

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-17-0204**

Zvyšovanie trvanlivosti a konštrukčnej spoľahlivosti nových a existujúcich betónových mostov

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Ivan Janotka, DrSc.**

Príjemca **Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., Studená 3, 821 04 Bratislava
Spoluriešiteľská organizácia: Stavebná fakulta STU, Katedra betónových konštrukcií a mostov, Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Na riešení projektu APVV-17-0204 nespupracovalo žiadne zahraničné pracovisko.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Projekt nedisponuje žiadnym podaným ani udeleným patentom, vynálezom a úžitkovým vzorom.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Húlek, L-, Bačuvčík, M., Janotka, I., Gašpárek, J., Paulík, P.: Janotka, I.: Effective protection of concrete against carbonation by a protective render coat", prijaté do tlače ako Špeciálna publikácia ACI/accepted for publication as ACI Special publication na/at 15th RILEM/ACI International Conference on Recent Advances in Concrete Technology and Sustainability Issues", Milan, Italy June 8 - 10, 2022.

Janotka, I., Bačuvčík, M., Paulík, P., Húlek L.: Carbonation of 100-year bridges as a guide to preventing modern concrete. Proceedings of the 7th ACI/RILEM International Conference on Cementitious Materials and Alternative Binders for Sustainable Concrete, Special Publication SP-349-18, June 7 -10, 2021, Toulouse, France, pp. 256-273.

Janotka, I., Bačuvčík, M., Húlek, L a Paulík, P.: The Cause of 100-year Low Carbonated Concrete of the Bridge, Adnaced Materials Letters, Vol. 11, 2020, No. 2. IAAM-VBRI Press 20021470, pp. 1-8.

Pozvaná prednáška k udeleniu IAAM Scientist Award (diplom) v rámci Advanced Materials Lecture Series 2020 od International Association of Advanced Materials (skratka IAAM), Švédsko s názvom: Dependence between zero depth of carbonation of the base concrete and permeability of protective render coat detected by diagnostics of 100-year-old bridges.

Uplatnenie výsledkov projektu

Na základe poznatkov získaných zo 100- a viac ročných betónových mostov s parciálne zachovanou krycou vrstvou omietky na povrchu betónu o hrúbke 2-4 mm, pod ktorou sa

nachádzala minimálna alebo až žiadna hĺbka karbonatizovaného betónu, sme vyvinuli vlastným metodickým a experimentálnym postupom relevantnú protikarbonatizačnú bariéru za použitia moderných, dnes dostupných materiálov. Zložitosť výskumnej úlohy spočíva v tom, že sme nepoznali exaktné zloženie dávných omietok, ktoré sa podľa 100-ročnej dostupnej literatúry používali v tom čase na estetické zakrytie povrchu betónu, pričom vtedy vyrobené cementy sa v porovnaní s dnešnými (s vysokým nárastom pevností a vyšším merným povrchom) sa svojimi parametrami nemôžu porovnať. Dnešné cementy sa preto vyznačujú vyššou tendenciou k tvorbe trhlín vo vrstve omietky 2 - 4 mm ako vtedajšie. S týmto technologickým aspektom sme sa vyrovnali. Na overenie modernej ochrannej krycej omietky z dnešných materiálov sme použili urýchlenú karbonatizačnú skúšku v komore pri 20 % obj. CO₂. Novovyvinuté krycie omietky sa vyznačujú vysokou nepriepustnosťou pre prenikajúci CO₂, vysokou príľnavosťou k podkladovému betónu a vysokou odolnosťou proti vzniku trhlín v tenkej vrstve protikarbonatizačnej bariéry. Tieto tri rozhodujúce technicky významné vlastnosti sme overili na vzorkách plošne väčšieho rozsahu a to v laboratóriu na paneli s rozmermi 4 x 4 m a na starom moste v Zlatých Moravciach. Na tomto objekte sme zrealizovali ukážkovú aplikáciu novovyvinutej krycej omietky, ktorej stav sledujeme s konštatovaním - bez závad.

Novovyvinuté krycie omietky ako protikarbonatizačné bariéry možno použiť na sanáciu povrchu starých mostov s cieľom predĺžiť ich životnosť a tým spomaliť až zastaviť degradačný proces karbonatizácie betónu efektom podobným ako pri zatepľovaní panelových domov. Pri zatepľovaní sa dosahuje nielen zateplenie betónových konštrukcií úsporou úniku tepla, ale z materiálového hľadiska aj konzervovanie stavu už karbonatizačne degradovaného betónu. Tento pre verejnosť menej známy efekt sa dosahuje tak, že povrch betónu sa zakryje vonkajším izolačným systémom. Nami výskumne overený spôsob ochrany mostového betónu 2 - 4 mm tenkou vrstvou krycej omietky predstavuje zaujímavú technológiu pre použitie nielen na starých mostoch, ale aj iných starších objektoch a dokonca aj na moderných konštrukciách všade tam, kde je možné manuálne nahadzovanie novovyvinutej krycej omietky.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Hlavný výsledok riešenia projektu je vyvinutá ochranná krycia omietka z dnešných materiálov, ktorá slúži ako protikarbonatizačná bariéra s podobnou účinnosťou na eliminovanie chemickej degradácie mostového betónu karbonatizáciou (zmenou hydratačných produktov cementu so spojivovým potenciálom na neväzný vápenec) aká sa zistila na 100- a viac ročných betónových mostoch. Novovyvinutá omietka sa vyznačuje tromi základnými atribútmi: 1) vysoká nepriepustnosť pre CO₂, 2) vysoká príľnavosť k betónovému podkladu a 3) vysoká odolnosť proti tvorbe trhlín vo vrstve 2 - 4 mm. Projekt vyriešil zloženie krycej omietky (viacero variant) a formuloval metodický postup overovania jej technicky významných vlastností počnúc od optimálnej spracovateľnosti v čerstvom stave až po vyššie spomenuté technicky významné vlastnosti s rozhodujúcim významom pre zabránenie karbonatizácie betónu. V tejto súvislosti treba zdôrazniť, že karbonatizácia predstavuje v celosvetovom meradle najrozšírenejší spôsob chemickej degradácie betónu, ktorý vyžaduje obrovské finančné náklady na sanáciu poškodených konštrukcií. Úžitkové vlastnosti krycej omietky sme zdokumentovali aj metódami základného výskumu (RTG, TG-DTA, Hg-porozimetria, optická a elektrónová mikroskopia). Počas riešenia projektu sme naše výsledky prezentovali na významných svetových, ale aj domácich konferenciách a v časopisoch. Ukážková realizácia novovyvinutej omietky na starom moste v Zlatých Moravciach preukázala spôsobilosť tejto technológie uplatniť sa v praxi a to nielen na mostových objektoch.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The main result of the project is a developed protective render coat from today's materials, which serves as an anti-carbonation barrier with similar effectiveness to eliminate chemical degradation of bridge concrete by carbonation (changing cement hydration products with binder potential to non-bonded limestone) as found on 100- and more-year-old concrete bridges. The newly developed protective render coat is characterized by three basic attributes: 1) high impermeability to CO₂, 2) high adhesion to the concrete base and 3) high

resistance to the crack propagation in the layer 2 - 4 mm. The project solved the composition of the covering render coat (several variants) and formulated a methodical procedure for verifying its technically significant properties, ranging from optimal workability in the fresh state to the above-mentioned technically significant properties with crucial importance for preventing carbonation of concrete. In this context, it should be emphasized that carbonation is the most widespread way of chemical degradation of concrete worldwide, which requires huge financial costs for the remediation of damaged structures. We also documented the useful properties of the covering render coat by methods (XRD, TG-DTA, mercury intrusion porosimetry, optical and scanning electron microscopy). During the project solution, we presented our results at important world but also at domestic conferences and in journals. The demonstration implementation of the newly developed covering render coat on the old bridge in Zlaté Moravce proved the ability of this technology to be applied in practice, and not only on bridge structures.