بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران

ارزیابی آزمایشگاهی اثر میزان تراکم بر خواص مکانیکی بتن غلتکی روسازی راه(RCCP) با کاربرد خاکستر پوسته ی برنج

استاد راهنما:

دکتر ابراهیم خلیل زاده وحیدی

نگارش:

مریم مختاری ملک آبادی

دیماه ۱۳۸۹

این تحقیق، با حمایت مالی اداره ی کل راه و ترابری استان اصفهان انجام گردیده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می گردد.

تشکر و قدردانی

سپاس خدایی را که نیکویی‌های آفرینش را برای ما برگزید و سپاس خدایی را که سیاهی ندانستن را از من زدود و هزار سپاس از برای او. . .

بدینوسیله از مساعدتهای استاد محترم، دکتر ابراهیم خلیل زاده ی وحیدی که با راهنمایی‌های ارزشمند خویش، اینجانب را در طول دوره ی کارشناسی ارشد و در انجام پایان نامه راهنمون ساختند، صمیمانه سپاسگزاری می نمایم.

همچنین از زحمات کلیه ی اساتید گرانقدرم در طول دوره ی کارشناسی ارشد، آقایان دکتر حمیدرضا اشرفی، دکتر محمد شریفی پور، دکتر مجتبی فتحی و دکتر امیر هوشنگ اخویسی که همواره از دانش و مساعدتهای ایشان بهره برده ام، تشکر و قدردانی می کنم.

از بذل عنایت آقایان دکتر رضا آقاری و دکتر محمد واقفی که با لطفی بی دریغ، با مطالعه ی دقیق پایان نامه، نظرات اندیشمندانه ی خود را در راستای هرچه بهتر شدن آن به کار بستند، خاضعانه تشکر می کنم.

از مدیریت محترم اداره ی کل راه و ترابری استان اصفهان، آقای مهندس هوشنگ عشایری، به دلیل حمایت مالی بی دریغ در انجام این تحقیق، همچنین از زحمات بی شائبه آقای مهندس بهزاد شاهسوندی، کارشناس نظارت و مسئول واحد UTM اداره ی کل راه و ترابری استان اصفهان که همواره تجربه و نظراتشان را سخاوتمندانه در اختیار من قرار دادند، سپاسگزاری می نمایم.

شایسته است که از بزرگواران:

آقای علی موسوی، مسئول آزمایشگاه اداره ی کل راه و ترابری استان اصفهان؛

مهندس داریوش مرادی، کارشناس آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان تهران؛

مهندس فهامی، سرکار خانم بزرگزاد و خانم صادقی، آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان اصفهان؛

مهندس مجتبی رسولی، مسئول کارگاه مدلسازی و قالبگیری، دانشکده ی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان؛

دکتر مرتضی حاجیان، هیأت علمی دانشکده ی شیمی و مسئول آزمایشگاه پلیمر دانشگاه اصفهان

که حمایتهای خود را از بنده دریغ نفرمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

از برادرانم، دکتر رضا مختاری ملک آبادی و مهدی مختاری ملک آبادی، همچنین دوست عزیزم خانم منصوره مختاری به دلیل محبتهای بی دریغشان سپاسگزارم.

بی شک تعداد عزیزانی که مراد انجام این تحقیق یاری نمودند، بیش از آنست که ذکر شد، لذا با طلب پوزش از تمامی آنها، موفقیت روزافزونشان را در تمام مراحل زندگی از درگاه خداوند منان خواستارم.

مریم مختاری ملک آبادی

دیماه یکهزار و سیصد و هشتاد و نه شمسی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه

۱-۱- شرح و بیان مسأله ۲
۱-۲- اهداف و حوزه ی تحقیق ۳
۱-۳- سؤالات تحقیق ۳
۱-۴- روش تحقیق ۴
۱-۵- اهمیت و ارزش تحقیق ۴
۱-۶- خلاصه فصول پایان نامه ۵

فصل دوم : کاربرد بتن غلتکی در روسازی

۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- توسعه ی بتن غلتکی برای روسازی ۸
۲-۳- تاریخچه ی بتن غلتکی در روسازی راه ۸
۲-۴- کاربردهای بتن غلتکی در روسازیها ۸
۲-۵- هزینه ی اولیه بتن غلتکی ۹
۲-۶- مقایسه ی روسازی بتن غلتکی با روسازی بتنی معمولی ۹
۲-۷- مصالح مورد استفاده در ساخت بتن غلتکی ۱۰
۲-۷-۱- مصالح چسباننده(سیمان و پوزولانها) ۱۰
۲-۷-۲- سنگدانه ها ۱۱
۲-۷-۳- افزودنیهای شیمیایی ۱۳
۲-۷-۴- آب ۱۳
۲-۸- طرح اختلاط بتن غلتکی ۱۳
۲-۸-۱- تفاوت طرح اختلاط روسازی بتن غلتکی با طرح اختلاط روسازی بتن معمولی ۱۳
۲-۸-۲- روشهای طرح اختلاط ACI ۱۴
۲-۸-۲-۱- روش گام به گام طرح اختلاط با استفاده از آزمایشهای روانی بتن ۱۷
۲-۸-۲-۲- روش گام به گام طرح اختلاط با استفاده از دیدگاه خاکی ۱۹
۲-۸-۳- روش طرح اختلاط مهندسان ارتش آمریکا ۲۳
۲-۹- ساخت نمونه های آزمایشگاهی بتن غلتکی ۲۳
۲-۹-۱- ساخت نمونه های آزمایشگاهی با دستگاه متراکم کننده ی دورانی ۲۴
۲-۹-۱-۱- تاریخچه ی دستگاه متراکم کننده ی دورانی ۲۵
۲-۹-۱-۲- محدوده ی کاربرد دستگاه متراکم کننده ی دورانی ۲۶

۲-۹-۱-۳- اصول کار با دستگاه متراکم کننده ی دورانی ۲۶
۲-۱۰- طراحی روسازی بتن غلتکی ۲۷
۲-۱۰-۱- روشهای طراحی روسازی بتن غلتکی ۲۷
۲-۱۰-۲- خواص مکانیکی بتن غلتکی برای طراحی روسازی ۲۸
۲-۱۰-۳- ملاحظات طراحی ضخامت در روسازی بتن غلتکی ۲۹

فصل سوم : مروری بر ویژگیهای بتن غلتکی و تحقیقات پیشین

۳-۱- مقدمه ۳۱
۳-۲-ویژگیهای بتن غلتکی ۳۱
۳-۲-۱- مقاومت فشاری ۳۱
۳-۲-۲- انقباض ۳۲
۳-۲-۳- جذب آب سطحی و آب انداختگی بتن غلتکی ۳۲
۳-۲-۴- مقاومت خمشی ۳۲
۳-۲-۵- مقاومت کششی ۳۳
۳-۲-۶- مقاومت چسبندگی(اتصال لایه ها) ۳۳
۳-۲-۷- جرم حجمی و درجه ی تراکم ۳۳
۳-۲-۸- مقاومت یخبندان روسازیهای بتن غلتکی ۳۴
۳-۲-۹- دوام ۳۴
۳-۲-۱۰- مدول الاستیسیته ۳۴
۳-۲-۱۱- خزش ۳۵
۳-۳- خواص سطحی بتن غلتکی ۳۵
۳-۳-۱- بافت سطح ۳۶
۳-۳-۲- همواری سطح ۳۶
۳-۳-۳- نفوذپذیری در برابر آب ۳۶
۳-۴- کارایی بتن غلتکی ۳۶
۳-۵- مروری بر تحقیقات پیشین درباره ی بتن غلتکی ۳۷
۳-۵-۱- اثر دوده ی سیلیسی در ارتقای خواص بتن غلتکی روسازی راه ۳۷
۳-۵-۲- بررسی نفوذپذیری در روسازیهای بتن غلتکی با استفاده از پوزولان ۳۷
۳-۵-۳- مطالعه رفتار مکانیکی بتن غلتکی با مصالح ریزدانه غیر خمیری ۳۸
۳-۵-۴- تأثیر عمل آوری بر خواص بتنهای غلتکی روسازی راه، با و بدون دوده ی سیلیس ۳۸
۳-۵-۵- بررسی دوام روسازی بتن غلتکی در برابر یخبندان ۳۹
۳-۵-۶- ارائه طرح اختلاط بتن غلتکی برای شرایط آب و هوایی گرم ۳۹
۳-۵-۷- استفاده از خاکستر بادی بعنوان پوزولان جایگزین سیمان در بتن غلتکی روسازی ۳۹
۳-۵-۸- تأثیر خاکستر بادی بر روی مقاومت بتن غلتکی ۴۰
۳-۵-۹- استفاده از پومیس و سیلیکا فوم بعنوان پوزولان در بتن غلتکی روسازی راه ۴۱

فصل چهارم : پوزولانها

۴-۱- مقدمه ۴۳
۴-۲- انواع پوزولانها ۴۳
۴-۳- خاکستر پوسته ی برنج ۴۳
۴-۳-۱- تاریخچه ی استفاده از پوسته ی برنج در بتن ۴۶
۴-۳-۲- فعالیت پوزولانی خاکستر پوسته ی برنج ۴۸
۴-۳-۳- تجزیه ی حرارتی پوسته ی برنج ۴۸
۴-۳-۴- تشخیص سیلیس آمورف در خاکستر پوسته ی برنج ۴۹
۴-۳-۵- آنالیز هزینه ی خاکستر پوسته ی برنج ۵۰
۴-۳-۵-۱- خاکستر پوسته ی برنج شامل سیلیس آمورف بالا ۵۱

فصل پنجم : مروری بر آزمایشها و مصالح مورد استفاده

۵-۱- مصالح مورد استفاده ۵۳
۵-۱-۱- سنگدانه ها ۵۳
۵-۱-۱-۱- درشت دانه ۵۳
۵-۱-۱-۲- ریزدانه ۵۳
۵-۲- آزمایشها ۵۴
۵-۲-۱- آزمایش دانه بندی ۵۵
۵-۲-۱-۱- دانه بندی ترکیبی ریزدانه و درشت دانه ۵۹
۵-۲-۲- آزمایش تعیین مقدار سنگدانه های پولکی و سوزنی ۶۱
۵-۲-۳- برآورد دانسیته ی مصالح درشت دانه ۶۲
۵-۲-۴- آزمایش برآورد درصد جذب آب مصالح در حالت اشباع با سطح خشک ۶۲
۵-۲-۵- آزمایش لس آنجلس ۶۲
۵-۲-۶- آزمایش برآورد درصد رطوبت طبیعی مصالح ۶۳
۵-۲-۷- آزمایش تعیین درصد ذرات شکسته در مصالح سنگی درشت دانه ۶۳
۵-۲-۸- آزمایش ارزش ماسه ای ۶۴
۵-۲-۹- آزمایش کاساگرانده جهت تشخیص خمیری بودن مصالح ریزتر از ۷۵ میکرون ۶۵
۵-۳- مصالح سیمانی ۶۵
۵-۳-۱- سیمان ۶۶
۵-۳-۲- خاکستر پوسته ی برنج ۶۷
۵-۴- آب ۷۱
۵-۵- طرح اختلاط ۷۱
۵-۶- متراکم کردن و ساخت نمونه ها ۷۵
۵-۶-۱- تعیین مقاومت فشاری نمونه ها ۷۷
۵-۵-۲- انجام آزمایش نفوذپذیری بتن ۷۸

فصل ششم : نتایج آزمایشها و بررسی آنها

۶-۱- تعیین تعداد دوران بهینه ۸۱

۶-۲- تأثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت فشاری نمونه ها ۸۱
۶-۳- نتایج مقاومت فشاری نمونه ها ۸۳
۶-۳-۱- بررسی اثر تعداد دوران بر دانسیته ی نمونه ها ۸۶
۶-۳-۲- بررسی اثر تعداد دوران بر مقاومت فشاری نمونه ها ۸۷
۶-۳-۳- بررسی اثر دانسیته بر مقاومت فشاری نمونه ها ۸۹
۶-۴- سهم پوزولان از مقاومت بتن ۸۹
۶-۴-۱- مقاومت ویژه ی سیمان ۹۱
۶-۴-۲- مقاومت ویژه ی اثر پوزولان ۹۲
۶-۴-۳- سهم اثر پوزولان ۹۳
۶-۵- نتایج نفوذپذیری نمونه ها ۹۴
۶-۵-۱- بررسی اثر تعداد دوران بر نفوذپذیری نمونه ها ۹۶
۶-۵-۲- بررسی اثر دانسیته بر نفوذپذیری نمونه ها ۹۷
۶-۶- اثرپودر سنگ آهک(فیلر) بر مقاومت و نفوذپذیری ۹۸
فصل هفتم: نتیجه گیری کلی و ارائه ی پیشنهادات
۷-۱- نتایج حاصل از تحقیق ۱۰۰
۷-۲- ارائه ی پیشنهادات برای انجام تحقیقات آتی ۱۰۳
فهرست منابع ۱۰۵

فهرست جدولها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- مقایسه ی روسازی بتن غلتکی با روسازی بتنی معمولی ۹
جدول ۲-۲- درصد حجمی درشت دانه در واحد حجم بتن ۱۸
جدول ۴-۱- سطح زیر کشت برنج در کشور در سال ۲۰۰۳ بر مبنای آمار جهاد کشاورزی ۴۵
جدول 4-۲- میزان خاکستر باقیمانده از فرآورده های اصلی ۴۶
جدول ۴-۳- الزامات شیمیایی استاندارد ISIRI3433/ ASTM C618 برای پوزولانها ۵۰
جدول ۵-۱- محدوده ی مجاز دانه بندی فیلر مطابق نشریه ۱۰۱ ۵۴
جدول ۵-۲- دانه بندی شن بادامی ۵۵
جدول ۵-۳- دانه بندی شن نخودی ۵۶
جدول ۵-۴- دانه بندی ماسه ی طبیعی ۵۶
جدول ۵-۵- دانه بندی ماسه ی شکسته ۵۷
جدول ۵-۶- دانه بندی فیلر طبیعی ۵۷
جدول ۵-۷- آنالیز شیمیایی فیلر مصرفی ۵۷
جدول ۵-۸- محدوده ی دانه بندی ریز دانه مطابق با استاندارد ASTM C33 ۵۸
جدول ۵-۹- محدوده ی دانه بندی درشت دانه مطابق با استاندارد ASTM C33 ۵۸
جدول ۵-۱۰- دانه بندی ترکیبی مورد استفاده در تحقیق ۵۹
جدول ۵- ۱۱- حدود دانه بندی مخلوط مصالح سنگی و قیر(مشخصات فنی اسپانیا ۶۰
جدول ۵-۱۲- حدود دانه بندی مصالح سنگی بر اساس ACI 325.10R ۶۰
جدول ۵-۱۳- نتایج برآورد درصد جذب آب مصالح ۶۲
جدول ۵-۱۴- محدوده ی انجام آزمایش لس آنجلس ۶۳
جدول ۵-۱۵- نتایج تعیین درصد رطوبت طبیعی مصالح ۶۳
جدول ۵-۱۶- نتایج آزمایش ارزش ماسه ای ۶۴
جدول ۵-۱۷- نتایج آزمایشها بر روی درشت دانه ی مصرفی ۶۵
جدول ۵-۱۸- نتایج آزمایشها بر روی ریز دانه ی مصرفی ۶۵
جدول ۵- ۱۹- برخی از مشخصات مکانیکی سیمان پرتلند به کار رفته در تحقیق ۶۶
جدول ۵-۲۰- برخی از مشخصات فیزیکی سیمان پرتلند به کار رفته در تحقیق ۶۶
جدول ۵- ۲۱ - مشخصات شیمیایی سیمان پرتلند تیپ I مورد استفاده در تحقیق ۶۷
جدول ۵-۲۲- ترکیبات موجود در خاکستر پوسته‌ی برنج تهیه شده در کوره ی ذوب آهن ۷۰
جدول ۵-۲۳-ترکیبات موجود در خاکستر پوسته‌ی برنج مورد استفاده در تحقیق ۷۰
جدول ۵-۲۴- طرح اختلاطهای استفاده شده در این تحقیق ۷۱
جدول ۵-۲۵- محاسبات مربوط به طرح اختلاط مبنا ۷۲
جدول ۵-۲۶- طرح اختلاطهای نهایی مورد استفاده در تحقیق ۷۴
جدول ۶-۱- مقاومت فشاری نمونه ها با نسبتهای مختلف آب به سیمان ۸۲
جدول ۶-۲- مقاومت فشاری آزمونه های مربوط به طرح اختلاط Rcc-P0 با توجه به تعداد دوران ۸۳

جدول ۶-۳- مقاومت فشاری آزمونه های مربوط به طرح اختلاط Rcc-P15 با توجه به تعداد دوران ۸۴
جدول ۶-۴- مقاومت فشاری آزمونه های مربوط به طرح اختلاط Rcc-P30 با توجه به تعداد دوران ۸۴
جدول ۶-۵- مقاومت فشاری آزمونه های مربوط به طرح اختلاط Rcc-P45 با توجه به تعداد دوران ۸۵
جدول ۶-۶- مقاومت فشاری آزمونه های مربوط به طرح اختلاط Rcc-P50 با توجه به تعداد دوران ۸۵
جدول ۶-۷- سهم پوزولان از مقاومت بتن ۹۰
جدول ۶-۸- تأثیر تعداد دوران بر نفوذپذیری آزمونه های مربوط به طرح اختلاطRcc-P0..... ۹۴
جدول ۶-۹- تأثیر تعداد دوران بر نفوذپذیری آزمونه های مربوط به طرح اختلاطRcc-P15..... ۹۴
جدول ۶-۱۰- تأثیر تعداد دوران بر نفوذپذیری آزمونه های مربوط به طرح اختلاطRcc-P30..... ۹۵
جدول ۶-۱۱- تأثیر تعداد دوران بر نفوذپذیری آزمونه های مربوط به طرح اختلاط Rcc-P45..... ۹۵
جدول ۶-۱۲- تأثیر تعداد دوران بر نفوذپذیری آزمونه های مربوط به طرح اختلاطRcc-P50..... ۹۶

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- اثر نوع و مقدار مصالح سیمانی بر مقاومت فشاری بتن غلتکی ۱۱
شکل ۲-۲- مقایسه ی دانه بندی بتن معمولی و بتن غلتکی ۱۲
شکل ۲-۳- منحنی دانسیته- رطوبت به دست آمده برای مخلوطهای بتن غلتکی ۱۶
شکل ۲-۴- رابطه ی بین مقاومت فشاری بتن غلتکی و نسبت آب به مواد سیمانی، به ازای نسبتهای مختلف پوزولان به سیمان ۱۷
شکل ۲- ۵- محدوده ی دانه بندی توصیه شده مطابق ACI 325.10R ۲۱
شکل ۲-۶- نحوه ی ایجاد دوران در دستگاه متراکم کننده ی دورانی ۲۷
شکل ۲-۷- توزیع تنش در روسازیهای صلب و انعطاف پذیر ۲۸
شکل ۳-۱- نمایی از سطح بتن غلتکی ۳۵
شکل ۴-۱- میزان انتشار دی اکسید کربن ناشی از تولید سیمان پرتلند در جهان ۴۴
شکل ۴-۲- پوسته ی برنج، خاکستر پوسته ی برنج پس از احتراق، خاکستر آسیاب شده ۴۴
شکل ۴-۳- منحنی شرایط احتراق بهینه ۴۹
شکل ۴-۴- طیف اشعه ی ایکس ۵۰
شکل ۴-۵- ساختار متخلخل خاکستر پوسته ی برنج در نمودار SEM ۵۰
شکل ۵-۱- سری الکهای استاندارد دانه بندی مصالح ریزدانه و درشت دانه ۵۵
شکل ۵-۲- مقایسه ی دانه بندی ریز دانه ی استفاده شده با محدوده ی مجاز تعیین شده توسط ASTM C33 ..... ۵۸
شکل ۵-۳- مقایسه ی دانه بندی درشت دانه ی استفاده شده با محدوده ی مجاز تعیین شده توسط ASTM C33 ..... ۵۹
شکل ۵-۴- مقایسه ی دانه بندی ترکیبی مورد استفاده در تحقیق با محدوده ی دانه بندی آئین نامه آمریکا ۶۱
شکل ۵-۵- مقایسه ی دانه بندی ترکیبی مورد استفاده در تحقیق با محدوده ی دانه بندی پیارک ۶۱
شکل ۵- ۶- دستگاه اندازه گیری ضریب تورق ۶۲
شکل ۵-۷- دستگاه اندازه گیری ضریب تطویل ۶۲
شکل ۵-۸- دستگاه انجام آزمایش هم ارز ماسه ای موجود در آزمایشگاه ۶۴
شکل ۵-۹- دستگاه کاساگرانده ۶۵
شکل ۵-۱۰- ترمومتر متصل به ترموکوپل برای تنظیم درجه حرارت ۶۸
شکل ۵-۱۱- کوره ی مورد استفاده برای مرحله ی کربناسیون ۶۸
شکل۵-۱۲- کوره ی مورد استفاده برای مرحله ی دی کربناسیون ۶۹
شکل ۵-۱۳- آسیاب با گلوله های چینی ۶۹
شکل ۵-۱۴- آسیاب دیسکی ۶۹
شکل ۵-۱۵- نمودار تعیین رطوبت بهینه ی طرح اختلاط P0 ..... ۷۳

شکل ۵-۱۶- نمودار تعیین رطوبت بهینه ی طرح اختلاط P15 ..... ۷۳
شکل ۵-۱۷- نمودار تعیین رطوبت بهینه ی طرح اختلاط P30 ..... ۷۳
شکل ۵-۱۸- نمودار تعیین رطوبت بهینه ی طرح اختلاط P45 ..... ۷۳
شکل ۵-۱۹- نمودار تعیین رطوبت بهینه ی طرح اختلاط P50 ..... ۷۴
شکل ۵-۲۰- دستگاه Servopac Gyratory Compactor موجود در آزمایشگاه ۷۶
شکل ۵-۲۱- پنجره ی نرم افزار برای وارد کردن داده های مربوط به نمونه ۷۶
شکل ۵-۲۲- کمپرسور تأمین فشار هوا ۷۶
شکل ۵-۲۳- عمل آوری نمونه ها در آب ۷۸
شکل ۵-۲۴- دستگاه تعیین مقاومت فشاری ۷۸
شکل ۵-۲۵- دستگاه تعیین نفوذپذیری بتن موجود در آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان اصفهان ۷۹
شکل ۶-۱- نمودار تعداد دوران- دانسیته ی نمونه ها ۸۶
شکل ۶-۲- نمودار تعداد دوران- مقاومت فشاری ۷ روزه ی نمونه ها ۸۷
شکل ۶-۳- نمودار تعداد دوران- مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی نمونه ها ۸۷
شکل ۶-۴- نمودار دانسیته- مقاومت فشاری نمونه ها ۸۹
شکل ۶-۵- مقاومت ویژه ی ۷ روزه ی سیمان در درصدهای مختلف خاکستر پوسته ی برنج ۹۱
شکل ۶-۶- مقاومت ویژه ی ۲۸ روزه ی سیمان در درصدهای مختلف خاکستر پوسته ی برنج ۹۱
شکل ۶-۷ - مقاومت ویژه ی ۷ روزه ی اثر پوزولان در درصدهای مختلف خاکستر پوسته ی برنج ۸۲
شکل ۶-۸- مقاومت ویژه‌ی ۲۸ روزه ی اثر پوزولان در درصدهای مختلف خاکستر پوسته ی برنج ۸۲
شکل ۶-۹- سهم اثر پوزولان در مقاومت ۷ روزه برای درصدهای مختلف خاکستر پوسته ی برنج ۹۳
شکل ۶-۱۰- سهم اثر پوزولان در مقاومت ۲۸ روزه برای درصدهای مختلف خاکستر پوسته ی برنج ۹۳
شکل ۶-۱۱- نمودار تعداد دوران- نفوذپذیری نمونه ها ۹۶
شکل ۶-۱۲- نمودار دانسیته- نفوذپذیری نمونه ها ۹۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱ شرح و بیان مسأله

بتن کوبیده ی غلتکی[1] در حالت تازه با بتن معمولی متفاوت بوده و بسیار سفت تر و کارایی آن، به مراتب کمتر می باشد. این بتن، دارای دو نوع کاربرد شامل سدسازی و روسازی راه می باشد. در طول سالهای بسیاری، RCC برای ساخت سد استفاده شده است. تفاوت بین این دو نوع کاربرد بتن غلتکی، در سایز سنگدانه ها، دانه بندی، نسبتهای مصالح سیمانی، آب و روشهای کار با آن می باشد. مطالعه در مورد اجرای سد با روش بتن غلتکی تا سال ۱۹۷۰ به طول انجامید و پیشرفتهای قابل توجهی در این زمینه حاصل شد و در سال ۱۹۸۰، بطور وسیعی مطرح گردید. امروزه بتن غلتکی در بسیاری از کشورهای توسعه یافته یا در حال توسعه، در دست مطالعه، طراحی و اجرا می‌باشد. با توجه به هزینه‌ی کم و اجرای سریع، ساخت این نوع سدها در زمان کوتاهی در سراسر دنیا مورد قبول واقع شد[۱و۲].

در واقع، RCC برای روسازیها بدین منظور توسعه یافت تا بتواند بارهای سنگین را تحت شرایط دمایی فوق العاده تحمل کند.بتن غلتکی روسازی[2] در حالت سخت شده، از بسیاری جهات، مشابه بتن معمولی بوده و پارامترهای اصلی تأثیرگذار بر خواص بتنهای معمولی نظیر نسبت آب به سیمان (W/C) و میزان تراکم، اثر مشابهی بر روی خواص بتن غلتکی روسازی دارند. با توجه به قیمت فوق العاده ی قیر و عدم کارایی مناسب روسازیهای بتن آسفالتی در مناطق ویژه مانند محلهای تخلیه و بارگیری، مناطق گرمسیر ساحلی و توقفگاههای هواپیما، استفاده از بتن غلتکی در اجرای روسازی مناسب به نظر می رسد[۳] .امتیازات عمده ی روسازی بتن غلتکی، سرعت در انجام بتن ریزی، امکان استفاده از مواد با دانه بندی نامرغوب، استفاده از تجهیزات و ماشین آلات روسازی بتن معمولی و .... ، می باشد. بتن غلتکی روسازی، بتنی است با دوام زیاد، اسلامپ صفر، اقتصادی و با سرعت اجرای بالا.

برای تراکم نمونه های بتن غلتکی ساخته شده در آزمایشگاه، وسایلی از قبیل چکش کنگو[3]، میز لرزه[4]، دستگاه وب اصلاح شده و ... ، به کار می رود.

بکارگیری هر یک از این وسایل برای تراکم نمونه ها، محدودیتهایی دارد که از جمله ی آنها، می توان به وجود تراکم ثابت (غیر قابل تغییر بودن تراکم) و غیر یکنواخت بودن انرژی اعمال شده، هنگام استفاده از آنها اشاره کرد. دستگاهی که اخیراً برای تراکم نمونه های آسفالت گرم کاربرد داشته و برای

1-Roller Compacted Concrete (RCC)
2-Roller Compacted Concrete Pavement (RCCP)
3-Cango Hammer
4-Vibration Table

تراکم نمونه های آزمایشگاهی بتن غلتکی نیز به کار می رود، دستگاه متراکم کننده ی دورانی[1] می باشد که در این تحقیق نیز مورد استفاده قرار گرفت. مزیتی که این دستگاه نسبت به روشهای تراکم مذکور دارد، این است که می توان با تغییر دورانهای مختلف در دستگاه، درجات مختلفی از تراکم و دانسیته را ایجاد نمود. در ضمن تراکم انجام شده با این دستگاه، در مقایسه با تراکمی که از طریق چکش ایجاد می شود، شباهت بیشتری به بارهای ترافیکی واقعی اعمال شده به جاده ها دارد. با توجه به اهمیتی که میزان تراکم در روسازی راه دارد، با استفاده از این دستگاه می توان اثر میزان تراکم را برخواص مکانیکی بتن غلتکی از جمله نفوذپذیری و مقاومت ارزیابی کرد[۴].

نفوذپذیری، یکی از مهمترین مشخصه ها در سدسازی و روسازیهای بتن غلتکی می باشد؛ چرا که ارتباط مستقیمی با عواملی نظیر نشت آب، فشار آب منفذی، مقاومت در برابر یخ زدگی و دوام داشته و رابطه ی مستقیمی نیز با خلل و فرج موجود در نمونه دارد. بنابراین با طرح اختلاط مناسب و تراکم کافی، می توان این خلل و فرج را به حداقل میزان خود رسانده و به نفوذپذیری مطلوب دست یافت[۵].

این تحقیق باکار آزمایشگاهی بر روی نمونه های بتن غلتکی متراکم شده با دستگاه Gyratory Compactor که با استفاده از طرح اختلاطهای مختلف، با و بدون خاکستر پوسته ی برنج آماده شده، صورت می گیرد. همچنین تأثیر سن بتن(سنین ۷ و ۲۸ روزه)، بر مقاومت آن مورد بررسی قرار می گیرد. همانگونه که اشاره شد، ماده ای که در طرح اختلاط برخی نمونه ها مورد استفاده قرار می گیرد، خاکستر پوسته ی برنج است که بعنوان ماده ی پوزولانی، بصورت درصد وزنی جایگزین سیمان می شود و ضمن کاهش مصرف سیمان، خواص مکانیکی بتن را بهبود می بخشد.

۱-۲ اهداف و حوزه ی تحقیق

هدف این تحقیق، بررسی اثر میزان تراکم بر مقاومت فشاری و نفوذپذیری نمونه های بتن غلتکی مورد استفاده در روسازی راه می باشد. همچنین خاکستر پوسته ی برنج بعنوان یک پوزولان جایگزین سیمان در درصدهای وزنی مختلف از صفر تا ۵۰ ، در طرح اختلاط برخی نمونه ها مورد استفاده قرار می گیرد.

۱-۳ سؤالات تحقیق

مسائل مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از:

- بررسی اثر دانسیته (میزان تراکم) بر مقاومت فشاری نمونه ها
- بررسی اثر دانسیته (میزان تراکم) بر نفوذپذیری نمونه ها

---

[1]-Gyratory Compactor

- بررسی رفتار مکانیکی نمونه ها(مقاومت و نفوذپذیری)، با و بدون خاکستر پوسته ی برنج و با استفاده از درصدهای مختلف خاکستر پوسته ی برنج جایگزین سیمان در طرح اختلاط
- تعیین درصد بهینه خاکستر پوسته ی برنج جایگزین سیمان
- تعیین تعداد دوران بهینه، جهت دستیابی به خواص مکانیکی مطلوب

۱-۴ روش تحقیق

در این تحقیق، بمنظور بررسی تأثیر میزان تراکم بر مقاومت فشاری و نفوذپذیری نمونه های بتن غلتکی مورد استفاده در روسازی راه، نمونه هایی با استفاده از دستگاه متراکم کننده ی دورانی ساخته شدند. همچنین در این تحقیق، خاکستر پوسته ی برنج، با درصدهای وزنی صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۵۰، در برخی طرح اختلاطها، جایگزین سیمان گردید. بطور کلی، ۵ طرح اختلاط در ساخت نمونه های این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. پس از ساخت نمونه ها با دستگاه مذکور، نمونه های مربوط به هر طرح اختلاط که شامل۳ نمونه برای آزمایش مقاومت فشاری و ۳ نمونه برای آزمایش نفوذپذیری بودند، مورد آزمایش قرار گرفتند.

۱-۵ اهمیت و ارزش تحقیق

با توجه به شرایط آب و هوایی خاص(وجود مناطق بسیار سرد یا بسیار گرم) در کشور و نیز عدم کنترل و نظارت دقیق بر وزن و نوع وسایل نقلیه ی سنگین در راههای کشور، عمر روسازیهای آسفالتی در کشور رو به کاهش بوده و استفاده از مخلوطی که دوام و کارایی روسازی را افزایش دهد، حتی اگر از نظر اجرایی، کمی پر هزینه تر از آسفالت باشد، لزوم توجه ویژه ای را می طلبد[۶] .طبق بررسیهای انجام شده و با توجه به اینکه ساخت نمونه های بتن غلتکی با دستگاه Gyratory Compactor ، نسبتاً جدید بوده و به نظر می رسد کاری در ارتباط با این دستگاه در ایران انجام نشده است، لذا می توان با استفاده از این دستگاه، اثر میزان تراکم را بر خواص مکانیکی و نفوذپذیری بررسی کرد. خاکستر پوسته ی برنج که در این تحقیق در طرح اختلاط برخی نمونه ها استفاده می شود، یکی از مواد زاید کشاورزی است. در ایران و نیز در بعضی کشورها، عمده استفاده ای که از مواد زاید کشاورزی می شود، یکی بعنوان خوراک دام و دیگری بعنوان سوخت مصرفی در کارخانه هایی مثل کارخانه ی تولید آجر و... است و این بخاطر ارزانی و راحتی دسترسی به این مواد است. خاکستر پوسته ی برنج، از سوزاندن پوسته ی برنج به دست می آید. سوزاندن این ماده ی زاید که گاهی توسط کشاورزان انجام می شود، هم آلودگیهای زیست محیطی را در پی دارد و هم در مواقع بارندگی، موجب اسیدی شدن آب و خاک کشاورزی و در نتیجه کاهش میزان تولیدات زراعی می گردد. بر اثر احتراق کامل، از هر تن پوسته ی برنج، حدود ۲۰۰ کیلوگرم خاکستر به دست می آید که در

مقایسه با خاکستر تولید شده از سوخت سایر ضایعات کشاورزی، بسیار زیاد است. برای کشورهایی که تولید کننده ی برنج هستند، اما تولید سیمان پرتلند در آنها محدود است، استفاده از خاکستر پوسته ی برنج بعنوان ماده ی چسباننده ی مکمل، بسیار حائز اهمیت است.کاربرد این خاکستر در بتن، اثر مطلوبی بر خواص مکانیکی بویژه دوام و مقاومت آن داشته و می تواند بعنوان بخشی از سیمان مصرفی در بتن، استفاده شده و مصرف سیمان را کاهش دهد که باعث صرفه جویی در هزینه ها می شود[۷]. همچنین این ماده، سبب کاهش نفوذپذیری می شود که با توجه به شرایط قرارگیری روسازی (نفوذ آب از رویه به اساس و بالعکس)، نیاز به آب بندی و غیر قابل نفوذ کردن در آن، به طور جدی مورد توجه می باشد. بنابراین با توجه به اینکه در شمال ایران و در قسمتهای دیگری از کشور از جمله استان اصفهان، کشت برنج به میزان زیادی انجام می گیرد، می توان از این ماده ی زاید، در بهبود خواص مکانیکی بتن بهره برد.

۱-۶ خلاصه فصول پایان نامه

این پایان نامه، در هفت فصل به شرح زیر تدوین شده است:

فصل اول، بعنوان مقدمه به معرفی پایان نامه، اهداف و حوزه ی تحقیق، سؤالات تحقیق، روش تحقیق، اهمیت و ارزش تحقیق، فصل بندی تحقیق و بطور کلی، تشریح مختصر پایان نامه پرداخته است.

فصل دوم، به معرفی و کاربرد بتن غلتکی در روسازی راه اشاره می کند؛ ضمن اینکه تاریخچه ی بتن غلتکی، مصالح مورد استفاده، طرح اختلاط و ساخت بتن غلتکی در آزمایشگاه، همچنین روشهای طراحی روسازی بتن غلتکی را شامل می شود.

فصل سوم، به بیان ویژگیهای بتن غلتکی و خواص سطحی روسازی بتن غلتکی و مرور برخی تحقیقات و بررسیهای انجام شده در زمینه ی بتن غلتکی روسازی راه می پردازد.

فصل چهارم، به معرفی پوزولانها، همچنین معرفی خاکستر پوسته ی برنج بعنوان یک پوزولان، تاریخچه ی استفاده از پوسته ی شلتوک در بتن، دمای سوزاندن، تجزیه ی حرارتی خاکستر پوسته ی برنج و آنالیز اقتصادی آن می پردازد .

در فصل پنجم، منابع تأمین مصالح مورد استفاده در تحقیق، دانه بندی سنگدانه ها، شرح آزمایشهای انجام شده بر روی سنگدانه ها، مصالح سیمانی(شامل سیمان و پوزولان)، ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی مصالح سیمانی، نحوه ی تهیه ی خاکستر پوسته ی برنج، طرح اختلاط مورد استفاده در تحقیق و ساخت نمونه ها با استفاده از دستگاه متراکم کننده ی دورانی تشریح شده است.

در فصل ششم، نتایج آزمایشهای مقاومت فشاری و نفوذپذیری بر روی نمونه های ساخته شده با تعداد دوران مختلف و درصدهای مختلف خاکستر پوسته ی برنج و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل بیان شده است.

فصل هفتم، نتیجه گیری کلی و ارائه پیشنهاداتی بمنظور انجام تحقیقات آتی را در بر می گیرد.

فصل دوم

کاربرد بتن غلتکی در روسازی

۲-۱ مقدمه

طبق تعریف، بتن غلتکی عبارت است از بتنی که اسلامپ آن صفر بوده و بمنظور حمل، پخش و تراکم آن، از ماشین آلات عملیات خاکی استفاده می شود. لذا ملاحظه می شود که بتن غلتکی بایستی آنقدر خشک باشد که بتواند نظیر دانه های خاک به راحتی پخش شده و بوسیله ی ماشین آلات متراکم کننده نظیر غلتک، متراکم گردد. از طرفی به منظور ایجاد چسبندگی بین سنگدانه ها ، بایستی به مقدار کافی مرطوب باشد تا شیره ی بتن، پوشش لازم برای کلیه ی سنگدانه ها را فراهم نماید. بنابراین بتن غلتکی در حالت متراکم نشده، تفاوت قابل ملاحظه ای با بتن معمولی دارد؛ بگونه ای که در این حالت، هیچ گونه اثری از شیره ی بتن در مخلوط نمایان نیست و مانند مصالح خاکی عمل می نماید، ولی پس از متراکم شدن و سخت شدن، همانند بتن معمولی(با نسبت آب به سیمان مشابه)، رفتار خواهد نمود.

بتن غلتکی، یک تکنولوژی نسبتاً جدید می باشد؛ اگرچه مستندات استفاده از آن در بازسازی جاده های ایالت انگلستان، به قبل از سال ۱۹۴۰ باز می گردد. در بیش از سه دهه ی گذشته، بتن غلتکی در بیش از صد پروژه به کار رفته است. بتن غلتکی، یک تکنولوژی بادوام، اقتصادی و قابل اطمینان در ساخت روسازیهای محل عبور وسایل نقلیه ی سنگین با سرعت کم می باشد و بصورت موفقیت آمیزی در موارد زیر، به کار گرفته شده است :

- جاده ها
- توقفگاههای فرودگاهها
- تأسیسات صنعتی سنگین از قبیل کارخانجات اتومبیل و.....[۸].

مشخصه های کلی روسازی بتن غلتکی در مقایسه با روسازی بتن معمولی، بصورت زیر می باشند :

۱. بتن غلتکی، میزان آب کمتری دارد.

۲ . بتن غلتکی، میزان خمیر سیمان کمتری دارد.

۳ . بتن غلتکی، جهت دستیابی به مخلوطی پایدار تحت اثر عمل غلتکهای ارتعاشی، نیاز به سنگدانه های ریز بیشتری دارد.