



دانشگاه ایوانکی  
University of Evvankey

کنفرانس ملی علوم پایه و مهندسی

با محوریت اقتصاد مقاومتی و صنعت دانش بنیان

SCIENG 2017 The National Conference of Fundamental and Engineering Sciences



## امکان سنجی استفاده از آب مغناطیسی در تولید تراورس های بتنی پیش تنیده

دکتر سید علیرضا آشفته، مدیر عامل شرکت مهندسی مشاور ژئودالامپر

### چکیده

در سالیان اخیر استفاده از افزودنی های شیمیایی و مواد گوناگون در افزایش مقاومت فشاری بتن مورد استفاده گسترده و وسیعی بوده است. تراورس های بتنی پیش تنیده در راه آهن نیز جزو بتن هایی می باشند که بایستی دارای مقاومت فشاری بالایی بوده و این مقاومت با افزودن مواد دیگر مانند افزودنی های شیمیایی و ... افزایش می یابد. در سالیان اخیر با توجه به تحقیقات گسترده ای که در زمینه آب مغناطیسی در سراسر دنیا انجام گرفته است که تاثیر مستقیمی بر روی مقاومت فشاری و کارایی بتن دارد و خواص مکانیکی بتن را بهبود می بخشد. این مقاله استفاده از آب مغناطیسی در تولید بتن تراورس را مورد بررسی قرار می دهد و نشان داده می شود که استفاده از این نوع بتن می تواند روانی بالاتر و مقاومت بیشتری بدست آورد و میزان مصرف افزودنی های شیمیایی و سیمان را کاهش داد.

### واژه های کلیدی

تراورس بتنی پیش تنیده، آب مغناطیسی، مقاومت فشاری، کارایی، خواص مکانیکی

### مقدمه

بیشتر تحقیقات در سالیان اخیر مبتنی بر مطالعات بنیادی بر روی خواص مهندسی بتن های با مقاومت بالا بوده است که مشخصات اعضای سازه ای با مصالح موجود بهبود می یابند. افزایش مقاومت فشاری بتن هدفی است که اکثر محققان در جستجوی آن می باشند بطور مثال با استفاده از تقویت کننده های فیبری در مخلوط بتن مقاومت آن را افزایش می دهند. گوپالان و حق [۱] دریافتند که با استفاده از خاکستر بادی میزان مقاومت فشاری ۲۰ درصد افزایش می یابد و محققان دیگر نیز با استفاده از ترکیب خاکستر بادی و سیلیکا و اپوکسی پلیمر و بتن پلیمری به این مهم دست یافتند. استفاده از فیبرهای بازیافتی حاصل شده از کاغذهای باطله روزنامه نیز سختی را افزایش می دهد. اما هزینه این روش ها در قیاس با فواید آنها تقریباً غیر قابل مقایسه می باشد. بنابراین محققان توجه خود را بر روی تولید بتن های اقتصادی با مقاومت های بالاتری با استفاده از فلسفه های جدی در روش های طراحی مانند آب مغناطیسی متمرکز نمودند. آب مغناطیسی آبی است که از یک میدان مغناطیسی عبور داده می شود که بسیار ارزان و دوستار محیط زیست می باشد. دستگاه های فرآوری مغناطیسی آب از یک یا چند آهنربا تشکیل می شود که درون یا اطراف خط انتقال آب نصب می شود. پیشینه آب مغناطیسی به سال ۱۸۰۳ میلادی برمی گردد وقتی برای تهیه آب جوش جهت شستشوی لباس از ۵ کتری بزرگ استفاده شد و جهت حفظ تعادل کتری ها 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



دارکوب  
www.darkoob.ir

پارکگاه اطلاع رسانی همایشها  
و کنفرانس های علمی کشور  
conferencejoo.ir

کنفرانس جو

ALL CONFERENCES IR  
مرجع نمایه کنفرانس های کشور

معمار  
وب سایت مستقل حوزه معماری



SIE

Sponsored and Indexed by  
CIVILICA  
We Respect the Science



مانند داشته و به راحتی با برس از سطوح پاک می شدند. بعد ها متوجه شدند که دو عدد از آن پنج سنگ مغناطیس طبیعی بوده است اثر میدان مغناطیسی بر آب را در سال ۱۹۰۲ فیزیکدان دانمارکی به نام هنریک آنتون لورنز مطرح کرد که موفق به اخذ جایزه نوبل فیزیک نیز گردید. وی مطرح کرد که تاثیر یک میدان مغناطیسی باعث ایجاد مولکول های قطبی آرایش یافته و از هم جدا می شوند در نتیجه آب سبکتر می شود. دولت فدراسیون روسیه در برنامه کاربرد روش های مغناطیسی در اقتصاد ملی اسنادی را ایجاد نمود که به سازمان های مربوطه سفارش استفاده از فناوری های مغناطیسی را ارائه میداد. این تصمیم به منظور اقتصادی کردن سیمان و تقویت کننده های بتن های مغناطیسی ایجاد شد که مقاومت سیمان تولیدی را افزایش می داد و طول عمر سازه ها در نتیجه آن بدست می آمد. نان و همکاران نشان دادند که استفاده از خاکستر بادی و آب مغناطیسی مقاومت بتن را در حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد اضافه می نمود. مکماهان [۲] مروری گسترده بر ادبیاتی که مدعی اثرات مثبت استفاده از آب مغناطیسی شده اند انجام داد. از جمله این اثرات مثبت می توان 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.

سو و همکاران [۳] گزارش کردند که چگونه میدان مغناطیسی قادر به شکستن مجموعه های مولکولی آب بوده و نفوذ آب را به ذرات سیمان آسان نموده و با تسهیل عمل هیدراسیون مقاومت بتن را افزایش می دهد. همچنین به بررسی میزان بهبود مقاومت فشاری و کرائی 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 کرائی و هیدراسیون بتن می شود. ایشان همچنین پیشنهاد نمودند که تاثیر همزمان آب مغناطیسی و میکرو سیلیس بر مقاومت فشاری بتن در آینده بررسی گردد.

در ایران تحقیقاتی در این زمینه انجام شده است که ساکی و همکاران [۴] اثر آب مغناطیسی را بر خواص مکانیکی بتن های آماده نشان دادند. رهگذر و زمانی [۵] با بررسی خواص آب مغناطیسی در بتن نشان دادند که شدت میدان مغناطیسی بهینه بین ۰/۸ تا ۱/۰ تسلا بوده و استفاده 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 کرائی خمیر سیمان با چرخش حدود ۶۵ دقیقه ای 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. خورشیدی و همکاران [۶] نیز نشان دادند که شدت میدان، جهت میدان، دبی آب عبوری، زمان عبور آب از دستگاه و میزان نوع ذرات کلئیدی تاثیر مستقیمی بر خواص آب مغناطیسی دارند و استفاده از این نوع آب در ساخت خمیرسیمان، روانی و مقاومت آن را به صورت نسبی تا حدود ده درصد بهبود میبخشد.

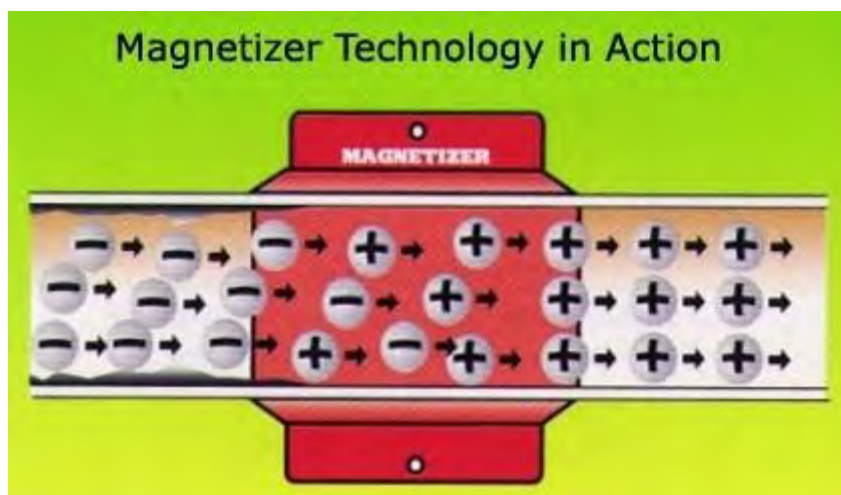
## اصول اولیه دستگاه های فرآوری مغناطیسی

اصول عمومی مربوط به تکنولوژی مغناطیسی، بر مبنای برهم کنش میان یک میدان مغناطیسی و یک بار الکتریکی متحرک است که در این سیستم به شکل یون می باشد. وقتی که یون ها از میان یک میدان مغناطیسی عبور می کنند، نیرویی به هر





یون اعمال می شود. اگر جهت این نیروها و بار الکتریکی یون ها مخالف باشند ، باعث افزایش نوسان در یون ها می شوند که منجر به تشکیل رسوب می گردد. میدان مغناطیسی باعث می شوند که یک بار الکتریکی در سطح یون های مثبت و منفی القا شود . در نتیجه به جای اینکه یون های با بار مخالف یکدیگر را جذب کنند ، همدیگر را دفع می کنند. بنابراین دو یون مثبت و منفی با بار یکسان که باید تشکیل رسوب دهند، نمی توانند به اندازه کافی به هم نزدیک شوند.



تکنولوژی مغناطیسی عموماً در مواردی که آب دارای مقادیر قابل توجهی یون های آهن باشد موثر نیست ، زیرا اثر میدان مغناطیسی روی یون های آهن بسیار زیاد است و این یون ها مانع از تاثیر میدان مغناطیسی روی یون های دیگر می شوند. اگر تکنولوژی مغناطیسی در نزدیکی خطوط نیروی برق با ولتاژ بالا (۲۲۰ ولت و ۳ فاز یا بیشتر) نصب شود اثر لازم را روی یون ها نمی گذارد زیرا خطوط نیروی قوی باعث القای یک میدان مغناطیسی ثانویه به آب می شوند و در نتیجه باعث ایجاد اشکال و کاهش میزان تاثیر فرآوری مغناطیسی می شود و باید از نصب دستگاه در نزدیکی خطوط نیروی با ولتاژ بالا تا حد امکان اجتناب شود.

درجه مغناطیسی شدن آب به سه عامل بستگی دارد:

- ✓ مقدار مایع که در تماس با آهنربا قرار دارد
- ✓ قدرت آهنربای مورد استفاده
- ✓ مدت تماس مایع با آهنربا

این سه عامل می توانند به طور طبیعی درجه مغناطیسی شدن را تعیین کنند. اگرچه ما می توانیم نیروی یک آهنربا را اندازه بگیریم ، ولی هیچ روشی برای اندازه گیری درجه مغناطیسی آب نداریم و تنها از روی علائم و تاثیرات آب مغناطیسی روی پدیده های مختلف می توان به درجه مغناطیسی شدن آن پی برد که در ادامه مطالب به آن اشاره می شود. هرچه شدت جریان عبوری از سیمها بیشتر باشد میدان مغناطیسی ایجاد شده نیز قوی تر می گردد.

### روش های تشخیص مغناطیسی شدن آب

با مغناطیسی شدن آب ، PH آن افزایش یافته و قلیائی تر می شود. با بررسی مطالعات پیشین بر روی خواص آب مغناطیسی جهت ، آزمایش تغییر کشش سطحی و آزمایش تغییر PH آب بر روی آب شرب کرج انجام گرفت. برای این منظور آب از درون





سیم پیچ های دستگاه با میدان مغناطیسی از صفر تسلا (آب معمولی) تا ۱/۲ تسلا عبور داده شد. جدول ۱ نتایج این آزمایشات را ارائه می دهد. مشاهده می شود که برای شدت میدان مغناطیسی بین ۱/۲ تا ۱ تسلا کشش سطحی و PH آب تقریباً ثابت و حداکثر است.

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	۱/۲
کشش سطحی آب (N/m)	۰/۰۷۱	۰/۰۷	۰/۰۶۷	۰/۰۶۴	۰/۰۶۱	۰/۰۶۱	۰/۰۶
PH آب	۷	۷/۱	۷/۵	۷/۷	۷/۸	۸	۸

### مشخصات مصالح مصرفی:

الف) سیمان: سیمان تیپ دو کارخانه سیمان آبیگ جهت ساخت بتن مورد استفاده قرار گرفته است که آنالیز آن در جدول (۲) درج شده است.

جدول (۲): مشخصات آنالیز فیزیکی و شیمیایی سیمان تیپ ۲ کارخانه آبیگ

آنالیز شیمیایی		مشخصات فیزیکی	
ترکیبات	مقدار (درصد)	مشخصات	مقدار
اکسید سیلیسیم	۲۰/۷۹	بلین	۳۰۸۱
اکسید آلومینوم	۴/۷۶	باقیمانده روی الک ۹۰ میکرون	۵/۷
اکسید آهن	۳/۸۶	انبساط طولی	۰/۲۱
اکسید کلسیم	۶۲/۲۸	درصد آب	۲۳
اکسید منیزیم	۳/۲۲	زمان گیرش اولیه	۱۵۳
سولفور تری اکسید	۱/۸۹	زمان گیرش ثانویه	۲۱۲
اکسید سدیم	۰/۳۷	مقاومت فشاری ۲ روزه	۱۶۰
اکسید پتاسیم	۰/۶۸	مقاومت فشاری ۳ روزه	۲۰۸
آهک آزاد	۰/۸۲	مقاومت فشاری ۷ روزه	۳۳۳
افت حرارتی	۱/۸۸	مقاومت فشاری ۲۸ روزه	۴۹۲
باقیمانده نامحلول	۰/۵۱		
سه کلسیم سیلیکات	۵۲/۶۷		
دو کلسیم سیلیکات	۱۹/۸۹		
سه کلسیم آلومینات	۶/۰۹		
چهار کلسیم آلومینو فریت	۱۱/۷۴		

ب) مصالح سنگی: مصالح سنگی مورد استفاده در کارخانه کرج ماسه دوبر شور ۸ میلی متر، شن شکسته ۸-۱۶ میلی متر و شن





شکسته ۱۶-۲۵ میلیمتر می باشد که از معادن نزدیک به شهر کرج تامین می گردد.  
(ج) آب: آب مصرفی از آب شرب شهر کرج بوده و آب مغناطیسی نیز با استناد به مشخصات مندرج در جدول (۱) تامین و مورد آزمایش قرار گرفت.  
(د) مواد افزودنی: در ساخت بتن تراورس از مواد افزودنی فوق روان کننده و از تامین کنندگان دارای استاندارد ملی ایران استفاده شده است.

## آزمایش ها و مطالعات

همانگونه که در مقدمه عنوان گردید استفاده از مواد افزودنی موجب استحکام و افزایش کارایی بتن می گردد. در بررسی اقتصادی تولید تراورس بتنی هزینه تمام شده اهمیت بسزایی دارد. قیمت مصالح اولیه برای تولید یکی از پارامترهای قابل تامل در این زمینه می باشد. با توجه به قیمت نسبتاً ثابت مصالح سنگی و سیمان پارامتر مواد افزودنی در این قسمت مورد بررسی قرار گرفت. با یک محاسبه ساده مشخص می گردد که در حال حاضر میزان مصرف ماهانه مواد افزودنی شیمیایی در ماه برای تولید تراورس بتنی به میزان ۱۰ تن می باشد که با قیمت متوسط بازار در سال ۱۳۹۵ به ازای هر کیلوگرم ۸۵۰۰۰ ریال ماهیانه مبلغ ۸۵ میلیون تومان هزینه این ماده می گردد و مقاومت اولیه را به میزان ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش می دهد. در حالیکه با هزینه کمتری می توان دستگاه تولید آب مغناطیسی را در کارخانه تولید تراورس مستقر و به همین میزان مقاومت فشاری بتن را افزایش داد که استفاده از این طرح را توجیه می نماید. از لحاظ فنی در مقیاس آزمایشگاهی نیز تعداد ۶ طرح با نسبت آب به سیمان برابر ساخته و ۳ عدد از آنها با آب مغناطیسی و ۳ عدد با آب معمولی آزمایش گردید. پارامترهای مورد بررسی در ذیل تشریح گردیده اند:

(الف) کارایی: این پارامتر با استفاده از آزمایش اسلامپ اندازه گیری و با استناد به استاندارد BS 1881 قسمت دوم انجام گرفت. نتایج آن در جدول (۳) درج شده است.

جدول (۳): اسلامپ نمونه های ساخته شده برحسب میلی متر

نمونه	S-۱	S-۲	S-۳
آب معمولی	۱۰	۱۲	۱۱
نمونه	S-۴	S-۵	S-۶
آب مغناطیسی	۱۳	۱۳	۱۴

همانگونه که در نتایج جدول فوق مشاهده می گردد میزان روانی بتن با استفاده از آب مغناطیسی به میزان حدوداً ۲۰ درصد افزایش یافته است.

(ب) گیرش بتن: گیرش بتن در نمونه های ساخته شده با استفاده از آزمون سوزن ویکات انجام شده است. در این آزمون میزان گیرش اولیه و ثانویه طرح های اختلاط ساخته شده در جدول (۴) آورده شده است. لازم بذکر است نمونه های S-۱، S-۲ و S-۳ با آب معمولی و نمونه های S-۴، S-۵ و S-۶ با آب مغناطیسی ساخته شده اند.

جدول (۴): آزمون ویکات به روی نمونه های ساخته شده برحسب دقیقه

نمونه	S-۱	S-۲	S-۳	S-۴	S-۵	S-۶
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----





مقاومت ۲۸ روزه		مقاومت ۷ روزه		مقاومت یک روزه		نمونه
نمونه اول	نمونه دوم	نمونه اول	نمونه دوم	نمونه اول	نمونه دوم	
۶۸	۶۸/۵	۵۳	۵۲/۶	۵۰/۷	۴۸/۹	S-۱
۶۷/۵	۶۷/۱	۵۷/۴	۵۴/۷	۵۰/۳	۴۷/۹	S-۲
۶۷/۳	۶۸/۹	۵۵/۸	۵۶/۹	۴۸	۴۹/۱	S-۳
۷۰/۲	۷۱/۲	۶۶/۲	۶۱/۸	۵۵	۵۲/۵	S-۴
۶۹/۹	۷۲	۶۳/۶	۶۴/۹	۵۲/۳	۵۴/۷	S-۵
۷۱/۷	۷۰	۶۵/۳	۶۵/۵	۵۵/۶	۵۳/۵	S-۶
۹۸	۱۰۱	۱۰۹	۱۴۰	۱۳۵	۱۴۲	گیرش اولیه
۱۷۲	۱۸۱	۱۷۰	۲۰۰	۱۹۳	۲۰۵	گیرش ثانویه

همانگونه که مشاهده می گردد با افزودن آب مغناطیسی زمان گیرش سیمان کاهش می یابد که کاهش زمان در گیرش اولیه بیش از گیرش ثانویه می باشد که دلیل آن تاثیر آب مغناطیسی بر هیدراتاسیون سیمان می باشد. (ج) مقاومت فشاری: مخلوط های S-۱ تا S-۶ بصورت آزمون های مکعبی با ابعاد ۱۵ سانتی متر در همه ابعاد ساخته شدند و از هر مخلوط شش نمونه ساخته شد تا با توجه به نگهداری بتن ها در بخار و حوضچه آب در آزمایشگاه شرایط واقعی شبیه سازی گردد. بدین منظور اولین سری نمونه ها در سن یک روزه و پس از بخار دهی مورد آزمایش قرار گرفتند و سایر نمونه ها پس از نگهداری در حوضچه آب در شرایط استاندارد آزمایشگاه در سن ۷ روزه و ۲۸ روزه تحت آزمون قرار گرفتند. نتایج این آزمون ها در جدول (۵) درج شده است.

جدول (۵): نتایج آزمون مقاومت فشاری برای آزمون های یک، ۷ و ۲۸ روزه برحسب مگاپاسکال

همانگونه که مشاهده می شود میزان مقاومت فشاری در بتن در نمونه های با آب مغناطیسی در مقایسه با نمونه های با آب معمولی افزایشی در حدود ۱۰ درصد داشته است. این نشان میدهد که آب مغناطیسی میزان مقاومت فشاری را می تواند افزایش دهد.

(د) تست خمش: تراورس های بتنی تولید شده تحت آزمون تست خمش استاتیکی نیز قرار می گیرند که مطابق با این آزمون چهار نمونه تراورس بتنی با آب معمولی و آب مغناطیسی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج این آزمون در جدول (۶) درج شده است.

جدول (۶): نتایج آزمون تست خمش استاتیکی برای تراورس های بتنی برحسب کیلونیوتن

تراورس با آب مغناطیسی		تراورس با آب معمولی		نمونه
نمونه اول	نمونه دوم	نمونه اول	نمونه دوم	
۵۳	۵۴	۵۱	۵۰	نتایج گزارش شده





نتایج تست خمش تراورس ها نشان می دهد که استفاده از آب مغناطیسی در این آزمون حدوداً باعث افزایش حدود ۶ درصدی میزان مقاومت خمشی شده است. استفاده از آب مغناطیسی در نگهداری بتن موردی است که در تعدادی از مطالعات [۷] مورد بررسی قرار گرفته است با توجه به اینکه میزان حجم آب تولیدی به اندازه کافی نبود به همین دلیل از آب معمولی در نگهداری آزمون ها استفاده گردید. اما نتایج تحقیقات نشان میدهند که این امر به دلیل هیدراسیون سیمان توسط کنترل دما و رطوبت به بتن می باشد. هدف نگهداری از بتن اشباع نمونه ها تا زمانی است که خلل و فرج بتن با آب پر شده و با استفاده از خاصیت موینگی بتن هیدراسیون سیمان اتفاق بیفتد. به همین دلیل بایستی از تبخیر آب درونی بتن جلوگیری شود. به دلیل ساختار ملکولی کوچکتر آب مغناطیسی از آب معمولی حرکت در داخل بتن راحت تر است و این امر موجب هیدراسیون سیمان و افزایش مقاومت فشاری بتن می گردد.

### نتیجه و جمع بندی

برای دست یابی به مقاومت های بالاتر در بتن استفاده از مواد افزودنی دارای هزینه های دائمی می باشند اما با توانمند سازی مصالح موجود و مورد استفاده علاوه بر رسیدن به این هدف می توان باعث کاهش هزینه های تولید نیز شد. استفاده از آب مغناطیسی به دلیل وجود مکانیسم های تولید دستگاه های آن در داخل کشور قابلیت استفاده بصورت صنعتی را داراست و در این مورد تراورس های بتنی راه آهن می تواند گزینه مناسبی باشد. همانگونه که نتایج نشان دادند پارامترهای روانی بتن، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی و گیرش سیمان بهبود یافته اند. دلیل این امر وقوع هیدراتاسیون سیمان و واکنش های پیوندی آب و سیمان می باشد. نگهداری از بتن در آب های مغناطیسی نیز مورد توجه قرار گرفته است و مطالعاتی نشان داده اند که این پدیده می تواند موجب افزایش خواص مکانیکی بتن گردد. وقتی که از آب مغناطیسی در تولید بتن استفاده می شود، یک لایه محافظ بسیار قوی در اطراف آرماتورها تشکیل می شود که از زنگ زدن قسمت های فلزی داخل بتن جلوگیری می کند. با کمک تکنولوژی مغناطیسی به تولید، بتن با مقاومت بالا در محیط های مهاجم مثل تغییر دمای سریع، دماهای





دانشگاه ایوانکی  
University of Evvankey

کنفرانس ملی علوم پایه و مهندسی

با محوریت اقتصاد مقاومتی و صنعت دانش بنیان

SCIENG 2017 The National Conference of Fundamental and Engineering Sciences



بالا و پایین، رطوبت زیاد، محیط نمکی و اسیدی (ساخت و ساز کرانه دریا) مقاوم است.

## مراجع

- [1] M. N., Gopalan, and M. N., Haque, “*Mix Design for Optimal Strength Development of Fly Ash Concrete*”, Cement and Concrete Research , Vol 11, P 634-641, 1191.
- [۲] McMahan, C. A. “*Investigation of the quality of water treated by magnetic fields*” thesis dissertation at University of Southern Queensland 2001.
- [3] 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 511-605, 2000
- [2] ساکی، مهدی و سایرین؛ بررسی استفاده از آب مغناطیسی در خواص بتن آماده در کارخانه نانو بتن امین ، کنفرانس بین المللی نخبگان عمران، معماری و شهرسازی، تهران، ۱۳۹۵.
- [3] رهگذر، محمد علی؛ زمانی، محسن؛ عملکرد و خواص بتن با آب مغناطیسی، تحقیقات بتن، صص ۹۹-۸۵، ۱۳۹۴.
- [4] خورشیدی، نعمت ؛ افشین، حسن؛ قلی زاده، مصطفی؛ اثر آب مغناطیسی بر روی برخی از خواص بتن تازه و سخت شده، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، ۱۳۸۳.
- [5] Ahmed, Saddam “*Effect of Magnetic Water on Engineering Properties of Concrete*” Al-Rafidain Engineering Vol.11 No.1 Feb. 2001
- [6] Reddy, S. and et al. “*Influence of Magnetic Water on Strength Properties of Concrete*”, Indian Journal of Science and Technology, Vol 1(1), 14–19, January (2014)



دارکوب  
www.darkoob.ir

پایگاه اطلاع رسانی همایشها  
و کنفرانس های علمی کشور  
conferencejoo.ir  
کنفرانس جو

CONF  
پایگاه اطلاع رسانی همایشها  
و کنفرانس های علمی کشور

ALL CONFERENCES IR  
مرجع نمایه کنفرانس های کشور

گزارش  
معمار  
وب سایت فصلنامه معماری



SIE  
Scientific Information and e-Source

Sponsored and Indexed by  
CIVILICA  
We Respect the Science