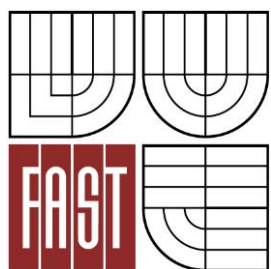




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

STAVEBNÍ PRŮZKUM A HODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCE

BUILDING SURVEY AND EVALUATING THE STATE CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. ZUZANA SUCHÁNKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. VĚRA HEŘMÁNKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2016

zadání

STAVEBNÍ PRŮZKUM A HODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCE

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá diagnostickými metodami používanými pro železobetonovou konstrukci s praktickým příkladem průzkumu na objektu původního Baťova památníku ve Zlíně, dnešního Domu umění. V teoretické části diplomová práce popisuje obecnou metodiku průzkumu s rozdělením metod pro zkoušení materiálů a konstrukcí a zobrazuje vyhodnocení dle normy ČSN ISO 13822. Dále se zabývá požadovanými vlastnostmi a využívanými diagnostickými metodami pro beton a ocel. V praktické části je proveden průzkum, který má ukázat metodiku průzkumu s postupem hodnocení, zahrnující stanovení kromě pevnosti a zařídění betonu i chemickou analýzu, která má ukázat, zda beton není na bázi hlinitanového cementu.

Klíčová slova

Beton, ocel, průzkum, hodnocení, diagnostické metody, pevnost betonu, hlinitanový cement

Abstract

The diploma thesis is focused on study of diagnostic methods used for reinforced concrete structure with a practical example of a survey on the subject of the original Memorial Bata in Zlin, today's House of Art. The theoretical part of the thesis describes the general methodology of the survey with the distribution methods for testing materials and structures, and displays the evaluation according to ČSN ISO 1382. Also deals with the required properties and used by diagnostic methods for concrete and steel. In the practical part of the surveyed, which is supposed to show the methodology of the survey to the evaluation process involving the setting apart of strength and classification of concrete and chemical analysis, which should show whether the concrete is not based on aluminous cement.

Keywords

Concrete, steel, survey, evaluation, diagnostic methods, compressive strength, aluminous cement

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Zuzana Suchánková Stavební průzkum a hodnocení stavu konstrukce. Brno, 2016. 77 s., 38 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15.1.2016

.....
podpis autora
Bc. Zuzana Suchánková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Věře Heřmánkové Ph.D. za rady, podporu a vedení při zpracování mé diplomové práci a panu Ing. Petru Žíttovi za odbornou spolupráci. Děkuji rodině a přátelům za podporu.

Diplomová práce byla vytvořena v rámci řešení projektu č. LO1408 "AdMaS UP - Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie" podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“.

OBSAH

1	Úvod.....	12
2	Metodika průzkumu a obecný systém hodnocení	13
2.1	Stavebně historický průzkum.....	13
2.2	Stavebně technický průzkum	13
2.3	Obecný systém hodnocení existujících konstrukcí	14
2.4	Obecné rozdělení metod pro zkoušení konstrukcí	15
3	Diagnostika konstrukcí.....	17
3.1	BETON	17
3.1.1	Vizuální prohlídka.....	20
3.1.2	Pevnost v tlaku	20
3.1.3	Ultrazvuková impulzová metoda	23
3.1.4	Stejnorodost betonu.....	24
3.1.5	Modul pružnosti betonu	25
3.1.6	Karbonatace betonu.....	26
3.1.7	Objemová hmotnost betonu	26
3.1.8	Chemická analýza betonu	27
3.1.9	Přídržnost	28
3.1.10	Další zkoumané vlastnosti.....	29
3.2	OCEL	29
3.2.1	Odsekání krycí vrstvy betonu.....	31
3.2.2	Georadar	31
3.2.3	Elektromagnetický indikátor polohy výztuže	32
3.2.4	Radiografická metoda	33
3.2.5	Koroze výztuže.....	33
4	Stavební průzkum a diagnostika	35

4.1	Popis objektu.....	35
4.2	Předběžné hodnocení objektu	36
4.3	Podrobné hodnocení objektu.....	38
4.3.1	Odběr jádrových vývrtů	42
4.3.2	Hloubka karbonatace betonu.....	42
4.3.3	Stanovení pevnostních parametrů	43
4.3.4	Vyztužení nosných konstrukcí	45
4.3.5	Skladba podlah	51
4.3.6	Povrchové přídržnosti betonu	52
4.3.7	Chemická analýza	53
4.3.8	Napojení přístaveb k původní konstrukci	58
5	Statický výpočet.....	61
5.1	Vnitřní trám.....	62
5.2	Krajní průvlak	64
5.3	Vnitřní průvlak.....	66
5.4	Vnitřní sloup.....	68
6	Závěr	70

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Druhy, značení a třídy betonů s převodem značení z ČSN 730038 [1].....	19
Tab. 2 Tvary betonářských výztuží z ČSN ISO 13822.....	30
Tab. 3 Součinitele k_n pro stanovení 5% kvantilu [20]	44
Tab. 4 Souhrnné vyhodnocení pevnostních parametrů betonu v celém objektu	45
Tab. 5 Zatřídění lomových ploch.....	52
Tab. 6 Celkové hodnocení povrchové přídržnosti betonu	53
Tab. 7 Výsledky chemického rozboru	55
Tab. 8 Mezní hodnoty stupně karbonatace, stupně modifikační přeměn a hodnoty pH výluhu ve vztahu k etapám karbonatace	56
Tab. 9 Výsledky RTG analýzy	56
Tab. 10 Výsledky DTA analýzy	57
Tab. 11 Tabulkové zařazení vzorků do etapy karbonatace.....	58
Tab. 12 Přehled vyztužení jednotlivých prvků	71

SEZNAM GRAFŮ

Graf. 1 Grafické zařazení vzorků do etap karbonatace.....	57
---	----

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vývojový diagram obecného systému hodnocení z ČSN ISO 13822	16
Obr. 2 Schmidty tvrdoměry – vlevo Silver Schmidt, Schmidt N, Schmidt NR, vpravo Schmidt N digi [6]	21
Obr. 3 vlevo – vzniklý otvor po jádrovém vývrtu, vpravo – zkouška pevnosti v tlaku v lisu [8].....	22
Obr. 4 Vpravo – Přístroj TICO, Vlevo – PUNDIT PL-200PE s odrazovou sondou	23
Obr. 5 Schématické znázornění vztahu mezi napětím a poměrnými deformacemi z ČSN EN 1992-1-1	25
Obr. 6 Zkouška karbonatace betonu [11].....	26

Obr. 7 Zkouška přídržnosti	28
Obr. 8 Určení vyztužení sloupu sekanou sondou	31
Obr. 9 Vlevo – oblast trámu skenovaná přístrojem, v půdorysu plošného skenu je jasně patrný ocelový I profil, který je v řezu zobrazen okraji pásnic a kouty mezi stojinou a pásnicemi – pro názornost je profil vedle vyznačen červeně (v půdorysu potlačen další výztuže) [13]; vpravo - georadar Hilti PS 1000 [14]	32
Obr. 10 Vlevo – Profometr 5, uprostřed – Ferroskan PS 200, vpravo – Profometr PM-600	32
Obr. 11 Příklad radiogramu, které stanovily polohu výztuže ve vazníku, která neodpovídala projektové dokumentaci [13]	33
Obr. 12 Koroze výztuže [16]	34
Obr. 13 Vlevo – fotografie z roku 1933 [17], vpravo – současná fotografie, uprostřed – model původní budovy [18]	35
Obr. 14 Lokalizace a širší okolí objektu	36
Obr. 15 Vlevo – pohled do stávajícího bednění v místě sondy O2; vpravo – schéma klasického provedení bedničkového stropu	37
Obr. 16 vlevo – kovová zásuvka, uprostřed – okenní výplň s viditelnými vodorovnými liniemi, vpravo – mechanismus otevírání okna	38
Obr. 17 Návrh průzkumu v 1.NP	40
Obr. 18 Návrh průzkumu v 2.NP	40
Obr. 19 Návrh průzkumu v 3.NP	41
Obr. 20 Návrh průzkumu v určených oblastech	41
Obr. 21 Vlevo – detail ostění otvoru po odebraném jádrovém vývrtu z obvodového sloupu s označením VS(02); vpravo – odebraný jádrový vývrt ze sondy VS(02) vrt započat průměrem 75 mm, dovtán Ø 50 mm	42
Obr. 22 Detail na sekanou sondu SP(01), kde zkouška karbonatace dosahuje do hloubky 10 mm	43
Obr. 23 vlevo – odhalená výztuž s měřením hloubky krycích vrstev za účelem ověření souladu se statickým výpočtem konstrukce v sondě SS(07); vpravo – schéma vyztužení všech sloupů	46
Obr. 24 Určení vyztužení spodní výztuže uprostřed rozpětí zesíleného stropního žebra vynášejícího konstrukci z obvodového sloupu v sondě ST(04)	47
Obr. 25 Sonda na styku žebra vynášejícího konstrukci z obvodového sloupu a krajního stropního průvlaku nad střední podporou se schématem vyztužení	48

Obr. 26 Vlevo – Vyztužení schodnice v podélném řezu a příčném řezu z původního statického výpočtu, uprostřed – fotografie původního umístění schodiště [21], vpravo – fotografie současného stavu.....	49
Obr. 27 Půdorysné schéma se zakreslením polohy sond	49
Obr. 28 Vlevo – pohled na příčný trám s rozkreslenou smykovou výztuží na povrchu s provedenými sekanými sondami, vpravo – pohled na schodišťový trám se sondami a rozkreslenou smykovou výztuží.....	50
Obr. 29 vlevo – pohled na odběrné místo s označením VS(12) obvodového sloupu v 1.NP; vpravo – detail paty sloupu v místě sondy SS(12).....	51
Obr. 30 vlevo – vzorek betonu \varnothing 50 mm sondy P(07) se skladbou; vpravo – detail skladby v místě sondy	51
Obr. 31 vlevo – detail na přilepený zkušební terč, uprostřed – připevněný odtrhový přístroj	52
Obr. 32 Vlevo – fotografie ze vstupního prostoru do objektu s ohraničenou dilatační spárou mezi původním objektem a přístavbou, vpravo – detail provedené sekané sondy styku původních konstrukcí a přístavby	59
Obr. 33 Vlevo – podlaha ve 2.NP s viditelnou ohraničenou dilatační spárou v linoleu, vpravo – stropní konstrukce nad 2.NP v místě provedené sondy za účelem ověření vyztužení krajního nosníku s viditelnou dilatační spárou mezi jednotlivými konstrukčními prvky....	59
Obr. 34 Vlevo – pohled na sekanou sondu k detailu napojení dodatečného stropního železobetonového průvlaku k původním nosným sloupům, vpravo – detail ocelového L profilu.....	60
Obr. 35 Vlevo – pohled na přizděné pilíře k nosném železobetonovému sloupu nesoucí stropní konstrukci přístavby, vpravo – ověření materiálové skladby zděných pilířů	60

1 Úvod

Hodnocení a posouzení existujících konstrukcí je nezbytnou součástí provádějící se jako podklad pro statické hodnocení a k prodloužení životnosti konstrukce. Mnoho staveb, které existují třeba už i více než sto let a stále dostatečně plní svoji funkci však podle současně platných norem ve většině případů nesplňují požadavky. Mnohdy je nutností rozhodnout, jak se k takovému objektu bude přistupovat.

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je rozdělena do několika kapitol, z nichž první kapitola pojednává o metodice průzkumu se systémem hodnocení a obecným rozdělením diagnostických metod. Druhá kapitola popisuje detailněji využívané metody pro diagnostiku železobetonové konstrukce, obsahující podkapitoly o zjišťovaných vlastnostech pro beton a ocel.

Praktická část pojednává o využití vybraných diagnostických metod na objektu Bařova památníku ve Zlíně kvůli plánované přestavbě do původní podoby. V předběžném průzkumu bude prostudována původní dokumentace, vizuálně prozkoumána budova kvůli možným poruchám a navržen postup průzkumu. Bude provedena kromě odběru vývrtné zkoušky přídržnosti a kvůli kontrole výztuže nosných částí i sekaná sonda. Na sekané sondě bude zjištěna hloubka karbonatace fenolftaleinovou zkouškou. Z odebraných vzorků se prozkoumá hloubka karbonatace, chemická analýza a nakonec zkouška pevnosti v tlaku pro zjištění pevnostních parametrů. Cílem je kontrola vyztužení nosných částí a zjištění pevnostních charakteristik betonu a jeho složení, kvůli případnému obsahu hlinitanového cementu. Poslední kapitola obsahuje statický výpočet konstrukce.

2 Metodika průzkumu a obecný systém hodnocení

Metodika je založena na získání objektivních a důvěryhodných informací o stavu objektu za využití diagnostických metod, u jejichž vyhodnocení je mnohdy nutná znalost a zkušenost překračující rozsah platných norem. Zjišťuje také poznatky o stavu objektu, ale i o vlastnostech jednotlivých materiálů a základové půdě, o poruchách či vadách konstrukce a jejich příčinách, o typu a velikostech působících zatížení a vlivu prostředí. Součástí diagnostiky je i prověřování a identifikace projektového řešení, vlastní realizace stavby, užívání, údržby a monitoring veškerých stavebních zásahů na hodnocených objektech. [1] Následně se provede návrh metod a podrobný průzkum vybraných poškozených míst, souhrnné zhodnocení a návrh sanačních opatření. Výsledkem jsou podklady obsažené v závěrečné zprávě, která se nadále využívá pro projekt a statický výpočet. Mnohdy jsou získaná data s chybou a nejasnostmi, jelikož rozsah prací je omezen na nejnutnější, jak z hlediska ekonomického, tak i z technických důvodů. Stavební průzkumy lze dělit na stavebně historický a stavebně technický.

2.1 Stavebně historický průzkum

Provádí se u kulturních památek před stavebně technickým průzkumem, jehož smyslem je hlubší poznání stavebního vývoje a stáří objektu s proměnami jeho podoby. Hlavním cílem je zachování cenných stavebních prvků. Je podmíněna širokými znalostmi vývoje architektury a znalostí původní technologie. Využívá především nedestruktivních metod. Výsledná zpráva pak obsahuje dějiny stavby, architektonický rozbor stavby, umělecko-historické hodnocení, stavebně-technický popis s výkresy a plány.

2.2 Stavebně technický průzkum

Samostatně prováděné průzkumy za účelem získání informací a zhodnocení stávajícího stavu objektu, který se plánuje zachovat. V rámci stavebně technických průzkumů se provádí konstrukční a statický průzkum, vlhkostní průzkum včetně radonového, inženýrsko-geologického, hydrogeologického a průzkum biokoroze objektu. Jednotlivé průzkumy se s růzností objektů liší a diagnostické práce se přizpůsobují danému objektu. Důvodem průzkumu může být havarijní stav objektu, ověření spolehlivosti

konstrukce, nástavba či přístavba objektu, porušení objektu od mimořádných zatížení, rekonstrukce, změna vlastníka, nová výstavba v sousedství nebo může být pouze preventivní. Průzkum se provádí v minimálním, nezbytně nutným zásahem, jelikož je vždy omezen, a to cenou průzkumných prací, uvolněním, případně vyklizením prostoru pro průzkum, možnostmi provedení sond pro zjištění stavu zakrytých částí, existencí a možnostmi zkušebních metod apod. [2]

Provádí se ve třech stupních:

- **Předběžný stavebně technický průzkum** dodává základní informace o objektu a slouží k orientačnímu hodnocení, prozkoumání výkresové dokumentace nebo archivních materiálů s provedenými změnami na objektu (např. pro potřeby zadávací studie).
- **Podrobný stavebně technický průzkum** díky diagnostickým metodám získává detailnější hodnocení stavu jednotlivých materiálů obsažených v konstrukci s upřesněním zjištěných vad a poruch a stanovení působících zatížení (např. pro zpracování statických výpočtů a projektové dokumentace).
- **Doplňkový stavebně technický průzkum** slouží k doplnění poznatků a přehodnocení nejistých závěrů předchozího průzkumu.

2.3 Obecný systém hodnocení existujících konstrukcí

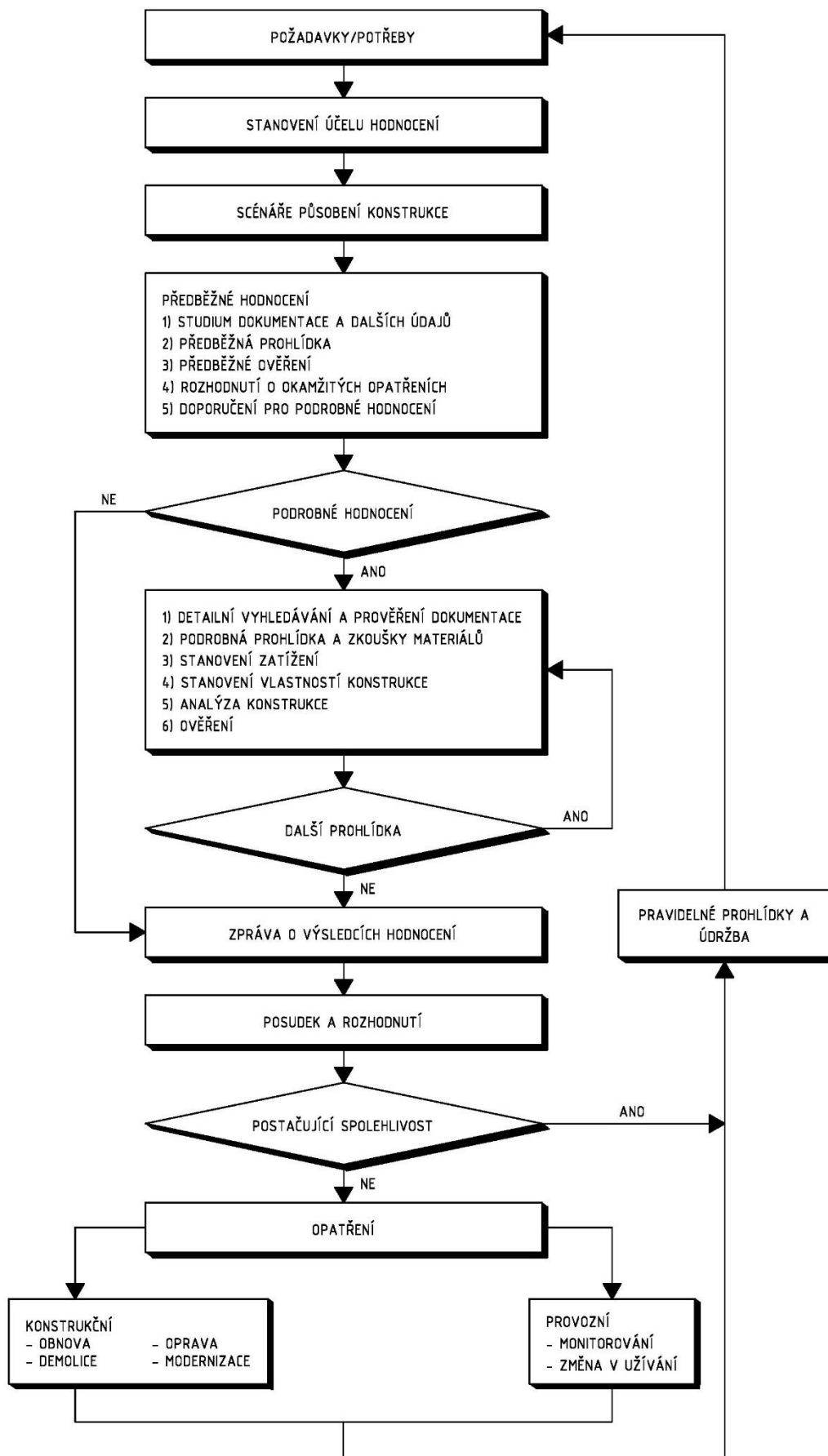
Obecný systém hodnocení je dán normou ČSN ISO 13822 - Hodnocení existujících konstrukcí, která nahradila normu ČSN 73 0038 - Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách. Hodnocení se provádí s ohledem na současný stav objektu a postup je závislý na potřebách objednatele a na specifických okolnostech (např. na zjištěných vadách). Celkový postup lze využít pro hodnocení jak jedné určité konstrukce, tak pro hodnocení skupiny konstrukcí a vychází z vývojového diagramu Obr. 1. Objednatel musí stanovit účel hodnocení z hlediska budoucí funkční způsobilosti na základě plánu využití a bezpečnostních opatření. Zajištění bezpečnosti a použitelnosti konstrukce lze určením scénáře, pomocí něhož lze identifikovat možné kritické situace, které souvisí se změnou konstrukčních podmínek nebo zatížení konstrukce, a tedy je základem pro hodnocení a návrh opatření. Provedením předběžných a podrobných prohlídek se získají výsledky hodnocení, které se zpracují do závěrečné zprávy. Pokud se na základě výsledků hodnocení prokáže nedostatečná bezpečnost či použitelnost objektu, provede se koncepční

návrh konstrukčních opatření (oprava nebo modernizace) nebo v některých případech řízení nebo snížení rizik. Mezi různá opatření pro řízení rizik prostředí lze zahrnout omezení zatížení, změny způsobu využívání konstrukce a zavedení vhodného způsobu monitorování během provozu a kontrolního režimu. [3] Konečné rozhodnutí o opatřeních provede objednatel po konzultaci s příslušným úřadem na základě inženýrského posudku a doporučení ve zprávě.

2.4 Obecné rozdělení metod pro zkoušení konstrukcí

Základní dělení metod podle míry poškození na zkoušené konstrukci:

- **Nedestruktivní** – hledaných vlastností se rychle dosáhne bez výrazného poškození materiálu či konstrukce. V některých případech pro potřeby tvrdoměrných metod se povrch místa upraví zbroušením a může vzniknout na povrchu vryp nebo vtisk. Výhodou této metody je možnost vícenásobného měření na jednom místě. Získaná veličina je pouze pomocná a musí se s požadovanou veličinou dát do závislosti dle kalibračních vzorců či grafů.
- **Semidestruktivní** – dochází k lokálnímu porušení (např. vnikáním, vývrty, odtrhy), kde nesmí být snížena stabilita či funkčnost, s objektivnějšími výsledky a možností lehkého zapravení po zkoušce. S ohledem na ovlivnění únosnosti nebo stability konstrukce je nutné zkušební místa důkladně vybírat.
- **Destruktivní** – provádí se buď na modelech či na odběrech v laboratořích a sledují se skutečné vlastnosti konstrukce zkouškami s dosažením meze únosnosti, při kterých dojde ke kolapsu. Obecně se dělí na pevnostní, trvanlivostní a pružnostní. Výhodou je přesnost, ale jsou finančně náročné.



Obr. 1 Vývojový diagram obecného systému hodnocení z ČSN ISO 13822

3 Diagnostika konstrukcí

Nejen u starších konstrukcí se diagnostika provádí při pochybnostech o kvalitě betonu či krytí výztuže, při obavě o bezpečnost při závažných poruchách nebo pro plánovanou rekonstrukci, nadstavbu či přístavbu. Jelikož je pokaždé kladen důraz pouze na určité vlastnosti konstrukce a také vždy působí jiné vnější vlivy a zatížení, je nutné vždy postup přizpůsobit dané konstrukci.

3.1 BETON

Při hodnocení železobetonové konstrukce je zapotřebí počítat se značně rozdílnou kvalitou a rozdílným stupněm degradace betonu. [4] Mezi časté poruchy patří namíchání jiné betonové směsi, nedodržení technologických postupů, použití jiného druhu či průměru výztuže a nedostatečné krytí výztuže. Hlavní problémy v průběhu minulosti:

- konec 19.stol – kolísání kvality vstupních surovin (cement, kamenivo), nízká pevnost betonu v tlaku, beton v konstrukci prokládaný kamenem (výskyt kaveren)
- po 1. světové válce – odvážnost a úspornost – např. zmenšování průřezů prvků, často klesající kvalita betonu s výškou budovy, u mostních opěr kvalitní pouze povrchová vrstva (předsádkový beton) oproti málo zhutněnému až mezerovitému betonu uvnitř opěry
- 30. až 50. léta 20. stol. – používání hlinitanového cementu – vyznačuje se rezavě hnědou barvou pojiva a je to materiál s rychlým nárůstem pevnosti, u něhož však po čase dochází k rozkladu pojiva, což má za následek ztrátu únosnosti až havárii konstrukce
- po 2. světové válce – rychlá a často provizorní obnova budov zničených požárem či výbuchem
- po roce 1948 – technologická nekázeň – nedostatečná kontrola kvality, nízká pracovní morálka, projektovaný druh oceli nahrazen jiným druhem, malé krytí výztuže s následkem pozdější koroze výztuže a v neposlední řadě nevídaná překvapení u objektů postavených občany svépomocí „Akce Z“
- po roce 1989 – zlepšování kvality – vyšší úroveň technologie, přísnější požadavky a kontrola kvality materiálů

Spolehlivost a mechanická stabilita byla v dřívějších dobách garantována zkušeností stavitele, později dokladována výpočty, kterými se prokazovalo splnění příslušných podmínek. [1]

První celosvětově rozšířenou metodou pro návrh konstrukcí byla metoda dovoleného namáhání, kde pravděpodobnost selhání byla založena pouze na koeficientu bezpečnosti, kterým se dělilo dovolené namáhání materiálu a muselo být větší než napětí v konstrukci od zatížení. Po druhé světové válce se začala používat metoda stupně bezpečnosti, kde se stanovila odolnost prvku, která musela být o předepsaný násobek větší než účinek zatížení. Navrhování podle této metody je zahrnuta v normě ČSN 1090-1948 Navrhování staveb ze železového betonu podle stupně bezpečnosti, která byla dodatkem normy ČSN 1090 z roku 1931. Obě dvě metody odvozovali dovolené namáhání a odolnost prvku jako aritmetický průměr pevností materiálu ze zkoušek, a jelikož se pravděpodobnost poruchy dala ovlivnit pouze jednou veličinou, vznikla přibližně v polovině 20. století metoda mezních stavů používaná dodnes. Metoda mezních stavů se dělí na mezní stavy únosnosti, týkající se bezpečnosti konstrukce, a na mezní stav použitelnosti zabývající se funkcí konstrukce při běžném provozu. V metodě mezních stavů je zaveden pojem charakteristické hodnoty, který se upraví pro snížení pravděpodobnosti poruchy zavedením návrhové hodnoty dílčími součiniteli spolehlivosti. Zatížení je dílčím součinitelem spolehlivosti násobeno, přičemž u materiálu je pevnost dílčím součinitelem snížena, tedy podělena. [1]

Na počátku dvacátého století se objekty prováděly dle stavebních řádů, které byly pro každý region specifické. Dalším dokumentem pro provádění byl Předpis o zřizování nosných konstrukcí ze železového nebo prostého betonu z roku 1911 s dodatkem z roku 1918. Roku 1922 bylo vypracováno Ustanovení o provádění a účtování betonářských prací. Nakonec v roce 1931 byly vydány první československé státní normy, v kterých byl ucelený postup pro návrh (ČSN 1090), provádění (ČSN 1091), účtování (ČSN 1092) a stavební kontrolu betonářských prací (ČSN 1093). V roce 1945 vyšla ČSN 1494-1945 Hotové stavební prvky ze železového betonu. Dodatek k normě ČSN 1090 pak vyšel v roce 1948 a zůstával v platnosti až do roku 1955, kdy byl nahrazen normou ČSN 73 2001-1955 Projektování betonových staveb. Byly také vydány cementářské normy, z nichž první byly v roce 1925 Normy pro dodávání a zkoušení portlandského cementu. Poté roku 1931 byl vydán soubor norem a předpisů, který obsahoval i předpis pro dodávání a zkoušení hlinitanových cementů. [1]

Nové postupy pro zkoušení betonu v konstrukci jsou uvedeny v normách:

- ČSN ISO 13822:2014 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- ČSN EN 13791:2007 Stanovení pevnosti betonu v konstrukcích nebo ve stavebních dílcích (spíše pro nové konstrukce)
- ČSN 73 0038:2014 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení

Starší postup zkoušení uvádí norma ČSN 73 2011:2012 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí.

Cílem zkoušení betonových konstrukcí je zjištění pevnostní třídy betonu, stanovující se na základě vyhodnocení provedených zkoušek. Platné značení je podle normy ČSN EN 206 a pro převod slouží tabulka níže.

Tab. 1 Druhy, značení a třídy betonů s převodem značení z ČSN 730038 [1]

ČSN 1090:1931 ČSN 1230:1937		ČSN 73 2001:1956 ČSN 73 6206:1971	ČSN 73 1201:1967	ČSN 73 1201:1986	ČSN EN 206			
druh	pevnost [MPa]*	značka	třída		pevnostní třída		f _{ck,cyl} [MPa]	f _{ck,cube} [MPa]
a	6	60	I	-	(C 3/3,5)	nekonstrukční beton	3,0	3,5
b	9	80		B 5	(C 4/5)		4,0	4,5
c	12	105	0	B 7,5	(C 6/7,5)		6,0	7,5
d	15	135	I	B 10	C 8/10		8,0	10,0
e	20	170		B 12,5	(C 9/12,5)		9,0	12,5
				-	(C 10/13,5)		10,0	13,5
f	30	250	III	B 15	C 12/15	konstrukční beton	12,0	15,0
				B 20	C 16/20		16,0	20,0
				B 25	C 20/25		20,0	25,0
g	40	330	IV	-	(C 23/28)		23,0	28,0
				B 30	C 25/30		25,0	30,0
		400		B 35	(C 28/35)		28,0	35,0
				-	C 30/37		30,0	37,0
			V	B 40	(C 30/40)		30,0	40,0
		500		B 45	C 35/45		35,0	45,0
			VI	B 50	C 40/50		40,0	50,0
		600		B 55	C 45/55	45,0	55,0	
				B 60	C 50/60	vysokopevnostní beton	50,0	60,0
					C 55/67		55,0	67,0
					C 60/75		60,0	75,0
					C 70/85		70,0	85,0
					C 80/95		80,0	95,0
					C 90/105		90,0	105,0
					C 100/115	100,0	115,0	

Označené pevnostní třídy nejsou v normě zavedeny

* průměrná pevnost v tlaku zkušebních krychlí o hraně 200 mm ze směsi zavhlhlé

f_{ck,cyl} – charakteristická válcová pevnost v tlaku na válcích Ø 150 mm a výšce 300 mm

f_{ck,cube} – charakteristická krychelná pevnost v tlaku na krychlích o hraně 150 mm

3.1.1 Vizuální prohlídka

Vizuální hodnocení je základní a svojí jednoduchostí také nejrozšířenější metodou používanou za účelem zjištění informací o vlastnostech a o stavu materiálu či konstrukce. Vizuální prohlídka je prvním krokem každého průzkumu, při které se kontrolují geometrické tvary konstrukčních prvků a vzniklé poruchy či odchylky od původního stavu jako jsou vlhká místa, vznik i rozvoj trhlin či stopy koroze výztuže a další. V této fázi lze odhalit poruchy, pro které je nutné provedení okamžitých opatření a je vhodná k určení míst k detailnějšímu zkoumání diagnostickými metodami. Využívá se jak zrakových, tak sluchových, hmatových i čichových smyslů. Pomocí akustického trasování poklepem se určuje třeba přítomnost dutin v betonu nebo porušené vrstvy. Kvalita povrchu, poruchy i vlhkost lze identifikovat nejen zrakem, ale i hmatem. Čichem je možno odhalit chemické koroze (např. síranové) či biologické hnilobné procesy koroze betonu.

3.1.2 Pevnost v tlaku

Tvrdoměrné zkoušení betonu

Nedestruktivní tvrdoměrná odrazová metoda, která měří a vyhodnocuje předepsaný počet místních poruch, přetvoření nebo pružných reakcí na základě velikosti úderu. Druhy tvrdoměrů dle ČSN 73 1373 [5]:

- odrazové tvrdoměry Schmidt – nejpoužívanější (N, L, M), kdy se měří velikost odrazu úderníku od povrchu betonu
- vtiskový Waitzmannův tvrdoměr – upravené kladívko Poldi. Vtisk na srovnávací tyčince (kulička o $\varnothing 10$ mm) \times tisk na betonu (kulička o $\varnothing 20$ mm). Měření na vtiskové fólii.
- vtiskový kuličkový tvrdoměr – HPS nebo Baumann-Steinrück-Franck), pružina a kulička s měřením na vtiskové fólii
- vnikací špičkový tvrdoměr – elektromagnetický s kuželovitým hrotem, který jediný lze použít na beton nasycený vodou

Odrazové tvrdoměry Schmidt se podle vyvolané energie razníku dělí na – Schmidt N, NR, N digi (17-60 MPa, do 10 cm), Schmidt L, LR (13-50 MPa, tenkostěnný od 6 cm), Schmidt M (masivní od 20 cm), Schmidt P (nízké pevnosti 5-30 MPa), Schmidt PT

(pórobetonu 0,5-5MPa). Nově se využívá také tvrdoměr Silver Schmidt, který lze použít i pro vysokopevnostní betony, kde je rozsah pevnostní od 10 MPa do 100 MPa.



Obr. 2 Schmidtovy tvrdoměry – vlevo Silver Schmidt, Schmidt N, Schmidt NR, vpravo Schmidt N digi [6]

Zkouší se vlastnosti betonu, např. tvrdost, pružnost, lokální porušení, o kterých se předpokládá, že jsou v těsném korelačním vztahu ke sledované vlastnosti, např. pevnosti v tlaku nebo modulu pružnosti [7]. Touto metodou nelze určit přímo pevnost betonu v tlaku, ale lze ji určit pomocí kalibračních vztahů.

Před měřením je nutné povrch upravit vybroušením na strukturu a musí být hladký a suchý. Jedno zkušební místo představuje jeden údaj pevnosti. Poté se provedou úderý razníkem a zapsání polohy tvrdoměru, kde základní používaná poloha je vodorovná. Zatlacením razníku se uvolní závěs beranu, který dopadne nejdříve na razník a poté se odrazí a posune ukazatel na měřítku do hodnoty odrazu. Dle směru zkoušení se zvolí vhodný kalibrační vztah z ČSN 73 1373, ze které se přiřadí hodnota pevnosti v tlaku ke každému změřenému odrazu. Jednotlivé pevnosti nesmí být od spočítané průměrné pevnosti o více než $\pm 20\%$ rozdílné, jinak se vyloučí a spočítá se nový aritmetický průměr f_{be} . Je nutné, aby na každém místě bylo alespoň 7 platných měření. Výsledkem je celková pevnost stanovená z dílčích pevností přiřazených z jednotlivých odrazů. Nejčastěji se porovnávají s pevností na vývrtech, díky nimž lze spočítat upřesněnou hodnotu pevnosti v tlaku f_b s použitím součinitele α , který udává poměr destruktivních nedestruktivních hodnot pevností:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n f_{b,i}}{\sum_{i=1}^n f_{be,i}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{destruktivní}}{\sum_{i=1}^n \text{nedestruktivní}}$$

kde n – počet měření, $f_{b,i}$ – pevnost v tlaku stanovená normalizovanou zkouškou [MPa], $f_{be,i}$ – pevnost v tlaku s nezaručenou přesností na témže vzorku nedestruktivně [MPa]

Upřesněná pevnost se pak stanoví vynásobením průměrné pevnosti z nedestruktivního zkoušení součinitelem α :

$$f_b = \alpha \cdot f_{be}$$

kde f_b – upřesněná hodnota pevnosti [MPa], f_{be} – pevnost v tlaku s nezaručenou přesností z obecného kalibračního vztahu [MPa], α – součinitel upřesnění

Jádrové vývrty

Jádrové vývrty jsou významnou semidestruktivní metodou využívající se k upřesňování hodnot nedestruktivních zkoušek. Jsou získány z konstrukce pomocí vrtačky se speciálními dutými válci s diamantovými břity ochlazované vodou. Vrtačka je v držáku uchopena na konstrukci s možností svislého, vodorovného či popřípadě šikmého vrtání. Vývrty by se měly odebírat z míst největšího tlakového namáhání, s minimálním výskytem výztuže a dostatečnou vzdáleností od spár a hran betonových prvků. Množství vývrtů závisí na velikosti a složitosti konstrukce. Při porovnávání válcové pevnosti by měl být poměr výšky k průměru 2:1. Jestliže se však porovnává krychelná pevnost, pak je poměr 1:1. Velký vliv na pevnost má maximální velikost zrna kameniva, která nesmí překročit 1/3 průměru vývrtu. Nezkouší se vývrty, které mají trhliny, dutiny či nemají pevné konce. Pevnost se zjišťuje tlakovou zkouškou v lise.



Obr. 3 Vlevo – vzniklý otvor po jádrovém vývrtu, vpravo – zkouška pevnosti v tlaku v lise [8]

3.1.3 Ultrazvuková impulzová metoda

Metoda je založená na době průchodu šířených vlnění materiálem, přičemž rychlost průchodu je ovlivněna nejen fyzikálně mechanickými vlastnostmi, ale také přítomnými poruchami v konstrukci či materiálu. Buď se stanoví rychlosti šíření ultrazvukových impulsů nebo rychlost zachycení odrazu ultrazvukového signálu od nehomogenity, defektu či cizího tělesa v konstrukci (odrazová metoda). Rychlost šíření vln ve výborném betonu je více jak 4500 m/s. Umožňuje čistě nedestruktivním způsobem stanovit rovnoměrnost betonu konstrukce, dynamický modul pružnosti, porušení vnitřní struktury a s určitým omezením i pevnost betonu v tlaku. [9] Nejčastějším způsobem měření je pomocí dvou sond, z nichž jedna je budič ultrazvukového signálu, a druhá snímač. Měřící základna je brána jako nejkratší přímá spojnice středu dotykových ploch sond. Rozměrnost prostředí je vlastnost závislá na rozměru zkušebního tělesa od délky vlny a upravuje vzorec pro rychlost násobícím součinitelem dle prostředí. Prozvučování lze provádět dle dostupnosti konstrukce třemi způsoby – přímo, nepřímou a polopřímou. Ideální pro prvky přístupné z obou stran jako jsou trámy a sloupy.



Obr. 4 Vpravo – Příklad TICO, vlevo – PUNDIT PL-200PE s odrazovou sondou

Nejdříve se provede vytyčení měřící základny a pomocí akustického vazebného prostředku (gelu či plastelíny) se přístroj nakalibruje. Kalibrace se provádí na etalonu, na kterém se provede zkušební měření t_{ME} a odečtením známého času průchodu tímto materiálem t_E se získá mrtvý čas t_{KOR} , potřebný pro určení výsledného času. Poté se provedou jednotlivá měření doby průchodu ultrazvukových vln materiálem t_L , od kterých se pak mrtvý čas odečte.

Vyhodnocení rychlosti šíření ultrazvukových impulsů:

$$v_l = \frac{L}{t_L - t_{KOR}}$$

kde L – délka měřicí základny [m], t_L – měření doby průchodu ultrazvukových vln materiálem [s], t_{KOR} – korigovaná doba průchodu [s]

Z vypočtené rychlosti ultrazvukových impulsů lze určit dynamický modul pružnosti v tahu či tlaku:

$$E_{cu} = \rho \cdot v_L^2 \cdot \frac{1}{k^2} \cdot 10^{-6}$$

kde ρ – objemová hmotnost [kg/m^3], v_L – rychlost šíření ultrazvukových impulsů [m/s],
 k – součinitel rozměrnosti

3.1.4 Stejnorodost betonu

Charakteristika betonu vyjádřená obvykle průměrnou hodnotou udávající rozdíly sledovaných vlastností, kde variační koeficient V_x a rozdíl „ Δ “ nesmí přesáhnout předepsané hodnoty dle třídy betonu z ČSN 73 2011, jinak se beton považuje za nestejnorodý. Pro statické hodnocení lze využít [4]:

- Pevnost betonu v tlaku
- Pevnost betonu v tahu
- Rychlost šíření impulsů ultrazvukového vlnění
- Objemová hmotnost

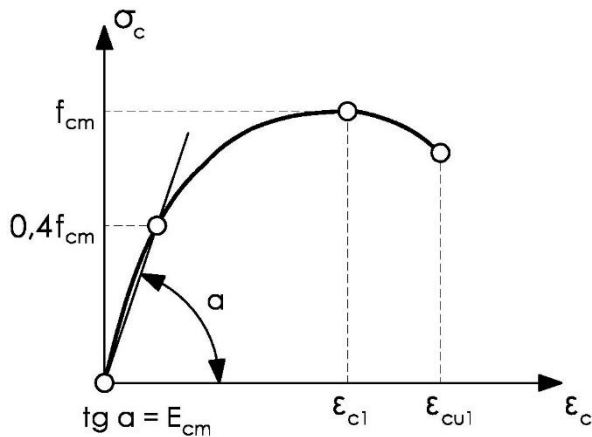
Zkouška probíhá na rovnoměrně rozložených zkušebních místech na konstrukci, jejichž počet udává norma dle objemu konstrukce, přičemž minimální počet zkoušek je 16. Při vrstevnatosti betonu je nutné před hodnocením stejnorodosti nejdříve stanovit tloušťku každé vrstvy. Nelze provádět zkoušku, pokud jsou viditelné vady či poruchy na povrchu konstrukce. Podle výsledků ze zkoušek se beton hodnotí jako:

- Stejnorodý
- Nestejnorodý

3.1.5 Modul pružnosti betonu

Modul pružnosti betonu E patří k základním charakteristikám betonu. Všeobecně platí, že čím větší je modul pružnosti, tím menší jsou deformační vlastnosti betonu, tj. deformace konstrukcí jako průhyby, posuny atd. Je vyjádřen přímou závislostí napětí σ na vyvolaném přetvoření ε a narůstá s pevností betonu. Dělí se dle způsobu měření na statický a dynamický, a dle způsobu odečtu z pracovního diagramu na sečnový a tečnový.

Statický modul pružnosti betonu, jakožto materiálu nelineárně pružného, kdy



Obr. 5 Schématické znázornění vztahu mezi napětím a poměrnými deformacemi z ČSN EN 1992-1-1

s narůstáním napětí se zvyšují deformace, se určuje z měřené deformace při zatěžovací zkoušce v tlaku na odběrech o známém zatížení. Ovlivňujícím faktorem je také vzájemný poměr a kvalita složek betonu.

Dynamický modul pružnosti lze zjistit na konstrukci či na odběrech ultrazvukovou metodou nebo rezonanční metodou na odběrech. Vzorec pro výpočet

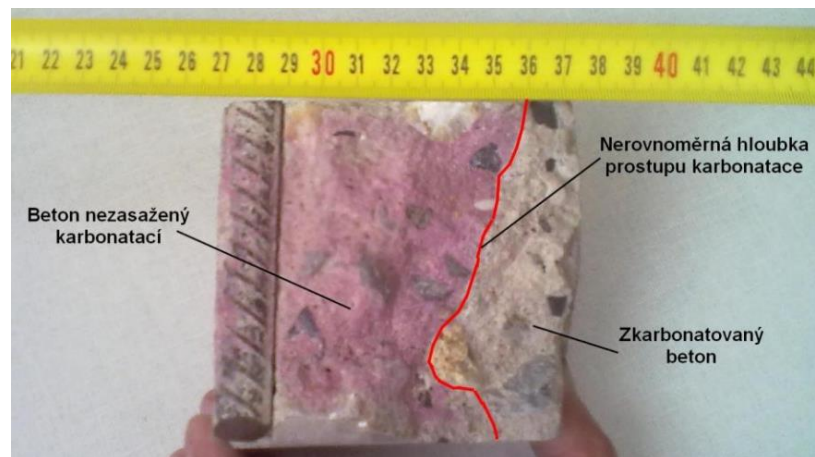
dynamického modulu pružnosti ultrazvukovou metodou je uveden v kapitole s ultrazvukovou metodou. Rezanční metoda se zakládá na rozkmitání zkušební tělesa elektromagnetickým budičem, při které se plynule mění frekvence za účelem najetí maximálního vzrůstu amplitudy vynucených kmitů zkoušeného prvku. Měřenými hodnotami jsou vlastní kmitočty podélného, příčného a kroutivého kmitání. Kromě modulu pružnosti lze touto metodou určit i dynamický modul ve smyku, dynamický Poissonův poměr a změny těchto veličin při zrání či degradaci. Vzorek se uloží na podklad umožňující pohyb při kmitání, nejčastěji gumová podložka a přiloží se sondy na čela vzorku a generuje se kmitání s plynule se měnící frekvencí buzení od 30 Hz do 30 kHz a sleduje se amplituda kmitání. Maximální amplituda ukazuje vznik rezonance, tedy shodu kmitočtu budícího oscilátoru s vlastním kmitočtem zkoušeného vzorku. [10] Hodnota dynamického modulu pružnosti z 1. vlastního kmitočtu podélného kmitání se určí ze vztahu:

$$E_{br,L} = 4 \cdot L^2 \cdot f_L^2 \cdot \rho$$

kde L – délka vzorku [m], f_L – skutečně naměřená frekvence podélného kmitání [kHz], ρ – objemová hmotnost [kg/m³]

3.1.6 Karbonatace betonu

Chemický proces, při němž se díky oxidu uhličitému snižuje hodnota pH, která je doprovázena poklesem obsahu hydroxidových iontů v cementovém tmelu. Postupem času uhličitany z povrchu betonu prostupují do hloubky, což nemusí mít vliv na pevnost betonu, ale způsobuje korozi výztuže ($\text{pH} < 9,5$). Hloubka karbonatace se určuje fenolftaleinovou zkouškou, kdy se na povrch odběru nebo přímo na povrch konstrukce nanese 1% lihový roztok fenolftaleinu v 70% etylalkoholu. Vizuálně se mění pouze beton s $\text{pH} \geq 9,5$ na fialovou barvu, kdežto u zkarbonatovaného se barva nezmění.



Obr. 6 Zkouška karbonatace betonu [11]

V blízkosti trhlin, štěrkových hnízd a dalších vad a poruch je výrazně vyšší karbonatace. Karbonatace je charakterizována stupněm karbonatace, stupněm modifikační přeměny a hodnotou pH z výluhu, přičemž tyto hodnoty lze získat z chemické analýzy. Posouzení míry karbonatace a její zařazení do jednotlivých etap karbonatace betonu je podrobněji probrán v praktické části diplomové práce.

3.1.7 Objemová hmotnost betonu

Objemová hmotnost je obecně dána poměrem hmotnosti k objemu tělesa s dutinami a póry. Nejvíce je ovlivněna kvalitou použitého kameniva a eventuálně i speciálními zpěňujícími přísadami. U vývrtů se určí změřením rozměrů se zvážení a na konstrukci pak nedestruktivně na rovnoměrně rozložených zkušebních místech pomocí ultrazvuku.

3.1.8 Chemická analýza betonu

Chemická analýza betonu spolu s dalšími metodami jednoznačně identifikuje druh materiálu s jeho stářím, mírou degradace a jejich vlivy. Díky těmto analýzám lze posoudit míru degradace způsobené vlivem agresivních látek, kontaminování cizorodými látkami, stanovení množství, druhu pojiva a míry hydratace v betonu, ale také zda se nejedná o beton na bázi portlandského či hlinitanového cementu. Aby se mohl posoudit stav betonu, je nutné stanovit kombinaci chemických analýz, jejichž výsledky se budou vzájemně doplňovat a rozšiřovat. Mezi fyzikálně chemické analýzy, na základě kterých lze posoudit stav hodnoceného betonu patří především [12]:

- **Chemický rozbor** – slouží pro stanovení obsahu jednotlivých prvků či sloučeniny v hodnoceném betonu. Dle ČSN 72 0100 se v betonu zjišťují obsahy sloučenin – nerozložitelného podílu, CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, Na₂O, K₂O, Síranová síra, Chloridy.

- **Rentgenová difrakční analýza** (RTG analýza) – lze identifikovat přítomnost krystalických fází (minerálů) v hodnoceném betonu. Je založena na interferenci rentgenového záření, vycházející z teorie, že v pevné látce jsou roviny, které jsou navzájem rovnoběžné a vzdáleny o tzv. mezimřížkovou vzdálenost. Každá krystalická látka obsahuje mnoho různých rovin, na kterých vzrostou hodnoty intenzit záření, přičemž jsou tyto hodnoty charakteristické pro každou krystalickou látku. Lze touto analýzou určit, zda je beton na bázi portlandského, směsného či hlinitanového cementu.

- **Diferenční termická analýza** (DTA analýza) – slouží především pro kvantifikaci obsahu jednotlivých fází v hodnoceném betonu. Tepelně analytická metoda založená na rozdílu teplot mezi zkoušeným a standartním vzorkem, které jsou současně zahřívány konstantní rychlostí. Současně je termogravimetrií zaznamenávána jako funkce lineárně se měnící teploty kvantitativní změna hmotnosti vzorku. Získaná závislost rychlosti změny hmotnosti vzorku na teplotě je pak vykreslena do křivky.

- **Stanovení pH betonu ve výluhu** – díky hodnotě pH lze posoudit míru degradace betonu, která má z hlediska schopnosti betonu zabránit výztuži korodovat. Provádí se vyluhováním určenou dobu určitého množství vzorku v odpovídajícím množstvím destilované vody, přičemž se pak beton rozemele a pH se určí z výluhu získaného z materiálu, který prošel sítem 0,063 mm.

- **Snímkování mikrostruktury rastrovacím elektronovým mikroskopem (REM)** – používá se především pro upřesnění údajů zjištěných výše uvedenými analýzami. Konstrukce je tvořena úzkým elektronovým svazkem vodící se po povrchu vzorku, vyvolávající ionizaci valenčních sfér atomů emisí sekundárních elektronů, které jsou snímány detektorem. Detektor modeluje, zda elektronové paprsky probíhají současně se snímacím paprskem, z něhož vzniká obraz odražených elektronů.

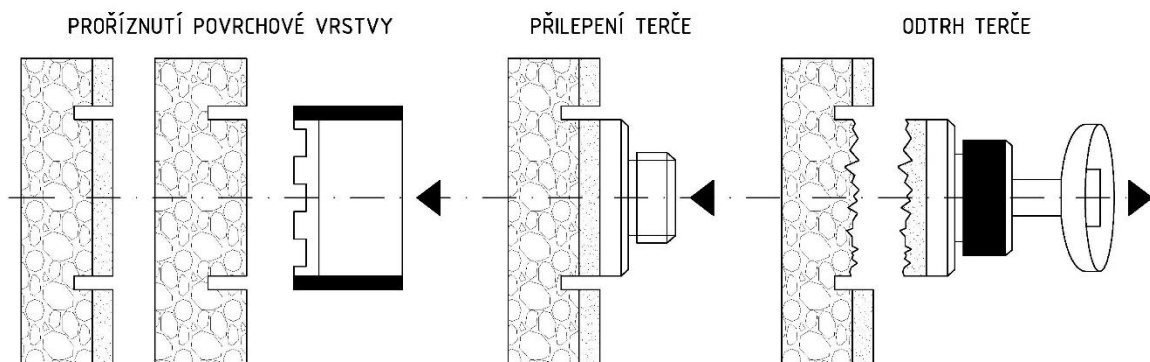
- **Infračervená absorpční spektroskopie** – analytická metoda určená především pro identifikaci a strukturální charakterizaci organických sloučenin. Měří pohlcení infračerveného záření v materiálu o různé vlnové délce, jehož výstupem je infračervené spektrum vyjadřující závislost energie v jednotkách absorpce (A) na vlnové délce.

Postup a rozsah analýz je vždy individuální s ohledem na charakter hodnocené konstrukce a při volbě metod je nutné zohlednit účel analýz, charakter prostředí a specifika konstrukce, jako například materiálovou skladbu či konstrukční uspořádání. Nejčastěji jsou využívány první čtyři metody, přičemž metoda REM je využívána jako doplňková.

3.1.9 Přídržnost

Přídržnost povrchových vrstev betonu je semidestruktivní metoda zkoušení, kterou se stanovuje soudržnost jednotlivých vrstev a lze ji zjišťovat zkoušením tahové pevnosti podkladu a přídržnosti finální úpravy k podkladu.

Při provádění odtrhové zkoušky se v první řadě provede proříznutí povrchové vrstvy vrtačkou s jádrovým vrtákem o průměru zkušební terče. Poté se povrch zbaví nečistot a celoplošně se přilepí zkušební terč a vycentruje se, musí se však dávat pozor, aby se lepidlo nedostalo do spáry a nevytvdlo tam. Získá se nejvyšší tahová síla, potřebná pro odtrhnutí zkušební terče při definované rovnoměrné rychlosti nárůstu napětí.



Obr. 7 Zkouška přídržnosti

Mezi časté chyby patří použití nevhodného lepidla, nedostatečné vytvrnutí lepidla, špatné vycentrování terče, tudíž nepůsobí tahová síla kolmo na rovinu terče, nedodržení rovnoměrného zvyšování síly či špatné umístění a počet zkušebních míst. Zkušební přístroje jsou buď v mechanickém či elektrickém provedení. Z největší dosažené síly, která se podělí velikostí plochy průměru návrhu se dostane hodnota povrchové přídržnosti. Každá odtrhnutá plocha se vizuálně podle lomových ploch a jejich polohy zatřídí dle Tab. 5.


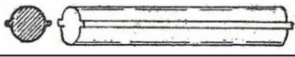
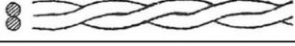


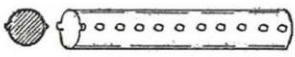

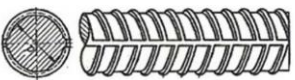
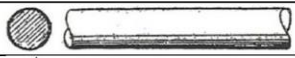
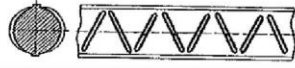

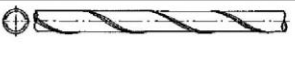
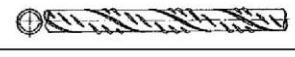
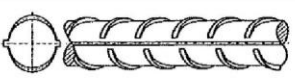
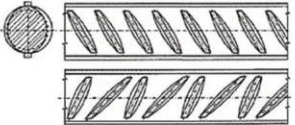
3.1.10 Další zkoumané vlastnosti

- **Vlastnosti povrchových vrstev betonu** – díky těmto zkouškám propustnosti povrchových vrstev pro vodu a plyny lze popsat pórovou strukturu betonu a tím i jeho trvanlivost
- **Hutnost betonu** – zjišťuje se z doby průchodu ultrazvukových vln materiálem
- **Vlhkost** – využívá se radiometrická nebo kapacitní, odporová či vodivostní elektrická metoda
- **Vodotěsnost** – stanovuje se hloubka průsaku tlakové vody
- **Mrázuvzdornost** – zkouška cyklického střídavého zmrazování a rozmrazování betonových vzorků nasycených vodou
- další odolnostní zkoušky – zkouška odolnosti vůči CHRL, proti obrusu a proti chloridům

3.2 OCEL

Díky technologické nekázni a nedostatečné kontrole kvality, lze v dnešní době v konstrukci nalézt rozdílné druhy a profily oceli než byly původně navrženy, jiné vzdálenosti mezi nimi nebo problémem může být koroze výztuže, způsobená nedostatečným krytím a následným odloupenutím krycí vrstvy. Cílem zkoušení je stanovení rozsahu koroze, zjištění druhu, průměru, množství výztuže s její polohou v konstrukci, včetně vzájemných vzdáleností a krytím. Zjištění polohy výztuže je nedílnou součástí jak pro statický výpočet, tak pro odběr jádrových vývrtů.

Tab. 2 Tvary betonářských výztuží z ČSN ISO 13822

Předpis	Druh	Označení	Tvar
ČSN 1016:1926		C34	
ČSN 1090:1931		Cc	
ČSN 1090:1931		C 38	
ČSN 1090:1931		Jakostní	
ČSN 1091:1935		Cb	
ČSN 1230:1937		C 37	
ČSN 1230:1937		C 52	
-		Beton speciál	
ČSN 41 0000 ČSN 42 5510	10 000		
ČSN 41 0002	10 002	A	
ČSN 41 0210	10 210	A-0	
ČSN 41 0216 ČSN 42 5512	10 216	E	
ČSN 41 0373	10 372	B A-0	
ČSN 41 0373 ²⁾	10 373	B _s	
ČSN 41 0452 ČSN 42 5513	10 452 10 453	C C _s	
	10 472 (ISTEG)	I	
ČSN 41 0492 ČSN 42 6560 ²⁾	10 492 (TOROS)	T, Tor 30	
ČSN 42 5537 ²⁾	10 512 (ROXOR)	R	
	10 513 (ROXOR)	R _s	
	10 512 (LAROS)	L	
	10 513 (LAROS)	L _s	
ČSN 41 0300 ČSN 42 5538	10 300	A-II ⁴⁾ R 30	
ČSN 41 0401 ČSN 42 5539	10 400 10 400 A	R 40 A _s -III ⁴⁾	
	10 401 10 400 B	R 40 A-III ⁴⁾	
ČSN 41 0402	10 402	Tor 40 RK 40	
ČSN 41 1373 ČSN 42 5510	11 373	EZ ³⁾	
ČSN 41 0245 ČSN 42 5529	10 245	K	
ČSN 41 0335 ČSN 42 5533	10 335	J	
ČSN 41 0338 ČSN 42 5534	10 338	T A-II ³⁾	
ČSN 41 0302 ČSN 42 6560	10 302	B II Tor 30	
ČSN 41 0425 ČSN 42 5535	10 425	V A-III ³⁾	
ČSN 42 5535 ¹⁾	10 426	W A-III ³⁾	
ČSN 41 0505 ČSN 42 5538	10 505	R	

1) ČSN 73 2001:1972

2) ČSN 1510:1948

3) Metodické pokyny pro užívání výztužných ocelí v betonových keč navrhovaných podle ČSN 73 1201:1967, VUPS Praha, 1970

4) Věstník Ministerstva výstavby, částka 23/1962

3.2.1 Odsekání krycí vrstvy betonu

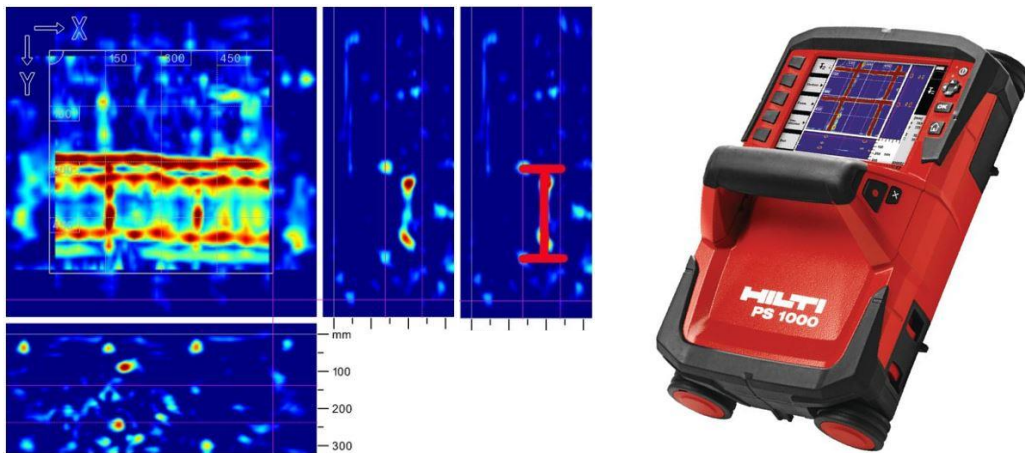
Semidestruktivní metoda, využívaná pro kontrolu vyztužení, s jejichž pomocí lze vizuálně zjistit polohu, krytí, průměr, druh, množství a stupeň koroze výztuže. Je založena na mechanickém odstranění krycí vrstvy betonu v okolí výztuže bouracími nástroji s následným obnažením výztuže, což umožňuje lokalizaci skutečného stavu výztuže uložené nejbližší k povrchu, ale neumožňuje nalézt případné výztuže uložené hlouběji pod povrchem, jelikož už by mohla být narušena únosnost konstrukce. Díky této metodě lze výztuž zatřídit a určit typ výztuže (Tab. 2). Pokud není možné použití sekané sondy, právě kvůli případnému oslabení výztuže, musí se využít jiná z nedestruktivních metod.



Obr. 8 Určení vyztužení sloupu sekanou sondou

3.2.2 Georadar

Nedestruktivní metoda založená na principu vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů, vytvářené vysílací anténou a sledování pulzní odezvy přijímačem, ke které dochází na každém rozhraní změny elektromagnetických vlastností prostředí. Registrovanou veličinou je intenzita odražené vlny zaznamenávána v diskrétních časových okamžicích. [9] S hloubkovým dosahem přístroje je úzce spjata volba vysílací frekvence, jelikož čím větší hloubkový dosah je, tím menší možnost rozlišení případných nehomogenit. Zkušebním přístrojem je možné provádět liniové a plošné skeny do hloubky až 300 mm, díky nimž je možné určit polohu výztuže i ve více vrstvách, množství výztuže s jejich krytím, ale také stanovení ocelových profilů. Nevýhodou je v případě ocelové výztuže nemožnost stanovení přesného průměru, druhu a koroze výztuže.



Obr. 9 Vlevo – oblast trámu skenovaná přístrojem, v půdorysu plošného skenu je jasně patrný ocelový I profil, který je v řezu zobrazen okraji pásnic a kouty mezi stojinou a pásnicemi – pro názornost je profil vedle vyznačen červeně (v půdorysu potlačení další výztuže) [13]; vpravo – georadar Hilti PS 1000 [14]

3.2.3 Elektromagnetický indikátor polohy výztuže

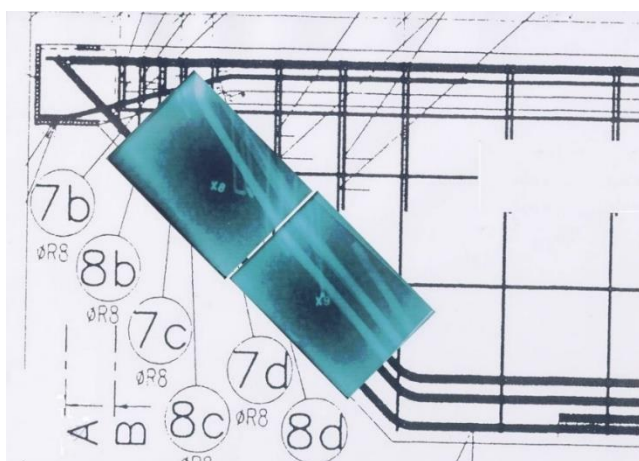
Tato jednoduchá a rychlá nedestruktivní metoda je založena na využití feromagnetického jevu nebo vířivých proudů, kde budící cívky kolem sondy vytvářejí elektromagnetické pole a vlivem toho vzniká ve výztuži vířivý proud, který pak detekují snímací cívky. Odezva přístroje je tím větší, čím blíže je výztuž u sondy a klesá s druhou mocninou jejich vzdáleností. Je využívána pro zjištění výztuže v betonu (pro bezpečné vrtání) s její polohou, množstvím, průměrem a krytím. Nelze stanovit druh výztuže s mírou koroze a ani identifikovat výztuž, pokud je malá vzdálenost mezi pruty nebo pokud je výztuž ve více vrstvách. Při neznámém průměru či pochybnostech o uložení je doporučeno provedení sekané sondy.



Obr. 10 Vlevo – Profometr 5, uprostřed – Ferroskan PS 200,, vpravo – Profometr PM-600

3.2.4 Radiografická metoda

Patří mezi nedestruktivní metody i semidestruktivní, které umožňují nejpřesnější určení výztuže, její polohy, průběhu, typu a množství, i pokud se nachází ve více vrstvách. Ke zkoušení je zapotřebí ionizující záření, využívající schopnost záření procházet zeslabovaným prostředím, přičemž zeslabování je v železobetonu způsobeno použitou výztuží, projevující se světlejšími stopami nižšího zčernání na radiografickém filmu. Je založena na principu centrální projekce, ve které je zdroj umístěný ve středu prozařování a prošlé záření je zachycováno na radiografický film. Zdrojem záření je Co60, kterým je možno prozařovat konstrukci do tloušťky 0,5 m. [4] Nevýhodou této metody je časová náročnost, složitost metody, investiční náklady na vybavení, na kvalifikaci obsluhy a dodržování bezpečnostních předpisů, jako je vyloučení pohybu osob v okolí prováděné zkoušky. Vhodné je doplnit tuto metodu i jinou nedestruktivní metodou.



Obr. 11 Příklad radiogramu, které stanovily polohu výztuže ve vazníku, která neodpovídala projektové dokumentaci [13]

3.2.5 Koroze výztuže

Koroze výztuže hraje zásadní roli při trvanlivosti betonové konstrukce, jelikož snižuje soudržnost, oslabující vlastní průřez a s rostoucím objemem nepříznivě působí na okolní beton, což má za následek odpadnutí krycí vrstvy. Při korozi výztuže probíhá elektrochemická reakce ve vlhkém prostředí při $\text{pH} < 9,5$ a bez přítomnosti chloridů. Rozděluje se na korozi rovnoměrnou, důlkovou a mezikrytalovou. Další členění může být podle míry koroze na:

- povrchová – bez výrazného úbytku profilu
- hloubková – odpadávaní korozních zplodin

- extrémní – úbytek profilu o 50 % a více

Korozi podporují tyto činitele – náchylnost přepínací výztuže ke korozi, obsah siřičitanů, siřičitanů a chloridů v betonu, nedostatečná alkalita betonu (zejména při použití hlinitanového cementu), malé krytí výztuže betonem, nedokonalé zhutnění krycího betonu a betonu spar dělených konstrukcí, nedokonalé zainjektování kabelových kanálků, trhliny v krycím betonu, přímý vliv škodlivého prostředí. [15]

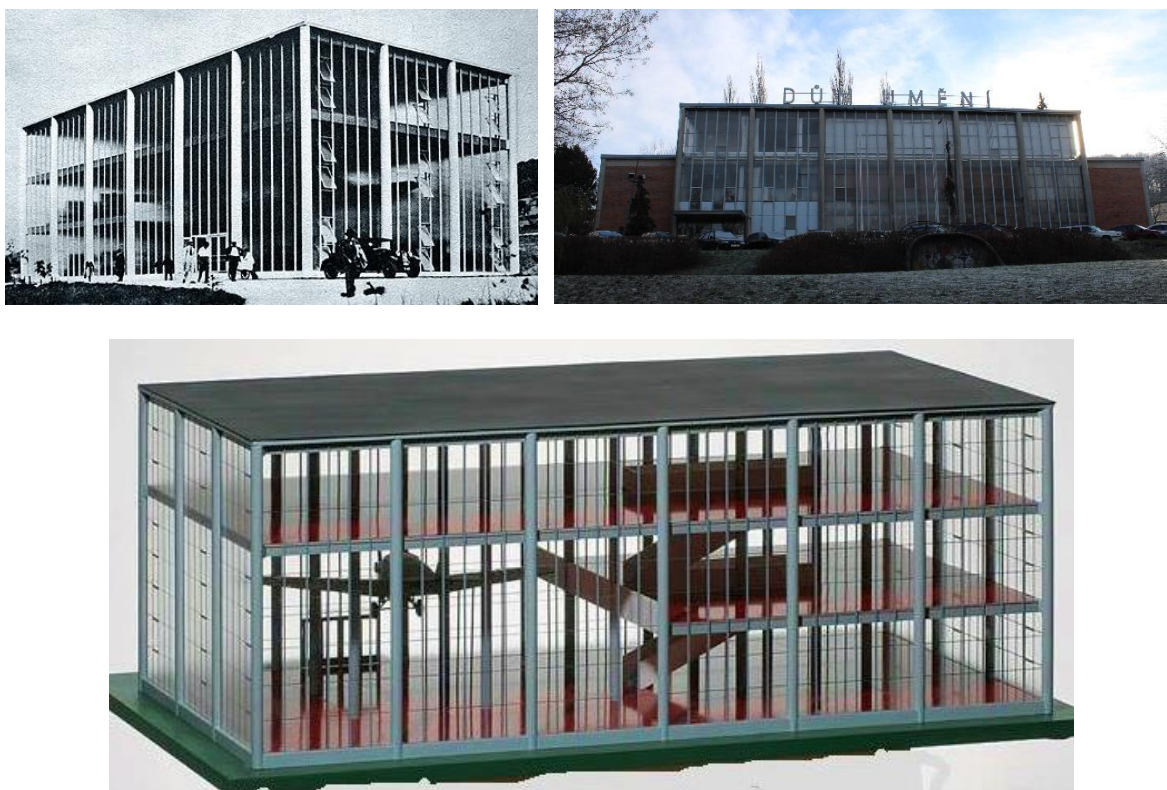


Obr. 12 Koroze výztuže [16]

Při zjišťování koroze nedestruktivní cestou se s pomocí tzv. poločlánku, což jsou elektrody obsahující síran měďnatý, vytvořený galvanický článek plošně měří jako elektrické pole.

4 Stavební průzkum a diagnostika

Předmětem praktické části je průzkum a hodnocení stavebního objektu Baťova památníku ve Zlíně pro plánovanou přestavbu, která má památník uvést do původní podoby. V rámci průzkumu se bude stanovovat kvalita betonu nosné konstrukce (pevnostní parametry, karbonatace, přítomnost hlinitanů, zkoušky povrchových přídržností), kontrola vyztužení s geometrickým a konstrukčním uspořádáním dle původního návrhu a určení napojení přístaveb ke konstrukci. Bude se také zjišťovat geometrie a vyztužení v místě připojení původního schodiště na stropní konstrukci. Nakonec se výsledky z průzkumu použijí pro statické posouzení vybraných částí konstrukce dle stávajících normových předpisů.

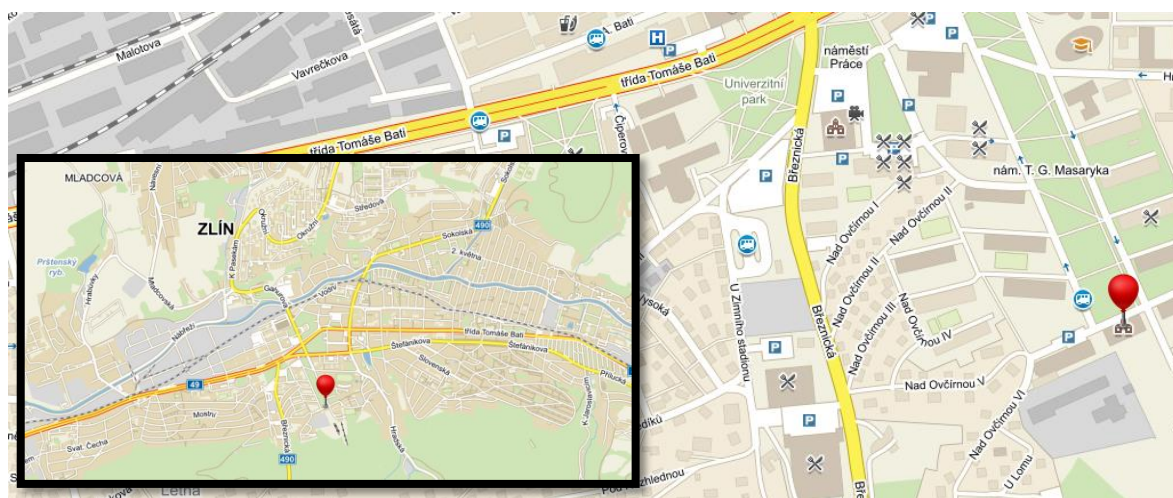


Obr. 13 Vlevo – fotografie z roku 1933 [17], vpravo – současná fotografie, uprostřed – model původní budovy [18]

4.1 Popis objektu

Budova, jejímž autorem je architekt František Lydie Gahura, byla postavena a předána do užívání v roce 1933 jako památník Tomáše Bati, který zahynul při letecké katastrofě. Objekt se nachází na náměstí T. G. Masaryka, jehož přední severní strana budovy

umožňuje výhled do celého parku a je jeho dominantou. V původní budově bylo ke stropní konstrukci v 2. NP zavěšeno letadlo s kterým havaroval. Využívala se také k propagaci Baťových závodů a prezentaci jejího vývoje s ukázkami strojních zařízení a výrobků. Konstrukce byla řešena jako třípodlažní železobetonový skelet s předsazenými obvodovými kruhovými sloupy s pláštěm v kombinaci oceli a skla. Lapidární architektonická forma této budovy výrazně představovala principy konstruktivistické a funkcionalistické architektury tehdejšího Zlína. [17] V listopadu roku 1944 byla budova uzavřena, jelikož byla silně porušena bombovým náletem. V roce 1948 byla budova částečně přestavěna pro potřeby filharmonie a galerie pod názvem Dům umění, přičemž se dosavadní exponáty a sbírky přesunuly do sousední budovy. K budově přibyly dva zděné přístavky, do kterých se umístilo schodiště z 1.NP do 2.NP místo nedochovaného původního schodiště v budově památníku. Schodiště z 2.NP do 3.NP v budově zůstalo, ale byla změněna jeho orientace proti původnímu stavu. Původní hlavní vstup do budovy přestal vyhovovat požadavkům novému účelu budovy kvůli své poloze, a proto byl vystaven nový vchod směřující návštěvníky do vstupního prostoru v levé části přední strany budovy. Ze zadní jižní strany byl postaven samostatný montovaný přístavek a propojen s původní budovou, používaný jako skladiště. Průzkum se provádí kvůli plánované přestavbě Domu umění do původní podoby Baťova památníku z roku 1933.



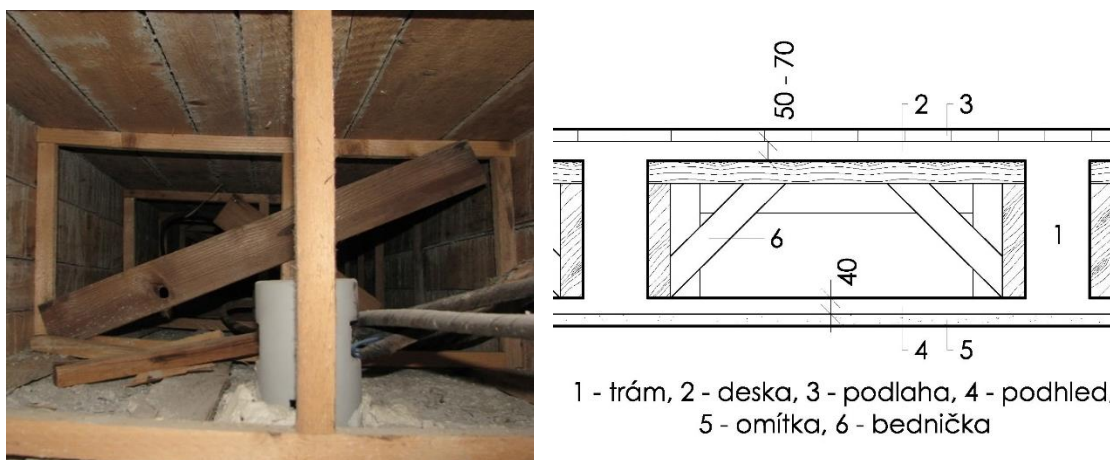
Obr. 14 Lokalizace a širší okolí objektu

4.2 Předběžné hodnocení objektu

Úkolem předběžného hodnocení objektu je zjištění stavu objektu a kritických míst v konstrukci, během něhož došlo k zdokumentování technického stavu s určením míst pro

odběr vývrtu, provedení sekaných sond a míst pro zkoušku přídržnosti. V rámci předběžného průzkumu nebyly zjištěny žádné vady ani poruchy, které by vyžadovaly okamžitá opatření.

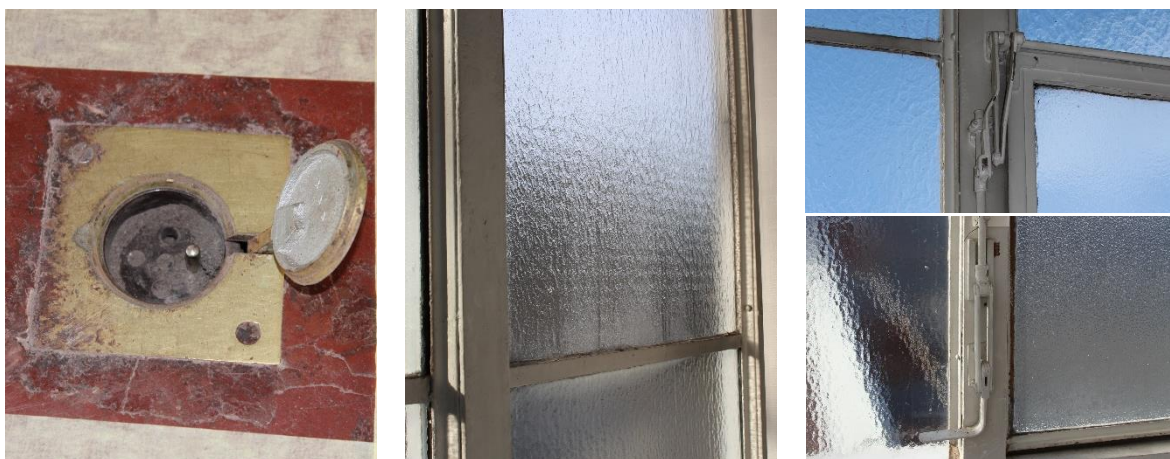
Obvodový plášť je kombinací skla a oceli, s osazením na vnější líc vodorovných nosných konstrukcí. Jedná se o třípodlažní železobetonový skelet s plochou střechou o šesti podélných a třech příčných polích o osových vzdálenostech 6150 mm, s předsazenými kruhovými sloupy o průměru 500 mm představující svislou nosnou část konstrukce. Byl zde použit standardní zlínský modul 6150×6150 mm, který se využíval u většiny budov stavěných firmou Baťa. Vodorovná nosná konstrukce je tvořena systémem příčných průvlaků (300×500 mm), z nichž vnitřní sloupy obsahují půdorysné náběhy, a podélným systémem železobetonových spojitých trámů (100×500 mm). Stropní konstrukce je železobetonová žebírková konstrukce se ztraceným bedněním tzv. bedničková, kde horním povrchem je železobetonová deska tloušťky 60 mm a spodním lícem moniérka tloušťky 30 – 50 mm. Vytvořený prostor se využívá pro rozvod elektroinstalace. Vytvořila se vybetonováním nejdříve podhledové spodní desky, vytvořením bednění a osazením výztuže, která po zatuhnutí a částečném zatvrdnutí spolu s žebry vytvořila prostor, do kterého se ukládali dnem vzhůru dřevěné bedničky, na nichž se pak betonovala horní deska.



Obr. 15 Vlevo – pohled do stávajícího bednění v místě sondy O2; vpravo – schéma klasického provedení bedničkového stropu

V prvním nadzemním podlaží je umístěna síň filharmonie se vstupním prostorem, který je rozšířen o východní zděný přístavek, do kterého je umístěno mramorové schodiště do druhého nadzemního podlaží, kde jsou umístěny kanceláře a prostor, sloužící jako balkonové hlediště. V místě napojení nad vstupem na schodiště lze spatřit na stropní konstrukci dilatační spára mezi původním objektem a přístavbou, viditelná i v linoleu při výstupu ze schodiště. Podlaha je tvořena z červeného linolea, kterým byla snaha o podobnost s původní povrchovou vrstvou. V hlavní části je hlediště s jevištěm, nad kterým je přistavena

rámová konstrukce ohraničující jeviště, kde byli umístěny varhany. Z levé části jeviště je chodba, kterou lze projít do zadní části jeviště, technického zázemí a do přistaveného montovaného přístavku, sloužícího jako skladiště. V zadní části jeviště je průchod do druhého západního přístavku se schodištěm do 2.NP vedoucí k šatnám a kancelářím, které sloužily pro personál filharmonie. V celém druhém podlaží je použita podlahová krytina linoleum se vzorem tmavého šedého mramoru. Při vstupu v 2.NP do prostoru balkonového hlediště je na stropní konstrukci obrys původního prostoru schodiště. Obě přístavby jsou dvoupatrové zděné s plochou střechou tvořenou asfaltovými pásy, které jsou poškozené či špatně provedené, jelikož dochází k průsaku vody ze střešní konstrukce způsobující nevzhledné skvrny s případným odpadáváním omítky. Třetí nadzemní podlaží bylo využíváno pro účely galerie, kde je zachována původní povrchová úprava podlahy červené barvy. Při všech provedených úpravách se zde zachoval původní mechanismus otevírání oken a kuriozitou jsou také poslední dvě dochované kovové podlahové zásuvky u výstupu ze schodiště. V celém obvodovém plášti byly postupně vyměňovány okenní tabule, nicméně i přesto některé zůstali původní, které mají svoji charakteristickou strukturu vytvářející vodorovné linie při pohledu pod určitým úhlem. U vyměňovaných okenních tabulí nebylo dbáno na jednotnost a je použito několik různých vzorů. Nelze říct, zda odpovědné osoby neměly estetické cítění či tak bylo kvůli dostupnosti skel v době poškození výplně.















Obr. 16 vlevo – kovová zásuvka, uprostřed – okenní výplň s viditelnými vodorovnými liniemi, vpravo – mechanismus otevírání okna

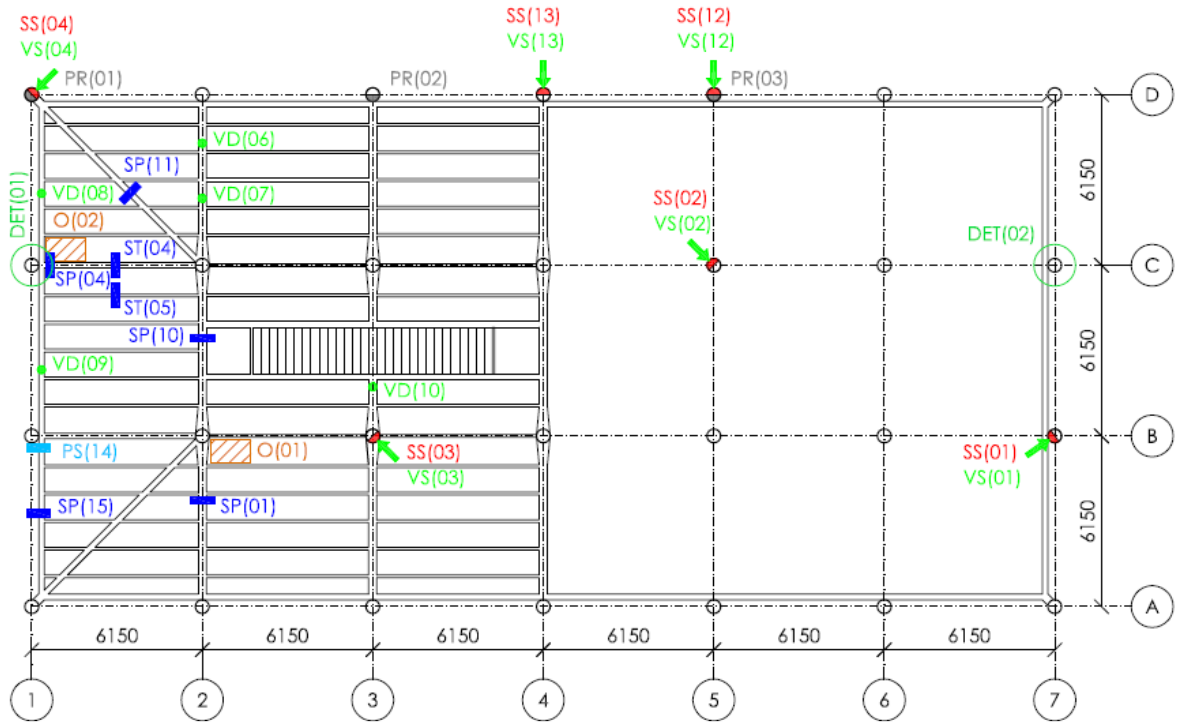
4.3 Podrobné hodnocení objektu

Pro zjištění pevnostních parametrů betonu se navrhlo odebrat celkem 35 jádrových vývrtů, z toho 13 z nosných sloupů a 22 z vodorovné nosné konstrukce. Stanovení polohy,

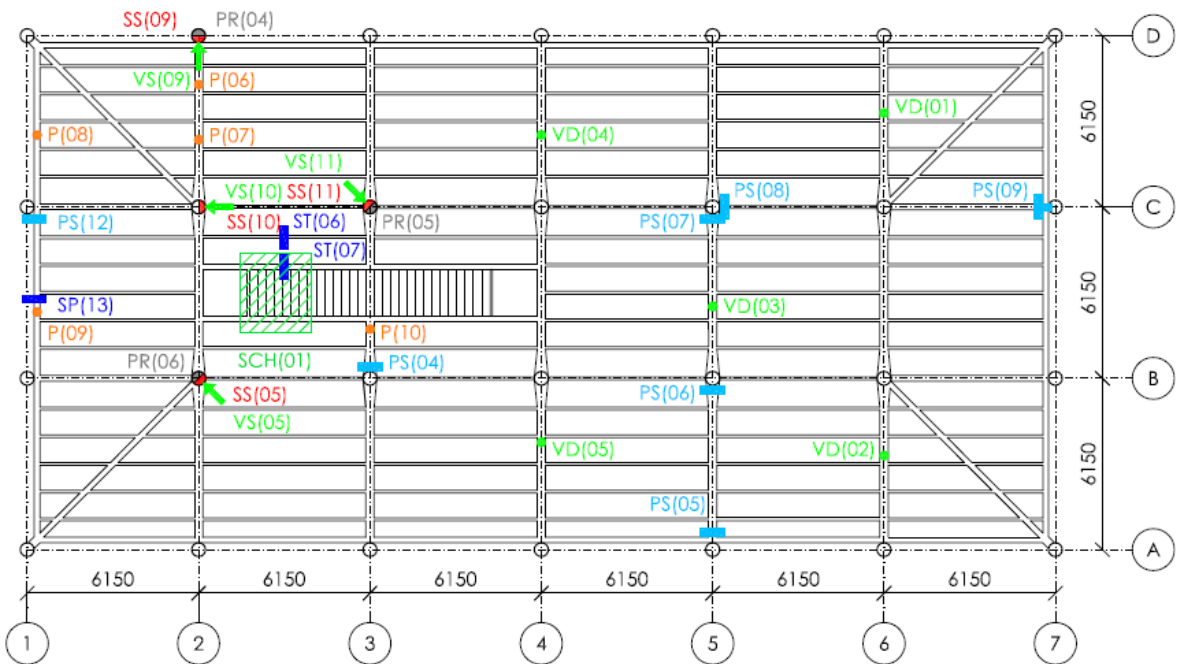
druhu, profilu výztuže a hloubky krycích vrstev betonu vyztužených nosných částí sekanou sondou se plánovalo provést na 52 místech. Pro kontrolu vyztužení sloupů se vytvořily sondy na stejných sloupech, na kterých se odebíraly vývrty, tudíž na 13 sloupech. Prováděla se kontrola vyztužení průvlaků na ohyb a smyk, žebra na ohyb, trámu na ohyb a smyk, stropních desek na ohyb. Celkově bylo navrženo 4 sondy na stropních deskách, 22 sond pro vodorovné nosné konstrukce v místech ohybových momentů a 12 sond na místech smykových účinků. V místě napojení původního schodiště na stropní nosnou konstrukci se zjišťovala geometrie a vyztužení prvku se zaměřením na detail původního uchycení schodišťového ramene. Několika sekanými sondami se určoval způsob připojení přístaveb v úrovních styku s původní nosné konstrukci, zejména ke sloupům. Na 9 sloupech se navrhla zkouška přídržnosti povrchových vrstev. U všech odebraných jádrových vývrtů a určených sekaných sond se provedly fenolftaleinové zkoušky pro zjištění hloubky karbonatace. Na šesti vzorcích byla realizována chemická analýza pro zjištění složení, s ohledem na zastoupení hlinitanů a míry povrchové degradace vlivem vnějšího prostředí. Návrh průzkumu s jednotlivými sondami jsou podrobně zakresleny do půdorysů původního uspořádání. V průzkumu jsou uvedené oblasti O1 – O6, které byly prováděny v meziprostoru stropní konstrukce a jejichž sondy jsou podrobně vykresleny v Obr. 20.

Legenda provedených sond

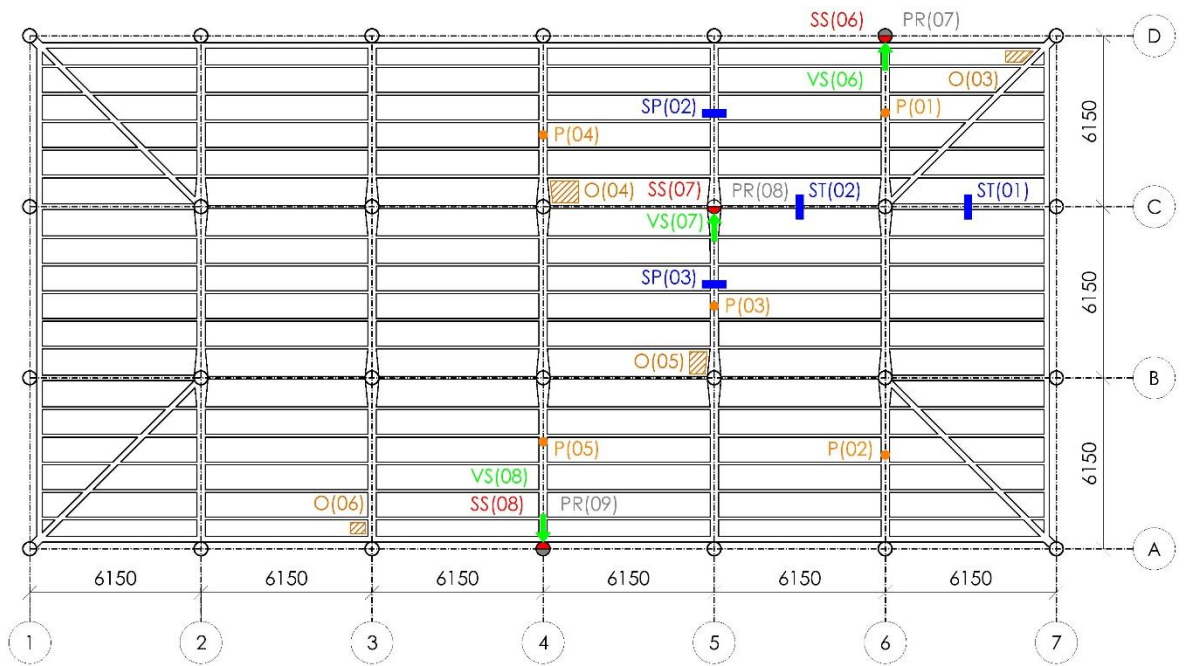
-  Jádrový vývrt do svislého nosného sloupů o \varnothing 75 mm vedený vodorovně – ozn. VS
-  Jádrový vývrt do nosné stropní kce o \varnothing 50 mm vedený vodorovně – ozn. VP, VT
-  Jádrový vývrt do nosného průvlatku směr svisle dolů přes skladbu podlahy – ozn. VD
-  Sekaná sonda ke svislé nosné výztuži a smykové výztuži (třmínky) – ozn. SS
-  Sekaná sonda ke spodní ohybové výztuži vodorovných nosných prvků – ozn. SP, ST
-  Zkouška přídržnosti povrchových vrstev betonu – ozn. PR
-  Otevřená sonda do mezitrámových prostor – ozn. O (zvlášť na schématech)
-  Sekaná sonda nad podporou k ohybové výztuži vodorovných nosných prvků – ozn. PS
-  Skladba podlahy v místě provedených sond do průvlaků – ozn. P
-  Smykové vyztužení prvků (třmínky se sekanou sondou) – ozn. TP, TT
-  Ověření detailu napojení přístavby k původní nosné konstrukci – ozn. DET
-  Elektromagnetická kontrola polohy výztuží + sekané sondy – ozn. SCH



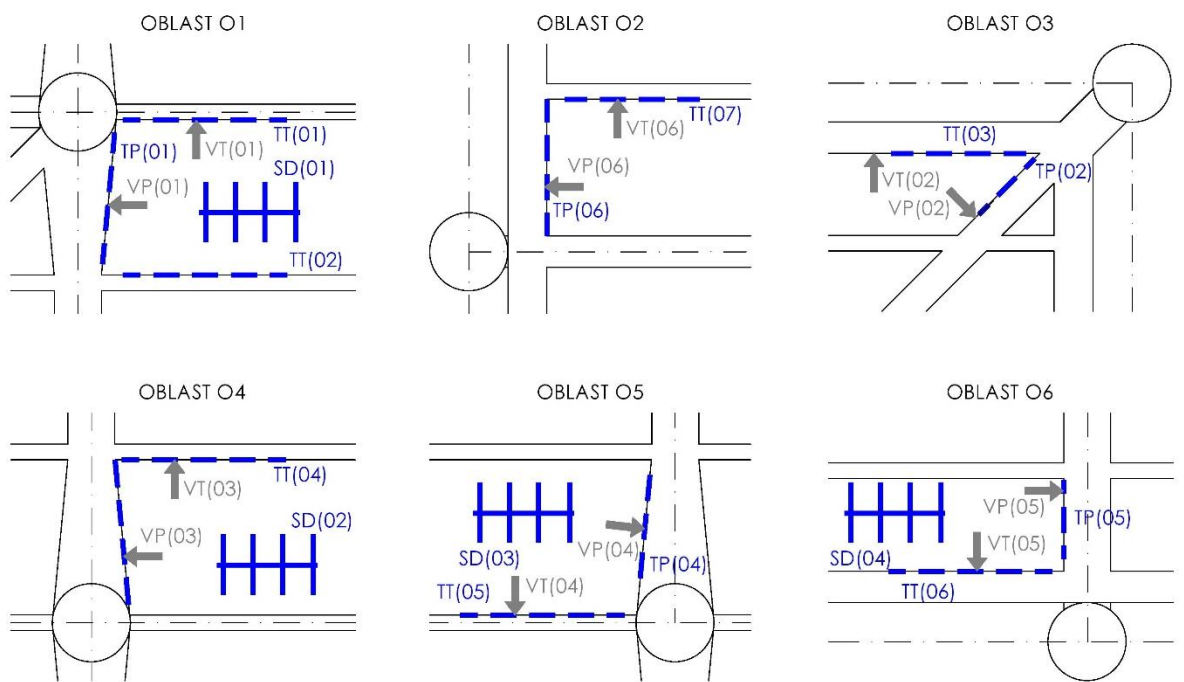
Obr. 17 Návrh průřezu v 1.NP



Obr. 18 Návrh průřezu v 2.NP



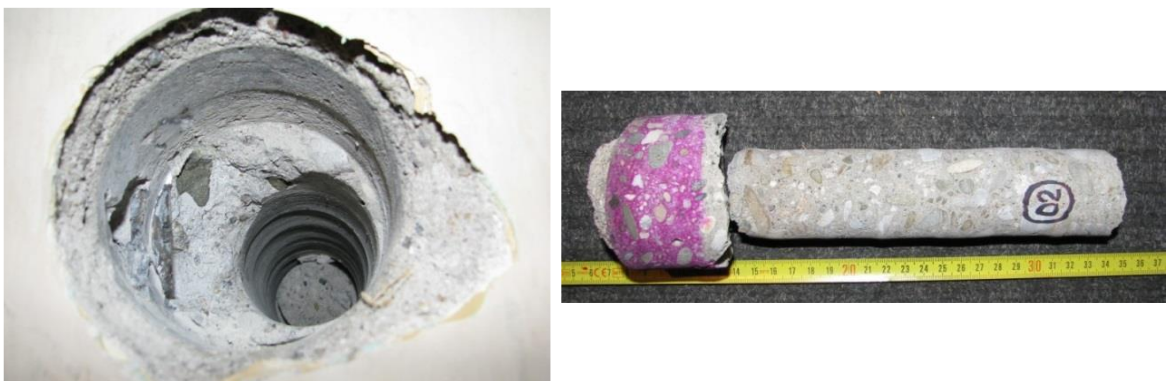
Obr. 19 Návrh průřezu v 3.NP



Obr. 20 Návrh průřezu v určených oblastech

4.3.1 Odběr jádrových vývrtů

Počet vývrtů a jejich poloha byla určena tak, aby byla odebrána z míst největšího tlakového namáhání, s minimálním výskytem výztuže bez přítomnosti spár či trhlin. Pro určení pevnostních parametrů betonu se provedlo odebrání jádrových vývrtů za mokra pomocí vrtací techniky HILTI DD200 ukotvené na hmoždinku OMO (případně vakuovou deskou na povrch konstrukce) s osazenou jádrovou vrtací korunkou s vnitřním průměrem přibližně 45 a 75 mm. Pro odběr z mezitrámových prostor se použila vrtací technika HILTI DD120 s jádrovou korunkou o vnitřním průměru cca 45 mm, jelikož má nižší hmotnost než předchozí použitý typ DD200, ale má menší rozsah vrtání. Jelikož se odebrání vzorků provádí za mokra, je nutné ochlazovat vrt vodou odváděnou do průmyslového vysavače. Místa všech odběrů byla pečlivě zdokumentována provedením fotografie zkušebního místa s hloubkou provedeného vývrtu a s jeho označením ihned po vývrtu. Konstrukce zatím nebyla po odběru zapravena pro možné další zkoumání, ale v případě potřeby se zapravení provede hmotou s požadavky na pevnost a minimální smrštitelnost.



Obr. 21 Vlevo – detail ostění otvoru po odebraném jádrovém vývrtu z obvodového sloupu s označením VS(02); vpravo – odebraný jádrový vývrt ze sondy VS(02) vrt započat průměrem 75 mm, dovrtán \varnothing 50 mm

4.3.2 Hloubka karbonatice betonu

Před samotným rozřezáním se v laboratoři provedla na odebraných vývrtech zkouška hloubky karbonatice, kdy se aplikuje 1%-ní roztok fenolftaleinu na vzorek a pokud se nezbarví, tak je prokázána karbonatice a změří se její hloubka. Jelikož ovlivňuje korozi výztuže, neměla by být větší hloubka, než v jaké hloubce je výztuž. Byla stanovena na 13 vzorcích ze svislých nosných konstrukcí a na 35 případech vodorovných konstrukcí.

Dle charakteru jsou výsledky hloubky karbonatace rozděleny do následujících kategorií s příslušnými výsledky [19]:

- obvodové nosné sloupy s maximální hloubkou karbonatace do 15 mm
- vnitřní nosné sloupy s maximální hloubkou karbonatace do 10 mm
- stropní konstrukce nad 1.NP s maximální hloubkou karbonatace do 10 mm
- stropní konstrukce nad 2.NP a 3. NP s maximální hloubkou karbonatace do 5 mm

Fenolftaleinovou zkouškou nebyla zjištěna karbonatace betonu s hloubkou větší než 15 mm, tudíž jsou všechny krycí vrstvy dostatečné a zajišťují dostatečnou ochranu výztuže před korozi.



Obr. 22 Detail na sekanou sondu SP(01), kde zkouška karbonatace dosahuje do hloubky 10 mm

4.3.3 Stanovení pevnostních parametrů

Pokud to bylo umožněno délkou vývrtů, některé se rozřezaly na více zkušebních těles. Vzorky se nařezaly na okružní pile s diamantovým kotoučem tak, aby byly v ideálním poměru 1:1. Provedlo se vysušení v peci s následným změřením průměru, délky a zvážení všech odebraných vývrtů. Poté se mohlo přistoupit ke zkoušce pevnosti v tlaku v hydraulickém lisu Form+Test, z které se získaly maximální síly F_{max} potřebné k rozdrčení jednotlivých vzorků, které podělením zatěžovací plochy se získaly jednotlivé pevnosti v tlaku. Vyhodnocení zkoušky pevnosti v tlaku dle ČSN ISO 13822 s následným určením pevnostní třídy dle ČSN EN 206.

Z výsledků zkoušek pevnosti v tlaku se stanoví jejich průměrná pevnost a směrodatná odchylka, variační koeficient podle uvedených vzorců.

$$m_{fc} = \frac{\sum f_{c,i}}{n}; \quad s_{fc}^2 = \frac{\sum (f_{c,i} - m_{fc})^2}{n - 1}; \quad V_{fc} = \frac{s_{fc}}{m_{fc}}$$

kde m_{fc} – průměrná pevnost [MPa], $f_{c,i}$ – spočítaná pevnost jednotlivých vzorků [MPa], n – počet vzorků, s_{fc} – směrodatná odchylka, V_{fc} – variační koeficient

Podle počtu vzorků a variačního koeficientu s ohledem na dva případy, zda je známý či neznámý, byla sestavena tabulka, která udává hodnoty 5%-ního kvantilu. Variační koeficient lze považovat za známý, jestliže to ukazují dlouhodobé zkušenosti získané za stejných podmínek. [20]

Tab. 3 Součinitele k_n pro stanovení 5% kvantilu [20]

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

Charakteristická krychlená pevnost se stanoví statistickým hodnocením při normálním rozdělení, dolním 5%-ním kvantilem a hladině významnosti 80 a poté se zařídí do pevnostní třídy betonu.

$$f_{ck,cube} = m_{fc}(1 - k_n V_{fc})$$

V rámci určení pevnostních parametrů betonu byla konstrukce pracovně rozdělena do dvou kategorií:

- kvalita betonu svislých nosných konstrukcí
- kvalita betonu vodorovných nosných konstrukcí

Vyhodnocení pevnostních parametrů svislých nosných konstrukcí

Pevnostní parametry byly určeny na základě odběru 13 vývrtů, ze kterých se vytvořilo celkem 26 zkušebních těles. V příloze 1 jsou obsaženy naměřené hodnoty pro jednotlivé vzorky. V příloze jsou také shrnuty hodnoty pro jednotlivá podlaží s celkovým vyhodnocením pro svislé nosné konstrukce, jejichž průměrná hodnota pevnosti je 24,9 MPa s variačním koeficientem 7 %, který udává velmi dobrou stejnorodost betonu. Statistickým hodnocením vyšla charakteristická pevnost betonu v tlaku 22,0 MPa, která odpovídá dle ČSN EN 206 pevnostní třídě C 16/20.

Vyhodnocení pevnostních parametrů vodorovných nosných konstrukcí

Pevnostní parametry byly určeny na základě odběru 22 vývrtů, ze kterých se vytvořilo celkem 50 zkušebních těles. V příloze 1 jsou obsaženy naměřené hodnoty pro jednotlivé vzorky. V příloze jsou také shrnuty hodnoty pro jednotlivá podlaží s celkovým vyhodnocením pro vodorovné nosné konstrukce, jejichž průměrná hodnota pevnosti je 28,0 MPa s variačním koeficientem 9,5 %, který udává dobrou stejnorodost betonu. Statistickým hodnocením vyšla charakteristická pevnost betonu v tlaku 23,6 MPa, která odpovídá dle ČSN EN 206 pevnostní třídě C 16/20.

Tab. 4 Souhrnné vyhodnocení pevnostních parametrů betonu v celém objektu

Veličina	hodnota		
Průměrná hodnota objemové hmotnosti	ρ	2 210	kg/m ³
Minimální pevnost	m_{\min}	22,3	MPa
Průměrná pevnost	m_{fc}	26,9	MPa
Maximální pevnost	m_{\max}	32,1	MPa
Směrodatná odchylka	s_{fc}	3,0	MPa
Variační koeficient	V_{fc}	11,2	%
Počet platných vzorků	n	76	
5%-ní kvantil	k_n	1,650	
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{ck,cube}$	22,0	MPa
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206		C16/20	

Laboratorními zkouškami byla stanovena pevnostní třída betonu C16/20, kdy při určení pevnosti celého objektu a ne pouze dílčích částí vychází charakteristická pevnost 22,0 MPa. Z Tab. 1 lze zjistit, že stanovená třída betonu dle současné normy C16/20 odpovídá druhé nejvyšší třídě pevnosti železového betonu „f“ z normy ČSN 1090 z roku 1931 a tudíž plně odpovídá projektované třídě betonu, kdy je v původním statickém výpočtu uvažováno v prostém tlaku s hodnotou 45 kg/cm² a pro pevnost v tlaku za ohybu s 60 kg/cm². Během průzkumu se neobjevily žádné nedostatky snižující pevnost betonu, jako jsou dutiny, kaverny či špatně zhutněný beton. Naopak beton má velmi dobrou stejnorodost, kterou potvrzuje hodnota variačního koeficientu 11,2 %.

4.3.4 Vyztužení nosných konstrukcí

Nejdříve se provedla kontrola přítomnosti výztuže s polohou a osovými vzdálenostmi elektromagnetickým indikátorem PROCEQ Profometr 4 s osazenou sondou s vysokou citlivostí s dosahem do 70 mm či popřípadě s hloubkovým dosahem do 150 mm pod povrch

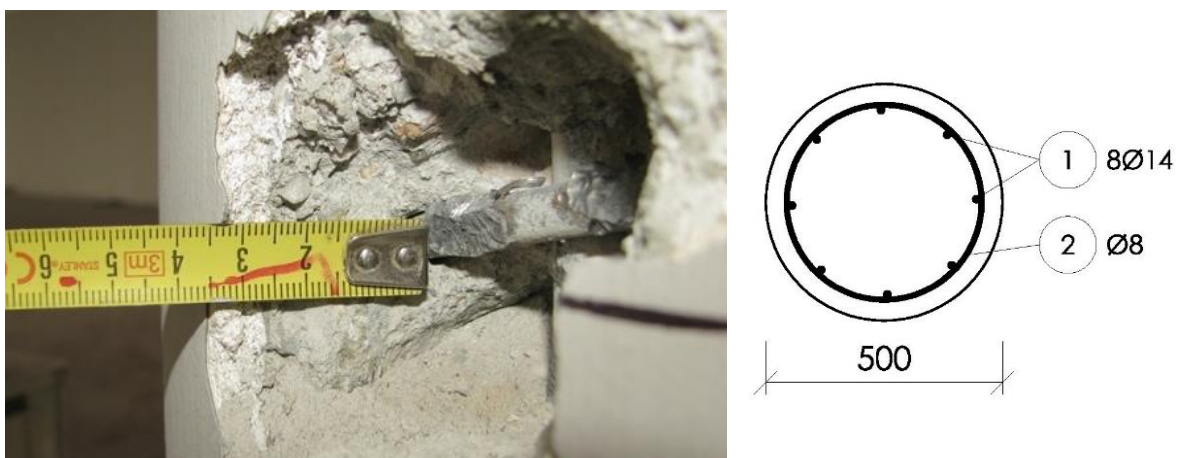
betonu. U doplňkových sond byly také pro kontrolu výskytu výztuže a určení její polohy použity přístroje PROCEQ profoscope s dosahem až do 185 mm s odchylkami ± 4 mm a BOSCH DMF 10 Zoom Professional s možností měření do 100 mm. Pro ověření přesné polohy, krytí, typu a profilu výztuže se provedla sekaná sonda, kde se provedlo odstranění krycí vrstvy bouracím kladivem a nakonec zkouška karbonatace betonu. V případě nadpodporových výztuží jsou provedeny dílčí jádrové vývrty skladby podlahy a krycích vrstev betonu až na kontakt s výztuží. [19] Sondy byly vytvořeny za účelem kontroly obsažených výztuží s navrženými v původním statickém výpočtu. Pokud se nebudou shodovat, budou použity údaje z průzkumných sond pro výpočet nového statického výpočtu.

V rámci kontroly vyztužení nosné konstrukce byl objekt pracovně rozdělen do dvou kategorií:

- vyztužení svislých nosných konstrukcí
- vyztužení vodorovných nosných konstrukcí
- vyztužení a geometrie nosných vodorovných konstrukcí v místě napojení původního schodiště

Vyztužení svislých nosných konstrukcí

Vyztužení se kontrolovalo u 13 svislých nosných sloupů, kde se nejdříve elektromagneticky vyhledaly a vyznačily zjištěné polohy svislé nosné výztuže i smykové výztuže a následně odsekáním v místě křížení podélné a smykové výztuže se určil typ, profil s hloubkou krycí vrstvy a karbonatace.



Obr. 23 vlevo – odhalená výztuž s měřením hloubky krycích vrstev za účelem ověření souladu se statickým výpočtem konstrukce v sondě SS(07); vpravo – schéma vyztužení všech sloupů

Všechny sloupy jsou kruhového profilu o průměru 500 mm. Nálezy se liší pouze roztečí třmínků a krycími vrstvami betonu, kde podélná hladká výztuž je tvořena 8 pruty o \varnothing 14 mm a třmínky jsou hladké ovíjené o \varnothing 8 mm. Podrobný popis jednotlivých odběrných míst spolu s fotografiemi jsou obsaženy v příloze 4, kde je uveden počet podélných výztuží s jejich krytím, vzdálenostmi třmínků a hloubky karbonatace.

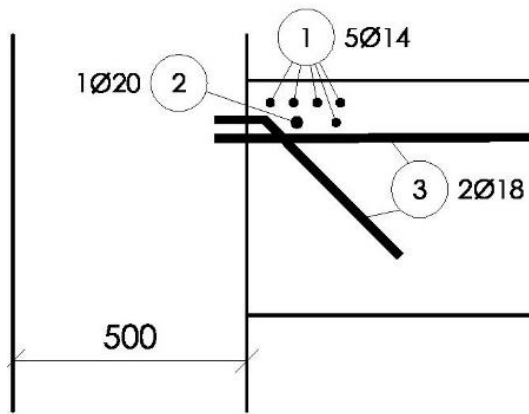
Vyztužení vodorovných nosných konstrukcí

Kontrola vyztužení vodorovných nosných konstrukcí na ohybové momenty se provedla u 22 konstrukčních prvků různého typu, smykové výztuže na 12 místech a vyztužení stropních desek na 4 místech. Sekané sondy byly vytvořeny v místě křížení podélné a smykové výztuže pro určení typu výztuže, profilu, hloubky krycí vrstvy a stanovení hloubky karbonatace betonu. Všechny nalezené třmínky jsou hladké o \varnothing 8 mm. Podélná výztuž je také hladká, přičemž její průměry jsou uvedeny v příloze u jednotlivých sond. Podrobný popis jednotlivých odběrných míst spolu s fotografiemi jsou obsaženy v příloze 5, kde je uvedeno schéma zjištěné polohy výztuže s průměrem a počtem, krytím a hloubkou karbonatace.



Obr. 24 Určení vyztužení spodní výztuže uprostřed rozpětí zesíleného stropního žebra vynášejícího konstrukci z obvodového sloupu v sondě ST(04)

Všechna vyztužení byla totožná s původním návrhem, kromě sondy SP(09) nacházející se v 2.NP v místě krajního stropního průvlastku nad vnitřní podporou, kde je vyztužení shodné s krajním střešním průvlastkem místo navrhovaného vyztužení jako střední střešní průvlastek. Tento krajní stropní průvlastek měl být vyztužený jako 5 ks \varnothing 20 mm a 1 ks \varnothing 22 mm přičemž obsahuje 5 ks \varnothing 14 mm a 1 ks \varnothing 20 mm.



Obr. 25 Sonda na styku žebra vynášejícího konstrukcí z obvodového sloupu a krajního stropního průvlaku nad střední podporou se schématem vyztužení

Pro tento případ byly provedeny 4 doplňkové sondy, které měly za úkol ověření odlišného vyztužení, než je uvedeno v původním statickém výpočtu. V rámci provedených doplňkových sond se prováděla kontrola vyztužení krajních stropních průvlaků, kde byly dvě sondy (PS(12), PS(14)) v místě vyztužení na záporné momenty nad podporou a dvě sondy (SP(13), SP(14)) na mezipodporové momenty z dolního líce konstrukce. Elektromagnetickou kontrolou polohy výztuže a následnými

sekanými sondami na krajních průvlacích nad 1.NP a 2.NP se prokázalo vyztužení, které neodpovídá navrhovanému vyztužení ($5\varnothing 20 + 1\varnothing 22$), ale je vyztuženo jako krajní střešní průvlak pro vnitřní podporu. Jelikož byly použity menší průměry výztuže, než byly navrženy, byl tento prvek použit pro přepočet statického výpočtu.

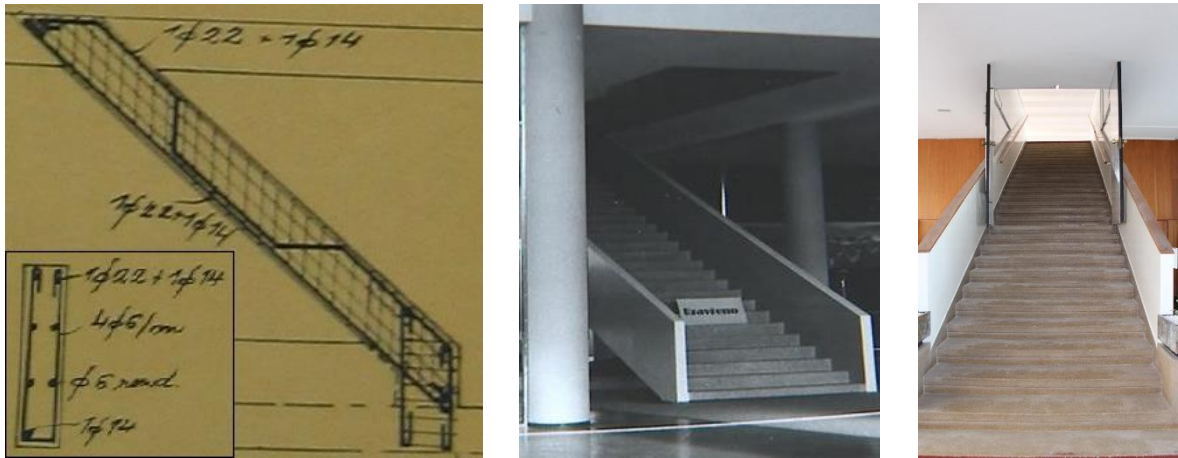
Vyztužení průvlaků na smyk – sonda TP – kontrola byla provedena v otevřených sondách O1 až O6. Ve všech případech průvlaků lze usoudit, že se jedná o stejné typologické vyztužení. Prvek je vyztužen na smyk z třmínek z hladké oceli $\varnothing 8$ mm s osovými vzdálenostmi od líce podpory po 150 až 250 mm, krytím třmínek v rozmezí 5 až 15 mm a karbonatací do 5 mm.

Vyztužení trámu na smyk – sonda TT – kontrola byla provedena v otevřených sondách O1 až O6. Ve všech případech trámů lze usoudit, že se jedná o stejné typologické vyztužení. Prvek je vyztužen na smyk z třmínek z hladké oceli $\varnothing 6$ mm s osovými vzdálenostmi od líce podpory po 150 až 250 mm, krytím třmínek v rozmezí 0 až 10 mm a karbonatací do 5 mm

Vyztužení a geometrie nosných vodorovných konstrukcí v místě napojení původního schodiště

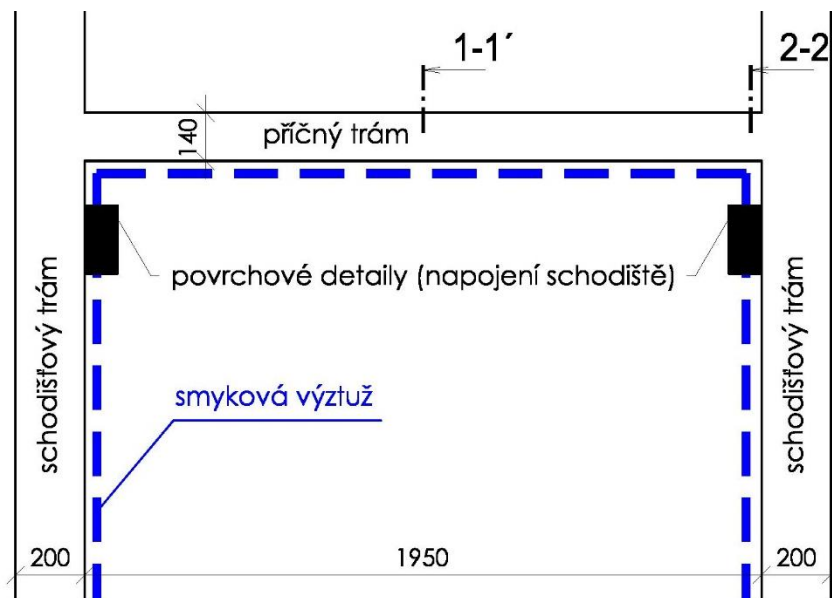
Sonda SCH(01) se provedla v místě současného schodiště vedoucího z 2.NP do 3.NP., který se nachází na stejném místě jako v původním objektu, ale je otočena jeho orientace. V místě napojení původního schodišťového tělesa na stropní nosnou konstrukci se zjišťovala geometrie a vyztužení prvku se zaměřením na detail původního i současného

uchycení schodišťového ramena, kde se profometricky zjistila výztuž a určila její poloha s následným odsekáním pro podrobnější určení ve zvolených místech příčného trámu ve spodním líci a nad podporou a také zkontrolovala poloha smykové výztuže.



Obr. 26 Vlevo – Vyztužení schodnice v podélném řezu a příčném řezu z původního statického výpočtu, uprostřed – fotografie původního umístění schodiště [21], vpravo – fotografie současného stavu

V oblasti předpokládaného napojení původního schodiště nebylo zjištěno žádné vyztužení umožňující zachycení účinků od schodnic a vyztužení příčného trámu ohraničující schodišťový otvor s velkou pravděpodobností není nosným prvkem vynášející schodišťové rameno.



Obr. 27 Půdorysné schéma se zakreslením polohy sond

Příčný trám je vyztužen jednou podélnou hladkou výztuží o \varnothing 12 mm s krytím cca 95 mm, jedním kusem podélné výztuže ohnuté v místě možného vzniku smykových účinků výztuží o \varnothing 16 mm s krytím cca 75 mm a třmínky \varnothing 6 mm. Schodišťový trám, který

by měl být nosným prvkem schodnice, byl brán jako spojitý nosník o dvou polích s umístěnými osamělými břemeny na místech napojení schodišťového ramene. Nad podporou měl být prvek vyztužen 2 ks \varnothing 22 mm + 2 ks \varnothing 20 mm a v poli 2 ks \varnothing 22 mm + 1 ks \varnothing 20 mm, což vyhovuje. Při kontrole vyztužování schodišťového trámu byla nalezena přerušená hladká výztuž u horního povrchu 3 ks \varnothing 6 mm a u dolního povrchu 1 ks \varnothing 6 mm, který mohlo sloužit pro napojení schodišťového tělesa na nosnou stropní konstrukci. Podrobné zakreslení vyztužení příčného a schodišťového trámu je obsaženo v příloze 8. Kontrola výztuže schodišťových stupňů nebyla provedena kvůli plánovanému zdemolování.



Obr. 28 Vlevo – pohled na příčný trám s rozkreslenou smykovou výztuží na povrchu s provedenými sekanými sondami, vpravo – pohled na schodišťový trám se sondami a rozkreslenou smykovou výztuží

Závěrem lze dodat, že všechna použitá výztuž je shodná s navrhovanou v původním statickém výpočtu, kromě krajních stropních průvlaků, které měly být vyztuženy jako hlavní střešní průvlak, ale jsou jako krajní střešní průvlak. V prostoru schodiště z 2.NP do 3.NP nebylo zjištěno žádné přídavné vyztužení příčného trámu pro zachycení účinků od schodnic a tudíž není nosným prvkem vynášející schodišťové těleso. Použitá výztuž ve všech případech byla hladká válcovaná za tepla s doporučenou návrhovou hodnotou 180 MPa podle ČSN ISO 13822. Jelikož nebyly prováděny odběry výztuže pro zkoušku pevnosti v tahu pro určení meze kluzu a meze pevnosti, bude pro statický výpočet brána uvedená hodnota z normy. Všechny krycí vrstvy byly dostatečné a v sekaných sondách nebyly odhaleny příznaky povrchové koroze způsobené neschopností betonu chránit výztuž před korozi. Jediná vznikající koroze výztuže je v patě obvodového sloupu sondy SS(12) na úrovni 1.NP na styku s terénem, kde je zvýšená vlhkost a je nutné provést sanační opatření k zabránění šíření vlhkost způsobující korozi výztuže v betonu.



Obr. 29 vlevo – pohled na odběrné místo s označením VS(12) obvodového sloupu v 1.NP; vpravo – detail paty sloupu v místě sondy SS(12)

4.3.5 Skladba podlah

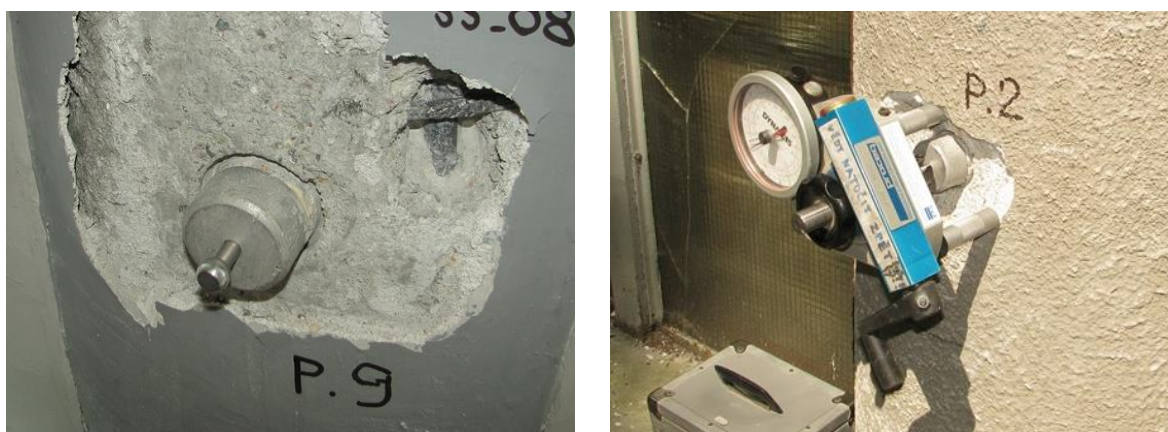
Skladby podlah byly určeny v místě provedených jádrových vývrtů \varnothing 50 mm s označením VD(01) až VD(10) vedených svisle dolů do příčných stropních průvlaků, realizovány v 2. a 3. NP. V třetím nadzemním podlaží se vyskytuje původní povrchová vrstva betonu s podkladním nosným betonem. Tloušťka podkladního betonu s tloušťkou původní povrchové úpravy nebyla v prvním nadzemním podlaží zjišťována, ale povrchová vrstva je tvořena z červeného linolea, čímž byla snaha o podobnost s původní povrchovou vrstvou. V 2.NP se vyskytuje linoleum se vzorem tmavého šedého mramoru, které je nalepeno na původní povrchové vrstvě betonu. Původní povrchová úprava podlahy červené barvy se zachovala pouze ve třetím nadzemním podlaží. Rozdílná tloušťka podlah je pravděpodobně způsobena snahou o rovinatost finálního povrchu při pravděpodobně nestejně betonáži konstrukce. [19] Popis jednotlivých skladeb podlah včetně fotografií odběrného místa a jádrového vývrtu lze nalézt v příloze 6.



Obr. 30 vlevo – vzorek betonu \varnothing 50 mm sondy P(07) se skladbou; vpravo – detail skladby v místě sondy

4.3.6 Povrchové přídržnosti betonu

Před vlastním zkoušením povrchové přídržnosti betonu se připravilo zkušební místo vybroušením až na strukturu betonu o dostatečné velikosti pro osazení zkušební terče včetně odtrhového přístroje a povrch se zbavil nečistot. Poté se provedlo proříznutí vrtačkou s jádrovým vrtákem o průměr zkušební terče \varnothing 50 mm, přičemž se po očištění terč vycentroval a celoplošně přilepil. Muselo se dbát na to, aby lepidlo nevniklo do spár. Nakonec se nasadil zkušební přístroj Proceq DYNA Z15 mechanického provedení a zapsala se nejvyšší tahová síla získaná zatěžováním rovnoměrnou rychlostí až do odtržení.



Obr. 31 vlevo – detail na přilepený zkušební terč, uprostřed – připevněný odtrhový přístroj

Zkouška byla provedena celkem na 12 zkušebních místech, přičemž 9 na sloupech v in-situ a 3 na vzorcích z odebraných jádrových vývrtů v laboratoři. Každá odtrhnutá plocha se vizuálně zatřídila podle lomových ploch dle Tab. 5 do skupiny A, kdy je porucha pouze v podkladu.

Tab. 5 Zatřídění lomových ploch

označení	popis druhu a polohy lomové plochy
A	kohézní porucha podkladu
A/B	porušení adheze mezi podkladní vstvou a první mezivrstvou
B	kohezní porucha první mezivrstvy
B/C	porušení adheze mezi první a druhou mezivrstvou
-/Y	porušení adheze mezi poslední mezivrstvou a lepidlem (tmelem) terče (symbol "-" může být C,D,E až X)
Y	kohézní porucha v lepidle
Y/Z	porušení adheze mezi lepidlem a zkušebním terčem

Pokud by se objevilo na jedné ploše více lomových ploch, muselo by se provést procentní podíl pro každou poruchu. Při zařazení více jak čtvrtiny poruch do posledních tří kategorií (-/Y až Y/Z) a zjištěná hodnota pevnosti by byla menší než požadovaná, s těmito

vzorky by se nepočítalo. Pro získání hodnoty povrchové přídržnosti se podělila maximální tahová síla získaná ze zkoušky plochou odtržení (plochou návrtu).

$$\sigma_{adh} = \frac{F}{A}$$

kde F – hodnota síly, při níž nastalo odtržení [N], A – plocha odtržení [m²]

Charakteristická hodnota povrchové přídržnosti se pak stanoví statistickým hodnocením při normálním rozdělení s dolním 5%-ním kvantilem.

Tab. 6 Celkové hodnocení povrchové přídržnosti betonu

Veličina	hodnota		
	Minimální pevnost	m_{\min}	1,20
Průměrná pevnost	m_{fc}	1,34	MPa
Maximální pevnost	m_{\max}	1,60	MPa
Směrodatná odchylka	s_{fc}	0,14	MPa
Variační koeficient	V_{fc}	10,18	%
Počet platných vzorků	n	9	-
5%-ní kvantil	k_n	1,960	-
Charakteristická hodnota povrchové přídržnosti	σ_{adh}	1,07	MPa

Průměrná hodnota povrchové přídržnosti je 1,34 MPa s výsledným variačním koeficientem 10,18 % a výslednou charakteristickou hodnotou povrchové přídržnosti 1,07 MPa. Dle normy ČSN 73 2577 nesmí být jednotlivé zjištěné hodnoty přídržnosti nižší než 70 % hodnoty aritmetického průměru, což vyhovuje. Zkouška povrchové přídržnosti se zkoušela, aby se zjistilo, zda by v případě nutnosti byla možnost provedení statického zajištění kontaktními lepenými systémy (uhlíkové lamely, ocelové pásky). Podrobné výsledky s fotodokumentací jsou obsaženy v příloze 7.

4.3.7 Chemická analýza

Chemická analýza byla prováděna za účelem zjištění, zda je použitý beton na bázi cementového či hlinitanového cementu. Pro tyto účely byly odebrány vzorky betonu, zjištěna jejich mikrostruktura a zjištěna míra degradace vlivem agresivních látek z vnějšího okolí. Chemická analýza betonu byla realizována Ústavem technologie stavebních hmot a dílců na fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně.

Hlinitanový cement byl používán ve 30. až 50. letech 20. století, jehož výhodou byl rychlý nárůst počáteční pevnosti. Velkým problémem způsobující kolaps konstrukcí je masivní pokles pevnosti v průběhu doby, jelikož dochází k rozpadu pojiva a zvýšení porozity pozvolnou přeměnou kalciumhydroaluminátů vzniklé hydratací, která může být urychlována dalšími činiteli, jako například vlhkostí či propustností betonu. Tento nedostatek ohrožuje stabilitu konstrukce a může dojít až ke ztrátě pevnosti a stability konstrukce. Hlavní probíhající reakcí je vznik hydratačních produktů, které jsou v běžných podmínkách málo stálé a přeměňují se na sloučeniny, kterými jsou kubický trikalciualumináthexahydrát (C_3AH_6) a hydroxid hlinitý ve formě gibbsitu (AH_3). Tato okolnost, stejně jako odloučení vody, způsobuje zvětšení pórovitosti tmele, příp. vznik trhlinek, čehož pochopitelným důsledkem je pokles pevnosti betonu. [19]

Portlandský cement se skládá ze silně bazických produktů hydratace (kalciumhydrosilikáty, portlandit, ettringit, apod.) a modifikací uhličitánů vzniklé působením plynného CO_2 (kalcit, aragonit, apod), které jsou za běžných podmínek stabilní a nezpůsobují snižování mechanických vlastností betonu. Příčinou poklesu užitných parametrů konstrukce může být působení látek s nízkou hodnotou pH, přičemž nejvíce působící je plynný oxid uhličitý, který způsobuje degradaci betonu - karbonataci.

Pro účely zjištění mikrostruktury betonu a následného stanovení druhu cementu s posouzením míry degradace, byly provedeny fyzikálně chemické analýzy na vzorcích betonu odebraných z jednotlivých konstrukčních prvků. Vzorky byly odebrány z hloubky cca 10 mm od líce prvku, jelikož byly vystaveny vnějšímu prostředí a byly označeny stejně jako z připravovaných vývrtů. Označení vzorků s místem odběru vzorků:

- č. vzorku 4 - Venkovní strop v 1.NP
- č. vzorku 8 - Stropní průvlak v 1.NP
- č. vzorku 12 - Sloup ve 2.NP
- č. vzorku 19 - Střešní žebro nad 3.NP
- č. vzorku 20 - Střešní průvlak nad 3.NP
- č. vzorku 31 - Stropní průvlak nad 1.NP

Pro zjištění druhu použitého cementu a míry koroze je nutné zvolit vhodnou kombinaci fyzikálně mechanických analýz. Pro průzkum byly zvoleny tyto analýzy:

- chemický rozbor
- rentgenová difrakční analýza

- diferenční termická analýza
- stanovení pH betonu ve výluhu

Pro průzkum stavby byl hlavní chemický rozbor, jelikož bylo nutné zjistit druh použitého cementu v nosné konstrukci betonu objektu. Jedná-li se o portlandský cement, musí převažovat bez ohledu na nerozpustný zbytek obsah oxidu vápenatého nad oxidem hlinitým. Pokud je stejný obsah oxidu hlinitého a oxidu vápenatého, dá se předpokládat, že jde o hlinitanový cement.

Tab. 7 Výsledky chemického rozboru

Označení vzorku	nerozpustitelný zbytek [%]	CaO [%]	Al ₂ O ₃ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	SO ₄ ²⁻ [%]	MnO [%]
4	72,36	10,63	2,45	1,41	0,42	0,041
8	73,63	9,86	2,31	1,23	0,39	0,034
12	71,00	10,23	2,11	1,36	0,45	0,039
19	70,51	10,11	2,65	1,27	0,46	0,044
20	74,10	10,52	2,07	1,35	0,41	0,036
31	71,07	12,32	1,96	1,23	0,45	0,024

Jak lze vidět z tabulky, chemickým rozbohem bylo dokázáno, že použitý beton je z cementu portlandského a nikoliv z hlinitanového, jehož výskyt ve vzorcích nebyl zjištěn, jelikož bez ohledu na nerozpustný zbytek převyšoval obsah oxidu vápenatého.

Doplňkově se určil stupeň karbonatace díky provedeným analýzám, kdy se nejdříve vypočítá obsah zkarbonatovaného CaO, z obsahu CaO vázaného na jemnozrný a hrubozrný CaCO₃ zjištěné z DTA analýzy, a nakonec se podělí obsahem CaO získaného z chemického rozboru. Poměrem obsahu CaO vázaného na jemnozrný a hrubozrný CaCO₃ se získá stupeň modifikační přeměny.

$$CaO_{karb} = 1,273 \cdot (CO_{2j} + CO_{2h})$$

kde CaO_{karb} – obsah zkarbonatovaného CaO [%], CO_{2j} – obsah CO₂ vázaného na jemnozrný CaCO₃ [%], CO_{2h} – obsah CO₂ vázaného na hrubozrný CaCO₃ [%]

$${}^0K = \frac{CaO_{karb}}{CaO} \cdot 100$$

kde ⁰K – stupeň karbonatace [%], CaO – obsah CaO z chemického rozboru [%]

$${}^0MP = \frac{CO_{2h}}{CO_{2j}}$$

kde 0MP – stupeň modifikační přeměny [-]

Pro posouzení míry karbonatace betonu a jeho zařazení do jednotlivých etap je podstatné znát významný vztah mezi stupněm karbonatace betonu a hodnotou pH výluhu. [22] Mezní hodnoty těchto hodnot i se stupněm modifikační přeměny je uveden v Tab. 8.

Tab. 8 Mezní hodnoty stupně karbonatace, stupně modifikační přeměn a hodnoty pH výluhu ve vztahu k etapám karbonatace

etapa	stupeň karbonatace	stupeň modifikační přeměny	hodnota pH
I	méně než 55	více než 0,5	více než 10,8
II	55-73	0,5-0,4	10,8-9,6
III	73-85	0,4-0,8	9,6-8,0
IV	více než 85	více než 0,8	méně než 8,0

V prvním období karbonatace se hlavní vlastnosti betonu stávají výhodnějšími, jelikož se přeměňuje $Ca(OH)_2$ na nerozpustný $CaCO_3$ zaplňující póry betonu. Ve druhé etapě se vlastnosti betonu příliš nemění a mechanické vlastnosti kolísají kolem původních hodnot. Přeměňují se ostatní hydratační produkty, kde vznikají modifikace $CaCO_3$, které se spolu s gelem kyseliny křemičité vyskytují jako jemnozrnné $CaCO_3$. Hruboizrnné $CaCO_3$ se vyskytuje ojediněle. Během třetího období se výrazně snižuje pH a mechanické vlastnosti betonu se postupně zhoršují. Dochází k překrystalování dříve vzniklých uhličitanových novotvarů z mezizrnného roztoku a vznikají ve velkém množství a poměrně rozměrné krystaly kalcitu a aragonitu. Společně se mohou přeměňovat stále modifikace $CaCO_3$ na modifikace stálejší vlivem vlhkosti, doby nebo i teploty. Čtvrtá etapa se vyznačuje tak nízkou hodnotou pH, kdy dochází ke korozi výztuže a ztrátě pevnosti a soudržnosti vlivem prostupujících krystalů aragonitu a kalcitu celou strukturou cementového tmelu.

Dále jsou tabulkově uvedeny zbylé chemické analýzy použité pro výpočet stupně karbonatace. Tyto spočítané hodnoty spolu s příslušnými hodnotami pH jsou vypsány v Tab. 11, které byly vyneseny do grafu.

Tab. 9 Výsledky RTG analýzy

Ozn. vzorku	Identifikovaný minerál
4	Kalcit, kalciumhydrosilikát II, karbonátový komplex, stopově portlandit, β křemen, živce
8	Kalcit, kalciumhydrosilikát II, aragonit, stopově portlandit, stopově monosulfát, β křemen, živce
12	Kalcit, karbonátový komplex, monosulfát, β křemen, živce, muskovit, jílové minerály
19	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, stopově aragonit, β křemen, živce
20	Kalcit, kalciumhydrosilikát II portlandit, β křemen, živce, jílové minerály
31	Kalcit, kalciumhydrosilikát II, portlandit, karbonátový komplex, stopově aragonit, β křemen, živce

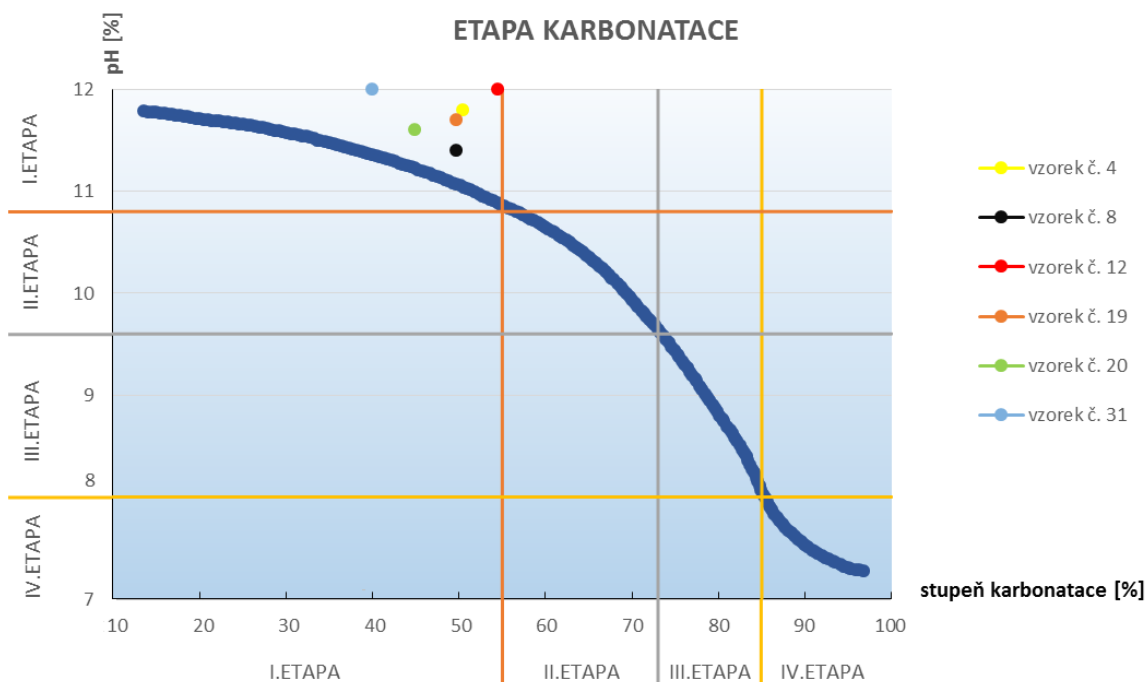
Tab. 10 Výsledky DTA analýzy

Označení vzorku	ztráta žháním [%]	Portlandit [%]	uhličitan vápenatý - jemnozrný [%]	uhličitan vápenatý - hrubozrný [%]	uhličitan vápenatý - celkový [%]	pH
4	8,4	0,4	5,8	3,8	9,6	11,8
8	8,0	0,6	5,5	3,2	8,7	11,4
12	8,2	0,0	7,1	2,9	10,0	12,0
19	7,4	1,9	5,9	3,1	9,0	11,7
20	7,6	1,7	5,0	3,4	8,4	11,6
31	9,2	2,1	5,0	3,7	8,8	12,0

přičemž platí:

- CaCO_{2j} je obsah jemnozrného uhličitanu vápenatého (vaterit, aragonit) [%]
- CaCO_{2h} je obsah hrubozrného uhličitanu vápenatého (kalcit, aragonit) [%]
- CaCO_{2c} je celkový obsah uhličitanu vápenatého [%]

Graf byl zpracován pro jednodušší vyhodnocení karbonatice, kde je určena závislost hodnoty pH ve výluhu na stupni karbonatice s určenými hranicemi jednotlivých etap. Na vodorovné ose jsou vyneseny vypočtené stupně karbonatice a na svislé ose zjištěná hodnota pH z výluhu.



Graf. 1 Grafické zařazení vzorků do etap karbonatice

Tab. 11 Tabulkové zařazení vzorků do etapy karbonatace

Označení vzorku	Stupeň karbonatace [%]	Stupeň modifikační přeměny [%]	pH [%]	etapa karbonatace [%]
4	50,4	0,60	11,8	I.
8	49,6	0,56	11,4	I.
12	54,5	0,41	12,0	I.
19	49,6	0,52	11,7	I.
20	44,9	0,68	11,6	I.
31	39,9	0,74	12,0	I.

Hlavním důvodem provádění chemického rozboru bylo zjištění, zda není beton na bázi hlinitanového cementu, přičemž se přítomnost tohoto cementu nepotvrdila a tudíž obsahuje portlandský cement. Vedlejším výsledkem chemické analýzy bylo také zjištění etapy karbonatace, jenž se nachází v první etapě.

Ke zhoršení pevnostních parametrů betonu vlivem vnějšího prostředí nedošlo a díky své vysoké alkalitě je beton schopen ochránit výztuž vůči korozi, pokud není poškozen a má dostatečnou tloušťku krycí vrstvy. V mikrostruktuře betonu povrchových vrstev hodnocených konstrukčních prvků nebyly identifikovány minerály svědčící o degradaci cementové matrice oxidem siřičitým, popřípadě jinými agresivními látkami z vnějšího prostředí. [19]

4.3.8 Napojení přístaveb k původní konstrukci

Zděné přístavby byly dostavěny na východní a západní stranu objektu v rámci přestavby v roce 1948. Nutností je zjistit provázanost původního objektu s přístavbami, jak moc se zasahovalo do původní konstrukce a jestli by se neohrozila stabilita objektu jejich zbouráním. Napojení byla prokázána několika sekanými sondami z obou stran objektu v úrovni stropních konstrukcí za účelem posouzení spřažení nebo pouhého napojení s příznanými dilatačními spárami.

Přístavba na východní straně objektu

V této přístavbě je umístěno schodiště ze vstupního prostoru do 2.NP. Ve vstupním prostoru před schodištěm je viditelná dilatační spára vytyčující prostor původního objektu

od přístavby. Pro zjištění napojení stropní konstrukce přístavby k původnímu nosnému kruhovému sloupu bylo nutné provést sekanou sondu DET (01) na pravé straně před vstupem na schodiště v úrovni styku.



Obr. 32 Vlevo – fotografie ze vstupního prostoru do objektu s ohraničenou dilatační spárou mezi původním objektem a přístavbou, vpravo – detail provedené sekané sondy styku původních konstrukcí a přístavby

Při výstupu ze schodiště v 2.NP je viditelná dilatační spára v linoleu. V místě sondy PS(12), kde se ověřovalo vyztužení krajního průvlaku v rámci měření šířky prvku odsekali krajní vrstvy betonu v místě viditelné dilatační spáry mezi jednotlivými celky.



Obr. 33 Vlevo – podlaha ve 2.NP s viditelnou ohraničenou dilatační spárou v linoleu, vpravo – stropní konstrukce nad 2.NP v místě provedené sondy za účelem ověření vyztužení krajního nosníku s viditelnou dilatační spárou mezi jednotlivými konstrukčními prvky

Z průzkumu je patrné, že přístavby byly vystavěny jako samostatný objekt napojený (přilepený) konzolovou stropní deskou na původní konstrukci, jejichž vnější hrany, ať už sloupy či stropní průvlaky vytvářely bok bednění.

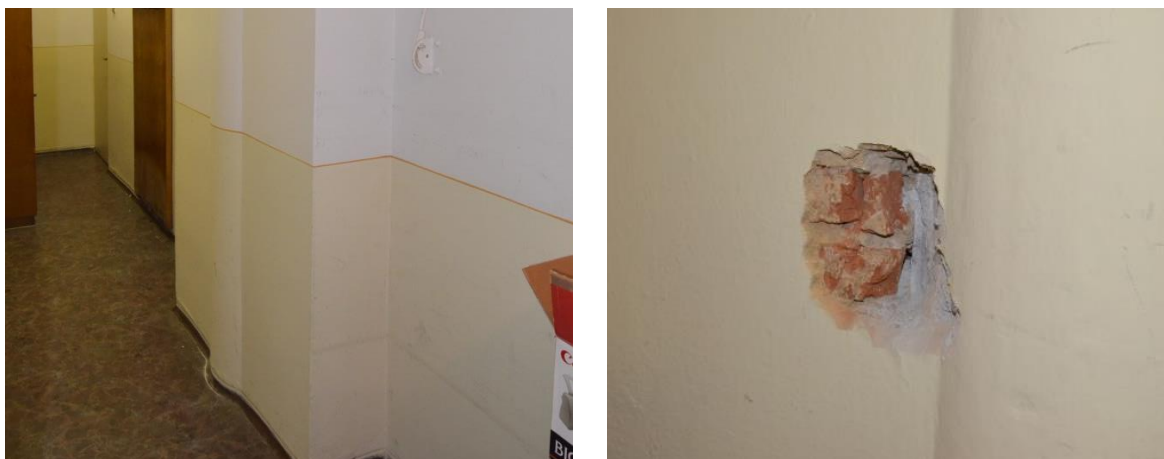
Přístavba na západní straně objektu

V přístavbě je umístěno technické zázemí se schodištěm do druhého podlaží, kde jsou kanceláře a šatny, které sloužily pro personál filharmonie. Napojení provedené ocelovými profily kotvenými do původních nosných sloupů v úrovni stropní konstrukce nad 1.NP se zjišťovalo odsekáním bočních vrstev omítky.



Obr. 34 Vlevo – pohled na sekanou sondu k detailu napojení dodatečného stropního železobetonového průvzlaku k původním nosným sloupům, vpravo – detail ocelového L profilu

Spojení je pomocí železobetonového dodatečně vloženého průvzlaku připojeného k nosnému sloupu ocelovými L profily osazenými po obou stranách sloupu se systémem kotvení, který by bylo nutné prověřit provedením většího zásahu do původního sloupu.

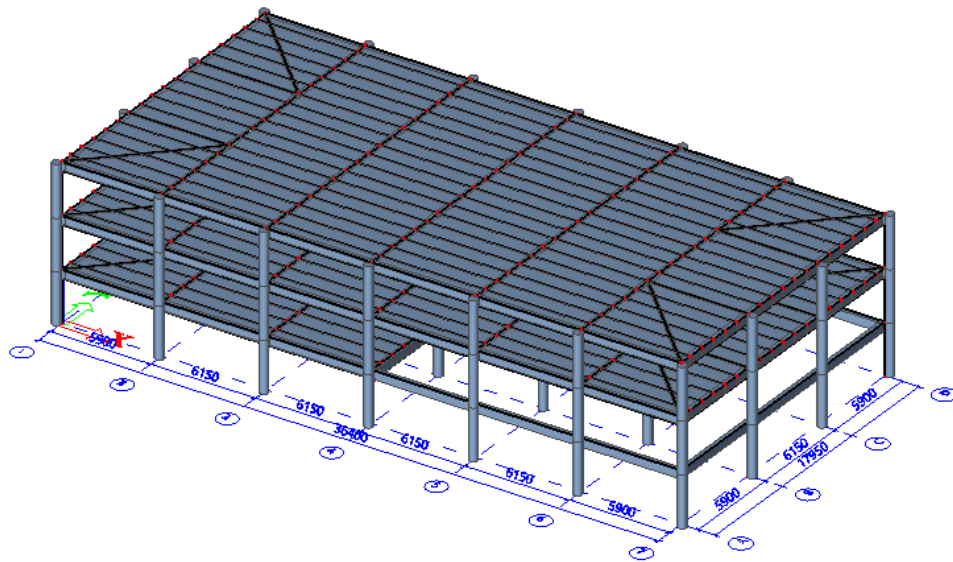


Obr. 35 Vlevo – pohled na přizděné pilíře k nosném železobetonovému sloupu nesoucí stropní konstrukci přístavby, vpravo – ověření materiálové skladby zděných pilířů

Stropní konstrukce přístřešku nad 2.NP je osazena na vyzděných pilířích zleva a zprava na kontakt k původním železobetonovým sloupům, které jsou vystavěny na dodatečně provedených průvzlacích v úrovni stropní konstrukce nad prvním nadzemním podlažím. V rámci budoucí přestavby po zjištění systému kotvení se dodatečně vložené průvzlaky odstraní spolu ze zmíněnými zděnými sloupy.

5 Statický výpočet

Jedná se o třípodlažní železobetonový skelet s plochou střechou o šesti podélných a třech příčných polích s osovými vzdálenostmi 6150 mm. Podporovým svislým nosným prvkem jsou předsazené kruhové sloupy o průměru 500 mm. Vodorovné nosné části tvoří trémový strop složený z příčných průvlaků (300×500 mm) s náběhy u vnitřních sloupů, podélných spojitých trámů (100×500 mm) a obvodových krajních průvlaků (200×500 mm). Konstrukční výška podlaží je 3,0 m s obvodovým pláštěm tvořeným kombinací skla a oceli. Střešní konstrukce je nepochůzná plochá střecha s objemovou tíhou střešního pláště 2,5 kN/m² a charakteristickou hodnotou zatížení sněhem 1,1 kN/m² a větrem 25 kN/m². Užité charakteristické zatížení podlaží je 4,0 kN/m². V průzkumu byl použitý beton zařazen do třídy C16/20 a podle použité hladké výztuže byla z normy ČSN 73 0038 určena návrhová hodnota pevnosti oceli 180 MPa. Byly vytvořeny zatěžovací stavy (vlastní tíha, šach 1, šach 2, plný šach, ostatní stálé a obvodový plášť) pro tři kombinace, přičemž v každé kombinaci je obsažen jeden ze šachů. Statickým výpočtem se budou ověřovat prvky nacházející se v druhém nadzemním podlaží – sloup, vnitřní příčný průvlak, krajní podélný průvlak a vnitřní podélný trám. Všechny prvky jsou brány jako spojité nosníky.



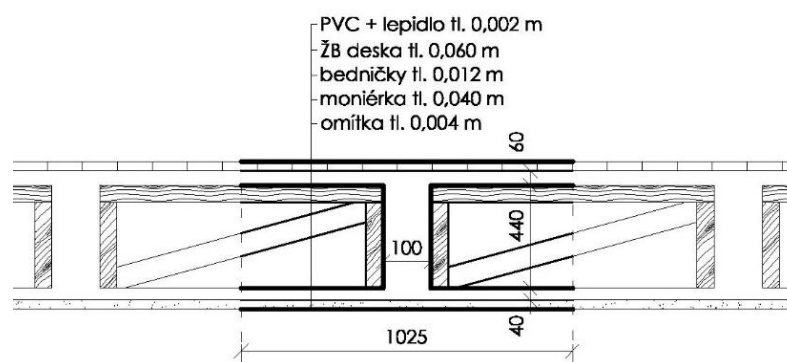
Beton C 16 /10

součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$	$\alpha_{cc} = 1$
charakteristická pevnost v tlaku	$f_{ck} = 16,00 \text{ MPa}$	
návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1 \cdot 16 / 1,5 =$	10,67 MPa
charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 1,9 \text{ MPa}$	
	$\epsilon_{cu3} = 0,0035$	
modul pružnosti	$E_{cm} = 20,58 \text{ GPa}$	
objemová hmotnost	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$	

Betonářská výztuž $f_{yd} = 180 \text{ MPa}$

součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_s = 1,15$
charakteristická mez kluzu	$f_{yk} = 207 \text{ MPa}$
návrhová mez kluzu	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 207/1,15 = 180,00 \text{ MPa}$
modul pružnosti	$E_s = 200 \text{ GPa}$

5.1 Vnitřní trám



Zatížení:

Stálé	tloušťka [m]	š. [m]	tíha [kN/m ³]	g_k	g_d
vlastní tíha deska	0,060	1,025	25	1,538	2,076 kN/m
vlastní tíha trám	0,400	0,1	25	1,000	1,350 kN/m
podlahová krytina PVC s lepidlem	0,002	1,025	12	0,025	0,033 kN/m
bedničky	0,012	2,700	5	0,162	1,35 0,219 kN/m
moniérka	0,040		25	1,025	1,384 kN/m
omítka	0,004	1,025	19	0,078	0,105 kN/m
obvodový plášť v. 3 m	0,010		27	0,830	1,121 kN
					$g_d =$ 5,166 kN/m
Proměnné		š. [m]	[kN/m ²]	[kN/m]	
		1,025	4	4,10	1,5 6,150 kN/m
					$q_d =$ 6,150 kN/m

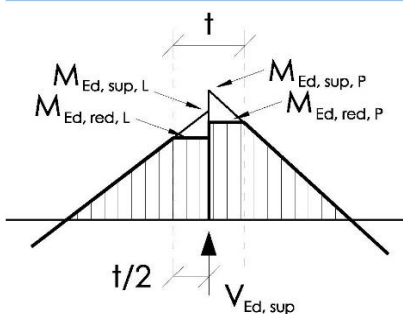
Kombinace

Kombinace ZS			krajní pole	vnitřní pole	krajní podpora	vnitřní podpora L	vnitřní podpora P
C01	1+2+5+6	M	16,79 kNm	17,45 kNm	27,86 kNm	10,67 kNm	33,30 kNm
		V	-	-	29,76 kN	-10,95 kN	31,73 kN
C02	1+3+5+6	M	17,03 kNm	17,49 kNm	19,89 kNm	10,71 kNm	33,42 kNm
		V	-	-	-27,05 kN	-10,99 kN	31,79 kN
C03	1+4+5+6	M	16,16 kNm	15,80 kNm	27,08 kNm	25,90 kNm	37,14 kNm
		V	-	-	29,24 kN	-28,76 kN	32,53 kN
původní navržená výztuž			1Ø12 + 1Ø14 + 1Ø16	1Ø12+1Ø16	4Ø12+1Ø16	2Ø16+1Ø10	

Posouzení prvku v poli

výška průřezu:	$h = 500 \text{ mm}$
výška desky:	$h_s = 60 \text{ mm}$
šířka průřezu:	$b_w = 110 \text{ mm}$
krytí:	$c = 70 \text{ mm}$
rozpětí	$l_0 = 3,550 \text{ m} \quad b = 0,592 \text{ m}$
spolupůsobící šířky	$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 0,241 + 0,1 \cdot 3,55 = 0,403 \text{ m} \leq 0,2 \cdot l_0$
$b_1 = b_2 = 0,241 \text{ m}$	$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 0,241 + 0,1 \cdot 3,55 = 0,403 \text{ m} \leq 0,71 \text{ m}$
	$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w = 0,403 + 0,403 + 0,11 = 0,92 \text{ m}$
průměr betonářské výztuže:	$\Phi_{\text{st},1} = 12 \text{ mm} \quad n_1 = 1 \text{ ks}$ $\Phi_{\text{st},2} = 16 \text{ mm} \quad n_2 = 1 \text{ ks}$ $\Phi_{\text{sl}} = 8 \text{ mm}$
celková plocha výztuže:	$A_{\text{st},1} = 0,00011 \text{ m}^2 \quad A_{\text{st}} = 0,00031 \text{ m}^2$ $A_{\text{st},2} = 0,00020 \text{ m}^2$
výpočet těžiště výztuže:	$z_s = (A_{\text{st},1} \cdot \Phi_{\text{st},1}/2 + A_{\text{st},2} \cdot \Phi_{\text{st},2}/2) / A_{\text{st}} =$ $z_s = (0,00011 \cdot 6 + 0,0002 \cdot 8) / 0,00031 = 7,3 \text{ mm}$
účinná výška průřezu:	$d = h - c - \varnothing_{\text{sl}} - z_s = 0,5 - 0,008 - 0,07 - 0,0073 = 0,4147 \text{ m}$ $d_1 = h - d = 0,5 - 0,415 = 0,0853 \text{ m}$
síla od betonářské výztuže:	$F_{\text{st},1} = A_{\text{st}} \cdot f_{yd} = 0,00011 \cdot 180 = 20 \text{ kN}$ $F_{\text{st},2} = A_{\text{st}} \cdot f_{yd} = 0,0002 \cdot 180 = 36,2 \text{ kN}$ $F_{\text{st}} = F_{\text{st},1} + F_{\text{st},2} = 56,5 \text{ kN}$
tlačená výška průřezu:	$x = F_{\text{st}} / (\lambda \cdot f_{cd} \cdot b_{\text{eff}}) = 56,5 / (0,8 \cdot 10,7 \cdot 920) = 0,0072 \text{ m}$ $x = 0,0072 \text{ m} \leq h_s = 0,060 \text{ m} \quad x \text{ se nachází v desce}$
rameno vnitřních sil:	$z = d - \lambda x / 2 = 0,415 - (0,8 \cdot 0,007) / 2 = 0,412 \text{ m}$
únosnost průřezu:	$M_{\text{Rd}} = A_{\text{st}} \cdot f_{yd} \cdot z = 0,00031 \cdot 180000 \cdot 0,412 = 23,3 \text{ kNm}$ $M_{\text{Ed}} = 17,49 \text{ kNm}$
ověření únosnosti průřezu:	$M_{\text{Rd}} \geq M_{\text{Ed}}$ $23,3 \text{ kNm} \geq 17,49 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}$
min. plocha hlavní výztuže	$A_{s,\text{min}} = 0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot 1,9/207 \cdot 0,11 \cdot 0,415 =$ $A_{\text{st}} = 0,00031 \text{ m}^2 > A_{s,\text{min}} = 0,109 \text{ m}^2 \quad \text{NEVYHOVUJE}$ $> 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 110 \cdot 0,415 =$ $> 0,000059 \text{ m}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$
max. plocha hlavní výztuže	$A_{s,\text{max}} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 0,11 \cdot 0,5 = 0,002 \text{ m}^2$ $A_{s,\text{max}} = 0,002 \text{ m}^2 > A_{\text{st}} = 0,000314 \text{ m}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$
přetvoření oceli	$\epsilon_{y,d} = f_{yd} / E_s = 180/200000 = 0,0009$
$d_1 = 0,416 \text{ m}$	$\epsilon_s = (d - x) / x \cdot \epsilon_{\text{cu}3} = (0,416 - 0,0072) / 0,0072 \cdot 0,0035 =$ $\epsilon_s = 0,198 > \epsilon_{y,d} = 0,0009 \quad \text{VYHOVUJE}$
$d_2 = 0,414 \text{ m}$	$\epsilon_s = (d - x) / x \cdot \epsilon_{\text{cu}3} = (0,414 - 0,0072) / 0,0072 \cdot 0,0035 =$ $\epsilon_s = 0,197 > \epsilon_{y,d} = 0,0009 \quad \text{VYHOVUJE}$

Posouzení prvku nad vnitřní podporou



redukce momentů nad podporou

$$M_{Ed,red} = M_{Ed,sup} - V_{Ed,sub} \cdot t / 2$$

$$M_{Ed,red,L} = 25,9 - 28,76 \cdot 0,5 / 2 = 18,7 \text{ kNm}$$

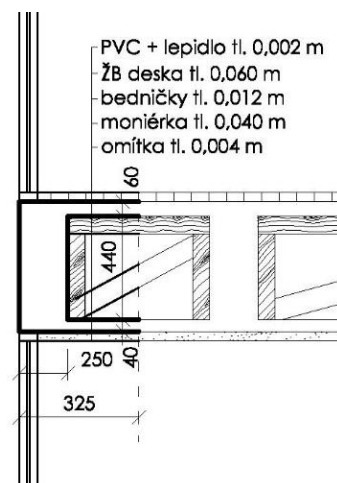
$$M_{Ed,red,P} = 37,14 - 32,53 \cdot 0,5 / 2 = 29,01 \text{ kNm}$$

$\Phi_{st,1}$	2Ø16	z_s	+ 0,00008 · 5)	F_{st}	86,5 kN	Ověření	
$\Phi_{st,2}$	1Ø10	d	0,444 m	x	0,0067 m	d_1	0,444 m ϵ_s 0,230
c	40 mm	d_1	0,0555 m	z	0,442 m	d_2	0,447 m ϵ_s 0,232
$M_{Rd} \geq M_{Ed}$						A_{st}	0,00048 m ² $A_{s,min,1}$ 0,117 m ²
38,2 kNm \geq 29,01 kNm						$A_{s,min,2}$	0,000064 m ² $A_{s,max}$ 0,002 m ²
VYHOVUJE							

5.2 Krajní průvlek

Zatížení:

Stálé	tl. [m]	š. [m]	tíha [kN/m ³]	g_k	g_d	
vlastní tíha deska	0,060	0,325	25	0,488	0,658	kN/m
vlastní tíha trám	0,500	0,250	25	3,125	4,219	kN/m
podlaha PVC s lepidlem	0,002	0,325	12	0,008	0,011	kN/m
bedničky	0,012	1,200	5	0,072	0,097	kN/m
moniérka	0,040	0,325	25	0,325	0,439	kN/m
omítka	0,004		19	0,025	0,033	kN/m
obvodový plášť	3,000	0,010	27	0,810	1,094	kN/m
$g_d = 6,550$ kN/m						
Proměnné		š. [m]	[kN/m ²]	[kN/m]		
		0,325	4	1,30	1,950	kN/m
$q_d = 1,950$ kN/m						



Kombinace

Kombinace ZS			krajní pole	vnitřní pole	krajní podpora	vnitřní podpora L	vnitřní podpora P
C01	1+2+5+6	M	15,73 kNm	14,78 kNm	-21,11 kNm	-21,31 kNm	-28,49 kNm
		V	-	-	25,10 kN	-24,78 kN	22,82 kN
C02	1+3+5+6	M	15,96 kNm	14,80 kNm	-15,80 kNm	20,76 kNm	-26,00 kNm
		V	-	-	18,91 kN	-24,59 kN	21,47 kN
C03	1+4+5+6	M	15,43 kNm	13,70 kNm	-20,71 kNm	-23,27 kNm	-32,49 kNm
		V	-	-	24,79 kN	-25,65 kN	28,05 kN
původní navržená výztuž			4Ø14	3Ø14	3Ø14+1Ø16	5Ø14+1Ø20	

Posouzení prvku v poli

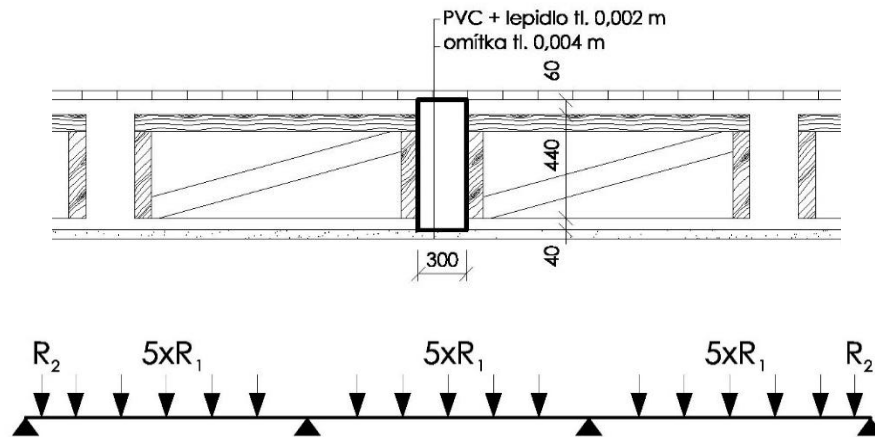
výška průřezu:	$h = 500 \text{ mm}$
výška desky:	$h_s = 60 \text{ mm}$
šířka průřezu:	$b_w = 250 \text{ mm}$
krytí:	$c = 45 \text{ mm}$
rozpětí	$l_0 = 6,150 \text{ m} \quad b = 1,025 \text{ m}$
spolupůsobící šířky	$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 0,325 + 0,1 \cdot 6,15 = 0,680 \text{ m} > b_1$
$b_1 = 0,325 \text{ m}$	$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_w = 0,325 + 0,25 = 0,58 \text{ m}$
průměr betonářské výztuže:	$\Phi_{\text{st},1} = 14 \text{ mm} \quad n_1 = 3 \text{ ks}$ $\Phi_{\text{s}1} = 8 \text{ mm}$
celková plocha výztuže:	$A_{\text{st},1} = 0,00046 \text{ m}^2$
účinná výška průřezu:	$d = h - c - \varnothing_{\text{s}1} - \varnothing / 2 = 0,5 - 0,045 - 0,008 - 0,007 = 0,440 \text{ m}$ $d_1 = h - d = 0,5 - 0 = 0,060 \text{ m}$
síla od betonářské výztuže:	$F_{\text{st},1} = A_{\text{st}} \cdot f_{\text{yd}} = 0,00046 \cdot 180 = 83,1 \text{ kN}$
tlačená výška průřezu:	$x = F_{\text{st}} / (\lambda \cdot f_{\text{cd}} \cdot b_{\text{eff}}) = 83,1 / (0,8 \cdot 10,7 \cdot 580) = 0,0169 \text{ m}$ $x = 0,0169 \text{ m} \leq h_s = 0,060 \text{ m} \quad x \text{ se nachází v desce}$
rameno vnitřních sil:	$z = d - \lambda x / 2 = 0,44 - (0,8 \cdot 0,017) / 2 = 0,433 \text{ m}$
únosnost průřezu:	$M_{\text{Rd}} = A_{\text{st}} \cdot f_{\text{yd}} \cdot z = 0,00046 \cdot 180000 \cdot 0,433 = 36,0 \text{ kNm}$ $M_{\text{Ed}} = 14,80 \text{ kNm}$
ověření únosnosti průřezu:	$M_{\text{Rd}} \geq M_{\text{Ed}}$ $36 \text{ kNm} \geq 14,8 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}$
min. plocha hlavní výztuže	$A_{\text{s,min}} = 0,26 \cdot f_{\text{ctm}} / f_{\text{yk}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot 1,9 / 207 \cdot 0,25 \cdot 0,44 =$ $A_{\text{st}} = 0,00046 \text{ m}^2 > A_{\text{s,min}} = 0,263 \text{ m}^2 \quad \text{NEVYHOVUJE}$ $> 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 250 \cdot 0,44 =$ $> 0,000143 \text{ m}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$
max. plocha hlavní výztuže	$A_{\text{s,max}} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 0,25 \cdot 0,5 = 0,005 \text{ m}^2$ $A_{\text{s,max}} = 0,005 \text{ m}^2 > A_{\text{st}} = 0,000462 \text{ m}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$
přetvoření oceli	$\epsilon_{\text{y,d}} = f_{\text{yd}} / E_s = 180 / 200000 = 0,0009$ $\epsilon_s = (d - x) / x \cdot \epsilon_{\text{cu}3} = (0,44 - 0,0169) / 0,0169 \cdot 0,0035 =$ $\epsilon_s = 0,087 > \epsilon_{\text{y,d}} = 0,0009 \quad \text{VYHOVUJE}$

Posouzení prvku nad vnitřní podporou

redukce momentů	$M_{\text{Ed,red}} = M_{\text{Ed,sup}} - V_{\text{Ed,sub}} \cdot t / 2$
nad podporou	$M_{\text{Ed,red,L}} = 23,27 - 25,65 \cdot 0,5 / 2 = 16,9 \text{ kNm}$ $M_{\text{Ed,red,P}} = 32,49 - 28,05 \cdot 0,5 / 2 = 25,48 \text{ kNm}$

$\Phi_{\text{st},1}$	5Ø14	z_s	7,9 mm	F_{st}	195,1 kN	Ověření			
$\Phi_{\text{st},2}$	1Ø20	d	0,459 m	x	0,0150 m	d_1	0,460 m	ϵ_s	0,104
c	40 mm	d_1	0,0409 m	z	0,453 m	d_2	0,457 m	ϵ_s	0,103
$M_{\text{Rd}} \geq M_{\text{Ed}}$						$A_{\text{s,t}}$	0,00108 m ²	$A_{\text{s,min},1}$	0,121 m ²
$88,4 \text{ kNm} \geq 25,48 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}$						$A_{\text{s,min},2}$	0,000066 m ²	$A_{\text{s,max}}$	0,002 m ²

5.3 Vnitřní průvlak



Zatížení:

Stálé	tl. [m]	š. [m]	tíha [kN/m ³]	g _k	g _d
vlastní tíha trám	0,500		25	3,750	5,063 kN/m
podlahová krytina PVC s lepidlem	0,002	0,3	12	0,007	0,010 kN/m
omítka	0,004		19	0,023	0,031 kN/m
vlastní tíha v sloupu (lichoběžník. zatížení)	0,500	0,500	25	6,250	8,438 kN/m
reakce od krajního průvlatku R ₁				30,341	40,960 kN
reakce od trámů R ₂				17,244	23,280 kN
				g _d =	5,103 kN/m
Proměnné		š. [m]	[kN/m ²]	[kN/m]	
v náběhu		0,5	4	2,00	3,000 kN/m
		0,3	4	1,20	1,800 kN/m

Kombinace

Kombinace zatížení			krajní pole	vnitřní pole	krajní podpora	vnitřní podpora L	vnitřní podpora P
C01	1+2+5+6	M	57,39 kNm	36,99 kNm	-37,00 kNm	-111,65 kNm	-96,41 kNm
		V	-	-	68,50 kN	-90,93 kN	75,59 kN
C02	1+3+5+6	M	53,46 kNm	40,62 kNm	-33,96 kNm	-108,70 kNm	-100,16 kNm
		V	-	-	63,48 kN	-85,15 kN	81,74 kN
C03	1+4+5+6	M	56,72 kNm	39,29 kNm	-36,41 kNm	-113,71 kNm	-101,49 kNm
		V	-	-	68,05 kN	-91,38 kN	81,74 kN
původní navržená výztuž			3Ø26+1Ø20	3Ø26	4Ø26	6Ø26	

Posouzení prvku v poli

výška průřezu: $h = 500 \text{ mm}$
 šířka průřezu: $b_w = 300 \text{ mm}$
 krytí: $c = 50 \text{ mm}$

průměr betonářské výztuže:	$\Phi_{st} = 26 \text{ mm}$	$n = 3 \text{ ks}$
	$\Phi_{sl} = 8 \text{ mm}$	
celková plocha výztuže:	$A_{st} = 0,00159 \text{ m}^2$	
účinná výška průřezu:	$d = h - c - \varnothing_{s1} - \varnothing / 2 = 0,5 - 0,008 - 0,05 - 0,013 = 0,429 \text{ m}$	
	$d_1 = h - d = 0,5 - 0,429 = 0,0710 \text{ m}$	
síla od betonářské výztuže:	$F_{st} = A_{st} \cdot f_{yd} = 0,00159 \cdot 180 = 287 \text{ kN}$	
tlačená výška průřezu:	$x = F_{st} / (\lambda \cdot f_{cd} \cdot b_w) = 286,7 / (0,8 \cdot 10,7 \cdot 300) = 0,112 \text{ m}$	
rameno vnitřních sil:	$z = d - \lambda x / 2 = 0,429 - (0,8 \cdot 0,112) / 2 = 0,384 \text{ m}$	
únosnost průřezu:	$M_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot z = 0,00159 \cdot 180000 \cdot 0,384 = 110,2 \text{ kNm}$	
	$M_{Ed} = 40,62 \text{ kNm}$	
ověření únosnosti průřezu:	$M_{Rd} \geq M_{Ed}$	
	$110,2 \text{ kNm} \geq 40,62 \text{ kNm}$	VYHOVUJE
min. plocha hlavní výztuže	$A_{s,min} = 0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot 1,9 / 207 \cdot 0,3 \cdot 0,429 =$	
	$A_{st} = 0,00000 \text{ m}^2 > A_{s,min} = 0,307 \text{ m}^2$	NEVYHOVUJE
	$> 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 300 \cdot 0,429 =$	
	$> 0,000167 \text{ m}^2$	VYHOVUJE
max. plocha hlavní výztuže	$A_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 0,3 \cdot 0,5 = 0,006 \text{ m}^2$	
	$A_{s,max} = 0,006 \text{ m}^2 > A_{st} = 0,000000 \text{ m}^2$	VYHOVUJE
přetvoření oceli	$\epsilon_{y,d} = f_{yd} / E_s = 180 / 200000 = 0,0009$	
	$\epsilon_s = (d - x) / x \cdot \epsilon_{cu3} = (0,429 - 0,112) / 0,112 \cdot 0,0035 =$	
	$\epsilon_s = 0,010 > \epsilon_{y,d} = 0,0009$	VYHOVUJE

Posouzení prvku nad vnitřní podporou

redukce momentů	$M_{Ed,red} = M_{Ed,sup} - V_{Ed,sub} \cdot t / 2$
nad podporou	$M_{Ed,red,L} = 113,71 - 91,38 \cdot 0,5 / 2 = 90,9 \text{ kNm}$
	$M_{Ed,red,P} = 101,49 - 81,74 \cdot 0,5 / 2 = 81,06 \text{ kNm}$

$\Phi_{st,1}$	6Ø26	d	0,421 m	F_{st}	573,4 kN	Ověření			
Φ_{sl}	8 mm	ϵ_s	6,575	x	0,0002 m	$A_{s,t}$	0,00319 m ²	$A_{s,min,1}$	0,301 m ²
c	40 mm	d_1	0,0790 m	z	0,421 m	$A_{s,min,2}$	0,000164 m ²	$A_{s,max}$	0,006 m ²
$M_{Rd} \geq M_{Ed}$									
$241,4 \text{ kNm} \geq 81,06 \text{ kNm}$						VYHOVUJE			

5.4 Vnitřní sloup

Kombinace

Kombinace ZS			9-13	13-9
C01	1+2+5+6	N	-1 049,27 kN	-1 034,83 kN
		M	-70,14 kNm	61,25 kNm
C02	1+3+5+6	N	-1 049,70 kN	-1 035,26 kN
		M	-69,67 kNm	59,84 kNm
C03	1+4+5+6	N	-1 270,34 kN	-1 255,90 kN
		M	-67,44 kNm	59,34 kNm

max N_{9-13} , odp. M_{9-13}	-1 270,34 kN	-67,44 kNm
max M_{9-13} , odp. N_{9-13}	-70,14 kNm	-1 049,27 kN
max N_{13-9} , odp. M_{13-9}	-1 255,90 kN	59,34 kNm
max M_{13-9} , odp. N_{13-9}	61,25 kNm	-1 034,83 kN

Posouzení sloupu interakčním diagramem

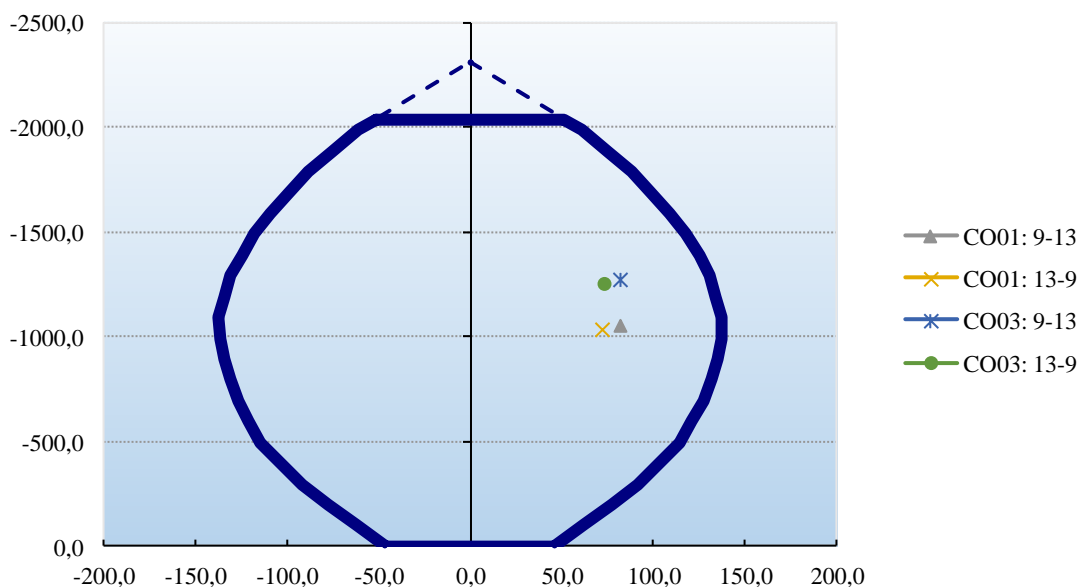
krytí	$c = 35 \text{ mm}$	
délka sloupu	$L = 9,00 \text{ m}$	
průměr betonářské výztuže:	$\Phi_{st,1} = 14 \text{ mm}$	$n_1 = 8 \text{ ks}$
	$\Phi_{s1} = 8 \text{ mm}$	
celková plocha výztuže:	$A_{st,1} = 0,00123 \text{ m}^2$	
průměr sloupu:	$\varnothing = 500 \text{ mm}$	
plocha betonového průřezu:	$A_c = 0,19635 \text{ m}^2$	
vzdálenost výztuží:	$s_r = 153 \text{ mm}$	
účinná výška průřezu:	$d_1 = c + \varnothing_{s1} + \varnothing / 2 = 0,035 + 0,008 + 0,007 = 0,050 \text{ m}$	
účinná délka sloupu	$L_0 = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 9 = 4,50 \text{ m}$	
poloměr setrvačnosti	$i = r / 2 = 0,25 / 2 = 0,125 \text{ m}$	
štíhlost prvku	$\lambda = L_0 / i = 4,5 / 0,125 = 36$	
excentricita od vlivu imperfekcí	$e_i = L_0 / 400 = 4,5 / 400 = 0,0113$	



vliv dotvarování	$A = 0,7$
vliv mechanického stupně vyztužení	$B = 1,1$
limitní štíhlost	$\lambda_{lim} = (20 \cdot A \cdot B \cdot C) / \sqrt{n_n}$
poměr koncových momentů	r_m
vliv poměru koncových momentů	$C = 1,7 - r_m$
poměrná normálová síla	$n_n = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$
normálová síla dle 1.řádu	N_{Ed}
ohybový moment dle 1.řádu	$M_{ed,0}$
	$N_{Ed} \cdot e_i$
Výsledný ohybový moment	$M_{ed} = M_{ed,0} + N_{Ed} \cdot e_i$

CO01		CO02	
9-13	13-9	9-13	13-9
56,0	56,4	51,0	51,3
-0,873		-0,88	
2,57		2,58	
0,501	0,494	0,607	0,600
-1049,27	-1034,83	-1270,34	-1255,90
-70,14	61,25	-67,44	59,34
11,80	11,64	14,29	14,13
81,94	72,89	81,73	73,47

Interakční diagram



Hodnoty kombinací leží uvnitř diagramu, to znamená, že průřez vyhovuje.

Všechny prvky vyhověly na ohyb, na maximální plochu výztuže i na ověření přetvoření oceli. Pouze nevyhověly podmínce minimální plochy vyztužení, což může být způsobeno charakteristickou hodnotou pevnosti oceli, která je nižší, než bývá v dnešní době používána. Hodnoty kombinací při výpočtu sloupu spadaly dovnitř interakčního diagramu a znamená to tedy, že průřez vyhověl.

6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo seznámení s postupem platným pro stavebně technické postupy a diagnostiku železobetonové konstrukce spolu s používanými zkušebními metodami. V praktické části se prováděly zvolené diagnostické metody v rámci průzkumu na objektu Bařova památníku ve Zlíně, za účelem zjištění pevnostních charakteristik betonu, spolu s jeho složením, hloubkou karbonatace a kontrolou vyztužení konstrukčních prvků. Kvůli případným možnostem dovyztužování konstrukce se prováděly také zkoušky přídržnosti na sloupech. Nakonec se provedl statický výpočet vybraných prvků dle současných normových předpisů. Všechny cíle byly úspěšně splněny.

V rámci předběžného průzkumu došlo k seznámení s původní dokumentací. Třípodlažní konstrukce je tvořena železobetonovým skeletem s předsazenými kruhovými sloupy a vodorovnou žebříkovou konstrukcí se ztraceným bedněním tvořenou příčnými průvlakly a podélnými trámy. Stavebně technickým průzkumem byla stanovena pevnostní třída betonu dle současné normy C16/20 s celkovou charakteristickou pevností 22,0 MPa, plně odpovídající projektované třídě betonu. Nebyly objeveny žádné nedostatky snižující pevnost betonu a má velmi dobrou stejnorodost potvrzující variační koeficient 11,2 %.

Při kontrole vyztužení nosné konstrukce byl objekt pracovníčně rozdělen do dvou kategorií, kdy se zjišťovalo vyztužení svislých, vodorovných konstrukcí a vyztužení s geometrií v místě napojení původního schodiště z druhého do třetího nadzemního podlaží. Veškerá nalezená výztuž je shodná s navrhovanou v původním statickém výpočtu, kromě krajních stropních průvlaků, jenž měli být vyztuženy jako hlavní střešní průvlakly, ale jsou chybně jako krajní střešní průvlakly. Použitá výztuž je hladká válcovaná za tepla s doporučenou návrhovou hodnotou 180 MPa určená z ČSN ISO 13822, jelikož nebyly prováděny odběry pro určení meze kluzu a meze pevnosti. Krycí vrstvy byly ve všech případech dostatečné a nebyly odhaleny příznaky povrchové koroze, kromě vznikající koroze vlivem zvýšené vlhkosti v patě obvodového sloupu v místě sondy SS(12), nacházející se na jižní straně objektu a je proto nutné provést sanační opatření. Bylo zjištěno, že příčný trám v prostoru schodiště z 2.NP do 3.NP není nosným prvkem vynášející schodišťové těleso, jelikož nebylo zjištěno žádné přídatné vyztužení umožňující zachycení účinků od schodnic. Zjištěná hloubka karbonatace fenolftaleinovou zkouškou nebyla větší než 15 mm, tudíž jsou všechny krycí vrstvy dostatečné a zajišťují dostatečnou ochranu výztuže před korozi. Pro přehled je dále uvedena tabulka výztuží, vypsaná pro jednotlivé prvky

z původního statického výpočtu. Jelikož v jednom případě bylo zjištěno jiné vyztužení, je označeno v tabulce červeně a k němu na dalším řádku uvedené nalezené vyztužení.

Tab. 12 Přehled vyztužení jednotlivých prvků

STŘECHA	krajní pole	vnitřní pole	krajní podpora	vnitřní podpora
žebro normální	1Ø10 + 1Ø14	2Ø10	2Ø10+1Ø14	3Ø10
krajní žebro	3Ø10 + 4Ø12	3Ø10	4Ø10 + 4Ø12	4Ø10
hlavní průvlak	2Ø20 + 1Ø22	3Ø20	1Ø12 + 2Ø20 + 1Ø22	5Ø20 + 1Ø22
krajní průvlak	4Ø14	3Ø14	3Ø14 + 1Ø16	5Ø14 + 1Ø20

STROPNÍ KCE	krajní pole	vnitřní pole	krajní podpora	vnitřní podpora
trám normální	1Ø12 + 1Ø14 + 1Ø16	1Ø12+1Ø16	4Ø12+1Ø16	2Ø16+1Ø10
krajní trám	3Ø12+1Ø16	3Ø12	1Ø14+2Ø16	4Ø12
hlavní průvlak	3Ø26 + 1Ø20	3Ø26	4Ø26	6Ø26
krajní průvlak	2Ø20 + 1Ø22 4Ø14	3Ø20 3Ø14	1Ø12 + 2Ø20 + 1Ø22 3Ø14 + 1Ø16	5Ø20 + 1Ø22 5Ø14 + 1Ø20

Skladba podlah se zjišťovala v místech jádrových vývrtů v příčných průvlacích, přičemž původní povrchová úprava podkladního betonu je zachována pouze ve třetím nadzemním podlaží, jelikož v ostatních podlažích je překryta PVC podlahovou krytinou. Rozdílné tloušťky podlah jsou pravděpodobně způsobeny nestejnou betonáží.

Zkouška povrchové přídržnosti se prováděla kvůli možnosti použití kontaktních lepených systémů v případě nevyhovujícího betonu. Po vizuálním zatřídění lomových ploch do skupiny A, kdy je porucha pouze v podkladu, se výpočtem určila výsledná charakteristická hodnota povrchové přídržnosti 1,07 MPa. Podmínka dle normy ČSN 73 2577, kdy nesměly být jednotlivé hodnoty menší než 70 % hodnoty aritmetického průměru, byla splněna.

Chemickým rozborem prováděným na odebraných vzorcích z vývrtů bylo hlavní prioritou zjištění, zda není beton na bázi hlinitanového cementu, přičemž se přítomnost tohoto cementu nepotvrdila a je obsažen portlandský cement. Vedlejším výsledkem bylo určení etapy karbonatace, nacházející se v první etapě. Díky své vysoké alkalitě je beton schopen chránit výztuž, jelikož nedošlo ke zhoršení pevnostních parametrů vlivem vnějšího prostředí, pokud však není poškozen či má dostatečnou tloušťku krycí vrstvy. Nebyly ani identifikovány minerály svědčící o degradaci cementové matice oxidem siřičitým či jinými agresivními látkami z prostředí.

Zjišťovala se také provázanost přístaveb s původní konstrukcí několika sekanými sondami. Na východní straně objektu bylo patrné vystavění přístavby jako samostatného objektu, který se napojil konzolovou stropní deskou, kde vnější hrany sloupů a průvlaků

tvořily bok bednění. U přístřešku na západní straně jsou vystavěny dodatečně provedené průvlaky v úrovni stropní konstrukce 1.NP, na nichž jsou zděné pilíře v kontaktu s původními sloupy podpírající stropní konstrukci přístřešku.

Při statickém výpočtu se ověřoval vnitřní sloup, vnitřní příčný průvlak, podélný vnitřní a krajní průvlak. Krajní trám se ověřoval kvůli rozdílnému vyztužení oproti navrženému v původním statickém výpočtu. Všechny prvky vyhověly na ohyb, na maximální plochu vyztuže i na podmínku přetvoření oceli. Pouze nevyhověly na minimální plochu vyztužení, to však může být způsobeno charakteristickou hodnotou pevnosti oceli, která je nižší, než bývá v dnešní době používána. Při posuzování vyztužení sloupu byly hodnoty kombinací uvnitř interakčního diagramu, tudíž průřez vyhověl.

Závěrem lze říci, že konstrukce je vzhledem k jeho stáří ve velmi dobrém stavu a je schopna bezpečně přenášet zatížení i přesto, že u krajního průvlaku bylo zjištěno jiné vyztužení než v původním statickém výpočtu. Vzhledem k nálezům zvýšené vlhkosti u obvodových sloupů na úrovni 1.NP, které jsou na styku s terénem, by bylo vhodné provedení sanačního opatření, aby nedošlo k napadení nosné vyztuže vlivem vlhkosti a následné koroze.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SCHMID, Pavel. *Praktické aspekty diagnostiky stavebních konstrukcí* [online]. Brno: VUTIUM, 2011 [cit. 07.10.2015].
- [2] VLČEK, Milan. *Poruchy a rekonstrukce staveb*. 1. vyd. Brno: ERA, c2001.
- [3] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [4] HOBST, L a CIKRLE. *Diagnostika stavebních konstrukcí - Přednášky*. Brno, 2005.
- [5] CIKRLE, Petr. *Tvrdoměrné zkoušení betonu: prezentace* [online]. 2015 [cit. 21.12.2015].
- [6] Proceq's family of concrete test hammer. *Proceq* [online]. © 2015 [cit. 2015-09-08]. Dostupné z: <http://www.proceq-news.com/usa/0512-schmidt/img/schmidt-head.jpg>
- [7] SCHMID, Pavel. *Zkušebnictví a technologie: M02 - Stavební zkušebnictví*. Brno: CERM, 2004, s. 1-48.
- [8] *Fotoarchiv: Ing. Petr Cikrle, Ph.D.* b.r.
- [9] CIKRLE, Petr a Ondřej ANTON. Vývoj nedestruktivních metod pro zkoušení betonu od roku 1990. *Beton: Technologie, konstrukce, sanace*. Praha: Česká betonářská společnost, 2015, (03), 5.
- [10] UNČÍK, Stanislav a Patrik ŠEVČÍK. *Modul pružnosti betonu* [online]. Trnava: edícia betón racio, 2008 [cit. 2015-12-21]. Dostupné z: http://www.betonracio.sk/betonracio/downloads/modul_pruznosti.pdf
- [11] POSPÍŠIL, Ondřej. *Diagnostika stavebních konstrukcí při hodnocení aktuálního stavu*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví.
- [12] DROCHYTKA, Rostislav, Jiří BYDŽOVSKÝ, Lukáš DŘÍNOVSKÝ a Amos DUFKA. *Praktické využití soudně komparační metody – fyzikálně chemické analýzy – pro určení shodnosti jednotlivých druhů materiálů* [online]. 2008 [cit. 11.10.2015].

Dostupné z: <http://www.exfos.cz/proceedings/2008/sta002-drochytkabydzovsky-drinovsky-dufka.pdf>

- [13] Zkušenosti s georadarem při stavebně technických průzkumech. *Tzb info* [online]. 2001-2015 [cit. 2015-10-22]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10800-zkusenosti-s-georadarem-pri-stavebne-technicky-pruzkumech>
- [14] PS 1000 Systém X-Scan. *HILTI* [online]. © 2015 [cit. 2015-11-10]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/laserov%C3%A1-technika/syst%C3%A9my-detekce/r5042>
- [15] PUME, Dimitrij a František ČERMÁK. *Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí*. 1. vyd. Praha: ABF, 1993, 127 s.
- [16] VACEK, Vítězslav. Poruchy betonových průmyslových podlah a možnosti jejich sanace. *Časopis stavebnictví* [online]. © 2007 [cit. 2015-11-13]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/poruchy-betonovych-prumyslovych-podlah-a-moznosti-jejich-sanace_N2010
- [17] Obuvnické museum má 55 let. *Zlín* [online]. © 2006 [cit. 2015-11-10]. Dostupné z: http://www.zlin.estranky.cz/clanky/novy-zlin/pamatnik-t_-bati---museum_-dum-umeni-a-dalsi.html
- [18] Main page: Model původní podoby Památníku Tomáše Bati. *Batastory.net* [online]. © 2015 [cit. 2015-11-10]. Dostupné z: <http://batastory.net/en/hlavni/>
- [19] ŽÍTT, Petr. *Závěrečná zpráva - Stavebně technický průzkum původních konstrukcí památníku* [online]. Brno, 2013 [cit. 25.10.2015].
- [20] ČSN 73 0038. *Hodnocení a ověření existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [21] Dům umění ve Zlíně opět získá funkcionalistický lesk. *Česká televize* [online]. © 1996 [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/archiv/1181982-dum-umeni-ve-zline-opet-ziska-funkcionalisticky-lesk>
- [22] MATOUŠEK, Milan a Rostislav DROCHYTKA. *Atmosférická koroze betonů*. Vyd. 1. Praha: IKAS, 1998, 171 s.

- [23] ČSN EN 1991-1-1. *Zatížení konstrukcí Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [24] ČSN EN 1990. Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*. Český normalizační institut, březen 2014.
- [25] ČSN 73 2011. *Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [26] ČSN EN 12504-1. *Zkoušení betonu v konstrukcích – část 1: Vývrty – Odběr, vyšetřování a zkoušení tlaku*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [27] ČSN EN 12504-2. *Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [28] ČSN EN 12504-4. *Zkoušení betonu – část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [29] ČSN 73 1376. *Radiografie betonových konstrukcí a dílců*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1977.
- [30] ČSN 73 2011. *Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [31] ČSN 73 1373. *Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2011.
- [32] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2014.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN

Ostatní zkratky a veličiny jsou vysvětleny přímo v textu.

veličina		mj
α_{cc}	součinitel zohledňující dlouhodobé účinky na pevnost v tlaku nepříznivé účinky vyplývající ze způsobu zatěžování	
A	součinitel vlivu dotvarování	
A_c	plocha betonového průřezu	m^2
$A_{s,max}$	maximální plocha hlavní výztuže	m^2
$A_{s,min}$	minimální plocha hlavní výztuže	m^2
A_{st}	plocha hlavní výztuže	m^2
B	součinitel vlivu mechanického stupně vyztužení	
b	rozpětí prvků	m
b_{eff}	spolupůsobící šířka desky	m
b_w	šířka průřezu	m
C	součinitel vlivu poměru koncových momentů	
c	krytí výztuže	m
d	účinná výška průřezu	m
d_1	poloha těžiště výztuže	m
E_{cm}	modul pružnosti betonu	kPa
E_s	modul pružnosti oceli v tlaku nebo tahu	kPa
ϵ_{cu3}	poměrné přetvoření betonu v tlaku	‰
ϵ_s	přetvoření výztuže	‰
$\epsilon_{y,d}$	návrhové přetvoření oceli na mezi kluzu	‰
e_i	excentricita od vlivu imperfekcí	m
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku	kPa
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku	kPa
f_{ctm}	charakteristická pevnost betonu v tahu	kPa
F_{st}	síly od betonářské výztuže	kN
f_{yd}	návrhová pevnost oceli v tlaku nebo tahu	kPa
f_{yk}	charakteristická pevnost oceli v tlaku nebo tahu	kPa
Φ_{sl}	průměr třmíneků (smykové výztuže)	mm

Φ_{st}	průměr hlavní výztuže	mm
g_d	návrhová hodnota stálého zatížení	kN/m
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení	kN/m
γ_c	součinitel spolehlivosti materiálu pro beton	
γ_s	součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel	
h	výška průřezu	m
h_s	výška desky	m
i	poloměr setrvačnosti	m
λ	štíhlost prvku	
λ_{lim}	limitní štíhlost	
l_0	vzdálenost mezi body nulových momentů	m
L	délka sloupu	m
L_0	účinná délka sloupu	m
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu od zatížení	kNm
$M_{Ed,0}$	ohybový moment dle 1.řádu	kNm
$M_{Ed, red}$	návrhový redukovaný podporový moment	kNm
$M_{Ed, sup}$	nezredukovaný návrhový podporový moment	kNm
M_{Rd}	návrhová ohybová únosnost prvku	kNm
n	počet kusů výztuže	ks
n_n	poměrná normálová síla	
q_d	návrhová hodnota proměnného zatížení	kN/m
q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení	kN/m
ρ	objemová hmotnost	kg/m ³
r_m	poměr koncových momentů	
s_r	vzdálenost výztuží	m
\check{s}	zatěžovací šířka	m
t	tloušťka podpory	m
$V_{Ed, sub}$	příslušná návrhová posouvající síla	kN
x	výška tlačené části průřezu	m
z	rameno vnitřních sil	m
z_s	vzdálenost těžiště všech výztuží	m

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Pevnostní parametry betonu	I
Příloha 2 – Odběry vývrtů betonu svislých nosných konstrukcí	VIII
Příloha 3 – Odběry vývrtů betonu vodorovných stropních nosných konstrukcí	XIII
Příloha 4 – Vyztužení svislých nosných konstrukcí	XVII
Příloha 5 – Vyztužení vodorovných nosných konstrukcí	XXII
Příloha 6 – Skladba podlah	XXXI
Příloha 7 – Povrchové přídržnosti betonu.....	XXXV
Příloha 8 – Vyztužení v místě uložení původního schodiště	XXXVII

Příloha 1 – Pevnostní parametry betonu

Vyhodnocení pevnostních parametrů betonu odebraných ze svislých nosných železobetonových sloupů v 1. NP

označení vzorku	naměřené hodnoty				spočítané hodnoty			
	D [mm]	L [mm]	m [g]	F _{max} [kN]	A [mm ²]	V [mm ³]	ρ [kg/m ³]	f _c [MPa]
VS_01.1	74,04	78,66	746,4	105,4	4305	338670	2200	24,5
VS_01.2	74,05	76,71	734,2	119,3	4307	330363	2220	27,7
VS_02.1	44,82	45,96	155,2	39,2	1578	72513	2140	24,8
VS_02.2	44,64	46,26	155,4	43,3	1565	72401	2150	27,7
VS_03.1	74,06	76,29	729,9	96,7	4308	328643	2220	22,4
VS_03.2	74,05	76,83	735,8	107,3	4307	330880	2220	24,9
VS_04.1	74,10	76,55	729,3	103,6	4312	330120	2210	24,0
VS_04.2	74,05	76,88	728,7	111,3	4307	331096	2200	25,8
VS_12.1	74,06	77,37	735,9	110,3	4308	333296	2210	25,6
VS_12.2	74,09	77,66	723,5	108,7	4311	334816	2160	25,2
VS_13.1	74,02	77,35	756,8	133,1	4303	332850	2270	30,9
Průměrná hodnota objemové hmotnosti						ρ	2 200	kg/m ³
Minimální pevnost						m _{min}	22,4	MPa
Průměrná pevnost						m _{fc}	25,8	MPa
Maximální pevnost						m _{max}	30,9	MPa
Směrodatná odchylka						s _{fc}	2,3	MPa
Variační koeficient						V _{fc}	8,8	%
Počet platných vzorků						n	11	-
5%-ní kvantil						k _n	1,716	-
Charakteristická pevnost betonu v tlaku						f _{ck,cube}	21,9	MPa
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206						C16/20		

Vyhodnocení pevnostních parametrů betonu odebraných ze svislých nosných železobetonových sloupů v 2. NP

označení vzorku	naměřené hodnoty				spočítané hodnoty			
	D [mm]	L [mm]	m [g]	F _{max} [kN]	A [mm ²]	V [mm ³]	ρ [kg/m ³]	f _c [MPa]
VS_05.1	74,04	73,46	682,8	99,3	4305	316281	2160	23,1
VS_05.2	74,02	76,85	712,7	104,2	4303	330698	2160	24,2
VS_09.1	74,01	76,78	720,7	103,4	4302	330308	2180	24,0
VS_09.2	74,05	76,83	715,5	107,3	4307	330880	2160	24,9
VS_10.1	73,94	76,49	705,6	99,9	4294	328438	2150	23,3
VS_10.2	73,98	77,38	717,2	103,7	4299	332619	2160	24,1
VS_11.1	74,02	77,51	724,7	102,7	4303	333538	2170	23,9
VS_11.2	74,10	76,81	720,3	106,1	4312	331241	2170	24,6
Průměrná hodnota objemové hmotnosti						ρ	2 160	kg/m ³
Minimální pevnost						m _{min}	23,1	MPa
Průměrná pevnost						m _{fc}	24,0	MPa
Maximální pevnost						m _{max}	24,9	MPa
Směrodatná odchylka						s _{fc}	0,6	MPa
Variační koeficient						V _{fc}	2,5	%
Počet platných vzorků						n	8	-
5%-ní kvantil						k _n	1,728	-
Charakteristická pevnost betonu v tlaku						f _{ck,cube}	23,0	MPa
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206						C16/20		

Vyhodnocení pevnostních parametrů betonu odebraných ze svislých nosných železobetonových sloupů v 3. NP

označení vzorku	naměřené hodnoty				spočítané hodnoty			
	D [mm]	L [mm]	m [g]	F _{max} [kN]	A [mm ²]	V [mm ³]	ρ [kg/m ³]	f _c [MPa]
VS_06.1	74,08	77,08	744,9	108,5	4310	332226	2240	25,2
VS_06.2	74,12	77,15	747,2	101,7	4315	332887	2240	23,6
VS_07.1	74,10	77,22	743,9	103,5	4312	333009	2230	24,0
VS_07.2	73,99	76,71	711,6	108,7	4300	329828	2160	25,3
VS_07.3	73,94	76,23	708,7	107,5	4294	327322	2170	25,0
VS_08.1	74,00	76,63	732	102,4	4301	329573	2220	23,8
VS_08.2	73,88	76,79	727,2	101,1	4287	329191	2210	23,6
Průměrná hodnota objemové hmotnosti						ρ	2 210	kg/m ³
Minimální pevnost						m _{min}	23,6	MPa
Průměrná pevnost						m _{fc}	24,4	MPa
Maximální pevnost						m _{max}	25,3	MPa
Směrodatná odchylka						s _{fc}	0,8	MPa
Variační koeficient						V _{fc}	3,2	%
Počet platných vzorků						n	7	-
5%-ní kvantil						k _n	1,732	-
Charakteristická pevnost betonu v tlaku						f _{ck,cube}	23,0	MPa
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206						C16/20		

Vyhodnocení pevnostních parametrů betonu odebraných z vodorovných nosných železobetonových stropních konstrukcí nad 1. NP

označení vzorku	naměřené hodnoty				spočítané hodnoty			
	D [mm]	L [mm]	m [g]	F _{max} [kN]	A [mm ²]	V [mm ³]	ρ [kg/m ³]	f _c [MPa]
VP_01.1	44,82	45,94	160,4	47,2	1578	72481	2210	29,9
VP_01.2	44,74	46,08	157,6	48,9	1572	72443	2180	31,1
VT_01.1	44,83	46,50	167,6	46,8	1578	73397	2280	29,6
VT_01.2	44,67	45,90	166,4	48,1	1567	71934	2310	30,7
VD_06.1	44,91	46,27	162,6	38,8	1584	73295	2220	24,5
VD_06.2	44,90	45,95	157,2	46,9	1583	72756	2160	29,6
VD_06.3	44,99	46,20	162,7	48,8	1590	73445	2220	30,7
VD_06.4	44,94	45,07	161,5	49,1	1586	71490	2260	31,0
VD_07.1	44,88	45,44	162,2	37,2	1582	71884	2260	23,5
VD_07.2	44,99	43,91	146,3	38,0	1590	69805	2100	23,9
VD_07.3	44,94	46,04	165,9	39,9	1586	73028	2270	25,2
VD_08.1	44,88	46,20	165,9	42,3	1582	73087	2270	26,7
VD_08.2	45,03	46,26	163,5	45,5	1593	73672	2220	28,6
VD_08.3	44,94	46,47	164,5	42,3	1586	73710	2230	26,7
VD_09.1	44,92	46,19	163,0	40,8	1585	73201	2230	25,7
VD_09.2	44,94	46,24	161,6	43,3	1586	73346	2200	27,3
VD_09.3	44,92	45,49	161,7	44,3	1585	72092	2240	28,0
VD_10.1	44,87	44,96	156,8	39,6	1581	71093	2210	25,0
VP_06.1	44,89	46,07	163,0	44,4	1583	72913	2240	28,1
VP_06.2	45,09	46,36	161,4	43,7	1597	74028	2180	27,4
VP_06.3	44,96	46,17	166,4	40,7	1588	73300	2270	25,6
VP_06.4	44,93	46,24	164,6	47,3	1585	73313	2250	29,8
VT_06.1	44,95	46,08	165,3	45,8	1587	73124	2260	28,9
VT_06.2	44,92	45,52	163,2	49,7	1585	72139	2260	31,4
VT_06.3	44,94	46,24	167,1	48,1	1586	73346	2280	30,3
Průměrná hodnota objemové hmotnosti	ρ						2 230	kg/m ³
Minimální pevnost	m _{min}						23,5	MPa
Průměrná pevnost	m _{fc}						28,0	MPa
Maximální pevnost	m _{max}						31,4	MPa
Směrodatná odchylka	s _{fc}						2,5	MPa
Variační koeficient	V _{fc}						8,8	%
Počet platných vzorků	n						25	-
5%-ní kvantil	k _n						1,675	-
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	f _{ck,cube}						23,9	MPa
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206							C16/20	

Vyhodnocení pevnostních parametrů betonu odebraných z vodorovných nosných železobetonových stropních konstrukcí nad 2. NP

označení vzorku	naměřené hodnoty				spočítané hodnoty			
	D [mm]	L [mm]	m [g]	F _{max} [kN]	A [mm ²]	V [mm ³]	ρ [kg/m ³]	f _c [MPa]
VD_01.1	44,84	45,96	165,5	46,6	1579	72577	2280	29,5
VD_01.2	44,89	45,99	162,5	43,7	1583	72787	2230	27,6
VD_02.1	44,92	45,47	152,8	36,8	1585	72060	2120	23,2
VD_02.2	44,87	46,15	158,0	38,2	1581	72975	2170	24,2
VD_02.3	44,85	46,18	157,6	38,7	1580	72957	2160	24,5
VD_03.1	44,93	45,10	167,8	45,1	1585	71506	2350	28,4
VD_03.2	44,83	45,88	155,4	36,8	1578	72419	2150	23,3
VD_04.1	44,92	44,01	153,4	35,3	1585	69746	2200	22,3
VD_04.2	44,92	45,68	161,0	39,7	1585	72393	2220	25,1
VD_05.1	45,05	46,29	158,5	44,7	1594	73785	2150	28,0
VD_05.2	44,89	46,09	161,8	42,3	1583	72945	2220	26,7
VD_05.3	45,08	46,18	162,4	48,9	1596	73708	2200	30,6
Průměrná hodnota objemové hmotnosti						ρ	2 200	kg/m ³
Minimální pevnost						m _{min}	22,3	MPa
Průměrná pevnost						m _{fc}	26,1	MPa
Maximální pevnost						m _{max}	30,6	MPa
Směrodatná odchylka						s _{fc}	2,7	MPa
Variační koeficient						V _{fc}	10,4	%
Počet platných vzorků						n	12	-
5%-ní kvantil						k _n	1,712	-
Charakteristická pevnost betonu v tlaku						f _{ck,cube}	21,5	MPa
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206						C16/20		

Vyhodnocení pevnostních parametrů betonu odebraných z vodorovných nosných železobetonových stropních konstrukcí nad 3. NP

označení vzorku	naměřené hodnoty				spočítané hodnoty			
	D [mm]	L [mm]	m [g]	F _{max} [kN]	A [mm ²]	V [mm ³]	ρ [kg/m ³]	f _c [MPa]
VP_02.1	44,77	46,34	159,6	49,2	1574	72949	2190	31,3
VP_02.2	44,75	46,62	158,3	50,1	1573	73324	2160	31,9
VT_02.1	44,81	46,35	158,8	45,3	1577	73095	2170	28,7
VT_02.2	44,84	45,70	159,3	48,3	1579	72167	2210	30,6
VP_03.1	44,77	45,68	159,1	47,8	1574	71910	2210	30,4
VT_03.1	44,78	45,79	160,8	48,3	1575	72116	2230	30,7
VT_03.2	44,83	46,20	167,6	50,7	1578	72924	2300	32,1
VP_04.1	44,77	45,97	160,7	44,3	1574	72367	2220	28,1
VP_04.2	44,83	45,75	165,4	46,1	1578	72214	2290	29,2
VP_04.3	44,88	45,79	167,1	49,1	1582	72438	2310	31,0
VP_05.1	44,89	45,88	160,8	45,7	1583	72613	2210	28,9
VP_05.2	44,89	45,46	156,8	43,5	1583	71948	2180	27,5
VT_05.1	44,91	46,35	164,7	41,4	1584	73422	2240	26,1
Průměrná hodnota objemové hmotnosti						ρ	2 220	kg/m ³
Minimální pevnost						m _{min}	26,1	MPa
Průměrná pevnost						m _{fc}	29,7	MPa
Maximální pevnost						m _{max}	32,1	MPa
Směrodatná odchylka						s _{fc}	1,8	MPa
Variační koeficient						V _{fc}	6,1	%
Počet platných vzorků						n	13	-
5%-ní kvantil						k _n	1,708	-
Charakteristická pevnost betonu v tlaku						f _{ck,cube}	26,6	MPa
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206						C16/20		

**Stanovená pevnost betonu s určením pevnostních tříd pro jednotlivá podlaží
s celkovým vyhodnocením pro svislé nosné konstrukce**

Veličina		1.NP	2.NP	3.NP	Celkové vyhodnocení
Průměrná hodnota objemové hmotnosti	ρ [kg/m ³]	2 200	2 160	2 210	2 190
Minimální pevnost	m_{\min} [MPa]	22,4	23,1	23,6	22,4
Průměrná pevnost	m_{fc} [MPa]	25,8	24,0	24,4	24,9
Maximální pevnost	m_{\max} [MPa]	30,9	24,9	25,3	30,9
Směrodatná odchylka	s_{fc} [MPa]	2,3	0,6	0,8	1,7
Variační koeficient	V_{fc} [%]	8,8	2,5	3,2	7,0
Počet platných vzorků	n [-]	11	8	7	26
5%-ní kvantil	k_n [-]	1,716	1,728	1,732	1,674
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{ck,cube}$ [MPa]	21,9	23,0	23,0	22,0
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206		C16/20	C16/20	C16/20	C16/20

**Stanovená pevnost betonu s určením pevnostních tříd pro jednotlivá podlaží
s celkovým vyhodnocením pro vodorovné nosné konstrukce**

Veličina		1.NP	2.NP	3.NP	Celkové vyhodnocení
Průměrná hodnota objemové hmotnosti	ρ [kg/m ³]	2 230	2 200	2 220	2 220
Minimální pevnost	m_{\min} [MPa]	23,5	22,3	26,1	22,3
Průměrná pevnost	m_{fc} [MPa]	28,0	26,1	29,7	28,0
Maximální pevnost	m_{\max} [MPa]	31,4	30,6	32,1	32,1
Směrodatná odchylka	s_{fc} [MPa]	2,5	2,7	1,8	2,7
Variační koeficient	V_{fc} [%]	8,8	10,4	6,1	9,5
Počet platných vzorků	n [-]	25	12	13	50
5%-ní kvantil	k_n [-]	1,675	1,712	1,708	1,661
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{ck,cube}$ [MPa]	23,9	21,5	26,6	23,6
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206		C16/20	C16/20	C16/20	C16/20

Příloha 2 – Odběry vývrtů betonu svislých nosných konstrukcí

Vývrt s označením VS(01)



Obr. 36 Pohled na provedené odběrové místo obvodového sloupu v 1. NP



Obr. 37 Vzorek betonu $\varnothing 75$ mm

Vývrt s označením VS(02)



Obr. 38 Pohled na provedené odběrové místo vnitřního sloupu v 1.NP



Obr. 39 Vzorek betonu, vrt započat $\varnothing 75$ mm, dovrťán $\varnothing 50$ mm

Vývrt s označením VS(03)



Obr. 40 Pohled na provedené odběrové místo vnitřního sloupu v 1.NP



Obr. 41 Vzorek betonu $\varnothing 75$ mm

Vývrt s označením VS(04)



Obr. 42 Pohled na provedené odběrové místo obvodového sloupu v 1.NP (venkovní odběr)



Obr. 43 Vzorek betonu Ø 75 mm

Vývrt s označením VS(05)



Obr. 44 Pohled na provedené odběrové místo vnitřního sloupu ve 2.NP



Obr. 45 Vzorek betonu Ø 75 mm

Vývrt s označením VS(06)



Obr. 46 Pohled na provedené odběrové místo obvodového sloupu ve 3.NP



Obr. 47 Vzorek betonu Ø 75 mm

Vývrt s označením VS(07)



Obr. 48 Pohled na provedené odběrové místo vnitřního sloupu ve 3.NP



Obr. 49 Vzorek betonu Ø75 mm

Vývrt s označením VS(08)



Obr. 50 Pohled na provedené odběrové místo obvodového sloupu ve 3.NP



Obr. 51 Vzorek betonu Ø75 mm

Vývrt s označením VS(09)



Obr. 52 Pohled na provedené odběrové místo obvodového sloupu ve 2.NP



Obr. 53 Vzorek betonu Ø75 mm

Vývrt s označením VS(10)



Obr. 54 Pohled na provedené odběrové místo vnitřního sloupu ve 2.NP



Obr. 55 Vzorek betonu Ø75 mm

Vývrt s označením VS(11)



Obr. 56 Pohled na provedené odběrové místo vnitřního sloupu ve 2.NP



Obr. 57 Vzorek betonu Ø75 mm

Vývrt s označením VS(12)

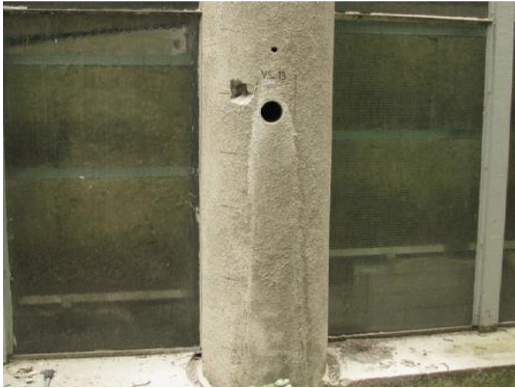


Obr. 58 Pohled na provedené odběrové místo obvodového sloupu v 1.NP



Obr. 59 Vzorek betonu Ø75 mm

Vývrt s označením VS(13)



*Obr. 60 Pohled na provedené odběrové místo
obvodového sloupu v 1.NP*



Obr. 61 Vzorek betonu Ø75 mm

Příloha 3 – Odběry vývrtů betonu vodorovných stropních nosných konstrukcí

Vývrt s označením VP(01)



Obr. 62 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O1 v 1.NP



Obr. 63 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního průvlaku

Vývrt s označením VP(02)



Obr. 64 Pohled na provedené odběrné místo v sondě O3 ve 3.NP



Obr. 65 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního průvlaku

Vývrt s označením VP(03)



Obr. 66 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O4 ve 3.NP



Obr. 67 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního průvlaku

Vývrt s označením VP(04)



Obr. 68 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O4 ve 3.NP



Obr. 69 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního průvlaku

Vývrt s označením VP(05)

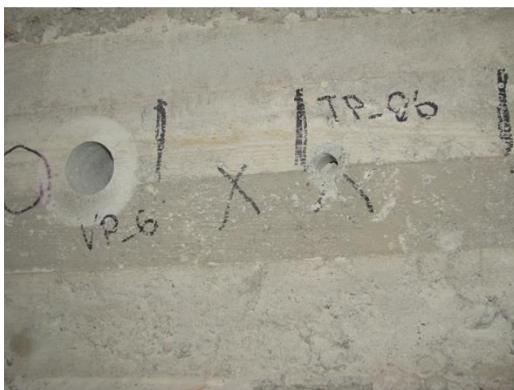


Obr. 70 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O6 ve 3.NP



Obr. 71 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního průvlaku

Vývrt s označením VP(06)



Obr. 72 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O2 v 1.NP



Obr. 73 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního průvlaku

Vývrt s označením VT(01)



Obr. 74 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O1 v 1.NP



Obr. 75 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního trámu

Vývrt s označením VT(02)



Obr. 76 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O3 ve 3.NP



Obr. 77 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního trámu

Vývrt s označením VT(03)



Obr. 78 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O4 ve 3.NP



Obr. 79 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního trámu

Vývrt s označením VT(04)



Obr. 80 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O5 ve 3.NP



Obr. 81 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního trámu

Vývrt s označením VT(05)



Obr. 82 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O6 ve 3.NP



Obr. 83 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního trámu

Vývrt s označením VT(06)



Obr. 84 Pohled na provedené odběrové místo v sondě O2 v 1.NP



Obr. 85 Vzorek betonu Ø 50 mm ze stropního trrámu

Příloha 4 – Vyztužení svislých nosných konstrukcí

Vyztužení sloupu – sonda SS(01)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

40 mm

Třmínky po:

190, 230, 195, 230, 200, 190 mm

Hloubka karbonatace do:

10 mm



Obr. 86 Fotografie odhalené výztuže

Vyztužení sloupu – sonda SS(02)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

40 mm

Třmínky po:

170, 110, 120, 105, 95 mm

Hloubka karbonatace do:

5 mm



Obr. 87 Fotografie odhalené výztuže s pohledem na měření průměru výztuže

Vyztužení sloupu – sonda SS(03)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

25 mm

Třmínky po:

80, 90, 105, 90, 90, 110, 120, 120,

105, 75, 90 mm

Hloubka karbonatace do:

5 mm



Obr. 88 Fotografie odhalené výztuže

Vyztužení sloupu – sonda SS(04)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

35 mm

Třmínky po:

180, 180, 200, 220, 240, 200 mm

Hloubka karbonatice do:

15 mm



Obr. 89 Fotografie odhalené výztuže s pohledem na fenolftaleinový test karbonatice povrchových vrstev betonu

Vyztužení sloupu – sonda SS(05)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

35 mm

Třmínky po:

205, 220, 195, 200, 185 mm

Hloubka karbonatice do:

15 mm



Obr. 90 Fotografie odhalené výztuže s pohledem na fenolftaleinový test karbonatice povrchových vrstev betonu

Vyztužení sloupu – sonda SS(06)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

30 mm

Třmínky po:

200, 240, 190 mm

Hloubka karbonatice do:

5 mm



Obr. 91 Fotografie odhalené výztuže

Vyztužení sloupu – sonda SS(07)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

40 mm

Třmínky po:

250, 240, 190, 210 mm

Hloubka karbonatace do:

5 mm



Obr. 92 Fotografie odhalené výztuže s měřením hloubky krycích vrstev

Vyztužení sloupu – sonda SS(08)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

40 mm

Třmínky po:

260, 200, 220, 210, 270 mm

Hloubka karbonatace do:

5 mm



Obr. 93 Fotografie odhalené výztuže s měřením hloubky krycích vrstev

Vyztužení sloupu – sonda SS(09)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

20 mm

Třmínky po:

260, 220, 200, 210, 280 mm

Hloubka karbonatace do:

2 mm



Obr. 94 Fotografie odhalené výztuže

Vyztužení sloupu – sonda SS(10)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

30 mm

Třmínky po:

210, 250, 220, 210, 220 mm

Hloubka karbonatice do:

5 mm



Obr. 95 Fotografie odhalené výztuže

Vyztužení sloupu – sonda SS(11)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

30 mm

Třmínky po:

210, 230, 260, 210, 230 mm

Hloubka karbonatice do:

10 mm



Obr. 96 Fotografie odhalené výztuže s měřením hloubky krycích vrstev

Vyztužení sloupu – sonda SS(12)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

30 mm

Třmínky po:

230, 200, 190, 250, 210, 230 mm

Hloubka karbonatice do:

15 mm

Počáteční koroze vlivem vlhkosti v patě sloupu



Obr. 97 Fotografie odhalené výztuže s měřením hloubky krycích vrstev

Vyztužení sloupu – sonda SS(13)

Po obvodu nalezeno 8 podélných výztuží

Krytí podélné výztuže:

30 mm

Třmínky po:

270, 220, 200, 210, 230 mm

Hloubka karbonatace do:

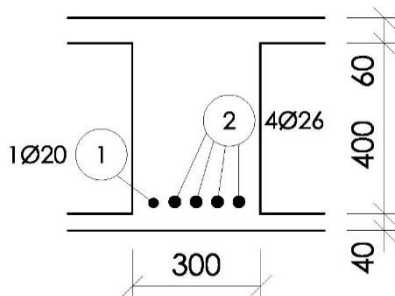
15 mm



Obr. 98 Fotografie odhalené výztuže s měřením hloubky krycích vrstev

Příloha 5 – Vyztužení vodorovných nosných konstrukcí

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda SP(01)



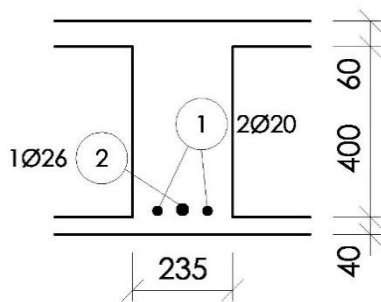
Krytí podélné výztuže: 55 mm

Hloubka karbonatace do: 10 mm



Obr. 99 Fotografie určení vyztužení stropního průvlaku uprostřed rozpětí na ohybový moment u dolního líce

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda SP(02)



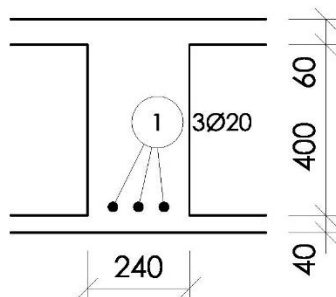
Krytí podélné výztuže: 45 mm

Hloubka karbonatace do: 5 mm



Obr. 100 Foto určení vyztužení průvlaku uprostřed rozpětí krajního pole na ohybový moment u dolního líce

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda SP(03)



Krytí podélné výztuže: 50 mm

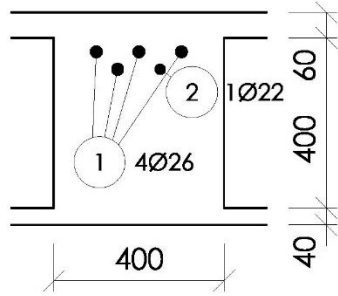
Hloubka karbonatace do: 5 mm



Obr. 101 Fotografie určení vyztužení střešního průvlaku uprostřed rozpětí vnitřního pole na ohybový moment u dolního líce

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda PS(04)

Sonda cca 400 mm od osy sloupu

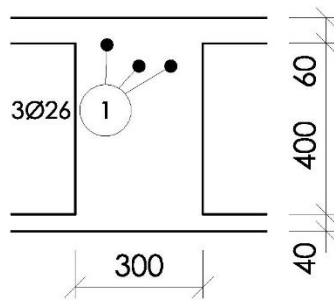


Krytí podélné výztuže: 60 mm

Obr. 102 Fotografie vyztužení stropního průvlaku vykonzolovaného schodišťového prvku nad vnitřní podporou

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda PS(05)

Sonda cca 350 mm od líce sloupu

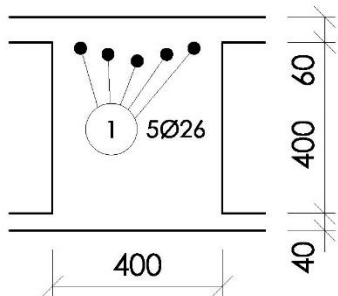


Krytí podélné výztuže: 50 - 100 mm

Obr. 103 Fotografie určení vyztužení stropního průvlaku uprostřed rozpětí na ohybový moment u dolního líce

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda PS(06)

Sonda cca 450 mm od líce sloupu

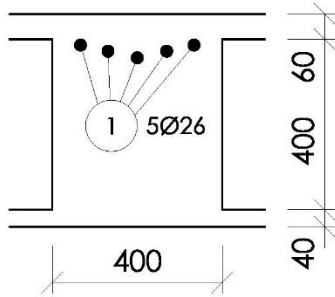


Krytí podélné výztuže: 60 - 90 mm

Obr. 104 Fotografie určení vyztužení stropního průvlaku na vyztužení nad vnitřními podporami

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda PS(07)

Sonda cca 450 mm od líce sloupu

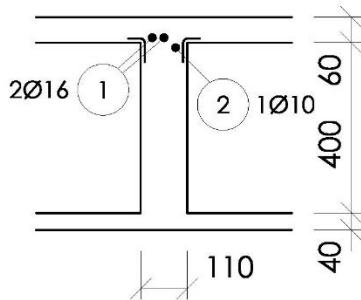


Krytí podélné výztuže: 60 - 90 mm

Obr. 105 Fotografie určení vyztužení stropního průvlaku na vyztužení nad vnitřními podporami

Vyztužení žebra na ohyb – sonda PS(08)

Sonda cca 300 mm od osy sloupu

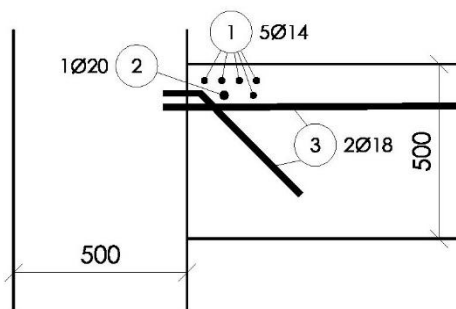


Krytí podélné výztuže: 40 mm

Obr. 106 Fotografie určení vyztužení stropního žebra u vnitřní podpory

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda PS(09)

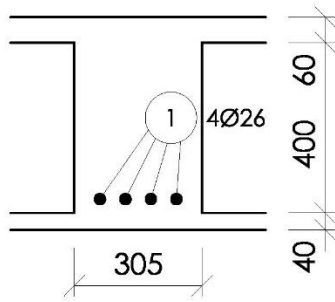
Sonda na styku žebra vynášejícího konstrukcí z obvodového sloupu a krajního stropního průvlaku nad střední podporou



Krytí podélné výztuže: 60-80 mm

Obr. 107 Fotografie určení vyztužení stropního žebra vynášejícího u krajní podpory konstrukci včetně určení vyztužení krajního stropního průvlaku nad vnitřní podporou

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda PS(10)



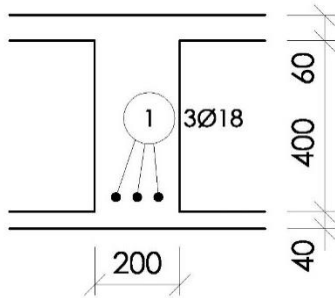
Krytí podélné výztuže: 60 mm

Hloubka karbonatace do: 10 mm



Obr. 108 Fotografie určení vyztužení stropního průvlaku uprostřed rozpětí ve středním poli

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda SP(11)



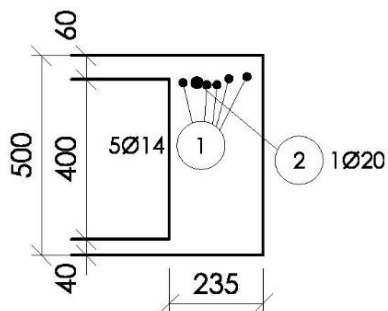
Krytí podélné výztuže: 65 mm

Hloubka karbonatace do: 10 mm



Obr. 109 Fotografie určení vyztužení stropního průvlaku uprostřed rozpětí ve středním poli

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda PS(12)



Krytí podélné výztuže: 50-65 mm

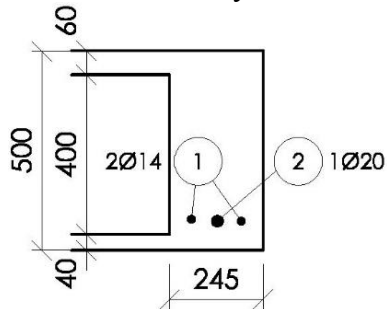
Třmínek nebyl odhalen



Obr. 110 Určení vyztužení krajního stropního průvlaku nad 2.NP nad podporou

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda SP(13)

V sondě se nachází výztuž $\varnothing 6$ mm, která pravděpodobně patří spodní maniérece



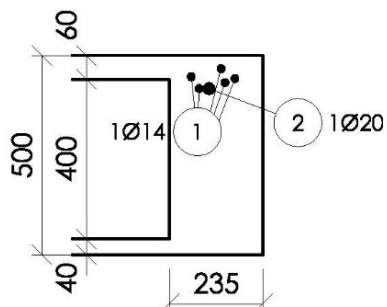
Krytí podélné výztuže: 50-55 mm

Třmínek nebyl odhalen



Obr. 111 Určení vyztužení krajního stropního průvlaku nad 2.NP v mezipodporovém průřezu

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda PS(14)



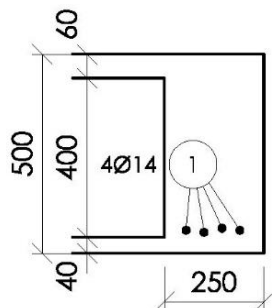
Krytí podélné výztuže: 25-75 mm

Třmínek nebyl odhalen



Obr. 112 Určení vyztužení krajního stropního průvlaku nad 1.NP nad podporou

Vyztužení průvlaku na ohyb – sonda SP(15)

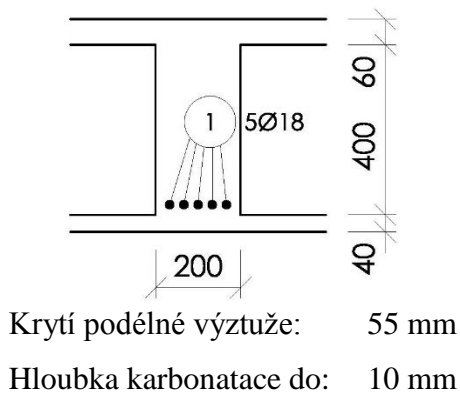


Krytí podélné výztuže: 45 - 50 mm



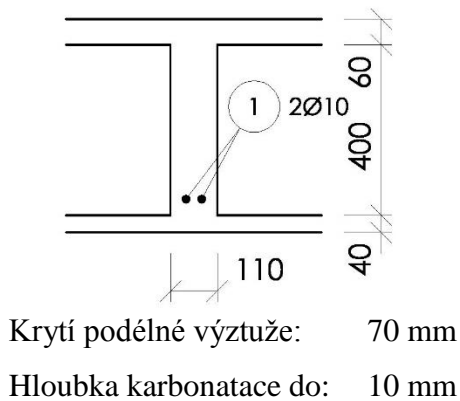
Obr. 113 Určení vyztužení krajního stropního průvlaku nad 1.NP v mezipodporovém průřezu

Vyztužení trámu na ohyb – sonda ST(01)



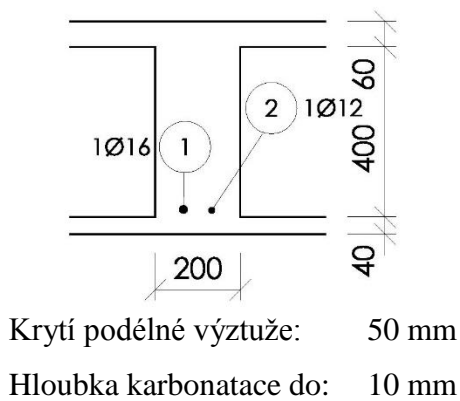
Obr. 114 Fotografie určení vyztužení spodní výztuže uprostřed rozpětí zesíleného střešního žebra vynášejícího konstrukci z obvodového sloupu

Vyztužení trámu na ohyb – sonda ST(02)



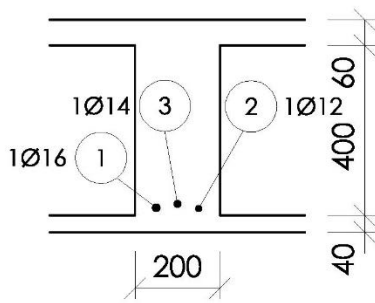
Obr. 115 Fotografie určení vyztužení spodní výztuže uprostřed rozpětí zesíleného střešního žebra vynášejícího konstrukci z obvodového sloupu

Vyztužení trámu na ohyb – sonda ST(03)



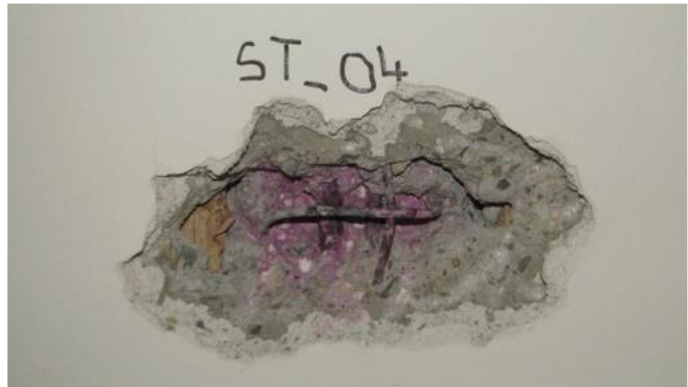
Obr. 116 Fotografie určení vyztužení spodní výztuže u krajní podpory zesíleného stropního žebra vynášejícího konstrukci z obvodového sloupu

Vyztužení trámu na ohyb – sonda ST(04)



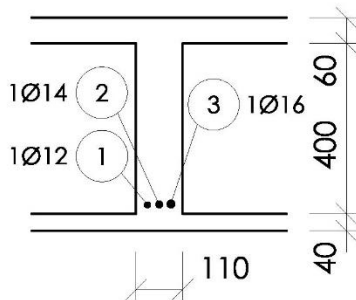
Krytí podélné výztuže: 50 - 60 mm

Hloubka karbonatice do: 10 mm



Obr. 117 Fotografie určení vyztužení spodní výztuže uprostřed rozpětí zesíleného stropního žebra vynášejícího konstrukci z obvodového sloupu

Vyztužení trámu na ohyb – sonda ST(05)



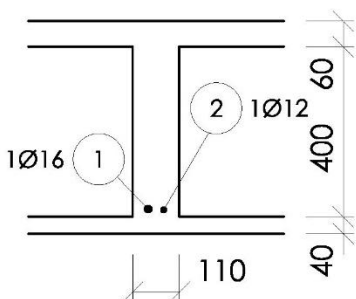
Krytí podélné výztuže: 55 mm

Hloubka karbonatice do: 10 mm



Obr. 118 Fotografie určení vyztužení spodní výztuže uprostřed rozpětí zesíleného stropního žebra vynášejícího konstrukci z obvodového sloupu

Vyztužení trámu na ohyb – sonda ST(06)



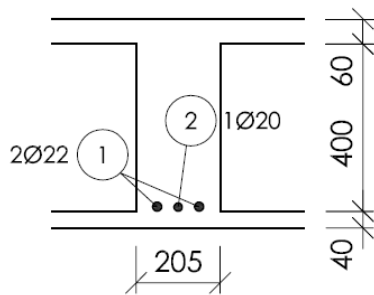
Krytí podélné výztuže: 50 mm

Hloubka karbonatice do: 5 mm



Obr. 119 Fotografie určení vyztužení spodní výztuže uprostřed rozpětí klasického stropního žebra

Vyztužení trámu na ohyb – sonda ST(07)



Krytí podélné výztuže: 40 mm

Hloubka karbonatce do: 5 mm



Obr. 120 Fotografie určení vyztužení spodní výztuže uprostřed rozpětí stropního žebra vynášejícího původního schodišťového tělesa

Vyztužení stropních desek na ohyb – sonda SD(01)

Hladká výztuž \varnothing 6 mm po

160, 170, 210, 200 mm

Krytí: 15 mm

Hloubka karbonatce do 0 mm



Obr. 121 Fotografie spodní výztuže stropní desky na místě s označením SD(01)

Vyztužení stropních desek na ohyb – sonda SD(02)

Hladká výztuž \varnothing 6 mm po

190, 230, 300, 240 mm

Krytí: 0 - 10 mm

Hloubka karbonatce do 5 mm



Obr. 122 Fotografie spodní výztuže stropní desky na místě s označením SD(02)

Vyztužení stropních desek na ohyb – sonda SD(03)

Hladká výztuž \varnothing 6 mm po
225, 245, 200 mm

Krytí: 5 mm

Hloubka karbonatce do 0 mm

Obr. 123 Fotografie spodní výztuže stropní desky na místě s označením SD(03)



Vyztužení stropních desek na ohyb – sonda SD(04)

Hladká výztuž \varnothing 6 mm po
150, 270, 220, 260 mm

Krytí: 5 mm

Hloubka karbonatce do 0 mm

Obr. 124 Fotografie spodní výztuže stropní desky na místě s označením SD(04)



Příloha 6 – Skladba podlah

Skladba podlahy v 3.NP v místě sondy s označením P(01)

SKLADBA PODLAHY	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 170 mm



Obr. 125 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(01)



Obr. 126 Detail skladby v místě sondy P(01)

Skladba podlahy v 3.NP v místě sondy s označením P(02)

SKLADBA PODLAHY	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 220 mm



Obr. 127 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(02)



Obr. 128 Detail skladby v místě sondy P(02)

Skladba podlahy v 3.NP v místě sondy s označením P(03)

SKLADBA PODLAHY	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 220 mm



Obr. 129 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(03)



Obr. 130 Detail skladby v místě sondy P(03)

Skladba podlahy v 3.NP v místě sondy s označením P(04)

SKLADBA PODLAHY	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 210 mm



Obr. 131 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(04)



Obr. 132 Detail skladby v místě sondy P(04)

Skladba podlahy v 3.NP v místě sondy s označením P(05)

SKLADBA PODLAHY	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 210 mm



Obr. 133 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(05)



Obr. 134 Detail skladby v místě sondy P(05)

Skladba podlahy v 2.NP v místě sondy s označením P(06)

SKLADBA PODLAHY	
linoleum	tl. 2 mm
lepidlo	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 300 mm



Obr. 135 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(06)



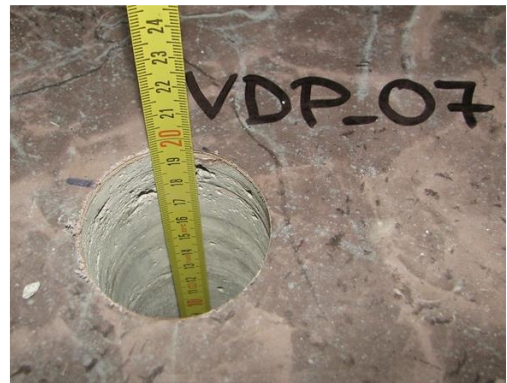
Obr. 136 Detail skladby v místě sondy P(06)

Skladba podlahy v 2.NP v místě sondy s označením P(07)

SKLADBA PODLAHY	
linoleum	tl. 2 mm
lepidlo	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 210 mm



Obr. 137 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(07)



Obr. 138 Detail skladby v místě sondy P(07)

Skladba podlahy v 2.NP v místě sondy s označením P(08)

SKLADBA PODLAHY	
linoleum	tl. 2 mm
lepidlo	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 280 mm



Obr. 139 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(08)



Obr. 140 Detail skladby v místě sondy P(08)

Skladba podlahy v 2.NP v místě sondy s označením P(09)

SKLADBA PODLAHY	
linoleum	tl. 2 mm
lepidlo	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 250 mm



Obr. 141 Vzorek betonu Ø 50 mm sondy P(09)



Obr. 142 Detail skladby v místě sondy P(09)

Skladba podlahy v 2.NP v místě sondy s označením P(10)

SKLADBA PODLAHY	
linoleum	tl. 2 mm
lepidlo	
původní povrchová úprava betonu	tl. 1 mm
podkladní beton	> tl. 80 mm



Obr. 143 Vzorek betonu \varnothing 50 mm sondy P(10)



Obr. 144 Detail skladby v místě sondy P(10)

Příloha 7 – Povrchové přídržnosti betonu

označení vzorku	naměřené hodnoty		spočítané hodnoty			
	D [mm]	F _{max} [kN]	A [mm ²]	σ _{adh} [MPa]	způsob poruchy	
PR_01	50,00	2,70	1963	1,38	A - porucha v podkladu	
PR_02	50,00	2,55	1963	1,30	A - porucha v podkladu	
PR_03	50,00	2,40	1963	1,22	A - porucha v podkladu	
PR_04	50,00	2,55	1963	1,30	A - porucha v podkladu	
PR_05	50,00	2,50	1963	1,27	A - porucha v podkladu	
PR_06	50,00	3,15	1963	1,60	A - porucha v podkladu	
PR_07	50,00	2,35	1963	1,20	A - porucha v podkladu	
PR_08	50,00	2,95	1963	1,50	A - porucha v podkladu	
PR_09	50,00	2,45	1963	1,25	A - porucha v podkladu	
Minimální pevnost				m _{min}	1,20	MPa
Průměrná pevnost				m _{fc}	1,34	MPa
Maximální pevnost				m _{max}	1,60	MPa
Směrodatná odchylka				s _{fc}	0,14	MPa
Variační koeficient				V _{fc}	10,18	%
Počet platných vzorků				n	9	-
5%-ní kvantil				k _n	1,960	-
Charakteristická hodnota povrchové přídržnosti				σ_{adh}	1,07	MPa

Zkušební místa po provedení zkoušky povrchové přídržnosti



Obr. 145 PR(01) – obvodový sloup v 1.NP



Obr. 146 PR(02) – obvodový sloup v 1.NP



Obr. 147 PR(03) – obvodový sloup v 1.NP



Obr. 148 PR(04) – obvodový sloup ve 2.NP



Obr. 149 PR(05) – vnitřní sloup ve 2.NP



Obr. 150 PR(06) – vnitřní nosný sloup ve 2.NP



Obr. 151 PR(07) – obvodový sloup ve 3.NP



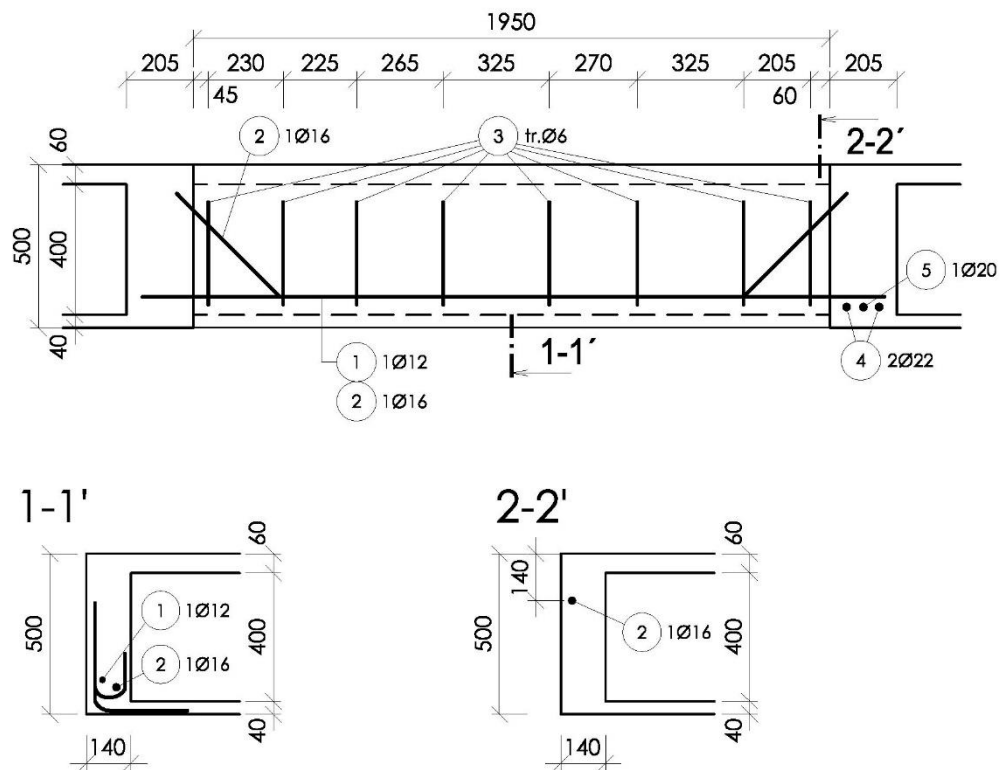
Obr. 152 PR(08) – vnitřní sloup ve 3.NP



Obr. 153 PR(09) – obvodový sloup ve 3.NP

Příloha 8 – Vyztužení v místě uložení původního schodiště

Vyztužení příčného trámu



Obr. 154 Pohled na vyztužení příčného trámu u spodního líce na ohybové účinky (řez 1-1')



Obr. 155 Pohled ze spodního líce příčného trámu se sekanou sondou k odhalené nosné výztuži (řez 1-1')

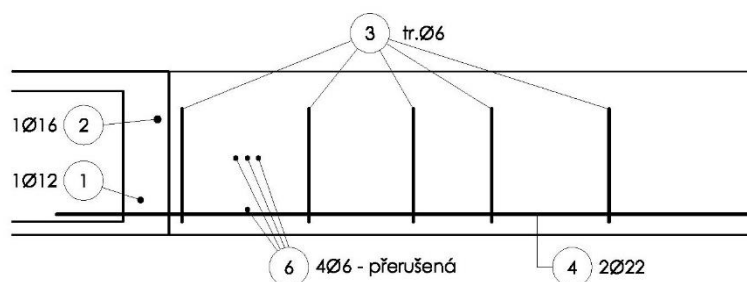


Obr. 156 Pohled na sondu z horního líce stropní konstrukce ve styku příčného trámu s trámem schodišťovým (řez 2-2')



Obr. 157 Detail sekané sondy z horního líce v nadpodporovém průřezu příčného trámu (řez 2-2')

Vyztužení schodišťového trámu v oblasti příčného trámu a napojení schodišťového tělesa na stropní konstrukci



Obr. 158 Pohled na schodišťový trám se sondami a rozkreslenou smykovou výztuží



Obr. 159 Detail přerušené hladké výztuže (možné vyztužení v úrovni napojení schodišťového tělesa na nosnou stropní konstrukci)