



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 S JEŘÁBOVOU DRÁHOU

PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE HALL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Hana Jakubcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N0732A260026 Stavební inženýrství – konstrukce a dopravní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Hana Jakubcová
Název	Montovaná železobetonová hala s jeřábovou dráhou
Vedoucí práce	Ing. Michal Požár, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

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

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

PODKLADY A LITERATURA

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 s jeřábovou dráhou 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)

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

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Michal Požár, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Úkolem diplomové práce je návrh a statické posouzení vybraných vodorovných a svislých prvků montované haly s jeřábovou dráhou. Vybranými prvky jsou vazník, sloup, ztužidlo, základový nosník a kalichová patka. Model pro získání vnitřních sil je vytvořen za použití programu SCIA Engineer 18.1, pomocí prutového 3D modelu celého objektu. Prvky byly posuzovány na mezní stav únosnosti. Předpjatý vazník byl posuzován na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

hala, montovaná hala, vazník, sloup, kalichová patka, jeřábová dráha, krátká konzola, předpjatý vazník

ABSTRACT

The main work of the diploma thesis is a draft and a static judgement of chosen horizontal and vertical parts of prefab hall with a crane runway. The chosen parts are the girder, the column, the bracing, the foundation beam, and the foundation pad. The model for gathering of intern forces is made by the program SCIA Engineer 18.1 with the use of a bar 3D model of the whole project. The parts were judged on the ultimate limit state. The prestressed girder was judged on the ultimate limit state and the serviceability limit state.

KEYWORDS

hall, prefab hall, girder, column, the bracing, the foundation beam, crane runway, short cantilever, the prestressed girder

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Hana Jakubcová *Montovaná železobetonová hala s jeřábovou dráhou*. Brno, 2022. 16 s., 107 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Požár, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Michalu Požárovi, Ph.D za ochotu a přístup na konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat rodině, příteli a přátelům za podporu během studia.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Montovaná železobetonová hala s jeřábovou dráhou* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13. 1. 2022

Bc. Hana Jakubcová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Montovaná železobetonová hala s jeřábovou dráhou* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2022

Bc. Hana Jakubcová
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

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Hana Jakubcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.

BRNO 2022

ÚVOD.....	10
Popis objektu.....	11
Konstrukční řešení.....	11
Základové konstrukce	11
Svislé konstrukční prvky	11
Vodorovné konstrukční prvky	12
Zatížení konstrukce	13
ZÁVĚR.....	13
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	14
Literatura	14
Použitý software	14
Použité značky	15
SEZNAM PŘÍLOH	16

ÚVOD

Úkolem diplomové práce je návrh a statické posouzení vybraných vodorovných a svislých prvků montované haly s jeřábovou dráhou. Vybranými prvky jsou vazník, sloup, ztužidlo, základový nosník a kalichová patka. Model pro získání vnitřních sil je vytvořen za použití programu SCIA Engineer 18.1, pomocí prutového 3D modelu celého objektu. Prvky byly posuzovány na mezní stav únosnosti. Předpjatý vazník byl posuzován na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Na závěr je zpracována výkresová dokumentace prvků.

Popis objektu

Montovaná železobetonová hala s jeřábovou dráhou je tvořena z vazníků, ztužidel, sloupů, základových nosníků a z kalichových patek. Hala přiléhá dvěma stranami k okolním objektům. Obdélníkový půdorys má rozměry 40,5 m a šířku 12,15 m. Celková výška objektu je 13,5 m a základová spára je na úrovni -2,9 m. Hala je opláštěna horizontálně uloženými sendvičovými panely. Zastřešení je tvořeno ze sendvičových panelů uložených na ocelových IEP nosnících, které jsou uloženy na předpjatém vazníku. Tento panel nám dovoluje sklon střechy 3 %. Na sloupech s krátkou konzolou je uložena jeřábová drahá s jeřáby o nosnosti 5 t a 70 t.

Konstrukční řešení

Základové konstrukce

Hala je založena na železobetonových kalichových patkách o spodních rozměrech 3,5x3,1x1 m a objímka má rozměry 1,7x1,3*1,4 m. Základová spára je na úrovni -2,9 m, úroveň horní hrany kalich je -0,7 m.

Patky jsou zhotoveny z betonu C35/45 a betonářské oceli B500B.

Objímka patky je vyztužena pruty $\varnothing 10/100$ mm ve vodorovném i svislém směru. Spodní část je vyztužena pruty $\varnothing 16/100$ mm v obou směrech při dolním okraji patky. Patky jsou na stavbu dovezeny a za pomoci jeřábu i uloženy. Patka je opatřena 6 manipulačními úchyty dimenzovanými pouze na svislý tah.

Svislé konstrukční prvky

Sloupy mají po výšce proměnný průřez. Do výšky 9,605 m má průřez tvar I s největší šířkou 0,5 m a výškou 0,9 m. Od 9,605 m do 11,200 m se nachází krátká konzola, na které je uložena jeřábová dráha – od 11,200 m do 14,390 m je obdélníkového průřezu 0,5x0,45 m. Celková výška sloupu je 14,390 m.

Sloupy jsou zhotoveny z betonu C35/45 a betonářské oceli B500B.

Sloup je vyztužen podélnými pruty $\varnothing 20$. Krátká konzola je vyztužena dle SaT modelu pruty o průměrech $\varnothing 10$, $\varnothing 14$. Pruty jsou uchyceny třmínky $\varnothing 8/400$ mm.

Sloupy jsou dovedeny na stavbu a za pomoci jeřábu jsou umístěny do kalichové patky a následně zality zálivkou. Pro přemísťování jsou sloupy opatřeny

dvěma manipulačními úchyty a pro vztyčování sloupu je nachystán otvor pro zdvihací zařízení.

Vodorovné konstrukční prvky

V příčném směru jsou předpjaté vazníky průřezu T o délce 11,630 m. Vazníky průřezu T, s proměnou výšku od 0,9 m do 1,1 m, jsou uloženy na sloupech. Spodní šířka T průřezu je 0,2 m a v horní části 0,5 m.

Vazníky jsou zhotoveny z betonu C35/45 a betonářské oceli B500B.

Předem je vazník předepnut dvěma lany Y-1770 S7-15,3 A, která jsou doplněna betonářskou vyztuží po obvodě průřezu o $\varnothing 12$ a jsou zachycena třmínky $\varnothing 10$. Třmínky jsou uloženy na vzdálenost krytí 25 mm pro třídu prostředí XC1. Vazníky jsou na stavbu dovezeny a za pomoci jeřábu uloženy na sloupy do připravených vidlicových kapes na trny. Pro manipulaci jsou navrženy dva úchyty, které jsou omezeny úhlem tažení max 30°.

V podélném směru máme na hlavách sloupů uložena ztužidla obdélníkového průřezu s ozubem na konci. Ztužidlo je široké 0,3 m, vysoké 0,4 m, s proměnou délkou podle místa umístění v konstrukci. Ta jsou zhotovena z betonu C35/45 a betonářské oceli B500B.

Ztužidla jsou vyztužena pomocí 4 podélných prutů – dvěma o $\varnothing 12$ ve spodních rozích a dvěma v horních rozích o $\varnothing 10$. Tyto pruty jsou doplněny třmínky $\varnothing 8/150$ mm, které jsou umístěny na vzdálenost krycí vrstvy 25 mm pro třídu prostředí XC1. Ozub je vyztužen dle SaT modelu pruty $\varnothing 10$. Ztužidla jsou na stavbu dovezena a za pomoci jeřábu uložena na sloupy. Pro manipulaci jsou navrženy dva úchyty s omezeným úhlem tažení max 30°.

Dále v podélném směru máme na kalichových patkách uloženy základové nosníky obdélníkového průřezu s ozubem na konci. Nosníky jsou široké 0,3 m, vysoké 0,4 m, s proměnou délkou podle místa umístění v konstrukci. Ty jsou zhotoveny z betonu C35/45 a betonářské oceli B500B.

Nosníky jsou vyztuženy pomocí 6 podélných prutů – čtyřmi o $\varnothing 16$ ve spodních rozích a dvěma v horních rozích o $\varnothing 10$. Tyto pruty jsou doplněny třmínky $\varnothing 8/150$ mm a uloženy na krycí vrstvu 25 mm. Ozub je vyztužen dle SaT modelu pruty $\varnothing 10$. Základové nosníky jsou na stavbu dovezeny a za pomoci jeřábu uloženy

na kalichovou patku. Pro manipulaci jsou navrženy dva úchyty s omezeným úhlem tažení max 30°.

Zatížení konstrukce

Objekt je zatížen stálým zatížením, do kterého se počítá vlastní tíha železobetonové konstrukce. Dále ostatní stálé zatížení, do kterého můžeme započítat střešní plášť z panelů KS 1000 X-DEK $g_1 = 0,214 \text{ kN/m}^2$ a ocelové vaznice IPE 220 $g_2 = 0,262 \text{ kN/m}^2$, které přenášejí zatížení od střešního pláště do vazníku.

Mezi proměnné zatížení můžeme počítat zatížení větrem pro větrnou oblast III ze dvou stran objektu. Dále počítáme se zatížením sněhem pro sněhovou oblast I, a nakonec i od jeřábu, který pojíždí na jeřábové dráze profilu HEB450 + 2x L100/10 z oceli S355.

Model pro získání vnitřních sil je vytvořen za použití programu SCIA Engineer 18.1, pomocí prutového 3D modelu celého objektu.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh a posouzení vybraných prvků montované haly s jeřábovou drahou. Vybrány byly hlavní nosné prvky konstrukce jako předpjatý vazník, sloup, ztužidlo, základový nosník, kalichová patka. Ze stejných prvků byly vybrány ty s největšími vniklými vnitřními silami.

Prvky byly navrženy a posouzeny podle platných norem a konstrukčních zásad. Ke každému řešenému prvku byla vypracována výkresová dokumentace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literatura

ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.

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.

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.

ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.

NAVRÁTIL, Jaroslav, Miloš ZICH. Předpjatý beton, průvodce předmětem BL11 - modul P01

BAŽANT, Zdeněk, ČÍRTEK, Ladislav a Petr ŠTĚPÁNEK. Betonové konstrukce II. Betonové konstrukce montované – část 2. (studijní opora). Brno, 2006.

Ministerstvo stavebnictví ČSR.TSm-V: Zakládání průmyslových a občanských staveb. Praha : Studijní a typizační ústav, 1987.

ZICH, Miloš a kol. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Verlag Dashofer, nakladatelství, s. r. o., Praha 2010.

Použitý software

Scia Engineer 18.1 – studentská verze

AutoCAD 2021 – studentská verze

Microsoft office Word

Microsoft office Excel

Použité značky

f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku [MPa]
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku [MPa]
γ_c	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro beton [-]
f_{ctm}	střední pevnost betonu v tahu [MPa]
E_{cm}	střední hodnota modulu pružnosti betonu v tlaku [GPa]
ϵ_{cu3}	maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku [‰]
f_{yd}	návrhová pevnost oceli v tahu [MPa]
f_{yk}	charakteristická pevnost oceli v tahu [MPa]
γ_s	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel [-]
ϵ_{yd}	poměrné přetvoření oceli [‰]
E_s	modul pružnosti oceli v tahu [MPa]
γ_z	objemová tíha zeminy [kN/m ³]
ν	poissonův součinitel
K_0	součinitel pro zemní tlak v klidu [-]
g_z	stálé zatížení od zeminy [kN/m ²]
G_n	stálé zatížení od násypky [kN]
q_d	přetížení od dopravy [kN/m ²]
ϵ_{cs}	poměrné přetvoření betonu od smršťování [-]
ϵ_{cd}	poměrné přetvoření betonu od vysychání [-]
ϵ_{ca}	poměrné přetvoření betonu od autogenní reakce [-]
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže [mm ²]
b	šířka [m]
h	tloušťka [m]
c_{min}	minimální hodnota tloušťky krycí vrstvy [mm]
$c_{min,b}$	minimální hodnota tloušťky krycí vrstvy dle profilu výztuže a velikosti kameniva [mm]
$c_{min,dur}$	minimální hodnota tloušťky krycí vrstvy dle konstrukční třídy [mm]
c_{nom}	jmenovitá (nominální) hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy [mm]
d	účinná výška výztuže [mm]
d_1	poloha těžiště výztuže [mm]
A_s	plocha výztuže [mm ²]
\emptyset	průměr prutu výztuže [mm]
z_c	rameno vnitřních sil [mm]
x	poloha neutrální osy [mm]
$x_{bal,1}$	vzdálenost neutrální osy od okraje tlačeného průřezu [mm]
A_s	plocha výztuže [mm ²]
A_c	plocha tlačené části betonu [mm ²]
M	moment [kNm]
N	normálová síla [kNm]
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti [kNm]
N_{Rd}	normálová síla na mezi únosnosti [kNm]

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Použité podklady
- P2 Výkresová dokumentace
- P3 Statický výpočet