



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**

Dřevobetonové spřažené stropy

Timber - concrete composite floors

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Karel Mikeš, Ph.D.

Martin Březina

Praha 2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ (SI)
studijní obor: KONSTRUKCE PŮDPOVĚCH STAVBY (C)
akademický rok: 2015/2016

Jméno a příjmení studenta: MARTIN BRÉZINA
Zadávací katedra: U.134 - KATEDRA ÚČELŮŮ A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
Vedoucí bakalářské práce: ING. KAREL MIKŠ Ph.D.
Název bakalářské práce: DŘEVOBETONOVÉ SPÁŘENÉ STROPY
Název bakalářské práce v anglickém jazyce: TIMBER-CONCRETE COMPOSITE FLOORS
Rámcový obsah bakalářské práce: Frejma dané téma doplněná praktickým návrhem a zhotovením

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2016 Termin odevzdání: 20.5.2016
(vypíšte poslední den výuky příslušného semestru)

Pokud student neodevzdal bakalářskou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu bakalářskou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998. (SZŘ ČVUT čl. 21, odst. 4)

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání BP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se BP do databáze KOS.

BP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student BP zapsanou.
(Směrnice děkana pro realizaci studijních programů a SZZ na FSV ČVUT čl. 5, odst. 7)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Dřevobetonové spřažené stropy napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, za přispění odborných konzultací a uvedené literatury.

V Praze dne 20. května 2016

Martin Březina

Poděkování

Poděkování patří především panu Ing. Karlu Mikešovi Ph.D. za vedení této bakalářské práce, ochotu a laskavost po celou dobu vypracování, a také za poskytnutí materiálů a cenných rad. Rád bych také poděkoval panu Doc. Ing. Jiřímu Litošovi Ph.D. za umožnění laboratorních měření a panu Ing. Pavlu Reitermanovi Ph.D. za pomoc při výrobě laboratorních vzorků a jejich zkoušení. Děkuji rovněž panu Ing. Jaroslavu Štokovi za poskytnutí spřahovacích prvků SFS Intec a panu Stanislavu Biskupovi za hranoly BSH.

Abstrakt

Obsahem této bakalářské práce je rozbor a shrnutí problematiky dřevobetonových stropních konstrukcí se zaměřením na vlastnosti a možnosti spřažení. Podrobněji se práce zabývá vývojem dřevobetonového spřažení, principem působení tohoto systému, stejně jako prováděním sanací původních stropů nebo možnostmi použití v novostavbách. Dále jsou rozebrány novodobé trendy a také shrnuty informace o nejběžnějších spřahovacích prvcích.

V rámci praktického přínosu bylo provedeno laboratorní měření pro získání modulu prokluzu K_{ser} u vybraných spřahovacích prvků a vyhodnocena nejvhodnější varianta pro další použití. Celkovým cílem práce je návrh dřevobetonového spřaženého stropu pro rekonstrukci stávajícího objektu.

Klíčová slova

Dřevobetonové stropy, spřažení, modul prokluzu, spřahovací prvky, gama - metoda.

Abstract

The content of this bachelor thesis is the analysis and summary of the issue of timber-concrete floor structures with focus on characteristic and possibilities of connection. The dissertation is concentrated in development of timber-concrete composite, principle of this system, as well as the realization of rehabilitation of original floors or possibilities of new buildings application. There are also analyzed new trends of using composite elements and summarized information about the most common elements of connection.

Within a practical contribution was performed laboratory measurement of slip module K_{ser} for a chosen elements of connection and evaluated the most suitable option for the further use. The goal of this work is a project of timber-concrete composite floor for reconstruction of existing building.

Key words

Timber-concrete floors, connection, slip module, elements of connection, gamma - method.

OBSAH

1. Úvod	8
2. Teoretická část	9
2.1 Historie a vývoj dřevobetonových stropních konstrukcí	9
2.1.1 Historie dřevobetonových stropů	9
2.1.2 Historické stropní konstrukce	11
2.1.3 Vývoj spřahovacích prvků	13
2.2 Sanace původní stropů	16
2.2.1 Princip působení.....	16
2.2.2 Průzkum stávajících konstrukcí	18
2.2.3 Postup rekonstrukce	20
2.2.4 Používané materiály	22
2.3 Použití v novostavbách	24
2.3.1 Typy používaných stropů	25
2.3.2 Prefabrikace	28
2.3.3 Novodobé trendy	29
2.4 Spřahovací prvky dřevobetonových průřezů	31
2.4.1 Charakteristika vlastností spřahovacích prvků.....	31
2.4.2 Mechanické spřahovací prvky	32
2.4.3 Lepené spřahovací prvky.....	36
3. Laboratorní zkouška	38
3.1 Příprava	38
3.1.1 Model vzorku	38
3.1.2 Materiály	39
3.1.3 Postup přípravy	42
3.2 Deformační zkouška	45

3.2.1 Zkouška pevnostní třídy betonu.....	45
3.2.2 Zkouška dřevobetonových vzorků	48
3.2.3 Výsledné charakteristiky	54
3.2.4 Vyhodnocení	56
4. Návrh stropu stávajícího objektu.....	57
4.1 Charakteristika objektu.....	57
4.1.1 Projektová dokumentace	58
4.1.2 Skladba stropní konstrukce	59
4.1.3 Posouzení stávající konstrukce	60
4.2 Návrh dřevobetonové stropní konstrukce.....	61
4.2.1 Princip výpočtu.....	61
4.2.2 Charakteristika spřaženého stropu	63
4.2.3 Návrh spřažení pomocí vrutů SFS Intec	64
4.2.4 Vyhodnocení	69
5. Závěr.....	71
6. Seznam použitých zdrojů	72
6.1 Literatura	72
6.2 Internetové zdroje	75
7. Seznam použitých symbolů a zkratk	78

5. Závěr

Dřevobetonové spřažené stropy jsou v současnosti v porovnání s Českou republikou stále více rozšířené převážně v německy mluvících zemích a z tohoto důvodu je práce z větší části zaměřená na poznatky ze zahraničí, což přináší širší spektrum informací celému provedení.

Rešeršní část se zaměřuje spíše na nynější technologie a novodobé trendy, ale v počátku práce je rovněž zmíněn historický vývoj, čímž je vytvořena komplexnost tohoto tématu. Hlavní důraz je kladen na spřahovací prvky, které jsou charakteristickou částí celého dřevobetonového systému, a vybrané nejpoužívanější prvky jsou porovnány z hlediska aplikace, působení a únosnosti.

Pro porovnání a vytvoření představy o tom, jak výrazné rozdíly v působení různých spřahovacích prvků mohou být, bylo provedeno laboratorní měření charakteristik spřažení pomocí simulace smykového zatížení protlačovací zkouškou. Vybrán byl speciálně vyvinutý prvek pro spřažení SFS Intec VB 48 7,5x165 mm a obyčejný šroub LUX 8x140 mm. Měřena byla hodnota smykové únosnosti prvku T_k a modul prokluzu spřažení K_{ser} .

Výsledky měření prvku SFS Intec byly porovnány s hodnotami, které udává výrobce, a byly zjištěny minimální odchylky. U šroubů LUX však nebyl průběh z většíny lineární, jak bylo předpokládáno, a vyhodnoceny tedy musely být 2 rozdílné oblasti působení, z nichž pouze první část je vhodná pro navrhování. Pravděpodobnou příčinou byl závit, který není vyvinut pro tak vysoké namáhání a došlo k jeho deformaci a dosednutí. Celkově však laboratorní měření proběhlo úspěšně a pro praktický návrh dřevobetonového stropu byl vybrán vrut SFS Intec.

Stropní konstrukce stávajícího objektu byla posouzena dle poskytnuté projektové dokumentace, kde však finální průhyb stropu přesahoval hodnoty stanovené normou. Pro splnění požadavků mezního stavu použitelnosti byl proveden návrh rekonstrukce za použití dřevobetonového spřažení. Mezní stav použitelnosti byl dodržen a tento návrh byl tedy zvolen jako vhodné řešení.

6. Seznam použitých zdrojů

6.1 Literatura

- [1] **Jaroslav Sandanus. Medzná únosnost spriahnutých drevobetónových konštrukcií.** 43. Vydání. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave-Vydavateľstvo STU, 2007, 978-80-227-2616-0.
- [2] **Anna Kuklíková, Jiří Studnička. Kompozitní dřevobetonové konstrukce: disertační práce.** Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2004, Disertační práce, Fakulta stavební, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí.
- [3] **Andreas Kolbitsch. Erhaltung und Erneuerung von Hochbauten.** Wien: Technische Universität Wien - Grafisches Zentrum HTU GmbH, 2014.
- [4] **Petr Kuklík, Anna Kuklíková, Karel Mikeš. Dřevěné konstrukce 1 - cvičení.** Praha: České vysoké učení technické v Praze-nakladatelství ČVUT, 2008, 978-80-01-05227-3.
- [5] **Deutsches Institut für Bautechnik. Holz-Beton-Verbundsystem mit eingeklebten HBV-Schubverbindern.** Berlin: Bautechnische Prüfamts, 2015 [cit. 14.4.2016].
- [6] **TicomTec Holz-Verbund-Systeme. Tragwerke in Holz-Beton-Verbundbauweise mit eingeklebten HBV-Schubverbindern.** Haidbach: TimcoTec GmbH, 2015 [cit. 14.4.2016].
- [7] **Martin Schäfers. Entwicklung von hybriden Bauteilen aus Holz und hochfesten Betonen.** Kassel: Kassel University Press GmbH, 2010, Diplomová práce. Dostupný z: www.uni-kassel.de/upress/online/OpenAccess/978-3-89958-986-3.OpenAccess.pdf
- [8] **Martin H. Kessel. Holzbau 1. Institut für Baukonstruktionen und Holzbau,** Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2014. Dostupný z: www.ibholz.tu-bs.de/

- [9] **Karlheinz Hollinsky. TI MODUL C - Althausanierung.** Wien: Institut für Architektur-wissenschaften, Technische Universität Wien, 2007.
- [10] **Andreas Müller. Holz-Beton-Verbundsysteme - Überblick und Ausblick.** Burgdorf: Institut für Architektur, Berner Fachhochschule, 2013. Dostupné z: tis.bz.it/doc-bereiche/hlz_doc/pdf/fachtagung-holz-unterlagen
- [11] **Tomáš Dvořák. Dřevěné konstrukce.** Praha: České vysoké učení technické v Praze -Ediční středisko ČVUT, 1989, 80-01-00095-8.
- [12] **Michal Kala, Jiří Psohlavec. Sanace dřevěných trémových stropů.** Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2011.
- [13] **ČSN EN 1995-1-1, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí-část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.** Praha: Český normalizační institut, 2006, 91.010.30.
- [14] **ČSN EN 206 Beton-Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.** Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 91.100.30.
- [15] **SFS Intec. Holz-Beton-Verbundsystem VB - Technische Dokumentation.** SFS Intec , 2010, [cit. 10.4.2016].
Dostupné z: www.sfsintec.de/internet/sfsmedien.nsf
- [16] **Bohumil Koželouh. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 - Navrhování a konstrukční materiály.** Zlín: Bohumil Koželouh -Zlínské tiskárny, 1998,80-238-2620-4.
- [17] **Bohumil Koželouh. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 -Navrhování detailů a nosných systémů.** Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 80-86 769-13-5.
- [18] **SFS Intec. Sanierung von Holzdecken: Einfach, sicher und wirtschaftlich mit Holz-Beton-Verbundsystem VB.** SFS Intec , 2010, [cit. 15.4.2016].
Dostupné z: <http://www.sfsintec.de/internet/sfsmedien.nsf>

- [19] **Leander Bathon, Oliver Bletz. Holz-Beton-Verbunddecken im Neubau - Aktueller Stand der Technik.** Wiesbaden: Fachhochschule Wiesbaden, 2009. Dostupné z: www.quadriga-news.de/www.quadriganews.de/data/media/1950/48_53_BathonBletz.pdf
- [20] **Stefan Zöllig. Holz/Beton-Verbund mit vorgefertigten Brettstapel-Modulen.** Steffisburg: HTL/SISH Steffisburg, 1999
- [21] **Henning Ernst. Holz-Beton-Verbunddecken. Rützheim: TimCon-Ingenieurbüro für Baustatik,** 2012. Dostupné z: https://www.wuerth.de/web/media/downloads/pdf/ipa/Wuerth_Statikerseminar_-_Holz-Beton_Verbund.pdf
- [22] **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, 91.010.30.
- [23] **C. Radlherr. Holzbau II - Übung 2 - Holzbetonverbund.** Wien: Institut für Architekturwissenschaften - TU WIEN, 2015.
- [24] **Deutsche Institut für Bautechnik. TCC Schrauben als Verbindungsmittel für das TCC Holz-Beton-Verbundsystem.** Berlin: Bautechnische Prüfamnt, 2015 [cit. 3.5.2016].
- [25] **Deutsche Institut für Bautechnik. Timco II Schrauben als Verbindungsmittel für das Timco Holz-Beton-Verbundsystem.** Berlin: Bautechnische Prüfamnt, 2012 [cit. 3.5.2016].
- [26] **ČSN EN 12390-5, Zkoušení ztvrdlého betonu-Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles.** Praha: Český normalizační institut, 2001, 91.100.30.
- [27] **ČSN EN 12390-5, Zkoušení ztvrdlého betonu-Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.** Praha: Český normalizační institut, 2002, 91.100.30.

- [28] **ČSN EN 26891, Spoje s mechanickými spojovacími prostředky-všeobecné zásady pro zjišťování charakteristik únosnosti a přetvoření.** Praha: Český normalizační institut, 1994, 694.14:624.011.1.
- [29] **S. Winter, H. Kreuzinger, P. Mestek. Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettsperholz und Verbundkonstruktionen.** München Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen, TU München, 2008 [cit. 15.5.2016].

6.2 Internetové zdroje

- [I] **CZ SVB,s.r.o. Historie betonu.** In: www.ebeton.cz [online]. Svaz výrobců Betonu, 2015 [cit. 10.3.2016].
Dostupné z: www.ebeton.cz/pojmy/historie-betonu
- [II] **Pavel Nechanický. Možnosti provádění kompozitních dřevobetonových konstrukcí.** In: www.tzb-info.cz [online], Topinfo s.r.o. , 2012 [cit. 10.3.2016].
Dostupné z: stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8362-moznosti-provadeni-kompozitnich-drevobetonovych-konstrukci
- [III] **Filip Čmiel, Zdeněk Peřina. Pozemní stavitelství II. - Stropní konstrukce.** In: www.fast10.vsb.cz [online], VŠB TU Ostrava- Fakulta stavební, 2016 [cit. 12.3.2016]. Dostupné z: www.fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps2/stropni-konstrukce.html
- [IV] **Jaroslav Indrák. Dřevěné stropy-rozdělení, navrhování, konstrukce.** In: www.uvp3d.cz/ [online], Projekt učíme v prostoru CZ, 2015 [cit. 15.3.2016].
Dostupné z: uvp3d.cz/dum/?page_id=2365
- [V] **Pavel Nechanický, Anna Kuklíková. Dřevobetonové stropy pro lehké skelety dřevostaveb.** In: www.tzb-info.cz [online], Topinfo s.r.o. , 2012 [cit. 15.3.2016].
Dostupné z: stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8717-drevobetonove-stropy-pro-lehke-skelety-drevostaveb

- [VI] **Petr Kuklík, Radek Brandejs, Anna Kuklíková. Prostorová tuhost budov na bázi dřeva.** In: www.casopisstavebnictvi.cz [online], EXPO DATA spol s.r.o., 2016, [cit.20.3.2016]. Dostupné z: www.casopisstavebnictvi.cz/tisk.php?ID=422
- [VII] **Petr Jůn, Miroslav Brouček. Dřevěné stavební konstrukce napadené dřevokaznými houbami, hmyzem či plísněmi.** In: www.stavarina.cz, [online] CETAM.cz, 2007, [cit.21.3.2016]. Dostupné z: www.stavarina.cz/poruchy/drevene-konstrukce-houby-hmyz-plisne.htm
- [VIII] **Elascon Holz-Beton-Verbund** [online]. Elascon GmbH, 2015, [cit.10.4.2016]. Dostupné z: www.elascon.de
- [IX] **TiComTec Holz-Verbund-Systeme** [online]. TiComTec GmbH, 2015, [cit.10.4.2016]. Dostupné z: www.ticomtec.de
- [X] **JAF HOLZ Online-shop** [online]. JAF HOLZ s.r.o., 2016, [cit.11.4.2016]. Dostupné z: www.jafholz.cz/shop
- [XI] **Material Archiv** [online]. oSkope media GmbH, 2013, [cit.11.4.2016]. Dostupné z: www.materialarchiv.ch/detail
- [XII] **OBI-Produkty** [online]. Obi Česká republika s.r.o., 2016, [cit.11.4.2016]. Dostupné z: www.obi.cz/decom/product
- [XIII] **Libor Starý. Materiály nerezových šroubů a matic.** In: www.stara.cz [online]. STARÁ plus v.o.s., 2016, [cit.13.4.2016]. Dostupné z: www.stara.cz/technicke-informace/material-a-mechanicke-vlastnosti-nerezovych-sroubu-a-matic.html
- [XIV] **Jaroslav Sandanus, Miloš Slivanský, Lukáš Surovec. Modelovanie spriahnutia drevo a betón.** In: www.tzb-info.cz [online]. Topinfo s.r.o., 2012 [cit.15.4.2016], Dostupné z: stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/13973-modelovanie-spriahnutia-drevo-a-beton
- [XV] **Klasch**[online]. Klasch Spezial - Bauartikel GmbH, 2016, [cit.21.4.2016]. Dostupné z: www.klasch.at

- [XVI] **Jana Daňková, Jiří Šafrata. Vývoj a použití dřevobetonových kompozitních prefabrikovaných dílců v pozemním stavitelství.** In: imaterialy.dumabyt.cz [online]. VŠB TU Ostrava- Fakulta stavební, 2016 [cit. 12.4.2016]. Dostupné z: http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/materialy/vyvoj-a-pouziti-drevobetonovych-kompozitnich-prefabrikovanych-dilcu-v-pozemnim-stavitelstvi_41996.html
- [XVII] **Hightech Verbundtragwerk TCC Integral** [online]. Verbundbau-OC, 2016,[cit.5.5.2016]. Dostupné z: www.verbundbau.at