

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای ارزیابی و بهسازی کُرزه‌های سامانه‌های مخابرات

نشریه شماره ۶۰۸

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir



شماره:	۱۰۰/۶۵۴۶۱	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ:	۱۳۹۱/۰۸/۱۰	
موضوع: راهنمای ارزیابی و بهسازی لوزه‌ای سامانه مخابرات		
<p>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/ت-۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۰۸ امور نظام فنی، با عنوان «راهنمای ارزیابی و بهسازی لوزه‌ای سامانه مخابرات» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.</p> <p>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.</p>		
		

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، ابهام 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.
- ۴- 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/

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 شده است. 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 کشورهای 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 مستحذات (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، تأسیسات 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/ت/۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) و برنامه مقاوم‌سازی ساختمان‌های دولتی مهم، تأسیسات زیربنایی و شریان‌های حیاتی کشور، اقدام به تهیه و تدوین این نشریه با عنوان «راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه مخابرات» نموده است. در تدوین این راهنما از استانداردها، آیین‌نامه‌ها و راهنماهای مشابه موجود در دیگر کشورها از جمله آمریکا، ژاپن، هندوستان و کشورهای اروپایی در کنار آیین‌نامه 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 انشاء... کاربرد عملی و وسیع این نشریه توسط مهندسان و محققان، موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از شرکت مهندسی مشاور پارس‌آیندآب که مسوولیت انجام این پروژه را به عهده داشته است 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

تهیه و کنترل راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه مخابرات (نشریه شماره ۶۰۸)

مجری: مهندسین مشاور پارس آیند آب

اعضای کارگروه اصلی تهیه‌کننده:

دکترای عمران - سازه (شریانهای حیاتی)	نعمت حسنی (مدیر فنی)
دکترای عمران - سازه	محمد صافی (معاون مدیر فنی)
کارشناس مهندسی عمران	امید فرقانی (مدیر اجرایی)
دکترای عمران - ژئوتکنیک	سعید قربان‌بیگی
دکترای عمران - سازه (شریانهای حیاتی)	رضا راستی اردکانی
دکترای عمران - خاک و پی	احمد رضا محبوبی اردکانی
دکترای لرزه‌شناسی	عباس مهدویان
دکترای عمران - زلزله	مرتضی بسطامی
کارشناس ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک	اعظم حسینی ارجمندی
کارشناس مهندسی عمران - ساختمانهای آبی	مهبان سادات حسینی
کارشناس ارشد مهندسی عمران - زلزله	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 - سازه	رسول خوشروان آذر
کارشناس مهندسی عمران - آب و فاضلاب	فریده عاشوری
کارشناس مهندسی عمران	حمید قربان‌بیگی
کارشناس مهندسی عمران - ساختمانهای آبی	نگار وکیلی فر

اعضای کارگروه همکار از کشور ژاپن در تهیه پیش‌نویس اولیه:

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

اعضای کارگروه‌های فنی - تخصصی بازخوانی و بررسی متن نهایی:

دکترای عمران - ژئوتکنیک لرزه‌ای	عباس قلندرزاده (بارگذاری)
دکترای عمران - زلزله	رضا کرمی محمدی (گاز)
کارشناس ارشد مهندسی 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)
دکترای عمران - خاک و پی	هادی بهادری (آب و فاضلاب)
دکترای عمران - سازه	سعید تارپوردیلوی اصل (آب و فاضلاب)
کارشناس ارشد مهندسی عمران - سازه‌های هیدرولیکی	بهنام و خشوری (آب و فاضلاب)

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

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

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱- کلیات.....
۳	۱- کلیات.....
۳	۱-۱- اهداف.....
۳	۱-۲- دامنه کاربرد.....
۳	۱-۳- مؤلفه‌های هدف.....
۴	۱-۴- مقررات مرتبط.....
۵	۱-۵- ساختار راهنما.....
۷	فصل ۲- روند ارزیابی لرزه‌ای.....
۹	۲-۱- رویکردهای ارزیابی لرزه‌ای.....
۹	۲-۲- پیش ارزیابی.....
۱۰	۲-۲-۱- انواع در خواست ارزیابی.....
۱۰	۲-۲-۲- عوامل مؤثر در ارزیابی عملکرد.....
۱۱	۲-۲-۳- شناسایی خطرات لرزه‌ای.....
۱۱	۲-۲-۴- شناسایی آسیب پذیری لرزه‌ای.....
۱۲	۲-۲-۵- عملکرد لرزه‌ای.....
۱۵	۲-۲-۶- برنامه ریزی مطالعات ارزیابی.....
۱۵	۲-۳- مراحل ارزیابی لرزه‌ای.....
۲۱	۲-۳-۱- تعیین اهمیت مؤلفه یا سامانه.....
۲۲	۲-۳-۲- سطوح خطر زلزله.....
۲۳	۲-۳-۳- سطوح عملکرد مؤلفه‌های سامانه.....
۲۵	فصل ۳- روش‌های ارزیابی لرزه‌ای.....
۲۷	۳-۱- مؤلفه‌های هدف.....
۲۸	۳-۲- رویکرد کلی تعیین آسیب پذیری.....
۲۸	۳-۳- روش‌های ارزیابی لرزه‌ای مؤلفه‌ها.....
۲۹	۳-۳-۱- ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌ها.....
۳۰	۳-۳-۲- ارزیابی لرزه‌ای سازه‌های غیر ساختمانی.....
۳۰	۳-۳-۳- ارزیابی لرزه‌ای اجزای غیر سازه‌ای و تجهیزات داخلی.....
۳۱	۳-۳-۴- ارزیابی لرزه‌ای شبکه و خطوط.....

۳۱	۴-۳- بازرسی در ارزیابی کیفی
۳۴	۵-۳- گردآوری اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی تفصیلی
۳۴	۱-۵-۳- جمع‌آوری اسناد و مدارک طراحی و بهره‌برداری
۳۵	۲-۵-۳- بازرسی عینی و استخراج اشکالات مشهود و مؤثر
۳۵	۳-۵-۳- انجام آزمایشات مصالح، خاک و مطالعات تحلیل خطر
۳۵	۶-۳- ارزیابی لرزه‌ای با استفاده از مدل‌سازی و تحلیل عددی سازه
۳۶	۱-۶-۳- روش استاتیکی معادل
۳۶	۲-۶-۳- روش طیفی
۳۶	۳-۶-۳- روش تاریخچه زمانی
۳۶	۷-۳- ملاحظه اثر اندرکنش لرزه‌ای سامانه‌ها
۳۷	۸-۳- معیارهای پذیرش
۳۸	۱-۸-۳- ترکیبات بارهای وارده
۳۸	۲-۸-۳- ظرفیت و مقاومت اجزاء سازه‌ای
۳۸	۳-۸-۳- کنترل‌های مربوط به تغییر مکان و واژگونی
۳۹	۴-۸-۳- ظرفیت و مقاومت مهار تجهیزات
۳۹	۵-۸-۳- معیارهای پذیرش در روش‌های دینامیکی غیر خطی
۴۱	۴- روند بهسازی لرزه‌ای
۴۳	۱-۴- اولویت بندی بهسازی
۴۳	۲-۴- روند بهسازی لرزه‌ای
۴۵	۵- روش‌های بهسازی لرزه‌ای
۴۷	۱-۵- رویکرد انتخاب روش بهسازی
۴۷	۲-۵- نوع روش بهسازی
۴۸	۱-۲-۵- مراکز سوئیچینگ
۴۹	۱-۱-۲-۵- سازه‌های غیر ساختمانی
۵۰	۱-۱-۲-۵- برج‌ها و آنتن‌ها
۵۳	۱-۱-۲-۵- سازه‌های ارتباطی
۵۳	۲-۱-۲-۵- تجهیزات
۵۵	۱-۲-۱-۲-۵- تجهیزات سوئیچ
۶۱	۲-۲-۱-۲-۵- تجهیزات برقی
۶۱	۱-۲-۲-۱-۲-۵- باتریها

-
-
- ۶۳.....۵-۲-۱-۲-۲-۲- منابع تغذیه و تابلوهای برق.....
- ۶۳.....۵-۲-۱-۲-۲-۳- تراکها و نردبان‌های حامل کابلهای تغذیه نیرو.....
- ۶۴.....۵-۲-۱-۲-۲-۴- دیزل ژنراتورها.....
- ۶۴.....۵-۲-۱-۳- ساختمان‌ها.....
- ۶۴.....۵-۲-۲- خطوط مخابراتی.....
- ۶۴.....۵-۲-۱- خطوط هوایی.....
- ۶۸.....۵-۲-۱- خطوط زیرزمینی.....
- ۷۳.....۵-۲-۴- تجهیزات.....
- ۷۵..... پیوست‌ها.....
- ۷۷..... پیوست ۱- دسته بندی مشترکین شبکه مخابرات.....
- ۷۹..... پیوست ۲- فهرست موضوعی منابع و مراجع.....

علائم

درجه پی آمد تأثیرات زیست محیطی	C_{BI}
درجه پی آمدهای خسارت	C_{FL}
درجه پی آمدهای ایمنی جانی	C_{LS}
درجه پی آمد قطع خدمت رسانی	C_{SD}
خطر	H
شاخص سطح	I_L
حداکثر زلزله بهره‌برداری	MCE
حداکثر زلزله طراحی	MDE
حداکثر زلزله بهره‌برداری	MOE
شاخص اهمیت عملکردی	OCR
شتاب حداکثر سطح زمین	PGA
شاخص کلی	R
ضریب اصلاح کننده افزونگی	R_C
عملکرد سامانه	S
آسیب پذیری	V

فصل ۱

کلیات

۱- کلیات

۱-۱- اهداف

هدف از ارزیابی آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای سامانه مخابرات، آگاهی از میزان ایمنی لرزه‌ای و سپس کاهش عواقب ناشی از اثر زلزله بر این سامانه و مؤلفه‌های آن می‌باشد. حفظ یکپارچگی و تداوم عملکرد ایمن این سامانه، باعث حصول اطمینان از عدم خطرپذیری و ریسک غیر قابل پذیرش برای جان افراد، دارایی‌های آن‌ها و محیط زیست می‌باشد. اهداف اصلی تهیه این راهنما عبارتند از:

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

۱-۲- دامنه کاربرد

مطالب این راهنما برای کلیه مؤلفه‌های شریان حیاتی مخابرات قابل استفاده است. محتویات این راهنما زمینه ارتقای سطح دانش مهندسی در بحث ایمنی لرزه‌ای را فراهم می‌آورد، لکن مسئولیت تفسیر صحیح و به کار بردن مفاد این راهنما بعهدہ 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. الزامات این راهنما برای تأسیسات دائم و موقت یکسان می‌باشد.

۱-۳- 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.
- مؤلفه‌های خطی (خطوط اصلی مخابرات) و شبکه‌ای (توزیع شهری مخابرات)

مؤلفه‌هایی که از سامانه مخابرات در این راهنما برای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند در جدول ۱-۱

داده شده‌اند.

جدول ۱-۱- مؤلفه‌های هدف در این راهنما

نوع مؤلفه	عنوان مؤلفه
ایستگاهی	مراکز دیتا و ایستگاه‌های سوئیچینگ
خطی	خطوط انتقال هوایی
ایستگاهی	آنتن‌ها و برج‌های ماکروویو
ایستگاهی	کیوسک‌ها
خطی	خطوط انتقال زیرزمینی و مجاری و تونل‌ها
ایستگاهی	آدمروها
ایستگاهی	انشعابات مشترکین

از آن‌جا که کلیه تجهیزات مخابراتی عمدتاً در داخل ساختمان‌های مخابراتی (مراکز مخابراتی) نصب می‌گردند؛ لذا مقاومت این ساختمان‌ها در برابر زلزله در درجه اول اهمیت قرار دارد و در صورت تحقق این مهم بررسی آسیب‌پذیری و بهسازی دیگر تأسیسات و تجهیزات مخابراتی می‌تواند قابل طرح باشد.

مؤلفه مهم دیگر در سامانه مخابرات سامانه تأمین برق تجهیزات است. برای حصول عملکرد تجهیزات مخابراتی باید برق مورد نیاز آن‌ها از شبکه برق و منبع پشتیبان تأمین شود.

۱-۴- مقررات مرتبط

آئین نامه‌ها 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 رئیس جمهور.
 - دستورالعمل ارزیابی سریع ساختمان‌ها، نشریه شماره ۳۶۴، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.
 - شرح خدمات ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها، نشریه شماره ۲۵۱، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.
 - دستورالعمل تحلیل آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود، وزارت مسکن و شهرسازی.
 - دستورالعمل ارزیابی لرزه‌ای تأسیسات پست‌های برق، نشریه شماره ۵۱۳، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور.
 - مجموعه مقررات ملی ساختمانی ایران، وزارت مسکن و شهرسازی.
- استفاده از سایر راهنماها یا معیارها که ممکن است در پروژه‌های خاص مورد نیاز باشد، به شرطی که تطابق کلی با مفاهیم این راهنما داشته باشد و معیارهای حداقل آن‌را برآورده نماید، بلامانع است.

۱-۵- ساختار راهنما

راهنمای حاضر متشکل از فصول و پیوست‌های ذیل می‌باشد.

فصل اول: کلیات

فصل دوم: روند ارزیابی لرزه‌ای

فصل سوم: روش‌های ارزیابی لرزه‌ای

فصل چهارم: روند بهسازی لرزه‌ای

فصل پنجم: روش‌های بهسازی لرزه‌ای

پیوست ۱: دسته بندی مشترکین

پیوست ۲: فهرست موضوعی منابع و مراجع

در فصل دوم راهنما روند کلی ارزیابی لرزه ای سامانه مخابرات 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 این فصل و روش‌های ارزیابی در فصل سوم ارائه می‌شوند. روش پیش ارزیابی لرزه ای 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 فصل دوم 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 نحوه ارزیابی در سامانه مخابرات، 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 کاربرگهای 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.

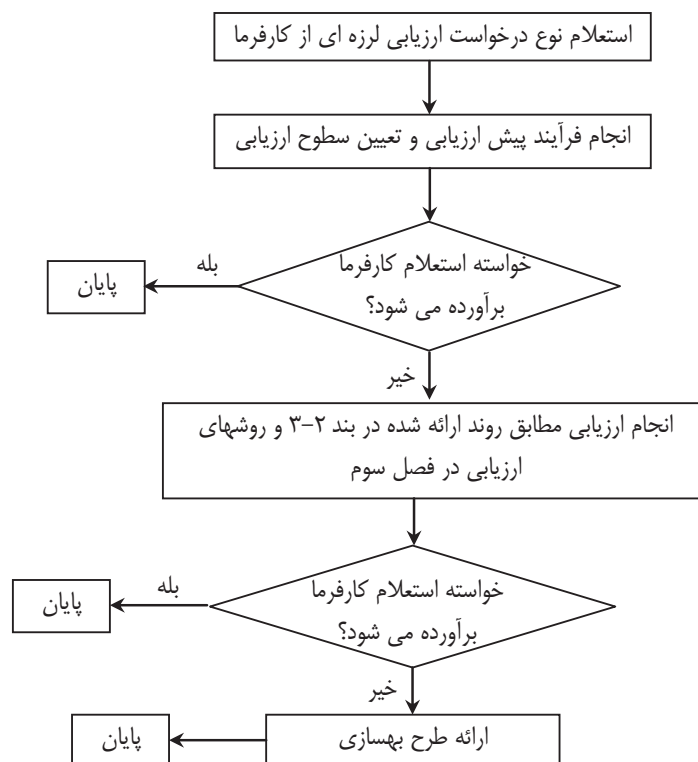
در فصول چهارم و پنجم به ترتیب روند و روش‌های بهسازی مورد بحث قرار گرفته‌اند. روند بهسازی شامل معرفی عوامل موثر در اولویت بندی ارائه طرح بهسازی و مراحل تهیه طرح بهسازی می‌باشد. روش‌های مختلف بهسازی برای مؤلفه های مختلف به تفکیک و با جزئیات اولیه مورد نیاز موضوع فصل پنجم این راهنما می‌باشد.

فصل ۲

روند ارزیابی لوزه‌های

۱-۲- 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، سطح مطالعات نیز مشخص می‌شود. سپس در مرحله ارزیابی، فعالیت‌ها به یک از دو صورت ارزیابی اولیه و تفصیلی به صورت ذیل تعریف می‌شود. نقشه راه ارزیابی عملکرد لرزه ای در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل-۱-۱- نقشه راه ارزیابی عملکرد

۲-۲- پیش ارزیابی

بهره‌بردار یا مسئول سامانه 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 مخابرات 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 بهره‌بردار یا مسئول نیز انجام شود:

- شناسایی شدت خطر و ارزیابی آسیب پذیری 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 درخواست 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، مسئول تأسیسات باید تصمیم بگیرد که کدام یک از مؤلفه‌ها می‌باید مورد ارزیابی قرار گیرد. قابلیت اطمینان در این دستورالعمل بر حسب میزان اختلال و مدت زمان قطع ارتباطات اندازه‌گیری می‌شود.

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 راهنمایی‌های پیوست ۱ صورت می‌پذیرد.

۲-۲-۲- عوامل مؤثر در ارزیابی عملکرد

عوامل اصلی یک ارزیابی عملکرد عبارت است 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 می‌باشد. خطرات ثانویه شامل انفجار، آتش‌سوزی، آلودگی زیست محیطی و نظایر آن که به دلیل وقوع آسیب‌های اولیه زلزله ایجاد می‌گردد، می‌باشد.

- آسیب پذیری (V):

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

- عملکرد سامانه (S):

عملکرد شریانی حیاتی مخابرات در هنگام خطر زلزله بر حسب خروجی‌ها، اهداف عملیاتی، نقص ایمنی و اختلال عملکرد مورد ارزیابی و قضاوت قرار می‌گیرد. مهم‌ترین اهداف عملکردی سامانه مخابرات عبارتند از:

- ایمنی جانی مردم و کارکنان تأسیسات

- تداوم ارتباطات و قابلیت اعتماد به سامانه
- پیشگیری از خسارات
- جلوگیری از صدمات زیست محیطی

۲-۲-۳- شناسایی خطرات لرزه‌ای

خطرات لرزه‌ای اولیه شامل ارتعاشات و تغییر شکل‌های ماندگار زمین بر اساس شدت، شتاب و حرکات شدید زمین سنجیده می‌شود. در مرحله پیش ارزیابی متداول‌ترین معیار سنجش ارتعاشات، شتاب حداکثر سطح زمین، PGA برای سطح خطر طراحی (۱۰ درصد احتمال وقوع در عمر مفید) می‌باشد که از نقشه‌های پهنه بندی یا مطالعات ساخت گاه قابل استخراج است. برای بررسی میزان خطرات تغییر شکل‌های ماندگار شامل روان گرابی، لغزش شیب و گسلش نیز می‌توان از نقشه‌های پهنه بندی استفاده نمود. اطلاعات این نقشه‌ها تقریبی و تا حدودی محافظه کارانه می‌باشد.

خطرات ثانویه لرزه‌ای از جمله انفجار، آتش سوزی، آلودگی زیست محیطی و نظایر آن می‌باید بسته به مورد و به صورت محلی بررسی شود. جدول ۲-۱ معیار طبقه‌بندی سطوح خطر آورده شده است.

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

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

۲-۲-۴- شناسایی آسیب پذیری لرزه‌ای

با توجه به سوابق زلزله‌های گذشته، پتانسیل آسیب در بخش‌های مختلف تأسیسات مخابرات نسبت به انواع خطرات لرزه‌ای متفاوت است. مهم‌ترین آسیبی که به تجهیزات مخابراتی در زلزله‌های گذشته وارد شده، لغزش و واژگونی تجهیزات بوده است. راک‌های سوئیچ‌ها در اثر واژگونی دچار آسیب‌دیدگی شده و یا در اثر قطع کابل‌های ارتباطی آن از کار افتاده است. بعضی دیگر از تجهیزات مثل باتری‌ها در اثر واژگونی دچار شکستگی شده و از کار می‌افتند. 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 واقع شده باشد، آسیب پذیری ساختمان و آن جزء باید توأمأ در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، در جایی که احتمال فرو ریزش ساختمان یا تخلیه اجباری آن وجود داشته باشد، تجهیزات موجود در داخل آن ساختمان در خطر می‌باشد.

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

درجه آسیب پذیری									خطرات لرزه‌ای
تجهیزات رایانه‌ای برای عملیات و فعالیت‌های تجاری	اداره مرکزی، ساختمان‌های تعمیرات، ساختمان‌های عملیاتی	آدم روها	خطوط توزیع زیرزمینی و مجاری	کیوسک‌ها	دکل‌های مخابراتی و آنتن‌ها	خطوط هوایی	ساختمان سوئیچینگ	سامانه‌های کنترلی، حفاظتی	
M	H	M	M	M	M	L	H	M	ارتعاشات زلزله
L	H	H	H	M	M	H	M	L	تغییر شکل‌های دائمی زمین در اثر زلزله (شکست گسل، روان گرایی، زمین لغزه)

۲-۲-۵- عملکرد لرزه‌ای

عملکرد لرزه‌ای به عوامل زیر بستگی دارد:

- شدت و میزان خطر
- آسیب‌پذیری سامانه یا جزء
- پی آمدهای ناشی از آسیب جانی یا مالی، قطع سرویس دهی، اثرات زیست محیطی و سایر اثرات.
- میزان افزونگی ماندگار سامانه مورد ارزیابی (افزونگی بالا، افزونه، یا بدون افزونگی)
- بزرگی سامانه

در پیش ارزیابی لرزه‌ای، عملکرد با شاخص سطح، I_L به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$I_L = H \times V \times \max(C_{LS}, C_{FL}, C_{SD}, C_{EI}) \quad (1-2)$$

که در آن:

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

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

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

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

C_{FL} = درجه پی آمدهای خسارت مالی، بین ۰/۵ تا ۶ متغیر است (طبق تعریف جدول ۲-۴)

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

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

در جدول ۲-۳، از یک 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.

جدول ۲-۳- درجه بندی پی آمدهای اختلال عملکرد سامانه (وضعیت S)

شدت پی آمد			پی آمد
پایین (عادی)	متوسط (غیر بحرانی)	بالا (بحرانی)	
کمترین اثر بر امنیت جانی؛ بدون هیچ تأثیر مهم و چشمگیر بر پرسنل یا بر مردم مناطق مجاور تأسیسات	آسیب یا قطع ممکن است به پرسنل یا مردم مناطق مجاور تأسیسات جراحاتی وارد آورد	آسیب یا قطع باعث تهدید جانی چشمگیری بر پرسنل یا مردم مناطق مجاور تأسیسات شود.	امنیت جانی C_{LS}
$C_{LS} = 1$	$C_{LS} = 2$	$C_{LS} = 3$	
بی تأثیر یا کم تأثیر همراه با اختلالات جزئی	آسیب یا قطع ارتباط می‌تواند منجر به خسارات مالی زیادی شود، اما این ضررها بر وضعیت اقتصادی تأسیسات کم تأثیر یا بی تأثیر باشد.	آسیب یا قطع، تأثیر چشمگیری بر وضعیت اقتصادی تأسیسات و یا تعدادی از مشترکین بزرگ و مهم داشته باشد.	خسارت مالی C_{FL}
$C_{FL} = R_C$	$C_{FL} = 2R_C$	$C_{FL} = 3R_C$	
بی تأثیر یا کم تأثیر بر جمعیت تحت پوشش	قطع خدمت؛ - بر بخش کوچکی از جمعیت تحت پوشش تأثیر گذارد (کمتر از ۱۰ درصد) - کمتر از ۱ روز به طول انجامد و بر هیچ‌یک از مشترکین مهم و حیاتی تأثیر خاصی نگذارد	قطع خدمت منجر به یکی از موارد زیر شود: (۱) بخش قابل توجهی از جمعیت تحت پوشش را متأثر کند (بیشتر از ۱۰ درصد). (۲) پتانسیل تأثیر بر جمعیتی بیش از ۱۰۰ هزار نفر را داشته باشد. (۳) منطقه گسترده‌ای را شامل شود و بیش از یک روز به طول انجامد. (۴) عملکرد و بهره‌برداری از یک تأسیس مهم و حیاتی را تحت تأثیر قرار دهد.	قطع خدمت C_{SD}
$C_{SD} = R_C$	$C_{SD} = 2R_C$	$C_{SD} = 3R_C$	
بی تأثیر یا کم تأثیر بر محیط زیست	خرابی یا قطع ممکن است سبب آسیب‌های محدود زیست محیطی شود	خرابی یا قطع ممکن است سبب آسیب‌های زیست محیطی بزرگ شود (یعنی برطرف کردن اثرات آن ماه‌ها تا سال‌ها به طول انجامد)	اثرات زیست محیطی C_{EI}
$C_{EI} = 1$	$C_{EI} = 2$	$C_{EI} = 3$	

ضریب اصلاح افزونگی امکان انعطاف پذیری در وزن دهی متفاوت به برخی شرایط خاص عملکردی، منوط بر در دسترس بودن منابع جایگزین، را فراهم می‌آورد. به عنوان مثال، ممکن است برای یک تأسیس، به دلیل عدم اطلاع از جایگزین مناسب جهت سرویس به یک مشترک مهم، ضریب افزونگی برابر ۲ (بدون افزونگی) تعیین شود، در حالی که خود آن مشترک ممکن است این ضریب را به علت داشتن جایگزین مناسب مانند ژنراتور کمکی، برابر ۰/۵ تعیین نماید؛ لذا بر حسب ماهیت و ویژگی‌های درخواست و این که 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 یک خرابی، ممکن است به اندازه یک مشترک صنعتی یا یک محله که هیچ گونه امکاناتی جهت فراهم آوردن مخابرات جایگزین ندارد، چشمگیر نباشد. در حالت عادی، ضریب اصلاح افزونگی برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود.

R_C برای افزونگی زیاد مقداری برابر ۰/۵ (خرابی عضو، عملکرد سامانه را کاهش نمی‌دهد)؛ افزونگی متوسط برابر ۱ (خرابی عضو عملکرد سامانه را کاهش می‌دهد)؛ و بدون افزونگی برابر ۲ (عملی که توسط آن عضو، انجام شده است و نمی‌تواند به روش جایگزین دیگری انجام شود) انتخاب می‌گردد. سامانه امتیاز دهی تقریبی بوده و قرار دادن مقادیر اعشاری به جای مقادیر پایین برابر ۱، متوسط برابر ۲ و بالا برابر ۳ مدنظر نمی‌باشد.

گام نهای عملیات امتیازدهی، مقایسه شاخص سطح، I_L با مجموعه‌ای از محدوده‌های از پیش تعیین شده می‌باشد که سطوح پایه‌ای پیشنهادی جهت ارزیابی عملکرد را تعریف می‌نماید. 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 جدول ۲-۴ تعیین می‌شود. سطح پایه به عنوان یک نقطه شروع برای ارزیابی به کار رفته و ممکن است بعداً نیاز به ارزیابی‌های کامل‌تری احساس شود. گاهی ممکن است استعلام کننده، سطح خاصی از مطالعات را بر اساس نیازهای خود درخواست کند.

جدول ۲-۴- 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 عموماً 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)

۲-۲-۶- برنامه ریزی مطالعات ارزیابی

اطلاعات مورد نیاز ارزیابی لرزه‌ای و نوع مطالعات بر اساس سطوح مختلف لرزه‌ای متفاوت می‌باشد. علاوه بر راهنمایی‌های جداول این بخش مواردی همچون هزینه و زمان‌بندی و نیز احتساب خطرات متعدد باید در برنامه ریزی نوع مطالعات ارزیابی لرزه‌ای لحاظ شود.

جدول ۲-۵ مطالعات لازم در ارزیابی خطر برای سامانه برق رسانی بر اساس میزان خطر لرزه ای

میزان خطر لرزه ای			خطر / اقدام	
۳	۲	۱		
			خطر زلزله - گسیختگی سطحی گسل	۱.۱
◆	◆	◆	بررسی سابقه زلزله و نقشه‌های خطرات گسل‌های فعال منطقه، در صورت وجود	۱.۱.۱
◆	◆	◆	بررسی نقشه‌های توپوگرافی	۱.۱.۲
◆	◆		بررسی عکس‌های هوایی در صورت وجود	۱.۱.۳
◆	◆		اجرای شناسایی و بازدید کارگاهی (توسط زمین شناس ماهر)	۱.۱.۴
◆			مشخص سازی گسل‌های فعال از طریق حفر ترانشه	۱.۱.۵
◆	◆		تخمین جابه‌جایی و تغییر مکان‌های گسل با استفاده از روش‌های تجربی	۱.۱.۶
◆			تعیین تغییر مکان‌های گسل و احتمال وقوع آن‌ها از طریق حفر گمانه، نمونه برداری، تعیین سن و آنالیز	۱.۱.۷

میزان خطر لرزه ای			خطر / اقدام	
۳	۲	۱	خطر زلزله - روان گرای	۱.۲
♦	♦	♦	بررسی مستندات در خصوص ارتعاشات (لرزه پذیری) منطقه‌ای	۱.۲.۱
♦	♦		ارزیابی احتمالاتی خطر زلزله در کل سامانه	۱.۲.۲
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های توپوگرافی	۱.۲.۳
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های زمین شناسی سطح زمین	۱.۲.۴
♦	♦	♦	بررسی داده‌های ژئوتکنیکی موجود	۱.۲.۵
	♦		انجام حداقل حفاری و گمانه زنی خاک، آزمایشات نفوذ استاندارد و/ یا نفوذ مخروطی	۱.۲.۶
♦			انجام گسترده حفاری و گمانه زنی خاک، آزمایشات نفوذ استاندارد و/ یا نفوذ مخروطی	۱.۲.۷
♦	♦		انجام بازدید مقدماتی و شناسایی کارگاهی (صحرایی) (توسط مهندسین ژئوتکنیک ماهر)	۱.۲.۸
♦	♦	♦	شناسایی معادن خاک دارای پتانسیل روان گرای از طریق قضاوت	۱.۲.۹
♦	♦		شناسایی معادن خاک دارای پتانسیل روان گرای از طریق آنالیز مهندسی داده‌های خاک	۱.۲.۱۰
♦	♦		تخمین میزان گسترش تغییر مکان‌های جانبی با استفاده از روش‌های تجربی	۱.۲.۱۱
♦	♦		تخمین پتانسیل روان گرای با استفاده از نقشه‌های قابلیت روان گرای	۱.۲.۱۲
♦			اجرای آنالیز تفصیلی با استفاده از ابزارهای تحلیلی. تخمین احتمال روان گرای و گسترش تغییر مکان‌های جانبی.	۱.۲.۱۳

میزان خطر لرزه ای			خطر / اقدام	
۳	۲	۱	خطر زلزله - ارتعاشات شدید زمین	۱.۳
♦	♦	♦	بررسی مستندات در زمینه ارتعاشات و لرزه پذیری منطقه	۱.۳.۱
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های خطرات لرزه‌ای منطقه، در صورت وجود	۱.۳.۲
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های زمین شناسی سطح زمین	۱.۳.۳
♦	♦		تعیین و توسعه عوامل تقویت کننده تکان‌های زمین	۱.۳.۴
♦	♦	♦	تخمین سطوح و تراز تکان‌های زمین با استفاده از قضاوت و نقشه‌های موجود	۱.۳.۵
♦	♦		تخمین سطوح و تراز تکان‌های زمین با استفاده از روش‌های تجربی	۱.۳.۶
♦			تخمین سطوح و تراز تکان‌های زمین با استفاده از روش‌ها و ابزارهای تحلیلی	۱.۳.۷
♦			اجرای PSHA در کل سامانه	۱.۳.۸

میزان خطر لرزه ای			خطر / اقدام	
۳	۲	۱	خطر زلزله - زمین لغزه	۱.۴
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های زمین شناسی سطح زمین	۱.۴.۱
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های توپوگرافی	۱.۴.۲
♦	♦		بررسی عکس‌های هوایی در صورت وجود	۱.۴.۳
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های بارش منطقه	۱.۴.۴
♦	♦		انجام بازدید مقدماتی و شناسایی کارگاهی (صحرائی) (توسط زمین‌شناسان ماهر)	۱.۴.۵
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های موجود لرزش زمین برای منطقه	۱.۴.۶
♦	♦	♦	ارزیابی پتانسیل زمین لغزه توسط قضاوت کارشناسی	۱.۴.۷
♦	♦		ارزیابی پتانسیل زمین لغزه با استفاده از نقشه‌های پایداری شیب‌ها	۱.۴.۸
♦	♦		ارزیابی پتانسیل زمین لغزه با استفاده از آنالیز آماری یا تجربی	۱.۴.۹
♦			ارزیابی پتانسیل زمین لغزه با استفاده از روش‌های تحلیلی	۱.۴.۱۰

میزان خطر لرزه ای			خطر / اقدام	
۳	۲	۱	خطر زلزله - سونامی	۱.۵
♦	♦	♦	تعیین محل قرارگیری تأسیسات در محدوده ۲۰ کیلومتری ساحل	۱.۵.۱
♦	♦	♦	بررسی نقشه‌های توپوگرافی نواحی ساحلی	۱.۵.۲
♦	♦		بررسی نقشه‌های باتی متریک (ژرفا سنجی/عمق نمایی) نواحی کرانه‌ای (نزدیک به ساحل)	۱.۵.۳
♦	♦	♦	بررسی رکوردهای ثبت شده توسط دستگاه‌های جز و مد نمای محلی	۱.۵.۴
♦	♦	♦	تخمین پتانسیل طغیان آب سونامی با استفاده از قضاوت کارشناسی	۱.۵.۵
♦	♦		تخمین پتانسیل طغیان آب سونامی با استفاده از قضاوت و ارزیابی منابع احتمالی سونامی	۱.۵.۶
♦			تحلیل آب‌گرفتگی منطقه	۱.۵.۷

جدول ۲-۶ مطالعات لازم در ارزیابی خطر برای سامانه برق رسانی بر اساس میزان آسیب پذیری لوزه ای

میزان آسیب پذیری			جزء (مؤلفه) / اقدام	
۳	۲	۱	ارزیابی خرابی تجهیزات سامانه برق	۱
◆	◆	◆	جمع آوری اطلاعات از طریق مصاحبه با مهندسین طراح تأسیسات، مهندسین کارگاهی و مدیران اجرایی. به دست آوردن ارزیابی عملکرد (تخمین‌ها، تخمین‌های آگاهانه) و هر داده (آماري) عملکردی که آن‌ها از آن مطلع باشند.	۱.۱
◆	◆		جمع آوری اطلاعات از طریق بررسی ساخت گاه برای ارزیابی شرایط محلی و اطلاعات مربوط به آسیب پذیری کلی اجزاء.	۱.۲
◆	◆		جمع آوری اطلاعات از طریق بررسی ساخت گاه برای ارزیابی خطرات موازی ناشی از منابع خارجی و سازه‌ها و تجهیزات مجاور.	۱.۳
◆	◆		جمع آوری اطلاعات از طریق بررسی نقشه‌ها و محاسبات موارد بحرانی و مهم تجهیزات.	۱.۴
◆	◆		جمع آوری اطلاعات با بازدید از محل برای بررسی و تعیین جزئیات نصب موارد بحرانی در تجهیزات.	۱.۵
◆			انجام محاسبات سازه‌ای برای بررسی و تعیین کفایت جزئیات نصب آیتم‌های بحرانی و مهم تجهیزات و تطبیق با مشخصات بر اساس عملکرد.	۱.۶
◆	◆	◆	ارزیابی شکنندگی تجهیزات با استفاده از تخمین‌ها، تخمین‌های آگاهانه، داده‌های تجربی از رخدادهای گذشته (آماري) با حداقل داده‌های جمع آوری شده در محل.	۱.۷
◆	◆		ارزیابی شکنندگی تجهیزات با استفاده از داده‌های محل، حاصل از مراحل ۱.۲ تا ۱.۵، داده‌های دقیق‌تر و تفصیلی‌تر بارها و کفایت تجهیزات و آزمایشات شکنندگی.	۱.۸
◆			ارزیابی شکنندگی تجهیزات با استفاده از داده‌های در محل واقعی (طبق آنچه در مراحل ۱.۲ تا ۱.۶ تشریح گردید) و نتایج تحلیل سازه‌ای تجهیزات منتخب.	۱.۹

میزان آسیب پذیری			جزء (مؤلفه) / اقدام	
۳	۲	۱	ارزیابی خرابی ساختمان‌های بحرانی و مهم	۲
◆	◆	◆	جمع آوری اطلاعات با مصاحبه مدیران اجرایی تأسیسات و کارکنان تعمیر و نگهداری ساختمان	۲.۱
◆	◆	◆	تعیین کارکردهای بحرانی داخل ساختمان‌ها و آسیب‌هایی که این کارکردها را معیوب کرده و یا از کار بازمی‌دارند.	۲.۲
◆	◆		انجام بازدیدهای کلی از ساخت گاه برای ارزیابی شرایط محلی و جمع آوری اطلاعات در خصوص آسیب پذیری کلی ساختمان‌ها، محتویات آن‌ها و هر یک از تجهیزات مجاور و تکیه‌گاه‌هایشان.	۲.۳
◆	◆		انجام بازدیدهای کلی از ساخت گاه برای ارزیابی خطرات موازی از منابع خارجی و سازه‌ها و تجهیزات مجاور.	۲.۴
◆	◆	◆	ارزیابی عملکرد ساختمان‌ها و تجهیزات پشتیبانی با استفاده از قضاوت (تخمین‌ها، تخمین‌های آگاهانه) و یا داده‌های تجربی (آماری) از رخداد‌های گذشته و یا با استفاده از ارزیابی تجربی آسیب‌ها با حداقل اطلاعات جمع آوری شده در محل.	۲.۵
◆	◆		بررسی نقشه‌های معماری و سازه‌ای، محاسبات طراحی، گزارش‌های ارزیابی پی و همچنین گزارشات ارزیابی‌های سازه‌ای گذشته برای ارزیابی ظرفیت ساختمان.	۲.۶
◆	◆		انجام محاسبات سازه‌ای مستقل برای ارزیابی ظرفیت ساختمان.	۲.۷
◆			انجام تحلیل سازه‌ای کامپیوتری برای ارزیابی پاسخ ساختمان.	۲.۸

جدول ۲-۷ مطالعات لازم در ارزیابی خطر برای سامانه برق رسانی بر اساس عملکرد لرزه ای

عملکرد لرزه ای			اقدام	
۳	۲	۱	ارزیابی عملکرد سامانه	۱
◆	◆	◆	بررسی نقشه‌های سامانه	۱.۱
◆	◆	◆	بررسی عملکرد سامانه در خطرات طبیعی / رخداد‌های گذشته	۱.۲
◆	◆		مدل عملکرد بحرانی سامانه	۱.۳
◆	◆		انطباق مدل سامانه بر روی نقشه‌های خطرات گوناگون (کارکرد GIS)	۱.۴
◆	◆	◆	تخمین عملکرد سامانه با استفاده از قضاوت کارشناسی	۱.۵
◆	◆		تحلیل سامانه برای سناریوهای محدود (حداقل ۳)	۱.۶
◆			تحلیل احتمالاتی و قابلیت اطمینان سامانه	۱.۷

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

ارزیابی آسیب پذیری			میزان خطر	سطح عملکرد
V=3	V=2	V=1		
			H=1	S=1
			H=2	
			H=3	
			H=1	S=2
			H=2	
			H=3	
			H=1	S=3
			H=2	
			H=3	

۱ تا ۱۵ نفر روز کار	
۳ تا ۱۰ نفر هفته کار	
۳ تا ۹ نفر ماه کار	

۲-۳- مراحل ارزیابی لرزه‌ای

پس از انجام پیش ارزیابی و تعیین سطح مطالعات، جهت ارزیابی لرزه‌ای لازم است اهمیت عملکردی، آسیب پذیری لرزه‌ای، خطر لرزه‌ای و سطح عملکرد لرزه‌ای هدف مشخص شود. این پارامترها که تعیین کننده حجم فعالیت‌های لازم برای ارزیابی هر مؤلفه خواهد بود، به ترتیب زیر در مراحل ارزیابی قرار می‌گیرد:

- 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 آسیب پذیری اولیه
- ۶- انتخاب روش ارزیابی لرزه‌ای تفصیلی

۷- تعیین آسیب پذیری تفصیلی

۲-۳-۱- تعیین اهمیت مؤلفه یا سامانه

اولین گام در ارزیابی لوزه‌ای، 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 مخابرات، مطابق جدول ۲-۹ دسته بندی می‌شود. نحوه ترکیب نقش مؤلفه داخلی و کل سامانه در ارزیابی لوزه‌ای در جدول ۲-۱۰ ارائه گردیده است.

جدول ۲-۸- طبقه بندی زیر سامانه‌ها و مؤلفه‌های داخلی

نوع	تعریف	تأثیر آسیب دیدگی در عملکرد
اصلی	نقش مستقیم در عملکرد سامانه دارد	قطع ارتباطات
کمکی	نقش پشتیبانی یا افزونگی در عملکرد سامانه دارد	اختلال در ارتباطات
فرعی	نقش اصلی یا پشتیبانی در عملکرد سامانه دارد	نامشهود

جدول ۲-۹- تعیین اهمیت با ترکیب مؤلفه داخلی و کل سامانه

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

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

- ۱- بسیار زیاد: مؤلفه‌هایی که آسیب به آن‌ها باعث بروز شرایط بحرانی و منجر به تلفات انسانی و خسارات مالی فراوان می‌شود.
- ۲- زیاد: مؤلفه‌هایی که آسیب آن‌ها باعث قطع ارتباط و خسارات مالی می‌شود.
- ۳- متوسط: مؤلفه‌هایی که آسیب آن‌ها باعث اختلال در ارتباط می‌شود.
- ۴- کم: مؤلفه‌هایی که آسیب آن‌ها تأثیری بر سامانه ندارد.

۲-۳-۲- سطوح خطر زلزله

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

- سطح خطر-۱: حداکثر زلزله بهره‌برداری (MOE)
- سطح خطر-۲: حداکثر زلزله طراحی (MDE)
- سطح خطر-۳: حداکثر زلزله بحرانی (MCE)

این سطوح خطر، معادل سطوح ایمنی زیر هستند که تعریف دقیق آن‌ها برای درجات مختلف اهمیت در جدول ۲-۱۲ ارائه شده است:

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

جدول ۲-۱۰- سطوح خطر زلزله

تراز لرزه‌ای	احتمال فراگذشت در عمر مفید (دوره بازگشت زلزله به سال)	تراز ایمنی
سطح خطر-۱ (MOE)	۹۹/۵٪ (۷۵ سال)	ایمنی بهره‌برداری
سطح خطر-۲ (MDE)	۱۰٪ (۴۷۵ سال)	ایمنی طراحی
سطح خطر-۳ (MCE)	۲٪ (۲۴۷۵ سال)	ایمنی از بحران

۲-۳-۳- سطوح عملکرد مؤلفه‌های سامانه

تعریف سطوح عملکردی بر اساس سطح خطر و درجه‌بندی اهمیت تجهیزات شریان‌های حیاتی در جدول ۲-۱۱ داده شده است.

جدول ۲-۱۱- تعریف سطوح عملکردی لرزه‌ای بر اساس سطح خطر زلزله و درجه‌بندی اهمیت

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

فصل ۳

روش‌های ارزیابی لرزه‌ای

۳-۱- مؤلفه‌های هدف

مؤلفه‌های هدف در این راهنما در جدول ۳-۱ با دسته بندی کلی مؤلفه‌های خطی و ایستگاهی معرفی شدند. از نظر ارزیابی عملکرد لرزه‌ای این دسته بندی به دو صورت عملکرد منفرد هر مؤلفه و عملکرد سامانه‌ای چند مؤلفه تشکیل دهنده یک سامانه صورت می‌پذیرد.

جدول ۳-۱- طبقه‌بندی بندی اجزای مؤلفه‌ها

نوع	عنوان	عملکرد	اجزا
ایستگاهی	مراکز مخابراتی	مؤلفه‌های منفرد	تجهیزات
			سازه‌های غیر ساختمانی
	ساختمان		
	سامانه‌ها	کف‌های کاذب و اجزای غیر سازه‌ای	
سامانه ارتباطات کابلی و سامانه برق			
برج‌ها و آنتن‌ها	مراکز مخابراتی	مؤلفه‌های منفرد	تجهیزات
			سازه‌های غیر ساختمانی
	شالوده		
	سامانه‌ها	اجزای مختلف	
هوایی		مؤلفه‌های منفرد	انشعاب‌ها
	پایه‌ها		
	برق آلات و اتصالات		
خطی (شبکه‌ای)	مراکز مخابراتی	سامانه‌ها	اجزای مختلف
			کیوسک‌ها
	زیرزمینی و مجاری	مؤلفه‌های منفرد	سازه‌های ورودی و خروجی و انشعاب‌ها
			آدم روها
دستک‌ها و اجزای غیر سازه‌ای			
		سامانه‌ها	اجزای مختلف

مؤلفه‌های ایستگاهی جز در مواردی معدودی، به طور عمده روزمینی هستند، در حالی که سازه‌های خطوط و شبکه‌ها در بعضی موارد 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 تأثیر پذیری 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 طبقات 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 محدود 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 تحمل شده به 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، زیرا 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.

۳-۲- رویکرد کلی تعیین آسیب پذیری

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

- ۱- جمع آوری اطلاعات سازه‌ها، تأسیسات و تجهیزات شامل اطلاعات مربوط به مؤلفه‌های منفرد و سامانه‌ها از نظر فرآیندی و عملکردی
- ۲- بررسی مسائل ژئوتکنیکی و لرزه‌خیزی شامل بررسی خصوصیات خاک و عوارض ثانویه از قبیل لغزش، روان‌گرایی، گسلش و مطالعه تاریخچه لرزه‌خیزی و گسل‌های فعال
- ۳- بررسی آسیب پذیری لرزه‌ای
- ۴- بهسازی لرزه‌ای در صورت لزوم

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 جدول ۳-۲ می‌باشد.

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 آئین نامه‌ای	تحلیل رفتار دینامیکی و اندر کنشی 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 هوایی و زیر زمینی	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

علاوه بر مسائل مطرح شده در تعیین پارامترهای ارزیابی، عوامل کلیدی و مؤثر 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 رها شدن مواد خطرناک و تلفات در بیرون از سازه شود.
- عملکرد سازه و اثرات اقتصادی و اجتماعی در صورت خسارت به خدمت رسانی آن بر اثر آسیب ناشی از زلزله.
- اهمیت تاریخی سازه و اثرات بهسازی لرزه‌ای بر منابع فرهنگی و میراثی.
- خطر لرزه‌ای مشخص ساخت گاه مورد نظر.
- هزینه نسبی بهسازی نسبت به عواید حاصله از آن.

ارزیابی لرزه‌ای اولیه در سطوح ۱ و ۲ ساختمان‌های بتنی و فلزی و بنایی با استفاده از دستورالعمل شماره ۳۶۴ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری تحت عنوان روش ارزیابی سریع چشمی برای ساختمان‌های فولادی و بتنی مسلح صورت می‌پذیرد.

ارزیابی لرزه‌ای اولیه در سطوح ۱ و ۲ ساختمان‌های بنایی با استفاده از روش ارزیابی کیفی سریع ارائه شده در فصل سوم دستورالعمل شماره ۳۷۶ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری برای ساختمان‌های با مصالح بنایی، صورت می‌گیرد.

ارزیابی تفصیلی سطح ۳ ساختمان‌های بتنی و فلزی با استفاده از شرح خدمات مندرج در نشریه ۲۵۱ تحت عنوان شرح خدمات ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها و نشریه شماره ۳۶۰ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری تحت عنوان دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود صورت می‌پذیرد.

ارزیابی تفصیلی ساختمان‌های بنایی موجود با استفاده از دستورالعمل تحلیل آسیب پذیری 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 لرزه‌ای اولیه در سطوح ۱ و ۲ سازه‌های غیر ساختمانی که به صورت مؤلفه‌ای انجام می‌شود را می‌توان با استفاده از روش‌های ذیل انجام داد:

- بررسی اسناد و مدارک طراحی لرزه‌ای اولیه سازه با توجه به وضعیت چون ساخت و شرایط فعلی سازه در صورت وجود این مدارک
 - انجام بازرسی با تهیه و استفاده از کار برگ‌های لرزه‌ای با توجه به نوع هر سازه و ارزیابی با استفاده از روش امتیاز دهی کیفی
 - استفاده از مدل‌ها و روش‌های ساده و معادل استاتیکی و کنترل پایداری کلی لرزه‌ای
- در ارزیابی اولیه سازه‌های غیر ساختمانی معمولاً بررسی سامانه‌ای انجام نمی‌شود. در صورت آسیب پذیر بودن مؤلفه‌ها در این مرحله، ارزیابی تفصیلی با هر دو رویکرد مؤلفه‌ای و سامانه‌ای انجام می‌شود.
- ارزیابی تفصیلی سطح ۳ 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 الزامی می‌باشد.

۳-۳-۳- ارزیابی لرزه‌ای اجزای غیر سازه‌ای و تجهیزات داخلی

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

- پیوست‌های راهنمای طراحی لرزه‌ای شریان حیاتی مخابرات
- دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها، نشریه شماره ۳۶۰
- پیوست‌های نشریات شماره ۵۱۲ و ۵۱۳
- سایر مراجع معتبر و معرفی شده در این راهنما

۳-۳-۴- ارزیابی لرزه‌ای شبکه و خطوط

ارزیابی لرزه‌ای خطوط و شبکه در دو مرحله مؤلفه‌ای برای تعیین آسیب پذیری هر جزء شبکه و سامانه‌ای برای تعیین آسیب پذیری کل مسیر خط یا محدوده شبکه انجام می‌شود.

ارزیابی اولیه مؤلفه‌های خطوط و شبکه در سطح ۱ می‌تواند با روش‌های ذیل صورت پذیرد:

- بررسی اسناد و مدارک طراحی لرزه‌ای شبکه در صورت وجود
- تهیه و استفاده از کار برگ‌های لرزه‌ای با توجه به نوع مؤلفه‌های شبکه و استفاده از روش امتیاز دهی کیفی
- استفاده از روش‌های ساده و معادل استاتیکی آئین نامه‌ای و کنترل پایداری کلی لرزه‌ای مؤلفه‌های خط یا شبکه
- استفاده از منحنی‌های آسیب پذیری موجود مؤلفه‌ها

ارزیابی اولیه سامانه خطوط و شبکه در سطح ۱ می‌تواند با استفاده از فرمول بندی ترکیب آسیب پذیری مبتنی بر روش قابلیت اطمینان صورت پذیرد.

ارزیابی تفصیلی مؤلفه‌ای سطح ۳ خطوط و شبکه می‌تواند به روش تحلیلی با استفاده از مدل محاسباتی و عددی صورت پذیرد.

ارزیابی تفصیلی مؤلفه‌ای سطح ۳ خطوط و شبکه می‌تواند با استفاده از فرمول بندی ترکیب آسیب پذیری مبتنی بر روش قابلیت اطمینان صورت پذیرد.

فرمول بندی ترکیبی مبتنی بر روش قابلیت اطمینان با استفاده از راهنمایی‌های پیوست‌های نشریات شماره ۵۱۲ و ۵۱۳ قابل انجام است.

۳-۴- بازرسی در ارزیابی کیفی

بازرسی و تکمیل فرم‌های ارزیابی کیفی مؤلفه‌ها یکی از قسمت‌های مهم ارزیابی لرزه‌ای در سطح ۱ و ۲ محسوب می‌شود. نتیجه این فعالیت که منجر به تعیین فهرست اولیه مؤلفه‌های آسیب پذیر و میزان کیفی آسیب پذیری آن‌ها دارد تأثیر زیادی در نوع و حجم ادامه مطالعات دارد. بازرسی محلی و جمع بندی نتایج آن‌ها باید توسط یک مهندس یا گروهی از مهندسين مجرب و واجد شرایط انجام شود.

مراحل کلی این فعالیت معمولاً به صورت زیر می‌باشد:

- برگزاری جلسات با کارفرمایان، تکنسین‌ها، مسوولین استانداردها، مهندسين ایمنی و یا طرف‌های ذینفع دیگر تا در ارتباط با اهداف این بازرسی بحث و بررسی نموده و امکانات لازم را در اختیار گروه بازرسی قرار دهند.
- شناسایی و تهیه فهرست تجهیزات، سازه‌ها و سایر مؤلفه‌های مورد نظر
- دسته‌بندی مدهای آسیب‌پذیری مؤلفه‌های مورد نظر
- تهیه یا تکمیل کار برگ‌های بازرسی
- انجام هماهنگی‌های لازم با گروه ایمنی فرآیندی و بهره برداری

- گردآوری داده‌های محلی از قبیل خطر لرزه‌ای، موقعیت گسل‌ها، حفره‌های موجود در خاک و سایر مسائل مرتبط ژئوتکنیکی.
- بازرسی محلی مؤلفه‌ها و پر کردن کاربرگها و مستندسازی مشاهدات و اطلاعات بدست آمده
- بازبینی نقشه‌ها در صورت لزوم جهت کنترل کفایت سازه بتن مسلح، تعیین جزئیات مهار و یا تشخیص و تعیین مواردی که به دلیل محدودیت دید مانند انجام پوشش‌های ضد آتش، ایزولاسیون و غیره که بازید چشمی آن‌ها امکان‌پذیر نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- فهرست بندی اجزای ضعیف یا مشکوک برای کارفرمایان و یا ضابطین استاندارد شامل توضیحات کافی
- شناسایی عواقب ناشی از خرابی اجزاء

در طی یک زلزله ویرانگر، احتمال از آسیب‌دیدگی تأسیسات خارج از ساخت‌گاه و از بین رفتن آن‌ها برای مدت طولانی وجود دارد. در این موارد تدارک دیدن مواردی از قبیل تجهیزات مولد برق پشتیبان و مخازن آب، در ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای منطقی به نظر می‌رسد. تیم بازرسان محل باید وجود سایر سامانه‌های اضطراری مؤثر در عملکرد سامانه را که به منظور کاهش اثرات زلزله در نظر گرفته شده‌اند، مشخص نمایند. علی‌الخصوص لزوم وجود سامانه هشدار و اطفای حریق، مخابراتی و بازدارنده به منظور اجرای عملکرد بی وقفه پس از زلزله، باید مشخص گردد.

ملاحظات عمده فنی در بازرسی عبارتند از:

- سطح خطر لرزه‌ای زمین: در مناطق با خطر لرزه‌ای کمتر، سازه‌ها ممکن است برای بار جانبی غیر از زلزله از قبیل باد، طراحی شده باشند و از نظر مقاومتی پاسخگوی زلزله هم باشند ولی با این حال تغییر مکان‌های منجر به خرابی در سطوح پایین لرزه‌ای نیز ممکن است اتفاق بیفتد.
- شدت خطرات ثانویه (گسلش، جابجایی خاک و لغزش زمین): تیم بازرسی باید در مورد گسل‌های موجود در مجاور ساخت‌گاه توجه ویژه‌ای نمایند. محل‌هایی که در آن‌ها احتمال تغییر مکان و آسیب‌دیدگی به خطوط مدفون و تجهیزات متکی بر سیستم‌های سازه‌ای مختلف وجود دارد باید مد نظر قرار بگیرد. در حالتی که گسل‌ها از محل ساخت‌گاه عبور می‌کند، ارزیابی تیم بازرسی باید با انجام تحقیقات ژئوتکنیکی اضافی یا سایر مطالعات تکمیل گردد.
- آیین‌نامه‌های کاربردی در زمان ساخت و ساز: آیین‌نامه‌های کاربردی و روش‌های طراحی لرزه‌ای ممکن است نسبت به زمان طراحی اولیه آن واحد، تغییر عمده داشته باشد.
- برای ارزیابی تأسیسات قدیمی‌تر توجه بیشتر باید در زمینه آسیب‌های موجود ناشی از زوال سازه‌ای از قبیل فرورفتگی فولاد، بتن آسیب‌دیده، خوردگی و غیره باشد.
- در صورتی که کیفیت کلی تعمیر و نگهداری مناسب نباشد، تیم بازرسی محلی باید به جزئیاتی از قبیل تعداد پیچ و مهره‌های از دست رفته، خرابی‌های ترمیم نشده، تغییرات و اصلاحات میدانی و غیره را خصوصاً در مسیر انتقال بار سازه و نیز در اتصالات مورد توجه و بررسی قرار دهند.

- مهندسان ایمنی فرآیند و کارفرمایان از طریق بازرسان محلی باید از بررسی اولیه ایمنی، آلودگی یا پیامدهای اقتصادی و زیست محیطی آسیب‌ها، اطلاع و اطمینان حاصل نمایند.
- تیم بازرسی محل باید همواره مراقبت نواحی مستعد خوردگی باشند. نواحی مستعد خوردگی خصوصاً به محل وجود موارد خورنده مانند اسیدها و نیز محل تجمع آب، مربوط می‌شود. مورد دیگری که در آن خوردگی ممکن است مشکل ساز گردد، جایی است که پوشش بتن جدا شده و آرماتورها در معرض شرایط محیطی قرار گیرد.
- حین انجام بازرسی، مهندسان می‌توانند تأسیسات نصب شده مشکل‌دار را نیز بررسی نمایند. این اشکالات ممکن است در جوش‌ها، یا نصب پیچ‌های مهاری انبساطی مشاهده شود. مثلاً اگر طول مهارهای انبساطی کافی نباشد ممکن است به اندازه ظرفیت کششی طراحی خود مقاومت ننماید.
- ممکن است قطعه‌ای از سامانه، سازه، کابینت‌های ذخیره‌سازی، اثاثیه و وسایل ذخیره در حین زلزله حرکت نمایند. در اثر حرکت و به تبع آن برخورد این اجزاء به یک سامانه یا جزئی از آن آسیب‌هایی وارد می‌گردد که به آن اندرکنش لرزه‌ای اطلاق می‌گردد. بررسی‌های محلی در خصوص اندرکنش‌های احتمالی جزء بهترین موارد بررسی عملکرد اجزاء می‌باشد. اندرکنش‌ها، اغلب در مواردی روی می‌دهد که فاصله کافی میان دو جزء وجود نداشته باشد. همچنین ممکن است بر اثر لغزش تأسیسات مهار نشده، حرکت لوله‌های آویزان و یا سینی کابل‌ها، خیز تابلوهای الکتریکی و برخورد با تابلوهای مجاور، دیواره‌ها یا اعضای سازه‌ای، ایجاد گردد. مثال دیگر شامل خطر مربوط به سکوها عبور با تکیه‌گاه‌های نوک تیز می‌باشد. از دیگر موارد اندرکنش می‌توان به گسیختگی سازه‌ای و واژگونی در زمانی که اجزاء مختلف به دلیل عدم کفایت مهار از بالا، سقوط نموده و به ادوات دیگر برخورد نمایند، اشاره نمود.
- برای بازرسان محلی تغییر مکان نامتقارن بیشتر در مورد تأسیسات متصل به سیستم‌های سازه‌ای مختلف، دارای اهمیت می‌باشد. مهندسان باید از وضعیت‌های تغییر مکان احتمالی تأسیسات مطلع باشند. این وضعیت‌ها شامل مواردی همچون لوله‌های متصل‌کننده، داکت‌ها، مجاری، لوله‌ها و غیره می‌شود. در این موارد باید تأسیسات انعطاف‌پذیری کافی در مقابل حرکت را داشته باشند. انعطاف‌پذیری یک مشخصه کلیدی برای مقاومت در برابر آسیب‌پذیری می‌باشد. این مشخصه در زمان استفاده از پی‌های مختلف برای تجهیزات، در زمانی که تجهیزات مهار نشده‌اند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.
- یکی از موارد قابل توجه سیستم اعلام و اطفاء حریق اتوماتیک می‌باشد. ممکن است قرار گرفتن تجهیزات الکتریکی حساس به آب، زیر هد آب‌پاش، عملکردشان را دچار اختلال نماید.
- بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود در مجاورت مؤلفه‌های شبکه توزیع و خطر برخورد آن‌ها با مؤلفه‌های شبکه در صورت تخریب، می‌باید مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور، ابتدا آن دسته از ساختمان‌هایی که به حد کافی به مؤلفه‌های شبکه نزدیک بوده و در صورت تخریب کلی یا اجزای آن‌ها، خطر برخورد با مؤلفه‌های شبکه وجود داشته باشد، می‌باید مشخص گردد. پس از مشخص شدن ساختمان خطرآفرین در مجاور شبکه، ساختمان مورد نظر در مرحله بعد می‌باید مورد ارزیابی لرزه‌ای قرار گیرد. ارزیابی لرزه‌ای ساختمان مجاور شبکه

توزیع بر حسب مورد می‌باید بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه (دستورالعمل‌های شماره ۳۶۰ و ۳۶۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، 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 ساختمان‌ها، برای سطح خطر طرح طبق این دستورالعمل، می‌باید برابر آستانه فرو ریزش و برای مؤلفه‌های با اهمیت زیاد، ایمنی جانی منظور شود. در صورت عدم امکان انجام ارزیابی کمی برای ارزیابی ساختمان مورد نظر، انجام ارزیابی‌های کیفی تکمیلی طبق دستورالعمل‌های مذکور، الزامی است. در مورد مؤلفه‌های با اهمیت زیاد شبکه، ارزیابی ساختمان‌های مجاور آن‌ها به روش کمی الزامی است.

۳-۵-گردآوری اطلاعات مورد نیاز در ارزیابی تفصیلی

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

۱. اسناد و مدارک موجود در مراحل مختلف طراحی، بهره‌برداری و تعمیرات دوره‌ای: اسناد موجود می‌باید به صورت عینی با وضعیت فعلی شبکه مقایسه شده و در صورت نیاز به روز گردند.
۲. بازدید و برداشت اطلاعات با استفاده از روش‌های عینی و اندازه‌گیری‌های مورد نیاز: بدین منظور در صورت نیاز می‌باید اقدام به مونتاژ و تخریب پوشش‌ها و لایه‌های رویی نموده (بدون ایجاد اختلال یا ضعف در عملکرد یا رفتار مؤلفه) و مشخصات و پارامترهای مورد نیاز تعیین گردند.
۳. 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 گردد. مهم‌ترین موارد کاربرد روش‌های آزمایش برای تعیین مشخصات مورد نیاز خاک، ساخت‌گاه و مشخصات مکانیکی مصالح می‌باشد. به طور کلی انجام آزمایش‌های غیر مخرب ارجح می‌باشد. در صورت نیاز به انجام آزمایش بر روی وسایل اتصال مانند پیچ‌ها و یا مقره‌ها حتی‌الامکان می‌باید وسیله مورد آزمایش با نمونه مشابه خود جایگزین گردد. در هر صورت، هنگام مونتاژ 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. همچنین 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، تعمیرات احتمالی و حوادث اثرگذار بر رفتار تأسیسات نیز ضروری می‌باشد.

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

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

در این مرحله از جمع‌آوری اطلاعات، مطالعات و بررسی به منظور ثبت اشکالات مشهود و مؤثری که ضعف مشخص و واضحی در رفتار لرزه‌ای تأسیسات ایجاد نماید، انجام می‌گیرد. مقایسه نقشه‌های اجرایی، چون ساخت و نصب با وضعیت موجود تأسیسات در این مرحله الزامی است.

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

به تشخیص مهندس مشاور در صورتی که در بررسی‌های مراحل قبل مدارک، اسناد و اطلاعات موجود جهت ارزیابی اولیه یا تفصیلی کافی نباشد، این مرحله از جمع‌آوری اطلاعات باید پس از تصویب کارفرما انجام شود. در جدول ۳-۳ شرایطی که انجام آزمایشات مصالح یا خاک را لازم دارد و سطح این آزمایشات ذکر شده است. تعریف آزمایشات متعارف و جامع برای ساختمان‌ها، طبق نشریه ۳۶۰ می‌باشد. در این راهنما در مورد سازه‌های غیر ساختمانی و تجهیزات، تعریف مشخصی برای آزمایشات 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 عددی سازه 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 تجهیزات
 - بارگذاری لرزه‌ای و تحلیل عددی سازه مدل تهیه شده
 میرایی و جرم مورد استفاده در مدل‌سازی و تحلیل عددی سازه تجهیزات مطابق مندرجات کاتالوگ سازندگان، برگه‌های
 آزمون و یا بر اساس نتایج روش‌های تحلیلی در نظر گرفته می‌شود. در صورت فقدان هر گونه اطلاعات استفاده از میرایی
 ۲٪ پیشنهاد می‌گردد.

روش‌های تحلیل عددی سازه مورد توصیه این راهنما عبارتند از:

- روش استاتیکی معادل
- روش طیفی
- روش تاریخچه زمانی

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 توصیه می‌گردد.
 برای تجهیزات با پرید طبیعی کوچک‌تر از ۰/۰۳ ثانیه اعمال نیروی حاصل از ضرب شتاب 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 موده‌های متعدد ارتعاشی به اندازه کافی 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 موده‌های 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، مجموعه‌ای از تأثیرات بر رفتار لرزه‌ای و تشدید عواقب ناشی از زلزله می‌باشد. تغییر نامطلوب
 در مشخصات دینامیکی ناشی از اندرکنش سازه‌های سامانه‌های مجاور هم، برخورد، سقوط و تغییر مکان نسبی سامانه‌های
 مجاور هم و تغییر در شرایط محیطی و عملیاتی که موجب اختلال در عملکرد سامانه‌ها یا پرسنل گردد، از جمله مواردی است
 که باعث اندرکنش لرزه‌ای می‌شود.

علل رایج اندرکنش به صورت ذیل قابل طبقه‌بندی است:

- ۱- مجاورت: هرگونه تأثیر منجر به سوء عملکرد ناشی از مجاورت سامانه‌ها شامل: برخورد، تغییر شکل نسبی و اندرکنش سازه‌ای
 - ۲- گسیختگی و سقوط: هرگونه تأثیر منجر به سوء عملکرد ناشی از خرابی، گسیختگی و سقوط
 - ۳- آب‌فشان: تأثیرات ناشی از گسیختگی لوله‌ها یا عملکرد آبفشان‌های اطفای حریق که ممکن است موجب بروز اتصال کوتاه یا عدم امکان دسترسی به اجزای گردد.
 - ۴- آب‌گرفتگی: تأثیرات ناشی از غرقاب شدن سامانه‌ها و عدم امکان دسترسی به آن‌ها
 - ۵- آتش سوزی: تأثیرات ناشی از حریق مانند پخش دود و انهدام سامانه‌ها
- هر کدام از سامانه‌ها که در معرض اثرات منفی ناشی از اندرکنش‌های فوق قرار داشته باشد «هدف اندرکنش» و سامانه‌هایی که سوء عملکرد آن‌ها موجب اندرکنش‌های فوق گردد «منبع اندرکنش» می‌باشد. 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

چنانچه اثرات ناشی از بارهای وارده به تجهیزات مطابق با ترکیب بارگذاری زیر بیشتر از ظرفیت لرزه‌ای اجزای تجهیزات باشد، تجهیز مورد نظر آسیب پذیر در نظر گرفته می‌شود.

اثر بار هنگام بهره‌برداری + اثر بار مرده + اثر زلزله

در مورد انواع ساختمان‌های موجود در شبکه، می‌باید از معیارهای پذیرش ارائه شده در دستورالعمل‌های مورد استفاده در ارزیابی استفاده شود.

در مورد سایر مؤلفه‌ها (سازه‌های غیر ساختمانی و تجهیزات) در شبکه، پذیرش یا عدم پذیرش آن‌ها بر اساس مقایسه اثرات لرزه‌ای (حاصل از تحلیل لرزه‌ای آن‌ها تحت ترکیبات بارها) با ظرفیت لرزه‌ای هر یک از آن‌ها صورت می‌گیرد. در مورد پایه‌های خطوط هوایی علاوه بر ظرفیت لرزه‌ای، بررسی تغییر مکان آن‌ها جهت جلوگیری از واژگونی نیز مورد نیاز است.

۳-۸-۱- ترکیبات بارهای وارده

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

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

۳-۸-۲- ظرفیت و مقاومت اجزاء سازه‌ای

ظرفیت و مقاومت اجزای مختلف بر اساس نوع و جنس مصالح آن‌ها با استفاده از استانداردهای مربوطه به شرح ذیل حاصل می‌گردد:

- ظرفیت لرزه‌ای قطعات ترد، بر اساس استانداردها و کاتالوگ‌های مربوطه و یا برابر ۸۵ درصد مقاومت نهایی مصالح آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. مقدار ظرفیت فوق در تمام سطوح خطر می‌باید رعایت شود.
- ظرفیت لرزه‌ای اجزاء فولادی برای سطح خطر-۲ یا طراحی برابر ۱/۷ برابر تنش‌های مجاز (و یا مقاومت‌های نهایی) و برای سطح خطر-۱ یا بهره‌برداری برابر تنش‌های مجاز طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته می‌شود.
- ظرفیت لرزه‌ای اجزاء بتنی مسلح برای سطح خطر-۲ برابر مقاومت اسمی اجزاء (با ضرایب کاهش مقاومت مصالح) و برای سطح خطر بهره‌برداری برابر مقاومت متناظر با حد ترک خوردگی طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته می‌شود.
- ظرفیت لرزه‌ای پایه‌های چوبی خطوط هوایی در سطوح خطر طراحی و بهره‌برداری نیز بر اساس طبقه‌بندی استاندارد آن‌ها، بر اساس مقاومت‌های نهایی (برای سطح خطر طراحی) و حد ترک خوردگی (برای سطح خطر بهره‌برداری) مربوط به هر طبقه قابل برآورد می‌باشد.
- ظرفیت لرزه‌ای کابل‌های خطوط هوایی برای سطح خطر طرح برابر مقاومت کششی تسلیم و برای سطح بهره‌برداری برابر مقاومت متناظر با تنش کششی مجاز طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته می‌شود.
- ظرفیت لرزه‌ای کابل‌های خطوط زمینی برای سطح خطر طراحی برابر کرنش طولی متناظر با حد گسیختگی کابل و برای سطح خطر بهره‌برداری برابر کرنش طولی متناظر با تنش کششی مجاز در نظر گرفته می‌شود.

۳-۸-۳- کنترل‌های مربوط به تغییر مکان و واژگونی

در مورد قطعات و تجهیزات مهار نشده و همچنین در مورد تیرهای خطوط هوایی علاوه بر بررسی نیازها و ظرفیت لرزه‌ای به لحاظ مقاومت، کنترل واژگونی، لغزش و تغییر مکان لازم می‌باشد که به شرح ذیل می‌باید انجام گردد:

- تجهیزات و قطعات مهار نشده می‌باید در برابر نیروهای لرزه‌ای 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 می‌باشد.
- مقدار گریز پایه‌های خطوط هوایی (نسبت اختلاف تغییر مکان دو انتهای تیر به ارتفاع آن یا زاویه دوران تیر) برای سطح خطر طرح به ۰/۰۲ و برای سطح خطر بهره‌برداری به ۰/۰۱ می‌باید محدود گردد.

۳-۸-۴- ظرفیت و مقاومت مهار تجهیزات

در تجهیزات و قطعات مهار شده داخل بتن یا سایر مصالح، ظرفیت مهارها می‌باید بر اساس فصل سوم نشریه شماره ۵۱۲ تعیین گردد.

۳-۸-۵- معیارهای پذیرش در روش‌های دینامیکی غیر خطی

به طور کلی در روش‌های دینامیکی غیر خطی، ارزیابی و پذیرش اجزاء مختلف با معیارهایی متشکل از ترکیب نیرو و تغییر مکان صورت می‌گیرد. در شبکه‌های مخابرات با توجه به عملکرد مورد نظر تجهیزات و مؤلفه‌های شبکه، در صورت انجام تحلیل‌های غیر خطی می‌باید تنش‌ها و نیروهای داخلی ایجاد شده در اجزاء غیر شکل پذیر (کنترل شونده با نیرو) همانند روش‌های خطی (ارائه شده در بندهای قبل) کنترل شوند. در اجزاء شکل پذیر که وارد محدوده غیر خطی می‌شوند، تغییر مکان‌ها و دوران‌های ایجاد شده می‌باید در حدی باشد که باعث اختلال در عملکرد مورد انتظار مؤلفه مورد ارزیابی نگردد. تشخیص این موارد نیز بر اساس مشخصات فنی تجهیزات و قضاوت افراد خبره می‌باید انجام گیرد.

فصل ۴

روند بهسازی لرزه‌ای

۴-۱- اولویت بندی بهسازی

اولویت بندی بهسازی با توجه به شاخص‌های زیر انجام می‌پذیرد:

- شاخص 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 تصمیم‌گیری شود. عواقب عدم بهسازی در پنج دسته تلفات جانی، احتمال وقوع بحران‌های اجتماعی و سیاسی با توجه به زمان قطع ارتباط، 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 دسته اول اختصاص می‌یابد. در حالات دیگر با مقایسه هزینه بهسازی و هزینه خسارات پیش‌بینی شده میزان ریسک عدم بهسازی، مشخص شده و بر اساس آن تصمیم‌گیری می‌گردد. در انجام تحلیل ریسک می‌توان مدهای خرابی مختلف و نیز سطوح بهسازی را نیز با یکدیگر مقایسه نمود.

۴-۲- روند بهسازی لرزه‌ای

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

- ۱- انتخاب روش‌های بهسازی بر اساس مد خرابی تجهیزات، 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، اولویت بندی روش‌های بهسازی هر سازه و تجهیز
- ۴- اولویت بندی بهسازی لرزه‌ای مؤلفه‌های سامانه بر اساس بند ۴-۱

فصل ۵

روش‌های بهسازی لرزه‌ای

۵-۱- رویکرد انتخاب روش بهسازی

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

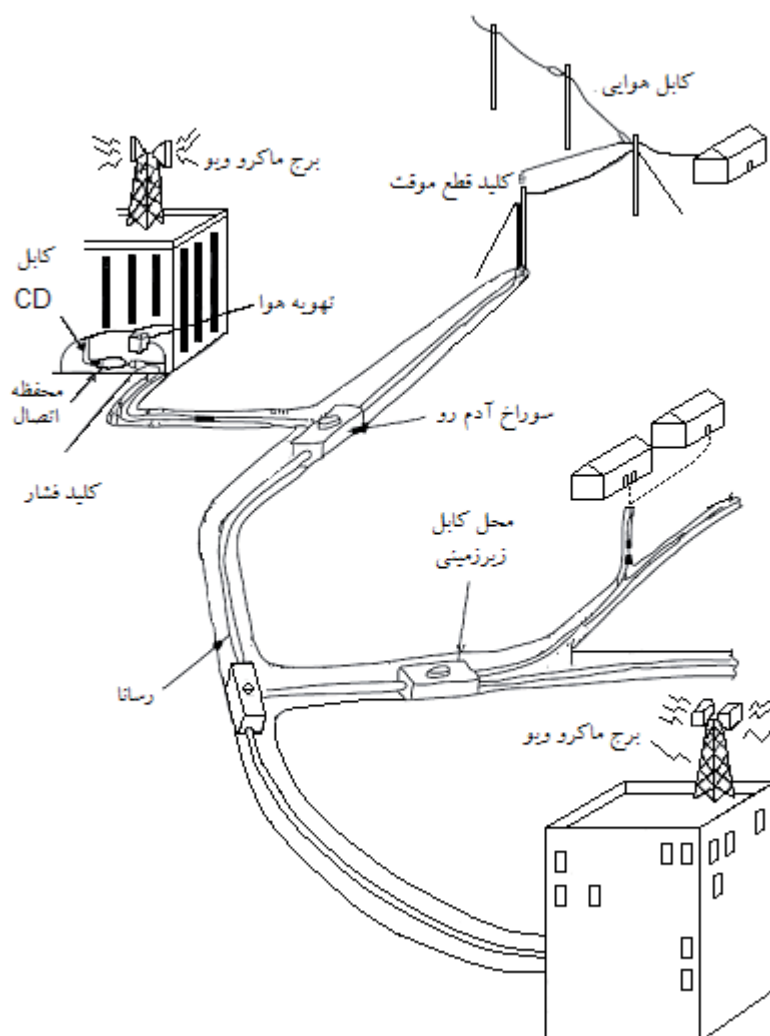
- روش‌های سخت افزاری به صورت بهسازی و اصلاح سازه‌ای و در نهایت نوسازی
- روش‌های نرم افزاری به صورت تغییر برنامه بهره‌برداری، تغییر سطح عملکرد مورد انتظار و افزایش ایمنی و کاهش احتمال وقوع حوادث ثانویه

روش بهسازی لرزه‌ای بستگی به مد خرابی غالب سازه یا تجهیز دارد. بنابراین انتخاب روش بهسازی مناسب، ارتباط مستقیم به اعتبار نتایج ارزیابی آسیب پذیری دارد. در این مطالعات باید مد خرابی و میزان آسیب در آن به طور کامل مشخص شود. البته 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 گیرد. مدهای آسیب ثانویه شامل تغییر شکل‌های دائم زمین، آتش سوزی، انفجار، اندرکنش، برخورد سازه‌ها، فروریختن آوار خرابی سایر مؤلفه‌ها روی آن‌ها و موارد دیگر می‌باشد.

۵-۲- نوع روش بهسازی

آموزش عمومی برای استفاده از سامانه‌های ارتباطی حین و بعد از وقوع زلزله به اندازه حفاظت تجهیزات در مقابل زلزله اهمیت دارد. اشغال شبکه یا ترافیک شبکه یک پدیده معمول و عمومی پس از وقوع زلزله است. غیر از مواردی که مربوط به اورژانس و نجات جان کسی باشد، مردم باید برای استفاده مناسب از سامانه‌های ارتباطی در شرایط اضطراری آموزش دیده باشند. این کار باعث می‌شود تا خطوط برای تماس‌های اورژانس و خدمات نجات آزاد باشد. در این بخش روش‌های کلی بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها و تجهیزات مخابرات بر اساس مدهای خرابی مشاهده شده در زلزله‌های گذشته پیشنهاد شده است.



شکل ۵-۱-۵- شمای اجزای شبکه مخابراتی

۵-۲-۱- مراکز سوئیچینگ

یکی از ارکان اصلی برقراری ارتباطات مخابراتی، مراکز سوئیچینگ هستند که در صورت بروز هرگونه قطع ارتباط در آن‌ها ارتباطات تلفن در منطقه تحت پوشش آن قطع شده و باعث ایجاد اختلال در شبکه مخابراتی می‌گردد. طبیعتاً اگر این اختلال در مراکز اصلی شبکه مثل سوئیچینگ بین‌الملل و یا هر یک از مراکز سوئیچینگ بین شهری (STD) اتفاق بیفتد منجر به قطع ارتباط با سایر کشورهای جهان و یا قطع ارتباط محدوده وسیعی از کشور با سایر نقاط می‌گردد؛ لذا ضروری است که این سازه‌ها و تجهیزات در مقابل وقوع زلزله و اثرات احتمالی آن بهسازی گردند. تجهیزات سوئیچینگ دو وظیفه مهم بر عهده دارند:

۱- متصل کردن یک مشترک با مشترک دیگر

۲- اجازه دسترسی تعداد زیادی از خطوط را از تعداد کمتری شاخه اصلی فراهم می‌آورد.

در یک مرکز مخابراتی تیپ ردیف‌های متعددی از تجهیزات سوئیچینگ وجود دارد که دو وظیفه فوق را به طور دائم انجام می‌دهند. سامانه سوئیچینگ شامل سوئیچینگ محلی که مسیریابی تماس‌ها در سامانه و نیز دسترسی به سامانه‌های سوئیچینگ دیگر و سوئیچینگ راه دور که امکان مسیریابی به خطوط راه دور را می‌دهد. یک سامانه کابل کشی و یک منبع تغذیه برق نیز در هر مرکز مخابراتی برای پشتیبانی تجهیزات سوئیچینگ وجود دارند. کابل‌ها در یک مرکز مخابراتی معمولاً از بالای سر تجهیزات عبور می‌کنند. کابل‌ها شامل: کابل‌های ارتباطی، کابل‌های تغذیه و کابل‌های شبکه بیرونی می‌باشند. یک سازه نگه‌دارنده برای نگهداری دسته کابل‌ها مورد استفاده می‌باشد. سینی کابل‌ها بر روی اعضای افقی دستک‌های خرپایی متصل شده‌اند. کابل‌هایی که از یک طبقه به طبقه دیگر می‌روند توسط نردبان کابل‌ها نگه داشته می‌شود.

۵-۲-۱-۱- سازه‌های غیر ساختمانی

سازه‌های غیر ساختمانی مدهای خرابی مختلف و متعددی دارند. این سازه‌ها را به سه بخش عمده می‌توان تقسیم نمود:

۱- سازه‌های خاص مانند برج‌ها و آنتن‌ها

۲- سازه‌های ارتباطی مانند کانال‌ها و مجاری زیرزمینی، شینه‌ها و رک‌ها

۳- سازه‌های فرعی داخل یا خارج ساختمان‌ها مانند دیوارهای جداکننده، دیوارهای حائل، کف‌های کاذب باربر

در جدول ۵-۱ فهرست انواع این سازه‌ها با معرفی مدهای خرابی لرزه‌ای مشاهده شده و محتمل آن‌ها، علت‌های شایع

رخداد این مدهای خرابی، آسیب‌ها و روش‌های کلی بهسازی آن‌ها بر حسب مد و علت خرابی مربوطه ارائه گردیده است.

مدهای خرابی لرزه‌ای سازه‌های غیر ساختمانی به موارد این جدول محدود نمی‌شوند و مشاور باید حسب مورد، احتمال

رخداد سایر مدهای خرابی لرزه‌ای را بر اساس شرایط محل و نتایج مطالعات آسیب پذیری بررسی نماید.

سازه برج‌های ماکروویو نیز باید به گونه‌ای طراحی گردند که در برابر بار باد که معمولاً بیش از بار زلزله می‌باشد مقاومت نمایند، در این صورت معمولاً این برج‌ها در برابر خسارات ناشی از زلزله نیز مقاوم خواهند بود. البته کنترل تغییر شکل‌های زمین در زلزله باید به صورت جداگانه انجام پذیرد. برج‌ها همچنین برای چهار حالت خاص بارگذاری، باد، محیطی، یخ و زلزله مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

برج‌ها و آنتن‌ها انواع مختلفی دارند و شامل شکل‌های مختلف پایه‌های خرابایی و پایه‌های فلزی تلسکوپی و پایه‌های خرابایی یا قابی مهار شده می‌باشند که البته نوع خرابایی متداول‌ترین آنهاست. این پایه‌ها به علت سبکی تحت ارتعاش زلزله سابقه خرابی چندانی ندارند و عمده خرابی‌های آنها در زلزله‌ها به دلیل تغییر شکل‌های زمین و ریزش ساختمان و یا کوه بوده است.

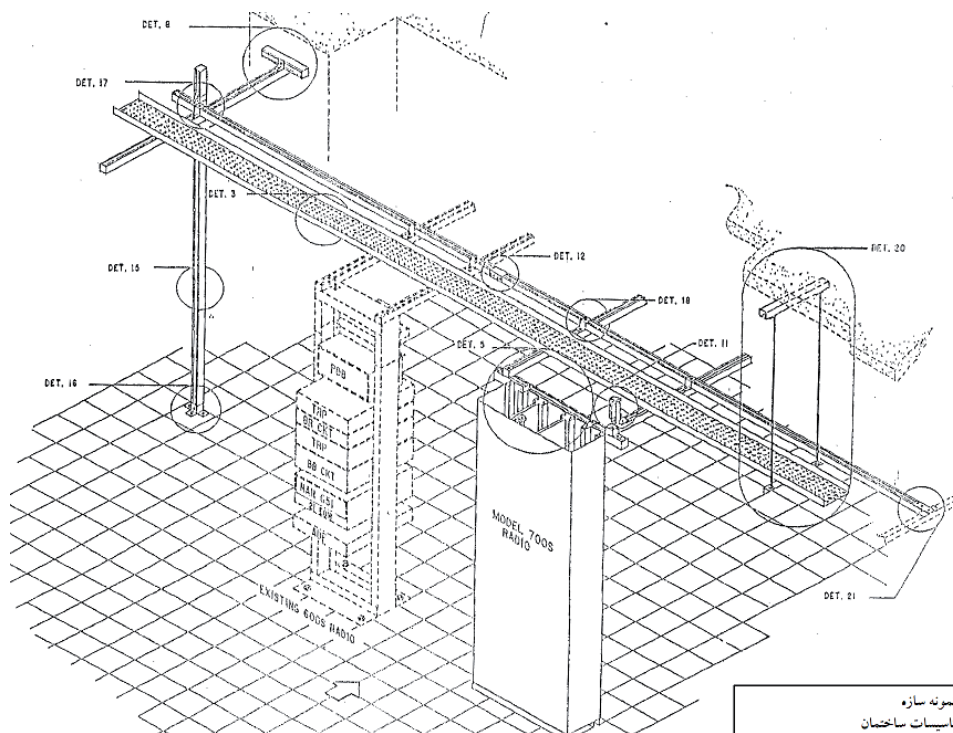
در جدول ۵-۲ فهرست انواع مدهای خرابی لرزه‌ای مشاهده شده و محتمل آنها، علت‌های شایع رخداد این مدهای خرابی و آسیب‌ها و روش‌های کلی بهسازی بر حسب مد و علت خرابی مربوطه ارائه گردیده است. مدهای خرابی لرزه‌ای برج‌ها به موارد این جدول محدود نمی‌شوند و مشاور باید حسب مورد احتمال رخداد سایر مدهای خرابی لرزه‌ای را بر اساس شرایط محل و نتایج مطالعات آسیب پذیری بررسی نماید.

جدول ۵-۲- راهنمای بهسازی لرزه‌ای برج‌ها و آنتن‌ها

مؤلفه	مد خرابی محتمل	علت خرابی	روش بهسازی
پایه‌های خرابی	← واژگونی، لغزش و کج شدگی ← خرابی اعضاء	← نشست زیاد زمین به دلیل روان‌گرایی ← یا گسترش جانبی ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل لغزش شیب ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل گسلش در محل تقاطع با گسل ← ریزش کوه و سازه‌های مجاور ← واژگونی برج‌های مجاور ← سرقت قطعات برج و ایجاد ضعف سازه‌ای	← تثبیت زمین با تزریق یا تحکیم ← تقویت شالوده یا تعبیه شمع یا میکروپایل یا تبدیل به شالوده گسترده ← تثبیت شیب یا مهار برج در برابر لغزش با تقویت شالوده یا استفاده از تاندون یا ایجاد دیوار حائل و نگهدارنده در پای برج ← جابه‌جایی برج‌های واقع در ناحیه گسلش ← تثبیت ریزش‌ها با بتن پاشی و مش یا استفاده از تله‌های توری کابلی سنگ‌های ریزشی یا موانع سازه‌ای در قسمت فوقانی برج ← برای مهار قطعات ریزشی ← حفاظت فیزیکی برج با موانع ضد سرقت
پایه‌های فلزی تلسکوپی	← واژگونی و لغزش و کج شدگی	← نشست زیاد زمین به دلیل روان‌گرایی ← یا گسترش جانبی ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل لغزش شیب ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل گسلش در محل تقاطع با گسل ← ریزش کوه و سازه‌های مجاور ← اندرکنش با ساختمان	← تثبیت زمین با تزریق یا تحکیم ← تقویت شالوده، تعبیه شمع، میکروپایل یا تبدیل به شالوده گسترده یا افزایش عمق دفن ← تثبیت شیب یا مهار پایه در برابر لغزش با تقویت شالوده، استفاده از تاندون، ایجاد دیوار حائل و نگهدارنده در پای آن ← جابه‌جایی پایه‌های واقع در ناحیه گسلش ← تثبیت ریزش‌ها با بتن پاشی و مش یا استفاده از تله‌های توری کابلی سنگ‌های ریزشی یا موانع سازه‌ای در قسمت فوقانی پایه ← برای مهار قطعات ریزشی
پایه‌های خرابی یا قابی مهار شده	← واژگونی و لغزش و کج شدگی ← پارگی یا لقی مهار	← نشست زیاد زمین به دلیل روان‌گرایی ← یا گسترش جانبی ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل لغزش شیب ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل گسلش در محل تقاطع با گسل ← ریزش کوه و سازه‌های مجاور ← واژگونی برج‌های مجاور ← ظرفیت کششی کم مهار ← جابه‌جایی تکیه گاه مهار	← تثبیت زمین با تزریق یا تحکیم ← تقویت شالوده، تعبیه شمع، میکروپایل یا تبدیل به شالوده گسترده ← تثبیت شیب یا مهار پایه در برابر لغزش با تقویت شالوده یا استفاده از تاندون یا ایجاد دیوار حائل و نگهدارنده در پای آن ← جابه‌جایی پایه‌های واقع در ناحیه گسلش ← تثبیت ریزش‌ها با بتن پاشی و مش، استفاده از تله‌های توری کابلی سنگ‌های ریزشی، موانع سازه‌ای در قسمت فوقانی پایه ← برای مهار قطعات ریزشی ← تعویض یا اضافه نمودن مهار ← تثبیت تکیه گاه مهار
کابل‌ها، هادی‌ها و فیبر نوری	← پارگی کابل ← آسیب کابل ناشی از بست اصطکاکی سینی کابل‌ها	← واژگونی یا کج شدگی پایه ← نوسان و تشدید در کابل	← تثبیت پایه ← حذف مد نوسانی تشدید کابل با تغییر مشخصات ارتعاشی آن، تغییر کشش داخل کابل، تغییر در آرایش جداکننده‌های کابل‌ها

۵-۲-۱-۱-۱- سازه‌های ارتباطی

در مورد سازه‌های ارتباطی نیز اتصال مطمئن به کف (کف سازه‌ای) برای اطمینان از عدم لغزش و واژگونی تجهیز در درجه اول اهمیت قرار دارد. در صورتی که در حالت خاص دستگاه باید بر روی کف کاذب نصب گردد، تجهیز باید بر روی پایه جداساز و بر روی کف سازه‌ای نصب و پایه نیز توسط پیچ‌های مناسب به کف متصل گردد تا در لغزش‌های افقی و قائم جابه‌جا نگردد. سینی‌های کابل (Cable trays) و نردبان‌ها توسط مهارهای مناسب (قائم و مورب) به سقف سازه‌ای متصل گردند. در صورت اتصال سینی کابل به دیوار، دیوار باید در برابر زلزله مقاوم بوده و برای نصب از ناودانی مخصوص که به کف و دیوار پیچ شده است استفاده گردد.



شکل ۵-۲-۱- پایدار سازی تجهیزات رادیو به کف و دیوارها

۵-۲-۱-۲- تجهیزات

تجهیزات را می‌توان در دو دسته زیر مورد بررسی قرار داد:

۱- تجهیزات اصلی سوئیچ مخابرات

۲- تجهیزات کنترلی و پشتیبانی داخل ساختمان‌ها مانند پانل‌های کنترل، قفسه باتری، سامانه روشنایی و برق،

سامانه اطفای حریق، تجهیزات رایانه‌ای و صفحه نمایش، قفسه‌ها

در جدول ۳-۵ فهرست انواع این تجهیزات با معرفی مدهای خرابی لرزه‌ای مشاهده شده و محتمل، علت‌های شایع رخداد این مدهای خرابی و آسیب‌ها و روش‌های کلی بهسازی آن‌ها بر حسب مد و علت خرابی مربوطه ارائه گردیده است. مدهای خرابی لرزه‌ای تجهیزات نیروگاه‌ها به موارد این جدول محدود نمی‌شوند و مشاور باید حسب مورد، احتمال رخداد سایر مدهای خرابی لرزه‌ای را بر اساس شرایط محل و نتایج مطالعات آسیب‌پذیری بررسی نماید.

جدول ۵-۳- راهنمای بهسازی لوزه‌های تجهیزات

مؤلفه	مد خرابی محتمل	علت خرابی	روش بهسازی
ترانسفورماتور	← واژگونی و لغزش ← شکست یا نشست روغن از پوشینگ ← جداشدن رادیاتور ← جداشدن مخزن روغن	← لغزش کنترل نشده به علت عدم مهار جانبی مناسب یا قرار داشتن روی چرخ و ریل ← ارتعاش کنترل نشده پوشینگ ← فقدان سیستم مهار جانبی ← فقدان سیستم مهار جانبی	← جایگزینی چرخ با نشیمن مهار شده ← اتصال با میل مهار به شالوده ← نگهدارنده فلزی جانبی متصل به شالوده ← جایگزینی پوشینگ سرامیکی با کامپوزیت ← تقویت اتصال کلاهدک در برابر نشست ← تعبیه مهار جانبی مناسب به پایه ← تعبیه مهار جانبی مناسب به بدنه ترانس ← تعبیه مهار جانبی مناسب به پایه
قفسه باتری	← واژگونی	← فقدان سیستم مهار جانبی	← تعبیه مهار جانبی برای قفسه دربرگیرنده باتری‌ها
پانل کنترل	← واژگونی	← فقدان سیستم مهار جانبی	← اتصال با میل مهار به ک ← اتصال جانبی به دیوار ← اتصال به سقف ← اتصال پانل‌ها به یکدیگر
شینه	← جدایش و شکست اتصالات	← جابه‌جایی نسبی کنترل نشده	← جایگزینی شینه آلومینیومی لوله‌ای با کابل با تعبیه لقی و آزادی کافی ← استفاده از قطعات مکانیکی یاز و بسته شونده در اتصالات شینه‌ها
کندانسور، فن، هواساز و چیلر	← واژگونی	← فقدان سیستم مهار جانبی	← اتصال با میل مهار به کف ← اتصال جانبی به دیوار ← تعبیه جداساز لرزه‌ای در پایه
سیستم روشنایی	← پارگی کابل و قطعی مخابرات	← جابه‌جایی نسبی کنترل نشده	← تعبیه آزادی کافی کابل
سیستم اطفای حریق	← واژگونی	← فقدان سیستم مهار جانبی	← اتصال با میل مهار به کف ← اتصال جانبی به دیوار
تجهیزات رایانه‌ای و صفحه نمایش	← واژگونی	← فقدان سیستم مهار جانبی	← اتصال با پیچ یا چسب به میز مهار شده ← اتصال به یکدیگر ← اتصال با پیچ به دیوار
قفسه‌ها	← واژگونی	← فقدان سیستم مهار جانبی	← اتصال با میل مهار به کف ← اتصال جانبی به دیوار ← اتصال به سقف ← اتصال قفسه‌ها به یکدیگر
تجهیزات ارتباطی	← واژگونی	← فقدان سیستم مهار جانبی	← اتصال با پیچ یا چسب به میز مهار شده ← اتصال به یکدیگر ← اتصال با پیچ به دیوار

۵-۲-۱-۲-۱- تجهیزات سوئیچ

روش‌های متعددی برای کاهش خسارات تجهیزات در مراکز مخابراتی وجود دارد. تمام تجهیزات مرکز مخابراتی باید مهار شوند. تجهیزات سنگین، لاغر و بلند سوئیچینگ‌های الکترو- مکانیکی از بالا به سقف مهار می‌شوند ارتفاع تجهیزات بین ۲/۷ تا ۳/۴۵ متر است و ارتفاع سقف بیشتر مراکز مخابراتی بین ۴/۸ تا ۶ متر متغیر است؛ بنابراین مهار کردن این تجهیزات از بالا راه‌حلی مناسب است. عضو فوقانی قفسه تجهیز از طریق یک مهاربندی به اسکلت یا سقف توسط پیچ‌های U شکل متصل می‌گردد. خود تجهیزات نیز به یکدیگر مهار می‌شوند.

تجهیزات الکترونیکی جدید ابعاد کوچک‌تری دارد و ارتفاع آن‌ها بین ۱/۸ تا ۲/۱ متر است؛ بنابراین مهار کردن آن‌ها از بالا در ساختمان‌های با سقف بلند چندان امکان‌پذیر نیست. روش‌هایی که برای حفاظت این دستگاه‌ها در برابر واژگونی و سقوط مورد استفاده می‌باشند عبارتند از:

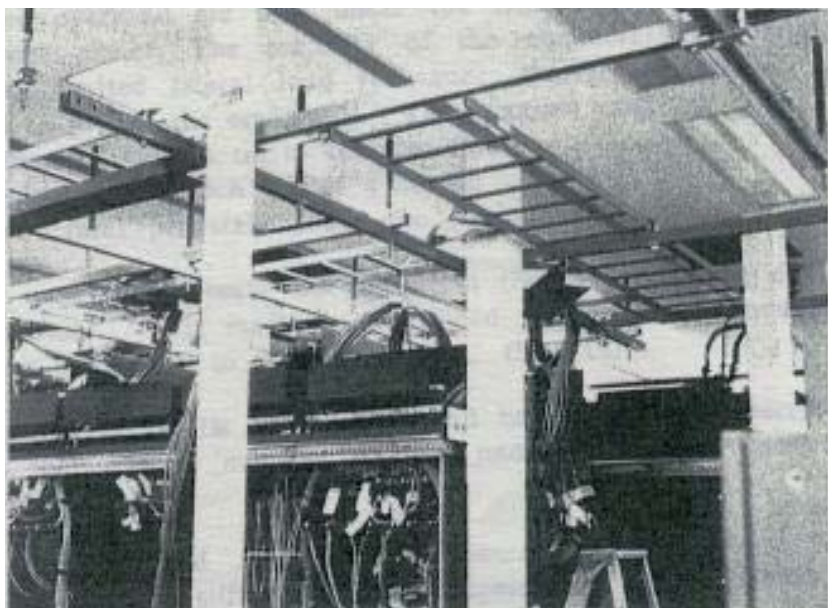
- مهاربندی قطری که در آن هر ردیف از آهن‌کاری به صورت یک خرپا می‌باشد که در تمام سطح زیر سقف قرار دارد.
- پایدار سازی جانبی یک ردیف از تجهیزات که در کنار هم قرار دارند. این کار به وسیله ستون‌های فولادی است که در دو انتهای یک ردیف از تجهیزات قرار دارد این ستون‌ها به کف و سقف سالن متصل هستند. تجهیز به این ستون‌ها متصل می‌گردد و مانع واژگونی تجهیزات می‌گردد
- سامانه مهاربندی کابلی افقی از کابل‌های فولادی استفاده می‌کند که به ستون‌های ساختمان متصل هستند. یک شبکه از آهن‌کاری که در بالای قاب تجهیزات محکم شده است در چند نقطه به کابل‌ها متصل است
- خود ایستا کردن تجهیز

تمامی این روش‌ها نیازمند مهار کردن تجهیز به کف نیز هستند. مهاربندی تجهیز از بالا باعث می‌گردد که در مواجهه با نیروی ناشی از زلزله نیروی وارد به مهار کف کاهش یابد.

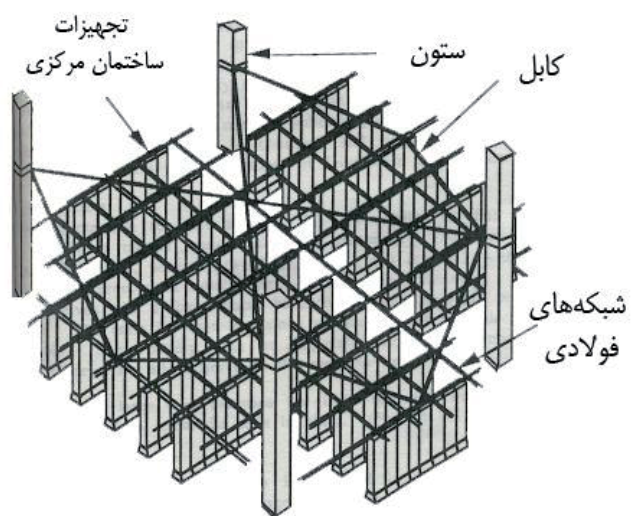
خود ایستا به تجهیزاتی می‌گویند که در صورتی که به کف پیچ شوند دیگر نیازمند مهاربندی خارجی نیستند. نسل دوم تجهیزات دیجیتالی به گونه‌ای طراحی و ساخته شده‌اند که خود ایستا باشند. برای طراحی خود ایستا این تجهیزات دو راهکار مورد استفاده بوده:

- استفاده از یک قاب سازه‌ای در هر ردیف از تجهیزات
- پایدار سازی تجهیزات

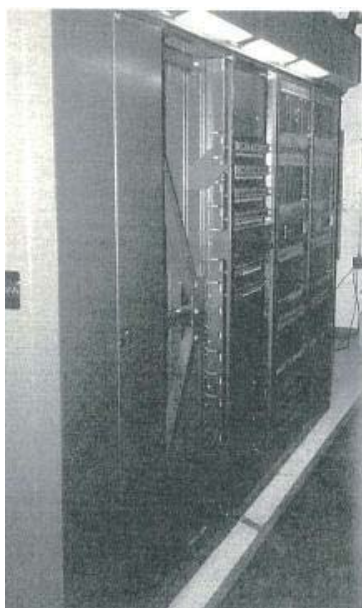
این راهکارها بر پایه افزایش فرکانس طبیعی سامانه تا حدود ۱۰ هرتز است تا فرکانس طبیعی تجهیز از محدوده ۲ تا ۵ هرتز ارتعاشات زلزله دور باشد. این موضوع از تشدید ارتعاشات با ساختمان نیز جلوگیری می‌کند. تجهیزات الکترونیکی جدید امتیازات زیادی در مقایسه با سامانه‌های قدیمی دارند- مرکز ثقل آن‌ها پایین‌تر است، وزن آن‌ها کمتر است و عرض تکیه‌گاهی آن‌ها بیشتر است. با پیشرفت سامانه‌های مهار، ساخت سامانه‌های خود ایستا امکان‌پذیر گردیده است.



شکل ۳-۵- پایدارسازی جانبی ردیف‌های تجهیزات



شکل ۴-۵- سامانه مهاربندی کابل افقی

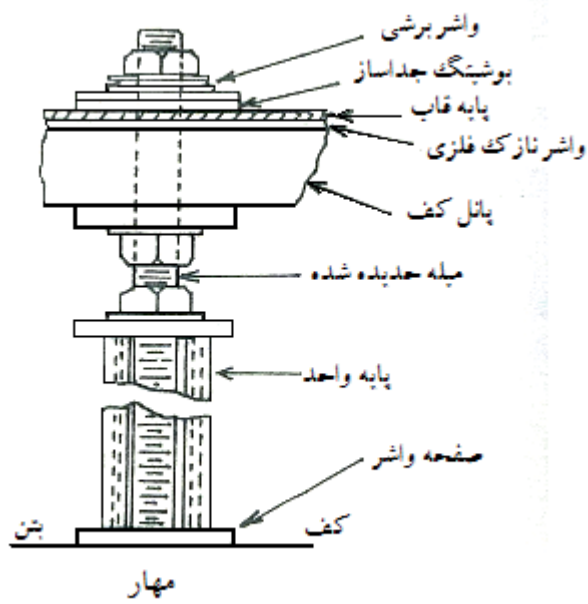


شکل ۵-۵- قاب مهاربندی مکانیکی

استفاده از کف‌های کاذب در مراکز سوئیچینگ جهت‌گیری منطقی‌ای می‌باشد. رایانه‌های موجود در مراکز سوئیچینگ نیاز به محیط کنترل شده برای صحیح کار کردن می‌باشند. کابل‌هایی که از بالای سر تجهیزات عبور می‌کند، در صورت استفاده در کف کاذب از زیر کف و خارج از دید می‌گذرد و نگهداری کابل‌ها آسان‌تر است. اکثر کف‌های کاذب موجود در بازار مقاومت کلی در برابر بارهای جانبی دارند. راهکارهای مختلفی برای مقاوم سازی تجهیزات روی کف‌ها در برابر بار جانبی وجود دارد، که عبارتند از:

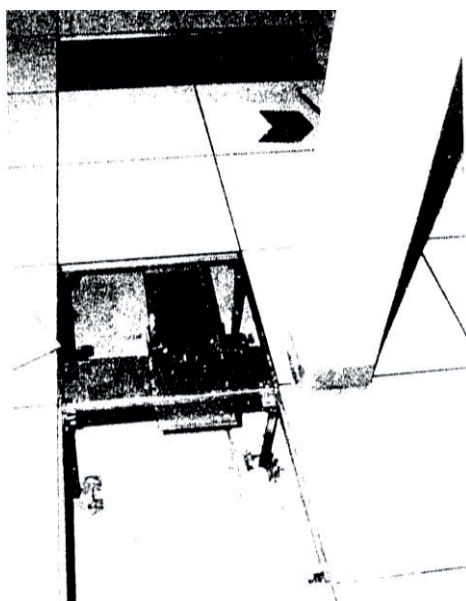
- پیچ کردن تجهیز به کف سازه‌ای
- تعبیه ستون‌های جانبی در دو انتهای هر ردیف
- تعبیه پدستال‌های سازه‌ای زیر تجهیزات

پیچ کردن برای متصل کردن پایه قاب تجهیز به کف سازه‌ای از طریق عبور کردن از کف کاذب است. این روش به منظور جلوگیری از واژگون شدن تجهیز طراحی شده است ولی اجازه حرکت به منظور استهلاک انرژی را می‌دهد.



شکل ۵-۶- پیچ مهاری که از کف کاذب عبور می‌کند

ستون‌های کناری شبیه به روش مهار تجهیزات از بالا می‌باشد که قبلاً شرح داده شد. تفاوت در آن است که یک عضو فولادی زیر کف کاذب به منظور اتصال به تجهیز تعبیه می‌گردد. ایجاد پدستال سازه‌ای در زیر تجهیزات برای انتقال بار آنها به کف کاذب می‌باشد. در این حالت سازه باید از تجهیز سخت‌تر باشد تا از تشدید جلوگیری شود.

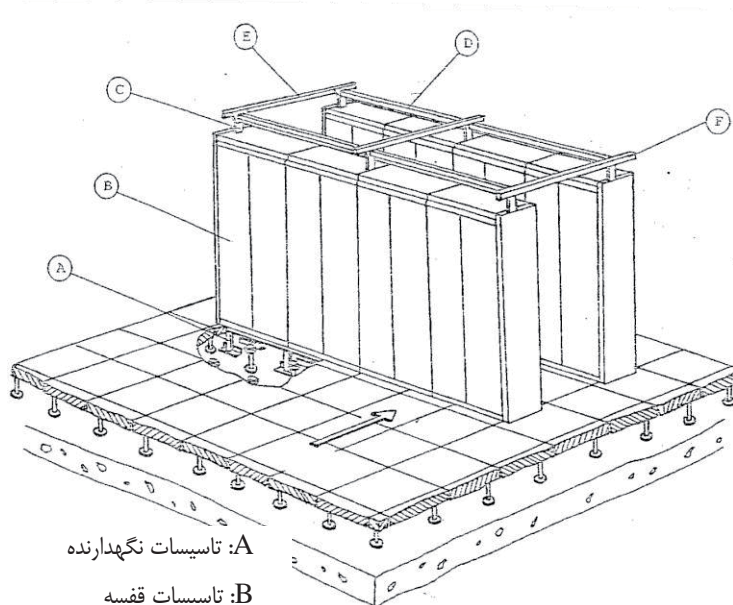


شکل ۵-۷- استفاده از مهاربندی از طریق ستون جانبی در کف کاذب



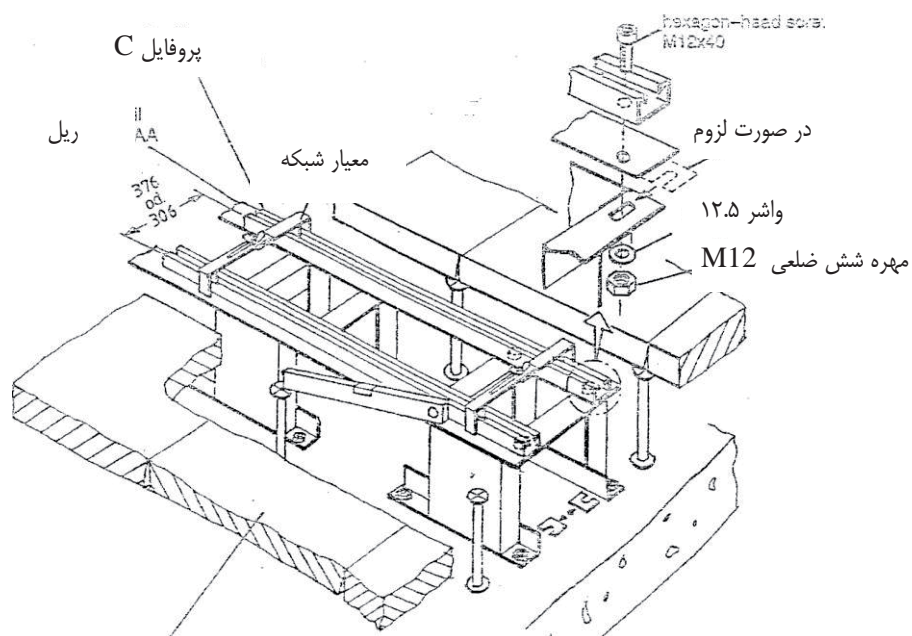
شکل ۵-۸- استفاده از بدستال سازه‌ای در کف کاذب

- در مجموع در خصوص بهسازی تجهیزات سوئیچ نکات مهم شامل موارد زیر است:
- (الف) راک‌ها همگی به طور کامل به کف به طور مطمئن متصل گردند. بدین منظور از طرف شرکت‌های سازنده جزییات مربوط به نصب راک بر روی کف (به طور مستقیم) و نصب راک بر روی نگه‌دارنده‌ها (در مواردی که راک بر روی کف کاذب) داده شده است. نگه‌دارنده‌ها با رول‌بولت به کف سازه‌ای متصل می‌گردند. راک‌ها علاوه بر اتصال به کف در بالا نیز به یکدیگر متصل هستند که فاصله بین راک‌ها را حفظ می‌کند.
- توصیه شده است که کف کاذب در سالن دستگاه مراکز پر ظرفیت استفاده گردد چرا که نصب تجهیزات جداساز و نیز هدایت کابل‌های ارتباطی از کف را تسهیل می‌کند.
- (ب) در صورت استفاده از نردبان‌های سقفی جهت عبور کابل‌های ارتباطی لازم است تا نسبت به توزیع مناسب بار بر روی نردبان‌ها و استفاده از پایه‌هایی که به سقف متصل می‌گردند (پایه‌های مورب جهت جلوگیری از جابه‌جایی در حین زلزله) اقدام گردد.
- (ج) از دیوارهای ساختمان‌ها حتی المقدور جهت نصب نگه‌دارنده‌ها استفاده نشود زیرا دیوارهای آجری معمولاً حین زلزله مقاوم نبوده و دچار خرابی موضعی یا کلی می‌گردند؛ لذا جهت نصب نگه‌دارنده فقط از ستون‌ها یا دیوارهای بتنی استفاده گردد.
- (د) برای جلوگیری از حرکت کارت‌ها درون شلف‌های راک، قفل نگه‌دارنده کارت استفاده گردد تا در هنگام لرزش از جابه‌جایی کارت‌ها ممانعت گردد.
- (ه) کابل‌های ارتباطی در نقطه اتصال به تجهیزات سوئیچ قابلیت جا به جایی و انعطاف‌پذیری داشته باشند تا در هنگام لرزش احتمالی راک، از قطع کابل‌ها جلوگیری گردد.



- A: تاسیسات نگهدارنده
- B: تاسیسات قفسه
- C: تاسیسات نگهدارنده شبکه
- D: تاسیسات فضای لوله
- E: پروفایل تاسیسات

شکل ۵-۹- مه‌ار تجهیز بر روی کف سازه‌ای



شکل ۵-۱۰- جزئیات نصب پایه برای راک‌هایی که روی کف کاذب قرار می‌گیرند

۵-۲-۱-۲-۲- تجهیزات برقی

انرژی الکتریکی مورد نیاز سامانه‌های مخابراتی به وسیله تجهیزات برق تأمین گردد. در صورت بروز اختلال در این تجهیزات برقراری ارتباط نیز مختل می‌گردد؛ لذا ضروری است که تجهیزات تأمین نیرو در مقابل عوامل غیر طبیعی (مثل زلزله) و طبیعی بهسازی شوند. سامانه تغذیه برق به دو دسته تقسیم می‌شوند: سامانه برق اصلی و سامانه برق ذخیره (اضطراری). این سامانه معمولاً در یک اتاق مجزا یا در یک طبقه مجزا قرار دارد.

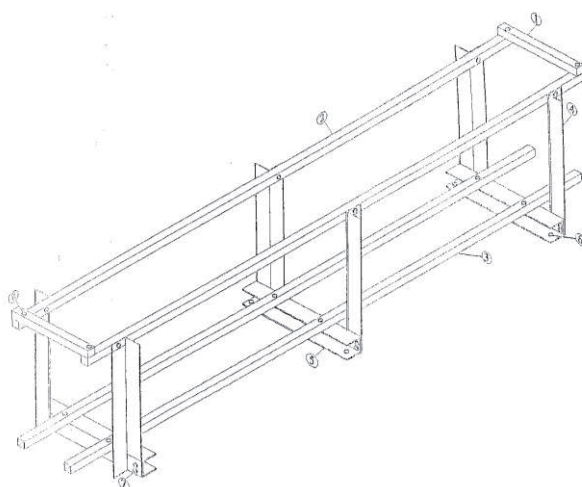
معمولاً قسمت تحتانی ساختمان مرکز مخابراتی برای نصب سامانه برق در نظر گرفته می‌شود. بیشترین محل نصب این سامانه زیرزمین ساختمان است. سامانه قدرت اصلی شامل سامانه کنترل، رکتیفایرها و باتری‌ها می‌باشد و سامانه اضطراری شامل دیزل ژنراتور می‌گردد.

جریان ورودی برق (برق شهری) پس از عبور از یک سری کلیدها و رکتیفایرها به منظور متعادل کردن جریان مستقیم (DC) برای شارژ کردن باتری‌ها که برق تجهیزات سوئیچینگ را تأمین می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت قطع جریان برق شهری، باتری‌ها جریان مورد نیاز تجهیزات سوئیچینگ را بدون آنکه قطعی برق احساس گردد تأمین می‌کنند. باتری‌ها معمولاً می‌توانند تا ۸ ساعت توان مورد نیاز سامانه سوئیچینگ را تأمین نمایند. مولدهای اضطراری برق نیز به منظور تأمین برق لازم پس از قطع برق شهری در نظر گرفته شده‌اند.

محل نصب تجهیزات برق باید به گونه‌ای باشد که از تأثیر متقابل بین این تجهیزات و تأسیسات غیر الکتریکی مثل لوله‌های آب و گاز و همچنین تأسیسات حرارتی و برودتی جلوگیری شود. تجهیزات برق شامل موارد زیر می‌گردند.

۵-۲-۱-۲-۲-۱- باتری‌ها

باتری‌ها به عنوان ذخیره کننده انرژی الکتریکی نقش مهم و عمده‌ای در تأمین برق بدون وقفه سامانه‌های مخابرات دارند. زلزله‌های گذشته نشان داده است که باتری‌ها یکی از حساس‌ترین تجهیزات برقی در حین زلزله هستند. واژگونی و شکسته شدن دیواره باتری‌ها باعث خارج شدن آب اسید آن‌ها شده و آن‌ها را از بهره‌برداری خارج می‌کند. کلیه جایگاه‌های باتری‌ها باید توسط رول‌بالت به کف سازه‌ای وصل گردیده و برای جلوگیری از لق خوردن باتری‌ها حد فاصل سلول‌های باتری و جایگاه فلزی با جداکننده مناسب (لاستیک فشرده) پر شود.



شکل ۵-۱۱- نمونه‌ای از جایگاه‌های نگه‌دارنده باتری‌ها

معمولاً هر رک شامل دو کشو بلند است که از نبشی فولادی یا لوله آهنی ساخته شده‌اند. سلول‌های هر کشو که محل نگهداری هر باتری است با قطعات موم از یکدیگر جدا شده‌اند تا مانع حرکت نوسانی باتری‌ها در حین زلزله گردد. سلول‌ها در نیمه ارتفاع هر کشو دارای یک ریل هستند تا مانع افتادن باتری‌ها در اثر تکان‌های زلزله گردند. بعضی از رک‌های باتری دارای مهاربندی قطری هستند در حالی که اکثراً آن‌ها این چنین نیستند. همه رک‌های باتری‌ها به کف سازه‌ای متصل می‌گردند.

باتری‌های خیلی بزرگ و سنگین بدون آنکه سوی یکدیگر قرار گیرند بر روی کف سازه‌ای نصب می‌گردند. به منظور نگهداری باتری‌ها در جای خود یک قاب فولادی استفاده می‌گردد.



شکل ۵-۱۲- قفسه (رک) باتری‌ها



شکل ۵-۱۳- باتری‌های نصب شده روی کف

۵-۲-۱-۲-۲-۲- منابع تغذیه و تابلوهای برق

در مراکز و ایستگاه‌های مخابراتی غالباً ترانس‌های برق اختصاصی وجود دارد. از آن‌جا که مهم‌ترین مود خرابی ترانس‌ها در هنگام زلزله حرکت (لغزش و یا واژگونی) آن‌ها و قطع شدن اتصالات الکتریکی آن است، تمهیدات لازم جهت جلوگیری از حرکت آن‌ها ضروری است. در صورتی که ترانس با پیچ بر روی شاسی متصل است. باید از کفایت پیچ‌ها در اثر بارگذاری زلزله اطمینان حاصل کرد و در صورتی که ترانس بر روی چرخ متکی است لازم است تا چرخ‌ها با محکم‌کننده‌های مناسب در مقابل حرکت بهسازی گردند.

تابلوهای برق و منابع تغذیه که به صورت سلول‌های ایستاده می‌باشند (یکسوکننده‌ها، سیستم‌های UPS، سلول‌های DC/DC، اینورتر AC/DC و تابلوهای توزیع) باید حداقل از چهار نقطه با رول‌بالت و یا پیچ و رول‌پلاک به کف سازه‌ای متصل گردند. در صورت وجود کف کاذب در محل نصب سلول‌ها ضروری است تا پایه (فریم) مناسب جهت نصب سلول‌ها پیش‌بینی شود و پایه با رول‌بالت مناسب به کف سازه‌ای متصل گردد.

در مواردی که تابلو به طور مستقیم روی کف نصب می‌گردد عرض کانال زیر سلول‌ها (که جهت عبور کابل پیش‌بینی می‌گردد) بایستی حداکثر نصف عرض سلول باشد.

در خصوص تابلوهایی که به دیوار متصل می‌گردند ضروری است که تابلوهای مذکور بر روی ستون اصلی یا روی دیوارهای برشی نصب گردد.

۵-۲-۱-۲-۲-۳- تراک‌ها و نردبان‌های حامل کابل‌های تغذیه نیرو

در مراکز که دارای سقف کاذب هستند ضروری است که جهت کابل‌کشی از فضای زیر کف کاذب استفاده شود. در جایی که از نردبان‌ها یا سینی کابل جهت نگهداری کابل‌ها استفاده می‌شود نگه‌دارنده‌های مناسب به دیوار و سقف سازه‌ای

باید در نظر گرفته شوند. نردبان‌ها و سینی‌های کابل باید توسط مهارهای قائم و مورب به سقف متصل گردند تا در مقابل جابه‌جایی‌های حین زلزله مقاومت نمایند.

۵-۲-۱-۲-۲-۴- دیزل ژنراتورها

در اکثر مراکز مخابراتی جهت پشتوانه برق شبکه از دیزل ژنراتور استفاده می‌شود. در بهسازی دیزل ژنراتور سه نکته اصلی عبارتند از:

الف) اتصال مناسب دیزل به فونداسیون

ب) بهسازی تانک مخزن سوخت دیزل

ج) اتصال مناسب تابلوهای برق دیزل ژنراتور

توصیه می‌شود که حتی‌الامکان در اتاق‌های دیزل ژنراتور سیستم‌های اعلام اطفاء حریق اتوماتیک نصب گردد. از آن‌جا که تجربیات گذشته نشان داده است که دیزل به طور نسبی در مقابل زلزله مقاوم می‌باشد لیکن تجهیزات جانبی آن و علی‌الخصوص تانک سوخت روزانه باید به طور مناسب در مقابل زلزله بهسازی شود. نصب تانک روزانه سوخت باید به صورت ایستاده اجرا شود. پایه‌های تانک باید مهاربندی شوند و پایه‌ها با رول‌بولت مناسب (حداقل ۱۰mm) به زمین محکم شوند. ضمناً در خصوص لوله‌های سوخت ضروری است لوله‌های سوخت ورودی و خروجی به تانک روزانه (از تانک سوخت اصلی و دیزل ژنراتور به تانک سوخت روزانه) از نوع قابل انعطاف باشد.

۵-۲-۱-۳- ساختمان‌ها

بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای (نشریه شماره ۳۶۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور) صورت می‌پذیرد.

۵-۲-۲- خطوط مخابراتی

شبکه مخابرات باید دارای افزونگی زیادی بوده و گستردگی خوبی داشته باشد. این مزیت به تدریج با افزایش ظرفیت و سرعت انتقال و پردازش سیگنال، که به خاطر استفاده از کابل‌های فیبر نوری به وجود آمده است، در حال کاهش می‌باشد. از آنجا که به علت استفاده از فیبرهای نوری به طور مداوم تعداد کابل‌های موجود در حال کاهش است خسارت در حال تبدیل به یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ یکپارچگی شبکه محسوب می‌شود.

۵-۲-۲-۱- خطوط هوایی

خطوط فشار قوی معمولاً همراه با کابل‌های فیبر نوری مخابراتی می‌باشند و لذا در این موارد خرابی این خطوط وابسته به خرابی خطوط انتقال برق خواهد بود. سایر انواع خطوط هوایی به صورت کابل‌های مخابراتی روی پایه‌ها هستند که رفتاری شبیه پایه‌های برق دارند. سازه‌های غیر ساختمانی این شبکه عمدتاً شامل پایه‌های بتنی معمولی و پیش‌تنیده، فلزی، چوبی و دستک‌ها و یراق آلات آن‌ها است.

در جدول ۴-۵ فهرست انواع این تجهیزات با معرفی مدهای خرابی لرزه‌ای مشاهده شده و محتمل آن‌ها، علت‌های شایع رخداد این مدهای خرابی و آسیب‌ها و روش‌های کلی بهسازی آن‌ها بر حسب مد و علت خرابی مربوطه ارائه گردیده است. مدهای خرابی لرزه‌ای این سازه‌ها به موارد جدول ۴-۵ محدود نمی‌شوند و مشاور باید حسب مورد احتمال رخداد سایر مدهای خرابی لرزه‌ای را بر اساس شرایط محل و نتایج مطالعات آسیب پذیری بررسی نماید.

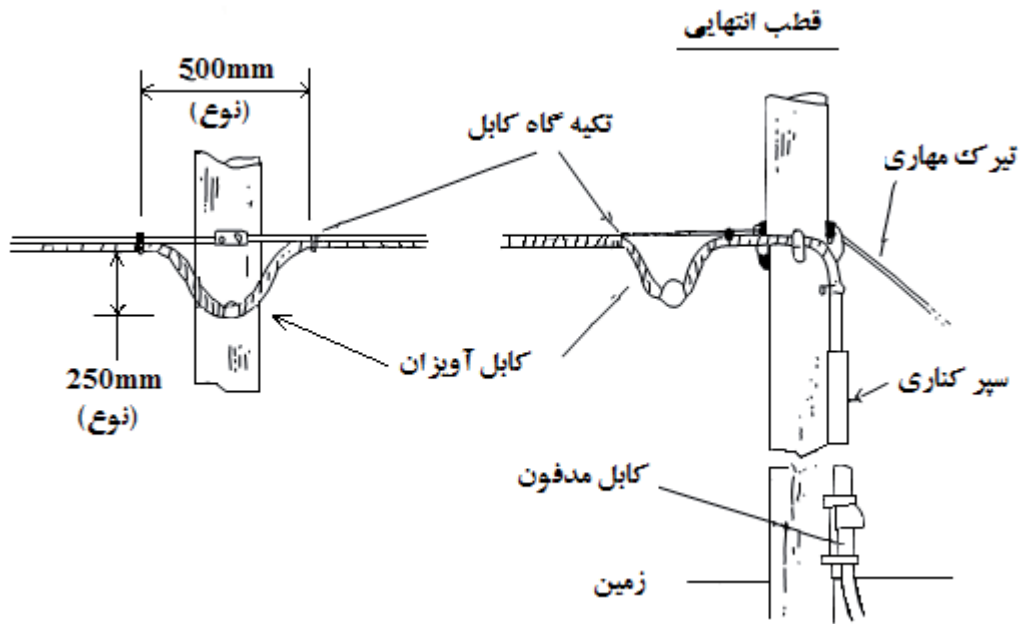
جدول ۴-۵- راهنمای بهسازی لرزه‌ای سازه‌های غیر ساختمانی خطوط هوایی مخابراتی

مؤلفه	مد خرابی محتمل	علت خرابی	روش بهسازی
تبرهای بتنی مسلح معمولی	← واژگونی و لغزش	← نشست زیاد زمین به دلیل	← تثبیت زمین با تزریق یا تحکیم
	← کج شدگی	← روان‌گرایی یا گسترش جانبی	← تقویت شالوده یا افزایش عمق دفن
	← شکست برشی خمشی	← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل لغزش شیب	← تثبیت شیب یا مهار پایه در برابر لغزش با تقویت شالوده یا ایجاد دیوار حائل و نگهدارنده در پای آن
		← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل	← جابه‌جایی پایه‌های واقع در ناحیه گسلش
		← گسلش در محل تقاطع با گسل	← تقویت سازه‌های ضعیف مجاور
		← ریزش آوار و سازه‌های مجاور	← جابه‌جایی پایه از محل تهدید ریزش آوار یا ساختمان
		← واژگونی تیرهای مجاور	← افزایش مقاومت برشی و خمشی با محصور کردن با FRP و استفاده از تسمه‌های آن
		← مقاومت ناکافی برشی و خمشی مصالح	← افزایش مقاومت برشی و خمشی با محصور کردن با بتن تقویتی مسلح
			← افزایش مقاومت برشی و خمشی با تقویت با تسمه‌های فولادی
			← تعویض پایه
		← استفاده از شبکه فلزی پایدار ساز سطحی در محل تقاطع با زمین	
تبرهای بتنی پیش‌تنیده	← واژگونی و لغزش	← نشست زیاد زمین به دلیل	← تثبیت زمین با تزریق یا تحکیم
	← کج شدگی	← روان‌گرایی یا گسترش جانبی	← تقویت شالوده یا افزایش عمق دفن
	← شکست برشی	← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل لغزش شیب	← تثبیت شیب یا مهار پایه در برابر لغزش با تقویت شالوده یا ایجاد دیوار حائل و نگهدارنده در پای آن
		← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل	← جابه‌جایی پایه‌های واقع در ناحیه گسلش
		← گسلش در محل تقاطع با گسل	← تقویت سازه‌های ضعیف مجاور
		← ریزش آوار و سازه‌های مجاور	← جابه‌جایی پایه از محل تهدید ریزش آوار یا ساختمان
		← واژگونی تیرهای مجاور	← افزایش مقاومت برشی با محصور کردن با FRP و استفاده از تسمه‌های حلقوی
		← مقاومت ناکافی برشی	← افزایش مقاومت برشی با تقویت با تسمه‌های حلقوی فولادی
			← استفاده از شبکه فلزی پایدار ساز سطحی در محل تقاطع با زمین
			← زمین

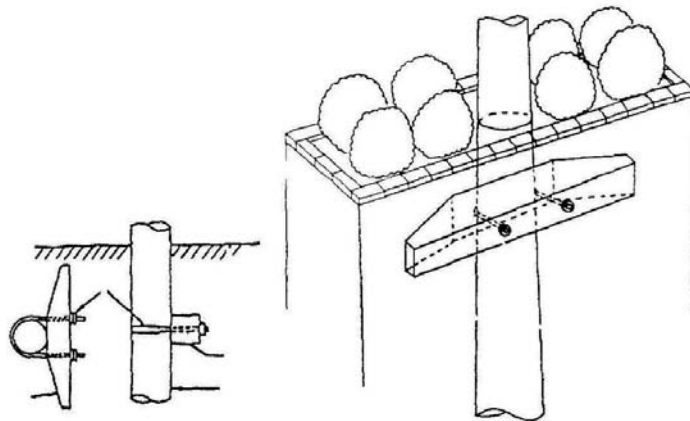
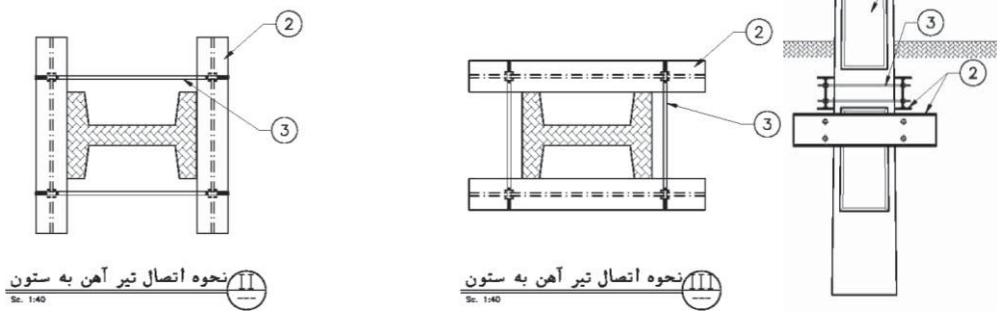
جدول ۵-۴- راهنمای بهسازی لرزه‌ای سازه‌های غیر ساختمانی خطوط هوایی مخابراتی (ادامه)

مؤلفه	مد خرابی محتمل	علت خرابی	روش بهسازی
تیرهای چوبی	← واژگونی و لغزش ← کج شدگی ← شکست برشی خمشی	← نشست زیاد زمین به دلیل روان‌گرایی یا گسترش جانبی ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل لغزش شیب ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل گسلش در محل تقاطع با گسل ← ریزش آوار و سازه‌های مجاور ← واژگونی تیرهای مجاور ← مقاومت ناکافی برشی و خمشی مصالح	← تثبیت زمین با تزریق یا تحکیم ← تقویت شالوده یا افزایش عمق دفن ← تثبیت شیب یا مهار پایه در برابر لغزش با تقویت شالوده یا ایجاد دیوار حائل و نگهدارنده در پای آن ← جابه‌جایی پایه‌های واقع در ناحیه گسلش ← تقویت سازه‌های ضعیف مجاور ← جابه‌جایی پایه از محل تهدید ریزش آوار یا ساختمان ← افزایش مقاومت برشی و خمشی با تقویت با تسمه‌های فولادی ← تعویض پایه ← استفاده از شبکه فلزی پایدار ساز سطحی در محل تقاطع با زمین
تیرهای فلزی	← واژگونی و لغزش ← کج شدگی ← شکست خمشی	← نشست زیاد زمین به دلیل روان‌گرایی یا گسترش جانبی ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل لغزش شیب ← جابه‌جایی زیاد زمین به دلیل گسلش در محل تقاطع با گسل ← ریزش آوار و سازه‌های مجاور ← واژگونی تیرهای مجاور ← مقاومت ناکافی خمشی مصالح	← تثبیت زمین با تزریق یا تحکیم ← تقویت شالوده یا افزایش عمق دفن ← تثبیت شیب یا مهار پایه در برابر لغزش با تقویت شالوده یا ایجاد دیوار حائل و نگهدارنده در پای آن ← جابه‌جایی پایه‌های واقع در ناحیه گسلش ← تقویت سازه‌های ضعیف مجاور ← جابه‌جایی پایه از محل تهدید ریزش آوار یا ساختمان ← افزایش مقاومت خمشی با تقویت با تسمه‌های فولادی قائم ← استفاده از شبکه فلزی پایدار ساز سطحی در محل تقاطع با زمین
کابل‌ها و هادی‌های هوایی	← پارگی کابل	← واژگونی یا کج شدگی پایه ← نوسان و تشدید در کابل	← تثبیت پایه ← حذف مد نوسانی تشدید کابل با تغییر مشخصات ارتعاشی آن یا تغییر کشش داخل کابل یا تغییر در آرایش جداکننده‌های کابل‌ها
یراق‌آلات و اتصالات	← شکست اتصالات و یراق‌آلات	← واژگونی یا کج شدگی پایه ← نوسان و تشدید در کابل	← تقویت اتصال یراق‌آلات و استفاده از پیچ‌های پر مقاومت ← تعویض یراق‌آلات با نوع مقاوم
مقره‌ها	← جدا شدن از یراق‌آلات	← واژگونی یا کج شدگی پایه ← نوسان و تشدید در کابل	← تقویت اتصال مقره و استفاده از پیچ‌های پر مقاومت ← ایجاد لقی کافی در کابل‌های ارتباطی مقره
انشعابات مشترکین	← پارگی کابل اتصال	← لقی ناکافی برای استهلاک جابه‌جایی نسبی ساختمان و کابل متصل به شبکه	← ایجاد لقی کافی برای استهلاک جابه‌جایی نسبی ساختمان و کابل متصل به شبکه

کابل‌های هوایی باید انعطاف پذیری کافی در محل اتصال به پایه‌ها و انشعابات را دارا باشند. نمونه روش ایجاد انعطاف پذیری در شکل ۱۴-۵ نشان داده شده است.

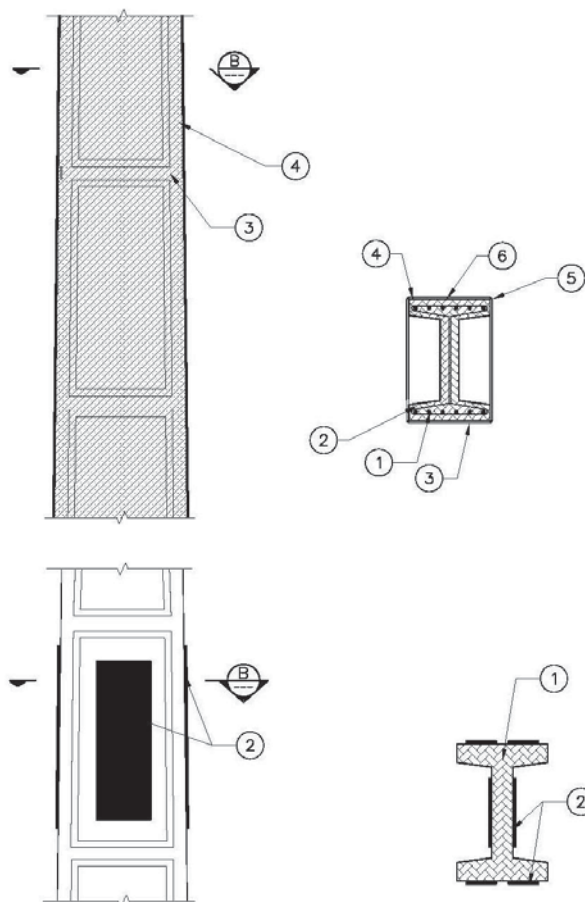


شکل ۵-۱۴- انعطاف پذیری اتصال کابل هوایی



شکل ۵-۱۵- جزئیات بهسازی پایه‌های خطوط هوایی مخابراتی

برای زمین‌های سخت و سنگی در شرایط لرزه خیزی متوسط، زیاد و خیلی زیاد عمق دفن حداقل ۲/۴ متر مورد نیاز می‌باشد. برای شرایط لرزه خیزی کم برای خاک با مشخصات فوق، عمق دفن ۱/۷ متر کافی می‌باشد. جهت بهسازی تیرهایی که با عمق دفن کم اجرا شده‌اند باید سختی پی افزایش داده شود که می‌توان از اعضای تقویتی فولادی مطابق جزئیات شکل زیر در زیر پی استفاده کرد و یا خاک اطراف تیر را تقویت نمود.



شکل ۵-۱۶ جزئیات بهسازی تیرهای خطوط هوایی مخابراتی با ژاکت و یا تسمه فلزی

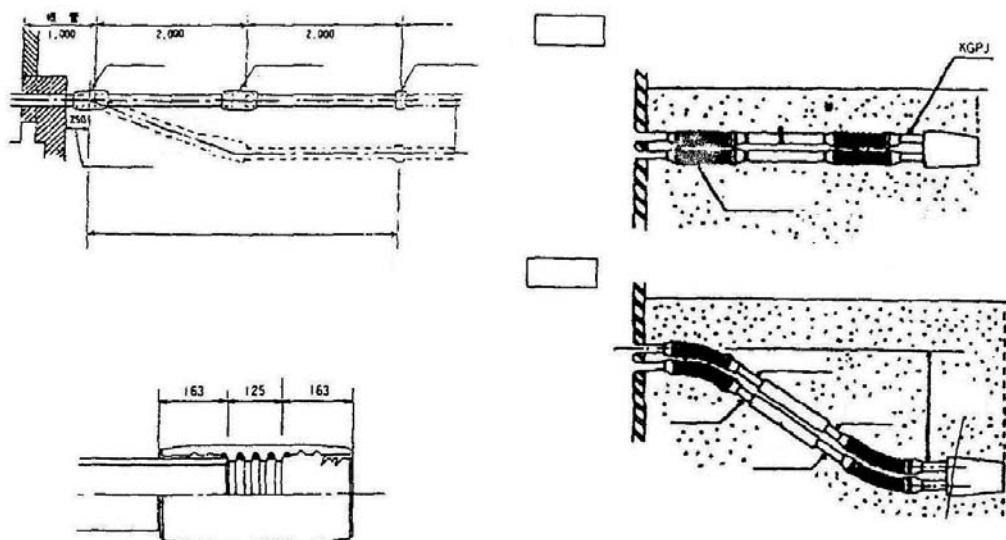
۵-۲-۱- خطوط زیرزمینی

خطوط مخابراتی زیرزمینی شامل کابل‌های مدفون، کابل‌های داخل لوله PVC یا فلزی، کابل‌های داخل مجاری بتنی و کابل‌های داخل تونل‌ها هستند و بیشترین حساسیت آن‌ها در زلزله به تغییر شکل‌های دائمی زمین می‌باشد. سازه‌های جنبی این خطوط شامل آدم روها و انشعابات و ارتباطات آن‌ها با ساختمان‌ها می‌باشند. تغییرات خصوصیات دینامیکی سازه در محل سازه‌های جنبی معمولاً باعث تمرکز خرابی‌های زلزله در این محل‌ها می‌شود.

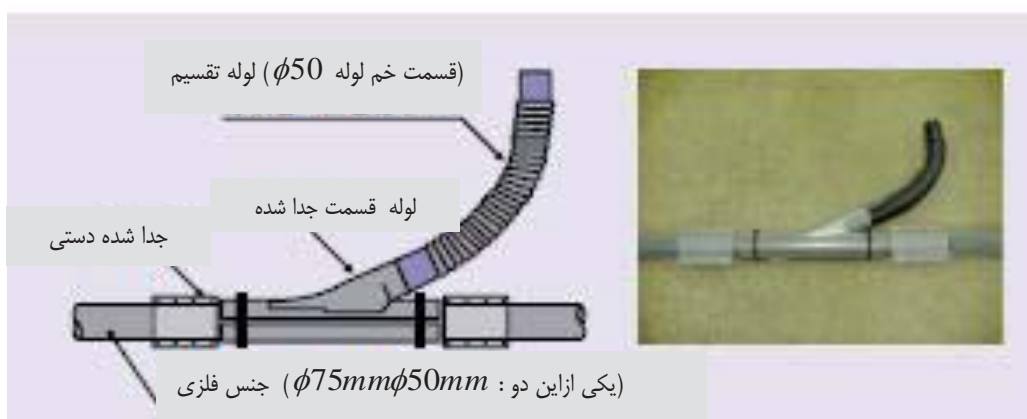
جدول ۵-۵- راهنمای بهسازی لرزه‌ای سازه‌های غیر ساختمانی خطوط زیرزمینی مخابراتی

مؤلفه	مد خرابی محتمل	علت خرابی	روش بهسازی
مجاری و تونل‌های زیرزمینی	← شکست دیواره و ورود خاک به داخل ← ترک خوردگی جداره مجرا و باز شدن درزهای انقباضی ← سقوط پوشش سقف به داخل مجرا ← زخمی شدن کابل‌های روی دستک‌ها	← ظرفیت مقاومتی ناکافی بتن دیواره برای تحمل فشار جانبی خاک ← تغییر شکل زیاد زمین در اثر روان‌گرایی یا گسلش یا حرکت شیب و طراحی نامناسب درزها ← تیز بودن لبه دستک نشیمن گاه کابل	← تقویت دیواره بتنی مجرا با مهار بندی داخلی ← اضافه کردن درز یا تقویت طولی برای حذف درز ← تثبیت زمین ← انعطاف پذیر کردن زمین با تعویض خاک اطراف مجرا ← استفاده از درز لرزه‌ای در محل تقاطع با گسل ← رفع تیزی لبه دستک نشیمن گاه کابل با تعویض یا اصلاح دستک
کابل کشی زیرزمینی	← جدا شدن کابل‌ها از سازه‌ها یا پارگی آن در محل اتصال به ساختمان یا کانال یا تجهیزات دیگر ← شکست مفاصل و اتصالات کابل	← تغییر شکل نسبی زیاد بین کابل و سازه یا آدم رو به دلیل جابه‌جایی بیش از حد سازه یا آزاد نبودن اتصال کابل با سازه ← تغییر شکل زیاد زمین در اثر روان‌گرایی یا گسلش یا حرکت شیب ← تردد بودن و مقاومت ناکافی مفصل‌ها	← تعبیه آزادی و انعطاف پذیری کافی در محل اتصال کابل به سازه یا آدم رو با استفاده از لوله غلاف مناسب بدون تیزی، پیش بینی کمی اضافه طول و خم در کابل یا استفاده از کابل با مقاومت بیشتر در محل‌های مورد نیاز یا تقاطع‌ها با گسل ← تعویض یا اصلاح یا حذف مفصل، تغییر توزیع نیرو در کابل با انعطاف پذیر کردن خاک اطراف کابل ← استفاده از لوله غلاف
آدم رو	← شکست برشی ← کج شدگی	← فقدان مقاومت کافی برشی ← روان‌گرایی	← تسلیح داخلی برشی با تسمه‌های حلقوی ← تثبیت خاک اطراف آدم رو

ترانشه‌های دفن کابل‌ها نیز معمولاً به شکل S می‌باشند تا از کابل‌ها در برابر تغییر شکل‌های زمین حفاظت کنند. مجاری انتقال کابل نیز به آدم‌روها متصل هستند تا نیروی برشی ناشی از حرکت زمین را توزیع نمایند. ول‌شدگی بیشتری برای کابل‌های فیبر نوری باید در نظر گرفته شود و شعاع خم این کابل‌ها نباید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر باشد. خطوط توزیع زیرزمینی باید از قابلیت انعطاف پذیری و پذیرش جابه‌جایی کافی برخوردار باشند لذا می‌توان مطابق جزئیات زیر به عنوان یک راه کار که استفاده از لوله‌هایی با قابلیت انعطاف‌پذیری بالا در مسیر عبور می‌باشد، موارد فوق را در نظر گرفت.



شکل ۵-۱۷- استفاده از اتصال نرم در خطوط مخابرات زیرزمینی



شکل ۵-۱۸- انشعاب انعطاف پذیر از مجرای اصلی

از عوامل مؤثر بر رفتار لوله جنس آن و عملکرد اتصالات آن در برابر زلزله است، بنابراین بر اساس شرایط زمینی و مسیر عبور لوله، نوع لوله و اتصالات آن می‌تواند تغییر کند. جدول ۵-۶ تقسیم‌بندی لوله‌ها بر اساس مقاومت لرزه‌ای آن‌ها را نشان می‌دهد.

در مورد تونل‌های کابل، به دلایل ساخته شدن در عمق، بزرگ بودن مقطع و سختی بالا سازه‌های قوی و مقاوم در مقابل زلزله است. نقاط ضعف و تدابیر مقابله با زلزله در خصوص تونل‌های کابل در جدول ۵-۷ به صورت کلی شرح داده شده است.

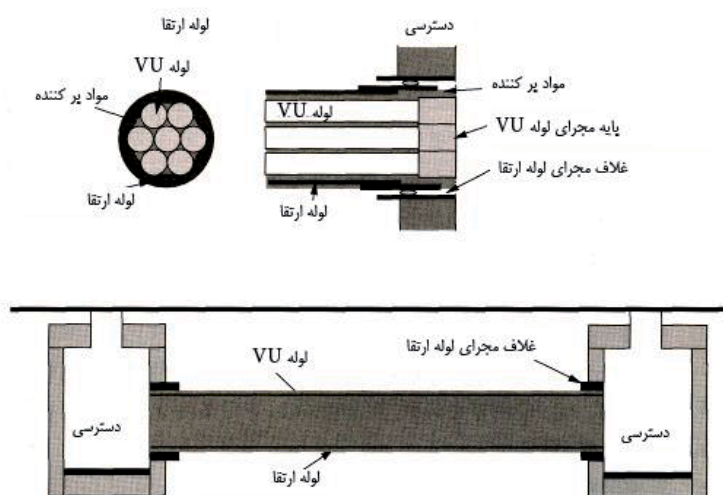
جدول ۵-۶- جنس لوله‌ها بر اساس مقاومت لرزه‌ای

جذب تغییر مکان‌های نسبی مجرای اتصال کابل‌ها و آدمرو با انقباض و انبساط	Baton Sleeve غلاف کشویی
لوله فولادی یا چدنی که مقاومت کافی برای تغییر مکان‌های ناشی از زلزله را دارد و می‌تواند تغییر شکل‌های خم‌ها (قوس‌ها) را تا حد چند درجه تحمل نماید. لوله‌های وینیل سخت که حرکات زمین اطراف را با افزایش و کاهش طول جذب می‌کنند.	تیوب اتصالی قابل تنظیم Differential fitting tube
لوله‌ای که می‌تواند با تغییر شکل‌های ناشی از حرکت خاک اطراف حرکت نماید به خصوص در تغییر شکل‌های بزرگ مثل روان‌گرایی	اتصال جلوگیری کننده از جدایی

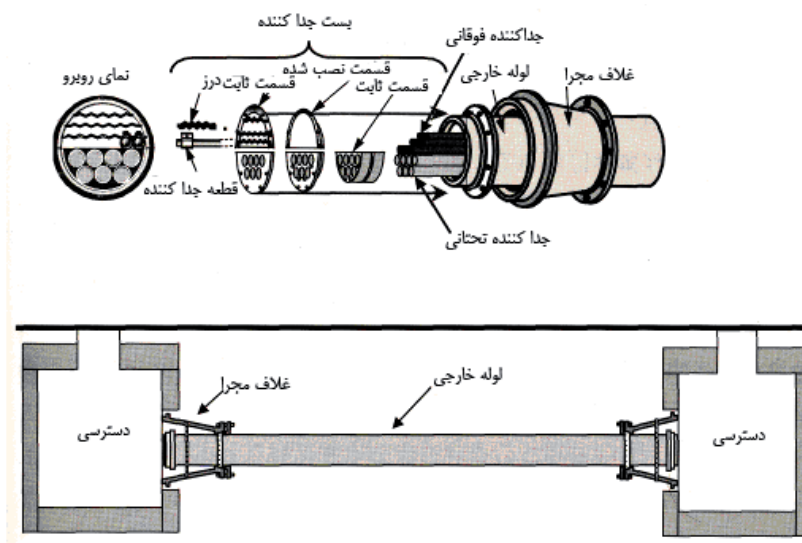
جدول ۵-۷- تدابیر کلی مقابله با زلزله در تونل کابل‌ها

برای امکان تحمل تنش‌های زیادی که در قسمتی از تونل که در معرض تغییر مکان ناهمسان زمین قرار می‌گیرد از بتن مسلح استفاده می‌گردد.	تونل با جدار بتن مسلح در جایی که مشخصات مکانیکی زمین ناگهان تغییر یابد.
به منظور جذب حرکت نسبی بین تونل کابل‌ها و شافت، اتصال کشویی تعبیه می‌گردد.	استفاده از اتصال کشویی (تلسکوپي) در اتصال تونل کابل به شافت قائم
دیوار جداکننده به منظور عدم امکان رسیدن سیل یا آتش در تونل کابل‌ها به داخل ساختمان ساخته می‌شود.	دیوار آب‌بندی و ضد آتش

مجاری با قطر متوسط، تجهیزاتی با قابلیت اطمینان بالا می‌باشد. در مورد شبکه‌های فیبر نوری از آنجا که قطر کابل‌های فیبر نوری کمتر است این مجاری با قطر متوسط جوابگوی انتقال این‌گونه کابل‌ها هستند. کابل‌های فیبر نوری با توجه به تکنولوژی دیجیتال قابلیت پاسخگویی به نیازهای متغیر مخابراتی را دارا می‌باشند؛ و مجاری با قطر متوسط با استفاده از اتصالات Fleece Pace که اخیراً به کار گرفته می‌شوند، قابلیت اطمینان سازه‌های برابر با یک تونل کابل را دارا می‌باشند. با استفاده از مجاری با قطر متوسط علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی در ساخت و نصب آن، در هزینه‌های نگهداری نیز صرفه‌جویی می‌گردد. طراحی بر اساس روش ساخت رو بسته (غیر روباز)، جنس خاک، جنس لوله و روش ساخت انجام می‌گردد. هدف طراحی باید این باشد که تولید خاک زاید به حداقل برسد تا بتوان با ملاحظات زیست‌محیطی که روزافزون است پاسخ داد.

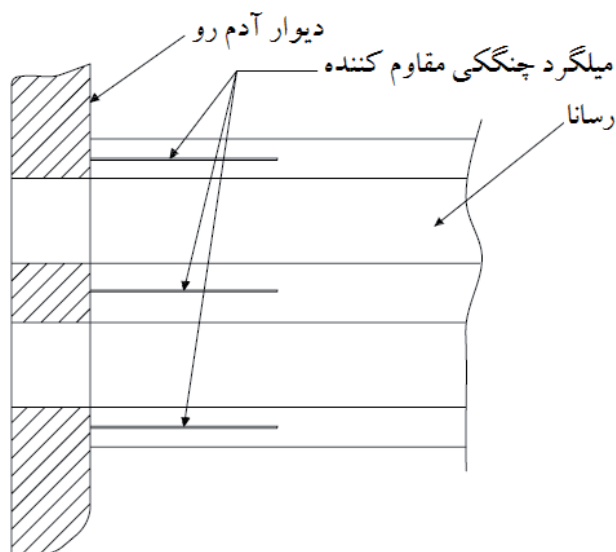


شکل ۱۹-۵ روش اجرای قدیمی مجرای انتقال کابل

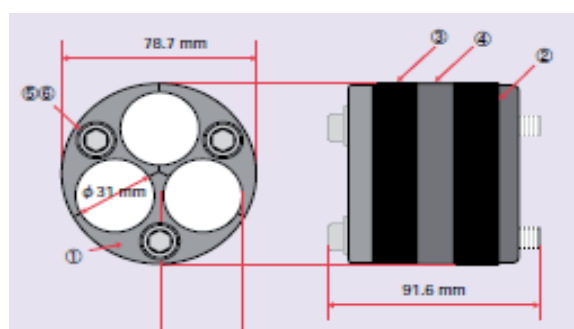


شکل ۲۰-۵ روش اجرای جدید مجرای انتقال کابل

آدم‌روها و حوضچه‌های کابل از سازه‌های زیرزمینی شبکه بیرونی می‌باشند، که برای وصل و توزیع کابل‌های زیرزمینی از یک محل به محل دیگر مورد استفاده می‌باشند. این سازه‌ها معمولاً مقاومت کافی را داشته و از بتن مسلح ساخته می‌شوند. اخیراً برای ساخت این سازه‌ها از مصالح کامپوزیت مسلح شده با الیاف نیز استفاده می‌شود. در پاره‌ای از موارد از حوضچه‌های کابل که دارای محیط کنترل شده هستند به عنوان اتاق انتقال، سوئیچینگ و اتاق باطری‌های پشتیبان استفاده می‌شود. اتصال مجاری به آدم رو نیز باید دارای مقاومت کافی برای تحمل جابه‌جایی‌های زمین باشد. این مقاومت را می‌توان با تقویت این اتصال مشابه شکل ۲۰-۵ تأمین نمود.



شکل ۲۱-۵ تقویت اتصال مجرای انتقال کابل به آدم‌رو



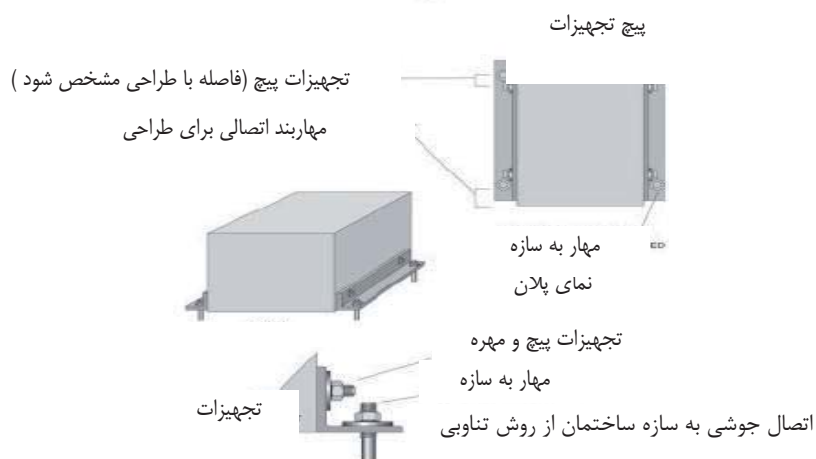
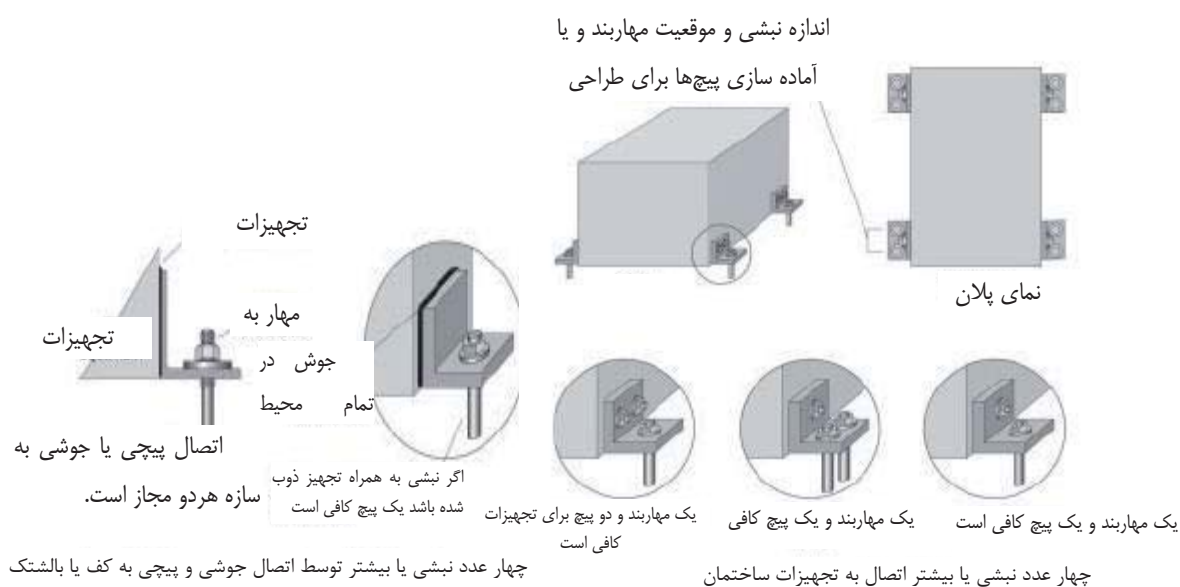
شکل ۲۲-۵ آب‌بندی اتصال مجرای انتقال کابل

۲-۴-۲-۵- تجهیزات

تجهیزات شبکه مخابرات عمدتاً شامل کیوسک‌ها و تابلوها است. در جدول ۵-۸ فهرست انواع مدهای خرابی لرزهای مشاهده شده و محتمل آن‌ها، علت‌های شایع رخداد این مدهای خرابی و آسیب‌ها و روش‌های کلی بهسازی آن‌ها بر حسب مد و علت خرابی مربوطه ارائه گردیده است. مدهای خرابی لرزهای این تجهیزات به موارد جدول ۵-۸ محدود نمی‌شوند و مشاور باید حسب مورد احتمال رخداد سایر مدهای خرابی لرزهای را بر اساس شرایط محل و نتایج مطالعات آسیب پذیری بررسی نماید.

جدول ۵-۸- راهنمای بهسازی لرزه‌ای تجهیزات شبکه مخابرات

مؤلفه	مد خرابی محتمل	علت خرابی	روش بهسازی
تابلوها و کیوسک‌ها	← واژگونی	← فقدان سیستم مهار جانبی	← اتصال با میل مهار به کف یا زمین ← اتصال جانبی به دیوار یا پایه ← اتصال به سقف یا تیر ارتباطی پایه‌ها ← اتصال پانل‌ها به یکدیگر



شکل ۵-۲۳ نمونه‌های از جزئیات بهسازی مهار تابلوها و کیوسک‌ها

پیوست‌ها



پیوست ۱ - دسته بندی مشترکین شبکه مخابرات

انواع مشترکین مورد نظر در این دستورالعمل شامل خانگی، عمومی، تجاری و مشترکین خاص می‌باشند. در ادامه، به معرفی اجمالی هر یک از مشترکین مذکور می‌پردازیم.

می‌توان انواع مشترکین عمومی را به صورت زیر طبقه‌بندی کرد.

- وزارت‌خانه‌ها و ادارات تابعه آن‌ها، مجلس شورای اسلامی، قوه قضائیه، بنیاد شهید، بنیاد مستضعفان و جانبازان، بنیاد ۱۵ خرداد، شهرداری‌ها و کلیه مؤسسات و سازمان‌های دولتی که به صورت شرکت اداره نمی‌شوند (نظیر: سازمان حج و اوقاف و امور خیریه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، سازمان حفاظت محیط زیست، سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها، گمرک، سازمان بنادر و کشتی‌رانی، سازمان هواپیمایی کشور)، مصارف اشتراکی مجموعه‌های ساختمانی غیر مسکونی، آرامگاه‌ها، گورستان‌ها و غسالخانه‌ها و باجه‌های عمومی تلفن.
- کلیه مؤسسات پژوهشی و مراکز تحقیقاتی دارای پروانه معتبر از مراجع رسمی، جایگاه‌های فروش فرآورده‌های نفتی، مرکز بهداشتی و درمانی دولتی نظیر بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، مراکز تشخیص طبی، مراکز پیراپزشکی، کلیه مؤسسات و مراکز نیکوکاری، دفاتر هلال‌احمر و کمیته امداد امام خمینی، مجموعه‌ها و شهرک‌های مسکونی، بوستان‌ها، فضای سبز شهرها و مصارف مربوط به زیباسازی شهرها.
- مراکز فرهنگی (نظیر: کتابخانه‌ها، موزه‌ها، اماکن تاریخی ثبت شده)، سازمان صدا و سیما، سینماها، مراکز آموزش و پرورش (نظیر: مهدکودک‌ها، کودکانستان‌ها، مدارس، دانشگاه‌ها، بیمارستان‌های آموزشی، مراکز آموزش فنی و حرفه‌ای، مدارس و حوزه‌های علمیه)، خوابگاه‌های دانشجویی و دانش‌آموزی، اردوگاه‌های دانش‌آموزی، سازمان تبلیغات اسلامی، مساجد، حسینیه‌ها، گلزار شهدا، بقاع متبرکه و اماکن مقدس اقلیت‌های دینی شناخته شده، مراکز ورزشی، مراکز بهزیستی و نگهداری جانبازان، معلولین و سالمندان، گرمابه‌ها و باشگاه‌ها

- مراکز و پادگان‌های نظامی و انتظامی

- مراکز بهداشتی و درمانی کوچک نظیر مراکز تشخیص پزشکی، مراکز پیراپزشکی و مطب پزشکان

انشعاب مخابرات تجاری به انشعاب‌هایی اطلاق می‌گردد که عموماً برای محل کسب و تجارت در بخش‌های غیر تولیدی و همچنین کلیه مراکز عرضه کالا استفاده می‌شود. با توجه به استاندارد بین‌المللی طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی ISIC گونه‌های مختلف مشترکین تجاری را می‌توان به شرح زیر معرفی کرد:

- عمده فروشی‌ها از جمله عمده فروشی کلیه محصولات از قبیل مواد غذایی، لوازم خانگی، اداری و غیره
- خرده فروشی‌ها از جمله خرده فروشی کلیه محصولات از قبیل بقالی‌ها، قصابی‌ها، سوپرمارکت‌ها، کتاب‌فروشی‌ها، بوتیک‌ها و داروخانه‌ها و محصولات بهداشتی و آرایشی

جدول پ ۱ - دسته‌بندی مشترکین خاص

ردیف	نوع مشترک	سازمان‌ها و ارگان‌های مشمول	تعریف فعالیت‌ها
	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 کمک‌ها، نگهداری و توزیع مناسب امکانات و تسهیلات به نیروهای امدادی و مردم، برنامه‌ریزی 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
	پشتیبانی مخابرات	ادارات مخابرات منطقه‌ای شرکت‌های مخابرات	خدمت‌رسانی به مناطق آسیب دیده جهت استمرار شبانه‌روزی عملیات امداد، شناسایی تأسیسات مخابراتی آسیب‌دیده، بازرسی فنی کلیه خطوط تغذیه، تجهیزات و اتصالات مربوط به مشترکین در نواحی آسیب‌دیده و تلاش برای برقراری مجدد سیستم مخابرات
	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	محدود و ایزوله نمودن سایت‌های حادثه برای جلوگیری از تردهای بی‌مورد، تأمین امنیت مناطق حادثه دیده و مکان‌های اسکان مردم، همکاری با نیروهای قضایی برای کنترل جرایم، حفاظت و کنترل زندان‌ها، تأمین امنیت کشور
	امدادی	بیمارستان‌ها، مرکز 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 اصلی آسیب‌دیدگان، انجام اقدامات حیاتی پایه در محل حادثه، اقدامات درمانی، تأمین نیروهای بهداشتی در اماکن موقت و کنترل بهداشتی مناطق آسیب‌دیده، مهار و اطفاء حریق، تأمین ایمنی لازم برای امدادگران، شناسایی و آواربرداری مسیرهای امداد رسانی، تأمین و توزیع وسایل حمل و نقل جهت آواربرداری و امداد رسانی
	خدمات حیاتی	شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی شرکت‌های گاز و برق سازمان‌های آب و فاضلاب سازمان‌های میادین میوه و تره‌بار و فراورده‌های کشاورزی	انجام اقدامات حیاتی پایه با همکاری تیم‌های اورژانس، اسکان اضطراری و تأمین لوازم و وسایل اولیه زندگی آسیب‌دیدگان، تأمین و توزیع سوخت و فراورده‌های نفتی، برق، آب جهت آشامیدن و سایر مصارف و همچنین مواد غذایی

پیوست ۲- فهرست موضوعی منابع و مراجع

- Bell Communications Research, NEBS, Technical Kelerence, issue 3, March 1988.
- Decapua, N.J. and Lis, S.C., Protection of Communications Facilities in Earthquake, Areas. International Symposium on Facilities in Earthquake Areas.
- EERI, (Earthquake Engineering Research Institute) Earthquake Spectra Volume 4 number 1 and 2, 1988
- EERI, Earthquake Spectra, Volume 1, number 3, 1985.
- EERI, Earthquake Spectra Supplement to Volume 6, 1990.
- International Symposium on Earthquake Structural Engineering, August 1976.
- Foss, J., Earthquake Requirements for Telecommunications Equipment, US-Japan Workshop on Seismic Behavior of Buried Pipelines and Telecommunication Systems, Dec 4-6, 1984.
- Isenberg, J., seismic Performance of Telecommunications Structures and Equipment, US-Japan Workshop on Seismic Behaviour of Buried Pipelines and Telecommunications Systems. Dec 4-6, 1984.
- Liu, S.C. et al., Earthquake Induced in Building Motion Criteria, Journal of the Structural Division, January 1977.
- Mizard, S.S., Survey of Ongoing Activities in the Abatement of Seismic Hazard to Communications Systems. FEMA 137/July 1987, Vol 3.
- National Research Council, Growing Vulnerability of Public Switched Networks: Implications for National Security Emergency Preparedness, 1989.
- Tang, A., Research and Development in Seismic Mitigation of Telecommunication! Systems in Canada. US-Japan Workshop on Seismic Behaviour of Buried Pipelines and Telecommunication Systems, Dec 4-6, 1984.
- Tang, A., Assessment of Available Methods of Identifying and Retrofitting Vulnerable in Place Communication Systems, FEMA 137/July 1987, Vol. 3. (Federal Emergency Management Agency).
- American Lifelines Alliance: Seismic Guidelines for Water Pipelines, 2005
- ASCE, Technical Council of Lifeline Earthquake Engineering: Seismic Screening Checklists for Water and Wastewater Facilities”, Edited by William F. Heubach. , Monograph No.22, 2002
- ASCE, Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering: Guideline for the Seismic Evaluation and Upgrade of Water Transmission Facilities, Edited by John M. Eidinger and Ernesto A. Avila, Monograph No.15, 1999.
- TCLEE Conference papers in recent several years(1975~2003)
- NEBS(Network Equipment Building System):

-
- EIA RS-222 standard for tower structures.
 - IA/TIA 222-E. for tower structures, 2002.
 - Japanese Building Code: Japan Society of Architecture, 2000.
 - Seismic design of indoor equipment: Japan Architectue Center, 2005.

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

**Guideline for seismic
evaluation and rehabilitation
of telecommunication
systems**

No. 608

Office of Deputy for Strategic Supervision

Department of Technical Affairs

nezamfanni.ir

2012

این نشریه

با عنوان "راهنمای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه مخابرات" با هدف ارائه روشهای ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای سامانه مخابرات 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 و پنجم ارائه شده‌است که می‌تواند راهنمای مناسبی برای کاربران باشد.