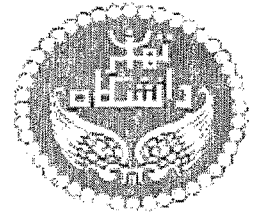
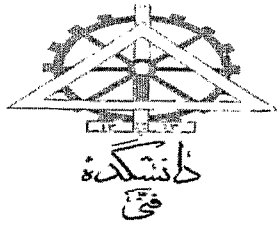


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تهران
دانشکده فنی

مرکز اطلاعات و آرشیو
موسسه تخصصی زبان

عنوان:

۱۳۸۲ / ۷ / ۲۰

بررسی رفتار استاتیکی و دینامیکی سدهای سنگریزه‌ای
با هسته بتن آسفالتی در شرایط سه بعدی

نگارش:

سیامک فیضی خانکندی

استاد راهنما: دکتر علی اصغر میرقاسمی

استاد مشاور: دکتر شاهین قانونی

۴۹۲۵۰

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

شهریور ۱۳۸۲



به نام خدا
دانشگاه تهران

دانشکده فنی.....

گروه آموزشی عمران.....

گواهی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

هیات داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقای / خانم: میرزا محمد علی خانلاری
 در رشته: مهندسی عمران گرایش: سازه و پلی
 با عنوان: بررسی رفتار استاتیکی دینامیکی سدهای سنگریزه ای در شرایط سلسله ای
 را در تاریخ: ۸/۲/۱۵

به عدد ۲ به حروف دو با نمره نهایی: ۲

و درجه ارزیابی نمود.

ردیف	مشخصات هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ دانشگاهی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱	استاد راهنما استاد راهنمای دوم (حسب مورد)	علی امیر میرقاسمی	استاد ديار	تهران	
۲	استاد مشاور	تعمیر خانومی	-	ویه پهلوان	
۳	استاد مدعو (یا استاد مشاور دوم)	منوچهر لطیفی	استاد ديار	تهران	
۴	استاد مدعو خارج	دکتر میرحسینی	دانشیار	امیرکبیر	
۵	نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی	اسدالله نورزاز	استاد ديار	تهران	

تذکر: این برگه پس از تکمیل توسط هیات داوران در نخستین صفحه پایان نامه درج می گردد.



تشکر و قدردانی

پس از سپاس پروردگار عالم، بر خود واجب می دانم که از زحمات جناب آقای دکتر میرقاسمی به عنوان استاد راهنما که در تمام مراحل تحقیق مرا یاری کردند و نیز جناب آقای دکتر قانونی که نظرات ارزنده ایشان در این پژوهش، راه کاری برای بنده بود، تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از دیگر دوستانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری رسانده اند به ویژه آقایان مهندس اره پناهی، مهندس مهین روستا، مهندس فتحی و نیز خانم آزاده تبریزیان که زحمت تایپ و آماده سازی این پایان نامه را کشیده اند، صمیمانه تشکر می کنم.

تقدیم به:

پدر و مادر فداکارم

و نیز

برادران عزیزم

چکیده

هسته های بتن آسفالتی، در سال ۱۹۴۸ برای اولین بار به عنوان المان آب بند در سدهای سنگریزه ای مورد استفاده قرار گرفت. این نوع هسته، دارای نفوذپذیری بسیار کم، خاصیت انعطاف پذیری بالا است و تراکم پذیری خوبی دارد و امکان ساخت بدون درزه هسته را فراهم می آورد. یکی از بهترین مزایای این نوع هسته ها، عدم تابع بودن ساخت آن نسبت به شرایط آب و هوایی و ... است. تحقیقات بسیار کمی بر روی این هسته ها انجام گرفته است. برای مثال آقای والسناد (۱۹۹۱) سد استوراواتن را با روش نیومارک و آقای گاردیل سد کوپرا را در سال ۱۹۹۹ از لحاظ دینامیکی و استاتیکی مورد بررسی قرار دارند.

در این پژوهش با به کارگیری نرم افزار تفاضل محدود سه بعدی مثل FLAC 3D، آنالیزهایی بر روی سد سنگریزه ای انجام شده است. با در نظر گرفتن شکل دره و زلزله ورودی و مدل رفتاری موهر-کولمب، مقادیر تنش ها و تغییر مکان ها محاسبه شده است. همچنین با تغییرات سختی مصالح تشکیل دهنده، آنالیز حساسیتی بر نحوه رفتار هسته آسفالتی انجام گرفته است. با انجام این آنالیزها، تفاوت بین حالت دو بعدی و سه بعدی به وضوح دیده خواهد شد.

واژه های کلیدی: هسته بتن آسفالتی، آنالیز لرزه ای، سد سنگریزه ای

	فصل اول
۱	(۱-۱) مقدمه
۱	(۲-۱) بخش آب بند سدهای خاکی و سنگریزه ای
۲	(۳-۱) استفاده از مواد قیری به عنوان هسته آب بند
۲	(۴-۱) پیشینه آسفالت در سازه های آبی
۳	(۵-۱) ویژگیهای بتن آسفالتی از دیدگاه سدسازی
۸	
۱۰	فصل دوم - توضیحات کلی در مورد مشخصات فنی بتن آسفالتی
۱۱	(۱-۲) مقدمه
۱۱	(۱-۱-۲) مصالح سنگی
۱۲	(۲-۱-۲) قیر
۱۲	(۲-۲) روشهای ساخت هسته بتن آسفالتی
۱۴	(۱-۲-۲) روش BMM
۱۴	(۲-۲-۲) روش CMC
۱۵	(۳-۲-۲) روش CBC
۱۵	(۴-۲-۲) روش FACC
۱۵	(۵-۲-۲) روش DACC
۱۶	(۳-۲) المان آب بند بتن آسفالتی
۱۶	(۱-۳-۲) توصیف نمودار فولر
۱۹	(۲-۳-۲) لایه انتقالی بالادست
۱۹	(۳-۳-۲) ناحیه انتقالی پایین دست
۱۹	(۴-۲) نحوه ساخت مناطق انتقالی
۲۰	(۵-۲) ابزار و روش ساخت هسته های بتن آسفالتی متراکم
۲۴	(۶-۲) اثرات هسته بر طراحی سد
۲۶	(۷-۲) کوبش و تراکم هسته
۲۸	(۸-۲) مشخصات عمومی هسته های آسفالتی
۲۸	(۱-۸-۲) مشخصات طراحی
۲۸	(۲-۸-۲) مشخصات اکولوژیکی
۲۹	(۳-۸-۲) مشخصات رفتاری
۳۲	(۴-۸-۲) مشخصات اقتصادی

۳۲	۹-۲) بررسی اثرات مقدار قیر در مخلوط بتن آسفالتی
۳۷	۱۰-۲) تاثیر میزان حفرات در آب بندی
۳۸	۱-۱۰-۲) تعیین میزان نفوذپذیری
۴۱	فصل سوم - سابقه آنالیز سدهای خاکی با هسته آسفالتی
۴۲	۱-۳) مقدمه
۴۲	۱-۱-۳) آنالیز گاردیل
۴۳	۲-۱-۳) آنالیز والسناد
۴۳	۳-۱-۳) آنالیز میتجز و جونز
۴۴	۲-۳) مروری بر روشهای معادل آنالیز دینامیکی
۴۴	۱-۲-۳) آنالیز شبه استاتیکی
۴۴	۱-۲-۳) محدودیت های روش شبه استاتیک
۴۴	۲-۲-۳) روش مبتنی بر رفتار ویسکوالاستیک سدهای خاکی
۴۵	۳-۲-۳) روش Seed و Makdisi
۴۶	۱-۳-۲-۳) انتگرال گیری از سطح زیر منحنی و محاسبه تغییر شکل با گراف موجود
۴۶	۴-۲-۳) روش Sarma
۵۰	۵-۲-۳) آنالیز دینامیکی واقعی
۵۲	۳-۳) مبانی تحلیل دینامیکی سدهای خاکی و سنگریزه ای
۵۳	۴-۳) موارد عملی ساخته شده در:
۵۳	۱-۴-۳) سد Finstral
۵۶	۲-۴-۳) سد Grosse-Dhunn
۵۷	۳-۴-۳) سد Storvatn
۵۸	۴-۴-۳) سد Eberlaste
۵۸	۵-۴-۳) سد براولس واتن
۵۹	۶-۴-۳) سد وسترد دالستجرن
۵۹	۷-۴-۳) سد استیک واتن
۶۰	فصل چهارم - مدل های رفتاری و بررسی تئوری های مورد استفاده
۶۱	۱-۴) مقدمه
۶۱	۲-۴) روش تفاضل محدود
۶۲	۳-۴) روش تفاضل محدود صریح

۶۳	۴-۴) مروری بر قوانین مکانیک پیوسته و مدل های رفتاری
۶۳	۴-۴-۱) مکانیک محیط پیوسته
۶۴	۴-۴-۱-۱) حرکت و تعادل
۶۵	۴-۴-۱-۲) روابط قانونی رفتاری
۶۶	۴-۴-۱-۳) شرایط مرزی
۶۶	۴-۴-۱-۴) معادلات تفاضل محدود
۶۷	۴-۴-۱-۵) محاسبه نرخ کرنش
۶۷	۴-۴-۱-۶) سرهم کردن ادغامی
۶۹	۴-۴-۱-۷) محاسبه تنشها و نیروهای گرهی
۶۹	۴-۴-۱-۸) معادله حرکت
۷۰	۴-۴-۱-۹) میرای مکانیکی
۷۱	۴-۴-۱-۱۰) یافتن گام زمانی مکانیکی و بررسی پایداری روش عددی
۷۶	۴-۵) مدل رفتاری موهر - کولمب
۷۷	۴-۶) قانون گام الاستیک
۷۷	۴-۶-۱) توابع تسلیم و پتانسیل
۸۰	۴-۶-۲) تصحیح پلاستیک
۸۲	۴-۶-۳) روش به کارگیری
۸۳	فصل پنجم - مدل سازی
۸۴	۵-۱) مقدمه
۸۹	۵-۲) توضیح مراحل بارگذاری
۸۹	۵-۳) شرح مراحل بارگذاری
۹۰	۵-۴) بررسی مدل رفتاری مورد استفاده در تحلیل های استاتیکی و دینامیکی
۹۱	۵-۵) مشخصات بتن آسفالتی مصرفی در هسته
۹۲	۵-۶) توضیحی در مورد ورودی زلزله طرح
۹۳	۵-۶-۱) تعریف موج زلزله
۹۴	۵-۶-۲) شرایط مرزی
۹۵	فصل ششم - ارائه نتایج
۹۶	۶-۱) نتایج مربوط به حالت مرحله پایان ساخت
۹۸	۶-۱-۱) ارائه نظرات و مقایسه نتایج حالت پایان ساخت با نتایج دیگر پژوهش ها

۱۰۱	۲-۶) نتایج برنامه در حالت آبگیری کامل
۱۰۲	۲-۲-۶) ارائه نظرات و مقایسه نتایج حالت آبگیری با پژوهش های دیگران
۱۰۴	۳-۶) نتایج مربوط به تحلیل لرزه ای
۱۰۵	۳-۳-۶) بررسی اثرات و تغییرات Damping رایلی بر روی نتایج
۱۰۶	۴-۳-۶) بررسی توزیع امواج و تعیین ضریب بزرگنمایی در حالت سه بعدی
۱۰۹	۵-۳-۶) بررسی امکان جداشدگی در نواحی تماس
۱۱۱	۶-۳-۶) مقایسه نتایج با پژوهش های دیگران
۱۱۲	۴-۶) بررسی اثر تغییرات مدول الاستیسیته بر روی نتایج کلی
۱۱۴	۵-۶) نتیجه گیری
۱۱۵	۶-۶) ارائه پیشنهادات
۱۵۴	پیوست - معرفی کلی نرم افزار FLAC 3D
۱۵۸	مراجع

صفحه	عنوان
	فصل اول
۴ - ۶	جدول (۱-۱) سدها با هسته قیری
۷	جدول (۲-۱) تقسیم بندی سدهای با هسته آسفالتی بر حسب ارتفاع سد
	فصل دوم
۱۴	جدول (۱-۲) روشهای مختلف ساخت هسته بتن آسفالتی
۱۸	شکل (۱-۲) طرح دانه بندی فولر و توان ۴۵٪
۱۸	شکل (۲-۲) ضخامت المان هسته بتن آسفالتی
۲۰	شکل (۳-۲) ابعاد معمول سه المان هسته آسفالتی
۲۲	شکل (۴-۲) دستگاه اجرای هسته بتن آسفالتی
۲۲	شکل (۵-۲) ارتباط بین خواص اجرایی بتن آسفالتی با درصد فضای خالی ترکیب بتن آسفالتی
۲۳	شکل (۶-۲) ارتباط بین پایداری بتن آسفالتی با درصد فضای خالی موجود
۲۴	شکل (۷-۲) اجرای ماستیک آسفالت روی فونداسیون بتنی
۲۵	شکل (۸-۲) سد با هسته آسفالتی
۲۵	شکل (۹-۲) سد با رویه بتنی
۲۷	شکل (۱۰-۲) نمودار دمای مناسب کوبش
۲۷	شکل (۱۱-۲) رابطه بین فضای خالی و خواص بتن آسفالتی
۳۰	شکل (۱۲-۲) روابط دما - لزجت
۳۱	شکل (۱۳-۲) مقاومت کششی در مقابل مقاومت فشاری
۳۱	شکل (۱۴-۲) تغییرات در مقاومت کششی بر حسب زمان و درجه حرارت
۳۳	شکل (۱۵-۲) درجه اشباع بر حسب مقدار قیر
۳۴	جدول (۲-۲) نتایج آزمایشات فشاری سه محوری برای مخلوط های بتن آسفالتی
۳۵	جدول (۳-۲) ویژگیهای فیزیکی نمونه بتن آسفالتی
۳۶	شکل (۱۶-۲) اثر درصد قیر بر رفتار تنش - کرنش در آزمایش یک محوری
۳۶	شکل (۱۷-۲) اثر درصد قیر بر مدول الاستیسیته بتن آسفالتی
۳۷	شکل (۱۸-۲) اثر درصد قیر بر مقاومت بتن آسفالتی
۳۸	شکل (۱۹-۲) آزمایش نفوذپذیری
۳۹	شکل (۲۰-۲) نفوذپذیری بتن آسفالتی در برابر آب بر حسب تخلخل هوای نمونه

شکل (۲-۲۱) نفوذپذیری بتن آسفالتی در برابر آب بر حسب زمان آزمایش ۴۰

فصل سوم

- شکل (۳-۱) ضریب لرزه ای ماکزیمم برای شکل مثلثی ۴۵
- شکل (۳-۲) تغییرات ماکزیمم شتاب موثر جرم لغزان پتانسیل اساسی ۴۵
- شکل (۳-۳) تغییرات شتاب نهایی ۴۶
- شکل (۳-۴) مقطعی از سد ۴۶
- شکل (۳-۵) ماکزیمم ۹ رکورد موجود ۴۸
- شکل (۳-۶) سطوح لغزش ساده شده و طیف لرزه ای ۴۹
- شکل (۳-۷) منحنی تغییر مکان تاج سد با نسبت kc/km ۴۹
- شکل (۳-۸) وابستگی مدول برشی و میرایی به سطح کرنش برشی در مورد سنگریزه ها ۵۰
- شکل (۳-۹) شتاب افقی حداکثر برای شتاب پایه افقی ۵۱
- شکل (۳-۱۰) شتاب افقی حداکثر برای نقاط و کرنش برشی سیکلی حداکثر ۵۱
- شکل (۳-۱۱) مقطعی از سد Finstral ۵۵-۵۴
- شکل (۳-۱۲) تغییر مکان هسته و شافت حین آبرگیری (سد بالادست) ۵۶
- شکل (۳-۱۳) تغییر مکان هسته و شافت حین آبرگیری (سد اصلی) ۵۶
- شکل (۳-۱۴) مقطع سد Storvatn ۵۷
- شکل (۳-۱۵) نتایج جابه جایی لوله های جداری میل سنج در مقطع عرضی اصلی سد ۵۸

فصل چهارم

- شکل (۴-۱) چرخه اصلی انجام محاسبات ۶۳
- شکل (۴-۲) اعمال نیرو به توده و تولید شتاب و تغییر مکان ۶۴
- شکل (۴-۳) الف - گره A ب - یک جزء مثلثی ۷۲
- شکل (۴-۴) ترسیم سه بعدی صفحات تسلیم مدل موهر - کولمب ۷۶
- شکل (۴-۵) معیار تسلیم در مدل موهر - کولمب ۷۸
- شکل (۴-۶) مدل موهر - کولمب - دو ناحیه مختلف در تعریف قانون جریان ۸۰

فصل پنجم

- شکل (۵-۱) مقطع سد سنگریزه ای ۸۵
- شکل (۵-۲) مش بندی سد سنگریزه ای ۸۶
- شکل (۵-۳) نمایی کلی و سه بعدی از سد با دره ۴۵ درجه ۸۸

مرکز اطلاعات و آشنایی
تهیه مدارک

۹۲	جدول (۵-۱) پارامترهای استفاده شده در تحلیل برنامه
۹۳	شکل (۵-۴) شمایی از طیف ورودی در جهت x با میزان $0.4g$

فصل ششم

۱۱۸	شکل (۶-۱) کنتور نشست قائم در حالت پایان ساخت در دره ۶۰ درجه
۱۱۸	شکل (۶-۲) کنتور نشست قائم در حالت پایان ساخت در دره ۴۵ درجه
۱۱۹	شکل (۶-۳) کنتور نشست قائم در حالت پایان ساخت در دره ۳۰ درجه
۱۱۹	شکل (۶-۴) کنتور نشست قائم در حالت پایان ساخت در یک سد همگن
۱۲۰	شکل (۶-۵) کنتور تغییر مکان افقی در حالت پایان ساخت در دره ۶۰ درجه
۱۲۰	شکل (۶-۶) کنتور تغییر مکان افقی در حالت پایان ساخت در دره ۴۵ درجه
۱۲۱	شکل (۶-۷) کنتور تغییر مکان افقی در حالت پایان ساخت در دره ۳۰ درجه
۱۲۱	شکل (۶-۸) کنتور تغییر مکان افقی در حالت پایان ساخت در یک سد همگن
۱۲۲	شکل (۶-۹) مقایسه نتایج نشست قائم در دره های مختلف در حالت E.O.C.
	شکل (۶-۱۰) کنتور نشست قائم در حالت پایان ساخت در حالتی که سختی پوسته از هسته بیشتر باشد
۱۲۳	
۱۲۴	شکل (۶-۱۱) کنتور تنش قائم در حالت پایان ساخت در دره ۶۰ درجه
۱۲۴	شکل (۶-۱۲) کنتور تنش قائم در حالت پایان ساخت در دره ۴۵ درجه
۱۲۵	شکل (۶-۱۳) کنتور تنش قائم در حالت پایان ساخت در دره ۳۰ درجه
۱۲۵	شکل (۶-۱۴) کنتور تنش قائم در حالت پایان ساخت در سد همگن
۱۲۶	شکل (۶-۱۵) کنتور تنش برشی در حالت پایان ساخت در دره ۶۰ درجه
۱۲۶	شکل (۶-۱۶) کنتور تنش برشی در حالت پایان ساخت در دره ۴۵ درجه
۱۲۷	شکل (۶-۱۷) کنتور تنش برشی در حالت پایان ساخت در دره ۳۰ درجه
۱۲۷	شکل (۶-۱۸) کنتور تنش برشی در حالت پایان ساخت در سد همگن
۱۲۸	شکل (۶-۱۹) کنتور نشست قائم در حالت آبدگیری در دره ۶۰ درجه
۱۲۸	شکل (۶-۲۰) کنتور نشست قائم در حالت آبدگیری در دره ۴۵ درجه
۱۲۹	شکل (۶-۲۱) کنتور نشست قائم در حالت آبدگیری در دره ۳۰ درجه
۱۲۹	شکل (۶-۲۲) کنتور نشست قائم در حالت آبدگیری در سد همگن
۱۳۰	شکل (۶-۲۳) کنتور تغییر مکان افقی در حالت آبدگیری در دره ۶۰ درجه
۱۳۰	شکل (۶-۲۴) کنتور تغییر مکان افقی در حالت آبدگیری در دره ۴۵ درجه
۱۳۱	شکل (۶-۲۵) کنتور تغییر مکان افقی در حالت آبدگیری در دره ۳۰ درجه
۱۳۱	شکل (۶-۲۶) کنتور تغییر مکان افقی در حالت آبدگیری در سد همگن

- ۱۳۲ شکل (۶-۲۷) کنتور تنش قائم در حالت آبگیری در دره ۶۰ درجه
- ۱۳۲ شکل (۶-۲۸) کنتور تنش قائم در حالت آبگیری ساخت در دره ۴۵ درجه
- ۱۳۳ شکل (۶-۲۹) کنتور تنش قائم در حالت آبگیری در دره ۳۰ درجه
- ۱۳۳ شکل (۶-۳۰) کنتور تنش قائم در حالت آبگیری در سد همگن
- ۱۳۴ شکل (۶-۳۱) کنتور تنش برشی در حالت آبگیری در دره ۶۰ درجه
- ۱۳۴ شکل (۶-۳۲) کنتور تنش برشی در حالت آبگیری در دره ۴۵ درجه
- ۱۳۵ شکل (۶-۳۳) کنتور تنش برشی در حالت آبگیری در دره ۳۰ درجه
- ۱۳۵ شکل (۶-۳۴) کنتور تنش برشی در حالت آبگیری در سد همگن
- ۱۳۶ شکل (۶-۳۵) کنتور نشست قائم در حالت زلزله در دره ۶۰ درجه
- ۱۳۶ شکل (۶-۳۶) کنتور نشست قائم در حالت زلزله در دره ۴۵ درجه
- ۱۳۷ شکل (۶-۳۷) کنتور نشست قائم در حالت زلزله در سد همگن
- ۱۳۷ شکل (۶-۳۸) کنتور تغییر مکان افقی در حالت زلزله در دره ۶۰ درجه
- ۱۳۸ شکل (۶-۳۹) کنتور تغییر مکان افقی در حالت زلزله در دره ۴۵ درجه
- ۱۳۸ شکل (۶-۴۰) کنتور تغییر مکان افقی در حالت زلزله در سد همگن
- ۱۳۹ شکل (۶-۴۱) کنتور تنش قائم در حالت زلزله در دره ۶۰ درجه
- ۱۳۹ شکل (۶-۴۲) کنتور تنش قائم در حالت زلزله در دره ۳۰ درجه
- ۱۴۰ شکل (۶-۴۳) کنتور تنش قائم در حالت زلزله در سد همگن
- ۱۴۱ شکل (۶-۴۴) مقایسه نتایج برنامه در دره های مختلف در حالت زلزله
- ۱۴۱ شکل (۶-۴۵) مقایسه نتایج برنامه در دره های مختلف در حالت زلزله
- ۱۴۲ شکل (۶-۴۶) تاثیر میزان Damping بر نشست قائم
- ۱۴۲ شکل (۶-۴۷) تاثیر میزان Damping بر تغییر مکان افقی
- ۱۴۵ شکل (۶-۴۸) گراف مربوط به محل تماس هسته و تکیه گاه
- ۱۴۶ شکل (۶-۴۹) گراف مربوط به محل تماس هسته و پوسته
- ۱۴۸ شکل (۶-۵۰) نمودار تغییر مکان قائم با مدول الاستیسیته در حالت پایان ساخت
- ۱۴۹ شکل (۶-۵۱) نمودار تغییر مکان افقی با مدول الاستیسیته در حالت پایان ساخت
- ۱۵۰ شکل (۶-۵۲) نمودار نشست قائم با مدول الاستیسیته در حالت آبگیری
- ۱۵۱ شکل (۶-۵۳) نمودار تغییر مکان افقی با مدول الاستیسیته در حالت آبگیری
- ۱۵۲ شکل (۶-۵۴) نمودار نشست قائم با مدول الاستیسیته در شرایط زلزله
- ۱۵۳ شکل (۶-۵۵) نمودار تغییر مکان افقی با مدول الاستیسیته در شرایط زلزله

فصل اول