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

ŽELEZOBETONOVÁ STROPNÍ KONSTRUKCE RODINNÉHO DOMU

REINFORCED CONCRETE CEILING OF HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE ŠTĚPÁN STLOUKAL
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. IVANA LANÍKOVÁ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2014

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	Štěpán Stloukal
Název	Železobetonová stropní konstrukce rodinného domu
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Ivana Laníková, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

.....	.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc. Vedoucí ústavu	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Stavební podklady: půdorysy a řezy konstrukcí.
Základní normy:
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- ČSN EN 1991-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí.
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí-Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Literatura doporučená vedoucím bakalářské práce.

Zásady pro vypracování

Navrhněte a posuďte železobetonovou stropní konstrukci (popřípadě další železobetonové prvky dle dohody s vedoucím bakalářské práce) rodinného domu. Pro analýzu vnitřních sil použijte dostupný software, vnitřní síly ověřte ručním výpočtem. Výpočet zatížení a jejich kombinace proveďte podle platných norem.
Dimenzování vybraných prvků a posouzení jejich spolehlivosti vypracujte podle zásad mezních stavů únosnosti.
Posuďte průhyby podle mezních stavů použitelnosti.
K počítaným prvkům vypracujte výkresy tvaru a výztuže.

Požadované výstupy:
Textová část
Přílohy textové části:
P1) Použité podklady, studie
P2) Statický výpočet
P3) Výkresová dokumentace

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x). Popisný soubor závěrečné práce (1x).
Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

.....

Ing. Ivana Laníková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na návrh a posouzení železobetonové stropní konstrukce rodinného domu. Výpočet vnitřních sil je proveden ve výpočetním programu SCIA Engineer s ručním ověřením pomocí zjednodušené metody. Posouzení konstrukce je provedeno dle Eurokódu 2 (ČSN EN 1992-1-1).

Klíčová slova

spojitá stropní deska, beton, betonářská výztuž, zatížení, zatěžovací stavy, vnitřní síly, metoda náhradních nosníků, dimenzování výztuže, mezní stav přetvoření, ztužující žebro, výkresová dokumentace

Abstract

The bachelor's thesis is focused on the design and assessment of monolithic reinforced concrete ceiling of house. Calculation of internal forces is carried out in a computer software SCIA Engineer with manual verification using the simplifield method. Assessment is done according to Eurocode 2 (ČSN EN 1992-1-1).

Keywords

continuous slab, concrete, reinforcing steel, load, load cases, internal forces, method of replacement beams, reinforcement dimensioning, limit state of deformation, reinforcing beam, drawing documentation

Bibliografická citace VŠKP

STLOUKAL, Štěpán. *Železobetonová stropní konstrukce rodinného domu.* Brno, 2014. 10 s., 126 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Laníková, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 30.5.2014

……

podpis autora
Štěpán Stloukal

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí práce paní Ing. Ivaně Laníkové, Ph.D. za její ochotu, vstřícnost, cenné a odborné rady, které mi poskytla při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu během studia.

V Brně dne 30.5.2014

……

podpis autora
Štěpán Stloukal

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

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE ŠTĚPÁN STLOUKAL
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. IVANA LANÍKOVÁ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2014

OBSAH

1. ÚVOD ... 3
2. POPIS OBJEKTU ... 3
3. POPIS ŘEŠENÉ ČÁSTI ... 3
4. POUŽITÉ MATERIÁLY ... 4
4.1. BETON ... 4
4.2. OCEL ... 4
5. MODEL KONSTRUKCE ... 4
5.1. ZATÍŽENÍ ... 4
5.2. KOMBINACE ... 5
5.3. VNITŘNÍ SÍLY ... 5
6. REALIZACE STAVBY ... 6
6.1. BEDNĚNÍ ... 6
6.2. ARMOVÁNÍ ... 6
6.3. BETONÁŽ ... 6
6.4. ODBEDNĚNÍ ... 6
7. ZÁVĚR ... 7
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ ... 8
9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK ... 9
10. SEZNAM PŘÍLOH ... 10

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je návrh a posouzení železobetonové stropní konstrukce rodinného domu. V první části statického výpočtu je stropní deska dimenzována dle mezních stavů únosnosti a následně posouzena na mezní stav přetvoření. Na základě výsledků průhybu desky je vytvořen druhý model se ztužujícím žebrem, proveden opětovný výpočet a dimenzování. Pro výpočet vnitřních sil byl použit výpočetní software SCIA Engineer 2013.1, založený na metodě konečných prvků. Výsledky jsou ověřeny ručním výpočtem pomocí metody náhradních nosníku. V rozsahu práce je i návrh a posouzení výztuže ztužujícího žebra. Výsledkem práce je výkresová dokumentace daných prvků pro druhý model se ztužujícím žebrem.

2. Popis objektu

Jedná se o novostavbu samostatně stojícího dvoupodlažního rodinného domu, součástí objektu je garáž pro jeden osobní automobil. Svislé nosné konstrukce jsou z keramických broušených tvárnic Porotherm. Nosná konstrukce stropu je tvořena monolitickou železobetonovou deskou, která je podepřena obvodovými stěnami tloušťky 450 mm, vnitřními stěnami tloušťky 300 mm a sloupem čtvercového průřezu o straně 350 mm. Schodiště je řešeno jako jednoramenné monolitické železobetonové a je vynášeno vnitřní nosnou zdí, jeho vliv na stropní konstrukci není uvažován. Tuhost celého objektu je zajištěna vnitřními stěnami a vlastní železobetonovou stropní konstrukcí. Zastřešení je řešeno jako jednoplášťová kombinovaná obrácená plochá střecha. Objekt je založen na základových pasech.

3. Popis řešené části

Statický výpočet řeší návrh a posouzení stropní desky nad prvním podlažím. Jedná se o spojitou desku tloušťky 160 mm, která je vyztužena v obou směrech. Posouzení bylo provedeno podle ČSN EN 1992-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Další část bakalářské práce je zaměřena na posouzení II. mezního stavu použitelnosti a navržení ztužujícího žebra jako opatření proti nežádoucímu průhybu.

4. Použité materiály

Pro výpočet a návrh konstrukce je stanovena životnost 50 let. Stropní konstrukce bude zhotovena z betonu třídy C25/30 a oceli B500B. Stupeň třídy prostředí je XC1.

4.1. Beton

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

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1{,}0 \cdot \frac{25}{1{,}5} = 16{,}67 \text{ MPa}$

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

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

$f_{ctd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1{,}0 \cdot \frac{1{,}8}{1{,}5} = 1{,}2 \text{ MPa}$

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

$\varepsilon_{cu3} = 3{,}5 \text{ ‰}$

4.2. Ocel

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

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

$E_s = 200 \text{ GPa}$

$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434{,}78}{200\,000} = 2{,}17 \text{ ‰}$

5. Model konstrukce

5.1. Zatížení

Stropní konstrukce je zatížena stálými a nahodilými složkami zatížení. Stálá zatížení tvoří vlastní tíha stropní desky, zděné příčky, atika, skladba podlah a ploché jednoplášťové střechy. Nahodilé zatížení je tvořeno užitným zatížením dle druhu provozu a klimatickým zatížením (sníh) na části konstrukce.

Stálé

ZS1 – Vlastní tíha – tloušťka stropní desky 160 mm

ZS2 – Ostatní stálé zatížení – zděné příčky, atika, skladba podlah a střešní konstrukce

Nahodilé

ZS3 – Užitné – šach I
ZS4 – Užitné – šach II
ZS5 – Užitné – šach III
} Kategorie A: obytné plochy a plochy pro domácí činnosti

ZS6 – Klimatické– sníh – Sněhová oblast II. -Brno

5.2. Kombinace

Pro návrh konstrukce a ověření mezního stavu únosnosti byly vytvořeny normově závislé kombinace EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B dle ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí jako méně příznivá z následujících dvou výrazů:

$$\begin{cases} \sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{"+"} \gamma_P P \text{"+"} \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} \text{"+"} \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} & \text{(6.10a)} \\ \sum_{j\geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{"+"} \gamma_P P \text{"+"} \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{"+"} \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} & \text{(6.10b)} \end{cases}$$

Pro ověření mezního stavu použitelnosti byly vytvořeny normově závislé kombinace charakteristické a kvazistálé:

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{"+"} P \text{"+"} Q_{k,1} \text{"+"} \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \qquad \text{(6.14b)}$$

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{"+"} P \text{"+"} \sum_{i\geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \qquad \text{(6.16b)}$$

5.3. Vnitřní síly

Výpočet vnitřních sil je proveden metodou konečných prvků ve výpočetním programu SCIA Engineer 2013.1. Ověření správnosti výsledků je provedeno metodou náhradních nosníků pro veškeré plošné zatížení.

6. Realizace stavby

6.1. Bednění

Bude provedeno systémové bednění. Bednění musí být zabezpečeno proti uvolnění, vybočení a musí být dostatečně tuhé. Spáry v bednící konstrukci musejí být dostatečně těsné. Vnitřní povrch bednění musí být čistý a bude opatřen odbedňovacím olejem.

6.2. Armování

Výztuž bude uložena v poloze předepsané projektovou dokumentací. Krytí výztuže bude zajištěno distančními podložkami.

6.3. Betonáž

Betonáž bude prováděna odpovědnými pracovníky. Před betonáží bude zkontrolována jakost betonové směsi a čistota podkladu. Nasákavé konstrukce bednění budou navlhčeny. Beton bude na stavbu dovážen pomocí autodomíchávačů. Následně bude čerpadly přemísťován na určené místo. Betonáž provádíme ve vhodných teplotních podmínkách. Beton bude během betonáže zhutňován pomocí vibrační desky. Prostupy dle projektové dokumentace se zajistí vložením polystyrenu. Po betonáži je nutné beton přikrýt fólií a ošetřovat kropením vodou.

6.4. Odbednění

Odbednění provádíme po dosažení potřebné pevnosti betonu. Při odbedňování konstrukce dbáme na bezpečnost.

7. Závěr

V rámci statického výpočtu byla navržena a posouzena stropní konstrukce nad prvním podlažím. Výpočet vnitřních sil byl postupně proveden na dvou modelech. Daná konstrukce byla vyšetřena na II. mezní stav použitelnosti a bylo navrženo ztužující žebro jako opatření proti průhybu. Dále byl vypracován výkres tvaru a výkres výztuže daných prvků. Návrh a posouzení jsou provedeny dle platných norem. Navržená konstrukce splňuje požadavky a vyhovuje dle mezního stavu únosnosti a použitelnosti.

8. Seznam použitých zdrojů

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

[3] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Český normalizační institut. Březen 2004.

[4] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Český normalizační institut, Listopad 2006.

[5] ZICH, Miloš a Zdeněk BAŽANT. *Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 161 s. ISBN 978-80-7204-693-5.

[6] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

[7] KADLČÁK, Jaroslav a Jiří KYTÝR. *Statika stavebních konstrukcí*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2001, 431 s. ISBN 80-214-1648-3.

[8] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. [online]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/

[9] TERZIJSKI, Ivailo. [online]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/BZK/terzijski.i/

[10] LANÍKOVÁ, Ivana. [online]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/BL01/BL01.htm

[11] NEMETSCHEK SCIA. *Tutoriály* [online]. Dostupné z: http://www.scia-online.cz/index.php?typ=CDA&showid=806

[12] ŠMEJKAL, Jiří, Jaroslav PROCHÁZKA a Hana HANZLOVÁ. Navrhování na mezní stav porušení protlačením: Část 1. In: *Beton: TKS.* 5/2011, s. 66-72

[13] ŠMEJKAL, Jiří, Jaroslav PROCHÁZKA a Hana HANZLOVÁ. Navrhování na mezní stav porušení protlačením: Část 2. In: *Beton: TKS.* 6/2011, s. 78-85

[14] PROCHÁZKA, Jaroslav a Jiří ŠMEJKAL. *20. Betonářské dny (2013): Navrhované změny a úpravy v ČSN EN 1992-1-1* ISBN 978-80-87158-34-0.

Použitý software

[1] Microsoft Word 2007
[2] Microsoft Excel 2007
[3] AutoCAD 2010
[4] Scia Engineer 2013.1

9. Seznam použitých zkratek

f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$f_{ctk,0,05}$	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
ε_{cu3}	mezní přetvoření betonu
α_{cc}	součinitel zohledňující dlouhodobé účinky zatížení
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
γ_c	dílčí součinitel pro beton
γ_s	dílčí součinitel betonářské oceli
E_s	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
ε_{yd}	mezní přetvoření oceli
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
Q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení
ψ_0	součinitel pro kombinační hodnoty proměnného zatížení
ψ_2	součinitel pro kvazistálé hodnoty

10. Seznam příloh

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace