



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

**STAVEBNÍ PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA
KONSTRUKCE**

SURVEY AND DIAGNOSTICS OF BUILDING CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vojtěch Zlámal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2019



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	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Vojtěch Zlámal
Název	Stavební průzkum a diagnostika konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Cikrle, P. a kol. NDT zkoušení ve stavebnictví. Příručka kurzu ČŽV, VUT v Brně, 2010.

Adámek, J., Hobst, L., Cikrle, P., Schmid, P. Diagnostika stavebních konstrukcí. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2005.

Schmidt, P. s kol. Základy zkušebnictví. Brno, CERM, 2001.

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

Příslušné technické normy.

Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu.

Projektová dokumentace.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cíle práce – v teoretické části práce provést rešerše doporučené literatury a vypracování podkladů pro řešení diplomové práce. V rámci praktické části provést prvotní prohlídku hodnocené konstrukce, předběžné hodnocení stavu a sestavení plánu stavebně technického průzkumu. Provedení a vyhodnocení průzkumu konstrukce. Statický výpočet vybraných částí nosné konstrukce. Závěrečné zhodnocení stavu konstrukce.

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. Ondřej Anton, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se v úvodu zabývá pozicí diagnostiky železobetonových konstrukcí ve stavebním odvětví průmyslu. Teoretická část se zabývá řešením metod pro část praktickou a základním nástinem postupů.

Praktická část se zabývá zkoumáním existujícího objektu, a to jak betonu, tak i vyztužením prvků. Poslední částí je statický výpočet vybraného prvku pro zamýšlené využití budovy.

V závěru jsou zhodnoceny výstupy provedeného stavebně technického průzkumu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Beton, diagnostika, železobeton, ocelová výztuž, nedestruktivní metody, stavebně technický průzkum, Hilti PS 1000, Profometer PM-630, trám, deska

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the position of diagnostics of reinforced concrete structures in the building industry. The theoretical part deals with the research of methods for practical part of this thesis and basic imagine of procedure.

The practical part deals with the survey of an existing building, quality of concrete and reinforcement of elements. The last part is the static calculation of the selected element for the intended use of the building.

At the end, the results of the construction and technical survey are evaluated.

KEYWORDS

Concrete, diagnostic, reinforced concrete, steel reinforcement, non-destructive method's, building survey, Hilti PS 1000, Profometer PM-630, joist, slab

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Vojtěch Zlámal *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce*. Brno, 2018. 113 s., 113 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Vojtěch Zlámal

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

Bc. Vojtěch Zlámal

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce, panu Ing. Ondřeji Antonovi, Ph.D. za vstřícný a osobní přístup, za cenné rady a v neposlední řadě ochotu a čas, který mi věnoval. Dále děkuji Ing. Petru Žíttovi za spolupráci na průzkumu objektu. Také děkuji rodičům a všem svým blízkým, kteří mne při studiu podporovali jmenovitě pak p. Mgr. Arturu Górkovi.

OBSAH

1	Úvod.....	12
1.1	Úvod.....	12
1.2	Cíle práce	12
2	Zkoušení vlastností v aktuálním stavu.....	13
2.1	Vlastnosti betonu.....	14
2.2	Vlastnosti oceli.....	15
3	Diagnostika železobetonové konstrukce.....	16
3.1	Vybrané metody pro zkoumání vlastností železobetonu	16
3.1.1	Georadar (GPR).....	16
3.1.2	Magnetické indikátory.....	18
3.1.3	Sekaná sonda	19
3.1.4	Pevnost v tlaku vývrtu na lise	20
3.1.5	Fenolftaleinová zkouška	24
3.2	Stavebně technický průzkum	25
3.3	Program R-FEM	26
4	Atributy průzkumu	27
4.1	Popis objektu	27
4.2	Důvod provedení průzkumu stavby.....	28
4.3	Rozsah průzkumu a použité metody	29
4.3.1	Půdorysy 2.NP.....	30
4.3.2	Půdorysy 3.NP.....	31
4.3.3	Půdorys 4.NP	32
4.3.4	Půdorys 5.NP	33

5	Provedení a výsledky průzkumu	34
5.1	Odběr vzorků betonu	34
5.1.1	Vzorek S 3.1	35
5.1.2	Vzorek S 4.1	36
5.1.3	Vzorek S 5.1	37
5.1.4	Vzorek T 2.1	38
5.1.5	Vzorek T 2.2	39
5.1.6	Vzorek T 3.3	40
5.1.7	Vzorek T 4.5	41
5.1.8	Vzorek T 4.6	42
5.1.9	Vzorek T 5.1	43
5.1.10	Vzorek T 5.3	44
5.2	Stanovení pevnostní třídy betonu na jádrových vývrtech	45
5.2.1	Svislé nosné sloupy	45
5.2.2	Vodorovné nosné konstrukce trámy	46
5.3	Vyztužení prvků	47
5.3.1	Sonda T 2.1	47
5.3.2	Sonda TS 2.1	49
5.3.3	Sonda T 2.2	51
5.3.4	Sonda TS 2.2	53
5.3.5	Sonda T 3.1	54
5.3.6	Sonda TS 3.1	56
5.3.7	Sonda T 3.2	57
5.3.8	Sonda D 3.1	58
5.3.9	Sonda S 3.1	60
5.3.10	Sonda T 4.2	62

5.3.11	Sonda TS 4.2	64
5.3.12	Sonda T 4.3	66
5.3.13	Sonda T 4.4	68
5.3.14	Sonda TS 4.4	70
5.3.15	Sonda D 4.1	71
5.3.16	Sonda S 4.1	73
5.3.17	Sonda T 5.1	75
5.3.18	Sonda T 5.2	76
5.3.19	Sonda D 5.1	78
5.3.20	Sonda T 5.3	80
5.3.21	Sonda TS 5.3	82
6	Statický výpočet.....	84
6.1	Statický model.....	84
6.2	Zatížení.....	84
6.2.1	Stálá zatížení	84
6.2.2	Zatížení sněhem.....	85
6.2.3	Zatížení větrem	85
6.2.4	Proměnné zatížení	85
6.3	Zatěžovací stavy	86
6.3.1	Na trám	86
6.3.2	Na desku	86
6.4	Kombinace zatížení	87
6.5	Stanovení vnitřních sil od zatížení	88
6.5.1	Kontrolní výpočet vnitřní síly	91
6.6	Materiálové charakteristiky	92
6.7	Výpočet únosnosti	93

6.7.1	Ohybová únosnost trámu	93
6.7.2	Smyková únosnost trámu	95
6.7.3	Ohybová únosnost desky	96
6.7.4	Smyková únosnost desky	98
7	Závěr	99
8	Bibliografie	100
9	Seznam obrázků a tabulek	104
10	Seznam použitých zkratek	112

1 Úvod

1.1 Úvod

Diagnostika ve stavebnictví umožňuje mimo řešení již vzniklých problémů především eliminaci budoucích kolapsů konstrukcí. Z tohoto důvodu se stává tento obor zdánlivě doprovodný při výstavbě či rekonstrukci, nezbytným pro bezpečnost při provádění veškerých zásahů do statického systému budovy. S rozšiřující se škálou materiálů a technologií používaných ve stavebnictví se stává odvětví stavební diagnostiky silnější a propracovanější. [1]

1.2 Cíle práce

Cílem této práce je především prozkoumání a vyhotovení vhodného diagnostického a statického posudku stávajícího železobetonového objektu, který bude vypracován v praktické části této práce. Zvláště se tato práce bude zabývat vlastnostmi ocelové výztuže a jejím rozmístěním. Dále vlastnostmi betonu, a to jak jeho konzistencí, tak zařazením do vhodné pevnostní skupiny.

V první části bude provedeno shrnutí diagnostických metod pro zkoumání dané problematiky s podrobnějším popisem metod, které budou použity v praktické části práce. V závěru práce bude proveden statický posudek pro aktuální stav zkoumaných prvků a na jeho základě předložen návrh vhodných opatření pro sanaci a zajištění prvku pro budoucí využití.

2 Zkoušení vlastností v aktuálním stavu

Železobeton je kompozitní materiál sestávající z oceli a betonu. Beton sám je dále kompozitem. Jak u oceli, tak u betonu je nutné zjistit nejen vlastnosti, na které daný materiál využíváme, ale také poruchovost z hlediska působení nežádoucích vlivů jak na kompozit jako celek, tak na jeho jednotlivé složky. Diagnostika se zabývá oběma směry, a to jak studiem vlastností, tak vlivů působících na tyto vlastnosti. Fakt, že se zabýváme budovami v různých stádiích životnosti, je třeba při vyhodnocování údajů vzít v potaz. [1]

Obvyklé skupiny:

- Nové konstrukce (pochybnosti o kvalitě provedení)
- Po určitém čase od výstavby (diagnostika předepsána v projektové dokumentaci)
- V průběhu životnosti (plánována přestavba, nadstavba, či rekonstrukce objektu)
- Starší konstrukce (objevily se vady, či poruchy s možným vlivem na statický systém objektu)
- Na pokraji životnosti (před vydáním stavebního povolení k demolici) [2]

2.1 Vlastnosti betonu

Beton je sám o sobě kompozitní materiál složený z kameniva, vody, cementu a energie. Je obvykle navrhován na pevnost v tlaku, další funkcí betonu v železobetonu je ochrana výztuže. [3]

Zkoumané vlastnosti a metody pro jejich zjištění:

- Pevnost betonu v tlaku – zkoušky na lise, ultrazvuk, či tvrdoměrná metoda.
- Stejnorodost – ultrazvuková, či tvrdoměrná metoda, popř. objemová hmotnost.
- Modul pružnosti betonu – zkoušky na jádrových vývrtech, či ultrazvuková metoda
- Objemová hmotnost – ultrazvuková metoda či hydrostatické vážení
- Míra karbonatace – fenolftaleinová zkouška, či chemický rozbor
- Chemické vlastnosti betonu – chemický rozbor [1]

Beton dále prochází vývojem a jeho značení také, proto norma ČSN 730038 uvádí následující tabulky pro snazší orientaci.

Tabulka 2.1 Porovnání starších betonů [4]

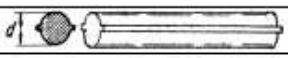
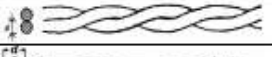
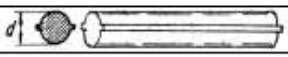
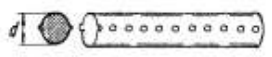
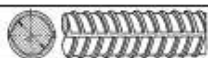
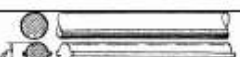
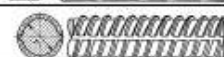
ČSN 1090	ČSN 731201	ČSN 732011	ČSN 731201	EN 206	zaručená pev. R_{bg} [mPa]	kontrolní pev. $R_{b,cb}$ [mPa]
193-1956	od r. 1970	od r. 1956	od r. 1986	od r. 2001		
a	0I	60	-	-	3,5	5,5
b	-	80	B 5	-	5	7,5
c	0	105	B 7,5	-	7,5	10,5
d	I	135	B 10	V 8/10	10	13,5
-	-	-	B 12,5	-	12,5	16,5
e	II	170	-	-	13,5	17,5
-	-	-	B 15	C 12/15	15	19,5
f	III	250	B 20	C 16/20	20	25
-	-	-	B 25	C 20/25	25	30
g	IV	330	-	-	28	33
-	-	-	B 30	C 25/30	30	25
-	-	400	B 35	-	35	40
-	-	-	-	C 30/37	37	42
-	V	-	B 40	-	40	45
-	-	500	B 45	C 35/45	45	50
-	VI	-	V 50	C40/50	50	55
-	-	600	B 55	C 45/55	55	60
-	-	-	B 60	C 50/60	60	65

2.2 Vlastnosti oceli

Na ocel je na rozdíl od betonu nahlíženo jako na homogenní materiál. V železobetonových konstrukcích je obvykle navrhována na tah, i když v některých případech se v železobetonu objevuje i jako tlačená. V případě oceli se na rozdíl od betonu zaměřujeme mimo její jakosti také na její rozmístění a aktuální stav. Ocel dle tvaru lze zatřídit na základě tabulky 2.2. Zkoumané vlastnosti a metody pro jejich určení:

- Pevnost bet. výztuže v tahu – Vychází z druhu použitých výztuží, tahová zkouška
- Druh bet. výztuže – sekaná sonda, tahová zkouška
- Množství a poloha výztuže – sekaná sonda, georadar, mag. indikátory, radiografie
- Míra koroze ocelové výztuže – sekaná sonda, akustické metody [1]

Tabulka 2.2 Betonářská výztuž v historii [5]

Druh	Označení		Tvar	Předpis
	hutní	ve výkresu		
	C 34			ČSN 1016 - 1926
	C 38			ČSN 1090 – 1931
Carbon commercial	Cc			ČSN 1090 – 1931
Jakostní	-			ČSN 1090 – 1931
	C 45			
	C 50			
Betonářská	Cb			ČSN 1091 - 1935
	C 37			ČSN 1230 – 1937
	C 52			ČSN 1230 – 1937
Beton speciál	-			-
10 002	Ob	A		
10 370	37			
10 372	37P	B		
10 373		Bs; BA; As-0		
10 452	45P	C		
10 472	47P-Isteg	I		
10 492	49P-Toros	T		
10 512	51P-Roxor	ROX; R		
10 513		ROXs, Rs		
10 453		Cs		
10 512		L (LAROX)		
10 513		Ls (LAROX)		
10 400		A-III		
10 402		RK		
10 210		A; A – 0		
10 300		A – II		ČSN 42 5538

3 Diagnostika železobetonové konstrukce

V rámci diagnostiky železobetonových konstrukcí se počítá se zkoušením prvků.

Možné metody se dělí na:

- Nepřímé
 - Metody využívají druhotných vlastností, na základě kterých dopočítáváme jiné vlastnosti, na jejichž základě konstrukci posuzujeme.
 - Např. tvrdoměrné, ultrazvukové, magnetické indikátory atd. [6]
- Přímé
 - Metody zkoumají přímo vlastnost, která nás zajímá
 - Např. jádrové vývrty, odtrhové zkoušky atd. [6]

3.1 Vybrané metody pro zkoumání vlastností železobetonu

Pro praktickou část však budou využity pouze vybrané metody. Tyto metody jsou podrobně popsány v následujících podkapitolách.

3.1.1 Georadar (GPR)

Tato metoda se neomezuje pouze na detekci ocelové výztuže, ale zaznamenává i nejrůznější nehomogenity v betonu, jako jsou plastová potrubí, dřevo, či sklo. Jedním z nejmodernějších přístrojů pro diagnostiku stavebních konstrukcí je přístroj Hilti PS 1000, který využívá technologie georadaru. Tento přístroj umožňuje skenovat rozsáhlejší plochy (podle velikosti rastrových map) a detekci předmětů ve více vrstvách. Aktuální cena přístroje je 32900 USD [7] [8]

Technické údaje:

- Max hloubka pro detekci předmětu 400 mm
- Přesnost lokalizace $\pm 1\text{cm}^2$
- Přesnost určení hloubky <10 cm: ± 1 cm, >10 cm: ± 15 %
- Min. vzdálenost mezi zkoušenými výztužemi 4 cm
- Provozní teplota -10 až 50 °C
- Rychlost skenování <0,5m/s [8]

Nejdůležitější funkce:

- Maximální hloubka detekce 400 mm
- Pomocí 3 antén umožňuje prohlížet v reálném čase 2D a 3D barevný obraz skenovaného prvku a jeho záznam pro následné zkoumání na počítači v půdorysu i průřezu.
- Dva režimy skenování: Imagescan (pro následné zpracování) a Quickscan (pro označování na stavbě) [7]
- K přístroji patří mimo skener dále software a tablet.

Pro podrobnější detekci naskenovaných dat lze tato data zpracovat v software HILTI PROFIS Detection, který umožňuje:

- Zpracování dat do 3D modelů, včetně 2D a 3D půdorysných a průřezových zobrazení.
- Sloučení dat z více zaznamenávacích systémů jako je Hilti PS 250 Ferroskan do dat získaných systémem HILTI PS 1000
- Vložení souřadnicové sítě, značky vzdáleností a vyvrtaných otvorů.
- Export do softwaru HILTI PROFIS Anchors a 3D aplikací jako je např. Autocad, Revit, Structures. [7]



Obr. 3.1 Balení Hilti PS 1000 x-scan [9]

3.1.2 Magnetické indikátory

V rámci stavebně technického průzkumu bylo využito přístroje Profometer PM 630. Tento přístroj využívá pulsně-indukční technologii pro liniový sken prvku. Umožňuje určit polohu a průměr výztuže, hloubku krytí výztuže. Přístroj vyrábí firma Proceq a nabízí jej za cenu 3600 USD. Přístroj je náchylný na působení elektrických polí. [10] [11] [1]

Technické údaje:

- Maximální hloubka pro detekci výztuže do 185 mm
- Přesnost hloubky krytí ± 1 až 4 mm
- Maximální měřitelný průměr 63 mm
- Přesnost měření průměru ± 1 třída výztuže [10]



Obr. 3.2 Profometer PM 630 [12]

3.1.3 Sekaná sonda

Tuto metodu lze zařadit mezi metody semidestruktivní a je založena na přímé, vizuální kontrole výztuže. Výhodou této metody je cena a přímý kontakt s výztuží, což nám umožňuje prozkoumat mimo jejího průměru také míru koroze, mechanické poškození, či její tvar, který nám v mnoha případech prozrazuje, o jaký druh výztuže jde a výztuži je možné takto přisoudit vhodné vlastnosti pro další výpočet. Odhalení výztuže však s sebou nese to riziko, že pokud nebudou práce dokončeny řádným zapravením sekaných sond, je výztuž vystavena přímému působení vzduchu a vlhkosti. Sekanou sondu provádíme především jako kontrolní metodu k nedestruktivním zkouškám pro zjišťování výztuže. Sekané sondy bývají v případě nutnosti prokázání výztuží v druhé vrstvě doplněny horizontálními či svislými návrty (na obrázku zaznačení kolečkem a šipkou. [13]



Obr. 3.3 Sekaná sonda s bočním návrtem [13]

3.1.4 Pevnost v tlaku vývrtu na lise

Provedení vývrtu je vždy velkým zásahem do konstrukce a z toho důvodu je nutno pečlivě zvážit kolik a jak velkých vývrtů je nutno provést. [14]

Odběr vývrtů z konstrukce se řídí normou ČSN EN 12504. [15]

Vývrty se dále upravují na zkušební tělesa dle normy ČSN EN 12390-1. Pokud vývrty této normě nevyhovují, postupujeme dle normy ČSN EN 12390-3 příloha B. [16] [15]

Provedení zkoušky:

Zkoušku provádíme na lise, který vyhovuje požadavkům normy ČSN EN 12390-4. Při samotném zkoušení vzorku se řídíme normou ČSN EN 12390-3. Po provedení zkoušky, a tedy porušení vzorku kontrolujeme tvar porušení dle normy ČSN EN 12390. [17]

Přepočet pevnosti v tlaku na tělesech jiných než normových rozměrů:

Přepočet řídí norma ČSN EN 12390-3, příloha Z1. Přepočítává se na válcovou pevnost $f_{c,cube}$ (normového těles průměru 150 mm a výšky 300 mm) pomocí součinitele štíhlosti $k_{c,cyl}$ a součinitele příčného rozměru $k_{c,cube}$. [17]

$$f_{c,cyl} = k_{c,cube} * k_{c,cyl} * \frac{F}{Ac} [17]$$

Součinitel $k_{c,cube}$ lze získat experimentálně minimálně z 16 zkoušek nebo bereme jeho hodnotu rovnou 0,95 pro $d = 100$ mm, či 0,91 pro $d = 50$ mm, případně interpolací mezi těmito hodnotami. [17]

$$k_{c,cyl} = 0,80 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}} [17]$$

Pro přepočet válcové pevnosti na krychelnou slouží součinitel $k_{cyl,cube}$ viz tabulka 3.1.

$$f_{c,cube} = k_{cyl,cube} * f_{c,cyl} [17]$$

Tabulka 3.1 Převodní součinitel $k_{cyl,cube}$ v závislosti na $f_{c,cyl}$ [17]

$f_{c,cyl}$ [mPa]	8	12	16	20	25	30	35	40
$k_{cyl,cube}$	1,252	1,252	1,252	1,251	1,249	1,246	1,242	1,236
$f_{c,cyl}$ [mPa]	45	50	55	60	70	80	90	100
$k_{cyl,cube}$	1,230	1,223	1,215	1,206	1,195	1,184	1,172	1,159

Výpočet pevnosti betonu v tlaku:

$$f_c = F_{max} / A_c \text{ [17]}$$

F_{max} – maximální dosažené zatížení

A_c – zatěžovací plocha tělesa

Vypočtená hodnota pevnosti se dále zaokrouhlí na 0,1 mPa [17].

Vyhodnocení zkoušky:

Zkoušku lze vyhodnotit dvěma způsoby, a to dle norem:

- ČSN ISO 13822
- ČSN EN 13791 [18]

Doporučuje se hodnocení dle normy ČSN ISO 13822, jelikož je konzervativnější, přesto však budeme v této práci postupovat dle normy ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích.

Norma ČSN EN 13791 rozlišuje dva přístupy, a to pro hodnocení zkoušek o množství 15 a více zkoušek (postup A) a pro 3 až 14 zkoušek (postup B). [19]

Dle normy je minimální počet zkoušených vzorků 6, a to u „známé“ konstrukce, tedy u konstrukce, u které je známa projektová dokumentace, či jsou známy její vlastnosti. V případě, že je konstrukce „neznáma“ je minimální počet zkušebních míst mnohem vyšší. Z výsledků se stanoví průměrná hodnota m_x , směrodatná odchylka s_x a variační součinitel V_x , podle následujících vztahů [20]:

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n} [20]; \quad s_x^2 = \frac{\sum (x_i - m_x)^2}{n-1} [20]; \quad V_x = \frac{s_x}{m_x} [20]$$

Z předpokladu normálního rozdělení se charakteristická hodnota X_k (dolní 5 % kvantil) stanoví ze vztahu:

$$X_k = m_x * (1 - k_n * V_x) [20]$$

$k_{n,x}$ Součinitel pro stanovení 5% kvantil, viz tab. 3.1

Tabulka 3.2 Součinitele $k_{n,x}$ pro stanovení 5% kvantilu (charakteristické hodnoty) [20]

Počet n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
$k_{n,x}$ pro V_x známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$k_{n,x}$ pro V_x neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Na základě takto získané charakteristické hodnoty pevnosti je beton zatříděn do skupiny, u které překonal horní hranici pevnosti. [20]

Tabulka 3.3 Pevnostní třídy obyčejného a těžkého betonu [21]

Pevnostní třída v tlaku	Minimální charakteristická válcová pevnost $f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	Minimální charakteristická krychelná pevnost $f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

ČSN EN 13791

Postup A

Dle tohoto postupu se charakteristická pevnost betonu stanoví jako menší z hodnot:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} + k_2 * s ; f_{ck, is} = f_{is, nejmenší} + 4 \text{ mPa} [19]$$

k_2 – koeficient dle národní přílohy EN 13791, není-li stanoven rovná se 1,48

s – výběrová směrodatná odchylka nemá být vyšší než 2 mPa

$f_{is, nejmenší}$ – nejmenší hodnota získaná ze zkoušek. [19]

Postup B

Dle tohoto postupu se charakteristická pevnost betonu stanoví jako menší z hodnot:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k ; f_{ck, is} = f_{is, nejmenší} + 4 \text{ mPa} [19]$$

k – součinitel vycházející z tabulky, závislý na počtu zkoušek n

Tabulka 3.4 Součinitel k v mPa v závislosti na počtu zkoušek

n	k
10 až 14	5
7 až 9	6
3 až 6	7

Takto získané hodnoty se po vyhodnocení dále zatřídí do jednotlivých pevnostních tříd podle tabulky 13. [19]

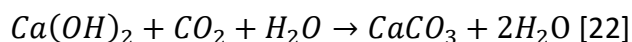
Tabulka 3.5 Charakteristické pevnosti betonu v konstrukcích v tlaku [19]

Pevnostní třída betonu podle ČSN EN 206-1	Poměr charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci k charakteristické pevnosti betonu v tlaku normových těles	Minimální charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci Mpa	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cube}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15	0,85	10	13
C16/20	0,85	14	17
C20/25	0,85	17	21
C25/30	0,85	21	26
C30/37	0,85	26	31
C35/45	0,85	30	38
C40/50	0,85	34	43
C45/55	0,85	38	47
C50/60	0,85	43	51

3.1.5 Fenolftaleinová zkouška

Zkouška se zabývá zkoumáním míry karbonatace betonu. Karbonatace betonu je druh degradace, kdy chemicky reaguje oxid uhličitý obsažený ve vzduchu se složkami tmelu, které zajišťují jeho zásaditost. [1]

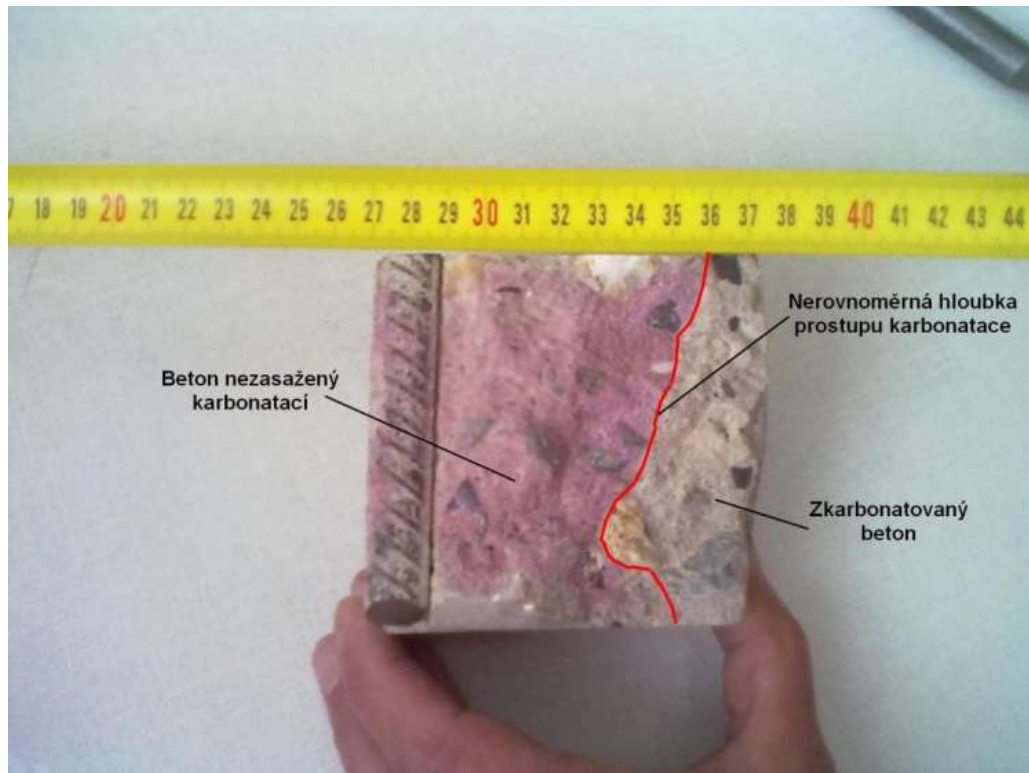
Tuto reakci popisujeme rovnicí:



S ubíhajícím časem tímto procesem beton ztrácí svoji zásaditost do stále větší hloubky. Zásaditost betonu v krycí vrstvě výztuže bezpečně zajišťuje její protikorozi ochranu až do doby, kdy hodnota pH betonu v úrovni výztuže klesne pod 9. Aby bylo možno při diagnostickém zkoumání konstrukce efektivně zjistit hloubku karbonatace betonu, využíváme reakce fenolftaleinu, který při styku s prostředím, které má hodnotu pH vyšší než 9,5, zčervená. [23]

Postup:

Zkoumaný vzorek povrchově očistíme destilovanou vodou, necháme chvíli oschnout a poté aplikujeme jednoroztok fenolftaleinu. Zkoušku popisuje norma ČSN EN 14630. [24]



Obr. 3.4 Výsledek fenolftaleinové zkoušky [25]

3.2 Stavebně technický průzkum

Dále jen STP je proces úkonů, který vede ke statickému zhodnocení stavu stavební konstrukce. Průběh STP se mění podle charakteru objektu, typu budoucího zatížení, či přístupnosti atd. Z tohoto důvodu je každý prováděný stavební průzkum jedinečný. Proto je důležité, aby STP vedla zkušená osoba v oboru zkušebnictví a diagnostika staveb. [26]

STP lze provést ve třech stupních:

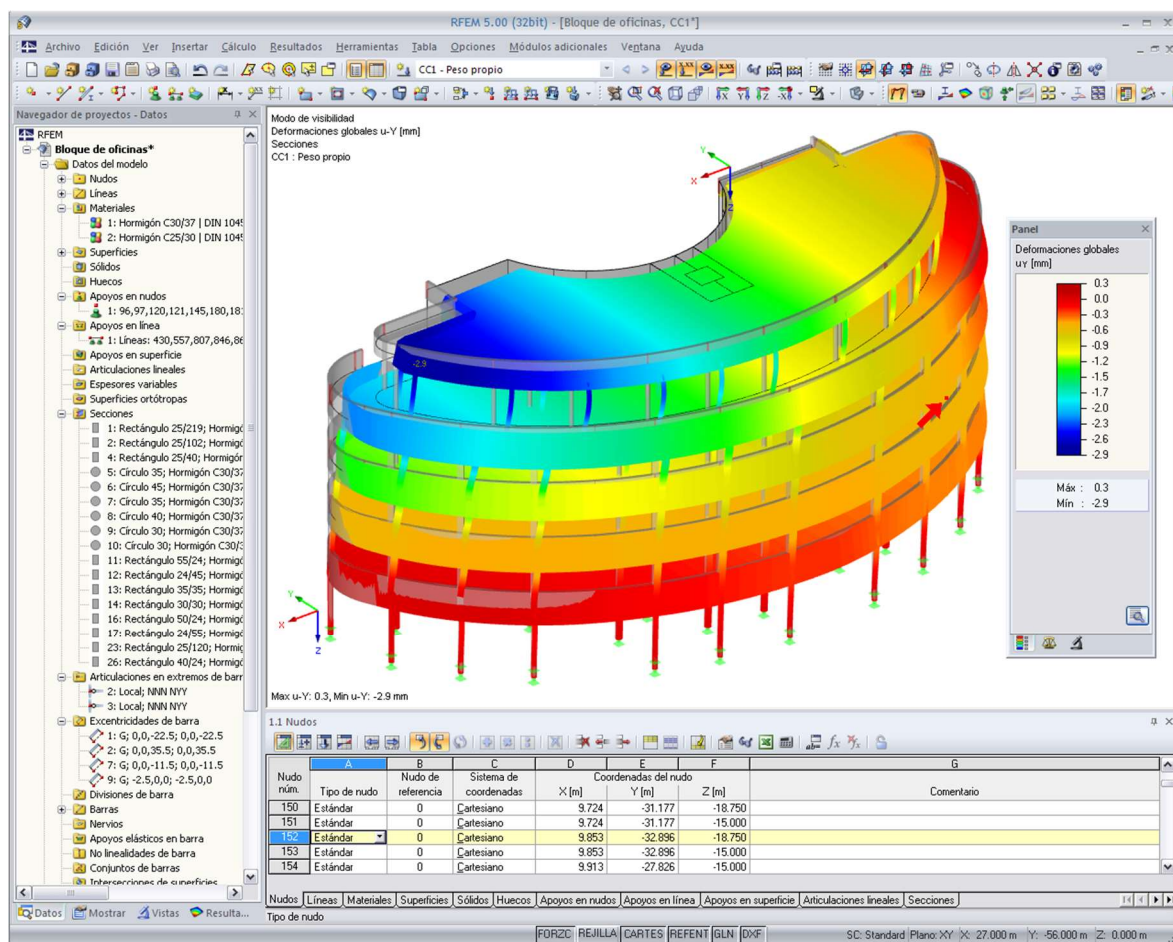
- **Předběžný** – Pro potřeby zadávací studie rekonstrukce, modernizace atd.
 - Podklady (projektová dokumentace, fotodokumentace z období výstavby, stavební deník, záznamy z provedených rekonstrukcí, příběhy od pamětníků)
 - Vývoj v užívání objektu
 - Vzájemné působení stavby a okolních objektů (včetně inženýrských sítí)
 - Vizuální prohlídka (popis vad a poruch, ověření shody stávajícího stavu objektu s projektovou dokumentací)
 - Rozhodnutí o okamžitých opatřeních [2]
- **Podrobný** – Pro zpracování statických výpočtů a projektové dokumentace
 - Aktualizace stávajícího stavu (odchylky od předběžného STP)
 - Fotodokumentace stávajícího stavu (na fotografie vhodné umístit měřítko)
 - Specifikace zjištěných vad a poruch konstrukce
 - Stanovení fyzikálních a mechanických vlastností materiálů pomocí destruktivních a nedestruktivních metod.
 - Ověření geologického profilu, především hydrogeologických poměrů.
- **Doplňující** – Pro doplnění podrobného STP [2] [20]

Závěrečná zpráva by měla vyčerpávajícím způsobem popsat stav zkoumané stavební konstrukce. [20] Postup pro provedení STP je uveden v ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. [20]

3.3 Program R-FEM

Jde o software pro statické výpočty využívající metody konečných prvků. Program R-FEM je základem celé programové řady od firmy Dlubal. Tato řada je postavena na modulární skladbě, kdy se hlavní program R-FEM používá pro zadávání konstrukcí, materiálů a zatížení na rovinné či prostorové konstrukční systémy, které se skládají z prutů, desek, stěn a skořepin. R-FEM vypočítává deformace, vnitřní a podporové síly, a také napětí v základové spáře. Přídavné moduly dále usnadňují zadávání údajů pomocí automatického vytváření konstrukcí a provádí další analýzy a posouzení. Program R-FEM lze také využívat při projektování BIM, které se stává v Evropě trendem a u nás v posledních letech předmětem diskuzí. [23]

V praktické části této práce budeme pracovat s verzí programu R-FEM 5.16. Pro výpočet deformací a vnitřních sil bude dále využito analýzy podle teorie druhého řádu. V tomto případě program na rozdíl od lineárního výpočtu konstrukci po lineárním zdeformování znovu zatíží a výsledky tak jsou bližší reálnému působení konstrukce. [23]



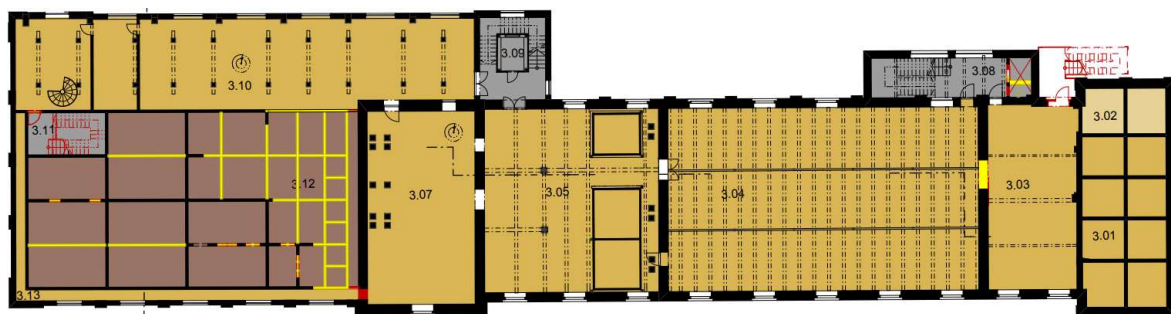
Obr. 3.5 Printscreen pracovního prostředí R-FEM [23]

4 Atributy průzkumu

4.1 Popis objektu

Areál automatických mlýnů v Pardubicích má bohatou historii, s kterou se pojí množství stavebních změn a zásahů. V rámci stavebního průzkumu byla řešena budova samotného mlýna, jehož původní (monolitická) část byla postavena v roce 1911 Josefem Gočárem, a přistavěná (prefabrikovaná) část byla vystavěna roku 1958 podle návrhu arch. Karla Řepy. Původní část objektu byla vystavěna jako pětipodlažní, avšak ve mlýně došlo roku 1919 k požáru a v rámci přestavby byl objekt zvýšen o jedno podlaží a přistavěná část z roku 1958 byla vystavěna již jako šestipodlažní. Takto tato budova bez větších stavebních zásahů fungovala až do roku 2012. V dnešní době je objekt zkoumán pro předpokládané využití jako galerie. [27]

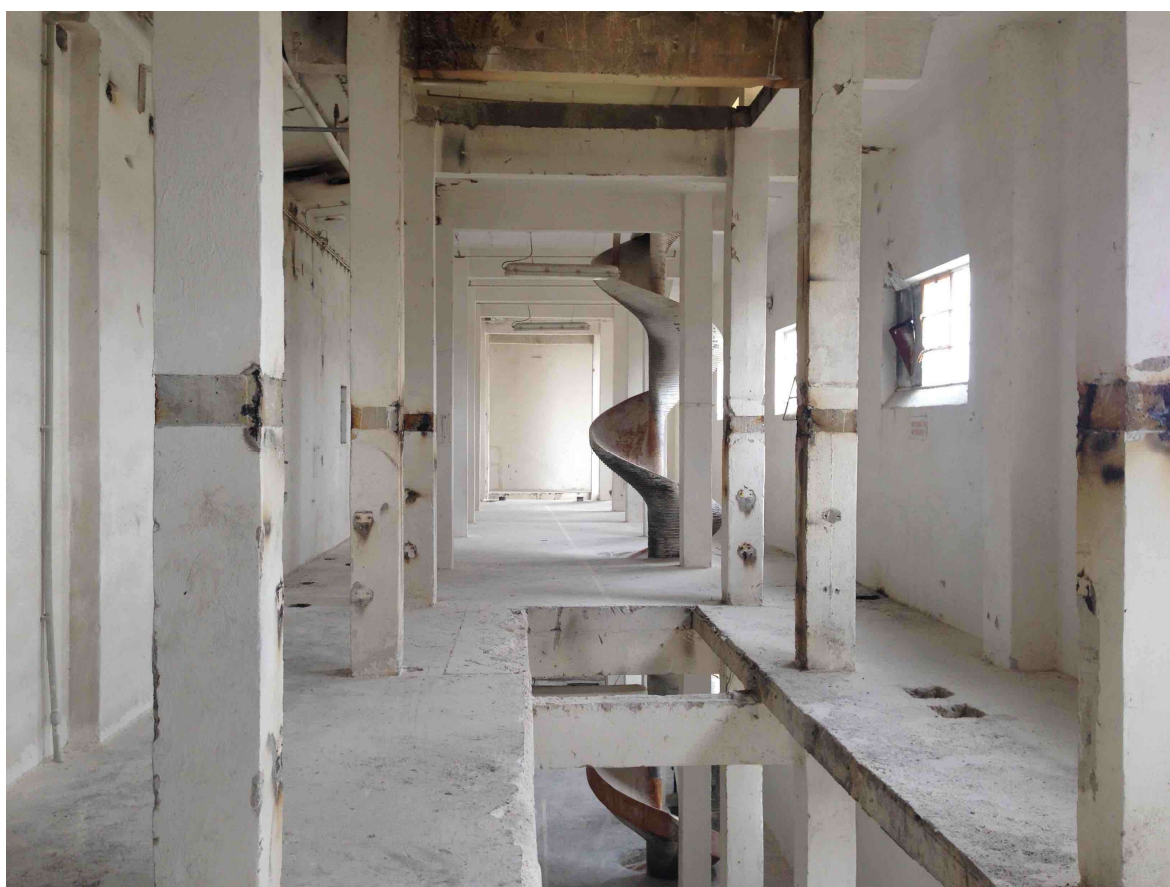
Objekt je vystavěn jako skeletový železobetonový systém s výplněmi z keramického zdiva. Stropy objektu tvoří železobetonové desky uložené na trámech, které jsou uloženy na průvlacích podepřených sloupy. Stropní průvlaky jsou rozšířeny v místě podpory o svislé náběhy. Stropy novějšího přistavěného objektu se skládají z dřevěných trámů uložných na ocelových průvlacích, které spočívají na litinových hlavicích ocelových sloupů. Zastavěná plocha objektu činí 1476 m². [27]



Obr. 4.1 Půdorys objektu [27]

4.2 Důvod provedení průzkumu stavby

Objekt při předběžném průzkumu nevykazoval závažnější poruchy v podobě trhlin, poklesů, či změny geometrie. Z tohoto důvodu byl navržen podrobný stavebně technický průzkum, který má zjistit aktuální kondici objektu a dále být podkladem pro statický výpočet, kdy nový majitel předpokládá změnu v užívání objektu na uměleckou galerii. Praktická část této diplomové práce je zpracována jako doprovodná k diagnostickému průzkumu, jenž se zabýval mimo budovu mlýnu také obilnými sily, která byla postavena v roce 1924 a k námi zkoumanému objektu jsou připojena mostem v úrovni 5NP.



Obr. 4.2 Dispozice objektu [28]

4.3 Rozsah průzkumu a použité metody

Tento průzkum se zabývá zkoumáním betonu a jeho výztuže jak u vodorovných, tak svislých nosných konstrukcí budovy. Průzkum probíhal ve všech podlažích budovy a bylo při něm zkoumáno celkem 18 investorem předem vytipovaných prvků, z toho 3 železobetonové sloupy, 12 stropních trámů a 3 stropní desky.

Výčet zkoumaných prvků:

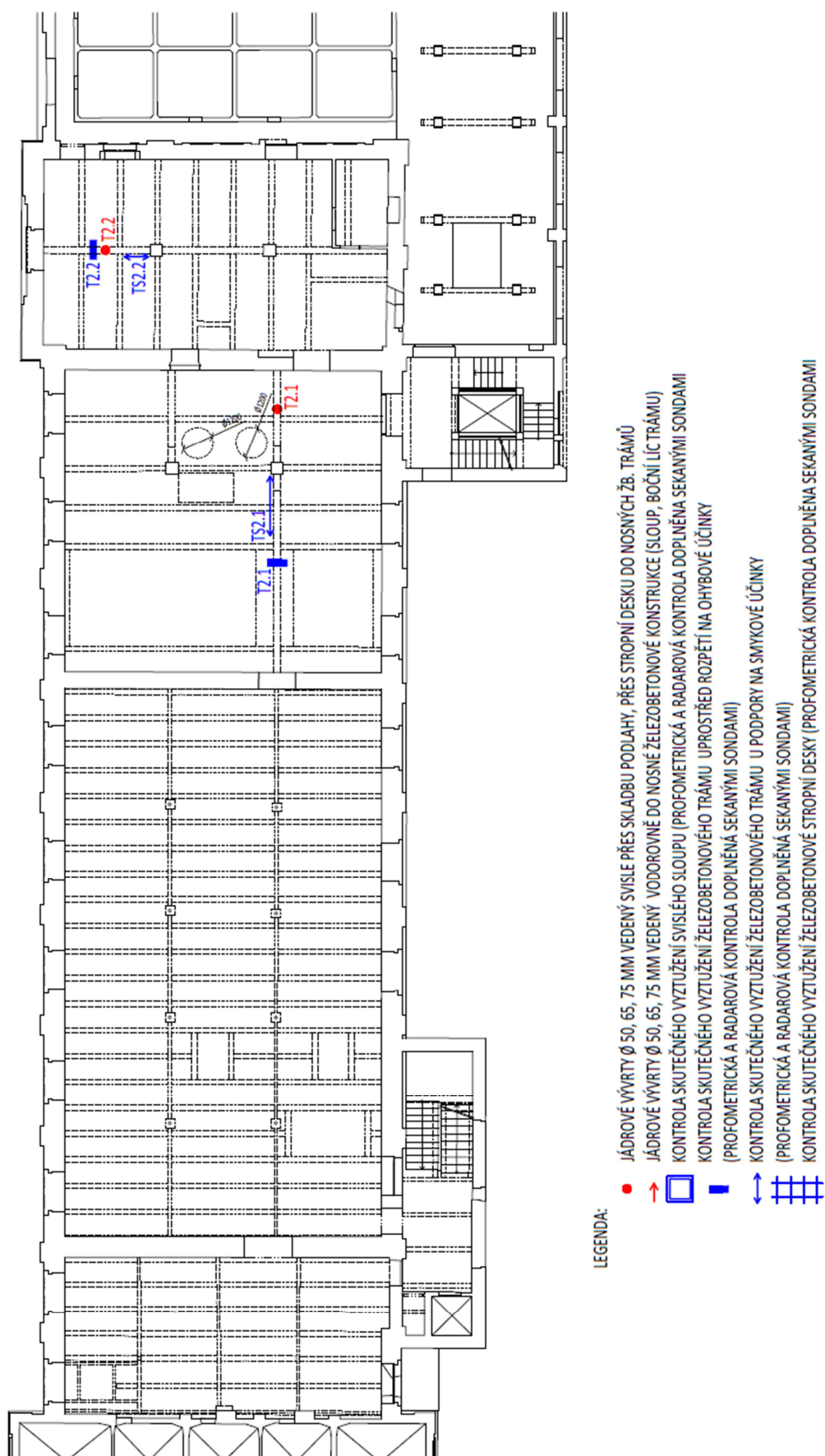
- S3.1, S4.1, S5.1
- D3.1, D4.1, D5.1
- T2.1, T2.2, T3.1, T3.2, T3.3, T4.1, T4.2, T4.3, T4.4, T5.1, T5.2, T5.3

Písmeno značí o jaký prvek jde, první číslo podlaží, ve kterém se prvek nachází a poslední číslo identifikuje prvek v rámci daného podlaží.

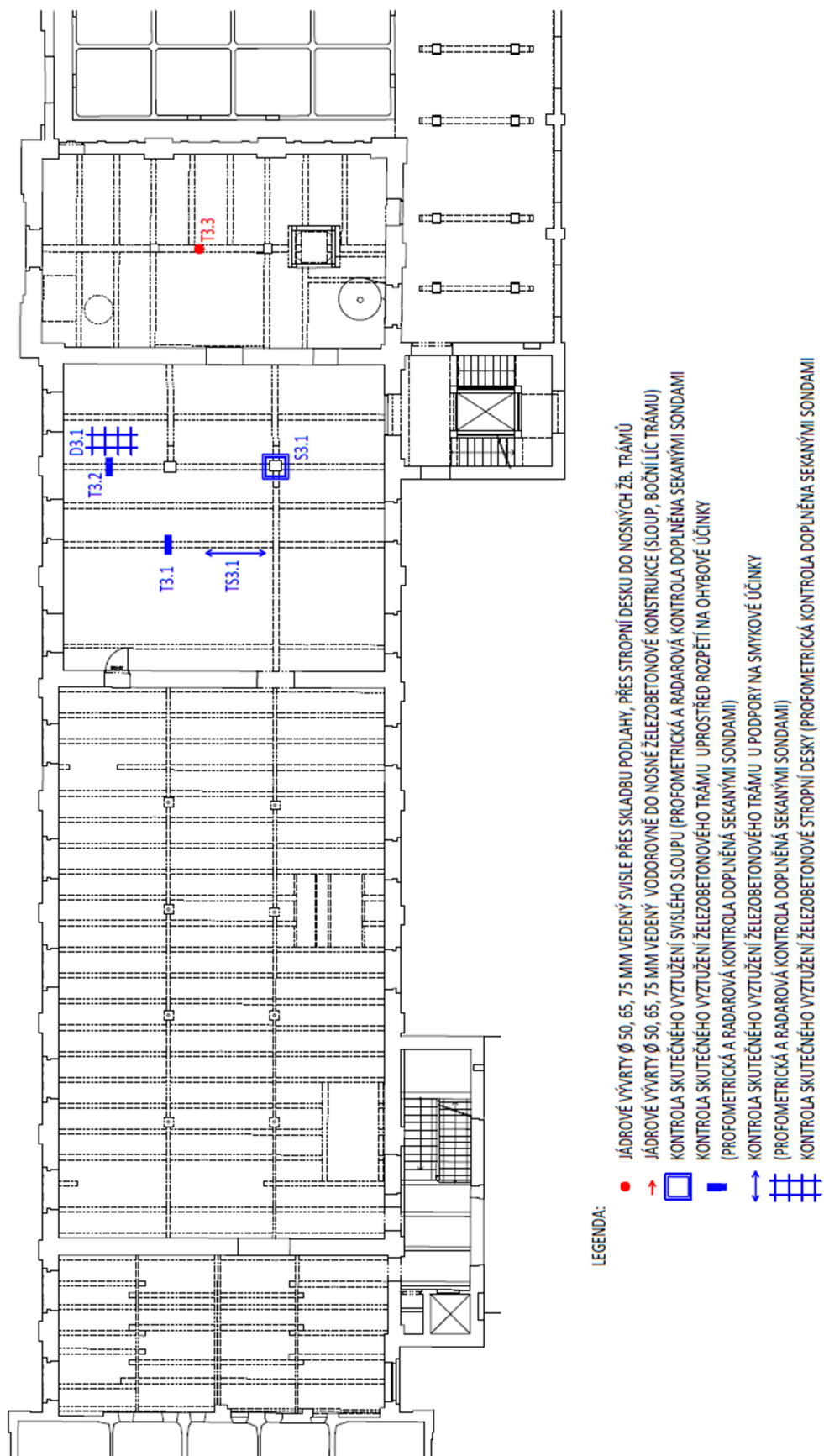
Ke stanovení pevnosti betonu bylo využito zkoušky pevnosti na vývrtech, viz kapitola 3.1.3, pro stanovení míry a hloubky karbonatace. Byla provedena fenolftaleinovou zkoušku, viz kapitola 3.1.4. Při zkoumání výztuže bylo využito kombinace metod GPR viz kapitola 3.1.1 a Profometeru PM-630, viz kapitola 3.1.2 a sekané sondy 3.1.3.

Pro zjišťování výztuže v železobetonu by bylo možno také účinně využít metody radiografie, avšak nasazení této metody by bylo problematické jak po stránce finanční, časové, ale i technologické, kdy jsou kladeny zvláštní nároky nejen pro samotné provádění radiografických měření, ale i pro přesun přístrojů.

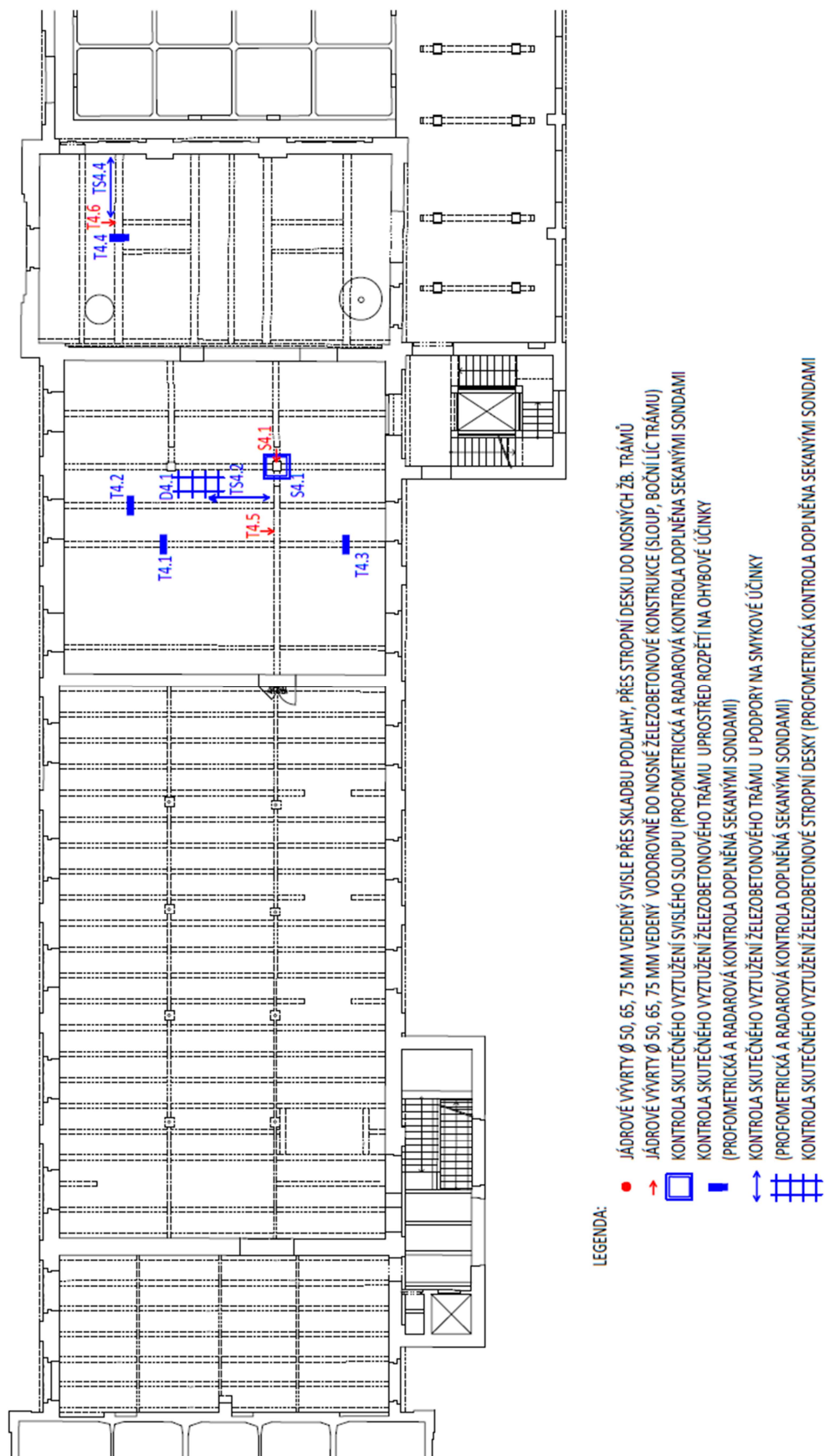
4.3.1 Půdorysy 2.NP



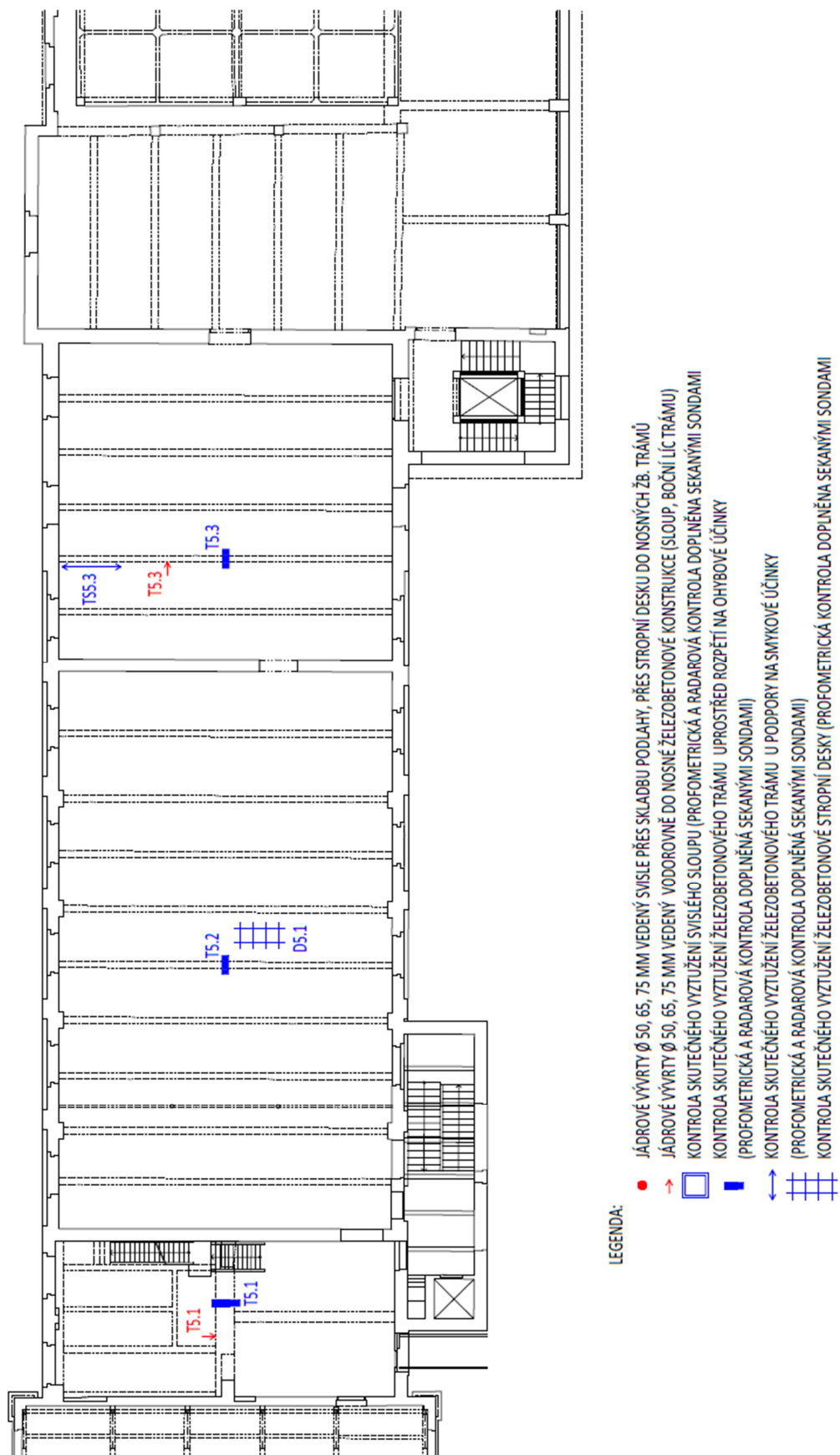
4.3.2 Půdorysy 3.NP



4.3.3 Pūdorys 4.NP



4.3.4 Půdorys 5.NP



5 Provedení a výsledky průzkumu

Tato kapitola se zabývá prováděním zkoušek a následným vyhodnocováním. Kapitola je dále rozdělena do podkapitol pro zkoumání vlastností betonu a výztuže. Na základě výsledků tohoto průzkumu bude dále zpracován statický výpočet jednotlivých prvků.

5.1 Odběr vzorků betonu

Postup odběru je teoreticky popsán v kapitole 3.1.3 této práce. Odběr byl proveden pomocí jádrové vrtací soupravy HILTI DD 120 a DD 200 s příslušenstvím. Dále po odběru vzorku byla na každém jádrovém vývrtu zkoušena míra karbonatace pomocí fenolftaleinové zkoušky popsané v kapitole 3.1.4 této práce.

5.1.1 Vzorek S 3.1

Jádrový vývrt $\varnothing$ 75 mm odebraný vodorovně ze svislého nosného kruhového sloupu ve 3. NP, orientační poloha sondy je zaznačena šipkou (směr odběru vzorku) viz kapitola 4.3.2.

Základní údaje:

- Hloubka provedeného jádrového návrtu cca 220 mm
- Při odběru vzorku nebyla porušena žádná výztuž
- Karbonatace betonu zasahuje do hloubky cca 12–15 mm

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s mírnou povrchovou porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry do 3 mm
- Hrubé kamenivo těžené, frakce max. 16 mm, je rovnoměrně rozmístěné po celé délce vyjmutého vzorku betonu
- Ze vzorku jsou vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.1 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu S3.1 [28]



Obr. 5.2 Měření hloubky vývrtu S3.1 [28]



Obr. 5.3 Pohled na ostění po odebrání vývrtu S3.1. [28]



Obr. 5.4 Laboratorní foto odebraného vývrtu S3.1 po provedení fenolftaleinové zkoušky s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.2 Vzorek S 4.1

Jádrový vývrt $\varnothing$ 50 mm odebraný vodorovně ze svislého nosného kruhového sloupu ve 4. NP, orientační poloha sondy je zaznačena šipkou (směr odběru vzorku) viz kapitola 4.3.3.

Základní údaje:

- Hloubka provedeného jádrového návrtu cca 230 mm
- Při odběru vzorku nebyla porušena žádná výztuž
- Karbonatace betonu zasahuje do hloubky cca 6–8 mm

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s mírnou povrchovou porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry do 3 mm
- Hrubé kamenivo těžené, frakce max. 11 mm, je rovnoměrně rozmístěné po celé délce vyjmutého vzorku betonu
- Ze vzorku jsou vyrobeny 3 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.5 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu S4.1. [28]



Obr. 5.6 Měření hloubky vývrtu S4.1. [28]



Obr. 5.7 Pohled na ostění po odebrání vývrtu S4.1. [28]



Obr. 5.8 Laboratorní foto odebraného vývrtu S4.1 po provedení fenolftaleinové zkoušky s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.3 Vzorek S 5.1

Jádrový vývrt $\varnothing$ 75 mm odebraný vodorovně ze svislého nosného kruhového sloupu v 5. NP, orientační poloha sondy je zaznačena šipkou (směr odběru vzorku) viz kapitola 4.3.4.

Základní údaje:

- Hloubka provedeného jádrového návrtu cca 210 mm
- Při odběru vzorku nebyla porušena žádná výztuž
- Karbonatace betonu zasahuje do hloubky cca 60–65 mm

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s viditelně nižším obsahem pojiva (cementu)
- Beton se zvýšenou povrchovou porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry do 3 mm
- Pouze drobná frakce kameniva (frakce max. 8 mm)
- Ze vzorku jsou vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.9 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu S5.1. [29]



Obr. 5.10 Měření hloubky vývrtu S5.1. [28]



Obr. 5.11 Pohled na ostění po odebrání vývrtu S5.1. [28]



Obr. 5.12 Laboratorní foto odebraného vývrtu S5.1 s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.4 Vzorek T 2.1

Jádrový vývrt $\varnothing$ 50 mm odebraný svisle dolů přes skladbu podlahy ve 3. NP do stropního průvlaku nad 2. NP, orientační poloha sondy je zaznačena kolečkem viz kapitola 4.3.1.

Základní údaje:

- Byly provedeny 2 návrtý do betonu (první ukončen při kontaktu s bet. výztuží)
- Povrchová úprava podlahy (vsyp, stěrka atd.) 2 mm
- Beton stropní desky (spára mezi žebrem a deskou) 80 mm
- Beton stropního průvlaku (žebra) cca 180 mm
- Karbonatace betonu kvůli odběru vzorku přes podlahu nebyla určena

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s výraznější porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry do 5 mm v celé délce
- Hrubé kamenivo těžené, frakce max. 16 mm, je rovnoměrně rozmístěné po celé délce vyjmutého vzorku betonu (menší podíl hrubé frakce kameniva)
- Ze vzorku jsou vyrobeny 3 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.13 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu T2.1. [28]



Obr. 5.14 Měření hloubky vývrtu T2.1. [28]



Obr. 5.15 Pohled na ostění po odebrání vývrtu T2.1. [28]



Obr. 5.16 Laboratorní foto odebraného vývrtu T2.1 s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.5 Vzorek T 2.2

Jádrový vývrt $\varnothing$ 50 mm odebraný svisle dolů přes skladbu podlahy ve 3. NP do stropního průvlaku nad 2. NP, orientační poloha sondy je zaznačena kolečkem viz kapitola 4.3.1.

Základní údaje:

- Byly provedeny 2 návrtý do betonu (první ukončen při kontaktu s bet. výztuží)
- Podlahový beton 45 mm
- Beton nosné desky cca 80 mm
- Beton stropního průvlaku (žebra) cca 300 mm
- Karbonatace betonu kvůli odběru vzorku přes podlahu nebyla určena
- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s mírnou porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry o velikosti cca 2–3 mm
- Hrubé kamenivo těžené, frakce max. 11 mm, je rovnoměrně rozmístěné po celé délce vyjmutého vzorku betonu (menší podíl hrubé frakce kameniva)
- Ze vzorku jsou vyrobeny 3 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.17 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu T2.2. [28]



Obr. 5.18 Měření hloubky vývrtu T2.2. [28]



Obr. 5.19 Pohled na ostění po odebrání vývrtu T2.2. [28]



Obr. 5.20 Laboratorní foto odebraného vývrtu T2.2 s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.6 Vzorek T 3.3

Jádrový vývrt $\varnothing$ 65 mm odebraný svisle dolů přes skladbu podlahy ve 4. NP do stropního průvlaku nad 3. NP, orientační poloha sondy je zaznačena kolečkem viz kapitola 4.3.2.

Základní údaje:

- | | |
|---|--------|
| • Povrchová úprava podlahy (vsyp, stěrka atd.) | 1–2 mm |
| • Podlahový beton | 40 mm |
| • Podkladní beton | 20 mm |
| • Beton nosné desky | 90 mm |
| • Návrh do stropního žebra | 130 mm |
| • Karbonatace betonu kvůli odběru vzorku přes podlahu nebyla určena | |

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s mírnou porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry o velikosti 2–3 mm
- Hrubé kamenivo těžené, frakce max. 11 mm, je rovnoměrně rozmístěné po celé délce vyjmutého vzorku betonu (menší podíl hrubé frakce kameniva)
- Ze vzorku jsou vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



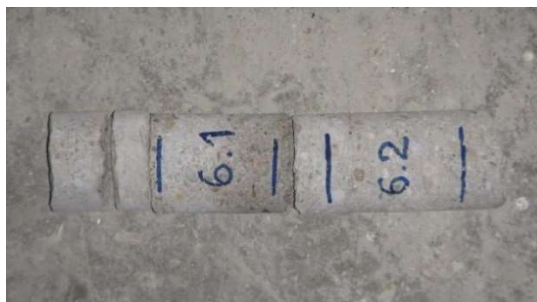
Obr. 5.21 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu T3.3. [28]



Obr. 5.22 Měření hloubky vývrtu T3.3. [28]



Obr. 5.23 Pohled na ostění po odebrání vývrtu T3.3. [28]



Obr. 5.24 Laboratorní foto odebraného vývrtu T3.3 s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.7 Vzorek T 4.5

Jádrový vývrt $\varnothing$ 75 mm odebraný vodorovně ze železobetonového průvlaku stropní konstrukce nad 4. NP, orientační poloha sondy je zaznačena šipkou viz kapitola 4.3.3.

Základní údaje:

- Hloubka provedeného jádrového vývrtu (tl. průvlaku) 225 mm
- Při odběru vzorku nebyla porušena žádná výztuž
- Karbonatace betonu dosahuje do hloubky cca 5–10 mm z obou stran vývrtu

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s mírnou porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry o velikosti do 3 mm
- Hrubé kamenivo těžené, frakce max. 11 mm, je rovnoměrně rozmístěné po celé délce vyjmutého vzorku betonu
- Ze vzorku jsou vyrobená 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.25 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu T4.5. [28]



Obr. 5.26 Měření hloubky vývrtu T4.5. [28]



Obr. 5.27 Pohled na ostění po odebrání vývrtu T4.5. [28]



Obr. 5.28 Laboratorní foto odebraného vývrtu T4.5 po provedení fenolftaleinové zkoušky s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.8 Vzorek T 4.6

Jádrový vývrt $\varnothing$ 75 mm odebraný vodorovně ze železobetonového průvlaku stropní konstrukce nad 4. NP, orientační poloha sondy je zaznačena šipkou viz kapitola 4.3.3.

Základní údaje:

- Hloubka provedeného jádrového vývrtu (tl. průvlaku) 235 mm
- Při odběru vzorku nebyla porušena žádná výztuž
- Karbonatace betonu dosahuje do hloubky cca 5 mm s výrazným dobarvením v hloubce 45–50 mm

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s mírnou povrchovou porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry o velikosti do 3 mm
- Hrubé kamenivo těžené, frakce max. 11 mm, je rovnoměrně rozmístěné po celé délce vyjmutého vzorku betonu, menší podíl hrubé frakce
- Ze vzorku jsou vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.29 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu T4.6. [28]



Obr. 5.30 Měření hloubky vývrtu T4.6. [28]



Obr. 5.31 Pohled na ostění po odebrání vývrtu T4.6. [28]



Obr. 5.32 Laboratorní foto odebraného vývrtu T4.6 po provedení fenolftaleinové zkoušky s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.9 Vzorek T 5.1

Jádrový vývrt $\varnothing$ 75 mm odebraný vodorovně ze železobetonového průvlaku stropní konstrukce nad 5. NP, orientační poloha sondy je zaznačena šipkou viz kapitola 4.3.4.

Základní údaje:

- Hloubka provedeného jádrového vývrtu 215 mm
- Při odběru vzorku nebyla porušena žádná výztuž
- Karbonatace betonu dosahuje do hloubky cca 10–15 mm

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton s mírnou povrchovou porozitou, bez dutin, bez kaveren
- Hrubé kamenivo těžené, frakce max. 16 mm, je rovnoměrně rozmístěné po celé délce vyjmutého vzorku betonu
- Ze vzorku jsou vyrobená 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.33 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu T5.1. [28]



Obr. 5.34 Měření hloubky vývrtu T5.1. [28]



Obr. 5.35 Pohled na ostění po odebrání vývrtu T5.1. [28]



Obr. 5.36 Laboratorní foto odebraného vývrtu T5.1 po provedení fenolftaleinové zkoušky s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.1.10 Vzorek T 5.3

Jádrový vývrt $\varnothing$ 75 mm odebraný vodorovně ze železobetonového průvlaku stropní konstrukce nad 5. NP, orientační poloha sondy je zaznačena šipkou viz kapitola 4.3.4.

Základní údaje:

- Hloubka provedeného jádrového vývrtu 210 mm
- Při odběru vzorku nebyla porušena žádná výztuž
- Karbonatace betonu dosahuje do hloubky cca 10–15 mm

Popis betonu:

- Struktura betonu je uspokojivá bez výraznějších odlišností ve složení receptury betonu (barva po délce vzorku, drsnost betonu na povrchu atd.)
- Beton se sníženým obsahem pojiva (cementu)
- Beton se zvýšenou povrchovou porozitou, bez dutin, bez kaveren, póry do 2 mm
- Beton pouze z drobné frakce kameniva max. 8 mm
- Ze vzorku jsou vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti betonu v tlaku



Obr. 5.37 Pohled na odběrné místo jádrového vývrtu T5.3. [28]



Obr. 5.38 Měření hloubky vývrtu T5.3. [28]



Obr. 5.39 Pohled na ostění po odebrání vývrtu T5.3. [28]



Obr. 5.40 Laboratorní foto odebraného vývrtu T5.3 po provedení fenolftaleinové zkoušky s označením pro rozdělení na zkušební tělesa. [28]

5.2 Stanovení pevnostní třídy betonu na jádrových vývrtech

5.2.1 Svislé nosné sloupy

Tabulka 5.1 Pevnosti jednotlivých zkušebních těles ze sloupů

Ozn.	naměřené veličiny				díličí součinitelé				vyhodnocení			
	rozměry vzorku		Hmot. vzorku	max. síla	Štíhlost prvku	Oprav. souč.	Oprav. souč.	převod. souč.	Objem. hmot.	pevnost vzorku	Válcová pevnost	Krychelná pevnost
	Ø	délka										
	d	L	m	F	λ	$k_{c,cyl}$	$k_{c,cube}$	$k_{cyl,cube}$	D	f_c	$f_{c,cyl}$	$f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[g]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[mPa]	[mPa]	[mPa]
V12.1	73,96	77,43	714,8	72,7	1,047	0,865	0,929	1,252	2150	16,9	13,6	17,0
V12.2	73,92	77,26	692	76,4	1,045	0,865	0,929	1,252	2090	17,8	14,3	17,9
V4.1	50,16	54,52	217,9	34,8	1,087	0,876	0,910	1,252	2020	17,6	14,0	17,6
V4.2	50,13	54,52	219,1	34,9	1,088	0,876	0,910	1,252	2040	17,7	14,1	17,7
V4.3	49,83	54,43	215,8	33,3	1,092	0,877	0,910	1,252	2030	17,1	13,6	17,1
V2.1	73,89	77,4	671	56,7	1,048	0,866	0,929	1,252	2020	13,2	10,6	13,3
V2.2	73,84	76,87	669,9	54,2	1,041	0,864	0,929	1,252	2040	12,7	10,2	12,7

Tabulka 5.2 Statistické hodnocení zkoušek betonu ze sloupů dle ČSN EN 1990 v souladu s normou ČSN ISO 13822

veličina	označení	hodnota	jednotka
Objemová hmotnost betonu	D	2060	[kg/m ³]
Střední (arit. průměr) hodnota krychelné pevnosti betonu	m_x	16,2	[mPa]
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	2,19	[mPa]
Výsledný variační koeficient	V_x	0,136	[%]
Součinitel odhadu 5%-ního kvantilu	k_n	2,09	[-]
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$X_{k,is}$	11,597745	[mPa]
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206	C 8/10		

5.2.2 Vodorovné nosné konstrukce trámy

Tabulka 5.3 Pevnosti jednotlivých zkušebních těles z trámů

Ozn.	naměřené veličiny				dílní součinitelé				vyhodnocení			
	rozměry vzorku		hmot. vzorku	max. síla	Štíhlost prvku	oprav. souč.	oprav. souč.	převod. Souč.	objem. Hmot.	pevnost vzorku	válcová pevnost	krychelná pevnost
	Ø	délka										
	d	L	m	F	λ	$k_{c,cyl}$	$k_{c,cube}$	$k_{cyl,cube}$	D	fc	$f_{c,cyl}$	$f_{c,cube}$
	[mm]	[mm]	[g]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kg/m ³]	[mPa]	[mPa]	[mPa]
V10.1	49,92	53,98	221	42	1,081	0,875	0,910	1,252	2090	21,5	17,1	21,4
V10.2	49,69	55,26	214,2	38,6	1,112	0,882	0,910	1,252	2000	19,9	16,0	20,0
V10.3	50,06	53,84	228,2	46	1,076	0,873	0,910	1,251	2150	23,4	18,6	23,2
V13.1	64,52	71,56	509,5	77,3	1,109	0,881	0,922	1,251	2180	23,6	19,2	24,0
V13.2	64,49	68,17	492,4	78,6	1,057	0,868	0,922	1,251	2210	24,1	19,3	24,1
V13.3	64,46	77,71	547,5	73,6	1,206	0,901	0,922	1,251	2160	22,6	18,7	23,4
V6.1	64,55	69,64	471,2	84,2	1,079	0,874	0,922	1,251	2070	25,7	20,7	25,9
V6.2	64,2	72,7	484,9	67,5	1,132	0,886	0,921	1,252	2060	20,9	17,0	21,3
V5.1	74	77,23	733,3	98,2	1,044	0,864	0,929	1,251	2210	22,8	18,3	23,0
V5.2	73,98	77,59	731,7	94,8	1,049	0,866	0,929	1,252	2190	22,1	17,7	22,2
V9.1	74,15	77,19	726,2	74,9	1,041	0,864	0,929	1,252	2180	17,3	13,9	17,4
V9.2	74,02	77,59	733,7	78,3	1,048	0,866	0,929	1,252	2200	18,2	14,6	18,3
V1.1	73,92	76,95	705,3	98,9	1,041	0,864	0,929	1,251	2140	23,0	18,5	23,1
V1.2	73,95	77,42	711,7	104	1,047	0,865	0,929	1,251	2140	24,3	19,5	24,4
V3.1	74,07	77,59	686,5	76,4	1,048	0,866	0,929	1,252	2050	17,7	14,3	17,9
V3.2	73,92	77,22	676,3	78,3	1,045	0,865	0,929	1,252	2040	18,2	14,7	18,4

Tabulka 5.4 Statistické hodnocení zkoušek betonu z trámů dle ČSN EN 1990 v souladu s normou ČSN ISO 13822

veličina	označení	hodnota	jednotka
Objemová hmotnost betonu	D	2130	[kg/m ³]
Střední (arit. průměr) hodnota krychelné pevnosti betonu	m_x	21,8	[mPa]
Výběrová směrodatná odchylka krychelné pevnosti betonu	s_x	2,64	[mPa]
Výsledný variační koeficient	V_x	0,121	[%]
Součinitel odhadu 5%-ního kvantilu	k_n	1,824	[-]
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$X_{k,is}$	16,95	[mPa]
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206	C 12/15		

5.3 Vyztužení prvků

5.3.1 Sonda T 2.1

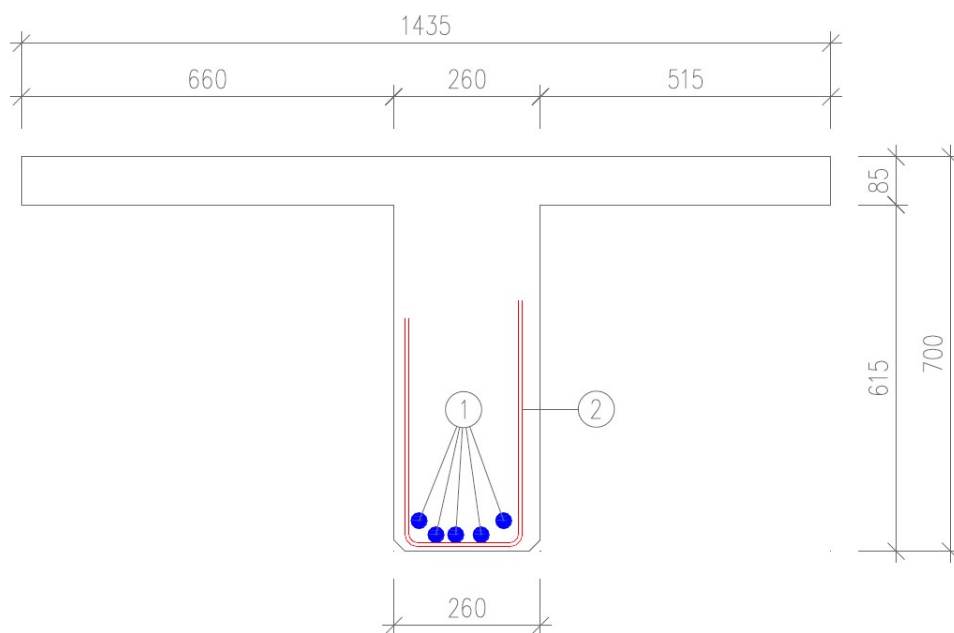
Kontrola vyztužení stropního trámu uprostřed rozpětí v 2.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.1.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze
- Třmínky s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.41 Schéma vyztužení trámu T 2.1 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 5 Ø 28 hladká výztuž s krytím krajních výztuží 40 mm a vnitřních výztuží 20 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž Ø 7 mm



Obr. 5.42 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T2.1. [28]



Obr. 5.43 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T2.1. [28]



Obr. 5.44 Pohled na spodní líc sekané sondy trámu T 2.1 s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]



Obr. 5.45 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu T 2.1. [28]



Obr. 5.46 Měření průměru hlavní nosné výztuže. [28]



Obr. 5.47 Měření průměru smykové výztuže (třmínků), viditelná povrchová koroze. [28]

5.3.2 Sonda TS 2.1

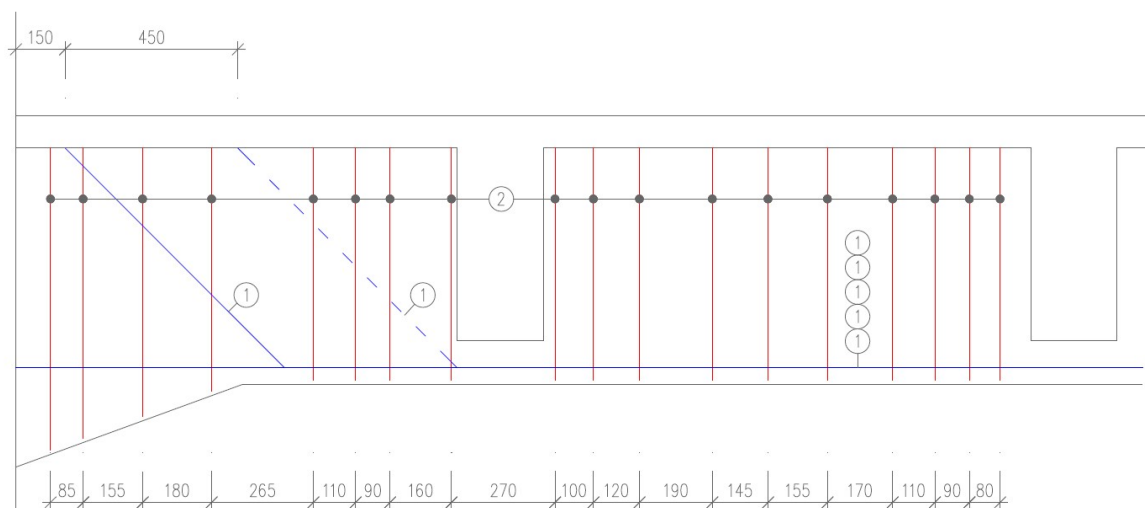
Kontrola vyztužení totožného stropního trámu jako u sondy T 2.1 na smykové namáhání u vnitřní podpory označena oboustrannou šipkou viz kapitola 4.3.1.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Odhalený ohyb výztuže bez povrchové koroze
- Třmínky s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.48 Schéma vyztužení trámu T 2.1 u vnitřní podpory. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 5 Ø 28 hladká výztuž s krytím krajních výztuží 40 mm a vnitřních výztuží 20 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž Ø 7 mm od podpory po: 90; 85; 155; 180; 265; 110; 90; 180; 270; 100; 120; 190; 145; 155; 170; 110; 90; 80; 80 mm



Obr. 5.49 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření smykové výztuže trámu TS2.1. [28]



Obr. 5.50 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření smykové výztuže trámu TS2.1. [28]



Obr. 5.51 Měření průměru smykové výztuže (třmínků), bez viditelných známek koroze. [28]



Obr. 5.52 Měření krycí vrstvy ohýbané výztuže. [28]



Obr. 5.53 Měření průměru odhaleného ohybu výztuže. [28]

5.3.3 Sonda T 2.2

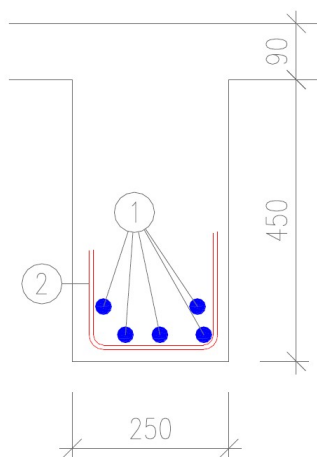
Kontrola vyztužení stropního trámu uprostřed rozpětí v 2.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.1.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze
- Třmínky s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.54 Schéma vyztužení trámu T 2.2 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 5 $\varnothing$ 28 hladká výztuž s krytím krajních výztuží v první vrstvě 30 mm v druhé vrstvě 75 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž $\varnothing$ 7 mm



Obr. 5.55 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trávě T2.2. [28]



Obr. 5.56 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trávě T2.2. [28]



Obr. 5.57 Pohled na spodní líc sekané sondy trávě T2.2 s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]



Obr. 5.58 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trávě T2.2. [28]



Obr. 5.59 Měření průměru hlavní nosné výztuže. [28]

5.3.4 Sonda TS 2.2

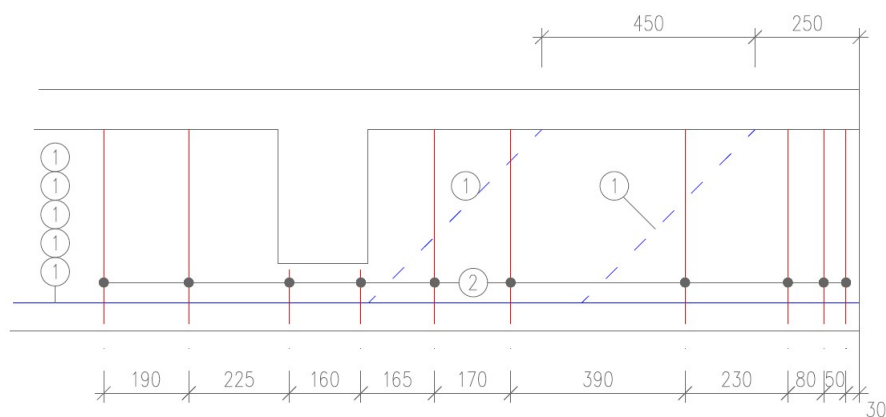
Kontrola vyztužení totožného stropního trámu jako u sondy TS 2.2 na smykové namáhání u vnitřní podpory zaznačena oboustrannou šipkou viz kapitola 4.3.1.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Odhalený ohyb výztuže bez povrchové koroze
- Třmínky s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.60 Schéma vyztužení trámu TS 2.2 u vnitřní podpory. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 5 $\varnothing$ 28 hladká výztuž s krytím krajních výztuží 40 mm a vnitřních výztuží 20 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž $\varnothing$ 7 mm od podpory po: 30; 50; 80; 230; 390; 170; 165; 160; 225; 190 mm



Obr. 5.61 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření smykové výztuže trámu TS2.2. [28]



Obr. 5.62 Lokalizace sekané sondy trámu TS2.2. [28]

5.3.5 Sonda T 3.1

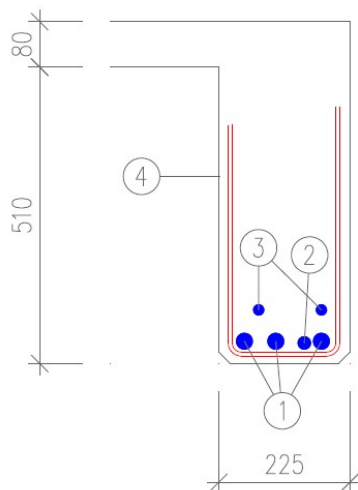
Kontrola vyztužení stropního trámu uprostřed rozpětí v 2.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.2.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží
- Do trámu je přes svorníky přikotveno dřevěné silo

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze



Obr. 5.63 Schéma vyztužení trámu T 3.1 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 3 Ø 28 hladká výztuž s krytím 25 mm
- ② 1 Ø 22 hladká výztuž s krytím 25 mm
- ③ 2 Ø 18 hladká výztuž s krytím 85 mm

Třmínky:

- ④ hladká výztuž Ø 7 mm



Obr. 5.64 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T3.1. [28]



Obr. 5.65 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T3.1. [28]



Obr. 5.66 Pohled na spodní líc sekané sondy trámu T3.1 s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]



Obr. 5.67 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu T3.1. [28]



Obr. 5.68 Měření průměru hlavní nosné výztuže v 1. vrstvě. [28]



Obr. 5.69 Měření průměru hlavní výztuže ve 2. vrstvě. [28]

5.3.6 Sonda TS 3.1

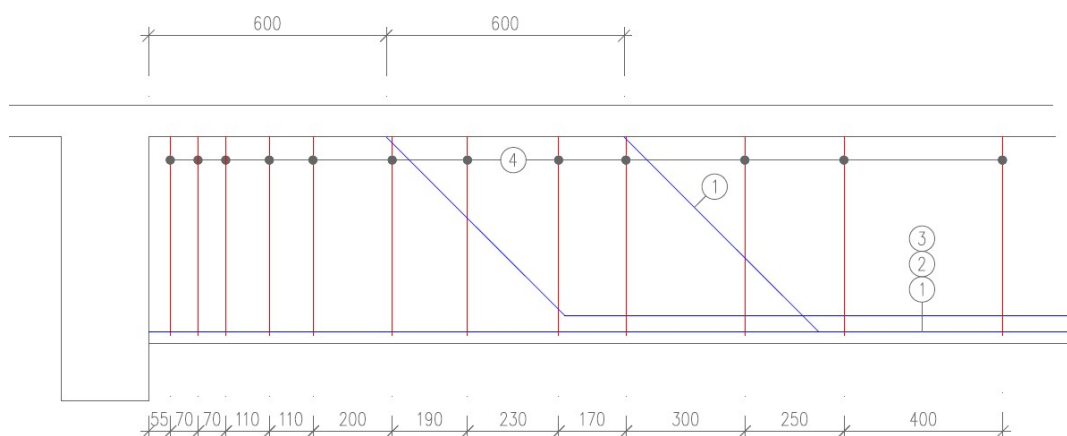
Kontrola vyztužení totožného stropního trámu jako u sondy T 3.1 na smykové namáhání u vnitřní podpory označena oboustrannou šipkou viz kapitola 4.3.2.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Odhalený ohyb výztuže bez povrchové koroze
- Třmínky s mírnou povrchovou korozí.



Obr. 5.70 Schéma vyztužení trámu T 3.1 u vnitřní podpory. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 3 Ø 28 hladká výztuž s krytím 25 mm
- ② 1 Ø 22 hladká výztuž s krytím 25 mm
- ③ 2 Ø 18 hladká výztuž s krytím 85 mm

Třmínky:

- ④ hladká výztuž Ø 7 mm od podpory po: 55; 70; 70; 110; 110; 200; 190; 230; 170; 300; 250; 400 mm



Obr. 5.71 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření smykové výztuže trámu TS3.1. [28]



Obr. 5.72 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření smykové výztuže trámu TS3.1. [28]

5.3.7 Sonda T 3.2

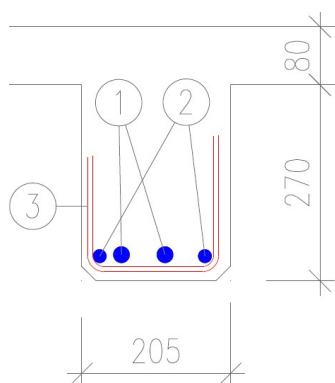
Kontrola vyztužení stropního trámu uprostřed rozpětí v 3.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.2.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze



Obr. 5.73 Schéma vyztužení trámu T 3.2 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 2 Ø 22 hladká výztuž s krytím výztuží 20
- ② 2 Ø 18 hladká výztuž s krytím výztuží 30

Třmínky:

- ③ hladká výztuž Ø 7 mm



Obr. 5.74 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření smykové výztuže trámu T3.2. [28]

5.3.8 Sonda D 3.1

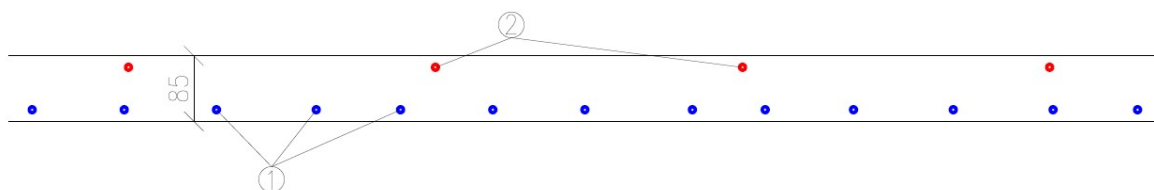
Kontrola vyztužení stropní desky uprostřed rozpětí v 3.NP, poloha zaznačena mřížkou viz kapitola 4.3.2

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Beton stropní desky v dobrém stavu
- Tloušťka stropní desky 85 mm
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze



Obr. 5.75 Schéma vyztužení desky D 3.1 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① Ø 8 hladká výztuž s průměrným krytím 15 mm, jednotlivé rozteče výztuží: 120; 120; 130; 110; 120; 120; 140; 95; 115; 130; 130; 110; 110; 120; 120; 120; 130 mm

Rozdělovací výztuž:

- ② Profometricky určena v osových vzdálenostech po cca 400 mm



Obr. 5.76 Orientační pohled na návrtý za účelem ověření ohybové výztuže desky D 3.1. [28]



Obr. 5.77 Pohled na spodní líc desky D 3.1 s návrtý s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]



Obr. 5.78 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu D 3.1. [28]



Obr. 5.79 Měření průměru hlavní nosné výztuže. [28]

5.3.9 Sonda S 3.1

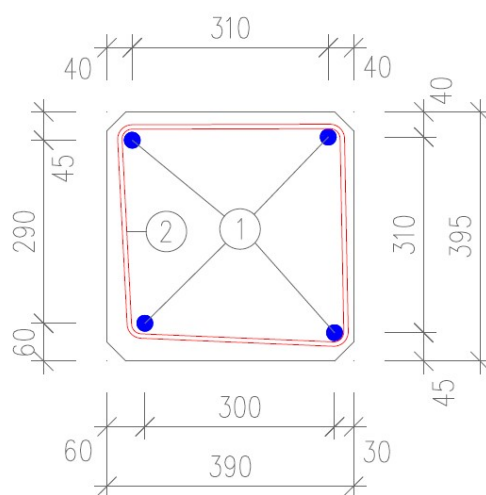
Kontrola vyztužení svislého nosného sloupu s označením S 3.2 ve výšce cca 1000 mm nad úrovní podlahy v 3.NP. Součástí provedené diagnostiky vyztužení jsou doplňkové sekané sondy provedené za účelem zjištění druhu, skutečného krytí a aktuálního stavu použitých výztuží. Poloha zaznačena plným obdélníkem viz kapitola 4.3.2.

Vizuální prohlídka sloupu:

- Prvek bez viditelných vad a poruch
- Nebyly zjevné žádné statické trhliny ani trhliny vzniklé vlivem koroze výztuže

Vizuální prohlídka v sekaných sondách:

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze
- Třmínky s velmi nepatrnou povrchovou korozí



Obr. 5.80 Schéma vyztužení sloupu S3.1 ve vzdálenosti cca 1000 mm od podlahy. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 4 Ø 26 hladká výztuž, poloha výztuží viz obrázek 67

Třmínky:

- ② Ø 7 mm hladká výztuž od podlahy po: 180; 300; 340; 380; 320; 190; 580 mm



Obr. 5.81 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření výztuže Sloupu S 3.1. [28]



Obr. 5.82 Detailní pohled na sloup s měřením šířky sloupu s viditelnými sekanými sondami k výztuži



Obr. 5.83 Měření krycí vrstvy vybrané výztuže. [28]



Obr. 5.84 Měření krycí vrstvy vybrané výztuže. [28]



Obr. 5.85 Měření průměru hlavní nosné výztuže, výztuže s mírnou korozí. [28]



Obr. 5.86 Měření průměru třmínku. [28]

5.3.10 Sonda T 4.2

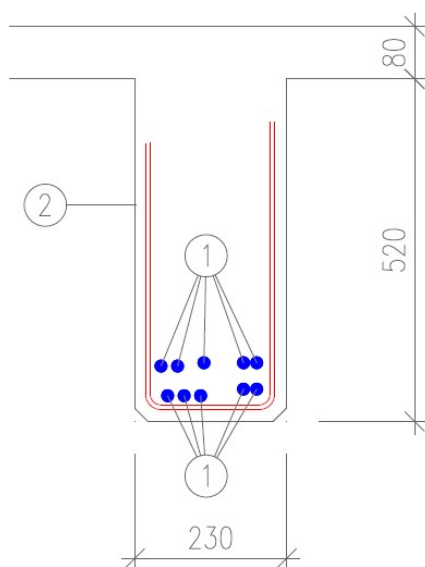
Kontrola vyztužení stropního trámu uprostřed rozpětí v 4.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.3.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny, nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž i třmínky s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.87 Schéma vyztužení trámu T 4.2 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 10 $\varnothing$ 18 hladká výztuž s průměrným krytím první vrstvy (5 výztuží) cca 35 mm a druhé vrstvy (5 výztuží) cca 80 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž $\varnothing$ 7 mm



Obr. 5.88 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T4.2. [28]



Obr. 5.89 Detailní pohled na provedenou sondu pro ověření ohybové výztuže stropního trámu T4.2. [28]



Obr. 5.90 Pohled na spodní líc sekané sondy trámu T 4.2 s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]



Obr. 5.91 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu T 4.2. [28]



Obr. 5.92 Měření průměru hlavní nosné výztuže v 1. vrstvě. [28]



Obr. 5.93 Měření průměru třmínků. [28]

5.3.11 Sonda TS 4.2

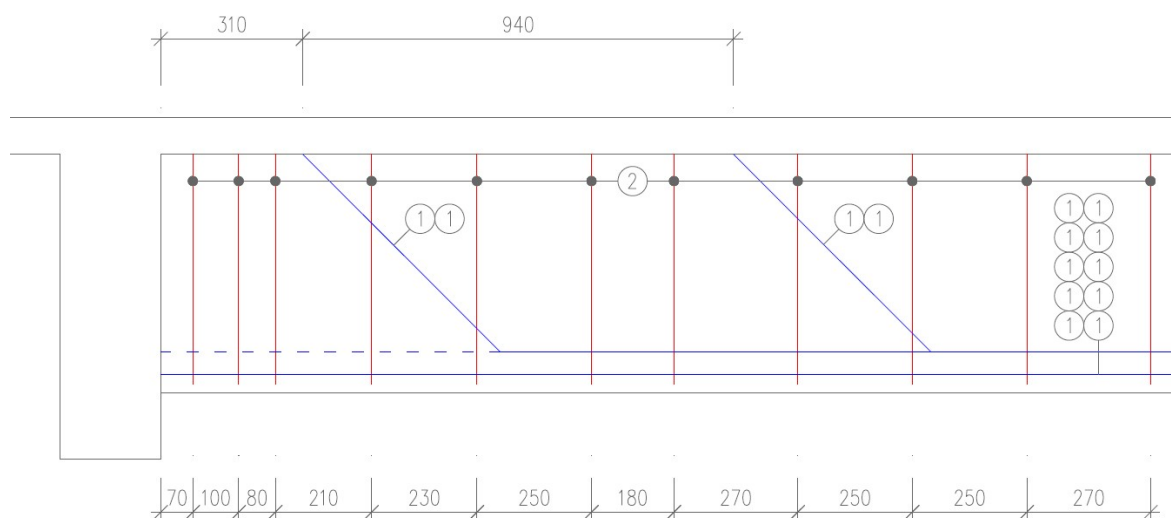
Kontrola vyztužení totožného stropního trámu jako u sondy T 4.2 na smykové namáhání u vnitřní podpory označena oboustrannou šipkou viz kapitola 4.3.3.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Odhalený ohyb výztuže bez povrchové koroze
- Třmínky s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.94 Schéma vyztužení trámu T 4.2 u vnitřní podpory. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 10 Ø 18 hladká výztuž s krytím první vrstvy (5 výztuží) cca 35 mm a druhé vrstvy (5 výztuží) cca 80 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž Ø 7 mm od podpory po: 70; 100; 80; 210; 230; 250; 180; 270; 250; 250; 270 mm



Obr. 5.95 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření smykové výztuže trámu T 4.2. [28]



Obr. 5.96 Detailní pohled na jeden z odhalených ohybů. [28]



Obr. 5.97 Pohled na druhou oblast s odhaleným ohybem. [28]



Obr. 5.98 Měření krycí vrstvy ohýbané výztuže, povrch výztuže bez známek koroze. [28]



Obr. 5.99 Měření průměru smykové výztuže (třmínků), mírná povrchová koroze výztuže. [28]

5.3.12 Sonda T 4.3

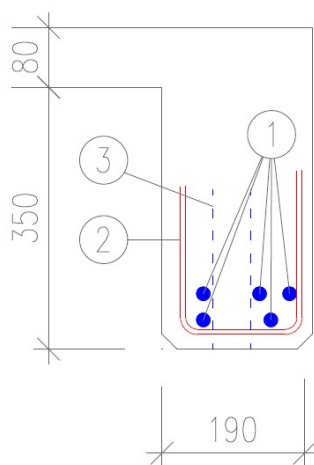
Kontrola vyztužení stropního trámu uprostřed rozpětí v 4.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.3.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.100 Schéma vyztužení trámu T 4.3 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 5 $\varnothing$ 18 hladká výztuž s krytím první vrstvy (2 výztuže) cca 30 mm a druhé vrstvy (3 výztuže) cca 70 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž $\varnothing$ 7 mm

Ostatní

- ③ V prvku zabetonována ocelová trubka vnějšího průměru 50 mm



Obr. 5.101 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T4.3. [28]



Obr. 5.102 Měření krycí vrstvy druhé vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu T4.3. [28]



Obr. 5.103 Detailní pohled na provedenou sondu pro ověření ohybové výztuže stropního trámu T4.3 s viditelnou zabetonovanou ocelovou trubicí. [28]



Obr. 5.104 Detailní pohled na vyztužení trámu T4.3 uprostřed rozpětí z bočního líce ve dvou vrstvách s viditelnou průběžnou trubicí až ke spodnímu povrchu. [28]



Obr. 5.105 Měření průměru hlavní nosné výztuže ve spodní vrstvě výztuže. [28]

5.3.13 Sonda T 4.4

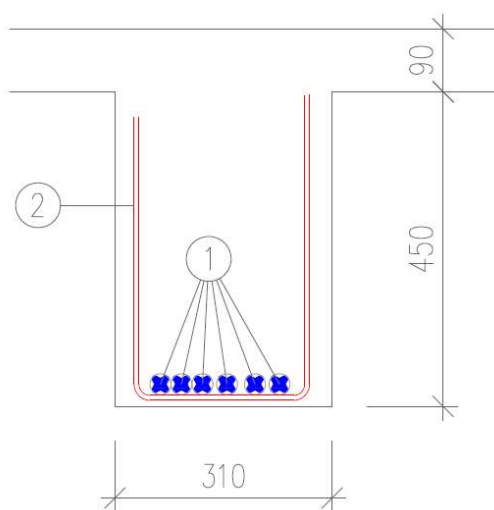
Kontrola vyztužení stropního trámu uprostřed rozpětí v 4.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.3.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze



Obr. 5.106 Schéma vyztužení trámu T 4.4 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 6 Ø ROXOR 30 s krytím 20 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž Ø 6 mm



Obr. 5.107 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T4.4. [28]



Obr. 5.108 Detailní pohled na provedenou sondu pro ověření ohybové výztuže stropního trámu T4.4. [28]



Obr. 5.109 Měření průměru hlavní nosné výztuže



Obr. 5.110 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu T 4.4. [28]



Obr. 5.111 Pohled na spodní líc sekané sondy trámu T 4.4 s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]

5.3.14 Sonda TS 4.4

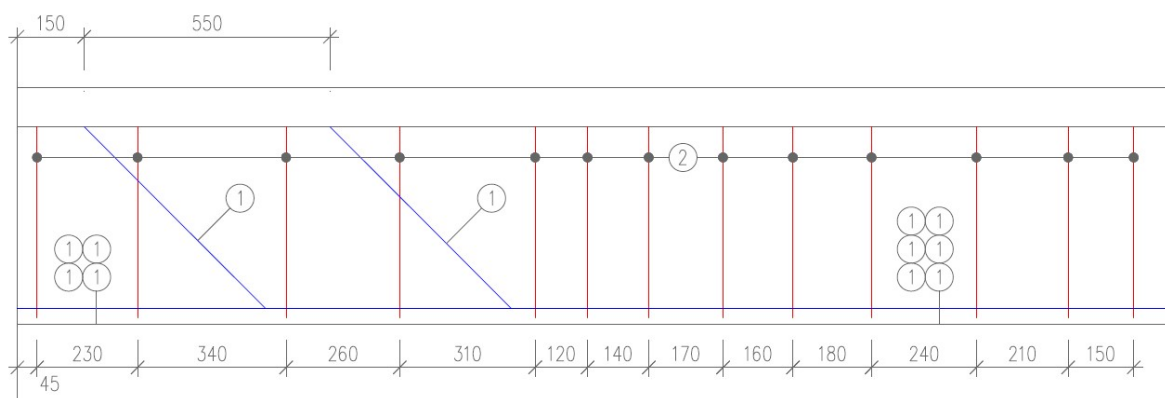
Kontrola vyztužení totožného stropního trámu jako u sondy TS 4.4 na smykové namáhání u vnitřní podpory zaznačena oboustrannou šipkou viz kapitola 4.3.3.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Odhalený ohyb výztuže bez povrchové koroze
- Třmínky s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.112 Schéma vyztužení trámu TS 4.4 u vnitřní podpory. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 6 Ø ROXOR 22 S krytím 20 (do podpory zachovány u spodního líce 4 pruty)

Třmínky:

- ② hladká výztuž Ø 6 mm od podpory po: 45; 230; 340; 260; 310; 120; 140; 170; 160; 180; 240; 210; 150 mm

Fotodokumentace sondy T4.4 nebyla provedena.

5.3.15 Sonda D 4.1

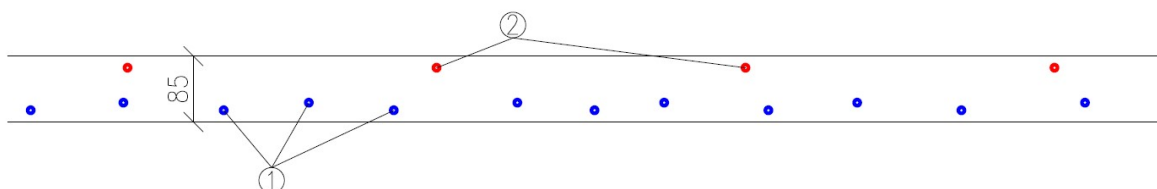
Kontrola vyztužení stropní desky uprostřed rozpětí v 4.NP, poloha zaznačena mřížkou viz kapitola 4.3.3.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Beton stropní desky v dobrém stavu
- Tloušťka stropní desky 85 mm
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.113 Schéma vyztužení desky D 4.1 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① Ø 8 hladká výztuž s průměrným krytím 15–25 mm, jednotlivé rozteče výztuží: 120; 130; 110; 110; 160; 100; 90; 135; 115; 135; 160 mm

Rozdělovací výztuž:

- ② Profometricky určena v osových vzdálenostech po cca 400 mm



Obr. 5.114 Orientační pohled na návrty za účelem ověření ohybové výztuže desky D 4.1. [28]



Obr. 5.115 Pohled na spodní líc desky D 4.1 s návrty s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]



Obr. 5.116 Měření průměru hlavní nosné výztuže. [28]



Obr. 5.117 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu D 4.1. [28]

5.3.16 Sonda S 4.1

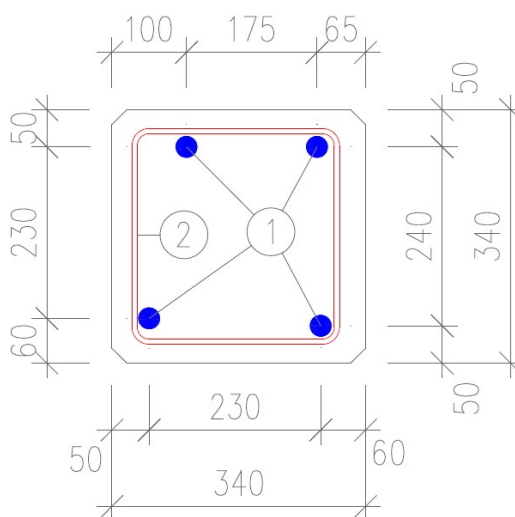
Kontrola vyztužení svislého nosného sloupu s označením S 3.2 ve výšce cca 1000 mm nad úrovní podlahy v 3.NP. Součástí provedené diagnostiky vyztužení jsou doplňkové sekané sondy provedené za účelem zjištění druhu, skutečného krytí a aktuálního stavu použitých výztuží. Poloha zaznačena plným obdélníkem viz kapitola 4.3.3.

Vizuální prohlídka sloupu:

- Prvek bez viditelných vad a poruch
- Nebyly zjevné žádné statické trhliny ani trhliny vzniklé vlivem koroze výztuže

Vizuální prohlídka v sekaných sondách:

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž i třmínky s velmi nepatrnou povrchovou korozí



Obr. 5.118 Schéma vyztužení sloupu S4.1 ve vzdálenosti cca 1000 mm od podlahy. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① 4 Ø 28 hladká výztuž, poloha výztuží viz obrázek 86

Třmínky:

- ② Ø 7 mm hladká výztuž od podlahy po: 420; 165; 280; 325; 420; 560; 280; 340 mm



Obr. 5.119 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření výztuže sloupu S 4.1. [28]



Obr. 5.120 Detailní pohled na sloup s měřením šířky sloupu s viditelnými sekanými sondami k výztuži



Obr. 5.121 Měření krycí vrstvy vybrané svislé výztuže. [28]



Obr. 5.122 Měření krycí vrstvy vybrané svislé výztuže. [28]



Obr. 5.123 Měření průměru hlavní nosné výztuže, výztuže s mírnou povrchovou korozí. [28]



Obr. 5.124 Měření průměru třmínku. [28]

5.3.17 Sonda T 5.1

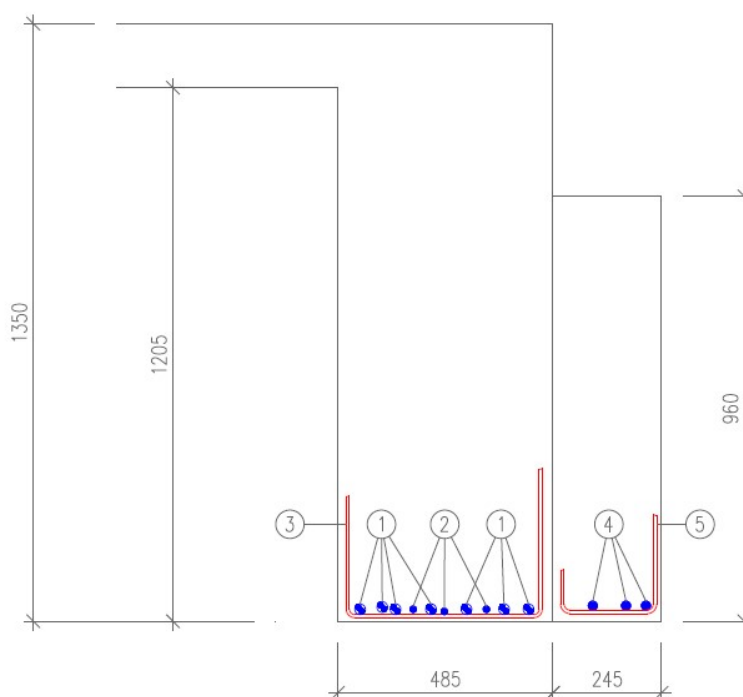
Kontrola vyztužení střešního trámu uprostřed rozpětí v 5.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.4.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž i třmínky bez povrchové koroze



Obr. 5.125 Schéma vyztužení trámu T 5.1 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž širšího trámu:

- ① 7 Ø ISTEK 12 s krytím 20 mm
- ② 3 Ø 18 hladká výztuž s krytím cca 15 mm

Třmínky širšího trámu:

- ③ hladká výztuž Ø 7 mm

Hlavní nosná výztuž užšího trámu:

- ④ 3 Ø 22 hladká výztuž s krytím 20–25 mm

Třmínky užšího trámu:

- ⑤ hladká výztuž Ø 6 mm

5.3.18 Sonda T 5.2

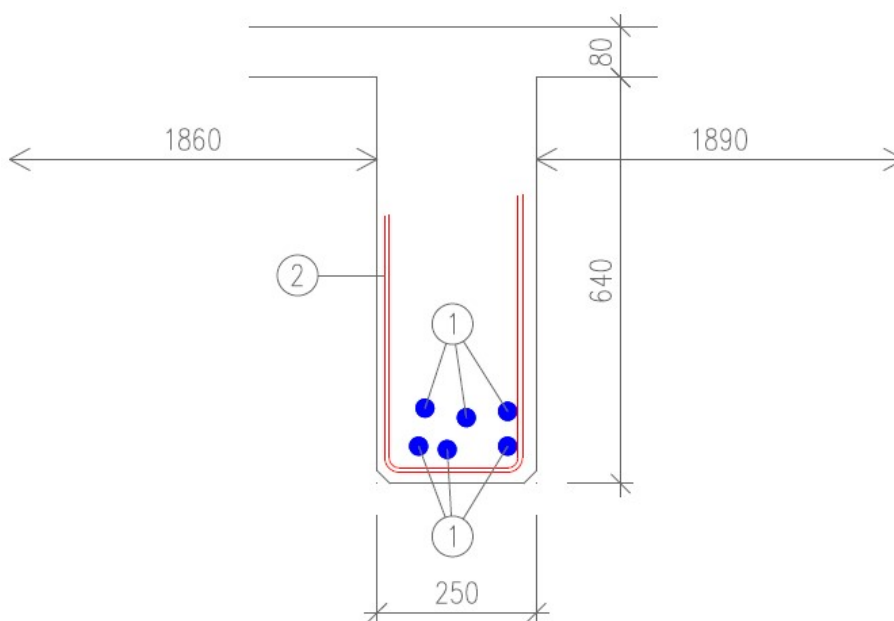
Kontrola vyztužení střešního trámu uprostřed rozpětí v 5.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.4.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze



Obr. 5.126 Schéma vyztužení trámu T 5.2 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž širšího trámu:

- ① 7 $\varnothing$ 28 hladká výztuž s krytím výztuže první vrstvy (3 výztuže) cca 45 mm a druhé vrstvy (3 výztuže) cca 100 mm

Třmínky:

- ② hladká výztuž $\varnothing$ 7 mm



Obr. 5.127 Pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T 5.2. [28]



Obr. 5.128 Detailní pohled na horní vrstvu výztuží z bočního líce. [28]



Obr. 5.129 Pohled na spodní líc sekané sondy trámu T 5.2 s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]



Obr. 5.130 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu T 5.2. [28]



Obr. 5.131 Měření průměru hlavní nosné výztuže spodní vrstvy. [28]

5.3.19 Sonda D 5.1

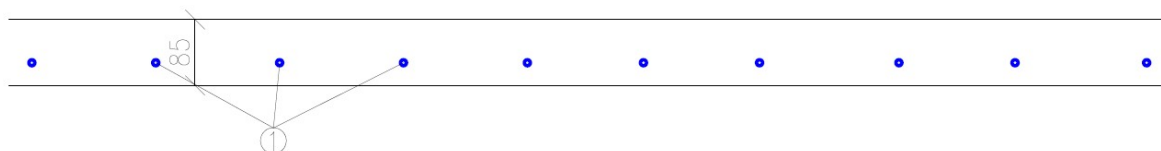
Kontrola vyztužení střešní mezitrámové desky uprostřed rozpětí v 5.NP, poloha zaznačena mřížkou viz kapitola 4.3.4.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Beton stropní desky v dobrém stavu
- Tloušťka stropní desky 85 mm
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.132 Schéma vyztužení desky D 3.1 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž:

- ① Ø 8 hladká výztuž s průměrným krytím 25 mm, jednotlivé rozteče výztuží: 160; 160; 160; 160; 150; 150; 180; 150; 170; 155 mm

Rozdělovací výztuž:

- ② Nenalezena



Obr. 5.133 Pohled na návrty za účelem ověření ohybové výztuže desky D 5.1. [28]



Obr. 5.134 Měření průměru hlavní nosné výztuže. [28]



Obr. 5.135 Měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže uprostřed rozpětí trámu D 5.1. [28]



Obr. 5.136 Pohled na spodní líc desky D 5.1 s návrty s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]

5.3.20 Sonda T 5.3

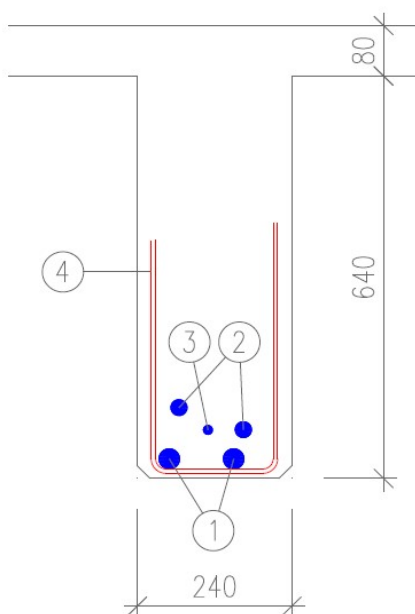
Kontrola vyztužení střešního trámu uprostřed rozpětí v 5.NP, poloha zaznačena obdélníkem viz kapitola 4.3.4.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek bez viditelných ohybových, či smykových trhlin
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Podélná nosná výztuž bez povrchové koroze



Obr. 5.137 Schéma vyztužení trámu T 5.3 uprostřed rozpětí. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž širšího trámu:

- ① 2 Ø 32 hladká výztuž s krytím cca 15 mm
- ② 2 Ø 25 hladká výztuž s krytím 100 a 65 mm
- ③ 1 Ø 14 hladká výztuž s krytím 70 mm

Třmínky:

- ④ hladká výztuž Ø 7 mm



Obr. 5.138 Pohled na sekanou sondu za účelem ověření ohybové výztuže trámu T 5.3. [28]



Obr. 5.139 Detailní pohled na hlavní nosnou výztuž z bočního líce. [28]



Obr. 5.140 Pohled na spodní líc sekané sondy trámu T 5.3 s měřením roztečí jednotlivých výztuží. [28]



Obr. 5.141 Detailní pohled měření krycí vrstvy hlavní nosné výztuže spodní vrstvy. [28]



Obr. 5.142 Měření průměru třmínku. [28]



Obr. 5.143 Měření průměru hlavní nosné výztuže horní vrstvy. [28]

5.3.21 Sonda TS 5.3

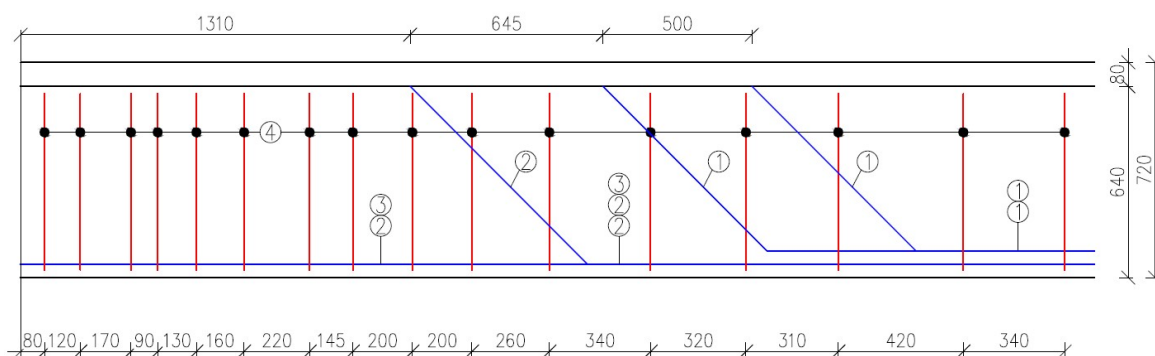
Kontrola vyztužení totožného stropního trámu jako u sondy T 5.3 na smykové namáhání u vnitřní podpory označena oboustrannou šipkou viz kapitola 4.3.4.

Vizuální prohlídka trámu:

- Prvek se smykovou trhlinou cca 1000 mm od podpory
- Sekaná sonda neprokázala žádné kaverny nebo dutiny v okolí jednotlivých výztuží

Vizuální prohlídka v sekané sondě

- Na výztužích nebylo nalezeno žádné mechanické poškození
- Odhalený ohyb výztuže bez povrchové koroze
- Třmínky s mírnou povrchovou korozí



Obr. 5.144 Schéma vyztužení trámu T 5.3 u vnitřní podpory. [28]

Zjištěná výztuž

Hlavní nosná výztuž širšího trámu:

- ① 2 Ø 32 hladká výztuž s krytím cca 15 mm
- ② 2 Ø 25 hladká výztuž s krytím 100 a 65 mm
- ③ 1 Ø 14 hladká výztuž s krytím 70 mm

Třmínky:

- ④ hladká výztuž Ø 7 mm



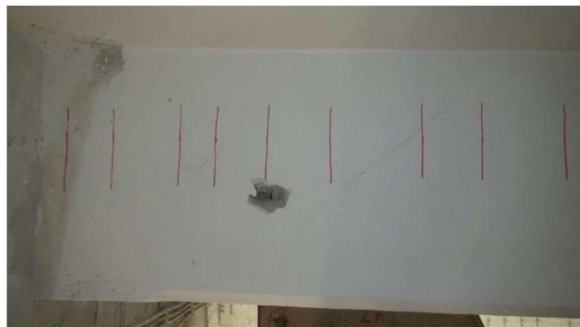
Obr. 5.145 Orientační pohled na sekanou sondu za účelem ověření smykové výztuže trámu T 5.3. [28]



Obr. 5.146 Nalezený ohyb výztuže bližší k podpoře, cca ve třetině fotografie viditelná smyková trhлина. [28]



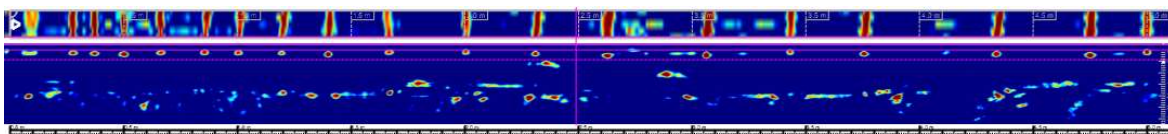
Obr. 5.147 Poloha nalezeného ohybu vzdálenějšího od podpory. [28]



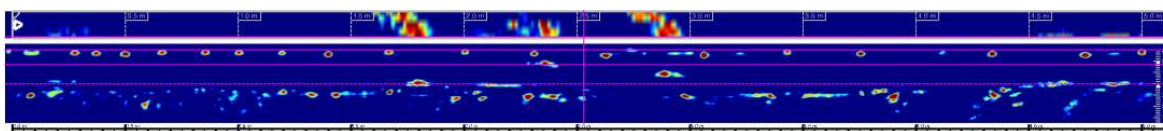
Obr. 5.148 Vyznačené polohy třmínků u podpory, lze opět vidět smykovou trhlinu. [28]



Obr. 5.149 Měření krycí vrstvy jednoho z třmínků. [28]



Obr. 5.150 Liniový radarový sken z bočního líce trámu T5.3 od jeho okraje s nastavením pro zjištění třmínků [32]



Obr. 5.151 Liniový sken z předešlého obrázku s nastavením pro zachycení ohybů výztuže ve hloubce 60, 100 a 150 mm pod povrchem. [32]

6 Statický výpočet

V této kapitole bude posuzována trám T4.2 a deska D4.1 na mezní stav únosnosti (dále MSÚ) a mezní stav použitelnosti (MSP). Při výpočtu bude využit program R-fem od společnosti Dlubal.

6.1 Statický model

Objekt samotný je tvořen skeletovým systémem, tzn. sloupy, na kterých spočívají trámy podepírající desky. V objektu se nachází množství různě staticky působících prvků. Pro naši analýzu byl vybrán trám T4.2, který působí jako spojitý nosník o dvou polích a deska D4.1, která působí jako deskový spojitý nosník o čtyřech polích. Kvůli zjevné trhlině mezi těmito prvky budou oba prvky posuzovány jako samostatné.

6.2 Zatížení

6.2.1 Stálá zatížení

Z důvodu posouzení dvou prvků byly spojeny skupiny zatížení vlastní tíha a ostatní stálé zatížení do skupiny stálé zatížení. Jde o zatížení trámem (g,t), deskou (g,d), potěrem (g,p) a nášlapnou vrstvou (g,n). Dále jejich objemové tíhy odpovídají normě ČSN EN 1991. [29]

Na trám:

Zatížení	rozměry			objem. tíha	char. hodnota zatížení
	výška	šířka	plocha		
	h	š	A	γ	
	[m]	[m]	[m ²]	[kN/m ³]	[kN/m]
g,t	0,52	0,23	0,12	25,0	3,0
g,d	0,08	2,00	0,16	24,0	3,8
g,p	0,02	2,00	0,04	24,0	1,0
g,n	0,03	2,00	0,06	7,8	0,5
Σ=					8,3

Na desku:

Zatížení	rozměry		objem. tíha	char. hodnota zatížení
	výška	plocha		
	h	A	γ	
	[m]	[m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
g,d	0,08	0,08	24,0	1,9
g,p	0,02	0,02	24,0	0,5
g,n	0,03	0,03	7,8	0,2
Σ=				2,6

6.2.2 Zatížení sněhem

Zatížení sněhem není na stropní konstrukci uvažováno.

6.2.3 Zatížení větrem

Zatížení větrem není na stropní konstrukci uvažováno

6.2.4 Proměnné zatížení

Jde o zatížení provozem, stejně jako u stálého zatížení je dáno normou ČSN EN 1991-1-1. Plocha galerie je zařazena do kategorie C3, kdy hlavní složku zatížení představuje plošné zatížení q . Osamělé zatížení Q je uvedeno pouze pro dosažení lokálních maximálních účinků. [29]

q_k zatížení užité plošné, norma uvádí hodnotu 3-5 kN/m². Doporučuje se hodnota 5 kN/m².

Q_k zatížení užité osamělé, norma uvádí hodnotu 4-8 kN. Doporučuje se hodnota 4 kN. V našem případě však bude zanedbána. [29]

Na trám:

zatížení	normové	šířka	char. hodnota
	[kN/m ²]	[m]	
q	5,00	2,00	10,0

Na desku:

zatížení	normové	char. hodnota
	[kN/m]	
q	5,00	5,0

6.3 Zatěžovací stavy

V této kapitole budou definovány jednotlivé zatěžovací stavy, které byly využity v programu pro výpočet účinků zatížení.

6.3.1 Na trám

ZS1– Zatížení stálé

$g_k = 8,3 \text{ kN/m} \rightarrow$ Viz kapitola 6.2.1

ZS2–Zatížení proměnné plné

$q_k = 10,0 \text{ kN/m} \rightarrow$ Viz kapitola 6.2.4

ZS3–Zatížení proměnné levé pole

$q_k = 10,0 \text{ kN/m} \rightarrow$ Viz kapitola 6.2.4

ZS4–Zatížení proměnné pravé pole

$q_k = 10,0 \text{ kN/m} \rightarrow$ Viz kapitola 6.2.4

6.3.2 Na desku

ZS5– Zatížení stálé

$g_k = 2,6 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ Viz kapitola 6.2.1

ZS6–Zatížení proměnné plné

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ Viz kapitola 6.2.4

ZS7–Zatížení proměnné levé pole

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ Viz kapitola 6.2.4

ZS8–Zatížení proměnné pravé pole

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ Viz kapitola 6.2.4

6.4 Kombinace zatížení

Charakteristická kombinace

Dle ČSN EN 1990 jsme uvažovali kombinaci zatížení dle rovnice 6.10. [30]

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{K,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{K,i} \quad [30]$$

Dílčí součinitele zatížení:

- pro stálá zatížení $\gamma_G = 1,35$
- pro proměnná zatížení $\gamma_Q = 1,5$. [30]

Trám:

$$f_{t,d} = 1,35 * g_k + 1,5 * q_k = 1,35 * 8,3 + 1,5 * 10 = 26,205 \text{ kN/m}$$

Deska:

$$f_{d,d} = 1,35 * g_k + 1,5 * q_k = 1,35 * 2,6 + 1,5 * 5 = 11,01 \text{ kN/m}^2$$

Kvazistálá kombinace

Dle ČSN EN 1990 jsme uvažovali kombinaci zatížení dle rovnice 6.16b. [30]

$$\sum_{j \geq 1} G_{K,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{K,i}$$

Dílčí součinitele zatížení:

- pro proměnná zatížení $\psi_{2,i} = 0,6$. [30]

Trám:

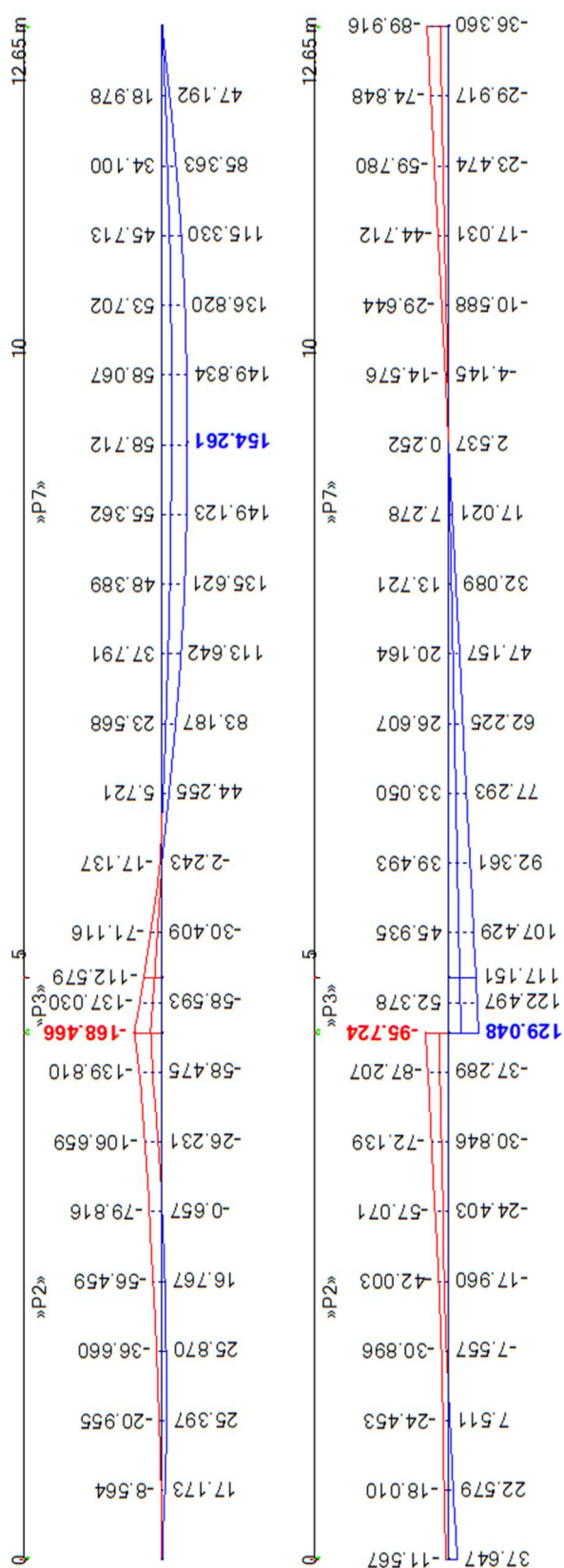
$$f_t = g_k + 0,6 * q_k = 8,3 + 0,6 * 10 = 14,3 \text{ kN/m}$$

Deska:

$$f_t = g_k + 0,6 * q_k = 2,6 + 0,6 * 5 = 5,6 \text{ kN/m}^2$$

6.5 Stanovení vnitřních sil od zatížení

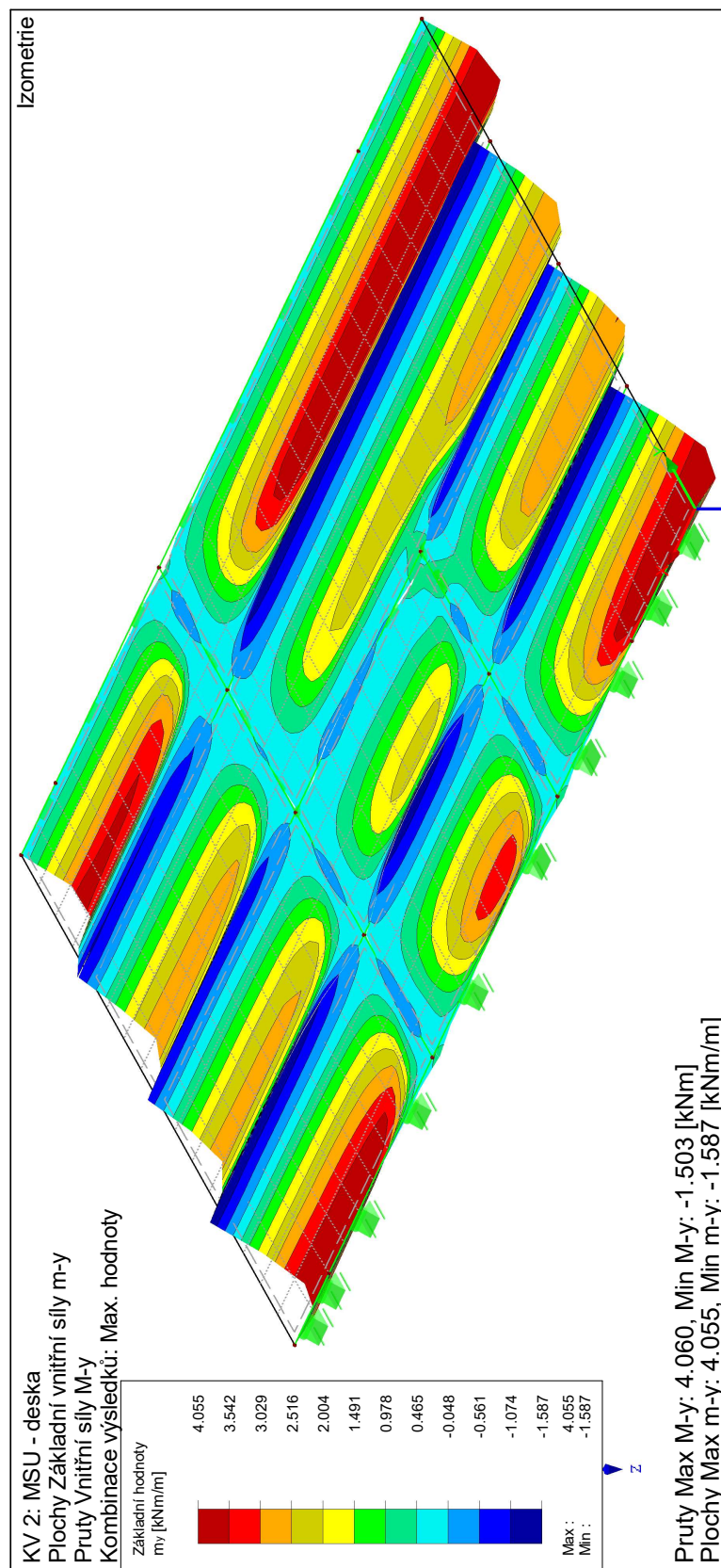
Trám



Obr. 6.1 průběhy vnitřních sil pro MSÚ, z programu R-FEM. Vlevo průběh momentů, vpravo průběh posouvajících sil

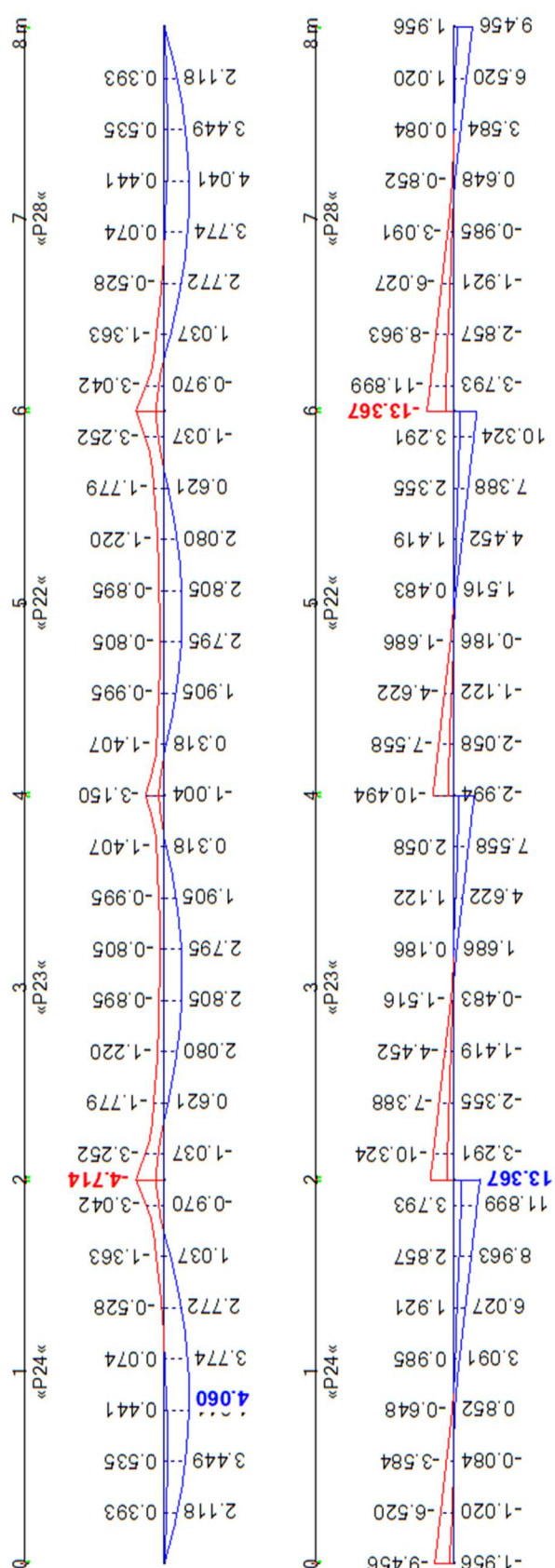
Deska

– Průběh napětí na plochách, s předpokladem kloubového uložení na trámech.



Obr. 6.2 Průběh momentů od MSÚ na desce pro max. moment v poli

Deska



Obr. 6.3 průběhy vnitřních sil pro MSÚ, z programu R-FEM. Průběh momentů (vlevo) a posouvajících sil (vpravo) na výřezu z desky (viz obr. 168) šířky 1 m.

6.5.1 Kontrolní výpočet vnitřní síly

Obecný tvar třímomentové rovnice:

$$M_{i-1} * \beta_{i-1,i} + M_i * (\alpha_{i,i-1} + \alpha_{i,i+1}) + M_{i+1} * \beta_{i,i+1} + \varphi_{i,i+1} - \varphi_{i,i-1} = 0 \quad [31]$$

Vztah lze zjednodušit pro následující podmínku:

- V celém nosníku je neměnný průřez jak z hlediska materiálového, tak geometrického, tzn. $E \cdot I =$ konstantní po délce nosníku

Zjednodušený tvar třímomentové rovnice:

$$M_{i-1} * l_{i-1,i} + 2M_i * (l_{i,i-1} + l_{i,i+1}) + M_{i+1} * l_{i,i+1} + Z_{i,i-1} * l_{i,i-1} + Z_{i,i+1} * l_{i,i+1} = 0$$

$$Z_{i,i-1} = \frac{1}{4} * f_d * l_{i-1,i}^2$$

$$Z_{i,i+1} = \frac{1}{4} * f_d * l_{i+1,i}^2 \quad [31]$$

Kde je:

$M_{i-1} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$	moment nad levou krajní podporou
M_i	moment nad střední podporou
$M_{i+1} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$	moment nad pravou krajní podporou
$l_{i-1,i} = 4,15 \text{ m}$	délka levého pole
$l_{i+1,i} = 8,25 \text{ m}$	délka pravého pole
$Z_{i,i-1}$	zatěžovací člen levé pole
$Z_{i,i+1}$	zatěžovací člen pravé pole
$f_d = 26,205 \text{ kN/m}$	návrhové zatížení viz kap. 6.4 [31]

Výpočet:

$$Z_{i,i-1} = \frac{1}{4} * 26,205 * 4,15^2 = 112,829 \text{ kN}$$

$$Z_{i,i+1} = \frac{1}{4} * 26,205 * 8,25^2 = 445,894 \text{ kN}$$

$$M_{i-1} * l_{i-1,i} + 2M_i * (l_{i,i-1} + l_{i,i+1}) + M_{i+1} * l_{i,i+1} + Z_{i,i-1} * l_{i,i-1} + Z_{i,i+1} * l_{i,i+1} = 0$$

$$0 * 4,15 + 2M_2 * (4,15 + 8,25) + 0 * 8,25 + 112,829 * 4,15 + 445,894 * 8,25 = 0$$

$$M_2 = \frac{4146,87}{24,8} = 167,21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = 167,21 \text{ kN} \cdot \text{m} \approx 168,466 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Výsledky získané programem R-FEM lze brát za směrodatné.

6.6 Materiálové charakteristiky

Beton: C12/15 (dle stavebního průzkumu)

$$f_{ck} = 12/15 \text{ mPa}$$

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = \frac{12}{1,5} = 8 \text{ mPa}$$

$$f_{ctm} = 1,6 \text{ mPa}$$

$$E_{cm} = 27 \text{ gPa}$$

$$\varepsilon_{cu,3} = 3,5 \text{ ‰}$$

Výztuž: Cb (zkoušky výztuží nebyly provedeny, jde o odhad pro další výpočet)

$$f_u = 350 \text{ mPa}$$

$$f_{yd} = 180 \text{ mPa (viz tabulky)}$$

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

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = \frac{180}{200000} = 0,9 \text{ ‰}$$

6.7 Výpočet únosnosti

6.7.1 Ohybová únosnost trámu

Výztuž:

1.vrstva:

$$5 \times \varnothing 18 \text{ mm}$$

$$c_{st,1} = 0,035 \text{ m}$$

2.vrstva:

$$5 \times \varnothing 18 \text{ mm}$$

$$c_{st,2} = 0,080 \text{ m}$$

$$A_{st,1} = 2,545 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 2,545 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Geometrie: Viz kapitola 5.3.10

$$h = 0,520 \text{ m}$$

$$b = 0,23 \text{ m}$$

$$c_{st} = 0,0575 \text{ m}$$

$$d_1 = c_{st} + \frac{\varnothing_{st}}{2} = 0,0575 + \frac{0,018}{2} = 0,0665 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 0,520 - 0,0665 = 0,4535 \text{ m}$$

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s_{\max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 520; 300) = 300 \text{ mm}$$

$$s < s_{\max} \rightarrow 45 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Plocha výztuže:

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,1196 = 4,784 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 0,23 \cdot 0,52 = 0,1196 \text{ m}^2$$

$$A_{s,t} < A_{s,\max} \rightarrow 25,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < 47,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Vyhovuje

$$A_{s,\min,a} = \max\left(\frac{0,26 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctm}}{f_{yk}}\right) = \frac{0,26 \cdot 0,23 \cdot 0,4535 \cdot 1,6}{180 \cdot 1,15} = 2,096 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min,b} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 0,23 \cdot 0,4535 = 1,356 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} = \max(A_{s,\min,a}; A_{s,\min,b}) = 2,096 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,t} > A_{s,\min} \rightarrow 25,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > 2,096 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Vyhovuje

Výška tlačené oblasti:

$$x = \left(\frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} \right) = \left(\frac{25,45 \cdot 10^{-4} \cdot 180 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 10^6} \right) = 0,311 \text{ m}$$

Poměrné přetvoření výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \cdot \varepsilon_{cu3} = \frac{0,4535 - 0,311}{0,311} \cdot 0,0035 = 1,604 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon_s > \varepsilon_{yd} \rightarrow 1,604 > 0,9$$

Vyhovuje

Ohybová únosnost:

$$M_{rd} = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{\lambda \cdot x}{2} \right)$$

$$M_{rd} = 25,45 \cdot 10^{-4} \cdot 150 \cdot 10^3 \left(0,4535 - \frac{0,8 \cdot 0,311}{2} \right)$$

$$M_{rd} = 150,76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Posudek:

$$M_{rd} > M_{ed} \rightarrow 150,76 > 154,261 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Nevyhovuje

Trám je nutno před uvedením do provozu sanovat.

Výztuž při horním okraji:

V rámci STP nebyla zkoumána.

Možný předpoklad spolupůsobení desky s trámem

6.7.2 Smyková únosnost trámu

Únosnost bez smykové výztuže:

$$V_{rd,c} = C_{rd,c} \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{rd,c} = 0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,0244 \cdot 12)^{1/3} \cdot 0,23 \cdot 0,4535 = 64,04 \text{ kN}$$

$$C_{rd,c} = 0,18 / \gamma_{M2} = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$\kappa = 1 + (200/d)^{0,5} = 1 + (200/453,5)^{0,5} = 1,66 < 2,0 \rightarrow 1,66$$

$$\rho_l = \frac{A_{st}}{b \cdot d} = \frac{25,45 \cdot 10^{-4}}{0,23 \cdot 0,4535} = 0,0244$$

$$V_{rd,c,min} = v_{min} \cdot b \cdot d = 0,259 \cdot 0,23 \cdot 0,4535 = 27,01 \text{ kN}$$

$$v_{MIN} = 0,035 \cdot \kappa^3 \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,66^3 \cdot 12^{1/2} = 0,259$$

$$V_{rd,c} > V_{rd,c,min} \rightarrow 64,04 > 27,01 \text{ kN} \quad \textbf{Nevyhovuje}$$

Výztuž:

Třmínky:

Ø 7 mm po 220 mm (vzdálenost brána jako průměrná z dané oblasti)

$$A_{sw,1} = 7,70 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$f_{ywd} = 180 \text{ mPa}$ (předpoklad stejné jakosti jako hlavní nosné výztuže)

Ohyby hlavní nosné výztuže:

2xØ18 mm

$$A_{st,1} = 2,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 5,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$f_{yd} = 180 \text{ mPa}$

Únosnost se smykovou výztuží:

$$V_{rd,s,třmínky} = \frac{A_{sw,1} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot \cotg(\Phi)}{s} = \frac{7,70 \cdot 10^{-5} \cdot 180 \cdot 10^3 \cdot 0,329 \cdot \cotg(26,56^\circ)}{0,220} = 41,45 \text{ kN}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 0,4535 - 0,4 \cdot 0,311 = 0,329 \text{ m}$$

$$\Phi = 26,56^\circ$$

$$V_{rd,s,ohyby} = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \sin(\alpha) \cdot (\cotg(\alpha) + \cotg(\Phi))$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$V_{rd,s,ohyby} = 5,08 \cdot 10^{-4} \cdot 180 \cdot 10^3 \cdot \sin(45^\circ) \cdot (\cotg(45^\circ) + \cotg(26,56^\circ))$$

$$V_{rd,s,ohyby} = 193,97 \text{ kN}$$

$$V_{rd,s} = V_{rd,s,ohyby} + V_{rd,s,třmínky} = 41,45 + 193,97 = 235,42 \text{ kN}$$

$$V_{rd,s} > V_{ed} \rightarrow 235,42 \text{ kN} > 117,15 \text{ kN}$$

Vyhovuje

6.7.3 Ohybová únosnost desky

Výztuž:

$$8 \times \varnothing 8 \text{ mm}$$

$$c_{st}=0,020 \text{ m}$$

$$A_{st,1}=0,502 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{st}=4,021 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Geometrie: Viz kapitola 5.3.15

$$h=0,80 \text{ m}$$

$$b=1,0 \text{ m}$$

$$d_1 = c_{st} + \varnothing_{st}/2 = 0,024 + 0,008/2 = 0,028 \text{ m}$$

$$d=h-d_1=0,80-0,028=0,052 \text{ m}$$

Maximální vzdálenost výztuže:

$$s_{\max} = \min(2h; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 80; 300) = 160 \text{ mm}$$

$$s < s_{\max} \rightarrow 45 \text{ mm} < 125 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Plocha výztuže:

$$A_{s,\max}=0,04 \cdot A_c=0,04 \cdot 0,08=3,20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_c=b \cdot h=1,0 \cdot 0,08=0,08 \text{ m}^2$$

$$A_{s,t} < A_{s,\max} \rightarrow 4,021 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < 32,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Vyhovuje

$$A_{s,\min,a} = \left(\frac{0,26 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \right) = \frac{0,26 \cdot 1,0 \cdot 0,052 \cdot 1,6}{180 \cdot 1,15} = 1,045 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min,b} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 1,0 \cdot 0,052 = 6,76 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} = \max(A_{s,\min,a}; A_{s,\min,b}) = 1,045 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,t} > A_{s,\min} \rightarrow 4,021 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > 1,045 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Vyhovuje

Výška tlačené oblasti:

$$x = \left(\frac{A_{s,t} \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} \right) = \left(\frac{4,021 \cdot 10^{-4} \cdot 180 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8 \cdot 10^6} \right) = 0,011 \text{ m}$$

Poměrné přetvoření výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{d-x}{x} \cdot \varepsilon_{cu3} = \frac{0,052-0,011}{0,011} \cdot 0,0035 = 13,04 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon_s > \varepsilon_{yd} \rightarrow 13,04 > 0,9$$

Vyhovuje

Ohybová únosnost:

$$M_{rd} = A_{st} * f_{yd} * \left(d - \frac{\lambda * x}{2} \right)$$

$$M_{rd} = 4,021 * 10^{-4} * 150 * 10^3 \left(0,052 - \frac{0,8 * 0,011}{2} \right)$$

$$M_{rd} = 2,87 \text{ kN} * \text{m}$$

Posudek:

$$M_{rd} > M_{ed} \rightarrow 2,87 > 4,06 \text{ kN} * \text{m}$$

Nevyhovuje

Desku je nutno před uvedením do provozu sanovat.

Výztuž při horním okraji:

V rámci této práce nebude posuzována.

6.7.4 Smyková únosnost desky

Únosnost bez smykové výztuže:

$$V_{rd,c} = c_{rd,c} \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{rd,c} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0077 \cdot 12)^{1/3} \cdot 1,0 \cdot 0,052 = 26,2 \text{ kN}$$

$$c_{rd,c} = 0,18 / \gamma_{M2} = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$\kappa = 1 + (200/d)^{0,5} = 1 + (200/52)^{0,5} = 2,96 < 2,0 \rightarrow 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{st}}{b \cdot d} = \frac{4,021 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 0,052} = 0,0077$$

$$V_{rd,c,min} = v_{min} \cdot b \cdot d = 0,343 \cdot 1,0 \cdot 0,052 = 17,8 \text{ kN}$$

$$v_{MIN} = 0,035 \cdot \kappa^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 12^{1/2} = 0,343$$

$$V_{rd,c} > V_{rd,c,min} \rightarrow 26,20 > 13,37 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Deska je dostatečně únosná, aby přenesla smykové síly od zatížení.

7 Závěr

Teoretická část této práce se zabývala uvedením do řešené problematiky, rešerší použitých metod využitých v praktické části a nastíněním postupů, kterými se řídíme při stavebně technickém průzkumu.

Praktická část se zabývala průzkumem železobetonového objektu pocházejícího z počátku dvacátého století. Na základě provedených vývrtů v investorem vytipovaných prvcích byl beton nosných sloupů zatříděn dle ČSN EN 206 do třídy C8/10, která odpovídá dle ČSN 1090 1931–1956 třídě „d“ a beton vodorovných nosných prvků do třídy C 12/15, která odpovídá třídě „e“. Lze také dle tabulek 5.0.1 a 5.0.3 konstatovat, že kvalita betonu se s přibývajícími poschodími snižuje. Karbonatace betonu byla stanovena na 5–15 mm s výjimkou sloupu v 5. NP, kde byla stanovena kvůli špatné kvalitě betonu karbonatace do hloubky 60–65 mm. [4] [21]

Dále na základě nedestruktivních metod a sekaných sond bylo stanoveno vyztužení v dalších investorem vytipovaných nosných prvcích. Po provedeném průzkumu lze konstatovat, že zkoumané prvky jsou v dobrém stavu. Hlavní nosná výztuž zpravidla není zasažena korozí a třmínky pouze povrchově. Jako hlavní nosná výztuž byla použita především hladká výztuž, pro určení jejích vlastností je nutno dodatečně provést příslušné zkoušky, v posledním patře (které bylo přistaveno po požáru roku 1919) byly krom hladkých výztuží objeveny také výztuže typu Roxor a Isteg. Za zmínku rovněž stojí výztuž trámů u podpor, kde jsou ve většině případů správně rozmístěné ohyby hlavní nosné výztuže a vhodně zhuštěny třmínky směrem k podpoře. [27]

Na základě tohoto stavebně technického průzkumu byl dále proveden statický výpočet únosnosti jednoho z nosných trámů a desky, která na něm spočívá s uvážením budoucího využití stavby jako umělecké galerie. Výpočet ukázal, že prvky i přes velkou plochu ohybové výztuže nevyhovují ohybovému namáhání, které stanoví ČSN EN 1990, a to ani na MSÚ. Z tohoto důvodu je nutno prvky posoudit pro nižší zatížení, kdy norma umožňuje snížení plošného užitého zatížení z doporučených 5 na 3 kN/m nebo prvky sanovat, a to reprofilací výztuží v poli, jako vhodné řešení se zdá být využití Helikálních výztuží. Výpočet smykové únosnosti naopak prokázal dostatečnou únosnost jak trámu, tak i desky. V případě trámu by však bylo vhodné se hlouběji zabývat oblastí 740–1255 mm od podpory, do které ohyby hlavní nosné výztuže nezasahují. [30]

8 Bibliografie

- [1] HOBST, CSC., DOC.ING.LEONARD, PROF.ING. JIŘÍ ADÁMEK,CSC., ING. PETR CIKRLÉ, PH.D. a ING.PAVEL SCHMID, PH.D. *DIAGNOSTIKA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ: PŘEDNÁŠKY*. 1. Brno, 2005.
- [2] Druhy stavebně technických průzkumů. *FAKULTA STAVEBNÍ TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA* [online]. Ostrava: TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2009 [cit. 2018-11-08]. Dostupné z: https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/3_druhy_stavebne_tech_nickyh_pruzkumu.pdf
- [3] TARZIJSKY, Ivailo. *Základy navrhování konstrukcí, zatížení a materiály*. Brno, 2005.
- [4] ČSN 73 0038. *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [5] DRAHORÁD, Michal. *Betonářská výztuže (podle českých norem). Osobní stránky uživatelů na serveru People.fsv.cvut.cz* [online]. Praha: české vysoké učení technické v Praze, b.r. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/~drahomic/Pomucky/Char_mat/
- [6] CIKRLÉ, PH.D., Ing. Petr, Ing. Ondřej ANTON, PH.D., Ing. Petr DANĚK, PH.D., Ing. Barbara KUCHARCZYKOVÁ, PH.D., Ing. Petr MISÁK, PH.D. a Ing. Tereza KOMÁRKOVÁ. *NDT ZKOUŠENÍ VE STAVEBNICTVÍ: Příručka kurzu*. 1. Brno, 2018, 150 s.
- [7] Technické poradenství: Detekční systém Hilti PS 1000 X-SCAN. *HILTI* [online]. Schaan (Liechtenstein): HILTI, 2011 [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/content/hilti/EE/CZ/cs/engineering/design-center/detection-systems/right-detection-system/ps-1000-x-scan.html#nav/close>

- [8] Produkty: Systém PS 1000 X-Scan. *HILTI* [online]. Schaan (Liechtenstein): HILTI, 2011 [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/laserov%C3%A1-technika/syst%C3%A9my-detekce/r6436760?itemCode=2154110>
- [9] Hilti PS 1000 X-Scan Detection System. *Iron planet* [online]. California, 1999 [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: <https://eu.ironplanet.com/for-sale/Concrete-Equipment-Hilti-PS-1000-X-Scan-Detection-System-Newfoundland-and-Labrador/1575110?h=5000%2Ct%7C6446&rr=0.03846&hitprm=&pnLink=yes>
- [10] Profometer and Profoscope rebar locators and concrete cover meters. *Proceq* [online]. Switzerland: Proceq, b.r. [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/compare/rebar-detection-and-cover-measurement/>
- [11] Proceq USA E-Shop. *Proceq* [online]. Switzerland: Proceq, b.r. [cit. 2018-09-19]. Dostupné z: https://shop-usa.proceq.com/index.php?cPath=23_102_92&osCsid=0ouvj6pu58vhdf1nh3f19adim3
- [12] Profometer 630 Al. *Proceq* [online]. b.r. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: http://shop-usa.proceq.com/images/PM-600_Unit_wo_Rod_E-Shop.png?osCsid=c4a4v58buuo9aef1novtdm9225
- [13] ZLÁMAL, Vojtěch. *Metodika diagnostiky železobetonových konstrukcí*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
- [14] ANTON, Ondřej. *Základy zkušebnictví: návody do cvičení*. 1. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-214-2079-0.
- [15] ČSN EN 12390-1 (731302). *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [16] ČSN EN 12504-1 (731303). *Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

- [17] ČSN EN 12390-3 (731302). *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [18] HOLICKÝ, DRSC. PH.D., Prof. Ing. Milan, Ing. Karel JUNG ING. a Miroslav SÝKORA, PH. Stanovení charakteristické pevnosti konstrukcí z betonu na základě zkoušek. In: *Časopis stavebnictví* [online]. Praha: Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p., 2009 [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/stanoveni-charakteristicke-pevnosti-konstrukci-z-betonu-na-zaklade-zkousek_A2156_I03_09
- [19] ČSN EN 13791. *Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.
- [20] ČSN ISO 13822 (730038). *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. 2. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2015.
- [21] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [22] CHROMÁ, RNDr. MARKÉTA. *STUDIUM A MODELOVÁNÍ KARBONATACE BETONU*. Brno, 2012. Disertace. VUT v Brně Fakulta chemická. Vedoucí práce Jaromír Havlica.
- [23] CHROMÁ, Markéta, Pavel ROVNANÍK a Břetislav TEPLÝ. *Karbonatace betonů - modely pro betony připravené ze směsných cementů a aplikace software RC LifeTime-SCM*. Praha, 2007. Výzkumná zpráva.
- [24] ČSN EN 14630. *Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení hloubky zasažení karbonatů v zatvrdlém betonu pomocí fenolftaleinové metody*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008.
- [25] *Diagnostika stavebních konstrukcí při hodnocení aktuálního stavu*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

- [26] Autorizace ČKAIT. *ČESKÁ KOMORA AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ A TECHNIKŮ ČINNÝCH VE VÝSTAVBĚ* [online]. Praha: Studio 3P, 2009 [cit. 2018-11-08]. Dostupné z: <http://www.ckait.cz/content/autorizace-ckait>
- [27] POSLUŠNÁ, Alena. *Konverze areálu Winternitzových mlýnů v Pardubicích*. Praha, 2014. Diplomová práce. Fakulta architektury ČVUT. Vedoucí práce Prof. Ing. arch. akad.arch. Václav Girsá.
- [28] ŽÍTT, Petr. Osobní archiv. 2018.
- [29] ČSN EN 1991-1-1. *Zatížení konstrukcí: Obecné zatížení - objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. 2. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [30] ČSN EN 1990. *Zásady navrhování konstrukcí*. 2. Praha: Ústav pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [31] IVAN, Kološ Ph.D. *Statika stavebních konstrukcí I: Téma 5 Spojitý nosník*. 1. Ostrava: Katedra stavební mechaniky Fakulta stavební, VŠB, 2018.
- [32] ANTON, Ondřej. *Osobní archiv*. 2018.

9 Seznam obrázků a tabulek

Obrázky

OBR. 3.1 BALENÍ HILTI PS 1000 X-SCAN [9]	17
OBR. 3.2 PROFOMETER PM 630 [12]	18
OBR. 3.3 SEKANÁ SONDA S BOČNÍM NÁVRTEM [13]	19
OBR. 3.4 VÝSLEDEK FENOLFTALEINOVÉ ZKOUŠKY [25]	24
OBR. 3.5 PRINT SCREEN PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ R-FEM [23]	26
OBR. 4.1 PŮDORYS OBJEKTU [27]	27
OBR. 4.2 DISPOZICE OBJEKTU [28]	28
OBR. 5.1 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU S3.1 [28]	35
OBR. 5.2 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU S3.1 [28]	35
OBR. 5.3 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU S3.1. [28]	35
OBR. 5.4 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU S3.1 PO PROVEDENÍ FENOLFTALEINOVÉ ZKOUŠKY S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	35
OBR. 5.5 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU S4.1. [28]	36
OBR. 5.6 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU S4.1. [28]	36
OBR. 5.7 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU S4.1. [28]	36
OBR. 5.8 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU S4.1 PO PROVEDENÍ FENOLFTALEINOVÉ ZKOUŠKY S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	36
OBR. 5.9 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU S5.1. [29]	37
OBR. 5.10 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU S5.1. [28]	37
OBR. 5.11 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU S5.1. [28]	37
OBR. 5.12 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU S5.1 S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	37
OBR. 5.13 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU T2.1. [28]	38
OBR. 5.14 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU T2.1. [28]	38
OBR. 5.15 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU T2.1. [28]	38
OBR. 5.16 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU T2.1 S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	38
OBR. 5.17 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU T2.2. [28]	39
OBR. 5.18 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU T2.2. [28]	39
OBR. 5.19 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU T2.2. [28]	39

OBR. 5.20 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU T2.2 S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	39
OBR. 5.21 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU T3.3. [28]	40
OBR. 5.22 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU T3.3. [28]	40
OBR. 5.23 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU T3.3. [28]	40
OBR. 5.24 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU T3.3 S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	40
OBR. 5.25 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU T4.5. [28]	41
OBR. 5.26 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU T4.5. [28]	41
OBR. 5.27 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU T4.5. [28]	41
OBR. 5.28 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU T4.5 PO PROVEDENÍ FENOLFTALEINOVÉ ZKOUŠKY S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	41
OBR. 5.29 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU T4.6. [28]	42
OBR. 5.30 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU T4.6. [28]	42
OBR. 5.31 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU T4.6. [28]	42
OBR. 5.32 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU T4.6 PO PROVEDENÍ FENOLFTALEINOVÉ ZKOUŠKY S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	42
OBR. 5.33 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU T5.1. [28]	43
OBR. 5.34 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU T5.1. [28]	43
OBR. 5.35 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU T5.1. [28]	43
OBR. 5.36 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU T5.1 PO PROVEDENÍ FENOLFTALEINOVÉ ZKOUŠKY S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	43
OBR. 5.37 POHLED NA ODBĚRNÉ MÍSTO JÁDROVÉHO VÝVRTU T5.3. [28]	44
OBR. 5.38 MĚŘENÍ HLOUBKY VÝVRTU T5.3. [28]	44
OBR. 5.39 POHLED NA OSTĚNÍ PO ODEBRÁNÍ VÝVRTU T5.3. [28]	44
OBR. 5.40 LABORATORNÍ FOTO ODEBRANÉHO VÝVRTU T5.3 PO PROVEDENÍ FENOLFTALEINOVÉ ZKOUŠKY S OZNAČENÍM PRO ROZDĚLENÍ NA ZKUŠEBNÍ TĚLESA. [28]	44
OBR. 5.41 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 2.1 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	47
OBR. 5.42 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T2.1. [28]	48
OBR. 5.43 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T2.1. [28]	48
OBR. 5.44 POHLED NA SPODNÍ LÍC SEKANÉ SONDY TRÁMU	48
OBR. 5.45 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU T 2.1. [28]	48

OBR. 5.46 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE. [28].....	48
OBR. 5.47 MĚŘENÍ PRŮMĚRU SMYKOVÉ VÝZTUŽE (TŘMÍNKŮ), VIDITELNÁ POVRCHOVÁ KOROZE. [28]	48
OBR. 5.48 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 2.1 U VNITŘNÍ PODPORY. [28].....	49
OBR. 5.49 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU TS2.1. [28]	50
OBR. 5.50 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU TS2.1. [28]	50
OBR. 5.51 MĚŘENÍ PRŮMĚRU SMYKOVÉ VÝZTUŽE (TŘMÍNKŮ), BEZ VIDITELNÝCH ZNÁMEK KOROZE. [28]	50
OBR. 5.52 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY OHÝBANÉ VÝZTUŽE. [28].....	50
OBR. 5.53 MĚŘENÍ PRŮMĚRU ODHALENÉHO OHYBU VÝZTUŽE. [28].....	50
OBR. 5.54 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 2.2 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	51
OBR. 5.55 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T2.2. [28]	52
OBR. 5.56 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T2.2. [28]	52
OBR. 5.57 POHLED NA SPODNÍ LÍČ SEKANÉ SONDY TRÁMU	52
OBR. 5.58 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU T 2.2. [28]	52
OBR. 5.59 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE. [28].....	52
OBR. 5.60 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU TS 2.2 U VNITŘNÍ PODPORY. [28].....	53
OBR. 5.61 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU TS2.2. [28]	53
OBR. 5.62 LOKALIZACE SEKANÉ SONDY TRÁMU TS2.2. [28].....	53
OBR. 5.63 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 3.1 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	54
OBR. 5.64 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T3.1. [28]	55
OBR. 5.65 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T3.1. [28]	55
OBR. 5.66 POHLED NA SPODNÍ LÍČ SEKANÉ SONDY TRÁMU	55
OBR. 5.67 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU T 3.1. [28]	55
OBR. 5.68 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE V 1. VRSTVĚ. [28]	55
OBR. 5.69 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ VÝZTUŽE VE 2. VRSTVĚ. [28].....	55

OBR. 5.70 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 3.1 U VNITŘNÍ PODPORY. [28].....	56
OBR. 5.71 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU TS3.1. [28]	56
OBR. 5.72 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU TS3.1. [28]	56
OBR. 5.73 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 3.2 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	57
OBR. 5.74 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T3.2. [28]	57
OBR. 5.75 SCHÉMA VYZTUŽENÍ DESKY D 3.1 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28].....	58
OBR. 5.76 ORIENTAČNÍ POHLED NA NÁVRTY ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE DESKY D 3.1. [28]	59
OBR. 5.77 POHLED NA SPODNÍ LÍC DESKY D 3.1 S NÁVRTY S MĚŘENÍM ROZTEČÍ JEDNOTLIVÝCH VÝZTUŽÍ. [28]	59
OBR. 5.78 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU D 3.1. [28]	59
OBR. 5.79 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE. [28].....	59
OBR. 5.80 SCHÉMA VYZTUŽENÍ SLOUPU S3.1 VE VZDÁLENOSTI CCA 1000 MM OD PODLAHY. [28]	60
OBR. 5.81 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ VÝZTUŽE SLOUPU S 3.1. [28]	61
OBR. 5.82 DETAILNÍ POHLED NA SLOUP S MĚŘENÍM ŠÍŘKY SLOUPU S VIDITELNÝMI SEKANÝMI SONDAMI K VÝZTUŽI	61
OBR. 5.83 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY VYBRANÉ VÝZTUŽE. [28]	61
OBR. 5.84 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY VYBRANÉ VÝZTUŽE. [28]	61
OBR. 5.85 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE, VÝZTUŽE S MÍRNOU KOROZÍ. [28]	61
OBR. 5.86 MĚŘENÍ PRŮMĚRU TŘMÍNKU. [28]	61
OBR. 5.87 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 4.2 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	62
OBR. 5.88 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T4.2. [28]	63
OBR. 5.89 DETAILNÍ POHLED NA PROVEDENOU SONDU PRO OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE STROPNÍHO TRÁMU T4.2. [28]	63
OBR. 5.90 POHLED NA SPODNÍ LÍC SEKANÉ SONDY TRÁMU	63
OBR. 5.91 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU T 4.2. [28]	63
OBR. 5.92 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE V 1. VRSTVĚ. [28]	63

OBR. 5.93 MĚŘENÍ PRŮMĚRU TŘMÍNKŮ. [28]	63
OBR. 5.94 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 4.2 U VNITŘNÍ PODPORY. [28]	64
OBR. 5.95 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T 4.2. [28]	65
OBR. 5.96 DETAILNÍ POHLED NA JEDEN Z ODHALENÝCH OHYBŮ. [28]	65
OBR. 5.97 POHLED NA DRUHOU OBLAST S ODHALENÝM OHYBEM. [28]	65
OBR. 5.98 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY OHÝBANÉ VÝZTUŽE, POVRCH VÝZTUŽE BEZ ZNÁMEK KOROZE. [28]	65
OBR. 5.99 MĚŘENÍ PRŮMĚRU SMYKOVÉ VÝZTUŽE (TŘMÍNKŮ),	65
OBR. 5.100 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 4.3 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	66
OBR. 5.101 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T4.3. [28]	67
OBR. 5.102 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY DRUHÉ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU T 4.3. [28]	67
OBR. 5.103 DETAILNÍ POHLED NA PROVEDENOU SONDU PRO OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE STROPNÍHO TRÁMU T4.3 S VIDITELNOU ZABETONOVANOU OCELOVOU TRUBKOU. [28]	67
OBR. 5.104 DETAILNÍ POHLED NA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 4.3 UPROSTŘED ROZPĚTÍ Z BOČNÍHO LÍCE VE DVOU VRSTVÁCH S VIDITELNOU PRŮBĚŽNOU TRUBKOU AŽ KE SPODNÍMU POVRCHU. [28]	67
OBR. 5.105 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE VE SPODNÍ VRSTVĚ VÝZTUŽE. [28]	67
OBR. 5.106 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 4.4 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	68
OBR. 5.107 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T4.4. [28]	69
OBR. 5.108 DETAILNÍ POHLED NA PROVEDENOU SONDU PRO OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE STROPNÍHO TRÁMU T4.4. [28]	69
OBR. 5.109 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE	69
OBR. 5.110 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU T 4.4. [28]	69
OBR. 5.111 POHLED NA SPODNÍ LÍC SEKANÉ SONDY TRÁMU	69
OBR. 5.112 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU TS 4.4 U VNITŘNÍ PODPORY. [28]	70
OBR. 5.113 SCHÉMA VYZTUŽENÍ DESKY D 4.1 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	71
OBR. 5.114 ORIENTAČNÍ POHLED NA NÁVRTY ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE DESKY D 4.1. [28]	72
OBR. 5.115 POHLED NA SPODNÍ LÍC DESKY D 4.1 S NÁVRTY	72
OBR. 5.116 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE. [28]	72

OBR. 5.117 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU D 4.1. [28]	72
OBR. 5.118 SCHÉMA VYZTUŽENÍ SLOUPU S4.1 VE VZDÁLENOSTI CCA 1000 MM OD PODLAHY. [28]	73
OBR. 5.119 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ VÝZTUŽE SLOUPU S 4.1. [28]	74
OBR. 5.120 DETAILNÍ POHLED NA SLOUP S MĚŘENÍM ŠÍŘKY SLOUPU S VIDITELNÝMI SEKANÝMI SONDAMI K VÝZTUŽI	74
OBR. 5.121 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY VYBRANÉ SVISLÉ VÝZTUŽE. [28].....	74
OBR. 5.122 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY VYBRANÉ SVISLÉ VÝZTUŽE. [28].....	74
OBR. 5.123 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE, VÝZTUŽE S MÍRNOU POVRCHOVOU KOROZÍ. [28]	74
OBR. 5.124 MĚŘENÍ PRŮMĚRU TŘMÍNKU. [28].....	74
OBR. 5.125 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 5.1 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	75
OBR. 5.126 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 5.2 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	76
OBR. 5.127 POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T 5.2. [28]	77
OBR. 5.128 DETAILNÍ POHLED NA HORNÍ VRSTVU VÝZTUŽÍ Z BOČNÍHO LÍCE. [28].....	77
OBR. 5.129 POHLED NA SPODNÍ LÍC SEKANÉ SONDY TRÁMU	77
OBR. 5.130 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU T 5.2. [28]	77
OBR. 5.131 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE SPODNÍ VRSTVY. [28].....	77
OBR. 5.132 SCHÉMA VYZTUŽENÍ DESKY D 3.1 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28].....	78
OBR. 5.133 POHLED NA NÁVRTY ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE DESKY D 5.1. [28]	79
OBR. 5.134 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE. [28].....	79
OBR. 5.135 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE UPROSTŘED ROZPĚTÍ TRÁMU D 5.1. [28]	79
OBR. 5.136 POHLED NA SPODNÍ LÍC DESKY D 5.1 S NÁVRTY	79
OBR. 5.137 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 5.3 UPROSTŘED ROZPĚTÍ. [28]	80
OBR. 5.138 POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T 5.3. [28]	81
OBR. 5.139 DETAILNÍ POHLED NA HLAVNÍ NOSNOU VÝZTUŽÍ Z BOČNÍHO LÍCE. [28]	81
OBR. 5.140 POHLED NA SPODNÍ LÍC SEKANÉ SONDY TRÁMU	81
OBR. 5.141 DETAILNÍ POHLED MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE SPODNÍ VRSTVY. [28]	81

OBR. 5.142 MĚŘENÍ PRŮMĚRU TŘMÍNKU. [28].....	81
OBR. 5.143 MĚŘENÍ PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE HORNÍ VRSTVY. [28]	81
OBR. 5.144 SCHÉMA VYZTUŽENÍ TRÁMU T 5.3 U VNITŘNÍ PODPORY. [28].....	82
OBR. 5.145 ORIENTAČNÍ POHLED NA SEKANOU SONDU ZA ÚČELEM OVĚŘENÍ SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU T 5.3. [28]	83
OBR. 5.146 NALEZENÝ OHYB VÝZTUŽE BLIŽŠÍ K PODPOŘE, CCA VE TŘETINĚ FOTOGRAFIE VIDITELNÁ SMYKOVÁ TRHLINA. [28]	83
OBR. 5.147 POLOHA NALEZENÉHO OHYBU VZDÁLENĚJŠÍHO OD PODPORY. [28]	83
OBR. 5.148 VYZNAČENÉ POLOHY TŘMÍNKŮ U PODPORY, LZE OPĚT VIDĚT SMYKOVOU TRHLINU. [28]	83
OBR. 5.149 MĚŘENÍ KRYCÍ VRSTVY JEDNOHO Z TŘMÍNKŮ. [28]	83
OBR. 5.150 LINIOVÝ RADAROVÝ SKEN Z BOČNÍHO LÍCE TRÁMU T5.3 OD JEHO OKRAJE S NADSTAVENÍM PRO ZJIŠTĚNÍ TŘMÍNKŮ [32]	83
OBR. 5.151 LINIOVÝ SKEN Z PŘEDEŠLÉHO OBRÁZKU S NADSTAVENÍM PRO ZACHYCENÍ OHYBŮ VÝZTUŽE VE HLOUBCE 60, 100 A 150 MM POD POVRCHEM. [32].....	83
OBR. 6.1 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL PRO MSU, Z PROGRAMU R-FEM. VLEVO PRŮBĚH MOMENTŮ, VPRAVO PRŮBĚH POSOUVAJÍCÍCH SIL	88
OBR. 6.2 PRŮBĚH MOMENTŮ OD MSU NA DESCE PRO MAX. MOMENT V POLI.....	89
OBR. 6.3 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL PRO MSU, Z PROGRAMU R-FEM. PRŮBĚH MOMENTŮ (VLEVO) A POSOUVAJÍCÍCH SIL (VPRAVO) NA VÝŘEZU Z DESKY (VIZ OBR. 168) ŠÍŘKY 1 M'	90

Tabulky

TABULKA 2.1 POROVNÁNÍ STARŠÍCH BETONŮ [4]	14
TABULKA 2.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ V HISTORII [5]	15
TABULKA 3.1 PŘEVODNÍ SOUČINITEL K _{CYL,CUBE} V ZÁVISLOSTI NA F _{C,CYL} [17].....	20
TABULKA 3.2 SOUČinitele K _{N,X} PRO STANOVENÍ 5% KVANTILU (CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY) [20]	22
TABULKA 3.3 PEVNOSTNÍ TŘÍDY OBYČEJNÉHO A TĚŽKÉHO BETONU [21].....	22
TABULKA 3.4 SOUČINITEL K V MPA V ZÁVISLOSTI NA POČTU ZKOUŠEK	23
TABULKA 3.5 CHARAKTERISTICKÉ PEVNOSTI BETONU V KONSTRUKCÍCH V TLAKU [19].....	23
TABULKA 5.1 PEVNOSTI JEDNOTLIVÝCH ZKUŠEBNÍCH TĚLES ZE SLOUPŮ.....	45
TABULKA 5.2 STATISTICKÉ HODNOCENÍ ZKOUŠEK BETONU ZE SLOUPŮ DLE ČSN EN 1990 V SOULADU S NORMOU ČSN ISO 13822	45
TABULKA 5.3 PEVNOSTI JEDNOTLIVÝCH ZKUŠEBNÍCH TĚLES Z TRÁMŮ	46
TABULKA 5.4 STATISTICKÉ HODNOCENÍ ZKOUŠEK BETONU Z TRÁMŮ DLE ČSN EN 1990 V SOULADU S NORMOU ČSN ISO 13822	46

10 Seznam použitých zkratk

NDT	non destructive testing – nedestruktivní testování
GPR	ground penetrating radar – georadar
STP	stavebně technický průzkum
$f_{c,cyl}$	válcová pevnost
$f_{c,cube}$	krychelná pevnost [Pa]
$k_{c,cyl}$	součinitel štíhlosti [-]
$k_{c,cube}$	součinitel příčného rozměru [-]
$k_{cyl,cube}$	převodní součinitel mezi krychelnou a válcovou pevností [-]
f_c	pevnost v tlaku [Pa]
F_{MAX}	maximální zatížení při porušení [N]
A	plocha [m ²]
m_x	střední hodnota
s_x	směrodatná odchylka
V_x	variační součinitel
n	počet prvků
kn	součinitel pro získání 5 % kvantil
Xk	charakteristická hodnota
°C	Stupně celsia
MSÚ	mezní stav únosnosti
g,t	stálé zatížení trámem [N/m ²]
g,d	stálé zatížení deskou [N/m ²]
g,p	stálé zatížení potěrem [N/m ²]
g,n	stálé zatížení nášlapnou vrstvou [N/m ²]
h	výška [m]
γ	objemová tíha [N/m ³]
q	užitné zatížení plošné [N/m ²]
Q	užitné zatížení osamělým břemenem [N]
f	návrhové zatížení [N/m ²]
M	moment [N*m]
l	délka [m]

f_{ck}	charakteristická pevnost [Pa]
f_{cd}	návrhová pevnost [Pa]
f_{ctm}	pevnost v tahu [Pa]
E_{cm}	modul pružnosti [Pa]
ε	přetvoření [‰]
$\varnothing$	průměr [m]
c_{st}	krytí výztuže [m]
b	šířka [m]
d	účinný výška železobetonového průřezu [m]
s	příčná vzdálenost výztuží [m]
A_s	Plocha výztuže [m ²]
x	výška tlačného průřezu [m]
M_{rd}	momentová únosnost průřezu [N*m]
M_{ed}	momentové namáhání průřezu zatížením [N*m]
$V_{rd,c}$	smyková únosnost bez vyztužení [N]
$V_{rd,s}$	smyková únosnost s vyztužením [N]
bet.	beton
mag.	magnetické