Tento dokument je obsahově identický s oficiální tištěnou verzí. Byl vytvořen v systému TP online a v žádném případě nenahrazuje tištěnou verzi.

TP-233

MINISTERSTVO DOPRAVY
ODBOR POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ A ÚZEMNÍHO PLÁNU

TECHNICKÉ PODMÍNKY

GEORADAROVÁ METODA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Schváleno : MD-OPK A ÚP č.j. 458/2011-910-IPK/1
ze dne 27.6.2011 s účinností od 1.července 2011

Praha, červen 2011

Tento dokument je obsahově identický s oficiální tištěnou verzí. Byl vytvořen v systému TP online a v žádném případě nenahrazuje tištěnou verzi.

Obsah:

1. Úvod
2. Názvosloví
2.1 Použité zkratky
3. Georadarová metoda
3.1 Georadarová aparatura
3.1.1 Vybrané parametry anténních systémů
3.2 Princip georadarové metody
3.2.1 Určení rychlosti šíření elektromagnetického vlnění v prostředí
3.3 Metodika sběru dat
3.4 Zpracování georadarových dat
3.5 Výstupy georadarového měření
4. Využití georadarové metody v diagnostickém průzkumu pozemních komunikací
4.1 Měření na trhlinách krytu vozovek
4.2 Zjišťování stavu a tlouštěk konstrukčních vrstev
4.3 Zjišťování stavu aktivní zóny a stavu tělesa pozemních komunikací
4.4 Určování prostorové orientace vložek CB krytu
4.5 Dohledání nehomogenit – propustků
4.6 Diagnostika mostních objektů
4.7 Detekce vlhkosti v konstrukčních vrstvách
4.8 Využití georadarové metody při přejímacím řízení staveb
5. Požadavky na kvalifikaci zhotovitele
6. Použitá literatura

Tento dokument je obsahově identický s oficiální tištěnou verzí. Byl vytvořen v systému TP online a v žádném případě nenahrazuje tištěnou verzi.

1. Úvod

Účelem těchto technických podmínek je stanovení **obecných zásad použití** georadarové metody při diagnostickém a geotechnickém průzkumu pozemních komunikací**.**

Georadarová metoda patří mezi geofyzikální elektromagnetické metody, která je schopna v závislosti na řešené problematice vzorkovat prostředí (krok měření) od mm do desítek cm v hloubkovém intervalu od cm do cca 5ti m v běžných podmínkách a poskytovat „kontinuální" informace o zkoumaném prostředí. Proto je opodstatněné její použití i při průzkumech prováděných pro pozemní komunikace.

TP platí pro pozemní komunikace a plochy podobného konstrukčního charakteru v celém jejich rozsahu.

2. Názvosloví

Anténní systém – elektronické zařízení pomocí kterého se vysílají a přijímají elektromagnetické impulzy o dané centrální vysílací frekvenci.

Centrální vysílací frekvence – největší zastoupení frekvence ve vysílaném frekvenčním spektru, v georadarové metodě jsou používány anténní systémy s centrálními frekvencemi od 20 MHz do 4 GHz.

Relativní permitivita prostředí (r.p.) – bezrozměrná elektrická veličina charakterizující schopnost látky zesilovat elektrické pole, velikost permitivity prostředí má vliv na rychlost šíření a útlum elektromagnetické vlnění v daném prostředí. Jako relativní permitivita (dříve dielektrická konstanta) prostředí se označuje podíl permitivity daného materiálu a permitivity vakua, tedy:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

Její hodnota závisí na vlastnostech daného materiálu a jde tedy o materiálovou konstantu. Relativní permitivita prostředí je bezrozměrná veličina.

Krok měření – horizontální vzdálenost mezi dvěmi vyslanými pulzy, obvykle je elektronicky řízena optickými inkrementálními snímači ve spojení s otáčkami kola

Terénní georadarový záznam - primární výstup georadarové metody, jedná se o vlnový obraz v souřadném systému vzdálenosti a času registrace odražené části vlnění – časový řez.

Filtrovaný georadarový záznam – upravený terénní georadarový záznam pomocí filtračních algoritmů interpretačních softwarů. Cílem filtrace (frekvenční, spektrální, úprava zesílení, vyhlazení dat) terénních georadarových záznamů je zvětšení odstupu užitečného signálu od šumů.

Hloubkový řez – převedený terénní georadarový záznam v časové doméně na hloubkovou pomocí určení rychlosti šíření elektromagnetického vlnění viz kap. 3.2.1.

Rozlišovací schopnost - nejmenší možná vzdálenost mezi dvěma body v prostředí (rozhraní, nehomogenity, objekty), při níž jsou zobrazeny v georadarovém záznamu jako dvě od sebe odlišitelné struktury.

Tento dokument je obsahově identický s oficiální tištěnou verzí. Byl vytvořen v systému TP online a v žádném případě nenahrazuje tištěnou verzi.

2.1 Použité zkratky

r.p. - relativní permitivita prostředí

ε - permitivita daného materiálu

ε_0 - permitivita vakua

ε_r **-** relativní permitivita prostředí

c - rychlost světla ve vakuu

t - čas

h - hloubka

CMP - metoda společného reflexního bodu

3. Georadarová metoda

3.1 Georadarová aparatura

Georadarové aparatury se skládají ze tří hlavních bloků: řídícího počítače (převážně notebook), centrální jednoty a anténního systému. Notebook slouží k ovládání centrální jednotky a k zadání parametrů sběru dat pomocí k tomu určenému software a k jejich uložení, centrální jednotka vykonává vlastní sběr dat přes připojený anténní systém.

Georadarová aparatura může být dvou a více kanálová. To umožňuje měření s více anténními systémy najednou (měření ve více profilech nebo měření na jenom profilu s anténními systémy o různých frekvencích) a dále registrovat odražené impulsy od rozhraní nejen po normále (tj. vyslané impulsy a registrace jejich odražené části energie jedním anténním systémem) jedním, ale i vyslané druhým vzdáleným anténním systémem.

Součástí georadarové aparatury obvykle bývá distanční zařízení („survey wheel, odometr), které umožňuje definovat krok měření (viz.kap.2.1). V současnosti aparatury umožňují připojení systému určování polohy GPS se zánamem dat v zeměpisném souřadném systému (WGS 84, JTSK).

Anténní systémy se liší centrální vysílací frekvencí, která je obvykle od 20 MHz do cca 4,0 GHz. Podle řešené problematiky se volí daný anténní systém. Pro georadarové měření na pozemních komunikací se převážně používají anténní systemy s centrální vysílací frekvencí od 400 MHz do 2,0 GHz. Použitá frekvence definuje rozlišovací schopnost a hloubkový dosah systému. MHz výše.Anténní systémy lze dále rozdělit na kontaktní (ground-coupled) a bezkontaktní (air-coupled). V prvním případě se jedná o anténní systémy, které se přikládají co nejblíže na proměřovaný povrch prostředí, v druhém případě jsou tyto anténní systémy (jsou také označovány „Horn“) uzpůsobeny pro měření nad povrchem proměřovaného prostředí, obvykle ve výšce do 0.5 m, to umožňuje je zavěsit na auto a měření provádět při vyšších rychlostech.

Georadarové aparatury vyrábí řada výrobců z různých zemí světa – USA, Japonsko, Kandada, Rusko, Itálie, Švédsko. V České republice se převážně využívají aparatury výrobců:

Geophysical Survey Systems, Inc. (USA) – systémy řady SIR
Sensors and Software (Kanada) – systémy pulseEKKO
Mala Geoscience (Švédsko) – systémy Ramac.

Mezi další výrobce například patří: Penetradar Corporation (USA), Radar Team Sweden AB (Švédsko – výrobce především bezkontaktních anténních systémů), UTSI Elektronics (Velká Británie), Ignegneria dei Sistemi (Itálie), 3D-Radar (Švédsko).

3.1.1 Vybrané parametry anténních systémů

V následující tabulce č.1 jsou uvedeny vybrané parametry anténních systémů při daných centrálních vysílacích frekvencích, které předurčují použití daného anténního systému pro řešení konkrétní úlohy.

Tabulka č.1

centrální vysílací frekvence	r. p. = 1		r. p. = 5		r. p. = 9		r. p. = 15		r. p. = 81		maximální hloubkový dosah dle výrobce /reálný [m]
	vzduch		asfalt, skalní horniny		beton		zeminy		voda		
	vlnová délka [cm]	rozlišovací schopnost [cm]	vlnová délka [cm]	rozlišovací schopnost [cm]	vlnová délka [cm]	rozlišovací schopnost [cm]	vlnová délka [cm]	rozlišovací schopnost [cm]	vlnová délka [cm]	rozlišovací schopnost [cm]	
100 MHz	299,7	74,9	134,0	33,5	99,9	25,0	77,4	19,3	33,3	8,3	15,0/6,0
200 MHz	149,9	37,5	67,0	16,8	50,0	12,5	38,7	9,7	16,7	4,2	9,0/4,0
270 MHz	111,0	27,8	49,6	12,4	37,0	9,3	28,7	7,2	12,3	3,1	6,0/3,0
400 MHz	74,9	18,7	33,5	8,4	25,0	6,2	19,3	4,8	8,3	2,1	4,0/2,0
900 MHz	33,3	8,3	14,9	3,7	11,1	2,8	8,6	2,1	3,7	0,9	1,0/0,5
1,0 GHz	30,0	7,5	13,4	3,4	10,0	2,5	7,7	1,9	3,3	0,8	0,6
1,6 GHz	18,7	4,7	8,4	2,1	6,2	1,6	4,8	1,2	2,1	0,5	0,5/0,3
2,0 GHz	15,0	3,7	6,7	1,7	5,0	1,2	3,9	1,0	1,7	0,4	0,75/?
2,6 GHz	11,5	2,9	5,2	1,3	3,8	1,0	3,0	0,7	1,3	0,3	0,4/?
4,0 GHz	7,5	1,9	3,4	0,8	2,5	0,6	1,9	0,5	0,8	0,2	-

poznámky:
- uvedený maximální hloubkový dosah je dle výrobce GSSI, Inc. a reálný je při běžných fyzikálních podmínkách prozařovaného prostředí v ČR, je závislý především na elektrickém měrném odporu prostředí
- rozlišovací schopnost při dané frekvenci a relativní permitivitě prostředí je teoretická a byla vypočtena jako ¼ vlnové délky
- materiály uváděné u jednotlivých hodnot r.p. jsou uvedeny jako příklad
- tabulka č.1 byla sestavena podle materiálů firmy GSSI, Inc. a dle „ Design Manual for Roads and Bridges“ Ministerstva dopravy UK
- „?“ v posledním sloupci tabulky č.1 u anténních systémů 2,0 GHz a 2,6 GHz znamená, že v době vypracování těchto TP nebyly známy informace o jejich reálném hloubkovém dosahu v podmínkách ČR, který však nebude přesahovat maximální hloubkový dosah udávaný výrobcem

3.2 Princip georadarové metody

Princip georadarové metody spočívá v opakovaném vysílání vysokofrekvenčního elektromagnetického impulsu vysílací anténou do zkoumaného prostředí. V místech, kde je změna elektromagnetických vlastností prostředí, dochází k odrazu části energie vyslaného elektromagnetického impulsu a ta se registruje přijímací anténou. Primárním výstupem je časový řez, který se přepočítává na hloubkový řez podle zjednodušeného vztahu pro nemagnetická prostředí:

$$h = \frac{c.t}{2\sqrt{(\varepsilon_r)}}$$

kde:

c - rychlost světla ve vakuu ($2{,}997*10^8$ m/s)

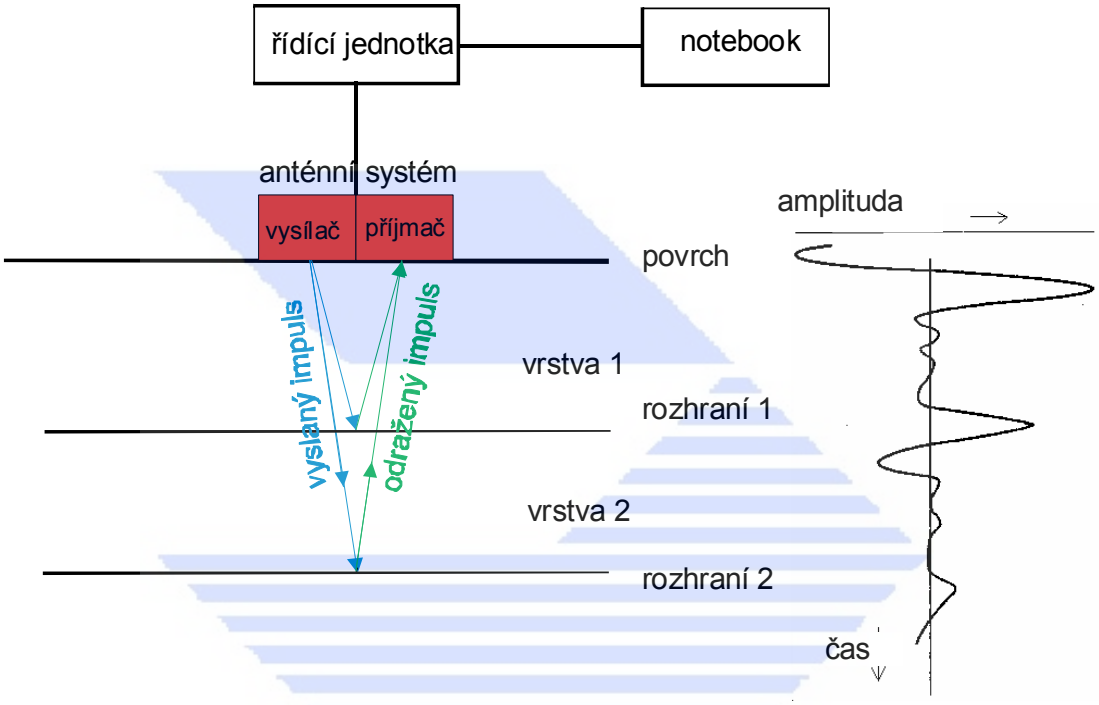
t - čas příchodu odražené části energie impulsu v ns

ε_r - relativní permitivita prostředí (dále jen r.p.)

Rychlost šíření elektromagnetického vlnění je nepřímo úměrná relativní permitivitě prostředí a je dána vztahem:

$$v = \frac{c}{\sqrt{(\varepsilon_r)}}$$

Obr. 1 Schéma principu georadarové metody



3.2.1 Určení rychlosti šíření elektromagnetického vlnění v prostředí

Rychlost šíření elektromagnetického vlnění v prostředí se dá určit:

a/ použitím tabelární hodnoty relativní permitivity prostředí, příklady její hodnoty pro vybrané materiály jsou uvedeny v tabulce 2 pro frekvence 100 MHz.

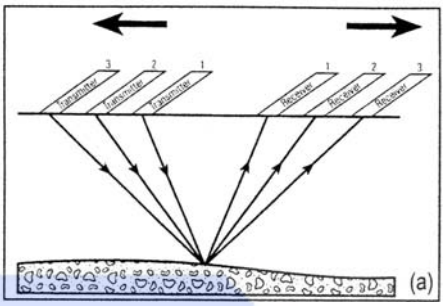
Tabulka 2

materiál	r.permitivita	rychlost [m/ns]
vzduch	1	0,30
glaciální led	3,6	0,16
PVC	3	0,17
asfalt	3 - 5	0,17-0,13
beton	4 - 11	0,15 - 0,09
granit	4 - 7	0,15 - 0,11
pískovec	6	0,12
břidlice	5 - 15	0,13 - 0,08
vápenec	4 - 8	0,15 - 0,11

basalt	8 - 9	0,11 - 0,9
nasycené písky 20%	19 - 24	0,07 - 0,06
zeminy	4 - 30	0,15 - 0,06
voda	81	0,03

zdroj: materiály firmy GSSI, Inc.

b/ metodou CMP – metoda společného reflexního bodu, kdy vzdalováním přijímače a vysílače z jednoho bodu dostaneme dostatečné množství časových odečtů příchodu odražené vlny k výpočtu relativní permitivity prostředí resp. rychlosti šíření elektromagnetického vlnění v prostředí.



Obr. 2 Metoda sběru CMP dat s postupně oddalovanými anténami

Analogií k této metodě je **metoda WARR,** která využívá širokoúhlé reflexe a refrakce. Jejím principem je pevně fixovaná anténa (zdroj) a přijímací anténa se pohybuje od vysílače. Variantou této metody je měření pomocí dvoukanálové aparatury s dvěmi anténními systémy, kdy se na jednom anténním systému registruje normálový odraz od rozhraní a současně se registruje odražený signál od stejného rozhraní ve druhém anténním systému, který je od prvého anténního systému v určité vzdálenosti. Výhodou je, že rychlost šíření elektromagnetického vlnění ve vrstvě lze zjišťovat „kontinuálně“ na měřeném profilu, nutné je však zde použití vícekanálové aparatury.

c/ kalibračním měřením – kdy se vypočte rychlost šíření elektromagnetického vlnění na základě skutečně zjištěných hloubek (tlouštěk) např. z vývrtu a času příchodu odraženého impulsu od jednoznačně identifikovaného rozhraní či objektu dle vývrtu.

d/ rychlostní analýzou naměřených dat – pomocí korelace vypočtených difrakční hyperbol o známých parametrech s projevy v radarovém záznamu.

3.3 Metodika sběru dat

Při měření georadarem se anténním systémem pohybuje po povrchu nebo nad povrchem (anténní systémy typu „Horn“). Podle povahy řešeného problému se volí typ anténního systému, krok měření, počet a umístění profilů (měření pro zpracování 3D) a rychlost měření.

3.4 Zpracování georadarových dat

Primární terénní data se dále zpracovávají v interpretačních softwarech, které dodávají výrobci georadarových aparatur. Tyto software se používají k filtraci primárních záznamů, kdy cílem zvoleného typu filtrace je zvýraznění zájmových jevů (např. bodové nehomogenity x souvislého odrazného rozhraní), k popisu záznamů a vnesených značek, k normalizaci záznamů vzhledem ke skutečně ujeté vzdálenosti, k provedení interpretace, ke grafické prezentaci georadarových záznamů a interpretace a k převodu interpretace do textových souborů.

3.5 Výstupy georadarového měření

Primárním výstupem georadarového měření je časový řez, který se přepočítává na hloubkový řez. Výsledná interpretace georadarových záznamu se zakresluje přímo do nich nebo se přikládá interpretovaný hloubkový řez se zakreslenými interpretovanými jevy. Interpretaci georadarových záznamů lze uložit do textových souborů, kterou lze pak dále prezentovat ve formě tabulek a v dalších grafických formátech.

4. Využití georadarové metody v diagnostickém průzkumu pozemních komunikací

4.1 Měření na trhlinách krytu vozovek

Účelem georadarového měření je určení průběhu a hloubky trhlin. Podle očekávané hloubky trhliny se volí anténní systémy, obvykle s centrální vysílací frekvencí 900 MHz a vyšší. Profily mají být orientovány kolmo na průběh trhliny. Je účelné měření provádět v systému rovnoběžných profilů s odstupem cca 0,5 m a zpracování provést ve 3D, prezentaci dat pak v půdorysných řezech v různých hloubkových úrovních. Krok měření je nutné zvolit v jednotkách mm.

4.2 Zjišťování stavu a tlouštěk konstrukčních vrstev

Pro zjištění tlouštěk konstrukčních vrstev se doporučuje měření provádět kombinací anténních systémů s různou centrální vysílací frekvencí, které se volí tak, abychom získali maximální rozlišovací schopnosti systému v celém profilu konstrukčních vrstev.

Jako příklad uvádíme použití anténních systémů pří měření v podélném směru na větším úseku komunikace, kdy se provádí měření pojezdem měřícího vozu při kombinace anténních systémů 1,0 GHz typu „Horn“ a 400 MHz. Touto kombinací můžeme získat informace až do hloubky cca 2 m. Anténní systém 1 GHZ typu „Horn“ s hloubkovým dosahem do cca v 0,7 m s vertikální rozlišovací schopností 5,0 cm v běžných podmínkách. Tento anténní systém je bezkontaktní a je zavěšen za vozidlem. Proto ve spojení s výkonnou aparaturou je možné při sondování po 0,1 m měřit rychlostí až cca 70 km/hod. Pro dosažení informací z větších hloubek je určen anténní systém 400 MHz, který má při nižším vertikálním rozlišení (12,5 cm) hloubkový dosah do 2 m. Při měření je žádoucí, aby byl co nejblíže k povrchu měřeného prostředí. Rychlost měření z vozidla je pak cca 10 km/hod. Výsledný interpretační hloubkový řez je pak složen z interpretace anténního systému 1 GHz do hloubky, která odpovídá času příchodu užitečné informace, a interpretace anténního systému 400 MHz od uvedené hloubkové úrovně do maximálního hloubkového dosahu tohoto anténního systému tj. do cca 2,0 m.

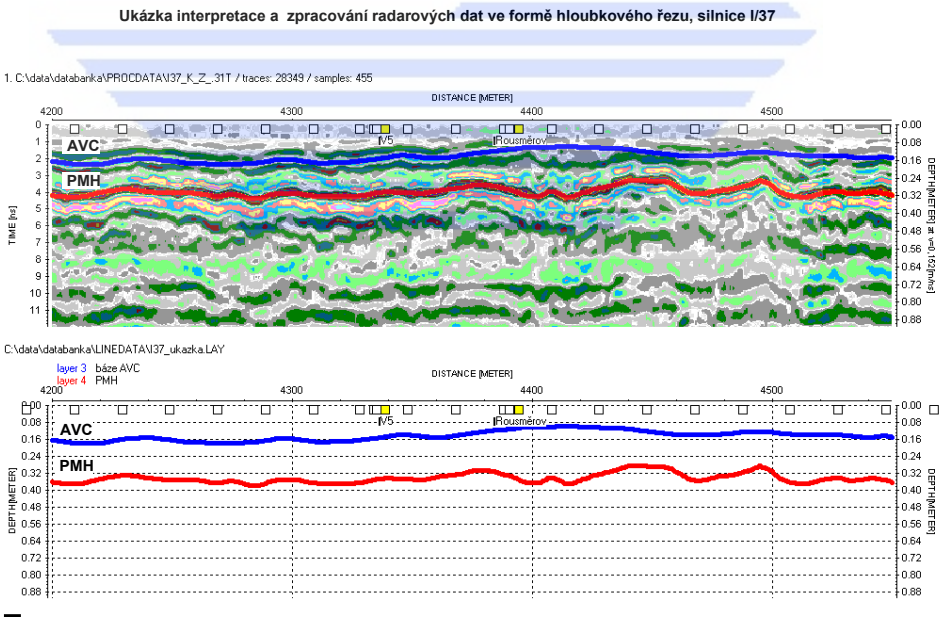
Měření je možné také provádět ručním tažením anténního systému nebo ze speciálního vozíku.

Výstupem měření je hloubkový řez, který se vyhotovuje v grafické či tabelární formě, s tloušťkami detekovaných konstrukčních vrstev a změn jejich kvality – anomální místa – a s nehomogenitami podloží. K posouzení, zda tyto změny kvality vrstev či podloží zjištěné georadarem, mají vliv na únosnost vozovky je třeba provést kontrolní ověření těchto míst jiným typem zkoušky, resp. lze navrhnout situování průzkumných vrtů do anomálních míst zjištěných georadarem.

Georadarovým měřením se určí tloušťky konstrukčních vrstev, typ vrstvy se pak určí z vývrtů, ze kterého se pak na základě skutečně zjištěných tlouštěk provede kalibrace georadarového časového řezu ve vícevrstevném modelu.

Optimální je provádět a vyhodnocovat měření v provozní kilometráži, je však také možné pracovat v Uzlovém lokalizačním systému nebo napojit georadarovou aparaturu na GPS. Na obr.4 je ukázka grafického zpracování.

Obr.3 Ukázka měřícího vozu pro měření tlouštěk konstrukčních vrstev vozovky s dvoukanálovou aparaturou, anténní systémy 400 MHz a 1 GHz typu „HORN“.



Obr.4 Ukázka grafického zpracování interpretace z anténního systému 1 GHz „Horn“.

Výstup interpretace georadarového měření lze uložit do textového souboru a pak je následně přizpůsobit požadavkům správců komunikací popř. Silniční databanky s využitím jejich číselníků, výpočtem homogenních sekcí a podobně. Ukázka takového zpracování je na obr.5. Doporučuje se

tabelární způsob zpracování radarových dat dokladovat georadarovým záznamem v grafické formě.

DAT_MER	ADMINJ	SILNICE	POC_UZE	KON_UZE	STAN_ZA(	STAN_KO	DELKA_SI	SMER_ME	MER_PRU	VRSTVA_1	TL_1	SMODCH_
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,0005	0,0215	0,0210	2	11	AVC	11	6
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,0215	0,0460	0,0245	2	11	AVC	12	3
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,0460	0,0560	0,0100	2	11	AVC	11	1
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,0560	0,0660	0,0100	2	11	AVC	11	3
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,0660	0,1045	0,0385	2	11	AVC	12	4
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,1045	0,1385	0,0340	2	11	AVC	10	7
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,1385	0,1785	0,0400	2	11	AVC	9	3
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,1785	0,2165	0,0380	2	11	AVC	8	7
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,2165	0,2265	0,0100	2	11	AVC	9	1
15.10.2002	CZ0615	37	2324A016	2413A019	0,2265	0,2820	0,0555	2	11	AVC	10	11

Obr.5 Ukázka tabelárního zpracování interpretace georadarového měření pro potřeby Silniční databanky

4.3 Zjišťování stavu aktivní zóny a stavu zemního tělesa pozemních komunikací

Pro zjišťování stavu aktivní zóny a stavu zemního tělesa je vhodné, vzhledem k požadovanému hloubkovému dosahu, používat anténní systémy s centrální vysílací frekvencí 400 MHz a nižší. Krok měření je třeba volit s ohledem na velikost nehomogenit, postačující je v jednotkách cm. Použití georadarové metody v tomto případě již souvisí s geotechnickým průzkumem pro pozemní komunikace, jehož zásady jsou uvedeny v TP 76.

4.4 Určování prostorové orientace kluzných trnů a kotev CB krytu

Georadarová metoda v komplexu s detektorem kovů se již od roku 1997 používá k určení polohy výztuže CB krytu s určením průměrné hloubky trnu, svislé a půdorysné šikmosti trnů a odchylky osy pásu kluzných trnů od řezané spáry v CB krytu a vychází z požadavků daných normou ČSN 73 6123-1. Při měření za účelem zjištění parametrů uložení výztuže CB krytu se používá anténní systém 1600 MHz. V případě, kdy vložky jsou uloženy hlouběji a v případě měření na nevyzrálém betonu lze použít anténní systémy nižší frekvence 900 MHz.

Měření se provádí na profilech souběžných s řezanou spárou (kolmo na výztuž) na obě strany od osy pásu kluzných trnů nebo středů kotev.

Výstupem měření je tabulka, kde je uvedeno staničení konců jednotlivých trnů, jejich detekovaná hloubka a vypočtená průměrná hloubka, svislá a podélná šikmost trnů a dále odchylka osy pásu kluzných trnů od řezané spáry.

Určení rychlostí šíření elektromagnetického vlnění je nejlépe provádět kalibračním měřením např. v místě pracovní spáry, kde lze na neodbourané části CB krytu změřit metrem skutečné krytí trnů, nebo zjistit skutečné krytí trnu pomocí vývrtu. Tento způsob je nejpřesnější a pak lze očekávat přesnost určení hloubek trnů do 1,0 cm. Další způsob je pomocí rychlostní analýzy dat viz kap.3.2.1 písmeno d.

Přesnost v určení staničení trnů je ± 1,0 cm. Pro dosažení této přesnosti je třeba, aby krok měření byl 2 mm.

4.5 Dohledání nehomogenit – propustků

Pro dohledání nehomogenit pod konstrukčními vrstvami komunikace jako jsou propustky,

inženýrské sítě a jiné objekty, je vhodné volit profilová měření kolmo na jejich průběh. Krok měření je se doporučuje volit v jednotkách centimetrů a použít anténní systémy s nižší centrální vysílací frekvencí tj. od 400 MHz níže. Počet profilů by měl být nejméně dva, aby byl potvrzen lineární průběh georadarové detekce.

4.6 Diagnostika mostních objektů

Pro diagnostiku mostovky a vozovky mostních objektů je vhodné provádět měření v systému rovnoběžných profilů s odstupem cca 0,5 m a s krokem měření ve směru profilu 1 cm. Zpracování, pak provádět v horizontálních řezech v různých hloubkových úrovních a s analýzou amplitudových změn odraženého signálu. Výstupem georadarového měření jsou tloušťky vozovky, nehomogenní místa související s vlhkostí, jiné skryté porušení vozovky, změny na kontaktu vozovky a mostovky a lokalizace výztuže. Vhodné centrální vysílací frekvence jsou 900 MHz a vyšší.

4.7 Detekce vlhkosti v konstrukčních vrstvách

Pro detekci vlhkosti v konstrukčních vrstvách platí zásady uvedené v kap. 4.2. Volí se anténní systémy s vyšší vysílací centrální frekvencí a zároveň s hloubkovým dosahem do dané konstrukční vrstvy, kde se předpokládá zvodnění. Připadají tak v úvahu anténní systémy s centrální vysílací frekvencí 400 MHz a vyšší. Zpracování je vhodné zaměřit na zvýraznění lokálních změn a analyzovat amplitudy odraženého signálu, jejíž změny mohou být ve vazbě na změnu vlhkosti konstrukčních vrstev.

4.8 Využití georadarové metody při přejímacím řízení staveb

Georadarové měření lze využít i v rámci přejímacího řízení. Předložením georadarového měření u přejímacího řízení nesmí být nahrazovány jiné kontrolní měření a zkoušky vyplývající z TKP 1 čl. 1.7.2 Převzetí Prací, pokud toto nebylo předem písemně dohodnuto s objednatelem. Při předání stavby se pořídí georadarový záznam s cílem zdokumentovat tloušťky a stav konstrukčních vrstev. Tento záznam se nemusí okamžitě vyhodnotit. Jedna kopie se uloží u objednatele, druhou kopii obdrží zhotovitel stavby a třetí kopie zůstane u zhotovitele georadarového měření. Po dobu záruky budou data k dispozici pro kvantitativní vyhodnocení konstrukce komunikace, která se provede v případě vzniklých závad a lze ji doplnit opakovaným měřením za účelem zjištění změn v konstrukci komunikace v čase. Pro porovnání opakovaného a původního radarového měření je důležité, aby měření a zpracování bylo provedeno stejnou metodikou a zejména s jednoznačnou lokalizací dat.

5. Požadavky na kvalifikaci zhotovitele

Zhotovitel diagnostického a geotechnického průzkumu pozemních komunikací pomocí georadarové metody musí být držitelem „Oprávnění k provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací“, které vydává Ministerstvo dopravy a musí prokázat způsobilost ve smyslu části II/2 MP SJ-PK.

6. Použitá literatura:

ČSN 73 6123-1 „ Stavba vozovek – Cementobetonové kryty – část 1: Provádění a kontrola shody“ z května 2006.

Rozborová úloha „ Využitie georadaru pre účely systému hospodárenia s vozovkami“, Žilinská universita v Žilině, stavební fakulta, Katedra cestného staviteĺstva, Žilina Júl 2010

Gregorová H.: Využití georadaru v základním geologickém průzkumu, Masarykova universita, přírodovědecká fakulta, Ústav geologických věd, Brno datum neuvedeno

Tento dokument je obsahově identický s oficiální tištěnou verzí. Byl vytvořen v systému TP online a v žádném případě nenahrazuje tištěnou verzi.

Karous M.,: Geoelektrické metody průzkumu, SNTL/ALFA, Praha 1989

Mareš S. a kol.: Úvod do užité geofyziky, SNTL, Praha1990

Jiroušek O., Štěpánek P., Tesař M.: Numerické modelování hodnot elektrické permitivity štěrkového lože a možnosti využití výsledků pro správu železničních tratí, Vědeckotechnický sborník ČD č. 27/2009, Praha duben 2009

Bárta J., ČD, a.s - TÚDC: Pokyny pro použití nedestruktivních geofyzikálních metod v diagnostice a průzkumu tělesa železničního spodku, České Dráhy, a.s., Olomouc 2006

ASTM D64-32-99 (2005) Standard Guide for Using the Surface Grounhd Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation, USA 2005

Design Manual for Roads and Bridges, Volume 7 Pavement Design & Maintenance , Section 3 Pavement Design and Construktion, Part 2 HD 29/08 Data for Pavement Assessment, Department for Transport, 2008

Design Manual for Roads and Bridges, Volume 3 Highway Structures Inspection and Maintenance, Section 1 Inspection, Part 7 BA 86/06 Advice Notes on the Non-Destructive Testing of Highway Structures, Depattment of Transport,2006

TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek, 2010-11-14

TP 62 Katalog poruch vozovek s cementobetonovým krytem, 1995

TP 76 Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace, 2009

MP SJ-PK – Metodický pokyn Systém jakosti v oboru pozemních komunikací (SJ-PK) č.j. 20840/01-120 z 10.4.2001 ve znění změn č.j. 30678/01-123 ze dne 20.12.2001, č.j. 47/2003-120-RS/1 ze dne 31.1.2003, č.j. 174/05-120-RS/1 ze dne 1.4.2005 a č.j. 678/2008-910-IPK/2 a změny č.j.980/2010- 910-IPK/1 ze dne 9.11.2010 (www.pjpk.cz.)

Manuály firmy Geophysical Survey Systems, Inc.:
SIR System -20, August 2009
RADAN Version 6.6, August 2009
Handbook for GPR Inspection of Road Structures, August 2009

Tento dokument je obsahově identický s oficiální tištěnou verzí. Byl vytvořen v systému TP online a v žádném případě nenahrazuje tištěnou verzi.

TECHNICKÉ PODMÍNKY

GEORADAROVÁ metoda konstrukcí pozemních komunikací

Vydalo : Ministerstvo dopravy
Odbor pozemních komunikací a územního plánu

Zpracoval : PRAGOPROJEKT, a.s.

Zpracovatel TP: RNDr. Jiří Nedvěd
ARCADIS Geotechnika a.s.

Technická redakční rada: Ing. J.Sláma, CSc., RNDr. V.Köllner (ŘSD-GŘ)
Ing. J.Havelka (TPA-ČR), Ing. J.Vodička (ASPK)
Mgr. V.Mráz (MD-OSI), Ing. J. Stryk, Ph.D. (CDV),
Ing.O.Hasík (Metroprojekt), Ing. K.Nechmač (PGP)

Distributor: ARCADIS Geotechnika, a.s.
Geologická 4, 152 00 Praha 5