

Název:

## **Zařízení pro monitoring deformací a teplot cementobetonových krytů vozovek**

Lokalizace:

dálnice D1, stavba 137: Lipník nad Bečvou – Přerov, km 87,170, směr Brno

Datum instalace:

9. 8. 2018

Provedl: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky

Skanska a.s.

Stručný popis:

Monitorovací zařízení pro měření deformací a teplot cementobetonového krytu (dále jen CBK) bylo instalováno v rámci výstavby vozovky, kde byla použita nová receptura betonu s příměsí strusky.

Zařízení bylo instalováno v rámci projektu ŘSD ČR: Ověření nové receptury betonu pro CBK (ISPROFIN č. 5001150001), jehož hlavním řešitelem je firma Skanska a.s. Zařízení je podrobně popsáno v užitém vzoru [1].

### **1. Důvod provádění měření**

Na dálnici byl vybudován zkušební úsek vozovky délky 7 km, kde byla poprvé v ČR do betonu CBK použita příměs vysokopecní strusky, zajišťující zpomalení hydratace, poskytující vyšší odolnost betonů proti vzniku raných mikrotrhlin a snižující maximální teploty betonu během jeho tvrdnutí.

Navržené zařízení bylo instalováno v průběhu pokládky cementobetonového krytu a zajišťuje monitoring chování CBK v čase. Cílem toho měření je zjistit krátkodobé i dlouhodobé chování jedné desky CBK včetně smrštění a dotvarování betonu a účinku působení okolních teplot a vlhkosti.

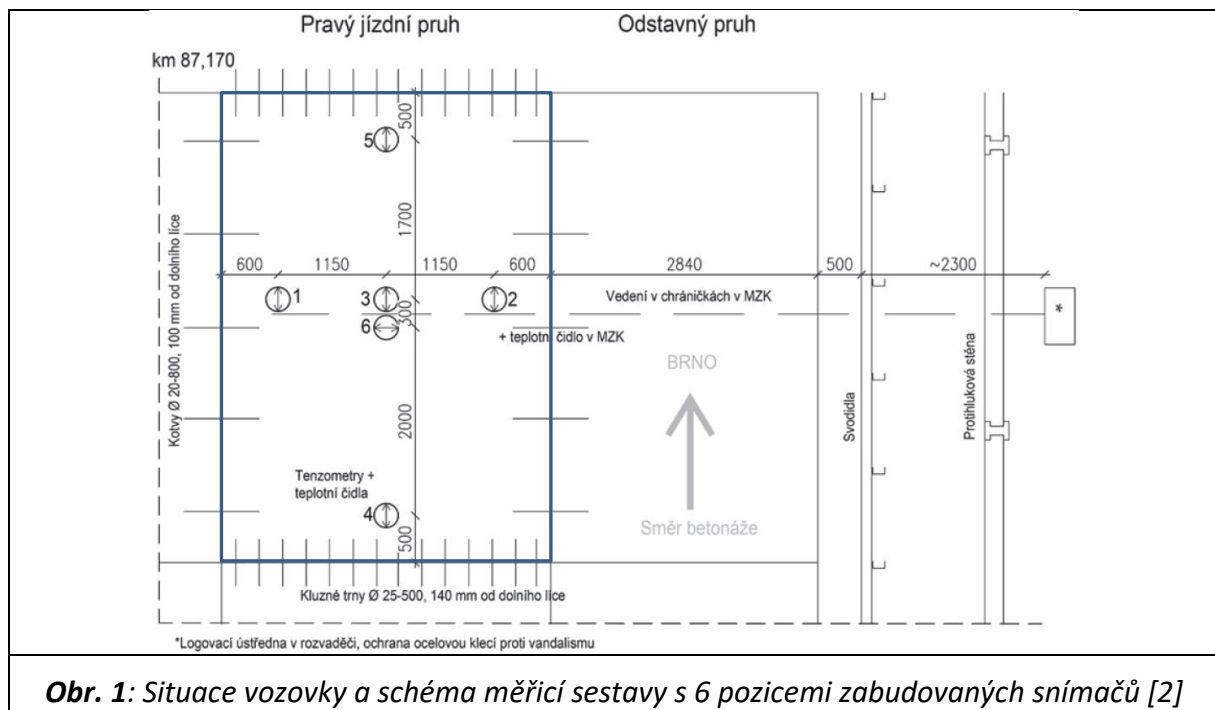
Naměřená data se porovnávají s výsledky vypočtenými pomocí navrženého modelu vedení tepla a sdruženého termo-mechanického modelu.

## 2. Sledovaná část konstrukce/měřené parametry

Pro výrobu betonu CBK byl použit portlandský cementem CEM I 42,5R sc Mokrá, přičemž 25 % dávky cementu bylo nahrazeno vysokopecní struskou SMŠ 400 Štramberk.

CBK je dvouvrstvový se spodní vrstvou tl. 250 mm a horní vrstvou tl. 50 mm, které se pokládaly samostatně za sebou, pomocí finišeru, na vrstvu mechanicky zpevněného kameniva (MZK). Příčné smršťovací spáry CBK jsou vyztuženy kluznými trny a podélné smršťovací spáry kotvami.

Monitoruje se chování jedné desky CBK standardních rozměrů 3,5 x 5 m. Měření se provádí na okrajích a ve středu desky v pozicích znázorněných na obr. 1. Sledované parametry jsou deformace a teplota CBK ve třech výškových úrovních. Mimo to se měří teplota vzduchu, podkladu a intenzita slunečního záření [2].



**Obr. 1:** Situace vozovky a schéma měřicí sestavy s 6 pozicemi zabudovaných snímačů [2]

## 3. Provádění měření

### 3.1 Popis zařízení a jeho instalace

Pro měření bylo zvoleno 6 míst v jedné desce CBK:

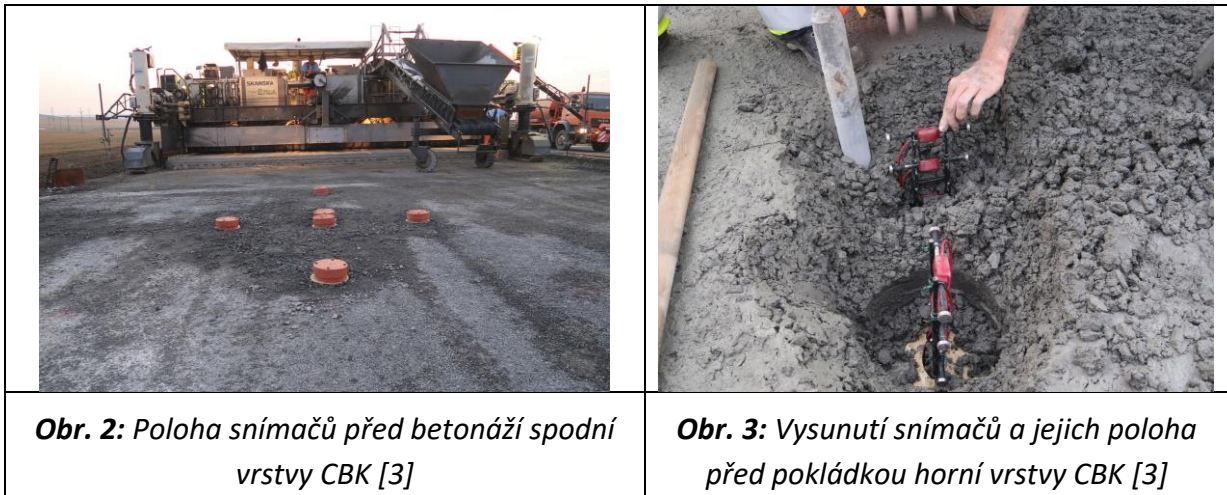
- 4 u okrajů desky (označení na obr. 1: 1, 2, 4 a 5 v podélném směru),
- 2 uprostřed desky (označení na obr. 1: 3 v podélném směru, 6 v příčném směru).

Celkem bylo použito 18 strunových tenzometrů se zakomponovanými teplotními snímači, které byly osazeny na 6 nosičů ukotvených pomocí trnu do podkladní vrstvy z MZK. Osy tenzometrů jsou umístěny pod niveletou vozovky v hloubce -50, -140 a -240 mm. Stav před betonáží CBK ukazuje obr. 2. V průběhu pokládky spodní vrstvy CBK byla jednotlivá měřicí

místa chráněna pomocí plastových hrnců. Proces úpravy betonu okolo tenzometrů před pokládkou horní vrstvy CBK znázorňuje obr. 3 [3].

Mimo to se měří teplota vzduchu (2,5 metru nad terénem), teplota podkladní vrstvy MZK (cca 150 mm pod deskou CBK) a intenzita slunečního záření. Kabely od jednotlivých snímačů jsou napojeny do ústředny umístěné mimo vozovku. Přenos dat zajišťuje LTE modem.

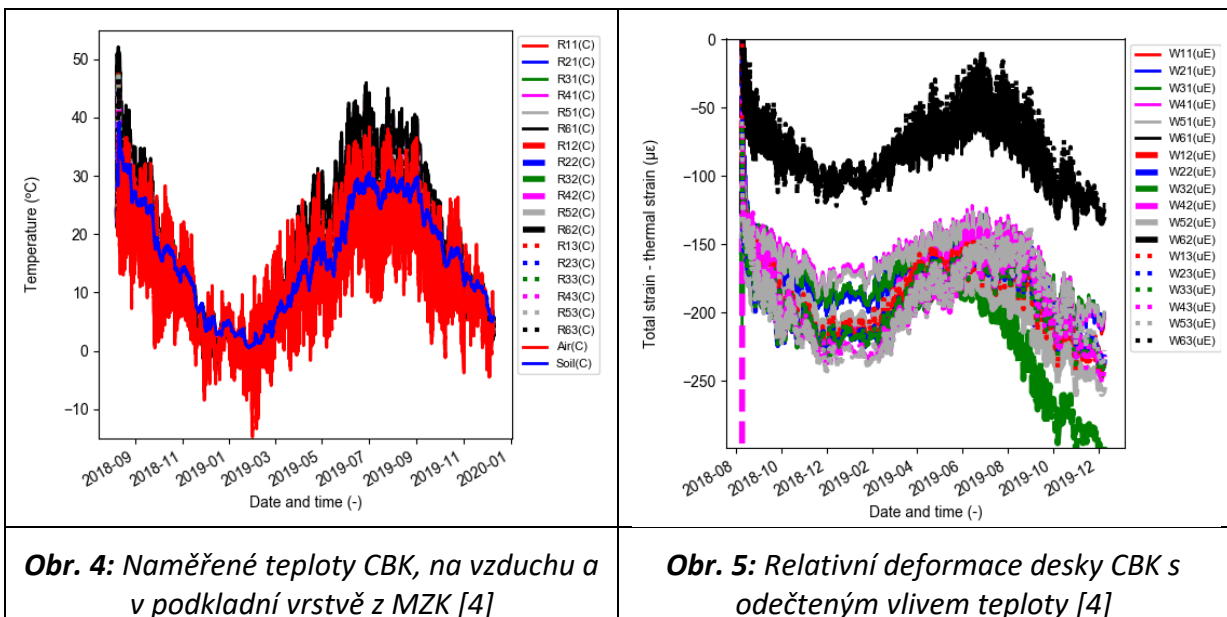
Zařízení je napájeno z trakční baterie 12 V, kterou dobíjí fotovoltaický panel. Počítá se s napojením na rozvod 230 V.



### 3.2 Postup měření a přenosu dat

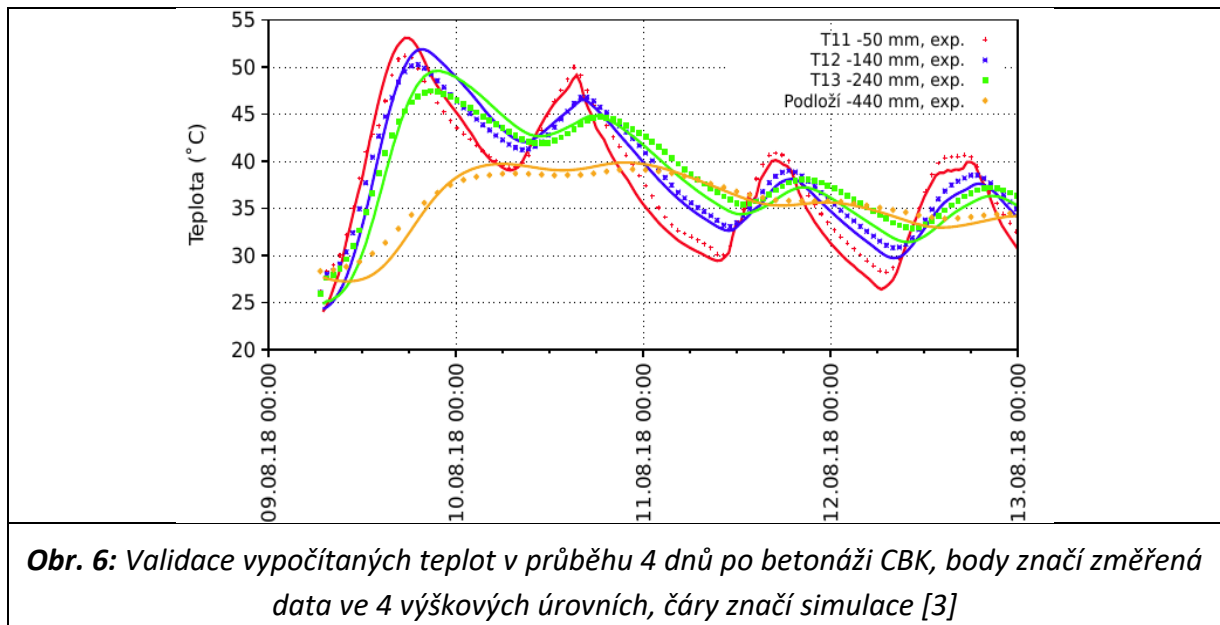
Data z tenzometrů a teplotních senzorů se snímají v intervalech 5-10 minut. Přenos dat z ústředny pomocí modemu se provádí několikrát týdně.

Naměřené teploty a hodnoty relativních deformace s odečteným vlivem teploty z období 08/2018-12/2019 jsou uvedeny na obr. 4 a 5.

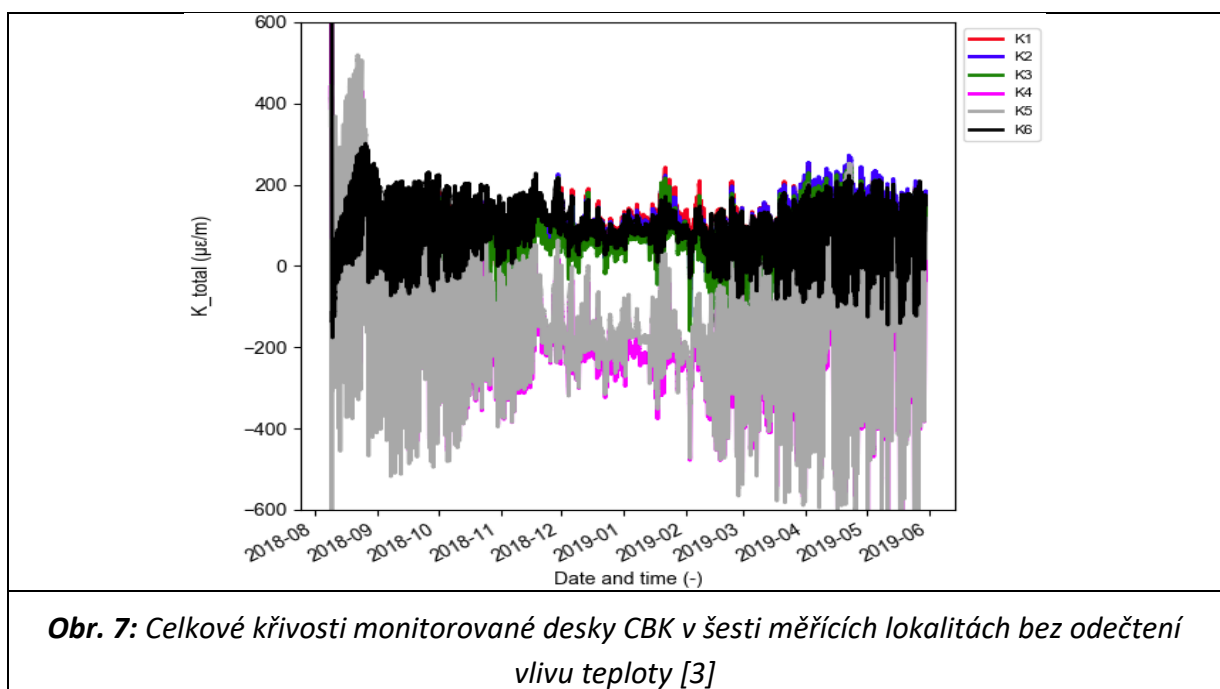


#### 4. Výsledky měření a vyhodnocení

Pro interpretaci vývoje teplot byl metodou konečných prvků sestaven 2D model vedení tepla v softwaru OOFEM. Příklad srovnání vypočítaných teplot v průběhu 4 dnů po betonáži CBK s naměřenými teplotami je uveden na obr. 6.



Měření relativních deformací tenzometry lze za předpokladu rovinnosti průřezu přepočítat na křivost desky na vybraných místech desky CBK. Obr. 7 ukazuje celkovou křivost bez odečtené teplotní deformace v šesti měřících lokalitách na desce. Dvojnásobnou integrací této křivosti po délce desky lze vypočítat zvednutí hrany desky. Z křivostí je také patrná fluktuace teplot.



Pro výpočet napětí desky CBK se nyní testuje sdružený 3D termo-hygro-mechanický model, který uvažuje dotvarování, autogenní smrštění, smrštění při vysychání a tahové porušení.

## 5. Závěr

Kontinuální monitoring desky CBK poskytuje cenná data o jejím termo-mechanickém chování. Navržený model vedení tepla dobře koresponduje s naměřenými daty. Teplotní profily se také měřily na stejném úseku dálnice, kde se používala standardní receptura betonu, což umožňuje nepřímé srovnání teplot po betonáži.

Po uvedení tohoto úseku dálnice do provozu v prosinci 2019 budou k dispozici i data zohledňující dopravní zatížení.

## 6. Literatura

- [1] ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Skanska a.s. *Zařízení pro monitoring deformací a teplot cementobetonových krytů vozovek*. Původce vynálezu: Šmilauer V., Reiterman P., Slánský B., Vysloužil L., Ohnutek M., Mach L., Dvořák R. Česká republika. Přihláška užitého vzoru 2019-36977.
- [2] Slánský B., Dvořák R. Opatření k prodloužení životnosti cementobetonových krytu vozovek. In: *Betonové vozovky 2018 : sborník příspěvků*, Praha, 8. 11. 2018, s. 141-149.
- [3] Hlavatý J., Šmilauer V., Slánský B., Dvořák R. Opatření k prodloužení životnosti cementobetonových krytů vozovek - část II. *Silniční obzor*, 2019, roč. 80, č. 7-8, s. 193-197.
- [4] Šmilauer V., Slánský B. Technický list projektu CESTI, aktivity WP7 č. 7.6: Analýza, simulace a optimalizace cementobetonových krytů vozovky, 2 s., 2019