٣٣٦٥٣

۱۳۸۱ /۶/ ۲۷

دانشگاه تهران
دانشکده فنی

آنالیز دینامیکی سدهای خاکی با هسته بتن آسفالتی

نگارش
نازیلا مکرّم

استاد راهنما
دکتر بهروز گتمیری

استاد مشاور
دکتر شهرام وهدانی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی عمران- زلزله

شهریور ۸۱

۴۳۶۵۴

صفحه تصویب پایان‌نامه کارشناسی ارشد

موضوع:

آنالیز دینامیکی سدهای خاکی با هسته بتن آسفالتی

توسط:

نازیلا سلیم

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته : مهندسی عمران گرایش: زلزله

از این پایان‌نامه در تاریخ ۸۱/۵/۲۳ در مقابل هیئت داوران دفاع بعمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده :

مدیر گروه آموزشی :

استاد راهنما:

استاد مشاور:

داور مدعو:

داور داخلی :

تقدیم به پدرم و مادرم

چکیده :

سدهای با هستهٔ بتن آسفالتی ، یکی از انواع نسبتاً جدید از سدها می باشند که استفاده از آنها در دنیا و به خصوص اروپا دارای رشد روز افزونی است . با وجود تمام مزایای قابل ذکر برای سدهای با هستهٔ بتن آسفالتی در مورد نحوهٔ رفتار لرزه ای این سدها اطلاعات کمی در دست است و با توجه به شرایط لرزه خیزی کشور ما ، ایران ، شناخت این رفتار اهمیت بیشتری پیدا میکند .

از آنجا که ضخامت هستهٔ ناتراوا در این نوع سدها نسبت به انواع دیگر همچون سد با هستهٔ رسی کمتر می باشد . بررسی احتمال بروز ترکدر هنگام اعمال بارهای دینامیکی به سد اهمیت بیشتری می یابد .

در این پایان نامه با استفاده از نرم افزار«**ADINA**» تحلیلها در سه مرحلهٔ ساخت آبگیری و تحلیل دینامیکی تحت بار زلزله به ترتیب با استفاده از دو سری مدل رفتاری « خطی » و « غیرخطی » و « الاستوپلاستیک » برای انجام تحلیلها ابتدا از مشخصات مصالح و هندسهٔ سد میجران که یکی از سدهای در دست ساخت با استفاده از هستهٔ بتن آسفالتی می باشد استفاده شد . مشخص گردید که با توجه به تحلیل دینامیکی انجام شده به روش غیرخطی ، مشکل ترک خوردگی هسته در اثراعمال بار زلزله با تاریخچهٔ زمانی مشابه زلزلهٔ آب بر نرمال شده به ۰/۳۵ g و ۰/٤٥ g برای سد میجران وجود ندارد و تغییر مکانهای بزرگ دائمی و یا موقت ایجاد شده بر اثر وقوع زلزلهٔ پایه طرح و حداکثر زلزلهٔ محتمل مشکلی برای آب بندی سد ایجاد نمی کنند . سپس برای رسیدن به درک کلی تری از رفتار سدهای با هستهٔ بتن آسفالتی و آشکار شدن میزان حساسیت به پارامترهای هندسی از هندسه ای با ارتفاع دو برابر سد میجران و شیبهای بالادست و پایین دست تندتر نسبت به شیبهای سد میجران ، استفاده شد . در سدی جدید تحلیلهای دینامیکی انجام شده مشاهده گردید که تحت حداکثر شتاب ناشی از زلزلهٔ پایهٔ طرح هندسهٔ جدید دچار مشکل ترک خوردگی می شود . بنابراین می توان گفت که در روند طراحی سدهای خاکی با هستهٔ بتن آسفالتی حتماً می باید شیب وارتفاع نهایی بدنه سد را بر اساس بررسی دقیق رفتار لرزه ای آن با توجه به ارتفاع و شیبهای گوناگون انتخاب نمود .

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه ۱

۱- ۱- پیش گفتار ۱

۱- ۲- انتخاب موضوع پایان نامه ۱

۱- ۳- فصول پایان نامه ۴

فصل دوم : سدهای خاکی با هسته بتن آسفالتی ٦

۲- ۱- طبقه بندی سدها ۶

۲- ۲- پیشینه آسفالت در سازه های آبی ۹

۲- ۳- اجزاء « سد خاکی با هسته بتن آسفالتی » ۱۱

۲-۳-۱- هسته ۱۱

۲-۳-۲- فیلتر و لایه انتقالی.....۱۱

۲-۳-۳- پوسته سد ۱۲

۲-۳-۴- محافظ شیب.....۱۳

۲-۳-۵- پوشش تاج ۱۴

۲-۳-۶- پنجه سد ۱۴

۲- ۴- روشهای ساخت ۱۴

۲-۴-۱- خمیر قیری بین قالبهای بنایی (BMM) ۱۵
۲-۴-۲- هسته خمیری با سنگدانه های درشت (CMC) ۱۵
۲-۴-۳- هسته قیری با سنگدانه های درشت (CBC) ۱۶
۲-۴-۴- هسته با بتن آسفالتی قابل جاری شدن (FACC) ۱۶
۲-۴-۵- هسته بتن آسفالتی متراکم (DACC) ۱۷
۲- ۵- اجرای سد با روش هسته متراکم ۱۸
۲- ۶- مزایا ومعایب « سدهای خاکی با هسته آسفالتی » ۲۰
۲-۶-۱- مزایا ۲۱
۲-۶-۲- معایب ۲۲
۲- ۷- نکاتی در طراحی و اجرا ۲۲
۲-۷-۱- هسته ۲۲
۲-۷-۲- نواحی انتقالی ۲۴
۲-۷-۳- طراحی ترکیب بتن آسفالتی ۲۶
۲-۷-۴- کوبش و تراکم هسته ۲۶
فصل سوم — سد خاکی در برابر اثر زلزله ۲۹
۳- ۱- آسیب ها و شکستهای سد بر اثر زلزله ۲۹
۳-۱-۱- انواع مختلف آسیب ۳۰
۳-۱-۲- موارد ایمنی در طراحی مقطع عرضی سد ۳۱
۳-۱-۳- ترک ۳۲
۳-۱-۴- نتایج تحقیقات ۳۳
۳- ۲- مرور روشهای آنالیز سدهای خاکی در برابر زلزله ۳۴
۳-۲-۱- آنالیزهای شبه استاتیکی ۳۴
۳-۲-۲- محدودیتهای آنالیز شبه استاتیکی ۳۹

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۳-۲-۳- آنالیز دینامیکی ۴۱
۳- ۳- سابقه آنالیز « سدهای خاکی با هسته آسفالتی » ۴۳
۳-۳-۱- «آنالیز « گاردیل » ۴۳
۳-۳-۲- آنالیز « والستاد » ۴۳
۳-۳-۳- آنالیز « مینتجز » و « جونز » ۴۴
فصل چهارم: آشنایی با نرم افزار ***ADINA*** ٤٦
۴- ۱- کلیات ۴۶
۴- ۲- مشخصات نرم افزار ۴۷
۴- ۳- نمونه هایی از مسایل حل شده با ***ADINA*** ۴۹
۴-۳-۱- تحلیل فرایند تحکیم ۴۹
۴-۳-۲- تحلیل فرایند تراوش ۴۹
فصل پنجم : تحلیل ۵۳
۵- ۱- کلیات ۵۳
۵- ۲- مشخصات کلی سد میجران ۵۳
۵- ۳- بارهای وارد بر سد واعمال آنها در مدل ۵۵
۵-۳-۱- نیروهای استاتیکی ۵۵
۵-۳-۲- نیروهای دینامیکی ۵۶
۵- ۴- هندسه، مشخصات مصالح و مدلهای رفتاری ۵۷
۵-۴-۱- هندسه مدل ۵۷
۵-۴-۲- مدل رفتاری خطی ۵۹
۵-۴-۳- مدل رفتاری الاستوپلاستیک ۶۰
۵-۴-۴- مدل رفتاری غیر خطی ۶۰
۵-۴-۵- مشخصات مصالح ۶۱

۵- ۵- روند تحلیل ۶۳
۵- ۶- روشهای مدلسازی گسترش ترک ۶۴
۵-۶-۱- مدل ترک مجزا ۶۴
۵-۶-۲- مدلهای ترک پیوسته ۶۵
فصل ششم : نتایج تحلیلها ٦٧
۶- ۱- کلیات ۶۷
۶- ۲- تحلیل روند ساخت ۶۸
۶-۲-۱- خروجی‌های تحلیل خطی ۶۹
۶-۲-۲- خروجی‌های حلیل غیر خطی ۷۲
۶- ۳- تحلیل آب‌گیری ۷۵
۶-۳-۱- خروجی‌های تحلیل خطی ۷۶
۶-۳-۲- خروجی‌های تحلیل غیر خطی ۸۰
۶- ۴- تحلیل دینامیکی ۸۴
۶-۴-۱- خروجی‌های تحلیل خطی ۸۶
۶-۴-۲- خروجی‌های تحلیل غیر خطی ۹۲
فصل هفتم : نتایج مطالعات و بررسی‌های انجام شده ۱۰۳
۷- ۱- نکاتی در مورد بستهٔ نرم افزاری *ADINA* ۱۰۳
۷- ۲- عملکرد لرزه‌ایِ سدهای بتن آسفالتی ۱۰۴
۷- ۳- پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ۱۱۱
فهرست مراجع ۱۱۲

فهرست اشکال

شکل ۲-۱- انواع سدهای خاکی ۸

شکل ۲-۲- نمای شماتیک سد ۱۲

شکل ۲-۳- روش ساخت *CBC* ۱۷

شکل ۲-۴- عبور غلتکها برای کوبش هسته ۲۰

شکل ۲-۵- پایداری سد ۲۱

شکل ۲-۶- نموگراف ضخامت هسته ۲۳

شکل ۲-۷- نمای شماتیک لایه انتقالی ۲۴

شکل ۲-۸- منحنی دانه بندی فولر ۲۷

شکل ۲-۹- نموگرام دمای مناسب کوبش ۲۸

شکل ۲-۱۰- رابطه بین فضای خالی و خواص بتن آسفالتی ۲۸

شکل ۳-۱- نکات ایمنی در طراحی مقطع عرضی سد ۳۲

شکل ۳-۲- روش کلاسیک ۳۶

شکل ۳-۳- روش باریکه های برشی ۳۷

شکل ۳-۴- نمودار جای کریشنا ۳۸

شکل ۴-۱- هندسهٔ مدل تحکیم کلی ۵۰

شکل ۴-۲- فشار آب حفره ای در عمق خاک ۵۰

شکل ۴-۳- تغییر مکان های قائم در عمق خاک ۵۱

شکل ۴-۴- مدل ساده شدهٔ فرایند تراوش ۵۱
شکل ۴-۵- مقدار بارِ آبی در اثر تراوش ۵۱
شکل ۴-۶- بردارهای جریان ۵۲
شکل ۵-۱- مقطع عمومی بدنهٔ سد ۵۴
شکل ۵-۲- جزئیات هندسی مقطع ۵۵
شکل ۵-۳- مصالح مورداستفاده در بدنهٔ سد ۵۵
شکل ۵-۴- شتاب نگاشت زلزلهٔ آب بر ۵۷
شکل ۵-۵- مدل ورودی برنامه اجزاء محدود ۵۸
شکل ۵-۶- منحنی تنش-کرنش متناظر با بتن آسفالتی ۶۲
شکل ۶-۱- تغییر مکان قائم در خاتمه ساخت (تحلیل خطی) ۶۹
شکل ۶-۲- تغییر مکان افقی در خاتمه ساخت (تحلیل خطی) ۷۰
شکل ۶-۳- تغییر مکان قائم روی هسته در خاتمه ساخت (تحلیل خطی) ۷۰
شکل ۶-۴- تغییر مکان افقی روی هسته در خاتمه ساخت (تحلیل خطی) ۷۱
شکل ۶-۵- خطوط هم تنش قائم در خاتمه ساخت (تحلیل خطی) ۷۱
شکل ۶-۶- خطوط هم تنش افقی در خاتمه ساخت (تحلیل خطی) ۷۱
شکل ۶-۷- خطوط هم تنش برشی در خاتمه ساخت (تحلیل خطی) ۷۲
شکل ۶-۸- تغییر مکان قائم در خاتمه ساخت (تحلیل غیرخطی) ۷۲
شکل ۶-۹- تغییر مکان افقی در خاتمه ساخت (تحلیل غیرخطی) ۷۳
شکل ۶-۱۰- تغییر مکان قائم روی هسته در خاتمه ساخت (تحلیل غیرخطی) ۷۳
شکل ۶-۱۱- تغییر مکان افقی روی هسته در خاتمه ساخت (تحلیل غیرخطی) ۷۳
شکل ۶-۱۲- خطوط هم تنش قائم در خاتمه ساخت (تحلیل غیرخطی) ۷۴
شکل ۶-۱۳- خطوط هم تنش افقی در خاتمه ساخت (تحلیل غیرخطی) ۷۴
شکل ۶-۱۴- خطوط هم تنش برشی در خاتمه ساخت (تحلیل غیرخطی) ۷۵
شکل ۶-۱۵- تغییر مکان قائم پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۷۷
شکل ۶-۱۶- تغییر مکان افقی پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۷۷
شکل ۶-۱۷- توزیع فشار آب حفره‌ای پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۷۸

شکل ۶-۱۸- توزیع فشار آب حفره‌ای برروی هسته پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۷۸
شکل ۶-۱۹ - تغییر مکان قائم برروی هسته پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۷۸
شکل ۶-۲۰- تغییر مکان افقی روی هسته پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۷۹
شکل ۶-۲۱- خطوط هم تنش قائم پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۷۹
شکل ۶-۲۲- خطوط هم تنش افقی پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۷۹
شکل ۶-۲۳- خطوط هم تنش برشی پس از آبگیری(تحلیل خطی) ۸۰
شکل ۶-۲۴- توزیع فشار آب حفره‌ای پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۰
شکل ۶-۲۵- تغییر مکان قائم پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۱
شکل ۶-۲۶- تغییر مکان افقی پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۱
شکل ۶-۲۷- توزیع فشار آب حفره‌ای برروی هسته پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۲
شکل ۶-۲۸- تغییر مکان قائم برروی هسته پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۲
شکل ۶-۲۹- تغییر مکان افقی روی هسته پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۲
شکل ۶-۳۰- خطوط هم‌تنش قائم پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۳
شکل ۶-۳۱- خطوط هم‌تنش افقی پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۳
شکل ۶-۳۲- خطوط هم‌تنش برشی پس از آبگیری(تحلیل غیرخطی) ۸۴
شکل ۶-۳۳- طیف زلزله آب‌بر ۸۵
شکل ۶-۳۴- شتاب افقی در بالا و پایین سد بر اثر اعمال بار دینامیکی(تحلیل خطی) ۸۶
شکل ۶-۳۵- سرعت افقی در بالا و پایین سد بر اثر اعمال بار دینامیکی(تحلیل خطی) ۸۷
شکل ۶-۳۶- تغییر مکان افقی در بالا و پایین سد بر اثر اعمال بار دینامیکی(تحلیل خطی) ۸۷
شکل ۶-۳۷- شتاب‌های افقی در زمان بیشینه شتاب(تحلیل خطی) ۸۸
شکل ۶-۳۸- تغییر مکان افقی در زمان بیشینه شتاب(تحلیل خطی) ۸۹
شکل ۶-۳۹- خطوط هم‌تنش قائم در زمان بیشینه شتاب(تحلیل خطی) ۸۹
شکل ۶-۴۰- خطوط هم‌تنش افقی در زمان بیشینه شتاب(تحلیل خطی) ۸۹
شکل ۶-۴۱- خطوط هم‌تنش برشی در زمان بیشینه شتاب(تحلیل خطی) ۹۰
شکل ۶-۴۲- توزیع فشار آب حفره‌ای روی هسته در زمان بیشینه شتاب(تحلیل خطی) ۹۰
شکل ۶-۴۳- تغییر مکان قائم روی هسته در زمان بیشینه شتاب(تحلیل خطی) ۹۰

شکل ۶-۴۴- تغییر مکان افقی روی هسته در زمان بیشینه شتاب(تحلیل خطی) ۹۱
شکل ۶-۴۵- طیف پاسخ حالت خطی ۹۱
شکل ۶-۴۶- شتاب افقی در بالا و پایین سدبراثر اعمال بار دینامیکی(تحلیل غیر خطی) ۹۳
شکل ۶-۴۷- سرعت افقی در بالا و پایین سد براثر اعمال بار دینامیکی(تحلیل غیر خطی) ۹۳
شکل ۶-۴۸- سرعت افقی در بالا و پایین سد براثر اعمال بار دینامیکی(تحلیل غیر خطی) ۹۴
شکل ۶-۴۹- شتاب افقی در زمان بیشینه شتاب (تحلیل غیر خطی) ۹۴
شکل ۶-۵۰- تغییر مکان افقی در زمان بیشینه شتاب ۹۵
شکل ۶-۵۱- توزیع فشار آب حفره‌ای در زمان بیشینه شتاب (تحلیل غیر خطی) ۹۵
شکل ۶-۵۲- خطوط هم تنش قائم در زمان بیشینه شتاب(تحلیل غیر خطی) ۹۶
شکل ۶-۵۳- خطوط هم تنش افقی در زمان بیشینه شتاب (تحلیل غیر خطی) ۹۶
شکل ۶-۵۴- خطوط هم تنش برشی در زمان بیشینه شتاب(تحلیل غیر خطی) ۹۷
شکل ۶-۵۵- توزیع فشار آب حفره‌ای روی هسته در زمان بیشینه شتاب (تحلیل غیر خطی) ۹۷
شکل ۶-۵۶- تغییر مکان افقی روی هسته در زمان بیشینه شتاب (تحلیل غیر خطی) ۹۷
شکل ۶-۵۷- تغییر مکان قائم روی هسته در زمان بیشینه شتاب(تحلیل غیر خطی) ۹۸
شکل ۶-۵۹- نمایش تعداد ترک‌ها ۹۹
شکل ۶-۶۰- تغییر مکان قائم نهایی روی هسته (تحلیل غیر خطی) ۹۹
شکل ۶-۶۱- تغییر مکان افقی نهایی روی هسته(تحلیل غیر خطی) ۱۰۰
شکل ۶-۶۲- فشار آب حفره‌ای نهایی (تحلیل غیر خطی) ۱۰۰
شکل ۶-۶۳- تنش‌های افقی نهایی(تحلیل غیر خطی) ۱۰۰
شکل ۶-۶۴- تنش‌های قائم نهایی(تحلیل غیر خطی) ۱۰۱
شکل ۶-۶۵- تنش‌های برشی نهایی(تحلیل غیر خطی) ۱۰۱

فهرست جداول

جدول ۲-۱- تعداد سدهای ساخته شده در جهان ۱۰

جدول ۲-۲- ابعاد ودانه بندی مصالح سد..... ۱۳

جدول ۲-۳- تعداد سدهای ساخته شده طبق روشهای مختلف ۱۶

جدول ۲-۴- داده های ناحیه انتقالی (بولتن ۸۴) ۲۵

جدول ۵-۱- مشخصات مصالح الاستیک مورد استفاده در مدل الاستیک ۶۱

جدول ۵-۲- مشخصات مصالح مورد استفاده در مدل «موهر – کولمب» ۶۲

جدول ۵-۳ مشخصات مصالح مورد استفاده در مدل غیر خطی ۶۲

جدول ۵-۴ - مشخصات نفوذپذیری مصالح..... ۶۳

فصل اول : مقدمه

۱-۱- پیش گفتار

در این فصل بر آن خواهیم بود که دلایل انتخاب « تحلیل دینامیکی سدهای خاکی با هسته بتن آسفالتی » به عنوان رساله پایان نامه کارشناسی ارشد روشن شود . در انتهای فصل نیز ساختار پایان نامه و آن چه که در فصول بعدی با آن مواجه خواهیم شد شرح داده شده است .

۱-۲- انتخاب موضوع پایان نامه

هر چند در نظر اول سدسازی یک فناوری مدرن به نظر می آید ولی سوابق تاریخی نشان می دهد که سدسازی سابقه ای چند هزار ساله دارد و این قطعاً از آن رو است که آب همواره به عنوان مهمترین عامل حیات و اسکان ذهن انسان را به خود مشغول داشته است . از این رو می توان اولین سوابق سدسازی را در یکی از کهن ترین تمدن های انسانی و در کنار حیات بخش ترین رودخانه، « نیل » یافت . سابقه احداث سد بر روی سرشاخه های این رودخانه به بیش از سه هزار سال قبل باز می گردد . در کشور ما هم سدسازی دارای سابقه ای دیرینه است و سدهایی با قدمت ۲۰۰۰ سال بر روی رودخانه های مختلفی به خصوص در جنوب ایران یافت می شوند. در طی سالهای اخیر نیز