اثر استفاده از روان کننده بر مقاومت الکتریکی و هدایت الکتریکی

محسن تدین[۱]، فریدون رضایی[۱]، علی پورجباری[۲]

۱- عضو هیات علمی دانشگاه بوعلی سینا

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ملایر، گروه مهندسی عمران، ملایر، ایران

Email(2): ali_pourjabari@yahoo.com

چکیده:

مقاومت فشاری بتن هنوز به عنوان یکی از مهمترین خواص بتن در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که در عمل در خیلی از حالات، مشخصات دیگری از بتن، نظیر پایایی، نفوذ پذیری و پایداری حجمی اهمیت بیشتری دارند. امروزه استفاده از انواع افزودنی‌های شیمیایی برای افزایش کیفیت بتن، رواج پیدا کرده است. مقاومت الکتریکی بتن می‌تواند نشانه‌ای مبنی بر نفوذ یون کلرید و شروع خوردگی باشد. همچنین این پارامتر می‌تواند سرعت یا شدت خوردگی میلگرد در داخل بتن را مشخص نماید. بنابراین چنانچه عاملی بتواند آن را زیاد یا کم کند بسیار مهم خواهد بود. در این تحقیق اثر روان کننده بر مقاومت ویژه الکتریکی و هدایت الکتریکی بتن مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور پنج طرح اختلاط در نظر گرفته شد. یک طرح اختلاط با نسبت آب به سیمان ۰/۴۲ و عیار سیمان ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب بدون استفاده از افزودنی و چهار طرح مشابه با استفاده از افزودنی روان کننده لیگنو سولفوناتی، فوق روان کننده نفتالینی، فوق روان کننده ملامینی و فوق روان کننده پلی‌کربوکسیلاتی. سپس برای هر طرح دو آزمونه بتنی استوانه‌ای ۱۰ در ۲۰ سانتیمتر ساخته شد. آزمایش مقاومت الکتریکی بتن به روش حجمی و آزمایش هدایت الکتریکی مطابق استاندارد ASTMC ۱۷۶۰، بر روی نمونه‌ها انجام گردید. بدین ترتیب پس از ساخت نمونه‌ها و تحلیل نتایج، طرحی که با فوق‌روان‌کننده ملامینی ساخته شده بود دارای بیشترین مقاومت الکتریکی بود.

واژه‌های کلیدی: بتن، مقاومت الکتریکی، هدایت الکتریکی، روان کننده

۱. مقدمه

بتن به عنوان پر مصرف‌ترین و مهم‌ترین مصالح ساختمانی قرن بیستم معرفی شده است و این مصرف به سرعت در حال فزونی است و این در حالی است که فقط در حدود دو قرن از ابداع سیمان و بتن گذشته است. در ایران هم مانند سایر نقاط جهان، بتن به عنوان مصالح ساختمانی برتر مطرح بوده و دراغلب ساخت و سازها از بتن استفاده شده است. مهندسین ایرانی توانسته اند در بسیاری از موارد، به نحو کاملاً موفقیت آمیز، درساخت و سازها از بتن استفاده نمایند. ولیکن علیرغم این موفقیت‌ها، مشکلاتی در رابطه با دوام بسیاری از سازه ها وجود داشته است. پایایی یا دوام بتن ساخته شده از سیمان پرتلند، به توانایی بتن برای مقابله با عوامل جوی، حملات شیمیایی، سایش، فرسایش و هرگونه فرآیند منجر به تخریب اطلاق می‌شود.

بر طبق تعریف ۲۰۱ انسیتوی بتن آمریکا[۱]، دوام بتن با سیمان پرتلند به توانایی آن برای مقاومت در برابر عوامل هوازدگی، حمله شیمیایی، سایش و یا هر فرآیندی که کیفیت و قابلیت خدمت دهی خود را در شرایط محیطی‌اش حفظ کند.

در ادامه لازم است مختصری دربارهٔ مهم‌ترین پارامتر تعیین‌کنندهٔ دوام بتن که همان نفوذپذیری می‌باشد، توضیح داده شود.

تا مدت‌ها محققین قبل از پی بردن به اهمیت ساختار شیمیایی بتن در برابر حمله مواد مهاجم خورنده، مهم‌ترین عامل تعیین-کننده انواع خرابی‌های بتن مانند نفوذ سولفات‌ها، کلرورها، کربنات‌ها و سایر عوامل شیمیایی خورنده را میزان نفوذپذیری بتن می‌دانستند. در واقع معیار نفوذپذیری را عامل اصلی خسارت دیدن بتن در برابر حمله مواد خورنده شیمیایی معرفی می‌کردند. پس در صورتی که بتوان بتنی ساخت که دارای نفوذپذیری کمتری باشد و املاح به راحتی در آن نفوذ نکنند دوام بتن بالاتر خواهد بود. [۲].

همانطور که ذکر شد نفوذپذیری عامل تعیین کننده و پراهمیتی در دوام بتن می‌باشد. نفوذپذیری خمیر سیمان به عوامل عمده‌ای بستگی دارد که عبارتند از:مانند نسبت اب به سیمان ،عیار سیمان ،نوع سنگ دانه ،دانه بندی سنگدانه ، تراکم ، عمل آوری و...یکی از عوامل موثر در این رابطه ،نوع ومیزان مصرف روان‌کننده‌ها و فوق‌روان‌کننده بیان شده است.

یکی از شاخص‌های مقاومت بتن در مقابل حمله کلرایدی، مقاومت الکتریکی ویژه بتن می‌باشد که با اندازه‌گیری آن می‌توان تا حدودی دوام بتن را تخمین زد. مقاومت الکتریکی بتن به طور گسترده برای ارزیابی غیر مستقیم ویژگی‌های بتن همانند انتشارپذیری یون کلرید، درجه اشباع بتن، و خورندگی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد[۴،۳]. مقاومت الکتریکی بتن همچنین ممکن است اطلاعات مفیدی در مورد عملکرد خوردگی فولاد مدفون در بتن، به ما بدهد [۵].

مقاومت الکتریکی ویژه بتن می تواند نشانه‌ای مبنی بر نفوذ یون کلرید و شروع خوردگی باشد همچنین این عامل می تواند سرعت یا شدت خوردگی میلگرد در داخل بتن را مشخص نماید بنابراین چنان چه عاملی بتواند انها را زیاد یا کم کند بسیار مهم خواهد بود بطور کلی، هدف از این تحقیق اثر روان کننده بر مقاومت ویژه الکتریکی و هدایت الکتریکی بتن مورد بررسی قرار گرفته است. به همین منظور در راستای این تحقیق مطالعاتی در گذشته انجام شده است که نتایج آنها به صورت زیر است:

در مقاله که توسط میثم کریمی‌نیاو همکاران در سال ۱۳۹۱منتسر شد، آنها نتیجه گرفتند که با افزایش مقدار افزودنی ، مقاومت الکتریکی افزایش می یابد[۶].

در مقاله که توسط میثم کریمی‌نیاو همکاران در سال ۱۳۹۱منتسر شد،مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار افزودنی ، مقاومت الکتریکی نیز افزایش می یابدونیز در این تحقیق روان‌کننده با پایه نفتالینی مقاومت الکتریکی بیشتری نسبت به روان‌کننده با پایه پلی‌کربوکسیلاتی داشته‌است[۷].

در مقاله که توسط Xiao و همکاران در سال ۲۰۰۷منتسر شد، مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار افزودنی(با پایه نفتالینی و پلی‌کربوکسیلاتی) مقاومت الکتریکی کاهش می یابد[۸].

در مقاله که توسط zeng و همکاران در سال ۲۰۱۰منتسر شد، آنها نتیجه گرفتند.که مقاومت الکتریکی اولیه خمیر سیمان با افزایش مقدار فوق‌روان‌کننده نفتالینی افزایش می یابدوسپس با افزایش مقدار فوق‌روان‌کننده کاهش می یابد[۹].

۲. مصالح مصرفی

سیمان مصرفی در کلیه طرح اختلاط‌ها، سیمان پرتلند نوع ۱ کارخانه سیمان هگمتان همدان با چگالی ۱/ ۳ گرم بر سانتیمتر مکعب، سنگدانه معمولی درشت دانه با دو اندازه اسمی (۱۲-۶) و (۲۰-۱۲) میلی متر، سنگدانه معمولی ریزدانه (ماسه) با محدوده اندازه اسمی (۵ –۰) میلی‌متر استفاده شده است (جدول۱ و جدول۲). طرحهای ساخته شده با چهار نوع افززودنی روان‌کننده معمولی لیگنوسولفوناتی، فوق‌روان‌کننده‌های نفتالینی و وپلی‌کربوکسیلاتی می‌باشند(جدول۳).

جدول ۱- دانه بندی سنگدانه‌های مصرفی، برحسب مقادیر رد شده از الک‌های استاندارد

قطر الک(mm)	۱۹	۱۲/۵	۹/۵	۴/۷۵	۲/۳۸	۱/۱۸	۰/۶	۰/۳	۰/۱۵
شن درشت(٪)	۱۰۰	۳۲	۳/۴	۰/۲	–	–	–	–	–
شن متوسط(٪)	۱۰۰	۹۷/۹	۶۶/۵	۳/۵	۳/۲	۳/۱	–	–	–
ماسه(٪)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۲	۶۹/۵	۴۵/۵	۲۷/۷	۱۳/۲	۴/۶

جدول ۲- مشخصات سنگدانه‌های مصرفی

سنگدانه	چگالی SSD (g/cm^3)	جذب آب (٪)	درصد سوزنی (تطویل)	درصد پولکی (تورق)	سهم در کل مخلوط (٪)
شن درشت	۲/۶۸	۰/۵	۱۲/۵	۱۱/۲	۳۰
شن متوسط	۲/۶۵	۰/۶	۲۰/۵	۸/۷	۱۵
ماسه	۲/۵۲	۲/۷	–	–	۵۵

جدول۳- مشخصات مواد افزودنی

پایه شیمیایی	نفتالین سولفونات	پلی‌کربوکسیلات اتر	لیگنوسولفونات	ملامین فرمالدیید
شرکت تولید کننده	پنتا	پنتا	ب.آ.اس.اف	رزین سازان فارس
کد محصول	Pancret432	Panflow110	LD10	MF2900
رنگ	قهوه‌ای رنگ تیره	قهوه‌ای	قهوه‌ای سوخته	بی رنگ
جرم حجمی (Kg/Liter)	۱/۱۸	۱/۱۳	۱/۱۸	۱/۱۷

۳. طرح‌های اختلاط

از آنجـا که هدف این پژوهـش، بررسـی اثر روان کننده بر مقاومت ویژه الکتریکی و هدایت الکتریکی بتن می‌باشدبرای این منظور پنج طرح اختلاط در نظر گرفته شد. یک طرح اختلاط با نسبت آب به سیمان ۰/۴۲ و عیار سیمان ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب بدون استفاده از افزودنی و چهار طرح مشابه با استفاده از افززودنی روان کننده لیگنو سولفوناتی، فوق روان کننده نفتالینی، فوق روان کننده ملامینی و فوق روان کننده پلی‌کربوکسیلاتی ساخته گردید. در طرح مخلوط‌ها با توجه به توصیه‌های روش ملی طرح مخلوط بتن و با توجه به تجربیات عملی، سهم هر یک از سنگدانه‌ها از کل مصالح سنگی موجود در یک متر مکعب بتن در جدول ۲ ارائه شده است. آزمایش اسلامپ بر اساس استاندارد ASTM C 143، که بیانگر روانی بتن است انجام شده است ونتایج در (جدول۴) نشان داده شده است. آزمایش وزن مخصوص بتن این آزمایش بر اساس استاندارد ASTM C138، انجام شده است. ونتایج در (جدول۴) نشان داده شده است.

جدول ۴- مشخصات طرح‌های اختلاط

شماره طرح	عیار سیمان (Kg/m^3)	نسبت آب به سیمان	افزودنی شیمیایی		اسلامپ	وزن مخصوص بتن
			نوع	میزان مصرف (درصد وزن سیمان)	(mm)	(Kg/m^3)
O	۴۵۰	۰/۴۲		-	۶۷	۲/۴۰
L	۴۵۰	۰/۴۲	لیگنوسولفانات	۰/۵	۹۵	۲/۳۹
N	۴۵۰	۰/۴۲	نفتالینی	۰/۵	۱۱۵	۲/۴۰
P	۴۵۰	۰/۴۲	ملامینی	۰/۲۱	۲۰۵	۲/۴۲
M	۴۵۰	۰/۴۲	کربوکسیلانی	۰/۷	۱۰۰	۲/۴۸

۴. روند تحقیق

پس از آماده شدن مخلوط‌ها و تعیین روانی آنها، اقدام به تهیه نمونه‌های بتنی برای انجام آزمایش شد. برای این کار ابتدا سطوح داخلی قالب‌هاکه استوانه‌ای شکل که ۲۰ x ۱۰ سانتی متری می باشندچرب شدند. سپس بتن در دو لایه به درون آنها ریخته شد و توسط میله فولادی در ۲۵ ضربه و سپس کاملاً متراکم گشت. در ادامه تمامی قالب‌ها به اتاق نگهداری منتقل شدند و در زیر یک پوشش نایلونی به‌مدت ۲±۲۴ قرار گرفتند. پس از گذشت مدت زمان مذکور نمونه‌ها از قالب خارج و تا زمان آزمایش تحت عمل‌آوری قرار گرفتند این آزمونه‌ها پس از بیرون آمدن از قالب، جهت عمل‌آوری به درون حوضچه آب با دمای تقریبی ۲۲ درجه سانتیگراد انتقال یافتندتا ۲۸ روز در آن حوضچه ماندند.و سپس آزمایش هدایت الکتریکی بتن و آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی به روش حجمی برروی آزمونه‌ها انجام گردید.

۵. آزمایش هدایت الکتریکی بتن ASTM C1760

یون‌هایی که به داخل بتن نفوذ کرده‌اند، از میان منافذ موجود در ساختار بتن حرکت می‌کنند. بعلت حرکت یون‌ها داخل محیط بتن، بتن دارای هدایت الکتریکی می‌باشد. مقدار مقاومت الکتریکی بتن بستگی مستقیم به نفوذپذیری بتن و شرایط محیطی بتن (مقدار یون‌های نفوذی و رطوبت بتن) دارد و مسلماً هرچه نفوذپذیری بتن بیشتر باشد، یون ها براحتی و با سرعت بیشتری می‌توانند به داخل محیط بتن راه یابند. هرچه مقادیر یون‌های نفوذی بیشتر باشد، مقاومت الکتریکی بتن کمتر خواهد بود لذا بتن‌هایی که دارای مقاومت الکتریکی بالایی هستند، در برابر نفوذ یون کلراید و شروع خوردگی عملکرد بهتری خواهند داشت .با تعیین مقاومت الکتریکی می توان نرخ خوردگی احتمالی را در سازه تعیین کرد. برای انجام این آزمایش طبق استاندارد ASTM C1760باید استوانه های قالبگیری شده با قطر ۱۰۰mmو ارتفاع ۲۰۰mmویا مغزه هایی با قطر ۱۰۰و ارتفاع۱۰۰-۲۰۰mmباشند. طبق دستورالعمل استاندارد، نمونه ها را از داخل آب بردارید واضافات روی آن را باک کنید. نمونه‌ها در حین انجام آزمایش باید اشباع باشد و سپس درون سلول‌ها مانند آزمایش ASTMC1202 قرار داده است. ولی در این آزمایش هر دو سلول را با محلول نمک سدیمNACLپرشده است و با شروع آزمایش به مدت ۱دقیقه و ۵ثانیه اختلاف پتانسیل ۶۰ ولت به دو سر نمونه اعمال شده و مقدار جریان عبوری از نمونه بر حسب میلی آمپر اندازه گرفته شده است (شکل۱)

واز رابطه زیر مقاومت الکتریکی محاسبه می شود:

$$\partial = k \times \frac{I}{v} \times \frac{L}{D^2} \qquad (۱)$$

∂=رسانای الکتریکی بر حسب [ms/m]

I =جریان در یک دقیقه بر حسب[mA]
V= ولتاژبکار رفته بر حسب [v]
L= طول متوسط نمونه بر حسب [mm]
D=قطر متوسط نمونه بر حسب[mm]
k=ضریب(۱۲۷۳/۲)

$1/\partial$=مقاومت الکتریکی (۲)

شکل۱-آماده سازی نمونه ونحوه انجام آزمایش

۶. آزمایش تعیین مقاومت ویژه الکتریکی

در این آزمایش همانند آزمایش تعیین هدایت الکتریکی بتن از آزمونه‌های استوانه‌ای ۲۰ x ۱۰ سانتی متری با همان شرایط عمل‌آوری استفاده شد. برای تعیین مقاومت الکتریکی آزمونه‌های ساخته‌شده، در استانداردهای مختلف دستورالعمل خاصی وجود ندارد از این رو که این آزمایش به روش حجمی می‌باشد برای انجام این آزمایش از وسایل و روش خاصی استفاده شدبرای انجام این آزمایش از یک دستگاه تعیین کننده مقاومت الکتریکی با فرکانس ۱/۰ KHz و ظرفیت نهایی ۱/۰ MΩ، به همراه دو صفحه مسی استفاده شد. نحوه تعیین مقاومت الکتریکی هر آزمونه به این ترتیب بود که بر روی یکی از صفحات مسی، مقداری خمیر سیمان جهت ایجاد اتصال و برقراری مناسب جریان بین آزمونه بتنی اصلی و صفحات مسی گذاشته شد، و با استفاده از یک کاردک به طور نسبتاً یکنواخت بر روی آن پخش گردید. سپس آزمونه اصلی از داخل آب خارج و آب اضافی آن توسط پارچه‌ای تترونی گرفته شد و بر روی خمیر سیمان پخش شده قرار داده شد. در ادامه سطح رویی آزمونه نیز با یک لایه دیگر از خمیر سیمان پوشانده شد و صفحه مسی فوقانی را روی آن گذاشته وهمچنین برای جلوگیری از برقراری اتصال کوتاه و ثبت جواب‌های غیر دقیق، خمیر بیرون زده شده از میان صفحات مسی و آزمونه، توسط پارچه‌ای برداشته شد.در نهایت با اتصال هر یک از

سیم‌های دستگاه به یکی از صفحات مقدار مقاومت الکتریکی نشان داده شده ثبت شد. (شکل۲) برای تعیین مقاومت ویژه الکتریکی، مقاومت الکتریکی اندازه‌گیری شده طبق رابطه زیر در سطح تماس ضرب، و بر طول یا فاصله بین دو صفحه مسی تقسیم شد:

$$\rho = \frac{Z\ A}{L} \qquad (۳)$$

که در آن:

ρ = مقاومت ویژه الکتریکی $[\Omega.m]$
Z = مقاومت الکتریکی اندازه‌گیری شده $[\Omega]$
A = سطح مقطع آزمونه در تماس با خمیر $[m^2]$
L = ارتفاع آزمونه یا فاصله بین دو صفحه مسی $[m]$

شکل (۲) چگونگی برقراری مدار و اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی

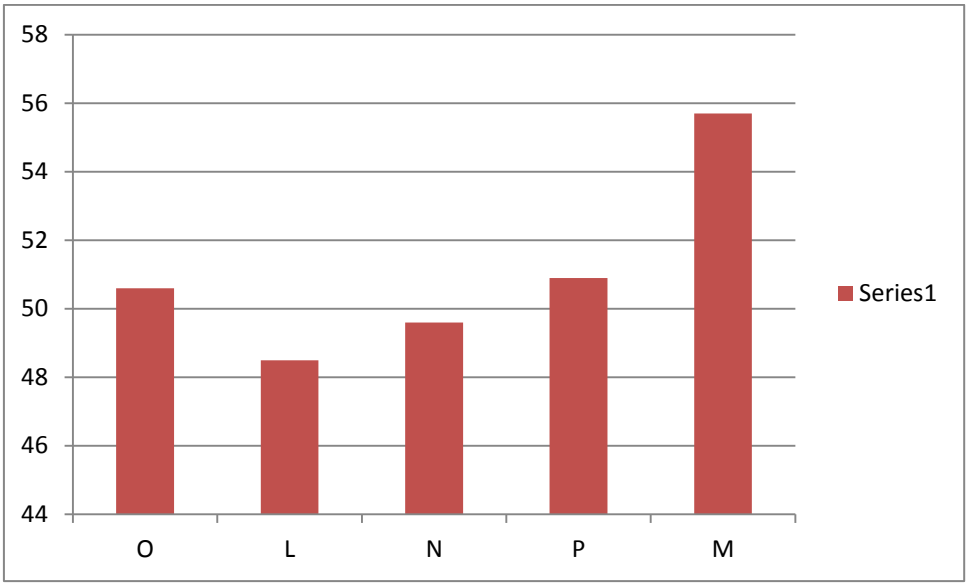
۷. نتایج آزمایش هدایت الکتریکی بتن ASTM C1760

یون‌هایی که به داخل بتن نفوذ کرده‌اند، از میان منافذ موجود در ساختار بتن حرکت می‌کنند. بعلت حرکت یون‌ها داخل محیط بتن، بتن دارای هدایت الکتریکی می‌باشد. مقدار مقاومت الکتریکی بتن بستگی مستقیم به نفوذپذیری بتن و شرایط محیطی بتن (مقدار یون‌های نفوذی و رطوبت بتن) دارد و مسلماً هرچه نفوذپذیری بتن بیشتر باشد، یون ها براحتی و با سرعت بیشتری می توانند به داخل محیط بتن راه یابند.

جدول ۵- نتایج آزمایش هدایت الکتریکی

نام طرح	نمونه	L طول (mm)	D قطر (mm)	∂ هدایت الکتریکی (ms/m)	R مقاومت ویژه الکتریکی (Ω.m)	Rm میانگین مقاومت ویژه الکتریکی (Ω.m)
O	۱	۲۰۱	۱۰۱/۵	۱۹/۹	۵۰/۴	۵۰/۶
O	۲	۲۰۱	۱۰۲	۱۹/۷	۵۰/۸	
L	۱	۲۰۰/۶	۱۰۲	۲۰/۴	۴۹	۴۸/۵
L	۲	۲۰۰/۲	۱۰۱	۲۰/۸	۴۸	
N	۱	۲۰۰/۶	۱۰۱/۶	۲۰/۲	۴۹/۵	۴۹/۶
N	۲	۲۰۱	۱۰۲	۲۰/۱	۴۹/۷	
P	۱	۲۰۱	۱۰۲	۱۹/۷	۵۰/۸	۵۰/۹
P	۲	۲۰۰	۱۰۲	۱۹/۵	۵۱	
M	۱	۲۰۰	۱۰۲	۱۷/۵	۵۷	۵۵/۷
M	۲	۲۰۱	۱۰۰	۱۸/۳	۵۴/۵	

هرچه مقادیر یون های نفوذی بیشتر باشد، مقاومت الکتریکی بتن کمتر خواهد بود لذا بتن‌هایی که دارای مقاومت الکتریکی بالایی هستند، در برابر نفوذ یون کلراید و شروع خوردگی عملکرد بهتری خواهند داشت هم‌چنین آهنگ خوردگی را پس ازشروع خوردگی کندتر می‌کند نتایج آزمایش هدایت الکتریکی ۵ مخلوط ساخته شده در (جدول۵)مشاهده می‌شود همچنین این نتایج در نمودار (نمودار ۱) به صورت ستونی، که نشان دهنده رابطه بین مقاومت الکتریکی با چهارنوع افزودنی ارائه شده است.



نمودار ۱- نشان دهنده نتایج آزمایش مقاومت ویزه الکتریکی مخلوط‌ها

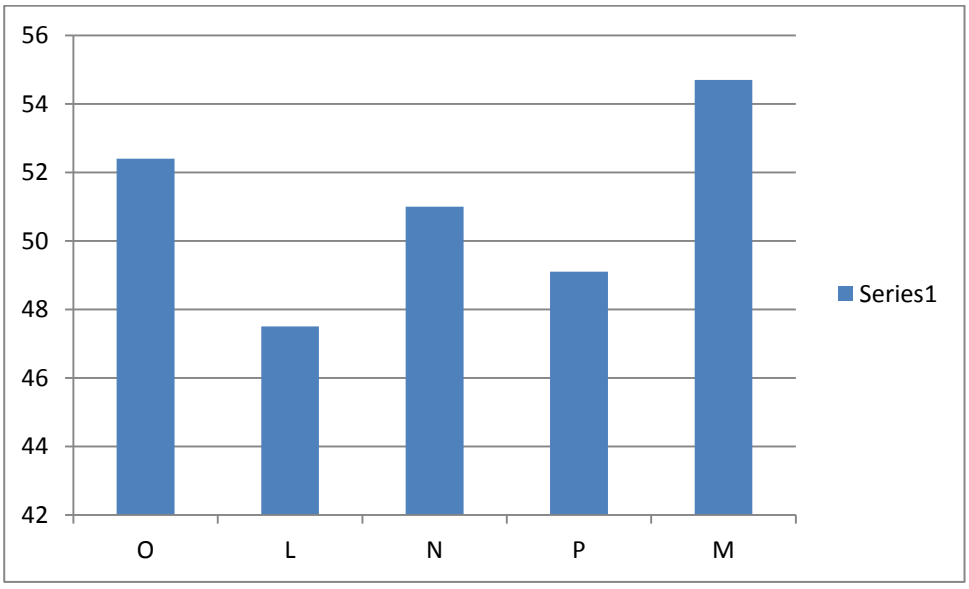
در (نمـودار ۱) ، بیشترین مقاومت الکتریکی مربوط به M می‌باشد که در این نمودار پیدا است فوق‌روان‌کننده‌های ملامینی و پلی کربوکسیلاتی باعث افزایش مقاومت الکتریکی در بتن شدند ولی فوق‌روان‌کننده ملامینی تاثیر بیشتری در افزایش مقاومت الکتریکی داشته است. ودیگر روان‌کننده‌ها باعث کاهش مقاومت الکتریکی در بتن شده‌اند.

۸. نتایج مقاومت ویژه الکتریکی حجمی

همانطور که در بخش های قبل توضیح داده شده برای مقاومت الکتریکی حجمی هیچ گونه استاندارد و آئین نامه وجود ندارد بلکه یک روش پیشنهادی می‌باشد. نمونه‌های استوانه‌ای ۲۰ x ۱۰ سانتی‌متری به مدت ۲۸ روز در آب عمل آوری شده‌اند و سپس از آب خارج شده و مقاومت الکتریکی آنها در فرکانس 1.00KHZ اندازه‌گیری شده است . نتایج مقاومت الکتریکی طرح‌ها در (جدول۶)ذکر شده است. همچنین این نتایج در (نمـودار ۲)به صورت ستونی، که نشان دهنده رابطه بین مقاومت الکتریکی با چهارنوع افززودنی ارائه شده است.

جدول ۶- نتایج آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی

نام طرح	نمونه	L طول (mm)	D قطر (mm)	ρ مقاومت ویژه الکتریکی (Ω.m)	ρm میانگین مقاومت ویژه الکتریکی (Ω.m)
O	۱	۲۰۱	۱۰۱/۵	۵۲/۵	۵۲/۴
O	۲	۲۰۱	۱۰۲	۵۲/۳	
L	۱	۲۰۰/۶	۱۰۲	۴۷/۱	۴۷/۵
L	۲	۲۰۰/۲	۱۰۱	۴۸	
N	۱	۲۰۰/۶	۱۰۱/۶	۴۸/۹	۵۱
N	۲	۲۰۱	۱۰۲	۵۳	
P	۱	۲۰۱	۱۰۲	۴۹/۲	۴۹/۱
P	۲	۲۰۰	۱۰۲	۴۹	
M	۱	۲۰۰	۱۰۲	۵۴/۶	۵۴/۷
M	۲	۲۰۱	۱۰۰	۵۴/۸	



نمودار ۲- نتایج آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی مخلوط‌ها

در(نمـودار ۲)بیشترین مقاومت ویژه الکتریکی مربوط به M می‌باشد که در این نمودار پیدا است تنها فوق‌روان‌کننده ملامینی باعث افزایش مقاومت الکتریکی در بتن شده و دیگر روان‌کننده‌یا فوق‌روان‌کننده‌ها باعث کاهش مقاومت ویژه الکتریکی در بتن شده اند.

و در مقایسه نتایج این تحقیق با تحقیقات گذشته:

۱. در تحقیقی که توسط Xiao و همکاران انجام شد آنجا فوق‌روان‌کننده‌های نفتالینی و پلی‌کربوکسیلاتی باعث افزایش مقاومت الکتریکی در بتن شده ولی در این تحقیق مشاهده می‌شود یا تاثیر نداشته‌اند یا باعث کاهش مقاومت ویژه الکتریکی در بتن شده‌اند.

۲. و در تحقیقی که توسط میثم کریمی‌نیا و همکاران انجام شد مشاهده می‌شود فوق‌روان‌کننده نفتالینی مقاومت الکتریکی بیشتری نسبت به پلی‌کربوکسیلاتی داشته ولی در این تحقیق مقاومت الکتریکی این دو فوق‌روان‌کننده تفاوتی چندانی ندارند.

نتیجه گیری

بنابراین با توجه به اینکه مقاومت الکتریکی بتن با آهنگ خوردگی میلگردهای مدفون در آن تناسب معـکوس دارد می‌توان انتظـار داشت که در صورت فراهم بودن شرایط، میلگردهای قرار گرفته در مخلوط M که دارای مقاومت الکتریکی نسبتاً بالایی هستند، آهنگ خوردگی کمتری را نسبت به میلگرهای مدفون در مخلوط‌های دیگر از خود نشان دهند بتن‌هایی که دارای مقاومت الکتریکی بالایی هستند، هم‌چنین در برابر نفوذ یون کلراید و شروع خوردگی عملکرد بهتری خواهند داشت. به هر حال با توجه به اینکه پدیده خوردگی پدیده‌ای الکتروشیمیایی است، بالا رفتن مقاومت الکتریکی شدت جریان خوردگی در میلگرد را که متناسب با شدت خوردگی (آهنگ خوردگی) آن می‌باشد، کاهش می‌دهد.

۹. قدر دانی

بدین وسیله از مدیریت و پرسنل آزمایشگاه مقاومت مصالح و ژئوتکنیک شرکت مهندسین مشاور سیناب غرب به ویژه آقای رضاقلی نیازی بلد، همچنین مدیریت و پرسنل آزمایشگاه بتون صنعت بریس که در انجام این تحقیق زحمات زیادی را متقبل شدند قدر دانی می شود.

.

۱۰. مراجع

1-American Concrete Institute, "Guide to Durable concrete", ACI 201 R , Manual of Concrete Practice,2005.

۲- رمضانیانپور علی‌اکبر، پرهیزکار طیبه، پورخورشیدی علیرضا، رئیس قاسمی امیرمازیار، تأثیر شرایط محیطی سواحل جنوبی ایران بر روی دوام دراز مدت بتن با سیمان‌ها و پوزولان‌های مختلف، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریهٔ شمارهٔ گ-۴۳۴، سال ۱۳۸۵.

۳- Berke. N, Hicks. M, Chaker. V, Corrosion Forms and Control for Infrastructure, ASTM STP 1137, American Society of Testing and Materials, Philadelphia, 1992, p. 207.

٤- Andrade. C, Alonso. C, Goni. S, Dhir. R. K, Roderick Jones, M, Chloride Threshold Values To Depassivate Reinforcing Bars Embedded In A Standardized Opc Mortar, Proceedings of Conference Concrete 2000, Scotland, UK, 1993, p. 1639.

5- S. Millard, J. Harrison, A. Edwards, Nondestructive Testing 31 (1989) 616.

۶- کریمی نیا، م. پیروی، م«بررسی تاثیرات درصدهای مختلف ابر روان کننده با پایه پلی کربوکسیلات بر خواص مکانیکی بتن های سبک سازه ای ساخته شده با اسکوریا»، کنفرانس ملی صنعت بتن، مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، کرمان- ایران، اولین دوره، خرداد ۱۳۹۱.

۷- کریمی نیا، م. پیروی، م. " مقایسه تاثیر استفاده از روان‌کننده با پایه‌های پلی‌کربوکسیلات و نفتالین بر روی خواص مکانیکی بتن‌های سبک تولیدی با سنگدانه اسکوریا " کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران ، چهارمین دوره ، ۱۵ مهر ماه ۱۳۹۱.

8-Xiao. L, Li. Z, Wei. X, Selection of superplasticizer in concrete mix design by measuring the early electrical resistivities of pastes, Cement & Concrete Composites,vol 29, (2007) ,350–356

9-Zeng.X,Sui.T,Effects of SNFand LF Superplasticizers on cement past using electrical measurement,Indian Journal of Engineering& Materials Sciences, vol 17,(2010), p. 27-33.