



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

**DIAGNOSTIKA PŘI HODNOCENÍ STAVEBNĚ
STATICKÉHO STAVU EXISTUJÍCÍ KONSTRUKCE**

DIAGNOSTICS IN THE CASE OF EVALUATING OF CURRENT STATE OF A BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Kopec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL SCHMID, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jan Kopec
Název	Diagnostika při hodnocení stavebně statického stavu existující konstrukce
Vedoucí práce	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Schmid, P. a kol. Základy zkušebnictví, FAST VUT v Brně

Hobst, L. a kol.. Diagnostika stavebních konstrukcí, FAST VUT v Brně

Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů, FAST VUT v Brně

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí

ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992 Eurokód 2: Betonové konstrukce

ČSN EN 1996 Eurokód 6: Zděné konstrukce

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby se změnami 20/2012 Sb

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Na zadaném existujícím stavební objektu zpracovat metodiku diagnostických prací a realizovat stavebně technický a statický průzkum s cílem objektivního hodnocení aktuálního stavebně technického, statického a materiálové stavu hodnocené konstrukce nebo konstrukčních částí a celků. Na základě analytického vyhodnocení nálezů diagnostického průzkumu stanovit efektivní stavební opatření pro zajištění dlouhodobé mechanické odolnosti, spolehlivosti a bezpečnosti.

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).

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato práce se v úvodu zabývá ve své teoretické části shrnutím a podrobným popisem vybraných diagnostických metod, které byly aplikovány na vybraných konstrukčních částech existujícího mostního objektu v rámci praktické části. Dále se práce zabývá v teoretické rovině i základní terminologií a názvoslovím v oblasti mostního stavitelství.

Následně ve své praktické části zabývá z hlediska diagnostiky provedením stavebně technického a statického průzkumu a následného vyhodnocení aktuálního stavebně technického, statického a materiálového stavu na vybraných konstrukčních celcích existující železobetonové mostní konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Beton, diagnostika, železobeton, ocelová výztuž, nedestruktivní metody, destruktivní metody, stavebně technický a statický průzkum, jádrové vývrty, odtrhové zkoušky, statický posudek

ABSTRACT

This work deals in the theoretical part in its theoretical part with a summary and detailed description of selected diagnostic methods that were applied to selected structural parts of an existing bridge structure within the practical part. The thesis also deals with the basic terminology and terminology in the field of bridge construction, subsequently, in its practical part deals in terms of diagnostics, the implementation of structural and static survey and subsequent evaluation of the current structural, technical and static state on selected structural units of existing reinforced concrete bridge structures

KEYWORDS

Concrete, diagnostics, reinforced concrete, steel reinforcement, non-destructive methods, destructive methods, structural engineering and static surveying, core drilling, tear tests, static check

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jan Kopec *Diagnostika při hodnocení stavebně statického stavu existující konstrukce*.
Brno, 2020. 78 s., 78 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta
stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Diagnostika při hodnocení stavebně statického stavu existující konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Jan Kopec

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Diagnostika při hodnocení stavebně statického stavu existující konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Jan Kopec

autor práce

PODĚKOVÁNÍ:

Nejdříve bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Pavlu Schmidovi, Ph.D. za odbornou pomoc, věnovaný čas, užitečné rady, a hlavně za jeho osobní komplexní přístup v tomto směru. Dále děkuji panu Ing. Josefu Panáčkovi za jeho odborné rady při zpracování statických výpočtů a také bych rád poděkoval pánům Ing. Petru Žíttovi a Ing. Jaromíru Láníkovi Ph.D. za spolupráci při diagnostickém průzkumu mostního objektu. Největší poděkování patří ale mé manželce Denise Kopcové, která mě v magisterském studiu i jiných věcech plně podporovala.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	CÍLE A METODIKA PRÁCE	10
3	TEORETICKÁ ČÁST	11
3.1	Metodika prováděných diagnostických zkoušek.....	11
3.1.1	Semidestruktivní diagnostické zkušební metody	12
3.1.2	Nedestruktivní diagnostické zkušební metody	18
3.2	Schématický popis konstrukčních částí mostního objektu v rámci terminologie mostního stavitelství.....	23
4	PRAKTICKÁ ČÁST	24
4.1	Úvod.....	24
4.1.1	Identifikace objektu.....	25
4.1.2	Předmět a účel průzkumu	26
4.2	Základní informace o objektu	27
4.2.1	Historie objektu a stavební úpravy	27
4.2.2	Konstrukční systém, materiál a popis částí objektu	30
4.3	Stavebně technický a statický průzkum objektu a jeho vyhodnocení.....	38
4.3.1	Výpočet pevnosti betonu v tlaku na jádrovém vývrtnu v rámci vnitřního vyztuženého 12. prefabrikovaného mostního nosníku	38
4.3.2	Stanovení povrchové přídržnosti betonu na prefabrikovaných mostních nosnících.....	42

4.3.3	Statický posudek v rámci hlavní nosné konstrukce.....	47
4.3.4	Stanovení pevnostních parametrů betonu v rámci dobetonávky mezi prefabrikovanými mostními nosníky na 1. odebraném jádrovém vývrtnu.....	51
4.4	Závěry po provedení stavebně technického a statického průzkumu	69
4.5	Návrh předběžných opatření	69
5	ZÁVĚR.....	69
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	70
6.1	SEZNAM LITERATURY, NOREM, WEBOVÝCH STRÁNEK	70
6.2	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
6.3	SEZNAM TABULEK.....	74
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	75

1 ÚVOD

Tématem a zároveň řešenou problematikou této diplomové práce je hodnocení aktuálního stavebně technického, statického a materiálového stavu vybraných konstrukčních celků existující mostní konstrukce. Problémem těchto existujících mostních konstrukcí nebo jejich dílčích částí může být v dnešní době to, že pokud se u těchto konstrukcí nedělají s určitým časovým odstupem mostní a revizní prohlídky, tak můžou postupem času degradovat z hlediska jejich mechanické odolnosti, stability a bezpečnosti, což může mít posléze fatální následky na okolí (lidé, zvířata, doprava), kde tyto mostní objekty stojí. Zvláště v dnešní době, kdy se mostní stavby po celé ČR ve větším měřítku vyskytují v nepříliš uspokojivém stavu z hlediska parametrů.

2 CÍLE A METODIKA PRÁCE

Cíle

Cílem této diplomové práce je z hlediska diagnostiky provedení stavebně technického a statického průzkumu a následného vyhodnocení aktuálního stavebně technického, statického a materiálového stavu na vybraných konstrukčních celcích existující železobetonové mostní konstrukce a provést návrh předběžných opatření pro zajištění spolehlivosti, bezpečnosti a únosnosti. V rámci hlavní nosné konstrukce mostního objektu byl vypracován i statický posudek, který bude hlavním předmětem praktické části a bude shrnut v závěru této práce.

V teoretické části se práce zabývá shrnutím a podrobným popisem vybraných diagnostických metod, které byly aplikovány na vybraných konstrukčních částech existujícího mostního objektu v rámci praktické části. Dále se práce zabývá v teoretické rovině i základní terminologií a názvoslovím v oblasti mostního stavitelství.

METODIKA

Základ práce pro teoretickou část je převážně tvořen z práce rešeršní. Z čehož vyplývá, že je nutné shromáždit a nastudovat určitý typ literatury, technických listů a norem pro danou problematiku v oblasti diagnostických metod a mostního stavitelství.

Druhou důležitou součástí práce je stavebně technický a statický průzkum mostního objektu, kdy se pomocí realizovaných diagnostických prací na hodnocených konstrukčních částech mostní konstrukce snažíme určit a vyhodnotit jejich aktuálně stavebně technický, statický a materiálový stav. Nedílnou a nezbytně nutnou částí této práce bude také vypracování statického posudku na hlavní nosné konstrukci z hlediska mezního stavu únosnosti, o který se poté bude opírat návrh předběžných opatření.

3 TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části byla diplomová práce zaměřena na komplexní shrnutí a podrobný popis vybraných diagnostických metod, které byly v praktické části použity a aplikovány na vybraných konstrukčních prvcích existujícího mostního objektu za účelem hodnocení jejich stavebně technického, statického a materiálového stavu. Výjimkou bude uvedení nedestruktivní tvrdoměrné odrazové metody pomocí Schmidtového tvrdoměru, která byla použita v rámci diagnostického měření, ale v praktické části práce o ní zmínka není. Hlavním úkolem této části byla snaha dohledat co možná nejvíce teoretických poznatků o těchto používaných diagnostických metodách a vybrat z nich ty nejvhodnější a nejdůležitější informace. Dále se práce zabývá v teoretické rovině i základní terminologií a názvoslovím v oblasti mostního stavitelství.

3.1 Metodika prováděných diagnostických zkoušek

Při diagnostice konstrukce nebo její konstrukční části můžeme využít různé metody zkoušení vlastností materiálů a konstrukcí, které jsou používány jak v naší praxi, tak i v zahraničí [1].

Diagnostické metody můžeme rozdělit podle několika hledisek. To pravděpodobně nejdůležitější hledisko je dělení diagnostikované konstrukce dle stupně poškození na [1]:

- nedestruktivní
- semidestruktivní
- destruktivní

Dále budou probírány jen vybrané diagnostické metody, které byly aplikovány na mostní konstrukci v rámci praktické části práce.

3.1.1 Semidestruktivní diagnostické zkušební metody

Pokud na zkoušenou konstrukci používáme semidestruktivní diagnostické (částečně destruktivní) metody, tak ji částečně poškodíme, například jádrovým vrtáním, odtrhy apod. Při stavebně technickém průzkumu volíme zkušební místa velmi pečlivě s ohledem na konstrukci, kde semidestruktivní zkoušky budeme provádět. Například odběrem jádrových vývrtů nesmíme v žádném případě nepříznivě ovlivnit únosnost nebo stabilitu konstrukce [1].

Mezi semidestruktivní metody se řadí [1]:

- jádrové vývrty
- odtrhové zkoušky
- naříznutí zděné stěny pro následné vložení plochých lisů při zkoušení
 - napjatosti ve svislé stěně,
 - modulu pružnosti mezi dvěma plochými lisy,
- vrtací zkouška kombinovaná s údery vrtáku při následném stanovení pevnosti malty ve sparách zdiva
- brusné nebo vrtné metody pro stanovení pevnosti betonu
- vstřelovací metody pro určení pevnosti betonu z hloubky vstřeleného hřebu
- tvrdoměrné vnikací metody
 - špičákovy metody pro stanovení pevnosti staviva vtlačováním špičáku do povrchu betonu,
 - mechanické špičáky,

3.1.1.1 JÁDROVÉ VÝVRTY

Jádrové vývrty patří do skupiny semidestruktivních diagnostických metod zkoušení a z diagnostikované konstrukce se odebírají ke stanovení vlastností staviva v době průzkumu konstrukce. Odběry vzorku z betonových konstrukcí by měly být v souladu s normami ČSN EN 12 504-1 a ČSN ISO 13 822. Před vlastním provedením jádrových vývrtů je nezbytně nutné plně zvážit účel zkoušení a hodnocení výsledných údajů, neboť se vždy jedná o značný zásah do konstrukce. Umístění vývrtů na konstrukci se volí s ohledem na návaznosti na konstrukční důsledky [1] [2] [3]:

- odebrat z míst, kde působí největší tlakové namáhání,
- přednostně z míst, kde se nachází minimum výztuže,
- také ne v blízkosti spar nebo hran betonových prvků,

Počet vývrtů vychází z velikosti a členitosti zkoumané konstrukce, avšak minimální doporučený počet vzorků odebraných z konstrukce jsou 3 kusy. Rozhodujícím faktorem pro stanovení průměru jádrového vývrtu je maximální velikost zrna kameniva. Poměr maximální velikosti kameniva by měl být menší, než je 1:3 průměru jádrového vývrtu. Poměr výšky a průměru zkušebního vzorku po zakoncování musí být v rozmezí 1:1 až 2:1 [2] [3].

Průměr vývrtu by měl být [3]:

- co nejmenší, aby zásah do konstrukce byl minimální,
- co největší kvůli struktuře betonu,
- pokud je velikost maximálního zrna kameniva (nikoliv frakce) větší než 1/3 průměru vývrtu, tak má tento faktor značný vliv na zjištěnou pevnost,

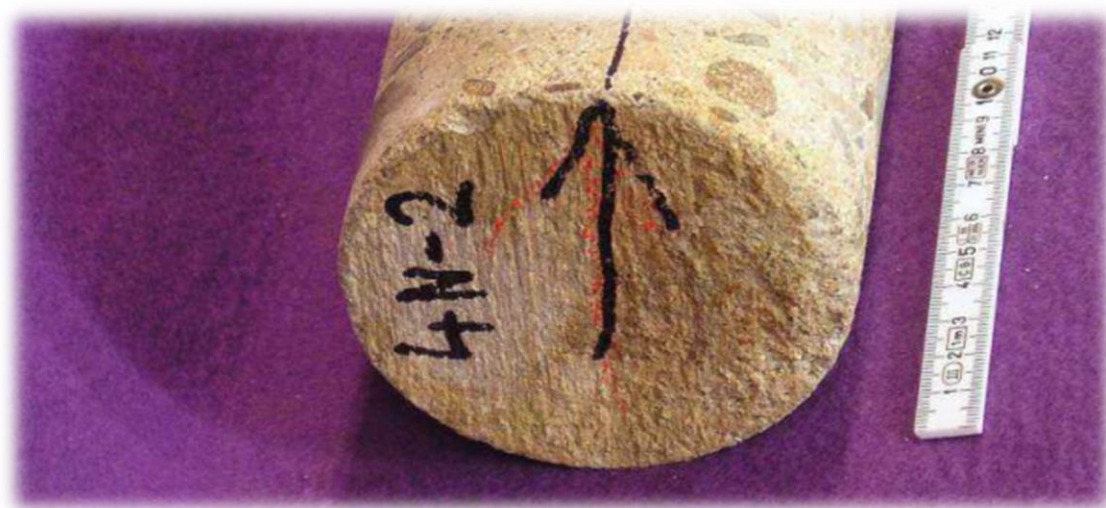
Délka jádrového vývrtu pro pevnost v tlaku vychází z [2] [3]:

- vzorky ($L_1 = 1d_1$) se štíhlostním poměrem 1,0 (poměr výšky a průměru podstavy je 1:1) odpovídají krychelné pevnosti betonu,
- vzorky ($L_1 = 2d_1$) se štíhlostním poměrem 2,0 (poměr výšky a průměru podstavy je 2:1) odpovídají válcové pevnosti betonu,

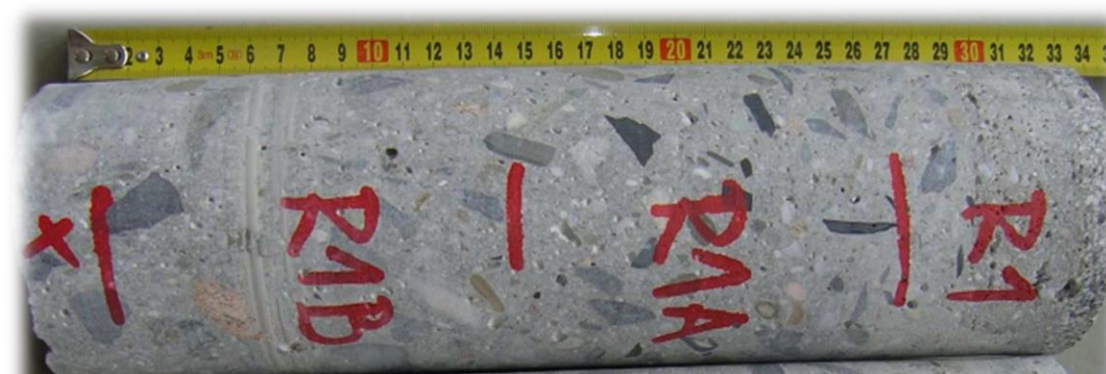
Délka vývrtu je také dána způsobem zakoncování a hloubkou karbonatace betonu.

Popis a identifikace jádrového vývrtu obsahuje [2] [3]:

- označení vzorku (části konstrukce),
- orientace vzhledem ke konstrukci,
- vyznačení hloubky (nesmazatelné označení uprostřed a na koncích),
- posouzení kameniva (druh, přibližné složení frakcí, největší velikost zrna na povrchu vzorku, stejnoměrnost rozložení po výšce vývrtu, jiné vlastnosti),
- zhutnění betonu (vizuálně určením velikosti kaveren, dutin a pórů, počet dutin a kaveren, rozměry největší dutiny),
- poloha výztuže (množství, směr, hloubka, rozměry a druh výztuže),



Obr. 1 – Popis vývrtu s označením vzorku (části konstrukce) a orientací vzhledem ke konstrukci [3]



Ozn. vz.	Délka vývrtu [mm]	Místo odběru	Druh materiálu, popis	Směr výztuže	Průměr výztuže [mm]	Druh výztuže	Krytí výztuže [mm]	Pozn.	Oblast degradace betonu [mm]
R1	0 – 330	Římsa č. 1	Cementový tmel šedé barvy, těžené a drcené kamenivo do 32 mm, velikost vzduchových pórů do 6 mm, tloušťka vrstvy jemnozrné malty/cem. vrstvy a minerální drti 30/10 mm.	Svislá	10	10 512 (Roxor)	55	Povrch. koroze	0 – 3

Obr. 2 – Příklad popisu vzorku jádrového vývrtu [2]

Vývrty jsou provedeny pomocí vrtačky se speciálními dutými válci, které jsou na spodní straně vrtáku opatřeny tvrdokovovými popřípadě diamantovými břity. Vrtačka je držena v držáku, který umožňuje nejenom vrtání ve svislém směru, ale i vodorovně případně šikmo. Břity vrtáku jsou většinou ochlazovány studenou vodou. Běžně používané průměry vrtáků na betonové a zděné konstrukce jsou 25 mm, 50 mm, 100 mm a 150 mm případně mezilehlé průměry [1].

Postup jádrového vrtání je následující [1]:

1. Vrt se provede dle účelu zkoušky do požadované hloubky.
2. Vrták se vyjme a jádrový vývrt (válec) se následně opatrně vylomí z vrtu (jádrové vývrty průměru 50 mm, 100 mm a 150 mm slouží převážně ke kontrole pevnosti staviva v tlaku).
3. Jádrový vývrt se pomocí pily s diamantovým kotoučem uřízne na požadovanou délku.
4. Obě plochy vývrtu se následně jemně obrousí a zkontroluje se rovnoběžnost obou tlačných ploch.
5. Jádrový vývrt se zváží.
6. Poté se provede tlaková zkouška tlakové válcové pevnosti v lise.

V některých případech se na jádrovém vývrtu předem stanoví doba průchodu ultrazvukových vln a spočítá se rychlost šíření čela vlny válcem. Obdobným způsobem je možno na válci stanovit pevnost v příčném tahu [1].

Podobně vývrty o průměru 25 mm a menší se provádí pro stanovení propustnosti betonu pro kapaliny a plyny nebo pro zjištění potřebné hloubky zkarbonatovaného betonu [1].

Jádrové vývrty jsou velmi nezbytnou a důležitou metodou pro upřesňování hodnot jiných nedestruktivních zkoušek (například odrazové zkoušky tvrdosti staviv Schmidtovými tvrdoměry apod) [1].

V rámci shrnutí jsou jádrové vývrty [1]:

- určeny ke stanovení pevnosti betonu nebo zdiva v tlaku,
- určeny k vylamovací zkoušce,
- určeny ke zkouškám propustnosti staviv pro kapaliny a plyny,
- určeny ke stanovení postupu karbonatace do nitra konstrukce



Obr. 1 – Odběr jádrového vývrtu z trámu ϕ 50 mm [3]



Obr. 4 – Jádrový vývrt z mostní opěry se zaznačením zkušebních těles [4]

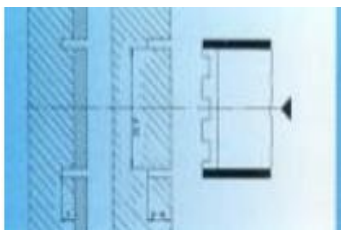
3.1.1.2 ODRHOVÉ ZKOUŠKY BETONU (ZKOUŠKY POVRCHOVÉ PŘÍDRŽNOSTI)

Odtrhové zkoušky patří do skupiny semidestruktivních diagnostických metod zkoušení a slouží ke stanovení přídržnosti povrchových vrstev na nosném podkladu (stěrky, omítky, nátěry), nebo také na zjištění tahové pevnosti povrchových (do 30 – 50 mm) i podpovrchových vrstev betonu. Dle konkrétního požadavku lze provést odtrhy i do značných hloubek od povrchu [1].

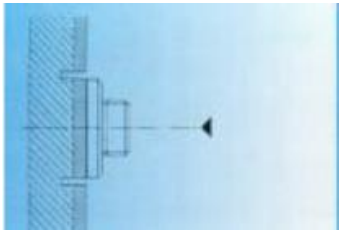
Před započítáním vlastních zkoušek povrchové přídržnosti je nezbytně nutné splnit následující podmínky [4]:

- zkoušený povrch je nutno vybrousit na strukturu betonu (je nutné vybrousit hladkou plochu o velikosti zaručující správné osazení zkušebního terče a to včetně zkušebního zařízení),
- povrch je nutno zbavit všech nečistot (popřípadě odmastit vhodným přípravkem),

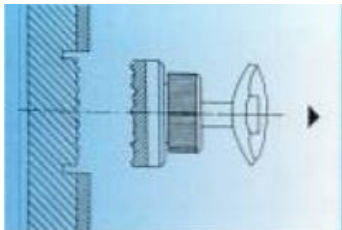
Postup při provádění zkoušky [1] [2] [4]:



1. Ze všeho nejdříve se provede proříznutí povrchové vrstvy (u měření přídržnosti finální úpravy), vrtačkou s jádrovým vrtákem, jehož průměr odpovídá průměru použitého zkušebního terče.



2. Následně se povrch očistí a přilepí se zkušební terč, který je vyroben z oceli případně lehkých slitin (dural a podobně). Zkušební terč musí být vždy vycentrován vzhledem k návrtnu a musí být přilepen celoplošně kvalitním, většinou epoxidovým lepidlem. Lepidlo za žádnou cenu nesmí vniknout do spáry návrtnu.



3. Vlastní odtrhávání terče probíhá při konkrétně definované rovnoměrné rychlosti nárustu napětí a při odtržení se zaznamená nejvyšší hodnota tahové síly, popřípadě napětí. Výsledkem je tedy podíl maximálně zjištěné síly a odtržené plochy v MPa, který je zaokrouhlený na 0,01 MPa.

Do skupiny odtrhových zkoušek řadíme i zkoušky vytrhávací (vytahovací), kdy se vytrhne předem zabetonovaná kotva, případně se do betonu vloží standardizovaná hmoždinka, která se utáhne ještě před vytržením a posléze se vytrhne [1].

K výsledkům zkoušek bývají zpracovány kalibrační vztahy mezi tahovou silou a například krychelnou pevností na svislé ose [1].

Odtrhové zkoušky lze dokonce provádět i v laboratořích na jádrových vzorcích, kdy se dodatečně mohou stanovit přídržnosti povrchových vrstev u jádrového vývrtnu [2].



Obr. 5 – Detailní pohled na odtrhovou zkoušku betonu přístrojem Proseq Dyna Z-216 [4]



Obr. 6 – Detailní pohled na odzkoušené zkušební místo po provedení odtrhové zkoušky betonu [4]

3.1.2 Nedestruktivní diagnostické zkušební metody

U většiny metod nedestruktivního zkoušení se povrch zkoušené konstrukce většinou nepoškodí, pouze u některých tvrdoměrných metod je zkoušené místo upraveno sbroušením případně vrypem nebo vtiskem [1].

Nedestruktivní metody lze rozdělit podle fyzikálního principu, na kterém jsou tyto jednotlivé metody založeny (měří se jim různé veličiny), anebo podle měřené veličiny, která může být zjištěna různými fyzikálními principy [1].

Ke skupině metod, které jsou založené na fyzikálním principu zkoušení patří [1]:

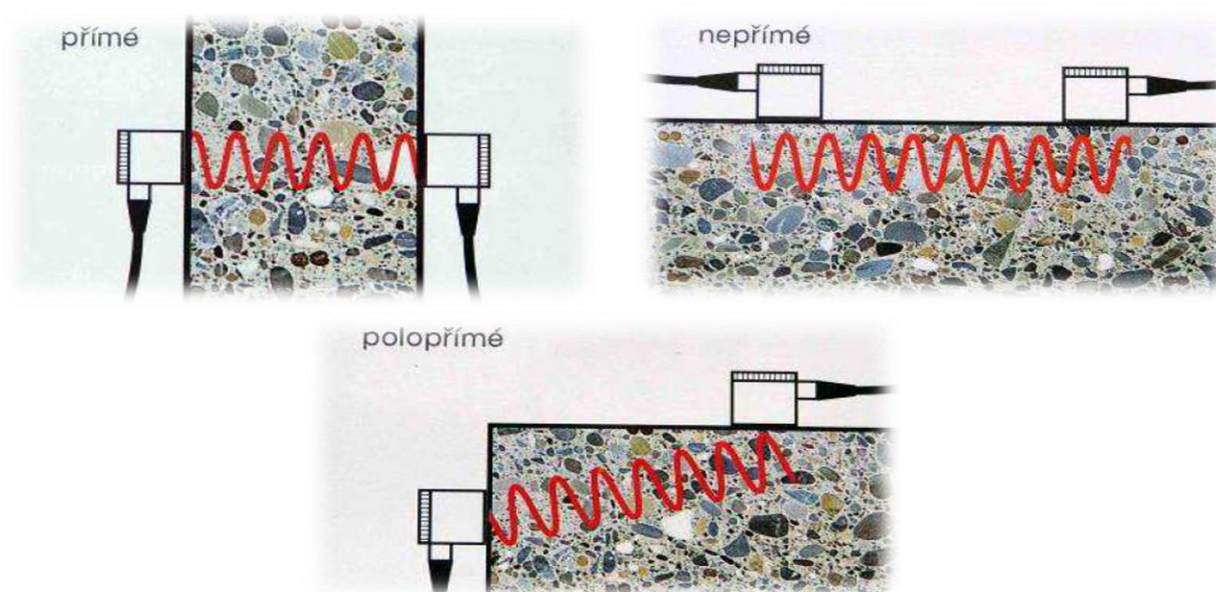
- tvrdoměrné metody – vrypové, vtiskové a odrazové
- elektrodynamické metody – ultrazvukové, rezonanční, fázových rychlostí, tlumeného rázu, akustické emise a impakt-echo
- elektromagnetické metody – mikrovlnné, indukčnostní a elektromagnetické sondy
- elektrické metody – odporové, kapacitní a polovodičové
- radiační metody – radiografické, radiometrické a měření radonu

Ke druhé skupině metod, kde můžeme zjišťovat určité měřené veličiny různými fyzikálními principy patří [1]:

- tenzometrické metody – patří zde principy: mechanické, optické, odporové, indukční, kapacitní, strunové a bezdotykové
- trvanlivostní zkoušky



Obr. 7 Ultrazvuková impulzivní metoda – vybavení [3]



Obr. 8 - Ultrazvuková impulzivní metoda – způsoby prozvučení [3]

3.1.2.1 TVRDOMĚRNÁ ODRAZOVÁ METODA - ODRAZOVÝ TVRDOMĚR SCHMIDT

Odrazový Schmidtův tvrdoměr je z hlediska nedestruktivních odrazových zkoušek ten nejpoužívanější. Podstatou této metody je za pomoci odrazového tvrdoměru Schmidt stanovení pevnosti betonu z hodnoty odrazu (odskoku) přístroje od povrchu betonu [2] [5].

Schmidtův odrazový tvrdoměr se používá na [3]:

- měření rovnoměrné kvality a stejnorodosti betonu,
- vyhledávání místních porušení,
- odhad pevnosti betonu,

Schmidtův odrazový tvrdoměr se metrologicky ošetřuje na kalibrační kovadlině. Zkušební místa se zbaví zkarbonatované vrstvy betonu a následně se vybrousí za sucha tak, aby byla jasně patrná struktura betonu. Zkoušky jsou prováděny na cementovém tmelu, který je rozhodující pro pevnost betonu v tlaku. Pro vyhodnocení jednoho zkušebního místa je zapotřebí alespoň 7 platných měření. Je ovšem lepší provést jich více (většinou 10), aby v případě neplatných měření nebylo nutné zkušební místo vyřadit [5].

Vlastní provedení zkoušky [5]:

1. Na vybraném místě se pomocí hmatu zkontroluje, zda povrch vyhovuje požadavkům na zkoušení.
2. Následně přístroj opřeme úderníkem o povrch betonu. Je-li zaaretován, tak lehce přitlačíme pouzdro k betonu, a aretace se následně uvolní a pouzdro se může odsunout od betonu.
3. Poté pomalu zatlačíme na pouzdro směrem k betonu na tak dlouho, až nastane ráz, způsobený úderem beranu do úderníku
4. Přístroj můžeme zaaretovat, nebo ihned můžeme číst na stupnici odraz na celé jednotky a zapíšeme.
5. Při zkoušení za pomoci Schmidtova tvrdoměru je nutno zaznamenat i polohu, ve které byl přístroj při zkoušce (vodorovně, svisle nahoru – při zkoušce stropu, svisle dolů – při zkoušce podlahy). Tato skutečnost se nicméně projeví při vyhodnocení ve formě korekce vlivu gravitace na funkci přístroje.

Vyhodnocení může být provedeno buď podle kalibračního vztahu, který byl vytvořen pro konkrétní druh betonu, anebo podle kalibračního vztahu obecného z ČSN 73 1373. Při vyhodnocování se berou v potaz i výsledky, při jejichž měření byla zkouška provedena do cementové malty v betonu a nedošlo v místě zkoušky k destrukci. Hodnota pevnosti jednotlivých platných měření se nesmí lišit od aritmetického průměru všech měření na tom

samém zkušebním místě o více než $\pm 20 \%$. Pokud platných měření zůstane minimálně 7, tak je celá sada platná a ze všech platných měření se vypočte znovu aritmetický průměr pevnosti, který se zaokrouhlí na celé MPa [5].

Obr. 9 – Kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku f_{be} z daných hodnot tvrdosti – Schmidt N, vodorovně [5]

Odraz a	f_{be} [MPa]	Odraz a	f_{be} [MPa]	Odraz a	f_{be} [MPa]	Odraz a	f_{be} [MPa]
25	16	32	27	39	39	46	52
26	18	33	28	40	41	47	53
27	19	34	30	41	42	48	55
28	21	35	32	42	44	49	57
29	22	36	33	43	46	50	59
30	24	37	35	44	48	51	61
31	25	38	37	45	50	52	63

Druhy odrazových tvrdoměrů k použití na beton [3]:

- Schmidt N, NR, N digi – beton 20-60 MPa, běžný
- Schmidt L, LR – beton obdobný, tenkostěnný (od 6 cm)
- Schmidt M – beton obdobný, masivní (min. 20 cm)
- Schmidt P – polokruhový, nízké pevnosti 5-30 MPa
- Schmidt PT – pórobetony 0,5 – 5 MPa



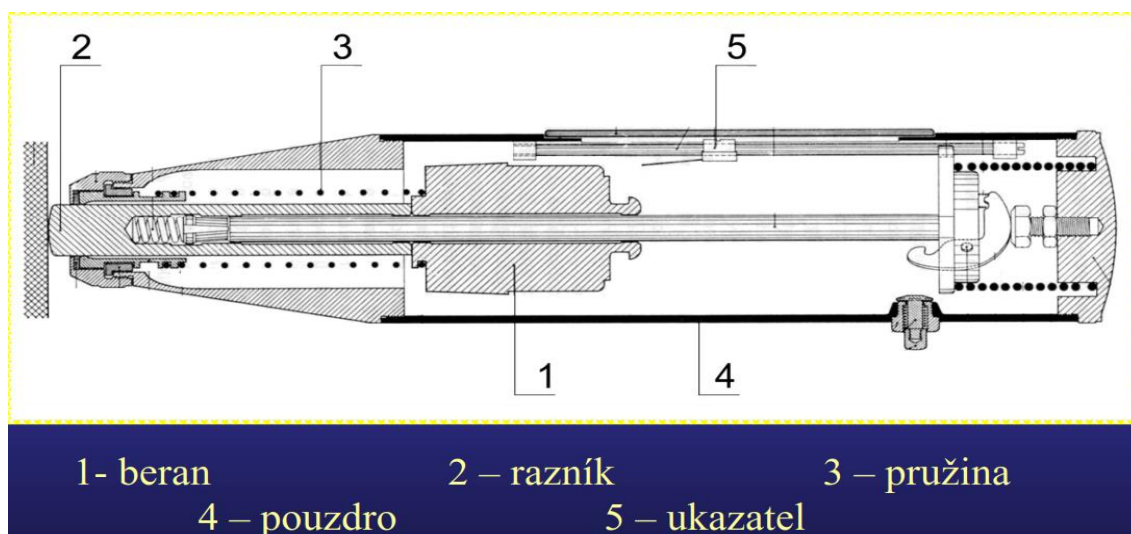
Obr. 10 – Tvrdoměr Schmidt N [3]



Obr. 11 – Tvrdoměr Silver Schmidt [3]

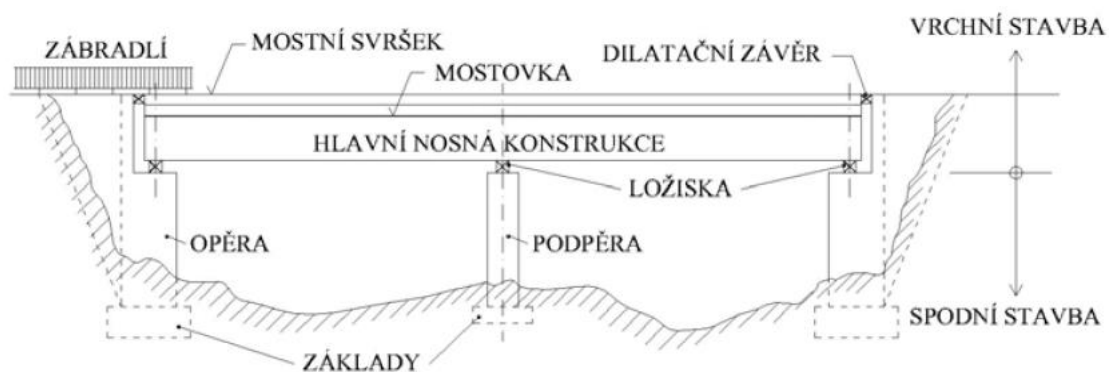
Problémy odrazových tvrdoměrů [3]:

- zkouší se jen povrchová vrstva betonu (bez omítky),
- předpokládá se korelace mezi tvrdostí a pevností,
- přesnost měření,
- počet zkoušených míst,
- přístupnost povrchu,
- vlhkost betonu,
- stáří betonu,
- stejnorodost betonu,
- karbonatace betonu,

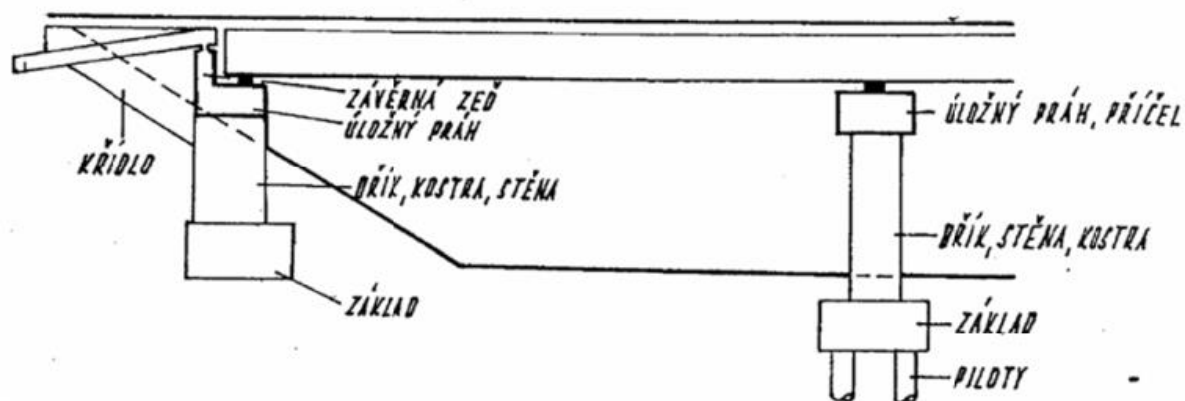


Obr. 12 – Schéma tvrdoměru Schmidt N [3]

3.2 Schématický popis konstrukčních částí mostního objektu v rámci terminologie mostního stavitelství



Obr. 13 – Schéma konstrukčních částí mostu [6]



Obr. 14 – Schéma konstrukčních částí mostu [7]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Předmětem praktické části této diplomové práce je z hlediska diagnostiky hodnocení aktuálního stavebně technického, statického a materiálového stavu vybraných konstrukčních celků existující mostní konstrukce. Konkrétně se jedná o železobetonový mostní objekt, který přemostňuje Bělovodský potok a nachází se v obci Lukov, spadající pod okres Zlín. Nedílnou součástí této práce je i vypracování statického posudku na posouzení hlavní nosné konstrukce mostu z hlediska mezní stavu únosnosti. V rámci statického výpočtu bylo zapotřebí mostní objekt dobově zařadit a využít současně platné normy ČSN 73 0038 (2015) pro hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení, ale i jiných platných norem. Byl proveden stavebně technický a statický průzkum s cílem objektivního hodnocení aktuálního stavebně technického, statického a materiálového stavu hodnocených konstrukčních částí mostu. Na základě analytického vyhodnocení se provedla patřičná stavební opatření pro zajištění únosnosti, spolehlivosti a bezpečnosti pro nezbytně dlouhou dobu [4].

4.1 Úvod

Stavbou, na které byly prováděny diagnostické práce na vybraných konstrukčních celcích za účelem stavebně technického, statického a materiálového průzkumu je železobetonový stávající mostní objekt s evidenčním číslem 489–003, který přemostňuje Bělovodský potok a nachází se v obci Lukov spadající pod okres Zlín. Most převádí silnici II třídy s číslem komunikace 489 na 3,135 kilometru. Mezi vybranými konstrukční celky mostu, které podléhají diagnostickým pracím jsou mostní křídla, opěry, hlavní nosná konstrukce a v neposlední řadě také mostní svršek [4] [8] [9].



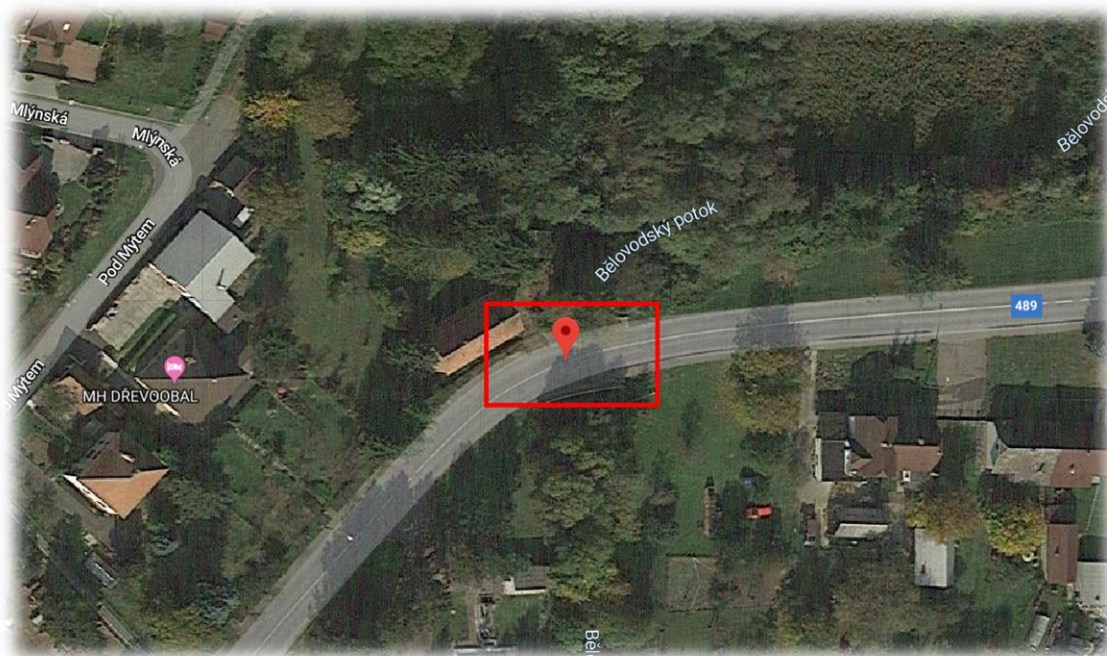
Obr. 15 – Čelní pohled na mostní objekt ve směru Fryšták [8]



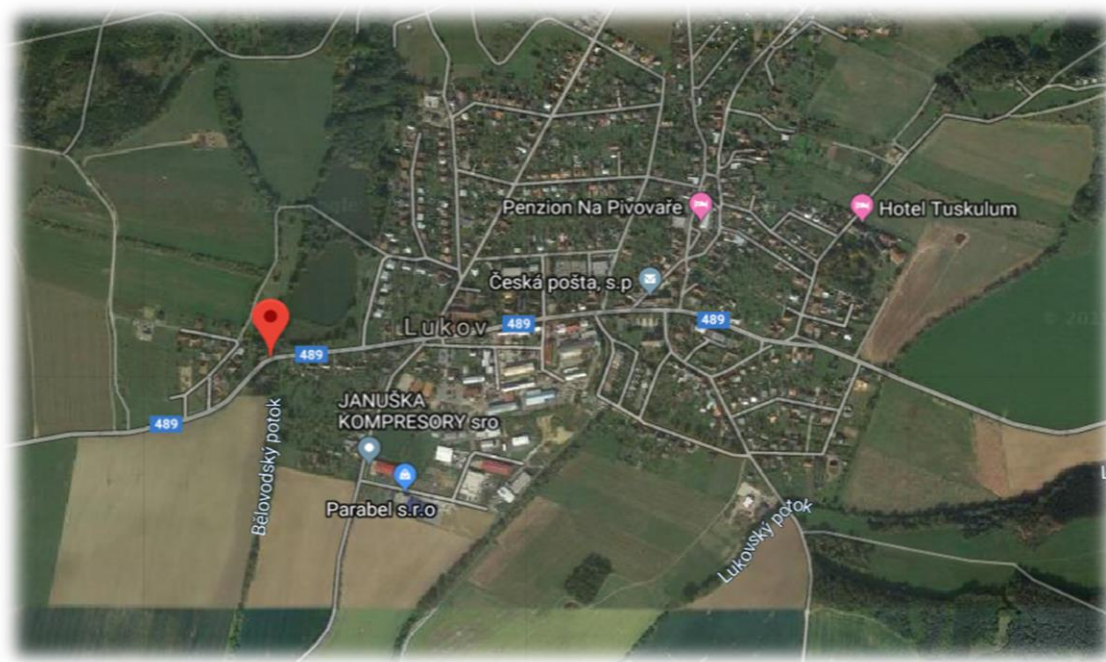
Obr. 16 – Boční pohled na mostní objekt ve směru Fryšták [8]

4.1.1 Identifikace objektu

Stávající mostní objekt s evidenčním číslem 489–003, který převádí silnici II/489 se nachází na katastrálním území obce Lukov (uzlový úsek č.1 „Hornoveská“, km 3,135) v okrese Zlín. Dle mostního listu byl most postaven roku 1973 [8] [9].



Obr. 17 – Situační pohled na mostní objekt v obci Lukov [10]



Obr. 18 – Celkový situační pohled na obec Lukov [11]

4.1.2 Předmět a účel průzkumu

Z hlediska předmětného průzkumu mostní konstrukce v obci Lukov je účelem prováděného diagnostického průzkumu in-situ stanovení fyzikálně – mechanických parametrů betonu (pevnost a povrchové přidržnosti) nosné konstrukce a statické posouzení celkového stavu hlavní nosné konstrukce. Dále bylo nutné ověřit stav, druh, množství a průměr použité betonářské výztuže ve vybraném mostním prefabrikovaném nosníku. Součástí diagnostických prací je rovněž provedení sondy za účelem ověření skutečné skladby vozovky na mostní konstrukci [4].

Při diagnostických pracích in-situ, které byly zaměřeny na vybrané konstrukční celky mostu, byly prováděny následující práce s dílčími cíli [4]:

1) Vozovka

- a) 1x jádrový vývrt vnitřního ϕ 100 mm vedený svisle dolů pro stanovení skladby vozovky (mostního svršku) včetně jádrového návrtu ϕ 50 mm do dobetonávky mezi prefabrikovanými nosníky do hloubky cca 150 mm s cílem odebrat vzorek betonu. Po provedení a zdokumentování je sonda zapravena. Přibližná poloha sondy s označením SV1 je zakreslena ve schématu. Z 1 jádrového vývrtu byla vyrobena 2 zkušební tělesa pro stanovení fyzikálně – mechanických vlastností betonu.

2) Nosná konstrukce

- a) 1x jádrový vývrt vnitřního ϕ 50 mm vedený svislé vzhůru ze spodního líce do vnitřního 12. prefabrikovaného mostního nosníku typu Hájek (MZD) za účelem prokázání kvality betonu. Po provedení a zdokumentování je sonda zapravena. Přibližná poloha sondy s označením VN2 je zakreslena ve schématu.
- b) 3x stanovení povrchových přídržností betonu (odtrhové zkoušky) nosné konstrukce na spodním líci prefabrikovaných mostních nosníků typu Hájek (MZD) ve vybraných místech. Přibližná poloha jednotlivých sond s označením PN1, PN2, PN3 je zakreslena ve schématu.
- c) 1x profometrická kontrola vyztužení vnitřního 12. prefabrikovaného mostního nosníku typu Hájek (MZD) uprostřed rozpětí na ohybové účinky včetně provedené sekané sondy za účelem přesného ověření druhu, stavu, množství a průměru betonářské výztuže. Po provedení a zdokumentování je sonda zapravena. Přibližná poloha sondy s označením SVN1 je zakreslena ve schématu

4.2 Základní informace o objektu

Základní informace o mostním objektu z hlediska jeho popisu a historie lze čerpat z různých písemných rešerší jako je zachovaný mostní list, závěrečná zpráva z mostní prohlídky a z diagnostického průzkumu. V rámci mostního listu byl zachován i původní schématický náčrt mostu (půdorys, příčný a podélný řez, pohled). V rámci projektové dokumentace byla k dispozici i výkresová část mostu, obsahující výkresy postupu výstavby, půdorys a řezy. Z hlediska určení materiálu mostu poslouží jako podklad diagnostický průzkum, který byl proveden na dílčích konstrukčních částech mostu.

4.2.1 Historie objektu a stavební úpravy

Co se týká historie samostatného objektu, tak most byl postaven roku 1973. Všechny další historické údaje ze stavebního hlediska lze dohledat v zachovaném mostním listu [9]

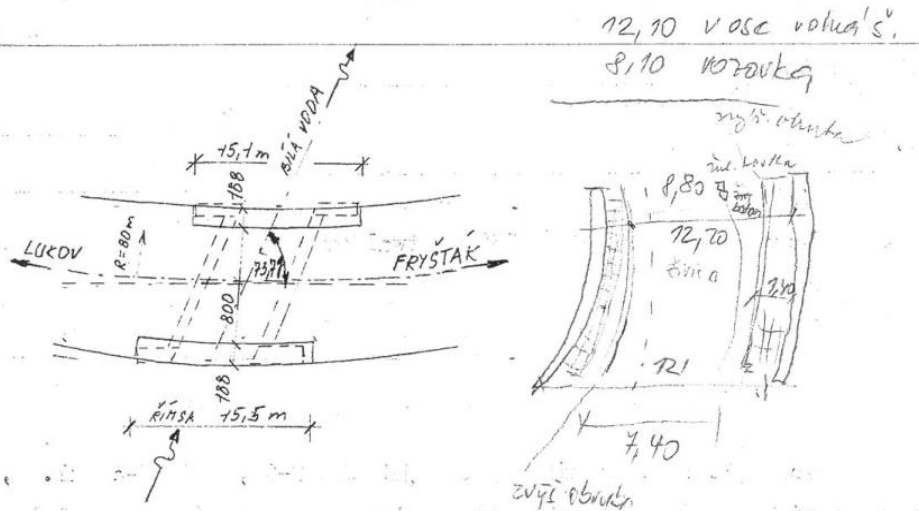
MOSTNÍ LIST:

1. Název mostu: most přes Bílou Vodu v obci Lukov		Evidenční čís. mostu: 489 - 003	
2. Předmět přemostění nebo převedení (překážka): potek Bílá Voda		Rok postavení: 1911 (1973)	
3. Dálnice nebo silnice: silnice II/ 489 km: 3,224		Zatížitelnost: HP 1996	(T)
4. Katastrální obec: Lukov		a) normální: 21 t	27 t
5. Okres: Gottwaldov		b) výhradní: 48 t	60 t
7. Udržovatel: OSS Gottwaldov		c) výjimečná: 80 t	100 t
6. Kraj: Jihomoravský		d) most navržen pro zatížení: třídy A	
8. Počet otvorů: 1	9. Světlost otvorů: kolmá: 5,60⁴⁰	šikmá: 5,46	5,40, 5,60 (5,65)
10. Délka přemostění: 5,46	11. Rozpětí polí:	12. Šikmost mostu: 73,735 ‰	
13. Podrobný popis nosné konstrukce: Prefabrikované žel. bet. nosníky typu Hájek MZD 9-6 , MZD 7-6 dl. 7,0 m 20 ks vnitřních prvků, 2 ks okrajové prvky. Konce nosníků jsou uloženy na lepence. Nosníky jsou kladeny rovnoběžně s tečnou ke kruhovému obleuku e-Ø 80m, který tvoří zakřivenou osu silnice a mostu. Úložné prahy ž.b. 170, opěry a křídla z betonu 135 Stavební výška: 0,40 Úložná výška: 0,42			
14. Opěry: Počet 2	Délka: 1375	14,20	tloušťka: 1,20
Výška: 2,02	2,41	Druh a materiál: beton B 135	
15. Ostatní podpěry:		Počet:	Délka:
Tloušťka:			Výška:
Druh a materiál:			
16. Prostorová úprava: Volná šířka mostu (podjezdu): 11,18		Šířka chodníků: 2 x 120	
Šířka mezi zvýšenými obrubami: 8,00		Volná výška nad vozovkou: 1x 1,30 ~ 2,90 vpravo 1x 1,40 vlevo	
17. Vozovka a chodníky: Druh vozovky: AB 15			
Druh zpevněné části krajnice: dtto			
Druh chodníků: lité asfalt			
Zábradlí: ocelové 2 madlové s e swisloou výplní			
18. Výška mostu nad terénem: 3,026, 2,808			
19. Výška spodní hrany konstrukce nad vel. vodou: 0,64 m		Normální hloubka vody: 0,20 m	
20. Různá zařízení na mostě: Hevo pod římsou och. rozv. 10 cm		Výkresy mostu: viz archiv	
21. Stavební stav: HP 2001 - V ŠPATNÝ			
22. Správní údaje: HP 96, 01, 03			
23. Reprodukční pořizovací hodnota (RPH) výchozí: 422.577,- Kčs			
Úprava: (stručný popis)			
Nová RPH:	datum	Kčs	datum

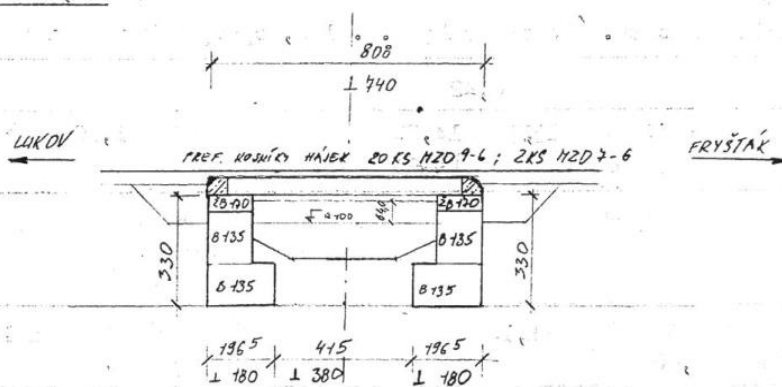
Obr. 19 – Mostní list z roku 1973 [9]

SCHEMATICKÝ NÁČRT MOSTU:
(půdorys, příčný a podélný řez a pohled)

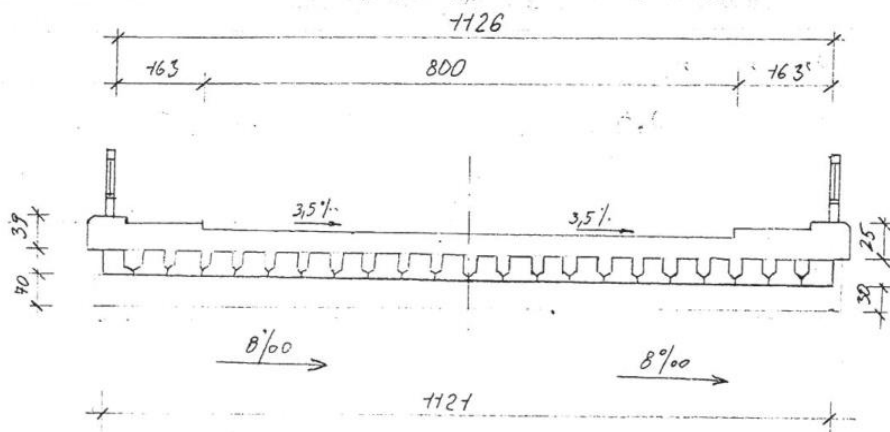
PŮDORYS 1:500



PODÉLNÝ ŘEZ 1:200



PŘÍČNÝ ŘEZ



Obr. 20 – Schématický náčrt z mostního listu [9]

4.2.2 Konstrukční systém, materiál a popis částí objektu

Konstrukční systém

Z hlediska konstrukčního systému se jedná o jednopólový železobetonový prefabrikovaný deskový most, jehož hlavní nosná konstrukce je tvořena 22 ks prefabrikovaných mostních nosníků typu Hájek (MZD) délky 7 m, které jsou následně v tuto desku zmonolitněny [8] [9].

Materiál

Dle diagnostického průzkumu jsou jednotlivé konstrukční části mostu tvořeny buď železobetonem anebo prostým betonem o různých pevnostních třídách. Nutno podotknout, že dle současně platných norem jsou některé konstrukční celky mostu nevyhovující z hlediska požadované pevnosti betonu [8] [9].

Popis částí objektu (mostu)

1. Spodní stavba [8] [9] [12] [13]

1.1 Základy mostních podpěr a křídel

Základy není možno identifikovat vzhledem k jejich nepřístupnosti. Podle mostního listu a původní projektové dokumentace jsou základy plošné betonové, výšky 1,0 m a šířky 1,8 m a dle již neplatné české normy ČSN 73 2001 mají značku 135, což odpovídá dnešní pevnostní třídě C 8/10. Co se týče zemního tělesa, tak svahy u mostních křídel jsou přírodní, neopevněné a zatravněné.

1.2 Mostní podpěry, křídla a čelní zdi

Opěry a křídla jsou masivní betonové, křídla jsou vůči sobě rovnoběžná a vetknutá do opěr. Na pohledových plochách opěr a křídel je vidět pačok. Opěry mají výšku 2,35 m, šířku 1,2 m, délka opěra 1 je 12,84 m a u opěry 2 činí délka 12,42 m.

2. Nosná konstrukce [8] [9] [12] [13]

Jedná se o jednopólový most se šířkou nosné konstrukce 12,21 m, délkou přemostění 5,83 m a levou šikmostí 83,65 gradu. Stavební výška činí 0,625 m, volná výška je 2,31 m a výška mostu je 2,935 m.

2.1 Hlavní nosná konstrukce

Hlavní nosná konstrukce je tvořena ŽB prefabrikovanými mostními nosníky typu Hájek – MZD 9-6, MZD 7-6 délky 7 m, 20 ks vnitřních + 2 krajní nosníky. Nosníky mají výšku 0,4 m a šířku 0,505 m. Nosníky jsou zmonolitněny v desku. Konce nosníků jsou uloženy na hydroizolačním pásu.

2.2 Ložiska

Jsou uložena prostě a na asfaltových korkových deskách.

2.3 Mostní závěry

Dle mostního listu nejsou realizovány, nosná konstrukce je dobetonovaná k rubům opěr.

3. Mostní svršek [8] [9] [12] [13]

Celková tloušťka vrstvy mostního svršku (vozovky) je 0,625 m a byla stanovena z jádrového vývrtu v rámci diagnostických prací.

3.1 Vozovka

Vozovka je dvoupruhová s šířkou mezi obrubami 6,9 m. Kryt vozovky je z asfaltobetonu tloušťky 0,090 m. Příčný sklon je jednostranný 3,5 % se spádem vpravo (silnice je v pravém směrovém oblouku). Podélný sklon se spádem směrem k opěře 1.

3.2 Izolační systém

Je tvořen asfaltovou hydroizolační vanou tloušťky 0,010 m a ochrannou vrstvou této hydroizolace je podkladní beton tloušťky 0,025 m.

3.3 Chodníky

Nacházejí se po obou stranách mostu a každý má šířku 1,2 m. Vlevo ve směru na Fryšták je chodník obnovený, proměnné šířky a s nášlapnou vrstvou ze zámkové dlažby, která je uzavřena betonovými obrubníky. Vpravo ve směru na Kašavu je chodník původní, proměnné šířky a zhotovený ze čtvercové dlažby 30 x 30 cm, která je uzavřena betonovými obrubníky.

3.4 Římsy

Římsy jsou zhotoveny monoliticky ze železobetonu.

4. Mostní vybavení [8] [9] [12] [13]

4.1 Záchytná zařízení

Na obou stranách mostu je umístěno ocelové mostní zábradlí se svislou výplní a výšky 1,0 m, které je kotveno do kapes v římsách. Sloupky a madla jsou zhotovena z uzavřených profilů a výplň je z pásoviny.

4.2 Ochranná zařízení

Žádná taková na mostě nejsou.

4.3 Revizní zařízení

Žádná taková na mostě nejsou.

4.4 Dopravní značení

Svislé dopravní značení obsahující 2x tabulku s evidenčním číslem mostu. Nejsou umístěny značky vyznačující zatížitelnost mostu. Vodorovné dopravní značení obsahující plnou střední dělicí čáru bílé barvy.

4.5 Osvětlení

Žádné takové na mostě není.

4.6 Odvodňovací zařízení

V betonovém klínu chodníku se nacházejí 2 netypové odvodňovače – zabetonované ocelové trubky ϕ 80 mm, které jsou volně vyústěny pod most.

5. Cizí zařízení [8] [9] [12] [13]

Ocelová chránička o ϕ 75 mm podél nosné konstrukce vlevo, která je zavěšená na zábradlí.

6. Území pod mostem a přístupové cesty [8] [9] [12] [13]

6.1 Území pod mostem

Pod mostem se nachází koryto Bělovodského potoku. Pod mostem je korytu lichoběžníkového tvaru a dno i břehy jsou opevněné betonovými dlaždicemi.

6.2 Přístupové cesty

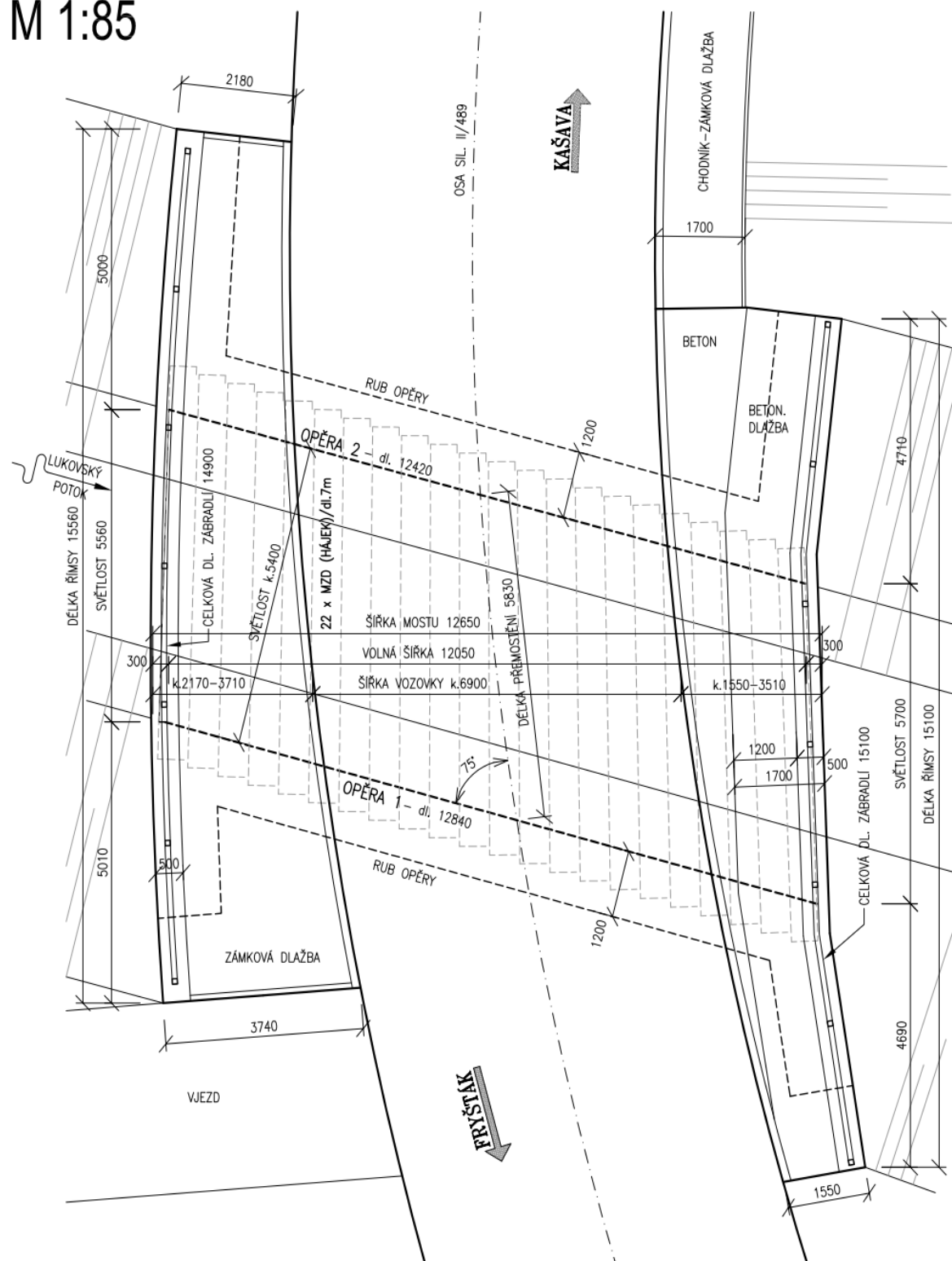
Přístup pod most je možný po svazích podél mostních křídel.

Zvláštní přístupové cesty jako například revizní schody zřízeny nejsou.

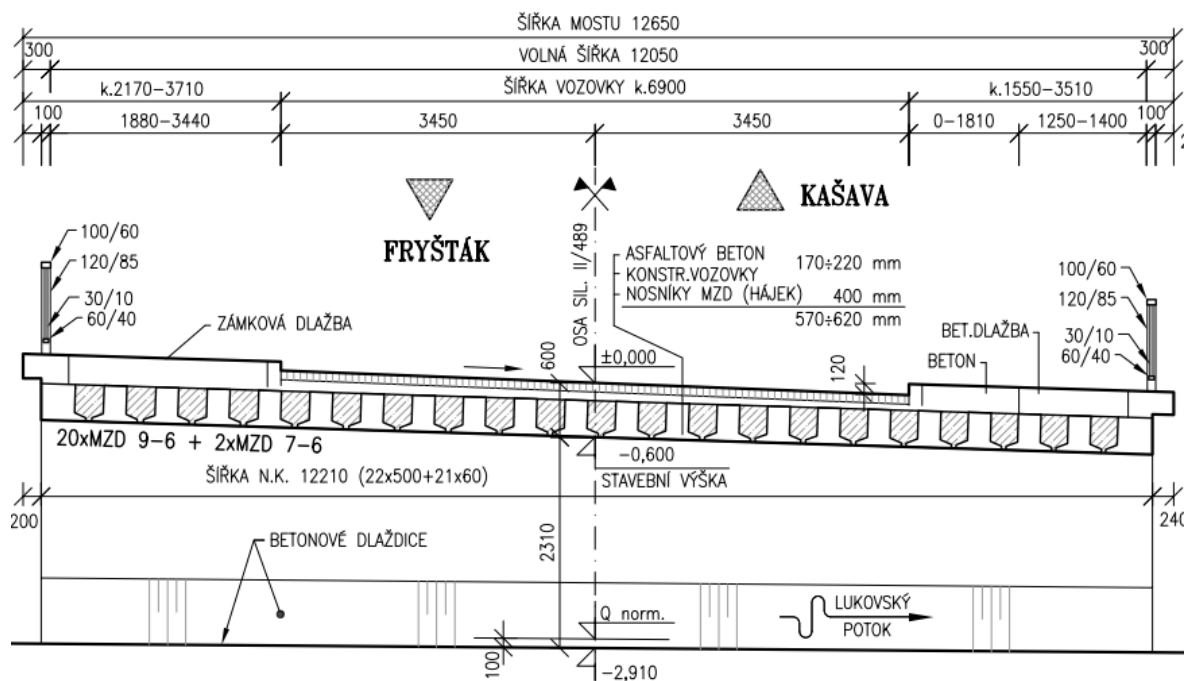
Tabulka 1 – srovnání pevnostních tříd na vybraných konstrukčních částech mostního objektu [4] [9]

			Pevnostní třída betonu	
			mostní list (ČSN 73 2001:1970)	diagnostický průzkum (ČSN EN 206)
spodní stavba	základy opěr a křídel		135	
	opěra 1	OP1 - opěra 1	135	C 16/20
		UP1 - úložný práh 1	170	C 8/10
		K1L - levé křídlo 1	135	C 8/10
		K1P - pravé křídlo 1	135	C 8/10
	opěra 2	OP2 - opěra 2	135	C 4/5
		UP2 - úložný práh 2	170	C 8/10
		K2L - levé křídlo 2	135	C 3/3.5 - C 4/5
		K2P - pravé křídlo 2	135	C 3/3.5
	nosná konstrukce	hlavní nosná konstrukce		C 25/30

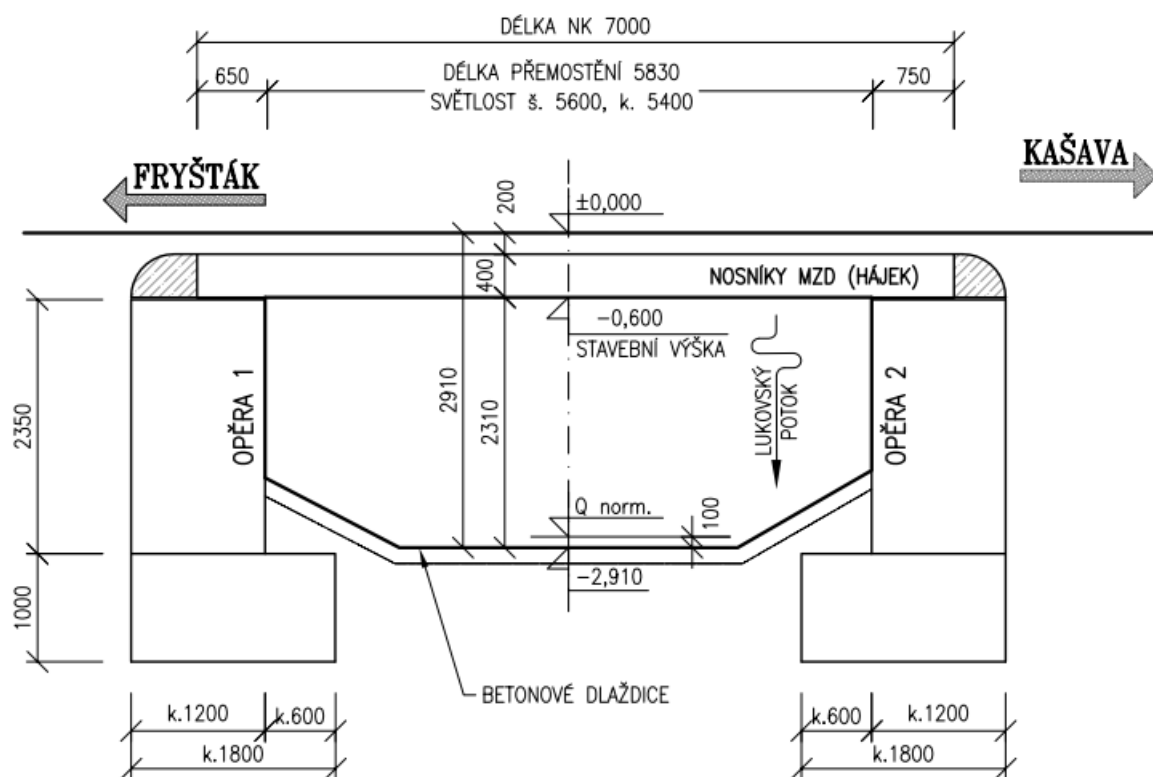
M 1:85



Obr. 21 – Půdorys stávající mostní konstrukce [13]



Obr. 22 – Příčný řez stávající mostní konstrukce [12]



Obr. 23 – Podélný řez stávající mostní konstrukce [12]



Obr. 24 – Pohled na levé křídlo 2 – K2L [8]



Obr. 25 – Pohled na opěru 1 – OP1 [8]



Obr. 26 – Pohled na pravý bok nosné konstrukce a římsy [8]



Obr. 27 – Pohled na levou římsu se zábradlím [8]



Obr. 28 – Pohled na levý chodník se zábradlím [8]



Obr. 29 – Pohled na pravý chodník se zábradlím [8]

4.3 Stavebně technický a statický průzkum objektu a jeho vyhodnocení

4.3.1 Výpočet pevnosti betonu v tlaku na jádrovém vývrtu v rámci vnitřního vyztuženého 12. prefabrikovaného mostního nosníku

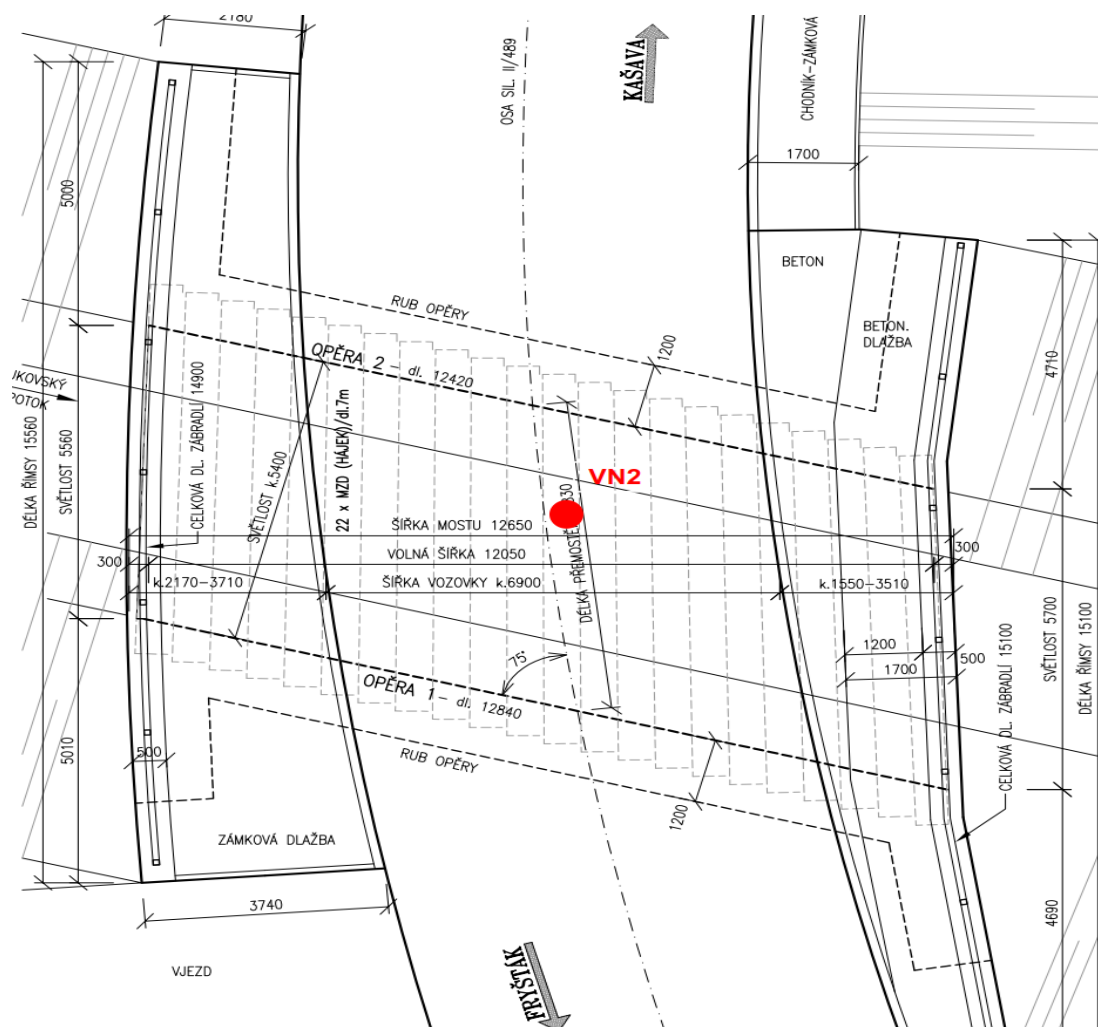
Lokace: 12. nosník v pořadí ve směru toku

Typ nosníku: Hájek (MZD)

Označení: VN2 – sonda

Průměr jádrového vývrtu: ϕ 50 mm

Vzorek: N2.1 [4]



Obr. 30 – Půdorys stávající mostní konstrukce se zaznačením sondy VN2 [4] [13]

● VN2 jádrový vývrt ϕ 50 mm vedený z dolního líce do vybraného vnitřního nosníku

Hodnoty získané z jádrového vývrtu [4]:

Průměr vzorku: $d = 0,05007 \text{ m}$

Délka vzorku: $l = 0,05052 \text{ m}$

Hmotnost vzorku: $m = 0,2335 \text{ kg}$

Maximální síla: $F = 95,1 \text{ kN} = 0,0951 \text{ MN}$

Výpočet [4] [3] [14]:

Plocha:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,05007 \text{ m})^2}{4} = 1,969 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Objem:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{\pi \cdot (0,05007 \text{ m})^2}{4} \cdot 0,05052 \text{ m} = 9,947 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Objemová hmotnost:

$$D = \frac{m}{V} = \frac{0,2335 \text{ kg}}{9,947 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3} = 2347,44 \text{ kgm}^{-3}$$

Štíhlost prvku:

$$\lambda = \frac{l}{d} = \frac{0,05052 \text{ m}}{0,05007 \text{ m}} = 1,009$$

Opravný součinitel pro průměr válce:

$$\kappa_{d,cyl} = 0,91 - \text{pro } d = 50 \text{ mm}$$

Opravný součinitel pro štíhlost válce:

$$\kappa_{c,cyl} = 0,8 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}} = 0,853$$

Převodní součinitel pro krychelnou pevnost:

$$\kappa_{c,cube} = 1,231$$

Pevnost vzorku:

$$f_c = \frac{F}{A} = \frac{0,0951 \text{ MN}}{1,969 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 48,3 \text{ MPa}$$

Válcová pevnost:

$$f_{c,cyl} = f_c \cdot \kappa_{c,cyl} \cdot \kappa_{d,cyl} = 48,3 \text{ MPa} \cdot 0,853 \cdot 0,91 = 37,5 \text{ MPa}$$

Krychelná pevnost:

$$f_{c,cube} = f_{c,cyl} \cdot \kappa_{c,cube} = 37,5 \text{ MPa} \cdot 1,231 = 46,2 \text{ MPa}$$

Tabulka 2 – Souhrn pevnostních parametrů betonu stanoveném na zkušebním vzorku s označením N2.1 [4]

označení vzorku	naměřené veličiny				dílní součinitele			
	rozměry vzorku		hmotnost vzorku	max. síla	štíhlost prvku	opravný součinitel	převodní součinitel	převodní součinitel
	průměr	délka						
	d	l	m	F	λ	$\kappa_{d,cyl}$	$\kappa_{c,cyl}$	$\kappa_{c,cube}$
	[m]	[m]	[kg]	[kN]	[–]	[–]	[–]	[–]
N2.1	0,05007	0,0505	0,2335	95,1	1,009	0,91	0,853	1,231

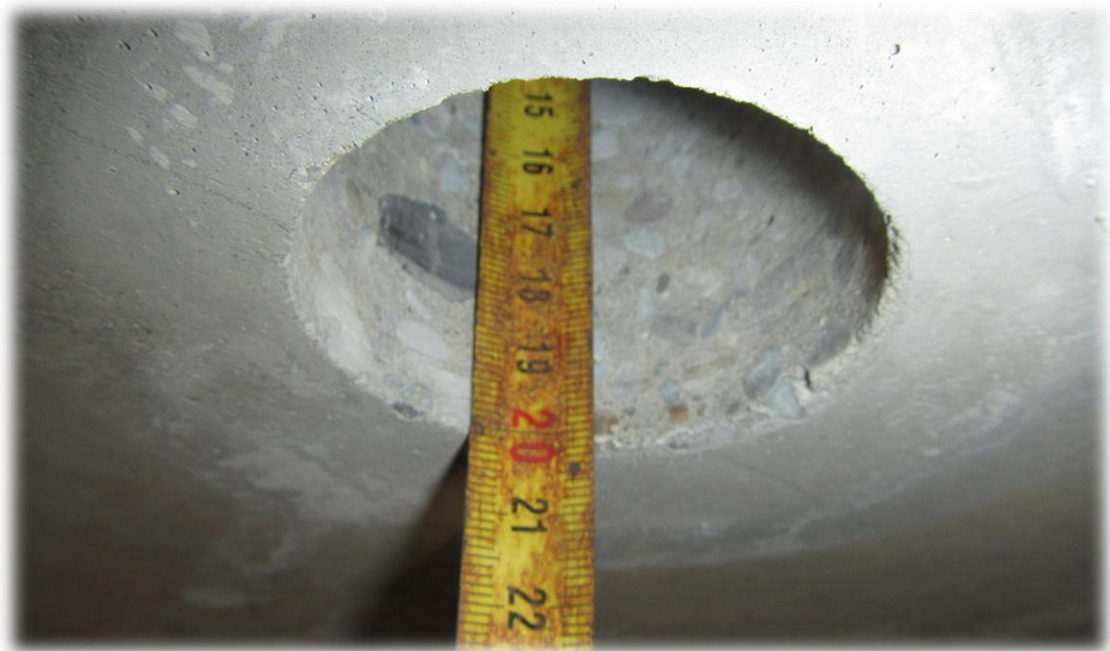
označení vzorku	vyhodnocení			
	objemová hmotnost	pevnost vzorku	válcová pevnost	krychelná pevnost
	D	f_c	$f_{c,cyl}$	$f_{c,cube}$
	[kgm ⁻³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
N2.1	2347,44	48,3	37,5	46,2



Obr. 31 – Pohled na spodní líc hlavní nosné konstrukce při jádrovém vrtání vedeném ze spodního líce svisle vzhůru do vnitřního 12. vyztuženého nosníku v rámci sondy VN2. Použitá byla jádrová vrtačka HILTI DD 200 s příslušenstvím [4]



Obr. 32 – Laboratorní fotka odebraného vzorku betonu z jádrového vývrtu VN2 [4]



Obr. 33 – Podrobný pohled na měření celkové hloubky jádrového vývrtu $\phi = 50$ mm v rámci sondy VN2 [4]

4.3.2 Stanovení povrchové přídržnosti betonu na prefabrikovaných mostních nosnících

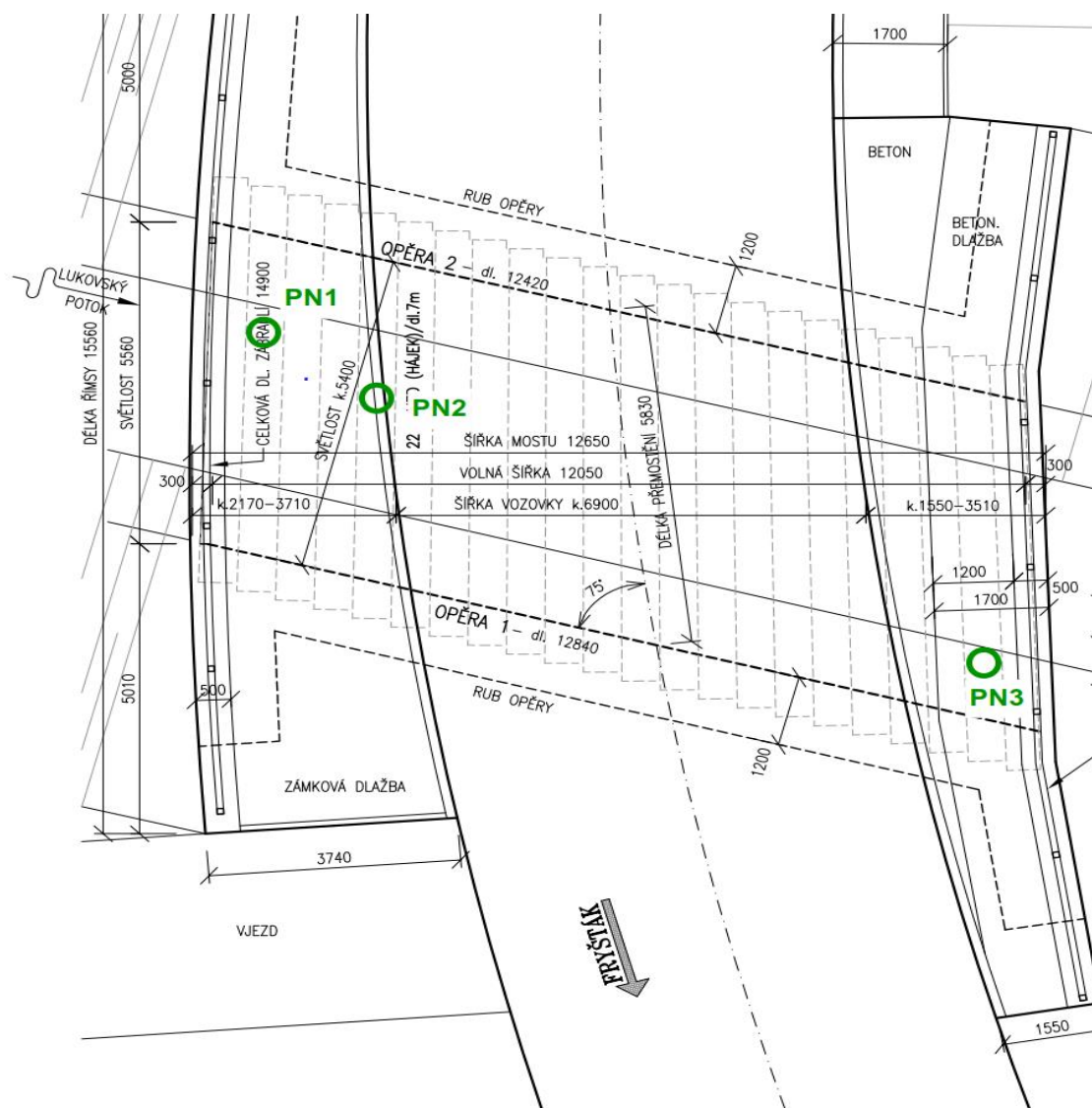
Lokace: spodní líc na vybraných prefabrikovaných mostních nosnících

Typ nosníku: MZD (Hájek)

Označení: sondy – PN1 = 2. nosník na vtoku

PN2 = 5. nosník na vtoku

PN3 = 2. nosník na výtoku [4]



Obr. 34 – Půdorys stávající mostní konstrukce se zaznačením sond PN1, PN2, PN3 [4] [13]



PN1, PN2, PN3

zkoušky povrchové přídržnosti betonu provedené na vybraných mostních nosnících ze spodního líce

Tabulka 3 – Výsledky odtrhových zkoušek (zkoušek povrchové přídržnosti) provedených na spodním líci vybraných prefabrikovaných mostních nosníků [4]

ozn. vzorku	poloha zkušební sondy	vyhodnocení			
		povrchová přídržnost betonu			způsob poruchy při dosažené maximální zatěžovací síle
		σ_{adh}			
		[MPa]			
PN1	2.nosník na vtoku	3,35	2,97	2,82	A - porucha v podkladu
		2,54			A - porucha v podkladu
		3,02			A - porucha v podkladu
PN2	5.nosník na vtoku	2,22	2,72		A - porucha v podkladu
		2,79			A - porucha v podkladu
		3,15			A - porucha v podkladu
PN3	2.nosník na výtoku	3,35	2,76		A - porucha v podkladu
		2,44			A - porucha v podkladu
		2,48			A - porucha v podkladu



Obr. 35 – Pohled na zkušební sondu PN1 v rámci odtrhových zkoušek s osazenými zkušebními terči na 2. nosníku na vtoku s aktuálně prováděným prvním odtrhem. Byl použit odtrhoměr Proceq Dyna Z-216 [4]



Obr. 36 – Detailní pohled z jiného úhlu na zkušební sondu PN1 v rámci odtrhových zkoušek s osazenými zkušebními terči na 2. nosníku na vtoku s aktuálně prováděným prvním odtrhem [4]



Obr. 37 – Detailní pohled v rámci zkušební sondy PN1 na odzkoušené zkušební místo zkoušek povrchových přídržností ze spodního líce na 2. nosníku na vtoku. U 2. zkušebních terčů došlo k odtržení betonu částečně v kontaktu s betonářskou výztuží [4]



Obr. 38 – Detailní pohled na zkušební sondu PN2 v rámci odtrhových zkoušek s osazenými zkušebními terči na 5. nosníku na vtoku s aktuálně prováděným prvním odtrhem [4]



Obr. 39 – Detailní pohled v rámci zkušební sondy PN2 na odzkoušené zkušební místo zkoušek povrchových přídržností ze spodního líce na 5. nosníku na vtoku. U všech vzorků je způsob porušení plně v ploše betonu [4]

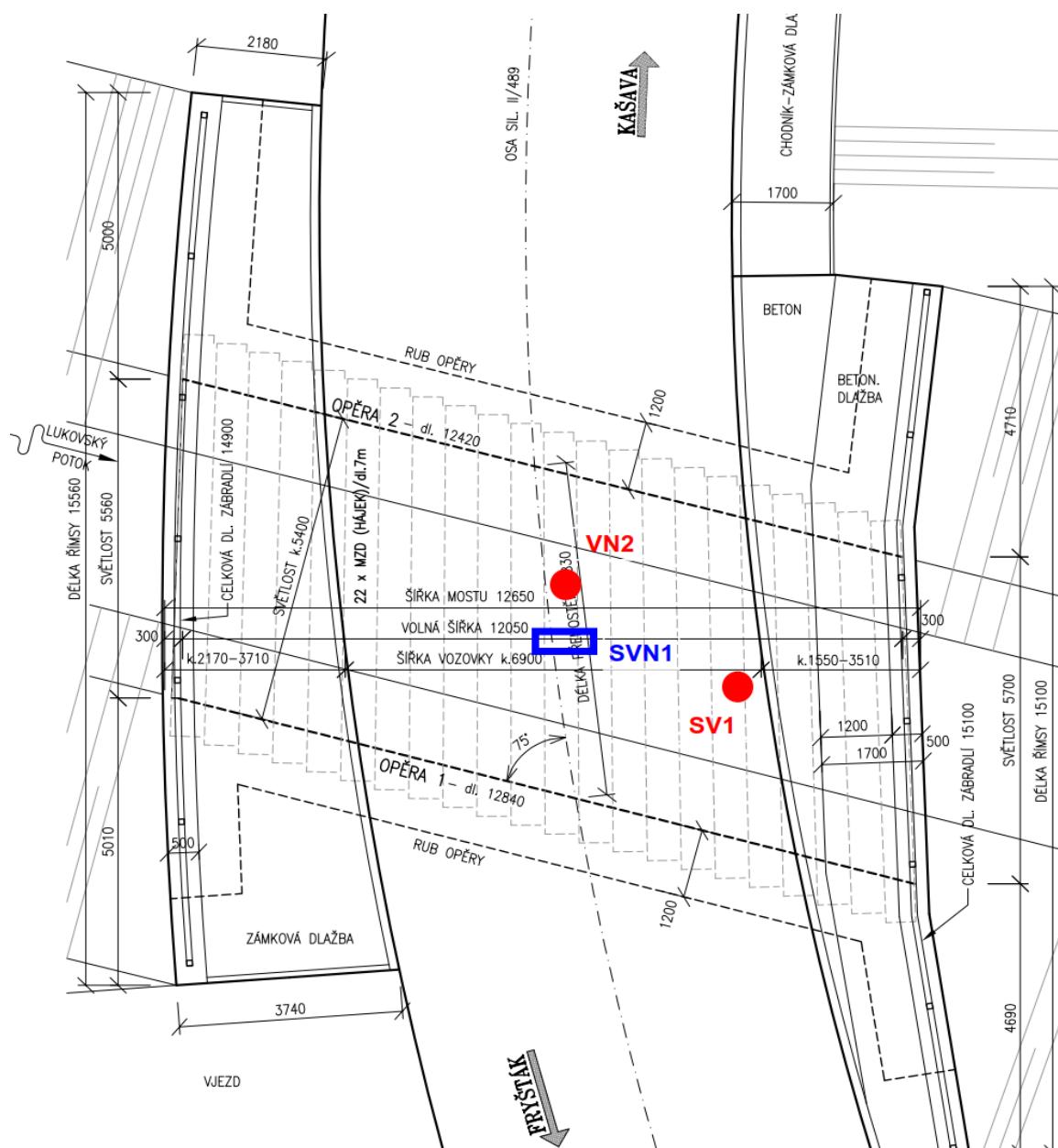


Obr. 40 – Detailní pohled na zkušební sondu PN3 v rámci odtrhových zkoušek s osazenými zkušebními terči na 2. nosníku na výtoku s aktuálně prováděným prvním odtrhem [4]



Obr. 41 – Detailní pohled v rámci zkušební sondy PN3 na odzkoušené zkušební místo zkoušek povrchových přídržností ze spodního líce na 2. nosníku na výtoku. U všech vzorků je způsob porušení plně v ploše betonu. U dvou zkušebních terčů došlo k odtržení betonu částečně v kontaktu s betonářskou výztuží [4]

4.3.3 Statický posudek v rámci hlavní nosné konstrukce



Obr. 42 – Půdorys stávající mostní konstrukce se zaznačením sond [4] [13]

LEGENDA:



VN2

jádrový výtřt Ø 50 mm vedený z dolního líce do vybraného vnitřního nosníku

Sondy SV 1



skladba vozovky po nosnou konstrukci ověřena jádrovým vrtem Ø 100 mm ve vybraném místě, součástí vrtu je návrt Ø 50 mm do dobetonávky mezi prefabrikovanými nosníky



SVN1

sonda za účelem ověření vyztužení mostního nosníku uprostřed rozpětí na ohybové účinky

Tabulka 4 – Skladba vozovky a výpočet stálého zatížení v místě sondy SV1 [4] [14]

	objemová hmotnost D (kg.m ⁻³)	objemová tíha G (kN.m ⁻³)	tloušťka t (m)	šířka b (m)	charakteristické stálé zatížení g _k (kN.m ⁻¹)
ACO – asfaltobeton (obrusná vrstva)	2000	20	0,060	0,505	0,606
Vrstva násypu spojena asfaltovou emulzí	2000	20	0,030	0,505	0,303
Násyp (štěrk s jílovitým propojením)	1800	18	0,100	0,505	0,909
Podkladní beton (ochranná vrstva hydroizolace)	2400	24	0,025	0,505	0,303
Asfaltová hydroizolační vrstva	1400	14	0,010	0,505	0,071
Hlavní nosná konstrukce – nosníky (MZD)	2500	25	0,400	0,505	5,050

$$\sum g_k \quad 7,242 \text{ kNm}^{-1}$$

Výpočet charakteristického momentu od stálého zatížení M_{gk} (kNm) [14]:

$$M_{gk} = \frac{1}{8} \cdot g_k \cdot L^2$$

$$M_{gk} = \frac{1}{8} \cdot 7,242 \text{ kNm}^{-1} \cdot (7\text{m})^2 = 44,355 \text{ kNm}$$

$$M_{gk} = 44,355 \text{ kNm}$$

Hodnota účinku celkového charakteristického momentu od vnějšího zatížení v rámci hlavní nosné konstrukce a ostatních vrstev skladby mostního svršku je $M_{gk} = 44,355 \text{ kNm}$.



Obr. 43 – Pohled na místo sondy SV1 po provedení jádrového vývrtu $\phi = 100$ mm do skladby mostního svršku za účelem zjištění druhu a hloubky konstrukčních vrstev vozovky. Provedení sondy zhruba uprostřed rozpětí mostní konstrukce [4]



Obr. 44 – Měření celkové hloubky jádrového vývrtu $\phi = 100$ mm sondy SV1 do skladby mostního svršku. Součástí jádrového vývrtu je návrt $\phi = 50$ mm do dobetonávky mezi železobetonové prefabrikované nosníky [4]



Obr. 45 – Podrobné zobrazení ostění skladby mostního svršku po odebrání jádrového vývrtu $\phi = 100$ mm sondy SV1. Součástí jádrového vývrtu je návrt $\phi = 50$ mm do dobetonávky mezi železobetonové prefabrikované nosníky [4]



Obr. 46 – Podrobné zobrazení ostění skladby mostního svršku po odebrání jádrového vývrtu $\phi = 100$ mm sondy SV1. Součástí jádrového vývrtu je návrt $\phi = 50$ mm do dobetonávky mezi železobetonové prefabrikované nosníky [4]



Obr. 47 – Pohled na složení vzorku z jádrového vývrtu $\phi = 100$ mm sondy SV1 odebraného ze skladby mostního svršku včetně části vzorku z návrtu $\phi = 50$ mm odebraného z dobetonávky mezi železobetonovými prefabrikovanými nosníky [4]

4.3.4 Stanovení pevnostních parametrů betonu v rámci dobetonávky mezi prefabrikovanými mostními nosníky na 1. odebraném jádrovém vývrtu

Lokace: dobetonávka mezi prefabrik. nosníky v rámci skladby mostního svršku

Označení: SV1 – sonda

Průměr jádrového návrtu: $\phi = 50$ mm

Vzorek: N1.1, N1.2 [4]

Hodnoty získané z jádrového vývrtu [4]:

Vzorek N1.1

Průměr vzorku: $d = 0,05013$ m

Délka vzorku: $l = 0,05102$ m

Hmotnost vzorku: $m = 0,2292$ kg

Maximální síla: $F = 45,7$ kN = $0,0457$ MN

Vzorek N1.2

Průměr vzorku: $d = 0,05013$ m

Délka vzorku: $l = 0,05116$ m

Hmotnost vzorku: $m = 0,2304$ kg

Maximální síla: $F = 51,1$ kN = $0,0511$ MN

Výpočet [4] [3] [14]:

Vzorek N1.1

Plocha:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,05013 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 1,974 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Objem:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,05013 \text{ m})^2}{4} \cdot 0,05102 \text{ m}$$

$$V = 1,007 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Objemová hmotnost:

$$D = \frac{m}{V} = \frac{0,2292 \text{ kg}}{1,007 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$D = 2276,07 \text{ kgm}^{-3}$$

Štíhlost prvku:

$$\lambda = \frac{l}{d} = \frac{0,05102 \text{ m}}{0,05013 \text{ m}} = 1,018$$

Opravný součinitel pro průměr válce:

$$\kappa_{d,cyl} = 0,91 - \text{pro } d = 50 \text{ mm}$$

Opravný součinitel pro štíhlost válce:

$$\kappa_{c,cyl} = 0,8 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}} = 0,856$$

Převodní součinitel pro krychelnou pevnost:

$$\kappa_{c,cube} = 1,251$$

Vzorek N1.2

Plocha:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,05013 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 1,974 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Objem:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l$$

$$V = \frac{\pi \cdot (0,05013 \text{ m})^2}{4} \cdot 0,05116 \text{ m}$$

$$V = 1,009 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Objemová hmotnost:

$$D = \frac{m}{V} = \frac{0,2304 \text{ kg}}{1,009 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$D = 2283,45 \text{ kgm}^{-3}$$

Štíhlost prvku:

$$\lambda = \frac{l}{d} = \frac{0,05116 \text{ m}}{0,05013 \text{ m}} = 1,021$$

Opravný součinitel pro průměr válce:

$$\kappa_{d,cyl} = 0,91 - \text{pro } d = 50 \text{ mm}$$

Opravný součinitel pro štíhlost válce:

$$\kappa_{c,cyl} = 0,8 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}} = 0,857$$

Převodní součinitel pro krychelnou pevnost:

$$\kappa_{c,cube} = 1,250$$

Pevnost vzorku:

$$f_c = \frac{F}{A} = \frac{0,0457 \text{ MN}}{1,974 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 23,15 \text{ MPa}$$

Válcová pevnost:

$$f_{c,cyl} = f_c \cdot \kappa_{c,cyl} \cdot \kappa_{d,cyl}$$

$$f_{c,cyl} = 23,15 \text{ MPa} \cdot 0,856 \cdot 0,91$$

$$f_{c,cyl} = 18,03 \text{ MPa}$$

Krychelná pevnost:

$$f_{c,cube} = f_{c,cyl} \cdot \kappa_{c,cube}$$

$$f_{c,cube} = 18,03 \text{ MPa} \cdot 1,251$$

$$f_{c,cube} = 22,6 \text{ MPa}$$

Pevnost vzorku:

$$f_c = \frac{F}{A} = \frac{0,0511 \text{ MN}}{1,974 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 25,89 \text{ MPa}$$

Válcová pevnost:

$$f_{c,cyl} = f_c \cdot \kappa_{c,cyl} \cdot \kappa_{d,cyl}$$

$$f_{c,cyl} = 25,89 \text{ MPa} \cdot 0,857 \cdot 0,91$$

$$f_{c,cyl} = 20,19 \text{ MPa}$$

Krychelná pevnost:

$$f_{c,cube} = f_{c,cyl} \cdot \kappa_{c,cube}$$

$$f_{c,cube} = 20,19 \text{ MPa} \cdot 1,250$$

$$f_{c,cube} = 25,2 \text{ MPa}$$

Tabulka 5 – Souhrn pevnostních parametrů betonu stanoveném na zkušebních vzorcích s označením N1.1 a N1.2 [4]

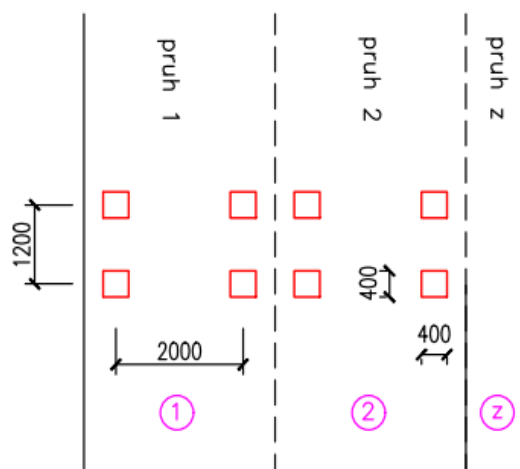
označení vzorku	naměřené veličiny				dílčí součinitele			
	rozměry vzorku		hmotnost t vzorku	max. síla	štíhlost prvku	opravný součinitel	převodní součinitel	převodní součinitel
	průměr	délka						
	d	l	m	F	λ	$\kappa_{d,cyl}$	$\kappa_{c,cyl}$	$\kappa_{c,cube}$
	[m]	[m]	[kg]	[kN]	[–]	[–]	[–]	[–]
N1.1	0,05013	0,05102	0,2292	45,7	1,018	0,91	0,856	1,251
N1.2	0,05013	0,05116	0,2304	51,1	1,021	0,91	0,857	1,250

označení vzorku	vyhodnocení			
	objemová hmotnost	pevnost vzorku	válcová pevnost	krychelná pevnost
	D	f_c	$f_{c,cyl}$	$f_{c,cube}$
	[kgm ⁻³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
N1.1	2276,07	23,15	18,03	22,6
N1.2	2283,45	25,89	20,19	25,2

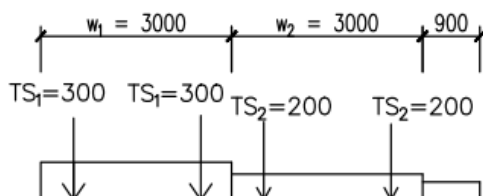


Obr. 48 – Laboratorní fotka odebraného vzorku betonu dobetonávky mezi nosníky z jádrového vývrtu $\phi = 50$ mm sondy SV1 v rámci skladby mostního svršku [4]

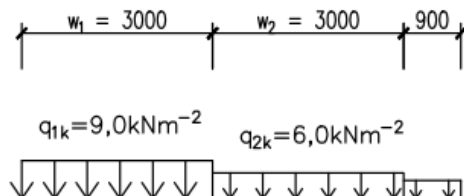
PŮDORYS



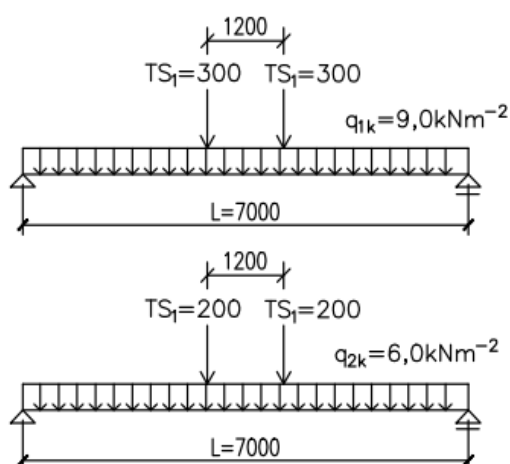
PŘÍČNÝ ŘEZ – DVOJNÁPRAVA (TS)



PŘÍČNÝ ŘEZ – ROVNOMĚRNÉ ZATÍŽENÍ (UDL)



PODÉLNÝ ŘEZ – (TS) A (UDL)



UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – OD DOPRAVY [15]

LM1 – MODEL ZATÍŽENÍ

Dvojnáprava TS

TS₁ – pruh č.1 (w₁ = 3,0 m)

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$TS_1 = \alpha_{Q1} \cdot Q_{1k}$$

$$TS_1 = 1 \cdot 300 \text{ kN} = 300 \text{ kN}$$

$$\text{Celkem v pruhu } w_1: TS_1 = 2 \cdot 300 \text{ kN} = 600 \text{ kN}$$

TS₂ – pruh č.2 (w₂ = 3,0 m)

$$Q_{2k} = 200 \text{ kN}$$

$$TS_2 = \alpha_{Q2} \cdot Q_{2k}$$

$$TS_2 = 1 \cdot 200 \text{ kN} = 200 \text{ kN}$$

$$\text{Celkem v pruhu } w_2: TS_2 = 2 \cdot 200 \text{ kN} = 400 \text{ kN}$$

Rovnoměrné zatížení UDL

UDL₁ – pruh č.1 (w₁ = 3,0 m)

$$q_{1k} = 9,0 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_{1k} = \alpha_{q1} \cdot q_{1k}$$

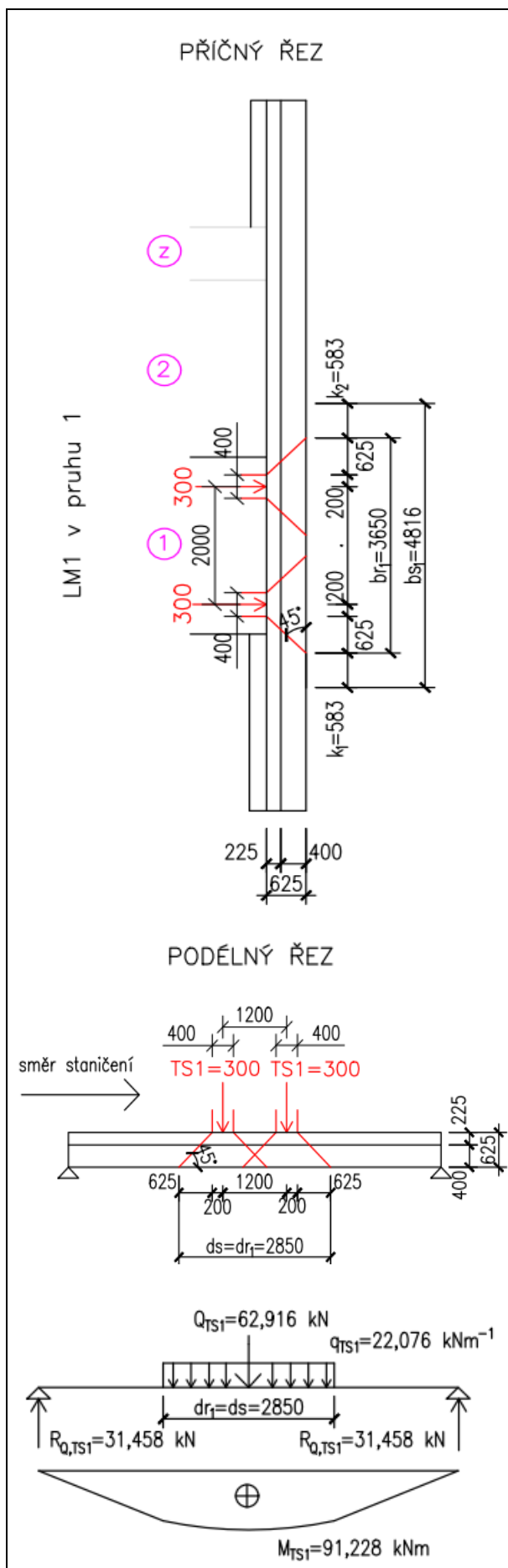
$$q_{1k} = 1 \cdot 9 \text{ kNm}^{-2} = 9,0 \text{ kNm}^{-2}$$

UDL₂ – pruh č.2 (w₁ = 3,0 m)

$$q_{2k} = 2,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$q_{2k} = \alpha_{q2} \cdot q_{2k}$$

$$q_{2k} = 2,4 \cdot 2,5 \text{ kNm}^{-2} = 6,0 \text{ kNm}^{-2}$$



LM1 (TS₁) - PRUH Č.1

• PŘÍČNÝ ROZNOS

$$k_{1,2} = \frac{L}{12} = \frac{7 \text{ m}}{12} = 0,583 \text{ m}$$

$$br_1 = 0,625 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 2,0 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,625 \text{ m}$$

$$br_1 = 3,65 \text{ m}$$

$$bs_1 = k_1 + br_1 + k_2$$

$$bs_1 = 0,583 \text{ m} + 3,65 \text{ m} + 0,583 \text{ m}$$

$$bs_1 = 4,816 \text{ m}$$

• PODÉLNÝ ROZNOS

$$dr_1 = 0,625 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 1,2 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,625 \text{ m}$$

$$dr_1 = 2,85 \text{ m}$$

• VÝPOČET M_{MAX} (OD TS)

$$A_1 = bs_1 \cdot dr_1 = 4,816 \text{ m} \cdot 2,85 \text{ m}$$

$$A_1 = 13,726 \text{ m}^2$$

$$q_{TS1} = \frac{TS_1}{A_1} \cdot b = \frac{2 \cdot 300 \text{ kN}}{13,726 \text{ m}^2} \cdot 0,505 \text{ m}$$

$$q_{TS1} = 22,076 \text{ kNm}^{-1}$$

$$Q_{TS1} = q_{TS1} \cdot ds = 22,076 \text{ kNm}^{-1} \cdot 2,85 \text{ m} = 62,916 \text{ kN}$$

$$R_{Q,TS1} = q_{TS1} \cdot \frac{dr_1}{2} = 22,076 \text{ kNm}^{-1} \cdot \frac{2,85 \text{ m}}{2}$$

$$R_{Q,TS1} = 31,458 \text{ kN}$$

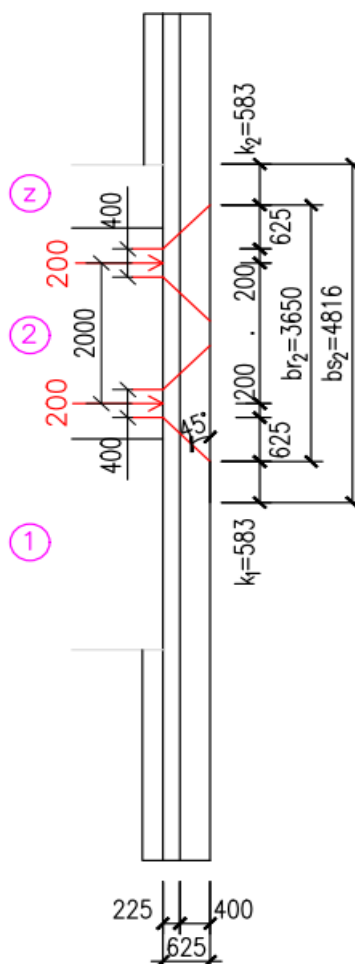
$$M_{TS1} = R_{Q,TS1} \cdot \frac{L}{2} - Q_{TS1} \cdot 0,6 \text{ m}$$

$$M_{TS1} = 31,458 \text{ kN} \cdot \frac{7 \text{ m}}{2} - 31,458 \text{ kN} \cdot 0,6 \text{ m}$$

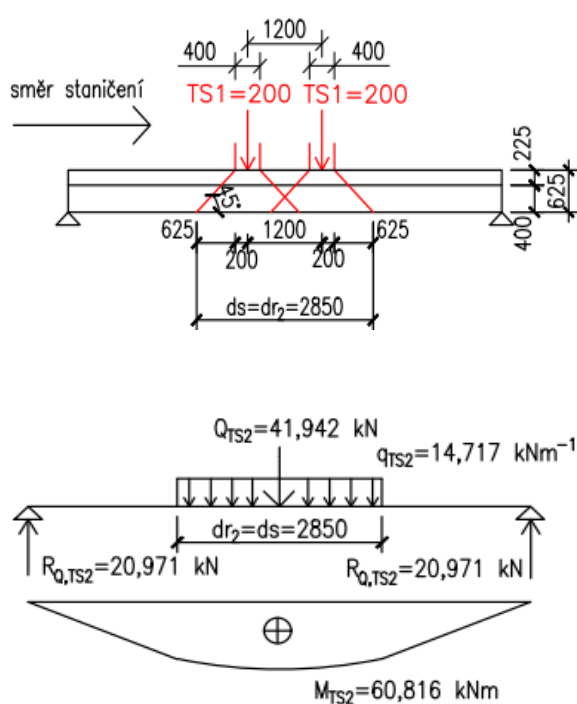
$$M_{TS1} = 91,228 \text{ kNm}$$

LM1 v pruhu 2

PŘÍČNÝ ŘEZ



PODÉLNÝ ŘEZ



LM1 (TS₂) - PRUH Č.2

• PŘÍČNÝ ROZNOS

$$k_{1,2} = \frac{L}{12} = \frac{7 \text{ m}}{12} = 0,583 \text{ m}$$

$$br_2 = 0,625 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 2,0 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,625 \text{ m}$$

$$br_2 = 3,65 \text{ m}$$

$$bs_2 = k_1 + br_2 + k_2$$

$$bs_2 = 0,583 \text{ m} + 3,65 \text{ m} + 0,583 \text{ m}$$

$$bs_2 = 4,816 \text{ m}$$

• PODÉLNÝ ROZNOS

$$dr_2 = 0,625 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 1,2 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,625 \text{ m}$$

$$dr_2 = 2,85 \text{ m}$$

• VÝPOČET M_{MAX} (OD TS)

$$A_2 = bs_2 \cdot dr_2 = 4,816 \text{ m} \cdot 2,85 \text{ m}$$

$$A_2 = 13,726 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{TS}_2} = \frac{\text{TS}_2}{A_2} \cdot b = \frac{2 \cdot 200 \text{ kN}}{13,726 \text{ m}^2} \cdot 0,505 \text{ m}$$

$$q_{\text{TS}_2} = 14,717 \text{ kNm}^{-1}$$

$$Q_{\text{TS}_2} = q_{\text{TS}_2} \cdot ds = 14,717 \text{ kNm}^{-1} \cdot 2,85 \text{ m} = 41,942 \text{ kN}$$

$$R_{Q, \text{TS}_2} = q_{\text{TS}_2} \cdot \frac{dr_2}{2} = 14,717 \text{ kNm}^{-1} \cdot \frac{2,85 \text{ m}}{2}$$

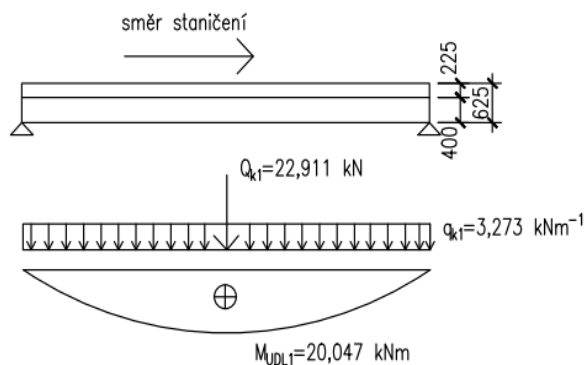
$$R_{Q, \text{TS}_2} = 20,971 \text{ kN}$$

$$M_{\text{TS}_2} = R_{Q, \text{TS}_2} \cdot \frac{L}{2} - Q_{\text{TS}_2} \cdot 0,6 \text{ m}$$

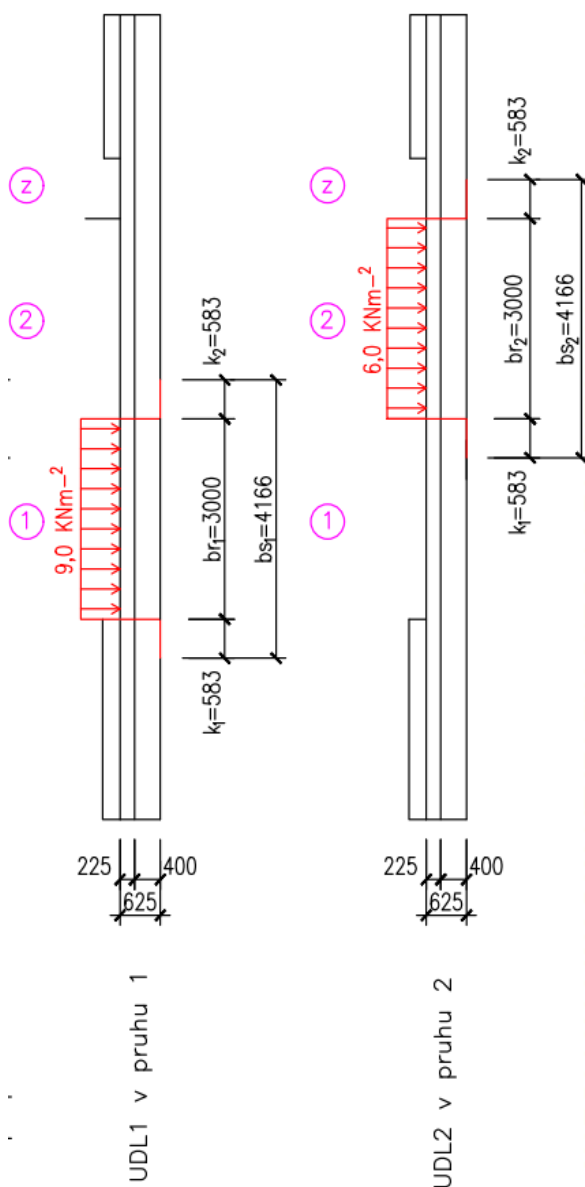
$$M_{\text{TS}_2} = 20,971 \text{ kN} \cdot \frac{7 \text{ m}}{2} - 20,971 \text{ kN} \cdot 0,6 \text{ m}$$

$$M_{\text{TS}_2} = 60,816 \text{ kNm}$$

PODÉLNÝ ŘEZ



PŘÍČNÝ ŘEZ



• VÝPOČET M_{MAX} (OD UDL)

$$q_{UDL1} = \frac{q_{1k} \cdot 3,0 \text{ m}}{bs_1} \cdot b = \frac{9,0 \text{ kNm}^{-2} \cdot 3,0 \text{ m}}{4,166 \text{ m}} \cdot 0,505 \text{ m}$$

$$q_{UDL1} = 3,273 \text{ kNm}^{-1}$$

$$Q_{k1} = q_{UDL1} \cdot ds = 3,273 \text{ kNm}^{-1} \cdot 7,0 \text{ m}$$

$$Q_{k1} = 22,911 \text{ kN}$$

$$M_{UDL1} = \frac{1}{8} \cdot q_{UDL1} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 3,273 \text{ kNm}^{-1} \cdot 7\text{m}^2$$

$$M_{UDL1} = 20,047 \text{ kNm}$$

LM1 (UDL₂) - PRUH Č.2

• PŘÍČNÝ ROZNOS

$$k_{1,2} = \frac{L}{12} = \frac{7 \text{ m}}{12} = 0,583 \text{ m}$$

$$br_2 = 3,0 \text{ m}$$

$$bs_2 = k_1 + br_2 + k_2$$

$$bs_2 = 0,583 \text{ m} + 3,0 \text{ m} + 0,583 \text{ m}$$

$$bs_2 = 4,166 \text{ m}$$

• PODÉLNÝ ROZNOS

$$ds = L = 7,0 \text{ m}$$

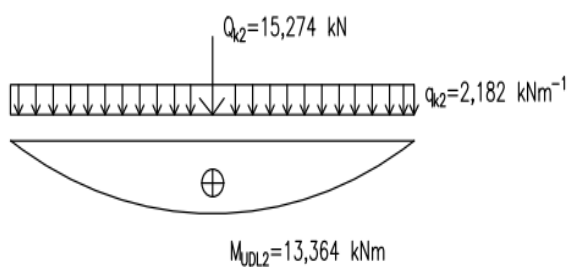
• VÝPOČET M_{MAX} (OD UDL)

$$q_{UDL2} = \frac{q_{2k} \cdot 3,0 \text{ m}}{bs_2} \cdot b = \frac{6,0 \text{ kNm}^{-2} \cdot 3,0 \text{ m}}{4,166 \text{ m}} \cdot 0,505 \text{ m}$$

$$q_{UDL2} = 2,182 \text{ kNm}^{-1}$$

$$Q_{k2} = q_{UDL2} \cdot ds = 2,182 \text{ kNm}^{-1} \cdot 7,0 \text{ m}$$

$$Q_{k2} = 15,274 \text{ kN}$$



$$M_{UDL2} = \frac{1}{8} \cdot q_{UDL2} \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,182 \text{ kNm}^{-1} \cdot 7\text{m}^2$$

$$M_{UDL2} = 13,364 \text{ kNm}$$

• KOMBINACE MOMENTŮ (UDL)

$$M_{UDL1,2} = M_{UDL1} + M_{UDL2} \cdot \frac{c}{2 \cdot bs - c}$$

$$M_{UDL1,2} = 20,047 \text{ kNm} + 13,364 \text{ kNm} \cdot \frac{1,166 \text{ m}}{2 \cdot 4,166 \text{ m} - 1,166 \text{ m}}$$

$$M_{UDL1,2} = 22,221 \text{ kNm}$$

$$M_{UDL2,1} = M_{UDL2} + M_{UDL1} \cdot \frac{c}{2 \cdot ba - c}$$

$$M_{UDL2,1} = 13,364 \text{ kNm} + 20,047 \text{ kNm} \cdot \frac{1,166 \text{ m}}{2 \cdot 4,166 \text{ m} - 1,166 \text{ m}}$$

$$M_{UDL2,1} = 16,626 \text{ kNm}$$

$$M_{UDL,K} = \max \{M_{UDL1,2}; M_{UDL2,1}\}$$

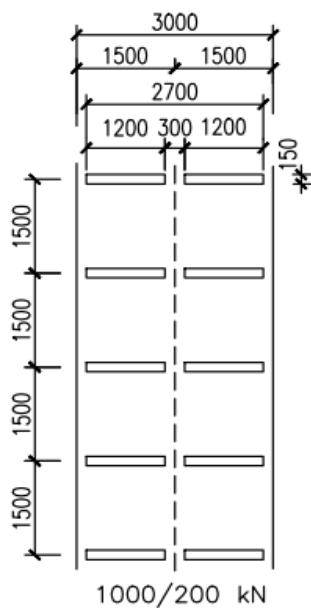
$$M_{UDL,K} = \max \{22,221 \text{ kNm}; 16,626 \text{ kNm}\}$$

$$M_{UDL,K} = \max 22,221 \text{ kNm}$$

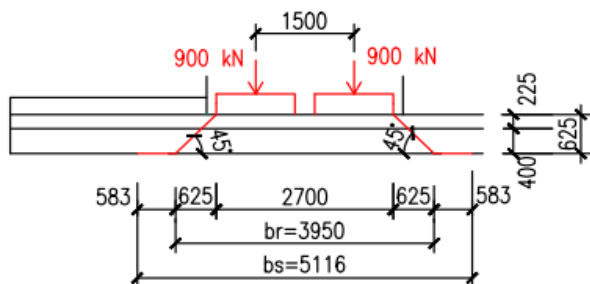
$$M_{ST} = M_{TS,K} + M_{UDL,K} = 105,329 \text{ kNm} + 22,221 \text{ kNm}$$

$$M_{ST} = 127,550 \text{ kNm}$$

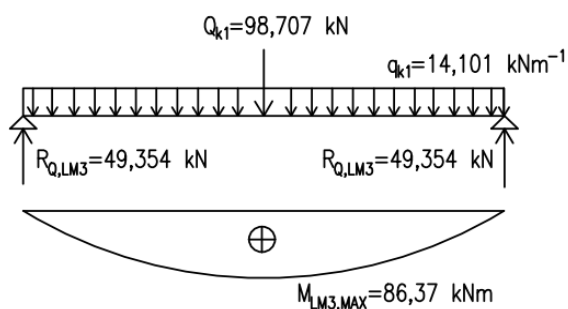
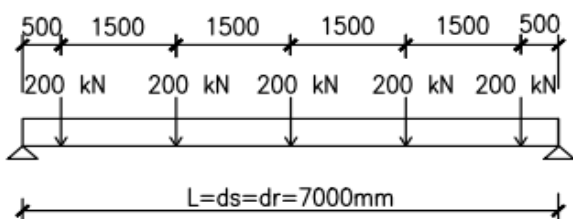
PŮDORYS



PŘÍČNÝ ŘEZ



PODÉLNÝ ŘEZ



LM3 – MODEL ZATÍŽENÍ (zvláštní vozidlo 1800/200)

• PŘÍČNÝ ROZNOS

$$k_{1,2} = \frac{L}{12} = \frac{7 \text{ m}}{12} = 0,583 \text{ m}$$

$$br = 0,625 \text{ m} + 1,2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 1,2 \text{ m} + 0,625 \text{ m}$$

$$br = 3,95 \text{ m}$$

$$bs = k_1 + br + k_2$$

$$bs = 0,583 \text{ m} + 3,95 \text{ m} + 0,583 \text{ m}$$

$$bs = 5,116 \text{ m}$$

• PODÉLNÝ ROZNOS

$$ds = L = 7,0 \text{ m}$$

• VÝPOČET M_{MAX} (OD TS)

$$A = bs \cdot ds = 5,116 \text{ m} \cdot 7,0 \text{ m}$$

$$A = 35,812 \text{ m}^2$$

$$F = 5 \cdot 200 \text{ kN} = 1000 \text{ kN}$$

$$q_{LM3} = \frac{F}{A} \cdot b = \frac{5 \cdot 200 \text{ kN}}{35,812 \text{ m}^2} \cdot 0,505 \text{ m}$$

$$q_{LM3} = 14,101 \text{ kNm}^{-1}$$

$$Q_{LM3} = q_{LM3} \cdot ds = 14,101 \text{ kNm}^{-1} \cdot 7,0 \text{ m}$$

$$Q_{LM3} = 98,707 \text{ kN}$$

$$R_{Q,LM3} = q_{LM3} \cdot \frac{ds}{2} = 14,101 \text{ kNm}^{-1} \cdot \frac{7,0 \text{ m}}{2}$$

$$R_{Q,LM3} = 49,354 \text{ kN}$$

$$M_{LM3,max} = R_{Q,LM3} \cdot \frac{L}{2} - q_{LM3} \cdot \frac{ds}{2} \cdot \frac{ds}{4}$$

$$M_{LM3,max} = 49,354 \text{ kN} \cdot \frac{7,0 \text{ m}}{2} - 14,101 \text{ kNm}^{-1} \cdot \frac{7,0 \text{ m}}{2} \cdot \frac{7,0 \text{ m}}{4}$$

$$M_{LM3,max} = 86,37 \text{ kNm}$$

MSÚ – SESTAVY ZATÍŽENÍ – OHYB [14]

gr_{1a} – stálé – charakteristické

– LM1 – charakteristické

6.10 a)

$$\sum \gamma_{Gi} \cdot G_{ki} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$\gamma_{Gi} \cdot M_{gk} + \gamma_{Qi} (\psi_{0,1} \cdot M_{TS,K} + \psi_{0,2} \cdot M_{UDL,K})$$

$$1,35 \cdot 44,355 + 1,35 \cdot (0,75 \cdot 105,329 + 0,4 \cdot 22,221)$$

$$= 178,524 \text{ kNm}$$

6.10 b)

$$\sum \zeta_i \cdot \gamma_{Gi} \cdot G_{ki} + \sum \gamma_{Qi} \cdot Q_{ki}$$

$$\zeta_i \cdot \gamma_{Gi} \cdot M_{gk} + \gamma_{Qi} (M_{TS,K} + M_{UDL,K})$$

$$0,85 \cdot 1,35 \cdot 44,355 + 1,35 \cdot (105,329 + 22,221)$$

$$= 223,090 \text{ kNm} - \text{rozhodne tato kombinace}$$

gr_{5a} – stálé – charakteristické

– LM3 – charakteristické

6.10 a)

$$\sum \gamma_{Gi} \cdot G_{ki} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \varphi \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$\gamma_{Gi} \cdot M_{gk} + \gamma_{Qi} \cdot \varphi \cdot \psi_0 \cdot M_{LM3}$$

$$1,35 \cdot 44,355 + 1,35 \cdot 1,25 \cdot 0,86,363 = 59,879 \text{ kNm}$$

6.10 b)

$$\sum \zeta_i \cdot \gamma_{Gi} \cdot G_{ki} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \varphi \cdot Q_{ki}$$

$$\zeta_i \cdot \gamma_{Gi} \cdot M_{gk} + \gamma_{Qi} \cdot \varphi \cdot M_{LM3}$$

$$0,85 \cdot 1,35 \cdot 44,355 + 1,35 \cdot 1,25 \cdot 86,363 = 196,635 \text{ kNm}$$



Obr. 50 – Pohled na vnitřní 12. vyztužený nosník od vtoku pomocí metod profometrické a sekané sondy SVN1 za účelem ověření stavu, množství, druhu a průměru betonářské výztuže [4]



Obr. 51 – Měření osových vzdáleností jednotlivých prutů betonářské výztuže v rámci sondy SVN1 [4]

Určení hodnoty meze kluzu – f_{yk} betonářské výztuže pomocí současně platné normy ČSN 73 0038 (2015) pro navrhování betonářské výztuže.

Obr. 49 – Vlastnosti výztužných ocelí v konstrukcích navržených v období po roce 1970

Druh výztuže	Vlastnosti výztužných ocelí (MPa)					
	Ozn.	Návrhová hodnota pevnosti oceli				Charakteristická hodnota oceli
		tah		tlak		mez kluzu, mez 0,2
		C12,5/15	C16/20 a vyšší	C12,5/15	C16/20 a vyšší	
10 216	E	190				206
11 373	EZ	215 pro $d_s < 16$ mm				235
		205 pro $d_s > 16$ mm				226
10 245	K	220				245
10 335	J	300		300		325
10 338	T	300		270		325
10 425	V	340	375	340	375	410

DIMENZOVÁNÍ – OHYB [14]

beton C 25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \alpha_{cc} = \frac{25 \text{ MPa}}{1,5} \cdot 0,9$$

$$f_{cd} = 15 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 30,5 \text{ MPa}$$

výztuž 10 425 V

$$f_{yk} = 410 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{410 \text{ MPa}}{1,15}$$

$$f_{yd} = 356,52 \text{ MPa}$$

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

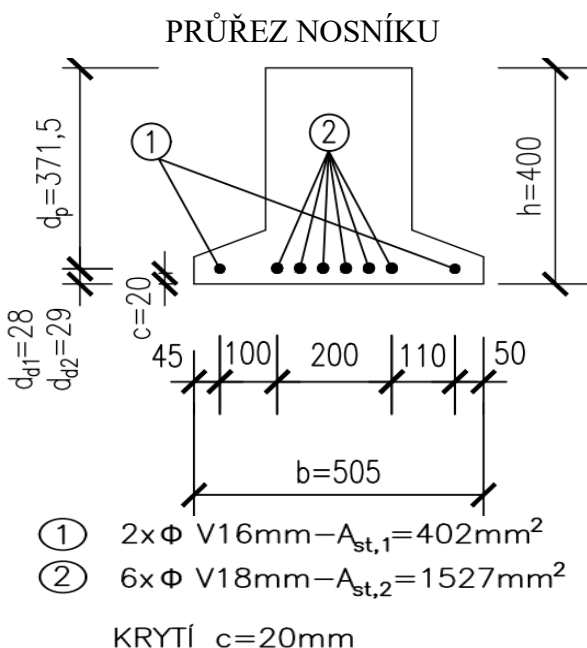
$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{356,52 \text{ MPa}}{200 \cdot 10^3 \text{ MPa}}$$



Obr. 52 – Měření hloubky c – krycí vrstvy betonu od spodního líce hl. nosné konstrukce v rámci sondy SVN1 [4]



Obr. 53 – Měření profilů jednotlivých prutů podélné betonářské výztuže pomocí posuvného měřítka – sonda SVN1 [4]



Posudek:

- Plocha výztuže:

$$A_{st,1} = \frac{\pi \cdot d^2(\phi_{st,1})}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2 \text{ mm}^2}{4} \cdot 2 \text{ ks} = 402 \text{ mm}^2$$

$$A_{st,2} = \frac{\pi \cdot d^2(\phi_{st,2})}{4} = \frac{\pi \cdot 18^2 \text{ mm}^2}{4} \cdot 6 \text{ ks} = 1527 \text{ mm}^2$$

$$\sum A_{st} = A_{st,1} + A_{st,2} = 402 \text{ mm}^2 + 1527 \text{ mm}^2$$

$$\sum A_{st} = 1929 \text{ mm}^2 = 19,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Výpočet průměrné účinné výšky d_p :

$$d_{d1} = c + \frac{\phi_{st,1}}{2} = 20 \text{ mm} + \frac{16 \text{ mm}}{2}$$

$$d_{d1} = 28 \text{ mm} = 0,028 \text{ m}$$

$$d_{d2} = c + \frac{\phi_{st,2}}{2} = 20 \text{ mm} + \frac{18 \text{ mm}}{2}$$

$$d_{d2} = 29 \text{ mm} = 0,029 \text{ m}$$

$$d_1 = h - d_{d1} = 400 \text{ mm} - 28 \text{ mm}$$

$$d_1 = 372 \text{ mm} = 0,372 \text{ m}$$

$$d_2 = h - d_{d2} = 400 \text{ mm} - 29 \text{ mm}$$

$$d_1 = 371 \text{ mm} = 0,371 \text{ m}$$

$$d_p = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{372 \text{ mm} + 371 \text{ mm}}{2}$$

$$d_p = 371,5 \text{ mm} = 0,3715 \text{ m}$$

Posouzení výztuže:

- Ověření míry vyztužení:

$$1) A_{st,min} < A_{st}$$

$$A_{st,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_p > 0,0013 \cdot b \cdot d_p$$

$$A_{st,min} = 0,26 \cdot \frac{2,6 \text{ MPa}}{410 \text{ MPa}} \cdot 0,505 \text{ m} \cdot 0,3715 \text{ m}$$

$$A_{st,min} = 3,093 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > 0,0013 \cdot 0,505 \text{ m} \cdot 0,3715 \text{ m}$$

$$A_{st,min} = 3,093 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > 2,438 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{st,min} = 3,093 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{st} = 19,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 - \text{vyhoví}$$

$$2) A_{st} < A_{st,max}$$

$$A_{st,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,202 \text{ m}^2$$

$$A_{st,max} = 80,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 0,505 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m}$$

$$A_c = 0,202 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = 19,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{st,max} = 80,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 - \text{vyhoví}$$

- Stupeň vyztužení:

$$\rho_{st} < \rho_{st,min}$$

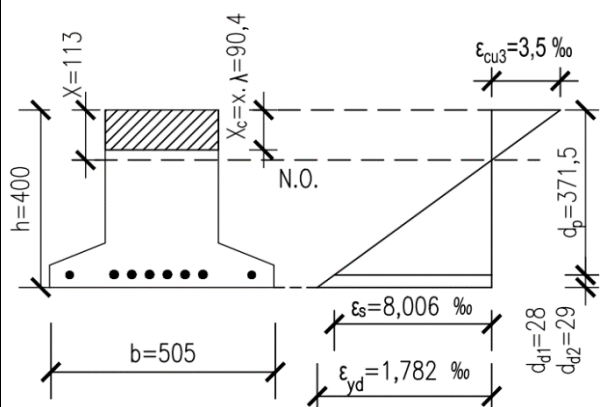
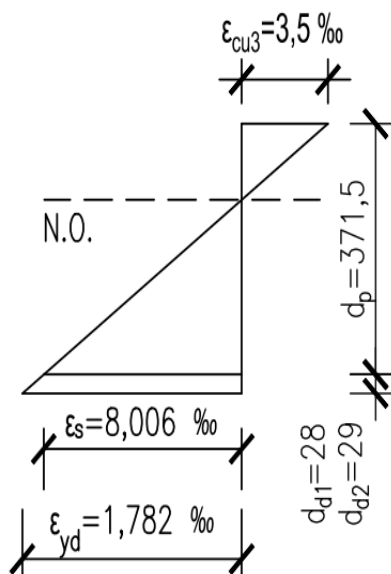
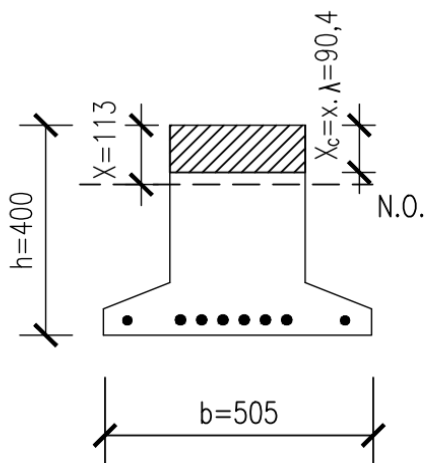
$$\rho_{st} = \frac{A_{st}}{b \cdot d_p} = \frac{19,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{0,505 \text{ m} \cdot 0,3715 \text{ m}}$$

$$\rho_{st} = 0,0103 = 10,3 \text{ ‰}$$

$$\rho_{st,min} = 0,0018 \cdot \frac{420}{520}$$

$$\rho_{st,min} = 0,001512 = 1,512 \text{ ‰}$$

$$\rho_{st} = 10,3 \text{ ‰} \geq \rho_{st,min} = 1,512 \text{ ‰} - \text{vyhoví}$$



$$\lambda = 0,8$$

$$x = 113 \text{ mm}$$

$$A_{cc} = b \cdot \lambda \cdot x = 0,505 \times 0,8 \times 0,113 = 0,045652 \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = b \cdot x_c$$

- Poloha neutrální osy:

$$F_s = F_c$$

$$A_{st} \cdot f_{yd} = f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x$$

$$x = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{f_{cd} \cdot b \cdot \lambda} = \frac{19,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 356,52 \text{ MPa}}{15 \text{ MPa} \cdot 0,505 \text{ m} \cdot 0,8}$$

$$x = 0,113 \text{ m} = 113 \text{ mm}$$

- Ověření využití výztuže na mezi kluzu:

a) přes přetvoření výztuže:

$$\frac{\varepsilon_{cu3}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d_p - x}$$

$$\varepsilon_s = \frac{|\varepsilon_{cu3}| \cdot (d_p - x)}{x} = \frac{3,5 \cdot 10^{-3} \cdot (0,3715 \text{ m} - 0,113 \text{ m})}{0,113 \text{ m}}$$

$$\varepsilon_s = 8,006 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = 1,782 \text{ ‰} - \text{vyhoví}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd}$$

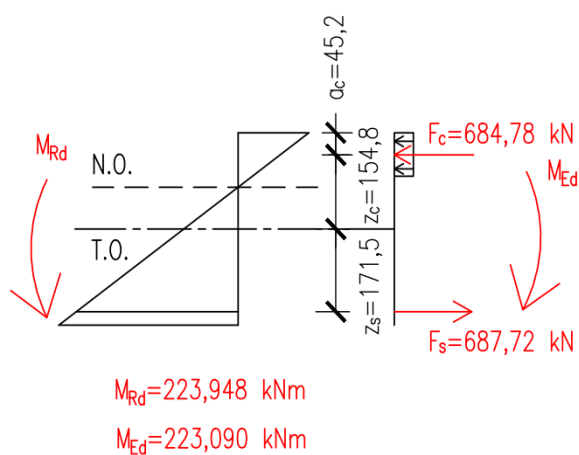
b) pomocí $x_{bal,1}$:

$$x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d_p = \frac{|\varepsilon_{cu3}|}{|\varepsilon_{cu3}| + \varepsilon_{yd}} \cdot d_p$$

$$x_{bal,1} = \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{3,5 \cdot 10^{-3} + 1,782 \text{ ‰}} \cdot 0,3715 \text{ m}$$

$$x_{bal,1} = 0,246 \text{ m} = 246 \text{ mm}$$

$$x = 113 \text{ mm} < x_{bal,1} = 246 \text{ mm} - \text{vyhoví}$$



Stanovení a posouzení M_{Rd}

a) k těžišti betonového průřezu

$$a_c = \frac{\lambda \cdot x}{2} = \frac{0,8 \cdot 0,113 \text{ m}}{2}$$

$$a_c = 0,0452 \text{ m} = 45,2 \text{ mm}$$

$$z_c = \frac{h}{2} - a_c = \frac{0,4 \text{ m}}{2} - 0,0452 \text{ m}$$

$$z_c = 0,1548 \text{ m} = 154,8 \text{ mm}$$

$$z_s = d_p - \frac{h}{2} = 0,3715 \text{ m} - \frac{0,4 \text{ m}}{2}$$

$$z_s = 0,1715 \text{ m} = 171,5 \text{ mm}$$

$$F_s = f_{yd} \cdot A_{st} = 356,52 \text{ MPa} \cdot 19,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F_s = 0,68772 \text{ MN} = 687,72 \text{ kN}$$

$$F_c = f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x = 15 \text{ MPa} \cdot 0,505 \text{ m} \cdot 0,8 \cdot 0,113 \text{ m}$$

$$F_c = 0,68478 \text{ MN} = 684,78 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = F_c \cdot z_c + F_s \cdot z_s$$

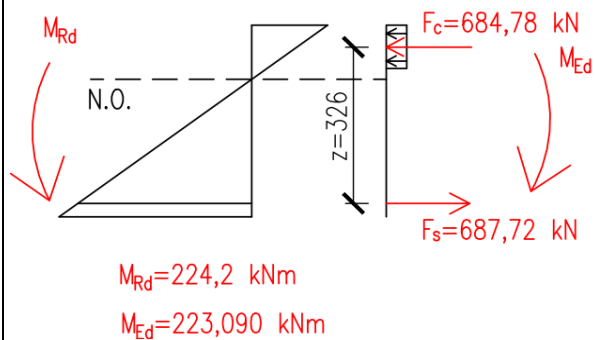
$$M_{Rd} = 684,78 \text{ kN} \cdot 0,1548 \text{ m} + 687,72 \text{ kN} \cdot 0,1715 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 223,948 \text{ kNm}$$

Posudek:

$$M_{Rd} = 223,948 \text{ kNm} > M_{Ed} = 223,090 \text{ kNm} - \text{vyhoví}$$

Hlavní nosná konstrukce s momentem na mezi únosnosti $M_{Rd} = 223,948 \text{ kNm}$ přenesla daný moment od vnějšího zatížení $M_{Ed} = 223,090 \text{ kNm}$.



b) k těžišti výztuže

$$z = d_p - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 0,3715 \text{ m} - \frac{0,8 \cdot 0,113 \text{ m}}{2}$$

$$z = 0,326 \text{ m} = 326 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot A_{st} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 356,52 \text{ MPa} \cdot 19,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,326 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 224,2 \text{ kNm}$$

Posudek:

$$M_{Rd} = 224,2 \text{ kNm} > M_{Ed} = 223,090 \text{ kNm} - \text{vyhoví}$$

Hlavní nosná konstrukce s momentem na mezi únosnosti $M_{Rd} = 224,2 \text{ kNm}$ přenesla daný moment od vnějšího zatížení $M_{Ed} = 223,090 \text{ kNm}$.

4.4 Závěry po provedení stavebně technického a statického průzkumu

Po provedení stavebně technického a statického průzkumu byly získány závěry, z kterých lze konstatovat, že řešený mostní objekt, respektive jeho konstrukční části jsou z hlediska stavebně technické a statické stránky v nepříliš uspokojivém stavu. Jedná se především o hlavní nosnou konstrukci mostu, která sice z hlediska mezního stavu únosnosti vyhoví a přenesení daný účinek momentu od zatížení, ale pouze s rezervou necelého 1 kN, což je na takovou konstrukci velmi málo.

4.5 Návrh předběžných opatření

Pro hodnocený mostní objekt je doporučeno následující konkrétní opatření:

- zcela jistě zvážit potřebu použití konkrétních sanačních opatření, tak aby dílčí konstrukční části mostu mohli ještě nadále několik let působit.
- V horším případě bude třeba časem nutné s ohledem na stav hl. nosné konstrukce z hlediska MSÚ most podrobit demolici.

5 ZÁVĚR

V praktické části byla diplomová práce zaměřena z hlediska diagnostiky na provedení stavebně technického a statického průzkumu a následného vyhodnocení aktuálního stavebně technického, statického a materiálového stavu na vybraných konstrukčních celcích existující železobetonové mostní konstrukce a provedení návrhu předběžných opatření pro zajištění spolehlivosti, bezpečnosti a únosnosti. V rámci hlavní nosné konstrukce mostního objektu byl vypracován i statický posudek, který byl hlavním předmětem praktické části.

V teoretické části se práce zabývala shrnutím a podrobným popisem vybraných diagnostických metod, které byly aplikovány na vybraných konstrukčních částech existujícího mostního objektu v rámci praktické části. Dále se práce zabývala v teoretické rovině i základní terminologií a názvoslovím v oblasti mostního stavitelství.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

6.1 SEZNAM LITERATURY, NOREM, WEBOVÝCH STRÁNEK

- [1] HOBST, CSc., CSc., ADÁMEK, Ph.D., CIKRLE a Ph.D., SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí: přednášky* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST, 2005 [cit. 2020-01-10].
- [2] ŽÍDEK, Libor. *Technická měření a diagnostika staveb: 6. Diagnostika betonových a železobetonových konstrukcí* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, 2009 [cit. 2020-01-10]. ISBN Diagnostika betonových a železobetonových.
- [3] CIKRLE, Ph.D.,. *BI52 - Diagnostika stavebních konstrukcí: Přednáška č.3: Destruktivní zkoušení betonu v konstrukcích - jádrové vývrty* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST, 2008 [cit. 2020-01-10].
- [4] ŽÍTT, Ing. *Závěrečná zpráva: Diagnostika mostního objektu ev. č. 489 - 003, most přes Lukovský potok v obci Lukov* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST, 2018 [cit. 2020-01-10].
- [5] CIKRLE, Ph.D., Ph.D., ANTON, Ph.D., DANĚK, Ph.D., KUCHARCZYKOVÁ, Ph.D., MISÁK a Ing. KOMÁRKOVÁ. *NDT zkoušení ve stavebnictví: Příručka kurzu* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST, 2018 [cit. 2020-01-10].
- [6] KARMAZÍNOVÁ, CSc., Ing. SÝKORA a Ph.D., ŠMAK. *Konstrukce a dopravní stavby: Modul BO01-MO2, Konstrukce - základní typy konstrukcí, konstrukční řešení staveb, mosty* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST, b.r. [cit. 2020-01-10].
- [7] NEČAS, Ph.D.,. *Betonové mosty I - Přednášky: Mosty - základní pojmy* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST, b.r. [cit. 2020-01-10].
- [8] KUREČKOVÁ, Ing. *Most 489 - 003, Most přes Lukovský potok v obci Lukov: Hlavní prohlídka* [online]. 2017 [cit. 2020-01-10].

- [9] *Mostní list* [1:500]. 1973.
- [10] *Lukov - Mapy Google* [online]. 2019 [cit. 2020-01-10].
- [11] *Lukov - Mapy Google* [online]. 2019 [cit. 2020-01-10].
- [12] KUREČKA, Ing. *Stávající stav - řezy mostem* [1:70]. Ostrava: Ing. Pavel Kurečka MOSTY s.r.o., 2017.
- [13] KUREČKA, ing. *Stávající stav - půdorys* [1:85]. Ostrava: ing. Pavel Kurečka MOSTY s.r.o., 2017.
- [14] ŠTĚPÁNEK, CSc., CSc., TERZIJSKI, PhD., LANÍKOVÁ, Ing. PANÁČEK a PhD., ŠIMŮNEK. *BL01 - Prvky betonových konstrukcí: Výukové texty, příklady a pomůcky* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST, 2013 [cit. 2020-01-10].
- [15] NEČAS, Ph.D.,. *Zatížení dopravou* [online]. Brno: VUT v Brně, FAST [cit. 2020-01-10].

6.2 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Popis vývrtu s označením vzorku [3]	14
Obr. 2 – Příklad popisu vzorku jádrového vývrtu [2].....	15
Obr. 2 – Odběr jádrového vývrtu z trámu ϕ 50 mm [3]	16
Obr. 4 – Jádrový vývrt z mostní opěry se zaznačením zkušebních těles [4]	17
Obr. 5 – Detailní pohled na odtrhovou zkoušku betonu přístrojem Proseq DynaZ-216 [4]	18
Obr. 6 – Detailní pohled na odzk. zkušební místo po provedení odtrh. zkoušky betonu [4]...	19
Obr. 7 – Ultrazvuková impulzivní metoda – vybavení [3]	20
Obr. 8 – Ultrazvuková impulzivní metoda – způsoby prozvučnění [3]	20
Obr. 9 – Kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku f_{be} , Schmidt N [5]	22
Obr. 10 – Tvrdoměr Schmidt N [3].....	22
Obr. 11 – Tvrdoměr Silver Schmidt [3].....	23
Obr. 12 – Schéma tvrdoměru Schmidt N [3]	23
Obr. 13 – Schéma konstrukčních částí mostu [6].....	24
Obr. 14 – Schéma konstrukčních částí mostu [7].....	24
Obr. 15 – Čelní pohled na mostní objekt ve směru Fryšták [8].....	25
Obr. 16 – Boční pohled na mostní objekt ve směru Fryšták [8]	26
Obr. 17 – Situační pohled na mostní objekt v obci Lukov [10].....	26
Obr. 18 – Celkový situační pohled na obec Lukov [11]	27
Obr. 19 – Mostní list z roku 1973 [9].....	29
Obr. 20 – Schématický náčrt z mostního listu [9].....	20
Obr. 21 – Půdorys stávající mostní konstrukce [13].....	36
Obr. 22 – Příčný řez stávající mostní konstrukce [12].....	37
Obr. 23 – Podélný řez stávající mostní konstrukce [12].....	37
Obr. 24 – Pohled na levé křídlo 2 – K2L [8].....	38
Obr. 25 – Pohled na opěru 1 – OP1 [8].....	38
Obr. 26 – Pohled na pravý bok nosné konstrukce a římsy [8].....	38

Obr. 27 – Pohled na levou římsu se zábradlím [8].....	39
Obr. 28 – Pohled na levý chodník se zábradlím [8].....	39
Obr. 29 – Pohled na pravý chodník se zábradlím [8].....	39
Obr. 30 – Půdorys stávající mostní konstrukce se zaznačením sondy VN2 [4] [13].....	40
Obr. 31 – Pohled na spodní líc hlavní nosné konstrukce při jádrovém vrtání [4].....	42
Obr. 32 – Laboratorní fotka odebraného vzorku betonu z jádrového vývrtu VN2 [4].....	43
Obr. 33 – Podrobný pohled na měření celkové hloubky jádrového vývrtu sondy VN2 [4].....	43
Obr. 34 – Půdorys stávající mostní konst. se zaznačením sond PN1, PN2, PN3 [4] [13].....	44
Obr. 35 – Pohled na zkušební sondu PN1 v rámci odtrhových zkoušek [4].....	45
Obr. 36 – Detailní pohled z jiného úhlu na zkušební sondu PN1 [4].....	46
Obr. 37 – Detailní pohled v rámci zkušební sondy PN1 [4]	46
Obr. 38 – Detailní pohled na zkušební sondu PN2 [4].....	47
Obr. 39 – Detailní pohled v rámci zkušební sondy PN2 [4].....	47
Obr. 40 – Detailní pohled na zkušební sondu PN3 [4]	48
Obr. 41 – Detailní pohled v rámci zkušební sondy PN3 [4]	48
Obr. 42 – Půdorys stávající mostní konst. se zaznačením sond [4] [13].....	49
Obr. 43 – Pohled na místo sondy SV1 po provedení jádrového vývrtu [4].....	51
Obr. 44 – Měření celkové hloubky jádrového vývrtu $\phi = 100$ mm sondy SV1 [4].....	51
Obr. 45 – Podrobné zobrazení ostění skladby mostního svršku sondy SV1 [4]	52
Obr. 46 – Podrobné zobrazení ostění skladby mostního svršku sondy SV1 [4].....	52
Obr. 47 – Pohled na složení vzorku z jádrového vývrtu $\phi = 100$ mm sondy SV1 [4]	53
Obr. 48 – Laboratorní fotka odebraného vzorku betonu dobetonávky sondy SV1 [4].....	56
Obr. 49 – Vlastnosti výztužných ocelí v konstrukcích navržených v období po roce 1970.....	65
Obr. 50 – Pohled na vnitřní 12. vyztužený nosník od vtoku [4]	65
Obr. 51 – Měření osových vzdáleností jednotlivých prutů betonářské výztuže [4].....	65
Obr. 52 – Měření hloubky c – krycí vrstvy betonu od spodního líce [4]	66
Obr. 53 – Měření profilů jednotlivých prutů podélné betonářské výztuže [4].....	66

6.3 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – srovnání pevnostních tříd na vybraných konstrukčních částech mostního objektu [4] [9].....	35
Tabulka 2 – Souhrn pevnostních parametrů betonu stanoveném na zkušebním vzorku s označením N2.1 [4].....	42
Tabulka 3 – Výsledky odtrhových zkoušek (zkoušek povrchové přídržnosti) provedených na spodním líci vybraných prefabrikovaných mostních nosníků [4].....	45
Tabulka 4 – Skladba vozovky a výpočet stálého zatížení v místě sondy SV1 [4] [14].....	50
Tabulka 5 – Souhrn pevnostních parametrů betonu stanoveném na zkušebních vzorcích s označením N1.1 a N1.2 [4].....	55

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČSN	[-]	česká technická norma
ČSN ISO	[-]	česká technická norma, která zavádí do soustavy českých norem mezinárodní normu ISO
ČSN EN	[-]	česká technická norma, která zavádí do soustavy českých norem evropskou normu
L_1	[m]	délka jádrového vývrtu
d_1	[m]	průměr jádrového vývrtu
f_{be}	[MPa]	pevnost v tlaku s nezaručenou přesností, stanovená nedestruktivně
α	[-]	hodnota odrazu na tvrdoměru
ϕ	[m]	vnitřní průměr
135	[MPa]	pevnostní třída betonu z dobového hlediska
C 8/10	[MPa]	současně platná pevnostní třída
ŽB	[-]	železobetonová
m	[kg]	hmotnost vzorku
F	[kN]	síla
A	[m ²]	plocha výztuže
V	[m ³]	objem vzorku
D	[kg.m ⁻³]	objemová hmotnost vzorku
Λ	[-]	štíhlost prvku, 0,8 – pro výpočet x_c
$k_{d,cyl}$	[-]	opravný součinitel pro průměr válce
$k_{c,cyl}$	[-]	opravný součinitel pro štíhlost válce
$k_{c,cube}$	[-]	převodní součinitel pro krychelnou pevnost
f_c	[MPa]	pevnost vzorku
$f_{c,cyl}$	[MPa]	válcová pevnost vzorku
$f_{c,cube}$	[MPa]	krychelná pevnost
π	[-]	Ludolfovo číslo
σ_{adh}	[MPa]	povrchová přídržnost betonu
ACO	[-]	asfaltobeton
G	[kN.m ⁻³]	objemová tíha vzorku

t	[m]	tloušťka
b	[m]	šířka průřezu nosníku
g_k	[kN.m ⁻¹]	charakteristické stálé zatížení
L	[m]	délka nosné konstrukce (rozpětí)
M_{gk}	[kN.m]	moment na mezi únosnosti
$LM1$	[-]	load model 1 (dopravní zatížení)
$LM3$	[-]	load model 3 (zvláštní vozidlo)
TS	[-]	tandem systém – dvojnáprava
UDL	[-]	rovnoměrné zatížení
w	[m]	šířka zatěžovacího pruhu
Q_k	[kN]	náhradní břemeno od TS (nápravová síla) a UDL
α_Q	[-]	regulační součinitel od TS
q_k	[kN.m ⁻²]	rovnoměrné spojité zatížení od UDL
α_q	[-]	regulační součinitel od UDL
dr	[m]	roznášecí šířka v podélném směru
bs	[m]	spolupůsobící šířka v příčném směru
br	[m]	roznášecí šířka v příčném směru
$k_{1,2}$	[m]	vzdálenost působícího zatížení v příčném směru
$A_{1,2}$	[m ²]	roznášecí zatěžovací plocha
q_{TS}	[kN.m ⁻¹]	rovnoměrné spojité zatížení od TS
Q_{TS}	[kN]	náhradní břemeno od TS
$R_{Q,TS}$	[kN]	vyvozená podporová reakce od TS
M_{TS}	[kN.m]	moment od zatížení dopravou od TS
$M_{TS,K}$	[kN.m]	výsledný kombinační moment od TS
q_{UDL}	[kN.m ⁻¹]	rovnoměrné spojité zatížení od UDL
M_{UDL}	[kN.m]	moment od zatížení dopravou od UDL
$M_{UDL,K}$	[kN.m]	výsledný kombinační moment od UDL
M_{ST}	[kN.m]	celkový kombinační moment od TS a UDL
q_{LM3}	[kN.m ⁻¹]	rovnoměrné spojité zatížení od LM3
Q_{LM3}	[kN]	náhradní břemeno od LM3
$R_{Q,LM3}$	[kN]	vyvozená podporová reakce od LM3
$M_{LM3,max}$	[kN.m]	moment od zatížení dopravou od LM3
gr_a	[-]	sestava zatížení

γ_{Gi}	[-]	součinitel pro stálé zatížení
γ_{Qi}	[-]	součinitel pro nahodilé zatížení
$\psi_{0,1}$	[-]	kombinační součinitelé
φ	[-]	dynamický součinitel
ζ_i	[-]	kombinační součinitelé
f_{yk}	[MPa]	charakteristická hodnota mez kluzu betonářské výtuže
V	[-]	označení druhu výtuže
f_{ck}	[MPa]	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	[MPa]	návrhová válcová pevnost betonu v tlaku
γ_c	[-]	součinitel spolehlivosti betonu
f_{yd}	[MPa]	návrhová hodnota meze kluzu betonářské výtuže
α_{cc}	[-]	součinitel uvažující dlouhodobé účinky na tlakovou pevnost betonu
ϵ_{c3}	[‰]	mezni přetvoření pro prostý tlak
ϵ_{cu3}	[‰]	mezni poměrné přetvoření betonu v tlaku
E_{cm}	[MPa]	střední sečnový modul pružnosti betonu
f_{ctm}	[MPa]	střední osová pevnost v tahu
γ_s	[-]	součinitel spolehlivosti výtuže
E_s	[MPa]	návrhová metoda modulu pružnosti betonářské oceli
ϵ_{yd}	[‰]	mezni poměrné přetvoření ve výtuži
c	[m]	krycí vrstva betonu
d_d	[m]	průměrná výška od dolního líce průřezu po osu betonářské výtuže
d	[m]	účinná výška průřezu
h	[m]	výška průřezu
d_p	[m]	průměrná účinná výška průřezu
$A_{st,min}$	[m ²]	minimální průřezová plocha betonářské výtuže
A_{st}	[m ²]	průřezová plocha stávající betonářské výtuže
$A_{st,max}$	[m ²]	maximální průřezová plocha betonářské výtuže
A_c	[m ²]	průřezová plocha betonu
ρ_{st}	[‰]	stupeň vyztužení
$\rho_{st,min}$	[‰]	minimální stupeň vyztužení

F_c	[kN]	síla v tlačené části betonu
F_s	[kN]	tahová síla ve výztuži
x	[m]	vzdálenost neutrální osy k nejvíce tlačnému průřezu
ε_s	[‰]	poměrné přetvoření ve výztuži
σ_{sd}	[MPa]	maximální napětí ve výztuži
x_{bal}	[m]	vzdálenost neutrální osy k nejvíce tlačnému průřezu
ξ_{bal}	[-]	součinitel k poloze neutrální osy
a_c	[m]	vzdálenost od horního okraje k těžišti tlačné části betonového průřezu
z_c	[m]	rameno vnitřních sil k tlačné oblasti betonu
z_s	[m]	rameno vnitřních sil k těžišti výztuže
N.O.	[-]	neutrální osa průřezu
T.O.	[-]	těžišťová osa průřezu
M_{Rd}	[kN.m]	návrhový moment na mezi únosnosti
M_{Ed}	[kN.m]	návrhový moment od účinku zatížení
z	[m]	rameno vnitřních sil