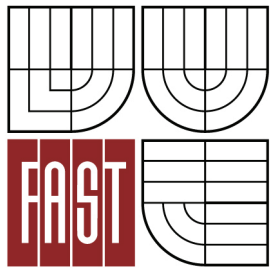




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## **METODIKA POSUZOVÁNÍ ŽB PRVKŮ DLE EN A ACI**

DESIGN PROCEDURE OF RC MEMBERS ACCORDING TO EC AND ACI

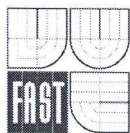
**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**KATEŘINA GABČOVÁ**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. PETR ŠIMŮNEK, Ph.D.**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Kateřina Gabčová

**Název** Metodika posuzování ŽB prvků dle EN a ACI

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.

**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2011

**Datum odevzdání bakalářské práce** 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

.....  
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

Úkolem je porovnat metodiku výpočtů v rámci ČSN EN 1992 a ACI 318M-08. Pro vybrané základní konstrukční prvky (namáhané smykem, ohybem - další dle pokynů vedoucího práce) proveďte výpočetní algoritmy a jejich vzájemné porovnání z (způsob zajištění spolehlivosti, popis vlastností materiálů, apod. - přesněji bude určeno vedoucím práce). Proveďte rešerši a následný přehled používaných termínů, fyzikálních jednotek, materiálových vlastností atd., která jsou specifická pro ACI 318.

Bakalářská 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.

## Předepsané přílohy

- A) Textová část
- B) Přílohy textové části
- B1) Použité podklady,
- B2) Statický výpočet,
- B3) Výkres tvaru
- B4) Výkres výztuže

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

Popisný soubor závěrečné práce



Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Práce se zabývá posuzováním železobetonových konstrukcí dle amerického standardu ACI 318-08 a srovnáním se statickým řešením dle ČSN EN 1992-1-1. Práce obsahuje posouzení žebříkového stropu JS- systému a sloupu. Posouzení konstrukčních prvků bude provedeno dle 1. mezního stavu únosnosti a 2. mezního stavu použitelnosti u obou norem.

## **Klíčová slova**

ŽB monolitický sloup, ŽB monolitický žebříkový strop, 1. mezní stav – únosnost, 2. mezní stav – použitelnost, ČSN EN 1992-1-1, ACI 318-08.

## **Abstract**

The work deals with the analysis of reinforcement constructions according to ACI 318-08 and with comparing to static solution according to ČSN EN 1992-1-1. The work includes the analysis of girder and column. The assessment of these structures in terms of the 1st critical state – carrying capacity and the 2nd critical state – serviceability.

## **Keywords**

Reinforced concrete monolith column, reinforced concrete monolith girder roof, 1st critical state – carrying capacity, the 2nd critical state – serviceability, ČSN EN 1992-1-1, ACI 318-08.

### **Bibliografická citace VŠKP**

GABČOVÁ, Kateřina. *Metodika posuzování ŽB prvků dle EN a ACI*. Brno, 2011. 10 s., 113 s. příl. 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 17.5.2012

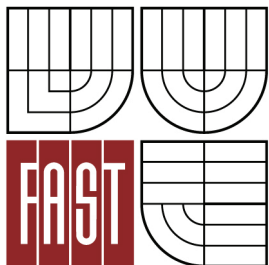
.....  
podpis autora

**Poděkování:**

Poděkování patří především vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Šimůnkovi, Ph.D. za pomoc, trpělivost, ochotu a cenné rady a připomínky, které mi poskytl při zpracování této práce. Zároveň děkuji za zapůjčení materiálů.



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

# METODIKA POSUZOVÁNÍ ŽB PRVKŮ DLE EN A ACI

DESIGN PROCEDURE OF RC MEMBERS ACCORDING TO EC AND ACI

## A - TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

KATEŘINA GABČOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. PETR ŠIMŮNEK, Ph.D.



**Obsah**

1. ÚVOD.....	2
Žebírkový strop nad 1.NP .....	2
Sloup v 1.NP .....	2
2. POPIS OBJEKTU, KLIMATICKÉ A GEOLOGICKÉ POMĚRY.....	2
3. KONSTRUKČNÍ SYSTÉM .....	2
4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY.....	3
dle ČSN EN 1992-1 .....	3
dle ACI 318-08.....	4
5. STUPEŇ VLIVU PROSTŘEDÍ.....	4
dle ČSN EN 1992-1 – „XC1“ .....	4
dle ACI 318-08 – „F1“ .....	4
6. STATICKÝ VÝPOČET.....	5
6.1. Řešené konstrukční prvky .....	5
6.1.1. Žebírkový strop .....	5
6.1.2. Sloup.....	5
6.2. Vyztužení.....	6
6.2.1. Žebírkový strop .....	6
6.2.2. Sloup.....	6
7. ZÁVĚR.....	7
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	8
9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	8
9.1. ČSN EN 1992-1-1 .....	8
9.2. ACI 318-08.....	8
10. SEZNAM PŘÍLOH.....	9

## 1. ÚVOD

Téma bakalářské práce „ Metodika posuzování dle ČSN EN 1992-1-1 a dle ACI 318-08“

Cílem bakalářské práce je prostudování amerického standardu ACI 318-08 a jeho následná aplikace na jednoduchých případech. Takže bylo provedeno posouzení a provedení výkresové dokumentace vybraných konstrukčních ŽB prvků podle obou norem a byly srovnány výsledky. Konstrukci představuje rodinný dům o 2NP. Jednotlivá patra jsou propojena schodištěm. Obvodová stěna objektu je tvořena pórobetonovým zdívkem Porotherm tl.450mm. Vnitřní svíslé konstrukce jsou zhotoveny z tvárnic tl. 250 mm. Jednotlivé úkoly budou provedeny pro některé konstrukční části v 1.NP, konkrétně se jedná o žebírkový strop (nejdelší žebro T2) a venkovní sloup S1. Modelování jednotlivých prvků bude provedeno v programu SCIA Engineer 2011- u žebra je vytvořen 2D model, u sloupu 3D model. Posouzení konstrukčních prvků bude provedeno dle 1. mezního stavu únosnosti a 2. mezního stavu použitelnosti dle normy ČSN EN 1992-1-1 a dle normy ACI 318-08.

### Žebírkový strop nad 1.NP

V objektu je použitý JS-systém žebříkových stropů, viz příloha. Uvažujeme zde, že nosným prvkem je žebro o celkové délce 9,3m, prostě podepřené a spojitě.

### Sloup v 1.NP

Nachází se v 1.NP, má výšku 3m, stejně jako sloup nad v 2.NP.

## 2. POPIS OBJEKTU, KLIMATICKÉ A GEOLOGICKÉ POMĚRY

Objekt se nachází v Brně. Jedná se o sněhovou oblast II, tj. zatížení sněhem  $1\text{kN/m}^2$ , tedy  $100\text{kg/m}^2$ . Na stropní konstrukci však sníh nepůsobí. Stavba se nachází ve IV. větrové oblasti –  $0,55\text{kN/m}^2$ . Se zatížením větrem není uvažováno. Na základě inženýrsko-geologického a hydrogeologického průzkumu bylo navrženo založení objektu. To ale není součástí projektu.

## 3. KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Jedná se o rodinný dům nepravidelného tvaru viz. příloha se dvěma nadzemními podlažími. Celá konstrukce je vystavena stálému a nahodilému zatížení viz. statický výpočet. Vodorovná konstrukce mezi jednotlivými podlažími má konstantní tloušťku po celé ploše. Žebírkový strop má tloušťku 260mm ( včetně polystyrenového bednění ). Sloup má rozměry 200x200 mm. Založení není řešením této bakalářské práce.

## 4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Pro žebírkový strop je použit beton :

- a) dle ČSN EN 1992-1-1 - C25/30
- b) dle ACI 318-08 - C4000

Pro sloup je použit beton :

- a) dle ČSN EN 1992-1-1 - C30/37
- b) dle ACI 318-08 - C5000

Ocel je použita u žebříkového stropu i u sloupu:

- a) dle ČSN EN 1992-1-1 - B500B – 10 505 (R)
- b) dle ACI 318-08 - GRADE 75

### dle ČSN EN 1992-1

Beton: charakteristické  
C 25/30

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

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

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

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

$$\epsilon_{cu3} = 3,5\%$$

návrhové

$$f_{cd} = (\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c = (1,0 * 25) / 1,5 = 16,667 \text{ MPa}$$

charakteristické  
C 30/37

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

$$f_{ck,cube} = 37 \text{ MPa}$$

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

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

$$\epsilon_{cu3} = 3,5\%$$

návrhové

$$f_{cd} = (\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c = (1,0 * 30) / 1,5 = 20 \text{ MPa}$$

Ocel: charakteristické  
B 500B - - 10 505 (R)

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

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

návrhové

$$f_{cd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

**dle ACI 318-08**

Beton:

C4000

 $f'_c = 27,58 \text{ Mpa}$  $f'_{cr} = 35,88 \text{ Mpa}$  $f_r = 3,68 \text{ MPa}$  $E_c = 28,23 \text{ GPa}$  $\epsilon_{cu} = 3\%$ 

C5000

 $f'_c = 34,47 \text{ Mpa}$  $f'_{cr} = 42,77 \text{ Mpa}$  $f_r = 4,1 \text{ MPa}$  $E_{cm} = 31,51 \text{ GPa}$  $\epsilon_{cu} = 3\%$ 

Ocel:

GRADE

75

 $f_y = 500 \text{ MPa}$  $E_s = 200 \text{ GPa}$  $\epsilon_y =$ 

2,5%

**5. STUPEŇ VLIVU PROSTŘEDÍ****dle ČSN EN 1992-1 – „XC1“**

- Suché, stále mokré
- Beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí
- Konstrukční třída : žebírkový strop – S4 – krytí 15 mm  
Sloup – S6 – krytí 25 mm

**dle ACI 318-08 – „F1“**

- Beton vystavený mrznoucím a rozmrazovacím cyklům a občasně vlhkosti
- Beton venkovní
- Např. stěny, nosníky, desky apod.

## 6. STATICKÝ VÝPOČET

### 6.1. Řešené konstrukční prvky

#### 6.1.1. Žebírkový strop

Výpočetní model v programu SCIA Engineer 2011 byl sestaven jako 2D spojitý nosník, jelikož předpokládáme, že hlavním nosným prvkem stropu je žebro. Žebro je v místě podpor podepřeno bodovými podporami. Nosník je brán jako prostě uložený. Stále zatížení vlastní váha bylo vypočteno programem SCIA na základě daných parametrů a objemových vlastností. Ostatní stálé zatížení bylo vypočteno dle zadané skladby podlahy z výkresové dokumentace. Nahodilé zatížení bylo zadáno dle předpokládaných kombinací nejdříve na celém nosníku, poté pouze v prvním poli a následně pouze v druhém poli. Hodnota byla zadána dle užitné kategorie z normy ČSN EN 1992-1-1. Jelikož v normě ACI 318-08 tyto hodnoty chybí, počítala jsem s hodnotou dle EN. SCIA vygenerovala kombinace. Dále bylo dimenzováno na EC a ACI únosnost pomocí nejnebezpečnější kombinace. Na hodnoty maximálních ohybových momentů je nadimenzována prutová výztuž, její průměr a počet. A na hodnoty maximálních posouvajících sil smyková výztuž, její průměr a vzdálenosti.

Co se týče ČSN EN 1992-1, z důvodu malých rozměrů žebra a nutnosti dodržení konstrukčních zásad jsme musely použít prutovou výztuž o průměru 8 mm. A to v počtu 4 ks v poli na kladný maximální moment a v počtu 4 ks nad podporou na záporný maximální moment. Posouvající síly jsou dost malé, a beton je schopný je přenést sám, ale z důvodu možných smykových trhlin vlivem ohybových momentů, je navržena smyková výztuž na konstrukční zásady. A to 2- střížné třmínky o průměru 6 mm.

Co se týče ACI 318-08, jelikož jsem se musela držet krytí 40 mm, použila jsem průměr 16 mm a to v počtu 1 ks v poli na kladný maximální moment a v počtu 1 ks nad podporou na záporný maximální moment. Smyková výztuž je rovněž navržena pouze na konstrukční zásady. A to spony o průměru 10 mm.

Dále bylo žebro ověřeno na MSP- mezní stav použitelnosti.

Co se týče ČSN EN 1992-1-1 nám konstrukční prvek na průhyb nevyhoví. Proto bych nejspíš zvětšila průřez, nebo bych volila větší stupeň vyztužení.

Co se týče ACI 318-08 konstrukční prvek na průhyb vyhoví ve všech směrech.

#### 6.1.2. Sloup

Sloup se nachází ve venkovní kryté části. Stálé zatížení vlastní váha bylo vypočteno programem SCIA na základě daných parametrů a objemových vlastností. Ostatní stálé zatížení bylo vypočteno viz. statický výpočet. Posouzení sloupu bylo provedeno 3D modelem a zatěžovací stavy byly zadány - vlastní tíha viz. program SCIA, ostatní stále a nahodilé dle užitné kategorie z normy. SCIA provedla kombinace zatěžovacích stavů a vybrala nejnebezpečnější kombinaci a na tuto kombinaci bylo provedeno posouzení na 1.MS. Jelikož jde o rohový sloup, braly jsme v úvahu excentricitu. Sloup na štíhlost vyhověl podle obou norem, takže nebylo nutno počítat účinky II. řádu. Návrhové hodnoty byly posouzeny interakčním diagramem. Jelikož se jedná o sloup čtvercového průřezu, není nutné

sestrojit dva interakční diagramy, křivka odporu konstrukce je stejná v obou směrech. Proto jsem posuzovala pouze na maximální ohybové momenty kolem osy Y, jelikož vychází větší než kolem osy Z.

## 6.2. Vyztužení

### 6.2.1. Žebírkový strop

Dle ČSN EN 1992-1-1:

Horní výztuž – na záporný moment v podpoře- průměr 8 mm, 4 ks.

Dolní výztuž – na kladný moment v poli – průměr 8 mm, 4 ks.

Smyková výztuž – třmínky dvoustrážné - průměr 6 mm.

Dle ACI 318-08

Horní výztuž – na záporný moment v podpoře- průměr 16 mm, 1 ks.

Dolní výztuž – na kladný moment v poli – průměr 16 mm, 1 ks.

Smyková výztuž – spony - průměr 10 mm.

### 6.2.2. Sloup

Dle ČSN EN 1992-1-1:

Prutová výztuž o průměru 10 mm, 4 ks. Příčná výztuž- třmínky o průměru 6 mm je navržena dle konstrukčních zásad.

Dle ACI 318-08

Prutová výztuž o průměru 10 mm, 4 ks. Příčná výztuž- třmínky o průměru 10 mm je navržena dle konstrukčních zásad.

## 7. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení a vytvoření výkresové dokumentace vybraných konstrukčních prvků rodinného domu dle zmíněných norem, tj. ČSN EN 1992-1-1 a ACI 318-08.

V první obecné části se zabývám jednotlivými přístupy a postupy v americkém standardu ACI 318-08. V této části jsem vypsala nejdůležitější aspekty této normy a odlišnosti vzhledem k evropskému standardu, jakožto u jednotek, materiálových charakteristik, konstrukčních zásad atd. Dále popisují ve zjednodušené formě základní případy posuzování na – u 1.MS na ohyb, smyk a tlačené pruty, - u 2.MS popisují použitelnost- tj. výpočet průhybu a kontrola šířky trhlin.

Co se týče výpočetní části zabývala jsem se žebírkovým stropem dle výkresové dokumentace, který jsem posuzovala na ohyb, smyk a průhyb, a sloupem, který jsem posoudila interakčním diagramem.

Z celkového pohledu je však nutno říci, že americká norma ACI 318-08 přistupuje k betonovým konstrukcím o dost přísněji než norma evropská norma, nicméně stanovení mnohých parametrů je usnadněno jednoduchými tabulkami, takže z hlediska návrhu není nijak složitý. Ale jak jsem již sama zjistila při posuzování žebírkového stropu, není možné dle americké normy navrhovat tak malé průřezy. Tudíž také usuzuji, že řešený JS- systém, ani jemu podobné systémy nejsou tímto standardem nejspíše navrhovány. Pokud samozřejmě dotýčný statik nevezme v úvahu jiné průměry výztuže, než pouze americké.

Pro srovnání jsem vytvořila tabulku s výslednými průměry výztuže atd.

			ČSN EN 1992-1-1	ACI 318-08
<b>Žebírkový strop</b>	hlavní nosná výztuž	krytí [mm]	31	50
		průměr [mm]	8	16
		počet [ks]	4	1
		vzdálenosti mezi sebou [mm]	22	-
	smyková výztuž	krytí [mm]	25	40
		průměr [mm]	6	10
		počet [ks]	79	103
		vzdálenosti mezi sebou [mm]	120	90
<b>Sloup</b>	hlavní nosná výztuž	krytí [mm]	41	50
		průměr [mm]	10	10
		počet [ks]	4	4
		vzdálenosti mezi sebou [mm]	98	80
	smyková výztuž	krytí [mm]	35	40
		průměr [mm]	6	10
		počet [ks]	21	28
		vzdálenosti mezi sebou [mm]	200	160

## 8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [ 1 ] ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2 : Navrhování betonových konstrukcí – Část 1 - 1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. Praha : Český normalizační institut, 2006. 210 s.
- [ 2 ] PROCHÁZKA, Jaroslav; ŠTEMBERK, Petr. *Concrete structures 1*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické, 2009. 218 s. ISBN 978-80-01-03607-5.
- [ 3 ] ACI 318-08 : *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Farmington Hills ACI Committee 318, 2008. 479 s.
- [ 4 ] MCCORMAC, Jack C.; BROWN, Russell H. *Design of Reinforced Concrete : ACI 318-08 Code Edition*. 8<sup>th</sup> edition. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2009. 706 s. ISBN 978-0-470-27927-4.
- [ 5 ] MACGREGOR, James. *Reinforced Concrete : Mechanics and Design*. 3<sup>rd</sup> edition. New Jersey : Prentice Hall, 1997. 939 s. ISBN 0-13-233974-9.
- [ 6 ] WIGHT, James K.; MACGREGOR, James G. *Reinforced Concrete : Mechanics and Design*. 5<sup>th</sup> edition. New Jersey : Prentice Hall, 2009. 1107 s. ISBN 0-13-207474-5.
- [ 7 ] NILSON, Arthur H.; DARWIN, David; DOLAN, Charles W. *Design of Concrete Structures*. 14<sup>th</sup> edition. New York: McGraw-Hill, 2010. 787 s. ISBN 978-0-07-329349-3.
- [ 8 ] ArchiCad 15 – studentská verze
- [ 9 ] SCIA Engineer 20 11 – studentská verze

## 9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

### 9.1. ČSN EN 1992-1-1

tl. tloušťka

$f_{cd}$  návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku

$f_{ck}$  charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku

$f_{ctm}$  pevnost betonu v tahu

$E_c$  modul pružnosti betonu

$f_{yk}$  charakteristická hodnota pevnosti oceli v tahu

$f_{yd}$  návrhová hodnota pevnosti oceli v tahu

### 9.2 ACI 318-08

$f_c$  hodnota pevnosti betonu v tlaku

$f_y$  hodnota pevnosti oceli v tahu



## **10. SEZNAM PŘÍLOH**

B1 POUŽITÉ PODKLADY

B2 TEXTOVÁ ČÁST - ACI 318-08

B3 STATICKÝ VÝPOČET

B4 PŘÍLOHY KE STATICKÉMU VÝPOČTU

B5 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE