تحقیقات بتن
سال سیزدهم، شمارهٔ اول
بهار ۹۹
ص ۱۲ – ۵
تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۱۳
تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۲۷

بررسی اثر فوق‌روان‌کننده‌ها بر رئولوژی بتن خودتراکم برای زمان‌ها و دماهای مختلف

علی اکبر شیرزادی جاوید *
استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران.
پرویز قدوسی
استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران.
علی زال نژاد
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه علم و صنعت ایران.
سید سجاد میرولد
استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران.

چکیده
در طرح مخلوط بتن خودتراکم، عملکرد فوق‌روان‌کننده‌ها به‌شدت تحت‌تأثیر دمای محیط قرار دارد؛ این موضوع به‌دلیل آن است که درجه حرارت وابسته به سرعت هیدراسیون، بر نرخ جذب فوق‌روان‌کننده به مخلوط بتن خودتراکم تأثیر می‌گذارد. در این تحقیق دمای مخلوط‌های بتن با توجه به شرایط محیطی فصل‌های مختلف انتخاب شده است. بنابراین پس رساندن دمای بتن به دمای محیط، خواص رئولوژی بتن تازه خودتراکم حاوی پلی کربوکسیلات و نفتالین سولفونات به‌عنوان یک تابع از زمان اختلاط، دما و مقدار مواد افزودنی با نسبت آب به سیمان ۰/٤۲، مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تنش جاری شدن و لزجت پلاستیک حاصل از دستگاه رئومتر در طول زمان ٦۰ دقیقه، پلی‌کربوکسیلات نسبت به نفتالین سولفونات سبب بهبود رئولوژی یعنی تنش جاری کمتر و لزجت پلاستیک بیشتر می‌شود ولی با این وجود، ازآنجایی‌که نفتالین سولفونات سبب افت اسلامپ کمتر می‌شود بنابراین با استناد به این امر، نفتالین سولفونات سبب حفظ سیالیت بیشتری می‌شود. همچنین با استناد به نتایج تحقیق، باید برای بهبود رئولوژی از بالا رفتن دمای بتن و زمان بتن‌ریزی کاست، زیرا در غیر این صورت، باعث سخت شدگی بتن و درنتیجه کاهش رئولوژی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بتن خودتراکم، دما، رئولوژی، پلی کربوکسیلات، نفتالین سولفونات.

* نویسنده مسئول: shirzad@iust.ac.ir

۱- مقدمه

قرار دادن بتن در شرایط آب و هوای گرم سبب تبخیر سریع آب اختلاط و افزایش هیدراتاسیون سیمان می‌شود [۱]. انتخاب مواد افزودنی شیمیایی مناسب، خواص رئولوژی خمیرسیمان در دماهای بالا را، بهبود می‌دهد [۱و۲].

تغییرات در تنش جاری و لزجت پلاستیک مخلوط با درجه حرارت، نشان روند مبهم وابسته به فوق‌روان‌کننده، نوع سیمان، سطح مخصوص سیمان هست. ازآنجاکه دما، نقش مهمی در تعیین سیمان، فوق‌روان‌کننده و تخمین تغییراتی که ممکن است در رئولوژی اثرگذار باشد دارد باید در نظر گرفته شود [۳-۶].

راوینا[1] [۷] اثرات فوق‌روان‌کننده‌های اسیدکربنیک پلی-هیدروکسی، سولفونات لیگنین اصلاح‌شده و لیگنین کربوهیدرات مبتنی بر سولفونات در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای جبران اسلامپ ازدست‌رفته به کار برد. مشخص شد که مواد افزودنی شیمیایی، کارایی بتن را بهبود می‌دهد و مقدار کل آب موردنیاز برای جبران اسلامپ ازدست‌رفته را کاهش می‌دهد. کاهش در آب اختلاط یک تابع از مقدار مواد افزودنی است؛ مقدار بالاتر سبب کاهش بیشتر آب اختلاط می‌شود. به‌عنوان مثال، هنگامی‌که مقدار افزودنی به ۰/۵۰ درصد افزایش یافته است، آب مخلوط ۶ درصد کاهش یافته است.

همپتون[2] [۸] امکان کاهش از دست دادن اسلامپ سریع بتن با توجه به درجه حرارت بالا با استفاده از یک فوق‌روان‌کننده بر پایه نفتالین سولفونات را موردمطالعه قرار داد از دست دادن اسلامپ تحت درجه حرارت بالای ۳۲ سانتی‌گراد معنی‌دار بود، اما این افت، با افزایش مواد افزودنی کاهش می‌یابد.

در تحقیق نهدی[3] و المارتینی[4] [۲] در سال ۲۰۰۹، اثرات همراه دما و زمان در تکامل ویژگی‌های رئولوژیکی مخلوط‌های بتن خودتراکم حاوی ترکیب پلی‌کربوکسیلات، ملامین سولفونات و نفتالین سولفونات مبتنی بر مواد افزودنی کاهنده‌آب در پژوهشیبررسی شد. مقدار اشباع مخلوط‌های بتن تازه حاوی پلی‌کربوکسیلات، ملامین سولفونات و نفتالین سولفونات برای درجه حرارت‌ها و زمان‌های اختلاط، متفاوت هست. افزایش مقدار پلی‌کربوکسیلات تا مرز اشباع شدن سبب کاهش تنش جاری و افزایش مقدار پلی‌کربوکسیلات فراتر از مقدار اشباع، سبب افزایش تنش جاری می‌شود و به عبارتی مقدار اشباع، به مقدار بهینه افزودنی جهت رسیدن به تنش جاری کمتر هست. همچنین پلی‌کربوکسیلات یک عامل متفرق ساز مؤثر است چراکه قادر به دستیابی به مقادیر تنش کم در مقدارهای نسبتاً کم هست.

در تحقیق المارتینی و نهدی [۹] در سال ۲۰۱۰ نیز، سه افزودنی شیمیایی مبتنی بر فوق‌روان‌کننده یعنی پلی‌کربوکسیلات، ملامین سولفونات و نفتالین سولفونات در شرایط هوای گرم برای بتن خودتراکم مورداستفاده قرار گرفت. افت اسلامپ مطابق انتظار با افزایش دما بیشتر می‌شود. در مقایسه با دیگر فوق‌روان‌کننده‌ها، نفتالین سولفونات به‌نظر می‌رسد که حفظ اسلامپ بهتری برای بتن تا ۵۰ دقیقه در دمای بالا از خود نشان می‌دهد بااین‌حال، بتن ساخته‌شده با نفتالین سولفونات و مخلوط شده برای بیش از ۵۰ دقیقه در دمای متوسط، تجربه از دست دادن اسلامپ بالاتر از بتن ساخته‌شده با دیگر فوق‌روان‌کننده‌ها دارد. بنابراین برای زمان‌های بیش از ۵۰ دقیقه بتن‌های حاوی نفتالین سولفونات، نیاز به مواظبت بیشتری دارند. نتایج برای بتن همراه با فوق‌روان‌کننده‌های مختلف با مقادیر اسلامپ یکسان نشان می‌دهد که در هر دمای عمل‌آوری و اختلاط بررسی‌شده، نوع فوق‌روان‌کننده بر روی مقاومت فشاری ۲۸ روزه تأثیرگذار بوده است. بالاترین مقاومت فشاری، در هنگام استفاده از فوق‌روان‌کننده پلی‌کربوکسیلات بوده است. در تحقیقات گذشته، ابتدا دمای بتن را به دمای معمولی رسانده، سپس اثر فوق‌روان‌کننده‌ها در زمان و دماهای مختلف محیط بررسی می‌شد. ولی در این تحقیق بدون آنکه تمهیدات دمایی بتن در نظر گرفته شود به بررسی و مقایسه اثر پلی کربوکسیلات و نفتالین سولفونات به‌عنوان تابعی از دما و زمان بر روی خواص رئولوژیکی بتن خودتراکم، به‌ویژه تنش جاری و لزجت پلاستیک با استفاده از دستگاه رئومتر پرداخته شده است.

۲- برنامه آزمایشگاهی

۲-۱- مصالح مصرفی

در ساخت بتن‌ها از سیمان پرتلند نوع ۲ استفاده شده است که مشخصات شیمیایی و فیزیکی سیمان مصرفی، در جدول ۱ آورده شده است.

[1] Ravina
[2] Hampton
[3] Nehdi
[4] Al-Martini

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی سیمان

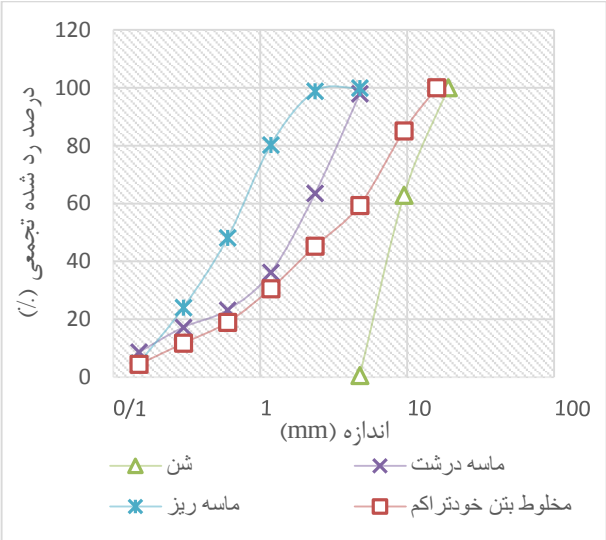
مشخصات شیمیایی و فیزیکی	سیمان پرتلند
SiO_2	۲۰/۷۴
Al_2O_3	۴/۹۰
Fe_2O_3	۳/۵۰
MgO	۱/۲۰
CaO	۶۲/۹۵
SO_3	۳/۰۰
C_3S	۵۷/۶
C_2S	۱۸/۱
C_3A	۵/۸
C_4AF	۱۱/۱۶
افت وزن در اثر سرخ شدن	۱/۵۶
باقی‌مانده نامحلول	۰/۷۴
وزن مخصوص (kg/m^3)	۳۱۵۰

سنگ‌دانه‌های مورداستفاده در این پژوهش شامل شن، ماسه درشت و ماسه ریز هست که به‌ترتیب دارای حداکثر اندازه ۱۲/۵، ۴/۷۵ و ۲/۳۶ میلی‌متر هستند مشخصات فیزیکی سنگ‌دانه‌های مصرفی در جدول ۲ و دانه‌بندی آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی سنگ‌دانه‌های مصرفی

مصالح	جرم حجمی دانه‌ای اشباع با سطح خشک (kg/m^3)	جذب آب (٪)
شن	۲۵۷۰	۲/۹۴۴
ماسه درشت	۲۷۰۰	۳/۲۳
ماسه ریز	۲۷۵۰	۳/۰۷۵

در این تحقیق، دو نوع فوق‌روان‌کننده بر پایه پلی‌کربوکسیلات و نفتالین سولفونات مورداستفاده قرار گرفتند که به ترتیب داری وزن مخصوص kg/m^3 ۱۰۳۰ و kg/m^3 ۱۲۰۰ می باشند. همچنین در این تحقیق از اصلاح‌کننده لزجت بر پایه پلی ساکارید با وزن مخصوص kg/m^3 ۱۵۰۰ استفاده شده است.



شکل ۱- منحنی دانه‌بندی مصالح سنگی و مخلوط بتن خودتراکم

۲-۲- نسبت‌های اختلاط، نمونه‌برداری و رویه آزمایش

نسبت‌های مخلوط ساخته‌شده با نسبت آب به سیمان ۰/۴۲ با توجه به دستورالعمل ACI 237R-07 [۱۰] انتخاب شده است که در جدول ۳ نشان داده شده است. اسلامپ هدف ۶۰۰±۳۰ mm انتخاب شد. دمای بتن با توجه به شرایط محیطی برای فصل‌های مختلف انتخاب شده است که ۳ محدوده دمایی یعنی دمای پایین ۷ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد، دمای معمولی ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد و دمای بالا ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد به‌دست‌آمده است که برای رسیدن به دمای محیط همه مصالح از قبیل سنگ‌دانه، سیمان در فضای محیط گذاشته شد تا دمای بتن به دمای محیط برسد.

جدول ۳- ترکیب مخلوط بتن‌های خودتراکم حاوی افزودنی پلی‌کربوکسیلات یا نفتالین سولفونات

شناسه مخلوط	مقادیر (kg/m^3)					نسبت آب به سیمان (W/C)	پلی‌کربوکسیلات (درصد وزن سیمان)	نفتالین سولفونات (درصد وزن سیمان)	اصلاح‌کننده لزجت (درصد وزن سیمان)	دمای محیط
	سیمان	آب	شن	ماسه درشت	ماسه ریز					
PC-L	۴۲۰	۱۷۶	۷۱۳	۷۱۳	۳۵۶	۰/۴۲	۰/۵۴	–	۰/۶	۹/۰
PC-N	۴۲۰	۱۷۶	۷۱۳	۷۱۳	۳۵۶	۰/۴۲	۰/۵۷	–	۰/۶	۲۱/۲
PC-H	۴۲۰	۱۷۶	۷۱۳	۷۱۳	۳۵۶	۰/۴۲	۰/۶۱	–	۰/۶	۳۱/۸
NS-L	۴۲۰	۱۷۶	۷۱۳	۷۱۳	۳۵۶	۰/۴۲	–	۱/۳	۰/۶	۹/۲
NS-N	۴۲۰	۱۷۶	۷۱۳	۷۱۳	۳۵۶	۰/۴۲	–	۱/۸	۰/۶	۲۰/۸
NS-H	۴۲۰	۱۷۶	۷۱۳	۷۱۳	۳۵۶	۰/۴۲	–	۲/۲	۰/۶	۳۲/۱

برای ساخت مخلوط‌ها ابتدا شن و ماسه به همراه یک سوم آب اختلاط در داخل مخلوط‌کن ریخته شده، سپس مخلوط‌کن به مدت‌زمان ۱ دقیقه روشن شده است سپس مواد سیمانی و یک سوم آب به همراه فوق‌روان‌کننده به مخلوط‌کن ریخته می‌شود، بعد از ۳ دقیقه اختلاط، یک سوم آب باقی‌مانده به همراه اصلاح‌کننده لزجت، در مخلوط‌کن ریخته و به مدت ۳ دقیقه مخلوط می‌شود سپس به مدت ۳ دقیقه فرآیند متوقف می‌شود درنهایت فرایند اختلاط دو دقیقه دیگر ادامه یافته است تا بتن موردنظر حاصل شود.

۲-۳- روش‌های آزمایش

۲-۳-۱- آزمایش‌های خواص بتن تازه

آزمایش‌های ارزیابی کارایی بتن خودتراکم شامل آزمایش جریان اسلامپ، آزمایش جعبه L، آزمایش حلقه J، آزمایش قیف V و آزمایش شاخص پایداری چشمی مطابق دستورالعمل PCI [۱۱] انجام شده است.

برای اندازه‌گیری معیارهای رئولوژی از دستگاه رئومتر استفاده شد که با معادل قرار دادن معادله بینگهام (رابطه ۱) و معادله رئومتر(رابطه ۲)، تنش جاری و لزجت پلاستیک به‌دست آید. درواقع اگر مدل بینگهام با معیارهای اندازه‌گیری شده توسط رئومتر مقایسه شود، معلوم می‌شود که به جای τ_0 و μ، g و h اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود [۱۲]:

(۱) مدل بینگهام $$\tau = \tau_0 + \mu.\dot{\gamma}$$

(۲) فرمول برای استفاده از رئومتر $$T = g + hN$$

که در آن

T= گشتاور (Nm)

N=سرعت چرخش (rps)

g= گشتاور جاری یا محل قطع منحنی با محور T (Nm)

و h= شیب منحنی یا لزجت گشتاور (Nm.S) می باشد.

از فرمول‌های فوق مشاهده می‌شود که g و h معادل τ_0 و μ در مدل بینگهام است. بنابراین پس از به‌دست آوردن پارامترهای g و h از دستگاه رئومتر، توسط ضرایبی که از فرمول‌های زیر به دست می‌آید این دو پارامتر به تنش جاری و لزجت پلاستیک تبدیل می‌شود [۱۲]:

$$\tau_0 = \frac{\left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2}\right)}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)4\pi H}(g) \qquad (۳)$$

$$\mu = \frac{\left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2}\right)}{8\pi^2 H}(h) \qquad (۴)$$

در این فرمول‌ها τ_0 و μ برابر تنش جاری (pa) و لزجت پلاستیک (pa.s)، R_1 و R_2 برابر شعاع پره و شعاع ظرف، H ارتفاع پره و g و h نیز ضرایبی هستند که از خط حاصل از نقاط به‌دست‌آمده‌اند. برای تعیین کردن مقادیر تنش جاری و لزجت پلاستیک، سرعت پره به تدریج از ۰ تا ۰/۷ rps با فاصله ۰/۱ rps افزایش می‌یابد تا ساختار تغلیظ‌پذیری شکسته شود که به آن مدت شکستن گفته می‌شود سپس سرعت پره به صفر کاهش داده می‌شود.

۲-۳-۲- آزمایش بتن سخت شده

آزمایش مقاومت فشاری طبق دستورالعمل استاندارد BS 1881-Part 116 [۱۳] انجام شده است از هر مخلوط ، سه آزمونه مکعبی با ابعاد ۱۰ × ۱۰ × ۱۰ سانتی‌متر مکعب قالب‌گیری شد و در سن ۲۸ روز مورد آزمایش قرار گرفت. میانگین نتایج ۳ آزمونه به‌عنوان نتیجه آزمایش درنظرگرفته شد.

۳- نتایج و تفسیر

۳-۱- کارایی

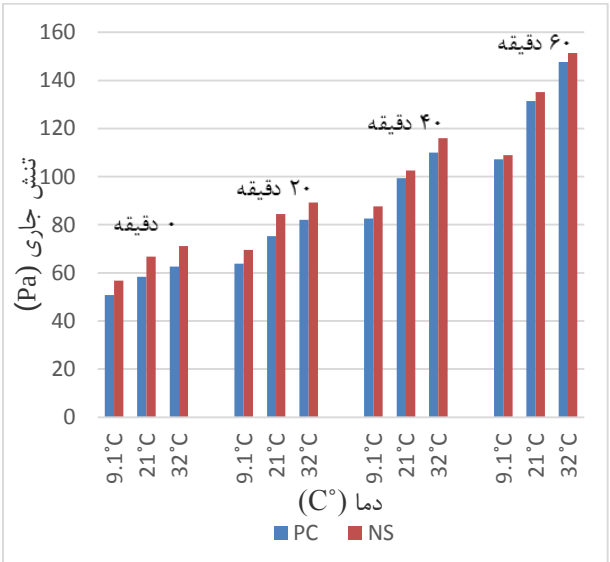
نتایج آزمایش‌های کارایی مخلوط‌های بتن خودتراکم با نسبت آب به سیمان ۰/۴۲ در جدول ۴ نشان داده شده است. مخلوط‌های حاوی پلی کربوکسیلات نسبت به بتن حاوی نفتالین سولفونات، اثر مثبتی در چسبندگی(T_{50}) گذاشته است و همچنین مقدار حلقه J را کاهش و نسبت ارتفاع جعبه L را افزایش داده است. بنابراین به‌طورکلی پلی‌کربوکسیلات نسبت به نفتالین سولفونات سبب بهبود کارایی می‌شود. این نتیجه با تحقیق چن[۱۴] که پلی‌کربوکسیلات را به‌دلیل ساختار ملکولی و سازگاریش با سیمان، قوی‌تر از نفتالین سولفونات معرفی کرده است مطابقت دارد.

جدول ۴- نتایج آزمایش کارایی بر روی انواع مخلوط‌های بتن خودتراکم با نسبت آب به سیمان ۰/۴۲

گروه مخلوط	جریان اسلامپ (mm)	T_{50} (s)	حلقه J (mm)	جعبه L (H_2/H_1)	قیف V (s)	شاخص پایداری چشمی (VSI)	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (MPa)	دمای محیط
PC-L	۶۰۰	۲/۷۳	۵	۰/۸۶	۸/۸	۰	۴۰/۱	۹
PC-N	۶۱۰	۲/۵۷	۶	۰/۸۵	۸/۷	۰	۳۶/۹	۲۱/۲
PC-H	۶۱۰	۲/۴۲	۶	۰/۸۲	۸/۱	۱	۳۳/۵	۳۱/۸
NS-L	۶۰۰	۲/۶۱	۷	۰/۸۳	۸/۵	۰	۳۸/۳	۹/۲
NS-N	۶۰۰	۲/۳۷	۷/۵	۰/۸۱	۷/۷	۰	۳۶/۲	۲۰/۸
NS-H	۶۱۰	۲/۲۹	۸	۰/۸	۷/۴	۱	۳۲	۳۲/۱

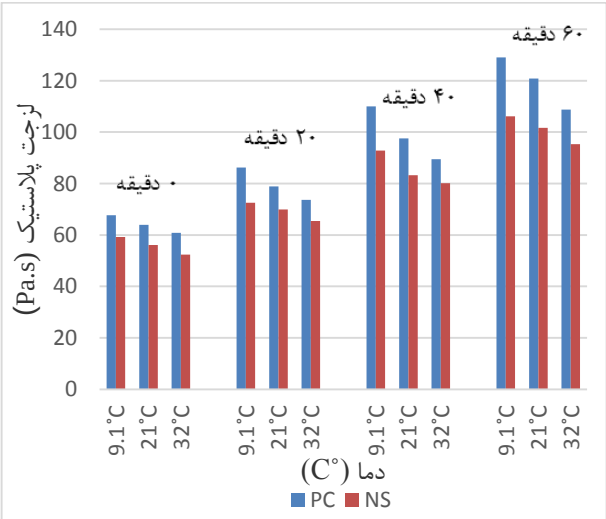
۳-۲- رئولوژی

مطابق شکل ۲، نفتالین سولفونات سبب تنش جاری بیشتری نسبت به پلی‌کربوکسیلات در بتن خودتراکم می‌شود، به‌عنوان مثال در زمان‌های ۰ و ۲۰ دقیقه، بتن خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات نسبت به بتن خودتراکم حاوی پلی کربوکسیلات ۶ تا ۹ پاسکال سبب تنش جاری بیشتری شده است. همچنین بتن خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات نرخ رشد تنش جاری کمتری با افزایش زمان دارد زیرا با افزایش زمان (زمان‌های ۴۰ و ۶۰ دقیقه نسبت به زمان‌های ۰ و ۲۰ دقیقه)، اختلاف تنش جاری بتن خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات نسبت به تنش جاری بتن خودتراکم حاوی پلی‌کربوکسیلات، ۲ تا ۶ پاسکال می‌شود.



شکل۲- تنش جاری بتن‌های خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات و پلی کربوکسیلات

از سوی دیگر مطابق شکل ۲، کاهش دما سبب کاهش تنش جاری بتن حاوی پلی کربوکسیلات و نفتالین سولفونات می‌شود، به‌عنوان مثال در زمان ۲۰ دقیقه، افزایش دما (ز ۹ درجه سانتی گراد به ۳۲ درجه سانتی-گراد)، تنش جاری بتن حاوی پلی کربوکسیلات را ۱۸ پاسکال افزایش می‌دهد، که با افزایش زمان به ۶۰ دقیقه، این مقدار به ۴۰ پاسکال می‌رسد. مطابق با شکل ۳، پلی کربوکسیلات سبب لزجت پلاستیک بیشتری نسبت به نفتالین سولفونات در بتن خودتراکم می‌شود به‌عنوان مثال، بتن‌های حاوی نفتالین سولفونات در زمان ۰ و ۲۰ دقیقه حدود ۸ تا ۱۳ پاسکال ثانیه لزجت کمتری نسبت به بتن‌های حاوی پلی‌کربوکسیلات دارند که با افزایش زمان تا ۶۰ دقیقه، این مقدار اختلاف به ۱۳ تا ۲۲ پاسکال ثانیه می‌رسد و به عبارتی نفتالین سولفونات نسبت به پلی‌کربوکسیلات، نرخ لزجت پلاستیک با زمان را کاهش می‌دهد. بنابراین پلی‌کربوکسیلات به دلیل لزجت پلاستیک اولیه بیشتر و همچنین افزایش اختلاف لزجت پلاستیک با افزایش زمان، نسبت به نفتالین سولفونات سبب لزجت پلاستیک بهتری در بتن می‌شود.

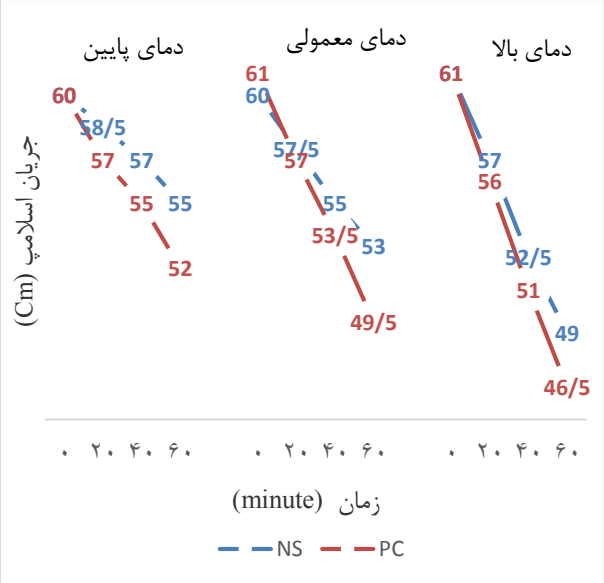


شکل ۳- اختلاف لزجت پلاستیک بتن‌های خودتراکم حاوی پلی کربوکسیلات و نفتالین سولفونات

لازم به ذکر است که مطابق شکل ۳، افزایش دما سبب کاهش لزجت پلاستیک در حدود ۵ تا ۲۰ پاسکال ثانیه می‌شود، بنابراین باید از افزایش دما جلوگیری کرد.

۳-۳- افت اسلامپ

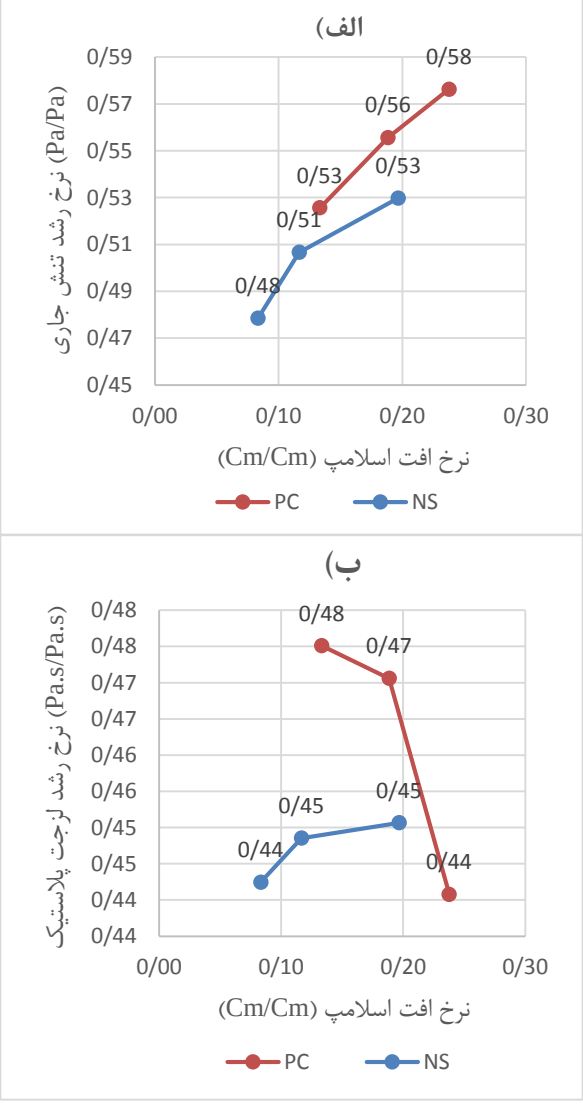
مطابق شکل ۴، جریان اسلامپ در طول ۶۰ دقیقه اندازه‌گیری شده است، بتن حاوی پلی کربوکسیلات و نفتالین سولفونات در دمای پایین، جریان اسلامپ به ترتیب از ۶۰ سانتی‌متر به ۵۵ و ۵۲ سانتی‌متر رسیده است که در دمای بالا این مقدار به ۴۹ و ۴۶ سانتی‌متر رسیده است بنابراین ازآنجایی‌که بتن حاوی پلی کربوکسیلات و نفتالین سولفونات، در دمای پایین ۵ و ۸ سانتی‌متر و در دمای بالا ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متر افت داشته است بنابراین با افزایش دما افت اسلامپ افزایش می‌یابد و همچنین افت اسلامپ بتن خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات نسبت به بتن خودتراکم حاوی پلی‌کربوکسیلات کمتر است و همچنین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش دما و استفاده از فوق‌روان‌کننده نفتالین سولفونات می‌تواند به حفظ سیالیت کمک کند.



شکل ۴- افت اسلامپ بتن‌های خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات و پلی کربوکسیلات

۳-۴- تأثیر نرخ افت اسلامپ

در شکل ۵، نرخ افت اسلامپ، نرخ رشد تنش جاری و لزجت پلاستیک نشان داده شده است. افزایش دما ازآنجایی‌که باعث افزایش نرخ افت اسلامپ می‌شود سبب افزایش نرخ لزجت بتن حاوی نفتالین سولفونات و کاهش نرخ لزجت در بتن حاوی پلی کربوکسیلات می‌شود. ولی از لحاظ تنش جاری، افزایش نرخ افت اسلامپ سبب افزایش نرخ رشد تنش جاری در بتن حاوی پلی کربوکسیلات و نفتالین سولفونات می‌شود ولی با توجه به شکل ۵، افزایش نرخ افت اسلامپ، اثر بیشتری در تنش جاری بتن حاوی پلی کربوکسیلات نسبت به بتن حاوی نفتالین سولفونات گذاشته است. باتوجه به تحقیق نهدی و المارتینی [۹] در ۵۰ دقیقه ابتدایی و در دماهای مختلف، بتن خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات نسبت به بتن خودتراکم حاوی پلی کربوکسیلات، خواص رئولوژی پایدارتری دارد که مطابق با شکل ۵، نتیجه به‌دست‌آمده در مورد کاهش نرخ رشد تنش جاری و لزجت پلاستیک بتن خودتراکم حاوی نفتالین نسبت به بتن خودتراکم حاوی پلی کربوکسیلات منطقی به نظر می‌رسد.



شکل ۵- اثر نرخ افت اسلامپ بر رئولوژی بتن‌های خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات و پلی کربوکسیلات: الف) نرخ رشد تنش جاری ب) نرخ رشد لزجت پلاستیک

۴- نتیجه‌گیری

بر پایه مطالب مطرح‌شده در این تحقیق، نتایج زیر حاصل شد:

- پلی کربوکسیلات نسبت به نفتالین سولفونات سبب بهبود رئولوژی می‌شود یعنی به عبارتی نفتالین سولفونات سبب تنش جاری بیشتر و لزجت کمتری نسبت به پلی‌کربوکسیلات در بتن خودتراکم می‌شود.
- ازآنجایی‌که افزایش دما و زمان، سبب افزایش تنش جاری و کاهش لزجت پلاستیک می‌شود، بنابراین باید از بالا رفتن دمای بتن جلوگیری کرد و همچنین بتن‌ریزی در هوای با دمای پایین و کاهش زمان بتن‌ریزی، امری ضروری است.
- بتن حاوی نفتالین سولفونات نسبت به بتن حاوی پلی کربوکسیلات، نرخ رشد تنش جاری و لزجت کمتری با افزایش زمان دارد که دلیلش کاهش افت اسلامپ بتن خودتراکم حاوی نفتالین سولفونات نسبت به بتن خودتراکم حاوی پلی‌کربوکسیلات هست این بدان معناست که نفتالین سولفونات در بتن خودتراکم سبب حفظ سیالیت بیشتری می‌شود.

۵- مراجع

[1]. Al-Martini, S. and Nehdi, M., "Effect of chemical admixtures on rheology of cement paste at high temperature." Journal of ASTM International, 4.3: p. 1-17, 2007.

[2]. Nehdi, M. and Al-Martini, S., "Coupled effects of high temperature, prolonged mixing time, and chemical admixtures on rheology of fresh concrete." ACI Materials Journal, 106.3: p. 1-10, 2009.

[3]. Brameshuber, W. and Uebachs, S., "The influence of the temperature on the rheological properties of self-compacting concrete." Proc. Third Int. RILEM Symposium (Ed. Wallevik, O. and Nielsson, I.), 2003.

[4]. Golaszewski, J., "Effect of temperature on rheological properties of superplasticized cement mortars." Special Publication, 239: p. 423-440, 2006.

[5]. Petit, J.Y., Wirquin, E., Vanhove, Y. and Khayat, K., "Yield stress and viscosity equations for mortars and self-consolidating concrete." Cement and concrete research, 37.5: p. 655-670, 2007.

[6]. Petit, Jean-Yves, Kamal H. Khayat, and Eric Wirquin. "Coupled effect of time and temperature on variations of plastic viscosity of highly flowable mortar." Cement and Concrete Research, 39.3: p. 165-170, 2009.

[7]. Ravina, D., "Retempering of prolonged-mixed concrete with admixtures in hot weather." Journal Proceedings. Vol. 72. No. 6, 1975.

[8]. Hampton, J.S., "Extended workability of concrete containing high-range water-reducing admixtures in hot weather." Special Publication, 68: p. 409-422, 1981.

[9]. Al-Martini, S. and Nehdi, M., "Effects of Heat and Mixing Time on Self-Compacting Concrete." Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials, 163.3: p. 175-182, 2010.

[10]. ACI 237R-07,Self-consolidating Concrete, American Concrete Institute, 2007.

[11]. Team, PCI Self-Consolidating Concrete FAST. "Interim Guidelines for the Use of Self-Consolidating Concrete in PCI Member Plants." PCI Journal, 48.3: p. 14-18, 2003.

[12]. Heirman, G., Hendrickx, R., Vandewalle, L., Van Gemert, D., Feys, D., De Schutter, G., Desmet, B. and Vantomme, J., "Integration approach of the Couette inverse problem of powder type self-compacting concrete in a wide-gap concentric cylinder rheometer: Part II. Influence of mineral additions and chemical admixtures on the shear thickening flow behaviour." Cement and Concrete research, 39.3: p. 171-181, 2009.

[13]. Standard, B. S. "Part 116." Standard test method for compressive strength of cubic concrete specimens: British Standards Institution, 1881.

[14]. Chen, C.T., "Interactions between Portland cements and carboxylated and naphthalene-based superplasticizers." Diss. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2007.

Examining the effect of super-plasticizers on the rheology of self-consolidating concrete at various times and temperatures

Ali Akbar Shirzadi Javid *
Assistant Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST)
Parviz Ghoddousi
Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST)
Ali Zal Nezhad
M.Sc. Student in Construction and Management Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST)
Sajjad Mirvalad
Assistant Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST)

Abstract

Designing and developing rheological properties of self-compacting concrete is an important issue in concrete technology. This matter is because of the combination of varied needs in the fresh mode, extremely complexed mixture proportions, and its naturally low yield stress. Selection of chemical admixtures, especially super-plasticizers plays an important role in Designing of self-consolidating concrete (SCC). In this paper, the rheological properties of SCC samples made with various chemical admixtures in various mixing time and temperatures were examined. Super-plasticizers are strongly influenced by the ambient temperature, due to the fact that the temperature dependent on the hydration rate affects the absorbance rate of the super-plasticizer as the ability to absorb the polymer content. The rheological properties of the SCC were examined in various mixing time and temperature. After changing the temperature of the SCC to the ambient temperature, the rheology test was conducted using rheometer in 60 min. In this research, the dosage of rheological parameters and its growth rate with time have been compared in various temperatures. According to the obtained results, Naphthalene sulfonate cause to increase yield stress and to decrease plastic viscosity more than poly-carboxylate in SCC, in other words, poly-carboxylate cause better viscosity in concrete. Also, concrete containing naphthalene sulfonate has less yield stress growth rate and viscosity by increasing the time. On the other hand, slump loss of the SCC containing naphthalene sulfonate is less than the one containing poly-carboxylate. That is to say, naphthalene sulfonate protects the fluidity more than poly-carboxylate in SCC.

Keywords: Self-consolidating concrete, temperature, rheology, poly-carboxylate, naphthalene sulfonate.

* Corresponding Author: shirzad@iust.ac.ir