



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش: ژئوتکنیک (خاک و پی)

موضوع:

بررسی نشست پذیری مصالح شنی هنگام اشباع شدن با استفاده از آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس

نگارش: وحید عشاقی

استاد راهنما: دکتر رضا مهین روستا

زمستان ۱۳۸۹

تقديم به:

پدر و مادر م

تشکر و قدردانی

در این قسمت لازم است، تشکر و قدردانی خود را از اشخاصی که اینجانب را در انجام مراحل مختلف پایان نامه کمک و یاری رسانده‌اند، داشته باشم.

در ابتدا از استاد راهنمای خود، جناب آقای دکتر رضا مهین روستا، بسیار متشکرم. حمایت‌ها و کمک‌های ایشان در پیشبرد مراحل مختلف این تحقیق، چه در انجام صحیح آزمایش‌ها و چه در نحوه نگارش و طبقه بندی مطالب فصول مختلف این پایان نامه، ستودنی و بسیار مفید و ارزشمند بود. اینجانب علاوه بر پایان نامه، افتخار شاگردی ایشان در درس، مکانیک خاک پیشرفته، دینامیک خاک و حالت خمیری خاک (پلاستیسیته خاک) را داشته و از نحوه تدریس دلسوزانه و مدبرانه ایشان که با ایجاد کردن انگیزه‌ای مضاعف سبب فهم دقیق مطالب و تولید روحی پژوهشی در من شد، قدردانی می‌کنم.

همچنین از اساتید دیگر خود، جناب آقای دکتر فرهنگ فرخی، جناب آقای دکتر روحانی، جناب آقای مهران جوانمرد، جناب آقای سارنگ صیرفیان و جناب آقای دکتر جلال بازرگان کمال تشکر را دارم. اینجانب از اساتید آزمایشگاه‌های مکانیک خاک و بتن دانشگاه زنجان، آقایان مهندس اسدی و محمدی که شرایط مناسبی را برای انجام آزمایشات فراهم نمودند، نیز متشکرم. در اینجا لازم است که از تمامی دوستان خود، از جمله دوستان هم دوره‌ای و هم اتاقی، که سبب شد تا خاطراتی بسیار خوب و به یادماندنی در ذهن اینجانب نقش گیرد، متشکرم.

در خاتمه تشکر و قدردانی خود را از پدر و مادر عزیزم که مشوق اصلی و همیشگی من در این راه بوده‌اند، متشکرم و این مجموعه را به آن‌ها تقدیم می‌کنم.

زمستان ۱۳۸۹

وحید عشاقی

چکیده

زمانی که مصالح درشت‌دانه خشک، تحت سربار قائم مشخصی، اشباع می‌شوند، جابجایی در دانه‌های خاک و شکستگی در دانه یا نقاط تماس آن‌ها ایجاد می‌شود که این مسئله سبب بروز پدیده فرونشست^۱ مصالح به علت آبدگیری می‌شود و نشست‌های ناگهانی و گاهاً بسیار زیادی را در توده خاک موجب می‌گردد. در این پایان‌نامه، با انجام آزمایشات آزمایشگاهی به بررسی پدیده فرونشست پرداخته می‌شود. در ابتدای امر، مصالح حاکی متفاوتی از جمله مصالح شن شسته، ماسه شسته، شن و ماسه شسته و شن تیزگوشه (مصالح سنگریزه‌ای) و شن گردگوشه (مصالح رودخانه‌ای) تهیه شد. قبل از انجام آزمایش‌ها، جهت مشخص کردن خصوصیات فیزیکی، آزمایش‌های دانه‌بندی^۲، تعیین مقدار توده ویژه^۳ یا G_s ، تعیین مقادیر دانسیته خشک حداکثر^۴ به روش میز لرزه^۵ و تراکم، آزمایش تعیین دانسیته خشک حداقل^۶، تراکم یا پروکتور اصلاح شده^۷ و نیز تعیین مقدار سایش لس-آنجلس^۸ بر روی تمامی این خاک‌ها انجام گرفت. پس از انجام این آزمایش‌ها، توسط دستگاه آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس^۹ $15 \times 30 \times 30$ سانتی متر آزمایش‌های مقاومت برشی بر روی نمونه‌های خشک و اشباع و همچنین آزمایش فرونشست بر روی مصالح انجام شد. آزمایش‌های اخیر همان آزمایش‌های برش مستقیم هستند که در آن در ابتدا نمونه‌ها خشک بوده و سپس در سطحی از تنش برشی، اشباع می‌شوند. پس از اخذ مقادیر پارامترهای مقاومت برشی از این آزمایش‌ها، این مقادیر با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج آزمایشات مقاومت برشی در اغلب مصالح مورد استفاده، نشان از کاهش مقادیر پارامترهای مقاومت برشی با اشباع کردن مصالح و یکسان شدن تقریبی این مقادیر در دو آزمایش اشباع و فرونشست بود. بخش اصلی و مهم این تحقیق، بررسی تأثیر عوامل مختلف بر میزان فرونشست مصالح شنی نظیر تنش قائم، دانسیته یا تراکم خاک، میزان خاک ماسه‌ای، درصد رطوبت اولیه، تغییر مکان یا سطح تنش برشی^{۱۰}، شکل دانه، نوع دانه‌بندی مصالح، مسیر تنش و تعداد مراحل آبدگیری بود که توسط دستگاه برش مستقیم در شرایط فرونشست انجام گرفت. نتایج کلی از این آزمایش‌ها حاکی از آن است که با افزایش تنش قائم، افزایش نسبت خاک ماسه‌ای به شنی و سطح تنش برشی، میزان فرونشست افزایش می‌یابد و اضافه کردن رطوبت اولیه به خاک قبل از فرونشست و افزایش میزان تراکم سبب کاهش مقدار فرونشست می‌گردد.

کلمات کلیدی: فرونشست، مقاومت برشی، مصالح شنی، اشباع شدن، آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس

¹ Collapse Settlement

² Grading Analysis

³ Specific Gravity of Soil Solids

⁴ Maximum Density and Unit Weight of soils

⁵ Minimum Density and Unit Weight of soils

⁶ Vibratory Table

⁷ Modified Procter

⁸ Los Angeles Abrasion

⁹ Large Scale Direct Shear test

¹⁰ Stress Level

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۵	فصل دوم: مفاهیم اولیه و مروری بر تحقیقات گذشته
۶	۱-۲- مقدمه
۶	۲-۲- مفهوم فرونشست در خاک
۶	۱-۲-۲- تعریف فرونشست
	۲-۲-۲- بررسی و محاسبه مقدار نشست حاصل از نیروی فرونشست و افزایش حجم ناشی از نیروی شناوری
۹	ارشمیدسی در مصالح دانه‌ای هنگام بالا آمدن آب در آن
۱۳	۳-۲-۲- تأثیرات فرونشست بر روی میزان تنش و مدول الاستیسیته مصالح شنی
۱۶	۴-۲-۲- عوامل تأثیرگذار بر مدول الاستیسیته و تغییرشکل مصالح شنی
۱۹	۳-۲- مروری بر تحقیقات گذشته در زمینه فرونشست
۱۹	۱-۳-۲- مطالعه موردی در زمینه کاربرد پدیده فرونشست در سدهای سنگریزه‌ای
۲۷	۲-۳-۲- نشست فروریزی در خاکریزهای جاده‌ها و راه آهن‌ها
۲۸	۳-۳-۲- آزمایشات انجام شده در زمینه فرونشست بر روی مصالح شنی
۴۷	فصل سوم: آزمایشات مقدماتی جهت تعیین خصوصیات فیزیکی مصالح
۴۸	۱-۳- مقدمه
۴۸	۲-۳- جمع‌آوری مصالح مصرفی
۴۹	۳-۳- آزمایش دانه‌بندی خاک
۴۹	۱-۳-۳- هدف
۵۰	۲-۳-۳- وسایل مورد نیاز آزمایش
۵۲	۳-۳-۳- روش انجام آزمایش دانه‌بندی
۵۴	۴-۳-۳- محاسبات و نتایج
۶۰	۴-۳- آزمایش تعیین توده ویژه خاک (G_s)
۶۰	۱-۴-۳- هدف
۶۰	۲-۴-۳- وسایل مورد نیاز آزمایش
۶۱	۳-۴-۳- نحوه انجام آزمایش
۶۲	۴-۴-۳- محاسبات و نتایج
۶۴	۵-۳- آزمایش تعیین دانسیته و وزن مخصوص حداکثر خاک‌ها توسط میز لرزه

۶۴.....	۳-۵-۱- هدف
۶۵.....	۳-۵-۲- تعریف واژگان اصلی در آزمایش
۶۷.....	۳-۵-۳- خلاصه‌ای از روش آزمایش
۶۷.....	۳-۵-۴- اهمیت و کاربرد آزمایش
۶۸.....	۳-۵-۵- وسایل مورد نیاز آزمایش
۷۰.....	۳-۵-۶- نمونه‌گیری و نمونه آزمایش
۷۱.....	۳-۵-۷- نحوه انجام آزمایش
۷۴.....	۳-۵-۸- محاسبات و نتایج
۷۶.....	۳-۶-۶- روش آزمایش دانسیته و وزن مخصوص حداقل خاک‌ها
۷۶.....	۳-۶-۱- هدف
۷۸.....	۳-۶-۲- وسایل مورد نیاز آزمایش
۷۹.....	۳-۶-۳- نمونه‌گیری و نمونه آزمایش
۸۰.....	۳-۶-۴- نحوه انجام آزمایش
۸۳.....	۳-۶-۵- محاسبات و نتایج
۸۴.....	۳-۷-۷- آزمایش تراکم
۸۵.....	۳-۷-۱- هدف
۸۵.....	۳-۷-۲- وسایل آزمایش
۸۷.....	۳-۷-۳- نحوه انجام آزمایش تراکم اصلاح شده به روش D
۸۸.....	۳-۷-۴- محاسبات و نتایج
۹۰.....	۳-۸-۸- آزمایش سایش لس آنجلس
۹۰.....	۳-۸-۱- هدف
۹۱.....	۳-۸-۲- وسایل مورد نیاز آزمایش
۹۳.....	۳-۸-۳- روش انجام آزمایش
۹۴.....	۳-۸-۴- محاسبات و نتایج
۹۴.....	۳-۹-۹- آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس ۳۰ × ۳۰ سانتیمتر در شرایط تحکیم یافته زهکشی شده (CD) ۹۴
۹۴.....	۳-۹-۱- هدف
۹۵.....	۳-۹-۲- تعریف اصطلاحات فنی
۹۶.....	۳-۹-۳- خلاصه‌ای از روش آزمایش
۹۶.....	۳-۹-۴- اهمیت و کاربرد
۹۷.....	۳-۹-۵- وسایل مورد نیاز آزمایش
۱۰۱.....	۳-۹-۶- نمونه آزمایش
۱۰۳.....	۳-۹-۷- روش انجام آزمایش

فصل چهارم: آزمایش‌های مقاومت برشی و فرونشست در مصالح دانه‌ای ۱۰۹

۱-۴-۱- مقدمه ۱۱۰

۲-۴-۲- آزمایش برش مستقیم بر روی مصالح شن شسته ۱۱۰

۴-۲-۱- بررسی آزمایشات مقاومت برشی مصالح شن شسته ۱۱۱

۴-۲-۲- بررسی آزمایش‌های فرونشست مصالح شن شسته ۱۲۷

۴-۳-۳- آزمایش برش مستقیم مصالح مخلوط شن و ماسه شسته و مصالح ماسه تمیز ۱۴۴

۴-۳-۱- بررسی آزمایش‌های مقاومت برشی مصالح مخلوط شن و ماسه و مصالح ماسه‌ای ۱۴۴

۴-۳-۲- بررسی آزمایش‌های فرونشست مصالح مخلوط شن و ماسه شسته و ماسه تمیز ۱۵۱

۴-۴-۴- آزمایش برش مستقیم بر روی مصالح شن تیزگوشه ۱۵۶

۴-۴-۱- بررسی آزمایش‌های مقاومت برشی مصالح شن تیزگوشه ۱۵۶

۴-۴-۲- بررسی آزمایش‌های فرونشست مصالح شن تیزگوشه ۱۶۱

۴-۵-۵- آزمایش برش مستقیم بر روی مصالح شن گردگوشه ۱۷۲

۴-۵-۱- آزمایش‌های مقاومت برشی مصالح شن گردگوشه ۱۷۳

۴-۵-۲- بررسی آزمایش‌های فرونشست مصالح شن گردگوشه ۱۷۷

۴-۶-۶- مقایسه نتایج آزمایش‌های فرونشست انواع مصالح دانه‌ای با یکدیگر ۱۸۰

۴-۶-۱- مقایسه نتایج آزمایش‌های فرونشست مصالح شن تیزگوشه و شن گردگوشه ۱۸۰

۴-۶-۲- مقایسه نتایج آزمایش‌های فرونشست مصالح شن گردگوشه با شن شسته ۱۸۴

۴-۶-۳- مقایسه نتایج آزمایش‌های فرونشست مصالح شن شسته با مصالح مخلوط شن و ماسه ۱۸۶

۴-۷-۷- میزان شکستگی دانه‌های شن تیزگوشه و شن گردگوشه در آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس ۱۸۷

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۸۹

۵-۱-۱- نتایج ۱۹۰

۵-۲-۲- پیشنهادها ۱۹۴

فهرست مراجع ۱۹۵

فهرست اشکال

۷	سخت‌شوندگی کرنش که باعث افت مقادیر E_t (مدول تغییر شکل تانژانت) شده است	شکل ۱-۲
۸	..... فرونشست مصالح سنگریزه‌ای در آزمایش ادئومتری	شکل ۲-۲
۸	..... فشار تک محوری	شکل ۳-۲
۹	..... اعمال همزمان نیروی فرونشست و شناوری در خاکریز سنگریزه‌ای	شکل ۴-۲
۱۰	..... تغییر شکل در محور سد در مدت زمان پرشدن مخزن سد تا بالاترین سطح آزاد آب	شکل ۵-۲
۱۱	..... مسئله یک بعدی بالا آمدن آب در مصالح دانه‌ای الف- زمان انتهای ساخت خاکریز ب- بالا آمدن آب از تراز Z به تراز $(Z+dZ)$ ج- مسیرهای تنش - کرنش لایه در سطح Z	شکل ۶-۲
۱۳	..... آزادسازی تنش محوری در لحظه خیس‌شدگی و بدون تغییر حجم برای مصالح شنی اندازه دانه‌های مصالح کوچکتر از الک شماره ۸ و بزرگتر از الک شماره ۱۶ و دانسیته نسبی $I_D = 83\%$.	شکل ۷-۲
۱۷	..... رابطه تنش - کرنش مصالح سنگریزه‌ای در آزمایش سه محوری	شکل ۸-۲
۱۸	..... منحنی‌های نشست بر حسب زمان برای آزمایش‌های ادئومتری روی مصالح سنگریزه‌ای	شکل ۹-۲
۲۱	..... اثرات پرشدن مخزن روی خاکریز سد	شکل ۱۰-۲
۲۲	..... ترک خوردگی به علت اختلاف نشست پس از ساخت سد در فصل مشترک مصالح سنگریزه‌ای ریخته شده و هسته سد	شکل ۱۱-۲
۲۳	..... مقطع عرضی سد Beliche	شکل ۱۲-۲
۲۳	..... مقادیر ثبت شده از تغییرشکل قائم سد Beliche پس از پرشدن مخزن سد	شکل ۱۳-۲
۲۵	..... سد Infiernillo در مکزیک الف- مقطع عرضی سد ب- نشست ها و تغییر مکان‌های مشاهده شده در نشانه‌ها و علائم توپوگرافی پس از ساخت سد ج) منحنی‌های نشست اندازه‌گیری شده در D-2	شکل ۱۴-۲
۲۶	..... نشست سد Dix River در مدت زمان غرقاب شدن آن	شکل ۱۵-۲
۲۷	..... نرخ نشست خاکریزی با ارتفاع ۴۰ متری از مصالح شیلی متعلق به خط راه‌آهن فوق سریع بین مادرید و سویا و بارندگی ثبت شده در آن منطقه	شکل ۱۶-۲
۲۹	..... منحنی‌های تراکم‌پذیری مصالح شنی در حالت‌های خشک و تر و منحنی فرونشست از خشک به تر الف) دانسیته نسبی ۹۰٪ ب) دانسیته نسبی ۹۵٪	شکل ۱۷-۲

- شکل ۱۸-۲ مقایسه منحنی‌های تغییر حجم و تنش- کرنش برای نمونه‌های خشک، خیس، خشک - خیس در آزمایش تراکم سه محوری برای مصالح شنی که اندازه دانه‌های مصالح کوچکتر از الک شماره ۸ و بزرگتر از الک شماره ۱۶ و دانسیته نسبی ۹۰٪ است ۳۱
- شکل ۱۹-۲ منحنی دانه‌بندی مصالح سنگریزه‌ای سد Menta ۳۲
- شکل ۲۰-۲ تصویری از سلول ادنومتر مورد استفاده برای آزمایش بر روی مصالح سنگریزه‌ای سد Menta (ارتفاع سلول ۱۲۰۰ mm و قطر آن ۶۰۰ mm) ۳۳
- شکل ۲۱-۲ منحنی‌های تنش - کرنش ادنومتری برای مصالح سنگریزه‌ای سد Menta ۳۳
- شکل ۲۲-۲ ارتباط تنش - کرنش برای ماسه سنگ و رس سنگ هریک در دو وضعیت رطوبت در محل و اشباع ۳۵
- شکل ۲۳-۲ ارتباط میزان فرونشست و تنش اعمالی برای ماسه سنگ و رس سنگ ۳۵
- شکل ۲۴-۲ دستگاه ادنومتر بزرگ مقیاس با آزمایش کنترل رطوبت بر روی نمونه سنگریزه‌ای ۳۶
- شکل ۲۵-۲ نتایج اخذ شده از آزمایش ادنومتری با کنترل رطوبت نسبی بر روی نمونه‌های سنگریزه‌ای
- ۳۷ الف) تغییرات مکش کل برحسب تنش قائم و ب) منحنی تنش قائم برحسب کرنش قائم ۳۷
- شکل ۲۶-۲ منحنی نیمه لگاریتمی تغییرات تنش قائم برحسب کرنش قائم اندازه‌گیری شده در آزمایش کنترل رطوبت نسبی ادنومتری بر روی مصالح سنگریزه‌ای ۳۹
- شکل ۲۷-۲ مرحله فرونشست مصالح سنگریزه‌ای در آزمایش ادنومتری با کنترل رطوبت نسبی برای آزمایش‌های ۲ و ۴ الف) نمودار کرنش فرونشست برحسب مکش کل ب- کرنش فرونشست برحسب نسبت رطوبت ۴۰
- شکل ۲۸-۲ تصویری از دستگاه آزمایش سه محوری بزرگ مقیاس بر روی مصالح سنگریزه‌ای پوسته سد گتوند
- ۴۱ الف) محفظه خارجی دستگاه سه محوری بزرگ مقیاس ب) نمونه آزمایشی و پایه تحتانی سه محوری بزرگ مقیاس ج) مرحله قرارگیری نمونه در سلول ۴۱
- شکل ۲۹-۲ مقایسه نتایج آزمایشگاهی با مدلسازی عددی در آزمایش سه محوری در شرایط فرونشست
- ۴۲ الف) تغییرات تنش انحرافی در برابر کرنش محوری ب) تغییرات کرنش حجمی در برابر کرنش محوری . رفتار مصالح سنگریزه در شرایط خشک تحت تنش‌های قائم مختلف ۴۲
- ۴۵ الف - منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی و ب - تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ۴۵
- شکل ۳۱-۲ رفتار مصالح سنگریزه در شرایط اشباع تحت تنش‌های قائم مختلف
- ۴۵ الف - منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی و ب - تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ۴۵
- شکل ۳۲-۲ منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی و تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی مصالح سنگریزه در شرایط خشک، اشباع و فرونشست
- ۴۶ الف - تحت تنش قائم ۴۴۴ kpa، ب - تحت تنش قائم ۶۶۶ kpa و ج - تحت تنش قائم ۷۷۷ kpa ۴۶
- شکل ۱-۳ روی هم گذاشتن مجموعه الک‌های مورد استفاده جهت انجام آزمایش دانه‌بندی ۵۰

۵۰	..... نمای بالا از مجموعه الک‌ها و سوراخ‌های آن	شکل ۲-۳
۵۱	..... آون موجود در آزمایشگاه جهت خشک کردن مصالح	شکل ۳-۳
۵۲	..... دستگاه شیکر موجود در آزمایشگاه به همراه مجموعه الک‌ها بر روی آن	شکل ۴-۳
۵۲	..... ترازوی دیجیتالی موجود در آزمایشگاه با دقت ۰/۱ گرم	شکل ۵-۳
۵۵	..... منحنی دانه‌بندی ۵ نمونه از مصالح شن شسته و تصویری از این مصالح	شکل ۶-۳
۵۵	..... اندازه‌های متفاوتی از شکل دانه‌های ذرات شن شسته و بزرگتر از الک نمره ۴	شکل ۷-۳
۵۶	..... منحنی دانه‌بندی ۵ نمونه از مصالح ماسه تمیز و تصویری از این مصالح	شکل ۸-۳
۵۷	..... منحنی دانه‌بندی نمونه‌ای از مصالح مخلوط شن و ماسه تمیز و تصویری از این مصالح	شکل ۹-۳
۵۷	..... منحنی دانه‌بندی ۵ نمونه از مصالح شن تیز گوشه و تصویری از این مصالح	شکل ۱۰-۳
۵۸	..... اندازه‌های متفاوتی از شکل دانه‌های ذرات شن تیز گوشه و بزرگتر از الک نمره ۴	شکل ۱۱-۳
	اندازه‌های متفاوتی از شکل دانه‌های ذرات شن گرد گوشه و بزرگتر از الک نمره ۴ به همراه تصویری از این مصالح	شکل ۱۲-۳
۵۸	..... این مصالح	
۵۹	..... منحنی‌های دانه‌بندی مربوط به کل مجموعه مصالح استفاده شده	شکل ۱۳-۳
۶۱	..... وسایل مخصوص آزمایش تعیین G_s خاک	شکل ۱۴-۳
۷۰	..... وسایل مخصوص آزمایش تعیین دانسیته حداکثر موجود در آزمایشگاه	شکل ۱۵-۳
۷۲	..... قرار گرفتن قالب‌های فلزی استاندارد همراه با سربار آن‌ها بر روی میز لرزه	شکل ۱۶-۳
۸۰	..... استفاده از قیف جهت ریختن خاک به درون قالب در آزمایش تعیین دانسیته خشک حداقل	شکل ۱۷-۳
	استفاده از خط‌کش فلزی لبه تیز جهت خارج کردن خاک اضافی و تراز کردن سطح خاک تا لبه قالب در آزمایش تعیین دانسیته خشک حداقل	شکل ۱۸-۳
۸۱	..... آزمایش تعیین دانسیته خشک حداقل	
۸۵	..... وسایل مخصوص آزمایش تراکم موجود در آزمایشگاه	شکل ۱۹-۳
۸۷	..... نحوه متراکم کردن خاک داخل قالب در آزمایش پراکتور اصلاح شده	شکل ۲۰-۳
	منحنی وزن مخصوص خشک - درصد رطوبت برای سه مصالح شن شسته، شن تیز گوشه و شن گرد گوشه	شکل ۲۱-۳
۸۸	..... گرد گوشه	
۸۹	..... رابطه تجربی بین حداکثر و حداقل دانسیته براساس ضریب یکنواختی خاک‌های غیرچسبنده	شکل ۲۲-۳
۹۱	..... دستگاه سایش لس‌آنجلس	شکل ۲۳-۳
۹۱	..... گلوله‌های فولادی مورد استفاده در دستگاه لس‌آنجلس	شکل ۲۴-۳
۹۳	..... مصالح شن شسته در وضعیت قبل و بعد از آزمایش سایش لس‌آنجلس	شکل ۲۵-۳

۲۶-۳	دستگاه آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس 30×30 سانتی متر و اجزاء مختلف آن، مورد استفاده در آزمایشگاه	۹۸
۲۷-۳	قسمت‌های مختلف جعبه دستگاه برش مستقیم بزرگ مقیاس 30×30 سانتی‌متر	۹۹
۲۸-۳	تصویری از صفحه دیجیتالی دستگاه برش مستقیم جهت انتخاب، تغییر و یا توقف سرعت تغییرمکان افقی یا برشی به نمونه خاک	۱۰۱
۲۹-۳	تنش‌های وارده بر نمونه خاک در آزمایش برش مستقیم	۱۰۸
۳۰-۳	شرایط تنش گسیختگی در آزمایش برش مستقیم توسط دایره موهر	۱۰۸
۱-۴	رفتار مصالح شن شسته در شرایط خشک تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2	۱۱۱
۲-۴	الف - منحنی‌های تنش برشی - تغییرمکان افقی و ب - تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی	۱۱۱
۳-۴	رفتار مصالح شن شسته در شرایط اشباع تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2	۱۱۲
۴-۴	الف - منحنی‌های تنش برشی - تغییرمکان افقی و ب - تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی	۱۱۲
۳-۴	رفتار مصالح شن شسته در شرایط خشک، اشباع و فرونشست تحت تنش قائم 3 kg/cm^2	۱۱۳
۴-۴	الف - منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی و ب - تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی	۱۱۳
۴-۴	منحنی تغییرات حداکثر تنش برشی برحسب تنش قائم (پوش گسیختگی) برای شن شسته در شرایط خشک، اشباع و فرونشست	۱۱۵
۵-۴	منحنی تغییرات زاویه اصطکاک حداکثر برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای شن شسته در شرایط خشک، اشباع و فرونشست	۱۱۹
۶-۴	تعریف زاویه اتساع در یک توده متراکم شده از خاک شنی در آزمایش برش مستقیم	۱۲۱
۷-۴	رفتار مصالح شنی در وضعیت برش خشک و تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2	۱۲۱
۸-۴	الف- روش بدست آوردن زاویه اتساع از منحنی تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ب- نمایش محل زاویه اتساع مصالح در منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی	۱۲۲
۸-۴	منحنی تغییرات زاویه اتساع برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای مصالح شن شسته در شرایط خشک، اشباع و فرونشست	۱۲۳
۹-۴	تغییرات سختی برشی برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای شن شسته در شرایط خشک، اشباع	۱۲۶
۱۰-۴	مسیر تنش برای توده شنی در حین اشباع‌سازی در آزمایش فرونشست	۱۲۹
۱۱-۴	تعریف مقدار فرونشست در منحنی تغییرمکان قائم برحسب تغییرمکان افقی	۱۲۹

- شکل ۱۲-۴ اثر تنش قائم بر
- الف- منحنی‌های تنش برشی-تغییرمکان افقی و ب- منحنی‌های تغییرمکان قائم-تغییرمکان افقی برای مصالح شن شسته در شرایط فرونشست ۱۳۰
- شکل ۱۳-۴ اثر دانسیته نسبی مصالح شن شسته در
- الف- منحنی تغییرات افت تنش برشی در لحظه اشباع‌سازی، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش برحسب تنش قائم ۱۳۳
- شکل ۱۴-۴ اثر تغییرمکان برشی اولیه بر
- الف- منحنی‌های تنش برشی-تغییرمکان افقی و ب- منحنی‌های تغییرمکان قائم-تغییرمکان افقی مصالح شن شسته تحت تنش قائم 5 kg/cm^2 ۱۳۵
- شکل ۱۵-۴ اثر تغییرمکان برشی اولیه بر
- الف- میزان تغییرات افت تنش برشی در لحظه اشباع‌سازی، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش مصالح شن شسته تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۳۷
- شکل ۱۶-۴ اثر سطح تنش برشی اولیه بر
- الف- میزان تغییرات افت تنش برشی در لحظه اشباع‌سازی، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش مصالح شن شسته تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۳۸
- شکل ۱۷-۴ تغییرات مقدار فرونشست مصالح شن شسته با دانسیته نسبی ۸۵٪ بر حسب مدت زمان آبگیری برای آزمایش فرونشست با و بدون اعمال نیروی برشی تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۴۲
- شکل ۱۸-۴ تغییرات مقدار فرونشست مصالح شن شسته با دانسیته نسبی ۶۰٪ بر حسب مدت زمان آبگیری برای آزمایش فرونشست با و بدون اعمال نیروی برشی تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۴۳
- شکل ۱۹-۴ منحنی تغییرات حداکثر تنش برشی برحسب تنش قائم (پوش گسیختگی) برای مصالح مخلوط شن و ماسه شسته در شرایط خشک و فرونشست و نیز مصالح ماسه‌ای تمیز در حالت فرونشست ۱۴۵
- شکل ۲۰-۴ منحنی تغییرات زاویه اصطکاک حداکثر برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای مصالح مخلوط شن و ماسه شسته در شرایط خشک و فرونشست و نیز مصالح ماسه‌ای تمیز در حالت فرونشست ۱۴۷
- شکل ۲۱-۴ منحنی تغییرات زاویه اتساع برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای مصالح مخلوط شن و ماسه شسته در شرایط خشک و فرونشست و نیز مصالح ماسه‌ای تمیز در حالت فرونشست ۱۴۹
- شکل ۲۲-۴ اثر میزان نسبت خاک ماسه‌ای بر مصالح شن شسته بر
- الف- منحنی تغییرات افت تنش برشی در لحظه اشباع‌سازی ، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش برحسب تنش قائم ۱۵۲
- شکل ۲۳-۴ اثر میزان رطوبت بر
- الف- منحنی تغییرات افت تنش برشی در لحظه اشباع‌سازی ، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش برحسب تنش قائم برای مصالح مخلوط شن و ماسه شسته ۱۵۴

- شکل ۲۴-۴ منحنی تغییرات حداکثر تنش برشی برحسب تنش قائم (پوش گسیختگی) برای مصالح شن تیزگوشه در شرایط خشک و فرونشست ۱۵۷
- شکل ۲۵-۴ منحنی تغییرات زاویه اصطکاک حداکثر برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای مصالح شن تیزگوشه در شرایط خشک و فرونشست ۱۵۷
- شکل ۲۶-۴ منحنی تغییرات زاویه اتساع برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای مصالح شن تیزگوشه در شرایط خشک و فرونشست ۱۵۹
- شکل ۲۷-۴ اثر سطح تنش برشی اولیه بر
- الف- میزان افت تنش برشی در لحظه اشباع‌سازی، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش برای مصالح شن تیزگوشه تحت دو تنش قائم ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۶۲
- شکل ۲۸-۴ رفتار مصالح شن تیزگوشه در شرایط فرونشست تحت آزمایش بارگذاری تا سطح تنش برشی ۵۰٪، باربرداری و سپس بارگذاری مجدد و آگیری در سطح تنش برشی ۵۰٪
- الف- منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی ب) منحنی تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ۱۶۶
- شکل ۲۹-۴ رفتار مصالح شن تیزگوشه در شرایط فرونشست تحت آزمایش بارگذاری تا سطح تنش برشی ۵۰٪، باربرداری و سپس بارگذاری مجدد و آگیری در سطح تنش برشی ۷۵٪
- الف- منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی ب) منحنی تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ۱۶۶
- شکل ۳۰-۴ رفتار مصالح شن تیزگوشه در شرایط فرونشست تحت آزمایش بارگذاری تا سطح تنش برشی ۷۵٪، باربرداری و سپس بارگذاری مجدد و آگیری در سطح تنش برشی ۵۰٪
- الف- منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی ب) منحنی تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ۱۶۷
- شکل ۳۱-۴ رفتار مصالح شن تیزگوشه در شرایط فرونشست تحت آزمایش بارگذاری تا سطح تنش برشی ۷۵٪، باربرداری و سپس بارگذاری مجدد و آگیری در سطح تنش برشی ۷۵٪
- الف- منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی ب) منحنی تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ۱۶۷
- شکل ۳۲-۴ تأثیر سه مرحله آگیری در سطح تنش برشی ۷۵٪ برای مصالح شن تیزگوشه تحت تنش قائم 1 kg/cm^2 بر
- الف- منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی و ب- منحنی تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ۱۷۰
- شکل ۳۳-۴ تأثیر سه مرحله آگیری در سطح تنش برشی ۷۵٪ برای مصالح شن تیزگوشه تحت تنش قائم 3 kg/cm^2 بر
- الف- منحنی تنش برشی - تغییرمکان افقی و ب- منحنی تغییرمکان قائم - تغییرمکان افقی ۱۷۰
- شکل ۳۴-۴ منحنی تغییرات حداکثر تنش برشی برحسب تنش قائم (پوش گسیختگی) برای مصالح شن گردگوشه در شرایط خشک و فرونشست ۱۷۴
- شکل ۳۵-۴ منحنی تغییرات زاویه اصطکاک حداکثر برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای مصالح شن گردگوشه در شرایط خشک و فرونشست ۱۷۴

- شکل ۳۶-۴ منحنی تغییرات زاویه اتساع برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر برای مصالح شن گردگوشه در شرایط خشک و فرونشست ۱۷۶
- شکل ۳۷-۴ اثر سطح تنش برشی اولیه بر الف- میزان افت تنش برشی در لحظه اشباع سازی، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش برای مصالح شن گردگوشه تحت دو تنش قائم ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۷۸
- شکل ۳۸-۴ اثر سطح تنش برشی اولیه بر الف- میزان افت تنش برشی در لحظه اشباع سازی، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش برای مصالح شن گردگوشه و شن تیزگوشه تحت دو تنش قائم ۳ و 5 kg/cm^2 .. ۱۸۱
- شکل ۳۹-۴ مقایسه پارامترهای مقاومت برشی بین مصالح شن تیزگوشه و شن گردگوشه در حالت‌های خشک و فرونشست
- الف- منحنی تغییرات حداکثر تنش برشی برحسب تنش قائم، ب- منحنی تغییرات زاویه اصطکاک حداکثر برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر، ج- منحنی تغییرات زاویه اتساع برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر و د- منحنی تغییرات سختی برشی برحسب نسبت تنش قائم بر فشار اتمسفر ۱۸۳
- شکل ۴۰-۴ اثر سطح تنش برشی اولیه بر الف- میزان افت تنش برشی در لحظه اشباع‌سازی، ب- مقدار فرونشست، ج- ضریب فرونشست و د- درصد آزادسازی تنش برای مصالح شن گردگوشه تحت دو تنش قائم ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۸۵
- شکل ۴۱-۴ شاخص شکستگی ذرات برحسب تنش عمودی در شرایط آزمایش‌های برش خشک و فرونشست برای مصالح شن گردگوشه و شن شسته ۱۸۸

فهرست جداول

۱۴	..... مقادیر ضریب کاهش a برحسب سطح تنش از آزمایش ادنومتري	جدول ۱-۲
۱۵	..... مقدار ضریب کاهش a برای بازالت شکسته شده بزرگتر از $0/59$ mm	جدول ۲-۲
۳۲	..... نتایج اخذ شده از منحنی دانه‌بندی مصالح سنگریزه ای سد Menta	جدول ۳-۲
۴۳	..... تغییرات زاویه اصطکاک داخلی بسیج شده با کرنش پلاستیک در حالت خشک مصالح	جدول ۴-۲
۴۴	..... تغییرات زاویه اصطکاک داخلی بسیج شده با کرنش پلاستیک در حالت اشباع مصالح	جدول ۵-۲
۴۹	..... مشخصات فیزیکی سنگ بالاست موجود در معدن پل دختر میانه	جدول ۱-۳
۵۱	..... مشخصات الک‌های مورد استفاده در آزمایش دانه‌بندی	جدول ۲-۳
۵۳	..... حداقل وزن نمونه انتخابی برای دانه‌بندی	جدول ۳-۳
۶۰	..... نتایج آزمایش دانه‌بندی و مقادیر پارامترهای این آزمایش برای انواع مختلف مصالح استفاده شده	جدول ۴-۳
۶۳	..... مقادیر A برای دماهای مختلف در آزمایش تعیین G_s	جدول ۵-۳
۶۳	..... مقادیر G_s برای مصالح شن شسته، ماسه تمیز و شن تیز گوشه	جدول ۶-۳
۶۸	..... مشخصات قالب استاندارد در آزمایش تعیین دانسیته حداکثر	جدول ۷-۳
۷۰	..... جرم مورد نیاز نمونه برای آزمایش تعیین دانسیته حداکثر	جدول ۸-۳
۷۵	..... مقادیر دانسیته حداکثر برای مصالح شن شسته	جدول ۹-۳
۷۶	..... مقادیر دانسیته حداکثر برای مصالح ماسه تمیز و مخلوط شن و ماسه تمیز	جدول ۱۰-۳
۷۹	..... جرم مورد نیاز نمونه برای آزمایش دانسیته خشک حداقل	جدول ۱۱-۳
۸۳	..... مقادیر وزن مخصوص خشک حداقل برای مصالح شن شسته	جدول ۱۲-۳
۸۴	..... مقادیر وزن مخصوص خشک حداقل برای مصالح شن تیز گوشه و شن گرد گوشه	جدول ۱۳-۳
۸۴	..... مقادیر وزن مخصوص خشک حداقل برای مصالح ماسه تمیز و مخلوط شن و ماسه	جدول ۱۴-۳
۸۶	..... روش‌های استاندارد آزمایش تراکم	جدول ۱۵-۳
۱۶-۳	..... مقادیر درصد رطوبت بهینه و وزن مخصوص خشک حداکثر برای سه مصالح شن شسته، شن تیز گوشه و شن گرد گوشه	
۸۸	..... مقادیر وزن مخصوص خشک حداکثر و حداقل برای مصالح شن شسته، ماسه تمیز، شن و ماسه شسته و شن گرد گوشه از دو روش تجربی (مطابق شکل ۳-۲۲) و آزمایش‌های انجام شده	جدول ۱۷-۳
۹۰	..... تعداد گلوله های فولادی آزمایش سایش لس آنجلس متناظر با گروه‌های دانه‌بندی	جدول ۱۸-۳
۹۲	..... دانه‌بندی گروه‌های ۴ گانه آزمایش سایش لس آنجلس	جدول ۱۹-۳

۹۴	.....	جدول ۳-۲۰	مقادیر درصد سایش لس آنجلس مصالح شن شسته و شن تیزگوشه
۱۰۳	.....	جدول ۳-۲۱	مدت زمان لازم برای اشباع نمونه برش
۱۰۴	.....	جدول ۳-۲۲	تعداد وزنه‌های لازم بر حسب تنش عمودی انتخابی در آزمایش برش مستقیم بزرگ مقیاس $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$
۱۱۶	.....	جدول ۴-۱	مقایسه پارامترهای مختلف مقاومتی، اتساعی و تغییرشکل‌پذیری در مصالح شن شسته تحت شرایط خشک، اشباع و فرونشست
۱۱۷	.....	جدول ۴-۲	مشخصات مصالح سنگریزه‌ای بکار رفته در آزمایش‌های برش مستقیم بزرگ مقیاس توسط اسدزاده ...
۱۱۷	.....	جدول ۴-۳	مقادیر X و Y از رابطه ۴-۳ برای مصالح شن شسته در وضعیت‌های خشک، اشباع و فرونشست
۱۱۸	.....	جدول ۴-۴	مقادیر زاویه اصطکاک حداکثر و حداکثر تنش برشی مصالح شن شسته در آزمایش برش مستقیم تحت شرایط خشک، اشباع و فرونشست
۱۱۸	.....	جدول ۴-۵	رابطه بین زاویه اتساع و زاویه اصطکاک حداکثر در مصالح شن شسته برای سه حالت نمونه خشک، اشباع و فرونشست
۱۲۵	.....	جدول ۴-۶	مقادیر زاویه اتساع و سختی برشی مصالح شن شسته در آزمایش برش مستقیم تحت شرایط خشک، اشباع و فرونشست
۱۲۷	.....	جدول ۴-۷	مقادیر α و β در رابطه ۴-۱۸ برای مصالح شن شسته با دانسیته نسبی 85% و در تغییر مکان‌های افقی 5 mm و متناظر با حداکثر تنش برشی
۱۳۱	.....	جدول ۴-۸	مقادیر افت تنش برشی، فرونشست، ضریب فرونشست و درصد آزادسازی تنش در زمان اشباع‌سازی مصالح شن شسته تحت دو دانسیته نسبی 85% و 60%
۱۳۳	.....	جدول ۴-۹	روابط مقادیر α و β از رابطه ۴-۱۸ برای مصالح شن شسته تحت شرایط خشک با دانسیته‌های نسبی 85% و 60%
۱۳۴	.....	جدول ۴-۱۰	مقادیر افت تنش برشی، فرونشست، ضریب فرونشست و درصد آزادسازی تنش شن شسته مربوط به آبگیری در سه تغییر مکان افقی 5 mm و متناظر با حداکثر تنش برشی تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2
۱۳۶	.....	جدول ۴-۱۱	مقادیر α' و β' در رابطه ۴-۲۰ برای مصالح شن شسته با دانسیته نسبی 85% تحت تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2
۱۴۰	.....	جدول ۴-۱۲	مقادیر Cs_{Ti} و Cs_{Tp} برای مصالح شن شسته با دانسیته نسبی 85% تحت سطوح مختلف تنش برشی و تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2
۱۴۱	.....	جدول ۴-۱۳	مقایسه پارامترهای مختلف مقاومتی، اتساعی و تغییرشکل‌پذیری در مصالح مخلوط شن و ماسه شسته در شرایط خشک و فرونشست نیز خاک ماسه‌ای تمیز در وضعیت فرونشست
۱۴۵	.....	جدول ۴-۱۴	مقادیر ثابت‌های X و Y از رابطه ۴-۳ برای مصالح مخلوط شن و ماسه شسته در وضعیت‌های خشک و فرونشست و نیز مصالح ماسه شسته در حالت فرونشست
۱۴۶	.....	

۱۴۸	جدول ۴-۱۵	مقادیر حداکثر تنش برشی و زاویه اصطکاک حداکثر مصالح مخلوط شن و ماسه شسته در شرایط خشک و فرونشست و نیز مصالح ماسه‌ای تمیز در حالت فرونشست در آزمایش برش مستقیم
۱۴۹	جدول ۴-۱۶	مقادیر زاویه اتساع مصالح مخلوط شن و ماسه شسته در شرایط خشک و فرونشست و مصالح ماسه‌ای تمیز در حالت فرونشست و نیز سختی برشی مصالح مخلوط شن و ماسه شسته خشک در آزمایش برش مستقیم
۱۵۰	جدول ۴-۱۷	رابطه بین زاویه اتساع و زاویه اصطکاک حداکثر در مصالح مخلوط شن و ماسه شسته برای حالت‌های نمونه خشک و فرونشست و مصالح ماسه تمیز در حالت فرونشست
۱۵۱	جدول ۴-۱۸	مقادیر افت تنش برشی، مقدار فرونشست، ضریب فرونشست و درصد آزادسازی تنش در زمان خیس شدن برای مصالح مخلوط شن و ماسه شسته و نیز مصالح ماسه‌ای تمیز در حالت فرونشست
۱۵۳	جدول ۴-۱۹	مقادیر α و β در رابطه ۴-۱۸ برای مصالح شن شسته، مخلوط شن و ماسه شسته و مصالح ماسه تمیز با دانسیته نسبی 85% و در تغییر مکان افقی 5 mm
۱۵۵	جدول ۴-۲۰	مقادیر افت تنش برشی، مقدار فرونشست، ضریب فرونشست و ضریب آزادسازی تنش در زمان خیس شدن برای مصالح مخلوط شن و ماسه شسته خشک و با رطوبت اولیه 4% در حالت فرونشست
۱۵۶	جدول ۴-۲۱	مقادیر α و β از رابطه ۴-۱۸ برای مصالح مخلوط شن و ماسه شسته تحت شرایط خشک و مرطوب ..
۱۵۸	جدول ۴-۲۲	مقایسه پارامترهای مختلف مقاومتی، اتساعی و تغییرشکل‌پذیری در مصالح شن تیزگوشه تحت شرایط خشک و فرونشست
۱۵۸	جدول ۴-۲۳	مقادیر حداکثر تنش برشی و زاویه اصطکاک حداکثر مصالح شن تیزگوشه در شرایط خشک و فرونشست برای تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2
۱۵۹	جدول ۴-۲۴	مقادیر ثابت‌های X و Y از رابطه ۴-۳ برای مصالح شن تیزگوشه در وضعیت‌های خشک و فرونشست .
۱۶۰	جدول ۴-۲۵	مقادیر حداکثر تنش برشی و زاویه اصطکاک حداکثر مصالح شن تیزگوشه در شرایط خشک و فرونشست برای تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2
۱۶۱	جدول ۴-۲۶	رابطه بین زاویه اتساع و زاویه اصطکاک حداکثر در مصالح شن تیزگوشه برای حالت‌های نمونه خشک و فرونشست
۱۶۳	جدول ۴-۲۷	مقادیر α' و β' در رابطه ۴-۲۰ برای مصالح شن تیزگوشه تحت دو تنش قائم ۳ و 5 kg/cm^2
۱۶۴	جدول ۴-۲۸	مقادیر افت تنش برشی، مقدار فرونشست، ضریب فرونشست و درصد آزادسازی تنش در زمان خیس شدن برای مصالح شن تیزگوشه در سطوح تنش برشی مختلف تحت تنش‌های قائم ۳ و 5 kg/cm^2 در حالت فرونشست
۱۶۵	جدول ۴-۲۹	مقادیر Csr_p و Csr_i برای مصالح شن تیزگوشه با دانسیته نسبی 85% تحت سطوح مختلف تنش برشی و تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2
۱۶۸	جدول ۴-۳۰	مقادیر افت تنش برشی، مقدار فرونشست، ضریب فرونشست و درصد آزادسازی تنش در زمان خیس شدن مصالح شن تیزگوشه برای آزمایش فرونشست تحت بارگذاری - باربرداری و بارگذاری مجدد در سطوح تنش برشی متفاوت

- جدول ۴-۳۱ مقادیر افت تنش برشی، مقدار فرونشست، ضریب فرونشست و درصد آزادسازی تنش در زمان خیس شدن مصالح شن تیزگوشه برای آزمایش فرونشست تحت تنش‌های قائم ۱ و 3 kg/cm^2 در سطوح تنش برشی ۷۵٪ برای اولین آگیری ۱۷۱
- جدول ۴-۳۲ مقادیر افت تنش برشی، مقدار فرونشست، ضریب فرونشست و ضریب آزادسازی تنش در زمان خیس شدن مصالح شن تیزگوشه برای آزمایش فرونشست تحت تنش‌های قائم ۱ و 3 kg/cm^2 در سطوح تنش برشی ۷۵٪ برای دومین آگیری ۱۷۲
- جدول ۴-۳۳ مقادیر افت تنش برشی، مقدار فرونشست، ضریب فرونشست و ضریب آزادسازی تنش در زمان خیس شدن مصالح شن تیزگوشه برای آزمایش فرونشست تحت تنش‌های قائم ۱ و 3 kg/cm^2 در سطوح تنش برشی ۷۵٪ برای سومین آگیری ۱۷۲
- جدول ۴-۳۴ مقایسه پارامترهای مختلف مقاومتی، اتساعی و تغییرشکل‌پذیری در مصالح شن گردگوشه تحت شرایط خشک و فرونشست ۱۷۴
- جدول ۴-۳۵ مقادیر حداکثر تنش برشی و زاویه اصطکاک حداکثر مصالح شن گردگوشه در شرایط خشک و فرونشست برای تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۷۵
- جدول ۴-۳۶ مقادیر ثابت‌های X و Y از رابطه ۴-۳ برای مصالح شن گردگوشه در وضعیت‌های خشک و فرونشست ۱۷۵
- جدول ۴-۳۷ مقادیر زاویه اتساع مصالح شن گردگوشه در شرایط خشک و فرونشست و نیز سختی برشی این مصالح در شرایط خشک برای تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۷۶
- جدول ۴-۳۸ رابطه بین زاویه اتساع و زاویه اصطکاک حداکثر در مصالح شن گردگوشه برای حالت‌های نمونه خشک و فرونشست ۱۷۷
- جدول ۴-۳۹ مقادیر α' و β' در رابطه ۴-۱۷ برای مصالح شن گردگوشه تحت دو تنش قائم ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۷۹
- جدول ۴-۴۰ مقادیر افت تنش برشی، مقدار فرونشست، ضریب فرونشست و درصد آزادسازی تنش در زمان خیس شدن برای مصالح شن گردگوشه در سطوح تنش برشی مختلف تحت تنش‌های قائم ۳ و 5 kg/cm^2 در حالت فرونشست ۱۷۹
- جدول ۴-۴۱ مقادیر Cs_{fp} و Cs_{fi} برای مصالح شن گردگوشه با دانسیته نسبی ۸۵٪ تحت سطوح مختلف تنش برشی و تنش‌های قائم ۱، ۳ و 5 kg/cm^2 ۱۸۰

فصل اول:

مقدمه