وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

کنترل ارتعاشات مخازن ذخیره مایع جداسازی‌شده با استفاده از تجهیزات میراگر

استاد راهنما :

آقای دکتر افشین مصلحی تبار

دانشجو:

حسن ادیبیان

مهرماه ۱۳۹۰

به نام توان بخش هر ناتوان

خداوندە بخشندەی مهربان

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

کنترل ارتعاشات مخازن ذخیره مایع جداسازی‌شده با استفاده از تجهیزات میراگر

استاد راهنما :

آقای دکتر افشین مصلحی تبار

دانشجو:

حسن ادیبیان

مهرماه ۱۳۹۰

تقدیم به

همسر عزیز و مهربانم

و

گل های باغ زندگی‌ام

مهدیه و ریحانه

سپاس‌گزاری

در ابتدا به مصداق حدیث " من لم یشکر المخلوق ، لم یشکر الخالق " برخود لازم می دانم از زحمات تمامی کسانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده‌اند، به ویژه از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر مصلحی‌تبار که با ایده‌های علمی مرا در انجام این تحقیق راهنمایی نمودند تقدیر و تشکر نمایم. از والدین گرامی‌ام که با دعای خیرشان مرا همراهی کردند واز همسر عزیزم که با تحمل سختی های زندگی راه رسیدن به هدف را برایم هموار ساخت سپاس‌گزاری می‌کنم.

ضمنا از زحمات همکار محترم آقای مهندس قمی که در تدوین پایان نامه مرا یاری کردند و نیز از استاتید گرانقدر آقایان دکتر دیلمی و دکتر خسرو شاهی که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند کمال تشکر را دارم.

چکیده

در این تحقیق کنترل ارتعاشات مخازن ذخیره مایع جداسازی شده بررسی می‌شود.یکی از روشهای محافظت مخازن در برابر زلزله ،جداسازی پایه می باشد. البته تحقیقات انجام شده نشان می دهد که در صورت استفاده از این روش به دلیل وقوع تغییرشکل های بزرگ در پایه ، ارتفاع تلاطم مایع افزایش می‌یابد. ومخزن بعلت تلاطم شدید مایع دچار آسیب دیدگی می‌شود. مخزن کوتاه ومخزن با ارتفاع متوسط در نرم افزار ABAQUS مدل شدند وبا شرایط مختلف پایه تحت تحریک زلزله مورد تحلیل قرار گرفتند. تا ثیر پارامترهای جداساز (سختی و میرایی) را برپاسخ لرزه‌ای مخزن شامل نیروی برشی پایه ،تغییرمکان پایه ،ارتفاع تلاطم مایع، تغییرشکل شعاعی بدنه مخزن و تنش بدنه مخزن بررسی شد. در ادامه میراگر ویسکوز به سیستم جداساز نوع لاستیکی- سربی [1](LRB) اضافه شد و تاثیر میراگر ویسکوز بر پاسخ لرزه‌ای مخزن جداسازی شده بررسی شد.

براساس نتایج با جداسازی لرزه ای تنش های بدنه، نیروی برشی پایه و تغییر شکل بدنه به مقدار قابل توجهی کاهش میابد ولی اگر میرایی جداساز کم باشد، تغییر مکان پایه و ارتفاع تلاطم افزایش می‌یابد، با افزایش سختی جداساز تغییرمکان پایه کاهش می‌یابد ولی نیروی برشی پایه ، تنش بدنه مخزن و ارتفاع تلاطم مایع افزایش می‌یابد، ، ازاینرو روش بهتر برای کنترل تغییرمکان پایه افزودن حدود ۱۰تا ۱۵ درصد میرایی ویسکوز به سیستم است که با این روش علاوه بر تغییرمکان پایه ،ارتفاع تلاطم حدود 10 تا ۱۷ درصد کاهش میابد ودیگر پارامترهای نیز بمقدار ۲تا ۱۳ درصدکاهش می‌یابند.

کلمات کلیدی :مخزن ذخیره مایع، ارتفاع تلاطم ، جداسازی لرزه‌ای، پاسخ لرزه‌ای، میراگر

[1] Lead Rubber Bearing

فهرست مطالب

فصل اول ۱

مقدمه ۱

۱-۱ پیشگفتار ۲

۱-۲ اهداف پژوهش ۳

۱-۳ ساختار پژوهش ۳

فصل دوم ۴

مروری بر پیشینه‌ی تحقیق ۴

۲-۱ مقدمه ۴

۲-۲ رفتار لرزه‌ای مخازن جداسازی نشده ۶

۲-۲-۱ پدیده بلندشدگی در مخازن فولادی استوانه‌ای ۶

۲-۲-۲ بررسی اثر نسبت ارتفاع به قطر و اثر پرشده‌گی بررفتار لرزه‌ای مخازن مهارنشده [۲] ۱۰

۲-۲-۳ جمع بندی ۱۲

۲-۳ رفتار لرزه‌ای مخازن جداسازی شده ۱۳

۲-۳-۱ فرمولبندی لرزه ای مخزن مایع جداسازی شده روی فونداسیون صلب ۱۳

۲-۳-۱-۱ فرمول بندی BEM در حوزه زمان ۱۴

۲-۳-۱-۲ فرمولبندی FEM برای قسمت سازه ۱۵

۲-۳-۱-۳ معادله حرکت سیال-سازه با پایه فیکس ۱۶

۲-۳-۱-۴ مخزن ذخیره مایع جداسازی شده برروی فونداسیون صلب ۱۶

۲-۳-۲ بررسی پاسخ لرزه‌ای مخازن جداسازی شده ۱۷

۲-۳-۲-۱ تغییرمکان نسبی بین کف سازه و زمین ۱۷

۲-۳-۲-۲ نیروی برشی پایه ۲۸

۲-۳-۲-۳ تغییرمکان سطح مایع (تلاطم) ۳۳

۲-۳-۲-۴ تغییرمکان شعاعی دیواره مخزن ۳۹
۲-۳-۲-۵ توزیع فشار هیدرودینامیک لرزه‌ای ۴۲
۲-۳-۳ ضرورت تحقیق و اهداف ۴۴
فصل سوم ۴۵
ایجاد مدل المان محدود ۴۵
۳-۱ کلیات ۴۵
۳-۲ معرفی نرم افزار ABAQUS ۴۶
۳-۳ ایجاد مدل بدنه مخزن ذخیره ۴۷
۳-۴ مدلسازی سیال و اندرکنش سیال و سازه ۴۸
۳-۵ جداسازی لرزه‌ای ۵۱
۳-۵-۱ جداسازی لرزه‌ای با تکیه‌گاههای سربی-لاستیکی ۵۱
۳-۵-۲ مدل سازی دو خطی نشیمنهای جداساز ۵۴
۳-۵-۲ مدل سازی دو خطی نشیمنهای جداساز ۵۶
۳-۶ مراحل تحلیل ۵۷
۳-۷ صحت سنجی ۵۸
فصل چهارم ۶۳
تحلیل المان محدود و مطالعه پارامتری ۶۳
۴-۱ مقدمه ۶۴
۴-۲ مخزن کوتاه ۶۴
۴-۲-۱ انواع شرایط تکیه‌گاهی مورد تحلیل ۶۴
۴-۲-۲ بررسی تاثیر سختی و میرایی جداساز بر پاسخ لرزه‌ای مخزن کوتاه ۶۶
۴-۲-۲-۱ بررسی تاثیر سختی و میرایی جداساز بر نیروی برش پایه مخزن کوتاه ۶۶

۴-۲-۲-۲ بررسی تاثیر سختی و میرایی جداساز بر تغییرمکان پایه مخزن کوتاه ۷۰
۴-۲-۲-۳ بررسی تاثیر سختی و میرایی جداساز بر ارتفاع تلاطم سیال پایه مخزن کوتاه ۷۲
۴-۲-۲-۴ بررسی تاثیر سختی و میرایی جداساز بر تغییرسکل شعاعی بدنه مخزن کوتاه ۷۴
۴-۲-۲-۵ بررسی تاثیر سختی و میرایی جداساز بر تنش بدنه مخزن کوتاه ۷۹

۴-۲-۳ بررسی تفاوت پاسخ لرزه‌ای مدل مخزن با جداساز دو خطی با با مدل جداساز خطی با سختی ومیرایی معادل ۸۸
۴-۲-۴ بررسی تاثیر پارامترهای جداساز دوخطی بر پاسخ لرزه‌ای مدل مخزن ۹۲
۴-۲-۵ بررسی تاثیر اضافه نمودن میراگر ویسکوز به سیستم جداساز لرزه‌ای برپاسخ لرزه‌ای مخزن کوتاه ۹۷
۴-۲-۵-۱ تاثیر میراگر ویسکوز بر تغییرمکان پایه جداساز ۹۷
۴-۲-۵-۲ تاثیر میراگر ویسکوز بر ارتفاع تلاطم سیال ۱۰۲
۴-۲-۵-۳ تاثیر میراگر ویسکوز بر حداکثر نیروی برشی مخزن کوتاه ۱۰۶
۴-۲-۵-۴ تاثیر میراگر ویسکوز بر حداکثر تنش بدنه ناشی از زلزله ۱۰۸
۴-۲-۵-۵ نتیجه گیری کلی از تاثیر میراگر ویسکوز بر پاسخ لرزه‌ای ۱۰۹
۴-۲-۶ نتیجه گیری کلی پاسخ لرزه‌ای مخزن کوتاه ۱۱۰
۴-۳ مخزن متوسط ۱۱۱
۴-۳-۱ انو اع شرایط تکیه گاهی مورد تحلیل ۱۱۲
۴-۳-۲ بررسی تاثیر سختی و میرایی جداساز بر پاسخ لرزه‌ای مخزن متوسط ۱۱۲
۴-۳-۲-۱ بررسی تاثیر سختی جداساز بر نیروی برشی پایه مخزن متوسط ۱۱۲
۴-۳-۲-۲ بررسی تاثیر سختی جداساز بر تغییرمکان پایه مخزن ۱۱۴
۴-۳-۲-۳ بررسی تاثیر سختی جداساز بر ارتفاع تلاطم سیال مخزن متوسط ۱۱۷
۴-۳-۲-۴ بررسی تاثیر سختی جداساز بر تنش بدنه مخزن متوسط ۱۱۹
۴-۳-۳ بررسی تاثیر اضافه نمودن میراگر ویسکوز به سیستم جداساز لرزه‌ای برپاسخ لرزه‌ای مخزن متوسط ۱۲۳
۴-۳-۳-۱ تاثیر میراگر ویسکوز بر تغییرمکان پایه جداساز مخزن متوسط ۱۲۳
۴-۳-۳-۲ تاثیر میراگر ویسکوز بر ارتفاع تلاطم سیال ۱۲۶

۴-۳-۳-۳ تاثیر میراگر ویسکوز بر نیروی برشی پایه مخزن متوسط ۱۳۰
۴-۳-۳-۴ تاثیر میراگر ویسکوز بر حداکثر تنش بدنه ناشی از زلزله ۱۳۲
۴-۳-۳-۵ نتیجه گیری کلی از تاثیر میراگر ویسکوز بر پاسخ لرزه‌ای مخزن متوسط ۱۳۴
۴-۳-۴ نتیجه گیری کلی پاسخ لرزه‌ای مخزن متوسط ۱۳۴
۴-۴ مقایسه پاسخ لرزه‌ای مخزن متوسط و مخزن کوتاه ۱۳۵
۴-۴-۱ انو اع شرایط تکیه گاهی مورد تحلیل ۱۳۵
۴-۴-۲مقایسه تاثیر سختی جداساز بر پاسخ لرزه‌ای مخزن متوسط و کوتاه..... ۱۳۶
۴-۴-۳مقایسه تاثیر اضافه نمودن میراگر ویسکوز به سیستم جداساز لرزه‌ای برپاسخ لرزه‌ای مخزن کوتاه و متوسط..... ۱۴۵

فصل پنجم ۱۴۷
نتیجه گیری ۱۴۷
۲-۱ نتایج ۱۴۷
۲-۲ پیشنهاد برای ادامه تحقیق ۱۵۰
مراجع ۱۵۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

رفتار دینامیکی مخزن ذخیره مایع بعنوان سازه مخصوص، متفاوت با دیگر سازه‌ها است. شکل استوانه این سازه های مهم برای ذخیره تولیدات حیاتی از قبیل مواد نفتی برای شهرها و تجهیزات صنعتی استفاده می‌شود . تخریب این سازه ها در حین زلزله قوی باعث آتش سوزی و دیگر حوادث خطرناک می‌شود . در دهه گذشته تعدادی زلزله قوی از قبیل ۱۹۹۰ فلیپین ۱۹۹۴ آمریکا ۱۹۹۵ ژاپن رخ داده که باعث تخریب شدید در مخازن ذخیره مایع شده است، اغلب این تخریبها از قبیل کمانش مخزن، کمانش سقف، و بلند شدگی مخزن بعلت فشار هیدرو دینامیک وارده به دیواره مخزن می باشد. بنابر این تحلیل لرزه ای به منظور محاسبه فشار هیدرودینامیک و روشهای کاهش تخریب انجام می‌شود .

در اولین مرحله تحلیل فرض شد که دیواره مخزن و فونداسیون صلب است. هازنر[۱] [۱] با این فرض فشار هیدرودینامیک وارده به بدنه مخزن به دو قسمت تقسیم می‌شود، ۱- فشار ضر به ای حاصل از شتاب جرم مایع به علت شتاب زمین ۲- فشار انتقالی ناشی از تلاطم(تغییر مکان سطح سیال) .در سال ۱۹۶۴ زلزله آلاسکا باعث خرابی زیادی بروی مخازنی که روی زمین تکیه داده شده بودند شد. این زلزله اهمیت انعطاف پذیری بدنه مخزن در تقویت قسمت ضربه‌ای فشار هیدرو دینامیک را نشان داد. هارن[۲] و الاتی[۳] [۲]در

---

[۱] Housner

[۲] Haroun

[۳] Ellaithy

سال ۱۹۸۵ با کاربرد نتایج تحلیل عددی، مدلی قبلی هازنر را با اضافه کردن اثر انعطاف پذیری بدنه توسعه دادند. تحلیلهای دیگری برای رفتار دینامیکی مخزنهای پر از مایع تحت تحریک افقی پایه توسط ولتسوز[۴] و تانگ[۵] [۳] انجام شد، تعدادی محقق در سالهای ۱۹۹۸و۲۰۰۴ پاسخ مخزنهای که بصورت جزئی پر شده اند با در نظر گرفتن تقابل مایع- سازه بررسی کردنند. مراحل طراحی لرزه ای مخزنهای بلند با در نظر گرفتن تکینک های هم مکانیکی و هم المان محدود توسط لی‌واگلو[۶] و دوگانگو[۷] [۴] در سال ۲۰۰۶ آزمایش شدند. همچنین پاسخ لرزه ای مخزن پر از لایه های مایع با ملاحظه تلاطم مخصوصا برای مخزنهای صلب توسط ولتسوز [۵] تحقیق شده است .همچنین دامنه تلاطم مخزن مایع با دیواره صلب توسط هارون[۶] تحقیق شده است، تعدادی حل عددی و تحلیلی با در نظر گرفتن اندرکنش مایع – سازه و انعطاف پذیری بدنه توسط هارون و هازنر [۷] انجام شده است.

طراحی لرزه‌ای مخازن ذخیره مواد نفتی مطابق استانداردAPI650_ APPE NDIX E [۸]انجام می‌شود که شامل موارد ذیل می‌باشد:

این ضمیمه حداقل الزامات برای طراحی مخازن ذخیره فولادی را که تحت لرزش زمین قرار میگرند، را عرضه می‌کند.هدف اساسی برای طراحی لرزه ای در این ضمیمه حفاظت از حیات و جلو گیری ازتخریب فاجعه آفرین مخزن است .کاربرد این استاندارد دلالت نمی‌کند که آسیب روی مخزن و اجزاء مربوطه آن درهر زلزله ای رخ نخوا هد داد.

الزامات حرکت زمین در این ضمیمه از استانداراد ACSE 7 که براساس حداکثر حرکت زمین با احتمال ۲ درصد در دوره بازگشت ۵۰ سال(یا هر ۲۵۰۰ سال یکبار) می باشد، استخراج شده است.

مرحله طراحی شبه دینامیکی موجود در این ضمیمه براساس روش تحلیل طیف پاسخ با در نظر گرفتن دو مد طیف پاسخ مخزن شامل مولفه ضربه ای و مولفه انتقالی می باشد .تحلیل دینامیکی مورد نیاز این ضمیمه نمی باشد.نیرو جانبی معادل و گشتاور واژگونی معادل برای تعیین پاسخ حرکت جانبی جرم بکار می رود.مقررات شامل پایداری مطمئن پوسته مخزن در مقابل واژگونی و مقاومت کمانشی در برابر فشار طولی می باشد.

---

[۴] Veletsos

[۵] Tang

[۶] Livaglu

[۷] Dogangu

مرحله طراحی موجود براساس ۵ درصد میرائی برای پاسخ به مد ضربه ای و ۰.۵ درصد میرائی برای مد انتقالی می باشد که مخـزن روی زمین با مشخصات خاص قرار می گیرد و مخزنها ی که روی اسکلت قرار می گیرند و طراحی لرزه ای سقف شناور در محـدوده این ضمیمه نمی باشد.

روش تحلیل دینامیکی که ترکیبی از اندرکنش سیال –سازه و سازه –خاک است می تواند بجای الزامات این ضمیمه استفاده شود.

۱-۲ اهداف پژوهش

هدف این پژوهش کنترل مطلوب ارتعاشات مخازن ذخیره جداسازی شده و مایع درون آن می‌باشد به منظور نیل به ایـن هـدف یـک مخزن ذخیره کوتاه و یک مخزن ذخیره متوسط با مایع درون آنها در نرم افزار ABAQUS مدلسازی شد و پایه مخزن بـا تکیـه‌گـاه های لاستیکی _سربی جداسازی لرزه‌ای شد و پاسخ لرزه‌ای مخزن با سیستم های مختلف جداسازی لرزه‌ای مورد بررسی قرار گرفـت ودر نهایت با اضافه کردن میراگر ویسکوز به سیستم جداساز رفتار لرزه‌ای مخزن بهبود یافت.

۱-۳ ساختار پژوهش

این پایان نامه شامل پنج فصل می‌باشد که رئوس مطالب آن به شرح ذیل می‌باشد:

فصل اول : فصل حاضر می‌باشد که شامل پیشگفتار و اهداف پژوهش و توضیح مختصر مراحل انجام پژوهش می‌باشد.

فصل دوم: مروی بر تحقیقات انجام گرفته در گذشته می‌باشد که ابتدا به بررسی رفتار مخازن جداسازی نشده مـی‌پـردازد و در ادامـه تاثیر سیستم های مختلف جداسازی را پاسخ لرزه‌ای مخازن جداسازی شده که شامل : نیروی برشی پایـه، تغییرمکـان پایـه، ارتفـاع تلاطم و تغییرشکل شعاعی بدنه می‌باشد، را مورد بررسی قرار می‌دهد.

فصل سوم: در این فصل ابتدا روش ایجاد مدل بدنه مخزن در نرم افزار ABAQUS تشریح می‌شود و در سپس مدلسـازی سـیال و اثر متقابل آن با بدنه تشریح می‌شود، و در ادامه توضیح مختصری در مورد جداساز سربی- لاستیکی ارائه شده‌است.

فصل چهارم : در این فصل مدلهای ایجاد شده تحت بارگذاری زلزله‌های طبس و منجیل قرار گرفته‌انـد و تـاثیر پارامترهـای جداسـاز (سختی و میرایی) بر پاسخ لرزه‌ای مخازن جداسازی شده بررسی شده و در نهایت تاثیر اضافه نمـودن میراگـر ویسـکوز بـه سیسـتم جداساز بر بهبود رفتار لرزه‌ای مخازن بررسی شده‌است.

فصل پنجم : در این فصل نتایج حاصل از تحقیق بطور خلاصه آورده شده و پیشنهاد جهت مطالعات بعدی ارائه می‌شود.

فصل دوم

مروری بر پیشینه‌ی تحقیق

۲-۱ مقدمه

مطالعات زیادی روی پاسخ مخازن فولادی استوانه ای روزمینی در حین زلزله صورت گرفته است. در حالیکه مطالعات اولیه توسط ژاکوبس[۱] [۹] و هازنر[۲] [۱] بر روی هیدرودینامیک مایع در یک مخزن صلب متمرکز شده بود، در مطالعات بعدی بوسیله ولتسوز و یانگ[۳][۱۰] ، هارون[۴] و هانز[۷] و دیگران، اثرات اندرکش سازه-مایع و سازه-مایع-خاک برای مخازن کاملا مهار شده بود مورد بررسی قرار گرفت. ولی در واقعیت، مهار شدگی کامل، هیچگاه عملی و امکان پذیر نیست.

به همین دلیل تعداد کثیری از مخازن، مهار نشده و مهار شده ناقص در محل اتصال با خاک می‌باشند. در طی زمین لرزه های شدید این مخازن بلند شدگی جزئی و پاسخی به صورت غیر خطی را تجربه می‌کنند.

مطالعات اخیر روی پاسخ مخازن قرار گرفته روی پی گسترده بتنی صلب نشان می دهد که پدیده بلندشدگی در آنها روی پاسخ لرزه ای بخصوص تنش محوری در کف پوسته مخازن تاثیر بسزایی می‌گذارد. در عمل اکثر مخازن مهار نشده بطور مستقیم یا با واسطه ی یک پی نواری باریک (رینگ) روی خاک انعطاف پذیر واقع می شوند. هنگامیکه این مخازن در معرض زمین لرزه های شدید قرار می‌گیرند ، یک طرف آنها بلند می شود و طرف دیگر آنها در خاک انعطاف پذیر نفوذ می‌کند. بنابراین پاسخ برآیند،کاملا از نوع غیر خطی می‌گردد.خرابی در چنین مخازنی به اشکال مختلف خواهد بود:

- گسیختگی اتصالات لوله با دیواره ی مخزن ، بدلیل بلند شدگی زیاد کف .

---

۱ Jacobsen
۲ Housner
۳ Yange
۴ Haroun

- گسیختگی در محل اتصال کف و پوسته ، بدلیل تنش های اضافی در محل اتصال.
- کمانش دیواره ی مخزن ، بدلیل نفوذهای بیش از حد در خاک.
- گسیختگی لایه های زیرین خاک ، بدلیل نفوذهای بیش از حد در خاک .

مخزنهای مایع برای محافظت در برابر خطرات زلزله ،بگونه ای تقویت می شوند که در زلزله هـای بـزرگ انـرژی زیـادی جـذب کنند. تکنیک دیگر برای این منطور جداسازی پایه است. جداسازی لرزای با نصب تجهیزات جداسازی که سازه را از زمـین جـدا می کند ، اجرا می شود وپاسخ اوج سازه را کاهش می دهد .در این حالت سازه بالائی همانطوریکه کـه انتظـار مـی رفـت تحـت تحریک زلزله قوی رفتار الاستیک دارد. در اولین کوشش برای بررسی این موضوع چالهوب[۱]و کلی [۱۱] ملاحظه کردنند کـه بـه علت جداسازی پایه مخزن مایع پاسخ تلاطم افزایش می‌یابد، درصوتیکه فشار هیدرودینامیک کل و عکس العمل تکیه گاه بطور قابل ملاحظه ای کاهش می‌یابد. همچنین لیگ[۲] وتانگ[۱۲] اثر جداسازی پایه را برتغییرات فشار هیدرودینامیک مشاهده کردند. کیم[۳] و لی[۱۳] یک تست شبه دینامیکی برای ارزیابی کارایی لرزه ای جداسازی پایه مخزن مایع بکار بردند. مـالهوترا[۴] [۱۵] بـا استفاده از مد ل جرم و توده و میله برای بیان سیستم مخزن مایع ،اثر جداسازی پایه مخزن بر پاسـخ لـرزه ای مخـزن عمـودی مایع را مشاهده کرد. و اثرات جداسازی پایه را بر اجزاء ضربه ای وانتقالی فشار بـرای دو مخـزن پهـن و باریـک بررسـی کـرد. وهمچنین یک طرح جدید جداسازی که دیوار بصورت غیر پیوسته با رینگ انعطاف پذیر به ورق پایه متصل است ارائه کـرد، او از مدل دو درجه آزادی برای بیان ارتعاش موجی و جنبشی مخزن تحت بارهای افقی استفاده کرد. شـنتان و هـامپتن [۵] [۱۶] یـک حل تحلیلی فرضی با سه درجه آزادی برای بررسی اثرجداسـازی پایـه مخـزن مـایع بـر پاسـخ لـرزه ای ارئـه کردنـد. جـادو و جانگید[۶][۱۷] پاسخ لرزه ای مخزن مایع را که با تکیه گا ه الاستومتری وسیستم لغزشی جداسازی شده تحت زلز له واقعی بررسی کردند. جرم پیوسته مایع بعنوان جرم تلاطم ،ضربه و توده صلب مدل شد. این مدل اخیرا برای تست پاسخ مخزن جداسازی شده مایع تحت حرکت زمین نزدیک گسل توسط جادو [۱۸] استفاده شد. پارامترهای مهم(نسبت تصویر،پریود جداساز،میرایی جداساز) دراین مقاله درنظرگرفته شده است.روشهای عددی برای بررسی اثرات جداسازی پایه بر روی پاسخ مخزن ذخیره مایع توسط کیم و جانگید [۱۹] استفاده شده است.

---

۱ Chalhoub and Kelly ۲ Liag and Tang ۳ Kim and Lee ۴ Malhotra ۵ Hampton and Shenton ۶ Jadhav and Jangid

شریمالی و جانگید[۱] [۲۰] مطالعاتی بر روی پاسخ مخزن ذخیره مایع تحت تحریک زلزله با درنظر گرفتن اثرات پارامترهای جداسازی انجام دادند وکارایی لرزه ای تکیه گاهای مختلف با میرایی رابررسی کردند سپس روی تکیه گاه نوع FPS تمرکز کردند واثرات وابستگی ضریب اصطکاک بر سرعت لغزشی واثرات متقابل آن درصفحه افقی را تحقیق کردند. همچنین شاکری [۲۲] و کیم[۱۹] ،[۲۳] روشهای عددی از قبیل المان محدود FEM و المان مرزی BEM را برای بررسی اثرات سیستم جداساز بر روی پاسخ مخزن ذخیره مایع مورد استفاده قرار داده اند.

کارایی تکیه گاهای الاستومتری و تقویت شده با فیبر بطور تجربی بوسیله چالهوب وکلی[۲] [۱۱] تحقیق شده است، نتایج تحقیقات معلوم کرد که تکیه گاهای الاستومتری می تواند بااطمینان پاسخ لرزه ای مخزن را کاهش دهد.

در سالهای اخیرازآنجاکه پریود جداساز مستقل ازارتفاع ذخیره است، بیشتر توجهات به سمت تکیه گاه اصطکاکی آونگی (FPS) می باشد. ونگ[۳] [۲۵] و زیاس [۲۶] مزایای سیستم مذکور (FPS)را برای مخزن ذخیره مایع بررسی کردند .اگرچه پریند سیستم جداساز (FPS) مستقل ازارتفاع ذخیره است،نیروی پس داده و میرایی سیستم جداساز تابعی از نیروی محوری هست که در طول تحریک زلزله تغییر می‌کند.این تغییر میتواند مخصوصا برای مخزنها با نسبت تصویربالا و مخزنهای که تحت تحریک شتاب عمودی قرار میگرند محسوس باشد.

سازه های جداسازی شده میتواند تحت حرکت زمین با پریود بالا مورد تهدید قرار گیرد که اثرات لرزش گسل نزدیک بر مخازن مایع توسط جادو و جانگید[۱۸] گزارش شده است،آنها اثرات پارامترهای سیستم جداسازپایه وسازه فوقانی را برای مطالعه مخزن جداسازی مایع تحت تحریک گسل نزدیک با پریود بلند ، در نظرگرفتند.

۲-۲ رفتار لرزه‌ای مخازن جداسازی نشده

۲-۲-۱ پدیده بلندشدگی[۴] در مخازن فولادی استوانه‌ای

اثر پارامترهای متعددی چون هندسه ی مخازن ، انعطاف پذیری خاک زیر مخزن و شتاب نگاشت های مختلف را روی پدیده ی بلند شدگی توسط آرش حسنی خواه و علی بخشی [۱۰] مورد بررسی قرار گرفته است.

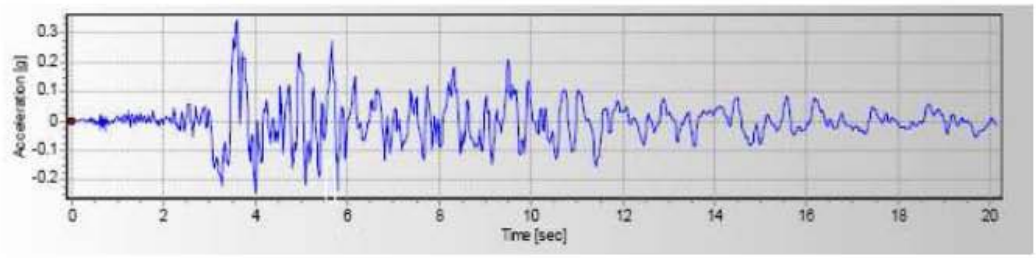
---

۱ Shrimali and Jangid
۲ Chalhoub and Kelly
۳ Wang and Zayas
۴ Uplift

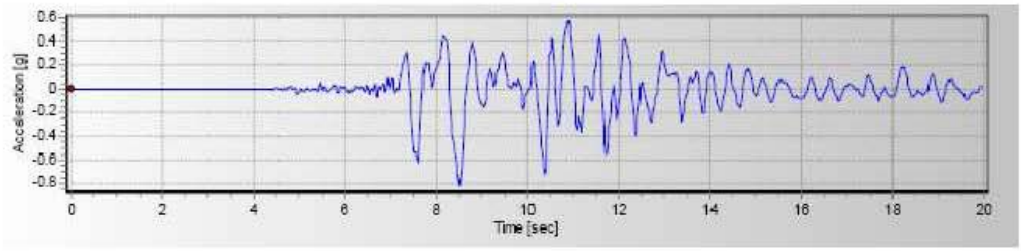
با نرم افزار ABAQUS سه مخزن عریض ، متوسط و بلند با نسبت های ابعادی متفاوت مدل شده است .مخزن عریض دارای ارتفاع ۱۲ متر و قطر ۳۲ متر (نسبت ارتفاع به قطر = ۰/۳۳) ، مخزن متوسط دارای ارتفاع ۱۵ متر و قطر ۲۰ متر (نسبت ارتفاع به قطر = ۰/۷۵) و مخزن بلند دارای ارتفاع ۲۱ متر و قطر ۱۴ متر (نسبت ارتفاع به قطر = ۱/۵) می باشد. ضخامت پوسته وکف درهر سه مخزن یکسان و برابر ۲۵ میلی متر می باشد و ضمنا ۱۰ در صد ارتفاع مخزن خالی بوده و بقیه پر آب می باشد.

تحریکات زمین لرزه

هر سه مخزن تحت تحریک دو زلزله یکی مولفه ی شمال – جنوب نورثریج با بیشینه شتاب زمین برابر ۰/۳۴ g و دیگری مولفه شمال – جنوب زلزله ی کوبه با بیشینه شتاب زمین برابر ۰/۸۲ g قرار گرفته‌اند ،که شتاب نگاشتها و ایستگاه مربوط به آنها در اشکال ۲-۱ و ۲-۲ نشان داده شده است . البته باید متذکر شد که تمامی تحلیلها در یک بازه ی ۱۰ ثانیه ای بامقادیر بیشینه ی شتاب صورت گرفته است .



شکل ۲-۱ شتاب نگاشت مولفه شمال-جنوب زلزله نورثریج ۱۹۹٤ [۱۰]

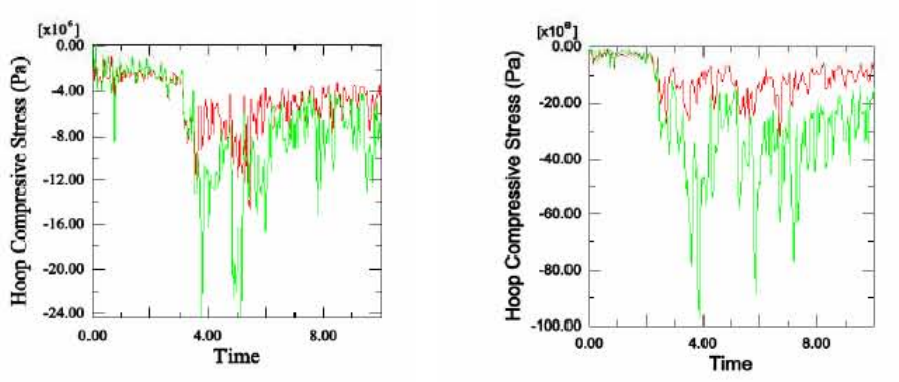


شکل ۲-۲ شتاب نگاشت مولفه شمال-جنوب زلزله کوبه ۱۹۹۵[۱۰]

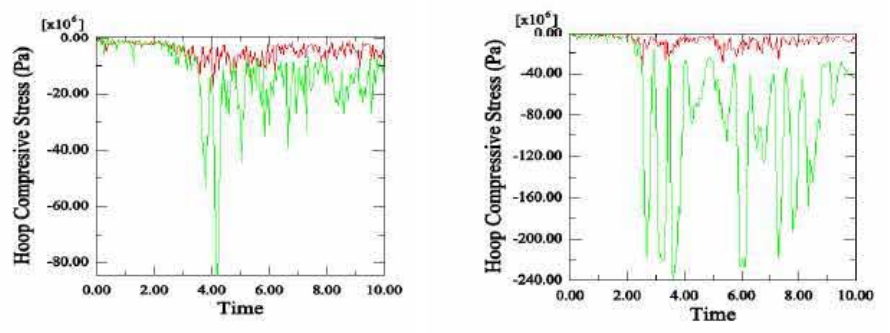
پاسخ مخازن مهار شده و مهارنشده شامل تنش فشاری محوری و حلقوی وتغییرمکان تلاطم و بلندشده‌گی درشـکلهای ۲-۳تا ۲-۶ و جدول ۲-۱ آورده شده است.

جدول ۲-۱ تنش فشاری و حلقوی مخازن مهار شده و مهار نشده

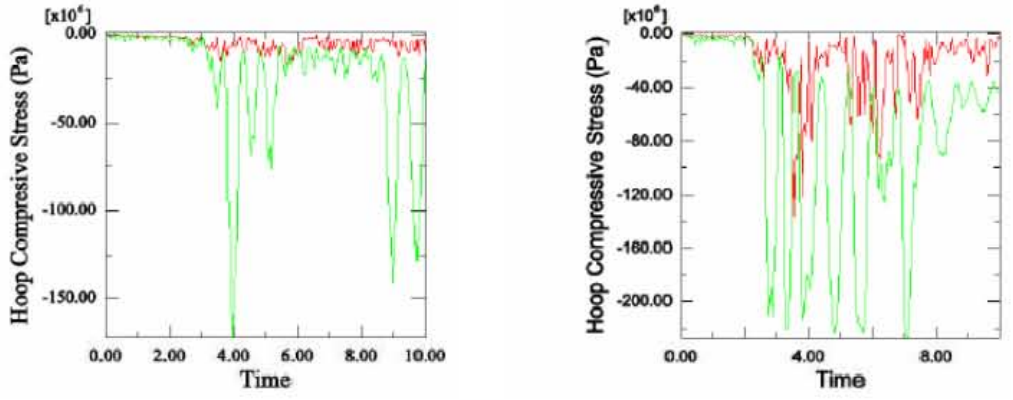
پاسخ	مخزن	کوتاه H/D=0.33	متوسط H/D=0.75	بلند H/D=1.5
تنش فشاری حلقوی(Mpa)	مهارنشده	98	240	225
	مهار شده	25	30	128
تنش فشاری محوری(Mpa)	مهارنشده	47	62	59
بلندشده‌گی (cm)	مهارنشده	21	53	21
تغییرمکان تلاطم(cm)	مهارنشده	22	80	100
	مهار شده	20	50	60



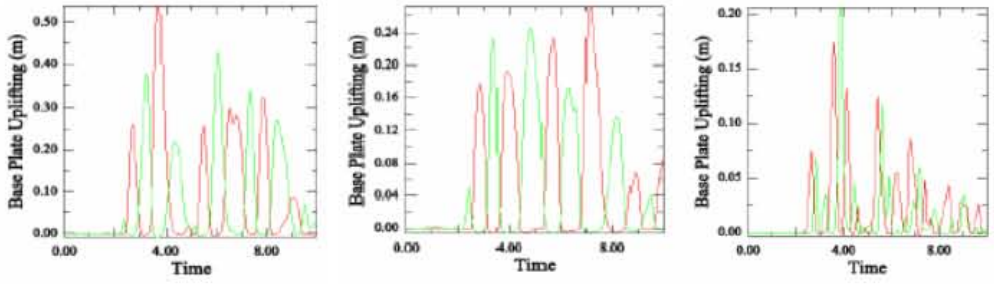
شکل ۲-۳ تنش فشاری حلقوی دیواره مخازن عریض مهار نشده (خط سبز)ومهارشده(خط قرمز)تحت زلزله کوبه (راست)ونورثریج(چپ) [۱۰]



شکل ۲-٤ تنش فشاری حلقوی دیوراه مخازن متوسط مهار نشده (خط سبز)ومهارشده(خط قرمز)تحت زلزله کوبه (راست)ونورثریج(چپ) [۱۰]



شکل ۲-۵ تنش فشاری حلقوی دیوراه مخازن بلند مهار نشده (خط سبز)ومهارشده(خط قرمز)تحت زلزله کوبه (راست)ونورثریج(چپ) [۱۰]



شکل ۲-٦ تغییرمکان فائم نقاط چپ (قرمز)وراست(سبز)، کف مخزن عریض (راست) ،متوسط (وسط)و بلند(چپ) [۱۰]

تاثیر انعطاف پذیری خاک روی پدیده ی بلند شدگی

با افزایش انعطاف پذیری خاک (کاهش مدول الا ستیسیته ی خاک) از مقدار ۲/۵۰ گیگا پاسکال به ۰/۲۵ گیگا پاسکال مقاومت در مقابل پدیده ی بلند شدگی کاهش ومقدار بلند شدگی صفحه کف افزایش می یابد . همچنین این افزایش موجب تـنش هـای فشاری حلقوی در دیواره ی مخازن می‌گردد.

جدول ۲-۲ درصدافزایش تنش فشار حلقوی وبلندشدگی وکاهش تنش فشاری محوری ناشی از افزایش انعطاف پذیری خاک

بلند	متوسط	کوتاه	مخزن	پاسخ
٪۵	٪۱۵	٪۸۰	مهارنشده	تنش فشاری حلقوی(Mpa)
٪۵	٪۱۲	٪۲۰	مهارنشده	بلندشده‌گی (cm)
٪-۳۵	٪-۱۵		مهارنشده	تنش فشاری محوری(Mpa)

۲-۲-۲ بررسی اثر نسبت ارتفاع به قطر و اثر پرشده‌گی بررفتار لرزه‌ای مخازن مهارنشده [۲۷]

به منظور بررسی اثر افزایش نسبت ارتفاع به قطر بر عملکرد لرزه ای مخازن مهار نشده مدل های با H/D متفاوت (۰/۹۶ ، ۰/۶۳ ،۰/۳۵ ،۰/۴۴ ،۰/۳۴) جدول ۲-۳ با در صد پرشدگی ثابت مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

جدول۲-۳ مشخصات هندسی مخازن[۲۷]

نام مخزن	قطر مخزن (m)	ارتفاع مخزن (m)	محدوده ضخامت پوسته دیواره (mm)	ضخامت ورق کف (mm)
T۳۴	۴۳/۸	۱۴/۷۵	۸-۲۵	۶
T۴۴	۳۳/۵	۱۴/۷۵	۶-۱۸	۶
T۵۳	۲۷/۵	۱۴/۷۵	۶-۱۲	۶
T۶۲	۱۹/۵	۱۲/۲۵	۶-۱۲	۶
T۹۶	۷/۶	۷/۳۵	۶	۶

نمودار شکل (۲-۷) نشان دهنده تغییرات بلند شدگی مخازن بر حسب H/D تحت اثر زلزله های ورودی هفت گانه هم پایه شده به ۰/۴ g می باشد. همانگونه که در این تصویر مشاهده می شود، بازای بیشینه شتاب ۰/۴ g ، بلند شدگی پوسته تنها در مخازن با نسبت ارتفاع به قطر بزرگتر از ۰/۶ قابل توجه است . همچنین همان گونه که در شکل (۲-۸) مشاهده می شود ،