



národní
úložiště
šedé
literatury

Aplikace nových a progresivních diagnostických metod na objektech dopravní infrastruktury - postup při zavádění do praxe

Styk, Josef; Březina, Ilja; Matula, Radek; Janků, Michal; Grošek, Jiří
2018

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-432328>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

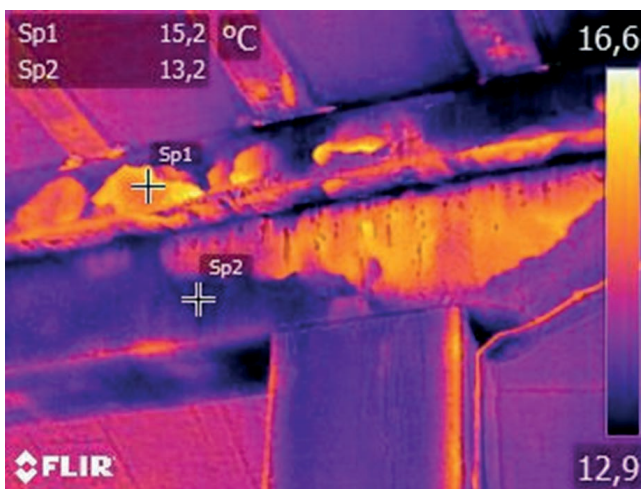
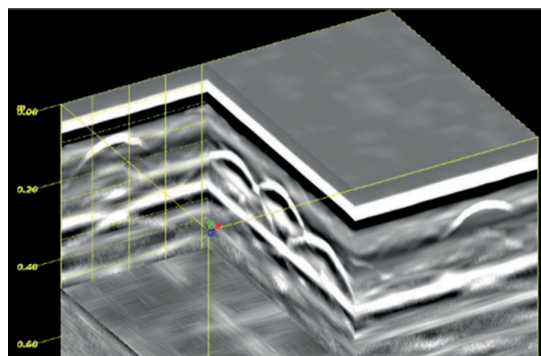
Datum stažení: 03.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

METODIKA

APLIKACE NOVÝCH A PROGRESIVNÍCH
DIAGNOSTICKÝCH METOD NA OBJEKTECH
DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY
- postup při zavádění do praxe



APLIKACE NOVÝCH A PROGRESIVNÍCH DIAGNOSTICKÝCH METOD NA OBJEKTECH DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY

- postup při zavádění do praxe

certifikovaná metodika

2018

s finanční podporou

**T A
Č R**

Program **Centra kompetence**

**Název: Aplikace nových a progresivních diagnostických metod na objektech
dopravní infrastruktury - postup při zavádění do praxe**

Zpracovatel: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Autoři: Ing. Josef Stryk, Ph.D.
Ing. Ilja Březina
Ing. Radek Matula, Ph.D.
Ing. Michal Janků
Ing. Jiří Grošek, Ph.D.

Oponenti: Ing. Jaroslav Vodička, ASPK, s.r.o., Středisko pro posuzování způsobilosti
laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací
Ing. Čestmír Kopřiva, Ředitelství silnic a dálnic ČR, Úsek kontroly kvality
staveb, vedoucí samostatného oddělení technického rozvoje

Výstup projektu: TE01020168 Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní
infrastrukturu (CESTI)

Certifikační orgán: Ministerstvo dopravy ČR, Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVal

Datum certifikace: 19. 12. 2018



Praha 19. 12. 2018
Č. j.: 119/2018-710-VV/1

v y d á v á

OSVĚDČENÍ

o uznání uplatněné certifikované metodiky
v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“

s názvem

„Aplikace nových a progresivních diagnostických metod na objektech dopravní infrastruktury - postup při zavádění do praxe“

ŘEŠITEL

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Autoři:

Ing. Josef Stryk, Ph.D.

Ing. Ilja Březina

Ing. Radek Matula, Ph.D.

Ing. Michal Janků

Ing. Jiří Grošek, Ph.D.

Metodika byla vytvořena za finanční podpory Technologické agentury ČR v rámci programu Centra kompetence, projektu TE01020168 - Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

Po dokončení procesu certifikace bude Metodika uveřejněná na webových stránkách Ministerstva dopravy v plném znění.

Zpracovatelé 2 nezávislých oponentních posudků:

Ing. Čestmír Kopřiva, Ředitelství silnic a dálnic ČR

Ing. Jaroslav Vodička, ASPK, s. r. o

JUDr. Václav Kobera

ředitel

Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVaI



Anotace

Název:

Aplikace nových a progresivních diagnostických metod na objektech dopravní infrastruktury - postup při zavádění do praxe

Autoři:

Ing. Josef Stryk, Ph.D., Ing. Ilja Březina, Ing. Radek Matula, Ph.D., Ing. Michal Janků, Ing. Jiří Grošek, Ph.D.

Abstrakt:

Za účelem zachování řádného stavu budov, mostů, silnic a dalších staveb je nezbytná jejich pravidelná údržba. Často platí, že pokud se podaří zachytit poruchu na počátku jejího vzniku, jsou náklady na její odstranění daleko nižší, než po měsících až letech nekontrolované degradace. Lokalizovat poruchu včas, často znamená, detekovat ji ještě dříve, než je viditelná pouhým okem. Klíčovým prostředkem ke zjištění skrytých poruch jsou nedestruktivní diagnostické metody (NDT).

Účelem předkládané metodiky je upřesnit postup pro zavádění nových nedestruktivních diagnostických metod do praxe, aby mohl být využit jejich potenciál a nahrazeny, či vhodným způsobem doplněny stávající používané metody. Jsou zde prezentovány vybrané NDT metody a možnosti jejich uplatnění na vybraných objektech dopravní infrastruktury, včetně přínosu provádění srovnávacích měření a tvorby vzorových příkladů uplatnění nových NDT metod.

Předkládaná metodika byla zpracována v rámci projektu TE01020168 – Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), za finanční podpory Technologické agentury ČR v rámci programu Centra kompetence. Tato metodika je určena především pro státní správu, správce dopravní infrastruktury a zpracovatele diagnostického průzkumu staveb.

Klíčová slova:

Nedestruktivní diagnostické metody, NDT, srovnávací měření, vzorové příklady uplatnění

Certifikační orgán:

Ministerstvo dopravy ČR, Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVal

Annotation

Title:

Application of new and progressive diagnostic methods on transport infrastructure objects - implementation process

Authors:

Josef Stryk, Ilja Březina, Radek Matula, Michal Janků, Jiří Grošek

Abstract:

In order to maintain the proper condition of buildings, bridges, roads and other structures, their regular maintenance is essential. Often, if the distress is detected at the beginning of the disorder, the cost of removing it is far lower than after months of uncontrolled degradation. Locating a distress in time, often means detecting it before it is visible to the naked eye. A key means of detecting hidden distresses is non-destructive diagnostic methods (NDT).

The purpose of the proposed methodology is to clarify the procedure for introducing new non-destructive diagnostic methods into practice in order to exploit their potential and to replace them or to suitably complement the existing methods. There are presented selected NDT methods and possibilities of their application on selected transport infrastructure objects, including the contribution of comparative measurements (round robin tests) and the creation of illustrative cases of the application of new NDT methods.

The presented methodology was prepared within project TE01020168 - Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (CESTI), with financial support of the Czech Technology Agency within the Centre of Competence Program. This methodology is intended primarily for the state authorities, the transport infrastructure administrators and companies dealing with diagnostic surveys.

Keywords:

Non-destructive diagnostic methods, NDT, comparative measurement, round robin test, illustrative cases

Certification Authority:

Ministry of Transport, ITS, space activities and research, development and innovations section

Obsah

1. ÚVOD.....	1
1.1 CÍL METODIKY	1
1.2 ŘEŠENÝ VÝZKUMNÝ PROJEKT	1
2. VLASTNÍ POPIS METODIKY	2
2.1 NEDESTRUKTIVNÍ DIAGNOSTICKÉ METODY.....	2
2.2 POSTUP PRO ZAVÁDĚNÍ NOVÝCH NDT METOD DO PRAXE	3
2.3 SROVNÁVACÍ MĚŘENÍ NDT METOD	5
2.4 VZOROVÉ PŘÍKLADY UPLATNĚNÍ	6
3. NOVOST POSTUPŮ, ZPŮSOB UPLATNĚNÍ A EKONOMICKÉ ASPEKTY.....	7
3.1 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	7
3.2 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	7
3.3 EKONOMICKÉ ASPEKTY.....	8
4. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY.....	8
5. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	9
PŘÍLOHA: VZOROVÝ PŘÍKLAD UPLATNĚNÍ NDT METODY	

1. Úvod

Tato metodika je zaměřena na novější nedestruktivní metody (NDT) používané při diagnostice stavu objektů dopravní infrastruktury, konkrétně na ty, které mají vysoký potenciál uplatnění, teprve se začínají používat nebo jsou složitější na provedení či vyhodnocení naměřených dat. U těchto metod není zpravidla v českých normách ani technických předpisech popsán způsob měření, způsob vyhodnocení, dosahované přesnosti ani pravidla pro provádění srovnávacích měření (experimentu přesnosti).

1.1 Cíl metodiky

Cílem metodiky je:

- upřesnit postup pro zavádění nových NDT metod do praxe,
- prezentovat vybrané NDT metody a možnosti jejich uplatnění na vybraných objektech dopravní infrastruktury,
- prezentovat přínos provádění srovnávacích měření nedestruktivních metod,
- zavést vzorové příklady uplatnění nových nedestruktivních metod.

Metodika platí pro:

- silnice a dálnice (v přiměřeném rozsahu i pro letištní plochy),
- mosty a tunely,
- další objekty dopravní infrastruktury, např. železnice.

Je určena především pro:

- státní správu (Ministerstvo dopravy),
- správce dopravní infrastruktury (využití nových NDT metod při plánování, výstavbě a následné správě objektů dopravní infrastruktury),
- zpracovatele diagnostického průzkumu staveb.

Metodika navazuje na technické předpisy a metodiky Ministerstva dopravy uvedené v kapitole 5 a vzorové příklady uplatnění NDT metod připravené v rámci řešení projektu CESTI.

1.2 Řešený výzkumný projekt

Tato metodika byla vypracována za finanční podpory Technologické agentury ČR v rámci programu Centra kompetence, projektu CESTI (TE01020168: Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu, pracovní skupiny WP6: Bezpečnost, spolehlivost a diagnostika konstrukcí) na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

2. Vlastní popis metodiky

2.1 Nedestruktivní diagnostické metody

Nedestruktivní diagnostické metody (dále jen NDT) dnes nabízejí nové možnosti:

- měření je možné provádět za vysokých rychlostí, kdy nedochází k omezení provozu na pozemní komunikaci, snižuje se nebezpečí úrazu oproti statickým metodám, zkracuje se čas měření apod.,
- měření se provádí souběžně ve více liniích, nebo přímo v režimu 3D,
- výsledky jsou automaticky nebo poloautomaticky zpracovávány.

V současné době se uplatňování NDT metod vyžaduje stále více, a to v různých fázích životního cyklu staveb. Výstupy diagnostiky se dají s výhodou využít v rámci systémů hospodaření (např. s vozovkami či mosty) a správy dat (např. BIM: Building Information Management).

Existuje celá řada NDT metod, které se používají a nejsou zmíněny v této metodice. Účelem této metodiky není uvádět přehled všech metod, ale především popsat systém pro zavádění nových NDT metod do praxe.

Níže je uveden přehled vybraných nedestruktivních diagnostických metod, které se sledují v rámci řešení projektu CESTI.

NDT metody s uvedením sledovaného parametru/měřené veličiny a technického předpisu/metodiky:

- Georadar – tloušťky vrstev, poloha výztuže, nehomogenity; TP 233, metodika M3 a M5 (viz kap. 5),
- Termografie – nehomogenity, vyhledávací měření; metodika M6.
- Laserové skenování – poloha, tvar a rozměry skenovaných objektů a ploch; metodika M2 a M3,
- Fotosken (korelační fotogrammetrická metoda) – poloha, tvar a rozměry focených objektů a ploch; metodika M3, kap. 6.2,
- Radarová interferometrie – měření svislých průhybů mostů, svahových pohybů apod.,
- Rázové zařízení FWD (Falling Weight Deflectometer) – únosnost vozovky hodnocená staticky ve vybraných bodech; TP 87, TP 92, TP 91, metodika M1 a M5,
- Vysokorychlostní deflektometr TSD (Traffic Speed Deflectometer) – únosnost vozovky hodnocená kontinuálně; viz příloha této metodiky, [6, 7],
- Metoda CPX (Close Proximity) – hlučnost povrchů vozovek hodnocená kontinuálně, ČSN EN ISO 11819-2, TP 259 příloha B, metodika M4.

Jelikož jsou některé popisované diagnostické metody univerzální, dají se použít na různých objektech dopravní infrastruktury, jiné metody se používají výhradně pro diagnostiku

vozovek. Tabulka 1 uvádí, které metody se dají použít na jakých objektech dopravní infrastruktury.

Tabulka 1: Uplatnění vybraných NDT metod na objektech dopravní infrastruktury

	vozovky	mosty	tunely	železnice	okolí objektů
Georadar	X	X	X	X	x
Termografie	X	X	X	x	x
Laserové skenování	X	X	X	X	X
Radarová interferometrie		X	x		X
Fotosken	x	X	X	x	x
Rázové zařízení FWD	X				
Vysokorychlostní deflektometr TSD	X				
Metoda CPX - hlučnost	X				

Legenda: X – jednoznačné uplatnění, x – částečné uplatnění, žádný symbol – žádné uplatnění

2.2 Postup pro zavádění nových NDT metod do praxe

Je potřeba odlišovat měření na síťové úrovni a na projektové úrovni. Zatímco pro síťovou úroveň jsou možnosti v podstatě dané, pro projektovou úroveň je škála možností daleko širší a otevírají se tu možnosti pro uplatnění nových NDT metod a jejich kombinace s tradičními NDT metodami.

Za normálních okolností musí být splněny požadavky systému jakosti v oboru pozemních komunikací (SJ-PK), bodu II: Metodické pokyny k jednotlivým oblastem SJ-PK, části II/2: Průzkumné a diagnostické práce.

Zde jsou stanoveny požadavky na způsobilost dodavatele k zajištění kvality prováděných průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací.

Tento metodický pokyn vychází ze zásady, že každý zhotovitel provádějící průzkumné a diagnostické práce související s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací musí mít ověřenou způsobilost dle čl. 2.1.4 této části metodického pokynu.

Veškeré zkušební činnosti související s přípravou a vyhodnocováním průzkumných a diagnostických prací musí provádět:

- pracoviště s ověřenou způsobilostí splňující nejméně požadavky na způsobilost dle čl. 2.1.2 části II/3 tohoto metodického pokynu (laboratoře odborně způsobilé), není-li

příslušným předpisem (ČSN, TKP/ZTKP nebo TP) stanoven požadavek na způsobilost dle čl. 2.1.1 části II/3 tohoto metodického pokynu (laboratoře akreditované),

- pracovníci s odpovídající kvalifikací mající příslušné oprávnění od ústředního orgánu státní správy ve věcech dopravy,
- pracoviště s odpovídajícím vybavením.

Příčemž při provádění průzkumných a diagnostických prací smí být užívána jen ta diagnostická zařízení, která v případě požadavku ČSN, TKP/ZTKP nebo TP získala k tomu oprávnění od ústředního orgánu státní správy ve věcech dopravy.

V případech, že jde o nová zařízení a zkušební metody, které zatím nejsou uvedeny v českých normách a technických předpisech a nesplňují výše uvedené požadavky SJ-PK, části II/2, se postupuje v souladu s touto metodikou podle níže uvedených kroků:

- zjistit za jakých podmínek se dá metoda použít a jaká jsou její omezení,
- rozhodnout o účelu pro jaký bude metoda použita (konkrétní aplikaci), včetně požadované přesnosti měření (např. citlivost měřicího systému, jeho rozlišení, meze detekce), ve vztahu k jiným zařízením/metodám sledujícím stejný parametr/vlastnost,
- definovat požadovanou formu výstupů diagnostiky (tabulky, grafy, mapy, příčné a podélné řezy, 3D digitální model, animace, výpočty/analýzy, zpráva z měření apod.) a možnost začlenění výsledků do stávající databáze správců,
- určit způsoby lokalizace naměřených dat (ujetá vzdálenost - DMI: Distance Measuring Instruments, globální družicový polohový systém - GNSS: Global Navigation Satellite System, složitější systémy, např. s využitím IMU: Inertial Measurement Unit apod.) a jejich požadovanou přesnost,
- zjistit, zda zařízení/metoda je popsána v zahraniční normě nebo předpisu, systému jakosti či systému kontroly kvality staveb,
 - v případě že ano, zjistit za jakých podmínek je možné tyto podmínky akceptovat v ČR,
 - v případě že ne, zahájit kroky k ověření zařízení/metody.

Při ověření zařízení/metody se provádí:

- analýza jiných zařízení/metod, kterými se sleduje stejný parametr/vlastnost [1] a jejich zevrubné porovnání z hlediska kvality výstupů a obvyklé ceny provedení - např. klasické geodetické měření versus laserové skenování versus fotosken,
- srovnávací měření s jinými metodami/zařízením sledujícími stejný parametr - viz kapitola 2.3 této metodiky,
- zjištění, zda je účelné kombinovat tuto metodu s jinými metodami za účelem zpřesnění dosažených výsledků - např. kombinace rázového zařízení FWD a georadaru uvedená v metodice M5,

- zjištění, zda existují dostatečně podrobně zdokumentované vzorové příklady uplatnění této metody, viz kapitola 2.4 této metodiky.

Výsledkem tohoto ověření je rozhodnutí, zda je daná NDT metoda vhodná pro požadované účely, dosahuje požadované přesnosti a její použití je ekonomické.

V případě, že jde o NDT metodu, která se v ČR zatím nepoužívá, je potřeba si zadat nejdříve měření v menším rozsahu, kde si správce může ověřit možnosti metody samotné, případně schopnosti poskytovatele této technologie.

Pokud se metoda osvědčí, hledají se cesty jak tuto metodu do budoucna zařadit do technických předpisů a norem a zajištění toho, aby při použití této metody byly splněny požadavky SJ-PK, části II/2.

2.3 Srovnávací měření NDT metod

Existuje více způsobů jak k provádění srovnávacích měření přistupovat [2].

Inspiraci můžeme hledat u NDT metod, které se používají při diagnostice vozovek: měření podélné nerovnosti povrchu vozovek (parametr IRI), protismykových vlastností povrchu vozovek (součinitel tření), únosnosti vozovek (průhyby pod zatížením), či měření tloušťek vrstev georadarem. V těchto případech jsou podmínky provádění a vyhodnocení srovnávacího měření uvedeny v TP 207: Experiment přesnosti, z roku 2017. Vždy se stanovují požadavky na shodnost (opakovatelnost a reprodukovatelnost měřicího zařízení) a správnost měření.

Srovnávací měření se provádí také na mezinárodní úrovni, většinou v rámci výzkumných projektů, např. evropského projektu ROSANNE: Rolling resistance, skid resistance, and noise emission measurement standards for road surfaces (2013-2016) <http://rosanne-project.eu> [3], nebo v rámci jednorázových akcí, které se opakují v určitých časových intervalech, např.:

- 1st European Pavement Friction Workshop (EPFW 2017), Nantes, Francie 29.5. - 2.6. 2017 srovnávací měření zařízení měřících protismykové vlastnosti povrchů vozovek, organizované IFFSTAR (French institute of science and technology for transport, development and networks),
- CROW correlation trial, Nizozemsko 7. 10. 2015, mezinárodní srovnávací měření rázových zařízení FWD prováděné v dvouletých intervalech a organizované CROW: National information and technology platform for infrastructure, traffic, transport and public space [4].

V případě, že je možné výsledky měření srovnat se skutečným stavem, používá se srovnání s výsledky měření provedených zařízením/metodou s vyšší přesností (např. jako u parametru IRI).

V případě, že toto nelze provést, určí se na základě výsledků jednotlivých zařízení účastnících se srovnání tzv. zlatý střed, kdy se vyloučí odlehlá zařízení (např. jako u měření průhybů

vozovek rázovým zařízením FWD). Tento způsob je komplikovanější a může být zatížen vyšší chybou. Proto jsou někdy přímo definována referenční zařízení nebo národní referenční zařízení.

V první fázi je potřeba zkontrolovat správnou funkčnost systému jako takového, ideálně na referenčním zkušebním vzorku či konstrukci.

Vždy je potřeba ověřit také zařízení používané pro lokalizaci místa měření/měření ujeté vzdálenosti (DMI, GNSS, IMU) a další systémy, které se využívají při měření.

Požadovaná přesnost měření se odvíjí od účelu měření a požadavku zadavatele, přičemž se může lišit pro konkrétní případy.

V případě, že se NDT metoda používá pro různé aplikace, které se provádějí na různých objektech dopravní infrastruktury s použitím různých součástí měřicího systému, musí se srovnávací měření provádět pro tyto aplikace samostatně. Příkladem je např. georadar, který se uplatňuje na pozemních komunikacích, železnici či na jiných stavbách a zahrnuje 2 základní aplikace:

- měření tloušťek vrstev,
- určení polohy dutin a objektů vyskytujících se či zabudovaných v konstrukci.

Po absolvování srovnávacího měření obdrží majitelé zařízení, která splnila stanovená kritéria od příslušného orgánu státní správy/správce dotčené dopravní infrastruktury souhlas/oprávnění pro měření příslušného parametru.

2.4 Vzorové příklady uplatnění

V rámci řešení projektu CESTI probíhá sběr údajů o vhodných nedestruktivních diagnostických metodách a vypracování vzorových příkladů uplatnění těchto NDT metod.

Byla sestavena šablona pro vkládání informací o vzorových příkladech uplatnění jednotlivých diagnostických metod, která je členěna následovně:

- název diagnostiky,
- lokalizace, datum provedení, kdo ji provedl a stručný popis příkladu,
- důvod provedení diagnostiky,
- sledovaný úsek, stavba, prvek apod.,
- provedení diagnostiky:
 - popis metody/zařízení,
 - popis postupu měření.
- výsledek diagnostiky a vyhodnocení,
- závěr.

Ukázka vzorového příkladu uplatnění NDT metody je uvedena v příloze této metodiky, další příklady jsou uvedeny v metodice M3, zaměřené na aplikaci laserového skenování a georadaru.

Vzorové příklady uplatnění jsou také přístupné on-line na webových stránkách projektu CESTI na adrese: <http://www.cesti.cz/index.php?page=NDT>.

3. Novost postupů, způsob uplatnění a ekonomické aspekty

3.1 Srovnání novosti postupů

Tato metodika nově uvádí jak postupovat při zavádění nových NDT metod do praxe, upřesňuje jak přistupovat k ověřování těchto metod, ve vazbě na systém jakosti v oboru pozemních komunikací (SJ-PK) a platné technické předpisy, např. TP 207.

Uvádí strukturu členění vzorových příkladů uplatnění nedestruktivních metod a webové stránky, kde jsou ke stažení příklady uplatnění různých NDT metod.

Uvádí odkazy na aktuální předpisy, metodiky, články a jiné zdroje, které mohou správci objektů dopravní infrastruktury využít.

Metodika vychází ze zkušeností:

- účastníků projektu CESTI: Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu http://www.cesti.cz/index.php?page=ucast_prij
- České silniční společnosti, sekce: Povrchové vlastnosti vozovek <http://www.silnicnispolecnost.cz/cs/cinnost/odborne-sekce/povrchove-vlastnosti-vozovek/>
- CEN TC 227 WG5: Povrchové vlastnosti vozovek, kde se řeší problematika nerovností, protismykových vlastností a hlučnosti povrchů vozovek https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:7:0:::FSP_ORG_ID:7551&cs=1C355B7A33DE4450F5A731900BB9FAB9C
- PIARC D.2.3: Metody nedestruktivní diagnostiky a monitorování stavu vozovek <https://www.piarc.org/en/Technical-Committees-World-Road-Association/Strategic-Theme-Infrastructure/Technical-Committee-Road-Pavements/>

3.2 Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika je určena především pro:

- státní správu (Ministerstvo dopravy),
- správce dopravní infrastruktury (využití nových NDT metod při plánování, výstavbě a následné správě objektů dopravní infrastruktury),
- zpracovatele diagnostického průzkumu staveb.

Bude uplatněna při zavádění nových NDT metod do praxe a při tvorbě a aktualizaci vzorových příkladů uplatnění NDT metod.

3.3 Ekonomické aspekty

Zavedení postupů uvedených v metodice nevyžaduje žádné náklady.

Z ekonomického hlediska je hlavním přínosem metodiky rozšíření informací o možnostech, přínosech a konkrétních aplikacích nových NDT metod v ČR. Metodika uvádí, jak postupovat při jejich zavádění do praxe v ČR, aby mohl být využit jejich potenciál a nahrazeny, či vhodným způsobem doplněny stávající používané metody.

Vzorové příklady uplatnění NDT metod umožňují využití ověřených postupů a vyvarování se chyb, které se vyskytují při zavádění nových metod.

Výsledky diagnostiky staveb jsou podkladem pro návrh vhodného způsobu opatření a zásahu (údržba/ oprava/ rekonstrukce). Pokud jsou tyto podklady v dostatečném rozsahu a kvalitě vede to k optimalizaci nákladů a zvyšování životnosti staveb. K tomuto účelu může nemalou měrou přispět uplatnění nových nedestruktivních diagnostických metod.

4. Seznam použité související literatury

Normy a technické předpisy:

Systém jakosti v oboru pozemních komunikací (SJ-PK), II. Metodické pokyny k jednotlivým oblastem SJ-PK, Část II/2: Průzkumné a diagnostické práce, v aktuálním znění

TKP 1: Všeobecně, 2017

TP 72: Diagnostický průzkum mostů PK, 2009

TP 87: Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek, 2010

TP 91: Rekonstrukce vozovek s cementobetonovým krytem, 1997

TP 92: Navrhování údržby a oprav vozovek s cementobetonovým krytem, 2011

TP 207: Experiment přesnosti - Zařízení pro měření povrchových vlastností a dalších parametrů vozovek pozemních komunikací, 2017

TP 233: Georadarová metoda konstrukcí pozemních komunikací, 2011

TP 259: Asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností, 2017

ČSN EN ISO 11819-2: Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 2: Metoda malé vzdálenosti, 2018

Ostatní:

[1] State of the art in monitoring road condition and road/vehicle interaction, World Road Association (PIARC) report, 74 p., 2016

- [2] Deliverable D1.4: Quality assurance procedures to accompany proposed common scale(s), report of European project ROSANNE, 44 p., 2017
- [3] Deliverable D1.3: Analysis of data from the second round of tests and further development of the common scale, report of European project ROSANNE, 2017
- [4] CROW Falling weight deflectometer correlation trial, CROW report D15-03, 2015

5. Seznam publikací, které předcházely metodice

Metodiky:

- M1 Měření průhybů a hodnocení únosnosti vozovek rázovým zařízením FWD, certifikovaná metodika Ministerstva dopravy, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Ing. Pavel Herrmann – RODOS, 26 s., 2014
- M2 Metody laserového skenování objektů dopravní infrastruktury a jejich blízkého okolí, certifikovaná metodika Ministerstva dopravy, Geovap, spol. s r.o., Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 24 s., 2014
- M3 Metodika pro použití jednotlivých NDT zařízení v konkrétních situacích - zaměření na laserové skenování a georadar, certifikovaná metodika Ministerstva dopravy, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Geovap, spol. s r.o., 19 s., 2015
- M4 Dlouhodobé hodnocení hlučnosti povrchů vozovek, certifikovaná metodika Ministerstva dopravy, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 52 s., 2017
- M5 Metodika pro hodnocení stavu vozovek kombinací rázového zařízení FWD a georadaru, metodika, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., ve schvalovacím procesu
- M6 Uplatnění termografie při diagnostice objektů dopravní infrastruktury, metodika, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., ve schvalovacím procesu

Výzkumné zprávy:

- [5] Databáze nových a progresivních diagnostických metod se vzorovými příklady jejich uplatnění, zpráva projektu CESTI, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 18 příloh, 2014
- [6] Vysokorychlostný deflektometer TSD - možnosti jeho využitia pri hodnotení únosnosti vozoviek na sieťovej úrovni na Slovensku, zpráva k rozborové úloze pro Slovenskou správu ciest, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 33 p., 2015
- [7] Uplatnění Traffic Speed Deflectometru (TSD) při hodnocení únosnosti vozovek na síťové úrovni v ČR, závěrečné vyhodnocení akce Státního fondu dopravní infrastruktury, Isprofond: 5006210261, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 2016
- [8] Analýza způsobů lokalizace při měření proměnných parametrů vozovek, zpráva projektu CESTI, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 16 s., 2017

[9] Technicko-ekonomické srovnání NDT metod - vozovky, zpráva projektu CESTI, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 30 s., 2017

Články a knihy:

- [10] Janků M., Stryk J. Možnosti využití termografické metody při diagnostice objektů dopravní infrastruktury. *Silniční obzor*, 2014, roč. 75, č. 12, s. 331-334.
- [11] Březina I., Grošek J., Stryk J. Měření průhybů a možnosti hodnocení tuhosti vozovek s cementobetonovým krytem prostřednictvím rázového zařízení FWD. *Silniční obzor*, 2015, roč. 76, č. 2, s. 48-52.
- [12] Matula R., Stryk J., Pospisil K. *Georadar a jeho uplatnění při diagnostice objektů dopravní infrastruktury*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 2016, 146 s., ISBN 978-80-88074-48-9.
- [13] Stryk, J., Matula, R., Pospisil, K., Derobert, X., et al. Comparative measurements of ground penetrating radars used for road and bridge diagnostics in the Czech Republic and France. *Construction and building materials* (2017), p. 1199-1206.
- [14] Janků M., Stryk J. Využití infračervené termografie při pokládce asfaltových vrstev vozovky. *Asfaltové vozovky 2017: sborník příspěvků*, České Budějovice, 28. - 29. 11. 2017, 6 s.
- [15] Březina I., Stryk J., Grošek J. Using traffic speed deflectometer to measure deflections and evaluate bearing capacity of asphalt road pavements at network level. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 236 (2017) 012102 [online], Praha, 21. - 22. 9. 2017, 7 p.
- [16] Stryk J., Janků M., Grošek J., Březina I. Diagnostika objektů dopravní infrastruktury nedestruktivními metodami. *Silniční obzor*, 2017, roč. 78, č. 12, s. 323-237.
- [17] Stryk J. Uplatnění nových diagnostických metod při hodnocení stavu vozovek PK. *Silniční konference 2017: sborník příspěvků*, Brno, 18. - 19. 10. 2017, s. 107 - 111.
- [18] Stryk J., Matula R., Březina I., Janků M. Přínosy uplatnění nedestruktivních diagnostických metod při plánování údržby a oprav. *Aktuální otázky správy a údržby pozemních komunikací: sborník příspěvků*, Znojmo, 3. - 4. 5. 2017, 7 s.
- [19] Nekula, L., Stryk, J., Nekulová, P., Březina, I. Potential improvement in data interpretation regarding simultaneous measurement of friction coefficient and IRI. *8th Symposium on Pavement Surface Characteristics (SURF): proceedings*, 2. - 4. 5. 2018, Brisbane, 8 p.

Ostatní:

- [20] Sláma J., Stryk J. Úvodní prezentace k bloku I.: Technologie laserového skenování a georadaru v praxi, workshop Státního fondu dopravní infrastruktury: Nové technologie, Praha, 28. 6. 2016
- [21] Užitečný vzor č. 29379: Závěs měřicího kola dynamického měřicího zařízení na měření součinitele podélného tření povrchu vozovky, Nekula L. a Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 2016
- [22] vzorové příklady uplatnění NDT metod: <http://www.cesti.cz/index.php?page=NDT>

Příloha: Vzorový příklad uplatnění NDT metody

Název diagnostiky:

Vysokorychlostní deflektometr TSD (Traffic Speed Deflectometer) - diagnostika únosnosti vozovky

Lokalizace:

pokusné úseky v okolí Varšavy

Datum provedení:

červenec 2014

Provedl: Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM) – Polsko, TSD vlastní od roku 2011

V Evropě vlastní TSD zařízení také následující organizace:

- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) - Německo, od roku 2017
- Highways England (dříve Highways Agency) - Velká Británie, od roku 2000
- Danish Road Directorate - Dánsko, od roku 1999
- Azienda Nazionale Autonoma delle Strade (ANAS) - Itálie, od roku 2010

Stručný popis:

Měření vysokorychlostním deflektometrem TSD (obr. 1) a současně rázovým zařízením FWD na vozovkách s asfaltovým krytem, s následným porovnáním zjištěných průhybů vozovky.



Obr. 1: Traffic Speed Deflectometer, vlastník IBDiM (Polsko), foto: archiv CDV

1. Důvod provedení diagnostiky

Provádělo se hodnocení únosnosti vozovek s asfaltovým krytem. Důvodem bylo porovnání výsledků získaných kontinuálně zařízením TSD s výsledky získanými z lokálních měření

rázovým zařízením FWD. Cílem bylo zjistit, jak moc výsledky TSD korelují s výsledky rázového zařízení FWD.

2. Sledované úseky vozovek

Mezi sledované úseky byly zařazeny pokusné úseky vozovek s asfaltovým krytem v okolí města Varšavy (obr. 2).



Obr. 2: Lokalizace pokusných úseků [1]

3. Provedení diagnostiky

- Kontinuální měření vysokorychlostním deflektometrem TSD.
- Měření průhybů rázovým zařízením FWD s krokem měření 25 m.

3.1 Popis metody/zařízení

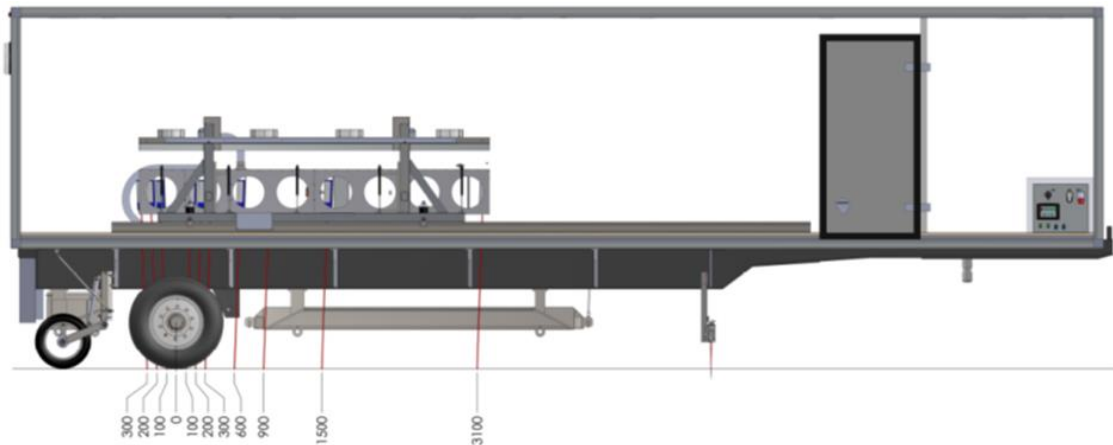
Traffic Speed Deflectometer (obr. 3) slouží ke zjišťování průhybů povrchu vozovky při přejezdu nápravy měřicího vozidla rychlostí 40 - 80 km/h. Průhyb, získaný při dynamickém zatížení, vyvolaný pohybujícím se kolem vozidla, nejvíce odpovídá skutečnému průhybu při zatížení vozidly pohybujícími se rychlostí dopravního proudu. Zařízení TSD vnáší do konstrukce vozovky během jízdy podobné dynamické zatížení (velikost, doba trvání) jako nákladní vozidla pohybující se v reálném provozu.

Na rozdíl od lokálního (statického) měření rázovým zařízením FWD měří TSD kontinuálně, a to v linii pojížděné kolem nápravy.

Odpadá tím problém s omezováním provozu na pozemních komunikacích, zejména vyšších tříd, který se vyskytuje při měření zařízením FWD. Zvyšuje se bezpečnost účastníků silničního provozu a osádky měřicího zařízení během měření. Další výhodou je rovněž rozsah měření, který umožňuje měřit až několik set kilometrů vozovek denně.

Zařízení tvoří jízdní souprava těžkého nákladního vozidla skládající se ze standardního tahače návěsů a z modifikovaného návěsu. Uvnitř jednonápravového návěsu je umístěn měřicí

systém pro účely snímání odezvy vozovky na zatížení. Standardní zatížení na nápravu je 10 tun. Z tohoto důvodu je na podvozku návěsu nainstalována odpovídající zátěž. V klimatizovaném návěsu je umístěn tuhý nosník s příslušným počtem laserových snímačů pracujících na bázi Dopplerova jevu (dále jen Doppler-laser snímače), které snímají povrch vozovky pravé stopy vozidla v ose dvojmontáže návěsu. Měření nelze provádět za deště nebo na mokré vozovce.



Obr. 3: Schéma návěsu zařízení TSD s tuhým nosíkem a Doppler-laser snímači [1]

3.2 Popis postupu měření

Pohybující se kolo zařízení TSD způsobuje deformaci povrchu vozovky v okolí zatížení od nápravy návěsu. Uvnitř návěsu je umístěn tuhý servo-hydraulický nosník s příslušným počtem snímačů, instalovaných v různých vzdálenostech od osy zatížení (obr. 4), využívajících Dopplerův jev v laserovém paprsku k měření rychlosti, kterou je deformován povrch vozovky („rychlost průhybu“ – z angl. deflection velocity).

Snímač měří rychlost krátkodobé vertikální deformace namáhaného povrchu vozovky ve směru vyslaného laserového paprsku, který se odrazí od povrchu vozovky (obr. 5).



Obr. 4: Tuhý nosník s Doppler-laser snímači uvnitř návěsu zařízení TSD, foto: archiv CDV

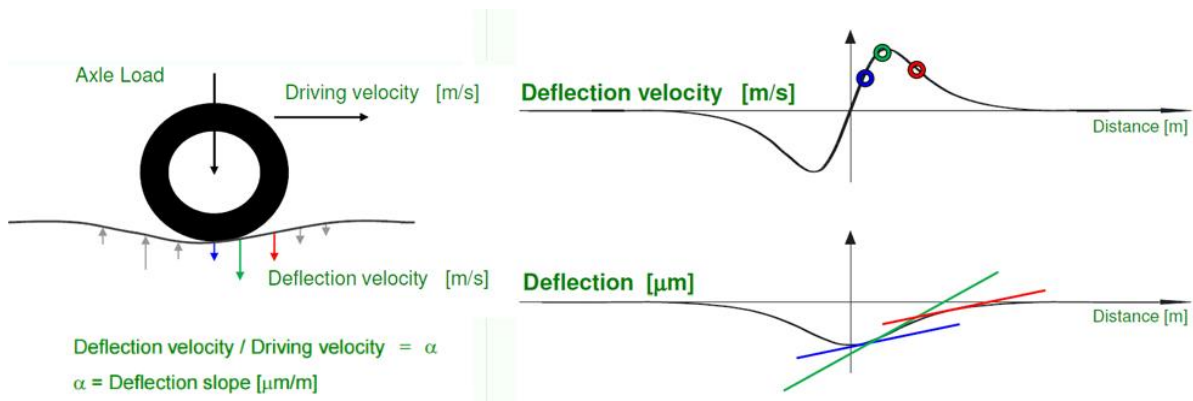


Obr. 5: Laserové paprsky 3 snímačů na povrchu měřené vozovky, foto: archiv CDV

Ze znalosti rychlostí deformace povrchu vozovky na různých pozicích Doppler-laser snímačů je možné získat představu o tvaru průhybu. Obr. 6 znázorňuje vektory rychlosti průhybu (deflection velocity) pod zatížením způsobeným odvalujícím se kolem. Společně s rychlostí průhybu je znázorněna odpovídající průhybová křivka, kde jsou rovněž zobrazeny hodnoty „deflection slope“.

Hodnota „deflection slope“ se určí z poměru rychlosti deformace povrchu vozovky a rychlosti jízdy TSD zařízení. Poměrný přírůstek průhybu je roven směrnici tečny k průhybové křivce. Díky tomu, že směrnice (sklon) tečny průhybové křivky odpovídá derivaci průhybové křivky (sklon, respektive směrnice tečny odpovídá derivaci funkce v bodě), je možné vypočítat svislý posun povrchu vozovky (průhyb). To znamená, že z hodnoty „deflection slope“ je možné vypočítat průhyb.

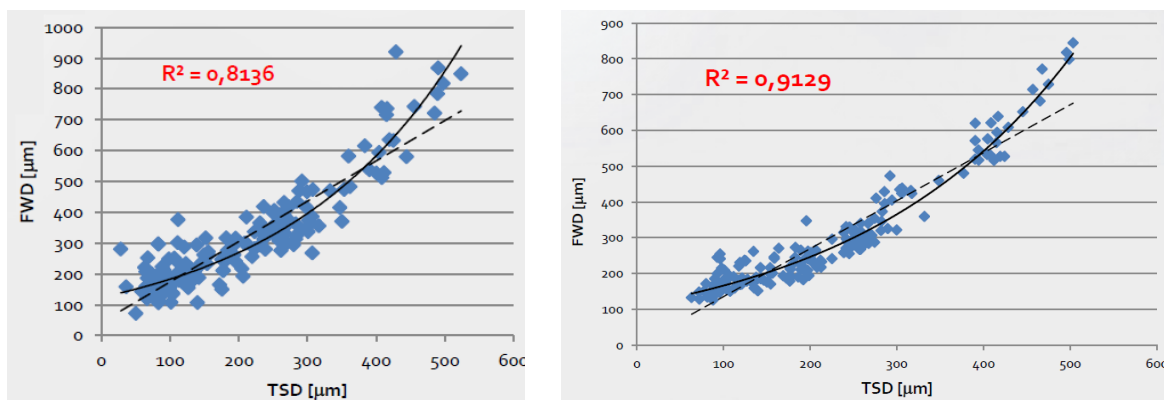
Pro hodnocení únosnosti se používají tradiční parametry jako je průhyb v ose zatížení d_0 a index křivosti povrchu SCI_{300} ($SCI_{300} = d_0 - d_{300}$), kde d_{300} je průhyb ve vzdálenosti 300 mm od osy zatížení.



Obr. 6: Tvar průhybu a vektory rychlosti průhybu pod kolem TSD (vlevo), rychlost deformace povrchu vozovky (rychlost průhybu) a průhybová křivka s tečnami (vpravo) [2]

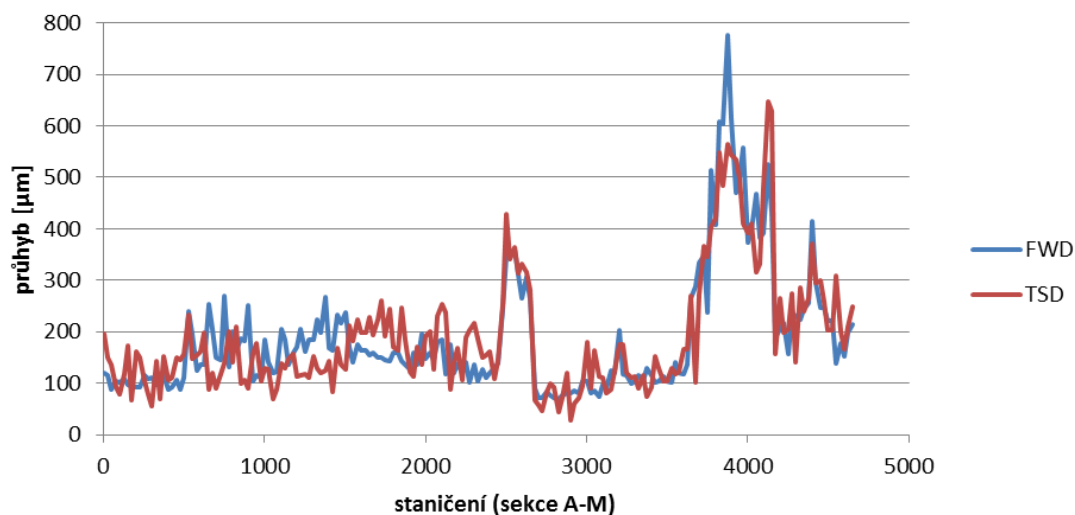
4. Výsledek diagnostiky a vyhodnocení

Korelací mezi výsledky FWD a TSD bez jakýchkoliv korekcí byl stanoven koeficient determinace $R^2 = 0,81$. Po korekci průhybů na srovnávací teplotu a sílu se zvýšil koeficient determinace na hodnotu 0,91. Vliv korekce je uveden na obr. 7 a 8.



Obr. 7 a 8: Vliv korekce teploty - vlevo: před korekcí, vpravo: po korekci [3]

Vyhodnocení výsledků prokázalo stejnou tendenci průhybů, tj. nárůst hodnot změřených zařízením FWD odpovídal nárůstu hodnot zjištěných zařízením TSD (obr. 9). To znamená, že tendence (směrování) rozdílů je stejná, jako při výsledcích diagnostiky FWD. To je důležité z hlediska využitelnosti TSD pro hodnocení únosnosti na síťové úrovni.



Obr. 9: Srovnání výsledků mezi zařízením FWD a TSD, vytvořeno na základě poskytnutých dat a [3]

5. Závěr

Provedené měření prokázalo, že zařízení TSD je schopno produkovat výsledky, které dobře korelují s výsledky rázového zařízení FWD. To potvrzuje vhodnost využití vysokorychlostního deflektometru pro hodnocení únosnosti vozovek s asfaltovým krytem na síťové úrovni, za účelem tvorby homogenních úseků a lokalizace slabých míst na vozovce.

6. Literatura

- [1] BECKEDAHL, H. J. – KRARUP, J. – FERNE, B. 2015. Optimierung der Erhaltungsplanung durch den Einsatz des Tragfähigkeitsmesssystems Traffic Speed Deflectometer (TSD) für

die Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnoberflächen von Straßen (ZEB). In Straße und Autobahn. 2015, no. 3, p. 202-209.

- [2] KRARUP, J. 2016. TSD Basics, and Latest Software Update. In ERPUG forum (European Road Profile Users' Group), DaRTS6 group (Deflection at Road Traffic Speed). Praha, 2016.
- [3] SUDYKA, J., HARASIM, P. 2013. Traffic Speed Deflectometer – a Modern Tool in Road Network Evaluation of Bearing Capacity. Presentation of Project SPID (System for Pavement Infrastructure Diagnosis).

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Líšeňská 33a
636 00 Brno
www.cdv.cz

