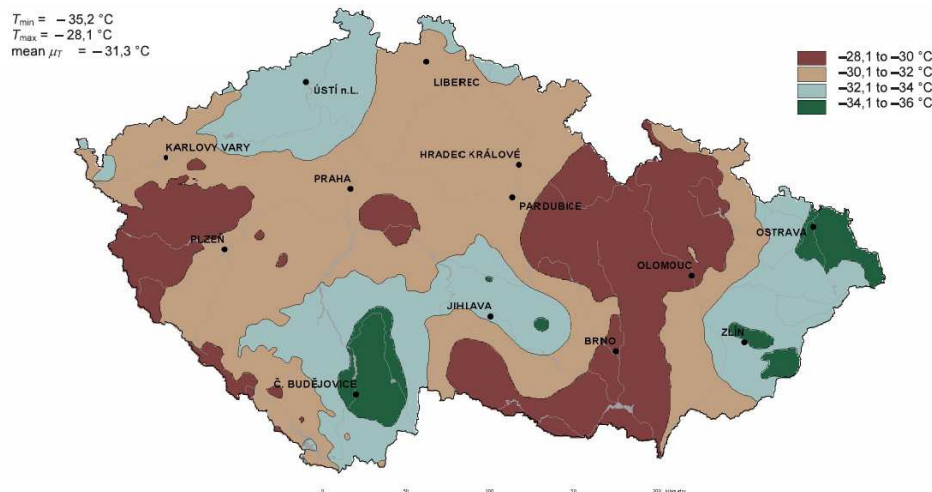


Figure NA.2 – Map of minimum shade air temperatures

Výchozí teplota $T_0 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Minimální teplota ve stínu $T_{min} = -32\text{ }^{\circ}\text{C}$

Maximální teplota ve stínu $T_{max} = 38,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Minimální a maximální hodnota rovnoměrné teploty

$$T_{e,min} = T_{min} + 8 = -24\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,max} = T_{max} + 1,5 = 40,0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Rozsah rovnoměrné složky teploty mostu pro statický návrh konstrukce:

Pro výpočet zkrácení: $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = -34\text{ }^{\circ}\text{C}$

Pro výpočet prodloužení: $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Pro výpočet zatížení nosné konstrukce teplotou byl aplikován postup 1

Lineární teplota

Tabulka 6.1 – Doporučené hodnoty lineárních rozdílových složek teploty pro různé typy nosných konstrukcí mostů pozemních komunikací, lávek pro chodce a železničních mostů

Typ nosné konstrukce	Horní povrch teplejší než dolní	Dolní povrch teplejší než horní
	$\Delta T_{M,heat} (^{\circ}C)$	$\Delta T_{M,cool} (^{\circ}C)$
1. typ: ocelová nosná konstrukce	18	13
2. typ: ocelobetonová nosná konstrukce	15	18
3. typ: betonová nosná konstrukce		
– betonový komorový nosník	10	5
– betonový nosník	15	8
– betonová deska	15	8

POZNÁMKA 1 Hodnoty uvedené v tabulce jsou horními mezními hodnotami lineárně proměnné složky teploty pro reprezentativní vzorek geometrie mostů.

POZNÁMKA 2 Hodnoty uvedené v tabulce pro mosty pozemních komunikací, lávky a pro železniční mosty vycházejí z 50 mm tloušťky mostního svršku. Pro jiné tloušťky mostního svršku se mají tyto hodnoty vynásobit součinitelem k_{sur} . Doporučené hodnoty součinitele k_{sur} jsou uvedené v tabulce 6.2.

Tabulka 6.2 – Doporučené hodnoty součinitele k_{sur} pro různé tloušťky mostního svršku

Mosty pozemních komunikací, lávky pro chodce a železniční mosty						
Tloušťka mostního svršku	1. typ		2. typ		3. typ	
	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní	horní povrch teplejší než dolní	dolní povrch teplejší než horní
[mm]	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}
bez svršku	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
vodotěsná izolace ¹⁾	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
šterkové lože (750 mm)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0

¹⁾ Tyto hodnoty představují horní mezní hodnoty pro tmavé barvy.

Tloušťka mostního svršku je 135 mm, interpolací pro horní povrch teplejší než dolní **$k_{sur}=0,56$**

Dolní povrch teplejší než horní (ochlazení) - **$8 \cdot 1 = 8^{\circ}C$**

Horní povrch teplejší než dolní (oteplení) - **$(0,56 \cdot 15) = 8,4^{\circ}C$**

5.5.1.1 Kombinace rovnoměrné a lineární teploty

$$\omega_n = 0,35$$

$$\omega_m = 0,75$$

$$\Delta T_{M,heat} = 8,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = 8,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{n,EXP} = 30,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{n,CON} = -34,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,heat} + \omega_n \cdot \Delta T_{n,EXP}$$

$$\Delta T_{M,heat} + \omega_n \cdot \Delta T_{n,CON}$$

$$\Delta T_{M,cool} + \omega_n \cdot \Delta T_{n,EXP}$$

$$\Delta T_{M,cool} + \omega_n \cdot \Delta T_{n,CON}$$

$$\omega_m \cdot \Delta T_{M,heat} + \Delta T_{n,EXP}$$

$$\omega_m \cdot \Delta T_{M,heat} + \Delta T_{n,CON}$$

$$\omega_m \cdot \Delta T_{M,cool} + \Delta T_{n,EXP}$$

$$\omega_m \cdot \Delta T_{M,cool} + \Delta T_{n,CON}$$

5.6 Zatížení dopravou

5.6.1 LM1

Soustředěné a rovnoměrné zatížení, která zahrnují většinu účinků dopravy osobními a nákladními vozidly. Tento model se má použít pro celková i lokální ověření.

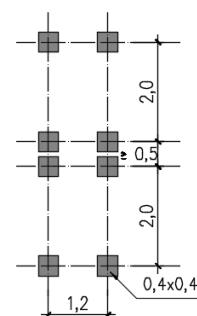
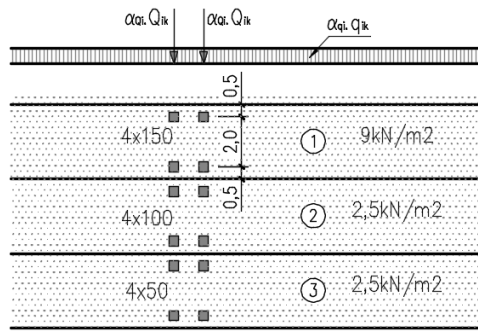
Skupina pozemních komunikací: 1

Zatěžovací třída je zohledněna volbou regulačních součinitelů α . Hodnoty regulačních součinitelů dle ČSN EN 1991-2/Z3, tabulka NA. 2.1, viz níže.

Tabulka NA.2.1 – Hodnoty 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	1	1	1	2,4	1,2
2	0,8	0,8	0,8	0,45 ¹⁾	1,6	1,6

¹⁾ Rovnoměrné zatížení v zatěžovacím pruhu 1 je $0,45 \times 9,0 \text{ kN/m}^2 + 4 \text{ kN/m}^2$.



	Soustředěné zatížení	Rovnoměrné zatížení
--	----------------------	---------------------

Umístění	Q_k [kN]	α_{qi}	$Q_{ik} \cdot \alpha_{qi}$ [kN]	q_{ik} [kN/m ²]	α_{qi}	$q_{ik} \cdot \alpha_{qi}$ [kN/m ²]
Pruh č. 1	300	1,0	300	9,0	1	9
Pruh č. 2	200	1,0	200	2,5	2,4	6
Pruh č. 3	100	1,0	100	2,5	1,2	3
Zbývající plocha	0	0,0	0	2,5	1,2	3

Pro zatížení v poloze za opěrou bylo koncentrované zatížení bylo rozneseno na půdorysnou náhradní plochu podle tabulky NA.6 dle ČSN 1991-2.

Tabulka NA.6 – Půdorysná náhradní plocha

Model zatížení	Druh zatížení	Náhradní plocha
LM1	Dvojnáprava (TS)	$B \times 4,5 \text{ m}$
LM3	Vozidlo 900/150	$3,0 \times 8,0 \text{ m}$
	Vozidlo 1800/200	$3,0 \times 13,0 \text{ m}$
	Vozidlo 3000/240	$4,5 \times 18,0 \text{ m}$
B – šířka zatěžovacího pruhu		

$$Q_k = 600 \text{ kN} \rightarrow 600 / (4,5 \times 3) = 44,44 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 9 \text{ kN/m}^2$$

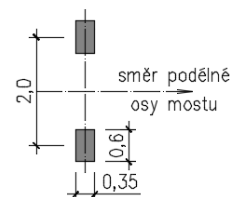
Zatížení za a před mostem je uvažováno podle zemních tlaků od přitížení dopravou na násypovém tělese.

5.6.2 LM2

Je tvořen jednou nápravou $\beta_Q \times Q_{ak}$

$Q_{ak} = 400 \text{ kN}$ – může působit ve kterémkoliv místě na vozovce

$$\beta_Q = \alpha_{Q1}$$



Vzhledem k tomu, že se jedná o rámovou konstrukci bez lokálních oslabení prvků a s dostatečnou tloušťkou jednotlivých prvků pro umožnění roznosu zatížení, nebyl v tomto výpočtu model LM2 uvažován.

5.6.3 LM3

Zvláštní vozidla pro dálnice, rychlostní silnice a vybrané trasy určené příslušným úřadem dle ČSN EN 1991-2/Z4.

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 $\alpha_{q1}q_{k1}$, resp. $\alpha_{q1}q_{k1}$.	Po celé délce nosné konstrukce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální (≤ 70 km/hod)	Nízká (≤ 5 km/hod)
Dynamický součinitel	Ano, $\phi = 1,25^{1)}$	Ano, $\phi = 1,05$
Poznámka	Při přejezdu zvláštního vozidla nebude povolen souběžný provoz pro vozidla nad 5 t.	Jedná se o jediné vozidlo na mostě.

5.6.4 Rozjezdové a brzdné síly

Brzdné síly Q_{lk} se uvažují jako podélné síly působící v úrovni povrchu vozovky.

Charakteristická hodnota Q_{lk} je omezena maximální hodnotou na 900 kN, a je vypočtena jako část celkového maximálního svislého zatížení modelu zatížení 1 umístěného na zatěžovacím pruhu číslo 1, takto:

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot \alpha_{q1} \cdot 2Q_{1k} + 0,1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L$$

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot 300 + 0,1 \cdot 1 \cdot 9 \cdot 3 \cdot L = 360 + 2,7L = 636 \text{ kN}$$

$$\text{Příčné rozjezdové síly } Q_{trk} = 0,25 \cdot 636 = 159 \text{ kN}$$

5.6.5 Sestavy zatížení dopravou

Tabulka 4.4a – Stanovení sestav zatížení dopravou (charakteristické hodnoty vícesložkových zatížení)^{NP21)}

		VOZOVKA						CHODNÍKY A CYKLISTICKÉ PRUHY
Typ zatížení		Svislé síly				Vodorovné síly		Pouze svislé zatížení
Odkaz		4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.4.1	4.4.2	5.3.2.1
Zatěžovací systém		LM1 (dvojnáprava a rovnoměrné zatížení)	LM2 (jednotlivá náprava)	LM3 (zvláštní vozidla)	LM4 (zatížení davem lidi)	brzdné a rozjezdové síly ^a	odstředivé síly a příčné síly ^a	rovnoměrné zatížení
Sestavy zatížení	gr1a	charakteristické hodnoty				NP21)	NP21)	kombinační hodnota ^b
	gr1b		charakteristická hodnota					
	gr2	časté hodnoty				charakteristická hodnota	charakteristická hodnota	
	gr3 ^d							charakteristická hodnota ^c
	gr4				charakteristická hodnota			charakteristická hodnota
	gr5	viz příloha A ^{NP15)}		charakteristická hodnota ^{NP16)}		NP18)	NP20)	
		Hlavní složka zatížení (označená jako složka příslušející k sestavě)						

^a Lze definovat v národní příloze (pro uvedené případy).

^b Lze definovat v národní příloze. Doporučená hodnota je 3 kN/m².^{NP21)}

^c Viz 5.3.2.1(2). Pokud je účinek od zatížení pouze jednoho chodníku nepříznivější než při zatížení obou dvou, má se uvažovat zatížení pouze na jednom chodníku.

^d Tato sestava nemá praktický význam, pokud se uvažuje sestava gr4.

ČSN EN 1991-2:Z4

Pro stanovení účinků zatížení dopravy LM3 za a před mostem byl použit stejný princip jako u zatížení dopravy LM1 – stanovení pomocí zemních tlaků

5.7 Dotvarování a smršťování

Analýza konstrukce je provedena se zohledněním reologických jevů. Bylo uvažováno s dotvarováním i smršťováním dle ČSN EN 1992-2, průměrná vlhkost vzduchu byla uvažována 70%.

6 Kombinační pravidla pro mosty PK

6.1 Mezní stav únosnosti

Byly uvažovány hospodárné kombinace pro mezní stav STR, kde rozhoduje méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů:

$$\Sigma \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \psi_{Q,1} \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma \psi_{Q,i} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \quad 6.10a$$

$$\Sigma \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \Sigma \psi_{Q,i} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \quad 6.10b$$

6.2 Kombinace pro mimořádné kombinace

$$\Sigma G_{k,j} + \gamma_P P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ nebo } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad 6.11b$$

6.3 Kombinace pro mezní stav použitelnosti

Charakteristická kombinace

$$\Sigma G_{k,j} + \gamma_P P + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.14b$$

Častá kombinace

$$\Sigma G_{k,j} + \gamma_P P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad 6.15b$$

Kvazistálá kombinace

$$\Sigma G_{k,j} + \gamma_P P + \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad 6.16b$$

Doporučené hodnoty součinitelů kombinace ψ

Zatížení	Značka		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zatížení dopravou (viz EN 1991-2, Tabulka 4.4)	gr1a (LM1+ zatížení chodci nebo cyklisty) ¹⁾	TS (dvojnápravy)	0,75	0,75	0
		UDL (rovnoměrné zatížení)	0,40	0,40	0
		Zatížení chodci + zatížení cyklisty ²⁾	0,40	0,40	0
	gr1b (jednotlivá náprava)		0	0,75	0
	gr2 (vodorovné síly)		0	0	0
	gr3 (zatížení chodci)		0	0	0
	gr4 (LM4 (zatížení davem lidí))		0	0,75	0
	gr5 (LM3 (zvláštní vozidla))		0	0	0
Zatížení větrem	F_{wk}				
	- Trvalé návrhové situace	0,6	0,2	0	
	- Provádění	0,8	-	0	
	F_{w*}	1,0	-	-	
Zatížení teplotou	T_k	0,6 ³⁾	0,6	0,5	
Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
Zatížení sněhem	$Q_{s,k}$ (během provádění)	0,8	-	-	
Staveništní zatížení	Q_c	1,0	-	1,0	

¹⁾ Doporučené hodnoty součinitelů ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 pro gr1a a gr1b jsou uvedeny pro zatížení silniční dopravou, která odpovídá regulačním součinitelům α_1 , α_2 , α_{gr} a β_1 rovným 1. Ty, které se vztahují k UDL (rovnoměrné zatížení) odpovídají běžným scénářům dopravy, ve kterých se může zřídka kdy vyskytnout kumulace nákladních vozidel. Jiné hodnoty lze předpokládat pro jiné třídy komunikací nebo očekávanou dopravu, které se vztahují k výběru odpovídajících součinitelů α . Např. hodnota ψ_2 jiná než nula se může předpokládat pouze pro rovnoměrné zatížení (UDL) modelu zatížení 1(LM1) pro mosty převádějící silnou nepřetržitou dopravu. Viz také EN 1998.

²⁾ Kombinační hodnota zatížení od chodců a cyklistů, zmíněná v tabulce 4.4 EN 1991-2, je redukováná hodnota. Součinitele ψ_0 a ψ_1 odpovídají této hodnotě.

³⁾ Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO. Viz také Eurokód pro navrhování.

¹⁾ Doporučené hodnoty součinitelů ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 pro gr1a a gr1b jsou uvedeny pro zatížení silniční dopravou, která odpovídá regulačním součinitelům α_{2L} , α_{2H} , α_{2R} a β_2 rovným 1. Ty, které se vztahují k UDL (rovnoměrné zatížení), odpovídají běžným scénářům dopravy, ve kterých se může zřídka vyskytnout kumulace nákladních vozidel. Jiné hodnoty lze předpokládat pro jiné třídy komunikací nebo očekávanou dopravu, které se vztahují k výběru odpovídajících součinitelů α . Např. hodnota ψ_2 jiná než nula se může předpokládat pouze pro rovnoměrné zatížení (UDL) modelu zatížení 1(LM1) pro mosty převádějící silnou nepřetržitou dopravu. Viz také EN 1998.

²⁾ Kombinační hodnota zatížení od chodců a cyklistů, zmíněná v tabulce 4.4 EN 1991-2, je redukována hodnota. Součinitele ψ_0 a ψ_1 odpovídají této hodnotě.

³⁾ Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO. Viz také Eurokódy pro navrhování.

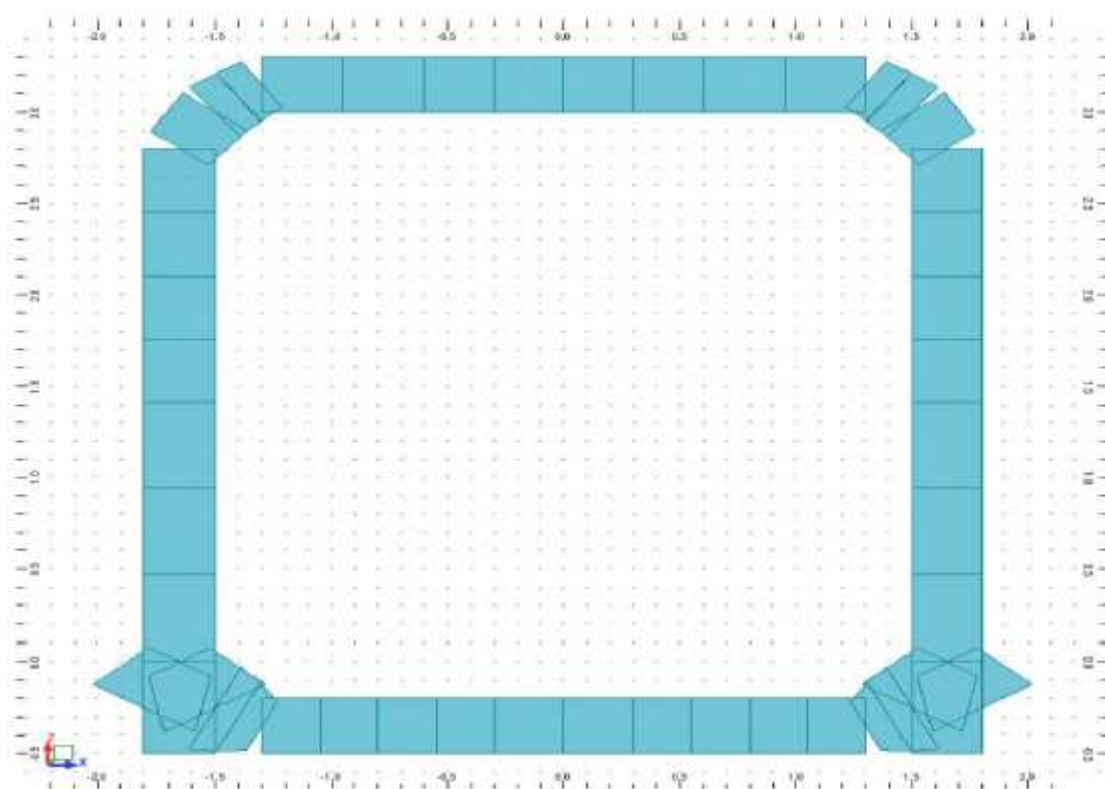
POZNÁMKA 2 Pokud se pro některé mezní stavy použitelnosti betonových mostů národní příloha odkazuje na občasné kombinace zatížení, lze v ní definovat hodnoty $\psi_{1,2,3}$. Doporučené hodnoty součinitelů $\psi_{1,2,3}$ jsou: ^{NP13)}

- 0,80 pro gr1a (LM1), gr1b (LM2), gr3 (zatížení chodci), gr4 (LM4, zatížení davem lidí) a T (zatížení teplotou);
- 0,80 pro F_{wk} v trvalých návrhových situacích;
- 1,00 v ostatních případech (tj. charakteristická hodnota se použije jako občasná hodnota).

7 Model konstrukce

Nosná konstrukce byla modelována pomocí desko-stěnového modelu v programu Scia Engineer. Ve výpočtu byla uvažována časová závislost včetně vývoje reologických jevů. Následně byly vyhodnoceny průběhy vnitřních sil na konstrukci. Rozhodující průřezy byly posouzeny v programu Idea Statica.

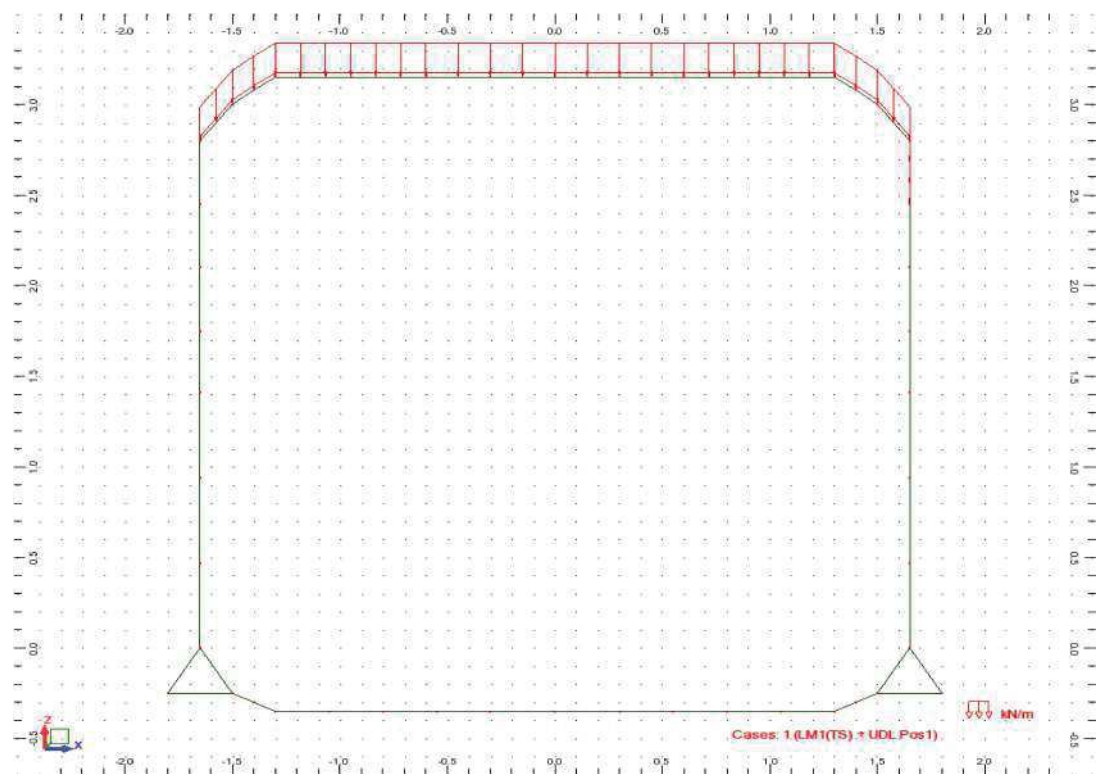
Diagram of Sections



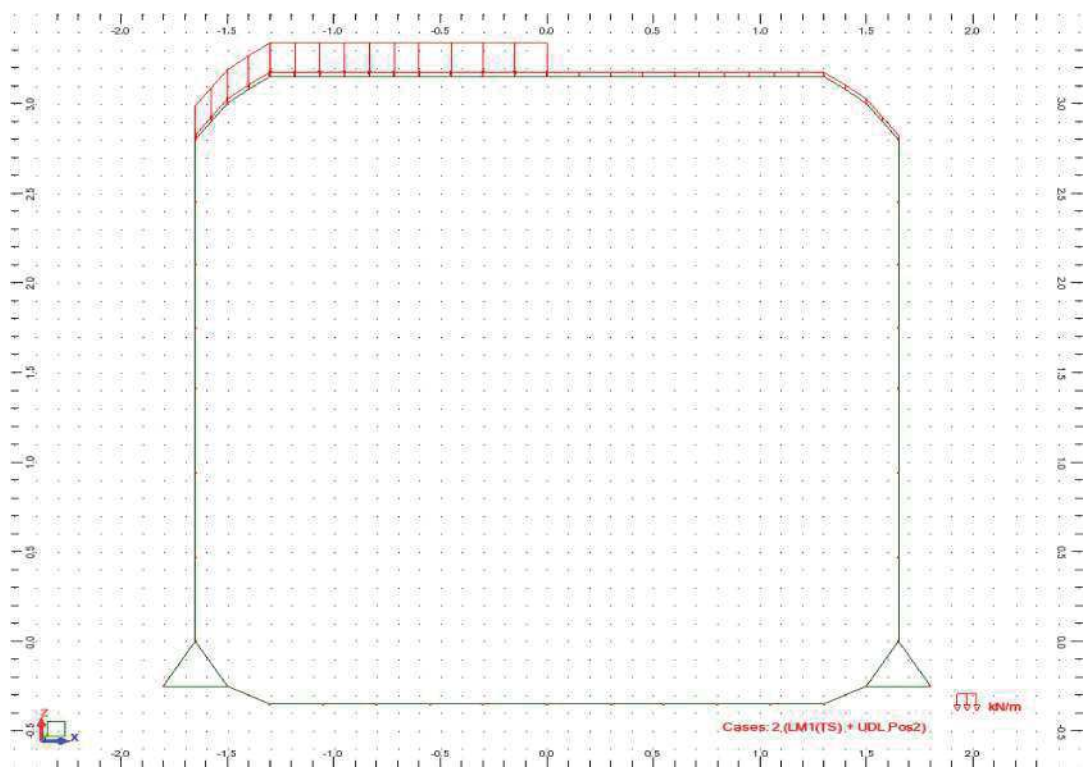
Výpočetní model konstrukce

8 Schéma zatěžovacích stavů

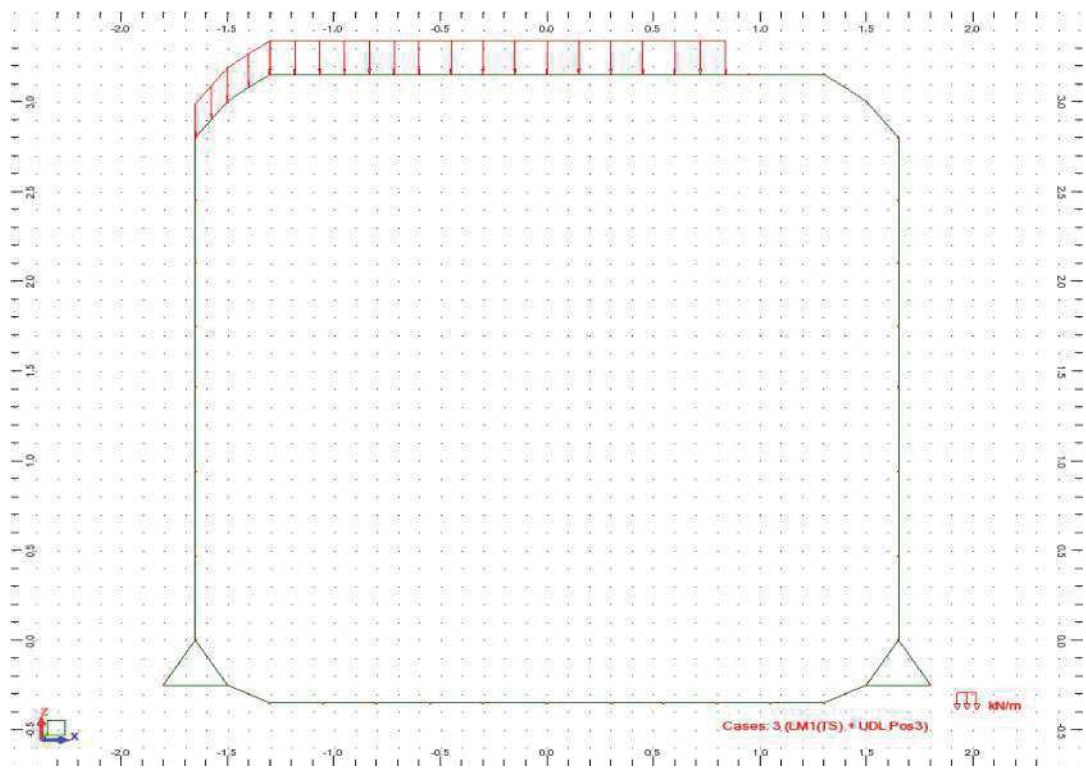
View - Cases: 1 (LM1(TS) + UDL Pos1)



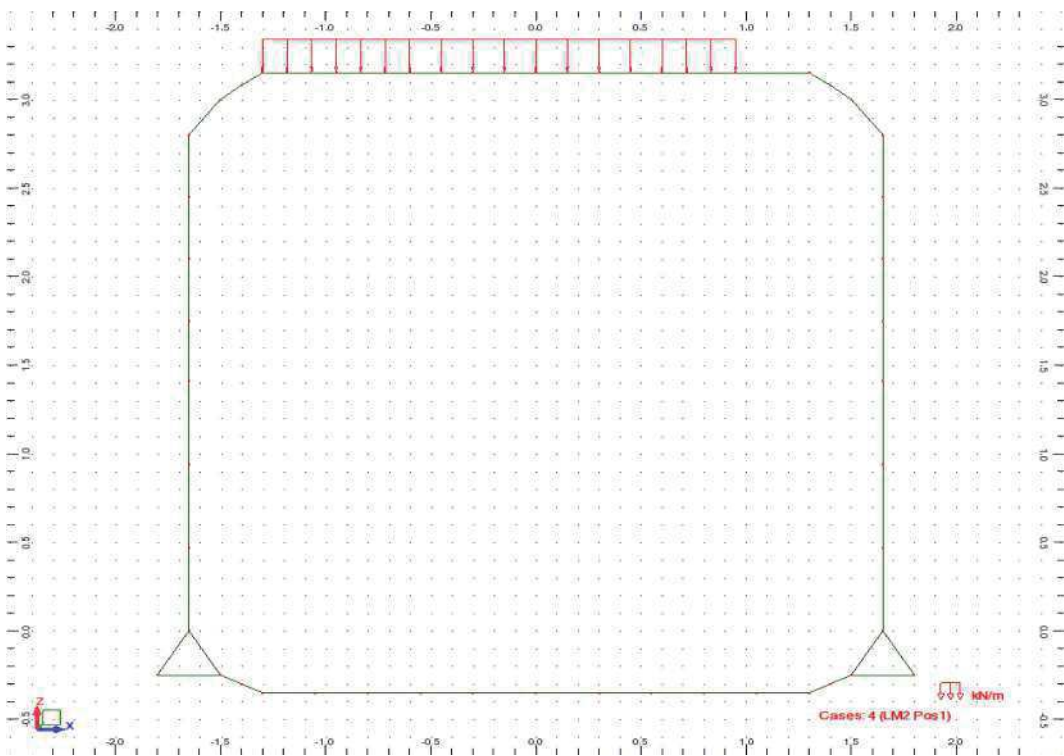
View - Cases: 2 (LM1(TS) + UDL Pos2)



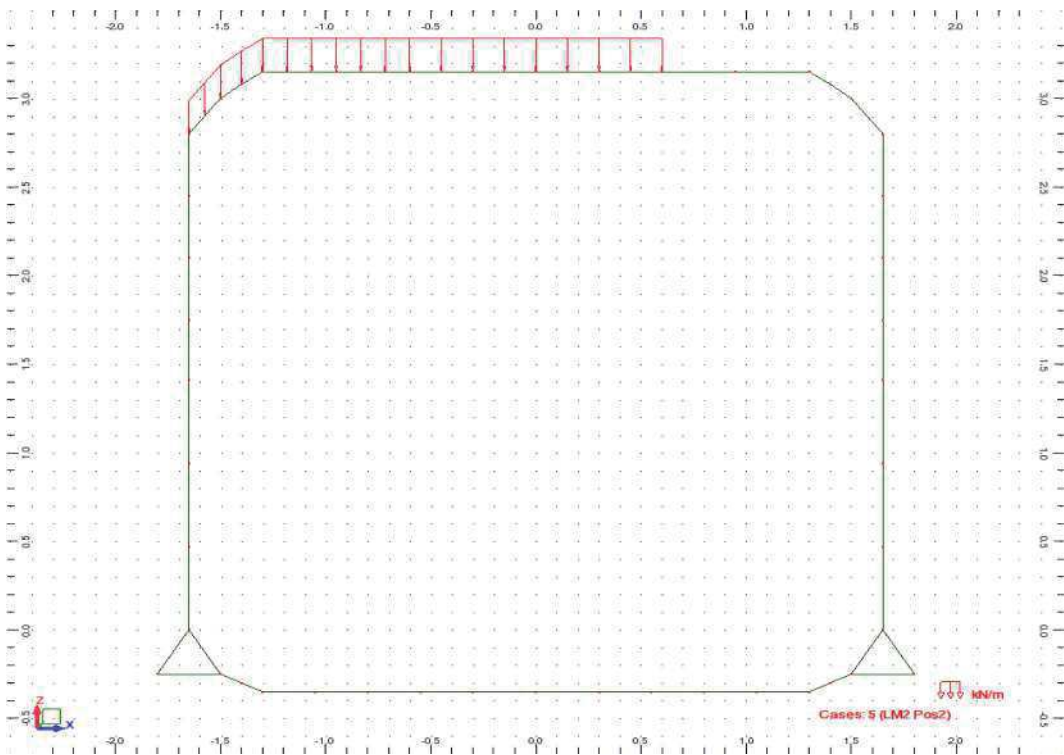
View - Cases: 3 (LM1(TS) + UDL Pos3)



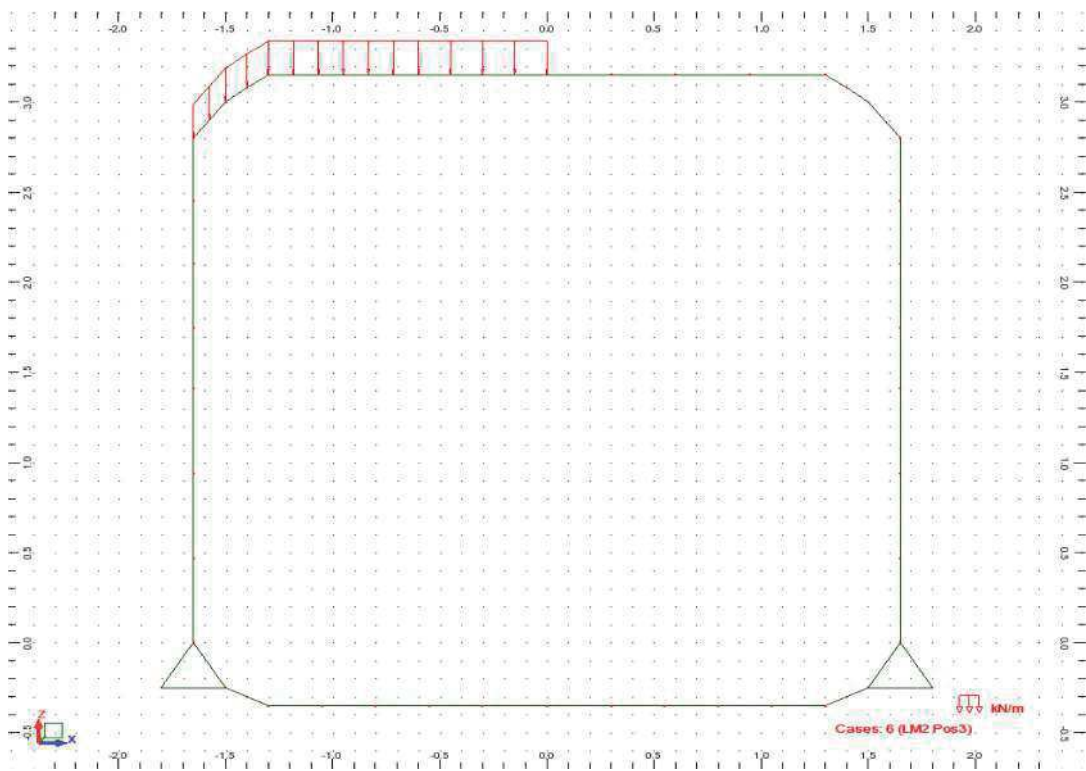
View - Cases: 4 (LM2 Pos1)



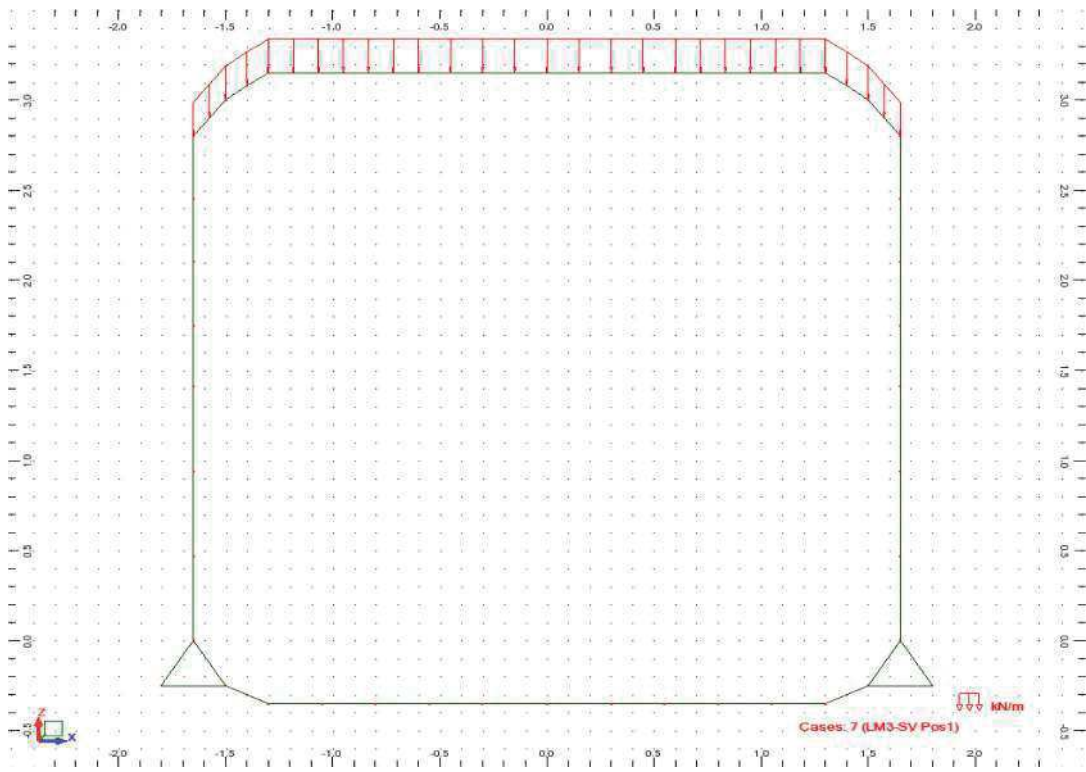
View - Cases: 5 (LM2 Pos2)



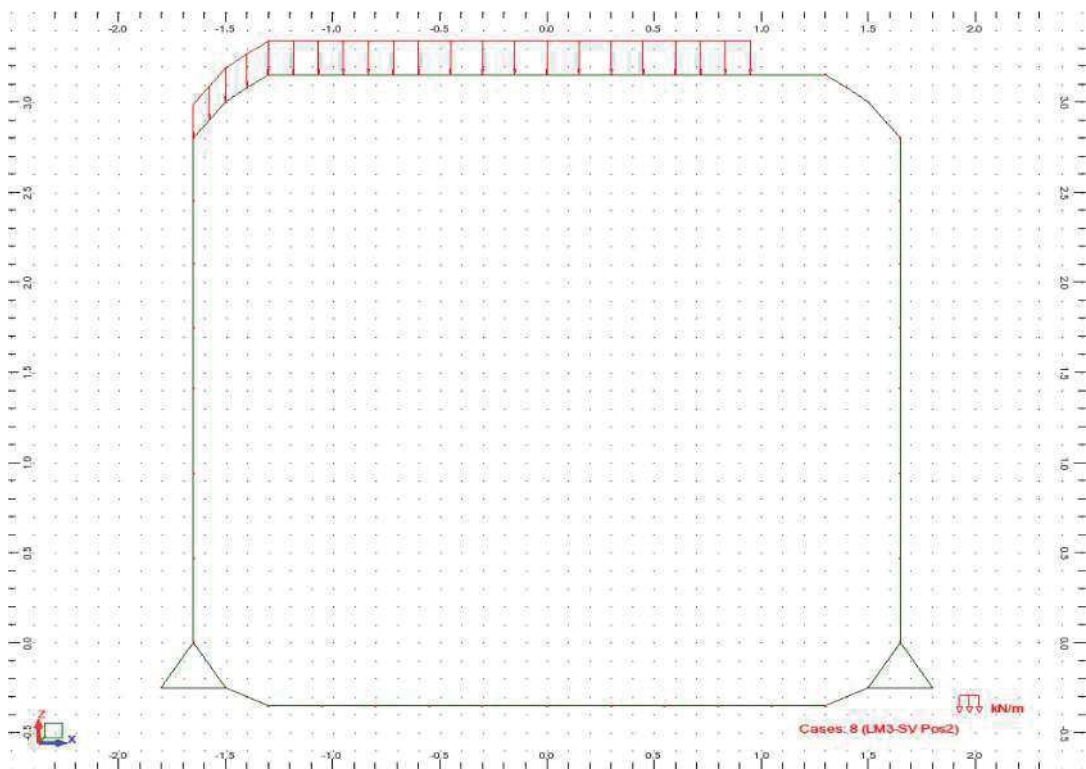
View - Cases: 6 (LM2 Pos3)



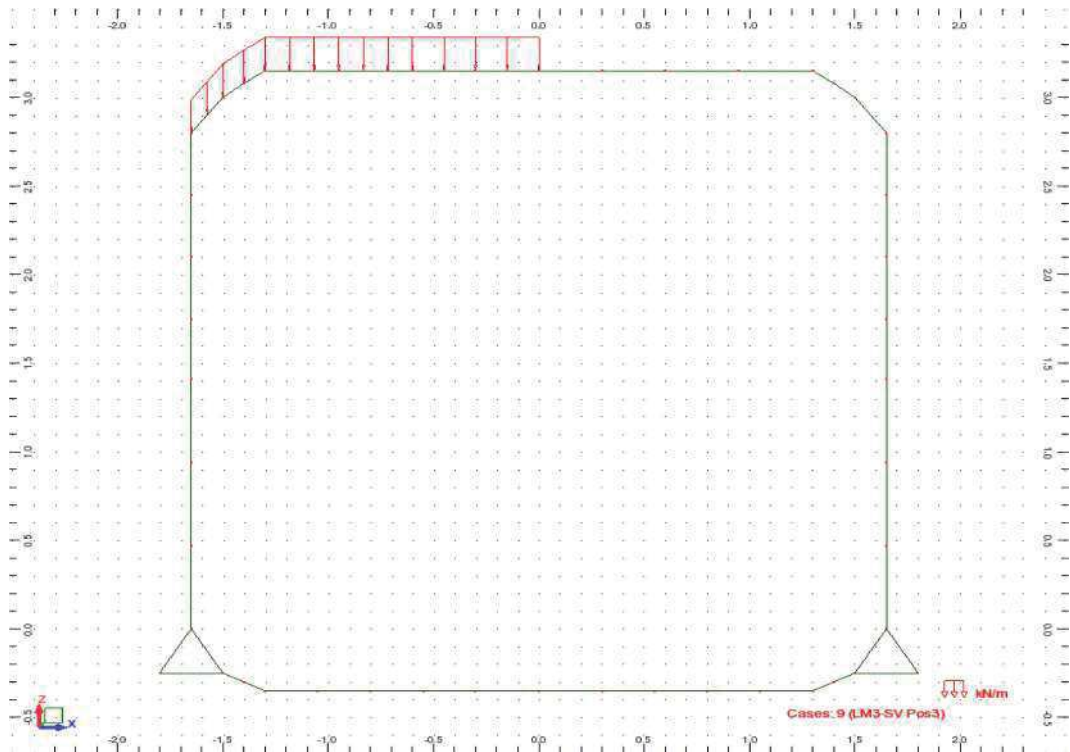
View - Cases: 7 (LM3-SV Pos1)



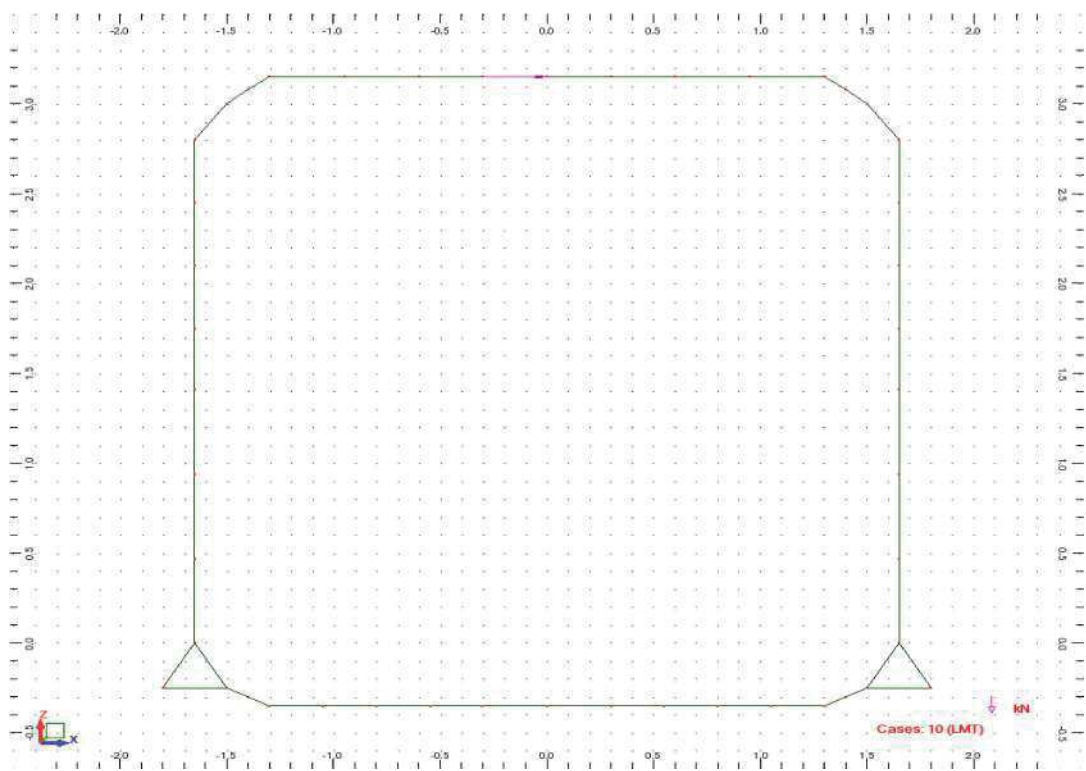
View - Cases: 8 (LM3-SV Pos2)



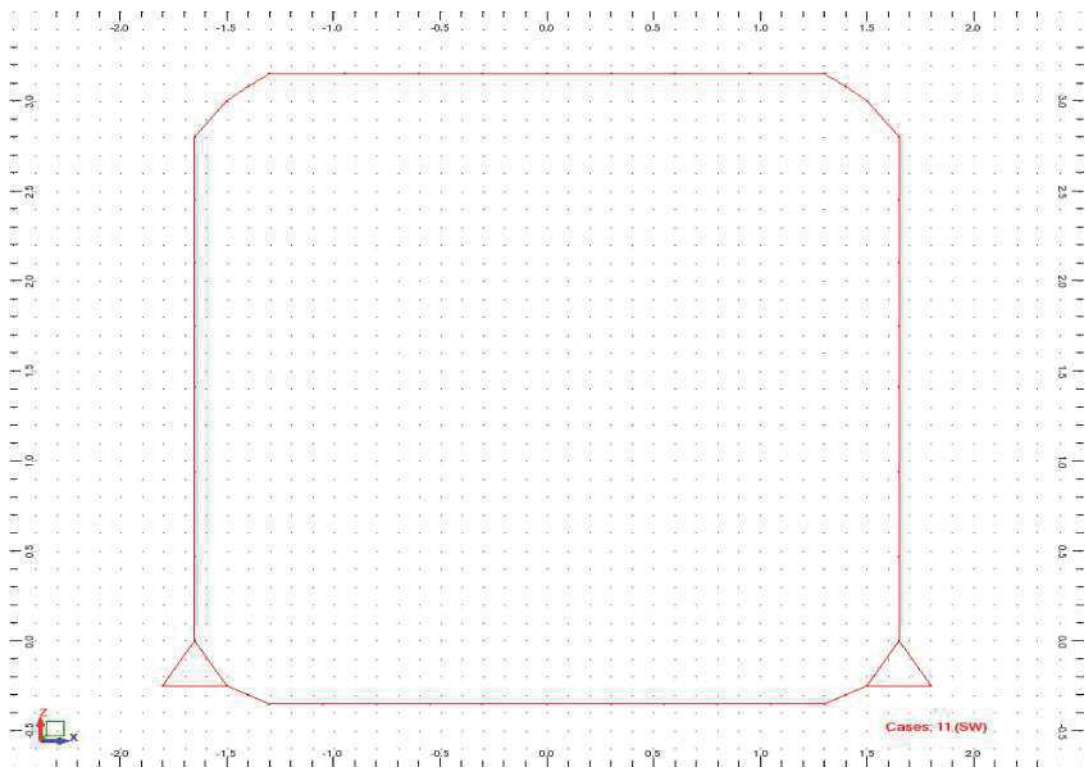
View - Cases: 9 (LM3-SV Pos3)



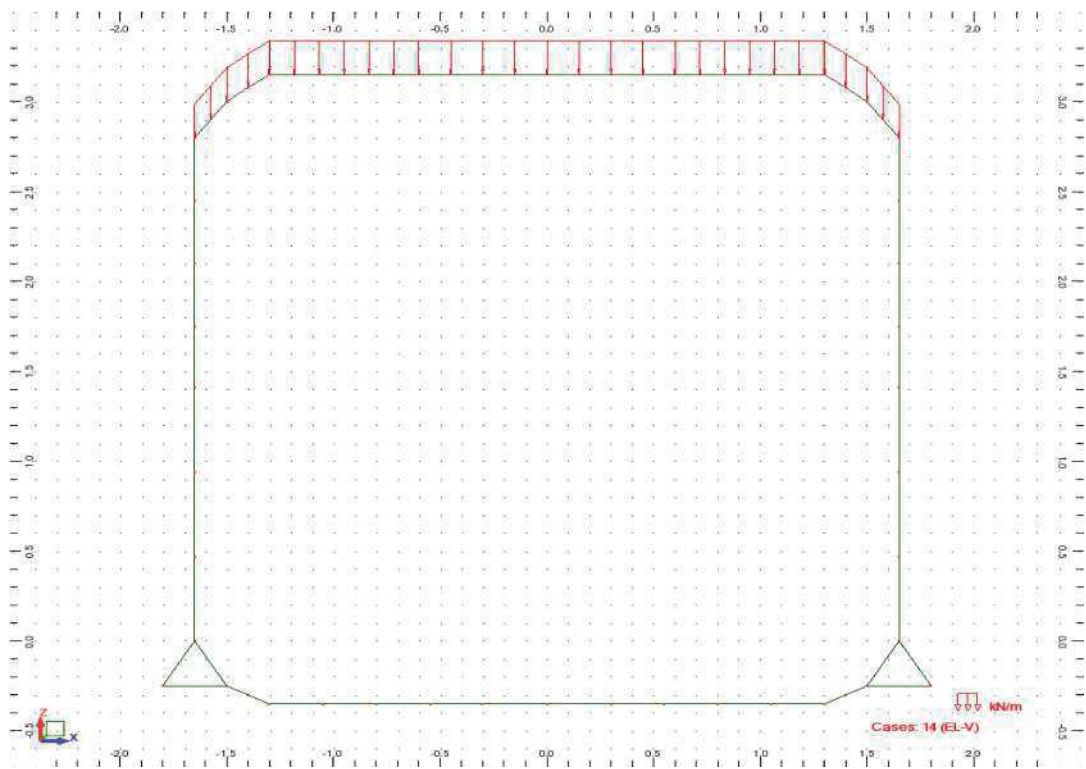
View - Cases: 10 (LMT)



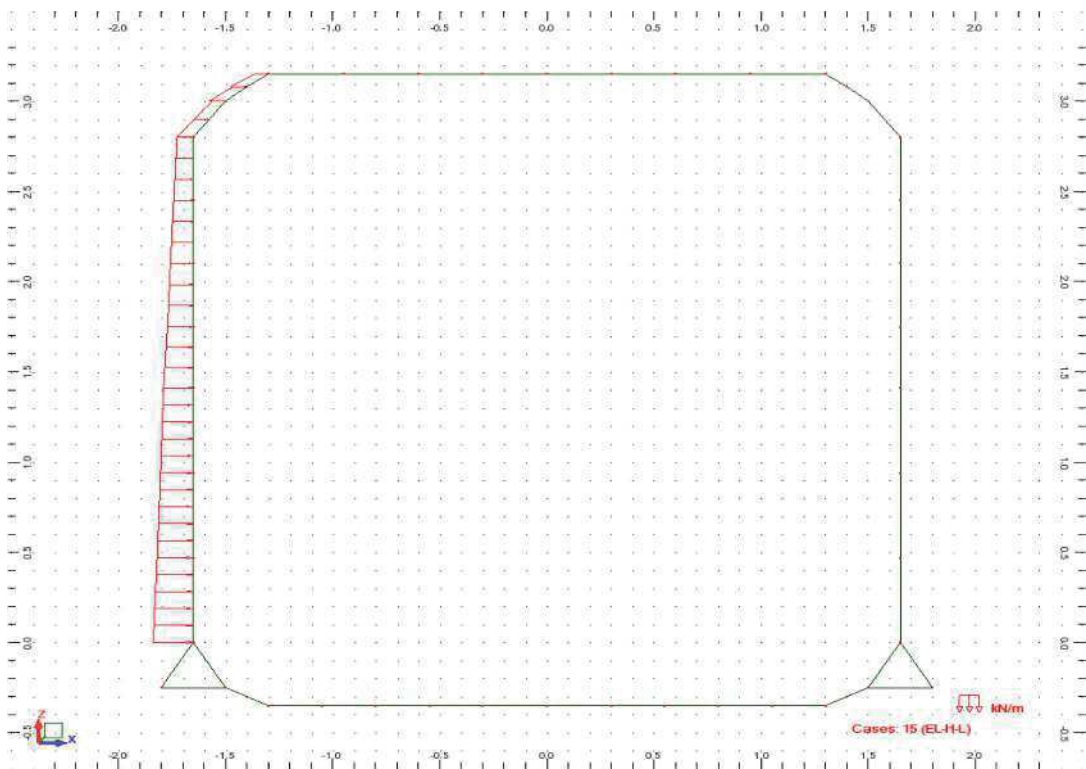
View - Cases: 11 (SW)



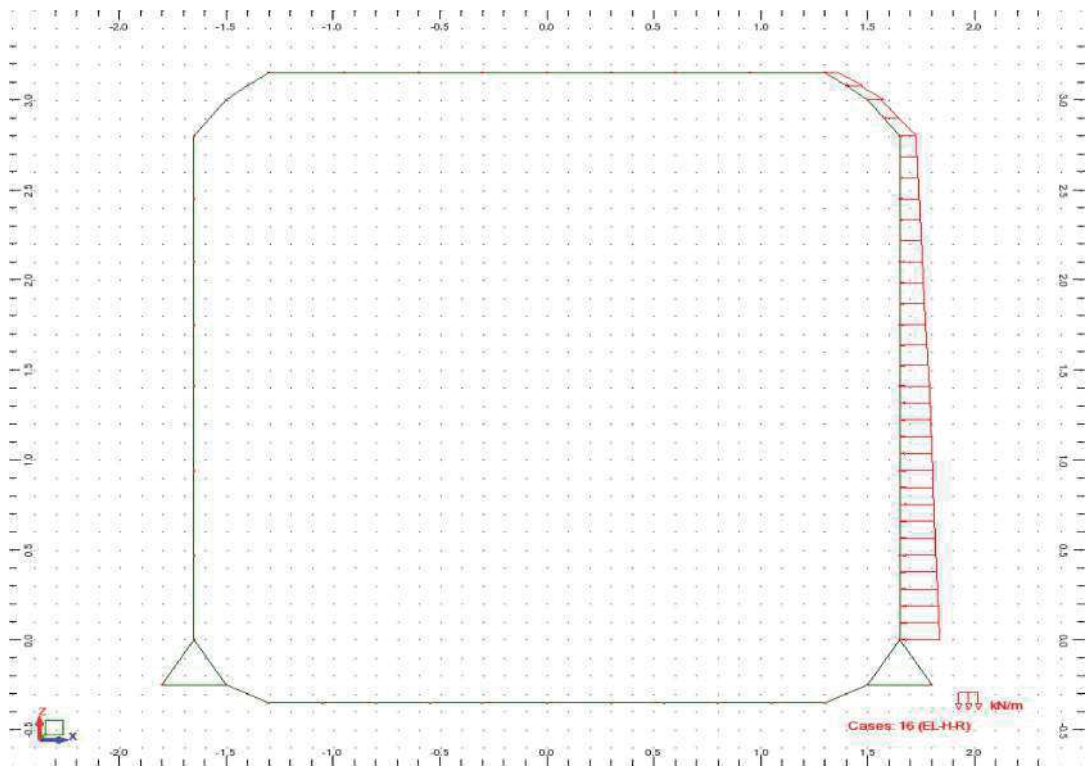
View - Cases: 14 (EL-V)



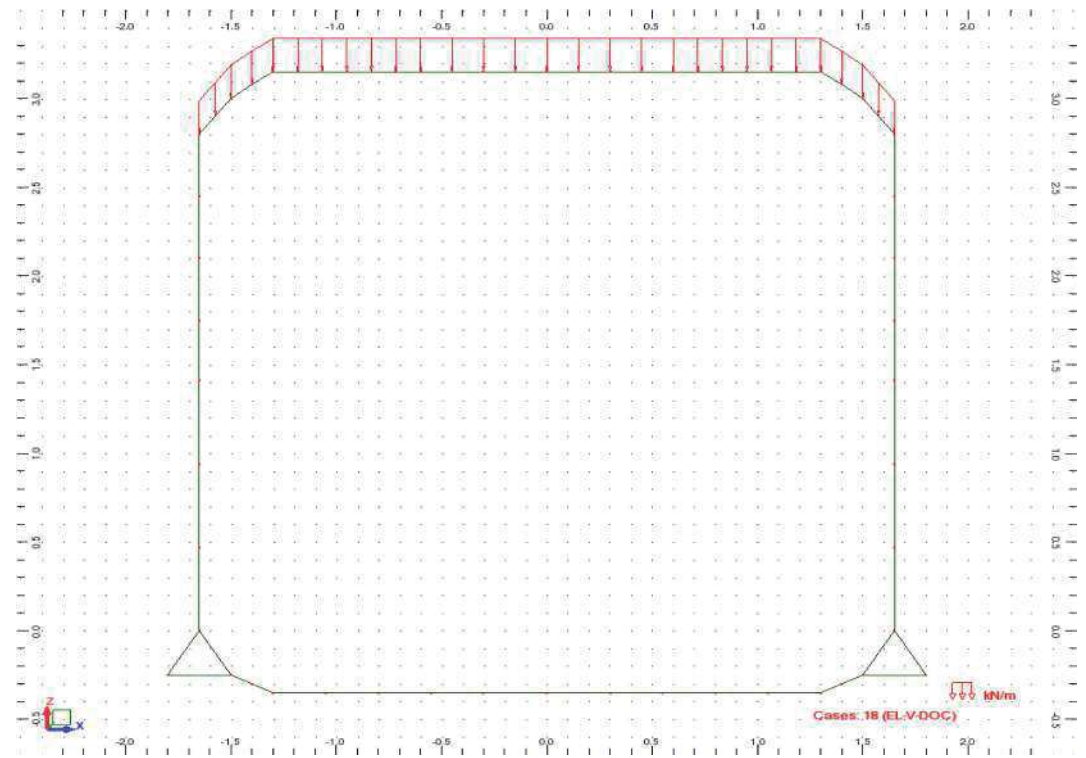
View - Cases: 15 (EL-H-L)



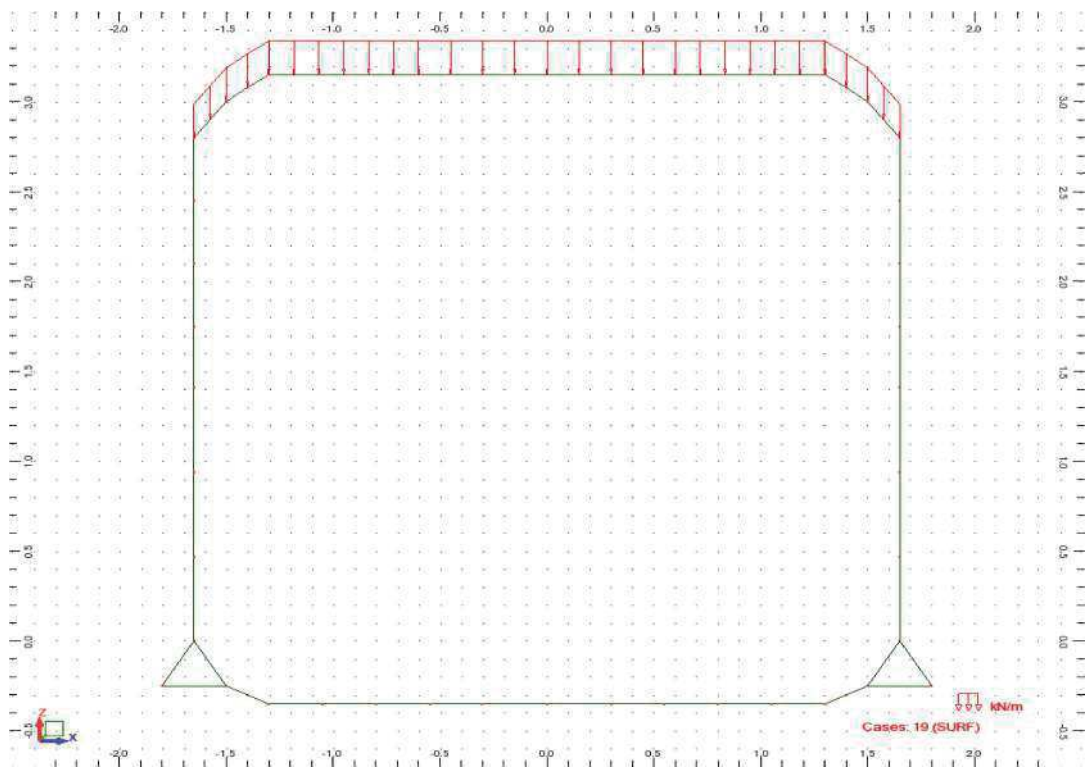
View - Cases: 16 (EL-H-R)



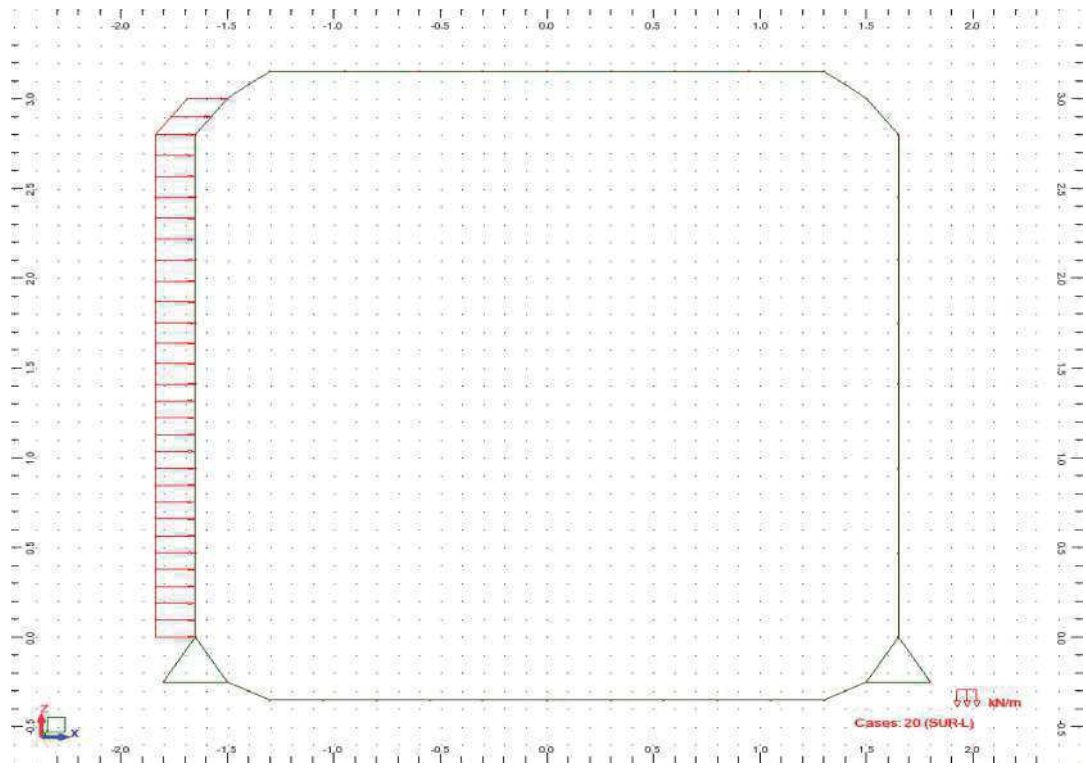
View - Cases: 18 (EL-V-DOC)



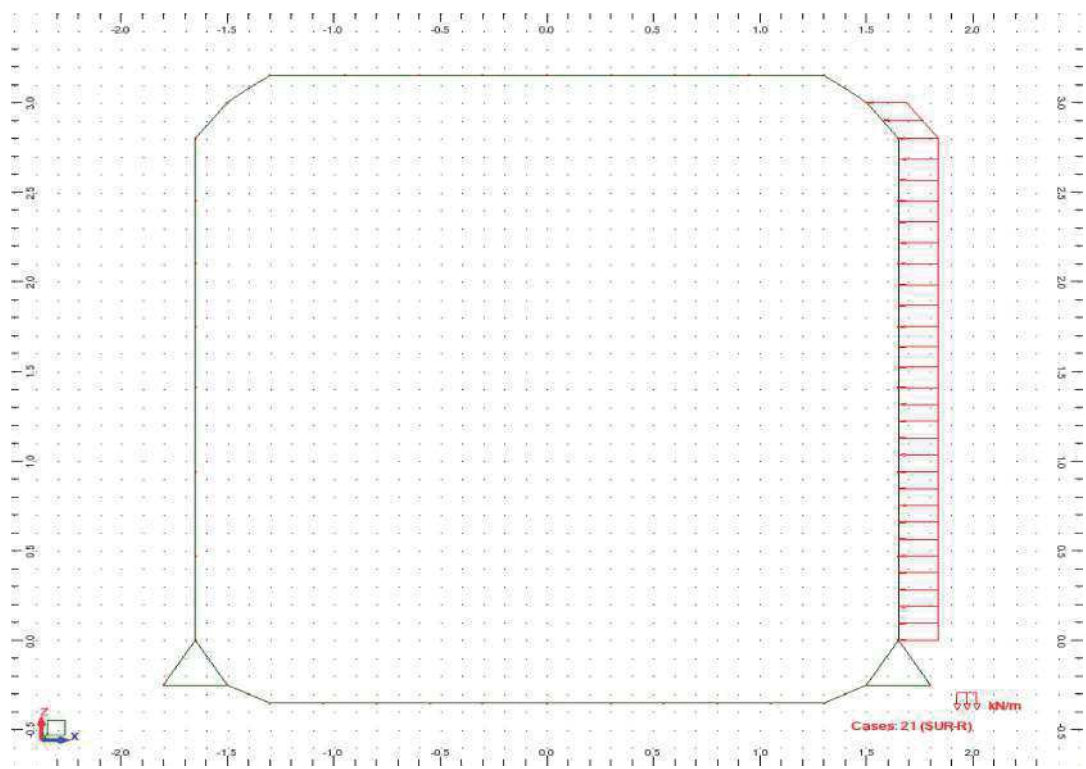
View - Cases: 19 (SURF)



View - Cases: 20 (SUR-L)



View - Cases: 21 (SUR-R)



Service Min - SLS - Load Case Values

- Cases: 1to11 14to16 18to24

Case	Case name	Nature	Load type	List	Load values
1	LM1(TS) + UDL Pos1	live	uniform load	8to21	PZ=-56.00(kN/m) projected
1	LM1(TS) + UDL Pos1	live	uniform load	8to21	PZ=-7.20(kN/m) projected
2	LM1(TS) + UDL Pos2	live	uniform load	12to14	PZ=-56.00(kN/m) projected
2	LM1(TS) + UDL Pos2	live	uniform load	8to11	PZ=-56.00(kN/m) projected
2	LM1(TS) + UDL Pos2	live	uniform load	8to21	PZ=-7.20(kN/m) projected
3	LM1(TS) + UDL Pos3	live	uniform load	8to16	PZ=-56.00(kN/m) projected
3	LM1(TS) + UDL Pos3	live	trapezoidal load (2p)	17	PZ2=-56.00(kN/m) PZ1=-56.00(kN/m) X2=0.24(m) X1=0.0(m) global projected absolute
4	LM2 Pos1	live	uniform load	11to17	PZ=-53.00(kN/m)
5	LM2 Pos2	live	uniform load	8to16	PZ=-53.00(kN/m) projected
6	LM2 Pos3	live	uniform load	8to14	PZ=-53.00(kN/m) projected
7	LM3-SV Pos1	live	uniform load	15to21	PZ=-32.00(kN/m) projected
7	LM3-SV Pos1	live	uniform load	8to14	PZ=-32.00(kN/m) projected
8	LM3-SV Pos2	live	uniform load	12to17	PZ=-32.00(kN/m) projected
8	LM3-SV Pos2	live	uniform load	8to11	PZ=-32.00(kN/m) projected
9	LM3-SV Pos3	live	uniform load	8to14	PZ=-32.00(kN/m) projected
10	LMT	live	nodal force	15	FX=99.10(kN)
11	SW	dead	self-weight	1to48	Factor=1.00
14	EL-V	dead	uniform load	8to21	PZ=-30.00(kN/m) projected
15	EL-H-L	dead	trapezoidal load (2p)	2	PX2=74.00(kN/m) PX1=81.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
15	EL-H-L	dead	trapezoidal load (2p)	3	PX2=67.00(kN/m) PX1=74.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
15	EL-H-L	dead	trapezoidal load (2p)	4	PX2=58.00(kN/m) PX1=67.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
15	EL-H-L	dead	trapezoidal load (2p)	5	PX2=51.00(kN/m) PX1=58.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
15	EL-H-L	dead	trapezoidal load (2p)	6	PX2=44.00(kN/m) PX1=51.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
15	EL-H-L	dead	trapezoidal load (2p)	7	PX2=37.00(kN/m) PX1=44.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
15	EL-H-L	dead	trapezoidal load (2p)	8to10	PX2=30.00(kN/m) PX1=37.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
15	EL-H-L	dead	trapezoidal load (2p)	1	PX2=81.00(kN/m) PX1=90.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
16	EL-H-R	dead	trapezoidal load (2p)	28	PX2=-90.00(kN/m) PX1=-81.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
16	EL-H-R	dead	trapezoidal load (2p)	27	PX2=-81.00(kN/m) PX1=-74.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
16	EL-H-R	dead	trapezoidal load (2p)	26	PX2=-74.50(kN/m) PX1=-67.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
16	EL-H-R	dead	trapezoidal load (2p)	25	PX2=-67.00(kN/m) PX1=-58.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
16	EL-H-R	dead	trapezoidal load (2p)	24	PX2=-58.00(kN/m) PX1=-51.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
16	EL-H-R	dead	trapezoidal load (2p)	23	PX2=-51.00(kN/m) PX1=-44.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
16	EL-H-R	dead	trapezoidal load (2p)	22	PX2=-44.00(kN/m) PX1=-37.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
16	EL-H-R	dead	trapezoidal load (2p)	19to21	PX2=-37.00(kN/m) PX1=-30.00(kN/m) X2=1.00 X1=0.0 global projected relative
18	EL-V-DOC	dead	uniform load	8to21	PZ=-26.00(kN/m) projected
19	SURF	dead	uniform load	8to21	PZ=-4.40(kN/m) projected

20	SUR-L	live	uniform load	1to8	PX=10.00(kN/m) projected
21	SUR-R	live	uniform load	21to28	PX=-10.00(kN/m) projected

9 Kombinace zatěžovacích stavů

Service Min - Load Combination SLS

Combinations	Name	Definition
25	LM1.1-VH-SLS	$(11+14+18+1)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
26	LM1.2-VH-SLS	$(11+14+18+2)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
27	LM1.3-VH-SLS	$(11+14+18+3)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
28	LM2.1-VH-SLS	$(11+14+18+4)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
29	LM2.2-VH-SLS	$(11+14+18+5)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
30	LM2.3-VH-SLS	$(11+14+18+6)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
31	LM3.1-VH-SLS	$(11+14+18+7)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
32	LM3.2-VH-SLS	$(11+14+18+8)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
33	LM3.3-VH-SLS	$(11+14+18+9)*1.00+(15+16+20+21)*0.50+19*1.40$
34	LMT.1-VH-SLS	$(11+14+18+10)*1.00+15*0.33+16*0.60+19*1.40+20*0.25+1*0.75$
35	LMT.2-VH-SLS	$(11+14+18+10)*1.00+15*0.33+16*0.60+19*1.40+20*0.25+2*0.75$
36	LMT.3-VH-SLS	$(11+14+18+10)*1.00+15*0.33+16*0.60+19*1.40+20*0.25+3*0.75$
37	LM1.1-Vh-SLS	$(11+14+18+1)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
38	LM1.2-Vh-SLS	$(11+14+18+2)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
39	LM1.3-Vh-SLS	$(11+14+18+3)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
40	LM3.1-Vh-SLS	$(11+14+18+7)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
41	LM3.2-Vh-SLS	$(11+14+18+8)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
42	LM3.3-Vh-SLS	$(11+14+18+9)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
43	LM2.1-Vh-SLS	$(11+14+18+4)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
44	LM2.2-Vh-SLS	$(11+14+18+5)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
45	LM2.3-Vh-SLS	$(11+14+18+6)*1.00+(15+16)*0.15+19*1.40$
46	vH-SLS	$(11+14+18)*1.00+15*0.60+(16+20+21)*0.50+19*0.80$
47	LM1.1-T-vH-SLS	$(11+14+18+10)*1.00+15*0.33+16*0.60+19*0.80+20*0.25$
48	LM1.2-T-vH-SLS	$(11+14+18+10)*1.00+15*0.33+16*0.60+19*0.80+20*0.25$
49	LM1.3-T-vH-SLS	$(11+14+18+10)*1.00+15*0.33+16*0.60+19*0.80+20*0.25$

Service Min - Load Combination SLS - QUASI PERMANENT - CRACK WIDTH CHECK

Combinations	Name	Definition
25	VH-SLS-CW	$(11+14+18)*1.00+(15+16)*0.60+19*1.40$
26	Vh-SLS-CW	$(11+14+18)*1.00+(15+16)*0.20+19*1.40$
27	vH-SLS-CW	$(11+14+18)*1.00+(15+16)*0.60+19*0.80$

Service Min - Load Combination ULS

- Cases: 25to49

Combinations	Name	Definition
25	LM1.1-VH-ULS	$(11+14+18+1)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
26	LM1.2-VH-ULS	$(11+14+18+2)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
27	LM1.3-VH-ULS	$(11+14+18+3)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
28	LM2.1-VH-ULS	$(11+14+18+4)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
29	LM2.2-VH-ULS	$(11+14+18+5)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
30	LM2.3-VH-ULS	$(11+14+18+6)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
31	LM3.1-VH-ULS	$(11+14+18+7)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
32	LM3.2-VH-ULS	$(11+14+18+8)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
33	LM3.3-VH-ULS	$(11+14+18+9)*1.35+(15+16+20+21)*0.75+19*1.68$
34	LMT.1-VH-ULS	$(11+14+18+10)*1.35+15*0.37+16*0.60+19*1.68+20*0.90+1*1.01$
35	LMT.2-VH-ULS	$(11+14+18+10)*1.35+15*0.37+16*0.60+19*1.68+20*0.50+2*1.01$
36	LMT.3-VH-ULS	$(11+14+18+10)*1.35+15*0.37+16*0.60+19*1.68+20*0.50+3*1.01$
37	LM1.1-Vh-ULS	$(11+14+18+1)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
38	LM1.2-Vh-ULS	$(11+14+18+2)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
39	LM1.3-Vh-ULS	$(11+14+18+3)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
40	LM3.1-Vh-ULS	$(11+14+18+7)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
41	LM3.2-Vh-ULS	$(11+14+18+8)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
42	LM3.3-Vh-ULS	$(11+14+18+9)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
43	LM2.1-Vh-ULS	$(11+14+18+4)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
44	LM2.2-Vh-ULS	$(11+14+18+5)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
45	LM2.3-Vh-ULS	$(11+14+18+6)*1.35+(15+16)*0.15+19*1.68$
46	vH-ULS	$11*0.95+(14+18)*1.00+15*0.90+(16+20+21)*0.75+19*0.76$
47	LM1.1-T-vH-ULS	$11*0.95+(14+18)*1.00+15*0.37+16*0.60+19*0.76+20*0.50+10*1.35$
48	LM1.2-T-vH-ULS	$11*0.95+(14+18)*1.00+15*0.37+16*0.60+19*0.76+20*0.50+10*1.35$
49	LM1.3-T-vH-ULS	$11*0.95+(14+18)*1.00+15*0.37+16*0.60+19*0.76+20*0.50+10*1.35$

10 Obálky vnitřních sil

Obálka ohybových momentov (MSU)

Section	MY [kNm]	Load Case-Phase	Face
1	-10.64	LM 3.1-Vh-ULS-Service Min	External
1	-72.42	vH-ULS-Service Min	External
4	5.96	LM1.1-T-vH-ULS-Service Min	Internal
4	-8.1	LM1.1-VH-ULS-Service Min	External
11	81.21	LMT.1-VH-ULS-Service Min	Internal
11	-55.59	vH-ULS-Service Min	External
14	151.64	LM1.1-Vh-ULS-Service Min	Internal
14	-9.13	vH-ULS-Service Min	External
18	75.68	LM1.1-Vh-ULS-Service Min	Internal
18	-102.18	LM1.1-T-vH-ULS-Service Min	External
22	-26.09	LM 3.3-Vh-ULS-Service Min	External
22	-117.16	LMT.1-VH-ULS-Service Min	External
25	0	LM 3.3-VH-ULS-Service Min	Internal
25	-13.23	LMT.3-VH-ULS-Service Min	External
38	20.32	vH-ULS-Service Min	Internal
38	-124.79	LM1.1-Vh-ULS-Service Min	External
42	79.12	vH-ULS-Service Min	Internal
42	-59.43	LM1.1-Vh-ULS-Service Min	External

Obálka ohybových momentov od kvázistálej kombinácie (MSP)

Section	MY [kNm]	Load Case-Phase	Face
1	-6,97	Vh-SLS-CW-Service Min	External
1	-36,59	vH-SLS-CW-Service Min	External
4	-2,77	Vh-SLS-CW-Service Min	External
4	-4,11	VH-SLS-CW-Service Min	External
11	20,7	Vh-SLS-CW-Service Min	Internal
11	-27,3	vH-SLS-CW-Service Min	External
14	48,75	Vh-SLS-CW-Service Min	Internal
14	20,31	vH-SLS-CW-Service Min	Internal
18	20,7	Vh-SLS-CW-Service Min	Internal
18	-27,3	vH-SLS-CW-Service Min	External
22	-15,84	Vh-SLS-CW-Service Min	External
22	-40,23	VH-SLS-CW-Service Min	External
25	-2,77	Vh-SLS-CW-Service Min	External
25	-4,12	VH-SLS-CW-Service Min	External
38	-11,88	vH-SLS-CW-Service Min	External
38	-38,98	Vh-SLS-CW-Service Min	External
42	30,31	vH-SLS-CW-Service Min	Internal
42	-13,47	Vh-SLS-CW-Service Min	External

Obálka šmykových síl (MSU)

Section	FZ [kNm]	Load Case-Phase	Face
1	108.42	vH-ULS-Service Min	Internal
1	29.94	LM3.1-Vh-ULS-Service Min	Internal
4	22.39	LM1.1-T-vH-ULS-Service Min	Internal
4	-32.89	LM1.1-VH-ULS-Service Min	External
11	218.8	LM1.1-Vh-ULS-Service Min	Internal
11	10.86	LM1.1-T-vH-ULS-Service Min	Internal
14	50.49	LM1.1-Vh-ULS-Service Min	Internal
14	-71.75	LMT.2-VH-ULS-Service Min	External
22	136.43	LMT.1-VH-ULS-Service Min	Internal
22	37.81	LM3.3-Vh-ULS-Service Min	Internal
25	45.13	LMT.3-VH-ULS-Service Min	Internal
25	8.57	vH-ULS-Service Min	Internal
38	36.96	LM1.1-T-vH-ULS-Service Min	Internal
38	12.59	LM3.1-Vh-ULS-Service Min	Internal
42	162.95	LM1.1-VH-ULS-Service Min	Internal
42	60.18	LM1.1-T-vH-ULS-Service Min	Internal

Bar	h (mm)	b (mm)	c1 (mm)	c2 (mm)	n1 (pcs/m)	fi.1 (mm)	As1 (mm²/m)	n2 (pcs/m)	fi.2 (mm)	As2 (mm²/m)	fi.st (mm)	n
1	300	1000	50	40	10	16	2011	10	12	1131	10	12
4	300	1000	50	40	10	16	2011	10	16	2011	10	
11	300	1000	50	40	10	16	2011	10	16	2011	10	
14	300	1000	50	40	10	16	2011	10	16	2011	10	
14	300	1000	50	40	10	16	2011	10	16	2011	10	
18	300	1000	50	40	10	16	2011	10	16	2011	10	
22	300	1000	50	40	10	16	2011	10	12	1131	10	
25	300	1000	50	40	10	16	2011	10	12	1131	10	
38	300	1000	50	40	10	12	1131	10	16	2011	10	
38	300	1000	50	40	10	16	2011	10	12	1131	10	
42	300	1000	50	40	10	16	2011	10	12	1131	10	
42	300	1000	50	40	10	12	1131	10	16	2011	10	

i := 1..n

$$S_i := \begin{cases} b_i & \text{if } n_{1_i} > 0 \\ 10000000 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$h_i := h \cdot \text{mm} \quad b_i := b \cdot \text{mm} \quad c_{1_i} := c_1 \cdot \text{mm} \quad c_{2_i} := c_2 \cdot \text{mm} \\ A_{s1_i} := A_{s1} \cdot \text{mm}^2 \quad A_{s2_i} := A_{s2} \cdot \text{mm}^2 \quad A_{c_i} := h_i \cdot b_i \quad E_{1_i} := E_1$$

$$\phi_{1_i} := \phi_1 \cdot \text{mm} \quad \phi_{2_i} := \phi_2 \cdot \text{mm} \quad \phi_{st_i} := \phi_{st} \cdot \text{mm}$$

$$d_{1_i} := c_{1_i} + \frac{\phi_{1_i}}{2} + \phi_{st_i} \quad d_{2_i} := c_{2_i} + \frac{\phi_{2_i}}{2} + \phi_{st_i} \quad d_i := h_i - d_{1_i}$$

$$z_{1_i} := 0.5 \cdot h_i - d_{2_i} \quad z_{2_i} := -0.5 \cdot h_i + d_{1_i}$$

h -Výška prierezu

b -Šírka prierezu (1m)

c₁ -Nominálne krytie ťahaný povrch

c₂ -Nominálne krytie tlačenej povrch

φ₁ -Priemer ťahanej výstuže

φ₂ -Priemer tlačenej výstuže

φ_{st} -Priemer priečnej výstuže

n₁ - Počet prútov ťahaný povrch (na 1m)

n₂ - Počet prútov tlačenej povrch (na 1m)

A₁ - Plocha ťahanej výstuže (na 1m)

A₂ - Plocha tlačenej výstuže (na 1m)

e₀ -Excentricita normálovej sily

d -Účinná výška prierezu

z₁ -Rameno ťahanej výstuže

z₂ -Rameno tlačenej výstuže

Bar	MEd (kNm)	NEd (kN)	MEk (kNm)	NEk (kN)	Ved (kN)	Load Case
1	72.42	96.9	36.59	98.207	108.42	vH-ULS-Service Mi
4	5.96	52.4	4.11	102.56	32.89	LM1.1-T-vH-ULS-Se
11	81.21	31.29	20.7	31.508	218.8	LMT.1-VH-ULS-Serv
14	151.6	63.52	48.75	31.508	71.75	LM1.1-Vh-ULS-Serv
14	9.13	87.42	NS	NS	71.75	vH-ULS-Service Mi
18	102.2	150	27.3	55.095	237.54	LM1.1-T-vH-ULS-Se
22	117.2	288.9	40.23	102.57	136.43	LMT.1-VH-ULS-Serv
25	13.23	238	4.12	102.57	45.13	LMT.3-VH-ULS-Serv
38	20.32	108.4	NS	NS	36.96	vH-ULS-Service Mi
38	124.8	47.84	38.98	28.389	36.96	LM1.1-Vh-ULS-Serv
42	79.12	108.4	30.31	60.462	162.95	vH-ULS-Service Mi

M_{Ed} -Ohybový moment od zaťaženia MSU

N_{Ed} -Normálová sila od zaťaženia MSU

M_{Ek} -Ohybový moment od zaťaženia MSP

N_{Ek} -Normálová sila od zaťaženia MSP

V_{Ed} - Šmyková sila od zaťaženia MSU

Výstuž :

Charakteristická medza klzu $f_{yk} := 500 \text{ MPa}$

ϵ_{cu3} -Pomerné pretvorenie betónu

γ_c -Parciálny faktor spoľahlivosti betónu

α_{cc} - Súčiniteľ dlhodobej pevnosti betónu v tlaku

Návrhová pevnosť výstuže $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_{s_steel}}$

η -Súčiniteľ tlakovej pevnosti betónu

λ -Súčiniteľ definujúci efektívnu výšku tlačenej zóny betónu

$\gamma_{s_steel} \equiv 1.15$

f_{cd} -Návrhová pevnosť betónu v tlaku

$E_s := 200 \text{ GPa}$

$$\epsilon_{yd} := \frac{f_{yd}}{E_s}$$

Hodnoty zobraňované z tabuľky 3.1 EN 1992-1-1:2006

Priemerná hodnota pevnosti betónu v tlaku po 28 dňoch $f_{cm} := f_{cm} \frac{N}{mm^2}$

Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku $f_{ck} := f_{ck} \frac{N}{mm^2}$

Súčiniteľ veku betónu $\beta_{cc}(t) := e^{.2 \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right]}$ Eq 3.1

Priemerná hodnota pevnosti betónu v tlaku v závislosti od veku $f_{cm_}(t) := \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$ Eq 3.1

Tieto hodnoty je potrebné zobrať z tabuľky 3.1 EN 1992-1-1 page 31

$$f_{ctm}(f_{ck}, f_{cm}) := \left| \begin{array}{l} f_1 \leftarrow \frac{f_{ck}}{\frac{N}{mm^2}} \\ f_2 \leftarrow \frac{f_{cm}}{\frac{N}{mm^2}} \\ 0.3 \cdot \left(f_1 \right)^{\left(\frac{2}{3} \right)} \cdot \frac{N}{mm^2} \text{ if } f_{ck} \leq 50 \frac{N}{mm^2} \\ 2.12 \cdot \ln \left[1 + \left(\frac{f_2}{10} \right) \right] \cdot \frac{N}{mm^2} \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

$$f_{ctm}(f_{ck}, f_{cm}) = 4.072 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ck_}(t, f_{cm}, f_{ck}) := \left| \begin{array}{l} f_{cm_}(t) - 8 \frac{N}{mm^2} \text{ if } 3 < t < 28 \\ f_{ck} \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

Charakteristická pevnosť betónu v tlaku v závislosti od veku $f_{ck_}(28, f_{cm}, f_{ck}) = 50.000 \cdot \text{MPa}$

Cl 3.1.2.9

$$f_{ctm_}(f_{ck}, f_{cm}, t) := \left| \begin{array}{l} \alpha \leftarrow 1 \text{ if } t < 28 \\ \alpha \leftarrow \frac{2}{3} \text{ otherwise} \\ \beta_{cc}(t)^\alpha \cdot f_{ctm}(f_{ck}, f_{cm}) \end{array} \right.$$

$$f_{ctm_}(f_{ck}, f_{cm}, 20) = 3.925 \cdot \text{MPa}$$

Modul pružnosti betónu: $E_{cm}(f_{cm}) := 22 \cdot 1000 \cdot \left(\frac{f_{cm} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}}}{10} \right)^{.3} \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$E_{cm}(f_{cm}) = 37658.937 \cdot \text{MPa}$$

Modul pružnosti betónu v závislosti od věku: $E_{cm}(t, f_{cm}) := \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{.3} \cdot E_{cm}(f_{cm})$ Eq 3.5

$$\varepsilon_{cu1}(f_{ck}, f_{cm}) := \begin{cases} \frac{3.5}{1000} & \text{if } f_{ck} < 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ \frac{2.8 + 21 \cdot \left[\frac{\left(98 - \frac{f_{cm}}{\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)^4}{100} \right]}{1000} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{c2}(f_{ck}) := \begin{cases} .002 & \text{if } f_{ck} < 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ .002 + \frac{.085 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} - 50 \right)^{.53}}{1000} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cu2}(f_{ck}) := \begin{cases} .0035 & \text{if } f_{ck} < 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ .0026 + \frac{35 \cdot \left[\frac{\left(90 - \frac{f_{ck}}{\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)^4}{100} \right]}{1000} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{c3}(f_{ck}) := \begin{cases} .00175 & \text{if } f_{ck} < 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ .00175 + \frac{.55 \cdot \left[\frac{\left(\frac{f_{ck}}{\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} - 50 \right)^4}{40} \right]}{1000} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cu3}(f_{ck}) := \left| \begin{array}{ll} .0035 & \text{if } f_{ck} < 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ .0026 + \frac{35 \cdot \left[\left(90 - \frac{f_{ck}}{\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)^4 \right]}{1000} & \text{otherwise} \end{array} \right.$$

Výpočtová pevnost betónu v tlaku $f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ **Eq 3.15**

$$\alpha_{cc} \equiv 0.85 \quad \gamma_c \equiv 1.5$$

$$f_{ctk_{.05}}(f_{ck}, f_{cm}) := .7 \cdot f_{ctm}(f_{ck}, f_{cm})$$
 Eq 3.16

Výpočtová pevnost betónu v tlaku $f_{ctd}(f_{ck}, f_{cm}) := \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk_{.05}}(f_{ck}, f_{cm})}{\gamma_c}$

$$\alpha_{ct} \equiv 1$$

11 Posouzení průřezu na MSU

$$h := h \quad b := b \quad c_1 := c_1 \quad c_2 := c_2 \quad i := 1..n$$

$$A_{S1} := A_{S1} \quad A_{S2} := A_{S2} \quad A_{C_i} := h_i \cdot b_i$$

$$\phi_1 := \phi_1 \quad \phi_2 := \phi_2 \quad \phi_{st} := \phi_{st}$$

$$d_{1_i} := c_{1_i} + \frac{\phi_{1_i}}{2} + \phi_{st_i} \quad d_{2_i} := c_{2_i} + \frac{\phi_{2_i}}{2} + \phi_{st_i}$$

$$z_{1_i} := 0.5 \cdot h_i - d_{2_i} \quad z_{2_i} := -0.5 \cdot h_i + d_i \quad d_i := h_i - d_{1_i}$$

$$e_{o_i} := \max\left(\frac{h_i}{30}, 20\text{mm}\right)$$

$$M_{Ed_i} := M_{Ed} \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed_i} := N_{Ed} \cdot \text{kN}$$

$$M_{Ed_i} := M_{Ed_i} + |N_{Ed_i} \cdot e_{o_i}|$$

n - Počet posudzovaných prútov

h - Výška prierezu

b - Šírka prierezu (1bm)

c₁ - Krytie výstuže pri ťahanom vlákne

c₂ - Krytie výstuže pri tlačnom vlákne

M_{Ed} - Návrhová hodnota momentu od zaťaženia

N_{Ed} - Návrhová hodnota normálovej sily od zaťaženia

φ₁ - Priemer ťahovej výstuže

φ₂ - Priemer tlakovej výstuže

φ_{st} - Priemer priečnej výstuže

n₁ - Počet prútov ťahovej výstuže na 1bm

n₂ - Počet prútov tlakovej výstuže na 1bm

A₁ - Plocha ťahovej výstuže na 1bm

A₂ - Plocha tlakovej výstuže na 1bm

e_o - Minimálna výstrednosť tlakovej sily

d - Účinná výška prierezu

z₁ - Rameno vnútorných síl

z₂ - Rameno vnútorných síl

MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:

BETÓN:

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

$$\varepsilon_{cu3}(f_{ck}) = 0.003496$$

$$\gamma_c = 1.5$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

$$f_{cd} = 28.333 \cdot \text{MPa}$$

$$\lambda(f_{ck}) := \begin{cases} .8 & \text{if } f_{ck} \leq 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ \left[.8 - \frac{\left(f_{ck} - 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

f_{ck} - Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku

ε_{cu3} - Pomerné pretvorenie betónu v tlaku

γ_c - Súčiniteľ spoľahlivosti betónu

α_{cc} - Súčiniteľ dlhodobej spoľahlivosti betónu

η - Súčiniteľ tlakovej pevnosti betónu

λ - Súčiniteľ definujúci efektívnu výšku tlačenej zóny betónu

f_{cd} - Návrhová pevnosť betónu v tlaku

$$\eta(f_{ck}) := \begin{cases} 1 & \text{if } f_{ck} \leq 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ \left[1 - \frac{\left(f_{ck} - 50 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{200 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

f_{yk} - Charakteristická pevnosť výstuže v ťahu

E_s - Modul pružnosti výstuže

γ_s - Súčiniteľ spoľahlivosti výstuže

f_{yd} - Návrhová pevnosť výstuže v ťahu

ε_{yd} - Pomerné pretvorenie výstuže v ťahu

VÝSTUŽ : B500B

$$E_s = 2 \times 10^5 \cdot \text{MPa}$$

$$\varepsilon_{yd} = 0.002174$$

$$f_{yd} = 434.8 \cdot \text{MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

VÝPOČET VÝSTREDNOSTI NAMÁHANÝCH PRIEREZOV:

$$\xi_{bal1} := \frac{\varepsilon_{cu3}(f_{ck})}{\varepsilon_{cu3}(f_{ck}) + \varepsilon_{yd}} \quad \xi_{bal2} := \frac{\varepsilon_{cu3}(f_{ck})}{\varepsilon_{cu3}(f_{ck}) - \varepsilon_{yd}}$$

$$\xi_{bal1} = 0.617 \quad \xi_{bal2} = 2.644$$

$$N_{Rdbal_i} := \lambda(f_{ck}) \cdot \xi_{bal1} \cdot b_i \cdot d_i \cdot \eta(f_{ck}) \cdot f_{cd} + (A_{s2_i} - A_{s1_i}) \cdot f_{yd}$$

$$Výstrednost_i := \text{if} \left(N_{Rdbal_i} < |N_{Ed_i}|, \text{"ERROR"}, \text{"Velká výstrednost"} \right)$$

Ak je "Velká výstrednost", $\sigma_{s1} = f_{yd}$

Ak je "ERROR" $\sigma_{s1} < f_{yd}$ a tento výpočet neplatí

POSÚDENIE:

$$\sigma_{s2_i} := \text{root} \left[\frac{\varepsilon_{cu3}(f_{ck}) \cdot \left(\frac{|N_{Ed_i}| - A_{s2_i} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1_i} \cdot f_{yd}}{\lambda(f_{ck}) \cdot b_i \cdot \eta(f_{ck}) \cdot f_{cd}} - d_{2_i} \right)}{\frac{|N_{Ed_i}| - A_{s2_i} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1_i} \cdot f_{yd}}{\lambda(f_{ck}) \cdot b_i \cdot \eta(f_{ck}) \cdot f_{cd}}} \cdot E_s - \sigma_{s2} \cdot \sigma_{s2} \right]$$

$$\sigma_{s2_i} := \begin{cases} 0 & \text{if } \sigma_{s2_i} < 0 \\ f_{yd} & \text{if } \sigma_{s2_i} > f_{yd} \\ \sigma_{s2_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

σ_{s2} -Napätie v tlačenej výstuži

x -Poloha neutrálnej osi

N_{Rdbal} -Normálová sila na medzi veľkej a malej výstrednosti

M_{Rd} -Moment na medzi únosnosti

$$x_i := \min \left(\frac{|N_{Ed_i}| - A_{s2_i} \cdot \sigma_{s2_i} + A_{s1_i} \cdot f_{yd}}{\lambda(f_{ck}) \cdot b_i \cdot \eta(f_{ck}) \cdot f_{cd}}, \frac{700 \cdot d_i}{700 + \frac{f_{yd}}{\text{MPa}}} \right)$$

OHYBOVÝ MOMENT NA MEDZI ÚNOSNOSTI:

Utilization :=

Bar	x (mm)	s2 (Mpa)	M _{Ed} (kN*m)	M _{Rd} (kN*m)	Utilization	Result
1	0.043	0.0	74.4	211.2	35.2%	OK
4	0.041	0.0	7.0	204.3	3.4%	OK
11	0.040	0.0	81.8	201.8	40.6%	OK
14	0.041	0.0	152.9	205.6	74.4%	OK
14	0.042	0.0	10.9	208.3	5.2%	OK
18	0.045	0.0	105.2	215.5	48.8%	OK
22	0.051	0.0	122.9	232.8	52.8%	OK
25	0.049	0.000	18.0	227.2	7.9%	OK
38	0.026	0.000	22.5	128.9	17.4%	OK
38	0.041	0.000	125.7	205.5	61.2%	OK
42	0.043	0.000	81.3	212.5	38.2%	OK
42	0.024	0.000	60.4	121.0	49.9%	OK

$$M_{Rd_i} := \lambda(f_{ck})$$

$$\left(\text{bar} \times \frac{\sigma_{s2}}{1000000} \quad \frac{M_{tEd}}{1000} \quad \frac{M_{Rd}}{1000} \quad \text{Result} \right)$$

REKAPITULÁCIA NÁVRHU:

Bar	Tension steel / 1m			Compression steel / 1m		
	n1 (pcs/1m)	fi.1 (mm)	As1 (mm²/m)	n2 (pcs/1m)	fi.2 (mm)	As2 (mm²/m)
1	10	16	2010.62	10	12	1130.97
4	10	16	2010.62	10	16	2010.62
11	10	16	2010.62	10	16	2010.62
14	10	16	2010.62	10	16	2010.62
14	10	16	2010.62	10	16	2010.62
18	10	16	2010.62	10	16	2010.62
22	10	16	2010.62	10	12	1130.97
25	10	16	2010.62	10	12	1130.97
38	10	12	1130.97	10	16	2010.62
38	10	16	2010.62	10	12	1130.97
42	10	16	2010.62	10	12	1130.97
42	10	12	1130.97	10	16	2010.62

(bar nt₁ ϕ₁ At_{s1} nt₂ ϕ₂ At_{s2})

PRVKY BEZ POTREBY ŠMYKOVÉHO VYSTUŽENIA:

$$C_{Rdc} := \frac{0.18}{\gamma_c}$$

$$f_{ywk} := f_{yk}$$

$$k_i := \min \left(1 + \sqrt{\frac{200mm}{d_i}}, 2 \right)$$

$$f_{ywd} := \frac{f_{ywk}}{1.15}$$

$$\sigma_{cp_i} := \min \left(\frac{N_{Ed_i}}{b_i \cdot h_i}, 0.2f_{cd} \right)$$

$$\rho_{l_i} := \frac{A_{sl_i}}{b_i \cdot d_i}$$

$$v_{min_i} := 0.035 \cdot \left(k_i \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{MPa}} \cdot MPa$$

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250MPa} \right)$$

$$V_{Rdcmin_i} := \left(v_{min_i} + 0.15\sigma_{cp_i} \right) \cdot b_i \cdot d_i$$

$$V_{Rdmax_i} := 0.5 \cdot b_i \cdot d_i \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$V_{Rdc_i} := \left[C_{Rdc} \cdot k_i \cdot \left(\frac{100 \cdot \rho_{l_i} \cdot f_{ck}}{MPa} \right)^{0.33} \cdot MPa + 0.15 \cdot \sigma_{cp_i} \right] \cdot b_i \cdot d_i$$

ŠMYKOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU BEZ ŠMYKOVEJ VÝSTUŽE:

$$VRdc_i := \begin{cases} V_{Rdcmin_i} & \text{if } V_{Rdc_i} < V_{Rdcmin_i} \\ V_{Rdmax_i} & \text{if } V_{Rdc_i} > V_{Rdmax_i} \\ V_{Rdc_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

PRVKY SO Š MYKOVÝM VYSTUŽENÍM:

VPLYV NORMÁLOVEJ SILY

$$\alpha_{cw_i} := \min \left(1 + \frac{\sigma_{cp_i}}{f_{cd}}, 1.25 \right)$$

PODMIENKA PRE $V_{ed} < V_{Rd_max_22}$

$$V_{Rd_max_22_i} := \alpha_{cw_i} \cdot 0.3125 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_i \cdot d_i$$

PODMIENKA PRE $V_{Rd_max_45} > V_{ed} > V_{Rd_max_22}$

$$V_{Rd_max_45_i} := \alpha_{cw_i} \cdot 0.45 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_i \cdot d_i$$

VÝPOČET SKLONU TLAKOVEJ DIAGONÁLY θ

$$\theta_{x_i} := \min \left(\frac{\pi}{4}, \left| 0.5 \cdot \arcsin \left(\frac{V_{ed_i}}{V_{Rd_max_45_i}} \right) \right| \right)$$

$$\theta_i := \begin{cases} 22 \frac{\pi}{180} & \text{if } \theta_{x_i} \leq 22 \frac{\pi}{180} \\ \theta_{x_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

KONTROLA TLAKOVEJ DIAGONÁLY

$$V_{Rd_max_i} := \begin{cases} \frac{\alpha_{cw_i} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_i \cdot 0.9d_i}{\left(\tan(\theta_i) + \frac{1}{\tan(\theta_i)} \right)} & \text{if } \frac{\alpha_{cw_i} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_i \cdot 0.9d_i}{\left(\tan(\theta_i) + \frac{1}{\tan(\theta_i)} \right)} \geq V_{ed_i} \\ 0.000 \text{ kN} & \text{otherwise} \end{cases}$$

NÁVRH STRMEŇOV A SPŔŇN (na 1000 x 1000mm)

$$s_{links} := 1000 \text{ mm}$$

$$A_{sw_i} := \begin{cases} \frac{V_{ed_i} \cdot s_{links}}{0.9 \cdot d_i \cdot f_{yd} \cdot \frac{1}{\tan(\theta_i)}} \\ 0 & \text{if } V_{Rdc_i} > |V_{ed_i}| \end{cases}$$

MINIMÁLNY STUPEŇ VYSTUŽENIA (na 1000 x 1000mm)

$$A_{sw_min_i} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{\text{MPa}}} \cdot \text{MPa} \cdot b_i \cdot s_{links}}{f_{yk}}$$
$$A_{prov_i} := \max(A_{sw_min_i}, A_{sw_i})$$

[illegible]

12 Posouzení průřezu na MSP

MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:

Vek betónu $t := 28$ days

Charakteristická medza klzu výstuže $f_{yk} = 500$ MPa

Súčiniteľ dotvarovania $\Phi := 1.5$

$E_s = 200$ GPa

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}(f_{cm}) \cdot 0.9} \cdot (1 + \Phi)$$

Súčiniteľ normálovej sily $k_1 := 1.5$

VÝPOČET ŠÍRKY TRHLÍN:

$$\rho_1 := \frac{A_{s1}}{b_i \cdot d_{e1}} \quad \rho_{21} := \frac{A_{scom1}}{b_i \cdot d_{e1}}$$

$$A_{s_min} \cdot \sigma_c = k_c \cdot k \cdot f_{ct_eff} \cdot A_{ct}$$

$$\sigma_{c_i} := \frac{N_{Ed1}}{b_i \cdot h_i}$$

$$h_1(h) := \text{if}(h < 1000, h, 1000)$$

$$\sigma_s := f_{yk}$$

$$f_{ct_eff}(t) := f_{ctm}(f_{ck}, f_{cm}, t)$$

$$\frac{h}{m} := \frac{h}{m}$$

Charakteristická pevnosť betónu v ťahu v čase $f_{ct_eff}(t) = 4.072$ MPa

$$k(h) := \begin{cases} 1 & \text{if } h \leq 300 \\ 1 - h \cdot 0.0004375 & \text{if } 300 < h \leq 800 \\ .65 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_c(t, i) := .4 \left(1 - \frac{\sigma_{c_i}}{\frac{k_1 \cdot h_i}{h_1(h)} \cdot f_{ct_eff}(t)} \right)$$

Poloha neutrálnej osi prierezu bez trhlín $x_{uncracked}$

$$x_{uncracked_i} := \frac{b_i \cdot \frac{(h_i, m)^2}{2} + b_i \cdot d_{e_i} \cdot (\alpha_e - 1) \cdot (\rho_i \cdot d_{e_i} + \rho_{2_i} \cdot d_{2_i})}{b_i \cdot h_i \cdot m + b_i \cdot d_{e_i} \cdot (\alpha_e - 1) \cdot (\rho_i + \rho_{2_i})}$$

Bar	kt	Doba trvania zaťaženia
1	0.4	long
4	0.4	long
11	0.4	long
14	0.4	long
14	0.4	long
18	0.4	long
22	0.4	long
25	0.4	long
38	0.4	long
38	0.4	long
42	0.4	long
42	0.4	long

Moment zotrvačnosti prierezu bez trhlín I_{u_i}

$$I_{u_i} := b_i \cdot \frac{(h_i \cdot m)^3}{12} + b_i \cdot h_i \cdot m \left(\frac{h_i \cdot m}{2} - x_{\text{uncracked}_i} \right)^2 + (\alpha_e - 1) \cdot \left[A_{s_i} \cdot (d_{e_i} - x_{\text{uncracked}_i})^2 \right] + A_{scom_i} \cdot (x_{\text{uncracked}_i} - d_{2_i})^2$$

Ohybový moment na medzi vzniku trhlín M_{cr}

$$M_{cr_i} := f_{ct_eff(t)} \cdot \frac{I_{u_i}}{(h_i \cdot m - x_{\text{uncracked}_i})}$$

Poloha neutrálnej osi prierezu s ohybovou trhlinou:

$$K_i := -\alpha_e \cdot (\rho_i + \rho_{2_i}) + \sqrt{\alpha_e^2 \cdot (\rho_i + \rho_{2_i})^2 + 2 \cdot \alpha_e \cdot \left(\rho_i + \rho_{2_i} \cdot \frac{d_{2_i}}{d_{e_i}} \right)}$$

$$x_{c_i} := K_i \cdot d_{e_i}$$

$$I_{c_transformed_i} := \frac{b_i \cdot (x_{c_i})^3}{3} + \alpha_e \cdot \rho_{2_i} \cdot b_i \cdot d_{e_i} \cdot (x_{c_i} - d_{2_i})^2 + \alpha_e \cdot \rho_i \cdot b_i \cdot d_{e_i} \cdot (d_{e_i} - x_{c_i})^2$$

Napätie v betóne pri ťahanom vlákne:

$$M_{e_i} := M_{app_i} + N_{Ek_i} \cdot kN \cdot e_1$$

$$\sigma_{concrete_i} := \frac{M_{e_i} \cdot x_{c_i}}{I_{c_transformed_i}} - \frac{N_{Ek_i}}{b_i \cdot h_i \cdot m} \cdot kN$$

Napätie vo výstuži pri ťahanom vlákne:

$$\sigma_{steel_i} := \sigma_{concrete_i} \cdot \alpha_e \cdot \frac{(d_{e_i} - x_{c_i})}{x_{c_i}} - \frac{N_{Ek_i}}{b_i \cdot h_i \cdot m} \cdot kN$$

Efektívna ťahaná plocha betónu:

$$A_{c_eff_i} := \min \left[\frac{h_i \cdot m}{2}, 2.5 \cdot (h_i \cdot m - d_{e_i}), \frac{(h_i \cdot m - x_{c_i})}{3} \right] \cdot b_i - A_{s_i}$$

$$\rho_{p_eff_i} := \frac{A_{s_i}}{A_{c_eff_i}}$$

Súčiniteľ súdržnosti výstuže $K_1 := .8$ Cl 7.2

Súčiniteľ rozdelenia pomerného pretvorenia $K_2 := 0.5$

$$K_3 := 3.4$$

$$K_4 := .425$$

Maximálna vzdialenosť

trhlín:

$$S_{r_max_i} := \text{if} \left[S_i, \text{mm} \leq 5 \cdot \left(C_{nom_i} + \frac{\phi_i}{2} \right), K_3 \cdot C_{nom_i} + K_1 \cdot K_2 \cdot K_4 \cdot \frac{\phi_i}{\rho_{p_eff_i}}, 1.3(h_i, m - x_{c_i}) \right]$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct_eff(t)} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p_eff})}{\rho_{p_eff}}}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Priemerná hodnota pomerného pretvorenia výstuže

$$\varepsilon_{sm_i} := \frac{\sigma_{steel_i}}{E_s}$$

Priemerná hodnota pomerného pretvorenia betónu medzi trhlinami

$$\varepsilon_{cm_i} := \frac{\left[k_{t_i} \cdot \frac{f_{ct_eff(t)} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p_eff_i})}{\rho_{p_eff_i}} \right]}{E_s}$$

Eq 7.9

$$\varepsilon_{cr_i} := \max \left(\varepsilon_{sm_i} - \varepsilon_{cm_i}, 6 \cdot \frac{\sigma_{steel_i}}{E_s} \right)$$

Šírka trhlíny $W_{k_i} := \text{if} \left[M_{e_i} \geq M_{cr_i}, S_{r_max_i}(\varepsilon_i), 0 \right]$ Eq 7.8

Bar	M _{cr} (kNm)	M Applied	σ concrete (MPa)	σ steel (MPa)	Crack Width (mm)
1	71	39.0	3.6	88.8	0.00
4	72	6.7	0.3	7.6	0.00
11	72	21.5	2.0	51.1	0.00
14	72	49.5	4.7	121.4	0.00
14	72	0.0	0.0	0.0	0.00
18	72	28.7	2.6	67.0	0.00
22	71	42.8	4.0	97.8	0.00
25	71	6.7	0.3	7.9	0.00
38	69	0.0	0.0	0.0	0.00
38	71	39.7	3.9	96.4	0.00
42	71	31.8	3.0	74.1	0.00
42	69	14.2	1.6	57.3	0.00

$$\left(\text{bar} \frac{M_{cr}}{1000} \frac{M_e}{1000} \frac{\sigma_{concrete}}{1000000} \frac{\sigma_{steel}}{1000000} W_k \cdot 1000 \right)$$

13 Napětí v základové spáře

Bar	Reaction (kN)	Case	L	n1	n2
39	35.29	LM1.1-VH-ULS-Service Min	3.6	8	17
40	33.71	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
41	36.11	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
42	39.04	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
43	30.35	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
44	19.08	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
45	36.53	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
46	28.79	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
30	28.79	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
31	36.53	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
32	19.08	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
33	30.35	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
34	39.04	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
35	36.11	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
36	33.71	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
37	35.29	LM1.1-VH-ULS-Service Min			
38	37.65	LM1.1-VH-ULS-Service Min			

Šírka základu:

$$L := Lm$$

Priemerna dĺžka elementu

$$L_{ave} := \frac{L}{n_1}$$

Suma reakcii pod ľavou časťou

$$F_{under_Lfooting} := \sum_{i=1}^{n_1} (F_i, kN)$$

$$F_{under_Lfooting} = 258.900 \cdot kN$$

Suma reakcii pod pravou časťou

$$F_{under_Rfooting} := \sum_{i=n_1+1}^{n_2} (F_i, kN)$$

$$F_{under_Rfooting} = 296.550 \cdot kN$$

Priemerne napätie v základovej špare $P_{ave_L} := \frac{F_{under_Lfooting}}{L \cdot 1m}$

$$P_{ave_L} = 71.917 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$P_{ave_R} := \frac{F_{under_Rfooting}}{L \cdot 1m}$$

$$P_{ave_R} = 82.375 \cdot \frac{kN}{m^2}$$