کلیاتی درباره طراحی لرزه ای خطوط لوله نفت وگاز

محمد هوشمندزاده,کارشناس مهندسی عمران,دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

تلفن:۰۶۱۱-۳۷۷۴۵۳۸ , پست الکترونیک:hooshmandzadeh_civil@yahoo.com

چکیده

امروزه خطوط لوله نقش مهمی در چرخه زندگی انسان ایفا می کنند و با بزرگتر و صنعتی تر شدن هر جامعه این نقش حالت کلیدی پیدا می کند . کاربرد فراوان لوله ها در زمینه های مختلف , حکایت از اهمیت این سازه دارد . معرفی سیستم های خطوط لوله نفت وگاز به عنوان شریانهای حیاتی بیانگر اهمیت عملکرد آنها در حفظ ایمنی و سلامت عموم می باشد . در این مقاله تلاش شده است تا با توجه به لرزه خیز بودن کشور ایران , اهمیت طراحی لرزه ای , بررسی عوامل موثر بر طراحی (عوامل اصلی و ثانویه) به بیان بارهای وارد بر لوله های مدفون , عوامل تهدید کننده ایمنی خطوط لوله مدفون و راههای مقابله با آنها , پارامترهای موثر بر رفتار لوله های مدفون و ویژگیهای کلی رفتار لرزه ای لوله های مدفون پرداخته شود.

کلید واژه ها: گسل , زمین لغزش , تاسیسات پشتیبان , خطوط لوله نفت و گاز

۱- مقدمه

امروزه خطوط لوله نقش مهمی در چرخه زندگی انسان ایفا می کنند و با بزرگتر و صنعتی تر شدن هر جامعه این نقش حالت کلیدی پیدا می کند . کاربرد فراوان لوله ها در زمینه های مختلف , حکایت از اهمیت این سازه ها دارد . به همین علت لازم است در هر کشوری برای فراهم آوردن

خدمات مداوم و ایمن برای افراد جامعه , حفظ ایمنی محیط زیست و در نهایت محافظت از سرمایه گذاری های کلان , اقدامات ویژه ای برای جلوگیری از وارد آمدن آسیب به این سازه صورت گیرد[۱] . به عنوان ساز و کار انتقال انرژی , نفت و سیستم های خطوط لوله نفت و گاز برای دوام سطح مطلوب زندگی امروزی که جمعیت شهری از آن بهره مند است اساسی می باشند . نقش حیاتی این شریانها در اقتصاد امروزی ما در هزاران کیلومتر خط لوله کار گذاشته شده در مناطق مختلف کشور بازتاب می کند . برای ایمن ساختن لوله های نفت و گاز ابتدا باید بارهای وارد بر خطوط لوله و منشا آسیب پذیری آنها مشخص گردد . سپس با استفاده از تجربه خرابی لوله و انجام آزمایشها و مطالعات مربوطه دیگر , رفتار سازه ای آنها مورد شناسایی قرار گیرد . با درک بهتر از رفتار خطوط لوله می توان پارامترهای موثر در مقاوم سازی لوله ها را در برابر خطرهای محتمل بررسی کرده و در نهایت اقدام به معرفی روشهای مقاوم سازی نمود[۲] . با توجه به لرزه خیز بودن کشورمان ایران از یک سو و گسترش روز افزون خطوط انتقال نفت و گاز در سطح کشور از سوی دیگر ضرورت تدوین مجموعه ای از رهنمودهای فنی جهت طراحی و ساخت این سیستم ها بصورت مقاوم در برابر زلزله را نشان می دهد[۳] .

۲- اهمیت طراحی لرزه ای خطوط لوله نفت وگاز

آسیب پذیری شریانهای حیاتی در مقابل صدمات زلزله در زمینلرزه های گوناگون نشان داده شده است . معرفی سیستم های خطوط لوله نفت و گاز به عنوان شریانهای حیاتی بیانگر اهمیت عملکرد آنها در حفظ ایمنی و سلامت عموم می باشد . اگر تاسیسات نفت و گاز آسیب ببیند علاوه بر اتلاف خدمات و محصولات آن خطر صدمه به عموم مردم و محیط زیست نیز وجود دارد . یک سیستم لوله به دلیل گستردگی و عبور از یک ناحیه جغرافیایی وسیع ممکن است با خطرات لرزه ای متفاوت مواجه باشد . این خطرات عبارتند از :

الف- حرکت ناهمگون گسل ها و گسیختگی زمین

یک سیستم خط لوله چون در یک ناحیه وسیع گسترده می باشد لذا در مقایسه با تاسیسات دیگری که سطح کوچکی را اشغال می کنند بیشتر در معرض خطر قرار دارند . برای مثال ، خطوط لوله طویل در مناطق دارای خطر لرزه خیزی بالا مانند بسیاری از استانهای کشور به ناچار باید از گسلهای فعال و نواحی قابل روانگرایی عبور نمایند[۴] .

ب- گسل

گسل ها ، شکستگی هایی هستند که در طول آنها دیواره های شکستگی نسبت بهم حرکت کرده باشند . مشخصه اصلی گسل ها ، حرکات متفاوتی است که به موازات سطح شکستگی یا گسیختگی رخ می دهد[۵] .در عرف عمومی گسلها به عنوان عوامل ایجاد زلزله شناخته می شوند ، در حالی که عکس این موضوع صادق است ، چرا که زلزله ها باعث ایجاد جابجایی در لایه های زمین شده و وقتی که این جابجایی ها در سطح زمین قابل مشاهده باشند گسل نامیده می شوند . لذا گسل ها نشان دهنده زلزله خیز بودن منطقه و تجربه های قبلی منطقه در مورد زلزله هستند نه عامل ایجاد آن . گسلش از ویژگیهای زلزله به شمار نمی رود . در واقع عامل ایجاد کننده زلزله است . در حوزه های مختلف مهندسی عمران و ساخت و ساز و در مطالعات آسیب پذیری شهری ، به دلیل محدود بودن ابعاد سازه ها و احتمال بسیار کم تقاطع این سازه ها با خط گسلش ، این قسمت از اهمیت زیادی برخوردار نیست . ولی در احداث خطوط لوله نفت و گاز ، به دلیل ویژگی اصلی آن که طولانی بودن خطوط می باشد ، احتمال تقاطع این سازه ها با محل گسلش بسیار زیاد و امری اجتناب ناپذیر است [۶] . تغییر مکان می تواند بطور ناگهانی در یک زلزله یا در اثر تجمع تدریجی تغییر شکل در یک مدت زمان طولانی رخ دهد . طول و میزان گسیختگی به بزرگی زلزله و عمق کانونی آن بستگی دارد . میزان و نوع حرکت گسل ها عامل مهمی در طراحی می باشد[۲] .

۲- زمین لغزش(Land Slide)

زمین لغزش عبارت است از حرکت توده ای از سنگ یا خاک که بطور طبیعی تحت اثر عوامل مختلفی معمولاً در دامنه های شیب دار اتفاق می افتد[۵] . زمین لغزش ها حرکات توده ای زمین هستند که توسط زلزله تولید می گردند . الگوهای فراوانی برای زمین لغزش ها موجود می باشد . پنج رده ای که بیشتر متداول هستند عبارتند از :

۱- ریزشها

۲- واژگونی ها

۳- لغزشها

۴- گسترش های جانبی

۵- سیلانها[۲] .

خسارات و تلفات ناشی از وقوع زمین لغزشها بستگی به وسعت آنها و نزدیکی به خطوط لوله دارد . زمین لغزشها درون رسهای روان ، سیلتها و ماسه های سست اشباع شده به سرعت و بدون آگاهی رخ می دهد . در ایران سانحه ای که در این رابطه اتفاق افتاد روی خط لوله گاز سراسری بود که در حوالی دهدشت (کوههای زاگرس)خط لوله از میان تنگه عمیقی عبور می کند که حرکت توده سنگ ، خرده سنگ و خاک موجب گردید که انفجاری در خط لوله گاز بوجود آید که موجب آتش سوزی جنگلهای بلوط در آن ناحیه و بروز خساراتی گردید[۵] .

۳- عملکرد گذشته سیستم های خط لوله نفت وگاز

شبکه های خطوط لوله در قرن حاضر مدتهاست که در نواحی لرزه خیز در حال خدمت رسانی می باشند . عملکرد این سیستم ها در زلزله های گذشته پایه ای برای فعالیتهای طراحی و مقاوم سازی در آینده ایجاد می کند . خطوط لوله به دلیل تامین زیبایی و ایمنی مدفون می گردند . سابقه عملکرد لوله های نفت و گاز قطور در برابر زلزله عموماً رضایت بخش بوده است . دفن خط

لوله آن را از تاثیرات تکانهای زمین حفظ می کند . پروژه های ارزیابی بر روی خطوط لوله مهم نشان داده است که تجهیزات الکتریکی اساسی در صورت مهار شدن مناسب , مقاومت خوبی در مقابل تکانهای لرزه ای از خود نشان می دهند .

۴- عوامل ثانویه در طراحی لرزه ای خطوط لوله نفت و گاز

عوامل ثانویه که در طراحی لرزه ای خطوط لوله نفت و گاز باید به آنها توجه شود عبارتند از خطر انهدام ناشی از تاثیرات غیر مستقیم . گسیختگی تاسیسات یا سازه های دیگر در اثر زلزله می تواند منجر به افزایش آسیب پذیری سیستم گردد . تجربه زلزله های گذشته نشان می دهد که انهدام سدها , پل ها و دیگر تاسیسات پشتیبانی می تواند تاثیر مهمی در عملکرد سیستم خط لوله داشته باشد .

۴-۱- انهدام تاسیسات پشتیبان

بیشتر تاسیسات خط لوله جهت بهره برداری عادی بستگی به تاسیسات پشتیبان دارند . به عنوان مثال ایستگا های نیروی برق , جاده ها و مراکز تلفن را می توان ذکر نمود . پس از یک زلزله , ممکن است بهره برداری و تعمیرات تاسیسات خط لوله به دلیل اشکالات تاسیسات پشتیبان دچار کندی گردد . از آنجا که طراحی لرزه ای و کاهش خطرات برای تاسیسات پشتیبان تحت کنترل سیستم خط لوله نمی باشد , بسیار مهم است که فقدان تاسیسات پشتیبان در برنامه ریزی حوادث غیر مترقبه در نظر گرفته شود .

۴ – ۲ – انهدام تاسیسات غیر پشتیبان

در برنامه ریزی حوادث غیر مترقبه برای وقایع لرزه ای باید انهدام سازه های بزرگ از قبیل سد یا پل واقع در نزدیکی سیستم خط لوله به حساب آورده شود . ممکن است خسارات وارده به تاسیسات , ناشی از چنان انهدامی بسیار شدیدتر از خسارات ناشی از خود زلزله به تنهایی باشد . دیگر ملاحضات برای یک سیستم خط لوله شامل انهدام تاسیسات مربوط به مواد خطرناک ,

مانند آتش سوزی یا انفجار خطوط لوله مجاور یا تاسیسات پایانه ای می باشد . تعیین تاثیرات غیر مستقیمی که باید در نظر گرفته شوند بستگی به موقعیت خط لوله و پیامدهای انهدام دارد .

۵ – بررسی های ژئوتکنیکی جهت طراحی خطوط لوله نفت و گاز

تاسیسات سازه ای مانند ایستگاههای تلمبه زنی و ایجاد فشار ، مخازن ذخیره سازی و بنادر باید طوری جانمایی شوند که از خطرات ناشی از زلزله اجتناب گردد . خطوط لوله یا باید طوری جانمایی شود که از گسیختگی های زمین دور باشند یا طوری رار داده و محافظت شوند که تغییر شکل ها ناشی از حرکت ماندگار زمین در آنها کمینه گردد . جهت نیل به این اهداف ، خطرات لرزه ای بایددرچهارچوب جمع آوری اطلاعات وکاوش زیرسطحی که برای بررسی های ژئوتکنیکی به کاررفته می شوند مشخص گردد . در جدول مشخصات اصلی یک برنامه ژئوتکنیکی برای خطوط لوله و تاسیسات مربوطه خلاصه شده است .

جدول ۱ – مشخصات اصلی ارزیابی ژئو تکنیکی و انتخاب ساختگاه برای خطوط لوله و تاسیسات مربوطه

انواع اصلی اطلاعات	کاربرد داده ها	منابع اصلی اطلاعات
داده ای زمین شناختی منطقه ای	ویژگی های فیزیوگرافی ، سطحی و زمین شناسی سنگ بستر ، شناسایی مشخصات بالقوه ، تعیین نواحی برای مطالعه دقیق تر ساختگاهی	سازمان نقشه برداری کشور ، سازمان زمین شناسی کشور ، سازمان انرژی اتمی ، رساله های دانشگاهی
نقشه های توپو گرافی	انتخاب مسیر شناسایی محلهای بالقوه ناپایدار ارزیابی تاثیر بر مناطق از لحاظ فرهنگی توسعه یافته	سازمان نقشه برداری کشور وزارت کشاورزی سازمان جغرافیایی وزارت دفاع
دور حسی نقشه های خطرات لرزه ای و زمین لغزش جمع آوری اطلاعات از هوا ، نقشه برداری زمینی	۱ – شناسایی شکل های زمین ، انواع خاک ، مناطق ناپایداری ۲ – شیب ، گسلها و شرایط آبهای زیر زمینی ۳ – موقعیت گسلهای فعال و نواحی مستعد روانگرایی و زمین لغزش ، ترکیب و تدوین اطلاعات حاصل از نقشه ها و دور حسی ، بازرسی دقیق سطح ساختگاه	سازمان نقشه برداری کشور سازمان انرژی اتمی

- انواع خطوط لوله

بسته به نوع هدف , ملاکهای متفاوتی برای دسته بندی خطوط لوله وجود دارد که اکنون به آنها اشاره می کنیم:

۱-۶- خطوط لوله مدفون و رو زمینی

به دلایل زیر خطوط لوله را دفن می سازند:

۱-ایمنی و حفظ شدن لوله در برابر خطرات محیطی همچون برخورد اجسام صلب

۲-دفن لوله در زمین زیبایی سیمای ناحیه را مختل نمی کند

۳- محدودیت در رفت و آمد ایجاد نمی کند

۴-اثرپذیری خط لوله و مایع محتوی آن از تغییرات آب و هوایی منطقه به حداقل می رسد

البته گاهی مواقع به خاطر شرایط خاک , خط لوله بر روی سطح طبیعی زمین قرار می گیرد . در این حالت یکی از دو کار زیر را انجام می دهند:

الف- برای مهار آن از سیستم های تکیه گاهی روی زمینی استفاده می شود .

ب- دربرخی حالات ممکن است پس ازواقع شدن خط لوله برروی ترازطبیعی زمین , روی آن به کمک خاکریزی پوشانده شود.

تفاوتهایی که بین روشهای تحلیلی خطوط لوله رو زمینی در نظر گرفته می شود از طرف پژوهشگران متعددی همچون "ورنر" و " پاول" ارائه شده است [۸،۷] .

۲-۶- خطوط لوله با اتصالات صلب و اتصال انعطاف پذیر

یک لوله دارای طول درازی است که برای ساخت آن قطعات لوله به کمک اتصالات سر هم شده اند . بسته به نوع اتصال مورد استفاده , قطعات ممکن است بصورت یکپارچه و یا جداگانه عمل نمایند . اگر اتصال قطعات به گونه ای باشد که اجازه چرخش و جابجایی نداشته باشد به آن اتصال

صلب و در صورتی که اجازه جابجایی و دوران نسبی را داشته باشد اتصال انعطاف پذیر گفته می شود .

۳-۶- خطوط لوله تحت فشار و تحت جریان ثقلی

با توجه به روش انتقال محتویات , خطوط لوله به دو دسته کلی تقسیم بندی می شوند :

الف- خط لوله تحت فشار: چنانچه جریان مایع محتوی لوله از طریق تلمبه کردن یا پمپاژ صورت گیرد به آن خط لوله تحت فشار گفته می شود .

ب- خط لوله بدون فشار(تحت جریان ثقلی):اگر مایع داخل لوله بدون اعمال نیروی بیرونی و تنها تحت اثر وزن خود در لوله جریان داشته باشد به آن خط لوله تحت جریان ثقلی گفته می شود.

۴-۶- لوله های صلب و لوله های انعطاف پذیر

بسته به نوع مصالح مصرفی در لوله و میزان شکنندگی آن , لوله به دو دسته صلب و انعطاف پذیر تقسیم می شوند . تغییر شکل مقطع لوله های صلب تحت بار وارده به قسمی است که مقطع لوله شکل دایره ای خود را حفظ می کند ولی لوله های انعطاف پذیر در اثر تحمل بار , بدون آنکه آسیب ببینند , از مقطع دایره ای به مقطع بیضوی تغییر شکل می دهند . طبق تعریف , لوله انعطاف پذیر تحت بار گسترده ثقلی نهایی خود و در غیاب قیود جانبی قادر است به اندازه ۱۰٪ تغییر قطر دهد[۹] . علاوه بر مصالح مصرفی , شکل هندسی مقطع لوله نیز در انعطاف پذیری آن موثر است . برای مثال لوله های با قطر بزرگتر یا لوله های ساخته شده با ورقهای موجدار از انعطاف پذیری بیشتری برخوردارند . لوله های فلزی و بتنی با نسبت قطر به ضخامت بالا نمونه ای از لوله های انعطاف پذیر و لوله های آزبستی و سفالی نمونه ای از لوله های صلب هستند[۱۰] .

۷- بارهای وارد بر لوله های مدفون

لوله های مدفون در مدت زمان سرویس دهی ممکن است بسته به نوع لوله گذاری و موقعیت جغرافیایی تحت اثر بارهای گوناگونی قرار می گیرند . برخی از این بارها مثل بار خاکریز و یا بار

زلزله بر تمامی خطوط لوله وارد می شود و برخی دیگر مثل بارهای نقطه ای و یا بار حاصل از گسلش یا زمین لغزش ممکن است موردی باشد . انواع بارهای احتمالی وارد بر لوله های مدفون را می توان بصورت زیر خلاصه کرد:

۱- بارخاکریز ۲- بارترافیک ۳- سربار ۴- فشارهیدرواستاتیک داخل لوله ۵- بارهای نقطه ای ۶- بارحاصل ازوزن لوله و سیال داخل آن ۷- بار ناشی ازتغییرات دما ۸- بار حاصل ازتغییرات حجم خاک اطراف لوله دراثر تغییرات شرایط آب و هوایی ۹- بارحاصل از ارتعاشات لرزه ای ۱۰- بار حاصل از اثرات غیر مستقیم زلزله مانند روانگرایی , سنگریزش , زمینلغزه و ...

برخی از این بارها مانند بار حاصل از وزن لوله و وزن سیال درون لوله قابل چشم پوشی می باشند . برخی از آنها مانند فشار هیدرواستاتیک یا بار نقطه ای به راحتی به کمک نظریه های مربوط به مقاومت مصالح و یا مکانیک خاک و پی قابل محاسبه هستند .

۸- عوامل تهدید کننده ایمنی خطوط لوله مدفون و راههای مقابله با آنها

به دلیل اینکه لوله های مدفون بصورت شبکه گسترده در زمین قرار می گیرند , عوامل زیادی ممکن است ایمنی خط لوله را به خطر اندازد . برخی از این عوامل عبارتند از :

۱- ۸- بارهای انتقال یافته از سطح زمین

بارهای متمرکز , بار ترافیک , سربارها , و بار حاصل از تغییرات دما از جمله عواملی هستند که در صورتی که مقدار آنها قابل توجه باشد با انتقال به خط لوله ممکن است باعث صدمه دیدن خط لوله شوند . در صورت لزوم می توان خط لوله را در مقابل این بارها طراحی نمود . عمق زیاد دفن موثرترین عامل برای کاهش اثر این نوع بارهاست .

۲-۸- خطرات حاصل از شرایط محیطی لوله و تغییرات آب و هوایی

انبساط خاک اطراف لوله و بار ناشی از یخزدگی آب موجود در خاک اطرف لوله , در برخی موارد ممکن است باعث ایجاد کرنش هایی در طول لوله شود . هرچند این عوامل به تنهایی عامل تهدید

کننده نیستند ولی با اضافه شدن به بارهای دیگر , به خرابی لوله کمک می کنند . برای مقابله با این عوامل می توان با در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی محل و عمق یخزدگی , طرح مناسبی را در نظر گرفت . علاوه بر عوامل فوق ممکن است خط لوله به سبب ویژگیهای خاک اطراف لوله و یا حملات شیمیایی سیال محتوی لوله آسیب ببیند . برای مقابله با این عوامل حفاظت کاتدی با استفاده از پوشش مناسب سودمند خواهد بود .

۳ – ۸ – خطرهای ناشی از انتشار امواج زلزله

در اثر ارتعاش زمین به سبب انتشار امواج زلزله , تغییرشکل هایی در خاک پدید می آید . مقاومت لوله در برابر این نوع تغییر شکل ها باعث وارد شدن نیروهایی به خط لوله می شود . عمده تنش های پدید آمده در لوله از نوع محوری است ولی در محل خم ها تنش خمشی قابل توجه است . برای پیشگیری از آسیب دیدن لوله در برابر این عامل لازم است خطوط لوله به روش مناسبی در برابر زلزله متحمل طراحی گردد .

۴ – ۸ – تغییر شکل های حاصل از حرکات نا همگون زمین

در اصل مهمترین عامل تهدید کننده خط لوله می باشد . علاوه بر ارتعاش ممکن است به دلیل تغییر شکل های ناهمگون زمین , مانند گسیختگی , لغزش و یا روانگرایی زمین , تغییر شکل های قابل توجهی در لوله پدید آید که تخریب لوله را در پی داشته باشد . برای مقابله با خطرات ناشی از گسل که در حدود ۲۵ درصد خرابی لوله ها را شامل می شود , با شناخت ویژگی های گسل و منطقه برای زلزله متحمل , مقدار حرکت گسل , برآورد شده و طراحی مناسب خط لوله صورت گیرد .

۹ – پارامترهای موثر بر رفتار لوله های مدفون

مهمترین این پارامترها عبارتند از : جنس زمین , ضریب میرائی سیستم خاک , جرم معادل زمین و لوله , عمق دفن , ابعاد لوله (قطر و ضخامت) , جنس و سختی لوله , تعداد قطعات و طول

خط لوله , میزان فنریت اتصالات و شرایط انتهایی خط لوله . در مورد زلزله مشخصاتی همچون شتاب , سرعت , دامنه , فرکانس , زاویه برخورد موج و مدت زمان ارتعاش بر نوع رفتار خط لوله موثر هستند . مطالعات انجام شده نشان می دهد که تنها تعدادی از این پارامترها تاثیر قابل ملاحظه ای بر رفتار لوله ها دارند و در نظر گرفتن تمامی این فاکتورها مسئله را پیچیده کرده و انجام محاسبات مربوط به طرح لرزه ای لوله های مدفون را طولانی و غیر اقتصادی می کند . در نتیجه پژوهشگران با مطالعات وسیع , پارامترهای مهم را دخیل نموده و از وارد کردن سایر پارامترها چشم پوشی کرده اند . مهمترین پارامترهایی که در واقع فصل مشترک انواع آنالیزها تشکیل می دهند عبارتنداز : قطر , ضخامت , مدول یانگ , طول و عمق پوشش لوله , مدول برشی , پریود طبیعی , سرعت انتشار امواج , نسبت پواسون خاک , بستر و سرعت , شتاب , طول زمان و فرکانس زلزله طرح .

۱۰ – ویژگی های کلی رفتار لرزه ای لوله های مدفون

در این بخش جهت آشنایی بیشتر با رفتار لرزه ای لوله های مدفون فهرستی از ویژگی های کلی عملکرد لوله های مدفون بیان می شود .

۱ – به هنگام زلزله بطور عمده دو نوع خرابی در لوله محتمل است . در مناطق نزدیک به مرکز زلزله تغییر شکل محوری رخ می دهد و نوع دوم که در محل گسل ها و یا محل تغییر جنس و خصوصیات دینامیکی لایه ها اتفاق می افتد , به ویژه در حالتی که انتشار از خاک نرم به خاک سست باشد .

۲ – تغییر شکل لوله در اکثر موارد از حرکت خاک اطراف تبعیت می کند .

۳ – بیشینه کرنش و شتاب زمین همزمان رخ نمی دهند و با هم اختلاف فاز دارند .

۴ – هرچه لوله شکل پذیر تر باشد احتمال آسیب دیدگی آن کمتر است .

۵ – در نواحی مستقیم لوله های مدفون , کرنش محوری و در نواحی خمیده , کرنش خمشی حاکم است .

۶ – احتمال خرابی لوله در زمین های سست بیشتر از زمین های سفت است .

۷ – با افزایش میرائی خاک و یا لوله مقدار تغییر مکانها کاهش می یابد .

۸ – شرایط انتهایی لوله تاثیری در میزان تنش ها و جابجایی های پدید آمده در دهانه میانی لوله ندارد .

۹ – به دلیل جرم واحد طول ناچیز لوله , اثر نیروی اینرسی بر رفتار لوله ها ناچیز است .

۱۰ – با افزایش قطر لوله , شکل پذیری آن افزایش یافته و لذا ایمنی لوله افزایش پیدا می کند .

۱۱ – ضخامت لوله از موثرترین عوامل افزاینده ایمنی خط لوله است .

۱۲ – جرم لوله و سیال محتوی آن تاثیر ناچیزی بر رفتار لوله های مدفون دارد .

۱۳ – هنگامی که خط لوله تحت اثر کرنش فشاری واقع می شود ممکن است بدنه آن دچار لهیدگی گردد .

۱۴ – خاک های دانه ای.بویژه ماسه ای و شنی , در اثر وارد آمدن بار زلزله کاهش حجم داده و باعث نشست ناهمگون بستر لوله می شوند . بررسی های انجام شده نشان می دهد که اغلب خاک های ماسه ای با تراکم نسبی کمتر از ۶۰ درصد با این خطر مواجه هستند [۱] .

۱۱ – نتیجه گیری

با توجه به لرزه خیز بودن کشور ایران , وزارت نفت که متولی طراحی و اجرای خطوط لوله نفت و گاز می باشد به پیشرفت های قابل توجهی در طراحی لرزه ای این خطوط دست یافته است به گونه ای که در اکثر زلزله های بزرگ و کوچکی که در کشور ما رخ داده , کمتر آسیبی در مورد

خطوط لوله نفت و گاز گزارش شده است . نیز ضرورت تدوین آیین نامه طراحی لرزه ای خطوط لوله نفت و گاز ایران اجتناب ناپذیر است .

مراجع

۱ – شکیب ، حمزه ؛ بیات ، حسین ؛ کلیاتی در خصوص لوله های مدفون و اثر زلزله بر رفتار آنها ؛ مجله تازه های ساختمان مسکن شماره ۱۳ ص ۴ ؛ تابستان ۱۳۷۸ ، تهران

۲ – حسینی ، محمود ؛ تیو ، مهران ؛ رهنمودهایی برای طراحی لرزه ای خطوط لوله نفت و گاز ؛ پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی لرزه ؛ چاپ اول ، ۱۳۷۶ ، تهران

۳ – همان مرجع ۲ ، ص ۱

۴ – همان مرجع ۲ ، ص ۱۳

۵ – قبادی ، محمد حسین ؛ جزوه درسی زمین شناسی مهندسی ؛ دانشکده مهندسی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

۶ – وجودی ، مهدی ؛ بررسی تاثیر زلزله بر سازه های زیر زمینی ، ص ۱۴ ؛ سایت اینترنتی

۷ – Werner.S.D.et.al."Response of structure to Traveling Seismic Waves".ASCE,۱۹۷۸

۸ – Powell.G.H.:Mondkar.D.P."Seismic Response Analysis Procedure for the Trans Alaska Pipeline".California , ۱۹۹۷

۹ – بیات ، حسین ، لوله های مدفون و بارهای وارد بر آنها ، سمینار دوره کارشناسی ارشد ، دانشکده فنی و مهندسی ، دانشگاه تربیت مدرس ، بهار ۱۳۷۶ ، تهران

۱۰ – young.O.C:Trott.J.J.Buried Rigid Pipes (Structural Design of Pipelines) ; Elsevier Applied Science Publishers , LTD , ۱۹۸۴