



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ STROPNÍ DESKA

CONCRETE FLAT SLAB SUPPORTED BY COLUMNS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jana Achillesová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608R001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Jana Achillesová
<b>Název</b>	Lokálně podepřená stropní deska
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jan Perla
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

---

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

---

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

## **PODKLADY A LITERATURA**

Podklady:

Půdorysy a řezy objektu.

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí (část 1-1, 1-3 až 1-7)

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

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

podle doporučení vedoucího bakalářské práce

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Návrh stropní desky třípodlažní obchodně administrativní budovy - při návrhu bude respektováno dispoziční využití půdorysu vyššího podlaží a provedeno posouzení přetvoření stropní konstrukce s ohledem na celistvost vynášených výplňových konstrukcí. Statický výpočet bude obsahovat i ověření účinků přibližnými metodami řešení (metoda součtových momentů, metoda náhradních rámu).

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady.

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce).

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1×)

Popisný soubor závěrečné práce (1×)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× na CD.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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).

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je zjištění vnitřních sil na železobetonové lokálně podepřené desce konstantní tloušťky, která se nachází nad podzemními garážemi obchodního domu. Analýza byla provedena pomocí metody součtových momentů, metody náhradního rámu a metodou konečných prvků v programu Dlubal RFEM. Součástí práce je také návrh a posouzení jednoho sloupu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

železobeton, lokálně podepřená deska, metoda náhradních rámu, metoda konečných prvků, metoda součtových momentů, vnitřní síly, sloup

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor thesis is to find out the internal forces on the point-supported reinforced concrete flat slab that is located above the underground garages of the department store. The methods used for the analysis were moment coefficient method, replacement frame method and Finite Element Method in the Dlubal RFEM program. Draft and appraisal of one column are also part of the thesis.

## **KEYWORDS**

reinforced concrete, point-supported slab, replacement frame method, Finite Element Method, moment coefficient method, internal forces, column

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Jana Achillesová *Lokálně podepřená stropní deska*. Brno, 2018. 9 s., 247 s. příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a  
zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25.5.2018

.....  
podpis autora

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 25. 5.2018

-----  
titul jméno a příjmení studenta

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Janu Perlovi za jeho ochotu a odborné rady při konzultacích mé bakalářské práce a vysvětlení problematiky, které bylo potřeba.





# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

# LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ STROPNÍ DESKA PRŮVODNÍ ZPRÁVA

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jana Achillesová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2018

# **OBSAH**

1. ÚVOD	
2. POPIS KONSTRUKCE.....	3
2.1. OBECNÉ INFORMACE O OBJEKTU.....	3
2.2 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM.....	3
2.2.1 VODOROVNÝ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM.....	3
2.2.2 SVISLÝ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM.....	3
3. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY.....	4
3.1 BETON.....	4
3.2 OCEL.....	4
3.3 PRACOVNÍ DIAGRAMY.....	4
4. VÝPOČETNÍ METODY.....	5
4.1 METODA SOUČTOVÝCH MOMENTŮ.....	5
4.2 METODA NÁHRADNÍCH RÁMŮ.....	5
4.3 METODA KONEČNÝCH PRVKŮ.....	5
5. ZATÍŽENÍ.....	5
5.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ.....	5
5.2 ZATÍŽENÍ UŽITNÉ.....	5
5.3 SNÍH.....	6
5.4 ZATÍŽENÍ MIMORÁDNÉ.....	6
6. KOMBINACE.....	6
7. VYZTUŽOVÁNÍ.....	6
8. POROVNÁNÍ METOD VÝPOČTU.....	7
9. ZÁVĚR.....	7
10. ZDROJE.....	7
10.1 NORMY.....	7
10.2 TECHNICKÉ LISTY A WEBY.....	8
10.3 SOFTWARE.....	8
11. SEZNAM ZKRATEK.....	8
12. SEZNAM PŘÍLOH.....	8

# 1. ÚVOD

Cílem bakalářské práce je návrh železobetonové lokálně podepřené desky nad podzemními garážemi obchodního domu v Brně. Konstrukce byla analyzována pomocí tří výpočetních metod, a to pomocí metody součtových momentů, metody náhradních rámtů a metodou konečných prvků pomocí 2D modelu vytvořeného v programu RFEM. Pro konečný návrh byly použity hodnoty z programu RFEM. Výsledkem práce je porovnání všech tří metod výpočtu, návrh a posouzení desky na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti a návrh s posouzením jednoho vybraného sloupu v objektu. K odpovídajícím výsledkům se nachází v příloze P3 protokoly z různých výpočetních programů a v příloze P2 odpovídající výkresová dokumentace.

## 2. POPIS KONSTRUKCE

### 2.1 OBECNÉ INFORMACE O OBJEKTU

Jedná se o třípodlažní objekt, který slouží jako obchodní dům v Brně. V 1.PP se nachází podzemní garáž, která je spojena schodištěm do 1.NP. V 1.NP se pak nachází prodejní plocha a sklad. Ve 3. podlaží se nachází prodejní plocha spolu s kanceláři. Střecha je navržena jako plochá jednoplášťová. Objekt je založen na velkopřůměrových pilotách, které budou propojeny se základovou deskou tl. 300 mm. Suterénní stěny jsou spolu se základovou deskou navrženy jako "bílá vana". Řešená stropní deska je navržena jako lokálně podepřená. Podporujícími konstrukcemi jsou sloupy a suterénní stěny. V objektu se nachází také ztužující stěny a jádro. Výškové uspořádání objektu je +9,906 m nad terénem a -3,200 m pod terénem k hornímu povrchu základové desky. Výška v úrovni řešené stropní desky je -0,100 m u horního povrchu desky.

### 2.2 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

#### 2.2.1 VODOROVNÝ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Řešená stropní deska nad podzemními garážemi je řešena jako lokálně podepřená s konstantní tloušťkou 250 mm. Deska byla navržena a posouzena na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Deska nad 1.NP má tloušťku 270 mm a nad 2. NP 250 mm.

#### 2.2.2 SVISLÝ KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Podporujícími prvky pro řešenou stropní desku jsou sloupy s rozměrem 400x400 mm podle původního projektu. Rozměr sloupu byl ovšem znovu posouzen a poté stanoven jako vyhovující svým rozměrům. Dále jako podpůrná konstrukce sloužily železobetonové stěny jako obvodový plášť podzemní garáže. Stěny jsou tloušťky 300 mm podle původního projektu

### 3. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

#### 3.1 BETON

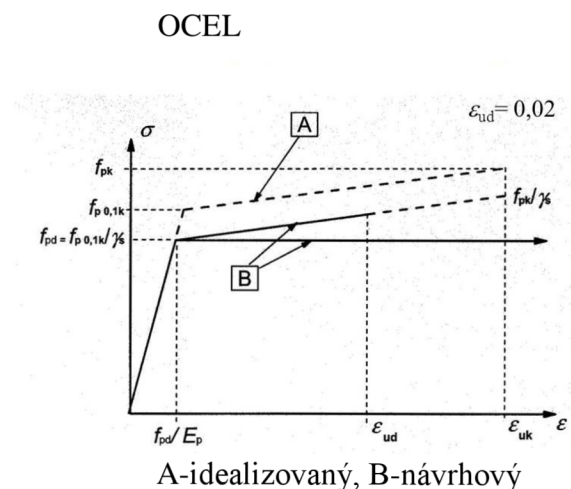
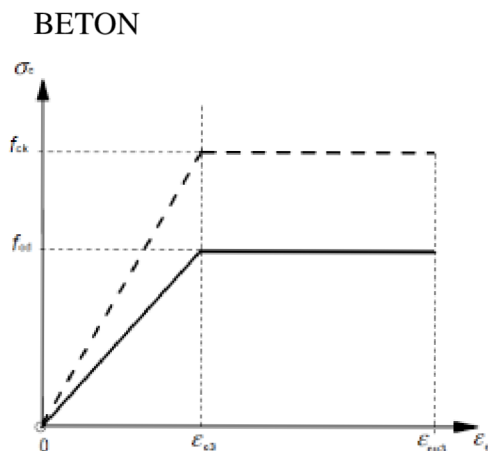
- součinitel spolehlivosti trvalé a dočasné:  $\gamma_c = 1,5$
- válcová pevnost:  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- krychlená pevnost:  $f_{ck,cube} = 30 \text{ MPa}$
- průměrná pevnost v tlaku:  $f_{cm} = 33 \text{ MPa}$
- průměrná pevnost v tahu:  $f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
- sečnový modul pružnosti:  $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$
- jmenovité mezní přetvoření:  $\epsilon_{cu3} = 3,50 \text{ ‰}$
- přetvoření na mezi pevnosti:  $\epsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$
- součinitel pro výšku tlačené oblasti  $\lambda = 0,8$  pro  $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$
- součinitel pro účinnou pevnost  $\mu = 1,0$  pro  $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$
- návrhová pevnost v tlaku:  $f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$

#### 3.2 OCEL

- součinitel spolehlivosti materiálu:  $\gamma_s = 1,15$
- min. pevnost kluzu:  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- pevnost v tahu:  $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$
- přetvoření:  $\epsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$
- návrhová mez kluzu  $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
- modul pružnosti:  $E_s = 200 \text{ GPa}$

#### 3.3 PRACOVNÍ DIAGRAMY

- uvažovány pracovní diagramy dle ČSN EN 1992-1-1



## **4. VÝPOČETNÍ METODY**

Pro stanovení vnitřních sil byla použita metoda součtových momentů, metoda náhradních rámu a metoda konečných prvků. Tyto varianty byly poté porovnány v obou vyšetřovaných směrech.

### **4.1 METODA SOUČTOVÝCH MOMENTŮ**

Byl vybrán náhradní rám v obou vyšetřovaných směrech. Ve směru X o šířce 5,5 m a ve směru Y o šířce 7,75 m. Nejprve byl spočten maximální moment, který se poté přerozdělil nad podporu a do pole. Jelikož se jedná o vetknutí, uvažované hodnoty pro přerozdělení byly 65% do podpor a 35% do pole celkového ohybového momentu. Poté se momenty přerozdělily do příčného směru pomocí součinitele a rozdělení deskového pásu do sloupových středních pruhů (vždy 1/4 kratšího rozpětí pole). Výpočet je dále porovnán s metodou náhradního rámu a MKP.

### **4.2 METODA NÁHRADNÍCH RÁMŮ**

V obou vyšetřovaných směrech byl vymodelován rám o stejných šířkách jako v případě metody součtových momentů v programu RFEM a poté hodnoty vnitřních sil převzaty a přerozděleny do příčného směru pomocí součinitele a rozdělení deskového pásu do sloupových a středních pruhů. Výpočet je porovnán s ostatními metodami.

### **4.3 METODA KONEČNÝCH PRVKŮ**

Byl vytvořen 2D model desky v programu RFEM. Sloupy jsou vymodelovány jako uzlové podpory a vetknuty. Stěny jsou modelovány jako liniové podpory a taktéž vetknuty.

## **5. ZATÍŽENÍ**

### **5.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ**

Do stálého zatížení je uvažováno plošné zatížení, a to vlastní tíha desky, skladby podlah a u metody náhradního rámu je použita skladba střechy. Dále je uvažováno s liniovým stálým zatížením, a to vlastní tíha schodiště, tíha obvodového pláště a tíha příček.

### **5.2 ZATÍŽENÍ UŽITNÉ**

Jelikož se jedná o obchodní dům, je tato konstrukce klasifikována podle normy ČSN EN 1991 - 1 - 1 jako kategorie D - Obchodní plochy, dále D2 - Plochy v obchodních

domech. Pro daný typ je odpovídající zatížení  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Dále bylo pro schodiště uvažováno užité zatížení  $3,0 \text{ kN/m}^2$ . Zatížení bylo uvažováno na celé ploše jako plné užité zatížení. Dále šach 1 a šach 2 a také zatíženy jednotlivé deskové pásy v různých kombinacích.

### 5.3 SNÍH

U výpočtu náhradního rámu bylo využito také zatížení od sněhu, a to  $0,8 \text{ kN/m}^2$ . Objekt se nachází ve sněhové oblasti II a charakteristická hodnota zatížení od sněhu je  $1,0 \text{ kN/m}^2$ .

### 5.4 ZATÍŽENÍ MIMOŘÁDNÉ

Pro návrh a posouzení sloupu bylo uvažováno mimořádné zatížení od nárazu vozidla dle ČSN EN 1991 - 1 - 7. Pro směr jízdy bylo uvažováno zatížení  $F_{dx} = 50 \text{ kN}$  a  $F_{dy} = 25 \text{ kN}$  ve směru kolmo na jízdu. Výška působení sil je  $0,5 \text{ m}$  nad vozovkou.

## 6. KOMBINACE

Pro metodu součtových momentů bylo uvažováno zatížení dle rovnic 6.10a a 6.10b, z toho pak vybrána větší z vypočtených hodnot. Pro metodu náhradních rámu byly použity stejné rovnice již s nastavením střídavosti jednotlivých zatěžovacích stavů, pro které byly vytvořeny kombinaci podle již uvedených rovnic. Obdobně jako u metody náhradních rámu, byly kombinace vytvořeny také na deskovém 2D modelu. Dále byla spočtena rovnice charakteristická, častá a kvazistálá dle rovnic 6.14b, 6.15b a 6.16b se kterými se počítá pro mezní stav použitelnosti. Pro mimořádnou návrhovou kombinaci byla použita rovnice 6.11b, se kterou se uvažuje pro výpočet a posouzení sloupu.

## 7. VYZTUŽOVÁNÍ

Hodnoty vnitřních sil pro vyztužení desky byly převzaty z programu RFEM ve kterém byla deska namodelována. Pro dimenzování výztuže byly provedeny řezy s extrémními hodnotami ohybových momentů. Hodnoty vnitřních sil byly zprůměrovány dle vhodných šířek. Návrh výztuže byl proveden ručně pomocí jednotlivých typů výztuže a vložení základní sítě při obou površích konstrukce. V krizových oblastech, kde základní síť nepřenesla návrhové momenty byly použity příložky různých profilů podle velikosti ohybových momentů. Návrh základní sítě je  $\varnothing 12/250$ . Poté byl vypočten moment na mezi únosnosti a u dolního líce desky zredukován o 15% kvůli případné redistribuci ohybových momentů. U horního líce se s redukovanou hodnotou neuvažuje, protože ohybové momenty se nezvětší, ale můžou poklesnout a tím se zvětší ohybové momenty v poli. Poté se v programu RFEM nastaví spodní hranice únosnosti dané výztuže a zjistí se krizové oblasti, kde se musí průřez dovyztužit pomocí daných typů příložek. Pro dolní líc desky se uvažuje s výztuží  $\varnothing 8/250$  - prut do každé mezery základní sítě,  $\varnothing 12/250$  - prut do každé mezery základní sítě a  $\varnothing 12/125$  - dva pruty do každé mezery základní sítě. U horního povrchu se uvažuje se stejným typem příložek. Byl proveden návrh a posouzení výztuže proti řetězovému zřícení, a to profilem  $\varnothing 16$  ve 2. a 3. vrstvě výztuže. Práce se dále zabývá návrhem smykových lišt. Pro jeden sloup

SL5 je návrh a posouzení spočítán ručně a porovnán s hodnotou s výstupem z programu JORDAHL. Ostatní sloupy jsou také posouzeny v tomto programu včetně protlačení konce stěny. U jediné podpory se muselo dovyztužit s ohledem na minimální stupeň vyztužení smykových lišt. Dále je navržena výztuž a posouzení sloupu v programu FIN EC. Návrh hlavní nosné výztuže je 4ø14 a třmínků ø 8/100 a ø 8/150.

## 8. POROVNÁNÍ METOD VÝPOČTU

Ve statickém výpočtu je provedeno srovnání hodnot všech tří variant výpočtu. Hodnoty se nejvíce liší ve středních pruzích a nad podporami. Uvedené odchylky mohou být způsobeny zatížením, kde se např. u metody součtových momentů pro zjednodušení uvažuje pouze plošné zatížení, ale u 2D modelu desky se uvažuje jak plošné, tak liniové zatížení (schodiště, příčky).

## 9. ZÁVĚR

Na konstrukci byla provedena analýza pomocí tří výpočetních metod, a to metodou součtových momentů, metodou náhradních rámců a metodou konečných prvků. Náhradní rám byl vymodelován v programu RFEM. Taktéž použití MKP - byla vymodelována deska ve 2D. Srovnání bylo provedeno ve statickém výpočtu v tabulkách - porovnání vnitřních sil a také procentuální srovnání. Z výsledků lze konstatovat, že obě ruční metody se hodí pro přibližnou kontrolu metody MKP. Největší rozdíl je ve středním pruhu v polích v obou vyšetřovaných směrech a taktéž nad vnějšími podporami. Odchylky mohou být způsobeny odlišným zatížením, kdy např. u metody součtových momentů se uvažuje pouze s plošným zatížením, zatímco u metody MKP se uvažuje i liniové zatížení.

## 10. ZDROJE

### 10.1 NORMY

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

[2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - část 1-1: Obecná zatížení - objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: český normalizační institut, 2004

[3] ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - část 1-2: Obecná zatížení - zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. Praha: Český normalizační institut, 2004.

[4] ČSN EN 1991-1-7 (730035) Eurokód 1: zatížení konstrukcí - část 1-7: Obecná zatížení - mimořádná zatížení. Praha: Český normalizační institut, 2007.

[5] ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - část 1-1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.

## 10.2 TECHNICKÉ LISTY A WEBY

[6] JORDAHL A PFEIFER. Dostupné z: <https://www.jpcz.cz/cs/home/>

[7] Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D., Dostupné z:  
<https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/>

[8] Analýza metod výpočtu železobetonových lokálně podepřených desek. Dostupné z:  
[http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/granty\\_soubory/FRVS\\_2011/analyza\\_lok\\_pod\\_dese\\_k.pdf](http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/granty_soubory/FRVS_2011/analyza_lok_pod_dese_k.pdf)

[9] FIN EC - Dimenzační a posudkové programy. Dostupné z:  
<https://www.fine.cz/vypocty-statiky/>

## 10.3 SOFTWARE

Dlubal RFEM

FIN EC 2018 - Beton

Archicad 16

JORDAHL ® EXPERT Výztuž proti protlačení

Microsoft Office Word 2010

Microsoft Office Excel 2010

## 11. SEZNAM ZKRATEK

$f_{cd}$  - návrhová pevnost betonu v tlaku

$f_{ck}$  - charakteristická pevnost betonu v tlaku

$f_{ctd}$  - návrhová pevnost betonu v tahu

$f_{ctk}; 0,05$  - 5% kvantil pevnosti betonu v tahu

$f_{ctm}$  - průměrná pevnost betonu v tahu

$f_{cm}$  - průměrná pevnost betonu v tlaku

$f_{yd}$  - návrhová mez kluzu oceli

$f_{yk}$  - charakteristická mez kluzu oceli

$E$  - modul pružnosti

$\epsilon_{cu}$  - mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku

$\epsilon_s$  - poměrné přetvoření betonářské výztuže

## 12. SEZNAM PŘÍLOH

P1. Použité podklady

P2. Výkresová dokumentace

P3. Statický výpočet



