بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی عمران

بررسی رفتار لوله‌های پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی بالا تحت جابجایی گسل و انتشار امواج زلزله

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی سازه

توحید حکم‌آبادی

استاد راهنما

دکتر امیر مهدی حلبیان

۱۳۸۶

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی عمران

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی سازه آقای توحید حکم‌آبادی

تحت عنـوان

بررسی رفتار لوله‌های پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی بالا تحت جابجایی گسل و انتشار امواج زلزله

در تاریخ ۱۳۸۶/۰۴/۳۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرارگرفت.

۱ – استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر امیر مهدی حلبیان
۲ – استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر مجتبی ازهری
۳ – استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر حمید هاشم‌الحسینی
۴ – استاد داور	دکتر نعمت حسنی
۵ – استاد داور	دکتر محمد مهدی سعادت‌پور
۶ – سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر مرتضی مدح خوان

تشکر و قدردانی

اکنون که به مدد و یاری خداوند توانستم ورق دیگری از دفتر زندگی‌ام را با توشه‌ی اندکی از علم و دانش همراه نموده و در سرانجام این برگ، این پایان نامه را به اتمام برسانم، بر خود واجب می‌دانم مساعدت و همکاری کلیه‌ی عزیزانی را که مسیر را برایم هموار نمودند ارج نهم.

در ابتدا از زحمات بی‌دریغ پدر و مادر عزیزم که همواره پشتیبان دل سوز و دل گرمی دهنده‌ی بنده بودند نهایت تشکر و قدر دانی را به عمل می‌آورم.

از جناب دکتر حلبیان که علارغم مشغله‌ی زیاد زحمت راهنمایی این پایان نامه را به عهده داشتند و نیز جناب دکتر هاشم الحسینی و جناب دکتر ازهری بخاطر مشاوره در انجام این پایان نامه صمیمانه سپاس‌گذاری میکنم. همچنین از اساتید ارجمند ممتحن جناب دکتر سعادت‌پور و جناب دکتر حسنی که با دلسوزی زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده گرفته و در جهت بهبود علمی و کیفی آن پیشنهادات مفیدی ارائه نمودند تشکر می‌کنم.

بجاست از زحمات، راهنمایی‌ها، دل گرمی‌ها و حسن برخورد جناب دکتر هاشم الحسینی استاد فرزانه‌ی دانشگاه صنعتی که راه درست تحقیق را به من آموخته و همواره چراغ راهنمای من در طول این رساله بودند تشکر ویژه‌ای داشته باشم راهنمایی‌های ایشان راه درست فکر کردن را به من آموخت.

یاد و خاطره‌ی دوستان بسیار عزیزم که بودن در کنار آنها تحمل بسیاری از سختی‌ها را آسان می‌نمود گرامی داشته و در این بین از زحمات آقایان سعید خان‌باباپور، بهروز کشته‌گر، آرش محمدی فارسانی، مهدی رضایی، مهدی ریاحی، عطا فیضی‌پور، قربان حسین‌زاده، علی رجبی‌پور، محمد ملکی، محمد رضا مطهری، مصطفی بهمنی مهدی مسیبی، امیر مشاری، وحید اوقافی، رضا شفیعی‌نژاد، سعید ابراهیمی و حجت قلی‌زاده که در طول این مدت از لطف و عنایت آنها برخوردار بودم نهایت امتنان را دارم.

همچنین از زحمات سرکار خانم‌ها بهشتی و فروغی، مسؤولین محترم سایت تحصیلات تکمیلی تشکر و قدردانی می‌کنم.

کلیه حقوق مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به

پدر و مادرم که هر چه دارم از ایشان است .

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه ۲

۱ـ۱ـ کلیات ۲

۱ـ۲ـ گسیختگی‌های زمین ۳

۱ـ۲ـ۱ـ حرکت‌های گذرای زمین ۳

۱ـ۲ـ۲ـ گسلش ۵

۱ـ۲ـ۳ـ روانگرایی ۸

۱ـ۲ـ۴ـ زمین لغزش‌ها ۸

۱ـ۳ـ مروری بر هدف از تحقیق ۸

۱ـ۴ـ ساختار کلی این پایان نامه ۱۱

فصل دوم: پیشینه‌ی علمی ۱۲

۲ـ۱ـ کلیات ۱۲

۲ـ۲ـ بررسی لوله‌های مدفون تحت بارهای استاتیکی ۱۲

۲ـ۲ـ۱ـ آنالیز طولی ۱۳

۲ـ۲ـ۲ـ آنالیز حلقه ۱۳

۲ـ۳ـ رفتار لرزه‌ای لوله‌های مدفون ۱۵

۲ـ۳ـ۱ـ مدل سازی سیستم خاک ـ لوله و تحریک لرزه‌ای ۱۶

۲ـ۳ـ۲ـ رفتار لوله‌ها در گسل ۲۴

۲ـ۳ـ۳ـ روانگرایی ۲۸

۲ـ۴ـ لوله‌های پلی‌اتیلن ۳۰

۲ـ۴ـ۱ـ مختصری در موردتحقیقات انجام شده برروی رفتار لوله‌های پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی بالا ۳۲

۲ـ۵ـ نتیجه گیری ۳۳

فصل سوم: مبانی تحلیلی و مدل‌سازی لوله‌ی مدفون در گسل فعال و مدل سازی لوله تحت انتشار امواج زلزله ۳۴

۳ـ۱ـ کلیات ۳۴

۳ـ۲ـ اندرکنش خاک ـ خط لوله ۳۵

۳ـ۲ـ۱ـ مؤلفه‌ی قید محوری (طولی) ۳۷

۳ـ۲ـ۲ـ مؤلفه قید افقی جانبی ۴۱

۳ـ۲ـ۳ـ مؤلفه‌ی قید قائم جانبی ۴۴

۳ـ۳ـ توضیح یک روش تحلیلی برای مدل‌سازی لوله در گسل ۵۰

۳ـ۳ـ۱ـ روش Kennedy و همکاران برای لوله‌های فولادی ۵۰

۳ـ۳ـ۲ـ روش Kennedy برای لوله‌های پلی اتیلن با دانسیته‌ی بالا ۵۵

۳ـ۴ـ روش‌های اجزاء محدود ۵۶

۳ـ۴ـ۱ـ مدل تیری ۵۷

۳ـ۴ـ۲ـ مدل پوسته‌ای ۵۸

۳ـ۵ـ روند مدل سازی سیستم خاک و لوله‌ی اطراف در گسل (روش پیشنهادی این پایان نامه) ۶۳

۳ـ۵ـ۱ـ نحوه‌ی اعمال بارها ۶۷

۳ـ۵ـ۲ـ مشخصات مصالح ۶۸

۳ـ۶ـ مدل سازی سیستم خاک ـ لوله و تحریک لرزه‌ای ۶۸

۳ـ۷ـ در مورد نرم‌افزار استفاده شده ۷۱

۳ـ۷ـ۱ـ الگوریتم حل ضمنی (Implicit) ۷۲

۳ـ۷ـ۲ـ الگوریتم حل صریح (Explicit) ۷۳

۳ـ۷ـ۳ـ روش شبه استاتیکی ۷۵

۳ـ۸ـ المان‌های مورد استفاده ۷۶

۳ـ۸ـ۱ـ اصطکاک بین دو سطح ۷۸

۳ـ۸ـ۲ـ چفت کردن یک سطح به یک گره با گزینه‌ی Coupling ۷۹

۳ـ۸ـ۳ـ بستن دو سطح به همدیگر با گزینه‌ی Tie ۷۹

فصل چهارم: تحلیل غیرخطی لوله در گسلش ۸۰

۴ـ۱ـ کلیات ۸۰

۴ـ۲ـ مدل‌سازی لوله‌ی فولادی ۸۰

۴ـ۲ـ۱ـ روش کابلی Kennedy برای لوله‌ی فولادی ۸۱
۴ـ۲ـ۲ـ روش تیری برای لوله‌ی فولادی ۸۲
۴ـ۲ـ۳ـ روش پوسته‌ای برای لوله‌های فولادی ۸۵
۴ـ۳ـ مدل لوله‌ی پلی‌اتیلن دانسیته بالا با جدار صاف ۸۹
۴ـ۳ـ۱ـ روش کابلی Kennedy برای لوله‌ی پلی‌اتیلن دانسیته بالا با جدار صاف ۹۰
۴ـ۳ـ۲ـ مدل تیری لوله‌ی پلی‌اتیلن دانسیته بالا با جدار صاف ۹۰
۴ـ۳ـ۳ـ مدل پوسته‌ای برای لوله پلی‌اتیلن با جداره صاف ۹۵
۴ـ۳ـ۴ـ روش پیشنهادی این پایان نامه ۱۰۰
۴ـ۴ـ مدل سازی لوله‌ی پلی اتیلنی باپروفیل موجدار ۱۰۵
۴ـ۴ـ۱ـ مدل سازی به روش تیری ۱۰۶
۴ـ۴ـ۲ـ مدل سازی به روش پوسته‌ای ۱۰۹
۴ـ۴ـ۳ـ روش پیشنهادی این پایان نامه ۱۱۳

فصل پنجم: تحلیل لوله‌ی پلی‌اتیلن دو جداره تحت انتشار امواج زلزله ۱۲۰
۵ـ۱ـ کلیات ۱۲۰
۵ـ۲ـ خصوصیات مصالح و زلزله‌های اعمالی ۱۲۰
۵ـ۳ـ نتایج تحلیل‌ها ۱۲۸
۵ـ۳ـ۱ـ تحلیل لوله تحت شتاب‌نگاشت زلزله‌ی کوبه در ایستگاه Takarazuka ۱۲۸
۵ـ۳ـ۲ـ تحلیل لوله تحت شتاب‌نگاشت زلزله‌ی نورتریج ۱۳۶
۵ـ۳ـ۳ـ تحلیل تحت شتاب‌نگاشت زلزله‌ی کوبه در ایستگاه Takatori ۱۳۸

فصل ششم: نتیجه‌گیری ۱۴۲
۶ـ۱ـ خلاصه ۱۴۲
۶ـ۲ـ نتایج به دست آمده در این پایان‌نامه ۱۴۳
۶ـ۳ـ پیشنهادها برای تحقیقات آینده ۱۴۵

مراجع ۱۴۶

چکیده

لوله‌های مدفون به عنوان شریان‌های حیاتی تلقی شده به طوری که آسیب زلزله به این خطوط می‌تواند باعث بسط خرابی، ایجاد آتش‌سوزی و یا ادامه‌ی زندگی را برای بازماندگان این واقعه دچار اختلال کند. هر چند گزارشات کمی در مورد خرابی لوله‌های مدفون تحت انتشار امواج زلزله وجود دارد، اما حرکت‌های ماندگار زمین این خطوط را به شدت دچار آسیب می‌کند. در این بین خطوط لوله‌ی پلی‌اتیلن با وجود تحقیقات کمی که در این زمینه صورت گرفته، همچنان روز به روز بر کاربردشان افزوده می‌گردد. به طوری که در مورد لوله‌های دوجداره‌ی پلی‌اتیلنی مدفون در گسل و یا تحت انتشار امواج زلزله تحقیقی تا کنون گزارش نشده است. این لوله‌ها به دلیل دو جداره بودن دارای ضخامت‌های خیلی کوچکی نسبت به انواع جدار صاف خود می‌باشند که علی‌رغم شکل‌پذیری زیاد، آسیب‌پذیری‌شان در زلزله باید تحقیق گردد. در این پایان‌نامه تاکید عمده بر روی بررسی رفتار لوله‌ی پلی‌اتیلن دوجداره‌ی مدفون در گسلش یا تحت انتشار امواج زلزله است. برای این منظور این نوع لوله‌ها با دو روش موجود تحلیل مورد ارزیابی رفتاری قرار گرفته و یک روش پیشنهادی این پایان نامه که مستقل از آیین نامه عمل می‌کند،به شکل واقع بینانه‌تری و به صورت سه بعدیرفتارشان را مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌دهد. این لوله‌ها تحت جابجایی‌های خیلی کم گسل، تاثیرات عمده‌ای دیده و برعکس انواع جدار صاف که در جابجایی‌های منجر به فشار در لوله، کرنش‌های بالایی را تجربه می‌کنند، در این لوله‌ها کرنش در طول بیشتری از لوله و با مقادیر خیلی کمتر تحمل می‌شود. این نوع عملکرد لوله‌ی پلی‌اتیلن دوجداره تحت فشار یک مزیت عمده‌ی این لوله‌ها تلقی می‌گردد. هرچند که برای لوله‌های فولادی و پلی‌اتیلن جدار صاف، زاویه‌ی برخورد نزدیک به ۹۰ درجه با گسل گامی درجهت کاهش کرنش‌ها تحت اثر گسلش محسوب می‌شود؛ برای لوله‌های پلی‌اتیلن دوجداره زاویه‌ی برخورد نزدیک به ۱۸۰ درجه یک پیشنهاد کاربردی محسوب می‌شود. همچنین از تحلیل این نوع از لوله‌ها تحت انتشار امواج زلزله می‌توان به این نتیجه رسید که، هرچند تحت انتشار امواج زلزله احتمال بوجود آمدن کرنش‌های پسماند در لوله هست، اما مقادیر کرنش‌هایی که لوله در طی زلزله تجربه می‌کند خیلی کمتر از کرنش‌های مجاز برای این نوع لوله‌ها می‌باشند.

فصل اول

مقدمه

۱ـ۱ـ کلیات

مهندسی زلزله‌ی سیستم‌های خطوط لوله مراحل اولیه‌ی خود را طی می‌کند، در حالی که شبکه‌های خطوط لوله در قرن حاضر مدتهاست در نواحی لرزه‌خیز در حال خدمت رسانی می‌باشند. عملکرد این سیستم‌ها در زلزله‌های گذشته لزوم طراحی و مقاوم سازی در آینده را ایجاب می‌کند. اینکه یک جزء از شبکه‌ی بزرگ در زلزله به طور مطلوب یا نامطلوب کار کند به نکاتی که در طراحی ملحوظ گردیده و نیز به مقاومت اجزاء در برابر بارهای ناشی از زلزله بستگی دارد.

خطوط لوله بسته به نوع‌شان به دلایل زیبایی و ایمنی مدفون می‌گردند. سابقه‌ی عملکرد لوله‌های نفت و گاز قطور در برابر زلزله عموما رضایت بخش بوده است. دفن خط لوله آن را از تاثیرات تکانهای زمین حفظ می‌نماید، چنان‌که عدم گسیختگی لوله‌های فولادی جوش شده‌ی جدید موید این موضوع است.

معرفی سیستم‌های خطوط لوله به عنوان شریان‌های حیاتی بیانگر اهمیت عملکرد آنها در حفظ ایمنی و سلامت عموم می‌باشد. اگر تاسیساتی در زلزله آسیب ببیند، نه تنها باعث هدر رفتن خدمات و محصولات می‌شود، بلکه احتمال اینکه چنین صدمه‌ای برای کارکنان آن تاسیسات، محیط زیست و عامه‌ی مردم خطرآفرین باشد نیز وجود دارد. بنابراین طراحی امکانات رفاهی عمومی و تاسیسات ترابری جهت مقابله با تاثیرات زمین لرزه توجه روزافزون برنامه‌ریزان شهری و منطقه‌ای، دفاتر دولتی تدوین مقررات و جوامع

مهندسی را به خود جلب کرده است. نقش حیاتی این شریان‌ها در اقتصاد امروزی در هزاران کیلومتر خطوط لوله‌ی کار گذاشته شده در مناطق مختلف بازتاب می‌یابد [۱].

۱ـ۲ـ گسیختگی‌های زمین

یک سیستم خط لوله معمولا در یک ناحیه‌ی وسیع گسترده می‌باشد، و این ویژگی سیستم را در معرض خطرات بیشتری نسبت به تاسیسات دیگری که سطح کوچکی را اشغال می‌کنند، قرار می‌دهد. برای مثال، خطوط لوله‌ی طویل در مناطق دارای خطر لرزه‌ای بالا به ناچار باید از گسل‌های فعال و نواحی قابل روانگرایی عبور کنند، در حالی که یک ساختمان می‌تواند در جایی دور از خطرات فوق احداث گردد. خطرات لرزه‌ای عمده‌ای که می‌تواند به طور قابل توجهی بر سیستم‌های خط لوله اثر بگذارد، عبارتند از:

۱. حرکت‌های گذرای زمین (TGD)
۲. حرکت‌های ماندگار زمین (PGD)

حرکت‌های گذرای زمین معمولاً ناشی از زلزله می‌باشند، در حالی که حرکت‌های ماندگار خود به چند نوع تقسیم‌بندی می‌شوند که مهمترین آنها عبارتند از:

۱.گسلش
۲. روانگرایی
۳. زمین لغزش

۱ـ۲ـ۱ـ حرکت‌های گذرای زمین

همانند مواد کشسان مختلف، سنگ‌های درون زمین نیز دارای خاصیت کشسانی‌اند.این خاصیت سنگها موجب تغییرشکل و ارتعاش آنها در اثر نیروهای فشاری و کششی اعمال شده می‌گردد.

امواجی که در اثر زلزله احساس می‌شوند و باعث خرابی می‌شوند، به سه نوع اصلی تقسیم می‌شوند. دو نوع این امواج که در توده‌ی سنگ گسترش می‌یابند، به امواج حجمی معروفند که بین این دو نوع موج سریعتر، موج اولیه یا موج P نامیده می‌شود.حرکت این موج مشابه حرکت امواج صوتی می‌باشد که در اثر گسترش آن مصالح فشرده یا اتساع می‌یابند. این موج مثل امواج صوتی در محیط‌های جامد مثل سنگ و خاک‌های آتشفشانی و یا در محیط‌های مایع مثل آب یا در محیط‌های گازی انتشار پیدا می‌کند. وقتی این امواج از عمق زمین به سطح می‌رسند، بخشی از آن به صورت امواج صوتی به جو انتقال می‌یابد که این

امواج برای حیوانات و در صورتی که در فرکانس قابل درک برای انسان باشند، توسط انسان احساس می‌شود [۲].

دیگر موج حجمی که آهسته‌تر حرکت می‌کند، موج ثانویه یا موج S می‌باشد. در اثر گسترش امواج S حرکات برشی در جهت عمود بر جهت انتشار موج در محیط ایجاد می‌شود. مشاهدات نشان می‌دهد که این نوع از امواج در محیط‌های مایع گسترش نمی‌یابد. بنابراین این امواج در بخش مایع زمین مثل اقیانوس‌ها منتشر نمی‌شوند.

سرعت واقعی انتشار امواج P و S به چگالی و خاصیت کشسانی خاک و سنگی که امواج در آنها انتشار می‌یابد، بستگی دارد. در اکثر زلزله‌ها اول موج P احساس می‌شود و بعد از چند ثانیه امواج S توام با ایجاد حرکات بالا ـ پایین و چپ ـ راست، احساس می‌شود. در واقع موثرترین نوع موج در ایجاد خرابی سازه‌ها می‌باشد.

سومین نوع از امواج، امواج سطحی می‌باشند که حرکات آن فقط نزدیک سطح زمین وجود دارد. این امواج خود به دو نوع تقسیم می‌شوند: ۱) امواج لاو ۲) امواج رایلی

حرکات امواج لاو مشابه حرکات موج ثانویه است که جابجایی قائم ندارد. این نوع موج موجب حرکات جانبی زمین در صفحه‌ی افقی موازی سطح زمین و عمود بر جهت انتشار موج می‌شود. این امواج موجب حرکت پی سازه‌ها می‌شود که در نهایت منجر به تخریب آنها می‌گردد.

امواج رایلی مشابه امواج دریا، موجب حرکات ذرات در جهات افقی و قائم در صفحه‌ی قائمی هم جهت با جهت انتشار موج می‌شود. ذرات موج تحت اثر امواج رایلی در امتداد یک مسیر بیضی شکل حرکت می‌کنند.

امواج سطحی آهسته‌تر از امواج حجمی حرکت می‌کنند و در بین امواج سطحی، موج لاو سریعتر از موج رایلی انتشار می‌یابد. امواج حجمی P و S از میان توده‌های سنگ و خاک پوسته‌ی زمین عبور می‌کنند و در صورتی که به مرز میان دو نوع مختلف از مصالح برسند انعکاس یا انکسار می‌یابند. در سطح زمین، بعد از چند لرزش زلزله معمولا ترکیبی از امواج حس می‌شود، در حالی که اگر شخص بر روی سطح دریا باشد فقط امواج P را حس خواهد کرد. اثر مشابهی در ماسه‌های روان شده دیده می‌شود که با پیشرفت روانگرا شدن خاک امواج ثانویه‌ی کمتری انتشار می‌یابند و در نهایت فقط امواج اولیه از خاک روان شده عبور می‌کنند [۲].

وقتی امواج P و S به سطح زمین می‌رسند، بیشتر انرژی آنها به سمت پوسته منعکس می‌شود، به طوری که سطح زمین به طور همزمان تحت تاثیر امواج به سمت بالا ـ پایین قرار می‌گیرد. در اثر این پدیده، امواج لرزه‌ای در سطح به مقدار قابل ملاحظه‌ای بزرگ‌نمایی می‌شوند. البته این توصیف یک توضیح مقدماتی است و نمی‌تواند به تنهایی برای توصیف لرزش‌های ناشی از زلزله کافی باشد. شواهد قطعی وجود دارد که نشان می‌دهد امواج زلزله تحت تاثیر شرایط خاک و توپوگرافی سطح زمین تغییر می‌یابند. با توجه به نوع خاک و پروفیل آن همچنین مشخصات موج زلزله و پریود آن، ممکن است امواج لرزه‌ای ایجاد شده بزرگ‌نمایی یا کوچک‌نمایی داشته باشند [۲].

وقتی موج لرزه‌ای در زمین منتشر می‌شود، هر دو نقطه در طول مسیر لوله حرکت‌های غیر هم فاز خواهند داشت. به دلیل وجود اندرکنش بین خاک و لوله‌ی مدفون، در لوله هم کرنش‌های محوری و هم کرنش‌های خمشی بوجود خواهند آمد. هرچند گزارش آسیب وارده به لوله‌های پیوسته‌ی مدفون تحت انتشار امواج خیلی کم بوده است، با این حال بیشترین نوع از مکانیزم شکست مشاهده شده از نوع کمانش موضعی است (شکل ۱ـ۱). برای لوله های قطعه قطعه بیشترین خسارت‌های ناشی از انتشار امواج، در محل اتصالات بوده است. بنابراین تعیین پاسخ لوله‌های مدفون به انتشار امواج زلزله برای طراحی مقاوم در برابر زلزله لازم است.

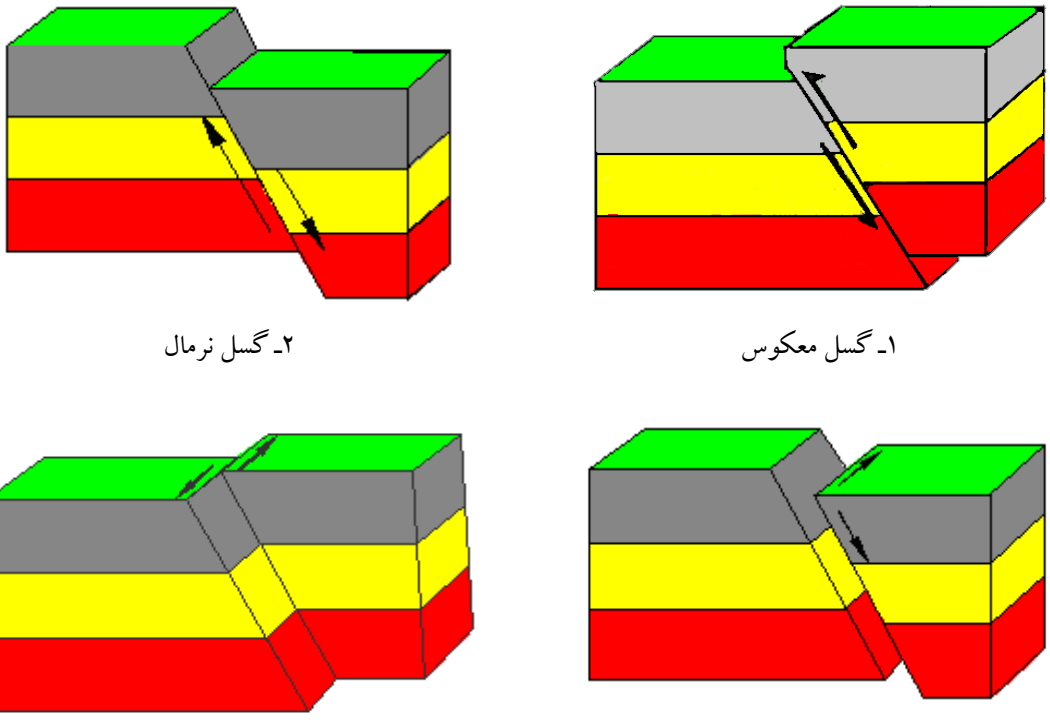
شکل ۱ـ۱ خط لوله‌ی زهکشی، آسیب دیده در زلزله‌ی Northridge (۱۹۹۴) [۳]

۱ـ۲ـ۲ـ گسلش

گسلش تغییر شکل ناشی از تغییر مکان نسبی دو قطعه‌ی مجاور از پوسته‌ی زمین است، که تحت اثر زلزله یا در اثر تجمع تغییر شکل در طولانی مدت رخ می‌دهد. گسلش که باعث گسیختگی سطح زمین

می‌گردد اهمیت بسیار دارد، چرا که تاثیر زیادی روی خطوط لوله‌ی گذرنده از گسل دارد. گسیختگی زمین می‌تواند در طول یک گسل رخ دهد؛ طول و میزان گسیختگی عمدتاً به بزرگی زلزله و عمق کانونی آن بستگی دارد. در بعضی موارد تعداد زیادی گسل‌های منفرد در کنار هم به طور تقریباً موازی واقع شده‌اند که می‌توانند کلاً به عنوان یک پهنه‌ی گسلش محسوب گردند. حرکات زمین در پهنه‌ی گسلش می‌تواند در هر تعداد از گسل‌های منفرد اتفاق افتد و علاوه بر حرکات تک تک گسل‌ها حرکت کلی پهنه نیز باید در نظر گرفته شود. گسل‌ها می‌توانند بر اساس جهت حرکت یا لغزش یا زاویه‌ی شیب آنها نسبت به سطح زمین یا چگونگی حرکت آنها نسبت به بستر مجاور رده‌بندی شوند. در بسیاری موارد گسل‌ها ترکیبی از دو نوع حرکت را دارند.

انواع گسل‌ها بسته به نوع حرکتشان به چهار نوع مختلف تقسیم‌بندی می‌کنند که عبارتند از: ۱) گسل معکوس (باعث فشار در لوله می‌شود.) ۲)گسل نرمال (باعث کشش در لوله می‌شود.) ۳) گسل مورب (ممکن است باعث کشش یا فشار در لوله گردد.) ۴) گسل امتداد لغز (ممکن است باعث کشش یا فشار در لوله گردد.) (شکل ۱ـ۲)



۱ـ گسل معکوس

۲ـ گسل نرمال

۳ـ گسل مورب

۴ـ گسل امتداد لغز (چپ گرد)

شکل ۱ـ۲ انواع گسل‌ها

میزان و نوع حرکت گسل عامل مهمی در طراحی می‌باشد. گسل‌های سطحی ممکن است به صورت جابجایی‌های صفحه‌ای ناگهانی دیده شوند که مقدار جابجایی آن تا ۷ متر نیز می‌رسد. جابجایی افقی حدود ۱۰ متر نیز پس از زلزله‌هایی با بزرگی بالای ۸ ریشتر نیز دیده شده است. مقدار جابجایی سطحی، به عوامل متعددی بستگی دارد ولی معمولا تابعی از نوع گسل، اندازه‌ی زلزله، عمق کانونی و زمین شناسی منطقه می‌باشد. خطوط لوله‌ی انتقال یا باید از جایی عبور کنند که از گسیختگی‌های زمین دور باشند یا طوری قرار داده و محافظت شوند که تغییرشکل‌های ناشی از حرکت ماندگار زمین در آنها کمینه گردد. مهمترین عاملی که باید در طراحی لرزه‌ای خطوط لوله در تقاطع گسل‌های فعال در نظر گرفته شود مقدار و نوع جابجایی زمین است. مقدار جابجایی سطحی گسل با بزرگای زلزله و طول گسیختگی گسل ارتباط مستقیم دارد که با مشخص بودن بزرگی زلزله‌ی طرح برای یک گسل خاص، تغییر مکان محیطی بیشینه می‌تواند از روابط تجربی یا نمودارهایی که جابجایی بیشینه را به بزرگی زلزله ارتباط می‌دهند برآورد گردد [۱].

از زلزله‌های گذشته که باعث خرابی در لوله‌ها به علت گسلش شده‌اند می‌توان به زلزله‌ی SanFernando (۱۹۷۱)، Northridge (۱۹۹۴) و زلزله‌ی Chi-Chi (۱۹۹۹) اشاره کرد که در مورد اخیر لوله‌های با قطر ۲ متر و ضخامت ۲۰ میلیمتر از شبکه خارج شدند (شکل ۱ـ۳). زلزله‌ی Kocaeli (۱۹۹۹) در ترکیه نیزبه لوله‌های تا قطر ۲/۲ متر و ضخامت ۱۸ میلیمتر به شدت آسیب وارد کرد که در شکل ۱ـ۴ نمونه‌ای از این نوع خرابی‌ها نشان داده شده است [۴].

شکل ۱ـ۳ خسارات وارد به لوله‌های مدفون در زلزله‌ی Chi-Chi (تایوان ۱۹۹۹) [۵]

شکل ۱ـ۴ خسارات وارد بر لوله‌های مدفون در زلزله‌یKocaeli (ترکیه ۱۹۹۹) [۵]

۱ـ۲ـ۳ـ روانگرایی

روانگرایی عبارت است از تغییر حالت خاک غیرچسبنده‌ی اشباع از جامد به مایع در اثر افزایش فشار آب حفره‌ای و کاهش مقاومت برشی خاک. وقتی که روانگرایی با شرایطی مانند شیب زمین، بارهای سطحی، بیرون زدگی آب و رسوبات همراه گردد، حرکات توسعه می‌یابد و سازه‌های واقع شده بر روی خاک یا احداث شده توسط خاک می‌توانند به شدت صدمه ببینند. پنج نوع گسیختگی ناشی از روانگرایی عبارتند از : ۱)گسترش جانبی ۲)گسیختگی سیلابی ۳)کاهش باربری ۴)فرونشست ۵)شناوری. تاثیر دیگر روانگرایی بالا آمدگی اشیاء مدفون مانند شناورشدگی خطوط لوله می‌باشد [۱].

۱ـ۲ـ٤ـ زمین لغزش‌ها

زمین لغزش حرکات توده‌ای زمین است که توسط زلزله تولید می‌گردد. الگوهای فراوانی برای زمین لغزش موجود می‌باشد که از آنها می‌توان به سنگ ریزشها، واژگونی‌ها، لغزش‌ها، گسترشهای جانبی و سیلانها اشاره کرد.

۱ـ۳ـ مروری بر هدف از تحقیق

لوله‌های فولادی سالیان درازی است که برای خطوط انتقال استفاده می‌شوند. بررسی رفتار لوله‌های فولادی مدفون شاید برای اولین بار توسط Newmark و همکاران انجام شده، که روش‌های تحلیلی تقریبی برای این لوله‌ها در برخورد با امواج زلزله و گسلش ارائه کرده‌اند. بعداً روش‌های عددی به عنوان راهکاری جهت تحلیل لوله‌های مدفون توسط محققین مختلف بسط و مورد آزمایش قرار داده شدند.

هر چند لوله‌های فلزی و بتنی سالیان مدیدی است که به عنوان راهکاری برای انتقال آب، فاضلاب، نفت و گاز ارائه می‌شوند؛ با این وجود استفاده از لوله‌های پلاستیکی در چند دهه‌ی اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. بررسی خصوصیات فیزیکی این نوع مصالح که به عنوان مصالح ویسکوالاستیک شناخته می‌شوند، شاید جزء اولین تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی لوله‌های پلی‌اتیلن باشد. رفتار وابسته به زمان این نوع لوله‌ها و همچنین بررسی رفتارهای استاتیکی تحت بارهای فشار خاک جزء گام دوم تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی لوله‌های مدفون پلی‌اتیلنی تلقی می‌شود.

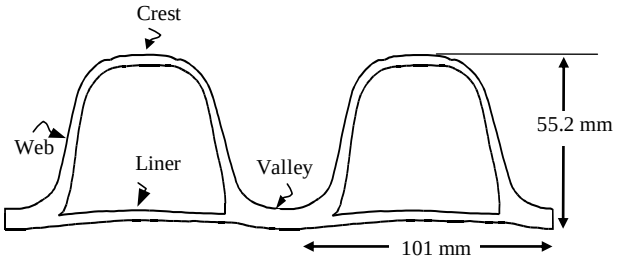
لوله‌های پلی‌اتیلن دارای سختی کمی نسبت به انواع فولادی یا بتنی هستند، بنابراین برای تامین مقاومت در برابر بارهای وارده باید نسبت قطر به ضخامت پایینی داشته باشند. هرچند انعطاف پذیری زیادی دارند، ولی تغییرشکل‌های زیادی که در این لوله‌ها ناشی از گسلش بوجود می‌آید؛ می‌تواند عملکردشان را دچار اختلال کند. در گسلش اگر انعطاف خوب لوله شکست را به تعویق اندازد، تغییرشکل‌های زیاد ممکن است باعث انسداد لوله شده و برای لوله‌های تحت فشار افزایش فشار داخلی را به همراه داشته باشد و منجر به این شود لوله از قسمت‌هایی که دارای نقص عضو است یا از محل اتصالات دچار آسیب‌های جدی گردد.

بهترین کاربرد برای این لوله‌ها استفاده از آنها در محیط‌های خورنده یا به منظور جمع‌آوری و انتقال سیالاتی است که خاصیت خورندگی یا سایندگی دارند. برخی از مهمترین خصوصیات این لوله‌ها عبارتند از: انعطاف‌پذیری خوب، عمر مفید طولانی، سبکی و راحتی نصب و اجرا، مقاومت سایشی بالا، طاقت بسیار خوب و ظرفیت تحمل تغییرشکل‌های بزرگ، قابلیت ساخت در شکل‌های مختلف، مقاومت خوب در برابر نور ماوراء بنفش و کمترین مقاومت در مقابل جریان عبوری. این خاصیت‌ها باعث شده‌اند که از این لوله‌ها به طور گسترده‌ای در سیستم‌های انتقال و توزیع نفت، گاز، آب آشامیدنی و آب کشاورزی (سیستم‌های تحت فشار) معمولا در قطرهای کوچک، و برای زهکشی و فاضلاب شهری و آبروها (سیستم‌های بدون فشار) معمولا در قطرهای بزرگ و با پروفیل موجدار استفاده شود (شکل ۱ـ۶). بیش از ۵۰ درصد از لوله‌های ترموپلاستیک تولید شده برای کاربردهای بدون فشار استفاده می‌شوند.

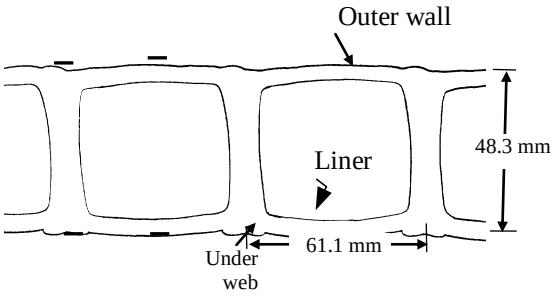
لوله‌های پلی‌اتیلن برای صرفه‌جویی در مصرف مصالح به صورت دو جداره نیز ساخته می‌شوند. جهت آشنایی با پروفیل لوله‌های دو جداره‌ی پلی‌اتیلنی شکل ۱ـ۵ آورده می‌شود که ما در این تحقیق رفتار نوع الف این نوع پروفیل‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

ایده‌ی اصلی حاکم بر ساخت دوجداره‌ی این لوله‌ها فراهم کردن سختی خمشی بالا در صفحه‌ی مقطع لوله است؛ تا به آسانی در مقابل بارهای زنده‌ی ترافیک و بارهای مرده‌ی ناشی از وزن خاک بالا سری خود،

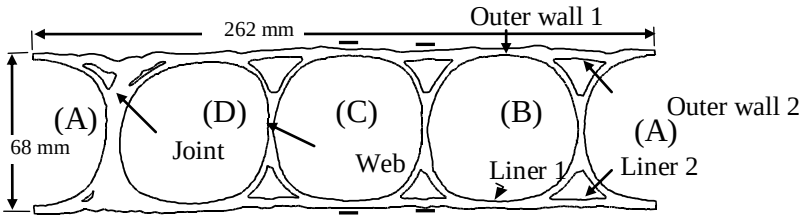
بدون هیچ مشکلی مقاومت کنند. هرچند این لوله‌ها در مقابل بارهای فشاری خاک مقاومت بالایی دارند ولی برای حالت‌هایی مثل جابجایی‌های گسل علاوه بر بار خاک، لوله تحت خمش و کشش یا فشار مستقیم قرار می‌گیرد که در این زمینه تحقیقاتی انجام نشده است. این نوع بارگذاری لوله را به شدت تحت تاثیر خود قرار داده و آسیب پذیری لوله را دوچندان می‌کند. بنابراین شناخت رفتار این گونه از لوله‌ها لزوم برخورد مسئولانه در طراحی چنین لوله‌هایی راآشکار می‌سازد, که یکی از اهداف مهم در این پایان نامه تلقی می‌شود. همچنین رفتار این گونه از لوله‌ها در زلزله تا کنون مورد بررسی قرار نگرفته است که در این پایان نامه سعی می‌شود به صورت خلاصه به آن پرداخته شود.



الف :پروفیل موجدار



ب : پروفیل مستطیلی



ج : پروفیل حلقوی

شکل ۱ـ۵ انواع پروفیل‌های لوله‌های پلی‌اتیلن دو جداره [۶]

شکل ۱ـ۶ جانمایی لوله‌های پلی‌اتیلن با پروفیل موجدار دوجداره به منظور جمع آوری آبهای سطحی [۷]

۱ـ۴ـ ساختار کلی این پایان نامه

در فصل دوم ابتدا به بررسی تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌ی لوله‌های فولادی مدفون که تحت انتشار امواج زلزله قرار می‌گیرند، پرداخته می‌شود؛ سپس به رفتار این لوله‌ها در برخورد با جابجایی‌های گسل و روانگرایی می‌پردازیم. در ادامه، مختصری از خصوصیات لوله‌های پلی‌اتیلنی می‌آید. در اغلب کارهای انجام شده به بررسی این لوله‌ها تحت بارهای وارد از خاک پرداخته شده است. فصل سوم به تشریح مدل تحلیلی رفتار لوله، در برخورد با گسل می‌پردازیم. در مورد مدل سازی به دو روش اجزا محدود موجود اشاره شده و یک مدل عددی پیشنهادی برای برخورد لوله با گسل شرح داده می‌شود. در فصل چهارم برای لوله‌های فولادی یک روش تحلیلی و دو روش عددی موجود امتحان می‌گردد و با هم مقایسه می‌شوند. در قسمت بعدی لوله‌ی پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی بالا وجدار صاف به روش تحلیلی و دو روش موجود و یک روش پیشنهادی مورد تحلیل قرار گرفته و با هم مقایسه می‌گردند. سپس لوله‌ی پلی اتیلن دو جداره با پروفیل موجدار به روش‌های موجود و پیشنهادی مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در نهایت رفتار این لوله در مواجه با امواج زلزله طی یک مدل عددی مورد بررسی قرار می‌گیرد.