



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVEBNĚ TECHNICKÉHO PRŮZKUMU KONSTRUKCE

PREPARATION AND REALIZATION OF TECHNICAL SURVEY OF THE BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Kratochvíl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Tomáš Kratochvíl
Název	Příprava a realizace stavebně technického průzkumu konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

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

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

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

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

Příslušné technické normy.

Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

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

Závěr – proveďte krátké shrnutí a jasně a přehledně deklarujte výsledky diplomové práce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT V ČESKÉM A ANGLICKÉM JAZYCE

Bakalářská práce se zabývá provedením přípravy a realizace stavebně technického průzkumu železobetonové mostní konstrukce a závěrečného zhodnocení stavu konstrukce. Tato mostní železobetonová konstrukce se nachází na silnici 39614 a překonává místní potok za Pasohlávkami.

The bachelor thesis deals with implementation of preparation and realization of construction and technical survey of the reinforced concrete bridge structure and final evaluation of the condition of the structure. This reinforced concrete bridge structure is located on the road 39619 and overcomes the local stream behind Pasohlávky.

KLÍČOVÁ SLOVA V ČESKÉM A ANGLICKÉM JAZYCE

- Prohlídka (inspection)
- Průzkum (investigation)
- Hodnocení (assessment)
- Vada konstrukce (structural defect)
- Poškození (damage)

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Tomáš Kratochvíl, *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu konstrukce*. Brno, 2020. 88 s., 7 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 3. 6. 2020

Tomáš Kratochvíl
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 3. 6. 2020

Tomáš Kratochvíl
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Ondřejovi Antonovi, Ph.D. za odbornou pomoc při zpracování průzkumu a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Jaromíru Láníkovi, Ph.D. za poskytnutí pomocných materiálů a především rodině za podporu při psaní.

Obsah

1. ÚVOD.....	9
2. CÍLE.....	11
3. TEORETICKÁ ČÁST	12
3.1 Přehled základních pojmů.....	12
3.2 Stavebně technický průzkum.....	13
3.3 Výsledky stavebně technického průzkumu	16
4. KONSTRUKČNÍ A STATICKÝ PRŮZKUM OBJEKTU	19
4.1 Rozdělení metod	19
5. DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ.....	22
5.1 Potřeba diagnostiky železobetonových konstrukcí	22
5.2 Hlavní problémy	22
5.3 Přehled norem pro diagnostiku železobetonových konstrukcí.....	24
5.4 Požadavky na beton a ocelovou výztuž v konstrukci.....	26
5.5 Obecné zásady nedestruktivního zkoušení betonových konstrukcí.....	28
5.6 Zkoušené vlastnosti na betonu konstrukcí.....	31
5.7 Vyhodnocení pevnosti betonu v konstrukci	38
5.8 Vybrané diagnostické metody	40
6. ŽELEZOBETONOVÉ MOSTY Z PREFABRIKOVANÝCH NOSNÍKŮ U NÁS....	45
6.1 Základní charakteristiky mostního objektu	47
6.2 Nosníky používané v současnosti v ČR	47
7. MOSTNÍ PROHLÍDKY	51
7.1 Druhy a periodičita mostních prohlídek.....	51

7.2	Provádění prohlídek	53
7.3	Záznam o prohlídce	56
8.	PRAKTICKÁ ČÁST	57
8.1	Popis mostního objektu	57
8.2	Základní popis a informace o mostu.....	60
8.3	Popis jednotlivých částí mostu na základě prohlídky.....	60
8.4	Laboratorní zkoušení jádrových vývrtů	65
8.4.1	Nosná konstrukce	65
8.4.2	Spodní stavba	68
8.5	Skladba vozovky	72
8.6	Výztuž	74
8.7	Chemická analýza betonu	77
9.	ZÁVĚR.....	80
10.	SEZNAMY	81
10.1	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	81
10.2	SEZNAM TABULEK.....	83
10.3	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	84
10.4	SEZNAM ZKRATEK	87
10.5	SEZNAM PŘÍLOH.....	88

1. ÚVOD

V dnešní době, v oboru stavebnictví, se dostává do popředí snaha hodnotit a zachovávat existující konstrukce, které svým stavem už nevyhovují provozuschopnosti, nebo jsou svému okolí nebezpečné. Toto odvětví zahrnuje i ověřování nově postavených stavebních děl a zajištění jejich trvalé funkčnosti s ohledem na předcházení poruch během jejich užívání od uvedení do provozu. Zjištění spolehlivosti a možného prodloužení životnosti je velmi významným technickým úkolem, který spočívá v provedení stavebně technického průzkumu. Snahou je vynaložit co nejmenší výdaje na jejich opravu, modernizaci, rekonstrukci apod. Pokyny pro návrh modernizace a postupy klasifikace spolehlivosti stávajících staveb jsou uvedeny v normě ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí [1]. Tato norma vychází z koncepce mezních stavů ve spojení s metodou dílčích vztahů.

Stavebně technický průzkum je zpravidla činnost většího týmu osob, která vede k vzájemné výměně informací za účelem provedení správného stavebního průzkumu. Hlavním úkolem diagnostiky konstrukce je obstarat dostatečné množství informací o konstrukci tak, abychom usnadnili vhodný návrh postupů oprav, které zajistí spolehlivost konstrukce do budoucna. Společně s objednavatelem (vlastníkem, úřadem, atd.) se také musí určit cíle hodnocení konstrukce, které jsou výchozím bodem pro vhodné provedení stavebně technického průzkumu a nalezení správného řešení možných problémů, vyskytujících se na stavebním díle. Dalším požadavkem je pomocí hydrologa nebo geologa zjištění základových poměrů mostní konstrukce, způsob založení a hydrologické poměry v blízkém území stavby. Důležitou součástí je získání historických údajů významných pro pochopení, zda došlo v minulosti ke vzniku jednotlivých konstrukčních částí mostní konstrukce a také, jestli byly provedeny změny, které by mohly ovlivnit statický stav konstrukce. Stavebně technický průzkum se provádí většinou stavebními technikami, pomocnými spolupracovníky

a dalšími. Nedílnou součástí jsou také výsledky laboratorních zkoušek prováděné pověřenou osobou, které mohou být součástí průzkumu. Zjištěné informace z diagnostiky konstrukce se předají odpovědnému statikovi, který provede pro celou konstrukci nebo jen její část ověřující statický výpočet a případně navrhne zajištění nebo opravy. Z výše uvedených se mohou na stavebně technickém průzkumu účastnit i další pracovníci technické spolupráce a odborní konzultanti.

V důsledku vývoje stavebnictví se zlepšují a mění technologické postupy pro navrhování a provádění mostních konstrukcí. Stavební objekty, které je nutno v současné době rekonstruovat či modernizovat, pocházejí z období, kdy automobilová a nákladní doprava nedosahovala takového stupně provozu jako dnes. Z hlediska vlastního provádění mostních objektů došlo k výraznému pokroku jak v oblasti používaných materiálů, tak ve sféře postupů a technologií prováděných prací. Při znalostech dříve používaných stavebních technologií lze tedy část informací o mostní konstrukci poměrně dobře zjistit pouze na základě prohlídky a údajů o době výstavby.

2. CÍLE

Hlavním cílem bakalářské práce je připravit a realizovat stavebně technický průzkum mostní konstrukce ev. č. 39614-3, přes místní potok za Pasohlávkami na silnici 39614. V rámci průzkumu je realizováno stanovení fyzikálně mechanických parametrů betonu (pevnost, hloubka karbonatace, obsah chloridů) nosné konstrukce a spodní stavby. Dále ověření výztuže nosné konstrukce mostu a skladby vozovek. Cíle práce jsou rozděleny do dvou hlavních bodů:

- shromáždění dostupných materiálů (výkresová dokumentace, materiálové a geometrické vlastnosti, verbální dokumentace),
- předběžný vizuálně defektoskopický průzkum mostní konstrukce.

3. TEORETICKÁ ČÁST

V této kapitole jsou popsány základní charakteristické termíny a definice, postupů hodnocení stávajících konstrukcí. Konkrétnost a platnost postupů jsou součástí mezinárodní normy ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí [1]. Tato norma je doplněna šesti národními přílohami, které jasně popisují a doplňují zvolené části normy. Ostatní definice, zde v kapitole použité, jsou převzaty z odborné a studijní literatury [2].

3.1 Přehled základních pojmů

- **Hodnocení** je soubor činností, které jsou prováděny za účelem ověření spolehlivosti existující konstrukce z hlediska jejího budoucího použití.
- **Spolehlivost** je vlastnost věcí sloužit záměru, pro který byly vytvořeny. Je jednou z nejdůležitějších vlastností jakosti, zabývá se jí teorie spolehlivosti.
- **Poškození** je změna stavu konstrukce, která působí nepříznivě a může ovlivnit její funkčnost.
- **Vada konstrukce** je skrytá nedokonalost konstrukce, která je zapříčiněna nevhodným návrhem (v projektu) nebo uskutečněním. Vada však nemusí vždy znamenat menší únosnost nebo použitelnost.
- **Degradace** je proces, při kterém dochází k zhoršení kvality a znehodnocení prvku, omezuje funkční způsobilost včetně trvanlivosti.
- **Prohlídka** je nedestruktivní šetření na místě stavby, umožňující určit aktuální stav konstrukce.
- **Průzkum** je shromažďování a hodnocení informací na základě prohlídky, prověření dokumentace, zatěžovacích zkoušek a jiných zkoušek.
- **Funkční způsobilost konstrukce** je kvalitativní a kvantitativní vyjádření chování konstrukce (např. únosnost, tuhost) ve smyslu použitelnosti a bezpečnosti.

- **Oprava** konstrukce je zlepšení stavu konstrukce rekonstrukcí či nahrazením původních prvků, které byly narušeny nebo poškozeny.
- **Rekonstrukce** je postup uvádějící stavbu do autentického stavu souborem konstrukčních a technologických oprav, které mají za výsledek změnu její funkčnosti nebo technických parametrů.
- **Údržba** jsou běžná opatření pro zajištění odpovídající funkční způsobilosti konstrukce [2].

3.2 Stavebně technický průzkum

Pod pojmem stavebně technický průzkum (dále jen STP) se rozumí několik odborných činností, které jsou u objektu prováděny samostatně a které potom tvoří jako celek stavebně technický průzkum objektu. Snahou je docílit co nejpřesnějších informací o fyzickém stavu materiálu, jednotlivých částech konstrukce a samostatné vazbě objektu na jeho okolí. Po dohodě mezi objednavatelem stavby, posuzovatelem a majitelem objektu se určí rozsah hodnocení konstrukce s důrazem na její budoucí využití. Záměry mohou být velice rozmanité a STP má být svým objemem a náklady přiměřen jejich významu. Nejčastěji se STP požaduje k těmto záměrům:

- nástavba nebo přístavba,
- rekonstrukce,
- změna vlastníka objektu,
- zjištění příčin, případně závažnosti poruch objektu, jehož stáří může být v intervalu od několika měsíců do několika let,
- nová výstavba v těsné blízkosti.

Rozsah stavebně technického průzkumu je definován cílem, pro který se STP provádí, stavem objektu, časem, který je k dispozici pro průzkum, dostupností objektu, případně jinými faktory. Objem průzkumu je vždy omezen z hlediska dostupných financí, odklizením, případně uvolněním plochy pro průzkum,

schopností provedení sond pro odhalení stavu zakrytých částí, existencí a možnostmi zkušebních postupů. Proto se průzkum provádí v nezbytně nutném rozsahu.

Na základě souhrnu znalostí z praxe se STP provádí ve třech úrovních:

- předběžný (základní) STP,
- podrobný (komplexní) STP,
- doplňkový STP [2].

Předběžný (základní) stavebně technický průzkum

Základní STP spočívá ve shromáždění nejobecnějších informací, např.:

- historie objektu,
- popis vývoje konstrukce i blízkého okolí v čase,
- změny provozního využívání,
- charakteristika základových poměru, technologie a konstrukce,
- zjištění poruch, vad a jejich míru a příčiny.

Tyto průzkumy se konají za plného chodu před spuštěním přípravy a určují druh, objem a kvalitu dalších informací, které jsou nepostradatelné pro nadcházející rozhodovací fáze.

Postupy provádění průzkumu:

- studium a shromáždění dostupných podkladů,
- vizuální prohlídka stavby, konstrukcí a blízkého okolí (smyslové metody).

Informace získané z předběžného STP, lze vzhledem k jejich původní obecnosti užít pro všechny typy stavebních průzkumů (stavebně-historický, architektonický i stavebně technický). Výsledkem předběžného průzkumu by měl být návrh doporučení spolu s případným opatřením pro nadcházející podrobný průzkum. Pokud posuzovaná konstrukce bude během následující

doby spolehlivá a bezpečná, není třeba na ni provádět další úkony ke zjištění více podrobností o daném objektu [2].

Podrobný (komplexní) stavebně technický průzkum

Tento průzkum už obsahuje podrobný popis stávajících konstrukcí a navazuje svými informacemi na základní průzkum, který zpřesňuje, doplňuje a konkretizuje, např. typ a jakost konstrukcí, jejich statické parametry. Zároveň doplní předběžný průzkum před zpracováním projektu o:

- důkladné informace o charakteristikách materiálů,
- aktualizace nynějšího stavu objektu,
- upřesnění geologického profilu podloží společně s hydrogeologickými poměry,
- zpřesnění záznamů o skutečnosti zjištěné sondami,
- fotografickou dokumentaci stávajícího stavu,
- upřesnění velikosti skutečného zatížení,
- specifikace stavu a pohybu trhlin,
- zpřesnění externích hodnocených konstrukcí a materiálů, u kterých je nutno provést destruktivní průzkumné metody.

Všechny tyto činnosti průzkumu je přiměřené provádět bez přerušení provozu v objektu. Z tohoto důvodu je vhodné zvolit takové metody, které nenaruší obvyklý chod v objektu. Všechny informace je potřeba zpracovat na takovém stupni, aby byly dobrým podkladovým materiálem pro zpracování projektové dokumentace.

Způsoby provádění průzkumu:

- defektoskopická vyšetření objektu, jeho konstrukce vizuálně nepřístupných i vzdušných částí a bezprostředního okolí,

- pomocí nedestruktivních metod stanovení fyzikálních ukazatelů, nebo omezené destruktivní hodnocení charakteristik materiálů nezamezující normálnímu provozu objektu.

Rozsah a velikost podrobného průzkumu se vždy odvíjí od typu konstrukce a požadavků na tento průzkum [2].

Doplňkový stavebně technický průzkum

Těsně před zahájením, ještě v průběhu projektování a těsně před rekonstrukcí objektu, se provádí poslední část průzkumných prací a to je doplňkový průzkum ve vyklizeném objektu.

Během doplňkového průzkumu se zpřesňují a doplňují některé sporné poznatky z přecházejících fází průzkumů. Vzhledem k typu prováděného rekonstrukčního zásahu je možné užití semidestruktivních metod pro odběr vzorků, při kterých dochází k částečnému znehodnocení objektu a jejich následnému vyhodnocení v laboratoři. Dílčí součástí průzkumu jsou i základní ekonomické údaje a faktory, které upřesní reálný odhad výdajů na případnou rekonstrukci, vzhledem k zůstatkové ceně objektu [2].

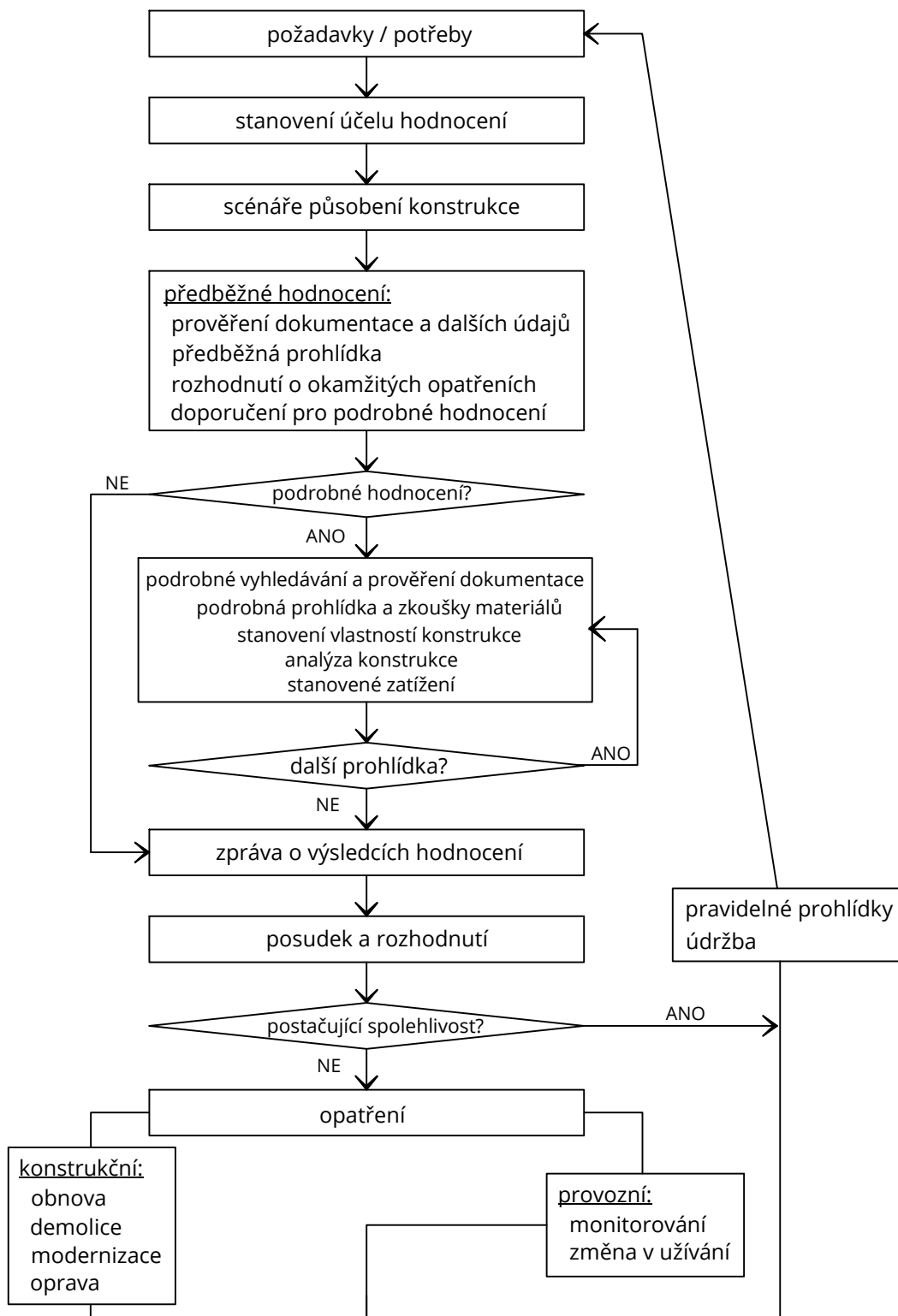
3.3 Výsledky stavebně technického průzkumu

Výsledkem stavebně technického průzkumu je zpráva, která jasně podává závěry vzniklé z důkladného zhodnocení spolehlivosti konstrukce. Předmětem zprávy je představa o plánu řízení rizik a návrhu opatření. Zpráva by měla obsahovat tyto části:

- A. základní údaje (údaje o akci, zhotoviteli a objednavateli, výstižné upřesnění zadání),
- B. upřesnění podkladových materiálů (specifikace způsobu odebírání vzorků a jejich vyhodnocení, typy přístrojů),
- C. výstižný popis objektu a jeho okolí,

- D. předběžný návrh opatření,
- E. analýza stavby a výsledků zkoušek,
- F. výsledky stávajícího stavebně technického stavu,
- G. doporučení,
- H. zpracované přílohy.

Pokud zhodnocením zjistíme, že spolehlivost stavby je nedostatečná, potom se podle těchto výsledků navrhne konstrukční opatření společně s opravami nebo renovací konstrukce, které jsou v souladu s účelem klasifikace pro zbytkovou životnost. Přesné postupy pro STP jsou uvedeny v ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí [1]. Veškeré získané poznatky a informace se musí dokládat ve zprávě, včetně použitých diagnostických metod [2].



Obr. 1 – Schéma postupu stavebně technického průzkumu [1]

4. KONSTRUKČNÍ A STATICKÝ PRŮZKUM OBJEKTU

U konstrukčního a statického průzkumu se zaměřujeme hlavně na zjištění současného stavu základových konstrukcí, svislých a vodorovných nosných konstrukcí. Postupy a definice zde v kapitole použité, jsou převzaty z odborné a studijní literatury [3], [4].

4.1 Rozdělení metod

Při vykonávání průzkumu se vždy používá více diagnostických metod, které se společně doplňují. Hledají se hlavně poruchy a jejich původy, vady vzniklé při výstavbě, rozsah znehodnocené konstrukce nebo materiálu, pevnost a ostatní charakteristiky materiálů. Rozlišujeme dvě základní metody průzkumu:

- smyslové metody (pomocí základních pomůcek),
- přístrojové a laboratorní metody [4].

Smyslové metody

Metody smyslové patří mezi nejrychlejší postupy, jak se co v nejkratším čase seznámit s konstrukcí a jejími závadami. Využíváme u nich jednoduché nářadí jako např. kladivo, vodováhu, olovnici, zrcátko, lupu, dláto, atd. Pomocí tohoto zkoumání dokážeme zjistit povrchová poškození, kvalitu povrchů, vlhkost, velikost trhlin, poškození spojů konstrukcí, skryté dutiny atd. Tyto metody však vyžadují velkou míru praxe a zkušeností [4].

Přístrojové a laboratorní metody

Používají se na přesné zhodnocení mechanických a fyzikálních vlastností. Rozdělují se na nedestruktivní, semidestruktivní a destruktivní metody [4].

Nedestruktivní

Zkoušky nedestruktivní (dále jen NDT) se zpravidla provádějí přímo na konstrukci. Tyto metody se na materiál používají tak, že při zkoušení nedojde k porušení nebo je porušení takového stupně, kdy funkční charakteristiky elementu zůstávají zachovány. Nedestruktivními metodami se nezbytné informace zjišťují nepřímou.

V případě, že pro jejich užívání neexistují předpisy, normy či jiné podklady, je potřeba udělat soubor vzorků požadovaných nebo předepsaných vlastností odvozených od vlastností zkoušeného materiálu. Na těchto vzorcích se následně provedou nedestruktivní a destruktivní (normové) zkoušky. Dále je nutno pomocí metod matematické statistiky vytvořit kalibrační vztah, který jde využít pro určité veličiny. Pro určení kalibračního vztahu je zapotřebí vyzkoušet přinejmenším 16 vzorků, jejichž charakteristiky se musí shodovat se zkoušeným materiálem [3].

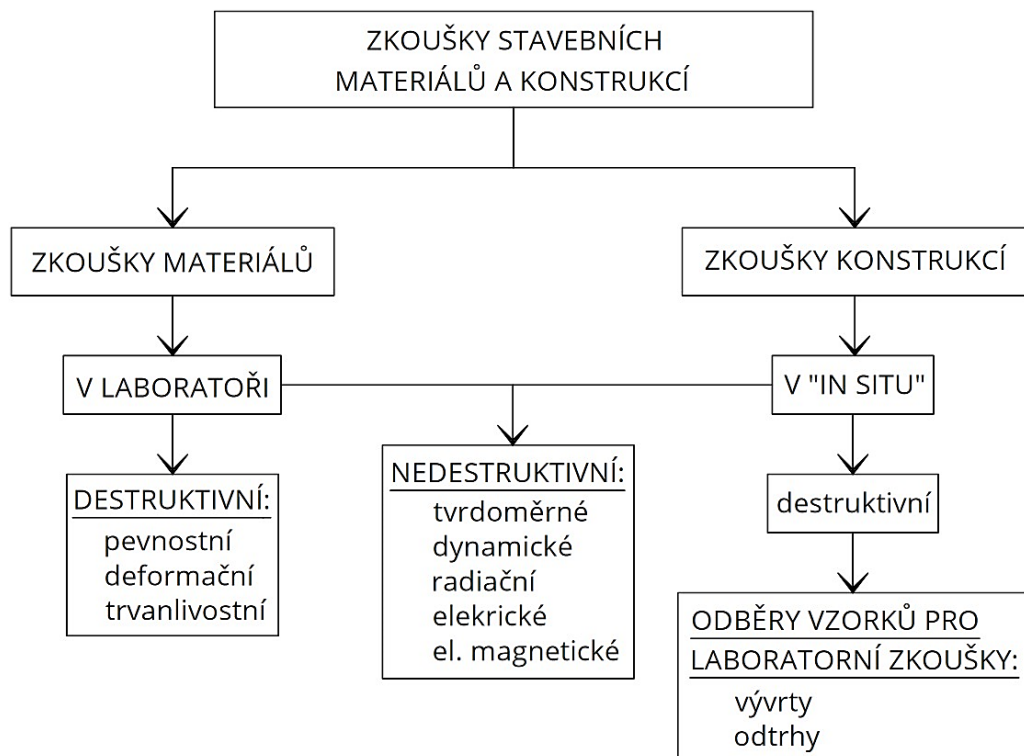
Semidestruktivní

Zkoušky se vždy provádějí na konstrukci. Při použití semidestruktivních metod dojde v důsledku konání zkoušek k poškození konstrukce a to například odtrhy, vrtáním, sondami apod. Během STP velmi pečlivě volíme kontrolní místa, kde budeme provádět semidestruktivní zkoušky. V žádném případě nesmí dojít k ovlivnění únosnosti nebo ztrátě stability konstrukce [3].

Destruktivní

Zkoušky se provádějí ve zkušebně nebo v laboratoři. Při tomto postupu je potřeba odebrat větší část materiálu nebo jeho součástí, pro pozdější zkoušky jako jsou fyzikální, mechanické a pro laboratorní rozbor. Destruktivními metodami se vlastnosti materiálu zjišťují přímo.

V případě vzorků odebraných přímo z konstrukce, je nutno metodiku upravit kvůli tvaru odebraných vzorků nebo podmínkám odběru. U vyhodnocování modifikovaných zkoušek se zkoušené charakteristiky převádějí pomocí korelačního vztahu, jenž je potřeba stanovit způsobem, který je popsán u nedestruktivních metod [3].



Obr. 2 – Schéma využití metod NDT [4]

5. DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

5.1 Potřeba diagnostiky železobetonových konstrukcí

Nutnost diagnostikovat železobetonové konstrukce vychází z:

- u nově postavené konstrukce dojde k pochybnostem o jakosti betonu, poloze nebo krytí výztuže,
- u starší konstrukce se vyskytly staticky závažné vady (např. nadměrný průhyb, trhliny),
- u starší stavby je chystaná rekonstrukce, přestavba nebo nadstavba,
- u nově vybudované konstrukce je v projektové dokumentaci požadovaná diagnostika po určité době uplynulé od výstavby.

Každá konstrukce je odlišná a je vystavována rozdílným vlivům, jak od zatížení, agresivních látek, tak od klimatických podmínek a proto je nutné přistupovat ke každé konstrukci jednotlivě a případně přizpůsobit postup pro konkrétní případ. Vždy je tedy kladen důraz jen na specifické vlastnosti konstrukce. Postupy a metody zde v kapitole použité jsou převzaty z odborné a studijní literatury [3].

5.2 Hlavní problémy

Během posuzování železobetonové konstrukce je potřeba brát v potaz rozdílnou kvalitu a stupeň degradace betonu. V posledních 120 letech došlo k významnému posunu v oblasti technologie, navrhování, zpracování, provádění i posuzování železobetonových konstrukcí. Hlavní poučkou betonu, že jeho pevnost roste s časem, se lze řídit jen ve výjimečných případech, kdy se jedná o kvalitní beton v optimálním prostředí. Častěji se však objevuje beton, který byl už nekvalitně vyroben, a jeho vlastnosti se důsledkem degradačních procesů ještě zhoršily.

Při zrodu betonového stavitelství koncem 19. století byla ovlivněna kvalita vstupními surovinami (kamenivo, cement). U staveb z tohoto období se

setkáváme mnohdy s betonem, který má nižší pevnost v tlaku, nebo betonem prokládaným kamenem, u kterého je zvýšený předpoklad přítomnosti kaveren. Po 1. světové válce byla technologie na vyšší úrovni. Vznikaly odvážné a úsporné stavby, které se vyznačovaly zmenšujícími se průřezy prvků nebo často klesající kvalitou betonu ve vyšších patrech. Například u masivních konstrukcí jako jsou mostní opěry může být kvalitní jen svršek (tzv. předsádkový beton), ale uvnitř se nachází málo zhutněný až mezerovitý beton.

Pro 30. až 50. léta 20. století je typickým problémem beton s hlinitanovým cementem, který má za následek rychlý nárůst pevnosti. Po nějaké době však u těchto betonů docházelo k rozkladu pojiva, kdy u konstrukcí docházelo ke ztrátě únosnosti a mnoha vážným haváriím. Hlinitanový beton byl posléze zakázán a na celém území došlo k plošnému diagnostikování konstrukcí, u kterých bylo podezření, že byl tento beton použit. Dodnes se však může vyskytovat zabudovaný v konstrukcích. Hlavním znakem hlinitanového betonu je z vizuálního hlediska rezavě hnědá barva pojiva.

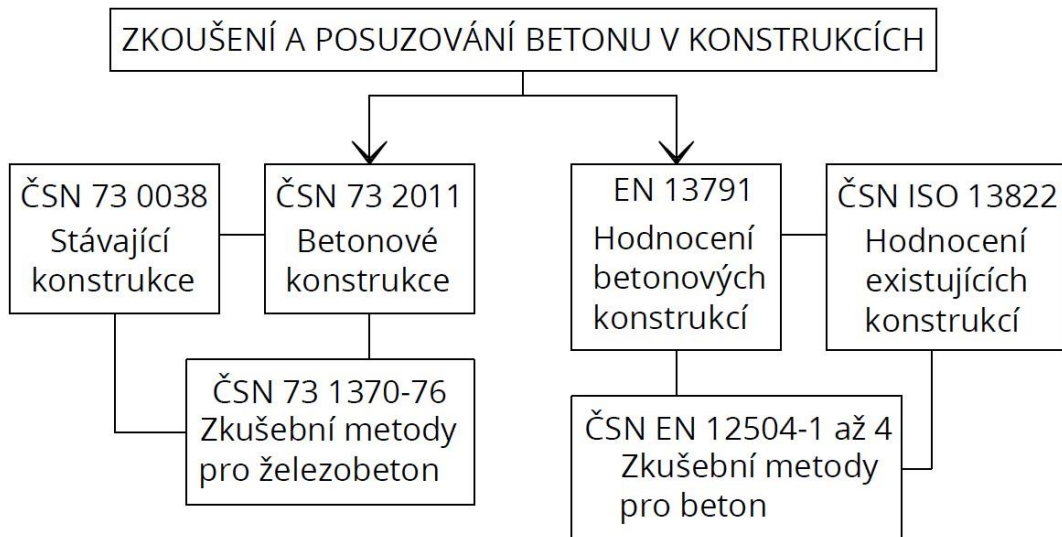
Velkou pozornost si žádá období po roce 1948, které se vyznačovalo vysokou stavebně technologickou nekázní. Společně s nízkou kontrolou kvality a nedostatečnou pracovní morálkou, jsou stavby z toho období problematické. Nedostatek oceli v průmyslu zapříčinil u staveb z tohoto období nutnost ověřovat kvalitu výztuže, protože docházelo k záměně projektovaného druhu oceli za jiný druh. V rámci jedné konstrukce se lze tedy setkat s více druhy nosné výztuže. Negativním hlediskem je i provádění úsporného krytí, kdy docházelo k nedostatečnému krytí betonové výztuže malou krycí vrstvou betonu, což u konstrukcí vystaveným venkovním vlivům mělo za následek vysokou míru koroze výztuže. Velkou neznámou jsou také stavby vystavěné občany svépomocí v rámci „Akce Z“, protože se u nich lze setkat s opravdovou „vynalézavostí“.

Po roce 1989 se postupně zlepšuje kvalita železobetonových konstrukcí, což zapříčinilo zlepšení technologie, přísnější požadavky na jakost materiálů a pečlivější kontrolu kvality. Ačkoliv došlo k výraznému posunu ve všech oblastech, stále však železobetonové konstrukce nemusí být správně provedeny a hlavní příčinou poruch a vad zůstává lidský faktor.

S výše zmíněnými problémy se lze setkat především při hodnocení starších železobetonových konstrukcí a jejich průzkumech. Poslední připomínkou jsou většinou nepříznivé problémy s dilatačními spárami, které byly v minulosti špatně ošetřovány a problémy s přetěžováním konstrukcí. Beton bývá mnohdy upraven vrstvou kvalitní cementové malty a nátěr dokáže mnohdy ukrýt řadu jiných poruch a trhlin. Je tedy důležité řídit se pravidlem, že beton nelze hodnotit jen podle vizuálního vzhledu [3].

5.3 Přehled norem pro diagnostiku železobetonových konstrukcí

Primární souhrn norem pro zkoušení betonu v konstrukcích je sepsán na Obr. 3 [3].



Obr. 3 – Přehled zkušebních předpisů pro hodnocení a zkoušení betonu v konstrukcích [3]

Původní normy

- **ČSN 73 0038:** Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách (1986). Platnost této normy skončila 1.9. 2005, nahradila ji ČSN ISO 13822.
- **ČSN 73 2011:** Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí. Tato norma platí pro nedestruktivní zkoušení betonových stavebních konstrukcí, částí konstrukcí a dílců z předpjatého a železového betonu (1986).
- **ČSN 73 1370 až 76:** K provádění vlastních zkoušek se dosud používá sedm norem, které popisují jednotlivé nedestruktivní metody. Podle ČSN 73 1317 se provádělo zkoušení pevnosti v tlaku [3].

Nové normy

- **ČSN ISO 13822:** Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí (2005). Součástí normy jsou definice, termíny, postupy hodnocení stávajících konstrukcí, postupy určení zatížení a odolnosti konstrukce, návrh konstrukčních opatření, posouzení spolehlivosti a analýza konstrukce. Pro hodnocení existujících konstrukcí v ČR je k dispozici šest národních příloh. V prvních dvou jsou popsány obecné zásady a hodnocení, zkoušení konstrukcí a materiálů. Třetí příloha se zabývá hodnocením konstrukcí z betonu, další tři přílohy platí pro ostatní materiály.
- **prEN 13791:** Stanovení pevnosti betonu v konstrukcích nebo ve stavebních dílcích (Assessment of concrete compressive strength in structures or in structural elements). Tato norma nebyla dosud zavedena v ČR, což komplikuje zhodnocení výsledků zkoušek (2003).
- **ČSN EN 12504-1:** Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení tlaku (2001).

- **ČSN EN 12504-2:** Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem (2002).
- **ČSN EN 12504-3:** Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 3: Stanovení síly na vytržení (2005).
- **ČSN EN 12504-4:** Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu (2005).

Staré zkušební předpisy upřednostňují nedestruktivní zkoušení betonu, zkoušky konané na vzorcích odebraných z konstrukce jsou popsány jako doplňkové. Předpisy uvedené v nových evropských normách připisují větší váhu zkouškám na odebraných vzorcích [3].

5.4 Požadavky na beton a ocelovou výztuž v konstrukci

Nejdůležitějším postupem při hodnocení existujících konstrukcí je vycházet z platných norem pro navrhování a zatížení [3].

Vlastnosti betonu

Je nutné brát v potaz, že skutečné vlastnosti betonu se mohou značně lišit od dokumentace. Proto se vždy doporučuje vykonat jejich ověření zkouškami. Pevnostní třída betonu konstrukce se určí v souladu s:

- dokumentací skutečného provedení,
- vyhodnocením zkoušek na betonu konstrukce.

Mnohdy je potřeba porovnat beton staršího druhu, tříd a značek s pevnostními třídami z minulosti viz Tab. 1 [3].

Tab. 1 – Převod druhu, značky, třídy betonů a značení [3]

BETON				
druh	značka	třída	třída	pevnostní třída
ČSN 1090: 1931 ČSN 1230: 1937	ČSN 73 2001: 1956 ČSN 73 6206: 1971	ČSN 73 1201: 1967	ČSN 73 1201: 1986	ČSN EN 206-1
a	60	0I	-	(C3/3,5)
b	80		B 5	(C4/5)
c	105	0	B 7,5	(C6/7,5)
d	135	I	B 10	C8/10
			B 12,5	(C9/12,5)
e	170	II	-	(C10/13,5)
			B 15	C12/15
f	250	III	B 20	C16/20
			B 25	C20/25
g	330	IV	-	(C23/28)
			B 30	C25/30
	400		B 35	(C28/35)
			-	C30/37
		V	B 40	(C30/40)
	500		B 45	C35/45
		VI	B 50	C40/50
	600		B 55	C45/55
			B 60	C50/60
pozn.: pevnostní třídy v závorkách nejsou v normě uvedeny				

Vlastnosti betonářské výztuže

Druh výztuže se určí na základě dokumentace skutečného provedení nebo průzkumu konstrukce. Charakteristiky betonářské výztuže v objektech navržených podle dřívějších předpisů najdeme v ČSN ISO 13822 [1]. Pro návrhovou pevnost jsou používány odvození z charakteristické meze kluzu nebo meze 0,2. Typ výztuže se z pravidla určí podle tvaru žeber. V případě, že dojde k pochybnostem v určení druhu výztuže, je možné odebrat vzorky pro zkoušky na vhodně zvoleném místě tak, aby odběr neohrozil nosnou funkci konstrukce. Pozici a počet výztuží je potřeba uvažovat podle skutečnosti [3].

5.5 Obecné zásady nedestruktivního zkoušení betonových konstrukcí

Zkoušené vlastnosti

Zkoušené vlastnosti se rozdělují na vlastnosti betonu, ocelové výztuže a konstrukce, vady a poruchy.

A. Vlastnosti betonu konstrukce,

- stejnorodost betonu,
- pevnost betonu,
- objemová hmotnost,
- modul pružnosti betonu,
- mrazuvzdornost, vodotěsnost,
- vlhkost betonu,
- chemické vlastnosti betonu,
- vlastnosti povrchových vrstev betonu.

B. Vlastnosti ocelové výztuže,

- uložení a množství výztuže, krytí výztuže,
- koroze výztuže.

C. Vlastnosti konstrukce,

- ohybová tuhost a únosnost při statickém zatížení,
- tuhost betonových vozovek při rázové zatěžovací zkoušce,
- vodotěsnost a mrazuvzdornost.

D. Vady a poruchy,

- přítomnost a rozsah [3].

Zkušební metody

Při nedestruktivním zkoušení lze využít těchto metod:

- tvrdoměrné metody,
- rezonanční metody,
- ultrazvuková impulsová metoda,

- radiometrická metoda,
- radiografická metoda,
- zkouška propustnosti povrchových vrstev pro vodu a plyny,
- zkouška přídržnosti [3].

Postup zkoušení a vyhodnocení výsledků na konstrukci

Zkoušení a zhodnocení výsledků konstrukcí lze shrnout do čtyř hlavních částí:

1. Rekapitulace údajů a poznatků o konstrukci – druh konstrukce, její význam, stáří, rozměry, třída betonu, druh oceli, záznam o zatížení a užívání, základové poměry, zásahy do konstrukce v minulosti (přístavby, rekonstrukce), stav konstrukce (poruchy, vady).
2. Vypracování plánu zkoušení a vyhodnocení – v plánu musí být uveden druh konstrukce nebo stavebního dílce, údaje o použitém druhu betonu a oceli, druh zkoušení a použité metody, rozmístění a počet zkušebních míst, nachystání zkušebních míst, provedení porovnávacích zkušebních těles, druh použitých zkoušek, postup zkoumání, použité zařízení (přístroje), instrukce pro vykonání zkoušek, míra a postup vykonání doplňkových zkoušek, postup vyhodnocení vlastností konstrukce, odborná způsobilost a jméno zpracovatele plánu.
3. Nedestruktivní a doplňkové zkoušení – metody zkoušení se zvolí s přihlédnutím na stav, použité stavební materiály a tloušťku konstrukce.
4. Zhodnocení vlastností stavby [3].

Počet zkušebních míst

Množství zkušebních míst na konstrukci se určí v návaznosti na druhu a účelu zkoušek, objemu a ploše konstrukce, využitých zkušebních metodách

a informací získaných o konstrukci. Počet zkušebních míst se určí podle objemu betonu a velikosti záměsí viz Tab. 2.

Tab. 2 – Minimální množství zkušebních míst podle objemu konstrukce [3]

Objem betonu konstrukce [m ³]	Minimální množství zkušebních "n" při předpokládané velikosti záměsí betonové směsi [m ³]					
	0,06	0,30	0,60	1,00	3,00	6,00
1	16	16	16	16	16	16
2	24	16	16	16	16	16
5	39	16	16	16	16	16
10	52	24	16	16	16	16
20	64	35	24	16	16	16
50	72	52	39	31	16	16
100	72	64	52	44	24	16
200	72	70	64	53	35	24
500	72	72	72	68	53	39
700	72	72	72	71	58	45
1000	72	72	72	72	64	52
2000	72	72	72	72	70	64
4000 >	72	72	72	72	72	70

Pro zkoušení na konstrukci je statistické minimum 16 zkušebních míst. V případě, že konstrukce je o menším objemu než 1 m³ nebo ploše menší 5 m², zkouší se minimálně na 6 místech [3].

Místa odběru vzorků pro doplňkové zkoušky

Na upřesnění doplňkových zkoušek nebo nedestruktivních metod se podle ČSN 73 2011 [5] odebírají vzorky betonu pro získání porovnávacích zkušebních těles. Vzorky se odeberou z částí konstrukce, kde byly předtím vykonány nedestruktivní zkoušky. Pro odběr vzorků se volí taková místa, aby byla rozprostřena rovnoměrně a představovala části s nejlepší, průměrnou a nejhorší jakostí betonu a zároveň, aby se oblasti nacházeli v místě vyztuženého nebo prostého betonu.

Četnost zkušebních těles se odvíjí od charakteru zkoušek, velikosti konstrukce a stejnorodosti betonu. Při zpřesňování nedestruktivních zkoušek je nutno odebrat nejméně 9 vzorků. Pokud je odběr vzorků proveden až po vyhodnocení nedestruktivních zkoušek, připouští se odběr pouze 3 vzorků. Pokud je součinitel upřesnění vypočten pouze ze 3 dvojic pevností betonu, může dojít k velkému zkreslení, v případě, že tvrdost povrchové vrstvy není přiměřená k pevnosti betonu v tlaku.

Během odběru vzorků se musí počítat s oslabením průřezu. Otvory vzniklé po vyvrtaných vzorcích je potřeba vyplnit betonem nejméně o třídu lepším, než je původní beton. Při odběru vzorků ocelové výztuže je nutné odebírat výztuž z míst, kde je ocel minimálně namáhaná a kde jde opětovně přidat. V případě, že se v konstrukci nachází více druhů oceli, odeberou se minimálně 3 vzorky výztuže z každého druhu [3].

5.6 Zkoušené vlastnosti na betonu konstrukcí

V praxi je potřeba řídit se aktuálně platnými normami. Pokud současně platí více norem najednou, je potřeba ještě před zahájením diagnostiky určit, podle jaké normy se budou zkoušky vyhodnocovat a provádět [3].

Pevnost v tlaku z tvrdoměrných zkoušek

Tvrdost nalezená odrazovou metodou lze využít především ke stanovení stejnorodosti betonu. Metoda odrazová není používána jako druhotná k určení pevnosti v tlaku, ale při správné korelaci lze aplikovat k odhadu pevnosti betonu. Koncept prEN 13791 [6] připouští pro pevnost betonu v konstrukci využít pouze zpřesněný kalibrační vztah. Norma obsahuje dvě varianty pro vytvoření kalibračních vztahů:

- přímou spojitost mezi pevností betonu v konstrukci stanovené na vývrtech a nalezenými hodnotami odrazu tvrdoměru,

- zpřesnění obecného vztahu zkouškami na vývrtech.

Pro vytvoření prvního případu se musí vytvořit zkušební program pro nutný rozsah pevnosti s počtem nejméně 18 dvojic zkoušek. Z těchto zkoušek se za pomoci regresní analýzy získá kalibrační přímka. Tento vztah má však omezení a lze použít pouze pro určitou betonovou konstrukci a v rozmezí pevností, pro které byl vytvořen.

Druhý případ je postaven na posunutí normového základního vztahu, který představuje kalibrační vztah od výrobce přístroje, prostřednictvím korekčního součinitele Δf , získaného ze zkoušek na vývrtech. Na zvolené zkušební oblasti se provede kalibrace základního zkušební vztahu, která je velká tak, aby obsahovala minimálně 9 jádrových vývrtů a měřících míst pro nedestruktivní zkoušky [3], [7].

Pevnost v tlaku na vzorcích z jádrových vývrtů

Při odběru vývrtu dochází vždy k velkému zásahu do konstrukce. Proto je nezbytné důkladně zvážit cíl zkoušení a hodnocení konečných údajů. Množství vývrtů je dáno velikostí a segmentací konstrukce. Pro pevnost v tlaku se volí délka a průměr vývrtu podle možného druhu úpravy, a podle toho, jestli se má provést porovnání s válcovou nebo krychelnou pevností. Ihned po skončení vrtání a vylomení jádrového válce se na vývrt označí typ vrtaného elementu, orientace a umístění.

Pozice vývrtů se volí tak, aby byly odebírány z míst s minimální přítomností výztuže, a zároveň nesmí být v blízkosti hran a spár betonových prvků.

Průměr vrtu by měl být co nejmenší, aby se zmenšilo poškození konstrukce. Musí však respektovat skladbu betonu a normu určující povolené rozměry zkušebních těles. V případě, že velikost zrn kameniva je větší než 1/3 průměru vývrtu, má to velký dopad na zjištěnou pevnost. Primární těleso má průměr 150 mm, v praxi se však hojně využívají vývrty o průměru 100 mm.

Poměr délky k průměru jsou především:

- 2,0 – pro porovnání s válcovou pevností,
- 1,0 – pro porovnání s krychelnou pevností.

Není povoleno zkoušet vývrty s výztuží, která je rovnoběžná ve směru osy vývrty. Jestliže jde výztuž kolmo k podélné ose, vývrty je povoleno zkoušet, ale nelze to obecně doporučit. Nezkouší se vývrty obsahující dutiny, trhliny, nebo pokud nemají pevné okraje [3].



Obr. 4 – Ukázka připravených vzorků vývrtů [8]

Stanovení hloubky karbonatace

Čerstvý beton je značně zásaditý ($pH > 12$). Při reakci s oxidem uhličitým (CO_2) obsaženým v atmosféře dochází ke snížení obsahu iontů a klesá hodnota pH . V povrchu betonu dochází k neutralizaci nejdříve, s postupem času však oxid uhličitý difunduje (proniká) do cementového tmelu v betonu a průběh známý jako karbonatace probíhá dále do hloubky. Na pevnost betonu nemá karbonatace významný vliv, ale snížení obsahu hydroxidových iontů v pórech cementového tmelu způsobuje korozi ocelové výztuže ($pH < 9,5$).

Ke zjištění hloubky karbonatace se používá tzv. fenolftaleinová zkouška. Povrch betonu se po odvrtání nebo odbroušení pokropí destilovanou vodou. Po oschnutí se na povrch betonu aplikuje 1 % lihový roztok fenolftaleinu v 70 % etylalkoholu. Na místech, která se zbarví červenofialovou barvou, má pórový roztok v betonu vyšší pH než 9,5. Pokud nepůsobí jiné vlivy jako třeba chloridové

ionty, tak v této hloubce je výztuž chráněna před korozi. Je třeba podotknout, že tato zkouška je pouze orientační pro stanovení hloubky karbonatace. Koroze výztuže začíná ve vlhkém prostředí při $pH < 9,5$ bez přítomnosti chloridů. Přímé působení kyselin nebo přítomnost posypové soli se řadí mezi nežádoucí vlivy a také způsobují korozi výztuže [3].

Průběh karbonatace betonu jde u betonu na bázi portlandského cementu rozdělit do 4 etap. Zařazení betonu do etapy karbonatace se určí podle stupně karbonatace a stupně modifikační přeměny. Stupeň karbonatace 0K lze určit z obsahu CaO z chemického rozboru a z obsahu CaO vázaného na hrubozrnný a jemnozrnný $CaCO_3$ stanovený derivatografickým rozbohem. Obsah zkarbonatovaného CaO_{karb} lze vypočítat ze vztahu [9]:

$$CaO_{karb} = 1,273 \cdot (CO_{2j} + CO_{2H}), \quad (\text{rov. 5.6.1})$$

kde: CaO_{karb} je obsah zkarbonatovaného CaO

CO_{2j} je obsah CO_2 vázaného na jemnozrnný $CaCO_3$

CO_{2h} je obsah CO_2 vázaného na hrubozrnný $CaCO_3$

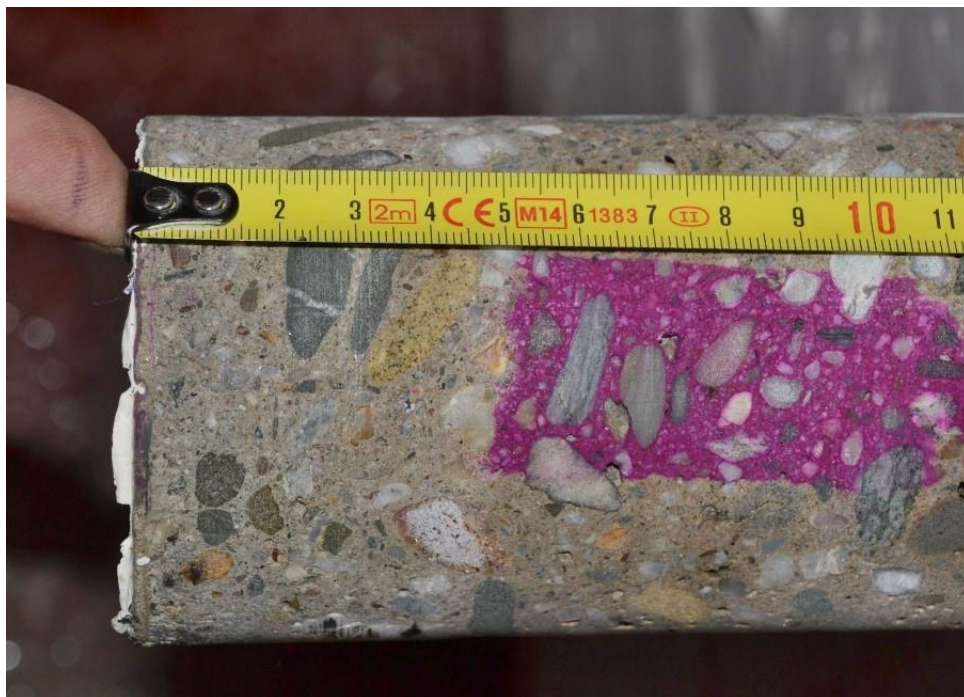
Stupeň karbonatace 0K lze vypočítán ze vztahu [9]:

$${}^0K = \frac{CaO_{karb}}{CaO} \cdot 100, \quad (\text{rov. 5.6.2})$$

kde: CaO je obsah CaO nalezený chemickým rozbohem

Stupeň modifikační přeměny 0MP lze vypočítán z obsahu CO_2 vázaného na jemnozrnný a hrubozrnný $CaCO_3$ za vztahu [9]:

$${}^0MP = \frac{CO_{2h}}{CO_{2j}} \quad (\text{rov. 5.6.3})$$



Obr. 5 – Ukázka hloubky karbonatace na jádrovém vývrtu [8]

Rentgenová difrakční analýza

Tuto analýzu (dále jen RTG) lze použít ke stanovení kvalitativního a kvantitativního mineralogického složení látek. Patří mezi zásadní skutečnosti při hodnocení míry degradace betonu. RTG je založena na principu zesílení rentgenového záření na krystalické mřížce minerálů nacházejících se ve vzorku. Jestliže jsou známy hodnoty mezimřížkových vzdáleností různých minerálů a lze zjistit mezirovinné vzdálenosti zkoumané látky pomocí rentgenové difrakční analýzy, je možné určit minerál, který látku tvoří.

Pokud je beton degradován působením agresivních látek z vnějšího prostředí, lze najít v jeho struktuře přítomnost produktů korozních reakcí, které probíhají mezi cementovou maticí a agresivní látkou [10].

Diferenční termická analýza

Tato analýza (dále jen DTA) je založena na měření teplot mezi dvěma vzorky, kdy první vzorek je zkoušený materiál a druhý vzorek je inertní standart při současném zahřívání v peci. Oba vzorky musí být zahřívány totožným

způsobem. Během zahřívání dochází k tepelnému zbarvení reakcí, které se projeví maximem a minimem v exotermní a endotermní oblasti. Zároveň se sleduje změna hmotnosti doprovázející jednotlivé reakce. Výsledkem analýzy je stanovení množství jednotlivých složek ve zkoumaném betonu. DTA se zpravidla používá jako doplnění RTG analýzy pro zpřesnění kvalifikace obsahu jednotlivých složek cementové matrice. Výsledky z DTA mají velký význam při hodnocení míry karbonatace betonu [11].

Zjištění obsahu chloridových iontů

Během posuzování současného stavu konstrukcí, které jsou vystaveny působením rozmrazovacích nebo posypových prostředků (např. mosty), má zásadní význam množství chloridových iontů. Chloridové ionty způsobují korozi výztuže i při $pH > 9,5$. Při odběru vzorků je tedy důležité odebírat z míst, kde docházelo k opakovanému smáčení agresivními roztoky posypových solí ($NaCl$), a to především z okolí:

- soustředěné nosné výztuže,
- ochranné betonové vrstvy kotev předpínací výztuže,
- ostatních částí konstrukce jasně narušených korozí.

Z konstrukce se odebírají vzorky betonu bez využití vody ze tří různých hloubek (např. 0-10 mm, 10-20 mm, 20-30 mm). V závislosti na tloušťce krycí vrstvy se mohou zvolit jiné hloubky. Vzorky betonu se odebírají z plochy 200×200 mm z osmi různých vrtů. Díky vysokému počtu se dobře homogenizují. Následně se ve vodních výluzích potenciometricky stanoví hodnota pH a množství vodorozpustných chloridů se určí odměrnou analýzou. Pokud je poměr molárních koncentrací $cCl^- / cOH^- > 0,6$, potom je předpokládána koroze výztuže [3].

Zjišťování výztuže magnetickou indukční metodou

Především u starších konstrukcí, u kterých se nedochovala projektová dokumentace, je potřeba zjistit průměr, množství a polohu výztuže. Pro prvotní pohled do konstrukce slouží elektromagnetické indikátory výztuže, které fungují na principu vířivých proudů nebo feromagnetického jevu. Při přiblížení sondy k ocelovým prutům vyvolávají změnu vlastností magnetického pole sondy. Velkým přínosem je rychlost a jednoduchost kontroly výztuže přímo na místě stavby viz Obr. 6. Přístroje mají však řadu omezení, které vyplývají ze schopností přístrojů, které jsou dány fyzikálními principy této metody. Magnetické indikátory lze s výhodou použít pro:

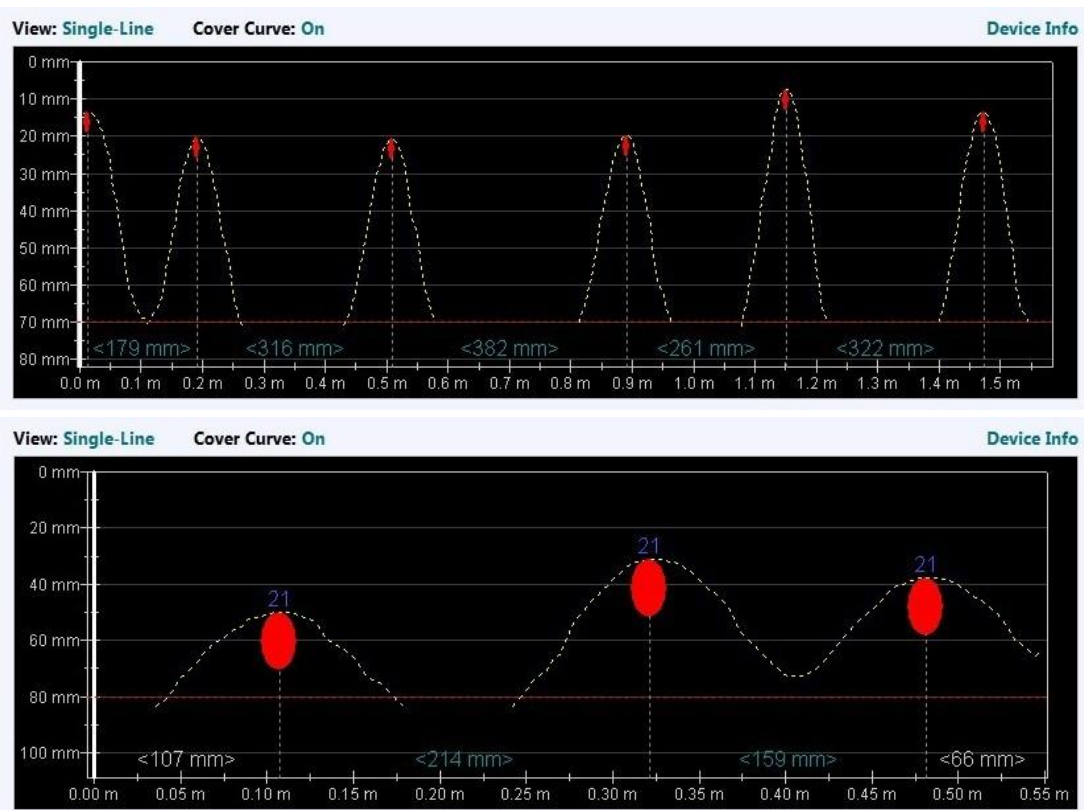
- Zjištění, jestli jde o beton vyztužený nebo prostý. Dosah přístrojů je v rozmezí od 60 do 200 mm.
- Zjištění přesné polohy a rozmístění výztuže. Omezení přístrojů je v hloubce a vzájemné vzdálenosti ocelových vložek.
- Stanovení průměru výztuže. Nové modely jsou osazeny průměrovou sondou, které umožňují s určitou přesností stanovit průměr vložky, přesnost je vyšší s klesající ochrannou vrstvou betonu (krytím) a větší vzdáleností mezi pruty.
- Stanovení krytí výztuže. V případě, že je známý průměr výztuže a přesná vzdálenost vložek, je možné na konstrukci určit krytí velice přesně (do hloubky 60 mm s přesností ± 2 mm) v opačném případě se krytí odhaduje.

S magnetickými indikátory nelze:

- Najít druhou vrstvu výztuže při stejném směru, pokud jsou ve dvou a více vrstvách nad sebou.
- Rozeznat vložky, které jsou příliš blízko sebe.
- Najít výztuž, která je mimo dosah přístroje.
- Určit typ výztuže podle tvaru žeber.

- Určit míru koroze a stav výztuže.

V minulosti se pro zjištění polohy výztuže používala metoda radiografická, která se však už nepoužívá z důvodů ochrany lidského zdraví. Další možností je provedení sekané sondy, kdy se odstraní krycí vrstva a výztuže se změří přímo. Vzniká však nevratný zásah do konstrukce [3].



Obr. 6 – Ukázka nalezené výztuže pomocí přístroje Proceq PM 630 [8]

5.7 Vyhodnocení pevnosti betonu v konstrukci

Zhodnocení pevnosti betonu z nedestruktivních zkoušek

Zhodnocení charakteristické pevnosti betonu konstrukce v tlaku z nedestruktivních zkoušek se liší v závislosti na použitém předpisu.

Pro určení pevnosti betonu v konstrukci z nedestruktivních zkoušek je dle ČSN 73 2011 [5] určeno kritérium:

$$R_{bg} = R_{b,m} - \beta_n \cdot s \cdot \Psi, \quad (\text{rov. 5.7.1})$$

kde R_{bg} je charakteristická pevnost betonu v tlaku

$R_{b,m}$ je průměrná pevnost betonu v tlaku v konstrukci ze zkoušek

β_n je součinitel pro odhad 5 % kvantilu, závisí na počtu zkušebních míst

Ψ je opravný součinitel, který bere v úvahu různou přesnost destruktivních a nedestruktivních metod stanovení pevnosti betonu

Množství zkušebních míst stanovuje norma podle velikosti plochy konstrukce nebo podle objemu betonu. Požaduje minimální počet 16 zkušebních míst.

Dle prEN 13791 [6] je nutné charakteristickou pevnost betonu v tlaku určit nejméně z 15 výsledků míst měření. Platí nižší hodnota vypočítaná z rovnic:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48s, \quad f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4, \quad (\text{rov. 5.7.2})$$

kde $f_{ck,is}$ je charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci

$f_{m(n),is}$ je střední hodnota výsledků upřesněných pevností ze zkoušek

$f_{is,lowest}$ je nejmenší hodnota zpřesněných pevností z n zkoušek

s je směrodatná odchylka zpřesněných pevností z n zkoušek (v případě, že je menší než 3,0 MPa, dosadí se hodnota 3,0 MPa)

Zásadním rozdílem oproti existujícím požadavkům je, že prEN 13791 [6] požaduje pro naplnění požadavků na navrhovanou pevnost betonu v konstrukci pouze 85 % charakteristické pevnosti určité třídy proti existujícímu způsobu, kdy musí být prokázána i v konstrukci plná hodnota charakteristické pevnosti určité třídy betonu [3].

Charakteristická pevnost betonu v konstrukci na základě zkoušek na vývrtech

V normě ČSN ISO 13822 [1], je uveden obecný postup zkoušek pro veškeré druhy materiálů. V normě se doporučuje provést nejméně 3 až 6 zkoušek.

Podle výsledků n zkoušek x_1, x_2, \dots, x_n materiálové vlastnosti X se určí průměr m_x , směrodatná odchylka s_x , variační koeficient V_x , podle vztahů:

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n}; \quad s_x^2 = \frac{\sum (x_i - m_x)^2}{n - 1}; \quad V_x = \frac{s_x}{m_x} \quad (\text{rov. 5.7.3})$$

Při očekávání normálního rozdělení materiálových vlastností X se následně stanoví hodnota X_k (dolní 5 % kvantil) ze vztahu:

$$X_k = m_x(1 - k_n V_x), \quad (\text{rov. 5.7.4})$$

kde k_n je součinitel pro stanovení 5 % kvantilu, který je ukázán v Tab. 3.

Tab. 3 – Součinitel k_n pro stanovení 5 % kvantilu [3]

Počet n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_x známý	2,3	2	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6
V_x neznámý	-	-	3,4	2,6	2,3	2,2	2,00	1,9	1,8	1,7	1,6

V případě dlouhodobých zkušeností nabytých ze stejných podmínek, je možné uvažovat variační součinitel V_x jako známý. Doporučuje se provést nejméně 3 až 6 zkoušek. Při diagnostice neznáme konstrukce je vhodné provést nejméně 6 i více zkoušek [3].

5.8 Vybrané diagnostické metody

Metody popsané v následujících kapitolách byly vybrány podle použitých metod v praktické části. Tyto metody byly také zvoleny s ohledem na požadavky stavebně technického průzkumu a vzhledem ke stavu a typu konstrukce [3].

Jádrové vývrty

Řadí se mezi semidestruktivní diagnostické metody a slouží ke zjištění vlastností daného materiálu v době prohlídky konstrukce. Jádrové vývrty se odebírají přímo z diagnostikované konstrukce pomocí vrtací soupravy. Vrtací souprava se skládá z držáku, vrtačky, speciálních dutých válců s osazenými diamantovými břity a chladicí kapaliny. Držák dovoluje díky jeho nastavitelnosti odběr vzorů ve svislém, vodorovném a případně i šikmém směru. Během vrtání musí být diamantové břity ochlazovány vodou, aby nedošlo k zadření válce a zároveň voda, jako chladicí kapalina, zajišťuje vyplavování vyvrtaného materiálu z čela vývrtu. Na betonové a zděné konstrukce se používají průměry vrtáku 25, 50, 100, 150 mm případně střední průměry předešlých hodnot 75, 125 mm, atd. Vrtání se provádí podle charakteru zkoušky do potřebné hloubky. Následně se vrták vyjme a jádrový válec se s opatrností vylomí z vrtu. V dalším kroku se vývrt označí, změří se jeho délka a pořídí se fotografie s viditelným číslem a délkou.

Vývrty průměru 50, 100, 150 mm se používají ke stanovení pevnosti materiálu v tlaku. Vyvrtaný válec se na diamantové pile uřízne na požadovanou délku a obě jeho plochy se obrousí, aby bylo docíleno rovnoběžnosti obou tlačných ploch.

Další část se provádí v laboratoři, kdy se vývrt zváží a umístí se do lisu pro provedení tlakové zkoušky a zjištění tlakové válcové pevnosti vzorku. U některých případů lze na vzorku předem stanovit dobu průchodu ultrazvukových vln čelem válce a spočítá se rychlost šíření vlny vzorkem.

Jádrové vývrty patří mezi velmi důležité metody upřesňování hodnot dalších nedestruktivních zkoušek (např. odrazové zkoušky tvrdosti Schmidovým tvrdoměrem) [3].



Obr. 7 – Zařízení pro odběr jádrových vývrtů [12]

Elektromagnetické metody

Metody elektromagnetické patří mezi nedestruktivní metody. Provádí se přímo na diagnostikované konstrukci. Mezi používané přístroje patří např. Profometer Proceq PM 630. Pomocí tohoto přístroje lze určit a zároveň ověřit polohu, průměr, krytí výztuže. V kombinaci s jinými metodami lze využít předností tohoto přístroje a předejít tak např. k převrtání výztuže apod. Před měřením se zvolí místo na diagnostikované konstrukci a provede se přejezd přístrojem. Výsledky v podobě obrazů a dat lze vyhodnotit v reálném čase a umožnit tak pohled do betonových konstrukcí přímo na místě [3], [4].



Obr. 8 – Příklad Profometer Proceq PM 630 [8]

Metoda Schmidtových tvrdoměrů

Tato metoda se řadí mezi nedestruktivní zkušební metody. Měření se vykonává na diagnostikované konstrukci. Jedná se o pružinové tvrdoměry složené z beranu, tažné pružiny, úderníku, vlečného ukazatele a stupnice. Razník se přiloží na zkušební místo kolmo na povrch betonu, který je bez dutin. Při zatlačení pomalým pohybem úderníku a uvolnění závěsu beran dopadne na úderník a vyvodí ráz, odrazí se a posune ukazatel. Ze stupnice se odečte změřená hodnota velikosti odrazu a zapíše se do zápisníku o zkoušce. Na zkoušeném místě se provede nejméně 5 korektních měření. Výsledky jednotlivých korektních měření se nesmí odlišovat od aritmetického průměru všech měření na stejném zkušebním místě o více než $\pm 20\%$. Hodnoty, které vybočují se vyřadí a ze zbylých pěti měření se vypočítá nový aritmetický průměr. Velikost odrazu závisí na poloze Schmidtova tvrdoměru, kdy základní poloha je svislá. V ČSN 73 1373 [7] jsou zapsány obecně kalibrační vztahy pro vyhodnocení velikosti odrazu a pro směr zkoušení (např. vodorovně, svisle nahoru, svisle dolů, šikmo dolů a nahoru pod úhlem 45°). Schmidtovy tvrdoměry se dělí podle velikosti vyvinuté energie a dalších minimálních parametrů podle typu použitého tvrdoměru viz Tab. 4 [4].

Tab. 4 - Přehled typů tvrdoměrů Schmidt [4]

TYP	VELIKOST ZKUŠEBNÍHO MÍSTA [mm ²]	VZDÁLENOST OD HRAN [mm]	VZDÁLENOST ÚDERŮ OD SEBE [mm]	TL. VSRTVY BETONU [mm]
N	10 000	30	30	100
L	10 000	30	20	60
M	40 000	60	60	200

- Typy P a M se využívají pro zkoušení stavebních prvků s menší pevností např. pórobeton



Obr. 9 - Příklad přístroje Schmidt N [8]

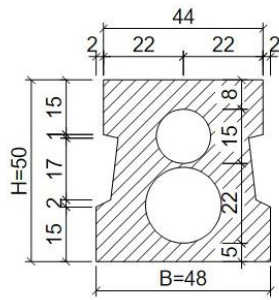
6. ŽELEZOBETONOVÉ MOSTY Z PREFABRIKOVANÝCH NOSNÍKŮ U NÁS

Mostní konstrukce z prefabrikovaných železobetonových nosníků, které jsou z pravidla spřaženy železobetonovou deskou, jsou rozšířeným typem tradičních mostních konstrukcí. Vznikly postupným vývojem z minulosti používaných prefabrikovaných konstrukcí viz Obr. 10.

Prefabrikované nosníky byly navzájem propojeny, aby se zajistilo spolupůsobení nosníků v příčném směru. Propojení se provádělo pomocí dobetonávky do vyztužených spár mezi nosníky. V důsledku technologické nekázně na stavbě však docházelo ke špatné kvalitě provedení příčného spojení. Vrchní část prefabrikátů byla hladká bez vyčnívající betonářské výztuže a na ni byla prováděna podkladní vrstva pro izolaci proti vodě. Spádový nebo vyrovnávací beton se většinou prováděl z betonu nízké kvality. V projektové dokumentaci také nebylo vyřešeno odvodnění dutin prefabrikátů. Během času vznikaly na konstrukci závady, které měly hlavní spojitost se ztrátou funkčnosti mostní izolace z důvodu degradace podkladu izolace, se špatně provedeným zainjektováním kabelových kanálků nebo nízkou tloušťkou krycí vrstvy ocelové výztuže. Působením vody a jejím zatékáním do konstrukce docházelo ke korozi betonářské a předpínací výztuže, degradaci betonu a dalším poruchám na prefabrikovaných nosnících.

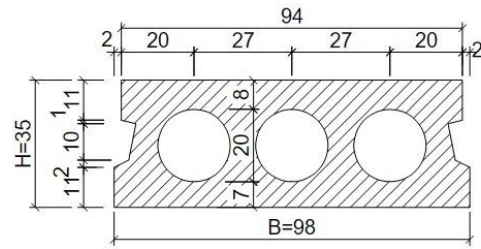
V důsledku těchto poruch došlo k zásadní změně koncepce použití prefabrikátů do nosných konstrukcí mostů. Původní systém prefabrikovaných nosníků byl postupně nahrazen novým systémem bez vnitřních dutin se spřahující monolitickou deskou. Postupy a metody, zde v kapitole použité, jsou převzaty z odborné a studijní literatury [13], [14].

NOSNÍK ŽMP-62

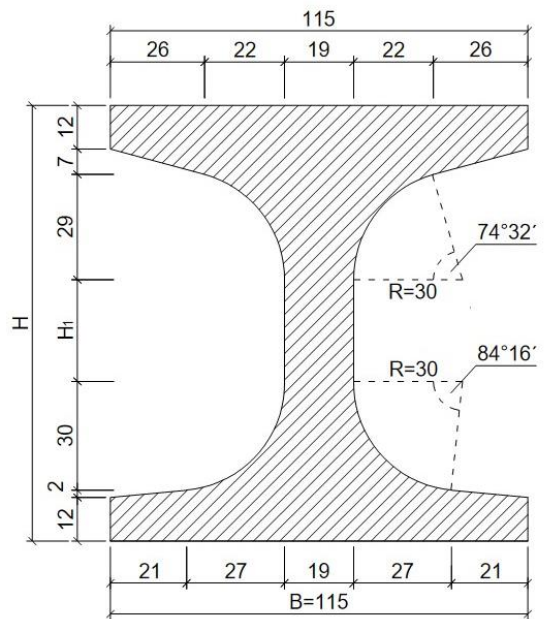


B - šířka nosníku
H - výška nosníku
[cm]

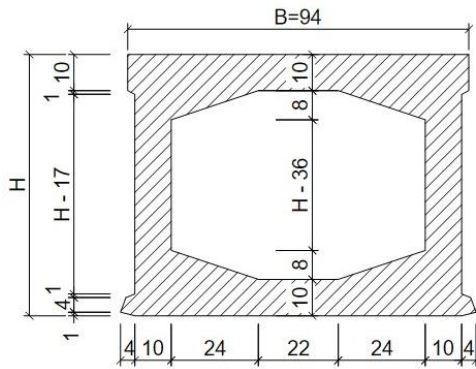
NOSNÍK ŽMP-62



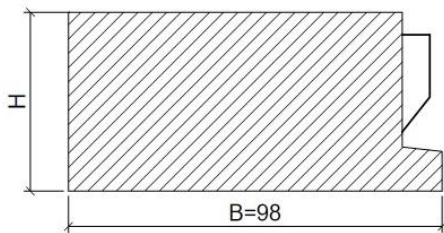
NOSNÍK I



NOSNÍK KA

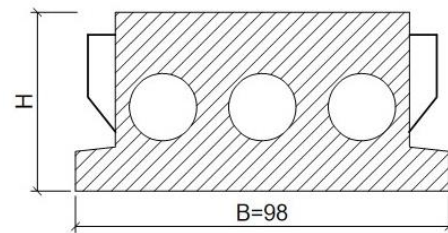


NOSNÍK DS-B



KRAJNÍ NOSNÍK BEZ DUTIN

NOSNÍK DS-B

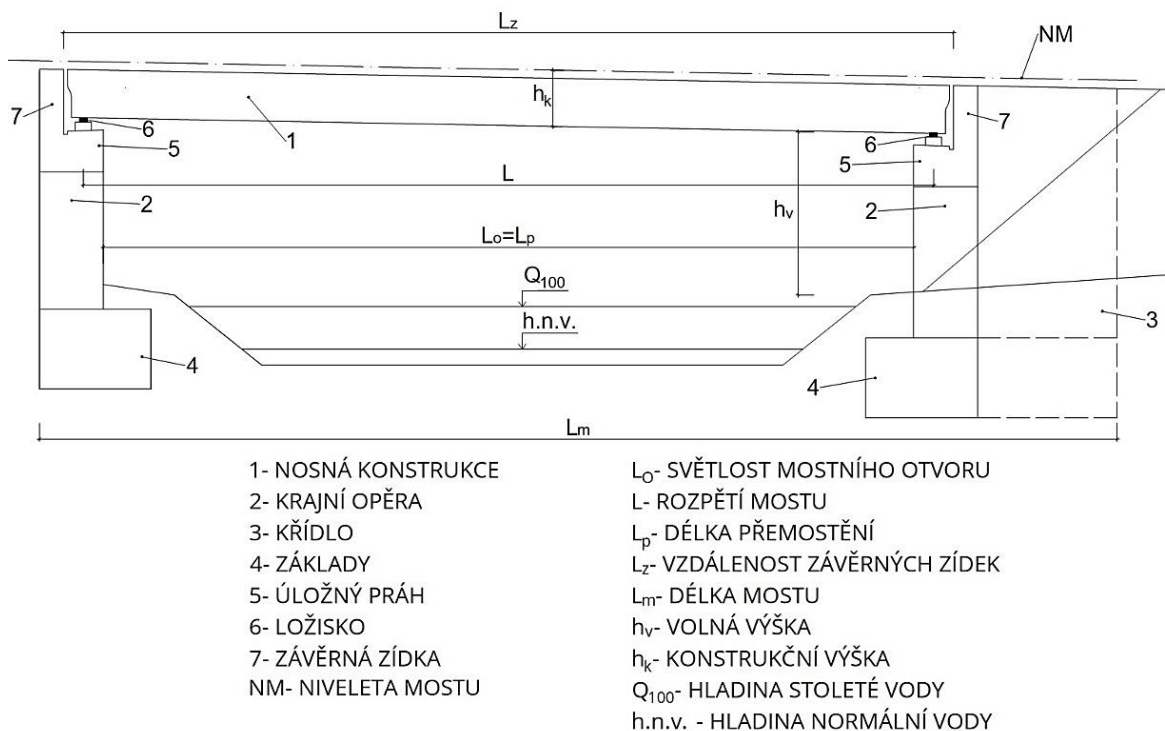


VNITŘNÍ NOSNÍK S DUTINAMI

Obr. 10 - Dříve používané typy prefabrikovaných nosníků [15]

6.1 Základní charakteristiky mostního objektu

Jako nedílnou součástí dopravní cesty je mostní objekt, který nahrazuje zemní těleso na místech přírodních anebo umělých překážek. Za most se považuje konstrukce, která překonává vzdálenost o světlé šířce větší než 2 m. Mostní objekt se skládá ze spodní stavby, nosné konstrukce, mostovky a mostního vybavení. Hlavní části mostu jsou popsány na Obr. 11 [16].



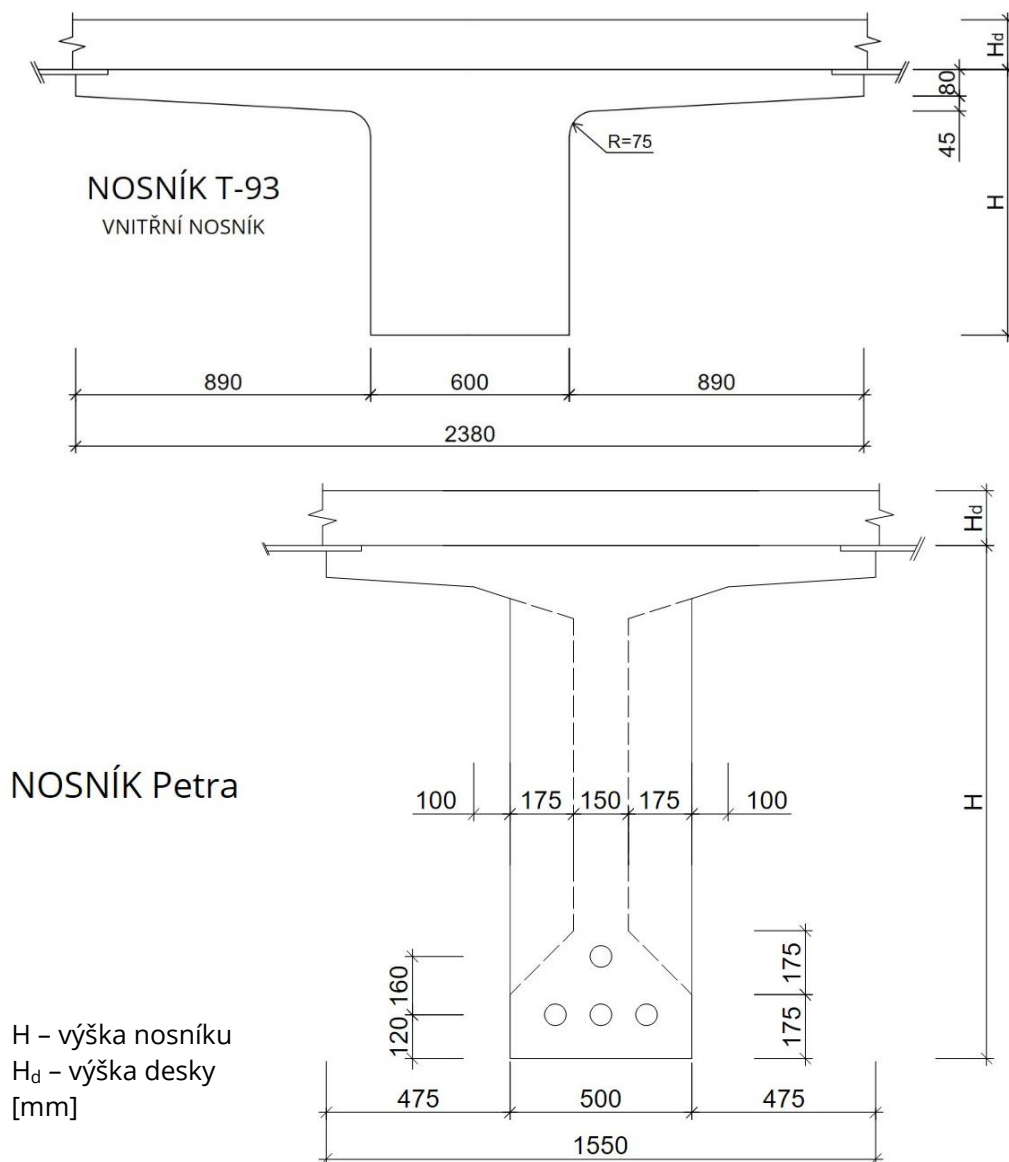
Obr. 11 - Návrhové charakteristiky mostního objektu [16]

6.2 Nosníky používané v současnosti v ČR

V dnešní době se prefabrikované nosníky vyrábí převážně z betonu třídy C35/45 a vyšší, zpravidla jsou předepnuté. Pomocí prefabrikátů jsou vytvořeny konstrukce o jednom či více polích. Navrhují se jako prosté, spojitě konstrukce nebo konstrukce spojené bezdilatačně pomocí pérových desek. Vzhledem k rozměrům mohou být prvky předepnuté předem nebo dodatečně v případě konstrukcí o více polích. V současnosti jsou nejběžnější následující typy prefabrikovaných nosníků [13].

Prefabrikované nosníky tvaru širokopřírubového T nebo I

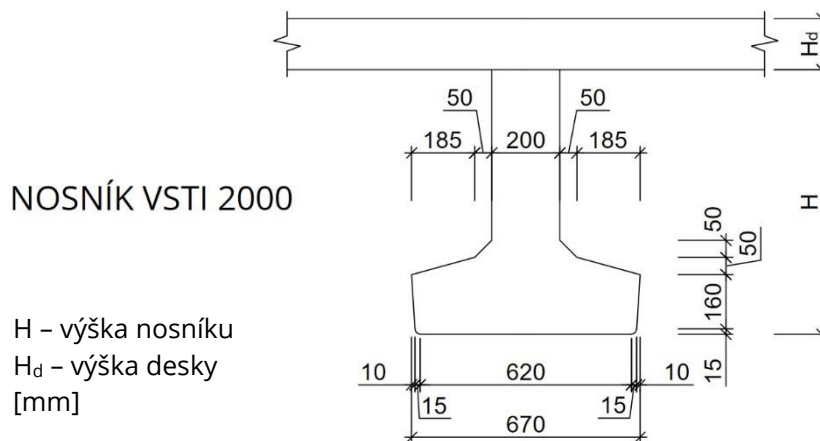
Konzoly nosníku vytváří bednění pro spřahující desku. Výztuž pro spřažení vyčnívá z horního povrchu nosníku a může podpírat horní vrstvu výztuže budoucí spřažené desky. Pokud mezi konzolami vznikne mezera menší než 25 mm, nemusí se provádět bednění, pouze stačí vhodné utěsnění mezery mezi konzolami, viz Obr. 12 [13].



Obr. 12 - Nosníky tvaru širokopřírubového T nebo I [15]

Prefabrikované nosníky tvaru obráceného T

Bednění spřahující desky je tvořeno jen stěnou nosníku, na kterou se ukládají desky bednění. Pokud je použito klasické bednění, je možné opřít podpory o spodní pásnici nosníku. Z vrchní stěny nosníku vyčnívá výztuž pro spřažení, která může podpírat horní vrstvu výztuže budoucí spřažené desky. Mezi nosníky nad bedněnou částí, je nutné přidat a připojit vrstvu výztuže, viz Obr. 13 [13].

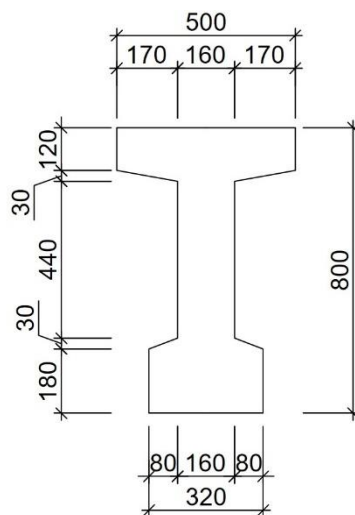


Obr. 13 – Nosníky tvaru obráceného T [15]

Prefabrikované nosníky tvaru I

Horní příruba nosníku slouží jako bednění desky, protože použití klasického bednění je komplikované. Z vrchní příruby vyčnívá spřahující výztuž, která může podpírat horní vrstvu výztuže budoucí spřažené desky. Mezi nosníky nad bedněnou částí, je nutné přidat a připojit vrstvu výztuže, viz Obr. 14 [13].

NOSNÍK I
[mm]



Obr. 14 - Nosník tvaru I [15]

7. MOSTNÍ PROHLÍDKY

Prohlídka má na starost zajistit správce mostu. U mostů nových nebo rekonstruovaných zajišťuje prohlídku investor, jakožto první hlavní prohlídku mostu.

Na prohlídky mostních konstrukcí u nás dohlíží příslušné státní orgány nebo organizace jimi pověřené. Pokud se jedná o most chráněný jako kulturní památka, dohlíží na prohlídku i orgány státní památkové péče a ochrany přírody. V případě, že se jedná o mimořádnou mostní konstrukci, pak po dohodě se správcem mostu na ni můžou dohlížet i odborné instituce, které jsou schopny vyhodnotit technické údaje.

Na novém nebo rekonstruovaném mostě se provádí jen první hlavní prohlídka před zahájením trvalého provozu. Provádění běžných, hlavních, mimořádných a kontrolních prohlídek je započato vydáním povolení k uvedení mostu do trvalého provozu. Nutnost vykonávání prohlídek trvá i v době částečného nebo dočasného vyloučení mostu z provozu nebo jeho znovuotevření a uvedení do provozu. Všechny mosty musí být pod stálým dohledem a prohlídky musí být prováděny v dané periodicitě, aby se předešlo vadám na konstrukci a nehodám jimi způsobeným. Postupy prohlídek, zde v kapitole použité, jsou převzaty z normy ČSN 73 6221 – Prohlídky mostů pozemních komunikací [14].

7.1 Druhy a periodicity mostních prohlídek

Na mostních objektech se provádí 4 druhy prohlídek. Jedná se o běžné, hlavní, mimořádné, kontrolní prohlídky. Každá z prohlídek je podrobně popsána v následujících podkapitolách [14].

Běžná prohlídka

Za běžnou prohlídku je zodpovědný správce mostu, kterou musí provádět nejméně jedenkrát ročně u mostů s klasifikačním stupněm stavu *I-III*, a nejméně dvakrát ročně s klasifikačním stupněm stavu *IV-VII*. Intervaly prohlídek se zkrátí s ohledem na stav mostu, podle výsledků hlavní, mimořádné a kontrolní prohlídky nebo podle doporučení uvedeném v dokumentaci mostu. Správce mostu však provádí pozorování mostu po celý rok v rámci všeobecného dozoru [14].

Hlavní prohlídka

Tuto prohlídku může vykonávat pouze oprávněná fyzická nebo právnická osoba a to v těchto případech:

1. u mostů trvalých betonových, ocelových, ocelobetonových, kamenných a cihelných,
 - při klasifikačním stupni stavu *I-III* v intervalech nejdéle 6 let,
 - při klasifikačním stupni stavu *IV* v intervalech nejdéle 4 roky,
 - při klasifikačním stupni stavu *V-VII* v intervalech nejdéle 2 roky,
2. u mostů dřevěných a zatímních v intervalu nejdéle 2 roky,
3. u mostů tramvajových a mostů metra v intervalu nejdéle 3 roky.

Uvedené intervaly prohlídek lze zkrátit s ohledem závěrů hlavní prohlídky v případě, zhorší-li se stav mostu na stupeň *IV-VII* nebo dojde-li během provozu k opětovnému poškození již opravených částí. Správce mostu zodpovídá za dodržování intervalů mostních prohlídek. Hlavní prohlídka se koná vždy před uvedením mostu do provozu a zajišťuje ji investor stavby. Hlavní prohlídky se účastní i zatímní nebo budoucí správce mostu. Až po hlavní prohlídce může být provedena zatěžovací zkouška mostu [14].

Mimořádná prohlídka

Prohlídku mimořádnou provádí pouze oprávněná právnická nebo fyzická osoba a to v těchto případech:

1. po přírodních pohromách nebo po dopravní nehodě jak na mostě, tak v podjezdu, při poškození nosné konstrukce nebo podpěr,
2. po odhalení pohybu svážného území v blízkém okolí mostu,
3. při prvotních příznacích nebezpečného oslabení (např. degradací, hnilobou, korozí apod.), nadměrné deformaci jednotlivých částí nebo vzniku trhlin (pokud mají vliv na zatížení mostu),
4. při nedosedání nebo nadzvedávání hlavní mostní konstrukce z ložisek nebo nadměrnému chvění mostu způsobené pojížděním vozidel,
5. před a po přepravách nadměrně těžkých nákladů,
6. před koncem záruční doby.

K provedení mimořádné prohlídky je povinen správce mostu zajistit fyzickou nebo právnickou osobu. Na základě výsledků této prohlídky může být rozhodnuto o provedení zatěžovací zkoušky mostu [14].

Kontrolní prohlídka

Tuto prohlídku vykonává příslušný silniční orgán běžně v intervalech 4 let, nejdéle však 6 let. Součástí výkonu státního odborného dozoru je i prohlídka. Správce mostu nesmí být pověřen kontrolní prohlídkou [14].

7.2 Provádění prohlídek

Běžné prohlídky

Během běžné prohlídky se prohlídají veškeré přístupné části mostu, které jsou dostupné bez demontáže nebo odstranění zavazující části mostu. Důležité je sledovat bezpečnost a použitelnost mostu a to hlavně stav spodní stavby, nosné konstrukce, dutin mostu včetně stavu předpínacích kabelů, funkčnosti ložisek

a mostních závěrů, povrchu vozovky a chodníků, odvodňovacího zařízení, bezpečnostního zařízení a území pod mostem. Na povrchových částech mostu je potřeba zjistit zda nevznikají trhliny, poškození mrazem způsobené nedokonalým odvodněním, mokré skvrny nebo výluhy. U trémových mostu je nutné zjistit, zda nedošlo nebo nedochází k oddělení desky od trámu. Také je nutné provést vizuální kontrolu krycí vrstvy výztuže, a zda nedochází k její korozi. Zároveň proběhne i kontrola údajů na tabulích a dopravním značení a v evidenci mostů [14].

Hlavní prohlídky

Během hlavních prohlídek se prověřují všechny části mostu z hlediska únosnosti, životnosti, použitelnosti a zachování bezpečnosti provozu. Důkladnější šetření, které by vyžadovalo dražší opatření, může být provedeno pouze po dohodě se správcem mostu. Během provádění prohlídky se musí věnovat velká pozornost vadám a poruchám, které již byly zaznamenány v předešlých prohlídkách, nebo bylo nařízeno jejich sledování. Při určování stavu mostu je potřeba brát v úvahu závady všech částí (mostního svršku, nosné konstrukce, spodní stavby a mostního vybavení). Proběhne i porovnání dosavadních údajů z mostní evidence se skutečností a také se určí následující péče o most na základě zjištěných vad a poruch. Na hlavní prohlídce můžou být přítomni specialisté, odborné orgány a projektant mostu. Hlavní prohlídku lze po dohodě se správcem mostu doplnit o diagnostický průzkum [14].

První hlavní prohlídka

Během první hlavní prohlídky se most posuzuje z pohledu připravenosti k bezpečnému provozu a s velkou pečlivostí se kontroluje provedení mostu podle schválené dokumentace a podle skutečného provedení. Při této prohlídce musí být umožněn přístup ke všem částem konstrukce. Části, které už byly

zakryty (např. základová spára, izolace, výztuž atd.), se prověří podle schválené dokumentace a dokladů o převzetí. Investor je povinen při této prohlídce předložit mostní list podle skutečného provedení. Pokud byla provedena zatěžovací zkouška s příznivým výsledkem, může být uděleno povolení k provozu. V případě, že jsou zjištěné další nedostatky, určí se doba k jejich odstranění [14].

Mimořádné prohlídky

Touto prohlídkou se stanoví okamžitý stav mostu, včetně zjištění veškerých existujících poruch za účelem identifikace závad, ke kterým došlo od minulé prohlídky. Způsob a rozsah mimořádné prohlídky odpovídá významu hlavní prohlídky. Může být provedeno i podrobnější prozkoumání prvků a hmot, pokud to vyžaduje situace nebo poškození mostu [14].

Kontrolní prohlídky

Během této prohlídky se zkoumají všechny přístupné části mostu a hodnotí se stav mostu, úroveň jeho údržby včetně kvality a komplexnosti provedených oprav, provádění běžných, hlavních a mimořádných prohlídek včetně příslušných opatření, která měla být provedena [14].

Posouzení stavu mostu

Z výsledků hlavní nebo mimořádné prohlídky se posoudí stav mostu. Následně se v rejstříku mostu i mostním listu uvede klasifikační stupeň stavu nosné konstrukce a spodní stavby mostu. Klasifikační stupeň stavu mostu se stanovuje odhadem podle těchto kritérií viz Tab. 5 [14].

Tab. 5 - Určení klasifikačního stupně stavu mostu [14]

I - bezvadný stav	Bez jakýchkoliv zjevných nebo známých skrytých vad.
II - velmi dobrý stav	Pouze vzhledové vady, které nepůsobí na zatížitelnost (např. prohnuté ale pevné zábradlí, nerovnosti na římse, stékající nečistoty, fleky na omítce bez stop po vzlínající nebo

	prosakující vlhkosti, malé trhliny v ozdobné omítce, poškozené architektonické prvky mostu apod.).
III – dobrý stav	Větší vady, které nepůsobí na zatížitelnost (např. poškozené zábradlí, odprýsknutá ochranná omítka, poškozený kryt vozovky, v malé míře rostoucí vegetace, poškozené římsy, sednutí přechodového zemního tělesa oproti mostnímu závěru apod.).
IV – uspokojivý stav	Vady a poruchy, které nemají okamžitý vliv na zatížitelnost, ale které mohou zatížitelnost v budoucnu ovlivnit (např. prosakující voda, obnažená výztuž, velké množství vegetace, trhliny v nosné konstrukci, viditelná trvalá deformace nosné konstrukce nebo podpěr bez viditelných trhlin, nadměrné kmitání nosné konstrukce, porušená funkce ložisek apod.).
V – špatný stav	Vady a poruchy, které mají vliv na zatížitelnost, ale lze je odstranit bez větších zásahů (např. povrchové praskliny a trhliny železobetonových konstrukcí šířky do 1 mm a hloubky do 25 mm, u předpjatých konstrukcí trhliny do 0,2 mm, plíseň, vychýlené nebo deformovaná ložiska, deformované úložné prahy, podemleté podpěry, odchylky v líci spár u podpěr apod.).
VI – velmi špatný stav	Vady a poruchy, které ovlivňují zatížitelnost a lze je odstranit pouze velkou opravou týkající se významné části konstrukce (např. trhliny a praskliny, pokleslé, zborčené nebo nakloněné opěry, zřícené průčelní zdi, značná deformace, trhliny předpjatých konstrukcí šířky větší jak 0,2 mm apod.).
VII – havarijný stav	Vady a poruchy, které ovlivňují zatížitelnost do takové míry, že vyžadují okamžitou nápravu pro předejití katastrofy.

7.3 Záznam o prohlídce

Doklad o stavu mostu z běžné, hlavní a mimořádné prohlídky je možné vyhotovit prostřednictvím formuláře nebo také počítačového zpracování dat z prohlídek. Typ formuláře se odvíjí od druhu mostní prohlídky viz Tab. 6 [14].

Tab. 6 – Typ formuláře podle druhu prohlídky [14]

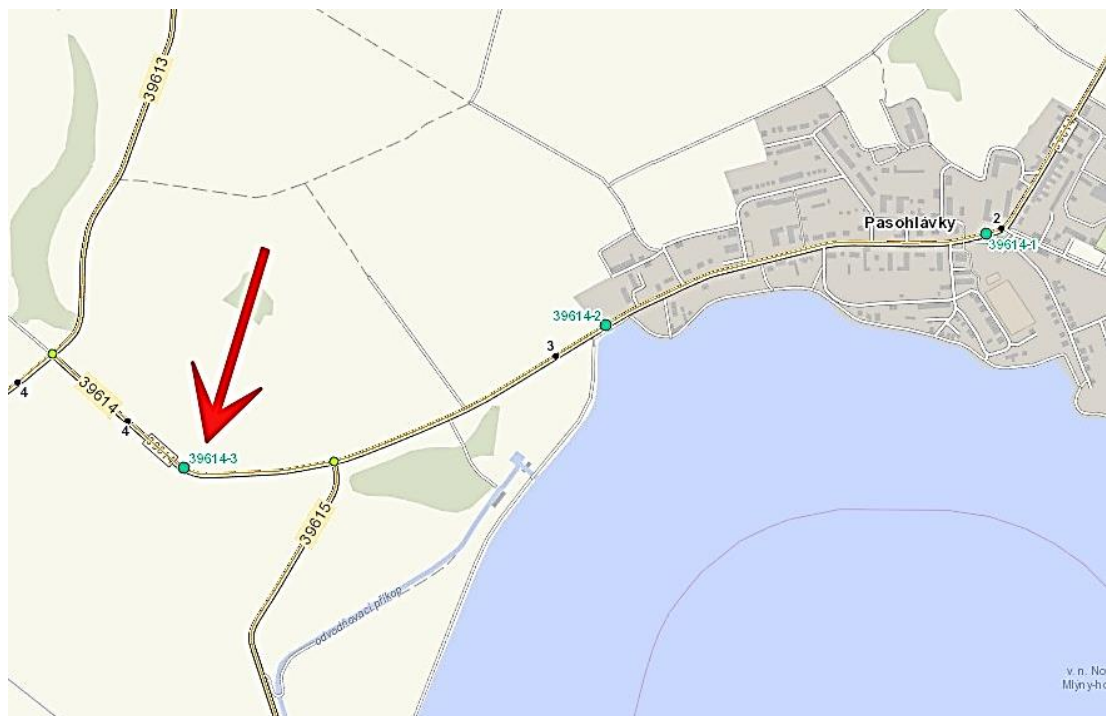
DRUH PROHLÍDKY	TYP FORMULÁŘE
běžné	B.1
hlavní a mimořádné	B.2
kontrolní	B.2

8. PRAKTICKÁ ČÁST

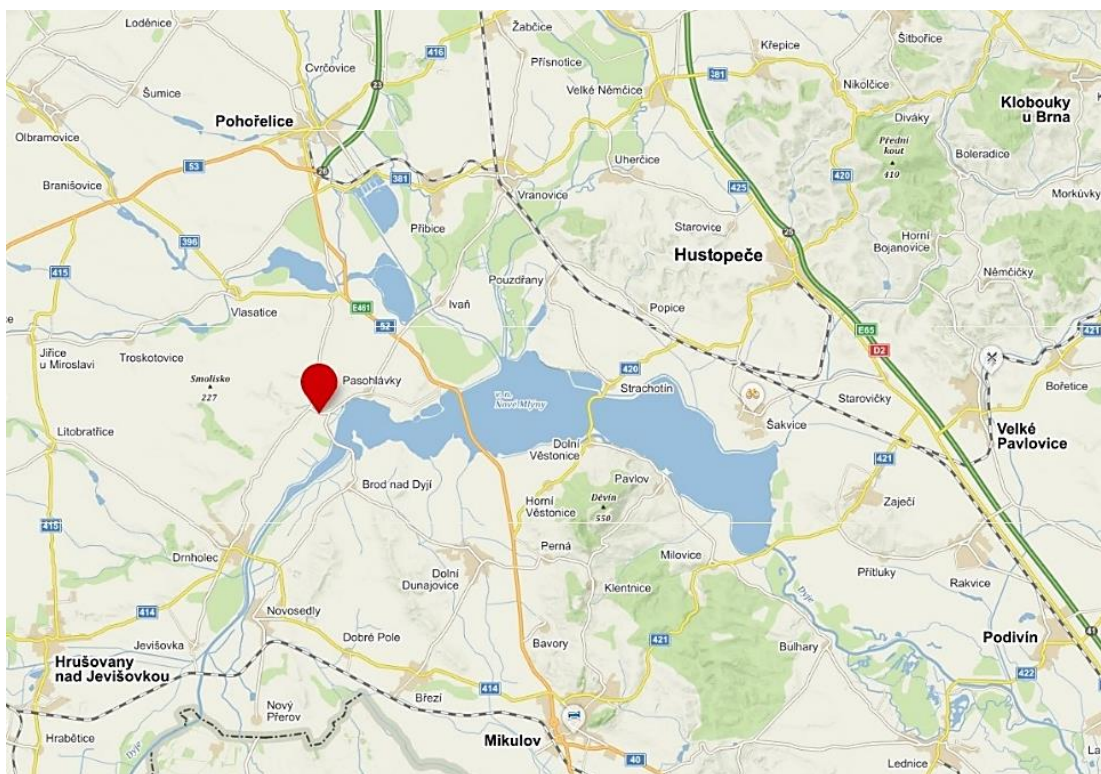
Cílem praktické části bakalářské práce je provedení stavebně technického a materiálového průzkumu spodní stavby (opěry), kvality betonu nosné konstrukce, ověření způsobu vyztužení a dále skladby vozovky s cílem zjištění stavu mostního objektu. Výstupem praktické části je podklad sloužící pro případný statický přepočít stávajících konstrukcí a výsledky stavebně technického průzkumu vybraných konstrukcí.

8.1 Popis mostního objektu

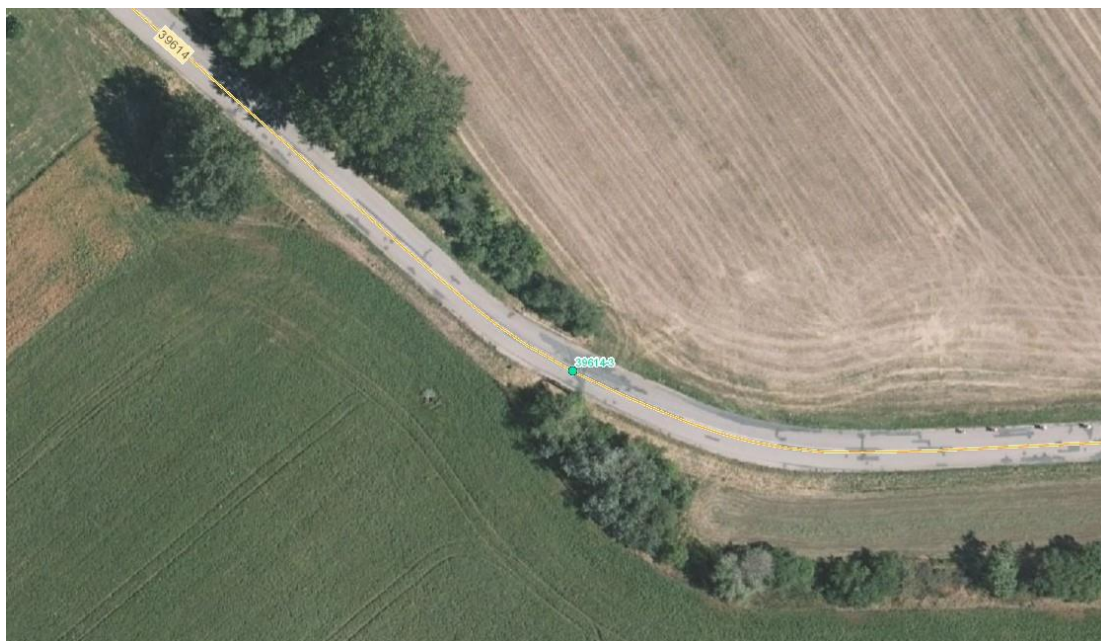
Jedná se o most ev. č. 39614-3 přes místní potok za Pasohlávkami ve staničení 3,845 km. Jde o most o jednom poli s volnou šířkou 7,40 m. Délka přemostění je 4,60 m. Most křížuje místní potok se stálým průtokem. Převáděná komunikace je 3. třídy



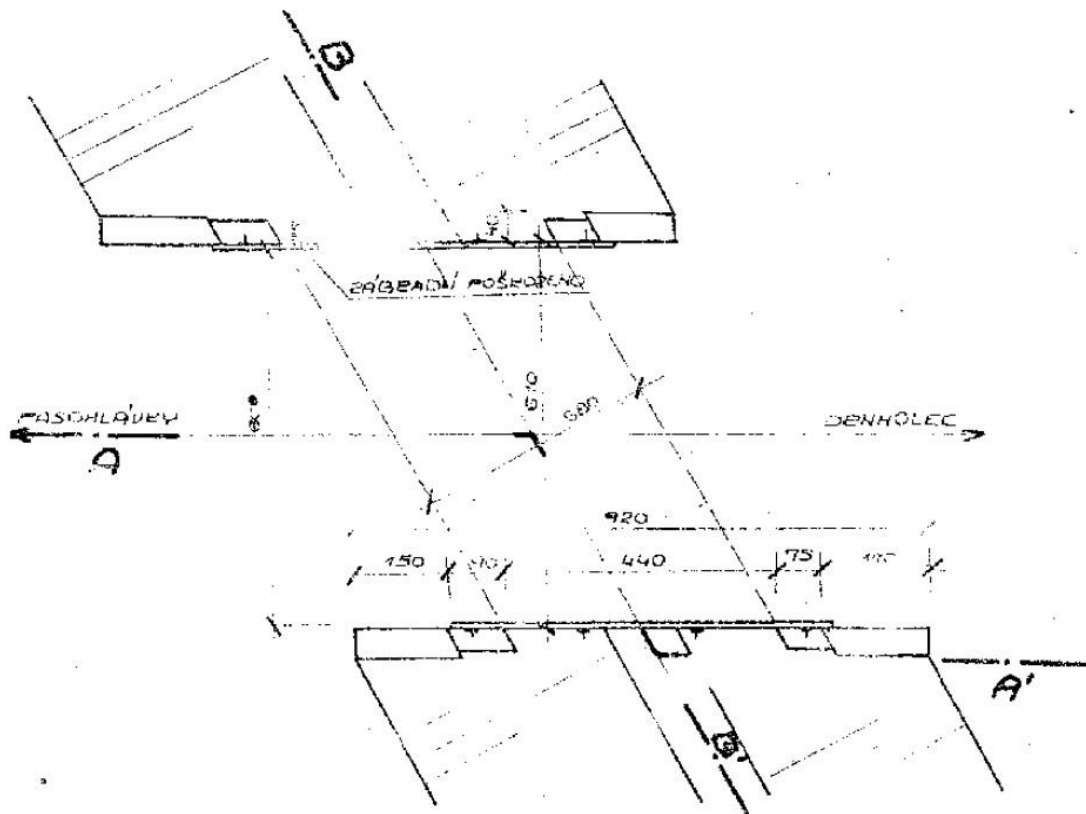
Obr. 15 – Vyznačení polohy zkoumaného mostu ev. č. 39614-3 na silnici 39614 [17]



Obr. 16 – Výřez z mapy znázorňující polohu mostního objektu v širším okolí [18]

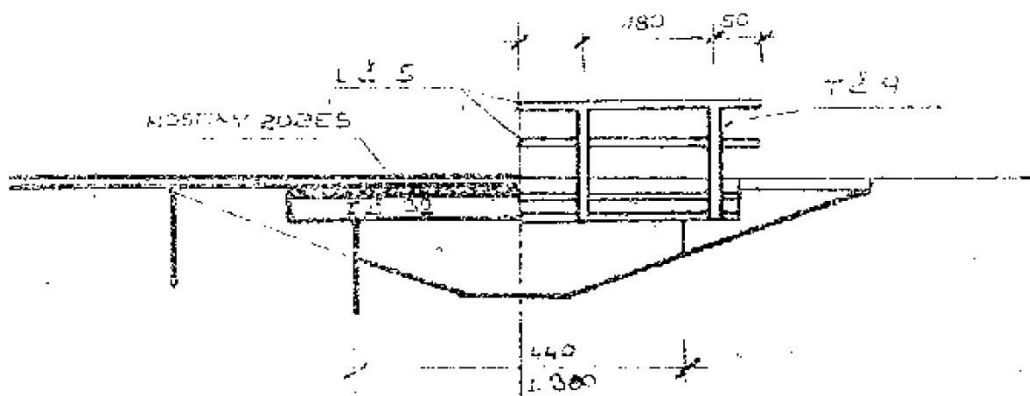


Obr. 17 – Letecký snímek mostního objektu a jeho blízkého okolí [17]

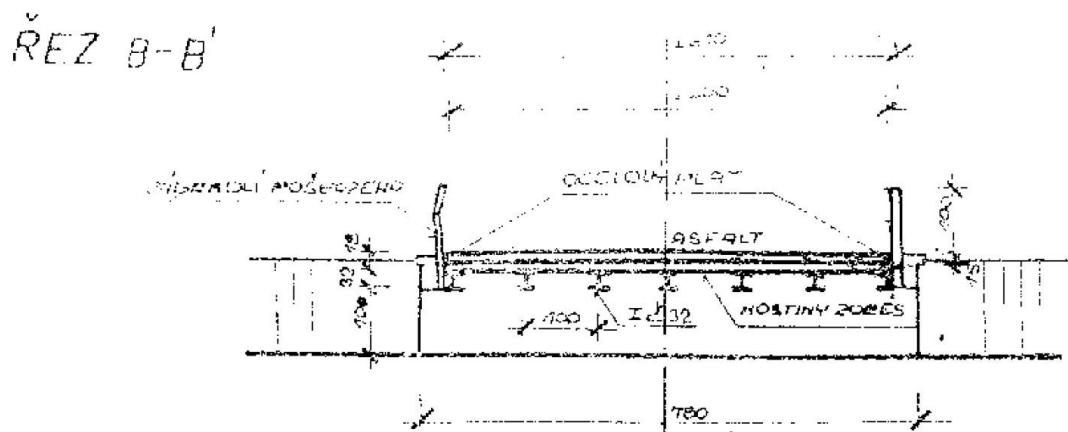


Obr. 18 - Výkres situace mostní konstrukce [12]

ŘEZ A-A'



Obr. 19 - Řez A-A' [12]



Obr. 20 - Řez B-B' [12]

8.2 Základní popis a informace o mostu

Název mostu:	Most přes místní potok za Pasohlávkami
Číslo silnice:	39614
Evidenční číslo mostu:	39614-3
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Brno - venkov
Obec:	Pasohlávky
Správce mostu:	kraj Jihomoravský, SÚS Jihomoravského kraje, oblast Jih, cestmistrovství Mikulov
Předmět přemostění:	Vodoteč (stálý průtok)
Třída komunikace:	3. třída
Rok postavení:	1989

8.3 Popis jednotlivých částí mostu na základě prohlídky

Základy mostních podpěr a křídel

Základy jsou nejspíše plošné. Základy spodní stavby nejsou přístupné. Opěry monolitické masivní.

Zemní těleso

U opěry (blíž k Pasohlávkám) v přechodové oblasti mostu došlo k sednutí tělesa a vzniku příčné trhliny na celou šířku vozovky.

Mostní opěry

Opěry jsou monolitické masivní. Beton opěr degraduje a území pod mostem je zaneseno. Degradace betonové desky.



Obr. 21 - Pohled na opěru 1 a 2 [12]

Nosná konstrukce

Nosnou konstrukci tvoří železobetonové prefabrikáty typu ŽMP – 62. Most má jedno pole. Šikmá světlost je 4,60 m a kolmá světlost je 3,10 m. Konstruktivní výška je 0,35 m.

Plošná izolace je poškozená a dochází k průsakům. Chybí římsy pro ochranu proti stékající vodě z komunikace. Průsaky ve spárách mezi nosníky, vznikání vápenných krápníků. Dochází k degradaci výztuže.



Obr. 22 – Pohled na spodní líc nosné konstrukce [12]

Mostní závěry

Dilatace ve vozovce není přiznaná. Uložení prefabrikovaných nosníků je přímé na asfaltovou lepenku nebo izolační pás. Na mostním závěru blíž k Pasohlávkám je na celou šířku vozovky příčná trhлина.



Obr. 23 – Pohled na příčnou trhlinu na vozovce [12]

Vozovka

Povrch vozovky je tvořen živičným krytem. Šířka mezi obrubami je 7,40 m. Volná šířka komunikace je 7,40 m. Ve vozovce není dilatace přiznaná. Je zde však příčná trhлина a prosednutí vozovky v místě přechodové oblasti. Růst vegetace.



Obr. 24 – Pohled na skladbu vozovky [12]

Římsy

Absence říms na levé i pravé straně mostu. Dochází ke stékání vody po prefabrikovaných nosnících, vznik vápenných krápníků. Růst vegetace a degradace betonu.



Obr. 25 – Pohled na římsu s vegetací a krápníky [12]

Záchytná zařízení

Nedostatečná výška a odklonění svodidla. Kotvení sloupků je nevyhovující.



Obr. 26 – Pohled na záchytné zařízení [12]

Území pod mostem

Most převádí komunikaci 3. třídy přes místní potok se stálým průtokem. Území pod mostem je zaneseno.

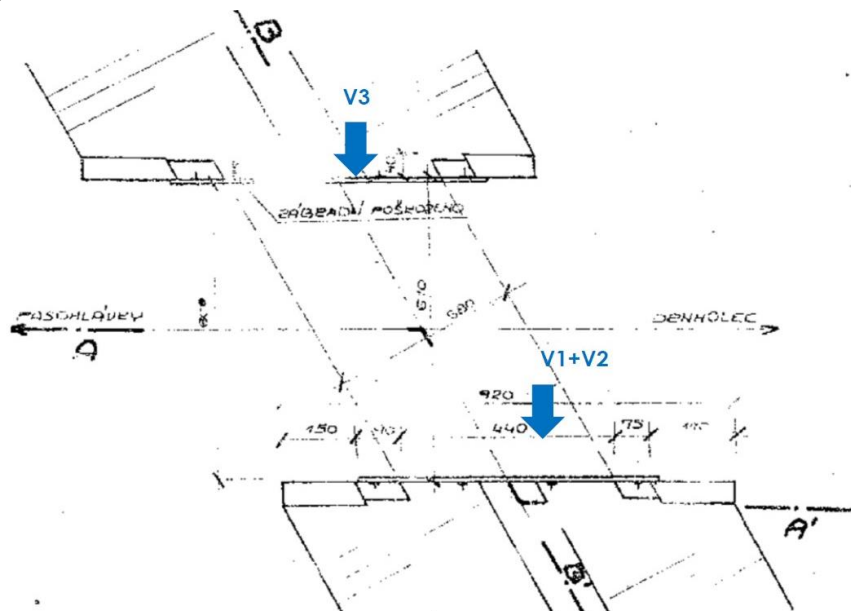
Přístupové cesty

Přístup pod most je po zemním tělese kolem všech křídel. Chybí revizní schodiště.

8.4 Laboratorní zkoušení jádrových vývrtů

8.4.1 Nosná konstrukce

Laboratorní zkoumání nosné konstrukce bylo provedeno celkem na 3 jádrových vývrtech. Zkušební tělesa byla po začištění zvážena a změřena. V následujícím kroku byla provedena zkouška karbonatace betonu a nakonec byly vzorky rozdrceny ve zkušební lise. Poloha jádrových vývrtů je zobrazena na Obr. 27.



Obr. 27 - Poloha jádrových vývrtů V1+V2 a V3 na nosné konstrukci [12]

Přehled jádrových vývrtů

Jádrový vývrt V1+V2 Ø 50 mm vedený z horního líce konstrukce přes skladbu vozovky za účelem odběru vzorku betonu monolitické desky pro stanovení

fyzikálně mechanických parametrů betonu. Byla provrtána horní a dolní deska nosníku ŽMP č. 7. Vývrt byl proveden v místě sondy pro zjištění skladby vozovky SK1.

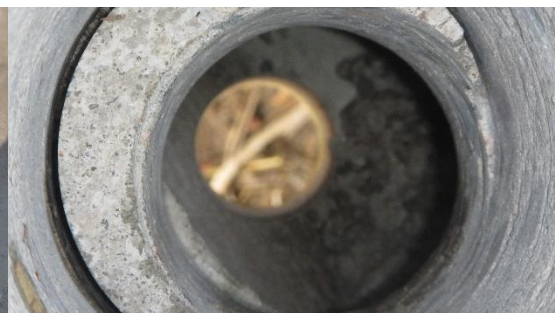
Jádrový vývrt V3 Ø 50 mm vedený z boku krajního nosníku za účelem odběru vzorku betonu monolitické desky pro stanovení fyzikálně mechanických parametrů betonu.

Základní charakteristiky zkušebních těles V1 + V2

Struktura betonu v dobrém stavu, bez dutin a kaveren, povrchové póry 1-2 mm. Použité kamenivo hrubé frakce max. 16 mm. Celková délka odebraného vzorku betonu 120 mm a 160 mm. Hloubka karbonatace byla stanovena max. hodnotou 3-5 mm a 15-20 mm (dolní líc), viz Obr. 28 až 31.



Obr. 28 – Celkový pohled na místo jádrového vývrtu V1 a V2 [12]



Obr. 29 – Detailní pohled do průvrtu a odebrání vrtu V1 a V2 [12]



Obr. 30 – Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V1 [12]



Obr. 31 – Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V2 [12]

Základní charakteristiky zkušebních těles V3

Struktura betonu v dobrém stavu, bez dutin a kaveren, povrchové póry 1-2 mm. Použité těžené kamenivo hrubé frakce max. 16 mm. Celková délka

odebraného vzorku betonu 110 mm. Hloubka karbonatace 3-5 mm, viz Obr. 32 až 35.



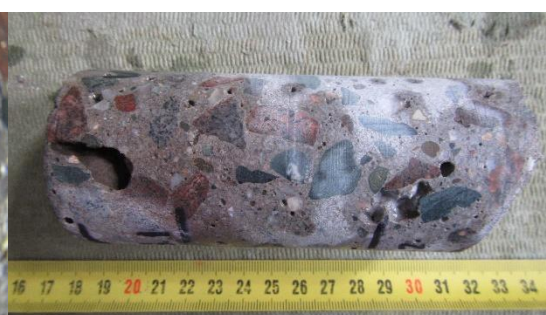
Obr. 32 – Celkový pohled na místo provedení jádrového vývrtu V3 [12]



Obr. 33 – Detailní foto měření hloubky jádrového vývrtu sondy V3 [12]



Obr. 34 – Detailní foto ostění betonu sondy V3 po vyjmutí návrtu [12]



Obr. 35 – Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V3 [12]

Stanovení pevnostních parametrů betonu NK

Ze tří odebraných jádrových vývrtů \varnothing 50 mm byly vyrobeny 4 zkušební tělesa, na kterých byla určena objemová hmotnost betonu. Z výsledků zkoušek pevnosti v lisu byla stanovena výsledná pevnostní třída betonu, viz příloha 1 a 2.

Zkouškami pevnosti betonu na 4 zkušebních tělesech vyrobených z odebraných jádrových vývrtů z prefabrikovaných nosníků byla průměrná pevnost na vzorku 50,5 MPa se stanovenou charakteristickou pevností betonu 46,1 MPa. Tomuto odpovídá pevnostní třída betonu C 35/45. Variační koeficient 4,73 % splňuje podmínku pro rovnoměrnost betonu.

Stanovení stejnorodosti a pevnosti betonu NDT

Zároveň bylo na spodním lící prefabrikovaných nosníku provedeno 16 NDT zkoušek povrchu tvrdosti Schmidovým tvrdoměrem, typ N. Z výsledků NDT

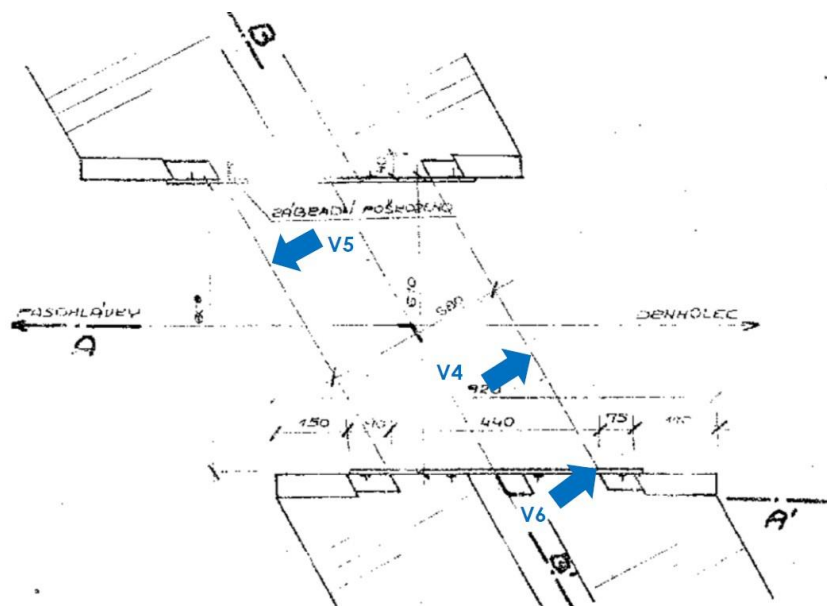
zkoušek je provedeno zpřesnění stejnorodosti betonu a s využitím součinitele α je provedeno upřesnění NDT zkoušek stanovenou pevností betonu v tlaku. Měření Schmidtovým tvrdoměrem bylo rovnoměrně rozmístěno po konstrukci. Byly provedeny 2 zkušební místa na každém nosníku v řezech u podpor, viz příloha 3.

Pro vyhodnocení dílčích pevností odrazů je použit kalibrační vztah od výrobce. Součinitel upřesnění α je vyhodnocen z průměrné pevnosti stanovené na zkušebních tělesech vyrobených ze 2 jádrových vývrtů a z celkem 16 měření NDT zkušebních míst Schmidtovým tvrdoměrem, viz příloha 4.

Z NDT zkoušek se pomocí Schmidtova tvrdoměru prokázala dobrá rovnoměrnost betonu. Informativní charakteristická pevnost betonu v tlaku je stanovena na základě NDT zkoušek s upřesněním na jádrových vývrtech, je 37,3 MPa. Výsledná pevnostní třída betonu je C 30/37.

8.4.2 Spodní stavba

Laboratorní zkoumání spodní stavby (opěry) bylo provedeno celkem na 3 jádrových vývrtech. Zkušební tělesa byla po začištění zvážena a změřena. V následujícím kroku byla provedena zkouška karbonatace betonu a nakonec byly vzorky rozdrceny ve zkušebním lise. Poloha jádrových vývrtů je zobrazena na Obr. 36.



Obr. 36 – Poloha jádrových vývrtů spodní stavby [12]

Přehled jádrových vývrtů

Jádrový vývrt V4 Ø 100 mm vedený z čela levé opěry ve výšce 840 mm od hrany nosníku ŽMP č. 6.

Jádrový vývrt V5 Ø 100 mm vedený z čela pravé opěry ve výšce 680 mm od hrany nosníku ŽMP č. 3.

Jádrový vývrt V6 Ø 100 mm vedený z čela levé opěry ve výšce 950 mm od hrany nosníku ŽMP č. 8.

Všechny jádrové vývrty byly provedeny za účelem odběru vzorků pro stanovení fyzikálně mechanických parametrů betonu.

Základní charakteristiky zkušebních těles V4

Struktura betonu v dobrém stavu, bez dutin a kaveren, beton obsahuje póry 3-5 mm. Použité drcené kamenivo hrubé frakce max. 32 mm. Celková délka odebraného vzorku je 340 mm. Hloubka karbonatace stanovená max. hodnotou 3-5 mm. Povrchová úprava tloušťky 18 mm, viz Obr. 37 až 40.



Obr. 37 – Celkový pohled na levou opěru s vývrtem V4 [12]



Obr. 38 – Detailní foto měření hloubky jádrového vývrtní sondy V4 [12]



Obr. 39 – Detailní foto ostění vývrtní sondy V4 po vyjmutí návrtní [12]



Obr. 40 – Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V4 [12]

Základní charakteristiky zkušebních těles V5

Struktura betonu v dobrém stavu, bez dutin a kaveren, beton obsahuje póry 2-3 mm. Použité drcené kamenivo hrubé frakce max. 32 mm. Celková délka odebraného vzorku je 370 mm. Hloubka karbonatace stanovená max. hodnotou 30-40 mm. Povrchová úprava tloušťky 8 mm, viz Obr. 41 až 44.



Obr. 41 – Celkový pohled na pravou opěru s vývrtem V5 [12]



Obr. 42 – Detailní foto měření hloubky jádrového vývrtní sondy V5 [12]



Obr. 43 – Detailní foto ostění vývrtní sondy V5 po vyjmutí návrtního nástroje [12]



Obr. 44 – Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V5 [12]

Základní charakteristiky zkušebních těles V6

Struktura betonu v dobrém stavu, bez dutin a kaveren. Použité drcené kamenivo hrubé frakce max. 16 mm. Celková délka odebraného vzorku je 440 mm. Hloubka karbonatace stanovená max. hodnotou 25-30 mm. Povrchová úprava tloušťky 8 mm, viz Obr. 45 až 48.



Obr. 45 – Celkový pohled na levou opěru s vývrtem V6 [12]



Obr. 46 – Detailní foto měření hloubky jádrového vývrtní sondy V6 [12]



Obr. 47 – Detailní foto ostění vývrtní sondy V6 po vyjmutí návrtního nástroje [12]



Obr. 48 – Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V6 [12]

Pevnostní parametry betonu spodní stavby

Ze tří odebraných jádrových vývrtníků \varnothing 100 mm bylo vyrobeno 7 zkušebních těles, na kterých byla určena objemová hmotnost betonu. Z výsledků zkoušek

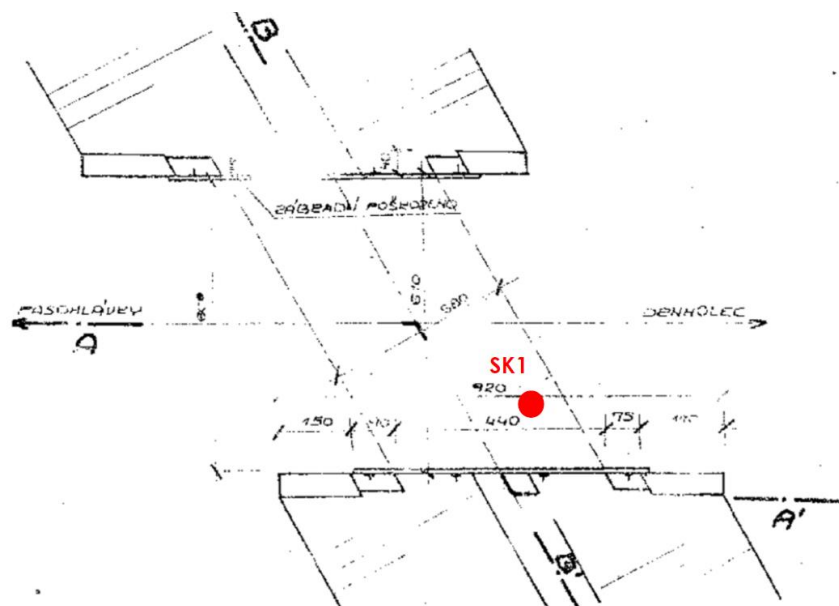
pevnosti v lisu byla stanovena výsledná pevnostní třída betonu, viz příloha 5 až 8.

Zkouškami pevnosti betonu na 5 zkušebních tělesech vyrobených z odebraných jádrových vývrtů z levé opěry byla průměrná pevnost na vzorku 21,6 MPa se stanovenou charakteristickou pevností betonu 20,4 MPa. Tomuto odpovídá pevnostní třída betonu C 16/20. Variační koeficient 3,06 % splňuje podmínku pro rovnoměrnost betonu.

Zkouškami pevnosti betonu na 2 zkušebních tělesech vyrobených z odebraných jádrových vývrtů z pravé opěry byla průměrná pevnost na vzorku 10,8 MPa se stanovenou charakteristickou pevností betonu 10,2 MPa. Tomuto odpovídá pevnostní třída betonu C 8/10. Variační koeficient 2,59 % splňuje podmínku pro rovnoměrnost betonu.

8.5 Skladba vozovky

Vrtaná sonda do vrstev vozovky s onačením SK1 byla provedena jádrovým vývrtem \varnothing 100 mm cca 1000 mm od kraje mostní konstrukce nad nosíkem č. 7 a byla ukončena při kontaktu s nosnou konstrukcí. Po provedení byla sonda následně zapravena. Poloha sondy je zobrazena na Obr. 49.



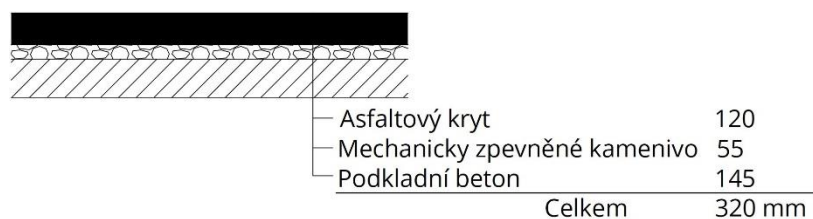
Obr. 49 – Poloha sondy SK1 za účelem zjištění skladby vozovky [12]

Základní charakteristiky sondy SK1

Zjištěná skladba vozovky je zobrazena v Tab. 7 a na Obr. 50. Detailní fotodokumentace viz Obr. 51 až 54.

Tab. 7 – Skladba vozovky v místě provedené sondy SK1

MATERIÁL	TLOUŠŤKA VRSTVY [mm]
Asfaltový kryt	120
Mechanicky zpevněné kamenivo	55
Podkladní beton	145
CELKEM	320



Obr. 50 – Skladba vozovky sondy SK1



Obr. 51 – Celkový pohled na provedené místo sondy SK1 [12]



Obr. 52 – Měření tloušťky vozkových vrstev od horního líce nosné konstrukce [12]



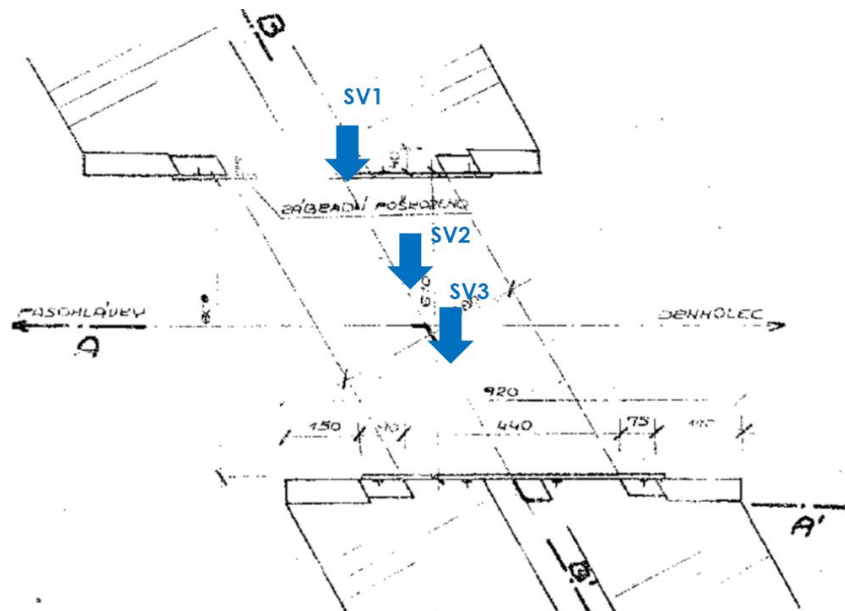
Obr. 53 – Detailní pohled na jednotlivé vrstvy ostění sondy SK1 [12]



Obr. 54 – Detailní pohled na skladbu vozovky SK1 [12]

8.6 Výztuž

Poloha sekaných sond k výztuži je zobrazena na Obr. 55.



Obr. 55 – Poloha sekaných sond SV1, SV2, SV3 [12]

Přehled sekaných sond

Sekaná sonda SV1 za účelem zjištění vyztužení krajního ŽMP nosníku na povodní straně mostu. V rámci sondy bylo ověřeno vyztužení uprostřed rozpětí nosníku a rozteče třmíneků.

Sekaná sonda SV2 za účelem zjištění vyztužení prostředního ŽMP nosníku č. 4 mostní konstrukce. V rámci sondy bylo ověřeno vyztužení uprostřed rozpětí nosníku.

Sekaná sonda SV3 za účelem zjištění vyztužení vnitřního ŽMP nosníku č. 6 mostní konstrukce. V rámci sondy bylo ověřeno vyztužení uprostřed rozpětí nosníku.

Základní charakteristiky sekané sondy SV1

Uprostřed rozpětí bylo nalezeno celkem 9 prutů vodorovné výztuže. Jde o žebírkovou výztuž 10 425 (V), 9x Ø 22 mm. Krytí výztuže 18-22 mm. Rozteče hlavní výztuže 55, 95, 110, 160, 210, 100, 100, 60 mm. Rozteče třmíneků Ø 8 mm 10 216 a = 380-400 mm (18ks). Šířka nosníku 980 mm a výška nosníku 360 mm. Hlavní výztuž je povrchově zkorodovaná, místy je odpadlá krycí vrstva třmíneků a dochází k povrchové korozi třmíneků, viz Obr. 56 až 59.



Obr. 56 – Celkový pohled na místo provedení sekané sondy SV1 [12]

Obr. 57 – Detailní pohled na sekanou sondu uprostřed rozpětí nosníku SV1 [12]



Obr. 58 – Detailní pohled měření krytí dolní výztuže v sondě SV1 [12]



Obr. 59 – Ověření průměru žebírkové výztuže nosníku v sondě SV1 [12]

Základní charakteristiky sekané sondy SV2

Uprostřed rozpětí bylo nalezeno celkem 7 prutů vodorovné výztuže. Jde o žebírkovou výztuž 10 400 B, A – III, mez kluzu 400 MPa, 7x Ø 20 mm. Krytí výztuže 18-20 mm. Rozteče hlavní výztuže 80, 225, 170, 180, 210, 80 mm. Rozteče třmíneků Ø 10 mm a = 360-400 mm (čtyřstržné), typ výztuže 10 335 (J). Šířka nosníku 980 mm a výška nosníku 360 mm. Hlavní výztuž je povrchově zkorodovaná, místy je odpadlá krycí vrstva třmíneků a dochází k povrchové korozi třmíneků, viz Obr. 60 až 63.



Obr. 60 – Celkový pohled na místo provedení sekané sondy SV2 [12]



Obr. 61 – Detailní pohled na sekanou sondu uprostřed rozpětí nosníku SV2 [12]



Obr. 62 – Detailní pohled měření krytí dolní výztuže v sondě SV2 [12]



Obr. 63 – Ověření průměru žebírkové výztuže nosníku v sondě SV2 [12]

Základní charakteristiky sekané sondy SV3

Uprostřed rozpětí bylo nalezeno celkem 7 prutů vodorovné výztuže. Jde o žebírkovou výztuž 10 400 B, A – III, mez kluzu 400 MPa, 7x Ø 20 mm. Krytí výztuže 18-20 mm. Rozteče hlavní výztuže 100, 190, 190, 170, 210, 80 mm. Rozteče třmínek Ø 10 mm a = 380-410 mm (čtyřstřížné), typ výztuže 10 335 (J). Šířka nosníku 980 mm a výška nosníku 360 mm. Hlavní výztuž je povrchově zkorodovaná, místy je odpadlá krycí vrstva třmínek a dochází k povrchové korozi třmínek, viz Obr. 64 až 67.



Obr. 64 – Celkový pohled na místo provedení sekané sondy SV3 [12]



Obr. 65 – Detailní pohled na sekanou sondu uprostřed rozpětí nosníku SV3 [12]



Obr. 66 – Detailní pohled měření krytí dolní výztuže v sondě SV3 [12]



Obr. 67 – Ověření průměru žebírkové výztuže nosníku v sondě SV3 [12]

8.7 Chemická analýza betonu

Pro posouzení míry degradace betonu byly laboratorně ověřeny 4 vzorky ve dvou hloubkových úrovních. Vzorek z nosné konstrukce z hloubkové úrovně 0-10 mm a 10-20 mm a vzorek ze spodní stavby z hloubkové úrovně 0-10 mm a 10-20 mm. Vzorky byly podrobeny souboru fyzikálně chemických stanovení

umožňujících analyzovat mikrostrukturu těchto vzorků. Dílčí vzorky byly odebrány z povrchu vybraných částí konstrukce viz Tab. 8.

Tab. 8 – Specifikace míst odběru vzorků

OZNAČENÍ VZORKU	KONSTRUKČNÍ PRVEK	VZDÁLENOST OD LÍCE KONSTRUKČNÍHO PRVKU
1	nosná konstrukce - nosník č. 1 - krajní nosník	0 - 10 mm
2	nosná konstrukce - nosník č. 1 - krajní nosník	10 - 20 mm
3	nosná konstrukce - nosník č. 2 - vnitřní nosník	0 - 10 mm
4	nosná konstrukce - nosník č. 2 - vnitřní nosník	10 - 20 mm
5	nosná konstrukce - nosník č. 7 - vnitřní nosník	0 - 10 mm
6	nosná konstrukce - nosník č. 7 - vnitřní nosník	10 - 20 mm
7	levá opěra - rozšířená část opěry	0 - 10 mm
8	levá opěra - rozšířená část opěry	10 - 20 mm

Výsledky zkoušek

Z důvodu velkého množství dat, viz příloha 9 až 13.

Shrnutí výsledků

U povrchových vrstev hodnocených konstrukčních prvků mostu, do hloubky 10 mm, bylo zjištěno, že se nachází v některých částech v první, v některých pak ve druhé etapě karbonatace. Beton z větší vzdálenosti od líce konstrukce se nachází v první etapě karbonatace.

V první etapě karbonatace je prostřednictvím oxidu uhličitého z atmosféry ve skladbě betonu napadán hlavně portlandit. Výsledkem těchto reakcí je uhličitán vápenatý a to především v hrubozrnné formě.

Ve druhé etapě karbonatace jsou prostřednictvím oxidu uhličitého napadány hlavně kalciumhydrosilikátové gely. Mechanické vlastnosti betonu neklesají v první ani druhé etapě karbonatace, avšak alkalita betonu postupem času klesá a tím je značně snižována schopnost betonu chránit výztuž proti korozi.

Míra kontaminace betonu chloridy byla provedena srovnáním množství chloridů zjištěných v analyzovaných vzorcích betonu s limitní hodnotou stanovenou normou ČSN EN 206+A1 [19], která je 0,4 %.

Z výsledků provedených analýz byl stanoven poměr mezi chloridy zjištěnými v betonu a výpočtem stanovenými dávkami cementu. Porovnáním zjištěných hodnot s kritériem stanoveným normou ČSN EN 206+A1 [19] je uvedena v Tab. 22. Nutné je však podotknout, že dávka cementu, která byla stanovena výpočtem pro jednotlivé vzorky, je pouze orientační. Kvůli velikosti vzorků není dostatečně postižena přirozená heterogenita betonu atd. S ohledem na tyto skutečnosti je však možné považovat uváděné výsledky za odpovídající, protože je především podstatný obsah chloridových iontů z vnějšího prostředí a vápenatých iontů z cementové matrice.

Tab. 9 – Porovnání obsahu chloridů s kritérii normy ČSN EN 206 [19]

OZNAČENÍ VZORKU	OBSAH CHLORIDŮ VZTAŽENÝ K DÁVCE CEMENTU [% z hmotnosti cementu]	HODNOCENÍ RIZIKA KORÓZE VÝZTUŽE [dle ČSN EN 206 je max. přípustný poměr obsahu chloridů ku cementu 0,4 %]
1	0,1	Kritérium splněno - nehrozí bezprostřední koroze výztuže
2	0,1	Kritérium splněno - nehrozí bezprostřední koroze výztuže
3	0,2	Kritérium splněno - nehrozí bezprostřední koroze výztuže
4	0,1	Kritérium splněno - nehrozí bezprostřední koroze výztuže
5	méně než 0,01	Kritérium splněno - nehrozí bezprostřední koroze výztuže
6	0,1	Kritérium splněno - nehrozí bezprostřední koroze výztuže
7	méně než 0,01	Kritérium splněno - nehrozí bezprostřední koroze výztuže
8	0,2	Kritérium splněno - nehrozí bezprostřední koroze výztuže

Z Tab. 9 vyplývá, že u betonu hodnocených konstrukčních prvků mostu ev. č. 39614-3 je míra karbonatace relativně nízká. Beton tak není výrazně zasažen pronikáním chloridových iontů.

Také míra degradace z hlediska působení agresivních vlivů z vnějšího prostředí lze označit za stabilizovaný.

9. ZÁVĚR

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část se zabývala rešerší literatury, která má blízký vztah k řešení daného tématu, kterým je příprava a realizace stavebně technického průzkumu. Zejména pak rešerší diagnostiky betonových konstrukcí a s tím spjaté betonové mosty. V praktické části bylo cílem zpracování stavebně technického průzkumu a vyhodnocení výsledků zkoušek fyzikálně mechanických parametrů betonu na mostě ev. č. 39614-3 přes místní potok za Pasohlávkami. Dále ověření výztuže nosné konstrukce mostu a skladby vozovek. Všechny tyto části byly splněny.

V přechodové oblasti mostu u opěry (blíž k Pasohlávkám) došlo k sednutí tělesa a je zde příčná trhлина na celou šířku vozovky.

Beton opěr degraduje a území pod mostem je zaneseno a s tím je spojena degradace betonové desky.

Plošná izolace je poškozená a dochází k průsakům. Chybí římsy na obou stranách mostu pro ochranu proti stékající vodě z komunikace. Voda prosakuje spárami mezi nosníky a vznikají vápenné krápníky.

Záchytné zařízení je nevyhovující, nedostatečná výška a odklonění svodidla.

Laboratorní výsledky ukázaly, že pevnost betonu nosné konstrukce a opěr je vyhovující a karbonatace u betonu je ve stabilizovaném stavu. Avšak z důvodu poškození mostní izolace a absenci říms se však tyto skutečnosti s přítomností vody mohou nadále zhoršovat.

10. SEZNAMY

10.1 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. 2. vydání. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [2] VLČEK, Milan. *Poruchy a rekonstrukce staveb*. 3. vyd. Brno, Technická knihovna, 222 s. Brno: ERA, 2006. ISBN 80-7366-073-3.
- [3] PROF. ING. LEONARD HOBST, CSc., CSc., ADÁMEK, Ph.D., CIKRLE, Ph.D., SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí*. Brno: VUT Fast, 2005.
- [4] DOC. ING. PAVEL SCHMID, Ph.D. *Základy zkušebnictví*. Brno: CERM, 2001.
- [5] ČSN 73 2011. *Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí*. Praha: ÚNMZ, 2012.
- [6] *PrEN 13 791. Assessment of concrete compressive strength in structures or in structural elements*. Brussels: CEN, 2018.
- [7] ČSN 73 1373. *Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [8] *Archiv Ing. Ondřeje Antona, Ph.D.*
- [9] MATOUŠEK, Milan a Rostislav DROCHYTKA. *Atmosférická koroze betonů*. Praha: IKAS, 1998. ISBN 80-902-5580-9.
- [10] KLAPKA, Michal. *Analýza procesu mletí slínekových minerálů*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Karel Dvořák, Ph.D.
- [11] KLOUŽKOVÁ, A., P. ZEMANOVÁ, J. KLOUŽEL a W. PABST. *Termická analýza: Zřízení laboratoře pro praktickou výuku termické analýzy se zaměřením na anorganické nekovové materiály*. Praha: VŠCHT, 2012.
- [12] *Archiv Ing. Jaromír Láník, Ph.D.*

- [13] *TP 54 Provádění železobetonových desek spřažených s prefabrikovanými nosníky mostů PK*. IMOS, 1992.
- [14] ČSN 73 6221. *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [15] MARVAN, Michal. *Návrh silničního předepjatého mostu na obchvatu Náchoda*. Praha, 2019. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. Lukáš Vráblík PhD.
- [16] *Mosty: část první*. Pardubice: Katedra dopravní infrastruktury.
- [17] ŘSD. Silniční a dálniční síť ČR. *In: geoportal.rsd.cz* [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://geoportal.rsd.cz/webappbuilder/apps/7/>
- [18] MAPY. *In: mapy.cz* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=16.5357006&y=48.9014547&z=15&q=pasohl%C3%A1vky>
- [19] ČSN EN 73 206+A1. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: ÚNMZ, 2018.

10.2 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Převod druhu, značky, třídy betonů a značení, vlastní zpracování podle.....	27
Tab. 2	Minimální množství zkušebních míst podle objemu konstrukce.....	30
Tab. 3	Součinitel k_n pro stanovení 5 % kvantilu.....	40
Tab. 4	Přehled typů tvrdoměrů Schmidt.....	44
Tab. 5	Určení klasifikačního stupně stavu mostu.....	55
Tab. 6	Typ formuláře podle druhu prohlídky.....	56
Tab. 7	Skladba vozovky v místě provedené sondy SK1.....	73
Tab. 8	Specifikace míst odběru vzorků.....	78
Tab. 9	Porovnání obsahu chloridů s kritérii normy ČSN EN 206.....	79

10.3 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Schéma postupu stavebně technického průzkumu.....	18
Obr. 2	Schéma využití metod NDT.....	21
Obr. 3	Přehled zkušebních předpisů pro hodnocení a zkoušení betonu v konstrukcích.....	24
Obr. 4	Ukázka připravených vzorků vývrtů.....	33
Obr. 5	Ukázka hloubky karbonatace na jádrovém vývrtu.....	35
Obr. 6	Ukázka nalezené výztuže pomocí přístroje Proceq PM 630.....	38
Obr. 7	Zařízení pro odběr jádrových vývrtů.....	42
Obr. 8	Přístroj Profometer Proceq PM 630.....	43
Obr. 9	Přístroj Schmidt N.....	44
Obr. 10	Dříve používané typy prefabrikovaných nosníků.....	46
Obr. 11	Návrhové charakteristiky mostního objektu.....	47
Obr. 12	Nosníky tvaru širokopřírubového T nebo I.....	48
Obr. 13	Nosníky tvaru obráceného T.....	49
Obr. 14	Nosník tvaru I.....	50
Obr. 15	Vyznačení polohy zkoumaného mostu ev. č. 39614-3 na silnici 39614.....	57
Obr. 16	Výřez z mapy znázorňující polohu mostního objektu v širším okolí.....	58
Obr. 17	Letecký snímek mostního objektu a jeho blízkého okolí.....	58
Obr. 18	Výkres situace mostní konstrukce.....	59
Obr. 19	Řez A-A'	59
Obr. 20	Řez B-B'	60
Obr. 21	Pohled na opěru 1 a 2.....	61

Obr. 22	Pohled na spodní líc nosné konstrukce.....	62
Obr. 23	Pohled na příčnou trhlinu na vozovce.....	63
Obr. 24	Pohled na skladbu vozovky.....	63
Obr. 25	Pohled na římsu s vegetací a krápníky.....	64
Obr. 26	Pohled na záchytné zařízení.....	64
Obr. 27	Poloha jádrových vývrtů V1+V2 a V3 na nosné konstrukci.....	65
Obr. 28	Celkový pohled na místo jádrového vývrtu V1 a V2.....	66
Obr. 29	Detailní pohled do průvrtu a odebrání vrtu V1 a V2.....	66
Obr. 30	Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V1.....	66
Obr. 31	Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V2.....	66
Obr. 32	Celkový pohled na místo provedení jádrového vývrtu V3.....	67
Obr. 33	Detailní foto měření hloubky jádrového vývrtu sondy V3.....	67
Obr. 34	Detailní foto ostění betonu sondy V3 po vyjmutí návrtu.....	67
Obr. 35	Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V3.....	67
Obr. 36	Poloha jádrových vývrtů spodní stavby.....	69
Obr. 37	Celkový pohled na levou opěru s vývrtem V4.....	70
Obr. 38	Detailní foto měření hloubky jádrového vývrtu sondy V4.....	70
Obr. 39	Detailní foto ostění vývrtu sondy V4 po vyjmutí návrtu.....	70
Obr. 40	Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V4.....	70
Obr. 41	Celkový pohled na pravou opěru s vývrtem V5.....	70
Obr. 42	Detailní foto měření hloubky jádrového vývrtu sondy V5.....	70
Obr. 43	Detailní foto ostění vývrtu sondy V5 po vyjmutí návrtu.....	71
Obr. 44	Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V5.....	71
Obr. 45	Celkový pohled na levou opěru s vývrtem V6.....	71
Obr. 46	Detailní foto měření hloubky jádrového vývrtu sondy V6.....	71

Obr. 47	Detailní foto ostění vývrtu sondy V6 po vyjmutí návrtu.....	71
Obr. 48	Laboratorní foto odebraného vzorku betonu ze sondy V6.....	71
Obr. 49	Poloha sondy SK1 za účelem zjištění skladby vozovky.....	73
Obr. 50	Skladba vozovky sondy SK1.....	73
Obr. 51	Celkový pohled na provedené místo sondy SK1.....	74
Obr. 52	Měření tloušťky vozovkových vrstev od horního líce nosné konstrukce.....	74
Obr. 53	Detailní pohled na jednotlivé vrstvy ostění sondy SK1.....	74
Obr. 54	Detailní pohled na skladbu vozovky SK1.....	74
Obr. 55	Poloha sekaných sond SV1, SV2, SV3.....	74
Obr. 56	Celkový pohled na místo provedení sekané sondy SV1.....	75
Obr. 57	Detailní pohled na sekanou sondu uprostřed rozpětí nosníku SV1.....	75
Obr. 58	Detailní pohled měření krytí dolní výztuže v sondě SV1.....	76
Obr. 59	Ověření průměru žebírkové výztuže nosníku v sondě SV1.....	76
Obr. 60	Celkový pohled na místo provedení sekané sondy SV2.....	76
Obr. 61	Detailní pohled na sekanou sondu uprostřed rozpětí nosníku SV2.....	76
Obr. 62	Detailní pohled měření krytí dolní výztuže v sondě SV2.....	76
Obr. 63	Ověření průměru žebírkové výztuže nosníku v sondě SV2.....	76
Obr. 64	Celkový pohled na místo provedení sekané sondy SV3.....	77
Obr. 65	Detailní pohled na sekanou sondu uprostřed rozpětí nosníku SV3.....	77
Obr. 66	Detailní pohled měření krytí dolní výztuže v sondě SV3.....	77
Obr. 67	Ověření průměru žebírkové výztuže nosníku v sondě SV3.....	77

10.4 SEZNAM ZKRATEK

ČSN	Česká technická norma
NDT	Nedestruktivní testování
ev.č.	Evidenční číslo
STP	Stavebně technický průzkum
NDT	Nedestruktivní zkoušky
ČSN ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
ČSN EN	Evropská norma
prEN	Návrh evropské normy
RTG	Rentgenová difrakční analýza
DTA	Diferenční termická analýza
např.	Například
atd.	A tak dále
pozn.	Poznámka
č.	Číslo
tzv.	Takzvaný
Tab.	Tabulka
Obr.	Obrázek
cca	Přibližně
příl.	Příloha
s.	Stran

10.5 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Pevnostní parametry betonu.....	89
Příloha 2	Statické hodnocení souboru na zkušebních tělesech.....	89
Příloha 3	Výsledky NDT zkoušek betonu předpjatých nosníků (součinitel α již zahrnut).....	90
Příloha 4	Statické hodnocení souboru výsledků NDT zkoušek s upřesněním.....	91
Příloha 5	Pevnostní parametry betonu – levá opěra.....	92
Příloha 6	Statické hodnocení souboru na zkušebních tělesech – levá opěra.....	92
Příloha 7	Pevnostní parametry betonu – pravá opěra.....	93
Příloha 8	Statické hodnocení souboru na zkušebních tělesech – pravá opěra.....	93
Příloha 9	Chemický rozbor.....	94
Příloha 10	Výsledky rentgenové difrakční analýzy.....	94
Příloha 11	Výsledky diferenční termické analýzy.....	94
Příloha 12	Stanovení pH výluhu.....	95
Příloha 13	Zařazení vzorků do etapy karbonatace.....	95

Příloha 1 - Pevnostní parametry betonu

OZN.	PRŮMĚR TĚLESA		DĚLKA TĚLESA	HMOT. VZORKU	OBJEM. HMOT.	SÍLA PŘI PORUŠENÍ	PEVNOST VZORKU	ŠTÍHLOST PRVKU	OPRAV. SOUČ.	PŘEV. SOUČ.	VÁLCOV. PEVNOST	PŘEV. SOUČ.	KRYCH. PEVNOST
	d [mm]	L [mm]	m [g]	ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	F [kN]	f_c [MPa]	i [-]	k_{ccy} [-]	$k_{prům, cy}$ [-]	$f_{c, cyl}$ [MPa]	$k_{cy, cu}$ [-]	$f_{c, cube}$ [MPa]	
V1	50,77	53,11	234,7	2183	113,2	55,9	1,046	0,865	0,911	44,0	1,15	50,6	
V2	50,37	54,77	224,0	2052	115,6	58,0	1,087	0,876	0,910	46,2	1,15	53,1	
V3.1	51,21	48,6	211,8	2116	112,8	54,8	0,949	0,824	0,911	41,1	1,15	47,3	
V3.2	50,92	48,52	216,3	2189	119,6	58,7	0,953	0,827	0,911	44,2	1,15	50,8	

Příloha 2 - Statické hodnocení souboru na zkušebních tělesech

VELIČINA	OZNAČ.	HODNOTY	JEDNOTKA	VYHODNOCENÍ
OBJEMOVÁ HMOTNOST BETONU	ρ	2140	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Třída betonu dle:
STŘEDNÍ HODNOTA	m_x	50,5	[MPa]	ČSN EN 206-1 C 35/45
VÝBĚROVÁ SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	s_x	2,39	[MPa]	ČSN 73 1201 (1986) B 45
POČET PLATNÝCH VZORKŮ	n	4	[-]	ČSN 73 1201 (1956) 500
VARIÁČNÍ SOUČINITEL	V_x	4,73	[-]	
MAX. VAR. SOUČ. DLE ČSN 73 2011	V_{max}	16,00	[-]	
STEJNORODOST ČSN 73 2011		stejn.	[-]	
SOUČINITEL ODHADU 5% KVANTILU	k_n	1,83	[-]	
CHARAKT. PEVNOST BETONU V TLAKU	$f_{c, cube}$	46,1	[MPa]	

Příloha 3 - Výsledky NDT zkoušek betonu předpjatých nosníků (součinitel α již zahrnut)

NOSNÍK	MÍSTO	SMĚR	ODRAZ Č.										PLATNÁ n	$f_{be,i}$ [Mpa]	α_t	α_w	α	$f_{b,i}$ [Mpa]
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1 (krajní)	1	↑	61	65	64	65	66	64	64	65	60	66	10	77,5	0,9	1,00	0,72	50,22
			72	79	78	79	81	78	78	79	70	81						
	2	↑	63	60	64	64	62	63	62	62	63	66	10	75,7	0,9	1,00	0,72	49,3
			76	70	78	78	74	76	74	74	76	81						
2	3	↑	54	55	50	49	47	55	55	55	56	52	10	57,7	0,9	1,00	0,72	37,6
			60	62	52	51	47	62	62	62	63	56						
	4	↑	59	63	55	58	53	53	54	56	58	53	10	63,7	0,9	1,00	0,72	41,5
			68	76	62	67	58	58	60	63	67	58						
3	5	↑	60	60	63	60	61	60	59	60	60	62	10	71,0	0,9	1,00	0,72	46,3
			70	70	76	70	72	70	68	70	70	74						
	6	↑	59	60	63	62	60	61	58	62	60	58	10	70,8	0,9	1,00	0,72	46,1
			68	70	76	74	70	72	67	74	70	67						
4	7	↑	58	56	55	50	58	56	53	56	58	53	10	62,0	0,9	1,00	0,72	40,4
			67	63	62	52	67	63	58	63	67	58						
	8	↑	52	48	56	54	57	51	58	50	52	59	10	59,0	0,9	1,00	0,72	38,4
			56	49	63	60	65	54	67	52	56	68						
5	9	↑	59	57	58	54	58	55	55	53	56	57	10	63,7	0,9	1,00	0,72	41,5
			68	65	67	60	67	62	62	58	63	65						
	10	↑	60	56	55	60	55	55	63	53	56	52	10	64,2	0,9	1,00	0,72	41,8
			70	63	62	70	62	62	76	58	63	56						
6	11	↑	62	59	60	56	62	63	62	63	61	58	10	71,4	0,9	1,00	0,72	46,5
			74	68	70	63	74	76	74	76	72	67						
	12	↑	59	58	55	58	59	63	61	58	58	56	10	67,7	0,9	1,00	0,72	44,1
			68	67	62	67	68	76	72	67	67	63						
7	13	↑	57	58	60	57	54	56	53	57	56	56	10	63,9	0,9	1,00	0,72	41,6
			65	67	70	65	60	63	58	65	63	63						
	14	↑	59	53	59	56	56	53	60	54	61	58	10	64,7	0,9	1,00	0,72	42,2
			68	58	68	63	63	58	70	60	72	67						
8 (krajní)	15	↑	62	60	59	60	58	59	53	62	58	53	10	67,4	0,9	1,00	0,72	43,9
			74	70	68	70	67	68	58	74	67	58						
	16	↑	56	60	61	60	60	58	61	58	60	58	10	68,8	0,9	1,00	0,72	44,8
			63	70	72	70	70	67	72	67	70	67						

Příloha 4 - Statické hodnocení souboru výsledků NDT zkoušek s upřesněním

VELIČINA	OZNAČ.	HODNOTY	JEDNOTKA
POČET ZKUŠEBNÍCH MÍST	n	16	[-]
POČET PLATNÝCH ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	n- plat.	16	[-]
MINIMÁLNÍ PEVNOST	$f_{be,min}$	37,6	[MPa]
ARITMETICKÝ PRŮMĚR PEVNOSTÍ	f_{be}	43,5	[MPa]
MAXIMÁLNÍ PEVNOST	$f_{be,max}$	50,5	[MPa]
VÝBĚROVÁ SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	S_x	3,60	[MPa]
REZIDUÁLNÍ SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	S_{rez}	2,5	[MPa]
VARIAČNÍ KOEFICIENT	V_x	8,3	[%]
POSOUZENÍ ROVNOMĚRNOSTI	V_x	<16% VYHOVUJE	
SOUČINITEL ODHADU 5% KVANTILU	b_n	1,73	[-]
PEVNOST BETONU V TLAKU	f_b	37,3	[MPa]
DLE ČSN EN 206	C 30/37		
DLE ČSN EN 73 2400 (1989)	B 35		
DLE ČSN 73 2001 (1970)	400		

Příloha 5 - Pevnostní parametry betonu – levá opěra

OZN.	PRŮMĚR TĚLESA	DĚLKA TĚLESA	HMOT. VZORKU	OBJEM. HMOT.	SÍLA PŘI PORUŠENÍ	PEVNOST VZORKU	ŠTÍHLOST PRVKU	OPRAV. SOUČ.	PŘEV. SOUČ.	VÁLCOV. PEVNOST	PŘEV. SOUČ.	KRYCH. PEVNOST
	d [mm]	L [mm]	m [g]	ρ [kg*m ⁻³]	F [kN]	f_c [MPa]	i [-]	$k_{c,cy}$ [-]	$k_{pr\acute{r}um,cy}$ [-]	$f_{c,cyl}$ [MPa]	$k_{cy,cu}$ [-]	$f_{c,cube}$ [MPa]
V4.1	99,73	99,36	1646,5	2121	176,1	22,5	0,996	0,849	0,950	18,1	1,25	22,6
V4.2	99,89	98,22	1584,4	2058	167,8	21,4	0,983	0,843	0,950	17,1	1,25	21,4
V6.1	99,82	95,97	1505,7	2001	171,1	21,8	0,960	0,832	0,950	17,2	1,25	21,5
V6.2	99,83	97,59	1492,5	1950	163,2	20,8	0,977	0,841	0,950	16,6	1,25	20,8
V6.3	99,91	98,86	1534,2	1979	169,6	21,6	0,989	0,846	0,950	17,4	1,25	21,8

Příloha 6 - Statické hodnocení souboru na zkušebních tělesech – levá opěra

VELIČINA	OZNAČ.	HODNOTY	JEDNOTKA	VYHODNOCENÍ
OBJEMOVÁ HMOTNOST BETONU	ρ	2020	[kg*m ⁻³]	Třída betonu dle:
STŘEDNÍ HODNOTA	m_x	21,6	[MPa]	ČSN EN 206-1 C 16/20
VÝBĚROVÁ SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	s_x	0,66	[MPa]	ČSN 73 1201 (1986) B 20
POČET PLATNÝCH VZORKŮ	n	5	[-]	ČSN 73 1201 (1956) 250
VARIAČNÍ SOUČINITEL	V_x	3,06	[-]	
MAX. VAR. SOUČ. DLE ČSN 73 2011	V_{max}	16,00	[-]	
STEJNORODOST ČSN 73 2011		stejn.	[-]	
SOUČINITEL ODHADU 5% KVANTILU	k_n	1,80	[-]	
CHARAKT. PEVNOST BETONU V TLAKU	$f_{c,cube}$	20,4	[MPa]	

Příloha 7 - Pevnostní parametry betonu – pravá opěra

OZN.	PRŮMĚR TĚLESA		DĚLKA TĚLESA		HMOT. VZORKU		OBJEM. HMOT.		SÍLA PŘI PORUŠENÍ		PEVNOST VZORKU		ŠTÍHLOST PRVKU		OPRAV. SOUČ.		PŘEV. SOUČ.		VÁLCOV. PEVNOST		PŘEV. SOUČ.		KRYCH. PEVNOST	
	d	[mm]	L	[mm]	m	[g]	ρ	[kg*m ⁻³]	F	[kN]	f_c	[MPa]	i	[-]	$k_{c,cy}$	[-]	$k_{pr,um,cy}$	[-]	$f_{c,cyl}$	[MPa]	$k_{cy,cu}$	[-]	$f_{c,cube}$	[MPa]
V5.1	99,68		98,62		1546,3		2009		85,6		11,0		0,989		0,846		0,950		8,8		1,25		11,0	
V5.2	99,74		95,74		1513,4		2023		83,3		10,7		0,960		0,832		0,950		8,5		1,25		10,6	

Příloha 8 - Statické hodnocení souboru na zkušebních tělesech – pravá opěra

VELIČINA	OZNAČ.	HODNOTY	JEDNOTKA	VYHODNOCENÍ
OBJEMOVÁ HMOTNOST BETONU	ρ	2020	[kg*m ⁻³]	Třída betonu dle:
STŘEDNÍ HODNOTA	m_x	10,8	[MPa]	ČSN EN 206-1 C 8/10
VÝBĚROVÁ SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	s_x	0,28	[MPa]	ČSN 73 1201 (1986) B 10
POČET PLATNÝCH VZORKŮ	n	2	[-]	ČSN 73 1201 (1956) 135
VARIAČNÍ SOUČINITEL	V_x	2,59	[-]	
MAX. VAR. SOUČ. DLE ČSN 73 2011	V_{max}	16,00	[-]	
STEJNORODOST ČSN 73 2011		stejn.	[-]	
SOUČINITEL ODHADU 5% KVANTILU	k_n	2,01	[-]	
CHARAKT. PEVNOST BETONU V TLAKU	$f_{c,cube}$	10,2	[MPa]	

Příloha 9 – Chemický rozbor

OZNAČENÍ VZORKU	NEROZPUSTNÝ ZBYTEK [%]	OXID VÁPENATÝ [%]	SÍRANY [%]	CHLORIDY [%]	OXID MANGANATÝ [%]
1	72,36	8,52	0,41	0,02	0,043
2	72,02	8,74	0,56	0,01	0,047
3	73,56	7,99	0,44	0,03	0,044
4	71,56	8,26	0,41	0,02	0,047
5	72,11	8,41	0,62	méně než 0,01	0,052
6	71,63	8,07	0,44	0,01	0,061
7	72,58	7,99	0,34	méně než 0,01	0,045
8	71,56	8,21	0,41	0,03	0,044

Příloha 10 – Výsledky rentgenové difrakční analýzy

OZNAČENÍ VZORKU	IDENTIFIKOVANÝ MINERÁL
1	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, β křemen, živce, biolit
2	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, β křemen, živce
3	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, β křemen, jílové minerály
4	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, β křemen, živce, biolit
5	Kalcit, kalciumhydrosilikát II, karbonátový komplex, β křemen, živce
6	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, β křemen, živce, biolit
7	Kalcit, kalciumhydrosilikát II, karbonátový komplex, β křemen, živce, muskovit
8	Kalcit, portlandit, stopově kalciumhydrosilikát II, β křemen, živce

Příloha 11 – Výsledky diferenční termické analýzy

OZNAČENÍ VZORKU	ZTRÁTA ŽÍHÁNÍM [%]	UHLIČITAN VÁPENATÝ JEMNOZRNNÝ [%]	UHLIČITAN VÁPENATÝ HRUBOZRNNÝ [%]	UHLIČITAN VÁPENATÝ CELKOVÝ [%]
1	-	5,0	2,8	7,8
2	-	4,6	2,9	7,5
3	-	4,4	2,9	7,2
4	-	4,0	2,1	6,1
5	-	6,3	2,9	9,2
6	-	4,9	2,8	7,7
7	-	6,3	2,8	9,1
8	-	4,7	2,7	7,4

Příloha 12 – Stanovení pH výluhu

OZNAČENÍ VZORKU	pH [-]
1	11,1
2	11,7
3	11,0
4	11,9
5	10,4
6	11,3
7	10,5
8	11,7

Příloha 13 – Zařazení vzorků do etapy karbonatace

OZNAČENÍ VZORKU	STUPEŇ KARBONATACE °K [%]	STUPEŇ MODIFIKAČNÍ PŘEMENY °MP [-]	pH [-]	ETAPA KARBONATACE
1	51,2	0,57	11,1	I.
2	47,8	0,63	11,7	I.
3	50,8	0,65	11,0	I.
4	41,3	0,54	11,9	I.
5	61,4	0,47	10,4	II.
6	53,6	0,58	11,3	I.
7	63,8	0,44	10,5	II.
8	50,7	0,58	11,7	I.