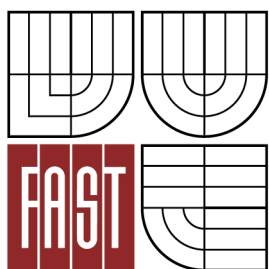




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## PROJEKT PODZEMNÍCH GARÁŽÍ V BRNĚ DESIGN OF UNDERGROUND GARAGE IN BRNO

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. JAN HÁJEK

VEDOUČÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2012



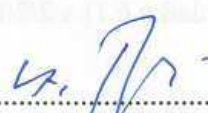
# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**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. Hájek Jan  
**Název** Projekt podzemních garáží v Brně  
**Vedoucí diplomové práce** Ing. Miloš Zich, Ph.D.  
**Datum zadání diplomové práce** 31. 3. 2011  
**Datum odevzdání diplomové práce** 13. 1. 2012

V Brně dne 31. 3. 2011

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



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

## Podklady a literatura

1. Stavební podklady.
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 2010.
5. L. Grenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986.
6. D. Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií. ALFA 1984.
7. Vhodné výpočetní program (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.).

## Zásady pro vypracování

Vypracovat stavební a konstrukční návrh stavby dle předaných rozměrových, materiálových a zatěžovacích parametrů. Provést návrh nosných prvků, včetně založení. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže).

Bude provedena specializace z oboru pozemního stavitelství v rozsahu cca 15%.

## Předepsané přílohy

Rozsah diplomové práce stanoví vedoucí práce.

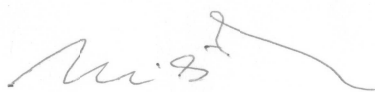
Nezbytné přílohy

- A) Textová část (technická zpráva)
- B) Přílohy textové části
- B1) Použité podklady,
- B2) Statický výpočet,
- B3) Výkresová dokumentace (výkresy tvaru a výztuže)
- B4) Specializace k DP z pozemního stavitelství.

O zpracovávání specializované části k DP bude rozhodnuto vedoucím DP v průběhu práce studenta na zadaném tématu.

Diplomová práce bude odevzdána 1 x v listinné podobě a 2 x v elektronické podobě na CD s formální úpravou podle směrnice rektora č. 9/2007 (včetně dodatku č.1) a 2/2009 a směrnice děkana č. 12/2009.

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užít školní dílo (3x)



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

## **Bibliografická citace VŠKP**

HÁJEK, Jan. *Projekt podzemních garáží v Brně: diplomová práce*. Brno, 2012. 19 s., 246 s. příl. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloš Zich, Ph.D.

## **Anotace závěrečné práce**

Projekt je zaměřen na chování a dimenzování nosných prvků monoliticky betonované konstrukce. Byl proveden i návrh a posouzení založení objektu. Desky jednotlivých podlaží jsou podrobně nadimenzovány. Veškeré výpočty jsou provedeny v souladu s Eurokódem 2. Součástí práce je výkresová dokumentace.

## **Anotace závěrečné práce ENG**

The goal of the project is behaviour and dimensioning of selected monolithic concrete structure elements. Design and assessment of the building foundation was made. Slabs of the floors are dimensioned in detail. All computations are made in accordance with Eurocode 2. Drawing documentation is part of this project.

## **Klíčová slova**

monolitická betonová deska, hlavice, stěny, zatížení, vnitřní síly, ohyb, protlačení, kotevní délka, kotevní přesah, sloup, pracovní diagram, konstrukční uspořádání výztuže, piloty, geologický profil, deformace, nesoudržná zemina, podzemní stěna, aktivní tlak, pasivní tlak, armokoš

## **Klíčová slova ENG**

Monolithic concrete panel, head, walls, loading, internal forces, bending, extrusion, anchorage length, anchorage lap, column, operativ diagram, detailing of reinforcement, piles, geologic relief, deformation, incoherent earth, hypogean walls, active stress, passive stress, trussed bag

**Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Miloši Zichovi, PhD.- za praktické rady a připomínky během konzultací. Mé poděkování též patří přátelům, kteří mě podporovali a snažili se dodat sílu při psaní této práce.

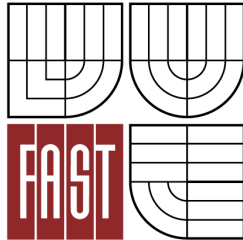
**Prohlášení:**

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

V Brně dne .....13.1.2012.....

.....  
podpis diplomanta

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STAVEBNÍ



## A) Textová část

Diplomová práce

Bc. Jan Hájek

Brno 2012

## Obsah:

|   |    |
|---|----|
| 1. Úvod.....                              | 9  |
| 2. Technická zpráva.....                  | 10 |
| 3. Závěr.....                             | 16 |
| 4. Seznam použitých zdrojů.....           | 17 |
| 5. Seznam použitých zkratk a symbolu..... | 17 |
| 6. Seznam příloh.....                     | 19 |



## 1. Úvod

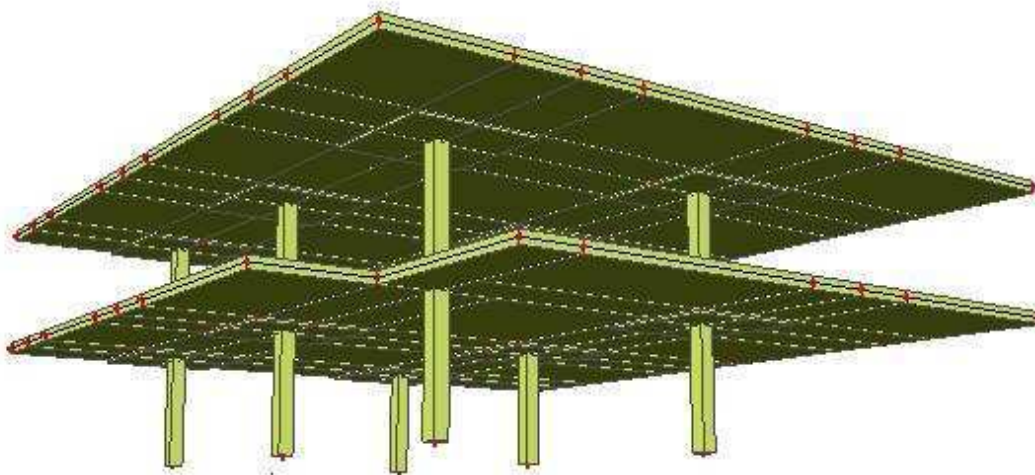
Pro moji diplomovou práci jsem si vybral problematiku podzemních konstrukcí. Věnovat se tedy budu návrhu a posouzení nosných prvků podzemních garáží.

Protože jsem si chtěl zkusit navrhout konstrukci z praxe, byla mi vybrána podzemní garáž vedle Janáčkova divadla v Brně. V celé své práci se budu odkazovat na podklady předané vedoucím této práce, Ing. Milošem Zichem, Ph.D.

Jelikož podzemní garáže již byly naprojektovány Ing. arch. Jaroslavem Černým, přebírám od něj i dispoziční a rozměrové řešení stavby. V rámci zvládnutí problematiky specializace k diplomové práci z pozemního stavitelství jsem si dovilil zkusit navrhout střechu nad 1.PP. Spolu s tím vyřešit i skladby podlah.

Doufám, že zpracování této práce bude pro mě přínosem nejen teoretickým, ale i praktickým.

## Výřez modelované konstrukce



## 2. Technická zpráva ke statickému výpočtu

### 2.1 Úvod

Cílem práce je vypracovat stavební a konstrukční návrh stavby dle předaných rozměrových, materiálových a zatěžovacích prvků. Je třeba provést návrh nosných prvků i včetně založení stavby podzemních garáží. Provést výkresovou dokumentaci. Jedná se o návrh jednoho dilatačního celku.

### 2.2 Podklady

[1] Dokumentace k územnímu řízení – Podzemní garáže vedle Janáčkova divadla.

[2] Normy:

[2.1] ČSN EN 1990. *Zásady navrhování konstrukcí*. Praha : Český normalizační institut, 2004.

[2.2] ČSN EN 1991-1 až 4. *Zatížení stavebních konstrukcí*. Praha : Český normalizační institut, 2004-2007.

[2.3] 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. 213 s.

[2.4] ČSN 73 0037. *Zemní tlak na stavební konstrukce*. Platnost od 1.1.1992. 53 s.

[2.5] ČSN 013481. *Výkresy stavebních konstrukcí - Výkresy betonových konstrukcí*. Praha : Český normalizační institut, září 1998. 72 s.

[3] Literatura:

[3.1] ZICH, Miloš, BAŽANT, Zdeněk. *Plošné konstrukce, nádrže a zásobníky*. Akademické nakladatelství CERM, 2010. s.161

[3.2] ZICH, Miloš, kol. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Nakladatelství Verlag Daschofer, Praha 2010.

[3.3] MASOPUST, Jan; GLISNÍKOVÁ Věra. *Zakládání staveb*. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2006 s. 181

[3.4] MASOPUST, Jan. *Speciální zakládání staveb*. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2004 s. 141

[3.5] FAJKOŠ, Antonín. *Ploché střechy*. Akademické nakladatelství CERM, Brno 1997 s. 80

[3.6] FIALA, Adolf. *Složitější železobetonové konstrukce*. Ediční středisko VUT Brno s. 112

## 2.3 Popis objektu

### *Konstrukce, tvar*

Jedná se o monolitickou železobetonovou konstrukci. Budova má dvě podzemní podlaží s celkovou výškou objektu 7,89m a půdorysnými rozměry 104,0 x 50,85m. Osově vzdálenosti v příčném směru jsou 7,2m. Stropní konstrukce jsou provedeny z monolitického železobetonu, stejně tak i sloupy, stěny. Konstrukční výška podlaží 3,4m. Střešní konstrukce je řešená jako vegetační, či pochůzná. Obvodové stěny jsou řešeny jako milánské stěny kotvené, tvoří zároveň pažení stavební jámy. Dno stavební jámy má dvě výškové úrovně, proto v místě přechodu bude taktéž navržena milánská stěna. Pod sloupy (základovou deskou) budou navrženy piloty. Rampy spojující výškové úrovně jsou zachyceny bočními nosnými stěnami. Rampy a podesty tvoří výhradně monolitický železobeton, schodišťové jádra by mohla být i zděná.

### *Statické schéma*

Nosný systém objektu tvoří desky lokálně podepřené sloupy, v místě změny výškových úrovní jsou podpírány nosnými stěnami. Po obvodu jsou lokálně podepřené desky zachyceny milánskými stěnami. Tyto styky jsou ze statického hlediska považovány za prostě podepřené. Sloupy 2PP jsou propojeny se základovou deskou, taktéž lokálně podepřené, ale pilotami. Nosné desky jsou v místě dilatačních spár odděleny pružnou vložkou (odolná proti požáru) v některých částech i nosnými stěnami. Dilatační spáry se volí v rozmezí 15-30mm, volím tloušťku spáry 20mm.

### *Zatížení*

Uvažuju následující zatěžovací stavy: vlastní tíha, stálé zatížení, zatížení od klimatizace (hodnota navržena dle zkušeností vedoucího práce), nahodilé zatížení (šach 1, šach 2, plné působení) a klimatické zatížení sněhem. Jelikož se jedná o budovu pod povrchem, neuvažuju zatížení větrem.

Nad 1PP se nachází pochůzná prostory: volba kategorie ploch pozemních staveb C5 ( $q_k=5,0 \text{ kN/m}^2$ ).

Ve 1PP a v 2PP se nachází garáž: kategorie ploch pozemních staveb F ( $q_k=2,5 \text{ kN/m}^2$ ).

Stavba se nachází ve II. sněhové oblasti ( $s_k=1,0 \text{ kN/m}^2$ ).

### ***Doplňující informace***

Vertikální komunikace v objektu je zajištěna monolitickým dvojramenným schodištěm s mezipodestou a výtahem sloužícím především pro dopravu ZTP občanů.

Stavba je založena v základové půdě F8 (jíly, typický brněnský tégl), typická sonda podloží viz podklady B1).

Stupeň vlivu prostředí působící na konstrukci XC3 (suché/stále mokré). Piloty, stejně tak i milánské stěny se nacházejí v prostředí XC2 (mokré, občas suché).

Návrhová životnost stavby je 50 let (což odpovídá konstrukční třídě S4).

### **Postup výstavby**

#### **Milánské stěny**

Vytvoří tak kromě pažení i obvodové stěny, bez významné úpravy. Provedou se stěny monolitické na místě betonované, výplň tvoří transportbeton, který se bude betonovat pod pažící jílovou suspenzí. Jelikož tato varianta je levnější a rychlejší, při odtěžení zeminy bude potřeba stěny upravovat pomocí speciálních rotačních fréz. V koutech těchto stěn budou osazeny umělohmotné těsnění (water-stop) v jedné vrstvě.

Provádění milánských stěn i kontrola je stanovena evropskou normou ČSN EN 1538: Provádění speciálních geotechnických prací - Podzemní stěny.

Technologický postup :

-vytvoření potřebné pracovní plošiny, vodící zídky jsou betonové lehce vyztužené, hloubka 0,8m, tloušťka 250mm, světlá šířka vnitřní je pak 700mm

-zahájení těžby podzemní stěny tloušťky 600mm hydraulickými drapáky LIEBHERR HS 843 HD (obrázek viz podklady B1) délky 2,5m, hloubení provedeno jednozáběrové

-po vyhloubení příslušné části se rýha vyčistí od napadené zeminy a provedeme kontrolu pažící suspenze. Osadí se koutové pažnice tvořené water-stop lamelami.

-osazení výztuže formou armokoše, který je vkládán v celku. Za montážní část je považována vodorovná výztuž, na níž jsou připevněny distanční kolečka, dodržet krytí 60mm.

-do dvou hodin po přečištění suspenze zahájit betonáž pomocí sypákových rour pod suspenzí. Do 2,5m postačí jedna sypáková roura, betonuje se transportbetonem. Kvalita betonu dána Eurokódem 2. Při betonáži se bude jílová suspenze odčerpávat, čistit a skladovat na další použití.

-hlavy milánských stěn se přebetonují, pak dodatečně odstraní přebytečný beton. Když zatuhne beton, vyjmou se koutové pažnice.

-opakující se technologií provést obvodové podzemní stěny kromě místa vstupu do garáží, neboť odtud bude přístup (příjezd) na staveniště.

-v další fázi se bude těžit zemina jámy vyhrazená obvodovými milánskými stěnami. Nejdříve vytěžit zeminu do hloubky 4 m od původního terénu (v úrovni 3,69m se do milánských stěn vloží kotvy VSL), schéma kotvy viz podklady B1). Úroveň upraveného terénu je od původního

terénu ve vzdálenosti 7,89m. Podzemní garáže jsou odstupňované o půl patra, tedy upravený terén části je ještě o 1,7m níže.

## **Piloty**

Technologie provádění bude rozdělena do čtyř částí:

### Vrty pro piloty a vrtané nástroje

Jako vrtný nástroj bude použit vrtný hrnec tzv. šapa, nástroj má normalizované řezné průměry , které jsou opatřeny řeznými břity. Vytěžená zemina z vrtů se sype přímo na nákladní automobily, z nichž se odváží na skládku. Vrty jsou provedené jako pažené pomocí jílové suspenze. Jílová suspenze zajistí stabilitu stěn i dna vrtu. Jílová suspenze je složena z: voda, uhličitán sodný bezvodý, KMC Lovosa, Sabenil. Aby nedocházelo k nežádoucímu podtlaku při těžbě, musí se nástroj vytahovat plynule a pomalu.

### Přípravné práce před betonáží

Je potřeba vrt vyčistit a zkontrolovat jeho délku. Dno vrtu vyčistit čistící šapou s rovým dnem. Přestávka mezi dovtáním a zahájením betonáže byla co nejkratší. Jednu hodinu před osazením výztuže: -vyčistit dno vrtu

-odstranit filtrační koláč

-zkontrolovat písčitost suspenze

Armokoše budou vloženy po dvou částech a to s délkou přesahu 1m, důležité jsou montážní kruhy spolu s betonovými distančními podložkami,dodržet krytí 60mm.

### Betonáž vrtaných pilot

Kvalita betonu odpovídá požadavkům ČSN EN 1992-1-1. Na betonáž pod pažící konstrukcí se použije metoda Contractor, tedy beton ukládán pomocí sypákových rour. Světlost sypákové roury stanovena na 150mm. Před zahájením roura až na dno vrtu, opatří se zátkou, aby totiž nedošlo ke smíchání betonu s kapalinou. Pak sypákovou rouru pomalu vytahovat, tak aby byla ponořena v betonu cca 2,5m. Hlavy pilot jsou přebetonovány na výšku 200mm od upraveného terénu, v této úrovni musí být hlava piloty kvalitní a beton neznečištěný.

### Práce dokončovací

Je třeba upravit hlavu pilot, pak její výztuže a hlavně pozornost musí být věnována kvalitě betonu v hlavě piloty, poškozený beton nutno odstranit. Taktéž je třeba zabránit ohýbání výztuže za tepla a taky ostrým ohybům.

## 2.4 Dimenzované prvky

### *Deska nad 1PP*

Materiál železobeton (beton C30/37, ocel B500-R). Deska je o rozměrech jednoho dilatačního celku a to 33,8m x 33,5m. V místě podpory sloupem rozšíření pomocí hříbové hlavice 3,2x3,2m, tloušťka hlavice 450mm. V ostatních místech je deska tlustá 300 mm. Zde se objeví i vyšší stupeň užitého zatížení, neboť byla navržena pochůzná a vegetační střecha i s možností průjezdu uklízecího automobilu.

### *Sloupy*

Materiál železobeton (beton C30/37, ocel B500-R), délka 2,95m, čtvercový průřez 400x400mm u středních sloupů jak v 2PP tak i 1PP. V místě dilatační spáry mají sloupy průřez obdélníkový 250x400mm. Navíc tyto krajní sloupy jednoho dilatačního celku jsou propojeny z druhým dilatačním celkem pružnou vložkou a speciálními prvky, aby nedocházelo k vzájemnému ovlivnění při pohybu.

### *Deska nad 2PP*

Materiál železobeton (beton C30/37, ocel B500-R). Deska je o rozměrech jednoho dilatačního celku a to 33,8m x 33,5m. V místě podpory sloupem rozšíření pomocí hříbové hlavice 3,2 x 3,2m, tloušťka hlavice 450mm. V ostatních místech je deska tlustá 300 mm. Bude se zde projíždět větší množství automobilů, proto do statického výpočtu bude zaveden dynamický součinitel zatížení stanovený normou ČSN 73 0037 - 1,2 .

### *Základová deska*

Materiál železobeton (beton C30/37, ocel B500-R). Deska je o rozměrech jednoho dilatačního celku a to 33,8m x 33,5m. V místě podpory pilotami nebude rozšíření pomocí hříbové hlavice, deska tloušťky 400 mm. Bude se zde projíždět větší množství automobilů, proto do statického výpočtu bude zaveden dynamický součinitel zatížení stanovený normou - 1,2. Zde byla potřeba dávat pozor na krytí.

### *Piloty*

Materiál železobeton (beton C30/37, ocel B500-R), zvolený typ -pilota vrtaná, na místě betonovaná. Průměr piloty 1200mm, hloubka 22m. Vrt provedeme drapákovým hloubením, jako nástroj pro hloubení nám poslouží vrtný hrnc (šapa). Vrty pro piloty se provedou jako pažené, pomocí jílové suspenze. V příloze B1) se nachází typická sonda podloží, která byla použita pro statický výpočet. Při dobetonování piloty musí být šetrně upravena její hlava.

### *Milánské stěny*

Materiál železobeton (beton C20/25, ocel B500-R). Šířka stěny 600mm, délka konstrukce 10,2m, hloubka v zemině (od upraveného terénu) 2,31m. Bude zároveň tvořit pažení

stavební jámy. V příloze B1) se nachází typická sonda podloží, které poslouží jako podklad k návrhu i k vhodnému kotvení a stanovení zemních kotev. Horizontálně bude kotvená ve vzdálenosti 2m. Provede se použití dočasných kotev (doba trvání max 2roky) označených VSL, rozměry viz B1). Horizontální vzdálenost bude 2m. Milánské stěny jsou monolitické na místě betonované, výplň tvoří transportbeton, který se betonuje pod suspenzí.

#### *Schodišťová deska*

Materiál železobeton (beton C20/25, ocel B500-R). Tloušťka desky je 120mm. Schodišťové rameno je zalomené a tvoří tak statické schéma dvakrát zalomeného nosníku. Podesty jsou taktéž tloušťky 120mm, uloženy na stěnách, nedovolují vodorovný posun, tudíž zde byla použita pevná vazba. Při betonáži ramene schodišťové desky bude zároveň probíhat i betonáž schodišťových stupňů. Stupeň má výšku 170mm a šířku 290mm, sklon ramene 32,6°.

### **2.5 Závěr**

Základová spára bude zkontrolována a převzata statikem. Důležitý je způsob výstavby i potřeba dbát pracovních postupů. Při osazování zemních kotev kontrolovat, zda-li nedojde k narušení některých inženýrských sítí. Při stavbě je nutné řídit se pokyny stavbyvedoucího a provádět stavbu v souladu se statickým výpočtem. Při odchylkách od projektové dokumentace je potřeba vše zkontrolovat se statikem. Povinností všech účastníků na stavbě je řídit se stanovenými bezpečnostními předpisy.

### 3. Závěr

Při řešení dilatačního celku podzemní garáže byly všechny prvky řešeny optimálně s důrazem na bezpečnost. Desky byly modelovány programem SCIA jako 2D konstrukce pro lepší představu. Vzdáleností výztuží jednotlivých desek byly upravovány v násobku 25mm z praktičtějších důvodů. Pravděpodobně by bylo lepší některé části desek předeprnout, neboť by se tak eliminovalo husté vyztužení desek a zmenšil by se též průhyb od dotvarování, který je většinou klíčový, protože jeho zanedbání by mohlo mít neblahé důsledky. Při navrhování protlačovacích trnů hlavic desek jsem pro vyšší bezpečnost zvolil protlačovací trny firmy HALFEN-DEHA, i z hlediska snížení doby výroby. V podstatě rozdíl mezi ručním výpočtem a výpočtovým programem byl takový, že u ručního výpočtu byl volen minimální počet trnů bez ohledu na konstrukční zásady.

Výpočet piloty byl proveden dle I.skupiny mezních stavů ručně i programem a výsledky se nijak zvláště nelišily. Tudíž v dalším výpočtu jsem se zabýval řešením pomocí programu. Na návrh milánské stěny byl použit program Geo-5. Zde ze začátku bylo velkým problémem zvolit vhodnou délku stěny a zároveň rozmístění kotev. Program neustále hlásil nestabilní konstrukci.

Při řešení desky D3 (pod 2PP) jsem nejdříve volil desku s tuhými podporami (varianta 1), po výpočtu piloty a milánské stěny jsem vytvořil model s podporami poddajnými (varianta 2) a porovnával dimenzační momenty standardně vykresleny programem SCIA. Usoudil jsem, že varianta 2 vychází nepříznivěji. Byla tak provedena analýza všech ohybových momentů, v porovnání s variantou 1(už nadimenzovanou). Zjištění, že v některých místech vycházeli momenty příznivěji, v některých nepříznivěji, mě vedlo k zamyšlení, kterou variantu vložit do statického výpočtu. Jelikož byly známy tuhosti piloty a milánské stěny, tedy o trochu víc reálnější variantou se stala varianta 2 a ta se objevuje i ve statickém výpočtu.

U schodišťové desky bylo nejkíčovější vyřešit zatěžovací schéma. Inspiroval jsem se řešením superpozice ohybových momentů, kdy se sečtou momenty od spojitého nosníku v průmětu do půdorysu spolu s momenty na lomeném nosníku. Prvotní návrh tloušťky desky byl 160mm, moment únosnosti byl redukován se snižováním tloušťky desky a ekonomickým řešením se stal návrh schodišťové desky tloušťky 120mm.

Pro představu jsem si též zkusil přibližně spočítat kolik by stála výztuž do betonu na jeden můj navržený dilatační celek. Takovým průměrným prutem by mohl být prut 20mm jehož jeden kg stojí 12,3Kč. Hmotnost všech prutů dohromady ze všech navržených prvků v této práci je 160,1tun. Za výztuž v jednom dilatačním celku bych zaplatil 1,97 mil. Kč.

Vypracováním této práce jsem se zdokonalil v mnoha směrech. Rovněž jsem rozšířil své softwarové znalosti. Mezi ně patří např. práce s programem pro statické výpočty SCIA Engineer nebo užití softwarové nadstavby Autocadu RECOC pro zakreslování výztuže, či programu pro zakládání staveb Geo 5.



#### 4. Seznam použitých zdrojů

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

ČSN EN 1991-1 až 4. *Zatížení stavebních konstrukcí*. Praha : Český normalizační institut, 2004-2007.

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 01 3481. *Výkresy stavebních konstrukcí - Výkresy betonových konstrukcí*. Praha : Český normalizační institut, 1998.

D. Majdúch: *Zásady vystužování betonových konstrukcí*. ALFA 1984.

Česká geotechnická společnost Českého svazu stavebních inženýrů – *Zakládání staveb*. Brno 2011

internetové stránky:

<http://www.huwa.cz/05kovovevyrobky/KKV.htm>

[http://www.vsl.cz/cs/prod\\_kotvy.html](http://www.vsl.cz/cs/prod_kotvy.html)

<http://www.stageo.cz/>

<http://www.zakladani.cz/>

#### 5. Seznam použitých zkratk a symbolů

|                    |  |
|--------------------|--|
| A                  | plocha betonové části průřezu (obecně plocha průřezu)                        |
| $A_s$ ( $A_{st}$ ) | plocha ohybové výztuže   |
| $A_{s,max}$        | maximální dovolená plocha výztuže  |
| $A_{s,min}$        | minimální požadovaná plocha výztuže  |
| $A_{s,rq}$         | požadovaná plocha výztuže  |
| b                  | zatěžovací šířka   |
| 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   |
| $c_{nom}$          | nominální hodnota krycí vrstvy betonu s přihlédnutím                         |
| $c_{dev}$          | návrhové zvětšení krycí vrstvy betonu s přihlédnutím k možné toleranci       |
| d                  | účinná výška průřezu   |
| $E_c$              | modul pružnosti betonu   |
| $e_i$              | excentricita od geometrických imperfekcí                                     |

|                 |  |
|-----------------|--|
| $e_2$           | excentricita – vliv 2.řadu                       |
| $f_{bd}$        | mezní napětí v soudržnosti                       |
| $f_{cd}$        | návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku         |
| $f_{ck}$        | charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku |
| $f_{ctd}$       | návrhová hodnota pevnosti betonu v tahu          |
| $f_{ctk}$       | charakteristická hodnota pevnosti betonu v tahu  |
| $f_{ctm}$       | střední hodnota pevnosti betonu v tahu           |
| $F_s$           | síla v tažené výztuži                            |
| $f_{yd}$        | návrhová hodnota pevnosti oceli                  |
| $f_{yk}$        | charakteristická hodnota pevnosti oceli          |
| $g_k$           | charakteristická hodnota stálého zatížení        |
| $g_d$           | návrhová hodnota stálého zatížení                |
| $h$             | celková výška průřezu                            |
| $i$             | poloměr setrvačnosti                             |
| $l_0$           | účinná délka                                     |
| $L$             | světly rozměr rozpětí desky                      |
| $L_{bd}$        | návrhová kotevní délka                           |
| $l_{b,min}$     | minimální kotevní délka                          |
| $l_{b,rqd}$     | základní kotevní délka                           |
| $K_r$           | součinitel vyjadřující vliv osově síly           |
| $M_{Ed}$        | návrhová hodnota momentu                         |
| $M_{Rd}$        | momentová únosnost průřezu                       |
| $N_{Ed}$        | návrhová normálová síla                          |
| $N_{Rd}$        | normálová únosnost průřezu                       |
| $q_k$           | charakteristická hodnota nahodilého zatížení     |
| $q_d$           | návrhová hodnota nahodilého zatížení             |
| $s$             | světla vzdálenost výztuže                        |
| $s_{min}$       | minimální požadovaná světla vzdálenost výztuže   |
| $V_{Ed}$        | návrhová hodnota posouvající síly                |
| $V_{Rd,c}$      | návrhová únosnost ve smyku                       |
| $V_{Rd,c, max}$ | maximální hodnota únosnosti ve smyku             |
| $x$             | poloha neutrální osy                             |
| $x_{lim}$       | limitní poloha neutrální osy                     |
| $z$             | rameno vnitřních sil průřezu                     |
| $\epsilon_c$    | poměrné přetvoření v betonu                      |
| $\epsilon_s$    | poměrné přetvoření v oceli                       |
| $\alpha$        | koeficienty pro kotvený prut                     |
| $\phi$          | průměr výztuže                                   |
| $\gamma$        | objemová tíha materiálu                          |
| $\rho_l$        | stupeň vyztužení podélnou výztuží                |
| $\rho_w$        | stupeň vyztužení smykovou výztuží                |
| $\Psi$          | kombinační součinitel                            |
| $\Lambda$       | štíhlost   |
| $\lambda_{lim}$ | limitní štíhlost                                 |
| $\sigma_{sd}$   | napětí ve výztuži                                |
| $x, y, z$       | lokální souřadnicový systém                      |

## **6. Seznam příloh**

B) Přílohy textové části

B1) Použité podklady

B2) Statický výpočet

B3) Výkresová dokumentace (výkresy výztuže)

B4) Specializace k DP z pozemního stavitelství

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užití školní dílo

Popisný soubor závěrečné práce