



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

MONOLITICKÁ NÁDRŽ ČOV

CAST-IN-PLACE TANK OF SEWAGE PLANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

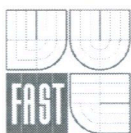
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN ČOŽÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2016



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	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Martin Čožík
Název	Monolitická nádrž ČOV
Vedoucí diplomové práce	Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

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



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

Podklady a literatura

Schematické výkresy zadaného objektu (půdorysy, řezy)

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

Bažant, Šmiřák: Betonové konstrukce III. Konstrukce plošné, nádrže a zásobníky

Majdúch: Zásady vystužování betonových konstrukcí

Skripta, podklady a opory používané ve výuce na ÚBaZK FAST VUT v Brně

Výpočetní programy pro PC

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

Proveďte návrh a posouzení monolitické konstrukce nádrže v areálu ČOV.

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).

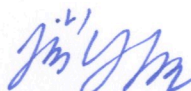
Popisný soubor závěrečné práce (1x).

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

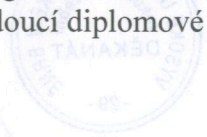
Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a 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. Jiří Strnad, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce



Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením monolitické ŽB konstrukce nádrže ČOV a dle platných norem a vypracováním výkresové dokumentace. Nádrž je rozdělena na jednotlivé řešené části: základovou desku, stěny a stropní desku. Tyto části jsou navrženy dle mezních stavů únosnosti a použitelnosti. Řeší se i posouzení založení konstrukce podle 2. geotechnické kategorie.

Klíčová slova

Monolitická nádrž, beton, ocel, zatížení, teplota, deska, stěna, skořepina, šířka trhliny, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

Abstract

The thesis deals with the design and assessment of monolithic reinforced concrete structures tanks and wastewater treatment plants in accordance with applicable standards and drafting drawings. The tank is divided into individual solved parts: base plate, walls and ceiling plate. These parts are designed according to the ultimate limit states and serviceability. Resolves an assessment of the foundation structure according to the second geotechnical categories.

Keywords

Monolithic tank, concrete, steel, load, temperature, plate, wall, shell, crack width, limit state design, serviceability limit state

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Martin Čožík *Monolitická nádrž ČOV*. Brno, 2016. 24 s., 236 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jirí Strnad, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 11.1.2016



.....
podpis autora
Bc. Martin Čožík

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jirímu Strnadovi, Ph.D. za věcné rady, připomínky a příkladné vedení při zpracování mé diplomové práce.



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

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN ČOŽÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2016

OBSAH

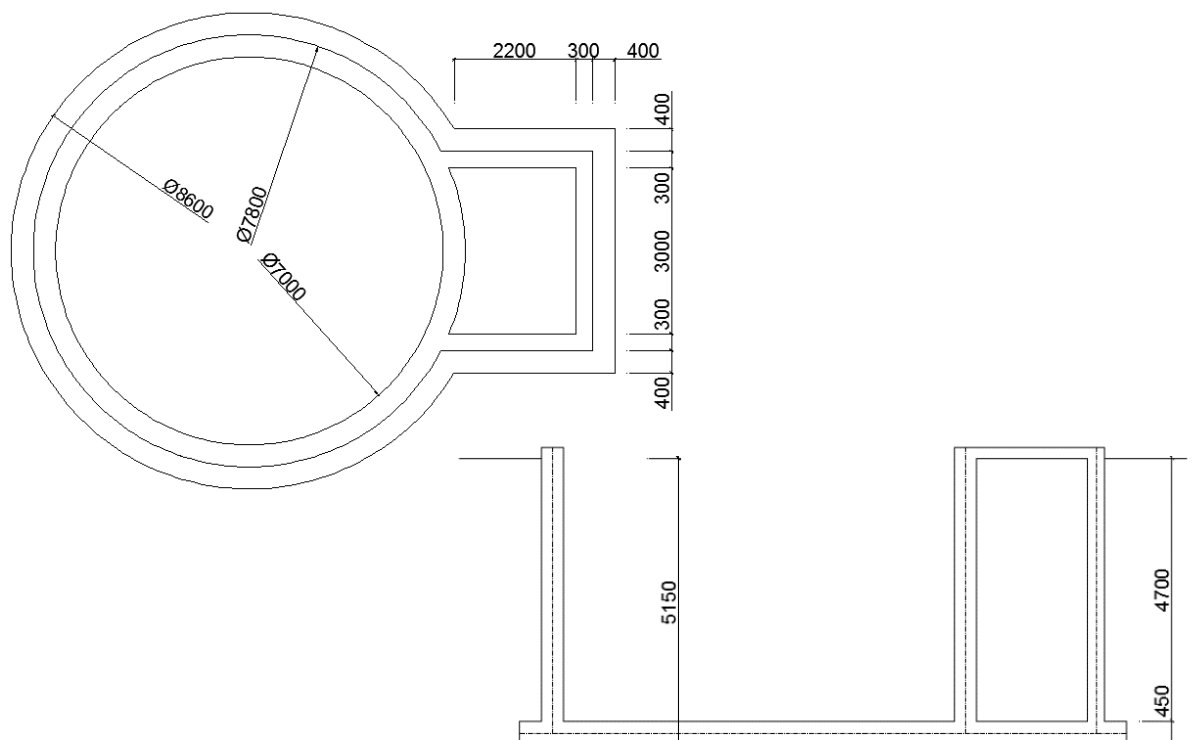
1. ÚVOD	2
2. GEOMETRIE A KONSTRUKČNÍ SYSTÉM.....	2
3. POŽITÉ MATERIÁLY	3
4. GEOLOGICKÉ PODMÍNKY	4
5. MODEL.....	4
6. ZATÍŽENÍ	4
7. KOMBINACE.....	7
8. DIMENZOVÁNÍ NA MSÚ	7
9. MSP – OMEZENÍ TRHLIN.....	9
10. MSP – VYPLAVÁNÍ NÁDRŽE	9
11. POSOUZENÍ ZALOŽENÍ KONSTRUKCE	10
12. ZÁVĚR	10
13. POUŽITÁ LITERATURA.....	12
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	13
SEZNAM PŘÍLOH	16

1. ÚVOD

Úkolem diplomové práce je návrh a posouzení železobetonové nádrže v areálu čističky odpadních vod (ČOV). Ta se skládá z hlavní nádrže a připojené technologické nádrže. Práce zahrnuje návrh základové desky, stěn a stropní desky na technologické nádrži podle mezních stavů.

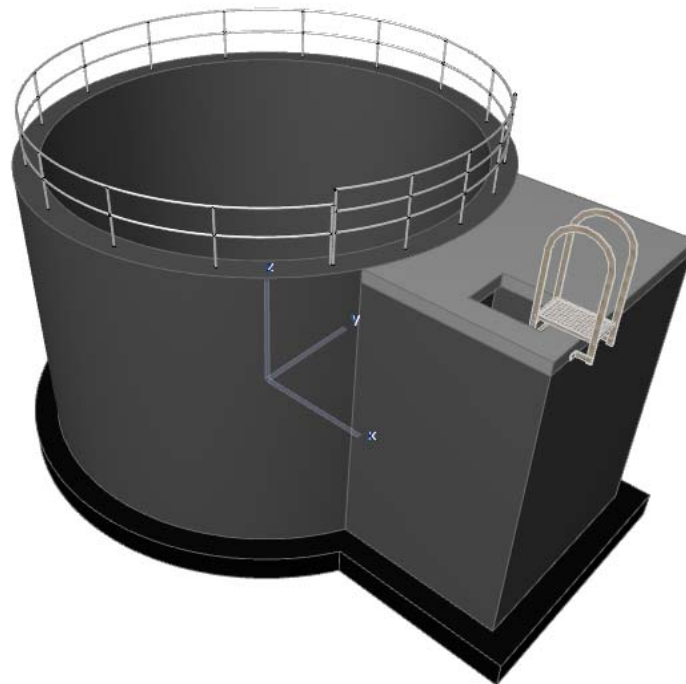
2. GEOMETRIE A KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Konstrukce je rozdělena na základovou desku D1, stěny S1, -s2 a S3 a stropní desku D2. Základová deska D1 je kruhového tvaru s obdélníkovým výběžkem pod technologickou částí nádrže. Průměr desky D1 je 8600 mm, výběžek 2900x4400 mm a tloušťka 450 mm. Je založena na štěrkovém polštáři o mocnosti 800 mm, hutněném po 200 mm vrstvách. Na štěrkovém polštáři je umístěna podkladní vrstva z betonu třídy C12/15 o tloušťce 100 mm. Mezi podkladní vrstvou betonu a základovou deskou D1 jsou položeny dvě vrstvy asfaltových pásů, které slouží jako izolace základů proti zemní vodě a ke zmírnění tahového napětí od rozdílného smršťování. Hloubka založení základové desky D1 (hloubka základové spáry) je 5250 mm od upraveného terénu ($\pm 0,000$). Viz výkres tvaru (výkres 3.1.5)



Stěny nádrže mají tloušťku 400 mm stěna S1 (hlavní nádrž) a 300 mm stěny S2 a S3 (stěny technologické části). Výška stěn je stejná 4900 mm. Stěna S1 tvoří uzavřenou kružnici o průměru na střednici 7400 mm. Na stěnu S1 je umístěno ocelové zábradlí po celém obvodu. Stěna S1 je řešena jako vetknutá do základové desky D1. Stěny S2 a S3 tvoří vedlejší technologickou nádrž o rozměrech 2000 x 3000 mm, ve které budou umístěny čerpadla a ostatní technologie nádrže a nebude sloužit k naplnění kapalinou. Tato část nádrže je zastropena Stropní deskou D2. Přesné rozměry jsou patrné z výkresu tvaru (výkres 3.1.5).

Stropní deska D2 zastřešuje technologickou část nádrže. Deska D2 má tvar obdélníku o rozměrech 2740 x 3600 mm a na jedné z delších stran navazuje na stěnu S1 hlavní nádrže částí kruhu o poloměru 7000 mm. Tloušťka desky je 200 mm. Ve stropní desce je jeden otvor pro vstup do nádrže o rozměrech 750 x 1000 mm. Přesné rozměry jsou patrné z výkresu tvaru (výkres 3.1.5).



3. POUŽITÉ MATERIÁLY

Celá konstrukce nádrže je navržena z betonu třídy C30/37 XC4, XF3, XA2 s konzistencí S2. Podkladní vrstva betonu je třídy C12/15. Ocel pro betonářskou výztuž je navržena B500B.

4. GEOLOGICKÉ PODMÍNKY

V místě stavby nebyl proveden geologický vrt. Pro výpočet je uvažováno založení nádrže v jílu o vysoké plasticitě F7, nad úrovní upraveného terénu uvažujeme zeminu F2. Hladina podzemní vody nebyla zjištěna. Pro výpočet MSP – Vyplavání je uvažována na úrovni původního terénu. Zemina je uvažována jako málo únosná, základové poměry jsou složité, konstrukce je náročná, spadá do 2. geotechnické kategorie.

5. MODEL

Podle zadávacího výkresu byl vytvořen výkres tvaru konstrukce. Nádrž byla rozdělena na jednotlivé části základovou desku D1, stěny S1-3 a stropní desku D2, viz výkres tvaru (výkres 3.1.5).

Model byl vytvořen přímým zadáním těles jako jednotlivých prvků. Tyto prvky jsou uvažovány jako skořepiny idealizované na střednice. Všechny styky jsou uvažovány jako tuhé. Deska D2 je uvažována jako kloubově uložená na stěnách. Stěny jsou tvořeny po pruzích o výšce 1 m na více prvků se stejnou geometrií. Na tyto prvky bylo aplikováno teplotní zatížení. Model byl plošně podepřen bez interakce s podložím.

6. ZATÍŽENÍ

Na konstrukci působí tyto zatížení:

Stálé zatížení:

Vlastní tíha

Dobetonávky spádových vrstev

Technologie nádrží

Ostatní stálé zatížení (zábradlí, žebřík)

Rozdílné smršťování mezi základovou deskou D1 a stěnami S1-3

Proměnné zatížení:

Sníh

Užitné zatížení

Zemina

Náplň

Teplota

6.1. Stálé zatížení

ZS1 Vlastní tíha konstrukce:

Zatížení vlastní tíhou konstrukce je automaticky generováno programem.

ZS2 Dobetonávky:

Ostatní stálé zatížení vyvolané tíhou materiálu, kvůli vyspárování dna nádrže.

Viz statický výpočet, strana 4.

ZS3 Technologické zařízení:

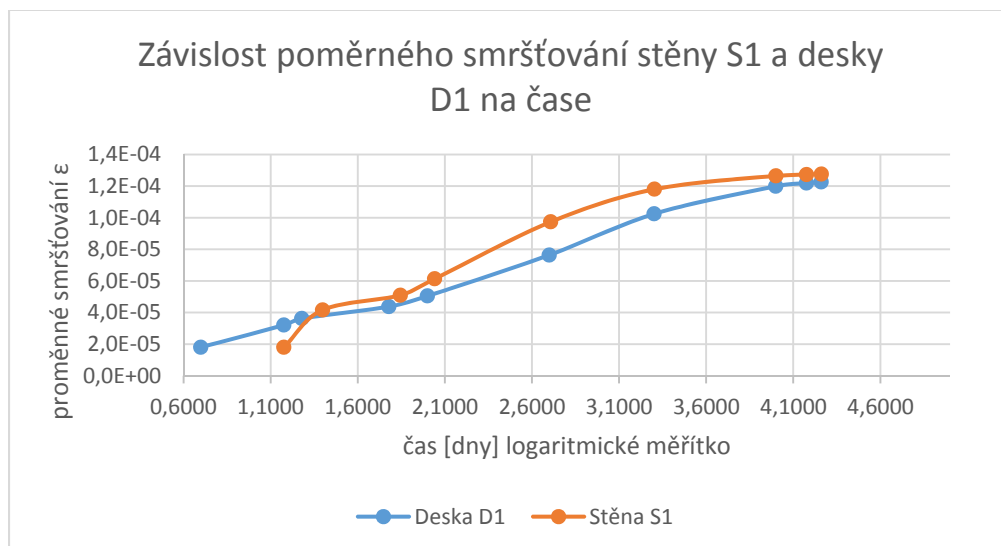
Ostatní stálé zatížení vyvolané technologií nádrže. Zahrnuje čerpadla o uvažované hmotnosti 150 kg. Viz statický výpočet, strana 5.

ZS4 Ostatní stálé zatížení:

Ostatní stálé zatížení vyvolané ocelovým zábradlím po obvodu hlavní nádrže a žebříkem pro vstup do technologické nádrže. Viz statický výpočet, strana 4.

ZS12 Smršťování:

Ostatní stálé zatížení vyvolané poměrným smršťováním betonu. Smrštění bylo počítáno pro základovou desku D1 a pro stěnu S1. Doba ošetřování se u obou prvků uvažovala na 5 dní od času betonáže. V čase 60 dní bylo uvažováno uvedení nádrže do provozu, tj. naplnění kapalinou. V čase 60 dní byla tedy uvažována změna vlhkosti z 50 % pro interval 5 – 60 dní na 95% pro interval 60 – 18250 dní. Byla vypočítána časová závislost pro více časů a vynesena do grafů. Největší rozdíl byl spočítán v čase 510 dnů, do výpočtu bylo smrštění zadáno pouze na stěny. Viz statický výpočet, strana 8.



6.2. Proměnné zatížení

ZS5 Sníh:

Nahodilé zatížení na stropní desky. Lokalita byla uvažována v oblasti III. Viz statický výpočet, strana 5.

ZS6 Užité zatížení:

Nahodilé zatížení na stropní desky. Bylo uvažováno osamělé břemeno na střed stropní desky D2 a rovnoměrné zatížení po celé ploše desky D2 o hodnotě 3 kN respektive 3 kN/m². Viz statický výpočet, strana 5.

ZS7 Zemina:

Nahodilé zatížení vyvolané geostatickým napětím přitěžujícím přečnívajícím okraje základové desky a klidovými zemními tlaky, působícími na stěny. Viz statický výpočet, strana 6.

ZS8 Přitížení na povrchu:

Nahodilé zatížení vyvolané přitížením zeminy na povrchu, které je přenášeno zeminou na stěny a přečnívajícím konce základové desky. Viz statický výpočet, strana 6.

ZS9 Náplň:

Nahodilé zatížení vyvolané naplněním hlavní nádrže kapalinou. Pro tu byla uvažována objemová hmotnost 1000 kg/m³. Výška hladiny byla uvažována 600 mm pod hranou stěn. Viz statický výpočet, strana 7.

ZS10 Teplota – léto:

ZS11 Teplota – zima:

Zatížení teplotou vyvolané klimatickými změnami a osvitem slunce. Aplikovalo se na všechny části konstrukce, osvit byl aplikován pouze na stěnu S1 a pouze na jeden kvadrant vymezený úhlem 90°. Bylo uvažováno Rovnoměrné a nerovnoměrné rozdělení teploty po průřezu a osvit stěny. Viz statický výpočet, strana 7.

7. KOMBINACE

Kombinace pro MSÚ budou generovány programem SCIA

Kombinační součinitele γ_F a ψ_i dle ČSN EN 1990

Návrhové hodnoty zatížení (STR/GEO)

Pro určení základní kombinace zatížení se používá rozhodující z dvojice výrazů

6.10a a 6.10b

8. DIMENZOVÁNÍ NA MSÚ

Pro každý prvek byly posouzeny konstrukční zásady, tj. maximální a minimální vzdálenosti vložek, kontrola plochy výztuže a byly počítány kotevní délky. Dimenzace jednotlivých prvků byla provedena takto:

8.1. Stěny S1 - S3

Dimenzace stěn probíhala ve dvou směrech a zvláště v části 0-2 m a 2- 4,9 m. Ve vodorovném směru byla výztuž umístěna blíže k povrchu. Navrženy jsou také spony a to 4 ks na 1 m². Šířka dimenzovaného průřezu byla jednotně 1m, výška h dle tloušťky průřezu. Obloukové zakřivení u stěny S1 bylo zanedbáno. Vzhledem k velkému konzolovému momentu u pat stěn a rychlému poklesu po výšce byla u pat stěn rozhodující především svislá výztuž. Směrem nahoru narůstaly vlivem teplotního zatížení normálové síly a vodorovná výztuž přebrala hlavní nosnou funkci, vzhledem k velkým tahovým napětím. Ve svislém směru jsme zanedbali vliv normálových sil, jelikož vycházely zanedbatelné tlakové síly od vlastní tíhy a

technologie. Dimenzování probíhalo pouze na ohybový moment. Ve vodorovném směru vznikaly, zejména v horní polovině nádrže, velké normálové síly. Proto bylo pro návrh výztuže použito návrhových interakčních diagramů. Ve vodorovném směru jsme uvažovali symetrické vyztužení u obou povrchů stěn, které se lišilo pouze ve vzdálenostech vložek. Ve svislém směru jsme navrhovali výztuž zvlášť pro vnitřní a zvlášť pro vnější povrch stěny. Pro návrh výztuže bylo uvažováno vždy maximální hodnoty návrhové veličiny, což nejspíše vede k předimenzování, nicméně jsme na straně bezpečnosti.

Ve skutečnosti by bylo možné uvažovat připojení stěny k základové desce pomocí kloubu, což by vedlo ke snížení momentového namáhání v patě stěny a ke snížení vyztužení ve svislém směru. Zároveň by muselo být ošetřeno, zda nedojde k průsakům vzniklou trhlinou v patě stěny. Viz statický výpočet, strana 20-101.

8.2. Stropní deska

Dimenzace probíhala ve dvou ortogonálních směrech. Podélný směr y a příčný směr x. Stropní deska byla uvažována jako kloubově uložená na stěnách.

Vyztužení probíhalo u dolního a horního povrchu. Dimenzování probíhalo na ohybový moment, na šířce průřezu 1 m a výšce 200 mm. Byla navržena výztuž pro zachycení ohybového momentu u dolního a horního povrchu. Byl proveden také výpočet na smykové namáhání desky od posouvajících sil. Tento výpočet prokázal, že deska vyhoví na smyk bez dodatečné smykové výztuže. Viz statický výpočet, strana 126-143.

8.3. Základová deska

Dimenzace probíhala ve dvou ortogonálních směrech. Podélný směr x a příčný směr y. Vyztužení probíhalo u dolního a horního povrchu desky. Dimenzování probíhalo na ohybový moment, na šířce průřezu 1 m a výšce 450 mm. Byla navržena výztuž pro zachycení ohybového momentu u dolního a horního povrchu. Byl proveden také výpočet na smykové namáhání desky od protlačení stěnami S1-3. Tento výpočet prokázal, že deska vyhoví na protlačení bez dodatečné smykové výztuže. Viz statický výpočet, strana 102-125.

9. MSP – OMEZENÍ trhlin

Na konstrukci nádrže byl počítán mezní stav použitelnosti omezení trhlin. Výpočet byl proveden na stěně S1 ve svislém i vodorovném směru a na základové desce D1 vždy na povrchu, který přichází do kontaktu s náplní nádrže. Konstrukce byla zařazena do 1. třídy nepropustnosti dle ČSN EN 1992-3, tedy průsak je omezen na malé množství. Připouští se několik povrchových skvrn nebo vlhkých míst. Byla zvolena tato třída vzhledem k tomu, že se nádrž nachází z velké části pod povrchem. Pro výpočet byly použity charakteristické hodnoty ohybových momentů a normálových sil, které byly vytaženy z programu Scia. Bylo uvažováno lineárně pružné chování materiálu. Výsledné napětí bylo stanoveno na ideálním průřezu neporušeném trhlinou za předpokladu pevnosti v tahu $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$. Bylo zjištěno, že trhliny na posuzovaných částech nevzniknou.

Ve svislém směru byla uvažována hodnota ohybového momentu jako průměr hodnot na výšce 0,5 m od paty stěny, jelikož moment na výšce velmi rychle klesá. Navíc v patě stěny je použita v pracovní spáře těsnící vložka, která brání průsaku při vzniku trhliny.

10. MSP – VYPLAVÁNÍ NÁDRŽE

Bylo třeba posoudit vyplavání nádrže jako celku. Byly stanoveny předpoklady pro řešení:

Hladina spodní vody byla uvažována na úrovni původního terénu

Počítáme jen s vlastní tíhou konstrukce a s přitížením zeminou na přečnívající konce základové desky

Nepočítáme s přitížením od technologie ani s náplní nádrže

Zvýšená hladina spodní vody byla zohledněna odečtem $\gamma_{sat} = 10 \text{ kN/m}^3$ od objemové tíhy zeminy. Byla započítána i zemina působící na přesahy základové desky.

Stabilizující stěny byly poníženy součinitelem 0,9.

$$F_{vz} < (F_k + F_z) \cdot 0,9$$

$$2292,3 \text{ kN} < 2645,7 \text{ kN VYHOVUJE}$$

Nádrž nevyplave při hladině vody na úrovni ÚT.

11. POSOUZENÍ ZALOŽENÍ KONSTRUKCE

Pro posouzení na 1. mezní stav, tj. únosnost základové půdy, bylo použito kontaktní napětí z programu Scia. Základová půda byla také posouzena na 2. mezní stav, tj. sedání základové půdy.

11.1. 1. mezní stav – únosnost základové půdy

Kontaktní napětí bylo řešeno uprostřed základové desky D1 a na okraji kruhové části desky. Pro posouzení bylo použito průměrné hodnoty z těchto dvou hodnot napětí. Napětí pod středem desky je menší než pod krajem desky, průběh tedy odpovídá průběhu u tuhého základu. Jelikož se jedná o 2. geotechnickou kategorii a složité základové poměry, nelze brát do posouzení tabulkové hodnoty pevnosti základových půd. Únosnost základové půdy byla stanovena výpočtem podle Brinch-Hansenova vztahu pro únosnost půd. Vliv spodní vody byl zohledněn volbou totálních parametrů zeminy.

$$R_d = 218,2 \text{ kPa} > \sigma_{de} = 139,9 \text{ kPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

VYHOVUJE NA 1. MEZNÍ STAV

11.2. 2. mezní stav – přetvoření základové půdy

Zemina byla posouzena i na 2. mezní stav, tj. sedání půdy. Konstrukce sedá nerovnoměrně. Pro náš výpočet jsme uvažovali sedání rovnoměrné pod středem konstrukce. Výpočet byl uspořádán do tabulky, za požití totálních parametrů.

Výpočet probíhal po vrstvách 0,5 m až do hloubky 9 m.

$$s = 62,2 \text{ mm} < s_{lim} = 200 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

VYHOVUJE NA 2. MEZNÍ STAV

12. ZÁVĚR

Bylo provedeno posouzení všech částí nosné konstrukce ČOV. Všechny prvky nosné konstrukce vyhoví na mezní stav únosnosti i použitelnosti. Založení konstrukce vyhoví na první (únosnost) i druhý mezní stav (sednutí).

- Pro nádrže nesymetrického tvaru, popřípadě skládajícího se z více dílčích objektů, je třeba věnovat větší pozornost založení objektu.
- Pro nádrže na kapalinu je výhodné založení na základové desky i ve špatných geotechnických podmínkách
- Nezastřešené nádrže obsahující kapalinu, kde konstrukční uspořádání dovoluje oslunění povrchu nosné konstrukce, jsou náchylné na účinky od oslunění (zatížení teplotou), které vyvolávají poměrně velké namáhání konstrukce, jež zpravidla rozhoduje při dimenzování

13. POUŽITÁ LITERATURA

PLATNÉ EC:

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1992-3 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla

PUBLIKACE:

- ZICH, Miloš., BAŽANT, Zdeněk. Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. 161 s. ISBN 978–80–7204–693–5.
- ZICH, Miloš. a kol. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů. Praha: Verlag Dashofer, nakladatelství, 2010. 145 s. ISBN 978–80–86897–38–7.

UČEBNÍ OPORY:

- WEIGLOVÁ, K,: Mechanika zemin – Praktické aplikace mechaniky zemin I (modul BF02 – M03), Brno 2005

POUŽITÝ SOFTWARE:

- Scia Engineer 14
- AutoCAD 2014
- MS Excel 2013
- MS Word 2013

Seznam použitých zkratk a symbolů

POZNÁMKA: Použité značky vycházejí z ISO 3898:1987

Velká písmena latinské abecedy

A_c	průřezová plocha betonu
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{s,max}$	maximální průřezová plocha betonářské výztuže
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
F	zatížení
F_d	návrhová hodnota zatížení
F_k	charakteristická hodnota zatížení
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
I	moment setrvačnosti průřezu
L	délka
K_o	součinitel tlaku v klidu
M	ohybový moment
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu
M_{Rd}	návrhová hodnota ohybového momentu únosnosti průřezu
N	normálová síla
N_{Ed}	návrhová hodnota působící normálové síly (tah nebo tlak)
Q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
R	únosnost; odolnost

Malá písmena latinské abecedy

b	zatěžovací šířka průřezu
c	hodnota krycí vrstvy betonu
c_{min}	minimální hodnota krycí vrstvy betonu

$C_{min,b}$	minimální hodnota krycí vrstvy betonu s přihlédnutím k požadavku soudržnosti
$C_{min,dur}$	minimální hodnota krycí vrstvy betonu s přihlédnutím k podmínkám prostředí
$\Delta C_{min,\gamma}$	přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti
$\Delta C_{dur,st}$	redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli
$\Delta C_{dur,add}$	redukce min. krycí vrstvy při použití dodatečné ochrany (např. povlak výztuže)
d	účinná výška průřezu
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{bd}	návrhové napětí v soudržnosti
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{ctk}	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské oceli
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské oceli
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
g_d	návrhová hodnota stálého zatížení
h	výška
i	poloměr setrvačnosti
k	součinitel
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
x, y, z	souřadnice
x	poloha neutrální osy
z_c	zameno vnitřních sil

Malá písmena řecké abecedy

α	úhel, poloměr
β	úhel, poloměr, součinitel
γ	dílčí součinitel
γ_c	dílčí součinitel betonu

γ_F	dílčí součinitel zatížení F
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení G
γ_M	dílčí součinitel vlastnosti materiálu, zahrnující nejistoty vlastností materiálu
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení Q
γ_S	dílčí součinitel betonářské oceli
γ_m	dílčí součinitel vlastnosti materiálu zahrnující pouze nejistoty vlastnosti materiálu
ξ	redukční součinitel, rozdělovací součinitel
ϵ_c	poměrné stlačení betonu
ϵ_u	poměrné přetvoření betonářské oceli
λ	štíhlostní poměr
ν	Poissonův součinitel
ρ	objemová hmotnost vysušeného betonu v kg/m^3
σ_c	tlakové napětí v betonu
\emptyset	průměr prutu betonářské výztuže
ψ	součinitele, kterými se definují reprezentativní hodnoty proměnného zatížení
ψ_0	pro kombinační hodnoty
ψ_1	pro časté hodnoty
ψ_2	pro kvazistálé hodnoty

Použité zkratky

MSÚ	mezní stav únosnosti
MSP	mezní stav použitelnosti
ŽB	železobeton
EC	Eurokód
tl.	tloušťka
HPV	hladina podzemní vody

Seznam příloh

- P1. Použité podklady
- P2. Výkresy
- P3. Stavební postup a vizualizace
- P4. Statický výpočet