



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ZESÍLENÍ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE PRO NÁSTAVBU

STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION FOR SUPERSTRUCTURE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

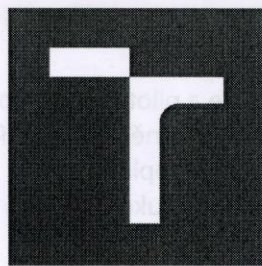
Bc. Pavel Tůma

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Perla

BRNO 2018



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	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Pavel Tůma
Název	Zesílení železobetonové konstrukce pro ocelovou nástavbu
Vedoucí práce	Ing. Jan Perla
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

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



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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Stávající stav včetně výkresů výztuže a pilotového založení.

Návrh ocelové konstrukce nástavby včetně zatěžovacích údajů.

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

ČSN ISO 13822: Hodnocení existujících konstrukcí

Literatura:

podle doporučení vedoucího diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro připravovanou nástavbu ocelovou konstrukcí provozovny pizzerie posuďte stávající železobetonovou konstrukci samostatně stojících podzemních garáží a navrhňte zesílení nevyhovujících částí konstrukce. Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí a vnitřní síly ověřte zjednodušenou metodou.

Vypracujte výkres zesilovaných částí konstrukce (konstrukční řešení stávajícího objektu a jeho založení dokumentujte schematickými výkresy tvaru) a technologický postup provádění.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a zesílení (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

STRUKTURA 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).



Ing. Jan Perla
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá posouzením stávající železobetonové konstrukce, která je přitížena novou ocelovou nadstavbou se zděným pláštěm. Potřebné zesílení konstrukce je řešeno pomocí uhlíkových lamel. Pro výpočet vnitřních sil je použit software RFEM 5. Všechny posudky jsou pak provedeny v programu Excel.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobetonová stropní deska, nadstavba, zesílení, uhlíková lamela, vnitřní síly, potrhaný průřez, rotační kapacita, protlačení, smykový trn, sloup, iterační výpočet.

ABSTRACT

This diploma thesis analyze reinforced concrete construction, which is loaded by new steel superstructure with brick cladding. The necessary strengthening of construction is solved by using carbon fibre reinforced polymer plates. Software RFEM 5 is used for calculation of internal forces. All checks are made in Excel.

KEYWORDS

Reinforced concrete slab, superstructure, strengthening, CFRP plate, internal forces, cross-section with cracks, rotational capacity, punching shear, shear bar, column, iterative calculation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Pavel Tůma *Zesílení železobetonové konstrukce pro ocelovou nástavbu*. Brno, 2018. 18 s., 118 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 12. 1. 2018.

Bc. Pavel Tůma
podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Janu Perlovi, za čas, který mi věnoval v konzultacích, za trpělivé zodpovídání dotazů, za vedení při tvorbě práce, za vypůjčení literatury, a také za praktické rady.

Děkuji také těm, kteří při mně stáli a podporovali mě po celou dobu tvorby.

OBSAH

1. ÚVOD.....	8
2. POPIS OBJEKTU	9
3. NÁSTAVBA	9
4. CHARAKTERISTIKY POSUZOVANÝCH ČÁSTÍ	10
5. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY.....	11
6. ZATÍŽENÍ	12
A. STÁLÁ.....	12
B. UŽITNÁ.....	12
C. SNÍH	12
7. KOMBINACE.....	13
8. POSUDEK	14
A. MODEL.....	14
B. POSOUZENÍ STROPNÍ KONSTRUKCE	14
C. POSOUZENÍ PROTLAČENÍ A ÚNOSNOSTI SLOUPŮ	15
9. APLIKACE UHLÍKOVÝCH LAMEL	15
10. ZÁVĚR	16
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	17
NORMY	17
TECHNICKÉ INFORMACE	17
TECHNICKÉ LISTY.....	17
SOFTWARE.....	17
12. SEZNAM PŘÍLOH.....	18

1. ÚVOD

Diplomová práce se zabývá posouzením únosnosti stávající železobetonové konstrukce, jejíž podzemní i nadzemní část je využívána pro parkování. Na nadzemní části má být vystavěna nová ocelová konstrukce se zděným pláštěm, která bude využívána jako restaurační zařízení.

V této práci je posuzována únosnost stropní desky a sloupů s hlavicemi. Potřebné zesílení je řešeno pomocí uhlíkových lamel, které jsou lepeny na stávající konstrukci.

Pro výpočet vnitřních sil je použito programu RFEM 5, který počítá vnitřní síly metodou konečných prvků. Na vytvoření podloží je použit přídatný modul RF – SOILIN. Následné výpočty a posudky jsou provedeny v programu Excel.

2. POPIS OBJEKTU

Jedná se o jednopodlažní objekt, konstrukčně provedený jako železobetonový monolitický skelet s plochou střechou, který se nachází ve Starém Lískovci v Brně. Jeho podzemní i nadzemní část byla využívána jako parkovací plocha. Podzemní část je převážně zasypana zeminou, vjezd je umožněn z východní strany a osvětlení zajišťují okna z jihu a západu. Ze západní strany je také možné vyjet na nadzemní část. Půdorysné rozměry budovy jsou 33,8 x 35,56 m. Z důvodu 1% spádování stropní desky je světlá výška od 3,8m do 4,0 m.

Vzhledem k složitosti základových podmínek, zejména kvůli rozšíření zemin měkkých konzistencí, je konstrukce založena na ražených pilotách o průměru 500 mm a délce 5,5 - 10 m. Dle původní dokumentace má základová deska tloušťku 270 mm a je provedena z vodostavebního betonu jako tzv. „bílá vana“.

Svislé konstrukce jsou provedeny jako železobetonové sloupy a stěny. Stěny jsou v tloušťce 270 mm, sloupy mají rozměr 200 x 500 mm se zaobleným čelem o poloměru 100mm. Stěny ve styku se zeminou jsou provedeny stejně jako základová deska z vodostavebního betonu.

Stropní konstrukce je provedena jako železobetonová monolitická deska tloušťky 180 mm s hlavicemi nad sloupy o tloušťce min. 350 mm. Konstrukce zastropení slouží rovněž jako plochá střecha s krytinou z hydroizolační bitumenové stěrky s minerálním posypem. Po obvodu střešní konstrukce je provedena železobetonová konstrukce atiky s výjimkou stávajícího vjezdu.

3. NÁSTAVBA

Samotné výstavbě nástavby musí předcházet odmontování osvětlení, odbourání betonových bloků, na nichž je osvětlení umístěno, a odbourání atiky téměř po celém obvodu. Původní atika zůstane pouze na straně západní, kde je umístěn vjezd na parkoviště, a z části na jižní straně.

Svislé nosné konstrukce tvoří ocelový skelet, navržený jako prostorový rám, který je uložen kloubově na ŽB konstrukci podzemních garáží s kotvením pomocí lepených chemických kotev. Jako hlavní nosné sloupy jsou navrženy ocelové válcované profily, které budou v obvodovém plášti obezděny zdivem z keramických tvarovek THERM ve skladebné šířce 250 mm. Vnitřní dělicí konstrukce jsou navrženy ze sádrokartonových a sádro-vláknitých desek na tenkostěnných ocelových pozinkovaných profilech.

4. CHARAKTERISTIKY POSUZOVANÝCH ČÁSTÍ

Stropní deska tloušťky 180 mm, která se z velké části účelově změní z parkovacích ploch na plochu restauračního zařízení je z betonu třídy C30/37 XC3 XD1 a je vyztužena betonářskou výztuží B500B při horním povrchu ØR10 po 125mm a při dolním povrchu ØR10 po 150mm. Krytí výztuže je 30mm.

Hlavice sloupů, které ze stropní desky vystupují, mají tloušťku 350mm, jsou z betonu třídy C30/37 XC3 XD1 a jsou vyztuženy výztuží B500B při horním povrchu ØR16 po 100 - 200 mm a při dolním povrchu ØR12 po 150 nebo 100 mm. Krycí vrstva výztuže má 30mm. Součástí hlavic jsou také smykové trny Schöck Bole 14 ve dvou řadách po 8 prvcích

Sloupy o rozměrech 500x200 mm mají zaoblená čela, jsou z betonu třídy C30/37 XC4 XF3, vyztuženy jsou betonářskou výztuží B500B 14xØR20 a třmínky ØR8 s krycí vrstvou tloušťky 30mm.

Stěny a základová deska tloušťky 270 mm jsou z betonu C30/37 XC3 XD1. Do betonové směsi stěn, které jsou ve styku se zeminou je přidána těsnicí přísada SIKa DM 2 v množství 1% obsahu cementu. Všechny pracovní spáry jsou řešeny v systému „bílé vany“. Pracovní spáry jsou opatřeny těsnícím systémem Leschuplast.

5. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C30/37

Pevnost v tlaku:

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

Návrhová hodnota pevnosti v tlaku:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 20 \text{ MPa}$$

Souč. uvažující dlouhodobé účinky na tlakovou pevnost

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

Součinitel spolehlivosti betonu

$$\gamma_c = 1,5$$

Pevnost betonu v tahu:

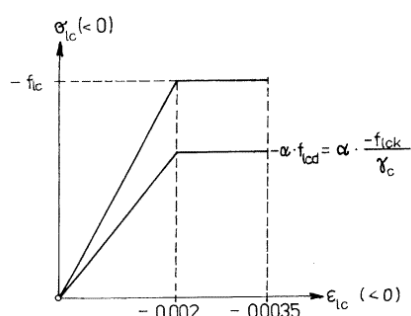
$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

Mezní přetvoření betonu:

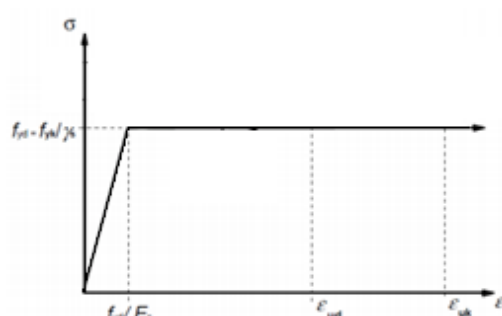
$$\epsilon_{cu3} = -3,50 \text{ ‰}$$

Modul pružnosti betonu:

$$E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$



Bilineární pracovní diagram betonu v tlaku



Pracovní diagram oceli s plastickou větví

BETONÁŘSKÁ OCEL B500B

Mez kluzu:

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

Návrhová hodnota pevnosti oceli:

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

Součinitel spolehlivosti betonářské výztuže

$$\gamma_s = 1,15$$

Modul pružnosti oceli:

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

UHLÍKOVÉ LAMELY Sika® CarboDur® S

Pevnost v tahu:

$$f_{lk} = 3100 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v tahu:

$$f_{ld} = f_{lk} / \gamma_l = 2583,33 \text{ MPa}$$

Součinitel spolehlivosti uhlíkových lamel:

$$\gamma_l = 1,2$$

Modul pružnosti lamely:

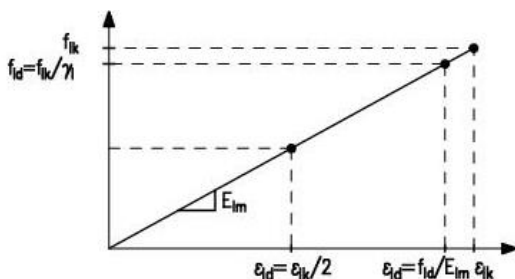
$$E_{lm} = 165 \text{ GPa}$$

Mezní protažení lamely:

$$\epsilon_{lk} > 17,0 \text{ ‰}$$

Návrhové mezní protažení lamely:

$$\epsilon_{ld} = \min \{ f_{ld} / E_{lm}; \epsilon_{lk} / 2 \} = \{ 15,66; 8,50 \} = 8,5 \text{ ‰}$$



Pracovní diagram uhlíkové lamely

6. ZATÍŽENÍ

Zatěžovací stavy jsou rozděleny do pomyslných dvou kategorií a to na zatížení stará (ozn. OLD), která zahrnují původní konstrukci před vybudováním nástavby, a na zatížení nová (ozn. NEW), která zahrnují i nástavbové části. Celkem je použito 25 zatěžovacích stavů.

A. STÁLÁ

Patří sem vlastní tíha konstrukce (desky, stěny, sloupy), která zůstává beze změn. Objemová hmotnost betonu u těchto konstrukcí je 2500 kg/m^3 .

Atika výšky 0,765m působí zatížením $0,38 \text{ kN/m}$ po obvodu stropní desky. V novém stavu je její působení sníženo o odbourané části.

Další zatížení, jehož působení se během přestavby nezmění, je zatížení zeminou. Zemina má objemovou hmotnost 20 kN/m^3 a její tlak působící na obvodové stěny se mění v závislosti na výšce ($\sigma_x = 10,27 - 53,00 \text{ kN/m}^2$).

S nástavbou přibudou stálá zatížení od všech částí ocelové konstrukce, která jsou přenášena sloupy a působí v místě kotvení, dále také zatížení obvodových stěn ($9,6 \text{ kN/m}$ a $6,5 \text{ kN/m}$) a nakonec zatížení podlah restauračního zařízení ($4,81 \text{ kN/m}^2$) a terasy ($0,28 \text{ kN/m}^2$).

B. UŽITNÁ

Původní užitné zatížení na celé konstrukci je pouze od automobilů ($2,5 \text{ kN/m}^2$). Jedná se o kategorii F - dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla ($\leq 30 \text{ kN}$ tíhy).

Po přestavbě dojde k změně užitého zatížení (na hodnotu $3,0 \text{ kN/m}^2$) na částí stropní konstrukce, kde bude restaurační zařízení. Jde o kategorii C1 - plochy, kde dochází ke shromažďování lidí – restaurace.

C. SNÍH

Konstrukce se nachází ve sněhové oblasti I. Pro oblast Brno – Starý Lískovec je charakteristická hodnota zatížení sněhem $0,69 \text{ kN/m}^2$.

Hodnoty zatížení týkající se ocelové konstrukce jsou součástí podkladových materiálů a jsou uvedeny v příloze P1, ve výkresu P1.04 – Půdorys kotvení.

7. KOMBINACE

U původní konstrukce jsou dány tři účinky zatížení: stálé, užitné a sníh. Pro stálé účinky platí, že zatěžovací stavy působí současně a pro účinky užitné platí, že zatěžovací stavy působí střídavě.

Stejně je tomu i u nové konstrukce, u které jsou navíc účinky větru, kde zatěžovací stavy působí střídavě.

Pro mezní stav únosnosti je použito kombinačních rovnic:

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

Pro mezní stav použitelnosti je použito kombinačních rovnic:

$$\begin{aligned} 6.14b \quad & \text{Charakteristická} \quad \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ 6.15b \quad & \text{Častá} \quad \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \\ 6.16b. \quad & \text{Kvazistálá} \quad \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \end{aligned}$$

Dílčí součinitele pro zatížení: $\gamma_G = 1,35$, $\gamma_Q = 1,50$

Kombinační součinitele pro pozemní stavby:

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Užitné - kategorie C, F	0,70	0,70	0,60
Sníh (H ≤ 1000 m.n.m.)	0,50	0,20	0,00
Vítr	0,60	0,20	0,00

8. POSUDEK

A. MODEL

Potřebné vnitřní síly (dimenzační momenty a normálové síly) jsou získány z prostorového modelu, který se skládá z deskových a prutových prvků. Aby bylo dosaženo co možná nejvěrohodnějších výsledků, je namodelována celá původní konstrukce včetně pilot a podloží. Piloty jsou modelovány jako pružiny, jejichž tuhost je odvozena ze zatěžovacích křivek. Chování podloží je definováno v RF-SOILIN, kam je zadána skladba vrstev, tedy vlastnosti a mocnosti jednotlivých vrstev.

B. POSOUZENÍ STROPNÍ KONSTRUKCE

Nejprve je posouzena původní konstrukce, aby bylo možné pochopit její chování tzn. zjistit jak je výztuž konstrukce využita, zda v konstrukci vznikají trhliny, nebo jak je konstrukce přetvořena v době zesilování.

Dále je posuzována konstrukce po výstavbě nadstavené části, kdy dojde k přitížení stávající konstrukce. Výpočtem bylo zjištěno, že vlivem nástavby dojde k vyčerpání únosnosti dolní výztuže stropní desky v místech mezi osami 2-3 a 5-6 ve směru y a mezi osami C-D ve směru x. V nejvíce namáhaném místě došlo k nárůstu dimenzačního momentu o 70%. Horní výztuž desky nevyhoví v částech nad stěnami - osa 4 a 7.

Z pohledu únosnosti nevyhoví také některé hlavice sloupů, a to převážně jejich středová část. Z výpočtu vyplývá, že při časté kombinaci dojde k potrhání betonového průřezu hlavic nad sloupy. Výsledkem chování konstrukce je snížení záporných momentů v takové míře, že stávající výztuž vyhoví na mezní stav únosnosti i v kritických oblastech. Zároveň dochází k růstu kladných momentů v poli, na které je třeba provést návrh zesílení.

Skutečnému chování konstrukce byl přizpůsoben samotný model. V oblastech, kde vznikají trhliny, se průřezy změkčily, aby odpovídaly potrháním průřezům. Změkčení se provedlo vytvořením desek, které mají upravený (zmenšený) modul pružnosti. Tento proces „změkčování“, kdy se plocha desky upravovala, se několikrát opakoval, dokud nebylo dosaženo optimálního výsledku, tedy že trhliny při horním líci již dále nevznikaly. Kvůli redistribuci momentů byly ověřeny podmínky pro plastickou analýzu bez přímého posouzení rotační kapacity.

Pro zesílení dolního líce stropní desky jsou vybrány uhlíkové lamely Sika CarboDur S5012, které díky malé hmotnosti, velmi dobrým fyzikálním vlastnostem a jednoduché aplikaci zajistí efektivní úpravu. Při výpočtu se uvažuje, že dojde k dosažení mezního přetvoření lamely a zároveň se uvažuje s plastickou větví pracovního diagramu oceli. Lamely jsou navrhovány na maximální návrhový moment pro daný řez. Pro výpočet kotevní délky je brána minimální pevnost v tahu povrchových vrstev 2,2 MPa, jejíž ověření se vyžaduje odtrhovou zkouškou.

C. POSOUZENÍ PROTLAČENÍ A ÚNOSNOSTI SLOUPŮ

Na posouzení protlačení s původní smykovou výztuží vyhoví nejvíce namáhané hlavice, není tedy třeba následného zesilování žádné z hlavic.

Posouzení únosnosti sloupů je provedeno iterační metodou, kdy se předpokládá, že bude dosaženo mezního přetvoření v betonu. Při hledání silové rovnováhy jsou použity bilineární pracovní diagram betonu a pracovní diagram oceli s plastickou větví. Aby byl výpočet přesnější, je vždy tlačená oblast betonu rozdělena na 20 úseků. Posudek je proveden ve dvou směrech. Bylo kontrolováno štíhlostní kritérium, ze kterého vyplývá, že není možné zanedbat výstřednost působících sil. Z toho důvodu bylo posouzeno působení v obou směrech společně.

9. APLIKACE UHLÍKOVÝCH LAMEL

Lamely se aplikují v době, kdy jsou z objektu odstraněny veškeré lampy, je odbourána patřičná část atiky a objekt není využíván pro parkování.

Před zahájením samotného lepení je třeba zjistit pevnost podkladu odtrhovou zkouškou, kdy minimální hodnoty musí být větší než 2,2 MPa. Než se zahájí zkoušení, může se povrch předběžně ošetřit pískováním, otrýskáním tlakovou vodou nebo obroušením. Dalším požadavkem je, aby podklad byl očištěný od mastnoty, prachu, drobných částic a dalších nečistot. Zároveň je nutné dodržet rovinnost povrchu, kdy maximální odchylka může být ± 20 mm na 2m lati. V případě, potřeby vyrovnaní se použije systémové lepidlo, které zajistí dostatečnou rovinnost i pevnost.

Lamely se lepí pomocí lepidla Sika Dur – 30. Vrstva lepidla se nanese špachtlí v tloušťce cca 1 mm. Důležité je, aby byla hmota dokonale vetřena do podkladu a aby byly všechny póry dokonale zaplněny. Při aplikaci jsou lamely přitlačeny pomocí gumového válečku, tak dojde k rovnoměrnému rozvrstvení lepidla a zároveň se zajistí celková soudržnost mezi lamelou a lepidlem. Následně je odstraněno přebytečné lepidlo.

Nejprve se lepí lamely ve směru y v osové vzdálenosti 330 mm, po vytvrdnutí lepidla je možné lepit lamely v druhém směru, jejichž osová vzdálenost je 500 mm.

Je-li potřeba, mohou se lamely překrýt vrstvou malty nebo nátěru.

10. ZÁVĚR

V diplomové práci byla nejprve posouzena stropní deska na mezní stav únosnosti. Při zvýšení zatížení o nástavbu nevyhověla v daných oblastech jak dolní tak horní výztuž. Po uvážení vzniku trhlin v oblastech nad hlavicemi a zohledněním redistribuce momentů došlo ke snížení záporných momentů nad podporami a zvýšení kladných momentů v poli. Výsledkem je, že stávající výztuž v horním líci vyhoví na mezní stav únosnosti. Pro zesílení dolního líce desky byla použita uhlíková výztuž Sika Carbodur S512, která zajistí potřebné zvýšení únosnosti.

Bylo zjištěno, že původní smyková výztuž hlavic sloupů postačí i na nové zatížení.

Podobně bylo výpočtem zjištěno, že stávající výztuž sloupů je dostačující i pro nový stav a tedy není třeba jejich zesílení.

11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

NORMY

- ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační Institut, 2004.
- ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační Institut, 2004.
- ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační Institut, 2006.
- ČSN EN 13670 – Provádění betonových konstrukcí, Praha: Český normalizační Institut, 2010.

TECHNICKÉ INFORMACE

- Externally bonded FRP reinforcement for RC structures: technical report on the design and use of externally bonded fibre reinforced polymer reinforcement (FBR EBR) for reinforced concrete structures. Lausanne: International Federation for Structural Concrete, 2001. Bulletin Fédération internationale du béton. ISBN 2-88394-054-1

TECHNICKÉ LISTY

- Stavební chemie Sika CZ - Úvod - Eshop Michal Pokorný [online]. Copyright © [cit. 09.01.2018]. Dostupné z: <http://stavchemshop.cz/files/cz-con-tds-sikadur-30.pdf>
- Uhlíkové CFRP lamely a tyče | Sika CZ, s.r.o.. Sika CZ, s.r.o. | Česká republika | Stavební chemie, průmyslové tmely a lepidla | Sika CZ, s.r.o. [online]. Dostupné z: https://cze.sika.com/cs/produkty_a_reseni/stavebnictvi/02a013/02a013sa06/02a013sa06ssa02.html

SOFTWARE

- AutoCAD 2016
- Dlubal RFEM 5
- Microsoft Word 2010
- Microsoft Excel 2010

12. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P1 – Použité podklady

P1.01 – Výkres tvarů (M1:75)

P1.02 – Výkres dolní výztuže (M1:70)

P1.03 – Výkres horní výztuže (M1:70)

P1.04 – Půdorys kotvení (M1:100)

Příloha P2 – Výkresová část

P2.01 – Výkres uhlíkových lamel (M1:100)

Příloha P3 – Statický výpočet