به نام خدا

دانشکده مهندسی عمران

بررسی اثر بارگذاری مونوتونیک و سیکلیک با فرکانس پائین بر رفتار مصالح آسفالتی

هدا سلطانی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران - گرایش خاک و پی

استادراهنما:
دکتر محمدحسن بازیار

استاد مشاور:
دکتر حسن زیاری

بهمن ماه ۱۳۸۵

تقدیم به پدر و مادرم

چکیده:

یک هسته بتن آسفالتی نازک باید کرنشهای دائمی و سیکلیک اعمال شده در مرحله ساخت و همچنین در زمان وقوع زلزله را بدون ایجاد ترک قابل توجه و آسیب دیدگی مصالح تحمل کند . تخمین رفتار مصالح تحت بارگذاری های تکرار شونده واقعی در طراحی و تحلیل سدهای هسته آسفالتی بسیار اهمیت دارد. در طراحی چنین سدهایی می بایست خصوصیات تنش-کرنش مصالح تعیین شود. مشخصه های دینامیکی مصالح آسفالتی مانند میرائی و مدول برشی, تاثیر بسیار زیادی بر مقاومت هسته در برابر تحریکات زمین لرزه دارد. میرائی مصالح هسته باعث کاهش ارتعاشات ناشی از عبور موج برشی از بدنه و پی سد در طی زمین لرزه می شود.

در این تحقیق, با استفاده از دستگاه بارگذاری سه محوری استاتیکی مجموعه ای از آزمایشات بارگذاری مونوتونیک تکرار شونده با ۲ الگوی متفاوت , به منظور مشابه سازی تنشهای ناشی از امواج برشی در طی زمین لرزه انجام شده است و رفتار نمونه های استوانه ای ساخته شده در آزمایشگاه تحت بارگذاری سه محوری در حالت کنترل کرنش بررسی و میرائی محاسبه می شود. با استفاده از تئوری مصالح ویسکو-الاستیک, پاسخ مخلوط بتن آسفالتی به بارگذاری تکرار شونده (با فرکانس کمتر از ۱/۳۲۰ هرتز) تخمین زده شده و با نتایج بدست آمده از آزمایش مقایسه می گردد. با استفاده از روش Convolution Integral و آزمایشات آسودگی متعدد با سطوح کرنش متفاوت ,مناسبترین تابع معرف مدول آسودگی بدست آمده و میزان ریزضایعات (micro damage) بوجود آمده در مصالح در طی بارگذاری تخمین زده می شود.

تقدیر و تشکر:

اکنون که با یاری خداوند این تحقیق را به پایان رسانده ام ،بر خود لازم می دانم تا از استاد ارجمندم دکتر محمد حسن بازیار که انجام این تحقیق در سایه راهنمایی های ارزشمند ایشان میسر شده است، مراتب سپاس را بجای آورم و موفقیت روزافزون ایشان را در راه پیشبرد روزافزون دانش این مرز و بوم از خداوند خواستارم. همچنین از استاد محترم دکتر حسن زیاری که مشاوره این تحقیق را بعهده داشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم. از اساتید گرانقدر، دکتر نورزاد و دکتر شاه نظری که لطف نموده و داوری این پروژه را به عهده گرفتند، نهایت امتنان و تشکر را دارم. نیز از کلیه دوستانی که بنحوی مرا در به ثمر رسیدن این تحقیق یاری نمودند، متشکرم. از تمامی عزیزانی که این تحقیق را مطالعه کرده یا خواهند کرد تقاضا دارم راهنمائیها و نظرات ارزشمند خود را از اینجانب دریغ ندارند .

هدا سلطانی

Email: hoda_soltani@yahoo.com

فهرست

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه. ۱
۱-۲- هدف تحقیق ۲
۱-۳- مراحل انجام تحقیق ۳

فصل دوم: مفاهیم کلی و بررسی تحقیقات انجام شده پیشین

۲-۱- خصوصیات دینامیکی مصالح ژئوتکنیکی و روشهای اندازه گیری آن. ۵
۲-۱-۱- بارگذاری سیکلیک در مهندسی ژئوتکنیک ۵
۲-۱-۱-۱- تعریف بارگذاری سیکلیک ۵
۲-۱-۱-۲- رفتار خاک تحت بارگذاری سیکلیک ۶
۲-۱-۲- روشهای اندازه گیری خصوصیات دینامیکی خاک. ۱۰
۲-۱-۲-۱- آزمایش سه محوری سیکلیک. ۱۳
۲-۱-۲-۲- محدودیتها و مزیتهای آزمایشهای بارگذاری سه محوری ۱۵
۲-۲- رابطه تنش- کرنش مصالح ویسکو- الاستیک در بارگذاری سیکلیک ۱۷
۲-۲-۱- پدیده ویسکو- الاستیک ۱۹
۲-۲-۲- خواص گذرا: ۲۰
۲-۲-۲-۱- خزش. ۲۰
۲-۲-۲-۲- آسودگی تنش. ۲۴
۲-۲-۳- تخمین پاسخ مواد ویسکو- الاستیک خطی. ۲۵
۲-۲-۴- جامد ویسکو- الاستیک غیرخطی ۳۰
۲-۲-۵- مدل رفتاری ویسکو- الاستیک خطی در بارگذاری سینوسی. ۳۱
۲-۲-۵-۱- بیان کلی رابطه تنش- کرنش سیکلیک. ۳۱
۲-۲-۵-۲- منحنی هیسترتیک تنش- کرنش ۳۴
۲-۲-۶- مدل غیر خطی مستقل از سیکل ۳۸
۲-۳- بررسی مقالات مربوط به آزمایشهای انجام شده بر روی آسفالت. ۴۵

۲-۴- توصیف و ارزیابی ریزضایعات. ۶۳
۲-۴-۱- اصل انطباق الاستیک- ویسکوالاستیک ۶۶
۲-۴-۱-۱- مدول مرجعی غیرخطی ۶۷
۲-۴-۱-۲- روند محاسبه کرنش مجازی. ۶۸
۲-۴-۱-۳- تعیین مدول آسودگی. ۶۹
۲-۴-۱-۴- کاربرد اصل انطباق در آزمایشات مونوتونیک. ۷۰
۲-۴-۱-۵- کاربرد اصل انطباق در آزمایشات بارگذاری تکرار شونده. ۷۸
۲-۴-۱-۶- کاربرد اصل انطباق در بررسی خود ترمیمی. ۸۱

فصل سوم: معرفی سد هسته آسفالتی (سد میدوک)

۳-۱- سد هسته آسفالتی و اجزاء آن. ۸۳
۳-۱-۱- اصول طراحی بخشهای مختلف سد با هسته آسفالتی ۸۴
۳-۱-۱-۱- طرح هسته آسفالتی ۸۴
۳-۱-۱-۲- طرح ناحیه انتقالی یا فیلتر. ۸۵
۳-۲- تاریخچه و روشهای ساخت. ۸۶
۳-۳- ویژگی بتن آسفالتی از دیدگاه سدسازی. ۸۸
۳-۴- معرفی مجتمع مس میدوک. ۹۱
۳-۴-۱- سد هسته آسفالتی میدوک. ۹۲
۳-۴-۲- دستورالعمل ساخت هسته. ۹۵

فصل چهارم: معرفی الگوهای بارگذاری

۴-۱- الگوهای بارگذاری در آزمایشات بارگذاری دینامیکی ۹۹
۴-۱-۱- ترکیب بارگذاری سیکلیک و استاتیکی ۱۰۱
۴-۱-۲- تنشهای سیکلیک طی زمین لرزه. ۱۰۲
۴-۱-۳- الگوهای بارگذاری پیشنهاد شده در تحقیقات پیشین. ۱۰۹
۴-۲- آنالیز استاتیکی و دینامیکی سدهای با هسته آسفالتی ۱۱۲
۴-۳ تعیین الگوی بارگذاری در آزمایش سه محوری و شرایط آزمایش. ۱۱۶

۴-۴- سابقه آزمایشات مونوتونیک بر روی آسفالت. ۱۲۴

فصل پنجم: ساخت و آماده سازی نمونه های آسفالتی

۵-۱- طرح اختلاط بتن آسفالتی آب بند و ویژگی های آن ۱۳۳
۵-۱-۱- دانه بندی بتن آسفالتی ۱۳۳
۵-۱-۲- قیر. ۱۳۴
۵-۱-۲-۱- اثر قیر و ویسکوزیته. ۱۳۵
۵-۱-۳- کیفیت دانه ها. ۱۳۷
۵-۲- مراحل ساخت نمونه ها ۱۳۹
۵-۲-۱- دانه بندی مصالح. ۱۳۹
۵-۲-۱-۱- اصلاح منحنی دانه بندی طرح. ۱۴۰
۵-۲-۲- قیر. ۱۴۷
۵-۲-۲-۱- مشخصات قیر. ۱۴۷
۵-۲-۲-۲- تعیین درصد قیر بهینه. ۱۴۷
۵-۲-۳- انتخاب روش تراکم مصالح آسفالتی ۱۵۱
۵-۲-۴- ساخت نمونه ها. ۱۵۳
۵-۲-۵- تسطیح و آماده سازی نمونه ها ۱۵۹
۵-۲-۶- اندازه گیری چگالی نمونه ها ۱۵۹
۵-۲-۷- اندازه گیری درصد حفرات (آزمایش رایس) ۱۶۰
۵-۳- آماده سازی نمونه جهت انجام آزمایش سه محوری ۱۶۳
۵-۳-۱- اشباع سازی نمونه. ۱۶۵
۵-۳-۲- اندازه گیری پارامتر اشباع. ۱۶۶

فصل ششم: آزمایشات و تحلیل یافته ها

۶-۱- آزمایشات مونوتونیک. ۱۶۸
۶-۱-۱- جزئیات انجام آزمایشات. ۱۶۸
۶-۱-۲- تحلیل نتایج آزمایشات ۱۶۸

۶-۱-۲-۱- ارزیابی روش تراکم کوبشی مارشال. ۱۷۴
۶-۱-۲-۲- بررسی تغییرات حجم ۱۷۹
۶-۲- آزمایش بارگذاری سیکلیک ۱۸۰
۶-۲-۱- آزمایشات با الگوی بارگذاری ۱. ۱۸۰
۶-۲-۲- آزمایشات با الگوی بارگذاری ۲. ۱۹۲
۶-۳- آزمایش با الگوی بارگذاری ۳ ۱۹۵
۶-۴- محاسبه مدول برشی ۱۹۷
۶-۵- آزمایشات بارگذاری گذرا. ۱۹۸
۶-۵-۱- آزمایشات خزش. ۱۹۸
۶-۵-۲- آزمایشات آسودگی. ۲۰۲

فصل هفتم: نتایج و پیشنهادات

۷-۱- نتایج. ۲۱۰
۷-۲- پیشنهادات. ۲۱۱

پیوست ۱: معرفی دستگاه سه محوری. ۲۱۲

مراجع ۲۲۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل دوم:

شکل ۲-۱: نمونه ای از افزایش کرنش برشی طی یک آزمایش بارگذاری تکراری و تعریف کرنش برشی resilient ۷

شکل ۲-۲: تجمع کرنش برشی و حجمی دائمی طی resilient cycling ۸

شکل ۲-۳: اثر معکوس سازی تنش بر سختی خاک ۹

شکل ۲-۴: تاریخچه زمان تنش انحرافی و مسیر تنش..... ۱۴

شکل ۲-۵: شرایط تنش و کرنش اعمال شده به المانی از خاک در زیر سطح افقی زمین به واسطه انتشار امواج برشی در ۴ زمان مختلف..... ۱۵

شکل ۲-۶: مدلسازی رفتار خاک مطابق با مشخصه های تغییرشکلی وابسته به نرخ کرنش..... ۱۷

شکل۲-۷: منحنی خزش..... ۲۱

شکل۲-۸: منحنی بازگشت..... ۲۱

شکل۲-۹: نمایش شماتیک اجزاء کرنش در یک ماده الاستو- ویسکو-پلاستیک..... ۲۳

شکل ۲-۱۰: نواحی مختلف منحنی خزش- کرنش در برابر زمان برای سطوح مختلف بار..... ۲۴

شکل۲-۱۱: آسودگی و بازگشت..... ۲۴

شکل۲-۱۲: جمع توابع پله ای کرنش در برابر زمان به منظور تشکیل یک تاریخچه کرنش مربعی..... ۲۶

شکل۲-۱۳: تحلیل تاریخچه کرنش دلخواه : تفکیک به توابع ضربه ای..... ۲۷

شکل۲-۱۴: منحنی تنش- کرنش یک ماده ویسکو- الاستیک خطی در پاسخ به بارگذاری با نرخ کرنش ثابت..... ۲۹

شکل ۲-۱۵: منحنی های تنش- کرنش همزمان ماده ویسکو- الاستیک خطی و غیر خطی در بارگذاری با نرخ کرنش ثابت ۳۰

شکل ۲-۱۶ منحنی تنش و کرنش ماده ویسکو- الاستیک در برابر زمان در بارگذاری دینامیکی..... ۳۲

شکل ۲-۱۷ تفکیک مدل ویسکو- الاستیک به اجزاء الاستیک و ویسکوز..... ۳۶

شکل ۲-۱۸: تعریف ضریب افت ۳۸

شکل ۲-۱۹: تجزیه منحنی هیستزیس غیر خطی به اجزاء الاستیک و مستهلک کننده انرژی.....۳۹
شکل ۲-۲۰: تعریف انرژی ذخیره شده الاستیک و انرژی مستهلک شده.....۴۳
شکل ۲-۲۱: قوانین Masing : (a) تغییر تنش برشی با زمان, (b) رفتار تنش –کرنش حاصله.....۴۵
شکل ۲-۲۲: تجهیزات آزمایشگاهی Breth and Schwab برای مشابه سازی بارگذاری زلزله ۴۶
شکل۲ -۲۳: (a) تنش برشی سیکلیک اعمالی با فرکانس ۳/۵ هرتز
(b) کرنش سیکلیک برشی حاصله.....۴۷
شکل ۲-۲۴: نتایج آزمایشهای Wang(2004).....۴۸
شکل ۲-۲۵: نمودار تنش- کرنش در آزمایشهای Kjarnsli ۵۲
شکل ۲-۲۶: مکانیزم تغییر شکلی تنش-نرخ کرنش قیر تحت کشش (Cheung 1995).....۵۴
شکل ۲-۲۷: آزمایشهای با نرخ کرنش ثابت در دمای ۲۰ درجه بر روی نمونه AS1.....۵۵
شکل ۲-۲۸: آزمایش خزشی با تنش ثابت در دمای ۲۰ درجه بر روی مخلوط AS1 .....۵۶
شکل ۲-۲۹: الگوی تغییر شکل مخلوط AS1.....۵۷
شکل ۲-۳۰: آزمایشهای با نرخ کرنش ثابت.....۵۸
شکل۲-۳۱: تغییرات کرنش حجمی با کرنش انحرافی برای آزمایشهای تک محوری بر روی مخلوط AS1.....۵۹
شکل ۲-۳۲: مقایسه مدول آسودگی درنمونه های محصور شده و محصور نشده.....۶۲
شکل ۲-۳۳: درصد کرنش ویسکو-الاستیک و کرنش ویسکو-پلاستیک به عنوان تابعی از نرخ کرنش در دمای ۷۷ درجه فارنهایت.....۶۳
شکل ۲-۳۴: بتن آسفالتی با رفتار ویسکو-الاستیک خطی بدون آسیب دیدگی.....۶۵
شکل ۲-۳۵: بتن آسفالتی با رفتار ویسکو-الاستیک غیر خطی بدون آسیب دیدگی ۶۵
شکل ۲-۳۶: منحنی نرمی خزش تک محوری در دمای ۲۵ درجه.....۷۱
شکل ۲-۳۷: منحنی آسودگی فشاری تک محوری تخمین زده شده از داده های آزمایش خزش.....۷۲
شکل ۲-۳۸: داده های آزمایشهای مونوتونیک فشاری تک محوری با نرخ کرنش ثابت.....۷۳
شکل ۲-۳۹: منحنی های تنش – کرنش مجازی مربوط به آزمایش مونوتونیک.....۷۳
شکل ۲-۴۰: منحنی تنش – کرنش مجازی در دمای ۵ درجه.....۷۵
شکل ۲-۴۱: منحنی های تنش-کرنش مجازی در دمای ۲۵ ,۴۰ و ۵۵ درجه.....۷۷
شکل ۲-۴۲: رفتار تنش-کرنش هیسترزیس در آزمایش سیکلیک تنش کنترل شده تک محوری

(دامنه بارگذاری =۰/۵۵۶ کیلونیوتن).....۷۸
شکل ۲-۴۳: کاربرد اصل انطباق بر روی داده های آزمایش شکل با محاسبه کرنش مجازی.....۷۹
شکل ۲-۴۴: اثرات دوره استراحت بعد از بارکذاری سیکلیک با دامنه ۰/۵۵۶ کیلونیوتن.....۷۹
شکل۲ -۴۵: رفتار تنش-کرنش هیسترزیس در آزمایش سیکلیک تنش کنترل شده تک محوری (دامنه بارگذاری =۱/۱۱۲ کیلونیوتن).....۸۰
شکل ۲-۴۶: کاربرد اصل انطباق بر روی داده های آزمایش شکل با محاسبه کرنش مجازی.....۸۰
شکل ۲-۴۷: اثرات دوره استراحت بعد از بارکذاری سیکلیک با دامنه ۱/۱۱۲ کیلونیوتن.....۸۱

فصل سوم:

شکل ۳-۱: مقطع تیپ سدهای با هسته آسفالتی.....۸۳
شکل ۳-۲: پی سد میدوک.....۹۳
شکل ۳-۳: نمایی از هسته آسفالتی سد میدوک در حین ساخت.....۹۳
شکل ۳-۴: مقطع عرضی سد.....۹۴
شکل ۳-۵: دستگاه پخش مصالح آسفالتی هسته.....۹۶

فصل چهارم:

شکل ۴-۱: انواع آزمایشات بارگذاری دینامیکی.....۱۰۰
شکل ۴-۲: الگوهای بار در بارگذاری یک طرفه و دوطرفه ۱۰۲
شکل ۴-۳: تنش ایجاد شده بواسطه انتشار امواج حجمی.....۱۰۳
شکل ۴-۴: وضعیت تنش ایجاد شده بواسطه انتشار امواج فشاری.....۱۰۴
شکل ۴-۵: (a) شرایط تنش و کرنش اعمال شده بر روی المان خاک زیر سطح زمین به واسطه انتشار قائم امواج برشی در ۴زمان (b) دوایر موهر, جهت محورهای تنش اصلی (c) مسیر تنش.....۱۰۵
شکل ۴-۶: تغییر مکان افقی ایجاد شده در نزدیکی سطح زمین بواسطه انتشار یک بعدی موج.....۱۰۷
شکل ۴-۷: مولفه های تنش بر روی المان خاک.....۱۰۸
شکل۴-۸: تغییرات دو مولفه تنش برشی طی بارگذاری زلزله.....۱۰۸

شکل ۴-۹: الگوهای بارگذاری.....۱۰۹
شکل ۴-۱۰: شرایط تنش در بارگذاری سیکلیک ۱۱۱
شکل ۴-۱۱: لوپ هیسترزیس ایده آل ایجاد شده بوسیله بارگذاری سیکلیک ۱۱۱
شکل ۴-۱۲: کانتورهای تنش عمودی بر روی مقطع سد در آنالیز استاتیکی ۱۱۳
شکل ۴-۱۳: سطوح کرنش برشی بر روی دیواره هسته آسفالتی ۱۱۳
شکل ۴-۱۴: تغییرات کرنش برشی در هسته و فیلتر مجاور آن در امتداد ارتفاع سد.....۱۱۴
شکل ۴-۱۵: تغییرات تنشهای اصلی در هسته آسفالتی در امتداد ارتفاع سد ۱۱۵
شکل ۴-۱۶: الگوی شماره ۱ بارگذاری سیکلیک در آزمایش بارگذاری سه محوری.....۱۱۶
شکل ۴-۱۷: الگوی شماره ۲ بارگذاری سیکلیک در آزمایش بارگذاری سه محوری.....۱۱۸
شکل ۴-۱۸: مسیرهای تنش در الگوهای ۱و۲.....۱۱۸
شکل ۴-۱۹: نحوه دوران محورهای اصلی تنش در بارگذاری با الگوی ۲.....۱۱۹
شکل ۴-۲۰: وضعیت تنش بر روی المان محلی در شرایط قبل و هنگام اعمال موج برشی.....۱۲۰
شکل ۴-۲۱: منحنیهای تراز تغییر مکان در انتهای مرحله ساخت.....۱۲۱
شکل ۴-۲۲: منحنیهای تراز تنش در انتهای مرحله ساخت ۱۲۱
شکل ۴-۲۳: تنش های بحرانی در مصالح هسته در آنالیز غیرخطی ۱۲۲
شکل ۴-۲۴: ماکزیمم کرنش در مصالح هسته ۱۲۲
شکل ۴-۲۵: تنشها در مراحل مختلف بارگذاری الگوی شماره ۳ بر روی دایره موهر.....۱۲۳
شکل ۴-۲۶: مقادیر و جهت تنشهای اعمالی طی بارگذاری بر روی نمونه استوانه های آسفالتی.....۱۲۴
شکل ۴-۲۷: اثر درصد قیر بر رفتار تنش-کرنش آسفالت در آزمایشهای سه محوری با فشارهای همه جانبه ۴۰۰ کیلوپاسکال ۱۲۵
شکل ۴-۲۸: اثر فشار همه جانبه بر رفتار تنش-کرنش بتن آسفالتی با قیر ۶٪ ۱۲۶
شکل ۴-۲۹: نمودار تنش- کرنش محوری نمونه با ۶٪ قیر در آزمایش سه محوری با فشار همه جانبه ۴۰۰ کیلو پاسکال.....۱۲۷
شکل ۴-۳۰: داده های آزمایش مونوتونیک با نرخ کرنش ثابت تک محوری.....۱۲۸
شکل ۴-۳۱: منحنی های تنش- کرنش محوری در آزمایش مونوتونیک با نرخ کرنشهای متفاوت...۱۲۸
شکل۴-۳۲: آزمایشات با نرخ کرنش ثابت در دمای ۵ درجه.....۱۲۹

شکل ۴-:۳۳ نتایج آزمایشات مونوتونیک فشاری با نرخ کرنشهای متفاوت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد..... ۱۳۰
شکل ۴-۳۴: نتایج آزمایشات مونوتونیک با نرخ کرنش ثابت $\frac{0.3\%}{s}$ در دماهای مختلف..... ۱۳۰

فصل پنجم:

شکل ۵-۱: منحنی دانه بندی فولر برای مصالح دانه ای بتن آسفالتی..... ۱۳۴
شکل ۵-۲: نفوذپذیری بتن آسفالتی به صورت تابعی از درصد حفرات هوا..... ۱۳۵
شکل ۵-۳: درجات مختلف رطوبت یک سنگدانه..... ۱۳۶
شکل ۵-۴: درجه اتساع به عنوان تابعی از محتوای قیری مخلوط..... ۱۳۷
شکل ۵-۵: منحنی دانه بندی مصالح ساخت نمونه ها در آزمایشگاه به همرا منحنی فولر و منحنی های محدوده مجاز..... ۱۴۶
شکل ۵-۶: منحنی دانه بندی مصالح هسته آسفالتی میدوک به همرا منحنی فولر و منحنی های محدوده مجاز..... ۱۴۶
شکل ۵-۷: نمونه ای از آزمایشات انجام شده بر روی مخلوی آسفالتی هسته توسط پیمانکار..... ۱۴۷
شکل ۵-۸: (a)منحنی های تنش انحرافی و کرنش حجمی در برابر کرنش محوری آزمایشات مونوتونیک برای ۵ روش تراکم مختلف (b) منحنی کرنش محوری در برابر کرمش حجمی در آزمایشات مونوتونیک..... ۱۵۲
شکل ۵-۹: مصالح درشت دانه , دانه بندی شده با استفاده از الکهای مشخص..... ۱۵۳
شکل ۵-۱۰: مصالح ریزدانه , ماده افزودنی و فیلرهای مورد استفاده..... ۱۵۴
شکل ۵-۱۱: اجزاء محلول مورد استفاده در جداره داخلی قالبهای کوبش..... ۱۵۵
شکل ۵-۱۳: تقسیم بندی قالب کوبش..... ۱۵۶
شکل ۵-۱۴: اجزاء قالب کوبش..... ۱۵۶
شکل ۵-۱۵: چکش کوبش مصالح آسفالتی..... ۱۵۷
شکل ۵-۱۶: اثر لایه های کوبش بر روی جداره نمونه..... ۱۵۸
شکل ۵-۱۷: دستگاه برش..... ۱۵۹
شکل ۵-۱۸: اثر درصد قیر بر وزن مخصوص نمونه ها..... ۱۶۰

شکل ۵-۱۹: خروج هوای آسفالت در آزمایش رایس توسط دستگاه خلاء.....۱۶۲
شکل ۵-۲۰: نتایج آزمایش رایس.....۱۶۲
شکل ۵-۲۰: آزمایش نفوذ ناپذیری غشاء لاتکسی.....۱۶۳
شکل ۵-۲۲: قرار گیری نمونه بر روی پایه.....۱۶۴
شکل ۵-۲۳: آبگیری سلول.....۱۶۴
شکل ۵-۲۴: استفاده از دی اکسید کربن جهت اشباع نمودن نمونه.....۱۶۵

فصل ششم:

شکل ۶-۱: اثر درصد قیر مخلوط بر منحنی تنش- کرنش محوری در آزمایشهای مونوتونیک.....۱۶۹
شکل ۶-۲ منحنی تاثیرات درصد قیر مخلوط بر مقدارمدول یانگ در کرنش محوری ۱٪.....۱۷۰
شکل ۶-۳ a) منحنی تنش- کرنش نمونه با ۵/۵٪ قیر تحت بارگذاری مونوتونیک b) منحنی کرنش حجمی- کرنش محوری.....۱۷۰
شکل ۶-۴: منحنی تنش- کرنش نمونه با ۶٪ قیر تحت بارگذاری مونوتونیک.....۱۷۱
شکل ۶-۵: نمونه آسفالتی با ۵/۵ ٪ درصد قیر قبل و بعد از آزمایش مونوتونیک تست ۱.....۱۷۲
شکل ۶-۶: نمونه آسفالتی با ۶ ٪ درصد قیر قبل و بعد از آزمایش مونوتونیک تست ۱.....۱۷۳
شکل ۶-۷: نمونه آسفالتی با ۸ ٪ درصد قیر قبل و بعد از آزمایش مونوتونیک.....۱۷۳
شکل ۶-۸: پروفیل دانسیته نمونه متراکم شده با روش A1.....۱۷۷
شکل ۶-۹: پروفیل دانسیته نمونه های متراکم شده توسط روشهای A2 و A3.....۱۷۷
شکل ۶-۱۰: پروفیل دانسیته نمونه های متراکم شده توسط روش های B1 وB2 وB3.....۱۷۸
شکل ۶-۱۱: پروفیل دانسیته نمونه های متراکم شده توسط روش های C1 وC2.....۱۷۸
شکل ۶-۱۲: پروفیل دانسیته نمونه های متراکم شده توسط روش های D1 وD2 .....۱۷۹
شکل ۶-۱۳: نمودار کرنش محوری در برابر کرنش حجمی در آزمایش مونوتونیک با نرخ کرنش ثابت.....۱۸۰
شکل ۶-۱۴: منحنی های تنش- کرنش محوری و تنش- کرنش برشی در مرحله تحکیم.....۱۸۳
شکل ۶-۱۵: منحنی تنش- کرنش برشی بارگذاری سیکلیک با الگوی ۱ بر روی نمونه با ۶ ٪ قیر...۱۸۴
شکل۶-۱۶: لوپهای هیسترزیس در سیکلهای انتخابی آزمایش بارگذاری نمونه با قیر ۶٪.....۱۸۵
شکل ۶-۱۷: آزمایش بارگذاری سیکلیک بر روی نمونه با ۶٪ قیر بدون اعمال فشار همه جانبه.....۱۸۵

شکل ۶-۱۸: نمودار کرنش محوری در برابر زمان در آزمایشهای سیکلیک.....۱۸۶
شکل ۶-۱۹: منحنی کرنش محوری- کرنش حجمی در بارگذاری با الگوی ۱.....۱۸۶
شکل ۶-۲۰: منحنی تنش- کرنش برشی مرحله تحکیم نمونه با ۷/۵ درصد قیر.....۱۸۷
شکل ۶-۲۱: منحنی تنش- کرنش برشی بارگذاری سیکلیک با الگوی ۱ بر روی نمونه با ۷/۵ ٪ قیر.....۱۸۸
منحنی۶-۲۲: تنش- کرنش برشی در آزمایش بر روی ۲ نمونه مشابه با ۷/۵ درصد قیر.....۱۸۸
شکل ۶-۲۳: رابطه تنش- کرنش برشی در مصالح آسفالت پس از ۱۰ و ۱۰۰ سیکل بارگذاری.....۱۸۹
شکل ۶-۲۴: منحنی تنش- کرنش محوری بارگذاری سیکلیک با دامنه بار ۱/۱۱۲ کیلونیوتن ۱۹۰
شکل ۶-۲۵: پاسخ مصالح غیر خطی مختلف به بارگذاری سیکلیک ۱۹۰
شکل۶-۲۶: (a) تاریخچه کرنش ایجاد شده توسط یک پالس مثلثی (b) منحنی تنش-کرنش پاسخ.....۱۹۱
شکل ۶-۲۷: منحنی تنش – کرنش برشی مرحله تحکیم.....۱۹۲
شکل ۶-۲۸: منحنی تنش– کرنش برشی بارگذاری سیکلیک با الگوی ۲ بر روی نمونه با ۶٪ قیر....۱۹۳
شکل ۶-۲۹: منحنی تنش– کرنش برشی بارگذاری سیکلیک با الگوی ۲ بر روی نمونه با ۷/۵ ٪ قیر..... ۱۹۳
شکل ۶-۳۰: منحنی تنش– کرنش برشی بارگذاری سیکلیک با الگوی ۲ بر روی نمونه با ۸ ٪ قیر..۱۹۴
شکل ۶-۳۱: تاثیر در صد قیر و تغییر فشار سلول بر رفتار سیکلیک نمونه ها.....۱۹۴
شکل ۶-۳۲: مساحت زیر منحنی بارگذاری نیروی محوری.....۱۹۶
شکل ۶-۳۳: مساحت زیر منحنی باربرداری نیروی محوری.....۱۹۶
شکل ۶-۳۴: مدول برشی در لوپ ایجاد شده در سیکل پنجم (نمونه با ۶٪ قیر).....۱۹۷
شکل ۶-۳۵: مدول برشی در لوپ ایجاد شده در سیکل پنجم (نمونه با ۷/۵٪ قیر).....۱۹۸
شکل ۶-۳۶: منحنی خزش نمونه با ۶٪ قیر.....۱۹۹
شکل ۶-۳۷: منحنی نرمی خزشی در برابر زمان نمونه ۶٪.....۲۰۰
شکل ۶-۳۸: تصویر نمونه با ۷/۵ درصد قیر در دستگاه UTM.....۲۰۱
شکل ۶-۳۹: منحنی خزش نمونه ۷/۵ ٪ قیر تحت تنش ۹۳ کیلوپاسکال.....۲۰۱
شکل ۶-۴۰: منحنی مدول آسودگی در برابر زمان (آزمایش اول).....۲۰۳
شکل ۶-۴۱: منحنی مدول آسودگی در برابر زمان در مقیاس لگاریتمی (آزمایش اول).....۲۰۳

شکل ۶-۴۲: منحنی مدول آسودگی در برابر زمان (آزمایش دوم).....۲۰۴
شکل ۶-۴۳: منحنی مدول آسودگی در برابر زمان در مقیاس لگاریتمی (آزمایش دوم).....۲۰۴
شکل ۶-۴۴: منحنی های همزمان تنش- کرنش در آزمایشهای آسودگی ۲۰۵
شکل۶-۴۵: منحنی تنش محوری- زمان آزمایشهای آسودگی در مقیاس لگاریتمی.....۲۰۶
شکل ۶-۴۶: منحنی تنش-کرنش آسودگی در زمان ۱ دقیقه.....۲۰۶
شکل ۶-۴۷: تاریخچه کرنش در مرحله تحکیم آزمایش بارگذاری با الگوی ۱ بر روی نمونه با ۶٪ قیر.....۲۰۸
شکل ۶-۴۸: مقایسه بین منحنی پاسخ تحلیلی و آزمایشی.....۲۰۸
شکل ۶-۴۹: a) منحنی مدول آسودگی در برابر زمان در مقیاس لگاریتمی b) رگرسیون خطی منحنی قسمت a.....۲۰۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل دوم:

جدول ۲-۱ ویژگی مخلوط آسفالتی AS1.....۵۵
جدول ۲-۲ شرایط آزمایش.....۷۴

فصل سوم:

جدول ۳-۱ لیستی از سدهای خاکی با هسته آسفالتی.....۸۲
جدول ۳-۲ مشخصات سدهای رسوبگیر و آبگیر.....۹۲

فصل پنجم:

جدول ۵-۱ نتایج آزمایشات فشاری سه محوری بر روی مخلوطهای مختلف آسفالتی (نرخ کرنش برابر با ۲٪ در ساعت (در دمای ۵ درجه سانتیگراد).....۱۳۸
جدول ۵-۲ جدول دانه بندی مصالح دانه ای بتن آسفالتی هسته سد میدوک.....۱۳۹
جدول ۵-۳ طرح نهایی دانه بندی مصالح دانه ای ۱۴۱
جدول ۵-۴ دانه بندی فولر با بزرگترین دانه با بعد ۹/۵ میلیمتر با استفاده از دانه بندی فولر با بزرگترین دانه با بعد ۱۹ میلیمتر.....۱۴۲
جدول ۵-۵ درصد مصالح بین الکها در دانه بندی آسفالت هسته سد میدوک.....۱۴۳
جدول ۵-۶ دانه بندی مصالح دانه ای با بزرگترین دانه با بعد ۹/۵ میلیمتر.....۱۴۴
جدول ۵-۷ اصلاح و تعدیل حدود استاندارد بالا و پائین جدول ۵-۲.....۱۴۵
جدول ۵-۸ مشخصات قیر ۱۴۸
جدول ۵-۹ داده های حاصل ازنمودارهای آزمایش شکل ۵-۶.....۱۴۹
جدول ۵-۱۰ نمونه ای از نتایج آزمایش استخراج بر روی نمونه حفاری شده از هسته بعد کوبش.....۱۵۰
جدول ۵-۱۰ اندازه گیری B پارامتر.....۱۶۷

فصل ششم:

جدول ۶-۱ مشخصات دانه بندی و قیر مصرف شده در ساخت نمونه ها.....۱۷۶
جدول ۶-۲ روشهای مختلف تراکم.....۱۷۶
جدول ۶-۱ میزان انرژی تلف شده در واحد حجم نمونه ها در سیکلهای بارگذاری-باربرداری.....۱۹۷

فصل اول

کلیات