

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی



دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران - زلزله

موضوع:

ارزیابی رفتار دینامیکی مخازن بتنی با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک - سازه و

سیال - سازه

استاد راهنما:

دکترهادی بهادری

استاد مشاور:

دکتر سعید تارپوردیلوی اصل

تنظیم و نگارش:

اکبر صمدی تبولقا

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ است.

آذر ۱۳۹۳

تقدیم به:

پدرم به استواری کوه

مادرم به زلالی چشمه

سایغیلاما

تانری یا شوکورلر اولسون اونون یاردیمیلا بو تئز سونا اردی و اوماریمکی آددیم لاریم حق یولوندا اولسون.
بو تئزین دیرلی شکیلده یازیلما سیندا چئیدلی یاردیملاری اولان سایین دوقتور تاروردیلو و دوقتور بهادری
یا تشکگور ائدیریم و بویوک میننتدارلیقیمی بیلدیریریم.
پرورنین گرچک له شدیدله سی ایچین امکلری گئچن سایین و دوقتور مناف پور و دوقتور سعید منیرو
دوقتور شیدایی و دکتر غیرتمند تشکگورلریمی بیلدیریریم.
یوکسک لیسانس بویونجا هر چوره فداکارلیغی گوسته رن، تئز چالیشمالاریمین مودتینده یاخجی نیت و
صبرله یانیمدا اولان سئوگیلی آییلمه سونسوز تشکگورله ریمی سونورام.
سونوندا سئویملی قارداشیم جناب مهدی صمدی و دیرلی دوستلاریم جناب محسن پناهی، فرشاد تقی زاده،
وحید علی قلیزاده، امین ملازاده، توحید شیرینی، سروش پاکدل، بهرام گراوند، سردار صمدی، مهدی بابایی، میثم
جلیل خانی زمین تدبیر ایمن شرکتینده اولان عمکداشلاریم و بوتون دوستلاردان ایستنه ر کن یاردیم
ائددیکله ری ایچین تشکگور ائدیریم .

بیر گوروش حسرتیله

چکیده

مخازن مدفون بتنی عمده روش ذخیره آب شرب در کشورمان ایران می‌باشند. از طرفی با توجه به لرزه‌خیزی بالای کشور، اهمیت پایداری و استمرار بهره برداری این گونه سازه‌ها که جزء شریان‌های حیاتی محسوب می‌شوند در زمان وقوع زلزله و بعد از آن خیلی حیاتی می‌باشند. آسیب دیدگی چنین سازه‌هایی در اثر زلزله باعث ایجاد مشکلات مختلفی از جمله عدم دسترسی به آب شرب و عدم امکان اطفای حریق خواهد شد. یکی از مهم ترین و حساس ترین نکات در تحلیل و طراحی مخازن مدفون ذخیره آب، برآورد درست نیروهای جانبی ناشی از زلزله به ویژه نیروهای جانبی خاک و آب موثر بر جداره‌های آن است. در این تحقیق سعی شده است با مدل نمودن مخزن خالی و همچنین مخزن حاوی آب و خاک اطراف آن، اندرکنش خاک و سازه و آب و استفاده از مرزهای جاذب انرژی، پوش نیروهای حاصل از آنالیزهای تاریخیچه زمانی بدست می‌آید. مدل سازی مورد نظر در نرم‌افزار اجزای محدود ANSYS که دارای قابلیت‌های زیادی در مدل سازی و تحلیل مخزن با لحاظ اثرات اندرکنشی آب و خاک بر روی سازه آن می‌باشد، انجام شده است.

هدف این تحقیق ارزیابی دقیق پارامترهای چون انواع تحریک های ورودی (زلزله‌های حوزه دور و حوزه نزدیک)، پر و خالی بودن مخزن، عمق دفن شدگی مخزن، اثر اصطکاک سطح مشترک مخزن و خاک پیرامونی و همچنین اثر اندرکنش آب و سازه روی رفتار دینامیکی مخزن می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق در دو بخش که در بخش اول فشارهای جانبی و ممان های خمشی دیوار برای انواع تحریک های ورودی زلزله (زلزله‌های حوزه دور و نزدیک) ارائه شده و در بخش دوم نیز نتایج مربوط به تاثیر اصطکاک موجود در سطح مشترک دیوار مخزن با خاک بر میزان تغییر شکل گهواره‌ای مخزن و همچنین تاثیر المان تماسی بر میزان فشار هیدرودینامیکی وارد بر دیوار مخزن ارائه شده است.

کلمات کلیدی : مخازن مدفون بتنی، اندرکنش خاک و سازه، اندرکنش سیال و سازه، اصطکاک سطح

مشترک، فشار جانبی خاک ، تحلیل دینامیکی

فهرست مطالب

۱	۱- فصل اول: مقدمه.....
۱	۱-۱- کلیات.....
۱	۱-۱- هدف این تحقیق.....
۲	۲-۱- ساختار پایان نامه.....
۳	فصل دوم: پیشینه تحقیق و ادبیات فنی.....
۳	۱-۲- معرفی.....
۴	۲-۲- مطالعات انجام گرفته روی رفتار لرزه‌ای مخازن ذخیره.....
۴	۱-۲-۲- روش‌های تحلیلی.....
۶	۲-۲-۲- روش‌های آزمایشگاهی.....
۷	۳-۲-۲- روش‌های عددی.....
۱۴	۳-۲- مطالعات انجام گرفته روی رفتار لرزه‌ای دیوارهای حائل.....
۱۴	۱-۳-۲- روش‌های تحلیلی.....
۱۷	۲-۳-۲- روش‌های عددی.....
۱۹	۳-۳-۲- تاثیر رکوردهای زلزله حوزه نزدیک.....
۱۹	۴-۳-۲- ویژگی‌های زلزله‌های حوزه نزدیک گسل.....
۲۳	۵-۳-۲- تاثیر زلزله‌های حوزه نزدیک در آیین‌نامه‌های معتبر طراحی.....
۲۵	۴-۲- انواع مکانیزم‌های اندرکنش خاک و سازه.....
۲۵	۱-۱-۱- اندرکنش جنبشی یا سینماتیک.....
۲۶	۲-۱-۱- اندرکنش اینرسی.....
۲۶	۵-۲- روش‌های مدلسازی اندرکنش خاک و سازه.....
۲۷	۱-۵-۲- مدل جرم، فنر و کمک فنر.....
۲۸	۲-۵-۲- مدل مخروطی.....
۲۹	۳-۵-۲- مدل تیر برشی.....
۳۰	۴-۵-۲- مدل نیمه فضای الاستیک یا ویسکو الاستیک.....

۳۰	۲-۵-۵- مدل المان محدود برای خاک
۳۳	۲-۶- روشهای تحلیل اندرکنش خاک و سازه
۳۳	۲-۶-۱- روش زیر سازه
۳۳	۲-۶-۲- روش مستقیم
۳۴	۲-۷- نحوه محاسبه فشار هیدرودینامیک در آیین نامه ACI-350
۳۹	۲-۸- خلاصه
۴۰	فصل سوم: آشنایی کلی با روش اجزاء محدود و نرم افزار ANSYS
۴۰	۳-۱- مقدمه
۴۱	۳-۲- آشنایی کلی با روش اجزاء محدود
۴۳	۳-۳- معرفی نرم افزار ANSYS و هدف از انتخاب آن
۴۴	۳-۴- معرفی کلی مدول های تحلیلی این نرم افزار
۴۵	۳-۵- تعاریف و کاربرد انواع آنالیزهای این نرم افزار
۴۵	۳-۱-۱- آنالیز استاتیکی
۴۶	۳-۱-۲- آنالیز مودال
۴۶	۳-۱-۳- آنالیز پاسخ هارمونیک
۴۶	۳-۱-۴- آنالیز طیفی
۴۶	۳-۱-۵- آنالیز دینامیکی گذرا
۴۷	۳-۶- بررسی خصوصیات برخی المانهای مهم
۴۹	۳-۷- مدل رفتاری دراگر- پراگر برای خاک
۵۲	۳-۸- بررسی عملکرد برخی از المان های مهم
۵۲	۳-۸-۱- بررسی مرزهای جاذب
۵۴	۳-۹-۱- بررسی عملکرد اندرکنش آب و سازه
۵۵	۳-۹- خلاصه
۵۷	فصل چهارم: مدل سازی عددی مخزن مدفون و تحلیل دینامیکی
۵۷	۴-۱- مقدمه

۵۷	۲-۴- کلیات مدل‌سازی
۵۹	۱-۱-۱۰- مشخصات و پارامترهای سازه مخزن
۵۹	۱-۱-۱۱- مدل رفتاری خاک و پارامترهای مربوطه
۶۰	۱-۱-۱۲- شرایط مرزی
۶۱	۱-۱-۱۳- دمپینگ سیستم
۶۲	۱-۱-۱۴- اثر تماس خاک و سازه و اصطکاک سازه و خاک
۶۲	۱-۱-۱۵- اندرکنش آب و سازه
۶۳	۱-۱-۱۶- ساختمان کلی مخزن
۶۳	۱-۱-۱۷- شتابنگاشتهای ورودی
۶۸	۱-۱-۱۸- حساسیت ابعاد مدل و حساسیت مش
۷۰	۳-۴- بررسی نتایج
۷۰	۱-۱-۱۹- فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن
۷۸	۱-۱-۲۰- ممان های وارد بر دیوار مخزن
۸۲	۴-۴- بخش دوم
۸۲	۱-۱-۲۱- تاثیر تماس بین خاک و سازه
۸۶	۱-۱-۲۲- تاثیر المان تماسی در فشار هیدرودینامیکی سیال
۸۷	۱-۱-۲۳- تاثیر اندرکنش سیال بر جابجایی افقی دیوار
۸۹	۵- فصل پنجم : خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات
۸۹	۵-۱- خلاصه
۹۰	۵-۲- نتیجه گیری
۹۱	۵-۳- پیشنهادات
۹۳	۶-مراجع

- شکل ۲-۱: مدل تحلیلی سیستم خاک - دیوار - سیال (Livaoglu و Cakir (۲۰۱۲)). ۴.....
- شکل ۲-۲: مدل آزمایشگاهی ساخته شده توسط Akyildiz و Unal (۲۰۰۵). ۷.....
- شکل ۲-۳: مقایسه پوش فشار دینامیکی خاک در حالت‌های صلب و شکل پذیر، (a) مخازن هم سطح زمین و (b) مخازن مدفون (رحیم زاده و خواجه احمد عطاری ۱۳۸۲) ۸.....
- شکل ۲-۴: مقایسه فشار جانبی پیشنهادی آیین نامه با مدل های هم سطح زمین (رحیم زاده و خواجه احمد عطاری ۱۳۸۲) ۸.....
- شکل ۲-۵: نمودار تغییر شکل و تنش در دیواره مخزن مکعبی با توجه به تغییر جنس خاک (نادری و همکاران ۱۳۸۹) ۹.....
- شکل ۲-۶: نمودار تغییر شکل و تنش در دیواره مخزن مکعبی با توجه به عمق دفن شدگی (نادری و همکارانش) ۹.....
- شکل ۲-۷: مدل مخزن مورد مطالعه Livaoglu و همکاران (۲۰۱۱). ۱۰.....
- شکل ۲-۸: شتاب افقی زمین ثبت شده در ایستگاه YPT (Livaoglu و همکاران ۲۰۱۱). ۱۱.....
- شکل ۲-۹: مدل اندر کنش خاک - سازه - سیال (Livaoglu و همکاران ۲۰۱۱). ۱۲.....
- شکل ۲-۱۰: جابجایی قائم ثبت شده در بالای خاکریز، (a) مخزن خالی و (b) مخزن پر، (Livaoglu و همکاران ۲۰۱۱). ۱۳.....
- شکل ۲-۱۱: ماکزیمم جابجایی ثبت شده در ارتفاع دیوار مخزن، (a) برای چهار حالت مختلف، (b) تغییر در زاویه اصطکاک داخلی برای مخزن خالی و (c) تغییر در زاویه اصطکاک داخلی برای مخزن پر (Livaoglu و همکاران ۲۰۱۱). ۱۳.....
- شکل ۲-۱۲: جابجایی sloshing قائم نسبت به زمان برای ۴ حالت خاک متفاوت (Livaoglu و همکاران ۲۰۱۱). ۱۴.....
- شکل ۲-۱۳: نیروهای در نظر گرفته شده در روش Mononobe - Okabe ۱۵.....
- ۲-۱۴: رکوردهای ثبت شده در زلزله ۱۹۹۲ Landers در دو ایستگاه متفاوت: رکورد ایستگاه JSH که خصوصیت جهت پذیری پس رونده را داراست و رکورد ایستگاه LUC که خصوصیت جهت پذیری پیش رونده را دارد. ۲۱.....
- ۲-۱۵: بردارهای ماکزیمم سرعت بر روی سطح زمین برای گسل سطحی (a) و گسل عمیق (b). در مورد این گسل امتدادلغز، تاثیر پدیده جابجایی ماندگار و جهت‌پذیری در مولفه های موازی و عمود بر گسل قابل مشاهده است (Hisada & Beilak ۲۰۰۳). ۲۲.....

- ۲-۱۶: مکانیزم گسل معکوس و نواحی فرادیواره و فرودیواره ۲۳
- شکل ۲-۱۷: مدل کردن خاک به کمک فنر و کمک فنر ۲۸
- شکل ۲-۱۸: مدل مخروطی برای درجات آزادی مختلف ۲۹
- شکل ۲-۱۹: شرایط مرز میدان آزاد ۳۲
- شکل ۲-۲۰: نسبت وزن هریک از قسمت‌های سخت و موج مایع درون مخزن به وزن کل مایع ذخیره شده. ۳۵
- شکل ۲-۲۱: نسبت ارتفاع محل برآیند فشار هیدرو دینامیک ناشی از ارتعاش جرم سخت و موج به ارتفاع کل مایع ۳۸
- شکل ۲-۲۲: مقایسه توزیع واقعی و ساده شده و فشار هیدرو دینامیک در ارتفاع دیوار ۳۹
- شکل ۳-۱: جزئیات المان COMBIN14 ۴۷
- شکل ۳-۲: جزئیات المان تماس CONTA171 ۴۸
- شکل ۳-۳: جزئیات المان دو بعدی BEAM3 ۴۸
- شکل ۳-۴: جزئیات المان دوبعدی PLANE42 ۴۹
- شکل ۳-۵: جزئیات المان مربعی FLUID79 ۴۹
- شکل ۳-۶: سطح تسلیم دراگر پراگر و مدل موهر کولمب ۵۲
- شکل ۳-۷: مدل با نسبت ابعاد ۵ با مرزهای بسته شده ۵۳
- شکل ۳-۸: مقایسه جابجایی افقی مدل رفرنس با مرزهای ساده با مدل با نسبت ابعاد ۵ با مرزهای انتقالی ۵۳
- شکل ۳-۹: مقایسه شتاب بالای دیوار افقی مدل رفرنس با مرزهای ساده با مدل با نسبت ابعاد ۵ با مرزهای انتقالی ۵۳
- شکل ۳-۱۰: مقایسه تاریخچه زمانی شتاب بالای دیوار برای مدل با نسبت ابعاد ۵ با مرز انتقالی و مدل با نسبت ابعاد ۵ مرز ساده ۵۴
- شکل ۳-۱۱: مقایسه بین توزیع فشار جانبی آب بر دیوار مخزن حاصل از مدلسازی عددی و روش آیین نامه ACI-350 ۵۴
- شکل ۴-۱: حالت کلی مدل دو بعدی و مش بندی المان ها الف) مخزن مدفون خالی، ب) مخزن مدفون پر ۵۸
- شکل ۴-۲: حالت کلی مدل دوبعدی و مش بندی المانها مخزن خالی هم سطح زمین ۵۹

- شکل ۳-۴: حالت کلی مدل دوبعدی و مش بندی المانها مخزن پر هم سطح زمین..... ۵۹
- شکل ۴-۴: شتاب نگاشت مقیاس شده Northridge (P0915)..... ۶۶
- شکل ۵-۴: شتاب نگاشت مقیاس شده Northridge..... ۶۶
- شکل ۶-۴: شتاب نگاشت مقیاس شده Northridge..... ۶۶
- شکل ۷-۴: شتاب نگاشت مقیاس شده Cape Mendocino..... ۶۷
- شکل ۸-۴: شتاب نگاشت مقیاس شده Kocaeli, Turkey..... ۶۷
- شکل ۹-۴: شتاب نگاشت مقیاس شده Morgan Hill..... ۶۷
- شکل ۱۰-۴: شتاب نگاشت مقیاس شده Northridge..... ۶۸
- شکل ۱۱-۴: شتاب نگاشت مقیاس شده Coalinga..... ۶۸
- شکل ۱۲-۴: ماکزیمم جابجایی مواج شدگی آب داخل مخزن برای اندازه های مش مربعی متفاوت..... ۷۰
- شکل ۱۳-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن خالی مدفون در عمق ۲/۵ متری تحت زلزله های حوزه دور..... ۷۲
- شکل ۱۴-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن خالی مدفون در عمق ۲/۵ متری تحت زلزله های حوزه نزدیک..... ۷۲
- شکل ۱۵-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن پر مدفون در عمق ۲/۵ متری تحت زلزله های حوزه دور..... ۷۳
- شکل ۱۶-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن خالی مدفون در عمق ۲/۵ متری تحت زلزله های حوزه نزدیک..... ۷۳
- شکل ۱۷-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن خالی مدفون در عمق ۵ متری تحت زلزله های حوزه دور..... ۷۴
- شکل ۱۸-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن خالی مدفون در عمق ۵ متری تحت زلزله های حوزه نزدیک..... ۷۴
- شکل ۱۹-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن پر مدفون در عمق ۵ متری تحت زلزله های حوزه دور..... ۷۵
- شکل ۲۰-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن پر مدفون در عمق ۵ متری تحت زلزله های حوزه نزدیک..... ۷۵
- شکل ۲۱-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن خالی همسطح زمین تحت زلزله های حوزه دور..... ۷۶
- شکل ۲۲-۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن خالی همسطح زمین تحت زلزله های حوزه دور..... ۷۶

- شکل ۴-۲۳: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن پر همسطح زمین تحت زلزله های حوزه دور ۷۷
- شکل ۴-۲۴: فشار جانبی خاک روی دیوار مخزن پر همسطح زمین تحت زلزله های حوزه نزدیک ۷۷
- شکل ۴-۲۵: سری زمانی ممان دیوار برای زلزله Northridge ۷۹
- شکل ۴-۲۶: ممان خمشی دیوار مخزن پر با عمق دفن شدگی ۲/۵ متر تحت زلزله های حوزه دور ۷۹
- شکل ۴-۲۷: ممان خمشی دیوار مخزن پر با عمق دفن شدگی ۲/۵ متر تحت زلزله های حوزه نزدیک. ... ۸۰
- شکل ۴-۲۸: ممان خمشی دیوار مخزن پر با عمق دفن شدگی ۵ متر تحت زلزله های حوزه دور ۸۰
- شکل ۴-۲۹: ممان خمشی دیوار مخزن پر با عمق دفن شدگی ۵ متر تحت زلزله های حوزه نزدیک ۸۱
- شکل ۴-۳۰: میانگین ممان خمشی دیوار تحت رکوردهای زلزله حوزه دور و نزدیک برای مخزن پر مدفون در عمق ۲/۵ متری ۸۱
- شکل ۴-۳۱: میانگین ممان خمشی دیوار تحت رکوردهای زلزله حوزه دور و نزدیک برای مخزن پر مدفون در عمق ۵ متری ۸۲
- شکل ۴-۳۲: شتاب نگاشت Kobe ۸۳
- شکل ۴-۳۳: تغییر شکل گهوارهای مخزن ۸۴
- شکل ۴-۳۴: اثر اصطکاک سطح مشترک بر تغییر شکل نرمالیزه مخزن برای با نسبت ابعاد ۱ ۸۵
- شکل ۴-۳۵: اثر اصطکاک سطح مشترک بر تغییر شکل نرمالیزه مخزن برای با نسبت ابعاد ۲ ۸۵
- شکل ۴-۳۶: اثر اصطکاک سطح مشترک بر تغییر شکل نرمالیزه مخزن برای با نسبت ابعاد ۳ ۸۵
- شکل ۴-۳۷: اثر اصطکاک سطح مشترک بر تغییر شکل نرمالیزه مخزن برای با نسبت ابعاد ۱، ۲ و ۳ ۸۶
- شکل ۴-۳۸: فشار سیال وارد بر دیوار داخلی مخزن در دو حالت با و بدون المان تماسی ۸۷
- شکل ۴-۳۹: تاریخچه زمانی جابجایی جانبی دیوار و زمان وقوع ماکزیمم جابجایی دیوار با ارتفاعهای مختلف سیال ۸۸

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کلیات

آب به عنوان مهم‌ترین و حیاتی‌ترین عنصر مورد نیاز بشر برای ادامه‌ی حیات، با کاهش روزمره‌ای مواجه بوده و به تدریج به یکی از بحران‌های جهانی تبدیل می‌شود. در این حال بحث نحوه‌ی ذخیره آب اهمیت ویژه‌ای داراست. در کشورمان ایران اکثر مخازن ذخیره‌ی آب شرب از نوع مستطیلی مدفون بتنی می‌باشند. این نوع سازه‌ها در طول عمر خود در برابر بارهای دینامیکی مختلفی قرار می‌گیرند و بایستی جهت این‌گونه بارگذاری‌ها تحلیل و طراحی گردند. یکی از این بارگذاری‌ها که بسیاری از سازه‌های مدفون در طول عمر خود تجربه می‌کنند، بارهای ناشی از زلزله است.

با توجه به لرزه‌خیزی بالای کشور، اهمیت محافظت و نیز استمرار بهره‌برداری از این گونه تاسیسات در زمان وقوع زلزله و بعد از آن کاملاً حس می‌شود. این سازه‌ها جزء شریان‌های حیاتی کشور می‌باشند و آسیب‌دیدگی آن‌ها در اثر زلزله باعث ایجاد مشکلات مختلفی از جمله عدم دسترسی به آب شرب و عدم امکان اطفای حریق خواهد شد.

یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین نکات در تحلیل و طراحی مخازن مدفون ذخیره آب، بر آورد درست نیروهای جانبی ناشی از زلزله به ویژه نیروهای جانبی خاک موثر بر جداره‌های آن است. روش‌های موجود بر آورد این نیروها که مورد استفاده گسترده‌ای نیز می‌باشند، بر مبنای آنالیزهای ساده شده‌ای بدست آمده‌اند. پرکاربردترین این روش‌ها، روش (Mononobe- Okabe) M-O و روش Seed and Whitman می‌باشد.

۱-۱- هدف این تحقیق

در این تحقیق سعی خواهد گردید تا با مدل نمودن مخزن و خاک اطراف آن و استفاده از مرزهای جاذب انرژی، پوش نیروهای حاصل از آنالیزهای تاریخچه زمانی به دست آید. برای این کار مخزن مستطیلی شکل، با نسبت طول به عرض تقریباً زیاد که بعنوان آن را به صورت کرنش مسطح دو بعدی مدل کرد، در نظر گرفته شده است. در تحقیق حاضر از نرم افزار ANSYS که دارای قابلیت‌های محاسباتی سازه‌ای و ژئوتکنیکی می‌باشد،

استفاده شده است. هدف از این تحقیق فهمیدن دقیق اثر پارامترهای ذیل روی ماکزیمم نیروهای جانبی خاک ناشی از خاک روی دیوار مخزن می باشد:

- اثر اندرکنش سیال و مخزن
- اثر عمق دفن شدگی مخزن
- اثر اصطکاک موجود در سطح مشترک دیوار مخزن و سازه
- اثر انواع تحریک‌های ورودی لرزه‌ای (زلزله های حوزه دور و نزدیک)

مخزن مورد مطالعه، در محیط همگن خاک با رفتار غیرخطی الاستو-پلاستیک که بر روی سنگ بستر قرار گرفته شده است. برای انجام تحلیل ها، ابتدا محیط تحت اثر نیروی استاتیکی وزن قرار گرفته و سپس رکوردهای زلزله به آن وارد شده است.

۱-۲- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در مجموع شامل پنج فصل می باشد. در فصل اول در (همین فصل) خلاصه‌ای از کلیات موضوع مورد مطالعه وهدف تحقیق آورده شده است.

در فصل دوم به ادبیات فنی و پیشینه تحقیق پرداخته شده است. در این فصل انواع مطالعات انجام گرفته روی موضوع مورد نظر اعم از آزمایشگاهی، تحلیلی و عددی روش های در نظرگرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه آورده شده است.

در فصل سوم شرح مختصری از نرم افزار ANSYS، قابلیت‌ها و گستره کاربردی آن بیان شده است. همچنین به مدلسازی یک مدل و بررسی عملکرد برخی از المان‌ها پرداخته شده و با روش‌های تحلیلی مقایسه شده است.

در فصل چهارم به نحوه مدل‌سازی مخزن مدفون بتنی و و بررسی نتایج مورد نظر در دو بخش پرداخته شده است. در بخش اول به بررسی رفتار مخازن مدفون تحت اثر رکوردهای زلزله نزدیک گسل و دور گسل پرداخته شده است و در بخش دوم نیز به اثرات اصطکاک موجود در سطح مشترک مخزن و خاک و همچنین اثرات اندرکنش سیال و مخزن پرداخته شده است.

و نهایتاً در فصل پنجم به نتیجه گیری کلی و پیشنهادات ارائه شده است.

فصل دوم: پیشینه تحقیق و ادبیات فنی

۲-۱- معرفی

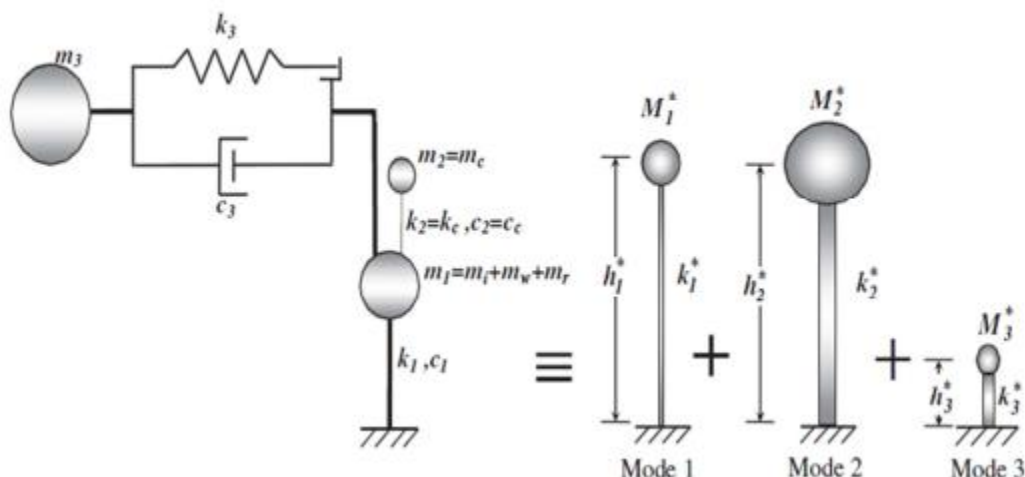
پاسخ دینامیکی مخازن بتنی مدفون بحثی کاملاً پیچیده بوده که وابسته به پاسخ خاک اطراف و زیر مخزن، سیال داخل آن، پاسخ اینرسی و خمشی خود دیوارهای مخزن و ماهیت تحریک‌های ورودی می‌باشد. تحقیقات روی رفتار لرزه‌ای مخازن ذخیره‌ای مایعات انجام شده که غالب آن‌ها در مورد مخازن استوانه‌ای هم‌سطح زمین می‌باشد. به عبارت دیگر، رفتار مخازن مکعبی در هنگام زلزله توسط اندکی از محققین صورت گرفته است. اولین گزارش در مورد رفتار این مخازن که بر مبنای مشاهدات آزمایشگاهی و تحلیلی بود توسط Hoskins و Jacobsen در سال ۱۹۳۴ ارائه شد. پس از آن Graham و Rodriguez در سال ۱۹۵۲، روش جرم-فجر را برای شبیه سازی سیال در یک مخزن مستطیلی ارائه کردند. Housner نیز در سال ۱۹۶۳، یک روش تحلیلی ارائه کرد که در آن، فشار هیدرودینامیکی ناشی از سیال، به دو مولفه‌ی صلب و موج تقسیم می‌شد. این روش به طور گسترده‌ای مورد پذیرش قرار گرفت و هم اکنون نیز در بسیاری از آیین نامه‌های موجود در ایران و خارج از این روش برای به دست آوردن نیروهای هیدرودینامیکی استفاده قرار می‌شود. از جمله این آیین نامه‌ها می‌توان به نشریه شماره‌ی ۱۲۳ سازمان برنامه و بودجه سابق با عنوان " ضوابط و معیارهای طرح و محاسبه مخازن آب زمینی " و همچنین آیین نامه‌های کمیته ACI350 اشاره کرد. اما تحقیقات اولیه همگی مربوط به مخازن روزمینی بوده و در آن‌ها اثرات مربوط به نیروی هیدرودینامیکی را بررسی کرده‌اند. در حالی که مخازن ذخیره‌ای مایعات اکثراً به صورت مدفون و نیمه مدفون می‌باشد. پس برای بررسی اثرات خاک روی دیوارهای مخازن این مطالعات کافی نبوده و نیاز به بررسی‌های بیشتری است. محققینی در ایران و سایر نقاط جهان از جمله کانادا و ترکیه که با این چالش مواجه بودند مطالعاتی را در این زمینه انجام دادند که در ادامه به تفصیل آورده می‌شود. البته این مطالعات به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. گروه اول مطالعات، مربوط به تحقیقاتی می‌باشد که مستقیماً روی مخازن ذخیره‌ای سیالات انجام پذیرفته است و گروه دوم مطالعات، مربوط به تحقیقات انجام گرفته روی دیوارهای حائل و نیروهای موثر بر آن دیواره از طرف خاک پشت آن‌ها می‌باشد، که به طور مستقیم با موضوع این تحقیق در ارتباط بوده و به آنها پرداخته می‌شود.

۲-۲- مطالعات انجام گرفته روی رفتار لرزه‌ای مخازن ذخیره

به طور کلی تحقیقات صورت گرفته به سه دسته تحلیلی، آزمایشگاهی و عددی تقسیم می‌شود که طی سالیان متمادی انجام گرفته است.

۲-۲-۱- روش‌های تحلیلی

Chakir و Livaoglu (۲۰۰۹) و (۲۰۱۲) مدلی ارائه کردند که عبارتست از یک مدل تحلیلی ساده شده برای تعیین مشخصات مودال سیستم خاکریز- دیوار مخزن- سیال که شامل اندرکنش خاک- دیوار و سیال - دیوار برای انواع حالات خاک می‌باشد. آن‌ها دریافتند که مقادیر فرکانس مدهای موج که از آنالیزها بدست می‌آید، برای حالات مختلف متفاوت نمی‌باشد. بنابراین، مدهای موج با تغییر اثر اندرکنش خاک - دیوار به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر نمی‌کند. در حالی که فرکانس‌های مد صلب، با نرم تر شدن خاک پشت دیوار تغییر می‌کند. پس می‌توان گفت که تغییر سختی خاک پشت دیوار مخزن خیلی موثر بوده و رفتار سیستم را عوض می‌کند. عدم دقت در تعیین مشخصات خاک پشت دیوار ممکن است پاسخ سیستم را عوض کرده و موجب اشتباه در تخمین درست آن شود. مدل تحقیقی ارائه شده قابلیت تخمین پاسخ جابجایی در ارتفاع جرم صلب، جابجایی جرم موج، برش پایه و ممان وازگونی را داراست. مدل تحلیلی ارائه شده توسط این محقق مانند شکل ۲-۱ می‌باشد. با توجه به این شکل روابط زیر ارائه می‌شود.



شکل ۲-۱: مدل تحلیلی سیستم خاک - دیوار - سیال (Chakir و Livaoglu (۲۰۱۲)).

$$m_1 \ddot{u}_1 + c_1 \dot{u}_1 + k_1 u_1 + c_2 (\dot{u}_1 - \dot{u}_2) + k_2 (u_1 - u_2) + c_3 (\dot{u}_1 - \dot{u}_3) + k_3 (u_1 - u_3) = p_1(t) \quad 1-2$$

$$m_2 \ddot{u}_2 + c_2 (\dot{u}_2 - \dot{u}_1) + k_2 (u_2 - u_1) = p_2(t) \quad 2-2$$

$$m_3 \ddot{u}_3 + c_3 (\dot{u}_3 - \dot{u}_1) + k_3 (u_3 - u_1) = p_3(t) \quad 3-2$$

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \\ \ddot{u}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 + c_2 + c_3 & -c_2 & -c_3 \\ -c_2 & c_2 & 0 \\ -c_3 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_1 \\ \dot{u}_2 \\ \dot{u}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 + k_3 & -k_2 & -k_3 \\ -k_2 & k_2 & 0 \\ -k_3 & 0 & k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \\ P_3(t) \end{Bmatrix} \quad 4-2$$

که در آن (u_3, u_2, u_1) جابجایی‌ها، $(\dot{u}_3, \dot{u}_2, \dot{u}_1)$ سرعت‌ها و $(\ddot{u}_3, \ddot{u}_2, \ddot{u}_1)$ شتاب‌ها بوده و $P_1(t)$ ، $P_2(t)$ و $P_3(t)$ نیروهای خارجی اعمال شده می‌باشند. برای حل معادلات باید مشخصات مودال سیستم (M_1^*) ، $(M_2^* و M_3^*)$ ، (h_1^*, h_2^*, h_3^*) و (k_1^*, k_2^*, k_3^*) مطابق روابط زیر مشخص شود.

$$M_n^* = \Gamma_n L_n^h = \frac{(L_n^h)}{M_n} \quad 5-2$$

$$h_n^* = \frac{L_n^\theta}{L_n^h} \quad 6-2$$

$$k_n^* = \omega_n^2 M_n^* \quad 7-2$$

$$M_n = \phi_n^T m \phi_n = \sum_{j=1}^N m_j \phi_{jn}^2 \quad 8-2$$

$$\Gamma_n = \frac{L_n^h}{M_n} \quad 9-2$$

$$L_n^h = \sum_{j=1}^N h_j m_j \phi_{jn} \quad 10-2$$

$$L_n^\theta = \sum_{j=1}^N h_j m_j \phi_{jn}$$

که در آن N ، تعداد کل مدها، ϕ_n ، بردار مود n -ام و ω_n^2 ، مقدار ویژه آن بردار می‌باشد. آن‌ها نتایج بدست آمده از این روش تحلیلی را با نتایج مدل سازی‌های عددی مقایسه کردند که دقت قابل قبولی را نشان داد.

Chen و Kianoush (۲۰۰۹)، که مطالعه متعددی در زمینه مخازن ذخیره آب داشته‌اند، طی تحقیقاتی روش ساده شده ای را برای تخمین پاسخ دینامیکی مخازن مستطیلی ذخیره‌ی سیالات با استفاده از سیستم کلی SDOF ارائه کردند. در این تحقیق فقط نیروی هیدرودینامیک صلب در نظر گرفته شده است. آن‌ها با استفاده از روابطی توابع شکل پنج مود اول را برای شرایط مرزی دیوارهای طره‌ای بدست آورده و با استفاده از آن آنالیزها را انجام دادند. برای بررسی کارایی مدل ارائه شده، مطالعات عددی اجزای محدود که قبلاً انجام شده بود را مورد بررسی قرار دادند که نتایج بیانگر دقت کافی بود. نتیجه گیری شد که توابع شکل ارائه شده SF_1 و SF_2 برای تخمین پاسخ مخازن ذخیره توابع مناسبی می‌باشند. آن‌ها همچنان پیشنهاد که میزان انعطاف پذیری دیوار این مخازن برای محاسبه مقادیر نیروهای هیدرودینامیکی باید در نظر گرفته شود.

۲-۲-۲- روش‌های آزمایشگاهی

Minowa (۱۹۸۴)، با استفاده از آزمایش میز لرزه روی انواع مخازن آب که از پلاستیک ساخته شده بودند، اثر زلزله را روی انواع مخازن آب که از پلاستیک ساخته شده بودند، اثر زلزله را روی پاسخ این مخازن بررسی کرد. او آزمایش‌های خود را روی مخازن استوانه‌ای، کره‌ای و مستطیلی انجام داد. او نتیجه‌گیری کرد که برای همه مخازن باید آنالیزهای لرزه‌ای در نظر گرفته شود. همچنین او اعلام کرد که دیوارهای مخزن مستطیلی باید به اندازه‌ی کافی صلب در نظر گرفته شود و اگر صلبیت کافی در نظر گرفته نشود باید این دیوارها به اندازه کافی شکل‌پذیر باشند تا نشست نکنند.

Akildiz و Unal (۲۰۰۵)، نحوه‌ی توزیع نیروهای هیدرودینامیکی را روی مخزن مستطیلی انجام دادند. آن‌ها مطالعات خود را با وجود و عدم موج‌گیرهایی در داخل مخزن انجام دادند و نتیجه‌گیری کردند که وجود موج‌گیرها در داخل مخزن، حرکت سیال را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. آن‌ها همچنین پیشنهاد کردند که اثر ویسکوزیته سیال روی مقدار نیروهای وارده باید مورد بررسی قرار گیرد. مدل آزمایشگاهی ساخته شده توسط آن محققین را نشان آن می‌دهد.



شکل ۲-۲: مدل آزمایشگاهی ساخته شده توسط Unal و Akyildiz (۲۰۰۵)

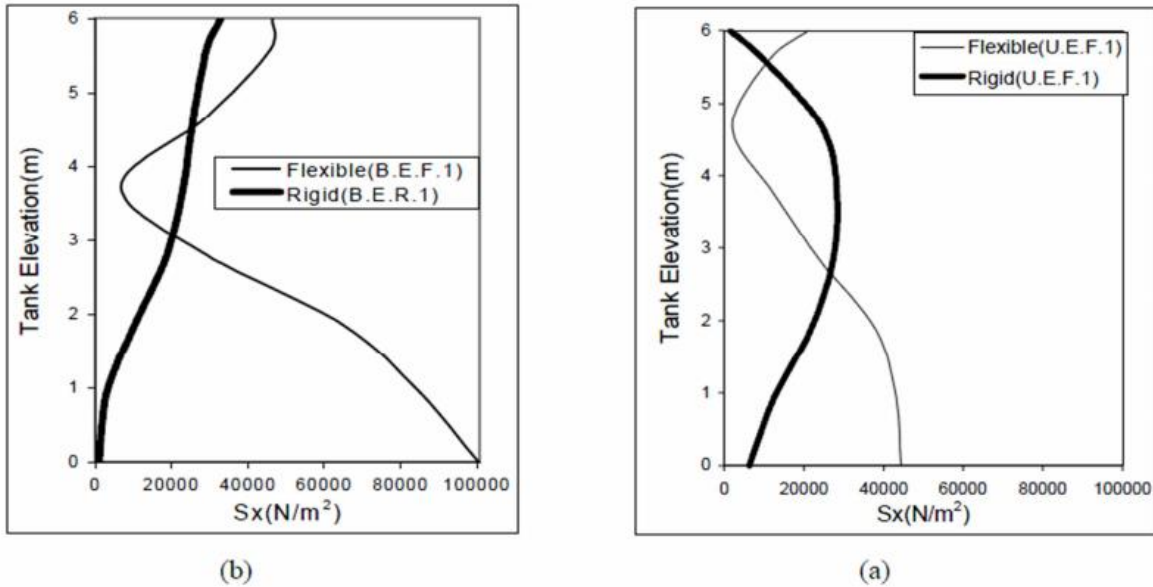
۲-۲-۳- روش های عددی

محققین زیادی در داخل و خارج کشور با استفاده از روش های عددی و نرم افزارهای اجزای محدود به بررسی این موضوع پرداخته اند. نرم افزار مورد استفاده در این مطالعات در اکثر موارد، نرم افزار اجزای محدود ANSYS بوده است. در بعضی مواقع نرم افزار Abaqus نیز استفاده شده است. البته این محققین به موضوع مخازن ذخیره آب هوایی بیشتر از مخازن زمینی پرداخته اند. که در این جا به بررسی این تحقیقات پرداخته و موضوع را بر روی مخازن زمینی بتنی مدفون متمرکز می کنیم.

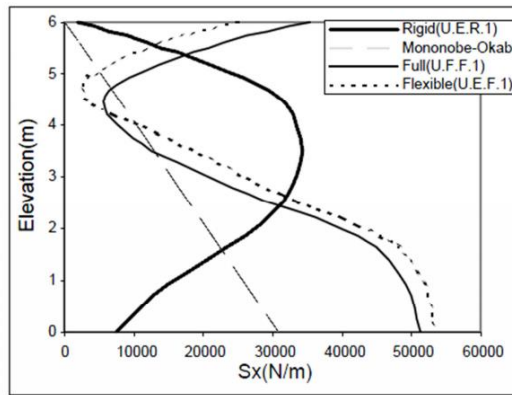
موضوع بررسی مخازن ذخیره در کشور ترکیه و ایران مورد توجه بوده است که دلیل آن نیز مشخص می باشد. چون در ایران و هم چنین ترکیه بیشتر مخازن ذخیره آب، بتنی مدفون و نیمه مدفون می باشد به همین دلیل این موضوع اهمیت ویژه ای را به خود پیدا کرده است. البته محققینی در کاندا نیز به این موضوع پرداخته اند که در ادامه به آن ها اشاره خواهد شد.

فیاض رحیم زاده و نادر خواجه عطاری (۱۳۸۲)، با در نظر گرفتن اندرکنش بین سیال و سازه و نیز خاک و سازه، نحوه توزیع فشار دینامیکی خاک و فشار هیدرودینامیکی سال بر جداره مخزن را بررسی کرده اند. آن ها مدل را در نرم افزار ANSYS و رفتار غیر خطی خاک را با مدل دراگر-پراگر شبیه سازی کردند. مهم ترین نتیجه ای که آن ها از مطالعات بدست آوردند، این بود که با کاهش c و ϕ خاک، فشار جانبی خاک در مدل های مطالعه شده افزایش می یابد و نحوه توزیع پوش فشار دینامیکی وارد بر جدار مخازن هم سطح زمین و مخازن مدفون نشان می دهد. آن ها هم چنین با مقایسه پوش فشار دینامیکی خاک با روش مونونوبه اوکابه، محافظه کارانه بودن

این روش را نتیجه‌گیری کردند.



شکل ۲-۳: مقایسه پوش فشار دینامیکی خاک در حالت‌های صلب و شکل پذیر، (a) مخازن هم سطح زمین و (b) مخازن مدفون (رحیم زاده و خواجه احمد عطاری ۱۳۸۲)



شکل ۲-۴: مقایسه فشار جانبی پیشنهادی آیین نامه با مدل های هم سطح زمین (رحیم زاده و خواجه احمد عطاری ۱۳۸۲)

نادری و همکاران (۱۳۸۹) تحلیل لرزه‌ای مخزن مدفون بتنی را با به اثر اندرکنش خاک و سازه انجام دادند. آن‌ها مدل‌سازی را با استفاده از نرم افزار Abaqus انجام داده و تاثیرات تغییرات در پارامترهای مهمی همچون، پارامترهای خاک و عمق دفن شدگی را بر روی مقادیر تنش و تغییر شکل مطالعه کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که تنش کششی و جابجایی در وسط دیوار مخزن رخ می‌دهد. هم چنین آن‌ها نشان دادند که با افزایش عمق دفن شدگی تاثیر نیروی زلزله و مقادیر تنش دیواره مخزن و تغییر شکل آن افزایش می‌یابد. اشکال زیر نتایج حاصل از این مطالعه را نشان می‌دهد.