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

NÁVRH ZESÍLENÍ BETONOVÉ KONSTRUKCE Z ROKU 1928

DESIGN OF STRENGTHENING OF THE CONCRETE STRUCTURE FROM 1928

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE LENKA BAŽANTOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2016

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	Lenka Bažantová
Název	Návrh zesílení betonové konstrukce z roku 1928
Vedoucí bakalářské práce	doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

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

Podklady a literatura

ČSN EN 1992
- podkladové výkresy konstrukce domu
- výsledky zjednodušeného průzkumu konstrukce
- časopis Beton TKS
- odborná literatura podle doporučení vedoucího práce

Zásady pro vypracování

- výpočet únosnosti stávající konstrukce
- návrh zesílení pro využití k bytovým nebo obchodním účelům
- ověření ULS a SLS zesílené konstrukce
- výpočet pomocí software zkontrolovat zjednodušeně,
- vypracovat výkresy tvaru, výztuže

Požadované výstupy:
A) Textová část
A1) Technická zpráva
A2) Průvodní zpráva statickým výpočtem
B) Netextová část (resp. Přílohy textové části)
B1) Použité podklady,
B2) Statický výpočet,
B3) Přehledná grafická dokumentace získaných výsledků
B4) Výkresová dokumentace řešené konstrukce v rozsahu dle vedoucího práce

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na posouzení stávající konstrukce čtyřpodlažního objektu. Nosný systém konstrukce je tvořen železobetonovým monolitickým skeletem. Cílen této práce je posouzení nosné konstrukce na očekávané přitížení vzniklé změnou využití budovy k bytovým nebo obchodním účelům. Předmětem posouzení jsou sloupy, průvlaky, trámy a stropní deska. V další části práce je navrhnuto zesílení nevyhovujících prvků. Práce obsahuje vypracování statického výpočtu a výkresy výztuže rekonstruovaných prvků.

Klíčová slova

Stávající konstrukce, rekonstrukce, železobeton, beton, ocelová výztuž, monolitický skelet, průvlak, sloup, trám, stropní deska, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

Abstract

The bachelor's thesis is focused on assessment of the existing construction four-storey building. The supporting system consists of cast-in-place concrete frame. The aim of this work is to assess the support structure for the expected loading of the resulting change in use of buildings for residential or commercial purposes. The subjects of assesment are columns, beams, girders and floor slab. In another part of work is suggested by reinforcement of non-conforming elements. The work includes the development of stroctural analysis and reinforcement drawings of reconstructed elements.

Keywords

The existing construction, reconstruction, reinforced concrete, concrete, reinforcing steel, cast-in-place concrete frame, beam, column, girder, floor slab, ultimate limit state, serviceability limit state

Bibliografická citace VŠKP

Lenka Bažantová *Návrh zesílení betonové konstrukce z roku 1928.* Brno, 2016. 20s., 222 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Prohlášení:

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

V Brně dne 23.5.2016

……

podpis autora
Lenka Bažantová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Ladislavu Klusáčkovi, CSc. za ochotu, cenné rady a připomínky, které mi k mé práci poskytl. Dále bych ráda poděkovala svým rodičům za podporu během studia.

Obsah:

1. Úvod ..... - 9 -
2. Technická zpráva ..... - 10 -
   2.1. Identifikační údaje ..... - 10 -
   2.2. Konstrukční systém ..... - 10 -
   2.3. Předběžný průzkum ..... - 10 -
   2.4. Materiály ..... - 10 -
   2.5. Podklady pro výpočet zatížení a kombinací zatížení ..... - 12 -
   2.6. Návrh zesílení ..... - 12 -
3. Průvodní zpráva statickým výpočtem ..... - 13 -
4. Závěr ..... - 16 -
5. Seznam použitých zdrojů ..... - 17 -
6. Seznam použitých zkratek a symbolů ..... - 18 -
7. Seznam příloh ..... - 20 -

1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá posouzením a návrhem zesílení stávající monolitické skeletové konstrukce bývalé přádelny z rohu 1928. Budova bude na přání investora nově využívána pro bytové nebo obchodní účely. Z tohoto důvodu je třeba posoudit únosnost stávající konstrukce a navrhnout její zesílení.

Nosné železobetonové prvky jsou modelovány v programu SCIA Engineer 15 a zatíženy stanovenými zatěžovacími stavy a jejich kombinacemi. Na vypočtené vnitřní síly jsou posouzeny sloupy, průvlaky, trámy a stropní deska.

2. Technická zpráva

2.1. Identifikační údaje

Název stavby: Bývalá přádelna Brno-Obřany

Místo stavby: Fryčajova 5, Brno

2.2. Konstrukční systém

Železobetonový monolitický skelet je tvořen 5-ti nosnými rámy a má 4NP. Celkové půdorysné rozměry budovy jsou 32,55m x 34,15m. Rozpětí polí kolmo na rovinu rámu je 5,15m, krajní pole má rozpětí 8,4m. Rozpětí polí v rovině rámu je 8,25m, 8,0m, 8,0m a 8,25m. Každý rám je tedy tvořen 5 sloupy, na které jsou uloženy průvlaky. Na průvlacích jsou uloženy po 2m trámy nesoucí stropní desku.

Konstrukční výšky jednotlivých podlaží jsou 5,25m, 4,05m, 4,0m a 4,785m. Objekt je zastřešen plochou střechou se světlíky. Celková výška budovy je 18,385m. Založení je provedeno pomocí betonových stupňovitých patek.

Obvodový plášť budovy je tvořen výplňovým cihelným zdivem a okny.

2.3. Předběžný průzkum

Spolu s Martinou Kratochvílovou jsme provedly zaměření stávajícího stavu konstrukce. Pro zaměření jsme použily metr a laserový dálkoměr. Měřidla zapůjčil vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc. Z naměřených hodnot byly zhotoveny výkresy stávajícího stavu. Na několika místech konstrukce bylo provedeno odkrytí výztuže za účelem zjištění jejího tvaru a polohy. Stávající výztuž je hladká kruhovitého profilu. Dle ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí bylo určeno, že jde o výztuž C 34. Tvar a rozměry základů byly převzaty z dřívějšího průzkumu konstrukce.

2.4. Materiály

Nebyly provedeny žádné diagnostické zkoušky betonu ani výztuže, proto byl při výpočtu únosnosti stávajících prvků uvažován beton C 12/15 a výztuž C 34 s f_{yd}=180 MPa.

Pro zesílení konstrukce bude použita výztuž B500B. Nabetonovaná deska a obetonování sloupů je navrženo z betonu C25/30. Zesílení trámů a průvlaků bude provedeno stříkaným betonem C20/25.

Stupeň vlivu prostředí je XC1.

Beton: **C12/15 (původní)**

f_{ck}=12 MPa

f_{cd}=8 MPa

ε_{cu3}=3,50 ‰

f_{ctm}=1,6 MPa

C25/30 (nový - deska)

f_{ck}=25 MPa

f_{cd}=16,67 MPa

ε_{cu3}=3,50 ‰

f_{ctm}=2,6 MPa

C20/25 (nový – stříkaný beton)

f_{ck}=20 MPa

f_{cd}=13,33 MPa

ε_{cu3}=3,50 ‰

f_{ctm}=2,2 MPa

Výztuž: **C 34 (původní)**

f_{yd}=180 MPa

f_{yk}=260 MPa

E_s=200 GPa

ε_{yd}=0,9 ‰

B500B (nová)

f_{yd}=434,783 MPa

f_{yk}=500 MPa

E_s=200 GPa

ε_{yd}=2,174 ‰

2.5. Podklady pro výpočet zatížení a kombinací zatížení

Hodnoty stálého a užitného zatížení jsou stanoveny dle ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Charakteristická hodnota užitného zatížení pro budovy kategorie D je $\mathbf{q_k = 5{,}0 kN/m^2}$.

Dále je uvažováno zatížení sněhem dle ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Z mapy sněhových oblastí ČR bylo zjištěno, že objekt leží i oblasti I. Charakteristická hodnota zatížení sněhem pro tuto oblast je $\mathbf{s_k = 0{,}7 kN/m^2}$.

Dále je uvažováno zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Z mapy větrných oblastí ČR bylo zjištěno, že objekt leží i oblasti II. Výchozí rychlost větru pro tuto oblast je $\mathbf{v_{b,0} = 25 m/s}$.

Kombinace zatížení jsou provedeny dle ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí. Použita je kombinační rovnice 6.10: $\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}$ "+"$\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$" + " $\gamma_P \cdot P$ " + " $\sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,j}$.

V kombinacích jsou použity tyto součinitele: $\gamma_G = 1{,}35$

$\gamma_Q = 1{,}50$

$\psi_0 = 0{,}5$ (zatížení sněhem)

$\psi_0 = 0{,}6$ (zatížení větrem)

2.6. Návrh zesílení

Výpočtem je zjištěno, že ohybová i smyková únosnost trámů a průvlaků není pro nové využití budovy k bytovým nebo obchodním účelům dostatečná. Nevyhovující je i únosnost sloupů. Proto je navrženo zesílení.

Trámy a průvlaky budou nad podporou zesíleny pomocí nové výztuže v nabetonované desce tl.85mm. Zesílení v poli bude provedeno pomocí nové výztuže na spodním líci prvků a stříkaného betonu tl.80mm. Spolupůsobení původní a nové části konstrukce bude zajištěno díky smykové výztuži a obetonování. Zesílení sloupů bude provedeno obdobně pomocí nové výztuže a obetonování. Únosnost základových patek bude zvýšena pomocí mikropilot (není součástí této práce).

3. Průvodní zpráva statickým výpočtem

Strany 4-6:

V první kapitole jsou v přehledných tabulkách vypsány charakteristické hodnoty stálých zatížení a zatížení užitného. Následuje výpočet charakteristických hodnot zatížení sněhem a větrem.

Strany 7-8:

Druhá kapitola obsahuje posouzení stávající stropní desky nad 1-3NP. Je zde statické schéma, tabulky s charakteristickými hodnotami zatížení jednotlivých ZS, obrázky nejúčinnějších poloh zatížení vyvozujících maximální ohybové momenty a posouvající síly, kombinace zatížení a výsledné vnitřní síly.

Strany 9-10:

Na těchto stranách je proveden výpočet ohybová a smykové únosnosti stávající stropní desky nad 1-3NP.

Strana 11:

Ve třetí kapitole je posouzení stávající stropní desky nad 4NP. Je zde statické schéma, tabulky s charakteristickými hodnotami zatížení jednotlivých ZS, kombinace zatížení.

Strany 12-13:

Následují obrázky průběhu vnitřních sil, dále posouzení ohybové a smykové únosnosti stropní desky nad 4NP.

Strany 13-16:

Čtvrtá kapitola obsahuje posouzení stávajícího stropního trámu nad 1-3NP. Je zde statické schéma, tabulky s charakteristickými hodnotami zatížení jednotlivých ZS, obrázky nejúčinnějších poloh zatížení vyvozujících maximální ohybové momenty a posouvající síly, kombinace zatížení a výsledné vnitřní síly.

Strany 17-20:

Posouzení stropního trámu nad 1-3NP pokračuje výpočtem jeho ohybové a smykové únosnosti.

Strany 20-22:

V páté kapitole je posouzení stávajícího stropního trámu nad 4NP. Je zde statické schéma, tabulky s charakteristickými hodnotami zatížení jednotlivých ZS, kombinace zatížení a výsledné vnitřní síly.

Strany 22-26:

Dále je výpočet ohybové a smykové únosnosti stropního trámu nad 4NP.

Strany 26-39:

Šestá kapitola se zabývá posouzením stávajícího vnitřního rámu. Začíná statickým schématem konstrukce, následují tabulky s charakteristickými hodnotami zatížení jednotlivých ZS, výpočet maximálních sil působících v místě uložení trámů, obrázky všech ZS, výpis kombinací zatížení a obálky vnitřních sil.

Strany 39-51:

Kapitola pokračuje výpočtem ohybových a smykových únosností průvlaků ve všech podlažích.

Strany 51-72:

Následuje výpočet interakčních diagramů sloupů vnitřních rámů ve všech podlažích a rozhodujících vnitřních sil. Výpočty jsou doplněny příslušným grafickým zobrazením.

Strany 73-83:

Sedmá kapitola se zabývá posouzením stávajícího krajního rámu. Začíná statickým schématem konstrukce, následují tabulky s charakteristickými hodnotami zatížení jednotlivých ZS, výpočet maximálních sil působících v místě uložení trámů, obrázky všech ZS, výpis kombinací zatížení a obálky vnitřních sil.

Strana 84:

Na této straně je posouzení ohybové a smykové únosnosti průvlaků.

Strany 85-102:

Kapitola pokračuje výpočtem interakčních diagramů sloupů krajního rámů ve všech podlažích a rozhodujících vnitřních sil. Výpočty jsou doplněny příslušným grafickým zobrazením.

Strana 103:

Na straně 103 je přehledná tabulka shrnující únosnost stávajících stropních desek, trámů a průvlaků. Z této tabulky je jasně patrné, že je nutno stávající konstrukci zesílit.

Strany 104-105:

Návrhem zesílení se zabývá devátá kapitola, která začíná stropní deskou. Vlivem nabetonávky dojde ke zvětšení vlastí tíhy desky, proto je třeba provést nový výpočet vnitřních sil a posouzení ohybové a smykové únosnosti.

Strany 105-112:

Následuje návrh zesílení stropního trámu nad 1-3NP, výpočet nových vnitřních sil a také posouzení ohybové a smykové únosnosti s výpočtem zhuštění třmínků v místě náběhu.

Strany 112-117:

Dále je návrh zesílení stropního trámu nad 4NP, výpočet nových vnitřních sil a také posouzení ohybové a smykové únosnosti s výpočtem zhuštění třmínků v místě náběhu.

Strany 118-135:

Návrh zesílení pokračuje zesílením průvlaků, výpočtem nových vnitřních sil rámu a posouzením ohybových a smykových únosností průvlaků ve všech podlažích včetně návrhu zhuštění smykové výztuže v místech náběhů a uložení trámů.

Strany 135-142:

Následuje výpočet interakčního diagramu a rozhodujícího zatížení zesílených sloupů vnitřních rámů. Výpočty jsou doplněny příslušným grafickým zobrazením.

Strany 142-149:

Kapitola návrhu zesílení pokračuje výpočtem interakčního diagramu a rozhodujícího zatížení zesílených sloupů krajního rámu. Výpočty jsou doplněny příslušným grafickým zobrazením.

Strana 149:

Devátá kapitola končí schématem návrhu zesílení základové patky pomocí obetonování a mikropilot. Spolupůsobení stávajícího základu a nového betonu bude zajištěna pomocí vložených ocelových tyčí.

Strany 150-152:

Desátá kapitola se zabývá posouzením průvlaků na MSP, konkrétně jeho průhybem. Pro průvlaky jsou spočítány ideální momenty setrvačnosti. Je vytvořena kvazistálá kombinace zatížení a proveden výpočet průhybu pomocí softwaru.

4. Závěr

V rámci této bakalářské práce je provedeno posouzení stávajících nosných prvků železobetonového skeletu na předpokládané zatížení vzniklé využitím stavby pro bytové nebo obchodní účely. Posuzovanými prvky jsou sloupy, průvlaky, trámy a stropní deska.

Z výpočtu stávající konstrukce vyplívá, že je třeba navrhnout její zesílení. Zvýšení ohybové únosnosti trámů a průvlaků nad podporou bude provedeno pomocí nabetonované desky s vloženou novou podporovou výztuží. Smyková únosnost a ohybová únosnost trámů a průvlaků v poli bude zvýšena pomocí přidané výztuže na spodním líci prvku a třmínků. Tato výztuž bude obetonována vrstvou stříkaného betonu. Únosnost sloupů bude zvýšena přidáním výztuže a obetonováním. Zesílení konstrukce bude provedeno dle výkresové dokumentace, která je součástí této práce.

Po zesílení konstrukce dojde ke zvýšení její vlastní tíhy, proto je vytvořen nový model zatížení. Zesílené nosné prvky vyhovují na vnitřní síly tohoto modelu.

5. Seznam použitých zdrojů

Literatura:

[1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady nyvrhování 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 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3:Obecná zatížení – Zatížení sněhem,* Praha: ČNI, 2005, ZI 10/2006.

[4] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3:Obecná zatížení – Zatížení větrem,* Praha: ČNI, 2007, Oprava 1 9/2008.

[5] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010.

[6] ČÍRTEK, Ladislav. *Betonové konstrukce I*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005.

[7] ČSN ISO 13822 (730038) *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

Software:

- SCIA Engineer 15
- AutoCAD 2013
- Microsoft office WORD 2007
- Microsoft office EXCEL 2007

6. Seznam použitých zkratek a symbolů

Velká latinská písmena:

A_c	průřezová plocha betonu
A_{cc}	průřezová plocha tlačeného betonu
A_s	průřezová plocha výztuže
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha výztuže
$A_{s,max}$	maximální průřezová plocha výztuže
A_{sw}	průřezová plocha smykové výztuže
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti betonářské oceli
L	délka
M	ohybový moment
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího ohybového momentu
N	normálová síla
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
NP	nadzemní podlaží
SB	stříkaný beton
V	posouvající síla
V_{Ed}	návrhová hodnota posouvající síly
ZS	zatěžovací stav

Malá latinská písmena:

b	šířka průřezu
b_w	šířka stojiny T průřezu
b_{eff}	spolupůsobící šířka
c_{min}	minimální krycí vrstva
$c_{min,b}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavkům soudržnosti
$c_{min,dur}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí
c_{nom}	nominální hodnota krycí vrstvy
d	účinná výška průřezu
e	excentricita
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku

f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{yd}	návrhová mez kluz betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluz betonářské výztuže
f_{ywd}	návrhová mez kluz betonářské smykové výztuže
g_k	charakteristické hodnota stálého zatížení
h	výška průřezu
q_k	charakteristické hodnota proměnného zatížení
s	vzdálenost třmínků
x	vzdálenost neutrálné osy od nejvíce tlačeného okraje
z_c	rameno vnitřních sil

Řecká písmena:

γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení
γ_M	dílčí součinitel vlastnosti materiálu
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení
ε_c	poměrné stlačení betonu
ε_{cu3}	mezní poměrné stlačení betonu
ε_s	poměrné přetvoření betonářské výztuže
λ	součinitel definující účinnou výšku tlačené oblasti
ϕ	průměr prutu betonářské výztuže
ψ_0	kombinační součinitel

7. Seznam příloh

B1) Použité podklady
B2) Statický výpočet
B3) Přehledná grafická dokumentace získaných výsledků
B4) Výkresová dokumentace