

# ANALÝZY BETONŮ PROVOZOVANÝCH CEMENTOBETONOVÝCH KRYTŮ VOZOVEK PROVÁDĚNÉ NA VÝVRTECH - MOŽNOSTI A NOVÉ TRENDY ■ ANALYSES OF CORES FROM CONCRETE ROAD PAVEMENTS IN OPERATION – OPTIONS AND NEW TRENDS

Josef Stryk, Miroslava Gregerová,  
Aleš Frýbort, Jana Štulířová,  
Jiří Grošek

Príspevok podáva prehľad rôznych alternatív posouzení míry napadení betonu cementobetonových krytů (CBK) vozovek rozpínávkami reakcemi. Příklady výsledků těchto analýz, realizovaných v Centru dopravního výzkumu, v. v. i., zahrnují vizuální makroskopické a mikroskopické posouzení vývrťů. Na základě mikroskopických a chemických analýz je provedena petrografická klasifikace použitého kameniva. Současně lze, aplikováním EDX mikrochemických analýz, metodami bodové nebo orientační plošné analýzy, odlišit např. CSH gely od novotvořených rozpínávkových fází. Pomocí liniových skenů a map prvkových distribucí je možné identifikovat rozsah a mezifázová rozhraní. Vizualizace pomocí SEM fotodokumentace dovoluje navíc zjistit pórovitost CBK, určit stupeň a typ jejich mineralizace, stanovit rozsah a typ mikrotrhlin ve zvoleném okrsku apod. ■ The paper provides an overview of different alternatives to assess the degree of presence of expansive reactions in concrete of road pavements. Examples of results of the analyses, which were performed in CDV - Transport Research Centre, (Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.), include visual macroscopic and microscopic evaluation of concrete samples. Based on microscopic and chemical analyses, petrographic classification of the used aggregates was performed. In addition, applying EDX microchemical analyses (Energy-dispersive X-ray spectroscopy), point-based or area-based methods, can help to distinguish CSH gels from newly formed expansive phases. With the use of line scans and point distribution maps, it is possible to identify their range and inter-phase interfaces. Furthermore, the visualization with the use of SEM (Scanning Electron Microscope) images allows us to determine concrete pavement porosity, degree and type of mineralization of pores, determine degree and type of microcracks in a selected region, etc.

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., provádělo v roce 2017 hodnocení vývrťů, odebraných z cementobetonových krytů (CBK) vozovek, v rámci projektu Státního fondu dopravní infrastruktury č. 5006210260 s názvem: Posouzení rizika vzniku a rozvoje rozpínávkových reakcí na nově budovaných a stávajících CB krytech z hlediska petrografie. Souběž-

ně s normovými zkouškami (stanovení tloušťky vrstev, pevnosti betonu v tlaku a tahu, odolnosti proti působení vody a chemickým rozmrazovacím látkám) se na vývrtech realizovaly a osvědčily i metody petrografické (optická a elektronová mikroskopie a chemická mikroanalýza). Aplikaci těchto metod si v posledních letech vyžadují studie orientované na zjištění stavu betonu z hlediska určení výskytu a typu rozpínávkových reakcí na provozovaných úsecích dálnic s CBK. Termín „rozpínávková reakce“ je nejčastěji používán v souvislosti s alkalickými reakcemi kameniva (AAR), které se rozlišují na alkalicko-křemičitou reakci (ASR) a alkalicko-karbonátovou reakci (ACR). Dalším typem jsou sekundární síranové reakce (SSR) [1], které mohou probíhat vlivem externích reagentů (obsah  $\text{SO}_3$  v ovzduší) a jsou označovány zkratkou EEF (externí ettringitová formace), nebo vlivem interních reagentů (přítomnost sulfidů železa v kamenivu) a jsou označovány IEF (interní ettringitová formace). Krom toho bývá ve stejném smyslu v cizojazyčné literatuře používána zkratka ETF [2], [3]. Na expanzi a trhání betonu se mohou podílet i sírany uvolňující se z CSH (kalcium silikát hydrát, cementový tmel), tzv. DEF (delayed ettringite formation) [4]. Tyto sírany mohou reagovat s vodou a ze vzniklého monosulfátu vzniká ettringit [5].

Petrografické metody, zejména klasifikace kameniva (podle frakce a typu hornin), představují nepostradatelný zdroj informací při identifikaci rizikového (nebo potenciálně nebezpečného) kameniva, především v případě dvou hlavních rozpínávkových reakcí, tj. AAR a SSR. Metody

elektronové mikroskopie lze využít pro kvantifikace vzdušných pórů, výskytu trhlin (vyjádřených % nebo např. formou indexů), hodnocení obsahu vzduchu v betonu (např. spacing factor), indikaci typu a rozsahu rozpínávkových reakcí orientačně (aplikací chemických reagentů vizuálně zvýrazňujících postižené partie betonu), nebo detailně kombinací mikroskopických a mikrochemických analýz (SEM-EDX a petrografický polarizační mikroskop).

I přesto, že jde o metody destruktivní, představují nezastupitelné zdroje informací potřebné pro zhodnocení aktuálního stavu betonů různého stáří. Pozice vývrťů se volí individuálně a cíleně podle poruch viditelných na povrchu vozovky [6].

## INDEXY POPISUJÍCÍ DEGRADACI

Prvotní a výchozí informaci o aktuálním stavu betonu poskytuje detailní makroskopické posouzení povrchu vývrťů. Pro komparaci výsledků se používají dohodnuté indexy, např. Cracking index (CI) a Damage rating index (DRI).

## Cracking index

CI udává celkovou šířku trhlin, které protínají sledované linie vedené v různých směrech a pokrývají vymezenou plochu. Jednotkou CI je mm/m [7]. CI dovoluje

1 Rozvinutá plocha povrchu vrtného jádra; trhlinka šířky 1 mm se šíří pouze z povrchu do hloubky maximálně 45 mm, index CI pro svisle orientované trhlinky v horní části vývrťů je 3,2 mm/m ■

1 Flat of the drill core surface; crack width 1 mm spreads just from the surface to max. depth 45 mm, index CI for vertical cracks in upper part of core = 3.2 mm/m

