

بسمه تعالی



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شهریار

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته عمران (گرایش سازه)

عنوان:

بررسی اثر محصور شدگی دیواره ها در رفتار لرزه ای مخازن نیمه مدفون بتنی

دانشجو:

بهزاد احمد پور

استاد راهنما:

حسن قاسم زاده

دی ماه ۱۳۹۹

بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

بررسی اثر محصور شدگی دیواره ها در رفتار لرزه ای مخازن نیمه مدفون بتنی

مخازن نیمه مدفون بتنی به شکل مسقف برای نگهداری و توزیع آب در شبکه های آبرسانی شهری و روستایی و هم به شکل بدون سقف به کرات در زمین های کشاورزی برای نگهداری آب مورد نیاز آبیاری استفاده می شود. با توجه به اهمیت بالای آب در زندگی روزمره و کاربرد حیاتی آن در حیات بشر همواره تحقیقات گسترده بر روی اجزای شبکه های آبرسانی از دیرباز صورت گرفته و مورد توجه بوده است.

با توجه به هزینه های احداث مخازن همواره تلاش های بسیاری جهت بالابردن کیفیت ساخت آن ها صورت گرفته و در این حوزه تحقیقات گسترده در جریان بوده است. با توجه به ماهیت مخازن و جزئیات اجرایی متعدد آن ها لزوم توجه و دقت بالا در ساخت و همچنین محاسبات دقیق در طراحی آن ها مورد توجه قرار گرفته است.

از پارامتر های موثر در رفتار لرزه ای مخازن بررسی اثر محصور شدگی بر رفتار مخزن است که به این منظور در تحقیق حاضر دو مدل اولی به شکل پر از آب و دومی کاملاً خالی تعریف شد و نهایتاً پس از تحلیل دو مدل این نتیجه حاصل شد که میزان آب موجود در مخزن تاثیر چندانی بر تنش یا جا به جایی مخزن ندارد. سپس مدل های ایجاد شده بر اساس میزان دفن شدگی مورد بررسی قرار گرفتند و نتیجه حاصله نشان دهنده افزایش میزان جا به جایی و کاهش میزان تنش در مخزن با کاهش میزان دفن شدگی است. با توجه به نتایج فوق مشخص گردید با خالی کردن اطراف مخزن و کاستن از اثر متقابل خاک بر مخزن میزان جابه جایی مخزن در وسط و گوشه ها افزایش می یابد که این به دلیل افزایش آزادی مدل های نیمه مدفون است. در عین حال میزان بیشینه به علت کاهش اندر کنش خاک و سازه کاهش می یابد.

کلمات کلیدی: محصور شدگی دیواره، رفتار لرزه ای، مخازن نیمه مدفون بتنی

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که در تمامی مراحل زندگی همیشه یاور من بوده اند...

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از تمامی عزیزانی که در این مسیر مرا همراهی نمودند به خصوص استاد راهنمای گرانقدر جناب دکتر قاسم زاده که همواره با دانش و اخلاق بی نظیرشان مرا مورد لطف خود قرار دادند سپاسگزاری می‌کنم.

فهرست مطالب

۱ فصل اول: بیان مسئله	۱۰
۱-۱ مقدمه	۱۰
۲-۱ اهداف تحقیق	۱۱
۳-۱ نوآوری	۱۲
۴-۱ سوالات تحقیق	۱۲
۲ فصل دوم: مروری بر کارهای صورت گرفته شده	۱۴
۱-۲ مقدمه	۱۴
۲-۲ پیشینه تحقیق	۱۵
۳ فصل سوم: مبانی تئوری تحقیق	۲۴
۱-۳ مخازن	۲۴
۲-۳ طبقه بندی مخازن بتنی از لحاظ وضعیت استقرار نسبت به تراز زمین	۲۴
۱-۲-۳ مخازن بتنی هوایی	۲۴
۲-۲-۳ مخازن بتنی زمینی	۲۵
۳-۳ طبقه بندی مخازن بتنی زمینی از لحاظ شکل هندسی و مشخصات ابعادی	۲۸
۴-۳ محل قرارگیری مخازن	۲۸
۵-۳ ملاحظات پدافند غیرعامل	۲۹

۶-۳	فشار دینامیکی وارد بر مخازن حاوی سیال شتابدار	۲۹
۱-۶-۳	فشارهای صلب	۲۹
۲-۶-۳	فشارهای موج	۳۳
۳-۶-۳	مخزن مستطیلی	۳۶
۷-۳	اثر اندر کنش سیال سازه در شبیه سازی	۴۲
۸-۳	بارگذاری مخازن در طراحی	۴۳
۱-۸-۳	کلیات	۴۳
۲-۸-۳	بارهای استاتیکی مخازن	۴۴
۳-۸-۳	بارهای دینامیکی	۴۷
۹-۳	تحلیل لرزهای مخازن استوانه‌ای ذخیره مایعات	۴۸
۱-۹-۳	مقدمه	۴۸
۱۰-۳	سیستم و فرضیات	۴۹
۱۱-۳	فشارهای هیدرودینامیکی در مخازن صلب	۵۰
۱-۱۱-۳	فشارهای ضربه‌ای	۵۰
۲-۱۱-۳	فشارهای نوسانی	۵۱
۳-۱۱-۳	برش پایه و گشتاور واژگونی	۵۲
۱۲-۳	آسیب های وارده بر مخازن ذخیره هنگام وقوع زلزله	۵۳
۴	فصل چهارم: مدل سازی عددی	۵۷
۱-۴	مقدمه	۵۷

۲-۴	معرفی روش های عددی.....	۵۷
۳-۴	معرفی روش عددی اجزای محدود.....	۵۸
۴-۴	معرفی نرم افزار آباکوس.....	۵۹
۱-۴-۴	تاریخچه نرم افزار آباکوس.....	۶۰
۲-۴-۴	فرایندهای تحلیل در نرم افزار آباکوس.....	۶۰
۵-۴	تشریح مراحل شبیه سازی.....	۶۱
۶-۴	صحت سنجی.....	۷۳
۷-۴	معرفی مدل های تحقیق.....	۷۶
۸-۴	تعریف مساله.....	۷۶
۹-۴	بررسی استقلال از اندازه مش برای مدل اولیه.....	۷۸
5	فصل پنجم: نتایج شبیه سازی.....	۸۳
۱-۵	نتایج مدل اول: مخزن پر.....	۸۳
۲-۵	نتایج مدل دوم: مخزن خالی.....	۹۰
۳-۵	نتایج مقایسه مدل پر و خالی.....	۹۷
۴-۵	خلاصه نتایج.....	۹۸
۵-۵	پیشنهادهای.....	۹۹
۶	پیوست یک.....	۱۰۰
۱-۱-۶	مراحل تحلیل در نرم افزار Abaqus.....	۱۰۰
۲-۱-۶	ماژول های نرم افزار Abaqus.....	۱۰۱

۳-۱-۶	گام های شبیه سازی عددی در نرم افزار Abaqus	۱۰۳
۲-۶	توانایی های نرم افزار آباکوس	۱۰۵
۳-۶	حل معادلات عددی	۱۰۷
۷ منابع		۱۱۶

فهرست شکل ها

شکل ۱-۲: تیر معادل [۱۲]	۲۰
شکل ۱-۳: نمونه هایی از مخازن بتنی هوایی	۲۵
شکل ۲-۳: نمونه هایی از مخازن بتنی زمینی	۲۷
شکل ۳-۳: لایه ای از سیال به ضخامت واحد	۳۰
شکل ۴-۳: سیال مهار شده بین دو صفحه مجاور	۳۱
شکل ۵-۳: سیال مواج	۳۳
شکل ۶-۳: بررسی اولین مود ارتعاش سیال	۳۴
شکل ۷-۳: مدل اثر سیال بر مخزن	۴۱
شکل ۸-۳: جایگزین مکانیکی ساده برای مخزن استوانه ای [۱۷]	۴۹
شکل ۹-۳: مخزن آب تخریب شده به علت تلاطم سیال [۱۸]	۵۳
شکل ۱۰-۳: مخزن آب تخریب شده به علت تلاطم سیال [۱۸]	۵۳
شکل ۱۱-۳: کمانش پای فیل در دیواره مخزن [۱۸]	۵۴
شکل ۱۲-۳: تخریب مخزن در اثر انهدام سقف مخزن [۱۸]	۵۴
شکل ۱۳-۳: تخریب مخزن در اثر انهدام اجزای سازه ای مخزن [۱۸]	۵۵
شکل ۱-۴: مدل سازی اجزای شبیه سازی	۶۱

- شکل ۲-۴: مدل سازی خاک پیرامون مخزن ۶۲
- شکل ۳-۴: مدل سازی خاک در فضای دو بعدی و ایجاد المان های مرزی بینهایت ۶۲
- شکل ۴-۴: خالی کردن فضای مورد نیاز مخزن در مدل خاک ۶۳
- شکل ۵-۴: پارتیشن بندی خاک به منظور مش زنی منظم ۶۳
- شکل ۶-۴: مدل خاک مش زده شده ۶۴
- شکل ۷-۴: مدل کردن پارت مخزن بتنی ۶۴
- شکل ۸-۴: حذف صفحه بالایی مخزن در مدل مخزن رو باز ۶۵
- شکل ۹-۴: مدل نهایی مخزن ۶۵
- شکل ۱۰-۴: مدل آب درون مخزن و پارتیشن بندی آن ۶۶
- شکل ۱۱-۴: تعریف خصوصیات خاک بتن و آب و تخصیص به مدل ها ۶۶
- شکل ۱۲-۴: مونتاژ نهایی مدل ۶۷
- شکل ۱۳-۴: تعریف نوع تحلیل ۶۷
- شکل ۱۴-۴: تعریف اندرکنش بین اجزا ۶۸
- شکل ۱۵-۴: تعریف شتاب جاذبه ۶۸
- شکل ۱۶-۴: تعریف شرایط مرزی مساله ۶۹
- شکل ۱۷-۴: مشخص کردن نوع المان های اجزا و مش زنی ۶۹
- شکل ۱۸-۴: تعریف نوع المان های مدل آب ۷۰
- شکل ۱۹-۴: تولید فایل متنی اولیه از مدل ۷۰
- شکل ۲۰-۴: تعریف المان مرزی بینهایت ۷۱
- شکل ۲۱-۴: وارد کردن مجدد مدل تغییر یافته ۷۱
- شکل ۲۲-۴: تعریف خروجی های مورد نیاز برای مساله ۷۲
- شکل ۲۳-۴: تحلیل و مشاهده نتایج ۷۳

- شکل ۴-۲۴: نحوه مش زنی مخزن بتنی در شبیه سازی ۷۴
- شکل ۴-۲۵: تاریخچه جابجایی بالای مخزن در مقاله ۷۴
- شکل ۴-۲۶: تاریخچه جابجایی بالای مخزن در شبیه سازی ۷۵
- شکل ۴-۲۷: مقایسه تاریخچه جابجایی بالای مخزن در شبیه سازی با مطالعه یزدانیان و فو ۷۵
- شکل ۴-۲۸: کانتورتنش مخزن مورد بررسی در شبیه سازی ۷۶
- شکل ۴-۲۹: بارگذاری وارده به مدل بر اساس زلزله طبس ۷۸
- شکل ۴-۳۰: نمودار زمان حل بر حسب تعداد المان ۷۹
- شکل ۴-۳۱: محل نمونه گیری از نتایج جهت بررسی همگرایی مش ۷۹
- شکل ۴-۳۲: نمودار جا به جایی کناره مخزن ۸۰
- شکل ۴-۳۳: بزرگ نمایی نمودار جا به جایی کناره مخزن ۸۰
- شکل ۴-۳۴: مش بندی نهایی مدل سازی ۸۱
- شکل ۵-۱: کانتور شتاب وارده بر مخزن در مدل پر و کاملاً مدفون و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۸۳
- شکل ۵-۲: کانتور تنش وارده بر مخزن در مدل پر و کاملاً مدفون و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۸۳
- شکل ۵-۳: کانتور سرعت وارده بر مخزن در مدل پر و کاملاً مدفون و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۸۴
- شکل ۵-۴: کانتور جا به جایی وارده بر مخزن در مدل پر و کاملاً مدفون و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۸۴
- شکل ۵-۵: کانتور جابه جایی وارد شده بر خاک در مدل و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۸۴
- شکل ۵-۶: کانتور سرعت وارد شده بر مدل اول در زمان ۳۷/۸۴ ثانیه روی مخزن ۸۵
- شکل ۵-۷: محل رسم تغییرات جابه جایی و شتاب ۸۵
- شکل ۵-۸: نمودار شتاب المان های روی بدنه مخزن در وسط مخزن پر و کاملاً مدفون ۸۶
- شکل ۵-۹: نمودار شتاب المان های روی بدنه مخزن در کناره مخزن پر و کاملاً مدفون ۸۶
- شکل ۵-۱۰: نمودار میانگین جابهجایی بدنه مخزن در وسط مخزن پر و کاملاً مدفون ۸۷
- شکل ۵-۱۱: نمودار میانگین جابه جایی بدنه مخزن در کناره مخزن پر و کاملاً مدفون ۸۷

- شکل ۵-۱۲: کانتور تنش در مدل های با ارتفاع مختلف مدفونی ۸۸
- شکل ۵-۱۳: نمودار تنش روی دیواره مخزن برای میزان دفن شدگی مختلف ۸۹
- شکل ۵-۱۴: کانتور شتاب مخزن در مدل خالی و کاملاً مدفون و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۹۰
- شکل ۵-۱۵: کانتور تنش مخزن در مدل خالی و کاملاً مدفون و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۹۰
- شکل ۵-۱۶: کانتور سرعت مخزن در مدل خالی و کاملاً مدفون و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۹۱
- شکل ۵-۱۷: کانتور جا به جایی مخزن در مدل خالی و کاملاً مدفون و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۹۱
- شکل ۵-۱۸: کانتور جابه جایی خاک در مدل خالی و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۹۱
- شکل ۵-۱۹: کانتور سرعت خاک در مدل خالی و زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۹۲
- شکل ۵-۲۰: محل رسم تغییرات جابه جایی و شتاب ۹۲
- شکل ۵-۲۱: نمودار شتاب بدنه مخزن در وسط مخزن خالی و کاملاً مدفون ۹۳
- شکل ۵-۲۲: نمودار شتاب بدنه مخزن در کناره مخزن خالی و کاملاً مدفون ۹۳
- شکل ۵-۲۳: نمودار میانگین جابه جایی بدنه مخزن در وسط مخزن خالی و کاملاً مدفون ۹۴
- شکل ۵-۲۴: نمودار میانگین جابه جایی بدنه مخزن در کناره مخزن خالی و کاملاً مدفون ۹۴
- شکل ۵-۲۵: کانتور تنش در مدل های با ارتفاع مختلف مدفونی ۹۵
- شکل ۵-۲۶: نمودار تنش دیواره مخزن برای میزان دفن شدگی مختلف در زمان ۳۷/۸۴ ثانیه ۹۶
- شکل ۵-۲۷: مقایسه کانتور تنش در دو مدل پر و خالی ۹۷
- شکل ۵-۲۸: نمودار تنش روی مخزن پر و خالی ۹۷
- شکل ۶-۱: مراحل تحلیل در نرم افزار آباکوس ۱۰۱
- شکل ۶-۲: المان های نرم افزار ۱۱۰
- شکل ۶-۳: المان خطی و مرتبه ۲ ۱۱۲

فهرست جداول

جدول ۱-۳: پارامترهای مدل برای جایگزین ساده مکانیکی	۵۰
جدول ۱-۴: مشخصات هندسی مخزن بتنی [۲۰]	۷۳
جدول ۲-۴: مصالح مورد استفاده مخزن بتنی [۲۰]	۷۴
جدول ۳-۴: ابعاد قسمت های مختلف مدل سازی (متر)	۷۷
جدول ۴-۴: خواص مخزن بتنی	۷۷
جدول ۵-۴: خواص خاک	۷۷
جدول ۶-۴: خواص آب	۷۷
جدول ۱-۵: مقادیر تنش و جا به جایی برای مخزن پر در زمان ۳۷,۸۴	۸۹
جدول ۲-۵: مقادیر تنش و جا به جایی برای مخزن خالی در زمان ۳۷,۸۴ ثانیه	۹۶

فصل اول: بیان مسئله

۱ فصل اول: بیان مسئله

۱-۱ مقدمه

مخازن یک از اجزای مهم سامانه های آبرسانی می باشند که باید به گونه ای طراحی شوند تا علاوه بر جبران تغییرات تقاضای آب، کاهش نوسانات فشار آب در شبکه توزیع، ذخیره و فراهم نمودن آب مورد نیاز اطفای حریق و استمرار آبرسانی و توزیع آن در هنگام قطع برق و حوادث احتمالی، از آلودگی آب نیز جلوگیری نمایند. [۱]

مخازن بتن مسلح - بر - حسب وضعیت استقرار نسبت به تراز زمین، به دو دسته مخازن هوایی و مخازن زمینی طبقه بندی می شوند. مخازن بتنی زمینی برای ذخیره آب تصفیه نشده یا بهداشتی، متعادل کردن فشار یا مکش تلمبه خانه ها، تامین فشار شبکه و ... استفاده می شوند. با توجه به ضوابط پدافند غیر عامل و همچنین ضوابط فنی و معماری، مخازن بتنی زمینی ممکن است به سه صورت اجرا شوند:

✓ مخازن بتنی زمینی مدفون

✓ مخازن بتنی زمینی نیمه مدفون

✓ مخازن بتنی زمینی سطحی

این پژوهش به شکل تخصصی تری بر روی مخازن نیمه مدفون متمرکز است. در این مخازن خاکریزی صرفاً تا بخشی از ارتفاع دیوار انجام می شود.

مخازن نیمه مدفون بتنی به شکل مسقف برای نگهداری و توزیع آب در شبکه های آبرسانی شهری و روستایی و هم به شکل بدون سقف به کرات در زمین های کشاورزی برای نگهداری آب مورد نیاز آبیاری استفاده می شود. با توجه به اهمیت بالای آب در زندگی روزمره و کاربرد حیاتی آن در حیات بشر همواره تحقیقات گسترده بر روی اجزای شبکه های آبرسانی از دیرباز صورت گرفته و مورد توجه بوده است.

با توجه به هزینه های احداث مخازن همواره تلاش های بسیاری جهت بالابردن کیفیت ساخت آن ها

صورت گرفته و در این حوزه تحقیقات گسترده در جریان بوده است. با توجه به ماهیت مخازن و جزئیات اجرایی متعدد آن ها لزوم توجه و دقت بالا در ساخت و همچنین محاسبات دقیق در طراحی آن ها مورد توجه قرار گرفته است.

در سالیان اخیر در ایران با توجه به گسترده تر شدن اجرای روش های نوین آبیاری در زمین های کشاورزی و نیاز به منابع مطمئن و پایدار آب برای برنامه ریزی در آبیاری، ساخت مخازن ذخیره آب در دستور کار قرار گرفته و همزمان تحقیقات بر روی ویژگی ها و ساختار سازه ای و رفتار لرزه ای مخازن نیز بیشتر شده است. در این تحقیق نیز با توجه به نیاز تحقیقاتی موجود، با تمرکز بر رفتار مخازن نیمه مدفون بتنی به بررسی میزان تاثیر ارتفاع محصور شده مخازن بر رفتار لرزه ای آن ها پرداخته می شود.

در انتها با مقایسه نتایج شبیه سازی به مقایسه و بررسی اثر این پارامتر بر رفتار مخزن نیمه مدفون، تحت رکورد زلزله در نظر گرفته شده پرداخته میشود و پس از انجام کار پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده در این حوزه ارائه می شود.

۲-۱ اهداف تحقیق

در حوزه تحلیلی مخازن مدفون بتنی کارهایی انجام گرفته شده و نتایج مختلفی ارائه گردیده است که عموماً بر روی مخازن بتنی و فولادی روی سطح خاک (مخازن سطحی) متمرکز شده اند و در مواردی مخازن مدفون نیز در پژوهش های مختلف مورد بحث قرار گرفته اند. لکن در این پژوهش حوزه مخازن نیمه مدفون و به طور خاص در حوزه اثر ارتفاع محصور شدگی مخزن بتنی در رفتار لرزه ای مخزن طرح موضوع می شود.

با توجه به اثر متقابلی که سازه ها و خاک اطراف آن ها بر هم دارند با تغییر در میزان ارتفاع محصور مخزن میزان تغییر در تنش های وارد شده بر مخزن و بیشینه این تنش ها بررسی می گردد. و نرخ تغییر در هر یک از خروجی ها به عنوان پارامتری بسیار مهم در رفتار لرزه ای مخازن ارائه می گردد.

در این پایان نامه رفتار مخازن نیمه مدفون تحت اثر زلزله در ارتفاع های محصور شده متفاوت ارزیابی

می گردد و نقش این پارامتر در رفتار لرزه ای مخازن به عنوان نتیجه پایان نامه گزارش خواهد شد.

۳-۱ نوآوری

نکته مورد بحث در این پایان نامه بررسی اثر محصور شدگی مخازن نیمه مدفون در رفتار لرزه ای این مخازن است. در این پایان نامه مدل هایی با ارتفاع های محصور شدگی متفاوت در نظر گرفته میشود و اثر میزان محصور شدگی دیواره ها در رفتار مخازن تحت زلزله بررسی می گردد. تحلیل اثر ارتفاع محصور دیواره ها در رفتار لرزه ای آن ها موجب طراحی هر چه بهینه تر این مخازن خواهد شد.

۴-۱ سوالات تحقیق

در این تحقیق به دنبال بررسی موارد زیر خواهیم بود:

۱. بررسی میزان تنش وارد شده بر مخزن بتن مسلح تحت بار-گذاری لرزه ای
۲. بررسی میزان تغییر در جابه جایی دیواره مخزن در شرایط مدفون و نیمه مدفون
۳. ارزیابی میزان تغییرات سرعت و شتاب مخزن در شرایط مدفون و نیمه مدفون

فصل دوم: مروری بر کارهای صورت گرفته شده

۲ فصل دوم: مروری بر کارهای صورت گرفته شده

۱-۲ مقدمه

در این فصل به تعدادی از کارهای انجام گرفته شده در این حوزه می پردازیم و ضمن مطالعه آن ها به تحلیل نتایج تحقیقات مذکور پرداخته می شود.

عمده کارهای انجام شده در حوزه بررسی رفتار لرزه‌ای مخازن بر روی مخازن هوایی متمرکز است که در ادامه چند نمونه آورده شده است. همچنین در حوزه بررسی رفتار لرزه‌ای مخازن نیمه مدفون نیز تحقیقاتی صورت گرفته و در قالب پایان نامه و مقالات متعدد آورده شده است که در حوزه شبیه سازی عمدتاً بر روی تفاوت های مدل های شبیه سازی شده، با در نظر گرفتن اندر کنش سیال سازه و بدون در نظر گرفتن اندر کنش سیال سازه متمرکز است و همچنین در حوزه آزمایشگاهی عمدتاً بر روی بررسی رفتار لرزه ای نمونه های آزمایشگاهی تحت جداساز های گوناگون لرزه ای متمرکز است.

در پژوهشی توسط آقای هاوژنر تحلیل فشارهای هیدرودینامیکی ایجاد شده در مخزن، هنگامی که مخزن حاوی سیال در معرض شتاب های افقی قرار می گیرد ارائه شده است. فرمول های ساده سازی شده ای برای مخازن دارای تقارن دوگانه، سدهای شیبدار و دیوارهای حائل انعطاف پذیر ارائه شده است. در این تحلیل نیروهای وارد شده بر مخزن شامل فشارهای مایع سخت و مایع مواج است [۲].

حول موضوع فشارهای دینامیکی ایجاد شده هنگام وقوع زلزله در طراحی سازه هایی نظیر مخازن و سدها تحقیقات بیشتری صورت گرفته است. اولین راه حل این مساله توسط Westergaard (۱۹۳۳)، که فشارهای وارد بر سد مستطیلی قائم تحت شتاب افقی را تعیین نمود ارائه شد. Jacobsen (۱۹۴۹) مشکل مربوط به مخازن استوانه ای حاوی سیال را برای یک پایه پل استوانه ای که اطراف آن را سیال فرا گرفته بود حل کرد. Werner و Sundquist (۱۹۴۹) اقدامات Jacobsen را برای یک مخزن مستطیلی، کانال های با مقطع نیم دایره ای و مثلثی و همچنین نیم کره ادامه توسعه دادند. آقایان Rodriguez و Graham

(۱۹۵۲) تحلیل بسیار جامع و کاملی از فشارهای مایع سخت و موج در یک مخزن مستطیلی را ارائه دادند. Jacobsen و Hoskins (۱۹۳۴) به صورت تجربی فشارهای مایع سخت را محاسبه نمودند و Ayre (۱۹۵۱) نیز نتایج مشابهی را ارائه دادند. Zangar (۱۹۵۳) فشارهای اندازه گیری شده وارد بر وجوه سد را از طریق دستگاه آنالوگ الکتریکی ارائه نمودند.

۲-۲ پیشینه تحقیق

در مقاله ای آقای داواس و همکاران [۳] به بررسی مقایسه انواع پالس هاس مختلف اعمالی در زلزله ها بر سازه مخزن پرداختند و در این مقاله به ارزیابی اثر زلزله های حوزه نزدیک بر مخازن پرداخته شد. در تحقیق مذکور دو مدل مخزن را که در کارهای مشابه قبلی استفاده شده بود به وسیله سیستم های ایزولاسیون در پایه ها در برابر زلزله مقاوم کرده و به بررسی مقاومت آن ها در برابر زلزله ای حوزه نزدیک پرداخته شد. در نهایت این دو مدل مخزن ذخیره آب در برابر نیروهای برشی اعمالی و جابه جایی های کوچک مقاومت خوبی نشان دادند ولی این رفتار در حالتی که آب درون مخزن موج میشود کمتر خود را نشان می دهد.

در مقاله آقایان رحیم زاده و عطاری [۴] ضمن انتخاب مدلی از یک مخزن مدفون و با در نظر رفتن اندرکنش بین سیال و سازه و نیز خاک و سازه ، نحوه توزیع فشار دینامیکی خاک و فشار دینامیکی سیال بر جداره مخزن مورد بررسی قرار گرفته است . در این مقاله پارامتر های مورد نظر شامل : سختی دیواره، عمق دفن شدگی و مشخصات خاک اطراف مخزن است.

برای مدل سازی اندرکنش خاک و سازه و پدیده انتشار امواج درحوزه خاکی اطراف مخزن، ضمن استفاده از روش حل مستقیم از مرز جاذب ویسکوز در فاصله ای مناسب استفاده شده است. رفتار غیرخطی خاک توسط مدل رفتاری دراگر-پراگر که وابسته به فشار همه جانبه است، مدل شده و نتایج حاصله به صورت پوش فشار دینامیکی خاک و یا سیال بر جداره مخزن بیان شده است. کاهش پارامترهای ϕ و C خاک باعث افزایش فشار جانبی خاک در مدل های مورد مطالعه شده و نحوه توزیع پوش فشار دینامیکی وارد بر جداره

مخزن با افزایش سختی آن تغییر می‌کند، نتایج تحلیل های به عمل آمده در این مقاله با توجه به در نظر گرفتن اثر اندر کنش خاک و سازه در مدل ها نشان دهنده اختلافی با رابطه معادل استاتیکی “مونونوبه-اوکابه” برای در نظر گرفتن فشار دینامیکی خاک بود.

در مقاله ای با عنوان رفتار غیر خطی مخازن بتنی استوانه ای ذخیره آب [۵] به ارائه راهکاری برای کاهش اثر زلزله بر روی مخازن استوانه ای نیمه مدفون پرداخته شده است. در این مطالعه با در نظر گرفتن پایه های انعطاف پذیر به جای تکیه گاه های ثابت به بررسی اثر میراگر ها پرداخته شد و نهایتاً مشخص گردید استفاده از میراگرهای ویسکوز در تکیه گاه ها منجر به کمتر شدن اثر زلزله در مخازن نیمه مدفون میشود و این مخازن می تواند در مناطق با زلزله خیزی بالاتر مورد استفاده قرار گیرد.

آقای چن و همکاران [۶] به ارائه مدلی به کمک روش سیستم یک درجه آزادی برای طراحی و پژوهش در حوزه مخازن بتنی پرداختند. در اغلب آیین نامه های موجود در حوزه طراحی مخازن بتنی برای محاسبه پاسخ مخزن در برابر فشار هیدرو دینامیک از شرایط مرزی صلب استفاده میشود و جرم مخزن نیز در دیوار های به شکل متمرکز مدل می گردد در حالی که در این پژوهش نشان داده شد انعطاف پذیر مدل شدن دیوار ها در برابر مدل صلب دیوار موجب افزایش مقدار فشار اعمال شده هیدرو دینامیک خواهد شد. نتایج پژوهش و مقایسه آن ها با نتایج برگرفته شده از آیین نامه ACI350.3 همچنین بیان داشت اثرات مود دوم تغییر شکل مخزن در نتایج نهایی به شدن موثر است و حتماً میبایست در تحلیل های دینامیکی در نظر گرفته شود

در سال ۱۳۹۲ آقای کلانتری [۷] در پایان نامه کارشناسی ارشد به بررسی اثر میزان صلبیت خاک زیر مخزن در رفتار لرزه ای مخازن پرداختند.

با توجه به اینکه در تحلیل دینامیکی سازه ها عموماً فرض می شود که خاک زیر شالوده صلب است و از انعطاف پذیری آن صرف نظر می شود و در این حالت پاسخ سازه متأثر از خواص دینامیکی خود سازه است و انعطاف پذیری خاک، تأثیری در پاسخ سازه ندارد، با لحاظ نمودن انعطاف پذیری خاک زیر شالوده انتظار

می رود پاسخ سازه تحت تأثیر سیستم دینامیکی جدید خاک-فونداسیون وسازه قرار بگیرد. با مدل سازی اندرکنش آنها دریافتند که مدل کردن خاک زیر سازه در رفتار لرزه ای این مخازن موثر است.

در مقاله ای با عنوان اثر محصورشدگی بر ظرفیت تحمل نهایی پی های مربعی تحت بار های هم محور و مایل [۸] متوجه شدند محصور شدگی خاک در بهبود رفتار پی های مربعی در زمین های ماسه ای اثر قابل توجهی دارد و میزان ظرفیت تحمل نهایی در حالت محصور شده ۶/۷۵ برابر حالت غیر محصور بود.

در مقاله ای با عنوان مدلسازی و بررسی رفتار مخازن زمینی بتنی ذخیره آب [۹] به منظور مقایسه بین بارهای لرزه ای در نشریه ۱۲۳ و آئین نامه ۲۸۰۰ ، سازه مخزن بتنی نیمه مدفون با حجم ۵۰۰ متر مکعب با استفاده از دو مرجع فوق بارگذاری لرزه ای شده و نتایج تنش و تغییر مکان در دو حالت با هم مقایسه شده است. نتیجه گیری پژوهش نیز به این شرح است که بیشینه تنش های دیوار در پای دیواره و بیشینه تغییر مکانهای دیوار در وسط جداره در هر دو حالت بارگذاری ایجاد شده است و در بارگذاری بر پایه نشریه ۱۲۳ ، مقادیر تنش و تغییر مکانهای به دست آمده بیشتر از آئین نامه ۲۸۰۰ می باشد که حاکی از دست بالا بودن نشریه ۱۲۳ در مدلسازی مخازن می باشد.

در مقاله ای با عنوان بررسی زاویه گوه فعال خاک با توزیع مکش ماتریکی خطی در زیر پی آقای قاسم زاده و همکاران یک رویکرد نظری برای تعیین زاویه گوه فعال خاک های اشباع نشده، بر اساس روش تحلیل تعادل محدود در حالی که مکش بافتی با توجه به عمق، به صورت خطی متفاوت است، را بررسی کردند. در تحقیقات قبلی، توزیع مکش ثابت در داخل خاک بررسی شده بود، اما به طور کلی مکش خطی و غیرخطی در بالای سفره آبخوان گسترش نیز می یابد. که در این تحقیق دامنه، مقدار مکش، منطقه انتقال و منطقه غیر اشباع و همچنین با درجه اشباع ماندگار را پوشش می دهد. نتایج مطالعه نشان می دهد که زاویه گوه فعال تحت تأثیر زاویه اصطکاک داخلی خاک های غیر اشباع ، ($\emptyset$) قرار می گیرد، و رابطه به دست آمده از آزمایش های سه محوره، به صورت $\frac{\pi}{6} + \frac{7}{8}\emptyset$ است. مشاهده شده است که با صرف نظر از اثر مکش ماتریک روی زاویه اصطکاک داخلی، مقدار به دست آمده نزدیک به مقدار خاک اشباع است. معادله پیشنهادی را می توان در

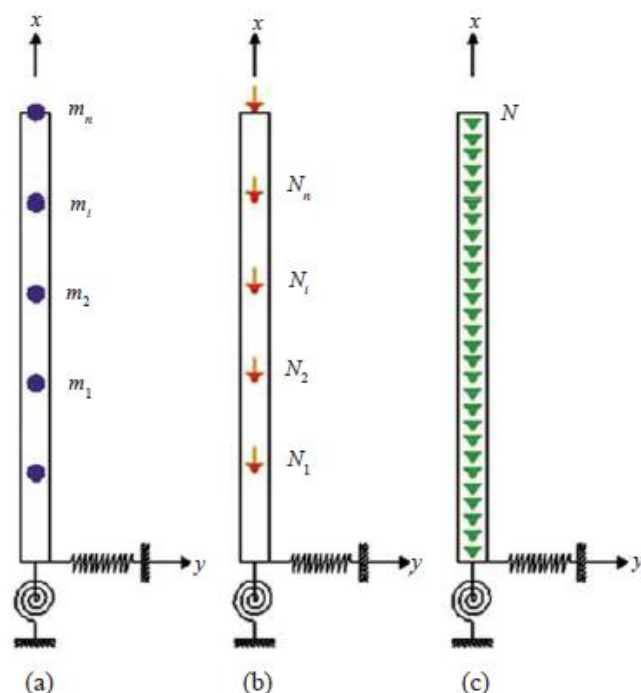
تمام مناطق اشباع استفاده کرد. این مدل برای یک تحلیل دقیق از ظرفیت باربری خاک های اشباع نشده بسیار ساده است. همچنین این مدل موجب خواهد شد بدون ایجاد هزینه های اضافی، پی را در مناطق خشک و نیمه خشک جهان طراحی کرد [۱۰].

اثر اندرکنش خاک و پوشش بتنی در تونلها نیز مورد بررسی فراوان قرار گرفته است. در سال ۱۳۹۸ در مقاله ای با عنوان تعیین تنش محصور کننده - بیرون زدگی جبهه کار تونل با استفاده از مدل های عددی آقای قاسم زاده و خانم قائمی [۱۱] به کمک مدل سازی سه بعدی قسمتی از تونل متروی خط ۷ تهران را بررسی نمودند و رابطه بین تنش محصور کننده سینه کار و مقدار بیرون زدگی آن بررسی شد و نتایج در قالب منحنی تنش محصور کنندگی - بیرون زدگی ارائه گردید. در این تحقیق برای مدل سازی از مشخصات ژئوتکنیکی قسمت ابتدایی خط ۷ مترو استفاده گردید و روند انجام محاسبات و تحلیل ها توسط نرم افزار FLAC3D به این صورت است که در ابتدا خاک کل مدل تحت وزن خود دارای تنش ها و نشست های برجا می شود سپس این نشست ها که طی سالیان به وجود آمده و دیگر وجود ندارد در نرم افزار صفر می شود پس از آن تنش های واده شده در سینه کار را در نرم افزار قرائت می کنیم. پس از این شبیه سازی و تحلیل نتایج مشخص گردید پارامتر همگنی خاک مهم ترین عامل تاثیرگذار بر روی منحنی مشخصه است که تغییر آن می تواند تغییرات قابل توجهی روی منحنی مشخصه داشته باشد.

همچنین تحلیل اندکنش خاک و سازه در مقالات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است از جمله آقای قاسم زاده و همکاران [۱۲] در مقاله ای با عنوان تحلیل نوسان سازه های فولادی با در نظرگیری انعطاف پذیری چشمه اتصال بر اساس روش انرژی را بررسی کردند. در این تحقیق جرم های طبقه به عنوان جرم های متمرکز در سطح هر طبقه در نظر گرفته می شوند و جرم های ستون ها به طور مساوی در امتداد تیر طره توزیع می شوند. اندرکنش خاک و سازه به عنوان فنرهای محوری و چرخشی در نظر گرفته می شود، که انرژی بالقوه آن فرموله شده و در انرژی پتانسیل کلی سازه گنجانیده می شود. پس از آن، معادلات فرکانس طبیعی بر اساس اصول بقای انرژی به دست می آید. تأثیر نیروهای محوری بر فرکانس طبیعی نیز در فرمول های

پیشنهادی در نظر گرفته شده است. با استفاده از روشی که در این مطالعه ارائه شده است، فرکانسهای طبیعی با استفاده از یک روش ساده و بدون مدل سازی عددی پیچیده محاسبه می شوند. فرمول های پیشنهادی با روشهای آزمایشی و عددی تأیید می شوند. مطابقت نزدیک بین نتایج حاصل از این سه رویکرد مشاهده می شود. علاوه بر این، اثرات انعطاف پذیری چشمه اتصال، داوم صفحات و صفحات دولا تاب در فرکانس های طبیعی ساختمانها بررسی شده است.

سازه نشان داده شده در شکل ۱-۲ را در نظر بگیرید که در هر سطح تحت فشارهای گرانشی یکنواخت توزیع می شود. فرض بر این است که سازه متقارن است. همچنین فرض بر این است که تیرها و ستون ها در کل ساختمان دارای مقطع یکنواخت هستند. این فرض برای ساختمانهای کم ارتفاع که دارای ابعاد طراحی ثابت نسبت به ارتفاع هستند، قابل قبول تر است. با این حال، نتایج همچنین می تواند در مرحله طراحی اولیه ساختمانهای میان مرتبه و مرتفع استفاده شود.



شکل ۱-۲: تیر معادل [۱۲]

فرمول های تقریبی جدید برای تخمین فرکانس طبیعی سازه های فولادی با سیستم های سازه ای مختلف با استفاده از روش انرژی ارائه شده است. فرمول های پیشنهادی، اثر انعطاف پذیری چشمه اتصال را در فرکانس طبیعی در نظر می گیرند. علاوه بر این، اثر جرم های متمرکز، نیروهای محوری متمرکز و نیروهای محوری توزیع شده در نظر گرفته شده است. فرمول ها برای دو مورد پیشنهاد شده اند. در حالت اول، اثر اندرکنش خاک - سازه در نظر گرفته نشده است و پایه سازه بر روی زمین ثابت است. در حالت دوم، فرمول ها با در نظر گرفتن تأثیر اندرکنش خاک - سازه تعمیم می یابد. فرمول های ارائه شده در این مطالعه با مقایسه آنها با نتایج عددی و تجربی اعتبار سنجی شده است. نشان داده شده که فرکانس های طبیعی پیش بینی شده با روش انرژی، تطابق خوبی با فرکانس های طبیعی محاسبه شده با روشهای عددی و تجربی دارند.

آقای قاسم زاده و همکاران در مقاله ای با عنوان تجزیه و تحلیل عددی اندرکنش شمع-خاک - شمع در گروه های شمعی با شمع مایل یا شیبدار [۱۳] به بررسی ، اندرکنش شمع-خاک- شمع در گروهی از