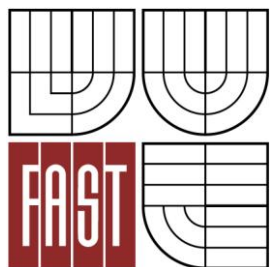




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

POROVNÁNÍ NÁVRHU ŽB KONSTRUKCÍ PODLE EN A ACI

COMPARISON OF RC STRUCTURE DESIGN APPROACH ACCORDING TO EC AND EN

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HAMRLÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR ŠIMŮNEK, Ph.D.

BRNO 2015



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 Hamrlík
Název	Porovnání návrhu ŽB konstrukcí podle EN a ACI
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Šimůnek, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce	16. 1. 2015
V Brně dne 31. 3. 2014	

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

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
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-11: Building Code for Structural Concrete (ACI 318M-11) and Commentary

Další potřebná literatura po dohodě s vedoucím diplomové práce

Zásady pro vypracování

Porovnání metodiky posuzování ŽB konstrukcí dle standardů EC 2 a ACI 318. V rámci diplomové práce bude provedeno statické posouzení vybraných prvků ŽB nosné konstrukce. Vybrané prvky budou posouzeny dle metodiky EC a ACI.

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. 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 1x v listinné podobě a 1x v elektronické podobě na CD.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

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

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na posudek administrativní budovy z pohledu dvou různých norem a porovnání jejich přístupů. Těmito normami je aktuálně platná evropská norma ČSN EN 1992-1-1 (EC2) a norma dle amerických standardů ACI 318-11. V rámci práce byly posouzeny sloupy v druhém podzemním podlaží a v prvním nadzemním podlaží. Dále byla posouzena lokálně podepřená deska nad 1NP a schodiště spojující jednotlivá patra. Všechny řešené prvky byly posuzovány dle 1. mezního stavu únosnosti.

Klíčová slova

Železobetonová konstrukce, železobeton, ocelová výztuž, sloup, lokálně podepřená deska, schodiště, mezní stav únosnosti, ČSN EN 1992-1-1, EC 2, ACI 318-11, ETA 13/0151, American concrete institute, SCIA, Advance Concrete, Peikko, smykové trny

Abstract

The thesis is focused on the opinion of an office building from the perspective of two different standards and comparing their approaches. These standards is a currently valid European Standard EN 1992-1-1 (EC2) and standard according to US standards ACI 318-11. In this work were considered pillars in the second basement and on the first floor. Was also assessed locally supported slab above the 1st floor and staircase connects the individual floors. All the completed elements were assessed according to the 1st ultimate limit state.

Keywords

Reinforced concrete structure, reinforced concrete, reinforcing steel, column, slab in local supports, stairs, 1 st critical state carrying capacity, ČSN EN 1992-1-1, EC2, ACI 318-11, ETA 13/0151, American concrete institute, SCIA, Advance concrete, Peikko, reinforcing studs

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Martin Hamrlík *Porovnání návrhu ŽB konstrukcí podle EN a ACI*. Brno, 2014. 26s., 341 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 samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Martin Hamrlík

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Petru Šimůnkovi Ph.D. za to, že se mě ujal. Vážím si jeho ochoty, rad, připomínek k mé práci a velké množství zapůjčené literatury, které mi poskytl k nastudování. Dále bych chtěl poděkovat těm, kteří mě při mém psaní podporovali.

OBSAH

1. Úvod	9
2. Popis konstrukce	9
2.1 Identifikační údaje	9
2.2 Konstrukční systém	9
2.3 Geometrie a materiál konstrukčních prvků	10
2.4 Podklady pro výpočet zatížení	11
2.5 Podklady pro výpočet kombinací zatížení	13
2.6 Zásady návrhu a provádění	14
2.7 Závěr	15
3. Seznam použitých zdrojů	16
4. Seznam použitých symbolů	17
4.1 Latinská písmena	17
4.2 Řecká písmena	22
4.3 Zkratky	25
5. Seznam příloh	26

1. Úvod

Diplomová práce se zabývá železobetonovým skeletem z pohledu evropské normy EC 2 a podle amerických standardů – ACI 318-11. Posuzovanou konstrukcí je šestipatrová administrativní budova s dvěma podzemními patry určené pro parkování osobních vozidel. Podklady, na kterých se zakládá má diplomová práce, byly vytvořeny pro plánovaný projekt administrativní budovy v Praze. Při výpočtu klimatických zatížení proto bude uvažováno s větrnou a sněhovou oblastí pro Prahu. Úkolem mé práce bylo nadimenzovat a posoudit vybrané prvky podle EC 2 a ACI 318-11 a porovnat přístupy obou norem a jejich výsledky. Prvky, které byly vybrány k posouzení, jsou – sloupy v podzemním podlaží a v prvním nadzemním podlaží. Křížem vyztužená deska podporovaná sloupy, byla posouzena na účinky ohybu a protlačení v blízkosti sloupů. Jako poslední prvek bylo navrženo a posouzeno schodiště. Na základě těchto statických výpočtů byla zpracována výkresová dokumentace.

2 Popis konstrukce

2.1 Identifikační údaje

Název stavby: Administrativní budova, Praha
Místo stavby: Praha (blíže neurčeno)

2.2 Popis objektu

Konstrukce administrativní budovy je řešena jako železobetonový skelet o osmi patrech. První dvě patra jsou tvořena podzemními garážemi určené pro osobní vozidla a s nadzemními patry jsou garáže propojeny rampou na východní straně budovy. Zbýlých šest pater je nadzemních o konstrukční výšce 3,1 m kromě prvního, které má zvýšeno konstrukční výšku na hodnotu 3,875 m. Všechny podlaží jsou určeny především k administrativním účelům. Kancelářské prostory jsou situovány po obvodu konstrukce a ve střední části se nachází chodby a sociální zařízení. Půdorys objektu nepravidelného tvaru lze ho „nahradit“ obdélníkovým půdorysem o rozměrech 36 x 19,8 m. Stropní konstrukce je tvořena jako lokálně podepřená deska tloušťky 250mm. Vnitřní sloupy podepírající desku mají rozměry 500 x 500 mm a na jejím okraji jsou podepřeny sloupy o rozměrech 400 x 450 mm. Tyto sloupy jsou vetknuty do základové desky o tloušťce 500 mm.

Deska, sloupky i stěny jsou tvořeny z betonu třídy C30/37. Ztužení konstrukce je zaručeno železobetonovými stěnami v obou směrech o tloušťce 250 mm a ztužujícím jádrem. Výplňové obvodové zdivo bylo zvoleno z keramických bloků Porotherm 40 profil, pro vnitřní příčky bylo zvoleno zdivo Porotherm 14 P+D o tloušťce 140 mm a Porotherm 8 tloušťky 80 mm. Zateplení konstrukce je provedeno v tloušťce 100 mm.

2.3 Geometrie a materiál konstrukčních prvků

Ve statickém výpočtu konstrukce byl použit dle normy ČSN EN beton třídy C30/37 a ocelová sbírková výztuž B500B. Ekvivalentními materiály dle normy ACI je beton s označením C4000 a ocel Grade 75. Porovnání vlastností všech materiálů je provedeno v následujících kapitolách.

Výška desky – 250 mm

Rozměry vnitřních sloupů – 500 x 500 mm

Rozměry krajních sloupů – 400 x 450 mm

POUŽITÉ MATERIÁLY

C30/37

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

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

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

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

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

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

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

B 500B

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

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

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

$$\epsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$$

C4000

$$f_c' = 27,57 \text{ MPa}$$

$$f_{cr}' = 35,84 \text{ MPa}$$

$$f_r = 3,27 \text{ MPa}$$

$$E_c = 24,68 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{cu} = 3,0 \text{ ‰}$$

GRADE 75

$$f_y = 517,7 \text{ MPa}$$

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

$$\epsilon_y = 2,59 \text{ ‰}$$

2.4 Podklady pro výpočet zatížení

EC2

Stálé a užité

Zatížení je uvažováno dle ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Užité zatížení prostor je uvažováno charakteristickými hodnotami takto:

Kategorie A

Plochy pro domácí a obytné činnosti – schodiště $q=3,0 \text{ kN/m}^2$

Kategorie B

Kancelářské plochy $q=2,5 \text{ kN/m}^2$

Kategorie C

Plochy kde dochází ke shromažďování lidí C3: Plochy ve veřejných a administrativních budovách $q=5,0 \text{ kN/m}^2$

Kategorie F

Dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla ($\leq 30 \text{ kN}$ tíhy) - garáže $q=2,5 \text{ kN/m}^2$

Kategorie H

Nepřístupná střecha (s výjimkou běžné údržby, nátěru, oprav) $q=0,75 \text{ kN/m}^2$

Kategorie I

Nepřístupná střecha (s výjimkou běžné údržby, nátěru, oprav) $q=0,75 \text{ kN/m}^2$

Součinitel zatížení pro stálá zatížení je uvažován hodnotou $\gamma_g=1,35$, pro užité $\gamma_q=1,50$.

Kombinační součinitele ψ_0 pro užité zatížení budou uvažovány hodnotami:

pro Kategorie A, B, C, F, I $\psi_0=0,7$

pro Kategorii H $\psi_0=0,0$

Součinitelé ψ_2 pro kvazistálou kombinaci budou uvažovány hodnotami:

pro Kategorie A, B	$\psi_2=0,3$
pro Kategorie C, F, I	$\psi_2=0,6$
pro Kategorii H	$\psi_2=0,0$

ACI 318

Hodnoty zatížení při výpočtu dle ACI byly brány dle ASCE – American Society of Civil Engineers.

Stairs and exitways	100 psf ($\approx 5,0 \text{ kN/m}^2$)
---------------------	--

OFFICE BUILDINGS

Offices	50 psf ($\approx 2,5 \text{ kN/m}^2$)
Lobbies and first-floor corridors	100 psf ($\approx 5,0 \text{ kN/m}^2$)
Dance hall and ballrooms	100 psf ($\approx 5,0 \text{ kN/m}^2$)
Corridors above first floor	80 psf ($\approx 4,0 \text{ kN/m}^2$)
Garages (passangers cars only)	40 psf ($\approx 2,0 \text{ kN/m}^2$)
Toilet areas	40 psf ($\approx 2,0 \text{ kN/m}^2$)
Roofs used for promenade purposes	60 psf ($\approx 2,9 \text{ kN/m}^2$)
Minimum roof load	20 psf ($\approx 1,0 \text{ kN/m}^2$)

Zatížení sněhem

Zatížení je uvažováno dle ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Podle znění této normy se objekt nachází ve sněhové oblasti I.

Sněhová oblast I	$S_k=0,7 \text{ kN/m}^2$
------------------	--------------------------

Součinitel zatížení pro zatížení sněhem je uvažován hodnotou $\gamma_q=1,50$.

Kombinační součinitel zatížení sněhem bude uvažován hodnotou $\psi_0=0,5$.

Součinitel ψ_2 pro kvazistálou kombinaci bude uvažován hodnotou $\psi_2=0,0$.

Pro výpočet vnitřních sil dle ACI byly převzaty hodnoty zatížení sněhem dle ČSN EN.

Zatížení větrem

Zatížení je uvažováno dle ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Podle znění této normy se objekt nachází ve větrové oblasti I.

Větrová oblast I

$$v_{b,0}=22,5 \text{ kN/m}^2$$

Součinitel zatížení pro zatížení větrem je uvažován hodnotou $\gamma_q=1,50$.

Kombinační součinitel zatížení sněhem bude uvažován hodnotou $\psi_0=0,6$.

Součinitel ψ_2 pro kvazistálou kombinaci bude uvažován hodnotou $\psi_2=0,0$.

Pro výpočet vnitřních sil dle ACI byly převzaty hodnoty zatížení sněhem dle ČSN EN.

2.5 Podklady pro výpočet kombinací zatížení

Kombinace zatížení jsou uvažovány v souladu s ČSN EN 1990 včetně zavedení redukčních součinitelů dle základní normy a Národního aplikačního dokumentu (NAD).

Rovnice (6.10 a)
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice (6.10 b)
$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Dle ACI byly uvažovány následující kombinace.

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

$$U = 1,4(D + F)$$

$$U = 1,2(D + F + T) + 1,6(L + H) + 0,5(L_r \text{ nebo } S \text{ nebo } R)$$

$$U = 1,2(D + F + T) + 1,6(L_r \text{ nebo } S \text{ nebo } R) + (1,0L \text{ nebo } 0,8W)$$

$$U = 1,2D + 1,6W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ nebo } S \text{ nebo } R)$$

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

$$U = 0,9D + 1,6W + 1,6H$$

$$U = 0,9D + 1,0E + 1,6H$$

Kde

U...návrhové zatížení, na které je konstrukce dimenzována a musí jej přenést

D...zatížení stálá

F...zatížení od tekutin – hmotností nebo tlakem

T...zatížení teplotou, smršťování, nerovnoměrné sedání

L...zatížení proměnná

H...zatížení od zeminy – boční tlaky

L_r...zatížení střechy

S...zatížení sněhem

W...zatížení větrem

E...účinky zemětřesení

2.6 Zásady návrhu a provádění

Nosné konstrukce stavby jsou navrženy a posouzeny podle systému norem ČSN EN. Vstupní datu jsou uvedena ve výše uvedených bodech a v příloze P1) Použité podklady. Objekt je dle ČSN EN 1990 zařazen do 4. kategorie s návrhovou životností 80 let.

Bednění musí mít dostatečnou tuhost, aby nedošlo k velkým odchylkám konstrukce po jeho odbednění. Poloha betonářské výztuže musí být zajištěna distančními tělísky a pro horní výztuž distančními pásy tak, aby při betonáži nedošlo k vychýlení její polohy. Před uložením betonu je nutné provést kontrolu uložené výztuže a jejich spojů. Pokládka betonu by neměla být realizována z výšky větší jak 1,5m. Čerstvý beton musí být řádně zhutněn a následně ošetřován. Je

nutné zajistit především dostatečnou vlhkost klopením po dobu 7 – 10 dnů. Betonáž nesmí být prováděna při teplotách menších jak 5 °C.

2.7 Závěr

V rámci práce bylo provedeno posouzení konstrukčních prvků administrativní budovy a návržení vhodné výztuže pro zajištění bezpečnosti a životnosti konstrukce, na kterou je navrhována. Výpočty jsem provedl dle obou norem a v příloze je proveden rozbor americké normy a porovnání výsledků obou přístupů.

Deska nad 1NP byla navrhována na ohyb a posouzena na protlačení v blízkosti sloupů a u konců stěn. V případě, že bylo nutné navrhnout výztuž, byl proveden výpočet potřebné výztuže na protlačení. Dle EC 2 byly navrženy smykové žebříčky a pro porovnání s americkou normou byl proveden návrh smykových trnů. Smykové trny byly navrženy dle ČSN EN 1991-1-1 a pro porovnání byl přiložen navíc výpočet dle evropského certifikátu ETA 13/0151. Výpočet dle ETA 13/0151 byl proveden pouze pro porovnání výsledků navržené výztuže dle ČSN EN 1991-1-1, která ve výpočtu nezahrnuje speciální vlastnosti smykových trnů. Pomocí softwaru firmy PEIKKO byl proveden návrh dle obou norem. Americké standardy uvádějí několik způsobu vyztužení desky proti protlačení. Pro porovnání byl proveden ruční výpočet smykových trnů.

Pro posouzení sloupu byly vybrány 3 v 1PP a 3 v 1NP. Spolehlivost sloupů byla ověřena interakčním diagramem a byla posouzena interakce ohybových momentů. Tento přístup je stejný jak pro evropskou normu, tak i pro americkou.

Statiské schéma schodišťové desky bylo uvažováno jako prostý šikmý nosník na konci kloubově uložený k podestě pomocí prvku Schöck tronsole® T6.

Konstrukce byla vymodelována pomocí program SCIA Engineer 2014 a posouzena pomocí mnou napsaného algoritmu v jazyku VBA v prostředí EXCELU. Smykové trny byly dimenzovány pomocí softwaru Peikko designer, jak již bylo zmíněno v úvodu.

Konečné vyztužení je popsáno v příložené příloze P6) Porovnání norem. Na základě výsledků obou norem byla vypracována výkresová dokumentace.

3 Seznam použitých zdrojů

Normy

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*, Praha: ČNI, 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: ČNI, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*,. Praha: ČNI, 2005, ZI 10/2006
- [4] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*, Praha: ČNI, 2007, Oprava 1 9/2008
- [5] ČSN EN 1992-1-1: *Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní a inženýrské stavby*, Praha: ČNI 11/2006. Oprava 1 7/2009
- [6] ACI 318M-11: *Building code requirements for structural concrete (ACI 318M-11) and commentary*, Farmington Hills: American concrete institute, 2011

Literatura

- [7] PROCHÁZKA, J., ŠMEJKAL, J., VÍTEK, J. L., VAŠKOVÁ, J. *Navrhování betonových konstrukcí: Příručka k ČSN EN 1992-1-1 a 1992-1-2*. Praha, Informační centrum ČKAIT, 2010, 338 s., ISBN-978-80-87438-03-09
- [8] NILSON, A.H., DARWIN, D., DOLAN, C.W. *Design of concrete structures, thirteen edition*, New York, The McGraw-Hill Companies, 2014, 779 s., ISBN 978-0-07-329349-3
- [9] NAWY, Edward G., *Reinforced concrete: a fundamental approach, 6th edition*, Upper Saddle River, New Jersey, 2009, 915s., ISBN-13: 978-0-13-241703-7
- [10] McCORMAC Jack C, BROWN Russel H., *Design of reinforced concrete 8th edition*, John Wiley and Sons, Inc., 2009, Hoboken, 706s., ISBN-13: 978-0-470-27927-4

Použitý software

-Scia Engineer 2014

-AutoCAD 2012

-Advance Concrete

-Peikko Designer

-Microsoft office WORD 2007

-Microsoft office EXCEL 2007

4 Seznam použitých symbolů

4.1 Latinská písmena

a	součinitel, jehož hodnota závisí na tvaru průřezu a poměru N_{Ed}/N_{Rd}
a	výška tlačené oblasti (ACI)
a	vzdálenost kontrolního obvodu od líce sloupu
a_p	zvolená vzdálenost smykového trnu, žebříčku od kontrolního obvodu
A	plocha, součinitel zohledňující vliv dotvarování betonu
a_c	vzdálenost síly na konzole od líce sloupu
A_c	průřezová plocha betonu
A_s	průřezová plocha ohybové výztuže
A_{sd}	navržená plocha výztuže
A_{sl}	průřezová plocha tahové výztuže zakotvené na l_{bd}
$A_{s,max}$	maximální průřezová plocha ohybové výztuže
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha ohybové výztuže
$A_{s,req}$	nutná průřezová plocha ohybové výztuže
A_{sw}	průřezová plocha smykové výztuže
b	šířka
b_o	kontrolní obvod (ACI)

b_s	šířka schodišťového stupně
B	součinitel zohledňující vliv výztuže
b_1	délka atiky ve směru 90°
b_2	délka atiky ve směru 0°
b_{eq}	náhradní šířka průřezu
c	součinitel závislý na rozdělení křivosti
c	výška neutrální osy (ACI)
C	součinitel zohledňující vliv zatížení
C	síla v betonu (ACI)
c_b	minimální tloušťka betonové vrstvy v blízkosti prutu (ACI)
c_d	minimální tloušťka betonové vrstvy v blízkosti prutu
c_{dir}	směrový součinitel
C_e	součinitel expozice
c_i	rozměry sloupu
C_m	součinitel dle poměrů momentů na sloupu (ACI)
c_{min}	minimální hodnota krycí vrstvy
$c_{min,b}$	minimální hodnota krycí vrstvy s přihlédnutím k požadavkům soudržnosti
$c_{min,dur}$	minimální hodnota krycí vrstvy s přihlédnutím k podmínkám prostředí
$c_{min,st}$	minimální hodnota krycí vrstvy ohybové výztuže
$c_{min,sw}$	minimální hodnota krycí vrstvy svislé výztuže
c_{nom}	nominální hodnota krycí vrstvy
$Co(z)$	součinitel tvaru terénu
$C_{p,e}$	součinitel vnějšího tlaku pro plochu $< 10 \text{ m}^2$
$C_{pe,10}$	součinitel vnějšího tlaku pro plochu $> 10 \text{ m}^2$
c_{prob}	součinitel pravděpodobnosti s ohledem na dobu trvání
$C_{Rd,c}$	hodnota z ČSN EN 1992-1-1 [6.4.4(1)]
$Cr(z)$	součinitel drsnosti
c_{season}	součinitel ročního období
C_t	tepelný součinitel prostupu tepla
d	hloubka / účinná výška průřezu
d_b	průměr výztuže (ACI)
$d_{b,st}$	průměr třmínku (ACI)
d_g	největší jmenovitý rozměr kameniva

d_1	poloha těžiště výztuže od nejvíce taženého okraje
d_2	poloha těžiště výztuže od nejvíce tlačného okraje
e	excentricita / délka
e_f	výstřednost způsobená vnějším zatížením
e_i	minimální hodnota výstřednosti vyjadřující účinek imperfekce
e_0	výstřednost prvního řádu
E_s	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
f	součinitel reakcí při přičení
f_{bd}	mezní napětí v soudržnosti
F_c	síla v betonové diagonální vzpěře
F_{cc}	síla v betonu
f'_c	pevnost betonu v tlaku (ACI)
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v dostředném tahu
$f_{ctk;0,05}$	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f'_{cr}	požadovaná průměrná pevnost betonu v tlaku (ACI)
f_r	pevnost betonu v tahu (ACI)
F_s	síla ve výztuži
F_t	hlavní tahová síla při horním lici konzoly
f_y	mez kluzu (ACI)
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{ywd}	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
$f_{ywd,eff}$	účinná návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
G	tíha
h	výška, hloubka
h_{eq}	náhradní výška průřezu
h_d	výška desky
h_i	vzdálenost řady výztuže od nejvíce taženého okraje
h_0	náhradní tloušťka

h_p	výška atiky
h_s	výška schodišťového stupně
I_g	moment setrvačnosti průřezu (ACI)
$I_v(z)$	intenzita turbulence
i_y	poloměr setrvačnosti vzhledem k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti vzhledem k ose z
k	součinitel výšky, součinitel pro stoupající větve betonářské oceli
k	součinitel dle poměru rozměrů sloupu
k	součinitel dle uložení sloupu (ACI)
K	součinitel zohledňující použitý nosný systém
k_r	Součinitel tlaku zeminy v klidu
K_I	součinitel turbulence
k_{Max}	součinitel maximální únosnosti
K_r	součinitel terénu, opravný součinitel závisející na normálové síle
K_{tr}	vliv příčné výztuže
K_ϕ	součinitel zohledňující dotvarování
l	délka nebo výška nosné konstrukce
l_b	navržená kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
$l_{b,rqd}$	návrhová kotevní délka
$l_{d,c}$	kotevní délka v tlaku (ACI)
$l_{d,t}$	kotevní délka v tahu (ACI)
l_0	délka pro stykování výztuže, účinná výška sloupu
$l_{0,min}$	minimální délka pro stykování výztuže
l_s	délka schodišťového stupně
l_s	délka pro stykování výztuže (ACI)
L_{sr}	délka lišty se smykovými trny (ACI)
l_u	světlá výška sloupu
L_{max}	maximální rozpětí
M_c	moment od tlačného betonu
M_c	zvětšený moment vlivem štíhlosti (ACI)
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
M_n	nominální hodnota ohybové únosnosti (ACI)

M_{Rd}	moment na mezi únosnosti
M_u	vnější návrhový moment (ACI)
M_{ub}	moment přenášený smykem (ACI)
M_t	moment vyvolaný ohybovou výztuží (ACI)
$M_{2,min}$	minimální hodnota momentu M_c (ACI)
n	poměrná normálová síla
n_{bal}	hodnota při maximální únosnosti
N_{Ed}	návrhová normálová síla
n_{sr}	počet smykových lišt (ACI)
n_{st}	počet smykových trnu v jedné liště (ACI)
P_c	eulerova kritická síla (ACI)
P_n	nominální hodnota únosnosti v tlaku (ACI)
P_u	vnější normálová síla (ACI)
q	užitné zatížení
q_w	liniové zatížení od větru
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak
r	poloměr setrvačnosti (ACI)
R_a	reakce v bodě a schodišťové desky
R_b	reakce v bodě b schodišťové
r_m	poměr momentů
s	osová vzdálenost výztuže, třmínků
S_l	charakteristické zatížení sněhem
S_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
$s_{max,i}$	maximální vzdálenost výztuže pro i-tou vrstvu
s_n	světlá vzdálenost výztuže
$s_{n,min,i}$	minimální světlá vzdálenost výztuže pro i-tou vrstvu
s_{max}	maximální povolená osová vzdálenost třmínků
$s_{n,i}$	světlá vzdálenost ohybové výztuže
$s_{n,min}$	minimální povolená světlá vzdálenost ohybové výztuže
s_r	radiální vzdálenost třmínků
$s_{r,max}$	maximální povolená radiální vzdálenost třmínků
s_t	radiální vzdálenost třmínků
$s_{t,max}$	maximální povolená radiální vzdálenost třmínků

t	tloušťka
T	síla ve výztuži (ACI)
x	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačného okraje
$x_{bal,i}$	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačného okraje pro plné započtení výztuže
u	obvod vystavený vysychání
u_0	první kontrolovaný obvod na protlačení
u_i	i -tý kontrolovaný obvod na protlačení
u_{out}	minimální obvod, kde není potřeba smykové výztuže
v_b	základní rychlost větru
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru
$v_m(z)$	střední rychlost větru
V_{Ed}	návrhová svislá síla
w_d	stálé zatížení (ACI)
w_e	tlak větru
w_l	užitné zatížení (ACI)
w_u	maximální návrhové zatížení na konstrukci (ACI)
w_s	zatížení sněhem (ACI)
W_1	průřezový modul
z	výška konstrukce
z_c	vzdálenost síly F_c od těžiště průřezu
z_{min}	minimální výška definovaná v tabulce
z_s	vzdálenost výztuže od těžiště průřezu
z_0	parametr drsnosti terénu

4.2 Řecká písmena

α	úhel (sklon střechy, sklon smykové výztuže)
α	součinitel vyjadřující vliv rozměrů sloupu, vyztužení, použité materiály a krytí výztuže (ACI)
α_1	součinitel zohledňující vliv tvaru prut za předpokladu přiměření tloušťky krytí
α_2	vliv tloušťky krycí vrstvy a velikosti mezer mezi jednotlivými pruty výztuže

α_3	vliv ohraničení příčnou výztuží
α_4	vliv jednoho nebo více přivařených příčných prutů
α_5	vliv příčného tlaku kolmého k rovině trhlin podél návrhové kotevní délky
α_6	součinitel vyjadřující procento stykované výztuže
α_s	součinitel pro zavedení vlivu polohy sloupu v desce (ACI)
α_{cc}	součinitel zohledňující dlouhodobé účinky na pevnost v tlaku
α_{ct}	součinitel zohledňující dlouhodobé účinky na pevnost v tahu
β	součinitel zohledňující uložení sloupu
β_1	součinitel vyjadřující vliv ohybového momentu
β_1	součinitel redukce výšky tlačené části (ACI)
β_{nds}	součinitel vyjadřující vliv dotvarování
δ_{ns}	součinitel zvětšující ohybový moment vlivem štíhlosti (ACI)
γ	součinitel intenzity napětí v betonu (ACI)
γ	objemová tíha
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_f	součinitel určující velikost momentu přenášeného ohybem (ACI)
γ_g	součinitel zatížení pro stálá zatížení
γ_s	dílčí součinitel oceli
γ_q	součinitel zatížení pro užitná zatížení
Δc_{dev}	možná tolerance při provádění
$\Delta c_{dur,add}$	redukce minimální krycí vrstvy při použití dodatečné ochrany
$\Delta c_{dur,\gamma}$	přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti
$\Delta c_{dur,st}$	redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezavějící oceli
ϵ_c	poměrné stlačení betonu
ϵ_{cu}	mezní poměrné stlačení betonu
ϵ_s	poměrné přetvoření betonářské výztuže
ϵ_y	přetvoření, při kterém dosáhne betonářská výztuž návrhové hodnoty meze kluzu (ACI)
ϵ_{yd}	přetvoření, při kterém dosáhne betonářská výztuž návrhové hodnoty meze kluzu
η	součinitel definující účinnou pevnost
η_1	součinitel, zohledňující kvalitu podmínek soudržnosti a polohu prutu během betonáže

η_2	součinitel zohledňující průměr prutu
λ	součinitel definující účinnou výšku tlačené oblasti, štíhlostní poměr
λ	zmenšující součinitel při použití lehkého betonu
$\lambda_{d,tab}$	tabulková hodnota limitní štíhlosti
λ_{lim}	limitní hodnota pro zanedbání účinků druhého řádu
κ_{ci}	Součinitelé pro výpočet štíhlosti
μ_1	součinitel tvaru střechy
ρ	měrná hmotnost, stupeň vyztužení
ρ_1	míra vyztužení ohybovou výztuží
ρ_0	referenční stupeň vyztužení
ρ_{max}	maximální stupeň vyztužení (ACI)
ρ_{min}	minimální stupeň vyztužení (ACI)
ρ_w	míra vyztužení smykovou výztuží
v_c	nominální hodnota únosnosti betonu ve smyku (ACI)
v_{min}	minimální smykové napětí
$v_{Rd,c}$	návrhová smyková únosnost betonu a podélné výztuže
$v_{Rd,max}$	únosnost tlačené diagonály
$v_{Rd,cs}$	únosnost betonu se smykovou výztuží
v_s	únosnost smykových trnů (ACI)
v_n	nominální únosnost průřezu vyztuženého smykovou výztuží (ACI)
$v_{n,max}$	maximální povolená únosnost průřezu vyztuženého smykovou výztuží (ACI)
σ_s	napětí ve výztuži
$\sigma_{s,d}$	návrhové namáhání prutu v místě, odkud se měří kotvení
ϕ_{lt}	průměr podélné výztuže
ϕ	součinitel plnosti
ϕ	redukční součinitel (ACI)
ϕ_{ef}	úhel vnitřního tření zeminy
ϕ_{ef}	účinný součinitel dotvarování
$\phi_{(\infty,t0)}$	součinitel dotvarování
ϕ_{st}	průměr smykové výztuže, výztuže v druhém směru
ϕ_{sw}	průměr smykové výztuže
ψ_e	Součinitel zohledňující použití epoxidem chráněné výztuže (ACI)
ψ_t	součinitel zohledňující umístění výztuže (ACI)

ψ_s	součinitel zohledňující velikost použité výztuže (ACI)
ψ_0	kombinační součinitel
ψ_2	součinitel pro kvazistálou kombinaci
ω	mechanický stupeň vyztužení

5.3 Zkratky

MSÚ	mezní stav únosnosti
ZS	zatěžovací stav
HP	horní povrch
DP	dolní povrch
NP	nadzemní podlaží
PP	podzemní podlaží

6. Seznam příloh

P1) Použité podklady

P2) Výkresová dokumentace

P3) Statický výpočet – ČSN EN

P4) Statický výpočet – ACI

P5) Schéma rozmístění užitečného zatížení

P6) Porovnání norem

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

Popisný soubor závěrečné práce

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP