



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

DIAGNOSTIKA VYBRANÉ MOSTNÍ KONSTRUKCE

DIAGNOSTICS OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ING. Bc. JAKUB NOVÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. PETR ŽÍTT

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Ing. Bc. Jakub Novák
Název	Diagnostika vybrané mostní konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Petr Žítt
Datum zadání	31.3.2018
Datum odevzdání	11.1.2019

V Brně dne 31.3. 2018

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

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

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Jiří Stráský, Betonové mosty, 2001
- [2] ČSN 73 6200 Mostní názvosloví
- [3] ČSN 73 6206 Navrhování betonových a železobetonových mostních konstrukcí
- [4] ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady
- [5] ČSN 73 6221 Prohlídky mostů
- [6] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - hodnocení existujících konstrukcí
- [7] Související ČSN, EN, ISO
- [8] TP 72 - Diagnostický průzkum mostů PK
- [9] Schmid,P., a kol.: Základy zkušebnictví, skriptum, CERM 2001

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci diplomové práce bude provedena podrobná rešerše metod používaných při diagnostice mostních konstrukcí. Bude provedena diagnostika vybrané mostní konstrukce (aktuální stav mostu včetně všech jeho součástí, skladba vozovky, stanovení fyzikálně - mechanických parametrů spodní stavby a nosné konstrukce včetně případného vyztužení). Na základě prací při měření v terénu budou stanoveny dílčí pevnostní parametry betonu, popř. ostatních zabudovaných materiálů. Bude provedeno vyhodnocení laboratorních zkoušek. Dle typu zvoleného mostu bude dále proveden statický výpočet a popř. numerická analýza vybrané části popř. celé mostní konstrukce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....

Ing. Petr Žítt

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá diagnostikou vybraného železobetonového trámového mostu v obci Luhačovice. V rámci tejto práce sú tiež popísané jednotlivé diagnostické metódy a nástroje používané pri diagnostike mostných konštrukcií. Cieľom diagnostiky predmetnej mostnej konštrukcie je teda stanoviť aktuálny stav mostu, ktorý spočíva najmä v overení skutočnej skladby vozovky, stanovení fyzikálno - mechanických vlastností použitého betónu (pevnosť, hĺbka karbonatácie) a vo vybraných prvkoch mostnej konštrukcie zistiť typ, počet a polohu ohybovej či šmykovej výztuže. Na základe vyhodnotenia laboratórnych skúšok je vykonaný statický prepočet vybranej časti mostnej konštrukcie. Finálnym vyhodnotením je zistenie zaťažiteľnosti s následným návrhom nevyhnutných a doporučených opatrení pre zachovanie či zlepšenie funkčnosti mostnej konštrukcie.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

Most, železobetonový most, trámový most, diagnostika mostu, diagnostické metódy, beton, výztuž

ABSTRACT

The Diploma thesis deals with the Diagnostics of Reinforced Concrete Bridge in the village of Luhačovice. This thesis also describes the individual Diagnostic methods and instruments used in purpose to make Diagnosis of bridge constructions. The main aim of the Diagnostics is to determine the current state of the Bridge which consists in verification of the actual road structure, determination of the physical and mechanical parameters of the Concrete (strength, depth of carbonation) and in some parts of the bridge structure to determine the type, number and position of the bending or shear reinforcement. Based on the evaluation of the laboratory tests a static calculation of the selected part of the Bridge structure is performed. The final evaluation is the determination of the load and the subsequent design of the necessary and recommended measures for maintaining or improving the functionality of the bridge structure.

KEYWORDS

Bridge, Reinforced Concrete Bridge, Beam Bridge, Diagnostics of Bridge, Diagnostic methods, Concrete, Reinforcement

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Ing. Bc. Jakub Novák *Diagnostika vybrané mostní konstrukce*. Brno, 2018. 101 s., 19 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Petr Žítt

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY

ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Diagnostika vybrané mostní konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. ledna 2019

.....

Ing. Bc. Jakub Novák

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Diagnostika vybrané mostní konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. ledna 2019

.....

Ing. Bc. Jakub Novák

autor práce

POĎAKOVANIE

Ďakujem predovšetkým svojmu vedúcemu diplomovej práce Ing. Petru Žíttovi za veľmi ochotný prístup, výbornú komunikáciu, cenné rady i poskytnuté všetky potrebné materiály a odborné vedenie počas celej doby písania tejto práce. Taktiež ďakujem všetkým, ktorí mi štúdium umožnili, po celé štúdium ma podporovali a boli mi oporou či inak nápomocní pri spracovávaní tejto práce.

V Brně dne 11. ledna 2019

.....

Ing. Bc. Jakub Novák

autor práce

OBSAH

ÚVOD	11
CIEĽ PRÁCE	12
1 TEORETICKÁ ČASŤ	13
1.1 DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÝCH KONŠTRUKCIÍ	13
1.1.1 NEDEŠTRUKTÍVNE METÓDY	13
1.1.2 SEMIDEŠTRUKTÍVNE METÓDY	20
1.1.3 DEŠTRUKTÍVNE METÓDY	22
1.2 ZAŤAŽITEĽNOSŤ	23
1.2.1 NORMÁLNA ZAŤAŽITEĽNOSŤ V_N	23
1.2.2 VÝHRADNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ V_R	26
1.2.3 VÝNIMOČNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ V_E	28
2 PREHLIADKA OBJEKTU	29
2.1 IDENTIFIKÁCIA VYBRANÉHO MOSTNÉHO OBJEKTU	29
2.1.1 POPIS OBJEKTU	29
2.1.2 ZÁKLADNÉ ÚDAJE O MOSTE	31
2.2 VIZUÁLNA PREHLIADKA A POPIS STAVU A ZÁVAD ČASTI MOSTU	32
2.2.1 SPODNÁ STAVBA	34
2.2.2 NOSNÁ KONŠTRUKCIA	37
2.2.3 MOSTNÝ ZVRŠOK	42
2.2.4 MOSTNÉ VYBAVENIE	47
2.2.5 CUDZIE ZARIADENIA	48
2.3 ZPRACOVANIE PLÁNU DIAGNOSTICKÉHO PRIEZKUMU	49
2.3.1 STANOVENIE PEVNOSTI BETÓNU V TLAKU	50
2.3.2 ROVNOMERNOSŤ	53
2.3.3 STANOVENIE MODULU PRUŽNOSTI	54
2.3.4 STANOVENIE HĽBKY KARBONATÁCIE	54
2.3.5 OVERENIE VÝZTUŽE	54
3 POSTUP A VYHODNOTENIE PRIEZKUMU	55
3.1 POUŽITÉ NEDEŠTRUKTÍVNE METÓDY	56
3.1.1 ELEKTROMAGNETICKÁ METÓDA	56
3.2 POUŽITÉ SEMIDEŠTRUKTÍVNE A DEŠTRUKTÍVNE METÓDY	60
3.2.1 JADROVÉ VÝVRTY	60
3.2.1 SEKANÁ SONDA	66

3.3 HĽBKA KARBONATÁCIE	68
3.4 VYHODNOTENIE DIAGNOSTIKY	69
3.4.1 SKLADBA VOZOVKY	69
3.4.2 FYZIKÁLNO - MECHANICKÉ VLASTNOSTI BETÓNU	70
3.4.3 VYZTUŽENIE VYBRANÝCH ŽB PRVKOV	75
4 POSÚDENIE MOSTU VRÁTANE STATICKÉHO VÝPOČTU	78
4.1 GEOMETRICKÉ ROZMERY MOSTU	78
4.2 VÝPOČTOVÝ MODEL	80
4.3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	81
4.4 ZAŤAŽENIE	82
4.4.1 STÁLÉ	82
4.4.2 NÁHODILÉ	83
4.5 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI DESKY	86
4.5.1 SPOLUPÔSOBIACA ŠÍRKA DESKY	86
4.5.2 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI PRIEREZU	87
4.6 STANOVENIE ZAŤAŽITELNOSTI	89
4.6.1 NORMÁLNA ZAŤAŽITELNOSŤ	89
4.6.2 VÝHRADNÁ ZAŤAŽITELNOSŤ	89
4.6.3 VÝNIMOČNÁ ZAŤAŽITELNOSŤ	90
4.7 VYHODNOTENIE ZAŤAŽITELNOSTI	90
5 NÁVRH SANÁCIÍ A OPATRENÍ	91
5.1 SANÁCIE NEVYHNUTNÉ PRE ZACHOVANIE FUNKČNOSTI MOSTU	91
5.2 OPATRENIA DOPORUČENÉ PRE MODERNIZÁCIU	92
ZÁVER	93
ZOZNAMY	95
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	95
ZOZNAM TABULIEK	98
ZOZNAM OBRÁZKOV	98
ZOZNAM SCHÉM	101
ZOZNAM PRÍLOH	101
PRÍLOHY	102

ÚVOD

Mostné konštrukcie sú jedny z najnáročnejších a dynamicky najviac namáhaných stavieb. Sú často realizované v obtiažnych podmienkach a dimenzované na dlhú životnosť. Pri prieskumoch je preto nutné k nim pristupovať veľmi dôsledne. Predmetom tejto práce je vykonanie diagnostiky jednopolevého ŽB trémového mostu ev. č. M5 cez Luhačovický potok na ulici Nádražní v obci Luhačovice. Práca je rozdelená do celkom piatich kapítol. Prvá kapitola je rýdzo teoretickej povahy, obsahuje výčet a stručný popis najpoužívanejších diagnostických metód pri prieskumoch železobetonových konštrukcií. Súčasťou tejto kapitoly je aj teoretický úvod do problematiky zaťažiteľnosti pozemných komunikácií v rozsahu potrebnom pre aplikáciu na statický prepočet daného mostu. Kapitola druhá je venovaná identifikácii a samotnej prehliadke mostu. Dôsledne popisuje skutočnosti - stav a závady jednotlivých častí mostu, zistené pri vizuálnej prehliadke. Významným problémom je na niektorých miestach úplne odhalená ohybová výstuž u krajných trémov nosnej konštrukcie. Betón tak stráca svoju ochrannú schopnosť brániť výstuž pred vznikom korózie. Tieto poznatky budú slúžiť najmä ako podklad pre návrh sanačných opatrení. V rámci tejto kapitoly je tiež spracovaný plán diagnostického prieskumu. Rýdzo praktickej povahy je kapitola tri, ktorá už pracuje s konkrétne navrhnutými respektíve zvolenými diagnostickými metódami. Výstupom je vyhodnotenie diagnostiky tzn. stanovenie skladby vozovky, fyzikálno-mechanických vlastností betónu a výstuženia vybraných železobetonových trémov. Toto bude slúžiť ako podklad slúžiaci k statickému prepočtu zaťažiteľnosti danej mostnej konštrukcie, ktorý je vykonaný statickým posúdením mostu v kapitole štyri. Výpočet porovnáva zaťažiteľnosť krajného nosného trému, ktorý má oslabenú výstuž a stredného nosného trému s neporušenou výstužou. Finálnym vyhodnotením je zistenie zaťažiteľnosti s následným návrhom nevyhnutných a doporučených opatrení pre zachovanie či zlepšenie funkčnosti mostnej konštrukcie, ktorým je táto práca zakončená a jedná sa o kapitolu päť.

CIEĽ PRÁCE

Cieľom tejto práce je u predmetnej mostnej konštrukcie na vybraných častiach mostu stanoviť aktuálny stav, ktorý spočíva najmä v overení skutočnej skladby vozovky, stanovení fyzikálno - mechanických vlastností použitého betónu (pevnosť, hĺbka karbonatácie) a vo vybraných prvkoch mostnej konštrukcie zistiť typ, počet, priemer a polohu ohybovej či šmykovej výztuže. Na základe vyhodnotenia laboratórnych skúšok sa vykoná statický prepočet vybranej časti mostnej konštrukcie. Finálnym vyhodnotením je zistenie zaťažiteľnosti s následným návrhom nevyhnutných a doporučených opatrení pre zachovanie či zlepšenie funkčnosti mostnej konštrukcie.

1 TEORETICKÁ ČASŤ

1.1 DIAGNOSTIKA ŽELEZOBETONOVÝCH KONŠTRUKCIÍ

Diagnosticke metódy môžeme rozdeliť do niekoľkých skupín. Pri určovaní resp. zaraďovaní jednotlivých metód do skupín je jedným z hlavných hľadísk stupeň poškodenia konštrukcie, ktoré vzniká ako následok zvolenej metódy pre účely diagnostického skúmania. Z tohto hľadiska môžeme jednotlivé metódy rozdeliť na:

- nedeštruktívne metódy,
- semideštruktívne metódy a
- deštruktívne metódy. [2] [3]

1.1.1 NEDEŠTRUKTÍVNE METÓDY

Pri použití nedeštruktívnych metód v zásade nedochádza k porušeniu konštrukcie. Zásah do materiálu je takmer zanedbateľný. K jediným viditeľným znakom na povrchu konštrukcie môže za určitých okolností dochádzať v prípade tvrdomerých metód (brúsením či miesto narušené vrypom alebo vtiskom).

NEDEŠTRUKTÍVNE METÓDY JE MOŽNÉ ROZDELIT DO DVOCH SKUPÍN:

- metódy založené na fyzikálnom princípe (merajú sa nimu skúmané veličiny)
- metódy podľa meranej veličiny (sú merané rôznymi fyzikálnymi princípmi)

TVRDOMERNÉ METÓDY

Sú založené na princípe merania tvrdosti povrchu materiálu s následným prevedom tvrdosti na pevnosť daného materiálu na základe korelačných vzťahov. Tvrdomeré metódy rozdelujeme na vrypové, vtiskové, odrazové a vnikacie. Nespornou výhodou týchto metód je rýchlosť a jednoduchosť. Hlavnou nevýhodou a obmedzením v prípade použitia napríklad odrazovej metódy

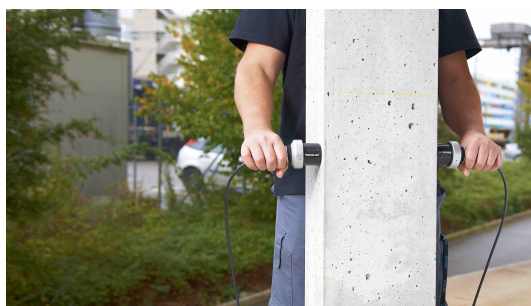
kladivkom Schmidt je v skúšaní povrchovej vrstvy, kde je veľké riziko, že bude mať odlišnú pevnosť oproti pevnosti vnútornej a preto sa jedná iba o odhad pevnosti. Tento jav sa obvykle objavuje u stĺpov, oporách či stien, kedy v dôsledku povrchových úprav či karbonatácie môže byť povrch výrazne tvrdší. [3]



Obr. 1 Skúška odrazovou metódou - kladivko Proceq Silver Schmidt PC/ST [6]

ELEKTRODYNAMICKÉ METÓDY

Tieto metódy pracujú na princípe snímania a vyhodnocovania účinkov mechanického vlnenia vyvolaného určitým mechanickým podnetom v skúšanom materiáli. Ultrazvuková impulzná metóda, ktorá pracuje na princípe mechanického vlnenia s frekvenciou od 20kHz do 150kHz sa v súčasnosti zaraďuje medzi najčastejšie používané. Táto metóda sa využíva najmä pre účely skúšania materiálových vlastností či porúch konštrukcií. Rýchlosť priechodu je závislá na kvalite daného materiálu (objemová hmotnosť, homogenita), kedy najmä poruchy tohto materiálu ako sú napr. dutiny, praskliny či kaverny spôsobujú spomalenie priechodu. Meranie na priamo je možné len u prvkov, ktoré sú prístupné z oboch strán (prievlaky, trámy, stĺpy), kedy vysielajúca i príjmajúca sonda sú oproti sebe. V prípade, že prístup je obmedzený len z jednej



strany (napr. betonové podlahy), hovoríme o nepriamom meraní, vysielajúca i príjmajúca sonda je umiestnená na lícnej strane konštrukcie viz. obr. 2 a 3. [3]

Obr. 2 Použitie ultrazvukovej metódy - Pundit PL200 [7]



Obr. 3 Polohy sond pri meraní pomocou ultrazvukového impulzu [3]

ELEKTROMAGNETICKÉ METÓDY

Sú založené na využití elektromagnetických vlastností skúšaného materiálu. Pomocou elektromagnetického vlnenia sme schopný zistiť kovovú výztuž, ktorá zapríčiní zmenu charakteristík elektromagnetického poľa čo sa následne zobrazí na analogovom alebo digitálnom prístroji. Bežný dosah je do hĺbky 200 mm. Pomocou elektromagnetických indikátorov je teda možné identifikovať či sa jedná o beton prostý alebo vyztužený, polohu výztuže rovnako je možné stanoviť priemer výztuže či stanoviť krytie výztužnej vložky. Naopak pre svoje obmedzenie nie vhodný pre identifikáciu druhej vrstvy výztuže v rovnakom smere alebo ak je výztuž vedená príliš blízko seba či mimo dosah prístroja. [3]

Medzi významné spoločnosti zaoberajúce sa výrobou a vývojom týchto elektromagnetických indikátorov patrí napr. Proceq, Hilti a Bosch. Na Obr. 4 je znázornený postupný vývoj týchto prístrojov od spoločnosti Proceq.



Obr. 4 Vývoj prístrojov Profometer švajčiarskej spoločnosti Proceq [7]

PROFOMETER PM-630 PROCEQ

Postupným vývojom (znázorneným na predchádzajúcom obr. 4) spoločnosť Proceq uviedla v roku 2013 na trh prístroj 6. generácie viz obr. 5. Oproti svojmu predchodcovi z roku 2001 sa výrazne odlišuje a obsahuje mnoho moderných prvkov. Na plne dotykovom displeji je možné sledovať a kontrolovať priebeh merania v reálnom čase. Rovnako bola vylepšená sonda obsahujúca 4 koliečka a svetelnú signalizáciu pre zvýšenie komfortnosti a presnosti merania. [7]



Obr. 5 Profometer PM-630 [7]

S prístrojom je možné pracovať v dvoch režimoch. V ponuke je možnosť voľby prepnutia do režimu na zistenie minimálneho krytia alebo režimu na zistenie priemeru výztuže. Výrobcom sú deklarované tieto základné atribúty:

- hĺbka detekcie do 185 mm
- presnosť lokalizácie +/- 3 mm
- presnosť určenia hĺbky od +/- 1 do +/- 4 mm. [7]

Velkou výhodou elektromagnetických indikátorov je ich rýchlosť a jednoduchosť pri kontrolovaní či určovaní polohy, priemeru a krytia výztuže. Avšak pre ich limitujúci hĺbkový dosah je ich použitie častokrát ako podporné v kombinácií s inými metódami (napr. sekanými sondami alebo metódou radiografie).

Tento prístroj bol použitý pri meraní v terénu pre účely spracovania praktickej časti tejto diplomovej práce.

RADIAČNÉ METÓDY

Princíp týchto metód spočíva v zoslabení ionizujúceho žiarenia v materiály alebo moderácií rýchlych neutrónov na jadrách vodíka. Do tejto skupiny metód sa zaraďujú aj merania prírodnej radioaktivity a radonu v objektoch.

- radiografické metódy - určenie polohy výztuže v betone
- radiometrické metódy - určenie objemovej hmotnosti a vlhkosti materiálu
- meranie radonu - určenie koncentrácie radonu v pôde a obytných domoch

Medzi najrozšírenejšou radiačnou metódou patrí radiografia tiež nazývaná ako radiačná defektoskopia, ktorá využíva špecifické vlastnosti ionizujúceho žiarenia - schopnosť prechádzať hmotou v rôznej hustote toku. [4]

Zdrojom žiarenia býva radioaktívny kobalt $\text{Co } 60$. Gamažiarice sú schopné prežiariť železobetónové konštrukcie až do hrúbky 500 mm. Z tohto dôvodu sa využíva najmä v silno vyztužených železobetónových konštrukciách (tj. pruty sú uložené blízko seba alebo vo viacerých vrstvách nad sebou alebo výztuž má hrubú vrstvu krytia betonu). Na zistenie polohy výztuže v konštrukcii sa využíva rozdiel medzi objemovou hmotnosťou betonu a oceli. V miestach výztuže sa takéto žiarenie oslabí a to sa na radiografickom filme zaznamená formou svetlých pruhov. [5]



Obr. 6 Radiografický uranový kryt TECH/OPS [3]

Pomocou tejto metódy je teda možné určiť polohu výztuže, jej druh a tiež priemer. Výhodou gamažiaricov je ich nezávislosť na zdrojoch energie. Avšak veľkým mínusom tejto metódy je jej vysoká miera pracnosti, časovej a finančnej

náročnosti. Rovnako je nutné zaviesť opatrenia aby sa predišlo pohybu osôb v blízkosti ochranného pásma žiariča. Nabytím účinnosti nového atomového zákona¹ od 1.1.2017 je však táto metóda takmer nepoužiteľná. [3] [4]

GEORADAR

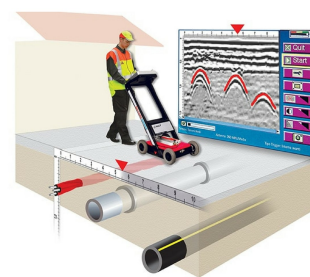
Metóda georadaru alebo tiež GPR (Ground Penetrating Radar) je založená na princípe vysielania vysokofrekvenčných elektromagnetických pulzov do skúmaného prostredia (pôdy či betonu) a pomocou ich odrazov zaznamenáva nehomogenity v takomto prostredí. Tato technológia bola pôvodne vyvinutá pre účely skúmania zemného prostredia na vyhľadávanie polohy potrubia, archeologické prieskumy atď. (viz obrázky nižšie). Dnes však svoje uplatnenie nájde v rôznych odvetviach ako je napríklad letectvo, kozmonautika, kriminalistika, geológia a geotechnika, archeológia a stavebníctvo. Georadary sa vyznačovali výraznou veľkosťou a zložitou prístroja. V ČR je používanie tejto technológie v stavebnom priemysle datované začiatkom 20. storočia avšak v iných odvetviach už počiatkom 90. rokov. V roku 2010 bol uvedený na trh prístroj PS 1000 X-Scan od spoločnosti HILTI, čo znamenalo veľký prelom vo využívaní technológie georadaru v stavebnom priemysle (viz popis nižšie). [4] [8]



Obr. 7 GPR aparatura z roku 1970 [9]



Obr. 8 GPR aparatura - súčasnosť [10]



Obr. 9 Meranie GPR aparaturou [11]

¹ Zákon č. 263/2016 Sb. (Atomový zákon) v znení neskorších predpisov

RADAR HILTI PS 1000 X-SCAN

Týmto prístrojom je možné vyhľadať všetky druhy kovových predmetov ako napríklad výstuž, predpínacie tiahla, medenné či hliníkové trubky, ktoré sú uložené v betone. Rovnako prístroj zaznamenáva v betone aj nekovové predmety ako sú napr. vzduchové dutiny, plasty, kabelovody, kabley zo sklenených vlákien atď. Sonda má tri antény, ktoré dokážu veľmi presne určiť polohu výstuže a to aj v prípade existencie viac vrstiev. Užívateľsky je tento prístroj veľmi jednoduchý na obsluhu viz Obr. 10.

Výrobcom sú deklarované nasledujúce atribúty:

- Hĺbka detekcie do 400 mm
- Presnosť lokalizácie +/- 10 mm
- Presnosť určenia hĺbky +/- 10 mm [12]



Obr. 10 Hilti PS 1000 X-Scan [12]

Prístroj Hilti PS 1000 X-Scan umožňuje v reálnom čase náhľad do betonových konštrukcií, kedy pomocou pripojeného softwaru vyhodnocuje dáta priamo na mieste. Je možné skenovať v troch režimoch. Liniové skenovanie poskytujúce pohľad v reze - režim Quickscan. Režim Quickscan Recording sa používa pre záznam dlhej rady skenov. Režim Imagescan umožňuje zobrazenie výstupov v 2D alebo 3D pričom plošné skenovanie prebieha v raste buď 600 x 600 mm alebo 1200 x 1200 mm. Tento prístroj je teda väčšinou používaný na detekovanie vyztuženia alebo určenia nehomogenity prvku. Medzi výhody patrí najmä hĺbka dosahu, rýchle vyhodnotenie a prehľadné zobrazovanie. Zásadnou nevýhodou je absencia schopnosti merania priemeru ocelevej výstuže, tzn. že táto metóda sa v praxi dopĺňa inou vhodnou alternatívou merania, napríklad elektromagnetickým detektorom výstuže prístrojom Profemetr. [5] [12]

1.1.2 SEMIDEŠTRUKTÍVNE METÓDY

Poškodenie konštrukcie po vykonaní semideštruktívnych skúšok je len čiastočné a po vhodnej volbe kontrolných miest na konštrukcii i staticky nezávažné. Vo väčšine prípadov dochádza k narušeniu len povrchnému s výnimkou jadrových vývrtov, kedy dochádza k odvrtaniu časti konštrukcie. Avšak oproti mohutnosti skúšaného prvku sú jadrové vývrty veľmi malé a po ich realizácii sú tieto poškodené miesta zapravené. Medzi semideštruktívne metódy môžeme teda zaradiť jadrové vývrty, odtrhové skúšky apod. [3]

JADROVÉ VÝVRTY

Jadrové vývrty patria medzi najčastejšie spôsoby získania vzorku materiálu z konštrukcie. Realizácia vývrtu prebieha pomocou vrtačky so špeciálnymi dutými valcami opatrenými na spodnej strane vrtáku tvrdokovovými či diamantovými britmi. Vrtačka je umiestnená v stojane, ktorý umožňuje vodorovné, zvislé i šikmé vrtanie viz Obr. 11. Brity vrtáku sú ochladzované vodou stým, že do tehlového muriva je možné vrtáť aj na sucho tj. bez chladenia. Pre betonové a murované konštrukcie sa najčastejši používajú vrtáky o vnútornom priemere valca 50, 75, 100 a 150 mm (existujú aj menšie 25 mm avšak tie sú používané len výnimočne).



Obr. 11 Realizácia jadrových vývrtov vodorovne prístrojom SPX-H (BL) Hilti [13]

Priemer vývrtu sa volí podľa účelu (napr. v prípade železobetónových konštrukcií sa musí najskôr zistiť poloha výstuže aby nedošlo k jej prevrtaniu a tým i k znehodnoteniu vzorku). Z jadrových vývrtov je možné zistiť skladbu a hrúbku

jednotlivých vrstiev konštrukcie a vykonať vizuálne zhodnotenie betónu. Pomocou ďalších skúšok na vývrtoch je možné stanoviť najmä pevnosť betónu v tlaku, objemovú hmotnosť a modul pružnosti. Tieto hodnoty sú dôležité pre účely statického výpočtu. Ďalej je možné určiť hĺbku a stupeň degradácie. Je dôležité zdôrazniť, že vzorky sa odoberajú z rovnakých miest kde boli predtým vykonané nedeštruktívne skúšky. Miesta pre odber vzorkou sa volia tak, aby odpovedali rovnomernému rozmiestneniu a reprezentovali oblasť najlepšej, priemernej a najhoršej kvality betonu a aby boli z oblasti prostého alebo málo vyztuženého betónu. Vždy je však nutné tieto miesta voliť tak aby neohrozovali statiku objektu. Všetky odobraté vzorky sa musia ihneď zdokumentovať a popísať. Musí byť zaznamenané miesto a orientácia na prvku z ktorého bol vývrt odobraný. Ak sa vývrt použije na výrobu viac skúšobných telies, musia byť telesa označená tak, aby bolo možné identifikovať ich umiestnenie a orientáciu v pôvodnom vývrte. [3] [38]

ODTRHOVÉ SKÚŠKY

Pomocou tejto skúšky sa určuje prídržnosť povrchových vrstiev na nosnom podklade (nátery, omietky apod.) alebo na stanovenie ťahovej pevnosti povrchových i podpovrchových vrstiev betonu. Skúška sa realizuje tak, že na skúšobné miesto, ktoré je predvrtané jadrovým vrtákom o vnútornom priemere 50 mm do požadovanej hĺbky betonu, sa prilepí epoxidovaným lepidlom upravený terč o priemere 50 mm. Po stuhnutí lepidla sa terč uchytí do trhacieho prístroja (viz Obr. 12) a týmto zariadením sa vykoná skúška v osovom ťahu. [3]



Obr. 12 Prístroj používaný k odtrhovým skúškám DY-225 Family (Pull-Off Testing) [14]

1.1.3 DEŠTRUKTÍVNE METÓDY

Je ich nutné použiť v prípade, kedy metódy nedeštruktívne nie sú postačujúce k dosiahnutiu daného cieľa alebo je potrebné niektoré charakteristiky upresniť. Kombinácia sa javí ako veľmi účelná - deštruktívna metóda je schopná upresniť kalibračné vzťahy metód nedeštruktívnych.

SEKANÁ SONDA

Pri použití tejto metódy dochádza k viditeľnému poškodeniu konštrukcie a to odstránením krycej vrstvy betonu tak aby bolo možné vizuálne vyhodnotiť obnaženú výstuž viz Obr 13. Miesto sekanej sondy sa zpravidla volí v mieste ťahového namáhania prvku, kedy odstránenie krycej vrstvy betonu nemá na únosnosť negatívny dopad pretože normálové napätie prenáša výstuž. Pomocou posuvného meradla sa potom zmeria priemer výstuže, vzájomná poloha a krytie betonu. Po získaní týchto údajov sa poškodené miesta zapravujú tak aby nedošlo ku korózii výstuže. Táto metóda predstavuje riziko v prípade zložitejšie vyztužených prvkov, kde výstuž, ktorá je umiestnená hlbšie v danom prvku nie je odhalená z dôvodu nebezpečenstva narušenia únosnosti konštrukcie. Z tohto dôvodu je efektívna len u veľmi jednoduchých prípadov vyztužovania (čo najbližšie k povrchu). [5]



Obr. 13 Snímok sekanej sondy z diagnostického prieskumu

Použitím tejto metódy dochádza k výraznému zásahu do konštrukcie avšak nespornou výhodou je, že pomocou nej dochádza k presnej identifikácii výstuže v konštrukcii. Z tohto dôvodu je najčastejšie používanou deštruktívnou metódou pre účely diagnostického skúmania práve sekaná sonda.

1.2 ZAŤAŽITEĽNOSŤ

Zaťažiteľnosť mostov je daná najväčšou okamžitou hmotnosťou vozidiel, ktorých jazdu je možné na moste dovoliť za podmienok ďalej určených. Podľa druhu ideálneho zvislého pohyblivého zaťaženia sa u mostov na diaľniciach, cestách a miestnych komunikáciách stanovuje zaťažiteľnosť normálna, výhradná a výnimočná. Výpočet zaťažiteľnosti sa stanovuje podľa normy ČSN 73 6222.

1.2.1 NORMÁLNA ZAŤAŽITEĽNOSŤ V_N

Je maximálna možná hmotnosť jedného vozidla pri normálnom zvislom pohyblivom zaťažení. Zaťažovacie schéma normálnej zaťažiteľnosti vychádza z modelu zaťaženia 1 (LM1) definovaného v ČSN EN 1991-2, vrátane šírky a číslovania zaťažovacích pruhov w_i . Počet a šírka zaťažovacích pruhov w_i sa určí v závislosti na šírke zaťažovacieho priestoru w (vzdialenosť medzi zvýšenými obrubami alebo zvodidlami) nasledovne:

Tab. 1 Počet a šírka zaťažovacích pruhov

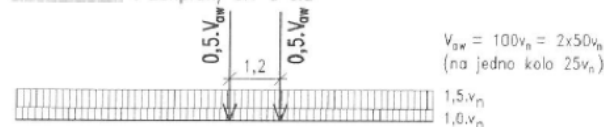
$w \leq 5,4 \text{ m}$	jeden zaťažovací pruh šírky 3,0 m
$5,4 \text{ m} \leq w \leq 6,0 \text{ m}$	dva zaťažovacie pruhy šírky 0,5 w
$w > 6,0 \text{ m}$	$w/3$ zaťažovacích pruhov (zaokruhlene na celé číslo dole) šírky 3,0 m

Zaťažovacie pruhy sa môžu v priečnom smere lubovoľne premiestňovať a môžu ale nemusia sa dotýkať. Časť plochy zaťažovacieho priestoru (v pozdĺžnom i priečnom smere) nemusia byť zaťažené, ak sa tým vyvodí extrémny účinok zaťaženia (viz obrázok na nasledujúcej strane).

TYP ZATÍŽENÍ

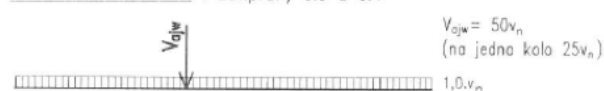
"1" – TĚŽKÉ

DVOUNÁPRAVA : Zat.pruhy č.1 a č.2



"2" – STŘEDNÍ

JEDNODUCHÁ NÁPRAVA : Zat.pruhy č.3 a č.4



"3" – LEHKÉ

ZBÝVAJÍCÍ PLOCHA ZAT.PROSTORU



PŮDORYS

"3" – LEHKÉ

"1" – TĚŽKÉ

"3" – LEHKÉ

"2" – STŘEDNÍ

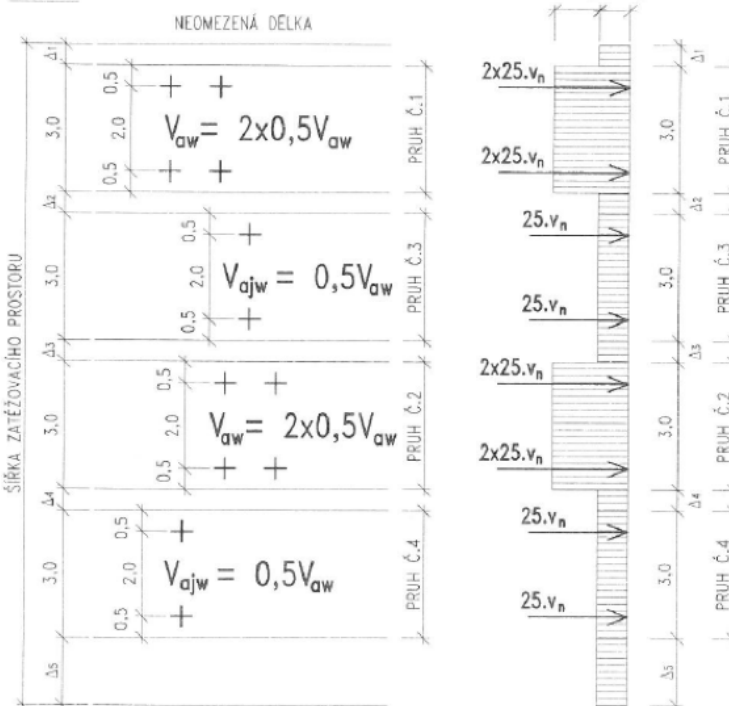
"3" – LEHKÉ

"1" – TĚŽKÉ

"3" – LEHKÉ

"2" – STŘEDNÍ

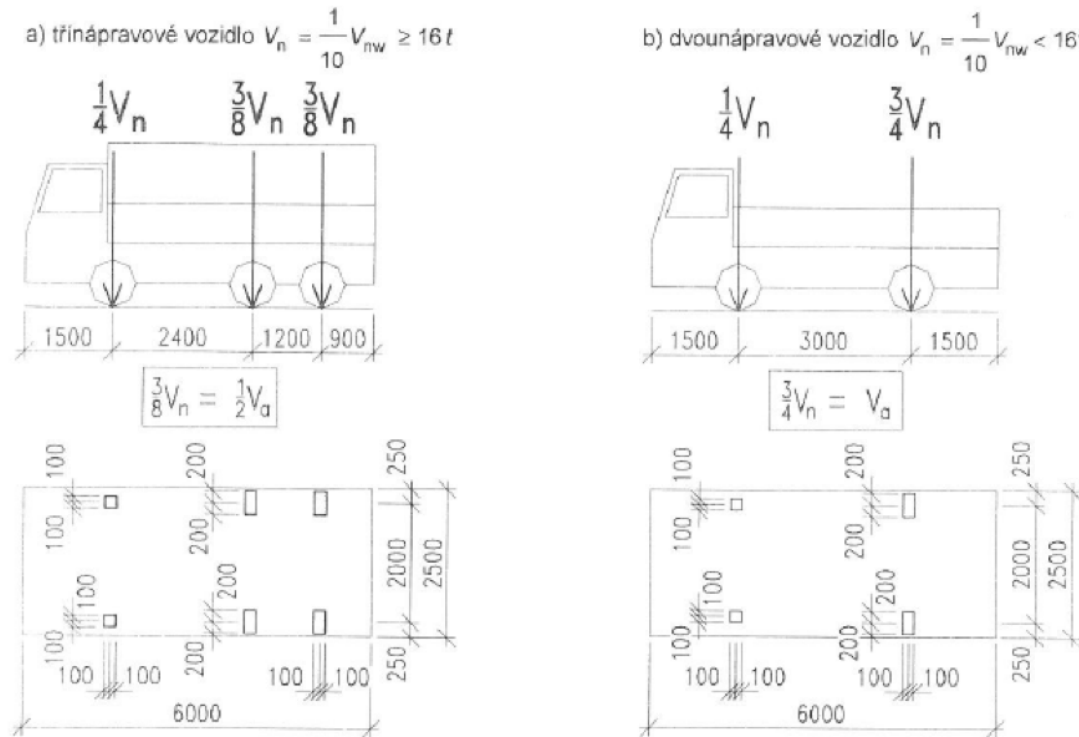
"3" – LEHKÉ

Obr. 14 Zatažovacie schéma pre normálnu zatažitelnosť V_n

ZATAŽOVACIE SCHÉMA PRE NORMÁLNU ZATAŽITEĽNOSŤ OBSAHUJE:

- po jednej dvojnápave v zatažovacích pruhoch č. 1 a č. 2. Zataženie na každú dvojnápravu je: $V_{aw} = 100 v_n$, tj. $2 \times 50 v_n$
- po jednej jednoduchej náprave v zatažovacích pruhoch č. 3 a č. 4. Zataženie na každú jednoduchú nápravu je: $V_{ajw} = 1 \times 50 v_n$
- rovnomerné zataženie s hodnotou $2,5 v_n$ neobmedzenej dĺžky v zatažovacích pruhoch č. 1 a č. 2
- rovnomernosť zataženia s hodnotou v_n neobmedzenej dĺžky v zatažovacích pruhoch č. 3 a č. 4 a na zostávajúcej ploche zatažovacieho priestoru.

Ak je normálna zaťažiteľnosť V_n stanovená menšia ako 16 t, je nutné pri zaťažení typu "1" v zaťažovacích pruhoch č. 1 a 2 nahradiť dvounápravu náhradnou jednoduchou nápravou podľa obrázku nižšie. Zaťaženie náhradnej jednoduchej nápravy je rovnaké ako na pôvodnú dvojnápravu, teda $100 v_n$ (na koleso $50 v_n$).



Obr. 15 Normálna zaťažiteľnosť menšia ako 16 t

Podľa rozhodujúceho medzného stavu sa určí odpovedajúca odolnosť prvku, z ktorej sa stanoví hodnota v_n . Pritom sa prihliadne k dynamickým účinkom pohyblivého zaťaženia a poprípadne aj k jednotlivým súčinitelom spoľahlivosti ak ide o vyhodnocovanie podmienky vyjadrujúcu spoľahlivosť konštrukcie proti prekročeniu niektorého z medzných stavov únosnosti.

Číselná hodnota zaťaženia na zadnú nápravu, prípadne dvojnápravu, v zaťažovacích pruhoch č. 1 a 2 je daná vzťahom:

$$V_{AW} = 100 v_N \quad [\text{kN}]$$

Hmotnosť vozidla, ktorá odpovedá normálnej zaťažiteľnosti je:

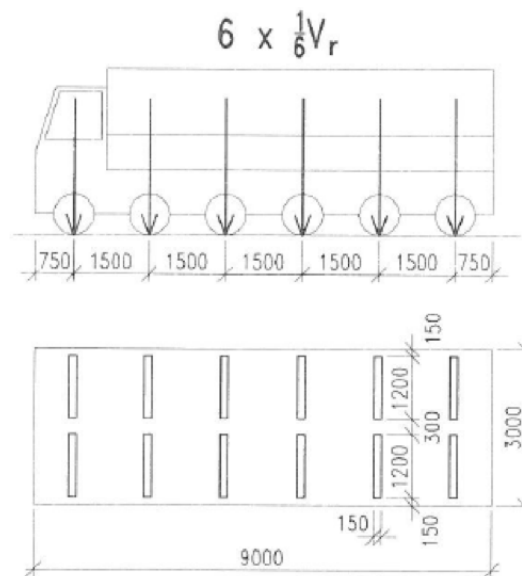
$$V_{NW} = (4/3) V_{AW} \quad [\text{kN}]$$

Normálna zaťažiteľnosť sa spočíta zo vzťahu:

$$V_N = (1/10) V_{NW} \quad [\text{T}]$$

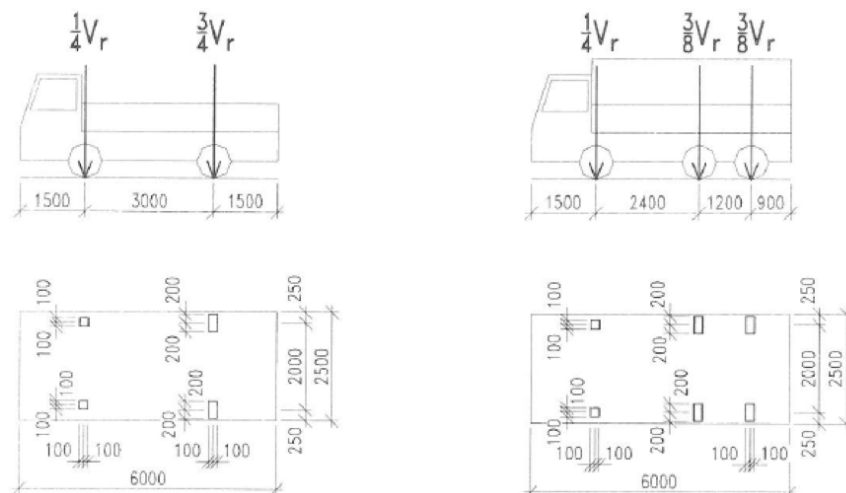
1.2.2 VÝHRADNÁ ZAŽAŽITEĽNOSŤ V_R

Výhradná zaťažiteľnosť vyjadruje najväčšiu okamžitú celkovú hmotnosť vozidla, ktoré môže byť na moste ako jediné, pričom vodič vozidla je povinný zaistiť, aby na most súčasne nevchádzali zo žiadneho smeru iné vozidlá. Výhradná zaťažiteľnosť sa stanoví ako maximálna prípustná hmotnosť jediného šesťnápravového vozidla podľa obrázku nižšie v prípade, že stanovená hmotnosť V_r jediného šesťnápravového vozidla je väčšia ako 50 t.



Obr. 16 Výhradná zaťažiteľnosť 6-nápravového vozidla

V ostatných prípadoch sa stanoví výhradná zaťažiteľnosť jediného dvojnápravového vozidla. Ak je jeho hmotnosť väčšia ako 16 t, je potom možné výhradnú zaťažiteľnosť stanoviť ako maximálnu prípustnú hmotnosť V_r jediného trojnápravového vozidla podľa obrázku nižšie.



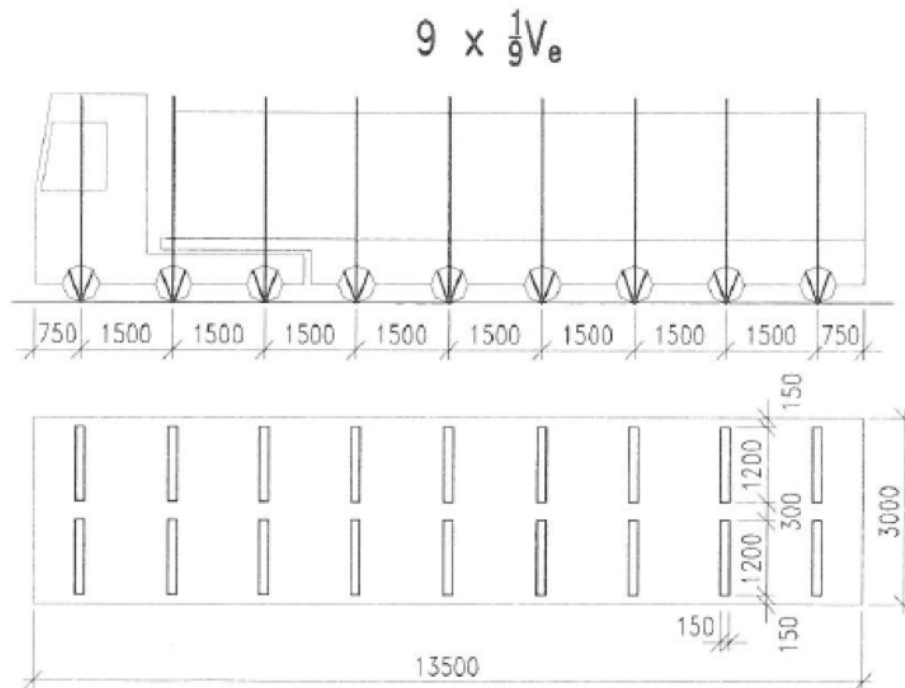
Obr. 17 Výhradná zaťažiteľnosť dvoj a troj - nápravového vozidla

Pri stanovení výhradnej zaťažiteľnosti sa konštrukcia zaťaží vozidlom jednotkovej hmotnosti (viz obrázok vyššie). Určí sa rozhodujúci účinok zaťaženia v rozhodujúcom priereze prvku mostu. Podľa rozhodujúceho medzného stavu sa určí odpovedajúca odolnosť prvku, z ktorej sa stanoví hmotnosť vozidla V_{nw} [kN] a tomu odpovedajúca výhradná zaťažiteľnosť V_r . Pritom sa prihliadne k dynamickým účinkom pohyblivého zaťaženia a poprípadne aj k jednotlivým súčiniteľom spoľahlivosti (ak ide o vyhodnocovanie podmienky vyjadrujúcej spoľahlivosť konštrukcie proti prekročeniu niektorých z medzných stavov únosnosti). Výhradná zaťažiteľnosť sa potom určí zo vzťahu:

$$V_r = (1/10) V_{nw} \quad [T]$$

1.2.3 VÝNIMOČNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ V_E

Výnimočná zaťažiteľnosť je maximálna možná hmotnosť deväť-nápravového vozidla pri výnimočnom zvislom pohyblivom zaťažení. Šírka vozidla je 3,0 m a celková dĺžka 13,5 m.



Obr. 18 Výnimočná zaťažiteľnosť deväť-nápravového vozidla

Výnimočná zaťažiteľnosť sa stanoví ako najväčšia prípustná hmotnosť deväť-nápravového vozidla, ktoré sa pohybuje na moste v predpísanej stope (s najväčšou prípustnou odchýlkou $\pm 0,5$ m) a predpísanou rýchlosťou. Pri stanovení výhradnej zaťažiteľnosti sa konštrukcia zaťaží vozidlom jednotkovej hmotnosti. Určí sa rozhodujúci účinok zaťaženia v rozhodujúcom priereze prvku mostu. Podľa rozhodujúceho medzného stavu sa určí odpovedajúca odolnosť prvku, z ktorej sa stanoví hmotnosť deväť-nápravového vozidla V_{ew} (kN odpovedajúce výnimočnej zaťažiteľnosti V_e). Pritom sa prihliadne k dynamickým účinkom pohyblivého zaťaženia a poprípade aj k jednotlivým súčiniteľom spoľahlivosti, ak ide o vyhodnocovanie podmienky vyjadrujúcej spoľahlivosť konštrukcie proti prekročeniu niektorého z medzných stavov únosnosti. Výnimočná zaťažiteľnosť sa potom určí zo vzťahu:

$$V_E = (1/10) V_{EW} \quad [T]$$

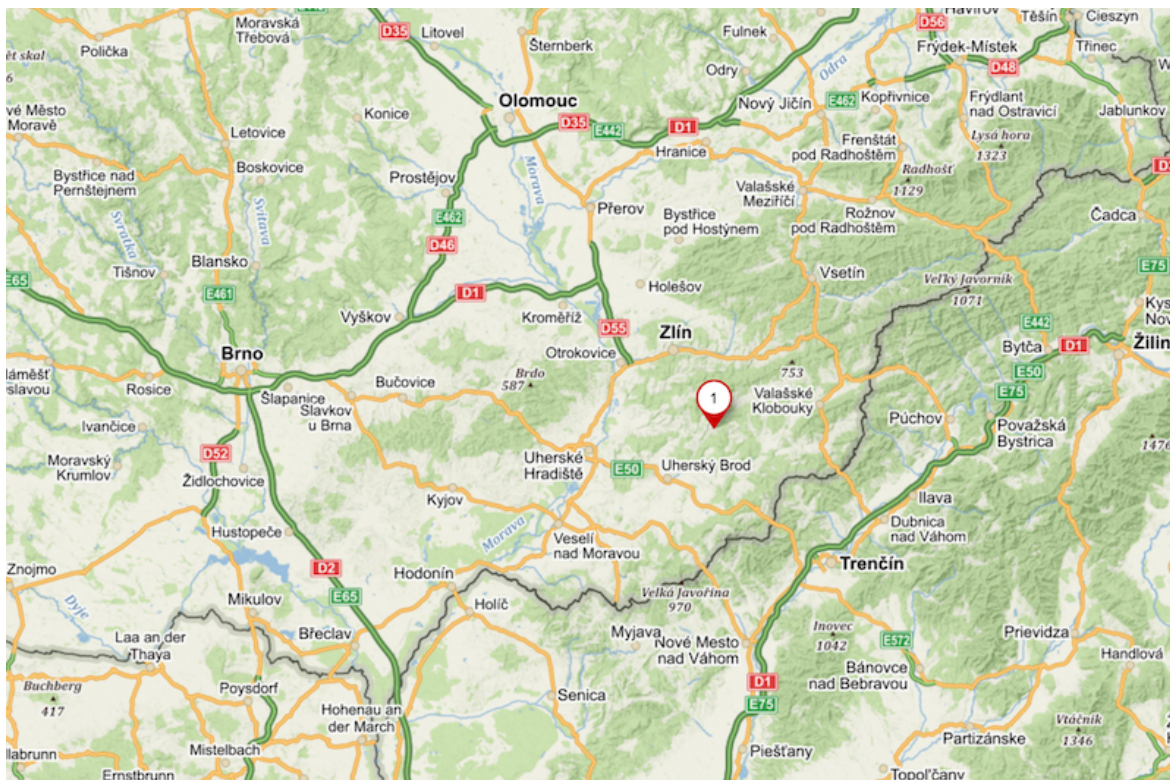
2 PREHLIADKA OBJEKTU

Táto časť práce sa zaoberá najmä prehliadkou mostu, ktorá vychádza z normy ČSN 73 6221. V tejto norme sú uvedené druhy a termíny mostných prehliadok, ich vykonávanie a rozsah. V našom prípade sa jedná o prehliadku bežnú, ktorá nadväzuje na prehliadku hlavnú. Po vstupnom popise základných údajov o danom mostnom objekte je prevažná časť zameraná na popis stavu a závad častí mostu a ich možné príčiny.

2.1 IDENTIFIKÁCIA VYBRANÉHO MOSTNÉHO OBJEKTU

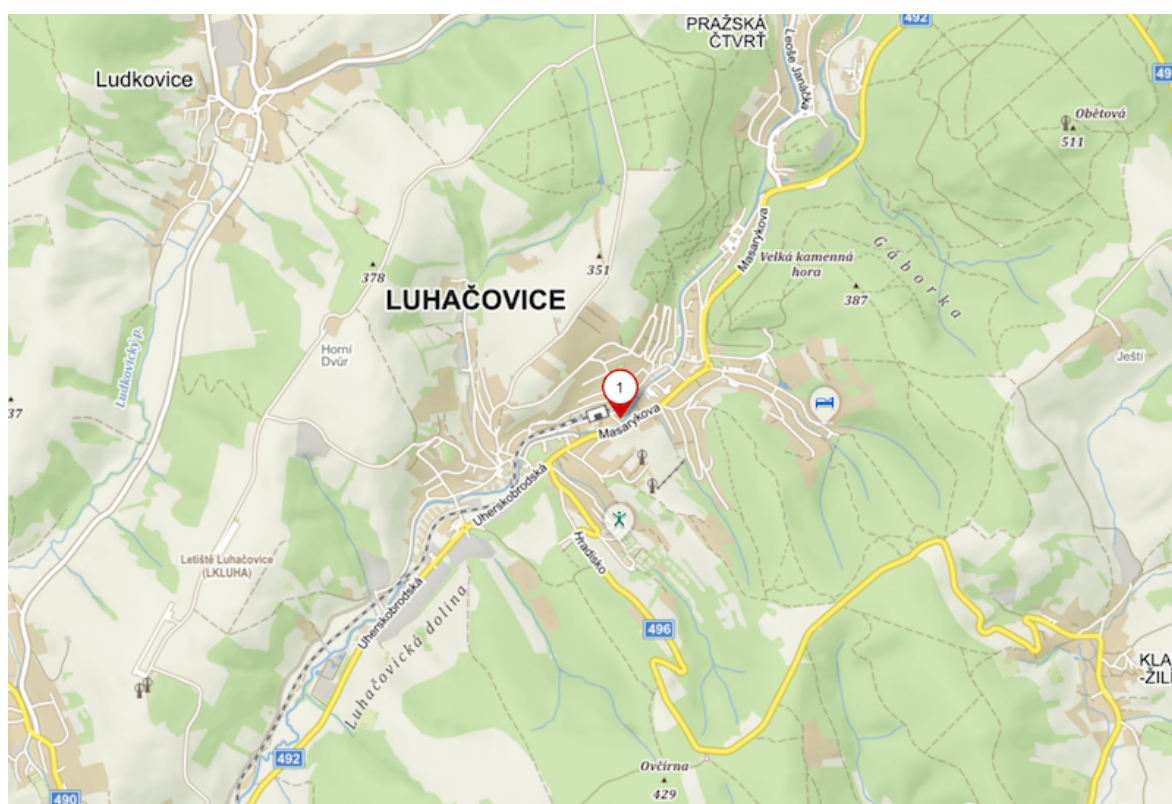
2.1.1 POPIS OBJEKTU

Vybraným objektom pre účely spracovania praktickej časti tejto práce je most nachádzajúci sa v obci Luhačovice v blízkosti miest Zlín, Uherský Brod a Valašské Klobouky viz obrázok nižšie.



Obr. 19 Mapa s vynačením polohy obce Luhačovice

Tento most prevádza komunikáciu na ulici Nádražní a premoštuje potok s názvom Šťavnice (pozn. vodoprávna evidencia označuje tento potok ako Luhačovický potok, v pasportu je uvedený názov Olšava a v mapách zase Šťavnice). Jedná sa o silniční most, ktorý je zaradený do kategórie miestnych komunikácií IV. triedy patríci do skupiny s názvom 33d.² Most prevažne slúži ako hlavný napojovací bod z ulice Nádražní na cestu II/492 (ul. Masarykova) viz Obr. 20. Vzhľadom k blízkosti vlakového tak i autobusového nádražia je frekvencia dopravy vyššia.



Obr. 20 Mapa s vyznačením miesta mostného objektu v obci

² Podľa ustanovenia § 6 odst. 3 písm. c) zákona č. 13/1997 Sb., o pozemných komunikáciách, v znení neskorších predpisov

2.1.2 ZÁKLADNÉ ÚDAJE O MOSTE

Tab. 2 Základné údaje o moste

Evidenčné číslo mostu	M5
Názov mostu	most cez Luhačovický potok na ul. Nádražní
Miestny názov	neznámy
Predmet premostenia	vodoteč (stály prietok) potok Štávnice
Prevádzaná komunikácia a názov	miestna komunikácia, 33d
Staničenie v smere	od silnice II/492 (ul. Masarykova) k nádražiu
Rok postavenia	1933
Kraj	Zlínský
Okres	Zlín
Katastrálne územie (obec)	Luhačovice
Správca mostu	TS Luhačovice



Obr. 21 Mapy s vyznačením predmetného mostu

2.2 VIZUÁLNA PREHLIADKA A POPIS STAVU A ZÁVAD ČASTI MOSTU

Významnou časťou diagnostického prieskumu je vizuálna prehliadka, ktorá môže odhaliť mnohé závady a poruchy už len samotným nahliadnutím na konštrukciu voľným okom. Preto je tento nástroj na zistenie stavu konštrukcie jedným z naviac používaných. Je však nutné klásť veľký dôraz na starostlivé a zodpovedné zaznamenanie všetkých relevantných skutočností vrátane obstaraní kvalitnej fotodokumentácie všetkých väd a porúch tak aby sa následne mohol správne zhodnotiť stav a mohli sme tak určiť možné príčiny ich vzniku prípadne stanoviť opatrenia vedúce k zamadzeniu alebo náprave. Komunikácia je vedená cca v úrovni terénu. Svahy pozdĺž krídiel, ktoré tvoria brehy potoka sú v udržovanom stave. Prehliadka je rozdelená na päť častí:

- spodná stavba
- nosná konštrukcia
- mostný zvršok
- mostné vybavenie
- cudzie zariadenia



Obr. 22 Pohľad na ľavú (výtokovú) stranu mostu [20]



Obr. 23 Pohľad na pravú (vtokovú) stranu mostu [20]

Obr. 24 Celkový pohľad na most (od OP1
k OP2) - vtok je vpravo [20]



Obr. 25 Celkový pohľad na most (od OP2
k OP1) - vtok je vľavo [20]



2.2.1 SPODNÁ STAVBA

Základy mostu nie sú prístupné, sú uložené pod vodou a spôsob založenia nebol preto zistený. Neboli však zaznamenané žiadne viditeľné vady či geometrické zmeny.

Prístup pod most je veľmi obmedzený, pod mostom je hlboká voda s bahnitým dnom. Z tohto dôvodu je prístup možný len z brehu potoka z pravej strany u opory OP2 viz obr. 23. Zhotovená fotodokumentácia je preto len s pohľadom v smere od OP2 k protiľahlej strane na OP1.

OPORY

Opory sú masívne kamenné z pieskovcových kvádrov, dobrý stav vykazuje aj spárovanie. Stav opôr pod hladinou vody nie je možné zhodnotiť. Prístupné časti sú bez známkov výraznejších priesakov či iných viditeľných známkov porúch. Dĺžka opôr OP1 i OP2 (s rozšírením) je 16,39 m.



Obr. 26 Šikmý pohľad na oporu OP1 [20]



Obr. 27 Priamy pohľad na OP1 [20]

V opore OP1 na pravej strane v mieste rozšírenia opory je priebežná zvislá trhlinka. Murivo opôr je v úrovni stálej hladiny a na okraji OP1 vľavo i vpravo pokryté žabincom a zarastá trávou.



Obr. 28 Pohľad na pravú a ľavú stranu OP1 [20]

KRÍDLA

Krídla sú rovnako ako opory z masívnych kamenných pieskovcových kvádrov a sú vedené rovnobežne s osou prevádzanej komunikácie. Krídlo K2P (pravé krídlo OP2 - na vtoku) je postihnuté šikmou prasklinou, ktorá z väčšej časti vedie po spárach medzi kameňmi ale miestami i skrz. Šírka praskliny v úrovni terénu je 6 mm, v úrovni úložného prahu 14 mm.



Obr. 29 Prasklina v krídle K2P [20]



Obr. 30 Detailný pohľad na prasklinu v krídle K2P [20]

2.2.2 NOSNÁ KONŠTRUKCIA

Jedná sa o jednopolový most s dĺžkou premostenia cca 11,0 m (na vtokovej strane - 10,92 m a výtokovej strane 11,03 m). Nosná konštrukcia sa skladá z troch častí (NK pod vozovkou a NK rozšírených častí pod ľavým a pravým chodníkom). Mostné závery ani v jednej časti NK neboli však zistené. Tieto konštrukcie slúžia k premosteniu dilatačných spár a umožňujú pohyb nosnej konštrukcie.

TRÁMOVÁ ČASŤ NK POD VOZOVKOU

Uloženie železobetonovej trámovej nosnej konštrukcie je prosté, plošné bez badateľných známk porúch. V strede pod vozovkou bola navrhnutá monolitická železobetoná trámová NK, zložená z piatich tráv o šírke 300 mm a výške 700 mm bez nábehov. Trámy sú spojené s monolitickou železobetonovou mostovkovou deskou hrúbky 150 mm. Priečniky sú nad operami a potom v tretinách rozpätia. Šírka priečnikov v poli je 200 mm a výškovo sú zarovno trávov tj. 700 mm. Šírka trámovej NK je 6,61 m.

Z dôvodu neutesnených spár medzi trámovou NK a rozšírením trpí konštrukcia zatekaním, čo zapríčiňuje poškodenie krajných trávov a ríms. Výrazným poškodením trpí najmä krajný trám na pravej (vtokovej) strane. Tu je beton na spodnej strane trávu rozpadnutý do hĺbky 50 až 100 mm takmer po celej dĺžke trávu a odhalená zkorodovaná výstuž už nespôsobí s betónom viz obrázky.



Obr. 31 Poškodenie krajného pravého trávu [20]



Obr. 32 Poškodený pravý krajný trám v strednej časti NK [20]



Obr. 33 Detail na rozpad spodnej strany trámu a zoslabenie výstuže [20]

Menším rozsahom poškodenia trpí krajný trám na ľavej (výtokovej) strane, kde sú len trhliny, omietka i beton je zatiaľ zachovaný viz obr.34. Problému zatekania je vystavená aj oblasť okolo starých odvodňovačov na podhláde mostovky, kde poškodená plocha je približne 0,5 x 0,5 m (opadávanie betonu do 50 mm, dochádza ku korózii výstuže) viz obr. 35. Vnútorne trámy a vnútorné pole mostovky sú inak bez výraznejších porúch (viz obr. 35), stav odpovedá roku výstavby 1933.



Obr. 34 Krajný ľavý trám [20]



Obr. 35 Priesaky okolo starého odvodňovača a pohľad na vnútorné trámy a pole [20]

ROZŠÍRENÁ ČASŤ NK POD CHODNÍKMI

Na ľavej i pravej strane je konštrukcia rozšírená, kde šírka nosnej konštrukcie pod chodníkmi je na ľavej strane 4,7 m a na pravej strane 4,92 m. U tohto rozšírenia je NK zložená zo štyroch ocelových I nosníkov, ktoré sú zamurované do opôr. Na týchto nosníkoch je nadbetonovaná monolitická železobetónová mostovková deska, ktorou však presakuje voda a spôsobuje tak poškodenie ŽB desky i ocelových nosníkov. Tento jav je spôsobený nedostatočným alebo žiadnym systémom izolácie. Výztuž mostovky má nedostatočné krytie betónom a približne na 1/5 plochy krytia opadáva, miestami je až odhalená korodujúca výztuž viz obr. 36.



Obr. 36 Priesaky na podhlade a opadnuté krytie výztuže mostovky [20]

Na ľavej strane sú použité tri ocelové nosníky profilu I300 a jeden profil I320, na pravej strane sú dva ocelové nosníky profilu I280 a dva profily I300. Nosníky sú napadnuté celoplošnou koróziou, kde krajné nosníky u trámovej NK vykazujú vyšší stupeň korózie a nosník na pravej strane sa až rozpadá. Ocelové nosníky sú naprieč spojené tiahkami viz obr. 37.



Obr. 37 Korózia ocelových nosníkov a priesaky na mostovke na ľavej strane [20]



Obr. 38 Poškodenie ocelového trámu vplyvom zatekania na pravej strane [20]



Obr. 39 Poškodenie ocelového trámu vplyvom zatekania na ľavej strane [20]

2.2.3 MOSTNÝ ZVRŠOK

Je to časť mostu, ktorá je uložená na nosnej konštrukcii a pozostáva z vozovky, izolačného systému, chodníkov a ríms. Mostný zvršok plní funkciu prenášača zaťaženia od kolesových síl do nosnej konštrukcie a ďalej do opôr mostu.

Konštrukcia vozovky o šírke cca 6,5 m je netuhá. Povrch komunikácie je živičný a v obidvoch jazdných pruhoch vozovky sú vyjazdené koľaje. Nad koncami nosnej konštrukcie v oblasti koncov krídiel sa vo vozovke vyskytujú priečne trhliny viz obr. 40. Izolačný systém pôvodnej trámovej konštrukcie je vanový a doteraz funkčný. Izolácia rozšírených častí sa javila ako nedostatočná alebo nebola vôbec realizovaná.



Obr. 40 Pohľad na vozovku a trhliny nad koncom NK [20]

Monolitický betonový obrubník na ľavej strane, ktorý je nadbetonovaný na rímse trámového mostu sa rozpadá na cca 2/3 dĺžky viz obrázky nižšie. Rímsa na ktorej je tento obrubník uložený vykazuje tiež výrazné známky rozpadnutia a vzniká otvor skrz približnej šírky 0,10 m a dĺžky 1,70 m viz obrázky nižšie. Hrozí nebezpečenstvo prepadnutia kola vozidla.



Obr. 41 Rozpad obruby na ľavej strane mostu [20]



Obr. 42 Pohľad zhora na rozpad obruby a na otvor skrz [20]



Obr. 43 Pohľad na otvor skrz a rozpad rímky zo spodnej strany [20]

Vedľa ocelového obrubníku na pravej strane vozovky sú dva pásy kamenných riadkov viz obr. 42. Tieto kamenné kocky sú uložené na rímse trámového mostu, ktorá vplyvom zatekania degraduje a rozpadá sa viz obr. 44. Následkom čoho na niekoľkých miestach kamenné kocky prepadajú pretože rímša už neplní funkciu opory viz obrázky nižšie. V týchto najviac poškodených miestach hrozí nebezpečenstvo prepadnutia kola vozidla.



Obr. 44 Pohľad na rozpadajúcu sa rímšu na pravej strane [20]



Obr. 45 Dôsledok rozpadnutej rímasy - kocky sa prepadajú [20]



Obr. 46 Detail na prepádajúce sa kostky [20]



Obr. 47 Pohľad na prepádajúce sa kostky zhora [20]

Chodníky na moste sú obojstranné, kde šírka chodníku v pravo (na vtoku) je cca 4,70 m, kryt je z betonovej zámkovej dlažby, obrubník je ocelový úholník tvaru L 140/140. V oblasti nad nosnou konštrukciou sa nevyskytujú známky výraznejších porúch (viz obr. 48), avšak za operov OP2 sú viditeľné známky sadnutia chodníku a v oblasti zábradlia zase vydutia.



Obr. 48 Pohľad na betonovú zámkovú dlažbu a ocelový obrubník chodníku na pravo [20]
Šírka chodníku vlavo (na výtoku) je cca 4,60 m, kryt je z liateho asfaltu, ktorý trpí priečnymi trhlinami po celej dĺžke chodníku. Pozdĺž obruby je liaty asfalt rozpadnutý a v oblasti predmostia je prosedlý až o 0,10 m.



Obr. 49 Priečne trhliny (na ľavo) a trhliny pozdĺž obruby na chodníku (na pravo) [20]

Monolitické železobetonové rímasy na vonkajších stranách mostu vykazujú bežné znečistenie od cestnej premávky a ovzdušia. Povrch ríms je napadnutý machom a miestami sa objavujú tiež priečne (zmršťovacie) trhliny.

2.2.4 MOSTNÉ VYBAVENIE

Na obidvoch stranách mostu je atypické ocelové zábradlie výšky 1,07 m a dĺžky cca 18 m, ktorého stĺpiky su zabetonované do ríms rozšírenej NK. Medzera medzi zvislým vyplnením zábradlia je až 180 mm viz obr. 50. Výška a ani výplň zábradlia nesplňujú požiadavky normy. Na niekoľkých miestach je zábradlie taktiež mierne zdeformované.



Obr. 50 Atypické zábradlie - pohľad z pravej a ľavej strany [20]

Dopravné značenie pozostáva len zo značky "daj prednosť v jazde" s dodatkovou tabulkou s vyznačením hlavnej a vedľajšej komunikácie viz obr. 25. Dopravné značenie s obmedzením zaťažiteľnosti na moste nie je. Ďalším nedostatkom je označenie mostu tabulkou s neplatným ev. číslom a absencia platného ev. čísla.



Obr. 51 Tabulka s neplatným evidenčným číslom [20]

Most je bez osvetlenia a rovnako absentujú odvodňovače či sklzy. V trámovej NK sa nachádzajú otvory po starých odvodňovačoch, sú však zaslepené a nefunkčné.

2.2.5 CUDZIE ZARIADENIA

Na pravej strane pod rozšírením nosnej konštrukcie sa nachádza 1 x kabelová chránička pre viac kabeľov, 1 x plynovod a 2 x potrubie. Tieto cudzie zariadenia sú kotvené pomocou ocelového závesu k ocelovým nosníkom rozšírenej NK. Stav týchto cudzích zariadení vrátane ocelových závesov je z veľkej časti zdegradovaný a trpí celoplošnou koróziou viz obr. 52 a 53.



Obr. 52 Pohľad na ocelovú chráničku DN 150 [20]



Obr. 53 Pohľad na ocelové chráničky DN 300 a DN 90 [20]

2.3 ZPRACOVANIE PLÁNU DIAGNOSTICKÉHO PRIEZKUMU

Správca objektu (tj. TS Luhačovice) v rámci verejného obstarávania zadal požiadavok na vykonanie diagnostického prieskumu daného mostu. Predmetný požiadavok však nezahrnoval diagnostiku spodnej stavby a preto nebolo možné do tejto časti mostnej konštrukcie svojvoľne zasahovať. Z tohto dôvodu a taktiež zlej prístupnosti (pod mostom je hlboká voda s bahnitým dnom, prístup je možný len z brehu potoka z pravej strany u opery OP2) nebola spodná stavba predmetom hlbšieho diagnostického skúmania. Ďalej sa preto práca venuje diagnostike len časti mostu, a to v rozsahu nosnej konštrukcie.

Vzhľadom k dopravnej aktivite bolo nutné pri realizácii jadrového vývrtu do vozovky zaistiť bezpečnosť osôb vykonávajúcich diagnostický prieskum a zároveň ostatných účastníkov cestnej premávky na túto skutočnosť dostatočne upozorniť tak aby nebola ohrozená ich bezpečnosť či narušená plynulosť cestnej premávky. Pre tento účel bola použitá odev s reflexnými prvkami a priestor vymedzený reflexnými kúželmi.

Pri spracovaní geometrického modelu sa vo väčšine prípadov vychádzalo z údajov tj. z rozmerových charakteristík uvedených vo výkresoch, ktoré boli súčasťou mostného listu (pre účely práce boli pôvodné výkresy mierne uspôsobované viz Príloha č. 1) a taktiež z údajov zo správy z hlavnej prehliadky mostu z roku 2017. Rozmery týkajúce sa niektorých častí konštrukcie ako napríklad výška či šírka trámov a priečnikov sa pre účely posúdenie zmerali na mieste. V prípade zistenia hrúbky jednotlivých vrstiev skladby vozovky vrátane trámovej mostovkovej desky bola použitá metóda jadrových vývrtov. Tento údaj je potrebný k výpočtu stáleho zaťaženia pomocou stanovenia objemových hmotností jednotlivých vrstiev. Ďalšie parametre či vlastnosti, ktoré boli merané alebo zisťované na nosnej konštrukcii sú nasledovné.

VLASTNOSTI POUŽITÉHO BETÓNU:

- pevnosť v tlaku
- rovnomernosť
- hĺbka karbobanatácie

VLASTNOSTI VÝZTUŽE:

- množstvo a poloha
- priemer a použitý druh betonárskej výztuže
- hrúbka krycej vrstvy a miera korózie

2.3.1 STANOVENIE PEVNOSTI BETÓNU V TLAKU

Z dôvodu predpokladu vysokej karbonatácie betónu je použitie tvrdomernej metódy neúčelné a preto ako najvhodnejšia metóda pre účely stanovenia pevnosti betónu v tlaku sa javí metóda jadrových vývrtov. Zisťovať sa budú dve hodnoty, ktorými sú pevnosť betónu mostovkovej desky a pevnosť betónu trémov (vychádzame z toho, že pevnosť betónu u priečnikov je rovnaká).

Postup tejto metódy upravujúci spôsob odberov, vyšetrenia a skúšania pevnosti betónu v tlaku upravuje norma ČSN EN 12504-1. Počet vývrtov je daný počtom skúšobných miest a účelom skúšok vývrtov. Stanoví sa podľa objemu betónu v konštrukcii. Pre posudky betónu v tlaku sa má odobrať čo najviac vývrtov stým, že minimálny počet vývrtov z jednej skúšobnej oblasti sú tri. [15]

Na trámoch i priečnikoch by sa mali vývrty vykonať vždy v polovici rozpätia a v spodnej časti vybraného pola. Priemer vývrtov by mal byť čo najmenší avšak musí rešpektovať štruktúru betónu a normu ČSN 12390-1 určujúcu rozmery skúšobných telies. Skúšanie prebieha podľa ČSN EN 12390-3 skúšobným lisom, ktorý vyhovuje ČSN EN 12390-4. [15]

ÚPRAVA SKÚŠOBNÝCH TELIES

Podľa ČSN EN 12504-1 sa skúšobné vzorky upravujú do pomeru dĺžky k priemeru nasledovne:

- 2,0 ak sa má pevnosť porovnať s valcovou pevnosťou
- 1,0 ak sa má pevnosť porovnať s kockovou pevnosťou

Pomocou stolnej píly s diamantovým kotúčom upravíme skúšobné vzorky do požadovaných rozmerov. V prípade nerovinatosti tlačných plôch sa musia upraviť spôsobom podľa normy ČSN EN 12390-1, napr. cemetovou maltou či sírou alebo sa skúšobné telesá upravujú brúsením na brúsnej lavici. Nakoniec sa skúšobné vzorky za prirodzene vlhkého stavu zmerajú, zvažia a napokon sú podrobené skúške v tlaku. [16] [17]

SKÚŠOBNÉ VZORKY INÝCH ROZMEROV AKO URČUJE NORMA

Podmienky pri diagnostike stavebných konštrukcií nie vždy umožňujú splniť základné normové požiadavky na rozmery odobratých skúšobných telies. Výsledná pevnosť musí tak byť prepočítaná podľa zásad ČSN EN 12390-3, Z1. Prepočet valcovej pevnosti získame pomocou prevodných súčiniteľov štihlosti a súčiniteľa prierečného rozmeru (priemeru). Pri prepočte z valcovej pevnosti na kockovú sa vychádza z rovnakej normy. [16] [17]

VALCOVÁ PEVNOSŤ BETÓNU V TLAKU $F_{C,CYL}$ SA VYPOČÍTA ZO VZŤAHU:

$$f_{c,cyl} = k_c \cdot k_{c,cyl} \cdot \frac{F}{A} \text{ [MPa]} \quad k_c = 0,8 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}}$$

F najvyššia dosiahnutá sila pri skúške [N]

A tlačaná plocha skúšobného vzorku [mm²]

k_c opravný súčiniteľ pre štihlosť valca menší než 2,0 (ale > 1,0)

$k_{c,cyl}$ prevodný súčiniteľ pre priemer valca rôzny od 150 mm. Je ho možné získať experimentálne alebo uvažujeme hodnotu 0,95 pre priemer valca 100 mm, hodnotu 0,928 pre priemer valca 75 mm a hodnotu 0,91 pre priemer valca 50 mm.

λ štihlosť prvku, vypočítame zo vzťahu: h/d

KOCKOVÁ PEVNOSŤ BETÓNU V TLAKU $F_{C,CUBE}$ SA VYPOČÍTA ZO VZŤAHU:

$$f_{c,cube} = k_{c,cube} \cdot f_{c,cyl} \text{ [MPa]}$$

$k_{c,cube}$ prevodný súčiniteľ slúžiaci k prepočítaniu valcovej pevnosti na kockovú. Ak nie je presnejšie určený experimentálne, berú sa hodnoty podľa ČSN EN 12390-3, Z1 (viz tabuľka nižšie)

Tab. 3 Stanovenie prevodného súčiniteľa $k_{c,cube}$ [16]

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

OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ BETÓNU D_R SA VYPOČÍTA ZO VZŤAHU:

$$D_r = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad \begin{array}{ll} V & \text{objem skúšobného vzorku [m}^3\text{]} \\ m & \text{hmotnosť skúšobného vzorku s prirodzenou vlhkosťou [kg]} \end{array}$$

CHARAKTERISTICKÁ PEVNOST BETÓNU V TLAKU $X_{k,IS}$ SA VYPOČÍTA ZO VZŤAHU:

■ PODĽA NORMY ČSN ISO 13822

$$X_{k,IS} = m_x \cdot \left(1 - k_n \cdot \frac{V_x}{100} \right) \text{ [MPa]}$$

m_x priemerná hodnota kockovej
pevnosti betónu v tlaku [MPa]
 k_n súčiniteľ odhadu 5%-ného kvantilu [-]
 V_x výsledný variačný koeficient [%]

Tab. 4 Súčiniteľ k_n pre stanovenie 5%-ného kvantilu³

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

■ PODĽA NORMY ČSN EN 13791

$$X_{k,IS} = f_{m(n),IS} - k \text{ [MPa]}$$

$f_{m(n),IS}$ priemerná hodnota kockovej pevnosti
betónu v tlaku [MPa]

k súčiniteľ v závislosti na počtu platných
vzorkov [-]

$$X_{k,IS} = f_{IS,najmenšie} + 4 \text{ [MPa]}$$

$f_{IS,najme.}$ minimálna hodnota kockovej pevnosti
betónu v tlaku [MPa]

Tab. 5 Súčiniteľ k v [MPa] v závislosti na počtu platných vzorkov n [19]

N	K [MPa]
10 - 14	5
7 - 9	6
3 - 6	7

ČSN EN 13791 požaduje pre splnenie požiadavku na projektovanú pevnosť betónu dosiahnutie v konštrukcii len 85% charakteristickej pevnosti danej triedy. Minimálne hodnoty charakteristickej pevnosti betónu v tlaku v konštrukcii $f_{ck,IS}$ sú demonštrované v nasledujúcej tabulke. [31] [39]

Tab. 6 Minimálna charakteristická pevnosť betónu v konštrukcii

Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206-1	Poměr $f_{ck,IS}$ ku f_{ck} (vývrty/normová tělesa)	$f_{ck,IS,cyl}$ [N/mm ²]	$f_{ck,IS,cube}$ [N/mm ²]
C 8/10	0,85	7	9
C 12/15	0,85	10	13
C 16/20	0,85	14	17
C 20/25	0,85	17	21

³ Variačný súčiniteľ je možné považovať za známy v prípade ak to ukazujú dlhodobé skúsenosti získané za rovnakých podmienok. Na druhú stranu v prípade starších neznámych konštrukcií je však vhodné uvažovať hodnotu k_n pre V_x neznámy.

2.3.2 ROVNOMERNOSŤ

Rovnomernosť betónu konštrukcie je charakteristika betónu, pri ktorej sú rozdiely sledovanej vlastnosti tak malé, že sa dajú vyjadriť jednou hodnotou, obvykle priemerom. Hodnotí sa štatisticky podľa týchto vlastností: [18]

- Pevnosť betónu v tlaku
- Pevnosť betónu v tahu
- Rýchlosť šírenia impulzov ultrazvukového vlnenia
- Objemová hmotnosť

Beton konštrukcie, konštrukčného prvku alebo oblasti je rovnomerný, ak variačný súčiniteľ V_x a rozdiel " Δ " znakov zistených na skúšobných miestach ležiacich vedľa seba a nad sebou nie je väčší než hodnoty uvedené v Tab. 7. [18]

Tab. 7 Maximálne hodnoty variačného súčiniteľa V_x a rozdielu susedných miest " Δ "

Zkoušená vlastnost	Statistické hodnocení	Pevnostní třída betonu			
		C 12/15	C 16/20	C 25/30	C 30/37 až C 50/60
Pevnost v tlaku	V_x %	16	16	14	12
	Δ %	30	30	30	30
Pevnost v tahu	V_x %	22	20	18	16
	Δ %	40	40	40	40
Rychlost šíření Podél. UZ vln	V_x %	4	4	3,5	3
	Δ %	7,5	7,5	7,5	7,5
Objemová hmotnost	V_x %	2,5	2,5	2,5	2,5
	Δ %	4	4	4	4

VARIAČNÝ SÚČINITEĽ V_x SA VYPOČÍTA ZO VZŤAHU:

$$V_x = \frac{s_x}{m_x} \cdot 100 \quad [\%]$$

s_x výberová smerodatná odchylka hodnôt

m_x aritmetický priemer hodnôt materiálových vlastností

2.3.3 STANOVENIE MODULU PRUŽNOSTI

Modul pružnosti na skúšobných vzorkách sa v rámci tejto práce neskúmal. Pre jeho stanovenie (odhad) využijeme poznatky z vyhodnotenia pevnosti betónu v tlaku a jeho zatriedenia. Táto trieda odpovedá príslušnému modulu pružnosti, ktorý však vzhľadom k starému betónu a jeho štruktúre orientačne ponížime o 10%.

2.3.4 STANOVENIE HLĚKY KARBONATÁCIE

Stanovenie hĺbky karbonatácie sa určuje fenolftaleinovou skúškou, najčastejšie sa používa 1% roztok fenolftaleinu v 70%-nom etylalkoholu alebo 10%-ná kyselina chlorovodíková. Pre normálne zatvrdnutý beton je charakteristická hodnota pH 12 (zásadité prostredie). Výztuž je chránená proti korózii ak beton dosahuje pH 9,5 a vyššie, čo poznáme tak, že na odvrtnanej alebo obrúsenej ploche betónu po nastriekaní fenolftaleinového roztoku a následnom zreagovaní sa vytvorí červenofialové zafarbenie. V opačnom prípade je pH nižšie čo značí, že beton sa nachádza v kyselom prostredí. Beton je teda skarbonatovaný a má negatívny vplyv na výztuž.

2.3.5 OVERENIE VÝZTUŽE

Pre posúdenie je veľmi dôležité zistiť všetky informácie ohľadom použitej betonárskej výztuže na nosnej konštrukcii mostu. Hľadanými parametrami sú najmä poloha výztuže, priemer, množstvo, druh, krytie a miera korózie. V dostupných zdrojoch však neboli nájdené žiadne informácie o použitom type, priemere či rozložení výztužných prvkov. K overeniu výztuže vrátane určenia jej krytia a priemeru veľmi dobre poslúži elektromagnetická metóda. Rovnako vhodná je i skúška radarom, z ktorej ale nie sme schopný zistiť priemer výztuže. Pre ešte presnejšie overenie a k dosiahnutiu istoty sa navrhuje vykonanie sekanej sondy. Druh výztuže sa určí podľa tvaru profilu zisteného pri prieskume a následne sa porovná s tvarom profilu uvedeného v tabulke v norme ČSN ISO 13822. Profily výztuží sa totiž odlišujú vzhľadom k roku výstavby konštrukcie.

3 POSTUP A VYHODNOTENIE PRIEZKUMU

Pri určovaní postupu bolo nutné zvoliť vhodné metódy tak, aby výstupy z nich disponovali určitou mierou istoty a zároveň tak aby v žiadnom prípade nebola narušená či ohrozená únosnosť nosnej konštrukcie. S rovnakou dôslednosťou je nutné postupovať aj pri bezpečnosti s ohľadom na plynulosť cestnej premávky. V praxi sa vo väčšine prípadov jednotlivé metódy navzájom dopĺňajú a preto bola zvolená nasledujúca kombinácia diagnostických metód:

BETON

Pevnosť v tlaku - jadrové vývrty (určená pomocou zaťažovacích skúšok v lise)

OCEL

Poloha, priemer, krytie a druh ocelovej výztuže - elektromagnetický indikátor a sekané sondy

V rámci diplomovej práce boli riešené materiálové vlastnosti železobetónového trámového mostu v obci Luhačovice. Praktická časť tejto práce je zameraná najmä na správne určenie materialových vlastností betónu (zaradenie do pevnostných tried), zistenie skladby vrstiev vozovky a ich rozmerov (vrátane nosnej konštrukcie) a vo vybraných prvkoch zistiť typ, počet a polohu ohybovej či šmykovej výztuže.

Miesta vykonaných deštruktívnych i nedeštruktívnych skúšok boli vybrané s ohľadom na predchádzajúce požiadavky. Poloha jednotlivých vykonaných sond je znázornená v súhrnnej schéme, ktorá je prílohou č. 1 tejto práce. V ďalšej kapitole je výčet použitých skúšok slúžiacich k dosiahnutiu cieľa tejto práce a vyhodnoteniu, ktoré je predmetom kapitoly 3.4.

3.1 POUŽITÉ NEDEŠTRUKTÍVNE METÓDY

3.1.1 ELEKTROMAGNETICKÁ METÓDA

Zisťovanie výztuže v konštrukcii bolo vykonané pomocou elektromagnetického prístroja Profometr PM-630. Jeho silnou stránkou je možnosť zistenia hĺbky uloženia výztuže a priemeru jednotlivých prutov. Na druhú stranu tento prístroj neumožňuje zistenie druhej vrstvy výztuže a taktiež dochádza k zkresleniu výsledkov v prípade ak je výztuž blízko seba. Pre vyvrátenie pochybností boli na vybraných miestach vykonané sekané sondy odstránením krycej vrstvy. Týmto postupom došlo k spresneniu či potvrdeniu niektorých z parametrov nájdenej výztuže profometrom (jej profilu, počtu vrstiev alebo použitého druhu), ktoré sú potrebné pre statický prepočet zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie.

Táto metóda bola použitá aj v prípadoch zamedzenia možnému prevrtaniu výztuže pri jadrových vývrtoch čím by došlo k znohodnoteniu vzorkov či dokonca k ohrozeniu únosnosti nosnej konštrukcie.

MEDZITRÁMOVÁ MOSTOVKOVÁ DESKA

K zisteniu vyztuženia medzitrámovej mostovkovej desky na ohybové účinky v strede rozpätia bola použitá profometrická kontrola polohy výztuže doplnená o skúšku sekanými sondami pre upresnenie krytia a použitého druhu betonárskej výztuže. Miesto vykonanej sondy je zakreslené na schéme nižšie.

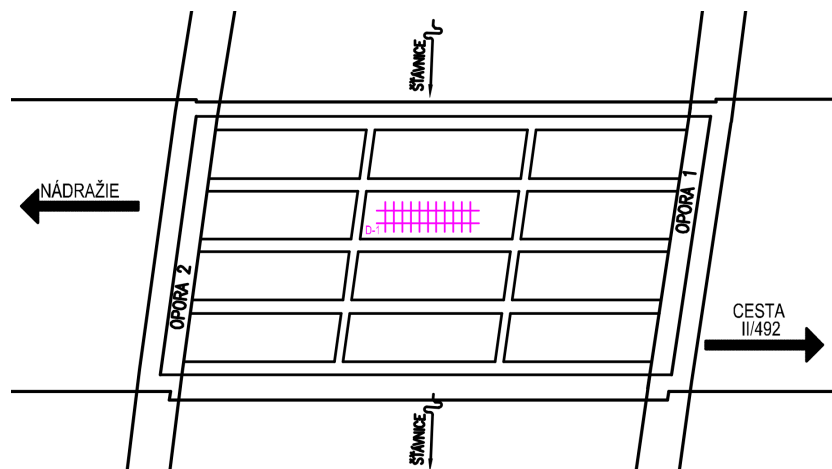
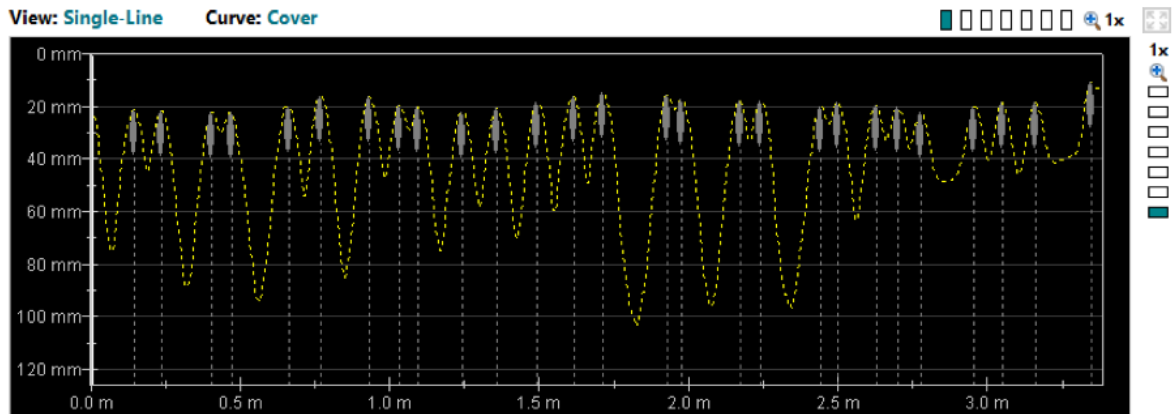


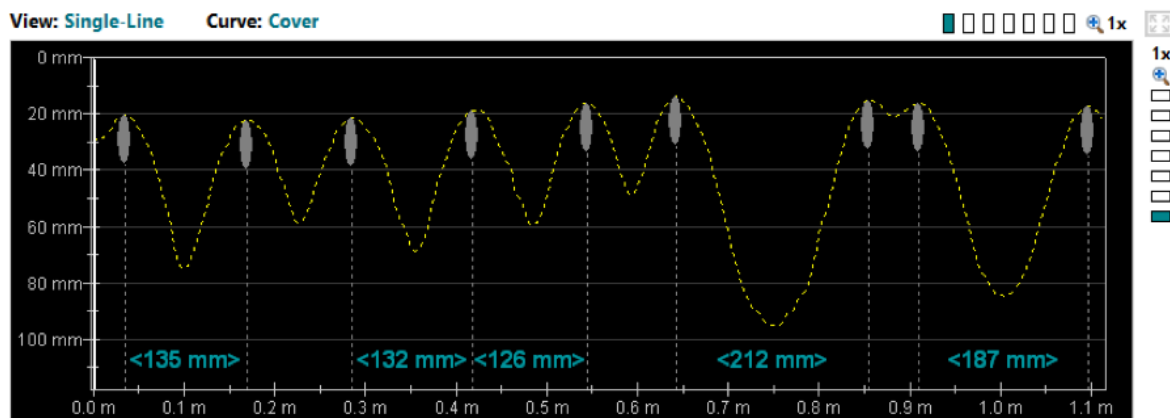
Schéma 1 Poloha sondy D-1

	D-1	profometrická kontrola polohy vyztuženia ŽB mostovkovej desky vrátane vykonaných sekaných sond
--	-----	--

Príklad záznamu profometru z merania polohy hlavnej nosnej výztuže mostovkovej desky ako aj reálny pohľad na skúšobné miesto je zobrazený na nasledujúcich obrázkoch. Zo záznamu je vidieť poloha výztuže a jej krytie. Doplňujúce informácie k vykonanej sonde D-1 sú prílohou č. 3 tejto práce.



Obr. 54 Záznam profometru mostovkovej desky



Obr. 55 Záznam profometru mostovkovej desky - detail

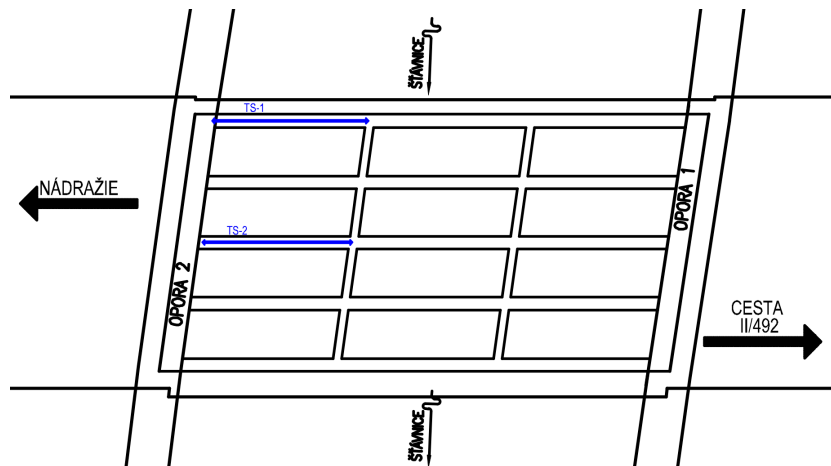


Obr. 56 Pohľad na skúšobné miesto s vykresleným rastrom polohy výztuže

TRÁMY

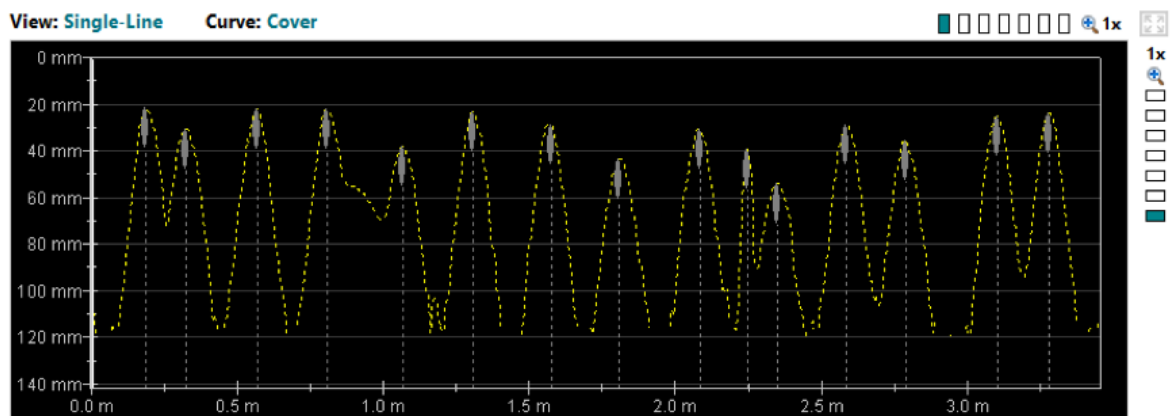
K zisteniu vyztuženia ŽB trávov na šmykové účinky (poloha strmienkov a ohybov) bola použitá profometrická kontrola polohy výztuže doplnená o skúšku sekanými sondami pre upresnenie krytia, polohy či použitého druhu betonárskej výztuže. Sondy TS-1 i TS-2 sú vykonané od opory 2, presné miesto je zakreslené na schéme nižšie.

Schéma 2 Poloha sondy TS-1 a TS-2

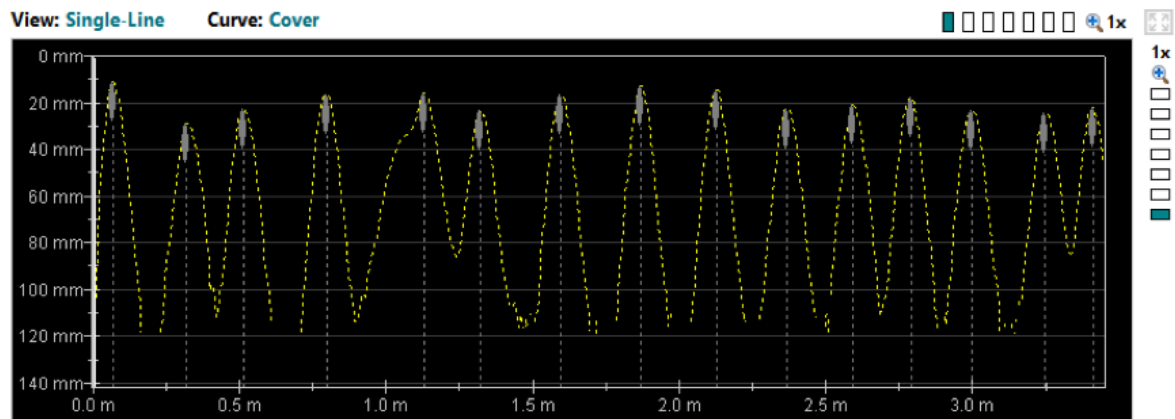


	TS-1	profometrická kontrola vyztuženia ŽB trávov na šmykové účinky (poloha strmienkov a ohybov) vrátane vykonaných sekaných sond
--	------	---

Príklad záznamu profometru z merania polohy šmykovej výztuže ako aj reálny pohľad na skúšobné miesto je zobrazený na nasledujúcich obrázkoch. Zo záznamu je vidieť poloha výztuže (strmienkov) a jej krytie. Doplnujúce informácie k vykonaným sondám TS-1 a TS-2 sú prílohou č. 4 tejto práce.



Obr. 57 Záznam profometru z vykonanej sondy TS-1



Obr. 58 Záznam profometru z vykonanej sondy TS-2



Obr. 59 Pohľad na krajný trám z ľavej (vtokovej) strany - sonda TS-1



Obr. 60 Pohľad na stredný trám z ľavej (vtokovej) strany - sonda TS-2

3.2 POUŽITÉ SEMIDEŠTRUKTÍVNE A DEŠTRUKTÍVNE METÓDY

3.2.1 JADROVÉ VÝVRTY

Pre odber jadrových vývrtov bol použitý jadrový vrtací stroj HILTI DD 200 s príslušenstvom. Priemer jadrových vývrtov bol zvolený na základe typu vykonávanej skúšky a na základe všeobecného požiadavku o minimálnom zásahu do konštrukcie. Boli preto zvolené tieto priemery:

100 mm - pre účely overenia skutočnej skladby vozovky a hrúbky jednotlivých vrstiev

75 mm - pre účely stanovenia fyzikálno - mechanických vlastností betónu

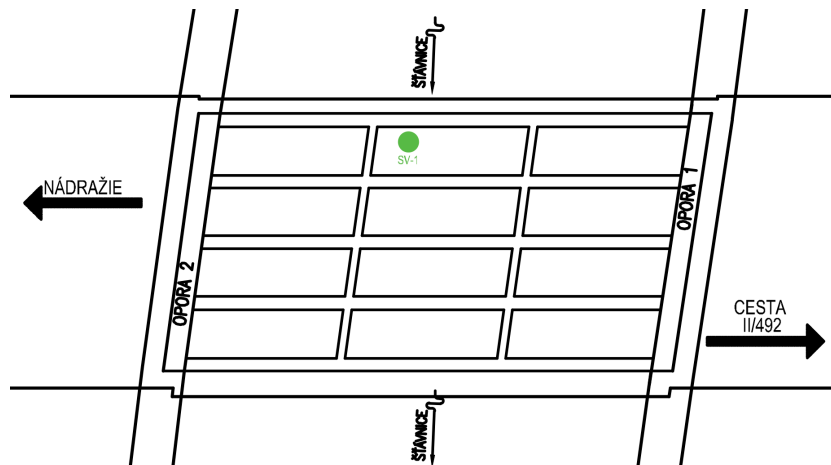
Zrno kameniva v skúšobných vzorkoch (jadrových vývrtoch) nesmie prekročiť 1/3 priemeru vývrtu. Pri nedodržení tejto podmienky by dochádzalo k ovplyvňovaniu výsledkov pri skúškach v lise. Dĺžka vývrtu je závislá na dĺžke jadrového vyrtáku a rozmeroch danej konštrukcie. Norma však doporučuje pomery dĺžky vývrtu k priemeru 2,0 v prípade porovnania s valcovou pevnosťou a 1,0 v prípade porovnania s kockovou pevnosťou. Stojan, na ktorom je vrtáčka umiestnená, zaručuje kolmosť jadrového vývrtu voči vrtanej ploche. [3]

Pre účely zistenia materiálových vlastností daného mostného objektu boli v rámci diagnostického priezkumu vykonané zvislé vývrty do železobetonovej mostovkovej desky a vodorovné vývrty cez celú hrúbku vybraných nosných železobetonových trémov. Pre overenie skutočnej skladby vozovky bol vykonaný jeden jadrový vývrt vedený zhora až po hydroizoláciu (pri poškodení hydroizolácie vývrtom tj. pri jej prevrtaní dochádza k narušeniu celého izolačného systému vedúceho k jeho nefunkčnosti a tým i k možnému vzniku ďalších porúch). Po vykonaní a zadokumentovaní jednotlivých sônd boli všetky tieto miesta zapravené. Odber vývrtov, ich vyšetrenie a skúšanie upravuje norma ČSN EN 12504-1.

SKLADBA VOZOVKY

Pre stanovenie skladby vozovky (mostného zvršku) bol vykonaný jeden jadrový vývrt vedený v zvislom smere dolu až po hydroizoláciu. Na túto sondu bol použitý valec vrtáku o vnútornom priemere $\varnothing$ 100 mm, po vykonaní vývrtu a zadokumentovaní sondy bolo miesto zapravené. Schéma nižšie znázorňuje približnú polohu vykonanej sondy a jej označenie.

Schéma 3 Poloha sondy SV-1



●	SV-1	sonda $\varnothing$ 100 mm pre účely overenia skutočnej skladby vozovky po hydroizolácii
--------------------------------------	------	--

Reálny pohľad na skúšobné miesto je zobrazený na nasledujúcom obrázku. Doplnujúce informácie k vykonanej sonde SV-1 sú prílohou č. 5 tejto práce.

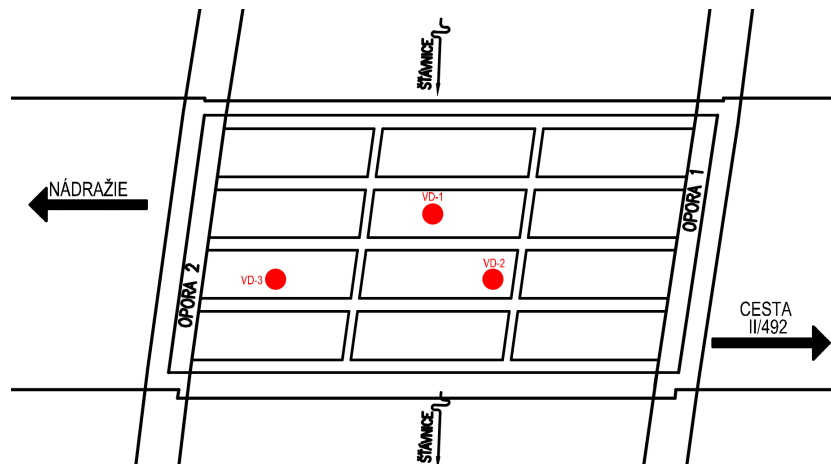


Obr.61 Pohľad na miesto vykonanej sondy SV-1

MEDZITRÁMOVÁ MOSTOVKOVÁ DESKA

V rámci posudzovania kvality betónu ŽB desky boli odobraté celkom tri jadrové vývrty z vybraných medzitrámových desiek, z ktorých boli vyrobené štyri skúšobné vzorky pre stanovenie pevnosti betónu v tlaku. Miesta vykonaných sond sú zakreslené v nasledujúcej schéme.

Schéma 4 Poloha sondy VD-1, VD-2 a VD-3



	VD-1, VD-2, VD-3	jadrový vývrt $\varnothing$ 75 mm vedený zo spodného líca zvislo hore cez celú hrúbku ŽB medzitrámovej mostovkovej desky
--	------------------	--

Reálny pohľad na vybrané skúšobné miesta je zobrazený na nasledujúcich obrázkoch. Doplnujúce informácie k vykonaným sondám VD-1, VD-2 a VD-3 sú prílohou č. 6 tejto práce.



Obr. 62 Pohľad na miesto vykonanej sondy VD-1



Obr. 63 Pohľad na miesto vykonanej sondy VD-2

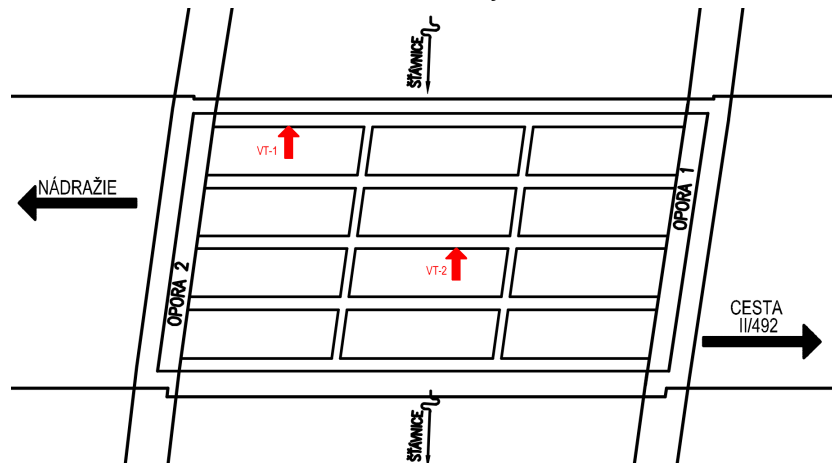


Obr. 64 Pohľad na miesto vykonanej sondy VD-3

TRÁMY

V rámci posudzovania kvality betónu ŽB nosných tráv boli odobraté celkom dva jadrové vývrty z vybraných tráv, z ktorých bolo vyrobených šesť skúšobných vzorkov pre stanovenie pevnosti betónu v tlaku. Približné miesta vykonaných sond sú zakreslené v nasledujúcej schéme.

Schéma 5 Poloha sondy VT-1 a VT-2



	VT-1, VT-2	jadrový vývrt $\varnothing$ 75 mm vedený vodorovne cez celú hrúbku (šírku) vybraných ŽB tráv
---	------------	--

Reálne pohľady na vybrané skúšobné miesta je zobrazený na nasledujúcich obrázkoch. Doplnujúce informácie k vykonaným sondám VT-1 a VT-2 sú prílohou č. 7 tejto práce.



Obr. 65 Pohľad na miesto vykonanej sondy VT-1

Jadrový vývrt VT-1 bol odobratý z krajného trámu na vtoku približne uprostred výšky trámu v poli medzi oporou 2 a priečnikom. Jadrový vývrt VT-2 bol odobratý zo stredného trámu približne uprostred výšky a rozpätia trámu. V oboch prípadoch bola najskôr použitá profometrická kontrola výztuže, aby sa zabránilo prevrtaniu výztuže a tým i prípadom vedúcim k znehodnoteniu vzorkov či dokonca ohrozeniu únosnosti nosnej konštrukcie.

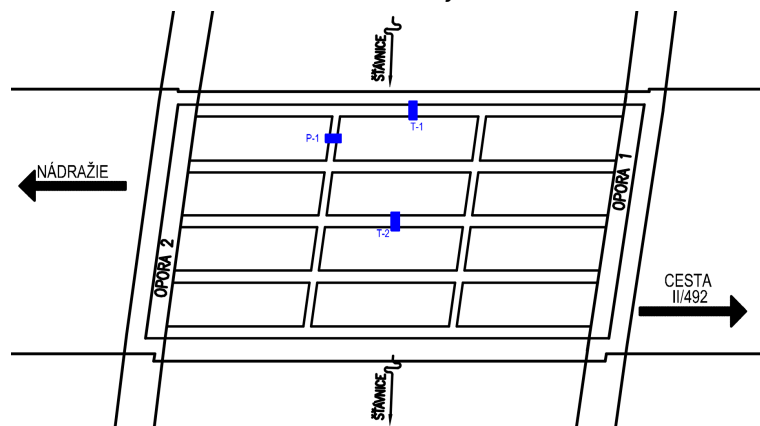


Obr. 66 Pohľad na miesto vykonanej sondy VT-2

3.2.1 SEKANÁ SONDA

Z dôvodu nedokonalostí použitých nedeštruktívnych a semideštruktívnych metód (nemožnosť presného a istého určenia priemeru, typu a polohy výstuže) boli realizované sekaná sondy na vybraných skúšobných miestach aby sa tieto parametry potvrdili či objasnili. Vždy však tejto skúške predchádzala profometrická kontrola výstuže. Pomocou búracie kladiva sa odstránila krycia vrstva výstuže a následne sa skontroloval typ, priemer, poloha a krytie, v niektorých prípadoch aj miesto zahnutia smykovej výstuže.

Schéma 6 Poloha sondy T-1, T-2 a P-1



■	T-1, T-2, P-1	sekaná sonda a profometrická kontrola pre účely overenia trémov a priečniku v strede rozpätia na ohybové účinky
---	---------------	---

Reálny pohľad na vybrané skúšobné miesta je zobrazený na nasledujúcich obrázkoch. Doplnujúce informácie k vykonaným sondám T-1, T-2 a P-1 sú prílohou č. 8 tejto práce.



Obr. 67 Pohľad na miesto vykonanej sondy T-1

V prípade krajného trámu bola vykonaná kontrola vyztuženia na ohybové účinky v mieste značného opadania krycej vrstvy betónu. Vplyvom degradačných procesov spôsobených vysokou vodou bola výzťaž odhalená a prístupná bez väčšieho zásahu sekanou sondou označenou ako T-1.



Obr. 68 Pohľad na miesto vykonanej sondy T-2

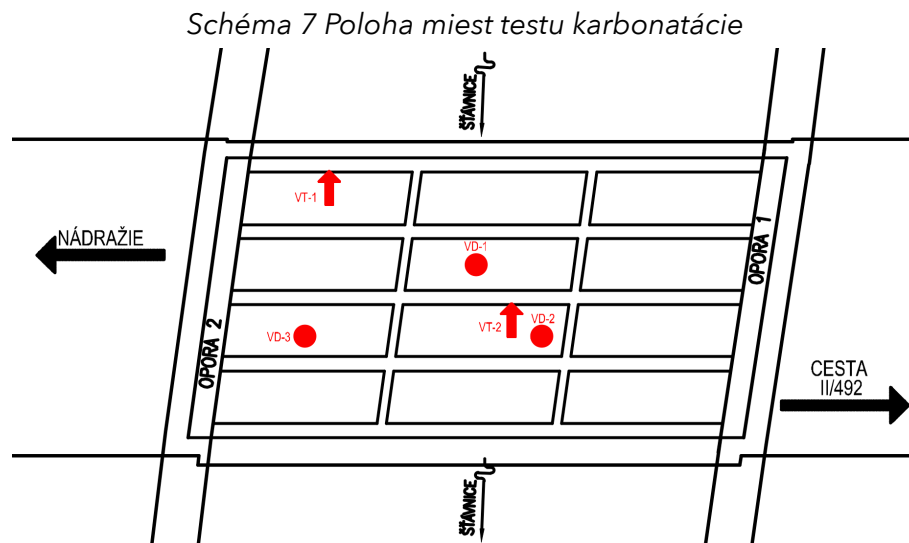
Overenie vyztuženia stredného trámu bolo vykonané profometrickou kontrolou s následným vykonaním sekanej sondy približne v strede rozpätia. Rovnakým postupom sa pristupovalo aj k zisteniu vyztuženia priečniku.



Obr. 69 Pohľad na miesto vykonanej sondy P-1

3.3 HLĚKA KARBONATÁCIE

Po odvrtaní jadrového vývrtu a jeho odobratí z konštrukcie bol vykonaný test karbonatácie povrchových vrstiev betónu nastriekaním 1%-ného roztoku fenolftaleínu. Miesta z ktorých boli tieto telesá odobraté a následne podrobené skúmaniu hĺbky karbonatácie sú znázornené na nižšie uvedenej schéme.



Skarbonatovaná povrchová vrstva betónu sa vizuálne nezmení (táto časť betónu už neplní funkciu pasívnej ochrany výztuže proti korózií). Beton, ktorý však nie je napadnutý karbonatáciou sa zafarbí do ružovej až fialovej farby, čo je známkou "zdravého betónu". V prílohe č. 9 je zaznamenaná fotodokumentácia vykonaných skúšok karbonatácie jednotlivých telies, pričom hĺbka "nezdravého betónu" na niektorých miestach dosahovala až 85 mm (viz Tab.8).

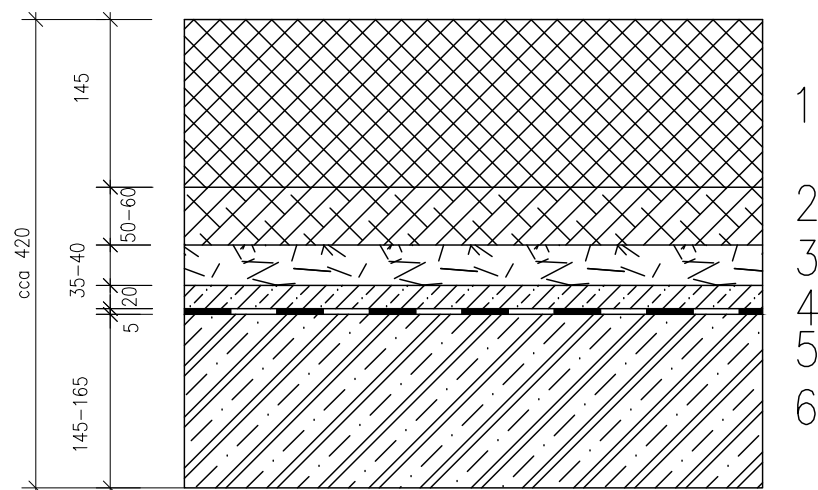
Tab. 8 Stanovenie hĺbky karbonatácie

●	VD-1		55 - 60 mm
●	VD-2	hĺbka karbonatácie betónu zo spodného líca nosnej ŽB mostovkovej desky stanovená pre jednotlivé vykonané sondy	50 - 55 mm
●	VD-3		65 - 70 mm
→	VT-1	hĺbka karbonatácie betónu na vonkajšom líci trámu	45 mm
		hĺbka karbonatácie betónu na vnútornom líci trámu	50 - 55 mm
→	VT-2	hĺbka karbonatácie betónu na oboch stranách trámu	80 - 85 mm

3.4 VYHODNOTENIE DIAGNOSTIKY

3.4.1 SKLADBA VOZOVKY

Skladba vozovky je stanovená na základe skutočností zistených z jadrového vývrtu vedeného zhora skrz vozovku až po hydroizoláciu a doplnená o poznatky získané pri odbere vývrtu z medzitrámovej mostovkovej desky zo spodného líca.



Tab. 9 Skladba vozovky

ČÍSLO	MATERIÁL	HRÚBKA VRSTVY [MM]
1	Asfaltobetón 1. vrstva (kvalitnejší)	145
2	Asfaltobetón 2. vrstva (horšia kvalita)	50 - 60
3	Násyp (štrk)	35 - 40
4	Betónová mazanina	20
5	Hydroizolácia	5
6	ŽB mostovková deska	145 - 165
	CELKOM	cca 420

3.4.2 FYZIKÁLNO - MECHANICKÉ VLASTNOSTI BETÓNU

Skúšobné vzorky boli zmerané v súlade s normou ČSN EN 12504-1. Rozmery vzorkov sa zmerali s presnosťou $\pm 1\%$. V prípade stanovenia priemeru "d" skúšobného telesa sa meralo v polovici a na krajoch dĺžky a to vždy vo dvoch rovinách na seba kolmých. Pomocou digitálnej váhy sa zistila hmotnosť "m" jednotlivých skúšobných vzorkov. V zaťažovacom skúšobnom lise, ktorý vyhovuje norme ČSN 12390-4 boli vzorky vystavené maximálnej sile, pri ktorej došlo k porušeniu a tieto hodnoty boli zaznamenané. Všetky namerané hodnoty sú zobrazené v tabulkách nižšie.

Tab.10 Namerané hodnoty na vzorkoch odobratých z medzitrámovej desky

OZNAČENIE VZORKU	PRIEMER	VÝŠKA	HMOTNOSŤ	MAX. SÍLA	OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ
	D [MM]	H [MM]	M [G]	F [kN]	D [KG/M ³]
VD-1.1	73,95	76,55	702,1	105,2	2140
VD-1.2	73,99	75,23	686,7	104,7	2120
VD-2.1	74,05	77,15	713,8	125,4	2150
VD-3.1	74,03	76,74	715,5	112,9	2170

Tab.11 Namerané hodnoty na vzorkoch odobratých z trémov

OZNAČENIE VZORKU	PRIEMER	VÝŠKA	HMOTNOSŤ	MAX. SÍLA	OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ
	D [MM]	H [MM]	M [G]	F [kN]	D [KG/M ³]
VT-1.1	74,04	77,68	714,2	78,3	2140
VT-1.2	74,01	76,86	704,6	88,7	2130
VT-1.3	74,05	77,27	725,6	79,3	2180
VT-2.1	74,14	77,42	684,1	70,9	2050
VT-2.2	74,05	77,13	667,6	65,9	2010
VT-2.3	74,07	77,67	681,3	68,4	2040

STANOVENIE PEVNOSTNÝCH PARAMETROV BETÓNU NA SKÚŠOBNÝCH VZORKOCH

Pevnosť betónu na valcových skúšobných telesách $f_{c,cyl}$ sa vypočíta pomocou opravného súčiniteľa k_c , ktorý bol získaný na základe štíhlosti λ každého vzorku a prevodného súčiniteľa priemeru valca $k_{c,cyl}$, ktorý bol odvodený Stavebným ústavom ČVUT v Prahe. Kockovú pevnosť betónu v tlaku $f_{c,cube}$ vypočítame pomocou prevodného súčiniteľa $k_{c,cube}$ pre prepočet z valcovej pevnosti na kockovú podľa normy ČSN EN 12390-3, Z1.

Pevnosti betónu a ich súčinitele stanovené na skúšobných telesách vyrobených z jadrových vývrtov odobratých z medzitrámových ŽB desiek sú uvedené v Tab. 12.

Tab.12 Pevnosti betónu vrátane súčiniteľov ŽB desky

OZNAČENIE VZORKU	ŠTÍHLOSŤ	OPRAVNÝ SÚČINITEL	PREVODNÝ SÚČINITEL	PREVODNÝ SÚČINITEL	PEVNOSŤ VZORKU	VALCOVÁ PEVNOSŤ	KOCKOVÁ PEVNOSŤ
	λ	K_c	$K_{c,cyl}$	$K_{c,cube}$	F_c	$F_{c,cyl}$	$F_{c,cube}$
VD-1.1	1,035	0,862	0,928	1,250	24,5	19,6	24,5
VD-1.2	1,017	0,856	0,928	1,251	24,4	19,4	24,3
VD-2.1	1,042	0,864	0,928	1,248	29,1	23,3	29,1
VD-3.1	1,037	0,862	0,928	1,250	26,2	21,0	26,3

Pevnosti betónu a ich súčinitele stanovené na skúšobných telesách vyrobených z jadrových vývrtov odobratých z nosných ŽB trávov sú uvedené v Tab.13.

Tab.13 Pevnosti betónu vrátane súčiniteľov ŽB trávov

OZNAČENIE VZORKU	ŠTÍHLOSŤ	OPRAVNÝ SÚČINITEL	PREVODNÝ SÚČINITEL	PREVODNÝ SÚČINITEL	PEVNOSŤ VZORKU	VALCOVÁ PEVNOSŤ	KOCKOVÁ PEVNOSŤ
	λ	K_c	$K_{c,cyl}$	$K_{c,cube}$	F_c	$F_{c,cyl}$	$F_{c,cube}$
VT-1.1	1,049	0,866	0,928	1,252	18,2	14,6	18,3
VT-1.2	1,039	0,863	0,928	1,252	20,6	16,5	20,7
VT-1.3	1,043	0,864	0,928	1,252	18,4	14,8	18,5
VT-2.1	1,044	0,865	0,928	1,252	16,4	13,2	16,5
VT-2.2	1,042	0,864	0,928	1,252	15,3	12,3	15,4
VT-2.3	1,049	0,866	0,928	1,252	15,9	12,8	16,0

CHARAKTERISTICKÁ PEVNOSŤ BETÓNU V TLAKU

Vyhodnotenie skúšok bolo vykonané v súlade s normou ČSN ISO 13822 a ČSN EN 13791.

■ VYHODNOTENIE PODĽA ČSN ISO 13822

Po stanovení priemeru m_x , smerodatnej odchýlky s_x a variačného koeficientu V_x , je nutné určiť súčiniteľ odhadu 5%-ného kvantilu k_n z tab. NA.2 normy ČSN ISO 13822. Pre tieto účely sa vychádzalo z normálneho rozdelenia danej materiállovej vlastnosti. A vzhľadom k tomu, že sa jedná o staršiu a relatívne neznámu konštrukciu budeme pri stanovení k_n uvažovať hodnotu "k_n pre V_x neznámy".

Základné štatistické hodnotenie súboru výsledkov pevnostných skúšok a ostatných vyhodnocovaných parametrov na jednotlivých skúšobných vzorkoch zo ŽB mostovkovej desky a z nosných ŽB trávov sú uvedené v tabuľkách nižšie.

Tab. 14 Charakteristická pevnosť betónu mostovkovej desky - ČSN ISO 13822

VELIČINA	OZNAČENIE	HODNOTA	JEDNOTKA
OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ BETÓNU	D	2145	[kg/m ³]
PRÍEMERNÁ HODNOTA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	m_x	26,05	[MPa]
MINIMÁLNA HODNOTA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	m_{min}	24,3	[MPa]
SMERODATNÁ ODCHÝLKA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	s_x	2,2	[MPa]
VÝSLEDNÝ VARIČNÝ KOEFICIENT	V_x	8,5	[%]
POČET PLATNÝCH VZORKOV	n	4	[-]
SÚČINITEĽ ODHADU 5%-NÉHO KVANTILU	k_n	2,63	[-]
CHARAKTERISTICKÁ PEVNOSŤ BETÓNU V TLAKU	$X_{k, is}$	20,2	[MPa]

Tab. 15 Charakteristická pevnosť betónu nosných trávov - ČSN ISO 13822

VELIČINA	OZNAČENIE	HODNOTA	JEDNOTKA
OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ BETÓNU	D	2092	[kg/m ³]
PRÍEMERNÁ HODNOTA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	m_x	17,6	[MPa]
MINIMÁLNA HODNOTA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	m_{min}	15,4	[MPa]
SMERODATNÁ ODCHÝLKA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	s_x	1,98	[MPa]
VÝSLEDNÝ VARIČNÝ KOEFICIENT	V_x	11,25	[%]
POČET PLATNÝCH VZORKOV	n	6	[-]
SÚČINITEĽ ODHADU 5%-NÉHO KVANTILU	k_n	2,18	[-]
CHARAKTERISTICKÁ PEVNOSŤ BETÓNU V TLAKU	$X_{k, is}$	13,3	[MPa]

■ VYHODNOTENIE PODĽA ČSN EN 13791

Po stanovení strednej (priemernej) hodnoty kockovej pevnosti betónu v tlaku $f_{m(n),is}$ a hodnoty s najnižším výsledkom skúšky pevnosti $f_{is,najmenšie}$ sa určí súčiniteľ k v závislosti na počtu platných vzorkov n .

Charakteristická pevnosť betónu v tlaku $X_{k,is}$ sa potom určí ako nižšia z vypočítaných hodnôt $f_{ck,is}$ viz výpočet v nasledujúcich tabulkách.

Tab. 16 Charakteristická pevnosť betónu mostovkovej desky - ČSN EN 13791

VELIČINA	OZNAČENIE	HODNOTA	JEDNOTKA
PRIEMERNÁ HODNOTA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	$f_{m(n),is}$	26,1	[MPa]
MINIMÁLNA HODNOTA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	$f_{is,najmenšie}$	24,3	[MPa]
POČET PLATNÝCH VZORKOV	n	4	[-]
SÚČINITEĽ k V ZÁVISLOSTI NA POČTU PLATNÝCH VZORKOV n	k	7	[MPa]
ODHAD CHARAKTERISTICKEJ PEVNOSTI BETÓNU V TLAKU JE NIŽŠIA Z HODNÔT	$f_{ck,is}$	19,1	[MPa]
		28,3	
CHARAKTERISTICKÁ PEVNOSŤ BETÓNU V TLAKU	$X_{k,is}$	19,1	[MPa]

Tab. 17 Charakteristická pevnosť betónu nosných trávov - ČSN EN 13791

VELIČINA	OZNAČENIE	HODNOTA	JEDNOTKA
PRIEMERNÁ HODNOTA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	$f_{m(n),is}$	17,6	[MPa]
MINIMÁLNA HODNOTA KOCKOVEJ PEVNOSTI BETÓNU	$f_{is,najmenšie}$	15,4	[MPa]
POČET PLATNÝCH VZORKOV	n	6	[-]
SÚČINITEĽ k V ZÁVISLOSTI NA POČTU PLATNÝCH VZORKOV n	k	7	[MPa]
ODHAD CHARAKTERISTICKEJ PEVNOSTI BETÓNU V TLAKU JE NIŽŠIA Z HODNÔT	$f_{ck,is}$	10,6	[MPa]
		19,4	
CHARAKTERISTICKÁ PEVNOSŤ BETÓNU V TLAKU	$X_{k,is}$	10,6	[MPa]

URČENIE TRIEDY PEVNOSTI BETÓNU V TLAKU

Tab. 18 Určenie triedy pevnosti betónu mostovkovej desky

	ČSN ISO 13822	ČSN EN 13791
PEVNOSTNÁ TRIEDA BETÓNU PODĽA ČSN EN 206.1	C 16/20	C 16/20
PEVNOSTNÁ TRIEDA BETÓNU PODĽA ČSN 73 2400:1989	B 20	B 20
PEVNOSTNÁ TRIEDA BETÓNU PODĽA ČSN 73 2001:1970	250	250

Tab. 19 Určenie triedy pevnosti betónu nosných trávov

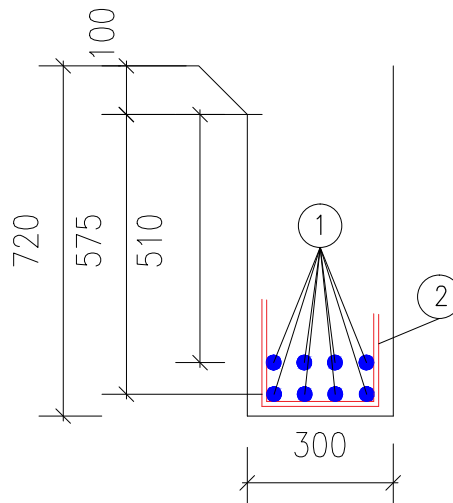
	ČSN ISO 13822	ČSN EN 13791
PEVNOSTNÁ TRIEDA BETÓNU PODĽA ČSN EN 206.1	C 9/12,5	C 9/12,5
PEVNOSTNÁ TRIEDA BETÓNU PODĽA ČSN 73 2400:1989	B 12,5	B 12,5
PEVNOSTNÁ TRIEDA BETÓNU PODĽA ČSN 73 2001:1970	170	170

Norma ČSN EN 13791 požaduje pre splnenie požiadavku na projektovanú pevnosť betónu dosiahnutie v konštrukcii len 85% charakteristickej pevnosti danej triedy. Tento fakt zapríčinil, že určená trieda je vyššia ako výsledné hodnoty pevnosti (pri určovaní tried pevnosti betónu dochádza k prílepšovaniu). Túto normu je teda skôr vhodné použiť pre novšie či prefabrikované konštrukcie. Vzhľadom k vyššie uvedenému a s prihliadnutím na rok výstavby 1933 (pevnosť betónu už neporastie) boli pevnostné triedy v súlade s normou ČSN EN 206.1⁴ danej konštrukcie uvažované podľa vyhodnotenia ČSN ISO 13822 (aj keď zatriedenie pevnosti betónu vyšlo v oboch prípadoch rovnaké).

⁴ Je však nutné upozorniť na to, že norma ČSN EN 206.1 pevnostnú triedu betónu C 9/12,5 nepozná. Toto určenie triedy pevnosti betónu v tlaku vychádza z noriem ČSN ISO 13822 a ČSN 73 0038.

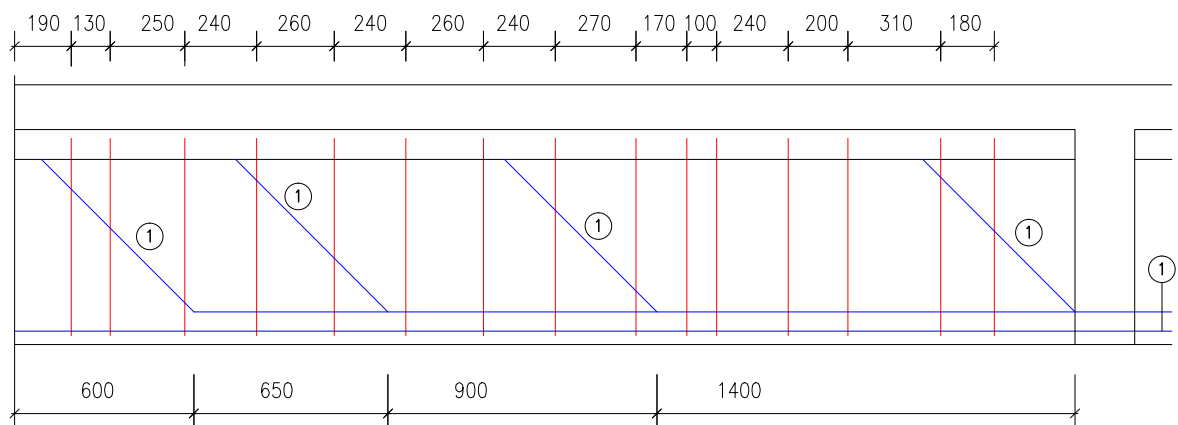
3.4.3 VYZTUŽENIE VYBRANÝCH ŽB PRVKOV

VYZTUŽENIE KRAJNÉHO TRÁMU NA OHYBOVÉ ÚČINKY V STREDU ROZPÄTIA - SONDA T-1



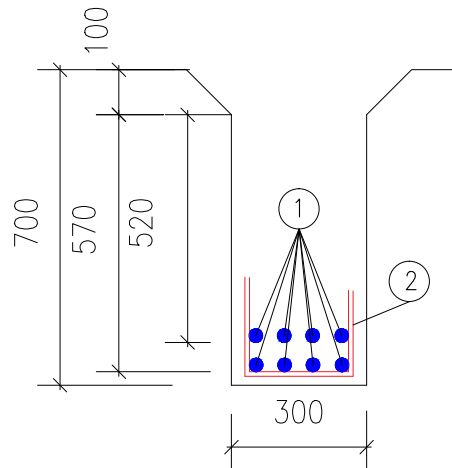
Ohybová výztuž	Spodná vrstva: 4 hladké profily o $\varnothing$ 30 mm s krytím cca 30 mm s olabením profilu jednotlivých prutov na priemer 25, 22, 27, 28 mm Horná vrstva: 4 hladké profily o $\varnothing$ 30 mm s krytím cca 90 mm s olabením profilu jednotlivých prutov na priemer 26, 29, 30, 30 mm
Strmienky	hladký profil o $\varnothing$ 10 mm v osových vzdialenostiach jednotlivých strmienkov: 280, 200, 240, 290, 250, 240, 240, 270, 220, 240, 220, 340, 300 mm, strmienky sú väčšinou prekorodované

VYZTUŽENIE KRAJNÉHO TRÁMU NA ŠMYKOVÉ ÚČINKY - SONDA TS-1



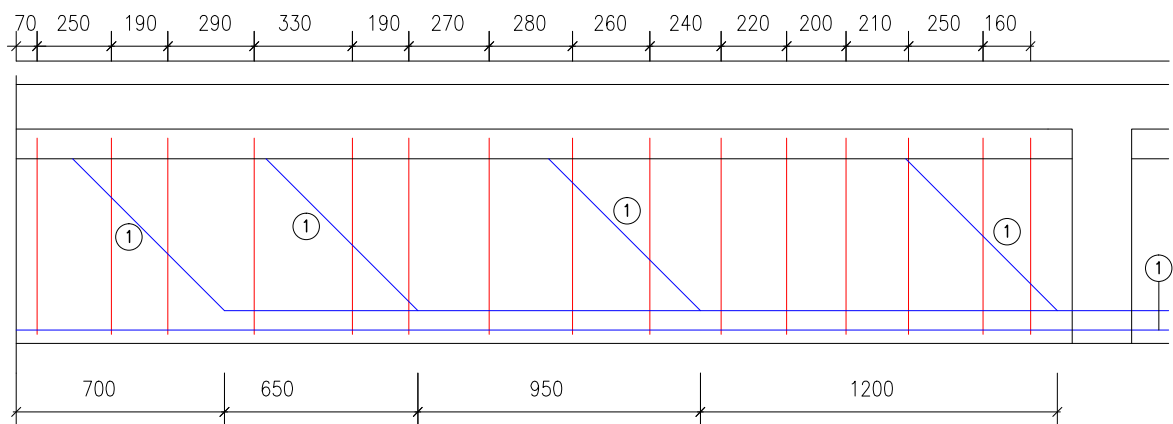
Ohybová výztuž	Spodná vrstva: 4 hladké $\varnothing$ 30 mm s krytím cca 30 mm zatiahnuté do podpory Horná vrstva: 4 hladké $\varnothing$ 30 mm s krytím cca 90 mm sa ohýbajú k hornému povrchu
Strmienky	hladká výztuž $\varnothing$ 10 mm s krytím cca 20 mm v osových vzdialenostiach jednotlivých strmienkov: 190, 130, 250, 240, 260, 240, 260, 240, 270, 170, 100, 240, 200, 310, 180 mm

VYZTUŽENIE STREDNÉHO TRÁMU NA OHYBOVÉ ÚČINKY V STREDU ROZPÄTIA - SONDA T-2



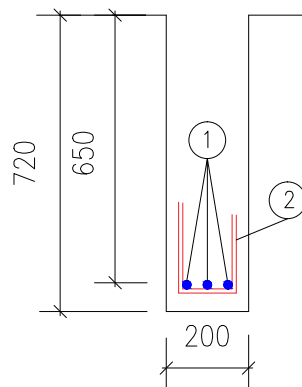
Ohybová výztuž	Spodná vrstva: 4 hladké profily o $\varnothing$ 30 mm s krytím cca 20 mm s miernou povrchovou koróziou bez oslabenia profilu jednotlivých prutov Horná vrstva: 4 hladké profily o $\varnothing$ 30 mm s krytím cca 70 mm bez korózie
Strmienky	hladká výztuž $\varnothing$ 10 mm

VYZTUŽENIE STREDNÉHO TRÁMU NA ŠMYKOVÉ ÚČINKY - SONDA TS-2



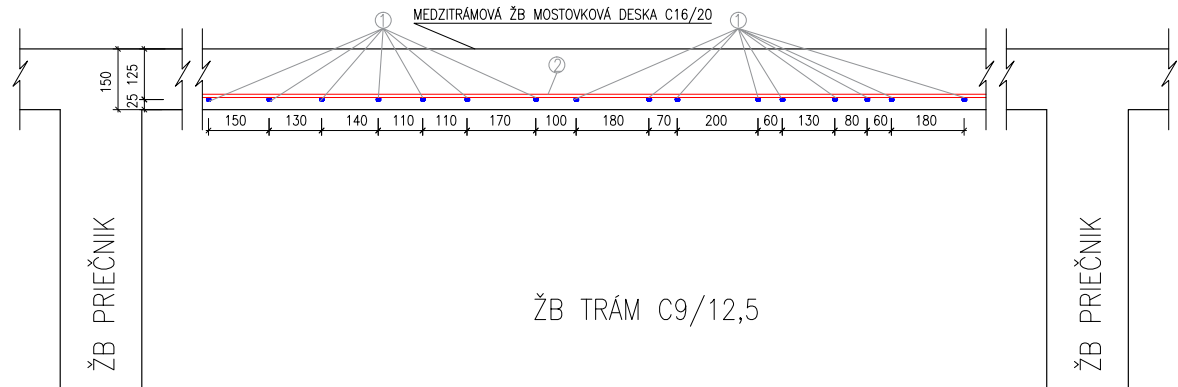
Ohybová výztuž	Spodná vrstva: 4 hladké $\varnothing$ 30 mm s krytím cca 30 mm zatiahnuté do podpory Horná vrstva: 4 hladké $\varnothing$ 30 mm s krytím cca 90 mm sa ohýbajú k hornému povrchu
Strmienky	hladká výztuž $\varnothing$ 10 mm s krytím cca 20 mm v osových vzdialenostiach jednotlivých strmienkov: 70, 250, 190, 290, 330, 190, 270, 280, 260, 240, 220, 200, 210, 250, 160

VYZTUŽENIE PRIEČNIKU NA OHYBOVÉ ÚČINKY V STREDU ROZPÄTIA - SONTA P-1



Ohybová výztuž	3 hladké $\varnothing$ 20 mm s krytím cca 60 - 65 mm s miernou povrchovou koróziou bez oslabenia profilov jednotlivých prutov
Strmienky	hladká výztuž $\varnothing$ 8 mm s krytím cca 55 mm v osoých vzdialenostiach jednotlivých strmienkov: 270, 300, 220, 250 mm

VYZTUŽENIE MEDZITRÁMOVEJ MOSTOVKOVEJ DESKY - SONTA D-1



Hlavná nosná výztuž	hladká výztuž $\varnothing$ 10 mm s krytím 20 mm v osoých vzdialenostiach jednotlivých prutov: 150, 130, 140, 110, 110, 170, 100, 180, 70, 200, 60, 130, 80, 60, 180mm
Rozdelovacia výztuž	hladká výztuž $\varnothing$ 8 mm s krytím cca 30 mm v osoých vzdialenostiach jednotlivých prutov: 200, 280, 270, 180 mm

4 POSÚDENIE MOSTU VRÁTANE STATICKÉHO VÝPOČTU

Účelom posudku je stanovenie zaťažiteľnosti mostnej konštrukcie. Zaťažiteľnosť sa stanoví podrobným statickým výpočtom. Výpočet vychádza z výsledkov diagnostického prieskumu mostu. Výpočet uvažuje skutočné geometrické a materiálové vlastnosti získané diagnostickým prieskumom (v niektorých prípadoch sa však vychádza z údajov stanovených v mostnom listi či v správe z hlavnej prehliadky mostu).

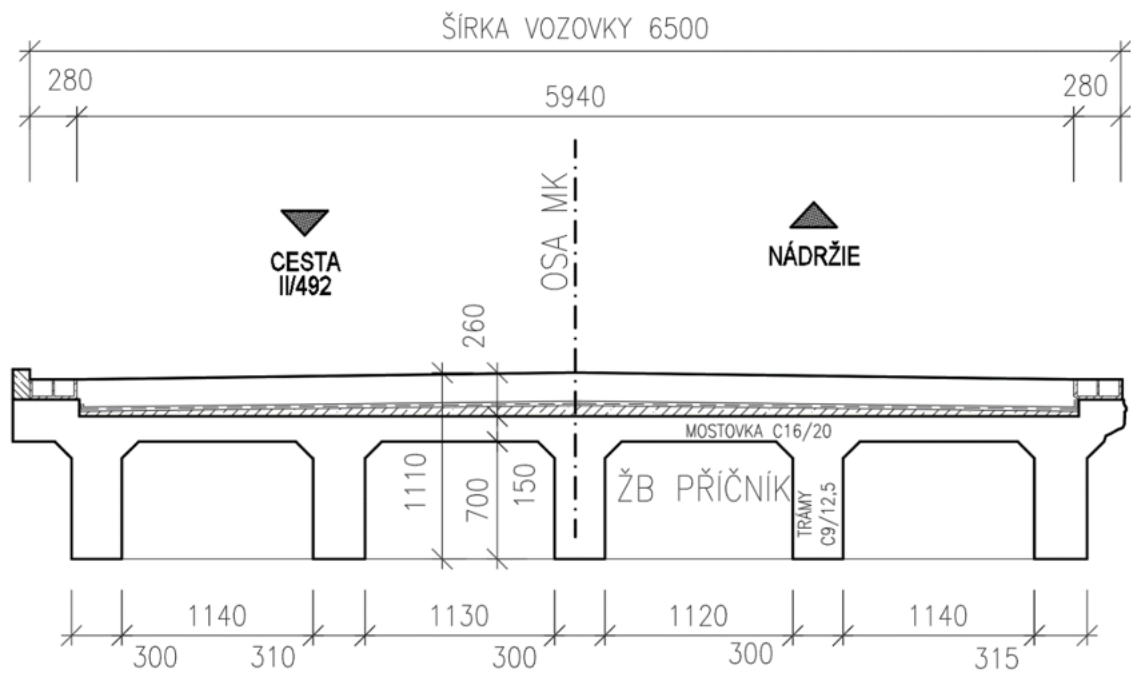
Výpočet sa zameriava na zaťažiteľnosť monolitického železobetonového trámového mostu. Výpočet porovnáva zaťažiteľnosť krajného nosného trámu, ktorý má oslabenú výztuž a stredného nosného trámu s neporušenou výztužou.

4.1 GEOMETRICKÉ ROZMERY MOSTU

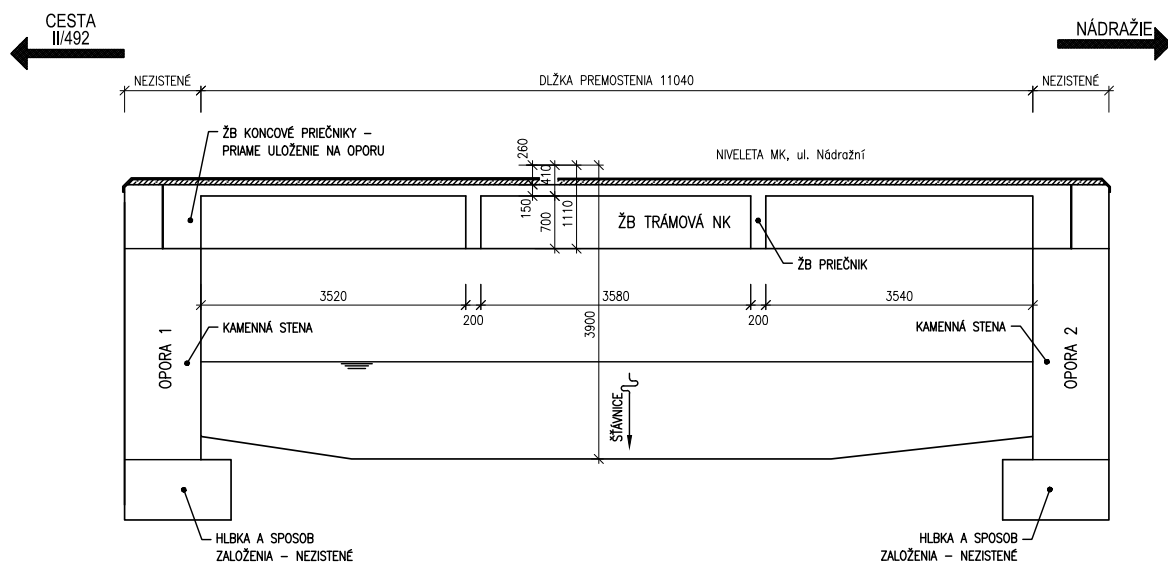
Tab. 20 Geometrické rozmery mostu

	OZNAČENIE	HODNOTA	JEDNOTKA
Počet polí		1	[-]
Dĺžka nosnej konštrukcie	ls	12,05	[m]
Vzdialenosť teoretických podpôr	leff	11,5	[m]
Hrúbka desky	t	0,15	[m]
Šírka desky	š	6,6	[m]
Výška trámov	h	0,7	[m]
Šírka trámov	b	0,3	[m]
Výška vnútorného priečniku	h	0,7	[m]
Šírka vnútorného priečniku	b	0,2	[m]
Výška krajného priečniku	h	0,7	[m]
Šírka krajného priečniku	b	0,5	[m]

PRIEČNY REZ



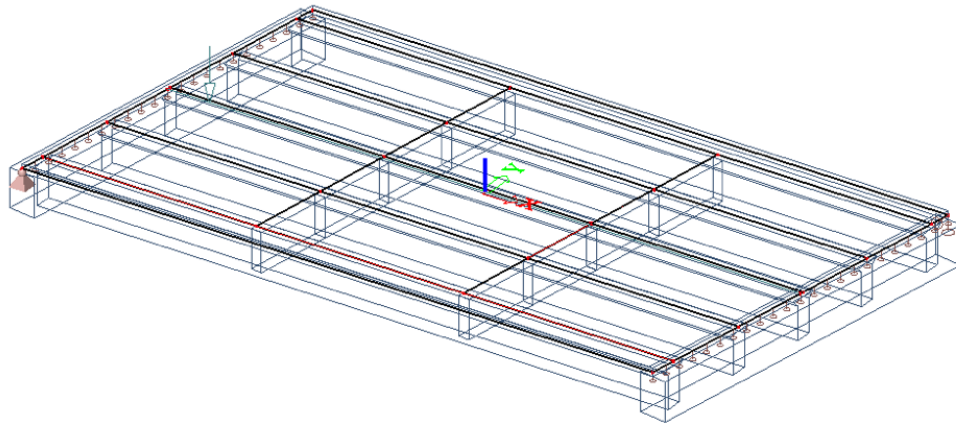
POZDĽŽNY REZ



4.2 VÝPOČTOVÝ MODEL

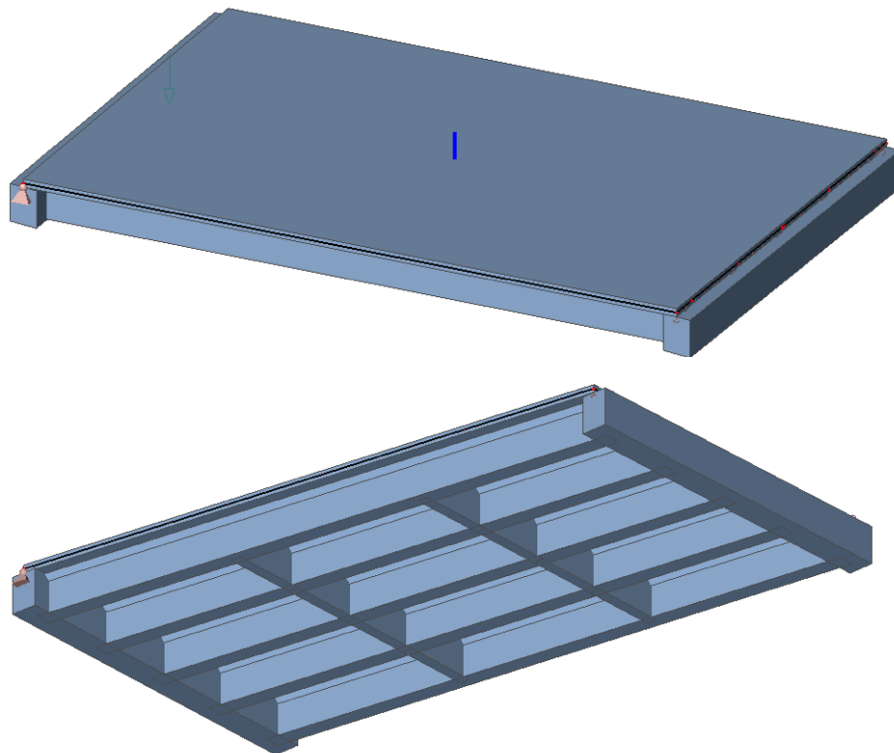
Vzhľadom k zložitosti výpočtu bola mostná konštrukcia vymodelovaná v programe Scia Engineer. Výpočet vnútorných síl bol vykonaný pomocou MKP na 3D modele. Jedná sa o jednoducho uloženú dosku stuženou rebrami.

PRUTOVÝ MODEL



Obr. 70 Prutový model mostu

PLNÝ 3D MODEL



Obr. 71 Plný 3D model mostu

4.3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

NÁVRHOVÁ PEVNOSŤ BETÓNU V TLAKU SA VYPOČÍTA ZO VZŤAHU:

$$f_{cd} = a_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad [\text{MPa}]$$

BETÓN - MOSTOVKOVÁ DESKA	OZNAČENIE	HODNOTA	JEDNOTKA
Charakteristická pevnosť v tlaku	f_{ck}	16	[MPa]
Dlhodobé účinky na tlakovú pevnosť	a_{cc}	0,9	[-]
Súčiniteľ spoľahlivosti	γ_c	1,5	[-]
Návrhová pevnosť v tlaku	f_{cd}	9,6	[MPa]

BETÓN - TRÁM	OZNAČENIE	HODNOTA	JEDNOTKA
Charakteristická pevnosť v tlaku	f_{ck}	9	[MPa]
Dlhodobé účinky na tlakovú pevnosť	a_{cc}	0,9	[-]
Súčiniteľ spoľahlivosti	γ_c	1,5	[-]
Návrhová pevnosť v tlaku	f_{cd}	5,4	[MPa]

OCEL	OZNAČENIE	HODNOTA	JEDNOTKA
Návrhová hodnota pevnosti (Hladká, neznáma výztuž - vybraná C34 z TP 200)	f_{yd}	180	[MPa]

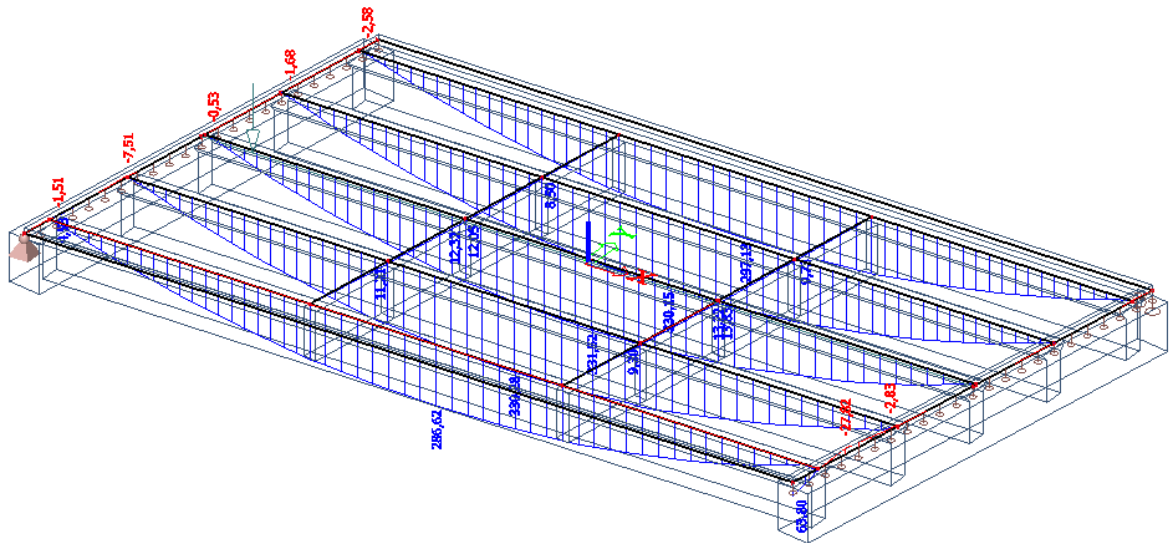
4.4 ZAŤAŽENIE

4.4.1 STÁLÉ

Do stáleho zaťaženia patrí zaťaženie vlastnou hmotnosťou a zaťaženie všetkých vrstiev vozovky. Celkové zaťaženie od vozovky teda je:

MATERIÁL	HRÚBKA [MM]	ZAŤAŽENIE [kN/M³]	ZAŤAŽENIE [kN/M³]
Asfaltobetón - lepší	145	24	3,48
Asfaltobetón - horší	55	24	1,32
Násyp	35	20	0,7
Betonová mazanina	20	25	0,5
Hydroizolácia	5	24	0,12
Celkom			6,12

MOMENTY OD VLASTNEJ HMOTNOSTI:



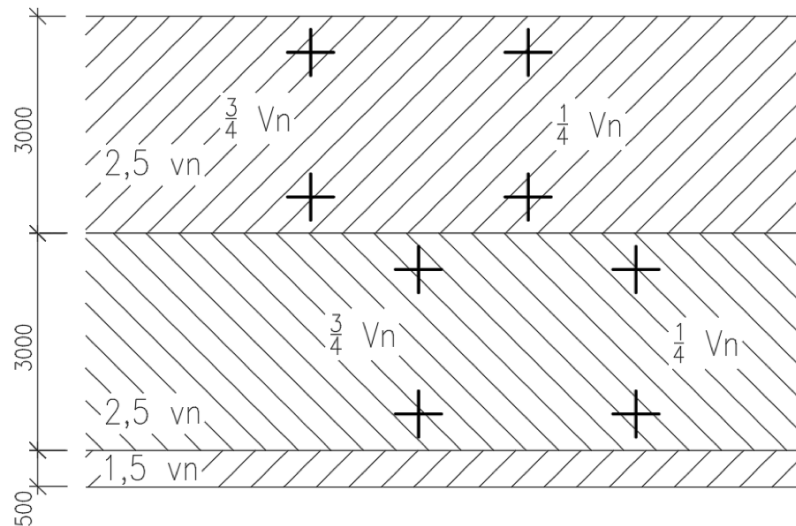
Obr. 72 Ohybové momenty od vlastnej hmotnosti

VÝSLEDNÉ MOMENTY		
KRAJNÝ NOSNÝ TRÁM	297,13	[kNm]
STREDNÝ NOSNÝ TRÁM	331,52	[kNm]

4.4.2 NÁHODILÉ

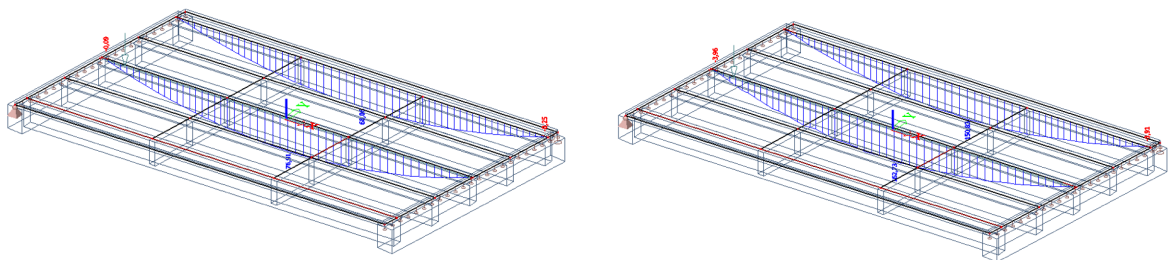
Pri zisťovaní zaťažiteľnosti mostu sa postupovalo podľa normy ČSN 73 6222. Šírka vozovky je 6,5 m, na tento most boli teda navrhnuté dva jazdné pruhy o šírke 2 x 3 m. Zostávajúca šírka vozovky je 0,5 m.

NORMÁLNA ZAŤAŽITEĽNOSŤ



Konštrukcia bola zaťažená plošným zaťažením o hodnotách $2,5 V_n$ a $1,5 V_n$. Ako pohyblivé zaťaženie bola zvolená dvojnáprava s nápravovými tlakmi $1/4$ a $3/4 V_n$.

ÚČINKY ZAŤAŽENIA



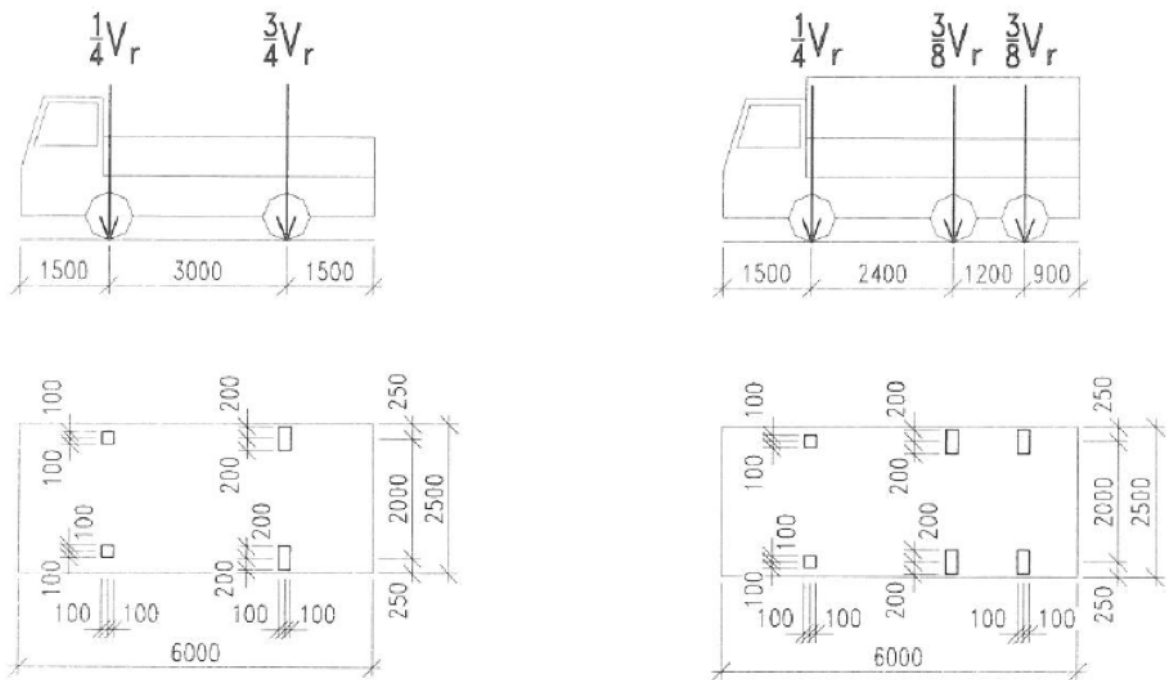
Obr. 73 Plošné zaťaženie (vľavo) a zaťaženie od dvojnápravy (vpravo)

Tab. 21 Výsledné účinky zaťaženia V_n

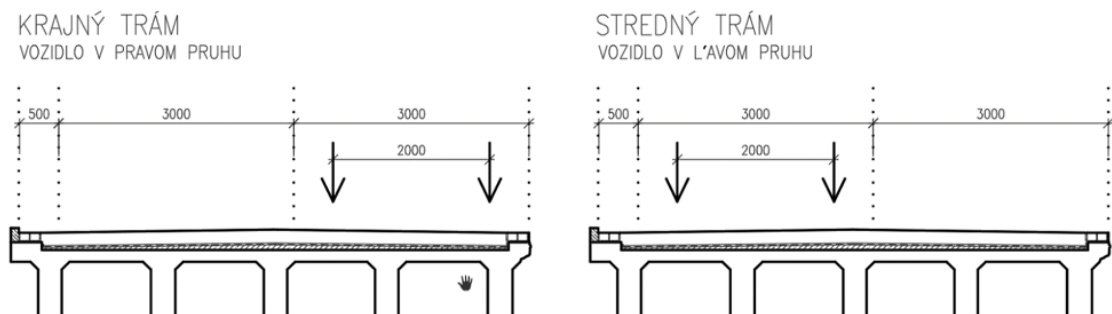
VÝSLEDNÉ ÚČINKY ZAŤAŽENIA		
PLOŠNÉ ZAŤAŽENIE	KRAJNÝ NOSNÝ TRÁM	68,06 V_n
	STREDNÝ NOSNÝ TRÁM	76,91 V_n
DVOJNÁPRAVA	KRAJNÝ NOSNÝ TRÁM	150,83 V_n
	STREDNÝ NOSNÝ TRÁM	162,73 V_n

VÝHRADNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ

Pri zisťovaní účinkov výhradnej zaťažiteľnosti bola konštrukcia zaťažená jediným vozidlom. Ako model bolo použité dvojnápravové a trojnápravové vozidlo:



Pre vyvodenie maxima bolo výhradné zaťaženie umiestnené do pravého a následne do ľavého pruhu.

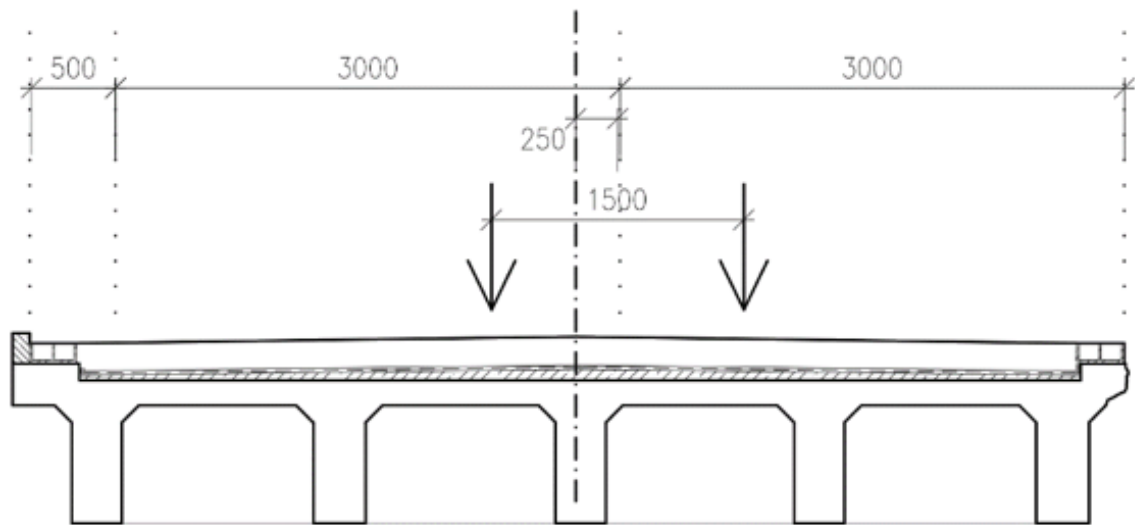


Tab. 22 Výsledné účinky zaťaženia V_r

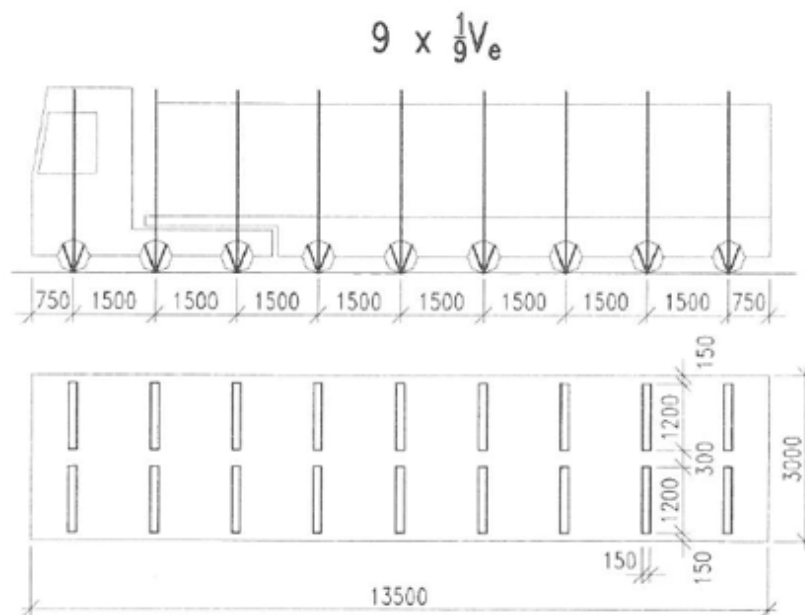
VÝSLEDNÉ ÚČINKY ZAŤAŽENIA		
DVOJNÁPRAVA	KRAJNÝ NOSNÝ TRÁM	1,1022 V_r
	STREDNÝ NOSNÝ TRÁM	0,7432 V_r
TROJNÁPRAVA	KRAJNÝ NOSNÝ TRÁM	1,0121 V_r
	STREDNÝ NOSNÝ TRÁM	0,6696 V_r

VÝNIMOČNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ

Pre výpočet výnimočnej zaťažiteľnosti bol použitý ako model devätnápravové vozidlo, ktoré išlo 0,25 m od predpísanej stopy.



ZAŤAŽOVACÍ MODEL



Tab. 23 Výsledné účinky zaťaženia V_w

VÝSLEDNÉ ÚČINKY ZAŤAŽENIA		
DVOJNÁPRAVA	KRAJNÝ NOSNÝ TRÁM	0,3108 V_w
	STREDNÝ NOSNÝ TRÁM	0,4119 V_w

4.5 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI DESKY

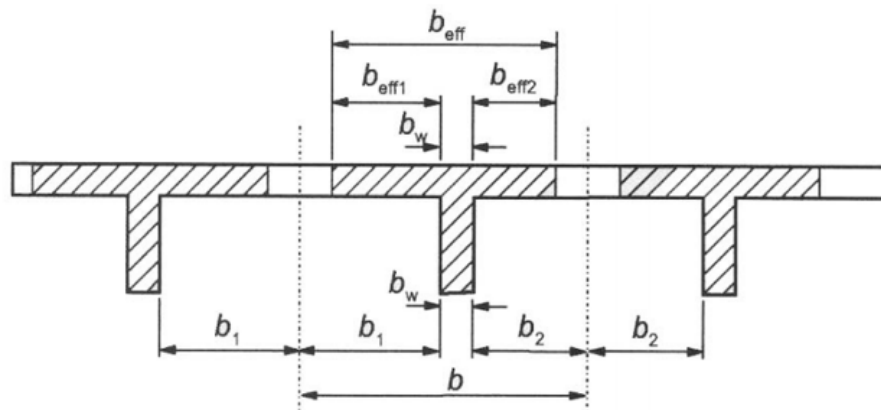
4.5.1 SPOLUPÔSOBIACA ŠÍRKA DESKY

Spolupôsobiaci šírka desky sa určí zo vzťahu:

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff},i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 \leq b_i$$

10 je vzdialenosť ohybovej čiary



STREDNÝ TRÁM:

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot 0,565 + 0,1 \cdot 11,5 = 1,263 \text{ m} \leq 0,565 \text{ m} \rightarrow \text{Neplatí}$$

$$b_{\text{eff},1} = 0,565 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot 0,56 + 0,1 \cdot 11,5 = 1,262 \text{ m} \leq 0,560 \text{ m} \rightarrow \text{Neplatí}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,560 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w = 0,565 + 0,560 + 0,3 = \mathbf{1,425 \text{ m}}$$

KRAJNÝ TRÁM:

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot 0,570 + 0,1 \cdot 11,5 = 1,264 \text{ m} \leq 0,570 \text{ m} \rightarrow \text{Neplatí}$$

$$b_{\text{eff},1} = 0,57 \text{ m}$$

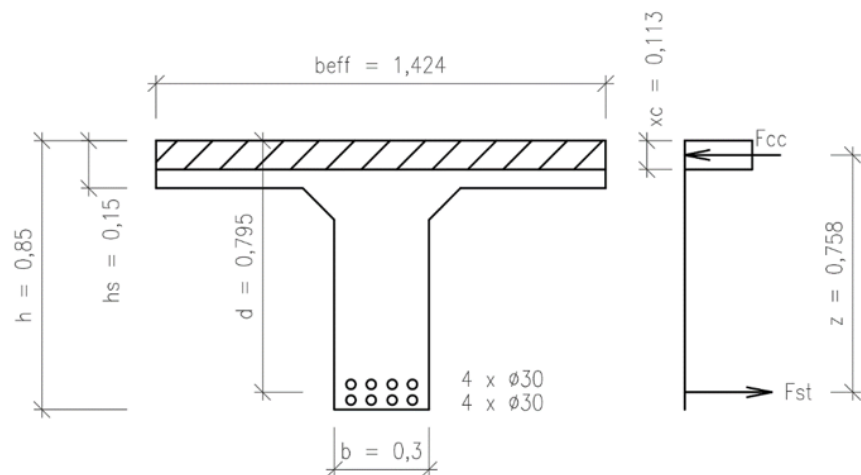
$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot 0,23 + 0,1 \cdot 11,5 = 1,20 \text{ m} \leq 0,23 \text{ m} \rightarrow \text{Neplatí}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,23 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w = 0,57 + 0,23 + 0,315 = \mathbf{1,11 \text{ m}}$$

4.5.2 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI PRIEREZU

STREDNÝ TRÁM



Podmienka rovnováhy:

$$F_{st} = F_{cc}$$

Sila v ťahanej výstuži:

$$F_{st} = A_s \cdot f_{yd}$$

Sila v tlačenej časti:

$$F_{cc} = \lambda \cdot x \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}$$

Poloha neutrálnej osy:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{56,55 \cdot 10^{-4} \cdot 180}{1,45 \cdot 0,8 \cdot 9,6} = 0,091 \text{ m}$$

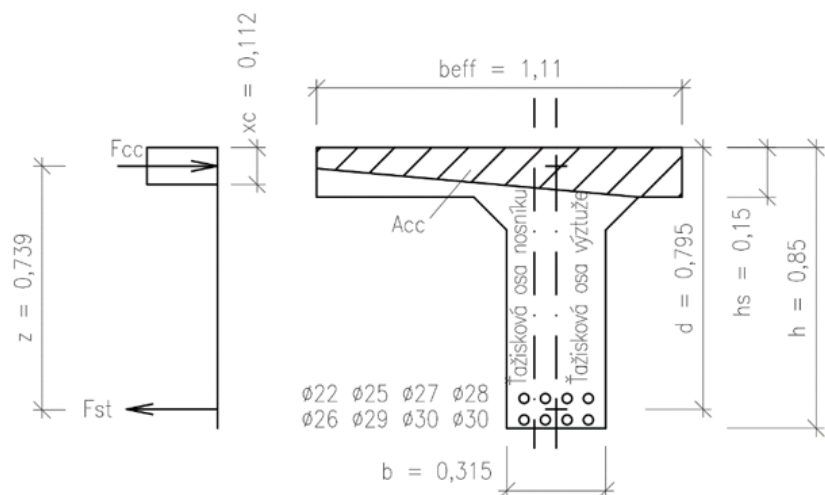
Rameno vnútorných síl z:

$$z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,795 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,091 = 0,758 \text{ m}$$

Moment na medzi únosnosti:

$$M_{rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 10,17 \cdot 10^{-4} \cdot 180 \cdot 10^6 \cdot 0,758 = \mathbf{772 \text{ kNm}}$$

KRAJNÝ TRÁM



Podmienka rovnováhy:

$$F_{st} = F_{cc}$$

Sila v ťahanej výstuži:

$$F_{st} = A_s \cdot f_{yd}$$

Sila v tlačenej časti:

$$F_{cc} = \lambda \cdot x \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}$$

Tlačená plocha:

$$A_{cc} = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot f_{cd}} = \frac{46,64 \cdot 10^{-4} \cdot 180}{1,45 \cdot 0,8 \cdot 9,6} = 0,102 \text{ m}^2$$

Rameno vnútorných síl z:

$$z_c = 0,739 \text{ m (odčítané graficky z autocadu)}$$

Moment na medzi únosnosti:

$$M_{rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 46,64 \cdot 10^{-4} \cdot 180 \cdot 10^6 \cdot 0,739 = \mathbf{620,4 \text{ kNm}}$$

NÁVRHOVÝ MOMENT PRE NÁHODILÉ ZAŤAŽENIE

Podľa návrhu normy ČSN 73 6222 sa uvažujú dve kombinácie zaťaženia pre určenie účinkov návrhového zaťaženia E_d (v prípade ohybového namáhania M_{ed}). Pre určenie zaťažiteľnosti sa uvažuje kombinácia, pre ktorú vyjde menší možný účinok dopravou.

$$E_D = M_{ED} = M_{RD}$$

$$A. E_{da} = \gamma_{g,sup} \cdot G_k + \psi_{01} \cdot \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$$

$$\gamma_{g,sup} = 1,35$$

$$\psi_{01} = 0,75$$

$$M_{rd} = 772 \text{ kNm} = M_{Eda} = 1,35 \cdot (M_g + 0,75 \cdot \delta M_{qa}) = 1,35 \cdot (331,52 + 0,75 \cdot \delta M_{qa})$$

$$\rightarrow \delta M_{qa} = 320,44 \text{ kNm}$$

$$B. E_{db} = \xi \cdot \gamma_{g,sup} \cdot G_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$$

$$\gamma_{g,sup} = \gamma_{Q1} = 1,35 ; \xi = 0,85$$

$$M_{rd} = 772 \text{ kNm} = M_{Eda} = 1,35 \cdot (0,85 \cdot M_g + \delta M_{qb}) = 1,35 \cdot (0,85 \cdot 331,52 + \delta M_{qb})$$

$$\rightarrow \delta M_{qb} = 391,58 \text{ kNm} - \text{stredný trám}$$

$$\rightarrow \delta M_{qb} = 281,72 \text{ kNm} - \text{krajný trám}$$

Rozhoduje varianta B.

DYNAMICKÝ SÚČINITEĽ

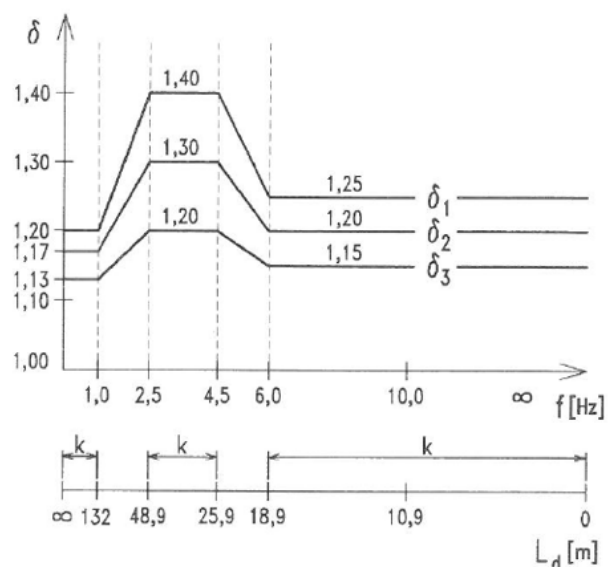
Dynamický súčiniteľ sa podľa normy ČSN 73 6222 stanovuje v závislosti na náhradnej dĺžke konštrukcie $L_d = 11,5 \text{ m}$.

$$f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 90,6 \cdot 11,5^{-0,923} = 9,5 \text{ Hz}$$

Normálna zaťažiteľnosť $\delta_n = 1,20$

Výhradná zaťažiteľnosť $\delta_{vch} = 1,25$

Výnimočná zaťažiteľnosť $\delta_{vm} = 1,05$



4.6 STANOVENIE ZAŤAŽITEĽNOSTI

4.6.1 NORMÁLNA ZAŤAŽITEĽNOSŤ

STREDNÝ TRÁM

$$\delta \cdot M_{qb} = \delta \cdot M_{qP,1} + \delta \cdot M_{qv,1a}$$

$$391,58 = 1,20 \cdot 76,91 v_n + 1,20 \cdot 162,73 v_n$$

$$v_n = 1,362 \text{ kN/m}^2$$

$$V_a = 100 \cdot v_n = 136,2 \text{ kN}$$

$$V_{nw} = 4/3 \cdot 136,2 = 181,6 \text{ kN}$$

$$\mathbf{V_n = 18,2 t}$$

KRAJNÝ TRÁM

$$\delta \cdot M_{qb} = \delta \cdot M_{qP,1} + \delta \cdot M_{qv,1a}$$

$$281,72 = 1,20 \cdot 68,06 v_n + 1,20 \cdot 150,83 v_n$$

$$v_n = 1,073 \text{ kN/m}^2$$

$$V_a = 100 \cdot v_n = 107,3 \text{ kN}$$

$$V_{nw} = 4/3 \cdot 107,3 = 143,07 \text{ kN}$$

$$\mathbf{V_n = 14,3 t}$$

4.6.2 VÝHRADNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ

Stredný trám 2NV $\delta \cdot M_{qb} = \delta \cdot M_{2nv} \cdot V_{r,w}$

$$391,58 = 1,25 \cdot 0,7432 \cdot V_{r,w}$$

$$V_{r,w} = 421,51 \text{ kN}$$

$$\mathbf{V_r = 42,2 t}$$

Stredný trám 3NV $\delta \cdot M_{qb} = \delta \cdot M_{3nv} \cdot V_{r,w}$

$$391,58 = 1,25 \cdot 0,6696 \cdot V_{r,w}$$

$$V_{r,w} = 467,84 \text{ kN}$$

$$\mathbf{V_r = 46,78 t}$$

Krajný trám 2NV $\delta \cdot M_{qb} = \delta \cdot M_{2nv} \cdot V_{r,w}$
 $281,72 = 1,25 \cdot 1,1022 \cdot V_{r,w}$
 $V_{r,w} = 204,48 \text{ kN}$
 $V_r = 20,4 \text{ t}$

Krajný trám 3NV $\delta \cdot M_{qb} = \delta \cdot M_{3nv} \cdot V_{r,w}$
 $281,72 = 1,25 \cdot 1,0121 \cdot V_{r,w}$
 $V_{r,w} = 222,68 \text{ kN}$
 $V_r = 22,3 \text{ t}$

4.6.3 VÝNIMOČNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ

Stredný trám $\delta \cdot M_{qb} = \delta \cdot M_{zvl} \cdot V_{e,w}$
 $391,58 = 1,05 \cdot 0,4119 \cdot V_{e,w}$
 $V_{e,w} = 905,4 \text{ kN}$
 $V_e = 90,5 \text{ t}$

Krajný trám $\delta \cdot M_{qb} = \delta \cdot M_{zvl} \cdot V_{e,w}$
 $281,72 = 1,05 \cdot 0,3108 \cdot V_{e,w}$
 $V_{e,w} = 725,15 \text{ kN}$
 $V_e = 72,5 \text{ t}$

4.7 VYHODNOTENIE ZAŤAŽITEĽNOSTI

ROZDIEL V ZAŤAŽITEĽNOSTI KRAJNÉHO A STREDNÉHO TRÁMU			
	NORMÁLNE [T]	VÝHRADNÉ [T]	VÝNIMOČNÉ [T]
KRAJNÝ TRÁM	14,3	20,4	72,5
STREDNÝ TRÁM	18,2	42,2	90,5
ROZDIEL	78,57 %	48,34 %	80,11 %

NORMÁLNA ZAŤAŽITEĽNOSŤ 14,3 T

VÝHRADNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ 20,4 T

VÝNIMOČNÁ ZAŤAŽITEĽNOSŤ 72,5 T

5 NÁVRH SANÁCIÍ A OPATRENÍ

Most prevažne slúži ako hlavný napojovací bod z ulice Nádražní na cestu II/492 na ul. Masarykovu. Vzhľadom k blízkosti vlakového tak i autobusového nádražia nie je frekvencia cestnej premávky zanedbateľná. Z tohto dôvodu by kompletná uzávierka mostu mohla viesť ku komplikáciám v doprave. Snahou je teda nájsť vhodné opatrenia pre zachovanie či zlepšenie funkčnosti mostu s ohľadom na bezproblémové užívanie danej komunikácie a plynulosť cestnej premávky aj počas realizácie týchto opatrení.

5.1 SANÁCIE NEVYHNUTNÉ PRE ZACHOVANIE FUNKČNOSTI MOSTU

Na moste je vykonávaná len najnutnejšia údržba, čomu odpovedá aj stavebný stav vyhodnotený klasifikačným stupňom VI - veľmi zlý pre nosnú konštrukciu a IV - uspokojivý pre spodnú stavbu vychádzajúci z hlavnej mostnej prehliadky. Výčet navrhnutých opatrení nižšie obsahuje odstránenie vybraných zistených väd a porúch, tak aby v čo najefektívnejšej miere prispeli k zlepšeniu aktuálneho stavu a bola tak predĺžená doba životnosti daného mostu.

OPATRENIA PRE ZACHOVANIE FUNKČNOSTI MOSTU, KTORÉ NEZNESÚ ODKLAD SÚ NAJMÄ:

Rozpadnutý monolitický betonový obrubník na **ľavej strane**, ktorý je uložený (nadbetonovaný) na rozpadajúcej sa rímse trámového mostu - na niektorých miestach vzniká až otvor skrz. Vedľa ocelového obrubníku na **pravej strane** vozovky je prípad podobný, kde sú dva pásy kamenných kociek uložené na rímse trámového mostu, ktorá vplyvom zatekania degraduje a rozpadá sa. Následkom čoho sa na niekoľkých miestach kamenné kocky prepadajú pretože rímša už neplní funkciu opory. V týchto najviac poškodených miestach hrozí nebezpečenstvo prepadnutia kola vozidla.

Aby sa zabránilo takejto situácii, navrhuje sa vybúranie týchto okrajových konštrukcií a vybudovať nové okraje vozovky a chodníku s obrubami, ktoré budú zakotvené do zdravého betónu. Tým sa zamedzí aj zatekaniu cez okraje ríms do krajných trámov a ich poškodzovaniu vodou.

V prípade najviac poškodených nosných krajných trámov sa ako prvé navrhuje otrýskanie nosnej konštrukcie tlakovou vodou o tlaku min. 1500 barov z dôvodu odstránenia poškodených betonových častí až na pevný súdržný podklad. Odhalená výztuž sa očistí ručne alebo s pomocou tlakovej vody od zkorodovaných častíc. Po očistení sa výztuž ošetrí ochranným adhézny náterom. Napokon sa výztuž opatrí novou ochrannou vrstvou z betónu. Na otrýskaný betonový povrch sa naniesie nová vrstva sanačnej malty. Konštrukcia sa vo finále opatrí zjednocujúcim náterom.

Spáry kamenného muriva opôr a krídiel (predovšetkým zvislá praklina na krídle K2P u opory OP2 z ľavej strany) sa navrhujú vyspraviť a vyplniť novou maltou.

5.2 OPATRENIA DOPORUČENÉ PRE MODERNIZÁCIU

Výška a ani výplň zábradlia nesplňujú požiadavky normy. Medzera medzi zvislým vyplnením zábradlia je až 180 mm. Na niekoľkých miestach je zábradlie taktiež mierne zdeformované. Preto sa doporučuje osadenie nového zábradlia splňujúceho všetky bezpečnostné a technické požiadavky normy.

Dopravné značenie pozostáva len zo značky "daj prednosť v jazde" s dodatkovou tabulkou s vyznačením hlavnej a vedľajšej komunikácie. Dopravné značenie s obmedzením zaťažiteľnosti na moste nie je. Vzhľadom k stanovenej normálnej zaťažiteľnosti (14,3 t) a výhradnej zaťažiteľnosti (18,2 t) je nutné most osadiť značkou zakazujúcou vjazd vozidiel presahujúcou dané hmotnosti. Ďalším opatrením čisto formálnej povahy je označenie mostu tabulkou s platným ev. číslom a odstránenie neplatného ev. čísla.

ZÁVER

Predmetom tejto práce bolo vykonanie diagnostického prieskumu jednopolového ŽB trámového mostu ev. č. M5 cez Luhačovický potok na ulici Nádražní v obci Luhačovice.

Diagnostickým prieskumom a následným vyhodnotením bola stanovená skladba vozovky, ďalej vo vybraných častiach mostnej konštrukcie boli stanovené vlastnosti betónu a výztuže slúžiace k vyhodnoteniu zaťažiteľnosti mostu.

Pre účely stanovenia fyzikálno-mechanických vlastností betónu nosnej konštrukcie bolo vykonaných celkom 5 jadrových vývrtov (2x vodorovne do trávov a 3x zvislo hore vedený vývrt do medzitrámovej mostovkovej desky). Z vyrobených vzorkov bolo zistené, že kvalita použitého betónu v prípade nosných trávov je nižšia než kvalita použitého betónu v medzitrámovej deske. Charakteristická pevnosť betónu $X_{k,is}$ nosných trávov bola stanovená na 13,3 MPa s odpovedajúcou pevnostnou triedou betónu C 9/12,5. V prípade medzitrámovej desky charakteristická pevnosť $X_{k,is}$ činila 20,2 MPa s odpovedajúcou pevnostnou triedou betónu C 16/20. V oboch prípadoch bola preukázaná dobrá rovnomernosť betónu s variačným koeficientom 11,2% (trám) a 8,5% (deska), kde limitná hodnota je 16%.

Hĺbka karbonatácie betónu nosných trávov dosahovala hodnôt približne 50 mm (u trávu krajného) a až 85 mm u stredného trávu. V prípade hĺbky karbonatácie medzitrámovej desky sa hodnoty pohybovali od 50 do 70 mm (pričom celková hrúbka mostovkovej desky predstavuje 145 až 165 mm).

Veľký vplyv na zhoršovanie stavu nosnej konštrukcie má absencia krycích vrstiev betónu na krajných nosných trávach. Takto odkrytá ocelová výztuž je priamo vystavená klimatickým podmienkam (zrážky, striedanie teplôt atď.) vrátane vody a solí. Svoj podiel na rýchlu degradáciu betónu a opadávanie krycích vrstiev má tiež zaťaženie od dopravy, ktorá vzhľadom k blízkemu nádražiu je veľmi intenzívna. V dôsledku všetkých týchto vplyvujúcich okolností dochádza k veľmi významnej korozii s výrazným oslabením priemeru pôvodných výztuží (na

niektorých miestach je oslabenie z 30 mm až na 22 mm!). V prípade strmienkov na najviac postihnutých miestach je ocel úplne prekorodovaná a neplní tak už svoju pôvodnú funkciu.

Statickým výpočtom bolo zistené, že mostná konštrukcia v stave v akom sa aktuálne nachádza je schopná preniesť dopravu o zaťažení 14,3 t (normálna zaťažiteľnosť). V prípade, že vozidlo prechádzajúce cez most bude jediné, čiže zamedzí sa vstupu iného vozidla, môže mať toto jediné vozidlo hmotnosť 20,4 t (výhradná zaťažiteľnosť). Tieto výsledky boli ovplyvnené oslabením výztuže krajného trámu v porovnaní s výztužou stredného trámu, ktorého normálna zaťažiteľnosť dosahovala 18,2 a výhradná až 42,2 t na jediné vozidlo. Ak bude investor do budúcnosti uvažovať o zvýšení zaťažiteľnosti mostu ako jednu z alternatív je možné v prípade zachovania pôvodnej konštrukcie navrhnúť zosilnenie dodatočným predpätím konštrukcie. V prípade, že sa však táto varianta ukáže ako nevhodná, je možné uvažovať o výstavbe novej mostnej konštrukcie.

ZOZNAMY

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- (1) Jiří Stráský, Betonové mosty, 2001
- (2) Schmid,P., a kol.: Základy zkušebnictví, skriptum, CERM 2001
- (3) HOBST, Leonard, Jiří ADÁMEK, Petr CIKRLE a Pavel SCHMID. Diagnostika stavebních konstrukcí: Přednášky. Brno: Studijní opora VUT FAST, 2005.
- (4) ANTON, Ondřej. Vývoj a upřesnění radiografických metod ve stavebnictví. Brno, 2009. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce: doc. Ing. Leonard Hobst, CSc.
- (5) ANTON, Ondřej, Petr CIKRLE a Věra HEŘMÁNKOVÁ. Zkušenosti s georadarem při stavebně technických průzkumech. TZB-info [online]. 27.1.2014. [cit. 2018/12/21]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10800-zkusenosti-s-georadarem-pri-stavebne-technicky-pruzkumech>
- (6) Proceq Silver Schmidt PC/ST Digital Concrete Test Hammer. [online]. [cit. 2018/12/20]. Dostupné z: <https://www.stanlay.in>
- (7) Proceq History. Proceq [online]. [cit. 2018/12/21]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/company/history/>
- (8) ŠTAINBRUCH, Jakub, Onřej ANTON a Tomáš KORDINA. Rozvoj a použití georadaru při diagnostice železobetonových konstrukcí. Beton: Technologie, konstrukce, sanace. Praha: Česká betonářská společnost, 2011, roč. 11, č. 3. ISSN 1213-3116. Dostupné z: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-3-66_0.pdf
- (9) GPR. [online]. [cit. 2018/12/22]. Dostupné z: <http://www.penetradar.com/ground-penetrating-radar.html>
- (10) Georadar GPR LMX200. [online]. [cit. 2018/12/22]. Dostupné z: <http://www.giorgiodovigi.it/public/index.php/prodotti/mappatura-reti/georadar-gpr/georadar-lmx200>

- (11) Georadar (Ground penetrating radar). [online]. [cit. 2018/12/22]. Dostupné z: <https://www.geotech.hr/en/georadar-geotech/>
- (12) SYSTÉM PS 1000 X-SCAN. Hilti. [online]. [cit. 2018/12/22]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/laserová-technika/systémy-detekce/r6436760?itemCode=2154110>
- (13) SPX-H (BL). Hilti. [online]. [cit. 2018/12/23]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/nástroje/diamantové-jádrové-korunky/diamantová-jádrová-vrtac%C3%AD-korunka/r6718336>
- (14) DY-2 Family Pull-Off Testing. [online]. [cit. 2018/12/23]. Dostupné z: <https://gardco.com/pages/adhesion/dy2.cfm>
- (15) CIKRLE, Petr a kol. Diagnostiké metody ve stavebnictví. Studijní opora VUT v Brně FAST, 2011.
- (16) Pevnost v tlaku betonu na vývrtech. [online]. [cit. 2018/12/27]. Dostupné z: http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C2_Návod_vývrt.pdf
- (17) Vývrty: Odběr, popis a zkoušení v tlaku. [online]. [cit. 2018/12/27]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8311487-3-vyvrt-y-odber-popis-a-zkouseni-v-tlaku.html>
- (18) Rovnoměrnost betonu konstrukce. [online]. [cit. 2018/12/27]. Dostupné z: http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI03/M_C1_2016_Návod.pdf
- (19) Stanovení charakteristické pevnosti konstrukcí z betonu na základě zkoušek. [online]. [cit. 2019/01/04]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/stanoveni-charakteristicke-pevnosti-konstrukci-z-betonu-na-zaklade-zkousek_N2156
- (20) Most ev. č. M5. Most přes Luhačovický potok na ul. Nádražní. Hlavní prohlídka. Ing. Pavel Kurečka MOSTY s.r.o., Autor: Ing. Pavel Kurečka, Ing. Marek Volf. 2017.
- (21) Mostní list mostu pozemní komunikace, ev. č. M5. Most přes Luhačovický potok na ul. Nádražní. Ing. Pavel Kurečka MOSTY s.r.o., Autor: Ing. Pavel Kurečka, Ing. Marek Volf. 2018.

TECHNICKÉ PODMIENKY A NORMY

- (22) TP 72 - Diagnostický průzkum mostů PK
- (23) TP 200 - Stanovení zatížitelnosti mostů PK
- (24) ČSN 73 6222 Zatížitelnost mostů PK
- (25) ČSN 73 6200 Mostní názvosloví
- (26) ČSN 73 6206 Navrhování betonových a železobetonových mostních kcí
- (27) ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací
- (28) ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu
- (29) ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí
- (30) ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů
- (31) ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích
- (32) ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - hodnocení existujících konstrukcí
- (33) ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - doplňující ustanovení
- (34) ČSN EN 1992-2 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady
- (35) ČSN 12390-1 Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy
- (36) ČSN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- (37) ČSN 12390-4 Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 4: Pevnost v tlaku - požadavky na zkušební lis, 2001
- (38) ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích. Část 1: Vývrty - odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku
- (39) ČSN EN 206 Beton: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Počet a šírka zaťažovacích pruhov	23
Tab. 2 Základné údaje o moste	31
Tab. 3 Stanovenie prevodného súčiniteľa $k_{c,cube}$ [16].....	51
Tab. 4 Súčiniteľ k_n pre stanovenie 5%-ného kvantilu	52
Tab. 5 Súčiniteľ k_v [MPa] v závislosti na počtu platných vzorkov n [19]	52
Tab. 6 Minimálna charakteristická pevnosť betónu v konštrukcii	52
Tab. 7 Maximálne hodnoty variačného súčiniteľa V_x a rozdielu susedných miest "Δ"	53
Tab. 8 Stanovenie hĺbky karbonatácie.....	68
Tab. 9 Skladba vozovky	69
Tab.10 Namerané hodnoty na vzorkoch odobratých z medzitrámovej desky	70
Tab.11 Namerané hodnoty na vzorkoch odobratých z trémov.....	70
Tab.12 Pevnosti betónu vrátane súčiniteľov ŽB desky	71
Tab.13 Pevnosti betónu vrátane súčiniteľov ŽB trémov.....	71
Tab. 14 Charakteristická pevnosť betónu mostovkovej desky - ČSN ISO 13822...72	
Tab. 15 Charakteristická pevnosť betónu nosných trémov - ČSN ISO 13822.....72	
Tab. 16 Charakteristická pevnosť betónu mostovkovej desky - ČSN EN 13791....73	
Tab. 17 Charakteristická pevnosť betónu nosných trémov - ČSN EN 13791	73
Tab. 18 Určenie triedy pevnosti betónu mostovkovej desky	74
Tab. 19 Určenie triedy pevnosti betónu nosných trémov	74
Tab. 20 Geometrické rozmery mostu	78
Tab. 21 Výsledné účinky zaťaženia V_n	83
Tab. 22 Výsledné účinky zaťaženia V_r	84
Tab. 23 Výsledné účinky zaťaženia V_w	85

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Skúška odrazovou metódou - kladivko Proceq Silver Schmidt PC/ST [6]... 14	
Obr. 2 Použitie ultrazvukovej metódy - Pundit PL200 [7]	14
Obr. 3 Polohy sond pri meraní pomocou ultrazvukového impulzu [3].....	15
Obr. 4 Vývoj prístrojov Profometer švajčiarskej spoločnosti Proceq [7]	15
Obr. 5 Profometer PM-630 [7].....	16

Obr. 6 Radiografický uranový kryt TECH/OPS [3]	17
Obr. 10 Hilti PS 1000 X-Scan [12]	19
Obr. 11 Realizácia jadrových vývrtov vodorovne prístrojom SPX-H (BL) Hilti [13].	20
Obr. 12 Prístroj používaný k odtrhovým skúškam DY-225 Family (Pull-Off Testing) [14]	21
Obr. 13 Snímok sekanej sondy z diagnostického prieskumu	22
Obr. 14 Zaťažovacie schéma pre normálnu zaťažiteľnosť V_n	24
Obr. 15 Normálna zaťažiteľnosť menšia ako 16 t	25
Obr. 16 Výhradná zaťažiteľnosť 6-nápravového vozidla	26
Obr. 17 Výhradná zaťažiteľnosť dvoj a troj - nápravového vozidla	26
Obr. 18 Výnimočná zaťažiteľnosť deväť-nápravového vozidla	28
Obr. 19 Mapa s vynačením polohy obce Luhačovice	29
Obr. 20 Mapa s vyznačením miesta mostného objektu v obci	30
Obr. 21 Mapy s vyznačením predmetného mostu	31
Obr. 22 Pohľad na ľavú (výtokovú) stranu mostu [20]	32
Obr. 23 Pohľad na pravú (vtokovú) stranu mostu [20]	33
Obr. 24 Celkový pohľad na most (od OP1 k OP2) - vtok je vpravo [20]	33
Obr. 25 Celkový pohľad na most (od OP2 k OP1) - vtok je vľavo [20]	33
Obr. 26 Šikmý pohľad na oporu OP1 [20]	34
Obr. 27 Priamy pohľad na OP1 [20]	35
Obr. 28 Pohľad na pravú a ľavú stranu OP1 [20]	35
Obr. 29 Prasklina v krídle K2P [20]	36
Obr. 30 Detailný pohľad na prasklinu v krídle K2P [20]	36
Obr. 31 Poškodenie krajného pravého trámu [20]	37
Obr. 32 Poškodený pravý krajný trám v strednej časti NK [20]	38
Obr. 33 Detail na rozpad spodnej strany trámu a zoslabenie výztuže [20]	38
Obr. 34 Krajný ľavý trám [20]	39
Obr. 35 Priesaky okolo starého odvodňovača a pohľad na vnútorné trámy a pole [20]	39
Obr. 36 Priesaky na podhlade a opadnuté krytie výztuže mostovky [20]	40
Obr. 37 Korózia ocelových nosníkov a priesaky na mostovke na ľavej strane [20]	41
Obr. 38 Poškodenie ocelového trámu vplyvom zatekania na pravej strane [20] ..	41
Obr. 39 Poškodenie ocelového trámu vplyvom zatekania na ľavej strane [20]	41

Obr. 40 Pohľad na vozovku a trhliny nad koncom NK [20].....	42
Obr. 41 Rozpad obruby na ľavej strane mostu [20].....	43
Obr. 42 Pohľad zhora na rozpad obruby a na otvor skrz [20]	43
Obr. 43 Pohľad na otvor skrz a rozpad rímsy zo spodnej strany [20].....	43
Obr. 44 Pohľad na rozadajúcu sa rímsu na pravej strane [20]	44
Obr. 45 Dôsledok rozpadnutej rímsy - kostky sa prepadajú [20].....	44
Obr. 46 Detail na prepadajúce sa kostky [20]	45
Obr. 47 Pohľad na prepadajúce sa kostky zhora [20].....	45
Obr. 48 Pohľad na betonovú zámkovú dlažbu a ocelový obrubník chodníku na pravo [20]	46
Obr. 49 Priečne trhliny (na ľavo) a trhliny pozdĺž obruby na chodníku (na pravo) [20].....	46
Obr. 50 Atypické zábradlie - pohľad z pravej a ľavej strany [20].....	47
Obr. 51 Tabulka s neplatným evidenčným číslom [20].....	47
Obr. 52 Pohľad na ocelovú chráničku DN 150 [20]	48
Obr. 53 Pohľad na ocelové chráničky DN 300 a DN 90 [20]	48
Obr. 54 Záznam profometru mostovkovej desky.....	57
Obr. 55 Záznam profometru mostovkovej desky - detail	57
Obr. 56 Pohľad na skúšobné miesto s vykresleným rastrom polohy výztuže	57
Obr. 57 Záznam profometru z vykonanej sondy TS-1	58
Obr. 58 Záznam profometru z vykonanej sondy TS-2	59
Obr. 59 Pohľad na krajný trám z ľavej (vtokovej) strany - sonda TS-1.....	59
Obr. 60 Pohľad na stredný trám z ľavej (vtokovej) strany - sonda TS-2.....	59
Obr. 61 Pohľad na miesto vykonanej sondy SV-1	61
Obr. 62 Pohľad na miesto vykonanej sondy VD-1.....	62
Obr. 63 Pohľad na miesto vykonanej sondy VD-2.....	63
Obr. 64 Pohľad na miesto vykonanej sondy VD-3.....	63
Obr. 65 Pohľad na miesto vykonanej sondy VT-1.....	64
Obr. 66 Pohľad na miesto vykonanej sondy VT-2.....	65
Obr. 67 Pohľad na miesto vykonanej sondy T-1	66
Obr. 68 Pohľad na miesto vykonanej sondy T-2	67
Obr. 69 Pohľad na miesto vykonanej sondy P-1.....	67
Obr. 70 Prutový model mostu	80

Obr. 71 Plný 3D model mostu.....	80
Obr. 72 Ohybové momenty od vlastnej hmotnosti	82
Obr. 73 Plošné zaťaženie (vľavo) a zaťaženie od dvojnaprávy (vpravo).....	83

ZOZNAM SCHÉM

Schéma 1 Poloha sondy D-1	56
Schéma 2 Poloha sondy TS-1 a TS-2	58
Schéma 3 Poloha sondy SV-1	61
Schéma 4 Poloha sondy VD-1, VD-2 a VD-3.....	62
Schéma 5 Poloha sondy VT-1 a VT-2.....	64
Schéma 6 Poloha sondy T-1, T-2 a P-1	66
Schéma 7 Poloha miest testu karbonatácie	68

ZOZNAM PRÍLOH

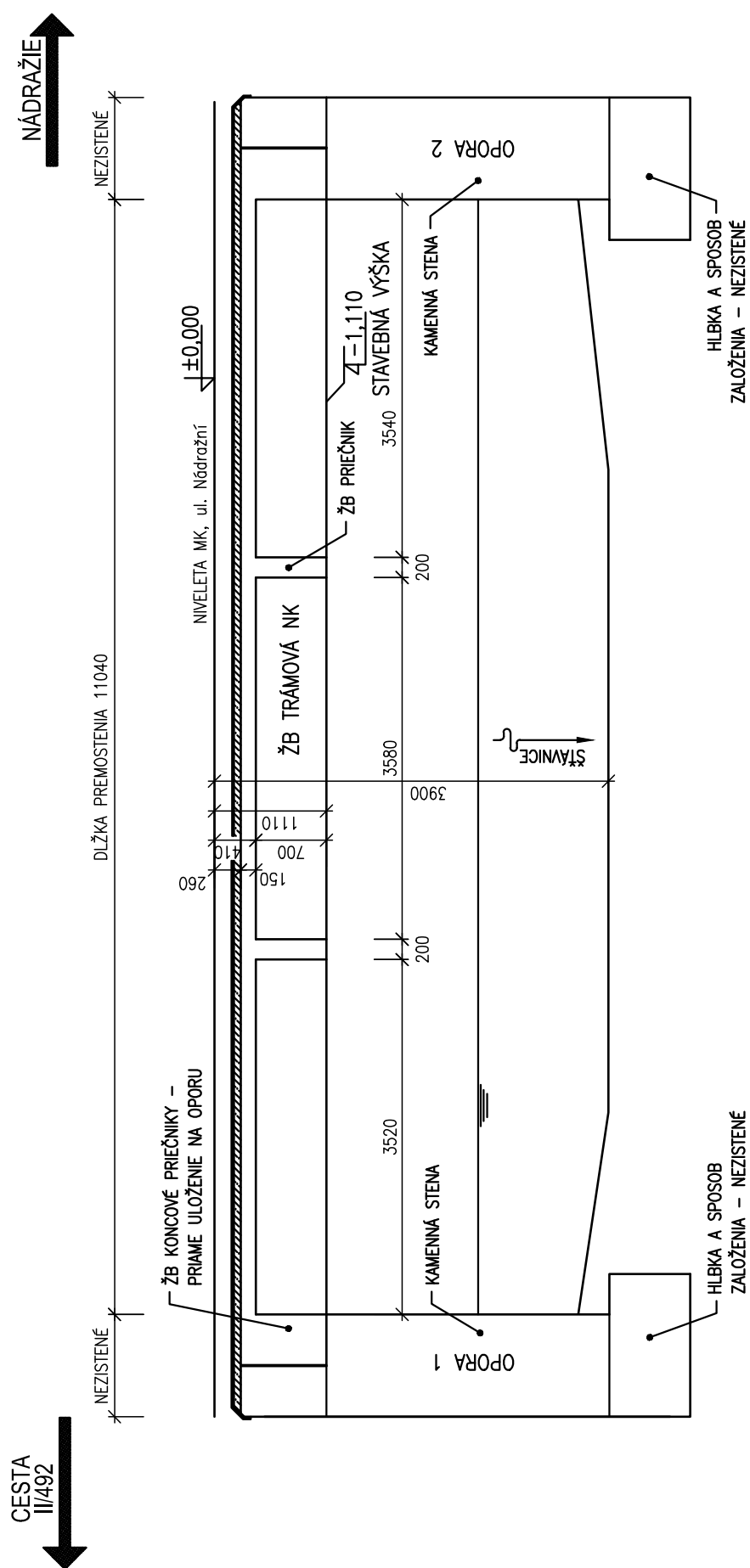
Príloha č. 1 - Výkresová dokumentácia k mostu [21]	103
Príloha č. 2 - Súhrnné zakreslenie polôh vykonaných sond	106
Príloha č. 3 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde D-1.....	108
Príloha č. 4 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde TS-1 a TS-2.....	109
Príloha č. 5 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde SV-1	111
Príloha č. 6 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde VD-1, VD-2 a VD-3	112
Príloha č. 7 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde VT-1 a VT-2.....	115
Príloha č. 8 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde T-1, T-2 a P-1	117
Príloha č. 9 - Skúška hĺbky karbonatácie	120



PRÍLOHY

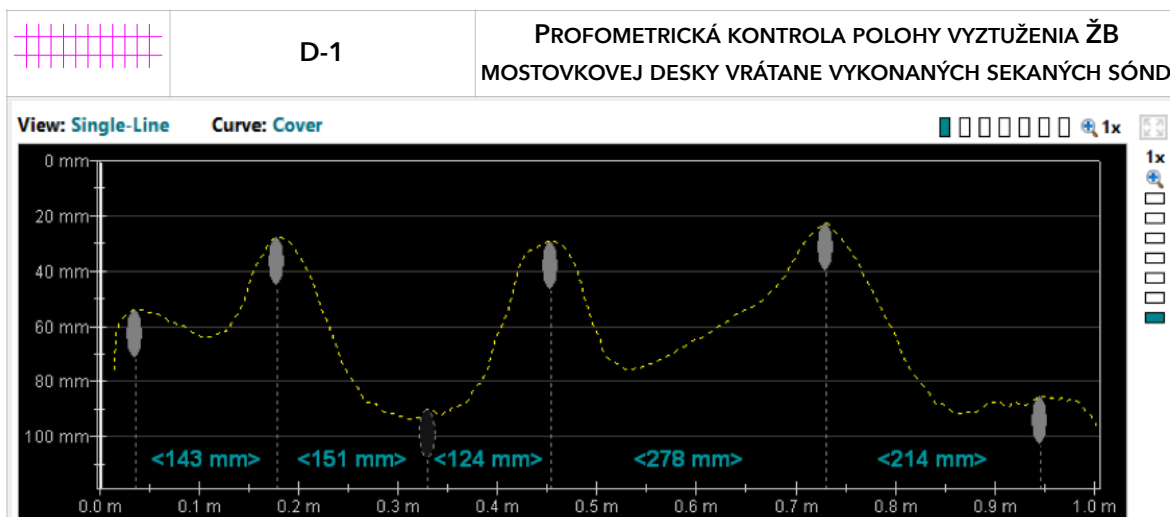
Technical cross-section drawing of a bridge deck showing two directions of traffic. The drawing includes dimensions for various components: concrete slabs, reinforcement, and structural elements. Key labels include 'CESTA III/492', 'NÁDRAŽIE', 'OCELOVÉ ZÁBRADLIE', 'POVRCH: BETONOVÁ DLAŽBA', 'BETONOVÁ DESKA', 'OCELOVÝ PLECH TVARU L140x140', 'KAMENNÝ DVORIAK', 'OCELOVÁ CHRÁNIČKA', 'OCELOVÁ CHRÁNIČKA DN 90', 'OCELOVÁ CHRÁNIČKA DN 150', 'OCELOVÁ CHRÁNIČKA DN 300, ULOŽENÁ NA U80 ZÁVESENOM NA ZÁVITOVÝCH TYČIACH', 'ŽB TRÁMOVÁ NK', 'ŽB PRIEČNIK', 'STAVEBNÁ VÝŠKA', 'OŠA NOSNÍKA', and 'ŠÍRKA NK CHODNÍKA'. Dimensions are given in millimeters and meters.

POZDÍŽNY REZ



	SV-1	sonda Ø 100 mm pre účely overenia skutočnej skladby vozovky po hydroizoláciu
	VD-1 VD-2 VD-3	jadrový vývrt Ø 75 mm vedený zvislo hore zo spodného líca do ŽB mostovkovej desky
	T-1 T-2 P-1	sekaná sonda a profometrická kontrola pre účely overenia trámov a priečniku v strede rozpätia na ohybové účinky
	VT-1 VT-2	jadrový vývrt Ø 75 mm vedený vodorovne cez celú hrúbku (šírku) vybraných ŽB trámov
	TS-1 TS-2	profometrická kontrola vyztuženia ŽB trámov na šmykové účinky (poloha trmienkov a ohybov) vrátane vykonaných sekaných sód
	D-1	profometrická kontrola polohy vyztuženia ŽB mostovkovej desky vrátane vykonaných sekaných sód

Príloha č. 3 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde D-1



Záznam profometru mostovkovej desky v priečnom smere s vyznačenou polohou a krytím výstuže.

Pohľad na skúšobné miesto s viditeľne zakreslenou polohou výstuží na základe vykonanej profometrickej kontroly a následne vykonanej sekanej sondy pre účely overenia presného krytia a použitého druhu betonárskej výstuže. Je viditeľná mierna povrchová korózia.



Meranie hrúbky krycej vrstvy betónu k pozdĺžnej výstuži priečniku zvinovacím metrom.



Meranie profilu pozdĺžnej hladkej výstuže posuvným meradlom. Výstuž je napadnutá povrchovou koróziou.



Príloha č. 4 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde TS-1 a TS-2

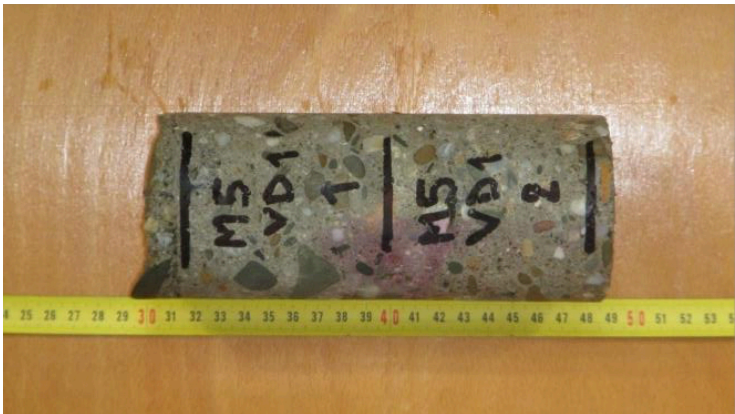
	TS-1	PROFOMETRICKÁ KONTROLA POLOHY VYZTUŽENIA ŽB KRAJNÉHO TRÁMU VRÁTANE VYKONANÝCH SEKANÝCH SÓND
Sekaná sonda zo strany trámu v blízkosti podpory pre overenie počtu zatiahnutých výztuží do podpory		
Poloha prvého nájdeneho ohybu a strmienku najbližšie k podpore		
Detailný pohľad na druhý nájdenny ohyb od podpory, ktorý sa križuje so strmienkom. Výztuž je napadnutá povrchovou koróziou.		
Poloha štvrtého nájdeneho ohybu začínajúceho v úrovni od prednej strany priečniku		

	TS-2	PROFOMETRICKÁ KONTROLA POLOHY VYZTUŽENIA ŽB STREDNÉHO TRÁMU VRÁTANE VYKONANÝCH SEKANÝCH SÓND
	Poloha prvého nájdeného ohybu a strmienku najbližšie k podpore	
	Detailný pohľad na prvý nájdený ohyb od podpory, ktorý sa križuje so strmienkom. Výztuž strmienku je napadnutá povrchovou koróziou. Povrch ohybu vykazuje miernu koróziu	
	Poloha druhého nájdeného ohybu a strmienku najbližšie k podpore	
	Detailný pohľad na druhý nájdený ohyb od podpory, ktorý sa križuje so strmienkom. Výztuž strmienku je napadnutá povrchovou koróziou. Povrch ohybu bez väčšej korózie	

Príloha č. 5 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde SV-1

	SV-1	SONDA Ø 100 MM PRE ÚČELY OVERENIA SKUTOČNEJ SKLADBY VOZOVKY PO HYDROIZOLÁCIU
Miesto vykonanej sondy približne nad pravým krajným trámom pre účely zistenia skladby vozovky		
Detailný pohľad do vývrtu vozovky s meraním celkovej hĺbky vývrtu po betónovú mazaninu (hydroizoláciu)		
Detailný pohľad do vnútra vývrtu vozovky po betónovú mazaninu (hydroizoláciu)		
Odobratý vývrt z vozovky s viditeľnými vrstvami a meranie jednotlivých vrstiev skladby vozovky		

Príloha č. 6 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde VD-1, VD-2 a VD-3

	VD-1	JADROVÝ VÝVRT Ø 75 MM VEDENÝ ZO SPODNÉHO LÍCA ZVISLO HORE CEZ CELÚ HRÚBKU ŽB MEDZITRÁMOVEJ MOSTOVKOVEJ DESKY
Pohľad na skúšobné miesto s viditeľne zakreslenou polohou výztuží na základe vykonanej profometrickej kontroly s následným vykonaním jadrového vývrtu		
Meranie hĺbky vývrtu zvinovacím metrom po odobratí vzorku betónu z nosnej ŽB medzitrámovej desky		
Detailný pohľad do vnútra jadrového vývrtu nosnej ŽB medzitrámovej desky		
Laboratórne foto jadrového vývrtu s vyznačenou polohou skúšobných telies (boli vyrobené 2 vzorky). Celková dĺžka vývrtu bola 165 mm = hrúbka desky. Použité kamenivo max. frakcie cca 32 mm, štruktúra betónu uspokojivá, vhodný tvarový index zŕn kameniva, betón s väčším výskytom pórov (veľkosť cca 3 - 5 mm)		

	VD-2	JADROVÝ VÝVRT Ø 75 MM VEDENÝ ZO SPODNÉHO LÍCA ZVISLO HORE CEZ CELÚ HRÚBKU ŽB MEDZITRÁMOVEJ MOSTOVKOVEJ DESKY
Pohľad na skúšobné miesto s viditeľne zakreslenou polohou výztuží na základe vykonanej profometrickej kontroly s následným vykonaním jadrového vývrtu		
Meranie hĺbky vývrtu zvinovacím metrom po odobratí vzorku betónu z nosnej ŽB medzitrámovej desky		
Detailný pohľad do vnútra jadrového vývrtu nosnej ŽB medzitrámovej desky		
Laboratórne foto jadrového vývrtu s vyznačenou polohou skúšobného telesa (bola vyrobená 1 vzorka). Celková dĺžka vývrtu bola 145 mm = hrúbka desky. Použité kamenivo max. frakcie cca 32 mm, štruktúra betónu uspokojivá, vhodný tvarový index zŕn kameniva, betón s väčším výskytom pórov (velkosť cca 3 - 5 mm)		

	VD-3	JADROVÝ VÝVRT Ø 75 MM VEDENÝ ZO SPODNÉHO LÍCA ZVISLO HORE CEZ CELÚ HRÚBKU ŽB MEDZITRÁMOVEJ MOSTOVKOVEJ DESKY
Pohľad na skúšobné miesto s viditeľne zakreslenou polohou výztuží na základe vykonanej profometrickej kontroly s následným vykonaním jadrového vývrtu		
Meranie hĺbky vývrtu zvinovacím metrom po odobratí vzorku betónu z nosnej ŽB medzitrámovej desky		
Detailný pohľad do vnútra jadrového vývrtu nosnej ŽB medzitrámovej desky		
Laboratórne foto jadrového vývrtu s vyznačenou polohou skúšobného telesa (bola vyrobená 1 vzorka). Celková dĺžka vývrtu bola 155 mm = hrúbka desky. Použité kamenivo max. frakcie cca 32 mm, štruktúra betónu uspokojivá, vhodný tvarový index zŕn kameniva, betón s väčším výskytom pórov (velkosť cca 3 - 5 mm)		

Príloha č. 7 - Doplňujúce informácie k vykonanej sonde VT-1 a VT-2

→	VT-1	JADROVÝ VÝVRT Ø 75 MM VEDENÝ VODOROVNE CEZ CELÚ HRÚBKU (ŠÍRKU) KRAJNÉHO ŽB TRÁMU
	Pohľad na skúšobné miesto krajného trámu s viditeľne zakreslenou polohou výztuží na základe vykonanej profometrickej kontroly s následným vykonaním jadrového vývrtu	
	Meranie hĺbky vývrtu zvinovacím metrom po odobratí vzorku betónu z krajného nosného trámu na pravej (vtokovej) strane	
	Detailný pohľad do vnútra jadrového vývrtu nosného krajného trámu na pravej (vtokovej) strane	
	Laboratórne foto jadrového vývrtu s vyznačenou polohou skúšobných telies (boli vyrobené 3 vzorky). Celková dĺžka vývrtu bola 325 mm = šírka trámu. Použité kamenivo max. frakcie cca 32 mm, štruktúra betónu uspokojivá, vhodný tvarový index zrn kameniva, betón s nízkym výskytom pórov a dutín (veľkosť cca 3 - 5 mm), na vonkajšom líci trámu omietka hrúbky cca 8 mm	

	VT-2	JADROVÝ VÝVRT Ø 75 MM VEDENÝ VODOROVNE CEZ CELÚ HRÚBKU (ŠÍRKU) STREDNÉHO ŽB TRÁMU
Pohľad na skúšobné miesto stredného trámu s viditeľne zakreslenou polohou výztuží na základe vykonanej profometrickej kontroly s následným vykonaním jadrového vývrtu		
Meranie hĺbky vývrtu zvinovacím metrom po odobratí vzorku betónu zo stredného nosného trámu na pravej (vtokovej) strane		
Detailný pohľad do vnútra jadrového vývrtu nosného stredného trámu na pravej (vtokovej) strane		
Laboratórne foto jadrového vývrtu s vyznačenou polohou skúšobných telies (boli vyrobené 3 vzorky). Celková dĺžka vývrtu bola 285 mm = šírka trámu. Použité kamenivo max. frakcie cca 32 mm, štruktúra betónu uspokojivá, vhodný tvarový index zŕn kameniva, betón s nízkym výskytom pórov a dutín (veľkosť cca 3-5 mm), na vonkajšom líci trámu omietka hrúbky cca 8 mm		

Príloha č. 8 - Doplnujúce informácie k vykonanej sonde T-1, T-2 a P-1

	T-1	SEKANÁ SONDA A PROFOMETRICKÁ KONTROLA PRE ÚČELY OVERENIA VYZTUŽENIA TRÁMU V STREDE ROZPÄTIA NA OHYBOVÉ ÚČINKY
	Pohľad na skúšobné miesto vyztuženia krajného trámu. Je viditeľná masívna degradácia povrchových krycích vrstiev betónu ako aj výrazné poškodenie (oslabenie) hlavných výztuží a pretrhaných strmienkov	
	Detailný záber na veľmi skorodovanú odhalenú výstuž v spodnej vrstve. Meranie rozstupov jednotlivých prutov.	
	Detailný záber na skorodovanú odhalenú výstuž v spodnej i hornej vrstve. Meranie krycích vrstiev betónu od hornej hrany medzitrámovej desky a jednotlivých vzdialeností výztuží	
	Meranie priemeru hlavnej výstuže v mieste maximálneho oslabenia (spôsobené koróziou) posuvným meradlom	

	T-2	SEKANÁ SONDA A PROFOMETRICKÁ KONTROLA PRE ÚČELY OVERENIA VYZTUŽENIA TRÁMU V STREDE ROZPÄTIA NA OHYBOVÉ ÚČINKY
	Pohľad na skúšobné miesto vyztuženého stredného trámu uprostred rozpätia. Betón nevykazuje známky povrchovej degradácie či tvorbu trhlín. Meranie rozstupov jednotlivých prutov v spodnej vrstve s viditeľnou miernou povrchovou koróziou hlavnej výstuže.	
	Detailný záber na spodnú i hornú vrstvu výstuže s viditeľnou miernou povrchovou koróziou.	
	Meranie krycích vrstiev betónu zvinovacím metrom.	
	Meranie priemeru hlavnej výstuže posuvným meradlom	

	P-1	SEKANÁ SONDA A PROFOMETRICKÁ KONTROLA PRE ÚČELY OVERENIA VYZTUŽENIA PRIEČNIKU V STREDE ROZPÄTIA NA OHYBOVÉ ÚČINKY
Pohľad na skúšobné miesto vyztuženia priečniku uprostred rozpätia. Betón nevykazuje známky povrchovej degradácie či tvorbu trhlín. Meranie rozstupov jednotlivých prutov v spodnej vrstve s viditeľnou miernou povrchovou koróziou hlavnej výstuže.		
Meranie krycích vrstiev betónu zvinovacím metrom.		
Meranie priemeru strmienku posuvným meradlom s viditeľnou povrchovou koróziou		
Meranie priemeru hlavnej výstuže posuvným meradlom s viditeľnou povrchovou koróziou		

Príloha č. 9 - Skúška hĺbky karbonatácie

●	VD-1	hĺbka karbonatácie betónu zo spodného líca ŽB mostovkovej desky		55 - 60 mm
●	VD-2	hĺbka karbonatácie betónu zo spodného líca ŽB mostovkovej desky		50 - 55 mm
●	VD-3	hĺbka karbonatácie betónu zo spodného líca ŽB mostovkovej desky		65 - 70 mm
➔	VT-1	hĺbka karbonatácie betónu na vonkajšom líci trámu		45 mm
		hĺbka karbonatácie betónu na vnútornom líci trámu		50 - 55 mm
➔	VT-2	hĺbka karbonatácie betónu na oboch stranách trámu		80 - 85 mm