بررسی اثر استئارات ها بر مشخصات مکانیکی و دوام بتن

دریافت مقاله: ۸-۳-۱۳۹۷
پذیرش مقاله: ۲۴-۴-۱۳۹۷

رامین ناصرالاسلامی*
کارشناس ارشد سازه از دانشگاه تفرش
Ramin.Naseroleslami@1gmail.com

مهدی نعمتی چاری
استادیار بخش فناوری بتن مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مجتبی حاجی مهدی
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع و مدیر تحقیق و توسعه شرکت دانش‌بنیان نانو بتن امین

محمدعلی یعقوبی
کارشناس ارشد سازه از دانشگاه ازاد اسلامی و مدیر کارخانه در شرکت دانش بنیان نانو بتن امین

چکیده:
ورود آب و یون‌های مخرب همراه با آن به داخل بتن ازجمله مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده پایایی سازه‌های بتنی می‌باشند. استئارات‌های کلسیم و روی به‌عنوان در دست رس‌ترین مواد به‌دست‌آمده از اسیدهای چرب، قادرند با ایجاد یک‌لایه آب‌گریز در منافذ مویینه و تغییر در کشش سطحی دیواره این منافذ، سرعت انتقال رطوبت را به داخل منافذ مویینه بتن در شرایط عدم وجود فشار هیدرو استاتیک کاهش دهند. ازاین‌رو در مطالعه حاضر، اثر استئارات‌های کلسیم و روی به‌عنوان مواد افزودنی نم بند روی مشخصات مکانیکی و دوام بتن‌های رایج (با نسبت آب به سیمان ۰/۴۷) بررسی شده است. به همین منظور، استئارات کلسیم و استئارات روی به مخلوط‌های بتنی عادی و خمیرهای سیمان، اضافه شده و تأثیر آن‌ها روی ویژگی‌های بتن و خمیر تازه شامل کارایی و درصد حباب هوای بتن، زمان‌گیرش خمیر سیمان، مشخصه‌های بتن سخت‌شده شامل مقاومت فشاری، مقاومت الکتریکی، جذب آب مویینه، جذب آب حجمی و مهاجرت تسریع شده یون‌های کلراید موردبررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که این مواد در غلظت نرمال و زمان‌گیرش خمیر سیمان استاندارد و همچنین درصد حباب هوای بتن تازه تأثیر محسوسی نداشته‌اند؛ اما نتایج آزمایش‌های بتن سخت‌شده نشان داد که با افزایش مقدار استئارات‌ها، مقاومت فشاری، جذب آب حجمی و مویینه بتن کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که استئارات‌های کلسیم و روی در مقداری معادل ۲ کیلوگرم در یک مترمکعب (۰/۵ درصد وزن سیمان)، جذب آب نیم‌ساعته و عمق نفوذ مویینه را به‌طور میانگین ٪۵۴ و ٪۲۵ نسبت به بتن کنترل کاهش داده‌اند؛ اما این مواد به دلیل عدم‌تغییر در ساختار منافذ مویینه بتن، باعث تغییر قابل‌توجه در مقاومت الکتریکی و ضریب مهاجرت تسریع شده یون‌های کلراید نشده‌اند.

کلمات کلیدی: افزودنی‌های نم بند، استئارات کلسیم، استئارات روی، دوام، نفوذپذیری

مقدمه

نفوذ آب به داخل بتن چه از طریق مکش مویینه و چه به‌وسیله فشار هیدرو استاتیک، نه‌تنها خود زمینه‌ساز بسیاری از خرابی‌های فیزیکی و شیمیایی بتن می‌شود، بلکه زمینه را نیز برای انتقال یون‌ها و املاح مخرب به داخل بتن فراهم می‌کند. کاهش نسبت آب به سیمان و استفاده از مواد جایگزین سیمان ازجمله روش‌هایی است که جهت محدود نمودن ورود آب به بتن همواره مدنظر مهندسان و پژوهشگران بوده است [۱]. گرچه موارد ذکرشده می‌تواند به محدود شدن آب وارده به داخل بتن بیانجامد اما بتن هیچ‌گاه به‌طور مطلق نفوذناپذیر نمی‌شود؛ زیرا بتن دارای تخلخل و ریزترک‌های ذاتی است و به همین دلیل، آب می‌تواند تحت فشار هیدرو استاتیک یا فرآیند مکش مویینه به داخل آن نفوذ نماید. در کنار روش‌های ذکرشده، استفاده از افزودنی‌های شیمیایی کاهنده نفوذپذیری مانند افزودنی‌های نم بند نیز اخیراً مدنظر پژوهشگران قرار گرفته است[۲].

شکل۱ وضعیت قطره آب را در منافذ مویینه نم بندی شده و نم بندی نشده نشان می دهد، طبق این شکل، افزودنی های نم بند با ایجاد یک‌لایه آب‌گریز در دیواره منافذ مویینه باعث تغییر در زاویه تماس آب با دیواره منافذ می‌شوند و از این طریق می‌توانند نفوذپذیری بتن را در شرایط عدم وجود فشار هیدرو استاتیک کاهش دهند. بر اساس قوانین فیزیک، زمانی که $\theta<90$ می‌باشد، جاذبه مولکولی به وجود آمده بین مایع و بتن، باعث‌تر شدن سطح منافذ مویینه بتن، رخداد پدیده مویینگی در لوله‌های مویینه و درنتیجه جذب آب توسط بتن می‌گردد؛ اما با افزایش زاویه تماس آب با سطح منافذ که به‌واسطه لایه آب‌گریز ناشی از مواد افزودنی نم بند ایجاد می‌شود، نیروی موردنیاز برای تر شدن سطح، رخداد پدیده مویینگی و درنتیجه جذب آب توسط بتن افزایش یافته و بدین طریق، نفوذ مویینه و میزان آب جذب‌شده، محدود می‌شود[۳]. از طرف دیگر همان‌طور که از مکانیسم عملکرد این مواد مشخص است، به دلیل عدم‌تغییر در ساختار منافذ مویینه، آب می‌تواند تحت فشار هیدرو استاتیک وارد بتن شود.

الف ب

مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده، نشان می‌دهد که از طیف گسترده‌ای از مواد برای نم بندی بتن استفاده شده است. پژوهش آگوس موریتو[۱] نشان‌دهنده عدم تأثیرگذاری استئارات کلسیم بر مقاومت بتن‌های عادی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۲ است[۴]. پژوهش‌های دیگری از افزایش مقاومت فوم بتن‌های نم بندی شده با استئارات کلسیم و ملات‌های آهکی هوادهی شده و نم بندی شده با اولئات سدیم و استئارات کلسیم تا ۶۰٪ نسبت به بتن کنترل حکایت دارد[۵]. این در حالی است که یک پژوهش دیگر حاکی از کاهش ۵۰٪ و ۶۰٪ مقاومت‌های فشاری و خمشی ملات‌های آهکی متاکائولنی حاوی استئارات است[۶]. دامین[۲] و همکارش نیز با استفاده از سه نم بند مختلف در بتن‌های سبک هوادهی شده، تأثیر متفاوتی از هرکدام از این مواد بر مقاومت فشاری را مشاهده نمودند[۷]. هنگ ونگ[۳] و همکارانش نیز نشان دادند که جایگزینی سیمان با خاکستر لجن کاغذ باعث تغییر در مقاومت و چگالی بتن و خمیرسیمان حاوی این مواد نمی‌شود[۸]. یا [۴] و همکارانش نیز نشان دادند که مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن‌های حاوی ستگدانه‌های بازیافتی و ۱٪ ماده نم بند بر پایه سیلان سیلوکسان، ۳۰٪ کاهش

---

[۱] Agus Moryoto
[۲] Damin
[۳] Hung Wong
[۴] Ya

می‌یابد[۹]. تیتارلی[۵] و همکارانش نیز نشان دادند که نم بندی با همین پایه باعث کاهش ۱۵٪ تا ۲۳٪ بتن‌های ترک‌خورده و ترک نخورده در سن ۲۸ روز می‌شود[۱۰، ۱۲ و ۱۳]. به‌طورکلی افزودنی‌های نم بند با اخلال در فرآیند مویینگی، جذب آب بتن و ملات سیمان را به‌شدت کاهش می‌دهند، به‌طوری‌که پژوهش‌های فراوانی حاکی از کاهش مقدار آب جذب‌شده در فرآیند مویینگی نسبت به نمونه کنترل از ۶۶٪ تا ۹۸٪ است[۵، ۹، ۱۰، ۱۵ و ۱۶]. در این پژوهش‌ها از دوزهای مختلف اولئات سدیم، استئارات کلسیم، استئارات روی، استئارات آلومینیوم و نم بندهای بر پایه سیلان سیلوکسان در ملات‌های بتنی، آهکی- پوز ولانی، آهکی هوادهی شده و مصالح آجری استفاده شده است. با توجه به کاهش چشمگیر جذب آب مویینه، کاهش جذب آب حجمی کوتاه‌مدت از ۴۰٪ الی ۹۵٪ در بتن‌ها و ملات‌های حاوی مواد نم بند که در مطالعات پیشین بیان شده است، منطقی به نظر می‌رسد[۷، ۹ و ۱۴]. کاهش خوردگی میلگردها تا ۶۵٪ در بتن ترک نخورده حاوی استئارات کلسیم و سیلان سیلوکسان در نسبت‌های آب به سیمان ۰/۴۲ الی ۰/۷۰ و افزایش میزان خوردگی در نمونه‌های ترک‌خورده حاوی سیلان سیلوکسان در نسبت‌های آب به سیمان ذکرشده، گزارش شده است. البته در این پژوهش دلیلی برای این مشاهده ارائه نشده است.[۱۱ و ۱۷]. کاهش ۵۰٪ در عمق نفوذ آب نیز در بتن‌های حاوی استئارات کلسیم در نسبت آب به سیمان ۰/۴۲ از سایر نتایج پژوهش‌های پیشین بوده است، هرچند این نتیجه گیری با توجه به مکانیسم عملکردی این مواد غیر منطقی به نظر می رسد. [۴]

نگاهی به پژوهش‌های انجام‌شده که اغلب به‌منظور بهبود مشخصات ملات سیمان انجام شده است، نشان می‌دهد پارامترهای دوامی ملات‌های مختلف به‌ویژه جذب آب حجمی کوتاه‌مدت و جذب آب مویینه در صورت استفاده از افزودنی‌های نم بند بهبود می یابد؛ اما توجه کمتری به کاربرد این مواد در بتن شده است. به‌طور مشخص تأثیر این مواد بر مقاومت الکتریکی، ضریب مهاجرت تسریع‌شده یون‌های کلراید و جذب آب حجمی بلندمدت بتن‌های حاوی این مواد در پژوهش‌های پیشین به‌صورت کامل مطالعه نشده است. بر این اساس، پژوهش حاضر باهدف بررسی پارامترهای ذکرشده، بتن‌های حاوی استئارات کلسیم و استئارات روی را که در ایران در دسترس می‌باشند، موردبررسی قرار می‌دهد. بدین منظور، بتن‌ها و خمیرهای سیمانی حاوی مقادیر مختلفی از استئارات کلسیم، استئارات روی و ترکیب آن‌ها ساخته شده و رفتارشان با رفتار آزمونه‌های کنترل مقایسه شده است.

۲- برنامه آزمایشگاهی

۲-۱- مصالح

سیمان پرتلند[۶] به‌کاررفته برای ساخت مخلوط‌های بتنی، سیمان پرتلند نوع ۲ با چگالی ۳/۱۵ گرم بر سانتی‌متر و نرمی (بلین) ۳۱۶۰ سانتی‌متر مربع بر گرم، منطبق بر الزامات استاندارد ISIRI 389 می‌باشد که آنالیز شیمیایی آن در جدول ۱ آمده است.

شن[۷] و ماسه[۸] مصرفی از نوع طبیعی با اندازه (۲۵-۴/۷۵ میلی‌متر) و (۴/۷۵-۰ میلی‌متر) بوده که مشخصات و دانه‌بندی آن‌ها در جدول ۲ و شکل ۱ وشکل ۲ آمده است. آب مصرفی، آب شهری تصفیه‌شده است که با الزامات استاندارد ASTM 1602 تطابق دارد و همچنین استئارات کلسیم و روی به‌کاررفته در این پژوهش، محصول شرکت فن‌آوران شیمی تجزیه می‌باشد. استئارات روی و کلسیم پودرهای سفید رنگ و نامحلول در آب با چگالی ۱۴۰ گرم بر لیتر می باشند

جدول ۱- آنالیز شیمیایی سیمان پرتلند مصرفی (درصد وزنی)

نام ترکیب	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
درصد ترکیب	۶۴/۲	۲۰/۷	۴/۷	۴/۰	۱/۳	۰/۶۵	۰/۳۲	۶۰	۱۴	۶	۱۲

[۵] Titarelli

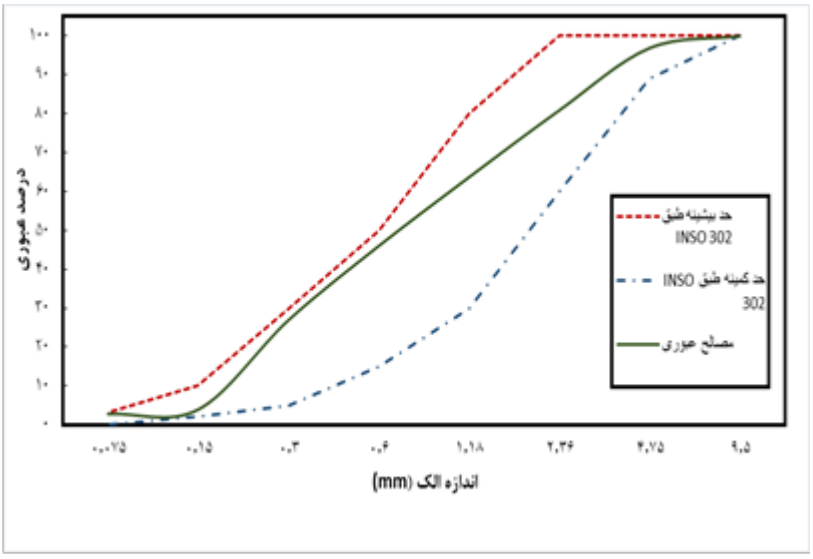
[۶] تولید شرکت سیمان دلیجان

[۷] تولید شرکت دانش بنیان نانو بتن امین

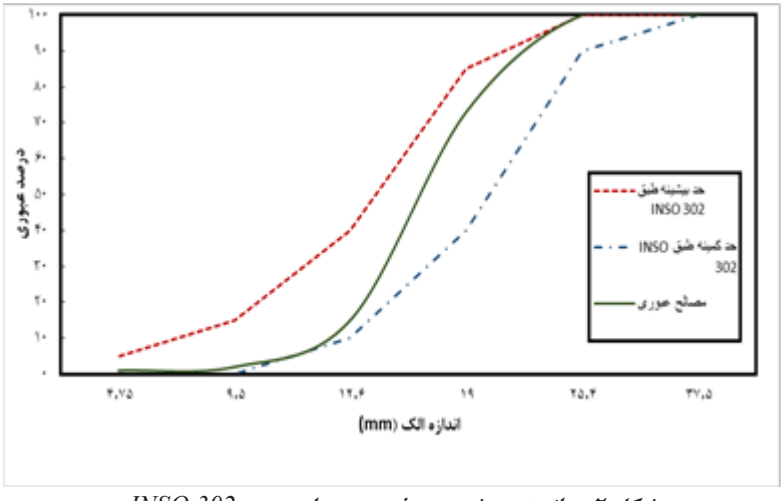
[۸] تولید معدن شن گستر کویر

جدول ۲- وزن مخصوص و چگالی مصالح سنگ‌دانه

مصالح	وزن مخصوص اشباع سطح خشک	درصد جذب آب
شن	۲/۶۷	۱/۱
ماسه	۲/۶۵	۲/۳



شکل ۱- دانه‌بندی بندی ماسه مصرفی به همراه حدود INSO 302



شکل ۲- دانه‌بندی شن مصرفی به همراه حدود INSO 302

۲-۲- طرح‌های مخلوط

برای بررسی اثر استئارات روی و استئارات کلسیم بر پارامترهای موردنظر، ۷ مخلوط بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۴۷ و عیار سیمان ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و ۴ خمیر سیمان استاندارد ساخته شده است که طرح مخلوط آن‌ها[۹] در جدول۳ و جدول ۴ ارائه شده است

[۹] طرح‌های مخلوط بر اساس روش ملی طرح مخلوط ارائه شده‌اند

جدول ۳- طرح مخلوط بتن‌های ساخته‌شده

نام مخلوط	سیمان (kg/m^3)	آب (kg/m^3)	شن بند (kg/m^3)	ماسه (kg/m^3)	نوع استئارات	مقدار استئارات (kg/m^3)	مقدار استئارات (درصد وزنی سیمان)
Co	۴۰۰	۱۸۸	۷۰۸	۱۰۵۳	-	-	-
Ca-1	۴۰۰	۱۸۸	۷۰۸	۱۰۵۳	کلسیم	۱	۰/۲۵
Ca-2	۴۰۰	۱۸۸	۷۰۸	۱۰۵۳	کلسیم	۲	۰/۵۰
Zn-1	۴۰۰	۱۸۸	۷,۸	۱۰۵۳	روی	۱	۰/۲۵
Zn-2	۴۰۰	۱۸۸	۷,۸	۱۰۵۳	روی	۲	۰/۵۰
Mi-1	۴۰۰	۱۸۸	۷,۸	۱۰۵۳	کلسیم و روی	۱	۰/۲۵
Mi-2[۱۰]	۴۰۰	۱۸۸	۷,۸	۱۰۵۳	کلسیم و روی	۲	۰/۵۰

جدول ۴- طرح مخلوط خمیرهای سیمان ساخته‌شده

نام مخلوط	سیمان (g)	آب (g)	نوع استئارات	مقدار استئارات (g)	مقدار استئارات (درصد وزنی سیمان)
Co	۶۵۰	۱۵۷	-	-	-
Ca-3.25[۱۱]	۶۵۰	۱۵۷	کلسیم	۳/۲۵	۰/۵۰
Zn-3.25	۱۸۸	۱۵۷	روی	۳/۲۵	۰/۵۰
Mi-3.25[۱۲]	۱۸۸	۱۵۷	کلسیم و روی	۳/۲۵	۰/۵۰

۲-۳- برنامه آزمایش‌ها

۲-۳-۱- آزمایش‌های بتن و خمیرسیمان تازه

آزمایش‌های کارایی و سنجش درصد حباب هوای بتن تازه به ترتیب طبق استانداردهای INSO 3203-2 و INSO 3520 بلافاصله پس از ساخت بتن تازه انجام شده‌اند. برای انجام آزمایش زمان‌گیرش نیز ابتدا غلظت نرمال خمیر سیمان کنترل و خمیرهای حاوی استئارات ها طبق استاندارد ISIRI 11895 به‌دست‌آمده است و پس‌ازآن، آزمایش زمان‌گیرش طبق استاندارد INSO 392 روی این خمیرها، انجام شده است.

۲-۳-۲- آزمایش‌های بتن سخت شده

برای آزمایش مقاومت فشاری در سنین ۱۴، ۲۸ و ۹۰ روز، میانگین مقاومت فشاری دو آزمونه طبق استاندارد INSO 1608-3 گزارش شده است. برای آزمایش جذب آب مویینه، میانگین نتایج سه آزمونه در سنین ۲۸ و ۹۰ روز طبق استاندارد ASTM C1585 گزارش شده است. ذکر این نکته ضروری است که جهت انجام این آزمایش، کلیه آزمونه‌ها باید در رطوبت یکسان تحت آزمایش قرار گیرند، اما در این پژوهش به‌جای شرایط رطوبتی اولیه آزمونه‌ها که در استاندارد ASTM C1585 ذکر شده است، آزمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت در گرمخانه خشک شده‌اند. برای آزمایش جذب آب حجمی، میانگین درصد آب جذب‌شده توسط سه آزمونه که طبق استاندارد BS1881: Part 122 به‌دست‌آمده، گزارش شده است. جذب آب نیم‌ساعته (به‌عنوان جذب آب کوتاه‌مدت) و جذب آب ۲۱ روزه (به‌عنوان جذب آب بلندمدت) آزمونه‌های خشک گزارش شده است. برای آزمایش مهاجرت تسریع‌شده یون های کلراید،

[۱۰] در مخلوط‌های Mi-1 و Mi-2 از کل مقدار استئارات، نیمی به استئارات کلسیم و نیمی به استئارات روی اختصاص داده شده است.

[۱۱] در خمیرهای ساخته شده، مقادیر ذکر شده از استئارات به خمیر کنترل اضافه شده است.

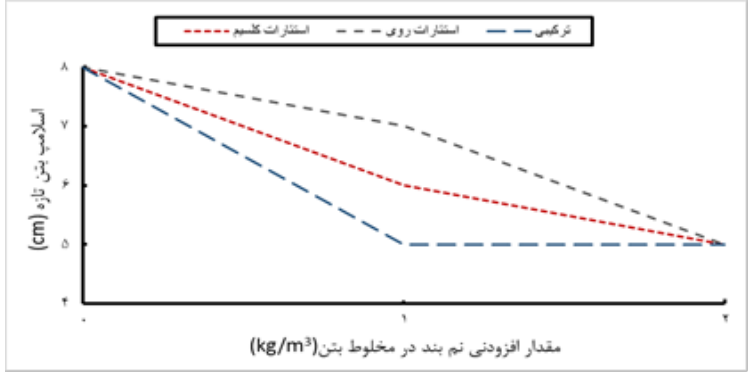
[۱۲] در این خمیر از کل مقدار استئارات، نیمی به استئارات کلسیم و نیم دیگر به استئارات روی اختصاص داده شده است.

میانگین ضرایب مهاجرت تسریع‌شده سه آزمونه طبق استاندارد INSO 21479 تعیین و گزارش شده است. لازم به ذکر است که برای آزمایش‌های جذب آب حجمی و مویینه و آزمایش مهاجرت تسریع‌شده یون های کلراید، از یک آزمونه استوانه‌ای ۲۰×۱۰ سانتی‌متری، سه آزمونه برش خورده ۵×۱۰ سانتی‌متری، تهیه شده و آزمایش موردنظر روی آن‌ها انجام شده است و نهایتاً برای آزمایش مقاومت الکتریکی، میانگین ۸ اندازه‌گیری از یک آزمونه استوانه‌ای طبق AASHTO T358 در سنین ۱۴، ۲۸ و ۹۰ روز بر روی نمونه های کاملا اشباع که بلافاصله از حوضچه عمل آوری خارج شده اند، گزارش شده است.

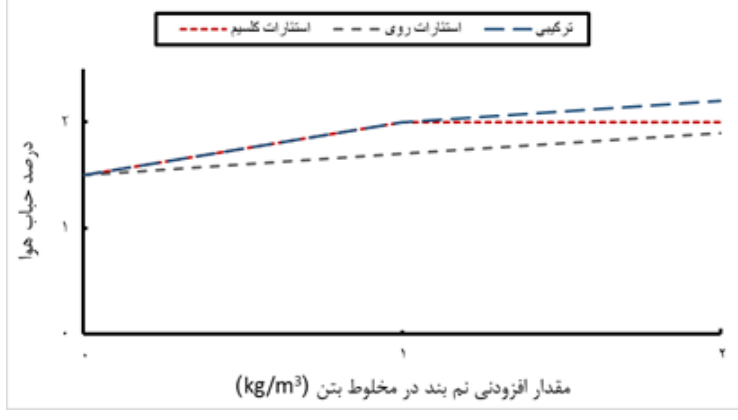
۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمایش‌های بتن و خمیرسیمان تازه

شکل ۳ کارایی بتن کنترل در مقایسه با بتن‌های حاوی درصدهای مختلف استئارات‌های فلزی را نشان می‌دهد. این نمودار نشان می دهد که استفاده از این مواد در مخلوط بتن، باعث کاهش کارایی بتن تازه می‌گردد؛ به‌طوری‌که با استفاده از استئارات کلسیم و استئارات روی و ترکیب استئارات ها تا ۲ کیلوگرم در مترمکعب، اسلامپ بتن تازه ۶۲٪ کاهش می‌یابد از این شکل مشخص است که در صورت استفاده از ۱ کیلوگرم در مترمکعب بیشترین و کمترین میزان کاهش در اسلامپ مربوط به ترکیب استئارات ها و استئارات روی بوده است. همچنین شکل ۴، درصد هوای بتن تازه در نمونه بتن کنترل و بتن‌های حاوی مقادیر مختلف ماده نم بند را نشان می‌دهد. طبق این نمودار استئارات ها باعث افزایش درصدهوای بتن تازه شده اند هرچند نمودار نشان می دهد که این افزایش چندان قابل‌توجه نمی‌باشد.



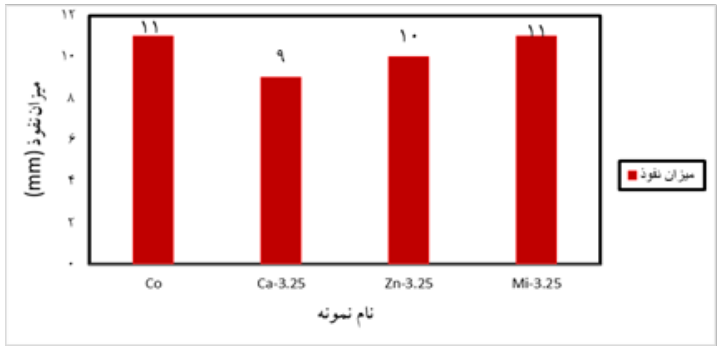
شکل ۳- مقایسه کارایی بتن تازه در بتن کنترل با بتن‌های حاوی افزودنی نم بند



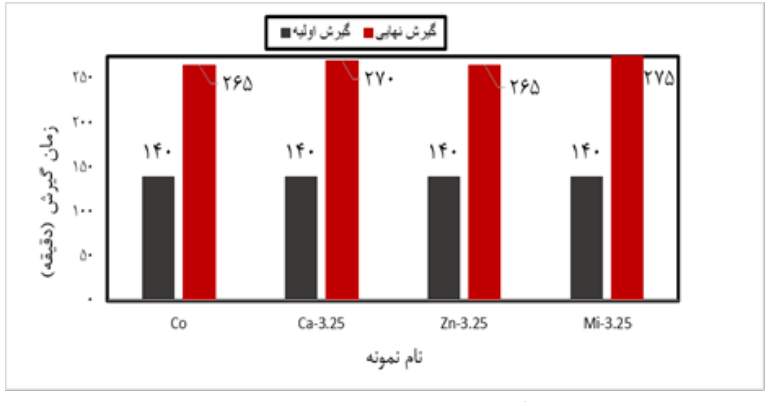
شکل ۴- مقایسه درصد هوای بتن تازه در بتن کنترل و بتن‌های حاوی افزودنی نم بند

شکل۶ میزان نفوذ سوزن ویکات در خمیرهای سیمان ساخته‌شده را نشان می‌دهد. ثابت بودن میزان آب اختلاط خمیرهای ساخته‌شده طبق جدول ۴ نشان می‌دهد که استئارات ها تأثیری بر غلظت نرمال خمیر سیمان ندارند. با

توجه به شکل ۶، نتیجه‌گیری مشابهی نیز در مورد پارامترهای زمان‌گیرش اولیه و ثانویه قابل حصول است. نتایج آزمایش غلظت نرمال با نتایج آزمایش اسلامپ سازگاری ندارد. در آزمایش اسلامپ با افزایش میزان مصرف استئارات، اسلامپ بتن کاهش یافته است اما نتایج آزمایش تعیین غلظت نرمال، عدم تأثیرگذاری این مواد روی آب موردنیاز برای رسیدن به میزان نفوذ یکسان را نشان می‌دهد. عدم ورود این مواد به واکنش هیدراسیون و عدم تأثیر آن‌ها بر آبگیری سیمان نیز می‌تواند ازجمله نتایج آزمایش زمان‌گیرش باشد.



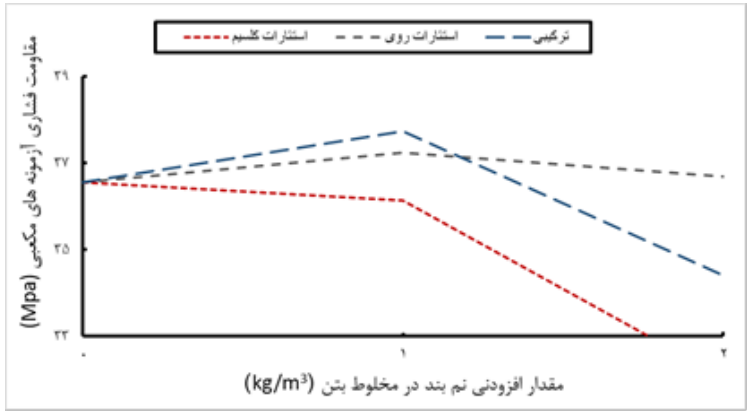
شکل ۵- مقایسه میزان نفوذ سوزن ویکات در خمیر کنترل و خمیرهای حاوی افزودنی نم بند در آزمایش غلظت نرمال



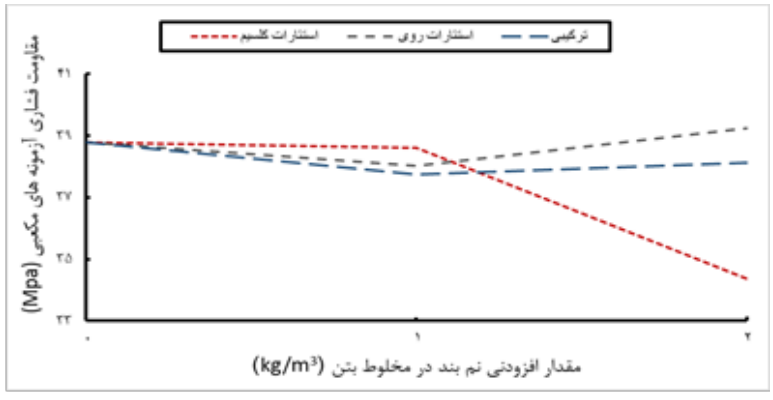
شکل ۶- مقایسه زمان‌گیرش در خمیر کنترل و خمیرهای حاوی افزودنی نم بند

۳-۲- نتایج آزمایش‌های بتن سخت شده

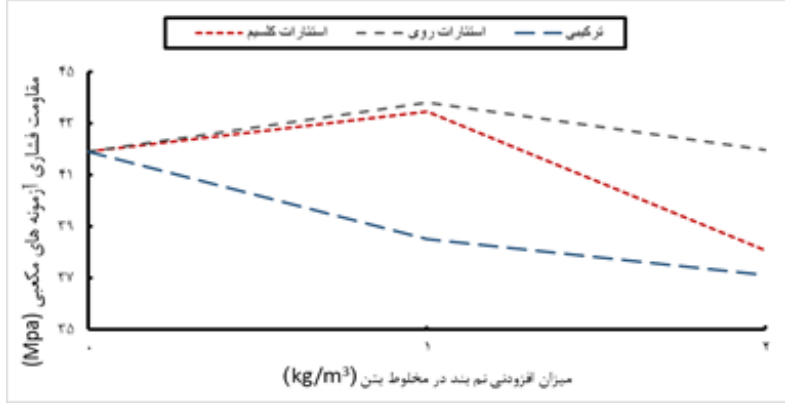
در شکل ۷ الی شکل ۹، مقاومت فشاری نمونه‌های بتن در سنین مختلف، ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که به‌طورکلی استفاده از استئارات‌ها باعث کاهش مقاومت فشاری می‌شوند و این کاهش مقاومت در صورت استفاده از ۲ کیلوگرم استئارات کلسیم به ترتیب به ۱۱٪ و ۹٪ کاهش مقاومت نسبت به نمونه کنترل در سنین ۲۸ و ۹۰ روزه، منجر خواهد شد. هم‌چنین ترکیب استئارات روی و استئارات کلسیم باعث ۲٪ و ۱۱٪ درصد کاهش در مقاومت فشاری ۲۸ روزه و ۹۰ روزه نسبت به نمونه بتن کنترل شده است. این کاهش مقاومت مشاهده‌شده، نتیجه به‌دست آمده در تطابق با نتایج پژوهش آگوس ماریوتو مبنی بر عدم تأثیرگذاری استئارات کلسیم (در میزان مصرف معادل ۰٫۸۲٪ وزن سیمان) بر مقاومت فشاری بتن نیست. در پژوهش‌های گذشته استدلالی برای توجیه کاهش مقاومت ناشی از این مواد ارائه نشده است، از طرف دیگر مکانیسم اثرگذاری ارائه‌شده برای این مواد مبنی بر تشکیل یک‌لایه آب‌گریز در دیواره منافذ نیز نمی‌تواند باعث کاهش مقاومت شود و عملاً توجیه این مشاهده نیازمند داده‌های بیشتر و بررسی‌های ریزساختار بتن می‌باشد.



شکل ۷- مقایسه مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه بتن کنترل با نمونه‌های بتن حاوی افزودنی نم بند

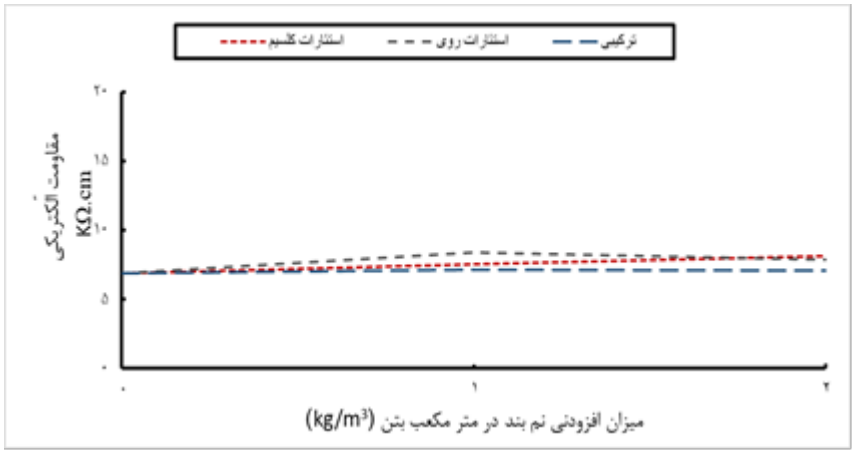


شکل ۸- مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه بتن کنترل با نمونه‌های بتن حاوی افزودنی نم بند

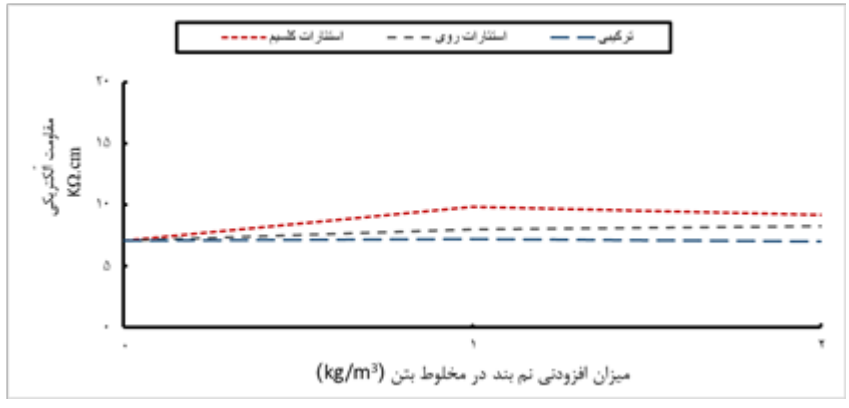


شکل ۹- مقایسه مقاومت فشاری ۹۰ روزه نمونه بتن کنترل با نمونه‌های بتن حاوی افزودنی نم بند

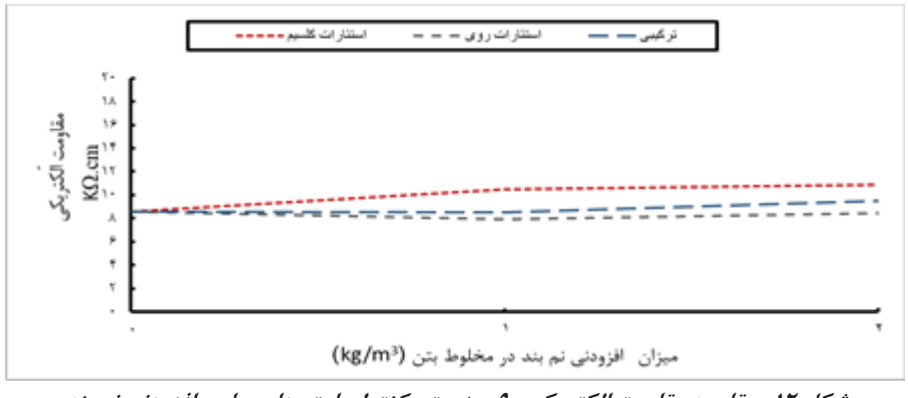
شکل ۱۱ الی ۱۳ نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی را در سنین مختلف نمایش می‌دهد. نتایج این آزمایش به‌نوعی با سهولت حرکت یون‌ها در بتن ارتباط دارد. هرچند که البته این موضوع به میزان یون‌های موجود در بتن و مسیر حرکت آن‌ها در منافذ بستگی دارد. عدم‌تغییر قابل‌توجه مقاومت‌های الکتریکی اندازه‌گیری شده در آزمونه‌های مختلف، به‌نوعی نشان‌دهنده عدم‌تغییر ساختار منافذ موبینه بتن‌های حاوی ماده نم بند نسبت به بتن کنترل می‌باشد.



شکل ۱۰- مقایسه مقاومت الکتریکی ۷ روزه بتن کنترل با بتن‌های افزودنی‌های نم بند



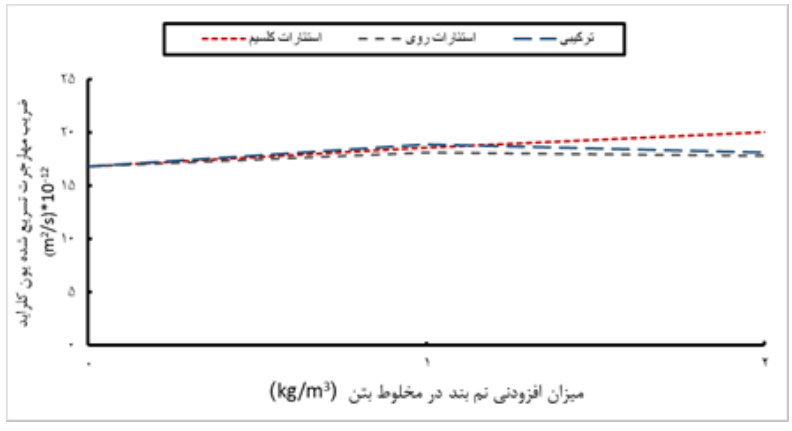
شکل ۱۱- مقایسه مقاومت الکتریکی ۲۸ روزه بتن کنترل با بتن‌های حاوی افزودنی نم بند



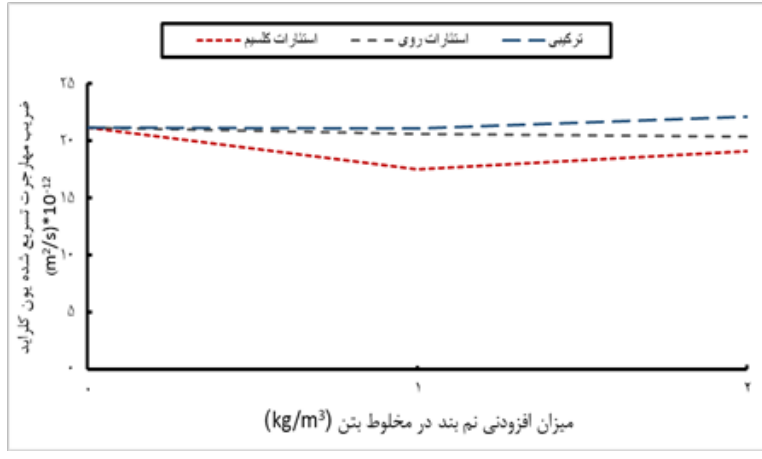
شکل ۱۲- مقایسه مقاومت الکتریکی ۹۰ روزه بتن کنترل با بتن‌های حاوی افزودنی نم بند

شکل ۱۳ و شکل ۱۴، نتایج آزمایش مهاجرت تسریع‌شده یون های کلراید را روی نمونه‌های مختلف در سنین ۲۸ و ۹۰ روز نشان می‌دهد. در این آزمایش نیز مانند آزمایش مقاومت الکتریکی، ضریب مهاجرت تسریع‌شده یون های کلراید در بتن‌های حاوی استئارات ها با بتن کنترل، تفاوت محسوسی نداشته است. نتیجه این آزمایش با نتیجه آزمایش مقاومت الکتریکی مبنی بر عدم‌تغییر ساختار منافذ موبینه سازگار است. نتایج آزمایش‌های مهاجرت تسریع‌شده یون های کلراید و مقاومت الکتریکی نشان می‌دهد که افزودنی‌های نم بند بررسی‌شده در این پژوهش باعث آب‌بند شدن بتن نمی‌شوند، زیرا آب‌بند شدن بتن به کاهش میزان نفوذ آب و یون‌های مخرب در شرایط وجود فشار هیدرو استاتیک اطلاق می شود که این موضوع نیازمند محدود شدن قطر منافذ موبینه یا افزایش پیچاپیچی

آن‌ها است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش مقاومت الکتریکی و مهاجرت تسریع‌شده یون های کلراید که نشانگر عدم‌تغییر در ساختار منافذ مویینه بتن است، می‌توان اظهار داشت که نتیجه ارائه‌شده در پژوهش آگوس ماریوتو [۴]مبنی بر کاهش ۵۰٪ نفوذ آب در صورت استفاده از استئارات کلسیم در تطابق با نتایج این مطالعه نیست. با توجه به اینکه در پژوهش ماریوتو صرفا به روش آزمون و ارائه نتایج بسنده شده است، امکان مقایسه نتایج وجود ندارد اما نتایج این پژوهش با [۲] در تطابق است زیرا طبق [۲] این افزودنی ها به دلیل عدم تغییر در ساختار منافذ مویینه نفوذپذیری را در شرایط وجود فشار هیدرواستاتیک تغییر نمی دهد.



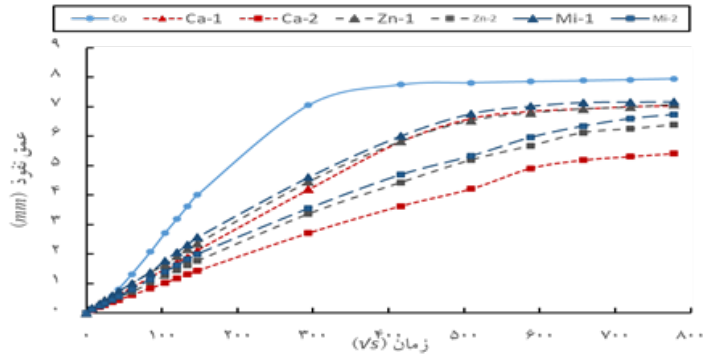
شکل ۱۳- مقایسه ضریب مهاجرت تسریع شده یون‌های کلراید در بتن کنترل و بتن‌های حاوی نم بند در سن ۲۸ روز



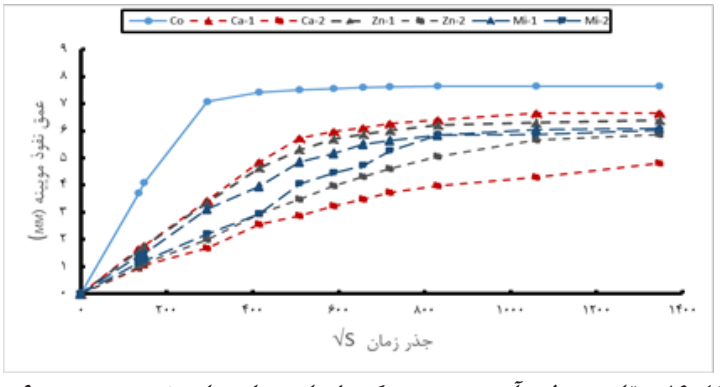
شکل ۱۴- مقایسه ضریب مهاجرت تسریع شده یون‌های کلراید در بتن کنترل و بتن‌های حاوی نم بند در سن ۹۰ روز

شکل۱۶ وشکل۱۷ نتایج آزمایش جذب آب مویینه نمونه‌های ۲۸ و ۹۰ روزه را نشان می‌دهد. نتایج این آزمایش‌ها حاکی از تأثیر مثبت استئارات‌ها بر نتایج این آزمایش است؛ به‌طوری‌که کاهش قابل‌توجه در میزان نفوذ آب پس از پایان آزمایش در تمامی نمونه‌های حاوی ماده نم بند نسبت به بتن کنترل قابل‌مشاهده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، کاهش در نفوذ مویینه آب در نمونه‌های ۲۸ و ۹۰ روزه حاوی ۲ کیلوگرم استئارات کلسیم از مقدار مشابه استئارات روی و ترکیب استئارات ها بیشتر بوده است.. در صورت استفاده از یک کیلوگرم افزودنی نم بند نیز، در سن ۲۸ روز، هر سه افزودنی نم بند بررسی‌شده، نفوذ مویینه آب را ۱۱٪ کاهش می‌دهند اما در سن ۹۰ روز بیشترین کاهش در میزان نفوذ مویینه به ترتیب مربوط به ترکیب استئارات‌ها؛ استئارات روی و استئارات کلسیم، به ترتیب با ۲۳٪، ۱۹٪ و ۱۶٪ کاهش نسبت به بتن کنترل می‌باشد. هم‌چنین این‌گونه تصور می‌شود که نتایج مربوط به ترکیب استئارات‌ها باید بین نتایج مربوط به استئارات کلسیم و استئارات روی باشد اما نتایج آزمایش جذب آب مویینه در تطابق با این فرضیه نمی‌باشد. با توجه به مکانیسم ارائه‌شده برای عملکرد این مواد، لایه آب‌گریز

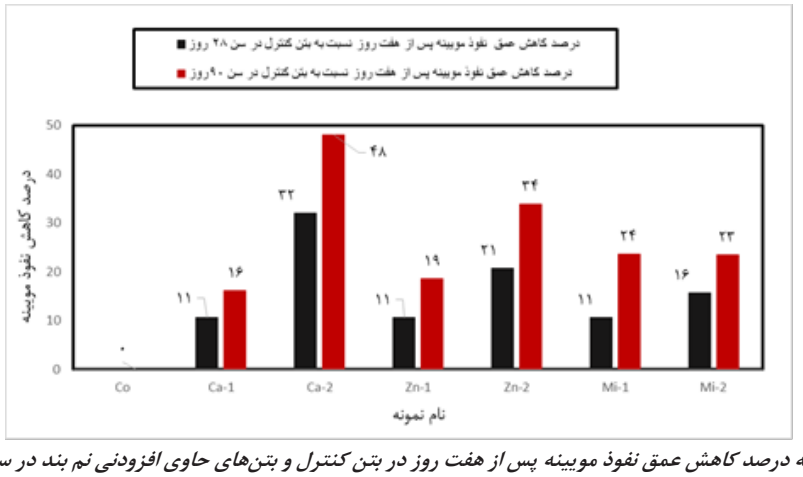
ایجادشده در دیواره منافذ مویینه باعث این کاهش در نرخ جذب آب و میزان نفوذ در بتن‌های حاوی ماده نم بند شده است. همچنین هرچقدر میزان منافذ مویینه در بتن کمتر باشد، چگالی استئارات بر دیواره منافذ افزایش یافته و ورود آب به بتن سخت‌تر می‌شود. بر این اساس با پیشرفت هیدراسیون و کم شدن منافذ مویینه، اثرگذاری این مواد در بتن افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که شکل ۱۷ نشان می‌دهد که در مقدار ثابت از یک ماده نم بند، درصد کاهش نفوذ مویینه پس از ۷ روز قرار گرفتن نمونه‌ها در معرض رطوبت، در سن ۹۰ روز از سن ۲۸ روز بیشتر است. لازم به ذکر است که محور افقی جذر زمان برحسب ثانیه می باشد.



شکل ۱۵- مقایسه جذب آب مویینه بتن کنترل با بتن‌های حاوی نم بند در سن ۲۸ روز



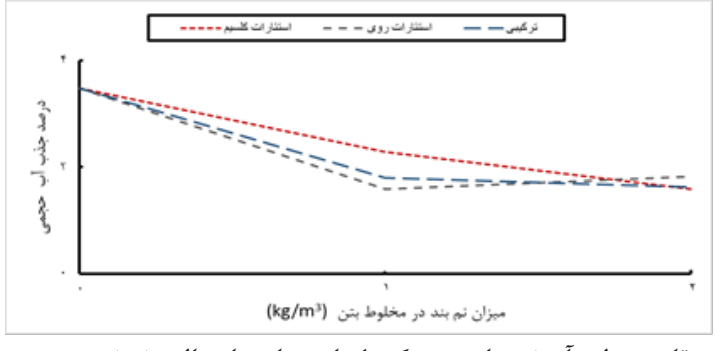
شکل ۱۶- مقایسه جذب آب مویینه بتن کنترل با بتن‌های حاوی نم بند در سن ۹۰ روز



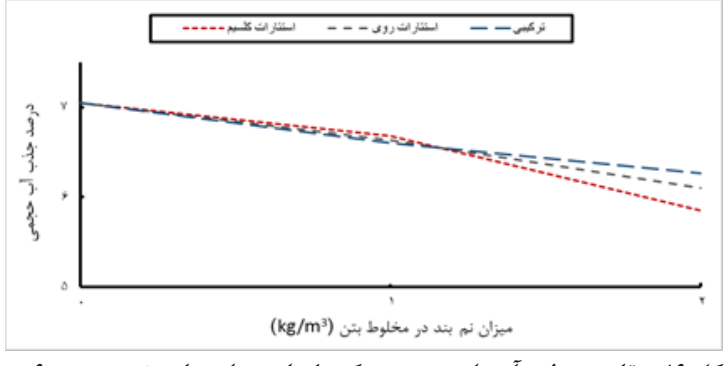
شکل ۱۷- مقایسه درصد کاهش عمق نفوذ مویینه پس از هفت روز در بتن کنترل و بتن‌های حاوی افزودنی نم بند در سنین ۲۸ و ۹۰ روز

شکل ۱۸ و شکل ۱۹، میزان جذب آب حجمی بلندمدت (بیست‌ویک روزه) و کوتاه مدت (نیم‌ساعته) نمونه‌های ۹۰ روزه را نشان می‌دهند. طبق این نمودار، استفاده از استئارات ها باعث کاهش جذب آب کوتاه‌مدت و بلندمدت بتن

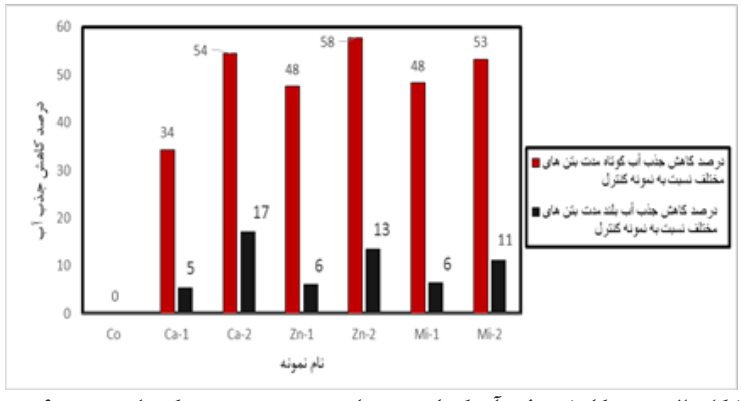
می‌شود. طبق شکل ۲۰ نیز استفاده از ۲ کیلوگرم استئارات کلسیم می‌تواند جذب آب کوتاه‌مدت و بلندمدت را به ترتیب ۵۴٪ و ۱۷٪ نسبت به بتن کنترل کاهش دهد، درحالی‌که استئارات روی ۵۸٪ و ۱۳٪ و ترکیب استئارات‌ها ۵۳٪ و ۱۱٪ جذب آب حجمی کوتاه‌مدت و بلندمدت را در صورت استفاده از همین مقدار افزودنی نم بند کاهش می‌دهند. در صورت استفاده از ۱ کیلوگرم استئارات کلسیم، جذب آب حجمی کوتاه‌مدت و بلندمدت به میزان ۳۴٪. ۵٪ کاهش می‌یابد، درحالی‌که استفاده از همین مقدار استئارات روی، جذب آب حجمی کوتاه‌مدت و بلندمدت را به ترتیب ۴۸٪ و ۶٪ کاهش می‌دهد و در صورت استفاده از ترکیب استئارات‌ها، این پارامترها، ۴۸٪. ۶٪ نسبت به بتن کنترل کاهش می‌یابند. با توجه به این شکل در تمامی آزمایش‌های انجام‌شده استفاده از استئارات کلسیم، روی و ترکیب آن‌ها در کوتاه‌مدت، جذب آب حجمی را به میزان چشمگیرتری کاهش داده‌اند. هرچند پس از گذشت حتی ۲۱ روز نیز، بتن‌های حاوی ۲ کیلوگرم افزودنی نم بند، به‌طور میانگین ۱۵٪ و بتن‌های حاوی ۱ کیلوگرم افزودنی نم بند، ۶٪ جذب آب کمتری نسبت به نمونه بتن کنترل داده داشته‌اند؛ درحالی‌که تصور می‌شود به دلیل عدم‌تغییر در ساختار منافذ موبینه، جذب آب بلندمدت بتن‌های حاوی افزودنی نم بند و نمونه بتن کنترل برابر باشد. این نتایج با نتایج آزمایش جذب آب موبینه همسو بوده و کاهش در میزان آب جذب‌شده را می‌توان به لایه آب‌گریز ایجادشده در دیواره منافذ موبینه نسبت داد. در صورت استفاده از ۱ کیلوگرم افزودنی نم بند در هر مترمکعب از بتن، جذب آب کوتاه‌مدت و بلندمدت ترکیب استئارات ها نتیجه‌ای بین نتیجه استئارات کلسیم و روی داشته، درصورتی‌که چنین نتیجه‌ای برای آزمایش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت در صورت کاربرد ۲ کیلوگرم ماده نم بند در هر مترمکعب از بتن، قابل حصول نیست. به‌طورکلی بیشترین کاهش در جذب آب بلندمدت و کوتاه‌مدت به ترتیب مربوط به ۲ کیلوگرم در مترمکعب استئارات روی و استئارات کلسیم بوده است. در پژوهش‌های پیشین، جذب آب حجمی بتن در صورت استفاده از استئارات کلسیم بررسی نشده است، اما این پژوهش‌ها کاهش در جذب آب حجمی را در صورت استفاده از نم‌بندهای دیگر گزارش کرده‌اند که با نتیجه به‌دست‌آمده در این پژوهش تطابق دارد.



شکل ۱۸- مقایسه جذب آب نیم‌ساعته بتن کنترل با بتن‌های حاوی افزودنی نم بند در سن ۹۰ روز



شکل ۱۹- مقایسه جذب آب بلندمدت بتن کنترل با بتن‌های حاوی نم در سن ۹۰ روز



شکل ۲۰- درصد کاهش جذب آب کوتاه‌مدت و بلندمدت نسبت به بتن کنترل در سن ۹۰ روز

۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، تأثیر استئارات روی، استئارات کلسیم و ترکیب مساوی از آن‌ها در مقادیر ۱ کیلوگرم در هر مترمکعب (۰/۲۵٪ وزن سیمان) و ۲ کیلوگرم در هر مترمکعب (۰/۵٪ وزن سیمان) در بتن‌های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۷ و عیار سیمان ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و خمیرهای سیمان نرمال حاوی ۳/۲۵ گرم (۰/۵٪ وزن سیمان) از این مواد، بررسی شده است. مهم‌ترین نتایج این پژوهش به شرح زیر قابل‌ارائه است:

-استفاده از استئارات‌ها، در هر دو مقدار ۱ و ۲ کیلوگرم بر مترمکعب مخلوط بتنی، نرخ و میزان نفوذ مویینه را در بازه ۷ روزه انجام آزمایش کاهش می‌دهند. نتایج، نشان می‌دهند که در نمونه‌های ۲۸ روزه حاوی ۱ کیلوگرم افزودنی نم بند در هر مترمکعب، هر سه ترکیب افزودنی نم بند بررسی شده میزان نفوذ مویینه را ۱۱٪ درصد کاهش می‌دهند، اما در مقدار مصرف ۲ کیلوگرم از افزودنی نم بند در هر مترمکعب بتن، بیشترین کاهش به ترتیب مربوط به ترکیب استئارات‌ها بوده و پس‌ازآن، استئارات روی و استئارات کلسیم در رده‌های بعد قرار می‌گیرند. اما در سن ۹۰ روز و مقدار یک کیلوگرم افزودنی نم بند، ترکیب استئارات‌ها بهترین عملکرد را داشته و استئارات روی و استئارات کلسیم در رده‌های بعد قرار می‌گیرند. در این سن، در نمونه‌های حاوی ۲ کیلوگرم افزودنی نم بند، به ترتیب استئارات کلسیم، استئارات روی و ترکیب استئارات‌ها باعث بیشترین کاهش در میزان نفوذ مویینه شده‌اند. در این آزمایش در بین کلیه آزمایش‌های انجام‌شده، استفاده از ۲ کیلوگرم استئارات کلسیم در بین نمونه‌های ۲۸ و ۹۰ روزه، بیشترین کاهش را در میزان نفوذ مویینه نسبت به بتن کنترل ایجاد کرده‌اند.

-با پیشرفت هیدراسیون و کاهش میزان منافذ مویینه بتن، چگالی استئارات بر منافذ مویینه بتن بیشتر شده و اثرگذاری افزودنی‌های نم بند افزایش می‌یابد

-استفاده از مقادیر ذکرشده از استئارات ها تا ۲ کیلوگرم در مترمکعب، جذب آب حجمی کوتاه‌مدت و بلندمدت را نیز کاهش می‌دهد. در صورت استفاده از ۱ کیلوگرم افزودنی نم بند در هر مترمکعب بتن، بیشترین کاهش در جذب آب کوتاه‌مدت مربوط به استئارات روی و ترکیب استئارات‌ها بوده و پس‌ازآن ها، استئارات کلسیم در رده بعد قرار می‌گیرد. در این مقدار از ماده نم بند، استفاده از هر سه افزودنی نم بند بحث شده، تأثیر تقریباً یکسانی در جذب آب حجمی بلندمدت داشته است. در صورت استفاده از ۲ کیلوگرم افزودنی نم بند، بیشترین کاهش میزان جذب آب حجمی کوتاه‌مدت مربوط به استئارات روی بوده و پس‌ازآن، استئارات کلسیم و ترکیبشان در رده‌های بعد قرار می‌گیرند. در این مقدار، بیشترین کاهش در جذب آب بلندمدت مربوط به استئارات کلسیم است و پس‌ازآن، استئارات روی و ترکیب استئارات‌ها در رده‌های بعد قرار می‌گیرند. به‌طورکلی نمونه‌های حاوی ۲ کیلوگرم استئارات روی، بیشترین کاهش را در جذب آب کوتاه‌مدت نسبت به نمونه‌های بتن کنترل داشته‌اند و نمونه‌های حاوی ۲ کیلوگرم استئارات کلسیم، بیشترین کاهش را در میزان جذب آب حجمی بلندمدت نسبت به بتن کنترل داشته‌اند.

-در صورت استفاده از استئارات‌های کلسیم و روی، مقاومت الکتریکی و ضریب مهاجرت تسریع‌شده یون های کلراید تغییر محسوسی نداشته است که این نتیجه با مکانیسم اثرگذاری این مواد مبنی بر تشکیل یک‌لایه آب‌گریز در دیواره منافذ مویینه سازگار است.

-استفاده از استئارات‌های کلسیم و روی به‌ویژه در مقادیر ۲ کیلوگرم در هر مترمکعب بتن، باعث کاهش مقاومت فشاری شده است.

-استئارات‌های کلسیم و روی، تأثیری بر غلظت نرمال و زمان‌گیرش خمیرهای سیمان نرمال حاوی ۰/۰۵٪ استئارات، در مقایسه با خمیر سیمان کنترل نداشته‌اند.

-استئارات‌های کلسیم و روی، تأثیری بر درصد هوای بتن تازه نداشته‌اند، اما در صورت استفاده از ۲ کیلوگرم استئارات (۰۵٪ وزن سیمان)، اسلامپ بتن‌های تازه تا ۶۲٪ کاهش یافته است.

۶- پیشنهادهایی برای پژوهش های بیشتر

۱. انجام آزمایش هایی با در نظر گرفتن شرایط رطوبتی نمونه مشابه C1585 ASTM و مقایسه جذب آب موبینه نمونه های حاوی استئارات در شرایط خشک و مرطوب
۲. بررسی تاثیر استئارات ها در مقادیر مصرف بالاتر بر مشخصات مکانیکی و دوام بتن
۳. بررسی تاثیر استئارات ها بر مشخصه های بتن تازه مانند، افت اسلامپ
۴. بررسی اندرکنش استئارات ها با افزودنی های جایگزین سیمان

۵- تشکر و قدردانی

آزمایش‌های انجام‌شده در این تحقیق در شرکت دانش‌بنیان نانو بتن امین انجام‌گرفته و نویسندگان مقاله بدین‌وسیله از زحمات آقای مهندس بصیرنیا، مدیرعامل شرکت دانش‌بنیان نانو بتن امین و همچنین کمک‌های ارزنده کارکنان آزمایشگاه این شرکت تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۶- مراجع

[۱]رمضانیانپور، ا، قدوسی، پ، گنجیان، ا (۱۳۹۵) "ریزساختار، خواص و اجزای بتن" دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[2] ACI 212.3R-10- Report on chemical admixtures for concrete

[3] Zhichao,L. Will,H. (2016) "Effect of hydrophobic surface treatment on freeze-thaw durability of concrete. Journal of cement and concrete composite

[4]Maryoto.A (2015). "Improving microstructure of concrete using $Ca(C_{18}H_{35}O_2)_2$. The 5th international conference of Euro Asia civil engineering forum.

[5] Cong,M. Bing,C(2016). "Properties of foamed concrete containing water repellents" Journal of construction and building materials. Vol123-pp106-114

[6] Eva,V. Dana,K. Monica,C. Martin,K. Roberr,C. (2012) " Effect of hydrophobization on properties of lime-metakaolin plasters. Journal of construction and building materials Vol36-pp 556-561

[7] Damin,B. Zbigniew, M (2011). "Influence of selected hydrophobic agents on some properties of autoclaving cellular concrete. Journal of constructional and building materials. Vol 25- pp 282-287.

[8] Hong,W. Robert,B. Abdulla, A (2015). "Hydrophobic concrete using waste paper sludge ash". Journal of cement and concrete composite. Vol 70- pp 9-20

[9] Ya,G. Shi,C. Chi,S (2013). " Influence of silaine based water repellent on durability properties of recycled aggregate concrete". Journal of cement and concrete composite. Vol 30- pp32-38.

[10] Tittareli.F, Carsana,M (2014). " Effects of hydrophobic admixtures and recycled aggregate on physical-mechanical properties and durability aspects of no fine concrete. Jouranl of construction and building materials. Vol 66- pp 30-37

[11] Tittareli,F, Moriconi,G. (2008). " The effect of silane based hydrophobic admixture on corrosion of steel reinforcement in concrete". Journal of cement and concrete composite. Vol 38- pp 1354-1357.

[12] Tittareli,F, Moriconi,G (2011). "comparison between bulk and surface hydrophobic treatment against corrosion of galvanized reinforcing steel in concrete. Journal of cement and concrete composite. Vol41- pp 609-614

[13] Marcos, L. Encarnacion, M (2017). " Use of zinc stearate to produce highly hydrophobic adobe material with extended durability to water and acid rain". Journal of construction and building materials. Vol 139- pp 114-122

[14] Marcos,l. Garsia,R (2009). " Evaluation of capillary water absorption in rendering mortars made with powdered waterproofing additive". Journal of constroction and building materials. Vol 23. Pp3287-3291.

[15] Lagazzo,A. Vicini,S (2016). "Effect of fatty acid soup on microstructure of lime-cement mortat". Journal of construction and building materials. Vol 116- pp 384-390

[16] Laura,F. Urs,M(2013). "Influence and effectiveness of water repellent admixtures on pozzolana-lime mortars for restoration application". Journal of construction and building materials. Vol49- pp

[17] Maryoto.A (2017). "Resistance of concrete with calcium stearate duo to chloride attack, tested by accelerated corrosion". Journal of Procedia engineering. Vol 171- pp 511-516.

The Effects of Stearates on Mechanical and Durability Properties of Concrete

Ramin Naseroleslami*
Master of science in structural engineering , Tafresh university
Ramin.Naserolesalmi1@gmail.com

Mehdi Nemati Chari
Assistant professor, Road, House and urban development research center(BHRC)
Nematichari@gmail.com

Mojtaba Haji Mahdi
Research and development department, Nano beton Amin

Mohamad Ali Yaghoobi
Management department, Nano beton Amin

Abstract
Moisture and aggressive ions transfer into concrete can be considered as a significant threat to the durability of concrete. Calcium stearate and zink stearate as damp-proofing admixtures can provide a water repellent layer along capillary pores and this layer restricts moisture transfer through the capillary pores of the concrete. this research studies the impacts of calcium stearate and zink stearate on characteristics of ordinary concrete and fresh cement paste. Results of fresh concrete and paste evaluation shows that these admixtures reduce workability of fresh concrete, but their impacts on air content of fresh concrete, normal consistency, and setting time of the fresh paste are fairly negligible. Additionally, investigating the mechanical characteristics demonstrates that they mainly cause compressive strength loss in concrete. Furthermore, these admixtures do not improve the durability properties under hydro-static pressure. By contrast, the durability properties under non-hydrostatic condition have been drastically improved due to their inclusion. In this regard, utilizing 2kg/m3 of calcium stearate and zink stearate averagely reduced short term water absorption and final capillary penetration depth by respectively 54% and 25%.
Keywords:*Calcium Stearate, Zink Stearate, Durability, Damp-Proofing Admixtures, Permeability.*