

APLIKÁCIA POLYKARBOXYLÁTOVÉHO SUPERPLASTIFIKÁTORA PRI STAVBE MESTSKEJ ESTAKÁDY V POVAŽSKEJ BYSTRICI

Vojtechovský O.

Betónrario s. r. o., Trnava

Príspevok stručne popisuje históriu používania prísad do betónu, ich samotné napredovanie a vývoj, v skratke popisuje princíp fungovania „stekucovačov“ (superplastifikátorov na báze polykarboxylátov, ďalej len PC) v betónových zmesiach a maltách, konštrukciu horeuvedeného objektu, pri zostrojovaní ktorého bola použitá prísada na báze PC a vlastnosti betónu použitého pri realizácii spomenutej stavby.

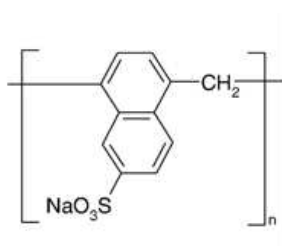
1. Úvod

Použitie superplastifikátorov je absolútnou nevyhnutnosťou na prípravu vysokokvalitného betónu. Superplastifikátory (disperzanty, stekucovače) redukujú množstvo vody (vodného súčiniteľa) potrebnej na dosiahnutie akceptovateľnej spracovateľnosti čerstvého betónu. Navyše zníženie obsahu vody vedie k zvýšeniu pevností zhotovených produktov. Vďaka tomu sú predurčené na aplikáciu v špeciálnych prípadoch [1]. Bez ich použitia by nebolo možné postaviť niektoré skvosty svetového stavebníctva. (napr. veža Burj Dubai a pod.)

Koncom 60. rokov dvadsiateho storočia boli prvýkrát použité superplastifikátory na stekutenie betónu. K ich zavedeniu do kolotoča výroby betónu došlo takmer súbežne v Japonsku a v Nemecku. Za zmienku však stojí fakt, že prvý patent, zahŕňajúci výrobu a aplikáciu superplastifikátorov, založených na báze polykondenzovaných sulfónovaných naftalénov (obr. č.1), bol udelený už v roku 1938 v USA. Vtedajšiemu stavebnému priemyslu postačoval na výrobu betónu

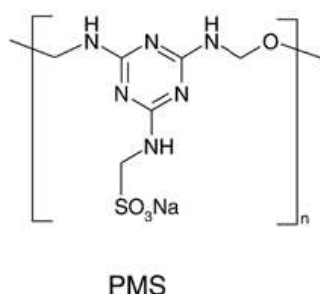
plastifikátor na báze lignosulfonánov. Nebolo potrebné hľadať plastifikátory s vyšším účinkom, ktoré boli aj tak drahšie [2]. S vývojom nárokov na kvalitu a vlastnosti betónu prirodzene rástla aj požiadavka na účinnejšie dispergátory. Zo začiatku hrali superplastifikátory úlohu stekucovača. Neznižovali vodný súčiniteľ. Boli pridávané až na stavenisku a nie v priestore betonárne, ako je tomu teraz. Zámerom bolo uľahčiť ukladanie betónu bez rizika segregácie a straty pevnosti, spôsobenej dodatočným pridaním vody [2].

Obr. č. 1

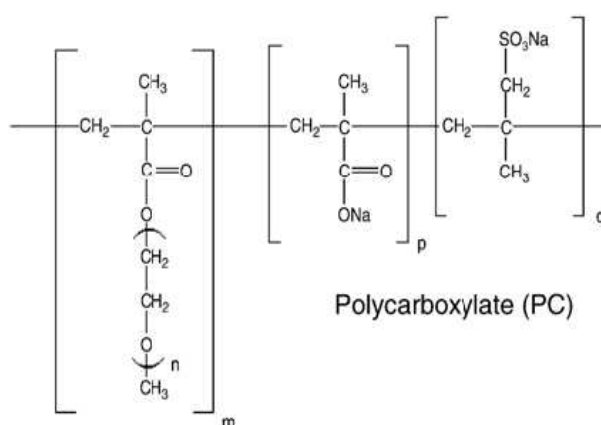


Nasledovalo zosyntetizovanie ďalšieho z rodiny polykondenzátov. Jednalo sa o polymelamínsulfonan (PMS) (obr. č. 2). V osemdesiatych rokoch minulého storočia sa v Japonsku podarilo pripraviť nový prevratný typ superplastifikátora na báze polykarboxylátu (PC) (obr. č. 3, jedna z verzií PC). Nebol síce až taký robustný a tolerantný ku rozličným cementom, ako napr. polykondenzáty, ale bol schopný výrazne znížiť vodný súčiniteľ [1]. Nová trieda superplastifikátorov je pripravovaná radikálovou kopolymerizáciou.

Obr. č. 2



Obr. č. 3



2. Princíp fungovania PC

Pri hydratácii cementu v betóne sa vyvíjajú rôzne povrchy (fázy) s rozličným chemickým zložením [3]. Pre zdokonalenie priebehu hydratácie a maximálne využitie cementového spojiva je potrebné pokryť povrch cementových zrn, resp. povrch vyvíjajúcich sa hydratačných produktov špeciálnymi chemickými štruktúrami. Vhodným kandidátom je superplastifikátor na báze PC. Preferovanou hydratačnou fázou adsorpcie PC je ettringit [1,3]. Po samotnom naadsorbovaní dôjde ku disperzii (rozptýleniu) cementových zrn prostredníctvom stérickej prekážky, čím sa zároveň zabráni zhlukovaniu cementových.

PC polymér je charakterizovaný niekoľkými dôležitými parametrami. Patrí medzi nich molekulová hmotnosť, dĺžka hlavného reťazca, dĺžka vedľajšieho reťazca, aniónová nábojová hustota. Vedľajší reťazec je zodpovedný za vytvorenie stérickej prekážky. Na posúdenie a preskúmanie disperzného mechanizmu PC je vhodné meranie zeta - potenciálu cementovej pasty [3,4].

3. Mestská estakáda v Považskej Bystrici

Pri realizácii zložitých inžinierskych stavieb je potrebné dbať na každý detail. Či už ide o bezpečnosť ľudí, kvalitu vykonanej práce alebo o vstupujúci materiál. S maximálnou pozornosťou sa musí preveriť a odskúšať akýkoľvek atribút vstupujúci do stavby. Je potrebné navrhnuť a otestovať receptúry betónov, ktoré budú „nosnými piliermi“ pri danej realizácii. Okrem vhodného kameniva, cementu, prípadne inej prímеси je nutné navrhnuť aj vhodnú prísadu do betónu, prostredníctvom ktorej sa dosiahnu parametre betónu navrhnuté projektantom. V prípadeestskej estakády sa jednalo o betón s označením C 45/55 XC4, XD3, XF2 (SK) – Cl 0,1 – D_{max} 22 – S4 – max. priesak 50 mm podľa noriem STN EN 206-1 a STN EN 12390-8. Ďalšími požadovanými atribútmi uvedeného betónu boli pevnosť v tlaku 30 MPa po 24 hodinách a statický modul pružnosti po 28 dňoch s hodnotou 34 GPa. Na dosiahnutie požiadaviek bolo potrebné aplikovať pri miešaní betónu prísadu na báze PC.

Úsek medzi Sverepcom a Vrúčkami, ktorého súčasťou je aj estakáda v Považskej Bystrici je posledným dielom skladačky menom D1. Spustením chýbajúceho úseku na diaľnici medzi Bratislavou a Žilinou budeme opäť bližšie k vytúženému snu prepojiť Bratislavu s Košicami.

4. Konštrukcia

Most je typu extradosed a má celkovú dĺžku 968 metrov. Je tvorený spojitým nosníkom o 10 poliach s rozpätím 34,2 + 48,8 + 70,8 + 6x122 + 68 m. Nosnú konštrukciu mosta tvorí jednokomorový nosník s veľmi vyloženými konzolami, podopieranými prefabrikovanými vzperami. Nosník je v osi mosta zavesený na siedmich, 14 metrov vysokých pylónoch. Závesy majú semiradiálne usporiadanie. Most sa stavал letmou betonážou v symetrických konzolách. Všetky vahadlá sa budovali súčasne. Susediace konzoly sa navzájom spojili dobetónovaním škáry a jej následným predopnutím. Požiadavkou projektantov bolo dosiahnutie min. 34 GPa modulu pružnosti po 28 dňoch s ohľadom na obmedzenie vplyvu dotvarovania a zmrašťovania mostu veľkého rozpätia. Pri výpočte nadvýšenia nosnej konštrukcie boli zahrnuté výsledky skúšok zatvrdnutého betónu, vrátane skutočne zmeraného modulu pružnosti [5].

5. Betón nosnej konštrukcie a začiatok realizácie

Príprava betónu, prebiehala v laboratórnych podmienkach od novembra 2008. Tabuľka číslo 1 uvádza niektoré z deklarovaných vlastností, zistených pri počiatkovej skúške typu (PST) [5].

Tabuľka č. 1: Vlastnosti čerstvého a zatvrdnutého betónu zistené pri PST.

Betón STN EN 206-1 - C 45/55 XC4, XD3, XF2 (SK) – Cl 0,1 – D _{max} 22 – S4 – max. priesak 50 mm podľa STN EN 12390-8 – statický modul pružnosti po 28 dňoch 34 GPa – nárast pevnosti 30 MPa/24 hodín	
Vlastnosť betónu	Zistená hodnota
Konzistencia skúškou sadnutím [mm] po vyrobení	250
Konzistencia skúškou sadnutím [mm] po 60 min.	200
Teplota čerstvého betónu [°C] po 5 min.	17,8
Objemová hmotnosť zatvrdnutého betónu [kg/m ³] po 28 dňoch a vysušení v sušiarňi	2350
Pevnosť v tlaku [MPa] po 24 hodinách	37,5
Pevnosť v tlaku [MPa] po 48 hodinách	53,5
Pevnosť v tlaku [MPa] po 28 dňoch	75,0

Maximálny nameraný priesak vody [mm]	15
Statický modul pružnosti [GPa] po 3 dňoch	30,120
Statický modul pružnosti [GPa] po 28 dňoch	33,346
Odolnosť voči vplyvu vody a ChRL [g/m^2]	95,33
Mrazuvzdornosť – súčiniteľ mrazuvzdornosti	0,86

Pozn.: Skúšobné telesá boli ošetrované v laboratórnych podmienkach podľa STN EN 12390-2 pri teplote $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ a relatívnej vlhkosti vzduchu $\geq 95\%$.

Pre potvrdenie vhodnosti navrhnutého betónu pre technológiu výstavby a overenie samotného spôsobu betonáže bola dňa 7.4.2009 vykonaná skúška, pri ktorej bol vyrobený čiastočne zmenšený skúšobný segment mosta podľa samostatného projektu (obrázok č. 4).

Obrázok č. 4: Pohľad na skúšobný segment pri oddebňovaní vzpier.



Pri betonáži pokusného segmentu boli kontrolované vlastnosti čerstvého betónu, ktoré sú zhrnuté v tabuľke č. 2

Tabuľka č. 2: Vlastnosti betónu zo skúšobného segmentu.

Betón STN EN 206-1 - C 45/55 XC4, XD3, XF2 (SK) – Cl 0,1 – D _{max} 22 – S4 – max. priesak 50 mm podľa STN EN 12390-8 – statický modul pružnosti po 28 dňoch 34 GPa – nárast pevnosti 30 MPa/24 hodín	
Vlastnosť betónu	Zistená hodnota
Konzistencia skúškou sadnutím [mm] po vyrobení	250
Konzistencia skúškou sadnutím [mm] po 60 min.	200

Teplota čerstvého betónu [°C] po 60 min.	22,7
Pevnosť v tlaku [MPa] po 24 hodinách	20,0
Pevnosť v tlaku [MPa] po 48 hodinách	36,5
Pevnosť v tlaku [MPa] po 28 dňoch	81,0
Maximálny nameraný priesak vody [mm]	20
Statický modul pružnosti [GPa] po 28 dňoch	33,9
Odolnosť voči vplyvu vody a ChRL [g/m ²]	68,40
Mrazuvzdornosť – súčiniteľ mrazuvzdornosti	0,86

Pozn.: Skúšobné telesá boli v podmienkach okolitého prostredia chránené len pred poveternosťnými vplyvmi, počas prvých cca 20 hodín. V laboratórnych podmienkach podľa STN EN 12390-2 boli uložené od veku cca 22 hodín až do termínu skúšania.

6. Záver

Potvrdil sa významný vplyv teploty ošetrovania betónu na nárast pevnosti v prvých dňoch po vyrobení. Zatiaľ čo betón ošetrovaný v laboratórnych podmienkach už od svojho vyrobenia, a tiež betón v konštrukcii ovplyvnený narastajúcim hydratačným teplom dosiahol požadovanú pevnosť v tlaku po 24 hodinách, pevnosť v tlaku skúšobných telies chránených len pred poveternosťnými vplyvmi po 24 hodinách výrazne zaostala. Na základe zistení o vplyve teploty na nárast pevnosti skúšobných telies bolo pristúpené k ďalšiemu overeniu pevnosti betónu vyrobeného na betonárni a následne k zabezpečeniu čo najoptimálnejšieho ošetrovania skúšobných telies už na stavenisku [5].

7. Literatúra

- [1] Plank J., Pöllmann K., Zouaoui N., Anders P.R., Schaefer C. Synthesis and performance of methacrylic ester based polycarboxylate superplasticizers possessing hydroxy terminated poly(ethylene glycol) side chains. Cement and Concrete Research.
- [2] Aitcin P. C., Vysokohodnotný beton, 1. české vydanie, Praha 2005, s. 22-27
- [3] Plank J., Schröfl C., Gruber M., Use of Supplemental Agent to Improve Flowability of Ultra-High-Performance Concrete. Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete. Ninth ACI International Conference, s. 1- 10
- [4] Plank J., Sachsenhauser B., Impact of Molecular Structure on Zeta Potential
- [5] Halaša I., Novák R., Magyar M., Mestská estakáda v Považskej Bystrici