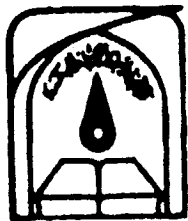


2000

2000

2000



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

**پایان نامه کارشناسی ارشد
مهندسی راه و ترابری**

**کاربرد بتن با مقاومت بالا
در روسازی**

محمد شرکاء

استاد راهنما

دکتر ابوالفضل حسنی

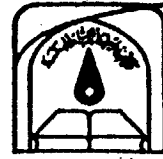
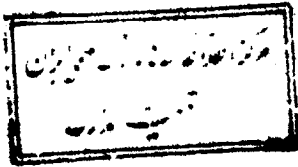
استاد مشاور

دکتر امیر کاووسی

زمستان ۱۳۷۷


۳۳۱۱/۲

۲۷۸۳۷




تاییدیه هیات داوران

آقای محمد شرکاء پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان کاربرد بتن با مقاومت بالا در روسازی در تاریخ ۷۷/۱۲/۱۹ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران باگرایش راه و ترابری پیشنهاد می کنند.

امضاء	نام و نام خانوادگی	اعضای هیات داوران
	آقای دکتر حسنی	۱- استاد راهنما:
	آقای دکتر کاووسی	۲- استاد مشاور:
	آقای دکتر صفارزاده	۳- استادان ممتحن:
	آقای دکتر حسین رجائی	
	آقای دکتر ماکارچی	۴- مدیر گروه:
		(یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه / رساله مورد تأیید است.
 امضای استاد راهنما:





شماره:

تاریخ:

پیوست:

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 فعالیتهای 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 مرکز نشر 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 / رساله دکتری نگارنده در رشته ^{معماری} ~~معماران~~ - راه ^{آزمایشی} ~~آزمایش~~ است که در سال ۱۳۷۷ در دانشکده ^{معماری} ~~معماران~~ دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر ^{معماری} ~~معماران~~ و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر ^{معماری} ~~معماران~~ از آن دفاع شده است.

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های نشریات دانشگاه تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر 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 کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب ^{معماری} ~~معماران~~، دانشجوی رشته ^{معماری} ~~معماران~~ - راه ^{آزمایشی} ~~آزمایش~~ مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

تشکر و قدردانی

با حمد و سپاس به درگاه ایزد متعال، بر خود لازم می دانم که از استاد محترم جناب آقای دکتر ابوالفضل حسینی که به عنوان استاد راهنما عهده دار هدایت این پایان نامه بوده و در امر راهنمایی، بررسی و تکمیل آن زحمات زیادی متحمل شده اند صمیمانه تشکر نمایم. و نیز از همکاری استاد مشاور آقای دکتر امیر کاووسی قدردانی می گردد. همچنین از سرکار خانم مهندس جعفرپور کارشناس ارشد بخش مصالح ساختمان که در تکمیل این پایان نامه از هیچ کوششی دریغ نورزیدند صمیمانه تشکر و قدردانی می شود. در ضمن از همکاری علمی و اجرایی محققین و همکاران مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (بخش بتن) بویژه سرکار خانم مهندس پرهیزکار که با در اختیار گذاشتن امکانات موجود، اینجانب را در اجرای پایان نامه یاری نموده اند سپاسگزاری می گردد.

جا دارد از شرکت محترم وندشیمی و اتروپات شیمی به لحاظ همکاری در تامین مصالح مورد نیاز پروژه تشکر و قدردانی گردد.

این پروژه در بخش عمران گروه راه و ترابری دانشگاه تربیت مدرس به تصویب رسیده و در بخش مصالح و بتن مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن اجراء گردید.

مؤلف

پیش‌گفتار

پایان نامه ای را که پیش رو دارید، مجموعه ای است از اطلاعات جمع‌آوری شده در خصوص روسازیهای صلب یا بتنی، شامل: تعاریف، تاریخچه ای از مطالعات، تحقیقات و آزمایشهای انجام پذیرفته و مدل‌های ارائه شده، انواع تنشهای حاصل در روسازی های بتنی و روشهای مختلف طرح روسازیهای بتنی است. که در فصل اول، به تاریخچه دوده سیلیسی اشاره شده است.

در فصل دوم، مصالح مورد استفاده در مخلوط بتن مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل سوم، تنشهای ایجاد شده در روسازیهای بتنی و همچنین انواع روشهای طرح روسازیهای صلب توضیح داده شده است.

فصل چهارم، شامل طرح اختلاط، تهیه نمونه ها، روش انجام آزمایشها و همچنین عمل‌آوری بتن معمولی و بتن دارای دوده سیلیسی است.

ارائه نتایج به دست آمده از انجام آزمایشهای لازم و نقد و بررسی نتایج که منجر به ارائه طراحی روسازی با استفاده از دوده سیلیسی و مقایسه آن با روسازی های معمولی شده است، در فصل پنجم مورد بررسی قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری انجام این پژوهش در فصل ششم ارائه شده است.

ضمناً منابع و مراجع بر حسب حروف الفبای فارسی و انگلیسی تنظیم شده است.

امید است که این پژوهش محدود، برای کلیه تحقیقات ارزشمند و مفیدی که در آینده صورت خواهد پذیرفت مفید باشد.

محمد شرکاء

زمستان ۱۳۷۷

چکیده

روسازی ها از دیدگاه نحوه گسترش تنش در آنها و نحوه تحمل بارهای وارده، به دو دسته کلی روسازی های انعطاف پذیر (آسفالتی) و روساز های صلب (بتنی) تقسیم می گردند. روسازی های انعطاف پذیر که شامل انواع روسازی های آسفالتی و شنی می باشند، روسازی هایی هستند که در آنها از لایه هایی با سختی کم استفاده می شود. این نوع روسازی ها بارهای خارجی را بدون گسترش زیاد و در یک سطح نسبتا کوچک به خاک بستر روسازی منتقل می کنند. در روسازی های انعطاف پذیر، خاک بستر نقش فوق العاده مهمی را در طرح روسازی ایفا می کند و از این نظر بررسی و مطالعه خاک بستر روسازی باید با دقت بیشتری انجام شود. روسازی های سخت که شامل روسازی های بتنی هستند، به روسازی هایی اطلاق می شوند که در آنها از یک یا چند لایه با سختی زیاد استفاده می شود. این نوع روسازی ها بارهای خارجی را بدون تغییر شکل (صفحه بتنی) در یک سطح نسبتا وسیع تر به خاک بستر روسازی منتقل می نمایند.

یکی از دلایل اصلی استفاده از روسازی های صلب (بتنی) بر دیگر روسازی ها، کارایی و مقاومت بالا و عمر مفید بیشتر نسبت به دیگر روسازی ها است. لیکن دیده شده است که در روسازی های بتنی نیز بعضی عوامل می توانند تا حد زیادی عمر و مقاومت روسازی را تحت تاثیر قرار دهند. از آن جمله می توان به نفوذپذیری اشاره کرد که باعث جذب آب بیشتر، کاهش دوام بتن می شود. در نتیجه با استفاده از دوده سیلیسی به عنوان یک ماده افزودنی در روسازی های بتنی، ضرایب مقاومتی نظیر مقاومت خمشی و کششی را می توان افزایش داد. از اینرو با اضافه کردن درصد مشخصی دوده سیلیسی می توان تا حد قابل ملاحظه ای باعث افزایش مقاومت های فشاری، کششی، خمشی و کاهش سایش، نفوذپذیری و غیره شد. با توجه به موارد اشاره شده در بالا می توان با استفاده از این ماده، ضخامت روسازی را نیز کاهش داد. که این موضوع در کاهش تنش های ناشی از تغییرات دما و رطوبت تاثیر بسزایی دارد.

واژگان کلیدی: روسازی بتنی - دوده سیلیسی - مقاومت بالا - تنش - ضخامت روسازی - افزودنی

فهرست مطالب

فصل اول- کلیات

- ۱-۱ کلیات ۱
- ۲-۱ مقدمه ۳
- ۳-۱ تاریخچه استفاده از دوده سیلیسی و مصرف آن در بتن ۴
- ۴-۱ سابقه تولید دوده سیلیسی در ایران ۵
- ۵-۱ خواص و ویژگی دوده سیلیسی ایران ۷
- ۱-۵-۱ خصوصیات مکانیکی و فیزیکی دوده سیلیسی تولید داخل ۸
- ۲-۵-۱ خصوصیات شیمیایی و فعالیت پوزولانی ۱۰
- ۶-۱ تاثیر دوده سیلیسی بر خواص بتن ۱۲
- ۷-۱ کاربرد دوده سیلیس در سیمان و بتن ۱۳
- ۸-۱ ویژگیهای دوده سیلیسی ۲۲
- ۹-۱ مطالعات علمی و تخصصی انجام شده ۲۳

فصل دوم- مصالح مصرفی در بتن

- ۱-۲ مقدمه ۲۶
- ۲-۲ سنگدانه ها ۲۶
- ۳-۲ سیمان ۳۱
- ۴-۲ آب ۳۵
- ۵-۲ افزودنی ها ۳۵
- ۱-۵-۲ اصلاح خواص بتن ۳۶
- ۲-۵-۲ ضوابط استفاده از مواد مضاف ۳۷
- ۶-۲ فوق روان کننده ها ۳۷

فصل سوم- تنشها در روسازی های بتنی

۴۰	۱-۳ مقدمه
۴۱	۲-۳ تنشها در روسازیهای بتنی
۴۱	۱-۲-۳ تنشهای حاصل از خمش
۴۲	۲-۲-۳ سختی نسبی دالها
۴۳	۳-۲-۳ ضریب عکس العمل خاک بستر
۴۴	۴-۲-۳ تنشهای حاصل از پیچش دمایی دالها
۴۷	۵-۲-۳ تنشهای اصطکاکی
۵۰	۶-۲-۳ تنشهای حاصل از بارگذاری
۵۳	۳-۳ روشهای طرح روسازیهای صلب
۵۳	۱-۳-۳ مقدمه
۵۴	۲-۳-۳ روش انجمن سیمان پرتلند P.C.A.
۵۶	۳-۳-۳ روش گروه مهندسان آمریکا
۵۶	۴-۳-۳ روش آژانس هوانوردی فدرال F.A.A
۵۷	۵-۳-۳ روش اجزای محدود
۵۹	۶-۳-۳ روش ACI
۶۱	۷-۳-۳ روش AASHTO
۶۶	۸-۳-۳ روش شماره طبقه بندی بار (LCN)
۶۷	۹-۳-۳ مرکز پژوهش حمل و نقل راه انگلستان

فصل چهارم- روشهای انجام تحقیق

۶۹	۱-۴ مقدمه
۷۱	۲-۴ طرح اختلاط
۷۱	۱-۲-۴ مصالح سنگی
۷۷	۲-۲-۴ نسبت اختلاط
۸۱	۳-۲-۴ تهیه نمونه ها
۸۲	۱-۳-۲-۴ تهیه بتن دوده سیلیسی

۲-۳-۲-۴ بتن ریزی و نگهداری اولیه	۸۲
۳-۴ روش انجام آزمایشها	۸۴
۱-۳-۴ آزمایش خمشی	۸۴
۲-۳-۴ آزمایش کششی	۸۷
۳-۳-۴ آزمایش فشاری	۸۹
۴-۳-۴ آزمایش نفوذپذیری	۹۰
۵-۳-۴ آزمایش جمع شدگی	۹۲
۶-۳-۴ آزمایش سایش	۹۴
۷-۳-۴ آزمایش مدول الاستیسیته	۹۶
۴-۴ عمل آوری	۹۹
۱-۴-۴ عمل آوری بتن معمولی	۹۹
۲-۴-۴ عمل آوری دوده سیلیسی	۱۰۰

فصل پنجم- تجزیه و تحلیل نتایج

۱-۵ مقدمه	۱۰۲
۲-۵ نتایج آزمایشها	۱۰۲
۱-۲-۵ آزمایش خمشی	۱۰۲
۲-۲-۵ آزمایش کششی	۱۰۴
۳-۲-۵ آزمایش فشاری	۱۰۶
۴-۲-۵ آزمایش نفوذپذیری	۱۰۸
۵-۲-۵ آزمایش سایش	۱۱۰
۶-۲-۵ آزمایش جمع شدگی	۱۱۱
۷-۲-۵ آزمایش مدول الاستیسیته	۱۱۴
۳-۵ طراحی روسازی بتنی به روش اشتو	۱۱۶

فصل ششم- جمع بندی و نتیجه گیری

۱-۶ خلاصه	۱۲۰
۲-۶ نتیجه گیری	۱۲۰

عنوان

صفحه

۱۲۲..... ۳-۶ پیشنهادها

۱۲۳..... مراجع

فهرست جداول

- ۱-۱ ترکیبات دوده سیلیس ۷
- ۲-۱ حدود ترکیبات شیمیایی دوده سیلیسی داخل و خارج ۱۰
- ۳-۱ فعالیت پوزولانی دوده سیلیسی ۱۱
- ۴-۱ ضرایب حرارت زایی دوده سیلیس ۱۷
- ۳-۱ ضریب انتقال بار برای انواع روسازی ها و شرایط مختلف طراحی (توصیه اشتو) ۶۳
- ۳-۲ طبقه بندی بستر راهها برای روسازیهای بتنی و حداقل ضخامت لایه زیر بستر ۶۷
- ۴-۱ دانه بندی شن ۷۲
- ۴-۲ دانه بندی ماسه (ریزدانه) ۷۲
- ۴-۳ اصلاح دانه بندی ماسه (ریزدانه) ۷۳
- ۴-۴ درصدهای به دست آمده از آزمایش SSD و آب جذب سطحی ۷۸
- ۴-۵ مشخصات و تعداد نمونه های آزمایشی برای هر مخلوط ۸۱
- ۵-۱ مقاومت خمشی نمونه ها (۲۸ روزه) ۱۰۳
- ۵-۲ مقاومت کششی نمونه های بتنی (۲۸ روزه) ۱۰۵
- ۵-۳ مقاومت فشاری نمونه های بتنی (۲۸ روزه) ۱۰۷
- ۵-۴ مقدار نفوذ آب در نمونه های بتنی ۱۰۸
- ۵-۵ جدول نفوذپذیری بتن (جذب) در ۴ روز ۱۱۰
- ۵-۶ ضریب سایش ۱۱۰
- ۵-۷ اطلاعات دریافت شده از دستگاه اندازه گیری ۱۱۲
- ۵-۸ قرائت جمع شدگی ۱۱۳
- ۵-۹ نتایج به دست آمده از نمونه های بتنی ۱۱۶
- ۵-۱۰ نتایج به دست آمده از ضخامت روسازی نمودارهای اشتو ۱۱۹

فهرست شکلها

- ۱-۱ دو کارخانه موجود دوده سیلیس در ایران ۶
- ۲-۱ میکروگراف الکترونی دوده سیلیسی (X ۵۰/۰۰۰) کوچک ترین دانه مشخص شده است .. ۹
- ۳-۱ میکروگراف الکترونی دوده سیلیسی (X ۲۰/۰۰۰) درشت ترین دانه مشخص شده است ... ۹
- ۴-۱ دانه بندی ذرات دوده سیلیس در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی و انواع خاکستر بادی ۲۰
- ۵-۱ مکانیزم کاهش آب انداختن در خمیر سیمان با دوده سیلیس ۲۱
- ۱-۲ نمونه ای از مصالح سنگی درشت دانه ۲۰ میلیمتری بعد از الک کردن ۲۸
- ۲-۲ نمونه ای از ماسه که از الک های مختلف رد شده است ۲۹
- ۱-۳ تیر تغییر شکل یافته بر روی بستر ارتجاعی ۴۱
- ۲-۳ فرضیات اساسی در بررسی رفتار بستر روسازی ۴۴
- ۳-۳ انحنای حاصل از اختلاف دمای سطوح بالایی و پایینی دال (تاوش) ۴۵
- ۴-۳ نمودار تعیین ضرایب تنشهای پیچشی دمایی دال ۴۶
- ۵-۳ تنشهای ناشی از انقباض دالها ۴۸
- ۶-۳ سه حالت مختلف بارگذاری روسازیهایی بتنی ۵۰
- ۷-۳ نمودار طراحی روسازی بتنی به روش اشتو ۶۵
- ۱-۴ به وجود آمدن تنش های فشاری و کششی در روسازی ۶۹
- ۲-۴ منحنی دانه بندی مصالح سنگی درشت دانه ۷۴
- ۳-۴ منحنی دانه بندی مصالح سنگی ریزدانه ۷۵
- ۴-۴ آزمایش دانه بندی ۷۶
- ۵-۴ افزودن فوق روان کننده به مخلوط در حین گردش ۸۰
- ۶-۴ آزمایش اسلامپ ۸۰
- ۷-۴ نمونه ها در حین ویبره شدن ۸۳
- ۸-۴ نمونه ها بعد از ماله کشی و پرداخت ۸۳
- ۹-۴ نمونه های آزمایشی قبل از قرارگیری در حوضچه ۸۴
- ۱۰-۴ طرز قرارگیری نمونه بتن در آزمایش خمشی ۸۵
- ۱۱-۴ توزیع تنش در آزمایش خمشی ۸۵
- ۱۲-۴ آزمایش خمشی ۸۶
- ۱۳-۴ طرز قرارگیری نمونه بتن در آزمایش کششی ۸۷
- ۱۴-۴ توزیع تنش در آزمایش کششی ۸۸

- ۱۵-۴ طرز قرارگیری نمونه در زیر جک هیدرولیکی ۸۸
- ۱۶-۴ طرز شکسته شدن نمونه بعد از انجام آزمایش ۸۹
- ۱۷-۴ آزمایش فشاری ۹۰
- ۱۸-۴ آزمایش نفوذپذیری ۹۱
- ۱۹-۴ تراز کردن دستگاه اندازه گیری قبل از شروع آزمایش ۹۳
- ۲۰-۴ نمونه در هنگام آزمایش ۹۳
- ۲۱-۴ آزمایش سایش ۹۵
- ۲۲-۴ در حالت پاشیدن سمباده بر روی صفحه دوار ۹۶
- ۲۳-۴ منحنی تنش - کرنش بتن ۹۷
- ۲۴-۴ دستگاه رایانه ای برای محاسبه مدول الاستیسیته ۹۸
- ۲۵-۴ آزمایش مدول الاستیسیته ۹۸
- ۲۶-۴ اثر دمای بتن در کسب مقاومت ۱۰۱
- ۱-۵ نمودار تاثیر دوده سیلیسی بر مقاومت خمشی ۱۰۳
- ۲-۵ نمودار تاثیر دوده سیلیسی بر مقاومت خمشی ۱۰۴
- ۳-۵ نمودار تاثیر دوده سیلیسی بر مقاومت کششی بتن (۲۸ روزه) ۱۰۵
- ۴-۵ نمودار مقاومت کششی نسبت به دوده سیلیسی ۱۰۶
- ۵-۵ نمودار تاثیر دوده سیلیسی بر مقاومت فشاری بتن (۲۸ روزه) ۱۰۷
- ۶-۵ نمودار تاثیر دوده سیلیس بر مقاومت ۲۸ روزه خمیر و بتن با نسبت آب به سیمان یکسان ۱۰۸
- ۰/۳۳ ۱۰۸
- ۷-۵ نمودار نفوذ آب در بتن (۲۸ روزه) ۱۰۹
- ۸-۵ نمودار نفوذپذیری کلر در خمیر سیمان با درصد جایگزینی متفاوت دوده سیلیس ۱۰۹
- ۹-۵ نمودار ضریب سایش در نمونه های بتنی (۲۸ روزه) ۱۱۱
- ۱۰-۵ نمودار جمع شدگی نمونه های بتنی نسبت به زمان ۱۱۴
- ۱۱-۵ نمودار تاثیر دوده سیلیس بر مقدار متوسط مدول الاستیسیته ۱۱۵
- ۱۲-۵ نمودار بارگذاری نسبت به تغییر مکان ۱۱۵
- ۱۳-۵ نمودار کاهش ضخامت روسازی بتنی با استفاده از دوده سیلیسی ۱۱۹

فصل اول

کلیات