بسم الله الرحمن الرحيم

٩٣٢٧٢

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی مهندسی
گروه سازه های هیدرولیکی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران

آنالیز لرزه‌ای مخازن زمینی جداسازی شده با در نظر گرفتن اندرکنش سیال و سازه

محمد رضا شکاری مهرآبادی

استاد راهنما :
دکتر ناصر خاجی

استاد مشاور :
دکتر محمد تقی احمدی

۱۳۸۷/۲/۵

زمستان ۸۶

۹۳۲۶۲

۱۹۷۵۶

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

آقای محمدرضا شکاری پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان آنالیز لرزه ای مخازن زمینی جداسازی شده بادرنظر گرفتن اندرکنش سیال وسازه** در تاریخ ۱۳۸٦/۱۱/۱۳ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – سازه های هیدرولیکی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر ناصر خاجی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر محمد تقی احمدی	استاد	
استاد ناظر	دکتر علی اکبر آقا کوچک	استاد	
استاد ناظر	دکتر افشین کلانتری	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر علی اکبر آقا کوچک	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

۹۳۲۷۲

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی عمران است که در سال ۱۳۸۶ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ناصر خاجی ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر محمدتقی احمدی و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب محمدرضا شکرریز مهرآبادی دانشجوی رشته مهندسی عمران مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: محمدرضا شکرریز مهرآبادی

تاریخ و امضا:

۸۶/۱۱/۲۰

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

۸۶/۱۰/۲۶

تقدیم به :

پدر فداکار

و

مادر مهربانم

تشکر و قدردانی :

اکنون که به یاری خداوند متعال موفق به انجام تحقیق حاضر گشته ام، بر خود لازم می دانم که از زحمات بی شائبه اساتید محترم، جناب آقای دکتر ناصر خاجی که راهنمایی و جناب آقای دکتر محمد تقی احمدی که مشاوره پایان نامه را بعهده داشتند و در طول تحقیق از راهنماییها و حمایتهای ایشان بهره مند بودم، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

همچنین از آقایان دکتر علی اکبر آقا کوچک و دکتر افشین کلانتری که زحمت داوری تحقیق حاضر را قبول نمودند تشکر می نمایم. در ضمن از کلیه دوستان بخصوص آقایان دکتر قاسم دهقانی و مهندس مهدی میرزایی که در طول دوره انجام پایان نامه اینجانب را راهنمایی نمودند تشکر می نمایم و توفیق روز افزون همه این عزیزان را از خداوند متعال خواستارم.

چکیده :

مخازن نگهداری سیالات به عنوان سازه های ویژه از نظر رفتار دینامیکی متفاوت از سازه های معمولی عمل می کنند. این سازه های پر اهمیت جهت نگهداری سیالات مورد نیاز شهرها و صنایع مختلف، نظیر مواد نفتی مورد استفاده قرار می گیرند. هدف از تحقیق حاضر تعمیم دادن الگویی عددی جهت آنالیز لرزه‌ای مخازن زمینی استوا نه ای در حالات جداسازی شده و مقایسه با حالت گیرداری کف می باشد. کل سیستم از دو قسمت عمده تشکیل می شود : روسازه با در نظر گرفتن اندرکنش سیال و سازه، سیستم جداساز لرزه‌ای. آنالیز دینامیکی مخزن از طریق کاربرد المان های محدود با رفتار پوسته‌ای برای مدل سازی سازه مخزن و المان های مرزی داخلی برای مدل سازی سیال مخزن انجام می شود. با کاربرد المان های مرزی می توان ماتریس جرم معادل سیال را تشکیل داد که با ترکیب ماتریس مذکور و ماتریس جرم سازه می توان حرکت دینامیکی سیستم سیال ـ سازه را آنالیز نمود. نهایتا می توان معادله حرکت سیستم را با جداساز لرزه‌ای با خصوصیات دینامیکی مشخص تحلیل کرد. برای مدل سازی سیستم جداساز از اعضاء جداساز با رفتار سختی دو خطی استفاده می شود. مطالعات پارامتریک جهت مشخص نمودن کارایی سیستم های جداساز جهت جداسازی لرزه‌ای مخازن انجام می شود. این پارامتر ها عبارتند از : نسبت ظاهری مخزن، سختی جداساز و جنس دیواره مخزن. مطالعات نشان می دهد که با افزایش ارتفاع مخزن جداسازی مفیدتر می باشد و در مخازن صلب نسبت به مخازن انعطاف پذیر کاهش پاسخ چشمگیرتر است. همچنین کاربرد جداساز های انعطاف پذیر نسبت به جداسازهای سخت کارآمدتر می باشد. علیرغم محاسن ذکر شده، عمل جداسازی باعث افزایش ارتفاع امواج سطحی بخصوص در مخازن مرتفع می شود.

کلمات کلیدی : پاسخ لرزه‌ای، مخازن جداسازی شده ذخیره مایعات، اندرکنش سیال و سازه، المان های مرزی، المان های محدود

فصل اول : مقدمه

۱-۱- مقدمه و ضرورت مطالعه ۱
۱-۲- اهداف مطالعه حاضر ۴

فصل دوم : مروری بر تاریخچه تحقیقات انجام شده

۲-۱- مروری بر تاریخچه مطالعات انجام شده در زمینه مخازن ذخیره سیال ۵
۲-۱-۱- مدل هاوسنر ۶
۲-۱-۲- مدل ولتسوس ۱۰
۲-۲- بررسی آیین نامه های مخازن ۱۵
۲-۲-۱- آیین نامه مخازن ایران ۱۵
۲-۲-۲- آیین نامه API ۱۸
۲-۲-۳- آسیب پذیری مخازن در طی زلزله های گذشته ۱۸

فصل سوم : معرفی روابط پایه

۳-۱- مقدمه ۲۲
۳-۲- معادلات حاکم بر رفتار سیال ۲۲
۳-۲-۱- قانون بقاء جرم ۲۳
۳-۲-۲- معادله حرکت ۲۴
۳-۳- شرایط مرزی جهت حل معادله لا پلاس ۲۷
۳-۴- فرکانس های طبیعی تلاطم سیال و نوسانات پوسته مخزن ۲۸
۳-۵- فرکانس اصلی ارتعاش آزاد سیال- سازه ۲۹

فصل چهارم : روش المان های مرزی

۴-۱- مقدمه ۳۰
۴-۲- روش المان های مرزی ۳۰
۴-۳- استخراج فرمولاسیون BEM برای قلمرو دلخواه ۳۲
۴-۴- آنالیز انتگرال حل اساسی و مشتق آن در فضای برداری ۳۵
۴-۵- روش المان مرزی ۳۶
۴-۶- روش BEM در قلمرو زمان و فرکانس ۳۷
۴-۷- استخراج فرمولاسیون BEM برای قلمرو مخزن در حوزه فرکانس ۳۹
۴-۸- برنامه نویسی BEM برای قلمرو مخزن ۴۰

۴-۸-۱- مساله انتقال حرارت ۴۱
۴-۸-۲- اعمال بارهارمونیک ۴۲

فصل پنجم : سیستم های جداساز لرزه‌ای و اندرکنش آب و سازه

۵-۱- مقدمه ۴۴
۵-۲- فرضیات اساسی بکار گرفته شده ۴۴
۵-۳- استخراج فرمولاسیون FEM برای مدل سازی سازه مخزن ۴۵
۵-۳-۱- فرمولاسیون FEM سازه مخزن در قلمرو زمان ۴۵
۵-۳-۲- فرمولاسیون FEM سازه مخزن در قلمرو فرکانس ۴۷
۵-۴- حل ترکیبی معادلات حاکم بر BEM – FEM در قلمرو فرکانس ۴۸
۵-۵- جداسازی مخزن از پایه ۵۰
۵-۶- معرفی انواع سیستمهای ایزوله ۵۰
۵-۶-۱- جدا کننده های لرزه‌ای حاوی لاستیک ۵۱
۵-۶-۲- استخراج فرمولاسیون مخزن جداسازی شده ۵۴
۵-۶-۳- فرمولاسیون کل سیستم در حالت دو درجه آزادی ۵۵
۵-۶-۴- ضوابط آئین نامه ای جهت جداسازی لرزه‌ای ۵۶
۵-۷- مدل سازی سازه مخزن و کنترل صحت سنجی در حالات مختلف ۵۷
۵-۷-۱- صحت سنجی برنامه اندرکنش سیال- سازه ۵۷
۵-۷-۲- صحت سنجی پاسخ سازه‌ایزوله شده ۶۰

فصل ششم : مطالعات پارامتریک

۶-۱- کلیات ۶۲
۶-۲- معرفی سیستم ۶۲
۶-۳- انتخاب بار متغیر با زمان ۶۴
۶-۴- مشخصات سیستم جداساز ۶۷
۶-۵- آنالیز حوزه فرکانس ۶۸
۶-۶- آنالیز حوزه زمان ۶۹
۶-۷- بررسی تاثیر جداسازی در حالات مختلف بر پاسخ مخزن ۸۸
۶-۷-۱- تاثیر نسبت ظاهری مخزن ۸۸
۶-۷-۲- تاثیر جداسازی بر امواج سطحی ۸۹
۶-۷-۳- تاثیر جداسازی بر توزیع فشار دینامیکی ۹۱

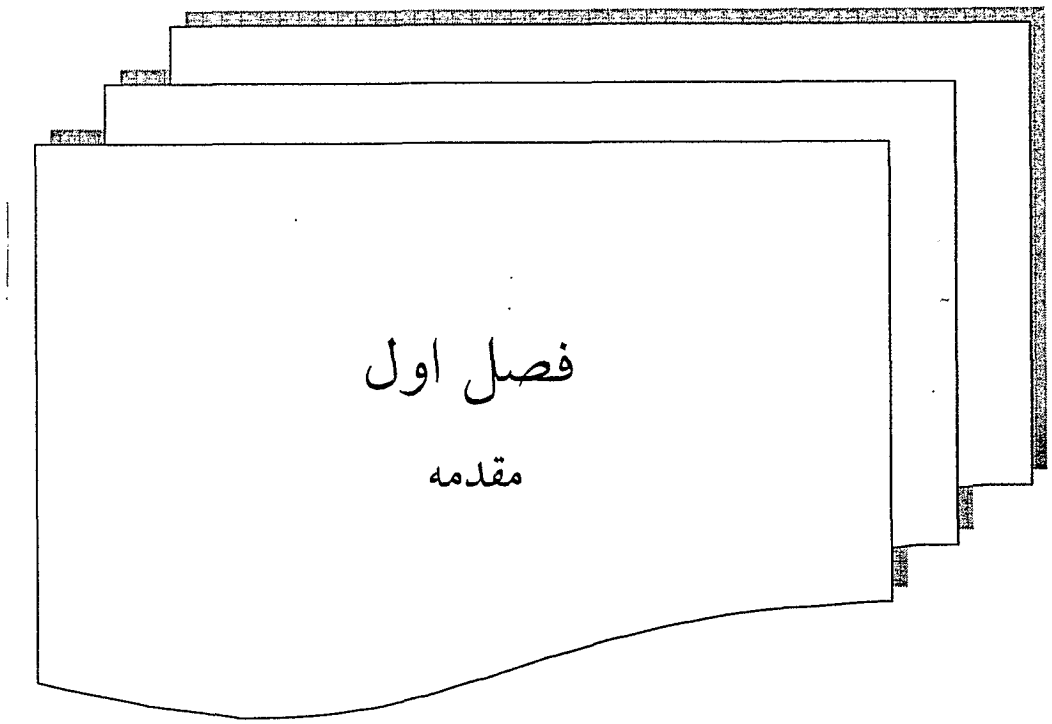
۶-۷-۴- اثرات تغییر مشخصات مکانیکی سیستم جداساز بر پاسخ سیستم ۹۴
۶-۸- تاثیر زلزله با پریود غالب طولانی بر پاسخ مخزن جداسازی شده ۹۵

فصل هفتم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- نتیجه گیری ۱۰۰
۷-۲- پیشنهادات ۱۰۲
فهرست مراجع ۱۰۳

پیوست ها

پیوست (۱) ۱۰۶
پیوست (۲) ۱۱۶



فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه و ضرورت مطالعه

مخازن ذخیره مایعات از جمله سازه های حیاتی و پر اهمیت در جوامع امروزی می باشند که بر حسب وضعیت استقرار خود به سه دسته کلی زمینی، هوایی و مدفون و از نظر جنس عموما به دو نوع مخازن فلزی و بتنی طبقه بندی می شوند.

در این میان مخازن زمینی که معمولا با گنجایش زیاد ساخته می شوند برای ذخیره مایعات متنوعی مثل آب برای مصارف شرب و خاموش کردن آتش، فراورده های نفتی و شیمیایی بکار گرفته می شوند. مخازن ذخیره آب علاوه بر تعدیل نوسانات ساعتی آب فشار لازم جهت شبکه آب رسانی را تامین می کنند. در صورت وجود زمین با ارتفاع زیاد در منطقه مورد نظر جهت آب رسانی، مخزن مستقیما بر روی زمین قرار می گیرد و در صورت عدم وجود ناحیه مرتفع مخازن مزبور جهت ایجاد هد لازم بر روی قابهای مهار بندی شده‌ای قرار می گیرند (مخازن هوایی). آسیب دیدگی مخازن پس از وقوع زلزله علاوه بر زیان اقتصادی ممکن است قطع آب، آتش سوزی های کنترل نشده و اتلاف و نشت مواد شیمیایی آلوده کننده و سمی را بهمراه داشته باشد. با توجه به اهمیت این نوع مخازن اطمینان از عملکرد رضایت بخش آنها طی زمین لرزه های قوی ضروری است.

آسیب دیدگی مخازن ذخیره مایعات تحت تأثیر زلزله های دهه اخیر مثل زلزله ۱۹۹۰ لوزان فیلیپین یا زلزله ۱۹۹۵ کوبه ژاپن، باعث بروز بررسی های تحلیلی و آزمایشگاهی گوناگونی در این زمینه شده است.

اصولا جهت طراحی یک سازه مقاوم در برابر زلزله، بررسی دو عامل از اهمیت زیادی برخوردار است : مشخصات نیروی زلزله (در غالب بیشینه شتاب، مدت زمان تداوم و محتوای فرکانسی) و خصوصیات دینامیکی سیستم.

بسیاری از مطالعات بر روی آنالیز مخازن با مهار بندی کف متمرکز شده است. در این حالت مخزن از طریق میله های مهاری [1] بگونه‌ای به فونداسیون متصل می شود تا هنگام بروز زلزله از پدیده برکنش[2] جلوگیری شود.

1- Anchor bolt
2- Uplift

با توجه به مطالب فوق در مناطق با خطر لرزه خیزی بالا همچون ایـران لازم اسـت توجـه خاصـی بـه طراحی ایمن این نوع سازه ها معطوف گردد. اصولا جهت طراحی یک سازه ایمن در برابر زلزلـه دو راه وجود دارد که یکی طراحی مقاوم سازه می باشد بطوریکه بتواند نیروی ایجاد شده در سازه بر اثر زلزله را بخوبی تحمل کرده و آسیب نبیند. روش دوم، طراحی ضد لرزه‌ای به روش جداسازی ارتعاشـی مـی باشد. این مفهوم جدید که عموما بنام جداسازی ضد زلزله خوانده می شـود در کلیـه معیارهـای یـک نوآوری تکنولوژیکی مدرن کلاسیک صدق می کند.

قرار دادن ساختمان ها روی یک سیستم جداساز مانع از انتقال قسمت اعظم شتاب زمین به آنها می شود که به نوبه خود باعث کاهش قابل ملاحظه رانش های بین طبقه ای و محافظت محتویات ساختمان و اجزای آن می شود. اصل جداسازی ضد زلزله، ارائه انعطاف پذیری درتراز پایه سازه در یک صفحه افقی و ضمنا قرار دادن اجزای میران برای محدود کردن دامنه حرکت ناشی از زلزله است.

اولین راهنمایی طراحی سازه های جداسازی شده از پایه برای نیروهای جانبی توسط انجمن مهندسان سازه کالیفرنیا (SEAOC) در سال ۱۹۹۰ انتشار یافت که ساختمانهای طراحی شده بر اساس این ضوابط دارای مقاومتی به شرح زیر می باشند :

- زلزله های کوچک را بدون صدمه دیدن تحمل می کنند.
- زلزله های متوسط را بدون صدمات سازه‌ای، ولی با مقداری خسارت غیر سازه‌ای تحمل می‌کنند.
- زلزله های بزرگ را بدون فرو ریختگی، ولی با صدمات سازه‌ای و غیر سازه‌ای تحمل می کنند.

از اجزاء اصلی هر سیستم جداساز لرزه‌ای می توان به تکیه گاه انعطاف پذیر در جهت افزایش زمان تناوب ارتعاش کل سیستم به مقدار طولانی، میرا گر یا تلف کننده انرژی جهت کنترل تغییر شکلهای نسبی بین ساختمان و زمین در حد یک طراحی عملی و ابزاری برای تامین صلابت تحت اثر بارهای کم[1] نظیر باد و زلزله های کوچک نام برد.

اساسا هر سازه‌ای که به زمین اتکاء داشته باشد، هنگام وقوع زلزله تحت اثر دو مؤلفه حرکت جانبی، یک مؤلفه قائم و سه مؤلفه پیچش حول محورهای مختصات سازه قرار می گیرد.

1- Service load

مؤلفه افقی شتاب زمین باعث اعمال فشار هیدرودینامیکی به دیواره مخزن می شود که این فشار در قالب دو مؤلفه ضربانی و نوسانی ظاهر می شود. فشار ضربانی در اثر ارتعاشات دیواره مخزن رخ می دهد که دوره تناوب آن برابر با ارتعاش مخزن است، در صورتیکه فشار نوسانی در اثر تحریک خود سیال و در غالب امواج سطحی ظاهر می شود و دارای دوره تناوبی بسیار بالاتر از دوره تناوب فشار ضربانی است.

جهت تخمین فشارهای ایجاد شده در مخازن تحت اثر زلزله روشهای مختلفی وجود دارد که از روش هاوسنر می توان به عنوان گامهای اولیه در این جهت نام برد.

در طی دهه های اخیر بحث فشار هیدرودینامیکی آب و اثراتی که بر سازه در هنگام وقوع زلزله دارد نظر بسیاری از محققان را بخود معطوف داشته است و پاسخ مخازن عمودی ذخیره مایعات نسبت به زلزله به عنوان سر فصلی برای تحقیقات گوناگون در زمینه اندرکنش سیال و سازه مطرح شده است.

بطور کلی مخازن حاوی مایع هنگام وقوع زلزله رفتار صلبی از خود نشان نمی دهند و به دلیل وقوع تحریکاتی که صورت می گیرد، ضمن همراهی با کل سازه یک ارتعاش داخلی نیز خواهند داشت که در آن سازه و آب بطور متقابل روی یکدیگر تاثیر گذاشته و پاسخ هریک در برابر دیگری باعث تاثیر در رفتار ارتعاشی سازه خواهد شد.

از جمله تئوریهایی که در زمینه فشار دینامیکی وارده بر بدنه مخازن وجود دارد آنرا به صورت زیر تقسیم می کند:

مؤلفه ضربانی فشار، که با فرض صلب بودن مخزن شتاب زمین را به بدنه مخزن وارد می‌کند.

مؤلفه نوسانی فشار، که به صورت تلاطم امواج سطحی فشار قابل توجهی بر بدنه مخزن اعمال می‌کند.

مؤلفه اندرکنش فشار، که نتیجه تغییر مکان نسبی دیواره مخزن و مؤلفه چرخشی آن می باشد.

مؤلفه فشار ناشی از تحریک عمودی زمین، که در آن میرایی تشعشعی زمین نقش مهمی ایفا می کند. [۶]

با ظهور روشهای عددی قابلیت محاسبه هریک از پارامترهای تاثیر گذار بر پاسخ مخازن با ابعاد هندسی دلخواه آسان شده است. این روشها یا بر اساس بسط توابع در تعداد محدودی از نقاط یا تقسیم ناحیه به تعدادی زیر ناحیه برای پیدا کردن جوابها استوار است که از جمله این روشهای عددی می‌توان به روشهای تفاضل محدود، اجزاء محدود و اجزاء مرزی اشاره کرد.

۱-۲- اهداف مطالعه حاضر

اهداف اصلی از مطالعه حاضر را می توان به صورت زیر خلاصه نمود :

۱- کاربرد عملی روشهای عددی رایج در زمینه آنالیز دینامیکی و بررسی نقاط قوت و ضعف آنها.

۲- مرور بر نحوه تغییرات مؤلفه های تولید فشار هیدرودینامیکی و بررسی تاثیر شتاب زمین بر هریک از این مؤلفه ها

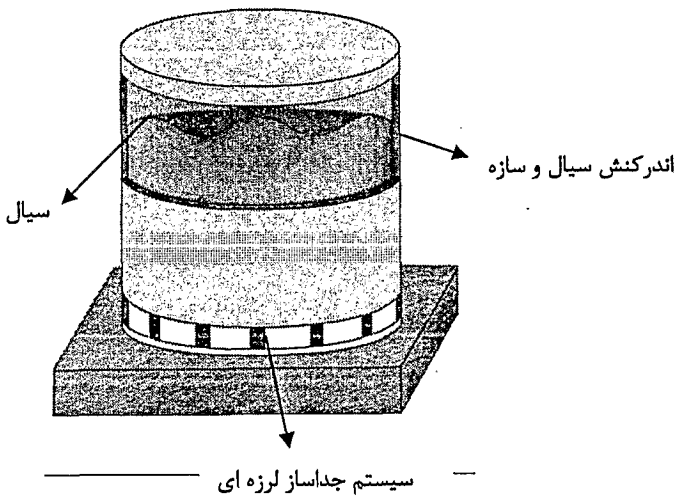
۳- بررسی و مقایسه رفتار مخازن زمینی سیال با پایه ثابت و جداسازی شده تحت تاثیر شتاب نگاشت های مختلف.

۳- بررسی اثرات پارامترهای مختلف جداساز از قبیل پریود و میرایی بر پاسخ کل سیستم.

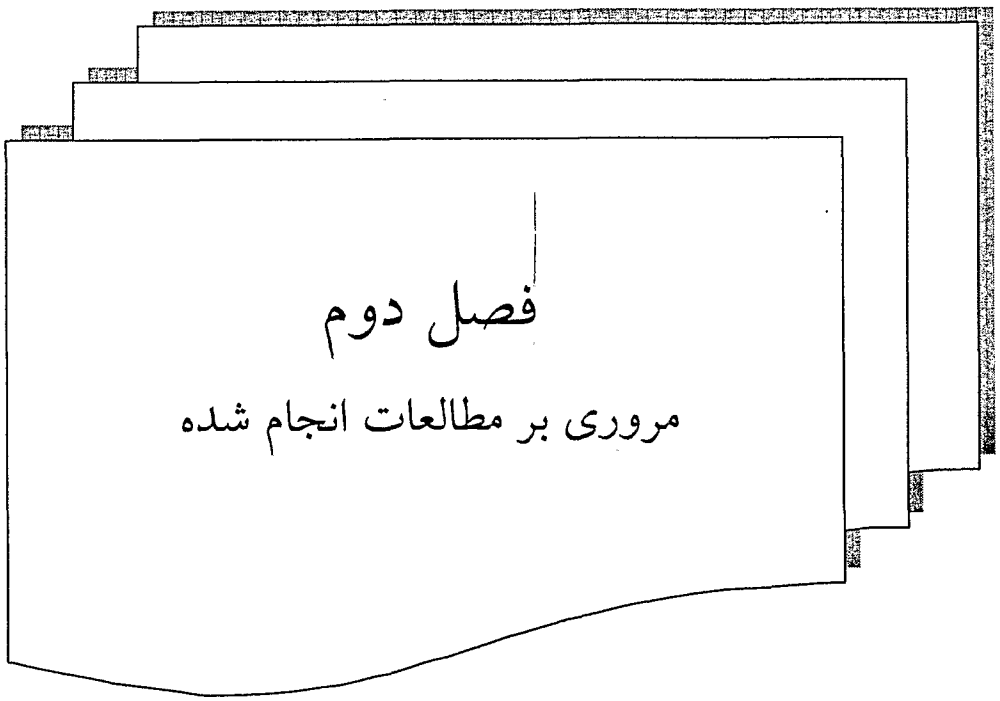
۴- مدل سازی مخازن با ابعاد هندسی مختلف و تحقیق درباره عملکرد بهینه جداسازی درباره هریک از حالات.

۵- ارائه مدلی ساده شده برای تخمین رفتار مخازن زمینی جداسازی شده برای حالات مختلف رفتار دینامیکی.

در شکل شمایی از سیستم کل مخزن جداسازی شده نشان داده شده است :



شکل ۱-۱- شمای کل سیستم سیال - سازه



فصل دوم

مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱- مروری بر تاریخچه مطالعات انجام شده در زمینه مخازن ذخیره سیال

واکنش دینامیکی مخازن ذخیره مایعات تحت تأثیر زمین لرزه با رفتار سازه هایی نظیر پلها و ساختمان ها در حالت مشابه متفاوت است. این تفاوت از تأثیر فشار هیدرودینامیکی بر دیواره مخزن ناشی می شود. برای در نظر گرفتن چنین تأثیری مطالعات تحلیلی و عددی بسیاری در این زمینه ارائه شده است.

مطالعات اولیه آنالیز لرزه‌ای مخازن توسط هاوسنر و با فرض صلب بودن دیواره و پی سازه ارائه گردید. با این فرض فشار هیدرودینامیکی اعمالی به بدنه مخزن، به دو مؤلفه فشار ضربه‌ای ناشی از جرم شتاب دار سیال مخزن و فشار نوسانی ناشی از پدیده امواج متلاطم سطحی، تقسیم می شود [۷و۸]. در سال ۱۹۶۴، با وقوع زمین لرزه شدید آلاسکا خسارات فراوانی به مخازن بخصوص استوانه‌ای وارد گردید و از این لحاظ بحث انعطاف پذیری دیواره مخزن و تاثیر بسزای آن در تغییرات مؤلفه ضربه‌ای فشار هیدرودینامیکی سیستم اهمیت خاصی پیدا کرد.

در سال ۱۹۸۵ هارون و الایتی با تکمیل نمودن نظریه هاوسنر، به تشریح مدل ساده شده‌ای پرداختند که در آن موقعیت جرم های متمرکز و فنرها و همچنین پارامترهای مربوط به آنها بگونه‌ای محاسبه شد که درآن مقدار پاسخ در مدل ساده شده و مدل تحلیلی یکسان باشد. در مدل ارائه شده اثر اندرکنش سیال و سازه نیز در نظر گرفته شده بود. [۹]

در سال ۱۹۸۷، ولتسوس و یوتانگ مقاله ای ارائه دادند که در آن معادله لاپلاس حاکم بر محیط سیال به صورت تحلیلی شرح داده شده است. سپس مدل ساده شده‌ای ارائه دادند که در آن اثر مشارکت مودهای بالاتر تلاطمی در پاسخ سیستم لحاظ شده است [۱۰]. ملهوترا نیز در سال ۲۰۰۰ با در نظر گرفتن مؤلفه افقی تحریک زمین به ارائه مدل ساره شده‌ای پرداخت که در آن اثر مودهای نوسانی و ضربانی بالاتر نیز در محاسبات پاسخ سازه لحاظ شده است. [۱۱]

آنالیز لرزه‌ای مخازن حاوی سیالات متعدد (اثرات غیر یکنواختی سیال) و تاثیر آنها بر فشار هیدرو دینامیکی توسط ولتسوس و شیواکومار انجام شد. [۱۲و۱۳]

اثرات امواج سطحی معمولا با فرض در نظر گیری معادله برنولی خطی انجام می شود. اثر این امواج با دامنه بزرگ و در مخازن خاص در سال ۱۹۹۶ توسط هارون و همکارش بررسی گردید [۱۴]. در

سالهای اخیر روشهای تحلیلی و عددی متعددی در زمینه آنالیز لرزه‌ای مخازن انعطاف پذیر ارائه شده است. [۱۵و۱۶]

پیشرفتهای اخیر در زمینه روش المان های مرزی قابلیتهای بالای این روش عددی را بخصوص در زمینه مسائل سه بعدی آشکار ساخته است. در سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۸۸ هو مار و همکارانش به آنالیز نیروهای دینامیکی در مخازن دو بعدی و سه بعدی پرداخته اند. [۱۷و۱۸]

از آنجا که روشهای عددی قابلیت مدل سازی محیط ها با شرایط مختلف را دارند، در سال ۱۹۹۳ لای با بکار بردن المان های مرزی سطحی برای محیط سیال و المان های محدود برای محیط سازه به حل پاسخ سیستم سیال- سازه پرداخت. [۱۹]

مخازن ذخیره مایعات عموما در جهت عدم آسیب دیدگی جدی هنگام وقوع زلزله مقاوم سازی می شوند تا از این جهت انرژی بیشتری از زلزله را جذب کنند. روش دیگری که در این زمینه وجود دارد جداسازی سازه از پایه خود توسط سیستم های جدا کننده لرزه‌ای است. در این حالت روسازه تقریبا دارای رفتار الاستیک خطی حتی در محدوده زلزله های شدید می باشد.

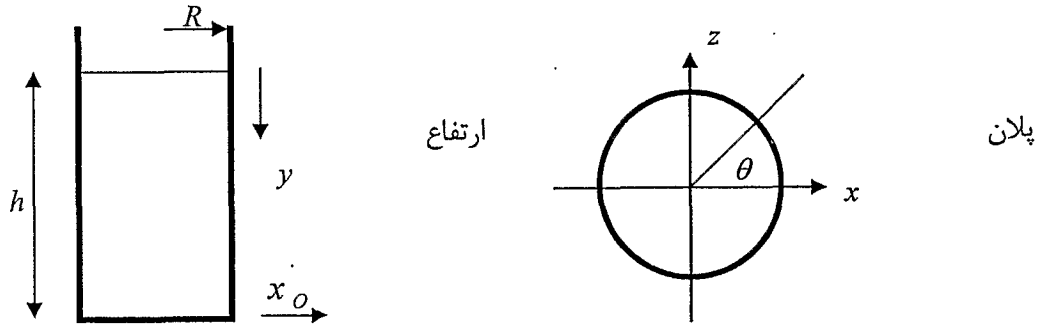
کلی و همکارش در سال ۱۹۹۰ با آنالیز لرزه‌ای مخازن ایزوله شده به کاهش چشمگیر بیشینه پاسخ سیستم دست یافتند. همچنین از جمله نقاط ضعف اینگونه مخازن را افزایش قابل توجه ارتفاع موج سطحی بخصوص در مخازن بلند ارزیابی نمودند. [۲۰]

در سال ۲۰۰۲ شریمالی و همکارش به مطالعه رفتار انواع مخازن ایزوله شده بلند و کوتاه پرداخته و نهایتا مدل ساده شده‌ای برای محاسبه پاسخ چنین مخازنی پیشنهاد داده اند [۲۱]. کیم و همکارانش در سالهای اخیر با استفاده از روشهای عددی به مطالعه رفتار مخازن ایزوله شده تحت شرایط مختلف سیستم جداساز پرداخته اند که در تحلیلهای آنها اثر اندرکنش خاک و سازه نیز لحاظ شده است[۲۲و۲۳]

۲-۱-۱- مدل هاوسنر

یکی از قدیمیترین مدل ها در این زمینه مدل هاوسنر است که درآن فشار هیدرودینامیکی سیال به دو مؤلفه ضربه‌ای و نوسانی تقسیم شده است، بطوریکه می توان جداگانه هریک از مؤلفه ها را محاسبه نموده و سپس با ترکیب آنها فشار کل را بدست آورد.

در این مدل هریک از مؤلفه های فشار با استفاده از معادلات اساسی حاکم بر دینامیک سیالات (معادلات انرژی و اندازه حرکت) استخراج شده و پس از تعیین روابط لازم مدل مکانیکی معادل به صورت فنرها و جرمهایی متناسب برای هر حالت ارائه می شود. [۷و۸]



شکل ۲-۱- مخزن استوانه‌ای در ارتفاع وپلان

فشار ضربه‌ای[1] متناسب با نیروی اینرسی تولید شده ناشی از ارتعاش دیواره مخزن می باشد که با استفاده از قانون بقای جرم و معادله مومنتوم می توان توزیع آن را بر دیواره و کف مخزن به صورت زیر نوشت:

$$P_w = -\rho \ddot{X}_O h\sqrt{3}\left(\frac{y}{h}-\frac{y^2}{2h^2}\right)\cos\theta \tanh\sqrt{3}\frac{R}{h} \qquad (۲-۱)$$

$$P_b = -\rho \ddot{X}_O h\frac{\sqrt{3}}{2}\left(\frac{y}{h}-\frac{y^2}{2h^2}\right)\frac{\sinh\left(\sqrt{3}\frac{x}{h}\right)}{\cosh\left(\sqrt{3}\frac{R}{h}\right)} \qquad (۲-۲)$$

با انتگرال گیری از مؤلفه های توزیع فشار می توان نیروی کل هیدرودینامیکی را به صورت زیر معرفی نمود :

$$F_{total} = -\rho.\ddot{x}_o.\pi R^2 h\frac{\tanh\sqrt{3}\frac{R}{h}}{\sqrt{3}\frac{R}{h}} \qquad (۲-۳)$$

1- Impulsive pressure