بسم الله الرحمن الرحیم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای محمد حسین عرب پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان آنالیز لرزه ای مخازن ذخیره سیال دارای تیغه های میراگر با در نظر گرفتن اندرکنش سیال و سازه** در تاریخ ۱۳۸۹/۲/۱ 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	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر محمد تقی احمدی	استاد	
استاد ناظر	دکتر حمزه شکیب	استاد	
استاد ناظر	دکتر فیاض رحیم زاده	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر حمزه شکیب	استاد	

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

امضای استاد راهنما:

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 عمران- سازه های هیدرولیکی‌است که در سال۱۳۸۹ در دانشکده‌فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر ناصرخاجی، و مشاوره جناب آقای دکترژ محمد تقی احمدی 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 را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت 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 شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **محمد حسین عرب** دانشجوی رشته عمران- سازه های هیدرولیکی مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **محمد حسین عرب**

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

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری 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 هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

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

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ٥- این آیین‌نامه در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب محمد حسین عرب .دانشجوی رشته عمران-سازه های هیدرولیکی ورودی سال تحصیلی۱۳۸۶ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی و مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران–سازه‌های هیدرولیکی

آنالیز لرزه‌ای مخازن ذخیره سیال دارای تیغه های میراگر با در نظر گرفتن اندرکنش سازه و سیال

نگارنده:

محمد حسین عرب

استاد راهنما:

دکتر ناصر خاجی

استاد مشاور:

دکترمحمد تقی احمدی

بهار ۱۳۸۹

تقدیم

تقدیم به پدر

و

مادر

تشکر و قدردانی

عذر تقصیر کلمات، که یارای انتقال معنا از قلب این نو آموخته را در برابر آن معلمان بی مدعا اما کاری و کارکشته ندارد.

اساتید بزرگوارم

جناب آقایان

دکتر ناصر خاجی

دکترمحمد تقی احمدی

با کمال افتخار به موازات ارشاد و امعان شما بزرگواران، پس از یک دوره تلاش مستمر و متمتع از علوم بی پایان مشارالیه، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد خود را مکتوب کرده و آن را به خدمت شما عزیزان تقدیم می‌دارم. از صمیم قلب از الطاف و زحمات شما متشکرم و خود را همواره در هر دودیدگاه علمی و اخلاقی شاگرد شما می‌دانم.

همچنین از زحمات استاد بزرگوارم **جناب آقای دکتر مهدی شفیعی‌فر** و تمامی دوستان و اساتیدی که در به ثمر نشستن این پایان نامه مرا یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

محمد حسین عرب

دانشجوی سازه‌های هیدرولیکی

بهار ۸۹

چکیده

اهمیت مخازن ذخیره سیال در زندگی امروزه به اندازه اهمیت سیالاتی است که در زندگی شهروندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سازه پراهمیت از نظر رفتار دینامیکی متفاوت از سازه‌های معمولی عمل می‌کند، تیغه‌های میراگر به عنوان ابزار کنترل غیر فعال جهت کاهش اثر تلاطم می‌توانند در نهایت منجر به کاهش پاسخ سازه در مقابل تحریک لرزه‌ای شوند. هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر تیغه‌های میراگر بر روی پاسخ لرزه‌ای مخازن ایستاده زمینی استوانه‌ای شکل می‌باشد، منظور از تیغه‌های میراگر در واقع صفحه‌ای دایره‌ای با بازشوئی با قطر معین که در ارتفاعی مشخص از کف مخزن که به جداره مخزن متصل و فیکس می شود. در این تحقیق تاثیر محل قرارگیری تیغه میراگر و شعاع داخلی آن بر پاسخ مخزن و در حالت صلب و انعطاف پذیر برای مخازن با ارتفاع مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

اهم نتایج بدست آمده به شرح زیر می باشد.

۱-با قرار دادن تیغه میراگر فرکانس مود طبیعی سیستم سیال تغییر می‌کند.

۲-با قرار دادن تیغه میراگر، مقادیر برش پایه و لنگر واژگونی تغییر می‌کنند.

۳- تاثیر تیغه بر روی تلاطم سطح آزاد بستگی زیادی به محتوای فرکانسی شتاب‌نگاشت دارد.

۴- برای مخازن صلب هر چه تیغه به سطح آزاد نزدیک‌تر باشد شاهد کاهش لنگر واژگونی و افزایش برش‌پایه می‌باشیم.

۵- برای مخازن انعطاف‌پذیر با قراردادن تیغه معمولاً برش پایه و لنگر واژگونی کاهش می‌یابد.

۶-برای مخازن صلب و انعطاف‌پذیر با کاهش شعاع داخلی تیغه میراگر ممان واژگونی کاهش می‌یابد

کلید واژه: مخزن ذخیره سیال، تیغه میراگر، روش المان مرزی ،اندرکنش سیال و سازه .

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- شرح مسئله ۳

۱-۲-۱- تقسیم بندی مخازن ۳

1-2-1-1- تقسیم بندی از لحاظ موقعیت قرار گیری و هندسه مخزن ۳

1-2-1-2- تقسیم بندی از لحاظ نوع پی ۳

1-2-1-3- تقسیم بندی از لحاظ جنس مخزن و پوشش سقف ٤

۱-۲-۱-٤- تقسیم بندی از لحاظ ارتفاع مخزن و عمق سیال ٤

۱-۲-۱-۵- تقسیم بندی از نظر رفتار ٤

۱-۲-۲- انواع تیغه های میراگر ۵

۱-۲-۳- آسیب های وارده به مخازن ۵

۱-۳- هدف از انجام تحقیق ۷

۱-٤- روش تحقیق ۷

فصل ۲- مروری بر مطالعات انجام شده ۹

۲-۱- مطالعات گدیکلی و ارگوون ۱۱

۲-۲- مطالعات لی و چو ۱٦

۲-۳- مدل ولتسوس ۱۸

۲-۳-۱- نتایج تحلیل مخازن صلب ۱۸

۲-۳-۲- نتایج تحلیل مخازن انعطاف پذیر ۲۰

فصل ۳- معادلات حاکم بر رفتار سیال ۲۱

۳-۱- مدل سازی و تئوری آن ۲۱

۳-۲- مطالعه رفتار سیال ۲۲

۳-۳- شرایط مرزی معادله لاپلاس در مخزن ۲٤

2. شرایط سطح آزاد در میدان ثقلی: ۲٦

فصل ٤- روش المان‌های مرزی ۲۸

٤-١- دلایل استفاده از روش المان مرزی ٢٨
٤-٢- استخراج رابطه انتگرال گیری مرزی از معادله لاپلاس : ٢٩
٤-٢-١- شرایط مرزی: ٢٩
٤-٢-٢- حل اساسی: ٣٠
٤-٢-٣- المان های مرزی برای مسائل سه بعدی: ٣٢
٤-٢-٣-١- المانهای ثابت: ٣٣
٤-٢-٣-٢- تکینگی در المان ثابت سه بعدی ٣٤
4-2-4- مسائل چند ناحیه ای: ٣٤
٤-٢-٤-١- - تقسیم ناحیه سیال: ٣٥
٤-٢-٤-٢- المان های ثابت سه بعدی: ٣٧
٤-٣- استخراج فرمولاسیون المان مرزی در حوزه فرکانس: ٣٨
٤-٤- استخراج فرمولاسیون المان مرزی در حوزه زمان: ٤٠
٤-٥- برنامه نویسی برای قلمرو سیال ٤٢
٤-٥-١- مسئله انتقال حرارت ٤٢
٤-٥-٢- آنالیز لرزه ای مخزن ٤٣
۴-۵-۲-۱- مخزن بدون تیغه میراگر ٤٣
٤-٥-٢-٢- برش پایه و ممان واژگونی ٤٥
٤-٥-٣- مخزن مجهز به تیغه میراگر ٤٦
۴-۵-۳-۱- قلمرو فرکانس ٤٧
٤-٥-٣-٢- قلمرو زمان ٤٧
٤-٥-٤- مطالعات پارامتریک مخزن صلب و تیغه میراگر ٤٨
٤-٥-٤-١- نتایج برش پایه و لنگر واژگونی ٥٠
٤-٥-٤-٢- تلاطم سطح آزاد ٥٤
فصل ٥- مدل سازی سازه مخزن و اندرکنش آب وسازه ٦٢
٥-١- استخراج فرمولاسیون المان محدود سازه ٦٣
٥-١-١- فرمولاسیون المان محدود سازه مخزن در قلمرو زمان ٦٣
٥-١-٢- فرمولاسیون FEM سازه مخزن در قلمرو فرکانس ٦٥
5-2- حل ترکیبی معادلات حاکم بر BEM – FEM در قلمرو فرکانس ٦٦
٥-٢-١- مدل سازی سازه مخزن ٦٦
٥-٣- الگوریتم حل اندرکنش ٦٩
٥-٤- آنالیز لرزه ای حل اندرکنش ٧٠
5-4-1- مخزن با ارتفاع٥/٤٩: ($HR = ٠/٧٥$) ٧١

5-4-2- مخزن با ارتفاع ۷/۳۲: ($HR = ۱$) ۷۳
5-4-3- مخزن با ارتفاع۱۰/۹۸:($HR = ۱/۵$) ۷٤
فصل ٦- نتیجه گیری و جمع بندی ۷۹
٦-۱- نتایج تحقیق ۷۹
٦-۱-۱- مخزن صلب : ۸۰
٦-۱-۲- مخزن انعطاف پذیر ۸۰
٦-۲- پیشنهادات ۸۱
فهرست مراجع ۸۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ : نمونه‌هایی از مخازن آسیب دیده در زلزه‌های گذشته[]. ۷

جدول ٤-۱ : مسئله انتقال حرارت ٤۲

جدول ٤-۲ : فرکانس مود طبیعی تلاطم برای نسبت ارتفاع به شعاع مختلف ٤٥

جدول ٤-۳ : **مقادیر برش پایه و لنگر واژگونی** ٤٦

جدول ٤-٤ : **مقادیر برش پایه و لنگر واژگونی** ٥۰

جدول ٥-۱ : **مشخصات مکانیکی فولاد** ۷۱

جدول ٥-۲ : **تاثیر تیغه بر برش پایه و لنگر واژگونی حداکثر** ۷٥

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: آتش سوزی مخزن – ازمیت ترکیه ۲
شکل ۲-۱: تغییرات فرکانس طبیعی نسبت به $\boldsymbol{HR}$ [12] ۱۲
شکل ۲-۲: تغییرات فرکانس طبیعی نسبت به $\boldsymbol{hH = 0.1, HR = 1, RiR}$ [12] ۱۳
شکل ۲-۳: تغییرات فرکانس طبیعی نسبت به $\boldsymbol{hH = 0.3, HR = 1, RiR}$ [12] ۱۳
شکل ۲-٤: برش پایه و ممان واژگونی در حالت بدون بفل [12] ۱٤
شکل ۲-٥: برش پایه ماکزیمم برای $\boldsymbol{HR = 1}$ بر حسب تغییرات شعاع داخلی [12] ۱٥
شکل ۲-٦:لنگر واژگونی برای $\boldsymbol{HR = 1}$ بر حسب تغییرات شعاع داخلی [12] ۱٥
شکل ۲-۷: برش پایه و ممان واژگونی [12] ۱٥
شکل ۲-۸: برش پایه و ممان واژگونی [۱٥] ۱۷
شکل ۲-۹: تغییرات فرکانس مود طبیعی به ازای تغییر پارامترهای بفل [16] ۱۸
شکل ۲-۱۰- مدل ساده شده سیال- سازه ۱۹
شکل ۳-۱ : مرز اندرکنش سیال وسازه[۱۷] ۲٥
شکل ۳-۲: نوسان سطح آزاد در میدان ثقلی[۱۷] ۲٦
شکل ٤-۱ : تابع شکل المان یک گرهی[۱۸] ۳۳
شکل ٤-۲ : نواحی همگن یک جسم مشتمل بر دو زیر ناحیه [18] ۳٥
شکل ٤-۳ :مش‌بندی نواحی همگن مخزن مشتمل بر دو زیر ناحیه ۳٦
شکل ٤-٤ : المان ثابت مستطیلی ۳۷
شکل ٤-٥ : المان ثابت قطاع دایره ۳۷
شکل ٤-٦ : مسئله انتقال حرارت ٤۲
شکل ٤-۷ :تعداد المان لازم برای کنترل همگرایی ٤٤
شکل ٤-۸ : برش پایه مخزن صلب تحت زمین لرزه ال سنترو ٤٦
شکل ٤-۹ : لنگر واژگونی مخزن صلب تحت زمین لرزه ال سنترو ٤٦
شکل ٤-۱۰ : تغیرات فرکانس بی بعد بر اساس تغییر $\boldsymbol{rbR}$ برای $\boldsymbol{HR = 1}$ و $\boldsymbol{hbH = 0.7}$ ٤۷
شکل ٤-۱۱ : تغییرات برش پایه بی بعد نسبت به تغییرات شعاع داخلی بفل به شعاع مخزن- زلزله ارزیکان- نسبت ارتفاع به شعاع ۱ ..... ٤۸

شکل ٤-١٢ : تغییرات ممان واژگونی بی بعد نسبت به تغییرات شعاع داخلی بفل به شعاع خارجی- زلزله ارزیکان-برای نسبت ارتفاع به شعاع ١ ..... ٤٨
شکل ٤-١٣ : شتاب‌نگاشت ارزیکان ترکیه در راستای شمال –جنوب-١٩٩٢ ..... ٤٩
شکل ٤-١٤ : شتاب نگاشت زمین لرزه ال سنترو ٤٩
شکل ٤-١٥ :طیف فوریه پاسخ فشار سطح آب در مخزن با نسبت ارتفاع به شعاع ١/٥ ..... ٥٠
شکل ٤-١٦ :زلزله ارزیکان- مخزن کوتاه- $\boldsymbol{HR = 0.75}$ ٥٢
شکل ٤-١٧ :زلزله ارزیکان-- $\boldsymbol{HR = 1}$ ٥٢
شکل ٤-١٨ :زلزله ارزیکان- $\boldsymbol{HR = 1.5}$ ٥٣
شکل ٤-١٩ :زلزله ال‌سنترو- مخزن کوتاه- $\boldsymbol{HR = 0.75}$ ٥٣
شکل ٤-٢٠ :زلزله ال‌سنترو-- $\boldsymbol{HR = 1}$ ٥٤
شکل ٤-٢١ : زلزله ال‌سنترو - $\boldsymbol{HR = 1.5}$ ٥٤
شکل ٤-٢٢ :طیف فوریه برای تیغه های مختلف-ارزیکان ٥٦
شکل ٤-٢٣ :تلاطم سطح آب -ارزیکان ٥٦
شکل ٤-٢٤ :طیف فوریه برای تیغه های مختلف-ال سنترو ٥٧
شکل ٤-٢٥ :تلاطم سطح آب – ال‌سنترو ٥٧
شکل ٤-٢٦ :طیف فوریه برای تیغه های مختلف-ارزیکان ٥٨
شکل ٤-٢٧ :تلاطم سطح آب -ارزیکان ٥٨
شکل ٤-٢٨ :طیف فوریه فشار برای تیغه های مختلف-السنترو ٥٩
شکل ٤-٢٩ :تلاطم سطح آب –ال‌سنترو ٥٩
شکل ٤-٣٠ – لنگر واژگونی- نسبت ارتفاع به شعاع ٠/٧٥و شعاع تیغه به شعاع مخزن ١ ..... ٦٠
شکل ٤-٣١ – لنگر واژگونی- نسبت ارتفاع به شعاع ٠/٧٥و شعاع تیغه به شعاع مخزن ٠/٨ ..... ٦٠
شکل ٤-٣٢ – لنگر واژگونی- نسبت ارتفاع به شعاع ٠/٧٥و شعاع تیغه به شعاع مخزن ٠/٦ ..... ٦١
شکل ٤-٣٣ – لنگر واژگونی- نسبت ارتفاع به شعاع ٠/٧٥و شعاع تیغه به شعاع مخزن ٠/٤ ..... ٦١
شکل ٤-٣٤ : – لنگر واژگونی- نسبت ارتفاع به شعاع ٠/٧٥و شعاع تیغه به شعاع مخزن ٠/٢ ..... ٦١
شکل ٥-١: مدل المان محدود Sap برای مخزن با ارتفاع ١٠/٩٨ و ارتفاع بفل ٧/٦٩ (٠/٧ H) و شعاع بفل (٤/٣٩) ٦٧
شکل ٥-٢: الگوریتم حل ٦٩
شکل ٥-٣: مدت زمان دریافت خروجی نتیجه برای یک فرکانس ٧٠
شکل ٥-٤ : مخزن کوتاه- $\boldsymbol{HR = 0.75}$-ارتفاع بفل ٠/٩ ..... ٧٢
شکل ٥-٥ : مخزن کوتاه- $\boldsymbol{HR = 0.75}$- ارتفاع بفل ٠/٧ ..... ٧٢

شکل ۵-٦ - $\boldsymbol{HR = 1}$ – ارتفاع بفل ۰/۹ ..... ۷۳
شکل ۵-۷ : $\boldsymbol{HR = 1}$– ارتفاع بفل ۰/۷ ..... ۷٤
شکل ۵-۸ : $\boldsymbol{HR =}$ -۱/۵ – ارتفاع بفل ۰/۹ ..... ۷٤
شکل ۵-۹ : $\boldsymbol{HR =}$ ۱/۵ – ارتفاع بفل ۰/۷ ..... ۷۵
شکل ۵-۱۰ – برش پایه- نسبت شعاع تیغه به شعاع مخزن ۱ ..... ۷٦
شکل ۵-۱۱ - لنگر واژگونی- نسبت شعاع تیغه به شعاع مخزن ۱ ..... ۷٦
شکل ۵-۱۲ – برش پایه- نسبت شعاع تیغه به شعاع مخزن ۰/۷ ..... ۷۷
شکل ۵-۱۳ - لنگر واژگونی- نسبت شعاع تیغه به شعاع مخزن ۰/۷ ..... ۷۷
شکل ۵-۱٤ – برش پایه- نسبت شعاع تیغه به شعاع مخزن۰/۵ ..... ۷۷
شکل ۵-۱۵ - لنگر واژگونی- نسبت شعاع تیغه به شعاع مخزن۰/۵ ..... ۷۸
شکل ۵-۱٦ – برش پایه- نسبت شعاع تیغه به شعاع مخزن ۰/۳ ..... ۷۸
شکل ۵-۱۷ - لنگر واژگونی- نسبت شعاع تیغه به شعاع مخزن ۰/۳ ..... ۷۸

فصل ۱– کلیات

۱–۱– مقدمه

اهمیت مخازن ذخیره سیال، به اندازه تاثیر سیالات مورد استفاده در زندگی روزمره از قبیل آب، مشتقات نفتی و مواد شیمیایی می‌باشد. با توجه به این که تخریب این مخازن در هنگام دچار شدن به آسیب های لرزه‌ای، علاوه بر بعد خسارتی، ممکن است شرایط بعد از زلزله را با خطر جدی مواجه کرده و روند بهبود شرایط را نیز دشوارتر کند. از جمله خطرات محتمل که می‌تواند به تخریب یا خارج شدن مخزن از شرایط بهره برداری منتج شود، می‌توان به از بین رفتن دسترسی برخی از جامعه به آب در مخازن ذخیره آب و نشت و آتش‌سوزی در مخازن ذخیره مشتقات نفتی و شیمیایی اشاره کرد.

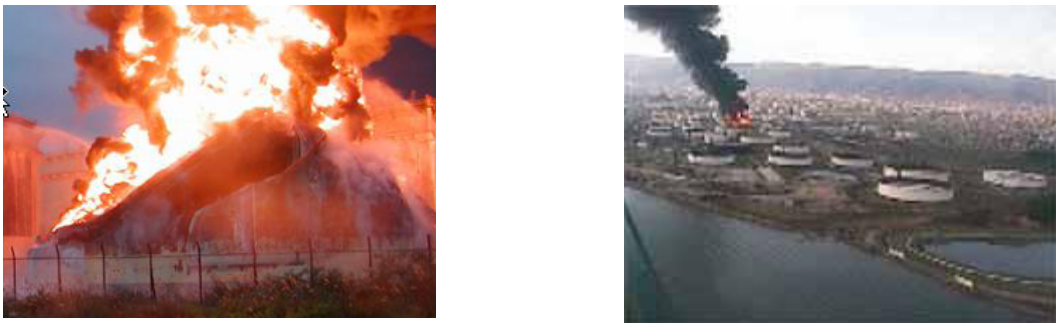
با این اوصاف و با توجه به زلزله خیز بودن ایران، اطمینان از عملکرد رضایت بخش مخازن طی زمین‌لرزه های قوی ضروری به نظر می‌رسد. برای نائل شدن به این مهم بایستی به دو فرآیند اهتمام ورزید، یکی طراحی وساخت مخازن جدید، با توجه به استانداردها و پیشنهادات آیین نامه ای و دیگری بهسازی و مقاوم‌سازی لرزه‌ای مخازن ساخته شده که مطابق با الزامات طراحی و آیین‌نامه‌ای از ضریب اطمینان مناسبی برخوردار نیستند.

آسیب دیدگی مخازن ذخیره سیال تحت تاثیر زلزله‌های اخیر مانند لوماپریتا[۱] آمریکا، لوزان[۲] فیلیپین ،هوکایدو[۳] ژاپن ،ارزیکان[۴] ترکیه، نورثریج[۵] امریکا، کوبه[۶] ژاپن، ایزمیت[۷] ترکیه و هایتی[۸] باعث شد تا محققان زیادی به مطالعه و بررسی‌های آزمایشگاهی و تحلیلی در این زمینه بپردازند. در زلزله هوکایدو ژاپن ۶ مخزن آسیب جدی دیده اند، در زلزله ازمیت ترکیه هم ۲۳ مخزن مهم آتش گرفتند .

اصولا هر سازه ای که به زمین اتکا داشته باشد، هنگام وقوع زلزله تحت تاثیر دو مولفه حرکت جانبی و یک مولفه قائم و سه مولفه پیچش حول محورهای مختصات قرار می‌گیرد. مولفه افقی شتاب زمین باعث اعمال فشار هیدرودینامیکی به دیواره مخزن می‌شود که این فشار در قالب دو مولفه فشار ضربانی و نوسانی ظاهر می‌گردد. فشار ضربانی در اثر ارتعاشات دیواره و در ارتفاع پایین مخزن رخ می‌دهد که دوره

[1] -1989- Loma prieta
[2] -1990- Lozan
[3] -1993- Hokkaido
[4] -1994- Erzican
[5] -1994- Northridge
[6] -1995- Kobe
[7] -1999- Izmith
[8] -2010- Haiti

تناوب آن برابر با دوره تناوب ارتعاش مخزن است، در صورتی که فشار نوسانی در اثر تحریک خود سیال و در قالب امواج سطحی ظاهر می‌شود و دارای دوره تناوبی بسیار بالاتر از دوره تناوب فشار ضربانی است.



شکل ۱-۱: آتش سوزی مخزن – ازمیت ترکیه

نسبت جرم ضربه ای به جرم انتقالی بستگی به هندسه، ابعاد و موقعیت قرار گیری مخزن دارد.جرم انتقالی در مخزن مکعب مستطیل بزرگ و در مخزن استوانه ای کوچک‌تر است. و در مورد ابعاد بایست گفت که برای مخازن قائم و لاغر بخش ضربه ای سهم بیشتری نسبت به بخش انتقالی دارد. در حالی که درمخازن کم عمق این نسبت برعکس می باشد.

پدیده تلاطم از نگرانی های مهم در طراحی مخازن ذخیره سیال تحت اثر تحریک زمین است. در زلزله هوکایدو ژاپن ۵۰٪ علت خرابی ها موج اسلاشینگ بوده است. در زلزله ازمیت ترکیه هم ۲۳ مخزن مهم آتش گرفت که ۱۷ مخزن بر اثر امواج تلاطمی ویران شده است.

تلاطم در مخازن، بدون وجود ابزار کاهش اثر تلاطمی توسط تنش لزجت اتلاف می شود. دو تا از معتبرترین تحقیق ها نشان می‌دهد که برای مخزن استوانه ای با ابعاد نسبی که شامل سیالی با ویسکوزیته معادل با ده برابر ویسکوزیته آب می‌باشد، اتلاف انرژی ناشی از لزجت کمتر از ٪ ۰/۵ بوده است. به نظر می رسد که تاثیر آن به حد قابل توجهی کم است که بتوان از تاثیر آن صرف نظر کرد[۱].

امواج تلاطمی سطح آب در مخازن محدود عامل قابل توجه و تاثیر گذار در پاسخ مخزن به تحریکات لرزه‌ای می‌باشد. امواج تلاطمی علاوه بر این‌که روی برش پایه و ممان واژگونی تاثیر قابل توجه دارد، در اندازه ارتفاع آزاد[1] و آسیب‌های ناشی از آن به ویژه خرابی سقف مخازن سقف‌دار و متعاقب آن آسیب‌های وارده به جداره نیز تاثیرگذاراست. استفاده از یک فرایند کارآمد و مقرون به صرفه جهت کاهش تاثیرات امواج ثقلی می‌تواند باعث بهبود عملکرد مجموعه سازه و سیال در برابر تحریکات لرزه‌ای باشد و همچنین منجر به کاهش هزینه ساخت شود[۲].

[1] Freeboard

یکی از پیشنهاداتی که از دهه‌های اخیر مورد اقبال و توجه محققان زیادی قرار گرفته است استفاده از تیغه های میراگر با شکل‌ها و جانمایی های مختلف جهت کاهش اثرات تحریک و طور خاص جهت کاهش تاثیر امواج تلاطمی بوده است. مکانیسم میراگرهای اصطکاکی ایجاد یک چشمه اتلاف انرژی است. در مخازن سیال، شکست موج سطحی در حالی که شدیداً وابسته به دامنه نوسان است، مکانیسم اصلی اتلاف انرژی می باشد. جدایی جریان اطراف تیغه های میراگر باعث کاهش دامنه تلاطم و در نتیجه کاهش نیروی هیدرودینامیک می شود.

در ادامه این فصل سعی شده است که توضیح مختصر و مفید در مورد ابعاد و شرایط مختلف آنالیز لرزه‌ای مخزن آورده شود سپس در مورد شرایط مسئله و اهداف تعیین شده مطاله حاضر توضیح داده شود.

۱-۲- شرح مسئله

گستردگی مخازن ذخیره سیال و تنوع آنها باعث توجه محققان به مطالعه هر یک از ویژگی های آن شده است. در واقع هر یک از مشخصات مخزن که در تقسیم بندی‌های زیر آورده شده است، خصوصیات سازه ای مخزن را تغییر داده و شرایط جدیدی را برای تحلیل و طراحی بوجود می‌آورد[۳].

۱-۲-۱- تقسیم بندی مخازن

بر اساس ویژگی های هندسی و فیزیکی مخزن در تقسیم بندی های زیر قرار داده می‌شوند.

۱-۲-۱-۱- تقسیم بندی از لحاظ موقعیت قرار گیری و هندسه مخزن

مخازن ذخیره سیال از لحاظ موقعیت نسبت به زمین به چهار نوع هوایی، زمینی، مدفون و نیمه‌مدفون تقسیم می شوند. مخازن هوایی از جمله المان اصلی تامین فشار در آبرسانی شهر ها به شمار می روند.

مخازن می توانند به صورت استوانه، مکعب مستطیل، مخروط وارونه، بیضوی، نیم کره و یا ترکیبی از اینها باشد. هر کدام از هندسه ها در هنگام تحریک لرزه‌ای عملکرد مجزا و تا حدودی متفاوتی از خود نشان می دهند. مخازن معمولاً به صورت یک سیلندر استوانه ای و یا مکعب شکل می باشد در کل سیلندر استوانه ای عملکرد بهتری نسبت به مخزن مکعبی دارند.

۱-۲-۱-۲- تقسیم بندی از لحاظ نوع پی

مخازن زمینی از نظر اتصال به دو نوع مخازن مهار شده و مخازن مهار نشده تقسیم می‌شوند. مخازن مهار شده می‌بایست به فونداسیون با ابعاد نسبتا بزرگ متصل شوند و از طرفی وجود اتصالات نامناسب و

عدم رعایت جزئیات مهار بندی باعث ایجاد آسیب به بدنه مخزن تحت بارهای لرزه ای می گردد. به همین دلیل عملاً و به ویژه در مخازن بزرگ از فونداسیون حلقه ای شکل و بدون پیچهای مهاری برای تحمل وزن دیواره مخزن و فشار ناشی از سیال استفاده می گردد و صفحه زیرین مخزن بر روی خاک متراکم شده قرار می گیرد. البته در برخی موارد فونداسیون حلقه ای شکل نیز حذف و مخزن تنها برروی خاک متراکم شده قرار می گیرد. هر دو نوع مخازن مهار شده و مهار نشده، تحت اثر لنگرهای واژگونی بیش از حد بحرانی می توانند دچار بلند شدگی موضعی گردند. (البته واضح است که این امکان برای مخازن مهار نشده بیشتر است)

۱-۲-۱-۳- تقسیم بندی از لحاظ جنس مخزن و پوشش سقف

به صورت متعارف مخازن به دو نوع بتنی و فلزی می باشد. در حالت بتنی معمولاً می توان سازه را صلب در نظر گرفت ولی برای مخازن فولادی نمی‌توان آن را صلب در نظر گرفت و شرایط انعطاف پذیری را بایستی در نظر گرفت.

از نظر پوشش سقف نیز مخازن به حالتهای آزاد، شناور، تحت فشار،دارای سقف سازه ای، دارای سطح آزاد با پوشش در فاصله محدود می باشد.

۱-۲-۱-٤- تقسیم بندی از لحاظ ارتفاع مخزن و عمق سیال

مخازن از نظر عمق سیال، به سه حالت پر، نیمه خالی و خالی تقسیم بندی می شود. ممکن است این گونه تصور شود که مخازن پر بدترین حالت را از نظر بارگذاری دارند اما در بعضی از مواقع مخزن نیمه پر شرایط بحرانی تری دارد.

از نظر ارتفاع نیز به سه دسته کوتاه، بلند و متوسط تقسیم می شود. در مخازن خیلی کوتاه ممکن است تلاطم از حالت خطی خارج شود رفتار سیال غیر خطی شود. در مخازن بلند تلاطم چندان غالب نیست عمدتاً رفتار اکوستیکی آب را خواهیم داشت.

۱-۲-۱-۵- تقسیم بندی از نظر رفتار

طبیعی است که رفتار مخزن به صورت خطی و یا غیر خطی می باشد. رفتار غیر خطی ممکن است به دلیل کوتاهی مخزن، جدایی از پی، رفتار غیر خطی (مثلا براثر کمانش)، محدودیت ارتفاع با توجه به پوشش سقف و بارگذاری خاص اتفاق بیفتد.

منظور از مخزن ذخیره سیال دراین پایان نامه مخزن استوانه ای، رو زمینی، ایستاده، فلزی می باشد و منظور از تیغه میراگر ورق فلزی دیسکی شکل است که در ارتفاعی از مخزن به جداره فیکس می‌شود.

۱-۲-۲- انواع تیغه های میراگر

در تقسیم بندی از لحاظ موقعیت قرار گیری می‌توان تیغه ها را به دو حالت، تیغه های نزدیک سطح آزاد و تیغه های نزدیک کف مخزن تقسیم بندی کرد. تیغه های نزدیک سطح آزاد معمولاً به صورت یک صفحه دیسکی شکل و موازی سطح افق می باشند، و محل قرارگیری آنها بسیار مهم و نقش موثری در میزان میرایی دارد. تیغه های نزدیک کف مخزن معمولا به صورت یک المان مستطیلی است که عمود بر کف و به صورت قطری قرار می‌گیرند به قسمی که عرض آن در جهت ارتفاع مخزن می‌باشد. برای تیغه های عمود بر جریان، اتلاف انرژی عموماً توسط شار و دراگ صورت می گیرد. از نظر جانمایی نیز تیغه ها به دو دسته دائمی و موقت نیز تقسیم می شوند.

از نظر شکل هندسی تیغه های میراگر به صورت رینگی، مستطیلی عمودی، تیغه های مخروطی شکل و مجموعه تیغه ها که با هم یک شبکه را تشکیل می‌دهند، دسته بندی می‌شوند. تیغه‌های مخروطی شکل به صورت قطاعی از مخروط در داخل مخزن قرار می گیرند. و در دو حالت روبه‌بالا و روبه‌پایین به کار گرفته شده‌اند.

هر کدام از انواع تیغه‌های بالایی می توانند از نوع سوراخدار باشند. تیغه های مشبک و یا سوراخ دار دو هدف را دنبال می کنند یکی کم کردن وزن تیغه و دیگری موثر بودن سوراخ ها در افزایش میرایی .قابلیت تیغه های سوراخدار در ایجاد میرایی کاملا وابسته به اندازه سوراخ ها و درصد مساحت آنها به مساحت کل تیغه می باشد.

۱-۲-۳- آسیب های وارده به مخازن

بازدیدهای اخیر در خصوص ارزیابی عملکرد مخازن طی زمین لرزه های گوناگون نشان می دهد که مخازن فولادی نسبت به مخازن بتنی در سطح بالاتری از خطر پذیری قرار دارند و باید در مورد آنها آنالیزهای دقیق‌تری انجام شود. معمولترین نوع خرابی مخازن استوانه‌ای عمودی نگهداری سیال به‌خاطر کمانش پوسته آن در نزدیکی زمین است. انواع خرابی مخازن مذکور به صورت زیر دسته بندی می شود

- کمانش پوسته به علت فشار محوری زیاد که بر اثر خمش کلی یا رفتار تیر گونه مخزن اتفاق می‌افتد. کمانش پوسته به صورت کمانش پافیلی و یا کمانش الماسی اتفاق می افتد.
- تخریب سقف بر اثر برخورد امواج تلاطمی به سقف مخزن به علت در نظر نگرفتن ارتفاع آزاد کافی بین سطح و سقف و یا تورفتگی ناشی از مکش ناشی از تخلیه ناگهانی
- آسیب دیدگی و ویرانی سقف مخازن