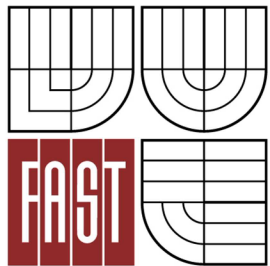




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH ŽB KONSTRUKCÍ DLE EC 2 A ACI 318

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE DESIGN IN ACCORDANCE WITH EC 2 AND ACI 318

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VÁCLAVA TESÁRKOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR ŠIMŮNEK, Ph.D.

BRNO 2013



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. VÁCLAVA TESÁRKOVÁ
Název	Návrh ŽB konstrukcí dle EC 2 a ACI 318
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

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

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

Podklady a literatura

Technické předpisy:

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí. 2004

ČSN EN 1991-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí. 2004-2007

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. 2006

ACI 318M-08: Building Code for Structural Concrete (ACI 318M-08) and Commentary

Další potřebná literatura po dohodě s vedoucím bakalářské práce

Zásady pro vypracování

Porovnání metodiky posuzování železobetonových konstrukcí dle technických předpisů EC 2 a ACI 318. V rámci diplomové práce bude provedeno statické posouzení vybraných prvků ŽB nosné konstrukce polyfunkčního objektu. Vybrané prvky budou posouzeny dle metodiky EC a ACI a proveden popis obou metodik.

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)

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užití školní dílo (3x), Prohlášení o shodě

listinné a elektronické formy VŠKP (3x), Popisný soubor závěrečné práce

Diplomová práce bude odevzdána 1x v listinné podobě a 2x v elektronické podobě na CD.

Předepsané přílohy

.....

Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Práce se zabývá posuzováním železobetonových konstrukcí dle aktuálně platné normy ČSN EN 1992-1-1 (EC 2) ve srovnání s posouzením dle amerického standardu ACI 318-08. Statický výpočet obsahuje posouzení stropní desky na lokálních podporách, výpočet sloupů a základové patky dle 1. mezního stavu únosnosti u obou norem. Stropní deska je posouzena také dle 2. mezního stavu použitelnosti dle EC 2.

Klíčová slova

Železobeton, lokálně podepřená deska, sloup, základová patka, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, ČSN EN 1992-1-1, EC 2, ACI 318-08

Abstarct

This work deals with the analysis of reinforced concrete structures according to the currently valid standard EN 1992-1-1 (EC 2) compared with the analysis according to the American standard ACI 318-08. Static solution includes an assessment of slab in local supports, calculation of columns and footings according to 1st critical state for both standards. The slab is also assessed according to the 2st critical state according to EC 2.

Keywords

Reinforced concrete, slab in local supports, column, footing, 1st critical state carrying capacity, 2st critical state serviceability, ČSN EN 1992-1-1, EC 2, ACI 318-08

Bibliografická citace VŠKP

TESÁRKOVÁ, Václava. *Návrh ŽB konstrukcí dle EC 2 a ACI 318*. Brno, 2013. 14 s., 169 s. příloh. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Petr Šimůnek, Ph.D..

Prohlášení:

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

V Brně dne 11.1.2013

.....
podpis autora
Bc. Václava Tesárková

Poděkování:

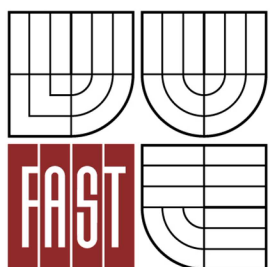
Děkuji tímto především vedoucímu mé diplomové práce Ing. Petru Šimůnkovi, PhD. za pomoc, trpělivost, ochotu a cenné připomínky při jejím zpracování.

V Brně dne 11.1.2013

.....
podpis autora
Bc. Václava Tesárková



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

NÁVRH ŽB KONSTRUKCÍ DLE EC 2 A ACI 318

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE DESIGN IN ACCORDANCE WITH EC 2 AND ACI 318

A1/ PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VÁCLAVA TESÁRKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR ŠIMŮNEK, Ph.D.

OBSAH

1. Úvod	3
2. Popis objektu, klimatické a geologické poměry	4
3. Konstrukční systém, popis konstrukčních prvků	4
4. Použité materiály a jejich charakteristiky	5
4.1. Beton	5
4.2. Ocel	5
5. Předpoklady návrhu	6
6. Zatížení, kombinace zatížení	6
7. Statický výpočet	7
7.1. Stropní konstrukce	7
7.2. Sloupy	8
7.3. Základová patka	9
8. Závěr	10
9. Seznam zdrojů	11
10. Seznam použitých zkratk	12
11. Použitý software	13
12. Seznam příloh	14

1. ÚVOD

Tématem této diplomové práce je „Návrh ŽB konstrukcí dle EC 2 a ACI 318“. Cílem této práce je návrh a posouzení vybraných ŽB prvků nosné konstrukce polyfunkčního objektu tak, aby vyhověly požadavkům normy Eurocode 2 – ČSN EN 1992-1-1 a to v porovnání s návrhem dle amerického standardu ACI 318-08. Závěrem práce je pak porovnání obou metodik výpočtu. Dle EC2 byl tedy proveden kompletní návrh desky na lokálních podporách, návrh sloupů a základové patky. Na základě těchto výpočtů byla zpracována i výkresová dokumentace. Dle ACI 318 bylo provedeno posouzení lokálně podepřené desky na ohyb a kompletní posouzení vnitřního sloupu a základové patky. Výsledky obou výpočtů pak byly porovnány.

Konstrukci představuje podsklepený čtyřpodlažní objekt polyfunkčního domu, jedná se o skeletovou konstrukci. Modelování konstrukce a výpočet vnitřních sil byl proveden v programu Scia Engineer 2011 – studentská verze. V tomto programu bylo též provedeno posouzení na MSÚ stropní desky.

2. POPIS OBJEKTU, KLIMATICKÉ A GEOLOGICKÉ POMĚRY

Objekt je situován v Brně. Jedná se o podsklepený čtyřpodlažní objekt s pultovými střechami se sklonem do středu objektu. Jedná se o II. sněhovou oblast, tj. zatížení sněhem 1kN/m^2 , tedy 100kg/m^2 . Zatížení větrem nebylo do výpočtu uvažováno. Na základě hydrogeologického průzkumu byla základová půda zatříděna jako třída G3 (G-F), štěrk s příměsí jemnozrné zeminy, únosnost základové půdy $R_d/A = 600\text{kPa}$. Základová spára se nachází nad úrovní podzemní vody.

3. KONSTRUKČNÍ SYSTÉM, POPIS KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

Jedná se o konstrukci ŽB skeletu s výplňovým keramickým zdivem. Půdorys objektu je čtvercový o půdorysných rozměrech $30,5 \times 30,5\text{m}$. Konstrukční výška objektu je $3\,500\text{mm}$. Vodorovná konstrukce mezi podlažními je konstantní tloušťky, a to 250mm . Jedná se o desku lokálně podepřenou ŽB sloupy o rozměru $500 \times 500\text{mm}$. Stropní konstrukce i sloupy jsou z betonu C30/37. Tyto sloupy jsou založeny na patkách o rozměrech $2\,400 \times 2\,400\text{mm}$ z betonu C25/30. Zastřešení je provedeno také jako ŽB monolitická konstrukce nakloněné lokálně podepřené desky.

Výplňové obvodové zdivo je z cihelných bloků Porotherm 30 P+D, tloušťka zdiva je 300mm . Obvodová konstrukce je zateplena tepelnou izolací tloušťky 150mm . Vnitřní výplňové zdivo je z cihelných bloků Porotherm 19 AKU, tloušťka 200mm . Vnitřní příčky jsou navrženy jako lehké sádkartonové konstrukce.

Konstrukce je ztužena v obou směrech železobetonovými zdmi tloušťky 250mm , vyztužení těchto konstrukcí není předmětem této práce.

4. POUŽITÉ MATERIÁLY A JEJICH CHARAKTERISTIKY

4.1 Beton

Stropní deska, sloupy

- dle EC 2

- dle ACI 318

BETON C30/37

$$f_{ck} = 30\text{MPa}$$

$$f_{cd} = 20\text{MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9\text{MPa}$$

$$E_{cm} = 32\text{GPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5\text{‰}$$

$$f_{ctk;0,05} = 2,0\text{MPa}$$

$$f_{ctd} = 1,3\text{MPa}$$

BETON C4000

$$f_c' = 27,6\text{MPa}$$

$$f_{cr}' = 35,9\text{MPa}$$

$$f_r = 3,25\text{MPa}$$

$$E_c = 28,2\text{GPa}$$

$$\epsilon_{cu} = 3\text{‰}$$

Základová patka

- dle EC 2

- dle ACI 318

BETON C25/30

$$f_{ck} = 25\text{MPa}$$

$$f_{cd} = 16,67\text{MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,6\text{MPa}$$

$$E_{cm} = 31\text{GPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5\text{‰}$$

$$f_{ctk;0,05} = 1,8\text{MPa}$$

$$f_{ctd} = 1,2\text{MPa}$$

BETON C3000

$$f_c' = 20,7\text{MPa}$$

$$f_{cr}' = 29,0\text{MPa}$$

$$f_r = 2,82\text{MPa}$$

$$E_c = 21,4\text{GPa}$$

$$\epsilon_{cu} = 3\text{‰}$$

4.2 Ocel

- dle EC 2

- dle ACI 318

OCEL B 500B

$$f_{yk} = 500\text{MPa}$$

$$f_{yd} = 435\text{MPa}$$

$$E_s = 200\text{GPa}$$

$$\epsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

OCEL GRADE 75

$$f_y = 520\text{MPa}$$

$$E_s = 200\text{GPa}$$

$$\epsilon_y = 2,6\text{‰}$$

5. PŘEDPOKLADY NÁVRHU

- Návrhová životnost konstrukce je 80let
- Třída vlivu prostředí je pro desku a sloupy XC1- suché nebo stále mokré
pro základovou patku XC2 – mokré, občas suché
- Třída následků CC2
- Konstruktivní třída

deska	– třída S3, min. krytí $c_{min,dur} = 10\text{mm}$
sloupy	– třída S4, min. krytí $c_{min,dur} = 15\text{mm}$
patka	– třída S5, min. krytí $c_{min,dur} = 30\text{mm}$

6. ZATÍŽENÍ, KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Konstrukce byla navrhována na účinky stálého zatížení (vlastní tíha použitých materiálů) a na zatížení nahodilé, tedy zatížení od provozu a od sněhu. Pro výpočet dle EC 2 byly použity stejné charakteristické hodnoty zatížení jako pro návrh dle ACI 318.

Zatížení od provozu bylo použito dle užitečných kategorií následující

A	$q_k = 2,0\text{kNm}^{-2}$... hotelové pokoje
	$q_k = 2,5\text{kNm}^{-2}$... balkony hotelových pokojů
C1	$q_k = 3,0\text{kNm}^{-2}$... kavárna, WC veřejných prostor
C2	$q_k = 4,0\text{kNm}^{-2}$... posluchárna, sklad
C3	$q_k = 4,0\text{kNm}^{-2}$... přístupové plochy
G	$q_k = 4,0\text{kNm}^{-2}$... parkovací stání
	$q_k = 5,0\text{kNm}^{-2}$... zásobování

Zatížení sněhem bylo bráno jako $1,0\text{kN/m}^2$, tato hodnota platí pro II. sněhovou oblast

Dle EC 2 bylo použito 30 zatěžovacích stavů. Pro výpočet návrhových hodnot pro 1.MS byla použita kombinace EN - MSÚ (STR/GEO) sada B, výpočet byl proveden v programu Scia Engineer. Pro výpočet 2. MS byla použita kvazistálá kombinace.

Kvazistálá kombinace:

$$\sum G_{k,j} + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- hodnoty součinitele Ψ_2 pro nahodilá zatížení

zatížení	Ψ_2
kategorie A	0,3
kategorie C	0,6
kategorie G	0,3
sníh	0,0

Dle ACI 318 bylo použito také 30 zatěžovacích stavů. Pro výpočet návrhových hodnot byly použity následující kombinace

$$U = 1,2D + 1,6L$$

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5S$$

$$U = 1,2D + 1,6S + 1,0L$$

$$U = 1,2D + 1,0L + 0,5S$$

$$U = 1,2D + 1,0L + 0,2S$$

$$U = 0,9D$$

kde jednotlivé složky představují:

D ... stálá zatížení

L ... nahodilá zatížení

S ... zatížení sněhem

7. STATICKÝ VÝPOČET

7.1. Stropní konstrukce

Stropní konstrukce – křížem vyztužená deska na lokálních podporách o celkových rozměrech 30,5 x 30,5 - byla pro potřeby výpočtu a modelování rozdělena do jednotlivých polí o rozměru 6,0 x 6,0. Tyto pole byly pak dále rozděleny do sloupových a mezisloupových pruhů o šířce 2m. Na desku bylo aplikováno stálé a nahodilé zatížení a programem Scia Engineer byly spočítány vnitřní síly. Pro nahodilá zatížení byla vytvořena výběrová skupina a zatížení se umisťovalo ve schématech plné, šachovnicové a v pruzích.

Pro návrh podélné výztuže byly rozhodující ohybové momenty a to konkrétně kladné ohybové momenty v polích a záporné nad podporami.

Dle EC 2:

Výztuž určená pro přenesení kladných ohybových momentů byla umístěna u spodního líce konstrukce a je tvořena $\varnothing R8$, $\varnothing R10$ po vzdálenosti 100 - 200mm. Výztuž určená pro přenesení záporných ohybových momentů je umístěna u horního líce desky a je tvořena $\varnothing R18 - \varnothing R8$ a to ve vzdálenosti 100 - 200mm. Dle normy je vyztužení při dolním okraji navrženo jako spojitě.

Dle ACI 319:

Výztuž určená pro přenesení kladných ohybových momentů byla umístěna u spodního líce konstrukce a je tvořena $\varnothing R8$, $\varnothing R10$ po vzdálenosti 100mm, osová vzdálenost 200mm nebyla možná z důvodu minimální plochy výztuže. Výztuž určená pro přenesení záporných ohybových momentů je umístěna u horního líce desky a je tvořena $\varnothing R18 - \varnothing R8$ a to ve vzdálenosti 100 - 200mm. Dle normy je vyztužení při dolním okraji navrženo jako spojitě.

Dle EC 2 byla dále navržena výztuž proti protlačení a to ve formě řebříčků $\varnothing R6$ a $\varnothing R8$. U vnitřních sloupů byla navržena ve 3 a 6 řadách. U sloupů krajních a rohových byla navržena v 6 řadách. Výztuž proti řetězovému zřícení byla navržena při spodním líci a to v počtu $3\varnothing R22$ v obou směrech.

7.2. Sloupy

Byly navrhovány sloupy 1PP o výšce prvku 4,0m a půdorysných rozměrech 0,5 x 0,5m. Na desku bylo aplikováno stálé a nahodilé zatížení a programem Scia Engineer byly spočítány vnitřní síly.

Dle EC 2:

Sloup byl posouzen interakčním diagramem na vnitřní síly upravené o účinky I. a v některých případech i II. řádu. Výztuž vnitřního sloupu byla navržena $4\varnothing R14$ a z důvodu velké osové vzdálenosti byla doplněna o výztuž $4\varnothing R8$. Výztuž krajního a rohového sloupu byla navržena $4\varnothing R12$ a z důvodu velké osové vzdálenosti byla doplněna o výztuž $4\varnothing R8$.

Sloup byl posouzen i na účinky smyku, v tomto ohledu však vyhověl a proto byla navržena pouze konstrukční výztuž a to $\varnothing R6$ á 210/180mm.

Dle ACI 318:

Podle tohoto standardu byl posouzen vnitřní sloup. Návrhové síly byly zvětšeny o účinky I. Řádu a sloup byl posouzen na výztuž 4ØR14 a 4ØR8 . Posouzení bylo provedeno formou interakčního diagramu a průřez vyhověl. Ale z důvodu přísnějších konstrukčních zásad je nutné použít vyztužení 8ØR20 .

Sloup byl posouzen i na účinky smyku, v tomto ohledu však vyhověl a proto byla navržena pouze konstrukční výztuž a to ØR10 á 300mm.

7.3. Základová patka

Byla navržena patka pod vnitřní sloup. Výška patky je 0,8m a její půdorysné rozměry 2,4 x 2,4m. Na desku bylo aplikováno stálé a nahodilé zatížení a programem Scia Engineer byly spočítány vnitřní síly u paty sloupy. K těmto silám bylo ještě připočteno zatížení od podlahy, zeminy a vlastní tíha základové patky.

Dle EC 2:

Základová patka byla posouzena na únosnost základové půdy $R_d/A = 600\text{kPa}$ a tento posudek vyhověl. Dále byla základová patka posouzena na ohyb, ohybový moment byl vypočítán jako na konzolovém nosníku a na tento moment byla navrženy výztuž při dolním líci patky a to jako ØR16 po 180mm v jednom směru a jako ØR16 po 200mm ve směru kolmém.

Bylo provedeno i posouzení na smyk – protlačení, kdy základová patka vyhověla, návrh výztuže nebyl nutný.

Dle ACI 318:

základová patka posouzena na ohyb, ohybový moment byl vypočítán jako na konzolovém nosníku a na tento moment byla navrženy výztuž při dolním líci patky. Vyhověl by stejný návrh výztuže jako dle EC 2 ale z důvodu dosažení minimální plochy vyztužení, bylo nutné navrhnout výztuž jako ØR18 po 120mm v jednom směru a jako ØR18 po 130mm ve směru kolmém.

Bylo provedeno i posouzení na smyk – protlačení, kdy základová patka vyhověla, návrh výztuže nebyl nutný.

8. ZÁVĚR

Cílem této práce byl návrh a posouzení vybraných konstrukčních prvků dle výše zmíněných norem EC 2 ČSN EN 1992-1-1 a ACI 318-08 a vzájemné porovnání výsledků a metodik výpočtů. Toto porovnání je zařazeno jako příloha P4.3. Dále pak bylo úkolem zpracování výkresové dokumentace k návrhu dle EC 2. Rozsah práce odpovídá požadavkům zadání.

Statické výpočty se zabývají návrhem křížem vyztužené desky na lokálních podporách, sloupů a základové patky. I přes to, že obě normy pracují s mezními stavy únosnosti, metodika výpočtu se odlišuje již ve vstupních hodnotách, které jsou u standardu ACI 318 v charakteristických hodnotách a je redukována až výsledná jmenovitá pevnost.

Celkově se dá říci, že je návrh podle normy ACI 318 přísnější, což se projevilo nejvíce u konstrukčních zásad výpočtu. Naopak pro určení mnoha parametrů, například krytí výztuže, mají pouze jednoduché tabulky a ne návrhový postup jako je tomu u normy EC 2.

V Brně dne 11.1.2013

...

.....
podpis autora
Bc. Václava Tesárková

9. SEZNAM ZDROJŮ

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí, Český normalizační institut, 2004, 75 s.
- ČSN EN 1991-1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Český normalizační institut, 2004, 43 s.
- ČSN EN 1991-1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, Český normalizační institut, 2004, 37 s.
- ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Český normalizační institut, 2006, 213 s.
- ACI 318M-08: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-08) and Commentary, Farmington Hills: American Concrete Institute, 479 s.
- NILSON, Arthur H; DARWIN, David; DOLAN Charles W.; Design of concrete structures, 13th edition, The McGraw-Hill Companies, 2004, 779 s.
- NAWY, Edward G., Reinforced concrete: a fundamental approach, 6th edition, Upper Saddle River, New Jersey, 2009, 915s., ISBN-13: 978-0-13-241703-7
- McCORMAC Jack C, BROWN Russel H., Design of reinforced concrete 8th edition, Hoboken: John Wiley and Sons, Inc., 2009, 706s., ISBN-13: 978-0-470-27927-4

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

c	betonová krycí vrstva
c_{nom}	nominální hodnota betonové krycí vrstvy
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti betonářské výztuže
f_{cd}	návrhová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctm}	střední hodnota pevnosti betonu v tahu
f_{yd}	návrhová hodnota meze kluzu betonářské oceli
f_{yk}	charakteristická hodnota meze kluzu betonářské výztuže
ϵ_c	přetvoření betonu
ϵ_s	přetvoření oceli
f_c'	pevnost betonu v tlaku (ACI)
f_{cr}'	požadovaná průměrná pevnost betonu v tlaku (ACI)
f_r	pevnost betonu v ohybu (ACI)
f_y	mez kluzu (ACI)
ϵ_y	přetvoření betonu (ACI)

11. POUŽITÝ SOFTWARE

Scia Engineer 2011 – studentská verze

ArchiCad 15 – studentská verze

Microsoft Word 2010

Microsoft Excel 2010

12. SEZNAM PŘÍLOH

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresová dokumentace

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet

- Licenční smlouva
- Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
- Popisný soubor závěrečné práce