بسم الله الرحمن الرحيم

١٠٨٦٧٠

۸۷/۱/۱۰۶۶۱۸
۸۷ ۱۲ ک۱

دانشگاه ارومیه
دانشکده فنی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد عمران-خاک و پی

موضوع:

بررسی تطبیقی و تحلیلی رفتار و عملکرد سدهای خاکی در مقابل زلزله برای تعیین مناسب ترین روش برآورد ضریب زلزله در تحلیل شبه استاتیکی

اساتید راهنما:

جناب آقای دکتر توحید اخلاقی

جناب آقای دکتر میرعلی محمدی

۱۳۸۷/۱۲/۳۱

پژوهشگر:

محمد نیشابوری

۱۰۸۶۷۰

تقدیم به روح پدرم

دکتر اصغر نیشابوری

تقدیر و تشکر:

خدای را بسیار سپاس که بی لطف او هرگز هیچ تلاشی ثمر ندارد. با تبعیت از کلام مولای متقیان که فرمود: هر کس حرفی به من آموخت مرا بنده خود کرد، صمیمانه و خالصانه از تک تک سرورانی که حقیر را در انجام این تحقیق یاری فرمودند کمال سپاس و امتنان را دارم، علی الخصوص از اساتید راهنمای گرانقدر و دانشمندم آقایان دکتر توحید اخلاقی و دکتر میر علی محمدی که بی شک راهنمایی های ارزنده شان گره گشای مشکلات تحقیق بود. همچنین خود را مرهون الطاف بی دریغ اساتید فرزانه گروه خاک و پی دانشگاه تبریز و ارومیه به خصوص آقایان دکتر صدر کریمی، دکتر یوسف زاده، دکتر کاتبی، دکتر مرادی، دکتر جلالی، دکتر فرهمند آذر، دکتر سعید منیر و سایر اساتید ارجمند می دانم. از کمک های بی شائبانه دوستان عزیز آقایان مهندس ساعدی، مهندس نخودچی و مهندس صفادوست بسیار ممنونم. مراتب قدردانی خود را از استاد دانشگاه الینویزآمریکا پروفسور جمال سید یعقوبی و استاد دانشگاه توهوکو پرفسور کازاما اعلام می دارم.

عنوان صفحه

تقدیر وتشکر

چکیده

مقدمه ۱

فصل اول: کلیاتی درمورد سدهای خاکی و تاثیر زلزله بر آنها

۱-۱- مقدمه ٤

۱-۲- خرابی سدهای خاکی در برابر زلزله ٥

۱-۳- انواع خرابی های محتمل در سدهای خاکی در اثر زلزله ٦

۱-۳-۱- نشست ٦

۱-۳-۲- خرابی پی سد ٦

۱-٤- نمونه هایی از خرابی سدهای خاکی در اثر زلزله ۷

۱-٥- نتایج عمومی مشاهدات ۱۰

۱-٦- آنالیز پایداری سدهای خاکی در برابر زلزله ۱۲

۱-٦-۱- آنالیز شبه استاتیکی ۱۳

۱-٦-۲- برآورد تغییر شکلهای دائمی ۱٤

۱-٦-۲-۱- روش های تجربی- تحلیلی ۱٥

۱-٦-۲-۲- روش های عددی ۲۰

فصل دوم: روشهای تعیین ضریب زلزله در آنالیز شبه استاتیکی سدهای خاکی

۲-۱- مقدمه ۲٤

۲-۲- نظراتی در مورد انتخاب ضریب زلزله ۲٦

۲-۳- تعیین مقدار ضریب زلزله ۲۸

۲-٤- روشهای تعیین ضریب زلزله ۳۰

۲-٤-۱- استفاده از مقادیر تجربی، آزمایشی ۳۰
۲-٤-۲- در نظر گرفتن رفتار سد به صورت توده صلب ۳۲
۲-٤-۳- آنالیز با فرض پاسخ الاستیک ۳۳
۲-٤-٤- مقایسه نتایج روشهای فوق در محاسبه ضریب زلزله ٤٦
۲-٤-٥- محاسبه ضریب زلزله دینامیکی ٤۹
۲-٤-٦- نظریه ضریب زلزله متوسط (میانگین) ٥٤
۲-٥- تاثیر خصوصیات مصالح و ارتفاع سد در تخمین رفتار در مقابل زلزله ٥۸

فصل سوم: بررسی پایداری سد خاکی با در نظر گرفتن ضریب زلزله

۳-۱- مقدمه ٦۹
۳-۲- روابط بین ضریب ایمنی و ضریب پایداری ۷۰
۳-۳- اثر چسبندگی (C) و شکست غیر خطی سدهای خاکی ۷٤
۳-٤- روش المان محدود پلاستیک صلب ۷۷
۳-٥- بررسی پایداری یک سد خاکی در مقابل زلزله ۷۸
۳-٥-۱- شیب بحرانی و ضریب زلزله بحرانی ۷۹
۳-٥-۲- شتاب زلزله و ضریب زلزله بحرانی ۸۳

فصل چهارم: روشهای آنالیز دینامیکی سدهای خاکی مبتنی بر تحلیل های عددی

٤-۱- مقدمه ۸۷
٤-۲- آنالیز دینامیکی ۸۷
٤-۲-۱- روشهای عددی در آنالیز دینامیکی ۸۷
٤-۲-۲- روشهای تحلیلی ۸۹
٤-۳- روشهای تحلیل دینامیکی دو بعدی ۹۲
٤-۳-۱- روش المانهای محدود در تحلیل دینامیکی دو بعدی ۹۲

٤-٣-١-١- مراحل تحلیل به روش المانهای محدود ٩٣
٤-٣-١-٢- روش المانهای محدود در محیط های پیوسته ٩٤
٤-٣-١-٣- معادلات حرکت المانها ٩٤
٤-٣-١-٤- معادلات کلی حرکت ٩٦
٤-٣-١-٥- حل معادلات کلی حرکت ٩٧
٤-٣-١-٦- شرایط مرزی مدل المانهای محدود ٩٨
٤-٣-١-٦-١- مرزهای ابتدایی ٩٩
٤-٣-١-٦-٢- مرزهای لزج یا ویسکوز ٩٩
٤-٣-١-٦-٣- مرزهای سازگار ٩٩
٤-٣-١-٦-٤- روش Lysmer, Kuhlemeyer (لایسمر و کوهلیمر) ١٠٠
٤-٣-١-٧- خطاهای ممکن در روش المانهای محدود ١٠١
٤-٣-١-٨- تحلیل خطی معادل المانهای محدود ١٠٢
٤-٣-١-٩- تحلیل غیر خطی المانهای محدود ١٠٢
٤-٣-٢- روش تیر برشی ١٠٢
٤-٣-٣- روشهای تحلیل دینامیکی دو بعدی در حالات خاص ١٠٣
٤-٣-٣-١- حالت کرنش مسطح ١٠٣
٤-٣-٣-٢- حالت تنش مسطح ١٠٣
٤-٤- میرائی و کاهیدگی امواج تنش ١٠٣
٤-٤-١- میرائی هندسی (شعاعی) ١٠٤
٤-٤-٢- میرائی مصالح (مادی) ١٠٤

فصل پنجم: کلیاتی درباره کاربرد نرم افزار PLAXIS

٥-١- مقدمه ١٠٧

۵-۲- دلایل استفاده از نرم افزار PLAXIS در تحقیق ۱۰۷
۵-۳- مراحل انجام یک پروژه توسط PLAXIS ۱۰۸
۵-۳-۱- برنامه INPUT ۱۰۸
۵-۳-۲- برنامه CALCULATION ۱۰۸
۵-۳-۲-۱- تحلیل پلاستیک ۱۰۹
۵-۳-۲-۲- تحلیل پلاستیک با تغییر شکلهای بزرگ ۱۰۹
۵-۳-۲-۳- تحلیل تحکیم ۱۰۹
۵-۳-۲-٤- آنالیز دینامیکی ۱۱۰
۵-۳-۳- برنامه OUTPUT ۱۱۱
۵-۳-٤- برنامه CURVES ۱۱۱
۵-٤- المانهای موجود در نرم افزار ۱۱۱
۵-٤-۱- المانهای مورد استفاده جهت مدلسازی خاک ۱۱۲
۵-۵- شرایط مرزی و بارها ۱۱۲
۵-٦- ایجاد شبکه المانهای محدود (مش بندی) ۱۱۳
۵-۷- تعیین شرایط اولیه ۱۱۳
۵-۸- مدلسازی رفتار خاک ۱۱٤
۵-۸-۱- مدل الاستیک خطی (Linear Elastic) ۱۱٤
۵-۸-۲- مدل موهر- کولمب (Mohr- Coulomb) ۱۱٤
۵-۸-۳- مدل خاک سخت شونده (Hardening Soil) ۱۱٤
۵-۸-٤- مدل خاک نرم (Soft Soil) ۱۱۵
۵-۸-۵- مدل خاک نرم توأم با خزش (Soft Soil Creep) ۱۱۵
۵-۹- باراگذاری دینامیکی ۱۱۵
۵-۹-۱- مدلسازی بارگذاری ۱۱۵

۵-۹-۲- فعال سازی بارهای دینامیکی ۱۱۵
۵-۹-۲-۱- بار هارمونیک ۱۱۶
۵-۹-۲-۲- بارگذاری به صورت فایل ورودی ۱۱۶
۵-۹-۲-۲-۱- فایل با فرمت SMC ۱۱۶
۵-۹-۲-۲-۲- فایل با فرمت ASCII ۱۱۷
۵-۹-۲-۳- فایل به صورت Block Load ۱۱۷
۵-۹-۳- پارامترهای مورد نیاز جهت آنالیز دینامیکی ۱۱۷
۵-۹-۳-۱- گامهای زمانی ۱۱۷
۵-۹-۳-۲- گام زمانی بحرانی ۱۱۸
۵-۹-٤- مدلسازی بار زلزله ۱۱۸
۵-۹-۵- بارهای دینامیکی به کار رفته در تحقیق ۱۱۸
۵-۹-۵-۱- بار هارمونیک سینوسی ۱۱۹

فصل ششم: مطالعات موردی سطح های کیتایاما، سن فرناندو و علویان و مدلسازی آنها

٦-۱- مقدمه ۱۲۱
٦-۲- سد Kitayama ۱۲۱
٦-۲-۱- صدمات ناشی از زلزله KOBE ۱۲۱
٦-۲-۲- مدلسازی سد کیتایاما ۱۲۲
٦-۳- سد سن فرناندوی بالا (Upper San Fernando) ۱۲٦
٦-۳-۱- صدمات ناشی از زلزله San Fernando ۱۲٦
٦-۳-۲- مدلسازی سد سن فرناندو ۱۲۷
٦-٤- سد علویان ۱۲۹
٦-٤-۱- مدلسازی سد علویان ۱۳۰

فصل هفتم: تحلیل مدلها و بحث و بررسی نتایج

۷-۱- مقدمه ۱۳۳

۷-۲- نتایج آنالیز سد کیتایاما ۱۳۳

۷-۲-۱- منحنی های مربوط به تنش- زمان سد کیتایاما ۱۳٤

۷-۳- نتایج آنالیز سد سن فرناندو ۱۵۷

۷-۳-۱- منحنی های مربوط به تنش- زمان سد سن فرناندو ۱۵۹

۷-٤- نتایج آنالیز سد علویان ۱۷۹

۷-٤-۱- منحنی های مربوط به تنش- زمان سد علویان ۱۸۰

۷-۵- نتایج ۲۰۱

فصل هشتم: جمع بندی نتایج و ارائه پیشنهادات

۸-۱- جمع بندی ۲۰۵

۸-۲- بررسی نتایج به دست آمده از آنالیز سد کیتایاما ۲۰۵

۸-۳- بررسی نتایج به دست آمده از آنالیز سد سن فرناندو ۲۰٦

۸-٤- بررسی نتایج به دست آمده از آنالیز سد علویان ۲۰۷

۸-۵- پیشنهادات ۲۰۷

منابع ۲۰۹

فهرست اشکال

شکل	صفحه
شکل ۱-۱- تغییر شکل دائمی برای زلزله های با بزرگی متفاوت	۱۶
شکل ۱-۲- تغییرات حداکثر متوسط شتاب در اعماق مختلف جرم لغزنده	۱۹
شکل ۱-۳- تغییرات تغییر مکان نرمالیزه شده بر حسب شتاب جاری شدن	۱۹
شکل ۲-۱- هندسه های معمول شکست	۲۵
شکل ۲-۲- نیروهای مؤثر بر گوه لغزشی در تحلیل شبه استاتیکی	۲۸
شکل ۲-۳- روش سنتی محاسبه پایداری Terzaghi	۲۹
شکل ۲-٤- نظریه باریکه برشی یک بعدی	۳٤
شکل ۲-۵- شتاب نگاشت زلزله ۱۹٤۰ کالیفرنیا (El centro)	۳۸
شکل ۲-٦- طیف سرعت زلزله ۱۹٤۰ کالیفرنیا (El centro)	۳۸
شکل ۲-۷- طیف شتاب زلزله ۱۹٤۰ کالیفرنیا (El centro)	۳۸
شکل ۲-۸- رابطه بین y/h و $\phi_n(y)$	٤۱
شکل ۲-۹- ضرایب زلزله مورد استفاده در تحلیل شبه استاتیکی حاصل از روشهای گوناگون	٤۱
شکل ۲-۱۰- پاسخ لرزه ای سد بانکوئت	۵۱
شکل ۲-۱۱- پاسخ مشاهده ای سد سانوکای	۵۱
شکل ۲-۱۲- پاسخ محاسبه شده یک سد به ارتفاع ۱۰۰ فوت در برابر زلزله El centro	۵۱
شکل ۲-۱۳ توزیع ستاب در بازه ۰/۱ ثانیه ای برای یک سد به ارتفاع ۱۰۰ فوت بر اثر زلزله El centro	۵۲
شکل ۲-۱٤- مفهوم ضریب زلزله میانگین	۵۳
شکل ۲-۱۵- گوه لغزشی پتانسیل	۵۳
شکل ۲-۱٦- مقادیر ضریب زلزله میانگین برای سد خاکی به ارتفاع ۱۰۰ فوت و Vs=1000 تحت اثر زلزله El centro	۵۹
شکل ۲-۱۷- مقادیر ضریب زلزله میانگین برای سد خاکی به ارتفاع ۱۰۰ فوت و Vs=300 تحت اثر زلزله El centro	٦۱

شکل ۲-۱۸- مقادیر ضریب زلزله میانگین برای سد خاکی به ارتفاع ۳۰۰ فوت و Vs=1000 تحت اثر زلزله El centro ٦٤

شکل ۲-۱۹- مقادیر ضریب زلزله میانگین برای سد خاکی به ارتفاع ٦۰۰ فوت و Vs=1000 تحت اثر زلزله El centro ٦٤

شکل ۲-۲۰- مقادیر ضریب زلزله ماگزیمم معادل برای سد خاکی هموژن تحت اثر زلزله El centro ٦٥

شکل ۲-۲۱- رابطه بین نیروی زلزله معادل و پریود بنیادی سد خاکی تحت اثر زلزله El centro ٦٦

شکل ۲-۲۲- آسیب ناشی از زلزله نانکای بر روی سد اتانی ٦٦

شکل ۳-۱- رابطه بین ضریب زلزله بحرانی K_c و ضریب پایداری N_s ۷۳

شکل ۳-۲- شکست بر اساس نظریه موهر کولمب و نظریه غیر خطی ۷٦

شکل ۳-۳- خطوط شیب بحرانی ۷۷

شکل ۳-٤-a- رابطه بین شیب و ضریب زلزله به ازاء ضریب پایداری روش RP- FEM ۸۰

شکل ۳-٤-b- رابطه بین شیب و ضریب زلزله به ازاء ضریب پایداری روش فلینیوس ۸۰

شکل ۳-٥-a- رابطه بین شیب و ضریب زلزله برای N_s= ۱۰۰ ۸۲

شکل ۳-٥- b- رابطه بین شیب و ضریب زلزله برای N_s= ۱۰۰۰ ۸۲

شکل ۳-٦- a- برای شیب ۱:۲ ۸۲

شکل ۳-٦- b- برای شیب ۱:۱,٥ ۸۲

شکل ۳-۷- رابطه بین شتاب گسیختگی و شیب برای یک سد ۸٤

شکل ٤-۱- سیستم مختصات محلی ۹٥

شکل ٤-۲- انواع مرزهای شبکه المانهای محدود ۹۹

شکل ٤-۳- ارتباط بین میرائی خاک با فرکانس بارگذاری ۱۰٥

شکل ٥-۱- المانهای ٦ گرهی و ۱٥ گرهی خاک ۱۱۲

شکل ٦-۱- شتاب نگاشت زلزله KOBE(1995) ۱۲۲

شکل ٦-۲- مقطع عرضی سد کیتایاما ۱۲٥

شکل ٦-۳- مش بندی سد کیتایاما ۱۲٥

شکل ٦-٤- خط آزاد جریان سد کیتایاما ۱۲٦

شکل ٦-٥- مقطع عرضی سد سن فرناندو ۱۲۷

شکل ٦-٦- مقطع مش بندی شده سد سن فرناندو	١٢٩
شکل ٦-٧-خط آزاد جریان سد سن فرناندو	١٢٩
شکل ٦-٨-مقطع عرضی سد علویان	١٣٠
شکل ٦-٩- مقطع مش بندی شده سد علویان	١٣١
شکل ٦-١٠- خط آزاد جریان داخل سد علویان	١٣١
شکل ٧-١- تغییر شکل کلی سد کیتایاما	١٣٣
شکل٧-٢- تغییر شکل افقی سد کیتایاما	١٣٤
اشکال ٧-٣ الی ٧-٣٢- منحنی تنش-زمان نقاط سد کیتایاما	١٣٨-١٥٢
شکل ٧-٣٣-منحنی تقریب تنش قسمت سراب سد کیتایاما	١٥٣
شکل ٧-٣٤- منحنی تقریب تنش قسمت وسط سد کیتایاما	١٥٣
شکل ٧-٣٥- منحنی تقریب تنش قسمت پایاب سد کیتایاما	١٥٤
شکل ٧-٣٦- منحنی نیروی وارده به قسمت سراب سد کیتایاما	١٥٤
شکل ٧-٣٧- نیروی وارده به قسمت میانی سد	١٥٥
شکل ٧-٣٨- نیروی وارده به قسمت پایاب سد کیتایاما	١٥٥
شکل ٧-٣٩-تغییر شکل کلی سد سن فرناندو	١٥٧
شکل ٧-٤٠- تغییر شکل افقی سد سن فرناندو	١٥٨
شکل ٧-٤١-تغییر شکل عمودی سد سن فرناندو	١٥٨
اشکال ٧-٤٢ الی٧-٦٨- منحنی تنش-زمان نقاط سد سان فرناندو	١٦٢-١٧٥
شکل ٧-٦٩- منحنی تقریب تنش قسمت سراب سد سن فرناندو	١٧٥
شکل ٧-٧٠- منحنی تقریب تنش قسمت میانی سن فرناندو	١٧٦
شکل ٧-٧١- منحنی تقریب تنش قسمت پایاب سن فرناندو	١٧٦
شکل ٧-٧٢- منحنی نیروی وارده به قسمت سراب سد سن فرناندو	١٧٧
شکل ٧-٧٣- منحنی نیروی وارده به قسمت میانی سد سن فرناندو	١٧٧
شکل ٧-٧٤- منحنی نیروی وارده به قسمت پایاب سد سن فرناندو	١٧٨
شکل ٧-٧٥-تغییر شکل کلی سد علویان	١٧٩
شکل ٧-٧٦-تغییر مکان افقی سد علویان	١٧٩

شکل ۷-۷۷-تغییر مکان عمودی سد علویان ۱۸۰

اشکال ۷-۷۸ الی۷-۱۰۷- منحنی تنش-زمان نقاط سد علویان ۱۸۳ - ۱۹۷

شکل ۷-۱۰۸- منحنی تقریب تنش قسمت سراب سد علویان ۱۹۸

شکل ۷-۱۰۹- منحنی تقریب تنش قسمت میانی سد علویان ۱۹۸

شکل ۷-۱۱۰- منحنی تقریب تنش قسمت پایاب سد علویان ۱۹۹

شکل ۷-۱۱۱-منحنی نیروی وارده به قسمت سراب سد علویان ۱۹۹

شکل ۷-۱۱۲-منحنی نیروی وارده به قسمت میانی سد علویان ۲۰۰

شکل ۷-۱۱۳-منحنی نیروی وارده به قسمت پایاب سد علویان ۲۰۰

چکیده:

بررسی تاثیر نیروی زلزله بر سدهای خاکی عمدتا به دو روش شبه استاتیکی و تحلیل دینامیکی انجام می پذیرد. روش شبه استاتیکی به دلیل سادگی و روش تحلیل دینامیکی به دلیل دقت بالای آن مورد توجه می باشند. نواقص موجود در روش شبه استاتیکی و پیچیدگی های روش تحلیل دینامیکی طراحان سدها را در انتخاب روش تحلیل مناسب دچار شک و تردید می کند. از اینرو روشی که بتواند تلفیقی از دو روش فوق بوده و مزایای هر دو روش را در بر گیرد روشی کارآمد و بسیار مفید خواهد بود. به همین جهت در این پایان نامه جهت تعیین دقیق تغییر مکانها و میزان ناپایداری سد تحت اثر بار زلزله، از تحلیل دینامیکی بهره گیری شده و با استفاده از این روش تنشها در نقاط مختلف سد محاسبه و سپس نیروهای معادل شبه استاتیکی که بتوانند همان تغییرمکانها و تغییر شکلها را ایجاد کنند محاسبه گردیده و با استفاده از این نیروها ضریب زلزله مربوطه تعیین می شود($C = F / W$).

در این کار تحقیقی تحلیل دینامیکی توسط نرم افزار PALXIS بر روی سه سد خاکی شامل سد سن فرناندو، تحت بارگذاری زلزله سن فرناندو (۱۹۷۱) و سدهای کیتایاما و علویان تحت بارگذاری زلزله کوبه(۱۹۹۵) انجام پذیرفت و مراحل فوق الاشاره در مورد هر سه سد به مورد اجرا گذاشته شد. بدین منظور هر کدام از سدهای مذکور نخست به لایه هایی تقسیم شده و سپس تحلیل های دینامیکی مورد نیاز انجام و ضریب زلزله برای تک تک لایه ها محاسبه گردید. نتایج حاصل نشان می دهند که ضرایب زلزله ثابت در طراحی دو سد کیتایاما و سن فرناندو ناکارآمد بوده و حتی ضریب زلزله طراحی در مورد هر دو سد کمتر از حداقل ضریب محاسبه شده برای لایه تحتانی هر سد می باشد. تغییر مکانهای بزرگ و تغییر شکلهای نامتقارن به وجود آمده در هر دو سد موید این نتایج می باشد. اما نتایج به دست آمده در مورد تحلیل سد علویان تحت بارگذاری زلزله کوبه بیانگر این نکته است که این سد حداقل در برابر زلزله هایی به قدرت زلزله کوبه پایداری خود را حفظ خواهد کرد چون، به

استثنای دو لایه فوقانی سد، ضریب زلزله ثابت طراحی بیشتر از ضرایب زلزله محاسبه شده در مورد هشت لایه دیگر این سد می باشد.

همچنین بررسی های انجام گرفته بر روی نتایج تحلیل دو سد کیتایاما و سن فرناندو نشان می دهد که بهترین روش تعیین ضریب زلزله ثابت طراحی از بین روشهای مرسوم حداقل در مورد این دو سد روش آمبراسیز می باشد و ضریب زلزله معقول برای طراحی مقداری در بازه پیشنهادی وی است.

مقدمه:

سدها سازه های مهمی هستند که کاربردهای وسیعی در مهندسی عمران، اعم از کنترل سیلابها استفاده های کشاورزی و تولید انرژی برق آبی دارند. هر سدی با در نظر گرفتن موقعیت آن، نوع پی و لایه زیرین، موقعیت لرزه خیزی محل ساخت، شرایط آب و هوایی و ... می تواند خاکی یا بتنی طراحی و ساخته شود. بدلیل اینکه ساخت سدهای خاکی در جهان و علی الخصوص ایران از پروژه های مرسوم و مهم می باشد، لذا بررسی تاثیر عوامل مختلف و متعدد بر روی پایداری سد ضرورتی غیر قابل اجتناب می باشد.

یکی از مسائلی که پایداری سدها را به خطر می اندازد، زلزله است. تا کنون سدهای بسیاری در اثر زلزله آسیب دیده و یا خراب شده اند. پایداری سد در برابر زلزله فقط به مناطق لرزه خیز محدود نمی شود و از آنجا که کشور ما در کمربند لرزه خیز فعالی قرار گرفته، لذا بررسی پایداری سد در برابر زلزله از اهمیت بالایی برخوردار است. روشهای موجود برای بررسی پایداری سدهای خاکی در برابر زلزله، محدوده وسیعی از روشهای ساده تجربی تا روشهای پیچیده تئوریک را شامل می شوند که هر کدام از این روشها محدودیتها، قابلیتها و کاربردهای خاص خود را دارند. به طور کلی برای بررسی پایداری سدهای خاکی و سنگریزه ای در برابر زلزله، از روشهای آنالیز شبه استاتیکی، برآورد تغییر شکل های دائمی، آنالیز دینامیکی و آنالیز روانگرائی استفاده می شود.

آنالیز سدهای خاکی در برابر زلزله به دلایلی همچون رفتار پیچیده خاک خصوصاً در اثر بارهای دینامیکی ناشی از زلزله، عدم کفایت آنالیزهای شبه استاتیکی و لزوم انجام آنالیز دینامیکی و همچنین وقوع پدیده روانگرایی که دارای ماهیت پیچیده ای است از دشوارترین مباحثی است که مهندسان ژئوتکنیک با آن مواجه می شوند. آنالیز دینامیکی سدهای خاکی به دلیل ماهیت الاستو-ویسکوپلاستیک خاک و وجود فشار آب منفذی امری پیچیده است. از این رو در بیشتر کشورها تا حد امکان از روش شبه استاتیکی استفاده می شود. در این روش اثرات زلزله روی توده لغزش به صورت یک نیروی معادل اعمال می شود و این کار تبدیل نیروهای دینامیکی به معادل استاتیکی آنهاست.

در مورد سدهای خاکی این روش قدمتی در حدود ۵۰ سال دارد. در سدهای خاکی نیروی معادل استاتیکی برابر است با ضریب زلزله ضربدر وزن توده لغزنده (CW). روش شبه استاتیکی در آنالیز سدهای خاکی متداولترین روش می باشد و علیرغم سادگی این روش، انتخاب نامناسب ضریب زلزله در مورد سدهای خاکی می تواند بسیار خطرآفرین باشد. از اینرو بررسی روشهای مختلف تعیین ضریب زلزله و بحث و بررسی دقت و صحت تک تک آنها ضروری است. علاوه بر این بیان و گسترش روشی که بتواند صحت و کارایی ضریب زلزله مورد استفاده در طراحی سدهای خاکی موجود را مورد ارزیابی قرار دهد، بسیار ضروری می نماید.

در فصل نخست این پایان نامه کلیاتی در مورد سد خاکی، زلزله، خرابیهای ناشی از زلزله و انواع آن و مقدمه ای بر انواع روشهای تحلیل پایداری سد خاکی بیان گردیده است. فصل دوم بررسی انواع روشهای تعیین ضریب زلزله را در بر گرفته و فصل سوم شامل روشهای مختلف تحلیل یک سد خاکی می باشد.

تحلیل پاسخ توده های مختلف خاک و سازه های متشکل از آنها در برابر بارهای دینامیکی و زلزله یکی از مسائل بسیار مهم در ژئوتکنیک لرزه ای است که به صورت تحلیلهای یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی انجام می شود. روشهای تحلیل دینامیکی دو بعدی در واقع تعمیم یافته روشهای تحلیل دینامیکی یک بعدی هستند. بنا به کارایی نرم افزار PLAXIS و دقت روش تحلیل دینامیکی دو بعدی در مورد سدهای خاکی، در فصول چهارم و پنجم پایان نامه کاربرد این نرم افزار معرفی و مورد بحث قرار گرفته و از روشهای تحلیلی نرم افزار مذکور استفاده شده است.

در فصل ششم به معرفی مدلهای عددی مورد بررسی(سد کیتایاما، سد سن فرناندوی بالا و سد علویان) پرداخته شده است. در فصل هفتم نتایج خروجیهای بارگذاری سدهای مذکور به همراه منحنیهای تنش- زمان نقاط متفاوت هر سد گنجانده شده است و بالاخره در انتهای پایان نامه و فصل هشتم بحث و بررسی نتایج و ارائه پیشنهادات آمده است.

فصل اول

کلیاتی در مورد سدهای خاکی و تاثیر زلزله بر آنها

۱-۱- مقدمه:

سدها سازه های مهم هر کشوری هستند که عموماً به منظور کنترل سیلابهای ویرانگر، استفاده های کشاورزی و تولید انرژی برق آبی، با صرف هزینه های هنگفت ساخته می شوند. هر سدی با در نظر گرفتن موقعیت آن، نوع پی و لایه زیرین، موقعیت لرزه خیزی محل ساخت، شرایط آب و هوایی و ... می تواند خاکی یا بتنی طراحی و ساخته شود. بدلیل اینکه ساخت سدهای خاکی در جهان و علی الخصوص ایران از پروژه های مرسوم و مهم می باشد، لذا بررسی تاثیر عوامل متنوع بر روی سد ضروری به نظر می رسد.

از آنجا که تخریب سدها خطرات مالی و جانبی جبران ناپذیری در پی دارد، لذا کنترل پایداری سدها در اثر عوامل مختلف دارای اهمیت زیادی است. یکی از مسائلی که پایداری سدها را به خطر می اندازد، زلزله است. تا کنون سدهای بسیاری در اثر زلزله آسیب دیده و یا خراب شده اند (خرابی سدهای خاکی در اثر زلزله در بخش آتی مورد بحث قرار گرفته است). به طور کلی بررسی پایداری سدهای خاکی در برابر زلزله به دلایل زیر از اهمیت ویژه ای برخوردار است:

الف) تا کنون سدهای بسیاری خصوصاً سدهای خاکی در اثر زلزله آسیب دیده و یا دچار خرابی شده-اند.

ب) حتی در مکانهایی که تصور می شده زلزله رخ نمی دهد، مثلاً در استرالیا زلزله هایی به وقوع پیوسته است که در بخشهای آتی این فصل خلاصه وار به آنها اشاره شده است. بنابراین پایداری سد در برابر زلزله فقط به مناطق لرزه خیز محدود نمی شود. به علاوه ساخت سد و پر شدن مخزن می تواند موجب ایجاد زلزله هایی تا بزرگی ۶/۵ ریشتر شود [15]. آنالیز سدهای خاکی در برابر زلزله به دلایلی همچون رفتار پیچیده خاک خصوصاً در اثر بارهای دینامیکی ناشی از زلزله، عدم کفایت آنالیزهای شبه استاتیکی و لزوم انجام آنالیز دینامیکی و وقوع پدیده روانگرایی که دارای ماهیت پیچیده ای است از دشوارترین مباحثی است که مهندسان ژئوتکنیک با آن مواجه می شوند.