



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

211565

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 N 3/00

/22/ Přihlášeno 03 10 79
/21/ /PV 6727-79/

(40) Zveřejněno 31 07 81

(45) Vydáno 15 03 83

(75)

Autor vynálezu

ŠTĚRBA ALAIN ing., PRAHA

(54) Způsob stanovení pevnostních charakteristik betonové směsi

Vynález řeší způsob rychlého stanovení pevnostních charakteristik betonové směsi. Použitím řešené metody se dostatečně přesně odhadne pevnost betonu po proteplování a následujícím ošetření po dobu 28 dní. Za použití řešené metody se též určí vhodnost betonové směsi pro zpevňování betonu ohřevem na teplotu 45 až 95 °C.

Dosavadní způsoby kontroly betonové směsi a betonu neodpovídají potřebám operativní kontroly. Pokud jde o pevnost, kontroluje se vhodnost betonové směsi většinou zkouškami pevnosti zkušebních těles, vyrobených z kontrolované směsi a ošetřovaných konstantním způsobem po dobu 28 dní. Výsledky zkoušek se získají v době, kdy jsou obvykle natolik změněny výrobní podmínky, například pokud jde o použité suroviny, ev. o funkci výrobního zařízení, že korekce složení betonové směsi podle výsledků zkoušek již není opodstatněná. Svému účelu nevyhovují ani další používané metody.

Rozbor čerstvého betonu nevystihuje proměnlivost vlastností dodávaného cementu. Dostatečně přesná urychlená zkouška vlastností cementu není dosud vyřešena. Vyřešené urychlené zkoušky pevnosti zkušebních těles nejsou plně vyhovující pro jejich nevhodnost při změně druhu a třídy cementu, případně změně jeho dodavatele. Plně nevyhovuje ani jejich trvání.

Výsledky se získávají většinou po době delší než 24 hodin a kontrola proto neumožňuje případnou korekci v další směně. Uvedená doba trvání není vhodná též pro pracovní obtíže, vyplývající z nutné činnosti laboratoře ve dni pracovního volna, následujícího po posledním pracovním dnu v týdnu. Je známý též způsob odvozování 28denní pevnosti z urychlených zkoušek betonu po proteplování s dobou alternativně 2 a 6 h izotermického ohřevu. Též tato zkouška je nevhodná pro dobu trvání zkoušky, která je delší než pracovní směna a dále pro ne zcela dostatečnou přesnost zkoušky. Podobné nevýhody má i známá zkouška, jejíž podstatou je odvo-

211565

zení pevnosti ze zkoušek betonu po 1, 3 a 7 dnech. Tyto nevýhody odstraňuje řešení podle vynálezu, kde stanovení pevnostních charakteristik betonové směsi, zvláště odhadu 28denní pevnosti z ní vyrobeného protepleného betonu a její vhodnosti pro zpevňování betonu ohřevem na teplotu 45 až 95 °C se provádí tak, že se určí pevnost R_A betonu za použití zkušebních betonových těles, proteplených po dobu τ (h), která je kratší než 7 h a delší než 3 při průměrné teplotě jejich povrchu t (°C) = 60 ($a - \ln \tau$), kde a je konstanta větší než 2,65 a menší než 2,85. Dále se určí pevnostní charakteristika cementu R_{CA} za použití zkušebních těles, vyrobených ze směsi stálého složení a a kamenivem stálých vlastností.

Tato zkušební tělesa se proteplují stejně jako zkušební betonová tělesa k určení pevnosti R_A betonu. Pevnostní charakteristika se určí z regresního vztahu vypočteného z výsledků průkazných zkoušek, který obsahuje jako nezávislé proměnné alespoň R_A betonu a pevnostní charakteristiku cementu R_{CA} .

Výhoda řešení podle vynálezu spočívá především v tom, že všechny zjišťované pevnostní charakteristiky se zjistí během jedné pracovní směny a že proto způsob jejich stanovení vyhovuje nárokům na účelnou operativní kontrolu. Při výrobě betonových zkušebních dílů za použití urychlování tvrdnutí betonu proteplováním se tak mimo jiné určí, zdali případné odchylky od požadovaných pevností stavebních dílců jsou způsobeny vlastnostmi betonové směsi nebo způsobem výroby dílců, hlavně zhutňováním a použitým způsobem proteplování.

Na podkladě zkoušek podle vynálezu lze proto provádět potřebné korekce ve složení betonové směsi nebo i korekce výrobního postupu a úpravy zařízení. Uvedeným způsobem se dosáhne menší proměnlivosti pevnosti betonu. Požadované statisticky zaručené předepsané pevnosti se proto dosáhne při snížené spotřebě energeticky náročného cementu.

Příklady využití:

K ověření vhodnosti metody operativní kontroly betonu podle vynálezu v podmínkách výroby stavebních dílců se širokým sortimentem dodávaných surovin byly provedeny ověřovací zkoušky. V jejich rámci bylo vyzkoušeno 39 betonových směsí s teplotou od 14,5 do 24 °C. Z každé z uvedených betonových směsí byly vyrobeny sady zkušebních krychlí o hraně 150 mm ke zjištění pevností R_A , R_C , R_E a R_F , kde je

R_A pevnost (MPa) ke standardnímu ohřevu odpovídajícímu předmětu vynálezu. Zkušební krychle jsou vyráběny ve standardním zkušebním zařízení, zabezpečujícím všechny operace od vytváření po proteplování. Průměrná teplota vyhřívané formy a tím i povrchu zkušebních krychlí byla $t = 64$ °C, maximální teplota 66 °C. Celková doba proteplování byla $\tau = 5,5$ h.

R_C pevnost (MPa) neproteplovaného betonu ošetřovaného 28 dní ve vlhkém prostředí podle ČSN 731311: teplota 20 ± 3 °C, relativní vlhkost nad 90 %.

R_E pevnost (MPa) betonu bezprostředně po provozně používaném proteplování, trvajícím celkem 5 h. Doba vzestupu teploty na 80 °C byla 3,5 h, maximální dosažená teplota betonu 85 °C.

R_F pevnost (MPa) betonu po provozně používaném proteplování podle předchozího bodu a ošetřovaného do stáří 28 dní ve vlhkém prostředí podle ČSN 731311.

Kromě jiných zkoušek materiálů a betonové směsi byly dále zjištěny: pevnostní charakteristika cementu R_{CA} a zpracovatelnost betonové směsi K , kde jsou

R_{CA} pevnost (MPa) zkušebních těles, vyrobených ze směsi stálého složení a a s kamenivem stálých vlastností, proteplovaných stejně jako zkušební betonová tělesa k měření pevnosti R_A betonu.

K zpracovatelnost betonové směsi (s VeBe) zjištěná podle ČSN 731312. Stanovení zpracovatelnosti betonové směsi.

K ověření dále uvedených regresních vztahů v širším oboru betonových směsí bylo při uvedených zkouškách použito 6 různých cementů: tři portlandské třídy 400, dva struskoportlandské třídy 325 a jeden struskoportlandský třídy 250. Dávkování cementu bylo 280, 360 a 440 kg/m³ hotového betonu, zpracovatelnost K byla 5, 12 a nad 30 s VeBe. Bylo použito různých druhů kameniv. Do vyhodnocených ověřovacích zkoušek byly zahrnuty i zkušební série s urychlovací a plastifikační přísadou.

Z hlavních výsledků zkoušek byly strojně početně určeny dále uvedené vztahy, jejich odhady směrodatných chyb S , směrodatných relativních chyb S_R a dále výběrové koeficienty mnohonásobné korelace R .

P ř í k l a d 1

Odhad pevnosti proteplovaneho betonu R_{FV} ; jako závislých proměnných je využito zjištěných pevností R_F .

$$R_{FV} = 12,64 + 2,326 R_A - 0,539 R_{CA} - 0,01155 R_A^2 - 0,0219 R_A \cdot R_{CA}$$

$$S = 1,40 \text{ MPa}; S_R = 4,21 \%, R = 0,9875$$

P ř í k l a d 2

Odhad pevnosti bezprostředně po proteplování R_{EV} ; jako závislých proměnných je využito zjištěných pevností R_E . Vztah 2a) nevyužívající zjištěné zpracovatelnosti betonové směsi:

$$R_{EV} = -2,59 + 1,145 R_A + 0,176 R_{CA} + 0,0069 R_A^2 - 0,02346 R_A \cdot R_{CA}$$

$$S = 0,99 \text{ MPa}, S_R = 6,80 \%, R = 0,9899$$

Vztah 2b) využívající zjištěné zpracovatelnosti betonové směsi:

$$R_{EV} = 0,38 + 1,272 R_A - 0,134 R_{CA} - 1,94 \ln K - 0,0232 R_A \cdot R_{CA} + 0,169 R_{CA} \cdot \ln K$$

$$S = 0,81 \text{ MPa}, S_R = 6,14 \%, R = 0,9934.$$

Vztah 2b) je tedy přesnější než vztah 2a).

P ř í k l a d 3

Odhad pevnosti neprotepleného betonu R_{CV} ; jako závislých proměnných je využito zjištěných pevností R_C .

$$R_{CV} = 2,06 + 3,277 R_A + 0,345 R_{CA} - 0,0813 R_A \cdot R_{CA}$$

$$S = 2,46 \text{ MPa}, S_R = 5,84 \%, R = 0,9727$$

Poznámka pro další využívání:

K upřesnění vztahů pro podmínky jiného než ověřeného oboru provedou se v rámci průkazných zkoušek pevností R_A , R_C , R_E a R_F betonů, dále pak zkoušky charakteristik používaných cementů R_{CA} , zpracovatelnosti betonové směsi K, případně i dalších charakteristik. Ze zjištěných výsledků zkoušek se výše uvedené regresní vztahy zpřesní. Když jsou pevnostní charakteristiky betonové směsi, zjištěné podle uvedených nebo upřesněných regresních vztahů nižší než odpovídající předepsané pevnosti, zvýší se dávka cementu, v opačném případě lze dávku cementu snížit.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob stanovení pevnostních charakteristik betonové směsi, zvláště odhadu 28denní pevnosti z ní vyrobeného proteplovaneho betonu a její vhodnosti pro zpevňování betonu ohřevem na teplotu 45 až 95 °C, vyznačený tím, že se určí pevnost R_A betonu za použití zkušebních betonových těles, proteplovaných po dobu τ (h), která je kratší než 7 hodin a delší než 3 hodiny, při průměrné teplotě jejich povrchu t (°C) = 60 ($a - \ln \tau$), kde a je konstanta větší než 2,65 a menší než 2,85, kde se dále určí pevnostní charakteristika cementu R_{CA} za použití zkušebních těles vyrobených ze směsi stálého složení a s kamenivem stálých vlastností, proteplovaných stejně jako zkušební betonová tělesa k určení pevnosti R_A betonu, přičemž se pevnostní charakteristika určí z regresního vztahu vypočteného z výsledků průkazných zkoušek, který obsahuje jako nezávislé proměnné alespoň pevnost R_A betonu a pevnostní charakteristiku cementu R_{CA} .