

۱۳۸۰ / ۵ / ۴۰

دانشگاه تربیت معلم

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی مهندسی

پایان نامه

کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی

012416

بررسی رفتار مکانیکی مصالح پوسته سدهای خاکی و سنگریزه‌ای

با آزمایشات سه محوری و برش مستقیم بزرگ مقیاس

استاد راهنما:

دکتر سید محمود فاطمی عقدا

استاد مشاور:

دکتر سید شهاب الدین یثربی

۳۵۶۹۶

محمد حسین توفیق ریحان

دی ماه ۱۳۷۹



صور تجلسه دفاع از رساله دکترا / پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از رساله دکترا خانم / پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمد حسین توفیق ریحان دانشجوی رشته زمین شناسی گرایش مهندسی دانشکده علوم

تحت عنوان: بررسی رفتار میکانیکی مصالح پوسته سدهای خاکی و سنگریزه ای با آزمایشات سه محوری و برش مستقیم بزرگ مقیاس

در ساعت ۱۲ روز یکشنبه مورخ ۷۹/۱۱/۱۶ در محل آمفی تئاتر

با حضور امضاء کنندگان ذیل تشکیل شد.

۱- استاد راهنما: جناب آقای دکتر سید محمود غامی عقدا
۲- استاد راهنما

۳- استاد مشاور: جناب آقای دکتر سید شهاب الدین یثربی

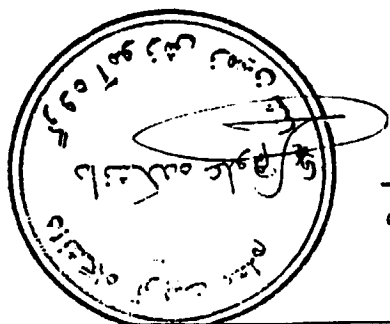
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی: آقای دکتر عبدالمجید یعقوب پور
۵- عضو هیات علمی (داور): خارجی: آقای دکتر طباطبائی

۶- عضو هیات علمی (داور): داخلی: آقای دکتر نخعی

خانم محمدحسین توفیق ریحان خلاصه کارهای تحقیقاتی خود را ارائه نمود و پس از پرسش و پاسخ، آقای

هیأت داوران کار تحقیقاتی خانم محمد حسین توفیق ریحان را در سطح عالی

ارزشیابی نموده و برای نامبرده نمره ۱۹/۶ را منظور نموده است. نوزده شش دهم



رئیس گروه
دانشکده

تقدیم به

روح پاک پدرم

مادر عزیزم

و همسر مهربانم

که تمصیل من با بذل سرمایه عمر آنها میسر گشت

و فداکاریشان همواره در ذهنم باقی فواید ماند.

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش خدای را سزااست که آدمیان را اندیشیدن و تفکر آموخت تا به طریق معرفت اسرار هستی را یک به یک پرده بردارد، خداوندی که هر پرسش را به پاسخی ختم نمود و ذهن پویای بشر را مشتاق این پاسخها قرار داد.

وظیفه خود می دانم از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر سید محمود فاطمی عقدا که راهنمایی این پایان نامه را به عهده داشتند و در طول انجام تحقیق از راهنماییهای ارزشمند ایشان بهره مند شدم و از کلاسهای پربار درس ایشان بهره برده ام مراتب سپاس خود را ابراز دارم. همچنین از زحمات استاد مشاورم جناب آقای دکتر سید شهاب الدین یثربی که در تمام مراحل تحقیق و تحصیل از راهنماییها و همکاریهای ارزشمند ایشان استفاده فراوان کردم، سپاسگزارم. از خواهر و برادر عزیزم، گلهای داوودی زندگیم که پا به پای من مشکلات زندگی و تحصیل را به جان خریدند و همواره مشوق و یار و یاور من بوده اند، صمیمانه سپاسگزارم.

از زحمات همکاران بخش ژئوتکنیک مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، جناب آقای دکتر سیاوش نیا، دکتر طباطبائی، سرکار خانم لطیفی و تکنسینهای محترم بخش آقایان سرچمی و حسنی صمیمانه تشکر می کنم.

از همراهی و همدلی و محبتهای دوستان عزیزم آقایان مهندس سجاد کاظم شیرودی، مهندس وحید فرجپور، مهندس ابراهیم اصغری و مهندس نمازی و همچنین کلیه دوستان گروه زمین شناسی مهندسی کمال تشکر و قدردانی را دارم.

«خلاصه پایان نامه کارشناسی ارشد، رساله دکتری»

گرایش: زمین شناسی مهندسی

گروه: زمین شناسی

دانشکده: علوم

■ کارشناسی ارشد

سال ورود: ۱۳۷۶ سال فارغ التحصیلی: ۱۳۷۹

جو: محمد حسین توفیق ریحانی

□ دکتری

استاد مشاور: دکتر سید شهاب‌الدین یثربی

راهنما: دکتر سید محمود فاطمی عقدا

بررسی رفتار مکانیکی مصالح پوسته سدهای خاکی و سنگریزه‌ای با آزمایشات سه محوری و برش بزرگ

خلاصه:

بررسی ویژگیهای رفتاری مصالح مورد استفاده در پوسته سدهای خاکی و سنگریزه‌ای، یکی از مهمترین مراحل مطالعات این سدها را به خود اختصاص می‌دهد؛ زیرا طراحی بهینه خاکریز سدها، بدون اطلاع دقیق از رفتار مصالح بکار رفته در آن امکان‌پذیر نخواهد بود.

بر این تحقیق رفتار و خصوصیات مصالح رودخانه‌ای درشت دانه و سنگریزه‌ای به عنوان مصالح پوسته سدهای خاکی و سنگریزه‌ای تحت بارهای استاتیکی مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی بر مبنای انجام آزمایشات سه محوری قطر بزرگ و برش مستقیم بزرگ مقیاس بر روی مصالح پوسته پنج سد در حال احداث در کشور انجام شده است.

جهت تعیین تأثیر مشخصات لیتولوژیکی و مقاومتی سنگدانه‌ها بر روی رفتار مکانیکی آنها، سه نوع مصالح سنگریزه‌ای با جنس مشخصات مقاومتی متفاوت شامل سنگدانه‌های آهکی، ماسه سنگی و آندزی بازالتی انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بر اساس نتایج حاصله، گسیختگی در مصالح سنگریزه‌ای در مقایسه با مصالح رودخانه‌ای، در شرایط یکسان در تغییر شکلهای بزرگتری اتفاق می‌افتد. این ویژگی یکی از نکات مثبت خاکریزهای سنگریزه‌ای بویژه برای مناطق زلزله‌خیز است. ظرفیت باربری توده مصالح رودخانه‌ای به دانه‌بندی و به مقدار زیادتری به درصد ریزدانه مصالح وابسته بوده و در این مصالح با تغییر مقدار ریزدانه، ظرفیت باربری توده مصالح تغییرات نسبتاً بزرگی می‌کند؛ در حالیکه در مصالح سنگریزه‌ای علاوه بر اثر دانه‌بندی و بیش از آن مقاومت و سختی سنگدانه‌ها تعیین‌کننده ظرفیت باربری و شکل پذیری توده مصالح می‌باشد. بنابراین ظرفیت باربری مصالح سنگریزه‌ای سخت و مقاوم نسبت به مصالح ضعیف و کم مقاومت بیشتر بوده و شکل پذیری آن کمتر است. پدیده شکست ذرات که در مصالح سنگریزه‌ای ضعیف و کم مقاومت به مقدار زیادتری رخ می‌دهد، باعث کاهش ظرفیت باربری و زاویه اصطکاک داخلی مصالح شده و از طرف دیگر موجب افزایش شکل‌پذیری و ایجاد تغییر شکلهای بزرگتری به هنگام گسیختگی می‌شود.

زاویه اصطکاک داخلی مصالح سنگریزه‌ای در آزمایش برش مستقیم ۳ الی ۴ درجه بیشتر از آزمایش سه محوری می‌باشد؛ با توجه به ماهیت کرنش مسطح این آزمایش، تجزیه و تحلیل سازه‌های سنگریزه‌ای در رفتار دو بعدی با استفاده از پارامترهای مقاومت برشی آزمایش برش مستقیم نتایج خوبی به دست می‌دهد. همچنین بدلیل تغییرات کم نتایج آزمایش برش مستقیم ۳۰×۳۰ cm و ۵۰×۵۰ cm و ارائه نتایج قابل قبول و سادگی بیشتر در انجام آزمایش و تهیه نمونه، در سازه‌های سنگریزه‌ای با رفتار دو بعدی و کم‌میت آزمایش برش مستقیم ۳۰×۳۰ cm می‌تواند جایگزین آزمایش برش ۵۰×۵۰ cm گردد.

لمت کلیدی: سد سنگریزه‌ای، سدهای خاکی، آزمایش سه محوری، آزمایش برش مستقیم، رفتار مصالح، شکست ذرات

راجع علمی:

جلالی- حسین، خواص مکانیکی مصالح خرده سنگی، اولین مجمع فنی ژئوتکنیک در سدسازی و منابع آب، ۱۳۶۸.

حائری- سید محسن، تأثیر زلزله بر سدهای خاکی و سنگریزه‌ای، مجموعه مقالات سومین همایش بزرگ سدسازی، تهران ۱۳۷۶.

صادقپور- امیرحسین، بررسی اثر شکست ذرات در رفتار مصالح خاکی و سنگریزه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس ۱۳۷۵.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	تشکر و قدردانی
	چکیده
۱	پیشگفتار.....
فصل اول: خواص مکانیکی مصالح خاکی و سنگریزه‌ای	
۲	مقدمه.....
۵	۱-۱- کلیات سدهای سنگریزه‌ای و خاکی.....
۵	۱-۱-۱- ویژگیهای سدهای خاکی و سنگریزه‌ای.....
۶	۱-۱-۲- سدهای سنگریزه‌ای.....
۷	۱-۲-۱- انواع سدهای سنگریزه‌ای.....
۸	۱-۲-۱-۱- ویژگیهای سدهای سنگریزه‌ای.....
۹	۱-۲-۱-۲- منابع قرضه مصالح سنگریزه‌ای.....
۱۰	۲-۱- رفتار مکانیکی مصالح.....
۱۱	۲-۱-۱- مقاومت برشی خاکها.....
۱۴	۲-۲-۱- مقاومت برشی مصالح سنگریزه‌ای.....
۱۸	۲-۲-۱-۲- عوامل موثر در مقاومت برشی مصالح سنگریزه‌ای.....

(الف)

۱۹	..... ۱-۲-۳-۱-دانه‌بندی
۲۰	..... ۱-۲-۳-۲-مقاومت مصالح خرده سنگی
۲۱	..... ۱-۲-۳-۳-تراکم
۲۴	..... ۱-۲-۴-شکست ذرات
۲۵	..... ۱-۲-۵-فروریزش
۲۷	..... ۱-۲-۶-خزش

فصل دوم: آزمایشات آزمایشگاهی روی مصالح سنگریزه‌ای

۳۰	..... مقدمه
۳۱	..... ۱-۲-نمونه‌های آزمایشگاهی
۳۳	..... ۱-۱-۲-حداکثر اندازه دانه‌ها
۳۵	..... ۱-۲-۱-دانه‌بندی نمونه
۳۸	..... ۱-۲-۲-آزمایشات تعیین مشخصات فیزیکی
۴۰	..... ۱-۲-۲-۲-خصوصیات آزمایشگاهی
۴۱	..... ۱-۲-۲-۲-خصوصیات ذاتی
۴۱	..... ۱-۲-۲-۳-خصوصیات نشانه‌ای
۴۲	..... ۱-۲-۲-۴-خصوصیات شکل و اندازه
۴۲	..... ۱-۲-۲-۵-خصوصیات دوام
۴۳	..... ۱-۲-۳-آزمایشات مکانیکی آزمایشگاهی
۴۴	..... ۱-۲-۳-۱-آزمایشات ادومتر

(ب)

۴۴	.....۱-۲-۳-۲-۱ ابعاد ادمتر
۴۷	.....۲-۳-۲ آزمایشات سه محوری
۵۰	.....۲-۳-۲ آزمایشات برش مستقیم

فصل سوم: آزمایشات سه محوری قطر بزرگ و برش مستقیم بزرگ مقیاس

۵۳	.....مقدمه
۵۴	.....۱-۲-۳-۱ مزایا و ضرورت استفاده از نمونه‌های آزمایشگاهی بزرگتر
۵۶	.....۲-۲-۲ آزمایش سه محوری
۵۷	.....الف- آزمایش تحکیم نشده زهکشی نشده (UU)
۵۸	.....ب- آزمایش تحکیم یافته-زهکشی نشده (CU)
۵۹	.....ج- آزمایش تحکیم شده-زهکشی شده (CD)
۶۰	.....۱-۲-۳-۱-۲-۱ دستگاه سه محوری سیکی قطر بزرگ
۶۲	.....۲-۲-۲-۲ بخشهای دستگاه سه محوری سیکی قطر بزرگ
۶۲	.....الف- سل سه محوری
۶۲	.....ب- سیستم بارگذاری عمودی
۶۳	.....ج- سیستم بارگذاری جانبی
۶۴	.....د- دستگاه کنترل فشار آب و هوا
۶۴	.....ه- دستگاه کنترل واحدها
۶۴	.....۳-۲-۳-۲-۲ روش انجام آزمایش سه محوری استاتیک
۶۴	.....۳-۲-۳-۱-۲-۲ تهیه نمونه

۶۶	.....	۲-۲-۳- اشباع نمونه
۶۸	.....	۲-۲-۳- تحکیم نمونه
۶۹	.....	۲-۲-۴- بارگذاری قائم
۷۱	.....	۲-۲-۴- نتایج آزمایش سه محوری استاتیکی
۷۲	.....	۳-۳- آزمایش برش مستقیم
۷۲	.....	۳-۳-۱- دستگاه برش مستقیم ۳۰×۳۰ سانتیمتر
۷۴	.....	۳-۳-۱- قسمت‌های مختلف دستگاه برش بزرگ ۳۰×۳۰
۷۴	.....	الف- شاسی دستگاه
۷۴	.....	- اهرم بارگذاری
۷۴	.....	- ریل زیر جعبه برش
۷۴	.....	- قاب اعمال نیروی عمودی
۷۴	.....	ب- جعبه برش
۷۴	.....	ج- سیستم بارگذاری قائم
۷۵	.....	د- سیستم بارگذاری افقی
۷۵	.....	ه- دستگاه‌های اندازه‌گیری
۷۶	.....	۲-۲-۱- روش انجام آزمایش برش مستقیم ۳۰×۳۰
۷۷	.....	۲-۲-۲- دستگاه برش مستقیم ۵۰×۵۰ CM
۷۸	.....	۲-۲-۳- بخش‌های دستگاه برش مستقیم ۵۰×۵۰ CM
۷۸	.....	الف- شاسی دستگاه
۷۸	.....	ب- جعبه برش

ج- سیستم بارگذاری قائم.....	۷۸
د- سیستم بارگذاری قائم.....	۷۹
ه- دستگاههای اندازه گیری.....	۷۹
۲-۲-۲- روش انجام آزمایش برش مستقیم ۵۰×۵۰ CM.....	۷۹
۳-۳-۲- نتایج آزمایش برش مستقیم.....	۸۰

فصل چهارم: مطالعات آزمایشگاهی و تحقیقات

مقدمه.....	۸۲
۱-۴- اهداف تحقیق.....	۸۳
۲-۴- برنامه مطالعات.....	۸۴
۳-۴- ویژگیهای زمین شناسی مهندسی نمونه های مورد بررسی.....	۸۵
۴-۴- آزمایش سه محوری.....	۸۶
۱-۴-۲- مشخصات نمونه ها.....	۸۶
الف- دانه بندی نمونه ها.....	۸۷
ب- تراکم نمونه ها.....	۹۰
۲-۲-۲- شرایط آزمایش.....	۹۰
الف- تنش های همه جانبه.....	۹۰
ب- نوع و نرخ بارگذاری.....	۹۱
۴-۵- آزمایش برش مستقیم ۳۰×۳۰ CM و ۵۰×۵۰ CM.....	۹۱
۱-۵-۴- مشخصات نمونه ها.....	۹۱

- ۹۲..... الف-دانه‌بندی نمونه‌ها
- ۹۲..... ب-تراکم نمونه‌ها
- ۹۲..... ۴-۵-۲-شرایط آزمایش
- ۹۳..... الف-سربارهای آزمایشات
- ۹۳..... ب-نوع و نرخ بارگذاری
- ۹۳..... ۴-۶-نتایج آزمایشات
- ۹۳..... ۴-۶-۱-نتایج آزمایشات سه محوری
- ۹۳..... آزمایشات سه محوری قطر بزرگ با بارگذاری قائم استاتیکی
- ۹۴..... ۴-۶-۱-۱-مصالح سنگریزه‌ای
- ۹۴..... الف-نمونه سنگریزه‌ای آهکی
- ۹۶..... ب-نمونه سنگریزه‌ای ماسه سنگی
- ۹۸..... ج-نمونه سنگریزه‌ای آندزی بازالتی
- ۱۰۰..... ۴-۶-۱-۲-مصالح درشت دانه رودخانه‌ای
- ۱۰۰..... الف-نمونه رودخانه‌ای قلعه‌چای
- ۱۰۲..... ب-نمونه رودخانه‌ای یامچی
- ۱۰۲..... ۴-۶-۲-نتایج آزمایشات برش مستقیم $30 \times 30 \text{ cm}$
- ۱۰۴..... نمونه سنگریزه‌ای آهکی
- ۱۰۶..... ب-نمونه سنگریزه‌ای ماسه سنگی
- ۱۰۶..... ج-نمونه سنگریزه‌ای آندزی بازالتی
- ۱۰۹..... ۴-۶-۳-نتایج آزمایشات برش مستقیم $50 \times 50 \text{ cm}$

- الف- نمونه سنگریزه‌های آندزی بازالتی..... ۱۰۹
- نمونه سنگریزه‌های ماسه سنگی..... ۱۱۰

فصل پنجم: تفسیر و تحلیل نتایج

- مقدمه..... ۱۱۵
- ۵-۱- بررسی رفتار مصالح سنگریزه‌ای..... ۱۱۶
- ۵-۲- بررسی رفتار مصالح رودخانه‌ای..... ۱۲۰
- ۵-۳- بررسی اثر شکست ذرات..... ۱۲۳
- ۵-۳-۱- مصالح سنگریزه‌ای..... ۱۲۴
- ۵-۳-۲- مصالح رودخانه‌ای..... ۱۲۶
- ۵-۴- مقایسه رفتار مصالح سنگریزه‌ای با مصالح رودخانه‌ای..... ۱۲۷
- ۵-۵- مقایسه رفتار مکانیکی مصالح سنگریزه‌ای با آزمایشات برش..... ۱۳۳
- مستقیم و سه محوری..... ۱۳۳
- ۵-۶- اثر مقیاس و دانه‌بندی در رفتار مصالح سنگریزه‌ای..... ۱۳۸

فصل ششم: پیشنهاد ادامه کار

- پیشنهاد ادامه کار..... ۱۴۸

- منابع و مراجع..... ۱۴۹

پیشگفتار

در سالهای اخیر افزایش نیاز به منابع آبی به دلیل رشد روزافزون کشاورزی و صنعت، باعث توجه به مسئله سدسازی و مهار آبهای سطحی به نحو چشم‌گیری شده است؛ بطوری که در چند سال گذشته در کشور شاهد ساخت دهها سد و بند بر روی رودخانه‌های مختلف بوده‌ایم، و در حال حاضر بیش از ۶۰ سد خاکی، سنگریزه‌ای و بتنی در کشور در دست مطالعه و احداث است. سدهای خاکی و سنگریزه‌ای بنا به ویژگیهای خاصی که نسبت به سدهای بتنی دارند در کشور بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است؛ به همین دلیل افزایش آگاهی و دانش مهندسان و کارشناسان داخلی در مورد طراحی و مسایل خاص اینگونه سدها، امری ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از مسایل خاص طراحی سدهای خاکی و سنگریزه‌ای بررسی رفتار مصالح آنها تحت بارگذاری می‌باشد؛ چراکه طراحی بهینه این سازه‌ها بدون اطلاع دقیق از رفتار مصالح تشکیل دهنده بدنه سد امکان‌پذیر نخواهد بود. در این تحقیق که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد ارائه می‌گردد رفتار مصالح خاکی درشت دانه و مصالح سنگریزه‌ای (تحت بارگذاریهای استاتیکی) که بخش اعظم مصالح بدنه سد را در یک سد خاکی و سنگریزه‌ای تشکیل می‌دهد مورد بررسی قرار گرفته است.

قسمت عمده و اصلی بررسی رفتار مصالح در این تحقیق بر روی مصالح سنگریزه‌ای انجام شده و تأثیر مشخصات زمین شناسی مهندسی این مصالح بر روی رفتار مکانیکی آنها با آزمایشات

برش مستقیم بزرگ مقیاس و سه محوری قطر بزرگ مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفته است. این تحقیق بر مبنای مطالعات آزمایشگاهی بر روی مصالح پنج سد خاکی و سنگریزه‌ای در دست احداث و مطالعه در کشور انجام شده و شامل شش فصل به شرح زیر می‌باشد:

- فصل اول به طرح کلیاتی درباره مصالح خاکی و سنگریزه‌ای و بررسی رفتار مکانیکی مصالح سنگریزه‌ای می‌پردازد.

- فصل دوم آزمونهای آزمایشگاهی روی مصالح سنگریزه‌ای و مسایل خاص نمونه‌های آزمایشگاهی را بررسی می‌کند.

- در فصل سوم دستگاه و روشهای تهیه نمونه آزمایشگاهی برای دستگاه سه محوری قطر بزرگ و برش مستقیم $30 \times 30 \text{ cm}$ و $50 \times 50 \text{ cm}$ را تشریح می‌کند.

- فصل چهارم نتایج تحقیقات و آزمونهای آزمایشگاهی روی مصالح را ارائه می‌نماید.

- فصل پنجم تفسیر و مقایسه نتایج و ویژگیهای رفتاری هر یک از مصالح را مورد بررسی قرار می‌دهد.

- فصل ششم نتایج کلی این تحقیق را به صورت مختصر و کوتاه بیان کرده و پیشنهاداتی جهت ادامه کار این تحقیق ارائه می‌دهد.

امید است که این تحقیق مورد استفاده کارشناسان و محققان صنعت سدسازی کشور قرار گرفته و گامی کوچک در مسیر رشد و شکوفایی کشور سرفراز ایران باشد.