



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 SKELETOVÁ KONSTRUKCE

REINFORCED CONCRETE SKELETON CONSTRUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ROSTISLAV JEŽEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL ŠULÁK, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Rostislav Ježek

Název Železobetonová skeletová konstrukce

Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Šulák, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2012

Datum odevzdání bakalářské práce 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

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

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

Podklady a literatura

Platné předpisy a normy (včetně změn a doplňků) zejména:

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 19901 -1 až 4 Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí

Další potřebná literatura po dohodě s vedoucím bakalářské práce.

Zásady pro vypracování

V rámci bakalářské práce bude navržena železobetonová monolitická stropní konstrukce typického podlaží. Pro analýzu nosné konstrukce bude použit výpočetní program MKP. Výsledky budou ověřeny zjednodušenou ruční metodou. Posouzení prvků provedte podle mezního stavu únosnosti. Kromě statické analýzy bude vypracována i výkresová dokumentace v odpovídající kvalitě a rozsahu bakalářské práci.

Předepsané výstupy:

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

Přílohy textové části

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4) řešení vnitřních sil a výstupy výpočetního programu

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).

Předepsané přílohy

.....
Ing. Pavel Šulák, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce „Železobetonová skeletová konstrukce“ se zabývá vyšetřováním nosné konstrukce obchodního domu. Cílem je návrh a posouzení mezního stavu únosnosti železobetonové stropní desky nad 1.NP. Analýza této lokálně podpírané desky je provedena pomocí výpočtového programu Scia Engineer 2012. Metodou součtových momentů jsou ověřeny výsledné hodnoty vnitřních sil. Dále je stropní konstrukce posouzena na protlačení. Součástí statického výpočtu je dimenzování železobetonového sloupu a základové patky. Práce je doplněna výkresovou dokumentací.

Klíčová slova

skeletová konstrukce, lokálně podpíraná stropní deska, metoda součtových momentů, vnitřní síly, zatížení, dimenzování výztuže, sloup, základová patka, výkresová dokumentace

Abstract

The bachelor thesis “Reinforced concrete skeleton construction” deals with the investigation of a department store supporting construction. The aim is to design and evaluate the ultimate limit state of reinforced concrete slabs over the first floor. The analysis of the locally supported slabs is performed by Scia Engineer 2012 software system. The method of the sum of the moments is used to verify the resulting values of internal forces. In addition, the ceiling structure is assessed for pushing through. A part of static calculation is the assessment of a reinforced concrete pillar and a foundation block. The work is accompanied by drawings.

Keywords

skeleton construction, locally supported reinforced slab, method of summation moments, internal forces, load, reinforcement dimensioning, pillar, foundation block, drawing documentation

Bibliografická citace VŠKP

JEŽEK, Rostislav. *Železobetonová skeletová konstrukce*. Brno, 2013. 11 s., 103 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a
zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Pavel Šulák, Ph.D..

Prohlášení:

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

V Brně dne 20.5.2013

.....
podpis autora
Rostislav Ježek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Pavlu Šulákovi, Ph.D. za jeho ochotu, rady a připomínky, které mi mou práci usnadnily. Dále bych rád poděkoval všem lidem, kteří se během mého studia se mnou podělili o své znalosti. V neposlední řadě děkuji svým rodičům za podporu a umožnění studií.

OBSAH

1. ÚVOD	2
2. POPIS OBJEKTU A ŠIRŠÍCH VZTAHŮ.....	3
2.1 POPIS OBJEKTU	3
2.2 POPIS OKOLÍ.....	3
3. POPIS KONSTRUKCE.....	4
3.1 SKELETOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE.....	4
3.2 POUŽITÉ MATERIÁLY	4
4. MODEL KONSTRUKCE	5
4.1 ZATÍŽENÍ.....	5
4.2 KOMBINACE.....	5
4.3 VNITŘNÍ SÍLY	6
4.4 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ VNITŘNÍCH SIL	6
5. REALIZACE STAVBY	7
5.1 BEDNĚNÍ	7
5.2 BETONÁŽ	7
5.3 ODBEDNĚNÍ.....	7
6. ZÁVĚR.....	8
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	9
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	10
9. SEZNAM PŘÍLOH	11

1. ÚVOD

Bakalářská práce „Železobetonová skeletová konstrukce“ se zabývá vyšetřováním nosné konstrukce obchodního domu. Tento objekt je situován v Brně a měl by sloužit jako dilatovaný díl velkého obchodního centra. Půdorysné rozměry činí 43,80 x 35,60m. Výška objektu je 10,66m. Jsou navržena dvě podlaží spojená vertikální komunikací pohyblivých eskalátorů. Obě podlaží jsou využívána jako obchodní prostory. Cílem práce je analýza, návrh a posouzení deskového, železobetonového stropu, který je lokálně podpírán sloupy. K tomuto účelu je využit výpočetní program MKP Scia Engineer. Výsledky jsou ověřeny ruční metodou a to konkrétně metodou součtových momentů a metodou náhradních ráků. V rozsahu práce je zpracování statického výpočtu vnitřních sil, dále pak návrh výztuže a posouzení na mezní stav únosnosti. Problematika protlačení sloupů deskou je řešena výpočtem a návrhem vhodné výztuže. Konstrukce je zabezpečena výztuží proti řetězovému zřícení. Součástí projektu je návrh sloupu a základové patky. Kromě statického výpočtu je výsledkem práce i výkresová dokumentace.

2. POPIS OBJEKTU A ŠIRŠÍCH VZTAHŮ

2.1 POPIS OBJEKTU

Jde o dvoupodlažní nepodsklepený objekt s plochou střechou. Objekt bude dilatačně oddělen od přiléhajících a vzájemně navazujících okolních staveb. Tento systém staveb bude sloužit jako velké obchodní centrum. Konstrukce obvodových plášťů je řešena jako samonosná. Prostorové ztužení je uvažováno po stranách ocelovými ztužidly. Tento objekt bude sloužit obchodním účelům. Jeho dispozice je proto přizpůsobena prodejním potřebám. Půdorysně zaujímá prostor 43,8 x 35,6 m a výška činí 10,66m. Do budovy lze vejít třemi vstupy v přízemí a dvěma v patře. Horizontální komunikaci slouží v přízemí střední trakt s volnou šířkou 7,6m. V přízemí je navržena otevřená hala se svou velikostí umožňující širokou variabilitu a využití prostoru. K vertikální komunikaci a propojení jednotlivých pater jsou navrženy pohyblivé eskalátory. Budova počítá s propojeností s okolními objekty a v nich zřízenými schodišti a výtahy. V patře je komunikace zajištěna ochozy na konzolách.

2.2 POPIS OKOLÍ

Konstrukce se nachází v extravilánu města Brna, kraj Jihomoravský. Je situována nedaleko dálničního sjezdu. K budově jsou z obou stran připojeny další obchodní domy a svou propojeností tvoří fungující nákupní centrum. V okolí není stávající zástavba a popisovaná oblast by se dala zařadit jako louka. Na místě byl proveden hydrogeologický a geofyzikální průzkum, na jehož základě byla stanovena zemina v podloží S2 SP – písek špatně zrněný $\varphi_d = 35^\circ$; $R_{dt} = 500\text{KPa}$. Hladina spodní vody byla nalezena v hloubce 3,8m pod povrchem.

3. POPIS KONSTRUKCE

3.1 SKELETOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE

Hlavní nosnou konstrukcí budovy tvoří železobetonový skelet, složený ze stropní a střešní desky, ze sloupů, základových konstrukcí a ztužidel. Stropní deska nad přízemím má výšku $h = 0,260\text{m}$. Je lokálně podpírána sloupy a konstrukčně řešena jako železobetonová, křížem vyztužená deska. Osová vzdálenost sloupů je $6,2 \times 6,7\text{m}$ a ve středním podélném traktu $6,2 \times 8\text{m}$. Celá konstrukce je tvořena pěti podélnými a sedmi příčnými trakty. Sloupy mají čtvercový půdorys o rozměrech $0,4 \times 0,4\text{m}$. Veškeré zatížení je převáděno sloupy do základových patek s rozměry $2,4 \times 2,4\text{m}$ a výškou $0,7\text{m}$. Ztužení objektu je řešeno pomocí systému ocelového zavětrování po stranách budovy. Pohyblivé eskalátory mají vlastní nosnou konstrukci řešenou prefabrikovanou stěnou.

3.2 POUŽITÉ MATERIÁLY

Pro výpočet a návrh konstrukce je stanovena životnost 50let. Stropní deska bude zhotovena z betonu C25/30 a oceli B500B. Sloupy a základové patky z betonu C30/35 a oceli B500B. Stupeň třídy prostředí je pro stropní desku a sloupy stanoven XC1, pro základové patky XC2.

BETON C25/30

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

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

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

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

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} * f_{ctk} / \gamma_c = 1,0 * 1,8 / 1,5 = 1,2\text{MPa}$$

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

$$\epsilon_{cu3} = 3,5\text{‰}$$

BETON C30/35

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

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

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

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

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} * f_{ctk} / \gamma_c = 1,0 * 2,0 / 1,5 = 1,333\text{MPa}$$

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

$$\epsilon_{cu3} = 3,5\text{‰}$$

OCEL B500B

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

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,783\text{MPa}$$

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

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 500 / 200 = 2,174\text{‰}$$

4. MODEL KONSTRUKCE

4.1 ZATÍŽENÍ

Zatížení je rozděleno do jednotlivých zatěžovacích stavů. Zatížení od větru je zahrnuto do výpočtu z důvodu velké zatěžovací šířky. Zatížení od obvodového pláště je přenášeno vlastní konstrukcí základových pásů. Zatížení od eskalátorů je přenášeno pomocí podporové stěny do vlastních základů.

Zatěžovací stavy v návrhových hodnotách

Zatížení stálé

LC1 Střecha ... 10,303KN/m²

LC2 Stropní konstrukce ... 11,354KN/m²

LC3 Sloup ... 6,030KN/m

Zatížení proměnné

LC4 Užitné - šach 1 ... 0KN/m²; 7,500KN/m²

LC5 Užitné - šach 2 ... 7,500KN/m²; 0KN/m²

LC6 Užitné - Plné ... 7,500KN/m²

LC7 Sníh ... 1,200KN/m²

LC8 Vitr ... tlak 6,167KN/m; sání -2,780KN/m

4.2 KOMBINACE

Kombinace vnitřních sil je provedena dle rovnice 6.10 ČSN EN 1990

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j \geq 2} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kategorie D: obchodní plochy $\Psi_0 = 0,7$

Zatížení sněhem $\Psi_0 = 0,5$

Zatížení větrem $\Psi_0 = 0,6$

4.3 VNITŘNÍ SÍLY

Výpočet vnitřních sil je proveden pomocí metody konečných prvků ve výpočetním programu Scia Engineer 2012. Výsledné hodnoty ve stropní desce jsou redukovány vložení průměrovacích pásů, které odstraňují momentové špičky nad oblastí podpor. Tyto momentové extrémy neodpovídají skutečnému chování konstrukce.

4.4 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ VNITŘNÍCH SIL

Hodnoty vnitřních sil generované výpočtovým programem se liší zhruba o 20% oproti ručnímu výpočtu pomocí metody součtových momentů a náhradních ráků. Tyto nepřesnosti mohou být způsobeny nesplněním podmínky třech spojitých polí ve směru X, v případě ručního řešení. Pokud jde o výpočet softwarem, pak nepřesnosti mohou vznikat při průměrování momentů pomocí průměrovacích pásů. Přesnější hodnoty bychom získali odečtením momentové plochy nad podporou a integrací zbylé momentové plochy.

5. REALIZACE STAVBY

5.1 BEDNĚNÍ

Bednění bude použito systémové trémové. Je třeba bednění řádně provést a zajistit tak dostatečně tuhé, těsné a únosné podepření budoucího nosného systému.

5.2 BETONÁŽ

Betonáž bude probíhat v několika etapách. Důležité je připravit správné stykování výztuže v oblasti pracovních spár. Dále zkontrolovat polohu a spoje výztuže. Beton bude na stavbu dovážen pomocí autodomíchávačů. Následně bude čerpadly přemísťován na určenou polohu. Betonáž provádíme ve vhodných teplotních podmínkách. Po betonáži je nutné beton kropit a ošetřovat proti hydrataci. Betonáž stropních desek bude zhotovena šachovnicově z důvodu eliminace smršťování.

5.3 ODBEDNĚNÍ

Odbednění provádíme až po dosažení potřebné pevnosti betonu. Při odbedňování konstrukce klademe důraz na bezpečnost a neprovádíme žádné práce pod danou konstrukcí. Po odbednění konstrukci očistíme a náležitě připravíme pracovní spáru na další postup výstavby.

6. ZÁVĚR

V rámci statického výpočtu byla nadimenzována stropní deska nad 1.NP. Výztuž při dolním okraji je položena po celé ploše rovnoměrně. V oblasti mezisloupových pruhů je doplněna o další výztuž. Horní povrch desky je rozdělen do několika oblastí charakteristických velikostí nadpodporových momentů. Jednotlivé oblasti jsou začleněny do skupin a vyztuženy. Je provedeno vyztužení proti protlačení sloupu dle jeho umístění v objektu. Deska je dále vyztužena pruty proti řetězovému zřícení. Pro větší komplexnost výpočtu je v uzlu N11 navržen a posouzen železobetonový sloup se základovou patkou. Pro jednotlivé dimenzované prvky je zhotovena výkresová dokumentace.

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1992: Navrhování betonových konstrukcí
- [4] ČÍRTEK, Ladislav a Miloš ZICH. *Betonové konstrukce I*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2005.
- [5] *Plošné betonové konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1998. ISBN 80-214-0974-4.
- [6] PROCHÁZKA, J., J. ŠMEJKAL, J. VÍTEK a J. VAŠKOVÁ. *Navrhování betonových konstrukcí - Příručka k ČSN EN 1992-1 a ČSN EN 1992-1-2*. Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87438-03-9.
- [7] *Tabulky: stavební konstrukce*. Hradec Králové: Střední průmyslová škola stavební, 2010.
- [8] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. Praha: Verlag Dashöfer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.

POUŽITÝ SOFTWARE

- [1] ArchiCAD 15
- [2] AutoCAD 2011
- [3] Microsoft Excel 2010
- [4] Microsoft Word 2010
- [5] Scia Engineer 2012.0

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

φ_d	<i>Výpočtová hodnota úhlu vnitřního tření</i>
R_{dt}	<i>Výpočtová únosnost zemin</i>
f_{ck}	<i>Charakteristická pevnost betonu v tlaku</i>
f_{cd}	<i>Návrhová pevnost betonu v tlaku</i>
f_{ctm}	<i>Střední hodnota pevnosti betonu v tahu</i>
$f_{ctk\ 0,05}$	<i>Dolní kvantil pevnosti betonu v tahu</i>
f_{ctd}	<i>Dolní kvantil pevnosti betonu v tahu</i>
E_{cm}	<i>Modul pružnosti betonu</i>
ε_{cu3}	<i>Mezní přetvoření betonu</i>
f_{yk}	<i>Charakteristická pevnost oceli</i>
f_{yd}	<i>Návrhová pevnost oceli</i>
E_s	<i>Modul pružnosti oceli</i>
ε_{yd}	<i>Mezní přetvoření oceli</i>
α_{cc}	<i>Součinitel zohledňující dlouhodobé účinky zatížení</i>
γ_c	<i>Součinitel materiálu pro beton</i>
γ_s	<i>Součinitel materiálu pro ocel</i>
G_k	<i>Charakteristická hodnota stálého zatížení</i>
Q_k	<i>Charakteristická hodnota proměnného zatížení</i>
γ_f	<i>Součinitel zatížení</i>
ψ_0	<i>Kombinační součinitel pro hodnotu proměnného zatížení</i>

9. SEZNAM PŘÍLOH

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4) Řešení vnitřních sil a výstupy výpočetního programu