



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

ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ MONTOVANÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO SKELETU VÝROBNÍ HALY

ALTERNATIVE DESIGN OF THE PRECAST REINFORCED CONCRETE FRAME OF THE
PRODUCTION HALL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Konečný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Michal Konečný
Název	Alternativní řešení montovaného železobetonového skeletu výrobní haly
Vedoucí práce	Ing. Jan Perla
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Situace, stavební půdorysy a řezy, IGP

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura podle doporučení vedoucího diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhnete montovanou železobetonovou nosnou konstrukci výrobní haly včetně návrhu styků a spojů železobetonového skeletu – návrh vlastního zastřešení vypracujete ve více statických alternativách včetně orientačního ekonomického porovnání.

Vypracujete výkresy skladby zvolené varianty prefabrikované železobetonové konstrukce včetně detailů styků a spojů. Pro vybrané prefabrikáty zpracujete výrobní výkresy.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1×)

Popisný soubor závěrečné práce (1×)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujete a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Jan Perla
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je návrh nosné prefabrikované konstrukce montážního objektu. Součástí práce je návrh alternativního zastřešení včetně orientačního ekonomického srovnání. Analýza vnitřních sil byla provedena pomocí programu Dlubal RFEM 5.16. Pro zjištění očekávatelných výsledků byly nejprve vytvořeny jednoduché prutové modely, následně byl zpracován prostorový model konstrukce. Pro vybrané prvky železobetonového skeletu byl zpracován statický výpočet a výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

prefabrikovaná železobetonová konstrukce, železobeton, zastřešení, Gerberův nosník

ABSTRACT

The aim of the thesis is to design a load-bearing precast concrete structure of production facility. Part of the diploma thesis is to design alternative roofing construction including economic comparison. Internal forces analysis was processed by Dlubal RFEM 5.16 software. In order to find out the expected results, were created simple bar models and the spatial model of the structure was processed later. Structural design report was created for selected elements of the concrete structure including drawings.

KEYWORDS

precast concrete structure, reinforced concrete, roofing, Gerber beams

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Michal Konečný *Alternativní řešení montovaného železobetonového skeletu výrobní haly*. Brno, 2019. 38 s., 558 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Alternativní řešení montovaného železobetonového skeletu výrobní haly* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Michal Konečný
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Alternativní řešení montovaného železobetonového skeletu výrobní haly* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Michal Konečný
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Janu Perlovi za pomoc, ochotu a cenné rady, které mi poskytl během zpracování diplomové práce.

OBSAH

1	Úvod	11
2	Popis konstrukce	12
2.1	Stavební řešení objektu	12
2.2	Založení objektu	12
2.3	Vodorovné konstrukce	12
2.4	Svislé konstrukce	12
2.5	Obvodový plášť	12
2.6	Střešní plášť	13
3	Zatížení	13
3.1	Seznam zatěžovacích	13
3.2	Stálé zatížení	14
3.2.1	Vlastní tíha	14
3.2.2	Ostatní stálé zatížení	14
3.3	Proměnná zatížení	14
3.3.1	Užitné zatížení	14
3.3.2	Sníh	15
3.3.3	Vítr	15
3.4	Kombinace zatížení	15
4	Výpočtový model	16
4.1	Prutový model	16
4.1.1	Světlíková obruba	16
4.1.2	Výměna	16
4.1.3	Vazník	16
4.1.4	Průvlak – Gerberův nosník	17
4.2	Rovinný prutový model – příčný rám	17
4.3	Prostorový model	17
4.3.1	Porovnání výsledků	18
5	Materiály	19
5.1	Beton	19
5.2	Ocel	19
6	Porovnání variant	20
6.1	Varianta A	20
6.1.1	Popis	20
6.1.2	Zatížení	21
6.1.3	Vnitřní síly	21
6.1.4	Lineární průhyb od kvazistálé kombinace zatížení	22

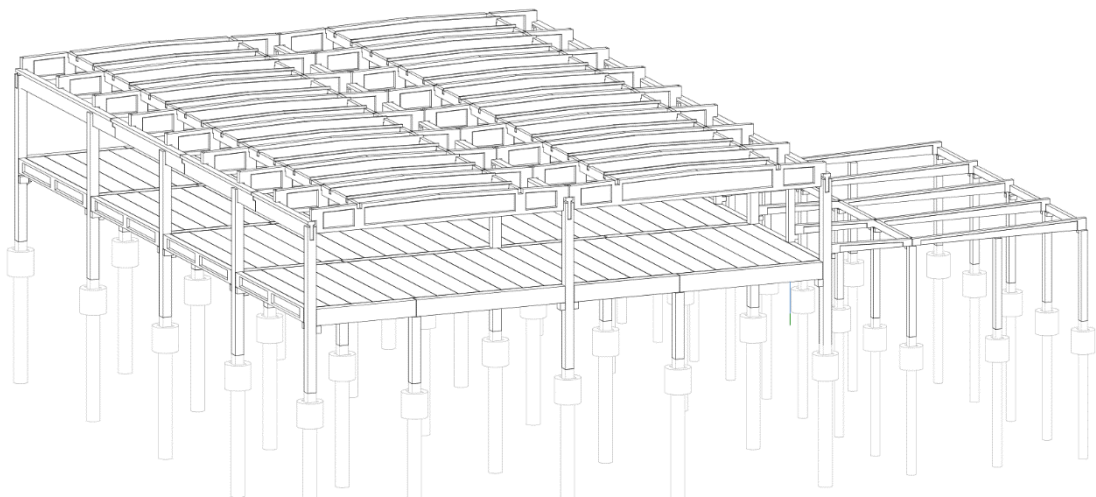
6.1.5	Vyztužení.....	22
6.2	Varianta B.....	23
6.2.1	Popis.....	23
6.2.2	Zatížení.....	24
6.2.3	Vnitřní síly.....	24
6.2.4	Lineární průhyb od kvazistálé kombinace zatížení.....	25
6.2.5	Vyztužení.....	25
6.3	Orientační ekonomické srovnání.....	26
6.3.1	Varianta A.....	26
6.3.2	Varianta B.....	26
6.3.3	Shodnocení.....	26
7	Navržené železobetonové prvky.....	27
7.1	Světlíková obruba O1.....	27
7.2	Výměna M1.....	27
7.3	Vazník V1.....	28
7.4	Průvlak P1.....	28
7.5	Sloup S1.....	29
7.6	Kalich K1.....	29

1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem variantního řešení zastřešení železobetonové prefabrikované konstrukce výrobní haly v Kvasinách. Montážní hala je navržena jako Severní přístavba montážní haly. Montážní hala je rozdělena do tří samostatných dilatačních celků s modulovou osnovou 18,0m x 12,0m. Montážní hala je navržena jako dvoulodní s přístavkem ze severní strany. Půdorysný rozměr hlavní haly 192,45m x 37m, přístavek 192,45 x 12,5. Dva dilatační celky hlavní haly jsou navrženy jako jednopodlažní, třetí úsek jako dvoupodlažní. Přístup do patra dvoupodlažního úseku bude řešen ze schodiště umístěném ve stávající hale montážního objektu.

Hala je navržena na severní straně stávajícího montážního objektu, se kterým bude komunikačně propojena, staticky spolu nespolečně působí.

Diplomová práce se zabývá řešením třetího úseku včetně orientačního ekonomického srovnání variant zastřešení. Podklady pro ekonomické porovnání byly získány od společnosti Prefa Brno. Na střešní konstrukci je uvažované užité zatížení podle požadavku investora, které je uvažované pro možné dodatečné zavěšení výrobního zařízení. Pro vybranou variantu byl proveden statický výpočet, výkresy sestavy dílců, detaily styků a výrobní výkresy vybraných prvků.



Obrázek 1 - 3D model konstrukce

2 POPIS KONSTRUKCE

2.1 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU

Konstrukce je řešena jako dvoupodlažní prefabrikovaná výrobní hala s dvěma hlavními a vedlejší lodí-přístavkem. Konstrukce nové haly je umístěna v proluce stávajících výrobních objektů. Konstrukce je tvořena příčným rámem s průvlaky a vazníky, v podélném směru jsou navrženy spojitě průvlaky, řešené jako Gerberův nosník s uložením ve vidlicích sloupů. Stropní konstrukce 2. NP je tvořena předpjatými TT panely, uloženými na ozuby průvlaků.

2.2 ZALOŽENÍ OBJEKTU

V diplomové práci není řešeno přesné založení objektu. Předpokládaný způsob založení je hlubinné na vrtaných pilotách do $\varnothing 1200\text{mm}$, maximální délky 9,00m, s monolitickými kalichovými hlavicemi. Betonáž hlavic bude provedena do připraveného bednění ve výkopu. Na dno výkopu bude proveden podkladní beton tl. 100mm. Po vybetonování a osazení sloupu je provedena zálivka.

Na celé ploše bude provedena železobetonová betonová podlaha tl.300 mm s epoxidovou stěrkou.

2.3 VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Střešní konstrukce je tvořena prefabrikovanými železobetonovými prvky. V podélném směru jsou navrženy spojitě průvlaky, které budou uloženy ve vidlicích sloupů. Střešní průvlaky jsou řešeny jako Gerberův nosník o čtyřech polích, rozpětí jednoho pole 12,00m. Na průvlaky jsou v příčném směru osazeny železobetonové sedlové vazníky se sklonem 2,5% Vazníky budou umístěny po 6,0m na rozpětí 18,0m. Pro osazení světlíků ve střešní konstrukci jsou navrženy světlíkové obruby, uložené na výměny, přenášející zatížení na vazníky. Střešní konstrukce přístavku je navržena z pultových vazníků po 6,00m o rozpětí 6,00m a 12,00. Vazníky budou uloženy na sloupy.

Vodorovné konstrukce 2.NP jsou navrženy z předpjatých TT panelů o rozpětí 12,00m, které jsou osazeny na ozuby průvlaků v kolmém směru. Na stropní panely bude provedena betonová podlaha s epoxidovým vsypem. Po obvodu haly jsou v podélném směru navrženy obvodové nosníky pro uložení sloupků, které jsou navrženy pro kotvení obvodového pláště. Obvodové nosníky jsou uloženy na konzolách sloupů.

2.4 SVISLÉ KONSTRUKCE

Sloupy hlavní haly jsou navrženy jako průběžné průřezu 600x600 mm s vidlicemi v hlavách sloupů. V úrovni 2. NP jsou navrženy konzoly pro uložení průvlaků. Sloupy vedlejší haly průřezu 450x450 mm. Sloupy budou osazeny do kalichu a provedena zálivka. Po provedení zálivky jsou sloupy uvažovány jako vetknuté.

Pro podporu obvodového pláště jsou navrženy sloupky 400x450 v 2NP, podporující obvodový plášť.

2.5 OBVODOVÝ PLÁŠŤ

Obvodový plášť je navržen z horizontálně kladených kovoplastických panelů s vloženou minerální izolací tl. 120 mm. Uchycení na nosnou konstrukci po 6,0 m.

2.6 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Střecha nové dvoulodní haly bude sedlová se sklonem 2,5% a naváže na stávající střechu montážní haly. Nosnou konstrukci střechy bude tvořit trapézový plech s povrchovou úpravou plastickou hmotou, osazený na nosné betonové konstrukci. Na plech budou kladeny izolační desky z minerálních vláken tl. 140 mm. Jako krytina je navržena PVC folie tl.1,5mm.

3 ZATÍŽENÍ

Podrobný výpočet zatížení viz příloha P2 – Statický výpočet.

3.1 SEZNAM ZATĚŽOVACÍCH

Tabulka 1 - Seznam zatěžovacích stavů

		Skupina	Popis	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
ZS1	Stálé	1	Souča sně	Vlastní tíha	-	-	-
ZS2			Ostatní stálé zatížení	-	-	-	
ZS3	Proměnné	2	-	Užitné - Střecha - kategorie H	0,00	0,00	0,00
ZS4		3	Střídavé	Užitné - Střecha - výroba - 1 - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS5				Užitné - Střecha - výroba - 2 - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS6				Užitné - Střecha - výroba - 3 - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS7				Užitné - Střecha - výroba - 1P - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS8				Užitné - Střecha - výroba - 1L - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS9				Užitné - Střecha - výroba - 2P - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS10				Užitné - Střecha - výroba - 2L - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS11				Užitné - Střecha - výroba - 3P - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS12				Užitné - Střecha - výroba - 3L - Kategorie E2	1,00	0,90	0,80
ZS13				4	Střídavé	Užitné - Strop nad 1NP - Kategorie E2	1,00
ZS14		Užitné - Strop nad 1NP - šach 1 - Kategorie E2	1,00			0,90	0,80
ZS15		Užitné - Strop nad 1NP - šach 2 - Kategorie E2	1,00			0,90	0,80
ZS16		Užitné - Strop nad 1NP - šach 3 - Kategorie E2	1,00			0,90	0,80
ZS17		Užitné - Strop nad 1NP - šach 4 - Kategorie E2	1,00			0,90	0,80
ZS18		Užitné - Strop nad 1NP - šach 5 - Kategorie E2	1,00			0,90	0,80
ZS19		Užitné - Strop nad 1NP - šach 6 - Kategorie E2	1,00			0,90	0,80
ZS20		5	-	Sníh	0,50	0,20	0,00
ZS21		6	Střídavé	Vítr severní - Sání	0,60	0,20	0,00
ZS22				Vítr severní - Tlak	0,60	0,20	0,00
ZS23	Vítr jižní - Sání			0,60	0,20	0,00	
ZS24	Vítr jižní - Tlak			0,60	0,20	0,00	
ZS25	Vítr východní - Sání			0,60	0,20	0,00	
ZS26	Vítr východní - Tlak			0,60	0,20	0,00	
ZS27	Vítr západní - Sání			0,60	0,20	0,00	
ZS28	Vítr západní - Tlak			0,60	0,20	0,00	

3.2 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

3.2.1 VLASTNÍ TÍHA

Vlastní tíha prvků skeletu generována programem Dlubal RFEM s uvažovanou objemovou tíhou betonu $\gamma_{\text{bet}}=25\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$.

3.2.2 OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Střešní plášť

Střešní plášť je tvořen trapézovým plechem, osazený na nosné betonové konstrukci. Izolační desky z minerálních vláken tl. 140 mm. Jako krytina z PVC folie tl.1,5mm.

$$g_{0k,sp} = 0,441 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Střešní světlík

$$g_{0k,ss} = 0,445 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Obvodový plášť

Kovoplastické panely s vloženou minerální izolací tl.120 mm připevněné na svislé nosné konstrukce -sloupy.

$$g_{0k,opt} = 0,213 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Podlaha 2NP

Podlaha druhého nadzemního podlaží je navržena jako betonová tl.120 mm s epoxidovou stěrkou.

$$g_{0k,pod} = 3,00 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

3.3 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

3.3.1 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Zatížení stropní konstrukce nad 1NP

Charakteristická hodnota zatížení – požadavek investora podle charakteru výroby.

$$q_{k,E2.2} = 7,50 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Zatížení střešní konstrukce

Kategorie E2 – Plochy pro skladování a průmyslovou činnost

Zatížení zavěšené na konstrukci zastřešení pro možnost dodatečné montáže výrobního zařízení. Požadavek 600 kg.m⁻²

$$q_{k,E2.1} = 6,00 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Kategorie H – Nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav

Charakteristická hodnota zatížení – $q_{kH} = 0,75 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ – dle ČSN EN 1991-1-1 – NA
Tabulka 6.10(CZ)

3.3.2 SNÍH

Sněhová oblast I $\Rightarrow s_k = 0,7 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$

$$s = 0,56 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

3.3.3 VÍTR

Zatížení větrem je uvažováno na střešní plášť a severní stranu montážní haly. Ostatní strany jsou skryté stávajícími montážními halami.

Větrová oblast: oblast II $\Rightarrow v_{b,0} = 25,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Kategorie terénu III

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,00 = 25,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = 0,715 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

3.4 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Pro návrh prvků skeletu byly použity kombinace 6.10a a 6.10b generované programem Dlubal RFEM 5.16. Pro výpočet sloupu a kalichu byly provedeny ruční výpočty kombinací vnitřních sil pro získání N_{min} , N_{max} , M_{min} , M_{max} a odpovídajících sil, viz příloha P3.3. Ruční výpočet extrémních hodnot normálové síly a ohybového momentu se shoduje s kombinacemi provedenými automaticky programem RFEM.

4 VÝPOČTOVÝ MODEL

Pro výpočet bylo vytvořeno několik modelů s postupnou složitostí, od prutových modelů prostých nosníků pro prvotní ověření dimenzí železobetonových průřezů a kontrolu výsledků na složitějších výpočtových modelech, až po prostorový prutový model. Jednoduché prutové modely byly použity pro porovnání variant zastřešení. Výpočet byl proveden programem pro výpočet metodou konečných prvků Dlubal RFEM 5.

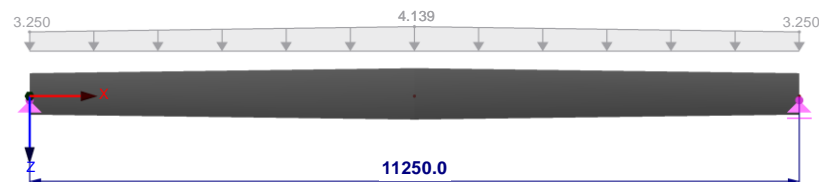
4.1 PRUTOVÝ MODEL

Jednoduché prutové modely byly použity pro výpočet zatížení na střešní průvlak při porovnání variant zastřešení, kontrolu výsledků na prostorovém modelu a posouzení prvků ve stádiu výroby, přepravy a montáže.

4.1.1 SVĚTLÍKOVÁ OBRUBA

ZS 1: Vlastní tíha
Zatížení [kN/m]

Proti směru osy Y

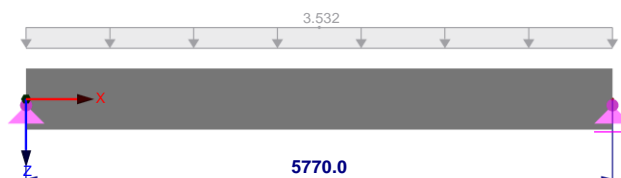


Obrázek 2 - Prutový model světříkové obruby

4.1.2 VÝMĚNA

ZS 1: Vlastní tíha
Zatížení [kN/m]

Proti směru osy Y

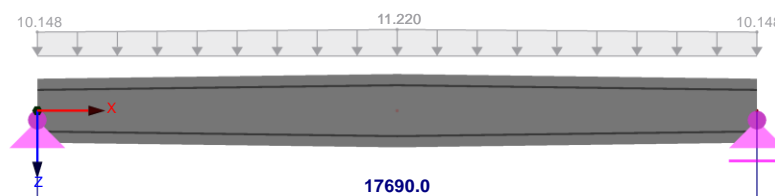


Obrázek 3 - Prutový model výměny

4.1.3 VAZNÍK

ZS 1: Vlastní tíha
Zatížení [kN/m]

Proti směru osy Y

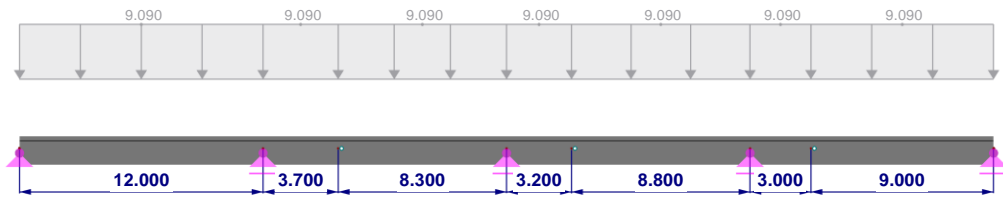


Obrázek 4 - Prutový model vazníku

4.1.4 PRŮVLAK – GERBERŮV NOSNÍK

ZS 1: Vlastní tíha
Zatížení [kN/m]

Proti směru osy Y



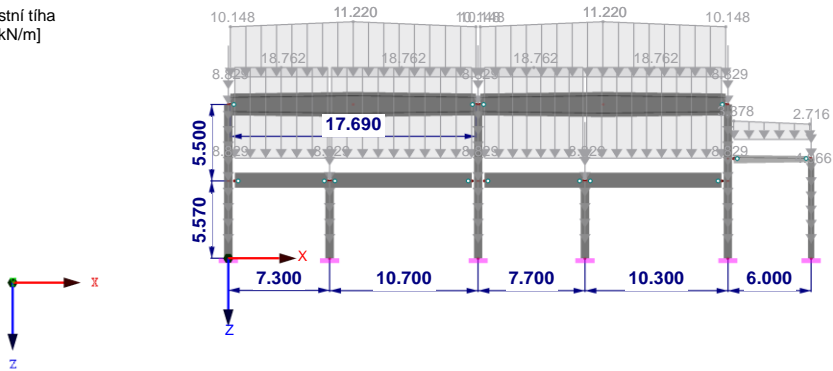
Obrázek 5 - Prutový model Gerberova nosníku

4.2 ROVINNÝ PRUTOVÝ MODEL – PŘÍČNÝ RÁM

Model vytvořený pro kontrolu výsledků vypočtených na prostorovém modelu.

ZS 1: Vlastní tíha
Zatížení [kN/m]

Proti směru osy Y



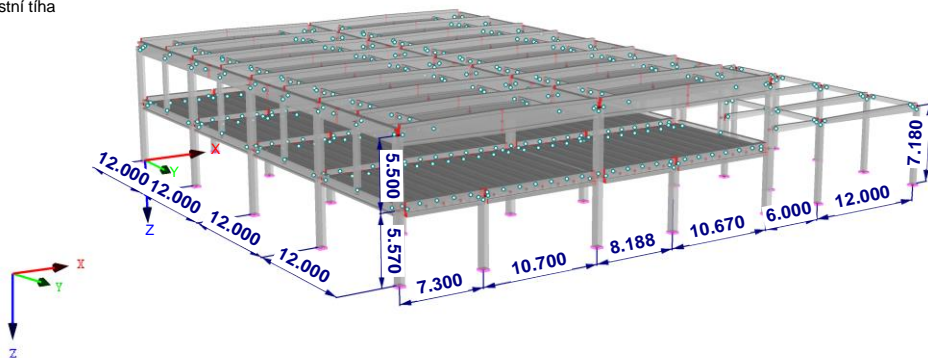
Obrázek 6 - Rovinný model příčného rámu

4.3 PROSTOROVÝ MODEL

Prostorový model použitý pro statické posouzení železobetonových prvků. Správnost prostorového modelu ověřena prutovými a rovinným modelem.

ZS 1: Vlastní tíha

Perspektiva



Obrázek 7 - Prostorový model konstrukce

4.3.1 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

Porovnání výsledků na vybraných prvcích pro zatěžovací stav ZS1 – Vlastní tíha a ZS2 – Ostatní stálé zatížení.

Tabulka 2 - Porovnání výsledků použitých modelů - ZS1 + ZS2

OZN	Popis	Prutový	Rovinný	Prostorový
		My [kNm]		
O1	Světlíková obruba		-	74,533
M1	Výměna		-	52,905
V1	Vazník		695,001	694,591
P1.1	Průvlak P1 - pole 1	803,066	-	799,076
P1.2	Průvlak P1 - pole 2	478,488	-	481,482
P1.3	Průvlak P1 - pole 3	475,324	-	481,061
P1.4	Průvlak P1 - pole 4	799,321	-	797,809
S1 - Pata	Sloup	-	4,887	8,467
S1 - Střed 1	Sloup	-	58,266	54,396
S1 - Střed 2	Sloup	-	12,739	15,913
S1 - Hlava	Sloup	-	0,000	0,000
		N [kN]		
S1 - Pata	Sloup	-	-922,637	-918,049
S1 - Střed 1	Sloup	-	-971,197	-966,609
S1 - Střed 2	Sloup	-	-2010,239	-1994,976
S1 - Hlava	Sloup	-	-2059,417	-2044,154

Získané výsledky vypočtené na prostorovém modelu konstrukce jsou se dobře shodují s jednoduššími modely částí konstrukce.

5 MATERIÁLY

5.1 BETON

Světlíková obruba: O1 - C25/30 - XC1 - CI 0,4 - D_{max} 16

Výměna M1: - C25/30 - XC1 - CI 0,4 - D_{max} 16

Vazník V1: - C45/55 - XC1 - CI 0,4 - D_{max} 16

Průvlak P1: - C45/55 - XC1 - CI 0,4 - D_{max} 16

Sloup S1: - C30/37 - XC1 - CI 0,4 - D_{max} 16

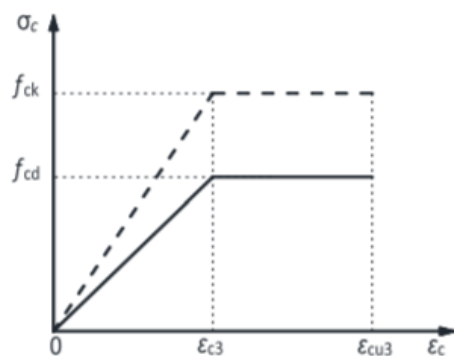
Kalichová hlavice K1: - C30/37 - XC2 - CI 0,4 - D_{max} 16 - S3

Uvažovaný návrhový pracovní diagram: bilineární pracovní diagram

Bilineární pracovní diagram

$$\sigma_c = f_{cd} \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c3}} \quad \text{pro } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{pro } \varepsilon_{c3} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu3}$$



Obrázek 8 - Návrhový pracovní diagram betonu

5.2 OCEL

Světlíková obruba: O1 - B500B

Výměna M1: - B500B

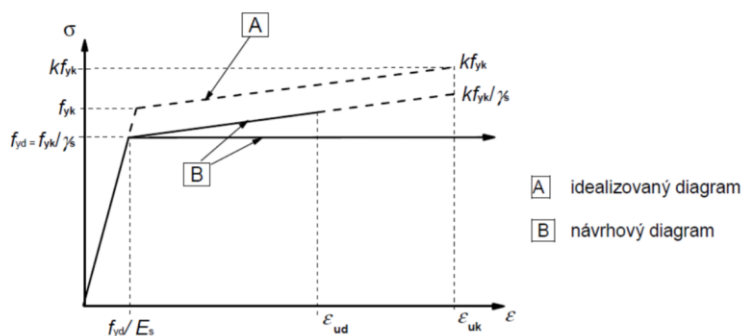
Vazník V1: - B50B

Průvlak P1: - B550B

Sloup S1: - B550B

Kalichová hlavice K1: - B500B

Uvažovaný návrhový pracovní diagram: bilineární pracovní diagram

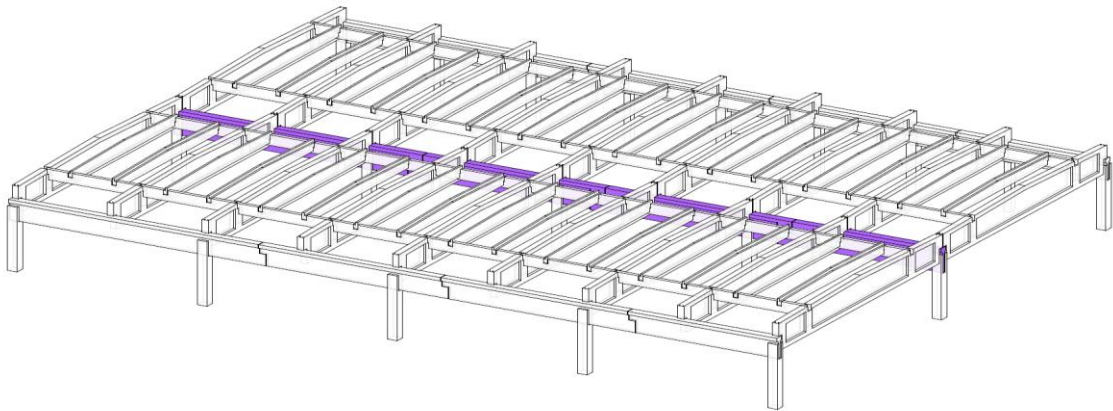


Obrázek 9 - Návrhový pracovní diagram výztuže

6 POROVNÁNÍ VARIANT

Variantní návrh zastřešení výrobní haly. Z důvodu požadavku možného dodatečného zavěšení výrobního zařízení na střešní konstrukci je zachován v obou variantách rozměr sedlového vazníku a rozmístění po 6,00m. Z důvodu prosvětlení prostoru pod střešní konstrukcí jsou v obou variantách zachováno řešení se světlíkovými obrubami a výměnami. Variantní řešení je tedy zaměřeno na uspořádání střešního průvlaku v podélném směru.

6.1 VARIANTA A



Obrázek 10 - 3D model konstrukce zastřešení varianty A

6.1.1 POPIS

Střešní průvlaky jsou řešeny jako Gerberův nosník o čtyřech polích, rozpětí jednoho pole 12,00m. Na průvlaky jsou v příčném směru osazeny železobetonové sedlové vazníky se sklonem 2,5%. Vazníky budou umístěny po 6,0m na rozpětí 18,0m. Pro osazení světlíků ve střešní konstrukci jsou navrženy světlíkové obruby, uložené na výměny, přenášející zatížení na vazníky.

6.1.2 ZATÍŽENÍ

Tabulka 3 - Zatížení průvlaku P1 - Varianta A

	Popis	R _{b,V2}	M _{ex}	R _{a,V1}	M _{ex}
		[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
ZS1	Vlastní tíha průvlaku P1	x	x	x	x
ZS2	Vlastní tíha vazníků	94,503	-14,175	94,503	14,175
	Ostatní stálé zatížení	84,626	-12,694	84,626	12,694
ZS3	Užitné - Střecha - kategorie H	39,797	-5,970	39,797	5,970
ZS4	Užitné - Střecha - výroba - 1 - Kategorie E2	317,880	-47,682	317,880	47,682
ZS5	Užitné - Střecha - výroba - 2 - Kategorie E2	253,944	-38,092	253,944	38,092
ZS6	Užitné - Střecha - výroba - 3 - Kategorie E2	381,216	-57,182	381,216	57,182
ZS7	Užitné - Střecha - výroba - 1P - Kategorie E2	0,000	0,000	317,880	47,682
ZS8	Užitné - Střecha - výroba - 1L - Kategorie E2	317,880	-47,682	0,000	0,000
ZS9	Užitné - Střecha - výroba - 2P - Kategorie E2	0,000	0,000	253,944	38,092
ZS10	Užitné - Střecha - výroba - 2L - Kategorie E2	253,944	-38,092	0,000	0,000
ZS11	Užitné - Střecha - výroba - 3P - Kategorie E2	0,000	0,000	381,216	57,182
ZS12	Užitné - Střecha - výroba - 3L - Kategorie E2	381,216	-57,182	0,000	0,000
ZS20	Sníh	29,776	-4,466	29,776	4,466
ZS21	Vítr severní - Sání	-9,962	1,494	-14,273	-2,141
ZS22	Vítr severní - Tlak	9,962	-1,494	-4,766	-0,715
ZS23	Vítr jižní - Sání	-9,962	1,494	-9,962	-1,494
ZS24	Vítr jižní - Tlak	9,962	-1,494	9,962	1,494
ZS25	Vítr východní - Sání	-9,962	1,494	-9,962	-1,494
ZS26	Vítr východní - Tlak	9,962	-1,494	9,962	1,494
ZS27	Vítr západní - Sání	-9,962	1,494	-9,962	-1,494
ZS28	Vítr západní - Tlak	9,962	-1,494	9,962	1,494

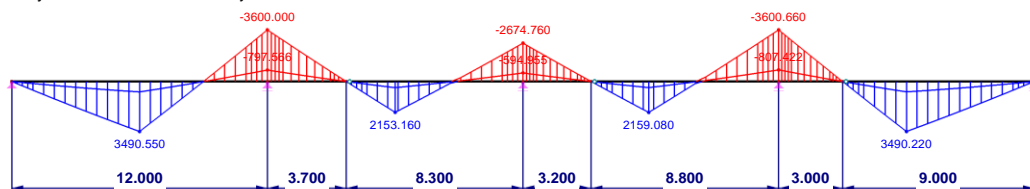
6.1.3 VNITŘNÍ SÍLY

KV 22: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10a a 6.10b

Proti směru osy Y

Vnitřní síly M-y

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

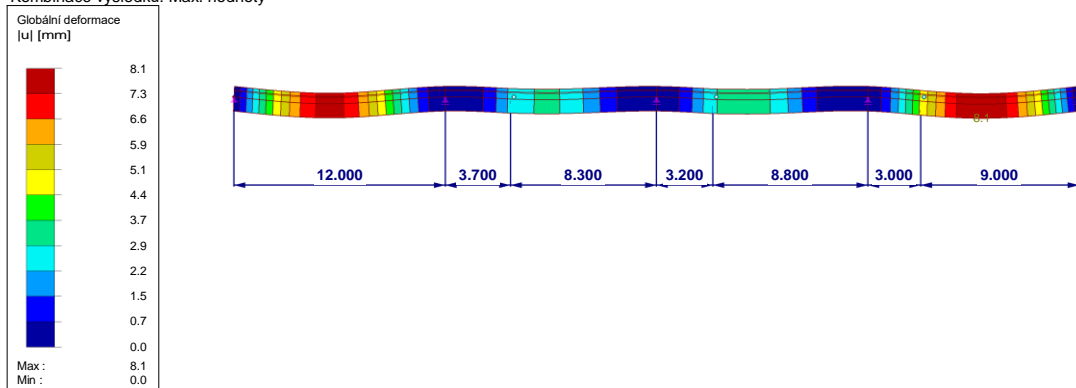


Obrázek 11 - Průběh ohybových momentů na průvlaku P1 – varianta A

6.1.4 LINEÁRNÍ PRŮHYB OD KVAZISTÁLÉ KOMBINACE ZATÍŽENÍ

KV 26: MSP - kvazistálá
Globální deformace u
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Proti směru osy Y



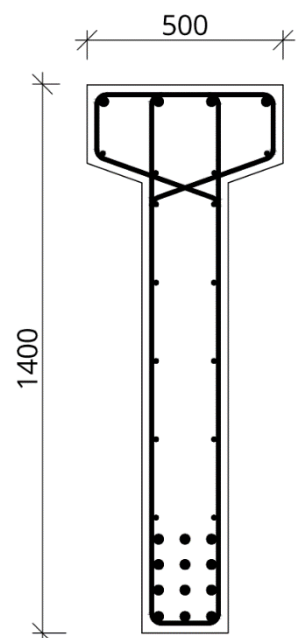
Obrázek 12 - Lineární průhyb od kvazistálé kombinace - varianta A

6.1.5 VYZTUŽENÍ

Nutné vyztužení krajního pole Gerberova nosníku.

Tabulka 4 - Vyztužení průvlaku P1 - varianta A

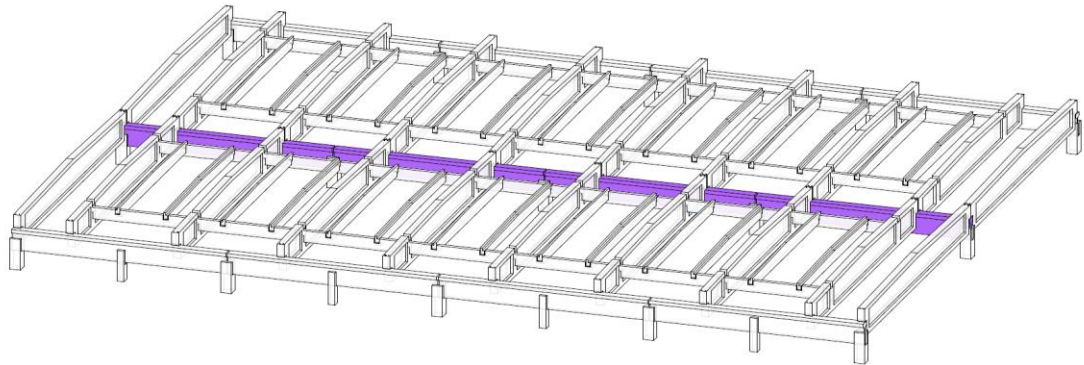
	φ [mm]	n [ks]	d1 [mm]	d [mm]	As [mm ²]
1	25	3	42,5	1357,5	1472,622
2	25	3	110	1290	1472,622
3	25	3	175	1225	1472,622
4	25	3	240	1160	1472,622
5	12	2	295	1105	226,195
6	12	2	495	905	226,195
7	12	2	695	705	226,195
8	12	2	895	505	226,195
9	12	2	1095	305	226,195
10	12	2	1175	225	226,195
11	12	2	1225	175	226,195
12	25	4	1357,5	42,5	1963,495
					9437,344



Obrázek 13 - Schéma vyztužení - varianta A

$M_{Rd} = 3678,77 \text{ kNm}$

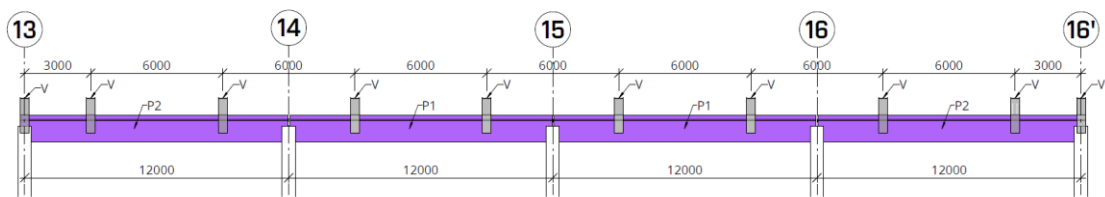
6.2 VARIANTA B



Obrázek 14 - 3D model konstrukce zastřešení - varianta B

6.2.1 POPIS

Spojité střešní průvlak je nahrazen čtyřmi prostými nosníky na rozpon 12,00m. Na průvlaky jsou v příčném směru osazeny železobetonové sedlové vazníky se sklonem 2,5%. Vazníky budou umístěny po 6,0m na rozpětí 18,0m. Pro osazení světlíků ve střešní konstrukci jsou navrženy světlíkové obruby, uložené na výměny, přenášející zatížení na vazníky.



Obrázek 15 - Střešní průvlaky - varianta B

6.2.2 ZATÍŽENÍ

Zatížení reakcemi vazníků na průvlak.

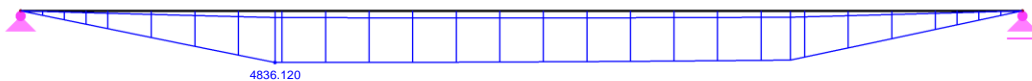
Tabulka 5 - Zatížení průvlaku P1 - varianta B

	Popis	$R_{b,V2}$	M_{ex}	$R_{a,V1}$	M_{ex}
		[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
ZS1	Vlastní tíha průvlaku P1	x	x	x	x
ZS2	Vlastní tíha vazníků	94,503	-14,175	94,503	14,175
	Ostatní stálé zatížení	84,626	-12,694	84,626	12,694
ZS3	Užitné - Střecha - kategorie H	39,797	-5,970	39,797	5,970
ZS4	Užitné - Střecha - výroba - 1 - Kategorie E2	317,880	-47,682	317,880	47,682
ZS5	Užitné - Střecha - výroba - 2 - Kategorie E2	253,944	-38,092	253,944	38,092
ZS6	Užitné - Střecha - výroba - 3 - Kategorie E2	381,216	-57,182	381,216	57,182
ZS7	Užitné - Střecha - výroba - 1P - Kategorie E2	0,000	0,000	317,880	47,682
ZS8	Užitné - Střecha - výroba - 1L - Kategorie E2	317,880	-47,682	0,000	0,000
ZS9	Užitné - Střecha - výroba - 2P - Kategorie E2	0,000	0,000	253,944	38,092
ZS10	Užitné - Střecha - výroba - 2L - Kategorie E2	253,944	-38,092	0,000	0,000
ZS11	Užitné - Střecha - výroba - 3P - Kategorie E2	0,000	0,000	381,216	57,182
ZS12	Užitné - Střecha - výroba - 3L - Kategorie E2	381,216	-57,182	0,000	0,000
ZS20	Sníh	29,776	-4,466	29,776	4,466
ZS21	Vítr severní - Sání	-9,962	1,494	-14,273	-2,141
ZS22	Vítr severní - Tlak	9,962	-1,494	-4,766	-0,715
ZS23	Vítr jižní - Sání	-9,962	1,494	-9,962	-1,494
ZS24	Vítr jižní - Tlak	9,962	-1,494	9,962	1,494
ZS25	Vítr východní - Sání	-9,962	1,494	-9,962	-1,494
ZS26	Vítr východní - Tlak	9,962	-1,494	9,962	1,494
ZS27	Vítr západní - Sání	-9,962	1,494	-9,962	-1,494
ZS28	Vítr západní - Tlak	9,962	-1,494	9,962	1,494

6.2.3 VNITŘNÍ SÍLY

KV 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10a a 6.10b
Vnitřní síly M-y
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Proti směru osy Y



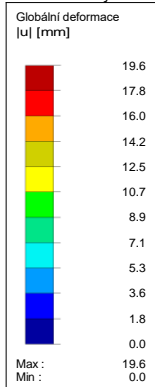
Obrázek 16 - Průběh ohybových momentů na průvlaku P1 - varianta B

$M_{Ed} = 4\,836,120 \text{ kNm}$

6.2.4 LINEÁRNÍ PRŮHYB OD KVAZISTÁLÉ KOMBINACE ZATÍŽENÍ

KV 3: MSP - kvazistálá
Globální deformace u
Kombinace výsledků: Max. hodnoty

Proti směru osy Y



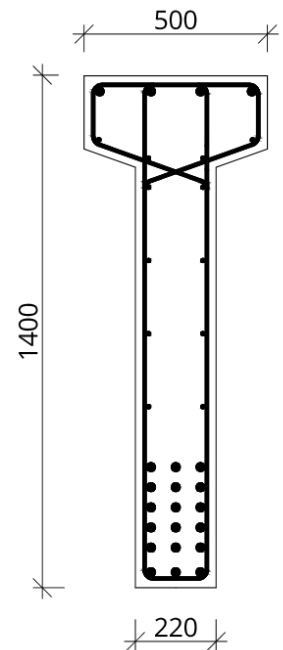
Obrázek 17 - Lineární průhyb od kvazistálé kombinace - varianta B

6.2.5 VYZTUŽENÍ

Pro dosažení požadované únosnosti při zachování stejné výšky průřezu je nutné velké množství výztuže. Maximální stupeň vyztužení pro daný průřez $A_{s,max} = 14840 \text{ mm}^2$.

Tabulka 6 - Vyztužení průvlaku P1 - varianta B

	φ [mm]	n [ks]	d1 [mm]	d [mm]	A_s [mm ²]
1	25	3	42,5	1357,5	1472,622
2	25	3	110	1290	1472,622
3	25	3	165	1235	1472,622
4	25	3	220	1180	1472,622
5	25	3	275	1125	1472,622
6	25	3	330	1070	1472,622
7	12	2	495	905	226,195
8	12	2	695	705	226,195
9	12	2	895	505	226,195
10	12	2	1095	305	226,195
11	12	2	1175	225	226,195
12	12	2	1225	175	226,195
13	25	4	1357,5	42,5	1963,495
					12156,393



Obrázek 18 - Schéma vyztužení - varianta B

$M_{Rd} = 4850,95 \text{ kNm}$

6.3 ORIENTAČNÍ EKONOMICKÉ SROVNÁNÍ

Pro orientační ekonomické srovnání jsou použity orientační ceny betonových prutových prvků za m³ zjištěné ve společnosti **Prefa Brno**. Podle stupně vyztužení se u **sloupů** pohybují ceny asi kolem 13 000 Kč až 14 000 Kč za m³, u **vazníků a prutových prvků** se ceny pohybují ceny asi kolem 14 000 Kč až 17 000 Kč za m³.

6.3.1 VARIANTA A

Tabulka 7 - Orientační ekonomické srovnání - varianta A

Prvek	Počet [ks]	Objem [m ³]	Cena za m ³ [kč]	Cena za prvek [kč]	Cena celkem [kč]
Světlíková obruba	32	1,700	14 000,00 Kč	23 800,00 Kč	761 600,00 Kč
Výměna	32	0,820	14 000,00 Kč	11 480,00 Kč	367 360,00 Kč
Vazník	18	8,200	17 000,00 Kč	139 400,00 Kč	2 509 200,00 Kč
Průvlak P1.1	3	6,290	16 000,00 Kč	100 640,00 Kč	301 920,00 Kč
Průvlak P1.2	3	5,000	16 000,00 Kč	80 000,00 Kč	240 000,00 Kč
Průvlak P1.3	3	5,120	16 000,00 Kč	81 920,00 Kč	245 760,00 Kč
Průvlak P1.4	3	3,790	16 000,00 Kč	60 640,00 Kč	181 920,00 Kč
Cena celkem:					4 607 760,00 Kč

6.3.2 VARIANTA B

Tabulka 8 - Orientační ekonomické srovnání - varianta B

Prvek	Počet [ks]	Objem [m ³]	Cena za m ³ [kč]	Cena za prvek [kč]	Cena celkem [kč]
Světlíková obruba	28	1,700	14 000,00 Kč	23 800,00 Kč	666 400,00 Kč
Výměna	28	0,820	14 000,00 Kč	11 480,00 Kč	321 440,00 Kč
Vazník	20	8,200	17 000,00 Kč	139 400,00 Kč	2 788 000,00 Kč
Průvlak P1.1	12	4,700	17 000,00 Kč	79 900,00 Kč	958 800,00 Kč
Cena celkem:					4 734 640,00 Kč

6.3.3 SHODNOCENÍ

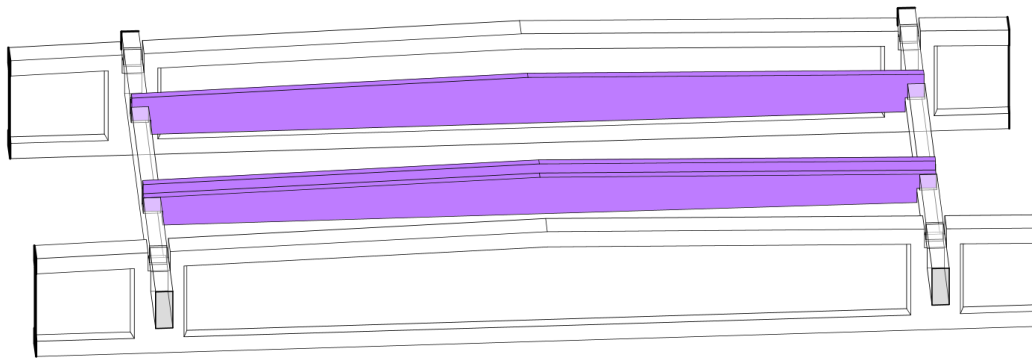
Variantu A je možné považovat za vhodnější uspořádání střešní konstrukce. Podélný průvlak navržený jako Gerberův nosník je staticky výhodnější. Umožňuje lepší uspořádání výztuže (rozdělení mezi horní a spodní povrch), rovněž bude vykazovat mnohem menší deformace. Nevýhodou je nutnost návrhu ozubů Gerberova nosníku. Variantu A je složitější z hlediska výroby a montáže. Z orientačního ekonomického srovnání lze považovat variantu A za výhodnější.

Varianta B je výhodnější z hlediska výroby a montáže. Prosté nosníky průvlaku vyžadují velké množství výztuže u spodního povrchu. Lze také očekávat velké deformace a z toho důvodu nutné zvětšení průřezu.

7 Navržené železobetonové prvky

7.1 SVĚTLÍKOVÁ OBRUBA O1

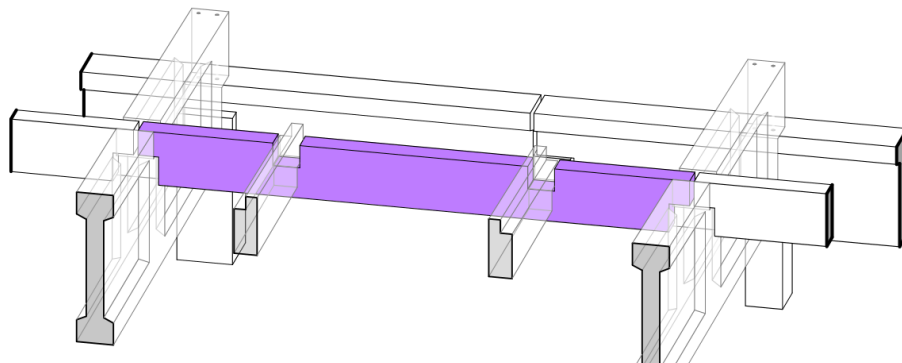
Střešní prvek sloužící pro uložení střešního světlíku. Světlíková obruba je navržena jako kloubově uložena na výměnu Efektivní rozpětí světlíkové obruby $l_{\text{eff}} = 11,250$ m. Světlíková obruba je navržena proměnné výšky, výška v polovině rozpětí 750 mm, šířka 250 mm. Na koncích světlíkové obruby jsou navrženy ozuby pro uložení na výměnu. Prvek je navržen na namáhání ohybovým momente, posouvající silou. Ozub nosníku je posouzen v programu IDEA StatiCa 9. Přetvoření prvku je ověřeno kontrolou limitní ohybové štíhlosti. Prvek je posouzen ve stádiu výroby a montáže. Posouzení požární odolnosti provedeno zjednodušenou metou s použitím tabulek. Prvek je navržen z betonu C25/30 s použitím betonářské výztuže B500B.



Obrázek 19 - Světlíková obruba

7.2 VÝMĚNA M1

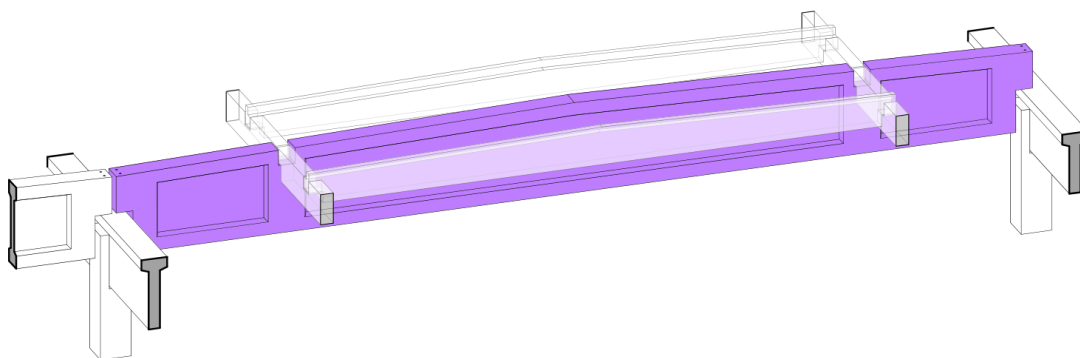
Střešní prvek sloužící pro přenesení zatížení světlíkové obruby na střešní vazník. Výměna je navržena jako kloubově uložena na vazník. Efektivní rozpětí světlíkové obruby $l_{\text{eff}} = 5,770$ m. Výška světlíkové obruby 600 mm, šířka 240 mm. Na koncích světlíkové obruby jsou navrženy ozuby pro uložení na vazník. Prvek je navržen na namáhání ohybovým momente, posouvající silou. Ozub nosníku je posouzen v programu IDEA StatiCa 9. Přetvoření prvku je ověřeno kontrolou limitní ohybové štíhlosti. Prvek je posouzen ve stádiu výroby a montáže. Posouzení požární odolnosti provedeno zjednodušenou metou s použitím tabulek. Prvek je navržen z betonu C25/30 s použitím betonářské výztuže B500B.



Obrázek 20 - Střešní výměna

7.3 VAZNÍK V1

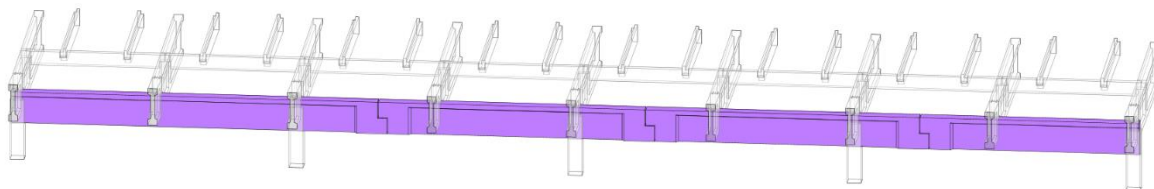
Střešní prvek sloužící pro přenesení zatížení od střešní konstrukce na podélné průvlaky. Vazník je navržen jako kloubový nosník uložený na podélné průvlaky. Efektivní rozpětí střešního vazníku $l_{eff} = 17,690$ m. Vazník je navržen proměnné výšky, průřez tvaru I. Výška v polovině rozpětí 1 800 mm. Prvek je navržen na namáhání ohybovým momentem a posouvací silou. Na koncích vazníku jsou navrženy ozuby pro uložení na průvlaky. Ozub nosníku je posouzen v programu IDEA StatiCA 9. Přetvoření prvku je ověřeno výpočtem. Prvek je posouzen ve stádiu výroby a montáže. Posouzení požární odolnosti provedeno zjednodušenou metou s použitím tabulek. Prvek je navržen z betonu C45/55 s použitím betonářské výztuže B550B.



Obrázek 21 - Vazník

7.4 PRŮVLAK P1

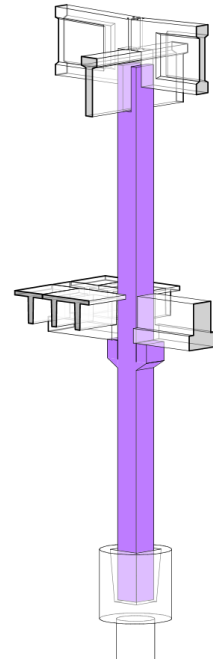
Podélný průvlak navržený jako Gerberův nosník o 4 polích. Rozpon jednotlivých polí 12,00 m. Průvlak je navržen tvaru T, výška průvlaku 1 400 mm. Návrh průvlaku je rozdělen do čtyř částí podle jednotlivých prvků – P1.1 až P1.4. Průvlak prochází přes hlavy sloupů, uložení průvlaku ve vidlici. Průvlak přenáší zatížení ze střešní konstrukce do sloupu. Průvlak je navržen na namáhání ohybovým momentem a posouvací silou. Kloubové spoje nosníků jsou navrženy z protilehlých ozubů. Ozuby jsou posouzeny v IDEA Statica 9, proveden ruční výpočet ozubu průvlaku P1.1 metodou vzpěra-táhlo. Přetvoření prvku je ověřeno výpočtem. Prvek je posouzen ve stádiu výroby a montáže. Posouzení požární odolnosti provedeno zjednodušenou metou s použitím tabulek. Prvek je navržen z betonu C45/55 s použitím betonářské výztuže B550B.



Obrázek 22 - Průvlak P1

7.5 SLOUP S1

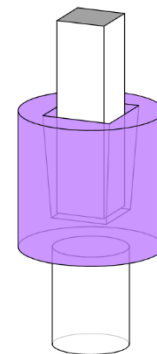
Sloup navržený jako průběžný přes dvě podlaží. V úrovni stropu 1NP jsou navrženy konzoly pro uložení stropních průvlaků. Průvlak brání vybočení sloupu v rovině příčného rámu. V rovině kolmo na rám brání vybočení sloupu stopní konstrukce z prefabrikovaných TT panelů, na kterých bude provedena betonová podlaha tl. 120 mm. Sloup je vetknutý do kalichové hlavice. Po provedení závlivky je sloup považovaný za vetknutý. Povrchová úprava sloupu i kalichu – obtisk bednění. Sloup navržený na namáhání ohybovým momentem a normálovou silou. Posouzení provedeno v rovině rámu a v rovině kolmo na rám s uvažováním složeného namáhání v obou směrech. V obou směrech byly uvažovány kombinace N_{min} , N_{max} , M_{nim} , M_{max} . Posouzení bylo provedeno ve čtyřech řezech – pata sloupu, střed 1, střed 2 a hlava sloupu. Konzoly jsou posouzeny v programu IDEA StatiCa 9. Hlava sloupu je opatřena vidlicí pro uložení průvlaků. Prvek je posouzen ve stádiu výroby a montáže. Prvek je navržen z betonu C45/55 s použitím betonářské výztuže B550B.



Obrázek 23 - Sloup S1

7.6 KALICH K1

Kalichová hlavice piloty je navržena z monolitického železobetonu. Průměr kalichové hlavice 1700 mm, výška kalichu 1650 mm, tloušťka dna kalichu 400 mm, vybrání kalichu ve tvaru čtyřstěnného komolého jehlanu s výškou 1250 mm, délka hrany spodní podstavy 700 mm, délka hrany horní podstavy 850 mm. Posouzení objímky kalichu podle [10] a [11]. Posouzení objímky na odtržení od dna kalichu na kombinaci normálové síly a ohybového momentu. Povrchová úprava vnitřních stěn kalichu – obtisk bednění. Kalichová hlavice je provedena po vybetonování vrtaných pilot. Před prováděním bednění je nutné zhotovit pokladní beton tl. 100 mm. Prvek je navržen z betonu C30/37 s použitím betonářské výztuže B500B.



Obrázek 24 - Kalich K1

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala alternativním návrhem způsobu zastřešení montážní haly. Byly porovnávány dva způsoby provedení střešních průvlaků, včetně orientačního ekonomického srovnání. Následně byla vybrána varianta s průvlakem navrženým jako Gerberův nosník. K vybrané variantě byl zpracován prostorový model konstrukce v programu Dlubal RFEM s dílčími jednoduchými modely, které sloužily pro kontrolu výsledků. Bylo provedeno statické posouzení vybraných prvků prefabrikované železobetonové konstrukce. K vybraným prvkům byla zpracována výkresová dokumentace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 1990: EUROKÓD: ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ. PRAHA: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [2] ČSN 73 1201: NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB. PRAHA: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2010.
- [3] ČSN EN 1991-1-1: EUROKÓD 1: ZATÍŽENÍ KONSTRUKCÍ - ČÁST 1-1: OBECNÁ ZATÍŽENÍ - OBJEMOVÉ TÍHY, VLASTNÍ TÍHA A UŽITNÁ ZATÍŽENÍ POZEMNÍCH STAVEB. PRAHA: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [4] ČSN EN 1992-1-1: EUROKÓD 2: NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ - ČÁST 1-1: OBECNÁ PRAVIDLA A PRAVIDLA PRO POZEMNÍ STAVBY. PRAHA: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [5] ČSN EN 13670 (73 2400) PROVÁDĚNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ. PRAHA: ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2010.
- [6] ČSN EN 13225 (723052) BETONOVÉ PREFABRIKÁTY - TYČOVÉ NOSNÉ PRVKY. PRAHA: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2013.
- [7] ČSN EN 13369 (723001) SPOLEČNÁ USTANOVENÍ PRO BETONOVÉ PREFABRIKÁTY. PRAHA: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2013.
- [8] PROCHÁZKA, JAROSLAV. NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ: PŘÍRUČKA K ČSN EN 1992-1-1 A ČSN EN 1992-1-2. PRAHA: PRO MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ A ČESKOU KOMORU AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE VÝSTAVBĚ (ČKAIT) VYDALO INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT, 2010. TECHNICKÁ KNIŽNICE (ČKAIT). ISBN 9788087438039.
- [9] ZICH, MILOŠ. PŘÍKLADY POSOUZENÍ BETONOVÝCH PRVKŮ DLE EUROKÓDŮ. PRAHA: DASHÖFER, 2010. ISBN 9788086897387.
- [10] STRUCTURAL CONNECTIONS FOR PRECAST CONCRETE BUILDINGS: GUIDE TO GOOD PRACTICE PREPARED BY TASK GROUP 6.2. LAUSANNE: INTERNATIONAL FEDERATION FOR STRUCTURAL CONCRETE (FIB), c2008. FIB BULLETIN. ISBN 978-2-88394-083-3.
- [11] ELLIOTT, KIM S. . BOSTON, MA: BUTTERWORTH-HEINEMANN, 2002. ISBN 0750650842.
- [12] HELA, RUDOLF A VLASTIMIL ŠRŮMA. POHLEDOVÝ BETON: TECHNICKÁ PRAVIDLA ČBS 03. PRAHA: ČBS SERVIS, 2009. ISBN 978-80-87158-17-3.
- [13] ČÍRTEK, LADISLAV. BETONOVÉ KONSTRUKCE II: KONSTRUKCE PRUTOVÉ A ZÁKLADOVÉ. BRNO: VUTIUM, 1999. ISBN 80-214-1543-6.

- [14] PEIKKO GROUP: PŘEPRVNÍ ÚCHYTY KK, TECHNICKÝ MANUAL [ONLINE]. 2016 [CIT. 2019-01-10].
DOSTUPNÉ Z: [HTTPS://WWW.PEIKKO.SK/PRODUKTY/PRODUCT/KK-DLHE-UCHYTY/](https://www.peikko.sk/PRODUKTY/PRODUCT/KK-DLHE-UCHYTY/)
- [15] HALFEN: FRIMEDA PŘEPRVNÍ ÚCHYTY [ONLINE]. 2017 [CIT. 2019-01-10]. DOSTUPNÉ Z:
[HTTPS://WWW.HALFEN.COM/CZ/1918/KATALOGY/?CATEGORY=9](https://www.halfen.com/cz/1918/KATALOGY/?CATEGORY=9)

POUŽITÝ SOFTWARE

- Dlubal RFEM 5.16
- Autodesk Autocad 2018
- Autodesk Revit 2018
- Allplan 2019
- Microsoft Office

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - 3D model konstrukce.....	11
Obrázek 2 - Prutový model světlíkové obruby.....	16
Obrázek 3 - Prutový model výměny.....	16
Obrázek 4 - Prutový model vazníku.....	16
Obrázek 5 - Prutový model Gerberova nosníku.....	17
Obrázek 6 - Rovinný model příčného rámu.....	17
Obrázek 7 - Prostorový model konstrukce.....	17
Obrázek 8 - Návrhový pracovní diagram betonu.....	19
Obrázek 9 - Návrhový pracovní diagram výztuže.....	19
Obrázek 10 - 3D model konstrukce zastřešení varianty A.....	20
Obrázek 11 - Průběh ohybových momentů na průvlaku P1 – varianta A.....	21
Obrázek 12 - Lineární průhyb od kvazistálé kombinace - varianta A.....	22
Obrázek 13 - Schéma vyztužení - varianta A.....	22
Obrázek 14 - 3D model konstrukce zastřešení - varianta B.....	23
Obrázek 15 - Střešní průvlaky - varianta B.....	23
Obrázek 16 - Průběh ohybových momentů na průvlaku P1 - varianta B.....	24
Obrázek 17 - Lineární průhyb od kvazistálé kombinace - varianta B.....	25
Obrázek 18 - Schéma vyztužení - varianta B.....	25
Obrázek 19 - Světlíková obruba.....	27
Obrázek 20 - Střešní výměna.....	27
Obrázek 21 - Vazník.....	28
Obrázek 22 - Průvlak P1.....	28
Obrázek 23 - Sloup S1.....	29
Obrázek 24 - Kalich K1.....	29

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Seznam zatěžovacích stavů.....	13
Tabulka 2 - Porovnání výsledků použitých modelů - ZS1 + ZS2.....	18
Tabulka 3 - Zatížení průvlaku P1 - Varianta A.....	21
Tabulka 4 - Vyztužení průvlaku P1 - varianta A.....	22
Tabulka 5 - Zatížení průvlaku P1 - varianta B.....	24
Tabulka 6 - Vyztužení průvlaku P1 - varianta B.....	25
Tabulka 7 - Orientační ekonomické srovnání - varianta A.....	26
Tabulka 8 - Orientační ekonomické srovnání - varianta B.....	26

SEZNAM ZKRATEK

MSU	mezní stav únosnosti
NP	nadzemní podlaží
C25/30	beton charakteristické válcové pevnosti 25 MPa a krychelné pevnosti 30 MPa
B500B	betonářská ocel charakteristické meze kluzu 500 MPa

VELKÁ PÍSMENA LATINSKÉ ABECEDY

A	průřezová plocha
A_c	průřezová plocha betonu
A_i	plocha ideálního průřezu
A_{sw}	plocha smykové výztuže
A_s	plocha podélné výztuže
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{s,supp}$	plocha výztuže zakotvené v místě podpory
$E_{c,eff}$	účinný modul pružnosti betonu
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti betonářské výztuže
EI	ohybová tuhost
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
G_d	návrhová hodnota stálého zatížení
I	moment setrvačnosti průřezu
I_i	moment setrvačnosti ideálního průřezu
L	délka
M	ohybový moment
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu
N	normálová síla
N_{Ed}	návrhová hodnota působící normálové síly (tah nebo tlak)
Q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
Q_d	návrhová hodnota proměnného zatížení
S	statický moment

S_i	statický moment ideálního průřezu
V	posouvající síla
V_{Ed}	návrhová hodnota posouvající síly

MALÁ PÍSMENA LATINSKÉ ABECEDY

b	celková šířka průřezu
b_w	šířka stojiny průřezu T nebo I
d	účinná výška průřezu
d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
e	výstřednost; excentricita
f_c	pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{cm}	střední hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
$f_{cm}(t)$	střední hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku v uvažovaném čase t
f_{ctk}	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_y	mez kluzu betonářské výztuže
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{ywd}	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
h	výška, celková výška průřezu
i	poloměr setrvačnosti
l	délka; rozpětí
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{bd,min}$	minimální kotevní délka
$l_{bd,req}$	základní kotevní délka
$1/r$	křivost ohybové čáry v určitém průřezu
t	tloušťka
t	uvažovaný časový okamžik
t_s	počátek smršťování betonu
t_0	stáří betonu v okamžiku zatížení

u	obvod betonového průřezu
x	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačeného okraje
x,y,z	souřadnice
z	rameno vnitřních sil

PÍSMENA ŘECKÉ ABECEDY

α	úhel
β	úhel; poměr; součinitel
γ	dílčí součinitel
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení G
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení Q
γ_s	dílčí součinitel betonářské výztuže
ε_c	poměrné stlačení betonu
ε_{c1}	poměrné stlačení betonu při dosažení maximálního napětí f_c
ε_{cu}	mezní poměrné stlačení betonu
θ	úhel
λ	štíhlostní poměr
μ	součinitel tření
ν	Poissonův součinitel
ν	součinitel redukce pevnosti betonu v tlaku při porušení smykovou trhlinou
ρ_l	stupeň vyztužení podélnou výztuží
ρ_w	stupeň vyztužení smykovou výztuží
σ_c	tlakové napětí v betonu
\varnothing	průměr prutu betonářské výztuže
$\varphi(t, t_0)$	součinitel dotvarování
$\varphi(\infty, t_0)$	konečná hodnota součinitele dotvarování
ψ_0	součinitel pro kombinační hodnoty zatížení
ψ_1	součinitel pro časté hodnoty zatížení
ψ_2	pro kvazistálé hodnoty zatížení

SEZNAM PŘÍLOH

- P1. Použité podklady
- P2. Výkresy tvaru a výztuže
- P3. Statický výpočet