دانشگاه تبریز

دانشکده مهندسی عمران

گروه آب

پایان نامه

برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ مهندسی عمران-سازهای هیدرولیکی

عنوان

بررسی رفتار سدهای قوسی در اثر تحریک غیریکنواخت دره

استادان راهنما

دکتـــر محمدحسین امیـن فر

دکتر بهمن فرهمند آذر

استاد مشاور

دکترمحمدعلی لطف اللهی

پژوهشگر

وحید علیزاده میرارکلائی

شهریور ۱۳۸۸

نام خانوادگی: علیزاده میرارکلایی **نام**: وحید

عنوان پایاننامه : بررسی رفتار سدهای قوسی در اثر تحریک غیریکنواخت دره

استادان راهنما : دکتـر محمد حسین امین فـر، دکتر بهمن فرهمند آذر

استاد مشـاور: دکتر محمد علی لطف اللهی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: مهندسی عمران **گرایش**: سازه هیدرولیکی

دانشگاه: تبریز **دانشکده**: مهندسی عمران **تاریخ فارغ التحصیلی**: ۱۳۸۸/۶/۳۱ **تعداد صفحات**: ۱۴۲

کلید واژه ها: حرکات غیر یکنواخت،سد دوقوسی ، روش اجزاء محدود،نرم افزار Abaqus.

چکیـده:

در تحلیل‌های مهندسی حال حاضر از حرکات یکنواخت زمین آزاد در سطح مشترک سازه و فونداسیون به عنوان حرکات ورودی لرزه‌ای استفاده می‌شود. اما اگر فاصله فضایی قابل توجه باشد، تغییرات مهمی در دامنه و فاز می‌تواند در امتداد سطح مشترک رخ می‌دهد. این مطلب مطمئناً در مورد پل‌های چند دهانه طویل و سدهای بزرگ صدق می‌کند. روش‌های تحلیل قابل اطمینان در پیش‌بینی پاسخ لرزه‌ای سدهای بتنی قوسی به منظور طراحی سدهای مقاوم در برابر زمین‌لرزه و یا ارزیابی ایمنی لرزه‌ای سدهای موجود لازم و ضروری است. در ارزیابی ایمنی لرزه‌ای سدهای قوسی باید اثرات اندرکنش سد-فونداسیون، اندرکنش سد-مخزن و تغییرات فضایی حرکات زمین در نظر گرفته شود. تحقیقات گسترده‌ای بر روی پاسخ لرزه‌ای سدهای قوسی در طول چهار دهه اخیر، اهمیت تمام موارد ذکر شده در بالا را نشان می-دهد. در این رساله برای مدل کردن سد، فونداسیون و مخزن از نرم‌افزار Solidwork استفاده شده است و برای تحلیل از نرم‌افزار Abaqus که مبتنی بر روش اجزاء محدود است استفاده شده است. دو سد کارون۱ و امیرکبیر به عنوان مورد مطالعاتی مدل شده‌اند و مورد تحلیل یکنواخت وغیر یکنواخت قرار گرفتند.

فهرست مطالب

فصل اول: بررسی منابع
۱-۱مقدمه..... ۲
۱-۲ بررسی تحریکهای زلزله..... ۳
۱-۲-۱ تحریکهای زلزله..... ۳
۱-۲-۲ تحلیل پاسخ سازه‌ها..... ۵
۱-۲-۲-۱ تحلیل پاسخ خطی..... ۵
۱-۲-۲-۲ تحلیل پاسخ غیر خطی..... ۶
۱-۲-۲-۳ تحلیل ارتعاش تصادفی..... ۷
۱-۲-۲-۴ تحلیل تاریخچه زمانی..... ۸
۱-۲-۲-۵ روش طیف پاسخ..... ۸
فصل دوم: مرور منابع
۲-۱ مقدمه..... ۱۱
۱-۸ پیشینه پژوهش..... ۱۱
فصل سوم: متدولوژی انجام تحقیق
۳-۱ مقدمه..... ۲۲
۳-۲ بیان مسئله و اهمیت آن..... ۲۳
۳-۲-۱ دلایل بوجود آمدن تغییرات فضائی حرکت زمین در هنگام زلزله..... ۲۶
۳-۲-۲ اندازه‌گیری تغییرات فضائی حرکت زمین در هنگام زلزله..... ۲۷
۳-۳ روابط برای پاسخ خطی سد..... ۲۹
۳-۳-۱ روابط اساسی..... ۲۹
۳-۳-۲ میدان آزاد حرکات..... ۳۸
۳-۳-۳ روابط برای پاسخ غیر خطی..... ۳۹
فصل چهارم: بررسی اثر غیر یکنواخت بودن تحریک بر روی پاسخ سدهای بتنی دو قوسی
۴-۱- مدلسازی و تحلیل دینامیکی سد بتنی دوقوسی..... ۴۱
۴-۱-۱- معرفی سد امیرکبیر..... ۴۱
۴-۲- بارگذاری و رکورد زلزله..... ۴۲

۴-۳- زمین لرزه ۲۴ اکتبر ۲۰۰۷ هشت پر..... ۴۳

۴-۴- مدل سازی سازه سد امیرکبیر..... ۴۹

۴-۵ تحلیل دینامیکی سد امیرکبیر..... ۵۲
۴-۵-۱-تحلیل دینامیکی سد امیر کبیر تحت زلزله غیر یکنواخت..... ۵۲
۴-۶ معرفی سد کارون ۱..... ۶۶
۴-۷ بررسی اثر زلزله غیر یکنواخت بر اندرکنش میان سد و فونداسیون..... ۸۲
۴-۸ بررسی اثر زلزله غیر یکنواخت بر روی نیروی هیدرودینامیکی..... ۱۱۰
فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری
۵-۱ مقدمه..... ۱۳۹

۵-۲ بحث بر روی نتایج بدست آمده..... ۱۳۹

۵-۳ پیشنهادات..... ۱۴۲

فهرست نمودارها

نمودار ۴-۱: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۵۵
نمودار۴-۲: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۵۶
نمودار۴-۳: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۵۶
نمودار۴-۴: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۵۷
نمودار۴-۵: تاریخچه زمانی تغییر مکان کل نقطه میانی تاج سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۵۸
نمودار۴-۶: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت).....۵۹
نمودار۴-۷: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت).....۶۰
نمودار۴-۸: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت).....۶۰
نمودار۴-۹: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت).....۶۱
نمودار۴-۱۰: تاریخچه زمانی تغییر مکان کل نقطه میانی تاج سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت).....۶۲
نمودار۴-۱۱: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت).....۶۲
نمودار۴-۱۲: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت).....۶۳
نمودار۴-۱۳: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت).....۶۳
نمودار۴-۱۴: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت).....۶۴
نمودار۴-۱۵: تاریخچه زمانی تغییر مکان کل نقطه میانی تاج سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت و غیر یکنواخت).....۶۵
نمودار۴-۱۶: تغییر مکان کل سد کارون۱ تحت زلزله شفارود (غیر یکنواخت).....۶۹
نمودار۴-۱۷: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۷۰
نمودار۴-۱۸: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۷۱
نمودار۴-۱۹: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۷۱
نمودار۴-۲۰: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت).....۷۲

نمودار۴-۲۱: تاریخچه زمانی تغییر مکان کل سد کارون۱ تحت زلزله شفارود (یکنواخت) در پایین دست سد..... ۷۳
نمودار۴-۲۲: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)..... ۷۵
نمودار۴-۲۳: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)..... ۷۵
نمودار۴-۲۴: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)..... ۷۶
نمودار۴-۲۵: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)..... ۷۷
نمودار۴-۲۶: تاریخچه زمانی تغییر مکان کل سد کارون۱ تحت زلزله شفارود (یکنواخت و غیر یکنواخت)..... ۷۹
نمودار۴-۲۷: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت و غیر یکنواخت)..... ۷۹
نمودار۴-۲۸: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت و غیر یکنواخت)..... ۸۰
نمودار۴-۲۹: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت و غیر یکنواخت)..... ۸۰
نمودار۴-۳۰: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت و غیریکنواخت)..... ۸۱
نمودار۴-۳۱: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد و فونداسیون)..... ۸۵
نمودار۴-۳۲: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد و فونداسیون)..... ۸۶
نمودار۴-۳۳: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد و فونداسیون)..... ۸۷
نمودار۴-۳۴: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد و فونداسیون)..... ۸۷
نمودار۴-۳۵: تغییر مکان کل سد تحت زلزله شفارود (غیر یکنواخت) در بالادست سد(با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون)..... ۸۸
نمودار۴-۳۶: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود (یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون)..... ۹۰
نمودار۴-۳۷: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون)..... ۹۰

نمودار۴-۳۸: تاریخچه زمانی تنشσ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون).....۹۱
نمودار۴-۳۹: تاریخچه زمانی تنشσ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون).....۹۲
نمودار۴-۴۰: تغییر مکان کل سد تحت زلزله شفارود (یکنواخت) در بالادست سد امیرکبیر (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون).....۹۳
نمودار۴-۴۱: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون).....۹۳
نمودار۴-۴۲: تاریخچه زمانی تنشσ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون).....۹۴
نمودار۴-۴۳: تاریخچه زمانی تنشσ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون).....۹۵
نمودار۴-۴۴: تاریخچه زمانی تنشσ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون).....۹۵
نمودار۴-۴۵: تاریخچه زمانی تغییر مکان حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون).....۹۶
نمودار۴-۴۶: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۹۷
نمودار۴-۴۷: تاریخچه زمانی تنشσ_{12} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۹۸
نمودار۴-۴۸: تاریخچه زمانی تنشσ_{13} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۹۹
نمودار۴-۴۹: تاریخچه زمانی تنشσ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۹۹
نمودار۴-۵۰: تاریخچه زمانی تغییر مکان حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۰
نمودار۴-۵۱: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۲
نمودار۴-۵۲: تاریخچه زمانی تنشσ_{12} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۲

نمودار۴-۵۳: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۴
نمودار۴-۵۴: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۵
نمودار۴-۵۵: تاریخچه زمانی تغییر مکان سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۶
نمودار۴-۵۶: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۷
نمودار۴-۵۷: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۷
نمودار۴-۵۸: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۸
نمودار۴-۵۹: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۸
نمودار۴-۶۰: تاریخچه زمانی تغییر مکان سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت و غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون).....۱۰۹
نمودار۴-۶۱: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۲
نمودار۴-۶۲: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۳
نمودار۴-۶۳: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۳
نمودار۴-۶۴: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۴
نمودار۴-۶۵: تاریخچه زمانی تغییر مکان حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۴
نمودار۴-۶۶: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۵
نمودار۴-۶۷: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۶

نمودار۴-۶۸: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۷
نمودار۴-۶۹: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۷
نمودار۴-۷۰: تاریخچه زمانی تغییر مکان حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۸
نمودار۴-۷۱: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۹
نمودار۴-۷۲: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۱۹
نمودار۴-۷۳: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۲۰
نمودار۴-۷۴: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۲۱
نمودار۴-۷۵: تاریخچه زمانی تغییر مکان حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و آب پشت سد).....۱۲۱
نمودار۴-۷۶: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن).....۱۲۲
نمودار۴-۷۷: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن).....۱۲۳
نمودار۴-۷۸: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن).....۱۲۵
نمودار۴-۷۹: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن).....۱۲۶
نمودار۴-۸۰: تاریخچه زمانی تغییر مکان سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن).....۱۲۷
نمودار۴-۸۱: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن).....۱۲۸
نمودار۴-۸۲: تاریخچه زمانی تنش σ_{12} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن).....۱۲۹

نمودار۴-۸۳: تاریخچه زمانی تنش σ_{13} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۳۱
نمودار۴-۸۴: تاریخچه زمانی تنش σ_{23} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۳۲
نمودار۴-۸۵: تاریخچه زمانی تغییر مکان سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۳۳
نمودار۴-۸۶: تاریخچه زمانی تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و آب پشت سد)..... ۱۳۴
نمودار۴-۸۷: تاریخچه زمانی تنشσ_{12} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و آب پشت سد)..... ۱۳۴
نمودار۴-۸۸: تاریخچه زمانی تنشσ_{13} حداکثر سد کارون۱تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱و آب پشت سد)..... ۱۳۵
نمودار۴-۸۹: تاریخچه زمانی تنشσ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و آب پشت سد)..... ۱۳۵
نمودار۴-۹۰: تاریخچه زمانی تغییر مکان حداکثر سد کارون۱تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت و یکنواخت) (با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و آب پشت سد)..... ۱۳۶

فهرست اشکال

شکل ۲-۱..... ۱۲
شکل۲-۲..... ۱۳
شکل۲-۳: شکل مقطع عرضی دو نوع ستون ودو نوع عرصه تحلیل شده..... ۱۴
شکل۲-۴ :پلهای تحلیل شده دارای نوع ۱ عرصه..... ۱۵
شکل۲-۵: پلهای تحلیل شده دارای نوع۲ عرصه..... ۱۵
شکل۲-۶: مقطع عرضی سد خاکی Santa Felicia..... ۱۷
شکل۳-۱: شتاب نگاشت‌های ثبت شده در دو ایستگاه به فاصله ۲۰۰ متر از یکدیگر..... ۲۴
شکل۳-۲: نمایش انتشار و پخش امواج..... ۲۷
شکل۳-۳: وضعیت و موقعیت قرارگیری شتاب نگاشت‌های واقع شده در Lotung Taiwan،..... ۲۷
شکل۳-۴..... ۳۲
شکل۳-۵..... ۳۸
شکل ۴-۱ : موقعیت ساختگاه سد شفارود و نیز موقعیت رخداد زمین لرزه به نقل از سایت پژوهشگاه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله..... ۴۳
شکل ۴-۲ : وضعیت زمین شناسی ، جنس لایه های زیرین ساختگاه سد شفارود و نیز موقعیت لرزه نگارهای نصب شده در موقعیت محور سد ۴۴
شکل۴-۳: شتاب نگاشت‌های ثبت شده در ایستگاه 1 (a-در جهت جریان،b-در جهت عمود بر جریان،c-در جهت قائم)..... ۴۶
شکل۴-۴: شتاب نگاشت‌های ثبت شده در ایستگاه 2 (a-در جهت جریان،b-در جهت عمود بر جریان،c-در جهت قائم)..... ۴۷
شکل۳-۵: شتاب نگاشت‌های ثبت شده در ایستگاه ۳ (a-در جهت جریان،b-در جهت عمود بر جریان،c-در جهت قائم)..... ۴۸
شکل ۴-۶: مدل المان محدود سد امیر کبیر..... ۴۹
شکل ۴-۷: المان بلوک خطی..... ۵۰
شکل ۴-۸: تعداد گره‌ها و صفحات المان استفاده شده در سد..... ۵۰
شکل ۴-۹: تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) در پایین دست سد..... ۵۵
شکل ۴-۱۰: تغییر مکان کل سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود (غیر یکنواخت) در بالادست سد..... ۵۷
شکل ۴-۱۱: تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت) در پایین دست سد..... ۵۹
شکل ۴-۱۲: تغییر مکان کل سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود (یکنواخت) در پایین دست سد..... ۶۱
شکل ۴-۱۳: مدل المان محدود سد کارون۱..... ۶۷

شکل ۴-۱۴: تغییر مکان کل سد کارون۱تحت زلزله شفارود (غیر یکنواخت) در پایین دست سد..... ۶۸
شکل ۴-۱۵: تغییر مکان کل سد کارون۱ تحت زلزله شفارود (غیر یکنواخت) در بالادست سد..... ۶۸
شکل ۴-۱۶: تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) در پایین دست سد..... ۶۹
شکل ۴-۱۷: تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) در بالا دست سد..... ۷۰
شکل ۴-۱۸: تغییر مکان کل سد کارون۱ تحت زلزله شفارود (یکنواخت) در پایین دست سد..... ۷۳
شکل ۴-۱۹: تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت) در پایین دست سد..... ۷۴
شکل ۴-۲۰: تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت) در بالا دست سد..... ۷۴
شکل ۴-۲۱: تنش σ_{13} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)..... ۷۶
شکل ۴-۲۲: تنش σ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)..... ۷۸
شکل ۳-۲۳: مدل المان محدود فونداسیون سد امیرکبیر..... ۸۳
شکل ۳-۲۴: المان هرمی خطی..... ۸۴
شکل ۴-۲۵: تنش اصلی حداکثر سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت) در پایین دست سد(با در نظر گرفتن اندرکنش سد و فونداسیون)..... ۸۵
شکل ۴-۲۶: تغییر مکان کل سد تحت زلزله شفارود (غیر یکنواخت) در بالادست سد امیرکبیر (با در نظر گرفتن اندرکنش سد و فونداسیون)..... ۸۸
شکل ۴-۲۷: تنش اصلی حداکثر سد تحت زلزله شفارود(یکنواخت) در پایین دست سد امیرکبیر (با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون)..... ۸۹
شکل ۴-۲۸: تغییر مکان کل سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود (یکنواخت) در بالادست سد(با در نظر گرفتن اندرکنش سد امیرکبیر و فونداسیون)..... ۹۲
شکل ۴-۲۹: مدل المان محدود فونداسیون سد کارون۱..... ۹۷
شکل ۴-۳۰: تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون)..... ۱۰۱
شکل ۴-۳۱: تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون)..... ۱۰۱
شکل ۴-۳۲: تنش σ_{12} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون)..... ۱۰۳
شکل ۴-۳۳: تنش σ_{13} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون)..... ۱۰۴
شکل ۴-۳۴: تنش σ_{23} حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون)..... ۱۰۵
شکل ۴-۳۵: تغییر مکان سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش سد کارون۱ و فونداسیون)..... ۱۰۶
شکل ۴-۳۶: مدل المان محدود مخزن سد امیر کبیر..... ۱۱۰
شکل ۴-۳۷: المان هرمی خطی..... ۱۱۱
شکل ۴-۳۸: تغییر مکان سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)..... ۱۱۵

شکل ۴-۳۹: تغییر مکان سد امیرکبیر تحت زلزله شفارود(یکنواخت)..... ۱۱۸
شکل ۴-۴۰: مدل المان محدود مخزن سد کارون۱..... ۱۲۲
شکل ۴-۴۱: تنش σ_{12} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۲۴
شکل ۴-۴۲: تنش σ_{13} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۲۵
شکل ۳-۴۳: تنش σ_{23} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۲۶
شکل ۳-۴۴: تغییر مکان سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(غیر یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۲۷
شکل ۳-۴۵: تنش اصلی حداکثر سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۲۸
شکل ۳-۴۶: تنش σ_{12} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۳۰
شکل ۳-۴۷: تنش σ_{13} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۳۱
شکل ۳-۴۸: تنش σ_{23} سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۳۲
شکل ۳-۴۹: تغییر مکان سد کارون۱ تحت زلزله شفارود(یکنواخت)(با در نظر گرفتن اندرکنش بین سد کارون۱ و مخزن آن)..... ۱۳۳

فصل اول

مقدّمه و کلیات

در این فصل به ضرورت انجام تحلیل‌های دینامیکی بر روی سدهای بتنی دوقوسی اشاره شده است. در ادامه به انواع متفاوت تحلیل‌ها مورد استفاده در تحلیل سدهای بتنی دوقوسی پرداخته و علت انتخاب تحلیل استفاده شده در این رساله بیان شده است.

۱-۱ مقدمه

یکی از ضروری ترین و حیاتی ترین نیازهای بشر آب است که بخصوص با افزایش جمعیت و ضرورت رشد کشاورزی و صنعت از یک طرف و محدودیت مخازن و منابع آبی از طرف دیگر ، حساسیت نسبت به آن روز به روز بیشتر شده و پیش‌بینی می گردد در آینده ای نه چندان دور بحران کمبود آب مهمترین مسئله کشورها ، بخصوص مناطق خشک و نیمه خشک گردد.

سدها ازجمله اولین سازه‌های بزرگی می‌باشند که به دست انسان ساخته شده است. مخازن آب نگهداشته شده توسط سدها، از عناصر کلیدی در سیستم‌های تامین آب بوده‌اند که تاریخ آن حداقل به ۵۰۰۰ سال قبل بر می‌گردد. اولین سدها مسلماً سدهای خاکی کوچکی بودند که با سعی و خطا طراحی می‌شدند. خرابی‌های این سدها مکرراً اتفاق می‌افتاد، ولی پیامدهای بسیار ناچیزی در پی داشتند. با گسترش نیاز به آب و اطمینان حاصل شده از ساختمان سدهای موفق قبلی، اندازه سدها بزرگتر شده و لذا پتانسیل خطر آفرینی آنها نیز افزایش یافته است.

در میان سازه های ساخته شده، سدها به دلایل مختلف، از جمله اهداف ساخت و نیز شدت و حساسیت خطرات ناشی از خرابی احتمالی آنها، از موقعیت منحصر به فردی برخوردار هستند. تنوع و پیچیدگی عوامل دخیل در طراحی باعث گردیده تا ضمن در نظر گرفتن ضریب اطمینان کافی، توسعه فزآینده ای در روشهای طراحی سدها در چند دهه اخیر صورت پذیرد. برای طراحی سد کمیت و کیفیت نیروهای مختلف وارده بر سد باید مورد بررسی قرار گیرد که نیروها عبارتند از: وزن سد و بارهای مرده، نیروی ناشی از فشار آب، نیروی ناشی از فشار رسوبات، نیروهای بالابرنده، نیروی زلزله...از میان این نیروها، نیروی زلزله به علت بزرگی و شدت زیاد دارای اهمیت بسیار زیادی است و لازم است برآورد مناسب و دقیقی از این نیروها جهت تحلیل و طراحی چنین سازه های انجام شود. امروزه روشهای تحلیلی قابل

اطمینانی برای پیشگویی پاسخ لرزه‌ای سدهای بتنی جهت طراحی سدهای مقاوم در برابر زلزله و یا ارزیابی ایمنی لرزه‌ای سدهای موجود لازم است.

۱-۲ بررسی تحریکات لرزه‌ای

این بخش به بررسی عملکرد سدها در برابر حرکات لرزه ای زمین اختصاص یافته است. در قسمت اول به معرفی و ارزیابی تحریکات لرزه ای پرداخته و در قسمت بعد کلیات پاسخ تحریکات لرزه ای در دو بخش خطی و غیر خطی و روش های تحلیل به اختصار ارائه می شود.

۱-۲-۱ تحریکهای زلزله

در ارزیابی عملکرد لرزه ای سدهای بتنی دو قوسی ، پیداست که توصیف حرکات لرزه ای زمین و روشی که در آن این تحریک ها ، پاسخ دینامیکی را بر انگیزد بسیار مهم است. روشی که به انتخاب ورودی لرزه ای برای سدهای بتنی دوقوسی منتهی می شود ، در حالت کلی شبیه همانی است که برای دیگر سازه های مهم از قبیل نیروگاه های هسته ای و پل های چند دهانه طویل در نظر گرفته می شود. این روش شامل مطالعه در مورد مشخصات زمین شناسی منطقه ، تاریخچه زمین لرزه در آن منطقه ، ساختار زمین شناسی در طول مسیری از منبع زمین لرزه تا ساختگاه مورد نظر و موقعیت های ژئوتکنیکی محلی است.

پارامترهای حرکت زمین که در توصیف حرکات ناشی از زمین‌لرزه استفاده خواهد شد ، عبارتند از ماکزیمم شتاب (یا شتاب ماکزیمم موثر)، مدت زمان تداوم و محتوای فرکانسی شتاب نگاشت. روشهای انتخاب اغلب پارامترهای لرزه‌ای به منظور حصول ورودی ناشی از حرکات زمین یا طیف پاسخ ، بدرستی مستند شده و در اینجا تکرار نمی‌شود.

تمرکز این مبحث بر روی تعیین حرکات اعمال شده از طرف زمین جهت استفاده در تحلیل سیستم سد-مخزن-پی سنگی می‌باشد. بدیهی است که سطح مهارت مورد استفاده در

تعیین ورودی لرزه‌ای، بطور تنگاتنگی به درجه فهم رفتار دینامیکی سد و توانایی مدل نمودن اغلب رفتارها بستگی دارد. بنابراین، پیشرفت در تعیین ورودی لرزه‌ای برابر است با پیشرفت تحلیل دینامیکی. تعجبی ندارد، چراکه روش قدیمی تعیین ورودی لرزه‌ای برای سدهای بتنی دوقوسی، صرفاً به بکاربردن یک نیروی افقی توزیع شده مطابق با مقدار مشخص و معینی (مثلاً ۱۰ درصد) از وزن بدنه سد محدود می‌شد. مفهوم این نیروها بیانگر اینرسی مقاوم یک سد صلب تحت حرکات افقی یک پی صلب می‌باشد. روش جدید، بسادگی و تا اندازه‌ای با در برگرفتن اثرات فشار هیدرودینامیکی آب مخزن و با استناد به مفهوم جرم افزوده توسعه یافته است (برای مثال فرض می‌شود که یک قسمت از آب مخزن به همراه بدنه سد حرکت خواهد کرد).

پیشرفت‌های اساسی در زمینه تحلیل سدها هنگامی نتیجه می‌شود که اثرات دینامیکی در شکل‌پذیری سد، برای مثال حرکات میدان آزاد، شناخته شود. اولین گام، تبدیل نیروی استاتیکی معادل از یک توزیع یکنواخت به فرمی وابسته به شکل مودی ارتعاشات بنیادی سد می‌باشد. دومین پیشرفت مربوط به تقویت حرکات ورودی پایه در اثر پاسخ سد می‌باشد. بیان نمودن این اثرات تشدید وابسته به فرکانس بوسیله طیف پاسخ زمین لرزه، دامنه مناسبی از توزیع بار استاتیکی معادل برای استفاده در تحلیل‌های پاسخ را فراهم می‌کند. فرض اصلی همه این روش‌های تحلیلی، پی سنگی است. تکیه‌گاه سد گیردار است، از اینرو حرکات زمین لرزه مشخص شده بصورت یکنواخت بر روی تمام سطح مشترک پی و سد بکار می‌رود.

بهرحال، همچنان که روشهای تحلیل پاسخ پیشرفت می‌کنند، این موضوع روشن‌تر می‌شود که لرزه اعمال شده به پایه صلب زیاد مناسب نبوده است. بدلیل ابعاد بزرگ سد و تشخیص مکانیسم‌های انتشار امواج که به وسیله حرکات زمین لرزه در طول پی سنگی منتشر می‌شود،

بیان علت تغییرات مکانی حرکات زمین لرزه در سطح مشترک سد و پی سنگی بسیار مهم است. این تغییرات مکانی نیز ممکن است از پراکندگی انتشار امواج زمین لرزه بوسیله توپوگرافی نزدیک به ساختگاه سد حاصل شود.

۱-۲-۲ تحلیل پاسخ سازه‌ها

برای تحلیل پاسخ‌ها از دو روش خطی وغیرخطی می‌توان بهره جست که در ادامه به اختصار به هر یک از این روش‌ها پرداخته می‌شود.

۱-۲-۲-۱ تحلیل پاسخ خطی

ارزیابی اثرات زمین لرزه برروی سدهای بتنی دوقوسی به منظور تعیین سطح ایمنی سدهای موجود، اصلاح سدهای قدیمی و طراحی سدهای جدید لازم می‌باشد. پیشگویی کارایی سدهای بتنی دوقوسی در طول زمین لرزه بنا به دلایل زیر یکی از مسائل جالب و پیچیده در زمینه دینامیک سازه‌ها می‌باشد:

۱- سد و مخزن پشت آن به دلیل توپوگرافی ساختگاه، دارای شکل هندسی پیچیده‌ای هستند.

۲- پاسخ سد، تحت تاثیر اندر کنش حرکات سد با مخزن و پی سنگی بوده، لذا شکل-پذیری پی و پاسخ تحریک لرزه‌ای مخزن را باید در طراحی در نظر گرفت.

۳- پاسخ سد ممکن است تحت تاثیر تغییرات مکانی شدت و فرکانس حرکات زمین لرزه بر روی عرض و ارتفاع دره باشد، هرچند بدلیل فقدان داده‌های واقعی از تغییرات مکانی حرکات زمین، در حال حاضر این عامل در اکثر برنامه‌های نوشته شده در نظر گرفته نمی‌شود.

هنگام ارزیابی رفتار لرزه‌ای سدهای بتنی، فرض رفتار خطی برای بیشتر حالات شدت‌های کم یا پایین حرکات زمین لرزه منطقی است. به عبارت دیگر، اینگونه انتظار می‌رود که تغییر شکل‌های سد مستقیماً متناسب با بزرگی حرکات زمین لرزه بکار گرفته باشد. یک چنین فرضی، سبب ساده‌سازی مدل‌های ریاضی سیستم سد-مخزن-پی سنگی و همچنین روش‌های محاسبه پاسخ آنها می‌شود. نتایج تحلیل خطی برای نشان دادن مشخصات کلی پاسخ دینامیکی بکار رفته و دامنه کرنش‌ها و جابجایی‌های محاسبه شده، نشان می‌دهد که فرض خطی بودن درست می‌باشد. در حالت وقوع زمین لرزه‌ای بزرگتر، احتمال آن می‌رود که کرنش‌های محاسبه از ظرفیت الاستیک بتن سد تجاوز کرده و شکست رخ دهد. هرچند تحلیل خطی هنوز هم می‌تواند در درک بهتر طبیعت رفتار دینامیکی و تصمیم برای لزوم انجام تحلیل غیر خطی کمک نماید. در بسیاری از حالات می‌توان با استفاده از تحلیل خطی، برآوردی منطقی از میزان خسارات مورد نظر بدست آورد، حتی اگر نتایج نشان دهند که مقدار کم تا متوسطی برای شکست و یا دیگر حالات غیر خطی مورد انتظار می‌باشد.

۱-۲-۲-۲ تحلیل پاسخ غیر خطی

این حقیقت وجود دارد که اکثر سازه‌ها برای نیروی برشی کوچک‌تر از نیروی برشی الاستیک نظیر قوی‌ترین زمین‌لرزه‌ای که احتمال وقوع در منطقه دارد، طراحی می‌شود. این اختلاف نشان می‌دهد اگر سازه با نیروهای کوچک‌تر از نیروی برشی الاستیک محاسبه شده باشد، وقتی که تحت زمین‌لرزه‌ای با شدت بیشتری از نیروی برشی الاستیک قرار گیرد، تغییرشکل‌های فراتر از حد الاستیک در آن ایجاد خواهد شد. بنابراین صدمه دیدن سازه تحت زمین‌لرزه‌های بزرگ نباید خیلی تعجب‌آور باشد. چالش مهندسی در این جهت است که طراحی طوری باشد که میزان خسارت به درجه قابل قبولی محدود شود.