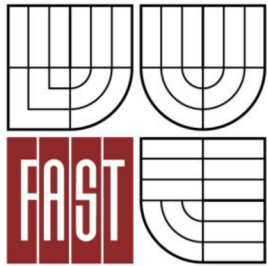


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

KONSTRUKCE SILA NA CUKR SUGAR STORAGE TANK

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

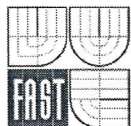
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. LIBOR KOTÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2015



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

Diplomant Bc. Libor Kotík
Název Konstrukce sila na cukr
Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

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



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

Podklady a literatura

1. Stavební podklady (půdorysy, řezy, pohledy).
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN.
3. Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce nádrže a zásobníky, Akademické nakladatelství Cerm, 2010.
4. Zich M., kol., Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Nakl. Verlag Daschofer, Praha 2011.
5. L. Grenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986.
6. D. Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií. ALFA 1984.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Vypracovat stavební a konstrukční návrh stavby sila na cukr dle předaných rozměrových, materiálových a zatěžovacích parametrů. Provést návrh nosných prvků. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže). Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

- P1. Použité podklady a varianty řešení
- P2. Výkresy - přehledné, podrobné a detaily (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce).
- P3. Stavební postup a vizualizace
- P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

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

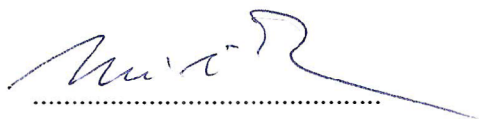
Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

Struktura bakalářské/diplomové 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).



doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Předmětem diplomové práce je statický návrh a posudek předpjatého sila na 50000t cukru. Zpracován je výpočtový model ocelové střešní konstrukce a jeho působení na konstrukci sila. Je stanoveno zatížení od uskladněného cukru. Je proveden optimální návrh a posouzení na mezní stav použitelnosti a únosnosti betonářské výztuže a vodorovného předpětí stěny sila včetně lokálních namáhání. Dále je proveden návrh betonářské výztuže dna sila a sloupu v podsilí a posouzení na mezní stav únosnosti.

Součástí diplomové práce je i výkresová dokumentace, technická zpráva a vizualizace s postupem výstavby.

Cílem práce je, návrh hlavních konstrukčních částí na základě požadované skladovací kapacity sila, mechanických vlastností skladovaného materiálu a technologického vybavení.

Klíčová slova

Silo, zásobník, železobeton, předpjatý beton, dodatečné předpjetí, stěna, skořepina, deska, sloup, ploché dno, protlačení, kotevní žebro, kabel, kanálek, kotva, únosnost, trhliny, napětí, vnitřní síly, zatížení, cukr, provzdušněné dno, vytápěná stěna, ocelová konstrukce, kuželová střecha.

Abstract

The matter of this thesis is static design and examination of prestressed storage tank to 50000 tons of sugar.

Computational model of the steel roof structure is processed and its effect on the silos. Loads is provided of sugar. Optimal design is performed and assessment ultimate and serviceability limit state reinforced concrete and prestressing horizontal silo wall including local load. Next, it is performed the design of a reinforced concrete of the plane bed and post and assessment at the ultimate limit state.

The thesis is also drawing documentation, technical report and visualization of construction process.

The aim of this work is to the design of the main components based on the required storage capacity tank, mechanical properties of the stored material and technical amenities.

Keywords

Silo, storage tank, reinforced concrete, prestressed concrete, post-tensioned, wall, shell, plate, column, plane bed, punching, anchor pillar, cable, channels, anchor, load-bearing capacity, cracks, stress, tension stress, internal forces, load, sugar, aeration bottom, heating wall, steel structure, conical roof.

...

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Libor Kotík *Konstrukce sila na cukr*. Brno, 2015. 16 s., 191 s. příl. Diplomová práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí.
Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 16.1.2015



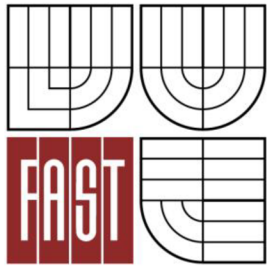
.....
podpis autora
Bc. Libor Kotík

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval rodině a blízkým, kteří mě během studia podporovali a vedoucímu práce doc. Ing. Miloši Zichovi, Ph.D. za odborný dohled a rady při konzultacích.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA
ENGINEERING REPORT

KONSTRUKCE SILA NA CUKR
SUGAR STORAGE TANK

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. LIBOR KOTÍK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2015

OBSAH

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	str. 3
1.1 ÚVOD	str. 3
1.2 CÍL PRÁCE.....	str. 3
2. INFORMACE O STAVBĚ	str. 4
2.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE.....	str. 4
2.2 POPIS OBJEKTU.....	str. 4
3. TECHNICKÉ INFORMACE	str. 5
3.1 MECHANICKÉ VLASTNOSTI CUKRU.....	str. 5
3.2 ROZMĚRY SKLADOVACÍHO PROSTORU	str. 5
3.3 ZALOŽENÍ	str. 5
3.4 NOSNÁ KONSTRUKCE VRCHNÍ STAVBY	str. 5
3.5 ZASTŘEŠENÍ.....	str. 5
3.6 POUŽITÉ MATERIÁLY	str. 6
3.7 KRYTÍ VÝZTUŽE.....	str. 6
4. ZATÍŽENÍ	str. 7
4.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	str. 7
4.2 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	str. 7
5. TECHNOLOGICKÉ PODMÍNKY	str. 7
6. POŽADAVKY NA KONTROLU ZAKRÝVANÝCH KONSTRUKCÍ.....	str. 7
7. ZÁVĚR.....	str. 8
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	str. 8
9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	str. 11
10. SEZNAM PŘÍLOH.....	str. 16

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

1.1. ÚVOD

Práce se zabývá návrhem nosné konstrukce sila na 50tisíc tun cukru.

1.2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je, návrh hlavních konstrukčních částí na základě požadované skladovací kapacity sila, mechanických vlastností skladovaného materiálu a technologického vybavení.

2. INFORMACE O STAVBĚ

2.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Investor:

Tereos TTD, a. s.
Palackého náměstí 1
294 41 Dobruška

Místo a adresa stavby:

Cukrovar České Meziříčí
ul. Osvobození
517 71 České Meziříčí

Vypracoval:

Bc. Libor Kotík
Křižní 3
594 01 Velké Meziříčí

2.2. POPIS OBJEKTU

Místo stavby se nachází ve stávajícím areálu cukrovaru v Českém Meziříčí. Účelem stavby sila na 50tisíc tun cukru je rozšířit současnou skladovací kapacitu.

Přibližný vnější průměr válcového sila je 45,2m, výška betonové části 41,9m a výška horní hrany lucerny 61m.

Silo bude napojeno na nově zbudovaný dopravní most, který vede ze stávající elevátorové věže, ve které proběhne přesměrování dopravy cukru, buď do stávajícího sila na 10tisíc tun cukru, nebo do nového sila. Rychlost plnění sila bude 60t/hod.

Hlavní vyprazdňování sila bude zajišťovat 17 výsypek umístěných na dně sila ve dvou hlavních na sebe kolmých směrech. Pod výsypkami budou umístěny dopravní pásy, které povedou na balírnu. Tyto výsypky budou opatřeny hradítky se servopohonem. Rychlost vyprazdňování se předpokládá 60t/hod. V případě nutnosti úplného vyprázdnění sila bude využito dalších 52 výsypek. Tyto výsypky budou opatřeny hradítkem ovládaným ručně. Všechny výsypky budou opatřeny muzikusem s otvorem pro odstranění případně vniklé klenby.

Z důvodu spodního vyprazdňování bude silo spočívat na soustavě sloupů a vnější obvodové stěny tvořící tzv. podsílí.

Ve stěnách sila budou uloženy svislé topné kanálky, které budou silo i s obsahem vytápět na 25°C±2°C. Topné kanálky mají průměr 100mm a budou rozmístěny rovnoměrně po celém obvodu po cca 500mm. Topný okruh bude napojen na vstupu z podsílí a na výstupu v úrovni střešní konstrukce a následně rekuperován. Pro omezení tepelných ztrát bude silo zatepleno pěnovým polystyrénem tl. 200mm.

Skladovaný cukr bude provětráván upraveným vzduchem, pomocí kanálů ve dně sila.

3. TECHNICKÉ INFORMACE

3.1. MECHANICKÉ VLASTNOSTI CUKRU

Silo je určeno ke skladování krystalového cukru běžné zrnitosti s obsahem prachových částic pod 0.25 mm max. 5 %. Předpokládaná teplota cukru na vstupu do sila v průměru 25 °C, odchylky max. ± 5 °C.

Norma^[8] udává sypný úhel cukru 38°. Silo dle studie bude mít provětrávané dno a podle výrobce cukru se má pro výpočet uvažovat sypný úhel 29°C.

Jmenovitá kapacita sila	50 000 t
Střední objemová hmotnost ukládaného cukru	825 kg/m ³
Střední rozměr krystalu cukru v rozmezí	0.5 – 0.8 mm
Mezní hodnota vlhkosti uskladňovaného cukru	0,04-0,08%
Obsah popela	0,015%
Obsah redukujících látek	0.04%
Střední teplota cukru v silo:	25±2°C
Střední teplota provětrávacího vzduchu:	25±2°C
Střední vlhkost provětrávacího vzduchu:	30±3%r.v.

3.2. ROZMĚRY SKLADOVACÍHO PROSTORU

Základní tvar konstrukce je dán především požadovanou skladovací kapacitou sila. Kapacita sila je 50 tisíc tun cukru.

Stanovení vnitřních rozměrů sila:

Objem skladovaného cukru: $50\,000 / 0,825 = 60\,606,1\text{m}^3$

Investorem byly zadány přibližné rozměry sila.

Byl tedy zvolen vnitřní průměr sila 44,2m

Výška kuželového vrchlíku: $\text{tg } 29^\circ = v / 22,1 \rightarrow v = 22,1 * \text{tg } 29^\circ = 12,25\text{m}$

Objem kuželového vrchlíku je $(44,2/2)^2 * \pi * 12,25 / 3 = 6\,265,4\text{m}^3$

Výška styku stěny s cukrem: $(60\,606,1 - 6\,265,4) / (22,1^2 * \pi) = 35,5\text{m}$

3.3. ZALOŽENÍ

Založení objektu není obsahem této práce.

V podkladech této diplomové práce^[2] je založení sila předběžně odhadnuto na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Průměr jedné piloty 1,5m, hloubka 15m. Piloty budou vytvořeny pod každým sloupem v rastru 4,5x4,5m celkem 69ks. Pod obvodovou stěnou podsílí bude nutno navrhnout další piloty, o průměru soustavy pilot 45m.

Základová deska bude navržena pouze na pojezd mechanizace a užité zatížení v podsílí. Její tloušťka je dle podkladu odhadnuta 500mm.

3.4. NOSNÁ KONSTRUKCE VRCHNÍ STAVBY

Světlá výška podsílí činí 3,6m.

Celé silo spočívá na soustavě 69 sloupů v rastru 4,5x4,5m a obvodové stěně s otvory pro vrata 2,6x2,6m v každé čtvrtině.

SLOUP (S1)

Byl navržen žb čtvercový sloup 800x800mm s hlavicí. Hlavice má tvar komolého jehlanu o výšce 400mm a půdorysného rozměru v nejširším místě 1600x1600mm.

Sloup byl posouzen na mezní stav únosnosti interačním diagramem.

OBVODOVÁ STĚNA PODSILÍ (ST1)

Tloušťka žb obvodové stěny podsilí byla odhadnuta na 600mm. Vnitřní průměr stěny je 22,2m.

Obvodová stěna není v této práci staticky posouzena.

DNO - DESKA (D1)

Dno sila tvoří kruhová žb deska o průměru 45,6m. Je podporována sloupy a obvodovou stěnou podsilí. Její tloušťka byla navržena na 800mm. Do bednění desky budou vloženy ocelové výsyvky (OV1) z nerezové oceli (celkem 69ks). Na celém obvodu desky budou vytvořeny 2 ozuby pro uložení stěny sila (ST2). Po obvodu budou dále protaženy prostupy pro vytápění pláště sila. Dno sila bude dále tvořit nenosná nadbetonávka tl. 200mm do které se vloží bednění provzdušňovacích kanálů.

Deska byla posouzena na mezní stav únosnosti.

STĚNA SILA (ST2)

Nosný plášť sila tvoří vodorovně předpjatá stěna (ST2). Pro stěnu byla zvolena varianta s proměnnou tloušťkou stěny 700 a 600mm, s výhodou že se stěna nemusí předepínat i svisle. Stěna bude spočívat na obvodě desky (D1), kde bude v místě uložení pomocí ozubů působit jako kloub, již ve fázi předpínání aby nedošlo k poškození topných kanálků v důsledku přetvoření stěny od předpětí. Stěna je vysoká 38m od vrchního líce ozubu. Spodní tloušťka stěny má tl. 700mm do výšky 6,9m dále má pak stěna tl. 600mm o celkové výšce 31,1m. Odskok změny tloušťky stěn je směřován do exteriéru. Vnitřní průměr stěny sila je po celé výšce 44,2m.

Stěna bude betonována postupně taženým bedněním, ve vodorovných pruzích vysokých 1,5m.

Předpětí do stěny je vnášeno kotevními žebry v každé čtvrtině stěny. Kotevní žebra probíhají po celé výšce stěny a mají půdorysný rozměr 5,1x0,6m. Kabely jsou kotveny ob jedno žebro. Předpínání bude probíhat současně v jednom předpínacím obvodu. Bude tedy zapotřebí 4 napínacích zařízení, každé o výkonu 5000kN.

Stěna sila byla posouzena na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

3.5. ZASTŘEŠENÍ

Střešní konstrukce má tvar komolého kužele se sklonem 35° a s vrcholovou lucernou pro zaústění dopravního mostu k plnění sila. Je tvořena svařovanými ocelovými příhradovými pruty a montována na stavbě.

Střešní konstrukci tvoří 36 radiálně umístěných příhradových vazníků s tangenciálně umístěnými příhradovými vaznicemi po 2,4m. Pro ztužení konstrukce jsou doplněny v každé třetině příhradová ztužidla. Vazníky jsou montovány na ocelové konzoly přivařené do požadované polohy ke kotevním plechům (OK1) monoliticky spojených se stěnou sila. Profily přírub příhradových prutů jsou čtvercové uzavřené průřezy a diagonály jsou kruhové. Celá střešní konstrukce bude po svaření v dílně ochráněna proti korozi žárovým zinkováním.

Lucerna je tvořena šesticí svislých sloupků s větrovými ztužidly a je zastřešena ocelovými krokvy.

Střešní konstrukce a stěny lucerny budou opláštěné sendvičovými panely *Ruukki SP2C PU tl. 210/170*.

Konstrukce bude navržena tak, aby zároveň plnila funkci únikového otvoru pro tlakovou vlnu případného výbuchu cukerného prachu uvnitř sila.

Konstrukce střechy byla vymodelována v programu Scia Engineer, kde byly optimalizovány průřezy pomocí funkce Autodesign. Následné reakce podpor byly požity do zatěžovacích stavů působících na silo.

3.6. POUŽITÉ MATERIÁLY

Dimenzované prvky:

Sloup (**S1**)

Beton **C30/37**

Betonářská ocel **B 500B-10 505(R)**

Deska (**D1**)

Beton **C30/37**

Betonářská ocel **B 500B-10 505(R)**

Ocelové výsyvky: nerezová ocel **EN 10 088 (17 240)**

Předpjatá stěna (**ST2**)

Beton **C30/37**

Betonářská ocel **B 500B-10 505(R)**

Předpínací ocel **Y-1860 S7-15,7-A**

Kanálky **HDPE**

Injektážní cementová malta **Freyssifix TX**

Kotva **19C15** (19-lanný kotevní systém Freyssinet)

Šroubovice: ocel **S235**

Kotevní plechy: konstrukční ocel **S235**

Střešní konstrukce

Konstrukční ocel **S235**

3.7. KRYTÍ

Velikost krytí je především ovlivněna vlivem prostředí, návrhovou životností konstrukce a průměrem výztuže.

Třída prostředí: **XC3** – beton uvnitř budov se střední vlhkostí vzduchu

Návrhová životnost: **50let (S4)**

Krytí bylo stanoveno ve statickém výpočtu.

Stěna (ST2) – c = 35mm

– 90mm pro kanálky předpínacího systému

Deska (D1) – pro ØR32 c = 45mm

– pro ØR28 c = 40mm

– jinak c = 35mm

Sloup (S1) – c = 35mm

4. ZATÍŽENÍ

Zatížení a jejich kombinace byly spočteny dle ČSN EN 1991.

4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Jako stálé zatížení působící na konstrukci byla uvažována vlastní tíha konstrukce, tíha střešního pláště a dopravní most.

Jako stálé zatížení je uvažováno i předpětí.

Viz statický výpočet, příloha P4.

4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Užitné zatížení

Užitné zatížení tvoří skladovaný cukr. Účinky od náplně na konstrukci sila byly spočítány dle ČSN EN 1991-4.

Zatížení teplotou

Byly vytvořeny 3 zatěžovací stavy v provozním stádiu konstrukce. Stanovení zatížení od teploty bylo stanoveno dle ČSN EN 1991-1-5.

Zatížení sněhem

Výpočet zatížení sněhem proveden dle ČSN EN 1991-1-3. Silo se nachází v areálu cukrovaru v Českém Meziříčí a spadá do II. sněhové oblasti dle národní přílohy normy.

Viz statický výpočet, příloha P4.

5. TECHNOLOGICKÉ PODMÍNKY

Konstrukce budou realizovány dle standardních postupů při výstavbě, nepředpokládá se použití zvláštních technologií. Při provádění konstrukcí musí být dodrženy max. dovolené odchylky podle ČSN EN 13670-1.

6. POŽADAVKY NA KONTROLU ZAKRÝVANÝCH KONSTRUKCÍ

Veškeré zakrývané konstrukce budou před zakrytím a zabudováním převzaty technickým dozorem investora, který zkontroluje zda-li je vše provedeno dle PD a provede zápis do stavebního deníku. V případě potřeby bude provedeno i převzetí zodpovědným projektantem dané části.

7. ZÁVĚR

Byla navržena nosná konstrukce vybraných částí novostavby sila na cukr. Bylo stanoveno zatížení působící na konstrukci dle platných norem, především působení náplně. Výpočet vnitřních sil od zatížení byl proveden výpočtovým programem Scia Engineer 2013.1. Byla navržena výztuž a konstrukce byla posouzena na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

Stěna sila byla v průběhu návrhu a posouzení optimalizována a přizpůsobena technickým požadavkům na funkčnost. Výsledkem je stěna předepnutá pouze ve vodorovném směru a s kloubovým uložením v patě stěny. Vodorovné předpětí je tvořeno 19-lanným předpínacím systémem Freyssinet. Předpětí je navrženo tak, aby během životnosti konstrukce nebyla překročena mezní únosnost betonu v tahu.

Součástí diplomové práce je výkresová dokumentace, vizualizace, postup výstavby a statický výpočet.

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Podklady (viz příloha P1)

- [1] *Výkresová dokumentace – Silo na cukr 50.000t., projekt č. ST 1220, Říjen 2012, 3 výkresy (.dwg), výkres č.: CU1236P, CU1257P a CU1258P, ProjectSoft HK a.s.*
- [2] SHP zadání pro studii – ověření dimenzování konstrukce sila.doc, 3strany.
- [3] Hoffman, P.(část 1), Kavan, V. (část 2), Podklad k nabídce na realizaci akce: „Výstavba sila na cukr – 50 000t cu České Meziříčí část, 1 – topení sila, část 2 – provětrávací okruh, 17. května 2013 Praha, 16 stran.

Normové předpisy

- [4] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004, 76 stran.
- [5] ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: ČNI, 2004, 44 stran.
- [6] ČSN EN 1991-1-5: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou, Praha: ČNI, 2005, 44 stran.
- [7] ČSN EN 1991-1-3 ed.2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, Praha: ÚNMZ, 2013, 52 stran.
- [8] ČSN EN 1991-4 ed.2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží, Praha: ÚNMZ, 2013, 98 stran.
- [9] ČSN EN 1992-1-1 ed.2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: ÚNMZ, 2011, 202 stran.

- [10] ČSN EN 1992-3: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky, Praha: ČNI, 2007, 24 stran.

Publikace

- [11] ZICH, M., Bažant Z., a Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky, Brno: CERM, 2010, 161 s. ISBN: 978-80-7204-693-5.
- [12] ZICH, Miloš.. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Praha: Verlag Dashofer, nakladatelství, 2010. 145 s. ISBN: 978-80-86897-38- 7.
- [13] NAVRÁTIL, Jaroslav: Předpjaté betonové konstrukce. Brno: CERM, 2008, 186s , ISBN 978-80-7204-561-7
- [14] PROCHÁZKA, Jaroslav. a kol. *Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. 338 s. Technická knihnice. ISBN 978-80-87438-03-9.

Jiné diplomové práce

- [15] Bc. Martin Štramberský *Návrh předpjaté nádrže*. Brno, 2014. 27s., 284s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D..
- [16] Bc. Tomáš sekanina *Projekt sila na cement*. Brno, 2011. 20 s., 158 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Miloš Zich, Ph.D..

Software

- [17] AutoCad 2010
- [18] Scia Enginer 2012
- [19] Microsoft Word 2007
- [20] Microsoft Excel 2007
- [21] SketchUp 2015

Internet

- [22] FREYSSINET CS, a.s., Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/>
- [23] Ing. Michálek Ladislav, Výstavba skladových kapacit – Loukov, článek v internetovém časopise Konstrukce, publikováno 20. 5. 2013, dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/vystavba-skladovych-kapacit-loukov/>
- [24] Slipform Systems Austria, Dostupné z: <http://www.slipform-austria.com/ru/gleitschalung/zylyndrische-gleitschalung/>
- [25] Mapy google, Dostupné z: <https://maps.google.cz/>

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SYMBOLY LATINSKÉ ABECEDY

A	plocha průřezu zásobníku se svislými stěnami
A_c	plocha vodorovného řezu tokového kanálu, plocha betonového průřezu
$A_{c,osl}$	plocha betonu oslabeného kanálkem a výztuží
A_i	ideální plocha průřezu s předpínací výztuží
A_{i0}	ideální plocha průřezu před předpínáním
a_k	převodní součinitel pro poměr bočních tlaků
A_p	plocha předpínací výztuže na délku stěny
A_{p1}	průřezová plocha jednoho předpínacího lana
A_s	plocha betonářské výztuže
$A_{s,max}$	maximální plocha betonářské výztuže
$A_{s,min}$	minimální plocha betonářské výztuže
$A_{s,rqd}$	minimální plocha výztuže pro únosnost
A_{si}	plocha betonářské výztuže vnitřní povrch
A_{sl}	plocha podélné tahové výztuže
A_{so}	plocha betonářské výztuže vnější povrch
A_{sw}	plocha smykové výztuže
a_μ	převodní součinitel pro součinitel tření o svislou stěnu
b	šířka průřezu
c	návrhová hodnota krycí vrstvy
C_b	součinitel zvětšující zatížení dna
C_e	součinitel expozice
c_{min}	minimální krycí vrstva
c_{nom}	jmenovitá nominální hodnota krycí vrstvy
C_o	součinitel vyprazdňování
C_{op}	referenční součinitel místního zatížení
C_{pf}	součinitel místního zatížení při plnění
C_t	tepelný součinitel
C_w	součinitel tahové složky tření o stěnu při vyprazdňování
d	účinná výška průřezu
d_c	vnitřní průměr sila
d_p	průměr předpínací výztuže
E	poměr výstřednosti tokového kanálu k průměru zásobníku
e_c	výstřednost středu tokového kanálu
E_{cd}	návrhový modul pružnosti betonu
e_f	výstřednost navrženého materiálu
e_o	výstřednost středu výpusti
e_{ocr}	maximální výstřednost výpusti
E_p	návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli
E_s	modul pružnosti betonářské oceli
f_{bd}	mezní napětí v soudržnosti

f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
f_{ctm}	pevnost betonu v tahu
$f_{p,max}$	maximální napětí při napínání
f_{Pd}	návrhová mez kluzu předpínací oceli
f_{Pk}	charakteristická pevnost předpínací oceli v tahu
$f_{Pk0,1}$	charakteristická smluvní mez kluzu 0,1% předpínací oceli
f_{yd}	návrhová mez kluzu oceli
f_{yk}	charakteristická mez kluzu oceli
G	poměr poloměru tokového kanálu k poměru kruhového zásobníku
g_0	zatížení vlastní tíhou
h	výška průřezu, šířka stěny
h_0	hloubka základny navršeného materiálu pod ekvivalentním povrchem
h_b	celková výška zásobníku od vrcholu výsypky k ekvivalentnímu povrchu
h_c	výška části zásobníku se svislými stěnami od přechodu k ekvivalentnímu povrchu
h_{tp}	celková výška navršeného materiálu
C_h	součinitel vodorovného tlaku při vyprazdňování
k	úhel nepředvídaného zakřivení kanálu
K_{dol}	dolní hodnota poměru bočních tlaků
K_{hor}	horní hodnota poměru bočních tlaků
K_m	průměrná hodnota poměru bočních tlaků
l_0	návrhová přesahová délka
$l_{0,min}$	minimální přesahová délka
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{bd,min}$	minimální kotevní délka
M_{Ed}	návrhový moment od zatížení
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti
m_x	měrný ohybový moment ve směru x
mxD	dimenzační moment ve směru x
m_y	měrný ohybový moment ve směru y
myD	dimenzační moment ve směru y
n	mocnina ve vztahu pro tlak ve výsypce
n	počet lan v jednom kabelu
N^0	tahová síla pro stav dekomprese
N_{ed}	návrhová normálová síla od zatížení
N_{Rd}	celková únosnost průřezu v tahu
n_x	měrné normálové napětí ve směru x
n_y	měrné normálové napětí ve směru y
n_{zSk}	charakteristická výslednice svislých napětí na jednotku obvodu
\varnothing_{1k}	průměr kanálu
\varnothing_{si}	průměr výztuže vnitřní povrch
\varnothing_{so}	průměr výztuže vnější povrch

p	tlak
P_0	předpínací síla po zakotvení
p_1	průměrná ztráta předpětí třením v přímé části na jednotku délky
$P_{1\infty}$	síla v 1 laně po dlouhodobých ztrátách
p_2	průměrná ztráta předpětí třením v zakřivené části na jednotku délky
p_h	vodorovný tlak vyvozený skladovaným zrnitým materiálem vodorovný tlak v nehybném materiálu přilehlém k tokovému kanálu při výstředném vyprazdňování
p_{hae}	vyprazdňování
p_{hce}	vodorovný tlak v tokovém kanálu při výstředném vyprazdňování asymptotický vodorovný tlak v hloubce tokového kanálu při výstředném vyprazdňování
p_{hco}	vyprazdňování
p_{he}	vodorovný tlak při vyprazdňování
p_{hf}	vodorovný tlak při plnění zásobníku
p_{ho}	asymptotický vodorovný tlak ve velké hloubce vodorovný tlak v nehybném materiálu vzdálenému od tokového kanálu při výstředném vyprazdňování
p_{hse}	výstředném vyprazdňování
p_{pf}	místní tlak při plnění zásobníku
p_{vb}	svislý tlak u základny nízkých zásobníků
p_{vf}	svislé napětí ve skladovaném materiálu při plnění zásobníku
p_{vho}	svislý tlak u základny navršeného materiálu
p_{vsq}	svislý tlak působící na ploché dno
p_{vtp}	geostatický svislý tlak u základny navršeného materiálu smykové napětí v nehybném materiálu přilehlému k tokovému kanálu při výstředném vyprazdňování
p_{wae}	vyprazdňování
p_{wce}	smykové napětí na stěně přilehlé k tokovému kanálu při výstředném vyprazdňování
p_{we}	smykové napětí na stěně při vyprazdňování
p_{wf}	smykové napětí na stěně naplněného zásobníku vlivem tření smykové napětí v nehybném materiálu vzdáleným od tokového kanálu při výstředném vyprazdňování
p_{wse}	vyprazdňování
r	vnitřní poloměr síla, poloměr zakřivení kabelu
R	tepelný odpor
r_c	poloměr výstředného tokového kanálu
r_{in}	vnitřní průměr síla
r_v	vzdálenost výsypek (rastr)
s	zatížení sněhem na střeše
s	vzdálenost vložek
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem
s_{max}	maximální vzdálenost výztužných vložek
s_p	osová vzdálenost kabelů
s_{si}	vzdálenost výztuže vnitřní povrch
s_{so}	vzdálenost výztuže vnější povrch
t_0	čas těsně po zakotvení předpínacích kabelů
T_0	výchozí teplota, při které je prvek zabudován
$t_{0\infty}$	čas na konci životnosti konstrukce
T_{in}	teplota vnitřního prostředí
T_{max}	maximální teplota ve stínu

T_{min}	minimální teplota vzduchu ve stínu
T_{out}	teplota vnějšího prostředí
U	vnitřní obvod vodorovného řezu zásobníku
U_{sc}	vnitřní obvod výtokového kanálu k statickému styku materiálu
U_{wc}	vnitřní obvod výtokového kanálu
V_{Rd}	návrhová posouvající síla
v_x	měrná posouvající síla ve směru x
v_y	měrná posouvající síla ve směru y
w	pokluz
x	délka přímé části od kotvy, výška tlačené části průřezu
x_w	délka kabelu, na které vymizí pokluz
$Y_{J(z)}$	variační funkce hloubky Janssenova tlaku
Y_R	variační funkce hloubky tlaku v nízkém zásobníku hloubka pod ekvivalentním povrchem materiálu v naplněném zásobníku, rameno
z	vnitřních sil
z_o	Janssenova charakteristická hloubka
z_{oc}	Janssenova charakteristická hloubka pro tokový kanál při výstředném vyprazdňování
z_v	hloubka užívaná pro stanovení svislého napětí

SYMBOLY ŘECKÉ ABECEDY

\emptyset	sytný úhel
\emptyset_s	průměr výztuže
α	sklon střechy, úhel
α_1	součinitel tvaru prutů
α_2	součinitel pro krycí vrstvu
α_3	součinitel ovinutí příčnou výztuží
α_4	součinitel ovinutí přivařenou příčnou výztuží
α_5	součinitel ovinutí příčným tlakem
α_6	součinitel procenta stykování výztuže
α_p	poměr modulů pružnosti předpínací oceli a betonu
α_s	poměr modulů pružnosti betonářské oceli a betonu
γ	objemová tíha
γ_1	objemová tíha ztekuceného materiálu
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_s	dílčí součinitel betonářské nebo předpínací oceli
Δ	rozdíl
ΔN_p	zbytková únosnost předpínací výztuže
ΔN_s	zbytková únosnost v betonářské oceli
$\Delta \sigma$	ztráta předpětí
$\Delta \sigma_p$	zbytkové napětí pro únosnost v tahu
$\Delta \sigma_s$	zbytkové napětí pro únosnost v tahu
$\Delta \sigma_w$	ztráta napětí od pokluzu
ϵ_0	přetvoření ideálního průřezu po zakotvení

ϵ_{c3}	poměrné stlačení betonu při dosažení maximálního napětí
ϵ_{Cu3}	mezní poměrné stlačení betonu
ϵ_{pRd}	přetvoření v předpínací výztuži po dosažení únosnosti (plné působení betonářské výztuže)
ϵ_S	přetvoření ve výztuži
ϵ_{ud}	mezní poměrné přetvoření předpínací výztuže
ϵ_{yd}	návrhové přetvoření ve výztuži
η_1	součinitel podmínky soudržnosti
η_2	součinitel průměru výztuže
θ_c	úhel styku stěny a výstředného tokového kanálu
λ	součinitel tepelné vodivosti
μ	tvárový součinitel zatížení sněhem, součinitel tření o svislou stěnu, koeficient tření kanálu
σ	napětí
σ_p^0	základní napětí v předpínací výztuži v dekompresi
σ_s^0	napětí v betonářské oceli v dekompresi
σ_c	tlakové napětí
σ_{cp0}	napětí v průřezu
$\sigma_{p,max}$	maximální přípustné napětí při předpínání
σ_{pm0}	maximální napětí po vnesení předpětí do betonu
$\sigma_{pm0,max}$	maximální přípustné napětí po vnesení předpětí do betonu
$\sigma_{pm\infty}$	napětí v předpínací oceli po dlouhodobých ztrátách
σ_{sd}	návrhové napětí ve výztuži
σ_t	tahové napětí
σ_x	napětí ve směru x
σ_y	napětí ve směru y
ψ	úhel styku stěny a výstředného tokového kanálu měřený ze středu tokového kanálu

POUŽITÉ ZKRATKY A DALŠÍ SYMBOLY

ZS	Zatěžovací stav
MSP	mazní stav únosnosti
MSÚ	mezní stav použitelnosti
tl.	Tloušťka
-	značka vnitřního/spodního líce
+	značka vnějšího/horního líce

10. SEZNAM PŘÍLOH

P1 POUŽITÉ PODKLADY

Výkresová dokumentace ProjectSoft HK a.s. ^[1]

Výkres č. CU 1236 P – ZASTAVOVACÍ SITUACE (M1:1000) 2A4

Výkres č. CU 1257 P – ZDROJE HLUKU – PŮDORYS (M1:500) 2A4

Výkres č. CU 1258 P – ZDROJE HLUKU – POHLED (M1:500) 2A4

SHP zadání pro studii^[2] 3 str.

Podklad k nabídce na realizaci akce^[3]

SCHEMA TOPENÍ PROVĚTRÁVÁNÍ A ASPIRACE 1A4

NÁVRH VÝSYPEK A KANÁLKŮ 1A4

P2 VÝKRESY

P2.01 VÝKRES TVARU DNA A PŘEDPJATÉ STĚNY SILA (M1:100) 18xA4

P2.02 VÝKRES PŘEDPÍNACÍCH KABELŮ (M1:100) 18xA4

P2.03 VÝKRES VÝZTUŽE STĚNY SILA – ST2 (M1:50) 12xA4

P2.04 VÝKRES VÝZTUŽE DNA (DESKA D1) (M1:100) 12xA4

P2.05 VÝKRES VÝZTUŽE SLOUPU – S1 (M1:25) 6xA4

P3 STAVEBNÍ POSTUP A VIZUALIZACE

15 str.

P4 STATICKÝ VÝPOČET

105 str.