Archive of SID

تحقیقات بتن
سال هشتم، شمارهٔ اوّل
بهار و تابستان ۹۴
ص ۹۹ – ۸۵
تاریخ دریافت: ۱ /۹۳/۶
تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۶

عملکرد و خواص بتن با آب مغناطیسی

محمد علی رهگذر*
هیئت علمی دانشگاه اصفهان
محسن زمانی
کارشناس ارشد مهندسی عمران

چکیده

به منظور بررسی تاثیر آب مغناطیسی بر زمان گیرش و کارائی خمیرسیمان و بتن تر، و همچنین مقاومت فشاری سیمان سخت شده و بتن، ابتدا آب مغناطیسی توسط دستگاهی که در این تحقیق طراحی و ساخته شد، تهیه گردید. سپس بتن با طرح اختلاطهای متفاوت و با افزودن میکروسیلیس ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت. از جمله نتایج این تحقیق اینکه شدت میدان مغناطیسی بهینه بین۰/۸ تا ۱/۰ تسلا بوده واستفاده از آب مغناطیسی زمان گیرش اولیه سیمان را تا ۵۰٪ و زمان گیرش ثانویه را تا ۱۹٪ کاهش می دهد. بهترین مقاومت فشاری سیمان سخت شده با چرخش حدود ۱۵ دقیقه ای و بیشترین کارائی خمیر سیمان با چرخش حدود ۶۵ دقیقه ای آب در میدان مغناطیسی حاصل می شود، و آب مغناطیسی موجب افزایش مقاومت فشاری بتن تا بیش از ۲۰٪ می شود. کاربرد توام میکرو سیلیس و آب مغناطیسی مقاومت ۷ روزه را ۴۶٪ و ۲۸ روزه را ۳۹٪ افزایش می دهد.

واژه‌های کلیدی: آب مغناطیسی، بتن با آب مغناطیسی ، مقاومت فشاری، کارایی، میکرو سیلیس

* نویسنده مسئول: rahgozar@eng.ui.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

آب مغناطیسی چیست؟ آب مغناطیسی آبی است که از یک میدان مغناطیسی عبور داده شده است. این آب بسیار ارزان، دوستار محیط زیست، و با هزینه تجهیزات تولید کم می‌باشد. پیشینه آب مغناطیسی به سال ۱۸۰۳ میلادی برمی‌گردد وقتی برای تهیه آب جوش جهت شستشوی لباس از ۵ کتری بزرگ استفاده شد و جهت حفظ تعادل کتری‌ها در برابر وزش باد در کف آنها تکه سنگهایی قرار داده شده بود. هر پنج ظرف چدنی بودند. با گذشت زمان مشاهده شد که در سه تا از این ظروف مواد معدنی رسوب شده فرمی سخت داشته ولی در دو کتری دیگر این رسوبات فرمی نرم و پودر مانند داشته و به‌راحتی با برس از سطوح پاک می شدند. بعد ها متوجه شدند که دو عدد از آن پنج سنگ مغناطیس طبیعی بوده است[۱].

مولکول آب متشکل از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن بصورت H-O-H می باشد. اتصال این دو هیدروژن به اتم اکسیژن به‌صورت V و با زاویه حدود ۱۰۵ درجه می‌باشد. مولکول آب دوقطبی است، به‌طوری‌که بار سمت اکسیژن منفی و وبار سمتی که هیدروژنها قرار دارند مثبت می باشد. بنابر این چنانچه چند مولکول آب در کنار هم قرار گیرند، جاذبه‌ای بین هیدروژن مثبت از یک مولکول با اکسیژن منفی از مولکول همجوار به‌وجود می آید که به آن پیوند هیدروژنی گفته می شود.

به علت دو قطبی بودن مولکول آب، وقتی تحت میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد در راستای میدان قرار گرفته و فرم مولکول کشیده‌تر و زاویه دوهیدروژن با اکسیژن کمتر از ۱۰۵ درجه می‌شود. این مهم باعث تضعیف پیوند هیدروژنی بین مولکولهای همجوارآب شده و در عمل مولکول‌های آب در دسته های قرار می‌گیرند. این تغییر ساختار، باعث کاهش کشش سطحی، قابلیت نفوذ بیشتر، و افزایش pH (قلیائی تر شدن) آب می‌گردد. لازم به ذکر است که کاهش کشش سطحی با عث جداشدن و رسوب بیشتر املاح موجود در آب و سبکتر شدن آن می گردد.

اکنون شناخته شده است که ساختار مولکول‌های آب به‌صورت تجمع‌های دسته ای (cluster) می باشد. گزارش شده که بسته به شدت میدان مغناطیسی تجمع‌های دسته‌های مولکول آب را می‌توان با تعداد ۱، ۴، ۶، ۷، ۱۱ و ۱۳ مولکول آب در یک تجمع دسته‌ای تهیه نمود. تعداد مولکول را در یک تجمع پایدار عدد مغناطیسی می‌نامند. میزان مغناطیسی شدن آب هنوز یک موضوع جنجال برانگیز است زیرا نتایج گزارش شده در تحقیقات کمتر قابل باز تولید (باهمان مشخصات گزارش شده) بوده و از یکنواختی کمتری برخوردار هستند. زیرا در فرایند مغناطیسی شدن آب عوامل زیادی همچون ناخالصی‌های مختلف موجود در آب و میزان اکسیژن حل شده در آن بسیار متفاوت است. بنابراین نتایج این‌گونه آزمایش‌ها بیشتر به‌صورت کیفی مطرح و مقایسه می شوند.

تولِدو و همکاران (۲۰۰۸) با اندازه‌گیری سرعت، آنتالپی‌ها (تغییرات انرژی در حالات مختلف)، و کشش سطحی آب تحت میدان مغناطیسی و انجام محاسبات تئوریک نشان دادند که پیوند های هیدروژنی داخلی (درون دسته ای) شکسته شده و رقابت بین شبکه‌های مختلف پیوندهای هیدروژنی (برون و درون مولکولی) باعث تضعیف پیوندهای هیدروژنی بین دسته‌های مولکول‌های آب می شود و این باعث شکل گیری دسته های کوچک‌تر با تعداد مولکول‌های کمتر ولی با پیوند های هیدروژنی درون دسته‌ای قوی‌تر می‌شود. و کوچک‌تر شدن تعداد مولکول‌ها در یک دسته باعث سرعت حرکت بیشتر و نفوذ بیشر آن دسته از مولکول‌های آب بین ذرات مواد از جمله سیمان می گردد [۲].

«مکماهان» [۳] مروری گسترده بر ادبیاتی که مدعی اثرات مثبت استفاده از آب مغناطیسی شده اند انجام داد. از جمله این اثرات مثبت می‌توان به این موارد اشاره کرد:

۱) کاهش رسوبات کربنات کلسیم در تاسیسات مکانیکی حرارتی/ برودتی.

۲) کاهش نیاز به مصرف آب و افزایش تولید محصولات کشاورزی.

۳) مزایای پزشکی/ بهداشتی آن همچون افزایش اکسیژن حل شده در آب.

۴) تغییر در pH آب.

۵) کاهش کشش سطحی آب.

۶) افزایش مقاومت فشاری و کششی سیمان.

مکماهان نتیجه گرفت که اگرچه در بعضی موارد تأثیر آب مغناطیسی بر بهبود عملکرد واضح است و می‌توان به نتایج مشخص رسید، ولی در دیگر موارد میزان تاثیرآن (به علت خلط اثرآب مغناطیسی با دیگر عوامل) قابل برآورد کمّی نبوده و مطالعات و آزمایشات بیشتری در مورد صحت و میزان تأثیر آن لازم است انجام شود. از جمله مواردی که در آن تاثیرمثبت آب مغناطیسی

www.SID.ir

Archive of SID

مشخص و واضح تشخیص داده شدوبه عبارت دیگرمی توان به نتایج متقن رسید را می توان به آزمایشات مربوط به تغییر در pH آب، کاهش کشش سطحی آب، تغییر عملکرد سیمان، کنترل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم و دیگر املاح، میزان اکسیژن محلول در آب، و یا رشد گیاهان اشاره کرد.

در ادامه به نقد و بررسی چند مطالعه پیشین که مرتبط با بهبود عملکرد سیمان است پرداخته می شود.

سو و همکاران[۴] گزارش کردند که چگونه میدان مغناطیسی قادر به شکستن مجموعه‌های مولکولی آب بوده و نفوذ آب را به ذرات سیمان آسان نموده و با تسهیل عمل هیدراسیون مقاومت بتن را افزایش می‌دهد. فو و ونگ[۵] نتیجه گرفتند که تا قبل از مصرف، آب مغناطیسی را می‌توان تا ۱۲ ساعت در یک مخزن ذخیره نمود ولی بیش از آن اثر مغناطیسی آب از بین می‌رود. ونگ و زاو [۶] نشان دادند که وقتی از آب مغناطیسی در تهیه خمیر سیمان و ملات استفاده شود، مقاومت فشاری، توزیع منافذ و دوام بتن بهبود می-یابد. سو و همکاران[۴] به بررسی میزان بهبود مقاومت فشاری و کارائی بتن با مصالح سرباره ای همراه با آب مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی پرداخته و نتیجه گرفتند که: ۱) مقاومت فشاری ملات سیمان ۹ تا ۱۹ درصد افزایش، ۲) مقاومت فشاری بتن ۱۰ تا ۲۳ درصد افزایش، و ۳) آب مغناطیسی باعث افزایش کارائی و هیدراسیون بتن می شود. ایشان همچنین پیشنهاد نمودند که تاثیر همزمان آب مغناطیسی و میکرو سیسلیس بر مقاومت فشاری بتن در آینده بررسی گردد.

ویلان و همکاران [۷] نشان دادند که آب مغناطیسی باعث بهبود قابل ملاحظه در مقاومت فشاری سیمان تا ۵۴٪، مقاومت خمشی سیمان تا ۳۹٪، مقاومت پیوستگی/چسبندگی سیمان تا ۲۰٪ و کاهش زمان گیرش اولیه و ثانویه به ترتیب تا ۳۹٪ و ۳۱٪ می شود.

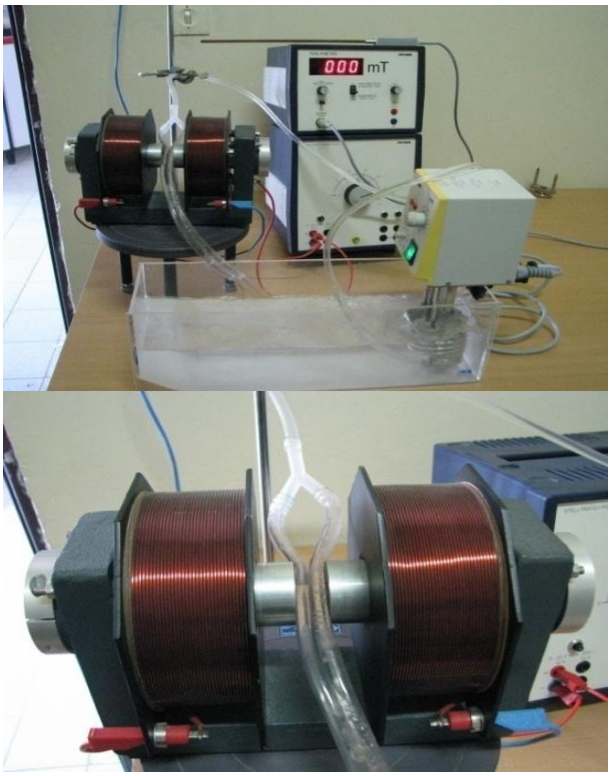
در ایران نیز کتابی تحت عنوان «بتن مغناطیسی» توسط مصطفی قلی زاده و حسن افشین در سال ۱۳۸۸ به چاپ رسیده که به جنبه‌های کاربردی بتن با آب مغناطیسی پرداخته است[۸].

چنانچه آب مغناطیسی با سیمان مخلوط شود، هدف از تحقیق حاضر انجام یک مطالعه پارامتریک جامع بر میزان بهبود کارائی خمیر سیمان، مقاومت فشاری سیمان سخت شده، کارائی بتن تر، مقاومت فشاری بتن(با و بدون تاثیرمیکرو سیلیس)، زمان گیرش خمیرسیمان و بتن تر، و مدت زمان بهینه چرخش آب در میدان مغناطیسی که بیشترین مقاومت و یا کارائی را حاصل می کند می باشد.

۲- دستگاه تولید آب مغناطیسی

بتن با کارایی بالا از نظر روانی ومقاومت فشاری و دوام عملکرد بهترو مناسب‌تری نسبت به بتن‌های معمولی دارد. یکی از انواع بتن ها با مقاومت بالا بتن با آب مغناطیسی است. در این فناوری با القای میدان مغناطیسی به آب، ساختار فیزیکی آن تغییر کرده و در نتیجه این تغییرات تعداد مولکول ها در یک تجمع مولکولی نقصان و کشش سطحی آب کاهش می‌یابد. استفاده از این آب در تهیه بتن از یک سو باعث افزایش روانی مخلوط بتن و کاهش آب مورد نیاز و از سوی دیگر باعث تسهیل هیدراسیون سیمان شده و موجب بالا رفتن مقاومت فشاری و دوام بتن می‌گردد. این افزایش مقاومت فشاری می تواند باعث کاهش مصرف سیمان گشته و یا منجر به کاهش وزن سازه و بنابراین کاهش نیروهای جانبی زلزله می گردد.

در این تحقیق دستگاه مورد استفاده برای تولید آب مغناطیسی طراحی و ساخته شد. این دستگاه شامل دو سیم پیچ با تعداد دور و قطر سیم مشخص که بر روی یک پایه قرار گرفته اند می باشد (شکل ۱).



شکل ۱ : نمای کلی از دستگاه طراحی شده جهت تولید آب مغناطیسی و قسمت سیم پیچ دستگاه تولید آب مغناطیسی

www.SID.ir

Archive of SID

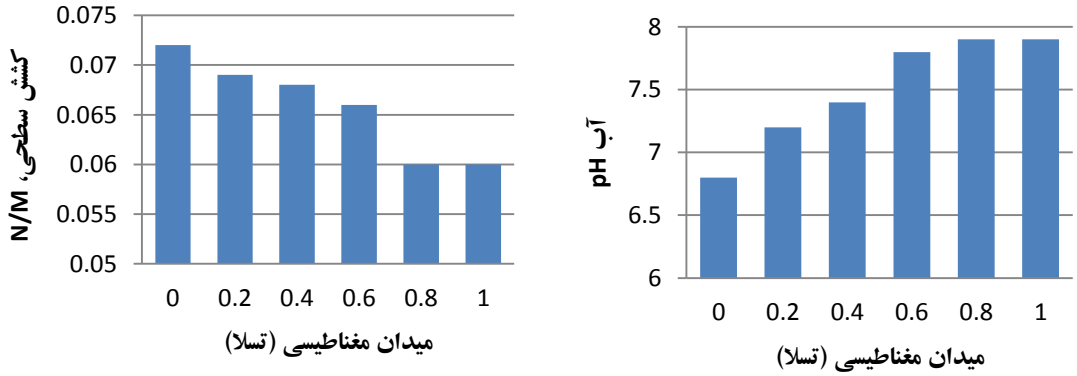
برای افزایش میدان مغناطیسی از دو هسته آهنی که در داخل سیم پیچها قرار می گیرند استفاده می گردد. این دوسیم پیچ به یک منبع تغذیه ای که تولید جریان مستقیم کرده و شدت آن را می توان تغییر داد متصل می باشند. هر چه شدت جریان عبوری از سیمها بیشتر باشد میدان مغناطیسی ایجاد شده نیز قوی تر می گردد. میدان مغناطیسی حاصل از جریان مستقیم به نحو بالا ممکن است با ضربه‌های الکتریکی همراه باشد که به این منظور با نصب یک خازن (۲۲۰۰۰ میکرو فاراد، ۴۰ ولت) به‌صورت موازی با مسیر جریان از منبع تغذیه تا سیم پیچها، تلاش شده تا از نوسانات در شدت میدان مغناطیسی جلوگیری شود. جهت اندازه گیری شدت میدان مغناطیسی از دستگاه تسلا متر استفاده می گردد. با نصب خازن فوق دستگاه تسلا متر هیچ پرش یا نوسانی در شدت میدان را نشان نداد. به عبارت دیگر میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان مستقیم از سیم پیچها همچون میدان حاصل آهنرباهای دائمی عمل می کند. به منظور بررسی اثر میدان مغناطیسی بر آب و تاثیر آن در تولید بتن با آب مغناطیسی می باید به توان شدت میدان مغناطیسی و سرعت ویا دبی آب عبوری از میدان را تغییر داد و با انجام آزمایش، خواص بتن در شدتهای مختلف میدان، و میزان بهینه آن را به دست آورد. در این دستگاه می توان شدت میدان را با دقت تا ۰/۱تسلا تغییر داد. لازم به ذکر است که گوس و تسلا هردو واحد های شدت میدان مغناطیسی بوده ولی یک تسلا ده هزار برابر گوس می باشد.

۳- روش‌های تشخیص مغناطیسی شدن آب

مشاهده شده با مغناطیسی شدن آب، pH آن افزایش یافته و قلیائی تر می شود [۳و۴]. جهت بررسی اثر میدان مغناطیسی روی آب و تشخیص این که آب عبوری از سیم پیچها آیا تغییر خواص داده است یا خیر، آزمایش تغییر کشش سطحی و آزمایش تغییر pH آب بر روی آب شرب شهرکرد با درجه حرارات ۲۴ تا ۲۵ سانتیگراد انجام گرفت. برای این منظورآب با دبی ثابت ۲/۵ لیتر بر دقیقه از درون سیم پیچهای دستگاه با میدان مغناطیسی از صفر تسلا (آب معمولی) تا۱/۰تسلا و هر بار به مدت ۳۰ دقیقه عبور داده شد. جدول ۱ و شکل ۲ نتایج این آزمایشات را ارائه می دهد. مشاهده می شود که برای شدت میدان مغناطیسی بین ۰/۸ تا ۱/۰ تسلا کشش سطحی و pH آب ثابت و حداکثر است. بنابر این در ادامه آزمایشات از شدت میدان ۱/۰ تسلا و دبی ۲/۵ لیتر بردقیقه برای مغناطیسی نمودن آب استفاده می شود.

جدول ۱- مقادیر کشش سطحی و pH آب با تغییرات میدان مغناطیسی

میدان مغناطیسی (تسلا)	۰/۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱/۰
کشش سطحی آب (N/m)	۰/۰۷۲	۰/۰۶۹	۰/۰۶۸	۰/۰۶۶	۰/۰۶۰	۰/۰۶۰
pH آب	۶/۸	۷/۲	۷/۴	۷/۸	۷/۹	۷/۹



شکل ۲ – نمودار تغییرات کشش سطحی و pH آب

www.SID.ir

Archive of SID

۴- بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر زمان گیرش سیمان (هیدراسیون سیمان)

برای تعیین زمان گیرش اولیه و ثانویه سیمان لازم است از خمیر سیمان با روانی متعارف استفاده شود. بنا بر این ضرورت دارد که برای هر مقدار سیمان معین میزان آبی که روانی متعارف را بدست می دهد مشخص گردد . نسبت این آب به سیمان را (به صورت درصد) غلظت نرمال می‌نامند. بر مبنای استاندارد ASTM، غلظت خمیر سیمان هنگامی نرمال خواهد بود که میزان نفوذ سوزن آب سنج ۱۰میلیمتری ویکات در داخل خمیر به مدت ۳۰ ثانیه و در شرایط استاندارد برابر با ۱± ۱۰ میلیمتر باشد. برای تهیه خمیر سیمان استاندارد مقدار آب را ۱۸۰ گرم و مقدار سیمان ۶۵۰ گرم در نظر گرفته می شود. به مدت ۳۰ ثانیه برای جذب آب توسط سیمان صبر کرده، سپس دستگاه سه دور همزن را با دور کُند به مدت ۳۰ ثانیه روشن و بعد دستگاه را به مدت ۱۵ ثانیه خاموش کرده ودوباره دستگاه به مدت یک دقیقه و این بار با دور متوسط روشن می شود. سپس دستگاه را خاموش کرده و خمیر سیمان آماده آزمایش است. ظرف دستگاه ویکات را از خمیر پر کرده بطوری که سطح خمیر کاملاً هم تراز لبه ظرف و صاف شده باشد. ظرف را زیر دستگاه قرار داده و سوزن ویکات تنظیم می شود. گیرش اولیه هنگامی خواهد بود که نفوذ سوزن ویکات در خمیر با غلظت نرمال، در مدت ۳۰ ثانیه پس از رها شدن، برابر با ۲۵ میلیمتر یا کمتر باشد. گیرش ثانویه هنگامی خواهد بود که سوزن ویکات به وضوح در داخل خمیر فرو نرود. طبق این استاندارد گیرش اولیه نباید کمتر از ۴۵ دقیقه و گیرش ثانویه نباید بیش از ۳۷۵ دقیقه باشد. در این تحقیق ازسیمان تیپ ۱ شهرکرد (که مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۲ آمده است) با آب معمولی و آب مغناطیسی با نسبتهای مختلف آب به سیمان ۰/۴۰ تا ۰/۶۰ تهیه شد و زمان گیرش اولیه و ثانویه ثبت گردید. جدول ۳ و شکل ۳ نتایج این مطالعه را نشان می دهند. مشاهده می شود که استفاده از آب مغناطیسی زمان گیرش اولیه را تا ۵۰٪ و زمان گیرش ثانویه را تا ۱۹٪ کاهش می دهد.

جدول ۲- مشخصات شیمیایی و فیزیکی سیمان تیپ ۱ شهرکرد

مورد آزمایش	نتیجه ازمایش
نرمی ریزدانه (cm^2/g)	>۳۰۰۰
انبساط گرمایی (%)	<۰/۲
گیرایی اولیه (دقیقه)	>۴۵
SIO_2 (%)	۲۱/۳۰-۲۰/۹۰
AL_2O_3 (%)	۵/۴۰-۵/۱۰
Fe_2O_3 (%)	۹۵/۳-۳/۸۰
CaO (%)	۶۵/۲۰-۶۴/۸۰
Mgo (%)	<۱/۶۵
SO_3 (%)	<۲
L.O.I	<۱
CL (%)	<۰/۳۰
Total alkali (%)	<۰/۷۰

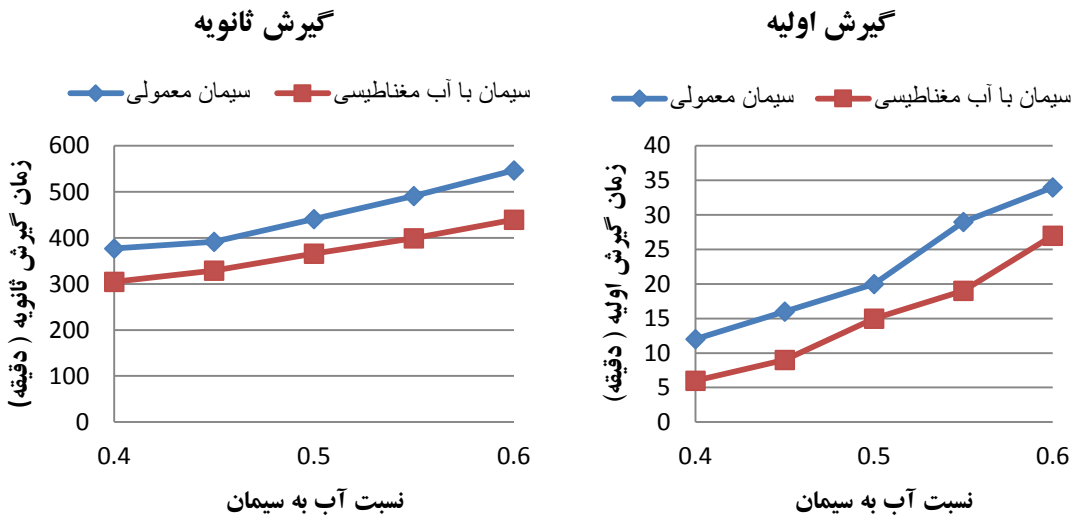
با توجه به نتایج حاصل از آزمایش و نمودارهای فوق مشاهده می گردد که گیرایی خمیر سیمان با آب مغناطیسی چه در گیرش اولیه و چه درگیرش ثانویه سریع‌تراز خمیر سیمان با آب معمولی است. این نشانگر افزایش سرعت و مؤثرتر شدن هیدراسیون وبنابراین سخت ترشدن خمیر سیمان در مدت زمان کمتر بوده که علت آن نفوذ راحت تر مولکول‌های آب به درون اجتماع ذرات سیمان و مشارکت دادن درصد بیشتری از سیمان به پروسه هیدراسیون می باشد.

جدول ۳- زمان گیرش اولیه و ثانویه خمیر سیمان با آب مغناطیسی و خمیر سیمان معمولی

W/C	زمان گیرش اولیه (دقیقه)			زمان گیرش ثانویه(دقیقه)		
	سیمان معمولی	سیمان با آب مغناطیسی	درصد کاهش	سیمان معمولی	سیمان با آب مغناطیسی	درصد کاهش
۰/۴۰	۱۲	۶	٪۵۰	۳۷۷	۳۰۵	٪۱۹.۱
۰/۴۵	۱۶	۹	٪۴۳.۸	۳۹۲	۳۲۹	٪۱۶.۱
۰/۵۰	۲۰	۱۵	٪۲۵	۴۴۱	۳۶۶	٪۱۷
۰/۵۵	۲۹	۱۹	٪۳۴.۵	۴۹۱	۳۹۹	٪۱۹
۰/۶۰	۳۴	۲۷	٪۲۰.۶	۵۴۷	۴۴۰	٪۱۹.۶

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار تغییرات گیرش اولیه و ثانویه خمیر سیمان معمولی و با آب مغناطیسی با نسبت آب به سیمان

۵- تأثیر زمان چرخش آب در میدان مغناطیسی بر مقاومت فشاری سیمان سخت شده

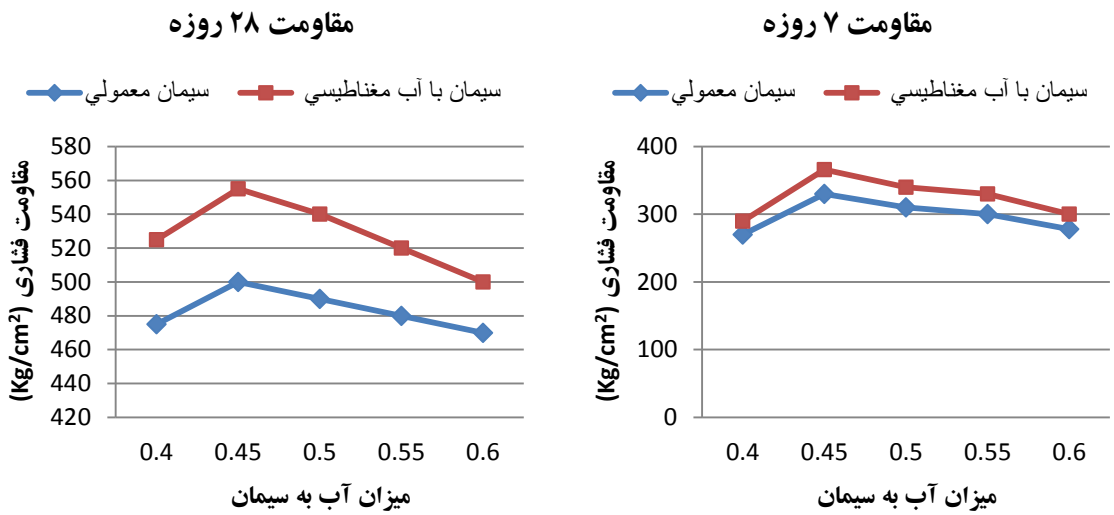
همان‌گونه که در شکل ۱ دیده می شود دستگاه از یک پمپ و یک سیم پیچ تشکیل شده که آب را در یک سیکل چرخشی از درون مخزن به درون سیم پیچ (عبور از میدان مغناطیسی) حرکت می دهد. زمان چرخش در واقع مدت زمان حرکت آب در این میدان مغناطیسی می باشد. انتظار می‌رود با افزایش طول مدت این چرخش، اثر میدان مغناطیسی بر آب بیشتر شود. ابتدا به منظور تعیین میزان نسبت آب به سیمان بهینه، ۵ نسبت برای w/c در نظر گرفته می‌شود، و در هر حالت خمیر سیمان تهیه و در قالب های مکعبی ۱۰×۱۰×۱۰ سانتیمتر ریخته و مقاومت فشاری ۱ روزه ، ۷ روزه و ۲۸ روزه اندازه گیری می شود (جدول ۴). شکل ۴ تغییرات مقاومت ۷ روزه و ۲۸ روزه با نسبت آب به سیمان را نشان می دهد. مشاهده می‌شود که میزان آب به سیمان بهینه که حداکثر مقاومت سیمان سخت شده را تامین می کند برابر ۰/۴۵ بوده، بنابراین برای تعیین مدت زمان بهینه چرخش آب مغناطیسی از این نسبت آب به سیمان استفاده شده است.

جدول ۴- مقادیر محاسبه شده برای مقاومت فشاری سیمان سخت شده در نسبت های مختلف آب به سیمان

مقدار سیمان(gr)	مقدار آب	w/c	مقاومت فشاری سیمان سخت شده معمولی (Kg/cm^2)			مقاومت فشاری سیمان سخت شده مغناطیسی (Kg/cm^2)		
			۱ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۱ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه
۳۰۰۰	۱۲۰۰	۰/۴	۸۰	۲۷۰	۴۷۵	۸۸	۲۹۰	۵۲۵
۳۰۰۰	۱۳۵۰	۰/۴۵	۱۱۰	۳۳۰	۵۰۰	۱۲۱	۳۶۶	۵۵۵
۳۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۵۰	۹۸	۳۱۰	۴۹۰	۱۱۷	۳۴۰	۵۴۰
۳۰۰۰	۱۶۵۰	۰/۵۵	۱۰۰	۳۰۰	۴۸۰	۱۱۰	۳۳۰	۵۲۰
۳۰۰۰	۱۸۰۰	۰/۶۰	۹۰	۲۷۸	۴۷۰	۱۰۰	۳۰۰	۵۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

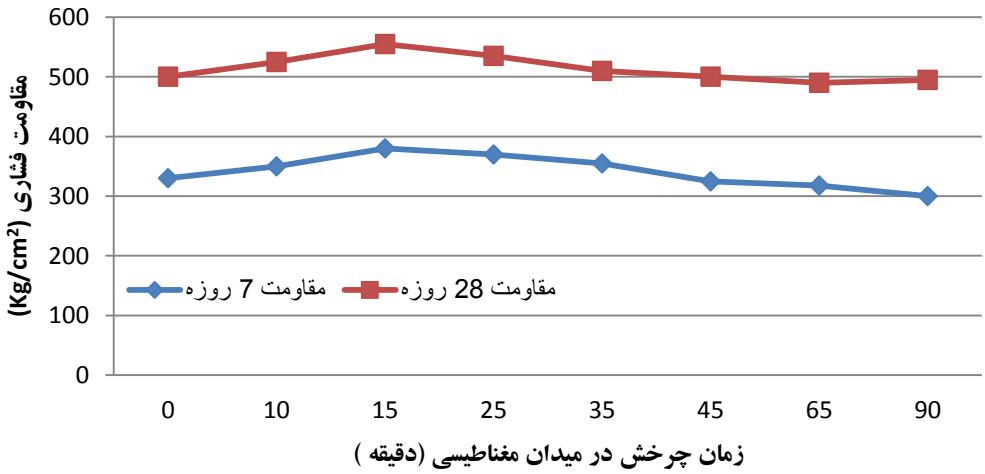


شکل ۴- نمودار تغییرات مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه سیمان سخت شده با آب معمولی و با آب مغناطیسی با نسبت آب به سیمان

دراین مرحله برای بررسی میزان تاثیر مدت زمان چرخش آب در میدان مغناطیسی بر روی خواص سیمان، آب را با دبی ۲/۵ لیتر بر دقیقه ودرمدت زمان های متفاوت از صفر تا ۹۰ دقیقه از میدان ۱/۰ تسلا عبور داده و در هر مرحله با استفاده از آب مغناطیسی بدست آمده خمیر سیمان ساخته شد. سپس از این خمیر در مکعبهای ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتری جهت بررسی مقاومت فشاری استفاده کرده تا مقدار بهینه مدت زمان چرخش که حداکثر مقاومت را حاصل می کند بدست آید (جدول ۵).

جدول ۵- تغییر مقادیر مقاومت فشاری سیمان سخت شده با تغییر زمان چرخش آب در میدان مغناطیسی

زمان (دقیقه)	۰	۱۰	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۶۵	۹۰
مقاومت فشاری ۷روزه(Kg/cm^2)	۳۳۰	۳۵۰	۳۸۰	۳۷۰	۳۵۵	۳۲۵	۳۱۸	۳۰۰
مقاومت فشاری ۲۸روزه(Kg/cm^2)	۵۰۰	۵۲۵	۵۵۵	۵۳۵	۵۱۰	۵۰۰	۴۹۰	۴۹۵



شکل۵- نمودارتغییرات مقاومت فشاری سیمان سخت شده با زمان چرخش آب در میدان مغناطیسی

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۵ و شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت که بهترین مدت زمان چرخش آب در میدان جهت به دست آوردن بهترین مقاومت فشاری در حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه می باشد و زمان کمتر یا بیشتر از این مدت موجب کاهش در مقاومت فشاری سیمان سخت شده می شود.

۶- بررسی تأثیر مدت چرخش آب در میدان مغناطیسی بر کارایی خمیر سیمان (اسلامپ)

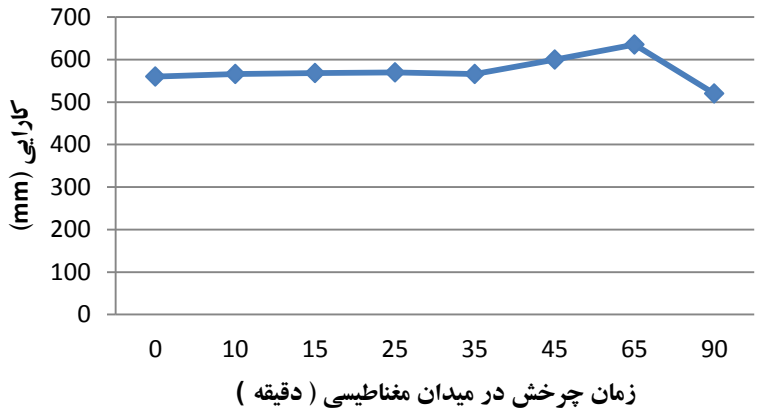
برای برآورد کارایی خمیر سیمان با آب مغناطیسی و بستگی آن به مدت زمان چرخش آب در میدان مغناطیسی از میز جریان که در شکل ۶ نشان داده شده استفاده گردید.

شکل ۶- میز جریان و قطر باز شده خمیر سیمان جهت اندازه گیری کارایی خمیر سیمان

روش انجام آزمایش به این ترتیب است که ابتدا خمیر سیمان در مخروط ناقص نشان داده شده در شکل ریخته البته مخروط دقیقا در وسط میز تراز شده قرار می گیرد بعد از پر شدن نصف مخروط با میله مخصوص ۱۰ ضربه به سیمان زده می شود و بعد از پر شدن مخروط نیز ۱۰ ضربه دیگر به آن زده و سپس روی آن را صاف کرده و مخروط را به مدت ۳۰ ثانیه ثابت نگه داشته سپس مخروط را برداشته می شود. سپس میز را ۴۰ میلیمتر بالا آورده و رها می شود (البته پیچ‌های تنظیم ارتفاع بالا آمدن میز را قبل از آزمایش می باید روی ۴۰ میلیمتر تنظیم کرد)، سپس ۴ ثانیه صبر نموده و دوباره این عمل را انجام و بعد از ۱۵ مرتبه تکرار این عمل با اندازه گیری قطر باز شده خمیر سیمان، کارایی سیمان اندازه گیری می شود(شکل ۶).

جدول ۶- در صد تغییرات در کارائی خمیر سیمان با میزان زمان چرخش آب در میدان مغناطیسی

زمان (دقیقه)	۰	۱۰	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۶۵	۹۰
روانی(mm)	۵۶۰	۵۶۶	۵۶۸	۵۷۰	۵۶۶	۶۰۰	۶۳۵	۵۲۰
درصد تغییرات	۰	+۱	+۱/۵	۱/۷	+۱	+۶	+۱۳	-۶



شکل۷-نمودار تغییرات کارائی خمیر سیمان با زمان چرخش آب در میدان مغناطیسی

www.SID.ir

Archive of SID

در این مرحله برای بررسی تأثیر مدت زمان چرخش آب در میدان مغناطیسی بر کارائی خمیر سیمان، آب را در بازه‌های زمانی متفاوت از صفر تا ۹۰ دقیقه از میدان عبور داده و در هر مرحله با استفاده از آب مغناطیسی بدست آمده خمیر سیمان ساخته وآزمایش فوق انجام گرفت. جدول ۶ نتایج این آزمایش را نشان می دهد. با توجه به این جدول و شکل ۷ مشاهده می شود که زمان چرخش بهینه زمان چرخش ۶۵ دقیقه بیشترین کارائی را حاصل می کنددر صورتی که زمان چرخشی که مقاومت بهینه را حاصل می کرد فقط ۱۵ الی ۲۰ دقیقه بود.

۷- بررسی و مقایسه مقاومت فشاری و کارایی بتن معمولی و بتن با آب مغناطیسی

بعد از آزمایشاتی که بر روی خمیر سیمان با آب مغناطیسی انجام شد، در این مرحله به بررسی خواص بتن با آب مغناطیسی پرداخته می شود. در این مرحله برای تهیه بتن از آب شرب شهرکرد همراه با سیمان تیپ ۱ شهرکرد استفاده گردید. انتخاب سنگدانه ها در تولید بتن با مقاومت بالا و همچنین افزایش مقاومت فشاری بتن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مقاومت سنگدانه یکی از پارمترهای مهم در مقاومت فشاری بتن می باشد. برای تولید بتن با مقاومت بالا از سنگدانه های با مقاومت بالا و با سطحی مناسب جهت ایجاد چسبندگی کافی بین سنگدانه و خمیر سیمان باید استفاده نمود. سنگدانه ها در تامین مقاومت کلی بتن معمولی تاثیر زیادی ندارد. زیرا این مقاومت عمدتا توسط مقاومت خمیر سیمان هیدراته کنترل می گردد و همین موضوع نیز علت اساسی نقش بارز نسبت آب به سیمان بر مقاومت بتن معمولی را دارد اما در بتن با مقاومت بالا چسبندگی و اتصال بین سنگدانه ها و خمیر سیمان تا بدان حد قوی است که انتقال تنش های قابل ملاحظه ای را در سطح تماس آنها امکان پذیر می سازد. به علاوه مقاومت سیمان بسیار بالا در مواردی ممکن است از مقاومت سنگدانه ها نیز بیشتر باشد. پس مشخصات سنگدانه ها و به ویژه شن مصرفی نقش بارزی در تامین مقاومت بتن پر مقاومت داشته به نحوی که اندازه قطر شن بین ۱۰ تا ۱۲ میلیمتر بهترین نتیجه را برای تولید بتن پر مقاومت دارد. در ارتباط با ماسه مصرفی ، مدول نرمی نزدیک به ۳ را مناسب ترین سنگدانه ریزدانه برای تولید بتن در نظر گرفته شد. جدول ۷ مشخصات و دانه بندی سنگدانه‌های مورد استفاده در این تحقیق را نشان می دهد. در این مرحله ازسه نوع طرح اختلاط بتن معمولی و بتن با آب مغناطیسی با عیار سیمان ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب جهت بررسی بستگی مقاومت فشاری بتن به نسبتهای مختلف w/c بتن با آب مغناطیسی و معمولی استفاده شده است. جدول ۸ طرح‌های اختلاط به‌کار رفته و جدول ۹ و شکل ۸ مقاومت‌های ۷ روزه و ۲۸ روزه بتن حاصل از این طرح اختلاطها را برای بتن های با و بدون آب مغناطیسی ارائه می دهند. مشاهده می شود که افزایش مقاومت ناشی از کاربرد آب مغناطیسی در بتن ۷ روزه تا ۲۰٪ و در بتن ۲۸ روزه تا ۱۴٪ می باشد. کاربرد آب مغناطیسی سرعت هیدراسیون را بیشتر نموده بطوری که نرخ افزایش مقاومت بتن با آب مغناطیسی ۷ روزه بیشتر از بتن ۲۸ روزه است. برای تعیین کارائی بتن از آزمایش اسلامپ استاندارد استفاده شد. نتایج اسلامپ بتن معمولی و با آب مغناطیسی در جدول ۹ و شکل ۹ آمده است.

جدول ۷- مشخصات و دانه بندی مصالح سنگی مصرفی در تولید بتن

درشت دانه (شن)			ریز دانه (ماسه)		
سایز الک واحد mm	مقدار عبوری از الک واحد (٪)	تنظیم بر اساس ASTM C136	سایز الک واحد (mm	مقدار عبوری از الک واحد (٪)	تنظیم بر اساس ASTM C136
۴۰	۹۸/۵	۱۰۰-۹۰	۴/۷۶	۹۹	۱۰۰-۹۵
۲۰	۹۱/۳	-	۲/۳۶	۸۴	۱۰۰-۸۰
۱۰	۳۶	۶۰-۲۵	۱/۱۸	۵۹/۶	۸۵-۵۰
۴/۷۶	۱	-	۰/۶	۴۷	۶۰-۲۵
-	-	۱۰-۰	۰/۳	۲۲	۳۰-۱۰
-	-	-	۰/۱۵	۸/۸	۱۰-۲

www.SID.ir

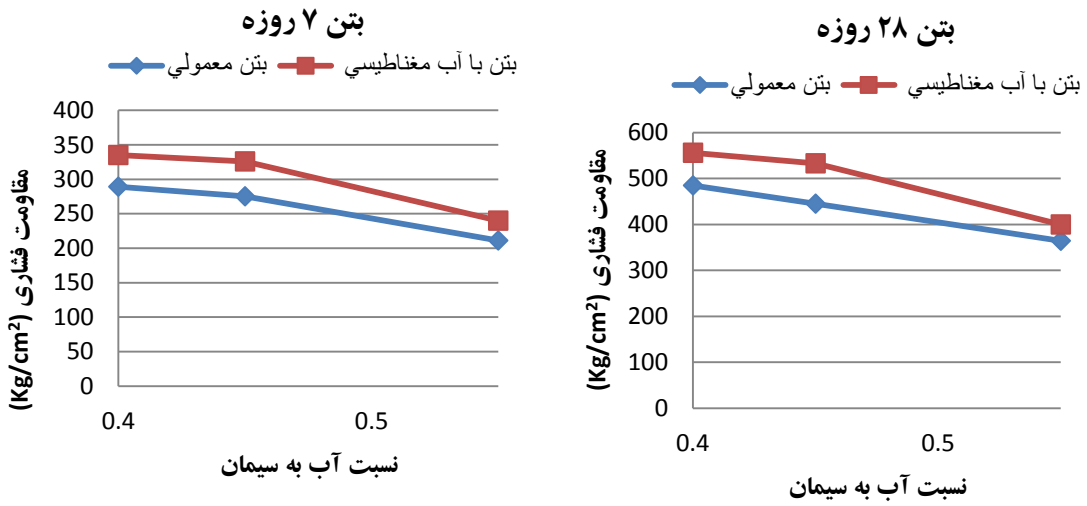
Archive of SID

جدول ۸-طرح اختلاط بتن های متفاوت باعیارسیمان kg/m^3 ۴۰۰ و نسبتهای آب به سیمان متفاوت

شماره اختلاط	سیمان (kg/m^3)	شن (kg/m^3)	ماسه (kg/m^3)	آب (kg/m^3)	w/c	نوع آب
A1	۴۰۰	۱۱۶۰	۷۲۰	۱۶۰	۰/۴	معمولی
B1	۴۰۰	۱۱۶۰	۷۲۰	۱۶۰	۰/۴	مغناطیسی
A2	۴۰۰	۱۱۰۰	۷۲۰	۱۸۰	۰/۴۵	معمولی
B2	۴۰۰	۱۱۰۰	۷۲۰	۱۸۰	۰/۴۵	مغناطیسی
A3	۴۰۰	۱۱۰۰	۷۰۰	۲۲۰	۰/۵۵	معمولی
B3	۴۰۰	۱۱۰۰	۷۰۰	۲۲۰	۰/۵۵	مغناطیسی

جدول ۹-مقاومت فشاری و کارایی بتن معمولی و مغناطیسی با عیارسیمان ۴۰۰ و نسبتهای آب به سیمان متفاوت

نمونه	اسلامپ (mm)	مقاومت فشاری ۷ روزه (Kg/cm^2)	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Kg/cm^2)	درصد افزایش مقاومت ۷ روزه	درصد افزایش مقاومت ۲۸ روزه
A1	۱۰	۲۸۹	۴۸۵	٪۱۶	٪۱۴
B1	۳۶	۳۳۵	۵۵۶		
A2	۲۲	۲۷۵	۴۴۵	٪۲۰	٪۱۳
B2	۶۸	۳۲۶	۵۳۳		
A3	۷۵	۲۱۱	۳۶۴	٪۱۳	٪۱۰
B3	۱۱۰	۲۴۰	۴۰۰		



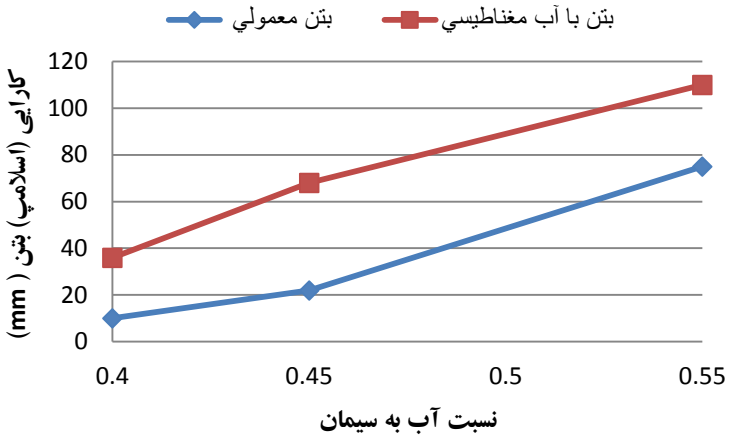
شکل ۸-مقاومت فشاری بتن ۷ و۲۸ روزه معمولی وبا آب مغناطیسی با عیار سیمان kg/m^3 ۴۰۰ و نسبتهای مختلف آب به سیمان

با افزایش نسبت آب به سیمان کارائی افزایش یافته به نحوی که برای نسبت آب به سیمان ۰/۴ افزایش اسلامپ حدود ۲۰۹٪ و برای آب به سیمان ۰/۵۵ افزایش اسلامپ حدود ۴۶٪ می باشد. جهت بررسی بستگی مقاومت فشاری بتن به عیارسیمان در بتن با آب مغناطیسی، ازچهار نوع طرح اختلاط بتن معمولی وبا آب مغناطیسی با عیارهای مختلف سیمان ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، و ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب بانسبت آب به سیمان ۰/۴۵ استفاده شد (جدول ۱۰). جدول ۱۱و شکل ۱۰ نتایج این مطالعه را نشان می دهند. مشاهده می‌شود که با افزایش عیار سیمان میزان افزایش مقاومت بتن با آب مغناطیسی نسبت به بتن معمولی فزاینده است.

www.SID.ir

Archive of SID

بعبارت دیگر، در عیار های سیمان بالا، همه ذرات سیمان قادر به عمل هیدراسیون نیستند، ولی آب مغناطیسی این فرصت را برای درصد بالاتری از سیمان فراهم کرده و به همین دلیل نرخ افزایش مقاومت با افزایش عیار سیمان در بتن با آب مغناطیسی بالاتر است.



شکل ۹- نمودار تغییرات کارایی (اسلامپ) بتن با نسبت آب به سیمان

جدول۱۰- طرح اختلاط بتن با عیار سیمان مختلف ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، و ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و نسبت آب به سیمان ۰/۴۵

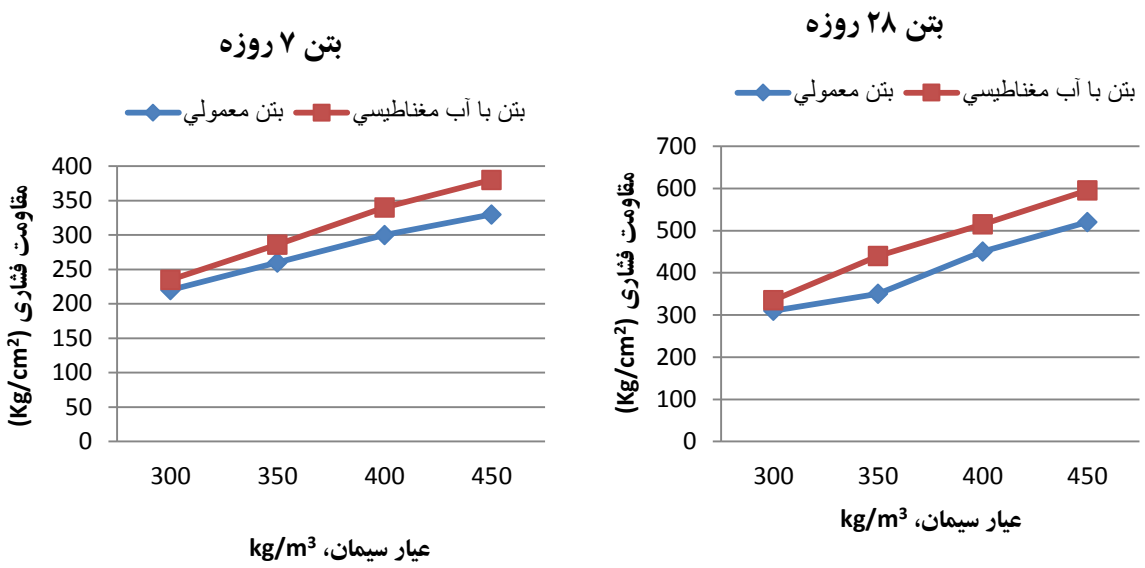
شماره اختلاط	عیارسیمان (kg/m^3)	سیمان (kg/m^3)	شن (kg/m^3)	ماسه (kg/m^3)	آب (kg/m^3)	w/c	نوع آب
C1	۳۰۰	۳۰۰	۱۲۰۰	۷۵۰	۱۳۵	۰/۴۵	معمولی
D1	۳۰۰	۳۰۰	۱۲۰۰	۷۵۰	۱۳۵	۰/۴۵	مغناطیسی
C2	۳۵۰	۳۵۰	۱۱۵۰	۷۲۰	۱۵۷/۵	۰/۴۵	معمولی
D2	۳۵۰	۳۵۰	۱۱۵۰	۷۲۰	۱۵۷/۵	۰/۴۵	مغناطیسی
C3	۴۰۰	۴۰۰	۱۱۰۰	۷۰۰	۱۸۰	۰/۴۵	معمولی
D3	۴۰۰	۴۰۰	۱۱۰۰	۷۰۰	۱۸۰	۰/۴۵	مغناطیسی
C4	۴۵۰	۴۵۰	۱۱۰۰	۷۰۰	۲۰۲/۵	۰/۴۵	معمولی
D4	۴۵۰	۴۵۰	۱۱۰۰	۷۰۰	۲۰۲/۵	۰/۴۵	مغناطیسی

جدول۱۰- طرح اختلاط بتن با عیار سیمان مختلف ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، و ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و نسبت آب به سیمان ۰/۴۵

نمونه	مقاومت فشاری ۷ روزه (Kg/cm^2)	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Kg/cm^2)	درصد افزایش مقاومت ۷ روزه	درصد افزایش مقاومت ۲۸ روزه
C1	۲۲۰	۳۱۰	٪۷	٪۸
D1	۲۳۵	۳۳۵		
C2	۲۶۰	۳۵۰	٪۱۱	٪۱۲
D2	۲۸۶	۴۴۰		
C3	۳۰۰	۴۵۰	٪۱۳	٪۱۴
D3	۳۴۰	۵۱۵		
C4	۳۳۰	۵۲۰	٪۱۵	٪۱۴
D4	۳۸۰	۵۹۵		

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- مقاومت فشاری بتن۷ و ۲۸ روزه معمولی و با آب مغناطیسی با عیارهای مختلف سیمان و آب به سیمان ۰/۴۵

۸- بررسی مقاومت فشاری بتن با آب مغناطیسی همراه با میکروسلیس

سو و همکاران (۲۰۰۰) پیشنهاد نمودند تا تاثیرهمزمان میکروسلیس و آب مغناطسی بر مقاومت فشاری بتن مورد بررسی قرار گیرد، ازاین رو چندین طرح اختلاط مطابق جدول ۱۲ با میکرو سیلیس ساخته شد. ومقاومت فشاری بتن با نسبت های مختلف آب به سیمان مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱۳). شکل ۱۱ مقاومتهای حاصل از طرح اختلاط های حاوی میکرو سیلیس (جدول ۱۳) را با نتایج طرح اختلاط های کاملا یکسان ولی بدون میکرو سیلیس (ذکر شده در جدول ۹) را با هم نشان می دهد. چنانچه بتن با آب معمولی و بدون میکرو سیلیس به عنوان نمونه مورد مقایسه در نظر گرفته شود، برای متوسط نتایج، تاثیر میکرو سیلیس در افزایش مقاومت حتی بدون آب مغناطیسی نیز قابل ملاحظه است (۲۲٪ در بتن ۷ روزه و ۳۲٪ در بتن ۲۸ روزه). بدون میکروسیلیس، آب مغناطیسی مقاومت را ۱۶٪ در بتن ۷ روزه و ۱۵٪ در بتن ۲۸ روزه افزایش می دهد. با استفاده توام میکرو سیلیس و آب مغناطیسی افزایش مقاومت بیشترین، بطوری که ۴۶٪ در بتن ۷ روزه و ۳۹٪ در بتن ۲۸ روزه می باشد. به عبارت دیگر تاثیر میکرو سیلیسِ تنها از آب مغناطیسیِ تنها بیشتر است. همچنین تاثیر آب مغناطیسی در بتن ۷ روزه بیشتر از ۲۸ روزه است زیرا آب مغناطیسی هیدراسیون را تسریع کرده و اثر افزایش مقاومت را زودتر می توان مشاهده کرد. این مهم نشان می دهد که وجود آب مغناطیسی نه تنها عمل هیدراسیون سیمان را بلکه واکنشهای انجام شده با میکروسیلیس را بهبود بخشیده است.

جدول ۱۲- طرح اختلاط بتن با آب مغناطیسی و معمولی به همراه با میکروسلیس با عیار سیمان ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب

شماره اختلاط	سیمان (kg/m³)	میکرو سلیس (kg/m³)	شن (kg/m³)	ماسه (kg/m³)	آب (kg/m³)	w/c	نوع آب
A11	۴۰۰	۴۵	۱۲۶۰	۷۲۰	۱۸۰	۰/۴۰	معمولی
B11	۴۰۰	۴۵	۱۲۶۰	۷۲۰	۱۸۰	۰/۴۰	مغناطیسی
A22	۴۰۰	۴۵	۱۱۶۰	۷۰۰	۲۰۰	۰/۴۵	معمولی
B22	۴۰۰	۴۵	۱۱۶۰	۷۰۰	۲۰۰	۰/۴۵	مغناطیسی
A33	۴۰۰	۴۵	۱۱۰۰	۷۰۰	۲۴۵	۰/۵۵	معمولی
B33	۴۰۰	۴۵	۱۱۰۰	۷۰۰	۲۴۵	۰/۵۵	مغناطیسی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۳- مقاومت فشاری بتن ۷ روزه و ۲۸ روزه مغناطیسی و معمولی به همراه با میکروسلیس با عیار سیمان ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب با نسبتهای آب به سیمان متفاوت

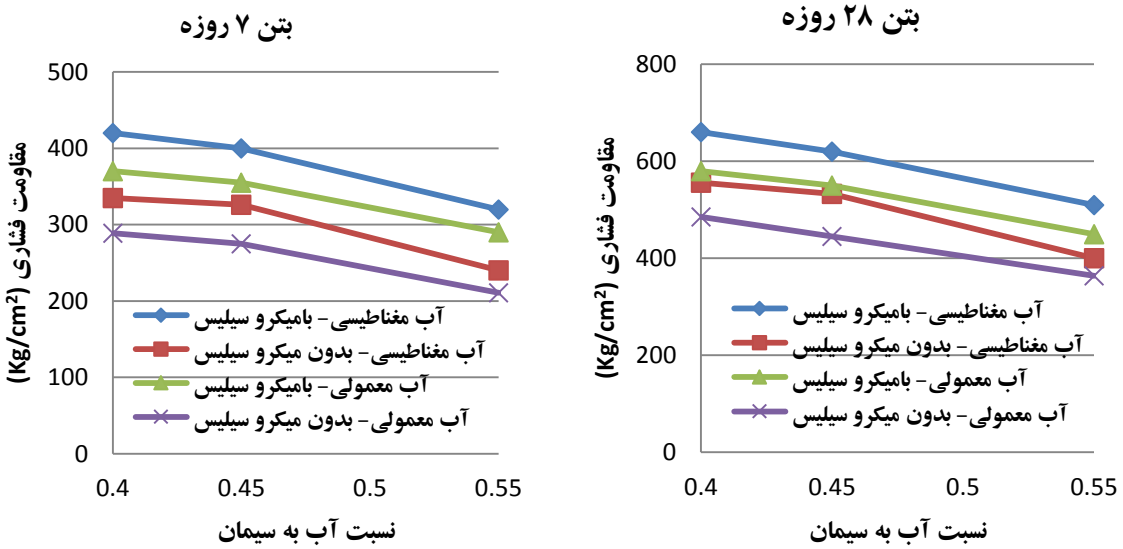
نمونه	مقاومت فشاری ۷ روزه (Kg/cm^2)	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Kg/cm^2)	درصد افزایش مقاومت ۷ روزه	درصد افزایش مقاومت ۲۸ روزه
A11	۳۷۰	۵۸۰	٪۱۵	٪۱۳
B11	۴۲۰	۶۶۰		
A22	۳۵۵	۵۵۰	٪۱۰	٪۱۳
B22	۴۰۰	۶۲۰		
A33	۲۹۰	۴۵۰	٪۱۳	٪۱۴
B33	۳۲۰	۵۱۰		

۹- خلاصه و نتیجه گیری

پیشینه تهیه و کاربرد آب مغناطیسی و اثرات مثبت آن در بهبود عملکرد بسیاری از پدیده ها مورد بررسی قرار گرفت. دستگاه تولید آب مغناطیسی طراحی و ساخته شد. بر اساس توصیه مطالعات پیشین، تاثیر آب مغناطیسی بر عملکرد سیمان از جمله اهدف این تحقیق گردید. دراین راستا سعی شد تا تاثیر آب مغناطیسی بر زمان گیرش خمیر سیمان، کارائی خمیر سیمان و بتن تر، مقاومت فشاری سیمان سخت شده و بتن، و کاربرد همزمان آن با میکرو سیلیس در حالات مختلف نسبت آب به سیمان و یا عیار سیمان مورد ارزیابی قرار گیرد. در ادامه به بررسی نتایج این تحقیق پرداخته می شود.

۱- برای شدت میدان مغناطیسی بین۰/۸ تا ۱/۰ تسلا کشش سطحی کمترین و pH آب بیشترین می باشد.

۲- استفاده از آب مغناطیسی زمان گیرش اولیه را تا ۵۰٪ و زمان گیرش ثانویه را تا ۱۹٪ کاهش می دهد.



شکل ۱۱-مقایسه مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه بتن معمولی و با آب مغناطیسی، با و بدون میکروسلیس با عیار سیمان ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب با نسبتهای آب به سیمان متفاوت

۳- میزان آب به سیمان بهینه که حداکثر مقاومت سیمان سخت شده را تامین می کند برابر ۰/۴۵ می باشد.

۴- بهترین مقاومت فشاری سیمان سخت شده با چرخش حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه ای آب در میدان مغناطیسی ۱/۰ تسلا حاصل می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۵- آب مغناطیسی باعث افزایش کارایی خمیر سیمان و یا بتن تر می شود. بطوری که بیشترین کارائی خمیر سیمان با چرخش ۶۵ دقیقه ای آب در میدان مغناطیسی ۱/۰ تسلا حاصل می شود.

۶- افزایش مقاومت ناشی از کاربرد آب مغناطیسی در بتن ۷ روزه تا ۲۰٪ و در بتن ۲۸ روزه تا ۱۴٪ می باشد. کاربرد آب مغناطیسی سرعت هیدراسیون را بیشتر نموده بطوری که نرخ افزایش مقاومت بتن با آب مغناطیسی ۷ روزه بیشتر از بتن ۲۸ روزه است.

۷- با افزایش عیار سیمان میزان افزایش مقاومت بتن با آب مغناطیسی نسبت به بتن معمولی فزاینده است. بعبارت دیگر، در عیار های سیمان بالا، همه ذرات سیمان قادر به عمل هیدراسیون نیستند، ولی آب مغناطیسی این فرصت را برای درصد بالاتری از سیمان فراهم کرده و به همین دلیل نرخ افزایش مقاومت با افزایش عیار سیمان در بتن با آب مغناطیسی بالاتر است.

۸- تأثیر میکرو سیلیس در افزایش مقاومت حتی بدون آب مغناطیسی نیز قابل ملاحظه است (۲۲٪ در بتن ۷ روزه و ۳۲٪ در بتن ۲۸ روزه). بدون میکروسیلیس، آب مغناطیسی مقاومت را ۱۶٪ در بتن ۷ روزه و ۱۵٪ در بتن ۲۸ روزه افزایش می دهد. با استفاده توام میکرو سیلیس و آب مغناطیسی افزایش مقاومت بیشترین، بطوری که ۴۶٪ در بتن ۷ روزه و ۳۹٪ در بتن ۲۸ روزه می باشد. به عبارت دیگر تاثیر میکرو سیلیسِ تنها از آب مغناطیسیِ تنها بیشتر است. همچنین تاثیر آب مغناطیسی در بتن ۷ روزه بیشتر از ۲۸ روزه است زیرا آب مغناطیسی هیدراسیون را تسریع کرده و اثر افزایش مقاومت را زودتر می توان مشاهده کرد.این مهم نشان می دهد که وجود آب مغناطیسی نه تنها عمل هیدراسیون سیمان را بلکه واکنشهای انجام شده با میکروسیلیس را بهبود بخشیده است.

۱۰- منابع

[1]. Brower, J. "Magnetic Water Treatment", Reprint of article from Pollution Engineering (2005).

[2]. Toledo, E.J.L., Ramalho, T.C. and Magriotis, Z.M., "Influence of magnetic field on physical–chemical properties of the liquid water: Insights from experimental and theoretical models" Journal of Molecular Structure, 888 409–415 (2008).

[3]. McMahon, C. A. "Investigation of the quality of water treated by magnetic fields" thesis dissertation at University of Southern Queensland (2009).

[4]. Su, N., Wu, Y. and Mar, C. "Effect of magnetic water on the engineering properties of concrete containing granulated blast-furnace slag", Cement and Concrete Research, v 30, n 4, p 599-605 (2000).

[5]. Fu, W. and Wang, Z. (1994) "In: The new technology of concrete engineering", Beijing: The Publishing House of Chinese Architectural Industry, 56–59 (1994).

[6]. Wang, L. and Zhao, S "Laboratory Studies on the Properties of Cement-BasedMaterials With Magnetic Water" Indian Concrete Journal, Vol. 82, No. 9, 17-27 (2008).

[7]. Weilin, S, Yun, L, Hanzhao, H, and Quingwang, L, "Effects of magnetic treatment on properties of cement slurry" Society of Petroleum Engineers of AIME, (Paper) SPE (1992).

[۸] . قلی زاده، مصطفی، و افشین، حسن «بتن مغناطیسی»، نشر: دانش نگار (۳۰ آذر، ۱۳۸۸) شابک: 978-964-2927-39-5

www.SID.ir

Archive of SID

Performance and Properties of Concrete with Magnetic Water

Mohammad Ali Rahgozar*
Assistant Professor, University of Isfahan, Isfahan, Iran
Mohsen Zamani
Master Civil Engineer, Shahrekod, Iran

Abstract

When subjected to a magnetic field, the hydrogen bonds between water molecules become weakened, and the water molecule clusters break down into smaller ones. This allows for the water to more easily penetrate into cement particles, causing a faster and more effective hydration process. In order to assess the effect of magnetic water on curing and workability of cement past and wet concrete, also the compressive strength of condensed cement as well as concrete, first, a magnetic treatment device was designed and built in this study. The magnetic water produced was mixed with cement to make cement pastes with different water-to-cement (w/c) ratios. Curing time, workability, and compressive strength of such cement pastes were investigated. Then, using well balanced aggregates, magnetic water, cement with different proportions, and micro-silica, concrete with different mix designs were made and tested. Among the results from this study are: 1) The optimized magnetic field intensity for producing magnetic water is 0.8 to 1.0 tesla. 2) Magnetic water reduces the primary and secondary curing of cement by 50% and 19%, respectively. 3) The best compressive strengths are obtained if the water is circulated through the magnetic field for about 15 minutes, and the best workability is obtained if this time is about 65 minutes. 4) For higher proportions of cement in mix design and the application of magnetic water, the resulted concrete compressive strength may be increased by 20% and even higher. 5) In addition to enhancing the level of cement hydration, application of magnetic water takes more advantage of micro-silica in improving concrete strength. For example, the simultaneous application of micro-silica and magnetic water increases the 7-day-strength by 46% and the 28-day-strength by 39%. It is noteworthy that if one were to choose either application of micro-silica or the magnetic water for enhancing the concrete compressive strength, results here show that the application of micro-silica is slightly more effective. In general, the application of magnetic water increases the speed of concrete strengthening and/or the hydration process. In fact the rate of this strengthening for the 7-day-concrete is much more than that for the 28-day-concrete.

Keywords: Magnetic water, concrete with magnetic water, compressive strength, workability, micro-silica.

* Corresponding Author: rahgozar@eng.ui.ac.ir

www.SID.ir