

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

٢٤٩٦٧



**دانشگاه تربیت مدرس**  
**دانشکده فنی و مهندسی**

**پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران**  
**مکانیک خاک و پی**

**مطالعه رفتار استاتیکی مصالح مخلوط ریزدانه و درشتدانه**  
**مورد استفاده در سدهای خاکی**

**علیرضا بهنام**

**استاد راهنما:**

**دکتر علی کمک‌پناه**

**استاد مشاور:**

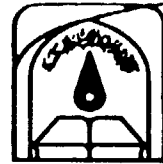
**دکتر سیدشهاب‌الدین یثربی**

**اردیبهشت ۱۳۷۸**

۲۴۹۶۷

۱۳۷۸/۲






۱۳۷۸ / ۴ / ۲۰



دانشگاه تربیت مدرس

## تاییدیه هیات داوران

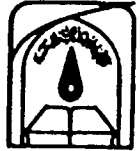
آقای علیرضا بهنام پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان مطالعه رفتار استاتیکی مصالح مخلوط ریزدانه و درشت دانه مورد استفاده در سدهای خاکی در تاریخ ۷۸/۲/۱۱ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران باگرایش خاک و پی پیشنهاد می کنند. ۱۳۰ ب

امضاء	نام و نام خانوادگی	اعضای هیات داوران
	آقای دکتر علی کمک پناه	۱- استاد راهنما:
	آقای دکتر سید شهاب الدین یثربی	۲- استاد مشاور:
	آقای دکتر ابوالفضل حسنی	۳- استادان ممتحن:
	آقای دکتر علی اصغر میرقاسمی	
	آقای دکتر فخمی	۴- مدیر گروه:
		(یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهائی این پایان نامه / رساله مورد تایید 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 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 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 عمران - خاک و پی است که در سال ۱۳۷۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر علی لک بانه و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر محمد سحاب الدین سرباز 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 علیرضا بهام دانشجوی رشته عمران - خاک و پی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

\* تقدیم به پدر ارجمند و مادر عزیزم ،

که وجودشان سرشار از عشق و فداکاری است و همواره با کردار و نصایح ارزشمندشان راه ترقی را برایم هموار ساختند و در طول تحصیلاتم از هیچگونه فداکاری دریغ نکردند.

\* تقدیم به خواهران گرامیم ،

که پیوسته پشتیبان و همراهم بوده اند.

## تشکر و قدردانی

پس از حمد و سپاس پروردگار که توفیق تحصیل و تحقیق را نصیب بنده کرد.

بدینوسیله از زحمات استاد گرانقدر جناب آقای دکتر کمک پناه که در طول تحصیل از کلاس های پر بار درس ایشان مستفیض گشته و در مدت انجام این تحقیق نیز از نظرات صائب و ارزشمندشان بهره برده ام تشکر و قدردانی می نمایم. بدون شک اگر همکاری بی دریغ ایشان در قراردادادن امکانات بخش خاک و پی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن به اینجانب نبود انجام این تحقیق میسر نمی شد.

با سپاس از آقایان دکتر یثربی استاد مشاور این پایان نامه و ریاست محترم بخش خاک و پی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و دکتر فخمی مدیر گروه خاک و پی دانشگاه تربیت مدرس که در زمان تحصیل در دوره کارشناسی ارشد از کلاسهای درس عالمانه ایشان بهره برده ام.

و تشکر از زحمات همکاران محترم بخش ژئو تکنیک مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن جناب آقای دکتر طباطبایی و آقایان سرچمی و حسنی تکنیسین. های محترم این بخش که بدون تردید همکاری صمیمانه آنها نقش مؤثری در انجام این تحقیق داشته است.

و سپاس از مساعدت بی دریغ جناب آقای مهندس قنبری و شرکت مهندسین مشاور قدس نیرو که مشاور سد شهید مدنی (ونیار) می باشد.

در خاتمه لازم است از زحمات و همکاری دوست عزیز و ارجمند جناب آقای مهندس غفوری که در امر تهیه نمودارها و گراف های این پایان نامه مساعدت نموده اند قدردانی

نمایم.

## چکیده

در این تحقیق رفتار و خصوصیات مصالح مخلوط ریز دانه و درشت دانه بکار رفته در هسته سد و نیار تحت بارهای استاتیکی مورد بررسی قرار گرفته است. مصالح از نوع شن رسی (GC) می باشد که دارای حدود ۲۰٪ ریزدانه می باشد. به کمک آزمایشهای سه محوری قطر بزرگ (نمونه های با قطر ۲۰۰ mm و ارتفاع ۴۰۰ mm)، پارامترهای مقاومت برشی این مصالح در حالت های تحکیم یافته زهکشی نشده و تحکیم نیافته زهکشی نشده در حالت اشباع و پارامترهای زهکشی نشده آن در حالت نیمه اشباع محاسبه شده اند. نتایج این مطالعات با نتایج بدست آمده از آزمایشهای سه محوری با قطر کوچک (نمونه های با قطر ۷۰ mm) مقایسه شده اند.

با مقایسه نتایج مشاهده می شود زاویه اصطکاک داخلی مؤثر بدست آمده از آزمایش سه محوری قطر بزرگ برای این نوع مصالح حدود ۲۷٪ بیشتر از زاویه اصطکاک داخلی مؤثر بدست آمده از آزمایش سه محوری معمولی (با قطر کوچک) بدست می آید. مقدار این افزایش برای زاویه اصطکاک کل و برای این نوع مصالح در حدود ۱۱٪ و برای مقاومت برشی زهکشی نشده در حدود ۴۰٪ است. مقادیر چسبندگی مؤثر و چسبندگی کل نیز در آزمایش سه محوری قطر بزرگ کمتر از مقادیر بدست آمده از آزمایش سه محوری معمولی (با قطر کوچک) بدست می آیند.

از مقایسه پوش های گسیختگی تنش کل در دو حالت اشباع و نیمه اشباع، مشاهده می شود در خاک نیمه اشباع تنش برشی که منجر به گسیختگی می شود افزایش می یابد. مقدار چسبندگی نیز در این حالت بزرگتر از حالت اشباع است. نتیجه دیگر اینکه در خاک نیمه اشباع، با افزایش تنش همه جانبه شیب پوش گسیختگی کاهش می یابد.

در پروژه های بزرگی همچون سد خاکی و سنگریزه ای افزایش کوچکی در پارامترهای برشی مصالح میتواند تا حد زیادی به اقتصاد طرح کمک کند. پس با توجه به مقادیر و درصدهای فوق استفاده از آزمایش های سه محوری قطر بزرگ برای پروژه های نسبتا بزرگ بسیار لازم و ضروری به نظر می رسد و می تواند پارامترهای واقعی مصالح مورد استفاده را تعیین کند.

کلمات کلیدی: سدهای خاکی و سنگریزه ای - هسته - مصالح مخلوط - رفتار استاتیکی -

آزمایش سه محوری قطر بزرگ - پارامترهای برشی

## فهرست

صفحه	عنوان
۱	پیش گفتار
۷	فصل اول : کلیات
۸	۱-۱- مقدمه
۹	۱-۲- انتخاب بخش نفوذ ناپذیر سد
۱۲	۱-۳- مصالح مناسب برای هسته سدهای خاکی
۱۴	۱-۴- انتخاب پارامترهای مقاومت برشی در تحلیل سدهای خاکی
۱۴	۱-۵- آزمایش های مکانیکی تعیین پارامترهای مقاومتی
۱۴	۱-۶- انواع آزمایش های آزمایشگاهی تعیین مقاومت برشی خاک
۱۵	۱-۶-۱- آزمایش برش مستقیم
۱۷	۱-۶-۲- آزمایش سه محوری
۲۰	۱-۶-۲-۱- آزمایش سه محوری تحکیم نیافته- زهکشی نشده (UU)
۲۳	۱-۶-۲-۲- آزمایش سه محوری تحکیم یافته- زهکشی نشده (CU)
۲۵	۱-۶-۲-۳- آزمایش سه محوری تحکیم یافته- زهکشی شده (CD)
۲۸	۱-۶-۳- آزمایش مقاومت فشاری تک محوری (UC)
۳۰	۱-۶-۴- آزمایش آزمایشگاهی ویژه
۳۲	۱-۷- انتخاب و تهیه نمونه آزمایشگاهی مناسب
۳۳	۱-۸- نحوه تعیین پارامترهای مکانیکی در هر یک از مراحل مختلف تحلیل پایداری
۳۴	۱-۸-۱- پایان مرحله ساخت
۳۵	۱-۸-۲- آبیگری اولیه
۳۶	۱-۸-۳- تراوش پایدار
۳۶	۱-۸-۴- تخلیه سریع مخزن
۳۸	فصل دوم: مکانیک خاک در حالت نیمه اشباع
۳۹	۱-۲- مقدمه
۳۹	۲-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده
۴۲	۲-۳- معیارهای گسیختگی خاکهای نیمه اشباع
۴۳	۲-۴- رابطه مقاومت برشی



۴۴	۵-۲- پوش گسیختگی مور-کولمب توسعه یافته
۴۸	۶-۲- پوش های مور-کولمب و نقطه تنش
۵۲	۷-۲- آزمایش سه محوری بر روی خاکهای نیمه اشباع
۵۴	۱-۷-۲- آزمایش تحکیم یافته زهکشی شده (CD)
۵۷	۲-۷-۲- آزمایش با درصد رطوبت ثابت (CW)
۶۲	۳-۷-۲- آزمایش تحکیم یافته زهکشی نشده (CU)
۶۳	۴-۷-۲- آزمایش زهکشی نشده
۶۸	۵-۷-۲- آزمایش فشاری محدود نشده (UC)
۷۰	۸-۲- آزمایش برش مستقیم بر روی خاکهای نیمه اشباع
۷۰	۹-۲- آزمایش چند مرحله ای
۷۳	۱۰-۲- غیر خطی بودن پوش گسیختگی
۷۵	۱۱-۲- روابط بین $\chi$ و $\phi^b$

۷۸	فصل سوم: پارامترهای مؤثر بر مقاومت برشی خاکها
۷۹	۱-۳- مقدمه
۸۰	۲-۳- عوامل مؤثر در مقاومت برشی خاکها
۸۴	۳-۳- اثر دانه بندی بر مقاومت برشی در خاکهای ماسه ای
۸۷	۴-۳- اثر گوشه دار بودن ذرات
۸۸	۵-۳- تأثیر درصد ریزدانه بر روی زاویه اصطکاک نهایی ( $\phi'_{ult}$ )
۹۰	۶-۳- مزایا و ضرورت استفاده از نمونه های آزمایشگاهی بزرگتر
۹۲	۷-۳- پارامترهای متوسط خاکهای تراکم یافته

۹۴	فصل چهارم: آزمایشات سه محوری قطر بزرگ
۹۵	۱-۴- مقدمه
۹۶	۲-۴- خصوصیات کلی دستگاه سه محوری قطر بزرگ
۹۸	۳-۴- قسمت های مختلف دستگاه سه محوری قطر بزرگ
۹۹	۱-۳-۴- محفظه سه محوری
۱۰۰	۲-۳-۴- سیستم بارگذاری عمودی
۱۰۲	۳-۳-۴- سیستم بازگذاری جانبی

۱۰۴	سیستم کنترل عملکرد دستگاه
۱۰۶	سیستم کنترل عملکرد دستگاه
۱۱۰	<b>فصل پنجم: مطالعات آزمایشگاهی و تحقیقات</b>
۱۱۱	۱-۵- مقدمه
۱۱۳	۲-۵- هدف از تحقیق
۱۱۳	۳-۵- برنامه آزمایشات
۱۱۴	۴-۵- آزمایش سه محوری
۱۱۴	۱-۴-۵- مشخصات مصالح نمونه ها
۱۱۵	۲-۴-۵- دانه بندی نمونه ها
۱۱۶	۴-۴-۵- اشباع نمونه ها
۱۲۴	۵-۴-۵- اندازه گیری درجه اشباع نمونه
۱۲۵	۶-۴-۵- تحکیم نمونه
۱۲۷	۷-۴-۵- نوع و نرخ بارگذاری
۱۲۸	۸-۴-۵- تنش های همه جانبه
۱۲۹	۵-۵- نتایج آزمایشات سه محوری قطر بزرگ تحکیم یافته زهکشی نشده بر روی نمونه های اشباع
۱۳۹	۶-۵- نتایج آزمایشات سه محوری قطر بزرگ تحکیم نیافته زهکشی نشده بر روی نونه های اشباع
۱۴۴	۷-۵- نتایج آزمایشات سه محوری قطر بزرگ زهکشی نشده بر روی نمونه های نیمه اشباع
۱۵۳	<b>فصل ششم: اثر ابعاد نمونه و دانه بندی در مقاومت برشی خاکها</b>
۱۵۴	۱-۶- نتایج آزمایشات سه محوری تحکیم یافته زهکشی نشده در شرایط اشباع
۱۵۵	۲-۶- نتایج آزمایشات سه محوری تحکیم نیافته زهکشی نشده بر روی نمونه های اشباع
۱۵۶	۳-۶- نتایج آزمایشات زهکشی نشده بر روی نمونه های نیمه اشباع
۱۵۷	۴-۶- بررسی اثر قطر نمونه سه محوری بر روی پارامترهای استاتیکی مقاومت برشی
۱۶۶	۵-۶- بررسی و مقایسه پارامترهای مقاومتی در دو حالت اشباع و نیمه اشباع
۱۶۸	<b>فصل هفتم: نتیجه گیری</b>
۱۷۲	۱-۷- محدودیت های این تحقیق
۱۷۳	۲-۷- پیشنهاد ادامه کار

۱۷۴	پیوست: مشخصات کلی پروژه سد شهید مدنی (ونیار) و هسته آن
۱۷۵	پ-۱- سیمای طرح توسعه حوزه آبریز آجی چای
۱۷۷	پ-۲- مشخصات سد مخزنی شهید مدنی (ونیار)
۱۷۸	پ-۳- مشخصات کل مهندسی سد و نیار
۱۸۱	پ-۴- مصالح هسته
۱۸۷	پ-۵- مشخصه های مهندسی مصالح هسته
۱۸۷	پ-۵-۱- آزمایشات دانه بندی و حدود اتربرگ
۱۸۷	پ-۵-۲- آزمایشات تراکم
۱۸۸	پ-۵-۳- آزمایشات مقاومتی خاک
۱۸۸	پ-۵-۴- آزمایشات نفوذپذیری
۱۹۲	پ-۵-۵- آزمایشات واگرایی
۱۹۳	منابع و مراجع

## پیشگفتار

شناخت همه جانبه رفتار خاکها به عنوان مصالحی که ناگزیر بخش غیرقابل تفکیکی از اغلب پروژه های مختلف عمرانی هستند، می تواند نقش مؤثری در اصلاح روشهای طراحی داشته باشد و دستیابی به تجزیه و تحلیل های واقع گرایانه تر را میسر سازد.

رفتار خاکهای کاملاً ریزدانه یا کاملاً درشت دانه در حالت اشباع و تحت تأثیر میدانهای استاتیکی تنش ها از دیر باز مورد مطالعه قرار گرفته است و اغلب مسائل و موضوعات این بحث، که تحت عنوان مکانیک خاک مطرح است، در حد قابل قبول و چشم گیری پیشرفت نموده و بصورت روشن تبیین گردیده است. اما در رابطه با رفتار خاکهای مخلوط ریزدانه و درشت دانه به دلیل گستردگی و وسعت موضوعات، علیرغم مطالعات و تحقیقات و کارهای مختلفی که تاکنون صورت گرفته و دستاوردهای ارزشمند و راهگشایی نیز در بر داشته است، هنوز زمینه های بسط مطالعات و تبیین روشها و گسترش تحقیقات به منظور هر چه آشناتر شدن به رفتار واقعی خاکها کاملاً احساس می شود و قطعاً با مرور زمان، شناخت و اطلاعات دقیق تری در این زمینه بدست خواهد آمد.

بطور کلی در طبیعت خاک ها اکثراً به صورت مخلوط یافت می شوند و منابع خاک کاملاً یکدست کمتر مشاهده می شود. بنابراین مطالعه رفتاری خاکهای کاملاً ریزدانه یا کاملاً درشت - دانه بیشتر جنبه تئوریک دارد و برای استفاده عملی در اغلب پروژه های عمرانی باید رفتار خاکهای مخلوط ریزدانه و درشت دانه تعیین و در نظر گرفته شود.

علاوه بر این در اکثر موارد رفتار خاکها در حالت کاملاً اشباع در نظر گرفته می شود. زیرا برای اغلب پروژه های عمرانی خاک در این وضعیت قرار می گیرد. ولی در برخی موارد نیز (مثلاً در هنگام ساخت سدهای خاکی و قبل از اینکه خاک کاملاً اشباع شود) لازم است رفتار خاک در حالت نیمه اشباع نیز تعیین شود و در طراحی ها منظور گردد. در زمینه رفتار خاکها تحت شرایط نیمه اشباع بخصوص در کشور ما مطالعات بسیار کمی صورت گرفته است، بطوریکه در حال حاضر علیرغم پروژه های خاکی عظیم در حال طراحی و ساخت در کشور ما، مراجع مدون کامل فارسی در این زمینه موجود نمی باشد.

در مسیر توسعه مهندسی ژئو تکنیک، محاسبه خواص استاتیکی خاک یکی از مهم ترین فعالیت های محققین می باشد. چرا که مهمترین و اولین عامل پایداری سازه ها در زمینه ژئو تکنیکی، عامل مقاومت و تغییر شکل پذیری است. به علت مشکلات متعدد در طول دهه های گذشته تحقیقات سیستماتیک کاملی بخصوص در ایران بر روی رفتار خاک ها، بخصوص خاکهای مخلوط و در حالت نیمه اشباع، انجام نشده است.

با توجه به اینکه هر ساله در نقاط مختلف جهان و از جمله در کشور ما، هزینه های هنگفتی برای اجرای پروژه های خاکی بزرگ از قبیل سدهای خاکی صرف می شود، دقت و توجه هر چه بیشتر در امر طراحی و اجرای این پروژه ها ضروری می باشد جهت دستیابی به این هدف، اولین گام شناخت رفتار واقعی مصالح در حین اعمال بارهای مختلف می باشد. استفاده از هر مدل یا روش تحلیلی برای توصیف یک نهشته خاکی و تعیین عکس العمل های آن در برابر بارگذاری های مختلف نیازمند محاسبه خصوصیات تنش - تغییر شکل و خصوصیات مقاومتی خاک می باشد.

در اغلب سدهای خاکی قسمت مهمی از بدنه سد را هسته آن تشکیل می دهد. امروزه به لحاظ مسائل اقتصادی استفاده از مصالح ریزدانه مخلوط با درشت دانه در هسته سدهای خاکی رواج فراوانی یافته است. گرچه وظیفه اصلی هسته در سد خاکی، ایجاد یک ناحیه نفوذ ناپذیر در برابر آب می باشد، اما مسئله مقاومت و تغییر شکل پذیری هسته سدهای خاکی نیز از فاکتورهای مهم طراحی می باشد. تجربیات زلزله های گذشته نشان داده است که ایجاد یک ترک مویی در هسته یک سد خاکی، کارآیی سد را بکلی مختل می نماید.

با استفاده از مصالح مخلوط با درصدهای مناسبی از مواد ریزدانه و درشت دانه، می توان برای یک سد خاکی، هسته ای را طراحی نمود که علاوه بر آنکه از خروج آب به میزان کافی ممانعت نماید، دارای مقاومت و خصوصیات تغییر شکل پذیری مناسبی نیز باشد که در اثر اعمال نیروهای مختلف، سد خاکی کارآیی خود را حفظ کند.

به علت مشکلات و مسائلی که در ساخت دستگاههای با مقیاس بزرگ و همچنین آزمایش بر روی نمونه های بزرگ وجود دارد، اغلب به منظور مطالعه رفتار مصالح از نمونه های کوچک به قطر ۵۰ الی ۷۰ میلی متر استفاده می شود. استفاده از نمونه های قطر کوچک باعث می شود که آزمایشات بر روی مصالحی انجام شوند که ریزدانه تر از مصالح واقعی هستند و لذا دارای رفتاری متفاوت با مصالح واقعی خواهند بود. در این صورت بخصوص در پروژه های بزرگ نظیر سدهای خاکی، به علت عدم شناخت رفتار واقعی مصالح، طراحی بسیار محافظه کارانه شده و باعث بالا رفتن حجم مصالح مصرفی و در نتیجه بالا رفتن هزینه اجرای این پروژه ها خواهد شد و یا اینکه برعکس،

طراحی در محدوده ریسک بالا انجام می شود و هزینه ها و سرمایه گذاری های عظیمی که در این طرحها انجام شده است، در معرض خطر و نابودی قرار خواهند گرفت.

استفاده از نمونه های قطر بزرگ در آزمایشات استاتیکی و دینامیکی که بر روی مصالح بکار رفته در سازه های خاکی بزرگ انجام می شود، در جهت رسیدن به یک طرح بهینه از نظر فنی و اقتصادی، مقرون به صرفه است و دید و شناخت بیشتری از رفتار واقعی مصالح مورد مطالعه را به طراح ارائه می کند.

بررسی ها نشان می دهند که به علت مشکلات ذکر شده، تحقیقات انجام شده بر روی مصالح مخلوط ریزدانه و درشت دانه بسیار محدود و انگشت شمار می باشند.

با نصب دستگاه آزمایش سه محوری سیکلی قطر بزرگ به عنوان یکی از پیشرفته ترین و مجهزترین سیستم های آزمایشگاهی خاک در جهان، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، این فرصت پدید آمده است تا با انجام آزمایشات بر روی نمونه های قطر بزرگ از مصالح مختلف، خصوصیات رفتاری این مصالح بررسی شده و در جهت بهینه کردن طرحهای مهم زیر بنایی کشور مانند سد سازی بکار گرفته شود.

هدف از انجام این تحقیق بطور کلی بررسی رفتار و خواص استاتیکی مصالح ریز دانه مخلوط با درشت دانه بکار رفته در هسته سدهای خاکی می باشد که با انجام آزمایشات سه محوری سیکلی بر روی نمونه های قطر بزرگ از این مصالح بدست می آید. در این تحقیق رفتار خاکهای مخلوط در حالت اشباع و نیمه اشباع تعیین می شود و این دو رفتار با یکدیگر مقایسه می شوند. همچنین