

## BETONOVÁ DLAŽDICE ■ CONCRETE TILE

Michal Mára, Michal Tvarog,  
Alena Zemanová

V článku je podrobně popsán celý proces výroby betonové dlaždice pro venkovní užití. V rámci projektu byla provedena analýza a volba vhodné povrchové úpravy, která byla jedním z aspektů pro správnou specifikaci betonové směsi. Následně proběhlo statické posouzení dlaždice z prostého betonu a její výroba. Po 7 a 28 dnech byly provedeny zkoušky materiálových vlastností. Zkoušena byla pevnost betonu v tlaku, v tahu za ohybu a působení solí a mrazu. V závěru tohoto projektu proběhlo vyhodnocení všech získaných dat, a to jak z hlediska materiálových charakteristik, tak i vizuálního dojmu. ■ In the article we describe the whole process of casting a concrete tile for outdoor use. Within the project we performed analysis and an appropriate surface adjustment choice, which was one of the aspects for concrete mixture specification. After that we conducted static analysis and casting of unreinforced concrete tile. After 7 and 28 days we tested the material properties. Compressive and flexure strength of concrete and effect of salts and frost resistance were tested. In the end we compared all measured data with respect to the material properties and visualization.

## CÍL PROJEKTU

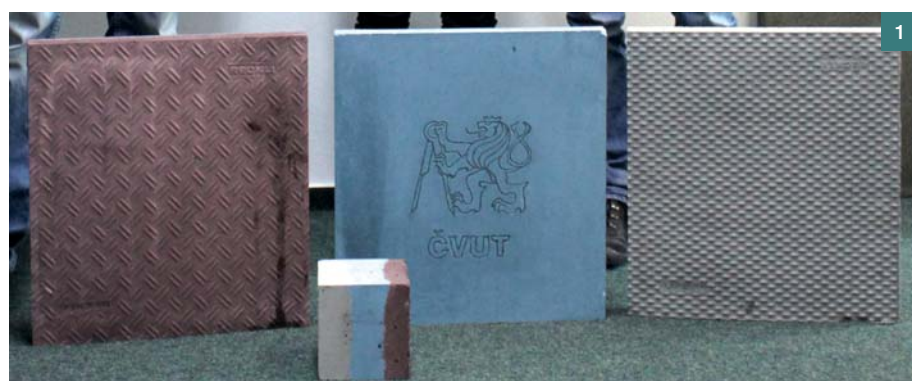
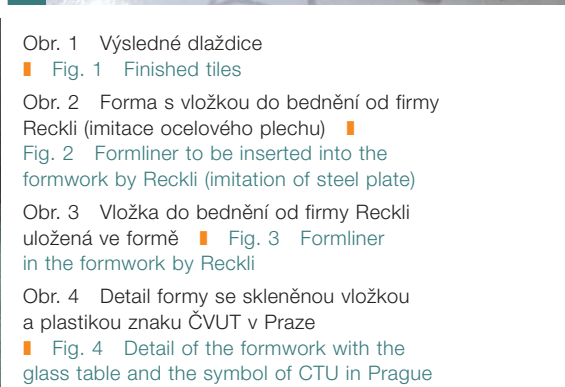
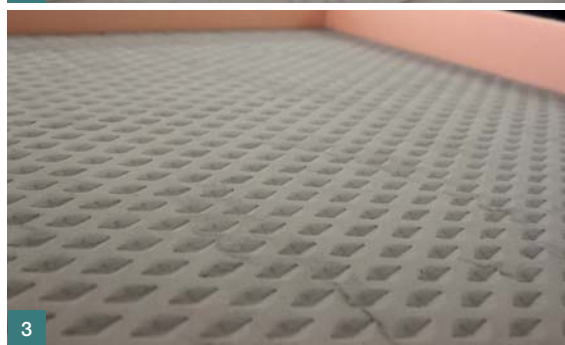
Cílem projektu bylo umožnit studentům reálný návrh a výrobu produktu, který měl předem stanovené parametry. Produktem měly být tři betonové dlaždice o rozměrech 0,5 × 0,5 m, které by bylo možné použít jako pochozí plochu. Po úplné specifikaci směsi měla následovat betonáž, zkoušky odolnosti a zhodnocení pohledovosti povrchů dlaždic.

Projekt „Betonová dlaždice“ vznikl na Fakultě stavební ČVUT v Praze za podpory společnosti Betotech, s. r. o., kde v prostorách jejich laboratoře v Berouně proběhla betonáž dlaždic a zkušebních vzorků a jejich následné zkoušení, a společnosti Reckli GmbH.

## POSTUP ŘEŠENÍ

Pro návrh pohledového betonu s požadovanými parametry jsme se nejprve v rešerši seznámili s různými metodami úprav vzhledu a povrchu betonu [1 až 5]. Zaujalo nás několik metod, které jsme chtěli vyzkoušet.

První z nich bylo probarvení betonu pigmenty a jeho samotnými složkami. Pro první dlaždici jsme zvolili mod-



Návrh a výroba betonové směsi pro pochozí betonovou dlažbu zároveň se zpracováním povrchové a pohledové úpravy byl úkol, s kterým jsme se jako studenti doposud neměli možnost setkat a byl pro nás velkým přínosem. Díky zkušenostem získaným ve škole a informacím z množství publikací se nám podařilo vyrobit trojici betonových desek (obr. 1) s různou povrchovou úpravou a postupem výroby, který se osvědčil již u první záměsi. Dosažení různých povrchových úprav bylo docíleno použitím vložek do bednění (obr. 2, 3) a v jednom případě skleněnou tabulí opatřenou plastikou (obr. 4), ze které vyšel velice zajímavý výsledek.

rý pigment a bílý cement. Druhá směs opět obsahovala pigment, tentokrát červený, ale byl použit klasický cement šedé barvy. Poslední směs byla navržena bez probarvení pigmentem a její složení bylo totožné s druhou směsí. Předpokládali jsme, že pokud použijeme světlé kamenivo, dosáhneme jemnějších odstínů barev.

Chtěli jsme vyrobit dlaždice s různým vzhledem pochozí strany, např. pomocí vymývání povrchu, vložky do bednění a rozdílným materiálem bednění. K vymývání povrchu betonu nakonec nedošlo, jelikož pro docílení požadovaného vzhledu bylo potřeba světlé hladké (těžené) kamenivo, které bohu-

Obr. 1 Výsledné dlaždice

■ Fig. 1 Finished tiles

Obr. 2 Forma s vložkou do bednění od firmy

Reckli (imitace ocelového plechu) ■ Fig. 2 Formliner to be inserted into the formwork by Reckli (imitation of steel plate)

Obr. 3 Vložka do bednění od firmy Reckli uložená ve formě ■ Fig. 3 Formliner in the formwork by Reckli

Obr. 4 Detail formy se skleněnou vložkou a plastikou znaku ČVUT v Praze

■ Fig. 4 Detail of the formwork with the glass table and the symbol of CTU in Prague

5

Obr. 5 Pozorné nanášení odbědňovacího prostředku ■ Fig. 5 Careful application of the demoulding agent



žel nebylo doručeno. Použili jsme tedy dvě různé vložky do bedněni od firmy Reckli [6] (obr. 2 a 3).

Pro vyzkoušení rozdílného materiálu bedněni jsme pro třetí dlaždici použili skleněnou tabuli tloušťky 10 mm. Chtěli jsme docílit co nejhladšího povrchu betonu bez použití náročného broušení, či jiných úprav. Proto jsme zvolili jiný materiál formy než obvyklé dřevo nebo ocel. Jelikož skleněná forma by byla náročná na výrobu, těžká a křehká, použili jsme skleněnou tabuli jako vložku do dřevěné formy.

Dále jsme chtěli vytvořit reliéf znaku ČVUT. Uvažovali jsme nad možnostmi, jako je gravírování skla, případně plexiskla či 3D tisk. Tyto varianty jsme zamítli z důvodu vysoké ceny a u gravírování také z důvodu malé hloubky reliéfu, takže znak by nebyl moc viditelný. Navíc by reliéf vystupoval z konečného povrchu dlaždice, což by mohlo být příčinou jeho většího mechanického opotřebení. Reliéf lva byl nakonec proveden běžnými barvami na sklo. Po nanesení několika vrstev na sebe vznikl plastický tvar tloušťky 2 mm (obr. 4). Tato technika byla levná a rychlá. Finální reliéf na dlaždici tak není vystouplý, je naopak dostatečně hluboký, a tudíž se vyřešily dříve zmiňované nevýhody jiných variant.

Po zvolení druhu povrchových úprav a reliéfu jsme stanovili požadavky na tekutost a jemnozrnnost směsi k zachycení drobných detailů vložek. Jelikož navrhovaná dlažba by měla být pro venkovní použití, vyplývají z toho požadavky na její odolnost vůči

agresivitě vnějšího prostředí. Z tohoto důvodu bylo potřeba sestavit takovou směs, která bude odolná proti mrazu, rozmrazování a proti působícím solím. Specifikaci betonu jsme určili následující: beton C30/37 – XC4, XF4 – CI 0,2 – Dmax = 16 mm – F5, dle ČSN EN 206 – 1: změna Z3 [7].

Následně jsme provedli statické posouzení dlaždice pomocí ručního výpočtu. Zvolili jsme tři alternativy, které by se daly použít, a porovnali je mezi sebou. Jednalo se o dlaždici z prostého betonu, dlaždici vyztuženou ocelovými pruty a poslední variantou bylo použití rozptýlené ocelové výztuže. Pro všechny tři alternativy jsme provedli statický výpočet dle [8], který byl příznivý ve všech případech. Z tohoto důvodu jsme zvolili dlaždici z nevyztuženého betonu, která představovala nejlépejší variantu a je to varianta běžně používaná u komerčních výrobků pro venkovní užití.

Při výrobě betonových prvků jsme ve spolupráci s vedoucím laboratoře Ing. Smiřinským sestavili pro každou dlaždici specifickou směs (tab. 1). První dvě směsi jsme navrhli jako samozhutnitelné.

Směs pro formu se skleněnou vložkou (Směs 1) obsahovala tři frakce kameniva, frakci 0/4 Čavině, 4/8 a 8/16 Kaznějov. Jako pojivo jsme přidali rychlovlazný bílý cement (CEM I 52,5R) a jako příměsi jemně mletý vápenc D8 ČS, mikrosiliku Sika a modrý práškový pigment. Dále jsme použili vodu a plastifikátor Sika ViscoCrete 1045 (obr. 6 až 8).

Pro druhou směs (tab. 1) jsme použili stejné složky, pouze s obměnou pojiva a pigmentu. Jako pojivo jsme přimíchali rychlovlazný cement CEM I 42,5 R Radotín a k tomu červený práškový pigment (obr. 11 a 12).

U třetí směsi, která není samozhutnitelná, byl stupeň konzistence stanoven jako S3. Tato směs obsahovala rychlo-

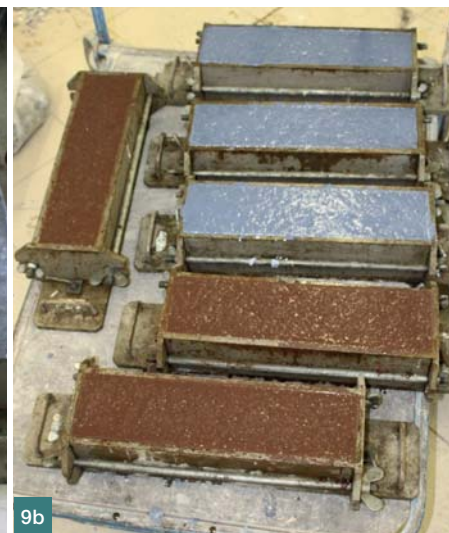
Obr. 6 Směs s modrým pigmentem před promícháním ■ Fig. 6 Mixture with blue pigment before mixing

Obr. 7 Čerstvý, modrý samozhutnitelný beton ■ Fig. 7 Fresh blue SCC

Obr. 8 Ukládání betonu do formy se skleněnou vložkou ■ Fig. 8 Placing of the blue SCC into the formwork with the glass plate

Tab. 1 Složky směsí ■ Tab. 1 Composition of mixes

Složka		Směs 1	Směs 2	Směs 3
Cement	CEM I 42,5	–	x	x
	CEM I 52,5 bílý	x	–	–
Kamenivo	0/4 Čavině	x	x	x
	4/8 Kaznějov	x	x	x
	8/16 Kaznějov	x	x	x
Příměs	mikrosilika Sika	x	x	–
	mletý vápenc D8	x	x	x
Přísada	ViscoCrete 1045	x	x	x
Pigment	bez pigmentu	–	–	x
	modrý (práškový)	x	–	–
	červený (práškový)	–	x	–



vazný cement CEM I 42,5 R Radotín, již zmiňované kamenivo, jemně mletý vápenc D8 ČS, plastifikátor Sika ViscoCrete 1045 a vodu (obr. 13).

Před samotnou betonáží vzorků bylo potřeba připravit formy. Pro každou záměs byly připraveny tři normové trámece o velikostech 100 × 100 × 400 mm, dva prstence na odolnost proti působení solí a mrazu, krychle o hraně 100 mm a vlastní forma na dlaždici s vložkou o rozměrech 500 × 500 × 60 mm.

Všechny formy byly natřeny vhodným odformovacím prostředkem. Při použití vložek do bedněni (obr. 5) byl použit speciální dvousložkový odformovací prostředek firmy Reckli.

Poté jsme přistoupili k samotné betonáži. Začali jsme s navažováním jednotlivých složek betonu, které jsme následně vkládali do míchacího zařízení. Pigment a vodu s plastifikátorem jsme

přidali až na konec. Po dostatečném promíchání jsme odlišili všechny zmíněné formy, které jsme následně ošetřovali v místnosti se stálou vlhkostí 95 %. Tento postup jsme opakovali u všech tří záměs (obr. 6 až 13).

Po 7 a 28 dnech byly provedeny zkoušky. Byla zkoušena pevnost betonu v tlaku, v tahu za ohybu a působení solí a mrazu dle [7]. Výsledky jsou uvedeny v tab. 2.

### DISKUZE VÝSLEDKŮ

#### Mechanické vlastnosti

Jednoznačně nejlepší mechanické vlastnosti měla první směs (tab. 1) s modrým pigmentem, bílým cementem CEM I 52,5 R, příměsí mletého vápence a mikrosiliky. Směs s červeným pigmentem a pojivem CEM I 42,5 R dosahovala menší pevnosti, což bylo způsobeno

Tab. 2 Výsledné hodnoty zkoušek pevnosti betonu v tlaku a odolnosti CHRL betonových vzorků z jednotlivých směsí ■

Tab. 2 Final values of tests of the strength of concrete in compression and resistance of concrete samples against CHRL

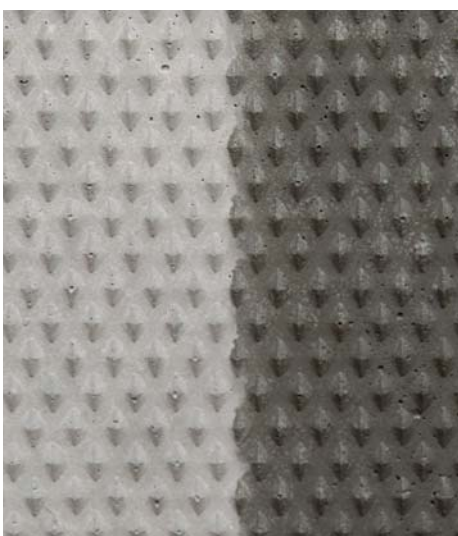
Zkoušená veličina	Směs 1	Směs 2	Směs 3
pevnost betonu v tlaku po 7 dnech [MPa]	-	-	28,2
pevnost betonu v tlaku po 28 dnech [MPa]	78,5	64,7	51,2
zkouška CHRL metoda „C“, 75 cyklů [g/m <sup>2</sup> ]	305,9	451,9	551,5

rozdílnou třídou pevnosti cementu. Třetí směs bez pigmentu dosahovala nejnižších hodnot (tab. 2), a to z důvodu absence mikrosiliky, která má velkou purolánovou aktivitu, čímž přispívá k vyšší pevnosti a s mletým vápencem také k lepší mikrostruktuře.





14b



Obr. 9a, b Naplněné formy dlaždice a zkušebních vzorků, krychle, hranoly a terče  
 ■ Fig. 9a b Filled formworks of the tile and test samples

Obr. 10 Nezbytné pečlivé čištění zařízení po přípravě barevného betonu  
 ■ Fig. 10 Necessary careful cleaning of the equipment after mixing the pigmented concrete

Obr. 11 Sypká šedá směs s červeným pigmentem  
 ■ Fig. 11 Powdery grey mix with red pigment slurry

Obr. 12 Ukládání červeného samozhutnitelného betonu do formy s vložkou  
 ■ Fig. 12 Concreting of the red SCC into the formwork with the formliner

Obr. 13 Ukládání šedého betonu do formy s vložkou  
 ■ Fig. 13 Placing of the grey concrete into the formwork with the formliner

Obr. 14 a) Dlaždice s různými reliéfy, b) detaily po navlhčení vodou  
 ■ Fig. 14 a) Tiles with different reliefs, b) details after watered

Fotografie: Milan Senko, SVB CZ

### Estetické vlastnosti

Hodnocení kvality provedení a barevného podání jednotlivých dlaždic je samozřejmě závislé na pozorovateli a těžko je lze hodnotit objektivně (obr. 13).

Pokud si jako parametr kvality pohledového betonu stanovíme hladkost povrchu, pak nejlépe dopadla betonová dlaždice se skleněnou vložkou. Její povrch je i na dotyk velice hladký. Na reliéfu tvořeném barvami na sklo je zratelná ruční práce, což může být bráno jako výhoda i nevýhoda. Reliéf nemá pravidelnou hloubku a linie.

Barevné podání jednotlivých dlaždic je závislé zejména na jejich vlhkosti. Na suchém povrchu je barva méně výrazná, matná, zašedlá a povrch se zdá jednotlý. Při namočení se vykresluje struktura betonu a barevný odstín je výraznější a sytější (obr. 14b).

### ZÁVĚR

V rámci projektu jsme vyrobili tři betonové dlaždice s předem stanovenými parametry. Pro zlepšení vzhledu povrchu dlaždic byly použity dva typy vložek do bednění, a to sériově vyráběné vložky od firmy Reckli a skleněná vložka s plastickým motivem. Pomocí navržených směsí se nám podařilo detailně zachytit reliéfy na těchto vložkách v betonu. V rámci projektu jsme řešili i barevné ztvárnění dlaždic a vliv vnějších podmínek na barevný odstín.

Mechanické vlastnosti vyhotovených dlaždic překračovaly požadovanou pevnost a použitý materiál vykazoval odolnost proti působení solí a mrazu. Tudíž lze říci, že všechny tři betonové dlaždice splnily stanovené parametry a daly by se použít jako pochozí plocha určená do exteriéru.

### Literatura:

- [1] Fotografický beton na fasádě Nemocnice Sv. Marie v Hamburku, Beton TKS, 1/2009, str. 42–49
- [2] Margoldová J.: Grafický beton, Beton TKS, 1/2009, str. 56–59
- [3] Matějka O.: Výběr z nedávných realizací využívajících technologii TX active, Beton TKS, 5/2011, str. 60–62
- [4] Reckli, Reckli GmbH [online], Dostupné z: <http://www.reckli.net/formliner/>, 11. 11. 2013
- [5] Reckli, Reckli GmbH [online], Dostupné z: <http://www.reckli.net/concrete-chemicals/>, 11. 11. 2013
- [6] Reckli, Reckli GmbH [online], Dostupné z: [http://www.reckli.net/wp-content/uploads/1000\\_grad\\_ePaper/RECKLI\\_Katalog/2014/index.html](http://www.reckli.net/wp-content/uploads/1000_grad_ePaper/RECKLI_Katalog/2014/index.html), 11. 11. 2013
- [7] Beton-Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, ČSN EN 206-1 Změna 3, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla, ČSN EN 1991-1-1, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
- [8]

Tento projekt vznikl za podpory Ing. Michala Števlů, Ph.D., Fakulta stavební ČVUT v Praze, a společností Betotech, s. r. o., a Reckli GmbH. Všem uvedeným bychom tímto chtěli velice poděkovat za podporu a možnost získat zkušenosti pro náš další profesní růst.



Bc. Michal Mára  
 e-mail: [michal.mara@fsv.cvut.cz](mailto:michal.mara@fsv.cvut.cz)



Bc. Michal Tvarog  
 e-mail: [michal.tvarog@fsv.cvut.cz](mailto:michal.tvarog@fsv.cvut.cz)



Bc. Alena Zemanová  
 e-mail: [alena.zemanova.1@fsv.cvut.cz](mailto:alena.zemanova.1@fsv.cvut.cz)

všichni: Fakulta stavební  
 ČVUT v Praze



14a