دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد (سازه های هیدرولیکی)

عنوان:

بررسی تاثیر سختی فونداسیون سد بتنی دو قوسی بر پاسخ دینامیکی بدنه سد، مطالعه موردی: سد دو قوسی کارون IV

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا عزیزیان

استاد مشاور:

مهندس بابک دیزنگیان

تحقیق و نگارش:

فرید میار نعیمی

تیر ۱۳۹۲

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان بررسی تاثیر سختی فونداسیون سد بتنی دو قوسی بر پاسخ دینامیکی بدنه سد قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران (سازه های هیدرولیکی) توسط دانشجو فرید میار نعیمی با راهنمایی استاد پایان نامه دکتر غلامرضا عزیزیان تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می‌باشد.

فرید میار

نعیمی

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می‌شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما:	دکتر غلامرضا عزیزیان		
استاد مشاور:	مهندس بابک دیزنگیان		
داور ۱:	دکتر محمدرضا سهرابی		
داور ۲:	دکتر غلامحسین اکبری		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر مهدی شفیعی آفارانی		

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصل اثر

اینجانب فرید میار نعیمی تعهد می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: فرید میار نعیمی

امضاء

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که همواره در تمامی مراحل زندگی پشتوانه ام بودند، آن دو فرشته ای که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و از صبرشان ایستادگی را آموختم و همچنین تمامی کسانی که در جبهه های جنگ، دست و پا و جانشان را فدا کردند تا منِ دانشجو بتوانم با آسودگی خاطر، گام کوچکی در راه پیشرفت کشور عزیزم بردارم.

سپاسگزاری

سپاس خدایی را که اول و آخر وجود است و حق ستایش بالاتر از حد ستایشگران. الهی تو را شکر می‌کنم که همچون تو را دارم که روشنگر راهم شدی و یاری‌ام کردی تا باز بتوانم در مرحله ای دیگر از زندگی، وظیفه‌ای که بر دوشم بود، در حد توان انجام دهم.

سپاسگزار کسانی هستم که سرآغاز تولد و مسیر تکامل من هستند، از یکی زاده می‌شوم و از دیگری جاودانه، مادری که تار مویی از او به پای من سیاه نماند و استادی که مسیر روشنی را بر تخته سیاه زندگیم نگاشت.

در ادامه از آقایان: دکتر غلامرضا عزیزیان، دکتر بابک دیزنگیان، جهانگیر میار نعیمی، مهندس فرهود میار نعیمی، مهندس علی مهماندوست، مهندس حسین مهماندوست و مهندس علی‌اصغر شعبانی که در این مسیر وجودشان همچون چراغی بر سر راهم بود تشکر و قدر دانی می‌کنم و از کسانیکه به دلیل عدم یاری حافظه، اسم مبارکشان بر قلم جاری نشد عذر خواهی می‌کنم.

چکیده:

سدهای بتنی قوسی سازه های بسیار حساس می‌باشند، به نحوی که عملکرد آنها تحت بارهای لرزه ای بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هرگونه آسیبی به این سازه‌ها باعث بروز خسارات مالی و جانی جبران ناپذیری خواهد شد، در نتیجه پایداری دینامیکی سدها به یکی از مهم‌ترین قسمت‌های طراحی تبدیل شده است. پارامترهای فیزیکی فونداسیون سد بتنی تاثیر بسزایی بر پاسخ دینامیکی از جمله تغییر شکل‌ها و تنش‌ها در نقاط مختلف بدنه سد دارد. شکل متغیر قوس‌های سد در عرض و ارتفاع، امکان ترک خوردگی بتن بدنه حین زلزله و پارامتر هایی از این قبیل باعث شده که تحلیل دینامیکی سد بتنی دو قوسی، یکی از پیچیده‌ترین مسائل مهندسی به شمار رود. در این تحقیق سعی شده تا حد ممکن، انواع شرایط مختلف محیطی و مکانیکی قابل وقوع برای سدهای بتنی قوسی بلند بررسی شود و رفتار سدها در مواجهه با این احتمالات ارزیابی گردد. برای این منظور از سد بتنی دو قوسی کارون۴ با ارتفاع ۲۳۰متر بعنوان مطالعه موردی بهره گرفته شده است. طبق پیشنهاد USBR سد بتنی بلند دارای حداقل ارتفاع ۹۰ متر می‌باشد. همچنین بلندترین سد بتنی ساخته شده در جهان نیز ارتفاعی حدود ۳۳۵ متر دارد. در نتیجه با انتخاب سد بتنی دوقوسی کارون ۴ و ثابت نگه داشتن نسبت طول دهانه به ارتفاع آن با گام افزایش ارتفاع ۱۰ متر، ۲۷ ارتفاع مختلف برای این سدها مورد بررسی قرار گرفت. طرح اولیه هندسی این سدها نیز بر اساس طرح USBR می‌باشد. حال برای در نظر گرفتن تاثیر سختی فونداسیون در مدل، ۱۰ مقدار متفاوت برای پارامتر بی بعد نسبت مدول الاستیسیته فونداسیون به بدنه سد (E_f/E_d) در آن اعمال شد. همچنین برای در نظر گرفتن تاثیر زلزله، ۵ شتاب‌نگاشت هم پایه شده با ماهیت‌های فرکانسی متفاوت در فونداسیون اعمال شد. در نتیجه با ترکیب این عوامل به ۱۳۵۰ مدل در شرایط مختلف دست پیدا کردیم که حداکثر تنش و تغییر مکان بوجود آمده در بدنه این سدها با نرم افزار ABAQUS محاسبه شد و مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان داد که افزایش نسبت E_f/E_d از ۱ در ارتفاع‌های اولیه سدهای بتنی دوقوسی بلند یعنی ۹۰ تا ۲۳۰ متر، تاثیر بیشتری در افزایش تنش‌ها و کرنش‌های بوجود آمده در بدنه سد دارند و کاهش نسبت E_f/E_d از ۱ در ارتفاع‌های ۲۴۰ تا ۳۵۰ متر، تاثیر بیشتری در افزایش تنش‌ها و کرنش‌های بوجود آمده در بدنه سد خواهند داشت.

کلمات کلیدی: سختی فونداسیون، سد بتنی دوقوسی، تحلیل دینامیکی سد بتنی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- طرح مساله ۳

۱-۳- فرضیات تحقیق ۳

۱-۴- روش انجام تحقیق ۴

۱-۵- ساماندهی مطالب ۴

فصل دوم: روش‌های کلی مدلسازی فونداسیون در سازه‌ها..... ۶

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- مروری بر پیشینه تحقیقات ۷

۲-۳- هدف از این پژوهش ۱۱

۲-۴- رفتار الاستیک در سنگ‌ها ۱۱

۲-۵- ثوابت الاستیک ۱۲

۲-۶- معادلات حاکم بر سد بر روی پی انعطاف پذیر ۱۳

۲-۷- روش‌های مدلسازی فونداسیون ۱۷

۲-۷-۱- روش مستقیم ۱۸

۲-۷-۱-۱- روش فونداسیون بدون جرم ۱۹

۲-۷-۱-۲- روش فونداسیون جرم‌دار ۲۰

۲-۷-۲- فرکانس حد تشعشع ۲۰

۲-۷-۳- روش زیر سازه ۲۲

فصل سوم: رفتار بدنه سد بتنی دوقوسی ۲۴

۳-۱- مقدمه ۲۵

۳-۲- معرفی انواع سد بتنی دوقوسی ۲۵

۳-۳- فرضیات کلی طراحی سدهای بتنی قوسی ۲۶

۳-۴- معیارهای USBR برای طراحی مقدماتی سدهای قوسی ۲۷

۳-۴- ۱- تعیین Raxis ۲۸

۳-۴- ۲- تعیین زاویه مرکزی ۲۸

۳-۴-۳- تعریف صفحه مرجع و کنسول مرکزی ۲۹

۳-۵- نیروهای لرزه‌ای وارده به سد ۳۱

۳-۵-۱- نیروی زلزله ناشی از وزن سد ۳۱

۳- ۵- ۱- ۱- اثر شتاب افقی (αh) ۳۱

۳- ۵- ۱-۲- اثر شتاب قائم(αv) ۳۲

۳-۵-۲- اثر نیروی زلزله ناشی از آب پشت سد ۳۲

۳-۵-۲-۱-اثر مولفه افقی شتاب زلزله ۳۲

۳-۵-۲-۲- اثر مولفه قائم شتاب زلزله ۳۳

۳-۶- بارگذاری پیشنهادی USBR ۳۳

۳- ۶ - ۱- بارگذاری عادی ۳۴

۳- ۶ - ۲- بارگذاری غیر عادی ۳۴

۳- ۶ -۳- بارگذاری فوق‌العاده ۳۴

۳-۷- روش دینامیکی ۳۴

۳-۸- معادلات تغییر شکل‌های بوجود آمده در تاج سد ۳۵

۳-۸-۱- اثر لنگر ۳۵

۳-۸-۲- اثر نیروی محوری ۳۶
۳-۸-۳- اثر نیروی برشی ۳۶
۳-۹- تنش وون‌میزس ۳۷
فصل چهارم: معرفی زلزله ۳۹
۴-۱- مقدمه ۴۰
۴-۲- امواج لرزه‌ای ۴۱
۴-۲-۱- امواج درونی یا حجمی ۴۱
۴-۲-۲- امواج سطحی ۴۲
۴-۳- بزرگای زلزله ۴۳
۴-۴- گسل‌ها ۴۴
۴-۵- داده‌های عددی شتاب‌نگاشت ۴۴
۴-۶- معرفی شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده در این تحقیق ۴۵
۴-۶-۱- زلزله CHI-CHI ۴۵
۴-۶-۲- زلزله EMERYVILLE ۴۶
۴-۶-۳- زلزله KOBE ۴۸
۴-۶-۴- زلزله NORTHRIDGE ۴۹
۴-۶-۵- زلزله KOYNA ۵۰
۴-۷- زمان موثر زلزله ۵۱
فصل پنجم: مدلسازی به روش اجزای محدود ۵۵
۵-۱- مقدمه ۵۶
۵-۲- روش اجزاء محدود ۵۶
۵-۲-۱- انتگرال‌گیری در اجزاء محدود ۵۹
۵-۳- آشنایی با نرم افزار ABAQUS ۶۰

۵-۳-۱- توانایی‌های نرم افزار ۶۰
۵-۳-۱-۱- روش حل ضمنی ۶۱
۵-۳-۱-۲- روش حل صریح ۶۳
۵-۳-۲- اصول آنالیز ۶۵
۵-۳-۲-۱- پیش پردازنده ۶۶
۵-۳-۲-۲- شبیه سازی ۶۶
۵-۳-۲-۳- پس پردازنده ۶۶
۵-۴- معرفی مطالعه موردی ۶۷
۵-۵- مدلسازی ۶۹
۵-۵-۱- محاسبات هندسی بدنه سدها ۷۱
۵-۵-۲- وارد کردن داده‌ها در نرم افزار ۷۳
۵-۶- نتایج و بحث ۷۹
۵-۶-۱- صحت سنجی مدل ۸۰
۵-۶-۲- آنالیز همگرایی مش بندی مدل ۸۲
۵-۶-۳- مقایسه تاریخچه زمانی تنش‌های بوجود آمده در بدنه ۸۴
۵-۶-۴- مقایسه ماکسیمم تنش‌های بوجود آمده در بدنه سد ۸۷
۵-۶-۵- مقایسه نمودارهای تاریخچه زمانی تغییر مکان‌های حداکثر بدنه ۹۲
۵-۶-۶- مقایسه نمودارهای تغییر مکان‌های نسبی حداکثر بوجود آمده در بدنه ۹۸
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۳
۶-۱- مقدمه ۱۰۴
۶-۲- نتیجه گیری ۱۰۴
۶-۳- پیشنهادات ۱۰۵
منابع ۱۰۷

پیوست‌ها **۱۱۱**

پیوست (الف): کانتور رنگی تنش بیشینه بوجود آمده بر روی بدنه سد ۱۱۱

پیوست (ب): نحوه مدلسازی سنگ در نرم افزار ۱۱۳

پیوست (ج): نحوه مدلسازی آب در نرم افزار ۱۱۴

پیوست (د): کدهای نرم افزار MATLAB جهت بدست آوردن مختصات کنسول مرکزی ۱۱۶

پیوست (ه): کدهای نرم افزار MATLAB جهت بدست آوردن زمان موثر زلزله ۱۱۷

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۴-۱- زمان موثر زلزله‌های استفاده شده ۵۲

جدول ۵-۱- انواع المان‌های قابل استفاده در اجزای محدود ۵۷

جدول ۵-۲- نقاط انتگرال‌گیری کامل و کاهش یافته در المان‌ها ۵۹

جدول ۵-۳- نقاط بدست آمده از نرم‌افزار MATLAB ۷۱

جدول ۵-۴- واحدها مورد استفاده در نرم افزار ۷۶

جدول ۵-۵- مقدار $\frac{E_d}{E_f}$ در نظر گرفته شده برای فونداسیون و Ed متناظر با آن ۷۷

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱- روش انجام تحقیق ۴

شکل ۱-۲- نمودار درختی فصل‌بندی پایان نامه ۵

شکل ۲-۱- نحوه مدلسازی Leger ۷

شکل ۲-۲- تاثیر ضریب جذب انرژی بر نیروی هیدرودینامیکی در مدل JinGua ۸

شکل ۲-۳- مدل جرمدار و بدون جرم Zhang ۹

شکل ۲-۴- نحوه مدلسازی فدایی در بررسی تاثیر جرم ۹

شکل ۲-۵- بررسی تاثیر اندرکنش دریاچه و سنگ پی و بدنه سد ۱۰

شکل ۲-۶- تاثیر سختی فونداسیون برمیزان ترک در سد بتنی وزنی ۱۱

شکل ۲-۷- رفتار فونداسیون تحت اثر پر و خالی شدن مخزن ۱۲

شکل۲-۸- محیط‌های منظم و نا منظم فونداسیون ۱۷

شکل ۲-۹- میله اصطکاکی ۲۰

شکل ۲-۱۰- امواج زوال‌پذیر و متناوب ۲۲

شکل ۲-۱۱- نحوه مدلسازی فونداسیون در روش زیرسازه ۲۲

شکل ۳-۱- نیمرخ سد قوسی ۲۷

شکل ۳-۲- پلان سد قوسی ۲۸

شکل ۳-۳- تاثیر تغییر زاویه مرکزی بر طول قوس ۲۹

شکل ۳-۴- قوس مرکزی و خطوط مراکز برای یک طرح اولیه ۳۰

شکل ۳-۵- توزیع فشار هیدرودینامیکی ۳۲

شکل ۳-۶- نیمی از قوس و نیروهای وارده به آن ۳۵
شکل ۳-۷- معیار شکست وون میزس در سه بعد ۳۸
شکل ۳-۸- معیار شکست وون میزس در دو بعد ۳۸
شکل۴-۱- شمای کلی حرکات پوسته زمین ۴۱
شکل۴-۲- نحوه پخش انواع امواج درون زمین ۴۳
شکل ۴-۳- انواع موج بر روی یک شتاب نگاشت ۴۳
شکل۴-۴- حرکات پوسته زمین در زلزله CHI-CHI ۴۵
شکل ۴-۵- شتاب‌نگاشت زلزله CHI-CHI و تبدیل آن به سرعت و تغییر مکان ۴۶
شکل۴-۶- حرکات پوسته زمین در زلزله EMERYVILLE ۴۷
شکل۴-۷- شتاب‌نگاشت زلزله EMERYVILLE و تبدیل آن به سرعت و تغییر مکان ۴۷
شکل۴-۸- حرکات پوسته زمین در زلزله KOBE ۴۸
شکل۴-۹- شتاب‌نگاشت زلزله KOBE و تبدیل آن به سرعت و تغییر مکان ۴۸
شکل۴-۱۰- حرکات پوسته زمین در زلزله NORTHRIDGE ۴۹
شکل۴-۱۱- شتاب‌نگاشت زلزله NORTHRIDGE و تبدیل آن به سرعت و تغییر مکان ۵۰
شکل۴-۱۲- حرکات پوسته زمین در زلزله KOYNA ۵۰
شکل۴-۱۳- شتاب‌نگاشت زلزله KOYNA و تبدیل آن به سرعت و تغییر مکان ۵۱
شکل۴-۱۴- زمان موثر زلزله ۵۲
شکل۴-۱۵- شتاب‌نگاشت زلزله CHI-CHI طی زمان موثر زلزله ۵۳
شکل۴-۱۶- شتاب‌نگاشت زلزله EMERYVILLE طی زمان موثر زلزله ۵۳
شکل۴-۱۷- شتاب‌نگاشت زلزله KOBE طی زمان موثر زلزله ۵۳
شکل۴-۱۸- شتاب‌نگاشت زلزله NORTHRIDGE طی زمان موثر زلزله ۵۴
شکل۴-۱۹- شتاب‌نگاشت زلزله KOYNA طی زمان موثر زلزله ۵۴
شکل ۵-۱- انواع روش‌های کلی مش‌بندی ۵۸

شکل ۵-۲- تیر یکسر گیردار ۶۱
شکل ۵-۳- المان‌بندی تیر یکسر گیردار ۶۱
شکل ۵-۴- نیروهای داخلی و خارجی روی نقاط ۶۲
شکل ۵-۵- تیر یکسرگیردار مش‌بندی شده ۶۴
شکل ۵-۶- تغییر شکل تیر تحت بار ۶۴
شکل ۵-۷- تغییر شکل تیر تحت بار ۶۴
شکل ۵-۸- تغییر شکل تیر تحت بار ۶۵
شکل ۵-۹- مراحل پردازش اطلاعات در ABAQUS ۶۶
شکل ۵-۱۰- نقشه پهنه‌بندی لرزه‌ای کشور ۶۸
شکل ۵-۱۱- مقطع دو بعدی سد کارون۴ ..... ۶۹
شکل ۵-۱۲- مقطع سه بعدی سد کارون۴ ..... ۶۹
شکل ۵-۱۳- نقاط انتخابی روی بدنه سد برای کنترل تنش و جابجایی ۷۰
شکل ۵-۱۴- نحوه وارد کردن نقاط بدست آمده، در نرم افزار ۷۱
شکل ۵-۱۵- ماژول‌های موجود در ABAQUS ۷۳
شکل ۵-۱۶- Sweep کردن مقطع سد ۷۳
شکل ۵-۱۷- برش لبه‌های اضافی بدنه ۷۴
شکل ۵-۱۸- مدل کلی سد و فونداسیون در ساختگاه ۷۴
شکل ۵-۱۹- مدل فونداسیون در نرم‌افزار ۷۵
شکل ۵-۲۰- Extrude کردن مقطع دره برای تولید دریاچه ۷۵
شکل ۵-۲۱- برش مقاطع اضافی دریاچه ۷۶
شکل ۵-۲۲- مدل مونتاژ شده نهایی ۷۷
شکل ۵-۲۳- نحوه تعریف فشار هیدرو استاتیک برای مدل ۷۸
شکل ۵-۲۴- مش‌بندی کلی مدل ۷۹

شکل ۵-۲۵- نقاط کنترل تنش و کرنش ۸۰
شکل ۵-۲۶- مقایسه تغییر مکان های بوجود آمده در تاج سد..... ۸۱
شکل ۵-۲۷- مقایسه تغییر مکان های بوجود آمده در تاج سد..... ۸۱
شکل ۵-۲۸- پاسخ همگرایی سیستم به تعداد مش‌های مورد استفاده ۸۲
شکل ۵-۲۹- نمودارهای تاریخچه زمانی تنش بیشینه تحت زلزله CHI-CHI ۸۴
شکل ۵-۳۰- نمودار تنش بیشینه بدنه سد ۸۷
شکل ۵-۳۱- تاثیر تغییر سختی بر تنش‌های بوجود آمده ۹۲
شکل ۵-۳۲- نمودارهای تاریخچه زمانی تغییر مکان تاج سد تحت زلزله CHI-CHI ۹۳
شکل ۵-۳۳- تغییر شکل‌های بوجود آمده در بدنه سد ۹۸
شکل ۵-۳۴- بیشینه تغییر مکان نسبی بدنه سد تحت زلزله CHI-CHI بر حسب E_f/E_d و ارتفاع ۹۹
شکل ۵-۳۵- بیشینه تغییر مکان نسبی تحت زلزله EMERYVILLE بر حسب E_f/E_d و ارتفاع ۹۹
شکل ۵-۳۶- بیشینه تغییر مکان نسبی بدنه سد تحت زلزله KOBE بر حسب E_f/E_d و ارتفاع ۱۰۰
شکل۵-۳۷- بیشینه تغییر مکان نسبی بدنه سد تحت زلزله KOYNA بر حسب E_f/E_d و ارتفاع ۱۰۰
شکل ۵-۳۸- بیشینه تغییر مکان نسبی تحت زلزله NORTHRIDGE بر حسب E_f/E_d و ارتفاع ۱۰۱

فهرست علائم

علامت	نشانه
Raxis	شعاع طره مرکزی
T_c	عرض تاج
T_b	عرض پاشنه
PGA	ماکزیمم شتاب زلزله
PGV	ماکزیمم سرعت زلزله
h	ارتفاع سد
E_f	مدول الاستیسیته فونداسیون
E_d	مدول الاستیسیته بدنه سد
υ	ضریب پواسون
M	جرم
C	ماتریس میرایی
K	سختی
ω	فرکانس
λ	مدول حجمی
ξ	میرایی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

تامین آب بعنوان مهمترین نیاز حیات، در هر عصر مورد توجه انسان بوده است. این نیاز در دوران کنونی در طرح سیاست کشورهای مختلف جهان نیز نمود پیدا کرده است تا جاییکه متخصصین ژئوپلیتیک، جنگ‌های زیادی برای دستیابی به منابع آب پیش بینی می‌کنند. در این میان یکی از اصلی‌ترین کانونهای بحران، منطقه خاور میانه است به با کمبود شدید آب مواجه می‌باشد. همچنین سدها از جمله مهمترین سازه ها در زندگی صنعتی امروز می‌باشند که به منظورهای مختلفی از جمله تولید انرژی برقابی، ذخیره سازی آب برای استفاده-های کشاورزی، صنعتی، کنترل و مهار سیلاب و آشامیدن احداث می‌شوند.

طبق گزارشات بولتن آب کشور، متوسط بارندگی سالیانه در ایران حدود ۲۵۲ میلیمتر می‌باشد که این مقدار حدود یک چهارم متوسط بارندگی در جهان و یک سوم متوسط بارندگی در آسیا می‌باشد. لذا ایران یکی از مناطق خشک در دنیا شناخته می‌شود. [۱]

از طرفی دیگر ایران از جمله کشورهایی است که در معرض زلزله های بسیار زیاد و شدیدی قرار داشته و دارد. با توجه به اینکه سدهای زیادی در مناطق لرزه خیز کشور احداث شده‌اند، دستیابی به ایمنی کافی سدها در برابر زلزله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

بحث تامین ایمنی سدها در برابر زلزله، با وجود اثرات قابل ملاحظه عوامل مختلف یکی از زمینه های تخصصی پیچیده ای می باشد که سال‌ها ذهن محققین و علاقمندان زیادی را به خود مشغول کرده است. بطوریکه در سه دهه اخیر با بالا رفتن توان کامپیوترها در حل چنین سیستم پیچیده‌ای توجه و علاقه محققین به لحاظ ابداع و اصلاح روش‌های مکانیک محاسباتی بطور چشمگیری افزایش پیدا کرده است. با گسترش صنعت سدسازی، سدهای متعددی در مناطق زلزله خیز و در نزدیکی گسل‌ها احداث شده و یا در حال طراحی و احداث هستند. با توجه به اینکه آسیب دیدن این سازه ها در اثر بروز زلزله، سیل و یا هر عامل دیگری می‌تواند موجب بروز خسارت‌های جبران ناپذیری گردد لذا ضرورت توجه به تحلیل، طراحی و بهینه سازی سدها در برابر بارهای وارده بخصوص بارهای دینامیکی ناشی از زلزله، مشخص میشود.

بررسی پاسخ لرزه‌ای بدنه سدهای بتنی از مسائل بسیار پیچیده در این زمینه می‌باشد. تنوع ابعاد بدنه و شالوده، وجود یا عدم وجود گسل فعال در محدوده ساختگاه سد و همچنین مشخصات زلزله مثل طول زمان وقوع، نوع و امتداد امواج لرزه‌ای و محتوی فرکانسی همگی از عواملی هستند که پاسخ دینامیکی سد نقش اساسی ایفا

می‌کنند.

در گذشته تحلیل سدها در بارگذاری لرزه ای با استفاده از روشهای شبه استاتیکی انجام میشد ولی امروزه با گسترش امکانات و پیشرفتهای رایانه ای طراحان گرایش ویژه ای به کاربرد تحلیل دینامیکی پیدا کردند. حال در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل دینامیکی، رفتار نقاط مختلف بدنه سدهای بتنی دو قوسی بلند در برابر زلزله‌هایی با ماهیت‌های مختلف بررسی میشود.

۱-۲- طرح مساله

مسئله بیان شده در این تحقیق عبارتست از چگونگی عملکرد لرزه‌ای بدنه سد بتنی دو قوسی بطوریکه طرح جامعی از پاسخ سیستم بدنه سد در شرایط مختلف به دست دهد. در دست داشتن تخمینی از میزان تنش‌ها و کرنش‌های بوجود آمده در سد و شناسایی محل وقوع آنها همچنین تاثیر عوامل محیطی مانند نوع گسل‌های موجود در ساختگاه بر روی این عملکرد و اعمال تاثیر شرایط مختلف فیزیکی ساختگاه با در نظر گرفتن سختی‌های مختلف برای فونداسیون زیر بدنه می‌تواند اثر قابل توجهی در سرعت بخشیدن به فاز طراحی دقیق هندسه و مصالح تشکیل دهنده بدنه سد داشته باشد. به این صورت که تمامی عوامل ذکر شده برای سدهای بتنی بلند در نظر گرفته شده باشد.

۱-۳- فرضیات تحقیق

جهت انجام مطالعات در این تحقیق، فرضیاتی در نظر گرفته شده است که مهمترین آن عبارتند از:

- تحلیل سیستم به صورت سه بعدی انجام شده است.
- مصالح بدنه سد در ناحیه خطی بوده و مصالح سنگ فونداسیون با مدل Drucker Pruger و آب دریاچه با مدل EOS (معادلات حالت) مدلسازی میشوند. [۲]
- اندرکنش بین آب و محیط‌های جامد اطراف آن بصورت بدون اصطکاک در نظر گرفته شده است.
- از لغزش بین پاشنه سد و تکیه گاه‌ها بعلت ناچیز بودن صرفنظر شده.
- برای بارگذاری از بارهای مرده و لرزه‌ای و هیدرواستاتیک و هیدرودینامیک آیین نامه USBR استفاده شده است.