

بررسی خواص مکانیکی بتن خود تراکم حاوی افزودنی های معدنی جهت استفاده در رویه های بتنی فرودگاهی

پرویز قدوسی^۱، علی اکبر شیرزادی جاوید^{۲*}، محمد علی ارجمندی نژاد^۳، سجاد دهقان^۴

^۱دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

Email : ghoddousi@iust.ac.ir ،

^{۲*}نویسنده رابط، استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

Email : shirzad@iust.ac.ir ،

^{۳*}کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه علم و صنعت ایران

Email: a_arjmandi_nm@yahoo.com ،

^۴دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، زلزله، دانشگاه آزاد رودهن

Email: sajad.d.5778@gmail.com ،

چکیده:

رویه های بتنی فرودگاهی از مهمترین زیر ساخت های فرودگاهها می باشد که از یک سو بدلیل تبعیت از استانداردهای بین المللی هوانوردی فرودگاهی و از سوی دیگر لزوم رعایت استانداردهای تکنولوژی ساخت و اجرای بتن، دقت و توجه خاصی را در طراحی و اجرا می طلبد. در این تحقیق سعی شده است با بررسی سه طرح مخلوط بتن معمولی و شش طرح مخلوط بتن خود تراکم حاوی افزودنی های معدنی، خواص مکانیکی مخلوط ها شامل مقاومت فشاری ، خمشی و سایشی اندازه گیری شود . بر اساس نتایج به دست آمده مقاومت فشاری و خمشی در بتن های خودتراکم حاوی سرباره و بتن معمولی با نسبت آب به سیمان بالا، کمترین مقدار می باشد. بیشترین میزان کاهش حجم ناشی از آزمون مقاومت سایش (با استفاده از دستگاه بوهم) در سن ۷ و ۲۸ روزه ، مربوط به بتن حاوی سرباره می باشد که عمده دلیل آن تاخیر در هیدراسیون و روند کسب مقاومت می باشد که پس از آن بتن خودتراکم و بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۵ بیشترین میزان کاهش حجم را دارند. این کاهش در بتن حاوی متاکائولن بیشتر از بتن حاوی دوده سیلیسی می باشد. نتایج نشان می دهد بتن خودتراکم در صورت داشتن طرح مخلوط و اجرای مناسب بدلیل بهبود ریز ساختار ها و منطقه انتقالی مناسب تر نسبت به بتن معمولی، خواص مکانیکی معادل و در مواردی حتی بالاتر از بتن معمولی دارد.

کلمات کلیدی: رویه های بتنی، بتن خودتراکم، خواص مکانیکی، افزودنی های معدنی

رویه های بتنی فرودگاهی از مهمترین سازه های فرودگاهی هستند که بدلیل تبعیت از استانداردهای خاص جهانی نظیر ضوابط ICAO و نیز دستورالعمل های FAA از یک طرف و نیز لزوم رعایت استانداردهای تکنولوژی ساخت و اجرای بتن از سوی دیگر ، دقت و توجه خاصی را در طراحی و اجرا می طلبد. نخستین رویه بتنی در سال ۱۸۹۱ در ایالت اوهایو آمریکا ساخته شد که پس از یک قرن همچنان بخشی از آن قابلیت بهره برداری داشت. روسازی های بتنی در مقایسه با روسازی های آسفالتی هر چند نیاز به سرمایه گذاری اولیه بیشتری داشته و در مقایسه با روسازی های آسفالتی گران ترمی باشد، لیکن عمر مفید آنها و سهولت نگهداری از آن در مقایسه با سایر مصالح مورد مصرف در روسازی از جمله آسفالت، بیشتر و مطلوبتر می باشد [۱-۳].

بتن خودتراکم نسلی از بتن های جدید می باشد که برای نخستین بار در سال ۱۹۸۸ ابداع و معرفی گشته است و بدون نیاز به هیچگونه ویبره، می تواند در قالب جای گرفته و تحت وزن خود متراکم شود. مزایای این نوع بتن نسبت به بتن معمولی سبب توسعه استفاده از آن در دنیا شد که با توجه به کاربرد این نوع بتن در زمینه سازه ای ، خواص بتن تازه از قبیل رئولوژی ، گرانروی ، پایداری استاتیکی و دینامیکی توسط محققین بسیاری بررسی گردیده است. گسترش کاربرد بتن خود تراکم در انواع سازه های مهندسی و نیز شروع کاربرد آن در پل ها و راه ها با توجه به مزیت های خاص این نوع بتن، لزوم تحقیق درباره خواص بتن سخت شده این نوع بتن را بیشتر می کند [۴-۶].

از آنجایی که عدم امکان ویبره مناسب مهمترین تهدید در دوام رویه های بتنی ساخته شده با بتن معمولی می باشد که سبب افزایش نفوذپذیری و در نتیجه کاهش دوام رویه های بتنی می گردد.

بر اساس نشریه های FAA مقاومت خمشی و فشاری ۲۸ روزه بر اساس طراحی بدست می آید اما حداقل میزان قابل پذیرش ، برای مقاومت خمشی ۴/۵ مگا پاسکال و برای مقاومت فشاری ۳۷ مگا پاسکال در رویه های بتنی فرودگاهی می باشد.

با توجه به اینکه رویه های بتنی تحت تردد ماشین آلات سبک و سنگین قرار می گیرد لذا مقاومت سایشی آن یکی از پارامتر های مهم می باشد که باید مد نظر قرار بگیرد. از آنجایی که سایش در سطوح رخ می دهد ، مقاومت سطوح می بایستی حداکثر باشد . که این مقاومت با استفاده از روش های مختلف و روش های پرداخت و عمل آوری بهبود می یابد. مقاومت سایشی بتن به مقاومت در برابر سایش یا اصطکاک گفته می شود. مقاومت سایشی بتن پدیده ای تدریجی است که متناسب با مقاومت فشاری بتن می باشد . مقاومت سایشی از ناشناخته ترین خواص بتن سخت شده و در عین حال از مهم ترین خواص در بتن های مورد استفاده در رویه ها ، کف های صنعتی و سازه های هیدرولیکی هست. [۷-۸].

به منظور افزایش مقاومت سایشی ، استفاده از بتن با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۵ توصیه می شود. در ارتباط با رابطه مقاومت فشاری و سایشی بتن با به تحقیقات پژوهشگران ، دو نوع دیدگاه متفاوت وجود دارد. گروهی رابطه این دو را مستقیم و مقاومت فشاری را عامل مهم در مقاومت سایشی می دانند تحقیقات بسیاری تأکید بر این دارد که مقاومت فشاری بتن مهم ترین عامل در مقاومت سایشی آن هست. محققان دریافته اند که الف: گرچه مقاومت سایشی بتن با افزودن دوده سیلیسی اندکی بهبود می یابد، تأثیر نوع و ماهیت درشت دانه ها در بتن مؤثر تر هست. ب: مقاومت سایشی بتن پر مقاومت با نسبت آب به سیمان (w/c) پایین ، به مقدار زیادی به درشت دانه های بتن بستگی دارد. [۹].

تحقیقات کمی در زمینه مقاومت سایشی بتن با اسلامپ بالا و بتن خودتراکم در مقایسه با بتن معمولی انجام شده است. که دلیل عمده آن می تواند تمرکز بر خواص تازه بتن خودتراکم و مزیت های آن نسبت به بتن معمولی از سوی محققین باشد. گرچه از سویی دیگر، اعضای بتنی ساخته شده با بتن خودتراکم کمتر در معرض سایش وسایل نقلیه و یا آب بوده است و بیشتر در سازه ها بعنوان قطعات پیش ساخته بکار گرفته است.

در آزمایش سایش ، سطح رویه بتن با سرعت بالایی ساییده می شود و با رسیدن به بدنه بتن ، نرخ سایش کاهش می یابد که این موضوع در نتیجه ساختار منافذ سطح بتن است که خود در نتیجه روشهای مختلف پرداخت می باشد. مطالعه موردی بر روی بزرگراههای بتنی در کشور سوئد نشان داد که میزان سایش در دو سال اول نسبت به سایر سالها بسیار بیشتر است و بیشترین میزان سایش در اولین زمستان می باشد. که حجم تردد بالای وسایل نقلیه بویژه در فصل زمستان با نرخ بالای بارش ، میزان سایش را افزایش داده است [۱۰].

بررسی های انجام شده توسط دیگر محققین نشان داد که نوع درشت دانه ها در بتن با مقاومت متوسط ، تاثیر زیادی در خواص مکانیکی آن ندارد. تاثیر نوع سنگدانه بر مقاومت فشاری و سایشی بتن با مقاومت بالا توسط گروه دیگری از محققین بررسی شد که نشان داد بتن حاوی سنگدانه های با مقاومت سایشی بالا در آزمایش لس آنجلس دارای مقاومت سایشی بهتری بود.

غفوری و همکاران به بررسی مقاومت سایشی بتن خود تراکم و مقایسه آن با بتن معمولی با استفاده از عمق سایش و مقاومت فشاری نمونه ها پرداختند. که در آن بتن خودتراکم مقاومت سایشی بهتری از خود نشان داد و در هر دو نوع بتن افزایش کیفیت و میزان خمیر سبب کاهش میزان سایش شد [۱۱].

تحقیقات کمی درباره مقاومت سایشی بتن خودتراکم در دنیا انجام شده است. تاثیر روانی بتن بر مقاومت سایشی در دال های ساخته شده با بتن معمولی نشان داد که سایش در دال های با بتن با روانی بالاتر اندکی بیشتر است.

هدف این پژوهش اندازه گیری مقاومت مکانیکی و بویژه مقاومت سایشی مخلوط های بتن خودتراکم حاوی انواع افزودنی های معدنی (با توجه به مزیت های زیست محیطی در کاربرد آنها) و مقایسه آن با بتن معمولی بوده است .

جدول ۱: تجزیه شیمیایی سیمان ، مواد افزودنی های معدنی و پوزولانها

ترکیب شیمیایی	سیمان (%)	پودرسنگ (%)	متاکائولین (%)	دوده سیلیسی (%)	سرباره (%)
SiO ₂	۲۰/۷۴	۲/۸۰	۵۲/۸۰	۹۴/۰۰	۳۲/۵
Al ₂ O ₃	۴/۹۰	۰/۳۵	۳۶/۳۰	۱/۰۰	۱۰/۱
Fe ₂ O ₃	۳/۵۰	۰/۵۰	۴/۲۱	۰/۱۰	۰/۴۵
MgO	۱/۲۰	۱/۸۰	۰/۸۱	۰/۶۰	۱۰/۵۴
CaO	۶۲/۹۵	۵۱/۲۲	۰/۱۰	۱/۰۰	۳۶/۱
SO ₃	۳/۰۰	۱/۲۴	-	۱/۲۰	۱/۲۱
کسر وزن در اثر سرخ شدن	۱/۵۶	۴۲/۰۶	۳/۵۳	-	-
باقی مانده نامحلول	۰/۷۴	۲/۸۰	-	-	-
وزن مخصوص (kg/m ³)	۳۱۵۰	۲۶۶۰	۲۶۰۰	۲۲۰۰	۲۷۵۰

۲- برنامه آزمایشگاهی

۲-۱- مصالح مصرفی

- سیمان ، مواد پودری و مصالح سنگی

سیمان مصرفی از نوع پرتلند تیپ ۲ محصول کارخانه سیمان تهران بوده است. همچنین از پودرسنگ آهک رد شده از الک شماره ۱۰۰ محصول کارخانه زاگرس سنگ به عنوان فیلر در بتن خودتراکم استفاده شده است. دوده سیلیسی از کارخانه ازنا و متاکائولن و سرباره به ترتیب از تهران و کارخانه سیمان سپاهان تهیه شده است. نتایج تجزیه شیمیایی سیمان، پودرسنگ و افزودنی های معدنی در جدول ۱ نشان داده شده است.

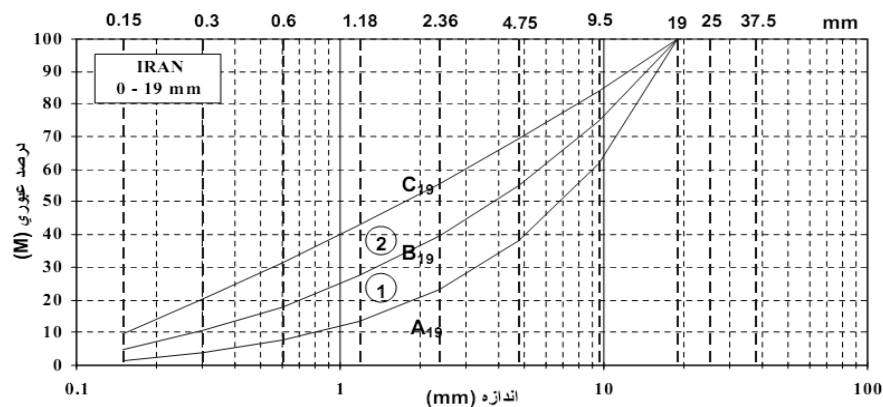
سنگدانه های درشت مصرفی استفاده شده در این تحقیق از نوع شکسته و از معادن شهریار با حداکثر اندازه ۱۹ میلیمتر و سنگدانه های ریز مصرفی از نوع طبیعی شکسته با چگالی نسبی ۲/۴۴ و جذب آب ۳/۱ درصد تامین شده است. منحنی دانه بندی مخلوط سنگدانه ها منحنی B19 و بر مبنای روش ملی طرح مخلوط بتن ایران انتخاب گردید. شکل ۱ منحنی دانه بندی مذکور را نشان می دهد.

- افزودنی شیمیایی

افزودنی شیمیایی از نوع فوق روان کننده با پایه پلی کربوکسیلاتی در این تحقیق استفاده شده است.

۲-۲- ترکیب مخلوط های بتن خود تراکم

در این تحقیق ۹ نوع بتن با نسبت مخلوط های مختلف مورد آزمایش قرار گرفت که به دو دسته بتن معمولی و خودتراکم با نسبت های آب به سیمان ۰/۴، ۰/۴۵ و ۰/۵ حاوی افزودنی های متاکائولن، دوده سیلیسی و سرباره تقسیم شده است. همه مخلوط های بتن خود تراکم دارای ۱۵۰ کیلوگرم در متر مکعب پودر سنگ آهک بوده است. درصد جایگزینی دوده سیلیسی، متاکائولن و سرباره به ترتیب ۸، ۲۵ و ۵۰ درصد وزن سیمان بوده است. نسبت های مخلوط هر دو دسته بتن در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.



شکل (۱): منحنی های دانه بندی طرح ملی مخلوط ایران با حداکثر اندازه سنگدانه ۱۹ میلیمتر

جدول ۲: نسبت های مخلوط بتن معمولی

معرف مخلوط	مقادیر : (کیلو گرم بر متر مکعب)										نسبت آب به مواد سیمانی	فوق روان کننده (% وزن سیمان)
	سیمان	آب	پودر سنگ	متاکائولین	دوده سیلیسی	سرباره	شن درشت	شن ریز	ماسه			
CV۱	۴۵۰	۱۸۰	۰	۰	۰	۰	۷۶۳	۸۵	۸۴۸	۰/۴	۰/۲	
CV۲	۴۵۰	۲۰۲/۵	۰	۰	۰	۰	۷۳۷	۸۲	۸۱۹	۰/۴۵	۰/۲	
CV۳	۴۵۰	۲۲۵	۰	۰	۰	۰	۷۱۱	۷۹	۷۹۰	۰/۵	۰/۱	

جدول ۳: نسبت های مخلوط بتن خود تراکم

معرف مخلوط	مقادیر : (کیلو گرم بر متر مکعب)										نسبت آب به مواد سیمانی	فوق روان کننده (% وزن سیمان)
	سیمان	آب	پودر سنگ	متاکائولین	دوده سیلیسی	سرباره	شن درشت	شن ریز	ماسه			
SCC۱	۴۵۰	۱۸۰	۱۵۰	۰	۰	۰	۳۷۲	۲۴۸	۹۳۰	۰/۴	۰/۳	
SCC۲	۴۵۰	۲۰۲/۵	۱۵۰	۰	۰	۰	۳۵۸	۲۳۹	۸۹۵	۰/۴۵	۰/۵	
SCC۳	۴۵۰	۲۲۵	۱۵۰	۰	۰	۰	۳۴۴	۲۲۹	۸۶۰	۰/۵	۰/۳	
SCC M	۳۶۰	۲۰۲/۵	۱۵۰	۹۰	۰	۰	۳۵۳	۲۳۶	۸۸۴	۰/۴۵	۰/۱	
SCC SF	۴۱۴	۲۰۲/۵	۱۵۰	۰	۳۶	۰	۳۵۵	۲۳۷	۸۸۷	۰/۴۵	۰/۷	
SCC S	۲۲۵	۲۰۲/۵	۱۵۰	۰	۰	۲۲۵	۳۵۳	۲۳۶	۸۸۳	۰/۴۵	۰/۵	

۲-۳- روشهای آزمایش

• آزمایشهای خواص بتن تازه

برای بتن های معمولی، آزمایش اسلامپ مطابق ASTM C143 [۱۲] و برای مخلوط های بتن خود تراکم آزمایش های ارزیابی کارایی شامل آزمایش جریان اسلامپ، آزمایش جعبه L، آزمایش جعبه U، آزمایش حلقه J و آزمایش قیف V مطابق دستورالعمل مرجع [۱۳] انجام شده است.

• آزمایش مقاومت فشاری

این آزمایش مطابق استاندارد BS1881 [۱۴] بر روی نمونه ها انجام شده است.

• مقاومت خمشی

با توجه به اهمیت پارامتر مقاومت خمشی در طراحی رویه های بتنی، در این تحقیق مقاومت خمشی نمونه ها مطابق روش ASTM C78 [۱۵] انجام شده است.

• مقاومت سایشی

این آزمایش با استفاده از دستگاه آزمایش مقاومت سایشی بوهم Bohme انجام می گیرد که از دهه ۵۰ میلادی توسعه یافته و از آن زمان بعنوان آزمونی استاندارد جهت بررسی مقاومت سایشی رویه های بتنی و سنگ فرش ها در استاندارد ملی بسیاری از کشورهای اروپایی استفاده شده است. در این روش نمونه های مکعبی به ابعاد $71 \times 71 \times 71$ میلیمتر پس از قرارگیری در آب، ۲۴ ساعت قبل از آزمایش در سن مورد نظر در آن با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد قرار می گیرد و در روز آزمایش، نمونه تحت آزمایش در دستگاه بوهم که در شکل ۲ نشان داده شده است قرار میگیرد.



شکل ۲: دستگاه آزمایش مقاومت سایشی

۳- نتایج و تفسیر

۳-۱- نتایج خواص بتن تازه

نتایج اندازه گیری خواص بتن تازه برای بتن های معمولی و خودتراکم در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. حدود اسلامپ در بتن های معمولی برای رویه های بتنی بین ۵ تا ۷ سانتیمتر در نظر گرفته شده است. در رابطه با بتن خودتراکم براساس آیین نامه ACI 237r اسلامپ جاری حداقل ۶۵۰ میلیمتر برای رویه ها در نظر گرفته شد.

جدول ۴: خواص بتن تازه معمولی

معرف مخلوط	اسلامپ (mm)	دمای بتن (°C)	چگالی بتن تازه (Kg/m ³)
CV ۱	۵۵	۲۷/۲	۲۲۹۴
CV ۲	۷۰	۲۷/۵	۲۲۶۵
CV ۳	۸۵	۲۵/۶	۲۲۸۱

جدول ۵: خواص بتن تازه خودتراکم

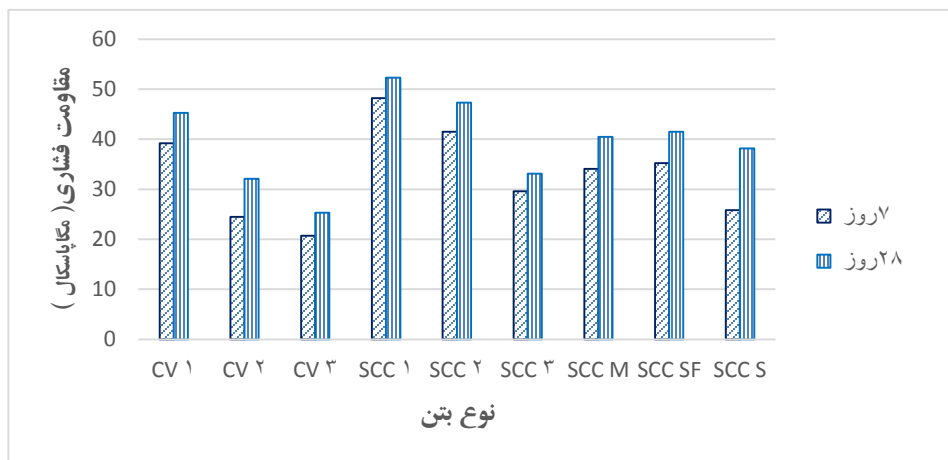
معرف مخلوط	جریان اسلامپ		حلقه J (mm)	قیف V (S)	شاخص پایداری چشمی (VSI)	دمای بتن (°C)	چگالی بتن تازه (Kg/m ³)
	T ₅₀ (S)	جریان اسلامپ (mm)					
SCC ۱	۱/۲	۶۵۰	۴	۳/۵۷	۱	۲۶/۵	۲۳۰۱
SCC ۲	۱/۹	۶۸۰	۳	۸/۸۴	۱	۲۷	۲۲۷۳
SCC ۳	۱	۷۵۰	۲/۹	۶/۵۱	۱/۵	۲۷/۵	۲۲۹۵
SCC M	۲/۳	۶۸۰	۶	۳/۸	۰/۵	۲۷/۹	۲۳۰۵
SCC SF	۱/۲	۷۳۰	۴	۱/۴	۰/۵	۲۸/۲	۲۲۹۹
SCC S	۲/۶	۷۱۰	۵/۱	۲/۹۵	۱	۲۷/۳	۲۳۰۹

۳-۲- نتایج خواص بتن سخت شده

• مقاومت فشاری

نمونه های بتن ها پس از ساخت، ۱ روز در قالب در شرایط محیطی کارگاه قرار داشتند و سپس به مدت ۲۷ روز در حوضچه عمل آوری با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و سپس آزمایش روی آنها صورت گرفت که نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است با افزایش نسبت آب به سیمان، مقاومت فشاری، هم در بتن معمولی و هم در بتن خودتراکم در سنین مختلف کاهش می یابد که البته این کاهش در بتن معمولی بیشتر است. با مقایسه بتن خودتراکم و بتن معمولی با نسبت های آب به سیمان برابر می توان دریافت که مقاومت فشاری بتن خودتراکم بیشتر بوده است و این میزان در نسبت آب به سیمان ۰/۴، در بتن خود تراکم حدود ۱۵ درصد بیشتر بوده

است. بتن خودتراکم بدون افزودنی معدنی در همه سنین دارای مقاومت فشاری بیشتری نسبت به بتن معمولی (با نسبت آب به سیمان مشابه) می باشد. مقاومت فشاری در سن ۷ روزه مربوط به بتن خودتراکم حاوی سرباره پایین می باشد و بیشترین رشد بین مقاومت فشاری نمونه ها در بتن حاوی سرباره می باشد که دلیل آن تاخیر در روند کسب مقاومت در این نوع بتن می باشد که نتایج حاصل از تحقیق یوسال و همکارانش [۱۶] نیز این موضوع را تایید می کند.



شکل ۳: مقاومت فشاری بتن ها ، در سن ۷ و ۲۸ روزه

• مقاومت خمشی:

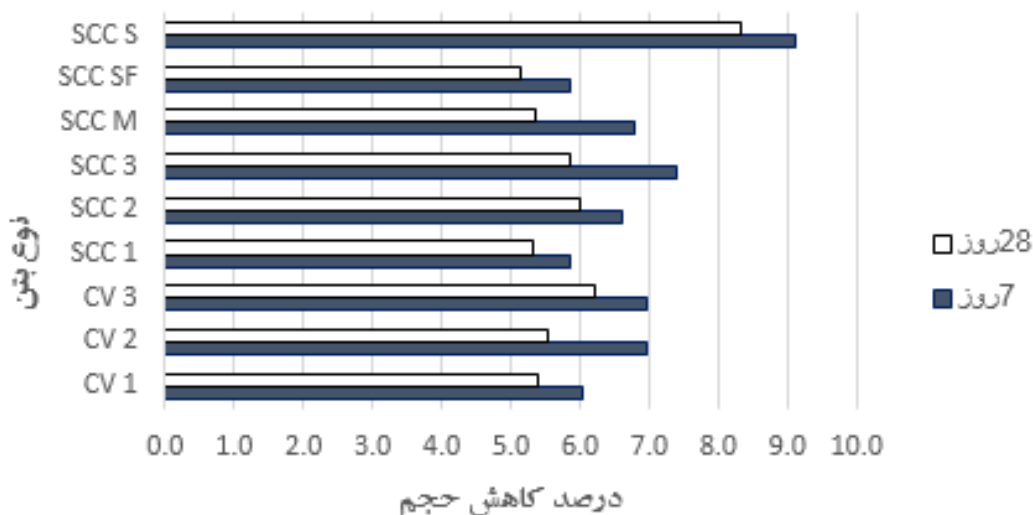
نمونه های بتنی پس از ساخت، ۱ روز در قالب در شرایط محیطی کارگاه قرار داشتند و سپس به مدت ۲۷ روز در حوضچه عمل آوری با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و سپس آزمایش روی آنها صورت گرفت که نتایج در شکل ۴ نشان داده شده است. در شکل مذکور مقاومت خمشی نمونه ها در روز ۲۸ ام آمده است که در آن مقاومت خمشی در بتن های خودتراکم حاوی سرباره و بتن معمولی با نسبت آب به سیمان بالا ، کمترین مقدار می باشد . از آنجا که رویه ها بر اساس مقاومت خمشی طراحی می شوند، با توجه به نتایج مقاومت خمشی بدست آمده کاربرد بتن های حاوی افزودنی های معدنی در رویه های بتنی فرودگاهی با توجه به حداقل های تاکید شده توسط FAA نیازمند کنترل های مربوطه به منظور تامین حداقل مقاومت فشاری و خمشی لازم می باشد.



شکل ۴: مقاومت خمشی مخلوط های بتن ساخته شده در تحقیق

• مقاومت سایشی:

مقایسه مقاومت سایشی بتن معمولی و بتن خودتراکم، بر اساس درصد کاهش حجم نمونه ها در شکل ۵ ارائه شده است. با توجه به نمودار و مقایسه مقاومت سایشی بتن معمولی و بتن خودتراکم با نسبت آب به سیمان برابر می توان دریافت که مقاومت سایشی بتن خودتراکم با نسبت آب به سیمان ۰/۴ کمی بیشتر از بتن معمولی معادل آن می باشد. در بتن های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ مقاومت سایشی بتن خودتراکم حدود ۵٪ بیشتر و در نسبت آب به سیمان ۰/۵، بتن خودتراکم ۶/۳۳٪ مقاومت سایشی کمتری دارد که بیانگر آن است که در نسبت های آب به سیمان پایین به دلیل ارتباط بهتر بین خمیر و سنگدانه ها در بتن خودتراکم مخلوط متراکم تر و دارای ناحیه انتقالی بهتری می باشد ولی در نسبت های آب به سیمان بیشتر به دلیل ضعف در این ناحیه مقاومت سایشی کاهش می یابد از طرفی وجود درشت دانه ها در بتن معمولی نیز می تواند دلیلی بر بیشتر بودن مقاومت سایشی بتن معمولی در این نسبت آب به سیمان باشد. بیشترین میزان کاهش حجم ناشی از آزمون سایش (با استفاده از دستگاه بوهم) در سن ۲۸ و ۷ روز، مربوط به بتن حاوی سرباره می باشد که عمده دلیل آن تاخیر در هیدراسیون و روند کسب مقاومت می باشد که پس از آن بتن خودتراکم و بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۵ بیشترین میزان کاهش حجم را دارند. این کاهش در بتن حاوی متاکائولن بیشتر از بتن حاوی دوده سیلیسی می باشد. بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۴ کمترین میزان سایش را در بین تمام نمونه ها دارد که دلیل عمده آن بالا بودن مقاومت فشاری و نیز مقاومت سنگدانه ها در برابر سایش می باشد.



شکل ۵: درصد کاهش حجم نمونه ها در آزمایش سایش در روزهای ۷ و ۲۸ روز

نتیجه گیری:

بر پایه اطلاعات بدست آمده در این تحقیق نتایج زیر حاصل می شود:

- مقاومت سایش نمونه ها ارتباط مستقیم با مقاومت فشاری آنها دارد که این موضوع برای بتن معمولی بیشتر از بتن خود تراکم حاصل شد.
- در بین بتن های خود تراکم ، بتن ساخته شده با سرباره بیشترین میزان سایش را داشت که این میزان در سن ۷ و ۲۸ روزه بیشترین میزان را در بین سایر طرح مخلوط ها داشت که ناشی از کامل نشدن فرآیند کسب مقاومت این بتن بود.
- بتن خود تراکم از نوع پودری این ویژگی را دارد که در صورت انتخاب نوع و مقدار مواد پودری نظیر سیمان ، پودر سنگ، و مواد افزودنی معدنی ، در مقایسه با بتن معمولی ، از دوام بهتری بر خوردار می باشد که این امر می تواند استفاده از آن را در رویه های بتنی امکانپذیر کند . حذف لرزاندن این نوع بتن سبب می شود در قیاس با بتن معمولی ، از ساختار و ریز ساختار همگن و یکنواخت بهتری بر خوردار باشد ، که این موضوع سبب بهبود خواص مکانیکی مهم رویه ها نظیر سایش و ... می گردد .
- بتن خود تراکم حاوی افزودنی معدنی ، دوستدار محیط زیست بوده و در صورت برآورده کردن معیارهای پذیرش می تواند در رویه های بتنی کاربردی باشد.
- با افزودن دوده سیلیسی و دیگر افزودنی ها نفوذپذیری بتن کاهش می یابد.تاثیر عمده این مواد ریزدانه بهبود خواص ناحیه انتقالی^۱ می باشد.این ناحیه ، بعنوان منطقه ترک های ریز در بتن شناخته می شود که نه تنها بر خواص مکانیکی بتن بلکه بر نفوذپذیری و دوام آن نیز موثر است.

^۱Interfacial Transition Zone

مراجع

- [1] De latte, Norbert. (۲۰۰۸). "Concrete Pavement Design, Construction, and Performance". Taylor & Francis.
- [2] Best Practices for Airport Portland Cement Concrete Pavement Construction (Rigid Airport Pavement), Innovative Pavement Research Foundation, (۲۰۰۵)
- [3] Huang, Y.H. (۲۰۰۴). "Pavement Analysis and Design, Volume ۱", Pearson/Prentice Hall
- [4] Khayat, K.H., Vanhove, Y., Pavate, T.V., Jolicoeur, C. "Multi-Electrode Conductivity Method to Evaluate Static Stability of Flowable and Self -Consolidating Concrete." Technical paper, ACI Material Journal, No. ۱۰۴-M۴۸, July-August ۲۰۰۷.
- [5] Sonebi, M., Nanukuttan, S. "Transport Properties of Self-Consolidating Concrete." Technical paper, ACI Material Journal, No. ۱۰۶-M۲۰, March-April ۲۰۰۹.
- [6] Self-Consolidating Concrete Applications for Slip-Form Paving: Final Report, May ۲۰۱۱ Phase II, Iowa State University
- [7] Liu.Y.W,Pann.K.S, Abrasion resistance of concrete containing surface cracks,Journal of the Chinese institute of engineers,Taylor and Francis,2010
- [8] Sadegzade, M., Page, C.L, and Kettle, R.J."Surface microstructure and abrasion resistance of concrete. "Cement Concrete Research. (۱۹۸۷)
- [9] Atis, C.D., Celik, O.N. "Relation between abrasion resistance and flexural strength of high volume fly ash concrete." Materials and Structures, Technical Report, Vol. ۳۵, May ۲۰۰۲: ۲۵۷-260.
- [10] Löfsjögård, M., Karlsson, R. "Performance Assessment of Concrete Roads in Sweden." Road Materials and Pavement Design, ۲۰۰۴
- [11] Ghafoori, N., Diawara, Hamidou. "Influence of temperature on fresh performance of self-consolidating concrete." Construction and Building Materials, Vol. ۲۴, ۲۰۱۰: ۹۴۶-955.
- [12] ASTM C143 / C143M - 15a, Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete.
- [13] The European Guidelines for Self-Compacting Concrete, EFNARC, May ۲۰۰۵
- [14] BS Standard 1881: Part 116: Standard test method for compressive strength of cubic concrete specimens: British Standrd Institution.
- [15] ASTM C78 / C78M - 15b, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).
- [16] Uysal, M., Yilmaz, K. "Effect of mineral admixtures on properties of selfcompacting concrete." Cement & Concrete Composites, Vol. ۳۳; ۲۰۱۱: ۷۷۱-۷۷۶.