



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

ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE PRO NÁSYPKU NA OBILÍ

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE FOR GRAIN HOPPER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Hana Jakubcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Hana Jakubcová
Název	Železobetonová konstrukce pro násypku na obilí
Vedoucí práce	Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Schematické výkresy zadaného objektu (půdorysy, řezy)

EC a ČSN z oboru betonových, zděných a ocelových staveb, geotechniky atd. (včetně změn a doplňků)

Skriptá, podklady a opory používané ve výuce na ÚBZK FAST VUT v Brně

Výpočetní programy pro PC

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Provedte návrh a posouzení betonové konstrukce (šachty), do které bude umístěna ocelová konstrukce násypky na obilí v areálu mlýna. K jednotlivým prvkům vypracujte statický výpočet a výkresy tvaru a výztuže.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti v souladu s platnými směrnici)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily 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 podle směrnic a 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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. Jiří Strnad, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a statickým výpočtem železobetonové konstrukce pro násypku na obilí. Konstrukce je umístěna z větší části v zemi a je jednou stěnou opřena o podzemní stěnu mlýna. Stěny jsou propojeny otvorem pro osazení potrubí, kterým je dopravováno obilí do mlýna. Dimenzovány jsou stěny a dno konstrukce. Stanovení velikosti vnitřních sil je zpracováno v programu Scia Engineer 18.1, kde je zadáno podloží pomocí modulu Soilin. Pro kontrolu je proveden ruční výpočet na zjednodušeném modelu jedné stěny.

KLÍČOVÁ SLOVA

stěna, dno, železobeton, výztuž, beton, Soilin, vyplavání, podzemní, interakční diagram, trhliny, násypka

ABSTRACT

The subject of this bachelor's thesis is a design and structural assessment of reinforced concrete structure for grain hopper. The structure is located for most part in the ground and is supported by one wall against the underground wall of the mill. Walls are connected by a hole for the pipe, which is using for transport grain to the mill. Designing are walls and bottom of the structure. Calculation of load effect was made in SCIA Engineer 18.1, where is made a subsoil using module Soilin. For check the calculation is make by hand calculation on calculation model of one wall.

KEYWORDS

wall, bottom, reinforced concrete, reinforcement, concrete, Soilin, floating, underground, interaction diagram, crackm, hopper

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Hana Jakubcová *Železobetonová konstrukce pro násypku na obilí*. Brno, 2020. 16 s., 120 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jiří Strnad, Ph.D za ochotu a přístup na konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat rodině a příteli za podporu během studia.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Železobetonová konstrukce pro násypku na obilí* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2020

Hana Jakubcová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Železobetonová konstrukce pro násypku na obilí* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2020

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

TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Hana Jakubcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2020

OBSAH

ÚVOD.....	10
TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	11
Popis konstrukce	11
Materiály	11
Vyztužení konstrukce	11
Základové poměry.....	12
Postup betonáže konstrukce.....	12
ZÁVĚR.....	13
POUŽITÁ LITERATURA.....	14
Platné normy	14
Ostatní literatura	14
Použitý software.....	14
Použité značky	15
SEZNAM PŘÍLOH	16

ÚVOD

Úkolem bakalářské práce je návrh a statické posouzení železobetonové konstrukce pro násypku na obilí. Konstrukce je uložena z větší části v zemi a je jednou stěnou opřena o podzemní stěnu mlýna. Stěny jsou propojeny otvorem pro potrubí, kterým je dopravováno obilí do mlýna.

Konstrukce má obdélníkový půdorys o rozměrech 7,6 x 2,0 m a maximální výšce 3,35 m. Základová spára se nachází ve výšce -3,100 m. Podzemní voda je uvažována hluboko pod základovou spárou.

Zatížení je bráno od vlastní tíhy, ocelové násypky, od zeminy, která působí pouze na 3 stěny, přitížení na povrchu zeminy od nákladních aut přepravujících obilí a od smršťování. Vnitřní síly jsou vypočítány v programu Scia Engineer 18.1 s použitím modulu SOLIN pro podloží. Pro kontrolu je proveden ruční výpočet na zjednodušeném modelu jedné stěny od zatížení zeminou.

Konstrukce je posuzována na mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti a na vyplavání konstrukce. Dále je zpracován výkres tvarů a výkres výztuže.

TECHNICKÁ ZPRÁVA

Popis konstrukce

Železobetonová konstrukce pro násypku na obilí je tvořena čtyřmi stěnami a deskou. Stěny z části vyčnívají nad úroveň terénu. Horní hrana stěn se nachází +0,300 m nad terénem a dolní hrana -2,300 m pod terénem. Základová spára je ve výšce -3,100 m.

Stěna S1 má délku 7,1 m, výšku 3,0 m a tloušťku 0,3 m. Stěny S2 a S3 leží naproti sobě a mají stejné rozměry, délku 2,0 m, výšku 3,0 m a tloušťku 0,25 m. Stěna S4, která je opřena o podzemní stěnu mlýna, má délku 7,1 m, výšku 2,3 m a tloušťku 0,3 m.

Deska má plošné rozměry 7,6 x 2,0 m a tloušťku 0,35 m. Pod deskou je navržen podkladní beton C12/15 tloušťky 0,05 m. Na podkladním betonu je položena hydroizolace z asfaltových izolačních pásů.

Materiály

Konstrukce je zhotovena z betonu C25/30 a betonářské oceli B500B.

Vyztužení konstrukce

V konstrukci je navržena výztuž $\varnothing 10/125$, $\varnothing 16/125$, $\varnothing 8/125$ a spony $\varnothing 6$. V podélné stěně S1, která je protilehlá stěně mlýnu, je v poli na vnější i vnitřní straně navržena výztuž $\varnothing 10/125$ ve směru os x a y. Blíže k okraji bude umístěna výztuž ve směru x. Ve vetknutí do stěn a desky je navržena výztuž $\varnothing 16/125$ kolmá k vetknutí. Zúžené zhlaví je vyztuženo příložkami tvaru U $\varnothing 8/125$.

V poli příčné stěny S2, ve vetknutí se stěnou S4 a deskou navržena výztuž $\varnothing 10/125$ ve směru os x a y při obou okrajích. Ve vetknutí do stěny S4 ve směru x je výztuž $\varnothing 16/125$. Zúžené zhlaví je vyztuženo příložkami tvaru U $\varnothing 8/125$. Blíže k okraji bude umístěna výztuž ve směru x.

V poli příčné stěny S3, ve vetknutí se stěnou S4 a deskou je navržena výztuž $\varnothing 10/125$ ve směru os x a y při obou okrajích. Ve vetknutí do stěny S4 ve směru x je výztuž $\varnothing 16/125$. Blíže k okraji bude umístěna výztuž ve směru x.

V podélné stěně S4, to je stěna opřena o stěnu mlýna, je všude navržena výztuž $\varnothing 10/125$. Blíže k okraji bude umístěna výztuž ve směru x.

Deska je také vyztužena výztuží $\varnothing 10/125$, pouze ve vetknutí s deskou S4 je navržena výztuž $\varnothing 16/125$ kolmo ke stěně.

Jako smyková výztuž jsou konstrukčně navrženy spony $\varnothing 6$ mm, které jsou umístěny šachovnicově 4 na 1 m² a zároveň slouží ke spojení ohybové výztuže.

Základové poměry

V okolí podzemní konstrukce se nachází zemina F4 - jíl s nízkou plasticitou [7]. Hladina podzemní vody se nachází hluboko pod základovou spárou. Stavební jáma bude vybrána strojně, pouze posledních 10 cm bude vykopáno ručně z důvodu přesnosti a rovnosti základové spáry. Ta se nachází -3,100 m pod terénem. Z důvodu zarovnání základové spáry bude udělán podkladní beton tloušťky 50 mm. Než se začne betonovat deska konstrukce, bude na podkladní beton položena hydroizolace z asfaltových izolačních pásů.

Postup betonáže konstrukce

Jako první po zatvrdnutí podkladního betonu bude připravena výztuž do desky konstrukce. Nesmí se zapomenout na výztuž, která propojuje desku se stěnami. Poloha výztuže se bude zajišťovat pomocí distančních podložek. Jako bednění budou použity OSB desky. Beton bude nalit do bednění a zhutněn ponornými vibrátory. Povrch betonu musí být ošetřován proti vysychání a riziku vzniku trhlin. Proto je na prvotně zaschlý horní povrch betonu nalito zhruba 5 cm vody. Místa, která nejsou pod vodou musí být minimálně dvakrát denně ošetřena vodou. Odbednění bude provedeno po 5-ti dnech od vybetonování desky.

Stěny budou betonovány po 14-ti dnech od betonáže desky. Před umístěním bednění a navázané výztuže musíme řádně ošetřit stykovou plochu a provazující výztuž mezi deskou a stěnami. Při betonáži bude beton postupně hutněn ponornými vibrátory. Horní hrana musí být pravidelně ošetřována vodou a přikryta geotextílií, aby nedošlo ke vniku trhlin při vysychání betonu. K odbednění stěn dojde po 5-ti dnech od betonáže.

ZÁVĚR

Železobetonová konstrukce pro násypku na obilí byla navržena a posouzena na mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, vyplavání a uložení násypky. Navržená konstrukce vyhovuje platným normám. Byl zpracován statický výpočet a výkresová dokumentace návrhu.

POUŽITÁ LITERATURA

Platné normy

- [1] - ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] - ČSN EN 1991-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí
- [3] - ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [4] - ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí
- Část 1: Obecná pravidla

Ostatní literatura

- [5] - ZICH, Miloš a kol. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Verlag Dashofer, nakladatelství, s. r. o., Praha 2010.
- [6] - BAREŠ, Richard . *Tabulky pro výpočet desek a stěn*. Druhé, doplněné vydání, SNTL, Praha 1979.
- [7] - WEIGLOVÁ, Kamila. *Mechanika zemin – modul BF02-M03, Praktické aplikace mechaniky zemin I*. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2005.

Použitý software

- Scia Engineer 18.1 – studentská verze
- AutoCAD 2019 – studentská verze
- MS Word
- MS 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 tlačného 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 Průvodní zpráva statickým výpočtem a statický výpočet