



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

MONTOVANÁ ŽELEZOBETONOVÁ HALA

PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN KROČIL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

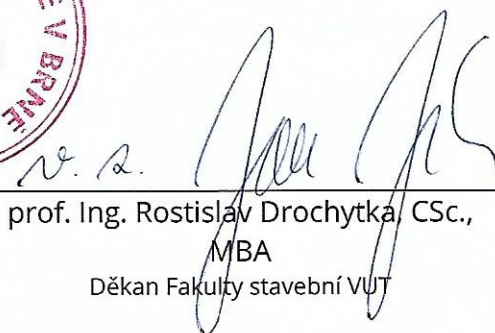
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Kročil
Název	Montovaná železobetonová hala
Vedoucí práce	Ing. Michal Požár, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017



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



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Stavební podklady – půdorysy, řezy

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních 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: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro montovanou železobetonovou halu navrhnete a posudíte vybrané nosné konstrukční prvky.

Provedte statické řešení a dimenzování vybrané části haly v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu provedte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle aktuálních směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Technická zpráva, výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

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

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

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



Ing. Michal Požár, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a posoudit vybrané prvky železobetonové montované haly. K řešení vnitřních sil byl použit výpočetní program SCIA Engineer 16.1. Výpočty byly provedeny v souladu s platnými normami.

KLÍČOVÁ SLOVA

železobeton, vaznice, vazník, sloup, železobetonová kalichová patka, výztuž, zatížení, dimenzování, hala

ABSTRACT

Abstract

The aim of bachelor thesis was design and assessment choosed element sof reinforced concrete precast hall. Computational software SCIA Engineer 16.1. used to calculate internal forces. Calculation in acordance with applicable standards.

KEYWORDS

reinforced concrete, purlin, girder, column, reinforced concrete foundation footing, reinforcement, load, dimensioning, hall

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jan Kročil *Montovaná železobetonová hala*. Brno, 2018. 6 s., 159 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Požár, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 5. 2018

Jan Kročil
autor práce



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

MONTOVANÁ ŽELEZOBETONOVÁ HALA

PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE HALL

A – PRŮVODNÍ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN KROČIL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.

BRNO 2018

OBSAH:

1 . ÚVOD.....	1
2. POPIS KONSTRUKCE.....	1
3. KONSTRUKČNÍ PRVKY.....	1
4. POUŽITÉ MATERIÁLY.....	2
5. ZATÍŽENÍ.....	2
6. KOMBINACE VÝSLEDKŮ.....	3
7. DIMENZOVÁNÍ PRVKŮ.....	4
7.1 VAZNICE.....	4
7.2 VAZNÍK.....	4
7.3 SLOUP.....	4
7.4 KALICHOVÁ PATKA.....	5
7.5 ZÁVĚR.....	5
7.6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	6
7.6.1 NORMY A LITERATURA.....	6
7.6.2 SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ.....	6

1. ÚVOD

V bakalářské práci se zabývám návrhem železobetonové montované průmyslové haly, která se nachází ve Valašském Meziříčí. Cílem bylo vytvořit odpovídající 3D model typického rámu nosné konstrukce, včetně návrhu předběžných dimenzí jednotlivých prvků a aplikovat na něj možná působící zatížení. Následně na vybrané prvky a konstrukce vytvořit nejnepříznivější kombinace výsledků vnitřních sil a posoudit na mezní stavy únosnosti a použitelnosti ve shodě s příslušnými normami. Součástí návrhu každého prvku je výkres tvaru a výztuže. Konkrétně byly vybrány Vaznice, Vazník, Sloup S2, Kalichová patka, které byly řešeny včetně jejich vzájemných montážních styků. Součástí statického výpočtu je i porovnání výsledků vnitřních sil ruční metodou a výpočtním programem SCIA.

2. POPIS KONSTRUKCE

Průmyslová hala je rozdělena na dvě části. Výrobní část je jednopodlažní a část administrativní dvoupodlažní. Konstrukce je řešena jako samostatný dilatační celek. Půdorysné osové rozměry řešené konstrukce jsou 112,5 x 45,0 m. Nejvyšší bod nosné konstrukce se nachází 10,48 m nad úrovní okolního terénu. Výška konstrukce včetně atiky je 11,145 m nad úrovní projektovaného počátku. Nosný systém je tvořen nosnými sloupy v osových vzdálenostech 22,5 m v podélném směru a 15,0 m ve směru kolmém. V podélném směru na sloupech jsou uloženy vazníky. Ztužení objektu v příčném směru je zajištěno pomocí průvlaků a ztužujících nosníků uložených na sloupech.

Zastřešení je tvořeno minerální vlnou tl. 220mm a nosným trapézovým plechem tl. 0,75mm kladeným na vaznice ve spádu 5%. Stropní konstrukce pro 1. NP je tvořena ze stropních nosníků a prefabrikovaných panelů. Vnější stěny ze stěnových sendvičových panelů Kingspan KS1150. V zadání bakalářské práce nebyla uvažována vnitřní konstrukce pro výrobní a administrativní část a schodiště.

3. KONSTRUKČNÍ PRVKY

Predběžné dimenze jednotlivých prvků byly provedeny pomocí empirických vztahů. Dimenze vodorovných prvků závisely na překonávaném rozpětí a svislé prvky jsem volil k návaznosti na vodorovné prvky a také na jejich výšce.

Vaznice byla navržena jako T-průřez o celkové výšce v typické části 900 mm a šířce horní příruby 400 mm. Šířka pásnice je 200 mm. Přesný návrh rozměrů je uveden ve statickém výpočtu.

Vazník byl navržen jako T-průřez o celkové výšce v typické části 1600 mm a šířce horní příruby 700 mm. Šířka pásnice je 300 mm. Přesný návrh rozměrů je uveden ve statickém výpočtu.

Průvlak byl navržen jako T-průřez o celkové výšce v typické části 1100 mm a šířce horní příruby 450 mm. Šířka pásnice je 200 mm. Tento statický výpočet se přesným návrhem průvlak nezabývá.

Sloupy S1 (800x600 mm), S2(700x550 mm), S3(500x400 mm). Přesný návrh rozměrů sloupu S2 je uveden ve statickém výpočtu.

Ztužující nosník o rozměrech 250x540mm, stropní nosník o rozměrech 500x550 mm, základový nosník o rozměrech 250x550 mm. Statický výpočet se přesným návrhem těchto prvků nezabývá.

Kalichová patka o rozměrech 2100x1800 mm a výšce 1650 mm. Přesný návrh rozměrů kalichové patky je uveden ve statickém výpočtu.

4. POUŽITÉ MATERIÁLY

BETON C30/37

Charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku	$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = 20,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost betonu v tahu (5% kvantil)	$f_{ctk;0,05} = 2,0 \text{ MPa}$
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} = 33 \text{ GPa}$
Mezní poměrné přetvoření betonu	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \%$

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ B500B

Charakteristická mez kluzu oceli	$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_s = 1,15$
Návrhová mez kluzu oceli	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
Modul pružnosti oceli	$E_s = 200,0 \text{ GPa}$

5. ZATÍŽENÍ

Na konstrukci bylo uvažováno zatížení dvojího typu a to zatížení stálé a zatížení proměnné. Stálé zatížení je tvořeno vlastní tíhou prefabrikovaných dílců, střešního a obvodového pláště, vlastní tíhou stropní části. Jako proměnné zatížení bylo uvažováno zatížení užitné na střeše, užitné ve 2.NP, zatížení od jeřábové dráhy a dále klimatické proměnné zatížení ve formě sněhu a větru.

Do výpočetního programu SCIA byl zadán typický rám v ose C v podélném směru a dle něj také prvky v něm obsažené. Navazující prefabrikáty byly zadány na rám jako osamělá síla. Při posuzování jednotlivých vodorovných prvků byla vlastní tíha uvažována jako spojité zatížení na ploše průřezu, objemové tíze železobetonu a na teoretické délce nosníku.

Proměnné zatížení užitné na střeše bylo stanoveno na základě odhadu. Užitné zatížení ve 2.NP bráno dle kategorie zatěžovaných ploch C3. Jeřábová dráha a jí vydávané zatížení působící na rám převzato z tabulek dle rozpětí jedné lodi haly. Proměnné klimatické zatížení sněhem a větrem odpovídá dané oblasti (sníh- III, vítr- II). Dále byla získaná klimatická zatížení upravena na jednotlivé oblasti vzhledem ke tvaru konstrukce.

Poté bylo vytvořeno celkem 13 zatěžovacích stavů:

- ZS1 Vlastní tíha
- ZS2 Zatížení stálé- ostatní
- ZS3 Zatížení jeřábovou drahou a příčných účinků

- ZS4 Zatížení jeřábovou drahou a podélných účinků
- ZS5 Zatížení proměnné užitné ve 2.NP šach 1
- ZS6 Zatížení proměnné užitné ve 2.NP šach 2
- ZS7 Zatížení proměnné užitné na střeše
- ZS8 Sníh nenavátý
- ZS9 Vítr příčný z leva
- ZS10 Vítr příčný z prava
- ZS11 Vítr příčný střecha z leva
- ZS12 Vítr příčný střecha z prava
- ZS13 Sníh navátý

6. KOMBINACE VÝSLEDKŮ

Kombinace výsledků vnitřních sil byly vytvářeny ručně ze zatěžovacích stavů samostatně pro každý posuzovaný prvek.

Kombinace výsledků podle mezního stavu únosnosti byly vytvořeny podle:

Rovnice 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_G P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_G P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Pro druhý mezní stav jsem použil kvazistálou kombinaci výsledků podle:

Rovnice 6.16b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Při výpočtu jsem používal následující součinitele dle ČSN EN 1990:

Dílčí součinitele spolehlivosti:

Stálé zatížení nepříznivé	$\gamma_{G,sup} = 1,35$
Stálé zatížení příznivé	$\gamma_{G,inf} = 1,00$
Proměnné zatížení nepříznivé	$\gamma_Q = 1,50$

Kombinační součinitele:

Proměnné zatížení- užitné na střeše	$\psi_0 = 0,7$	$\psi_2 = 0,0$
Proměnné zatížení- užitné ve 2.NP	$\psi_0 = 1,0$	$\psi_2 = 0,8$
Proměnné zatížení- účinky jeřábové dráhy	$\psi_0 = 1,0$	$\psi_2 = 0,57$
Proměnné zatížení- sníh	$\psi_0 = 0,5$	$\psi_2 = 0,0$
Proměnné zatížení- vítr	$\psi_0 = 0,6$	$\psi_2 = 0,0$

Redukční součinitel stálých nepříznivých účinků $\xi = 0,85$

7. DIMENZOVÁNÍ PRVKŮ

7.1. VAZNICE

Jedná se o T- průřez s rozpětím 14,95m a výšce 0,9m. Vaznice se chovají jako prostý nosník a jsou uloženy ve sklonu 5% na vaznicích do betonových vidlic. Plní nosnou funkci pro přenos zatížení sněhem, vlastní tíhy střechy a užitého zatížení na střeše. Vnitřní síly byly vzaty z výsledků zatěžovacích stavů ručního výpočtu. Materiály vaznice navrženy beton C30/37 a ocel B500B. Minimální krycí vrstva betonu byla stanovena na základě výše uvedených kritérií na hodnotu $c_{nom} = 25,0$ mm. Na vzniklé vnitřní síly byly vytvořeny kombinace výsledků pro získání maximálního ohybového momentu uprostřed rozpětí $M_{y,Ed} = 726,69$ kNm a na něj navržena hlavní tahová výztuž $8\emptyset 22$, kde $A_s = 30,41 \times 10^{-4} \text{m}^2$. Po rozdělení materiálu výztuže a návrhu smykové výztuže v typické části vaznice byl posouzen druhý mezní stav použitelnosti na mezní průhyb a šířku trhlin. Obě kritéria vyhověla limitním požadavkům. Na závěr byl opět prvek posouzen ve stádiu výrobním, skladování a montáže a navrženy přepravní úchyty.

7.2. VAZNÍK

Jedná se o T- průřez s rozpětím 22,2m a maximální výšce 1,6m. Vazník se chová jako prostý nosník uložený na sloupech. Plní nosnou funkci pro přenos zatížení od vaznic a v podélném směru plní také funkci ztužení při zatížení větrem. Vnitřní síly byly vzaty z výsledků zatěžovacích stavů z programu SCIA. Materiály vazníku navrženy beton C30/37 a ocel B500B. Minimální krycí vrstva betonu byla stanovena na základě výše uvedených kritérií na hodnotu $c_{nom} = 32,0$ mm. Na vzniklé vnitřní síly byly vytvořeny kombinace výsledků pro získání maximálního ohybového momentu uprostřed rozpětí $M_{y,Ed,max} = 4927,04$ kNm a na něj navržena hlavní tahová výztuž $17\emptyset 32$, kde $A_s = 136,68 \times 10^{-4} \text{m}^2$. Po rozdělení materiálu výztuže a návrhu smykové výztuže v jednotlivých úsecích vazníku, byl pro vyztužení v oblasti podpor použit zjednodušený model náhradní příhradoviny pro zachycení vodorovné síly a svislých třmínků. Dále byl posouzen druhý mezní stav použitelnosti na mezní průhyb a šířku trhlin. Obě kritéria vyhověla limitním požadavkům. Na závěr byl opět prvek posouzen ve stádiu výrobním, skladování a montáže a navrženy přepravní úchyty.

7.3. SLOUP

Jedná se o vnitřní sloup o rozměrech 800x600mm umístěný na průniku os č. 5 a C. Vnitřní síly byly vzaty z výsledků zatěžovacích stavů vytvořené programem SCIA. Následně byly ručně vytvořeny čtyři extrémní kombinace výsledků a to maximální a minimální ohybový moment a k nim odpovídající normálové a posouvající síly. Dále maximální a minimální normálovou sílu a k nim odpovídající ohybové momenty a posouvající síly. Kvůli nevyhovění štíhlostního kritéria sloupu bylo třeba zvýšit hodnoty ohybových momentů o

účinky druhého řádu. Navržen byl beton C30/37 a ocel B500B. Na základě předpokládaných průměrů výztuže $\varnothing 28$, třídy konstrukce S4 a stupni vlivu prostředí XC1 stanovena minimální hodnota krycí vrstvy betonu $c_{nom}=28\text{mm}$. Návrh podélné tahové výztuže je 8 $\varnothing 28$, kde $A_s=49,28 \times 10^{-4}\text{m}^2$. Jako příčná výztuž navrženy třímínky $\varnothing 10$. Pro posouzení průřezu použity body 0-5 interakčního diagramu. Jelikož byl posuzován rám v podélném směru, došlo také k posouzení sloupu pouze v tomto směru. Vzhledem k uložení prvků na sloup ale můžeme předpokládat, že ohybové momenty ve směru kolmém na rám budou vykazovat menší hodnoty. Dále bylo navrženo vyztužení obou konzol sloupu pro uložení průvlaku a stropního nosníku a to pomocí modelu náhradní příhradoviny. Na závěr byl proveden posudek prvku ve stádiu výrobním, skladování a další manipulace. Prvek vyhověl a navrženy přepravní úchyty.

7.4. KALICHOVÁ PATKA

Jedná se o kalichovou patku umístěnou pod dimenzovaný sloup na průniku os č. 5 a C. Rozměry základny kalichové patky jsou 2100x1800mm a výška celého prvku 1650mm. Hodnoty pro zatížení patky byly brány z kombinací pro patu sloupu spolu s připočítáním podlahy a zeminy. Navržen byl beton C30/37 a ocel B500B. Na základě předpokládaných průměrů výztuže $\varnothing 14$, třídy konstrukce S4 a stupni vlivu prostředí XC2 stanovena minimální hodnota krycí vrstvy betonu $c_{nom}=40\text{mm}$. Posouzení provedeno ve směru příčném a podélném na ohyb, únosnost základové půdy, protlačení sloupu v montážním a konečném stavu a ohyb konzolové části patky. Ve směru X a Y výztuž 8 $\varnothing 14$, kde $A_s=12,32 \times 10^{-4}\text{m}^2$. Dalším krokem bylo navržení vodorovných a svislých třímínek prohlubně kalicha. Prvek na dané podmínky vyhověl.

7.5. ZÁVĚR

V bakalářské práci se zabývám návrhem a posouzením výše uvedených prvků, včetně výkresové dokumentace v podobě výkresu výztuže, tvaru a výkresu celkové skladby konstrukce. Při návrhu prvků jsem se snažil o celistvý pohled na jejich funkci v konstrukci definovanou okrajovými podmínkami shodnými s rámem vytvořeným ve výpočetním programu. Posouzení je provedeno s platnými normami. Podrobný postup výpočtu je součástí přílohy P2 – Statický výpočet.

7.6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

7.6.1. NORMY A LITERATURA

- [1] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování stavebních konstrukcí, ČSN 03/2004
- [2] ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí
- [3] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [4] Statika Plzeň - statika staveb, statické návrhy a statické posudky, poradenské služby. *Statika Plzeň - statika staveb, statické návrhy a statické posudky, poradenské služby* [online].
- [5] Bažant Z., Čírtek L., Štěpánek P., *Betonové konstrukce II, Modul M06, Betonové konstrukce montované – část 2*, Brno 2006

7.6.2. SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ

AutoCAD 2013
SCIA Engineer 16.1
SketchUp
Microsoft Office Word 2010
Microsoft Office Excel 2010