

صلى الله عليه وسلم



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیات داوران نسخه نهایی پایان نامه خانم فهیمه یوسف وند در رشته زمین شناسی مهندسی تحت عنوان: "بررسی تاثیر نوع سنگدانه در دوام بتن گوگردی" از نظر فرم و محتوا بررسی نموده و آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد و برگزاری جلسه دفاعیه در تاریخ ۹۳/۰۹/۲۳ مورد تایید قرار دادند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱ - استاد راهنما	دکتر محمدرضا نیکودل	استادیار	
۲ - استاد مشاور	مهندس امیرمازیار رئیس قاسمی	مربی	
۳ - استاد ناظر داخلی	دکتر غلامرضا شعاعی	استادیار	
۴ - استاد ناظر خارجی	دکتر جعفر سبحانی	استادیار	
۵ - نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر غلامرضا شعاعی	استادیار	

آیین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان‌ها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/رساله و درآمدهای حاصل از آن‌ها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.


تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آیین نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره های ملی، منطقه ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵ - این آیین نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیات رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم الاجرا است.

اینجانب فهیمه یوسف وند دانشجوی رشته زمین‌شناسی مهندسی ورودی سال تحصیلی ۱۳۹۱ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده علوم پایه متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه /رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشاره به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم.

امضا:

تاریخ: ۹۳/۱۰/۱۰

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس ، مبین بخشی از فعالیت های علمی- پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه ، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

"کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته زمین شناسی مهندسی است که در سال ۱۳۹۳ در دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محمدرضا نیکودل و مشاوره جناب آقای امیرمازیار رئیس قاسمی از آن دفاع شده است."

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

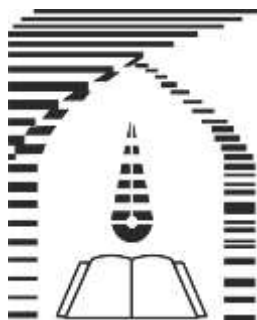
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت ، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه ، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب های عرضه شده نگارنده برای فروش ، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب فهیمه یوسف وند دانشجوی رشته زمین شناسی مهندسی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده ، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: فهیمه یوسف وند

تاریخ و امضا: ۹۳/۱۰/۱۰



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده علوم پایه

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی

تأثیر نوع سنگدانه در دوام بتن گوگردی

فهیمة یوسف وند

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا نیکودل

استاد مشاور:

مهندس امیر مازیار رئیسی قاسمی

پاییز ۱۳۹۳

تقدیم به
پدر بزرگوار و مادر مهربانم،
که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

استاد بزرگوارم

که در راه کسب علم و معرفت مریاری نمودند

و

همه کسانی که محظ اسی بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند و بر آستان گران
سنگ انسانیت سرفرودمی آورند و انسان را با همه تفاوت هایش ارج می نهند.

باشکر و سپاس

من لم یسکر المخلوق، لم یسکر الخالق

نخستین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریای بیکران اندیشه، قطره‌ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه‌های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند. لذا اکنون که در سایه سار بنده نوازی هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریکشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی‌رسید.

ابتدا از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر محمد رضا نیکودل که زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند، کمال سپاس را دارم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای مهندس امیر یار رئیس قاسمی که زحمت مشاوره این پایان نامه را متحمل شدند، صمیمانه تشکر می‌کنم.

از داوران محترم آقایان دکتر غلامرضا شاعی و دکتر جعفر سبحانی که زحمت بازخوانی و داوری این مجموعه را بر عهده داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از دوستان ارجمندم آقایان محمد عباسی، عرفان صادقی، شهرام مقامی، خانم طیبه میرجلیلی و سایر هم‌کلاسی‌های عزیزم که در تمام مراحل کاری مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده

بتن یکی از مهم‌ترین مواد مهندسی در ساخت‌وساز است. فناوری تولید بتن به منظور بهینه‌سازی خواص آن در حال توسعه روزافزون می‌باشد. بتن‌های معمولی از ترکیب سه فاز تشکیل شده است که شامل خمیر، سنگدانه‌ها و حد فاصل خمیر و سنگدانه می‌باشد. تقریباً ۷۵٪ حجم بتن متعارف را سنگدانه‌ها تشکیل می‌دهند بدیهی است ماده متشکله‌ای که چنین درصد بزرگی از بتن را تشکیل می‌دهد باید نقش مهمی در خواص بتن تازه و سخت شده داشته باشد. یکی از ویژگی‌های مورد نیاز در بتن، دوام طولانی مدت است، بر این اساس نقش سنگدانه‌ها حائز اهمیت می‌باشد. سنگدانه در ماتریس بتن مؤلفه‌ی خمیر سیمان که مستعد ابتلا به زوال است را کاهش می‌دهد. بتن گوگردی بتنی است که به جای سیمان و آب که در ساخت بتن معمولی بکار می‌رود، از گوگرد استفاده می‌شود. رایج‌ترین کاربرد بتن گوگردی در تأسیسات صنعتی خورنده است که می‌تواند در برابر حمله‌ی بسیاری از محیط‌های تهاجمی مانند اسیدها و نمک‌ها مقاومت زیادی داشته باشد. در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر ویژگی‌های برخی از انواع سنگدانه در خواص مکانیکی و دوام بتن‌های معمولی و گوگردی از ۴ نمونه سنگی که شامل آهک، تراورتن، لوماشل و کوارتزیت استفاده شده است. از این نمونه‌های سنگی، سنگدانه‌هایی با دانه‌بندی یکسان تهیه گردید و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها به دست آمد. پس از انتخاب طرح اختلاط مناسب از تمامی سنگدانه‌ها نمونه‌های بتن معمولی و گوگردی ساخته شد. سپس با گذشت زمان ۲۸ روز از ساخت بتن آزمایش مقاومت فشاری تک محوری روی آزمایش‌های مکعبی انجام گرفت. سپس از نمونه‌های موجود مغزه‌گیری به عمل آمد و برای انجام آزمایش‌های مقاومت فشاری تک محوری و برزیلی آماده شدند. با آماده سازی محیط‌های شیمیایی مورد نظر، دوام مغزه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و بعد از انجام ۶۰ چرخه‌ی تر و خشک آزمایش‌های مورد نظر انجام شد و نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه گردید و در نهایت تأثیر هر یک از ویژگی‌های سنگدانه‌ها بر مقاومت و دوام بتن بررسی شد. بررسی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد میزان افت

مقاومت نمونه‌های بتن گوگردی تحت تاثیر چرخه‌های تر و خشک شدن، تا دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بیش‌تر از نمونه‌های بتن معمولی می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان به حساس بودن گوگرد نسبت به گرما و ایجاد ریز ترک‌هایی که به مرور زمان، طی ۶۰ چرخه‌ی تر و خشک شدن رخ داده است نسبت داد. هر یک از نمونه‌های بتن ساخته‌شده با سنگدانه‌های مختلف متناسب با محیطی که در آن قرارگرفته‌اند از خود افت مقاومت نشان داده‌اند، به طوری که بتن گوگردی حاوی سنگدانه‌های آهک و تراورتن، در محلول‌های اسیدی و سولفات منیزیم و بتن گوگردی ساخته‌شده با سنگدانه‌های آهک و کوارتزیت در محلول سولفات سدیم بیش‌ترین افت مقاومت فشاری را نشان می‌دهند. در رابطه با بتن معمولی، نمونه‌های ساخته‌شده با سنگدانه‌های آهک، تراورتن و لوماشل در محلول‌های اسیدی، بتن با سنگدانه آهک، در محلول سولفات سدیم و بتن دارای سنگدانه‌های آهک، تراورتن و لوماشل در محلول سولفات منیزیم بیش‌ترین میزان افت مقاومت را نشان می‌دهند. همچنین بررسی‌ها گویای این است که از بین سنگدانه‌های کربناته، بتن گوگردی ساخته شده با لوماشل دارای وضعیت بهتری از نظر افت مقاومت فشاری می‌باشد، در حالی این سنگدانه در بتن معمولی از لحاظ افت مقاومت، رفتاری مشابه با سایر سنگدانه‌های کربناته نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: گوگرد، بتن گوگردی، دوام بتن، سنگدانه.

فهرست مطالب

۱	فصل ۱- کلیات تحقیق.....
۲	۱-۱- تعریف مسئله.....
۳	۱-۱-۱- دوام بتن گوگردی.....
۴	۲-۱- سؤالات تحقیق.....
۵	۳-۱- اهداف تحقیق.....
۵	۴-۱- فرضیه‌ها.....
۵	۵-۱- مواد و روش انجام تحقیق.....
۶	۶-۱- ساختار پایان‌نامه.....
۸	فصل ۲- مروری بر مطالعات پیشین.....
۹	۱-۲- مقدمه.....
۱۱	۲-۲- بتن معمولی.....
۱۳	۳-۲- بتن گوگردی.....
۱۵	۱-۳-۲- مزایای بتن گوگردی نسبت به بتن معمولی.....
۱۶	۲-۳-۲- معایب بتن گوگردی.....
۱۶	۴-۲- مصالح مصرفی در بتن.....
۱۶	۱-۴-۲- سیمان.....
۱۸	۱-۱-۴-۲- سیمان پرتلند.....
۱۹	۲-۱-۴-۲- مواد افزودنی بتن معمولی.....
۲۰	۳-۱-۴-۲- سیمان گوگردی و مواد افزودنی.....
۲۳	۲-۴-۲- سنگدانه.....
۲۴	۵-۲- دوام و پایداری بتن.....
۲۴	۱-۵-۲- زوال با واکنش‌های شیمیایی.....
۲۵	۱-۱-۵-۲- حمله اسیدی.....
۲۶	۲-۱-۵-۲- واکنش‌های موثر در تشکیل محصولات انبساطی.....
۲۷	۲-۵-۲- تخریب ناشی از تبلور نمک‌ها در حفرات.....
۲۸	۱-۲-۵-۲- حمله سولفاتی.....
۳۰	۲-۲-۵-۲- واکنش قلیایی- کربناتی.....
۳۱	۳-۵-۲- دوام بتن معمولی.....
۳۲	۴-۵-۲- دوام بتن گوگردی.....
۳۶	فصل ۳- مواد و روش‌های تحقیق.....

۳۷	۱-۳- مقدمه
۳۸	۲-۳- سنگدانه‌های مورد استفاده در ساخت بتن
۳۸	۳-۳- جایگاه زمین‌شناسی سنگ‌های مورد استفاده در تهیه سنگدانه‌ها
۳۸	۱-۳-۳- آهک
۳۹	۲-۳-۳- تراورتن
۴۱	۳-۳-۳- ماسه‌سنگ کوارتزیتی
۴۲	۴-۳-۳- لوماشل (سنگ آهک زیست تخریبی)
۴۳	۴-۳- آماده سازی سنگدانه‌ها
۴۴	۵-۳- آزمایش‌های انجام‌شده
۴۴	۱-۵-۳- آزمایش دانه‌بندی سنگدانه‌ها
۴۶	۲-۵-۳- آزمایش تعیین وزن واحد حجم سنگدانه‌ها
۴۷	۳-۵-۳- آزمایش جذب رطوبت
۴۸	۴-۵-۳- آزمایش تعیین تخلخل سنگدانه‌ها
۴۹	۵-۵-۳- آزمایش ارزش ضربه‌ای
۵۰	۶-۵-۳- بررسی میکروسکوپی سنگدانه‌ها
۵۴	۶-۳- نیاز دستگاهی
۵۵	۷-۳- تعیین طرح اختلاط بتن
۵۷	۸-۳- ساخت بتن
۵۹	۹-۳- نمونه‌گیری
۶۱	۱۰-۳- عمل‌آوری بتن
۶۱	۱۱-۳- بتن سخت شده
۶۲	۱-۱۱-۳- چگالی بتن سخت شده
۶۲	۲-۱۱-۳- مقاومت فشاری
۶۲	۳-۱۱-۳- تهیه مغزه از بتن
۶۳	۱۲-۳- دوام بتن
۶۵	۱-۱۲-۳- تغییرات وزن
۶۵	۲-۱۲-۳- مقاومت کششی برزیلی (دو نیم کردن)
۶۶	۳-۱۲-۳- مقاومت فشاری تک محوری
۶۷	۴- فصل بحث و تحلیل نتایج
۶۸	۱-۴- مقدمه
۶۸	۲-۴- نتایج آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی صورت گرفته بر روی سنگدانه‌ها
۶۸	۱-۲-۴- دانه‌بندی

۶۸	..... وزن واحد حجم
۶۹	..... تخلخل و جذب رطوبت
۶۹	..... ارزش ضربه‌ای
۶۹	..... نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر روی بتن
۷۰	..... نتایج آزمایش اسلامپ بتن
۷۰	..... نتایج تعیین وزن واحد حجم بتن
۷۱	..... نتایج مقاومت فشاری تک محوری بتن
۷۲	..... نتایج حاصل از تغییرات وزن نمونه‌ها بعد از انجام چرخه‌های تر و خشک
۷۵	..... تجزیه و تحلیل نتایج مقاومت بتن بعد از انجام چرخه‌های تر و خشک
۷۶	..... بررسی بتن‌ها از نظر مقاومت فشاری تک محوری
۷۶	..... بتن گوگردی با سنگدانه‌ی آهک
۷۷	..... بتن گوگردی با سنگدانه‌ی تراورتن
۷۸	..... بتن گوگردی با سنگدانه‌ی لوماشلی
۸۰	..... بتن گوگردی با سنگدانه‌ی کوارتزیت
۸۲	..... بتن معمولی با سنگدانه‌ی آهکی
۸۳	..... بتن معمولی با سنگدانه‌ی تراورتن
۸۴	..... بتن معمولی با سنگدانه‌ی لوماشل
۸۵	..... بتن معمولی با سنگدانه کوارتزیت
۸۶	..... بررسی بتن‌ها از نظر مقاومت کششی
۸۶	..... بتن گوگردی
۸۸	..... بتن معمولی
۹۱	..... فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۹۲	..... ۱-۵- مقدمه
۹۲	..... ۲-۵- نتیجه‌گیری
۹۴	..... ۳-۵- پیشنهادها
۹۵	..... فهرست مراجع

فهرست جداول

جدول ۱-۲: انواع سیمان پرتلند.....	۱۸
جدول ۲-۲: ترکیبات اصلی سیمان پرتلند.....	۱۹
جدول ۳-۲: آنالیز یک نمونه سیمان نوع II.....	۱۹
جدول ۱-۳: ترکیب کانی‌شناسی و بافت سنگدانه‌ها.....	۵۰
جدول ۲-۳: طرح اختلاط بتن معمولی.....	۵۶
جدول ۳-۳: طرح اختلاط بتن گوگردی.....	۵۷
جدول ۱-۴: عدد اسلامپ نمونه‌های بتن معمولی.....	۷۰
جدول ۲-۴: وزن واحد حجم بتن معمولی تازه.....	۷۰
جدول ۳-۴: وزن واحد حجم بتن گوگردی تازه.....	۷۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۲: مقاومت فشاری بتن گوگردی پس از ۷ روز غوطه‌وری در اسید سولفوریک.....	۳۳
شکل ۲-۲: کاهش وزن بتن به دلیل حمله اسید سولفوریک.....	۳۳
شکل ۱-۳: موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی محل نمونه‌برداری از سنگ آهک.....	۳۹
شکل ۲-۳: موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی نمونه‌برداری از سنگ تراورتن.....	۴۰
شکل ۳-۳: موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی نمونه‌برداری از سنگ کوارتزیت.....	۴۱
شکل ۴-۳: موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی نمونه‌برداری از سنگ لوماشل.....	۴۳
شکل ۵-۳: دسته‌بندی سنگدانه‌ها.....	۴۴
شکل ۶-۳: منحنی دانه‌بندی سنگدانه‌های ریزدانه.....	۴۵
شکل ۷-۳: منحنی دانه‌بندی سنگدانه‌های درشت‌دانه.....	۴۵
شکل ۸-۳: وزن واحد حجم سنگدانه‌ها.....	۴۷
شکل ۹-۳: درصد جذب آب سنگدانه‌ها.....	۴۸
شکل ۱۰-۳: درصد تخلخل سنگدانه‌ها.....	۴۹
شکل ۱۱-۳: نتایج آزمون ارزش ضربه‌ای سنگدانه‌ها.....	۵۰

- شکل ۳-۱۲: تصویر مقطع نازک میکروسکوپی نمونه سنگ لوماشل ۵۱
- شکل ۳-۱۳: تصویر مقطع نازک میکروسکوپی نمونه سنگ تراورتن ۵۲
- شکل ۳-۱۴: تصویر مقطع نازک میکروسکوپی نمونه سنگ اهنک ۵۲
- شکل ۳-۱۵: تصویر مقطع نازک میکروسکوپی نمونه سنگ کوارتزیت ۵۳
- شکل ۳-۱۶: دیگ دو جداره و قالب‌های مکعبی ۵۴
- شکل ۳-۱۷: دستگاه ساخت معمولی ۵۷
- شکل ۳-۱۸: قالب‌گیری از بتن معمولی ۵۸
- شکل ۳-۱۹: اسلامپ‌گیری از بتن ۵۸
- شکل ۳-۲۰: ساخت بتن گوگردی ۵۹
- شکل ۳-۲۱: نمونه‌گیری از بتن معمولی ۶۰
- شکل ۳-۲۲: نمونه‌گیری از بتن گوگردی ۶۰
- شکل ۳-۲۳: عمل‌آوری بتن معمولی ۶۱
- شکل ۳-۲۷: گرفتن مغزه از بتن ۶۳
- شکل ۳-۲۸: مغزه‌های تهیه شده از بتن معمولی ۶۳
- شکل ۳-۲۹: نحوه نام‌گذاری مغزه‌ها ۶۴
- شکل ۳-۳۰: نحوه قرارگیری مغزه‌ها در محلول شیمیایی ۶۴
- شکل ۳-۳۱: انجام چرخه‌های تر و خشک بر روی مغزه‌های تهیه شده از هر دو نوع بتن ۶۵
- شکل ۳-۳۲: نمونه‌های شکسته شده در آزمایش برزیلی ۶۶
- شکل ۳-۳۳: نمونه‌های شکسته شده در آزمایش مقاومت فشاری تک محوری (a: گوگردی و b: معمولی) ۶۶
- شکل ۴-۱: وزن واحد حجم بتن معمولی ۷۱
- شکل ۴-۲: نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوری ۲۸ روزه بتن معمولی ۷۲
- شکل ۴-۳: نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک محوری ۲۸ روزه بتن گوگردی ۷۲
- شکل ۴-۴: نمودار درصد افت وزنی مغزه‌ها، (الف) بتن گوگردی و (ب) بتن معمولی در محلول H_2SO_4 ۷۳
- شکل ۴-۵: نمودار درصد افت وزنی مغزه‌ها، (الف) بتن گوگردی و (ب) بتن معمولی در محلول HCl ۷۳
- شکل ۴-۶: نمودار درصد افت وزنی مغزه‌ها (الف) بتن گوگردی و (ب) بتن معمولی در محلول Na_2SO_4 ۷۴
- شکل ۴-۷: نمودار درصد افت وزنی مغزه‌ها (الف) بتن گوگردی و (ب) بتن معمولی در محلول $MgSO_4$ ۷۴
- شکل ۴-۸: نمودار درصد افت وزنی مغزه‌ها (الف) بتن گوگردی و (ب) بتن معمولی در محلول $NaCl$ ۷۵
- شکل ۴-۹: بتن در محلول HCl بعد از ۶۰ چرخه شکل ۴-۱۰: بتن در محلول H_2SO_4 بعد از ۶۰ چرخه ۷۶
- شکل ۴-۱۱: نمودار درصد افت وزنی بتن گوگردی با سنگدانه‌های آهکی ۷۷
- شکل ۴-۱۲: نمودار درصد افت مقاومت فشاری تک محوری بتن گوگردی با سنگدانه‌ی آهکی ۷۷

- شکل ۴-۱۳: نمودار درصد افت مقاومت فشاری تک محوری بتن گوگردی با سنگدانه‌ی تراورتنی..... ۷۸
- شکل ۴-۱۴: نمودار درصد افت وزنی بتن گوگردی با سنگدانه‌های تراورتنی..... ۷۸
- شکل ۴-۱۵: نمودار درصد افت وزنی بتن گوگردی با سنگدانه‌های لوماشلی..... ۷۹
- شکل ۴-۱۶: نمودار درصد افت مقاومت فشاری تک محوری بتن گوگردی با سنگدانه‌ی لوماشلی..... ۷۹
- شکل ۴-۱۷: نمودار درصد افت مقاومت فشاری تک محوری بتن گوگردی با سنگدانه‌ی کوارتزیتی..... ۸۰
- شکل ۴-۱۸: نمودار درصد افت وزنی بتن گوگردی با سنگدانه‌های کوارتزیتی..... ۸۰
- شکل ۴-۱۹: نمودار درصد افت مقاومت فشاری تک محوری بتن معمولی با سنگدانه‌ی آهکی..... ۸۲
- شکل ۴-۲۰: نمودار درصد افت وزنی بتن معمولی با سنگدانه‌های آهکی..... ۸۲
- شکل ۴-۲۱: نمودار درصد افت وزنی بتن معمولی با سنگدانه‌های تراورتنی..... ۸۳
- شکل ۴-۲۲: نمودار درصد افت مقاومت فشاری تک محوری بتن معمولی با سنگدانه‌ی تراورتنی..... ۸۳
- شکل ۴-۲۳: نمودار درصد افت مقاومت فشاری تک محوری بتن معمولی با سنگدانه‌ی لوماشلی..... ۸۴
- شکل ۴-۲۴: نمودار درصد افت وزنی بتن معمولی با سنگدانه‌های لوماشلی..... ۸۴
- شکل ۴-۲۵: نمودار درصد افت مقاومت فشاری تک محوری بتن معمولی با سنگدانه‌ی کوارتزیتی..... ۸۵
- شکل ۴-۲۶: نمودار درصد افت وزنی بتن معمولی با سنگدانه‌های کوارتزیتی..... ۸۵
- شکل ۴-۲۷: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن گوگردی در محلول H_2SO_4 ۸۶
- شکل ۴-۲۸: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن گوگردی در محلول HCl ۸۷
- شکل ۴-۲۹: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن گوگردی در محلول Na_2SO_4 ۸۷
- شکل ۴-۳۰: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن گوگردی در محلول $MgSO_4$ ۸۷
- شکل ۴-۳۱: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن گوگردی در محلول $NaCl$ ۸۸
- شکل ۴-۳۲: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن معمولی در محلول H_2SO_4 ۸۹
- شکل ۴-۳۳: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن معمولی در محلول HCl ۸۹
- شکل ۴-۳۴: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن معمولی در محلول Na_2SO_4 ۹۰
- شکل ۴-۳۵: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن معمولی در محلول $MgSO_4$ ۹۰
- شکل ۴-۳۶: نمودار درصد افت مقاومت کششی بتن معمولی در محلول $NaCl$ ۹۰

فصل ۱

کلیات تحقیق

۱-۱- تعریف مسئله

بتن ماده‌ی مرکبی است که اساساً از یک محیط چسباننده که در آن ذرات یا قطعات سنگدانه جای گرفته‌اند تشکیل شده است. سنگدانه مواد طبیعی یا مصنوعی دانه‌ای مانند ماسه، شن، سنگ خردشده، سر باره خردشده کوره‌های آهن‌گدازی^۱ می‌باشند که با محیطی سیمانی برای تولید بتن یا ملات استفاده می‌شوند (Mehta, 1986).

سنگدانه‌ها سه چهارم حجم بتن را تشکیل می‌دهند. شکل ظاهری، اندازه و ابعاد، مشخصات سطح ذرات و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن از جمله ویژگی‌های یک مصالح سنگی است که در محیط همگن و یکپارچه تأثیرگذار است. سنگدانه‌ها نه تنها در مقاومت بتن مؤثرند، بلکه دوام و پایداری بتن تا حد زیادی تحت تأثیر آن‌ها می‌باشد. از این رو خواص زمین‌شناسی و مهندسی مصالح سنگدانه‌ها تأثیر عمده‌ای بر مقاومت بتن و دیگر خصوصیات بتن دارد (شریفی، ۱۳۸۷).

یکی از ویژگی‌های مورد نیاز در بتن، دوام طولانی مدت است، بر این اساس نقش سنگدانه‌ها حائز اهمیت می‌باشد. سنگدانه در ساختار بتن مولفه‌ی خمیر سیمان که مستعد ابتلا به زوال است را

^۱ - Crushed Blast-furnace Slag

کاهش می‌دهد. سنگدانه‌ها در برابر عوامل مخرب بیرونی مقاوم‌تر هستند و معمولاً نسبت به ماتریس نفوذپذیری کمتری دارند (Alexander and Mindess, 2010).

۱-۱-۱- دوام بتن گوگردی^۱

بتن گوگردی بتنی است که به جای سیمان و آب که در ساخت بتن معمولی بکار می‌رود، از گوگرد استفاده می‌شود و یک ترکیب ترموپلاستیک (پلیمری که با افزایش دما بدون تغییر شیمیایی ذوب می‌شود) است که از سنگدانه‌های معدنی، پرکننده^۲ و گوگرد به عنوان یک چسباننده^۳ (به جای سیمان و آب) در دمای بالاتر از نقطه‌ی سفت شدن^۴ گوگرد (۱۲۰°C) ساخته می‌شود (Vlahovic et al., 2011).

سنگدانه‌ها باید در برابر حمله شیمیایی محیطی که در آن قرار می‌گیرند مقاوم باشند. به عنوان مثال سنگدانه‌های کوارتزی برای استفاده در محیط‌های اسیدی و نمک مناسب هستند، درحالی‌که سنگدانه‌های آهکی برای محیط‌های نمکی مناسب، اما برای محیط‌های اسیدی نامناسب‌اند. سنگدانه‌های خردشده نسبت به آن‌هایی که گرد هستند، ترجیح داده می‌شوند زیرا بتن تولید شده با آن‌ها با استحکام بالاتری دارد. از سنگدانه‌های متخلخل تا حد امکان نباید در ساخت بتن استفاده نمود. سنگدانه‌ها باید بسیار غیرقابل نفوذ و بسیار مقاوم نسبت به تنش‌های انجماد-ذوب باشند. حداکثر جذب رطوبت باید کمتر از ۱ درصد برای درشت‌دانه‌ها و کمتر از ۲ درصد برای ریزدانه‌ها باشد. بتن گوگردی نباید حاوی رس متورم شونده باشد چون این رس می‌تواند باعث شکست زودرس شود (نقل از ACI, 1993).

^۱- Sulfur Concrete

^۲- Filler

^۳- Binder

^۴- Hardening Point

تحقیقات صورت گرفته در رابطه با رفتار بتن گوگردی در مجاورت کلروسدیم با توجه به خوردگی آرماتورهای فولادی انجام شده است که نشانگر مقاومت عالی این نوع بتن در برابر یون‌های کلر در مقایسه با بتن معمولی می‌باشد (Yuan and Chen, 1980).

مزایای بتن گوگردی همراه با پیش‌بینی‌هایی برای تداوم قیمت پایین گوگرد محرکی برای تحقیق، توسعه و استفاده از این ماده می‌باشد. هرچند که بتن گوگردی نمی‌تواند به عنوان یک جایگزین کلی برای بتن معمولی در نظر گرفته شود، اما در کارهایی که بتن معمولی مناسب نیست استفاده از آن اولویت دارد (Loov *et al.*, 1947).

در این تحقیق به بررسی تأثیر نوع سنگدانه‌ها به ویژه مصالح غیر متداول مانند سنگدانه‌های با تخلخل و نفوذپذیری بالا در دوام بتن گوگردی و بتن سیمان پرتلند (بتن معمولی) پرداخته می‌شود، به عنوان مثال لوماشل^۱ به دلیل تخلخل زیاد و جذب آب بالا در ابتدا باعث افزایش مقاومت ناحیه اتصال شده و در سنین بالا باعث کاهش مقاومت بتن می‌گردد (شریفی، ۱۳۸۷).

بدین منظور ۴ نوع سنگدانه مختلف که عبارتند از لوماشل (سنگ آهک زیست تخریبی)، آهک، تراورتن و ماسه‌سنگ کوارتزیتی انتخاب شده است. پس از تهیه بتن‌های مورد نظر آن‌ها را درون محلول‌های مختلفی که شامل HCl ، H_2SO_4 ، $NaCl$ ، Na_2SO_4 و $MgSO_4$ می‌باشند قرار داده تا تأثیر این محلول‌ها با گذشت زمان بر مقاومت بتن مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۲- سوالات تحقیق

۱. آیا نوع سنگدانه می‌تواند در دوام بتن گوگردی تأثیرگذار باشد؟
۲. آیا سنگدانه‌هایی که در تهیه بتن حاوی سیمان پرتلند مناسب نیستند می‌توانند عملکرد خوبی از نظر دوام در بتن گوگردی داشته باشند؟
۳. ارتباط بین دوام بتن گوگردی با بتن معمولی که از یک سنگدانه ساخته شده‌اند چگونه است؟

^۱ - Coquina