

RYCHLETVRDNOCÍ BETON PRO SANACI CEMENTOBETONOVÝCH PLOCH

Dogaç Özsar, Felicia Nägele

Opravy přistávacích a vzletových drah, pojezdových drah a odstavných ploch letišť je nutné provádět s minimálním dopadem na samotný letištní provoz. V takových případech se během posledních 15 let osvědčilo použití nové generace rychletrdnoucích betonů. V článku je blíže popsán jeden typ takového betonu, resp. Q-Flash 2/20, včetně tří příkladů, kde byl tento materiál použit.

RAPID-HARDENING CONCRETE FOR PAVEMENT REHABILITATION

Rehabilitation of the surfaces of airport runways, taxiways and parking position pavements must be carried out with minimal impact on the airport operation itself. In such cases, the use of a new generation of rapid-hardening concretes has proven its worth over the last 15 years. One type of such concrete, Q-Flash 2/20, is described in more detail in this article, including three examples where this material has been used.

Nová generace rychletrdnoucích betonů

Letiště jsou v provozu nepřetržitě 24 h denně po 7 dní v týdnu, a to jak aktivně, zatížena leteckým provozem, tak i pasivně, v přestávkách mezi odlety a přílety letadel. K poškození povrchů ploch tvořených cementobetonovým krytem dochází jak na přímo pojízdných, tak odstavných (parkovacích) plochách v důsledku dlouhodobého používání (opotrebení) nebo přetěžování (vyššího zatížení oproti původně plánovanému). Vzhledem k rostoucímu počtu přepravovaných cestujících a tím nárůstu hustoty leteckého provozu je třeba provádět opravy letištní infrastruktury bez omezování provozu letiště. V neposlední řadě také proto, aby bylo zabráněno možným ekonomickým ztrátám. Dosud používané tradiční postupy jsou z tohoto pohledu již nedostačující, a proto bylo nutné zavést nové inovativní metody, které jsou rychlé a které umožňují dosáhnout kvalitních výsledků včetně následné dlouhé životnosti opraveného úseku. Opravy musí být zvládnuty v krátkých časových intervalech tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost leteckého provozu a aby nedošlo k ekonomickým ztrátám.

Dosavadní zkušenosti ukazují, že jednou z možností je použití rychletrdnoucího betonu nové generace. Ten získává svoji pevnost oproti předchozí generaci rychletrdnoucích betonů pomocí rozdílných mechanismů procesu tuhnutí a tvrdnutí. Pokud jde o splnění příslušných norem a zejména

na požadavků na trvanlivost, byl by běžný, dosud používaný rychletrdnoucí beton téměř ve všech následně uvedených případech nedostačující. Vhodnost rychletrdnoucího betonu nové generace s vysokou trvanlivostí prokazují zkušenosti s jeho aktivním používáním na různých letištích ve všech částech světa po dobu více než 15 let.

Konkrétně rychletrdnoucí beton Q-Flash 2/20, produkt švýcarské společnosti Concretum, byl vyvinut speciálně pro opravy letištních ploch a drah, které je nutné realizovat během krátkých časových intervalů. Jeho dlouhodobá trvanlivost je založena na mechanismu procesu tuhnutí a tvrdnutí, jenž je výsledkem hydratace kalciumsulfoaluminátu (CSA) a fázových složek portlandského cementu. Podle požadavků projektu a podle způsobu uložení je možné upravovat i dobu zpracovatelnosti v intervalu od 45 do 120 min. Díky nízkému hydratačnímu teplu a zároveň vysoké počáteční pevnosti čerstvého betonu je beton Q-Flash 2/20 připraven k používání do jedné hodiny od uložení. To umožňuje stanovit dobu potřebnou pro výrobu a uložení betonu, které na letištích probíhají zpravidla v nočních hodinách.

Pro opravy menších ploch, k nimž stačí malé objemy betonu, mohou být použity betony s kratší dobou zpracovatelnosti – tyto opravy jsou pak rychlé. Uložení většího množství betonu na velké ploše pak samozřejmě vyžaduje delší dobu zpracovatelnosti. Je

možné ho vyrábět a zpracovávat stávajícími výrobními prostředky a tradičními betonářskými metodami, bez potřeby dodatečných investic. Jeho přípravu a uložení tedy zvládne i pracovní tým se zkušenostmi s tradičními metodami betonáři.

Vzhledem k flexibilitě dosahovaných vlastností betonu (konzistence, doba zpracovatelnosti, pevnost, stupně vlivu prostředí) je beton Q-Flash 2/20 vhodný pro všechny výrobní postupy. Důležitými parametry, které výrobní postup nakonec určují, jsou tak velikost plochy, která má být opravována, složení betonu a plánovaný denní objem oprav. Beton lze připravit jak ve stálé, tak i mobilní betonárně. Pro opravy malého rozsahu jej lze připravit přímo na staveništi pomocí domíchávače či přenosné míchačky.

Opravy na mezinárodním letišti v Curychu

Rychletrdnoucí beton Q-Flash 2/20 byl poprvé použit v roce 2004 na opravu pojezdové dráhy Bravo na mezinárodním letišti v Curychu (obr. 1). V současnosti je opravená plocha stále používána v nezměněné kvalitě. Tato technologie se na letišti v Curychu používá dodnes a bylo pomocí ní opraveno již přibližně 30 000 m² ploch. Ukládání betonu bylo prováděno různými způsoby – jak ručně, tak i mechanizovaně pomocí finišeru. Během necelých 19 let byly používány rozdílné metody výroby, hlavní však byla výroba betonu na stabilních betonárnách. Pro tento způsob výroby



1a

1b

by byly od počátku vhodné všechny betonárny v blízkosti letiště. Přeprava betonu na stavbu byla prováděna pomocí sklápěcích nákladních vozidel a autodomývačů. Většina prací byla prováděna od 23 do 6 h, aby byl minimalizován nepříznivý dopad na letecký provoz. Význam těchto oprav postupně narůstal spolu s nárůstem počtu odbavovaných letů a omezeného prostoru na letišti. Během nočních prací byli technologové společnosti Concretum k dispozici jak na vlastním staveništi, tak i na betonárně, aby bezprostředně podporovali každou fázi výrobního postupu (tab. 1).

Letiště Curych kladlo vysoké požadavky na vlastnosti čerstvého betonu, na rychlý nárůst pevnosti i na vysokou trvanlivost betonu. Před opětovným povolením k používání přistávací a vzletové dráhy byla ve specifikaci betonu požadována minimální pevnost v tlaku $f_{c,cube} 16 \text{ N/mm}^2$. Beton Q-Flash 2/20 umožňuje dosáhnout maximální hodnoty $f_{c,cube} 20 \text{ N/mm}^2$ již během 2 h tvrdnutí.

Obnova ranveje na istanbulském mezinárodním letišti Sabiha Gökçen

Mezinárodní letiště Sabiha Gökçen, které v Istanbulu slouží jako vedlejší letiště, bylo postaveno v roce 2001. Původní projektovaná kapacita činila 3,5 milionu cestujících, avšak již krátce po jeho otevření se počty odbavených cestujících začaly rychle zvyšovat. V roce 2008 byla kapacita terminálu navýšena na 25 milionů cestujících bez jakýchkoli stavebních prací či úprav. Projektované vytížení letiště, činící 25 milionu cestujících ročně, bylo překročeno v roce 2015. V současnosti již ročně odbaví 41 milionů cestujících a je tak jedním z nejnrušnějších letišť s jedinou ranvejí a pouze jedním odbavovacím terminálem.

Tento rychlý nárůst měl samozřejmě negativní dopad na ranvej, zejména v její ose, která je letadly zatěžována nejvíce. Skutečnost, že letiště ani při tomto hustém leteckém provozu nemá možnost použít alternativní vzletovou a přistávací dráhu, znamená, že správa letiště má velmi omezené možnosti její

Tab. 1 Vlastnosti betonu Q-Flash 2/20 pro noční práce na mezinárodním letišti v Curychu

Tab. 1 Concrete properties of concrete Q-Flash 2/20 for nightly work at Zurich International Airport

stupeň vlivu prostředí	XC4, XD3, XF4
třída pevnosti	C50/60
třída konzistence	S1/S2 (C1/C2)
maximální velikost zrna kameniva	32 mm (těžené)

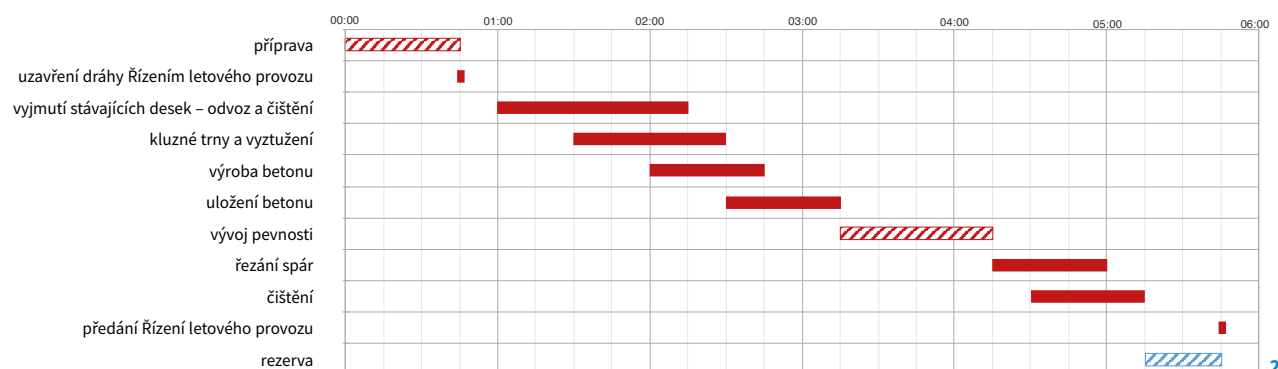
1 Fotografie desky opravené v roce 2004 po 11 letech užívání

1 Photo of the slab repaired in 2004 after 11 years in service

údržby. V roce 2018 bylo proto rozhodnuto, že práce související s opravami ranveje budou prováděny během nočních uzavírek od 0:50 do 5:50, a to vždy pět dnů v týdnu. Aby bylo možné zajistit, že na opravu a opětovné použití konkrétního úseku letové dráhy bude stačit pět hodin, byl pro realizaci prací vybrán rychletvrdnoucí beton s vysokou trvanlivostí. Vzhledem k objemu betonu použitému na opravy v roce 2018 se jedná o dosud nejrozsáhlejší projekt aplikace rychletvrdnoucího betonu.

Požadavkem pro zpětné uvedení ranveje letiště do provozu bylo dosažení minimální pevnosti v tlaku $f_{c,cube} 16 \text{ N/mm}^2$. Očekávaná konzistence betonu byla podobná konzistenci betonu používaného pro zhotovení silničního cementobetonového krytu tak, aby bylo možné provádět výrobu betonu a následnou manipulaci s ním pomocí stávajícího vybavení a stávajícím kvalifikovaným personálem. Beton byl vyráběn v betonárně zřízené speciálně pro tento projekt, jež byla vzdálená 15 min jízdy od letiště. Beton byl přepravován

2 Harmonogram nočních stavebních prací na mezinárodním letišti Sabiha Gökçen **2** Nightly construction schedule for Sabiha Gökçen International Airport





3



4



5



6



7



8



9

3 Rozbíjení a odstraňování starých betonových desek **4** Umístování výztuže, zatímco je odstraňována zbylá část desky **5** Uložení betonu do oblasti desky pomocí bagru **6** Zhutňování betonu vibrací a konečná úprava povrchu **7** Zdrsňování povrchu kartáčem **8** Ošetřování betonu a přikrytí povrchu pro zajištění nárůstu pevnosti **9** Řezání spár

3 Breaking and removing of old slabs 4 Reinforcement placement while the rest of the slab is being removed 5 Concrete placement into the slab with the aid of excavator 6 Concrete compacting, vibrating and surface finishing 7 Broom finish application 8 Concrete curing and surface cover application for strength development 9 Joint cutting

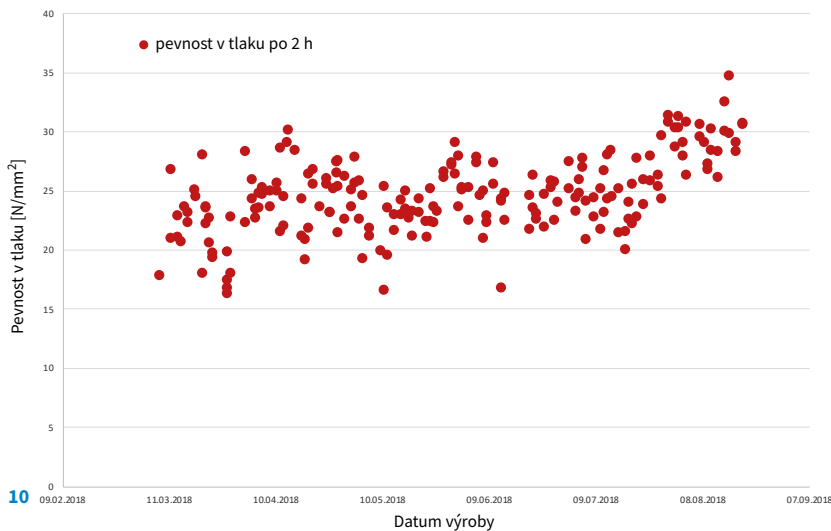
sklápěcími nákladními vozidly, čímž byla umožněna rychlá nakládka betonu u betonárny i vykládka na staveništi. Dalšími výhodami použití sklápěcích nákladních vozidel byla možnost vizuální kontroly konzistence betonu a snadného měření teploty čerstvého betonu v průběhu výroby. V neposlední řadě byla tato vozidla využívána i pro přepravu odstraněných původních betonových desek. Přímo u betonárny byli přítomni techničtí pracovní-

ci společnosti Concretum, aby mohli poskytnout potřebnou podporu a aby mohli okamžitě reagovat na jakoukoli změnu stanovených parametrů betonu. V grafu na obr. 10 jsou uvedeny hodnoty pevnosti v tlaku dosažené během roku 2018. Doba zpracování betonu byla udržována v rozmezí 45 až 120 min podle požadavků zhotovitele.

Beton Q-Flash 2/20 obsahoval pojivo na plně cementové bázi Q-Flash cem 100 (P), superplastifikátor Q-Flash sp (L)

a zpomalovač tuhnutí Q-Flash ret (L), kterým se regulovala doba zpracovatelnosti. Kamenivo, které bylo používáno pro přípravu betonové směsi, pocházelo z místních zdrojů v okolí Istanbulu, přičemž maximální velikost zrna byla 38 mm. Vodní součinitel v/c vyráběného betonu byl udržován v rozmezí 0,31 až 0,35. Podrobné složení betonu je uvedeno v tab. 2.

Projekt byl zahájen v roce 2018 a do dnešního dne byla za použití rych-



le tvrdnoucího betonu Q-Flash 2/20 opravena ranvej, pojezdové dráhy a odstavné plochy o celkové výměře 20 000 m². Během realizace projektu proběhly všechny potřebné práce bez jakýchkoli mimořádných událostí, které by měly nepříznivý dopad na letový provoz. Předání opravených ploch pracovníkům řízení letového provozu probíhá vždy na konci každé noční pracovní směny.

Opravy ploch mezinárodního letiště Sabiha Gökçen pokračovaly i v roce 2022. V době zahájení realizace projektu v roce 2018 byla každou noc opravena plocha o velikosti 75 m² (čtyři desky), v současnosti se daří opravit až 130 m² (sedm desek) za noc. Veškeré množství vyrobeného betonu bylo během realizace projektu ukládáno ručně.

Tento projekt dokládá skutečnost, že použití nové generace rychletvrdnoucího betonu Q-Flash 2/20 umožňuje provádění rekonstrukce ploch formou výměny betonu v takto rozsáhlém měřítku během krátkodobých nočních uzavírek, a to za použití stejného vybavení i metod jako při práci s obvykle vyráběným běžným betonem. Jelikož se očekává, že zatížení leteckým provozem bude v průběhu následujících let dále narůstat, je význam takových nových postupů zřejmý.

Oprava odstavných ploch na pařížském letišti Charles De Gaulle

Největší pařížské letiště Charles de Gaulle odbaví ročně 65 milionů cestujících. Z důvodu tak vysoké kapacity leteckého provozu je vyloučeno

provádět opravy letištních ploch při úplném uzavření letiště. Při použití betonu Q-Flash 2/20 lze provést opravy jednotlivých částí betonových desek bez poškození okolního betonu. Práce na těchto opravách lze provádět pomocí mobilní míchačky vhodné pro opravy relativně malých ploch. Podle harmonogramu, v němž nejsou žádné časové rezervy, mohou být takto opravené betonové desky opět zatěžovány již po 30 min po uložení. Po 4 h od namíchání betonu dosahuje pevnost v příčném tahu požadované hodnoty 3,3 N/mm².

Plně vytižená mobilní míchačka má výrobní kapacitu 9 m³ betonu. V případě potřeby lze během samotného míchání zároveň zavážet míchačku dalším materiálem a zvyšovat tak množství vyrobeného betonu. Tímto způsobem lze zkrátit dobu pro ukládání betonu (cca 30 min) o dobu nutnou pro dopravu betonu ze vzdálenější stabilní betonárny.

Použitím zmiňovaného postupu bylo nahrazeno přes 5 000 m² původního povrchu. Flexibilita tohoto řešení umožňuje dosahovat ve všech fázích realizace normových parametrů a vysoké trvanlivosti opravovaných ploch.

Závěr

Vlastnosti rychletvrdnoucích betonů nové generace umožňují použití těchto materiálů k provádění rychlých a trvanlivých oprav na letištích bez přerušení leteckého provozu, přičemž flexibilita a spolehlivost zmiňovaných produktů sehrává klíčovou ro-

Tab. 2 Složení betonové směsi pro mezinárodní letiště Sabiha Gökçen

Tab. 2 Concrete mix design at Sabiha Gökçen International Airport

rychletvrdnoucí cement Q-Flash cem 100 (P)	390 kg/m ³
kamenivo (0-5, 5-12, 12-22 a 22-38 mm)	1 950 kg/m ³
vodní součinitel v/c	0,31 až 0,35
superplastifikátor Q-Flash sp (L)	2,2 až 6,8 kg/m ³
zpomalovač tuhnutí Q-Flash ret (L)	0,8 až 5,3 kg/m ³

10 Hodnoty pevnosti v tlaku již po 2 h tuhnutí ($f_{c,cube}$)

10 Compressive strength values only 2 h after the setting ($f_{c,cube}$)

li pro úspěšnou výměnu desek (částí ploch). Beton Q-Flash 2/20 je produkt, který byl použit při opravách prováděných na mnoha letištích a který představuje i spolehlivé alternativní řešení v případě nezbytné naléhavé opravy. Jeho vynikajícími vlastnostmi, mezi něž patří zejména dlouhodobá trvanlivost, je dosahováno díky obsahu pojiva na čistě cementové bázi. Vysoké počáteční pevnosti splňují a překračují hodnoty požadované na letištích pro rychlé uvedení zpět do provozu, tedy bez mimořádných časových prodlev. Možnost zvolit dobu pro zpracování betonu znamená, že je metoda vhodná pro různé druhy oprav a množství vyměňovaného materiálu, přičemž nevhodnější je pro výměnu poškozených částí ploch.

Dlouhodobá podpora poskytovaná technickými pracovníky společnosti Concretum v podobě navrhování složení směsí, laboratorních zkoušek, technické podpory na stavbě, pečlivě připravených plánů výměny částí ploch a alternativních postupů je zárukou vysoce kvalitní práce. Tu dokládá i rozsáhlá pozitivní zpětná vazba od leteckých dopravních společností, pilotů i členů letištního technického personálu.



Dogaç Özsar
Concretum Construction Science AG
dogac.ozsar@concretum.com



Felicia Nägele
Concretum Construction Science AG
felicia.naegle@concretum.com