

LETNÍ BETONÁŽ SUMMER CASTING (CONCRETING)

JIŘÍ DOHNÁLEK

Stavebnictví je činnost stále silně závislá na vnějších klimatických podmínkách. Přesto, že letní období je vnímáno jako všeobecně velmi příznivé pro jakékoliv stavební aktivity, v případě betonářských prací je spojeno s významnými riziky. V článku je upozorněno na změny zpracovatelnosti betonové směsi, pevnosti betonu či objemové změny betonu v letním období a jsou uvedena technologická a organizační opatření, která mohou negativní projevy vysokých teplot minimalizovat či eliminovat.

The construction industry involves activities strongly dependent on exterior climatic conditions. Although the summer period is generally viewed as favourable for any building works, in the case of concreting jobs, it is connected with major risks. This article highlights changes in the workability of concrete mix, strength of concrete, and volume changes of concrete in the summer season. Besides, it gives technological and organizational measures which can minimize or eliminate adverse effects of high temperatures.

Stavebnictví, přes veškerý technický pokrok, je jako každá činnost prováděná převážně v exteriéru stále silně závislá na klimatických podmínkách. Obecně jako klimaticky nepříznivé období je vnímána zima, kdy nižší teploty některé činnosti zcela vylučují, jiné ztěžují, u jiných vedou ke zpomalení prací či k nezbytnosti vyšších nákladů.

Naopak letní období je vnímáno jako

všeobecně velmi příznivé pro jakékoliv stavební aktivity. V případě betonářských prací však situace v letním období není zdaleka tak příznivá. V této souvislosti je třeba uvést, že zrání betonu je silně exotermním procesem, při kterém se uvolňuje značné množství hydratačního tepla.

Hydratace cementu, resp. zrání betonu je procesem, který je významně urychlován zvýšenými teplotami. Velmi orientačně lze konstatovat, že zvýšení vnější teploty o 15 až 20 °C vede ke zvýšení rychlosti hydratace až o 100 %. Kromě vyšších vnějších teplot však v letním období dochází i k významnému nárůstu teploty výchozích složek, ze kterých se betonová směs vyrábí a to zejména kameniva.

Uvedené skutečnosti se promítají do významných technologických i fyzikálně mechanických parametrů betonové směsi a betonu a vyplývají z nich i pokyny pro betonáž za horka uplatňované prakticky ve všech regionech [1], [2], [3], [4].

ZPRACOVATELNOST

Jak vyplývá z obr. 1, stoupne-li teplota betonové směsi z 20 na 35 °C, projevuje se to cca 20% snížením zpracovatelnosti. Při zachování stejné receptury, tj. především stejné dávky vody, tedy v letním období bude mít betonová směs z hlediska zpracovatelnosti zcela jiné vlastnosti. Tuto okolnost je třeba mít při letní betonáži na vědomí a je nezbytné čelit jí vhodným protiopatřeními. V opačném případě jsou potíže se zpracovatelností přímo na stavbě řešeny obvykle doplněním vody do betonové směsi s logickým dopadem tohoto kroku na výsledné pevnosti a objemové změny.



PEVNOSTI BETONU

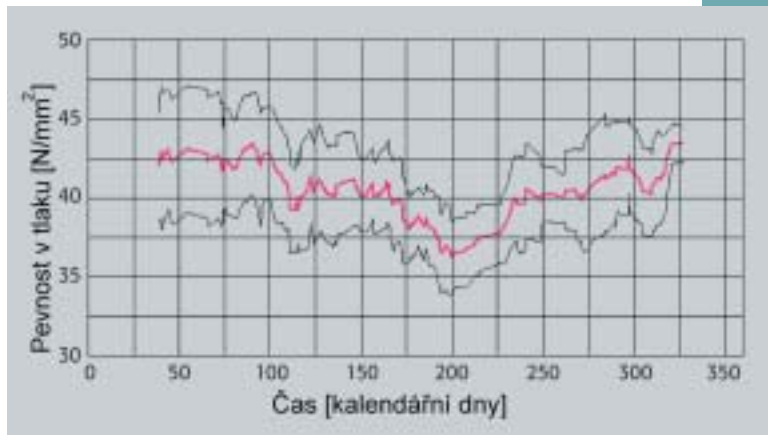
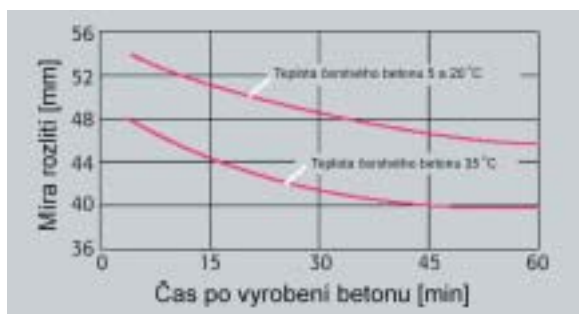
Změny zpracovatelnosti v letním období jsou poměrně běžným jevem a stavební personál s nimi do jisté míry počítá. Poněkud jiná situace je u pevnosti betonu. Všeobecně se jen málo ví, že v letním období dochází k poměrně výraznému a systematickému poklesu pevnosti a to jak u betonu přímo v konstrukci, tak částečně, i když jen v omezené míře, i u výsledků laboratorních zkoušek. Z obrázků 2 až 5 je patrné, že v závislosti na stoupající teplotě vzduchu a čerstvého betonu zcela analogicky klesá pevnost betonu, a to i při jinak velmi pečlivém a průměrném zpracování a ošetřování. Tento pokles se pohybuje až na úrovni -10 % a jeho intenzita je pochopitelně závislá na řadě okrajových podmínek. Uvedený jev lze vysvětlit jak poměrně rychlým odpařováním vody z povrchu betonové konstrukce, tak i případně horšími podmínkami

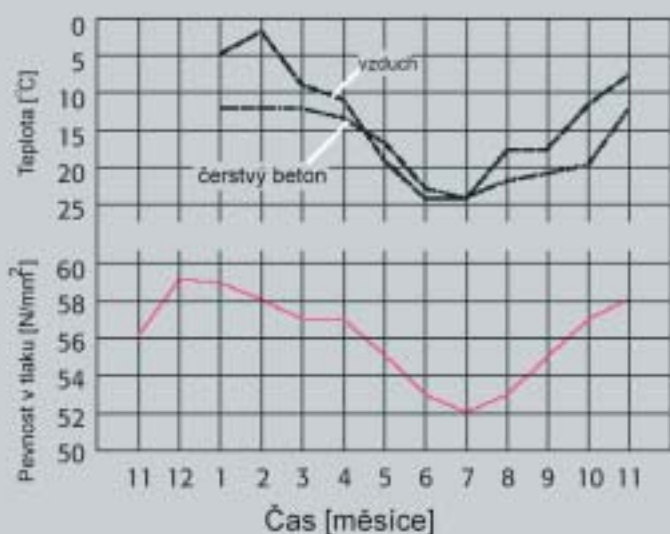
Obr. 2 Vliv klimatického období roku na pevnost betonu v tlaku in situ

Fig. 2 The influence of climatic season on compression strength of concrete in situ

Obr. 1 Vliv teploty čerstvého betonu na ztrátu konzistence v čase

Fig. 1 The influence of fresh concrete on the loss of consistence in time





Obr. 3 Vliv teploty čerstvého vzduchu a čerstvého betonu na registrované hodnoty pevnosti v tlaku in situ

Fig. 3 The influence of temperature of fresh air and fresh concrete on registered values of compression strength of concrete in situ

mi zpracování betonové směsi v důsledku její ne zcela optimální zpracovatelnosti. Vzhledem k tomu, že zvláště některé typy konstrukcí nejsme schopni rovnoměrně a intenzivně ošetřovat (zvlhčovat či bránit odpařování vody), projevují se zvýšené teploty rychlým odparem vody a pomalejším či neúplným zráním betonu. V případě, že je beton následně zvlhčen např. dešťovými srážkami, dojde s odstupem k dodatečnému nárůstu pevnosti, i když v pozdějším termínu než je normové stáří betonu (28 dnů). Z nomogramu na obr. 6 vyplývá, že při relativně standardních klimatických podmínkách se může rychlost odpařování vody pohybovat nad jeden litr z m² povrchu konstrukce za jednu hodinu.

OBJEMOVÉ ZMĚNY

Zatímco zpracovatelnost betonové směsi lze poměrně snadno technologickými zásahy upravit a u pevnosti betonu lze počítat i při méně dokonalém ošetření s postupným nárůstem pevnosti v delších časových termínech, v případě objemových změn je vliv vysokých teplot a vysokého odparu vody **rychlý a nevratný**. Rychlá ztráta vody v letních obdobích se u vodorovných konstrukčních prvků (stropní desky, mostovky) projevuje jed-

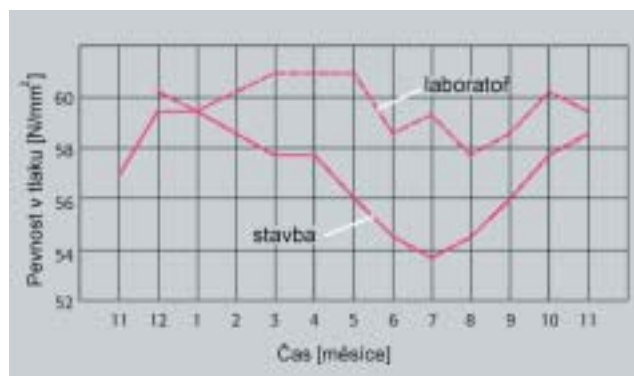
nak velmi výrazným raným chemickým (hydratačním) smrštěním, které se projevuje u nevyztužených či méně vyztužených konstrukcí šestiúhelníkovými trhlinami, u vyztužených konstrukcí trhlinami, které kopírují horní výztuž. Tyto trhliny jsou pak následně rozšiřovány smrštěním, které souvisí s rychlým vysycháním betonu a může i u betonu dosahovat hodnot až 1 mm/m (1‰). Trhliny se následně stávají předmětem ostrých sporů jak s investorem (hledisko estetické, hledisko trvanlivosti), tak i s projektantem statikem (hledisko celistvosti průřezu, soudržnosti výztuže s betonem). Sanace trhlin je přitom mimořádně komplikovaná a nákladná a z hlediska estetických aspektů prakticky nemožná.

Uvědomíme-li si všechny tyto jen naznačené souvislosti, je zřejmé, že letní období zvláště v případě, kdy se teploty pohybují trvaleji nad 25 °C (ve stínu) a na osluněných površích se pohybují v intervalu od 40 do 60 °C, je z hlediska betonáže mimořádně riskantním obdobím. Proto je nezbytné bez ohledu na aktuální prognózy počasí vždy počítat s tím, že betonáže, které mohou s vysokou pravděpodobností být realizovány v intervalu od června do září, musí být vždy alternativně technologicky a organizačně zabezpečeny tak, aby byla možná jejich bezriziková realizace i v období vysokých teplot.

Tato opatření můžeme rozdělit do dvou oblastí a to na:

- technologická opatření,
- organizační opatření.

Toto členění má jen orientační charakter a veškerá dále uvedená doporučení spolu navzájem úzce souvisí.



Obr. 4 Vliv klimatického období roku na vývoj pevnosti betonu v tlaku in situ a v laboratorních podmínkách

Fig. 4 The influence of climatic season on the development of compression strength of concrete in situ and in laboratory conditions

TECHNOLOGICKÁ OPATŘENÍ

Z povahy problému vyplývá, že receptura betonové směsi pro letní betonáže by měla zajistit co nejnižší vývoj hydratačního tepla, zajistit co nejnižší teplotu výchozích složek betonové směsi tak, aby průběh hydratace byl účinně zpomalen i při vyšších teplotách. Proto se obvykle doporučuje:

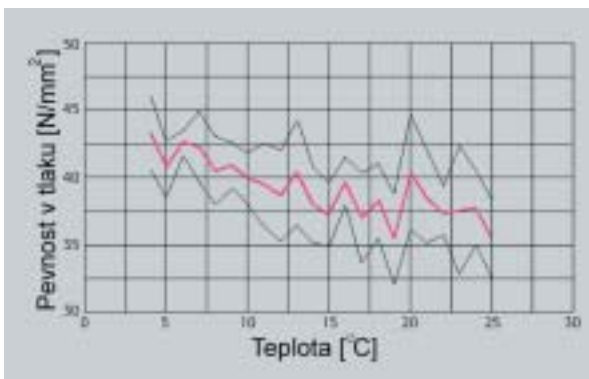
- použití směsných cementů místo cementů čistě portlandských,
- použití zpomalovacích přísad,
- zajištění co nejnižší teploty výchozích složek (zejména kameniva) a to jejich ochranou před slunečním zářením, ve výjimečných případech pak chlazením např. tekutým dusíkem [4].

Součástí letní receptury by mělo být i při průkazných zkouškách ověření účinnosti ztekucujících přísad v čase v závislosti na vyšší teplotě (stejně tak jako dalších přísad např. provzdušňovacích). Běžně se totiž stává, že průkazní zkoušky jsou prováděny při teplotách normálního laboratorního prostředí, tj. +20 °C ± 2 °C, a vůbec tak nejsou schopny vystihnout reálné chování betonové směsi při teplotách o 10 až 20 °C vyšších.

ORGANIZAČNÍ OPATŘENÍ

Optimálním relativně nenákladným opatřením je přesunutí betonáže na ranní, večerní či noční hodiny. Velkou výhodou je pokud betonová směs během prvních 6 až 12 hodin tuhnutí není bezprostředně ozařována sluncem. Současně je zřejmé, že čerstvě položenou betonovou směs nelze ihned po betonáži chránit ochrannými nástřiky či fóliemi.

Dalším důležitým organizačním aspektem letní betonáže je zmenšení betonáž-



Obr. 5 Vliv teploty vzduchu na pevnost betonu v tlaku in situ

Fig. 5 The influence of temperature of the air on compression strength of concrete in situ

ních úseků i za cenu většího počtu pracovních spár i zvýšení počtu pracovníků za současného zvýšení dohledu nad jejich technologickou kázní. Zatímco delší pracovní přestávka při teplotách kolem +10 °C je z hlediska zpracovatelnosti a tuhnutí betonové směsi obvykle nevýznamná, v případě vysokých letních teplot může znamenat následné závažné problémy s kvalitou betonu. Dozor by měl zejména zabezpečit, aby nedocházelo k dodatečnému doplňování záměsové vody, které se vždy dramaticky projeví sníženými pevnostmi.

Pokud se tedy podaří betonáž zrealizovat mimo období s nejprudším slunečním svitem a nedojde k výpadku lidí ani mechanismů, je třetí důležitou organizační oblastí zabezpečení důkladného a kontinuálního ošetřování betonové konstrukce. Pouhé kropení vodou prováděné nesystematicky nelze považovat za dostatečné ošetření.

Podobně nelze v období vysokých teplot spoléhat pouze na ochranné nástřiky, které sice zbrzdí odpar vody, ale nejsou schopny ho zcela blokovat. K vyschnutí povrchu tedy dojde s delším časovým odstupem, ale z hlediska objemových změn a zrání betonu není efekt dostatečný.

Za efektivní ošetřování betonové konstrukce lze považovat její zakrytí provlhčovací geotextilií či jinou sorbující látkou s eventuálním doplňujícím zakrytím umělohmotnou fólií. V případě svislých povrchů či nepřístupných konstrukčních prvků se osvědčila instalace perforovaných hadic, ze kterých mírně a kontinuálně vytéká voda průběžně smáčejší povrch konstrukce.

ZÁVĚRY

Z uvedených skutečností vyplývá, že letní období může být při betonážích zdrojem významných rizik. Čelit jim lze kombinací řady opatření, která nejsou sice technicky

Literatura

- [1] Hermann K.: Betonieren bei hohen Temperaturen. Cementbulletin, April 199x, ročník 67, s. 1–11
- [2] Betonverarbeitung unter extremen klimatischen Bedingungen, *Beton*, 2/1987, s. 61–62
- [3] Bereiten und Verarbeiten von Beton. Zement-Merkblatt, *Betontechnik*, B7, 8.2002
- [4] Kilian G.: Betonieren bei heisser Witterung und Fruhrissgefahr, *TIS*, 6/98, s. 56–61

nijak náročná avšak vyžadují od všech zúčastněných důslednost a pečlivost. Na centrálních betonážích je, aby měly pro letní období připraveny tzv. „letní“ receptury ve smyslu výše naznačených opatření. Pro tyto receptury musí být k dispozici nezbytné průkazní zkoušky i informace o vývoji zpracovatelnosti v čase (při vyšších teplotách). Prováděcí firma by pak zvláště u větších betonážích měla mít zpracovaný technologický postup, ze kterého by mělo být patrné v jakých časových a objemových úsecích má betonáž probíhat a jak musí být personálně a materiálně zabezpečena. Jakákoliv dodatečná improvizace je pak již velmi obtížná a i drobné selhání vede k následným nepříjemným problémům. Nejčastěji je to vznik smršťovacích trhlin, které se musí nákladně sanovat. S menší četností se setkáváme i s nezbytností vybourat některé vybetonované partie, které mohou mít o 2 až 3 třídy nižší pevnost, než je úroveň požadovaná projektem. Tato situace vzniká zvláště v případech, kdy investor kontroluje kvalitu betonu v konstrukci. Pro letní betonáž tedy neexistuje jednotný recept jak se vyhnout problémům. Úspěchem je vždy již to, pokud si všichni aktéři betonáže uvědomí, že vyšší teploty spojené s dovolenou či odpočinkem se mohou v případě betonáže změnit v nepříjemnou past.

Príspevek byl zpracován s podporou projektu GAČR 103-01-0814 a Výzkumného záměru CEZ J04/98:210000030.

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
Kloknerův ústav ČVUT, odd. stavebních materiálů
Šolínova 7, 166 08 Praha 6
tel./fax: 224 353 840
e-mail: dohn@klok.cvut.cz, www.klok.cvut.cz
www.dohnalek.org

Obr. 6 Nomogram znázorňující vliv relativní vlhkosti vzduchu, teploty čerstvého betonu a rychlosti větru na rychlost odpařování záměsové vody z povrchu konstrukce

Fig. 6 The nomogram showing the influence of relative humidity, the temperature of fresh concrete and the speed of the wind on the speed of the evaporation of gauge water from the construction surface

