

RADAROGRAMY CESTNÝCH KONŠTRUKCIÍ

THE RADARGRAMS OF ROAD CONSTRUCTION

Vojtech Gajdoš¹, Sergej Izjumov², Martin Gajdoš³

Abstrakt

Cestné stavby sú konštrukcie pri ktorých sa predpokladá horizontálna homogenita jednotlivých konštrukčných vrstiev budovaných z rôznych materiálov a s rôznym stupňom zhutnenia. Na hodnotenie tejto homogenity a hlavne na zistenie príčiny porúch cestnej konštrukcie sa v ostatnom čase začína vo väčšej miere používať georadarové meranie. Tento príspevok ukazuje ako sa cestná konštrukcia a niektoré jej poruchy prejavujú vo výsledkoch georadarového merania.

Abstract

Road works are structures that are considered horizontal homogeneity of individual structural layers constructed by different materials and with different degrees of compaction. For the evaluation of the homogeneity and especially to determine the causes of malfunctions road construction has recently starts a greater use geo-radar measurement. This post shows how road construction and some of her disorder manifested in the results of GPR measurements.

Kľúčové slová

georadar, cestná konštrukcia, poruchy cestnej konštrukcie, radarogram

Keywords

georadar, road construction, road construction faults, radiogram

1 Úvod

Ako ukazujú výsledky aplikácie georadaru pri inšpekcii podkladových vrstiev vozoviek, použitie tejto metódy dáva možnosť podrobne posúdiť stav a pozdĺžnu i priečnu homogenitu jednotlivých konštrukčných vrstiev a v potrebnej miere doplniť výsledky analýzy vzoriek vývrtov. Okrem príkladov publikovaných v literatúre, IZJUMOV, S.V. a kol., (2008), STRYK, J., MATULA, R. (2011), je k dispozícii aj viacero vlastných príkladov, ktoré prezentujú výsledky takýchto meraní. Z týchto výsledkov je zrejmé, že získaný radarový obraz poskytuje pomerne podrobné informácie o stave, štruktúre a priebehu rozhrania jednotlivých podkladových vrstiev, GAJDOŠ, V. a kol., (2017). Informácia o podkladových vrstvách získaná z radarového merania je potom vhodne dopĺňovaná výsledkami ďalších

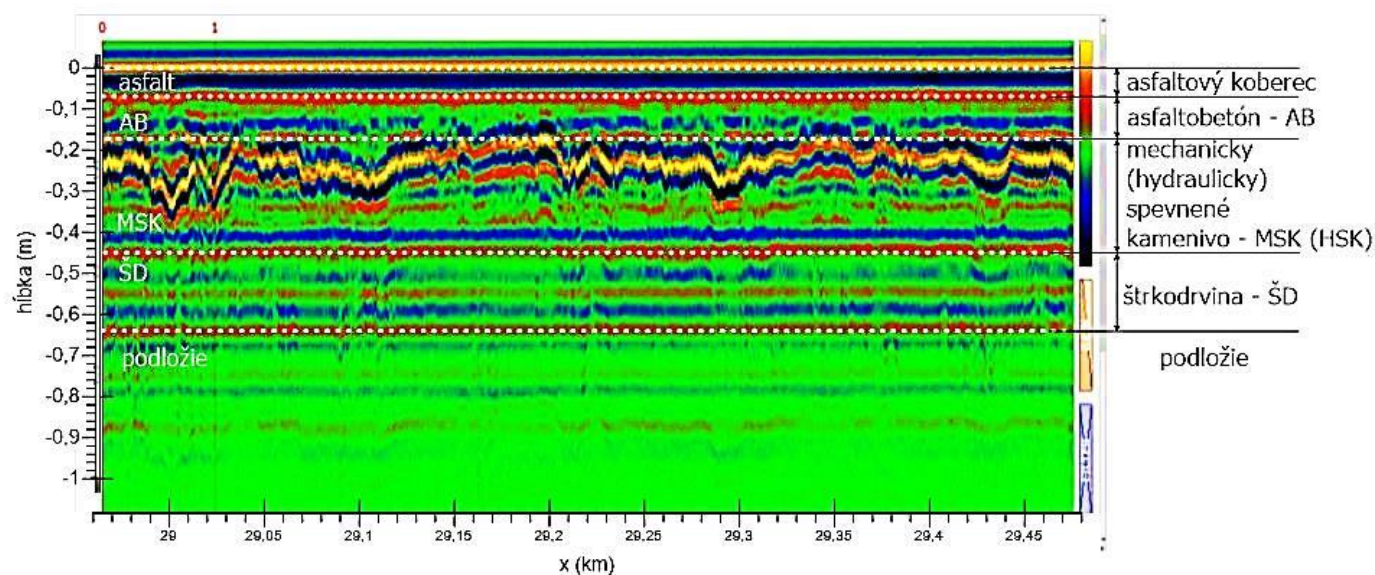
diagnostických metód. Výhodou georadarového merania je vysoká informačná hustota (prakticky spojitý obraz telesa vozovky na línii vedenej pozdĺž osi vozovky v celej jej hrúbke). V tomto príspevku chceme prezentovať niektoré výsledky georadarového merania a poukázať na jeho informačný prínos pri hodnotení podkladových vrstiev vozoviek.

2 Metodika

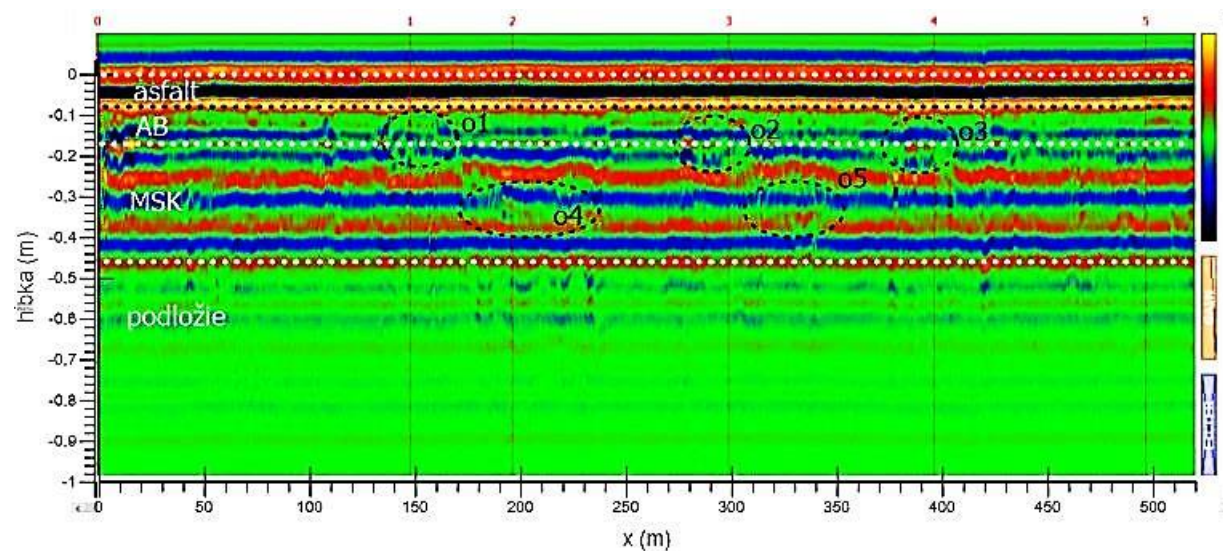
Konštrukcia georadaru musí okrem iného rešpektovať dve protichodné požiadavky. Na jednej strane je to hĺbkový dosah (ten nepriamo úmerne závisí na frekvencii vysielaťného EM-vlnenia: čím nižšia frekvencia, tým hlbší dosah) a na druhej strane je to rozlišovacia schopnosť (tá tiež závisí na frekvencii: čím je nižšia, tým je rozlišovacia schopnosť menšia). Uvedené požiadavky spôsobujú, že sa nedá vyrobiť jeden univerzálny radar s veľkým hĺbkovým dosahom a veľkou rozlišovacou schopnosťou, ale sa robia ako georadary s väčším hĺbkovým dosahom (do 15 m) na úkor menšej rozlišovacej schopnosti (do 50 cm - tieto používajú frekvencie okolo 150 MHz), tak georadary s menším hĺbkovým dosahom (do 2 m) ale s vysokým rozlíšením (niekoľko mm – tieto používajú frekvencie okolo 1 GHz). Samozrejme, robia sa aj georadary na stredných frekvenciách (300 – 800 MHz) na riešenie špecifických úloh. V našom príspevku uvádzame výsledky georadarového skenovania s NF a VF georadarom. NF merania (150 MHz) sa robili georadarom TR-GEO-01 (Geologorazvedka, Moskva, RF), ktorý bol na pešo ťahaný po profiloch meracej siete. Spracovanie dát a ich prezentácia sa robila programom RADAR, dodaného výrobcom radaru. VF merania (1 GHz) sa robili georadarom ZOND (Radar System Inc., Riga, Latvia), upevnenom na vozíku ťahanom za autom. Rýchlosť pohybu radaru sa pohybovala okolo 24 km/hod. Spracovanie dát a ich prezentácia sa robila programom PRISM2.5, dodaného výrobcom radaru. Georadarové merania boli zatiaľ v rámci riešených projektov realizované zhruba na 34 km na rôznych typoch vozoviek.

3 Výsledky merania

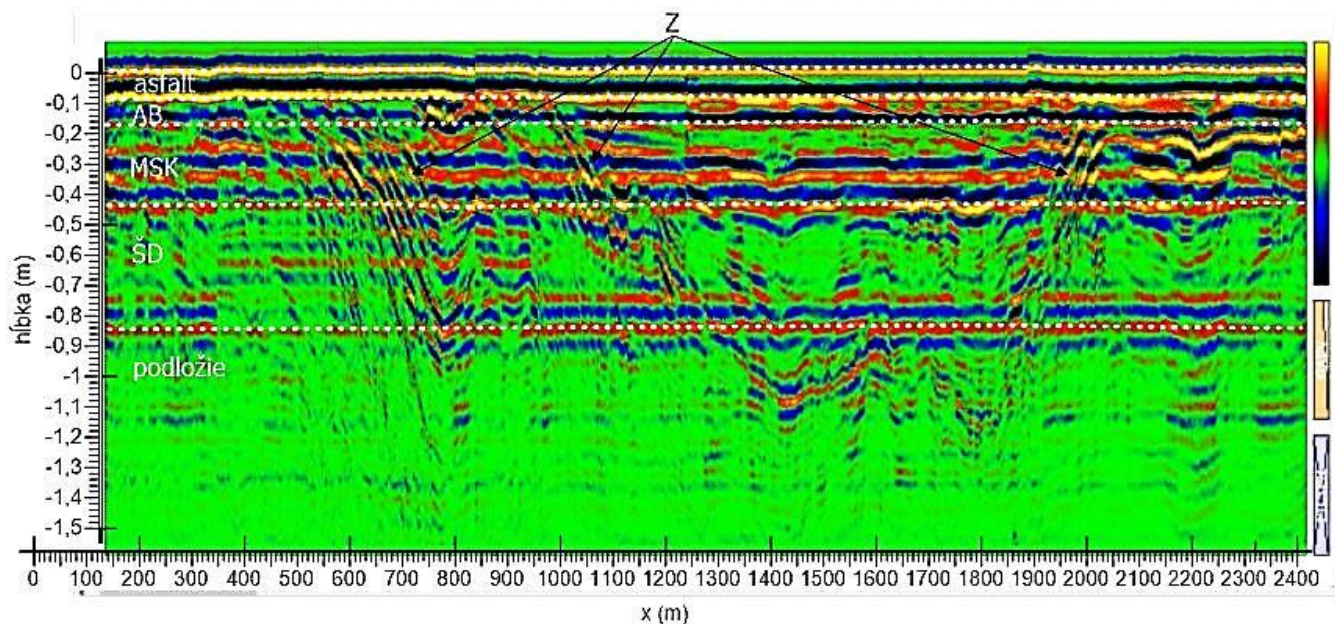
Z analýzy radargramov vyplýva, že radarový obraz konštrukčných vrstiev vozoviek vo všeobecnosti odpovedá technickej norme (určujúcej hrúbku vrstiev), podľa ktorých boli konštruované (obr.1): pri povrchu sa nachádza asfaltová vrstva, pod ňou býva vrstva asfaltobetónu, ďalej nasleduje vrstva mechanicky, alebo hydraulicky spevneného kameniva, potom vrstva štrkodrvy, niekedy s prímiesou hliny a v spodnej časti vystupuje prírodné, alebo umelé podložie (násyp). Takýto súbor konštrukčných vrstiev v radargrame získanom radarom s frekvenciou 1 GHz sa zobrazuje ako súbor odrazov od kvázi rovinných rozhraní, pričom polohu rozhrania reprezentuje kladná polvlna odrazeného signálu. Na obr.1 je možné identifikovať povrch asfaltovej vozovky, spodný okraj asfaltovej vrstvy v hĺbke 90 mm. Pod vrstvou asfaltu leží vrstva asfaltobetónu (AB), ktorej spodný okraj je v hĺbke 170 mm. Ďalej nasleduje vrstva mechanicky spevneného kameniva (MSK), ktorej spodný okraj leží v hĺbke 450 mm. Potom nasleduje vrstva štrkodrviny (ŠD), jej spodný okraj je v hĺbke 640 mm a pod ňou je nečlenené podložie cestnej konštrukcie. Pri prepočte časového rezu na hĺbkový sa uvažovala rovnaká rýchlosť radarovej vlny a permitivita $\varepsilon = 4$.



Obr.1 Typický radarogram z merania na ceste s vyznačením konštrukčných vrstiev (radar 1 GHz)



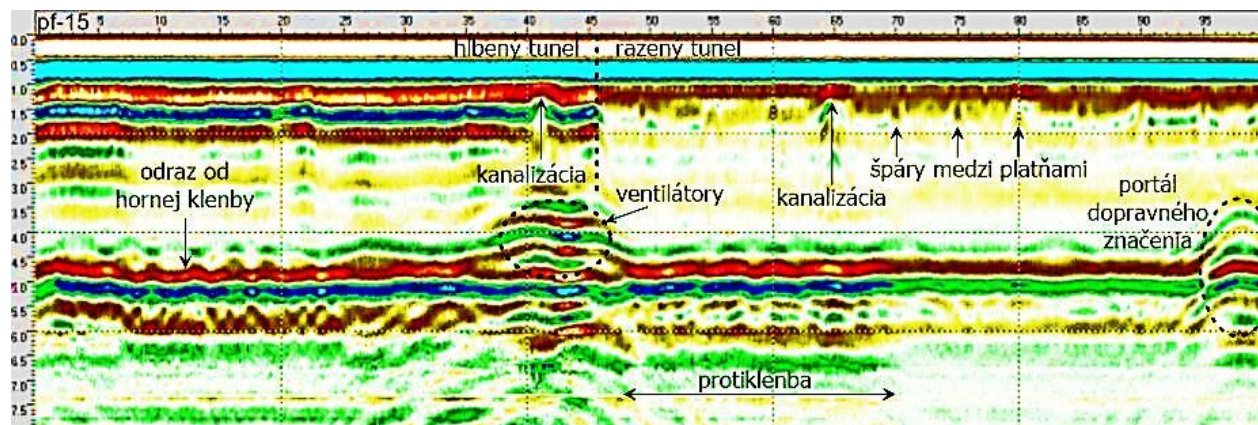
Obr.2 Prejav prítomnosti lokálnych miest zvýšenej vlhkosti na rozhraní vrstiev AB a MSK a vo vrstve MSK (označené ako 01 až 05) (radar 1 GHz)



Obr.3 Prejav deformácie konštrukčných vrstiev v dôsledku zosúvania svahu s cestou (Z – miesta šmykových plôch v konštrukcii cesty) (radar 1 GHz)

výmene materiálu konštrukčných vrstiev.

Charakter radarogramu uvedený na obr. 1 je zhruba podobný na všetkých cestách, na ktorých sme georadarové meranie v ostatných troch rokoch vykonali. Častým problémom údržby ciest je prítomnosť vody v konštrukcii cesty. Na obr. 2 je uvedený príklad georadarového merania na vybranom úseku cesty v mieste predpokladaného lokálneho výskytu vody v konštrukcii vozovky. V získanom radarograme boli polohy s prítomnosťou vody identifikované ako miesta straty signálu, resp. miesta s lokálnym výrazným zmenšením amplitúdy odrazeného signálu. Ako sa následným prieskumom údržby cesty zistilo (vývrty), vykazovali označené miesta zvýšenú prítomnosť vlhkosti.



Obr.4 Prejav prvkov konštrukcie cestného tunela v radarograme merania 150 MHz georadarom

Vo vrstve MSK sa v radarograme (obr.1) prejavuje prítomnosť dvoch rozhraní: výrazne sa prejavuje rozhranie (označujeme ho ako priemerná hĺbka, je 230 mm, má silne zvlnený priebeh, oscilácie hĺbky dosahujú miestami až k hornému okraju tejto vrstvy a výnimočne k jej dolnému okraju. Druhé, málo výrazné a prakticky rovinné rozhranie v tejto vrstve sa nachádza v hĺbke 350 mm. Jedná sa zrejme o vrstvy vznikajúce postupným parciálnym zhutňovaním vrstvy MSK vibračným valcom pri jej budovaní. Podobne vo vrstve ŠD sa prejavuje prítomnosť intra-rozhrania v hĺbke 550 mm, ktoré súvisí s parciálnym zhutňovaním materiálu vrstvy pri jej budovaní. Uvedené hĺbkové údaje boli získané od zhotoviteľa rekonštrukcie cesty na základe výkopov pri

K poruchám cestnej konštrukcie, hlavne vo flyšových regiónoch, dochádza v dôsledku zosúvania svahových hmôt. Na obr. 3 je uvedený príklad porúch v konštrukcii cesty. Naprieč líniou cesty vedúcej zhruba po vrstevnici svahu došlo k pohybu svahových hmôt, ktorý zasiahol aj do konštrukcie cesty. Zosúvanie v konštrukcii cesty spôsobilo jej porušenie, následné preniknutie podzemnej vody a vznik násobných rozhraní, ktoré vymedzujú polohu jednotlivých porúch v konštrukcii cesty.

Pri inšpekcii cestnej konštrukcie sú prípady, keď je potrebné vykonať kontrolu stavu cesty vedenej tunelom (Gajdoš a kol., 2015). Na obr. 4 je uvedený príklad radargramu z merania v tuneli v miestach, kde tunelová konštrukcia vybudovaná vo výkope prechádza do konštrukcie budovanej v razenej rúre. Ako vidieť z radargramu, táto zmena sa prejavuje aj v materiálovom zložení konštrukčných vrstiev bezprostredne pod vozovkou.

4 Záver

Aplikovaná geofyzika patrí k odborom, ktoré sa zaoberajú „špinavým“ prostredím, t.j. prostredím, ktoré je veľmi vzdialené ideálnemu (homogénne, izotropné, geometricky jednoduchý, presne definovaný anomálny objekt). Pre takéto ideálne prostredie spravidla postačuje matematické modelovanie na zobrazenie jeho fyzikálnych prejavov. V „špinavom“ prostredí, navyše ak je obrátená úloha nekorektná, matematické modelovanie na vytvorenie obrazu jeho fyzikálnych prejavov celkom nepostačuje a preto informačne porovnateľný význam má fyzikálne modelovanie a aj jeho výsledky pri praktickej aplikácii geofyzikálneho merania v reálnych horninových podmienkach.

Príkladom fyzikálneho experimentovania s georadarovou metódou na cestných konštrukciách sú výsledky, prezentované v tomto príspevku. Prezentované radargramy naznačujú, že viaceré konštrukčné prvky cesty sú dobre identifikovateľné v georadarovom obraze a možno ich posúdiť z hľadiska údržby cesty, pri jej inšpekcii a hodnotení príčin porúch.

References

- IZJUMOV, S.V., DRUČININ, S.V., VOZNESENSKIJ, A.S., *Teorija i metody georadiolokacii*. Gornaja kniga, Moskva, 2008, 196 s.
- GAJDOŠ, V., IZJUMOV, S.V., GAJDOŠ, M., Prejavy niektorých konštrukčných prvkov dopravnej stavby v georadarovom obraze. *Konferencia „55 rokov geotechniky na Slovensku“*, Bratislava, 2015, s. 101 – 107.
- GAJDOŠ, V., IZJUMOV, S.V., GAJDOŠ, M., Hodnotenie výsledkov georadarových meraní na ceste. *Konferencia „Nestmelené a hydraulicky stmelené vrstvy vozoviek“*, Podbanské, 2017, s. 81 – 83.
- STRYK, J., MATULA, R., Vícekanálový georadar jako nástroj pro monitorování povrchu pozemních komunikací a mostných konstrukcí. 2011, <http://gpr.cdvinfo.cz/>

Authors

¹ doc. RNDr. Vojtech Gajdoš, CSc. – IngGeoCom s.r.o, Slatinská 16, 821 07 Bratislava, tel. 0948 038 879, vojtechgajdos@gmail.com

² ing. Sergej Izjumov, CSc. - IngGeoCom s.r.o, Bajkalská 9, 831 04 Bratislava, trgeo@trgeo.ru

³ Mgr. Martin Gajdoš - IngGeoCom s.r.o, Slatinská 36, 821 07 Bratislava, martin.gajdos7901@gmail.com