جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه گاز رسانی

نشریه شماره ۶۰۶

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه‌تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۱۰۰/۶۵۴۵۷
	تاریخ: ۱۳۹۱/۰۸/۱۰

موضوع : راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه گازرسانی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۰۶ امور نظام فنی، با عنوان «**راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه گازرسانی**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی، در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱ اجباری است.

بهروز مرادی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه‌ی این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، ***از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده‌ی هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱-شماره‌ی بند و صفحه‌ی موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲-ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳-در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

٤-نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email:info@nezamfanni.ir **web: nezamfanni.ir/**

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

انسان از آغاز خلقت همواره با موضوع بلایای طبیعی مواجه بوده و تلاش نموده است تا ضمن کنترل حوادث و سوانح طبیعی، زندگی خود را از این خطرات ایمن و محفوظ دارد. در میان بلایای طبیعی، زلزله از ویژگی‌های خاصی برخوردار بوده و در قرن گذشته اهمیت بیشتری به مدیریت بحران زلزله داده شده‌است. کشور ما از نظر لرزه‌خیزی در منطقه فعال جهان قرار دارد و به گواهی اطلاعات و مستندات علمی از خطرپذیرترین مناطق جهان محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر به طور متوسط هر پنج سال یک زمین‌لرزه با صدمات جانی و مالی بسیار بالا در نقطه‌ای از کشور رخ داده است و در حال حاضر ایران در صدر کشورهایی است که وقوع زلزله در آن با تلفات جانی بالا همراه است. گرچه جلوگیری کامل از خسارات ناشی از زلزله‌های شدید بسیار دشوار است لیکن با افزایش سطح اطلاعات مرتبط با لرزه‌خیزی کشور و آموزش و ترویج فرهنگ طراحی و بهسازی لرزه‌ای صحیح مستحدثات (ساختمان‌ها، تأسیسات زیربنایی و شریان‌های حیاتی)، می‌توان تا حد مطلوبی تلفات و خسارات ناشی از زلزله‌های آتی را کاهش داد. در همین راستا یکی از برنامه‌های مهم برای کاهش خطرپذیری کشور در برابر زلزله، برنامه مقاوم‌سازی ساختمانهای دولتی مهم، تاسیسات زیربنایی و شریانهای حیاتی کشور است که تدوین ضوابط، دستورالعمل‌ها و معیارهای فنی طراحی و بهسازی لرزه‌ای از جمله نیازها و ملزومات مهم آن محسوب می‌شود.

معاونت نظارت راهبردی (امور نظام فنی) در راستای وظایف و مسوولیتهای قانونی براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) و برنامه مقاوم‌سازی ساختمانهای دولتی مهم، تاسیسات زیربنایی و شریانهای حیاتی کشور، اقدام به تهیه و تدوین این نشریه با عنوان «راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه گاز رسانی» نموده‌است. در تدوین این راهنما از استانداردها، آیین‌نامه‌ها و راهنماهای مشابه موجود در دیگر کشورها از جمله آمریکا، ژاپن، هندوستان و کشورهای اروپایی در کنار آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، استاندارد شماره ۲۸۰۰ ایران و سایر آیین‌نامه‌ها و راهنماهای کشور استفاده شده است. حاصل کار، نشریاتی است که به عنوان راهنما تهیه شده و روال بارگذاری، طراحی و بهسازی لرزه‌ای شریان‌های حیاتی را برای سطوح مختلف عملکرد ارایه می‌نماید (نشریات شماره ۶۰۰ تا ۶۱۰). درمورد بسیاری از اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، سعی شده است تا معیارهای پذیرش و روند طراحی مناسب با شرایط ویژه کشور ایران عرضه شده و روش‌های جمع‌آوری اطلاعات، با شرایط کشور سازگاری لازم را داشته باشد. به دلیل تجربیات اندک در حوزه طراحی و بهسازی لرزه‌ای شریانهای حیاتی در دنیا و کشور و نیز تخصصی بودن موضوع، با وجود همه تلاش‌های انجام شده و همچنین زحمات کارگروه‌های فنی- تخصصی در بررسی و اصلاح این راهنما، قطعاً هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که انشاءا... کاربرد عملی و وسیع این نشریه توسط مهندسان و محققان، موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهدنمود.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از شرکت مهندسین مشاور پارس‌آیندآب که مسوولیت انجام این پروژه را به عهده داشته‌است و همچنین تمامی افرادی که در تهیه، تدوین و پیشبرد این نشریه اهتمام ورزیده‌اند، جناب آقای مهندس حمزه مصطفوی رییس امور نظام فنی، سرکار خانم مهندس پورسید، کارشناسان محترم امور نظام فنی و نیز نهادها و کارشناسانی که با اظهارنظرهای اصلاحی و ارشادی، این معاونت را در جهت تکمیل آن یاری نموده‌اند، سپاسگذاری و قدردانی می‌نماید. امید است که اینگونه حمایت‌ها و همکاری‌ها ادامه یافته و در آینده نیز ما را در جهت افزایش غنای فنی این نشریه مساعدت نمایید.

معاون نظارت راهبردی

پاییز ۱۳۹۱

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه گازرسانی (نشریه شماره ٦٠٦)

مجری: مهندسین مشاور پارس آیند آب

اعضای کارگروه اصلی تهیه‌کننده:

نعمت حسنی (مدیر فنی)	دکترای عمران- سازه (شریانهای حیاتی)
محمد صافی (معاون مدیر فنی)	دکترای عمران- سازه
امید فرقانی (مدیر اجرایی)	کارشناس مهندسی عمران
سعید قربان‌بیگی	دکترای عمران- ژئوتکنیک
رضا راستی اردکانی	دکترای عمران- سازه (شریانهای حیاتی)
احمد رضا محبوبی اردکانی	دکترای عمران- خاک و پی
عباس مهدویان	دکترای لرزه‌شناسی
مرتضی بسطامی	دکترای عمران- زلزله
امیرحسین خلوتی	دکترای عمران- زلزله
اعظم حسینی ارجمندی	کارشناس ارشد مهندسی عمران- ژئوتکنیک
مهبان سادات حسینی	کارشناس مهندسی عمران- ساختمانهای آبی
هادی کردستانی	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
پیام پیران عقل	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
نعیمه رفیعی	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
مهدی شادابفر	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
حمید قربان‌بیگی	کارشناس مهندسی عمران
نگار وکیلی فرد	کارشناس مهندسی عمران- ساختمانهای آبی

اعضای کارگروه همکار از کشور ژاپن در تهیه پیش‌نویس اولیه:

پرفسور شیرو تاکادا	دانشگاه کوبه
دکتر جونیچی ونو	موسسه تحقیقاتی شریانهای حیاتی (RILE)
دکتر یاسئو اوگاوا	شرکت مهندسی گاز اوزاکا
دکتر کیزو اوتومو	مرکز تحقیقات برق مرکزی ژاپن
دکتر یاسوکو کواتا	دانشگاه کوبه
مهندس ماسامی اوشیما	شرکت مهندسی مشاور نفتی چیودای ژاپن (chas)
مهندس فومیو آندو	شرکت مهندسی مشاور نفتی چیودای ژاپن (chas)

omoorepeyman.ir

اعضای کارگروه‌های فنی- تخصصی بازخوانی و بررسی متن نهایی:

عباس قلندرزاده (بارگذاری)	دکترای عمران- ژئوتکنیک لرزه‌ای
رضا کرمی محمدی (گاز)	دکترای عمران- زلزله
انوشه رضایی جوان (گاز)	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
وحید اکرمی (گاز)	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
فرزاد نیک‌فر (گاز)	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
علیرضا آقابابایی مبارکه (برق و مخابرات)	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
فریبرز سهرابی (برق و مخابرات)	کارشناس ارشد مهندسی عمران- زلزله
هادی بهادری (آب و فاضلاب)	دکترای عمران- خاک و پی
سعید تاریوردیلوی اصل (آب و فاضلاب)	دکترای عمران- سازه
بهنام وخشوری (آب و فاضلاب)	کارشناس ارشد مهندسی عمران- سازه‌های هیدرولیکی

اعضای کارگروه ترجمه و ویرایش فنی:

فرزانه مرادی	دکترای زبان و ادبیات ژاپنی
رسول خوشروان آذر	کارشناس ارشد مهندسی عمران
فاطمه قره‌خانی	کارشناس ارشد زبان ژاپنی
مهناز علیزاده	کارشناس زبان ژاپنی
فریده عاشوری	کارشناس مهندسی عمران- آب و فاضلاب

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی
علی تبار	مشاور عالی امور نظام فنی
فرزاد پارسا	کارشناس مسئول پروژه در امور نظام فنی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- کلیات

۱-۱- مقدمه ۳
۱-۲- اهداف ۳
۱-۳- دامنه کاربرد ۳
۱-۴- مؤلفه‌های هدف ۴
۱-۵- مقررات مرتبط ۵
۱-۶- ساختار راهنما ۵

فصل دوم- روند ارزیابی لرزه‌ای

۲-۱- رویکردهای ارزیابی لرزه‌ای ۹
۲-۲- پیش ارزیابی ۱۰
۲-۲-۱- انواع در خواست ارزیابی ۱۰
۲-۲-۲- عوامل موثر در ارزیابی عملکرد ۱۱
۲-۲-۳- شناسایی خطرات لرزه‌ای ۱۱
۲-۲-۴- شناسایی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ۱۲
۲-۲-۵- عملکرد لرزه‌ای ۱۲
۲-۲-۶- برنامه‌ریزی مطالعات ارزیابی ۱۵
۲-۳- مراحل ارزیابی لرزه‌ای ۱۹
۲-۳-۱- تعیین اهمیت مؤلفه یا سامانه ۱۹
۲-۳-۲- سطوح خطر لرزه‌ای ۲۰
۲-۳-۳- سطوح عملکرد مؤلفه‌های سامانه ۲۰

فصل سوم- روش‌های ارزیابی لرزه‌ای

۳-۱- مؤلفه‌های هدف ۲۵
۳-۲- رویکرد کلی تعیین آسیب‌پذیری ۲۵
۳-۳- روش‌های ارزیابی لرزه‌ای مؤلفه‌ها ۲۶
۳-۳-۱- ارزیابی لرزه‌ای ساختمانها ۲۷
۳-۳-۲- ارزیابی لرزه‌ای سازههای غیر ساختمانی ۲۸
۳-۳-۳- ارزیابی لرزه‌ای تجهیزات ۲۸
۳-۳-۴- ارزیابی لرزه‌ای اجزای غیر سازه‌ای ۲۸

omoorepeyman.ir

۳-۳-۵- ارزیابی لرزهای شبکه و خطوط..... ۲۹
۳-۴- بازرسی در ارزیابی کیفی..... ۲۹
۳-۵- گردآوری اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی تفصیلی..... ۳۳
۳-۵-۱- جمعآوری اسناد و مدارک طراحی و بهرهبرداری..... ۳۳
۳-۵-۲- بازرسی عینی و استخراج اشکالات مشهود و موثر..... ۳۳
۳-۵-۳- انجام آزمایشات مصالح و خاک و مطالعات تحلیل خطر..... ۳۴
۳-۶- ارزیابی لرزهای با استفاده از مدلسازی و تحلیل عددی سازه..... ۳۴
۳-۶-۱- روش استاتیکی معادل..... ۳۵
۳-۶-۲- روش طیفی..... ۳۵
۳-۶-۳- روش تاریخچه زمانی..... ۳۵
۳-۷- ملاحظه اثر اندرکنش لرزهای سامانهها..... ۳۵
۳-۸- معیارهای پذیرش..... ۳۶
۳-۸-۱- ترکیبات بارهای وارده..... ۳۶
۳-۸-۲-کنترلهای مربوط به پایداری..... ۳۶
۳-۸-۳- معیارهای پذیرش در روشهای دینامیکی غیرخطی..... ۳۶
فصل چهارم- روند و روشهای بهسازی لرزهای
۴-۱- اولویتبندی بهسازی..... ۴۱
۴-۲- روند بهسازی لرزهای..... ۴۱
۴-۳- رویکرد انتخاب روش بهسازی..... ۴۲
۴-۴- نوع روش بهسازی..... ۴۲
فصل پنجم- روشهای بهسازی لرزهای پالایشگاه
۵- پالایشگاه..... ۴۵
۵-۱- لولهکشی و قفسه مهار لوله..... ۴۵
۵-۱-۱- مدهای خرابی..... ۴۵
۵-۱-۲- ارزیابی لرزهای..... ۵۳
۵-۱-۳- بهسازی لولهکشی و نشیمنگاه لوله..... ۵۸
۵-۱-۴- ایمنی اجرا و هزینه..... ۶۵
۵-۲- محفظه افقی..... ۶۶
۵-۲-۱- مدهای آسیب..... ۶۶
۵-۲-۲- روند نمای ارزیابی لرزهای..... ۶۶
۵-۲-۳- بهسازی مخازن افقی..... ۶۸

omoorepeyman.ir

۵-۲-۴- روش‌های بهسازی ۷۰
۵-۲-۴- سایر اقدامات پیشگیرانه ۷۹
۵-۳- برج و محفظه قائم ۸۰
۵-۳-۱- مدهای آسیب ۸۰
۵-۳-۲- ارزیابی لرزهای ۸۱
۵-۳-۳- بهسازی برج و محفظه قائم ۸۳
۵-۳-۴- روش‌های بهسازی ۸۷
۵-۳-۵- تعیین روش بهسازی از نظر ایمنی اجرا و هزینه ۹۱
۵-۴- مخزن کروی ۹۲
۵-۴-۱- مدهای خرابی ۹۲
۵-۴-۲- روند ارزیابی لرزهای ۹۳
۵-۴-۳- بهسازی مخزن کروی ۹۵
۵-۴-۴- فهرست روش‌های بهسازی ۹۸
۵-۴-۵- تعیین روش بهسازی از نظر ایمنی، قابلیت اجرا و هزینه ۱۰۴
۵-۵- پی ۱۰۵
۵-۵-۱- مدهای آسیب ۱۰۵
۵-۵-۲- روند ارزیابی ۱۰۶
۵-۵-۳- بهسازی پی ۱۰۸
۵-۵-۴- فهرست روش‌های بهسازی ۱۰۹
۵-۵-۵- تعیین نوع بهسازی با توجه به ایمنی، عملی بودن و هزینه آن ۱۱۱

فصل ششم- روش‌های بهسازی مخازن

۶-۱- انواع مخزن ۱۱۷
۶-۲- بهسازی ۱۱۸
۶-۳-۱- حذف یا تعویض ورقهای پوسته ۱۲۰
۶-۳-۱-۱- حداقل ضخامت ورق پوسته جایگزین ۱۲۰
۶-۳-۱-۲- حداقل ابعاد ورق پوسته تعویضی ۱۲۰
۶-۳-۱-۳- طراحی اتصال جوشی ۱۲۰
۶-۳-۱-۴- تسلیح ورقهای پوسته ۱۲۳
۶-۳-۱-۵-ابعاد ورق اضافه شده به دیوار کناری ۱۲۷
۶-۳-۱-۶- تعمیر عیوب مصالح ورق پوسته ۱۲۸

omoorepeyman.ir

۶-۳-۱-۷- تعویض پوسته‌های مخزن برای تغییر ارتفاع پوسته ۱۲۸
۶-۳-۱-۸-تعمیر ورودی‌های پوسته (آدم‌رو، افشانه دریچه‌های بازدید و غیره) ۱۲۸
۶-۳-۲- ورق‌های حلقوی ۱۲۸
۶-۳-۲-۱-صفحه تکیه‌گاه ۱۲۸
۶-۳-۳- ورق کف ۱۳۱
۶-۳-۳-۱-جایگزینی ورقهای کف مخزن ۱۳۱
۶-۳-۳-۲- ورق‌های جوشی اضافی ۱۳۵
۶-۳-۴- پی ۱۳۵
۶-۳-۴-۱- دالها ۱۳۷
۶-۳-۴-۲- دیوارهای حلقوی ۱۳۸
۶-۳-۴-۳-شمع‌های بکار رفته ۱۳۸
۶-۳-۴-۴- حفاظت تصفیه آب باران زیر پی ۱۴۰
۶-۳-۴-۵- پیچهای مهار ۱۴۱
۶-۴- تجهیزات الحاقی ۱۴۳
۶-۵- روش‌های تعمیر ویژه ۱۴۷
۶-۶- تعیین روش بهسازی از نقطه نظر ایمنی، عملی بودن و هزینه ۱۴۸
۶-۷- سایر اقدامات ۱۵۰
۶-۷-۱- کف‌ها ۱۵۰
۶-۷-۲- پوسته‌ها ۱۵۱
۶-۷-۳- سقف‌ها ۱۵۱

فصل هفتم- روش‌های بهسازی خط لوله

۷-۱- مؤلفه‌های هدف ۱۵۵
۷-۲- مدهای آسیب در اثر زلزله ۱۵۵
۷-۳- روند ارزیابی لرزه‌ای ۱۵۹
۷-۴- بهسازی ۱۶۲
۷-۴-۱- اولویت‌بندی بهسازی ۱۶۲
۷-۴-۲- فهرست روشهای ممکن ۱۶۲
۷-۴-۳- بررسی روش بهسازی از نظر ایمنی، امکانپذیری و هزینه ۱۶۵
۷-۴-۴- سایر اقدامات و ملاحظات ۱۶۶

omoorepeyman.ir

فصل هشتم- روش‌های بهسازی خط لوله مدفون

۸-۱- مدهای آسیب بر اثر زلزله ۱۷۱
۸-۲- روند ارزیابی لرزهای ۱۷۴
۸-۳- بهسازی ۱۷۷
۸-۳-۱- اولویت بهسازی اجزا ۱۷۷
۸-۳-۲- فهرست روشهای بهسازی ۱۷۸

فصل نهم- روش‌های بهسازی تجهیزات داخلی

۹-۱- مؤلفه هدف ۱۸۷
۹-۲- مدهای آسیب لرزه‌ای ۱۹۰
۹-۳- ارزیابی لرزه‌ای ۱۹۰
۹-۴- انتخاب روش بهسازی با توجه به ایمنی، عملی بودن و هزینه ۱۹۲

فصل دهم- روش‌های بهسازی سایر سازه‌های غیر ساختمانی

۱۰-۱- مؤلفه های هدف ۱۹۵
۱۰-۲- کالورت ۱۹۵
۱۰-۲-۱- آسیبهای لرزهای ۱۹۵
۱۰-۲-۲- ارزیابی ۱۹۷
۱۰-۲-۳- بهسازی ۱۹۸
۱۰-۲-۳-۱- ملاحظات ۱۹۸
۱۰-۲-۳-۲- تعیین روش بهسازی از نقطه نظر ایمنی، عملی بودن و هزینه ۱۹۸
۱۰-۲-۳-۳- انتخاب روش بهسازی با توجه به ملاحظات مصالح کالورت ۱۹۸
۱۰-۲-۳-۴- اقداماتی به غیر از بهسازی ۱۹۹
۱۰-۳- دیوار و خاکریز ۱۹۹
۱۰-۳-۱- روند ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ۱۹۹
۱۰-۳-۲- روش بهسازی ۲۰۰

پیوست‌ها

۱- دسته‌بندی مشترکین شبکه گاز رسانی برای اولویت بندی ۲۰۵
۲- منحنی‌های آسیب پذیری ۲۰۷
۲-۱- تعریف ۲۰۷
۲-۲- اطلاعات لازم ۲۰۷
۲-۳- مدهای آسیب در شبکه ۲۰۸

omoorepeyman.ir

۲-۴- آسیب قطعات خط لوله ناشی از حرکات ارتعاشی زمین ۲۰۹
۲-۵- آسیب قطعات خط لوله ناشی از جابجایی گسلها ۲۰۹
۲-۶-آسیب قطعات خطوط لوله ناشی از روان‌گرایی ۲۰۹
۲-۷- آسیب قطعات خط لوله ناشی از زمین لغزه ۲۱۰
۲-۷-۱- آسیب تأسیسات گاز ناشی از حرکات ارتعاشی زمین ۲۱۰
۲-۷-۲- آسیب علمک‌ها و شیرهای پیاده رو ۲۱۰
۲-۸- منحنی‌های شکست برای خطوط لوله ۲۱۱
۲-۸-۱- منحنی شکست برای آسیب لوله مستقیم تحت اثر امواج زلزله ۲۱۱
۲-۸-۲- منحنی شکست خطوط لوله در اثر جابجایی گسل ۲۱۲
۲-۸-۳- منحنی شکست برای خرابی خم لولههای (زانویی) ناشی از امواج زلزله ۲۱۲
۲-۸-۴- منحنی شکست برای خرابی خط لوله بر اثر نشست ناشی از روان‌گرایی ۲۱۴
۲-۸-۵- منحنی شکست برای خرابی اتاق ایستگاههای تقلیل فشار ناشی از حرکات ارتعاشی زمین ۲۱۵
۲-۸-۶- خرابی علمکها ناشی از حرکات ارتعاشی زمین ۲۱۵
۳- منابع و مآخذ منتخب ۲۱۶

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ نقشه راه ارزیابی عملکرد ۹
شکل ۳-۱ رویکرد کلی تعیین آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای ۲۶
شکل ۵-۱ خرابی در لوله‌های با قطر کم ۴۷
شکل ۵-۲ جداشدگی لوله از محل نشیمنگاه در اثر شتاب پاسخ ۴۷
شکل ۵-۳ از دست رفتن عملکرد مفصل لوله انعطاف‌پذیر ۴۸
شکل ۵-۴ صدمه به سیستم لوله کشی در اثر خرابی ساختمان ۴۹
شکل ۵-۵ شکست لوله‌کشی در محل ورود به دیوار ۵۳
شکل ۵-۶ روند نمای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سیستم لوله‌های موجود ۵۴
شکل ۵-۷ روند نمای ارزیابی تفصیلی ۵۵
شکل ۵-۸ مثال خروجی ارزیابی کیفی به روش ""RBM ۵۷
شکل ۵-۹ نمونه‌ای از اثر کاهنده نیروی اینرسی و تغییر مکان پاسخ ۶۱
شکل ۵-۱۰ نمونه‌هایی از اثر کاهنده جابجایی پی ۶۳
شکل ۵-۱۱ مدهای آسیب محفظه افقی ۶۶
شکل ۵-۱۲ روند نمای ارزیابی محفظه افقی ۶۷
شکل ۵-۱۳ روند نمای بهسازی محفظه های افقی گاز ۷۰
شکل ۵-۱۴ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچهای مهاری (الف) ۷۲
شکل ۵-۱۵ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (ب) ۷۳
شکل ۵-۱۶ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (ج) ۷۳
شکل ۵-۱۷ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (د) ۷۴
شکل ۵-۱۸ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (ه، و) ۷۴
شکل ۵- ۱۹ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (ز) ۷۵
شکل ۵-۲۰ نمونه کاهش تنش فشاری نشیمنگاه (تنشزدایی) ۷۵
شکل ۵-۲۱ نمونه ارتقاء سختی با افزایش مقاومت پایه و پی ۷۶
شکل ۵-۲۲ تعیین روش بهسازی از نظر ایمنی، عملی بودن و هزینه ۷۷
شکل ۵-۲۳ نرخ موثر وزن مایع ۷۹
شکل ۵-۲۴ روند ارزیابی تفصیلی برج و محفظه قائم ۸۲
شکل ۵-۲۵ روند نمای روند طرح بهسازی برای ارتقاء مقاومت لرزه‌ای ۸۷

omoorepeyman.ir

شکل ۵-۲۶ بهسازی لرزهای برج ۹۰
شکل ۵-۲۷ انواع آسیب به مخازن کروی ۹۳
شکل ۵-۲۸ روند ارزیابی محفظه کروی ۹۴
شکل ۵-۲۹ روند نمای ارزیابی تفصیلی ساده شده در بهسازی مخزن کروی ۹۷
شکل ۵-۳۰ تقویت با اضافه کردن بادبند مهاری ۹۹
شکل ۵-۳۱ اضافه کردن پیچ مهاری ۱۰۰
شکل ۵-۳۲ اضافه کردن زبانه مهار ۱۰۱
شکل ۵-۳۳ تقویت با فولاد شکل داده شده ۱۰۱
شکل ۵-۳۴ کنترل ارتعاش با میر اگر (نوع استاندارد) ۱۰۲
شکل ۵-۳۵ کنترل ارتعاش با استفاده از میر اگر (از نوع میله بلند) ۱۰۳
شکل ۵-۳۶ کنترل ارتعاش با استفاده از میر اگر با مواد ویسکو- الاستیک ۱۰۴
شکل ۵-۳۷ نمونه ای از جداسازی لرزهای با استفاده از میراگر اینرسی، شامل پاندول و میله ۱۰۴
شکل ۵-۳۸ نرخ موثر وزن مایع ۱۰۵
شکل ۵-۳۹ حالت‌های آسیب‌دیدگی پی ۱۰۶
شکل ۵-۴۰ روند نمای طرح ارزیابی پی ۱۰۷
شکل ۵-۴۱ روند نمای طرح بهسازی پی ۱۰۹
شکل ۵-۴۲ مثالی برای شمع‌های اضافه شده ۱۱۱
شکل ۶-۱ نیمکروی ساده ۱۱۷
شکل ۶-۲ نیمکروی شبکهای ۱۱۷
شکل ۶-۳ ترسیم نیمکره ۱۱۸
شکل ۶-۴ نیمکروی ساده با برآمدگی منحنی ۱۱۸
شکل ۶-۵ جزئیات جایگزینی ورق‌های موجود مخازن فولادی ۱۲۱
شکل ۶-۶ ملزومات حداقل فاصله‌گذاری و طول جوشکاری در گام آخر برای جایگزینی ورقهای پوسته ۱۲۲
شکل ۶-۷ تسلیح ورق پوسته با استفاده از ورق اضافی ۱۲۶
شکل ۶-۸ تسلیح ورق پوسته با استفاده از ورق اضافی اطراف آدم‌رو، افشانه یا دریچه بازدید ۱۲۷
شکل ۶-۹ حداقل فاصله بین ورقه‌ای اضافه شده برای تسلیح ورقه‌ای پوسته ۱۲۷
شکل ۶-۱۰ روشهای اضافه کردن ورق حلقوی جدید زیر پوسته کف مخزن ۱۲۹
شکل ۶-۱۱ تقویت بیرونی ورقه‌ای حلقوی ۱۲۹
شکل ۶-۱۲ نمونه صفحه تکیه‌گاه اضافه شده ۱۲۹
شکل ۶-۱۳ نقش صفحه تکیه‌گاه پس از اقدام متقابل لرزهای ۱۳۰
شکل ۶-۱۴ ورقه‌ای اتصال جوشی در کف مخازن ۱۳۰

omoorepeyman.ir

شکل ۶-۱۵ محدودیت فاصله بین ورق اضافه شده و ورق تقویت کف ۱۳۳
شکل ۶-۱۶ تعمیر کف مخازن به روش کف دوبل ۱۳۴
شکل ۶-۱۷ روش تعویض ورق کف ۱۳۵
شکل ۶-۱۸ بلند کردن کل مخزن با استفاده از جک برای تعمیر نشستهای پی ۱۳۶
شکل ۶-۱۹ مخزن بلند شده برای تعمیر لایه زیری ۱۳۶
شکل ۷-۲۰ روش تقویت پی مخازن ۱۳۷
شکل ۶-۲۱ روش تقویت پی مخازن ۱۳۷
شکل ۶-۲۲ شمعهای مارپیچ بکار رفته با پی دیوار حلقوی ۱۴۰
شکل ۶-۲۳ روش حفاظت تصفیه آب باران با استفاده از آب‌بند ۱۴۱
شکل ۶-۲۴ روش حفاظت تصفیه آب باران با استفاده از آب‌بند ۱۴۱
شکل ۶-۲۵ جزئیات ضعیف مهاربندی ۱۴۲
شکل ۶-۲۶ جزئیات ضعیف در مخازن مهار نشده و پیشنهادات بهسازی ۱۴۶
شکل ۶-۲۷ اتصال پوششی نرم موقت برای آب‌بندی سقف مخازن ۱۴۸
شکل ۶-۲۸ پوشش سقف بطانهای ۱۴۸
شکل ۶-۲۹ محل برش کف و پوسته مخزن ۱۵۰
شکل ۷-۱ چین و چروک و کمانش لوله خم ۱۵۶
شکل ۷-۲ آسیب خط لوله به علت خرابی پل بر اثر روان گرایی وسیع ۱۵۶
شکل ۷-۳ روند ارزیابی لرزهای خط لوله روزمینی و پل لوله ۱۶۰
شکل ۷-۴ روند نمای بازرسی لرزهای خط لوله روزمینی و پل لوله ۱۶۱
شکل ۷-۵ آرایش پیچ U شکل ۱۶۴
شکل ۷-۶ مهار لوله فولادی ۱۶۴
شکل ۷-۷ قاب صلب به عنوان یک تکیه‌گاه جانبی لرزهای ۱۶۴
شکل ۸-۱ جابجایی بزرگ زمین بر اثر خطر زمین‌لغزه ۱۷۱
شکل ۸-۲ لوله تغییرشکل یافته بر اثر زمین‌لغزه ۱۷۲
شکل ۸-۳ اتصال کشویی شل در شیر مدفون ۱۷۲
شکل ۸-۴ روند ارزیابی لرزهای خط لوله مدفون و تأسیسات کنترل آن ۱۷۵
شکل ۸-۵ روند بررسی لرزهای خط لوله مدفون و تأسیسات کنترل آن ۱۷۶
شکل ۸-۷ تداخل ولتاژ ۱۸۴
شکل ۸-۶ تداخل جریان ۱۸۴
شکل ۹-۱ آسیب‌دیدگی اتصال لوله در اثر تغییر مکان مستقل پی ۱۹۱

omoorepeyman.ir

شکل ۹-۲ آسیب‌دیدگی برج خنک‌کننده. به علت وجود پرکننده‌ها (سازه‌ها) هیچ لغزشی مشاهده نشده است. ۱۹۱
شکل ۹-۳ آسیب‌دیدگی لوله‌کشی خنک‌کننده آب. (در اثر نیروی لرزهای جانبی قسمت جوش شده لوله دچار آسیب‌دیدگی شده است)..... ۱۹۱
شکل ۹-۴ لوله کشی در محل اتصال با ساختمان..... ۱۹۱
شکل ۹-۵ آسیب‌دیدگی عایق صدا..... ۱۹۱
شکل ۹-۶ حرکت اطاقک..... ۱۹۱
شکل ۹-۷ واژگونی مبدل (ترانسفورماتور) در تأسیسات برقی روباز..... ۱۹۱
شکل ۹-۸ آسیب دیدگی قسمتهای اطراف ترانسفورماتور..... ۱۹۱
شکل ۹-۹ روند نمای ارزیابی لرزهای تجهیزات داخلی..... ۱۹۲
شکل ۱۰-۱ مدهای شکست معمولی کالورت..... ۱۹۵
شکل ۱۰-۲ درز ایجاد شده درکالورت با مقطع مربعی در اثر زلزله..... ۱۹۶
شکل۱۰-۳ روند نمای ارزیابی و بهسازی لرزهای کالورت..... ۱۹۷
شکل ۱۰-۴ روندنمای ارزیابی لرزهای خاکریز..... ۲۰۰
شکل ۱۰-۵ مقطع درز در محلی که مواد انعطاف‌پذیر به آن اضافه میگردد..... ۲۰۱
شکل ۱۰-۶ درز با مصالح انعطاف‌پذیر..... ۲۰۱

پیوست

شکل ۲-۱- رفتار تنش – کرنش لوله..... ۲۰۹
شکل ۲-۲- رفتار لنگر- دوران لوله..... ۲۱۰
شکل ۲-۳- رابطه نیروی وارده و شتاب ورودی زلزله به لوله..... ۲۱۱
شکل ۲-۴- تغییر مکان نسبی تجمعی در گوشه خم (زانو)..... ۲۰۷

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ مؤلفه‌های هدف در این راهنما ۵
جدول ۲ -۱ معیارهای به کار رفته برای تعیین سطوح خطر نسبی (وضعیت H) ۱۲
جدول ۲-۲ درجه آسیب‌پذیری اجزاء نسبت به خسارت لرزهای (وضعیت V) ۱۲
جدول ۲-۳ درجه‌بندی پی آ مدهای اختلال عملکرد سامانه (وضعیت S) ۱۴
جدول ۲-۴ انتخاب سطوح ارزیابی ۱۵
جدول ۲-۵ ماتریس ارزیابی خطر برای سامانه گاز ۱۵
جدول ۲-۶ ماتریس ارزیابی آسیب‌پذیری ۱۷
جدول ۲-۷ ماتریس ارزیابی عملکرد ۱۸
جدول ۲-۸ تلاش لازم برای ارزیابی خطر، آسیب‌پذیری و عملکرد سامانه در سطوح مختلف ۱۸
جدول ۲-۹ طبقه بندی زیر سامانه‌ها و مؤلفه‌های داخلی ۱۹
جدول ۲-۱۰ تعیین اهمیت با ترکیب مؤلفه داخلی و کل سامانه ۱۹
جدول ۲-۱۱ سطح خطر لرزهای ۲۰
جدول ۲-۱۲ تعریف سطوح عملکردی بر اساس تراز لرزهای و درجه‌بندی اهمیت ۲۱
جدول ۳-۱ مؤلفه‌های هدف ارزیابی لرزه‌ای ۲۵
جدول ۳-۲ روش‌های ارزیابی لرزهای مؤلفه‌ها در سطوح مختلف ۲۷
جدول ۳-۳ آزمایشات مورد نیاز مصالح و خاک ۳۴
جدول ۵-۱ ملاحظات مربوط به نوع سازه در طراحی لرزهای سیستم لوله‌کشی ۵۰
جدول ۵-۲ نمونه‌ای از ارزیابی عملکرد لرزهای و اقدامات مربوطه ۶۵
جدول ۵-۳ مقایسه اقدامات بهسازی ۷۸
جدول ۵-۴ حدود مجاز ۸۵
جدول ۵-۵ تطبیق معیارهای بهسازی ۹۱
جدول ۵-۶ انواع تقویت لرزهای پی ۱۱۰
جدول ۵-۷ مقایسه اقدامات بهسازی ۱۱۲
جدول ۷-۱ مدهای آسیب از دیدگاه میزان خسارت سازهای ۱۵۷
جدول ۷-۲ مدهای آسیب از دیدگاه شاخص‌های عملکردی ۱۵۸
جدول ۷-۳ سطوح لرزهای مورد کاربرد برای هر مود خرابی ۱۵۹
جدول ۷-۴ روشهای محافظت در برابر نشت برای حالات گوناگون خرابی ۱۶۳
جدول ۷-۵ روش بهسازی سامانه خط لوله ۱۶۳

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۶ روش بهسازی شیر قطع ۱۶۴
جدول ۷-۷ روش بهسازی شیر کنترل ۱۶۵
جدول ۷-۸ مقایسه روشهای بهسازی ۱۶۶
جدول ۸-۱ مدهای آسیب سازهای ۱۷۳
جدول ۸-۲ مدهای آسیب عملکردی ۱۷۴
جدول ۸-۳ مواردی که باید در انتخاب اولویت مسیر خط لوله مدفون برای الگوهای مختلف نشت در نظر گرفته شود ۱۷۷
جدول ۸-۴ روشهای قابل قبول تعمیر (لوله‌های بدون کمانش، چین‌خوردگی و تورفتگی) ۱۷۹
جدول ۸-۵ روشهای قابل قبول تعمیر خط لوله برای تورفتگی، کمانش، چین‌وچروک، نشت پیشرونده و تعمیرهای ناقص قبلی ۱۸۰
جدول ۱۰-۱ مدهای خرابی سازهای ۱۹۶

پیوست

جدول ۱-۱ دسته‌بندی مشترکین خاص ۲۰۶
جدول ۲-۱ مقادیر بحرانی برای هر مد آسیب ۲۰۵
جدول ۲-۲ تعریف حالت آسیب برای ساختمان ایستگاه‌های تقلیل فشار ۲۱۰

omoorepeyman.ir

علائم

فصل دوم

C_{EI}	درجه پی آمد تأثیرات زیست محیطی
C_{FL}	درجه پی آ مدهای خسارت مالی
C_{LS}	درجه پی آ مدهای ایمنی جانی
C_{SD}	درجه پی آ مد قطع خدمت رسانی
H	درجه خطر
I_L	شاخص سطح
R_C	ضریب اصلاح کننده افزونگی
S	درجه عملکرد سامانه
V	درجه آسیب‌پذیری

فصل پنجم

A	مساحت مقطع پایه
D_m	قطر متوسط دامنه
E	مدول الاستیسیته طولی
F	حداقل مقدار S_Y یا $0.7S_u$ به عنوان مقاومت استاندارد.
F_{MH}	وزن موثر
H_1	طول پایه
i	حداقل شعاع ژیراسیون
I	حداقل ممان دوم سطح پای
K_{MH}	نیروی لرزه‌ای افقی اصلاح شده
l	طول فشاری پایه=$0.7H_1$
S_u	مقاومت کششی
S_Y	نقطه تسلیم
t	ضخامت صفحه دامنه
W_b	
W_D	وزن مرده تانک
W_L	وزن مایع ذخیره شده در مخزن
α	نرخ موثر وزن مایع
λ	نسبت لاغری

omoorepeyman.ir

Λ	نسبت لاغری حدی

فصل هشتم

A	سطح مقطع جداره لوله، ضریب انبساط حرارتی خطی
T_1	دمای نصب
T_2	دمای حداکثر یا حداقل فلز در هنگام بهره‌برداری
ν	ضریب پواسون
σhp	تنش حلقوی بر اثر فشار درونی، بر اساس ضخامت جداره

omoorepeyman.ir

فصل ۱

کلیات

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱- مقدمه

در جوامع مدرن، سامانه‌های گازرسانی، انرژی مورد نیاز برای حمل و نقل و تولید برق را تأمین کرده و در تولید کالاهای مورد نیاز و ارائه سرویس‌های ضروری از قبیل تأمین گرمای مورد نیاز و سایر موارد نیازمند انرژی برای حفظ زندگی در سطح مطلوب، مورد استفاده قرار می‌گیرند. زلزله از جمله خطرات طبیعی است که می‌تواند به این سامانه‌ها آسیب رسانده و باعث قطع جریان گاز و ایجاد حوادث ثانویه مانند انفجار، آتش سوزی و مسمومیت شود. در صورت عدم آگاهی از میزان آسیب‌پذیری برای تأمین مقاومت و ایمنی لازم و عدم انجام بهسازی لرزه‌ای کافی، عواقب و خسارات ناشی از زلزله افزایش یافته و با عدم توانایی مهار مناسب شرایط اضطراری می‌تواند منجر به رویداد فاجعه و بروز شرایط بحرانی گردد.

۱-۲- اهداف

هدف از ارزیابی آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای سامانه گاز شهری، آگاهی از ایمنی و میزان قابلیت اطمینان لرزه‌ای و کاهش عواقب ناشی از اثر زلزله بر این سامانه و مؤلفه‌های آن می‌باشد.

حفظ یکپارچگی و تداوم عملکرد ایمن سامانه گاز شهری از این طریق باعث حصول اطمینان از عدم خطرپذیری و ریسک غیرقابل پذیرش برای جان افراد، دارایی‌های آن‌ها و محیط زیست می‌باشد.

ارزیابی آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای دربرگیرنده تمام فعالیت‌های شناخت کمبودها، خسارات احتمالی و عواقب آن‌ها بوده و شامل اقدامات کاهش، حذف و علاج بخشی در حد معقول می‌گردد؛ لذا اهداف اصلی تهیه این راهنما عبارتند از:

- تعریف و تعیین الزامات کلی ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای سامانه گاز رسانی موجود که به صورت یکنواخت و هماهنگ در سراسر کشور مورد استفاده قرار گیرد.
- معرفی راهکارهای بهسازی لرزه‌ای مؤلفه‌های سامانه گازرسانی و مدیریت کاهش خطر و شرایط اضطراری و بحرانی احتمالی آن‌ها.

۱-۳- دامنه کاربرد

مطالب این راهنما برای کلیه مؤلفه‌های شریان حیاتی گاز در بخش‌های تولید، خطوط انتقال و توزیع شهری در ظرفیت‌ها و اندازه‌های مختلف قابل استفاده است.

محتویات این راهنما زمینه ارتقای سطح دانش مهندسی در بحث ایمنی لرزه‌ای را فراهم می‌آورد، لکن مسوولیت تفسیر صحیح و بکار بردن مفاد این راهنما به عهده کاربر می‌باشد.

مفاد این راهنما در طول زمان مورد بررسی و بازنگری قرار می‌گیرد و استفاده کنندگان باید آخرین نسخه به روز شده آن را بکار گیرند.

ارزیابی ایمنی در برابر سایر عوامل طبیعی و غیر طبیعی و ملاحظات مربوط به آن‌ها در چارچوب این راهنما نبوده و در صورت نیاز می‌باید به صورت تکمیلی بررسی شوند.

omoorepeyman.ir

الزامات این راهنما برای تأسیسات دائم و موقت یکسان می‌باشد.

۱-٤- مؤلفه‌های هدف

مؤلفه‌های هدف در این راهنما به دو قسمت اساسی تقسیم می‌شوند:

- مؤلفه‌های ایستگاهی شامل ساختمان‌ها، سازه‌های غیر ساختمانی، تجهیزات و اجزای غیر سازه‌ای در پالایشگاه‌ها و ایستگاه‌های تنظیم فشار.
- مؤلفه‌های خطی (خطوط لوله انتقال گاز) و شبکه‌ای (توزیع گاز)

مؤلفه‌های ایستگاهی جز در مواردی معدودی، به طور عمده روزمینی هستند، در حالی که سازه‌های خطوط و شبکه‌ها به طور عمده زیرزمینی مدفون و در بعضی موارد روزمینی هستند.

سازه‌های ایستگاهی به طور اصولی متأثر از پاسخ شتاب زمین به زلزله هستند، در حالی که سازه‌های خطی و شبکه‌ای که به طور عمده مدفون نیز هستند از پاسخ سرعت زمین به زلزله تأثیرپذیری بیشتری دارند.

تجهیزات ایستگاهی نیز، از دو نوع مختلف داخل یا خارج از ساختمان تشکیل شده‌اند.

سازه‌های ایستگاهی شریان‌های حیاتی بر خلاف ساختمان‌ها که جرم آن‌ها به طور نسبتاً مرتب در ارتفاع توزیع گردیده است دارای توزیع مشخصی از جرم نیستند؛ لذا نیروی اینرسی ناشی از زلزله بر آن‌ها در مرکز جرم آن‌ها تأثیر داده می‌شود.

این نیرو از ضرب جرم سازه در شتاب اصلاح شده در قالب ضریب لرزه بدست می‌آید.

در مورد بعضی از سازه‌های نگهدارنده و ذخیره ای نظیر مخازن (اعم از استوانه‌ای یا کروی حاوی مایعات یا دانه‌ها با سطح آزاد یا تحت فشار)، نیروی اینرسی حاصل از اثر زلزله بر جرم محتوی به صورت استاتیکی یا دینامیکی ملحوظ و یا توزیع می‌شود.

در مورد معدود سازه‌هایی که نیمه مدفون هستند حسب روش تحلیل مورد استفاده و مدل ریاضی آن (قسمت‌های آزاد، مقید یا نیمه مقید) بارگذاری مناسب لرزه‌ای صورت خواهد پذیرفت.

سازه‌های طویل خطی و شبکه‌ای، اعم از زیرزمینی و روزمینی، نسبت به تغییر مکان نسبی تحمیل شده بر خود حساس هستند. تغییر مکان نسبی وارده تبدیل به کرنش و تنش در این سازه‌ها می‌گردد.

اثر اینرسی در سازه‌های خطی و شبکه‌ای از روزمینی به مدفون کاهش زیادی پیدا می‌نماید

در سازه‌های مدفون رفتار سازه عملاً تحت تأثیر رفتار خاک بوده و جرم آن در مقایسه با خاک محیطی خود بسیار ناچیز و قابل اغماض می‌باشد.

مؤلفه‌هایی که از سامانه گازرسانی در این راهنما برای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند در جدول ۱-۱ داده شده‌اند.

omoorepeyman.ir

جدول ۱-۱ مؤلفه‌های هدف در این راهنما

عنوان مؤلفه	نوع مؤلفه
تجهیزات فرآوری و پالایشگاه	ایستگاهی
تلمبه‌خانه‌ها و ایستگاه‌های تنظیم فشار	ایستگاهی
خطوط لوله انتقال اصلی فشار قوی	خطی
مراکز کنترل توزیع (دیسپاچینگ)	ایستگاهی
خطوط لوله توزیع فشار متوسط و پایین	خطی
ساختمان‌های اداری و عمومی و ساختمان‌های پشتیبانی	ایستگاهی
علمک‌ها و انشعابات مشترکین	ایستگاهی

۱-۵- مقررات مرتبط

آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مرتبط با این راهنما عبارتند از:

- ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ ایران، طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، وزارت مسکن و شهرسازی
- دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها، نشریه شماره ۳۶۰، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.
- دستورالعمل ارزیابی سریع ساختمان‌ها، نشریه شماره ۳۶۴، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.
- شرح خدمات ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها، نشریه شماره ۲۵۱، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.
- دستورالعمل تحلیل آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود، وزارت مسکن و شهرسازی.
- مجموعه مقررات ملی ساختمانی ایران، وزارت مسکن و شهرسازی.
- دستورالعمل ارزیابی لرزه‌ای تأسیسات نیروگاه‌های برق، نشریه شماره ۵۱۲، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.

استفاده از سایر راهنماها یا معیارها که ممکن است در پروژه های خاص مورد نیاز باشد، به شرطی که تطابق کلی با مفاهیم این راهنما داشته باشند و معیارهای حداقل آن‌را برآورده نمایند، بلامانع است.

۱-٦- ساختار راهنما

راهنمای حاضر متشکل از فصول ذیل می‌باشد.

فصل اول: کلیات

فصل دوم: روند ارزیابی لرزه‌ای

فصل سوم: روش‌های ارزیابی لرزه‌ای

فصل چهارم: روند و روش‌های بهسازی لرزه‌ای

فصل پنجم: روش‌های بهسازی لرزه‌ای پالایشگاه

فصل ششم: روش‌های بهسازی مخازن

omoorepeyman.ir

فصل هفتم: روش‌های بهسازی خط لوله

فصل هشتم: روش‌های بهسازی خط لوله مدفون

فصل نهم: روش‌های بهسازی تجهیزات داخلی

فصل دهم: روش‌های بهسازی سایر سازه‌های غیر ساختمانی

پیوست ۱: دسته بندی مشترکین شبکه

پیوست ۲: توابع خرابی

پیوست ۳: منابع و مآخذ منتخب

در فصل دوم راهنما روند کلی ارزیابی لرزه ای سامانه ارائه شده است. این روند مطالعات ارزیابی لرزه ای را در دو بخش کلی پیش ارزیابی و ارزیابی تعریف نموده که روش پیش ارزیابی در همین فصل و روش‌های ارزیابی در فصل بعدی ارائه می‌شوند. روش پیش ارزیابی لرزه ای در این فصل برای پیش بینی آسیب پذیری لرزه ای کلی مؤلفه‌ها ارائه شده و با استفاده از آن غربال کردن اولیه مؤلفه های آسیب پذیر انجام می‌گردد. همچنین با توجه به انواع درخواست‌های ارزیابی بر اساس اهداف کارفرما، می‌توان سطح کلی مطالعات و نوع خروجی‌ها را مشخص نمود.

برای انجام پیش ارزیابی عوامل موثر در ارزیابی عملکرد در این فصل معرفی شده و بر اساس آن شاخص سطح ارزیابی تعیین و سطح ارزیابی انتخاب می‌شود. در ادامه این فصل بر اساس سطوح انتخاب شده سرفصل‌های پیشنهادی برای برنامه ریزی مطالعات ارزیابی و نیز مراحل ادامه مطالعات پس از اتمام پیش ارزیابی جهت تهیه شرح خدمات مورد نیاز ارزیابی ارائه گردیده است.

در فصل سوم پس از معرفی مؤلفه های هدف در سامانه گاز، روش‌های ارزیابی آسیب پذیری در سه دسته سریع، کیفی و تفصیلی برای سطوح مختلف ارزیابی مشخص شده در فصل دوم، به صورت ماتریسی برای مؤلفه های مختلف پیشنهاد شده است. برای هر یک از روش‌ها و مؤلفه‌ها ضمن معرفی عوامل مهم در ارزیابی، مقررات مرتبط برای تعیین جزئیات روش‌ها فهرست گردیده است.

در مورد ارزیابی سریع و کیفی، با توجه به اهمیت بازرسی فنی در این دو روش، نکات مهم جهت لحاظ در تهیه یا تکمیل کار برگ‌های مورد استفاده در این بخش در ادامه فصل سوم ارائه شده است.

جزئیات روش‌های تفصیلی برای مؤلفه های مختلف مانند ترکیبات بار و محاسبه ظرفیت لرزه ای و معیارهای پذیرش علاوه بر موارد ذکر شده در فصل سوم، تابع جزئیات روش‌های طراحی لرزه ای هر مؤلفه بوده و برای تعیین آن‌ها می‌توان به مقررات مرتبط معرفی شده در این فصل برای هر مؤلفه مراجعه نمود.

در فصول چهارم و پنجم به ترتیب روند و روش‌های بهسازی مورد بحث قرار گرفته‌اند. روند بهسازی شامل معرفی عوامل موثر در اولویت بندی ارائه طرح بهسازی و مراحل تهیه طرح بهسازی می‌باشد. روش‌های مختلف بهسازی برای مؤلفه های مختلف به تفکیک و با جزئیات اولیه مورد نیاز موضوع فصل پنجم این راهنما می‌باشد.

omoorepeyman.ir

فصل ۲

روند ارزیابی لرزه‌ای

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

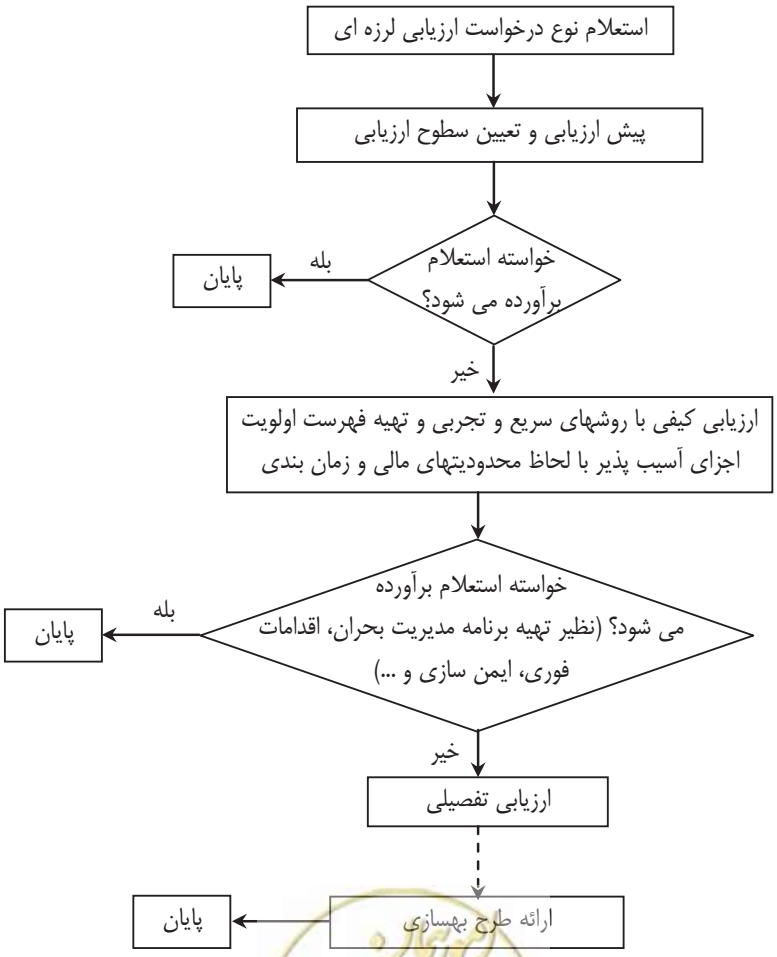
۲-۱- رویکردهای ارزیابی لرزه‌ای

ارزیابی لرزه‌ای در این راهنما در دو مرحله تعریف می‌شود.

مرحله اول پیش ارزیابی است که در آن با بررسی سریع وضعیت شریان حیاتی، ضمن تعیین نیاز یا عدم نیاز به ارزیابی لرزه‌ای، سطح مطالعات ارزیابی نیز مشخص می‌شود.

سپس در مرحله ارزیابی، فعالیت‌ها به دو صورت ارزیابی اولیه و تفصیلی تعریف می‌شود:

- ارزیابی اولیه شامل روش‌های تجربی و کیفی می‌باشد. این ارزیابی نسبتاً سریع انجام می‌گیرد و جهت تعیین اجزای آسیب‌پذیر یا ایمن نیازمند به ارزیابی تفصیلی می‌باشد. روش‌های ارزیابی اولیه در این راهنما عمدتاً مبتنی بر استفاده از کار برگ‌های ارزیابی اولیه با امتیازدهی کیفی یا کمی هستند.



شکل ۲-۱ نقشه راه ارزیابی عملکرد

omoorepeyman.ir

- ارزیابی تفصیلی شامل دو رویکرد تجربی و تحلیلی است. روش‌های تجربی مبتنی بر مودهای خرابی و آمار و سوابق خرابی در زلزله‌های گذشته بوده و روش‌های تحلیلی مبتنی بر مدل‌سازی و تحلیل محاسباتی و عددی می‌باشد. اغلب از روش‌های تجربی برای ارزیابی لرزه ای شبکه‌ها با تعداد مؤلفه های زیاد استفاده می‌شود. این روش‌های تجربی عمدتاً بر اساس منحنی‌های خرابی تجربی و احتمالاتی مؤلفه های مختلف در مدهای مختلف استوار هستند. توضیحات بیشتر در مورد منحنی‌های خرابی در پیوست ۱ این راهنما ارائه گردیده است. روش‌های تحلیلی نیز دو سطح دارند. سطح اول مشابه روش‌های ساده شده طراحی و عمدتاً به صورت معادل استاتیکی می‌باشد. سطح دوم برای مؤلفه‌ها با شرایط خاص یا رفتار پیچیده‌تر لرزه‌ای بکار رفته و شامل روش‌های دینامیکی و غیر خطی می‌گردد.

۲-۲- پیش ارزیابی

بهره بردار یا مسوول شریان حیاتی گاز باید همواره آگاهی و اطمینان کافی از ایمنی و عملکرد لرزه‌ای مناسب تأسیسات خود داشته باشد. در غیر این صورت اعلام نیاز به انجام ارزیابی عملکرد تأسیسات گاز ارائه می‌شود. سطح و جزئیات مورد نیاز در ارزیابی، وابسته به میزان آگاهی مورد نیاز درخواست کننده دارد.

پیش از شروع ارزیابی، مرحله پیش ارزیابی با اهداف ذیل صورت می‌پذیرد که می‌تواند توسط مهندسین بهره بردار یا مسئول نیز انجام شود:

- شناسایی شدت خطر و ارزیابی آسیب‌پذیری کلی در برابر آن جهت تعیین میزان نیاز به ارزیابی تفصیلی‌تر
- حصول اطمینان از در دسترس بودن منابع و تخصص‌های کافی و مناسب جهت اجرای ارزیابی
- تعیین سطح مطالعات مناسب بر اساس درخواست و منابع موجود و زمان‌بندی.

۲-۲-۱- انواع در خواست ارزیابی

درخواست ارزیابی می‌تواند دارای یکی از سه رویکرد زیر باشد:

- رویکرد فنی (عمدتاً با هدف ارتقای ایمنی با انجام عملیات بهسازی)
- رویکرد مالی (عمدتاً با هدف برنامه ریزی بودجه و یا برآورد خسارات، بازیابی و ریسک سرمایه ای)
- رویکرد مدیریتی (عمدتاً با اهدافی از قبیل برنامه ریزی مدیریت بحران، برنامه ریزی اقدامات فوری و اضطراری، برنامه ریزی افزایش ایمنی با روش‌های نرم افزاری یا غیر بهسازی و مدیریت ریسک)

مؤلفه‌هایی که باید در ارزیابی در نظر گرفته شوند، تا حد زیادی به درخواست و عملکرد هدف بستگی دارند. بر این اساس، مسوول تأسیسات باید تصمیم بگیرد که کدامیک از مؤلفه‌ها می‌بایست مورد ارزیابی قرار گیرند. قابلیت اطمینان در این سناریو بر حسب میزان قطع خدمات رسانی و مدت زمان قطع گاز اندازه‌گیری می‌شود.

omoorepeyman.ir

ممکن است این درخواست برای کل شبکه مطرح نشود و بر اساس اولویت‌های مدیریت بحران ارائه گردد. در این حالت محاسبه قابلیت اطمینان خدمت رسانی با اولویت مشترکین مهم‌تر که در زمان بحران نقش بیشتری در کنترل و مدیریت بحران دارند آغاز می‌شود. تهیه فهرست و نحوه انتخاب مشترکین مهم در یک سامانه بر اساس راهنمائی‌های پیوست ۱ صورت می‌پذیرد.

۲-۲-۲- عوامل موثر در ارزیابی عملکرد

عوامل اصلی یک ارزیابی عملکرد عبارتند از:

- خطر (H):

خطر لرزه‌ای شامل خطرات اولیه و ثانویه است. خطرات اولیه ارتعاشات و حرکات شدید زمین و تغییر شکل‌های ناشی از آن مانند روان‌گرایی، لغزش شیب و گسلش را در بر می‌گیرد.

خطرات ثانویه شامل انفجار، آتش سوزی، آلودگی زیست محیطی و نظایر آن که به دلیل وقوع آسیب‌های اولیه زلزله ایجاد می‌گردند، می‌باشد.

- آسیب‌پذیری (V):

آسیب‌پذیری شامل پتانسیل تلفات جانی و آسیب‌های فیزیکی در ارتباط با تجهیزات و تأسیسات و ساختمان‌ها، سامانه های عملیاتی و کنترلی، محیط زیست، فعالیت‌های صنعتی و اداری و مالی و تجاری، امنیت تأسیسات و سرمایه‌ها و جامعه و میراث فرهنگی می‌باشد.

- عملکرد سامانه (S):

عملکرد شریان حیاتی گاز در هنگام زلزله بر حسب خروجی‌ها یا اهداف عملیاتی و یا نقص ایمنی و اختلال عملکرد مورد ارزیابی و قضاوت قرار می‌گیرد.

مهم‌ترین اهداف عملکردی سامانه گاز رسانی عبارتند از:

- ایمنی جانی مردم و کارکنان تأسیسات
- تداوم جریان گاز و قابلیت اعتماد به سامانه
- پیشگیری از خسارات
- جلوگیری از صدمات زیست محیطی

۲-۲-۳- شناسایی خطرات لرزه‌ای

خطرات اولیه شامل ارتعاش و تغییر شکل ماندگار زمین بر اساس شدت، شتاب و حرکات شدید زمین سنجیده می‌شوند.

متداول‌ترین معیار سنجش ارتعاشات، شتاب حداکثر سطح زمین PGA می‌باشد که از نقشه های پهنه بندی یا مطالعات محلی قابل استخراج است.

برای بررسی میزان خطرات تغییر شکل‌های ماندگار شامل روان‌گرایی، لغزش شیب و گسلش که عمدتاً بر اساس تغییر مکان حداکثر سطح زمین PGD می‌باشند نیز می‌توان از نقشه های پهنه بندی استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

اطلاعات این نقشه‌ها تقریبی و تا حدودی محافظه کارانه می‌باشد. به عنوان مثال، یک استان ممکن است در طبقه بندی ریسک بالا در برابر زمین لغزه قرار گیرد، فقط به این دلیل که بخش نسبتاً کوچکی از آن استان بر روی شیب‌های ناپایدار واقع شده است.

خطرات ثانویه لرزه‌ای از جمله انفجار، آتش سوزی، آلودگی زیست محیطی و نظایر آن می‌باید بسته به مورد و به صورت محلی بررسی شوند.

جدول ۲ -۱ معیارهای به کار رفته برای تعیین سطوح خطر نسبی (وضعیت H)

سطح خطر لرزه‌ای	محدوده شتاب حداکثر
پایین (L)	$0.15g < PGA$
متوسط (M)	$0.15g \leq PGA \leq 0.5g$
بالا (H)	$PGA > 0.5g$

۲-۲-٤- شناسایی آسیب‌پذیری لرزه‌ای

پتانسیل آسیب در بخش‌های مختلف تأسیسات گاز نسبت به انواع خطرات لرزه‌ای متفاوت است.

جدول ۲-۲ درجه بندی کلی این موضوع را در سه رده بالا (H)، متوسط (M) و پایین (L) نشان می‌دهد.

اگر یک جزء یا سامانه در داخل یک ساختمان باشد، آسیب‌پذیری ساختمان و آن جزء باید تواماً در نظر گرفته شوند.

به عنوان مثال، در جایی که احتمال فروریزش ساختمان یا تخلیه اجباری آن وجود داشته باشد، تجهیزات موجود در داخل آن ساختمان در خطر می‌باشند.

جدول ۲-۲ درجه آسیب‌پذیری اجزاء نسبت به خسارت لرزه‌ای (وضعیت V)

خطرات لرزه‌ای	درجه آسیب‌پذیری							
	سامانه های کنترلی، حفاظتی و قطع خودکار	پالایشگاه‌ها	خطوط لوله فشار قوی	خطوط لوله فشار متوسط و ضعیف	ایستگاه‌های تنظیم یا تقلیل فشار	علمک‌ها	مخازن ذخیره	اداره مرکزی، ساختمان‌های تعمیرات، ساختمان‌های عملیاتی
ارتعاشات زلزله	H	M	L	L	M	H	H	H
تغییر شکل‌های دائمی زمین در اثر زلزله (شکست گسل، روان‌گرایی، زمین لغزه)	L	M	H	H	M	M	M	L

omoorepeyman.ir

۲-۲-۵- عملکرد لرزه‌ای

عملکرد لرزه‌ای به عوامل زیر بستگی دارد:

- شدت و میزان خطر

- آسیب‌پذیری سامانه یا جزء
- پی آ مدهای ناشی از آسیب شامل جانی، مالی، قطع سرویس دهی، اثرات زیست محیطی و سایر اثرات.
- میزان افزونگی ماندگار سامانه مورد ارزیابی (افزونگی بالا، با افزونگی، یا بدون افزونگی)
- بزرگی سامانه

در پیش ارزیابی، عملکرد با اندیس سطح I_L به صورت حاصل‌ضرب H، V و S تعریف می‌شود:

$$I_L = H \times V \times \max(C_{LS}, C_{FL}, C_{SD}, C_{EI}) \qquad (۱-۲)$$

که در آن:

H = درجه خطر (پایین = ۱، متوسط = ۲، بالا = ۳ طبق تعریف جدول ۲-۱)

V = درجه آسیب‌پذیری (پایین = ۱، متوسط = ۲، بالا = ۳، طبق تعریف جدول ۲-۲)

S = درجه عملکرد سامانه (حداکثر C_{LS}، C_{FL}، C_{SD} و C_{EI})

C_{LS} = درجه پی آ مدهای ایمنی جانی، بین ۱ تا ۳ متغیر است (طبق تعریف جدول ۲-۳)

C_{FL} = درجه پی آ مدهای خسارت مالی، بین ۰/۵ تا ۶ متغیر است (طبق تعریف جدول ۲-۳)

C_{SD} = درجه پی آمد قطع خدمت رسانی، بین ۰/۵ تا ۶ متغیر است (طبق تعریف جدول ۲-۳)

C_{EI} = درجه پی آمد تأثیرات زیست محیطی، بین ۱ تا ۳ متغیر است (طبق تعریف جدول ۲-۳)

در جدول ۲-۳، از ضریب اصلاح کننده افزونگی (R_C) برای تعیین درجه خسارت مالی (C_{FL}) و درجه پی آمد قطع سرویس دهی (C_{SD}) استفاده شده است.

استفاده از این ضریب اصلاح در واقع توجیه کننده کاهش پی آمدها به دلیل وجود افزونگی سامانه می‌باشد.

ضریب اصلاح افزونگی انعطاف پذیری و امکان جایگزینی در برخی شرایط خاص را نشان می‌دهد.

به عنوان مثال، ممکن است برای یک تأسیسات، به دلیل نبود ابزار جایگزین جهت سرویس رسانی به یک مشترک مهم ضریب افزونگی برابر ۲ (بدون افزونگی) تعیین شود، در حالی که خود آن مشترک ممکن است فاکتور افزونگی را به علت وجود منابع انرژی کمکی، برابر ۰/۵ تعیین نماید.

حسب ماهیت و ویژگی‌های درخواست و اینکه چه کسی ارزیابی را انجام می‌دهد، فاکتور قطع سرویس دهی (C_{SD}) می‌تواند متغیر باشد.

در هنگام اعمال ضریب اصلاح افزونگی به فاکتور خسارت مالی (C_{FL}) ملاحظات مشابهی وجود دارد.

به عنوان مثال، خسارت مالی ناشی از تعمیر آسیب‌دیدگی برای یک تأسیسات، ممکن است به اندازه یک مشترک صنعتی یا یک محله که هیچ گونه امکاناتی جهت فراهم آوردن منابع انرژی جایگزین ندارد، چشمگیر نباشد.

در حالت عادی، ضریب اصلاح افزونگی برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۳ درجه‌بندی پی آ مدهای اختلال عملکرد سامانه (وضعیت S)

پی آمد	شدت پی آمد		
	پایین (عادی)	متوسط (غیر بحرانی)	بالا (بحرانی)
امنیت جانی C_{LS}	کمترین اثر بر امنیت جانی؛ بدون هیچ تأثیر مهم و چشمگیری بر کارکنان تأسیسات یا بر مردم مناطق مجاور تأسیسات $C_{LS}=1$	آسیب یا قطع ممکن است به کارکنان تأسیسات یا مردم مناطق مجاور تأسیسات جراحاتی وارد آورد $C_{LS}=2$	آسیب یا قطع باعث تهدید جانی چشمگیری بر کارکنان تأسیسات یا مردم مناطق مجاور تأسیسات می‌شود $C_{LS}=3$
خسارت مالی C_{FL}	بی تأثیر یا کم تأثیر $C_{FL}=R_C$	آسیب یا قطع گاز می‌تواند منجر به خسارات مالی زیادی شود، اما این ضررها بر یکپارچگی مالی تأسیسات کم تأثیر یا بی تأثیرند. $C_{FL}=2R_C$	آسیب یا قطع تأثیر چشمگیری بر یکپارچگی مالی تأسیسات و یا یک یا تعدادی از مشترکین بزرگ و مهم دارد $C_{FL}=3R_C$
قطع خدمت رسانی C_{SD}	بی تأثیر یا کم تأثیر بر جمعیت تحت پوشش $C_{SD}=R_C$	قطع گاز بر جمعیت کمی، تأثیر می گذارد (کمتر از ۱۰ درصد) و کمتر از ۱ روز بطول می‌انجامد؛ و بر هیچ یک از مشترکین مهم و حیاتی تأثیر خاصی نمی‌گذارد $C_{SD}=2R_C$	قطع گاز منجر به موارد زیر می‌شود: ۱) بخش قابل توجهی از جمعیت را متأثر می‌کند (بیشتر از ۱۰ درصد). ۲) پتانسیل تأثیر بر جمعیتی بیش از ۱۰۰ هزار نفر را دارد. ۳) منجر به قطع گسترده ای که بیش از یک روز بطول می‌انجامد می‌شود. ۴) عملکرد و بهره‌برداری از یک تأسیسات مهم و حیاتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. $C_{SD}=3R_C$
اثرات زیست محیطی، C_{EI}	بی تأثیر یا کم تأثیر بر محیط زیست $C_{EI}=1$	خرابی یا قطع ممکن است سبب آسیب‌های محدود زیست محیطی شود $C_{EI}=2$	خرابی یا قطع ممکن است سبب آسیب‌های زیست محیطی بزرگ شود (یعنی برطرف کردن اثرات آن ماه‌ها تا سال‌ها بطول انجامد) $C_{EI}=3$

R_C برای افزونگی زیاد مقداری برابر ۰/۵ (خرابی عضو عملکرد سامانه را کاهش نمی‌دهد)؛ افزونگی برابر ۱ (خرابی عضو عملکرد سامانه را کاهش می‌دهد)؛ و بدون افزونگی برابر ۲ (عملی که توسط آن عضو انجام می‌شده است نمی‌تواند به روش جایگزین دیگری انجام شود) انتخاب می‌گردد.

در امتیاز دهی تقریبی مقادیر پایین= ۱، متوسط= ۲ و بالا= ۳ می‌باشد.

گام نهایی عملیات امتیازدهی، مقایسه شاخص سطح I_L با مجموعه ای از محدوده های از پیش تنظیم شده‌ای می‌باشد که سطوح پایه‌ای پیشنهادی جهت ارزیابی عملکرد را تعریف می‌نمایند.

بر اساس تمامی ترکیبات ممکن پارامترهای ورودی، شاخص سطح می‌تواند بین مقادیر ۰/۵ تا ۵۴ تغییر کند.

سطح پایه ارزیابی عملکرد از طریق محدوده‌های زیر تعیین می‌شود.

سطح پایه به عنوان یک نقطه شروع برای ارزیابی به کار می‌رود و ممکن است بزدا نیاز به ارزیابی‌های کامل‌تری احساس شود. گاهی ممکن است استعلام کننده سطح خاصی از مطالعات را بر اساس نیازهای خود درخواست کند.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-٤ انتخاب سطوح ارزیابی

شاخص سطح (I_L)	سطح پایه برای ارزیابی عملکرد
$I_L \leq 6$	نیازی به ارزیابی لرزه‌ای نیست
$7 \leq I_L < 17$	ارزیابی اولیه عمو ما کافی است (سطح ۱)
$17 \leq I_L < 35$	ارزیابی اولیه و ارزیابی تفصیلی با روش‌های تجربی و محاسباتی معمولی (سطح ۲)
$I_L \geq 35$	ارزیابی اولیه و ارزیابی تفصیلی با روش‌های محاسباتی دقیق (سطح ۳)

۲-۲-٦- برنامه‌ریزی مطالعات ارزیابی

اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی لرزه‌ای و نوع مطالعات بر اساس سطوح مختلف لرزه‌ای متفاوتند. علاوه بر راهنمایی‌های جداول ۲-۵ تا ۲-۸ این بخش برای تعیین سطح اطلاعات و مطالعات اولیه مورد نیاز، مواردی همچون هزینه و زمان بندی و نیز احتساب خطرات متعدد باید در برنامه‌ریزی نوع مطالعات ارزیابی لرزه‌ای لحاظ شوند. جداول ذیل به ترتیب بر اساس ارزیابی خطر، ارزیابی آسیب پذیری و ارزیابی عملکرد می‌باشند. در جدول ۲-۸ نیز میزان تلاش و فعالیت‌های لازم برای ارزیابی خطر، آسیب‌پذیری و عملکرد سامانه در سطوح مختلف ارائه گردیده است.

جدول ۲-۵ ماتریس ارزیابی خطر برای سامانه گاز

	خطر / اقدام	H1	H2	H3
۱.۱	خطر زلزله – گسیختگی سطحی گسل			
۱.۱.۱	بررسی نقشه های خطرات گسل‌های فعال منطقه، در صورت وجود	♦	♦	♦
۱.۱.۲	بررسی نقشه های توپوگرافی	♦	♦	♦
۱.۱.۳	بررسی عکس‌های هوایی در صورت وجود		♦	♦
۱.۱.۴	اجرای شناسایی و بازدید کارگاهی (توسط زمین شناس ماهر)		♦	♦
۱.۱.۵	مشخص سازی گسل‌های فعال از طریق حفر ترانشه			♦
۱.۱.۶	تخمین جابجایی و تغییر مکان‌های گسل با استفاده از روش‌های تجربی		♦	♦
۱.۱.۷	تعیین تغییر مکان‌های گسل و احتمال وقوع آن‌ها از طریق حفر گمانه، نمونه برداری، تعیین سن و آنالیز			♦

	خطر / اقدام	H1	H2	H3
۱.۲	خطر زلزله – روان‌گرایی			
۱.۲.۱	بررسی مستندات در خصوص ارتعاشات (لرزه پذیری) منطقه ای	♦	♦	♦
۱.۲.۲	ارزیابی احتمالاتی خطر زلزله در کل سامانه		♦	♦
۱.۲.۳	بررسی نقشه های توپوگرافی	♦	♦	♦
۱.۲.۴	بررسی نقشه های زمین شناسی سطح زمین	♦	♦	♦
۱.۲.۵	بررسی داده‌های ژئوتکنیکی موجود	♦	♦	♦
۱.۲.۶	حداقل حفاری و گمانه زنی خاک، آزمایشات نفوذ استاندارد و/ یا نفوذ مخروطی		♦	

omoorepeyman.ir

	خطر / اقدام	H1	H2	H3
۱.۲.۷	حفاری و گمانه زنی گسترده خاک، آزمایشات نفوذ استاندارد و/ یا نفوذ مخروطی			♦
۱.۲.۸	بازدید مقدماتی و شناسایی کارگاهی (صحرایی) (مهندسین ژئوتکنیک ماهر)		♦	♦
۱.۲.۹	شناسایی معادن خاک دارای پتانسیل روان‌گرایی از طریق قضاوت	♦	♦	♦
۱.۲.۱۰	شناسایی معادن خاک با پتانسیل روان‌گرایی از طریق آنالیز داده های خاک		♦	♦
۱.۲.۱۱	تخمین میزان گسترش تغییر مکان‌های جانبی با استفاده از روش‌های تجربی		♦	♦
۱.۲.۱۲	تخمین پتانسیل روان‌گرایی با استفاده از نقشه های قابلیت روان‌گرایی		♦	♦
۱.۲.۱۳	تحلیل تفصیلی و تخمین احتمال روان‌گرایی و وسعت گسترش تغییر مکان‌های جانبی.			♦

	خطر / اقدام	H1	H2	H3
۱.۳	خطر زلزله – ارتعاشات شدید زمین			
۱.۳.۱	بررسی مستندات در زمینه ارتعاشات و لرزه پذیری منطقه	♦	♦	♦
۱.۳.۲	بررسی نقشه های خطرات لرزه‌ای منطقه، در صورت وجود	♦	♦	♦
۱.۳.۳	بررسی نقشه های زمین شناسی سطح زمین	♦	♦	♦
۱.۳.۴	تعیین و توسعه عوامل و فاکتورهای تقویت کننده تکان‌های زمین		♦	♦
۱.۳.۵	تخمین سطوح و تراز تکان‌های زمین با استفاده از قضاوت و نقشه های موجود	♦	♦	♦
۱.۳.۶	تخمین سطوح و تراز تکان‌های زمین با استفاده از روش‌های تجربی		♦	♦
۱.۳.۷	تخمین سطوح و تراز تکان‌های زمین با استفاده از روش‌ها و ابزارهای تحلیلی			♦
۱.۳.۸	اجرای ارزیابی احتمالاتی خطر لرزه ای در کل سامانه			♦

	خطر / اقدام	H1	H2	H3
۱.۴	خطر زلزله – زمین لغزه			
۱.۴.۱	بررسی نقشه های زمین شناسی سطح زمین	♦	♦	♦
۱.۴.۲	بررسی نقشه های توپوگرافی	♦	♦	♦
۱.۴.۳	بررسی عکس‌های هوایی در صورت وجود		♦	♦

	خطر / اقدام	H1	H2	H3
۱.۴.۴	بررسی نقشه های بارش منطقه	♦	♦	♦
۱.۴.۵	انجام بازدید مقدماتی و شناسایی کارگاهی (صحرایی) (زمین شناس ماهر)		♦	♦
۱.۴.۶	بررسی نقشه های موجود لرزش زمین برای منطقه	♦	♦	♦
۱.۴.۷	ارزیابی پتانسیل زمین لغزه توسط قضاوت کارشناسی	♦	♦	♦
۱.۴.۸	ارزیابی پتانسیل زمین لغزه با استفاده از نقشه های پایداری شیب‌ها		♦	♦
۱.۴.۹	ارزیابی پتانسیل زمین لغزه با استفاده از آنالیز آماری یا تجربی		♦	♦
۱.۴.۱۰	ارزیابی پتانسیل زمین لغزه با استفاده از روش‌های تحلیلی			♦

omoorepeyman.ir

	خطر / اقدام	H1	H2	H3
۱.۵	خطر زلزله – سونامی			
۱.۵.۱	تعیین محل قرارگیری تأسیسات در محدوده ۲۰ کیلومتری ساحل	♦	♦	♦
۱.۵.۲	بررسی نقشه های توپوگرافی نواحی ساحلی	♦	♦	♦
۱.۵.۳	بررسی نقشه های باتی متریک (ژرفاسنجی/عمق نمایی) نواحی کرانه ای (نزدیک به ساحل)		♦	♦
۱.۵.۴	بررسی رکوردهای ثبت شده توسط دستگاه‌های جز و مد نمای محلی	♦	♦	♦
۱.۵.۵	تخمین پتانسیل طغیان آب سونامی با استفاده از قضاوت کارشناسی	♦	♦	♦
۱.۵.۶	تخمین پتانسیل طغیان آب سونامی با استفاده از قضاوت و ارزیابی منابع احتمالی سونامی		♦	♦
۱.۵.۷	تحلیل آب‌گرفتگی منطقه			♦

جدول ۲-٦ ماتریس ارزیابی آسیب‌پذیری

	جزء (مؤلفه) / اقدام	V1	V2	V3
۱	ارزیابی آسیب‌پذیری خط لوله در برابر جابجایی زمین			
۱.۱	ارزیابی خطر عبور از مناطق دارای پتانسیل جابجایی زمین که با قضاوت مهندسی برای ترازهای مختلف تغییر شکل دائمی زمین انجام می‌شود.	♦	♦	♦
۱.۲	تحلیل تفصیلی خط لوله برای تعداد محدودی از موارد طبق قطر لوله، ضخامت دیوار، جهت جابجایی نسبت به خط لوله و غیره		♦	♦
۱.۳	تحلیل تفصیلی خط لوله برای ساخت‌گاه ویژه		♦	♦
۱.۴	تعیین معیارهای کرنش خط لوله بر اساس اطلاعات شرایط موجود لوله و جوش‌ها و بازبینی مقالات در مورد عملکرد لوله		♦	♦
۱.۵	تعیین معیارهای کرنش خط لوله با استفاده از مدل‌های ریاضی عددی		♦	♦
۱.۶	تعیین معیارهای پذیرش تحلیل خط لوله با استفاده از برنامه‌های آزمایشگاهی و تحلیل المان محدود پوسته لوله			♦
۱.۷	ارزیابی تأسیسات با استفاده از تخمین‌های آگاهانه و داده های تجربی از رخدادهای گذشته (آماری) با حداقل داده‌های جمع آوری شده در محل	♦	♦	♦
۱.۸	ارزیابی تأسیسات با استفاده از داده های در محل حاصل از مراحل ۱.۲ تا ۱.۵ و داده های دقیق‌تر و تفصیلی‌تر.		♦	♦
۱.۹	ارزیابی تأسیسات با استفاده از داده های در محل واقعی (طبق آنچه در مراحل ۱.۲ تا ۱.۶ تشریح گردید) و نتایج تحلیل سازه‌ای تأسیسات منتخب.			♦

	جزء (مؤلفه) / اقدام	V1	V2	V3
۲	ارزیابی خرابی ساختمان‌های بحرانی و مهم			
۲.۱	جمع آوری اطلاعات با مصاحبه مدیران اجرایی تأسیسات و کارکنان تعمیر و نگهداری ساختمان	♦	♦	♦
۲.۲	تعیین کارکردهای بحرانی داخل ساختمان‌ها و آسیب‌هایی که این کارکردها را معیوب کرده و یا از کار بازمی دارند.	♦	♦	♦
۲.۳	انجام بازدیدهای کلی از سایت برای ارزیابی شرایط محلی و جمع آوری اطلاعات در خصوص آسیب‌پذیری کلی ساختمان‌ها، محتویات آن‌ها و هر یک از تأسیسات مجاور و تکیه گاه‌هایشان.		♦	♦
۲.۴	انجام بازدیدهای کلی از سایت برای ارزیابی خطرات موازی از منابع خارجی و سازه‌ها و تأسیسات مجاور.		♦	♦
۲.۵	ارزیابی عملکرد ساختمان‌ها و تأسیسات پشتیبانی با استفاده از قضاوت (تخمین‌های آگاهانه) و یا داده های تجربی (آماری) از رخدادهای گذشته و یا با استفاده از ارزیابی تجربی آسیب‌ها با حداقل اطلاعات در محل.	♦	♦	♦
۲.۶	بررسی نقشه های معماری و سازه، محاسبات، گزارش‌های ارزیابی پی و ارزیابی‌های سازه‌ای گذشته برای ارزیابی ظرفیت ساختمان		♦	♦

omoorepeyman.ir

۲.۷	انجام محاسبات سازه‌ای مستقل برای ارزیابی ظرفیت ساختمان		♦	♦
۲.۸	انجام تحلیل سازه‌ای کامپیوتری برای ارزیابی پاسخ ساختمان			♦

	جزء (مؤلفه) / اقدام	V1	V2	V3
۳	ارزیابی مخازن ذخیره			
۳.۱	بررسی یکپارچگی سازه‌ای مخزن با توجه به قضاوت مهندسی	♦	♦	♦
۳.۲	بررسی یکپارچگی سازه‌ای مخزن با استفاده از استاندارد معتبر یا روش طراحی معادل مخزن		♦	♦
۳.۳	ارزیابی اثرات سرریز مخزن در اثر تلاطم		♦	♦
۳.۴	ارزیابی اثرات تلاطم مخزن بر سقف‌های شناور (داخلی یا خارجی)		♦	♦

جدول ۲-۷ ماتریس ارزیابی عملکرد

	اقدام	S1	S2	S3
۱	ارزیابی عملکرد سامانه			
۱.۱	بررسی نقشه های سامانه	♦	♦	♦
۱.۲	بررسی عملکرد سامانه در خطرات طبیعی/ رخدادهای گذشته	♦	♦	♦
۱.۳	ساخت مدل عمل بحرانی سامانه		♦	♦
۱.۴	انطباق مدل سامانه بر روی نقشه های خطرات گوناگون (کارکرد GIS)		♦	♦
۱.۵	تخمین عملکرد سامانه با استفاده از قضاوت کارشناسی	♦	♦	♦
۱.۶	تحلیل سامانه برای سناریوهای محدود (حداقل ۳ مورد)		♦	♦
۱.۷	تحلیل احتمالاتی و قابلیت اطمینان سامانه			♦

جدول ۲-۸ تلاش لازم برای ارزیابی خطر، آسیب‌پذیری و عملکرد سامانه در سطوح مختلف

			۱ تا ۱۵ نفر روز کار ۳ تا ۱۰ نفر هفته کار ۳ تا ۹ نفر ماه کار	ارزیابی آسیب‌پذیری		
				V1	V2	V3
سطوح ارزیابی عملکرد سامانه	S1	ارزیابی خطر	H1			
			H2			
			H3			
	S2	ارزیابی خطر	H1			
			H2			
			H3			
	S3	ارزیابی خطر	H1			
			H2			
			H3			

omoorepeyman.ir

۲-۳- مراحل ارزیابی لرزه‌ای

پس از انجام پیش ارزیابی و تعیین سطح مطالعات، جهت ارزیابی لرزه‌ای لازم است اهمیت عملکردی، آسیب‌پذیری، خطر و سطح عملکرد هدف مشخص شوند.

این پارامترها که تعیین کننده حجم فعالیت‌های ارزیابی هر مؤلفه خواهند بود، به ترتیب زیرند:

۱) درجه اهمیت و ارزش کلی سامانه

۲) محاسبه خطر لرزه‌ای ترازهای مختلف

۳) تعیین سطوح عملکردی مؤلفه/سامانه

۴) انتخاب روش ارزیابی لرزه‌ای اولیه

۵) تعیین آسیب‌پذیری اولیه

۶) انتخاب روش ارزیابی لرزه‌ای تفصیلی

۷) تعیین آسیب‌پذیری تفصیلی

۲-۳-۱- تعیین اهمیت مؤلفه یا سامانه

اولین گام در ارزیابی لرزه‌ای، تعیین اهمیت و نقش سامانه در شبکه می‌باشد که مطابق جدول ۲-۳ انجام می‌گیرد.

پس از طبقه بندی سامانه‌ها، زیر سامانه‌ها و مؤلفه‌های داخلی بر حسب نقش و اهمیت نسبی آن‌ها در گاز رسانی، مطابق جدول ۲-۹ دسته‌بندی می‌شوند.

نحوه ترکیب نقش مؤلفه داخلی و کل سامانه در ارزیابی لرزه‌ای در جدول ۲-۱۰ ارائه گردیده است.

جدول ۲-۹ طبقه بندی زیر سامانه‌ها و مؤلفه‌های داخلی

نوع	تعریف	تأثیر آسیب‌دیدگی در عملکرد
اصلی	نقش مستقیم در عملکرد سامانه دارند	قطع گاز
کمکی	نقش پشتیبانی یا افزونگی در عملکرد سامانه دارند	اختلال در گاز رسانی
فرعی	نقش اصلی یا پشتیبانی در عملکرد سامانه ندارند	نامشهود

جدول ۲-۱۰ تعیین اهمیت با ترکیب مؤلفه داخلی و کل سامانه

زیر سامانه یا مؤلفه داخلی / کل سامانه یا مجموعه	اصلی	کمکی	فرعی
بالا	بسیار زیاد	زیاد	متوسط
متوسط	زیاد	متوسط	کم
پایین	متوسط	کم	کم

omoorepeyman.ir

سطوح اهمیت بدست آمده به صورت کلی زیر هم تعریف می‌شوند:

۱- بسیار زیاد: مؤلفه‌هایی که آسیب آن‌ها باعث شرایط بحرانی، تلفات انسانی و خسارات مالی فراوان می‌شود.

۲- زیاد: مؤلفه‌هایی که آسیب آن‌ها باعث قطع جریان و خدمت رسانی و خسارات مالی می‌شود.

۳- متوسط: مؤلفه‌هایی که آسیب آن‌ها باعث اختلال در جریان می‌شود.

۴- کم: مؤلفه‌هایی که آسیب آن‌ها تأثیری بر سامانه ندارد.

۲-۳-۲- سطوح خطر لرزه‌ای

سه تراز خطر لرزه‌ای به شرح زیر برای ارزیابی لرزه‌ای تعریف می‌گردد:

- سطح خطر یک لرزه‌ای: حداکثر زلزله بهره‌برداری (MOE)
- سطح خطر دو لرزه‌ای: حداکثر زلزله طراحی (MDE)
- تراز سه لرزه‌ای: حداکثر زلزله بحرانی (MCE)

این سطوح خطر لرزه‌ای، معادل ترازهای ایمنی زیر هستند که تعریف دقیق آن‌ها برای درجات اهمیت مختلف در جدول ۲-۱۱ ارائه شده است:

- ایمنی بهره‌برداری: در این سطح، آسیب‌های احتمالی نباید هیچ اختلالی در گاز رسانی ایجاد نماید.
- ایمنی طراحی: در این سطح، آسیب‌های احتمالی ممکن است اختلال موقت و کوتاه مدت در گاز رسانی ایجاد نماید ولی نباید منجر به خرابی عمده، فروریزش، آتش سوزی، انفجار، ناپایداری شبکه و نظایر آن شود.
- ایمنی از بحران : در این سطح، علیرغم بروز آسیب عملکردی زیاد، نباید آسیب سیستمی روی دهد؛ لذا لازم است که تمهیدات لازم جهت کاهش اثرات ثانویه صورت پذیرد.

جدول ۲-۱۱ سطح خطر لرزه‌ای

سطح خطر لرزه‌ای	احتمال فراگذشت در ۵۰ سال (دوره بازگشت به سال)	تراز ایمنی
۱	۹۹/۵ ٪(۷۵ سال)	ایمنی بهره‌برداری
۲	۱۰٪(۴۷۵ سال)	ایمنی طراحی
۳	۲٪(۲۴۷۵ سال)	ایمنی از بحران

۲-۳-۳- سطوح عملکرد مؤلفه‌های سامانه

تعریف سطوح عملکردی بر اساس سطوح خطر و درجه‌بندی اهمیت تجهیزات در جدول ۲-۱۲ داده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۲ تعریف سطوح عملکردی بر اساس تراز لرزه‌ای و درجه‌بندی اهمیت

	سطح خطر لرزه‌ای (سطح عملکرد)		
درجه اهمیت	۱ (ایمنی بهره‌برداری)	۲ (ایمنی طراحی)	۳ (ایمنی از بحران)
بسیار زیاد	بدون هرگونه آسیب و اختلال در عملکرد	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب جزئی می‌بینند اما همچنان عملکرد خود را انجام می‌دهند	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب می‌بینند، لیکن سامانه عملکرد خود را حفظ می‌کند و شرایط بحرانی هم رخ نمی‌دهد
زیاد	بدون هرگونه آسیب و اختلال در عملکرد	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب می‌بینند، لیکن سامانه عملکرد خود را حفظ می‌کند	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب می‌بینند، با احتمال اختلال موقت در عملکرد سامانه ولی شرایط بحرانی رخ نمی‌دهد
متوسط	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب جزئی می‌بینند اما همچنان عملکرد خود را انجام می‌دهند.	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب می‌بینند، با احتمال اختلال موقت در عملکرد سامانه	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب می‌بینند، اختلال عمده در عملکرد تجهیز و سامانه ولی قابل تعمیر و بازیابی در زمان قابل قبول
کم	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب جزئی می‌بینند لیکن سامانه عملکرد خود را حفظ می‌کند	آسیب جانی ندارد. تجهیزات آسیب می‌بینند، اختلال عمده در عملکرد تجهیز و سامانه ولی قابل تعمیر و بازیابی در زمان قابل قبول	ضروری نیست

omoorepeyman.ir

فصل ۳

روش‌های ارزیابی لرزه‌ای

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱- مؤلفه‌های هدف

مؤلفه‌های هدف در این راهنما در جدول ۳-۱ با دسته‌بندی کلی مؤلفه‌های خطی و ایستگاهی معرفی شدند.

از نظر ارزیابی عملکرد لرزه‌ای این دسته‌بندی به دو صورت عملکرد منفرد هر مؤلفه و عملکرد سامانه‌ای چند مؤلفه تشکیل دهنده یک سامانه صورت می‌پذیرد.

از میان مؤلفه‌های ایستگاهی، برای ساختمان‌ها مانند کنترل و پشتیبانی و نظایر آن بر اساس ضوابط دستورالعمل‌های موجود عمل می‌شود.

جدول ۳-۱ مؤلفه‌های هدف ارزیابی لرزه‌ای

نوع	عنوان	عملکرد	اجزا
ایستگاهی	پالایشگاه	مؤلفه‌های منفرد	تجهیزات
			سازه‌های غیر ساختمانی
			ساختمان‌ها
			اجزای غیر سازه‌ای و فرعی
		سامانه‌ها	
	ایستگاه تنظیم فشار	مؤلفه‌های منفرد	تجهیزات
			سازه‌های غیر ساختمانی
			ساختمان‌ها
			اجزای غیر سازه‌ای و فرعی
		سامانه‌ها	
خطی (شبکه‌ای)	انتقال فشار قوی	سامانه‌ها	
		مؤلفه‌های منفرد	
	توزیع فشار متوسط و ضعیف	مؤلفه‌های منفرد	تجهیزات
			سازه‌های غیر ساختمانی
			ساختمان‌ها
			اجزای غیر سازه‌ای و فرعی
		سامانه‌ها	

۳-۲- رویکرد کلی تعیین آسیب‌پذیری

در شکل ۳-۱، رویکرد کلی تعیین آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای شریان‌های حیاتی نشان داده شده است. این رویکرد شامل ۴ فعالیت زیر می‌باشد:

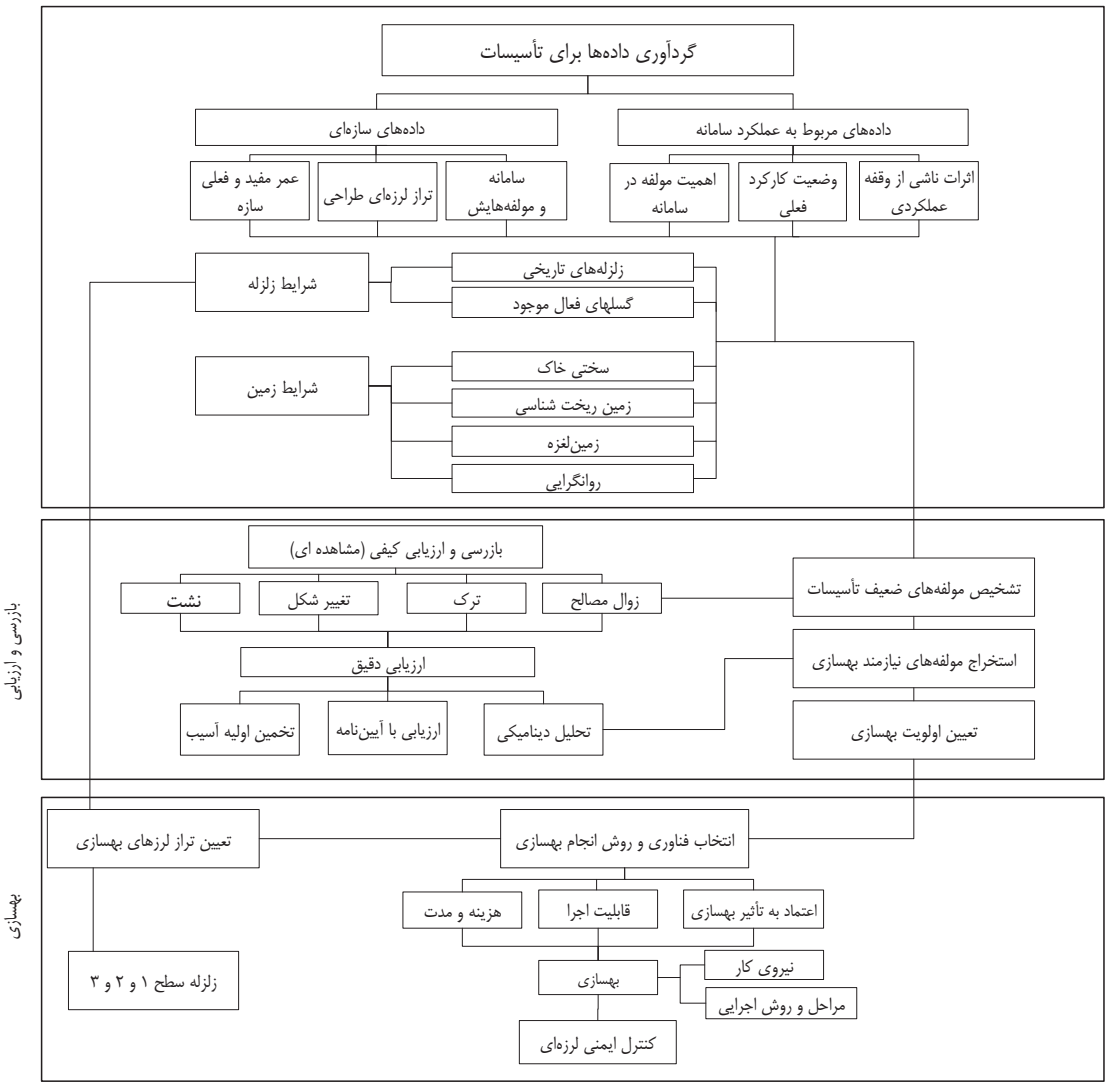
۱- جمع‌آوری اطلاعات سازه‌ها و تأسیسات و تجهیزات شامل اطلاعات مربوط به مؤلفه‌های منفرد و سامانه‌ها از نظر فرآیندی و عملکردی

۲- بررسی مسائل ژئوتکنیکی و لرزه خیزی شامل بررسی خصوصیات خاک و عوارض ثانویه از قبیل لغزش، روان‌گرایی و گسلش و مطالعه تاریخچه لرزه خیزی و گسل‌های فعال

omoorepeyman.ir

۳- بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای

۴- بهسازی لرزه‌ای در صورت لزوم



شکل ۳-۱ رویکرد کلی تعیین آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای

۳-۳- روش‌های ارزیابی لرزه‌ای مؤلفه‌ها

روش‌های ارزیابی لرزه‌ای اولیه و تفصیلی برای سازه‌های ایستگاهی شامل ساختمان‌ها، سازه‌های غیر ساختمانی، تجهیزات و اجزای غیر سازه‌ای و سازه‌های خطی و شبکه‌ای به صورت زیر می‌باشند.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۲ روش‌های ارزیابی لرزه‌ای مؤلفه‌ها در سطوح مختلف

عنوان مؤلفه	روش‌های ارزیابی سطح ۱	روش‌های ارزیابی سطح ۲	روش‌های ارزیابی سطح ۳
سازه‌های ساختمانی	ارزیابی سریع	ارزیابی سریع	ارزیابی تفصیلی
سازه‌های غیر ساختمانی	کاربرگ‌های ارزیابی کیفی و روش امتیاز دهی	کنترل رفتار لرزه‌ای با بررسی مدارک طراحی و استفاده از روش‌های ساده و معادل استاتیکی آیین‌نامه ای	تحلیل رفتار دینامیکی و اندرکنشی با مدل‌سازی تحلیلی و عددی
تجهیزات محوطه	کاربرگ‌های ارزیابی کیفی و روش امتیاز دهی	کنترل پایداری کلی لرزه‌ای با بررسی مدارک طراحی و استفاده از روش‌های ساده و معادل استاتیکی آیین‌نامه ای و یا روش‌های تجربی بر اساس منحنی‌های خرابی	تحلیل رفتار دینامیکی و اندرکنشی با مدل‌سازی تحلیلی و عددی
اجزای غیر سازه‌ای و تجهیزات داخلی ساختمان	کاربرگ‌های ارزیابی کیفی	کاربرگ‌های ارزیابی کیفی	کنترل پایداری کلی با استفاده از روش‌های ساده و معادل استاتیکی یا روش‌های تجربی
خطوط لوله انتقال و توزیع فشار قوی و فشار ضعیف روزمینی و زیرزمینی	کاربرگ‌های ارزیابی کیفی و روش امتیاز دهی	کنترل پایداری کلی لرزه‌ای تحت مخاطرات ژئوتکنیکی (لغزش، گسلش، روان‌گرایی و ...) و اثر سازه‌های مجاور با بررسی مدارک طراحی و استفاده از روش‌های ساده و تجربی	تحلیل رفتار دینامیکی تحت مخاطرات ژئوتکنیکی (لغزش، گسلش، روان‌گرایی و ...) و اثر سازه‌های مجاور با مدل‌سازی تحلیلی و عددی

۳-۳-۱- ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌ها

عوامل کلیدی و موثر در ارزیابی عملکرد ساختمان‌ها به صورت زیر هستند:

- ارزش اقتصادی سازه و سال‌های باقیمانده از عمر بهره‌برداری آن.
- کاربری ساختمان شامل تعداد افراد در معرض خطر درون سازه و عوامل خرابی سازه‌ای که باعث رهاشدن مواد خطرناک و تلفات در بیرون از سازه شود.
- عملکرد سازه و اثرات اقتصادی و اجتماعی در صورت خسارت به خدمات آن بر اثر آسیب ناشی از زلزله.
- اهمیت تاریخی سازه و اثرات بهسازی لرزه‌ای بر منابع فرهنگی و میراثی.
- خطر لرزه‌ای مشخص ساخت‌گاه مورد نظر.
- هزینه نسبی بهسازی نسبت به عواید حاصله از آن.

ارزیابی لرزه‌ای اولیه ساختمان‌های بتنی و فلزی و بنایی با استفاده از دستورالعمل شماره ۳۶۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی تحت عنوان روش ارزیابی سریع چشمی برای ساختمان‌های فولادی و بتنی مسلح، و روش ارزیابی کیفی سریع ارائه شده در فصل سوم دستورالعمل شماره ۳۷۶ همان معاونت برای ساختمان‌های با مصالح بنایی، صورت می‌گیرد.

ارزیابی تفصیلی ساختمان‌های بتنی و فلزی با استفاده از شرح خدمات مندرج در نشریه ۲۵۱ و دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه شماره ۳۶۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری) و ارزیابی تفصیلی ساختمان‌های

omoorepeyman.ir

بنایی موجود با استفاده از دستورالعمل تحلیل آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود (معاونت ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی) صورت می‌پذیرد.

۳-۳-۲- ارزیابی لرزه‌ای سازه‌های غیر ساختمانی

ارزیابی اولیه سازه‌های غیر ساختمانی که به صورت مؤلفه ای انجام می‌شود را می‌توان با رویکردهای ذیل انجام داد:

- بررسی اسناد و مدارک طراحی لرزه‌ای با توجه به وضعیت چون‌ساخت و شرایط سازه در صورت وجود
- بازرسی محلی و تهیه و استفاده از کاربرگ‌های لرزه‌ای با توجه به نوع سازه و امتیاز دهی کیفی
- استفاده از روش‌های ساده و معادل استاتیکی آیین‌نامه ای و کنترل پایداری کلی لرزه‌ای

در ارزیابی اولیه سازه‌های غیر ساختمانی معمولاً بررسی سامانه ای انجام نمی‌شود.

در صورت آسیب پذیر بودن مؤلفه‌ها در این مرحله، ارزیابی تفصیلی مؤلفه ای و سامانه ای انجام می‌شود.

ارزیابی تفصیلی سازه‌های غیر ساختمانی با استفاده از مدل‌سازی و تحلیل عددی انجام می‌گیرد. این بررسی شامل مطالعه رفتار دینامیکی و اندرکنشی سازه می‌باشد.

استفاده از روش تفصیلی برای سازه‌های پیچیده یا با رفتار دینامیکی نامشخص یا دارای اندرکنش قابل توجه با محیط یا سایر سازه‌ها ضروری می‌باشد.

۳-۳-۳- ارزیابی لرزه‌ای تجهیزات

ارزیابی اولیه تجهیزات با استفاده از رویکردهای ذیل صورت می‌پذیرد:

- بررسی اسناد و مدارک کنترل لرزه‌ای با توجه به وضعیت تجهیز که شامل مدارک آزمایشات لرزه‌ای و کنترل عملکرد داخلی توسط سازنده می‌باشد.
- استفاده از روش امتیازدهی کمی
- استفاده از روش‌های ساده و معادل استاتیکی آیین‌نامه ای و کنترل پایداری کلی لرزه‌ای

در ارزیابی اولیه تجهیزات معمولاً بررسی سامانه ای انجام نمی‌شود.

در صورت آسیب پذیر بودن مؤلفه‌ها در این مرحله، ارزیابی تفصیلی مؤلفه‌ای و سامانه‌ای انجام می‌شود.

ارزیابی تفصیلی تجهیزات با استفاده از مدل‌سازی و تحلیل عددی انجام می‌گیرد. این بررسی شامل مطالعه رفتار دینامیکی و اندرکنشی تجهیز می‌باشد.

استفاده از روش تفصیلی برای تجهیزات پیچیده یا با رفتار دینامیکی نامشخص یا دارای اندرکنش قابل توجه با محیط یا سایر سازه‌ها و تجهیزات ضروری می‌باشد.

۳-۳-٤- ارزیابی لرزه‌ای اجزای غیر سازه‌ای

ارزیابی لرزه‌ای اجزای معماری و تجهیزات داخلی ساختمان‌ها نظیر دیوارها، قفسه‌ها و کف‌های کاذب و تأسیسات داخلی نظیر لوله کشی‌ها و کانال‌ها یک مرحله ای بوده و بر اساس ضوابط و راهنمایی‌های ذیل صورت می‌پذیرد:

omoorepeyman.ir

- راهنمای بهسازی لرزه‌ای تأسیسات نفتی
- دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها، نشریه شماره ۳۶۰
- دستورالعمل طراحی لرزه‌ای شریان حیاتی گاز
- دستورالعمل ارزیابی لرزه‌ای تأسیسات نیروگاه‌های برق، نشریه شماره ۵۱۲
- سایر مراجع معتبر و معرفی شده در این راهنما

۳-۳-۵- ارزیابی لرزه‌ای شبکه و خطوط

ارزیابی اولیه خطوط و شبکه به صورت زیر انجام می‌شود:

- بررسی اسناد و مدارک طراحی لرزه‌ای شبکه در صورت وجود
- تهیه و استفاده از کاربرگ‌های لرزه‌ای با توجه به نوع شبکه و امتیاز دهی کیفی
- استفاده از روش‌های ساده و معادل استاتیکی آیین‌نامه ای و کنترل پایداری کلی لرزه‌ای مؤلفه‌ها
- استفاده از منحنی‌های آسیب‌پذیری مؤلفه‌ها و تعیین آسیب‌پذیری کلی شبکه با استفاده از فرمول بندی ترکیبی مبتنی بر قابلیت اطمینان (پیوست ۲)

ارزیابی تفصیلی خطوط و شبکه به شرح زیر صورت می‌پذیرد:

- تحلیل محاسباتی و عددی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مؤلفه
- تعیین آسیب‌پذیری کلی شبکه با استفاده از فرمول بندی ترکیبی مبتنی بر قابلیت اطمینان

۳-٤- بازرسی در ارزیابی کیفی

بازرسی محلی عموماً توسط یک مهندس یا گروهی از مهندسین واجد شرایط انجام می‌شود.

این روش به صورت معین و سیستماتیک انجام می‌شود تا از پیوستگی و کامل بودن کار، اطمینان حاصل گردد.

مراحل این روش معمولاً به صورت زیر می‌باشد:

- جلسات با کارفرمایان، تکنسین‌ها، مسوولین استانداردها، مهندسین ایمنی و یا طرف‌های ذینفع دیگر تا در ارتباط با اهداف این بازرسی بحث و بررسی نموده و امکانات لازم را در اختیار گروه قرار دهند.
- شناسایی تجهیزات، سازه‌ها و سایر مؤلفه‌های مورد نظر. در صورتی که تجدید نظر به عنوان بخشی از تحلیل خطر و یا تحلیل ایمنی انجام شده باشد، مهندسین بازرسی محلی می‌باید فرضیات مورد استفاده در تحلیل خطر مربوط به زلزله محتمل آتی در سیستم‌های بحرانی را مورد تجدید نظر قرار دهند.
- برای مقاصدی همچون ارزیابی بیمه و یا تعیین خطر کلی، چنانچه تجدید نظر، اختیاری باشد، مهندسین ارزیاب باید بازدید از تجهیزات اصلی و سازه‌ها را انجام دهند.
- دسته‌بندی مدهای آسیب‌پذیری
- گردآوری داده‌های محلی از قبیل خطر لرزه‌ای، موقعیت گسل‌ها، حفره‌های موجود در خاک

omoorepeyman.ir

- بازرسی محلی مؤلفه‌ها که به طور سیستماتیک و با استفاده از کاربرگ‌هایی برای هر قسمت انجام می‌شود تا ارزیابی مستندسازی و ضوابط یادآوری شود.
- بازبینی نقشه‌ها در صورت لزوم جهت کنترل کفایت سازه بتن مسلح، تعیین جزئیات مهار و یا تشخیص و تعیین مواردی مانند انجام پوشش‌های ضد آتش، ایزولاسیون و غیره که بازید چشمی آن‌ها امکان‌پذیر نیست، مورد استفاده قرار می گیرد.
- شناسایی اقدام جهت تجدید نظر تحلیلی که شامل اجزایی با وضعیت بحرانی و یا هر بخشی که از نظر لرزه‌ای آسیب پذیر به نظر می‌رسد، می‌باشند. این آسیب‌ها شامل آسیب‌دیدگی‌هایی با خطر بالقوه‌ای آزادسازی مواد سمی، تولید آلودگی و یا هر نوع عملکرد غیر قابل قبولی همچون اخلال در امر اقتصاد و تجارت، می‌باشند.
- مستندسازی اقلام ضعیف یا شک‌برانگیز برای کارفرمایان و یا ضابطین استاندارد شامل توضیحات کافی از قبیل عملیاتی اصلاحی، نگهداری ارزیابی اضافی و غیره باید ارائه گردد.
- توصیه‌های سازه‌ای یا مکانیکی که ممکن است خطرات فوق را کاهش دهند. مهندس باید با مهندسین فرآیند، ایمنی و مدیران در خصوص ارزیابی اقتصادی و امکان اجرایی گزینه های بهسازی مشورت نماید.
- اولویت‌بندی اقدامات کاهش خطرپذیری پیشنهادی باید بر اساس عواقب آسیب‌های ارزیابی شده انجام شود.

در عمل، تیم کارشناسان به صورت پیاده در طی مسیر حرکت نموده و مؤلفه‌های اساسی را مورد بازدید قرار می‌دهند. برای مثال هر یک از مؤلفه‌ها معمولاً برای مواردی مثل نشت مواد خطرناک، احتمال آتش‌سوزی، احتمال واکنش با مواد دیگر و انفجار یا سقوط مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

اغلب این ارزیابی‌ها مستقل از تحلیل‌های خطر اولیه انجام می‌شود.

بهتر است تیم کارشناسان بازرسی محلی با تیم‌های اجرایی تحلیل خطر ارتباط متقابل داشته باشند.

تیم بازنگری لرزه‌ای از جمله مهندسان ایمنی باید بتوانند اثرات احتمالی زلزله بر تأسیسات را به مالکان توضیح دهند. برای مثال:

- بدون هشدار قبلی، سرتاسر تأسیسات با هم به لرزش در می‌آیند.
- لرزش ممکن است ۱۰ ثانیه یا بیشتر طول بکشد. در زلزله‌های خیلی بزرگ (بیشتر از ۸) لرزش در حدود ۶۰ ثانیه طول می‌کشد.
- احتمال از مدار خارج شدن گاز پشتیبان
- ممکن است چندین سیستم نظیر: تلفن، آب و... همزمان و طولانی مدت، آسیب ببینند.
- ممکن است لوله‌کشی‌های مدفون شکسته شوند.
- اجزای آسیب‌پذیر تجهیزات ویژه و سیستم لوله‌کشی از کار بیافتند.
- سرویس‌های ضروری خارج از محدوده، ممکن است به علت مشکلات به وجود آمده در سازه‌های حیاتی، (نظیر پل و بزرگراه) یا بهره‌برداری غیرعادی در دسترس نباشند.
- حفظ جان و ایمنی شخصی یا خانواده بر حفظ ایمنی تأسیسات، اولویت داشته و استفاده از اپراتور در کاهش صدمات روش مناسبی نمی‌باشد.

omoorepeyman.ir

مهندس کارشناس بازرس محل می‌بایستی در ارتباط متقابل با اپراتورها، مالکان، مهندسان ایمنی طرح و دیگر متخصصین مربوطه باشد.

برای مثال، یک مهندس عمران بیشترین مشکل را در ارتباط با لوله‌ها حمل مواد خطرناک، می‌داند.

لیکن باید این موضوع به وی تأکید شود که هر خرابی بالقوه‌ای نیاز به کاهش ندارد.

عوامل مهم‌تر در اولویت‌دهی خطرات شامل ملاحظاتی از قبیل تداوم بهره‌برداری و یا چگونگی حفظ تولید می‌باشند.

در طی یک زلزله ویرانگر، احتمال منهدم شدن تسهیلات خارج از ساخت‌گاه و از بین رفتن آن‌ها برای مدت طولانی وجود دارد. در این موارد تدارک اجزایی از قبیل تجهیزات مولد گاز پشتیبان و مخازن آب، ضروری به نظر می‌رسد.

تیم بازرسان محلی باید وجود سایر سیستم‌های اضطراری موثر در عملکرد سامانه که به منظور کاهش اثرات زلزله در نظر گرفته شده‌اند را مشخص نمایند.

به ویژه ضرورت وجود سیستم هشدار و اطفای حریق، سیستم‌های مخابراتی و سیستم‌های بازدارنده به منظور اجرای کارکردهای فعال پس از زلزله، باید تاکید گردد.

ملاحظات عمده فنی در بازرسی عبارتند از:

- سطح خطر زلزله: در مناطق با خطر لرزه‌ای کمتر، ساختمان‌های عظیم و محفظه‌ها برای بار باد یا طراحی شده باشند. با این حال تغییر شکل‌های زمین ممکن است موجب آسیب گردد.
- شدت مخاطرات ژئوتکنیکی (گسلش، شکست خاک و لغزش زمین) : تیم بازرسی باید مراقب آسیب‌های احتمالی لوله های مدفون و تجهیزات متکی بر سیستم‌های سازه‌ای مختلف در مقابل مخاطرات ژئوتکنیکی موجود در نزدیکی محل باشند. اگر گسل از محل عبور می‌کند، ارزیابی باید با تحقیقات ژئوتکنیکی اضافی تکمیل گردد.
- آیین‌نامه‌های کاربردی در زمان ساخت و ساز: آیین‌نامه‌های کاربردی و روش‌های طراحی لرزه‌ای ممکن است نسبت به زمان طراحی اولیه، تغییر کنند.
- باید روی ارزیابی کل ظرفیت در تجهیزات جدید، تأکید بیشتری شود. در ارزیابی تجهیزات قدیمی‌تر تاکید بیشتر بایستی در زمینه آسیب‌هایی از قبیل تغییر فرم، بتن آسیب‌دیده، خوردگی فولاد و غیره باشد.
- در صورتی که کیفیت کلی تعمیرات و نگهداری مناسب نباشد، تیم بازرسان محلی باید تعداد پیچ و مهره‌های از دست رفته، صدمات ترمیم نشده، تغییرات و اصلاحات میدانی و غیره را خصوصاً در مسیر بار اولیه و نیز در اتصالات مورد بررسی قرار دهند.
- مهندسان ایمنی فرآیند و کارفرمایان از طریق بازرسان محلی باید از بررسی اولیه ایمنی، آلودگی یا پیامدهای اقتصادی آسیب‌ها، اطلاع و اطمینان حاصل نمایند.
- تیم بازرسان محل باید همواره مراقبت نواحی مستعد خوردگی باشند. این نگرانی به زنگ‌زدگی سطحی چندان مربوط نمی‌شود بلکه مواردی مانند کاهش مقاومت سازه‌ای ناشی از نازک‌شدگی، حفره حفره شدن یا پوسته شدن را شامل می گردد. نواحی مستعد خوردگی خصوصاً به محل وجود موارد خورنده مانند اسیدها و نیز محل تجمع آب، مربوط می‌شود.

omoorepeyman.ir

- ناحیه دیگری که در آن خوردگی ممکن است مشکل‌ساز گردد، جایی است که پوشش بتن جدا شده و آرماتورها در معرض شرایط محیطی قرار می‌گیرند. این ناحیه معمولاً یکی از موارد ترمیمی محسوب می‌شود. از آنجا که خوردگی اغلب یکی از نگرانی‌های عمومی با اولویت بالا در تأسیسات محسوب می‌شود، از گروه‌های بازرسی به منظور کمک به شناسایی مناطق مشکل‌ساز می‌توان استفاده نمود.
- حین انجام بازرسی ساده، مهندسان می‌توانند تأسیسات نصب شده مشکل دار را نیز بررسی نمایند. این اشکالات ممکن است در جوش‌ها، یا نصب پیچ‌های مهاری مشاهده شود. مثلاً مهارهای انبساطی که طول آن‌ها کافی نباشد ممکن است نتوانند به اندازه ظرفیت کششی طراحی خود مقاومت نمایند.
- اندرکنش لرزه‌ای در مجاورت و برخورد در مواردی روی می‌دهد که فاصله کافی میان دو جزء برای جلوگیری از برخورد، وجود نداشته باشد. این حالت ممکن است بر اثر لغزش تأسیسات مهار نشده، حرکت لوله‌های آویزان، سینی کابل‌ها، خیز تابلوهای الکتریکی برخوردکننده با تابلوهای مجاور، دیواره‌ها یا اعضای سازه‌ای ایجاد گردد.
- تغییر مکان نامتقارن بیشتر در مورد تأسیساتی متصل به سیستم‌های سازه‌ای مختلف، نگران کننده می‌باشد. مهندسان باید از وضعیت‌های تغییر مکان احتمالی تأسیسات مانند لوله‌های متصل‌کننده، داکت‌ها، مجاری، لوله‌ها و غیره که باید انعطاف‌پذیری کافی در حرکت را داشته باشند مطلع شوند. انعطاف‌پذیری یک مشخصه کلیدی برای مقاومت در برابر آسیب‌پذیری می‌باشد.
- از موارد نگرانی جاییست که سیستم‌های آب‌پاش عملکرد تجهیزات الکتریکی را تحت تأثیر قرار دهند. لوله آب آتش نشانی (در اطفاء حریق ناشی از زلزله) ممکن است تجهیزات الکتریکی زیرین را تحت تأثیر قرار دهد.
- بررسی آسیب پذیری ابنیه موجود در مجاورت مؤلفه های شبکه توزیع و خطر برخورد آن‌ها با مؤلفه های شبکه در صورت تخریب، می‌باید مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور، ابتدا آن دسته از ابنیه که به حد کافی به مؤلفه های شبکه توزیع نزدیک باشند تا در صورت تخریب کلی یا اجزای آن‌ها، خطر برخورد با مؤلفه های شبکه وجود داشته باشد، می‌باید مشخص گردند. پس از مشخص شدن ابنیه خطرزا در مجاور شبکه، ابنیه مورد نظر در مرحله بعد می‌باید مورد ارزیابی لرزه ای قرار گیرند.
- ارزیابی لرزه ای ابنیه مجاور شبکه توزیع بر حسب مورد می‌باید بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه (دستورالعمل‌های شماره ۳۶۰ و ۳۶۴ معاونت برنامه ریزی و نظارت کاربردی ریاست جمهوری برای ساختمان‌های دارای سازه بتن مسلح یا فولادی و دستورالعمل شماره ۳۷۶ برای ساختمان‌های مصالح بنایی) و حتی‌الامکان با استفاده از روش‌های کمی صورت گیرد.
- سطح عملکرد مورد نظر در ارزیابی این ابنیه، برای سطح خطر طرح طبق این دستورالعمل، می‌باید برابر آستانه فروریزش و برای مؤلفه های با اهمیت زیاد، ایمنی جانی منظور شود.
- در صورت عدم امکان انجام ارزیابی کمی برای ارزیابی ابنیه مورد نظر، انجام ارزیابی‌های کیفی تکمیلی طبق دستورالعمل‌های مذکور، الزامی است. در مورد مؤلفه های با اهمیت زیاد شبکه، ارزیابی ابنیه مجاور آن‌ها به روش کمی الزامی است.

omoorepeyman.ir

بازرسی مؤلفه‌های مختلف شریان حیاتی گاز می‌تواند با الگوگیری از توصیه‌ها و کاربرگ‌ها و جداول راهنمای ارزیابی و بهسازی تأسیسات نفتی صورت پذیرد.

۳-۵- گردآوری اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی تفصیلی

گردآوری اطلاعات مورد نیاز ارزیابی کمی می‌باید طی یک فرآیند برنامه‌ریزی شده صورت گیرد. منابع موجود برای تعیین و گردآوری اطلاعات مورد نیاز شامل موارد زیر می‌گردند:

- ✓ اسناد و مدارک موجود در مراحل مختلف طراحی، بهره برداری و تعمیرات دوره‌ای: اسناد موجود می‌باید به صورت عینی با وضعیت فعلی شبکه مقایسه شده و در صورت نیاز به روز گردند.
- ✓ بازدید و برداشت اطلاعات با استفاده از روش‌های عینی و اندازه‌گیری‌های مورد نیاز: بدین منظور در صورت نیاز می‌باید اقدام به سونداژ و تخریب پوشش‌ها و لایه‌های رویی نموده (بدون ایجاد اخلال یا ضعف در عملکرد یا رفتار مؤلفه) و مشخصات و پارامترهای مورد نیاز تعیین گردند.
- ✓ انجام آزمایش‌های مورد نیاز: در صورت نیاز و عدم احراز اطلاعات مورد نیاز بر اساس مدارک یا کاتالوگ‌های موجود، می‌باید با استفاده از روش‌های آزمایشی، اطلاعات مورد نیاز تهیه و گردآوری گردند. مهم‌ترین موارد کاربرد روش‌های آزمایش برای تعیین مشخصات مورد نیاز خاک و ساخت‌گاه و مشخصات مکانیکی مصالح می‌باشد. به طور کلی انجام آزمایش‌های غیر مخرب ارجح می‌باشند. در صورت نیاز به انجام آزمایش بر روی وسایل اتصال مانند پیچ‌ها و یا مقره‌ها یا موارد نظیر، حتی‌الامکان می‌باید وسیله مورد آزمایش با نمونه مشابه خود جایگزین گردد. در هر صورت، هنگام سونداژ یا آزمایش می‌باید از ایجاد صدمه یا ضعف در هر یک از اجزاء موجود در شبکه احتراز نمود.

۳-۵-۱- جمع‌آوری اسناد و مدارک طراحی و بهره‌برداری

در ابتدای مطالعات ارزیابی لرزه‌ای، باید اسناد و مدارک سازه‌ای تأسیسات شامل ساختمان‌ها، سازه‌های غیر ساختمانی و تجهیزات، تا حد امکان جمع‌آوری شده و مورد بررسی دقیق قرار گیرد.

نقشه‌های اجرایی باید با آنچه که اجرا شده مطابقت داده شده و در صورت عدم تطابق زیاد به روز شوند. جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تغییرات و تعمیرات احتمالی و حوادث اثرگذار بر رفتار تأسیسات نیز ضروری می‌باشد.

اطلاعات آزمایشات مصالح و خاک و نیز مطالعات تحلیل خطر باید تا حد امکان گردآوری و بررسی شوند.

۳-۵-۲- بازرسی عینی و استخراج اشکالات مشهود و موثر

در این مرحله از جمع‌آوری اطلاعات، مطالعات و بررسی به منظور ثبت اشکالات مشهود و موثری که ضعف مشخص و واضحی در رفتار لرزه‌ای تأسیسات ایجاد نماید، انجام می‌گیرد.

مقایسه نقشه‌های اجرایی، چون‌ساخت و نصب با وضعیت موجود تأسیسات در این مرحله الزامی است.

omoorepeyman.ir

۳-۵-۳- انجام آزمایشات مصالح و خاک و مطالعات تحلیل خطر

این مرحله از جمع‌آوری اطلاعات در صورتی که بررسی‌های فوق کفایت مدارک و اسناد و اطلاعات موجود به تشخیص مهندس مشاور جهت ارزیابی اولیه یا تفصیلی را تایید ننماید، باید پس از تصویب کارفرما انجام شود.

در جدول ۳-۳ شرایطی که انجام آزمایشات مصالح یا خاک را لازم می‌دارد و سطح این آزمایشات ذکر شده است.

تعریف آزمایشات متعارف و جامع برای ساختمان‌ها طبق نشریه ۳۶۰ می‌باشد.

در مورد سازه‌های غیر ساختمانی و تجهیزات تعریف مشخصی برای آزمایشات فوق ارائه نمی‌شود و سطح آزمایشات مورد نیاز در این موارد باید به تشخیص مهندس مشاور و با تأیید کارفرما تعیین گردد.

جدول ۳-۳ آزمایشات مورد نیاز مصالح و خاک

اهمیت نسبی سامانه	اطلاعات مصالح و خاک	سطح آزمایشات لازم برای مصالح و خاک
بسیار زیاد	موجود است	متعارف
	موجود نیست	جامع
زیاد	موجود است	–
	موجود نیست	متعارف
متوسط	موجود است	–
	موجود نیست	متعارف
کم	موجود است	–
	موجود نیست	–

۳-۶- ارزیابی لرزه‌ای با استفاده از مدل‌سازی و تحلیل عددی سازه

روش‌های مدل‌سازی و تحلیل مبتنی بر تعیین و مقایسه نیاز- ظرفیت لرزه‌ای تجهیزات، سازه‌ها و اتصالات آن‌ها می‌باشد.

روش‌های مدل‌سازی و تحلیل عددی سازه دو جنبه اساسی ذیل را در بر می‌گیرد.

- تهیه مدل مناسب با توجه به مشخصات مکانیکی و دینامیکی
- بارگذاری لرزه‌ای و تحلیل عددی سازه مدل تهیه شده

روش‌های تحلیل عددی سازه مورد توصیه این راهنما عبارتند از:

- روش استاتیکی معادل
- روش طیفی
- روش تاریخچه زمانی

omoorepeyman.ir

۳-۶-۱- روش استاتیکی معادل

در تحلیل لرزه‌ای تجهیزاتی که اثر مود اول ارتعاشی در آن‌ها می‌تواند به عنوان مود غالب پذیرفته شود، روش استاتیکی معادل مطابق ضوابط بخش سازه‌های غیر ساختمانی استاندارد ۲۸۰۰ معادل توصیه می‌گردد.

برای تجهیزات با پرید طبیعی کوچک‌تر از ۰/۰۳ ثانیه اعمال نیروی حاصل از ضرب شتاب ZPA در جرم قطعات مختلف، به مرکز جرم آن قطعات، بدون نیاز به هیچ‌گونه ضریب تشدید، قابل قبول می‌باشد.

۳-۶-۲- روش طیفی

برای تجهیزات پیچیده با مودهای متعدد ارتعاشی دور از هم، استفاده از تحلیل طیفی مطابق ضوابط بخش سازه‌های غیر ساختمانی استاندارد ۲۸۰۰ قابل توصیه می‌باشد.

۳-۶-۳- روش تاریخچه زمانی

در ارزیابی لرزه‌ای تجهیزات پیچیده با مودهای ارتعاشی نزدیک به هم، استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی مطابق ضوابط بخش سازه‌های غیر ساختمانی استاندارد ۲۸۰۰ جهت کنترل نتایج بدست آمده از روش طیفی توصیه می‌گردد.

۳-۷- ملاحظه اثر اندرکنش لرزه‌ای سامانه‌ها

اندرکنش لرزه‌ای سامانه‌ها عبارت است از مجموعه‌ای از تأثیرات بر رفتار لرزه‌ای و تشدید عواقب ناشی از زلزله شامل تغییر نامطلوب در مشخصات دینامیکی ناشی از اندرکنش سازه‌ای و برخورد سامانه‌های مجاور هم، سقوط سامانه‌ها بر روی یکدیگر، تغییر مکان نسبی سامانه‌های مجاور و تغییر در شرایط محیطی و عملیاتی که موجب اختلال در عملکرد سامانه‌ها یا صدمه به کارکنان گردد.

علل رایج اندرکنش به صورت ذیل قابل طبقه‌بندی است:

۱- مجاورت: هرگونه تأثیر منجر به سوء عملکرد ناشی از همسایگی سامانه‌ها شامل برخورد، تغییر شکل نسبی و اندرکنش سازه‌ای

۲- گسیختگی و سقوط: هرگونه تأثیر منجر به سوء عملکرد ناشی از خرابی و گسیختگی و سقوط

۳- آب فشان: تأثیرات ناشی از گسیختگی لوله‌ها یا عملکرد آبفشان‌های اطفای حریق که ممکن است موجب بروز اتصال کوتاه یا عدم امکان دسترسی به اجزای نیروگاه گردد.

۴- آب‌گرفتگی: تأثیرات ناشی از غرقاب شدن سامانه‌ها و عدم امکان دسترسی به آن‌ها

۵- آتش سوزی: تأثیرات ناشی از حریق اعم از پخش دود، انهدام سامانه‌ها

هر کدام از سامانه‌ها که در معرض اثرات منفی ناشی از اندرکنش‌های فوق قرار داشته باشند «هدف اندرکنش» و سامانه‌هایی که سوء عملکرد آن‌ها موجب اندرکنش‌های فوق گردد «منبع اندرکنش» می‌باشند.

omoorepeyman.ir

اندرکنش در صورتی که موجب خرابی یا سوء عملکرد سامانه مورد نظر گردد «اندرکنش قابل توجه» و در شرایطی که سوء اثر آن قابل صرف‌نظر باشد «اندرکنش غیرقابل توجه» می‌باشد.

ملاحظه اثرات اندرکنش لرزه‌ای در ارزیابی سامانه‌های «هدف اندرکنش» می‌تواند با استفاده از یکی از ۴ رویکرد ذیل صورت پذیرد.

۱- صرف‌نظر کردن از اثرات اندرکنش (اندرکنش غیرقابل توجه)

۲- اصلاح سامانه‌های «منبع اندرکنش» جهت حذف اثرات اندرکنش (اندرکنش قابل توجه)

۳- افزایش اهمیت نسبی سامانه‌های «منبع اندرکنش» تا حد سامانه‌های هدف اندرکنش (اندرکنش قابل توجه)

۴- استفاده از پارامتر اصلاح عملکرد مناسب برای تجهیزات «هدف اندرکنش» در روش امتیازدهی (اندرکنش قابل توجه)

مگر آنکه تجهیزات «منبع اندرکنش» با فرض اهمیت نسبی برابر با تجهیزات «هدف اندرکنش» (رویکرد ۳) مورد ارزیابی قرار گیرد.

۳-۸- معیارهای پذیرش

احراز آسیب‌پذیری تجهیزات منوط به تجاوز نیاز کل بدست آمده از ترکیب بارگذاری لرزه‌ای و سایر بارهای قابل اعمال از ظرفیت لرزه‌ای اجزا می‌باشد.

۳-۸-۱- ترکیبات بارهای وارده

ترکیبات بارهای مورد نیاز برای ارزیابی آسیب پذیری مؤلفه های غیر ساختمانی، به طور کلی به صورت زیر می‌باشد:

بارهای مرده+بارهای هنگام بهره برداری+بار زلزله افقی (در دو جهت مستقل) +بار زلزله قائم (در دو جهت به طور مستقل)

در ترکیب بار فوق در سطح خطر طرح، بارهای ناشی از زلزله (افقی و قائم) باید در ضریب باری برابر ۱.۴ ضرب گردند.

۳-۸-۲-کنترل‌های مربوط به پایداری

در مورد قطعات و تجهیزات مهار نشده علاوه بر بررسی نیازها و ظرفیت لرزه ای به لحاظ مقاومت، کنترل واژگونی و لغزش و تغییر مکان لازم می‌باشد.

تجهیزات و قطعات مهار نشده باید در برابر نیروهای لرزه ای وارده، به لحاظ واژگونی و لغزش کنترل گردند.

مقادیر حداقل ضریب اطمینان لازم برای واژگونی و لغزش در هر دو سطح خطر به ترتیب برابر ۱/۷۵ و ۱/۵ می‌باشند.

۳-۸-۳- معیارهای پذیرش در روش‌های دینامیکی غیرخطی

به طور کلی در روش‌های دینامیکی غیرخطی، ارزیابی و پذیرش اجزاء مختلف با معیارهایی متشکل از ترکیب نیرو و تغییر مکان صورت می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

در شبکه‌های توزیع گاز با توجه به عملکرد مورد نظر تجهیزات و مؤلفه‌های شبکه، در صورت انجام تحلیل‌های غیر خطی باید تنش‌ها و نیروهای داخلی ایجاد شده در اجزاء غیر شکل‌پذیر (کنترل شونده با نیرو) همانند روش‌های خطی (ارائه شده در بندهای قبل) کنترل شوند.

در اجزاء شکل‌پذیر که وارد محدوده غیرخطی می‌شوند، تغییر مکان‌ها و دوران‌های ایجاد شده باید در حدی باشند که باعث اخلال در عملکرد مورد انتظار مؤلفه مورد ارزیابی نگردند.

تشخیص این موارد نیز بر اساس مشخصات فنی تجهیزات و قضاوت افراد خبره باید انجام گیرد.

omoorepeyman.ir

فصل ۴

روند و روش‌های بهسازی لرزه‌ای

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

٤-١- اولویت‌بندی بهسازی

اولویت‌بندی بهسازی با توجه به شاخص‌های زیر انجام می‌پذیرد:

- اندیس سطح I_L
- تغییر سطح عملکرد مورد انتظار
- هزینه بهسازی
- سهولت اجرایی روش بهسازی

روش کلی تعیین اولویت بهسازی بر اساس تحلیل ریسک است.

برای انجام این تحلیل لازم است بر اساس نتایج مطالعات آسیب‌پذیری عواقب عدم بهسازی تعیین شده و بر اساس آن تصمیم گیری شود.

عواقب عدم بهسازی در پنج دسته تلفات جانی، احتمال وقوع بحران‌های اجتماعی و سیاسی با توجه به زمان قطع جریان، خسارات مالی مستقیم به تأسیسات، خسارات اقتصادی ناشی از قطع شریان حیاتی و خسارات زیست محیطی بررسی می‌گردد. این معیارها در واقع ایمنی کلی سازه یا تجهیز را مشخص می‌نمایند.

بالاترین اولویت بهسازی به دو حالت اول اختصاص می‌یابد. در حالات دیگر با مقایسه هزینه بهسازی و هزینه خسارات پیش بینی شده میزان ریسک عدم بهسازی مشخص شده و بر اساس آن تصمیم‌گیری می‌گردد.

در انجام تحلیل ریسک می‌توان مدهای خرابی و نیز سطوح مختلف بهسازی مختلف را نیز با یکدیگر مقایسه نمود.

٤-٢- روند بهسازی لرزه‌ای

روند بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها و تجهیزات که یک روش آزمون و خطایی است، پس از محرز شدن آسیب‌پذیری سازه و بر اساس مراحل زیر صورت می‌گیرد:

۱- انتخاب روش‌های بهسازی بر اساس مد خرابی تجهیزات و سازه‌ها و عملکرد مورد نیاز آن‌ها

۲- اعمال تغییرات ناشی از هر یک از روش‌های بهسازی در مدل سازه‌ای و بررسی مجدد آسیب‌پذیری تا حصول عملکرد مناسب مورد نظر

۳- مقایسه روش‌های بهسازی قابل قبول بر اساس شاخص‌های هزینه، زمان و سهولت اجرایی به صورت مهندسی ارزش و اولویت‌بندی روش‌های بهسازی هر سازه و تجهیز

۴- اولویت‌بندی بهسازی لرزه‌ای مؤلفه‌های سامانه بر اساس بند ۴-۱

omoorepeyman.ir

٤-٣- رویکرد انتخاب روش بهسازی

روش‌های کاهش عواقب لرزه‌ای سازه‌ها و تجهیزات را می‌توان به طور کلی به دو دسته تقسیم نمود:

- روش‌های سخت افزاری به صورت بهسازی و اصلاح سازه‌ای و در نهایت نوسازی
- روش‌های نرم‌افزاری به صورت تغییر برنامه بهره‌برداری، تغییر سطح عملکرد مورد انتظار و افزایش ایمنی و کاهش احتمال وقوع حوادث ثانویه

نوع روش بهسازی بستگی به مد خرابی غالب تجهیز دارد. بنابراین انتخاب روش بهسازی مناسب ارتباط مستقیم به اعتبار نتایج ارزیابی آسیب‌پذیری دارد. در این مطالعات باید مد خرابی و میزان آسیب در آن به طور کامل مشخص شود.

بسته به سطح خطر، مد خرابی می‌تواند متفاوت باشد که این مسئله باید در انتخاب روش بهسازی مد نظر قرار گیرد تا بتوان کلیه مدهای خرابی محتمل را با انجام عملیات بهسازی متناسب با آن کنترل نمود.

در بررسی مدهای خرابی و ارائه روش‌های بهسازی کلیه مدهای آسیب اولیه و ثانویه باید مد نظر قرار گیرند. مدهای آسیب ثانویه شامل تغییر شکل‌های دائم زمین، آتش‌سوزی، انفجار، اندرکنش و برخورد سازه‌ها و فروریختن آوار خرابی سایر مؤلفه‌ها روی آن‌ها و موارد دیگر می‌باشند.

٤-٤- نوع روش بهسازی

در فصول بعدی روش بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها و تجهیزات گاز رسانی در چهار بخش پالایشگاه، مخازن، خطوط لوله انتقال و توزیع و سایر ابنیه وابسته، بر اساس مدهای آسیب لرزه‌ای ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

فصل ۵

روش‌های بهسازی لرزه‌ای پالایشگاه

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵- پالایشگاه

مؤلفه‌های هدف پالایشگاه در این راهنما به صورت زیر است:

- لوله‌کشی و قفسه لوله‌ها: لوله‌کشی به چند دسته لوله‌کشی مخزن، لوله‌کشی فرآیندی، لوله‌کشی روزمینی/ زیرزمینی و تجهیزات لوله‌کشی تقسیم می‌شود.
- محفظه افقی: این راهنما باید برای محفظه افقی که نیازمند طراحی لرزه‌ای هستند (با حجم ذخیره 3t یا $300m^3$ بیشتر) قابل اجرا باشد.
- برج و محفظه عمودی: شامل برج (در تأسیسات گاز فشار قوی برای واکنش، جدا کردن، خالص سازی، تقطیر و غیره، طول بدنه یا محفظه باید 5m یا بیشتر باشد)، چگالنده (نوع سیلندر عمودی که طول بدنه 5m یا بیشتر باشد) و محفظه عمودی (ظرفیت ذخیره $300m^3$ یا 3t یا بیشتر).
- محفظه کروی: این راهنما برای محفظه کروی که نیازمند طراحی لرزه‌ای (با گنجایش ذخیره 3t یا $300m^2$ یا بیشتر) قابل استفاده است.

۵-۱- لوله‌کشی و قفسه مهار لوله

۵-۱-۱- مدهای خرابی

سیستم لوله‌کشی واقع در پالایشگاه گاز و کارخانه‌های پتروشیمی آسیب‌های زیادی در اثر زلزله می‌بینند. خرابی لوله به خرابی سیستم لوله‌کشی و خرابی سازه نگهدار تقسیم می‌شوند. آسیب‌دیدگی‌ها اغلب به آسیب المان لوله (لوله و تکیه‌گاه) و سیستم لوله کشی در اثر نیروی اینرسی ناشی از تغییر مکان نسبی و حرکت زمین رده‌بندی می‌شوند.

۱- آسیب لرزه‌ای سیستم لوله‌کشی

۱-۱- آسیب لرزه‌ای لوله و تکیه‌گاه لوله

الف) آسیب لرزه‌ای در لوله

i) ترکیدگی و شکست جوش لب به لب

این مورد زمانی اتفاق می‌افتد که جوشکاری معیوب باشد، یا مقاومت جوش کمتر از لوله اصلی باشد و اثر کاهش گشتاور خمشی در زانویی قابل پیش‌بینی نباشد. در صورتی که عیوب سطحی مانند ترک‌های موجود در امتداد ضخامت یا کمبود نفوذ جوش در شرایط آب و هوایی با دمای پایین، وجود داشته باشد، گسیختگی در اثر تردی در دمای پایین نیز ممکن است، اتفاق بیفتد.

ii) لقی اتصال فلنج

این مورد زمانی اتفاق می‌افتد که گشتاور شروع نشت در فلنج کمتر از گشتاور تسلیم لوله فولادی باشد و اثر کاهش لنگر خمشی در زانویی قابل انتظار نباشد.

iii) ترک، گسیختگی و بیرون کشیدگی قسمت‌های پیچ‌دار تجهیزات لوله‌کشی

omoorepeyman.ir

تغییر شکل خمیری فقط در قسمت مربوط به پیچ به خاطر کوچک بودن ریشه ناحیه پیچ شده، پیش‌رونده می‌باشد.

iv) ترک دیواره لوله بر روی سطح جوش خورده تکیه‌گاه لوله‌کشی

در لوله‌کشی اصلی کوره و یا در لوله‌های طویل و قطور جداره نازک و غیره، در حالتی که جابه‌جایی ناشی از انبساط حرارتی لوله، در راستای محوری در یک نقطه، باید مهار گردد، این نوع ترک در محل جوش شدن تکیه‌گاه به دیواره لوله ظاهر می‌شود.

v) ترک لوله‌های وینیل کلراید سخت (پی وی سی)

وینیل کلراید سخت نسبت به مواد فولادی دارای شکل‌پذیری کمتری بوده در آن تغییر شکل خمیری زانویی نباید اتفاق بیفتد. شکل‌پذیری این لوله‌ها عمدتاً تحت کرنش‌های سریع از بین می‌رود و نسبت به ضربه نیز ضعیف می‌باشد.

vi) ترک خوردگی دریچه چدنی

دریچه چدنی از مواد ترد ساخته شده است. بسیاری از شکست‌ها به علت عدم استفاده از توان جذب انرژی یا ظرفیت خمشی لوله‌ها می‌باشد. زیرا سختی نسبی آن‌ها ضعیف می‌باشد.

ب) آسیب لرزه در سازه تکیه‌گاه لوله

با وقوع آسیب در تکیه‌گاه، موارد زیر که باعث نشت نمی‌شوند، به صورت زیر گزارش می‌شود.

- ✓ لرزش لوله و تبدیل آن به دهانه های طویل‌تر در اثر شکست تکیه‌گاه ناشی از کمبود مقاومت
- ✓ لرزش و آسیب لوله در اثر عملکرد ناصحیح تکیه‌گاه به علت فرسودگی تکیه‌گاه
- ✓ آسیب لوله به علت جابجایی نسبی بین تجهیزات طرفین آن
- ✓ آسیب لوله به علت جابجایی نسبی بین برج و نگهدارنده در اثر شکست تثبیت کننده برج که به نگهدارنده متصل است.

خمش تکیه‌گاه تثبیت کننده باعث جذب بیشتر انرژی زلزله و انتقال کمتر آن به لوله مربوط می‌شود. روشی که برای مقابله با این اثر استفاده می‌شود، به کار بردن تکیه‌گاه جاذب انرژی است. تغییر شکل زیاد تکیه‌گاه در اثر تغییر مکان نسبی زمین و کاهش تأثیر آن بر لوله بسیار موثر است.

۱-۲- آسیب لرزه‌ای در سیستم لوله‌کشی

آسیب لرزه‌ای در سیستم لوله‌کشی در اثر نیروی اینرسی و تغییر شکل زمین می‌باشد.

الف) آسیب لرزه‌ای به علت نیروی اینرسی و تغییر شکل زمین

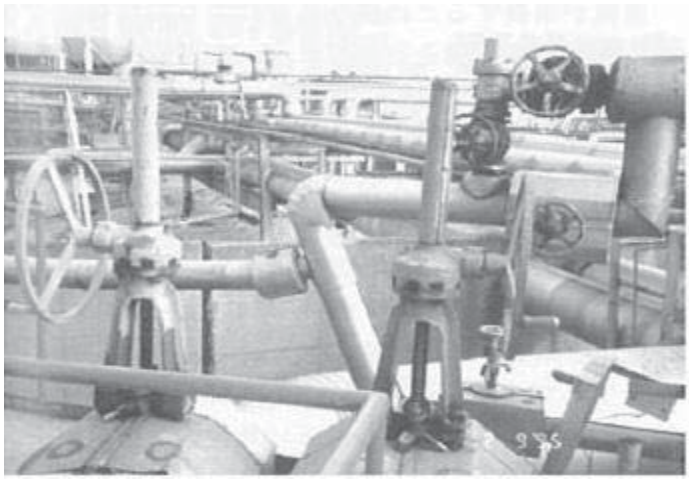
بیشتر آسیب‌ها به علت تغییر مکان نسبی به انضمام عوامل ثانویه ناشی از لرزش و تغییر مکان لوله‌کشی می باشند.

i) شکست لوله‌کشی در اثر تغییر مکان نسبی بین برج و سازه قاب مجاور. (تغییر مکان پاسخ سازه تکیه‌گاهی)

ii) شکست لوله‌کشی در اثر تغییر مکان نسبی بین برج و سازه قاب به علت لرزش تیرهای تکیه‌گاهی (تغییر مکان پاسخ سازه تکیه‌گاه)

omoorepeyman.ir

iii) شکست لوله‌های کوچک که ناشی از تغییر مکان نسبی ایجاد شده در اثر لرزش لوله‌های قطور می‌باشد. (تغییر مکان پاسخ لوله‌کشی)



شکل ۵-۱ خرابی در لوله‌های با قطر کم

iv) سقوط لوله از تکیه‌گاه (لغزش لوله)

v) رها شدن از روی کفشک (سّر خوردن لوله)

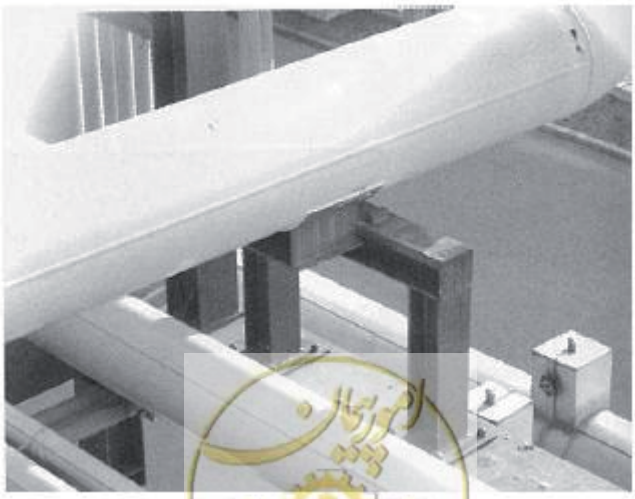
vi) شکست در تجهیزات لوله‌کشی به علت جابه‌جایی‌هایی در اثر لرزش زیاد محرک قطع اضطراری شیرفلکه

vii) شکست لوله‌های متصل شده و از دست رفتن عملکرد ژنراتور به خاطر تغییر مکان نسبی به‌وجود آمده در اثر حرکت ژنراتور در بالای میز جداساز (سّر خوردن سازه تکیه‌گاهی)

آسیب‌های زیر نیز با وجود اینکه تأیید نشده‌اند، احتمال وقوع خواهند داشت.

viii) سقوط لوله به دلیل جدایی اتصال نگهدارنده‌های معلق (جابه‌جایی پاسخ لوله)

ix) شکست در لوله‌کشی به علت تغییر مکان نسبی حاصل از نیروی بالا برنده مخزن استوانه‌ای



شکل ۵-۲ جداشدگی لوله از محل نشیمن‌گاه در اثر شتاب پاسخ

omoorepeyman.ir

در صورت سرد شدن هنگام توقف کار، لوله در جهت مخالف منقبض شده و می‌تواند دلیلی برای شکست خط لوله شود.

اگر دلیل افتادن لوله لرزش سازه تکیه‌گاهی بوده و ملاحظات سازه‌ای مانند پایدار کننده‌ها، در نظر گرفته شده باشند، از بسیاری از آسیب‌ها باید بطور جدی جلوگیری شود.

ب) آسیب ناشی از جابجایی نسبی زمین

موارد زیر به دلیل حرکت زمین گزارش شده‌اند. تغییر مکان نسبی ناشی از روان‌گرایی زمین در واقع یک بارگذاری یک سویه می‌باشد که پدیده خستگی را به وجود نمی‌آورد. ولی با این حال آسیب‌های جدی در صورت بزرگ بودن نیروی لرزه‌ای، مانند زلزله هوگوکن نامبو، به وجود خواهد آمد.

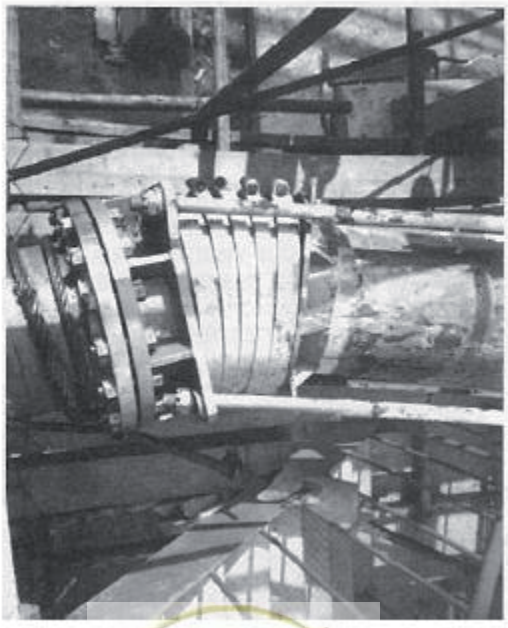
i) آسیب ناشی از تغییر مکان نسبی به علت نشست پمپ و مخزن با پی گسترده.

ii) آسیب ناشی از تغییر مکان نسبی به علت نشست و نوسان پیرامون مخزن با پی شمعی.

iii) ترک نازل پمپ چدنی، ترک غلاف و بهم خوردن هم محوری به علت جابه‌جایی و نشست پمپ با پی مستقل

iv) آسیب ناشی از برخورد لوله‌های فرعی (کم قطر) با سازه مجاور وقتی لوله اصلی با حرکت زمین جابه‌جا می شود.

v) آسیب وارده به لوله‌کشی‌های انعطاف‌پذیر به خاطر تغییر مک آن‌های نسبی بیش از حد طراحی



شکل ۵-۳ از دست رفتن عملکرد مفصل لوله انعطاف پذیر

vi) نشت از فلنج به خاطر کمبود انعطاف‌پذیری سیستم لوله‌کشی در مواردی که جابجایی نسبی ایجاد شده بیش از مقدار مجاز جذب جابه‌جایی در لوله انعطاف‌پذیر می‌باشد.

vii) آسیب تجهیزات لوله‌کشی به علت جابجایی ناشی از نشست و تغییر مکان مخزن هوایی با پایه‌های مستقل

omoorepeyman.ir

در بندهای v و vi برای آماده‌سازی در مقابل تغییر مکان نسبی بیش از تغییر مکان مجاز لوله انعطاف‌پذیر، بهتر است لوله‌ها و تکیه‌گاه آن‌ها انعطاف‌پذیر شوند.

برای بند vii برای جلوگیری از بیرون‌زدگی شیر قطع اضطراری و مخزن هوایی، پی مشترک مورد نیاز خواهد بود.

۲- سیستم لوله‌کشی مهار شده

اثر زلزله بر سیستم لوله‌کشی که با تجهیزات یا سازه‌هایی از قبیل برج‌ها، مخازن و سازه‌های قابی شکل، مهار شده‌اند به شرح زیر می‌باشد:

i) اثر نیروی اینرسی سازه پشتیبان

ii) تأثیر تغییر مکان نسبی بین نقاط مهاری در اثر جابجایی سازه پشتیبان

iii) تأثیر تغییر مکان نسبی بین نقاط مهاری در اثر نشست و جابه‌جایی افقی و انحراف پی سازه تکیه‌گاهی ناشی از تغییر شکل زمین

iv) تأثیر برخورد سازه مجاور (لوله‌های قطور) به علت لرزش‌های بزرگ یا در اثر جابجایی نسبی

v) آسیب دیدن سیستم لوله‌کشی به دلیل فروریزی سازه پشتیبان

شکل ۵-٤ صدمه به سیستم لوله کشی در اثر خرابی ساختمان

vi) آسیب دیدن سیستم لوله‌کشی به دلیل فروریزی سازه‌های مجاور

vii) خرابی ناشی از سقوط اجسام از بالا

موارد بند ii) و iii) ناشی از تغییر مکان نسبی می‌باشد، اما بارگذاری بند ii) سیکلی و بارگذاری بند iii) به صورت یکنواخت یک‌سویه می‌باشد.

لوله‌های قطور سازه پشتیبان لوله‌های کوچک منشعب از خود به حساب می‌آیند.

۳- ملاحظات سازه‌ای در طراحی لرزه‌ای سیستم لوله‌کشی

omoorepeyman.ir

ویژگی‌های دینامیکی تجهیزات یا سازه‌ها در زلزله، متأثر از شکل سازه آن‌هاست. مد آسیب سیستم لوله‌کشی مهار شده به این تجهیزات در واقع، مد آسیب سازه‌های مهارکننده می‌باشد.

جدول ۵-۱ ملاحظات مربوط به نوع سازه سیستم لوله‌کشی را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۱ ملاحظات مربوط به نوع سازه در طراحی لرزه‌ای سیستم لوله‌کشی

نکات طراحی لرزه‌ای	نوع سیستم لوله‌کشی	
پیشگیری از انقباض نازل حرارتی، نشست	اطراف مخزن ته پهن با درجه حرارت پایین	**لوله‌کشی مخزن**
نشست، مخزن و زمین	اطراف مخزن کالاهای خطرناک	
لرزش و نشست پوسته کروی	اطراف مخزن کروی	
نشست	اطراف محفظه افقی	
لرزش زیاد نوک برج	اطراف برج	**روند لوله‌کشی**
تغییر مکان نسبی بین برج و قاب سازه	اطراف برج با قاب سازه پشتیبان	
پیشگیری از انقباض نازل حرارتی	لوله‌کشی کوره و بوی لر	
آزادسازی عکس‌العمل لوله	اطراف کمپرسور	
نشست پی	اطراف پمپ	
	اطراف مبدل گرمایی	
پیشگیری از انقباض نازل حرارتی	اطراف پره‌های خنک کننده هوا	
لغزش و سقوط لوله‌کشی	بر روی سازه پشتیبان (قفسه) لوله	
نشست و تغییر مکان زمین	لوله‌کشی زیرزمینی (مخصوصاً قسمت صعودی)	**لوله‌کشی رو زمینی و زیرزمینی**
نیرو بالا برنده گودال	لوله‌کشی حفره	
حرکت اسکله	لوله‌کشی نزدیک اسکله	
کنترل سُر خوردگی محوری	کانال آب با لوله‌های قطور	
تغییر مکان نسبی (لرزش قسمت بالایی و حرکت مستقل پایه)	اطراف شیر قطع اضطراری	**ابزار لوله‌کشی**
تغییر مکان نسبی (حرکت مستقل پایه)	اطراف مخزن هوا	

علاوه بر نیروی اینرسی، لوله‌های مخزن نسبت به تغییر مکان‌های نسبی بین مخزن و زمین و لوله‌کشی فرآیندی نسبت به تغییر مکان‌های نسبی بین تأسیسات، سازه‌ها و لوله‌ها، آسیب‌پذیر و حساس می‌باشند.

لوله‌کشی‌های زیر و روی زمین تحت اثر حرکت زمین بوده و ادوات و تجهیزات لوله‌ها نیز نسبت به تغییر مکان‌های بین لوله‌ها، تجهیزات و سازه‌هایی که شامل شیر قطع اضطراری فوری می‌باشند، آسیب‌پذیر هستند.

روان‌گرایی بر تمامی لوله‌ها موثر بوده و اثر آن در نزدیکی مناطق ساحلی شدیدتر می‌شود. طبقه‌بندی نقاط ضعف یا حالت‌های آسیب با ملاحظه رفتار سیستم لوله‌کشی و تجهیزات وابسته، صورت می‌پذیرد.

omoorepeyman.ir

در مجموع قسمت‌ها یا مدهای آسیب‌پذیری به صورت زیر می‌باشند:

- اتصال فلنجی
- لوله شکل‌پذیر، اتصال شکل‌پذیر
- شیر آلات
- پمپ
- انشعابات لوله و لوله‌های انحنادار
- اتصالات پیچی
- تماس و برخورد سیستم لوله‌ها و سازه‌های مجاور
- سیستم لوله‌ها روی سازه نگهدارنده
- لوله‌های با مقطع کوچک
- سیستم لوله در حوالی ورود به دیوار
- فرو ریزش سازه نگهدار لوله

حالت‌های آسیب به شرح زیر می‌باشد:

الف) اتصال فلنجی

احتمال نشت محتویات اشتعال‌پذیر و سمی با شل شدن فلنج در اثر نیروها و ممان‌های لرزه‌ای، باعث به وجود آمدن آسیب‌های جدی می‌گردد.

برای جلوگیری از تغییر مکان‌های اتصالات (که بر اثر لنگر خمشی به وجود می‌آید) باید تمهیدات ویژه‌ای اتخاذ نمود.

ب) لوله شکل‌پذیر، اتصال شکل‌پذیر

در صورت استفاده مناسب از لوله‌ها و اتصالات، می‌توان نیرو و جابجایی ناشی از زلزله را جذب نمود. ولی در هر صورت در مواقعی که تغییر مکان‌های جانبی افزایش می‌یابند، لوله‌های شکل‌پذیر قادر به جذب این گونه نیروها نمی‌باشند و این شرایط منجر به آسیب‌در سیستم لوله‌کشی و سازه نگهدار می‌شود.

ج) شیر آلات

حتی اگر شیرها با فولاد ساخته شده باشند، تمرکز تنش در بعضی نقاط منجر به ترک شده و در شیر نشتی به وجود می‌آورد. لنگرهای خمشی در محل‌هایی که سختی شیر صفحه‌ای و سیستم لوله‌ها متفاوت باشند متمرکز شده و می‌تواند مشکل ساز باشد.

د) پمپ

در مواقعی که اثر تماسی لوله‌ها با پمپ بیشتر می‌شود قسمت‌های ضعیفی در محل اتصال لوله و پمپ به وجود می‌آید، که باعث به وجود آمدن آسیب‌هایی در پمپ می‌شود.

omoorepeyman.ir

لنگرهای خمشی به دلیل سختی‌های مختلفی که بین پمپ و لوله وجود دارد در این محل‌ها باعث تمرکز تنش می‌شود.

ه) انشعابات لوله و لوله‌های انحنادار

لنگرهای خمشی به دلیل وجود شکل و اندازه‌های مختلف در انشعابات و لوله‌های خم، باعث تمرکز تنش در این لوله‌ها در مقایسه با سایر لوله‌ها می‌گردد. این امر باعث گسیختگی لوله‌ها در این نقاط می‌شود. لوله های چدنی در این نواحی آسیب بیشتری می‌بینند. لوله های فولادی نیز در این نقاط از آسیب مصون نیستند.

و) اتصالات پیچی لوله

صلبیت زیاد در اتصالات پیچی (قسمت زانو و انشعابات) باعث می‌شود که خرابی و گسیختگی در قسمت مستقیم لوله و لوله‌های مستقیم ایجاد و اتصالات مکانیکی با نیروی کششی از جا کنده شوند.

ز) تماس و برخورد لوله‌ها و سیستم‌های سازه‌ای مجاور

حرکت‌های مستقل سیستم لوله‌کشی و سازه نگهدار در یک زلزله منجر به تماس و برخورد و در نهایت باعث آسیب دیدن دو سیستم می‌گردد.

ح) سیستم لوله روی سازه نگهدار

بریدن لوله‌های کوچکی که با لوله‌های بزرگ در تماس هستند به دلیل ناتوان بودن لوله‌های کوچک در جذب تنش خمشی و کشش محوری می‌باشد.

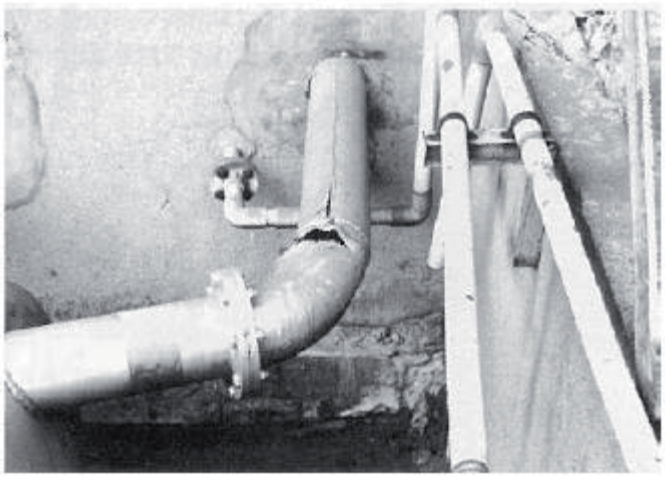
ط) لوله‌های با قطر کوچک

در لوله‌کشی‌هایی که بین سازه‌های نگهدار کشیده می‌شود مواردی وجود دارد که تکیه‌گاه لوله، آسیب دیده و از سازه نگهدارنده جدا می‌شود. دلیل این امر ناتوانی لوله‌ها در تحمل تغییر مکان نسبی بین لوله‌ها و سازه نگهدار می‌باشد.

ی) لوله‌کشی در قسمت نفوذ به دیوارها

سیستم لوله‌ها در اثر لنگرهای خمشی اضافی آسیب دیده و در مواردی که محل ورودی لوله به اتاق پمپ و دیوار وسیله بتن سخت گردیده آسیب وارد می‌گردد. برای رفع چنین مشکلی می‌باید اطراف لوله‌ها، وسیله خاک و مواد سست پر شود تا از این گونه آسیب‌ها جلوگیری شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۵ شکست لوله‌کشی در محل ورود به دیوار

ک) فرو ریزش سازه نگهدارنده لوله

وقتی سازه نگهدار لوله، نظیر سازه قابی و تأسیسات منهدم شود به سیستم لوله‌کشی آسیب‌های بزرگی وارد می شود.

۵-۱-۲- ارزیابی لرزه‌ای

اولین گام در اجرای برنامه لرزه‌ای، ارزیابی سیستم لوله‌کشی موجود می‌باشد. در این روش، کل سیستم لوله‌کشی برای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای در نظر گرفته می‌شود و سپس ارزیابی به صورت زیر شروع می‌گردد. روند نمای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سیستم لوله های موجود در شکل ۵-۶ نشان داده شده است.

۱- ارزیابی کیفی با استفاده از روش RBM و بازرسی محلی

۲- ارزیابی تفصیلی

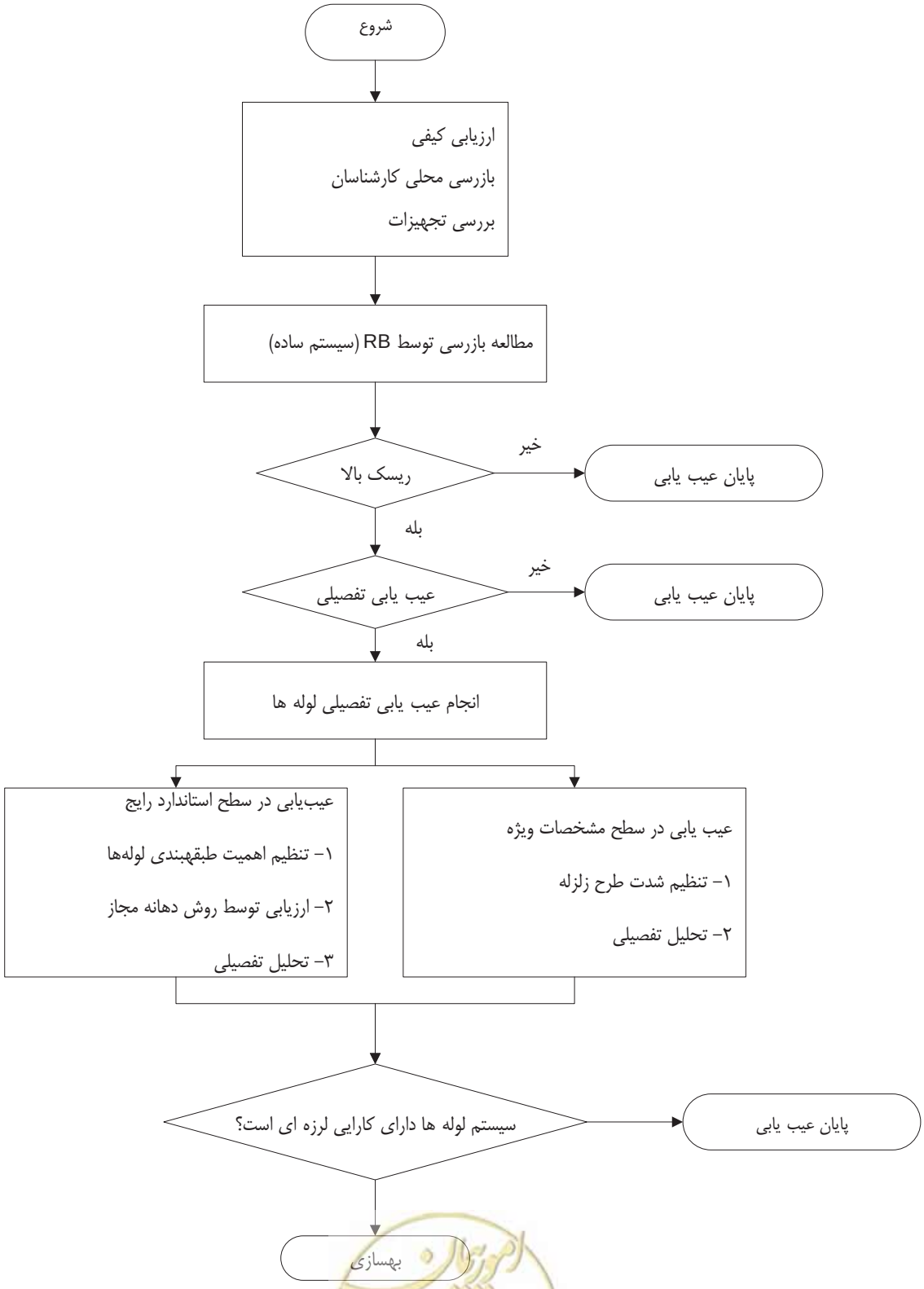
۳- اقدامات بهسازی

۴- اجرای اقدامات بهسازی

اولین گام در ارزیابی تفصیلی، تعیین سطح و هدف ارزیابی می‌باشد.

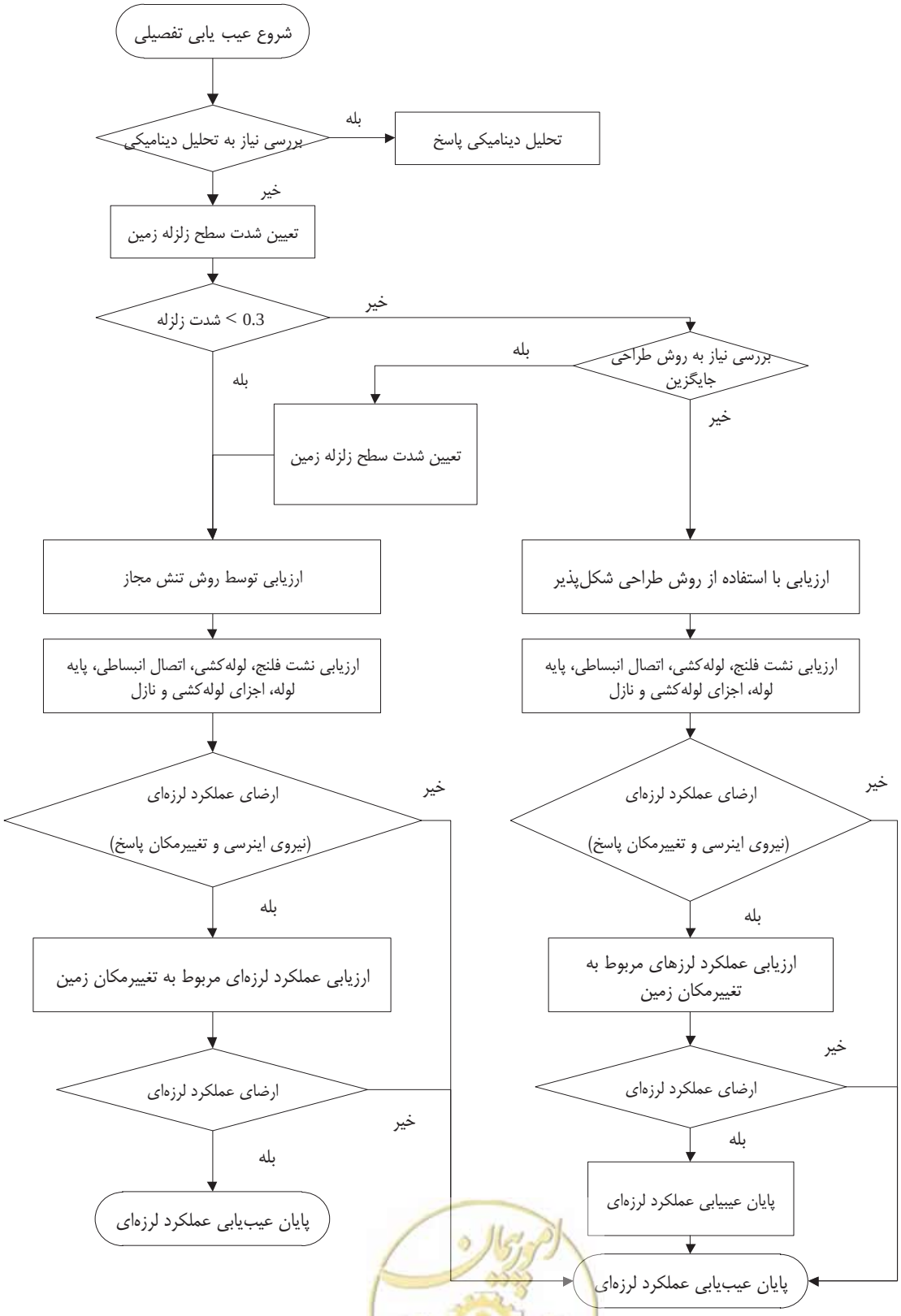
روش مناسبی به نام دهانه مجاز در راهنمای طراحی لرزه‌ای سامانه گازرسانی داده شده است که می‌تواند برای لوله های با اهمیت کم استفاده گردد.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-٦ روند نمای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سیستم لوله‌های موجود

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۷ روند نمای ارزیابی تفصیلی

omoorepeyman.ir

برای اولین گام، در نظر گرفتن کل سیستم لوله‌کشی برای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای مناسب می‌باشد و روند نمای این روش در شکل ۸ نشان داده شده است.

روش ۱- ارزیابی کیفی با استفاده از روش نگهداری بر مبنای ریسک RBM و بازرسی محلی

روش ۲- ارزیابی تفصیلی

روش ۳- اقدامات بهسازی

روش ۴- اجرای اقدامات بهسازی

چون اقدامات بهسازی را نمی‌توان بدون انجام ارزیابی مورد مطالعه قرار داد، جدول بازرسی برای پیشبرد روش‌های زیر یکی پس از دیگری ضروری می‌باشد.

۱- ارزیابی کیفی با استفاده از روش RBM و بازرسی محلی

قبل از هر گونه اقدامی، انجام ارزیابی عملکرد لرزه‌ای توسط تکنیک RBM از اولویت خاصی نسبت به دیگر روش‌ها برخوردار می‌باشد.

از مزایای این روش، تشخیص اولویت ارزیابی در زمان کوتاه، به صورت کیفی می‌باشد.

ارزیابی کیفی وسیله تکنیک (RBM [1]) در واقع برنامه‌ریزی نگهداری بر مبنای خطر می‌باشد.

این تکنیک خرابی‌هایی که در اثر عمر زیاد ایجاد و باعث بروز مشکل می‌گردد را مشخص می‌نماید. این تکنیک روشی جدید بر مبنای بازرسی و نگهداری است که آسیب را بر اساس احتمال و بزرگی آن ارزیابی می‌کند.

جزئیات RBMدر API581موجود می‌باشد.

با استفاده از این روش، ارزیابی کیفی برای تشخیص اولویت در بسیاری از تأسیسات می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. (مخازن و برج‌ها، سیستم لوله‌کشی و سازه قاب‌بندی شده)

۱-۱- تکنیک RBM

مثالی از ارزیابی کیفی با استفاده از تکنیک RBM به صورت زیر شرح داده می‌شود.

الف) آیتم ورودی

داده های زیر در هر سیستم لوله‌کشی به عنوان ورودی استفاده می‌شوند.

i) ارزیابی امکان آسیب

1- Risk Based Maintenance

omoorepeyman.ir

بر اساس بزرگی زلزله محتمل (شدت لرزه‌ای طرح)، شرایط محل (شامل امکان روان‌گرایی)، شرایط اجرا، سال‌خوردگی، و عوامل سازه‌ای (شامل قیدهای سیستم لوله‌کشی و غیره) شکل می‌گیرد.

ii) ارزیابی مقدار آسیب

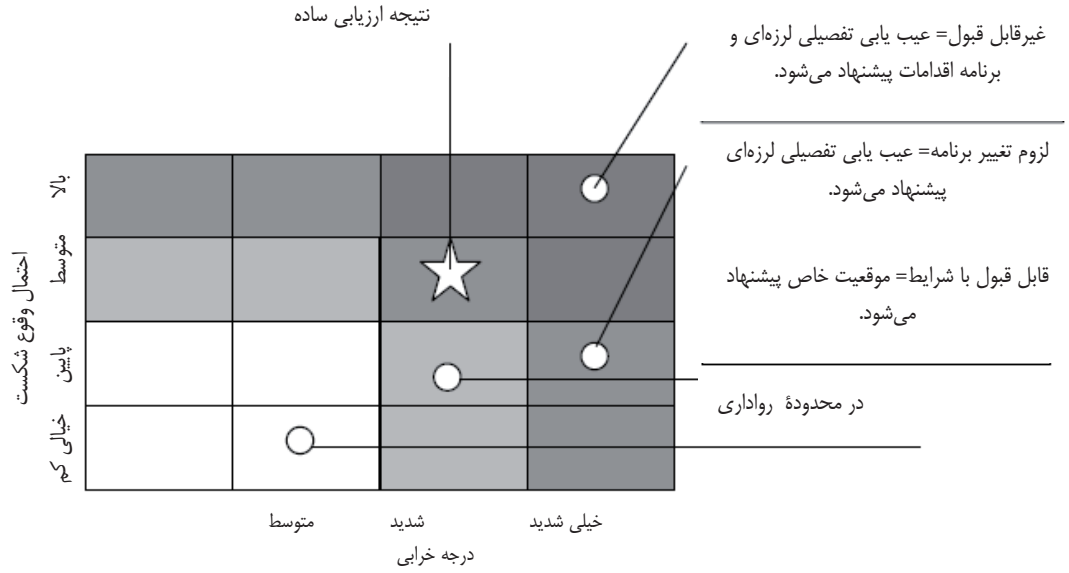
بر اساس شکل آسیب، وقوع آسیب ثانویه، فاکتور گسترش آسیب، فاکتور بازیابی و حوادث مصنوعی بیان می‌شود.

ب) بازرسی تأسیسات موجود برای داده های ورودی (شامل بازرسی‌های محلی)

همان‌گونه که اشاره شد کل داده‌های ورودی، مشخصات فنی طرح لرزه‌ای و نقشه‌های آن برای تأسیسات قبلاً مورد بررسی قرار گرفته و بازرسی‌ها انجام شده و مکان تأسیسات به تایید رسیده است. در این حالت، باید مشخص گردد که از آئین نامه لرزه‌ای رایج استفاده یا شدت لرزه‌ای مستقل بکار گرفته شده است.

ج) خروجی

اطلاعات ورودی در یک سیستم ارزیابی کیفی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و نتایج حاصله به صورت یک ماتریس که احتمال و بزرگی خرابی را به عنوان خروجی می‌دهد، بیان می‌شود. طبق این خروجی می‌توان درجه خطر را تعیین نمود. شکل زیر مثالی از خروجی داده‌ها را نشان می‌دهد. اگر بزرگی آسیب ایجاد شده از نشت و طول ترمیم احتمالی، بسیار شدید باشد، ارزیابی تفصیلی پیشنهاد می‌شود.



شکل ۵-۸ مثال خروجی ارزیابی کیفی به روش "RBM"

۲- ارزیابی تفصیلی لرزه‌ای

الف) تعیین هدف و سطح عملکرد

اولین گام ارزیابی لرزه‌ای تفصیلی، تعیین هدف ارزیابی و سطح عملکرد لرزه‌ای می‌باشد.

ب) روش دهانه مجاز

omoorepeyman.ir

اگر دسته‌بندی‌های لوله‌کشی از نظر اهمیت درجه ۲ و یا کمتر باشند، برای ارزیابی از روش دهانه مجاز استفاده می‌گردد.

اگر نتایج ارزیابی مورد قبول باشد، مراحل ارزیابی به پایان می‌رسد و اگر نه، ارزیابی برای تحلیل دقیق ادامه می یابد.

ج) تحلیل جز به جز

روند نمای تحلیل دقیق برای عیب یابی تفصیلی سیستم لوله‌کشی در شکل ۵-۶ مشخص می‌باشد.

اصولاً تحلیل و ارزیابی طبق روش راهنمای طراحی لرزه‌ای انجام می‌شود و موارد زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند.

i) مدل‌سازی بر اساس محل تحقیقات یا بازرسی ساخته می‌شود، و برای نمونه‌هایی که نقشه‌ای برای ارزیابی طرح موجود نیست، شرایط محلی پایه لوله مربوطه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در تحقیقات، تکیه‌گاه لوله و قسمت‌های مختلف تکیه‌گاه آن مثل خم های u شکل مورد ارزیابی قرار داد و با این روش مقاومت لوله‌هایی که صلبیت کافی ندارند، مشخص می‌شود.

ii) می‌توان با استفاده، از روش تحلیل FEM تنش‌های جزئی‌تر را در نازل مخزن‌ها، برج‌ها و تکیه‌گاه لوله‌ها ارزیابی نمود.

۵-۱-۳- بهسازی لوله‌کشی و نشیمنگاه لوله

مبانی بهسازی به شرح زیر می‌باشد:

۱- ارزیابی کیفی

هر چند که باید اقداماتی در خصوص موارد ناقص در بازرسی محلی صورت گیرد، ولی در حالت‌های آسیب جزئی، اقدامات در سطح بازرسی روزانه و یک مطالعه ساده، انجام می‌شود؛ و نیز مفهوم کمی برای اقدامات مربوط به ارتقای مقاومت لرزه‌ای تعیین می‌گردد. برای آسیب‌های جدی، مطالعه باید به صورت ارزیابی تفصیلی انجام شود.

۲- بهسازی بر اساس ارزیابی تفصیلی

الف) نکات مورد توجه برای طرح بهسازی

نکات زیر باید برای انجام بهسازی مورد توجه قرار گیرند.

i) از ناپیوستگی سازه‌ای و تمرکز تنش تا حد امکان باید اجتناب گردد.

هماهنگی و یکپارچگی کل تجهیزات از نظر کارکرد، ابعاد و اقتصادی بودن، باید مورد توجه قرار گیرد.

سازه موجود و سازه جدید باید به صورت یک مجموعه عمل نمایند.

ب) بخش تحت بهسازی

در این راهنما، اقدامات بهسازی برای حالات آسیب سیستم لوله‌کشی متمرکز شده است و بر اساس آسیب ناشی از زلزله، نحوه کنترل آسان مقاومت لرزه‌ای بسیاری از تجهیزات موجود توصیف شده است.

ج) شرایط مطالعه بهسازی

شرایط ارزیابی تفصیلی، پیش از شروع به ویژه نکات زیر باید مشخص گردد:

omoorepeyman.ir

i) آیا سیستم لوله‌ها با توقف عملکرد سیستم لوله‌کشی، قابل تعویض می‌باشد (تغییر شکل)؟

ii) آیا محدودیتی در شرایط ساخت، مانند بهسازی تکیه‌گاه لوله وجود دارد؟

د) انتخاب اقدامات مختلف بهسازی و محاسبه بهسازی لوله به منظور کنترل آن‌ها

اقدامات زیر باید بر اساس نتایج ارزیابی، مورد مطالعه قرار گرفته و به منظور کنترل آن‌ها، محاسبات نیز انجام می شود.

i) تغییر قیدهای سیستم لوله‌کشی

ii) کاهش ضریب لرزه‌ای طرح از طریق تغییر پریود طبیعی در سازه تکیه‌گاهی

iii) از تغییر شکل لوله‌ها تا حد امکان اجتناب می‌گردد.

در حالت تغییر شکل و قیود لوله‌کشی محاسبه کنترلی تنش حرارتی باید انجام شود.

ه) محاسبات کنترلی فلجها و شیرهای دارای خروج از مرکزیت

محاسبات کنترلی مقاومت فلنج، شیرهای خارج از محور، درزهای انبساط تکیه‌گاه لوله و برج‌ها و نازل مخازن نیز در انتها انجام می‌شود. اقدامات بهسازی این قسمت‌ها از طریق ارتقاء مقاومت آن‌ها، انجام می‌شود.

۳- اقدامات بهسازی با استفاده از نتایج ارزیابی کیفی

موارد زیر زمانی مورد توجه قرار می‌گیرد که سیستم لوله‌کشی باید به علت نقص و خرابی قابل ملاحظه‌ی مشخص شده در بازرسی محلی، تعویض گردد.

الف) بهتر است که نازل از نظر تأمین مقاومت کافی در برابر نیروی ناشی از لوله‌های متصل، پس از بررسی انعطاف پذیری سیستم لوله‌ها، مورد بررسی قرار گیرد.

ب) بهتر است لوله‌هایی که تأسیسات یک مخزن مجاور را مستقیماً به یکدیگر وصل می‌کنند، دارای خم باشند.

ج) بهتر است اتصال لوله به مخزن مستقیم نباشد.

د) بهتر است بخشی از لوله‌ای که به‌طور قائم از زمین بیرون می‌آید، خم گردد.

۴- روش بهسازی در ارزیابی تفصیلی

آنچه باید در روش بهسازی در ارزیابی تفصیلی مورد توجه قرار گیرد برطرف نمودن نقاط ضعف می‌باشد.

اقدامات کاهش آسیب‌های لرزه‌ای در زیر فهرست شده‌اند:

۴-۱- برطرف نمودن نقاط ضعف اجزاء لوله‌کشی

الف) کنترل جوش: ضعف موجود در جوشکاری نباید نادیده گرفته شود. تردی ناشی از دمای پایین در مناطق با آب و هوای سرد، به چشم می‌خورد.

ب) محدودیت استفاده از مصالح ترد: بهتر است از کاربرد شیرهای چدنی و لوله‌های سخت کلرید وینیل در سیستم لوله‌کشی خودداری شود تا از شکستگی حین زلزله اجتناب گردد.

ج) پرهیز از اتصالات پیچی: برای اجتناب از شکستگی حین زلزله، باید اتصالات جوشی مورد استفاده قرار گیرند. در صورت استفاده از اتصالات پیچی، تغییر مکان نسبی نباید اتفاق بیفتد.

omoorepeyman.ir

د) اتصالات فلنجی: استفاده از فلنج در نواحی گشتاور خمشی زیاد، توصیه نمی‌شود ولی برای اتصالاتی که در آن‌ها گشتاور خمشی اضافی تولید نمی‌شود، قابل استفاده می‌باشد.

ه) عدم استفاده از زانویی با ضخامت زیاد: بهتر است از تغییر زاویه لوله با ضخامت زیاد اجتناب گردد.

و) ساختار مناسب تکیه‌گاهی لوله: ساختار تکیه‌گاهی، ساختاری است که در آن واکنش تکیه‌گاه در محدوده وسیعی از لوله، پخش شود (بیشتر و پهن‌تر).

ز) مدیریت خوردگی سیستم لوله‌ها: خوردگی و کاهش ضخامت و به ویژه نازک شدن یک ناحیه باریک مانند خوردگی شیاری، بطور خاص مورد توجه قرارگیرد.

ح) اجتناب از بخش کاهش یافته سطح مقطع: از ایجاد بخش کاهش یافته سطح مقطع، به‌طور موضعی باید اجتناب گردد.

۴-۲- رفع نقص سازه‌ای تکیه‌گاه لوله

نکات زیر باید درباره تکیه‌گاه لوله مورد توجه قرار گیرند:

الف) کنترل جوش: در طراحی و اجرا باید توجه شود که در هنگام نصب پایدار ساز در سازه قابی و غیره، شکستگی در جوش گوشه اتفاق نیفتد.

ب) مدیریت خرابی تکیه‌گاه لوله: باید توجه شود که کارکرد تکیه‌گاه مطابق با هدف طراحی به عنوان بخشی از کار تعمیر و نگهداری، حفظ گردد.

۴-۳- تکیه‌گاه لوله برای طراحی لرزه‌ای

به‌طور کلی، مهار (قید)، پایه (تکیه‌گاه وزن مرده)، قید عمودی (قید تغییر مکان در راستای عمود بر محور) و قید محوری (قید تغییر مکان محوری) و غیره، لرزش و لغزش لوله‌ها را کنترل می‌کنند. ابزارهای ویژه، شامل دستگاه ضد لرزش هیدرولیکی، دستگاه ضد لرزش فنری و تکیه‌گاه جاذب انرژی، نیز قابل استفاده هستند.

۴-۴- کاهش اثرات ناشی از نیروی اینرسی و تغییر مکان پاسخ

الف) تکیه‌گاه لوله در محل مناسب قرار گیرد تا لرزش لوله‌ها کنترل شده و از تولید خمش اضافی و کشش محوری اجتناب گردد.

ب) تکیه‌گاه لوله در محل مناسبی قرار گیرد تا لرزش اضافی و لغزش لوله‌ها کنترل شده و از اثر بر روی لوله‌های با قطر کوچک مانند برخورد با سازه‌های دیگر، افتادن از روی تکیه‌گاه و گسیختگی مهارها، جلوگیری شود.

ایده اصلی که اثر تغییر مکان پاسخ را کاهش می‌دهد، به شرح زیر می‌باشد.

ج) ایجاد انعطاف‌پذیری و جذب تغییر مکان نسبی

د) لوله‌ها با تغییر مکان پاسخ کوچک، در موقعیت و ارتفاع مشخص متصل می‌شوند.

ه) کنترل لرزش سازه تکیه‌گاهی

۴-۵- کاهش اثر حرکت پی

کاهش اثر حرکت پی ناشی از حرکت زمین، به صورت زیر تأمین می‌شود:

الف) با استفاده از پی یکپارچه، اثر حرکت پی برطرف شده یا کاهش می‌یابد.

omoorepeyman.ir

ب) با حفظ انعطاف‌پذیری، حرکت نسبی جذب می‌شود.

ج) ترکیب موارد الف) و ب)

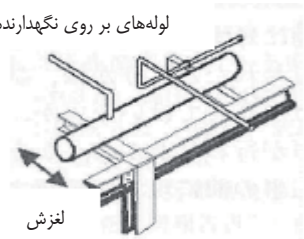
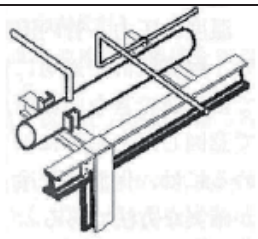
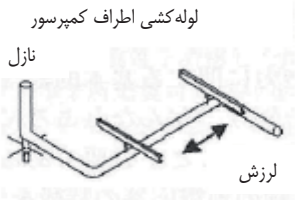
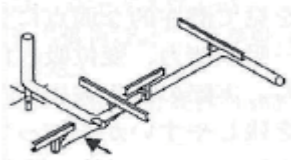
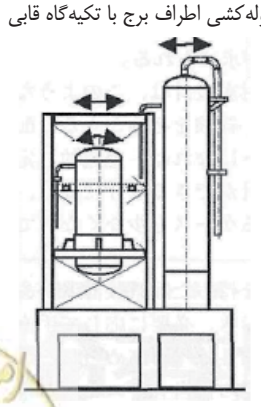
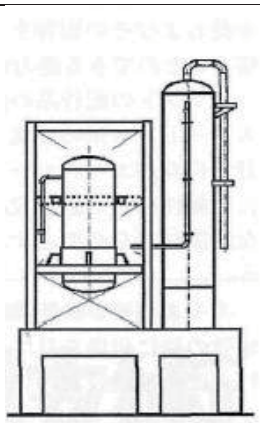
حرکت نسبی بین نقاط تکیه‌گاهی بر اثر حرکت پی، ممکن است از چند ده سانتی‌متر در هر دو راستای افقی و قائم، تجاوز نماید. استهلاک این حرکت با استفاده از ظرفیت تغییر شکل پلاستیک زانویی به منظور جذب تغییر مکان نسبی بزرگ و نیز استفاده از تکیه‌گاه آزاد، امکان‌پذیر می‌گردد.

۵- نمونه‌هایی از اقدامات بهسازی

نمونه‌هایی از اقدامات بهسازی به شرح زیر می‌باشد:

۵-۱- نمونه‌ای از کاهش تأثیر نیروی اینرسی و تغییر مکان پاسخ

نمونه‌ای از کاهش تأثیر نیروی اینرسی و تغییر مکان پاسخ در شکل ۵-۹ نشان داده شده است.

مثال	اثر زیاد	اثر کاهنده
مثال ۱		
مثال ۲		
مثال ۳		

شکل ۵-۹ نمونه‌ای از اثر کاهنده نیروی اینرسی و تغییر مکان پاسخ

در مثال ۱، قید عمودی به منظور جلوگیری از تغییر مکان نسبی لوله فرعی، جلوگیری از برخورد سازه کوچک و ضعیف مجاور و نیز جلوگیری از افتادن از سازه قابی به علت لغزش لوله بزرگ‌تر بر روی سازه قابی، در نظر گرفته شده است.

omoorepeyman.ir

در مثال ۲، تکان لوله‌های آویزان توسط کابل ثابت در راستای محوری، توسط میله‌ای مهار شده است تا بار لرزه‌ای بر نازل کمپرسور تأثیر نگذارد.

در مثال ۳، پس از پایین آمدن لوله تا موقعیتی که تغییر مکان پاسخ آن کوچک است، لوله به سمت یک سازه قابی پیش می‌رود تا لوله قرار گرفته بر روی سازه قابی، تأثیری از تغییر مکان نسبی برج تکیه‌گاه (دامنه) را دریافت ننماید.

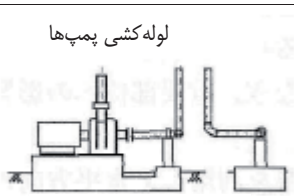
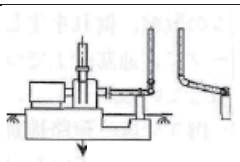
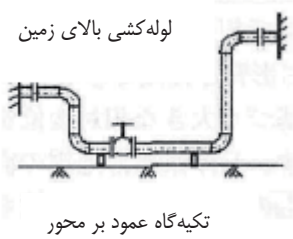
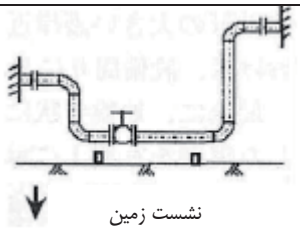
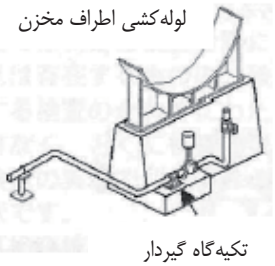
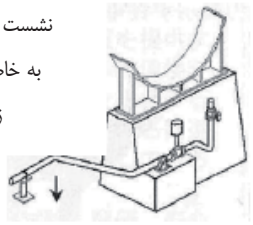
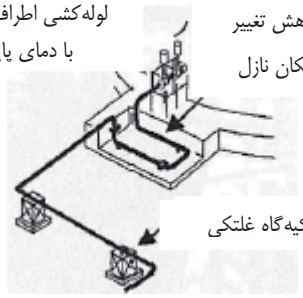
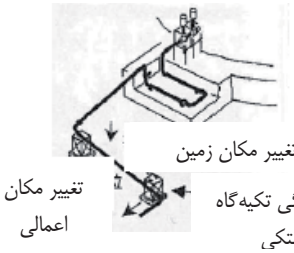
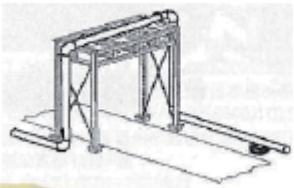
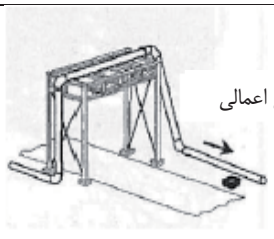
در بالای برج می‌توان تکیه‌گاه حلقوی (lug) در نظر گرفت تا قفل‌شدگی کنترل شده و تغییر مکان نسبی برای فاصله مهارها، کاهش یابد.

تکیه‌گاه مهاری که در موقعیتی دورتر از مرکز ثقل به تیر متصل شده است در صورت عدم وجود مهار، مانند یک فنر چرخشی، با تیر شروع به تکان خوردن و حرکت می‌کند.

۲) نمونه‌ای از کاهش اثر از طریق حرکت پی

نمونه‌ای از کاهش اثر از طریق حرکت پی، در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است. در جدول ۵-۲ نیز نمونه‌ای از ارزیابی عملکرد لرزه‌ای و اقدامات مربوطه ارائه گردیده است.

omoorepeyman.ir

مثال	اثر زیاد	اثر کاهنده
مثال ۱		
مثال ۲		
مثال ۳		
مثال ٤		
مثال ٥		

شکل ۵-۱۰ نمونه‌هایی از اثر کاهنده جابجایی پی

در مثال ۱، برای فرونشست پمپ، پی مشترک به صورت یکپارچه اجرا و اثر نازل کاهش یافته است.

در مثال ۲، یک تکیه‌گاه موضعی برای لوله‌ای بین سازه‌های تکیه‌گاهی به صورت قید عمودی و تکیه‌گاه آزاد ایجاد شده و اثر فرونشست زمین، کاهش یافته است.

omoorepeyman.ir

در مثال ۳، برای لوله تخلیه مربوط به مخزن استوانه‌ای افقی، از رسیدن اثر مربوط به ناحیه بحرانی (از شیر قطع اضطراری به نازل) حتی در صورت وقوع حرکت زمین، جلوگیری شده است و این کار توسط ثابت نمودن لوله نوک شیر قطع اضطراری بر روی پی مشترک با مخزن انجام شده است.

درباره لوله موجود بر روی نوک تکیه‌گاه ثابت، از انعطاف‌پذیری لوله مستقیم و زانویی اطمینان حاصل شده، واکنش لوله کاهش یافته و طراحی تکیه‌گاه لوله ثابت، آسان شده است.

در مثال ۴، در مورد پر و خالی شدن لوله مخزن با کف تخت و در دمای پایین، پس از ایجاد انعطاف‌پذیری به منظور جذب تغییر مکان‌های نسبی بزرگ قائم و افقی که برای زانویی، لوله مستقیم و تکیه‌گاه آزاد انجام شده است، اثر بر روی ناحیه بحرانی از طریق ایجاد اتصال به حلقه لوله‌ها به منظور جذب تغییر مکان نازل (در هنگام ورود مایع، انقباض و سقوط نازل) که بر روی پی مشترک واقع شده‌اند، کاهش می‌یابد.

در مثال ۵، یک تغییر مکان نسبی افقی با استفاده از بخش عبور از روی جاده، جذب شده است. اگر تغییر مکان نسبی در مجاورت دیوار ساحلی جذب شود، اثر منتقل شده به اطراف تأسیسات، قابل کاهش و استهلاک می‌باشد. در این حالت تغییر مکان افقی بزرگ می‌باشد. مثال ارزیابی عملکرد لرزه‌ای و طرح اقدامات مربوط به لوله‌های موجود، در جدول ۵-۲ نشان داده شده است. بعلاوه، ارزیابی عملکرد لرزه‌ای و طرح اقدامات مربوط به سازه قابی موجود (سازه تکیه‌گاهی لوله) توسط روشی مشابه روش مربوط به لوله‌ها، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. روش نصب صفحات فلنج در مقطع فولادی عضو از طریق جوشکاری، معمولاً به عنوان روش بهبود عملکرد سازه قابی موجود (تیرها و بادبندها) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۲ نمونه‌ای از ارزیابی عملکرد لرزه‌ای و اقدامات مربوطه

مورد	لوله‌های مورد نظر	نتیجه ارزیابی لرزه‌ای عملکرد	اقدامات	نکات
کمبود قیدهای موجود در مسیر لوله در راستای عمود بر محور	کلیه لوله‌ها	از آنجا که قیدهای موجود در راستای عمود بر محور لوله کافی نمی‌باشند، تنش ایجاد شده در لوله، در بخش تکیه‌گاه و در لوله در راستای عمود بر محور، از حد مجاز بیشتر می‌شود.	قید عمود بر محور برای لوله اضافه می‌شود.	توجه زیاد به لوله قائم (افتادن لوله از روی میله‌های تکیه‌گاهی)
کمبود قیدهای موجود در مسیر لوله در راستای محوری	بسیاری از لوله‌های موجود بر روی میله های تکیه‌گاهی (rack)	تنش ایجاد شده در لوله، در محل زانویی در لبه یک لوله مستقیم و نیز بخش تکیه گاهی لوله عمودی موجود، از تنش مجاز بیشتر می‌شود، چرا که لوله در راستای محوری مقید نشده است.	قید در راستای محوری به تکیه‌گاه لوله اضافه می شود.	توجه به بخش تکیه‌گاهی اضافی لوله به منظور افزایش مقاومت تکیه گاه درزمان افزایش احتمال بار حین زلزله، ضروری می‌باشد.
کمبود قیدهای موجود در انشعاب لوله	لوله‌های موجود در میله‌های تکیه‌گاهی و تجهیزات اطراف لوله ها	از آنجا که قیدهای لوله‌های انشعابی ناکافی هستند، تنش ایجاد شده در اتصالات انشعابات از تنش مجاز تجاوز نماید.	تکیه‌گاه لوله عمود بر محور به لوله انشعابی افزوده می‌شود.	برای اتصالات انشعاب، ضریب تمرکز تنش بالا بوده و تنش ایجاد شده به سادگی افزایش می‌یابد.
کمبود قیدهای موجود در تجهیزات اطراف نازل	لوله اتصال بین تجهیزات و نازل	نیروی اضافی به نازل سیستم در زمان زلزله وارد می‌شود، زیرا قیدهای لوله‌های اطراف نازل سیستم ناکافی می‌باشد و تنش ایجاد از تنش مجاز تجاوز می‌نماید.	برای کاهش بار نازل، تکیه گاه‌های لوله اضافه می‌شود.	لوله‌های متصل به مخزن ممکن است دارای ضریب لرزه‌ای بالایی باشند، زیرا فهرست اهمیت لوله‌ها، دارای فهرست اهمیتی یکسانی از تجهیزات تا حد شیر قطع گاز می‌باشد.
اثر تغییر مکان نسبی در زلزله	لوله‌های نگه داشته شده از طریق سازه های تکیه‌گاهی	به علت ایجاد تغییر مکان نسبی بین سازه های مختلف و در لوله‌های متقاطع بین این سازه‌ها در زمان زلزله، تنش ایجاد شده از تنش مجاز تجاوز می‌نماید.	با کاهش تکیه‌گاه عمود بر لوله، انعطاف‌پذیری افزایش می‌یابد.	با کاهش تکیه‌گاه لوله، تنش ناشی از شتاب زلزله افزایش یافته و بنابراین تنها اقدامات مربوط به تغییر تکیه‌گاه لوله، کافی نمی‌باشد.

۵-۱-٤- ایمنی اجرا و هزینه

پس از ارائه تقریبی اقدامات بهسازی، باید امکان اجرای اقدامات مورد بررسی قرار گیرد.

بهسازی با شرایط تعویض لوله‌ها در صورتی که بهره‌برداری قابل توقف نباشد، نیازمند مطالعه و بررسی می‌باشد.

عبور لوله‌ها از روی یکدیگر و تقاطع آن‌ها بین سازه‌های مختلف به منظور داشتن قابلیت جذب تغییر مکان نسبی و مقاومت در برابر شتاب زلزله مشکل بوده و اقدامات بهسازی ممکن است تنها با تعویض لوله‌ها کافی نبوده و نیاز به تغییر شرایط تکیه‌گاهی وجود داشته باشد. در این حالت، باید شرایط محدود کننده، بررسی شود.

تصمیمات مربوط به اقدامات بهسازی با توجه به ایمنی، عملی و اقتصادی بودن، گرفته می‌شود.

پس از محاسبه هزینه بهسازی و نوسازی، در صورتی که هزینه بهسازی بیشتر یا معادل با نوسازی باشد، نوسازی توصیه می‌شود. در این حالت، گزینه‌های بسیاری مانند تغییر مسیرها و غیره نیز به وجود می‌آید.

omoorepeyman.ir

۵-۲- محفظه افقی

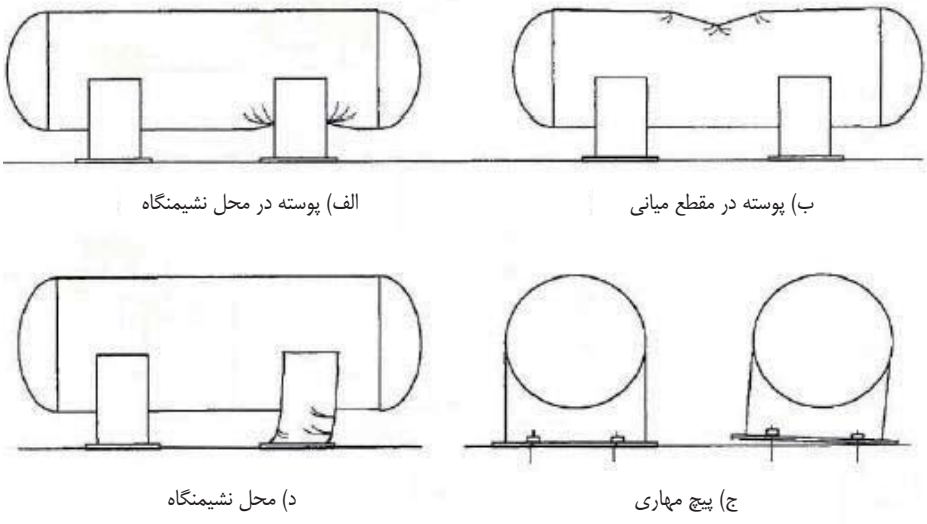
محفظه یا وسل استوانه های جدار نازک تحت فشاری هستند که برای نگهداری فراورده های پرفشار استفاده می‌شوند. بدنه طولی استوانه‌ای و دو انتهای شبه نیمکره ای، ویژگی‌های شاخص شکل کلی این محفظه‌ها می‌باشد.

برای تحلیل رفتار لرزه‌ای، ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای آن‌ها باید به بدنه، پایه های زینی و کمربندی، اتصال به پی و خود پی پرداخت.

در این قسمت نحوه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای این محفظه‌ها با توجه به استفاده از آن‌ها در سامانه های گاز و رفتارشان در زلزله های گذشته و مدهای آسیب مشاهده شده ارائه می‌گردد.

۵-۲-۱- مدهای آسیب

در آیین‌نامه طراحی تجهیزات جدید، محاسبه برای چهار حالت آسیب پوسته در نشیمنگاه، پوسته در مقطع میانی، نشیمنگاه و پیچ مهار انجام می‌شود. حالت‌های آسیب در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۵-۱۱ مدهای آسیب محفظه افقی

۵-۲-۲- روند نمای ارزیابی لرزه‌ای

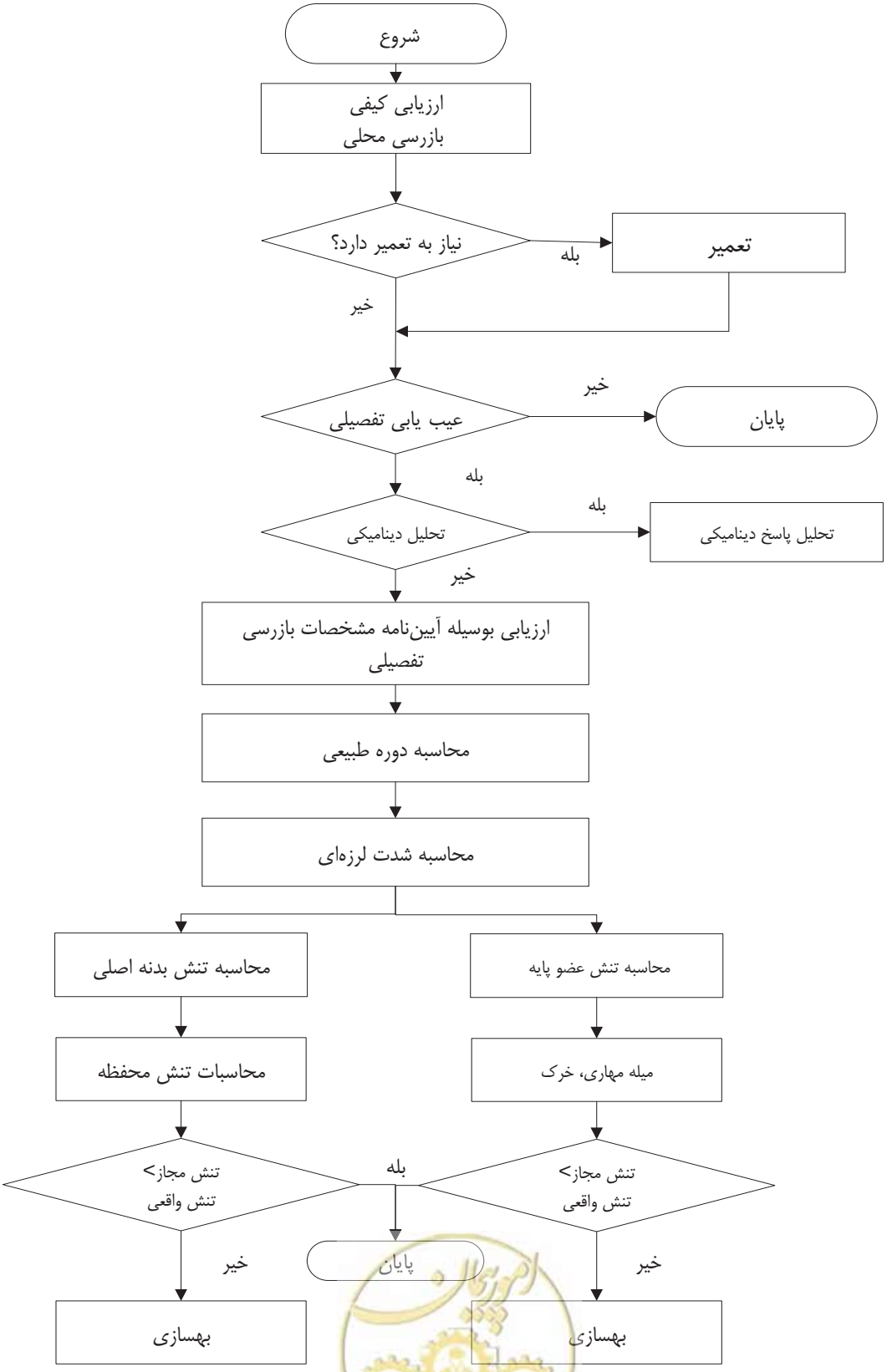
روش ارزیابی که در روند نمای شکل ۵-۱۲ نشان داده شده، روش تفصیلی می‌باشد.

روش دیگری برای ساده‌سازی مدل تحلیلی و روش محاسبه ارائه شده است که در آن حالت آسیب حاکم و موارد مطالعاتی متناظر برای ارزیابی آسان تجهیزات موجود با شرایط نصب مختلف، بررسی شده است.

این روش برای محاسبه تنش در تکیه‌گاه و قضاوت درباره مقاومت بر اساس تنش مجاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای تجهیزاتی که با الزامات تحلیلی سازگار نمی‌باشند، ارزیابی با استفاده از روش تفصیلی شامل تحلیل پاسخ دینامیکی و مدل سازی دقیق، باید انجام شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۱۲ روند نمای ارزیابی محفظه افقی

omoorepeyman.ir

۵-۲-۳- بهسازی مخازن افقی

- اولویت بهسازی مخازن افقی بر اساس وسعت خسارت وارده بر این مخازن بعد از زلزله انجام می‌شود.
- یکی از عوامل اصلی، فاصله از مرزهای سایت مرکزی است.
- عامل دیگر نوع گاز و خطر آن برای انسان در صورت نشت به بیرون می‌باشد.
- وسعت خسارت اجتماعی و اقتصادی و هزینه‌های بازسازی نیز در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.
- هر مود آسیب بر اساس وسعت آن اولویت‌بندی می‌شود.
- عامل شدت آسیب بر اساس میزان خطر برای انسان، هزینه‌ها و دیگر عوامل ذکر شده تعیین می‌شود.
- روش ارزیابی کیفی تفصیلی روشی است که مودهای آسیب را شناسایی کرده و راه حل‌های مناسبی نیز برای جلوگیری از آن‌ها ارائه می‌دهد.
- جهت تعیین اولویت‌های بهسازی، معیارهای بهسازی باید تعیین گردد.

اساس و روش اصلی بهسازی به صورت زیر می‌باشد:

۱- ارزیابی کیفی

تجهیزاتی که در بررسی‌ها معیوب تشخیص داده شده‌اند. باید اندازه‌گیری و بررسی شوند.

در مورد آسیب‌های جزئی، اندازه‌گیری‌ها باید در سطح بررسی‌های روزانه و ساده انجام شود و از مفاد کیفی برای توصیف اقدامات بهسازی مربوط به مقاومت لرزه‌ای، استفاده شود.

در مورد آسیب‌های جدی باید از بررسی‌ها و ارزیابی‌های تفصیلی استفاده شود.

۲- بهسازی بر اساس ارزیابی تفصیلی

الف) نکات شایان توجه برای طرح بازسازی

i) قسمت تحت فشار نباید به طور مداوم اندازه‌گیری و آزمایش شود.

ii) از تشکیل ناپیوستگی سازه‌ای و تمرکز تنش باید اجتناب گردد.

iii) هماهنگی کل تأسیسات از نظر عملکرد، اندازه‌گیری، اقتصادی و ... باید مورد توجه قرار گیرد.

iv) سازه موجود و سازه جدید باید با به صورت یک سیستم یکپارچه با هم کار کنند.

ب) قسمتی که باید بهسازی شود:

در این راهنما، اقدامات بهسازی برای محدود کردن مودهای آسیب و کنترل آسان مقاومت لرزه‌ای تجهیزات موجود، با توجه به نحوه نصب و مشخصات متفاوت آن‌ها، توضیح داده شده است.

روش طراحی بهسازی اساساً بر پایه ارزیابی تفصیلی ساده و محدود به چندین مود آسیب می‌باشد.

۳- ارزیابی تفصیلی ساده شده :

الف) شرایط استفاده از ارزیابی تفصیلی ساده شده

پیچ‌های مهاری در مخازن افقی استوانه‌ای، ضعیف‌ترین نقاط هستند.

omoorepeyman.ir

در مواردی که شرایط زیر محقق شود فقط با محاسباتی ساده می‌توان طراحی بهسازی پیچ‌های مهاری را انجام داد:

i) خوردگی جدی در مخزن، سازه محافظ و اعضاء پی وجود نداشته باشد.

ii) اندازه، وزن و شکل سازه در محاسبات باید بر اساس سازه واقعی در نظر گرفته شده باشد.

iii) لوله‌ها و پایه‌های آن‌ها، اثرات قابل ملاحظه‌ای بر رفتار لرزه‌ای سازه اصلی، نداشته باشند.

iv) مخزن را می‌توان یک سازه صلب فرض کرد.

v) مرکز ثقل و مرکز صلب سازه بر هم منطبق هستند و باعث لرزش پیچشی نمی‌شوند.

vi) پی باید مستقیماً روی زمین قرار داشته باشد، همچنین ارتفاع پایه پی باید کمتر از ۳ متر از سطح زمین تا پایین‌ترین وجه صفحه پای ستون باشد.

حتی اگر خصوصیات و شرایط سازه در اثر خوردگی‌های زیاد یا تعمیر یا بهسازی تغییر کند، مقاومت لرزه‌ای را می توان با این روش ساده به دست آورد، به شرطی که ضخامت موثر موجود اندازه‌گیری شده و شکل سازه در طراحی‌های بهسازی و تعمیر تثبیت شود.

ب) حدود مجاز تنش

تنش برشی مجاز پیچ مهاری $\frac{1}{\sqrt{3}}\mathrm{S_U}$ فرض می‌شود. در این فرمول S_U مقاومت کششی است.

در فرمول محاسباتی نشان داده شده در فوق از روش تنش مجاز استفاده شده است. روش ارزیابی کیفی شده، در واقع روش طرح بهسازی است که در آن ضریب ثابت بزرگنمایی پاسخ افقی برای راحتی کار برابر با ۲ در نظر گرفته می‌شود.

برای تقویت برشی پیچ مهاری با روش ارزیابی تفصیلی ساده شده می‌توان در محاسبات سازه‌ای از مقاومت لرزه ای ارتقاء یافته صرف نظر کرد. زیرا اندازه اعضایی از قبیل سخت‌کننده‌ها بر اساس مطالعه موردی، تعیین می شود.

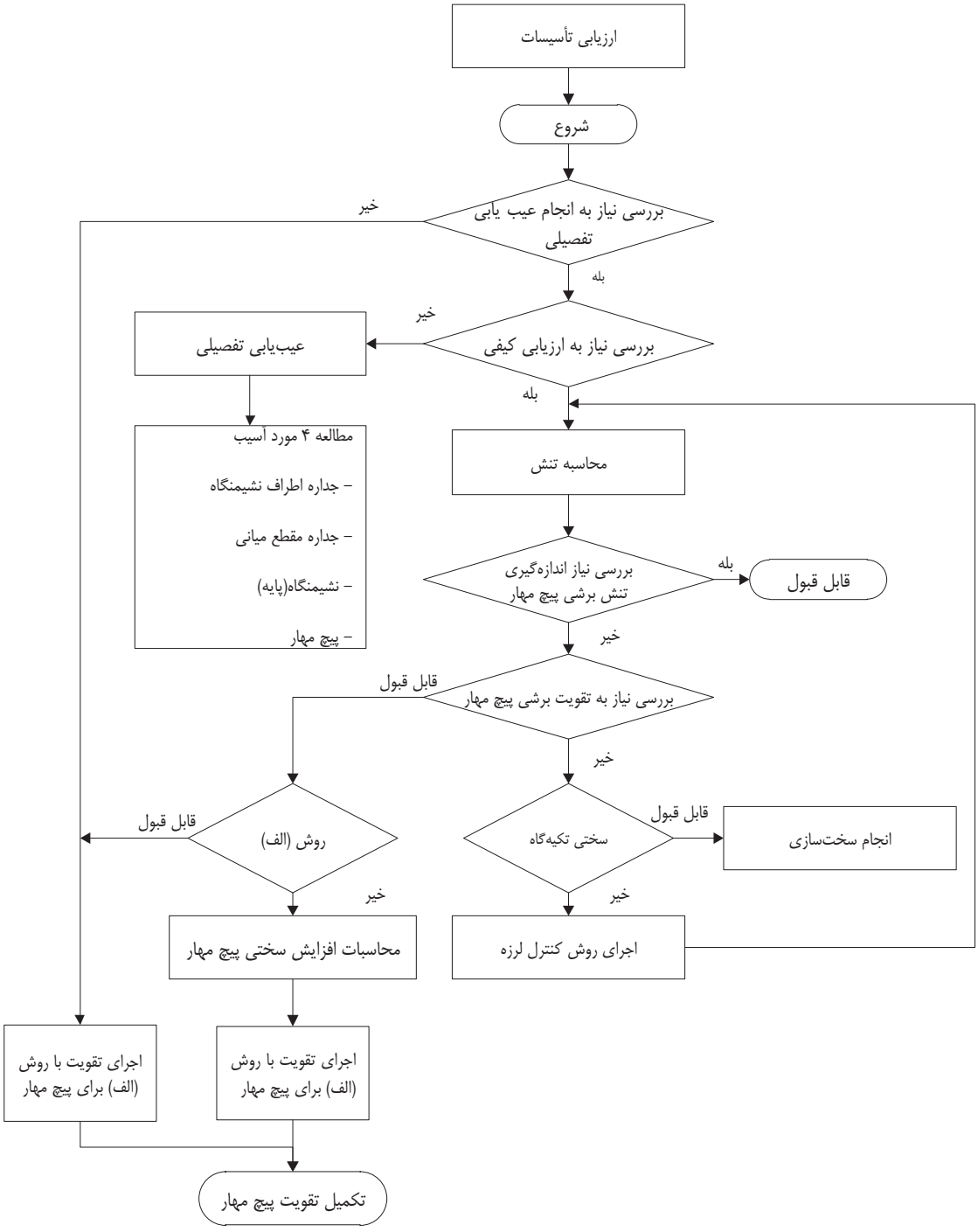
۴- ارزیابی تفصیلی

مخازن افقی که دارای شرایط کاربرد ارزیابی تفصیلی ساده شده نباشد، باید عملکرد لرزه‌ای آن‌ها با استفاده از آیین‌نامه طراحی با اطلاعات اندازه‌گیری شده در ارزیابی کیفی، بررسی گردد.

وضعیت تنش تجهیزات بهسازی شده باید برای حالت آسیب کلی ارزیابی شود.

روند اقدامات بهسازی مقاومت لرزه‌ای در شکل ۵-۱۳ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۱۳ روند نمای بهسازی محفظه های افقی گاز

۵-۲-٤- روش‌های بهسازی

۱- اقدامات بهسازی بر اساس نتایج مطالعات میدانی

اقدامات بهسازی برای تجهیزاتی که از طریق بررسی معیوب تشخیص داده شده‌اند، به شرح زیر می‌باشند.

این اقدامات معمولاً، اقدامات با قابلیت اجرایی آسان می‌باشند.

مطالعه ایمنی هنگام ساخت و اثرات بهسازی، قبل از اجرا باید انجام شود.

omoorepeyman.ir

۱-۱- پی

در صورت وجود ترک در پایه، رزین تزریق می‌شود ولی اندازه ترک‌ها باید بطور نسبی کوچک باشند.

۱-۲- خوردگی

اگر تهدید جدی برای پیچ‌ها مطرح می‌باشد، ابتدا باید زنگارها را پاک کرده و سپس رنگ‌کاری و روغن‌کاری انجام شود.

۱-۳- آسیب پیچ و مهره

پیچ‌ها، دوباره شیار زده می‌شوند و مهره‌ها نیز با مهره‌های جدید جایگزین می‌شوند.

۱-۴- شل شدگی

الف) در مواردی که پیچ کج شده و مهره درست سر جایش قرار نگرفته و به صفحه پایه نمی‌چسبد، با قرار دادن واشر بین پیچ و صفحه پایه، آن‌ها را بهم چسبیده است.

ب) پیچ‌ها توسط آچارهای مخصوص بطور یکنواخت محکم شوند.

۱-۵- اضافه کردن لوله

الف) بهتر است که محل آن مستقیماً از طرف مخزن مهار شود.

ب) پله‌ها، راهروها، و ... در کنار سازه اصلی و زمین و یا در خود سازه اصلی قرار بگیرند.

ج) لوله محافظ سوپاپ‌ها و اندازه‌گیرها در سازه کوتاه باشند.

د) سوپاپ‌ها و لوله‌ها حتی اگر توسط لوله‌های کوتاه مهار شوند، بهتر است به مخزن متصل باشند تا همانند یک سازه صلب عمل کنند و همان خواص لرزه‌ای را داشته باشند.

ه) بهتر است، در سوپاپ خروج و سوپاپ قطع که زیر مخزن نصب گشته‌اند و از طرف زمین نیز محافظت می‌شوند یک فضای خالی بین سوپاپ و محافظ در نظر گرفته شود.

و) دهانه لوله، مقاومت کافی در برابر فشارهای خارجی را داشته و انعطاف پذیری لوله‌ها نیز در نظر گرفته شده باشد.

ز) بهتر است لوله‌هایی که مستقیماً بین تأسیسات محفظه مجاور ارتباط برقرار می‌کنند، دارای خم Uشکل و خم لوله باشند.

ح) لوله‌هایی که به داخل دیواره‌های محافظ مایعات وارد می‌شوند، دارای انحناء باشند و از استفاده لوله مستقیم پرهیز شود.

i) بهتر است در ابتدای لوله‌هایی که در زیرزمین کار گذاشته می‌شوند، از خم لوله استفاده شود.

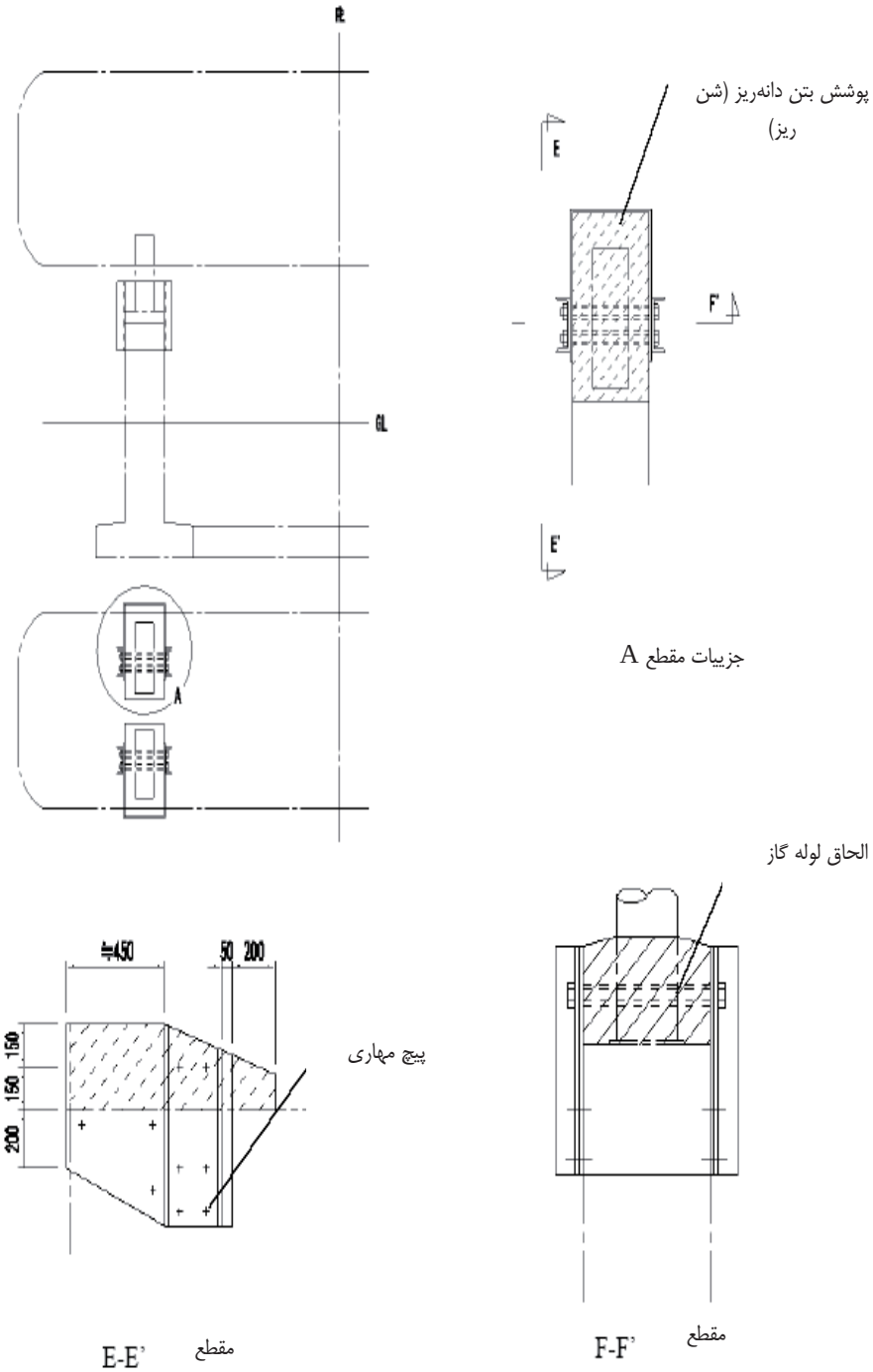
۲- اقدامات بهسازی لرزه‌ای بر اساس ارزیابی تفصیلی

۲-۱- تقویت برشی پیچ‌های مهاری

روش‌های بهسازی مخازن افقی با استفاده از روش ارزیابی تفصیلی در شکل‌های ۵-۱۴ تا ۵-۲۲ نشان داده شده است. این روش‌ها بر اساس نوع مخزن انتخاب گردیده‌اند.

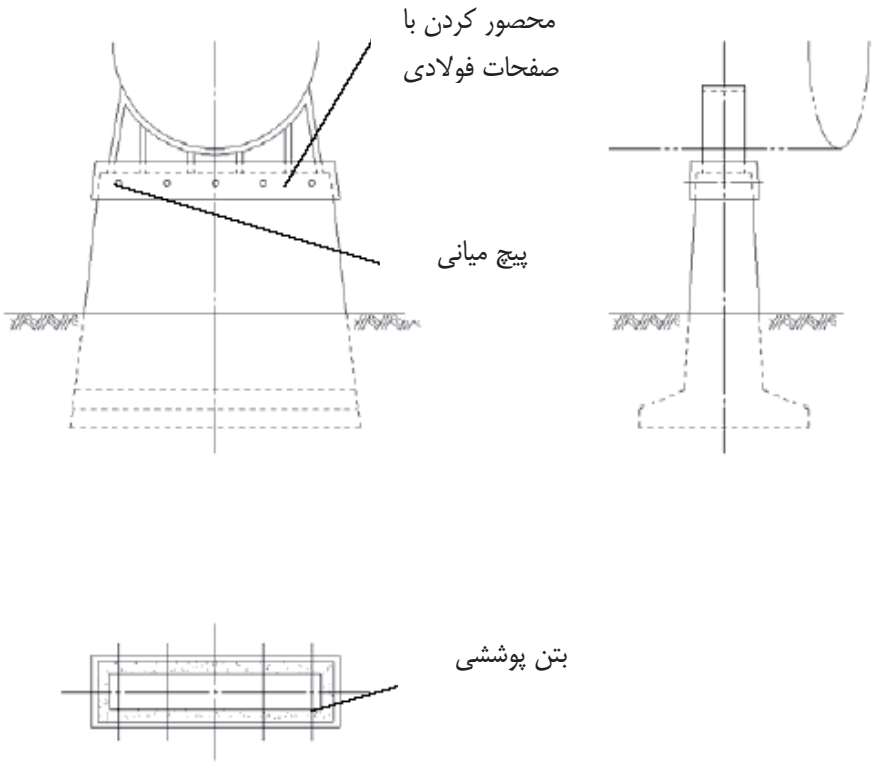
قسمت‌های موجود با قسمت‌های تقویتی جدید، توسط پیچ به هم متصل می‌شوند.

omoorepeyman.ir

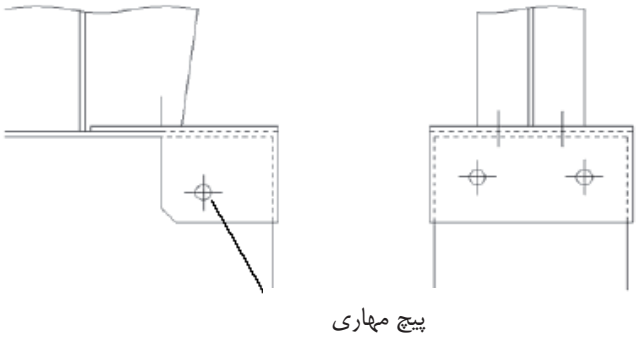


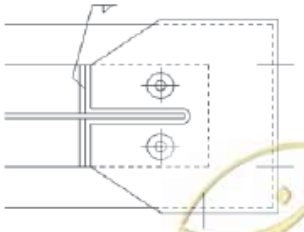
شکل ۵-۱۴ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (الف)

omoorepeyman.ir



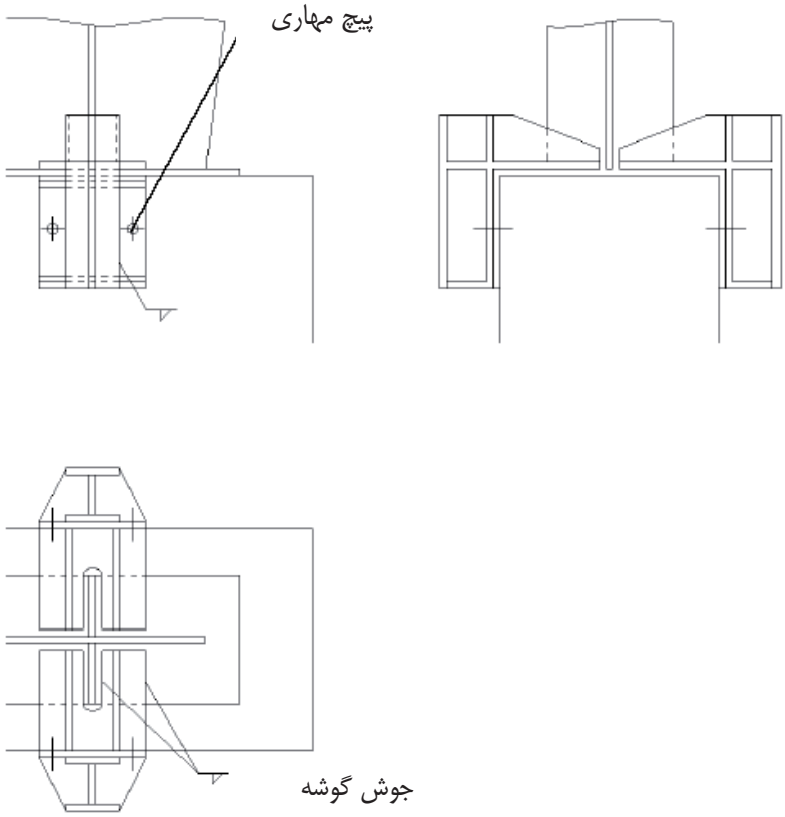
شکل ۵-۱۵ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (ب)



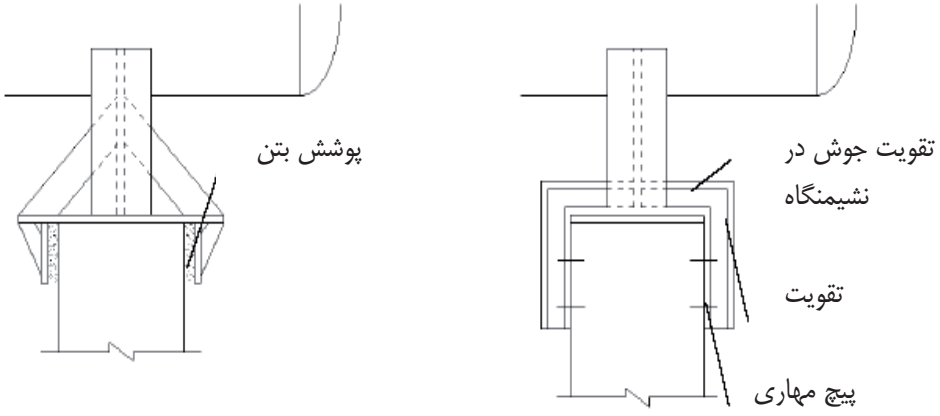


شکل ۵-۱۶ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (ج)

omoorepeyman.ir

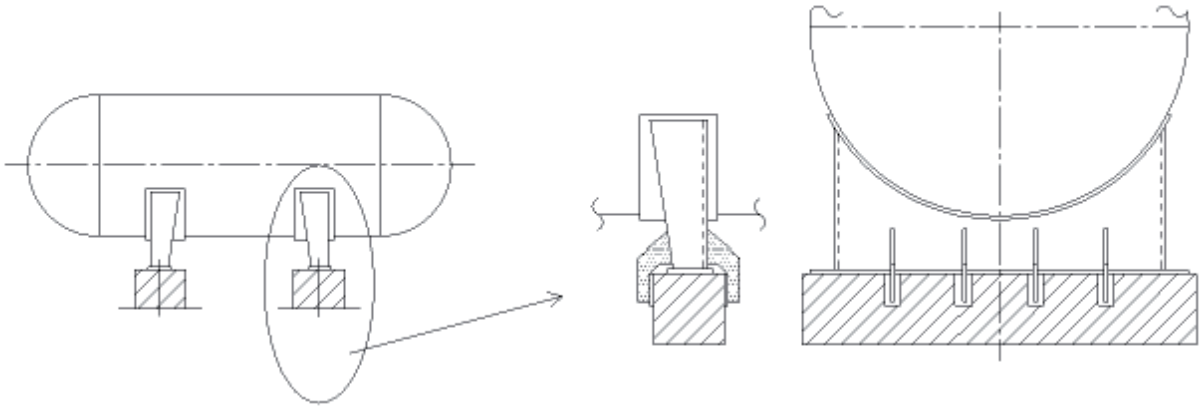


شکل ۵-۱۷ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (د)



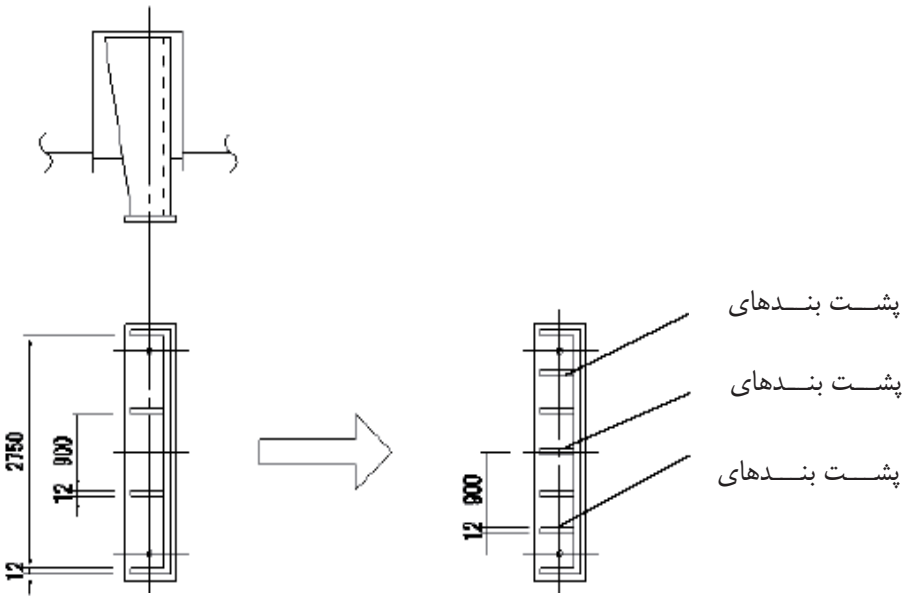
شکل ۵-۱۸ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (ه، و)

omoorepeyman.ir



شکل ۵- ۱۹ نمونه بهسازی لرزه‌ای پیچ‌های مهاری (ز)

۲-۲- کاهش تنش فشاری نشیمنگاه (تنش‌زدایی)



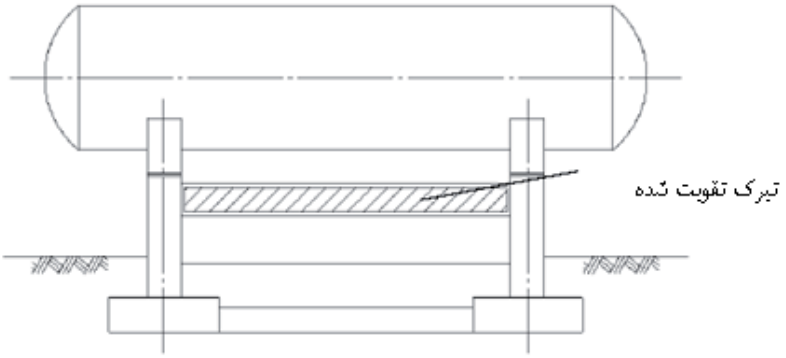
شکل ۵-۲۰ نمونه کاهش تنش فشاری نشیمنگاه (تنش‌زدایی)

۲-۳- تقویت سازه تکیه‌گاه

الف) مقاوم‌سازی با تیر در قسمت روزمینی

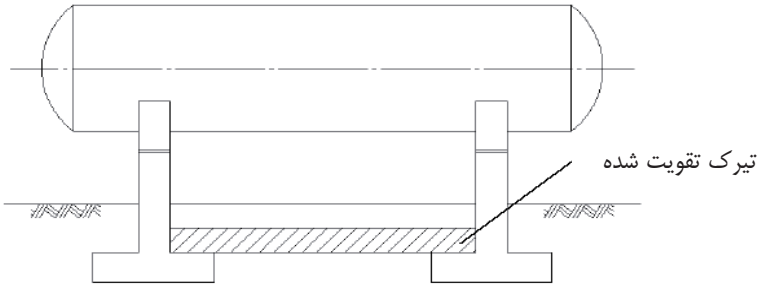
در این حالت از طریق بهبود صلبیت سازه تکیه‌گاهی و کاهش پریود طبیعی آن، با اثر لرزه مقابله می‌شود.

omoorepeyman.ir



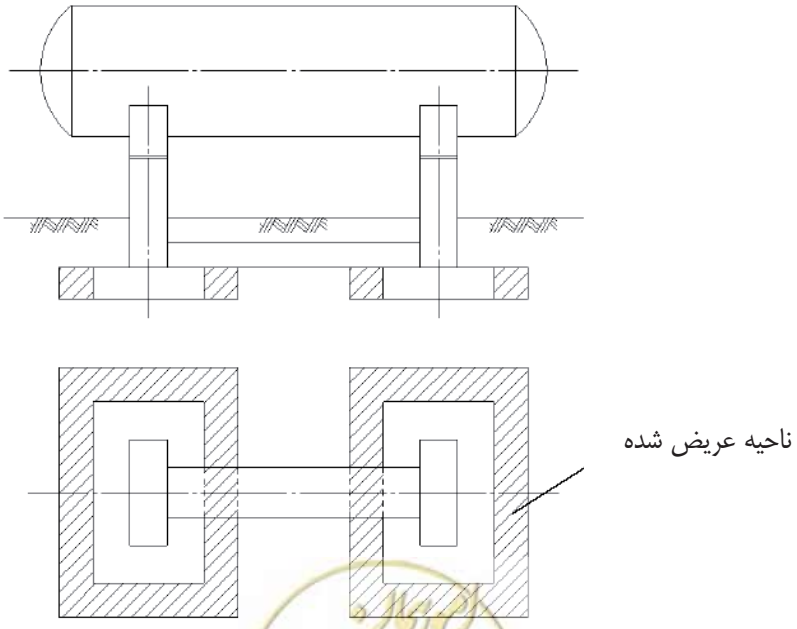
ارتقاء سختی با تیر

ب) مقاوم‌سازی با تیر در قسمت زیرزمینی



ارتقاء سختی با تیر زیرزمینی

ج) مقاوم‌سازی با افزایش ابعاد شالوده

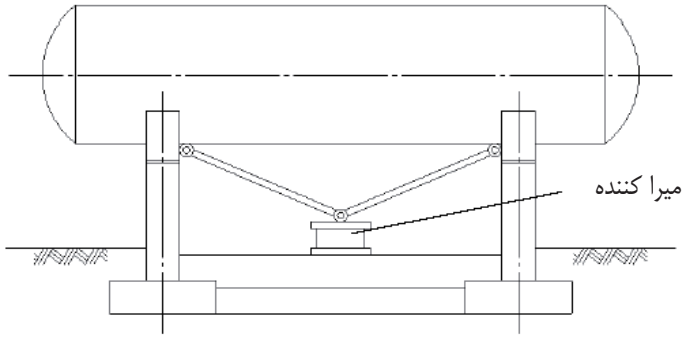


شکل ۵-۲۱ نمونه ارتقاء سختی با افزایش مقاومت پایه و پی

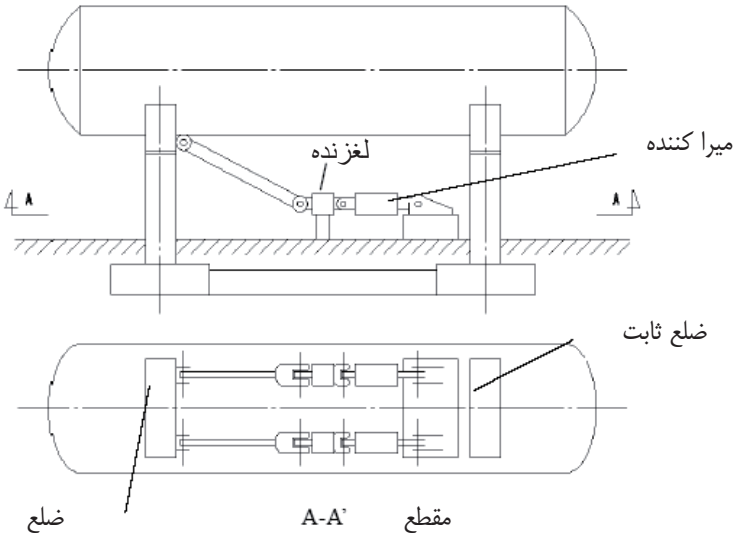
د) روش کنترل ارتعاش

در این روش با استفاده از میر اگر اضافی در تکیه‌گاه، اثرات لرزه‌ای کاهش داده می‌شود.

omoorepeyman.ir



نمونه اول از یک میرا کننده



نمونه دوم از یک میرا کننده

شکل ۵-۲۲ تعیین روش بهسازی از نظر ایمنی، عملی بودن و هزینه

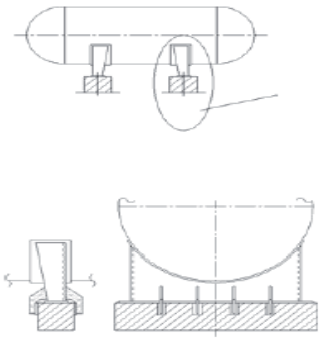
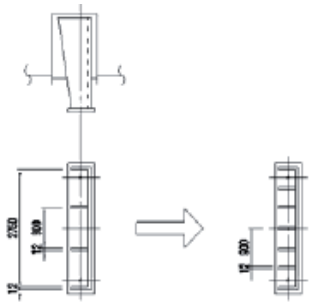
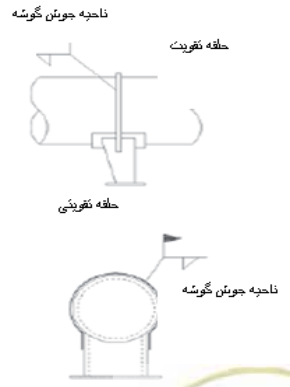
با توجه به اقدامات بهسازی متفاوت هزینه‌ها محاسبه شده، و با توجه به ایمنی و اجرایی بودن اقدامات مختلف با هم مقایسه می‌شوند.

از آنجا که هزینه بهسازی معمولاً به هزینه مصالح در زمان و محل مورد نظر بستگی دارد، برتری و انتخاب روش مناسب معمولاً برحسب مورد و محل مورد نظر، متفاوت می‌باشد.

نحوه مقایسه داده شده در جدول ۵-۳ می‌تواند راهنمای خوبی برای مقایسه گزینه‌های بهسازی و انتخاب بهترین آن‌ها باشد.

omoorepeyman.ir

جدول ۵-۳ مقایسه اقدامات بهسازی

نمای کلی تقویت	روش	تجهیزات	مشخصات معیارهای بهسازی				
			محدودیت در طرح	قابلیت اجرایی	هزینه	مقاومت	شکل‌پذیری
	تقویت پیچ مهار با افزودن صفحات تقسیم	مخازن افقی	○	○	○	●	○
در موارد وجود تنش نامساعد در پیچ مهاری	توضیح						
	تقویت نشیمنگاه با افزودن پشت‌بند	مخازن افقی	○	○	○	●	○
برای حالت کافی نبودن مقاومت نشیمنگاه	توضیح						
	تقویت نشیمنگاه با استفاده از حلقه تقویتی	مخازن افقی	Δ	Δ	●	●	●
در مواردی که تنش مخزن از حد مجاز بیشتر و جوشکاری در مخزن امکان‌پذیر است، این روش محدودیت دارد.	توضیح						

علامت ● نشان دهنده روش با بهترین اثر، علامت ○ نشان دهنده روش با اثر خوب و علامت Δ نشان دهنده روش بدون اثر واضح و مشهود (نامشخص) می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۵-۲-٤- سایر اقدامات پیشگیرانه

می‌توان با محدودسازی سطح مایع در داخل مخزن، به جای اعمال روش‌های بهسازی ایمنی لرزه‌ای را افزایش داد. با کاهش سطح مایع، پریود طبیعی سازه کاهش یافته و نیروی زلزله بطور قابل ملاحظه ای کاهش می‌یابد.

۱- تمهیدات کاهش ورودی لرزه‌ای با کاستن از سطح مایع

نحوه عملکرد در برابر زلزله معمولاً بر این اساس گذاشته شده که تا ۹۰٪ محفظه از مایع پر شده است.

وزن موثر W_b بر حسب پریود طبیعی و نیروی لرزه‌ای افقی اصلاح شده، به صورت زیر تعیین می‌گردند.

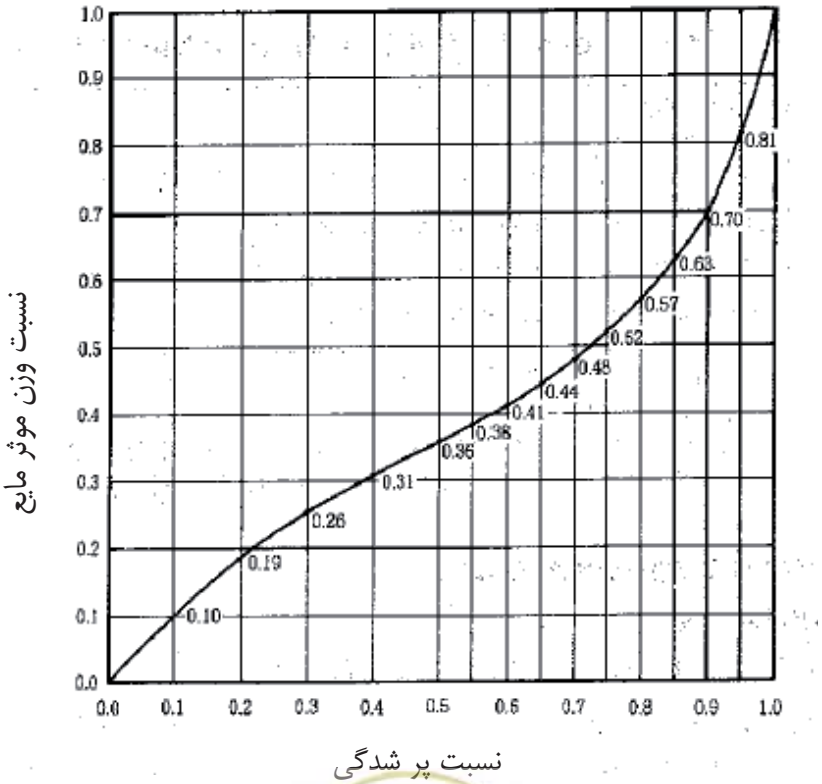
$$F_{MH} = K_{MH}.W_b \qquad (۱-۵)$$

$$W_b = W_D + \alpha W_L \qquad (۲-۵)$$

W_D : وزن مرده تانک (kgf) می‌باشد.

W_L : وزن مایع ذخیره شده در مخزن (وزن حد بالا بعد از اعمال تمهیدات کاهشی) (kgf)

α : نرخ موثر وزن مایع بدست آمده از شکل ۵-۲۳



شکل ۵-۲۳ نرخ موثر وزن مایع

omoorepeyman.ir

۵-۳- برج و محفظه قائم

۵-۳-۱- مدهای آسیب

رایج‌ترین حالت آسیب شامل شل شدن پیچ‌های مهاری و گسیختگی بتن می‌باشد.

بر اثر نیروی لرزه‌ای، هیچ‌گونه آسیبی به خود محفظه وارد نمی‌شود.

در صورت مشاهده کاهش ضخامت جداره در هنگام بازرسی، کنترل ایمنی محفظه ضروری می‌باشد.

مقاومت لرزه‌ای بخش تکیه‌گاهی مانند دامنه و پایه، در مقایسه با محفظه‌های موجود در برج‌ها، یک مسئله مهم می‌باشد. واژگونی، یک حالت مهم آسیب برج می‌باشد.

مقاومت کششی پیچ‌های مهاری و تنش کمانش دامنه و پایه، باید در رابطه با این نوع آسیب، کنترل شوند.

الف) حالت آسیب برج دامنه‌دار (دامنه‌دار)

(i) پوسته

- تسلیم کششی
- کمانش فشاری

(ii) Skrit دامنه

- کمانش فشاری

(iii) پیچ مهاری

- تسلیم کششی

(iv) صفحه پایه

- تسلیم خمشی

ب) حالت آسیب برج پایه‌دار

(i) پوسته

- تسلیم کششی
- کمانش فشاری

(ii) پایه

- تسلیم شدگی

(iii) پیچ مهاری

- تسلیم کششی
- تسلیم برشی
- ترکیب تسلیم کششی و برشی

(iv) اتصالات پایه

ج) حالت آسیب دسته

omoorepeyman.ir

(i) پوسته

- تسلیم کششی
- کمانش فشاری

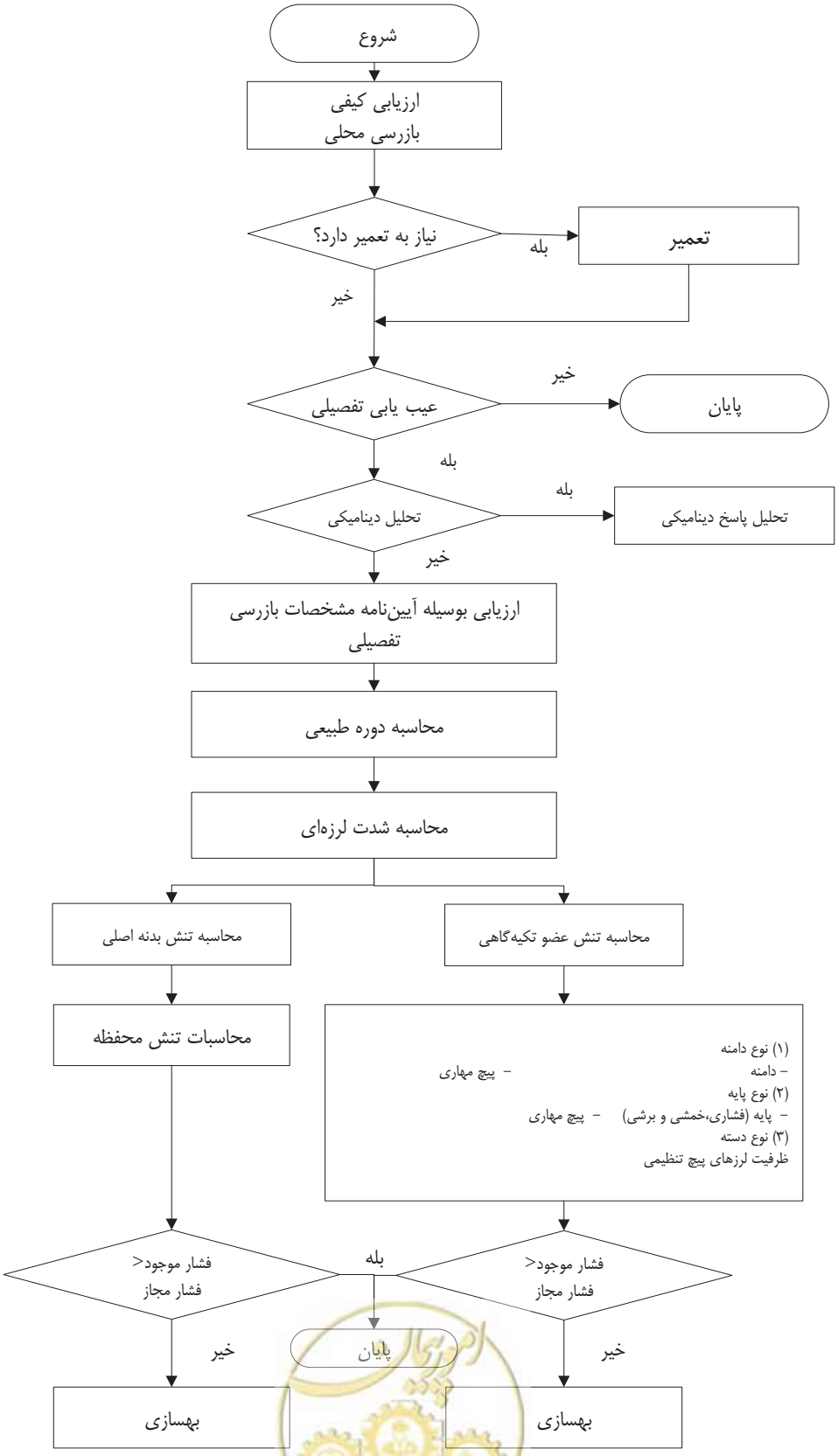
(ii) پیچ تنظیمی

- تسلیم کششی

۵-۳-۲- ارزیابی لرزه‌ای

روند طرح بهسازی بر اساس روش تنش مجاز به صورت زیر می‌باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۲۴ روند ارزیابی تفصیلی برج و محفظه قائم

omoorepeyman.ir

روش ساده دیگری نیز به منظور ساده‌سازی مدل تحلیلی و روش محاسبات وجود دارد که از طریق استخراج مود آسیب غالب و مطالعه موارد مربوط به ارزیابی آسان تأسیسات موجود با شرایط نصب مختلف، انجام می‌شود.

این روش برای محاسبه تنش در تکیه‌گاه و نیز برای قضاوت درباره مقاومت لرزه‌ای تأسیسات با توجه به تنش مجاز بکار برده می‌شود.

اگر این ارزیابی کیفی بکار گرفته شود، از نظر هم خوانی با ملزومات بازرسی محلی با توجه به مدهای آسیب و محدوده مجاز تنش، باید کنترل شود.

برای تأسیساتی که با الزامات تحلیل سازگار نمی‌باشند، باید ارزیابی توسط روش تفصیلی انجام شود که شامل تحلیل پاسخ دینامیکی به همراه مدل‌سازی دقیق می‌باشد.

۵-۳-۳- بهسازی برج و محفظه قائم

- اولویت بهسازی برج و محفظه قائم بر اساس مقدار تخریب برج و محفظه قائم بر اثر زلزله، تعیین می‌گردد.
- عامل تعیین اولویت بهسازی، بر اساس درجه اهمیت می‌باشد که با توجه به فاصله سایت از مرزها، نوع گاز و ظرفیت لوله‌کشی مشخص می‌گردد.
- معیار اصلی تلفات انسانی در صورت نشت گاز می‌باشد.
- از عوامل دیگر مقدار اثر اقتصادی و اجتماعی آسیب می‌باشد. این عوامل، مواردی هستند که بر مشترکین و هزینه بازسازی ساختمان‌ها و غیره، اثرگذار می‌باشند.
- اولویت بهسازی برج و محفظه قائم، در هر مد آسیب، بر اساس بزرگی آثار آن بر برج و محفظه قائم در حالت گسیختگی، تعیین می‌شود.
- ضریب تأثیر عبارت از درجه خطر برای زندگی انسان، هزینه بازسازی و غیره.
- ارزیابی تفصیلی ساده، روشی برای کم کردن دامنه آسیب‌هایی می‌باشد که به راحتی ایجاد می‌گردند.
- برای تعیین اولویت‌های بهسازی، معیارهای لازم باید تعیین گردد.

مبانی و روش بهسازی به شرح زیر می‌باشند:

۱- ارزیابی کیفی

- برای آسیب جزئی، اقدامات در سطح بازرسی روزانه و یک مطالعه ساده، انجام می‌شود و نیز مفهوم کمی برای اقدامات مربوط به ارتقای مقاومت لرزه‌ای تعیین می‌گردد.

۲- بهسازی بر اساس ارزیابی تفصیلی

الف) نکاتی که باید در طرح بهسازی در نظر گرفته شوند.

- ناحیه تحت فشار نباید به طور مکرر بهره‌برداری شود.
- از ناپیوستگی سازه‌ای و تمرکز تنش تا حد امکان اجتناب گردد.
- توازن و هماهنگی میان کلیه تجهیزات از نظر کارکرد، ابعاد و رویکرد اقتصادی تأمین شود.
- سازه موجود و سازه جدید باید به صورت یک مجموعه عمل نمایند.

omoorepeyman.ir

ب) قسمتی که باید بهسازی شود:

در بهسازی لرزه‌ای، لازم است که ظرفیت لرزه‌ای بسیاری از تجهیزات موجود که دارای الزامات نصب و مشخصات گوناگونی می‌باشند، به سادگی بررسی شود.

برای این منظور، در اینجا ارزیابی تفصیلی ساده شده بر اساس آسیب ناشی از زلزله و مطالعه موردی، تشریح می گردد.

این روش بر حالت‌های غالب آسیب تمرکز نموده و به اقدامات بهسازی مربوط به حالت آسیب‌دیدگی محدود می گردد.

تنش در قسمت مورد مطالعه، محاسبه شده و مقاومت لرزه‌ای تأسیسات بر اساس حد مجاز و با توجه به مقاومت نهایی عضو سازه‌ای، تعیین می‌گردد.

در این دستورالعمل، روش طرح بهسازی اصولاً بر اساس ارزیابی تفصیلی ساده شده و تمرکز بر روی چندین حالت آسیب می‌باشد، اما برج‌ها و محفظه‌های قابمی که برای شرایط موجود مناسب نمی‌باشند، باید با توجه به راهنمای طراحی، مورد مطالعه قرار گیرند.

۳- ارزیابی تفصیلی ساده شده

فرض می‌شود که هیچ‌گونه آسیب‌دیدگی قابل توجهی بر روی برج، دامنه، پایه، دسته، قاب و پی، در ارزیابی تفصیلی ساده شده وجود نداشته باشد.

در اولین بازرسی که با دقت زیاد انجام می‌شود، کاهش مقاومت بر اثر خوردگی یا تغییر و صدمات ناشی از تعمیرات، پیش از ارزیابی تفصیلی، بررسی می‌شود.

این امر به علت در نظر گرفتن مصالح سازه با مشخصات بدون سال‌خوردگی می‌باشد.

اگر مشخصات سازه در زمان ساخت بر اثر خوردگی زیاد و یا ترمیم و بهسازی تغییر کرده باشد، مقاومت لرزه‌ای با این روش ساده کنترل می‌شود و ضخامت موثر موجود صفحات، برای کنترل خوردگی و شکل سازه از نظر ایجاد تغییراتی بر اثر ترمیم و بهسازی، با نقشه‌ها کنترل می‌شود.

ج) مود آسیب

در بررسی واژگونی برج‌ها، مقاومت کششی پیچ‌های مهاری، مقاومت کمانشی دامنه یا پایه در ارتباط با این حالت آسیب، مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

در برج مخروطی (دامنه‌دار)، تنش فشاری در پایه دامنی و تنش کششی در پیچ مهاری محاسبه می‌شود.

در برج پایه‌دار، تنش فشاری، خمشی و برشی در پایه و تنش کششی و برشی در پیچ مهاری محاسبه می‌شود.

برای برج‌های با تکیه‌گاه حلقوی Lug، تنش کششی پیچ تنظیمی باید مورد مطالعه قرار گیرد.

از روش تنش مجاز طراحی برای سازه جدید، استفاده می‌شود.

د) حد تنش مجاز

حد مجاز تنش با در نظر گرفتن مقاومت تسلیم، تعیین می‌شود.

omoorepeyman.ir

این محدوده تا حدی که امکان جذب انرژی لرزه‌ای توسط تغییر شکل غیر الاستیک در سازه تکیه‌گاهی به شرح زیر وجود دارد، می‌باشد.

جدول ۵-٤ حدود مجاز

تجهیزات	نام قسمت	نوع تنش	حد مجاز تنش
برج‌های با تکیه‌گاه دامنی	دامنه (حاشیه)	فشار کمانش	کوچک‌ترین مقدار $1.2Et \Big/ (1+0.004\frac{E}{S_Y})D_m$ یا
	پیچ مهاری	کشش	$2S_Y$ یا S_u
برج‌های با تکیه‌گاه پایه‌ای	پایه	فشار کمانش	$\lambda \le \Lambda: \frac{1.8}{\nu}\left\{1-0.4\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}F$ $\lambda > \Lambda: \frac{0.5F}{\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2}$
		خمشی	$1.1S_u$
		ترکیب	$1.1S_u$
		$\sqrt{(\sigma_c+\sigma_b)^2+3\tau^2}$	
	پیچ مهار	کشش	S_u
		برش	$\frac{1}{\sqrt{3}}S_u$
		ترکیب	$\frac{\sigma_t+1.6\tau}{1.4}$
برج‌های با تکیه‌گاه حلقوی Lug	پیچ تنظیمی	کشش	S_u

توضیح فشارها:

S_u: مقاومت کششی

S_Y: نقطه تسلیم

E: مدول الاستیسیته طولی

t: ضخامت صفحه دامنه

D_m: قطر متوسط دامنه

λ: نسبت لاغری

Λ: نسبت لاغری حدی=

(۳-۵)

$$\sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}}, \nu = \frac{3}{2}+\frac{2}{3}\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$$

omoorepeyman.ir

l: طول فشاری پایه= $0.7H_1$

H_1: طول پایه

i: حداقل شعاع ژیراسیون

I:حداقل ممان دوم سطح پای

A: مساحت مقطع پایه

F: حداقل مقدار S_Y یا $0.7S_u$ به عنوان مقاومت استاندارد.

۴- ارزیابی تفصیلی

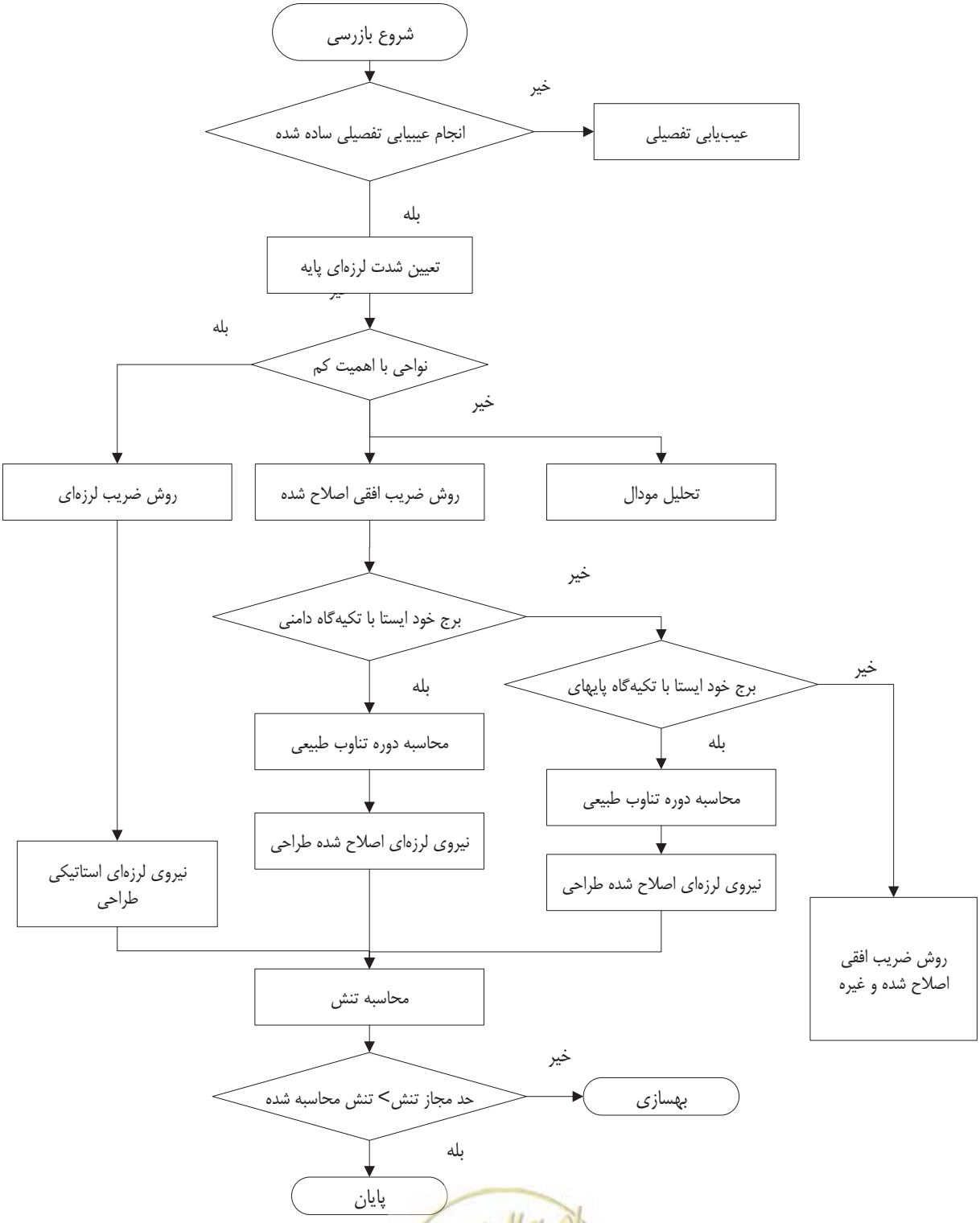
برج و محفظه‌ای که دارای شرایط ارزیابی تفصیلی ساده شده نمی‌باشند، باید بر اساس آیین‌نامه طراحی ارزیابی شوند.

اطلاعات اندازه‌گیری شده با ارزیابی کیفی نیز به آن اضافه گردد.

تأسیسات بهسازی شده برای حالت آسیب کلی باید کنترل و بازنگری شود.

روند بهسازی برای ارتقاء مقاومت لرزه‌ای، در شکل ۵-۲۵ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۲۵ روند نمای روند طرح بهسازی برای ارتقاء مقاومت لرزه‌ای

۵-۳-٤- روش‌های بهسازی

اقدامات بهسازی مربوط به تجهیزات معیوب شناخته شده در بازرسی محلی، آسان و قابل اجرا به حساب می‌آیند.

omoorepeyman.ir

اقدامات بهسازی لرزه‌ای در ارزیابی تفصیلی، اساساً مواردی مانند تقویت برشی پیچ‌های مهاری، آزادسازی تنش‌ها فشاری، تقویت تکیه‌گاه‌ها و روش کنترل لرزش را شامل می‌شود.

۱- ترک بتن پی

- در مواردی که ترک‌هایی با اندازه کوچک در بتن باشد، از تزریق رزین استفاده می‌گردد.
- در موارد وجود ترک نسبتاً کوچک در پوشش ضد حریق، از ملات جهت ترمیم استفاده می‌شود.

۲- خوردگی پیچ

- در صورت وجود خرابی جدی در پیچ‌ها، ابتدا بخش زنگ‌زده تراشیده و سپس روغن‌کاری و رنگ‌آمیزی انجام می‌شود.
- مهره و پیچ تنظیمی که به آسانی امکان جدا شدن دارند، باید عوض شوند.

۳- آسیب و تغییر شکل تکیه گاه

- بخش آسیب دیده و تغییر شکل تکیه‌گاه باید ترمیم شود. در این حالت، مقاومت جدید نباید کمتر از مقاومت اولیه باشد.

۴- شل شدگی پیچ و مهره

- برای مواردی که پیچ دارای انحنا بوده و مهره به صفحه پایه کاملاً محکم نشده است، با قرار دادن یک واشر، می توان مهره را به صفحه پایه محکم نمود.

۵- درباره یک لوله متصل شده و غیره

- در مورد شیر قطع گاز و شیر توقف که در زیر مخزن نصب شده‌اند و از طرف زمین دارای تکیه‌گاه می‌باشند، برای جذب ارتعاش باید فاصله‌ای میان شیر و تکیه‌گاه، در نظر گرفته شود.
- افشانه باید در برابر نیروی خارجی وارده از سوی لوله‌های متصل، دارای مقاومت کافی بوده و در این رابطه، انعطاف پذیری لوله‌ها در نظر گرفته شود.
- اگر در بازرسی محلی، انعطاف‌پذیری سیستم لوله‌کشی غیر کافی تشخیص داده شود، باید اقدامات لازم با توجه به مقاومت افشانه صورت گیرد.

۶- درباره دستگاه‌ها و لوازم جانبی متصل شده

- لوازم الحاقی، توسط اتصال محکمی به برج یا محفظه نگه داشته می‌شود.
- لوازم جنبی، بر روی سکویی محکم می‌شود که این سکو به صورت صلب به برج یا محفظه متصل می‌باشد.
- برای لوازم الحاقی که توسط سازه قابی مستقلی نگهداری شده و دارای لوله ارتباطی کوتاهی به برج یا محفظه می باشد، بهتر است که امکان لغزش نسبت به سازه قابی تکیه‌گاهی فراهم گردد.

۶-۱- اقدامات بهسازی لرزه‌ای بر اساس ارزیابی تفصیلی

اقدام بهسازی باید تا حد امکان، انرژی جذبی توسط تغییر شکل غیر الاستیک را افزایش دهد.

این ملاحظه بر اساس نتایج آزمایش لرزه‌ای برج فولادی است که با ایجاد امکان تغییر شکل غیر الاستیک مناسب برای سازه تکیه‌گاهی، می‌تواند مقدار زیادی از انرژی را جذب نماید.

omoorepeyman.ir

اهم اقدامات بهسازی لرزه‌ای در زیر نشان داده شده است.

الف) کاهش نیروی لرزه‌ای

اگر نیروی لرزه‌ای آزاد شود، تنش اعمالی بخش مورد نظر، کاهش یافته و امکان تعلیق تنش تا زیر حد مجاز فراهم می‌گردد.

برای کاهش پاسخ زلزله، نیروی لرزه‌ای را می‌توان با میر اگر روغنی و ویسکو الاستیک میرا نمود.

ب) کاهش تنش اعمالی از طریق کنترل نیروی زلزله توسط سایر قسمت‌ها

- هرچند که نیروی زلزله برای قسمت‌های دامنه، پایه و پیچ مهارها در برج محاسبه می‌شود، اما با توزیع و تخصیص نیروی اعمالی زلزله بر روی قسمت‌های مختلف آن، تنش ایجاد شده در دامنه، پایه و پیچ مهاری، بدون بهسازی مستقیم نیز قابل کاهش می‌باشد.
- نمونه ای از این اقدامات می‌تواند به شرح زیر باشد:
  - تقویت تکیه‌گاه
  - تقویت با سازه قابی
  - تقویت با کابل‌ها

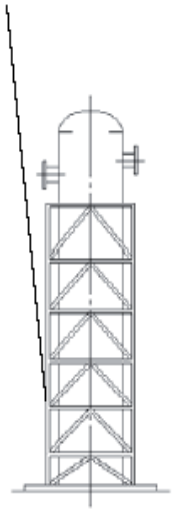
ج) تقویت بخش مورد مطالعه

تنش اعمالی را می‌توان با افزایش مساحت مقطع بخش مورد نظر، تا حد کمتر از مقدار مجاز کاهش داد. در مواردی که در اثر تقویت، صلبیت برج تغییر کند، محاسبه مجدد تحلیل پاسخ، ضروری می‌باشد.

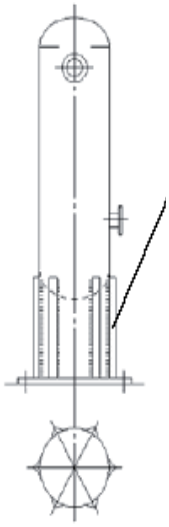
۶-۲- اقدامات بهسازی لرزه‌ای برج

نمونه اقدامات و روش‌های بهسازی لرزه‌ای برج در شکل ۵-۲۶ نشان داده شده است.

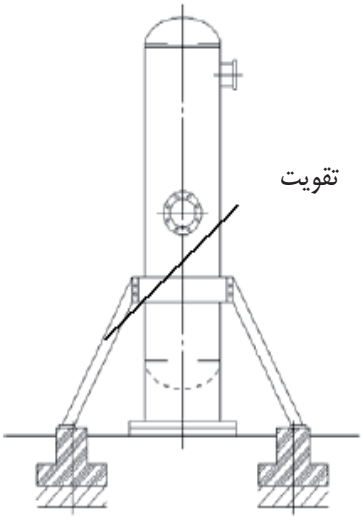
omoorepeyman.ir



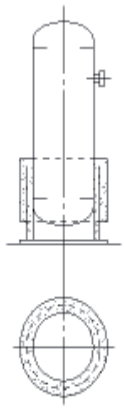
تقویت با داربست



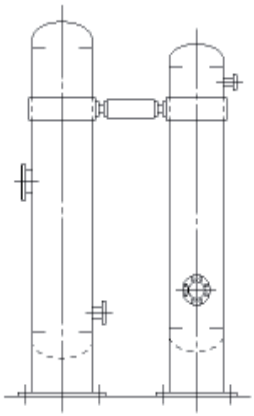
تقویت داخل و خارج دامنه مخازن



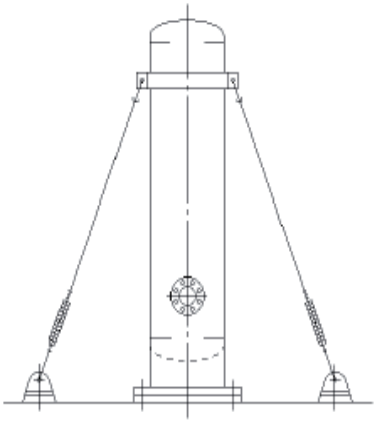
تقویت با سازه محافظ



تقویت با دمپر



تقویت لرزه‌ای ۲ برج با کمک دمپر روغنی



تقویت برج با کمک سیم

شکل ۵-۲۶ بهسازی لرزه‌ای برج

omoorepeyman.ir

۵-۳-۵- تعیین روش بهسازی از نظر ایمنی اجرا و هزینه

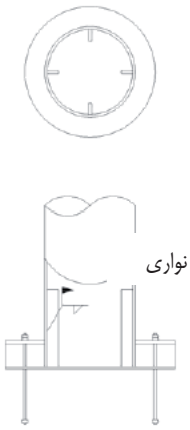
با توجه به اقدامات بهسازی لرزه‌ای مختلفی که از طریق ارزیابی تفصیلی بدست می‌آید، شکل‌ها و اندازه‌های مورد استفاده بر اساس روش طراحی ساده و یا روش دقیق به همراه جزئیات، تعیین می‌شوند.

آنگاه هزینه‌ها محاسبه شده، و کارایی مربوط به محل، به صورت مقایسه‌ای مطالعه شده و فرایند اجرا آغاز می‌شود.

از آنجا که هزینه بهسازی معمولاً به هزینه مصالح، زمان و محل مورد نظر بستگی دارد، برتری و انتخاب روش مناسب معمولاً بر حسب مورد و محل مورد نظر، متفاوت می‌باشد.

به عنوان مرجعی برای فهرست روش‌های واقع‌بینانه، برای طرح بهسازی و محاسبه هزینه، نمودار تطبیقی یکی روش‌های ذکر شده، در زیر نشان داده شده است.

جدول ۵-۵ تطبیق معیارهای بهسازی

مشخصات معیارهای بهسازی					نمای کلی تقویت	روش	تجهیزات
محدودیت در طرح	قابلیت اجرایی	هزینه	مقاومت	شکل‌پذیری			
Δ	Δ	Δ	●	○		تقویت دامنه‌ها با افزودن ورق پشت‌بند	برج‌ها
در مواردی که مقاومت دامنه‌ای کم است						توضیح	
علامت ● بهترین اثر، علامت ○ اثر خوب و علامت Δ بدون اثری واضح و مشهود (نامشخص) می‌باشد.							

روشی دیگر جهت کاهش نیروی لرزه‌ای، کاهش سطح ذخیره‌سازی مایع در مخزن می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۵-٤- مخزن کروی

۵-٤-۱- مدهای خرابی

حالت‌های آسیب مخزن کروی و معیارهای کنترلی آن‌ها در زیر آمده است:

الف) آسیب میله مهار بادبند

- تسلیم کششی

ب) آسیب ستون بالایی

- کمانش فشاری، تسلیم یا تسلیم ناشی از خمش
- تسلیم برشی
- ترکیبی از تسلیم فشاری، خمشی و برشی

ج) آسیب ستون پایینی

- کمانش ترکیبی، تسلیم یا تسلیم کمانشی

د) آسیب میله مهاری

- تسلیم کششی
- تسلیم برشی
- ترکیبی از تسلیم کششی و برشی

ه) آسیب صفحه برشی

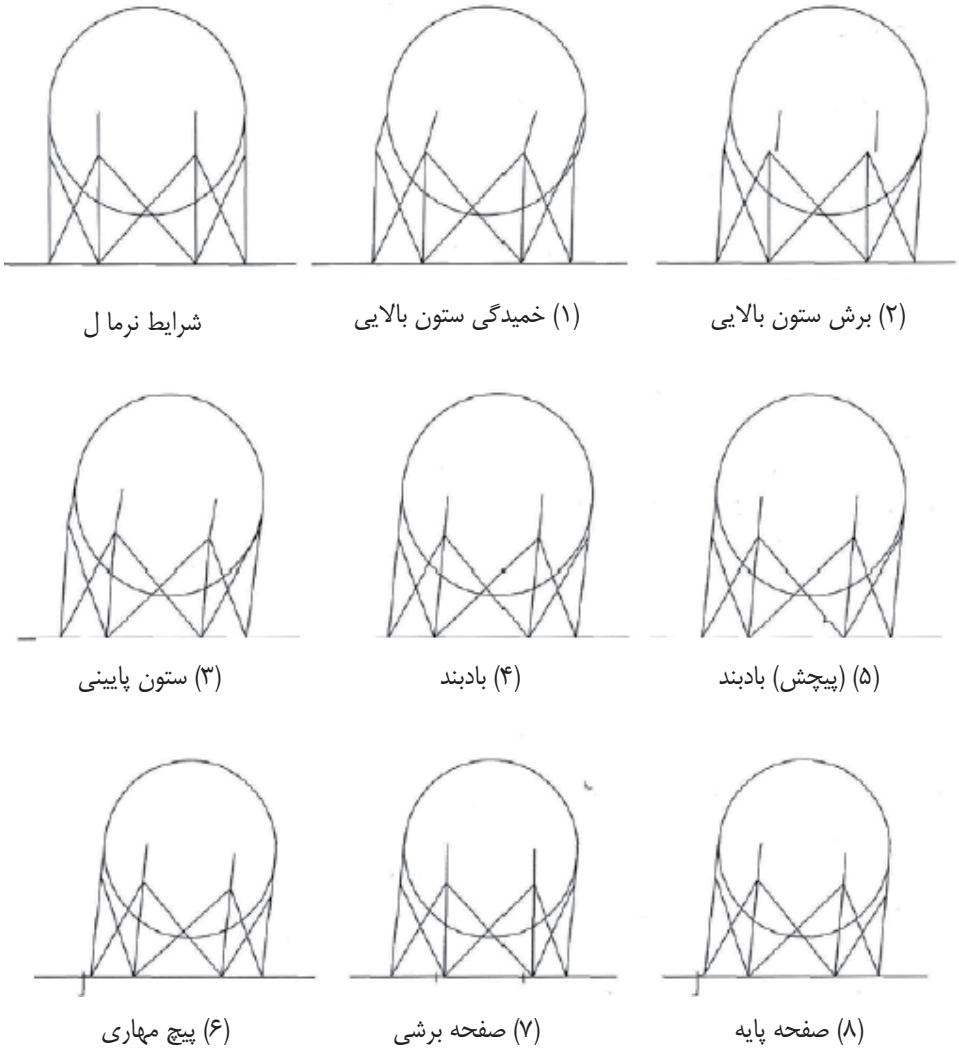
- تسلیم کمانشی
- تسلیم برشی
- ترکیبی از تسلیم خمشی و برشی

و) آسیب صفحه پایه (Base plate)

- تسلیم خمشی به دلیل تحمل فشار توسط بتن پی
- تسلیم خمشی خاطر تحمل بار کششی توسط میله مهاری

نمونه شماتیک این آسیب‌ها در شکل ۵-۲۷ نمایش داده شده است.

omoorepeyman.ir



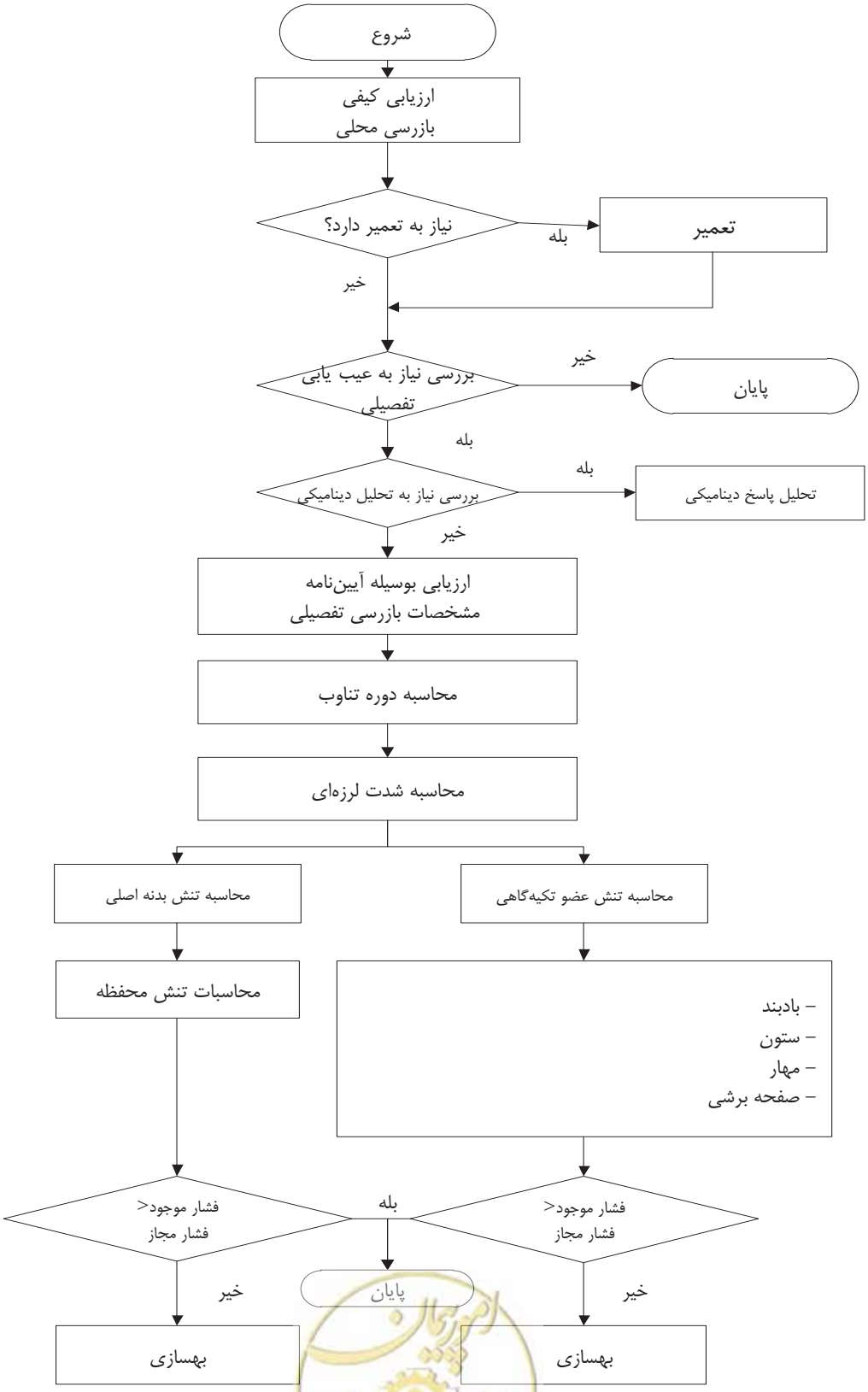
شکل ۵-۲۷ انواع آسیب به مخازن کروی

۵-٤-۲- روند ارزیابی لرزه‌ای

ارزیابی تفصیلی اصولاً بر اساس آخرین ویرایش آیین‌نامه طراحی، برای هر یک از حالت‌های آسیب می‌باشد.

روند طرح بهسازی بر اساس روش تنش مجاز آیین‌نامه جدید، به‌صورت زیر (شکل ۵-۲۸) می‌باشد:

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۲۸ روند ارزیابی محفظه کروی

روش ساده شده دیگری برای ساده‌سازی مدل تحلیلی و روش محاسبه ارائه شده است که در آن حالت آسیب حاکم و موارد مطالعاتی متناظر برای ارزیابی آسان تجهیزات موجود با شرایط نصب مختلف، ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

این روش برای محاسبه تنش در مصالح سازه تکیه‌گاهی و قضاوت درباره مقاومت تجهیزات در برابر زلزله بر اساس تنش مجاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اگر ارزیابی کیفی استفاده شود، سازگاری این ارزیابی با ملزومات بازرسی محلی با ملاحظه دقیق مد آسیب و محدوده تنش مجاز، باید کنترل شود.

برای تجهیزاتی که با الزامات تحلیلی سازگار نمی‌باشند، ارزیابی با استفاده از روش تفصیلی شامل تحلیل پاسخ دینامیکی و مدل سازی دقیق، باید انجام شود.

۵-٤-۳- بهسازی مخزن کروی

اولویت بهسازی مخزن کروی بر اساس مقدار تخریب مخزن کروی بر اثر زلزله تعیین می‌گردد.

اصولاً فاکتور تعیین اولویت‌بندی بهسازی، بر اساس درجه اهمیت طبقه‌بندی می‌باشد که بر اساس فاصله سایت از مرزها، نوع گاز و ظرفیت لوله‌کشی مشخص می‌گردد.

در اینجا ظرفیت لوله‌کشی مربوط به حجم مواد آسیب رسان به جان انسان‌ها در صورت نشت مواد گازی می‌باشد.

از عوامل دیگر مقدار اثر آسیب اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. این عوامل، بر مشترکین و هزینه بازسازی ساختمان‌ها و غیره، اثرگذار می‌باشند.

اولویت بهسازی مخزن کروی، در هر مد آسیب، بسته به بزرگی آثار آن تعیین می‌شود.

ارزیابی تفصیلی ساده شده روشی برای کم کردن دامنه آسیب‌هایی می‌باشد که به راحتی ایجاد می‌گردند.

برای تعیین اولویت‌های بهسازی، باید معیارهای مربوطه تعیین گردد.

مبانی و روش بهسازی به شرح زیر می‌باشند:

۱- ارزیابی کیفی

آسیب‌های جزئی، اقدامات در سطح بازرسی و مطالعه ساده، انجام می‌شود.

برای آسیب‌های جدی، بررسی‌ها با استفاده از ارزیابی تفصیلی انجام می‌شود.

۲- بهسازی بر اساس ارزیابی تفصیلی

۲-۱- نکاتی که باید در طرح بهسازی در نظر گرفته شوند.

- ناحیه تحت فشار نباید مانند گذشته به طور مکرر بهره‌برداری شود.
- از ناپیوستگی سازه‌ای و تمرکز تنش تا حد امکان اجتناب گردد.
- توازن و هماهنگی میان کلیه تجهیزات از نظر کارکرد، ابعاد و رویکرد اقتصادی
- سازه موجود و سازه تازه‌ساخت باید به صورت یک مجموعه عمل نمایند.

۲-۲- قسمتی که باید بهسازی شود:

در این راهنما، اقدامات بهسازی برای محدود کردن قسمت‌های مستعد تمرکز مودهای آسیب در مخازن کروی و کنترل آسان مقاومت لرزه‌ای تجهیزات موجود، با نحوه نصب و مشخصات متفاوت، توضیح داده شده است.

۳- ارزیابی تفصیلی ساده شده

omoorepeyman.ir

۳-۱- شرایط استفاده از ارزیابی تفصیلی ساده شده

- برای استفاده از روش ارزیابی تفصیلی ساده شده، شرایط زیر، باید احراز گردد.
- چگونگی احراز این شرایط از طریق بررسی کلیه نقشه‌ها، مشخصات و وضعیت مخزن کروی، انجام می‌شود.
- آسیب خوردگی جدی در مخزن، سازه محافظ و اعضاء پی وجود نداشته باشد.
- وزن، شکل و اندازه‌های محاسبه شده مطابق با سازه اصلی باشد.
- لوله‌کشی و پایه‌های آن، تأثیر زیادی بر رفتار لرزه‌ای سازه‌ی اصلی نداشته باشد.
- مخزن را بتوان به صورت یک جسم صلب در نظر گرفت.
- مخزن کروی لرزش پیچشی نداشته باشد.
- پی مستقیماً روی زمین باشد.
- بادبندهای بین اتصالات ستون‌ها به صورت زوج مرتب شوند.
- محل اتصال پی به ستون مفصلی در نظر گرفته شده باشد.

۳-۲- مود های آسیب و تقسیم‌بندی مطالعات

با در نظر گرفتن وضعیت تخریب بدنه مخزن کروی (واژگون شدن)، مقاومت کششی و گسیختگی سازه‌های تکیه گاهی زیر باید مطالعه شود:

- ✓ بادبند
- ✓ ستون
- ✓ پیچ مهاری
- ✓ صفحه برشی

۳-۳- محدوده تنش مجاز

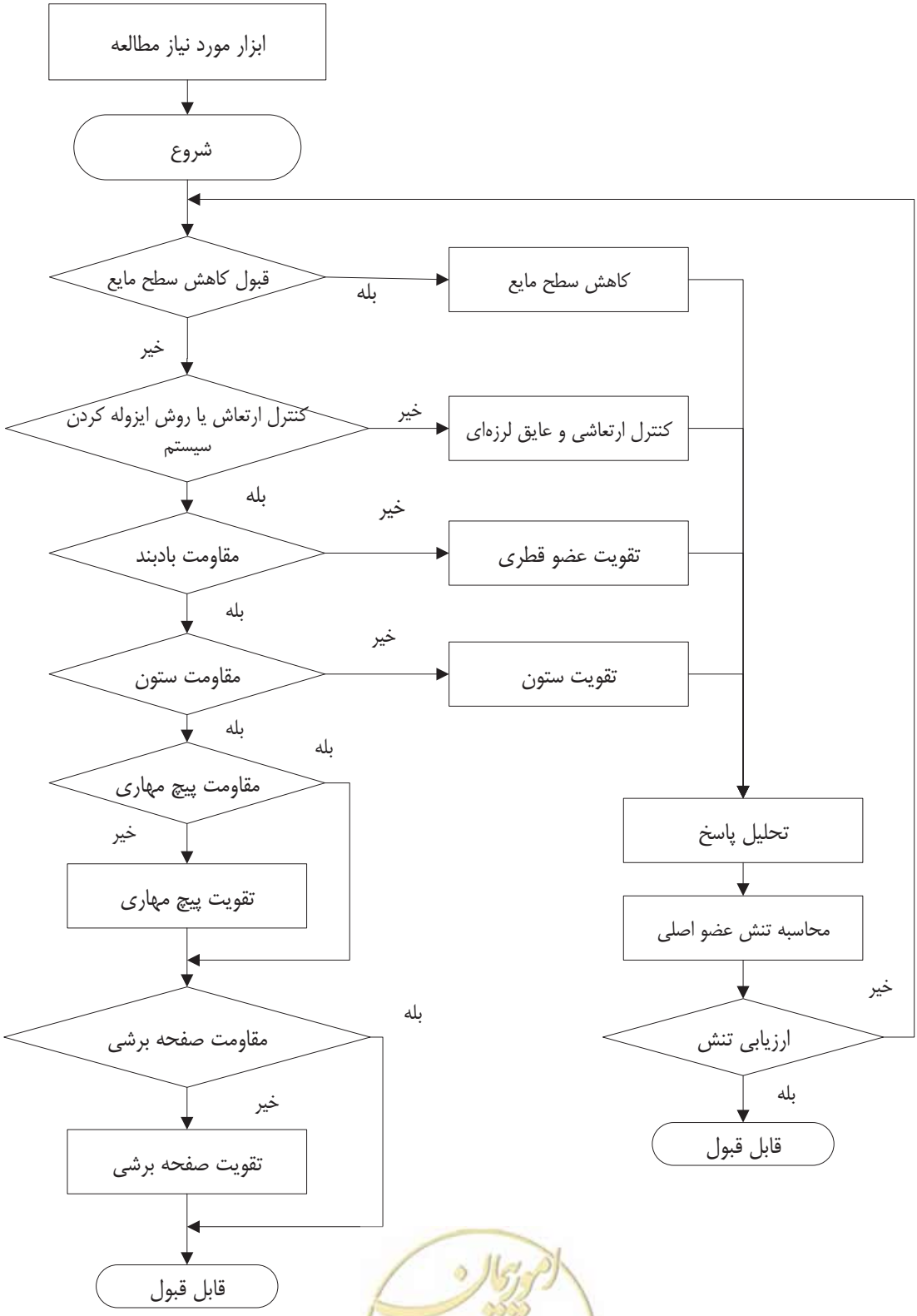
- حد مجاز تنش کششی برای بادبند، $3Sy$ فولاد معمولی و $2Sy$ فولاد پر مقاومت (کابلی)، (Sy: تنش تسلیم).
- حد مجاز تنش کششی برای پیچ مهاری $(1/\sqrt{3})S_u$ می‌باشد. Su مقاومت نهایی می‌باشد.
- روش ساده شده طراحی بهسازی در مورد اقدامات ارتقاء مقاومت لرزه‌ای در شکل ۵-۲۹ نشان داده شده است.

۴- ارزیابی تفصیلی

عملکرد لرزه‌ای مخزن کروی که دارای شرایط ارزیابی تفصیلی ساده شده نباشد، باید با استفاده از آیین‌نامه طراحی به انضمام اطلاعات اندازه‌گیری شده با ارزیابی کیفی، بررسی و ارزیابی گردد.

حالت تنش تأسیسات بهسازی شده برای حالت آسیب کلی باید کنترل و بازنگری شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۲۹ روند نمای ارزیابی تفصیلی ساده شده در بهسازی مخزن کروی

omoorepeyman.ir

۵-٤-٤- فهرست روش‌های بهسازی

اقدامات بهسازی برای تجهیزاتی که از بررسی محلی، معیوب تشخیص داده شده‌اند، (قدم زدن در طول مسیر پروژه و ارزیابی کردن) اقدامات عملی ساده می‌باشند.

بررسی محلی اقدامات بهسازی لرزه‌ای بر اساس عیب یابی تفصیلی، اکثراً شامل تقویت برشی پیچ مهاری، کاهش تنش در نشیمنگاه‌ها، تقویت سازه تکیه‌گاه و روش کنترل ارتعاش می‌باشد.

۱- اقدامات بهسازی بر اساس نتایج مطالعات میدانی

اقدامات بهسازی برای تجهیزاتی که از طریق بررسی معیوب تشخیص داده شده‌اند، به شرح زیر آورده می‌باشند.

این اقدامات معمولاً به سادگی قابل اجرا می‌باشند.

مطالعه ایمنی سازه هنگام ساخت و اثرات بهسازی، قبل از اجرا باید انجام شود.

۱-۱- ترک در پی

الف) در صورت وجود ترک در پی، رزین تزریق می‌شود ولی اندازه ترک‌ها بطور نسبی باید کوچک باشند.

۱-۲- خوردگی

اگر تهدید جدی برای پیچ‌ها مطرح باشد، باید ابتدا زنگارها را پاک کرده و سپس رنگ‌کاری و روغن‌کاری انجام شود.

۱-۳- فرسودگی پیچ و مهره

پیچ‌ها، دوباره شیار زده می‌شوند و مهره‌ها نیز با مهره‌های جدید جایگزین می‌شوند.

۱-۴- شل شدگی

الف) در مواردی که پیچ کج شده و مهره درست سر جایش قرار نگرفته و به صفحه پایه نمی‌چسبد، با قرار دادن واشر بین پیچ و صفحه پایه، می‌توان آن‌ها را بهم چسباند.

ب) پیچ‌ها توسط آچارهای مخصوص بطور یکنواخت محکم می‌شوند.

۱-۵- اضافه کردن لوله

الف) بهتر است که محل آن مستقیماً از طرف مخزن مهار شود.

ب) پله‌ها در کنار مخزن قرار بگیرند.

ج) بهتر است که لوله محافظ سوپاپ‌ها و اندازه گیرها در سازه کوتاه باشند.

د) سوپاپ‌ها و لوله‌ها حتی اگر توسط لوله‌های کوتاه مهار شوند، بهتر است به مخزن متصل باشند تا صلب عمل کنند.

ه) بهتر است، در سوپاپ خروج و سوپاپ قطع که در زیر مخزن نصب شده‌اند و از طرف زمین نیز محافظت می‌شوند یک فضای خالی بین سوپاپ و محافظ در نظر گرفته شود.

و) بهتر است که دهانه لوله، مقاومت کافی در برابر فشارهای خارجی را داشته و انعطاف پذیری لوله‌ها نیز در نظر گرفته شده باشد.

ز) لوله‌هایی که مستقیماً با تأسیسات محفظه مجاور ارتباط برقرار می‌کنند، ترجیحاً U شکل و خم لوله باشند.

ح) بهتر است لوله‌هایی که به دیواره محافظ مایعات وارد می‌شوند، دارای انحناء باشند.

omoorepeyman.ir

i) ترجیحاً در ابتدای لوله‌هایی که در زیرزمین کار گذاشته می‌شوند، از خم لوله استفاده شود.

۲- اقدامات بهسازی لرزه‌ای بر اساس ارزیابی تفصیلی

۲-۱- تقویت بادبند

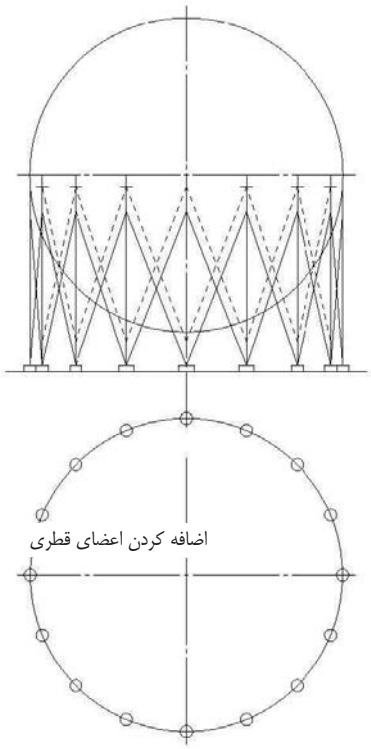
در مواقعی که مقاومت بادبند کافی نباشد، اقدامات بهسازی زیر در نظر گرفته می‌شود.

اگر بادبند تقویت شده باشد، باید عملکرد لرزه‌ای با احتساب صلبیت کل مخزن بهسازی شده، دوباره کنترل گردد.

الف) بادبند اضافه

در عملیات بهسازی باید ورق جناحی با اتصال پینی در نظر گرفته شوند.

همان‌طور که در شکل پایین در بندهای (ب) و (ج) نشان داده شده است، ملاحظات مشابهی مورد نیاز می‌باشد.



شکل ۵-۳۰ تقویت با اضافه کردن بادبند مهاری

ب) جابجایی اکسل (میل مهار)

بجای میل مهارهای با قطر کم از میل مهارهای مقاوم، قطور و سخت استفاده شود.

ج) افزایش سطح مقطع بادبند فولادی با مقطع لوله‌ای

سطح مقطع بادبند لوله ای با جوش نبشی به آن، افزایش می‌یابد.

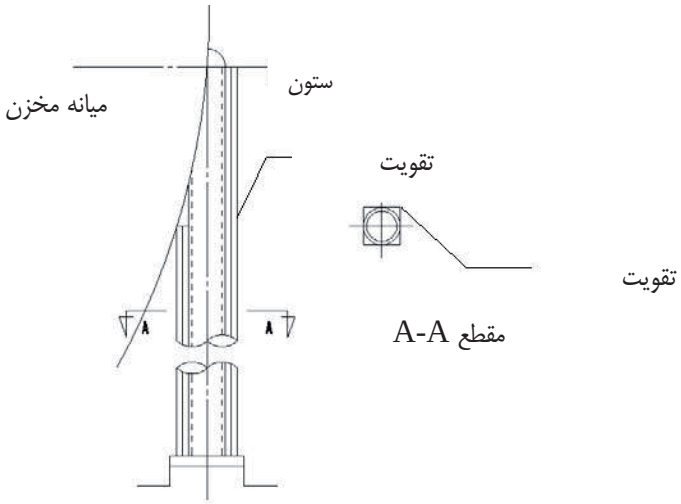
۲-۲- تقویت ستون

صلبیت کلی مخزن با احتساب تقویت ستون و بادبند، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

شکل ۵-۳۱ روش تقویت با جوش نبشی به ستون می‌باشد.

زمانی که ستون‌های بالایی نیاز به بهسازی دارند، باید تقویت ستون‌های پایینی نیز مشابه بالایی انجام شود.

omoorepeyman.ir

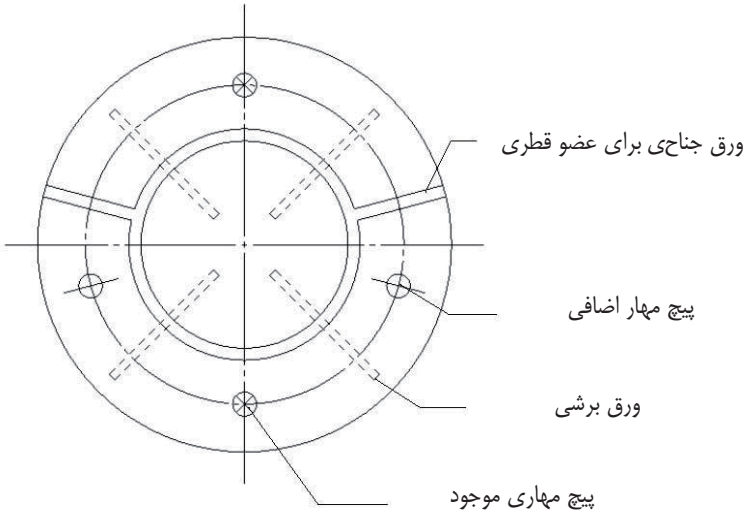


تقویت ستون

۲-۳- تقویت مهار

الف) تقویت کششی مهار

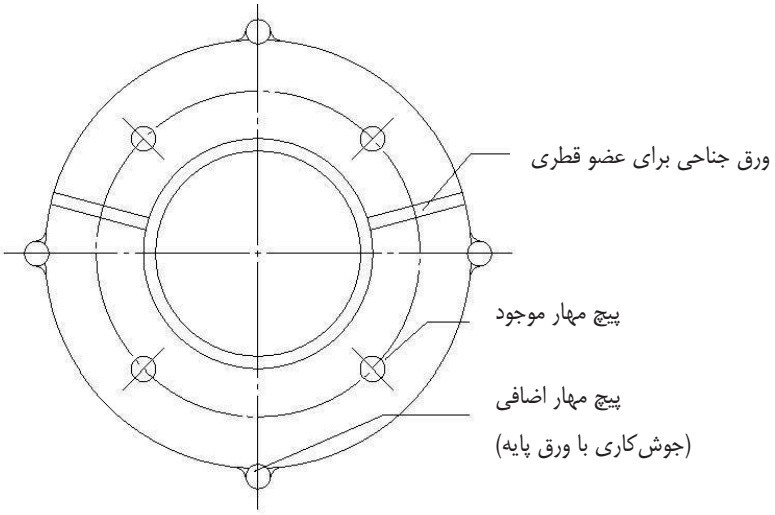
i) پیچ مهاری اضافی



شکل ۵-۳۱ اضافه کردن پیچ مهاری

ii) اضافه کردن پیچ مهاری

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۳۲ اضافه کردن زبانه مهار

ب) تقویت برشی پیچ مهاری

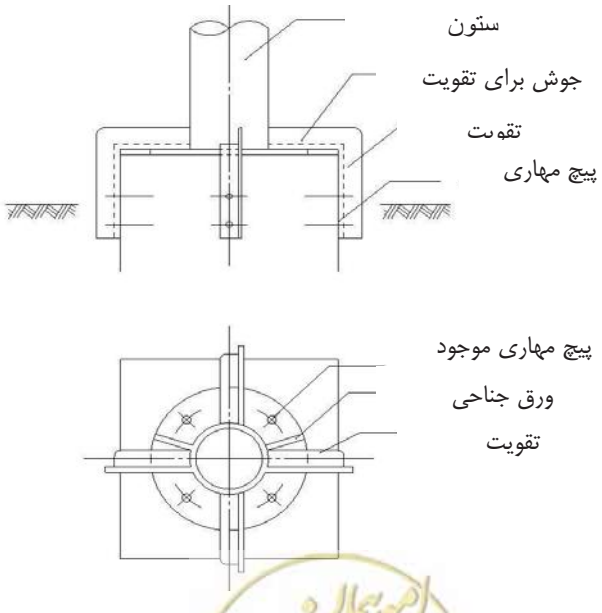
i) اضافه کردن پیچ مهاری

– مانند بند i)

ii) پیچ مهاری اضافه

– مانند بند ii)

iii) تقویت با فولاد شکل داده شده



شکل ۵-۳۳ تقویت با فولاد شکل داده شده

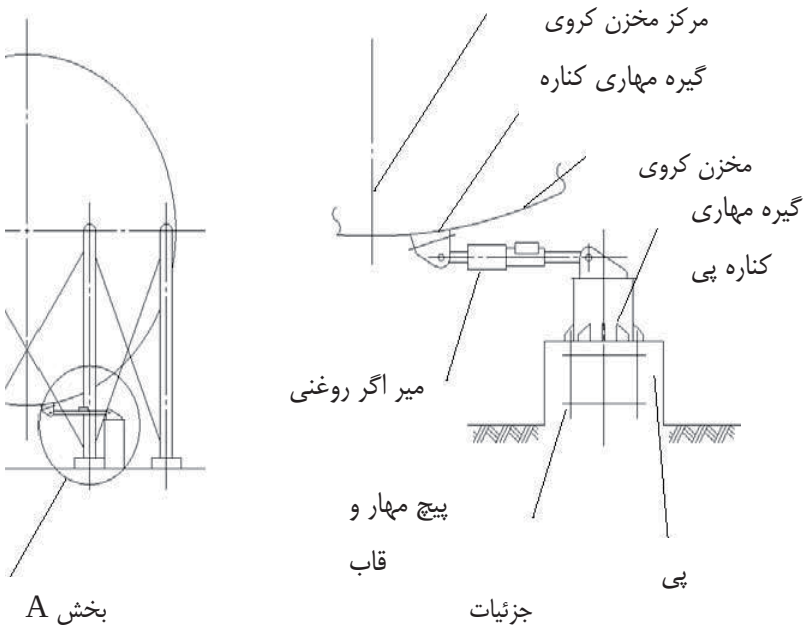
۲-۴- روش کنترل ارتعاش و جداسازی لرزه‌ای

کنترل ارتعاش روشی برای اعمال مکانیزم افزایش میرایی در سازه و کاهش واکنش لرزه‌ای آن است.

omoorepeyman.ir

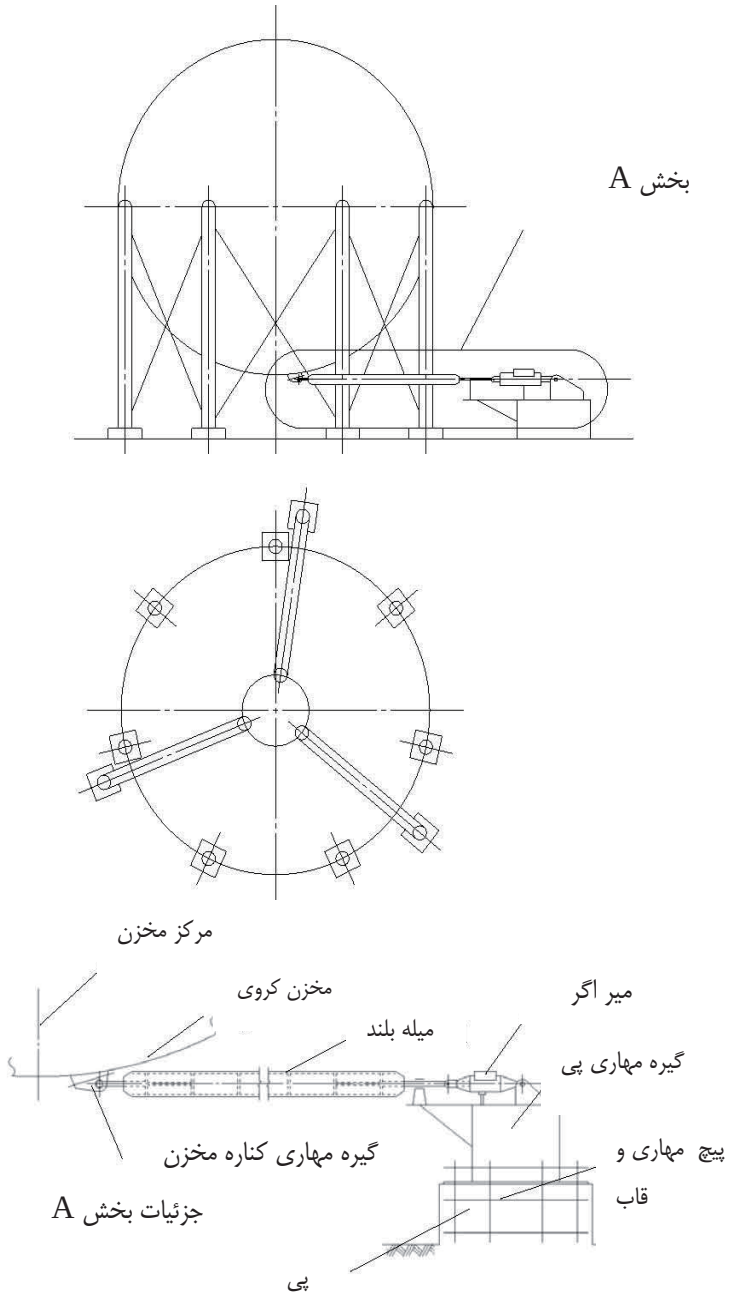
جداسازی لرزه‌ای روشی برای کاهش واکنش لرزه‌ای با تعدیل مود نوسان و پریود سازه، می‌باشد.

الف) کنترل ارتعاش با استفاده از میر اگر (اشکال ۵-۳۴ و ۵-۳۵)



شکل ۵-۳٤ کنترل ارتعاش با میر اگر (نوع استاندارد)

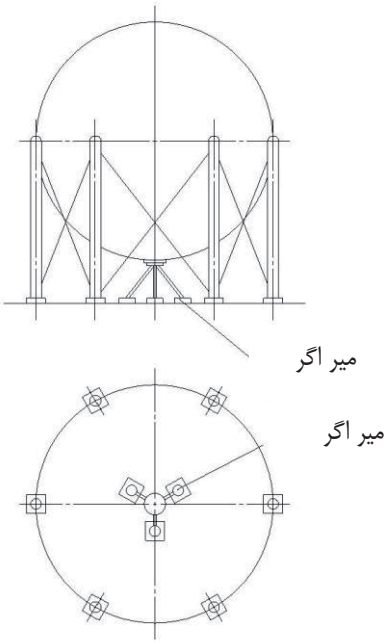
omoorepeyman.ir



شکل ۵-۳۵ کنترل ارتعاش با استفاده از میر اگر (از نوع میله بلند)

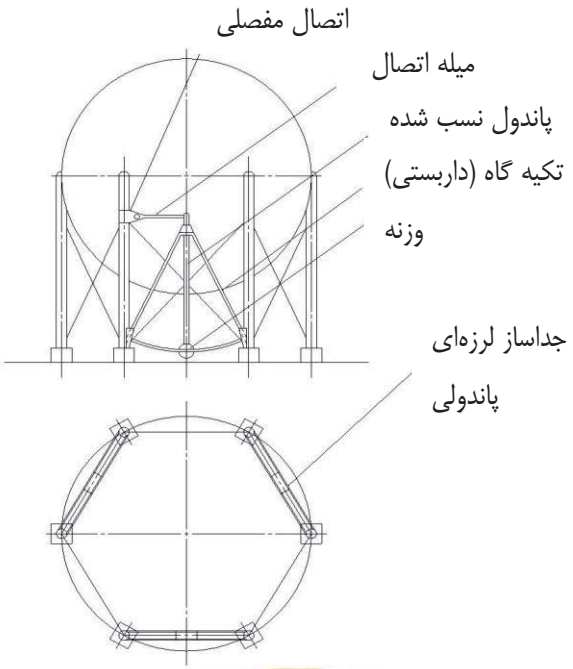
ب) مثالی از کنترل ارتعاش میر اگر با مواد ویسکو- الاستیک (شکل ۵-۳۶)

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۳٦ کنترل ارتعاش با استفاده از میر اگر با مواد ویسکو- الاستیک

ج) مثالی از جداسازی لرزه‌ای با استفاده از میراگرهای اینرسی که شامل پاندول و میله هستند (شکل ۵-۳۷).



شکل ۵-۳۷ نمونه ای از جداسازی لرزه‌ای با استفاده از میراگر اینرسی، شامل پاندول و میله

۵-٤-۵- تعیین روش بهسازی از نظر ایمنی، قابلیت اجرا و هزینه

با توجه به اقدامات مختلف بهسازی لرزه‌ای، شکل‌ها و ابعاد طراحی اولیه تهیه می‌گردند.

پس از آن هزینه و قابلیت اجرا در محل مقایسه شده و عملیات ساخت طرح نهایی بهسازی شروع می‌شود.

omoorepeyman.ir

از آنجایی که هزینه مصالح بر اساس زمان تغییر می‌کند، نوع بهسازی نیز بر اساس زمان و مکان تعیین می‌شود.
باید برای هر روش بهسازی شامل مقاومت سازه، هزینه، قابلیت اجرا و محدودیت طرح جدول تطبیقی تهیه شود.
محدودسازی سطح مایع مخزن تا دستیابی به شرایط ایمنی در مقابل زلزله می‌تواند نیاز به بهسازی را منتفی نماید.

۱- تمهیدات کاهش ورودی لرزه‌ای با کاستن از سطح مایع

نحوه عملکرد در برابر زلزله معمولاً بر این اساس گذاشته شده که تا ۹۰٪ محفظه از مایع پر شده است.
وزن موثر W_bبر حسب پریود طبیعی و نیروی لرزه‌ای افقی اصلاح شده طرح، به صورت زیر تعیین می‌گردند.

$$F_{MH} = K_{MH}.W_b \qquad (۴-۵)$$

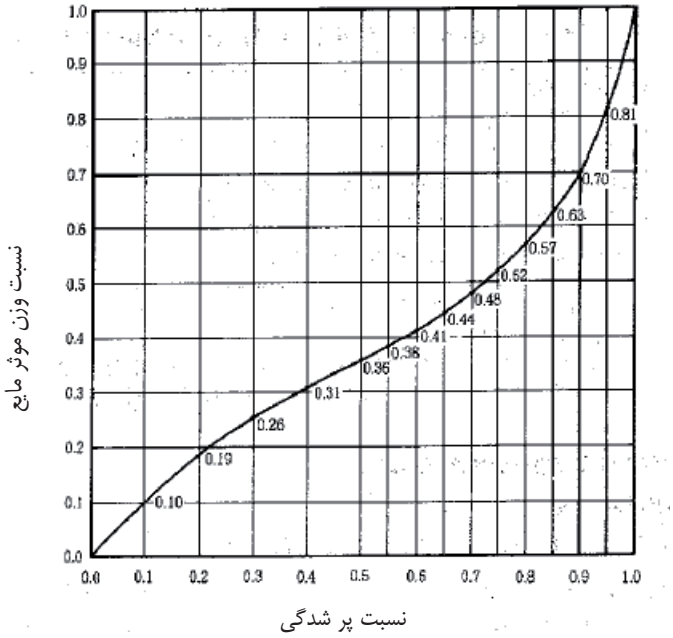
$$W_b = W_D + \alpha W_L \qquad (۵-۵)$$

که W_D : وزن مرده تانک (kgf) می‌باشد.

W_L : وزن مایع ذخیره شده در مخزن (وزن حد بالا بعد از اعمال تمهیدات کاهشی) (kgf)

α : نرخ موثر وزن مایع بدست آمده از شکل ۵-۳۸

سطح مایع، نیروی زلزله را بطور قابل ملاحظه ای کاهش می‌دهد.



شکل ۵-۳۸ نرخ موثر وزن مایع

۵-۵- پی

۵-۵-۱- مدهای آسیب

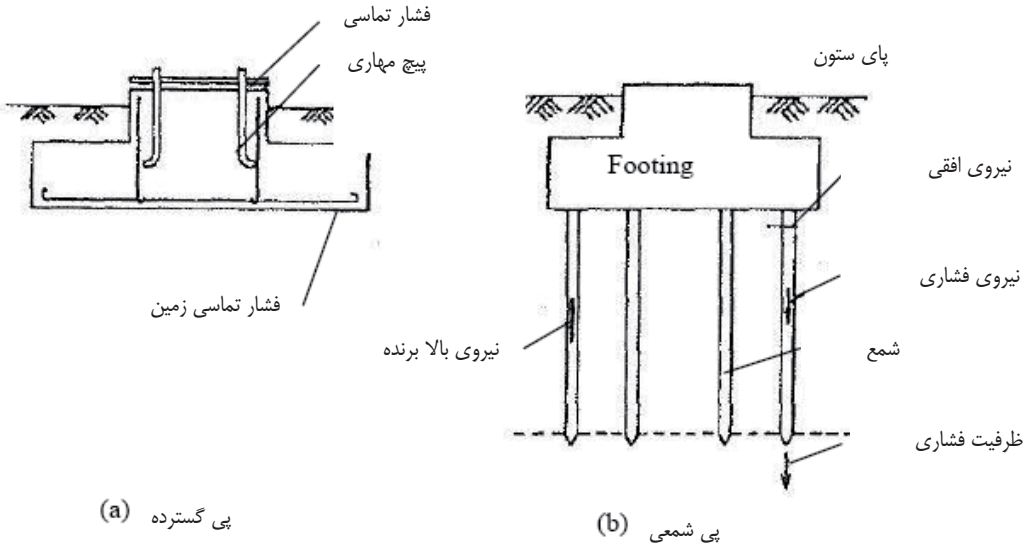
محل‌های مورد نظر برای مطالعات لرزه‌ای به شرح زیر است :

- ✓ پیچ مهاری و صفحات مهاری
- ✓ پای‌بست (پای‌ستون)

omoorepeyman.ir

- ✓ شالوده
- ✓ شمع

بخشی از آسیب‌دیدگی پی در شکل زیر نشان داده شده است (شکل ۵-۳۹).



شکل ۵-۳۹ حالت‌های آسیب‌دیدگی پی

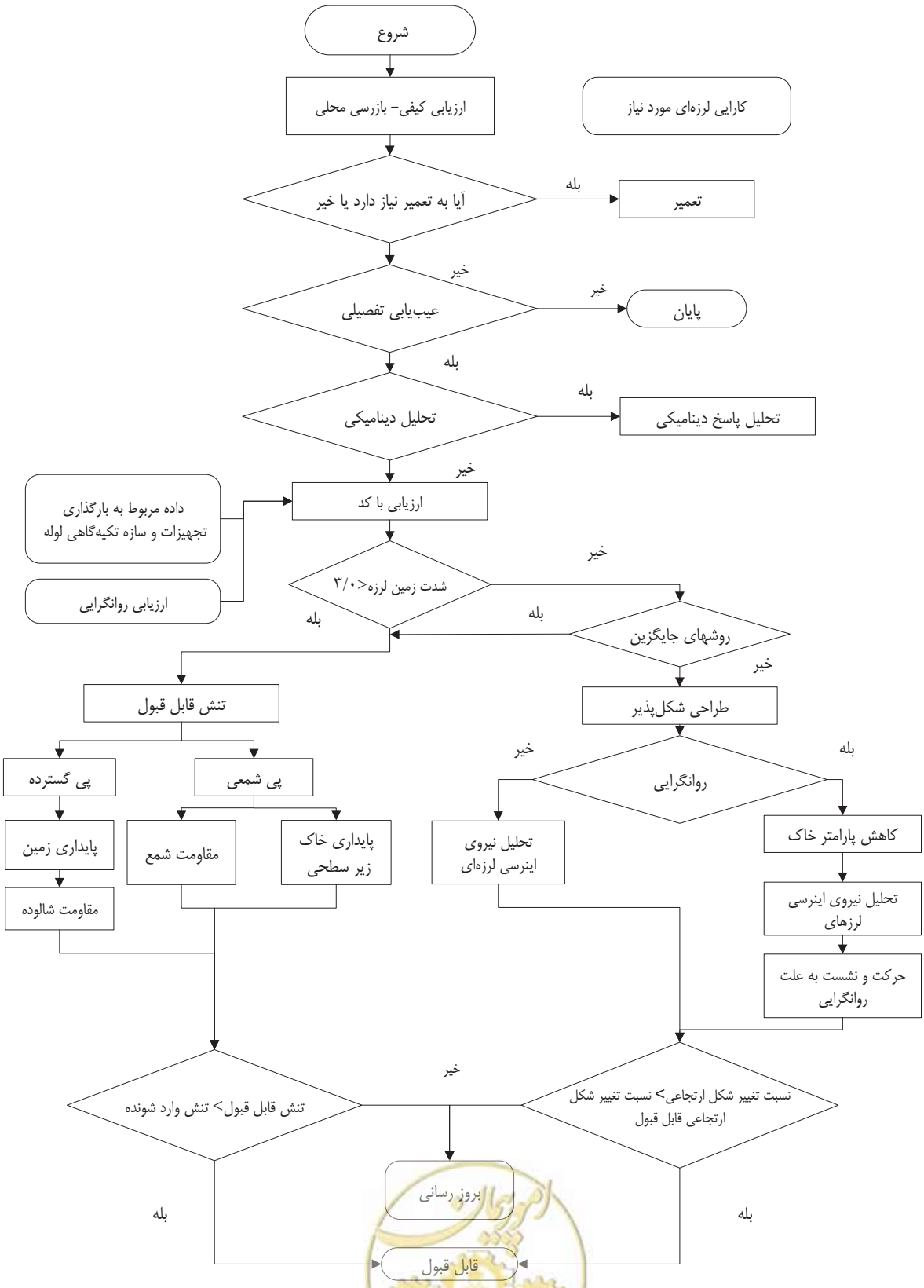
آسیب‌های جابجایی عرضی به علت روان‌گرایی به شرح زیر است:

- گسیختگی شمع‌ها (داخل زمین)
- گسیختگی سر شمع‌ها در اثر حرکات زلزله
- گسیختگی سر شمع‌ها به علت کاهش مقاومت جانبی در اثر روان‌گرایی
- گسیختگی سر شمع‌ها به علت نیروی اینرسی
- انحراف به علت کاهش ظرفیت باربری زمین در پی‌های گسترده

۵-۵-۲- روند ارزیابی

روند ارزیابی لرزه‌ای پی مخزن کروی در شکل ۵-۴۰ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۴۰ روند نمای طرح ارزیابی پی

omoorepeyman.ir

۵-۵-۳- بهسازی پی

اولویت بهسازی پی بر اساس میزان شدت خسارت تأسیسات تخریب شده بر اثر زلزله تعیین می‌شود.

فاکتور اصلی برای تعیین اولویت بهسازی و تعویض قطعات، میزان اهمیت آن‌ها می‌باشد که بر اساس فاصله آن‌ها از سایت محاسبه می‌شود.

همچنین نوع گاز و ظرفیت لوله‌ها که در صورت نشت به زندگی انسان‌ها مربوط می‌شود.

عامل دیگر وسعت اجتماعی و اقتصادی خسارت است.

عواملی مثل میزان فشار بر مشتری، هزینه ساخت مجدد و غیره را نیز موثرند.

نقاط بروز آسیب معمولاً در پایه، شالوده و شمع‌ها قرار دارند و اقدامات بهسازی بسته به محل متفاوت می‌باشند.

اولویت بهسازی بر اساس شدت فشار تأسیسات به پی در نظر گرفته می‌شود.

در مواردی که بخشی از پی تخریب شده باشد، تأسیساتی که به پی نزدیک‌تر می‌باشند، دارای اولویت بیشتری می‌باشند.

در موارد زیر پی باید بهسازی شود:

الف) مقاومت و قابلیت تغییر شکل پی‌های قدیمی کم یا برای تقویت لرزه‌ای تأسیسات روی پی، مقاومت تسلیم پی نامناسب باشد.

ب) پی با مقاومت اندک در برابر روان‌گرایی

ج) گسترش جانبی ناشی از روان‌گرایی

در ارزیابی کیفی، اطلاعات لازم باید به انضمام اطلاعات مربوط به بازرسی محلی جمع آوری شود.

در بهسازی لرزه‌ای پی‌های قدیمی، اطلاعات اولیه مانند نوع پی، شکل، اندازه و غیره در بسیاری از موارد نامشخص است.

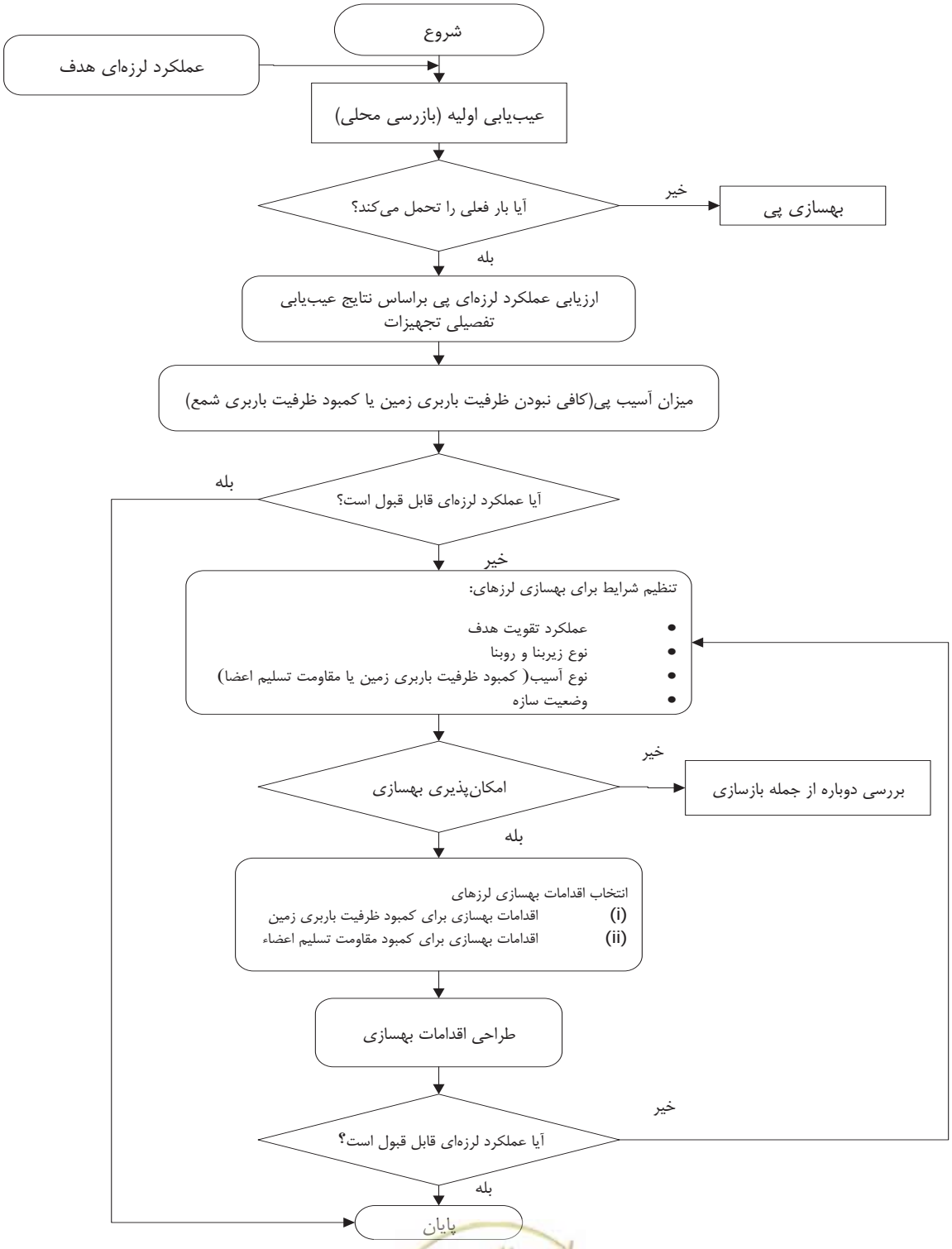
طراحی بهسازی با تعیین اطلاعات اولیه از قبیل ترتیب میلگردها و ... انجام می‌شود.

روش‌های حفاری جزئی اکتشافی، کندن بخشی از پوشش بتن، آزمایش‌های غیر مخرب یا آنالیزهای معکوس بر طبق آیین‌نامه طراحی در زمان ساخت پی، به منظور تحقیق و تخمین داده‌های اساسی یا اولیه به‌کاربرده می شوند.

ارزیابی تفصیلی پی باید بر اساس ارزیابی تفصیلی تأسیسات روی پی، انجام شود.

روند بهسازی لرزه‌ای پی با در نظر گرفتن موارد فوق‌الذکر در شکل ۵-۴۱ نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۴۱ روند نمای طرح بهسازی پی

۵-۵-۴- فهرست روش‌های بهسازی

اقدامات بهسازی برای تجهیزاتی که از بررسی محلی، معیوب تشخیص داده شده‌اند، اقدامات عملی ساده می‌باشند. اقدامات بهسازی لرزه‌ای بر اساس ارزیابی تفصیلی عموماً شامل تقویت پایه و اضافه کردن شمع‌ها می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۱- اقدامات بهسازی بر اساس نتایج بازرسی محلی

ترک‌های نسبتاً کوچک پایه و شالوده با تزریق رزین پر می‌شوند.

۲- اقدامات بهسازی در ارزیابی تفصیلی

۲-۱- تقویت پایه

این مورد در زمانی انجام می‌شود که مقاومت برشی و مقاومت فشاری پایه نامناسب باشد.

بتن مسلح نیز زمانی تقویت می‌شود که ظرفیت خمشی آن نامناسب باشد.

وزن شالوده نیز در مواردی که کشش پی نامناسب است، افزایش داده می‌شود. انواع تقویت لرزه‌ای پی در جدول ۵-۶ نشان داده شده است.

۲-۲- انواع تقویت لرزه‌ای پی و زمین

آسیب لرزه‌ای پی در گذشته، بسیار اندک بوده است.

تعریف دقیقی از تقویت برای بهسازی لرزه‌ای ویژه پی وجود نداشته است.

بهسازی یا تقویت لرزه‌ای به دو دسته، تقویت لرزه‌ای به علت ضعف باربری زمین و همچنین رفع کمبود مقاومت مصالح طبقه‌بندی می‌شوند.

خلاصه این مطالب در جدول ۵-۶ برای هر مورد از اقدامات بهسازی لرزه‌ای شرح داده است.

جدول ۵-٦ انواع تقویت لرزه‌ای پی

تقویت لرزه‌ای / نوع پی	تقویت لرزه‌ای برای کاهش پایداری پی (ظرفیت باربری زمین)						تقویت لرزه‌ای در حالت کاهش مقاومت مصالح پی					
	زیر بند	اشتراک بار با نوع دیگری از بی (بی قابی)	اتصال و افزایش ابعاد شالوده (پر کردن)	شمع اضافی	تثبیت خاک و محافظت پایه foot (قسمت پایینی)	کاهش بار	عضو مقاوم کننده، اضافه کردن بتن یا لفاف بندی صفحه فولادی	اشتراک بار با نوع دیگری از بی (بی قابی)	اتصال و افزایش ابعاد شالوده (پر کردن)	کاهش بار	پس تنیده کردن	شمع اضافی
پی گسترده	○	○	○	○	○	○	○	–	○	○	○	○
پی شمعی	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
پی در مقیاس بزرگ (لوله فولادی، دیوار دیافراگم)	–	–	–	–	○	○	–	–	○	○	–	-
نسبت به حرکت زمین	–	○	–	Δ	○	–	○	○	○	–	Δ	Δ
نسبت به نیروی اینرسی	–	○	–	○	○	○	○	○	○	○	○	○

علامت ○ روشی است که موثر می‌باشد. علامت Δ روشی است که زیاد موثر نمی‌باشد و علامت – روشی است که به کلی از آن استفاده نمی‌شود.

۲-۳- مثال‌هایی از افزودن شمع

omoorepeyman.ir

این روش در مواردی مورد استفاده است که ظرفیت باربری سازه نامناسب است.

ظرفیت باربری با افزودن بخش‌هایی به سازه موجود تقویت می‌شود.

در بین بخش‌های اضافه شده، افزودن شمع معمول‌ترین روش است.

روشی دیگر، ساخت درجای دیواره دیافراگم است.

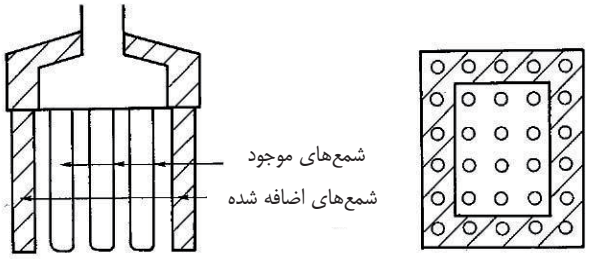
روش افزودن شمع‌های با قطر کوچک که به روش میکرو–شمع موسوم است، اخیراً، توسعه پیدا کرده است.

روش دیگر روش اتصال پی‌های قدیمی و جدید است که با افزایش ابعاد شالوده پی فعلی از طریق افزودن شمع به اطراف پی، همان‌طور که در شکل ۵–۴۲ نشان داده شده است، انجام می‌شود.

تقسیم بار بین شمع‌های جدید و قدیم به نسبت ابعاد، نوع بنا و شرایط ساخت متفاوت می‌باشد.

بار عمودی بجز بار لرزه‌ای پی موجود، توسط شمع‌های قبلی تحمل می‌شود و بار افقی توسط هر دو نوع شمع (هم جدید و هم قدیم) تحمل می‌شود.

توجه به پیوستگی پی جدید و قدیم بسیار مهم است.



شکل ۵–۴۲ مثالی برای شمع‌های اضافه شده

۵–۵–۵– تعیین نوع بهسازی با توجه به ایمنی، عملی بودن و هزینه آن

برای اجرای بهسازی لرزه‌ای پی، بعد از تشخیص درجه آن در مودهای آسیب مختلف، اقدامات بهسازی، نوع ساخت و درجه بهسازی کلی با ملاحظه درجه آسیب پی از روی میزان کارایی و نتایج ارزیابی، باید مشخص گردند.

مطالعه موارد زیر بعد از تعیین معیار بهسازی ضروری است:

(۱) حجم ساخت

(۲) نوع پی

(۳) نوع آسیب پی

(۴) شرایط ساخت و زمین

در طراحی بهسازی لرزه‌ای تأسیسات پی، شکل و اندازه بر اساس آیین‌نامه طراحی تعیین می‌شود.

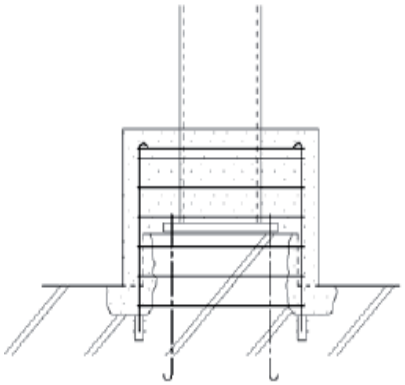
در مواردی که مقاومت پی نامناسب است، بهسازی پی و نوع آن تعیین می‌شود.

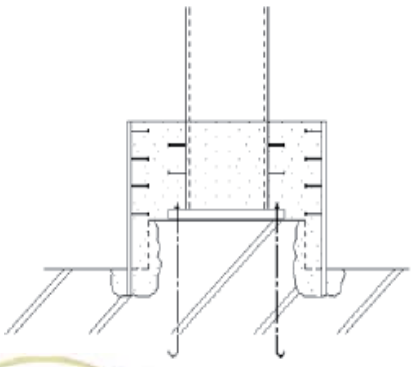
هزینه‌ها برآورد شده و مطالعات تطبیقی نیز انجام می‌شود. از آنجایی که هزینه مصالح بر اساس زمان تغییر می‌کند، نوع بهسازی نیز بر اساس زمان و مکان تعیین می‌شود.

omoorepeyman.ir

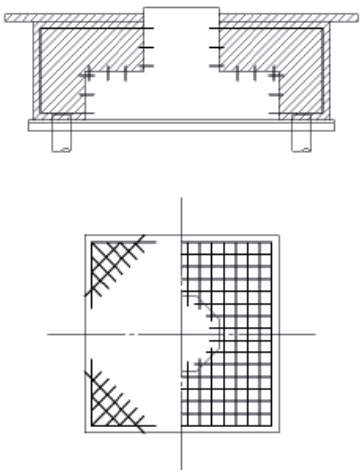
برای آسانی کار مهندسانی که روش‌های قابل اجرا را بررسی می‌کنند، موارد فوق‌الذکر در طراحی بهسازی بر اساس هزینه، نوع طراحی و اجزاء آن، در جداول ۲۰ با هم مقایسه شده است.

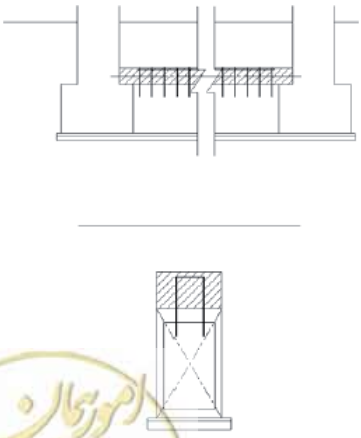
جدول ۵-۷ مقایسه اقدامات بهسازی

بخش‌ها	روش	طرح کلی از نحوه تقویت	نوع اقدام بهسازی				
			شکل‌پذیری	مقاومت	هزینه	کارایی	محدودیت در طرح
پای ستون	بتن مسلح		○	○	○	○	Δ
	توضیح	نوع تقویت خمشی					

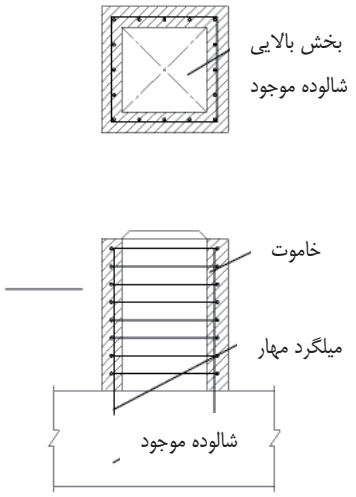
بخش‌ها	روش	طرح کلی از نحوه تقویت	نوع اقدام بهسازی				
			شکل‌پذیری	مقاومت	هزینه	کارایی	محدودیت در طرح
پای ستون	بتن مسلح		○	○	○	○	Δ
	توضیح	نوع تقویت برشی					

omoorepeyman.ir

بخش‌ها	روش	طرح کلی از نحوه تقویت	نوع اقدام بهسازی				
			شکل‌پذیری	مقاومت	هزینه	کارایی	محدودیت در طرح
پی	مسلح سازی پی با افزودن شمع و سطح مقطع شالوده		○	●	Δ	Δ	Δ
	توضیح	برای مواردی که مقاومت تسلیم شمع‌های موجود و مقاومت بیرونی کشیدگی شمع‌های فعلی ناکافی است.					

بخش‌ها	روش	طرح کلی از نحوه تقویت	نوع اقدام بهسازی				
			شکل‌پذیری	مقاومت	هزینه	کارایی	محدودیت در طرح
پی	مسلح سازی شناژ با افزایش سطح مقطع آن		○	●	Δ	○	○
	توضیح	برای مواردی که مقاومت تسلیم تیرک‌های زیرزمینی (شناژ) ناکافی است					

omoorepeyman.ir

بخش‌ها	روش	طرح کلی از نحوه تقویت	نوع اقدام بهسازی				
			شکل‌پذیری	مقاومت	هزینه	کارایی	محدودیت در طرح
ثی	افزای سطح مقطع پای ستون		○	○	○	○	Δ
	توضیح	در مواردی که مقاومت تسلیم پایه ناکافی است					

علامت ● نشان تأثیر زیاد/ علامت ○ نشان تأثیر مناسب و Δ نشان دهنده تأثیر نامشخص است.

omoorepeyman.ir

فصل ۶

روش‌های بهسازی مخازن

omoorepeyman.ir

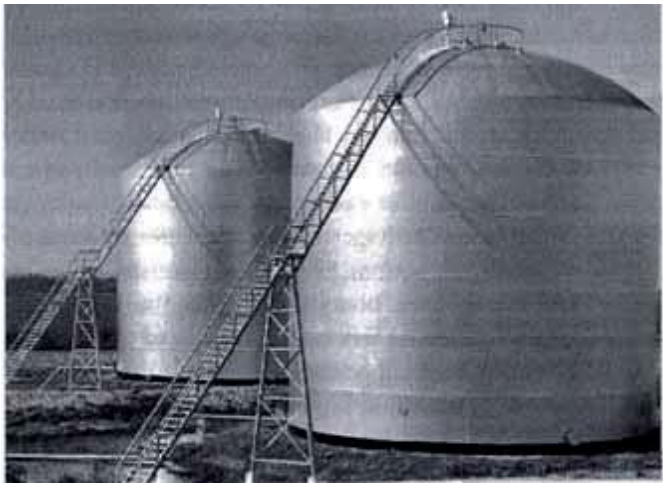
omoorepeyman.ir

٦-١- انواع مخزن

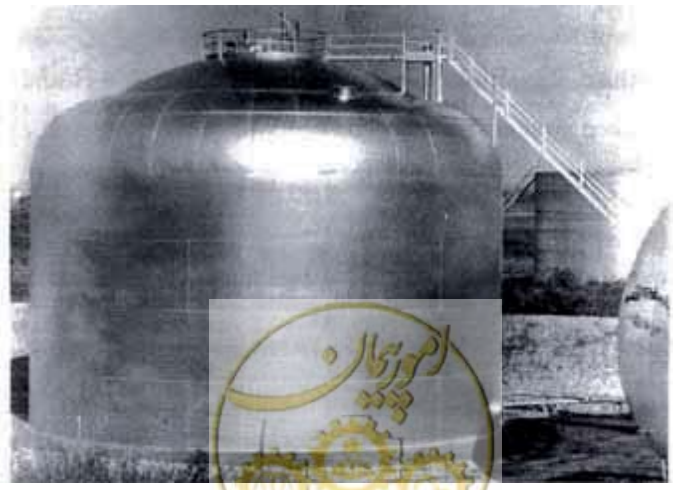
مخازن با پوسته استوانه‌ای و سقف‌های گنبدی یا مخروطی برای فشارهای کمتر از حدود kPa ۳۵ استفاده می‌شوند. کف این مخازن می‌تواند تخت یا شکلی شبیه به سقف، داشته و در آن معمولاً مهاربند نگه‌دارنده پوسته مورد نیاز می‌باشد.

برای فشارهای بیشتر از kPa ۳۵ معمولاً از مخازن نیمه‌کروی، کروی و کروی شبکه‌ای استفاده می‌شود. این نوع مخازن دارای شیرهایی برای جلوگیری از افزایش فشار بیش از مقادیر طراحی، هستند. مخازن با سقف کروی ساده و مخازن با سقف کروی شبکه ای به ترتیب در اشکال ۶-۱ و ۶-۲ نشان داده شده‌اند. نمای سطح مقطع در شکل ۶-۳ نمایش داده شده است. شکل ۶-۴ نشان دهنده سقف کروی با برآمدگی منحنی یا تغییر حالت نرم در فصل مشترک پوسته و قسمت بالایی است.

در شبه کروی از المان‌هایی با شعاع‌های مختلف استفاده می‌شود، که شکلی مسطح حاصل می‌گردد. شبه کروی شبکه‌ای برای حجم‌های بزرگ‌تر استفاده می‌شود و خاموت‌های داخلی و تکیه‌گاه‌ها به توزیع تنش‌های پوسته کمک می‌کنند.

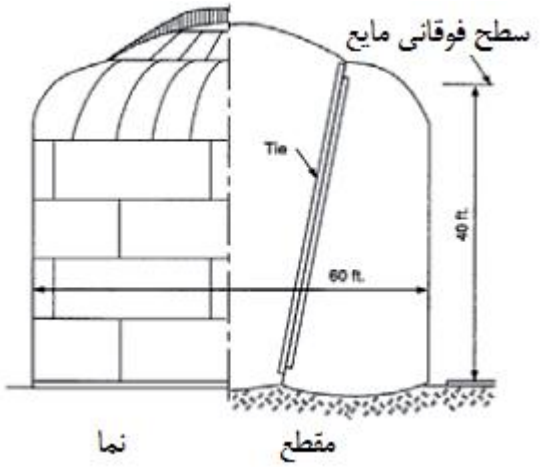


شکل ٦-١ نیم‌کروی ساده

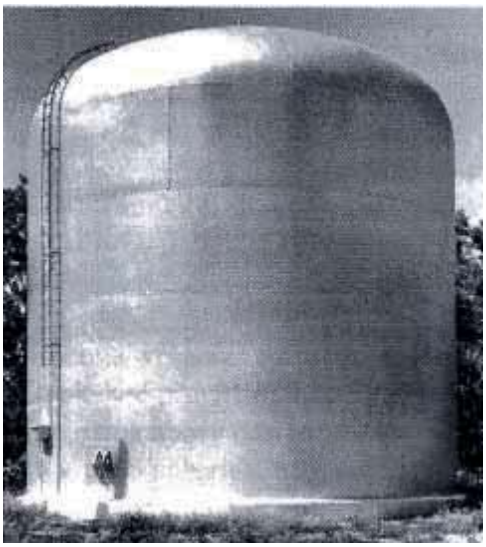


شکل ٦-٢ نیم‌کروی شبکه‌ای

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٣ ترسیم نیم‌کره



شکل ٦-٤ نیم‌کروی ساده با برآمدگی منحنی

٦-٢- بهسازی

تحلیل و ارزیابی کمی مخازن با مدل‌سازی سه بعدی به روش عددی امکان پذیر است. بارگذاری و روش تحلیل مشابه روند تحلیل و طراحی مخازن جدید می‌باشد. در مورد بهسازی اولویت بندی مخازن و مؤلفه‌ها باید با توجه به پارامترهای زیر در نظر گرفته شود.

الف) سن: اولویت‌بندی مخازن برای آسیب‌پذیری در زلزله با ساده‌ترین گروه شروع می‌شود.

مخازنی که بدون رعایت ملزومات لرزه‌ای در مناطق با خطر لرزه‌ای بالا و بسیار بالا ساخته شده‌اند اولین گروهی هستند که باید برای کفایت لرزه‌ای ارزیابی شوند. اولویت بعدی مخازنی هستند که در مناطق با خطر لرزه‌ای متوسط و کم ساخته شده‌اند.

omoorepeyman.ir

ب) نسبت ارتفاع به عرض: مخازن بلند و باریک در مقایسه با مخازن پهن و کوتاه در حوادث لرزه‌ای آسیب‌پذیرتر هستند. تنش‌های فشاری پوسته افزایش یافته و منجر به پدیده کمانش پافیلی شده و احتمال واژگونی کامل را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، مخازن بلند به نسبت مخازن کوتاه بیشتر جابجا می‌شوند.

ج) جزئیات ساخت: مخازن پرچی به نسبت مخازن جوشی آسیب‌پذیرتر هستند.

در مخازن بسیار قدیمی ممکن است جوش‌های روی هم یا جوش‌های لب به لب با نفوذپذیری ناقص بکار رفته باشند. احتمال خرابی این نوع اتصالات در فعالیت لرزه‌ای بسیار شدید بسیار بیشتر از سازه‌های ساخته شده با جوش نفوذی است. در مخازن قدیمی احتمال حساسیت فولاد در دمای محیط بیشتر است، بدین معنی که میزان تغییر شکل سریع در اثر فعالیت لرزه‌ای می‌تواند منجر به شکست ترد گردد.

د) جزئیات الحاقی: بیشترین خرابی در حوادث لرزه‌ای در اثر گسستگی لوله‌کشی، نردبان، سکو یا سایر تجهیزاتی صلبی که جابجایی در دیوار مخزن باعث شکستگی آن‌ها می‌گردد، ایجاد می‌شود.

ه) مخازن مهارشده: در مخازن مهار شده در مقایسه با مخازن مهار نشده، تنش‌های فشاری پوسته به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است. همچنین تغییر مکان ناشی از نیروی برکنش در مهار و جابجایی صلب مؤلفه‌ها و لوله‌کشی‌های متصل به مخزن نیز کاهش می‌یابد.

و) مخازن مهار نشده: وجه تمایز اصلی پاسخ لرزه‌ای مخازن مهارشده با مهارشده، تغییر مکان بزرگ بلند شدگی ناشی از برکنش است که معمولاً در اطراف لبه مخازن مهار نشده مشاهده می‌شود. این برکنش در دیواره مخزن، صفحه پایه و فصل مشترک این دو، نیروهای کششی، فشاری و مکان‌های خمشی بزرگ ایجاد می‌کند. اثرات برکنش زیاد در مخازن می‌تواند در اثر تغییرات در جزئیات اجرایی مخازن نیز تشدید شود. در بسیاری از موارد، بهسازی تعدادی از این اجزای آسیب‌پذیر لرزه‌ای لازم خواهد بود.

اولویت آسیب‌ها در مخازن به صورت زیر است:

- واژگونی کل مخزن
- لغزش کل مخزن
- کمانش کلی پوسته مخزن ناشی از تنش‌های فشاری یا اثرات تلاطم
- نشست متغیر و پی ناپایدار
- نشست متغیر و ناپایداری خاک زیر پی (برای مثال زمین‌لغزه یا روان‌گرایی)
- ناپایداری سقف‌های شناور
- آسیب به سقف‌های ثابت یا شناور
- آسیب به اتصالات و جوش‌ها
- بیرون‌کشیدگی پیچ‌های مهار
- بیرون ریختن سیال
- سایر آسیب‌ها

omoorepeyman.ir

٦-۳-۱- حذف یا تعویض ورق‌های پوسته

٦-۳-۱-۱- حداقل ضخامت ورق پوسته جایگزین

(۱) حداقل ضخامت مصالح ورق پوسته جایگزین باید مطابق با استاندارد طراحی تعیین شود. این ضخامت نباید بیشتر از ضخامت اسمی هیچ یک از ورق‌های قشر مجاور ورق جایگزین باشد مگر آنکه ورق مجاور ضخیم شده باشد.

(۲) هرگونه تغییر شرایط اصلی طراحی مانند وزن مخصوص، فشار طراحی، تراز سیال و ارتفاع پوسته باید در نظر گرفته شود.

(۳) اگر تنها برخی از ورق‌ها تعویض شوند باید از ورق‌هایی با ضخامت مشابه استفاده شود.

(۴) اگر کل ورق‌های قشر پوسته تعویض شود، ورق‌های جدیدتر می‌تواند ضخیم‌تر باشد.

٦-۳-۱-۲- حداقل ابعاد ورق پوسته تعویضی

(۱) حداقل ابعاد ورق پوسته جایگزینی ۳۰۰ میلی‌متر یا ۱۲ برابر ضخامت ورق عوض شده، هرکدام که بزرگ‌تر است، می باشد. ورق جایگزینی می‌تواند دایره‌ای، مستطیل، مربع با گوشه‌های گرد یا مستطیل با گوشه‌های گرد باشد مگر زمانی که کل ورق پوسته جایگزین می‌شود. برای جزئیات ورق‌های پوسته جایگزینی قابل قبول به شکل ۶-۵ مراجعه کنید.

(۲) وقتی یک یا کل ورق پوسته یا قطعات با ارتفاع کامل ورق‌های پوسته حذف یا جایگزین می‌شوند، ملزومات حداقل فاصله گذاری برای اتصالات جوشی قائم باید رعایت شود. در حذف یا جایگزینی، کل ورق‌های پوسته یا قطعات با ارتفاع کامل به صورت برش و جوش مجدد در طول اتصالات جوشی افقی موجود بهسازی می‌شود. پیش از جوشکاری اتصالات قائم جدید، جوش‌های افقی موجود باید بریده شوند تا حداقل فاصله ۳۰۰ میلی‌متر تا اتصالات قائم جدید حفظ گردد. اتصالات قائم قبل از اتصالات افقی جوش می‌شوند.

(۳) وقتی یک یا کل ورق پوسته یا قطعات با ارتفاع کامل ورق‌های پوسته حذف یا جایگزین می‌شوند، ملزومات حداقل فاصله گذاری و طول جوشکاری در گام آخر باید حفظ شود.

٦-۳-۱-۳- طراحی اتصال جوشی

(۱) کرنش‌های باقیمانده ناشی از جوشکاری ورق‌های جایگزین شده در مقایسه با مخازن تازه ساخته شده می‌تواند بسیار بزرگ باشد و لازم است فرآیند طراحی به گونه‌ای انجام شود که این کرنش‌ها را کاهش دهد.

(۲) ورق‌های جایگزینی پوسته باید جوش لب به لب با نفوذ و ذوب کامل داده شوند مگر مواردی که برای تعمیر پوسته اتصال پوششی نیز مجاز است.

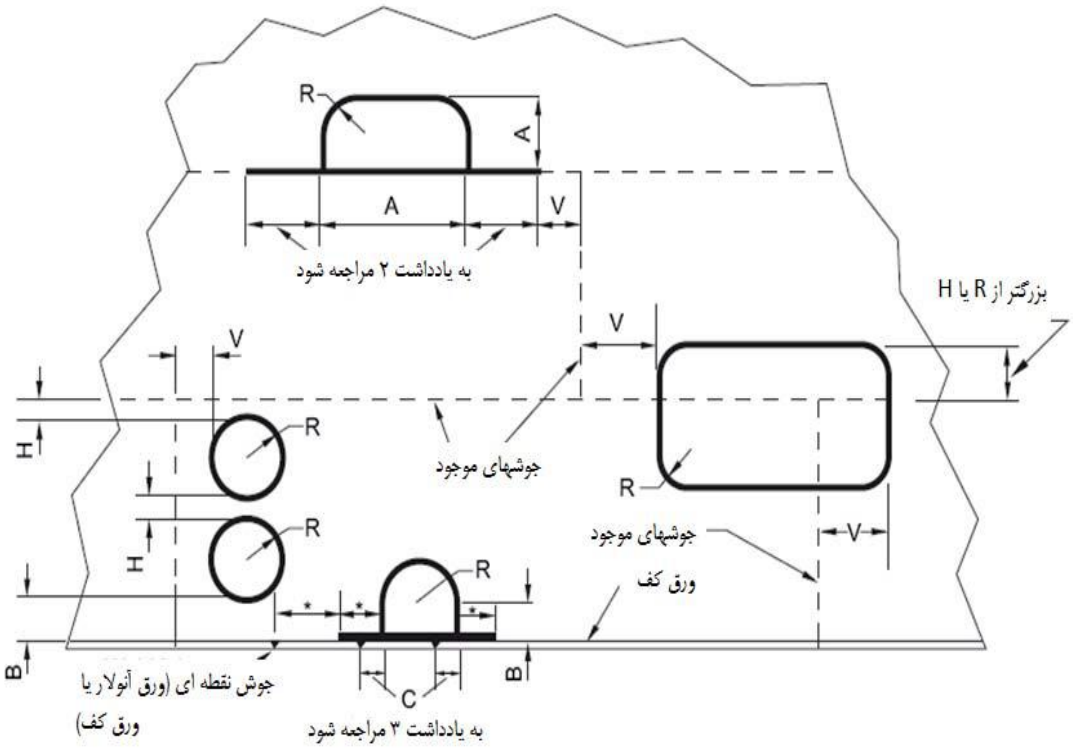
(۳) طراحی اتصال جوشی برای ورق‌های پوسته جایگزینی باید مطابق با API Std 650,3.1.5.1 تا 3.1.5.3انجام شود. اتصالات در مخازن با پوسته دارای جوش روی‌هم می‌توانند مطابق با استانداردهای ساخت تعمیر شوند. جزئیات جوشکاری نیز باید مطابق با API Std 650, 5.2 باشد.

(۴) برای ورق‌های پوسته موجود با ضخامت بیشتر از ۰/۵ اینچ، لبه خارجی جوش لب به لب متصل به ورق پوسته جایگزینی باید حداقل ۸ برابر ضخامت جوش یا ۱۰ اینچ از لبه خارجی هر یک از اتصالات پوسته موجود دارای جوش روی‌هم، هر

omoorepeyman.ir

کدام که بیشتر است، باشد. برای ورق‌های پوسته موجود با ضخامت ۰/۵ اینچ و کمتر، فاصله می‌تواند تا ۶ اینچ از لبه خارجی اتصال قائم یا ۳ اینچ از لبه خارجی اتصال افقی کاهش داده شود.

برای ورق‌های پوسته موجود با ضخامت بیشتر از ۰/۵ اینچ، لبه خارجی جوش لب به لب متصل به ورق پوسته جایگزینی باید حداقل ۸ برابر اندازه جوش یا ۱۰ اینچ از لبه جوش نواری اتصال پوسته کف به کف باشد، به غیر از زمانی که ورق پوسته جایگزینی امتداد یافته و اتصال ورق به کف تقریباً ۹۰ درجه باشد.



۱- تقاطع تمامی جوش‌ها باید قائم یا به عبارتی ۹۰ درجه باشند.

۲- قبل از جوشکاری قائم جدید، جوش‌های افقی موجود باید به اندازه حداقل ۱۲ اینچ از بر جوش قائم برداشته شوند. در آخر جوش افقی باید انجام شود.

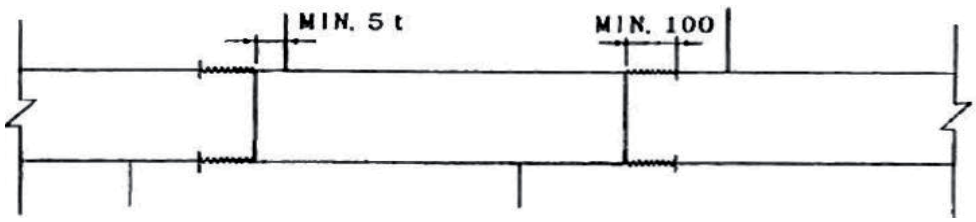
۳- قبل از جوشکاری قائم جدید، جوش‌های ورق به کف موجود باید به اندازه حداقل ۱۲ اینچ از بر جوش قائم برداشته شوند، مقدار برداشت جوش باید دست کم به اندازه ۳ اینچ یا 5t از محل قطع جوش ورق کف موجود ادامه یابد. جوش ورق به کف در آخر انجام شود.

۴- حداقل فاصله از بر جوش‌ها برای تعیین ضخامت ورق تعویضی، t

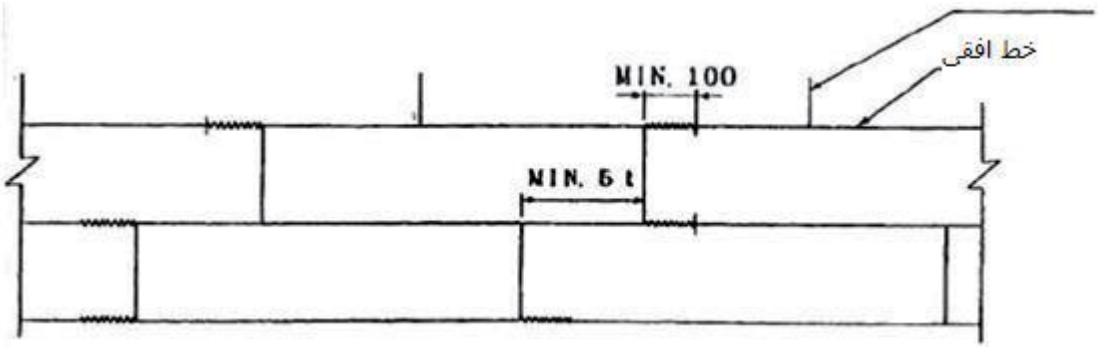
بعد	اینچ $t \geq$ ۰/۵	اینچ $t <$ ۰/۵
R	۶ اینچ	بزرگ‌تر از ۶ اینچ یا 6t
B	۶ اینچ	بزرگ‌تر از ۱۰ اینچ یا 8t
H	۳ اینچ	بزرگ‌تر از ۱۰ اینچ یا 8t
V	۶ اینچ	بزرگ‌تر از ۱۰ اینچ یا 8t
A	۱۲ اینچ	بزرگ‌تر از ۱۲ اینچ یا 12t
C		بزرگ‌تر از ۳ اینچ یا 5t

شکل ٦-٥ جزئیات جایگزینی ورق‌های موجود مخازن فولادی

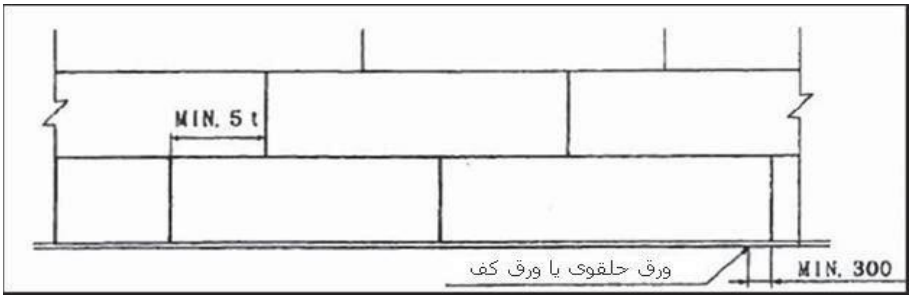
omoorepeyman.ir



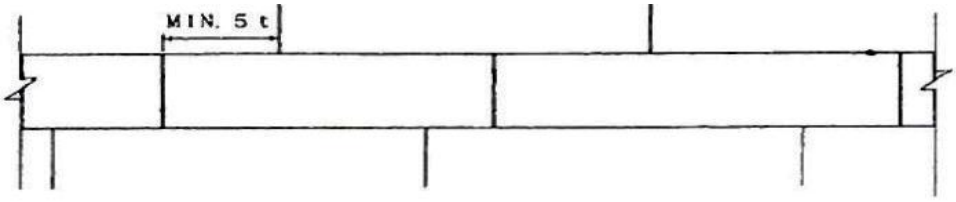
(الف) جایگزینی تنها یک ورق پوسته



(ب) جایگزینی چندین ورق پوسته



(ج) جایگزینی ورق پوسته در کف



(د) جایگزینی ورق پوسته میانی

t: ضخامت ورق پوسته [redacted] : جوشکاری در گام آخر

شکل ٦-٦ ملزومات حداقل فاصله‌گذاری و طول جوشکاری در گام آخر برای جایگزینی ورق‌های پوسته

برای ورق‌های پوسته موجود با ضخامت ۰/۵ اینچ و کمتر، فاصله می‌تواند تا ۶ اینچ برای ورق‌های پوسته با سختی نامعلوم که معیارهای شکل ۶-۶ را ارضا نکرده‌اند، کاهش داده شود، لبه هر اتصال جوشی قائم الحاقی یک ورق جایگزینی باید در ۳ اینچ یا ۵ برابر از لبه اتصال جوشی در رینگ حلقوی کف یا اتصال جوشی در ورق‌های کف زیر پوسته مخزن باشد. در شکل ۶-۵ حداقل ابعاد آمده است.

omoorepeyman.ir

(۵) برای کاهش پتانسیل اعوجاج ناشی از جوش ورق جایگزینی به پوسته مخزن موجود، قابلیت، گرما، ورودی و مراحل جوشکاری باید در نظر گرفته شود.

٦-۳-۱-٤- تسلیح ورق‌های پوسته

(۱) تعمیر پوسته اتصال پوششی یک شکل قابل قبول تعمیر پوسته مخازن پرچی، جوش روی هم یا پوششی و جوش لب به لب است. منظور از این تعمیرات، تعمیرات دائمی مربوط به بازرسی و برنامه نگهداری مداوم است. این ملزومات برای ارزیابی تعمیرات پوسته موجود با اتصال پوششی است، هرچند نیازی به اعمال حدود ضخامت ورق نیست.

(۲) همه مصالح تعمیرات باید مطابق با ملزومات راهنمای موجود و API Std 653 باشد.

(۳) تعمیرات پوسته اتصال پوششی نباید برای پوسته (ساخت اصلی) با ضخامت بیشتر از ۰/۵ اینچ، یا درپوش جایگزینی یا ورق‌های پوسته استفاده شود.

(۴) مصالح ورق تعمیر باید ۰/۵ اینچ یا ضخامت ورق پوسته مجاور، هرکدام که کوچک‌تر است باشد، اما به هر حال نباید کمتر از ۳/۱۶ اینچ شود.

(۵) شکل ورق تعمیر می‌تواند دایره، چهارگوش، مربع یا مستطیل باشد. همه گوشه‌ها به غیر از اتصال پوسته به کف باید گرد و با شعاع حداقل ۲ اینچ باشد. شکل ورق تسلیح افشانه API Std 650 نیز قابل قبول است.

(۶) ممکن است ورق تعمیر از نوارهای پوسته افقی یا قائم با جوش لب به لب همتراز با زمین عبور کند اما باید حداقل ۶ اینچ همپوشانی بین نوارهای پوسته وجود داشته باشد. ملزومات فاصله‌گذاری جوش شکل ۶-۵ باید به عنوان مبنا برای محل قرارگیری ورق‌های تعمیر مربوط به جوش لب به لب، جوش نواری و نوارهای پرچی و سایر ورق‌های تعمیری استفاده شود.

(۷) اگر وجوه قائم با کف مخزن زاویه ۹۰ درجه ایجاد کرده و جوش کف به پوسته مطابق با شکل ۶-۵ نباشد، ممکن است ورق‌های تعمیر امتداد پیدا کرده و به اتصال بیرونی ورق به کف برسند. ورق‌های تعمیر داخل پوسته باید طوری قرار گیرند که فاصله باز جوش پنجه به پنجه حداقل ۶ اینچ تا جوش کف به پوسته باشد.

(۸) حداکثر ابعاد قائم و افقی ورق تعمیر به ترتیب ۴۸ اینچ در ۷۲ اینچ است. حداقل بعد ورق تعمیر ۴ اینچ است.

(۹) بازشوهای پوسته و تسلیح آن‌ها نباید در اتصال پوششی قرار گیرد.

(۱۰) پیش از استفاده از پوسته تعمیر اتصال پوششی، نواحی که قرار است جوشکاری در آن‌ها انجام شود، باید به روش اولتراسونیک از نظر عیوب ورق و ضخامت باقیمانده بازرسی شوند.

(۱۱) ورق‌های تعمیر نباید در قسمت نوارهای پوسته جوش شده، پرچ شده، سایر ورق‌های تعمیر اتصال پوششی، نواحی واپیچیده یا ترک‌ها و عیوب تعمیر نشده همپوشانی داشته باشد.

(۱۲) ورق‌های تعمیر اتصال پوششی برای مسدود کردن حفره‌های ناشی از جداشدگی بازشوهای ورق موجود یا جداشدگی نواحی به شدت خورده شده استفاده می‌شوند.

omoorepeyman.ir

(۱۳) جوشکاری باید تا خارج محیط ورق تعمیر و داخل محیط سوراخ بر ورق پوسته ادامه پیدا کند. حداقل قطر سوراخ ۲ اینچ و حداقل شعاع گوشه بازشوهای پوسته ناشی از جداشدگی ورق نیز ۲ اینچ است.

(۱۴) دهانه افشانه و ورق‌های تسلیح باید پیش از نصب ورق تعمیر کاملاً جدا شوند.

(۱۵) جوش‌های ورق تعمیر باید جوش نواری کامل باشد. حداقل ابعاد ورق پوسته ۴ اینچ با حداقل همپوشانی ۱ اینچ و حداکثر همپوشانی ۸ برابر ضخامت پوسته است.

(۱۶) ضخامت ورق تعمیر نباید از ضخامت اسمی ورق پوسته مجاور آن تجاوز کند.

(۱۷) ورق‌های تعمیر با اتصال پوششی می‌توانند برای تسلیح قسمت‌هایی از ورق پوسته که به شدت آسیب دیده‌اند و مقاومت کافی برای تحمل بارهای بهره‌برداری اعمالی بر مخزن را ندارند، استفاده شود. همچنین این ورق‌ها می‌توانند برای ورق های پوسته که ضخامتشان کم است نیز بکار روند به شرط آنکه ملزومات اضافی زیر رعایت شده باشند.

(۱۸) ضخامت ورق‌های تعمیر بر اساس طراحی تایید شده توسط استاندارد چون ساخت و API Std 653 و با استفاده از بازده اتصالی که از ۰/۳۵ تجاوز نکند، انتخاب می‌گردد. جوشکاری پیرامونی باید از نوع جوش نواری کامل باشد.

(۱۹) ضخامت ورق تعمیر نباید از چهار سوم ضخامت ورق پوسته‌ای که در پیرامون آن قرار دارد تجاوز نماید و از یک هشتم اینچ نیز بیشتر نشود. ضخامت ورق تعمیر نیز نباید از یک دوم اینچ تجاوز نماید.

(۲۰) مقاومت باقیمانده ناحیه‌ای که دچار خرابی شده است نباید به عنوان مقدار موثر در بارهای هیدرولیک و بهره‌برداری محاسبه شده در نظر گرفته شود.

(۲۱) ورق‌های تعمیر اتصال پوششی می‌تواند برای تعمیر تراوش‌های کم پوسته استفاده شوند یا اگر ملزومات زیر ارضا گردند، پتانسیل تراوش از حفره‌های پراکنده و عایق‌کاری شده به حداقل می‌رسد.

(۲۲) ضخامت پوسته موجود به استثنای سوراخ‌ها و حفره‌های باید بیشتر از حداقل ضخامت قابل قبول پوسته تعیین شده باشند.

(۲۳) ورق تعمیر طوری طراحی می‌شود که با فرض وجود سوراخ در پوسته و بازده اتصال ۰/۳۵، بتواند بار فشار هیدرولیک بین ورق تعمیر و پوسته را تحمل کند.

(۲۴) ضخامت ورق تعمیر نباید از چهار سوم ضخامت ورق پوسته‌ای که در پیرامون آن قرار دارد تجاوز نماید و از یک هشتم اینچ نیز بیشتر نشود. ضخامت ورق تعمیر باید بیشتر از سه شانزدهم اینچ و کمتر از یک دوم اینچ بوده و جوشکاری پیرامونی به صورت نواری کامل باشد.

(۲۵) اگر جوش نواری در مجاورت فرآورده‌ها باعث بروز ترک‌های ناشی از خوردگی شده و یا بین ورق پوسته و ورق تعمیر احتمال ایجاد پیل خوردگی می‌رود، از این روش تعمیر نباید استفاده شود.

(۲۶) اگر وجود فرآورده بین ورق پوسته و ورق تعمیر باعث جلوگیری از خارج شدن گاز از مخزن شود، از این روش برای تعمیر تراوش از پوسته نباید استفاده شود.

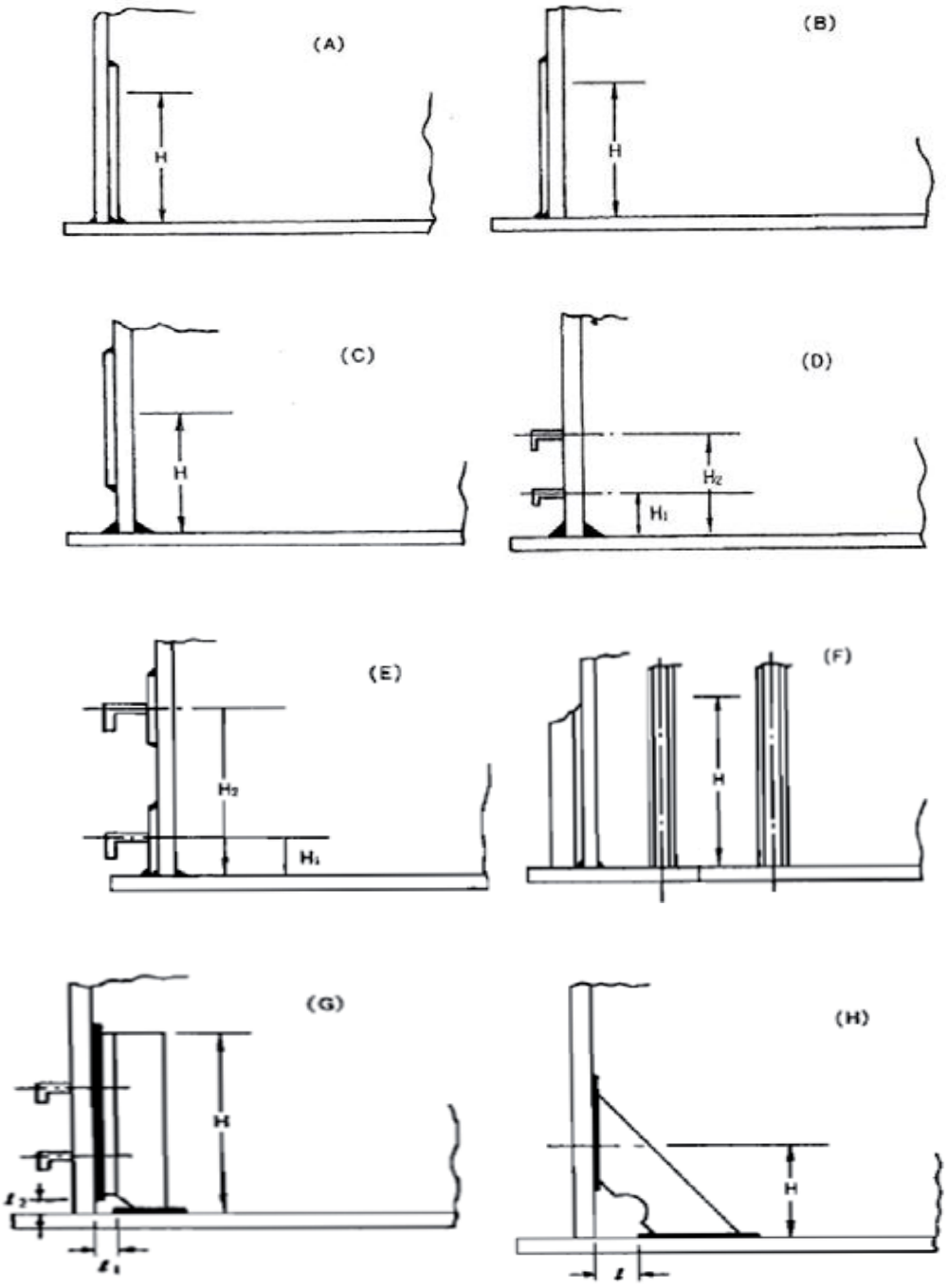
omoorepeyman.ir

(۲۷) ورق پوسته موجود در زیر ورق تعمیر باید در هر بازرسی ارزیابی شود تا از ارضای ملزومات بند (۲۲) اطمینان حاصل شود. اگر ضخامت ورق پوسته موجود بند (۲۲) یا ورق تعمیر بند (۱۷) – (۲۳) را ارضا نکند، آن ناحیه باید مطابق با بند (۱۲) – (۱۶) تعمیر گردد.

(۲۸) اساس روش‌های تسلیح لرزه‌ای ورق‌های پوسته برای پیشگیری از کمانش معمولاً بر استفاده از ورق‌های اضافی می باشد.

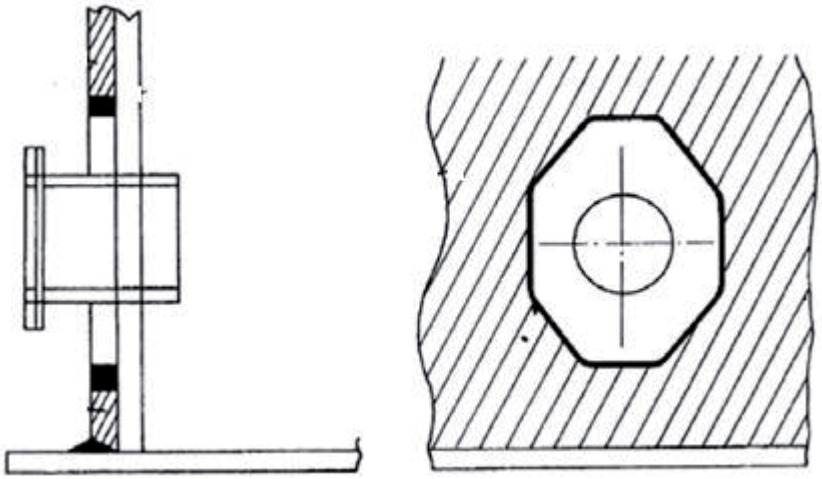
(۲۹) شکل‌های ۶-۷ و ۶-۸ چندین روش تسلیح ورق پوسته با استفاده از ورق‌های اضافی را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٧ تسلیح ورق پوسته با استفاده از ورق اضافی

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٨ تسلیح ورق پوسته با استفاده از ورق اضافی اطراف آدم‌رو، افشانه یا دریچه بازدید

٦-٣-١-٥-ابعاد ورق اضافه شده به دیوار کناری

(١) ابعاد ورق اضافه شده به دیوار کناری (ورق پوسته) باید مقررات زیر را ارضا نماید:

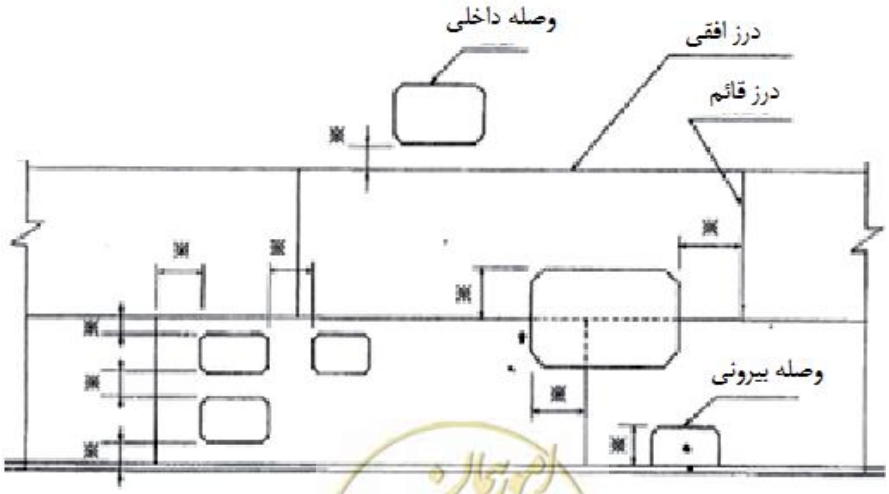
ابعاد ورق اضافه شده نباید آنقدر زیاد باشد که در اثر حرارت ناشی از جوشکاری در آن کرنش پسماند زیادی ایجاد شود.

بعد قائم ورق پوسته اضافه شده نباید از ۵۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید.

مساحت یک قطعه از ورق اضافه شده نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

- ۰/۷۵ متر مربع
- ۱۰٪ مساحت ورق پانل کناری

(٢) شکل ۶-۹ حداقل فاصله بین ورق‌های اضافی برای تسلیح ورق پوسته را نشان می‌دهد.



حداقل فواصل علامت‌گذاری شده ۵۰ میلی‌متر یا 8t است که t ضخامت پوسته مخزن می‌باشد.

شکل ٦-٩ حداقل فاصله بین ورق‌های اضافه شده برای تسلیح ورق‌های پوسته

omoorepeyman.ir

٦-٣-١-٦- تعمیر عیوب مصالح ورق پوسته

مواردی‌که که نیازمند تعمیرند مانند ترک‌ها، شکستگی (مانند قسمت‌هایی که اغلب بعد از برداشتن ملحقات به جا می‌ماند) حفره‌های پراکنده و نواحی خورده شده که در حین بازرسی از پوسته مخزن یافت شده‌اند باید در موارد خاص تعیین شوند. در قسمت هایی که ضخامت ورق پوسته بیشتر از مقدار مورد نیاز در شرایط طراحی است، می‌توان با سایش سطوح دارای ناهمواری، سطحی صاف بدست آورد، تا زمانی که ضخامت باقیمانده طبق شرایط طراحی کافی باشد. در مواردی که سایش سطح برای رسیدن به سطح هموار باعث می‌شود که ضخامت پوسته باقیمانده کمتر از مقدار قابل قبول شود، ورق پوسته با استفاده از جوش فلزات تعمیر و بقیه آزمایش‌ها انجام می‌شود. اگر بخش وسیع‌تری از ورق پوسته نیاز به تعمیر داشته باشد، از ورق جایگزین پوسته با جوش لب به لب یا ورق اتصال پوششی استفاده می‌شود.

٦-٣-١-٧- تعویض پوسته‌های مخزن برای تغییر ارتفاع پوسته

برای افزایش ارتفاع پوسته مخزن می‌توان آن را با پوسته‌های اضافی از جنس جدید تعویض نمود. ارتفاع اصلاح شده پوسته باید استاندارد بوده و همه بارهای پیش‌بینی شده مانند بار باد و زلزله در نظر گرفته شوند.

٦-٣-١-٨-تعمیر ورودی‌های پوسته (آدم‌رو، افشانه دریچه‌های بازدید و غیره)

با این تعمیر ورق‌های تسلیح به افشانه‌های تسلیح نشده موجود اضافه می‌شوند. ورق تسلیح باید همه ملزومات مربوط به ابعاد و فاصله‌گذاری جوش API Std 650 را داشته باشد.

٦-٣-٢- ورق‌های حلقوی

(۱) ضخامت مورد نیاز ورق حلقوی نباید از ضخامت پوسته کف تجاوز کند.

(۲) شکل ۶-۱۰ روش‌های اضافه کردن ورق حلقوی زیر پوسته کف مخزن را نشان می‌دهد.

(۳) شکل ۶-۱۱ روش تقویت بیرونی ورق حلقوی را نشان می‌دهد.

٦-٣-٢-١-صفحه تکیه‌گاه

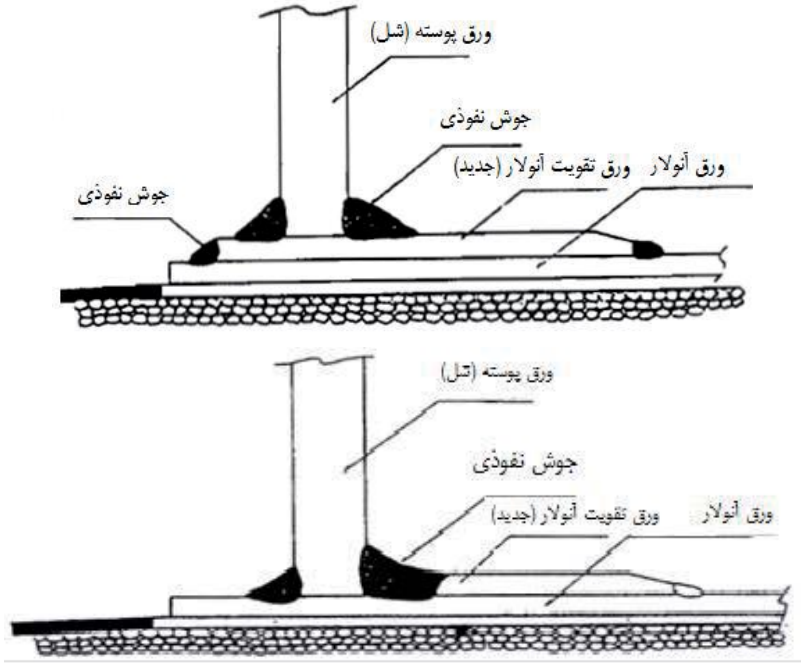
(۱) اگر تنش فشاری زیر ورق کف یا ورق حلقوی زیر دیوار مخزن از مقادیر مجاز تجاوز نماید، می‌توان صفحه تکیه‌گاه را زیر ورق کف یا ورق حلقوی برای افزایش ظرفیت باربری و صلبیت ورق‌ها بکار برد.

(۲) اگر تنش فشاری منتقل شده به بالای پی از مقدار مجاز تنش باربری پی تجاوز نماید، صفحه تکیه‌گاه می‌تواند به بالای پی و زیر ورق کف یا ورق حلقوی اضافه شود تا تنش‌های منتقل شده را کاهش و پایداری پوسته مخزن را افزایش دهد.

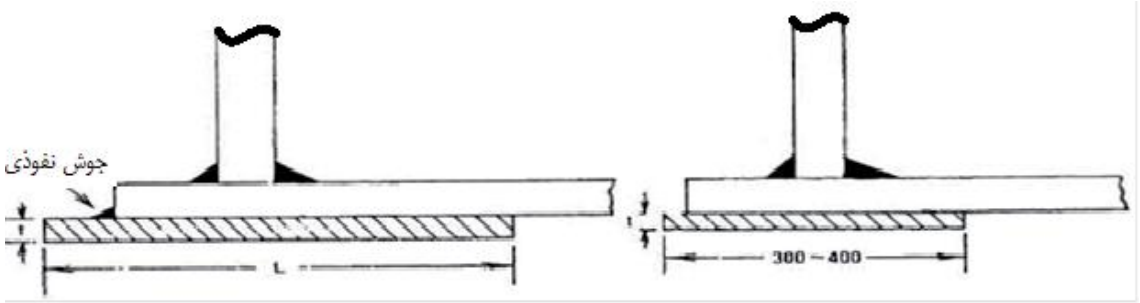
(۳) شکل ۶-۱۲ یک نمونه از صفحه تکیه‌گاه اضافه شده به بالای پی و زیر ورق کف یا ورق حلقوی را نشان می‌دهد.

(۴) اگر تنش فشاری زیر ورق کف یا ورق حلقوی زیر دیوار مخزن از مقدار مجاز تجاوز نماید، این ورق‌ها تغییر شکل یافته و باعث دوران یا جابجایی پوسته می‌شوند (شکل ۶-۱۳) در چنین مواردی صفحه تکیه‌گاه صلبیت ورق‌ها را افزایش می دهد.

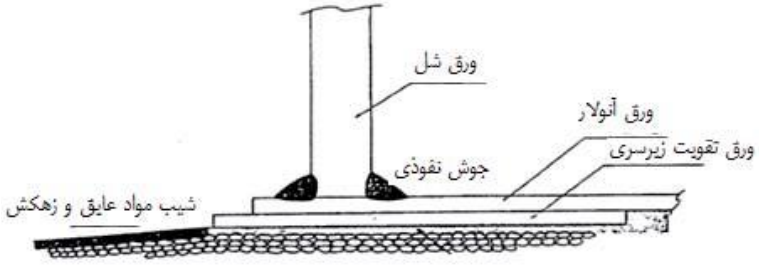
omoorepeyman.ir



شکل ٦-١٠ روش‌های اضافه کردن ورق حلقوی جدید زیر پوسته کف مخزن



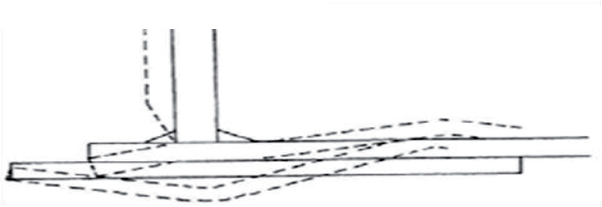
شکل ٦-١١ تقویت بیرونی ورق‌های حلقوی



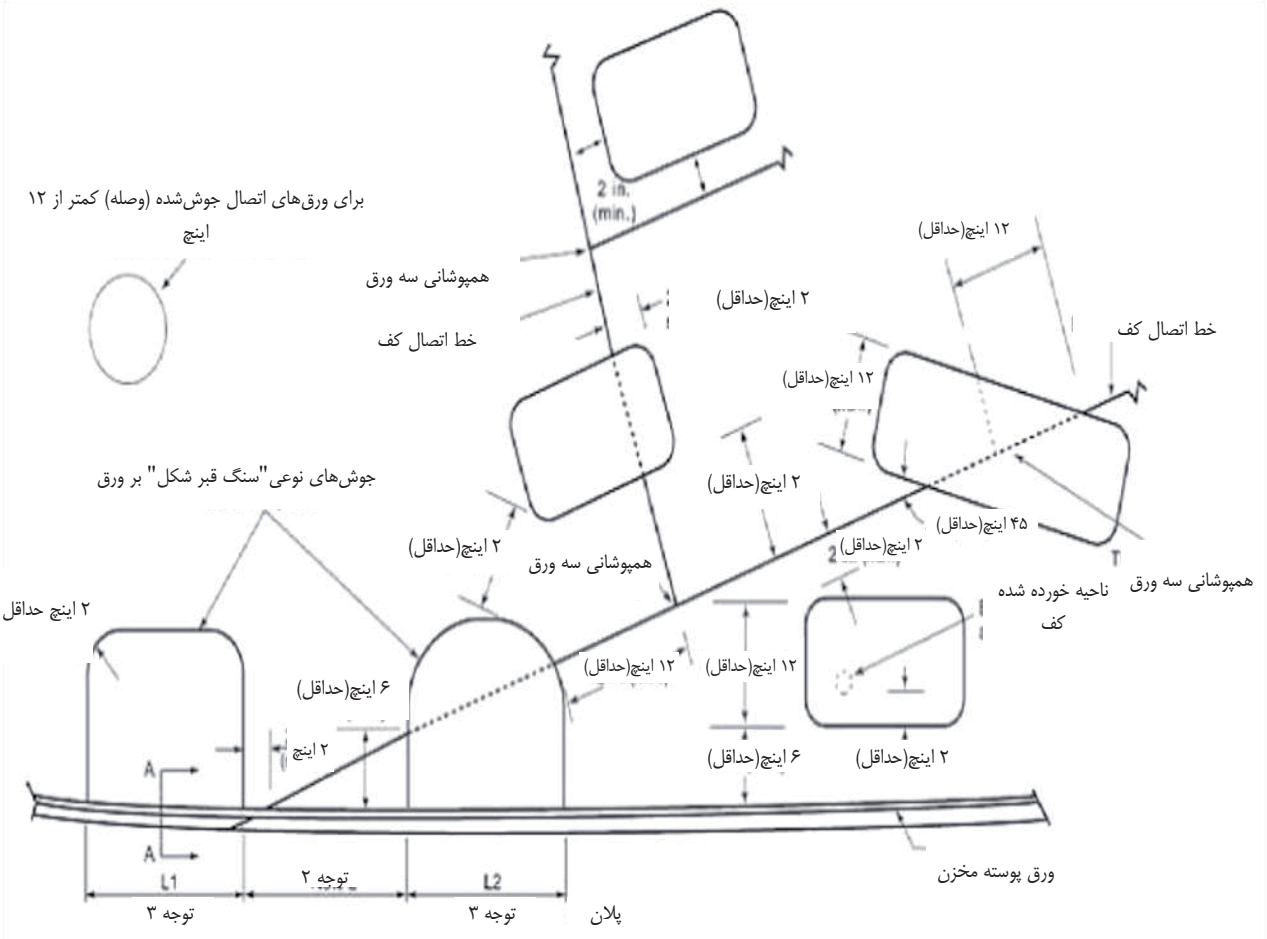
شکل ٦-١٢ نمونه صفحه تکیه‌گاه اضافه شده

(۵) اگر تنش فشاری منتقل شده به بالای پی از مقادیر مجاز تجاوز نماید، صفحه تکیه‌گاه می‌تواند به بالای پی و زیر صفحه کف یا صفحه حلقوی اضافه شده و تنش فشاری در پی را کاهش و پایداری مخزن را افزایش دهد.

omoorepeyman.ir



شکل ٦-١٣ نقش صفحه تکیه‌گاه پس از اقدام متقابل لرزه‌ای



توجه:

۱- ابعاد از پنجه جوش‌های گوشه یا از خط مرکزی جوش لب به لب داده شده است و در جوش‌های موجود و جدید قابل استفاده هستند.

۲ حداقل فاصله بین دو ورق اتصال جوش‌شده در ناحیه بحرانی باید نصف کمترین مقدار L1 و L2باشد.

۳ حداکثر اندازه (بعد) ورق اتصال جوش‌شده در ناحیه بحرانی ۲۴ اینچ می‌باشد.

۴در صورتی که لبه‌های ورق اتصال جوش‌شده موازی با اتصال کف باشد، لبه‌ها باید در هر دو اینچ از خط اتصال مهار شوند.

شکل ٦-١٤ ورق‌های اتصال جوشی در کف مخازن

omoorepeyman.ir

٦-۳-۳- ورق کف

استفاده از ورق‌های با اتصال جوشی برای تعمیر کف مخازن با تکیه‌گاه یکنواخت، مطابق با محدودیت‌های زیر است:

(۱) حداقل ابعاد ورق با اتصال جوشی که درز طولی کف و اتصال موجود همپوشانی دارند برابر ۱۲ اینچ است. ورق اتصال جوشی می‌تواند دایره، چهارگوش یا چند گوشه با گوشه‌های گرد باشد.

(۲) ورق اتصال جوشی کوچک‌تر از ۱۲ اینچ در صورتی مجاز است که: قطر آن ۶ اینچ یا بیشتر باشد؛ با درز طولی کف همپوشانی نداشته باشد؛ به صورت کامل یا بخشی از آن روی اتصال موجود قرار نگرفته باشد؛ اگر حداقل ۲ اینچ بیشتر از ناحیه خورده شده کف توسعه یافته باشد.

(۳) ورق‌های اتصال جوشی نباید بیشتر از قسمت‌هایی از کف مخزن که دچار پوسته شدگی کلی یا محلی قرار گیرد. اگر نشست مخزن همچنان ادامه دارد، اضافه کردن ورق اتصال جوشی توصیه نمی‌شود.

(۴) استفاده از ورق اتصال جوشی در دندانه‌های مکانیکی یا پوسته شدگی محلی در صورتی مجاز است که: ابعاد قسمت‌های بدون تکیه‌گاه در هیچ راستایی از ۳۰۰ میلی‌متر تجاوز نکند؛ ضخامت حداقل یک چهارم اینچ باشد؛ حداقل ضخامت برابر کف موجود باشد؛ درزهای طولی با سایر اتصالات همپوشانی نداشته باشند به غیر از مخازنی که مطابق با API Std 650 پیوست M طراحی شده‌اند و باید ورق‌های اتصال جوشی با ضخامت حداقل سه هشتم اینچ داشته باشند.

(۵) این تعمیرات، تعمیرات دائمی هستند که موضوع برنامه بازرسی و نگهداری می‌باشند.

٦-۳-۳-۱-جایگزینی ورق‌های کف مخزن

(۱) ملزومات نصب ورق جایگزین روی ورق کف در موارد (۲) تا (۶) آمده است.

(۲) مصالح ضربه‌گیر غیر خورنده مناسب مانند ماسه، شن یا بتن باید بین کف قبلی و کف جدید استفاده شوند.

(۳) پوسته باید با یک برش یکنواخت موازی کف مخزن شیار داده شود. لبه‌های برش در شیار باید به گونه‌ای باشد که بتواند سرباره و همه ذرات ایجاد شده در اثر عمل برش را تخلیه کند. همان‌طور که در API Std 650 گفته شده ورق کف جدید باید تا خارج پوسته ادامه داشته باشد. همه قوانین مربوط به فاصله‌گذاری جوش نیز باید رعایت شود.

(۴) فضاهای خالی درون پی زیر کف قدیمی باید با ماسه، سنگ آهک شکسته، دوغاب یا بتن پر شوند.

(۵) به غیر از موارد مجاز ذکر شده در مورد (۱۲)، ورودی‌های موجود در پوسته باید بالا برده شوند، یا اگر تراز کف جدید طبق جزئیات تقویت افشانه (به API Std 650 , 3.7.2 مراجعه کنید) کافی نباشد یا ملزومات فاصله‌گذاری جوش طبق API Std 650, 3.7.3رعایت نشده باشد، ورق‌های تقویتی باید اصلاح گردند.

(۶) برای مخازن با سقف شناور، پروفیل کف جدید باید به گونه‌ای باشد که وقتی روی پایه‌های تکیه‌گاهی خود قرار گرفت، تراز سقف را حفظ کند. تراز سقف را می‌توان با تغییر طول پایه‌های تکیه‌گاهی تنظیم کرد. برای حفظ ارتفاع اصلی بالای کف، پایه‌های تکیه‌گاهی را می‌توان با همان طول نگهداشت، یا به اندازه ضخامت مستهلک شده و ورق کف جدید کاهش طول داد.

omoorepeyman.ir

(۷) صفحات تکیه‌گاهی جدید برای پایه‌های تکیه‌گاهی سقف‌های شناور و برای ستون‌های نگه‌دارنده سقف‌های ثابت باید نصب شوند. برای سقف‌های شناور داخلی با تکیه‌گاه آلومینیوم، فلز ضدزنگ آستنیکی جدید یا جداکننده غیر فلزی قابل قبول (برای مثال تفلون) باید برای تفکیک تکیه‌گاه‌ها از کف فولاد کربن‌دار بکار رود.

(۸) برای جدا کردن پوسته از کف مخازن یکی از روش‌های زیر بکار می‌رود:

الف) بریدن پوسته موازی کف مخزن حداقل ۵۰ میلی‌متر بالای جوش کف به پوسته

ب) جدا کردن کل جوش اتصال پوسته به کف شامل کل منطقه نفوذ و تأثیر حرارت به روش مناسب مانند سایش همه نواحی قوسی جوش پوسته به کف مخزن باید با ذره مغناطیسی آزمایش شده و نواحی آسیب دیده تعمیر و مجدداً مورد آزمایش قرار گیرند.

(۹) نصب کف جدید پس از برداشتن کف موجود باید مطابق با رعایت همه ملزومات API Std 650 انجام گیرد. به غیر از موارد مجاز ذکر شده در مورد (۱۲)، ورودی‌های موجود در پوسته باید بالا برده شوند، یا اگر تراز کف جدید طبق جزئیات تقویت افشانه (به API Std 650 , 3.7.2 مراجعه کنید) کافی نباشد یا ملزومات فاصله‌گذاری جوش طبق API Std 650, 3.7.3رعایت نشده باشد، ورق‌های تقویتی باید اصلاح گردند. برای مخازنی که سفتی ورق پوسته آن‌ها نامعلوم است، اتصالات جوشی جدید در کف یا رینگ حلقوی باید در فاصله حداقل ۳ اینچ یا 5t، هرکدام که بزرگ‌تر است، از اتصالات جوشی قائم موجود در قشر پوسته کف قرار گیرد، در اینجا t ضخامت پوسته کف به اینچ است.

(۱۰) جایگزینی بخش‌هایی از کف مخازن موجود (ورق‌های مستطیلی یکپارچه یا قطعات بزرگ ورق) که در ناحیه بحرانی قرار ندارند، تحت قوانینی مشابه با قوانین حاکم بر نصب کف در ساخت مخازن جدید API Std 650 انجام می‌شود.

(۱۱) برای مخازن با حفاظت کاتدی و کشف تراوش زیر کف موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:

الف) در مخازن دارای حفاظت کاتدی نصب شده زیر کف موجود، کل کف باید جداشده و پوسته قدیمی برای حفاظت کاتدی کف جدید بکار نمی‌رود. جدا کردن کف قدیم نیز برای جلوگیری از خوردگی گالوانیک (به API RP 651 مراجعه کنید) مهم است. در صورت امکان کل کف قدیمی به استثنای پوسته قدیمی غیرقابل استفاده و مساحتی حلقوی به قطر کمتر از ۱۸ اینچ از کف نصب شده به پوسته باید جدا شود.

ب) باید سیستم کشف تراوش زیر کف نصب شود تا در صورت تراوش از کف آن را به قسمتی انتقال دهد که از خارج از مخزن قابل رویت باشد.

(۱۲) در مخازنی که از مصالح با مقاومت تسلیم ۵۰۰۰۰ $lbf/in.^2$ یا کمتر ساخته شده‌اند، اگر شرایط زیر برقرار باشد، نیازی به بالا بردن ورودی‌های موجود در پوسته نیست:

الف) برای ورودی‌های تقویت شده شامل انواع پایین آن، حداقل ۱۰۰ میلی‌متر باید بین پنجه جوش پوسته به کف و نزدیک‌ترین پنجه جوش اتصالی ورودی حفظ شود. (جوش پیرامونی ورق تقویت یا جوش دهانه افشانه به ورق تقویت از نوع پایین و جوش‌های پوسته)

ب) برای ورودی‌های خود تقویت شده، ۳ اینچ یا ۲/۵ t، هرکدام که بزرگ‌تر باشد، باید بین پنجه جوش پوسته به کف و نزدیک‌ترین پنجه جوش اتصالی ورودی حفظ شود.

omoorepeyman.ir

ج) جوشکاری کف به پوسته باید با الکترودهای هیدروژنی پایین و دستورالعمل جوش که اعوجاج و تنش پسماند را محدود می‌کند، انجام شود.

د) پنجه جوش‌ها باید برای به حداقل رساندن تمرکز تنش، به صورت یکنواخت باشد.

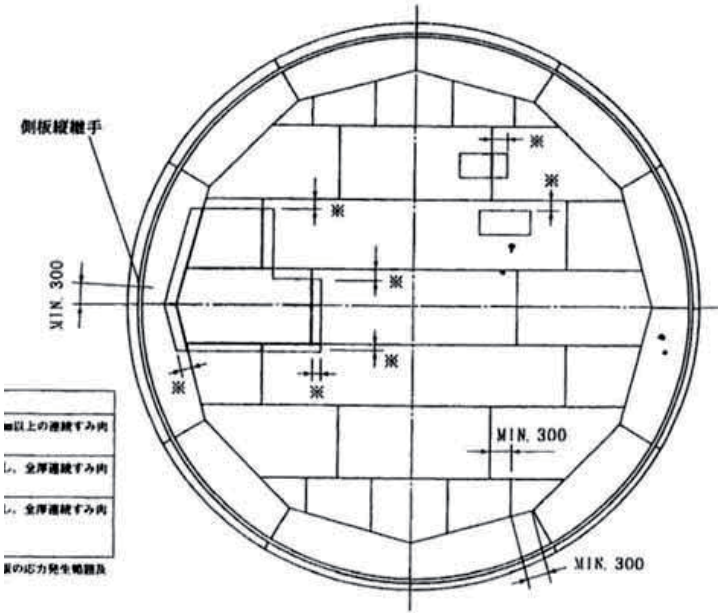
i) برای ورق‌های تقویت دایره‌ای، یکنواخت کردن جوش پیرامونی از موقعیت ساعت چهار تا موقعیت ساعت هشت انجام می‌شود. عمل سایش و یکنواخت کردن جوش داخل و خارج پوسته به کف حداقل به اندازه یک طول قطر نفوذ در هر طرف خط مرکزی نفوذ انجام می‌شود.

ii) برای ورق‌های تقویت به شکل لوزی، طول افقی پایینی لوزی، سایش داده می‌شود. سایش داخل و خارج جوش پوسته به کف، حداقل به اندازه یک طول قطر نفوذ در هر طرف خط مرکزی نفوذ انجام می‌شود.

iii) برای انواع پایین‌تر ورودی‌ها، جوش افشانه (ورق تقویت و پوسته) یکنواخت سازی از موقعیت ساعت چهار تا موقعیت ساعت هشت انجام می‌شود. سایش داخل و خارج جوش پوسته به کف حداقل به اندازه یک طول قطر نفوذ در هر طرف خط مرکزی نفوذ انجام می‌شود.

ه) طول سایش جوش‌های قسمت (د) باید قبل و بعد از آزمایش هیدرولیک به وسیله ذره مغناطیسی آزمایش شوند.

(۱۳) شکل ۲ (۱) محدودیت فاصله بین ورق اضافه شده و ورق تقویت کف را نشان می‌دهد.



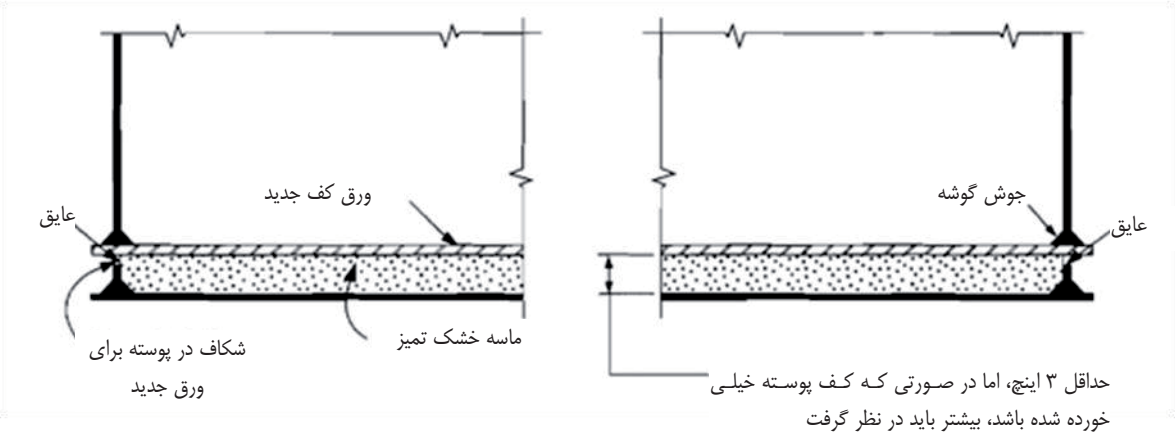
شکل ٦-١٥ محدودیت فاصله بین ورق اضافه شده و ورق تقویت کف

(۱۴) اگر نیاز به تعویض کل ورق‌های کف مخزن باشد، ورق جایگزینی را می‌توان از بین شیاری که بر پوسته کف تعبیه شده یا از ورودی وارد کرده و از داخل مخزن در شیار جاسازی نمود. همان‌طور که در شکل ۶۰ نشان داده شده است، زمانی که کف جدید در شیار نصب می‌شود، قبل از بریدن شیار بعدی، هر ورق باید در جای خود جوش شده یا به صورت ایمن توسط قسمت بالایی ورق پوسته نگهداشته شود. با این کار از تاب برداشتن پوسته بین شیارها جلوگیری می‌شود. لایه پیرامونی از جنس ماسه تمیز، شبکه فلزی یا لایه بتنی باید در زیر و حداقل در ۷۶ میلی‌متری کف جدید نصب شود

omoorepeyman.ir

تا پوسته روی پی و در سرتاسر کف جدید نگهداشته شود. این روش، روش کف دوبل نیز نامیده می‌شود. (API575 9.2.3)

(۱۵) برای جایگزینی کف مخازن معمولی به روش کف دوبل قطعه زیر کف جدید معمولاً برای مقاومت طراحی نشده و اغلب به کف جدید و قسمتی از مخزن که بالای آن قرار دارد متصل نمی‌شود. با افزایش فاصله بین کف قبلی و جدید، عمده وزن می‌تواند برای مقاومت در برابر ممان واژگونی اعمال شود. هرچند جزئیات طراحی مورد نیاز برای اتصال کف‌های قبلی و جدید به یکدیگر با مقاومت کافی مهم است. به این دلیل که اگر مخزن دچار برکنش شد، نه تنها کف جدید و محتویات مخزن بلکه کف قدیم و مصالح جداکننده نیز (معمولاً بتن) باید جابجا شوند. استفاده از بتن باعث افزایش مدول مقطع کف و ایجاد سختی شده که برکنش را کاهش می‌دهد. مجدداً فشار تکیه‌گاهی خاک باید کنترل گردد. این روش ظرفیت موثر مخزن را کاهش می‌دهد چون کف جدید باید حداقل در فاصله ۷۶ میلی‌متری (یا در موارد خاص ۳۰۰ میلی‌متر) بالای کف قدیم قرار گیرد تا موثر باشد.



شکل ٦-١٦ تعمیر کف مخازن به روش کف دوبل

(۱۶) روش تغییر ورق کف مخازن با سقف ثابت

گام ۱: اگر آدم‌رو مناسبی در سقف در دسترس نباشد، یک ورودی در سقف باید برای جدا کردن ورق‌های کف تعبیه گردد. (شکل ۶-۱۷ – الف))

گام ۲: قسمت‌های کوچکی از ورق کف باید بریده شوند که می‌توانند از آدم‌رو یا ورودی جدا شوند. (شکل ۶-۱۷ – الف))

گام ۳: جداکردن قسمت‌هایی از ورق کف (شکل ۶-۱۷ –ب))

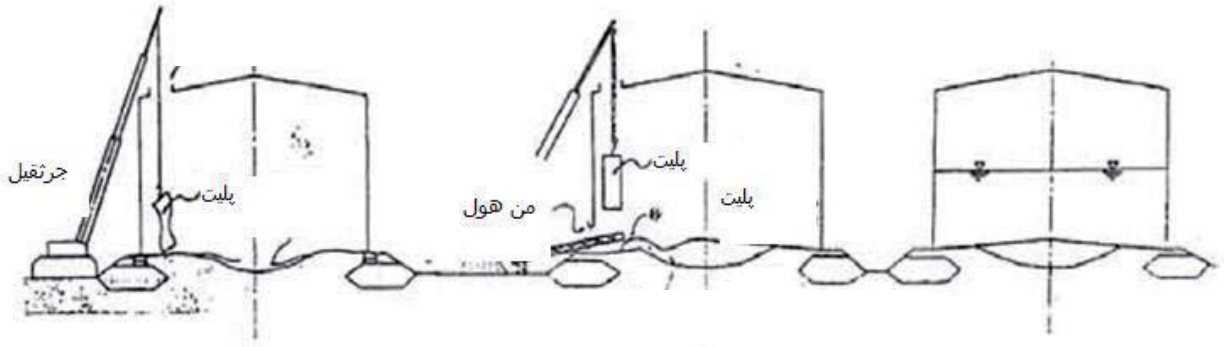
گام ۴: جدا کردن مصالح پی یا خاک که باید از آدم‌رو عرضی بهسازی شوند (شکل ۶-۱۷ – ب)

گام ۵: تعمیر پی (شکل ۶-۱۷ – ب)

گام ۶: بازسازی ورق کف (شکل ۶-۱۷ – ج)

گام ۷: کنترل مخزن برای تراوش (شکل ۶-۱۷ -۳ ج)

omoorepeyman.ir



(ج) (ب) (الف)

شکل ٦-١٧ روش تعویض ورق کف

٦-٣-٣-٢- ورق‌های جوشی اضافی

(۱) اگر سایر ورق‌های جوشی مانند جداسازها و صفحات تکیه‌گاهی به کف مخازن اضافه شوند، باید آزمایش شوند. برای ورق جوشی اضافی، اگر ملزومات فاصله جوش روی‌هم قسمت چهارم شکل ۶-۱۲ رعایت نشده باشد، نیاز به انجام آزمایش مغناطیسی (MT) یا نفوذ (PT) برای بخشی از جوش که حداقل معیارهای فاصله‌گذاری در آن رعایت نشده، می‌باشد.

(۲) ورق‌های جوشی که در ناحیه بحرانی قرار گرفته‌اند باید مطابق با تمام ملزومات داده شده نصب گردند.

٦-٣-٤- پی

مخازن روزمینی بر پی‌های خاک متراکم‌شده یا دیوارهای حلقوی بتنی یا دال‌ها یا ترکیبی از آن‌ها قرار می‌گیرند. مخازنی که مستقیماً روی زمین هستند، بر روی لایه ماسه، شن، آسفالت یا سنگ شکسته قرار می‌گیرند. مهار چنین مخازنی مشکل است. سه روش برای مهار مخازن با پی خاکی وجود دارد.

i) در مخازن کوچک و متوسط می‌توان مخزن را بلند و دال جدید پی زیر آن بنا کرد یا بخشی از پی را با خاک‌برداری و کار در محیط مخزن ساخت. در این نوع بهسازی پیچ‌های مهار باید در مقابل پی جدید قرار گیرد و نباید از مهارهای بتن بهسازی استفاده کرد. لازم نیست خاک بار برکنش را مانند پی تحمل کند، برای این منظور مهارها اجرا می‌شوند. تنش‌های مجاز باید مانند طراحی معمولی پی برای حوادث لرزه‌ای و همچنین برای کفایت پی در تحمل بارهای مهاربندی کنترل شود. شکل‌های ۶-۱۸ و ۶-۱۹ روش بلند کردن پی به وسیله جک برای تعمیر نشست پی را نشان می‌دهد. گام‌های این روش به صورت زیر است:

گام ۱: اضافه کردن ورق برای جک (شکل ۶-۱۸ -الف)

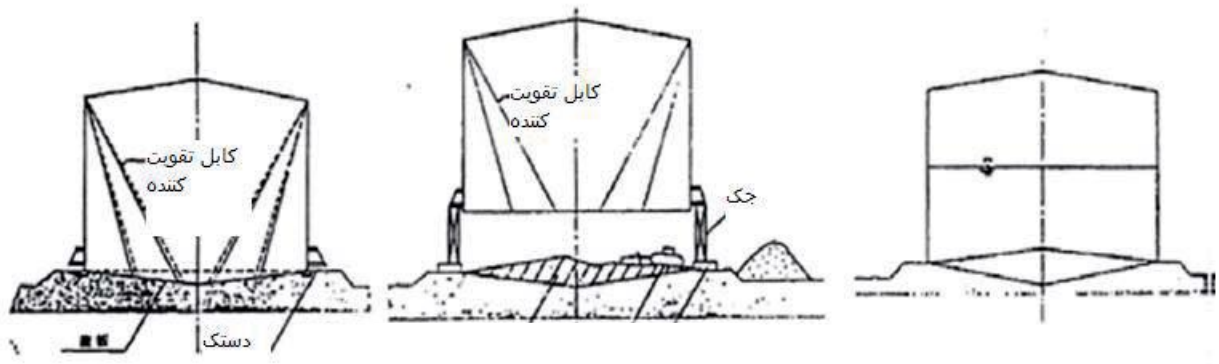
گام ۲: با استفاده از سیم‌های مناسب، ورق کف تغییرش کل یافته کشیده می‌شود (شکل ۶-۱۸ -الف)

گام ۳: بلند کردن مخزن (شکل ۶-۱۸ -ب)

گام ۴: تعمیر نشست رخ داده در پی (شکل ۶-۱۸ -ب)

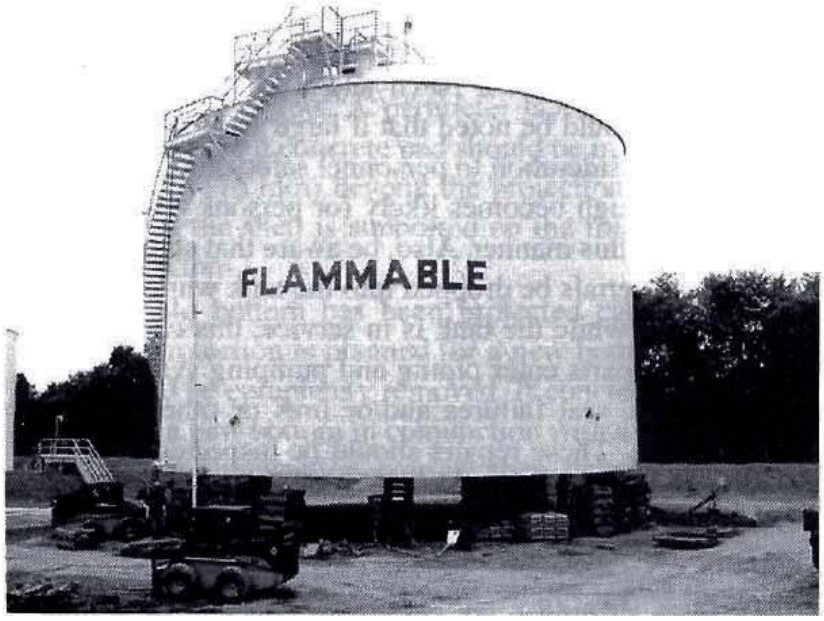
گام ۵: قرار دادن ورق کف مسطح روی پی تعمیر شده (شکل ۶-۱۸ - ج)

omoorepeyman.ir



(ج) (ب) (الف)

شکل ٦-١٨ بلند کردن کل مخزن با استفاده از جک برای تعمیر نشست‌های پی

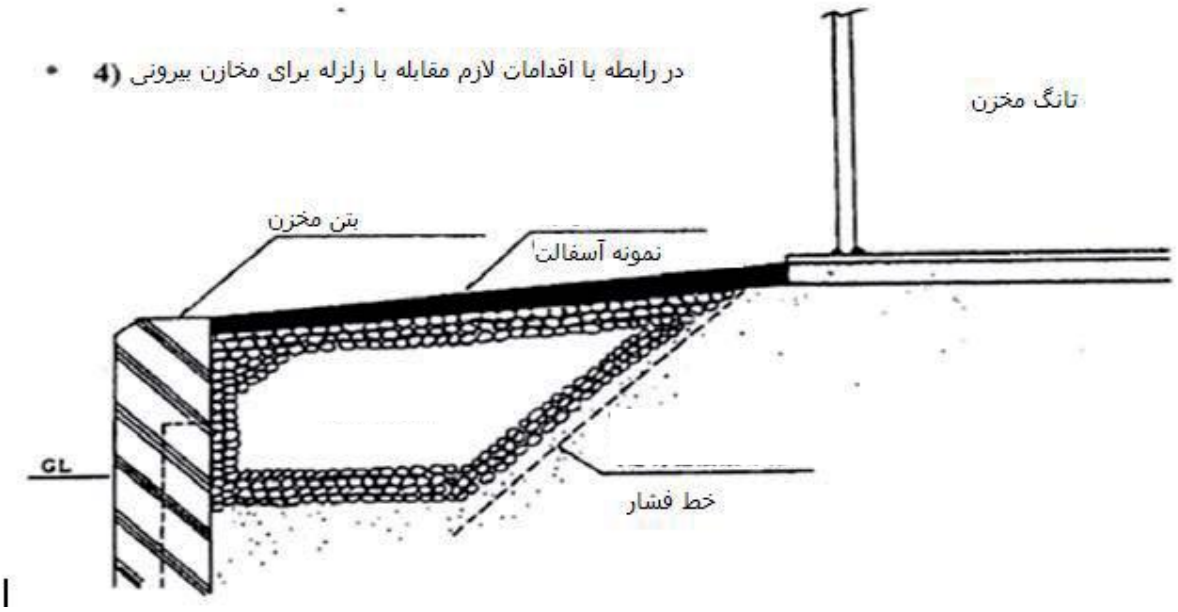


شکل ٦-١٩ مخزن بلند شده برای تعمیر لایه زیری

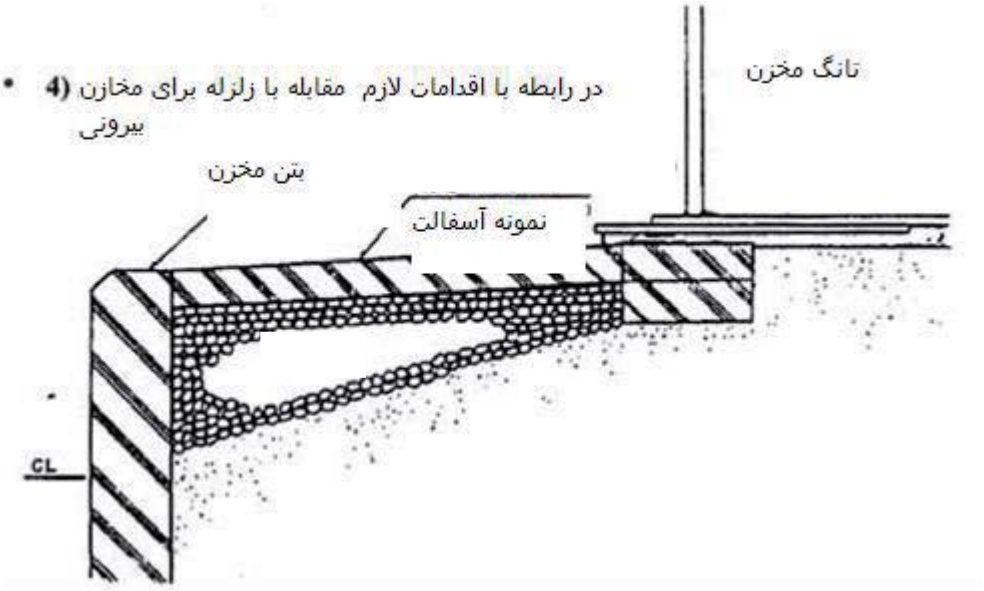
ii) جابجا کردن مخازن بزرگ‌تر بدون آسیب رساندن به آن‌ها مشکل‌تر و هزینه‌بر تر است.

- هرچند امکان بهسازی دیوار حلقوی زیر پوسته مخزن را فراهم می‌آورد.
- در بسیاری از موارد وزن دیوار حلقوی برای تأمین مقاومت در برابر برکنش کافی نیست.
- برای بهسازی نیاز به شمع‌های مارپیچی و صندوقه‌ها می‌باشد.
- شکل‌های ۶-۲۰ و ۶-۲۱ دو روش تقویت پی مخازن (دیوار حلقوی) را نشان می‌دهد.
- بهسازی لرزه‌ای اغلب در اتصالات با تعویض کف مخزن انجام می‌شود.
- تعویض کف باعث افزایش وزن و در نتیجه افزایش مقاومت در برابر برکنش می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۲۰ روش تقویت پی مخازن



شکل ٦-۲۱ روش تقویت پی مخازن

٦-۳-٤-۱- دال‌ها

مخازن با دال زیر آن‌ها معمولاً به حداقل بهسازی نیاز دارد.

پی بدون بهسازی توانایی مقاومت در برابر نیروهای واژگونی را نداشته و باید کنترل گردد.

مخزن می‌تواند مستقیماً به دال مهار شود، اگر فاصله لبه بین پیچ مهار و پی کم باشد، باید پی را به صورت شعاعی گسترش دهیم تا پیچ مهار کافی را در بر گیرد.

omoorepeyman.ir

در دال‌های نازک نیاز به پیچ‌هایی است که از میان دال عبور کند. در چنین مواردی از واشر یا ورق‌هایی زیر دال استفاده می‌شود که بار مهاری را در سطح وسیع‌تری توزیع کند.

با انجام همه بهسازی‌ها، ظرفیت باربری خاک باید کنترل شده و تایید شود که دال توانایی تحمل نیروهای واژگونی لرزه‌ای ایجاد شده را دارد. در غیر این صورت، اصلاحاتی باید روی پی صورت گیرد.

٦-٣-٤-٢- دیوارهای حلقوی

(۱) زمانی که یک مخزن برای زمین‌لرزه به دیوار حلقوی مهار می‌شود، باید طراحی دیوار حلقوی برای بارهای اضافی ایجاد شده در اثر زلزله، برش و ممان ناشی از مهار مخزن انجام شود.

(۲) دیوار حلقوی به صورت یک تیر یکسره با تکیه‌گاه در محل قرارگیری شمع‌ها تحلیل می‌شود.

(۳) بسته به محل قرارگیری دیوار حلقوی و راستای بار ممان می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

(۴) راستای بار می‌تواند از بارهای کششی روی پیچ‌ها یا تنش‌های فشاری از پوسته مخزن باشد.

(۵) خروج از مرکزیت بین پیچ‌ها و شمع‌ها باعث ایجاد پیچشی در دیوار حلقوی می‌شود که در طراحی باید در نظر گرفته شود.

(۶) برای مقاومت در برابر نیروهای برکنش، شمع‌ها باید دارای اتصالات برکنشی باشند که مقاومت کافی برای تحمل کل بارهای لرزه‌ای را داشته باشند.

(۷) شمع‌های اضافه شده زیر دیوار حلقوی آن را در برابر بارهای قائم نسبت به مرکز مخزن که روی خاک قرار گرفته است، مقاوم‌تر ماست.

(۸) اگر نشست خاک همچنان ادامه داشته باشد، نشست‌های تفاضلی بین دیوار حلقوی و مرکز مخزن نیز باید محاسبه گردد.

(۹) برای مخازن موجود با دیوار حلقوی، نشیمن مهار روی پوسته نصب شده و پوسته به دیوار حلقوی مهار می‌شود. ممکن است دیوار حلقوی برای تحمل نیروهای واژگونی نیاز به اصلاح داشته باشد.

(۱۰) یکی از انواع این اصلاحات گسترش شعاعی دیوار حلقوی و افزایش وزن مقاوم است.

(۱۱) معمولاً افزایش شمع‌های مارپیچی و صندوقه‌ای نیز نیاز است.

٦-٣-٤-٣-شمع‌های بکار رفته

(۱) در این بند یک سری اطلاعات پایه در مورد شمع‌های مارپیچی داده شده و با انواع دیگر شمع مقایسه می‌شود، به طراحی تفصیلی نمی‌پردازیم. برای مقاومت در برابر زلزله، لازم است مخزن توانایی انتقال نیروی زلزله به خاک را داشته باشد. معمولاً زلزله باعث ایجاد برکنش بر وجهی از پی می‌شود که می‌تواند با استفاده از شمع‌ها در برابر کشش مقاومت کند. شمع‌های زیر در برابر کشش می‌توانند مقاومت کنند:

- شمع‌های کوبیده شده

omoorepeyman.ir

- صندوقه‌ها
- شمع‌های مارپیچ

(۲) به دلایل اقتصادی، شمع‌های مارپیچ می‌توانند بهترین گزینه باشند. شمع‌های مارپیچی صفحات بزرگی هستند که به شکل مارپیچ دور شفت پیچانده شده‌اند. آن‌ها معمولاً با حرکت دورانی در محل خود قرار می‌گیرند. تجهیزاتی که برای این منظور بکار می‌روند، در مقایسه با سایر انواع شمع بسیار کوچک‌تر بوده و معمولاً بر روی کامیون نصب می‌شوند.

(۳) مقاومت در برابر بیرون‌کشیدگی توسط خود خاک تأمین می‌شود و برای اعماق کم خرابی در مخروط برش از کف ورق مارپیچ به سمت بالا رخ می‌دهد. منظور از جایگیری کم عمق، کمتر از ۵ دور مارپیچ و مقدار بیشتر از آن جایگیری عمیق است. در جایگیری عمیق سطح خرابی به اندازه قطر مهاربندی است. بهتر است از مهاربند عمیق استفاده شود چون به جای بیرون‌کشیدگی از خاک دارای مد خرابی شکل‌پذیر است. محدوده قطر مهاربندی ۸ تا ۱۴ اینچ است. شمع مارپیچ داخل پی قرار می‌گیرد و در نتیجه بیرون کشیدگی رخ نمی‌دهد. یک نمونه شمع مارپیچ در شکل ۶-۲۲ نشان داده شده است. ورق و بتن اطراف آن باید برای موارد زیر کنترل گردد.

- فشار تکیه‌گاهی بتن زیر ورق
- تنش‌های برشی و خمشی در ورق
- بیرون‌کشیدگی صفحه تکیه‌گاهی از بتن

(۴) زمانی که شمع مارپیچ می‌تواند در کشش یا فشار باشد، سه مورد بالا باید در هر دو جهت کنترل شود.

(۵) زمانی که شمع‌ها نمی‌توانند به سنگ مهار شوند، عمق خاک باید به قدری باشد که جایگیری عمیق محسوب شود (۵ برابر قطر). همچنین زمانی که شمع‌های مارپیچ در محل خود قرار می‌گیرند، خاک نمی‌تواند زیاد متراکم بوده یا دارای تخته سنگ‌های بزرگی باشد.

(۶) ملاحظات فاصله‌گذاری معین نیز اعمال می‌شود:

- حداقل فاصله بین شمع‌ها ۳ برابر قطر است.
- حداقل فاصله بین سازه‌های مجاور ۵ برابر قطر است.

(۷) اگر امکان اعمال محدودیت‌های بالا وجود نداشته باشد، باید از نوع دیگری از شمع‌ها استفاده شود.

(۸) هزینه شمع‌های مارپیچ در مقایسه با صندوقه کمتر است اما شرایط خاک می‌تواند فاکتور تعیین‌کننده انتخاب اقتصادی باشد.

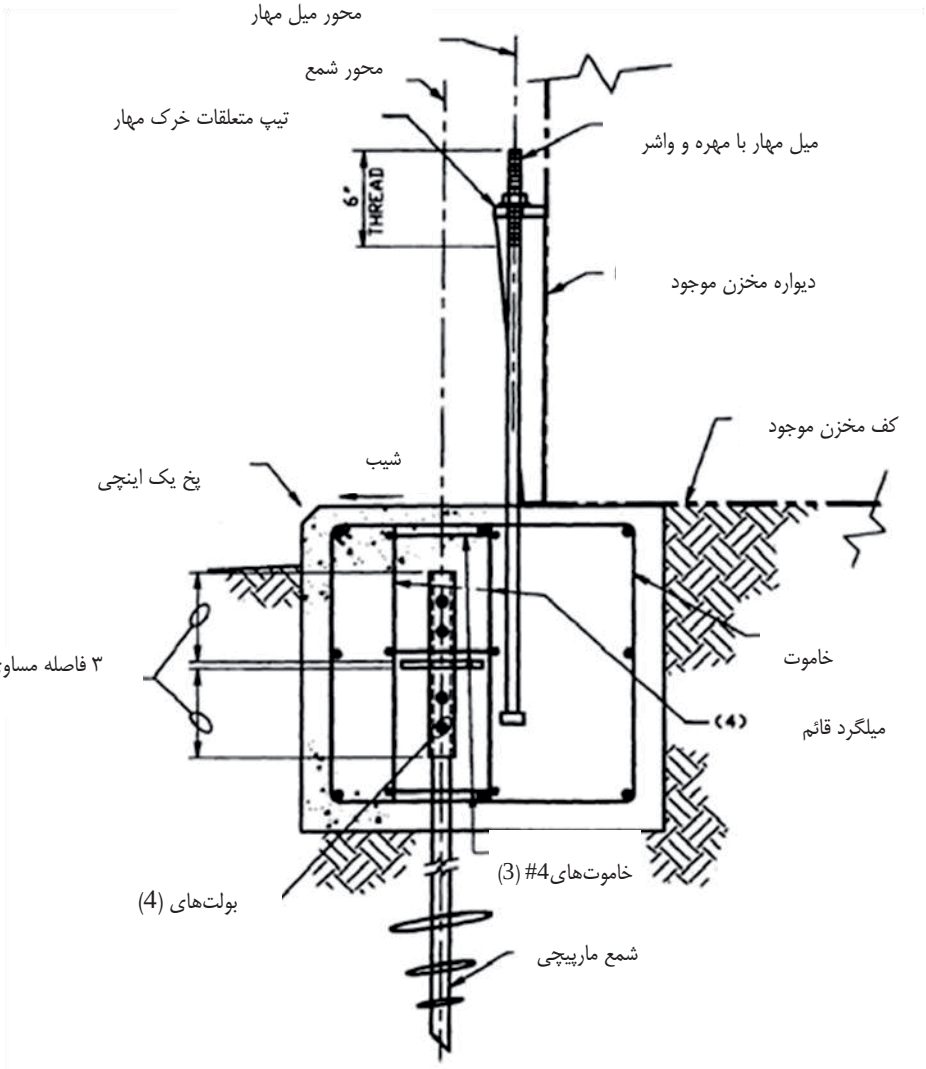
(۹) بررسی دقیق شرایط خاک زیر مخزن برای اطمینان از کفایت مهاربندی لازم است.

(۱۰) عمر شمع مارپیچ باید همراه با نرخ خوردگی پیش‌بینی شده در نظر گرفته شود. در صورت لزوم می‌توان برای افزایش عمر مهاربند مارپیچ از حفاظت کاتدی استفاده کرد یا مهاربندها به قدر کافی بزرگ انتخاب شوند که مقدار مجاز خوردگی کافی باشد.

(۱۱) ممکن است خاک به دلیل کم عمق یا ضعیف بودن توانایی مقاومت در برابر نیروهای بیرون‌کشیدگی را نداشته باشد. در چنین مواردی استفاده از شمع‌ها یا صندوقه اقتصادی‌تر است؛ و از روش ترکیبی مهاربند لرزه‌ای با جایگزینی کف مخزن

omoorepeyman.ir

باید استفاده گردد. در این روش از وزن خود مخزن برای مهار آن استفاده شده و برای همه سیستم‌های پی تا زمانی که بارهای خاک کمتر از بارهای مجاز هستند قابل کاربرد است. ممکن است این روش اقتصادی‌ترین گزینه نباشد.

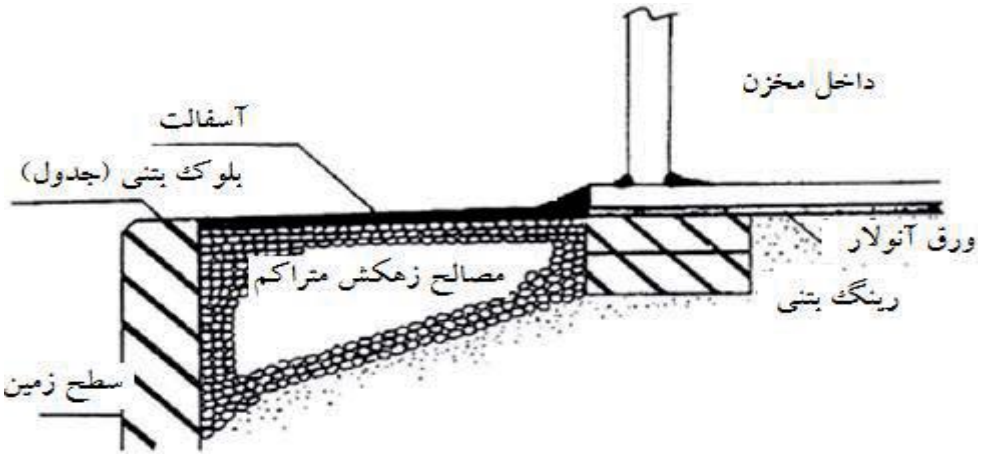


شکل ٦-۲۲ شمع‌های مارپیچ بکار رفته با پی دیوار حلقوی

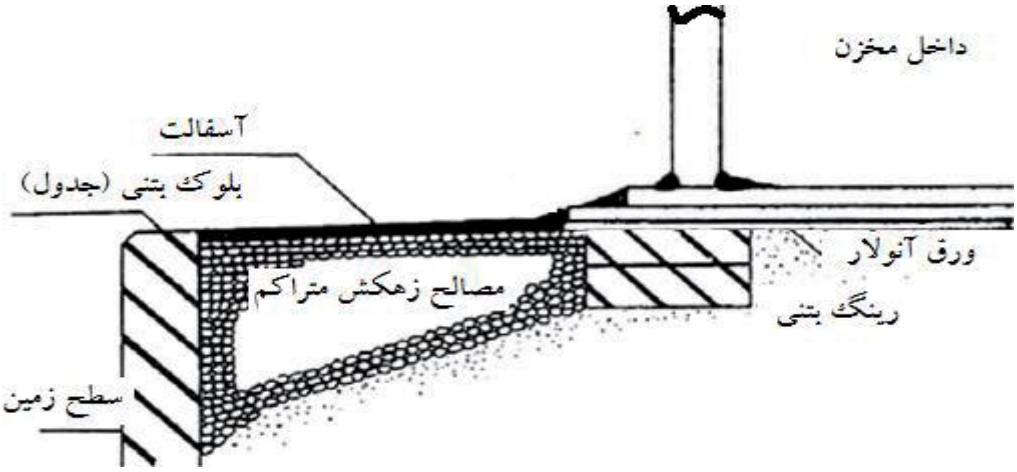
٦-۳-٤-٤- حفاظت تصفیه آب باران زیر پی

پس از بهسازی پی، دیوار حلقوی، دال، ورق حلقوی و ورق کف، بالای تصفیه آب باران باید با آب‌بند مناسب حفاظت شود. شکل ۶-۲۴ روش‌های حفاظت تصفیه آب باران توسط آب‌بند را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٢٣ روش حفاظت تصفیه آب باران با استفاده از آب‌بند



شکل ٦-٢٤ روش حفاظت تصفیه آب باران با استفاده از آب‌بند

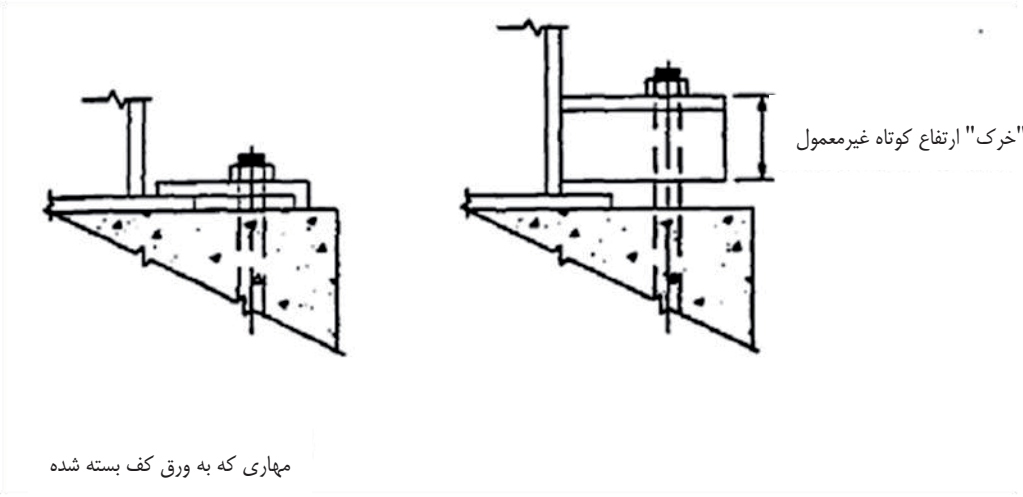
٦-٣-٤-٥- پیچ‌های مهار

ممکن است مخازن مهارشده با پیچ مهار دارای اتصال ضعیف، باعث پاره شدن ورق کف یا پوسته مخزن شوند.

منظور از اتصال ضعیف (شکل ۶-۲۵) نشیمن‌هایی است که به صورت غیر معمول کوتاهند و نیروهای پیچ را به پوسته مخزن انتقال نمی‌دهند، یا اتصالی است که پیش از تسلیم پیچ مهار باعث پاره شدن پوسته مخزن می‌شوند.

با جایگزینی اتصالات شکل‌پذیرتر می‌توان این خطرات را کاهش داد.

omoorepeyman.ir



شکل ٦-٢٥ جزئیات ضعیف مهاربندی

(۱) در مخازن مهارشده، این نکته حائز اهمیت است که پیچ‌های مهار قبل از نشیمن مهار، پوسته مخزن یا ملحقات پی دچار خرابی شکل‌پذیر شوند.

(۲) برای توسعه سیستم مهاربندی شکل‌پذیر، باید ظرفیت مؤلفه فولادی کمتر از ظرفیت تعیین شده برای بتن باشد.

(۳) ملاحظات دقیق برای فاصله‌های لبه نیاز است تا بتن قبل از مقدار محاسبه شده دچار خرابی نشود.

(۴) معمول‌ترین انواع مهارهای استفاده شده بر اساس اولویت عبارتند از:

i) مهارهای درجا ساخته شده

ii) مهارهای کپسولی

iii) پیچ‌های A-307 درجا تزریق شده

iv) پیچ‌هایی که در ضخامت پی قرار داده شده‌اند.

i) مهارهای درجا ساخته شده: این نوع مهار بهترین آن می‌باشد چون بتن در اطراف مهار ریخته شده و بهترین اتصال برقرار می‌شود. محدودیت استفاده از آن این است که تنها در پی‌هایی که احتیاج به بتن‌ریزی جدید دارند قابل انجام است.

ii) مهارهای کپسولی: در این نوع مهار از اپوکسی‌های چسبنده برای اتصال بیشتر بین مهار و بتن استفاده می‌شود. در این روش مهاربندی مناسب به گونه‌ای تأمین می‌شود که احتیاج به طول مدفون کمتر بوده و می‌توان آن را در فاصله نزدیکی از مخزن قرار داد. لازمه طراحی شکل‌پذیر آن است که اتصال اپوکسی مقاومتی بیشتری از پیچ داشته باشد. از پیشنهادات سازنده مهاربند نیز باید استفاده شود. طبق یک حساب تخمینی دو برابر حداقل عمق مدفون برای توسعه سیستم مهاربندی شکل‌پذیر کافی است. برای پی مخازن داغ باید مطمئن شد که اپوکسی می‌تواند مقاومت آن را حفظ کند. باید فرض شود که درجه حرارت مهاربند و مخزن داغ یکسان است. در غیر

omoorepeyman.ir

این صورت تحلیل حرارتی تفصیلی باید برای تعیین بدترین حالت درجه حرارت ثابت مهار در عمیق‌ترین نقطه مدفون انجام شود.

ii) پیچ‌های A-307 درجه تزریق شده: زمانی که شرایط بالا مربوط به فاصله‌گذاری و فاصله از لبه برقرار نباشد، از این نوع پیچ استفاده می‌شود. از مزیت‌های این نوع پیچ می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- فاصله از لبه کم نیاز است.
- می‌توان مهارها را در حداقل عمق پوشش بتن قرار داد.

معایب نیز عبارتند از:

- چون نیاز به سوراخ‌های بزرگی است، خروج از مرکزیت بزرگی نیز رخ می‌دهد.
- به علت تغییرپذیری بزرگ ظرفیت مخروط بتن نیاز به ضریب اطمینان بزرگ‌تری می‌باشد.

iv) پیچ‌های فولادی: برای دال‌ها و پی‌هایی که ضخامت زیادی ندارند، می‌توان از مهارهایی استفاده کرد که در پی نفوذ می‌کنند. پیچ فولادی ضد زنگ زمانی پیشنهاد می‌شود که احتمال حمله خوردگی به مهارهای فولاد کربن دار وجود دارد.

٦-٤- تجهیزات الحاقی

یک مد خرابی معمول در مخازن شکستگی لوله‌کشی متصل شده به مخزن در نتیجه جابجایی نسبی بین مخزن و نزدیک‌ترین تکیه‌گاه لوله است. اگر لوله‌کشی قوی‌تر از دیوار مخزن یا صفحه پایه‌ای که به آن متصل است باشد، دیوار یا صفحه پایه دچار پارگی می‌شود. لوله‌کشی نباید مستقیماً و با انعطاف‌پذیری کم یا بدون انعطاف‌پذیری از پوسته یا کف مخزن یا به دیوارهای صلب بتنی، حوضچه، پمپ‌هایی که به صورت صلب به زمین متصل شده‌اند عبور کند. انواع خرابی توضیح داده شده در بالا با جزئیات در شکل های ۶-۲۶ (الف) تا ۶-۲۶ (د) نشان داده شده است.

در سه حالت اول انعطاف‌پذیری لوله‌کشی اضافی باید با افزودن خم‌های قائم و افقی یا نصب یک قطعه لوله‌کشی انعطاف‌پذیر تأمین شود.

در چهار حالت لوله‌کشی باید به مرکز مخزن متصل شود یا اگر لوله‌کشی به اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشد، حوضچه بتنی می‌تواند تا اتصال لوله به مخزن توسعه داده شود.

(۱) همان‌طور که در شکل ۶-۲۶ (ه) نشان داده شده است، خرابی‌های مشابه ناشی از جابجایی نسبی بین دو مخزن متصل شده به وسیله لوله صلب رخ می‌دهد. انعطاف‌پذیری لوله‌کشی اضافی باید همان‌طور که در بالا توضیح داده شده است تأمین شود.

(۲) در جایی که لوله قائم به صورت صلب به زمین یا پی متصل می‌شود و همچنین به صورت صلب در طول دیواره مخزن نگهداشته می‌شود، خسارت جزئی محتویات ممکن است در نتیجه انواع جزئیات نشان داده شده در شکل ۶-۲۶ (و) ایجاد گردد.

omoorepeyman.ir

(۳) جزئیاتی که ریسک کمتری را ایجاد کرده، اما در موارد بیشتری وجود دارد، تکیه‌گاه دیوار مخزن است که از یک پیچ U شکل بزرگ که امکان حرکت رو به بالا و پایین لوله همراه با مخزن فراهم می‌کند، تشکیل شده است ... هرچند ممکن است پیچ U شکل به لوله متصل شود و در نتیجه تبدیل به یک اتصال صلب شده و منجر به پارگی دیوار مخزن شود.

(۴) همه اتصالات صلب در طول پوسته مخزن باید با یک اتصال نزدیک به فصل مشترک پوسته/سقف، متصل به اتصالات لغزشی یا هادی‌هایی در طول دیوار پوسته جایگزین شود. در بسیاری موارد شل کردن ساده پیچ‌های U شکل کفایت می کند.

(۵) دسترسی به سقف با راهروهای قرار گرفته در دهانه‌های بین مخازن امکان‌پذیر است. یک نمونه آرایش راهروها در شکل ۷۰ (ز) نشان داده شده است.

(۶) در هر دو حالت جابجایی نسبی بین مخازن ممکن است منجر به شکست یا پارگی دیوار یا سقف شود. درحالی‌که آرایش راهروهای پایینی نشان داده شده در شکل ۶-۲۶ (ز) ممکن است منجر به خسارت جزئی به محتویات مخزن شود، آرایش راهروهای بالایی در بدترین حالت منجر به آسیب به خود راهرو و / یا سقف می‌شود؛ بنابراین، هیچ‌گونه خسارتی به محتویات مخزن وارد نمی‌شود. فرق بین دو آرایش از آنجایی دارای اهمیت می‌شود که راهروی پایینی می‌تواند باعث رها شدن محتویات مخزن شود در حالی‌که خرابی راهرو بالایی تنها باعث رها شدن بخارها شده و خسارت اقتصادی کمتری ایجاد می‌کند. در هر یک از دو حالت، برای بهسازی لازم است که انعطاف‌پذیری راهرو افزایش یابد.

همچنین برای مخازن مرتفعی که در سایتی با رفت و آمد زیاد و تجهیزات حساس قرار گرفته‌اند، خطر سقوط نیز وجود دارد. در صورت لزوم باید راهروهای با کابل به عنوان یک وسیله نگه‌دارنده ثانویه به مخزن متصل شوند تا از سقوط آن‌ها جلوگیری شود.

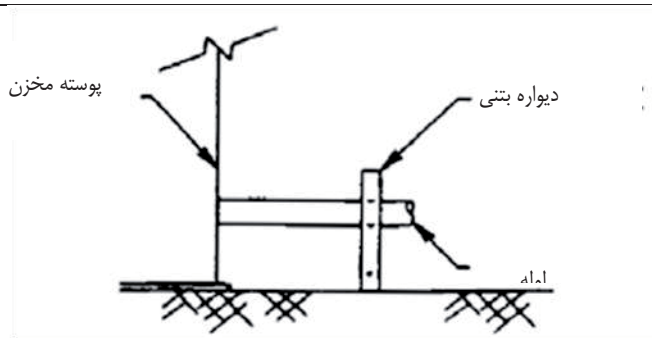
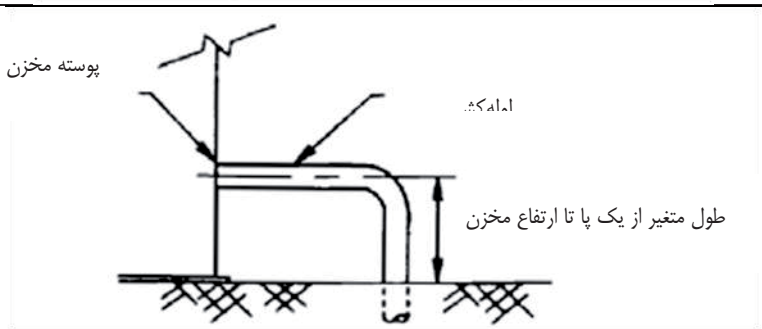
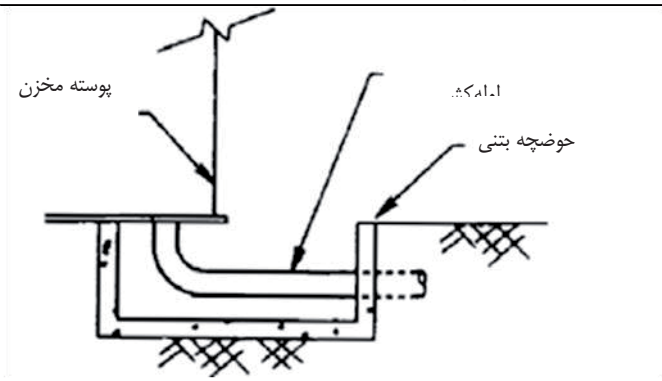
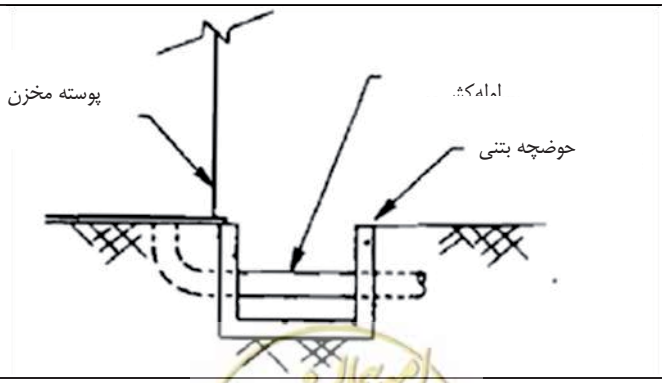
(۱) پلکان‌ها نباید هم به پوسته مخزن و هم پی متصل شوند، به شکل ۶-۲۶ (ح) مراجعه کنید. هرچند تنها در مخازن با پوسته نازک چنین جزئیاتی منجر به خرابی دیواره مخزن و خسارت به محتویات می‌شود. بنابراین باید بین این حالت و مخازن با جدار ضخیم تمایز قائل شد چون در مخازن با جدار ضخیم چنین جزئیاتی تنها منجر به آسیب به خود پلکان می‌شود. در هر یک از این دو حالت، می‌توان خطر را با اتصال پلکان به پوسته مخزن یا استفاده از اتصالاتی برای جلوگیری از تغییر مکان قائم پلکان کاهش داد.

(۲) همان‌طور که در شکل ۶-۲۶ (ط) نشان داده شده است، لوله‌کشی مخازن در یک ناحیه متمرکز شده است و اغلب راهروهای بین دهانه‌ای برای دسترسی به لوله‌کشی تعبیه می‌شود.

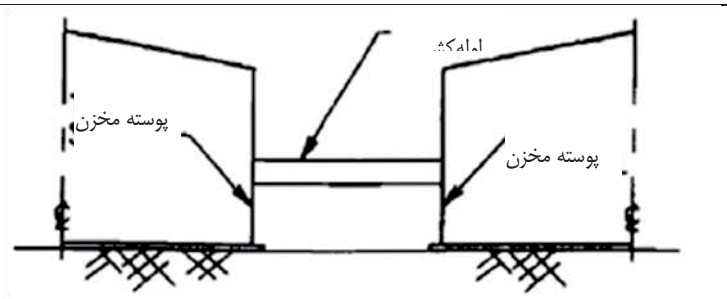
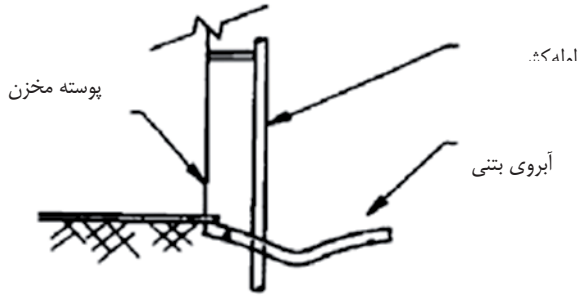
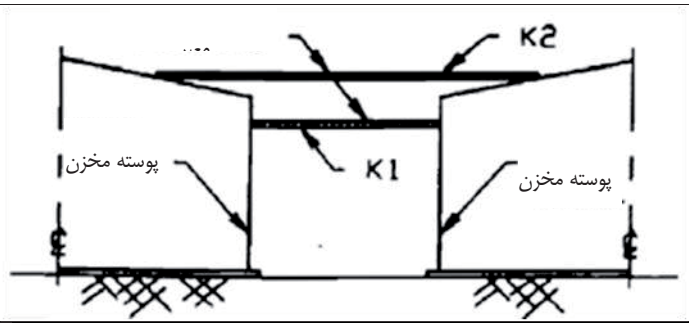
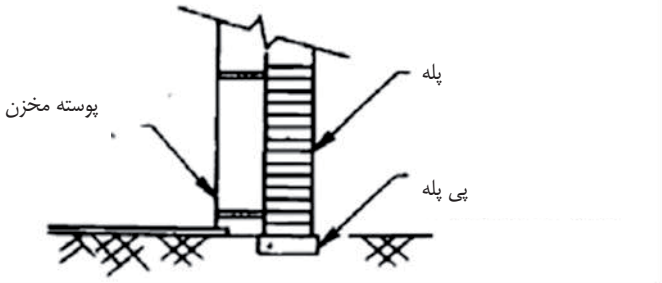
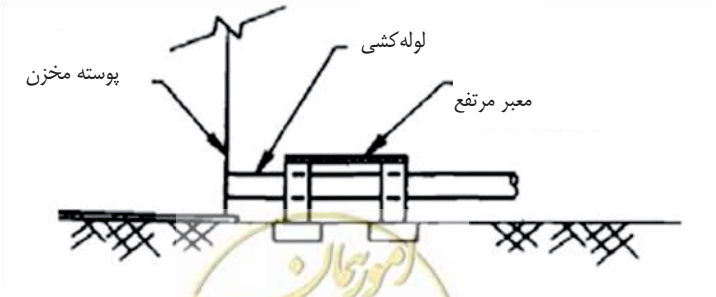
(۳) اگر راهرو به صورت صلب به زمین متصل شده باشد و اگر فاصله باز کافی بین لوله‌کشی و راهرو نباشد، برکنش مخزن ممکن است منجر به برخورد بین لوله‌کشی و راهرو شده و به یکی از آن‌ها آسیب برساند.

(۴) در لوله‌کشی‌های با قطر کم یا مخازن جدار نازک احتمال دارد به محتویات نیز آسیب برسد. در غیر این‌صورت آسیب‌ها تنها به خود راهرو محدود می‌شود. در هر دو حالت، با افزایش انعطاف‌پذیری لوله، اتصال راهرو مخصوصاً به پوسته مخزن با در نظر گرفتن فاصله باز لوله‌کشی بیشتر می‌توان خطرات را کاهش داد. همان‌طور که در مورد (۵) بالا برای پلکان اشاره شد، یکی دیگر از جزئیات دارای پتانسیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای حالتی است که راهرو به پوسته مخزن و پی متصل شده باشد.

omoorepeyman.ir

	جزئیات ضعیف	پیشنهاد بهسازی
الف		اضافه کردن لوله انعطاف‌پذیر
ب		اضافه کردن لوله انعطاف‌پذیر
ج		اضافه کردن لوله انعطاف‌پذیر
د		اتصال لوله‌کشی به مرکز مخزن یا توسعه دیوار داخلی حوضچه بتنی تا اتصال لوله/مخزن

omoorepeyman.ir

ه		افزایش انعطاف پذیری با استفاده از خم‌های افقی و قائم
و		مهار لوله در سقف به جای مهار در طول دیوار پوسته
ز		افزایش انعطاف پذیری راهرو برای انطباق با تغییر مکان‌های نسبی
ح		تکیه دادن پلکان تنها به پوسته مخزن
ط		افزایش انعطاف پذیری لوله‌کشی، اتصال راهرو تنها با پوسته مخزن یا ایجاد فاصله باز لوله کشی بیشتر

شکل ٦-٢٦ جزئیات ضعیف در مخازن مهار نشده و پیشنهادات بهسازی

omoorepeyman.ir

برای انجام بازرسی‌های میدانی، باید از مهندس باتجربه و آشنا به طراحی لرزه‌ای و اثرات زلزله استفاده شود تا به این سؤال پاسخ داده شود که چه مقدار انعطاف‌پذیری کافی است. مقدار مفروض برکنش مخزن برای پاسخ به این سؤال بحرانی است. در گذشته مقادیر ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر معمولاً رخ داده است.

استفاده از مقدار ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر تغییر مکان قائم و ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر تغییر مکان افقی (حداقل در ناحیه‌ای که در بالاترین تراز لرزه‌ای قرار دارد) محافظه‌کارانه خواهد بود. مقادیر مورد انتظار واقعی تابعی از ابعاد مخزن، ارتفاع پر، نسبت طول به عرض و خاصیت لرزه‌ای محلی و نوع خاک است.

٦-٥- روش‌های تعمیر ویژه

زمانی که حفره‌های عمیق در فاصله نزدیک به هم یا به صورت گسترده قرار نداشته و بنابراین بر مقاومت مخزن تأثیر نمی گذارند، می‌توان با تعدادی از روش‌ها آن‌ها را تعمیر یا پر نمود. با توجه به نوع محتویات مخزن، می‌توان آن‌ها را با اپوکسی‌های چسبنده به فولاد پر کرد. برای تعمیرات موقت می‌توان از هر گونه مصالح طبیعی دیگر بتونه‌کاری که با خشک شدن محکم می‌شوند استفاده کرد. این مصالح علاوه بر ایجاد اتصال سخت با ورق فولادی باید بتوانند در برابر محتویات مخزن مقاومت کنند. در همه موارد پیش از پر کردن باید حفره‌های به خوبی تمیز شوند.

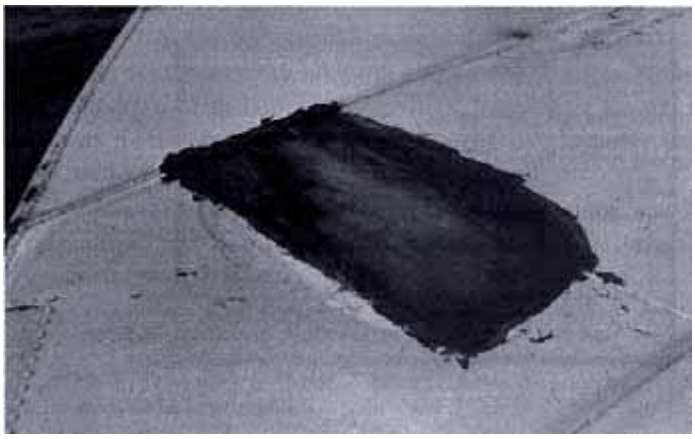
استفاده از اپوکسی و سایر رزین‌های حرارتی می‌تواند محافظ خوبی در برابر خوردگی برای پوسته، کف، سقف و پل شناور مخازن باشد. ترکیب آن‌ها با پشم شیشه نیز می‌تواند برای تعمیر کف، سقف، پل شناور و همچنین اعضای با تنش پایین موثر باشد. برای اطلاعات بیشتر در مورد تعمیرات پوشش به API RP 652 مراجعه کنید.

(۱) تراوش از سقف می‌تواند با اتصال پوششی نرم بدون برش، جوشکاری، پرچ کاری یا پیچ فولاد تعمیر شود. اتصالات نرم می‌تواند از مصالح مختلف شامل پلاستیک، نئوپرن، پوشش شیشه‌ای، آسفالت و بطانه یا مصالح آب‌بند اپوکسی ساخته شود، انتخاب بهترین گزینه به محتویات مخزن و شرایط بهره‌برداری بستگی دارد. روش استفاده از اتصال پوششی مشابه روش استفاده از آن در سقف ساختمان است. اگر نکات ایمنی مناسب رعایت شود، می‌توان این نوع اتصال را همزمان با بهره‌برداری از مخزن استفاده کرد. شکل ۶-۲۷ و ۶-۲۸ به ترتیب اتصال پوششی و پوشش کامل را نشان می‌دهد.

(۲) اگر تعمیرات در ناحیه بزرگی انجام شود، ملاحظات ایمنی پرسنل و احتمال سقوط پرسنلی که بر روی سقف مشغول به کار هستند وجود دارد. در مخازنی که تعمیرات همزمان با بهره‌برداری از مخزن انجام می‌شود، ممکن است مصالح به داخل مخزن سقوط کنند و بخشی از آن‌ها وارد لوله‌کشی یا سیستم پمپاژ شده و موجب مسدود شدن، خرابی آب‌بند و یا آتش‌سوزی یا مشکلات دیگر شود.

(۳) این نوع تعمیرات بیشتر از سایر تعمیرات دائمی مرسوم انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ٦-۲۷ اتصال پوششی نرم موقت برای آب‌بندی سقف مخازن

شکل ٦-۲۸ پوشش سقف بطانه‌ای

٦-٦- تعیین روش بهسازی از نقطه نظر ایمنی، عملی بودن و هزینه

در بهسازی باید به ایمنی، عملی بودن و هزینه توجه شود.

- ایمنی

(۱) طرح بهسازی باید از نظر ایمنی مورد ارزیابی قرار گیرد.

(۲) ارزیابی باید برای بازرسی، انتقال سیالات داخل مخزن، جداکردن مصالح اصلی، جوشکاری، برش، نصب مجدد و ساخت ورق‌ها و تجهیزات انجام شود.

(۳) قبل از فرآیند بهسازی، برای جلوگیری از آتش‌سوزی تمامی مصالح خطرناک باید از مخزن خارج شود.

(۴) در حین عملیات بهسازی، تجهیزات اطفاء حریق باید در سایت موجود باشد.

omoorepeyman.ir

(۵) ناپایداری سازه‌ای در حین عملیات بهسازی از اهمیت خاصی برخوردار است و باید در طراحی فرآیند بهسازی به حساب آید.

(۶) پایداری جرثقیل باید کنترل شود.

-عملی بودن

(۱) عملی بودن روش‌های مورد نظر در این نوشته برای هر یک از حالت‌های بهسازی مخازن باید توسط سازمانی مورد بازبینی قرار گیرد که دارای پرسنل بازرسی و مهندسی تکنیکی و باتجربه در زمینه طراحی مخزن، ساخت، تعمیرات و بازرسی باشد.

(۲) برای ارزیابی عملی بودن طرح بهسازی باید به زمان بازرسی، زمان بهسازی، هزینه‌ها، تجهیزات در دسترس برای بهسازی و ساخت، پرسنل تکنیکی و ایمنی توجه شود.

- هزینه

(۱) هزینه اولیه بهسازی لرزه‌ای شامل طراحی، بازرسی و اجرا معمولاً توسط مالک پرداخت می‌شود.

(۲) هزینه‌های اضافی مربوط به برنامه‌های کاهش خطر لرزه‌ای آن‌هایی هستند که برای توسعه و اجرای برنامه مانند هزینه های شناخت مخازن با ریسک بالا، گزارش‌های مربوط به مسائل محیطی و اقتصادی-اجتماعی، برنامه‌های آموزشی و کنترل طرح و بازرسی مخزن پرداخته می‌شوند.

(۳) بهسازی لرزه‌ای شامل سایر ملزومات محلی مانند حذف مصالح خطرناک نیز می‌شود.

(۴) هزینه‌های مربوط به تقویت عملکردی یا لرزه‌ای سیستم‌های غیر سازه‌ای نیز باید در نظر گرفته شود.

(۵) هزینه‌های قطع موقت بهره‌برداری از مخزن در حین بهسازی نیز باید مد نظر قرار گیرد.

(۶) اگر بهسازی لرزه‌ای هدف اولیه ساخت باشد، هزینه کارهای مختلف غیر لرزه‌ای مورد نیاز باید به صورت مستقیم در نظر گرفته شود. از سوی دیگر، اگر کارهای لرزه‌ای مشخصه اضافی تغییر وضعیت اصلی باشد، شاید تقویت غیر لرزه‌ای در هر صورت مورد نیاز باشد و نباید به عنوان بهسازی لرزه‌ای در نظر گرفته شود.

(۷) اگر هزینه بهسازی لرزه‌ای کم شود، ممکن است هزینه‌های اجتماعی و سیاسی اثرات متقابل آن‌ها در نظر گرفته نشده باشد. متأسفانه در اصلاح لرزه ای اغلب نیاز به حذف تجهیزات و بخش‌های آسیب‌پذیر سازه مخزن است.

(۸) هزینه‌های بازرسی داخلی: این هزینه‌ها بسیار مهم بوده و می‌تواند برای یک شرکت نفتی سالانه بالغ بر میلیون‌ها دلار شود. بیشتر هزینه‌ها مربوط به آماده سازی مخزن برای بازرسی داخلی و توقف بهره‌برداری از مخزن است. در این نوشته و API Std 653 روش‌های مختلفی آمده است که به کمک آن‌ها می‌توان فاصله زمانی بازرسی داخلی را از چندین سال به ۲۰ سال افزایش داد.

(۹) هزینه‌ها بر اساس یافته‌های بازرسی: در ارزیابی کفایت برای بهره‌برداری، فرصت صرفه‌جویی در هزینه‌ها وجود دارد. برای مثال مخزنی که طبق استانداردهای موجود دارای نقایص زیادی می‌باشد را می‌توان بدون توجه به هزینه‌ها به روز یا با ارزیابی مهندسی تعیین کرد. نتایج این ارزیابی به ما می‌گوید که چه اقداماتی برای بروز کردن مخزن و بالا بردن کفایت آن برای بهره‌برداری لازم است. تفاوت قیمت این دو دیدگاه می‌تواند قابل ملاحظه باشد.

omoorepeyman.ir

(۱۰) هزینه مربوط به نگهداری اطلاعات: دایر کردن و نگهداری سیستم دفترداری. یکی از اهداف توسعه و استانداردسازی سیستم دفترداری کاهش هزینه‌های کلی مالک یا بهره‌بردار است.

٦-۷- سایر اقدامات

سقف، پوسته و ورق‌های کف می‌تواند به قطعات کوچکی بریده شده و برای بازسازی به سایت جدید منتقل شود.

٦-۷-۱- کف‌ها

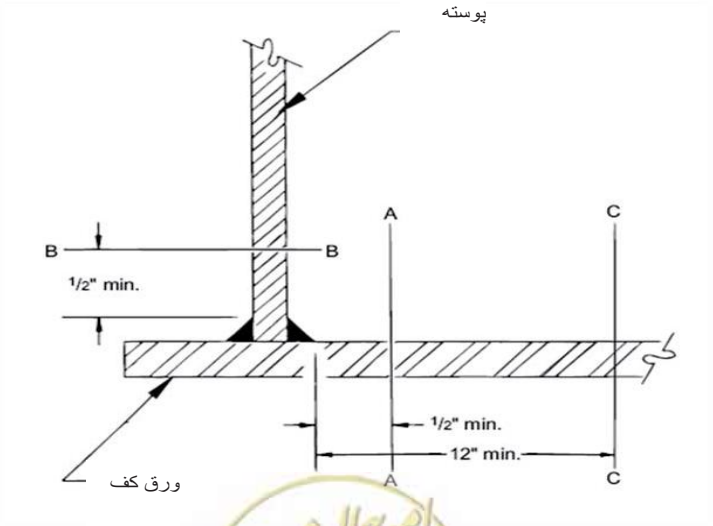
(۱) ورق‌های کف که قرار است مجدداً استفاده شوند باید با استفاده از درزگیری جوشکاری یا برش در طول جوش‌های باقیمانده در حداقل فاصله ۲ اینچ از جوش‌های موجود بریده شوند به غیر از قسمت‌هایی که برش‌ها نوارهای جوش موجود را قطع می‌کند.

(۲) اگر کف مورد استفاده قرار گرفت، یکی از روش‌های زیر قابل قبول است:

الف. ورق کف می‌تواند در طول خط A-A و B-B نشان داده شده در شکل ۶-۲۹ از پوسته جدا شده و جوش‌های تراشیده و ورق کف مستقیماً به پوسته وصل شود.

ب. اگر کل کف مجدداً مورد استفاده قرار گیرد، کف از خط C-C برش داده و از پوسته جدا می‌شود.

ج. اگر مخزن دارای رینگ حلقوی جوش لب به لب باشد، این رینگ می‌تواند متصل به پوسته باقی مانده یا در طول خط B-B برش داده می‌شود، یا در غیر این صورت جوش رینگ حلقوی به پوسته موجود جدا می‌شود.



شکل ٦-۲۹ محل برش کف و پوسته مخزن

omoorepeyman.ir

٦-٧-٢- پوسته‌ها

(۱) ورق‌های پوسته مخزن را می‌توان با یکی از روش‌های زیر یا ترکیبی از آن‌ها جدا کرد:

الف. همه رینگ‌های پوسته را می‌توان با برش نوار جوش موجود و ناحیه موثر حرارت (HAZ) جوش جدا کرد. برای هدف این روش، حداقل HAZ که جدا می‌شود، ۰/۵ عرض فلز جوش یا یک چهارم اینچ، هر کدام که کمتر باشد، در هر دو طرف نوار جوش خواهد بود.

ب. رینگ پوسته با ضخامت یک دوم اینچ یا کمتر را می‌توان با برش جوش بدون جدا کردن HAZ جدا نمود.

ج. رینگ‌های پوسته را می‌توان با برش‌های افقی و/یا قائم پوسته در حداقل فاصله ۶ اینچ از جوش‌های موجود جدا نمود به غیر از قسمت‌هایی که برش با جوش موجود متقاطع باشد.

(۲) رینگ‌های سخت‌کننده پوسته شامل بادبندها می‌تواند متصل به ورق‌های پوسته باقی مانده یا با برش جوش‌های متصل کننده جدا شود.

(۳) همان‌طور که در شکل ۶-۲۹ نشان داده شده است، باید اتصال پوسته و ورق کف را در طول خط B-B برش داد. اتصال جوش کف به پوسته موجود نباید مجدداً مورد استفاده قرار گیرد مگر آنکه کل کف سالم بوده و مجدداً مورد استفاده قرار گیرد.

٦-٧-٣- سقف‌ها

(۱) ورق‌های سقف باید با استفاده از درزگیری جوشکاری یا برش در طول جوش‌های باقیمانده در حداقل فاصله ۵ میلی‌متر از جوش‌های موجود بریده شوند به غیر از قسمت‌هایی که برش‌ها نوارهای جوش موجود را قطع می‌کند.

(۲) سازه نگه‌دارنده سقف باید با جدا کردن پیچ‌ها یا جوش درزگیری ملحقات سازه‌ای جدا شود.

omoorepeyman.ir

فصل ۷

بهسازی خط لوله روزمینی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷-۱- مؤلفه‌های هدف

خطوط اصلی یا خطوط لوله انتقال عبارتند از لوله‌ها، شیرها و اتصالات بین شیر بلوک اصلی خط خروجی تلمبه‌خانه و شیر بلوک اصلی خط ورودی ترمینال.

خطوط لوله روزمینی بر حسب شرایط نصب به دو گروه تقسیم می‌شوند؛

(۱) لوله کشی روزمینی: لوله کشی و تکیه‌گاه‌های لوله روزمینی باید برای خوردگی، یکپارچگی مکانیکی، پایداری و افت و زوال بتن‌های تکیه گاه‌ها بررسی شوند.

(۲) خطوط لوله انتقال روزمینی: خطوط لوله انتقال روزمینی باید برای خوردگی، یکپارچگی مکانیکی و پایداری زمین بررسی شوند، بازرسی و مراقبت دوره‌ای در محل در طول مسیر لوله برای جلوگیری از سوانح انسانی لازم است.

(۳) پل‌های لوله: پل لوله در مواقعی که عبور از زیر زمین عملی نیست در محل تقاطع با موانع طبیعی یا جاده‌ها می‌تواند بکار برده شود. پل‌های لوله باید طبق استانداردهای سازه‌ای، با فاصله آزاد کافی برای اجتناب از آسیب احتمالی ناشی از ترافیک و با دسترسی برای تعمیر و نگهداری طراحی شوند.

تداخل بین حفاظت کاتودی خط لوله و سازه پل باید در نظر گرفته شود.

۷-۲- مدهای آسیب در اثر زلزله

خطرات لرزه‌ای که بر خطوط روزمینی و پل‌ها اثر می‌گذارد:

الف) حرکت گسل

خط لوله‌ای که از گسل عبور می‌کند توسط تغییر شکل دائمی زمین (PGD) دچار تغییر شکل شده و مودهای آسیب مختلفی ازجمله کمانش در اثر نیروی فشاری، پارگی در اثر نیروی کششی و گسیختگی برشی مشاهده می‌شود.

ب) خطر روان گرایی

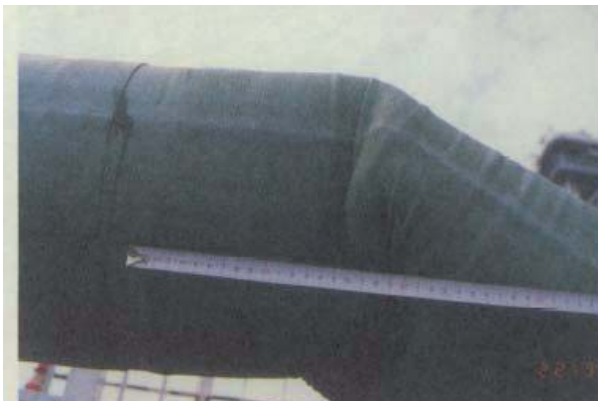
روان گرایی در خاک‌های ماسه‌ای با تراز بالای آب زیرزمینی، مخصوصاً در نواحی اصلاح شده باعث بروز تغییر شکل‌های بزرگ زمین می‌شود.

گسترش جانبی یا نشست باعث آسیب‌های جدی در سازه‌های روزمینی می‌شود.

ج) زمین‌لغزه

زمین‌لغزه معمولاً در خاکریزهای با شیب زیاد ایجاد می‌شود. در این شرایط اگر تجهیزات پایش در طول مسیر خط لوله نصب شده باشد، ناچار دچار آسیب می‌شوند.

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۱ چین و چروک و کمانش لوله خم

د) پل لوله

وقتی پایه پل بر اثر زلزله حرکت‌کند و یا بچرخد، نه تنها سازه بالایی، بلکه خط لوله نصب‌شده هم ممکن است دچار آسیب‌های قابل توجهی شود. خرابی پایه ناشی از تغییر شکل‌های بزرگ زمین مانند روان گرایی، حرکت گسل و زمین لغزه می‌باشد. شکل زیر نمونه‌ای از خرابی پل را بر اثر روان گرایی نشان می‌دهد. خط لوله هم آسیب‌های قابل توجهی دیده است.

شکل ۷-۲ آسیب خط لوله به علت خرابی پل بر اثر روان گرایی وسیع

با توجه به موارد فوق مدهای آسیب خط لوله عبارتند از:

(۱) مد خرابی شدید

مد شدید خرابی برای سامانه خط لوله به صورت قرار داشتن یک لوله در حالت پلاستیک یا حدی نهایی با جابجایی و تغییر شکل زیاد و تهدید یکپارچگی خط لوله تعریف می‌شود.

(۲) مد خرابی متوسط

omoorepeyman.ir

مد خرابی متوسط برای سامانه خط لوله به صورت قرار داشتن بخشی از یک لوله در حالت پلاستیک با تغییر شکل نسبتاً قابل توجه و تهدید یکپارچگی خط لوله با امکان بهره برداری تعریف می‌شود.

(۳) مد خرابی خفیف

مد خرابی خفیف برای سامانه خط لوله به صورت آسیب موضعی و تغییر شکل محدود و عدم تهدید یکپارچگی خط لوله تعریف می‌شود.

مدهای آسیب برای هرکدام از اجزای سازه‌ای در جدول ۷-۱ داده شده است. مدهای آسیب عملکردی برای اجزای مربوطه نیز در جدول ۷-۲ ارائه شده است.

جدول ۷-۱ مدهای آسیب از دیدگاه میزان خسارت سازه‌ای

سازه	اجزا	مودهای آسیب سازه‌ای		
		خفیف	متوسط	شدید
سازه	خط لوله روزمینی	آسیب ناچیز	آسیب‌های موردی	پارگی
	سازه پل	جابجایی کوچک	جابجایی نسبی	سقوط
	لوله روی پل	جابجایی کوچک	جابجایی بزرگ	شکستگی
	پایه	درز ناچیز	آسیب‌های فرعی	فرو ریزش
	شیر	جابجایی کوچک	جابجایی قابل توجه	شکستگی
	ابزارهای پایش	جابجایی کوچک	جابجایی قابل توجه	شکستگی
	تجهیزات محافظت در برابر خوردگی	جابجایی کوچک	جابجایی قابل توجه	شکستگی
	لوله متصل به تجهیزات سازه‌ای	جابجایی کوچک	جابجایی قابل توجه	شکستگی
سامانه خط لوله	خط لوله انتقال	آسیب ناچیز	آسیب‌هایی در طول‌های معین	پارگی
	مرکز کنترل	آسیب ناچیز	آسیب قابل توجه	فرو ریزش
	تأسیسات پایانه‌ای	آسیب ناچیز	آسیب قابل توجه	فرو ریزش

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۲ مدهای آسیب از دیدگاه شاخص‌های عملکردی

سازه	اجزا	مودهای آسیب سازه‌ای		
		فرعی	متوسط	فرعی
سازه	لوله روزمینی	نشت کم	نشت قابل تحمل	نشت زیاد
	سازه پل لوله	آشفتگی هیدرولیکی کم در انتقال	آشفتگی هیدرولیکی قابل توجه در انتقال	از کار افتادن
	لوله روی پل	نشت کم	نشت قابل تحمل	نشت زیاد
	پایه	آشفتگی هیدرولیکی کم در انتقال	آشفتگی هیدرولیکی قابل توجه در انتقال	از کار افتادن
	شیر	تقریباً سالم	قابل استفاده ولی کفایت آن باید بعداً کنترل شود	معیوب و غیرقابل استفاده
	ابزارهای پایش	تقریباً سالم	قابل استفاده ولی کفایت آن باید بعداً کنترل شود	معیوب و غیرقابل استفاده
	تجهیزات محافظت در برابر خوردگی	تقریباً سالم	قابل استفاده ولی کفایت آن باید بعداً کنترل شود	معیوب و غیرقابل استفاده
	لوله متصل به تجهیزات سازه‌ای	نشت کم	نشت قابل تحمل	نشت زیاد
سامانه خط لوله	خط لوله انتقال	امکان بهره‌برداری با احتیاط	انتقال با فشار کم	از کار افتادن
	مرکز کنترل	امکان بهره‌برداری با احتیاط	عیب در جزئی از سامانه	معیوب و غیرقابل استفاده
	تأسیسات پایانه‌ای	امکان بهره‌برداری با احتیاط	عیب در جزئی از سامانه	معیوب و غیرقابل استفاده

سطوح لرزه‌ای مورد کاربرد شامل اثرات موج زلزله و تغییر شکل‌های دائمی زمین باید به منظور ارزیابی خطرپذیری سامانه خط لوله در این مودهای خرابی مانند جدول ۷-۳ دسته‌بندی شوند.

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۳ سطوح لرزه‌ای مورد کاربرد برای هر مود خرابی

زلزله		مودهای‌خرابی		
		خفیف	متوسط	شدید
اثر امواج	سطح خطر ۱	o	x	x
	سطح خطر ۲	x	o	o
تغییر شکل‌های دائمی زمین	حرکت گسل	x	o	o
	گسترش جانبی- ناشی از روان گرایی	x	o	o
	نشست- ناشی از روان گرایی	x	o	o
	زمین‌لغزه	x	o	o

۷-۳- روند ارزیابی لرزه‌ای

مراحل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه خط لوله در زیر شرح داده شده و روند نمای مربوط به آن در شکل‌های ۷-۳ و ۷-۴ نشان داده شده است.

مرحله ۱: ارزیابی اولیه

مرحله ۲: ارزیابی تفصیلی

مرحله ۳: ارائه طرح بهسازی لرزه‌ای

مرحله ۴: بررسی کفایت طرح بهسازی لرزه‌ای

در شکل ۷-۳، چند معیار بهسازی لرزه‌ای بر اساس نتایج بازرسی ارزیابی شده، درحالی‌که در شکل ۷-۴، جزئیات روند بازرسی و بحث پیرامون لزوم اولین و دومین ارزیابی و ارزیابی لرزه‌ای به ترتیب آمده است.

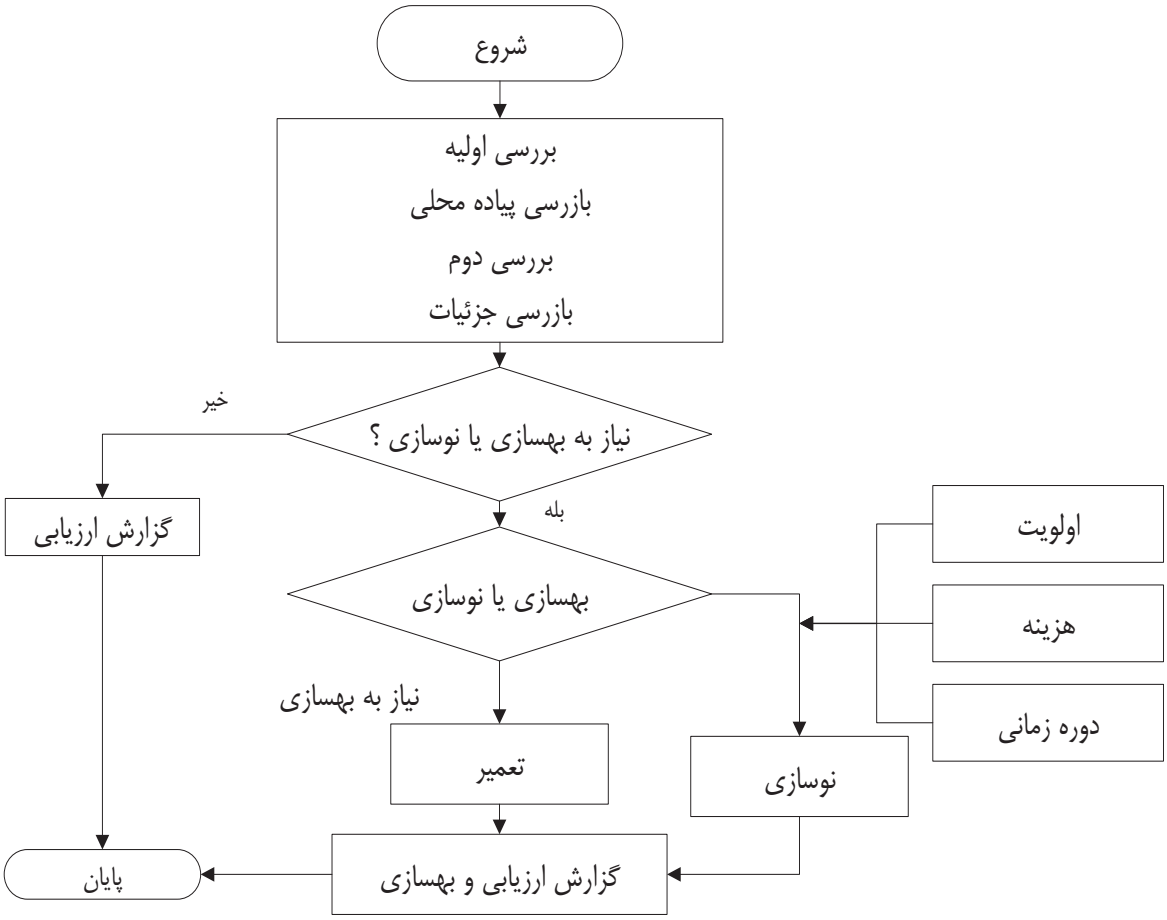
(۱) ارزیابی اولیه

بررسی سریع و عمومی عملکرد لرزه‌ای سامانه خط لوله موجود باید با بازرسی پیاده محلی انجام شود. این بازرسی برای ارزیابی لزوم بررسی و ارزیابی تفصیلی لازم است. بازرسی تکی و یا جمعی باید بسته به اهمیت سامانه خط لوله موجود، مقدم بر عملیات بازرسی کنترل و انتخاب شود.

(۲) ارزیابی تفصیلی

خط لوله هدف و عملکرد لرزه‌ای مورد نظر باید در اولین قدم از ارزیابی لرزه‌ای تفصیلی انتخاب شده و توسط کارفرما تأیید شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۳ روند ارزیابی لرزه‌ای خط لوله روزمینی و پل لوله

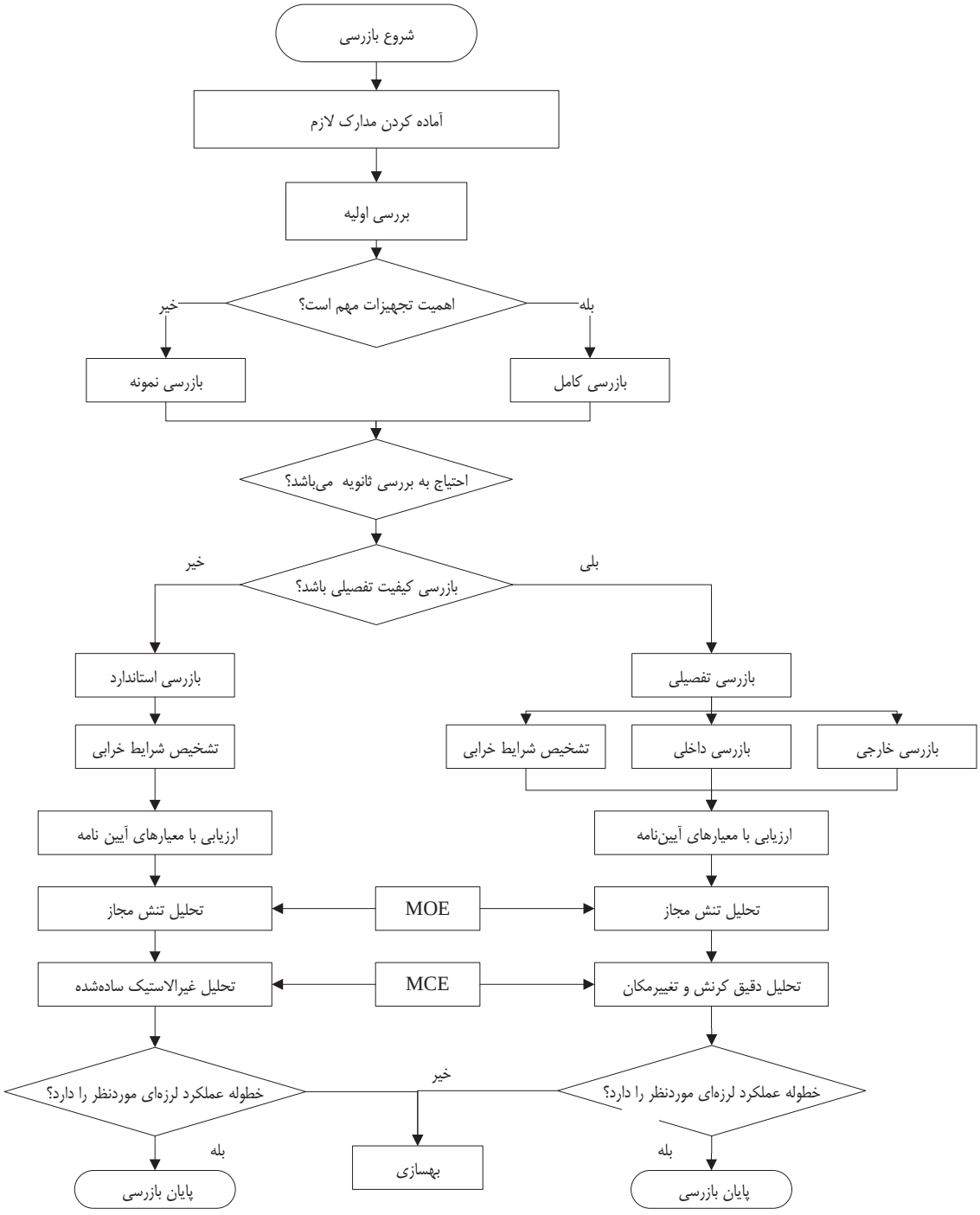
(۳) ارائه طرح بهسازی لرزه‌ای

بر مبنای گزارش ارزیابی تفصیلی، اقدامات بهسازی لرزه‌ای مناسب برای اجزای سازه‌ای مشخص‌شده، با رعایت ترتیب اختیار می‌شود. اگر اقدام نوسازی انتخاب شده است، مطالعات دقیقی بر اولویت، مدت زمان لازم و هزینه‌ها باید انجام شود.

(۴) بررسی کفایت طرح بهسازی لرزه‌ای

بررسی کافی درباره کفایت طرح‌های بهسازی لرزه‌ای انتخاب‌شده باید قبل از اجرا انجام شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۷-٤ روند نمای بازرسی لرزه‌ای خط لوله روزمینی و پل لوله

omoorepeyman.ir

۷-٤- بهسازی

۷-٤-۱- اولویت‌بندی بهسازی

اولویت بندی بهسازی بر اساس موارد زیر انجام می‌گردد:

(۱) به حداقل رساندن خسارت‌های جانی ناشی از زلزله

(۲) انتخاب خط لوله در منطقه با بیشترین خطر لرزه‌ای

(۳) به حداقل رساندن آسیب‌های اجتماعی

(۴) انتخاب مهم‌ترین خط لوله از نظر مدیریت ریسک و مالی

۷-٤-۲- فهرست روش‌های ممکن

برای بهسازی سه روش مختلف به شرح زیر پیشنهاد شده‌اند:

(۱) بهسازی با استناد به نتایج بازرسی: با وجود اینکه اطلاعات بازرسی محلی کافی نمی‌باشد اما می‌توان با اتکا به آن‌ها نقایص زیادی را در خط لوله و تجهیزات مربوط برطرف کرد. روش‌های زیادی برای این کار در سامانه خط لوله وجود دارد که برخی از آن‌ها در جدول ۷-۴ آورده شده است.

(۲) بهسازی بر اساس ارزیابی تفصیلی: در ارزیابی تفصیلی می‌توان ارزیابی دقیق‌تر و قابل‌اطمینان‌تری را بدست آورد. چنانچه در این مرحله بر اساس گزارشات خطر نشت قابل توجه یا آسیب و فرسودگی سازه‌ای تشخیص داده شود، قسمت آسیب دیده باید فوراً تعمیر یا تعویض شود.

(۳) بهسازی بر اساس روش‌های تعمیر و نگهداری سامانه خط لوله: این روش‌ها شامل موارد زیر می‌گردد:

الف) خط لوله روزمینی و پل لوله

ب) شیر قطع

ج) شیر کنترل

در جدول ۷-۵ نمونه‌هایی از این روش‌های بهسازی ارائه شده است. برخی از این روش‌ها در شکل‌های ۷-۵ تا ۷-۷ به صورت نمونه نشان داده شده‌اند.

omoorepeyman.ir

جدول ۷-٤ روش‌های محافظت در برابر نشت برای حالات گوناگون خرابی

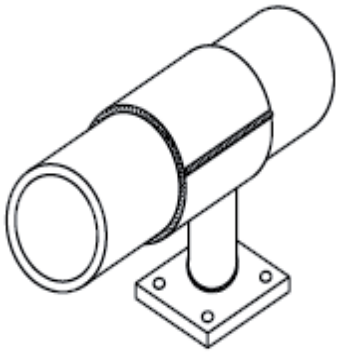
روش بهسازی برای محافظت در برابر نشت		ترک و شکستگی		خوردگی	شل شدن اتصال	
		لوله	اتصال جوشی		اتصال مکانیکی چدن انعطاف پذیر	اتصال فلنجی
تعویض		o	o	o	o	o
جازدن لوله		o	o	o	o	o
تعمیر اتصال	پوشش ورق فولادی		o			
	تعویض واشر				o	o
	روکش کردن خارجی				o	o
روکش کردن داخلی		o	o		o	o
حفاظت کاتودی				o		
(توجه) O : قابل کاربرد						

جدول ۷-۵ روش بهسازی سامانه خط لوله

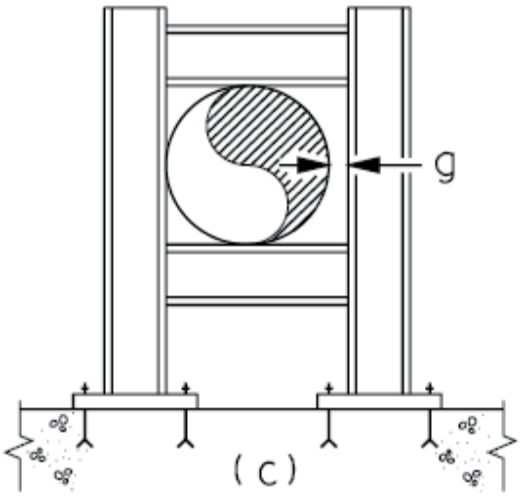
محل	نقص	اقدامات بهسازی
لوله روزمینی	نشت	تعمیر یا تعویض بسته به شرایط آسیب
	آسیب یا فرسودگی پوشش و مواد ضد خوردگی	تعمیر
اتصال انبساطی	نشت و فرسودگی	تعویض یا نصب اتصالات انبساطی اضافی
سازه‌های تکیه‌گاهی لوله	میل مهارهای غیر ثابت یا شل	تعمیر
	گیرداری ناپایدار لوله‌ها	تعمیر یا تعویض
تجهیزات تکیه‌گاهی	ترک، آسیب خوردگی در تجهیزات	تعمیر یا تعویض
لوله داخل دیوار	عملکرد عایق‌بندی	تعمیر
لوله زیر دیوار	نشست	کنترل نشست خط لوله، پس از آن، در صورت لزوم، کم کردن تنش و تعویض لوله

omoorepeyman.ir

شکل ۷-۵ آرایش پیچ U شکل



شکل ۷-٦ مهار لوله فولادی



شکل ۷-۷ قاب صلب به عنوان یک تکیه‌گاه جانبی لرزه‌ای

جدول ۷-٦ روش بهسازی شیر قطع

محل	نقص	اقدامات بهسازی
شیر قطع	نشت	(۱) محکم کردن پیچ فلنج برای توقف نشت (۲) تعمیر یا تعویض در هنگام نشت از بدنه شیر
دستگیره	در ظرفیت بهره‌برداری	(۱) روغن‌کاری دستگیره (۲) در صورت لزوم، پیاده و سوار کردن یا تعویض
داخل حفره	در عملکرد ضدآب	(۱) تمیز کردن (۲) در صورت لزوم، تعمیر برای ضدآب کردن
پوشش حفره	در عملکرد بستن روکش آدم‌رو	(۱) تمیز کردن قسمت اتصال (۲) در صورت لزوم، تعویض پس از تعمیر موقتی
فاصله بین روکش حفره و سطح جاده	نشست	تنظیم سطح آدم‌رو برای حفظ همواری سطح جاده

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۷ روش بهسازی شیر کنترل

محل	دلایل	اقدامات بهسازی
افزایش فشار در پایه	(۱) ضعف بدنه شیر	تعمیر قسمت‌های آسیب‌دیده یا تنظیم شرایط نصب شیر اصلی
	(۲) بسته شدن ناکافی خط جانبی	کامل بستن خط جانبی
	(۳) عملکرد نامناسب لوله‌کشی	تعویض قسمت‌های آسیب‌دیده
کاهش فشار در پایه	(۱) عملکرد نامناسب تجهیزات کنترل	تعویض قسمت‌های آسیب‌دیده
	(۲) عملکرد نامناسب لوله‌کشی ثانویه	تمیز کردن لوله‌کشی ثانویه
	(۳) افت فشار	تعویض تجهیزات، تمیز کردن گردو غبار
	(۴) بسته شدن با شیر قطع	باز کردن شیر قطع و بازرسی علت عملکرد نامناسب
اثر ثانوی به علت تغییرات زیاد فشار	(۱) عملکرد نامناسب تجهیزات کنترل	تعویض قسمت‌های آسیب‌دیده
	(۲) تغییرات فشار سریع	تعویض شیر اصلی با قابلیت پاسخ سریع
	(۳) نامتعادل شدن فشار جریان	تعمیر یا تعویض قسمت‌های آسیب‌دیده
	(۴) جریان کوتاه	تعویض شیر جدید با عملکرد مناسب
نشت	(۱) پوشش ناکافی قسمت اتصال	محکم کردن یا تعویض پیچ‌ها
	(۲) عملکرد نامناسب سامانه اعلام خرابی	کنترل شرایط نصب یا تعویض سامانه اعلام خرابی

۷-٤-۳- بررسی روش بهسازی از نظر ایمنی، امکان‌پذیری و هزینه

در بررسی خطوط لوله از خرابی‌های ناشی از نشت در مقیاس‌های بزرگ باید اجتناب شود. تنها خطرات طبیعی نیست که باعث خرابی‌های چشم‌گیر به خط لوله و در نهایت نشت آن می‌شود، بلکه فعالیت‌های انسانی نیز می‌تواند موجب این امر شود. معمول‌ترین دلایل خرابی‌ها شامل تهدیدات انسانی، اثرات خوردگی و زوال، مراقبت ناکافی از بست‌های اتصال و نهایتاً آسیب‌های ناشی از زلزله می‌باشند. در جدول ۷-۸ روش‌های بهسازی خرابی ناشی از نشت بر اثر دلایل مختلف مقایسه شده است. هرکدام از روش‌ها به طور تقریبی از نقطه نظر ایمنی، امکان‌پذیری و هزینه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

omoorepeyman.ir

جدول ۷-۸ مقایسه روش‌های بهسازی

هدف	شرایط عملکردی مورد نیاز	ایمنی	اولویت	امکان‌پذیری	هزینه
محافظت در برابر نشت به علت ترک و خوردگی	(۱) حفظ ایمنی در برابر نشت تحت شرایط ترک و شکستگی (۲) داشتن مقاومت کافی برای محافظت از شکستگی در طی بهره‌برداری طولانی	تحلیل سازه‌ای برای بدست آوردن مقاومت با وجود عیب‌های مشاهده‌شده لازم است.	اولویت با نشت های بزرگ در خطوط مهم می‌باشد.	در صورت آسیب قابل‌توجه تعویض و در غیر این صورت، تعمیر	متوسط
محافظت در برابر نشت به علت خوردگی	(۱) حفظ ایمنی در برابر نشت از لوله و اتصالات (۲) داشتن مقاومت کافی برای نگهداری هندسه لوله	تعمیر باید بسته به طول عمر باقیمانده، سرعت خوردگی و ضخامت باقی‌مانده جداره لوله انجام شود.	درخواست از برای تعمیر سامانه حفاظت از خوردگی	برای آسیب‌های مکانیکی تعویض ساده و در صورت تغییر در شرایط خاک اطراف، به بازرسی تفصیلی نیاز است.	متوسط
محافظت در برابر نشت از اتصالات شل	(۱) حفظ ایمنی در برابر نشت در اتصالات	کنترل حالت محکم کردن	هر تجهیز آسیب دیده باید فوراً تعمیر شود.	تعمیر راحت	کم
محافظت در برابر نشت به علت آسیب‌های لرزه‌ای	(۱) برای ارضای ملزومات راهنمای طراحی لرزه‌ای در تغییر شکل‌های زمین تعمیر شود. (۲) حفظ ایمنی در برابر نشت تحت شرایط ترک و شکستگی (۳) داشتن مقاومت کافی برای حفاظت از شکستگی بر اثر فشار داخلی در خط لوله روباز طی بهره‌برداری طولانی	عملکردی خط لوله آسیب‌دیده باید برای پاسخ زمین و PGD ارزیابی شود.	مهم‌ترین خط لوله باید برای بهسازی لرزه‌ای انتخاب شود	قطع اضطراری و بازیابی سریع برای نشت در ابعاد بزرگ از خط لوله با قطر بزرگ لازم است	زیاد

۷-٤-٤- سایر اقدامات و ملاحظات

الزامات نظارت بر فشار، دما، دبی، مشخصات فیزیکی سیال مورد انتقال، اطلاعات پمپ‌ها، دستگاه‌های متراکم کننده، جایگاه‌های جداسازی، کنتورها و تراز مخازن، همراه شرایط اعلام خطر مانند قطع منبع تغذیه برق، دمای بالای سیم‌پیچ‌های موتورهای الکتریکی و یاتاقان‌های دستگاه‌های چرخشی، سطوح بالای ارتعاش، فشار کم مکش، فشارهای بالای تقاضا، نشت درزها، دماهای غیرعادی و ردیابی آتش و هوای خطرناک باید تعیین و در طراحی سامانه بر طبق قسمت ۵ طراحی سامانه خط لوله ISO13623 لحاظ شود.

سامانه‌های جمع‌آوری داده و کنترل نظارتی (SCADA) باید برای کنترل تجهیزات به‌کار رود.

omoorepeyman.ir

الزامات بهره‌برداری از سامانه خط لوله، مانند الزامات ایمنی و زیست‌محیطی، باید مبنای تعیین نیاز اجزای نظارتی، ارتباطی و منبع تغذیه پشتیبان قرار بگیرند.

۱- خطر زلزله

سامانه‌های حسگر از راه دور گوناگونی برای شریان‌های حیاتی در خصوص نظارت بر رخدادهای لرزه‌ای وجود دارد که به تناسب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- بازبینی نشت از خطوط

در هنگام بهره‌برداری، تمام قسمت‌های لوله باید به طور دوره‌ای بازبینی شوند تا از عدم نشت آن اطمینان حاصل شود. پرسنل در محل، افراد نزدیک به سامانه و مسئولین اجرایی، نشت‌های زیادی را کشف می‌کنند. مسئولین اجرایی می‌باید توجه ویژه‌ای را به گزارشات نشت و بازرسی‌های چشمی داشته باشند. علاوه بر این، باید روش‌هایی به غیر از روش چشمی را نیز برای این امر در نظر بگیرند.

در انجام مراحل مختلف نشت یابی، باید هم احتمال و هم نتایج نشت را به حساب آورد. بعضی از عواملی که اپراتور برای تعیین نوع و دوره زمانی بازرسی‌ها جزء موارد با خطر پایین در نظر می‌گیرد، عبارتند از:

۲-۱- کاربری: مایعات تمیز، غیر خورنده و با فشار بخار کم

۲-۲- محل: دور از جمعیت، در محل کنترل شده توسط اپراتور، دور از نواحی غیر قابل تعمیر، دور از آبراهه‌های با عبور و مرور تفریحی یا تجاری.

۲-۳- ساخت: موادی با عملکردهای قابل‌قبول زیر حدود آستانه

۲-۴- نوع بهره‌برداری: بهره‌برداری در سطوح تنش پایین

۲-۵- تاریخچه نشت: نشان‌دهنده سال‌ها بدون نشت

مدت پاسخ در یک نشت یا حادثه اضطراری، عامل مهم دیگری است که باید در نظر گرفته شود. همچنین دقت بازرسی و اجتناب از شناسایی‌های اشتباه از عواملی است که قابلیت اطمینان روش ارزیابی انتخاب‌شده را کم یا زیاد می کند.

اپراتورها باید به دقت روش نشت یابی را انتخاب نمایند. سرکشی‌های برنامه‌ریزی‌شده و منظم هوایی، زمینی یا آبی، تحلیل فشار محبوس، بازبینی تغییرات جریان یا فشار نسبت به حالت پایدار، تعادل حجمی و یا هر روش دیگری که قابلیت نشت یابی به موقع را داشته باشد از جمله مواردی است که در سامانه بازرسی می‌توان بکار برد. بازه‌های بازبینی و پایش از بازبینی بی‌وقفه در نرم‌افزارهای ارزیابی رایانه‌ای، تا بازبینی روزانه و هفتگی در روش‌های بازبینی چشمی متغیر است. در صورت استفاده از روش‌های نظارت رایانه‌ای استاندارد API RP 1130 باید مورد استفاده قرار گیرد.

هر روشی که انتخاب می‌گردد، مسئولین اجرایی باید رفتار نشت را به صورت دوره‌ای بازرسی و تحلیل نمایند و تنظیمات و تطابق لازم را برای کاهش نشت به روش انتخابی بدهند.

۳- پیکربندی سامانه افزونه به عنوان یک سامانه شبکه‌ای

۳-۱- ملاحظات عملکردی در طراحی

omoorepeyman.ir

درمواردی‌که نیازی به طراحی ویژه نباشد، تصمیمات طراحی باید بر اساس عملکردهای درخواستی اتخاذ شوند. سه خصوصیت مهم یک سامانه که می‌تواند عملکردهای اضطراری را به طور قابل‌توجهی بهبود بخشد، افزونگی، استفاده از اجزای استاندارد و قابلیت دسترسی به اجزای کلیدی می‌باشد.

افزونگی از اجزای اصلی یک سامانه برای بازیابی آسیب‌های محدود می‌باشد. برای یک سامانه بزرگ توزیع، معمولاً مراکز آسیب جدی را می‌توان جدا نموده و خدمت رسانی برای بیشتر مشتریان را دوباره ادامه داد. اما از آنجا که تولیدات معمولاً از داخل یک خط منتقل می‌شود در خصوص سامانه‌های انتقال نمی‌توان مانند سامانه‌های توزیع عمل نمود. به عبارتی افزونگی این سامانه‌ها کمتر از افزونگی سامانه‌های توزیع می‌باشد. هرچند، در هردو سامانه می‌توان برای عدم قطع خدمت رسانی بی‌وقفه در یک تجهیز بحرانی، از افزونگی مانند یک پمپ یا کمپرسور استفاده نمود. اجزای افزونه را برای دست یابی به پشتیبانی لازم و برای استفاده پس از خرابی در سامانه اصلی، برای تعمیر یا تعویض اجزای آسیب‌دیده نصب می‌نمایند.

علاوه بر در نظر گرفتن افزونگی در طراحی، در نظر گرفتن لزوم قطع یک سامانه پس از زلزله، سیل و یا زمین‌لغزه نیز اهمیت دارد.

۳-۲- سامانه پاسخ اضطراری

بیشترین خطر شامل سامانه‌هایی است که برای زلزله طراحی نشده‌اند. باید با به وجود آوردن موقعیت‌های مشابه این سامانه‌ها را برای رویارویی با انواع گوناگون آسیب‌های زلزله بررسی و در صورت لزوم سامانه پاسخ اضطراری را برای آن‌ها مجهز نمود.

omoorepeyman.ir

فصل ۸

روش‌های بهسازی خط لوله مدفون

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۸-۱- مدهای آسیب بر اثر زلزله

خطرهای مختلف زلزله و آسیب‌های وارده شامل موارد زیر می‌باشد:

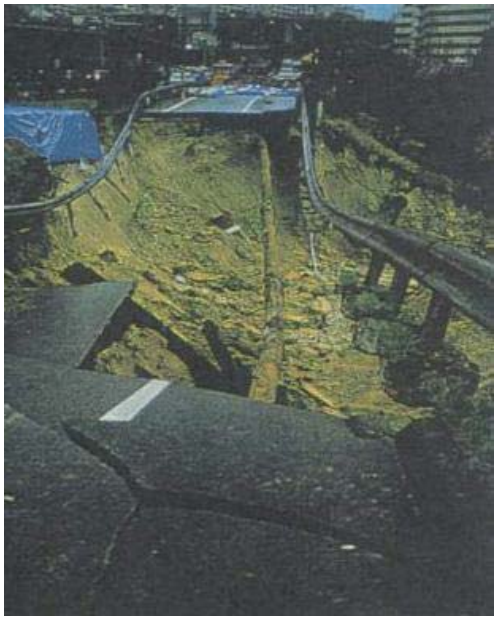
(۱) خطرهای زلزله شامل زمین‌لغزه، روان‌گرایی و حرکت گسل

(۲) آسیب‌های سازه‌ای

(۳) آسیب شیرها

(۱) خطرهای زلزله شامل زمین‌لرزه، روان‌گرایی و حرکت گسل

زلزله اغلب باعث تغییر شکل‌های بزرگ دائمی زمین مانند زمین‌لغزه، روان‌گرایی و حرکت گسل‌ها می‌شود. نمونه‌ای از آسیب‌های وارده بر اثر این تغییر شکل‌ها در شکل‌های ۸-۱ و ۸-۲ نشان داده شده است.



شکل ۸-۱ جابجایی بزرگ زمین بر اثر خطر زمین‌لغزه

(۲) آسیب‌های سازه‌ای

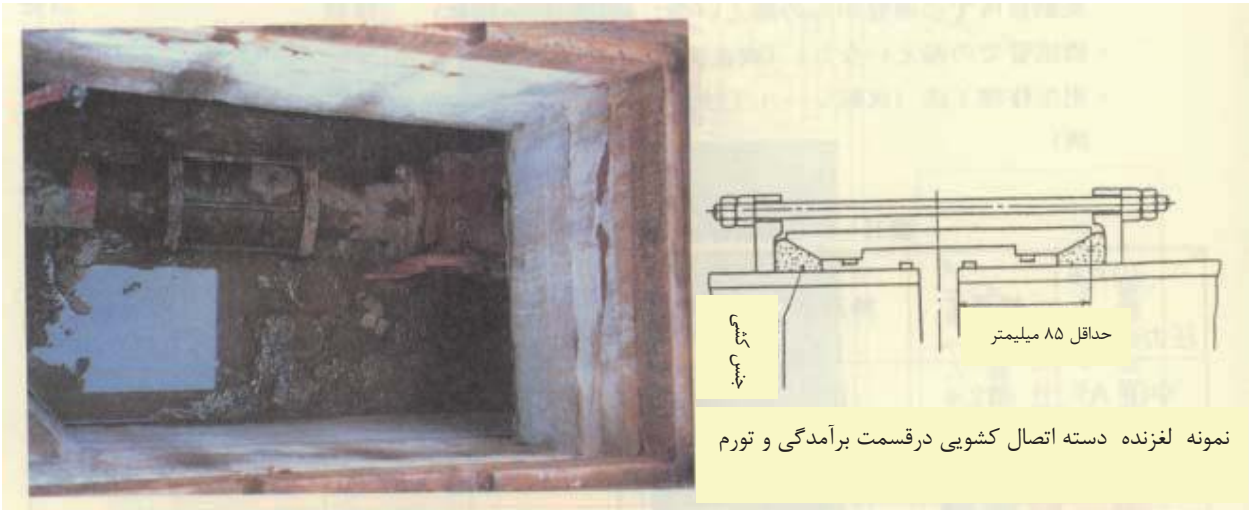
زلزله حداکثر مورد انتظار (MCE) با تولید حرکت جدی زمین می‌تواند کرنش‌های کششی بزرگی را به لوله مدفون تحمیل کند. در صورت وجود پتانسیل خرابی در اتصال جوشی، این حرکات می‌تواند باعث به وجود آوردن ترک یا خرابی در اتصال شود.

omoorepeyman.ir

شکل ۸-۲ لوله تغییرشکل‌یافته بر اثر زمین‌لغزه

(۳) آسیب شیرها

شیرهای مدفون عموماً با تجهیزات اتصال کشویی مانند شکل ۸-۳ به لوله متصل شده‌اند. به علت شل شدن پیچ‌های اتصال این اتصال در برابر حرکت لرزه‌ای زمین، آسیب‌پذیر است.



شکل ۸-۳ اتصال کشویی شل در شیر مدفون

بنابراین مدهای آسیب خط لوله عبارتند از:

(۱) مد خرابی اصلی

در مد اصلی خرابی یک المان لوله در حالت حدی نهایی واقع می‌گردد.

(۲) مد خرابی متوسط

در مد خرابی متوسط هیچ المان لوله‌ای در حالت حدی نهایی واقع نشده اما در بهره‌برداری وقفه‌های جزئی وارد گردیده است.

(۳) مد خرابی فرعی

omoorepeyman.ir

در مد خرابی فرعی آسیب‌های جزئی وارد گردیده و بهره‌برداری با احتیاط ادامه دارد.

مدهای آسیب سازه‌ای برای هرکدام از اجزای سازه‌ای در جدول ۸-۱ و مدهای آسیب عملکردی برای اجزای مربوطه نیز در جدول ۸-۲ داده شده است.

جدول ۸-۱ مدهای آسیب سازه‌ای

سازه	اجزا	مدهای آسیب سازه‌ای		
		فرعی	متوسط	اصلی
سازه	خط لوله مدفون	آسیب ناچیز	آسیب‌های ناچیز	پارگی
	شیر	جابجایی کوچک	تغییرشکل نسبی	شکستگی
	وسایل بازبینی			
	تجهیزات حفاظت در برابر خوردگی			
	لوله متصل به تأسیسات سازه‌ای			
سامانه خط لوله	خط لوله انتقال	آسیب ناچیز	آسیب‌هایی در طول فواصل معین	پارگی
	مرکز کنترل	آسیب ناچیز	آسیب نسبی	فرو ریزش
	تأسیسات پایانه‌ای			

omoorepeyman.ir

جدول ۸-۲ مدهای آسیب عملکردی

سازه	اجزا	مدهای آسیب سازه‌ای		
		فرعی	متوسط	فرعی
سازه	خط لوله مدفون	نشت کم	نشت نسبی	نشت قابل‌توجه
	شیر	غالباً سالم	سالم ولی صحت آن باید بعداً کنترل شود	معیوب
	ابزارهای پایش			
	تجهیزات محافظت در برابر خوردگی			
	لوله متصل به تجهیزات	نشت کم	نشت نسبی	نشت قابل‌توجه
سامانه خط لوله	لوله خط انتقال	بهره‌برداری با احتیاط	انتقال با فشار کم	از کار افتادن
	مرکز کنترل	بهره‌برداری با احتیاط	عیب در جزئی از سامانه	معیوب
	تأسیسات پایانه‌ای			

نیروهای لرزه‌ای قابل کاربرد شامل اثرات موج و تغییر شکل‌های دائمی زمین باید به منظور ارزیابی خطرپذیری سامانه خط لوله در این مدهای خرابی مانند دسته بندی شوند.

۸-۲- روند ارزیابی لرزه‌ای

به عنوان اولین اقدام، روند ارزیابی‌ای که عملکرد لرزه‌ای کل خط لوله را در بردارد دارای اولویت است. روند ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه خط لوله موجود در زیر شرح داده شده است.

روند ۱: اولین تشخیص و ارزیابی لرزه‌ای سامانه خط لوله موجود

روند ۲: دومین ارزیابی لرزه‌ای

روند ۳: ارزیابی بهسازی لرزه‌ای

روند ۴: روند اجرای ارزیابی بهسازی لرزه‌ای

در شکل ۸-۴، چند معیار بهسازی لرزه‌ای بر اساس نتایج بازرسی داده شده است. در شکل ۸-۵، نیز جزییات روند بازرسی و بحث پیرامون لزوم اولین و دومین بررسی و ارزیابی لرزه‌ای به ترتیب آمده است.

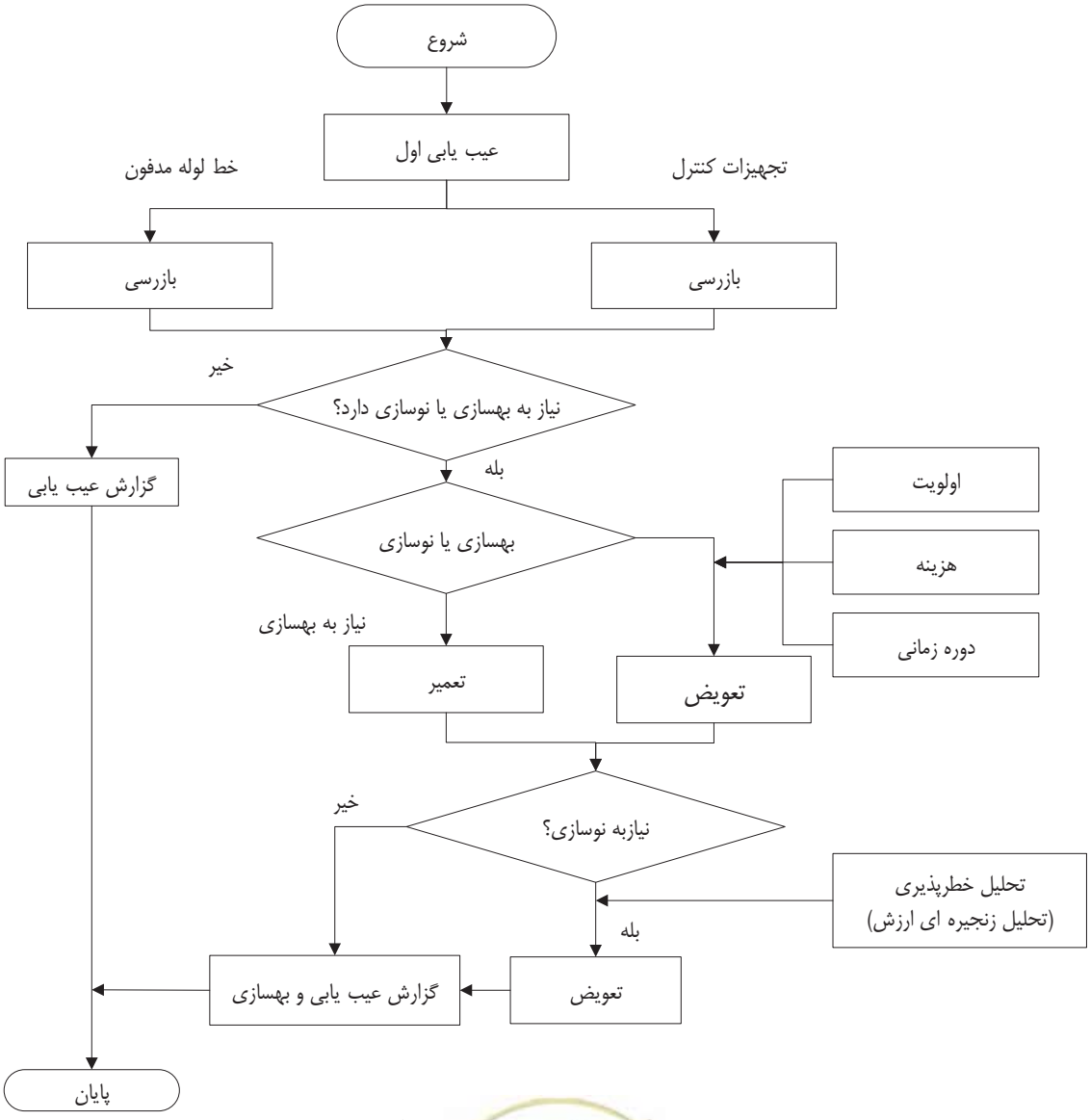
(۱) روند اولین بررسی و ارزیابی لرزه‌ای

omoorepeyman.ir

بررسی سریع و عمومی عملکرد لرزه‌ای سامانه خط لوله موجود باید با بازرسی محلی انجام شود. این بازرسی برای بررسی و ارزیابی دوم ضروری می‌باشد.

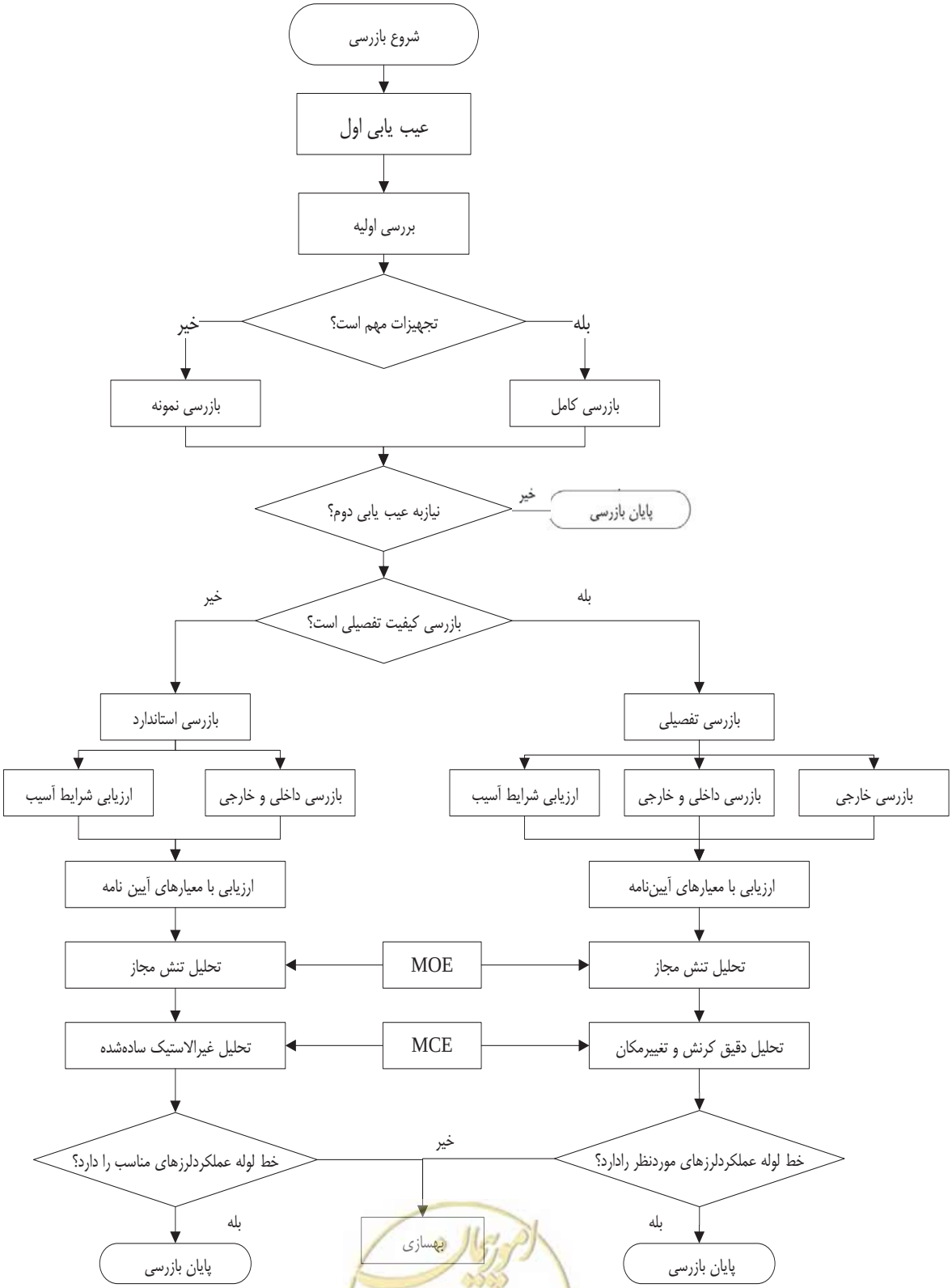
(۲) روند دومین بررسی و ارزیابی لرزه‌ای

خط لوله هدف و عملکرد لرزه‌ای مورد نظر باید در اولین قدم در این مرحله انتخاب شود. این مهم‌ترین قدم در ارزیابی عملکرد لرزه‌ای است و باید برای جلوگیری از انجام مجدد کارهای به صورت مؤثری تحت نظر مراجع ذی‌صلاح تأیید شود.



شکل ۸-٤ روند ارزیابی لرزه‌ای خط لوله مدفون و تأسیسات کنترل آن

omoorepeyman.ir



شکل ۸-۵ روند بررسی لرزه‌ای خط لوله مدفون و تأسیسات کنترل آن

omoorepeyman.ir

۸-۳- بهسازی

بهسازی به منظور عملکرد مؤثرتر و اقتصادی‌تر و همچنین به عنوان نوعی پیشگیری از آسیب در برابر زلزله انجام می‌گیرد. بهسازی خط لوله موجود شامل نوعی بازسازی می‌باشد. در این بازسازی، حتی‌الامکان بدون تعویض یا حذف لوله مدفون می‌توان سال‌های بیشتری از خدمت رسانی خط لوله استفاده نمود. با در نظر داشتن کیلومترها شبکه لوله فولادی در حال توسعه و بروز مشکلاتی همچون خوردگی، بازسازی سامانه‌های لوله‌کشی امری اجتناب ناپذیر خواهد بود.

پاک سازی و پوشاندن خطوط لوله نفت و گاز در محل به علت هزینه کم به جای تعویض آن‌ها، در بین اقدامات اجرایی شناخته شده‌تر است.

۸-۳-۱- اولویت بهسازی اجزا

اولویت بندی بهسازی بر اساس موارد زیر انجام می‌گردد:

(۱) حداقل رساندن خسارت‌های جانی ناشی از زلزله

(۲) انتخاب خط لوله دارای در منطقه با بیشترین خطر لرزه‌ای

(۳) حداقل رساندن آسیب‌های اجتماعی و

(۴) انتخاب مهم‌ترین خط لوله از نظر مدیریت ریسک و مالی

اولویت بندی بهسازی مسیر لوله در برابر الگوی نشت را می‌توان بر اساس داده‌های بازرسی موجود که در جدول ۸-۳ نشان داده شده است، انجام داد.

جدول ۸-۳ مواردی که باید در انتخاب اولویت مسیر خط لوله مدفون برای الگوهای مختلف نشت در نظر گرفته شود

مورد		الگوی نشت		
		ترک و شکستگی	خوردگی	شلی اتصال
محیط دفن	شرایط جاده	o	x	o
	پایداری زمین	o	x	o
	شلوغی خیابان	o	o	o
نتیجه بازرسی مشاهده ای لوله		x	o	x
تاریخچه نشت گزارش شده		o	o	o
(توجه) O : قابل کاربرد X : غیرقابل کاربرد				

omoorepeyman.ir

۸-۳-۲- فهرست روش‌های بهسازی

روش‌های مختلفی برای بهسازی خط لوله مدفون وجود دارد که در ادامه برخی از آن‌ها آورده شده است:

۱- مسلح کردن خط لوله

اعوجاج‌های زمین می‌تواند باعث تغییرشکل قابل توجهی در خط لوله مدفون شود. اقدام رایج در این خصوص تعیین و تعویض قسمت‌هایی است که این تغییر شکل‌ها در آن‌ها ایجاد شده است. در بعضی موارد برای آزاد شدن تنش می‌توان عملیات برش خط لوله را انجام داد. این عملیات چنانچه مصالح خط لوله هنوز در محدوده الاستیک باشد، باعث آزاد شدن کرنش‌ها نیز می‌شود اما در مواردی که مصالح در محدوده غیر الاستیک دچار تغییر شکل شود، مقداری کرنش پسماند پس از برش در لوله باقی می‌ماند.

در هنگام برش خط لوله باید توجه زیادی شود. ممکن است انرژی کرنشی زیادی که در خط لوله ذخیره شده است در طول روند برش آزاد شود. همچنین در صورتی که سطح تنش در خط لوله بالا باشد، پاره شدگی ناگهانی و ریختن محتویات لوله محتمل خواهد بود. جابجایی‌های نسبی محل برش می‌تواند از چند اینچ تا چند فوت تغییر کند. نیروی انسانی انجام دهنده این عملیات باید از این خطر آگاه باشند و اقدامات پیشگیرانه‌ای لازم برای جلوگیری از صدمات ناشی از آتش‌سوزی و حرکت‌های ناگهانی احتمالی خط لوله انجام دهند.

روش‌های قابل‌قبول تعمیر برای لوله‌های بدون کمانش، چین‌خوردگی و تورفتگی در جدول ۸-۴ داده شده است، در حالی که روش‌های قابل قبول تعمیر برای تورفتگی‌ها، کمانش، چین‌خوردگی، نشت و نقایص دیگر در جدول ۸-۵ داده‌شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۸-٤ روش‌های قابل‌قبول تعمیر (لوله‌های بدون کمانش، چین‌خوردگی و تورفتگی)

نوع عیب	روش‌های تعمیر								
	۱	۲	۳	٤ الف	٤ ب	٥	٦	۷	۸
	تعویض	برطرف کردن با ساییدن	ته‌نشینی فلز جوش	پوشش محاطی مسلح کننده (نوع الف)	پوشش محاطی حاوی فشار (نوع ب)	جلد کامپوزیت	پیچ‌های مکانیکی روی گیره	شیر با حرارت بالا	بست‌ها
خوردگی خارجی $0.8t >$	بله (توجه ۱)	خیر	محدود (توجه ۲)	محدود (توجه ۵)	بله	محدود (توجه ۵)	بله	محدود (توجه ۳)	محدود (توجه ۸)
خوردگی خارجی $0.8t <$	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	خیر	بله	خیر	بله	محدود (توجه ۳)	محدود (توجه ۸)
خوردگی داخلی $0.8t >$	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	محدود (توجه ۴)	بله	محدود (توجه ۴)	بله	محدود (توجه ۳)	خیر
خوردگی داخلی $0.8t <$	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	خیر	بله	خیر	بله	محدود (توجه ۳)	خیر
خوردگی شیاری یا جلدی درز EFW و ERW	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	خیر	بله	خیر	بله	محدود (توجه ۳)	خیر
شکاف، شیار یا سوختگی قوس	بله (توجه ۱)	محدود (توجه ۷)	خیر	محدود (توجه ۵ و ۶)	بله	محدود (توجه ۵ و ۶)	بله	محدود (توجه ۳)	محدود (توجه ۸)
ترک	بله (توجه ۱)	محدود (توجه ۷)	خیر	محدود (توجه ۷)	بله	محدود (توجه ۷)	بله	محدود (توجه ۳)	خیر
نقطه داغ	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	محدود (توجه ۵)	بله	خیر	بله	محدود (توجه ۳)	خیر
جوش‌زدگی	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	خیر	بله	خیر	بله	محدود (توجه ۳)	خیر
جوش پیرامونی معیوب	بله (توجه ۱)	خیر	محدود (توجه ۲)	خیر	بله	خیر	بله	خیر	خیر
ورقه ورقه شدن	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	خیر	بله	خیر	بله	خیر	خیر

توجهات:

۱) لوله جایگزینی باید طولی حداقل برابر نصف قطر خود یا ۳ اینچ (۷۶/۲ میلی‌متر)، هر کدام که بزرگ‌تر است، داشته باشد و همچنین باید الزامات طراحی مشابه لوله اصلی را برآورده نماید.

omoorepeyman.ir

۲) مشخصات جوش باید بر اساس ضخامت باقی‌مانده جداره در منطقه مورد تعمیر و همچنین بالاترین تراز فشار داخلی باشد.

۳) عیب مورد نظر باید به طور کامل در ناحیه‌ای که بیشترین سهم قابل برداشت مصالح برای در اتصال – وجود دارد، قرار داشته باشد.

۴) در صورتی قابل‌استفاده است که از خوردگی داخلی پیشگیری شده باشد.

۵) باید در محل خرابی از پوشش‌های با اتصال سخت یا پرکننده‌های سخت شونده مانند اپوکسی یا رزین پلی استر برای پر کردن فضاهای خالی استفاده شود.

۶) فقط در صورتی قابل استفاده است که شیار، شکاف، سوختگی قوس یا ترک به طور کامل برطرف شده باشد و این موضوع با بازرسی چشمی، ذرات مغناطیسی و مایع نافذ (به علاوه قلم‌زنی در مورد سوختگی قوس) تأیید شده باشد.

۷) شیار، شکاف، سوختگی قوس یا ترک باید به طور کامل بدون نفوذ به بیشتر از ۴۰٪ ضخامت جداره برطرف شود. طول مجاز برداشتن فلز باید بر اساس آیین‌نامه ASME Code B31.4 بند 451.6.2(a)2 تعیین شود. برطرف کردن شیار، شکاف، سوختگی قوس یا ترک باید با بازرسی چشمی، ذرات مغناطیسی و مایع نافذ (به علاوه تیزاب زنی در مورد سوختگی قوس) تأیید شود.

۸) عیب مورد نظر باید به طور کامل در زیر بست قرار داشته باشد و اندازه بست نباید از اندازه اسمی لوله (NPS) ۳ اینچ بیشتر شود.

جدول ۸-۵ روش‌های قابل‌قبول تعمیر خط لوله برای تورفتگی، کمانش، چین‌وچروک، نشت پیش‌رونده و تعمیرهای ناقص قبلی

نوع عیب	روش‌های تعمیر					
	۱	۲	٤ الف	٤ ب	٥	٦
	تعویض	برطرف کردن با ساییدن	پوشش محاطی مسلح کننده (نوع الف)	پوشش محاطی حاوی فشار (نوع ب)	جلد کامپوزیت	پیچ‌های مکانیکی روی‌گیره

omoorepeyman.ir

تورفتگی < ۶٪ قطر لوله دارای جوش درزی یا پیرامونی	بله (توجه ۱)	خیر	محدود (توجه ۲)	بله	محدود (توجه ۲)	بله
تورفتگی < ۶٪ قطر لوله دارای شیار، شکاف یا ترک	بله (توجه ۱)	محدود (توجه ۴)	محدود (توجه ۲ و ۳)	بله	محدود (توجه ۲ و ۳)	بله
تورفتگی < ۶٪ قطر لوله دارای خوردگی خارجی با عمق بیش از ۱۲/۵٪ ضخامت جداره	بله (توجه ۱)	خیر	محدود (توجه ۲)	بله	محدود (توجه ۲)	بله
تورفتگی متجاوز از ۶٪ قطر لوله	بله (توجه ۱)	خیر	محدود (توجه ۲)	بله	محدود (توجه ۲ و ۳)	بله
کمانش و چین و چروک خوردگی	بله (توجه ۱)	خیر	محدود (توجه ۲)	بله	خیر	بله
نشت پیش‌رونده	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	بله	خیر	بله
جلد معیوب از تعمیر قبلی	بله (توجه ۱)	خیر	خیر	بله	خیر	بله

توجهات:

۱) لوله جایگزینی باید طولی حداقل برابر نصف قطر خود یا ۳ اینچ (۷۶/۲ میلی‌متر)، هرکدام که بزرگ‌تر است، داشته باشد و همچنین باید الزامات طراحی مشابه لوله اصلی را برآورده نماید.

۲) باید در ناحیه معیوب از پرکننده سخت شونده‌ای مانند اپوکسی یا رزین پلی استر برای پر کردن فضاهای خالی یا فاصله حلقه‌ای بین لوله و پوشش تعمیری، استفاده شود.

۳) فقط در صورتی قابل‌استفاده است که شیار، شکاف، سوختگی قوس یا ترک به طور کامل برطرف شده باشد و این موضوع با بازرسی چشمی، ذرات مغناطیسی و مایع نافذ (به علاوه تیزاب زنی در مورد سوختگی قوس) تأیید شده باشد.

۴) فقط در صورتی قابل‌استفاده است که ترک، نقطه تمرکز تنش یا عیب‌های دیگر به طور کامل برطرف شده و این موضوع با بازرسی چشمی، ذرات مغناطیسی و مایع نافذ (به علاوه تیزاب زنی در مورد سوختگی قوس) تأییدشده باشد و همچنین، ضخامت باقی‌مانده جداره از ۸۷/۵٪ ضخامت اسمی لوله کمتر نباشد.

۲- مهار تجهیزات

تجهیزات بزرگ باید برای جلوگیری از لغزش، غلتیدن و واژگونی با گیرنده، میل مهار و سازه‌های قابی ثابت شوند.

۳- اتصالات مکانیکی

برای سامانه‌های بحرانی لوله‌کشی، حرکات (چرخش‌ها و جابجایی‌ها) و بارها (نیروها و لنگرها) باید در حدی که توسط سازنده اتصال مشخص کرده باقی بماند.

۴- قیود لرزه‌ای

omoorepeyman.ir

بار لرزه‌ای وارد بر قیود لرزه‌ای و اتصالات آن‌ها به سازه‌های ساختمانی و مهار در بتن، باید با تحلیل‌های استاتیکی یا دینامیکی محاسبه شود. مقاومت لرزه‌ای قیود لرزه‌ای و اتصالات آن‌ها باید بر اساس آیین‌نامه‌های طراحی قابل کاربرد برای اجزای استاندارد تکیه‌گاهی مانند MSS-SP-69، AISC یا AISI برای اعضای فولادی و ACI برای میل مهارهای بتن تعیین شود.

۵- حرکت مهار

برای مهار ارتعاشات یا میرا نمودن آن‌ها خط لوله و تجهیزات باید تکیه‌گاه‌های و مهارهای کافی داشته باشد.

- حرکت لرزه‌ای مهار

حرکت لرزه‌ای مهار (SAM)، اختلاف حرکت بین نقاط اتصال لوله به تکیه‌گاه (برای مثال، تکیه‌گاه‌های متصل به طبقات فوقانی با دامنه‌ای بزرگ‌تر از تکیه‌گاه‌های متصل به ارتفاع‌های پایین‌تر نوسان‌می‌کنند)، یا اختلاف حرکت بین افشانه اتصالات و تکیه‌گاه‌های لوله می‌باشد. ورودی‌هایی لرزه‌ای مهار از جنس تغییر مکان (انتقال یا چرخش) در اتصالات تکیه گاه یا در افشانه تجهیزات می‌باشد. سپس تنش‌ها و نیروهای حاصل در سامانه لوله‌کشی از روش جذر مجموع مربعات (SRSS) با تنش‌ها و نیروهای اینرسی (نوسان یا ارتعاش لوله در اثر زلزله) ترکیب می‌شوند.

اتصالات شاخه‌ای خطوط لوله روی زمین باید توسط خاکریز تحکیم شده محافظت و یا انعطاف‌پذیری کافی برای آن تأمین شود.

در صورت استفاده از بازشو در خاکریز تحکیم شده برای اتصال شاخه‌های جدید به خطوط لوله موجود روی زمین، یک پی استوار برای خط لوله اصلی و شاخه جدید به منظور اجتناب از حرکت‌های قائم و جانبی باید تأمین شود.

مهاربندها و دستگاه‌های میراگر برای جلوگیری از ارتعاش خط لوله باید برای لوله اصلی درنظر گرفته شود.

تمام ملحقات باید برای حداقل سازی تنش‌های موجود در خط لوله طراحی شوند. الزامات جوشکاری ملحقات باید با اجرای استاندارد سازه‌ای مطابقت کند.

تکیه‌گاه‌های سازه‌ای، مهاربندها و میل مهارها نباید مستقیماً به خط لوله‌ای که برای بهره‌برداری در تنش حلقوی SMYS ۵۰٪ یا بزرگ‌تر طراحی شده است جوش شوند. به جای آن باید با اعضایی با پوشش کامل تقویت شوند.

درجاهایی که تکیه‌گاهی مانند مهار، لازم است، اجزای الحاقی باید به عضو پوششی جوش شود. اتصال لوله به عضو پوششی نیز باید توسط جوش‌های پیوسته پیرامونی به جای جوش‌های متناوب انجام گیرد.

تکیه‌گاه‌هایی که به خط لوله جوش نشده‌اند باید طوری طراحی شوند تا بتوان هنگام بازرسی به آن‌ها دسترسی داشت.

- طراحی مهار

در طراحی بلوک‌های مهاری برای جلوگیری از حرکت محوری خط لوله باید نیروهای ناشی از انبساط خط لوله و هر گونه اصطکاک لوله و خاک را به حساب آورد.

در طراحی عضو پوششی باید ترکیب تنش‌های عملکردی، محیطی، هنگام ساخت و بارهای تصادفی را در نظر گرفت.

اتصالات ملحقات عضو پوششی می‌تواند با بست‌های محکم یا جوش‌های پیوسته انجام شود.

نیروی محوری، F، که باید توسط خطوط لوله با قید کامل تحمل شود، از رابطه‌ای مانند رابطه زیر محاسبه می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$F = A\left[E\alpha(T_2 - T_1) - \nu\sigma hp\right] \quad (۱-۸)$$

که در آن:

A: سطح مقطع جداره لوله

E: مدول الاستیسیته

A : ضریب انبساط حرارتی خطی

T_1: دمای نصب

T_2: دمای حداکثر یا حداقل فلز در هنگام بهره‌برداری

σ hp : تنش حلقوی بر اثر فشار درونی، بر اساس ضخامت جداره

ν: ضریب پواسون

بارهای پسماند قابل ملاحظه نصب نیز باید در هنگام تعیین نیروهای محوری خط لوله به حساب آیند.

– الزامات لرزه‌ای تکیه‌گاه

در سامانه تکیه‌گاه باید الزامات لرزه‌ای کنترل گردد.

۶- روش حفاظت کاتودی

می‌توان با طراحی و نصب مناسب پوشش‌ها و حفاظت کاتودی خوردگی در خط لوله را کاملاً مهار نمود.

-پوشش‌ها

پوشش لوله‌کشی‌های کارخانجات با پوشش خطوط لوله بین شهری متفاوت است. لوله‌کش‌های مدفون کارخانجات به صورت پوشش دار سفارش داده و نصب می‌شوند درصورتی‌که خطوط لوله بی شهری در محل نصب روکش‌دار می‌شوند. این اختلاف مانع استفاده از بعضی انواع پوشش در لوله‌کشی کارخانه‌ای می‌شود.

-حفاظت کاتودی

حفاظت کاتودی، به جریان انداختن الکتریسیته در خط لوله نیست. برای اجرای این روش، مواردی همچون پوشش‌های مناسب و کابل‌های هادی مورد نیاز است. در قسمت‌هایی از عایق‌کاری برای جدایی الکتریکی زیر سازه‌ها این حفاظت هستند استفاده می‌شود. یک سامانه حفاظت کاتودی باید در ابتدایی‌ترین مراحل طراحی کارخانه به حساب آید.

-تداخل کاتودی

دو نوع تداخل کاتودی وجود دارد، تداخل جریان و ولتاژ.

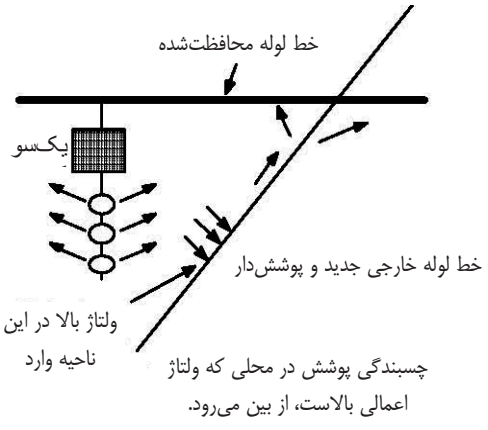
تداخل جریان

تداخل جریان بسیار بدتر است. در شکل ۸-۶ یک پایانه حفاظت کاتودی، یک‌سو کننده و بستر زمین نشان داده شده است. معمولاً این طرز برپایی باعث انتقال چند آمپر از درون خاک به خط لوله محافظت‌شده می‌شود.

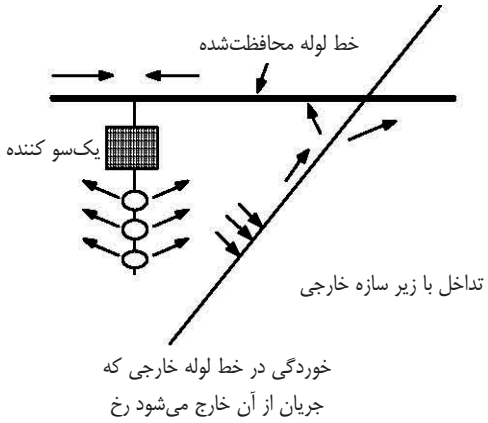
تداخل ولتاژ

شکل ۸-۷ تداخل ولتاژ را که در آن ولتاژ بالایی بین خط لوله خارجی و خاک پیرامون ایجاد می‌شود، شبیه‌سازی می‌کند. اگر خط لوله خارجی دارای پوشش باشد، پدیده انحلال ممکن است رخ دهد. ولتاژ بیش‌ازاندازه و چگالی بالای جریان می‌تواند خاک را قلیایی نماید.

omoorepeyman.ir



شکل ۸-۷ تداخل ولتاژ



شکل ۸-٦ تداخل جریان

omoorepeyman.ir

فصل ۹

روش‌های بهسازی تجهیزات داخلی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۹-۱- مؤلفه هدف

برای ارزیابی لرزه‌ای، تجهیزات داخلی به چهار گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- تأسیسات تهویه مطبوع

۲- تأسیسات لوله‌کشی داخل ساختمان

۳- تأسیسات برق و سیم کشی داخل ساختمان

۴- پی تجهیزات و تکیه‌گاه لوله‌کشی

جزئیات مربوط به این چهار گروه به صورت زیر می‌باشد:

۱- تأسیسات تهویه مطبوع

۱-۱- تجهیزات منبع گرمایشی

الف) منبع گرمایش

ب) منبع سرمایش

ج) تجهیزات وابسته به منبع گرمایش

د) تجهیزات وابسته به منبع سرمایش

و) تجهیزات سوخت

۱-۲- تجهیز تهویه مطبوع

الف) تجهیزات نصب شده بر روی کف

ب) تجهیزات سقفی

۱-۳- لوله‌کشی تهویه مطبوع

الف) لوله‌کشی

ب) شیرها

ج) دستگاه‌های اندازه‌گیری

۱-۴- تجهیز مجرا

الف) مجرا

ب) میراگرها

ج) دریچه‌های کنترل شده هوا

د) کانال کنترل شده هوا

۱-۵- تجهیزات کنترل خودکار

الف) پانل کنترل خودکار

۱-۶- فن گاز خروجی

omoorepeyman.ir

الف) فن گاز خروجی نصب شده بر کف

ب) فن گاز خروجی سقفی

۱-۷- مجرای گاز خروجی

الف) مجرای گاز خروجی

ب) میراگرها

ج) دریچه‌های گاز خروجی

د) کانال گاز خروجی

۲- تأسیسات لوله‌کشی داخل ساختمان

۲-۱- سامانه آب‌رسانی

الف) لوله‌کشی

ب) نشانگرها

ج) شیر برداشت آب

د) شیرفلکه

هـ) دستگاه‌های اندازه‌گیری

و) پمپ

ز) مخزن آب

ح) تابلوی برق

۲-۲- دستگاه‌های آب گرم

الف) لوله‌کشی

ب) مخلوط کن شیر برداشت آب

ج) شیر فلکه و شیر فلکه‌های انبساطی

د) دستگاه‌های اندازه‌گیری

ح) تجهیزات منبع آب گرم و پمپ

و) سیلندر آب گرم

ز) تابلوی برق

۲-۳- تجهیزات فاضلاب

الف) لوله‌کشی

ب) پمپ‌ها

ج) مخزن فاضلاب

د) تابلوی برق

۲-۴- تجهیزات بهداشتی

omoorepeyman.ir

الف) لوازم مستراح

ب) لگن دست‌شویی

ج) لوازم حمام

د) لوازم آشپزخانه

هـ) لوازم سرویس

۲-۵- تأسیسات گازی

الف) لوله‌کشی گاز

ب) دستگاه‌های اندازه‌گیری

ج) تجهیزات منبع حرارتی

د) سایر تجهیزات

۲-۶- تجهیزات مخزن فاضلاب

الف) لوله‌کشی

ب) مخزن فاضلاب

ج) تابلوی برق

(۳) تأسیسات برق و سیم کشی داخل ساختمان

۳-۱- سیم‌کشی دریافت و تبدیل

الف) سیم‌کشی برق داخلی

ب) تجهیزات

ج) پی

د) موقعیت داخلی

۳-۲- تأسیسات برقی شخصی

الف) تجهیزات

ب) پی

ج) موقعیت داخلی

۳-۳- تجهیز باطری انباره‌ای

الف) تجهیزات

ب) پی

ج) موقعیت داخلی

۳-۴- خط ترانک

الف) تیوپ فلزی

ب) قفسه کابل

omoorepeyman.ir

ج) مجرای فلزی

د) مجرای باس

۳-۵- تجهیزات برقی

الف) تجهیزات

ب) موقعیت داخلی

۳-۶- ادوات روشنایی

الف) تجهیزات

۳-۷- تجهیزات اعلام خطر خودکار آتش‌سوزی

الف) تجهیزات

۳-۸- میل برق‌گیر

الف) میل برق‌گیر

۴- پی تجهیزات و تکیه‌گاه لوله‌کشی

۴-۱- پی

۴-۲- لوله‌کشی

۹-۲- مدهای آسیب‌لرزه‌ای

آسیب لرزه‌ای تجهیزات عمدتاً ناشی از فرسایش، شل شدگی پیچ مهاری و خرابی تکیه‌گاه آن‌ها می‌باشد. این قسمت‌ها نسبت به نیروی لرزه‌ای، تغییر مکان بین پی‌های مختلف، تغییر مکان بین زمین و ساختمان آسیب پذیر می‌باشند. در شکل‌های ۹-۱ تا ۹-۸ نمونه‌هایی از مودهای آسیب پذیری تجهیزات در زلزله های گذشته نشان داده شده است.

۹-۳- ارزیابی لرزه‌ای

ارزیابی تجهیزات ساختمانی صرف‌نظر از اینکه تجهیزات معماری یا لوله‌کشی می‌باشند باید با در نظر گرفتن عملکرد لرزه‌ای مورد نظر تجهیزات پس از زلزله مورد بررسی واقع شود. روندنمای ارزیابی لرزه‌ای تجهیزات داخلی در شکل ۹-۹ نشان داده شده است. در طرح‌های لرزه‌ای جامع، ارزیابی تجهیزات مهم باید با توجه به موارد زیر انجام گردد:

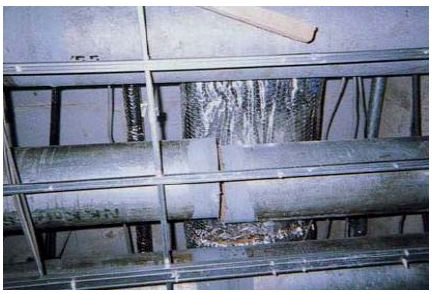
- وجود اقدامات برای تأمین ایمنی جانی
- وجود اقدامات برای پیشگیری از حوادث ثانویه
- حفظ عملکرد مورد نیاز پس از زلزله بدون نیاز به بهسازی گسترده

در مورد سایر تجهیزات، ارزیابی باید با توجه به وجود اقدامات تأمین ایمنی جانی و پیشگیری‌کننده از حوادث ثانویه انجام شود. در ارزیابی لرزه‌ای، عملکرد مورد نیاز تجهیزات به منظور تأمین ایمنی جانی و پیشگیری از حوادث ثانویه، تعیین می‌شود.

omoorepeyman.ir

شکل ۹-۱ آسیب‌دیدگی اتصال لوله در اثر تغییر مکان مستقل پی

شکل ۹-۲ آسیب‌دیدگی برج خنک‌کننده. به علت وجود پرکننده‌ها (سازه‌ها) هیچ لغزشی مشاهده نشده است.

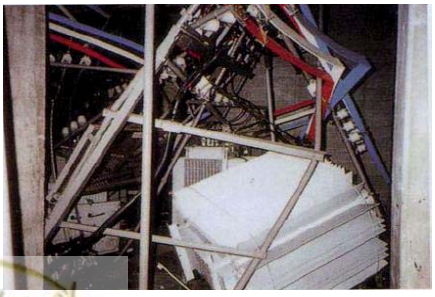


شکل ۹-۳ آسیب‌دیدگی لوله‌کشی خنک‌کننده آب. (در اثر نیروی لرزه‌ای جانبی قسمت جوش شده لوله دچار آسیب‌دیدگی شده است)

شکل ۹-٤ لوله‌کشی در محل اتصال با ساختمان

شکل ۹-٥ آسیب‌دیدگی عایق صدا

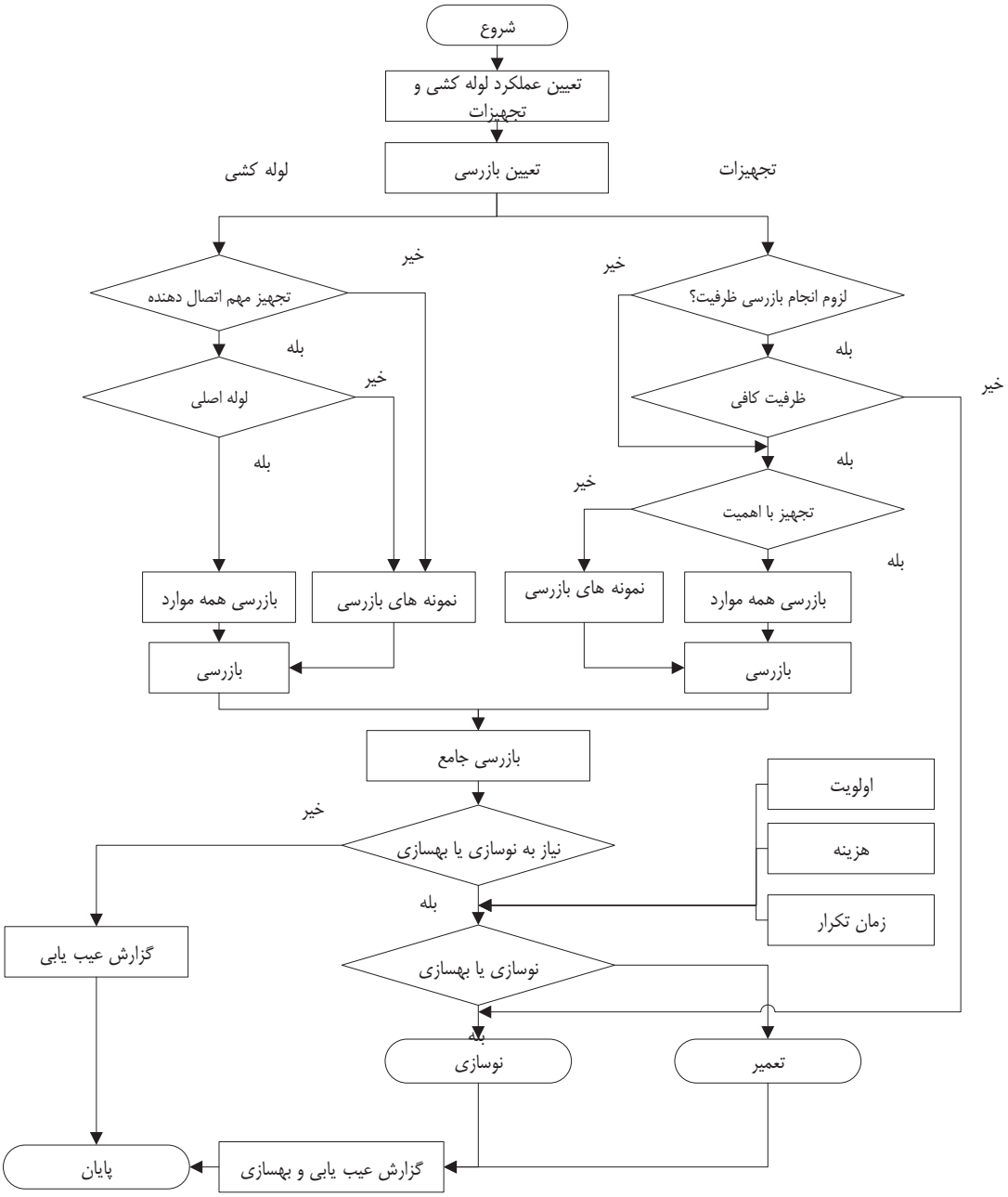
شکل ۹-٦ حرکت اطاقک



شکل ۹-۷ واژگونی مبدل (ترانسفورماتور) در تأسیسات برقی روباز

شکل ۹-۸ آسیب‌دیدگی قسمت‌های اطراف ترانسفورماتور

omoorepeyman.ir



شکل ۹-۹ روند نمای ارزیابی لرزه‌ای تجهیزات داخلی

۹-٤- انتخاب روش بهسازی با توجه به ایمنی، عملی بودن و هزینه

در تعیین روش بهسازی تجهیزات باید، ایمنی، عملی بودن، هزینه و اولویت اجرا احراز گردد. نوع روش‌ها با استفاده از دستورالعمل‌های ذکر شده در بند ۱-۴ می‌تواند تعیین شود. روش بهسازی معمولاً با ملاحظه اینکه سایر بخش‌های ساختمان یا تأسیسات در حین بهسازی لرزه‌ای تجهیزات، قابل استفاده می‌باشند، تعیین می‌گردد. ملاحظات اقتصادی در این زمینه شامل هزینه خالص روش و اثر شرایط اجرایی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

فصل ۱۰

روش‌های بهسازی سایر سازه‌های غیر ساختمانی

omoorepeyman.ir

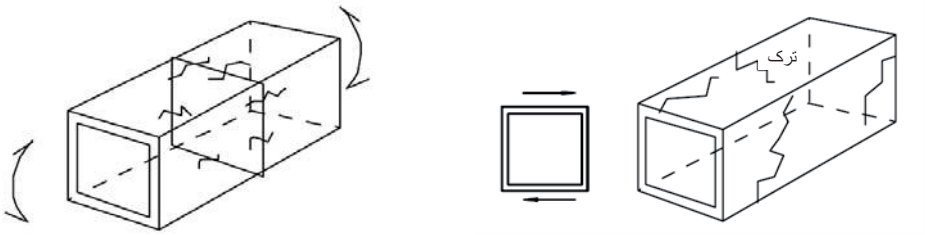
omoorepeyman.ir

۱۰-۱- مؤلفه های هدف

در این بخش مسائل ارزیابی و بهسازی لرزه ای سازه های غیر ساختمانی متداول و آسیب پذیر در سامانه گاز رسانی ارائه گردیده است. این سازه‌ها به طور شاخص شامل کالورت‌های عبور تأسیسات و دیواره‌ها یا خاکریزهای اطراف مخازن می‌باشد.

(۱) کالورت

مقطع کالورت مستطیلی شکل بوده و با مکانیزم جاگذاری دوطرفه متصل می‌گردد. همان‌طور که در شکل ۱۰-۱ نشان داده شده است، مد معمول شکست کالورت در اثر زلزله ناشی از انحنای برشی سطح مقطع یا شکست اتصال در اثر تغییر مکان محوری یا تغییر شکل خمشی می‌باشد.



ترک‌های ناشی از تغییر شکل پیچشی در امتداد طولی ترک‌های بخش اتصال ناشی از تغییر شکل خمشی

شکل ۱۰-۱ مدهای شکست معمولی کالورت

(۲) دیواره‌ها و خاکریزها

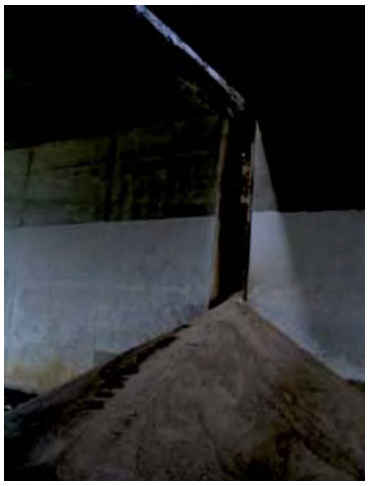
در این راهنما خاکریز به سازه‌ای اطلاق می‌شود که از نشت سوخت مخزن در محوطه به هنگام زلزله جلوگیری می‌کند. خاکریز از تأسیسات سوختی به حساب نمی‌آید، ولی وسیله‌ای برای تأمین ایمنی در هنگام شکست تجهیزات سوختی می‌باشد. بنابراین در اثر زلزله، خاکریز به‌کاربرده شده در طراحی لرزه‌ای تجهیزات سوختی داخلی آن، باید پایدار باقی بماند. سازه خاکریز، دیواره بتن مسلح یا دپوی خاکی می‌باشد

۱۰-۲- کالورت

۱۰-۲-۱- آسیب‌های لرزه‌ای

در زلزله، آسیب‌های لرزه‌ای کالورت، مانند شکل ۱۰-۲ در محل اتصالات و درزهای سازه کالورت می‌باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۱۰-۲ درز ایجاد شده درکالورت با مقطع مربعی در اثر زلزله

(۱) مد خرابی شدید

در مد اصلی خرابی یک المان لوله در حالت حدی نهایی واقع می‌گردد.

(۲) مد خرابی متوسط

در مد خرابی متوسط هیچ المان لوله‌ای در حالت حدی نهایی واقع نشده اما در بهره‌برداری وقفه‌های جزئی وارد گردیده است.

(۳) مد خرابی خفیف

در مد خرابی فرعی آسیب‌های جزئی وارد گردیده و بهره‌برداری با احتیاط ادامه دارد.

مدهای آسیب‌دیدگی سازه‌ای مربوط به مؤلفه‌های سازه‌ای در جدول ۱۰-۱ خلاصه شده است.

جدول ۱۰-۱ مدهای خرابی سازه‌ای

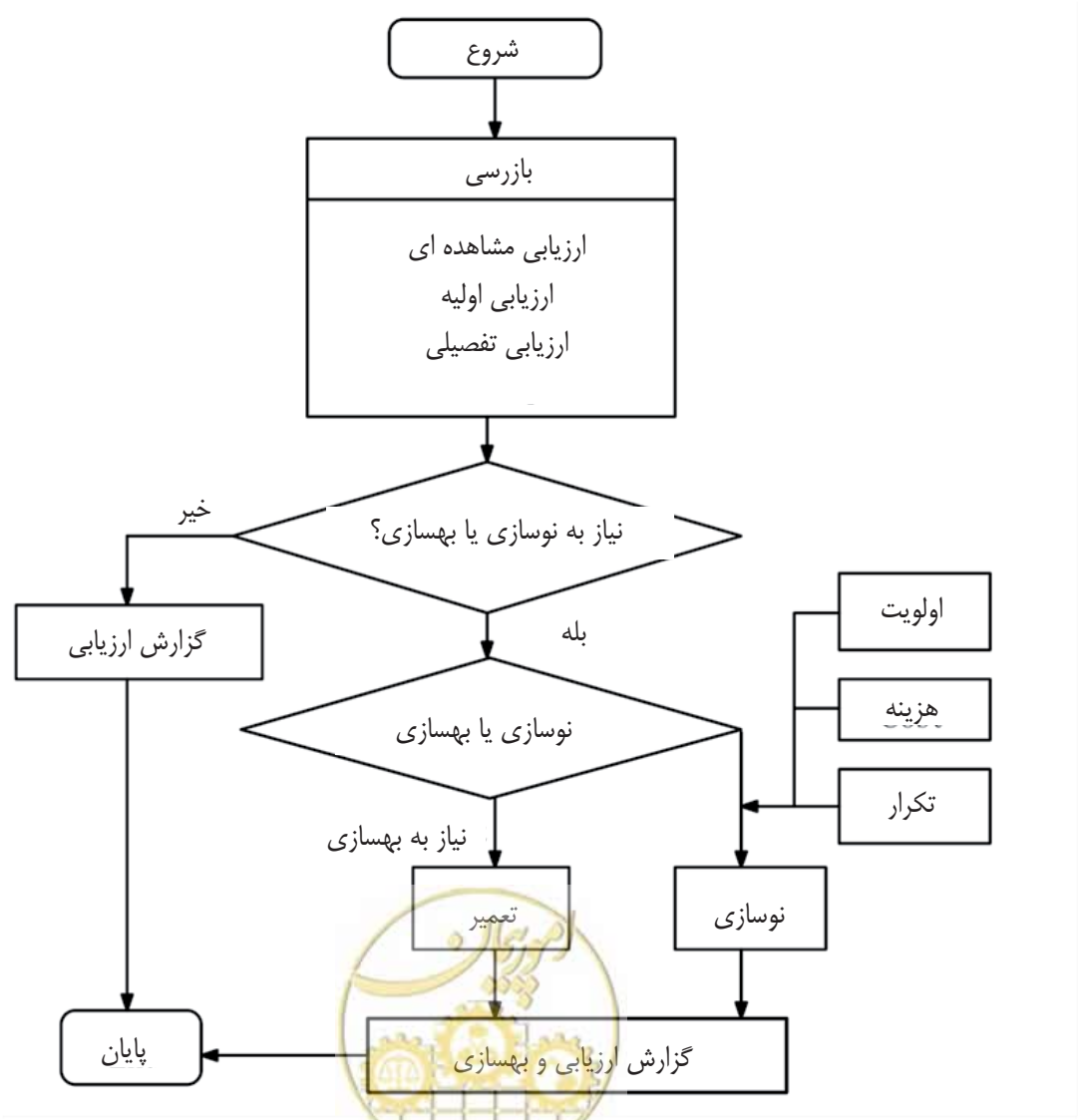
بخش	نوع مد خرابی	سطح خرابی		
		خفیف	متوسط	شدید
کالورت	خوردگی	بدون نیاز به تعمیر میلگردها	اگر سایر اثرات کاهش دهنده بتواند ریسک در یک سطح قابل قبول را از بین ببرد، در آسیب‌های زیاد، تعمیر عضو معیوب مجاز نمی‌باشد.	تعمیر میلگرد داخل بتن در اثر خوردگی زیاد
	ترک	بدون نیاز به تعمیر ترک‌های غیر سازه‌ای		تعمیر عیوب بزرگ‌تر از حد مجاز
	تورفتگی	بدون نیاز به تعمیر تورفتگی کم عمق		
	تغییر شکل	بدون نیاز به تعمیر تغییر مکان‌های کوچک		
اتصال به پایه کناری	نشست خاک	بدون نیاز به تعمیر تغییر مکان‌های کوچک	اگر سایر اثرات کاهش دهنده بتواند ریسک در یک سطح قابل قبول را از بین ببرد، در آسیب‌های زیاد، تعمیر عضو معیوب مجاز نمی‌باشد.	تعمیر عیوب بزرگ‌تر از حد مجاز
	لغزش خاک			
درز	فاصله درز	بدون نیاز به تعمیر تغییر مکان‌های کوچک		

omoorepeyman.ir

۱۰-۲-۲- ارزیابی

مشکلات متنوعی در مورد کالورت‌ها وجود دارد که عمده‌ترین آن‌ها در زیر آورده شده است:

- ترک‌خوردگی کالورت‌های صلب
- آب‌شستگی و از دست رفتن تکیه‌گاه سازه‌ای
- از دست رفتن آب گذر کالورت‌ها در اثر خوردگی یا سائیدگی
- خمیدگی بیش از اندازه و تغییر شکل کالورت‌های انعطاف‌پذیر
- ترک‌های تنشی (ناشی از تنش) کالورت‌های پلاستیکی
- افزایش درز کالورت تحت اثر لرزش زمین
- نشست و افزایش درز ناشی از تغییر شکل ماندگار زمین که در اثر تغییر مکان گسل یا روان‌گرایی ناشی از حرکات زمین به وجود می‌آیند.



شکل ۱۰-۳ روند نمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای کالورت

omoorepeyman.ir

۱۰-۲-۳- بهسازی

۱۰-۲-۳-۱- ملاحظات

در طراحی کالورت‌ها بهتر است احتیاجات مربوط به دوره نگهداری در نظر گرفته شود. با اینکه شرایط سازه‌ای یکی از موارد مهم در عملکرد کالورت‌ها می‌باشد، ولی مشکلات مربوط به دوام، بیشترین علت خرابی‌ها می‌باشند. کالورت‌ها به جای شکست سازه‌ای اغلب فرسوده می‌شوند. دوام تحت تأثیر دو مکانیزم می‌باشد: خوردگی و فرسایش.

۱۰-۲-۳-۲- تعیین روش بهسازی از نقطه نظر ایمنی، عملی بودن و هزینه

(۱) ایمنی

ایمنی پرسنل در حین ساخت، بازرسی، نگهداری، تعمیر و ترمیم و نوسازی کالورت‌ها باید مد نظر قرار گیرد. تا آنجا که ممکن است، طراح باید کمترین احتمال تکرار خطر در ساخت انواع خاص سازه‌ها را تشخیص دهد.

پرسنل بازرسی، نگهداری و تعمیر باید از شرایط بد هوا، محتویات مواد سمی و شیمیایی، حیوانات و پتانسیل فروریختن سازه‌های ناپایدار، آگاه باشند.

(۲) عملی بودن

کالورت‌ها با بتن مسلح، فلزات موجی شکل و اخیراً با دیواره توپر، دیواره پروفیل و پلاستیک مسلح ساخته می‌شوند. مقاومت و مشخصات فیزیکی مصالح به خواص شیمیایی و اندرکنش بین مواد متشکله بستگی دارد. فلزات و پلاستیک، مواد ایزوتروپیک هموژن می‌باشند در حالی که بتن و مصالح بنایی مخلوط یا ترکیبی از مصالح می‌باشند.

روشی که مصالح به هم متصل شده‌اند به طور قابل توجهی مقاومت مصالح در بهره‌برداری سازه‌ای را تحت تأثیر قرار می دهند.

(۳) هزینه

برای طراحی کالورت‌های جدید و تعمیرات اصلی کالورت، تحلیل‌های اقتصادی معمولاً با در نظر گرفتن فاکتورهایی از قبیل هزینه ساخت، طول عمر تخمینی، هزینه نگهداری، هزینه تعویض، ریسک شکست و مالی انجام می‌شوند. هزینه‌های کوتاه و بلند مدت باید در طراحی اصلی و تعمیرات یا تعویض‌ها در نظر گرفته شوند.

۱۰-۲-۳-۳- انتخاب روش بهسازی با توجه به ملاحظات مصالح کالورت

(۱) بتن

ممکن است کالورت با بتن پیش ساخته یا بتن درجا، ساخته شود. مقاطع پیش‌ساخته در اندازه و شکل، یکنواخت بوده و در مقاطعی ساخته می‌شوند که به راحتی حمل، بلند و نصب می‌شوند. ممکن است، کالورت بتنی پیش‌ساخته، با بتن مقاومت بالا ساخته شود، در حالی که درکالورت بتنی درجا، در محل‌های بحرانی به منظور تحمل بارها و تنش‌های زیاد، از آرماتور گذاری‌های ویژه استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

(۲) فولاد موج‌دار

ورق‌ها و لوله‌های فولادی این نوع کالورت‌ها در کارخانه ساخته می‌شوند. با این وجود کالورت‌های موج‌دار بزرگ در ساخت گاه سر هم می‌شوند.

(۳) روکش مصالح کالورت

انواع مختلفی از مواد روکش به تنهایی یا به صورت ترکیبی از لایه‌های مختلف برای حفاظت از کالورت‌ها در مقابل اثرات خوردگی و یا مواد شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. انواع مختلف روکش‌ها بسته به نوع مصالح کالورت و نوع فرسودگی و یا احتمال وقوع آن‌ها فرق خواهد کرد.

(۴) روکش کالورت‌های فلزی

کالورت‌های فولادی موج‌دار با استفاده از لایه فلزی روی (گالوانیزه) یا آلومینیوم محافظت می‌گردند. روکش‌های محافظتی برای کالورت‌های فلزی شامل روکش‌های قیری، کف‌پوش قیری، روکش‌های فیبردار قیری، پلیمر، کف‌پوش بتنی و روکش بتنی می‌باشد. روکش‌های محافظتی به همراه روکش فلزی در صورت وجود خوردگی یا سائیدگی زیاد مورد استفاده قرار می گیرد.

(۵) روکش کالورت‌های بتنی

کالورت‌های بتنی بندرت در هنگام ساخت روکش می‌شوند. ولی در صورتی که در مناطق با تهاجم مواد شیمیایی نصب گردند با رزین‌های اپوکسی یا با بتن مخصوص با چگالی بالا و تخلخل کم پوشانده می‌شوند. این بتن‌ها مقاومت بالایی در مقابل مواد شیمیایی و اثرات شیمیایی دارند.

خیلی از کالورت‌ها تا آخر عمر مفیدشان دوام خواهند آورد. در اغلب موارد کالورت‌ها در زیر خاکریزهای سنگین و در زیر جاده هایی با حجم ترافیکی بالا ساخته می‌شوند. تعویض این کالورت‌ها هزینه بسیار بالایی در بر خواهد داشت و همچنین باعث قطع ترافیک جاده نیز خواهد شد.

۱۰-۲-۳-٤- اقداماتی به غیر از بهسازی

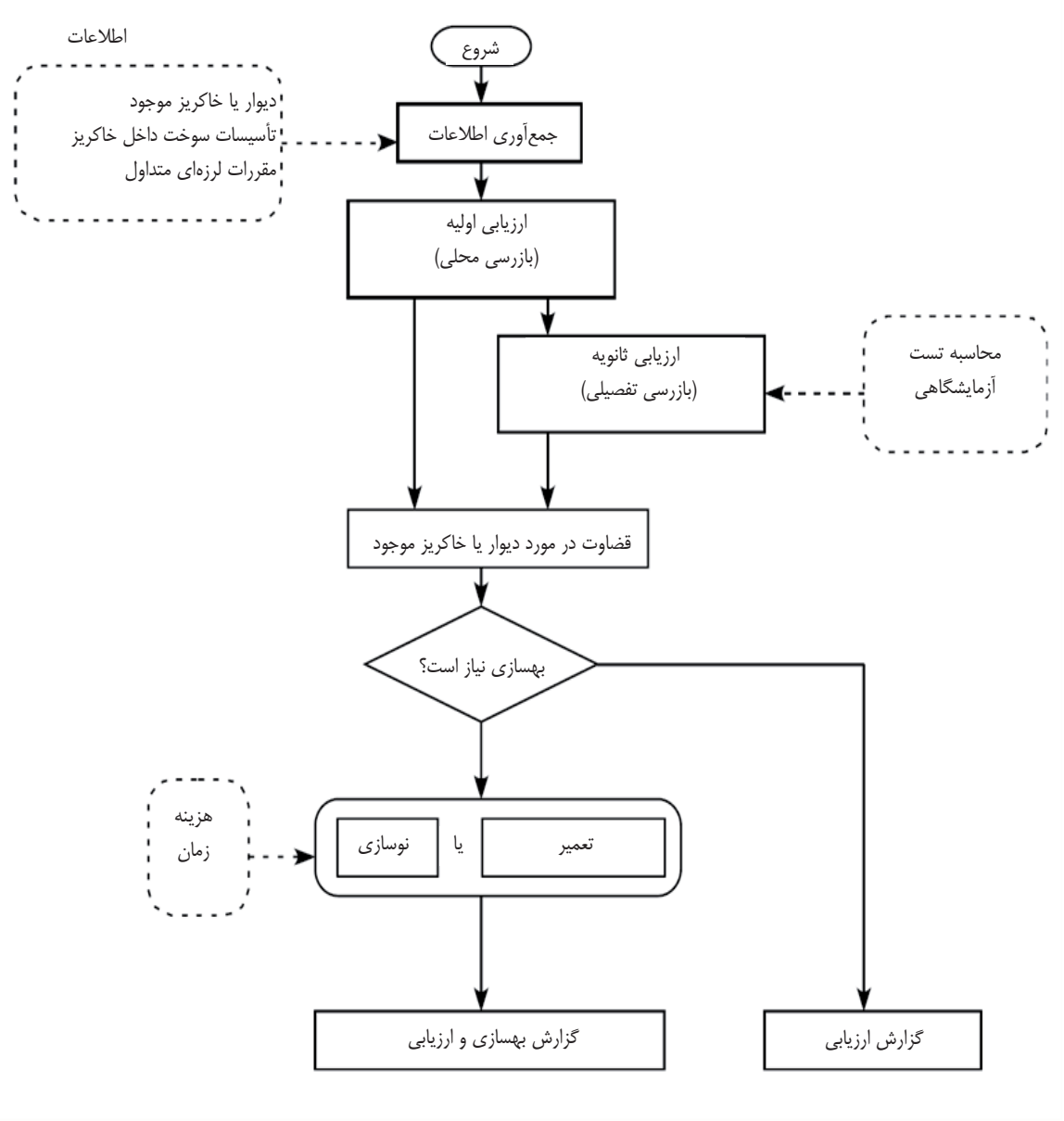
در خاکریزها و دیوارها اغلب نشست در اثر زلزله رخ می‌دهد. به‌کارگیری سیستم پایش برای تشخیص محل آسیب‌دیدگی این سازه‌ها برای ارزیابی و بهسازی آن‌ها بسیار مفید خواهد بود.

۱۰-۳- دیوار و خاکریز

۱۰-۳-۱- روند ارزیابی و بهسازی لرزه ای

طرح بهسازی توسط روند نمای زیر تعریف می‌گردد.

omoorepeyman.ir



شکل ۱۰-٤ روندنمای ارزیابی لرزه‌ای خاکریز

۱۰-۳-۲- روش بهسازی

اولویت اول بازرسی باید در قسمت‌هایی مانند، اتصال، قسمت سوراخ لوله، درز تعبیه شده، دستگاه تخلیه آب، دریچه و بدنه اصلی خاکریز باشد. اولویت دوم مربوط به قسمت‌های الحاقی بدنه خاکریز مانند پلکان یا ماده شیمیایی فوم آتش‌نشانی یا کیسه شنی آماده شده در خاکریز، می‌باشد.

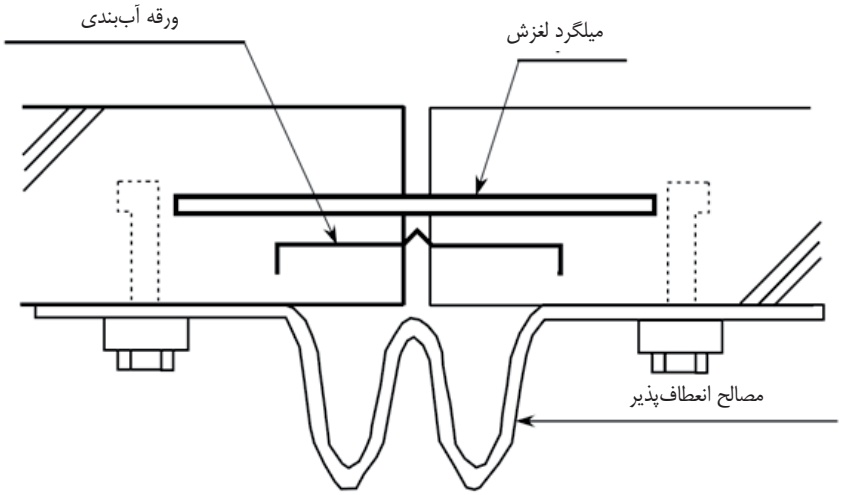
اولویت اول را نیز همچنین باید برای زمین به منظور پرهیز از شکست زمین از قبیل روان‌گرایی قرار داد.

در مورد بهسازی بدنه اصلی، انتخاب روش مناسب همانند پی مخزن یا کالورت از نقطه نظر ایمنی، عملی بودن و هزینه، همان‌طور که در بخش قبل نشان داده شده، باید انجام شود. در مورد اتصال یا سوراخ لوله، انتخاب روش‌های کاربردی محدود می

omoorepeyman.ir

باشد و معمولاً به حالت اولیه تعمیر می‌گردند. اگر دستگاه یا اجزای تازه نصب شده در دسترس باشند، این روش بعد از در نظر گرفتن ایمنی، عملی بودن و هزینه قابل اعمال می‌باشد.

در مورد درز دیوار، از مواد انعطاف‌پذیر لاستیکی و ضد زنگ، بجای اتصالات قدیمی با ورقه آب‌بندی استفاده می‌شود. در شکل ۱۰–۵ نمونه مقطع درز، در محلی که مواد انعطاف‌پذیر اضافه شده است، نشان داده شده است. شکل ۱۰–۶ درز واقعی نصب شده در دیوار بتنی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰–۵ مقطع درز در محلی که مواد انعطاف‌پذیر به آن اضافه می‌گردد.

شکل ۱۰–٦ درز با مصالح انعطاف‌پذیر

omoorepeyman.ir

پیوست‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱- دسته‌بندی مشترکین شبکه گاز رسانی برای اولویت بندی

انواع مشترکین مورد نظر در این دستورالعمل شامل مصارف خانگی، مصارف عمومی، مصارف صنعتی و مشترکین خاص می‌باشند. در ادامه، معرفی اجمالی هر یک از مشترکین مذکور آورده شده است.

انشعاب گاز برای مصارف خانگی به انشعابی اطلاق می‌شود که صرفاً به منظور مصارف متعارف خانگی در واحدهای مسکونی دایر می‌گردد.

انشعاب گاز برای مصارف عمومی به انشعابی اطلاق می‌شود که جهت خدمات عمومی به کار می‌رود. می‌توان انواع مشترکین عمومی را به صورت زیر طبقه‌بندی کرد.

- وزارتخانه‌ها و ادارات تابعه آن‌ها، مجلس شورای اسلامی، قوه قضائیه، شهرداری‌ها و نظایر آن‌ها
- کلیه مؤسسات پژوهشی و مراکز تحقیقاتی دارای پروانه معتبر از مراجع رسمی، مرکز بهداشتی و درمانی دولتی نظیر بیمارستان‌ها، پایگاه‌های هلال‌احمر و کمیته امداد امام خمینی.
- مراکز فرهنگی، مراکز آموزش و پرورشی (نظیر: مهدکودک‌ها، مدارس، دانشگاه‌ها، بیمارستان‌های آموزشی، مراکز آموزش فنی و حرفه‌ای، مدارس و حوزه‌های علمیه)، خوابگاه‌های دانشجویی و دانش‌آموزی، مساجد، مراکز بهزیستی و نگهداری جانبازان، معلولین و سالمندان و گرمابه‌ها
- مراکز و پادگان‌های نظامی و انتظامی
- نانوایی‌ها

مشترکین صنعتی شامل نیروگاه‌ها، کارخانجات و کارگاه‌ها می‌باشند.

مشترکین خاص به آن دسته از مشترکین اعم از ستادی و پشتیبانی گاز، سیاسی و نظامی، امدادی و خدمات حیاتی اطلاق می گردد که خدمت رسانی به آن‌ها در زمان و پس از وقوع زلزله حیاتی است. می‌توان مشترکین خاص را مطابق با جدول ۱-۱ دسته بندی کرد.

omoorepeyman.ir

جدول ۱-۱ دسته‌بندی مشترکین خاص

ردیف	نوع مشترک	سازمان‌ها و ارگان‌های مشمول	تعریف فعالیت‌ها
۱	ستادی	استانداری‌ها فرمانداری‌ها شهرداری‌ها سازمان‌های مدیریت بحران ستاد حوادث و سوانح غیر مترقبه نهاد ریاست جمهوری مراکز اطلاع رسانی و ارتباطی	برنامه‌ریزی و گسیل نیروها و امکانات دریافتی از منابع مختلف، تأمین و جمع‌آوری کمک ها، نگهداری و توزیع مناسب امکانات و تسهیلات به نیروهای امدادی و مردم، برنامه ریزی و هماهنگی برای تأمین تسهیلات در مکان‌های اسکان مردم و مناطق آسیب دیده بر اساس اولویت، تأمین ارتباطات لازم برای سازمان‌ها و نهادهای امدادی، تأمین ارتباطات لازم برای مردم آسیب دیده
۲	پشتیبانی گاز	ادارات و شرکت‌های گاز	گاز رسانی، شناسایی تأسیسات گازی آسیب‌دیده، بازرسی فنی کلیه خطوط تغذیه، تجهیزات و اتصالات مربوط به مشترکین در نواحی آسیب‌دیده
۳	سیاسی و نظامی	سازمان‌ها و ادارات کل اطلاعات و امنیت ستاد کل نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران مراکز نیروهای زمینی ارتش مراکز نیروهای انتظامی و نظامی مراکز نیروهای هوایی و دریایی	لازم است ساخت‌گاه‌هایی که دچار حادثه شده‌اند برای جلوگیری از ترددهای بی‌مورد، تأمین امنیت مناطق حادثه دیده و مکان‌های اسکان مردم، همکاری با نیروهای قضایی برای کنترل جرایم، حفاظت و کنترل زندان‌ها، تأمین امنیت کشور محدود و ایزوله گردند.
۴	امدادی	بیمارستان‌ها، مراکز اورژانس و درمانگاه‌ها جمعیت‌های هلال‌احمر سازمان‌های آتش‌نشانی و خدمات ایمنی شهرها ادارات راه و ترابری کمیته‌های امداد	جستجوی تخصصی برای یافتن افراد، اقدامات لازم برای بیرون آوردن آسیب‌دیدگان، انجام اقدامات حیاتی پایه در محل حادثه، اقدامات درمانی، تأمین نیروهای بهداری در اماکن موقت و کنترل بهداشتی مناطق آسیب‌دیده، مهار و اطفاء حریق، تأمین ایمنی لازم برای امدادگران، شناسایی و آواربرداری مسیرهای امدادرسانی، تأمین و توزیع وسایل حمل و نقل جهت آواربرداری و امداد رسانی
۵	خدمات حیاتی	شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی شرکت‌های برق سازمان‌های آب و فاضلاب سازمان‌های میادین میوه و تره‌بار و فرآورده‌های کشاورزی	انجام اقدامات حیاتی پایه با همکاری تیم‌های اورژانس، اسکان اضطراری و تأمین لوازم و وسایل اولیه زندگی آسیب‌دیدگان، تأمین و توزیع سوخت و فرآورده‌های نفتی، آب جهت آشامیدن و سایر مصارف و همچنین مواد غذایی

omoorepeyman.ir

۲- منحنی‌های آسیب پذیری

۲-۱- تعریف

منحنی شکست رابطه بین احتمال آسیب سازه در مقابل بار خارجی را نشان می‌دهد. برای تهیه منحنی شکست می‌باید ابتدا متغیرهای تصادفی R مقاومت، Q(Y) بار خارجی و Y رفتار زمین را معرفی کرد. آنگاه می‌توان نوشت:

$$Z = R - Q(Y)$$
$$\mu_Z = E[Z] = \mu_R - \mu_Q$$
$$\sigma_Z = \sqrt{Var(Z)} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_Q^2}$$
$$\beta_Z = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z}$$

با استفاده از اندیس ایمنی β_Z، رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$P\left[Q > R \middle| E\{Y\}\right] = P\left[R - Q(Y) < 0\right] = P[Z < 0] = \Phi[-\beta_Z]$$

که در آن Φ تابع توزیع نرمال استاندارد است.

۲-۲- اطلاعات لازم

برای انجام مطالعات آسیب پذیری شبکه کلیه نقشه‌های مؤلفه‌های مورد مطالعه باید مطابق زیر ارائه گردد:

- نقشه‌های طراحی و چون-ساخت هر مؤلفه (مشخصات مواد و مصالح بکار رفته مشخص شده باشد)
- اندازه مناسب نقشه‌های شبکه بین $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ تا $\frac{۱}{۲۰۰۰۰}$ می‌باشد که حسب دقت مطالعات انتخاب می‌شود.
- محیط مطلوب برای انجام مطالعات خطر و خطرپذیری، سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.
- بانک‌های اطلاعاتی نیز می‌باید شامل خطوط لوله و تأسیسات و ساختمان‌ها باشد.

برای مطالعات تحلیل خطر باید مدارک زیر تهیه شود:

- تهیه نقشه‌های زمین شناختی و لرزه زمین ساخت منطقه
- استخراج نقشه گسل‌های پهنه مورد مطالعه
- مطالعه تاریخچه رخدادهای لرزه‌ای در منطقه
- تعیین گسل‌های سناریو از میان گسل‌های فعال منطقه
- استخراج مشخصات زلزله‌های ناشی از گسل‌های سناریو در سنگ کف (روش احتمالاتی و روش تعینی)
- تعیین آسیب‌ها در سامانه در ابتدا نیازمند استخراج آثار زلزله در سطح زمین و محل تأسیسات و ساختمان‌هاست که محاسبات ژئوتکنیکی به صورت زیر باید صورت پذیرد:
- پهنه‌بندی محدوده شبکه و تأسیسات به صورت شبکه‌ای از مربع‌هایی با ابعاد حدود پانصد در پانصد متر

omoorepeyman.ir

- استخراج اطلاعات پروفیل خاک در هر یک از مش‌ها (بر اساس لاگ‌های چاه‌های، نتایج گمانه‌های شناسایی قبلی، حفر گمانه‌های جدید و استفاده از نقشه‌های پروفیل زمین شناسی)

نکات مهم در تهیه گمانه‌های شناسایی عبارتند از:

- به طور اصولی هر مش نیاز به یک گمانه دارد که عمق آن از ۱۵ متر تا سنگ کف می‌باشد (در مواردی که سنگ کف بسیار عمیق است، توصیه می‌شود عمق گمانه حدود ۲۵ تا ۳۰ متر باشد)
- در زمین‌های هموار و مسطح که تغییرات لایه‌های زمین کم است به تعداد گمانه کمتری می‌توان اکتفا نمود (در توپوگرافی های متغیر تعداد گمانه بیشتری مورد نیاز است)

استخراج مشخصات لرزه در سطح زمین به شرح زیر صورت می‌گیرد:

- تعیین پروفیل خاک در مش‌ها و پهنه‌بندی تیپ خاک‌ها در تمامی مش‌های محدوده سامانه
- تحلیل دینامیکی دو بعدی یا یک بعدی پروفیل (ستون) خاک از سنگ بستر لرزه‌ای تا سطح زمین که در این رابطه مشاور می‌تواند از نرم‌افزارهای مناسب استفاده نماید.
- در محاسبات دینامیکی پروفیل خاک در هر یک از مش‌ها باید از نقشه‌های سنگ کف و سطح آب زیرزمینی نیز استفاده نمود.
- لرزه ورودی این تحلیل‌های دینامیکی، مقادیر بدست آمده از شتاب زلزله در سنگ کف هر یک از مش‌های مورد مطالعه می‌باشد.
- علاوه بر آثار ارتعاشات دینامیکی زمین در محل هر مش، آثار استاتیکی زلزله در هر مش به شرح زیر باید مطالعه و مشخص گردد تا برای خطرپذیری مؤلفه‌های سامانه از آن‌ها استفاده شود.
- وجود خطر گسلش برای شبکه و سایر مؤلفه‌ها نظیر تقاطع لوله‌ها با گسل‌ها در مش‌های مختلف
- وجود خطر زمین لغزه و محدوده آن در مش‌ها و تقاطع شبکه با آن‌ها
- وجود خطر روان‌گرایی و گسترش جانبی در مش‌ها و تقاطع شبکه و مؤلفه‌ها با آن‌ها

بعد از مشخص نمودن موارد فوق، لازم است که ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه، تأسیسات و ساختمان‌ها با استفاده از منحنی‌های خرابی صورت پذیرد. منحنی‌های خرابی که احتمال آسیب در مودهای مختلف را بر اساس میزان شتاب، سرعت و جابه‌جایی زمین در هنگام زلزله در مش مربوطه مشخص می‌نماید باید با روش تجربی یا تحلیلی یا ترکیبی تهیه گردد.

۲-۳- مدهای آسیب در شبکه

حالات آسیب در شبکه معمولاً به سه دسته تقسیم می‌شوند:

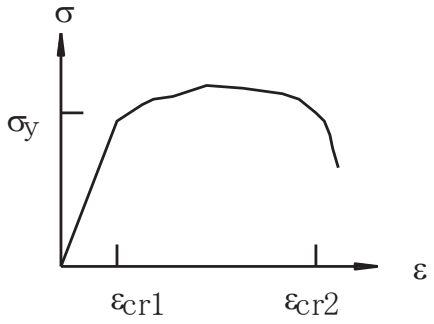
- آسیب عمده، حالتی است که حداقل یک قطعه از خط لوله دچار آسیب عمده شده باشد.
- آسیب متوسط حالتی است که هیچ یک از قطعات لوله‌های یک خط در حالت آسیب عمده و حالت آسیب جزئی نباشد.
- آسیب جزئی حالتی است که قطعات خط لوله در حالت آسیب قابل صرف‌نظر و بدون اثر قابل توجه در عملکرد و بهره برداری آن باشند.

omoorepeyman.ir

این حالات آسیب را می‌توان با حالات آسیب هر یک از قطعات مطابق شکل ۲-۱ دسته‌بندی نمود.

۲-٤- آسیب قطعات خط لوله ناشی از حرکات ارتعاشی زمین

وقتی یک خط لوله حرکت ارتعاشی زمین را تجربه می‌کند، کرنشی محوری در لوله ایجاد می‌گردد. اگر این کرنش محوری از کرنش بحرانی (نهایی) لوله ε_{cr2} در شکل تجاوز نماید، ممکن است که لوله دچار گسیختگی ناگهانی شده و در حالت یا مد آسیب عمده قرار گیرد، در حالی که لوله برای کرنش‌های کمتر از کرنش بحرانی ارتجاعی (ε_{cr1} کرنش تسلیم) در حالت آسیب جزئی به سر می‌برد. وقتی لوله‌ای نه در حالت آسیب عمده و نه در حالت آسیب جزئی باشد، حالت آسیب آن متوسط ارزیابی می‌شود که در آن ممکن است لوله دچار کمانش گردیده و یا بدون بروز نشت دچار افزایش طول در محدوده خمیری رفتار خود شده باشد.



شکل ۲-۱- رفتار تنش – کرنش لوله

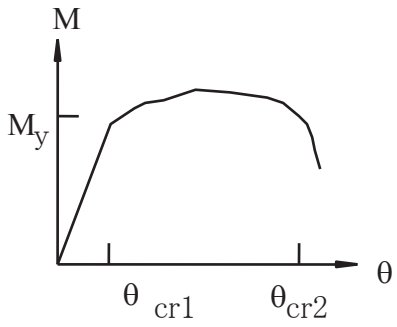
۲-۵- آسیب قطعات خط لوله ناشی از جابجایی گسل‌ها

وقتی زلزله‌ای روی دهد، ممکن است راستای یک گسل فعال لغزیده و جابجایی‌های ماندگاری در اطراف ناحیه گسلی برجای گذارد. بر اثر این جابجایی‌های ماندگار ممکن است در لوله کرنش‌های کششی یا فشاری ایجاد گردد. اگر خط لوله گسل را قطع کرده باشد امکان دارد کرنش ایجاد شده از کرنش بحرانی (نهایی) ε_{cr2} تجاوز نموده و لوله را به حالت آسیب عمده ببرد، در حالی که کرنش های کوچک‌تر از ε_{cr1}، لوله را در مد آسیب جزئی نگه خواهد داشت.

۲-٦-آسیب قطعات خطوط لوله ناشی از روان‌گرایی

پدیده روان‌گرایی باعث گسترش جانبی در راستای شیب محوطه و بروز نشست قائم زمین در مناطق مسطح می‌گردد. از آنجا که مناطق مستعد روان‌گرایی اکثراً، مسطح می‌باشند لذا نشست ناشی از روان‌گرایی به عنوان مد آسیب مربوطه در خطوط لوله در نظر گرفته شده است. وقتی زاویه خم لوله در مناطق مستعد نشست به حدی بزرگ شود که به زاویه بحرانی (نهایی) θ_{cr2} مطابق شکل برسد، مد آسیب لوله به آسیب عمده دسته‌بندی می‌شود.

omoorepeyman.ir

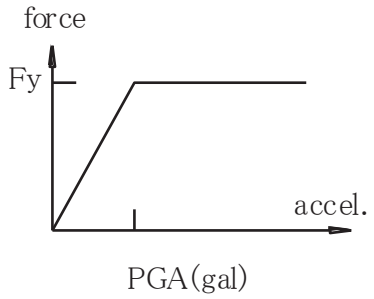


شکل ۲-۲- رفتار لنگر- دوران لوله

۲-۷- آسیب قطعات خط لوله ناشی از زمین‌لغزه

۲-۷-۱- آسیب تأسیسات گاز ناشی از حرکات ارتعاشی زمین

رفتار سازه‌ای در مقابل ورودی شتاب زلزله تحلیل می‌گردد به‌طوری که بتوان آن‌را در مقابل حداکثر شتاب زمین مطابق با شکل اندازه‌گیری نمود. وقتی رفتار سازه‌ای به اندازه‌ای افزایش یابد که از میزان بحرانی مربوط به خرابی سازه فراتر رود، نه تنها قطعات لوله بلکه شیرها نیز می‌تواند در مد آسیب عمده قرار گیرد. اگر رفتار سازه‌ای کمتر از میزان بحرانی و در منطقه ارتجاعی رفتار مصالح باشد، حالت آسیب در مد آسیب جزئی خواهد بود.



شکل ۲-۳- رابطه نیروی وارده و شتاب ورودی زلزله به لوله

۲-۷-۲- آسیب علمک‌ها و شیرهای پیاده رو

با توجه به اینکه لوله علمک بر دیواره منازل نصب شده است، آسیب علمک وقتی روی می‌دهد که خانه مربوطه فرو ریزد. بنابراین مد آسیب لوله علمک متناسب با آسیب خانه‌ها فرض و بر اساس شتاب حداکثر زمین محاسبه می‌گردد.

شیر پیاده‌رو در قسمت کف خواب لوله سرویس و در نزدیکی نقطه انشعاب گیری نصب شده است بطوریکه تغییر مکان‌های بزرگ ماندگار زمین می‌تواند مد آسیب عمده در آن ایجاد نماید در حالی که تغییر مکان‌های کوچک منجر به ایجاد مد آسیب جزئی در این شیرها می‌گردد.

omoorepeyman.ir

مقادیر بحرانی برای هر مد آسیب در جدول ۲-۱ خلاصه شده است که در ستون اول مقدار مرزی بین آسیب جزئی و متوسط و در ستون دوم، مقدار مرزی بین آسیب عمده و متوسط را برای هر مد آسیب نشان می‌دهند.

جدول ۲-۱ مقادیر بحرانی برای هر مد آسیب

مد آسیب		پارامتر	واحد	مقدار بحرانی ۱	مقدار بحرانی ۲
اثر موج (ارتعاش)	لوله مستقیم	کرنش	درصد	۰/۳	۳/۰
	خم (زانو)	کرنش	درصد	۰/۳	۳/۰
جابجایی گسل		کرنش	درصد	۳/۰	۳۰/۰
نشست ناشی از روان‌گرایی		زاویه	رادیان	محاسباتی	محاسباتی
خرابی لوله علمک		PGA	Gal	۱۰۰	۳۰۰
خرابی شیر پیاده‌رو		PGD	Cm	۱/۰	۳/۰

PGA: حداکثر شتاب زمین

PGD: حداکثر تغییر مکان زمین

۲-۸- منحنی‌های شکست برای خطوط لوله

منحنی‌های شکست را برای هر مد آسیب می‌توان به صورت زیر بدست آورد:

۲-۸-۱- منحنی شکست برای آسیب لوله مستقیم تحت اثر امواج زلزله

منحنی شکست برای خرابی یک لوله مستقیم بر اساس احتمال تجاوز کرنش سازه از مقدار بحرانی آن بدست می‌آید. کرنش سازه ای یک لوله مستقیم برای رفتار ارتجاعی و غیر ارتجاعی از معادلات زیر قابل محاسبه است:

۱) برای رفتار ارتجاعی وقتی $\alpha_A.\varepsilon_G \le \varepsilon_y$ باشد.

$$\varepsilon_S^A = \alpha_A \cdot \varepsilon_G$$

۲) برای رفتار غیر ارتجاعی وقتی $\alpha_A.\varepsilon_G > \varepsilon_y$ باشد.

$$\varepsilon_S^A = \varepsilon_G$$

که در آن‌ها:

ε_S^A: کرنش لوله در راستای محور آن

α_A: ضریب تبدیل از کرنش زمین به کرنش محوری لوله

ε_G: کرنش زمین (میدان آزاد)

ε_y: کرنش تسلیم لوله

ضریب تبدیل برای یک لوله مستقیم می‌تواند اثر لغزش در طول لوله بین لوله و خاک اطراف را در خود داشته باشد. لغزش در مواقعی که زلزله شدید باشد روی خواهد داد. در هنگام لغزش تنش برشی زیادی متجاوز از تنش برشی بحرانی بین لوله و خاک

omoorepeyman.ir

اطراف τ_{cr} به وجود خواهد آمد. که اثر لغزش محدود به راستای محوری لوله می‌باشد. اثر کاهش کرنش ناشی از لغزش (لوله درون خاک) با ضریب q ارزیابی و در نظر گرفته می‌شود. ضریب تبدیل لوله مستقیم از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\alpha_A = q \cdot \alpha_0$$

که در آن:

α_A: ضریب تبدیل

α_o: ضریب تبدیل برای کرنش محوری بدون احتساب لغزش لوله در خاک اطراف

$$\alpha_0 = \frac{1}{1+\left(\frac{2\pi}{\lambda_A \cdot L_a}\right)^2} \quad , \quad \lambda_A = \sqrt{\frac{K_A}{E \cdot A}}$$

K_A: سختی خاک (kN/m^2)

L_a: طول موج ظاهری در راستای محوری لوله

E: مدول یانگ مصالح لوله (kN/m^2)

A: سطح مقطع یک قطعه لوله (m^2)

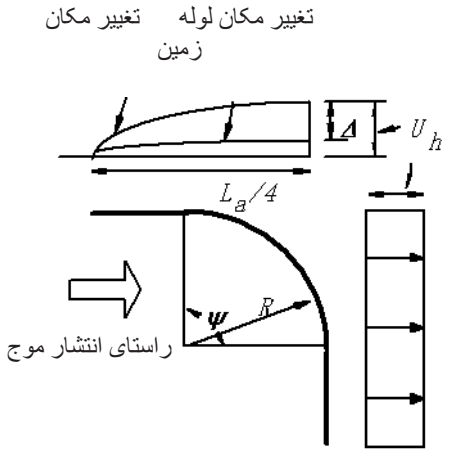
۲-۸-۲- منحنی شکست خطوط لوله در اثر جابجایی گسل

منحنی شکست ناشی از جابجایی گسل‌ها بر این اساس است که وقتی لوله‌ای خط گسل را قطع می‌کند، بعضی قسمت‌ها از، افزایش طول یافته یا کمانش می‌کند. این امر ناشی از تغییر شکل ماندگار زمین در اثر حرکت گسل می‌باشد. وقتی کرنش یک لوله از مقدار بحرانی $(\varepsilon_{cr}^{major} = 30\%)$ تجاوز نماید، خطوط لوله مربوطه در وضعیت آسیب عمده قرار خواهد داشت.

۲-۸-۳- منحنی شکست برای خرابی خم لوله‌های (زانویی) ناشی از امواج زلزله

وقتی امواج ناشی از زلزله زمین را مرتعش می‌کنند، اجزای لوله‌ای مدفون نظیر خم‌ها تنش‌های اضافی را تجربه می‌نمایند. مشابه شکل ۲-۴ اگر چنین اجزائی تحت اثر موج زلزله‌ای در راستای انشعاب لوله قرار گیرد، حداکثر تغییر مکان Δ □ د محل اتصال و وقتی که یکی از گره‌های موج از نقطه‌ای به فاصله $La/4$ از محل اتصال عبور نماید به وقوع خواهد پیوست. در این شکل خط توپر نمایانگر حرکت زمین با حداکثر دامنه U_h می‌باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-٤- تغییر مکان نسبی تجمعی در گوشه خم (زانو)

محاسبات مربوط به خم لوله به صورت زیر خلاصه می‌شود:

۱) در رفتار ارتجاعی یا نیمه خمیری وقتی $\beta_B\Delta \le 1.27\varepsilon_y$ باشد:

$$\varepsilon_B = \beta_B\Delta$$

۲) در رفتار تمام خمیری وقتی $\beta_B\Delta > 1.27\varepsilon_y$ باشد:

$$\varepsilon_B = C_B\beta_B\Delta$$

که در آن:

$$\beta_B = C_I \frac{i\lambda^2 D\left|\left(1+\frac{R\lambda}{5}\right)b_1\right| + \frac{2\lambda^3 I}{A}\left|(1+b_2)-\frac{b_1}{5}\right|}{1+\frac{L_a I\lambda^3}{2A}|1+b_2|+b_3}$$

$$C_I = 2 \qquad L_a = \sqrt{2}L$$

$$b_1 = -\frac{1+2nR\lambda+(\pi-2)nR^2\lambda^2}{(1+R\lambda)\{2+\pi nR\lambda+(4-\pi)nR^2\lambda^2\}}$$

$$b_2 = \frac{1-2nR^2\lambda^2-(4-\pi)nR^3\lambda^3}{(1+R\lambda)\{2+\pi nR\lambda+(4-\pi)nR^2\lambda^2\}}$$

$$b_3 = nR^3\lambda^3\left\{\left(\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}b_4\right)(1+b_2)+(1-b_4)b_1+\frac{2b_2}{R\lambda}\right\}$$

$$b_4 = \frac{I}{nAR^2}$$

omoorepeyman.ir

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K_B}{4EI}}$$

در اینجا، R و n شعاع انحناء و ضریب انعطاف‌پذیری خم (زانو) و K_B ضریب فنریت خاک اطراف لوله در جهت عمود بر آن می‌باشد. تغییر مکان نسبی بین خاک و لوله به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta = (1 - q^*.\alpha_o).U_h \cos\phi$$

که در آن:

Δ : تغییر مکان نسبی (بین لوله و خاک) (متر)

U_h : تغییر مکان زمین (میدان آزاد) (متر)

φ : زاویه برخورد موج زلزله (رادیان)

α_o : ضریب تبدیل بدون احتساب لغزش

q^* : ضریب لغزش برای تغییر مکان نسبی (متر)

$$\tau_G \le \tau_{cr} \ , \ q^* = 1 \ , \qquad \xi = \arcsin\left(\frac{\tau_{cr}}{\tau_G}\right)$$

$$\tau_G \ge \tau_{cr} \ , \ q^* = \sin\xi.\left(1 + \frac{\pi^2}{8} - \frac{\xi^2}{2}\right) - \xi\cos\xi \ , \ q^* \le 1$$

که در آن

τ_G : تنش برشی مؤثر بر سطح لوله (kN/m^2)

τ_{cr} : تنش برشی بحرانی (kN/m^2)

۲-۸-٤- منحنی شکست برای خرابی خط لوله بر اثر نشست ناشی از روان‌گرایی

در نواحی مستعد روان‌گرایی، زمین نه تنها افقی بلکه به طور قائم نیز تغییر مکان می‌دهد. در تحلیل ریسک لرزه‌ای در این گونه نواحی و در راهنمای حاضر نشست قائم بزرگ‌تر از حرکت افقی است و لذا حرکت زمین ناشی از روان‌گرایی به عنوان یکی از مهم‌ترین اثرات بر خط لوله می‌باشد.

اگر نشست ناشی از روان‌گرایی را به وسیله δ_h نشان دهیم، آنگاه تغییر شکل لوله به صورت زیر خواهد بود:

$$\theta_s = 127D\sqrt{\frac{P\delta_h}{EI}} \quad , \quad P = D\gamma_k\sigma_c$$

که در آن:

θ_s: زاویه خمش خط لوله (بر حسب رادیان)

D: قطر (m)

P: نیروی عکس‌العمل در واحد طول لوله (N/cm)

δh: نشست زمین (cm)

omoorepeyman.ir

E: مدول یانگ مصالح لوله ($2.06x10^7 N/cm^2$)

I: سختی مقطع لوله (cm^4)

σ_c: مقاومت خاک در واحد سطح (N/cm^2)

γ_k: ضریب ایمنی جزئی برای نیروی عکس‌العمل (۱/۲)

مقاومت خمشی نظیر در خط لوله نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$\theta_{scr} = 0.44\frac{t}{D}\left(8k\cdot\frac{2k^2}{3}\right)+\frac{3.44}{\sqrt{\frac{2D}{t}}}\left(1+\frac{\varepsilon_f}{2}\right)$$

که در آن:

θ_{scr}: زاویه خمش بحرانی (رادیان)

t: ضخامت اسمی لوله (cm)

k: نسبت نصف طول موج به قطر (۳/۲)

ε_f: مقدار طراحی (۰/۳۵)

۲-۸-۵- منحنی شکست برای خرابی اتاق ایستگاه‌های تقلیل فشار ناشی از حرکات ارتعاشی زمین

وقتی به ارزیابی رفتار ایستگاه‌های DRS و TBS در مقابل زلزله پرداخته می‌شود، تجربه نشان می‌دهد که تأسیسات داخل ایستگاه‌ها، در صورتی که قسمت‌های فلنجی روی تکیه‌گاه‌ها خوب بسته شده باشند دارای مقاومت کافی در مقابل زلزله می‌باشند اما احتمال این که این تأسیسات در اثر خرابی دیوار یا سقف ایستگاه‌ها دچار آسیب گردند زیاد می‌باشد. اگر ساختمان ایستگاه دچار آسیب عمده نظیر انهدام کامل گردد، بدون شک تأسیسات داخل آن دچار آسیب عمده (منجر به نشت) خواهند گردید. بنابراین می‌توان گفت که آسیب عملکرد در ایستگاه ناشی از خرابی ساختمان آن می‌باشد. منحنی شکست یک سازه، به عنوان منحنی ارتباط دهنده بین بار لرزه‌ای (شتاب) و احتمال رسیدن سازه به حالت آسیب مطابق با جدول ۲-۲ می‌باشد. با مراجعه به دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها می‌توان آسیب پذیری ساختمان‌ها را به‌طور کامل بررسی نمود.

جدول ۲-۲ تعریف حالت آسیب برای ساختمان ایستگاه‌های تقلیل فشار

دسته‌بندی آسیب	تعریف حالت آسیب تجهیزات داخل ایستگاه
آسیب عمده	وقوع نشت یا گسیختگی
آسیب متوسط	نگرانی نسبت به ورود به حالت آسیب عمده ممکن است با اصلاح وضع موجود مصون از آسیب باقی بماند.
آسیب جزئی	امکان بهره‌برداری بلافاصله بعد از زلزله می‌باشد.

۲-۸-۶- خرابی علمک‌ها ناشی از حرکات ارتعاشی زمین

omoorepeyman.ir

شکست یک علمک به صورت منحنی ارزیابی نمی‌گردد. می‌توان شکست علمک‌ها را ناشی از انهدام ساختمان‌ها ارزیابی نمود. این امر به این دلیل است که علمک‌ها در مجاورت ساختمان‌ها قرار گرفته و رفتار آن‌ها در مقابل حرکات ارتعاشی زمین تابع رفتار ساختمان مجاور آن می‌باشد. باید توجه داشت حتی اگر علمک ساختمان خراب شده‌ای سالم بماند، گاز رسانی به ساختمان تخریب شده معنی ندارد. بنابراین، شکست علمک با شکست ساختمان مجاور آن ارزیابی می‌گردد.

در اکثر مناطق، تعداد علمک‌ها به‌طور دقیق (به ویژه از نظر محل) جهت ارزیابی مشخص نیست. احتمال آسیب برای علمک‌ها در یک مش، یکسان فرض می‌شود. برای مثال آسیب عمده علمک‌ها با توجه به نسبت ساختمان‌های با آسیب عمده به کل ساختمان های درون مش تعیین می‌شود. با توجه به اینکه تیپ ساختمان‌ها از یک مش به مش دیگر تفاوت می‌کند، آنگاه لازم می‌شود که منحنی‌های شکست متفاوتی برای هر مش تهیه شود.

۳- منابع و مآخذ منتخب

1) American Lifeline Alliance (ALA 2001) : Guidelines for the design of buried steel pipe, FEMA, 2001.
2) Japan Gas Association (JGA82) : Seismic design guideline for high pressure gas pipeline, 1982.
3) Japan Gas Association (JGA 2000) : Seismic design guideline for high pressure gas pipeline, JGA-206-03, 2000.
4) Japan Gas Association (JGA 2001) : Seismic design guideline for liquefaction for high pressure gas pipeline, JGA-207-01, 2001.
5) Japan Road Association (JRA V 2002) : Specifications for highway bridges, part V seismic design, 2002.
6) High pressure gas institute of Japan (KHK 1997) : High pressure gas seismic design code, KHK E 012-2-1997.
7) High pressure gas institute of Japan (KHK 2000) : High pressure gas seismic design code, KHK E 012-3-2000.
8) API (2005) : Welded Steel Tanks for Oil Storage, Appendix E, API Standard 650.
9) API (2004) : Design and Construction of large, Welded, Low-Pressure Storage tanks, Appendix L, API Standard 620.
10) ASME B31.8 (2003) : "Gas Transmission and Distribution Piping Systems", ASME.
11) JIS B8501 (1995) : Welded Steel Tanks for Oil Storage, JISC.

omoorepeyman.ir

12) NFPA 59A(1990) : Standard for the production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG), National Fire Protection Association, Quincy , MA, USA.

13) BS EN 14015(2004) : Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above, British Standard Institute.

14) Code of Federal Regulations, 49 CFR, Transportation (2003) : Part 192, "Transportation of natural and Other Gas by Pipeline, Minimum Federal Safety Standard."

15) Code of federal regulations, 49 CFR, Transportation (2008) : Part 195, "Transportation of Hazardous Liquids by pipeline."

16) FEMA 226 (1992) : Collocation Impacts on the Vulnerability of Lifelines during Earthquakes with Applications to the Cajon Pass, California, FEMA.

17) FEMA 233 (1992) : Earthquake resistant Construction of Gas and Liquid Fuel Pipeline Systems Serving, or Regulated by, the Federal Government, FEMA.

18) JGA (2002) : The maintenance guideline of gas pipelines, JGA-303-02, 2002, Japan Gas Association (JGA.(

19) ASME B31.2 (1968) : "Fuel Gas Piping", ASME

20) ASME B31.3 (2002) : "Process Piping", ASME

21) ASME B31-4 (2002) : "Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids", ASME

22) ASME B31.5 (2001) : "Refrigeration Piping and heat Transfer Components", ASME

23) ASME B31.8 (2001,2002) : "Managing System Integrity of Gas Pipelines", ASME

24) ASCE (1984) : "Guidelines for the seismic design of oil and gas pipeline systems", TCLEE ASCE, 1984.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

Guideline for seismic evaluation and rehabilitation of gas supply systems

No. 606

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs
nezamfanni.ir
2012

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان "راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه گازرسانی" با هدف ارائه روشهای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه گاز شهری برای آگاهی از میزان ایمنی لرزه‌ای و کاهش عواقب ناشی از اثر زلزله بر این سامانه و مؤلفه‌های آن تدوین شده است. در این راهنما کلیات در فصل اول، روند و روش‌های ارزیابی لرزه‌ای در فصل‌های دوم و سوم و در نهایت روند و روش‌های بهسازی لرزه‌ای در فصل‌های چهارم تا دهم ارائه شده‌است که می‌تواند راهنمای مناسبی برای کاربران باشد.

omoorepeyman.ir