

# ÚLOHA DIAGNOSTIKY PŘI VÝSTAVBĚ BETONOVÝCH SILNIČNÍCH A LETIŠTNÍCH VOZOVEK

## ROLE OF DIAGNOSTICS IN CONSTRUCTION OF ROAD AND AIRFIELD PAVEMENTS

JIŘÍ JAREŠ, LUDĚK MALIŠ,  
LUBOMÍR PŘÍLESKÝ

*Pomocí moderních diagnostických zařízení je možné převážně nedestruktivně ověřit parametry pozemních a letištních vozovek. Výsledky diagnostických metod citovaných v článku poskytují podklady pro zodpovědné rozhodování ve všech fázích projektové přípravy, realizace staveb i následné správy vozovek (údržby a oprav).*

*Parameters of ground and airfield pavements can largely be tested in a non-destructive manner using modern diagnostic devices. Results of diagnostic methods quoted in this paper provide source material for responsible decision making processes in all stages of design preparation, project construction, as well as later repairs of roads (maintenance and mending).*

Diagnostický průzkum vozovek je dnes již důležitou a mohl by být ještě prospěš-

nější součástí projektové přípravy, realizace staveb i následné správy pozemních komunikací a letištních ploch. Výsledky diagnostických průzkumů mají všestranné využití:

- dávají projektantům podklady pro zodpovědný, technicky správný a ekonomicky optimální návrh opravy nebo rekonstrukce vozovky,
- zhotoviteli díla umožňují sledovat kvalitu prováděných prací,
- objednateli zkontrolovat dílo při jeho převzetí, resp. před uplynutím záruční doby,
- správce komunikací může s využitím výsledků diagnostických prací sledovat průběžně stav vozovek a na základě toho plánovat jejich údržbu a opravy v optimální době a rozsahu.

### DIAGNOSTICKÉ METODY

Diagnostické metody jsou detailně popsány v dílčích českých i zahraničních normách, souhrnně jsou pak diagnostické

postupy a požadavky na jejich provádění popsány Technickými podmínkami (TP), Technickými a kvalitativními podmínkami (TKP), případně speciálními předpisy (ASTM, ICAO, ...).

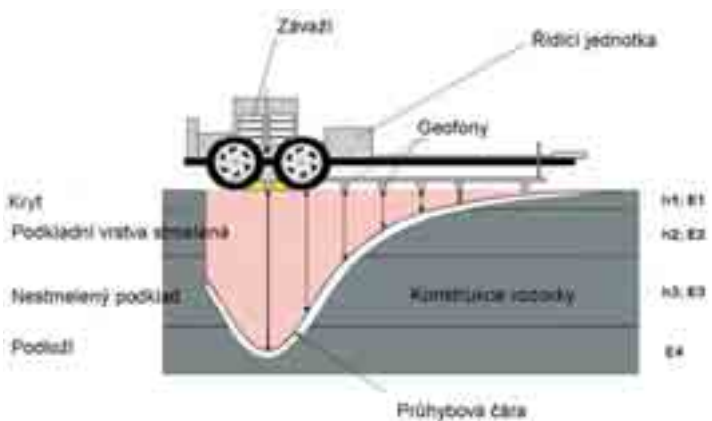
Výběr vhodných metod je vždy určen požadovaným využitím výsledků diagnostického průzkumu a aktuálním stavem vozovky. Podle účinku na stavební konstrukce se zkušební metody dělí na nedestruktivní a destruktivní. Zatímco nedestruktivní zkoušky (měření nerovností, drsnosti, zatěžovací zkoušky apod.) většinou simulují interakci vozidla s vozovkou, destruktivní zkoušky (jádrové vývrty, zkoušky pevnosti materiálu apod.) testují konstrukční materiály až do porušení jejich celistvosti, resp. tvaru.

Základními metodami diagnostiky vozovek jsou:

- měření proměnných parametrů vozovky (nerovnosti, drsnost, schodky, ...)
- inventarizace poruch
- měření únosnosti vozovky, resp. podloží

Obr. 1 Schéma deflektometru používaného pro měření únosnosti vozovek

Fig. 1 Diagram of deflectometer exploited in measurement of load-bearing capacity of pavements



Obr. 2 Diagnostické zařízení FWD CarlBro PRI 2100 vhodné i pro měření únosnosti těžkých betonových vozovek

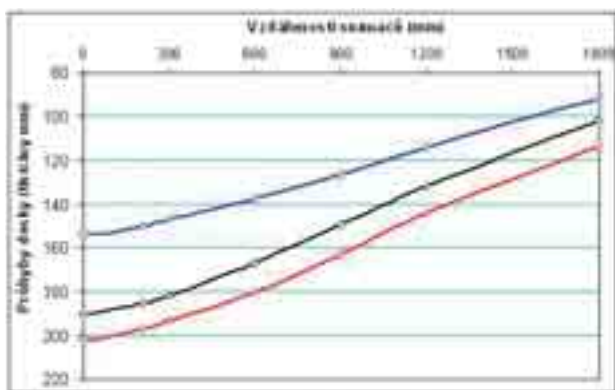
Fig. 2 Diagnostic equipment FWD CarlBro PRI 2100 suitable, among others, for measurement of load-bearing capacity of heavy concrete pavements



Obr. 3 Pohled na zařízení CarlBro PRI 2100 (měřící nosník a zatěžovací mechanismus) při měření vozovek na letišti Praha-Ruzyně

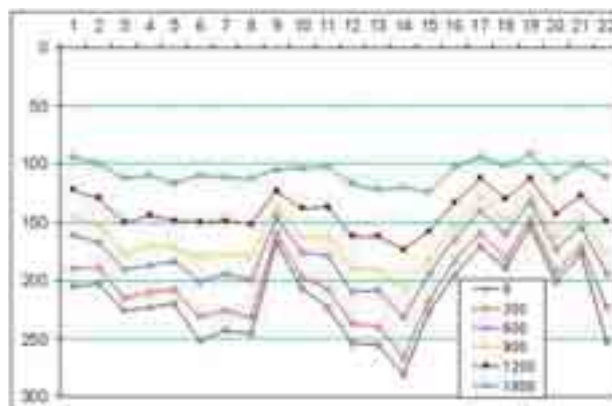
Fig. 3 View of CarlBro PRI 2100 equipment (measuring beam and loading mechanism) used in measurement of pavements at the Prague-Ruzyně airfield





Obr. 4 Průhybové křivky změřené při dynamické zatěžovací zkoušce středu betonové desky

Fig. 4 Deflection curves measured in the dynamic test of the core of a concrete slab



Obr. 5 Srovnání hodnot naměřených dynamickými zatěžovacími zkouškami na jednom úseku betonové vozovky

Fig. 5 Comparison of values measured in dynamic loading tests in one section of a concrete pavement

- odběr jádrových vývrtů a provádění sond
- zjištění materiálových charakteristik vrstev vozovky – laboratorní zkoušky odebraných vzorků

Výsledky diagnostického průzkumu jsou pak prezentovány přímo měřeními nebo vypočtenými fyzikálními veličinami (např. moduly pružnosti), nebo nepřímo, např. pomocí souhrnných mezinárodních klasifikačních indexů:

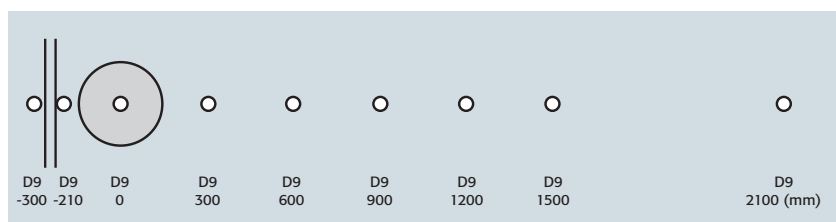
- PCI – Pavement Condition Index – hodnocení stavu vozovky na základě četnosti a závažnosti registrovaných poruch
- IPZ – Index Provozní Způsobnosti – klasifikace registrovaných poruch povrchu vozovek a dalších měřených parametrů vozovek (nerovnosti, drsnosti) vícebodovou klasifikační stupnicí
- PCN – Pavement Classification Number – klasifikace únosnosti letištních

Obr. 6 Přístrojem RIM 01 se bezdotykově měří schodky mezi deskami

Fig. 6 RIM 01 device is exploited in contactless measurement of height differences between slabs

Obr. 8 Rozmístění snímačů u diagnostického zařízení FWD CarlBro PRI 2100

Fig. 8 Arrangement of gauges of diagnostic equipment FWD CarlBro PRI 2100



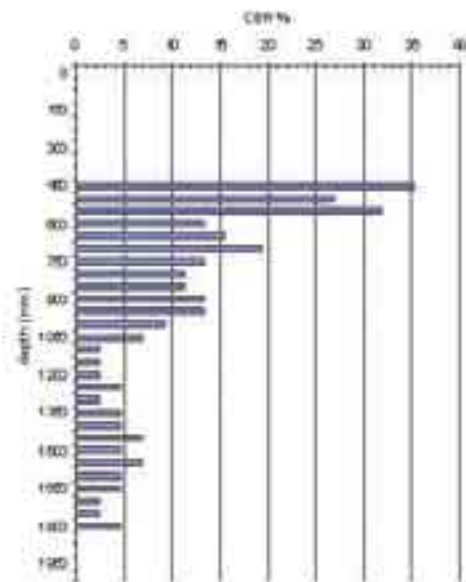
vozovek zohledňující i dopravní zatížení a další vlivy na konstrukci vozovek

Závěrem diagnostického průzkumu může být stanovení charakteristik jednotlivých konstrukčních vrstev nebo celé konstrukce vozovky, případně vyhodnocení určitého klasifikačního indexu. Závěrem může být ale i návrh vhodných opatření k udržení stavu vozovky, případně zvýšení její provozní způsobilosti, resp. výkonnosti.



#### DIAGNOSTIKA PŘI NOVOSTAVBÁCH VOZOVEK

Vlastní návrh konstrukce vozovky je prováděn pro předpokládané dopravní zatížení a konkrétní klimatické a hydrogeologické podmínky. U méně významných vozovek si většina projektantů vystačí s návrhem konstrukce vozovky podle některého z katalogových listů. Z vlastní zkušenosti víme, že v případě návrhu konstrukce na základě nepodložených předpokladů, nebo



Obr. 7 Vyhodnocení výsledků penetrometrické zkoušky – graf hodnot CBR pod stávající vozovkou až do hloubky 1800 mm

Fig. 7 Assessment of the results of the penetrometric test – graph of CBR values below the existing pavement to the depth of 1800 mm



Obr. 8 Při inventarizaci poruch zjištěná trhlinka velké závažnosti

Fig. 8 Audit of faults revealed a major crack

po zásahu zhotovitele do navržené skladby vozovky z technologických, nebo ekonomických důvodů někdy nastávají vážné problémy s dopadem na výslednou kvalitu díla. Teprve v tomto okamžiku se řada zhotovitelů domnívá, že s pomocí diagnostiky, třeba změřením únosnosti, se podaří modifikovat dosud nerealizované konstrukční vrstvy při zachování navržené nivelety a vzniklý problém vyřešit. Diagnostika by ale neměla sloužit výhradně k řešení neodborných kroků v projektové a realizační fázi.



Obr. 10 Zobrazení části vozovky a jedné desky při inventarizaci poruch pomocí palmtopu Ipaq

Fig. 10 Representation of a pavement section and a slab created in the audit of faults using Ipaq palmtop



Obr. 9 Grafický záznam trhliny na desce b19 TAXIWAY Delta a její záznam v databázi poruch

Fig. 9 Graphical record of the crack in the slab b19 TAXIWAY Delta and its record in the database of faults

Diagnostiku lze při realizaci nových vozovek využít v následujících případech:

- ověření návrhových parametrů konstrukčních vrstev
- kontrola homogenity realizované konstrukce
- získání objektivních podkladů pro řešení nepředvídatelných problémů během výstavby vozovky
- prokázání kvality díla po jeho dokončení z hlediska požadované funkčnosti

**DIAGNOSTIKA PŘI REKONSTRUKCÍCH VOZOVEK**

V případě rekonstrukce vozovek je přínos diagnostických prací větší než u novostaveb. Výsledky diagnostických prací nám umožní správně stanovit potřebu (tj. optimální dobu, použitou technologii a rozsah) opravy, případně rekonstrukce vozovky.

Využití diagnostických prací by mělo následovat v těchto postupných krocích:

- zhodnotit aktuální stav vozovky (provozní způsobilost, stupeň porušení)
- objektivně určit skutečně potřebný rozsah opravy nebo rekonstrukce
- definovat vstupní parametry pro zpracování projektové dokumentace opravy nebo rekonstrukce
- stejně jako u novostaveb zabezpečit kontrolu během realizace díla a investorovi prokázat dosažení požadovaných parametrů

**NĚKTERÉ ZKUŠEBNÍ METODY A REALIZAČNÍ VÝSTUPY**

**Měření únosnosti**

Únosnost konstrukčních vrstev lze měřit pomocí statických nebo dynamických zařízení. V současné době jsou standardně používána zařízení pro měření únosnosti dynamickým rázem tzv. FWD (Falling Weight Deflectometer).

Princip metody spočívá ve změření a vyhodnocení odezvy vozovky na dopad závaží o dané hmotnosti z takové výšky, aby dynamický ráz odpovídal přibližně účinku přejezdu kola návrhové nápravy. Tento dynamický ráz je zaznamenán snímačem síly a sadou snímačů průhybu umístěných na povrchu vozovky.

Na základě měření průhybové číse jsou na každém zkoušeném bodě zpětným výpočtem stanoveny moduly pružnosti konstrukčních vrstev a na jejich základě vyjádřena únosnost vozovky.



Obr. 11 Odběr vzorků jádrovými vývrty při diagnostice vozovek

Fig. 11 Sample taking in the pavement diagnostics by means of a core hole



Obr. 12 Vnitřek vrtu provedeného přes trhlinu ukazuje sklon a směr průběhu trhliny  
Fig. 12 The inside of a hole made through the crack shows the gradient and direction of the crack course



Obr. 13 Vrtné jádro ukazuje sklon a směr průběhu trhliny, šířící se od kontrakční spáry  
Fig. 13 The bore core shows the gradient and direction of the crack course spreading from the heading joint

Technická specifikace rázového zařízení – deflektometru FWD CarlBro – PRI 2100

- plné ovládání z pozice operátora-řidiče pomocí palubního počítače
- sledování funkce všech součástí systému pomocí videokamery (i v noci)
- hydraulické ovládání nosníku a zatížení
- čtyřsegmentová zatěžovací deska
- vyvozené zatížení 150 až 250 kN
- devět snímačů průhybu

- tři snímače teploty
- 2500 mm dlouhý měřicí nosník
- záznam historie zatížení i průhybů, času a teplot do palubního počítače

Na rozdíl od měření únosnosti na vozovkách s asfaltbetonovým krytem je u cementobetonových vozovek nutné uspořádat snímače na nosníku měřicího zařízení dle uvedeného schématu, aby bylo možné měřit únosnost hrany desky a její spolupůsobení se sousední deskou (obr. 8).

Měření únosnosti na CB deskách se pak provádí ve dvou režimech.

- Pro určení charakteristik jednotlivých konstrukčních vrstev vozovky – modulu pružnosti, resp. modulu tuhosti – se

Obr. 13 Vrtné jádro ukazuje sklon a směr průběhu trhliny, šířící se od kontrakční spáry  
Fig. 13 The bore core shows the gradient and direction of the crack course spreading from the heading joint

provádí měření se zatěžovací deskou umístěnou v geometrickém středu CB desky. Pro vyhodnocení slouží hodnoty průhybů ze snímačů D1-D7.

- Pro určení spolupůsobení desek na spárách se provádí měření se zatěžovací deskou co nejbližší k příčné hraně vozovky uprostřed jejího příčného rozměru tak, aby snímače D8 a D9 byly umístěny z každé strany příčné spáry sousedících desek. Výsledkem pak je

# BETOSAN<sup>®</sup>

alternativa, kterou oceníte



**CERTIFIKOVANÝ SYSTÉM PRO ZHOTOVENÍ A OPRAVY PODLAHOVÝCH KONSTRUKCÍ**

www.betosan.cz

**MINERÁLNÍ VSYPY**  
s obsahem ohrusovzdušných plniv na anorganické bázi  
DENSOTOP Q  
DENSOTOP S  
DENSOTOP EH

**METALICKÝ VSYP**  
s obsahem ohrusovzdušných plniv na bázi neoxidujících slitin  
DENSOTOP M

**HYDROIZOLAČNÍ VSYP**  
se zvýšenou chemickou a mechanickou odolností s obsahem utěšňujících přísad  
XYPEX<sup>®</sup> DS1  
DENSOTOP XP



**SAMOROZLIVNÉ OPRAVNÉ SMĚSI**  
jednosložkové na PCC bázi  
MONOLITH S/EH  
dvousložkové na PC bázi  
BETOLIT EP 0-1 DC

**SAMONIVELAČNÍ POTĚR**  
jednosložková na PCC bázi  
NIVELITH F

**NÁTĚROVÉ SYSTÉMY**  
chemická a mechanická odolnost  
BETOFIX, EPOLIT W, BETOLIT PU

**OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ**  
Na Dolinách 23    mobil: 602 121 617  
147 00 Praha 4    tel./fax: 241 431 212  
e-mail: praha@betosan.cz

DRŽITEL CERTIFIKÁTU ČSN EN ISO 9001:2001



hodnota JDR = poměr průhybů u spáry (Joint Deflection Ratio), definovaný jako poměr průhybu hrany nezátížené a zatížené desky.

Pro vyhodnocení výsledků zatěžovacích zkoušek a výpočet charakteristik konstrukce vozovky jsou využívány speciální programy zpracované výrobcí měřících zařízení, případně speciální programy, jako např. ELMOD, PCASE-LEEP, PAVERS, DarWIN atd.

### Měření nerovností

Významným parametrem provozní způsobilosti vozovek jsou podélné nerovnosti, způsobené nedostatečnou únosností podkladních vrstev a podloží, poruchami vozovky, ale i nedostatečným spolupůsobením sousedících desek na nekotvených nebo nedostatečně kotvených příčných spárách.

Měření podélných nerovností lze provádět latí, plánografem, profilografem, případně dynamometricky nebo laserovým snímáním. Reprezentativním parametrem pro měření nerovností je hodnota IRI [m/km].

Schodky na spárách lze měřit manuálně nebo poloautomatickými měřidly.

### Únosnost nestmelených vrstev a podloží

Únosnost nestmelených vrstev nebo podloží při budování nové konstrukce vozovky lze provádět obdobně, jako měření na hotové stávající vozovce, a to deflektometrem se sníženým zatížením na desku, případně lehkou dynamickou deskou nebo deskou statickou.

Pokud ale potřebujeme zjistit přesnější parametry nestmelených vrstev a podloží pod existující konstrukcí, lze využít pro měření dynamický kuželový penetrometr umístěný do provedeného jádrového vývrty. Charakteristiky únosnosti nestmelených materiálů – hodnoty CBR – jsou pak odvozeny z počtu rázů potřebných k penetraci kužele na každých 50 mm na základě programu americké firmy ERES Consultants, který provádí vyhodnocování penetrometrických zkoušek z porovnání s hodnotami CBR zjištěnými v kopané sondě vedle testované vozovky.

### Inventarizace poruch

Pro účely inventarizace se celá plocha rozdělí na vzorky určité velikosti (dané TP nebo metodikou inventarizace). Základní

informace o stavu vozovky jsou získávány vizuální prohlídkou povrchu a zpracovány předepsaným postupem pro každý vzorek. Jednoznačná identifikace jednotlivých poruch a klasifikace jejich závažnosti jsou popsány v Katalogu poruch tuhých vozovek, případně TP Navrhování údržby a oprav tuhých vozovek

Při inventarizaci poruch, prováděné pochůzkou, případně z pomalu jedoucího vozidla, jsou poruchy zaznamenávány dle předem definovaného spárořezu nebo dle staničení do formulářů nebo přímo do datových souborů – pomocí prostředků výpočetní techniky (notebook, případně PDA). Sofistikované programy ukládají výsledky postupných inventarizací tak, že usnadňují jejich komplexní využívání v systému hospodaření s vozovkou. Další možností, zejména u liniových staveb, je možnost pořízení videozáznamu s vysokým rozlišením, kdy zpracování dat o poruchách do datových struktur probíhá v kanceláři.

### Jádrové vývrty

Za účelem zjištění skutečné tloušťky konstrukčních vrstev vozovky a jejich stavu se provádějí jádrové vývrty. Často se vývrty provádějí i přes trhliny v krytu vozovky, aby se ověřila jejich závažnost, případně příčina vzniku.

Otvor po jádrovém vývrty před jeho vyplněním může sloužit ke zjištění únosnosti nestmelených podkladních vrstev a podloží pomocí dynamického penetrometru.

### VYUŽITÍ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

Formu výsledků a závěrů diagnostického průzkumu lze přizpůsobit požadavku objednatele (správce vozovky, investor, projektant, dodavatel), a to především podle účelu jejich využití (sledování stavu vozovek, plán údržby a oprav, návrh opravy-rekonstrukce, kolaudace stavby apod.). Nejčastější formy závěrů diagnostického průzkumu jsou:

- stanovení charakteristik jednotlivých konstrukčních vrstev, případně celé konstrukce vozovky;
- stanovení provozní způsobilosti a provozní výkonnosti vozovky;
- návrh technologického opatření – údržby, opravy či rekonstrukce části nebo celé konstrukce vozovky k zachování nebo zvýšení provozní způsobilosti, resp. výkonnosti vozovky.

V současné době se však výhody diagnostiky nedostatečně využívají z různých důvodů

- správci komunikací přednostně využívají financí k samotné údržbě
- projekční a dodavatelské firmy navrhnou opravy z pochopitelných důvodů „na stranu bezpečnou“, i když dražší, než je nezbytné
- investoři rovněž nechtějí riskovat možné problémy do budoucna.

Je-li diagnostika vozovky prováděna systematicky po určitou dobu a její výsledky jsou postupně aktualizovány a využity v programech PMS (Pavement Management System), pozvedne to hospodaření s vozovkou na kvalitativně vyšší úroveň. Následně se to projeví prokazatelně i v ekonomickém přínosu. Problematika hospodaření s vozovkami na základě výsledků diagnostických prací je ale tak závažná a komplexní, že by si vyžádala samostatný článek.

### ZÁVĚR

Kvalitně provedený diagnostický průzkum vozovek může objednateli přinést jednoznačný efekt, který se projeví buď okamžitě (jednoznačné podklady pro návrh stavebního díla a posouzení jeho kvality po dokončení), nebo až s odstupem času (např. zvýšením doby užívání správně udržované komunikace nebo optimálně navržené a provedené opravy vozovky).

Pokud se do procesu přípravy staveb (oprav, rekonstrukcí i novostaveb) standardně začlení vedle investora, projektanta a dodavatele také konzultační a diagnostické firmy, bude možné efektivněji využívat finančních prostředků určených na údržbu a opravy vozovek a optimalizovat rozvoj a zvyšování kvality silniční a letištní sítě.

Ing. Jiří Jareš, CSc.  
 ALB expert, spol. s r. o.  
 Podpěrova 2, 621 00 Brno  
 e-mail: jares@albexpert.cz

Ing. Luděk Malíš  
 PavEx Consulting, s. r. o.  
 Srbská 2741/53, 612 00 Brno  
 e-mail: lma@pavex.cz, www.pavex.cz

Ing. Lubomír Přileský, CSc.  
 Všeťičkova 13, 602 00 Brno  
 e-mail: l.prilesky@volny.cz