جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای اجزای غیر سازه‌ای ساختمان‌ها

ضابطه شماره ۷۴۳

معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی
امور نظام فنی و اجرایی
Nezamfanni.ir

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
معاونت تحقیقات
www.bhrc.ac.ir

۱۳۹۶

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۹۶/۱۲۷۶۷۵۳**
	تاریخ:	**۱۳۹۶/۰۴/۲۵**

موضوع: دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۷۴۳ امور نظام فنی و اجرایی، با عنوان «دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۶/۱۰/۱ الزامی است.

امور نظام فنی و اجرایی این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایراد و اشکال نیست.

از این رو، از ***شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه 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

سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

Email:nezamfanni@mporg.ir **web: nezamfanni.ir**

باسمه تعالی

پیشگفتار

تجهیزات و اجزای غیرسازه‌ای، بخش جدایی‌ناپذیری از ساختمانها هستند که رفتار و عملکرد آنها، میزان خسارات جانی، مالی و قابلیت استفاده از ساختمان را پس از زلزله تعیین می‌کند. بطور کلی اندرکنش نامناسب این اجزاء با سازه اصلی می‌تواند باعث افزایش خسارات شود. همچنین در بیمارستانها و مراکز امدادی، عملکرد لرزه‌ای مناسب تمام بخشهای ساختمان و در نتیجه خدمت‌رسانی بی‌وقفه پس از رویداد زلزله برای کاهش تبعات ثانویه و مدیریت بحران الزامی است. متاسفانه تجربیات کسب شده از زلزله‌های گذشته نشان می‌دهد که اجزای غیرسازه‌ای ساختمانهای موجود در کشور عملکرد مناسبی نداشته و لازم است بهسازی‌لرزه‌ای این اجزاء در اولویت قرار گیرد.

با توجه به مطالب فوق، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهیه «دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها» را در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی و اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷ ه مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ می‌گردد.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردید، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن ضابطه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده‌است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از اینرو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی، بدین وسیله از تلاش‌ها و جدیت رییس امور نظام فنی و اجرایی کشور جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم این امور، همچنین رییس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی جناب آقای دکتر محمد شکرچی زاده و کارشناسان آن مرکز و مجری محترم و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این ضابطه، تشکر و قدردانی می‌نماید.

غلامرضا شافعی

معاون فنی و توسعه امور زیربنایی

تابستان ۱۳۹۶

تهیه و کنترل «دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای اجزای غیر سازه‌ای ساختمان‌ها»

[ضابطه شماره ۷۴۳]

مجری

دکتر فیاض رحیم‌زاده — استاد دانشگاه صنعتی شریف

اعضای کمیته شورای راهبردی مقاوم‌سازی (برحسب حروف الفبا)

۱-دکتر محمدتقی احمدی	**استاد دانشگاه تربیت مدرس**
۲-دکتر علی‌اکبر آقاکوچک (رئیس کمیته)	**استاد دانشگاه تربیت مدرس**
۳-دکتر عباسعلی تسنیمی	**استاد دانشگاه تربیت مدرس**
۴-دکتر محسن تهرانی‌زاده	**استاد دانشگاه امیرکبیر**
۵-دکتر طیبه پرهیزکار	**عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی**
۶-دکتر نادر خواجه احمد عطاری (دبیر کمیته)	**عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی**
۷-دکتر فیاض رحیم‌زاده	**استاد دانشگاه صنعتی شریف**
۸- دکتر محمد شکرچی‌زاده	**رئیس مرکزتحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و استاد دانشگاه تهران**
۹- دکتر حمزه شکیب	**استاد دانشگاه تربیت مدرس**
۱۰- دکتر سید محمود فاطمی‌عقدا	**عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی**
۱۱-دکتر محمدتقی کاظمی	**عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف**
۱۲-دکتر حسن مقدم	**استاد دانشگاه صنعتی شریف**

اعضای کمیته تهیه کننده متن اصلی

۱- دکتر فیاض رحیم‌زاده روفوئی
۲- دکتر نادر خواجه‌احمد عطاری
۳- دکتر هیمن حجت‌جلالی
۴- دکتر زکریا واعظی
۵- مهندس هادی کنارنگی

اعضای کمیته بازخوانی

۱- دکتر محمدتقی کاظمی (رئیس کمیته)
۲- دکتر علی‌اکبر آقاکوچک
۳- دکتر فیاض رحیم‌زاده روفوئی
۴- دکتر نادر خواجه‌احمد عطاری
۵- دکتر عبدالرضا سروقد مقدم

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور)

۱- علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی
۲- فرزاد پارسا	رییس گروه امور نظام فنی و اجرایی

مقدمه

حفظ و مقاوم‌سازی ابنیه موجود در مقابل عوامل مخرب طبیعی موجب صیانت از سرمایه‌های ملی است. امروزه مقاوم‌سازی لرزه‌ای بناهای باستانی و قدیمی و نیز ساختمان‌هایی که بدون رعایت ضوابط مدون و یا با استفاده از ضوابط و استانداردهای نامناسب طراحی و ساخته شده‌اند، بخش عمده فعالیت‌های مرسوم در صنعت ساختمان در کشورهایی است که با پدیده زلزله مواجهند.

جامعهٔ مهندسی در ایران نیز بیش از یک دهه است که به طور جدی همگام با ارتقاء توان طراحی و اجرای بناهای نو، به فعالیت‌های مربوط به مقاوم‌سازی اصولی ساختمان‌های موجود وارد شده و مراجع قانونی نیز به نوبه خود تدوین ضوابط و مقررات در این زمینه را در دستور کار قرارداده‌اند.

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به عنوان مرجع تحقیقات و تدوین ضوابط و مقررات در حوزه ساختمان و مسکن، که از جمله انتشارات مهم آن در زمینه زلزله می‌توان به آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در مقابل زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) اشاره نمود، از سال ۱۳۸۸ اقدام به تشکیل شورای راهبردی مقاوم‌سازی با حضور اساتید بنام در حوزه تخصصی نموده است. در قالب راهبردهای تعیین شده توسط شورا، تهیه تعدادی دستورالعمل برای ارزیابی و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و تأسیسات موجود در دستور کار قرار گرفت و در این راستا به ساختمان‌های متداول که بخش عظیمی از ساختمان‌های موجود کشور را تشکیل می‌دهند اولویت داده شد. دستورالعمل حاضر با عنوان ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌های شهری یکی از نتایج کار کمیته مذکور است. در این دستورالعمل تلاش شده است در عین حفظ محتوای فنی، مطالب با حداکثر شفافیت و سادگی ممکن ارائه شود. امید می‌رود که دست‌اندرکاران حرفه با استفاده از ضوابط این دستورالعمل، بتوانند به صورت مؤثرتری نسبت به مقاوم‌سازی اجزای غیرسازه‌ای موجود اقدام نمایند.

محمد شکرچی‌زاده

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مقدمه مجری طرح

ایران با قرارگیری در مسیر کمربند زلزله آلپ- هیمالیا به عنوان یکی از مناطق زلزله‌خیز جهان شناخته شده است. تطبیق نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله کشور با وضعیت پراکندگی جمعیت در مناطق مختلف آن، نشان می‌دهد که اکثر واحدهای مسکونی و تأسیسات زیربنایی در پهنه‌هایی با خطر نسبی زلزله زیاد و یا خیلی زیاد قرار دارند.

متأسفانه زلزله‌های رخ داده در شهرها و روستاهای کشور در چند دهه اخیر نشان‌دهنده وضعیت آسیب‌پذیری نگران‌کننده اجزای غیرسازه‌ای بوده که موجب ایجاد بخش عمده‌ای از خسارات جانی و مالی ناشی از وقوع زلزله شده است.

در طراحی لرزه‌ای و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها در سال‌های اخیر عملاً توجه لازم به اعضای غیرسازه‌ای موجود در آنها نشده است. این امر موقعیت بسیار نامطلوبی را به لحاظ ساخت ساختمان‌های غیر فنی و ناامن در شهرها و خصوصاً روستاهای کشور به‌وجود آورده که سبب ایجاد بخش عمده‌ای از تلفات ناشی از وقوع زلزله در کشور شده است. بدین لحاظ ارائه راهکارهایی برای حل این معضل و فراهم نمودن امکان سرویس‌دهی ساختمان‌ها پس از زلزله و جلوگیری از آسیب‌رسانی جانی به ساکنین آنها بسته به نوع کاربری ساختمان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد.

بر این اساس دستورالعمل حاضر با استفاده از آخرین تحقیقات انجام شده در این زمینه در داخل و خارج از کشور تهیه و تدوین گردیده است. بدین لحاظ، ضمن مشخص نمودن انواع مختلف تجهیزات موجود در ساختمان‌های شهری، نسبت به بررسی رفتار آنها در برابر زلزله و آسیب‌های وارده به آنها ناشی از این پدیده طبیعی، راهکارهای کاربردی به همراه جزییات اجرایی برای مقاوم‌سازی و مهار لرزه‌ای مناسب هر کدام از انواع اجزائ غیرسازه‌ای ارائه شده است.

در پایان از تمامی صاحبنظران، متخصصان و علاقه‌مندان که با نظرات خود در تکامل و رفع نواقص و کاستی‌های این مجموعه ما را یاری خواهند نمود قدردانی می‌نماییم.

فیاض رحیم‌زاده

مجری پروژه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات ۱
۱-۱- هدف ۳
۱-۲- محدوده کاربرد ۳
۱-۳- ملاحظات کلی ۳
۱-۴- اطلاعات پایه‌ای مورد نیاز ۴
۱-۴-۱- سطوح کاربری ساختمان ۴
۱-۴-۲- سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای ساختمان ۵
۱-۴-۳- سطوح خطر لرزه‌ای ۷
۱-۴-۴-کنترل عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای برای عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه ۷
۱-۴-۵- هدف بهسازی ۸
۱-۴-۶- اهداف بهسازی پیشنهادی برای اجزاء غیرسازه‌ای ۸
۱-۴-۷- ضریب عملکرداجزاء غیرسازه‌ای ۹
۱-۵- سختی و انعطاف‌پذیری اجزاء و مهارها و تکیه‌گاه‌های آنها ۱۰
۱-۶- معرفی انواع مختلف اجزای غیرسازهای ۱۰
۱-۶-۱- اجزای معماری ۱۰
۱-۶-۱-۱- نمای خارجی ۱۰
۱-۶-۱-۲- نماها و دیواره‌های شیشه‌ای ۱۲
۱-۶-۱-۳- تیغه (پارتیشن) ۱۴
۱-۶-۱-۴- نمای داخلی ۱۵
۱-۶-۱-۵- سقف کاذب ۱۵
۱-۶-۱-۶- جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها ۱۶
۱-۶-۱-۷- سایه‌بان‌ها ۱۷
۱-۶-۱-۸- دودکش‌های ساختمانی ۱۷
۱-۶-۱-۹- راه‌پله‌ها ۱۸
۱-۶-۱-۱۰- کف‌های کاذب ۱۸
۱-۶-۲- تجهیزات و تأسیسات مکانیکی ۱۸
۱-۶-۲-۱- تجهیزات مکانیکی ۱۸
۱-۶-۲-۱-۱- کمپرسورهای هوا (Air Compressors) ۱۹
۱-۶-۲-۱-۲- واحدهای تهویه مطبوع (Air Conditioning Units) ۲۰
۱-۶-۲-۱-۳- هواسازها (Air Handling Units) ۲۲
۱-۶-۲-۱-۴- آسانسورها ۲۳

۱-۶-۲-۱-۵- جداساز هوا (Air Separators) ۲۴
۱-۶-۲-۱-۶- چیلر یا سرماساز (Chillers) ۲۶
۱-۶-۲-۱-۷- واحدهای کوندانسور یا تبرید (Condenser) ۲۶
۱-۶-۲-۱-۸- کویل‌ها و مبدل‌های حرارتی (Coils and Heat Exchangers) ۲۷
۱-۶-۲-۱-۹- برج‌های خنک‌کننده (Cooling Towers)، کولرها یا سردکننده‌ها (Coolers) ۲۸
۱-۶-۲-۱-۱۰- فن‌ها (Fans) ۲۸
۱-۶-۲-۱-۱۱- دستگاه‌های تولید گرما (بخاری) (Heaters) ۳۰
۱-۶-۲-۱-۱۲- پمپ‌ها (Pumps) ۳۱
۱-۶-۲-۱-۱۳- مخازن (Tanks) و سیلندرها یا کپسول‌های گاز (Gas Cylinders) ۳۲
۱-۶-۲-۱-۱۴- جعبه VAV (ترمینال‌ها)، صداگیر مجاری (Duct Silencers) و واحدهای فن کوئل(Fan-Coil units) ۳۳
۱-۶-۲-۲- مخازن و ظروف تحت فشار (وسل‌ها) و گرمکن‌ها ۳۴
۱-۶-۲-۳- لوله‌ها ۳۴
۱-۶-۲-۴- کانال‌ها (داکت‌ها) ۳۵
۱-۶-۲-۵- نقاله‌ها ۳۵
۱-۶-۳- تجهیزات و تاسیسات الکتریکی ۳۵
۱-۶-۳-۱-انواع تجهیزات برقی و مخابراتی ۳۵
۱-۶-۳-۱-۱- سوئیچ‌های انتقال اتوماتیک (Automatic Transfer Switches) ۳۶
۱-۶-۳-۱-۲- پانل‌های کنترل (Control Panels) ۳۷
۱-۶-۳-۱-۳- ژنراتورها (Generators) ۳۷
۱-۶-۳-۱-۴- سیستم‌های روشنایی (Lighting) ۳۸
۱-۶-۳-۱-۵- مراکز بار (Load Centers) و پانل برد (Panel Board) ۳۹
۱-۶-۳-۱-۶- واحدهای با ولتاژ پایین (Low Voltage Units) ۴۰
۱-۶-۳-۱-۷- واحدهای با ولتاژ متوسط تا بالا (Medium to High Voltage Units) ۴۱
۱-۶-۳-۱-۸- ایستگاه‌های اندازه‌گیری (Meters) و قطع‌کننده‌ها (Disconnects) ۴۱
۱-۶-۳-۱-۹- مراکز کنترل اندازه‌گیری و درایوهای با فرکانس متغیر ۴۲
۱-۶-۳-۱-۱۰- قفسه‌های تجهیزات چند- رسانه‌ای (Multi-Media Racks) ۴۳
۱-۶-۳-۱-۱۱- مبدل‌ها (Transformer) ۴۴
۱-۶-۳-۱-۱۲- منابع انرژی بی‌وقفه (Uninterruptable Power Supplies, UPS) و قفسه‌های باتری(Battery Racks) ۴۵
۱-۶-۳-۱-۱۳- مخازن و واحدهای گرمایش (Unit Heaters and Tanks) ۴۶
۱-۶-۳-۱-۱۴- ترانس‌های برق ۴۶
۱-۶-۳-۲- اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات در داخل ساختمان‌ها ۴۷
۱-۶-۳-۳- تجهیزات روشنایی ۴۷
۱-۶-۴- قفسه‌ها ۴۸
۱-۶-۵- تجهیزات بیمارستانی ۴۹

۱-۶-۵-۱- تجهیزات الکتریکی و حساس ۴۹
۱-۶-۵-۲- تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد ۵۸
۱-۶-۵-۳- تجهیزات سنگین بیمارستانی ۵۹
فصل دوم: ارزیابی کیفی اجزاء غیرسازه‌ای ۶۱
۲-۱- ملزومات کلی ۶۲
۲-۱-۱- گستره ۶۳
۲-۲- ملزومات ارزیابی لرزه‌ای ۶۳
۲-۲-۱- کلیات ۶۳
۲-۲-۲- مشخص کردن سطح عملکرد لرزه‌ای ۶۴
۲-۲-۳- بازدید از محل ۶۴
۲-۳- فاز بررسی اولیه (ارزیابی سطح اول) ۶۵
۲-۳-۱- کلیات ۶۵
۲-۳-۲- انتخاب و به‌کارگیری چک‌لیست‌ها ۶۵
۲-۳-۳- چک‌لیست‌ها ۶۶
۲-۳-۳-۱- چک‌لیست پایه ۶۶
۲-۳-۳-۲- چک‌لیست تکمیلی ۶۹
۲-۴- فاز ارزیابی (ارزیابی سطح دوم) ۷۱
۲-۴-۱- کلیات ۷۱
۲-۴-۲- ارزیابی اعضای غیرسازه‌ای ۷۱
۲-۴-۲-۱- تیغه‌ها (پارتیشنها) ۷۱
۲-۴-۲-۱-۱- بنایی غیرمسلح ۷۱
۲-۴-۲-۱-۲- پارتیشن‌های صلب سیمانی ۷۲
۲-۴-۲-۱-۳- درز انقطاع (Structural Separations) ۷۲
۲-۴-۲-۱-۴- لبهٔ فوقانی ۷۲
۲-۴-۲-۲- سیستم سقف ۷۲
۲-۴-۲-۲-۱- تکیه‌گاه (Support) ۷۲
۲-۴-۲-۲-۲- کاشی‌های سقف کاذب (Lay-in Tiles) ۷۲
۲-۴-۲-۲-۳- سقف‌های یکپارچه ۷۲
۲-۴-۲-۲-۴- سقف‌های کاذب فلزی (Lath and Plaster) ۷۳
۲-۴-۲-۲-۵- لبه‌ها ۷۳
۲-۴-۲-۲-۶- درز لرزه‌ای (Seismic Joint) ۷۳
۲-۴-۲-۳- ادوات روشنایی ۷۳
۲-۴-۲-۳-۱- روشنایی اضطراری ۷۳
۲-۴-۲-۳-۲- ادوات روشنایی با تکیه‌گاه مستقل ۷۳

۲-۴-۲-۳-۳- آویز (Pendant Support) ۷۳
۲-۴-۲-۳-۴- پوشش روی لامپ‌ها (Lens Covers) ۷۴
۲-۴-۲-۴- شیشه و پوشش ۷۴
۲-۴-۲-۴-۱- مهارهای پوشش (cladding anchors) ۷۴
۲-۴-۲-۴-۲- خرابی ۷۴
۲-۴-۲-۴-۳- جداسازی پوشش (Cladding Isolation) ۷۴
۲-۴-۲-۴-۴- پانل‌های چندطبقه (Multi-Story Panels) ۷۴
۲-۴-۲-۴-۵- اتصالات تکیه‌گاه ۷۴
۲-۴-۲-۴-۶- ابزار ثابت‌نگهدارنده (Insert) ۷۵
۲-۴-۲-۴-۷-اتصالات پانل‌ها ۷۵
۲-۴-۲-۴-۸- شیشه ۷۵
۲-۴-۲-۴-۹- شیشه ۷۵
۲-۴-۲-۵- نمای بنایی ۷۵
۲-۴-۲-۵-۱- نبشی مجوف (Shelf Angles) ۷۵
۲-۴-۲-۵-۲- بست‌ها ۷۵
۲-۴-۲-۵-۳- سطوح ضعیف ۷۶
۲-۴-۲-۵-۴- خرابی ۷۶
۲-۴-۲-۵-۵- ملات ۷۶
۲-۴-۲-۵-۶- درز زهکشی (Weep Hole) ۷۶
۲-۴-۲-۵-۷- ترک‌خوردگی‌های سنگ ۷۶
۲-۴-۲-۶- سیستم گل‌میخ‌های پشتیبان نما ۷۶
۲-۴-۲-۶-۱- ریل‌های گل‌میخ‌ها ۷۶
۲-۴-۲-۶-۲- بازشوها ۷۶
۲-۴-۲-۷- دیوار پشتیبان نما متشکل از بلوک‌های بتونی و مصالح ۷۷
۲-۴-۲-۷-۱- مهار ۷۷
۲-۴-۲-۷-۲- دیوار پشتیبان متشکل از مصالح بنایی غیرمسلح (URM Back-up) ۷۷
۲-۴-۲-۸- جان‌پناه، قرنیز و ملحقات ۷۷
۲-۴-۲-۸-۱- جان‌پناه با مصالح بنایی غیرمسلح ۷۷
۲-۴-۲-۸-۲- سایبان ۷۷
۲-۴-۲-۸-۳- جان‌پناه‌های بتنی ۷۷
۲-۴-۲-۸-۴- ملحقات ۷۷
۲-۴-۲-۹- دودکش‌های بنایی ۷۸
۲-۴-۲-۹-۱- دودکش‌های بنایی غیرمسلح ۷۸
۲-۴-۲-۹-۲- مهاربندی ۷۸

۲-۴-۲-۱۰- پله‌ها ۷۸
۲-۴-۲-۱۰-۱- دیوارهای بنایی غیرمسلح ۷۸
۲-۴-۲-۱۰-۲- جزئیات پله ۷۸
۲-۴-۲-۱۰-۳-محوطه پله ۷۸
۲-۴-۲-۱۱- محتویات ساختمان و مبمان ۷۸
۲-۴-۲-۱۱-۱- اجزای لاغر و دراز ۷۸
۲-۴-۲-۱۱-۲- قفسه پرونده‌ها (File Cabinet) ۷۹
۲-۴-۲-۱۱-۳- کشوها و درهای قفسه‌ها ۷۹
۲-۴-۲-۱۱-۴- کف‌های کاذب ۷۹
۲-۴-۲-۱۱-۵- تجهیزات موجود برروی کف‌های کاذب ۷۹
۲-۴-۲-۱۲- تجهیزات مکانیکی و الکتریکی ۷۹
۲-۴-۲-۱۲-۱- برق اضطراری ۷۹
۲-۴-۲-۱۲-۲- تجهیزات مربوط به مواد خطرناک ۷۹
۲-۴-۲-۱۲-۳- خرابی ۷۹
۲-۴-۲-۱۲-۴- تجهیزات متصل ۸۰
۲-۴-۲-۱۲-۵- جداسازی ارتعاشی ۸۰
۲-۴-۲-۱۲-۶- تجهیزات سنگین ۸۰
۲-۴-۲-۱۲-۷- تجهیزات الکتریکی ۸۰
۲-۴-۲-۱۲-۸- درها ۸۰
۲-۴-۲-۱۲-۹- نقالهها ۸۰
۲-۴-۲-۱۳- لوله‌کشی ۸۰
۲-۴-۲-۱۳-۱- لوله‌کشی اطفاء حریق ۸۰
۲-۴-۲-۱۳-۲- اتصالات انعطاف‌پذیر ۸۰
۲-۴-۲-۱۳-۳- افشانه لوله آب‌پاش اطفاء حریق ۸۱
۲-۴-۲-۱۳-۴- لوله‌کشی گاز و مایع ۸۱
۲-۴-۲-۱۳-۱-۴- شیرهای قطع آنی (Shut-off Valves) ۸۱
۲-۴-۲-۱۳-۵- گیره‌های C شکل ۸۱
۲-۴-۲-۱۴- داکت‌ها ۸۱
۲-۴-۲-۱۴-۱- داکت‌های پله و دود (stair and smoke ducts) ۸۱
۲-۴-۲-۱۴-۲- بادبندی داکت ۸۱
۲-۴-۲-۱۴-۳- تکیه‌گاه داکت ۸۱
۲-۴-۲-۱۵- مواد خطرناک ۸۲
۲-۴-۲-۱۵-۱- مواد سمی ۸۲
۲-۴-۲-۱۵-۲- سیلندرهای گاز ۸۲

۲-۴-۲-۱۵-۳- مواد خطرناک ۸۲
۲-۴-۲-۱۶- آسانسور ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۱- سیستم تکیه‌گاه ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۲- کلید (سوییچ) لرزه‌ای ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۳- محفظه شفت آسانسور ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۴- گیره محافظ ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۵- صفحه نگهدارنده (Retainer Plate) ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۶- ریل‌های وزنه تعادل ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۷- براکت‌ها ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۸- (Spreader Bracket) ۸۲
۲-۴-۲-۱۶-۹- آسانسورکند (Go-Slow Elevator) ۸۳
فصل سوم: بارهای لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای ۸۵
۳-۱- مقدمه ۸۶
۳-۱-۱- رده‌بندی رفتاری اجزاء غیرسازه‌ای ۸۷
۳-۱-۲- روش‌های ارزیابی اجزای غیرسازهای لرزه‌ای ۸۷
۳-۱-۲-۱- روش تحلیلی ۸۸
۳-۱-۲-۲- روش تجویزی ۸۸
۳-۲-۱- نیروی وارد به اجزاء غیرسازه‌ای با تراز عملکردی "ایمنی جانی" ۹۲
۳-۲-۱-۱- نیروی افقی طراحی در زلزله ۹۲
۳-۲-۱-۲- نیروی قائم زلزله ۹۳
۳-۲-۲- اجزاء غیرسازه‌ای با تراز عملکردی "کاربری بی‌وقفه" ۹۳
۳-۲-۲-۱- زمان تناوب تجهیزات ۹۳
۳-۲-۲-۲- نیروی افقی طراحی در زلزله ۹۴
۳-۲-۲-۳- نیروی قائم زلزله ۹۴
۳-۲-۳- محاسبه تغییرمکان ۹۴
۳-۲-۴- ضرایب a_P و R_P ۹۵
۳-۳- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری ۹۹
۳-۳-۱- ترکیب بار برای کنترل تکیه‌گاه اجزاء غیرسازه‌ای ۱۰۰
۳-۴- اندرکنش لرزه‌ای ۱۰۰
۳-۴-۱- تعریف ۱۰۰
۳-۴-۲- بررسی اندرکنش ۱۰۲
۳-۴-۲-۱- مشخص کردن ورودی لرزه‌ای برای منبع اندرکنش ۱۰۲
۳-۴-۲-۲- تعیین منابع اندرکنش قابل وقوع و آسیبرسان ۱۰۲
۳-۴-۲-۳- ارزیابی ظرفیت در مقابل تقاضا برای منابع اندرکنش ۱۰۲

۳-۴-۲-۴- تشخیص منابع اندرکنش محتمل ۱۰۲
۳-۴-۲-۵- طراحی بهسازی اندرکنش لرزهای ۱۰۳
۳-۴-۳- اندرکنش ریزشی ۱۰۳
۳-۴-۳-۱- ناحیه تأثیر ۱۰۳
۳-۴-۳-۲- نیروی برخورد ۱۰۳
۳-۴-۴- اندرکنش نوسانی ۱۰۴
۳-۴-۴-۱- نوسان ۱۰۴
۳-۴-۴-۲- حرکت گهوارهای یا لغزش ۱۰۴
۳-۴-۵- اندرکنش پاششی ۱۰۵
۳-۴-۶- اندرکنش سیستمی ۱۰۶
فصل چهارم: معیارهای پذیرش، ضوابط و الزامات مقاوم‌سازی اجزاء غیرسازه‌ای ۱۰۷
۴-۱- رفتار و معیارهای پذیرش عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای ۱۰۹
۴-۲- اجزای معماری ۱۰۹
۴-۲-۱- نمای خارجی ۱۰۹
۴-۲-۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۰۹
۴-۲-۱-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۰
۴-۲-۲- نماها و دیواره‌های شیشه‌ای ۱۱۰
۴-۲-۲-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۰
۴-۲-۲-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۱
۴-۲-۳- تیغه‌ها ۱۱۲
۴-۲-۳-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۲
۴-۲-۳-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۳
۴-۲-۴- نمای داخلی ۱۱۳
۴-۲-۴-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۳
۴-۲-۴-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۳
۴-۲-۵- سقف کاذب ۱۱۴
۴-۲-۵-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۴
۴-۲-۵-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۴
۴-۲-۶- جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها (APPENDAGES) ۱۱۴
۴-۲-۶-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۴
۴-۲-۶-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۴
۴-۲-۷- سایه‌بان‌ها ۱۱۵
۴-۲-۷-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۵
۴-۲-۷-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۵

۴-۲-۸- دودکش‌های ساختمانی ۱۱۵
۴-۲-۸-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۵
۴-۲-۸-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۵
۴-۲-۹- راه‌پله ۱۱۶
۴-۲-۹-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۶
۴-۲-۹-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۶
۴-۲-۱۰- کف‌های کاذب ۱۱۶
۴-۲-۱۰-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۶
۴-۲-۱۰-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۷
۴-۲-۱۱- آسانسور ۱۱۷
۴-۲-۱۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۷
۴-۲-۱۱-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۷
۴-۳- اجزاء مکانیکی ۱۱۸
۴-۳-۱- تجهیزات مکانیکی ۱۱۸
۴-۳-۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۸
۴-۳-۱-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۸
۴-۳-۲- مخازن و ظروف تحت فشار (وسل‌ها) و گرمکن‌ها ۱۱۸
۴-۳-۲-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۸
۴-۳-۲-۲- معیارهای پذیرش ۱۱۹
۴-۳-۳- لوله‌ها ۱۱۹
۴-۳-۳-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۱۹
۴-۳-۳-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۰
۴-۳-۴- کانال‌ها (داکت‌ها) ۱۲۰
۴-۳-۴-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۰
۴-۳-۴-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۰
۴-۳-۵- نقاله‌ها ۱۲۰
۴-۳-۵-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۰
۴-۳-۵-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۱
۴-۴- اجزاء برقی و مخابراتی ۱۲۱
۴-۴-۱- تجهیزات برقی و مخابراتی ۱۲۱
۴-۴-۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۱
۴-۴-۱-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۱
۴-۴-۲- اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات در داخل ساختمان‌ها ۱۲۲
۴-۴-۲-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۲

۴-۴-۲-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۲
۴-۴-۳- تجهیزات روشنایی ۱۲۲
۴-۴-۳-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۲
۴-۴-۳-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۳
۴-۵- قفسه‌ها ۱۲۳
۴-۵-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۳
۴-۵-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۳
۴-۶- تجهیزات بیمارستانی ۱۲۴
۴-۶-۱- تجهیزات الکتریکی و حساس ۱۲۴
۴-۶-۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۴
۴-۶-۱-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۴
۴-۶-۲- تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد ۱۲۴
۴-۶-۲-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۴
۴-۶-۲-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۵
۴-۶-۳- تجهیزات سنگین بیمارستانی ۱۲۵
۴-۶-۳-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی ۱۲۵
۴-۶-۳-۲- معیارهای پذیرش ۱۲۵
۴-۷- ملاحظات مقاوم‌سازی لرزه‌ای اجزاء غیرسازهای موجود ۱۲۶
۴-۷-۱- نکات کلی ۱۲۶
۴-۷-۲- روش‌های بهسازی ۱۲۶
۴-۷-۲-۱- روش‌های معمول در بهسازی اجزاء غیرسازه‌ای ۱۲۶
۴-۷-۳- ضوابط تجهیزات روشنایی ۱۲۷
۴-۷-۴- ضوابط اتصال لوله‌ها به تجهیزات ۱۲۸
فصل پنجم: اتصال و مهار اجزاء معماری، مکانیکی و الکتریکی ۱۲۹
۵-۱- کلیات ۱۳۰
۵-۱-۱- ضوابط نصب مهارها ۱۳۱
۵-۲- مقاوم‌سازی اجزاء معماری ۱۳۲
۵-۲-۱- نماهای خارجی ۱۳۲
۵-۲-۱-۱- نماهای چسبانده شده ۱۳۲
۵-۲-۱-۲- نماهای دوخته شده ۱۳۳
۵-۲-۲- نماها و دیواره‌های شیشه‌ای ۱۳۵
۵-۲-۳- پارتیشن‌های داخلی ۱۳۷
۵-۲-۳-۱- پارتیشن‌های داخلی سنگین ۱۳۷
۵-۲-۳-۲- پارتیشن‌های داخلی سبک ۱۴۰

۵-۲-۴- سقف کاذب ۱۴۲
۵-۲-۵- جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها ۱۴۷
۵-۲-۶- سایهبان‌ها ۱۴۷
۵-۲-۷- دودکش‌های ساختمانی ۱۴۸
۵-۲-۸- راه‌پله‌ها ۱۴۸
۵-۲-۹- کف‌های کاذب ۱۵۰
۵-۲-۱۰- آسانسورهای کابلی ۱۵۱
۵-۳- ضوابط مهارسازی لرزه‌ای اجزاء مکانیکی و الکتریکی ۱۵۴
۵-۳-۱- اجزاء مکانیکی ۱۵۴
۵-۳-۲- اجزاء الکتریکی ۱۵۵
۵-۴- انواع اتصال اجزاء مکانیکی و الکتریکی به سازه ۱۵۶
۵-۴-۱-اتصال صلب به کف طبقه (FLOOR MOUNTED) ۱۵۶
۵-۴-۱-۱- اتصال مستقیم به کف طبقه ۱۵۶
۵-۴-۱-۱-۱- کارگذاری مهارها (Anchors) ۱۵۸
۵-۴-۱-۲- استفاده از سازهٔ فلزی نگهدارنده برای انتقال بارها به کف طبقه ۱۵۹
۵-۴-۱-۳- استفاده از ضربه‌گیر (Bumper) برای جلوگیری از لغزش و حرکت افقی ۱۶۳
۵-۴-۱-۴- نصب دستگاه روی یک قاب مستقل از کف کاذب (Raised Floor) ۱۶۴
۵-۴-۱-۵- اتصال نقطه‌ای (فقط برای تجهیزات سبک) ۱۶۶
۵-۴-۱-۶- اتصال با استفاده از قاب‌های متشکل از میله و ورق (Strut and Plate Frame) ۱۶۶
۵-۴-۲- اتصال صلب به بام ۱۶۸
۵-۴-۲-۱- استفاده از قاب‌بندی برای ایجاد اختلاف تراز (Post and Beam) ۱۶۸
۵-۴-۲-۲- استفاده از دیوارهای لرزه‌ای پیش‌ساخته یا درجا ۱۷۰
۵-۴-۲-۳- استفاده از سیستم جداسازی لرزه‌ای (Seismic Vibration Isolation) تجهیزات ۱۷۱
۵-۴-۲-۴- استفاده از فنر مقید برروی قاب تراز ۱۷۱
۵-۴-۳- اتصال تجهیزات آویزان یا معلق (SUSPENDED) ۱۷۲
۵-۴-۴-اتصال اجزاء به کف طبقه با جداسازی ارتعاشی ۱۷۶
۵-۴-۵- اتصال تجهیزات به دیوار ۱۸۰
۵-۴-۵-۱- اتصال مستقیم به دیوار (شکل ۵-۶۲) ۱۸۰
۵-۴-۵-۲- اتصال به دیوار با استفاده از سازه فلزی (شکل ۵-۶۳) ۱۸۰
۵-۴-۵-۳- اتصال به دیوار به کمک جداسازی ارتعاشی ۱۸۰
۵-۴-۵-۴- اتصال مستقیم به دیوار(فقط برای سیلندرهای گاز و آبگرمکن) ۱۸۱
۵-۵- انواع اتصال کانال‌ها، لوله‌ها و اجزاء مرتبط با آنها ۱۸۲
۵-۵-۱- انتخاب نوع مهاربندی لازم برای کانال و لوله ۱۸۴
۵-۵-۱-۱- انتخاب مهاربندی کانال ۱۸۴

۵-۵-۱-۲- انتخاب مهاربندی لوله ۱۸۵
۵-۵-۲- جزئیات مهاربندی کانال‌ها ۱۸۵
۵-۵-۲-۱- ضوابط داکت‌های HVAC ۱۸۵
۵-۵-۲-۲- کانال‌ها و لوله‌های معلق ۱۸۶
۵-۵-۲-۲-۱- مقاومت لرزه‌ای مورد نیاز برای تکیه‌گاه‌های معلق در سایر اجزاء ساختمان (به طور خاص برای لوله‌ها و داکت‌ها) ۱۸۶
۵-۵-۲-۲-۲- انواع روش‌های اتصال معلق کانال‌ها ۱۸۸
۵-۵-۲-۳- کانال‌ها و لوله‌های نصب شده بر کف ۱۹۷
۵-۵-۲-۴- کانال‌ها و لوله‌های نصب شده بر بام ۱۹۸
۵-۵-۲-۵- کانال‌ها و لوله‌های نصب شده بر جداره ۲۰۱
۵-۵-۲-۶- کانال‌های عبورکننده از سقف ۲۰۳
۵-۵-۳- جزئیات مهاربندی لوله‌ها و دستورالعمل نصب آنها ۲۰۵
۵-۵-۳-۱- نکات مربوط به سیستم‌های لوله‌کشی ۲۰۵
۵-۵-۳-۱-۱- قانون ۱۲ اینچ ۲۰۵
۵-۵-۳-۱-۲- لوله‌های با تکیه‌گاه‌های تک‌رکابه (پنجه مفصلی) ۲۰۵
۵-۵-۳-۲- انواع مهار لوله‌ها ۲۰۶
۵-۵-۳-۲-۱- لوله‌کشی معلق ۲۰۶
۵-۵-۳-۲-۲- لوله‌کشی نصب شده برروی کف ۲۱۵
۵-۵-۳-۲-۳- لوله‌کشی نصب شده بر بام ۲۱۷
۵-۵-۳-۲-۴- لوله‌کشی نصب شده بر دیوار ۲۱۸
۵-۵-۳-۲-۵- عبور لوله از سقف ۲۲۰
۵-۵-۳-۳- نحوه مهاربندی اجزاء به کار رفته در مسیر لوله‌ها ۲۲۲
۵-۶- مهارها (ANCHORS) ۲۲۵
۵-۶-۱- انواع مهار ۲۲۵
۵-۶-۲- جزئیات نصب مهارها ۲۲۶
۵-۶-۲-۱- مهار در سازه‌های بنایی ۲۲۷
۵-۶-۲-۲- مهار چسبی در دیوار بلوک مجوف (Adhesive anchors in a hollow brick wall) ۲۲۹
۵-۶-۲-۳- مهار به وسیله پیچ ضامن‌دار (Toggle Bolts) ۲۳۰
۵-۶-۲-۴- مهار در دیوار بتنی (مهار غلاف‌دار (Sleeve Anchor) یا مهار گوه‌ای(Wedge Anchor)) ۲۳۱
۵-۶-۲-۵- مهار در دیوار گچی (Dry-Wall Anchor) ۲۳۱
۵-۶-۳- اتصالات پیچی ۲۳۱
۵-۶-۳-۱- اتصال تجهیزات به کف به وسیله نبشی متصل شده به کف بتنی ۲۳۱
۵-۶-۳-۲- پیچ کردن دو پروفیل فولاد ساختمانی به هم ۲۳۲
۵-۶-۳-۳- پیچ نمودن میله رزوه شده به پروفیل فولادی یا پایه ۲۳۲

۵-۶-۴- اتصال جوشی بین جزء غیرسازه‌ای و صفحات اتکایی ۲۳۳
۵-۶-۴-۱- اتصال تجهیزات به صفحه‌های جاسازی شده ۲۳۳
۵-۶-۴-۲- اتصال تجهیزات به وسیله پروفیلهای فولادی و صفحات ۲۳۴
۵-۶-۴-۲-۱- اندازه مهارها برای جوشکاری تجهیزات دارای وزن کمتر از ۱۸۰ کیلوگرم ۲۳۴
۵-۷- جزئیات و نحوه اتصال مهار به سازه ۲۳۵
۵-۷-۱- اتصال به تیر I شکل ۲۳۵
۵-۷-۲- اتصال مهار ساخته شده از پروفیل فولادی ۲۳۶
۵-۷-۳- اتصال مهارهای کابلی در بتن و مصالح بنایی (ترک خورده) ۲۳۶
۵-۸- موارد خاص ۲۳۷
۵-۸-۱- کابلها ۲۳۷
۵-۸-۱-۱- پیچها با سوراخهای مرکزی ۲۳۷
۵-۸-۱-۲- بست‌های فرول (Ferrule Clamps) ۲۳۸
۵-۸-۱-۳- چنگک طناب سیمی (Wire rip grips) ۲۳۹
۵-۸-۲- کنترل پانلها (CONTROL PANELS) ۲۳۹
۵-۸-۳- بالشتک‌های بتنی (CONCRETE PADS) ۲۴۲
۵-۸-۴- اتصالات انعطاف‌پذیر و درزهای انبساطی ۲۴۴
۵-۸-۴-۱- اتصالات انعطاف‌پذیر ۲۴۴
۵-۸-۴-۲- درزهای انبساطی ۲۴۶
۵-۸-۵- CONTROL ROD ۲۴۸
۵-۸-۶- شیرها و محرک‌های شیرها ۲۴۸
۵-۸-۶-۱- مهارهای لوله ۲۴۸
۵-۹-۶-۲- مهاربندی شیر ۲۴۹
۵-۸-۶-۳- مهاربندی محرک شیر ۲۴۹
۵-۹- نوع مناسب اتصال برای انواع تجهیزات ۲۵۰
فصل ششم: مثالهای کاربردی ۲۵۷
۶-۱- مقدمه ۲۵۸
۶-۲- مثال‌های کیفی ۲۶۰
۶-۲-۱- کانال (داکت) ۲۶۰
۶-۲-۲- اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات ۲۶۱
۶-۲-۳- سقف‌های کاذب پانلی ۲۶۲
۶-۲-۴- سقف‌های کاذب با ورق‌های فلزی ۲۶۳
۶-۲-۵- تیغه با بلوک‌های آجری مجوف غیرمسلح ۲۶۴
۶-۲-۶- دیوارهای خارجی آجری غیرمسلح ۲۶۵
۶-۲-۷- ژنراتورهای برق اضطراری ۲۶۶

۶-۲-۸- ژنراتورهای برق اضطراری ۲۶۷
۶-۲-۹- باتری برای تأمین برق بیوقفه ۲۶۸
۶-۲-۱۰- سیلندرهای نیتروژن در بیمارستان‌ها ۲۶۹
۶-۲-۱۱- تانکرهای اکسیژن ۲۷۰
۶-۲-۱۳- مخازن قائم ۲۷۲
۶-۲-۱۴- برجهای خنک‌کننده ۲۷۳
۶-۲-۱۵- کابینتهای الکتریکی ۲۷۴
۶-۲-۱۶- بویلر ۲۷۵
۶-۲-۱۷- چراغ جراحی اتاق عمل ۲۷۶
۶-۲-۱۸- واحد اسکن پزشکی ۲۷۷
۶-۲-۱۹- سیستم ریل آسانسور ۲۷۸
۶-۲-۲۰- موتور آسانسور و ژنراتور (مولد برق) ۲۷۹
۶-۲-۲۱- تابلوی کنترل و جعبه برق آسانسور ۲۸۰
۶-۲-۲۲- صفحه نمایش رایانه در مراکز تماس اضطراری ۲۸۱
۶-۲-۲۳- قفسه تجهیزات تلفن برای مراکز تماس اضطراری ۲۸۲
۶-۲-۲۴- تابلوی (پانل) مراکز خودکار تلفنی و تماس‌های اضطراری متصل به دیوار ۲۸۳
۶-۳- مثال‌های کمی ۲۸۴
۶-۳-۱- مثال ۱- چیلر ۲۸۴
۶-۳-۱-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازهای ۲۸۵
۶-۳-۱-۲- تعیین هدف بهسازی ۲۸۵
۶-۳-۱-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح ۲۸۵
۶-۳-۱-۴- ارزیابی ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۲» ۲۸۵
۶-۳-۱-۵- ارزیابی قابلیت استفاده بی‌وقفه برای زلزله «سطح خطر-۱» ۲۸۸
۶-۳-۲- مثال ۲- کنترل پانل الکتریکی ۲۸۸
۶-۳-۲-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازهای ۲۸۹
۶-۳-۲-۲- تعیین هدف بهسازی ۲۸۹
۶-۳-۲-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح ۲۸۹
۶-۳-۲-۴- ارزیابی سطح عملکرد ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۱» ۲۸۹
۶-۳-۲-۵- ارزیابی سطح عملکرد کاربری بیوقفه برای زلزله «بهرهبرداری» ۲۹۱
۶-۳-۳- مثال ۳- نمای شیشه‌ای ۲۹۲
۶-۳-۳-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازهای ۲۹۲
۶-۳-۳-۲- تعیین هدف بهسازی ۲۹۲
۶-۳-۳-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح ۲۹۳
۶-۳-۳-۴- ارزیابی سطح عملکرد ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۲» ۲۹۳

۶-۳-۳-۵- ارزیابی سطح عملکرد کاربری بیوقفه برای زلزله «سطح خطر-۱» ۲۹۴
۶-۳-۴- مثال ۴- دیوارهای جداکننده و تیغه‌ها ۲۹۴
۶-۳-۴-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازهای ۲۹۵
۶-۳-۴-۲- تعیین هدف بهسازی و سطوح عملکرد ۲۹۵
۶-۳-۴-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح ۲۹۵
۶-۳-۴-۴- ارزیابی سطح عملکرد ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۱» ۲۹۶
۶-۳-۴-۵- ارزیابی سطح عملکرد کاربری بیوقفه برای زلزله «بهرهبرداری» ۲۹۷
۶-۳-۵- مثال ۵- آسانسور ۲۹۷
۶-۳-۵-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازهای ۲۹۹
۶-۳-۵-۲- محاسبه نیروهای لرزه‌ای ۳۰۰
۶-۳-۵-۳- کنترل ریل در مقابل نیروهای وارد شده به آن ۳۰۰
۶-۳-۵-۴- کنترل و طراحی تکیه‌گاه‌ها ۳۰۳
۶-۳-۵-۵- ارزیابی لرزه‌ای ریل‌های هادی وزنه تعادل ۳۰۴
منابع و مراجع ۳۰۷
پیوست ۱: هزینه نسبی قسمت‌های مختلف سازه ۳۰۹
پیوست ۲: نمونه‌هایی از آسیب‌های وارده به اجزای غیرسازه‌ای در زلزله‌های گذشته ۳۱۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- طبقه‌بندی ساختمان‌ها با توجه به نوع سطوح کاربری ۵
جدول ۲-۱- چک‌لیست‌های مورد نیاز جهت ارزیابی سطح اول..... ۶۶
جدول ۲-۲- چک‌لیست پایه..... ۶۶
جدول ۳-۱- ملزومات بهسازی اجزاء غیرسازه‌ای شامل انواع اجزاء غیرسازه‌ای براساس سطوح خطر لرزه‌ای و سطوح عملکرد و روش‌های ارزیابی ۸۹
جدول ۳-۲- ضرایب تشدید و اصلاح پاسخ، a_p و R_P، برای اجزای غیرسازه‌ای..... ۹۶
جدول ۳-۳- ضریب اصطکاک مصالح و پوشش‌های مختلف..... ۱۰۵
جدول ۵-۱- سفت کردن دستی..... ۲۳۲
جدول ۵-۲- اندازه مهار صلب نصب شده برروی کف ۲۳۴
جدول ۵-۳- ابعاد مهارهای نصب بر کف برای اتصالات صلب..... ۲۳۴
جدول ۵-۴- ابعاد مهارهای لازم برای اتصال صلب تجهیزات معلق..... ۲۳۵
جدول ۵-۵- نحوه صحیح اتصال کمپرسور هوا..... ۲۵۰
جدول ۵-۶- نحوه صحیح اتصال سیستم تهویه هوا..... ۲۵۰
جدول ۵-۷- نحوه صحیح اتصال واحد پردازش هوا..... ۲۵۰
جدول ۵-۸- نحوه صحیح اتصال بویلرها، کوره‌ها، رطوبت سازها و آبگرمکنها..... ۲۵۱
جدول ۵-۹- نحوه صحیح اتصال چیلر..... ۲۵۱
جدول ۵-۱۰- نحوه صحیح اتصال مبدل‌های حرارتی..... ۲۵۱
جدول ۵-۱۱- نحوه صحیح اتصال کندانسور یا واحد مایع ساز..... ۲۵۱
جدول ۵-۱۲- نحوه صحیح اتصال برج‌های خنک‌کننده وکولرها..... ۲۵۱
جدول ۵-۱۳- نحوه اتصال هیتر..... ۲۵۲
جدول ۵-۱۴- نحوه اتصال پمپ..... ۲۵۲
جدول ۵-۱۵- انواع اتصالات سوئیچ انتقال اتوماتیک..... ۲۵۲
جدول ۵-۱۶- انواع اتصالات کنترل پانل..... ۲۵۳
جدول ۵-۱۷- انواع اتصال ژنراتورها..... ۲۵۳
جدول ۵-۱۸- انواع اتصالات روشنایی ۲۵۳
جدول ۵-۱۹- انواع اتصالات پانل‌برد و مراکز بار..... ۲۵۴
جدول ۵-۲۰- انواع اتصالات مبدل‌ها..... ۲۵۴
جدول ۵-۲۱- انواع اتصالات منبع‌های تغذیه وقفه‌ناپذیر و ردیفهای باتری ۲۵۴
جدول ۵-۲۲- انواع اتصال مهاربندی کانال..... ۲۵۵
جدول ۵-۲۳- مهاربندی تجهیزات نصب شده بر کانال در مسیر..... ۲۵۵

جدول ۵-۲۴- مهاربندی سیستم لوله‌گذاری ۲۵۵
جدول ۵-۲۵- انواع اتصال تجهیز نصب شده بر لوله در مسیر ۲۵۶
جدول ۶-۱- ابعاد و مشخصات هندسی ریل هادی آسانسور و وزنه تعادل ۲۹۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- آجر یا سفال چسبانده شده ۱۱
شکل ۱-۲- موزائیک شیشه‌ای چسبانده شده..... ۱۱
شکل ۱-۳- صفحات سنگی بزرگ برای نمای دوخته شده ۱۱
شکل ۱-۴- نمای دیوارهای کوتاه شیشه‌ای ۱۲
شکل ۱-۵- پانل پیش ساخته ۱۲
شکل ۱-۶- نمای شیشه‌ای بیرونی یکسره بدون قطع در کف طبقات..... ۱۳
شکل ۱-۷- نمای شیشه‌ای بیرونی بین کف‌های طبقات ۱۴
شکل ۱-۸- تیغه‌های سبک..... ۱۴
شکل ۱-۹- پوشش سقف به همراه تزئینات گچبری ۱۵
شکل ۱-۱۰- سقف‌های کاذب..... ۱۵
شکل ۱-۱۱- سقف کاذب به وسیله رابیتس ۱۶
شکل ۱-۱۲- جان‌پناه..... ۱۶
شکل ۱-۱۳- پیش‌آمدگی..... ۱۶
شکل ۱-۱۴- نماهای تزئینی ۱۶
شکل ۱-۱۵- سایه‌بان ۱۷
شکل ۱-۱۶- دودکش‌های ساختمانی..... ۱۷
شکل ۱-۱۷- راه‌پله ۱۸
شکل ۱-۱۸- کف کاذب..... ۱۸
شکل ۱-۱۹- کمپرسور هوای محفظه‌دار (خنک‌شونده با آب)..... ۲۰
شکل ۱-۲۰- کمپرسورهوا با پایهٔ لغزشی (ریلی) (خنک‌شونده با آب) ۲۰
شکل ۱-۲۱- کمپرسور هوا با مخزن عمودی یا افقی (خنک‌شونده با هوا)..... ۲۰
شکل ۱-۲۲- کمپرسور هوای غلتکی شامل خشک‌کن‌های بزرگ فیلتر ۲۰
شکل ۱-۲۳- واحد تهویه مطبوع کوچک روی بام..... ۲۱
شکل ۱-۲۴- واحد تهویه مطبوع بزرگ روی بام ۲۱
شکل ۱-۲۵- واحد تهویه مطبوع داخلی..... ۲۱
شکل ۱-۲۶- واحد تهویه مطبوع کنار دیوار..... ۲۱
شکل ۱-۲۷- واحد (Package) خنک‌شونده با آب..... ۲۱
شکل ۱-۲۸- واحد تهویه هوای داخلی یا پمپ حرارتی..... ۲۱
شکل ۱-۲۹- واحد هواساز بزرگ قرار گرفته برروی بام ۲۲
شکل ۱-۳۰- واحد هواساز کوچک قرار گرفته برروی بام ۲۲

شکل ۱-۳۱- واحد هواساز داخلی قائم ۲۲
شکل ۱-۳۲- واحد هواساز داخلی افقی ۲۲
شکل ۱-۳۳- واحد هواساز ساختمان ۲۳
شکل ۱-۳۴- شبکه‌های تبرید در واحدهای هواساز ۲۳
شکل ۱-۳۵- محفظه آسانسور ۲۴
شکل ۱-۳۶- جداساز هوا (بصورت معلق) ۲۴
شکل ۱-۳۷- جداساز هوا (نصب شده بر روی کف) ۲۴
شکل ۱-۳۸- بویلر کوچک ۲۵
شکل ۱-۳۹- بویلرهای Flex tube ۲۵
شکل ۱-۴۰- بویلرهای Water – tube ۲۵
شکل ۱-۴۱- آبگرمکن ۲۵
شکل ۱-۴۲- رطوبت‌ساز ۲۵
شکل ۱-۴۳- کوره ۲۵
شکل ۱-۴۴- چیلر از نوع خروج از مرکز (Centrifugal) ۲۶
شکل ۱-۴۵- چیلر با کمپرسور (Screw) ۲۶
شکل ۱-۴۶- چیلر قاب‌دار ۲۶
شکل۲-۴۷- چیلر کوچک ۲۶
شکل ۱-۴۸- واحدهای تبرید (Condenser) ۲۷
شکل ۱-۴۹- کاندنسور/ واحد چگالنده داخلی ۲۷
شکل ۱-۵۰- A-coil ۲۷
شکل ۱-۵۱- کویل نصب شده بر لوله ۲۷
شکل ۱-۵۲- مبدل حرارتی پوسته لوله‌ای ۲۷
شکل ۱-۵۳- مبدل حرارتی صفحه و فریم ۲۷
شکل ۱-۵۴- کولر با مخزن آب همراه ۲۸
شکل ۱-۵۵- برج خنک‌کننده با مخزن آب همراه ۲۸
شکل ۱-۵۶- کولر آبی معمولی ۲۸
شکل ۱-۵۷- برج خنک‌کنندهٔ بزرگ ۲۸
شکل ۱-۵۸- فن دیواری ۲۹
شکل ۱-۵۹- فن قابل نصب روی بام ۲۹
شکل ۱-۶۰- فن سقفی ۲۹
شکل ۱-۶۱- فن محوری ۲۹
شکل ۱-۶۲- فن صنعتی ۳۰
شکل ۱-۶۳- فن خروج از مرکز ۳۰
شکل ۱-۶۴- بخاری برقی ۳۰

شکل ۱-۶۵- بخاری با مکانیزم آب یا بخار ۳۰
شکل ۱-۶۶- بخاری گازی ۳۰
شکل ۱-۶۷- پمپ خطی in – line ۳۱
شکل ۱-۶۸- پمپ دو بخشی با مکش انتهایی افقی ۳۱
شکل ۱-۶۹- پمپ عمودی ۳۱
شکل ۱-۷۰- پمپ close – coupled ۳۱
شکل ۱-۷۱- مخازن (آب) با پایهٔ استوانه‌ای ۳۲
شکل ۱-۷۲- مخازن (آب) با پایه‌های مجزا ۳۲
شکل ۱-۷۳- تصفیه کنندهٔ آب ۳۲
شکل ۱-۷۴- مخازن عمودی ۳۲
شکل ۱-۷۵- مخازن افقی ۳۲
شکل ۱-۷۶- سیلندرهای گاز ۳۳
شکل ۱-۷۷- جعبه‌های VAV با فن (سری یا موازی) ۳۳
شکل ۱-۷۸- میراگر VAV ۳۳
شکل ۱-۷۹- فن کوئل قائم ۳۳
شکل ۱-۸۰- جعبه مجرای ۲ تایی ۳۳
شکل ۱-۸۱- صداگیر مجاری ۳۳
شکل ۱-۸۲- فن کوئل افقی ۳۳
شکل ۱-۸۳- لوله تحت فشار ۳۴
شکل ۱-۸۴- سیستم اطفاء حریق شامل لوله‌ها و کلیدهای فشار و شیرهای مونیتورینگ ۳۵
شکل ۱-۸۵- سوئیچ انتقال اتوماتیک (نصب شده بر سطح دیوار) ۳۶
شکل ۱-۸۶- سوئیچ انتقال اتوماتیک (نصب شده برروی کف) ۳۶
شکل ۱-۸۷- سوئیچ ایزولاسیون (bypass-isolation) و انتقال اتوماتیک (نصب شده بر روی کف) ۳۶
شکل ۱-۸۸- سوئیچ انتقال و ورودی سرویس (نصب شده بر روی کف) ۳۶
شکل ۱-۸۹- کنترل پانل (نصب شده داخل دیوار) ۳۷
شکل ۱-۹۰- کنترل پانل (نصب شده بر روی کف) ۳۷
شکل ۱-۹۱- کنترل پانل (نصب شده بر روی کف) ۳۷
شکل ۱-۹۲- دستگاه کنترل ژنراتور (نصب شده بر روی تجهیزات) ۳۸
شکل ۱-۹۳- ژنراتور محفظه‌دار (نصب شده بر روی کف) ۳۸
شکل ۱-۹۴- ژنراتور با محفظه عایق در برابر هوا (نصب شده بر روی بالشتک (pad)) ۳۸
شکل ۱-۹۵- ژنراتور با رادیاتور (نصب شده بر روی بالشتک (pad)) ۳۸
شکل ۱-۹۶- چراغ با منبع باتری ۳۸
شکل ۱-۹۷- تابلوهای نورانی (نور خروج) ۳۸
شکل ۱-۹۸- لامپ نصب شده داخل سقف (لامپ مهتابی) ۳۹

شکل ۱-۹۹- لامپ نصب شده داخل سقف ۳۹
شکل ۱-۱۰۰- لوستر ۳۹
شکل ۱-۱۰۱- پروژکتور ۳۹
شکل ۱-۱۰۲- لامپ نصب شده بر دیوار ۳۹
شکل ۱-۱۰۳- لامپهای صنعتی ۳۹
شکل ۱-۱۰۴- مرکز بار (نصب شده داخل دیوار) ۳۹
شکل ۱-۱۰۵- مرکز بار (نصب شده بر سطح دیوار) ۳۹
شکل ۱-۱۰۶- پانل برد (نصب شده داخل دیوار) ۴۰
شکل ۱-۱۰۷- پانل برد (نصب شده بر سطح دیوار) ۴۰
شکل ۱-۱۰۸- پست فرعی برق (نصب شده بر روی کف) ۴۰
شکل ۱-۱۰۹- تابلوهای برق (نصب شده بر روی کف) ۴۰
شکل ۱-۱۱۰- تابلو برق ولتاژ پایین (نصب شده بر روی کف) ۴۰
شکل ۱-۱۱۱- تابلو برق ولتاژ پایین (نصب شده بر روی کف) ۴۰
شکل ۱-۱۱۲- صفحه کلید ولتاژ پایین (نصب شده بر روی کف) ۴۰
شکل ۱-۱۱۳- صفحه کلید ولتاژ متوسط نصب شده بر روی کف) ۴۱
شکل ۱-۱۱۴- قطع‌کننده جریانبرق ولتاژ بالا (نصب شده بر روی کف) ۴۱
شکل ۱-۱۱۵- قطع‌کننده جریان برق پست فرعی ۴۱
شکل ۱-۱۱۶- تجهیزات آدم‌رو (Walk – in Enclosures) ۴۱
شکل ۱-۱۱۷- محل اندازه‌گیری (نصب شده بر روی کف) ۴۲
شکل ۱-۱۱۸- محل اندازه‌گیری (نصب شده بر روی کف) ۴۲
شکل ۱-۱۱۹- کلیدهای اطمینان (نصب شده بر سطوح) ۴۲
شکل ۱-۱۲۰- کلیدهای اطمینان دو طرفه (نصب شده بر سطوح) ۴۲
شکل ۱-۱۲۱- مرکز کنترل اندازه‌گیری ولتاژ پائین (نصب شده بر روی کف) ۴۳
شکل ۱-۱۲۲- مرکز کنترل اندازه‌گیری ولتاژ متوسط (نصب شده بر روی کف) ۴۳
شکل ۱-۱۲۳- موتورهای محفظه‌دار (نصب شده بر روی دیوار) ۴۳
شکل ۱-۱۲۴- درایوهای فرکانس متغیر (نصب شده بر روی دیوار) ۴۳
شکل ۱-۱۲۵- قفسه کامپیوتر با و بدون غلطک (roller) (نصب شده بر روی کف) ۴۳
شکل ۱-۱۲۶- قفسه تجهیزات با و بدون غلطک (نصب شده بر روی کف) ۴۳
شکل ۱-۱۲۷- قفسه باز (نصب شده بر روی کف) ۴۴
شکل ۱-۱۲۸- تجهیزات رسانه‌ای (نصب شده بر روی دیوار) ۴۴
شکل ۱-۱۲۹- مبدلِ نوع خشک نصب شده بر روی دیوار) ۴۴
شکل ۱-۱۳۰- مبدلِ نوع خشک نصب شده بر روی کف) ۴۴
شکل ۱-۱۳۱- مبدلِ ایستگاه فرعی انتقال برق (نوع خشک) ۴۵
شکل ۱-۱۳۲- مبدلِ پر شده با مایع ایستگاه فرعی انتقال برق ۴۵

شکل ۱-۱۳۳- UPS در قفسه تجهیزات رسانه‌ای ۴۵
شکل ۱-۱۳۴- UPS (نصب شده بر روی دیوار) ۴۵
شکل ۱-۱۳۵- UPS (نصب شده بر روی کف) ۴۶
شکل ۱-۱۳۶- UPS (نصب شده بر روی کف) ۴۶
شکل ۱-۱۳۷- قفسه باز باتری ۴۶
شکل ۱-۱۳۸- قفسه کابینتی باتری ۴۶
شکل ۱-۱۳۹- واحد گرمایش الکتریکی ۴۶
شکل ۱-۱۴۰- سوخت روغنی Day Tank ۴۶
شکل ۱-۱۴۱- ترانس برق فشار قوی ۴۷
شکل ۱-۱۴۲- ترانس سبک ۴۷
شکل ۱-۱۴۳- ترانس نیمه سنگین ۴۷
شکل ۱-۱۴۴- ترانس سنگین ۴۷
شکل ۱-۱۴۵- لوستر و چلچراغ ۴۸
شکل ۱-۱۴۶- قفسه‌های تقریباً سبک ۴۹
شکل ۱-۱۴۷- قفسه‌های سبک ۴۹
شکل ۱-۱۴۸- اتوکلاو (Autoclave) ۵۰
شکل ۱-۱۴۹- شمارش‌گر اتومکانیک سلول (Automatic cell counter) ۵۱
شکل ۱-۱۵۰- بلیروبین متر (Bilirubin meter) ۵۱
شکل ۱-۱۵۱- پردازش‌گر بیومکانیکال (Biochemical analyzer) ۵۱
شکل ۱-۱۵۲- سانتریفوژ (Centrifuge) ۵۱
شکل ۱-۱۵۳- محفظه کشت میکروب (Culture incubator) ۵۲
شکل ۱-۱۵۴- پردازش‌گر ELISA (ELISA analyzer) ۵۲
شکل ۱-۱۵۵- نورسنج شعله‌ای (Flame photometer) ۵۲
شکل ۱-۱۵۶- Gas analyzer ۵۲
شکل ۱-۱۵۷- میکروسانتریفوژ (Microcentrifuge) ۵۳
شکل ۱-۱۵۸- میکروسکوپ (Microscopes) ۵۳
شکل ۱-۱۵۹- اسمزسنج (Osmometers) ۵۳
شکل ۱-۱۶۰- تست اوره (Urine analyzer) ۵۳
شکل ۱-۱۶۱- دستگاه بیهوشی به همراه تهویه (Anesthesia machine with ventilator) ۵۴
شکل ۱-۱۶۲- دستگاه دیالیز (Dialysis unit) ۵۴
شکل ۱-۱۶۳- (Electrocardiogram defibrillator monitor) ۵۴
شکل ۱-۱۶۴- دستگاه همودیالیز (Hemodialysis machines) ۵۵
شکل ۱-۱۶۵- تقویت کننده تصویر (Image intensifier) ۵۵
شکل ۱-۱۶۶- محفظه رشد (Incubator) ۵۵

شکل ۱-۱۶۷- پمپ تزریق (Infusion pump) ۵۶
شکل ۱-۱۶۸ فشرده ساز اکسیژن (Oxygen concentrator) ۵۶
شکل ۱-۱۶۹- دستگاه تنفس مصنوعی (Respirators) ۵۶
شکل ۱-۱۷۰- دستگاه فراصوت (Ultrasound) ۵۷
شکل ۱-۱۷۱- نمایشگر علایم حیاتی (Vital signs monitors) ۵۷
شکل ۱-۱۷۲- دستگاه اشعه ایکس (X-ray equipment) ۵۷
شکل ۱-۱۷۳- فریزر بانک خون(Blood bank freezer) ۵۸
شکل ۱-۱۷۴- خشک کننده‌ها (Dryers) ۵۸
شکل ۱-۱۷۵- استریل‌کننده اکسیداتیلن (Ethylene oxide sterilizer) ۵۸
شکل ۱-۱۷۶- تجهیزات لاپراسکوپی (Laparoscopy equipment) ۵۹
شکل ۱-۱۷۷- اجاق (Ovens) ۵۹
شکل ۱-۱۷۸- دستگاه سی تی اسکن (CT scanner) ۶۰
شکل ۱-۱۷۹- دستگاه اشعه گاما (Gamma chambers) ۶۰
شکل ۱-۱۸۰- دستگاه ام آر آی (MRI machine) ۶۰
شکل ۱-۱۸۱ تخت عمل جراحی (Operating table) ۶۱
شکل ۲-۱- فرآیند ارزیابی اعضاء غیرسازهای ۶۴
شکل ۲-۲- فرآیند ارزیابی سطح اول ۶۵
شکل ۳-۱- پارامترهای اصلی کنترلی جزء غیرسازه‌ای ۹۹
شکل ۳-۲- ایجاد مولفه قائم نیرویی بر اثر مولفه جانبی زلزله و اثر آن بر جزء غیرسازه‌ای ۹۹
شکل ۳-۳- دیاگرام حرکت لغزشی و گهوارهای ۱۰۵
شکل ۵-۱- نمونه‌هایی از مهارهای مورد استفاده تجهیزات ۱۳۱
شکل ۵-۲- دیتایل مناسب برای اتصال صفحات نمای متصل شده توسط چسب ۱۳۳
شکل ۵-۳- نصب نمای سنگی ۱۳۴
شکل ۵-۴- نمای مهار شده توسط اتصالات مکانیکی ۱۳۵
شکل ۵-۵- دیوار خارجی شیشه‌ای ۱۳۷
شکل ۵-۶- استفاده از نبشی برای مهار دیوار در جهت خارج از صفحه ۱۳۸
شکل ۵-۷- جزئیات جداسازی پارتیشن از ستون برای جلوگیری از پدیده "ستون کوتاه" ۱۳۸
شکل ۵-۸- پارتیشن سنگین تمام ارتفاع ۱۳۹
شکل ۵-۹- پارتیشن سنگین کوتاه ۱۳۹
شکل ۵-۱۰- مهار پارتیشن با ارتفاع جزئی با چهارچوب فلزی به سقف بالا ۱۴۱
شکل ۵-۱۱- دیوار تمام ارتفاع غیر باربر با قاب‌بندی ۱۴۱
شکل ۵-۱۲- پارتیشن غیرسازه‌ای که کل ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهد ۱۴۲
شکل ۵-۱۳- جزئیات سقف لایه گچی مهاربندی شده معلق با اعضای خمشی ۱۴۳
شکل ۵-۱۴- سقف ورق گچی مستقیم وصل شده به سازه ۱۴۴

شکل ۵-۱۵- جزئیات مقاوم‌سازی سقف کاذب ۱۴۴
شکل ۵-۱۶- پلان مهاربندی عرضی برای شبکه سقف سنگین معلق ۱۴۵
شکل ۵-۱۷- جزئیات پیرامونی سقف کاذب گچی ۱۴۶
شکل ۵-۱۸- جزئیات مهاربندی جانبی برای سقف لایه گچی معلق ۱۴۶
شکل ۵-۱۹- نمونهای از نحوه مهار جان‌پناه غیر مسلح بنائی ۱۴۷
شکل ۵-۲۰- جزئیات مهار جان‌پناه بنائی غیر مسلح ۱۴۷
شکل ۵-۲۱- جزئیات مهار سایه‌بان ۱۴۸
شکل ۵-۲۲- نمونه ای از نحوه مهار دودکش ۱۴۸
شکل ۵-۲۳ راه‌پله با پاگرد ۱۴۹
شکل ۵-۲۴- راه‌پله با پاگرد بین کف‌ها ۱۵۰
شکل ۵-۲۵- نمونهای از نحوه مهار اجزای کف کاذب ۱۵۰
شکل ۵-۲۶- قاب بندی فولادی برای مهار کف کاذب ۱۵۱
شکل ۵-۲۷- یک آسانسور کوچک از نوع بدون اتاق موتور با تسمه‌های صاف ۱۵۲
شکل ۵-۲۸- نمای شماتیک سیستم آسانسور کابلی دنده‌دار ۱۵۳
شکل ۵-۲۹- اتصال مستقیم تجهیزات به وسیله تکیه‌گاه فولادی به دال کف ساختمان ۱۵۷
شکل ۵-۳۰- نمای جانبی تجهیزات دارای تکیه‌گاه صفحه‌ای فولادی ۱۵۷
شکل ۵-۳۱- اتصال مستقیم تجهیزات دارای قاب / پایهٔ فولادی ۱۵۸
شکل ۵-۳۲- سه گزینه برای اصلاح سوراخ غیراستاندارد ۱۵۹
شکل ۵-۳۳- استفاده از نبشی برای متصل کردن تجهیزات به ساختمان ۱۶۰
شکل ۵-۳۴- استفاده از نبشی برای اتصال به طبقه (جوش شده به تجهیزات و پیچ شده به سازه) ۱۶۰
شکل ۵-۳۵- نحوه اتصال نبشی به جزء غیرسازهای ۱۶۱
شکل ۵-۳۶- استفاده از چهارنبشی یا بیشتر برای اتصال به طبقه (جوش شده به سازه و پیچ شده به تجهیزات) ۱۶۱
شکل ۵-۳۷- نمونه اجرا شده اتصال جزء غیر سازهای به وسیله نبشی ۱۶۲
شکل ۵-۳۸- استفاده از سه‌نبشی یا بیشتر برای تجهیزات با پایهٔ مدور و استوانه‌ای ۱۶۲
شکل ۵-۳۹- نمونه اجرا شده استفاده از نبشی برای تجهیزات با پایه مدور ۱۶۳
شکل ۵-۴۰- تجهیزات نصب شده باضربه گیر ۱۶۳
شکل ۵-۴۱- ضربهگیر نصب شده در نزدیکی درز اجرایی بتنی ۱۶۴
شکل ۵-۴۲- نمونهٔ اجرا شدهٔ ضربهگیر در نزدیکی درز بتنی ۱۶۴
شکل ۵-۴۳- الف) واحد تهویه مطبوع برای کف کاذب بالا آمده، ب) وسیله متصل به کابل در زیر یک کف کاذب بالا آمده، ج) وسیله پیچ شده به زیر کف کاذب بالا آمده ۱۶۵
شکل ۵-۴۴- اتصال تک پایه (Strut) ۱۶۶
شکل ۵-۴۵- نگهدارنده مخازن و سیلندر گاز ۱۶۷
شکل ۵-۴۶- نگهدارنده سیلندرهای کوچک گاز ۱۶۷
شکل ۵-۴۷- اتصال اعضای استوانه‌ای به کمک تسمه کششی ۱۶۸

شکل ۵-۴۸- الف) اتصال قاب نگهدارنده به سازه اصلی، ب)اتصال صلب اجزاء به قاب نگهدارنده ۱۶۹
شکل ۵-۴۹- جزئیات دیواره لرزه‌ای ساخت درجا..... ۱۷۰
شکل ۵-۵۰- جزئیات دیواره پیش‌ساخته..... ۱۷۰
شکل ۵-۵۱- انواع سیستم‌های ایزولاتور ۱۷۱
شکل ۵-۵۲- سیستم اتصال فنر مقید برروی قاب تراز..... ۱۷۲
شکل ۵-۵۳- اتصال صلب به سازه به کمک چهار میلهٔ رزوه شده عمودی..... ۱۷۳
شکل ۵-۵۴- جزئیات اتصال تجهیزات مکانیکی و الکتریکی به سازه..... ۱۷۴
شکل ۵-۵۵- اتصال صلب نبشی‌ها به سازه..... ۱۷۵
شکل ۵-۵۶- اتصال کابل/ میله به اجزاء با استفاده از جداساز ارتعاشی..... ۱۷۶
شکل ۵-۵۷- فنر در حالت آزاد (بدون چارچوب ۱۷۷
شکل ۵-۵۸- استفاده از snubber برای جداسازی ارتعاشی..... ۱۷۷
شکل ۵-۵۹- جزئیات نحوهٔ اتصال فنر مقید شده به سازه ۱۷۸
شکل ۵-۶۰- نحوهٔ اتصال تجهیزات به فنر مقید شده ۱۷۸
شکل ۵-۶۱- نحوه نصب رایج یک جداساز ارتعاشی غیرمقید ۱۷۹
شکل ۵-۶۲- اتصال مستقیم به دیوار..... ۱۸۰
شکل ۵-۶۳- تکیهگاه با ناودانی یا نشیمن مثلثی ۱۸۰
شکل ۵-۶۴- تجهیزات ایزوله شده روی دیوار..... ۱۸۱
شکل ۵-۶۵- اتصال سیلندر گاز..... ۱۸۱
شکل ۵-۶۶- اتصال آبگرمکن الکتریکی ۱۸۲
شکل ۵-۶۷- خطوط لوله با نگهدارنده‌های قائم معمولی..... ۱۸۲
شکل ۵-۶۸- مهاربند جانبی در خطوط مجاور ۱۸۳
شکل ۵-۶۹- یک روش مقرون به صرفه برای آرایش مهاربندی‌ها..... ۱۸۳
شکل ۵-۷۰- انتخاب مهاربندی کانال‌ها- لوله‌ها و تجهیزات موجود در مسیر ۱۸۴
شکل ۵-۷۱- روش‌های مختلف برای مهاربندی کانال..... ۱۸۴
شکل ۵-۷۲- سیستم لوله‌کشی با انواع مهاربندی لرزه‌ای..... ۱۸۵
شکل ۵-۷۳- نمونه‌هایی از اتصالات مناسب ساده برای تجهیزات معلق..... ۱۸۷
شکل ۵-۷۴- نمونه‌هایی از اتصالات جداسازی شده برای تجهیزات معلق..... ۱۸۸
شکل ۵-۷۵- کانال مستطیلی با میله‌های قائم مهاربندی شده با کابل (نمای عرضی)..... ۱۸۹
شکل ۵-۷۶- کانال دایروی با میله‌های قائم و مهاربندی با کابل..... ۱۹۰
شکل ۵-۷۷- کانال دایروی میله‌های قائم و کابل‌های همه جهته برای مهاربندی..... ۱۹۰
شکل ۵-۷۸- کانال دایروی اختیاری با میله‌های قائم و مهاربندی از طریق کابل ۱۹۱
شکل ۵-۷۹- کانال دایروی با میله‌های قائم و مهاربندی شده با پروفیل فولادی (عرضی و تمام جهته) ۱۹۱
شکل ۵-۸۰- کانال دایروی با پروفیل فولادی عمودی و مهاربندی توسط کابل (عرضی و طولی)..... ۱۹۲
شکل ۵-۸۱- کانال دایروی با پروفیل فولادی قائم و مهاربندی فولادی چند جهته..... ۱۹۳

شکل ۵-۸۲- تکیه‌گاه میله‌ای غیرمقاوم در برابر لنگر برای کانال مستطیلی تکیه‌گاه تسمه‌ای ۱۹۴
شکل ۵-۸۳- تکیه‌گاه تسمه‌ای کانال مستطیلی ۱۹۴
شکل ۵-۸۴- کانال دایروی و تکیه‌گاه میله‌ای غیرمقاوم در برابر لنگر ۱۹۴
شکل ۵-۸۵- مهار تسمه‌ای برای کانال دایروی با مهاربندی فولادی ۱۹۵
شکل ۵-۸۶- کانال‌ها و لوله‌های جداسازی شده توسط میله‌های قائم و مهاربندی شده با کابل به صورت عرضی ۱۹۵
شکل ۵-۸۷- کانال‌های مستطیلی جداسازی شده با میله‌ها و مهاربندی کابلی (در تمام جهات و طولی) ۱۹۶
شکل ۵-۸۸- کانال دایروی جداسازی شده با میله‌های قائم و مهاربندی با کابل (در تمام جهات و عرضی) ۱۹۶
شکل ۵-۸۹- کانال‌های قرار گرفته برروی تکیهگاه ساخته شده از نبشی ۱۹۷
شکل ۵-۹۰- کانال‌ها و لوله‌های مهار شده بالاتر از کف توسط پایه ۱۹۸
شکل ۵-۹۱- کانال نصب شده برروی یک مهار لرزه‌ای پیش‌ساخته برای کانال ۱۹۹
شکل ۵-۹۲- کانال نصب شده برروی بام با استفاده از قاب مهاربندی شده ۱۹۹
شکل ۵-۹۳- کانال نصب شده بریک تکیه‌گاه نبشی متصل شده به بام به طور مستقیم در Pitch Pocket ۲۰۰
شکل ۵-۹۴- تکیه‌گاه پشت بامی برای کانال دایروی ۲۰۰
شکل ۵-۹۵- تسمه متصل شده به صورت مستقیم به دیوار ۲۰۱
شکل ۵-۹۶- کانال مهار شده با تکیهگاه مثلثی ۲۰۱
شکل ۵-۹۷- کانال نگهداری شده از طریق ستونچه چوبی یا فلزی متصل به دیوار ۲۰۲
شکل ۵-۹۸- کانال نگهداری شده در Chase ۲۰۲
شکل ۵-۹۹- عبور کانال از پوشش فلزی سقف ۲۰۳
شکل ۵-۱۰۰- درزبندی برای نفوذ سقفی ۲۰۳
شکل ۵-۱۰۱- عبور کانال مستطیلی در طبقات میانی ۲۰۴
شکل ۵-۱۰۲- عبور کانال از طبقات میانی ۲۰۴
شکل ۵-۱۰۳- آویز پنجه‌مفصلی با پایه یا نبشی مهارکننده عرضی در پیچ مهاری ۲۰۷
شکل ۵-۱۰۴- نگهدارنده آویز پنجه‌مفصلی تکی با مهاربندی عرضی کابلی در پیچ مهاری ۲۰۸
شکل ۵-۱۰۵- نگهدارنده تک آویز پنجه‌مفصلی به همراه پایه یا مهاربندی نبشی عرضی در میله آویز ۲۰۹
شکل ۵-۱۰۶- گیره‌های نگهدارنده لوله با استفاده از پایه‌های عرضی یا نبشی به عنوان مهاربند عرضی و میله آویز ۲۱۰
شکل ۵-۱۰۷- نگهدارنده بست لوله با پایه طولی یا نبشی مهاربند طولی و میله آویز ۲۱۱
شکل ۵-۱۰۸- نگهدارنده بست لوله با مهاربندی کابل طولی و میله آویز ۲۱۱
شکل ۵-۱۰۹- مهار بست لوله با مهارهای تمام جهته و میله آویز ۲۱۲
شکل ۵-۱۱۰- لوله تکی جداسازی لرزه‌ای شده ۲۱۲
شکل ۵-۱۱۱- سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای با پایه و نبشی به عنوان مهار جانبی ۲۱۴
شکل ۵-۱۱۲- سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای با مهاربند کابلی جانبی ۲۱۴
شکل ۵-۱۱۳- تکیه‌گاه دوغلتکی برای لوله‌های اشباعی حرارتی ۲۱۵
شکل ۵-۱۱۴- تکیه‌گاه عمودی تکی ۲۱۶
شکل ۵-۱۱۵- اتصال به کف با استفاده از تکیه‌گاه ذوزنقه‌ای ۲۱۶

شکل ۵-۱۱۶- اتصال به کف با استفاده از فولاد ذوزنقه‌ای ۲۱۷
شکل ۵-۱۱۷- تکیه‌گاه تک لوله‌ای ۲۱۷
شکل ۵-۱۱۸- تکیه‌گاه چوبی ۲۱۸
شکل ۵-۱۱۹ تکیه‌گاه [Trapeze] ۲۱۸
شکل ۵-۱۲۰- اتصال مستقیم ۲۱۹
شکل ۵-۱۲۱- اتصال به دیوار با استفاده از نبشی جوش داده شده به صفحه اتصال ۲۱۹
شکل ۵-۱۲۲- اتصال به گل‌میخ‌ها در دیوار با گیره‌های پیش‌ساخته ۲۲۰
شکل ۵-۱۲۳- جزئیات عبور لوله از بام ۲۲۰
شکل ۵-۱۲۴- نمونه دیگری از جزئیات عبور لوله از بام ۲۲۱
شکل ۵-۱۲۵- نمونه دیگری از جزئیات عبور لوله از بام ۲۲۱
شکل ۵-۱۲۶- جزئیات عبور لوله از طبقات میانی با روشهای مختلف در صورت نیاز ۲۲۲
شکل ۵-۱۲۷- پمپ در مسیر ۲۲۳
شکل ۵-۱۲۸- جداساز هوا در مسیر ۲۲۳
شکل ۵-۱۲۹- مبدل حرارتی در مسیر ۲۲۴
شکل ۵-۱۳۰- انواع مهارها ۲۲۵
شکل ۵-۱۳۱- مراحل نصب مهارهای غیرچسبنده ۲۲۶
شکل ۵-۱۳۲- مراحل نصب مهارهای چسبنده ۲۲۶
شکل ۵-۱۳۳- اتصال مهار با قطر بیشتر از ۱۰*mm* به تجهیزات ۲۲۷
شکل ۵-۱۳۴- انواع مهار قابل کاربرد در سازه‌های آجری ۲۲۸
شکل ۵-۱۳۵- نمونه مهار چسبنده در آجر و بلوک مجوف ۲۲۸
شکل ۵-۱۳۶- محل مهار در دیوار بلوکی ۲۲۹
شکل ۵-۱۳۷- مهار چتری در یک دیوار بلوک مجوف ۲۳۰
شکل ۵-۱۳۸- نصب مهار ضامن‌دار ۲۳۰
شکل ۵-۱۳۹- اتصال تجهیزات به یک نبشی با پیچ ۲۳۱
شکل ۵-۱۴۰- پیچ نمودن پروفیل‌های فولادی ۲۳۲
شکل ۵-۱۴۱- اتصال میله رزوه شده به سقف ۲۳۳
شکل ۵-۱۴۲- جوش به صفحات جاسازی شده ۲۳۳
شکل ۵-۱۴۳- طرز اتصال مهار به تیر I شکل ۲۳۶
شکل ۵-۱۴۴- اتصال مهار فولادی ۲۳۶
شکل ۵-۱۴۵- اتصالات کابلی ۲۳۷
شکل ۵-۱۴۶- کابل متصل شده به سگدست با پیچ ۲۳۷
شکل ۵-۱۴۷- همگذاری (Assembly) فرول ۲۳۸
شکل ۵-۱۴۸- اتصالات ترکیبی ۲۳۸
شکل ۵-۱۴۹- روش مناسب چنگک طناب سیمی ۲۳۹

شکل ۵-۱۵۰- اتصال کنترل پانل با مهار(مهار به این شکل کافی نیست)..... ۲۴۰
شکل ۵-۱۵۱- دو روش مختلف برای نگهداری کنترل پانل..... ۲۴۰
شکل ۵-۱۵۲- تکیه‌گاه نبشی در کف..... ۲۴۱
شکل ۵-۱۵۳- اتصال مستقیم یک تکیه‌گاه مجموعه پایه به دیوار..... ۲۴۲
شکل ۵-۱۵۴- بالشتک بتنی..... ۲۴۲
شکل ۵-۱۵۵- بالشتک بتنی در نمای نیمرخ..... ۲۴۳
شکل ۵-۱۵۶- ابعاد بالشتک بتنی..... ۲۴۳
شکل ۵-۱۵۷- دال (Dowel) متصل به کف ساختمان..... ۲۴۴
شکل ۵-۱۵۸- نمونه استفاده از اتصال شکل‌پذیر در محل اتصال لوله به پمپ..... ۲۴۵
شکل ۵-۱۵۹- نمونه‌هایی از اتصال شکل‌پذیر لوله‌ها..... ۲۴۵
شکل ۵-۱۶۰- مفصل پلاستیکی کانال..... ۲۴۵
شکل ۵-۱۶۱- لوله از نوع شلنگ سیمی..... ۲۴۶
شکل ۵-۱۶۲- لوله از نوع شلنگ پلاستیکی..... ۲۴۶
شکل ۵-۱۶۳- شلنگ پلاستیکی با میله کنترلی..... ۲۴۶
شکل ۵-۱۶۴- درز انبساطی شلنگ سیمی..... ۲۴۷
شکل ۵-۱۶۵- درز انبساطی دوبل سوکته..... ۲۴۷
شکل ۵-۱۶۶- درز انبساطی بالاتر از کف..... ۲۴۷
شکل ۵-۱۶۷- درز انبساطی بین جداشدگی..... ۲۴۷
شکل ۵-۱۶۸- جزئیات مهاربندی لوله..... ۲۴۸
شکل ۵-۱۶۹- مهاربندی عرضی مستقیم وصل شده به شیر..... ۲۴۹
شکل ۵-۱۷۰- مهاربندی محرک شیر..... ۲۴۹
شکل ۶-۱- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای کانال (داکت)..... ۲۶۰
شکل ۶-۲- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات..... ۲۶۱
شکل ۶-۳- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای سقف‌های کاذب پانلی..... ۲۶۲
شکل ۶-۴- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای سقف‌های کاذب با ورق‌های فلزی..... ۲۶۳
شکل ۶-۵- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تیغه با بلوک‌های آجری مجوف غیرمسلح..... ۲۶۴
شکل ۶-۶- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای دیوارهای خارجی آجری غیرمسلح..... ۲۶۵
شکل ۶-۷- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای باتری برای ژنراتورهای اضطراری..... ۲۶۶
شکل ۶-۸- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای ژنراتورهای برق اضطراری..... ۲۶۷
شکل ۶-۹- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای باتری‌های ژنراتورهای برق اضطراری بی‌وقفه..... ۲۶۸
شکل ۶-۱۰- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای سیلندرهای نیتروژن..... ۲۶۹
شکل ۶-۱۱- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تانکرهای اکسیژن..... ۲۷۰
شکل ۶-۱۲- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تانکرها..... ۲۷۱
شکل ۶-۱۳- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تانکرهای ذخیره..... ۲۷۲

شکل ۶-۱۴- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای برج‌های خنک‌کننده ۲۷۳
شکل ۶-۱۵- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای کابینت‌های الکتریکی ۲۷۴
شکل ۶-۱۶- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای بویلرها ۲۷۵
شکل ۶-۱۷- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای چراغ جراحی اتاق عمل ۲۷۶
شکل ۶-۱۸- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای واحد اسکن پزشکی ۲۷۷
شکل ۶-۱۹- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای سیستم ریل آسانسور ۲۷۸
شکل ۶-۲۰- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای موتور آسانسور و ژنراتور (مولد برق) ۲۷۹
شکل ۶-۲۱- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تابلوی کنترل و جعبه برق آسانسور ۲۸۰
شکل ۶-۲۲- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای صفحه نمایش رایانه در مراکز تماس اضطراری ۲۸۱
شکل ۶-۲۳- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای قفسه تجهیزات تلفن برای مراکز تماس اضطراری ۲۸۲
شکل ۶-۲۴- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تابلوی (پانل) مراکز خودکار تلفنی و تماس‌های اضطراری متصل به دیوار ۲۸۳
شکل ۶-۲۵- نمای شماتیک چیلر ۲۸۴
شکل ۶-۲۶- پلان شماتیک چیلر و محل نصب پیچ‌ها ۲۸۴
شکل ۶-۲۷- نیروهای موثر بر چیلر ۲۸۶
شکل ۶-۲۸- نمای شماتیک کنترل پانل ۲۸۸
شکل ۶-۲۹- نما و پلان ساختمان مورد نظر ۲۹۵
شکل ۶-۳۰- پلان آسانسور ۲۹۸
شکل ۶-۳۱- نمودار نیروهای طراحی ریل ۳۰۰
شکل ۶-۳۲- مقاوم‌سازی ریل هادی آسانسور ۳۰۳
شکل ۶-۳۳- مقاوم‌سازی ریل هادی ۲ ..... ۳۰۴
شکل ۶-۳۴- تعبیه تکیه‌گاه میانی ریل‌های وزنه تعادل ۳۰۵
شکل پ۱-۱- سهم اعضای سازه‌ای، غیرسازه‌ای و وسایل داخلی ۳۱۱
شکل پ۲-۱- آسیب وارده به نماهای شیشه‌ای در بیمارستان واقع در مرکز شیلی در زلزله ۲۰۱۰ شیلی، بزرگا ۸/۸ .۳۱۵
شکل پ۲-۲- آسیب وارده به پانل‌های شیشه‌ای در بیمارستان در زلزله ۲۰۱۰ شیلی ۳۱۶
شکل پ۲-۳- خرابی پارتیشن‌های اداری، سقف‌ها و چراغ‌های سقف در زلزله نورث ریج ۱۹۹۴ ..... ۳۱۶
شکل پ۲-۴- خرابی و فروریزش سقف کاذب و چراغ‌های سقفی در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج ۳۱۷
شکل پ۲-۵- خرابی لوله آبپاش اطفای حریق سقف در بیمارستان Olive View در Sylmar کالیفرنیا ۳۱۷
شکل پ۲-۶- نمونه‌ای از پوشیده شدن راه‌پله‌ها از تکه‌ها و قطعات ناشی از خرابی پارتیشن‌های اطراف راه پله ۳۱۸
شکل پ۲-۷- خرابی دیوار میان قابی آجری و افتادن آن بر روی دو مخزن آب ۶۰۰ لیتری آب ۳۱۸
شکل پ۲-۸- خرابی مهارهای نامناسب پارتیشن نیمه ارتفاع فلزی در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج ۳۱۹
شکل پ۲-۹- خرابی کلی شبکه سقف، بلوک‌های گچی سقف کاذب، چراغ‌ها و دیفیوزرها ۳۱۹
شکل پ۲-۱۰- خرابی راه‌پله تمام طبقات ساختمان در Vina del mar در زلزله ۲۰۱۰ شیلی به بزرگا ۸.۸ ..... ۳۲۰
شکل پ۲-۱۱- خرابی چیلر متصل به کف به علت مقاومت ناکافی اتصال در برابر بلندشدگی در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج ۳۲۰
شکل پ۲-۱۲- خرابی کمپرسور متصل به کف به وسیله جداساز ارتعاش کف نامناسب در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج ۳۲۱

شکل پ۲-۱۳- افتادن و خرابی تعداد زیادی از تجهیزات واقع بر سقف به علت مهار نامناسب در زلزله ۲۰۱۰ شیلی..۳۲۱
شکل پ۲-۱۴- افتادن واحد HVAC معلق واقع در سقف در ترمینال فرودگاه سن دیگو در زلزله ۲۰۱۰ با بزرگا ۸/۸ شیلی...۳۲۲
شکل پ۲-۱۵- جابجایی و خارج شدن مخزن واقع بر روی بام بیمارستان گرانادا هیل در زلزله نورث ریج.....۳۲۲
شکل پ۲-۱۶- خرابی و افتادن مخزن قائم در بیمارستان بر اثر مهار ناکافی در اثر زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج.....۳۲۳
شکل پ۲-۱۷- افتادن و خطر انفجار سیلندرهای اکسیژن مهار نشده در زلزله نورث ریج ۱۹۹۴.....۳۲۳
شکل پ۲-۱۸- واژگونی آبگرمکن مهار نشده بر اثر زلزله.....۳۲۴
شکل پ۲-۱۹- آسیب‌دیدگی مخازن آب در بیمارستان talca در زلزله ۲۰۱۰ شیلی.....۳۲۴
شکل پ۲-۲۰- خرابی لوله مسی آب گرم بیمارستان san carlos در زلزله ۲۰۱۰ شیلی.....۳۲۵
شکل پ۲-۲۱- خرابی و واژگونی پانل‌ها در زلزله ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی با بزرگای ۸.....۳۲۶
شکل پ۲-۲۲- واژگونی کابین‌های الکتریکی مهار نشده درکارخانه تولید کاغذ در زلزله ۱۹۹۹ ازمیت ترکیه با بزرگای ۷/۴.....۳۲۶
شکل پ۲-۲۳- لغزش ترانسفورماتورهای واقع بر روی ریل در نیروگاه پرتو پرنس در زلزله ۲۰۱۰ هاییتی.....۳۲۷
شکل پ۲-۲۴- آسیب وارده به آسانسور در زلزله ۲۰۱۰ شیلی.....۳۲۷
شکل پ۲-۲۵- افتادن داروها از قفسه‌های نگهداری آن در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج.....۳۲۸
شکل پ۲-۲۶- پخش شدن مواد شیمیایی در بیمارستان در زلزله کاستاریکا.....۳۲۸

فصل اول

کلیات

۱-۱- هدف

هدف این دستورالعمل ارائه روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای انواع مختلف اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها از جمله اجزاء معماری، تأسیسات و تجهیزات مکانیکی، الکتریکی، بیمارستانی و قفسه‌ها تحت اثر ترازهای مختلفی از شدت حرکت زمین و نیز ارائه راهکارهای مناسب برای مقاوم‌سازی لرزه‌ای آنها در صورت لزوم می‌باشد.

۱-۲- محدوده کاربرد

این دستورالعمل برای مقاوم‌سازی لرزه‌ای اجزاء غیر سازه‌ای موجود در ساختمان‌ها به شرح ارائه شده در فصول آتی بوده و استفاده از آن برای اجزاء غیر سازه‌ای آسیب‌دیده در زلزله‌ها مجاز نیست. برای اجزاء غیرسازه‌ای نصب شده در ساختمان‌های جدید نیز می‌توان از ضوابط این دستورالعمل استفاده نمود. محدوده کاربرد این دستورالعمل برای اجزاء غیرسازه‌ای است که وزن آنها کمتر از ۲۵٪ وزن لرزه‌ای سازه (بار مرده، ۲۵٪ بار زنده و کل بار تجهیزات) می‌باشد. ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و نیز مقاوم‌سازی اجزاء غیرسازه‌ای سنگین‌تر خارج از محدوده کاربرد این دستورالعمل می‌باشد. سازه در برگیرنده عضو غیرسازه‌ای نیز باید براساس ضوابط نشریه ۳۶۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی با هدف بهسازی متناسب با ضوابط بند ۱-۴-۵ ارزیابی و در صورت نیاز مقاوم‌سازی شود. رعایت ضوابط این دستورالعمل برای مقاوم‌سازی تمام ساختمان‌ها توصیه می‌شود ولی برای ساختمان‌های با هدف بهسازی ویژه یا مطلوب و ساختمان‌های با سطوح کاربری III و IV طبق بند ۱-۴-۱ و همچنین سایر ساختمان‌های با تعداد طبقات پنج طبقه و بیشتر الزامی است. در مورد ساختمان‌های با هدف بهسازی مبنا یا ساختمان‌های با سطح کاربری II، رعایت ضوابط اجزای معماری بر اساس این آئین‌نامه الزامی می‌باشد.

۱-۳- ملاحظات کلی

در مقاوم‌سازی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای پنج عامل به شرح زیر باید مورد بررسی و کنترل قرار گیرد:

۱- اتصال جزء غیرسازه‌ای به تکیه‌گاه باید قادر به تحمل نیروهای وارده به جزء باشد.
تکیه‌گاه باید مقاومت لازم برای تحمل بارهای وارده از جزء غیرسازه‌ای به آن را داشته باشد. در کنترل و مقاوم‌سازی لرزه‌ای تکیه‌گاه‌ها واتصال اجزای غیرسازه‌ای، اندرکنش لرزه‌ای هر یک از این جزءها با سایر اجزاء مرتبط با آنها و حساس به تغییر مکان نیز سازه ساختمانی باید در نظر گرفته شود.

۲- اتصال تکیه‌گاه به سازه باید توانایی انتقال بار به سازه را دارا باشد. به طور معمول در اجزای غیرسازه‌ای این اتصال ضعیف‌ترین نقطه سیستم است.

۳- در سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه جزء غیرسازه‌ای باید توانائی خدمت‌رسانی خود پس از زلزله وارده بر آن را داشته باشد.

۴- اجزاء غیرسازه‌ای حساس به تغییر مکان (لوله، کانـال، داکـت، کابـل و ...) بایـد پـذیرای جابجـایی نسـبی (Drift) و تغییرشکل‌های تعریف شده در این دستورالعمل باشند.

مقاوم‌سازی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای موجود به لحاظ روش‌ها و معیارهای پذیرش با طراحی اجزاء غیرسازه‌ای جدید به دلایل زیر متفاوت می‌باشد:

الف- معیارهای پذیرش (محدودیت‌های تنش و تغییرشکل) برای مقاوم‌سازی اجزای غیرسازه‌ای موجود می‌تواند نسبت به طراحی اجزای غیرسازه‌ای جدید بسته به هدف بهسازی متفاوت باشد.

ب- اطلاعات بیشتری در مورد عملکرد جزء غیرسازه‌ای موجود مانند اندرکنش آن با سایر قسمت‌ها در دست می‌باشد.

پ- در مقاوم‌سازی لرزه‌ای، بارهای واقعی وارد بر جزء غیرسازه‌ای موجودبا دقت بیشتری قابل تعیین می‌باشند.

ت- تغییر در شرایط استفاده از جزء غیرسازه‌ای موجود، (وزن و شرایط کاربرد) قابل لحاظ است.

ث- در ارزیابی اجزای غیرسازه‌ای موجود، مشخصات واقعی مصالح مورد استفاده در نظر گرفته می‌شود.

ج- نواقص موجود (مانند خوردگی) قابل تعیین و لحاظ است.

واقعی‌ترین تخمین از مشخصات اجزاء غیرسازه‌ای موجود، مصالح به کار رفته در آنها و نیز تمام مواردی که بر پاسخ این اجزاء تأثیر دارند، باید در ارزیابی و مقاوم‌سازی لرزه‌ای آنها مورد استفاده قرار گیرند.

۱-۴- اطلاعات پایه‌ای مورد نیاز

۱-۴-۱- سطوح کاربری ساختمان

برای تعیین هدف بهسازی ساختمان و اجزاء غیرسازه‌ای آن می‌توان از سطح کاربری ساختمان استفاده کرد. سازه‌ها به لحاظ سطوح کاربری در ۴ سطح I تا IV طبقه‌بندی می‌گردند. سطوح کاربری I، ساختمان‌هایی را دربر می‌گیرد که خرابی آنها، خطر کمی برای جان انسان‌ها ایجاد می‌کند. بالاترین سطح کاربری، یا سطح IV، ساختمان‌هایی را در بر می‌گیرد که ضروری و حیاتی هستند. جدول ۱-۱ طبقه‌بندی سطوح کاربری ساختمان‌های مختلف را ارائه می‌نماید.

جدول ۱-۱- طبقه‌بندی ساختمان‌ها با توجه به نوع سطوح کاربری

ردیف	کاربری ساختمان	طبقه‌بندی سطوح کاربری
۱	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی در آنها خطر کمی برای جان انسان ایجاد می‌کند. این ساختمان‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: ◄ سازه‌ها و ساختمان‌های مربوط به کشاورزی ◄ سازه‌ها و ساختمان‌های موقت ◄ انبارهای کوچک	I
۲	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در طبقه‌بندی کاربری I، III و IV ذکر نشده‌اند. همچنین نیروگاه‌های فرعی که منشأ تأمین برق شبکه نیرو نیستند، نیز شامل این دسته می‌شوند.	II
۳	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی آنها خطر قابل توجهی را برای جان انسان ایجاد کند، یا خرابی آنها باعث ایجاد ضربه اقتصادی قابل ملاحظه‌ای گردد، و یا باعث اختلال در زندگی روزانه شهروندان شود. این ساختمان‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: ◄ محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر زیر یک سقف ◄ ساختمانهای دارای مهد کودک با ظرفیت بیش از ۱۵۰ نفر ◄ مدارس ابتدایی و راهنمایی با ظرفیت بیش از ۲۵۰ نفر و دبیرستان‌ها و آموزشگاه‌های بزرگسالان با ظرفیت بیش از ۵۰۰ نفر ◄ درمانگاه‌های با بیش از ۵۰ نفر بیمار که دارای تجهیزات جراحی و اورژانس نمی‌باشند. ◄ بازداشتگاه‌ها و زندان‌ها ◄ ایستگاه‌های تولید برق (پست‌های برق) ◄ مراکز مخابراتی ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در طبقه‌بندی کاربری IV قرار ندارند ولی مواد سمی و یا منفجره درون آنها به اندازه‌ای باشد، که در صورت آزاد شدن برای عموم خطرناک باشد.	III
۴	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که تأسیسات ضروری و حیاتی محسوب می‌شوند شامل موارد زیر می‌شوند: ◄ بیمارستان‌ها و مراکز درمانی با امکانات جراحی و اورژانس ◄ ایستگاه‌های آتش‌نشانی، پلیس، نجات، آمبولانس و گاراژهای وسایل نقلیه اورژانسی ◄ پناهگاه‌های مواقع اضطراری ◄ تأسیسات مربوط به آمادگی و واکنش در مواقع اضطراری ◄ پست‌های برق و امکانات عمومی مورد نیاز برای بازسازی و واکنش در مواقع اضطراری ◄ سازه‌های فرعی لازم برای ادامهٔ فعالیت سازه‌ها و ساختمان‌های طبقه‌بندی کاربری IV ◄ برج مراقبت و کنترل هوایی و ... ◄ انبارهای آب و ایستگاه‌های پمپاژ آب مورد نیاز برای خاموش کردن آتش (اطفاء حریق) ◄ ساختمان‌ها و سازه‌های لازم برای دفاع ملی ◄ ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در آن مواد بسیار سمی و یا مواد منفجره به مقداری که خطری برای عموم تلقی گردد، نگهداری می‌شود.	IV

۱-۴-۲- سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای ساختمان

سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای ساختمان شامل پنج سطح عملکرد به شرح زیر است:

۱- **سطح عملکرد A- خدمت‌رسانی بی‌وقفه:** در این سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله دچار آسیب بسیار جزئی می‌شوند، به گونه‌ای که خدمت‌رسانی اجزاء غیر سازه‌ای به طور پیوسته پس از زلزله انجام شود. در این سطح عملکرد باید عملکرد خدمت‌رسانی اجزاء غیرسازه‌ای براساس بند ۱-۴-۴ تامین گردد. همچنین در این سطح

عملکرد، اغلب تجهیزات و اجزای غیرسازه‌ای که کاربردی متفاوت دارند، مانند تجهیزات روشنایی، سیستم‌های رایانه‌ای، لوله‌ها و تجهیزات تهویه مطبوع و سرمایش و گرمایش، باید در حین زلزله و پس از آن، عملکرد و خدمت‌رسانی خود را حفظ کنند.

۲- **سطح عملکرد B- قابلیت استفاده بی‌وقفه:** در این سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله دچار آسیب جزیی شوند، به گونه‌ای که در حین زلزله و پس از آن راه‌های دسترسی و فرار مانند درها، راهروها، پله‌ها، آسانسورها و روشنایی آنها مختل نشده و استفاده بی‌وقفه از ساختمان میسر باشد. در این سطح عملکرد، ممکن است خرابی جزئی و شکستگی‌های محدودی در پنجره‌ها رخ داده و یا بعضی از تجهیزات به علت خرابی داخلی عملکرد خود را از دست بدهند. به طور کلی در این سطح عملکردی خسارات ناشی از خرابی تجهیزات بسیار کم می‌باشد. چنانچه در ساختمان سرویس اضطراری وجود داشته باشد، تجهیزات مکانیکی و الکتریکی تامین‌کننده آن باید به لحاظ سازه‌ای محافظت شوند.

۳- **سطح عملکرد C- ایمنی جانی:** در این سطح خرابی اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله نباید خطر جدی برای جان ساکنین به وجود آورد. در این سطح عملکرد، علی‌رغم خرابی‌های قابل توجه و هزینه‌بر در اجزای غیرسازه‌ای، احتمال جداشدگی و سقوط این اجزاء به داخل یا خارج ساختمان وجود ندارد. همین‌طور احتمال آسیب‌دیدگی تجهیزات تهویه مطبوع، سرمایش و گرمایش، لوله‌ها و سیستم‌های آتش‌نشانی وجود دارد که ممکن است منجر به آب‌گرفتگی ساختمان شود. لازم به توضیح است که ترمیم و بازسازی تجهیزات آسیب‌دیده در این سطح عملکرد نیازمند صرف هزینه‌های زیادی می‌باشد.

۴- **سطح عملکرد D- ایمنی محدود:** در این سطح، خرابی اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله باید به اندازه‌ای باشد که سبب حداقل خسارت جانی گردد. در این سطح عملکرد، به اجزاء غیرسازه‌ای آسیب جدی وارد شده و احتمال خطر سقوط بعضی از قطعات آنها وجود دارد. ولی به هرحال باید از سقوط اجزاء غیرسازه‌ای سنگین یا حجیم مانند جان‌پناه‌ها، پانل‌های پوششی، سقف‌های کاذب سنگین و قفسه‌های کالا که سقوط آن ها امکان ایجاد خطر جانی برای تعداد زیادی از افراد را دارد، جلوگیری شود. اجزاء غیرسازه‌ای سبک، کوچک و یا نزدیک به کف ممکن است سقوط کنند ولی نباید موجب جراحت جدی شوند. هدف این سطح عملکرد، کاهش خطر جدی ناشی از آسیب‌دیدگی بعضی از تجهیزات بدون مقاوم‌سازی کل آنها می‌باشد.

۵- **سطح عملکرد E- (لحاظ نشده)**:این حالت وقتی رخ می‌دهد که در مقاوم‌سازی ساختمان، فقط عملکرد سازه‌ای آن مدنظر قرار گرفته و برای اجزاء غیرسازه‌ای تصمیمی گرفته نشده باشد.

در سطوح عملکردی A و B اجزاء غیرسازه‌ای به لحاظ محاسبات، ضوابط مقاوم‌سازی و معیار پذیرش مشابه می‌باشند با این تفاوت که در مورد سطح عملکرد A، باید ضوابط بند ۱-۴-۴ نیز برآورده گردد. ضوابط مقاوم‌سازی و معیارهای پذیرش سطح عملکرد ایمنی محدود می‌تواند کمتر از ضوابط و معیارهای پذیرش ارائه شده برای سطح عملکرد ایمنی

جانی در نظر گرفته شود. در مورد تجهیزاتی که می‌توانند برای جان افراد خطرساز باشند، معیارهای پذیرش سطح عملکرد ایمنی محدود باید برابر با ضوابط نظیر سطح عملکرد ایمنی جانی درنظر گرفته شوند.

۱-۴-۳- سطوح خطر لرزه‌ای

سطوح خطر لرزه‌ای مورد استفاده در این دستورالعمل به شرح زیر است:

۱- **سطح خطر-۱:** این سطح خطر براساس ۱۰٪ احتمال فراگذشت در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان که معادل دورهٔ بازگشت ۴۷۵ سال است، تعیین می‌شود. سطح خطر-۱ «زلزله طرح» (Design Basis Earthquake, DBE) نامیده می‌شود.

۲- **سطح خطر-۲:** این سطح خطر براساس ۲٪ احتمال فراگذشت در ۵۰ سال عمر مفید سازه که معادل دورهٔ بازگشت ۲۴۷۵ سال است، تعیین می‌شود. سطح خطر-۲ به عنوان «بیشینه زلزلهٔ در نظر گرفته شده» (Maximum Considered Earthquake, MCE) نامیده می‌شود.

۳- **سطح خطر خدمت‌رسانی:** این سطح خطر براساس ۵۰٪ احتمال فراگذشت در ۵۰ سال عمر مفید سازه که معادل دوره بازگشت ۷۲ سال است، تعیین می‌شود.

در صورت عدم انجام مطالعات تحلیل خطر لرزه‌ای برای سایت مورد نظر می‌توان از طیف طرح ارتجاعی استاندارد ۲۸۰۰ ایران (A.B) و یا سایر آیین‌نامه‌های معتبر استفاده نمود. طیف طرح ارتجاعی استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای زلزلهٔ «سطح خطر-۱» قابل استفاده می‌باشد. برای زلزلهٔ «سطح خطر-۲» نیز در صورت عدم انجام تحلیل خطر لرزه‌ای مستقل، می‌توان از طیف حاصل از ۱/۵ برابر طیف طرح ارتجاعی استاندارد ۲۸۰۰ استفاده نمود. برای طیف طرح مورد استفاده برای زلزله خدمت‌رسانی با دوره بازگشت ۷۲ سال، می‌توان از $\frac{۲}{۳}$ طیف طرح ارتجاعی استاندارد ۲۸۰۰ استفاده نمود.

برای طیف طرح زلزله قائم در صورت نیاز می‌توان از $\frac{۲}{۳}$ طیف طرح افقی انتخابی استفاده نمود.

۱-۴-۴-کنترل عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای برای عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه

برای کنترل رفتار اجزاء غیرسازه‌ای برای تامین عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه، علاوه بر کنترل ضوابط مهارها در سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه، باید با استفاده از یکی از روش‌های زیر، از سالم ماندن تجهیزات مورد نظر برای سرویس‌دهی بعد از زلزله سطح خطر انتخابی اطمینان حاصل شود:

۱- آزمایش میز لرزه مطابق ضوابط معتبر بین‌المللی

۲- داده‌های تجربی و تاریخی

۳- ارائه مدارک معتبرفنی توسط شرکت سازنده مبنی برعدم آسیب‌پذیری سیستم دربرابرجابجایی‌ها ونیروهای سطح زلزله مورد نظر.

۱-۴-۵- هدف بهسازی

اهدف بهسازی براساس دو مشخصه سطح عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای و سطح خطر لرزه‌ای به صورت زیرتعریف می‌شود:

۱- **بهسازی ویژه:** در بهسازی ویژه انتظار می‌رود که تحت اثر زلزله «سطح خطر-۲» سطح عملکرد ایمنی جانی تأمین شده و تحت اثر زلزله «سطح خطر-۱» سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه تامین شود. بعلاوه لازم است در زلزله سطح خطر خدمت‌رسانی تراز عملکردی خدمت‌رسانی بی‌وقفه برای برخی اجزاء غیرسازه‌ای (مکانیکی، الکتریکی و بیمارستانی) تأمین گردد. بنابراین، برای اجزاء غیرسازه‌ای دراین سطح خطر زلزله علاوه بر تأمین ضوابط کاربری بی‌وقفه، کنترل ضوابط بند ۱-۴-۴ نیز باید صورت پذیرد.این هدف برای آن گروه از اجزای غیرسازه‌ای کاربرد دارد که تداوم سرویس‌دهی آنها بعد از زلزله مورد نظر حیاتی و ضروری است. این امر با محدودکردن تنش‌ها و جابجایی‌های لرزه‌ای به حدی که سرویس‌دهی جزء غیرسازه‌ای را تضمین کند، امکان‌پذیر است. تمام سیستم‌هایی که پس از زلزله به عملیاتی بودن آنها نیاز می‌باشد، مانند شبکه آب آشامیدنی، باید به گونه‌ای طراحی شوند که پس از زلزله قابلیت کاربردی خود را حفظ کنند. این مسئله علاوه بر توجه به شرایط مقاومتی، شکل‌پذیری و تغییرمکان‌های مجاز، به سطوح تنش، جزئیات سازه‌ای و اندرکنش‌های لرزه‌ای سیستم و میزان حفاظت از سیستم و جزء غیرسازه‌ای و عملکرد خود تجهیز در زلزله بستگی داشته و در تعیین سطح عملکردی نقش مهمی دارد.

۲- **بهسازی مطلوب:** در بهسازی مطلوب انتظار می‌رود که تحت اثر زلزله «سطح خطر-۱» سطح عملکرد ایمنی جانی تامین گردد. در زلزله سطح خطر ۲ بررسی اجزاء غیرسازه‌ای نیاز نمی‌باشد. علاوه بر آن این دستورالعمل توصیه می‌کند که در زلزلهٔ خدمت‌رسانی (با دوره بازگشت ۷۲ سال) سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه تأمین شود.

۳- **بهسازی مبنا:** در بهسازی مبنا انتظار می‌رود که تحت زلزله «سطح خطر-۱» سطح عملکرد ایمنی جانی تأمین شود. یعنی اینکه جزء غیرسازه‌ای نباید تحت اثر زلزله تراز طرح دچارخرابی (Failure) ویا فروپاشی (Collapse) شود. در این سطح هدف جلوگیری کامل از آسیب‌دیدگی (اجزای غیرسازه‌ای) نبوده، بلکه تلاش در جهت حداقل نمودن خسارات وارده احتمالی می‌باشد.

۴- **بهسازی محدود:** در بهسازی محدود عملکرد پایین‌تری از بهسازی مبنا در نظر گرفته شده است. بدین منظور توصیه می‌شود که تحت اثر زلزله‌ای با دوره بازگشت ۷۲ سال سطح عملکرد ایمنی جانی تأمین شود.

۱-۴-۶- اهداف بهسازی پیشنهادی برای اجزاء غیرسازه‌ای

هدف بهسازی اجزاء غیرسازه‌ای با توجه به هدف بهسازی ساختمان و یا گروه کاربری آن، به صورت زیر پیشنهاد می‌گردند.

الف- هدف بهسازی اجزاء غیرسازه‌ای که در درون یا متصل به ساختمانی باشند که دارای هدف بهسازی ویژه (طبق دستورالعمل بهسازی، نشریه ۳۶۰) بوده و یا دارای سطح کاربری IV طبق بند ۱-۴-۱ باشد، ویژه پیشنهاد می‌شود. تجهیزات موجود در بیمارستان‌ها، مراکز اورژانس، مراکز پلیس، آتش‌نشانی و ... از این زمره می‌باشند.

ب- هدف بهسازی برای اجزاء غیرسازه‌ای واقع در ساختمان‌های با سطح کاربری III، که لازم است پس از وقوع زلزله و به منظور حفظ جان افراد کارکرد عادی خود را ادامه دهد نیز **ویژه** پیشنهاد می‌شود. برخی از این اجزاء به شرح زیر قابل ذکر می‌باشند.

۱- سیستم اطفاء حریق و لوله‌های آب‌پاش برای اطفاء حریق

۲- سیستم‌های مورد نیاز برای حفظ فشار مناسب هوا در اتاق‌های درمانگاه‌ها برای جلوگیری از انتقال بیماریهای عفونی

۳- سیستم‌های مورد نیاز برای حفظ فشار، دما و رطوبت مناسب هوا در اتاق‌های جراحی، آزمایشگاه‌های بیولوژیکی و اتاق‌های استریل

۴- خطوط گاز مربوط به مراکز درمانی

۵- خطوط آب داغ فشار بالا یا خطوط بخار

پ- هدف بهسازی برای تجهیزاتی که جهت انتقال مواد خطرناک یا سمی مورد استفاده قرار گرفته ودر صورت نشت، مقدار ماده سمی در محیط از حدود مجاز تجاوز کند، پیشنهاد می‌گردد. به عنوان مثال می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- سیستم‌های تخلیهٔ هوای آزمایشگاه‌های حاوی گازهای سمی

۲- سیستم‌های مورد استفاده برای تهویه مواد خطرناک از لحاظ بیولوژیکی و تهویهٔ اتاق امراض عفونی

۳- هدف بهسازی سیستم‌های شیمیایی یا فرآورده‌های فرعی که برای فرآیندهای صنعتی مورد نیاز هستند

ت- هدف بهسازی برای اجزای غیرسازه‌ای که شامل بند ب نشده و در ساختمان‌هایی با سطح کاربری III یا در ساختمان‌هایی با هدف بهسازی مطلوب قرار دارند. مطلوب پیشنهاد می‌شود.

ث- هدف بهسازی برای اجزاء غیرسازه‌ای که در ساختمان‌هایی با سطح کاربری II، یا در ساختمان‌هایی با هدف بهسازی مبنا قرار دارند، مبنا پیشنهاد می‌شود.

ج- برای سایر اجزاء غیرسازه‌ای هدف بهسازی مبنا یا کمتر قابل استفاده می‌باشد.

۱-۴-۷- ضریب عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای

ضریب عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای اعم از قطعات و یا تجهیزات که سطح عملکرد مورد نظر آنها قابلیت استفاده بی‌وقفه می‌باشد، برابر $I_P=1.5$ و ضریب عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای که سطح عملکرد آنها ایمنی جانی است، برابر $I_P=1$ در نظر گرفته می‌شود. برای هر عضو غیرسازه‌ای که به عضو غیرسازه‌ای دیگری با ضریب عملکرد ۱/۵ متصل باشد باید، ضریب عملکرد ۱/۵ در نظر گرفته شود.

۱-۵- سختی و انعطاف‌پذیری اجزاء و مهارها و تکیه‌گاه‌های آنها

اگر انعطاف‌پذیری یک سیستم غیرسازه‌ای و یا اجزاء آن طوری باشد که همراه با ساختمان بر اثر زلزله دچار تشدید شود، در این صورت جابجایی‌ها و تنش‌هایی بیش از حد انتظار در اجزاء ایجاد خواهد شد. اگر انعطاف‌پذیری سیستم یا اجزاء طوری باشد که دچار تشدید نشود، جابجایی‌ها و تنش‌ها ممکن است از مقادیر مجاز بسیار پایین‌تر باشند. در نتیجه، باید انعطاف‌پذیری اجزاء غیرسازه‌ای و تکیه‌گاه‌های آنها همراه با مقاومت قسمت‌های مختلف بررسی شده و بدترین حالات ممکن در نظر گرفته شود. اثرات این مسئله در معادلات مربوط به محاسبه نیروی وارده به تجهیزات در فصل سوم لحاظ شده است.

۱-۶- معرفی انواع مختلف اجزای غیرسازه‌ای

در این بخش انواع مختلفی از اجزاء غیرسازه‌ای موجود در ساختمان‌ها معرفی می‌شوند. این اجزاء شامل اجزاء معماری، مکانیکی، الکتریکی، مخابراتی و بیمارستانی می‌باشد.

۱-۶-۱- اجزای معماری

۱-۶-۱-۱- نمای خارجی

نمای دیوارهای خارجی را می‌توان به چند گروه دسته‌بندی کرد:

۱- نمای چسبانده شده: این نوع نما می‌تواند روی مصالح بنایی، بتن، اندود سیمان و یا مصالح سازه‌ای واقع بر اسکلت چسبانده شود. برخی از نماهای این گروه به شرح زیر می‌باشند:

الف: کاشی، آجر، سنگ، سفال و سایر موارد مشابه با ضخامت حداکثر ۲/۵ سانتی‌متر (شکل ۱-۱)

ب: موزائیک‌های شیشه‌ای با اندازه‌های حداکثر ۱×۵×۵ سانتی‌متر (شکل ۱-۲)

ج: سرامیک

د: اندود سیمانی

شکل ۱-۱- آجر یا سفال چسبانده شده

شکل ۱-۲- موزائیک شیشه‌ای چسبانده شده

۲- نمای مهارشده: این نوع نما شامل آجرکاری یا سنگ‌کاری می‌باشد که به صورت مکانیکی به سازه‌ی نگهدارنده متصل می‌شوند. نماهای زیر از این دسته به حساب می‌آیند.

الف: آجرکاری با ضخامت اسمی حداکثر ۱۲/۵سانتی‌متر

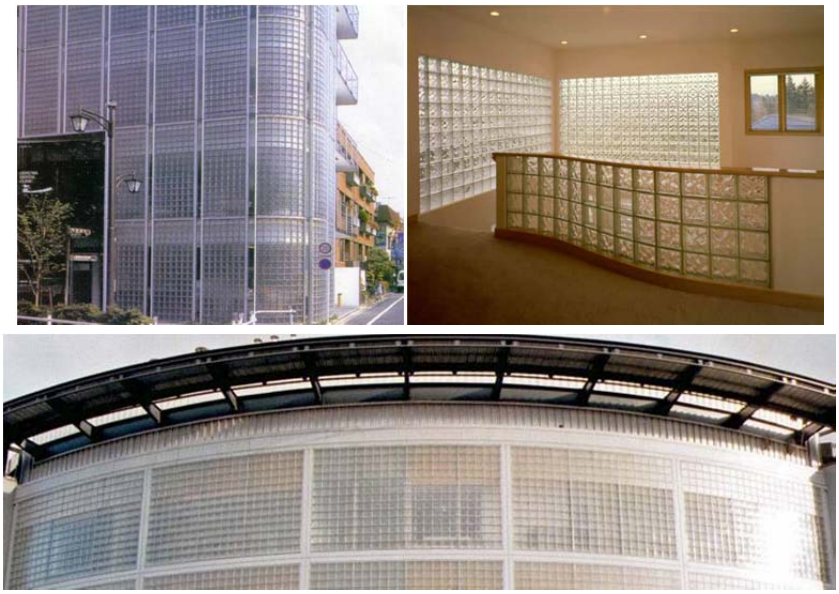
ب: سنگ‌کاری

ج: صفحه‌های سنگی بزرگ با ضخامت اسمی حداکثر ۵ سانتی‌متر (شکل ۱-۳)

رعایت ضوابط این دستورالعمل برای قطعاتی که در ارتفاع بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر از تراز زمین و یا کف مجاور قرار دارند، الزامی است.

شکل ۱-۳- صفحات سنگی بزرگ برای نمای دوخته شده

۳- دیوارهای کوتاه ساخته شده از بلوک شیشه‌ای و سایر مصالح بنایی غیرسازه‌ای: این نوع نماها از روی هم گذاشتن بلوک‌های شیشه‌ای و اتصال آنها توسط خمیرهای مخصوص ایجاد شده و به خودی خود قادر به تحمل نیروهای قائم هستند. از نظر سازه‌ای این نوع نماها نسبت به سازه مجاور خود مجزا محسوب می‌شوند (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴- نمای دیوارهای کوتاه شیشه‌ای

۴- **پانل‌های پیش‌ساخته:** این پانل‌ها برای تحمل نیروهای باد، زلزله و دیگر نیروهای وارده طراحی شده‌اند و شامل پانل‌های بتنی پیش‌ساخته و پانل‌های فلزی می‌باشند.

شکل ۱-۵- پانل پیش ساخته

۱-۶-۱-۲- نماها و دیوارهای شیشه‌ای

شامل دیوارهای غیرسازه‌ای بیرونی شیشه‌ای در ساختمان‌های چند طبقه، پنجره‌های بزرگ برِ فروشگاه‌ها و پنجره‌های با قاب چوبی کوچک می‌باشد. نماهای شیشه‌ای معمولاً از مصالح با ضخامت کم ساخته می‌شوند. طبیعی است که هرچه ضخامت مصالح به کار رفته در این نوع نماها بیشتر باشد، خطر ریزش و تهدید ایمنی جانی افزایش می‌یابد.

انواع شیشه‌هایی که در نماهای شیشه‌ای به کار می‌رود، عبارتند از:

الف- شیشه بازپخت (آنیل) شده (Annealed glass)، که عملیات حرارتی خاصی بر روی آن انجام نشده است و جزو معمولی‌ترین شیشه‌های به کار رفته در نماهای شیشه‌ای محسوب می‌شود.

ب- شیشه صاف و یا خمیده‌ای که پس از نورد شدن، عملیات حرارتی بر روی آن انجام می‌شود (Heat- strengthened glass)، به طوری که تا زیر نقطه ذوب حرارت داده شده و سپس سرد می‌شود. این نوع شیشه از شیشه آنیل شده ایمنی بیشتری دارد ولی با این وجود پس از شکسته شدن به طور کامل به قطعات ریز تبدیل نمی‌شود.

ج- شیشه صاف و یا خمیده‌ای که به منظور رسیدن به مقاومت فشاری بالا، عملیات حرارتی بر روی آن انجام می‌شود (Tempered glass). این نوع شیشه چنانچه بشکند به تعداد زیادی قطعات ریز تبدیل می‌شود.

د- شیشه لمینیت یا طلقی که با چسباندن یک میان‌لایه پلاستیکی بین دو لایه شیشه‌ای تحت حرارت و فشار تولید می‌شود (Laminated glass). رفتار این نوع شیشه تحت بارهای ضربه‌ای مشابه شیشه خودرو می‌باشد، به طوری که پس از ترک برداشتن یا خردشدن، قطعات ریز شده که به لایه میانی پلاستیکی چسبیده‌اند، از هم گسیخته نمی‌شوند و شیشه در قاب خود باقی می‌ماند.

هـ- قطعات شیشه‌ای دوجداره عایق‌دار که مقاومت حرارتی بالایی داشته و به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی به کار می‌روند (Sealed insulation glass units).

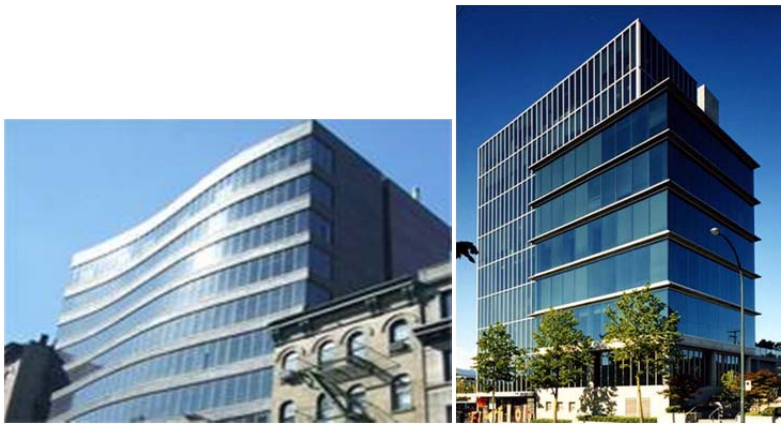
نماهای شیشه‌ای به دو روش خشک و تر نصب می‌شوند. در صورتی که این نماها برای نیروها و جابجایی‌های ناشی از زلزله طراحی نگردند، سقوط آنها می‌تواند خطر قابل ملاحظه‌ای ایجاد نماید.

نماها و دیواره‌های شیشه‌ای بصورت زیر می‌توانند اجرا شوند:

۱-دیواره‌های شیشه‌ای که بدون قطع کردن لبه‌های دال طبقات، از کنار آنها ادامه پیدا کرده و از متصل کردن واحدهای پیش‌ساخته به یکدیگر حاصل می‌شوند و یا اینکه در سایت بر روی نما قرار می‌گیرند (شکل ۱-۶).

شکل ۱-۶- نمای شیشه‌ای بیرونی یکسره بدون قطع در کف طبقات

۲- دیواره‌های شیشه‌ای نما که بین کف‌های طبقات قرار می‌گیرند و به صورت پیش‌ساخته یا نصب در محل می‌باشند (شکل ۱-۷).



شکل ۱-۷- نمای شیشه‌ای بیرونی بین کف‌های طبقات

۳- سیستم‌های دیواره شیشه‌ای سیلیکنی که در آنها از خمیر سیلیکن به منظور انتقال بارهای وارد شده از شیشه به قاب نگهدارنده آن و همچنین نگهداری شیشه در جای خود استفاده می‌شود.

۱-۶-۱-۳- تیغه (پارتیشن)

تیغه‌ها اجزاء غیر باربر قائم می‌باشند که فضای داخلی را تفکیک می‌کنند و به دو گروه دسته‌بندی می‌شوند:

۱- تیغه‌های سنگین: تیغه‌های سنگین ممکن است کل یا جزئی از ارتفاع طبقه را پوشش دهند و می‌توانند از جنس مصالح بنایی مسلح یا غیرمسلح باشند. در داخل ساختمان‌های اداری قدیمی اغلب از پارتیشن‌های سفال توخالی استفاده شده است. این عناصر به عنوان دیوارهای پرکننده بین ستون‌ها و یا بدون نقش سازه‌ای به عنوان دیوارهای جداکننده فضا به کار می‌روند.

۲- تیغه‌های سبک: تیغه‌هایی که از قطعات سبک مانند تخته‌های چوبی یا اجزاء فلزی سبک (LSF) دارای روکش گچی، سیمانی، چوبی و یا دیگر مصالح ساخته شده‌اند (شکل ۱-۸).

شکل ۱-۸- تیغه‌های سبک

۱-۶-۱-۴- نمای داخلی

نمای داخلی شامل نماهای تزئینی دیوارهای داخلی می‌باشند که بالاتر از تراز ۱۲۰ سانتی‌متر نسبت به کف طبقه قرار گرفته‌اند.

۱-۶-۱-۵- سقف کاذب

سقف‌های کاذب را می‌توان به گروه‌های زیر دسته‌بندی کرد:

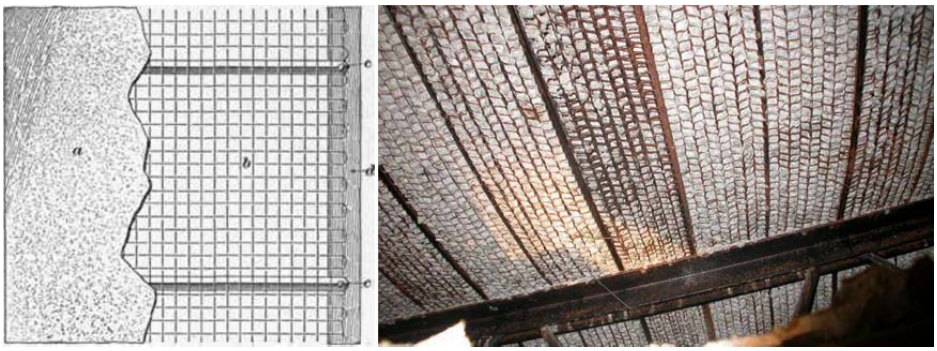
الف: پوشش سقف‌های چوبی، بتنی یا فلزی با مصالحی که توسط اتصالات مکانیکی و یا چسب به آنها متصل می‌شوند (شکل‌های ۱-۹).

شکل ۱-۹- پوشش سقف به همراه تزئینات گچبری

ب: صفحات گچی آویخته (با فاصله کمتر از ۶۰ سانتی‌متر از سقف) که توسط اعضایی به نگهدارنده‌های چوبی یا فلزی متصل می‌شوند (شکل ۱-۱۰).

شکل ۱-۱۰- سقف‌های کاذب

ج: صفحات گچی آویخته با فاصله بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر از سقف و همچنین سقف‌های کاذب تشکیل شده از توری‌های فلزی (رابیتس) به همراه پوشش گچی (شکل ۱-۱۱).



شکل ۱-۱۱- سقف کاذب به وسیله رابیتس

د: سقف‌های کاذب یکپارچه دارای سازه مستقل نگهدارنده (T-bars) به همراه تجهیزات روشنایی و مکانیکی

۱-۶-۱-۶- جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها

جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها، اجزای غیرسازه‌ای هستند که از بام یا نمای ساختمان بیرون زده‌اند. پیکره‌ها و نماهای تزئینی اضافه شده به جان‌پناه‌های بتنی یا آجری نیز مشمول این تعریف می‌شوند و باید طبق این دستورالعمل برای بهسازی کنترل شوند:

الف: جان‌پناه‌های بنایی غیرمسلح با نسبت ارتفاع به ضخامت بزرگ‌تر از ۱/۵ (شکل ۱-۱۲).

ب: جان‌پناه‌های بنایی مسلح با نسبت ارتفاع به ضخامت بزرگ‌تر از ۳.

ج: پیش‌آمدگی‌ها و لبه‌های ساخته شده از سنگ یا آجر، مگر اینکه با یک سازهٔ فولادی یا بتنی مسلح نگهداری شده باشند (شکل ۱-۱۳).

د: پیکره‌ها و نماهای تزئینی ساخته شده از سنگ یا آجر یا بتن با نسبت ارتفاع به ضخامت بزرگتر از ۱/۵ (شکل ۱-۱۴).

شکل ۱-۱۲- جان‌پناه

شکل ۱-۱۳- پیش‌آمدگی

شکل ۱-۱۴- نماهای تزئینی

نسبت ارتفاع به ضخامت برای جان‌پناه‌ها به صورت نسبت ارتفاع آنها از سطح مهارشدگی به ضخامت آنها، بیان می‌شود. برای اجزائی که به صورت افقی از نما بیرون زده‌اند، این نسبت به صورت نسبت عرض افقی بیرون زده شده از بر نما به ضخامت جزء، تعریف می‌گردد.

۱-۶-۱-۷- سایه‌بان‌ها

سایه‌بان‌ها، شامل اعضای بیرون‌زده از نمای خارجی می‌باشند که ممکن است ادامه تیرهای سازه و یا سازه‌هایی مستقل باشند که به ساختمان دوخته شده‌اند. همچنین سایه‌بان‌ها می‌توانند سازه‌هایی خودایستا باشند. چادر یا دیگر سایه‌بان‌های پارچه‌ای نیازی به کنترل بهسازی ندارند (شکل ۱-۱۵).

شکل ۱-۱۵- سایه‌بان

۱-۶-۱-۸- دودکش‌های ساختمانی

دودکش‌ها اجزایی هستند که به صورت طره بر بام ساختمانها قرار می‌گیرند، دودکش‌های ساخته شده از ورق‌های نازک فلزی نیاز به کنترل برای بهسازی ندارند (شکل ۱-۱۶).

شکل ۱-۱۶- دودکش‌های ساختمانی

۱-۶-۱-۹- راه‌پله‌ها

راه‌پله‌ها شامل عرشه، پاگرد و دست‌انداز هستند که راه عبور بین دو طبقه را تشکیل می‌دهند. درها، پنجره‌ها و بخش‌های مقاوم در برابر آتش که در محدودهٔ راه‌پله هستند، جزء راه‌پله‌ها محسوب می‌شوند (شکل ۱-۱۷).

شکل ۱-۱۷- راه‌پله

۱-۶-۱-۱۰- کف‌های کاذب

این کف‌ها شامل کف‌های کاذب پانل‌بندی شده که جهت دسترسی به سیم‌ها، فیبرهای نوری و دیگر تجهیزات مربوط به رایانه و یا وسایل الکتریکی دیگر طراحی شده‌اند، می‌باشند (شکل ۱-۱۸).

شکل ۱-۱۸- کف کاذب

۱-۶-۲- تجهیزات و تأسیسات مکانیکی

۱-۶-۲-۱- تجهیزات مکانیکی

تجهیزات مکانیکی که حداقل یکی از معیارهای زیر را دارا باشند باید براساس این دستورالعمل ارزیابی شوند:

۱- کلیه تجهیزاتی که وزن آنها بیش از ۱۸۰ کیلوگرم باشد.

۲- تجهیزات مهار نشده با وزن بیش از ۴۵ کیلوگرم که ضریب اطمینان آنها در برابر واژگونی تحت اثر بارهای طراحی تعیین شده در بندهای ۳-۲-۱ یا ۳-۲-۲، کمتر از ۱/۵ باشد.

۳- تجهیزاتی که دارای وزن بیش از ۱۰ کیلوگرم بوده و به سقف، دیوار و یا تکیه‌گاهی که ارتفاعش از کف بیش از ۱/۲ متر است، متصل شده باشند.

۴- کلیه تجهیزات زیر:

الف- بویلرها و کوره‌ها

ب- نقاله‌ها (Conveyors)

پ- تجهیزات HVAC(Heat Ventilation and Air Conditioning) دارای جداساز لرزه‌ای

ت- تجهیزات HVAC(Heat Ventilation and Air Conditioning) فاقد جداساز لرزه‌ای

ث- تجهیزات HVAC(Heat Ventilation and Air Conditioning) واقع در داخل داکت

در ادامه برخی از تجهیزات مکانیکی رایج معرفی می‌شوند.

۱-۶-۲-۱-۱- کمپرسورهای هوا (Air Compressors)

کمپرسورهای هوا برای تامین هوای با فشار بالا برای مصارف مختلفی به کار می‌روند. بیشتر کمپرسورهای هوا از نوع پیستونی و یا پره چرخنده می‌باشند. کمپرسورهای گریز از مرکز برای فشارهای بسیار زیاد و کاربردهای صنعتی به کار می‌روند.

برخی از تجهیزات مکانیکی که در این دسته قرار می‌گیرند، به شرح زیر می‌باشند:

۱- کمپرسور هوای قاب‌دار(خنک‌شونده با آب) (شکل ۱-۱۹)

۲- کمپرسور هوا با پایهٔ لغزشی(ریلی) (خنک‌شونده با آب) (شکل ۱-۲۰)

۳- کمپرسور هوا با مخزن عمودی یا افقی(خنک‌شونده با هوا) Air Compressor with vertical or horizontal tank (air-cooled) (شکل ۱-۲۱)

۴- کمپرسور هوای غلتکی شامل خشک‌کن‌های بزرگ فیلتر(Skid-Mounted Equipment including Large Filter Dryers) (شکل ۱-۲۲)

شکل ۱-۱۹- کمپرسور هوای محفظه‌دار (خنک‌شونده با آب)

شکل ۱-۲۰- کمپرسورهوا با پایهٔ لغزشی (ریلی) (خنک‌شونده با آب)

شکل ۱-۲۱- کمپرسور هوا با مخزن عمودی یا افقی (خنک‌شونده با هوا)

شکل ۱-۲۲- کمپرسور هوای غلتکی شامل خشک‌کن‌های بزرگ فیلتر
(Skid-Mounted Equipment including Large Filter Dryers)

۱-۶-۲-۱-۲- واحدهای تهویه مطبوع (Air Conditioning Units)

واحدهای تهویه مطبوع وسیله‌های خانگی یا صنعتی هستند که برای رطوبت‌گیری و خارج نمودن گرما از محیط به کار می‌روند و در آن‌ها، سرمایش از طریق چرخه ساده تبرید انجام می‌شود. این تجهیزات می‌توانند در زیر سقف، روی زمین و یا کنار دیوار نصب شوند. برخی از انواع تجهیزات این گروه بشرح زیر می‌باشند. از ویژگی‌های این گروه دارا بودن چهارچوب مناسب و وزن نسبتاً کم آنها می‌باشد.

۱- واحد تهویه مطبوع کوچک روی بام (خنک شونده با هوا) (شکل ۱-۲۳)

۲- واحد تهویه مطبوع بزرگ روی بام(خنک شونده با هوا) (شکل ۱-۲۴)

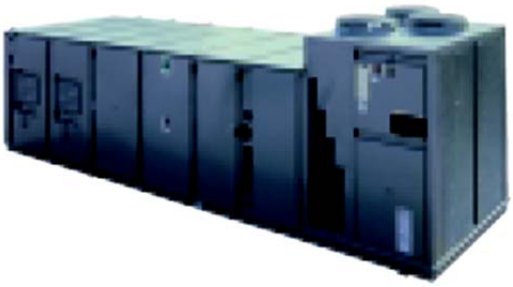
۳- واحد تهویه مطبوع داخلی (نصب بر روی کف یا به صورت آویزان از سقف) (شکل ۱-۲۵)

۴- واحد تهویه مطبوع کنار دیوار (شکل ۱-۲۶)

۵- واحد (Package) خنک شونده با آب (روی کف یا روی کف دارای سکو) (شکل ۱-۲۷)

۶- واحد تهویه هوای داخلی یا پمپ حرارتی (روی کف یا بصورت معلق با خنک‌کننده جدا) (شکل ۱-۲۸)

شکل ۱-۲۳- واحد تهویه مطبوع کوچک روی بام



شکل ۱-۲۴- واحد تهویه مطبوع بزرگ روی بام

شکل ۱-۲۵- واحد تهویه مطبوع داخلی

شکل ۱-۲۶- واحد تهویه مطبوع کنار دیوار

شکل ۱-۲۷- واحد (Package) خنک‌شونده با آب

شکل ۱-۲۸- واحد تهویه هوای داخلی یا پمپ حرارتی

۱-۶-۲-۱-۳- هواسازها (Air Handling Units)

واحدهای هواساز وسایلی هستند که برای تهویه یا گردش هوا به عنوان جزئی از سیستم گرمایشی، تصفیه و تهویه مطبوع به کار می‌روند. این تجهیزات معمولاً به صورت یک جعبه بزرگ فلزی شامل یک دمنده، اجزای گرمایشی یا سرمایشی، اتاقک فیلتر، صداگیر و میراگر می‌باشند.

نمونه‌هایی از واحدهای هواساز به شرح زیر قابل ذکر می‌باشند:

۱- واحد هواساز بزرگ قرار گرفته برروی بام (شکل ۱-۲۹)

۲- واحد هواساز کوچک قرار گرفته برروی بام (شکل ۱-۳۰)

۳- واحد پردازش هوای داخلی قائم (روی کف) (شکل ۱-۳۱)

۴- واحد هواساز داخلی افقی (روی کف یا بصورت معلق) (شکل ۱-۳۲)

۵- واحد هواساز ساختمان (شکل ۱-۳۳)

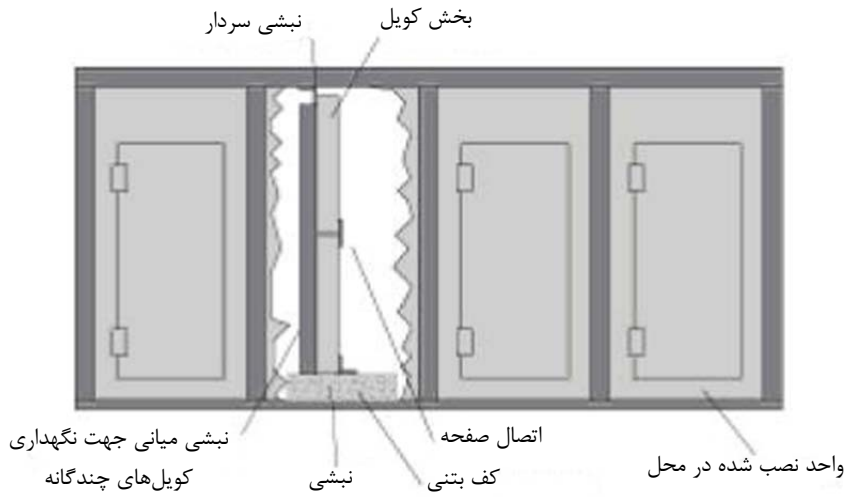
۶- شبکه‌های تبرید در واحدهای هواساز (شکل ۱-۳۴)

شکل ۱-۲۹- واحد هواساز بزرگ قرار گرفته برروی بام

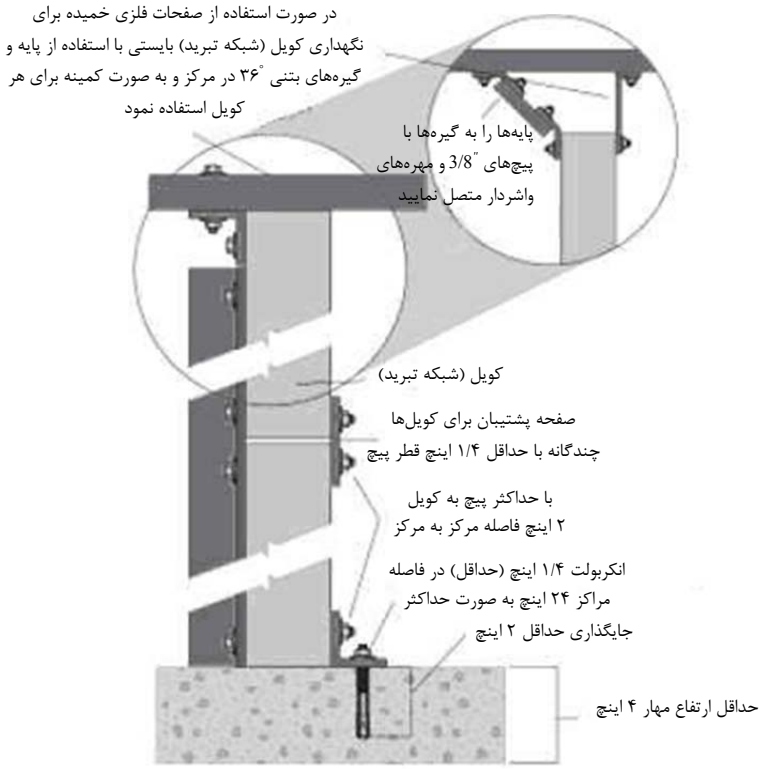
شکل ۱-۳۰- واحد هواساز کوچک قرار گرفته برروی بام

شکل ۱-۳۱- واحد هواساز داخلی قائم

شکل ۱-۳۲- واحد هواساز داخلی افقی



شکل ۱-۳۳- واحد هواساز ساختمان



شکل ۱-۳۴- شبکه‌های تبرید در واحدهای هواساز

۱-۶-۲-۱-۴- آسانسورها

آسانسور شامل اتاقک، محفظه، تجهیزات و اتاق تجهیزات مربوط به بهره‌برداری آسانسور از قبیل بالابر، وزنه‌های تعادل، کابل‌ها و کنترل‌گرها می‌باشد (شکل ۱-۳۵).

شکل ۱-۳۵- محفظه آسانسور

۱-۶-۲-۱-۵- جداساز هوا (Air Separators)

جدا ساز هوا دستگاه برای زدودن آب و روغن از هوای فشرده به کار می‌رود. به طور معمول بر روی یک دیوار در نزدیکی کمپرسور هوا نصب شده و می‌تواند یک دستگاه چند فیلتری باشد. نمونه‌هایی از جداسازهای هوا به شرح زیر می‌باشند:

۱- جداساز هوا (به صورت معلق) (شکل ۱-۳۶)

۲- جداساز هوا (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۳۷)

شکل ۱-۳۶- جداساز هوا (بصورت معلق)

شکل ۱-۳۷- جداساز هوا (نصب شده بر روی کف)

۶- بویلر یا مبدل حرارتی (Boilers)، مشعل یا گرمکن (Furnaces) و آبگرمکن (Water Heater)

- بویلر مخزنی سربسته است که در آن به آب یا دیگر مایعات حرارت داده می‌شود. مایع گرم یا تبخیر شده از بویلر برای استفاده در پروسه‌های مختلف یا کاربردهای گرمایشی از بویلر خارج می‌شود.
- مشعل یا گرمکن وسیله‌ای برای گرما دادن است و انرژی لازم برای آن از طریق احتراق سوخت، الکتریسیته یا گرمایش القائی تامین شود.

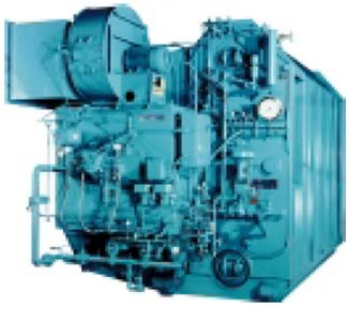
- آبگرمکن وسیله‌ای است که طی فرآیندی ترمودینامیکی دمای آب را با استفاده از یک منبع انرژی به مقداری بالاتر از دمای موجود می‌رساند.

این دستگاه‌ها، دارای وزن نسبتاً بالایی هستند. تعدادی از دستگاه‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند به شرح زیر می‌باشند:

۱- بویلر کوچک (شکل ۱-۳۸)
۲- بویلرهای Flex tube (شکل ۱-۳۹)
۳- بویلرهای Water – tube (شکل ۱-۴۰)
۴- آبگرمکن (شکل ۱-۴۱)
۵- رطوبت‌ساز (شکل ۱-۴۲)
۶- کوره (شکل ۱-۴۳)

شکل ۱-۳۸- بویلر کوچک

شکل ۱-۳۹- بویلرهای Flex tube



شکل ۱-۴۰- بویلرهای Water – tube

شکل ۱-۴۱- آبگرمکن

شکل ۱-۴۲- رطوبت‌ساز

شکل ۱-۴۳- کوره

۱-۶-۲-۱-۶- چیلر یا سرماساز (Chillers)

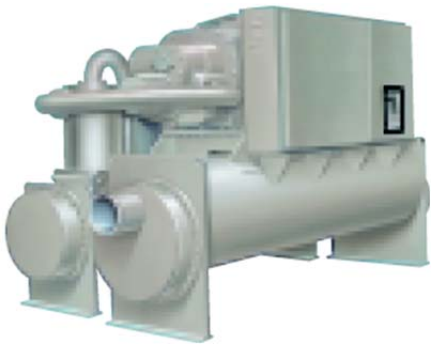
چیلر دستگاهی است که حرارت را از یک مایع با استفاده از تراکم-بخار یا چرخه جذب- تبرید (absorbtion-refrigeration) خارج می نماید. برخی از انواع چیلرهای قابل ذکر در این دسته عبارتند از:

۱- چیلر از نوع خروج از مرکز(Centrifugal) (شکل ۱-۴۴)

۲- چیلر با کمپرسور پیچی(Screw) (شکل ۱-۴۵)

۳- چیلر قاب‌دار (شکل ۱-۴۶)

۴- چیلر کوچک (شکل ۱-۴۷)



شکل ۱-۴۴- چیلر از نوع خروج از مرکز (Centrifugal)

شکل ۱-۴۵- چیلر با کمپرسور (Screw)

شکل ۱-۴۶- چیلر قاب‌دار

شکل۲-۴۷- چیلر کوچک

۱-۶-۲-۱-۷- واحدهای کوندانسور یا تبرید (Condenser)

در سیستم‌های سرمایشی، کاندنسور وسیله یا واحدی است که برای چگالش یک ماده از حالت گازی به حالت مایع، معمولا از طریق سرمایش آن، به کار می‌رود.

نمونه‌هایی از سیستم‌های مایع‌ساز بشرح زیر می‌باشد:

۱- واحدهای تبرید (Condenser) (شکل ۱-۴۸)

۲- کوندانسور/ واحد چگالنده داخلی (شکل ۱-۴۹)

شکل ۱-۴۸- واحدهای تبرید (Condenser)

شکل ۱-۴۹- کاندنسور / واحد چگالنده داخلی

۱-۶-۲-۱-۸- کویل‌ها و مبدل‌های حرارتی (Coils and Heat Exchangers)

یک مبدل حرارتی برای انتقال گرما به صورت مناسب از محیطی به محیط دیگر ساخته می‌شود. دو محیط ممکن است در تماس مستقیم با یکدیگر بوده و یا با یک جداره فلزی از هم جدا شده باشند. برخی از انواع این تجهیزات به شرح زیر می‌باشند:

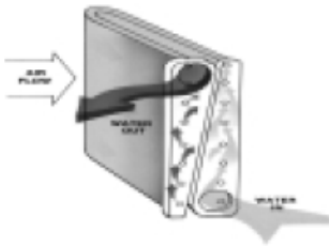
۱-A-coil (شکل ۱-۵۰)

۲- کویل نصب شده بر لوله (شکل ۱-۵۱)

۳- مبدل حرارتی پوسته لوله‌ای (شکل ۱-۵۲)

۴- مبدل حرارتی صفحه و فریم (Plate and Frame) (شکل ۱-۵۳)

شکل ۱-۵۰- **A-coil**



شکل ۱-۵۱- کویل نصب شده بر لوله

شکل ۱-۵۲- مبدل حرارتی پوسته لوله‌ای

شکل ۱-۵۳- مبدل حرارتی صفحه و فریم (Plate and Frame)

۱-۶-۲-۱-۹- برج‌های خنک‌کننده (Cooling Towers)، کولرها یا سردکننده‌ها (Coolers)

این تجهیزات معمولاً برروی بام سازه‌ها نصب می‌شوند. برج‌های خنک‌کننده می‌توانند از ابعاد کوچک ۱ متر تا بیشتر از ۴ متر نیز ساخته شوند. کولرهای تبخیری و آبی نیز از سایر واحدهایی هستند که در این دسته قرار می‌گیرند. تعدادی از این نوع تجهیزات به شرح زیر می‌باشند:

۱- کولر با مخزن آب همراه (شکل ۱-۵۴)

۲- برج خنک‌کننده با مخزن آب همراه (شکل ۱-۵۵)

۳- کولر آبی معمولی (شکل ۱-۵۶)

۴- برج خنک‌کنندهٔ بزرگ (شکل ۱-۵۷)

شکل ۱-۵۴- کولر با مخزن آب همراه

شکل ۱-۵۵- برج خنک‌کننده با مخزن آب همراه

شکل ۱-۵۶- کولر آبی معمولی

شکل ۱-۵۷- برج خنک‌کنندهٔ بزرگ

۱-۶-۲-۱-۱۰- فن‌ها (Fans)

از ویژگی‌های خاص این تجهیزات وزن کم این سازه‌ها نسبت به ابعاد آنها است. این تجهیزات به صورت پروانه‌هایی بر روی دیوار، پشت‌بام، سقفی، محوری و صنعتی، دسته‌بندی می‌شوند. برخی از این فن‌ها به شرح زیر می‌باشند:

۱- فن دیواری (شکل ۱-۵۸)

۲- فن قابل نصب روی بام (شکل ۱-۵۹)

۳- فن سقفی (شکل ۱-۶۰)

۴- فن محوری (شکل ۱-۶۱): اینگونه فن‌ها دارای پره‌هائی هستند که هوا را وادار به جریان به موازات محوری می‌کنند که پره‌ها حول آن در حال چرخش هستند.

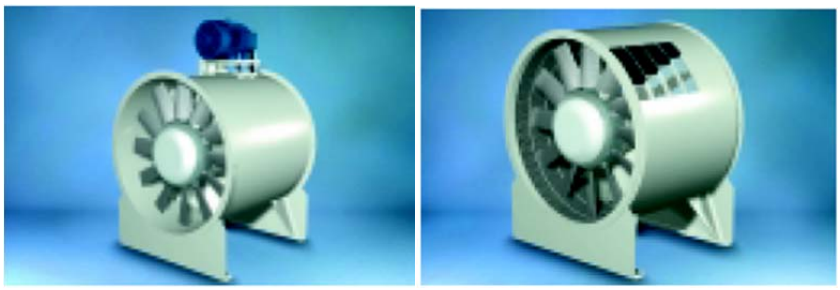
۵- فن صنعتی (شکل ۱-۶۲)

۶- فن خروج از مرکز (شکل ۱-۶۳)

شکل ۱-۵۸- فن دیواری

شکل ۱-۵۹- فن قابل نصب روی بام

شکل ۱-۶۰- فن سقفی



شکل ۱-۶۱- فن محوری

شکل ۱-۶۲- فن صنعتی

شکل ۱-۶۳- فن خروج از مرکز

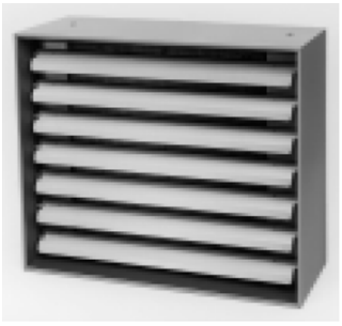
۱-۶-۲-۱-۱۱- دستگاه‌های تولید گرما (بخاری) (Heaters)

این دسته از تجهیزات شامل بخاری‌های الکتریکی، بخاری‌هایی با مکانیزم آب یا بخار و بخاری‌های گازی هستند. برخی از این تجهیزات به شرح زیر قابل ذکر می‌باشند:

۱- بخاری برقی (شکل ۱-۶۴)

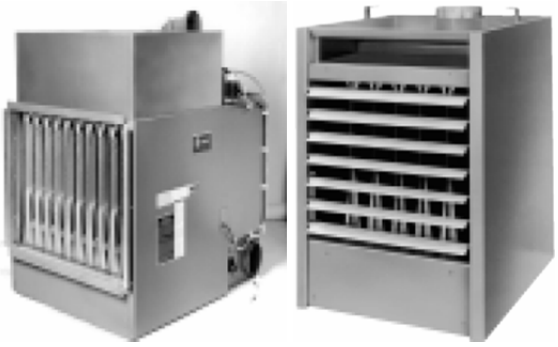
۲- بخاری با مکانیزم آب یا بخار (شکل ۱-۶۵)

۳- بخاری گازی (شکل ۱-۶۶)



شکل ۱-۶۴- بخاری برقی

شکل ۱-۶۵- بخاری با مکانیزم آب یا بخار



شکل ۱-۶۶- بخاری گازی

۱-۶-۲-۱-۱۲- پمپ‌ها (Pumps)

پمپ وسیله‌ای است که برای جابجایی سیالات مانند مایعات و گازها به کار می‌رود. به لحاظ مکانیزم تولید جریان پمپ‌ها به ۵ گروه پمپ‌های لیفت مستقیم، جابجایی، سرعت، بویانسی و گرانشی تقسیم می‌شوند. از ویژگی‌های بارز این نوع تجهیزات مکانیکی، جرم نسبتاً بالای آنها می‌باشد. برخی از این پمپ‌ها به شرح زیر می‌باشند:

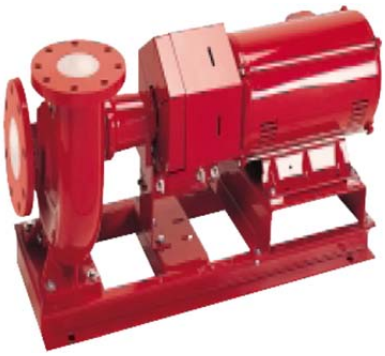
۱- پمپ خطی (شکل ۱-۶۷)

۲- پمپ دو بخشی با مکش انتهایی افقی یا Split-Case (شکل ۱-۶۸)

۳- پمپ عمودی (شکل ۱-۶۹)

۴- پمپ Close – Coupled (شکل ۱-۷۰)

شکل ۱-۶۷- پمپ خطی in – line



شکل ۱-۶۸- پمپ دو بخشی با مکش انتهایی افقی

شکل ۱-۶۹- پمپ عمودی

شکل ۱-۷۰- پمپ close – coupled

۱-۶-۲-۱-۱۳- مخازن (Tanks) و سیلندرها یا کپسول‌های گاز (Gas Cylinders)

این تجهیزات که معمولاً به صورت سیلندرهای عمودی و در برخی حالات به صورت افقی نصب می‌شوند، دارای ابعاد مختلفی می‌باشند. نمونه‌ای از این تجهیزات به شرح زیر می‌باشند:

۱- مخازن (آب) با پایهٔ استوانه‌ای (شکل ۱-۷۱)

۲- مخازن (آب) با پایه‌های مجزا (شکل ۱-۷۲)

۳- تصفیه کنندهٔ آب (شکل ۱-۷۳)

۴- مخازن عمودی (شکل ۱-۷۴)

۵- مخازن افقی (شکل ۱-۷۵)

۶- سیلندرهای گاز (شکل ۱-۷۶)

شکل ۱-۷۱- مخازن (آب) با پایهٔ استوانه‌ای

شکل ۱-۷۲- مخازن (آب) با پایه‌های مجزا

شکل ۱-۷۳- تصفیه کنندهٔ آب

شکل ۱-۷۴- مخازن عمودی

شکل ۱-۷۵- مخازن افقی

شکل ۱-۷۶- سیلندرهای گاز

۱-۶-۲-۱-۱۴- جعبه VAV (ترمینال‌ها)، صداگیر مجاری (Duct Silencers) و واحدهای فن کوئل (Fan-Coil units)

نمونه‌هایی از این سیستم‌ها بشرح زیر می‌باشند:

۱- جعبه‌های VAV با فن (سری یا موازی) (شکل ۱-۷۷)

۲- میراگر VAV (شکل ۱-۷۸)

۳- فن کوئل قائم (شکل ۱-۷۹)

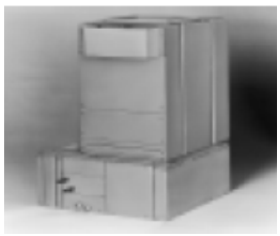
۴- جعبه مجرای ۲ تایی (شکل ۱-۸۰)

۵- صداگیر مجاری (شکل ۱-۸۱)

۶- فن کوئل افقی (شکل ۱-۸۲)

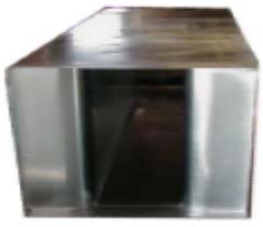
شکل ۱-۷۷- جعبه‌های VAV با فن (سری یا موازی)

شکل ۱-۷۸- میراگر VAV



شکل ۱-۷۹- فن کوئل قائم

شکل ۱-۸۰- جعبه مجرای ۲ تایی



شکل ۱-۸۱- صداگیر مجاری

شکل ۱-۸۲- فن کوئل افقی

۱-۶-۲-۲- مخازن و ظروف تحت فشار (وسل‌ها) و گرمکن‌ها

مخازن و آبگرمکن‌هایی که محتوی مایعات می‌باشند، مشمول این بند هستند. مخازن به ۲ گروه زیر تقسیم می‌شوند:

گروه ۱ (مخازن پایه‌دار): مخازنی که محتوای آنها توسط سازه تحمل می‌شود و بدنه آنها متکی بر پایه‌ها یا یک دیوارهٔ محیطی نگهدارنده می‌باشد.

گروه ۲ (مخازن بدون پایه): مخازن دارای کف مسطح که در آنها محتویات توسط کف، سقف و یا یک عرشهٔ سازه‌ای نگهداری می‌شود.

۱-۶-۲-۳- لوله‌ها

به طور کلی می‌توان لوله‌ها را به ۳ دسته تقسیم‌بندی کرد:

۱- **لوله‌های تحت فشار:** مایع حمل‌شونده توسط این لوله‌ها ،دارای فشاری معادل یک اتمسفر یا بیشتر می باشد (شکل ۱-۸۲).

۲- **لوله‌های اطفاء حریق:** این لوله‌ها شامل لوله‌ها، آبپاش‌ها و رایزرهایی می‌باشند که دارای بار جانبی هستند. محدوده این بارها بین ۴۵ تا ۱۵۰ کیلوگرم بر متر طول لوله بوده که در شاخه‌های فرعی تا میزان ۳ کیلوگرم بر متر کاهش می‌یابد (شکل ۱-۸۳).

۳- **سایر لوله‌ها**: لوله‌هایی که مایعات را به صورت ثقلی یا تحت فشار جو انتقال می‌دهند، از جمله لوله‌های فاضلاب و زهکشی، لوله‌های تهویه، لوله‌های آب گرم و سرد سیستم گرمایش و سرمایش و همچنین لوله‌های حامل سایر مایعات مثل لوله‌های انتقال سوخت در این گروه قرار می‌گیرند (شکل ۱-۸۴). این گروه از لوله‌ها را می‌توان خود به دو گروه تقسیم‌بندی کرد:

الف- لوله‌های محتوی مواد خطرناک و مایعات آتش‌گیر که به خاطر ویژگی ذاتی‌شان می توانند ایمنی جانی افراد را به خطر بیاندازند.

ب- لوله‌های محتوی موادی که در صورت آسیب دیدن لوله‌ها تنها خسارات غیرجانی را به دنبال دارند و جان افراد را به سرعت به خطر نمی‌اندازند.

شکل ۱-۸۳- لوله تحت فشار

شکل ۱-۸۴- سیستم اطفاء حریق شامل لوله‌ها و کلیدهای فشار و شیرهای مونیتورینگ

۱-۶-۲-۴- کانال‌ها (داکت‌ها)

کانال‌هایی که حاوی تجهیزات HVAC بوده و همچنین کانال‌های تخلیه گاز مشمول تعریف این بند هستند. تکیه‌گاه‌های لرزه‌ای برای کانال‌هایی که مواد خطرناک را منتقل نمی‌کنند و همچنین برای کانال‌هایی که یکی از شرایط زیر را برآورده سازند، مورد نیاز نمی‌باشند.

۱- کانال‌های HVAC که توسط آویزهایی که طول آنها از بالای کانال تا سازه نگهدارنده، ۳۰ سانتیمتر یا کمتر می‌باشد، آویزان هستند. این آویزها می‌باید بدون خروج از مرکزیت نصب شوند تا لنگری در آنها ایجاد نشود.

۲- کانال‌های HVAC که سطح مقطعی کمتر از ۰/۵۵ مترمربع داشته باشند.

۱-۶-۲-۵- نقاله‌ها

نقاله‌ها شامل انتقال‌دهنده‌های مواد و مصالح به همراه تمام ماشین‌آلات و کنترل‌کننده‌های لازم برای بهره‌برداری از آنها می‌باشد.

۱-۶-۳- تجهیزات و تاسیسات الکتریکی

۱-۶-۳-۱-انواع تجهیزات برقی و مخابراتی

تمام تجهیزات برقی و مخابراتی، شامل پانل‌های کنترل و تابلوهای برق، رج‌های باتری، مراکز کنترل موتور، دنده کلیدها و سایر اجزای ثابت واقع در اتاق‌های برق و یا دیگر نقاط ساختمان که دارای حداقل یکی از شرایط زیر می‌باشند، باید برای بهسازی کنترل شوند:

۱- تمام تجهیزاتی که وزن آنها بیش از ۱۸۰ کیلوگرم باشد.

۲- تجهیزات مهارنشده با وزن بیش از ۴۵ کیلوگرم که ضریب اطمینان آنها در برابر واژگونی محاسبه شده با نیروهای طراحی لرزه‌ای طبق بندهای ۳-۲-۱ یا ۳-۲-۲ کمتر از ۱/۵ باشد.

۳- تجهیزات دارای وزن بیش از ۱۰ کیلوگرم که به سقف، دیوار و یا تکیه‌گاهی که ارتفاعش از کف بیش از ۱/۲ متر است، متصل باشند.

۴- تجهیزات واقع در ساختمان‌ها.

در ادامه انواع مختلفی از تجهیزات الکتریکی متداول مورد استفاده در ساختمانهای مختلف شهری نشان داده شده است.

۱-۶-۳-۱-۱- سوئیچ‌های انتقال اتوماتیک (Automatic Transfer Switches)

وسیله‌ای است که امکان تعویض منبع جریان از منبع اصلی به ثانویه در برخی سیستم‌های توزیع نیروی برق را فراهم می‌آورد. نمونه‌هایی از این سوئیچ‌ها بشرح زیر می‌باشند:

۱- سوئیچ انتقال اتوماتیک(نصب شده بر سطح دیوار) (شکل ۱-۸۵)

۲- سوئیچ انتقال اتوماتیک (نصب شده بر کف) (شکل ۱-۸۶)

۳- سوئیچ ایزولاسیون (Bypass-Isolation) و انتقال اتوماتیک (نصب شده برروی کف) (شکل ۱-۸۷)

۴- سوئیچ انتقال و ورودی سرویس (نصب شده بر کف) (شکل ۱-۸۸)

شکل ۱-۸۵- سوئیچ انتقال اتوماتیک
(نصب شده بر سطح دیوار)

شکل ۱-۸۶- سوئیچ انتقال اتوماتیک
(نصب شده برروی کف)

شکل ۱-۸۷- سوئیچ ایزولاسیون (bypass-isolation)
و انتقال اتوماتیک (نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۸۸- سوئیچ انتقال و ورودی سرویس
(نصب شده بر روی کف)

۱-۶-۳-۱-۲- پانل‌های کنترل (Control Panels)

با توجه به اینکه این پانلها کنترل عملکرد و سرویس‌دهی سایر تجهیزات را بر عهده دارند، عملیاتی ماندن آنها بعد از زلزله برای سرویس‌دهی سایر تجهیزات مانند پمپ‌ها، تلمبه‌خانه‌ها و ... بسیار مهم و کلیدی است. در ادامه نمونه‌هایی از این پانل‌ها بشرح زیر ارائه شده‌اند:

۱- کنترل پانل (نصب شده داخل دیوار) (شکل ۱-۸۹)

۲- کنترل پانل (نصب شده بر سطح کف) (شکل ۱-۹۰)

۳- کنترل پانل (نصب شده بر کف) (شکل ۱-۹۱)

شکل ۱-۸۹- کنترل پانل
(نصب شده داخل دیوار)

شکل ۱-۹۰- کنترل پانل
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۹۱- کنترل پانل
(نصب شده بر روی کف)

۱-۶-۳-۱-۳- ژنراتورها (Generators)

واحدهای تولید انرژی الکتریکی موقتی و اضطراری در هنگام وقوع مشکل برای شبکه انرژی الکتریکی سراسری قابل استفاده خواهند بود. این تجهیزات با توجه به اینکه امکان قطع انرژی الکتریکی در هنگام وقوع زلزله بسیار بالا است، برای ادامه سرویس‌دهی سایر تجهیزات و یا سازه‌ها بعد از زلزله بسیار مهم و کلیدی می‌باشند. نمونه‌هایی از این تجهیزات بشرح زیر می‌باشند:

۱- دستگاه کنترل ژنراتور (نصب شده بر روی تجهیزات) (شکل ۱-۹۲)

۲- ژنراتور محفظه‌دار (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۹۳)

۳- ژنراتور با محفظه عایق در برابر هوا (نصب شده بر روی بالشتک (pad)) (شکل ۱-۹۴)

۴- ژنراتور با رادیاتور (نصب شده بر بالشتک (pad)) می‌تواند رادیاتور به صورت مجزا نصب شود. (شکل ۱-۹۵)

شکل ۱-۹۲- دستگاه کنترل ژنراتور

(نصب شده بر روی تجهیزات)

شکل ۱-۹۳- ژنراتور محفظه‌دار

(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۹۴- ژنراتور با محفظه عایق در برابر هوا

شکل ۱-۹۵- ژنراتور با رادیاتور

۱-۶-۳-۱-۴- سیستم‌های روشنایی (Lighting)

سیستم‌های روشنایی اماکن مختلف با توجه به نوع کاربری محل متفاوت می‌باشند. نمونه‌هایی از این نوع سیستم‌ها در ادامه معرفی می‌شوند:

۱- چراغ با منبع باتری (شکل ۱-۹۶)

۲- تابلوهای نورانی (نور خروج) (شکل ۱-۹۷)

۳- لامپ نصب شده داخل سقف (لامپ مهتابی) (شکل ۱-۹۸)

۴- لامپ نصب شده داخل سقف (شکل ۱-۹۹)

۵- لوستر (شکل ۱-۱۰۰)

۶- پروژکتور (شکل ۱-۱۰۱)

۷- لامپ نصب شده بر دیوار (شکل ۱-۱۰۲)

۸- لامپ‌های صنعتی (شکل ۱-۱۰۳)

شکل ۱-۹۶- چراغ با منبع باتری

شکل ۱-۹۷- تابلوهای نورانی (نور خروج)

شکل ۱-۹۸- لامپ نصب شده داخل سقف (لامپ مهتابی)

شکل ۱-۹۹- لامپ نصب شده داخل سقف

شکل ۱-۱۰۰- لوستر

شکل ۱-۱۰۱- پروژکتور

شکل ۱-۱۰۲- لامپ نصب شده بر دیوار

شکل ۱-۱۰۳- لامپهای صنعتی

۱-۶-۳-۱-۵- مراکز بار (Load Centers) و پانل برد (Panel Board)

برخی از انواع این نوع تجهیز بشرح زیر می‌باشند:

۱- مرکز بار (نصب شده داخل دیوار) (شکل ۱-۱۰۴)

۲- مرکز بار (نصب شده بر سطح دیوار) (شکل ۱-۱۰۵)

۳- پانل برد (نصب شده داخل دیوار) (شکل ۱-۱۰۶)

۴- پانل برد (نصب شده بر سطح دیوار) (شکل ۱-۱۰۷)

شکل ۱-۱۰۴- مرکز بار (نصب شده داخل دیوار)

شکل ۱-۱۰۵- مرکز بار (نصب شده بر سطح دیوار)

شکل ۱-۱۰۶- پانل برد (نصب شده داخل دیوار)

شکل ۱-۱۰۷- پانل برد (نصب شده بر سطح دیوار)

۱-۶-۳-۱-۶- واحدهای با ولتاژ پایین (Low Voltage Units)

پست فرعی پایگاهی فرعی در سیستم تولید، انتقال و توزیع برق است که با استفاده از ترانسفورماتورها مقدار ولتاژ را از قوی به ضعیف یا برعکس تبدیل می‌کند. برخی از انواع این تجهیزات به شرح زیر می‌باشند:

۱- پست فرعی برق (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۰۸)

۲- تابلوی برق (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۰۹)

۳- تابلو برقولتاژ پایین (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۱۰)

۴- تابلو برق ولتاژ پایین (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۱۱)

۵- صفحه کلید ولتاژ پایین (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۱۲)

شکل ۱-۱۰۸- پست فرعی برق

(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۰۹- تابلوهای برق

(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۱۰- تابلو برق ولتاژ پایین

(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۱۱- تابلو برق ولتاژ پایین

(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۱۲- صفحه کلید ولتاژ پایین

(نصب شده بر روی کف)

۱-۶-۳-۱-۷- واحدهای با ولتاژ متوسط تا بالا (Medium to High Voltage Units)

در این واحدها صفحه کلید (Switchborad) وسیله‌ایست که الکتریسیته را از یک منبع به منبع دیگر منتقل می‌کند و شامل پانل‌هائی است که دارای کلیدهائی برای ایجاد امکان انتقال مجدد جریان می‌باشد. قطع‌کننده جریان (Switchgears) مجموعه‌ای از قطع‌کننده‌های الکتریکی، فیوزها و قطع کننده‌های جریان هستند که برای ایزوله کردن وسیله الکتریکی به کار می‌روند. برخی از انواع این تجهیزات بشرح زیر می‌باشند:

۱- صفحه کلید ولتاژ متوسط (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۱۳)

۲- قطع‌کننده جریانبرق ولتاژ بالا (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۱۴)

۳- قطع‌کننده جریان برق پست فرعی (شکل ۱-۱۱۵)

۴- تجهیزات آدم‌رو (walk – in Enclosures) (شکل ۱-۱۱۶)

شکل ۱-۱۱۳- صفحه کلید ولتاژ متوسط
نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۱۴- قطع‌کننده جریانبرق ولتاژ بالا
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۱۵- قطع‌کننده جریان برق پست فرعی

شکل ۱-۱۱۶- تجهیزات آدم‌رو
(Walk – in Enclosures)

۱-۶-۳-۱-۸- ایستگاه‌های اندازه‌گیری (Meters) و قطع‌کننده‌ها (Disconnects)

شامل سرپیچ‌های اطمینان و قطع جریان هستند که نمونه‌هایی از آنها بشرح زیر قابل ذکر می‌باشند:

۱- محل اندازه‌گیری (نصب شده برروی کف) (شکل ۱-۱۱۷)

۲- محل اندازه‌گیری (نصب شده برروی کف) (شکل ۱-۱۱۸)

۳- کلیدهای اطمینان (نصب شده بر سطوح) (شکل ۱-۱۱۹)

۴- کلیدهای اطمینان دو طرفه (نصب شده بر سطوح) (شکل ۱-۱۲۰)

شکل ۱-۱۱۷- محل اندازه‌گیری
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۱۸- محل اندازه‌گیری
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۱۹- کلیدهای اطمینان
(نصب شده بر سطوح)

شکل ۱-۱۲۰- کلیدهای اطمینان دو طرفه
(نصب شده بر سطوح)

۱-۶-۳-۱-۹- مراکـز کنتـرل انـدازه‌گیـری (Motor Control Centers) و درایوهـای بـا فرکـانس متغیـر(Variable Frequency Drives)

مراکز کنترل موتور (Motor Control Centers) وسیله یا مجموعه‌ای از وسائل است که یک موتور الکتریکی در وضعیت از پیش تعیین شده عمل نماید. این مجموعه می‌تواند شامل یک bus متداول و اجزای کنترل موتور باشد. درایوهای با فرکانس متغیر(Variable Frequency Driver) سیستمی برای کنترل سرعت چرخشی یک موتورِجریان متناوب، با کنترل نمودن انرژی برق تأمین شده برای موتور می‌باشد.

برخی از انواع این تجهیزات بشرح زیر می‌باشند:

۱- مرکز کنترل اندازه‌گیری ولتاژ پائین (نصب شده برروی کف) (شکل ۱-۱۲۱)

۲- مرکز کنترل اندازه‌گیری ولتاژ متوسط (نصب شده برروی کف) (شکل ۱-۱۲۲)

۳- موتورهای محفظه‌دار (نصب شده برروی دیوار) (شکل ۱-۱۲۳)

۴- درایوهای فرکانس متغیر (نصب شده برروی دیوار) (شکل ۱-۱۲۴)

شکل ۱-۱۲۱- مرکز کنترل اندازه‌گیری ولتاژ پائین
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۲۲- مرکز کنترل اندازه‌گیری ولتاژ متوسط
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۲۳- موتورهای محفظه‌دار
(نصب شده بر روی دیوار)

شکل ۱-۱۲۴- درایوهای فرکانس متغیر
(نصب شده بر روی دیوار)

۱-۶-۳-۱-۱۰- قفسه‌های تجهیزات چند- رسانه‌ای (Multi-Media Racks)

برخی از انواع این تجهیزات بشرح زیر می‌باشند:

۱- قفسه کامپیوتر با و بدون غلطک (roller) (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۲۵)

۲- قفسه تجهیزات با و بدون غلطک (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۲۶)

۳- قفسه باز (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۲۷)

۴- تجهیزات رسانه‌ای (نصب شده بر روی دیوار) (شکل ۱-۱۲۸)

شکل ۱-۱۲۵- قفسه کامپیوتر با و بدون غلطک (roller)
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۲۶- قفسه تجهیزات با و بدون غلطک
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۲۷- قفسه باز
(نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۲۸- تجهیزات رسانه‌ای
(نصب شده بر روی دیوار)

۱-۶-۳-۱-۱۱- مبدل‌ها (Transformer)

یک مبدل (Transformer) وسیله ایست که انرژی الکتریکی را از یک مدار به مدار دیگر از طریق سیم‌پیچ‌های مبدل منتقل می‌نماید. برخی از انواع این تجهیز بشرح زیر می‌باشند:

۱- مبدل نوع خشک (نصب شده بر روی دیوار) (شکل ۱-۱۲۹)

۲- مبدل نوع خشک (نصب شده بر روی کف) (شکل ۱-۱۳۰)

۳- مبدل ایستگاه فرعی انتقال برق (نوع خشک) (شکل ۱-۱۳۱)

۴- مبدلِ پر شده با مایعایستگاه فرعی انتقال برق (شکل ۱-۱۳۲)

شکل ۱-۱۲۹- مبدلِ نوع خشک
نصب شده بر روی دیوار)

شکل ۱-۱۳۰- مبدلِ نوع خشک
نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۳۱- مبدلِ ایستگاه فرعی انتقال برق (نوع خشک)

شکل ۱-۱۳۲- مبدلِ پر شده با مایع ایستگاه فرعی انتقال برق

۱-۶-۳-۱-۱۲- منابع انرژی بی‌وقفه (Uninterruptable Power Supplies, UPS) و قفسه‌های باتری(Battery Racks)

منبع انرژی بی‌وقفه (UPS) وسیله‌ای الکتریکی است که انرژی اضطراری را برای یک سیستم در صورت قطع انرژی منبع ورودی فراهم می‌آورد. قفسه‌های باطری با وجود سادگی نقش بسیار مهمی در ادامه جریان الکتریسیته بعد از زلزله و برقراری سرویس‌دهی تجهیزات مهم سازه دارند. نمونه‌هایی از این تجهیزات بشرح زیر می‌باشند:

۱- UPS در قفسه تجهیزات رسانه‌ای (شکل ۱-۱۳۳)

۲- UPS (نصب شده برروی دیوار) (شکل ۱-۱۳۴)

۳- UPS (نصب شده برروی کف) (شکل ۱-۱۳۵)

۴- UPS (نصب شده برروی کف) (شکل ۱-۱۳۶)

۵- قفسه بار باتری (شکل ۱-۱۳۷)

۶- قفسه کابینتی باتری (شکل ۱-۱۳۸)

شکل ۱-۱۳۳- UPS در قفسه تجهیزات رسانه‌ای

شکل ۱-۱۳۴- UPS (نصب شده بر روی دیوار)

شکل ۱-۱۳۵- UPS (نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۳۶- UPS (نصب شده بر روی کف)

شکل ۱-۱۳۷- قفسه باز باتری

شکل ۱-۱۳۸- قفسه کابینتی باتری

۱-۶-۳-۱-۱۳- مخازن و واحدهای گرمایش (Unit Heaters and Tanks)

برخی از انواع این تجهیزات بشرح زیر می‌باشند:

۱- واحد گرمایش الکتریکی (شکل ۱-۱۳۹)

۲- سوخت روغنی Day Tank (شکل ۱-۱۴۰)

شکل ۱-۱۳۹- واحد گرمایش الکتریکی

شکل ۱-۱۴۰- سوخت روغنی Day Tank

۱-۶-۳-۱-۱۴- ترانس‌های برق

ترانس‌های برق با توجه به وظیفه آنها در تبدیل ولتاژهای مختلف برق نقش مهمی در عملیاتی ماندن شبکه انتقال و توزیع برق دارند. نمونه‌هایی از این تجهیزات بشرح زیر می‌باشند:

۱- ترانس برق فشار قوی (شکل ۱-۱۴۱) ۲- ترانس سبک (شکل ۱-۱۴۲)

۳- ترانس نیمه سنگین (شکل ۱-۱۴۳) ۴- ترانس سنگین (شکل ۱-۱۴۴)

شکل ۱-۱۴۱- ترانس برق فشار قوی

شکل ۱-۱۴۲- ترانس سبک

شکل ۱-۱۴۳- ترانس نیمه سنگین

شکل ۱-۱۴۴- ترانس سنگین

۱-۶-۳-۲- اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات در داخل ساختمان‌ها

تمام خطوط انتقال، مجاری و کابل‌های برقی و مخابراتی و تکیه‌گاه‌های آنها باید با ملزومات بند ۴-۴-۲ فصل چهارم سازگار باشند.

۱-۶-۳-۳- تجهیزات روشنایی

تجهیزات روشنایی به دسته‌های زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

گروه ۱: تجهیزات روشنایی تو کار در سقف

گروه ۲: تجهیزات روشنایی رو کار برروی سقف یا دیوار

گروه ۳: تجهیزات روشنایی و سیستم‌های نورپردازی واقع برروی سقف کاذب یکپارچه

گروه ۴: لوسترها و چلچراغ‌ها (شکل ۱-۱۴۵)

شکل ۱-۱۴۵- لوستر و چلچراغ

۱-۶-۴- قفسه‌ها

قفسه‌ها با توجه به مواد نگهداری شده برروی آنها به چهار گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

گروه ۱) قفسه‌های کتاب: قفسه‌های کتاب چوبی یا فلزی که ارتفاع آنها از ۱/۲ متر بیشتر باشد.

گروه ۲) قفسه‌های تجهیزات مخابراتی و رایانه‌ای: شامل سیستم‌های قفسه‌ای خودایستا (Free Standing) که بیش از ۱/۲ متر ارتفاع دارند و برای نگهداری رایانه و دیگر تجهیزات برقی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

گروه ۳) قفسه‌های مواد خطرناک: قفسه‌هایی شامل ظروف محتوی موادی که برای سلامت و ایمنی شغلی خطرناک محسوب می‌شوند. این مواد عبارتند از:

۱- ظروف گاز پروپان

۲- ظروف گاز فشرده

۳- ظروف نگهداری مواد شیمیایی خشک یا مایع

گروه ۴) قفسه سایر مواد: شامل قفسه‌های نگهداری سایر مواد به صورت دائمی و یا موقتی.

قفسه‌ها دارای انواع مختلفی می‌باشند. قفسه‌ها اگر دارای سیستم مهار جانبی نباشند به بارهای لرزه‌ای بسیار حساس بوده و بشدت آسیب‌پذیر خواهند بود. همین‌طور در طول زلزله ممکن است محتویات داخل قفسه‌ها دچار لغزش شوند یـا اینکه قفسه به کلی ناپایدار شده و واژگون شود. نمونه‌ای از قفسه‌های فلزی سبک در شـکل‌هـای ۱-۱۴۶ و ۱-۱۴۷ ارائـه شده‌اند.

شکل ۱-۱۴۶- قفسه‌های تقریباً سبک

شکل ۱-۱۴۷- قفسه‌های سبک

۱-۶-۵- تجهیزات بیمارستانی

در این بخش به معرفی کلی تجهیزات معمول بیمارستانی پرداخته شده است. این تجهیزات در سه بخش تجهیزات الکتریکی و حساس، تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد و تجهیزات سنگین بیمارستانی دسته‌بندی شده‌اند.

۱-۶-۵-۱- تجهیزات الکتریکی و حساس

این دسته از تجهیزات شامل تجهیزات آزمایشگاهی و غیرآزمایشگاهی حساس می‌باشد. نمونه‌های اصلی این تجهیزات عبارتند از:

۱- اتوکلاو (Autoclave) (شکل ۱-۱۴۸)

۲- شمارش‌گر اتوماتیک سلول (Automatic cell counter) (شکل ۱-۱۴۹)

۳- بلیروبین‌متر (Bilirubin meter) (شکل ۱-۱۵۰)

۴- پردازش‌گر بیومکانیکال (Biochemical analyzer) (شکل ۱-۱۵۱)

۵- سانتریفوژ (Centrifuge) (شکل ۱-۱۵۲)

۶- محفظه کشت میکروب (Culture incubator) (شکل ۱-۱۵۳)

۷- فتومتر الکتریکی (Electrical photometer)

۸- پردازش‌گر ELISA (ELISA analyzer) (شکل ۱-۱۵۴)

۹- نورسنج شعله‌ای (Flame photometer) (شکل ۱-۱۵۵)

۱۰- (Gas analyzer) (شکل ۱-۱۵۶)

۱۱- شمارگر گایگر (Geiger counter)

۱۲-میکروسانتریفوژ (Microcentrifuge) (شکل ۱-۱۵۷)

۱۳- میکروسکوپ (Microscopes) (شکل ۱-۱۵۸)

۱۴-اسمزسنج (Osmometers) (شکل ۱-۱۵۹)

۱۵- دستگاه تست اوره (Urine analyzer) (شکل ۱-۱۶۰)

۱۶-دستگاه بیهوشی به همراه تهویه (Anesthesia machine with ventilator) (شکل ۱-۱۶۱)

۱۷- دستگاه دیالیز (Dialysis unit) (شکل ۱-۱۶۲)

۱۸- (Electrocardiogram defibrillator monitor) (شکل ۱-۱۶۳)

۱۹-الکترو دیاترمی (Electrodiathermy)

۲۰-(Electrostimulator)

۲۱-دستگاه همودیالیز (Hemodialysis machines) (شکل ۱-۱۶۴)

۲۲- تقویت‌کننده تصویر (Image intensifier) (شکل ۱-۱۶۵)

۲۳-محفظه رشد (Incubator) (شکل ۱-۱۶۶)

۲۴- پمپ تزریق (Infusion pump) (شکل ۱-۱۶۷)

۲۵-فشرده‌ساز اکسیژن (Oxygen concentrator) (شکل ۱-۱۶۸)

۲۶- (Pulmonary function analyzer)

۲۷-(Pulse oxymeter)

۲۸-دستگاه تنفس مصنوعی (Respirators) (شکل ۱-۱۶۹)

۲۹- دستگاه ساکشن (Suction machine and pumps)

۳۰- دستگاه فرا صوت (Ultrasound) (شکل ۱-۱۷۰)

۳۱- نمایشگر علایم حیاتی (Vital signs monitors) (شکل ۱-۱۷۱)

۳۲-دستگاه اشعه ایکس (X-ray equipment) (شکل ۱-۱۷۲)

شکل ۱-۱۴۸- اتوکلاو (Autoclave)

شکل ۱-۱۴۹- شمارش‌گر اتومکانیک سلول (Automatic cell counter)

شکل ۱-۱۵۰- بلیروبین متر (Bilirubin meter)

شکل ۱-۱۵۱- پردازش‌گر بیومکانیکال (Biochemical analyzer)

شکل ۱-۱۵۲- سانتریفوژ (Centrifuge)

شکل ۱-۱۵۳- محفظه کشت میکروب (Culture incubator)

شکل ۱-۱۵۴- پردازش‌گر ELISA (ELISA analyzer)

شکل ۱-۱۵۵- نورسنج شعله‌ای (Flame photometer)

شکل ۱-۱۵۶- Gas analyzer

شکل ۱-۱۵۷- میکروسانتریفوژ (Microcentrifuge)

شکل ۱-۱۵۸- میکروسکوپ (Microscopes)

شکل ۱-۱۵۹- اسمزسنج (Osmometers)

شکل ۱-۱۶۰- تست اوره (Urine analyzer)

شکل ۱-۱۶۱- دستگاه بیهوشی به همراه تهویه (Anesthesia machine with ventilator)

شکل ۱-۱۶۲- دستگاه دیالیز (Dialysis unit)

شکل ۱-۱۶۳- (Electrocardiogram defibrillator monitor)

شکل ۱-۱۶۴- دستگاه همودیالیز (Hemodialysis machines)

شکل ۱-۱۶۵- تقویت کننده تصویر (Image intensifier)

شکل ۱-۱۶۶- محفظه رشد (Incubator)

شکل ۱-۱۶۷- پمپ تزریق (Infusion pump)

شکل ۱-۱۶۸ فشرده ساز اکسیژن (Oxygen concentrator)

شکل ۱-۱۶۹- دستگاه تنفس مصنوعی (Respirators)

شکل ۱-۱۷۰- دستگاه فراصوت (Ultrasound)

شکل ۱-۱۷۱- نمایشگر علایم حیاتی (Vital signs monitors)

شکل ۱-۱۷۲- دستگاه اشعه ایکس (X-ray equipment)

۱-۶-۵-۲- تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد

تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد اکثراً در ردیف تجهیزات غیر آزمایشگاهی قرار می‌گیرند. تعدادی از انواع معمول این تجهیزات در ادامه معرفی شده است:

۱- فریزر بانک خون (Blood bank freezer) (شکل ۱-۱۷۳)

۲- خشک‌کننده‌ها (Dryers) (شکل ۱-۱۷۴)

۳- استریل‌کننده‌های اکسیداتیلن (Ethylene oxide sterilizer) (شکل ۱-۱۷۵)

۴- تجهیزات لاپراسکوپی (Laparoscopy equipment) (شکل ۱-۱۷۶)

۵- اجاق‌ها (Ovens) (شکل ۱-۱۷۷)

۶- مخزن تبرید اکسیژن (Oxygen Cryogenic tank)

۷- سیلندرهای اکسیژن (Oxygen cylinders)

۸- مخزن اکسیژن (Oxygen Tanks)

۹- محفظه نگهدارنده مواد استریل و غیراستریل (Sterile and non-sterile material storage)

شکل ۱-۱۷۳- فریزر بانک خون(Blood bank freezer)

شکل ۱-۱۷۴- خشک کننده‌ها (Dryers)

شکل ۱-۱۷۵- استریل‌کننده اکسیداتیلن (Ethylene oxide sterilizer)

شکل ۱-۱۷۶- تجهیزات لاپراسکوپی (Laparoscopy equipment)

شکل ۱-۱۷۷- اجاق (Ovens)

۱-۶-۵-۳- تجهیزات سنگین بیمارستانی

تجهیزات سنگین بیمارستانی در ردیف تجهیزات غیرآزمایشگاهی می‌باشند و دارای ابعاد بزرگ می‌باشند و نسبت به سایر تجهیزات از ارزش مالی بیشتری برخوردار می‌باشند. از انواع معمول این تجهیزات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- دستگاه سی تی اسکن (CT scanner) (شکل ۱-۱۷۸)

۲- دستگاه اشعه گاما (Gamma chambers) (شکل ۱-۱۷۹)

۳- دستگاه ام آر آی (MRI machine) (شکل ۱-۱۸۰)

۴- تخت عمل جراحی (Operating table) (شکل ۱-۱۸۱)

شکل ۱-۱۷۸- دستگاه سی تی اسکن (CT scanner)

شکل ۱-۱۷۹- دستگاه اشعه گاما (Gamma chambers)

شکل ۱-۱۸۰- دستگاه ام آر آی (MRI machine)

فصل دوم

ارزیابی کیفی اجزاء غیرسازه‌ای

۲-۱- ملزومات کلی

۲-۱-۱- گستره

در این فصل فرآیند ارزیابی لرزه‌ای اعضای غیرسازه‌ای ارایه می‌شود. اعضای غیرسازه‌ای برای سطوح کاربری ایمنی جانی و عملکردهای قابلیت استفاده بی‌وقفه و خدمت‌رسانی بی‌وقفه و برای ترازهای لرزه‌ای مختلف ارزیابی می‌گردند. فرآیند دو سطحی ارزیابی لرزه‌ای اعضای غیرسازه‌ای همانطور که در شکل ۲-۱ نمایش داده شده شامل مراحل زیر می‌باشد:

الف- سطح اول- فاز بررسی اولیه (Screening Phase)

ارزیابی سطح اول باید با توجه به نیازهای مربوط به بند ۲-۳ انجام گیرد. چک لیست‌های مربوط به ارزیابی اعضای غیرسازه‌ای باید با توجه به بند ۲-۳-۳ (جدول ۲-۱) انتخاب و برای ارزیابی سطح اول تکمیل شوند. کاستی‌های بالقوه باید در ارزیابی سطح اول تشخیص داده شده و لیست شوند.

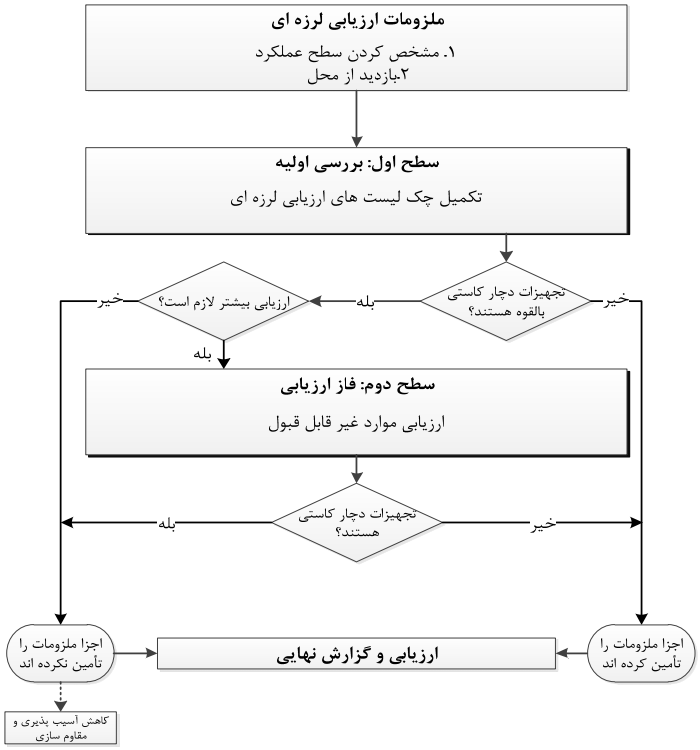
ب- سطح دوم- فاز ارزیابی (Evaluation Phase)

ارزیابی سطح دوم باید در مورد کاستی‌های تشخیص داده شده در ارزیابی سطح اول طبق بند ۲-۴ انجام گیرد.

۲-۲- ملزومات ارزیابی لرزه‌ای

۲-۲-۱- کلیات

اطلاعات جمع‌آوری شده در حین بررسی باید برای مشخص کردن سطح عملکرد لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای و نیز کامل کردن چک‌لیست‌های ارزیابی سطح اول کافی باشد. همچنین تمامی نقص‌ها و تغییرات قابل رویت باید یادداشت گردند.



شکل ۲-۱- فرآیند ارزیابی اعضاء غیرسازه‌ای

۲-۲-۲- مشخص کردن سطح عملکرد لرزه‌ای

برای ارزیابی لرزه‌ای اعضای غیرسازه‌ای، سطح عملکرد لرزه‌ای اجزاء باید با توجه به ضوابط فصل اول این دستورالعمل مشخص گردد. برای ارزیابی اعضای غیرسازه‌ای دو سطح عملکرد ایمنی جانی و قابلیت استفاده بی‌وقفه تعریف می‌شود. برای در نظر گرفتن سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه، می‌توان ضوابط مربوط به سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه را به کار برد با این شرط که کنترل‌های اضافی مطابق بند ۱-۴-۴ صورت بگیرد.

۲-۲-۳- بازدید از محل

بازدید محلی باید توسط کارشناسان مجرب جهت کنترل اطلاعات موجود و نیز جمع‌آوری اطلاعات اضافی صورت گیرد. مهم‌ترین اطلاعاتی که در بازدید محلی باید جمع‌آوری و یا کنترل شوند شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- اتصالات اجزای غیرسازه‌ای: شرایط مهارها، محل مهارها و تکیه‌گاهها

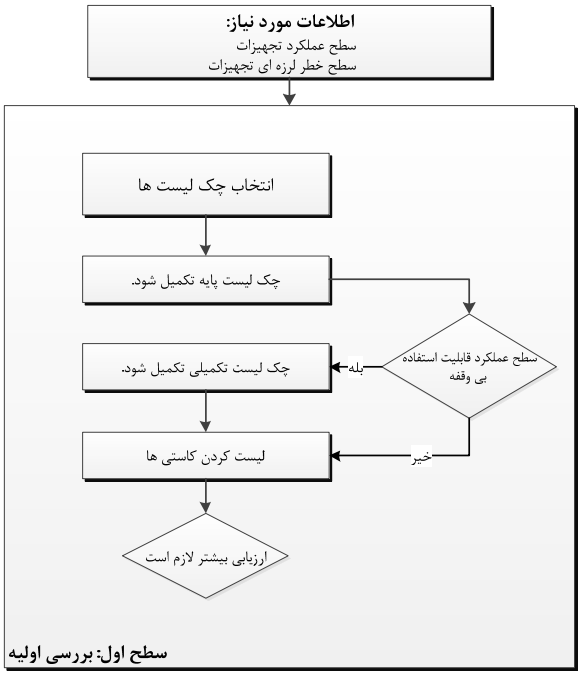
۲- کاربری ساختمان

۳- اجزای معماری خاص: مانند وسایل و اشیاء تاریخی

۲-۳- فاز بررسی اولیه (ارزیابی سطح اول)

۲-۳-۱- کلیات

فرآیند ارزیابی سطح اول براساس روند نمایش داده شده در شکل ۲-۲ انجام می‌پذیرد.



شکل ۲-۲- فرآیند ارزیابی سطح اول

۲-۳-۲- انتخاب و به‌کارگیری چک‌لیست‌ها

چک‌لیست‌های مورد نیاز بصورت تابعی از سطح عملکرد در جدول ۲-۱ آورده شده است. هر کدام از عبارت‌های ارزیابی مربوط به چک لیست‌ها باید توسط عبارات "قابل قبول" (C) و "غیرقابل قبول" (NC) یا "فاقد موضوعیت" (N/A) تکمیل شوند. عبارات "قابل قبول" مواردی هستند که بر طبق این دستورالعمل پذیرفته هستند در حالیکه عبارات "غیرقابل قبول" مورد پذیرش نیستند.

در این فصل، دو نوع چک لیست با نام‌های چک لیست پایه و چک لیست تکمیلی ارایه گردیده است. همان‌طور که در جدول ۲-۱ نشان داده شده است، چک لیست پایه باید برای تمامی ساختمان‌ها تکمیل شود. علاوه بر چک لیست پایه، چک لیست تکمیلی باید برای ساختمان‌های دارای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه، تکمیل گردد.

جدول ۲-۱- چک‌لیست‌های مورد نیاز جهت ارزیابی سطح اول

سطح عملکرد	چک‌لیست مورد نیاز	
	پایه (بند ۲-۳-۴-۱)	تکمیلی (بند ۲-۳-۴-۲)
(LS) ایمنی جانی	►	
(IO) قابلیت استفاده بی‌وقفه	►	►

۲-۳-۳- چک‌لیست‌ها

۲-۳-۳-۱- چک‌لیست پایه

چک‌لیست پایه باید مطابق جدول ۲-۲ تکمیل گردد. هرکدام از عبارات ارزیابی زیر باید در قالب عبارات "قابل قبول" (C)، "غیرقابل قبول" (NC) و یا "فاقد موضوعیت" (N/A) جهت ارزیابی سطح اول مشخص شوند.

عبارت "قابل قبول" (C) بیانگر موضوعاتی است که با توجه به بحث‌های این دستورالعمل مورد قبول هستند و نیازی به مقاوم‌سازی ندارند. عبارت "غیرقابل قبول" بیانگر موضوعاتی است که نیاز به بررسی بیشتر دارد. در مورد این عبارات مشخص، طراح باید به ارزیابی سطح دوم مراجعه کند. اعداد نوشته شده در داخل پرانتزها مربوط به بندهای مربوط در ارزیابی سطح دوم می‌باشد.

جدول ۲-۲- چک‌لیست پایه

تجهیزات معماری				
پارتیشن‌ها				
مصالح بنایی غیرمسلح:	پارتیشن‌های از جنس مصالح بنایی غیرمسلح یا سفال توخالی، باید در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۸ متر مهار شوند (۲-۴-۲-۱-۱).	C	NC	N/A
سیستم سقف				
تکیه‌گاه (Support):	سیستم سقف کاذب یکپارچه به عنوان تکیه‌گاه جانبی پارتیشن‌های گچی، بنایی و یا سفالی استفاده نشده است (۲-۳-۲-۲-۱).	C	NC	N/A
بلوک (Lay-in Tiles):	بلوک‌های Lay-in Tiles استفاده شده در پانل‌های سقف‌های کاذبی که در راهروها و خروجی‌ها قرار گرفته‌اند، توسط بست محکم شده‌اند (۲-۳-۲-۲-۲).	C	NC	N/A
سقف‌های یکپارچه:	سقف‌های کاذب یکپارچه موجود در نزدیکی درب‌های خروجی و راهروها و یا با وزن بیش از $2lb/ft^2$ با حداقل ۴ کابل بصورت قطری و یا توسط اعضای صلب متصل به سازه فوقانی با فواصل کمتر یا مساوی ۳/۵ متر مهار شده‌اند (۲-۳-۲-۲-۳).	C	NC	N/A
سقف‌های کاذب فلزی: (Lath and Plaster)	سقف‌های کاذب فلزی یا سقف‌های کاذب متشکل از صفحات گچی به ازای هر ۱ مترمربع دارای اتصال به سازه فوقانی می‌باشند (۲-۳-۲-۲-۴).	C	NC	N/A

شیشه و پوشش				
مهارهای پوشش:	اجزای پوششی که وزن واحد سطح آنها بیش از $5700N/m^2$ می‌باشد. در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۲ متر دارای مهار مکانیکی به قاب دیوار خارجی می‌باشند (۲-۴-۲-۴-۱).	C	NC	N/A
خرابی:	در هیچ‌کدام از اعضای اتصالات نشانه‌هایی از خرابی و یا زنگ‌زدگی و پوسیدگی دیده نمی‌شود (۲-۴-۲-۴-۲).	C	NC	N/A
جداسازی پوشش: (cladding isolation)	برای ساختمان‌های با قاب خمشی فولادی یا بتنی اتصالات پانل‌ها (Panel Connections) قابلیت تحمل تغییرمکان نسبی 0.02 را دارند (۲-۴-۲-۴-۳).	C	NC	N/A
پانل‌های چندطبقه: (Multi-Story Panels)	در پانل‌های چند طبقه متصل در تراز طبقات، پانل‌ها و اتصالات قابلیت تحمل تغییرمکان نسبی 0.02 را دارند (۲-۴-۲-۴-۴).	C	NC	N/A
اتصالات تکیه‌گاه:	در جاهایی که اتصال تکیه‌گاهی مورد نیاز است، برای هر پانل دیوار حداقل دو اتصال تکیه‌گاهی وجود دارد (۲-۴-۲-۴-۵).	C	NC	N/A
ابزار ثابت‌نگهدارنده: (Concrete Insert)	در جاهایی که از ابزار ثابت نگهدارنده در بتن استفاده شده است، این ابزارها به میلگردهای بتن مسلح متصل و مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۴-۶).	C	NC	N/A
اتصالات پانل‌ها:	هر کدام از پانل‌های پوشش خارجی ساختمان با حداقل ۴ عدد اتصال مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۴-۷).	C	NC	N/A
شیشه:	شیشه‌های موجود برروی تیغه‌ها و قاب‌های منفردی که دارای مساحت بیش از ۱/۵ متر مربع می‌باشند و در ارتفاع بیش از ۳ متر در بالای محل عبور عابرین پیاده نصب شده‌اند از جنس لامینت، آبدیده و یا شیشه‌های با مقاومت بالا که به هنگام شکستن در داخل قاب شیشه باقی می‌مانند هستند (۲-۴-۲-۴-۸).	C	NC	N/A
نمای بنایی				
نبشی مجوف: (Shelf Angles)	نمای بنایی توسط نبشی‌های مجوف و یا اعضای دیگر در طبقات واقع در ارتفاع ۹ متر و یا بیشتر برای سطح عملکرد ایمنی جانی و در هر طبقه بالای طبقهٔ اول در سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه نگهداشته شده‌اند (۲-۴-۲-۵-۱).	C	NC	N/A
بست‌ها:	نمای بنایی توسط بست‌های ضدپوسیدگی در فواصل کمتر یا مساوی ۶۰ سانتی‌متر به دیوار نگهدارنده پشتی (Back-up) متصل شده‌اند (۲-۴-۲-۵-۲).	C	NC	N/A
سطوح ضعیف:	نمای بنایی در نزدیک سطوح ضعیف و یا محل درزها به دیوار نگهدارنده پشتی مهار شده است (۲-۴-۲-۵-۳).	C	NC	N/A
خرابی:	در هیچ‌کدام از اعضای اتصالات نشانه‌هایی از خرابی و یا زنگ‌زدگی و پوسیدگی دیده نمی‌شود (۲-۴-۲-۵-۴).	C	NC	N/A
جان‌پناه، قرنیز و ملحقات				
جان‌پناه با مصالح بنایی غیرمسلح:	نسبت ارتفاع به ضخامت هیچکدام از قسمت‌های مهارنشده جان‌پناه‌های متشکل از مصالح بنایی غیرمسلح و قرنیس‌ها از ۱/۵ بیشتر نیست (۲-۴-۲-۸-۱).	C	NC	N/A
سایبان:	سایبان‌هایی که در قسمت درب‌های خروجی ساختمان قرار گرفته‌اند در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۸ متر به قاب سازه‌ای مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۸-۲).	C	NC	N/A
جان‌پناه‌های بتنی:	جان‌پناه‌های بتنی با نسبت ارتفاع به ضخامت بیشتر از ۲/۵ دارای میلگردگذاری قائم می‌باشند (۲-۴-۲-۸-۳).	C	NC	N/A
ملحقات:	قرنیس‌ها، جان‌پناه‌ها، تابلوها و سایر ملحقاتی که در بالای، بالاترین تراز مهار شده و یا بصورت طره‌ای در سمت خارج دیوارها نصب شده‌اند و سایر ملحقات خارجی متصل به دیوارها، مسلح هستند و در فواصل کمتر یا مساوی ۳ متر برای سطح عملکرد ایمنی جانی و ۱/۸ متر برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه به	C	NC	N/A

	سیستم سازه‌ای مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۸-۴).	C	NC	N/A
دودکش‌های بنایی				
دودکش‌های بنایی غیرمسلح:	ارتفاع دودکش‌های بنایی غیرمسلح از تراز بام ساختمان بیشتر از دو برابر بعد کوچکتر دودکش نیست (۲-۴-۲-۹-۱).	C	NC	N/A
مهاربندی:	دودکش‌های بنایی در تراز کف هر طبقه و پشت بام مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۹-۲).	C	NC	N/A
پله‌ها				
دیوارهای بنایی غیرمسلح:	دیوارهای پیرامون راه‌پله از جنس مصالح بنایی غیرمسلح و یا سفال‌های توخالی فاقد بادبندی با نسبت ارتفاع به ضخامت بیش از ۱۲ به ۱ نیستند (۲-۴-۲-۱۰-۱).	C	NC	N/A
جزئیات پله:	در سازه‌های قاب خمشی، اتصال مابین پله و سازه بتنی بوسیله مهارهای با طول مهاری کافی ایجاد شده است (۲-۴-۲-۱۰-۲).	C	NC	N/A
محوطه پله:	محوطه پله فاقد لوله‌کشی یا اجزای دیگر می‌باشد (۲-۴-۲-۱۰-۳).	C	NC	N/A
محتویات ساختمان و مبلمان				
اجزای لاغر و دراز:	اجزای با ارتفاع بیش از ۱/۲ متر و نسبت ارتفاع به عرض یا ارتفاع به طول بیش از ۳ به ۱ به کف و یا دیوارهای جانبی مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۱۱-۱).	C	NC	N/A
تجهیزات الکتریکی				
برق اضطراری:	تجهیزات مربوط به سیستم برق اضطراری همگی طوری مهار شده‌اند که بعد از زلزله می‌توانند بصورت پیوسته عملکرد خود را حفظ کنند (۲-۴-۲-۱۲-۱).	C	NC	N/A
روشنایی اضطراری:	تجهیزات مربوط به روشنایی اضطراری جهت جلوگیری از سقوط در هنگام زلزله مهاربندی و بادبندی شده‌اند (۲-۴-۲-۳-۱).	C	NC	N/A
ادوات روشنایی با تکیه‌گاه مستقل:	ادوات روشنایی در سقف‌های کاذب مشبک مستقل از سیستم سقف کاذب و توسط حداقل ۲ کابل بصورت قطری از گوشه‌های مخالف آن نگه داشته شده‌اند (۲-۴-۲-۳-۲).	C	NC	N/A
تجهیزات مکانیکی				
اتصالات:	در هیچ‌کدام از اعضای اتصالات نشانه‌هایی از خرابی و یا زنگ‌زدگی و پوسیدگی دیده نمی‌شود (۲-۴-۲-۱۲-۳).	C	NC	N/A
تجهیزات متصل:	تجهیزات با وزن بیش از ۱۰ کیلوگرم که به سقف، دیوارها یا سایر تکیه‌گاه‌های با ارتفاع بیش از ۱/۲ متر از کف طبقه متصلند، بادبندی شده‌اند (۲-۴-۲-۱۲-۴).	C	NC	N/A
جداسازی ارتعاشی:	تجهیزاتی که برروی جداسازهای ارتعاشی می‌باشند، به بست و میراگر مجهز هستند (۲-۴-۲-۱۲-۵).	C	NC	N/A
لوله‌کشی				
لوله‌کشی اطفاء حریق:	سیستم لوله‌کشی اطفاء حریق، بادبندی و مهاربندی شده است (۲-۴-۲-۱۳-۱).	C	NC	N/A
اتصالات انعطاف‌پذیر:	لوله‌کشی مایع، گاز و اطفاء حریق دارای اتصالات انعطاف‌پذیر می‌باشد (۲-۴-۲-۱۳-۲).	C	NC	N/A
نازل لوله‌کشی اطفاء حریق:	نازل لوله‌کشی اطفاء حریق نسبت به ضربه حاصل از مواد مجاور در امان است (۲-۴-۲-۱۳-۳).	C	NC	N/A
داکت‌ها				
داکت‌های پله و دود: (stair and smoke ducts)	داکت‌های کنترل کننده فشار و دود راه‌پله‌ها دارای بادبندی و اتصالات انعطاف‌پذیر در محل درزهای لرزه‌ای هستند (۲-۴-۲-۱۴-۱).	C	NC	N/A

نگهداری و پخش مواد خطرناک سمی				
مواد سمی:	مواد سمی و خطرناک که در ظروف شیشه‌ای نگهداشته می‌شوند، در قفسه‌های دارای درب‌های چفت‌دار و یا توسط کابل و روش‌های دیگر در مقابل سقوط محافظت گردیده‌اند (۲-۴-۲-۱۵-۱).	C	NC	N/A
تجهیزات مربوط به مواد خطرناک:	سیستم‌های تهویه مطبوع (HVAC) و یا سایر تجهیزاتی که حاوی مواد خطرناک هستند، فاقد خطوط انتقال آسیب‌دیده و تکیه‌گاه‌های جداگر (Isolated) غیر بادبندی شده می‌باشند (۲-۴-۲-۱۲-۲).	C	NC	N/A

۲-۳-۳-۲- چک‌لیست تکمیلی

چک‌لیست تکمیلی اجزای غیرسازه‌ای باید در حالات مورد نیاز مطابق جدول ۲-۳ کامل گردد.

تجهیزات معماری				
پارتیشن‌ها				
پارتیشن‌های صلب سیمانی:	پارتیشن‌های سیمانی در ساختمان‌های با قاب خمشی بتن، فولادی و ساختمان‌های با قاب چوبی قابلیت تغییرمکان نسبی ۰/۰۲ دارند. این نسبت برای پارتیشن‌های سیمانی در سایر انواع ساختمان‌ها برابر ۰/۰۰۵ می‌باشد (۲-۴-۲-۱-۲).	C	NC	N/A
درز انقطاع: (Structured Separations)	پارتیشن‌هایی که در درز انقطاع ساختمان واقع هستند، دارای درز کنترلی یا لرزه‌ای (Central or Seismic Joint) هستند. (۲-۴-۲-۱-۳).	C	NC	N/A
لبهٔ فوقانی:	لبهٔ فوقانی پارتیشن‌های دارای قاب و یا بدون قاب که تنها تا خط سقف ادامه داده شده‌اند، دارای بادبندی جانبی متصل به سازه در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۸ متر می‌باشند (۲-۴-۲-۱-۴).	C	NC	N/A
سیستم سقف				
لبه‌ها:	لبه‌های کناری سیستم سقف یکپارچه حداقل ۰/۵ اینچ از دیوارهای پیرامونی فاصله دارند (۲-۳-۲-۵-۲).	C	NC	N/A
درز لرزه‌ای: (Seismic Joint)	سیستم سقف بصورت یکپارچه و پیوسته از درز لرزه‌ای عبور نکرده است (۲-۴-۲-۲-۶).	C	NC	N/A
شیشه و پوشش				
شیشه:	تمامی شیشه‌های واقع در نمای خارجی از جنس لامینت، آبدیده و یا شیشه‌های با مقاومت بالا که به هنگام شکستن در داخل قاب شیشه باقی می‌مانند، هستند (۲-۴-۲-۴-۹).	C	NC	N/A
نمای بنایی				
ملات:	ملات‌های نمای بنایی به آسانی کنده نمی‌شوند و نما فاقد قسمت‌های زیادی از ملات کنده شده می‌باشد (۲-۴-۲-۵-۵).	C	NC	N/A
درز زهکشی: (Weep Hole)	در نماهایی که با فاصله از دیوار پشتیبان و توسط گل‌میخ نگهداشته شده‌اند، درزهای زهکش و زهکش پایهٔ دیوار موجود است (۲-۴-۲-۵-۶).	C	NC	N/A
ترک‌خوردگی‌های سنگ:	در سنگ نما اثر ترک‌خوردگی یا رگه‌های ضعیف به صورت آشکار نمایان نیست (۲-۴-۲-۵-۷).	C	NC	N/A
سیستم گل‌میخ‌های پشتیبان نما				
ریل‌های گل‌میخ‌ها:	ریل‌های گل‌میخ‌ها (Stud Track) در فواصل کمتر یا مساوی ۶۰ سانتی‌متر به قاب سازه‌ای متصل شده‌اند (۲-۴-۲-۶-۱).	C	NC	N/A

بازشوها:	گل‌میخ‌های فولادی اضافی در بازشوی درها و پنجره‌ها استفاده شده است (۲-۴-۲-۶-۲).	C	NC	N/A
دیوار پشتیبان نما متشکل از بلوک‌های بتونی و مصالح بنایی پشتیبان نما (Concrete Block and Masonry Back-up Systems)				
مهار:	دیوار پشتیبان دارای مهار مثبت (positive anchorage) به قاب سازه‌ای در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۲ متر در امتداد کف و سقف می‌باشد (۲-۴-۲-۷-۱).	C	NC	N/A
دیوار پشتیبان متشکل از مصالح بنایی غیرمسلح: (URM Back-up)	دیوار پشتیبان از مصالح بنایی غیرمسلح ساخته نشده است (۲-۴-۲-۷-۲).	C	NC	N/A
محتویات ساختمان و مبلمان				
قفسه پرونده‌ها: (File Cabinet)	قفسه‌های پرونده‌ای که بصورت گروهی قرار گرفته‌اند به یکدیگر متصل شده‌اند (۲-۴-۲-۱۱-۲).	C	NC	N/A
کشوها و درهای قفسه‌ها:	کشوها و درهای قفسه دارای چفت‌هایی هستند که به هنگام زلزله آنها را بسته نگهدارد (۲-۴-۲-۱۱-۳).	C	NC	N/A
کف‌های کاذب:	کف‌های کاذب با ارتفاع بیش از ۹ اینچ دارای بادبندی می‌باشند (۲-۴-۲-۱۱-۴).	C	NC	N/A
تجهیزات موجود برروی کف‌های کاذب:	تجهیزات و کامپیوترهای موجود برروی کف‌های کاذب به سازه اصلی و یا به کف کاذب دارای بادبندی متصل هستند (۲-۴-۲-۱۱-۵).	C	NC	N/A
تجهیزات مکانیکی و الکتریکی				
تجهیزات سنگین:	تجهیزات با وزن بیش از ۵۰ کیلوگرم به سازه یا پی مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۱۲-۶).	C	NC	N/A
تجهیزات الکتریکی:	تجهیزات الکتریکی و سیم‌کشی‌های وابسته دارای بادبندی جانبی به سیستم سازه‌ای هستند (۲-۴-۲-۱۲-۷).	C	NC	N/A
آویز: (Pendant Support):	ادوات روشنایی آویزان در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۸ متر از سقف آویزان شده‌اند. اگر بصورت صلب متصل شده‌اند می‌توانند بصورت آزادنه بدون آسیب رساندن به لوازم مجاور حرکت کنند (۲-۴-۲-۳-۳).	C	NC	N/A
پوشش روی لامپ‌ها: (Lens Covers)	پوشش روی لامپ‌ها در ادوات روشنایی توسط وسایل امنیتی محافظت شده‌اند (۲-۴-۲-۳-۴).	C	NC	N/A
درها:	درب‌های مکانیکی (خودکار) قادر به حفظ عملکرد خود در ۰/۰۱ تغییرمکان نسبی طبقه هستند (۲-۴-۲-۱۲-۸).	C	NC	N/A
پله‌های برقی:	ماشین‌آلات نقاله‌ها از پایداری لازم برخوردارند (۲-۴-۲-۱۲-۹).	C	NC	N/A
لوله‌کشی				
لوله‌کشی گاز و مایع:	لوله‌کشی گاز و مایع برای جلوگیری از شکستن، مهاربندی و بادبندی شده‌اند (۲-۴-۲-۱۳-۴).	C	NC	N/A
شیرهای قطع آنی: (Shut-up Valves)	شیرهای قطع آنی برای بستن لوله‌های انتقال گاز و یا مایع‌های دارای درجه حرارت بالا در هنگام وقوع زلزله برروی تجهیزات نصب شده است (۲-۴-۲-۱۳-۴).	C	NC	N/A
گیره‌های C شکل:	گیره‌های C شکل نگهدارنده لوله‌های با قطر بیشتر از ۲/۵ اینچ مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۱۳-۵).	C	NC	N/A
داکت‌ها				
بادبندی داکت:	داکت‌های مستطیلی با سطح مقطع بیشتر از ۰/۶ مترمربع و داکت‌های دایروی با قطر بیش از ۷۰ سانتی‌متر دارای بادبندی هستند. فاصله حداکثر بادبندی‌های جانبی از ۱۰ متر بیشتر نیست. فاصله حداکثر بادبندی‌های طولی از ۲۰ متر بیشتر نیست. تکیه‌گاه های میانی نباید به عنوان سیستم باربر	C	NC	N/A

	جانبی تلقی گردد (۲-۴-۲-۱۴-۲).			
تکیه‌گاه داکت:	داکت‌ها توسط سینی‌های انتقال لوله‌کشی و یا سیم‌کشی برق نگهداشته نشده‌اند (۲-۴-۲-۱۴-۳).	C	NC	N/A
نگهداری و پخش مواد خطرناک سمی				
سیلندرهای گاز:	سیلندرهای گاز فشرده مهار شده‌اند (۲-۴-۲-۱۵-۲).	C	NC	N/A
مواد خطرناک:	لوله‌کشی‌های حاوی مواد خطرناک دارای والو انسداد یا دستگاه دیگری که مانع نشت و ریزش مواد می‌شوند، هستند (۲-۴-۲-۱۵-۳).	C	NC	N/A
آسانسورها				
سیستم تکیه‌گاه:	تمام اجزای سیستم آسانسور دارای مهار می‌باشند (۲-۴-۲-۱۶-۱).	C	NC	N/A
کلید (سویچ) لرزه‌ای:	تمامی آسانسورها به سویچ‌های لرزه‌ای که باعث توقف عملکرد آسانسور به هنگامی که شدت زمین‌لرزه از 0.1g گذر می‌کند، مجهزند (۲-۴-۲-۱۶-۲).	C	NC	N/A
محفظه شفت آسانسور:	دیوارهای محفظه شفت مهار شده و مسلح هستند تا در هنگام زمین‌لرزه برروی شفت واژگون نشوند (۲-۴-۲-۱۶-۳).	C	NC	N/A
گیره محافظ:	برروی قرقره و غلطک‌های کابل آسانسور جهت جلوگیری از جابجایی کابل، گیره محافظ نصب شده است (۲-۴-۲-۱۶-۴).	C	NC	N/A
صفحه نگهدارنده: (Retainer Plate)	در بالا و پایین کابین آسانسور و وزنه تعادل آن، صفحه نگهدارنده نصب شده است (۲-۴-۲-۱۶-۵).	C	NC	N/A
ریل‌های وزنه تعادل:	تمامی ریل‌های وزنه تعادل دارای ابعاد استاندارد هستند (۲-۴-۲-۱۶-۶).	C	NC	N/A
براکت‌ها:	براکت‌هایی که ریل‌های وزنه تعادل را به سازه متصل می‌کنند دارای ابعاد استاندارد هستند (۲-۴-۲-۱۶-۷).	C	NC	N/A
Spreader Bracket:	از Spreader Bracket برای مقابله با نیروی لرزه‌ای استفاده نشده است (۲-۴-۲-۱۶-۸).	C	NC	N/A
آسانسور کند (Go-Slow Elevator):	ساختمان دارای سیستم آسانسورGo-Slow Elevator است (۲-۴-۲-۱۶-۹).	C	NC	N/A

۲-۴- فاز ارزیابی (ارزیابی سطح دوم)

۲-۴-۱- کلیات

قبل از اجرای ارزیابی سطح دوم باید ارزیابی سطح اول انجام شده باشد. عباراتی که در چک‌لیستهای مربوط به ارزیابی سطح اول بصورت غیرقابل‌قبول مشخص شده‌اند، باید در این سطح مورد ارزیابی قرار گیرند. هرکدام از عبارات موجود در چک‌لیستها جهت ارزیابی بیشتر به بخش‌های مربوطه در این سطح ارجاع داده شده‌اند.

۲-۴-۲- ارزیابی اعضای غیرسازه‌ای

۲-۴-۲-۱- تیغه‌ها (پارتیشن‌ها)

۲-۴-۲-۱-۱- بنایی غیرمسلح: تیغه‌های (پارتیشن‌ها) از جنس مصالح بنایی غیرمسلح یا سفال توخالی باید در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۸ متر مهار شوند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهار در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ باید ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱-۲- پارتیشن‌های صلب سیمانی: پارتیشن‌های سیمانی در ساختمان‌های با قاب خمشی بتنی، فولادی و ساختمان‌های با قاب چوبی باید قابلیت تغییرمکان نسبی ۰/۰۲ را داشته باشند. این نسبت برای پارتیشن‌های سیمانی در سایر انواع ساختمان‌ها برابر ۰/۰۰۵ می‌باشد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت جزئیات و مهار جانبی پارتیشن‌های سیمانی برای مقابله با مقادیر مورد انتظار تغییرمکان تعیین شده در فصل ۳ باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱-۳- درز انقطاع (Structural Separations): تیغه‌هایی که در درز انقطاع ساختمان واقع هستند، باید دارای درز کنترلی یا لرزه‌ای (Control or Seismic Joint) باشند.

ارزیابی سطح دوم: برای تیغه‌های فاقد اتصالات کنترلی یا لرزه‌ای قرار گرفته برروی درزهای لرزه‌ای، ارزیابی سطح دوم موجود نیست و این تیغه‌ها آسیب‌پذیر می‌باشند.

۲-۴-۲-۱-۴- لبهٔ فوقانی: لبهٔ فوقانی تیغه‌های دارای قاب و یا بدون قاب که تنها تا خط سقف ادامه داده شده‌اند، باید دارای مهار جانبی متصل به سازه در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۸ متر باشد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهار جانبی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شوند، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۲- سیستم سقف

۲-۴-۲-۲-۱- تکیه‌گاه (Support): سیستم سقف کاذب یکپارچه نباید به عنوان تکیه‌گاه جانبی تیغه‌های گچی، بنایی و یا سفالی استفاده شود.

ارزیابی سطح دوم: کفایت سیستم سقف یکپارچه مورد استفاده جهت نگهداری جانبی لبه‌های فوقانی تیغه‌های متشکل از صفحات گچی، بنایی یا سفالی توخالی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۲-۲- کاشی‌های سقف کاذب (Lay-in Tiles): کاشی‌های سقف کاذب استفاده شده در پانل‌های سقف‌های کاذبی که در راهروها و خروجی‌ها قرار گرفته‌اند، باید توسط بست محکم شوند.

ارزیابی سطح دوم: نتایج ناشی از کاربرد کاشی‌های غیرقابل‌قبول بایدبر اساس معیارهای پذیرش فصل ۴ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۲-۳- سقف‌های یکپارچه: سقف‌های کاذب یکپارچه موجود در نزدیکی درب‌های خروجی و راهروها و یا با وزن بیش از $۱۰ kg/m^2$باید با حداقل ۴ کابل بصورت قطری و یا توسط اعضای صلب متصل به سازه فوقانی به فواصل کمتر یا مساوی ۳/۵ متر مهار شوند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهار در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، بایدبر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۲-۴- سقف‌های کاذب فلزی (Lath and Plaster): سقف‌های کاذب فلزی یا سقف‌های کاذب متشکل از صفحات گچی باید به ازای هر ۱ مترمربع دارای اتصال به سازه فوقانی باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهار در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۲-۵- لبه‌ها: لبه‌های کناری سیستم سقف یکپارچه باید حداقل ۰/۵ اینچ از دیوارهای پیرامونی فاصله داشته باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت سقف یکپارچه کاذب در مقابل مقادیر مورد انتظار تغییرمکان تعیین شده در فصل ۳ باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۲-۶- درز لرزه‌ای (Seismic Joint): سیستم سقف بصورت یکپارچه و پیوسته نباید از درز لرزه‌ای عبور کند.

ارزیابی سطح دوم: سیستم‌های سقفی که بصورت پیوسته از درزهای لرزه‌ای عبور کرده‌اند، آسیب‌پذیر بوده ونیاز به مقاوم‌سازی دارند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۳- ادوات روشنایی

۲-۴-۲-۳-۱- روشنایی اضطراری: تجهیزات مربوط به روشنایی اضطراری باید جهت جلوگیری از سقوط در هنگام زلزله مهار و بادبندی شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: تابلوها و تجهیزات مربوط به روشنایی اضطراری که مهار و بادبندی نشده‌اند، آسیب‌پذیر بوده ونیاز به مقاوم‌سازی دارند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۳-۲- ادوات روشنایی با تکیه‌گاه مستقل: ادوات روشنایی در سقف‌های کاذب مشبک بصورت مستقل از سیستم سقف کاذب و توسط حداقل ۲ کابل بصورت قطری باید از گوشه‌های مخالف آن نگه داشته شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: ادوات روشنایی که بصورت مستقل نگهداشته نشده‌اند، آسیب‌پذیر بوده ونیاز به مقاوم‌سازی دارند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۳-۳- آویز (Pendant Support): ادوات روشنایی آویزان باید در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۸ متر از سقف آویزان شده باشند. اگر بصورت صلب متصل شده‌اند باید بتوانند بصورت آزاد و بدون آسیب رساندن به لوازم مجاور حرکت کنند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت تکیه‌گاه در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۳-۴- پوشش روی لامپ‌ها (Lens Covers): پوشش روی لامپ‌ها در ادوات روشنایی باید توسط وسایل امنیتی محافظت شود.

ارزیابی سطح دوم: کفایت پوشش‌های لامپ روی ادوات روشنایی در مقابل بارهای لرزه‌ای تعیین شده در فصل ۳ باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴- شیشه و پوشش

۲-۴-۲-۴-۱- مهارهای پوشش (cladding anchors): اجزای پوششی که وزن واحد سطح آنها بیش از ۱۰psf می‌باشد، باید در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۲ متر دارای مهار مکانیکی به قاب دیوار خارجی باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهار در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد. کفایت اجزای پوششی در مقابل مقادیر مورد انتظار تغییرمکان تعیین شده در فصل ۳ باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴-۲- خرابی: در هیچ‌کدام از اعضای اتصالات نباید نشانه‌هایی از خرابی و یا زنگ‌زدگی و پوسیدگی دیده شود.

ارزیابی سطح دوم: علت و مقدار آسیب باید مشخص شود. نتایج این آسیب باید تعیین شود. کفایت اتصالات سالم و پوسیده نشده در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴-۳- جداسازی پوشش (Cladding Isolation): برای ساختمان‌های با قاب خمشی فولادی یا بتنی اتصالات پانل‌ها (panel connections) باید قابلیت تحمل تغییرمکان نسبی 0.02 را داشته باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت اتصالات پانل در مقابل مقادیر مورد انتظار تغییرمکان تعیین شده در فصل ۳ باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴-۴- پانل‌های چندطبقه (Multi-Story Panels): در پانل‌های چندطبقه متصل در تراز طبقات، باید پانل‌ها و اتصالات قابلیت تحمل تغییرمکان نسبی 0.02 را داشته باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت پانل‌ها و اتصالات در مقابل مقادیر مورد انتظار تغییرمکان تعیین شده در فصل ۳ باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴-۵- اتصالات تکیه‌گاه: در جاهایی که اتصال تکیه‌گاهی مورد نیاز است، برای هر پانل دیوار حداقل دو اتصال تکیه‌گاهی لازم است.

ارزیابی سطح دوم: کفایت اتصالات در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴-۶- ابزار ثابت‌نگهدارنده (Insert): در جاهایی که از ابزار ثابت نگهدارنده در بتن استفاده شده است، این ابزارها باید به میلگردهای بتن مسلح متصل و مهار شوند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت ابزار ثابت نگهدارنده مورد استفاده در اتصالات بتنی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴-۷-اتصالات پانل‌ها: هر کدام از پانل‌های پوشش خارجی ساختمان باید با حداقل ۴ عدد اتصال مهار شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت اتصالات در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴-۸- شیشه: شیشه‌های موجود برروی تیغه‌ها و قاب‌های منفردی که دارای مساحت بیش از ۱/۵ متر مربع می‌باشند و در ارتفاع بیش از ۳ متر در بالای محل عبور عابرین پیاده نصب شده‌اند باید از جنس لامینت، آبدیده و یا شیشه‌های با مقاومت بالا که به هنگام شکستن در داخل قاب شیشه باقی می‌مانند باشند.

ارزیابی سطح دوم: شیشه‌های موجود برروی تیغه‌ها و قاب‌های منفردی که دارای مساحت بیش از ۱/۵ متر مربع می‌باشند باید کفایت آنها در مقابل مقادیر مورد انتظار تغییرمکان تعیین شده در فصل ۳ توسط تحلیل و یا آزمایشات دینامیکی (Dynamic Racking Test) ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۴-۹- شیشه: تمامی شیشه‌های واقع در نمای خارجی باید از جنس لامینت، آبدیده و یا شیشه‌های با مقاومت بالا که به هنگام شکستن در داخل قاب شیشه باقی می‌مانند، باشند.

ارزیابی سطح دوم: تمامی شیشه‌های واقع در نمای خارجی، باید کفایت آنها در مقابل مقادیر مورد انتظار تغییرمکان تعیین شده در فصل ۳ توسط تحلیل و یا آزمایشات دینامیکی (Dynamic Racking Test) بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۵- نمای بنایی

۲-۴-۲-۵-۱- نبشی مجوف (Shelf Angles): نمای بنایی باید توسط نبشی‌های مجوف و یا اعضای دیگر در طبقات واقع در ارتفاع ۹ متر و یا بیشتر برای سطح عملکرد ایمنی جانی و در هر طبقه بالای طبقهٔ اول در سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه نگهداشته شود.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهارهای نمای بنایی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۵-۲- بست‌ها: نمای بنایی باید توسط بست‌های ضد پوسیدگی در فواصل کمتر یا مساوی ۶۰ سانتی‌متر به دیوار نگهدارنده پشتی (Back-up) متصل شود.

ارزیابی سطح دوم: کفایت بست‌های نمای بنایی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۵-۳- سطوح ضعیف: نمای بنایی باید در نزدیک سطوح ضعیف و یا محل درزها به دیوار نگهدارنده پشتی مهار شود.

ارزیابی سطح دوم: کفایت نمای بنایی و مهارهای آن در نزدیک سطوح ضعیف ایجاد شده توسط بازشوها (flashing) و یا سایر ناپیوستگی‌ها باید ارزیابی شود. مهارها باید در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردند.

۲-۴-۲-۵-۴- خرابی: در هیچ‌کدام از اعضای اتصالات نشانه‌هایی از خرابی و یا زنگ‌زدگی و پوسیدگی نباید دیده شود.

ارزیابی سطح دوم: علت و مقدار آسیب باید مشخص شود. نتایج این آسیب باید تعیین شود. کفایت اتصالات سالم و پوسیده نشده در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد. تنش تعیین شده در نمای آجری غیرمسلح نباید از تنش‌های مجاز ACI530 تجاوز کند.

۲-۴-۲-۵-۵- ملات: ملات‌های نمای بنایی نباید به آسانی کنده شوند و باید نما فاقد قسمت‌های زیادی از ملات کنده شده باشد.

ارزیابی سطح دوم: ملات‌های غیرقابل‌قبول، باید مقاوم‌سازی و اصلاح شوند و نیازی به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۵-۶- درز زهکشی (Weep Hole): در نماهایی که با فاصله از دیوار پشتیبان و توسط گل‌میخ نگهداشته شده‌اند، درزهای زهکش و زهکش پایهٔ دیوار باید موجود باشد.

ارزیابی سطح دوم: درزهای زهکشی غیرقابل‌قبول، باید مقاوم‌سازی و اصلاح شوند و نیازی به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۵-۷- ترک‌خوردگی‌های سنگ: در سنگ نما نباید اثر ترک‌خوردگی یا رگه‌های ضعیف به صورت آشکار نمایان باشد.

ارزیابی سطح دوم: مقدار و نتایج ترک‌های آشکار باید ارزیابی شود.

۲-۴-۲-۶- سیستم گل‌میخ‌های پشتیبان نما

۲-۴-۲-۶-۱- ریل‌های گل‌میخ‌ها: ریل‌های گل‌میخ‌ها (Stud Track) باید در فواصل کمتر یا مساوی ۶۰ سانتی‌متر به قاب سازه‌ای متصل شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت بست‌های ریل‌های گل‌میخ‌ها در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۶-۲- بازشوها: در بازشوی درها و پنجره‌ها باید از گل‌میخ‌های فولادی اضافی استفاده شود.

ارزیابی سطح دوم: کفایت قاب‌های در و پنجره باید ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۷- دیوار پشتیبان نما متشکل از بلوک‌های بتونی و مصالح

۲-۴-۲-۷-۱- مهار: دیوار پشتیبان باید با مهار مثبت (Positive Anchorage) در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۲ متر در امتداد کف و سقف به قاب سازه‌ای مهار شده باشد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت دیوار پشتیبان متشکل از بلوک بتنی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۷-۲- دیوار پشتیبان متشکل از مصالح بنایی غیرمسلح (URM Back-up): جنس دیوار پشتیبان نباید از مصالح بنایی غیرمسلح باشد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت دیوار بنایی غیرمسلح در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده درفصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۸- جان‌پناه، قرنیز و ملحقات

۲-۴-۲-۸-۱- جان‌پناه با مصالح بنایی غیرمسلح: نسبت ارتفاع به ضخامت هیچکدام از قسمت‌های مهارنشده جان‌پناه‌های متشکل از مصالح بنایی غیرمسلح و قرنیزها نباید از ۱/۵ بیشتر باشد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهاربندی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۸-۲- سایبان: سایبان‌هایی که در قسمت درب‌های خروجی ساختمان قرار گرفته‌اند باید در فواصل کمتر یا مساوی ۱/۸ متر به قاب سازه‌ای مهار شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهاربندی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۸-۳- جان‌پناه‌های بتنی: جان‌پناه‌های بتنی با نسبت ارتفاع به ضخامت بیشتر از ۲/۵ باید دارای میلگردگذاری قائم باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهاربندی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۸-۴- ملحقات: قرنیزها، جان‌پناه‌ها، تابلوها و سایر ملحقاتی که در بالای، بالاترین تراز مهار شده و یا بصورت طره‌ای در سمت خارج دیوارها نصب شده‌اند و سایر ملحقات خارجی متصل به دیوارها باید مسلح باشند و در فواصل کمتر یا مساوی ۳ متر برای سطح عملکرد ایمنی جانی و ۱/۸ متر برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه به سیستم سازه‌ای مهار شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهاربندی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۹- دودکش‌های بنایی

۲-۴-۲-۹-۱- دودکش‌های بنایی غیرمسلح: ارتفاع دودکش‌های بنایی غیرمسلح از تراز بام ساختمان نباید بیشتر از دو برابر بعد کوچکتر دودکش باشد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهاربندی‌های دودکش در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۹-۲- مهاربندی: دودکش‌های بنایی در تراز کف هر طبقه و پشت بام باید دارای مهار باشد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت مهاربندی در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۰- پله‌ها

۲-۴-۲-۱۰-۱- دیوارهای بنایی غیرمسلح: دیوارهای پیرامون راه‌پله نباید از جنس مصالح بنایی غیرمسلح و یا سفال‌های توخالی فاقد مهار با نسبت ارتفاع به ضخامت بیش از ۱۲ به ۱ باشد.

ارزیابی سطح دوم: دیوارهای پیرامون راه‌پله متشکل از سفال توخالی مهار نشده یا مصالح بنایی غیرمسلح باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۰-۲- جزئیات پله: در سازه‌های قاب خمشی، اتصال مابین پله و سازه بتنی باید بوسیله مهارهای با طول مهاری کافی ایجاد شده باشد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت اتصال پله‌ها در مقابل مقادیر تغییرمکان طبقه تعیین شده در فصل ۳ باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۰-۳-محوطه پله: محوطه پله نباید شامل لوله‌کشی یا اجزای دیگر باشد.

ارزیابی سطح دوم: وجود لوله‌کشی یا اجزای دیگر در محوطه پله مجاز نیست، مگر آنکه این اجزا برای ایمنی جانی مورد نیاز باشند.

۲-۴-۲-۱۱- محتویات ساختمان و مبمان

۲-۴-۲-۱۱-۱- اجزای لاغر و دراز: اجزای با ارتفاع بیش از ۱/۲ متر و نسبت ارتفاع به عرض یا ارتفاع به طول بیش از ۳ به ۱ باید به کف و یا دیوارهای جانبی مهار شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت اجزای لاغر و دراز در مقابل واژگونی ناشی از بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۱-۲- قفسه پرونده‌ها (File Cabinet): قفسه‌های پرونده‌ای که بصورت گروهی قرار گرفته‌اند باید به یکدیگر متصل شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت قفسه‌های پرونده در مقابل واژگونی ناشی از بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود، باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۱-۳- کشوها و درهای قفسه‌ها: کشوها و درهای قفسه باید دارای چفت‌هایی باشند که به هنگام زلزله آنها را بسته نگهدارد.

ارزیابی سطح دوم: درها و کشوهای قفسه‌های غیرقابل‌قبول، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۱-۴- کف‌های کاذب: کف‌های کاذب با ارتفاع بیش از ۹ اینچ باید دارای بادبندی باشند.

ارزیابی سطح دوم: کف‌های کاذب بادبندی نشده، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۱-۵- تجهیزات موجود برروی کف‌های کاذب: تجهیزات و کامپیوترهای موجود برروی کف‌های کاذب باید به سازه اصلی و یا به کف کاذب دارای بادبندی متصل شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: تجهیزات غیرمتصل قرار گرفته برروی کف‌های کاذب، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۲- تجهیزات مکانیکی و الکتریکی

۲-۴-۲-۱۲-۱- برق اضطراری: تجهیزات مربوط به سیستم برق اضطراری همگی باید طوری مهار شده باشند که بعد از زلزله بتوانند بصورت پیوسته عملکرد خود را حفظ کنند.

ارزیابی سطح دوم: تجهیزات مربوط به سیستم برق اضطراری که مهاربندی نشده‌اند، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۲-۲- تجهیزات مربوط به مواد خطرناک: سیستم‌های تهویه مطبوع (HVAC) و یا سایر تجهیزاتی که حاوی مواد خطرناک هستند، باید فاقد خطوط انتقال آسیب‌دیده و تکیه‌گاه‌های جداگر (Isolated) غیر مهاربندی شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: تجهیزات تهویه مطبوع (HVAC) و یا سایر تجهیزاتی که حاوی مواد خطرناک هستند و دارای خطوط انتقال آسیب دیده و یا تکیه‌گاه‌های جداگر بادبندی نشده‌اند، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۲-۳- خرابی: در هیچ‌کدام از اعضای اتصالات نباید نشانه‌هایی از خرابی و یا زنگ‌زدگی و پوسیدگی دیده شود.

ارزیابی سطح دوم: علت و مقدار آسیب باید مشخص شود. نتایج این آسیب باید تعیین شود. کفایت مهارها و اتصالات سالم و پوسیده نشده در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۲-۴- تجهیزات متصل: تجهیزات با وزن بیش از ۱۰ کیلوگرم که به سقف، دیوارها یا سایر تکیه‌گاه‌های با ارتفاع بیش از ۱/۲ متر از کف طبقه متصلند، باید بادبندی شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: تجهیزات بادبندی نشده با وزن بیش از ۱۰ کیلوگرم، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۲-۵- جداسازی ارتعاشی: تجهیزاتی که برروی جداسازهای ارتعاشی می‌باشند، باید به بست و میراگر مجهز باشند.

ارزیابی سطح دوم: تجهیزات قرار گرفته برروی جداکننده‌های ارتعاشی با شرایط غیرقابل‌قبول، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۲-۶- تجهیزات سنگین: تجهیزات با وزن بیش از ۵۰ کیلوگرم باید به سازه یا پی مهار شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: تجهیزات مهاربندی نشده با وزن بیش از ۵۰ کیلوگرم، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۲-۷- تجهیزات الکتریکی: تجهیزات الکتریکی و سیم‌کشی‌های وابسته باید دارای مهار جانبی به سیستم سازه‌ای باشند.

ارزیابی سطح دوم: تجهیزات الکتریکی متصل نشده، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۲-۸- درها: درب‌های مکانیکی (خودکار) باید قادر به حفظ عملکرد خود در ۰/۰۱ تغییرمکان نسبی طبقه باشند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت عملکرد درب در مقابل مقادیر تعیین شده برای تغییرمکان در فصل ۳ باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۲-۹- نقاله‌ها: ماشین‌آلات نقاله‌ها باید از پایداری لازم برخوردار باشند.

ارزیابی کیفی: پایداری ماشین‌آلات نقاله‌ها باید در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۳- لوله‌کشی

۲-۴-۲-۱۳-۱- لوله‌کشی اطفاء حریق: سیستم لوله‌کشی اطفاء حریق، باید بادبندی و مهاربندی شده باشد.

ارزیابی سطح دوم: لوله‌کشی اطفاء حریق بدون مهاربندی و بادبندی، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۳-۲- اتصالات انعطاف‌پذیر: لوله‌کشی مایع، گاز و اطفاء حریق باید دارای اتصالات انعطاف‌پذیر می‌باشد.

ارزیابی سطح دوم: لوله‌کشی گاز، مایع و اطفاء حریق فاقد اتصالات انعطاف‌پذیر، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۳-۳- افشانه لوله آب‌پاش اطفاء حریق: آزادی افشانه لوله آب‌پاش نسبت به ضربه حاصل از مواد مجاور باید مورد ارزیابی قرار گیرد.

ارزیابی سطح دوم: افشانه در معرض آسیب توسط مواد مجاور باید اصلاح گردد.

۲-۴-۲-۱۳-۴- لوله‌کشی گاز و مایع: لوله‌کشی گاز و مایع برای جلوگیری از شکستن، باید مهاربندی و بادبندی شده باشند.

ارزیابی سطح دوم:لوله‌کشی گاز و مایع فاقد مهاربندی و بادبندی، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۳-۱-۴- شیرهای قطع آنی (Shut-off Valves): شیرهای قطع آنی باید برای بستن لوله‌های انتقال گاز و یا مایع‌های دارای درجه حرارت بالا در هنگام وقوع زلزله برروی تجهیزات نصب شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: شیرهای قطع آنی غیرقابل‌قبول، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۳-۵- گیره‌های C شکل: گیره‌های C شکل نگهدارنده لوله‌های با قطر بیشتر از ۲/۵ اینچ باید دارای مهار باشند.

ارزیابی سطح دوم: گیره‌های C شکل غیرقابل‌قبول، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۴- داکت‌ها

۲-۴-۲-۱۴-۱- داکت‌های پله و دود (stair and smoke ducts): داکت‌های کنترل کننده فشار و دود راه‌پله‌ها باید دارای بادبندی و اتصالات انعطاف‌پذیر در محل درزهای لرزه‌ای باشند.

ارزیابی سطح دوم: داکت‌های کنترل فشار و دود راه‌پله‌ها که فاقد بادبندی و اتصالات انعطاف‌پذیر هستند، باید اصلاح گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۴-۲- بادبندی داکت: داکت‌های مستطیلی با سطح مقطع بیشتر از ۰/۶ مترمربع و داکت‌های دایروی با قطر بیش از ۷۰ سانتی‌متر باید دارای بادبند باشند. فاصله حداکثر بادبندی‌های جانبی نباید از ۱۰ متر تجاوز کند و فاصله حداکثر بادبندی‌های طولی از ۲۰ متر بیشتر نباشد. تکیه‌گاه‌های میانی نباید به عنوان سیستم باربر جانبی تلقی گردد.

ارزیابی سطح دوم: کفایت بادبندی موجود در داکت‌ها در مقابل بارهای لرزه‌ای که در فصل ۳ تعیین می‌شود باید بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۴-۳- تکیه‌گاه داکت: داکت‌ها نباید توسط سینی‌های انتقال لوله‌کشی و یا سیم‌کشی برق نگهداشته شوند.

ارزیابی سطح دوم: کفایت سینی‌های انتقال لوله‌کشی و یا سیم‌کشی برق در مقابل بارهای لرزه‌ای تعیین شده در فصل ۳ و نیروهای ثقلی بایدبر اساس معیارهای پذیرش فصل ۴ ارزیابی گردد.

۲-۴-۲-۱۵- مواد خطرناک

۲-۴-۲-۱۵-۱- مواد سمی: مواد سمی و خطرناک که در ظروف شیشه‌ای نگهداشته می‌شوند، باید در قفسه‌های دارای درب‌های چفت‌دار و یا توسط کابل و روش‌های دیگر در مقابل سقوط محافظت گردند.

ارزیابی سطح دوم: مواد سمی و خطرناک نگهداری شده در ظروف شکننده و فاقد محافظ در مقابل سقوط، باید به نحو مناسب محافظت و نگهداری گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۵-۲- سیلندرهای گاز: سیلندرهای گاز فشرده باید مهار شده باشند.

ارزیابی سطح دوم: سیلندرهای گاز فشرده فاقد بست، باید مهار و مقاوم‌سازی گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۵-۳- مواد خطرناک: لوله‌کشی‌های حاوی مواد خطرناک باید دارای شیر قطع آنی یا دستگاه دیگری باشند که مانع نشت و ریزش مواد شود.

ارزیابی سطح دوم: شیرهای قطع آنی غیرقابل‌قبول، باید مهار و مقاوم‌سازی گردند و نیاز به ارزیابی سطح دوم نیست.

۲-۴-۲-۱۶- آسانسور

ارزیابی سطح دوم: جهت ارزیابی مواردی که در ادامه برای آسانسورها آورده شده است، شرایط نصب آسانسور باید توسط افراد حرفه‌ای و مجرب و یا نماینده کارخانه سازنده آسانسور که آشنا به ملزومات لرزه‌ای است بازبینی شود. نیروهای لرزه‌ای و مقادیر تغییرمکان طبقات مورد انتظار باید با توجه به فصل ۳ محاسبه شوند.

۲-۴-۲-۱۶-۱- سیستم تکیه‌گاه: تمام اجزای سیستم آسانسور باید دارای مهار باشند.

۲-۴-۲-۱۶-۲- کلید (سویچ) لرزه‌ای: تمامی آسانسورها باید به سویچ‌های لرزه‌ای که باعث توقف عملکرد آسانسور به هنگامی که شدت زمین‌لرزه از ۰/۱g گذر می‌کند، مجهز باشند.

۲-۴-۲-۱۶-۳- محفظه شفت آسانسور: دیوارهای محفظه شفت باید مهار شده و مسلح باشند تا در هنگام زمین‌لرزه برروی شفت واژگون نشوند.

۲-۴-۲-۱۶-۴- گیره محافظ: برروی قرقره و غلطک‌های کابل آسانسور باید جهت جلوگیری از جابجایی کابل، گیره محافظ نصب شده باشد.

۲-۴-۲-۱۶-۵- صفحه نگهدارنده (Retainer Plate): در بالا و پایین کابین آسانسور و وزنه تعادل آن، باید صفحه نگهدارنده نصب شده باشد.

۲-۴-۲-۱۶-۶- ریل‌های وزنه تعادل: تمامی ریل‌های وزنه تعادل باید دارای ابعاد استاندارد باشند.

۲-۴-۲-۱۶-۷- براکت‌ها: براکت‌هایی که ریل‌های وزنه تعادل را به سازه متصل می‌کنند باید دارای ابعاد استاندارد باشند.

۲-۴-۲-۱۶-۸- (Spreader Bracket): از Spreader Bracket نباید برای مقابله با نیروی لرزه‌ای استفاده شود.

۲-۴-۲-۱۶-۹- آسانسورکند (Go-Slow Elevator): ساختمان باید دارای سیستم آسانسور کند (Go-Slow Elevator) باشد.

فصل سوم

بارهای لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای

۳-۱- مقدمه

۳-۱-۱- رده‌بندی رفتاری اجزاء غیرسازه‌ای

کلیه اجزاء غیرسازه‌ای که سختی جانبی آنها بیش از ٪۱۰ سختی جانبی طبقه باشد، باید به همراه سازه مدل شده و شتاب و تغییر مکان نسبی وارده بر آنها با توجه به نتایج حاصل از مدل سازه‌ای کنترل شود. اجزاء غیرسازه‌ای موضوع این دستورالعمل به سه گروه زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- اجزاء غیرسازه‌ای حساس به نیروی اینرسی که اجزاء حساس به شتاب نامیده می‌شوند. لازم است این اجزا برای نیروهای لرزه‌ای طبق بند (۳-۲-۱) یا (۳-۲-۲) براساس تراز عملکردشان کنترل شوند.

۲- اجزاء غیرسازه‌ای حساس به جابجایی‌های نسبی که اجزاء حساس به جابجایی نامیده می‌شوند. این اجزاء باید علاوه بر نیروهای طراحی لرزه‌ای طبق بندهای (۳-۲-۱) و (۳-۲-۲)، برای تغییرشکل نیز طبق بند (۳-۲-۳) کنترل شوند.

۳- اجزاء غیرسازه‌ای حساس به جابجایی نسبی و نیروی اینرسی. این اجزاء نیز از لحاظ محاسباتی در گروه اجزاء حساس به جابجایی تقسیم بندی می‌شوند.

۳-۱-۲- روش‌های ارزیابی اجزای غیرسازه‌ای لرزه‌ای

ارزیابی اجزاء غیرسازه‌ای به یکی از دو روش تحلیلی و یا تجویزی می‌تواند انجام شود.

۳-۱-۲-۱- روش تحلیلی

نوع روش تحلیلی باید براساس رده‌بندی رفتاری اجزاء طبق جدول (۳-۱) انتخاب شده و نیروها و تغییرشکلهای اجزاء غیرسازه‌ای به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

۱- اگر رده‌بندی رفتاری جزءغیرسازه‌ای موردنظر مطابق جدول (۳-۱) حساس به شتاب تعیین شده باشد و سطح عملکرد جزء غیرسازه‌ای با توجه به مشخصات آن، **"ایمنی جانی"** باشد، برای محاسبه نیروی وارده بر آن باید از معادلات بند (۳-۲-۱) استفاده شود.

۲- اگر رده‌بندی رفتاری جزءغیرسازه‌ای مطابق جدول (۳-۱) حساس به شتاب تعیین شده و سطح عملکرد جزء غیرسازه‌ای **"قابلیت استفاده بی‌وقفه"** باشد، نیروهای لرزه‌ای باید طبق بند (۳-۲-۲) محاسبه شود.

۳- اگر رده‌بندی رفتاری جزءغیرسازه‌ای مطابق جدول (۳-۱) حساس به جابجایی تعیین شود، نیروهای لرزه‌ای بسته به سطح عملکرد "ایمنی جانی" و یا "قابلیت استفاده بی‌وقفه"، به ترتیب طبق بند (۳-۲-۱) و یا (۳-۲-۲) به دست می‌آید و نسبتهای تغییرمکان نسبی طبق بند (۳-۲-۳) محاسبه می‌شود.

۳-۱-۲-۲- روش تجویزی

برای ارزیابی یک جزء به روش تجویزی، می‌توان از مشخصات ارائه شده برای آن جزء توسط کارخانهٔ سازنده استفاده نمود. در مواردی که طبق جدول (۳-۱)، استفاده از روش تجویزی در معیارهای پذیرش جزء مجاز دانسته شده است، در صورتی می توان از آن استفاده نمود که جزء مورد بررسی توسط سازندگان معتبر و آشنا به مسائل لرزه‌ای منطقه تولید یا ساخته شده باشد و این موارد نیز در طراحی و ساخت آن در نظر گرفته شده باشد. لازم به ذکر است ترازهای لرزه‌خیزی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مورد استفاده در جدول (۳-۱) مطابق تقسیم‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ ایران می‌باشد.

جدول ۳-۱- ملزومات بهسازی اجزاء غیرسازه‌ای شامل انواع اجزاء غیرسازه‌ای براساس سطوح خطر لرزه‌ای و سطوح عملکرد و روش‌های ارزیابی

نوع جزء	سطح عملکرد			روش ارزیابی	حساسیت
	قابلیت استفاده بی‌وقفه	لرزه‌خیزی خیلی زیاد و زیاد	لرزه‌خیزی متوسط و کم		
		ایمنی جانی	ایمنی جانی		
الف) معماری					
۱- نمای خارجی					
- نمای چسبانده شده	+	+	-	F/D	ت
- نمای دوخته شده	+	+	-	F/D	ت
- بلوک شیشه‌ای	+	+	-	F/D	ت
- پانل پیش‌ساخته	+	+	+	F/D	ت
۲- نماهای شیشه‌ای	+	+	+	F/D/PR	ت
۳- تیغه (پارتیشن)					
- سنگین	+	+	-	F/D	ت
- سبک	+	-	-	F/D	ت
۴- نمای داخلی	+	+[۱]	-	F/D	ت
۵- پوشش سقف					
الف - اتصال مستقیم به سقف	+	-[۲]	-	F	ش
ب - صفحات گچی نزدیک به سقف	+	-	-	F	ش
ج - سقف کاذب فلزی	+	+	-	F	ش
د - سقف کاذب یکپارچه	+	-[۳]	-[۳]	PR	ت
۶- جان پناه	+	+	+	F[۱۲]	ش
۷- سایبان	+	+	+	F	ش
۸- دودکش	+	+	-	F[۱۳]	ش
۹- راه‌پله	+	+	+	*[۱۴]	ش/ت
۱۰- کف کاذب	+	-	-	PR/F/D	ش
۱۱- آسانسور	+	+	-	F/D/PR	ش/ت
ب) مکانیکی					
۱- تجهیزات مکانیکی					
- بویلر، کوره، پمپ و Chiller	+	+	+	F	ش
- ماشینهای پروسس	+	-[۴]	-	F	ش
- تجهیزات HVAC دارای جداساز لرزه‌ای	+	-[۴]	-	F	ش
- تجهیزات HVAC فاقد جداساز لرزه‌ای	+	-[۴]	-	F	ش
- تجهیزات HVAC در داخل داکت	+	-[۴]	-	PR	ش

۲- مخازن و ظروف تحت فشار (وسل‌ها) و گرمکن‌ها					
- مخازن پایه‌دار	+	-[۴]	-	PR/F[۱۵]	ش
- مخازن بدون پایه (با کف صاف)	+	-[۴]	-	PR/F	ش
۳- لوله‌ها					
- لوله‌های تحت فشار	+	+	-	PR/F/D	ش/ت
- لوله‌های اطفا حریق	+	+	-	PR	ش/ت
- سایر لوله‌ها					
- حاوی مواد خطرناک	+	+	+	F/D/PR	ش/ت
- حاوی مواد غیرخطرناک	+[۵]	-	-	F/D/PR	ش/ت
۴- کانال‌ها (داکت‌ها)	+	-[۶]	-	PR	ش/ت
۵- نقاله‌ها	+	-	-	F/D/PR	ت
ج) برقی و مخابراتی					
۱- تجهیزات برقی و مخابراتی	+	-[۷]	-	F	ش
۲- اجزای شبکه توزیع برق و مخابرات در داخل ساختمان‌ها	+	-[۸]	-	PR	ش/ت
۳- تجهیزات روشنایی					
- توکار	-	-	-	PR[۱۶]	ش
- روکار	-	-	-	PR[۱۶]	ش
- سیستم‌های نورپردازی معلق	+	+	-	PR	ش
- لوسترها و چلچراغ‌ها	+	-۹	-	PR/F	ش
د) قفسه‌ها					
- قفسه‌های کتاب	+	+	-	F	ش
- قفسه‌های تجهیزات مخابراتی و رایانه‌ای	+	-	-	PR/F/D	ت
- قفسه‌های مواد خطرناک	+	+	-۱۰	PR	ش
- قفسه‌های مواد دیگر	+	+۱۱	-	F	ش
ه) تجهیزات بیمارستانی					
۱- تجهیزات الکتریکی و حساس	+	-[۷]	-	F	ش
۲- تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد	+	-[۷]	-	F	ش
۳- تجهیزات سنگین	+	+	+	F	ش

+ : کنترل برای بهسازی لازم است. ت : جزء حساس به تغییرشکل می‌باشد.

- : کنترل برای بهسازی لازم نیست. ش : جزء حساس به شتاب می‌باشد.

PR: استفاده از روش تجویزی مجاز است.

F : کنترل نیروها به روش تحلیلی با استفاده از روابط بند ۳-۲-۱ یا ۳-۲-۲ می‌باشد.

F/D :علاوه بر کنترل نیروها با استفاده از روابط بند ۳-۲-۱ یا ۳-۲-۲، تغییرشکل نیز با استفاده از رابطه بند ۳-۲-۳ باید کنترل گردد.

۱- در مناطق با لرزه‌خیزی متوسط، نیازی به در نظرگیری نماهای داخلی ساخته شده از کاشی و سرامیک نمی‌باشد.

۲- اندودهای گچی (Plaster) برروی تخته‌های چوبی و رابیتس که مساحتی بیش‌تر از ۱ مترمربع دارند، باید سطح عملکرد ایمنی جانی را برآورده سازند.

۳- در صورتی که وزن پانل‌ها بیش از ۱۰ کیلوگرم بر مترمربع بوده و یا هدف بهسازی ویژه برای سازه مدنظر باشد، فقط باید بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی منظور گردد.

۴- تجهیزات نامبرده شده در زیر در مناطق با لرزه‌خیزی زیاد و خیلی زیاد باید برای ایمنی جانی بهسازی شوند:

- تجهیزات مکانیکی که دارای ارتفاع ۱/۸۰ متر یا بیشتر باشند
- تجهیزاتی که تشکیل‌دهنده بخشی از سیستم برق اضطراری باشند
- تجهیزات گازسوز

در مناطق با لرزه‌خیزی کم یا متوسط نیازی به کنترل بهسازی تجهیزات فوق‌الذکر نمی‌باشد. برای آشنایی با دسته‌بندی تجهیزات مکانیکی به بند ۲-۳-۱ مراجعه شود.

۵- کنترل برای بهسازی در سطح عملکرد انتخاب شده در صورتی ضروری است که قطر لوله‌های مهارنشده تحت فشار ۲ اینچ (۵۰ میلی‌متر) یا بیشتر باشند طول آویز آنها هر یک از نقاط تکیه‌گاهی بیش از ۳۰۰ میلی‌متر باشد.

۶- کانال‌های حامل مواد خطرناک که دارای سطح مقطع بزرگتر از ۰/۵۵ مترمربع بوده و یا فاصله آویز آنها از روی کانال تا سازه نگهدارنده در هر یک از نقاط تکیه‌گاهی بیش از ۳۰۰ میلی‌متر باشد، باید برای بهسازی کنترل شود.

۷- کنترل بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی در موارد زیر ضروری است:

- ارتفاع تجهیزات ۱/۸ متر یا بیشتر باشد.
- وزن تجهیزات بیش از ۱۰ کیلوگرم باشد.
- تجهیزات تشکیل‌دهنده بخشی از سیستم برق یا مخابرات اضطراری باشد.

۸- کنترل برای بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی در صورتی که تجهیزات بخشی از سیستم روشنایی، برق یا مخابرات اضطراری باشد، ضروری است.

۹- بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی در صورتی که نیروی حاصل از وزن وارد بر هر اتصال بیش از ۱۰ کیلوگرم باشد، ضروری است.

۱۰- بهسازی قفسه‌بندی‌های موجود در فضاهایی که به ندرت افراد در آنجا حضور دارند، ضروری نیست.

۱۱- بهسازی در صورتی ضروری است که قفسه‌بندی در محل تجمع عمومی واقع شده باشد.

۱۲- استفاده از روش تجویزی برای جان‌پناه‌های آجری غیرمسلح با ارتفاع کمتر از ۱/۲ متر، مجاز است.

۱۳- استفاده از روش تجویزی برای دودکش‌های آجری ساختمان‌های مسکونی، مجاز است.

۱۴- هر یک از اجزای تشکیل دهنده راه پله نظیر دست اندازها، دال پله و ... باید متناسب با خود بهسازی شوند.

۱۵- استفاده از روش تجویزی برای آبگرمکن‌های (Water Heater) ساختمان‌های مسکونی با ظرفیت کمتر از ۴۰۰ لیتر مجاز است. سایر مخازن (وسل‌ها) باید براساس بندهای ۳-۲-۱ یا ۳-۲-۲ ارزیابی گردند.

۱۶- مناسب بودن اتصال طبق ضوابط فصل پنجم باید مورد ارزیابی قرار گیرد.

۳-۲- محاسبه نیروها و تغییرشکل‌های وارد به اجزاء غیرسازه‌ای

۳-۲-۱- نیروی وارد به اجزاء غیرسازه‌ای با تراز عملکردی "ایمنی جانی"

۳-۲-۱-۱- نیروی افقی طراحی در زلزله

نیروی افقی زلزله وارده به جزء غیرسازه‌ای مطابق رابطهٔ (۳- ۱) محاسبه می‌شود.

$$F_P = \frac{0.4\, a_P\, AB_S\, W_P\, I_P}{R_P}\left(1+2\frac{x}{h}\right) \qquad (۱-۳)$$

نیروی افقی زلزله وارد بر جزء غیرسازه‌ای نباید بزرگتر از مقدار زیر اختیار گردد:

$$F_P = 1.6\, AB_S I_P W_P \qquad (۲-۳)$$

همین‌طور نیروی افقی زلزله وارد بر جزء غیرسازه‌ای نباید کمتر از مقدار زیر شود:

$$F_P = 0.3\, AB_S I_P W_P \qquad (۳-۳)$$

که در این روابط:

F_P: نیروی لرزه‌ای افقی طراحی وارده بر جزء غیرسازه‌ای که در مرکز ثقل آن وارد می‌شود و یا به صورت گسترده متناسب با توزیع جرم اعلام می‌شود.

A: شتاب مبنای طرح (استاندارد ۲۸۰۰)

B_S: ضریب بازتاب برای پریودهای کوتاه (در محدوده ۰/۲ ثانیه) برای میرایی ۵٪ با توجه به سطح خطر مورد نظر براساس هدف بهسازی برابر $B_S = 1+S$ می‌باشد که پارامتر S با توجه به نوع خاک سایت طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران تعیین می‌شود.

a_P: ضریب تشدید اجزاء، این ضریب معیاری است برای سنجش مقدار نزدیک بودن پریود طبیعی ساختمان و جزء غیرسازه‌ای. هرچه پریود طبیعی ساختمان و جزء غیرسازه‌ای به هم نزدیک‌تر باشند، a_P بزرگتر خواهد بود. برعکس، هر اندازه پریود طبیعی اجزاء و سازه از هم فاصله داشته باشند، a_P کوچکتر خواهد بود. به طور معمول، مقدار a_P بین ۱/۰ و ۲/۵ تغییر می‌کند و در صورت عدم مدل‌سازی کامل عضو غیرسازه‌ای، می‌توان از مقادیر ارائه شده برای آن در جدول (۳-۲) استفاده نمود.

I_P: ضریب عملکرد که برای اجزاء غیرسازه‌ای با تراز عملکردی "ایمنی جانی" ۱/۰ می‌باشد

W_P: وزن بهره‌برداری عضو غیرسازه‌ای

R_P: ضریب اصلاح پاسخ (ضریب رفتار) که بین ۱/۵ تا ۱۲ است و براساس نوع جزء غیرسازه‌ای متغیر است. این ضریب معیاری برای سنجش میزان شکل‌پذیری و شکنندگی اجزاء و متعلقات آن است. مقادیر R_P برای اجزاء مختلف در جدول (۳-۲) مشخص شده‌اند.

x: ارتفاع نصب اتصالات اجزاء غیرسازه‌ای در ساختمان نسبت به تراز پایه ساختمان.

h: ارتفاع بام ساختمان که از تراز پایه ساختمان اندازه‌گیری می‌شود.

ضریب $\left(1+2\frac{x}{h}\right)$ نمایانگر این است که پاسخ کف و طبقه‌ای که جزء غیرسازه‌ای در آن قرار دارد با افزایش ارتفاع از سطح تراز پایه تشدید شده و افزایش می‌یابد.

نیروی افقی زلزله باید به صورت مستقل به اجزاء غیرسازه‌ای، حداقل در دو جهت عمود بر هم در صفحهٔ افقی اعمال گردد. این نیرو باید همراه با بارهای مرده و سرویس مورد انتظار به جزء غیرسازه‌ای اعمال شده و به صورتی باشد که بیشترین تنش را در تکیه‌گاه‌ها و مهارهای آنها ایجاد کند.

۳-۲-۱-۲- نیروی قائم زلزله

اجزاء غیرسازه‌ای، تکیه‌گاه‌ها و مهارهای آنها باید برای نیروی قائم زلزله که همزمان با نیروهای افقی زلزله اثر می‌کند، کنترل گردد. جهت اعمال این نیروی قائم باید به گونه‌ای باشد که بیشترین تنش را در تکیه‌گاه و مهارهای آن ایجاد کند و در نتیجه محافظه‌کارانه‌ترین نتایج را ارائه دهد. نیروی قائم طراحی زلزله از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$F_{pv}=\frac{0.27a_pAB_SI_pW_P}{R_p} \qquad (۴-۳)$$

مقدار F_{pv} محاسبه شده از رابطهٔ (۳-۴) نبایداز رابطه (۳-۵) بیشتر و از رابطه (۳-۶) کمتر باشد.

$$F_{pv}=\frac{2}{3}F_P \qquad (۵-۳)$$

$$F_{pv}=0.2AB_SI_pW_p \qquad (۶-۳)$$

که در آن F_P نیروی افقی طراحی زلزله می‌باشد.

۳-۲-۲- اجزاء غیرسازه‌ای با تراز عملکردی "کاربری بی‌وقفه"

۳-۲-۲-۱- زمان تناوب تجهیزات

زمان تناوب اجزای مکانیکی و الکتریکی، T_P، را می‌توان از رابطه (۳-۷) بدست آورد، بشرط آنکه جزء مورد نظر و اتصالات آن را بتوان با تقریب قابل قبول با یک مدل جرم و فنر تک‌درجه تحلیل نمود.

$$T_P=2\pi\sqrt{\frac{W_P}{K_Pg}} \qquad (۷-۳)$$

W_P وزن بهره‌برداری جزء الحاقی، g شتاب ثقل و K_P سختی تقریبی جانبی تکیه‌گاه است. زمان تناوب جزء الحاقی را همچنین می‌توان با استفاده از آزمایش یا روش‌های تحلیلی تعیین نمود.

۳-۲-۲-۲- نیروی افقی طراحی در زلزله

نیروی افقی زلزله وارده به اجزاء غیرسازه‌ای با تراز عملکردی "قابلیت استفاده بدون وقفه" از رابطهٔ (۳- ۸) محاسبه می‌شود.

$$F_P = \frac{a_P A_x W_P I_P}{R_P} \qquad (۸-۳)$$

کرانهای بالا و پایین نیروی افقی زلزله از روابط (۲-۲) و (۳-۳) تعیین می‌شود. در روابط ارائه شده I_P: ضریب عملکرد اجزاء آن که برای اجزاء با تراز عملکردی قابلیت استفاده بی‌وقفه برابر با ۱/۵ می‌باشد. همچنین A_x شتاب جزء غیرسازه‌ای در طبقه واقع در تراز x با توجه به سطح خطر مورد نظر براساس هدف بهسازی، که براساس تحلیل دینامیکی و تعیین طیف پاسخ طبقه و براساس پریود جزءسازه‌ای تعیین می‌گردد. در صورت عدم امکان انجام این محاسبات می‌توان از مقدار $0.4\,AB_S\left(1+\frac{2x}{h}\right)$ برای آن استفاده نمود. سایر پارامترهای (T_P) قبلاً تعریف شده‌اند.

۳-۲-۲-۳- نیروی قائم زلزله

محاسبات مربوط به تعیین مولفه قائم نیروی زلزله مانند حالت تراز عملکردی "ایمنی جانی" است و فقط ضریب عملکرد جزء سازه‌ای برابر با ۱/۵ خواهد بود.

۳-۲-۳- محاسبه تغییرمکان

مقادیر تغییرمکان نسبی (D_r)و تغییرمکان نسبی سازه‌های مجاور (D_p) باید براساس روابط این بند محاسبه گردند. اگر جزء غیرسازه‌ای، دو نقطهٔ واقع در ترازهای x و y در یک ساختمان یا سیستم سازه‌ای را به هم متصل نماید، باید از رابطهٔ (۳-۹) و اگر جزء غیرسازه‌ای، دو نقطهٔ هم تراز در دو ساختمان یا سیستم سازه‌ای مستقل را به هم وصل نماید باید از رابطهٔ (۳-۱۰) استفاده شود.

$$D_r = \left(\delta_{xA} - \delta_{yA}\right)/\left(X - Y\right) \qquad (۹-۳)$$

$$D_p = \left|\delta_{xA}\right| + \left|\delta_{xB}\right| \qquad (۱۰-۳)$$

در این روابط:

D_p = تغییرمکان نسبی سازه‌های مجاور

D_r = تغییرمکان نسبی

X = ارتفاع اتصال تکیه‌گاه فوقانی (تراز x) نسبت به تراز پایه.

Y = ارتفاع اتصال تکیه‌گاه تحتانی (تراز y) نسبت به تراز پایه.

δ_{xA} = تغییرمکان جانبی ساختمان A در تراز x، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود.

δ_{yA} = تغییرمکان جانبی ساختمان A در تراز y، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود.

δ_{xB} = تغییرمکان جانبی ساختمان B در تراز x، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود.

اثر تغییرمکانهای نسبی لرزه‌ای باید در ترکیب با تغییرمکانهای ناشی از دیگر بارها بصورت مناسب در نظر گرفته شوند.

۳-۲-۴- ضرایب a_P و R_P

جزء غیرسازه‌ای و تکیه‌گاه‌های آن یک سیستم ارتعاشی را تشکیل می‌دهد که پریود طبیعی ارتعاش آن به جرم آن جزء و سختی تکیه‌گاه‌ها وابسته است. ضریب تشدید جزء غیرسازه‌ای (a_P) معیاری برای سنجش میزان نزدیک بودن پریود جزء غیرسازه‌ای به پریود طبیعی ساختمان است. مقدار $a_P = 1.0$ برای تجهیزات صلب یا با اتصالات صلب است، در حالیکه $a_P = 2.5$ برای تجهیزات شکل‌پذیر یا با اتصالات شکل‌پذیر است (جدول ۳-۲).

ضریب اصلاح پاسخ جزء غیرسازه‌ای (ضریب رفتار) R_P معیاری است برای سنجش اینکه چه مقدار انرژی توسط جزء غیرسازه‌ای و تکیه‌گاه‌ها و اتصالات آن بدون آسیب‌دیدگی قابل ملاحظه جذب می‌گردد. این ضریب با شکل‌پذیری مجموعه جزء و اتصالات آن ارتباط دارد. برای اجزاء ترد $R_P = 1.0$ است و برای اجزاء بسیار شکل‌پذیر $R_P = 12.0$ می‌باشد.

جدول ۳-۲- ضرایب تشدید و اصلاح پاسخ، a_p و R_p، برای اجزای غیرسازه‌ای

	a_p [1]	R_p
الف- معماری		
۱- دیوارهای داخلی غیرسازه‌ای و پارتیشن		
- دیوارهای آجری غیرمسلح	۱	۱٫۵
- سایر دیوارها و پارتیشن‌ها	۱	۲٫۵
۲- المانهای طره‌ای (اجزایی که مهار نشده‌اند یا در تراز پایین تر از مرکز جرم خود به سازه مهار شده‌اند)	۲٫۵	۲٫۵
- دیوارهای طره‌ای داخلی غیرسازه‌ای و جان پناه	۲٫۵	۲٫۵
- دودکش‌هایی که به صورت جانبی به سازه مهار شده‌اند		
۳- المانهای طره‌ای (اجزایی که در تراز بالاتر از مرکز جرم خود به سازه مهار شده‌اند)		
- دودکشها	۱	۲٫۵
- جان پناه	۱	۲٫۵
- دیوارهای غیرسازه‌ای خارجی	۱	۲٫۵
۴- دیوارهای غیرسازه‌ای خارجی و اتصالات آنها		
- اجزای دیوار	۱	۲٫۵
- اجزای سیستم اتصال دیوار	۱	۲٫۵
- پیچ‌های سیستم اتصال دیوار	۱٫۲۵	۱
۵- نما (پوشش)		
- دارای اجزا و ملحقات با قابلیت جابجایی بالا	۱	۲٫۵
- دارای اجزا و ملحقات باشکل‌پذیری کم	۱	۱٫۵
۶- خرپشته	۲٫۵	۳٫۵
۷- سقف	۱	۲٫۵
۸- کابینت و قفسه:		
- کابینت‌ها به صورت کمد و تجهیزات آزمایشگاهی	۱	۲٫۵
- قفسه های نگهدارنده حاوی مواد خطرناک	۲٫۵	۲٫۵
۹- قفسه‌ها با ارتفاع کمتر از ۲ متر	۲٫۵	۴
۱۰- مسیرهای دسترسی		
- مسیرهای دسترسی خاص	۱	۲٫۵
- سایر حالات	۱	۱٫۵
۱۱- وسایل تزئینی و دستگاههای فرعی	۲٫۵	۲٫۵
۱۲- تابلوها و علائم	۲٫۵	۲٫۵
۱۳- سایر اجزای صلب		
- اجزا و ملحقات با قابلیت جابجایی بالا	۱	۳٫۵
- اجزا و ملحقات با قابلیت جابجایی محدود	۱	۲٫۵

- اجزا و ملحقات با قابلیت جابجایی کم	۱	۱٫۵
۱۴- سایر اجزای شکل‌پذیر		
- اجزا و ملحقات با قابلیت جابجایی بالا	۲٫۵	۳٫۵
- اجزا و ملحقات با قابلیت جابجایی محدود	۲٫۵	۲٫۵
- اجزا و ملحقات با قابلیت جابجایی کم	۲٫۵	۱٫۵
۱۵- سایر موارد		
- اجزاء داخلی و تزئینی و قفسه‌های با ارتفاع کمتر از ۲ متر	۲٫۵	۴
- کتابخانه‌ها	۱	۳
- کف‌های کاذب	۱	۱٫۵
- محل های ذخیره مواد خطرناک	۲٫۵	۱
- اتاق آسانسور	۱	۳
- نقاله‌ها	۲٫۵	۳
- قفسه کامپوتر و وسایلی ارتباطی	۲٫۵	۶
- پله فرار که جزء سازه اصلی نمی‌باشد.	۱٫۰	۲٫۵
ب- تجهیزات مکانیکی و الکتریکی		
- HVAC سمت هوا، فن‌ها، واحدهای تهویه مطبوع Air Handlers، هیترهای کابینتی، جعبه‌های توزیع هوا و سایر اجزای مکانیکی ساخته شده از قابهای با صفحات فلزی	۲٫۵	۶
- HVAC سمت مرطوب، بویلرها، کوره‌ها، مخازن اتمسفریک، چیلرها، گرمکن‌های آب، مبدل‌های حرارتی، بخارساز، جداسازهای هوا، تجهیزات ساخت و پروسس و سایر اجزای مکانیکی ساخته شده از مواد با قابلیت شکل‌پذیری بالا	۱	۲٫۵
- موتورها، توربین‌ها، پمپ‌ها، کمپرسورها، ظروف تحت فشار که بر روی پایه قرار ندارند.	۱	۲٫۵
- ظروف تحت فشار که بر روی پایه قرار دارند.	۲٫۵	۲٫۵
- آسانسورها، پله‌های برقی و اجزاء آن	۱	۲٫۵
- ژنراتورها، باتری‌ها، مبدل‌ها، ترانسفورماتورها و سایر اجزای الکتریکی ساخته شده از مواد با قابلیت شکل‌پذیری بالا	۱	۲٫۵
- کنترل مرکزی، پانل برد، جعبه سوئیچ، دستگاه های ابزار دقیق جعبه ای و سایر اجزای الکتریکی ساخته شده از قابهای با صفحات فلزی	۲٫۵	۶
- تجهیزات ارتباطی، کامپیوترها، دستگاه های ابزار دقیق و کنترل‌ها	۱	۲٫۵
- دودکش‌های سرباز و تاورهای خنک کننده و الکتریکی که به صورت جانبی در تراز پائین‌تر از مرکز جرم مهار شده‌اند	۲٫۵	۳
- دودکش‌های سرباز و تاورهای خنک کننده و الکتریکی که به صورت جانبی در تراز بالاتر از مرکز جرم مهار شده‌اند	۱	۲٫۵
- تجهیزات روشنایی	۱	۱٫۵
- سایر تجهیزات الکتریکی و مکانیکی	۱	۱٫۵
پ- اجزا و تجهیزات جداسازی لرزه‌ای شده		
- تجهیزات، سیستم‌ها و کف‌های ایزوله‌ای که بر روی نئوپرن قرار دارند	۲٫۵	۲٫۵
- تجهیزات، سیستم‌ها و کف‌های ایزوله‌ای که دارای سیستم فنر- جداساز هستند	۲٫۵	۲

- سیستم‌ها و اجزای جداسازی شده داخلی	۲٫۵	۲
- تجهیزات دارای جداساز لرزه‌ای معلق	۲٫۵	۲٫۵
ث- سیستم‌های توزیع		
- خطوط لوله‌ای که بر اساس ضوابط آیین‌نامه ASME B31 طراحی شده‌اند و دارای اتصالات جوشی هستند	۲٫۵	۱۲
- خطوط لوله‌ای که بر اساس ضوابط آیین‌نامه ASME B31 طراحی شده‌اند و از مواد با قابلیت شکل‌پذیری بالا یا متوسط ساخته شده و دارای اتصالات کوپلینگ فشاری، چسب، کوپلینگ شیاری یا رزوه ای می‌باشند	۲٫۵	۶
- خطوط لوله‌ای که براساس ضوابط آیین‌نامه ASME B31 طراحی نشده‌اند و از مواد با قابلیت شکل‌پذیری بالا ساخته شده و دارای اتصالات جوشی هستند	۲٫۵	۶
- خطوط لوله‌ای که براساس ضوابط آیین‌نامه ASME B31 طراحی نشده‌اند و از مواد با قابلیت شکل‌پذیری بالا یا متوسط ساخته شده و دارای اتصالات کوپلینگ فشاری، چسب، کوپلینگ شیاری یا رزوه‌ای می‌باشند	۲٫۵	۴٫۵
- خطوط لوله‌ای که از موادی با قبلیت شکل‌پذیری کم ساخته شده‌اند مانند چدن، شیشه و پلاستیکهای غیر داکتایل	۲٫۵	۳
- داکت‌هایی که از مواد با قابلیت شکل‌پذیری بالا ساخته شده و دارای اتصالات جوشی یا لحیم کاری هستند	۲٫۵	۶
- داکت‌هایی که از مواد با قابلیت شکل‌پذیری بالا یا متوسط ساخته شده و دارای اتصالات غیرجوشی هستند	۲٫۵	۴٫۵
- داکت‌هایی که از موادی با قبلیت شکل‌پذیری کم ساخته شده‌اند مانند چدن، شیشه و پلاستیکهای غیر داکتایل	۲٫۵	۳
- خطوط تولید و پروسس	۲٫۵	۳
- داکتهای طویل، Electrical Conduit، لوله‌کشی‌ها، Rigidly Mounted Cable Tray	۱	۲٫۵
- سینی کابل معلق	۲٫۵	۶
- لوله کشی فاضلاب	۱	۲/۵
- نقاله های خط تولید غیر آدم رو	۲/۵	۳

۱) استفاده از مقادیر کمتر برای a_p با استفاده از تحلیل دینامیکی دقیق مجاز است، اما مقدار a_p نباید کوچکتر از ۱ باشد.

۲) در صورت استقرار جزء الحاقی روی عایق لرزه‌ای، باید در هر دو جهت افقی ضربه‌گیر نصب گردد. چنانچه فاصله فضای آزاد بین قاب تکیه‌گاهی و ضربه‌گیر بیش از ۶ میلیمتر باشد، باید نیروی طراحی برابر $2F_p$ اختیار گردد. اما اگر این فاصله کوچکتر یا مساوی ۶ میلیمتر است، می‌توان نیروی لرزه‌ای را برابر F_p فرض نمود.

۳-۳- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری

به منظور بررسی عملکرد لرزه‌ایجزء غیرسازه‌ای و اتصالات آن پس از محاسبه نیروهای وارده و تعیین عکس‌العمل‌ها، باید با انجام تحلیل و ترکیب بارهای وارده نسبت به بررسی نیروهای وارده بر مهارها اقدام شده و با میزان تحمل آنها مقایسه شود. کنترل مهارها و جزء غیرسازه‌ای باید برای چهار مورد اصلی انجام شود که عبارتند از:

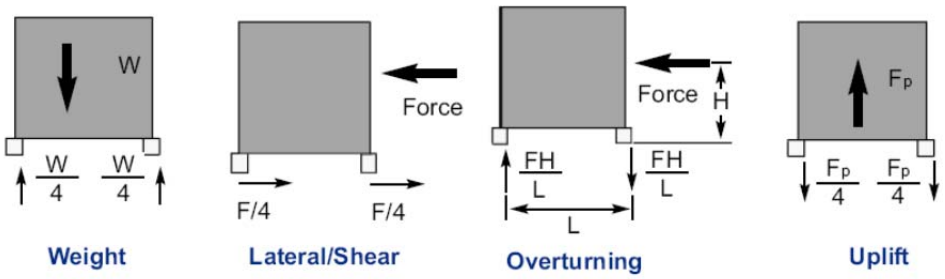
۱- قابلیت تحمل نیروی وزن جزء غیرسازه‌ای

۲- قابلیت تحمل نیروی برشی ناشی از بارهای جانبی

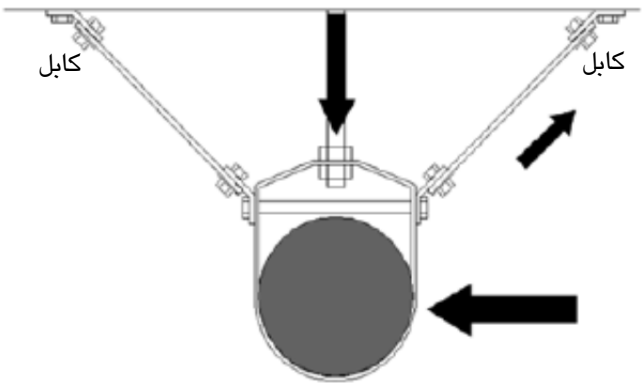
۳- قابلیت تحمل لنگر واژگونی ناشی از بارهای جانبی (باید با لنگر بارهای ثقلی ترکیب شود)

۴- قابلیت تحمل نیروی بلندشدگی ناشی از مولفه قائم زلزله و بارهای قائم (باید از بارهای ثقلی کم شود)

شکل (۳-۱) نحوه محاسبه نیروها برای جزء غیرسازه‌ای که برروی چهار تکیه‌گاه خود قرار گرفته است را نمایش می‌دهد. این نیروها همگی به مرکز جرم جزء غیرسازه‌ای وارد می‌شوند و در کنترل تکیه‌گاه‌ها همواره باید بدترین حالت اعمال بارهای لرزه‌ای (رفت یا برگشت) را در نظر گرفت. همچنین با توجه به نوع و ساختار اتصال، نیروهای جانبی لرزه‌ای ممکن است که در جزء غیرسازه‌ای باعث ایجاد نیروهای قابل توجهی در راستای قائم گردند که باید جزء غیرسازه‌ای برای آن نیرو نیز کنترل گردد شکل (۳-۲) نمونه‌های از این نیروها نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱- پارامترهای اصلی کنترلی جزء غیرسازه‌ای



شکل ۳-۲- ایجاد مولفه قائم نیرویی بر اثر مولفه جانبی زلزله و اثر آن بر جزء غیرسازه‌ای

نیروی زلزله باید در دو جهت افقی طولی و عرضی بطور مستقل به مرکز جرم جزءغیرسازه‌ای وارد شود و با نیروهای بهره‌برداری وارد به آن جزء ترکیب گردد.

در مورد نیروهای زلزله که به جزء غیرسازه‌ای وارد می‌گردد، روش LRFD بکار گرفته می‌شود. در این روش ضرایب کنترل کنندهٔ بهره‌برداری سازه همان‌هایی هستند که برای بارهای طراحی بکار می‌روند. در روش ASD، ضرایب کنترل کنندهٔ بهره‌برداری سازه به مقاومت تسلیم یا مقاومت نهایی ماده اختصاص می‌یابند. به طور سنتی، ضرایب کنترل کنندهٔ بهره‌برداری سازه به صورت ضرایب اطمینان شناخته می‌شدند. نیروهای محاسبه شده براساس روابط (۳-۱) الی (۳-۸) نیروهای روش LRFD را تعیین می‌کنند. ظرفیت بسیاری از اجزاء استاندارد مانند میل‌مهارها، پیچ‌ها و ... با استفاده از روش ASD مشخص شده است. برای اجزائی که ظرفیت آنها براساس روش ASD به دست می‌آیند می‌توان بارهای حاصل از روش LRFD طبق روابط (۳-۱) الی (۳-۸) را با ۱/۴ برابر ظرفیت به دست آمده براساس روش ASD مقایسه نمود.

۳-۳-۱- ترکیب بار برای کنترل تکیه‌گاه اجزاء غیرسازه‌ای

$$
\begin{aligned}
&1)\ 1.4\,D \\
&2)\ 1.2\,D + 1.6\,L \\
&3)\ 1.2\,D + L + 1.0\,E \\
&4)\ 0.9\,D + E
\end{aligned}
\qquad (۱۱-۳)
$$

که در این روابط، D: بار مرده؛ L: بار زنده و E: بار زلزله می‌باشد.

۳-۴- اندرکنش لرزه‌ای

۳-۴-۱- تعریف

اندرکنش لرزه‌ای به پتانسیل خراب شدن اجزاء غیرسازه‌ای در اثر خرابی یا عملکرد نادرست سازه، سیستم و یا عضوی دیگر اطلاق می‌شود. یک نمونه معمول اندرکنش لرزه‌ای عبارتست از ریزش سقف‌های معلق بر روی اجزاء غیرسازه‌ای در حین زلزله.

ارزیابی اندرکنش لرزه‌ای شامل شناخت اهداف و منابع می‌باشد. بعنوان مثال هدف اندرکنش می‌تواند یک جزء سازه‌ای باشد که ارزیابی مقاومت لرزه‌ای آن موردنظر است. منبع اندرکنش نیز عبارت از سازه یا عضوی خواهد بود که در اثر خرابی آن، احتمال وارد شدن آسیب به هدف اندرکنش جزء غیرسازه‌ای وجود دارد.

کنترل عملکرد درست اجزاء غیرسازه‌ای در مقابل اندرکنش لرزه‌ای شامل دو گام می‌باشد:

۱) بررسی احتمال وقوع اندرکنش.

۲) در صورتی که اندرکنش قابل رخ دادن است، تشخیص دادن اینکه، خرابی یک جزء می‌تواند باعث رسیدن آسیب به جزء غیرسازه‌ای دیگر شود.

به عنوان مثال دیده شده که سقف‌های معلق و بلوک‌های دیوار، معمولاً از منابع ایجاد آسیب به دیگر اجزاء غیرسازه‌ای محسوب می‌شوند و باید به صورت دقیق مورد بررسی قرار گیرند.

همه منابع اندرکنش، آسیب‌رسان نمی‌باشند. به عنوان مثال، دیوارهای بنایی غیرمسلح معمولاً به عنوان منابع اندرکنش محتمل و آسیب‌رسان تلقی می‌شوند. درحالیکه یک بلوک سبک سقف معلق در مقابل قفسه یک کمپرسور می‌تواند به عنوان یک منبع اندرکنش محتمل محسوب شود اما آسیب‌رسان نمی‌باشد. با این وجود، بطور کلی ضربه‌های وارد بر تجهیزات الکتریکی، الکترونیکی، ابزارآلات و دستگاه‌های کنترل به عنوان اندرکنش‌های آسیب‌رسان تلقی می‌شوند.

ضربه‌های آسیب‌رسان شامل موارد زیر می‌شوند:

الف) بر روی ابزارآلات و دستگاه‌های کنترل، تأثیرگذار باشند.

ب) منبع اندرکنش یک لوله بزرگتر از لوله هدف باشد.

ج) منبع اندرکنش قسمتی از یک دیوار یا سازه باشد.

د) منبع اندرکنش یک عضو سنگین باشد.

هـ) منبع اندرکنش یک عارضه معماری فوقانی و یا سقف باشد.

و) منبع اندرکنش یک شبکه فولادی یا پنجره فوقانی باشد.

آسیب‌رسانی منبع اندرکنش به میزان حساسیت هدف در مقابل ضربه بستگی دارد.

برای بهسازی لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای نصب شده، باید در بررسی سازه‌های موجود، سیستم‌ها و اجزاء، اندرکنش لرزه‌ای آنها نیز مورد توجه قرار گیرد تا معلوم شود که آیا این اعضا می‌توانند اثر سوء برروی عملکرد لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای مورد بررسی داشته باشند یا خیر؟ برای اجزاء غیرسازه‌ای جدید، محل نصب جزء غیرسازه‌ای باید مورد بررسی قرار گیرد تا اندرکنش‌های سوء بالقوه، مشخص شده و منابع محتمل و آسیب‌رسان تعیین شوند. سپس با استفاده از طراحی لرزه‌ای مناسب و یا بهسازی آنها همان‌گونه که در فصل ۵ توضیح داده خواهد شد، اقدام لازم برای محافظت از هدف اندرکنش به‌عمل آید.

به طور معمول اندرکنش‌های لرزه‌ای مختلف متعلق به یکی از گروه‌های زیر می‌باشند:

اندرکنش ریزشی (Falling)- اندرکنش ریزشی عبارتست از ضربه‌ای که در اثر ریزش سازه یا اجزاء غیرسازه‌ای که در مجاورت و یا قسمت فوقانی یک جزء مهم قرار دارند، به آن جزء وارد می‌شود.

اندرکنش نوسانی (Swing)- اندرکنش نوسانی عبارتست از ضربه‌ای که در اثر نوسان یا حرکت گهواره‌ای جزء مجاور و یا یک سیستم معلق ایجاد می‌شود. این اندرکنش معمولاً در لوله‌کشی‌های معلق، سینی‌های کابل و داکت‌ها دیده می‌شود.

اندرکنش پاششی (Spray)-اندرکنش پاششی در اثر نشت در لوله‌کشی یا مخازن مجاور و فوقانی اتفاق می‌افتد.

اندرکنش سیستمی (System)- اندرکنش‌های سیستم عبارتند از سیگنالهای اشتباهی که باعث ایجاد شرایط غیرمنتظره مانند شروع بکار اشتباه یک پمپ و یا بسته شدن یک دریچه می‌شوند.

۳-۴-۲- بررسی اندرکنش

بررسی اندرکنش شامل پنج مرحله می‌باشد:

۱) مشخص کردن ورودی لرزه‌ای برای منبع اندرکنش.
۲) تعیین منابع اندرکنش آسیب‌رسان.
۳) ارزیابی ظرفیت در مقابل تقاضا برای منابع اندرکنش.
۴) جمع‌آوری و مستندسازی یافته‌های حاصل از ارزیابی منابع اندرکنش.
۵) طراحی و یا بهسازی لرزه‌ای در مواقعی که تقاضا بیشتر از ظرفیت است.

۳-۴-۲-۱- مشخص کردن ورودی لرزه‌ای برای منبع اندرکنش

ورودی لرزه‌ای به منبع (استاتیکی یا طیف پاسخ) باید با ورودی لرزه‌ای هدف متناسب باشد. برای مثال اگر هدف با ضریب عملکرد $I_P = 1.5$ کنترل شده باشد، منبع نیز باید با ضریب عملکرد $I_P = 1.5$ ارزیابی شود. اگر هدف برای طیف پاسخ لرزه‌ای خاص ساختمان کنترل شده باشد، همین طیف پاسخ نیز برای ارزیابی منبع اندرکنش بکاررود.
ورودی مورد استفاده برای ارزیابی اندرکنش، باید براساس ثابت‌های لرزه‌ای a_p، R_p و ارتفاع Z منبع، تصحیح شود.

۳-۴-۲-۲- تعیین منابع اندرکنش قابل وقوع و آسیب‌رسان

این قدم شامل مشخص کردن و جمع‌آوری منابع اندرکنش آسیب‌رسان می‌باشد و عمدتاً بر پایه قضاوت مهندسی استوار است. توصیه می‌شود که ارزیابی اندرکنش لرزه‌ای توسط افرادی با حداقل پنج سال سابقه در زمینه طراحی لرزه‌ای انجام گیرد.

۳-۴-۲-۳- ارزیابی ظرفیت در مقابل تقاضا برای منابع اندرکنش

تقاضای لرزه‌ای منبع جهت مشخص کردن اینکه منبع اندرکنش، ظرفیت کافی برای پیش‌گیری از اندرکنش لرزه‌ای را دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای حفظ یکپارچگی و عدم نشت منبع، منبع نیز همانند همان روش که برای کنترل هدف بکار می‌رود، باید ارزیابی گردد. هنگام بررسی کفایت یک منبع اندرکنش، تغییر شکل غیرارتجاعی مشروط بر اینکه باعث خرابی یا نشت در منبع اندرکنش نشود، مجاز می‌باشد.

۳-۴-۲-۴- تشخیص منابع اندرکنش محتمل

تنها بررسی و کنترل منابع اندرکنش محتمل و آسیب‌رسان ضروری می‌باشد و ارزیابی تک تک اعضای مجاور و فوقانی در ناحیه اطراف هدف اندرکنش، ضرورت ندارد. کنترل اندرکنش برای هر هدف اندرکنش باید بصورت جداگانه صورت پذیرد.

۳-۴-۲-۵- طراحی بهسازی اندرکنش لرزه‌ای

بهسازی لرزه‌ای منابع اندرکنش محتمل و آسیب‌رسان با افزایش ظرفیت لرزه‌ای آن میسر است. طرح بهسازی لرزه‌ای، بایستی براساس ضوابط فصل ۵ انجام گیرد.

۳-۴-۳- اندرکنش ریزشی

تشخیص اندرکنش ریزشی محتمل نیازمند ارزیابی امکان برخورد منابع اندرکنش و هدف اندرکنش در هنگام ریزش منابع می‌باشد. اگر این برخورد امکان‌پذیر باشد، باید اثر نیروی ناشی از برخورد منبع و هدف اندرکنش محاسبه و مورد ارزیابی قرار گیرد.

۳-۴-۳-۱- ناحیه تأثیر

در اکثر حالات می‌توان در مورد امکان برخورد اشیاء در حال سقوط (منبع اندرکنش) به هدف اندرکنش قضاوت کرد. در صورت لزوم می‌توان شعاع (R) ناحیه‌ای که یک شیء در حال سقوط می‌تواند به اشیاء دیگر برخورد کند را محاسبه کرد. این ناحیه، ناحیه تأثیر نامیده می‌شود.

$$R = V_H \left(\frac{-V_V}{g} + \sqrt{\left(\frac{V_V}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}} \right) \qquad (۱۲-۳)$$

که در آن:

R: شعاع ناحیه تأثیر V_H: سرعت طیفی افقی (منبع اندرکنش)

V_V: سرعت طیفی قائم (منبع اندرکنش)

g: شتاب گرانشی H: ارتفاع سقوط

برای سیستم معادل یک درجه آزادی، می‌توان سرعت را از رابطه زیر تخمین زد:

$$V = \frac{A}{2\pi f} \qquad (۱۳-۳)$$

V: سرعت طیفی (شبه سرعت) A: شتاب طیفی (شبه شتاب)

f: فرکانس طبیعی (Hz)

۳-۴-۳-۲- نیروی برخورد

زمانی که یک جسم با وزن W از ارتفاع H سقوط و با یک هدف به وزن W_b و سختی K برخورد می‌کند، نیروی برخورد و تغییر شکل ناشی از آن بر اساس روابط زیر قابل محاسبه است.

$$P = W + W_b + \sqrt{W_b^2 + 2W\left(W_b + KH\right)} \qquad (۱۴-۳)$$

$$d = d_{st} + \sqrt{d_{st}^2 + 2h\left(d_{st} - d_s\right) - d_s^2} \qquad (۱۵-۳)$$

که در آن:

P: نیروی برخورد W: وزن جسم در حال سقوط

W_b: وزن عضو الاستیک (هدف)

K: سختی عضو الاستیک (هدف) در ناحیه برخورد h: ارتفاع سقوط آزاد

d: حداکثر تغییرمکان در اثر برخورد

d_s: تغییرمکان استاتیکی عضو الاستیک (هدف) بر اثر وزن خود

d_{st}: تغییرمکان استاتیک عضو الاستیک(هدف) بر اثر مجموع وزن خود و وزن جسم در حال سقوط

این تقریب برای نیروی P یک کران بالا می‌باشد، زیرا از اثرات ناشی از نیروی گرانشی و تغییرشکل منبع و همچنین اصطکاک و از دست دادن گرما در هنگام برخورد، صرف‌نظر شده است.

۳-۴-۴- اندرکنش نوسانی

صورت دیگر اندرکنش، علاوه بر ریزش (سقوط)، شامل نوسان، لغزش یا حرکت گهواره‌ای منابع اندرکنش می‌باشند. امکان وقوع این مکانیزم‌ها برطبق بندهای ۳-۴-۴-۱ و ۳-۴-۴-۲ بررسی می‌شود.

۳-۴-۴-۱- نوسان

تغییرمکان ناشی از نوسان یک سیستم معلق (لوله‌کشی معلق، سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع (HVAC)، سینی های کابل و غیره) توسط رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$d = 1.3\frac{S_a}{\omega^2} \qquad (۱۶-۳)$$

که در آن:

d: دامنه نوسان S_a: شتاب طیفی مربوط به فرکانس f

ω: فرکانس طبیعی زاویه‌ای نوسان $2\pi f$ f: فرکانس نوسان (1/sec)

فرکانس نوسان یک پاندول ساده به طول L، برابر است با:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}} \qquad (۱۷-۳)$$

f: فرکانس نوسان g: شتاب گرانش L: طول پاندول

۳-۴-۴-۲- حرکت گهواره‌ای یا لغزش

نتایج مربوط به مطالعات در زمینه پتانسیل لغزش و حرکت گهواره‌ای اجزاء غیرسازه‌ای مهار نشده در هنگام زلزله در دیاگرام‌هایی همانند شکل (۳-۳) ارائه شده است. پارامترهای a و c در شکل (۳-۳) بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$a = \frac{\ddot{x}_b}{1 + \ddot{y}_b} \qquad (۱۸-۳)$$

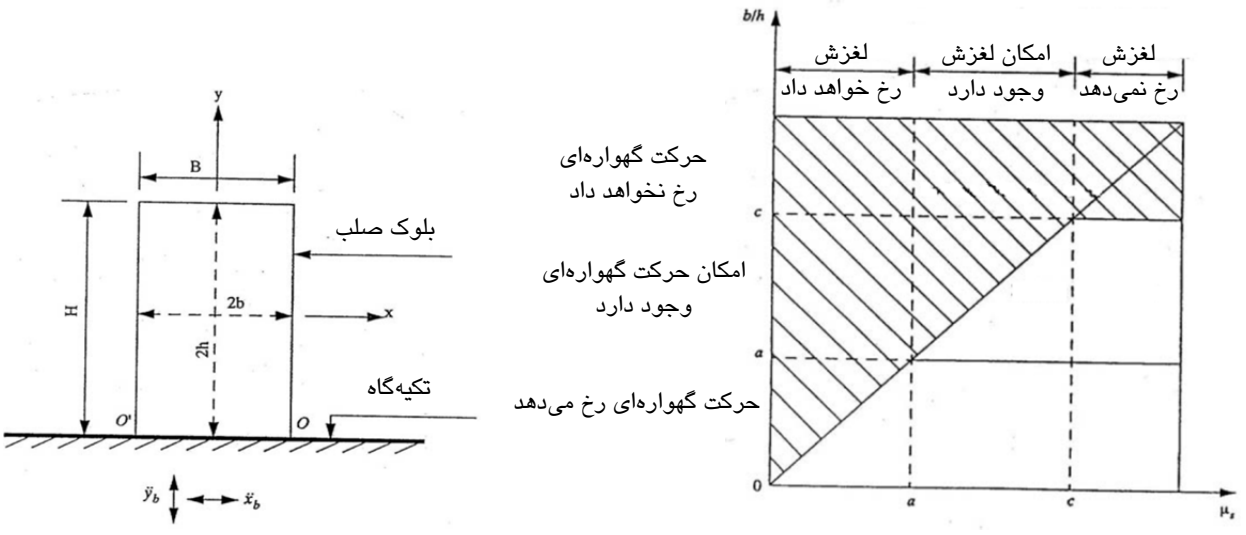
$$c = \frac{\ddot{x}_b}{1 - \ddot{y}_b} \qquad (۱۹-۳)$$

$\ddot{x}_b$: شتاب افقی حداکثر در پایه تجهیز بر حسب g، $\ddot{y}_b$: شتاب قائم حداکثر بر حسب g

پارامتر a در شکل (۳-۳)، ضریب اصطکاک کف جزء غیرسازه‌ای در حال لغزش یا حرکت گهواره‌ای می‌باشد. نمونه‌هایی از مقادیر ضریب اصطکاک مصالح و پوشش‌های مختلف در جدول (۳-۳) آمده است.

جدول ۳-۳- ضریب اصطکاک مصالح و پوشش‌های مختلف

	استاتیکی		لغزش	
	خشک	روغنی	خشک	روغنی
فولاد سخت- فولاد	۰/۷۸	۰ تا ۰/۲۳	۰/۴۲	۰/۰۳ تا ۰/۱۲
فولاد نرم- فولاد	۰/۷۴	-	۰/۵۷	۰/۰۹ تا ۰/۱۹
فولاد نرم- چدن	-	۰/۱۸۳	۰/۲۳	۰/۱۳۳
آلومینیوم- فولاد نرم	۰/۶۱	-	۰/۴۷	-
تفلون- تفلون	۰/۰۴	-	-	۰/۰۴
تفلون- فولاد	۰/۰۴	-	-	۰/۰۴



شکل ۳-۳- دیاگرام حرکت لغزشی و گهواره‌ای

۳-۴-۵- اندرکنش پاششی

در حین زلزله ترک ایجاد شده در لوله‌کشی‌های مجاور یا فوقانی می‌تواند باعث شکست یا نشت گردد و در نتیجه مایع، گاز یا بخار موجود در لوله می‌تواند بر روی تجهیزات مهم پاشیده و موجب ایجاد زیان شود.

ارزیابی احتمال شکست لوله، بدون یک تحلیل مفصل، دشوار می‌باشد. اما به طور کلی باید بدترین محل ایجاد شکست در نظر گرفته شود (یعنی محلی که شکست در آن باعث ایجاد بیشترین خسارت به هدف می‌گردد).

در مواقعی که شکست (گسیختگی یا جداشدگی) قابل قبول نبوده ولی نشت به میزان محدود، قابل قبول باشد، باید امکان آسیب توسط نشت بوجود آمده بررسی شود. با توجه به نتایج تحلیل انجام شده، نشت از یک سیستم لوله‌کشی فلزی جوش‌داده شده دارای تکیه‌گاه کافی، با کیفیت ساخت و نگهداری قابل قبول که در دمای کمتر از $93^{\circ}C$ و فشار داخلی کمتر از $17.6 kg/cm^2$ عمل می‌کند، قابل قبول است. سایر سیستم‌های لوله‌کشی (لوله‌کشی‌های غیرفلزی یا لوله‌کشی‌هایی که تحت دما و فشار بالاتر عمل می‌کنند) باید امکان شکست کامل عضو فرض در نظر گرفته شود.

۳-۴-۶- اندرکنش سیستمی

لرزش اجزاء در مواقعی می‌تواند باعث ارسال سیگنال‌های اشتباه به تجهیزات (مانند عملگرهای شیرها، پمپ‌ها، کمپرسورها، فن‌ها و موتورها) و روشن یا خاموش شدن ناگهانی آنها شود. در مواردی که این اتفاق می‌تواند باعث ایجاد شرایط ناخواسته شود باید اندرکنش آسیب‌رسان تلقی شود.

برای مثال در ساختمانی که حاوی مواد سمی می‌باشد و بنابراین فشار داخل این ساختمان توسط فن‌های ورودی و خروجی بصورت فشار داخل اندکی کمتر از فشار بیرون نگه‌داشته می‌شود. اگر زلزله باعث فرستاده شدن یک سیگنال اشتباهی به فن خروجی و در نتیجه خاموش شدن آن فن گردد در حالیکه فن ورودی هوا هنوز روشن است، در نتیجه فشار داخلی ساختمان افزایش می‌یابد و باعث نشت مواد سمی به بیرون می‌گردد. در این حالت می‌توان با کارگذاری یک قفل Interlock بین فن‌های ورودی و خروجی و کنترل عملکرد لرزه‌ای آن، این امکان را بوجود آورد تا در مواقعی که فن خروجی خاموش می‌شود، فن ورودی نیز به طور خودکار خاموش گردد.

فصل چهارم

معیارهای پذیرش، ضوابط و الزامات مقاوم‌سازی اجزاء غیرسازه‌ای

۴-۱- رفتار و معیارهای پذیرش عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای

در این بخش رفتار جزء، روش‌های بهسازی و معیارهای پذیرش اجزای معماری، مکانیکی، برقی، قفسه‌ها و تجهیزات بیمارستانی معرفی شده در فصل اول ارائه شده است. چنانچه طبق جدول (۳-۱)، کنترل بهسازی برای جزء مورد نظر ضرورت داشته باشد، جزء یا اتصال آن باید تحت اثر نیروهای اینرسی کنترل شود. علاوه بر این در اجزاء حساس به جابجایی، بررسی جابجایی نسبی سیستم سازه‌ای دربردارنده جزء و اثر آن در رفتار جزء نیز ضروری می‌باشد.

چنانچه معیارهای پذیرش جزء برآورده نشود، باید با روش‌های مناسب که در این دستورالعمل ارائه شده است، بهسازی گردد. معیارهای پذیرش اجزاء، وابسته به سطح عملکرد آنها می‌باشد. در این بخش، معیارهای پذیرش اجزائی که طبق جدول (۳-۱) کنترل بهسازی آنها ضرورت دارد، برای دو سطح عملکرد ایمنی جانی و قابلیت استفاده بی‌وقفه ارائه شده است.

علاوه بر مقایسه عملکرد جزء با معیارهای پذیرش، ارزیابی چشمی و ظاهری نیز باید انجام شده باشد. وضعیت تکیه‌گاه‌ها، کلاف‌ها و مهارهای جزء به دقت مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت نیاز تعمیر گردد.

۴-۲- اجزای معماری

۴-۲-۱- نمای خارجی

۴-۲-۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

کاربرد این ضوابط برای موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۱ می‌باشد. نماهای چسبانده شده و دوخته شده، حساس به جابجایی محسوب می‌شوند و ممکن است در اثر تغییرشکل لایه زیرین ترک خورده یا از جای خود بیرون رانده شوند. در صورتیکه این اجزاء به طور مستقیم روی دیوارهای برشی یا اعضای سازه‌ای که تحت جابجایی بزرگ قرار می گیرند، نصب شوند، معمولاً آسیب‌پذیر تلقی می گردند.در نماهای چسبانده شده در صورتیکه اتصال نما ضعیف باشد (خوب نچسبیده باشد)، ممکن است در اثر شتاب مستقیم، اتصال از بین برود و قطعه آزاد گردد. این امر می‌تواند به دلیل نفوذ آب در طول زمان یا خرابی لایه زیرین رخ دهد. بلوک‌های شیشه‌ای و سایر مصالح بنایی غیرسازه‌ای، حساس به جابجایی و شتاب محسوب می‌شوند. در صورتی که این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۱ بهسازی شوند.

بهسازی دیوارهای منفرد که سطحی کمتر از ۱۳ مترمربع داشته باشند و یا طول آنها از ۴/۵ متر کمتر باشد، با استفاده از روش تجویزی مجاز است. برای دیوارهای بزرگتر باید از روش تحلیلی استفاده نمود. خرابی داخل صفحه دیوار معمولاً بر اثر تغییرشکل سازۀ دربرگیرندۀ دیوار رخ می‌دهد که باعث به وجود آمدن ترک و گسترش آن می‌شود. خرابی خارج از صفحه که به صورت بیرون ریختن دیوار رخ می‌دهد، مستقیماً به دلیل شتاب می‌باشد. چنانچه تغییرشکل دیوار، معیارهای پذیرش را برآورده نسازد، باید تغییرمکان جانبی نسبی طبقات را محدود کرد یا با ارائه جزئیات ویژه، اتصال دیوار به سازه محیطی را

جدا نمود. در محاسبه تغییرمکان جانبی نسبی طبقات، اثر رفتار دیوار برروی سازه باید در نظر گرفته شود. دیوارهای بزرگ را می‌توان با اضافه کردن تکیه‌گاه‌های سازه‌ای اضافی به سطوح کوچکتر تقسیم کرد.

پانل‌های پیش‌ساخته، حساس به پارامترهای تغییرشکل و شتاب می‌باشند. این اجزاء معمولاً توسط اتصالات مکانیکی در فاصله‌های مشخص به سازه محیطی خود وصل می‌شوند. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط فصل پنجم بهسازی شوند.

۴-۲-۱-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی:

در صورت لزوم کنترل نما طبق جدول ۳-۱، در نماهای چسبانده شده و دوخته شده، اتصال و مهار پشت‌بندی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. بلوک‌های شیشه‌ای و سایر مصالح بنایی غیرسازه‌ای و همچنین پانل‌های پیش‌ساخته و اتصالات آنها باید قادر به تحمل نیروهای درون‌صفحه‌ای و برون‌صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. ضمناً برای انواع مختلف نمای ذکر شده، حداکثر تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۲-۳ برابر ۰/۰۲ است.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:

در صورت لزوم کنترل نما طبق جدول ۳-۱، در نماهای چسبانده شده و دوخته شده، اتصال و مهار پشت‌بندی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. بلوک‌های شیشه‌ای و سایر مصالح بنایی غیرسازه‌ای و همچنین پانل‌های پیش‌ساخته و اتصالات آنها باید قادر به تحمل نیروهای درون‌صفحه‌ای و برون‌صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشد. ضمناً برای انواع مختلف نمای ذکر شده، حداکثر تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۲-۳ برابر ۰/۰۱ است.

۴-۲-۲- نماها و دیواره‌های شیشه‌ای

۴-۲-۲-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

کاربرد این ضوابط برای موارد ذکر شده در بند ۲-۱-۶-۱ می‌باشد. دیواره‌های شیشه‌ای در اصل حساس به جابجایی محسوب می‌شوند، ولی ممکن است بر اثر نیروهای بزرگ حاصل از شتاب، دچار تغییرشکل و از هم گسیختگی گردند. عملکرد شیشه در طول زلزله به نوع سیستم دیوار و شیشه بستگی دارد و به صورت یکی از موارد زیر می‌تواند رخ دهد:

۱- شیشه بدون شکستن در قاب یا تکیه‌گاه خود باقی بماند.

۲- شیشه خرد شود ولی هم‌چنان در قاب یا تکیه‌گاه خود باقی بماند و به عنوان مانعی برای ورود و خروج هوا عمل کند. در این شرایط شیشه هنوز قادر به سرویس‌دهی می‌باشد.

۳- شیشه خرد شود ولی در شرایطی پر مخاطره در قاب یا تکیه‌گاه خود باقی بماند. به طوریکه امکان فروریزی آن در هر لحظه وجود داشته باشد.

۴- شیشه به صورت خردشده و یا کامل از قاب خود بیرون بریزد.

چنانچه تغییرشکل دیواره‌های شیشه‌ای معیارهای پذیرش را برآورده نسازد، باید تغییرمکان جانبی نسبی طبقات سازه را محدود کرد یا با ارائه جزئیات ویژه طبق بند ۵-۲-۲، اتصال سیستم دیواره شیشه‌ای به سازه را جدا نمود. همچنین می‌توان از شیشه‌ای استفاده کرد که هنگام خرد شدن ایمنی بالایی داشته باشد یا پس از خرد شدن در قاب خود باقی بماند.

۴-۲-۲-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: نماهای شیشه‌ای و سازه نگه‌دارنده آنها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. اجزای شیشه‌ای که یکی از ضوابط زیر را برآورده سازند نیازی به کنترل بهسازی برای سطح عملکرد ایمنی محدود یا ایمنی جانی ندارند.

۱-۱- هر جزء شیشه‌ای که دارای فاصله کافی از قاب نگه‌دارنده خود باشد به طوری که در تغییرمکان نسبی لرزه‌ای (D_P) که جزء باید براساس آن طراحی شود، تماس فیزیکی بین شیشه و قاب رخ ندهد. این فاصله از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$D_{clear} \geq 1.25\, D_P \qquad (۱-۴)$$

در این رابطه:

$$D_{clear} = 2c_1\left(1+\frac{h_p c_2}{b_p c_1}\right) \qquad (۲-۴)$$

که در آن:

h_p: ارتفاع شیشه c_1: فاصله بین لبه‌های قائم شیشه و قاب

b_p: عرض شیشه c_2: فاصله بین لبه‌های افقی شیشه و قاب

D_P: تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که جزء بر مبنای آن طراحی شده است و از رابطهٔ (۳-۱۰) به دست می‌آید.

۱-۲- شیشه‌های یکپارچهٔ کاملاً بازپخت شده که در ارتفاعی کمتر از ۳ متر از سطح پیاده‌رو قرار گرفته‌اند.

۱-۳- شیشه‌های لمینیت کاملاً بازپخت شده با آنیل با ضخامت بیشتر از ۷/۵ میلیمتر که به صورت مکانیکی در قاب نگهدارنده خود محصور شده‌اند. لبه‌های این شیشه‌ها توسط زبانه‌های wet-glazed که دارای حداقل عرض تماس ۱۲ میلیمتر می‌باشند و یا توسط سایر سیستم‌های مهاری تأیید شده به قاب نگهدارنده خود محکم می‌شوند.

۱-۴- هر جزء شیشه‌ای که شرایط تغییرمکان نسبی رابطه زیر را برآورده سازد.

$$\Delta_{fallout} \geq \max(1.25D_P, 12.5\,mm) \qquad (۳-۴)$$

که در این رابطه:

D_P: تغییرمکان نسبی لرزه‌ای

$\Delta_{fallout}$: تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که موجب بیرون افتادن شیشه از قاب نگهدارنده خود می‌شود و باید توسط روش تحلیلی تأیید شده‌ای نظیر روش ارائه شده در آئین‌نامه AAMA 501.4 به دست آمده باشد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: نماهای شیشه‌ای و سازه نگهدارنده آنها باید قادر به تحمل نیروهای لرزه‌ای طراحی محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. اجزای شیشه‌ای که یکی از ضوابط زیر را برآورده سازند، نیازی به کنترل بهسازی برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه ندارند.

۲-۱- هر جزء شیشه‌ای که دارای فاصله کافی از قاب نگهدارنده خود باشد به طوری که در تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که جزء باید براساس آن طراحی شود تماس فیزیکی بین شیشه و قاب رخ ندهد. این فاصله از رابطهٔ (۴-۱) به دست می‌آید.

۲-۲- هر جزء شیشه‌های یکپارچهٔ کاملاً بازپخت شده که دارای فاصله کافی از قاب نگهدارنده خود باشد به طوری که در تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که جزء باید براساس آن طراحی شود تماس فیزیکی بین شیشه و قاب رخ ندهد. این فاصله از رابطهٔ (۴-۱) به دست می‌آید.

۲-۳- هر جزء شیشه‌ای که شرایط تغییرمکان نسبی رابطه زیر را برآورده سازد.

$$\Delta_{fallout} \geq \max(1.5\times 1.25 D_P, 12.5\,mm) \qquad (۴-۴)$$

پارامترهای مختلف این رابطه قبلاً تعریف شده‌اند.

۴-۲-۳- تیغه‌ها

۴-۲-۳-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

کاربرد این ضوابط برای موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۳ می‌باشد.

تیغه‌ها (پارتیشن‌ها)، حساس به جابجایی و شتاب محسوب می‌شوند. تیغه‌هایی که از بالا و پایین به کف طبقات متصل شده‌اند و تحت اثر بارگذاری داخل صفحه می‌باشند، بر اثر تغییرشکل‌های به وجود آمده در سازه، ممکن است دچار ترک‌خوردگی برشی، تاب‌خوردگی و شکست شوند و سطح اندودکاری می‌تواند از دیوار جدا گردد. این تیغه‌ها تحت اثر بارگذاری خارج از صفحه ممکن است دچار ترک‌خوردگی خمشی، خرابی محل اتصال دیوار به سازه و فروپاشی گردند. در حالاتی که از پارتیشن‌ها به عنوان مهار جانبی برای لوله کشی، اتاقک‌های الکتریکی، قفسه ها یا دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌گردد، خرابی پارتیشن ممکن است باعث آسیب دیدگی به این اعضا گردد. پارتیشن های بنایی به دلیل اینکه رفتار کلی سازه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، اغلب نقش عضو سازه‌ای را ایفا می‌کنند و در نتیجه باید توسط مهندس سازه ارزیابی گردند. پارتیشن های با سختی زیاد باید از سیستم سازه‌ای جدا شده یا در محاسبات لرزه‌ای وارد گردند. کنترل این موضوع برای ساختمان‌های با سختی زیاد دارای گریز (دریفت) نسبی کوچک لزومی ندارد.

پارتیشن‌هایی که معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۳ بهسازی گردند. آن دسته از پارتیشن‌هایی را که تحت تغییرشکل‌های سازه قرار می‌گیرند، می‌توان با ایجاد درز پیوسته بین آنها و سازه محیطی

محافظت کرد. برای این تیغه‌ها باید اتصالاتی در نظر گرفت که قابلیت حرکت داخل صفحه و گیرداری خارج از صفحه را به دیوار بدهند.

۴-۲-۳-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی:

۱-۱- تیغه‌های سنگین: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، این تیغه‌ها باید قادر به تحمل نیروهای برون‌صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. مقدار تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۲-۳ برابر ۰/۰۱ می‌باشد.

۱-۲- تیغه‌های سبک: طبق جدول ۳-۱، تیغه‌های سبک نیازی به بهسازی لرزه‌ای در سطح عملکرد ایمنی جانی ندارند.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:

۲-۱- تیغه‌های سنگین: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، این تیغه‌ها باید قادر به تحمل نیروهای برون‌صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. مقدار تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۲-۳ برابر ۰/۰۰۵ می‌باشد.

۲-۲- تیغه‌های سبک: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، این تیغه‌ها باید قادر به تحمل نیروهای برون‌صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. مقدار تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۲-۳ برابر ۰/۰۱ می‌باشد.

۴-۲-۴- نمای داخلی

۴-۲-۴-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

کاربرد این ضوابط برای موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۴ می‌باشد. نماهای داخلی، حساس به جابجایی محسوب می‌شوند. این اجزاء می‌توانند دچار ترک‌های داخل صفحه و جداشدگی از دیوار شوند. همچنین ممکن است بر اثر شتاب، مستقیماً دچار تغییرمکان یا جداشدگی خارج صفحه‌ای گردند. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید تغییرمکان جانبی نسبی طبقات را محدود کرد یا با ارائه جزئیات ویژه‌ای، دیوار مربوط به نمای داخلی را از سازه اصلی جداسازی کرد.

۴-۲-۴-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، پشت بند نما باید دارای اتصال مناسب جهت تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشد. حداکثر تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۲-۳ برابر با ۰/۰۲ می‌باشد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، پشت بند نما باید دارای اتصال مناسب جهت تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشد. حداکثر تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۲-۳ برابر با ۰/۰۱ می‌باشد.

۴-۲-۵- سقف کاذب

۴-۲-۵-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

کاربرد این ضوابط برای موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۵ می‌باشد. اجزاء پوشش سقف، حساس به شتاب و جابجایی محسوب می‌شوند. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۴ بهسازی شوند. بهسازی این اجزاء از طریق تقویت مهاربندی و اتصالات طبق استانداردهای تجویزی صورت می‌گیرد.

۴-۲-۵-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: بجز در موارد ذکر شده در جدول ۳-۱، سقف‌های کاذب گروه‌های **الف، ب** و **د (بند ۱-۶-۱-۵)** نیازی به کنترل بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی ندارند. سقف‌های کاذب گروه **ج (بند ۱-۶-۱-۵)،** باید قادر به پذیرش تغییرشکل‌های نسبی محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۳ باشند.

۲- سطح عملکردی قابلیت استفاده بی‌وقفه: سقف‌های کاذب گروه‌های **الف** و **ب** باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. سقف‌های کاذب گروه **ج،** باید قادر به پذیرش تغییرشکل‌های نسبی محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۳ باشند. سقف‌های کاذب گروه **د،** توسط روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای بهسازی کنترل نمود.

۴-۲-۶- جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها (Appendages)

۴-۲-۶-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۶ می‌باشد. جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها، حساس به شتاب محسوب می‌شوند. چنانچه این اجزاء کاملاً مهارنشده باشند، ممکن است رها شده و واژگون گردند. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۶ بهسازی شوند. راهکارهای طراحی تجویزی برای جان‌پناه‌های آجری کوتاه‌تر از ۱/۲ متر که دارای مهار می‌باشند، در فصل پنجم آمده است. فاصله مرکز به مرکز مهارهای جان‌پناه نباید بیش از ۲/۴ متر باشد.

۴-۲-۶-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها، باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند.

۴-۲-۷- سایه‌بان‌ها

۴-۲-۷-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۷ می‌باشد. سایه‌بان‌ها حساس به شتاب محسوب می‌شوند. با توجه به گستردگی انواع سایه‌بان، باید جداگانه تحلیل شوند و مقاومت آنها در برابر زلزله ارزیابی گردد. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۶ بهسازی گردند. بهسازی این اجزاء می‌تواند از طریق تقویت اتصال به سازه ساختمان، مهاربندی و مقاوم‌سازی یا ترکیبی از این روش‌ها صورت بگیرد.

۴-۲-۷-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: سایه‌بان‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای افقی و قائم محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: سایه‌بان‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای افقی و قائم محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند.

۴-۲-۸- دودکش‌های ساختمانی

۴-۲-۸-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۸ می‌باشد. دودکش‌های ساختمانی، حساس به شتاب محسوب می‌شوند. این اجزاء ممکن است تحت خمش، برش یا واژگونی دچار خرابی گردند. همچنین امکان دارد که از محل اتصال خود به سقف جدا شده و به سقف آسیب وارد کنند. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۷ بهسازی شوند. بهسازی این اجزاء می‌تواند از طریق مقاوم‌سازی، مهاربندی و مرمت مصالح به کار رفته انجام شود.

۴-۲-۸-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، دودکش‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. در مورد دودکش‌های ساختمان‌های مسکونی استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ مجاز می‌باشد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، دودکش‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. در مورد دودکش‌های ساختمان‌های مسکونی استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ مجاز می‌باشد.

۴-۲-۹- راه‌پله

۴-۲-۹-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۹ می‌باشد. هریک از اجزاء جداگانه راه‌پله‌ها بسته به رفتار حاکم بر آنها در زلزله می‌توانند حساس به جابجایی یا شتاب محسوب شوند. اجزائی از راه‌پله که به کف‌های مجاور متصل شده‌اند، حساس به جابجایی بوده و تمام اجزاء دیگر راه‌پله حساس به شتاب به شمار می‌آیند. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۸ بهسازی شوند. بهسازی این اجزاء می‌تواند به صورت مقاوم‌سازی سازه‌ای، مهاربندی و یا ارائه جزئیات اتصالی که اندرکنش بین پله‌ها و سازه ساختمان را کاهش دهد، انجام شود.

۴-۲-۹-۲- معیارهای پذیرش

۱- **سطح عملکرد ایمنی جانی:** در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، راه‌پله‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. همچنین راه‌پله‌ها باید قادر به تحمل تغییرمکان نسبی محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۳ باشند.

۲- **سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:** در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، راه‌پله‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۳ باشند. همچنین راه‌پله‌ها باید قادر به تحمل تغییرمکان نسبی محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۳ باشند.

۴-۲-۱۰- کف‌های کاذب

۴-۲-۱۰-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۱۰ می‌باشد. کف‌های کاذب حساس به شتاب و جابجایی محسوب می‌شوند. کف‌های کاذب تحت بارهای لرزه‌ای ممکن است دچار جابجایی‌های جانبی شوند. هم‌چنین امکان کمانش پایه‌های کف کاذب وجود دارد. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۹ بهسازی شوند. برای بهسازی این اجزاء، پایه‌های قفسه‌ها و تجهیزات روی کف کاذب با عبور از این کف به سازه و یا کف اصلی متصل شده و این اتصال تقویت می‌شود. علاوه بر این، ظرفیت باربری جانبی کف‌های کاذب با اضافه کردن مهاربندی‌های عرضی و هم‌چنین تقویت اتصال پایه‌ها به کف اصلی افزایش می‌یابد. وزن سیستم کف و تجهیزات روی آن باید در تحلیل در نظر گرفته شود.

۴-۲-۱۰-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: طبق جدول ۳-۱، کف‌های کاذب در سطح عملکرد ایمنی جانی نیازی به کنترل برای بهسازی ندارند.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، کف‌های کاذب باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این اجزاء مجاز می‌باشد.

۴-۲-۱۱- آسانسور

۴-۲-۱۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند در خصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱-۱۱ می‌باشد. اجزاء آسانسور حساس به شتاب محسوب می‌شوند. محفظه و ریل‌های بالابر که در طبقات ادامه می‌یابند، حساس به جابجایی نیز به شمار می‌آیند. اجزاء آسانسور ممکن است از جای خود بیرون آمده یا از خط خارج شوند. دیوارهای محفظه و اتاقک تأسیسات آسانسور باید مانند تیغه (پارتیشن) در نظر گرفته شوند. چنانچه این دیوارها از مصالح بنایی غیرمسلح یا آجرهای مجوف ساخته شده باشند، باید توجه ویژه‌ای به آنها داشت، زیرا با فروریختن آنها معیارهای سطح عملکرد ایمنی جانی برآورده نمی‌شود.
چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط بند ۵-۲-۱۰ بهسازی شوند. به منظور بهسازی آسانسورها باید از راهکارهای مناسب برای اجزاء اصلی مانند تیغه‌ها (پارتیشن‌ها)، کنترل‌گرها و تأسیسات ماشینی آسانسور استفاده نمود.

۴-۲-۱۱-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، اجزاء آسانسور باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. محفظه و ریل‌های بالابر علاوه بر معیار فوق باید ضوابط مربوط به جابه‌جایی طبق بند ۳-۲-۳ را تأمین نمایند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این اجزاء مجاز می‌باشد.
۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، اجزاء آسانسور باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. محفظه و ریل‌های بالابر علاوه بر معیار فوق باید ضوابط مربوط به جابجایی طبق بند ۳-۲-۳ را تأمین نمایند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این اجزاء مجاز می‌باشد.

۴-۳- اجزاء مکانیکی

۴-۳-۱- تجهیزات مکانیکی

۴-۳-۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند برای موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۲-۱ می‌باشد.

کلیه اجزاء مکانیکی حساس به شتاب محسوب می‌شوند. در سطح عملکرد ایمنی جانی، هدف اصلی حفظ و نگهداری موقعیت اجزاء مکانیکی در طول زلزله می‌باشد. در سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه، حفظ و نگهداری موقعیت جزء مکانیکی کافی نیست، بلکه انتظار می‌رود با وجود ایجاد مقداری خرابی در این اجزاء در طول مدت زلزله عملکرد آنها همچنان تا پس از زلزله ادامه یابد. در اجزاء مکانیکی واقع بر روی کف طبقات، تغییرموقعیت جزء می‌تواند به صورت لغزش یا واژگونی اتفاق بیفتد. در اجزاء مکانیکی آویزان از سقف یا متصل به اعضای قائم سازه، تغییر موقعیت جزء به صورت از بین رفتن اتصال و در نتیجه سقوط جزء رخ می‌دهد. خرابی و قطع لوله‌کشی یا سیم‌کشی برق تجهیزات مکانیکی نیز می‌تواند عملکرد آنها را دچار وقفه نماید.

رفتار و عملکرد تجهیزات مکانیکی بستگی به مقدار نیروی طراحی وارد بر آنها دارد. چنانچه یکپارچگی و پایداری جزء در زلزله لطمه نبیند، اکثر اجزاء قادر می‌باشند که پس از زلزله به عملکرد خود ادامه دهند.

چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط فصل پنجم بهسازی شوند. اقدام اساسی در حفظ و نگهداری موقعیت اجزاء مکانیکی در طول زلزله، بهسازی اتصالات و مهاربندی‌های جزء به سازه می‌باشد.

۴-۳-۱-۲- معیارهای پذیرش

۱- **سطح عملکرد ایمنی جانی:** در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، مهار تجهیزات باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشد.

۲- **سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:** در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، مهار تجهیزات باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشد.

۴-۳-۲- مخازن و ظروف تحت فشار (وسل‌ها) و گرمکن‌ها

۴-۳-۲-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند مربوط به موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۲-۲ می‌باشد. مخازن و ظروف، حساس به شتاب به شمار می‌آیند. مخازن گروه ۱ بر اثر کش‌آمدن پیچ‌های مهاری، کمانش و آسیب دیدن پایه‌ها، ممکن است دچار واژگونی گردند. در

مخازن گروه ۲، بر اثر تسلیم مخزن در نواحی نزدیک به کف، کمانش جداره یا نشت احتمالی، ممکن است از محل فونداسیون خود تغییرمکان داده و آسیب ببینند.

چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید بهسازی شوند. ظروف گروه ۱ با ظرفیت کمتر از ۴۰۰۰ لیتر باید طوری طراحی شوند که قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای طبق بند ۳-۲-۱ و ۳-۲-۲ باشند. سایر ظروف گروه‌های ۱ و ۲ باید مطابق با استانداردهای شناخته شده مانند API650 (برای مخازن سوخت)، AWWA D100-96 (برای مخازن آب) کنترل شوند.

۴-۳-۲-۲- معیارهای پذیرش

۱) **سطح عملکرد ایمنی جانی:** در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱ ، این تجهیزات و تکیه‌گاههای آنها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. آبگرمکن‌های ساختمان‌های مسکونی با ظرفیت کمتر از ۴۰۰ لیتر می‌توانند به روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ ارزیابی گردند.

۲) **سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:** در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، این تجهیزات و تکیه‌گاههای آنها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. آبگرمکن‌های ساختمان‌های مسکونی با ظرفیت کمتر از ۴۰۰ لیتر می‌توانند به روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ ارزیابی گردند.

۴-۳-۳- لوله‌ها

۴-۳-۳-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند برای موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۲-۳ می‌باشد. تمام لوله‌ها حساس به شتاب محسوب می‌شوند. لوله‌هایی که از بین طبقات یا درزهای انقطاع عبور می‌کنند، علاوه بر شتاب، حساس به جابجایی نیز به شمار می‌آیند. معیارهای عملکرد و استفاده آنها در ارزیابی و طراحی سیستم‌های لوله‌کشی تحت فشار در فصل پنجم ارائه شده است.

عمده آسیب‌دیدگی لوله‌های اطفاء حریق خرابی از ناحیه اتصالات است که معمولاً به دلیل ضعیف بودن تکیه‌گاهها و مهاربندی‌ها و یا ضربه حاصل از برخورد سر آبپاش به مصالح اطراف حاصل می‌شود. بهسازی در این اجزاء براساس روش‌های طراحی تجویزی برای تکیه‌گاه‌ها و مهاربندی‌ها صورت می‌گیرد. در این رابطه می‌توان از ضوابط تجویزی فصل پنجم استفاده کرد.

عمده آسیب وارده به سایر انواع لوله‌ها، خرابی از ناحیه اتصالات است که معمولاً به دلیل ضعیف بودن تکیه‌گاه‌ها و مهاربندی ها به وجود می‌آید. بهسازی لوله‌های گروه ۱، با مقاوم‌سازی تکیه‌گاه‌ها و مهاربندی‌ها طبق روش‌های تجویزی ارائه شده در فصل پنجم صورت می‌گیرد. علاوه بر این، لوله‌ها به خودی خود باید قادر به تحمل نیروها و تغییرشکل لرزه‌ای محاسبه شده طبق بندهای ۳-۲-۱، ۳-۲-۲ و ۳-۲-۳ نیز باشند. تأثیر تغییرات دما، نیروهای دینامیکی سیال و وزن سیال درون لوله نیز باید در نظر گرفته شود. بهسازی لوله‌های گروه ۲، با مقاوم‌سازی تکیه‌گاهها و مهاربندی‌ها طبق روش‌های تجویزی ارائه شده

در فصل پنجم صورت می‌گیرد. چنانچه ابعاد لوله‌های به کار رفته از ابعاد مذکور در فصل پنجم بزرگتر باشند، باید براساس نیروها و تغییرشکل محاسبه شده طبق بندهای ۳-۲-۱، ۳-۲-۲ و ۳-۲-۳ طراحی گردند.

۴-۳-۳-۲- معیارهای پذیرش

۱- **سطح عملکرد ایمنی جانی:** در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱ ، تکیه‌گاهها و مهاربندی این لوله‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. لوله‌هایی که از طبقات یا درزهای انقطاع می‌گذرند علاوه بر معیار فوق باید ضوابط مربوط به جابجایی طبق بند ۳-۲-۳ را نیز تأمین نمایند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این لوله‌ها مجاز می‌باشد.

۲- **سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:** در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، تکیه‌گاهها و مهاربند این لوله‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. لوله‌های عبوری از طبقات یا درزهای انقطاع، علاوه بر معیار فوق باید ضوابط مربوط به جابجایی طبق بند ۳-۲-۳ را نیز تأمین نمایند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این لوله‌ها مجاز می‌باشد.

۴-۳-۴- کانال‌ها (داکت‌ها)

۴-۳-۴-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند برای موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۲-۴ می‌باشد. کانال‌ها حساس به شتاب به شمار می‌آیند. کانالهایی عبوری از بین طبقات یا درزهای انقطاع، حساس به جابجایی نیز محسوب می‌شوند. آسیب‌دیدگی تکیه‌گاه‌ها یا عدم وجود مهاربندی کافی منجر به تغییرشکل یا گسیختگی کانال در محل اتصالات و بروز نشت در سیستم می‌شود.
چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط فصل پنجم بهسازی شوند. بهسازی کانالها از طریق مقاوم‌سازی تکیه‌گاه‌ها و مقاوم‌سازی یا اضافه کردن مهاربندی‌ها حاصل می‌شود.

۴-۳-۴-۲- معیارهای پذیرش

ارزیابی کانال‌ها برای هر دو سطح عملکرد ایمنی جانی و قابلیت استفاده بی‌وقفه، با توجه به استانداردهای تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ صورت می‌گیرد.

۴-۳-۵- نقاله‌ها

۴-۳-۵-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۲-۵ می‌باشد. نقاله‌ها حساس به شتاب و جابجایی محسوب می‌شوند. آسیب‌های وارد به نقاله مانند دیگر تجهیزات سنگین واقع بر کف طبقه می‌باشد. علاوه بر این، تغییرشکل سازه

نگهدارنده نقاله و قطع برق، عملکرد نقاله را با مشکل روبرو می‌سازد. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق فصل پنجم بهسازی شوند. بهسازی نقاله‌ها از طریق روش‌های تجویزی که توسط شرکت سازنده نقاله ارائه می‌شود صورت می‌گیرد.

۴-۳-۵-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: طبق جدول ۳-۱، برای این سطح عملکرد کنترل برای بهسازی نقاله‌ها ضروری نیست.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، نقاله‌ها باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. همچنین علاوه بر معیار فوق، ضوابط مربوط به تغییرشکل طبق بند ۳-۲-۳ نیز باید تأمین گردد. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این اجزاء مجاز می‌باشد.

۴-۴- اجزاء برقی و مخابراتی

۴-۴-۱- تجهیزات برقی و مخابراتی

۴-۴-۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۳-۱ می‌باشد. تجهیزات برقی و مخابراتی، حساس به شتاب به شمار می‌آیند. اجزائی که بر کف طبقه قرار دارند، ممکن است دچار لغزش یا واژگونی گردند و آنهایی که به سازه قائم متصل شده‌اند و یا آویزان هستند، در صورت از بین رفتن اتصال امکان سقوط‌شان وجود دارد. حالت دیگر آسیب‌دیدگی این اجزاء قطع شدن اتصال سیم‌های برق به دستگاه می‌باشد.

چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط فصل پنجم بهسازی شوند. چنانچه تجهیزات برقی و مخابراتی براساس استانداردهای شناخته شده معتبر نظیر ANSI ساخته شده باشند، مقاومت لازم برای تحمل نیروهای وارد شده را دارند.

۴-۴-۱-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، تجهیزات برقی و مخابراتی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این تجهیزات مجاز می‌باشد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، تجهیزات برقی و مخابراتی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این تجهیزات مجاز می‌باشد.

۴-۴-۲- اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات در داخل ساختمان‌ها

۴-۴-۲-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۲-۳-۲ می‌باشد. اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات در داخل ساختمان‌ها، حساس به شتاب به شمار می‌آیند. لوله‌های حفاظ و سیم‌هایی که از بین طبقات یا درزهای انقطاع می‌گذرند، حساس به جابجایی نیز محسوب می‌شوند. عمده آسیب‌دیدگی این اجزاء به دلیل نبود تکیه‌گاه یا مهاربندی کافی، تغییرشکل سازه اصلی و ضربه حاصل از مصالح پیرامونی می‌باشد. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید طبق ضوابط فصل پنجم بهسازی شوند.

۴-۴-۲-۲- معیارهای پذیرش

۱- **سطح عملکرد ایمنی جانی:** اجزاء توزیع کننده برقی و مخابراتی باید ملزومات روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ را برآورده سازند.

۲- **سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:** اجزاء توزیع کننده برقی و مخابراتی باید ملزومات روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ را برآورده سازند.

۴-۴-۳- تجهیزات روشنایی

۴-۴-۳-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۳-۲ می‌باشد. وسایل روشنایی، حساس به شتاب به شمار می‌آیند. آسیب‌دیدگی اجزاء گروه‌های ۱ و ۲ به صورت پارگی اتصال یا آسیب‌دیدگی سقف یا دیوار نگهدارنده جزء رخ می‌دهد. در اجزاء گروه ۳، ممکن است سیستم سقف یکپارچه دچار تغییرشکل و اعوجاج گردد و به دنبال آن جزء سقوط کند. در اجزاء دسته ۴، نوسان بیش از حد جزء می‌تواند منجر به پارگی کابل یا زنجیر آویز شود و یا باعث خارج شدن تکیه‌گاه از سقف و در نتیجه سقوط جزء گردد.

چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید بهسازی شوند. بهسازی اجزاء گروه‌های ۱ و ۲، شامل تعمیر اتصال و یا تغییر جایگاه جزء می‌باشد. اجزاء گروه ۳ با اضافه کردن تکیه‌گاه‌های مستقل از سقف کاذب به سازه، بهسازی می‌شوند. بهسازی اجزاء گروه ۴، از طریق مقاوم‌سازی اتصالات و تأمین فضای کافی برای تاب‌خوردن آزاد جزء بدون برخورد به مصالح اطراف صورت می‌گیرد. هم‌چنین افزودن کابل‌هایی که مستقیماً جزء را به سقف متصل می‌کنند، برای جلوگیری از افتادن جزء لازم است.

۴-۴-۳-۲- معیارهای پذیرش

در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، تجهیزات روشنایی برای هر دو سطح عملکرد ایمنی جانی و قابلیت استفاده بی‌وقفه باید ضوابط زیر را برآورده سازند:

گروه‌های ۱ و ۲: هیچ نشانه مشهودی از آسیب‌دیدگی زیاد دراتصال به سقف یا دیوار وجود نداشته باشد.

گروه ۳: مهاربندی سیستم و تکیه‌گاه‌های آن باید ضوابط روش تجویزی را طبق بند ۳-۱-۲-۲ برآورده سازد.

گروه ۴: تجهیزاتی که وزن آنها بیش از ۱۰ کیلوگرم باشد، باید به صورت مناسبی یکپارچه شده باشند و اتصال آنها به سازه باید شکل‌پذیر بوده و جزء برای تاب خوردن بدون برخورد با مصالح اطراف آزاد باشد.

۴-۵- قفسه‌ها

۴-۵-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص قفسه‌های سبک با ارتفاع کمتر از cm ۱۸۰ می‌باشد.

کلیه قفسه‌ها حساس به شتاب محسوب می‌شوند. آسیب‌دیدگی قفسه‌ها به صورت فروریختگی و تغییرشکل داخلی (به دلیل نبود مهاربندی و مقاومت داخلی کافی) یا واژگونی (به دلیل کافی نبودن اتصالات قفسه به کف یا سازه مجاور) رخ می‌دهد. چنانچه این قفسه‌ها معیارهای پذیرش را برآورده نسازند باید طبق ضوابط فصل پنجم بهسازی شوند. بهسازی این اجزاء از طریق اضافه کردن مهاربندی‌های عرضی پانل‌های پشت و کناری قفسه و هم‌چنین با تقویت اتصال قفسه به کف و یا سازۀ مجاور طبق توضیحات فصل پنجم صورت می‌گیرد.

۴-۵-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی:

در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، قفسه‌های مربوط به گروه‌های ۱ و ۴ باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند.

طبق جدول ۳-۱، قفسه‌های گروه ۲ نیازی به کنترل برای بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی ندارند.

در مورد قفسه‌های گروه ۳ باید از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ استفاده گردد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، قفسه‌های مربوط به گروه‌های ۱، ۲ و ۴ باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. در مورد قفسه‌های گروه ۲، از روش تجویزی طبق ضوابط بند ۳-۱-۲-۲ می‌توان استفاده نمود. در مورد قفسه‌های گروه ۳، باید از روش تجویزی برای اجزاء ضروری طبق بند ۳-۱-۲-۲ استفاده گردد.

۴-۶- تجهیزات بیمارستانی

۴-۶-۱- تجهیزات الکتریکی و حساس

۴-۶-۱-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۵-۱ می‌باشد.

تجهیزات الکتریکی و حساس بیمارستانی که عمدتا تجهیزات آزمایشگاهی می‌باشند، حساس به شتاب به شمار می‌آیند. این گونه اجزا که بر کف طبقه قرار می‌گیرند، ممکن است دچار لغزش یا واژگونی گردند.حالت دیگر آسیب‌دیدگی این اجزاء پارگی اتصال سیم‌های برق به دستگاه می‌باشد. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید بهسازی شوند.

۴-۶-۱-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، تجهیزات الکتریکی و حساس بیمارستانی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این تجهیزات مجاز می‌باشد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، تجهیزات الکتریکی و حساس بیمارستانی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این تجهیزات مجاز می‌باشد.

۴-۶-۲- تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد

۴-۶-۲-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۵-۲ می‌باشد.

تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد که عمدتا دارای قفسه هایی برای نگهداری مواد می‌باشند، حساس به شتاب به شمار می‌آیند. این گونه اجزا که بر کف طبقه قرار می‌گیرند، ممکن است خود و یا مواد و تجهیزات داخل آن‌ها دچار لغزش یا واژگونی گردند. حالت دیگر آسیب‌دیدگی این اجزاء پارگی اتصال سیم‌های برق به دستگاه می‌باشد. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید بهسازی شوند.

۴-۶-۲-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد بیمارستانی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این تجهیزات مجاز می‌باشد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد بیمارستانی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشند. استفاده از روش تجویزی طبق بند ۳-۱-۲-۲ برای این تجهیزات مجاز می‌باشد.

۴-۶-۳- تجهیزات سنگین بیمارستانی

۴-۶-۳-۱- رفتار جزء و روش‌های بهسازی

ضوابط این بند درخصوص موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۵-۳ می‌باشد.

کلیه اجزاء سنگین بیمارستانی حساس به شتاب محسوب می‌شوند. در سطح عملکرد ایمنی جانی، هدف اصلی حفظ و نگهداری موقعیت این تجهیزات در طول زلزله می‌باشد. در سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه، حفظ و نگهداری موقعیت تجهیزات کافی نیست، بلکه انتظار می‌رود با وجود خرابی محدود در این اجزاء در طول مدت زلزله سرویس‌دهی آنها همچنان تا پس از زلزله ادامه یابد. تغییر موقعیت اجزاء سنگین بیمارستانی می‌تواند به صورت لغزش یا واژگونی اتفاق بیفتد. خرابی و قطع لوله‌کشی یا سیم‌کشی برق این تجهیزات نیز می‌تواند عملکرد آنها را دچار وقفه نماید.

رفتار و عملکرد این تجهیزات بستگی به مقدار نیروی طراحی وارد بر آنها دارد. به نظر می‌رسد چنانچه یکپارچگی و پایداری جزء در زلزله لطمه نبیند، اکثر این اجزاء قادر باشند پس از زلزله به عملکرد خود ادامه دهند. در اجزاء پیچیده، برای حصول اطمینان از عملکرد جزء ممکن است نیاز به تست و آزمایش باشد.

چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید بهسازی شوند. قدم اساسی در حفظ و نگهداری موقعیت اجزاء سنگین بیمارستانی در طول زلزله، بهسازی اتصالات و مهاربندی‌های جزء به سازه می‌باشد.

۴-۶-۳-۲- معیارهای پذیرش

۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، مهار تجهیزات باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ باشد.

۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: در موارد لزوم طبق جدول ۳-۱، مهار تجهیزات باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشد.

۴-۷- ملاحظات مقاوم‌سازی لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای موجود

در بهسازی و مقاوم‌سازی لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای موجود ذکر برخی موارد به شرح زیر لازم است:

۴-۷-۱- نکات کلی

الف) اجزاء غیرسازه‌ای قدیمی معمولاً با کدها و استانداردهای قدیمی طراحی شده‌اند. بنابراین تراز زلزله طرح و شکل‌پذیری این اجزاء نسبت به اجزاء جدید بسیار کمتر است.

ب) با توجه به اینکه هدف از مقاوم‌سازی، محافظت لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای موجود است، بهبود شرایط آن برای اینکه تمام ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی را تأمین کند، بسیار مشکل است.

ج) در هنگام مقاوم‌سازی باید تمام ظرفیتهای واقعی جزء غیرسازه‌ایدر نظر گرفته شود.

۴-۷-۲- روش‌های بهسازی

بهسازی اجزای غیرسازه‌ای باید از طریق روش‌های تأیید شده و براساس رده‌بندی جزء و سطح عملکرد مورد انتظار به انجام رسد.

۱- بهسازی اجزای غیرسازه‌ای حساس به شتاب برای سطح عملکرد «ایمنی جانی محدود» یا «ایمنی جانی» باید از طریق حفظ موقعیت جزء صورت گیرد. حفظ موقعیت جزء به صورت مهاربندی، متصل‌سازی، ایجاد تکیه‌گاه یا دیگر روش‌های تأیید شده به منظور جلوگیری از تغییرمکان جزء در طول زلزله می‌باشد.

۲- بهسازی اجزای غیرسازه‌ای برای سطح عملکرد «قابلیت استفاده بی‌وقفه»، باید از طریق حفظ موقعیت جزء صورت گیرد. علاوه بر این، باید خدمت‌رسانی این تجهیزات در خلال و پس از زلزله حفظ شود.

۳- بهسازی اجزای غیرسازه‌ای حساس به جابجایی، از طریق تأمین شکل‌پذیری کافی برای جزء علاوه بر حفظ موقعیت آن انجام می‌شود. شکل‌پذیری بالا امکان تحمل جابجایی‌های لرزه‌ای محاسبه شده را به جزء می‌دهد.

۴-۷-۲-۱- روش‌های معمول در بهسازی اجزاء غیرسازه‌ای

الف- جایگزینی

جایگزینی به معنی برداشتن کامل جزء و تکیه‌گاههای آن و جایگزینی آن با جزء جدید می‌باشد. به عنوان مثال برداشتن پانل‌های نمای خارجی و نصب تکیه‌گاه‌ها و پانل‌های جدید به جای آنها.

ب- تقویت

تقویت اجزای غیرسازه‌ای شامل ترمیم و اضافه کردن اعضا و مصالح به جزء به منظور افزایش مقاومت آن در مقابل نیروهای زلزله می‌باشد. به عنوان مثال، اضافه کردن اعضای تقویتی به تکیه‌گاه عضو برای جلوگیری از کمانش آن.

پ- تعمیر

تعمیر اجزای غیرسازه‌ای شامل تعمیر و برطرف‌سازی همه قسمت‌ها یا اعضای آسیب‌دیده جزء به منظور برآورده شدن معیارهای پذیرش می‌باشد. به عنوان مثال، بعضی از اتصالات زنگ زده روکش پانل‌های بتنی پیش‌ساخته بدون جایگزینی کل پانل می‌توانند تعمیر شوند.

ت- مهاربندی

مهاربندی اجزاء غیرسازه‌ای شامل افزودن اعضاء و اتصالاتی می‌باشد که به منظور تأمین مهار داخلی جزء و یا مهار آن به سازه ساختمان به کار گرفته می‌شوند. به عنوان مثال، سقف‌های کاذب معلق می‌توانند با اضافه کردن مهاربندی‌های قطری و میله‌های قائم بهسازی شوند.

ث- متصل‌سازی

متصل‌سازی اجزاء غیرسازه‌ای شامل روش‌هایی است که عمدتاً اجزاء را به صورت مکانیکی به سازه و یا اجزاء نگهدارنده متصل می‌سازند. اتصال رایج به کار رفته در اجزاء غیرسازه‌ای، پیچ کردن پایه‌ها به کف بتنی سازه می‌باشد. تکیه‌گاهها و اتصالات اجزاء مکانیکی و الکتریکی باید براساس اصول مهندسی پذیرفته شده طراحی شوند. بعضی از پیشنهادات دربارهٔ اتصال اجزاء غیرسازه‌ای به سازه اصلی بشرح زیر می‌باشد:

۱- ادوات اتصال و پایه‌هایی که بارهای لرزه‌ای را منتقل می‌کنند، باید از مصالح مناسب ساخته شده و براساس استانداردهای معتبر طراحی شوند.

۲- اجزاء اتصال مدفون در بتن باید قادر به تحمل نیروهای رفت و برگشتی باشند.

۳- آویزهای میله‌ای کوتاهتر از ۳۰ سانتی‌متر می‌توانند به عنوان تکیه‌گاه لرزه‌ای در نظر گرفته شوند. این اعضا باید طوری اجرا شوند که لنگر خمشی در آنها به وجود نیاید.

۴- بست‌های اصطکاکی نباید در اتصالات مهاری (anchorage) مورد استفاده قرار گیرند.

۵- مهارهای انبساطی نباید برای اجزای مکانیکی با قدرت بیشتر از ۱۰ اسب بخار مورد استفاده قرار گیرند.

۶- در مهارهای (Drilled and grouted-in-place) تحت نیروهای کششی باید از سیمان منبسط‌شونده یا گروت اپوکسی منبسط‌شونده استفاده شود.

۷- اجزائی که برروی سیستم‌های جداکننده ارتعاشی قرار دارند، باید در هر جهت افقی دارای ضربه‌گیر یا کمک‌فنر باشند. برای این اجزاء نیروی طراحی F_P ۲ در نظر گرفته می‌شود.

۸- برای اتصالات پیچی به کف‌های صفحه‌فلزی که سخت‌کننده در آنها به کار رفته باشد، باید از واشر استفاده نمود.

۴-۷-۳- ضوابط تجهیزات روشنایی

در مورد تجهیزات روشنایی، علائم روشن شده با نور، پنکه‌های سقفی و اجزاء دیگر که به داکت‌ها یا لوله‌ها متصل نبوده و توسط زنجیر یا به طرق دیگر از سازه آویزان هستند و می‌توانند به طور آزاد نوسان کنند، با تأمین شرایط زیر، نیاز به تکیه‌گاه (قید) لرزه‌ای اضافی ندارند.

۱- در صورتیکه این اجزاء توانایی تحمل شرایط و بارهای زیر را داشته باشد:

الف-۳ برابر بار سرویس (عملیاتی)، به صورت بار ثقلی

ب- ۱/۴ برابر وزن سرویس آن اجزاء به صورت قائم و رو به پایین همراه با نیروی افقی مساوی ۱/۴ برابر وزن سرویس. جهت بار افقی باید طوری انتخاب شود که بحرانی‌ترین حالت و در نتیجه محافظه‌کارانه‌ترین حالت را نتیجه دهد.

۲- تجهیز با اجزاء سایر سیستم‌ها و قطعات سازه‌ای در حین نوسان برخورد نکند.

۳- اتصال به سازه اجازهٔ حرکت در صفحهٔ افقی را بدهد.

۴-۷-۴- ضوابط اتصال لوله‌ها به تجهیزات

در مورد اتصال لوله‌ها به تجهیزات، در صورتی که اتصال لوله به تجهیزات و محلی از جداره تجهیز که لوله به آن متصل می‌شود صلب باشد، نیروی منتقل شده به تجهیز در محل اتصال شدیداً افزایش می‌یابد. در نظر نگرفتن انعطاف (Flexibility) جداره تجهیز باعث کاهش پریود ارتعاشی سیستم می شود که بسته به طیف طرح مورد استفاده می‌تواند سبب نیروهای طراحی کوچکتر و یا در موارد خاصی بزرگتر شود. به علت اینکه این انعطاف به صورت توامان بر روی جابجایی سیستم خط لوله و نیروهای وارد بر آن تاثیر قابل توجهی دارد، کاهشی یا افزایشی بودن اثر آن به آسانی قابل تشخیص نیست. بنابراین لازم است در محل اتصال خط لوله به تجهیزات، قابلیت ارتجاعی تجهیز در مدل‌سازی لحاظ گردد. میزان سختی کل تجهیز به سختی خمشی تجهیز و تکیه‌گاه آن بستگی دارد. یک رابطه ساده برای تعیین سختی تجهیز به صورت زیر می‌باشد.

$$\frac{1}{K}=\frac{1}{K_V}+\frac{1}{K_L} \qquad (۵-۴)$$

در رابطه فوق، K: سختی کل جزء غیرسازه‌ای و تکیه‌گاه، K_V: سختی تجهیز، و K_L: سختی تکیه‌گاه می‌باشد. مقدار سختی تجهیز از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$K_V=\frac{12EI}{h^3} \qquad (۶-۴)$$

h فاصله مرکز جرم تجهیز تا محل اتصال آن به تکیه‌گاه، E مدول یانگ، I ممان اینرسی تجهیز می‌باشد. یک روش بسیار مناسب، تعبیه یک فاصله بسیار کوچک بین لوله و تکیه‌گاه فولادی برای جلوگیری از هر نوع آسیب است. در طراحی باید ارتفاع واقعی مراکز جرم قطعات نگهداری شده در قفسه در نظر گرفته شود.

فصل پنجم

اتصال و مهار اجزاء معماری، مکانیکی و الکتریکی

۵-۱- کلیات

با توجه به ضوابط ارائه شده در فصل چهارم این دستورالعمل، لازم است اجزای غیرسازه‌ای بسته به نیاز، مهار لرزه‌ای شوند. قیود لرزه‌ای مورد نیاز اجزاء غیرسازه‌ای براساس ضریب عملکرد، اندازه و وزن آنها تعیین می‌گردد. در انتخاب و نصب قیود لرزه‌ای برای مقاوم‌سازی اجزاء غیرسازه‌ای،نکات زیر باید رعایت شود:

۱- مهار لرزه‌ای نصب شده برای یک سیستم با مهار نصب شده برای سیستم‌های دیگر تداخل پیدا نکند.

۲- در صورت نیاز به سوراخ کردن دیوارهای غیرسازه‌ای یا در مواردی که تجهیزات دیگری در مسیر انتقال بار مهار قرار داشته باشند، باید تمهیدات ویژه مطابق این فصل در نظر گرفته شود.

۳- انتهای مهار لرزه‌ای همواره باید به قطعه سازه‌ای متصل باشند که مقاومت کافی برای مقابله با بار طراحی ناشی از زلزله مطابق فصل ۴ را داشته باشد.

نمونه‌هایی از مهار تجهیزات در شکل (۵-۱) نشان داده شده است.

شکل ۵-۱- نمونه‌هایی از مهارهای مورد استفاده تجهیزات

۵-۱-۱- ضوابط نصب مهارها

در موارد زیر نیاز به استفاده از مهارها لرزه‌ای نیست:

الف. اجزاء غیرسازه‌ای که دارای تمام شرایط زیر باشند:

۱- دارای ضریب عملکرد ۱/۰ باشند.

۲- دارای اتصالات انعطاف‌پذیر بین اجزاء و تمامی داکت‌های مربوطه، لوله‌کشی‌ها و کانال‌ها باشند.

۳- در ارتفاع کمتر یا مساوی $1/2\,m$ از کف طبقه نصب شوند.

۴- دارای وزن کمتر یا مساوی $20\,kg$ باشند.

ب. اجزاء غیرسازه‌ای که دارای تمام شرایط زیر باشند:

۱- دارای ضریب عملکرد ۱/۰ باشند.

۲- دارای اتصالات انعطاف‌پذیر بین اجزاء و تمامی داکت‌ها، لوله‌کشی‌ها و کانالهای مرتبط باشند.

۳-دارای وزن کمتر یا مساوی kg ۱۰ باشند.

ج. سیستم‌های توزیع مکانیکی و الکتریکی که دارای تمام شرایط زیر باشند:

۱- دارای ضریب عملکرد ۱/۰ باشند.

۲- دارای اتصالات انعطاف‌پذیر بین اجزاء آن و تمامی داکت‌ها، لوله‌کشی‌ها و کانالهای مرتبط باشند.

۳-دارای وزن کمتر یا مساوی kg/m ۷/۵باشند.

در صورت عدم وجود شرایط فوق‌الذکر، از مهار لرزه‌ای طبق ضوابط این فصل استفاده خواهد شد.

۵-۲- مقاوم‌سازی اجزاء معماری

۵-۲-۱- نماهای خارجی

۵-۲-۱-۱- نماهای چسبانده شده

این نوع پوشش‌ها معمولاً شامل کاشی‌ها، آجر نما، نمای سنگ، سفال، سرامیک یا نمای گچی می‌باشند که توسط چسب به سطح زیرین آنها متصل شده و ممکن است در اثر سقوط خطرآفرین باشند.

ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای

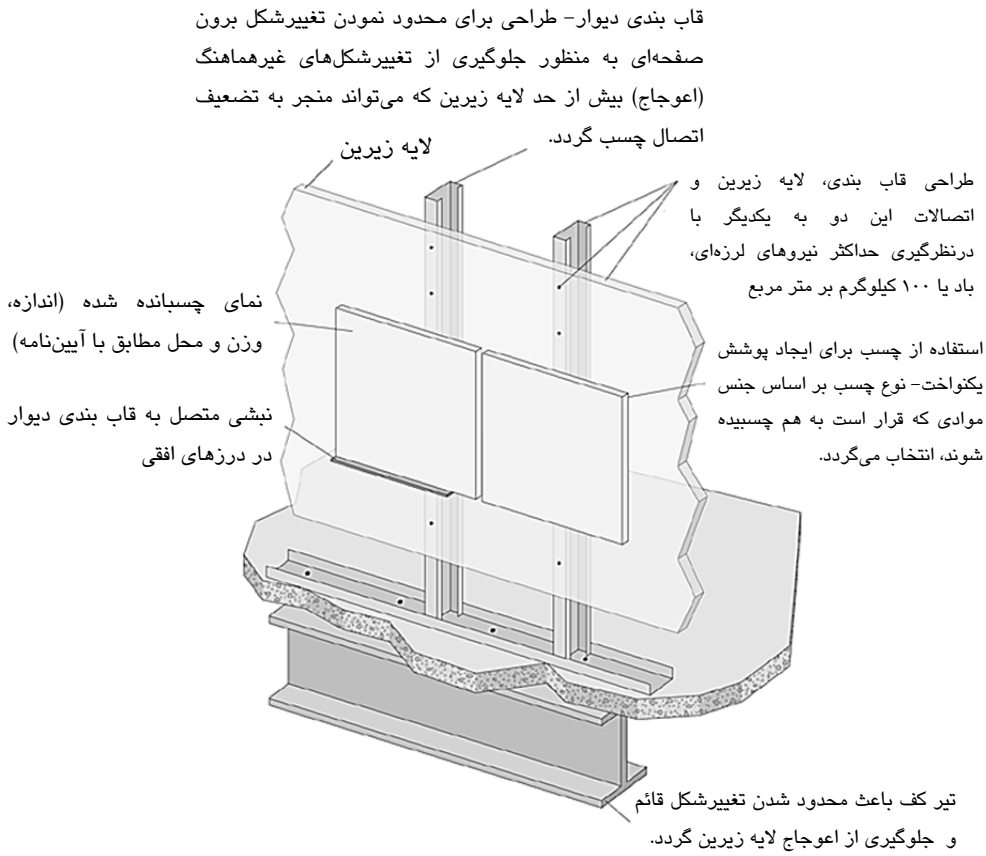
الف- هرگونه پوشش آسیب دیده یا ترک خورده باید تعمیر گردد؛ هرگونه خرابی یا فرسودگی در لایه زیرین باید تعمیر گردد.

ب-نمای بالای خروجی‌ها یا مسیرهای پیاده‌رو، به خصوص قطعات بزرگی که در ارتفاع بیش از ۳ متر نصب می‌شوند، باید برداشته شوند.

ج- سازه نگهبان در صورت وجود برای تحمل وزن و ضربه ناشی از برخورد اجزای سقوط کرده نما به خصوص بالای خروجی ها و پیاده‌رو ها طراحی شود.

د- از دسترسی عابر پیاده به مکان‌هایی که احتمال افتادن اجزای سقوط کرده وجود دارد با ایجاد مانع یا منظرهای عریض جلوگیری شود.

نمونه‌ای از جزییات اتصال نماهای چسبانده شده در شکل ۵-۲ ارائه شده است.



شکل ۵-۲- دیتایل مناسب برای اتصال صفحات نمای متصل شده توسط چسب

۵-۲-۱-۲- نماهای دوخته شده

نماهای دوخته شده معمولاً قطعات مصالح بنایی یا سنگی هستند که توسط اتصالات مکانیکی به سازه متصل شده‌اند. قطعات و اتصالات مزبور باید طوری طراحی شوند که قادر به تحمل تغییرشکل‌های ناشی از زلزله مربوطه باشند. در غیر اینصورت خطر سقوط قطعات نما وجود خواهد داشت.

ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای

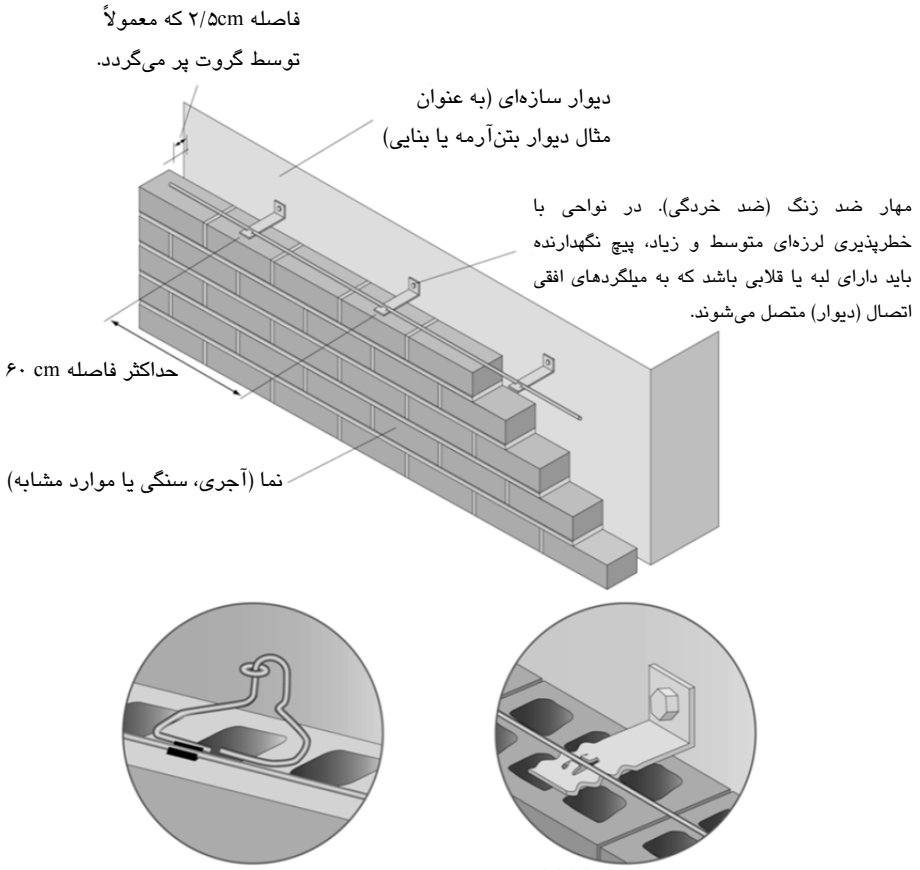
الف- الزامات و محدودیت‌های قابل ذکر مربوط به استفاده از نماهای دوخته شده در فصل ۴ عنوان شده است. این موارد شامل محدودیت ارتفاع، جابجایی نسبی (دریفت)، تغییرشکل و محدودیت‌های مربوط به سرعت باد مبنا، اندازه حفره‌ها،حداقل ضخامت ملات و فاصله حداقل بست‌هامی‌باشند.

ب- مهارهای موجود باید به صورت دوره‌ای کنترل شده و مهارهای زنگ زده تعویض شوند. شایان ذکر است با افزایش تعداد مهارها خطر سقوط قطعات نما کمتر می‌گردد.

ج- مهارها می‌توانند شامل سیم‌های فلزی یا گیره‌هایی باشند که از یک سو توسط بست مکانیکی به دیوار سازه‌ای تکیه‌گاه متصل شده و از سوی دیگر در ملات بین ردیف پوشش (ونیرها) قرار گرفته‌اند. برای مقابله با زلزله باید علاوه بر موارد فوق یک سیم افقی در ملات قرار گرفته و به مهار نیز متصل باشد. در شکل ۵-۳ نمونه‌ای از این اتصال مشاهده می‌گردد. در این شکل اتصال نمای سنگی به دیوار بنایی مسلح توسط گیره فلزی متصل به پشت بند عمودی و پیچ شده به دیوار بنایی نشان داده شده است.

شکل ۵-۳- نصب نمای سنگی

همچنین می‌توان از جزییات اتصال نشان داده شده در شکل ۵-۴ برای مقاوم‌سازی این نوع نماها در برابر زلزله استفاده نمود.



شکل ۵-۴- نمای مهار شده توسط اتصالات مکانیکی

۵-۲-۲- نماها و دیواره‌های شیشه‌ای

خرابی در نماهای شیشه‌ای به هر دو صورت برون‌صفحه‌ای و درون‌صفحه‌ای رخ می‌دهد. به طور خاص نماهای شیشه‌ای در سازه‌های نرم با تغییرمکان نسبی قابل توجه بین طبقات آسیب‌پذیر می‌باشند. همچنین پنجره‌های بزرگ اطراف فروشگاه‌ها نیز به لحاظ لرزه‌ای آسیب‌پذیر می‌باشند.

ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای

الف- طراحی نماهای شیشه‌ای وابسته به جابه‌جایی نسبی (گریز) طبقه محاسبه شده ساختمان می‌باشد. به طور کلی نماهای شیشه‌ای در سیستم‌های سازه‌ای سخت‌تر، که دارای دریفت (گریز) طبقه کمتر بوده یا در پنجره‌هایی که دارای جرز با فضای خالی بیشتری هستند، عملکرد بهتری دارند. در فصل چهارم ضوابط حداقل $\Delta_{fallout}$ ارائه شده است در صورت ارضا نشدن این معیار و در اثر تغییر مکان نسبی، خطر جداشدن شیشه از قاب نگهدارنده و افتادن آن وجود دارد.

ب- منظور از شیشه‌های ایمنی (شیشه نشکن) شیشه‌های بازپخت شده یا طلقی (لامینت) بوده و در مواردی استفاده از آن ها الزامی است. به عنوان مثال استفاده از این شیشه‌ها در نقاطی با فاصله ارتفاع بیش از ۳ متر نسبت به ورودی‌های

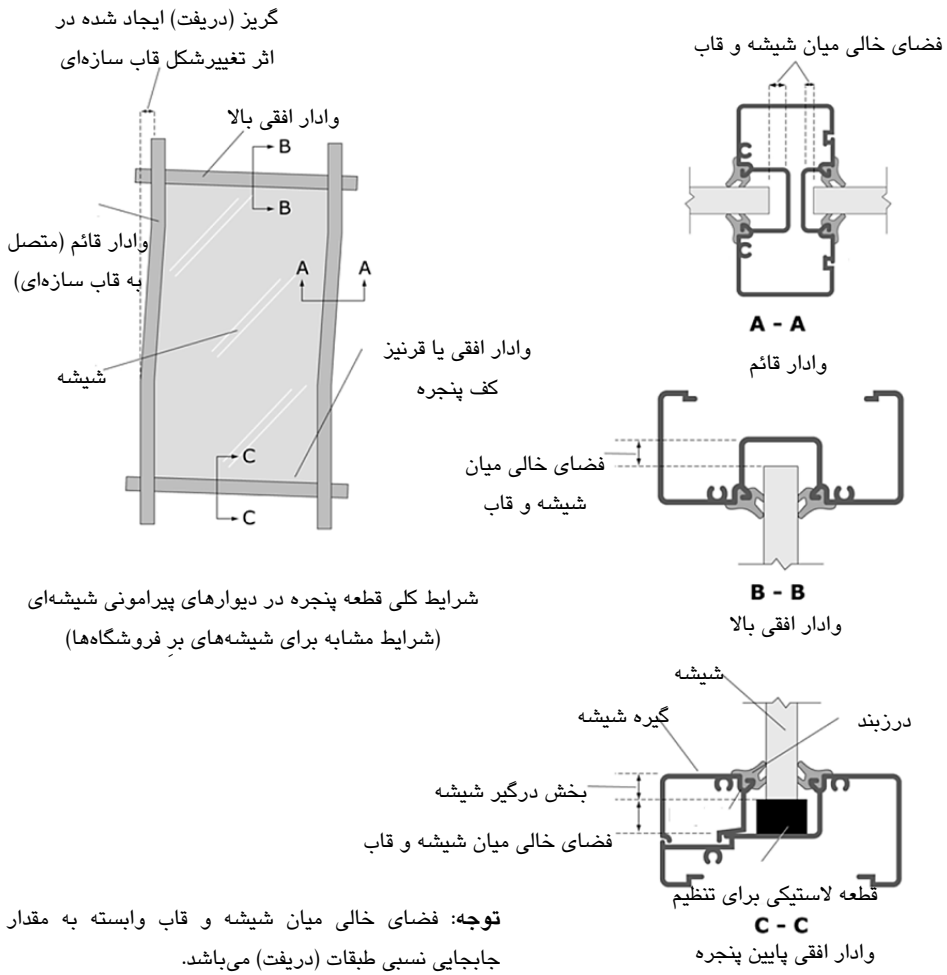
ساختمان ضروری است. استفاده از شیشه‌های بازپخت شده به طور قابل ملاحظه ای خطرپذیری لرزه‌ای را کاهش می‌دهد زیرا در اثر شکستن، این شیشه‌ها به صورت تکه‌های ریز بدون گوشه تیز خرد می‌گردند. شیشه‌های طلقی (لامینت) پس از شکستن در محل خود باقی می مانند و با شکستن به صورت تکه تکه در نمی‌آیند. شیشه‌های مسلح با شبکه‌ای از سیم‌های فولادی در مواردی که شیشه تحت اثر آتش (حرارت بالا) و ضربه نمی‌باشد، کاربرد دارند. پنجره‌های اطراف فروشگاه‌ها در طبقات هم کف به دلیل اینکه سطح بزرگی را اشغال می‌نمایند، منجر به تشکیل طبقه نرم یا پیچش در ساختمان می‌گردد. استفاده از شیشه‌های طلقی برای پنجره‌های اطراف فروشگاه‌ها باعث کاهش خطرپذیری لرزه‌ای و افزایش امنیت در مقابل دزدی می‌گردد.

ج- برای جلوگیری از جداشدن قطعات کوچکتر شکسته شده از یکدیگر می‌توان از لایه نازک پلاستیکی استفاده کرد. استفاده از این لایه های نازک باعث کاهش خطرپذیری لرزه‌ای به خصوص برای موقعیت پنجره‌هایی که در ارتفاع بیش از سه متر از بالای درب‌های ورودی یا در طول راهروها واقع می‌باشند، می‌گردد. استفاده از این لایه‌های نازک برای مقاوم‌سازی معمولاً از لحاظ اقتصادی به صرفه بوده و به دلایل دیگری نظیر افزایش امنیت یا کاهش نفوذ گرمای خورشیدی، نیز به کار می‌روند. اتصال لایه نازک مزبور به گوشه‌های قاب پیرامونی علاوه بر نگه داشتن تکه‌های شکسته شده در محل باعث عدم فروریزی کل قطعه شیشه می‌گردد.

د- از قرار دادن تخت خواب، میز، صندلی یا مبلمان در نزدیکی پنجره‌های بزرگ می‌بایست خودداری گردد.

ر- ایجاد پوشش سبز (landscaping strips) یا ایجاد محدودیت برای تردد عابر پیاده در مکان‌هایی که امکان افتادن قطعات بزرگ شیشه یا دیوارهای پیرامونی بلند وجود دارد، می‌تواند منجر به کاهش خطرپذیری لرزه‌ای گردد.

می‌توان از جزییات ارائه شده در شکل (۵-۵) به عنوان یک نمونه مقاوم‌سازی شده در برابر زلزله استفاده نمود:



شکل ۵-۵- دیوار خارجی شیشه‌ای

چنانچه تغییرشکل دیواره‌های شیشه‌ای معیارهای پذیرش را برآورده نسازد، باید تغییرمکان جانبی نسبی طبقات سازه را محدود کرد یا با ارائه جزئیات ویژه، اتصال سیستم دیواره شیشه‌ای به سازه را جدا نمود. همچنین می‌توان شیشه را با شیشه کاملاً بازپخت شده یا لایه‌ای جایگزین نمود که هنگام خردشدن ایمنی بالایی داشته باشد یا پس از خردشدن در قاب خود باقی بماند.

۵-۲-۳- پارتیشن‌های داخلی

۵-۲-۳-۱- پارتیشن‌های داخلی سنگین

ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای

الف-پارتیشن های سنگین باید در جهت خارج از صفحه مقید شده و در جهت درون صفحه دارای اتصال آزاد باشند. این امر می‌تواند توسط نبشی های فولادی متصل به دال سازه‌ای بالا در هر سمت انجام گردد. نبشی‌های فولادی می‌توانند پیوسته یا منقطع باشند (شکل ۵-۶). توجه شود که برای عایق صدا یا عایق حرارتی بودن و ... ممکن

است نیاز به جزئیات خاص دیگری باشد.

ب- در صورتی که از پارتیشن به عنوان مهار جانبی دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌گردد، پارتیشن و مهارهای لازم باید برای بار وارده کنترل گردند.

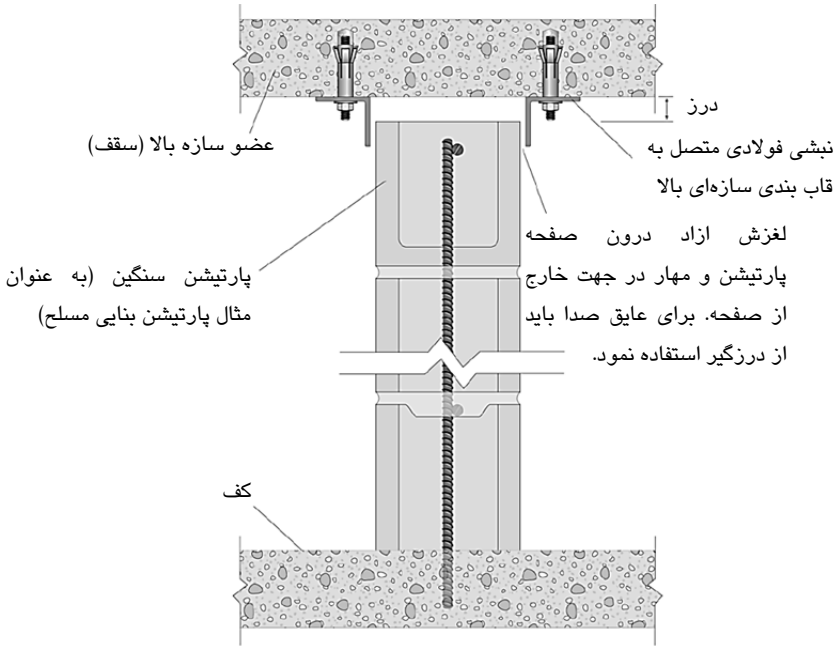
ج- پارتیشن هایی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهند (دیوار کوتاه) باید از قاب سازه‌ای جدا گردند، زیرا در غیر اینصورت باعث تشکیل "ستون کوتاه" در سازه شده و باعث خرابی آن می‌گردد (شکل ۵-۷).

شکل‌های ۵-۸ و ۵-۹ جزئیات مربوط به اتصال پارتیشن‌ها با سقف و ستون‌های اطراف را نشان می‌دهد.

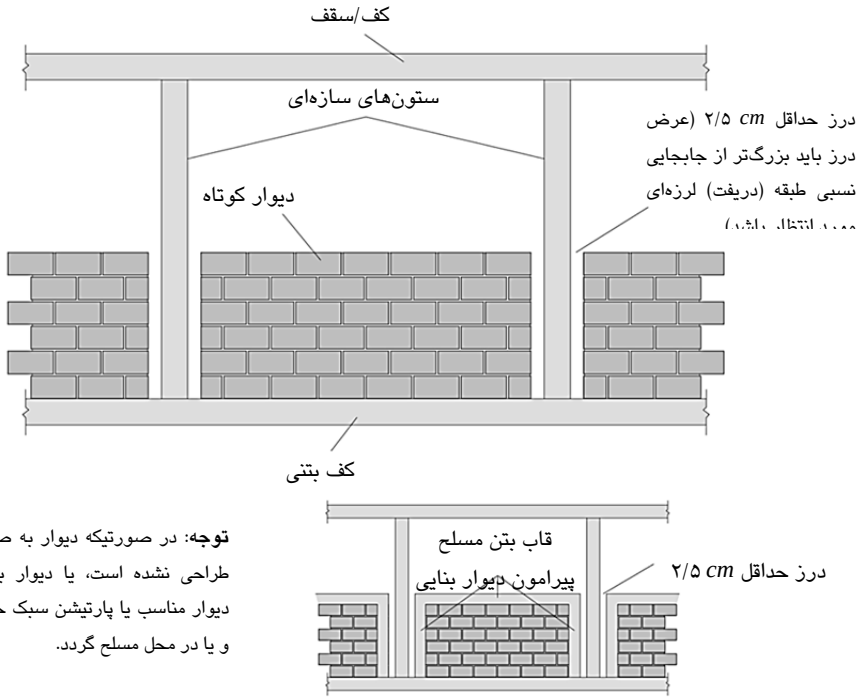
شکل ۵-۶- استفاده از نبشی برای مهار دیوار در جهت خارج از صفحه

شکل ۵-۷- جزئیات جداسازی پارتیشن از ستون برای جلوگیری از پدیده "ستون کوتاه"

می‌توان از جزییات زیر به عنوان یک نمونه مقاوم در برابر زلزله استفاده نمود.



شکل ۵-۸- پارتیشن سنگین تمام ارتفاع



توجه: در صورتیکه دیوار به صورت طره‌ای طراحی نشده است، یا دیوار برداشته و با دیوار مناسب یا پارتیشن سبک جایگزین گردد و یا در محل مسلح گردد.

شکل ۵-۹- پارتیشن سنگین کوتاه

۵-۲-۳-۲- پارتیشن‌های داخلی سبک

پارتیشن‌های سبک با ارتفاع نیمه‌تمام (پارتیشن‌هایی که بخشی از ارتفاع طبقه را پوشش می‌دهند) ممکن است در اثر آسیب وارده به قاب بندی طبقه‌ای که به آن متصل هستند یا در اثر خرابی در جهت خارج از صفحه آسیب ببینند، مگر در حالتی که به صورت جانبی به سقف بالا مهار گردند. همچنین خرابی این پارتیشن‌ها علاوه بر سقوط بر سر ساکنین منجر به بستن راهروها و درهای خروجی می‌گردد که در مواقع اضطراری خروج ساکنین را با مشکل مواجه می‌سازد.
هنگامیکه از این پارتیشن‌ها به عنوان تکیه گاه پانل‌های الکتریکی، قفسه‌ها یا دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده گردد، خرابی پارتیشن منجر به آسیب دیدگی عضو غیرسازه‌ای خواهد شد. همچنین در صورتیکه دیوار به طور مناسب طراحی نشده باشند، عناصر سنگین متصل به پارتیشن سبک ممکن است باعث خرابی پارتیشن گردند.

ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای

الف- برای ساختمان‌های چند طبقه و مهندسی ساز، پارتیشن‌های غیر باربر باید از سیستم سازه‌ای به منظور جلوگیری از آسیب وارده به پارتیشن جدا گردند. در نتیجه پارتیشن‌های تمام ارتفاع باید در جهت خارج از صفحه مهار شده اما در جهت داخل صفحه آزادانه بتوانند بلغزند. این امر به طور معمول توسط قاب‌بندی فلزی بخصوصی تامین می‌گردد. باید توجه داشت عایق‌بندی صدا، حرارت و ضد حریق بودن باید به نحو لازم تامین گردد. در دیتایل اتصال آزاد دیوارهای عمود متصل به هم باید دقت ویژه بکار گرفته شود، زیرا مهار لازم برای قید خارج از صفحه یک دیوار باعث مهار دیوار عمود بر آن در جهت درون صفحه می‌گردد.

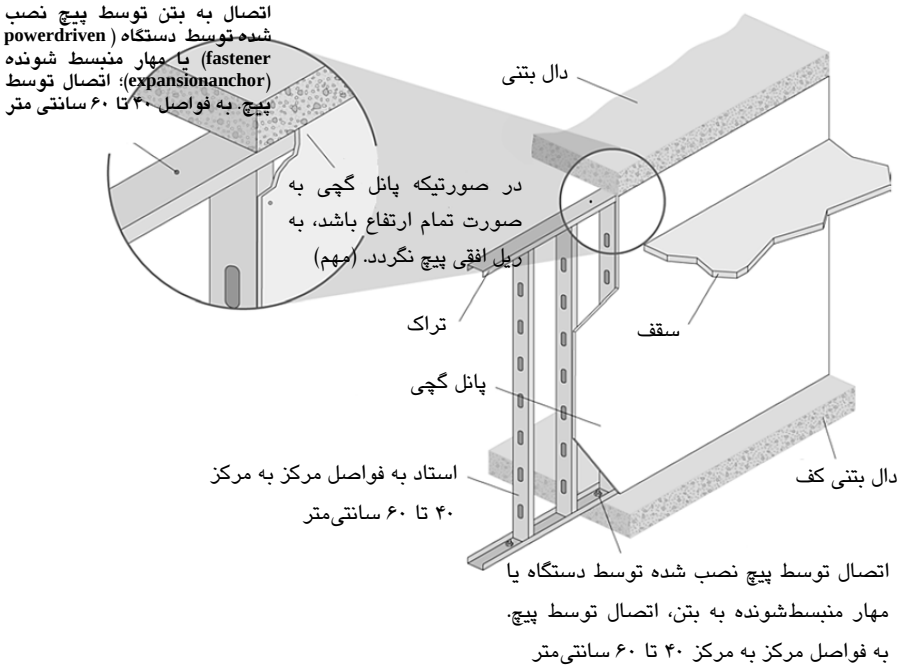
ب- در ساختمان‌های کوچک‌تر، می‌توان تمامی دیوارهای تمام ارتفاع را به دیافراگم سازه‌ای بالای آن متصل نمود. در اینصورت اگر پارتیشن‌ها از کف تا کف دارای پوشش باشند، این پوشش‌ها می‌توانند مهار جانبی اضافی برای پارتیشن‌ها محسوب شوند. پارتیشن‌های با ارتفاع نیمه‌تمام باید از لحاظ جانبی به سازه بالای آن مهار گردند. ممکن است در فواصل ۱/۲ تا ۲/۴ متری نیاز به مهاربند باشد.

ج- در صورتیکه پارتیشن‌ها به عنوان مهار جانبی برای دیگر اعضای غیرسازه‌ای تلقی می‌گردند، پارتیشن و مهار جانبی گفته شده در حالات قبلی باید برای بارهای وارده کنترل شوند.

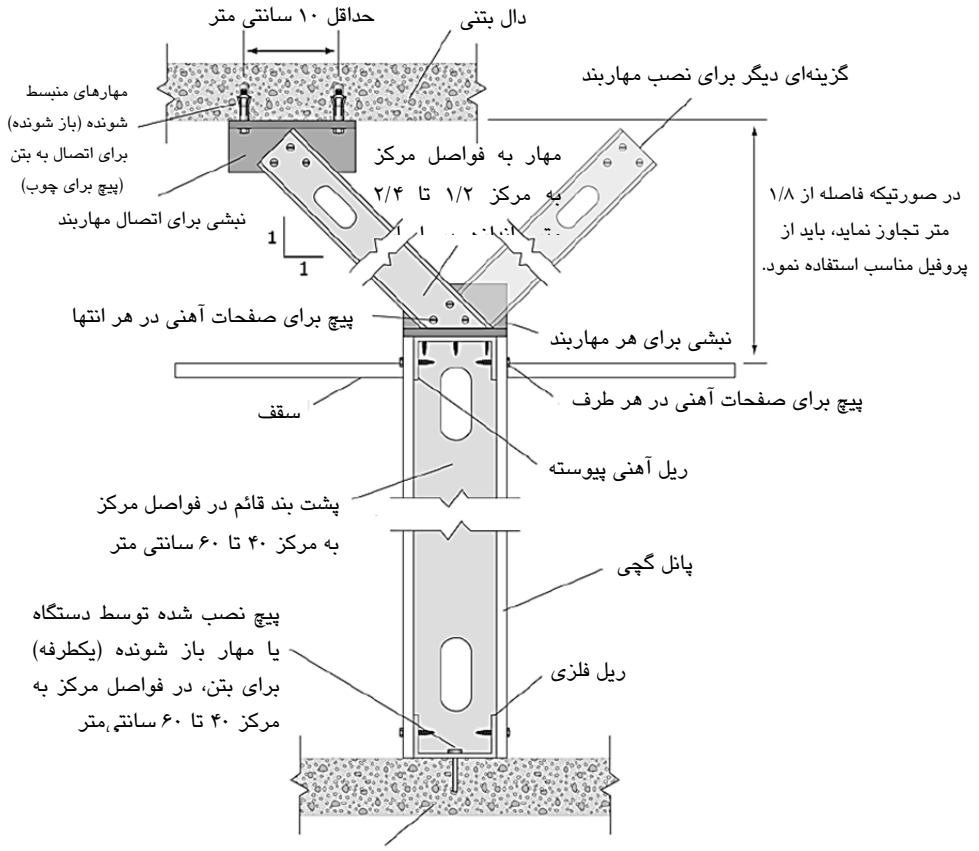
شکل ۵-۱۰ نمونه‌ای از روش‌های کاهش آسیب وارده به پارتیشن‌های سبک را نشان می‌دهد.

شکل ۵-۱۰- مهار پارتیشن با ارتفاع جزئی با چهارچوب فلزی به سقف بالا

شکل‌های ۵-۱۱ و ۵-۱۲ نمونه‌ای از دیتایل‌های اجرایی پارتیشن‌های سبک را برای حالات پوشش تمام ارتفاع و نیمه تمام ارائه می‌کند.



شکل ۵-۱۱- دیوار تمام ارتفاع غیر باربر با قاب‌بندی



شکل ۵-۱۲- پارتیشن غیرسازه‌ای که کل ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهد

۵-۲-۴- سقف کاذب

ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای

الف- در زیر بالکن‌های طره یا سایه‌بان‌هایی که دچار شتاب قائم بالایی به هنگام زلزله می‌شوند، لازم است که فاصله آویزهای سقف کاذب نسبت به یکدیگر کاهش یابد. باید توجه نمود که پوشش خارجی ساختمان مانند اندود گچ و سیمان برای باد باید طراحی شوند.

ب- گچ‌کاری سقف‌ها برای ارضای الزامات مورد نیاز برای آتش و عایق‌نمودن در برابر صدا و یا هر دو بکار می‌رود. در برخی موارد باید دقت نمود که جزئیات اجرایی پیرامونی، تأمین کننده درز انبساط باشند و اجازه حرکت نسبی به دیوارها داده شود ولی محافظت در برابر آتش همچنان تأمین شده باشد.

ج- بهره گیری از سیستم‌های دارای گواهی برای جزئیات لرزه‌ای هنگامی که عایق‌بندی آتش و صوت لازم است، باید کنترل شود. این سیستم‌ها باید دقیقاً با جزئیات آزمایش شده نصب شوند وگرنه معتبر نخواهد بود.

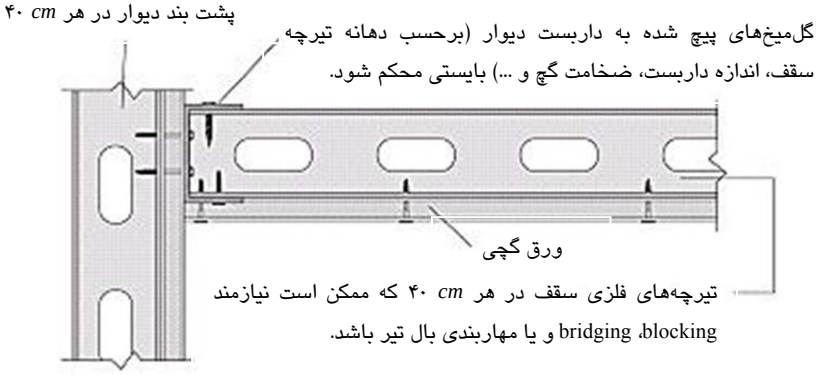
د- ارائه جزئیات لرزه‌ای برای سقف‌های کاذب با مساحت کمتر از ۱۳ مترمربع که توسط دیوارها به صورت جانبی در سازه مهار شده‌اند لازم نیست (این استثناء برای سیستم‌های سقف‌های کاذب آویخته سبک یا سنگین بکار می‌رود).

ر- جزئیات لرزه‌ای خاصی برای سقف‌های سنگین دیگر مانند گچ، چوب و یا پانل‌های فلزی یا برای سقف لایه گچی در ارتفاع‌های مختلف ممکن است مورد نیاز باشد. برای این موارد، جزئیات به صورت مشابه با آن چه برای سقف‌های عایق صوت استفاده می‌شود، بوده ولی جهت حفظ ایمنی از مهاربندی بیشتری استفاده می‌شود. مهاربندی لرزه‌ای برای سقف‌های سنگین آویخته به صورت معمول شامل یک میله فشاری قائم و مهارهای سیمی کششی قطری می‌باشد. در برخی موارد می‌توان به جای مهاربندی سیمی و میله‌های فشاری از اعضای خمشی (معمولاً از فولاد سرد نورد) استفاده نمود.

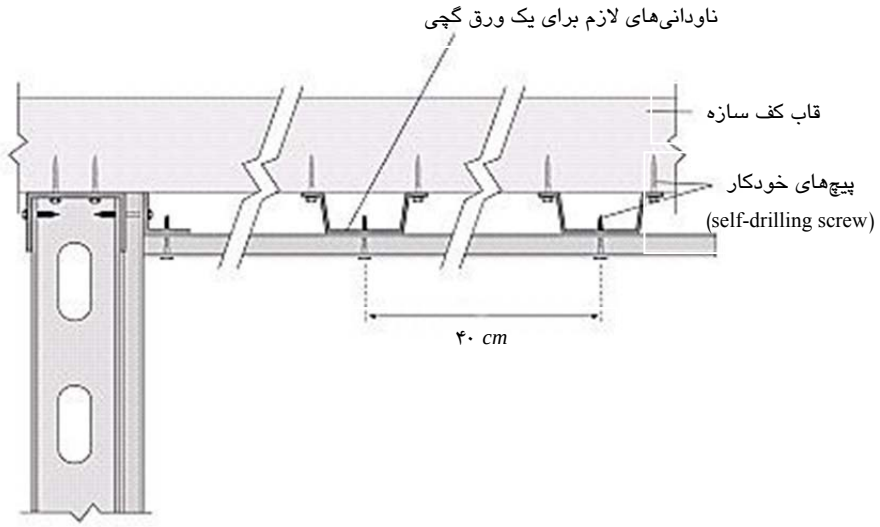
شکل ۵-۱۳ نمونه‌ای از روش‌های کاهش آسیب وارده به سقف‌های کاذب را نشان می‌دهد.

شکل ۵-۱۳- جزئیات سقف لایه گچی مهاربندی شده معلق با اعضای خمشی در فواصل ۱/۸ تا ۲/۴ متری تأمین شده است .

شکل‌های ۵-۱۴ الی ۵-۱۸ جزئیات مقاوم‌سازی سقف‌های کاذب را ارائه می‌کنند.

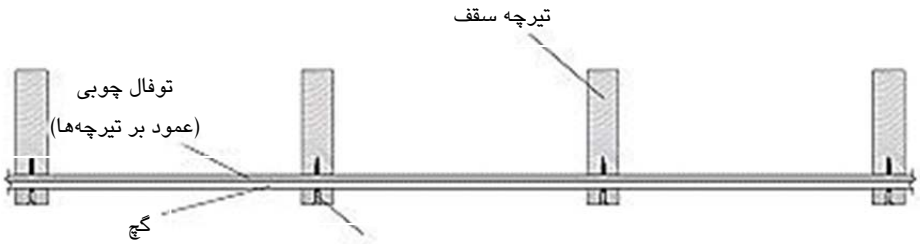


الف) ورق گچی متصل شده به تیرهای سقف



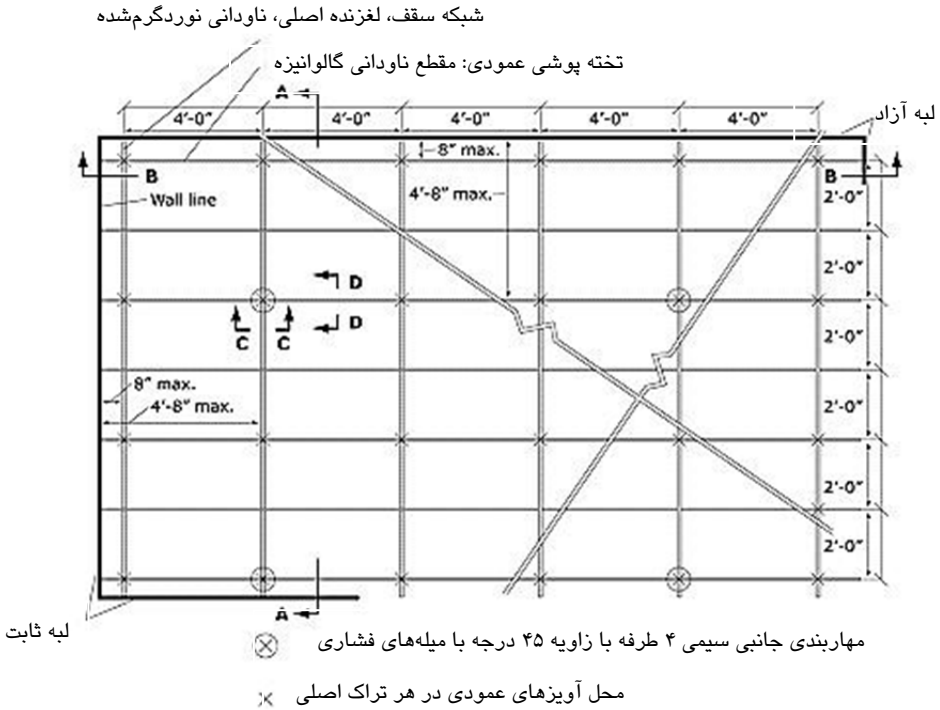
ب) ورق گچی متصل شده به ناودانی یا مقاطع مشابه

شکل ۵-۱۴- سقف ورق گچی مستقیم وصل شده به سازه



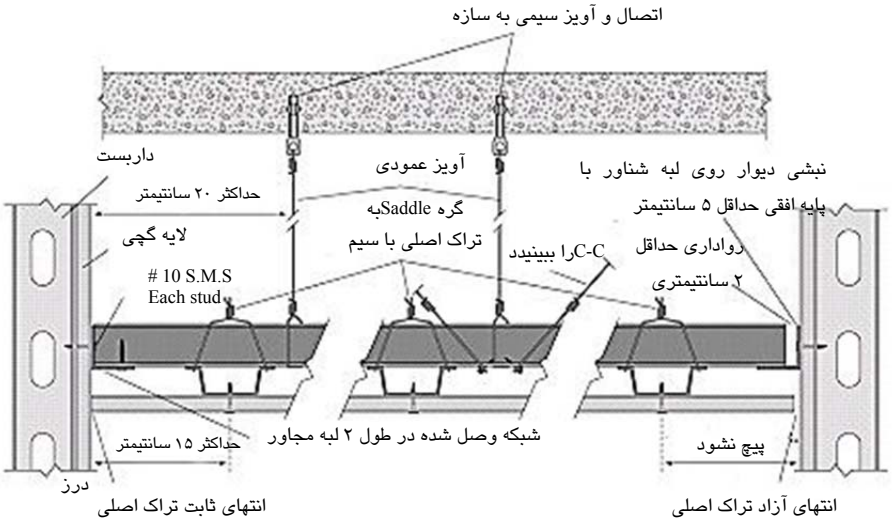
نوارهای چوبی جدید پیچ شده به تیرچه‌ها با پیچ از نوع lag-screw.
نوارهای چوبی را می‌توان به موازات یا عمود بر تیرچه‌های سقف به کار برد.

شکل ۵-۱۵- جزئیات مقاوم‌سازی سقف کاذب

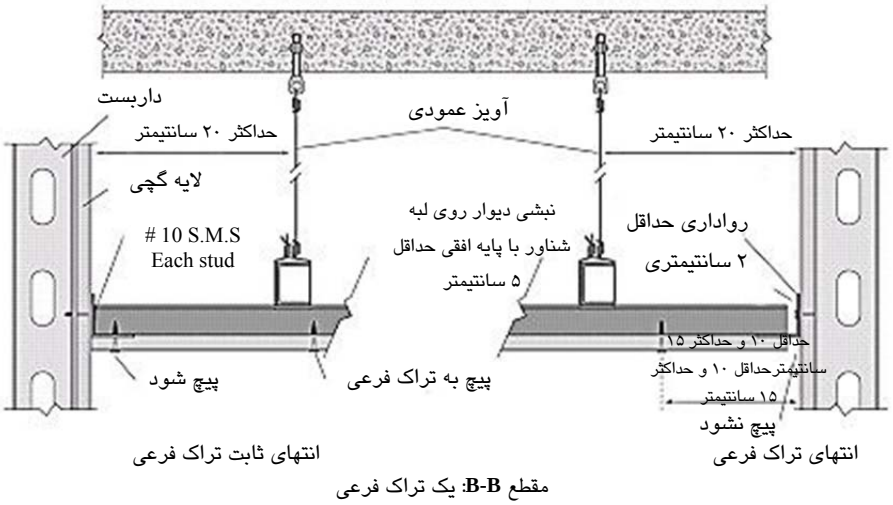


شکل ۵-۱۶- پلان مهاربندی عرضی برای شبکه سقف سنگین معلق

مقاطع A و B در شکل ۵-۱۷ و C و D در شکل ۵-۱۸ ارائه شده است.

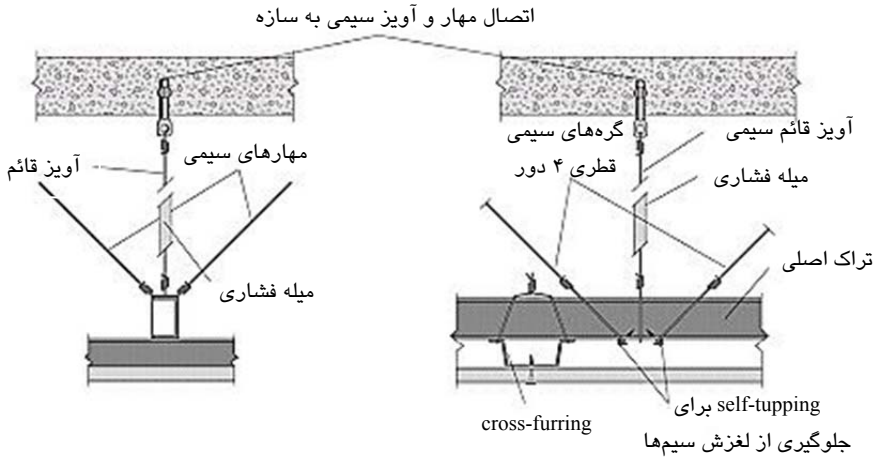


مقطع **A-A**: یک تراک اصلی



مقطع **B-B**: یک تراک فرعی

شکل ۵-۱۷- جزئیات پیرامونی سقف کاذب گچی

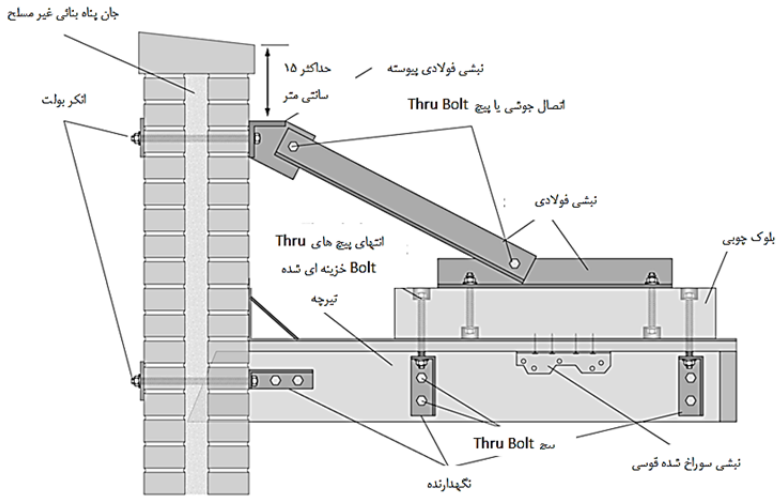


شکل ۵-۱۸- جزئیات مهاربندی جانبی برای سقف لایه گچی معلق

۵-۲-۵- جان‌پناه‌ها و پیش‌آمدگی‌ها

در شکل‌های زیر نمونه‌ای از راهکارهای طراحی تجویزی برای جان‌پناه‌های آجری کوتاه‌تر از ۱/۲ متر که دارای مهار می‌باشند، نشان داده شده است. فاصله مرکز به مرکز مهارهای جان‌پناه‌ها نباید بیشتر از ۲/۴ متر باشد.

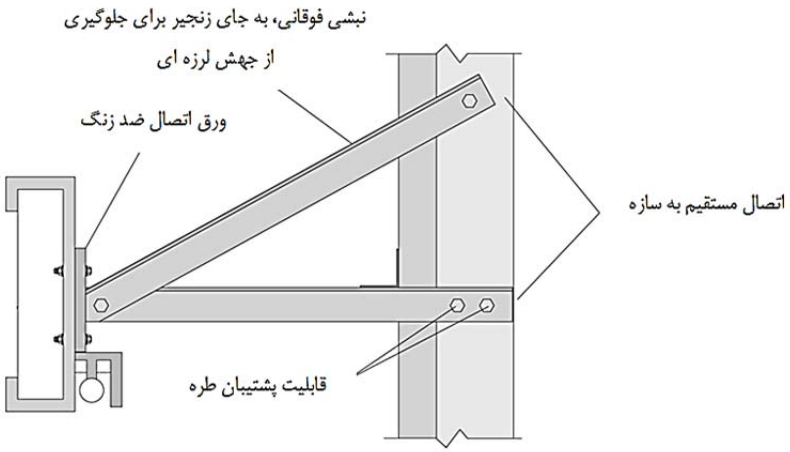
شکل ۵-۱۹- نمونه‌ای از نحوه مهار جان‌پناه غیر مسلح بنائی



شکل ۵-۲۰- جزئیات مهار جان‌پناه بنائی غیر مسلح

۵-۲-۶- سایه‌بان‌ها

در شکل زیر نمونه‌ای از راهکارهای تجویزی برای بهسازی سایه‌بان‌ها و تابلوها نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۱- جزئیات مهار سایه‌بان

۵-۲-۷- دودکش‌های ساختمانی

در شکل زیر نمونه‌ای از راهکارهای تجویزی برای بهسازی دودکش‌های ساختمانی نشان داده شده است.

شکل ۵-۲۲- نمونه ای از نحوه مهار دودکش

۵-۲-۸- راه‌پله‌ها

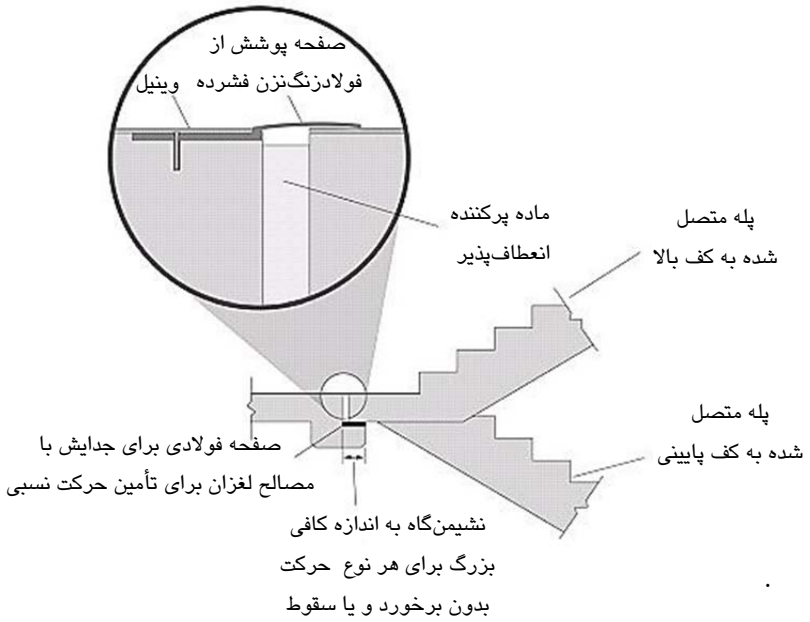
پله‌ها برای تخلیه ساکنان پس از وقوع زلزله مورد نیاز بوده و حفظ عملکرد آنها پس از زلزله از اولویت بالایی برخوردار می‌باشد. برای مقاوم‌سازی راه‌پله‌ها می‌توان پله را مقاوم‌سازی سازه‌ای نمود و یا با مهاربندی آن را تقویت نمود. یک روش دیگر کاهش اندرکنش پله و سازه با استفاده از جداسازی آن می‌باشد.

ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای:

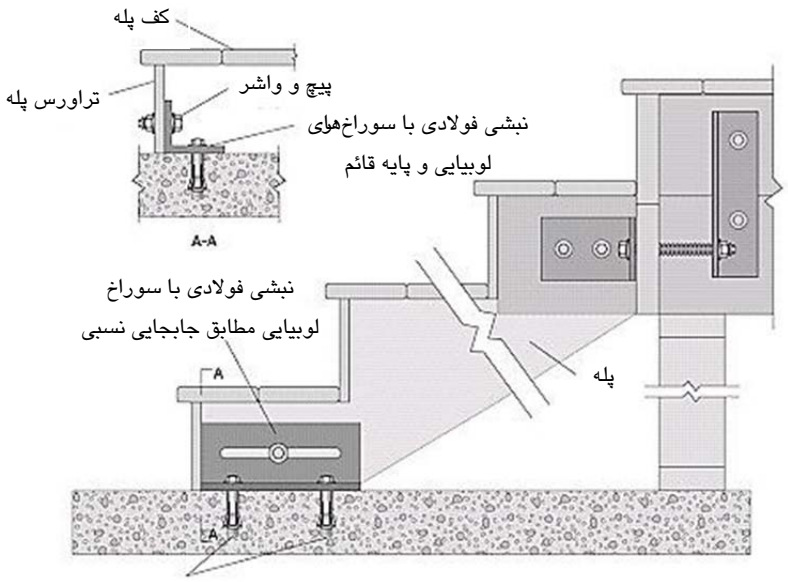
الف- جهت جلوگیری از باربری لرزه‌ای پله‌ها، می‌توان جزئیات نشیمن راه‌پله در محل پاگرد پله را به گونه‌ای تغییر داد که در یک کف، ثابت بوده و در کف دیگر دارای اتصال لغزنده باشند تا اجازه حرکت موازی با جهت پله فراهم شود.

ب- در پله‌های سبک اتصالاتی با سوراخ‌های لوبیایی برای جداسازی پله از کف‌های متصل و جلوگیری از خرابی ناشی از گریز بین طبقه‌ای مفید می‌باشند.

ج- تأمین خروجی‌های ایمن عاملی بسیار مهم برای ایمنی راه‌پله‌ها در برابر زلزله است. اگر نرده پله‌ها با مصالح ترد مانند مصالح بنایی غیرمسلح، سفال کاری مجوف و ... ساخته شده باشد می‌بایست دارای درزهای اجرایی لازم بوده و یا اینکه با مصالح دیگری جایگزین شوند تا از آوار و خطرات ناشی از سقوط مصالح در پله‌ها جلوگیری شود. لوله‌ها، چراغ‌ها، چراغ‌های اضطراری یا کانال‌ها باید دارای مهاربند باشند تا از خطر سقوط و ایجاد آوار در پله‌ها جلوگیری شود. شکل‌های ۵-۲۳ و ۵-۲۴، برخی از دیتایل اجرایی مورد استفاده در راه‌پله‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۳ راه‌پله با پاگرد



شکل ۵-۲۴- راه‌پله با پاگرد بین کف‌ها

۵-۲-۹- کف‌های کاذب

در شکل زیر نمونه‌ای از راهکارهای تجویزی برای بهسازی کف‌های کاذب نشان داده شده است.

شکل ۵-۲۵- نمونه‌ای از نحوه مهار اجزای کف کاذب

شکل ۵-۲۶- قاب بندی فولادی برای مهار کف کاذب

۵-۲-۱۰- آسانسورهای کابلی

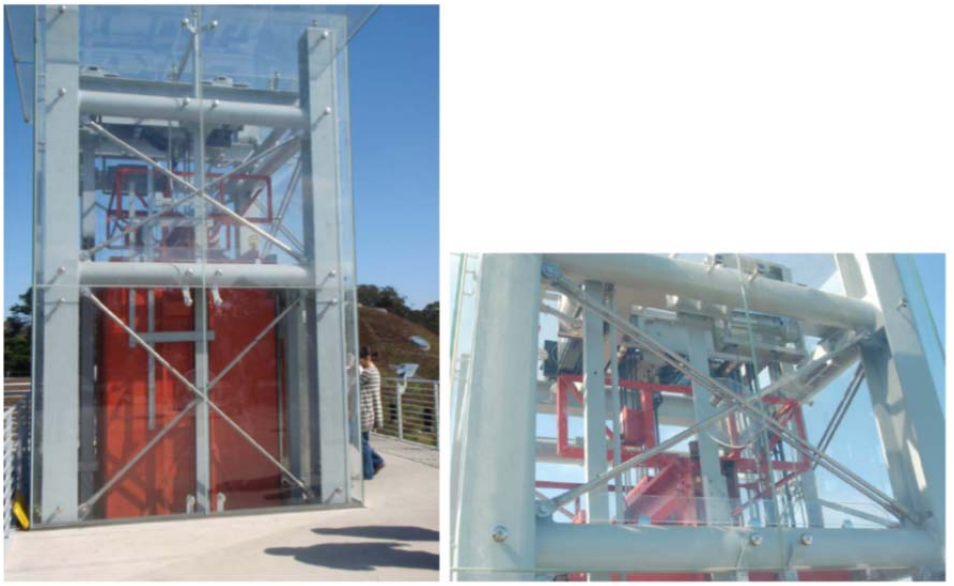
در حال حاضر ممعمولاً آسانسورها به صورت کابلی دنده دار، کابلی بدون دنده، آسانسورهای بدون اتاق ماشین که از تسمه‌های صاف به جای کابل فولادی استفاده می‌کنند، تولید می‌شوند. آسانسورها سیستم‌های مکانیکی پیچیده‌ای هستند که دارای بخش‌های متحرک و اجزای الکترونیک زیادی بوده و خرابی هر کدام از آن‌ها عملکرد تمام سیستم را مختل می‌کند. برقراری عملکرد عادی آسانسور بعد از زلزله برای ادامه عملکرد بخش‌های مختلف و یا مثلاً در تخلیه بیماران بیمارستان ضروری می‌باشد. برای کاهش آسیب‌های وارده ناشی از زلزله لازم است تمام اعضای سیستم کابلی مقیدو یا به صورتی مهار شوند که در برابر نیروهای جانبی از جهات مختلف مقاومت کرده و با جابجائی‌های لرزه‌ای مطابقت داشته باشند. سیستم بایستی طوری طراحی شود که با جابه‌جایی بین طبقه‌ای مورد انتظار در ارتفاع مسیر حرکت آسانسور مطابقت لازم را داشته باشد. تمام تجهیزات مکانیکی و الکتریکی، حسگرها و ریل‌های هادی مورد نیاز باید به صورت مناسبی مهار و یا مقید شوند. سایر ملاحظات لازم برای جلوگیری از آسیب‌های لرزه‌ای عبارتند از:

الف- تمام آسانسورها بایستی توسط کارشناسان آسانسور پس از زلزله بازرسی شوند. آسانسورها بایستی دارای سوئیچ لرزه‌ای یا اجزای ایمنی باشند که اجازه ی خاموشی حین زلزله را می‌دهد.

ب- ایمنی آسانسور با استفاده از الزامات مشخص شده در آئین‌نامه‌های معتبر از قبیل ASME A17.1/CSA B44 آئین‌نامه ایمنی برای آسانسورها و پله‌های برقی، قابل بررسی است.

ج- یک سوئیچ لرزه‌ای بایستی به سیستم اصلی الکتریکی متصل بوده و آسانسور تا زمانی که بازرسی شود دارای قابلیت عملکرد در حالت سرعت کم (کمتر از ۷۵ سانتی‌متر بر ثانیه) باشد. در ضمن یک سنسور اضافی برای از کارانداختن آسانسور در حالتی که شیار انتهای گاورنر از جای خود خارج شده باشد، بایستی تعبیه شود.

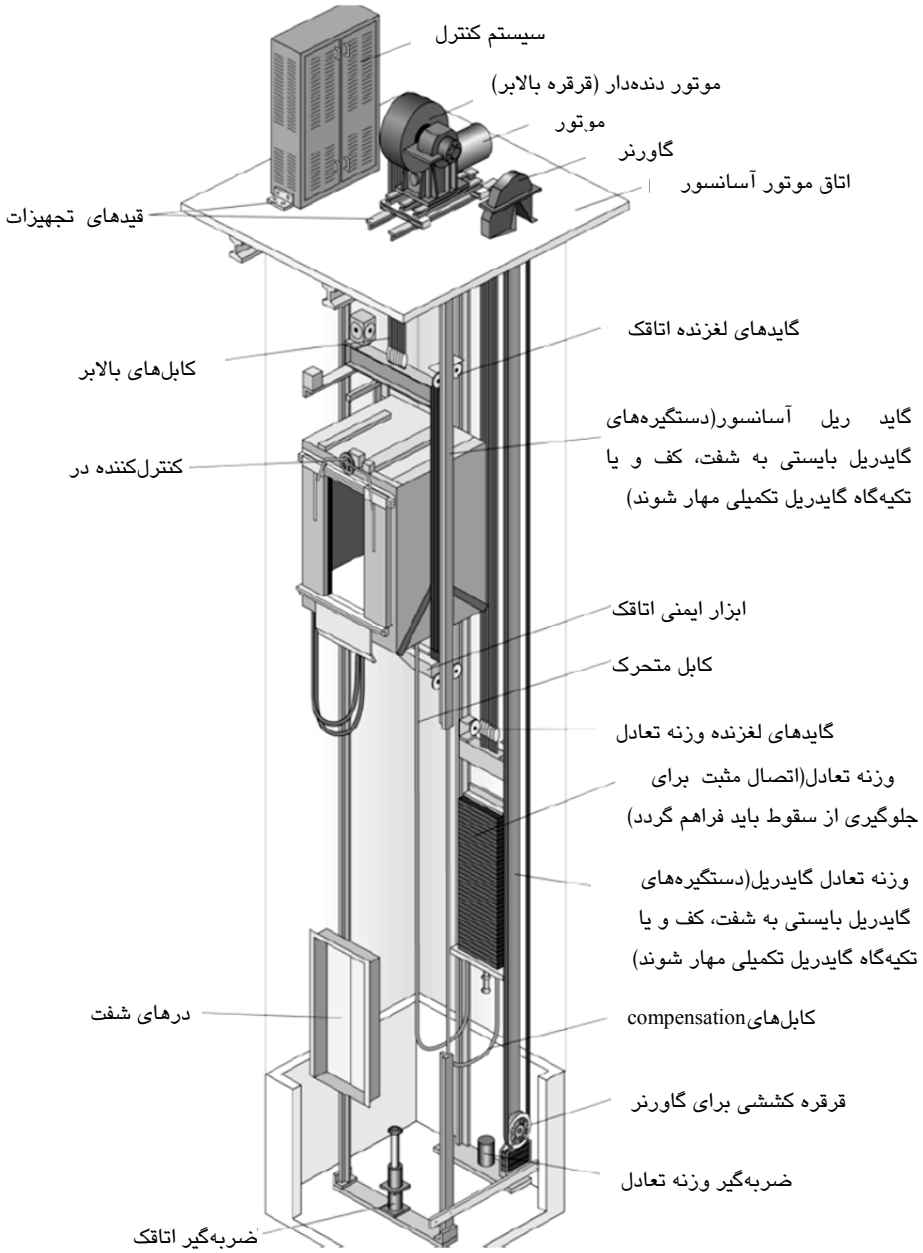
شکل ۵-۲۷، جزئیات مختلفی از یک آسانسور را نشان می‌دهد همین‌طور شکل (۵-۲۸) نمای شماتیکی از یک آسانسور کابلی دنده‌دار را ارائه می‌کند.



الف ب

ج د

شکل ۵-۲۷- یک آسانسور کوچک از نوع بدون اتاق موتور با تسمه‌های صاف. الف) نمای گاید ریل‌ها و قرقره‌ها، ب) کلیات آسانسور در سقف و نمایی از موتور، ج) نمای پائین محفظه آسانسور، تسمه‌ها، وزنه تعادل، ریل‌های هادی و دستگیره‌های آن، د) نمایی از بالای اتاقک آسانسور و نحوه اتصال تسمه‌ها



شکل ۵-۲۸- نمای شماتیک سیستم آسانسور کابلی دنده‌دار

۵-۳- ضوابط مهارسازی لرزه‌ای اجزاء مکانیکی و الکتریکی

تکیه‌گاهها و اتصالات اجزاء مکانیکی و الکتریکی باید براساس اصول مهندسی پذیرفته شده طراحی شوند. بعضی از راه-کارها دربارهٔ اتصال اجزاء غیرسازه‌ای به سازه اصلی در ادامه ارائه می‌شود:

۵-۳-۱- اجزاء مکانیکی

۱- اتصالات و پایه‌هایی که بارهای لرزه‌ای را منتقل می‌کنند باید از مصالح مناسب ساخته شده و براساس استانداردهای معتبر طراحی شوند.

۲- اتصالات مدفون در بتن باید قادر به تحمل نیروهای رفت و برگشتی باشند.

۳- آویزهای میله‌ای کوتاهتر از ۳۰ سانتی‌متر می‌توانند به عنوان تکیه‌گاه لرزه‌ای در نظر گرفته شوند. این اعضا باید طوری ساخته شوند که لنگر خمشی در آنها به وجود نیاید.

۴- بست‌های اصطکاکی نباید در اتصالات مهارسازی (anchorage) مورد استفاده قرار گیرند.

۵- اجزائی که برروی سیستم‌های جداکننده ارتعاشی قرار دارند باید در هر جهت افقی دارای ضربه‌گیر یا کمک‌فنر باشند. برای این اجزاء نیروی طراحی $۲\,F_P$ در نظر گرفته می‌شود. برای اتصالات پیچی به کف‌های صفحه‌فلزی که سخت‌کننده در آنها به کار رفته باشد، باید از واشر استفاده نمود.

۶- در اتصالات پیچی، در صورتیکه کف (Base) توسط سخت کننده‌ها تقویت نشده و یا قادر به انتقال بار نباشد، باید با استفاده از یک صفحه فلزی نسبت به تعبیه واشرهای مسطح با اندازه‌ای بزرگتر از پیچ‌ها و یا هرگونه تقویت دیگر اقدام نمود.

۷- تکیه‌گاه‌های لرزه‌ای باید به گونه‌ای ساخته شوند تا گیرداری موردنظر تأمین شود.

۸- در صورتیکه انتقال بارهای لرزه‌ای از طریق خمش حول محور ضعیف نگهدارنده فولادی سرد نورد شده صورت گیرد، این نوع نگهدارنده‌ها باید به طور خاص مورد ارزیابی قرار گیرند.

۹- تجهیزاتی که برروی جداگرهای ارتعاشی (Vibration Isolator) نصب می‌شوند، باید در هر دو جهت افقی دارای ضربه‌گیر یا قطعه مستهلک‌کننده (Snubber) باشند و در مواردی که برای مقابله با واژگونی مورد نیاز باشد، از قیود قائم استفاده گردد. پوشش جداگر (ایزولاتور) و مهارها باید از مواد شکل‌پذیر ساخته شده باشد. توصیه می‌شود از یک صفحه از جنس ویسکو- الاستیک یا مواد مشابه با ضخامت کافی بین سپر ضربه‌گیر و تجهیزات استفاده شود تا بار ضربه‌ای را محدود سازد.

۱۰- از مهارهای انبساطی (Expansion anchor) برای تجهیزات مکانیکی که از لحاظ ارتعاشی ایزوله نشده‌اند، و دارای توان بالای ۱۰ اسب بخار (7.45 KW) می‌باشند، نباید استفاده نمود.

۱۱- در صورتیکه هر یک از شرایط زیر برقرار باشد، تکیه‌گاه‌های اجزاء سیم‌کشی‌های برقی باید برای نیروها و جابجایی‌های نسبی عنوان شده در فصل سوم با شرایط ذیل طراحی شوند:

الف. ضریب عملکرد I_P برابر ۱/۵ بوده و قطر لوله کابلها بیشتر از $64mm$ (قطر اسمی) باشد.

ب. برای مجموعه اتصال ذوزنقه‌ای شکل که تکیه‌گاهی برای لوله‌های کابل و کانالهای آن و یا سینی کابل‌ها بوده، در صورتیکه ضریب عملکرد $I_P = 1.5$ بوده و وزن لوله‌های کابل و کانال و یا سینی کابل‌ها از $15kg/m$ تجاوز نماید.

پ. تکیه‌گاه به صورت طره‌ای به کف متصل باشند.

ت. تکیه‌گاه شامل بادبندی برای کاهش مقدار تغییرشکل آن باشد.

ث. تکیه‌گاه به صورت قاب با اتصال صلب ساخته شده باشند.

ج. اتصال به بتن توسط وصله‌های غیرانبساطی، پیچ‌های فعال شده توسط برق، یا چدن جاگذاری شده در بتن صورت گیرد.

چ. اتصالاتی که از خالجوش، جوش انگشتانه یا جوش گوشه با حداقل ابعاد AISC استفاده می‌کند.

۱۲- برای لوله‌کشی‌ها، دیگ‌های بخار و مخازن تحت فشار، اتصال به بتن باید تحمل بارهای تناوبی زلزله را داشته باشد.

۱۳- برای تجهیزات مکانیکی، که توسط مهارهایی که بعد از سوراخ کردن و گروت‌ریزی در محل، به تکیه‌گاه متصل می‌شوند، و تحت بارگذاری کششی قرار می‌گیرند، باید از سیمان منبسط‌شونده یا گروت اپوکسی منبسط‌شونده استفاده شود.

۱۴- باید از برخورد بین اجزاء جلوگیری شود.

۱۵- باید بارهای وارده ناشی از جابجایی نسبی تأسیسات یا خطوط سرویس‌دهی منتهی به آنها که به سازه‌های جدا از هم متصل هستند، ارزیابی شود.

۱۶- باتری‌هایی که در قفسه‌ها قرار می‌گیرند، باید دارای قیود پیرامونی (Wrap-Around) باشند، تا تضمین شود که باتری‌ها از قفسه نمی‌افتند. در بین این قیود پیرامونی و سلول‌های باتری از جداگر استفاده شود تا از خسارت به آنها جلوگیری شود. به علاوه قفسه‌ها باید دارای مقاومت جانبی کافی باشند.

۱۷- اتصال قطعات اضافی خارجی به اجزاء با وزن بیش از ۴۵۰ نیوتن اگر توسط سازنده اجزاء انجام نشده باشد باید به طور خاص مورد ارزیابی قرار گیرد.

۵-۳-۲- اجزاء الکتریکی

۱- سیم‌پیچی‌های داخلی ترانسفورماتورهای نوع خشک باید به صورت مثبت به کف سازه نگهدارنده خود در درون محفظهٔ ترانسفورماتور متصل گردند.

۲- پانل‌های الکتریکی کنترل، تجهیزات رایانه‌ای، و سایر مواردیکه دارای اجزاء کشویی هستند، باید دارای مکانیزمی برای نگهداشتن اجزاء در مکان خود باشند.

۳- در مواردیکه لوله حفاظ، سینی کابل، یا اجزاء توزیع الکتریکی مشابه، به سازه‌هایی متصل باشند که می‌توانند نسبت به یکدیگر تغییرمکان دهند یا برای سازه‌های ایزوله شده که در آنها چنین اجزایی از سطح جداشدگی عبور می‌کنند، اجزا باید به گونه‌ای طراحی شوند که جابجایی‌های نسبی لرزه‌ای عنوان شده در فصل چهارم را تحمل نمایند.

تکیه‌گاه‌های اعضای سازه‌ای، مهاربندها، قاب‌ها، پدستال‌ها، کابل‌ها، برج‌ها، ضربه‌گیر ((Snubber، Skirts و Legs (پایه‌ها)، حائل‌ها (Saddle، Tethersها) باید برای بارها و جابجایی‌های قید شده در این دستور العمل کنترل گردند.

۵-۴- انواع اتصال اجزاء مکانیکی و الکتریکی به سازه

در این بخش نحوهٔ اتصال اجزاء غیرسازه‌ای به سازه در حالتهای مختلف قرارگیری این اجزاءارائه شده است.انواع اتصالات مناسب برای تجهیزات به این شرح می‌باشند:

۱- اتصال صلب به کف طبقه (Floor Mounted)

۲- اتصال صلب به بام

۳- اتصال تجهیزات به صورت آویزان یا معلق (Suspended)

۴- اتصال به کف با استفاده از جداساز لرزه‌ای (Vibration Isolated)

۵- اتصال تجهیزات به صورت نصب بر روی دیوار (Wall-Mounted)

۵-۴-۱-اتصال صلب به کف طبقه (Floor Mounted)

برای اتصال صلب تجهیزات به کف طبقه می‌توان از روشهای زیر استفاده کرد:

۱- اتصال مستقیم به کف طبقه

۲- استفاده از سازهٔ فلزی نگهدارنده برای انتقال بارها به کف

۳- استفاده از ضربه‌گیر (Bumper) برای جلوگیری از لغزش و حرکت افقی

۴- نصب دستگاه روی یک قاب مستقل از کف کاذب

۵- اتصال نقطه‌ای (فقط برای تجهیزات سبک)

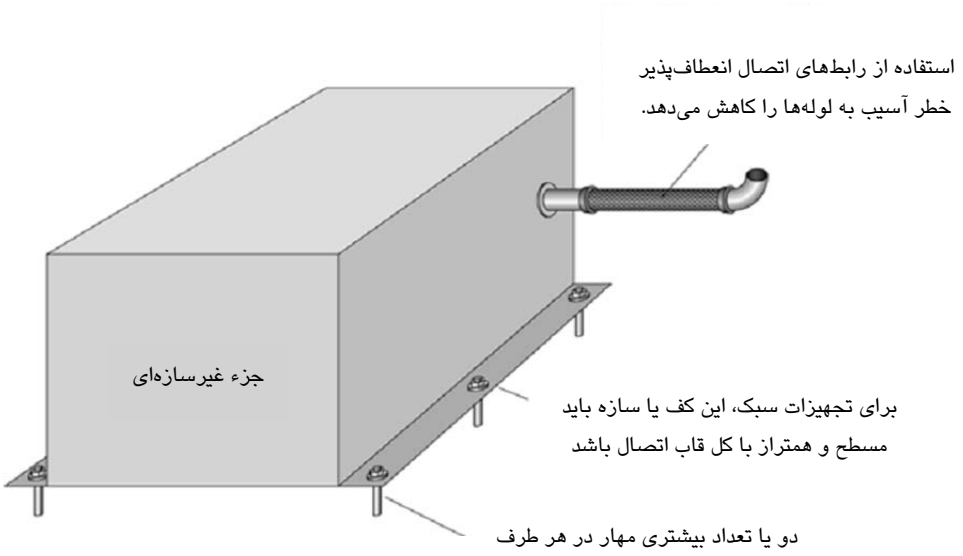
۶- اتصال با استفاده از قاب و ورقهای سوراخ‌دار (Strut and Plate Frame) (فقط برای مخازن و سیلندرهای گاز)

در ادامه این قسمت توضیحات لازم در مورد هرکدام از اتصالهای فوق بیان می‌گردد.

۵-۴-۱-۱- اتصال مستقیم به کف طبقه

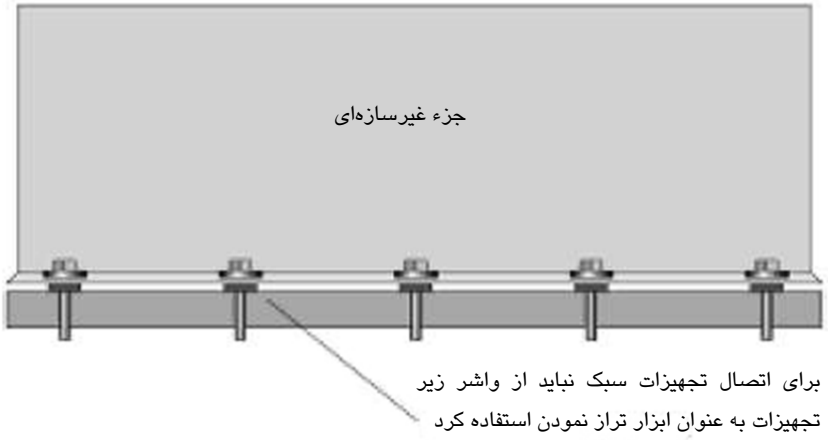
تجهیزات را می‌توان در صورت نیاز بوسیلهٔ پیچ یا جوش به کف طبقه یا پد (لایه‌ای از مواد لاستیکی یا مشابه آن که بین ورق اتصال به دستگاه و قاب اصلی سازه قرار می‌گیرد.) متصل نمود. برای پیچ نمودن به کف بتنی می‌توان از

کاشتن مهار در بتن کف طبقه (post – installed anchors)، استفاده نمود. اتصال تجهیزات دارای تکیه‌گاهی از ورقهای فلزی در شکل ۵-۲۹ نشان داده شده است.



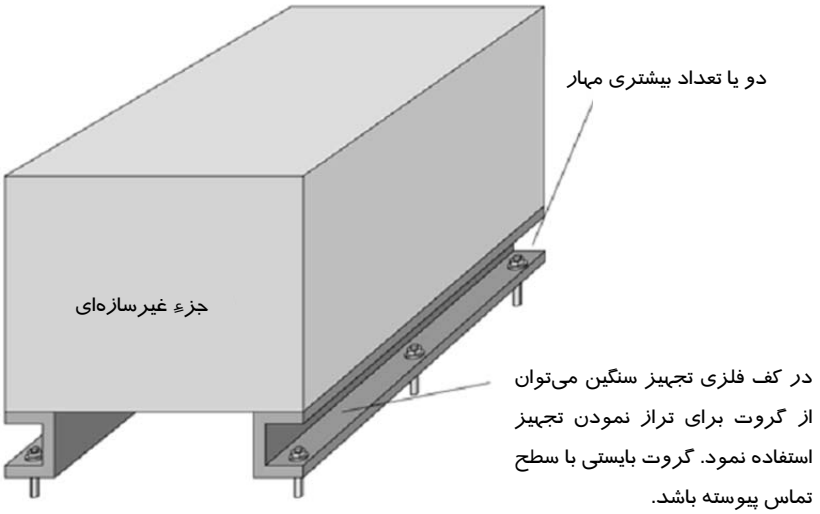
شکل ۵-۲۹- اتصال مستقیم تجهیزات به وسیله تکیه‌گاه فولادی به دال کف ساختمان

زیر تجهیزات با تکیه‌گاه فولادی مانند آنچه در شکل ۵-۳۰ نشان داده شده نباید از واشر در زیر تجهیزات به عنوان ابزار تراز کردن استفاده نمود.



شکل ۵-۳۰- نمای جانبی تجهیزات دارای تکیه‌گاه صفحه‌ای فولادی

در مورد اتصال فوق قابل ذکر است که نباید از فیلر در زیر تجهیزات استفاده گردد و اگر سطح بتن طبقه نامنظم و نامسطح باشد، می‌توان از اتصال با نبشی (شکل ۵-۳۱) استفاده کرد. اتصال تجهیزات دارای قاب سازه‌ای یا پایهٔ فلزی در شکل ۵-۲۵ نشان داده شده است.

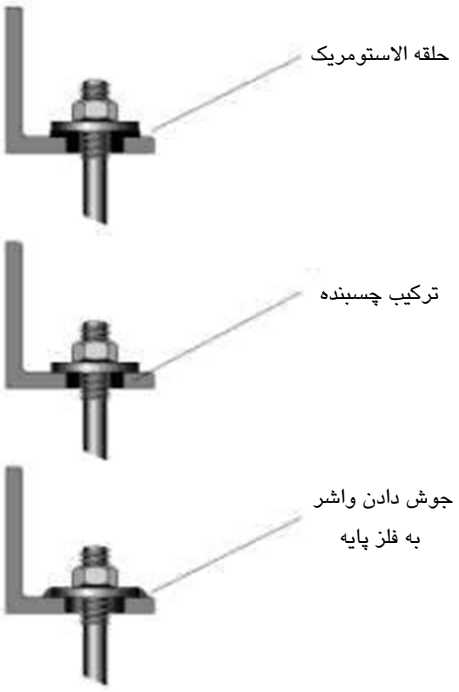


شکل ۵-۳۱- اتصال مستقیم تجهیزات دارای قاب / پایهٔ فولادی

۵-۴-۱-۱-۱- کارگذاری مهارها (Anchors)

نحوهٔ اجرای این اتصالات به اینگونه است که در مرحله اول محل دستگاه مشخص شده و جای سوراخهای پیچها علامتگذاری می‌شود،سپس با اندازه‌گیری و ترسیم الگو محل سوراخها مشخص و اجرا می‌گردد. سوراخهای جدید نباید بزرگ‌تر از اندازه سایر مهارها باشند. برای تعمیر سوراخهای غیراستاندارد می‌توان از گزینه‌های اشاره شده در شکل ۵-۳۲ استفاده نمود.

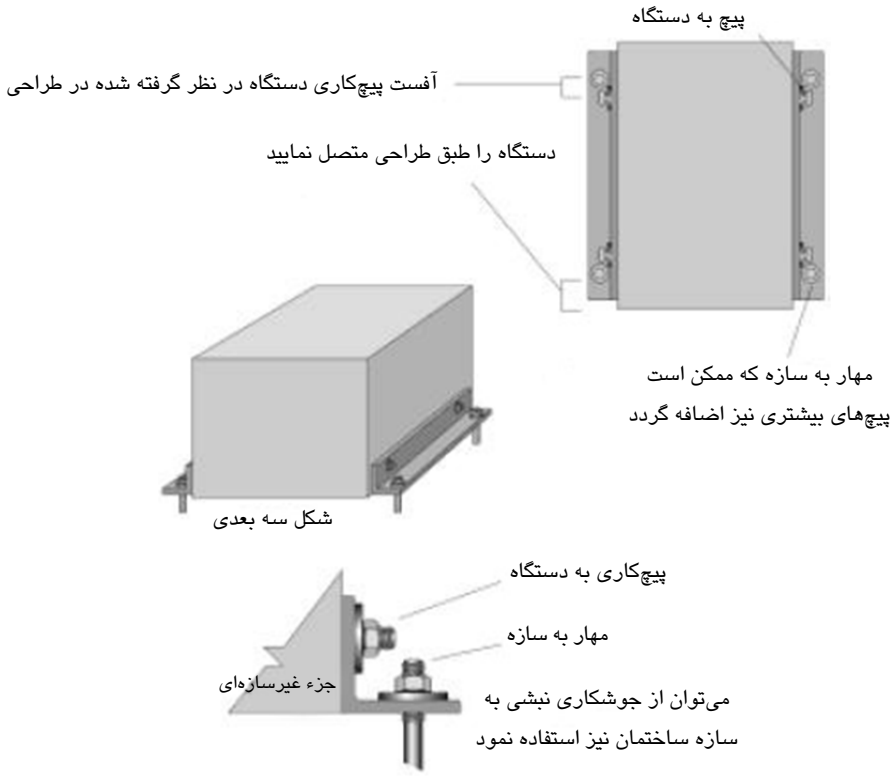
در مرحلهٔ دوم نصب مهارها در کف طبقه انجام می‌شود، در صورت نیاز به مهار تجهیزات به کف بتنی، ابتدا کف بتنی سوراخ شده و پیچهای مهار در آن کاشته می‌شود. می‌توان از گل‌میخ درجا (stud) یا بولتهای J شکل نیز استفاده کرد. در مرحلهٔ سوم تجهیزات به محل تعبیه شده منتقل می‌شوند. باید دقت کرد که هنگام تنظیم محل دستگاه، پیچهای مهار آسیب نبینند. در مرحلهٔ چهارم مهره‌ها در جای خود قرار داده شده و سفت می‌شوند و یا اینکه به ورقها یا تیرهای فولادی زیرین جوش می‌شوند. اجرای اتصالات سایر حالت‌ها به نحو مشابهی انجام می‌شود.



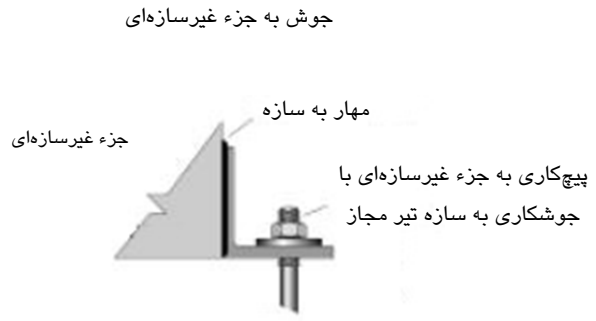
شکل ۵-۳۲- سه گزینه برای اصلاح سوراخ غیراستاندارد

۵-۴-۱-۲- استفاده از سازهٔ فلزی نگهدارنده برای انتقال بارها به کف طبقه

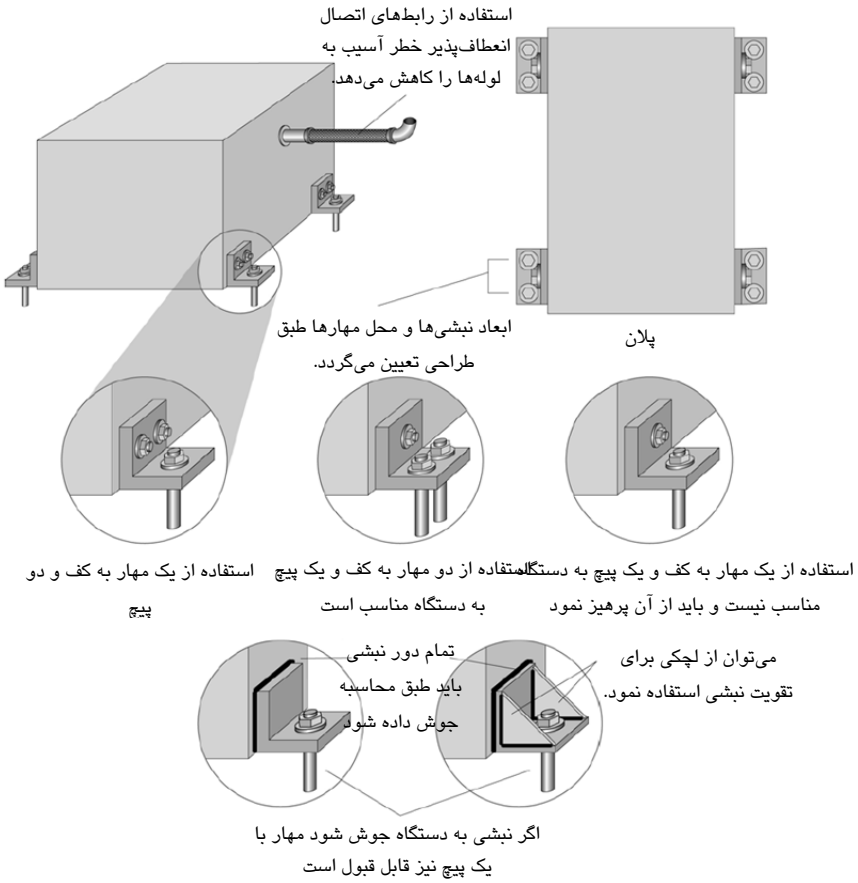
در این حالت تجهیزات مکانیکی بوسیله پیچ به یک سازهٔ نگهدارنده وصل می‌شوند و سپس این سازه به قاب اصلی ساختمان متصل می‌شود. نمونه‌هایی از کاربرد نبشی برای اتصال تجهیزات در شکل‌های ۵-۳۳ تا ۵-۳۹ نشان داده شده است



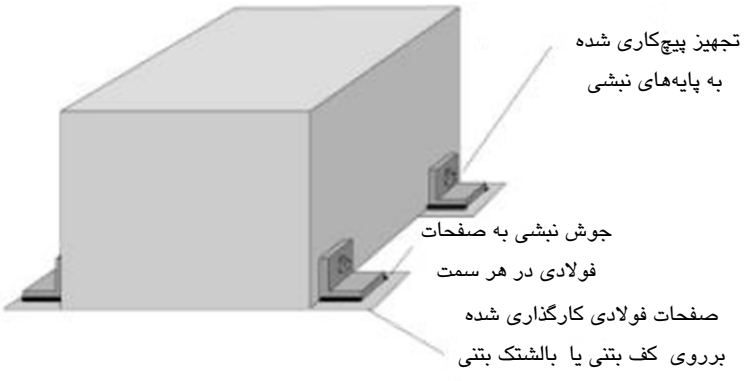
شکل ۵-۳۳- استفاده از نبشی برای متصل کردن تجهیزات به ساختمان



شکل ۵-۳۴- استفاده از نبشی برای اتصال به طبقه (جوش شده به تجهیزات و پیچ شده به سازه)

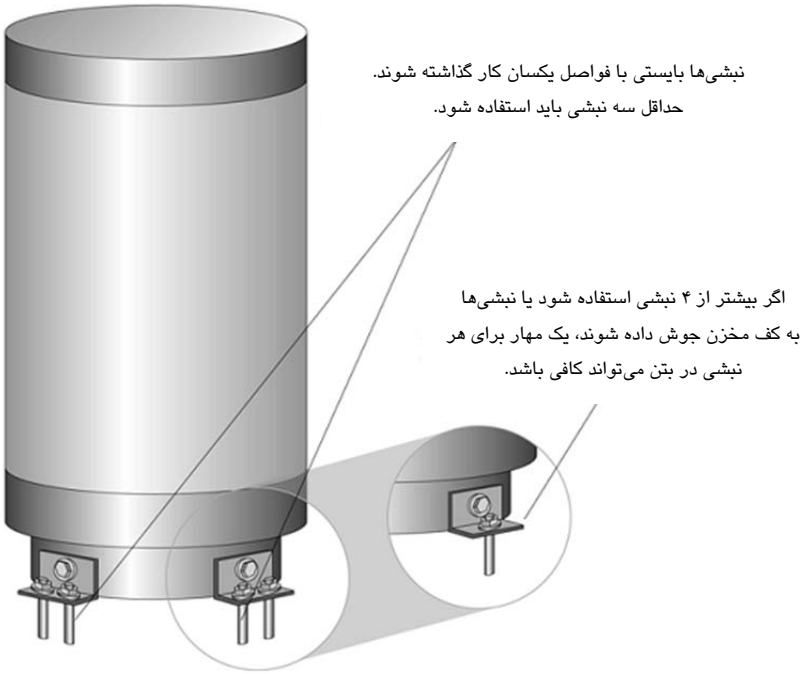


شکل ۵-۳۵- نحوه اتصال نبشی به جزء غیرسازه‌ای



شکل ۵-۳۶- استفاده از چهارنبشی یا بیشتر برای اتصال به طبقه (جوش شده به سازه و پیچ شده به تجهیزات)

شکل ۵-۳۷- نمونه اجرا شده اتصال جزء غیر سازه‌ای به وسیله نبشی



شکل ۵-۳۸- استفاده از سه‌نبشی یا بیشتر برای تجهیزات با پایهٔ مدور و استوانه‌ای

شکل ۵-۳۹- نمونه اجرا شده استفاده از نبشی برای تجهیزات با پایه مدور

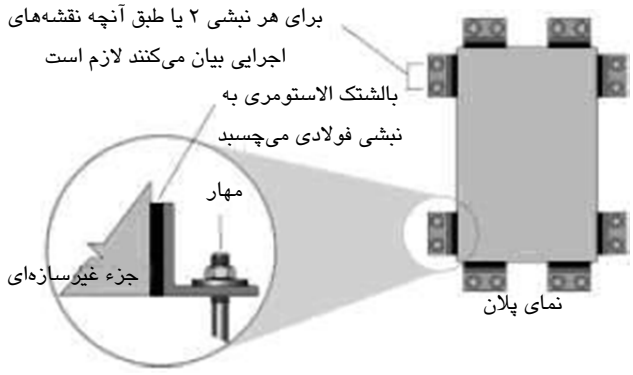
۵-۴-۱-۳- استفاده از ضربه‌گیر (Bumper) برای جلوگیری از لغزش و حرکت افقی

این نوع اتصال برای تجهیزات هنگامی کاربرد دارد که تجهیزات برروی یک پایهٔ بتنی یا قاب فلزی سوار شده و دارای یکی از مشکلات زیر می‌باشد:

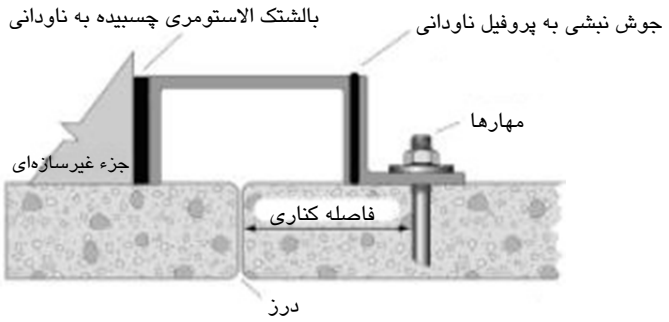
۱- پایهٔ تجهیزات به سازهٔ اصلی وصل نشده است.

۲- تجهیزات دارای یک کف پایینی صلب با سطح صاف می‌باشد.

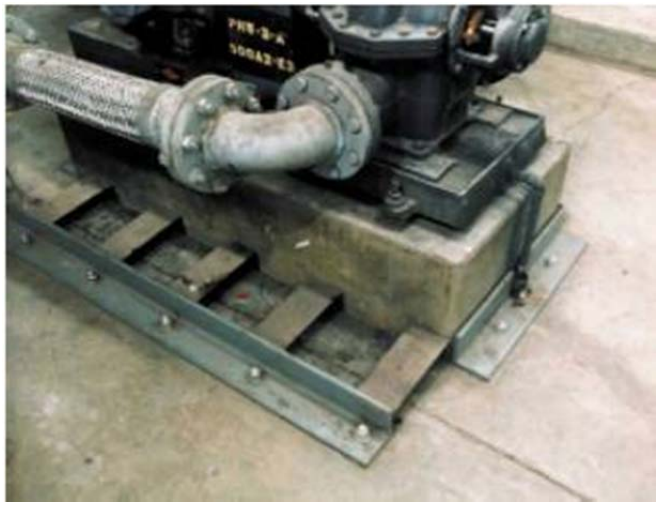
ضربه‌گیرها هنگامی به کار می‌روند که تجهیزات احتمال واژگونی نداشته باشند. در این صورت حرکت افقی لغزشی نیز توسط ضربه‌گیرها گرفته می‌شود. ضربه‌گیرها فقط به سازهٔ اصلی متصل می‌شوند. معمولاً از پیچهای کاشته شده در بتن برای اتصال ضربه‌گیر به سازهٔ اصلی استفاده می‌شود. جزئیات نمونه‌های قابل اجرای ضربه‌گیر در شکل‌های ۵-۴۰ تا ۵-۴۲ نشان داده شده است.



شکل ۵-۴۰- تجهیزات نصب شده باضربه گیر



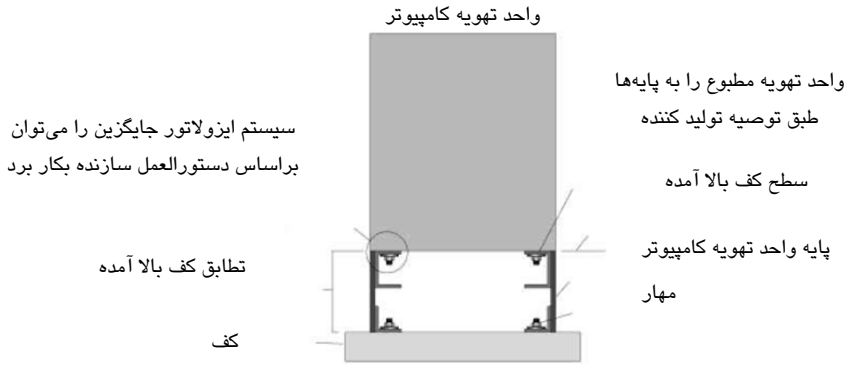
شکل ۵-۴۱- ضربه‌گیر نصب شده در نزدیکی درز اجرایی بتنی



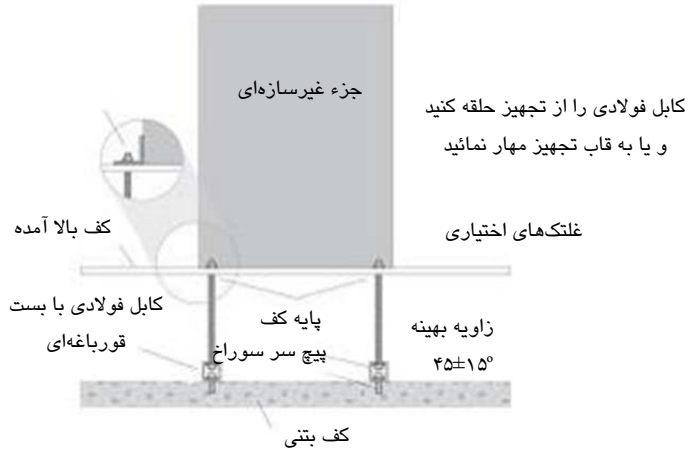
شکل ۵-۴۲- نمونهٔ اجرا شدهٔ ضربه‌گیر در نزدیکی درز بتنی

۵-۴-۱-۴- نصب دستگاه روی یک قاب مستقل از کف کاذب (Raised Floor)

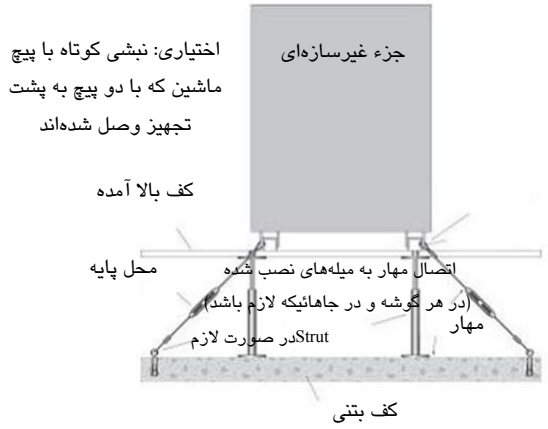
اجزاء سیستم تهویه مطبوع برای سایتهای کامپیوتری معمولاً از زیر کف کاذب عبور داده می‌شوند. در این‌گونه مواقع یک چهار پایه دارای مهار جانبی برای انتقال بارهای ثقلی و جانبی لازم می‌باشد. جزء به صورت صلب به پایه متصل بوده و پایه به صورت صلب به کف اصلی متصل می‌شود. شکل ۵-۴۳ نمونه‌ای از این اتصال را نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)

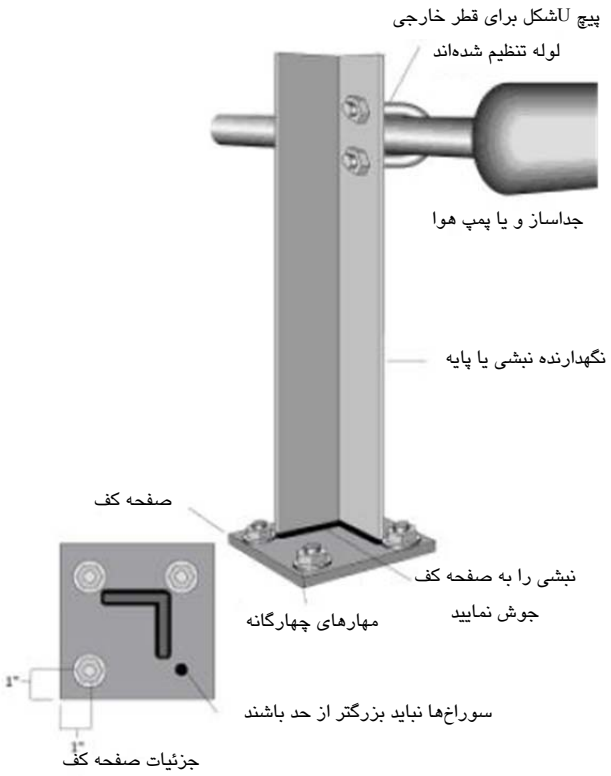


(ج)

شکل ۵-۴۳- الف) واحد تهویه مطبوع برای کف کاذب بالا آمده، ب) وسیله متصل به کابل در زیر یک کف کاذب بالا آمده، ج) وسیله پیچ شده به زیر کف کاذب بالا آمده

۵-۴-۱-۵- اتصال نقطه‌ای (فقط برای تجهیزات سبک)

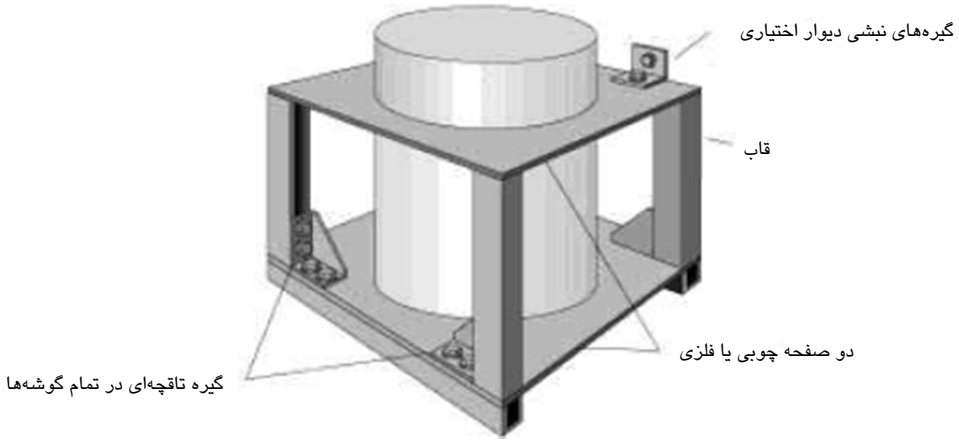
جداسازهای هوا یا پمپ‌های واقع در مسیر با وزن کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم را می‌توان فقط در مجاری ورودی (inlet) و مجاری خروجی (outlet) توسط تکیه‌گاه طبق شکل ۵-۴۴ مهار کرد. اگر وزن تجهیزات کمتر از $60kg$ باشد، می‌توان آن را با یک پایه متصل کرد. یک اتصال صلب به کمک میله‌ها یا کابل‌های آویزان از سقف یا تجهیزات فوقانی، می‌تواند به عنوان گزینهٔ دیگر مطرح باشد.



شکل ۵-۴۴- اتصال تک پایه (Strut)

۵-۴-۱-۶- اتصال با استفاده از قاب‌های متشکل از میله و ورق (Strut and Plate Frame)

این اتصال برای مخازن سیلندرهای گاز قابل کاربرد است. در این حالت در ورق بازشوهایی به قطر مخزن ایجاد می‌شود که مخزن استوانه‌ای می‌تواند درون آن قرار گیرد. نمونه‌هایی از اجرای این نوع اتصال در شکل ۵-۴۵ و ۵-۴۶ نشان داده شده‌اند.



شکل ۵-۴۵- نگهدارنده مخازن و سیلندر گاز

شکل ۵-۴۶- نگهدارنده سیلندرهای کوچک گاز

حالت اجرایی دیگری که می‌توان برای مهار اعضای استوانه‌ای در نظر گرفت، این است که توسط یک تسمه این اعضا به دیوارهای پایدار مجاور وصل شوند (شکل ۵-۴۷).

شکل ۵-۴۷- اتصال اعضای استوانه‌ای به کمک تسمه کششی

۵-۴-۲- اتصال صلب به بام

برخی از تجهیزات لازم است در بام ساختمان به علت کاربری خاص آن‌ها مهاربندی شوند. راه‌های زیر برای اتصال صلب به بام وجود دارد:

۱- استفاده از قاب‌بندی برای ایجاد اختلاف تراز (Post and Beam)

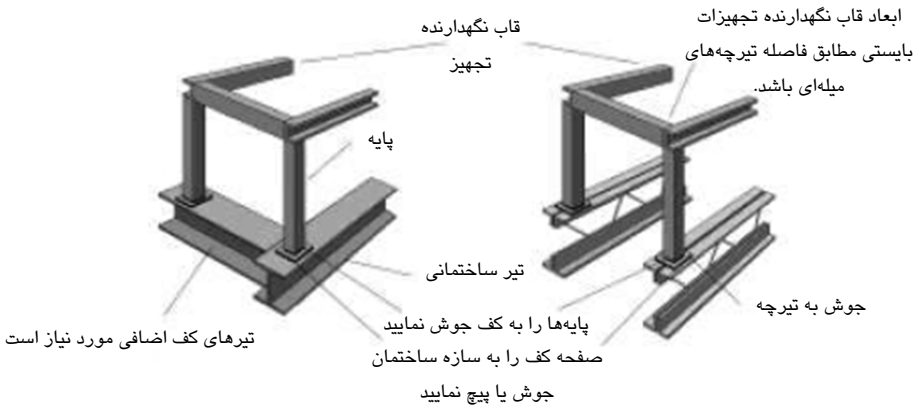
۲- استفاده از دیوارهای لرزه‌ای پیش ساخته یا ساخت درجا

۳- استفاده از سیستم جداسازی لرزه‌ای (Seismic Vibration Isolation) تجهیزات

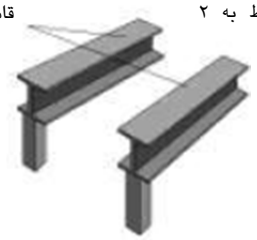
۴- استفاده از فنرهای مقید روی چارچوب پایه (Stanchion)

۵-۴-۲-۱- استفاده از قاب‌بندی برای ایجاد اختلاف تراز (Post and Beam)

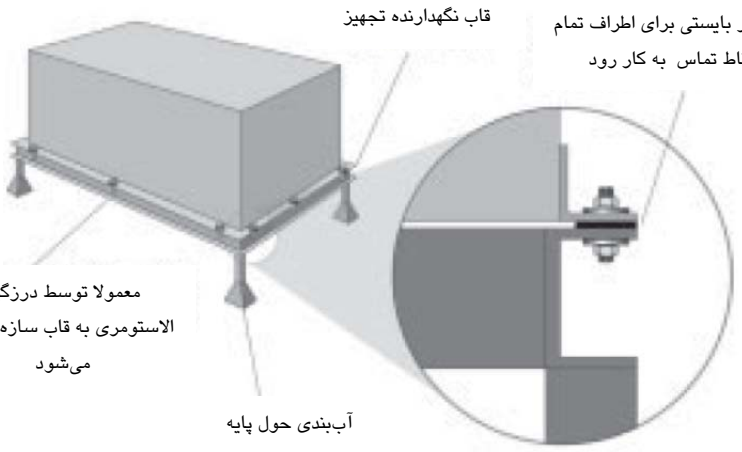
در این حالت ابتدا پایه‌هایی به قاب اصلی ساختمان به صورت پیچی یا جوش وصل می‌شود و سپس تجهیزات روی این پایه‌ها نصب می‌شوند نمونه‌ای از این اتصالات برای انواع مختلف سازه‌ها در شکل (۵-۴۸) نشان داده شده است.



توجه: سازه ساختمان باید قادر به تحمل بارهای متمرکز بوده و با توسط مهندس سازه اجازه جوش به آن داده شود. این شکل‌ها به صورت جعبه هستند ولی برخی تجهیزات فقط به ۲ تکیه‌گاه ریلی نیازمندند.



(الف)

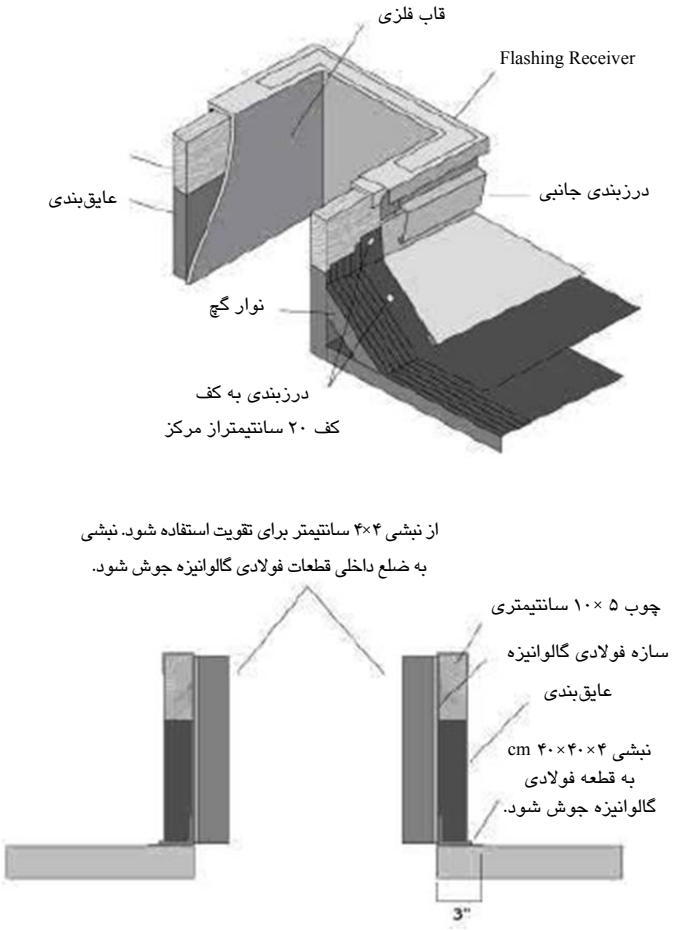


(ب)

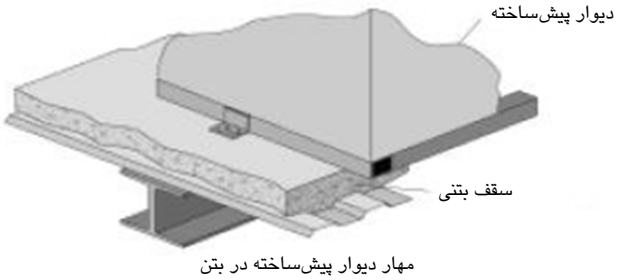
شکل ۵-۴۸- الف) اتصال قاب نگهدارنده به سازه اصلی، ب)اتصال صلب اجزاء به قاب نگهدارنده

۵-۴-۲-۲- استفاده از دیوارهای لرزه‌ای پیش‌ساخته یا درجا

در این نوع اتصال (حالت پیش‌ساخته) ابتدا یک صفحهٔ فلزی سخت‌شده ساخته می‌شود که در محل به کف بتنی پیچ می‌شود و سپس تجهیزات به این صفحه متصل می‌شود. در حالت درجا نیز از دیوارهٔ U شکل برای نگهداری تجهیزات و اتصال آنها به قاب اصلی سازه استفاده می‌شود (شکلهای ۵-۴۹ و ۵-۵۰).



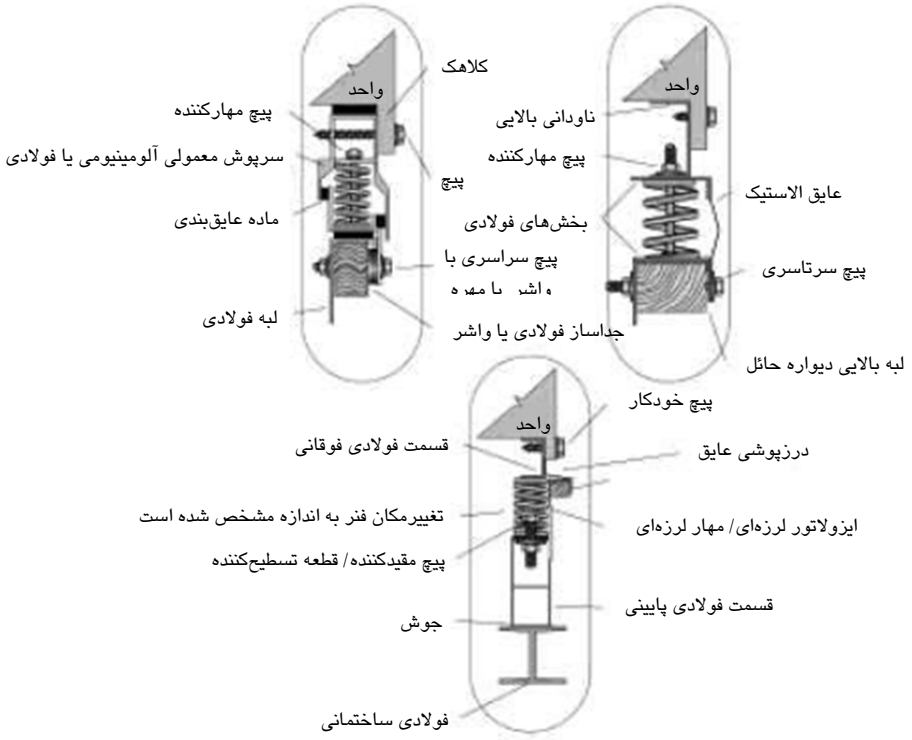
شکل ۵-۴۹- جزئیات دیواره لرزه‌ای ساخت درجا



شکل ۵-۵۰- جزئیات دیواره پیش‌ساخته

۵-۴-۲-۳- استفاده از سیستم جداسازی لرزه‌ای (Seismic Vibration Isolation) تجهیزات

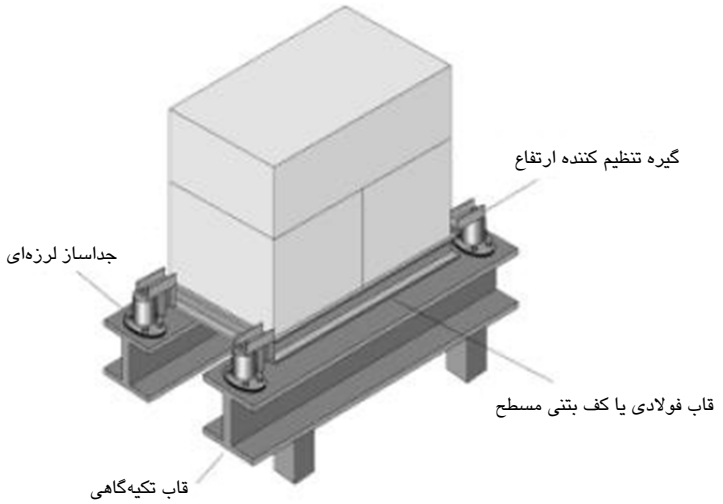
این سیستم اتصال که برای ایزوله‌سازی حرکات کف صلب از دستگاه به کار می‌رود، برای تجهیزاتی مناسب است که به حرکت ناگهانی و کلاً شتاب حساس هستند و دارای ارزش بالایی می‌باشند و آسیب‌دیدگی آنها زیانهای بالایی را دربر دارد.در این حالت تکیه‌گاه ایزولاسیون می‌تواند روی اتصالات صلب، دیواره‌های پیش‌ساخته یا درجا و قاب‌بندی نصب شود. انواع مختلف اجرایی این نوع تکیه‌گاه در شکل (۵-۵۱) نشان داده شده است.



شکل ۵-۵۱- انواع سیستم‌های ایزولاتور

۵-۴-۲-۴- استفاده از فنر مقید برروی قاب تراز

این سیستم اتصال نیز مشابه بند فوق می‌باشد و جزئیات اجرایی مشابهی دارد. در شکل (۵-۵۲) نمونه‌ای از اجرای آن دیده می‌شود.



شکل ۵-۵۲- سیستم اتصال فنر مقید برروی قاب تراز

۵-۴-۳- اتصال تجهیزات آویزان یا معلق (Suspended)

برای اتصال و مهارکردن تجهیزات معلق می‌توان از روشهای زیر استفاده کرد:

۱- اتصال صلب به سازه به کمک چهار میله رزوه شدهٔ عمودی و کابلهای مهاری

۲- اتصال ایزوله شده از سازه به کمک چهار میله رزوه شدهٔ عمودی و کابلهای مهاری

۳- استفاده از اتصال دوبل نبشی یا میله که به سازهٔ اصلی جوش یا پیچ می‌شود (مخصوص تجهیزات مکانیکی).

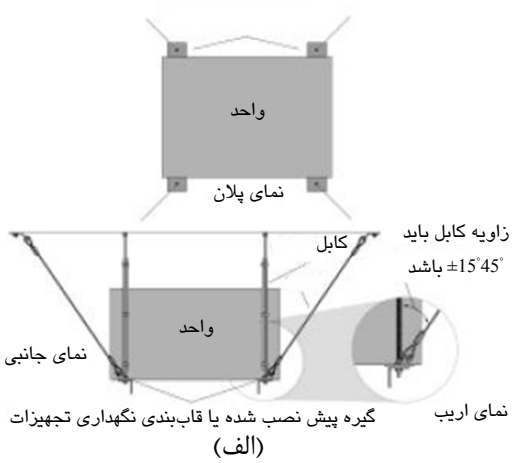
۴- استفاده از اتصال دوبل میله که به سازهٔ اصلی پیچ می‌شود (مخصوص تجهیزات مکانیکی).

۵- اتصال صلب به قاب سازه با استفاده از نگهدارنده‌های نبشی/ پایه

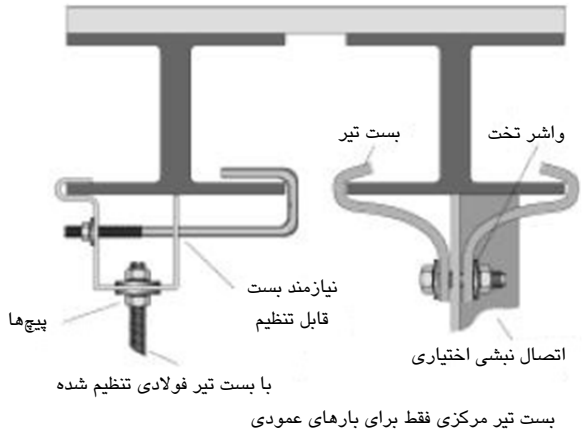
۶- اتصال به وسیله زنجیر یا میله نگهدارنده با قاب انتهایی: اتصالات باید به زنجیر اجازه بدهند که به راحتی در تمام جهات تاب بخورد بدون اینکه دچار پیچ‌خوردگی شود (مخصوص تجهیزات الکتریکی).

۷- اتصال دونقطه‌ای جزء غیرسازه‌ای که به سازه اصلی پیچ شده است (مخصوص تجهیزات الکتریکی).

شکل‌های (۵-۵۳) الی (۵-۵۶) جزئیات انواع مختلفی از اتصال تجهیزات آویزان را نشان می‌دهد.

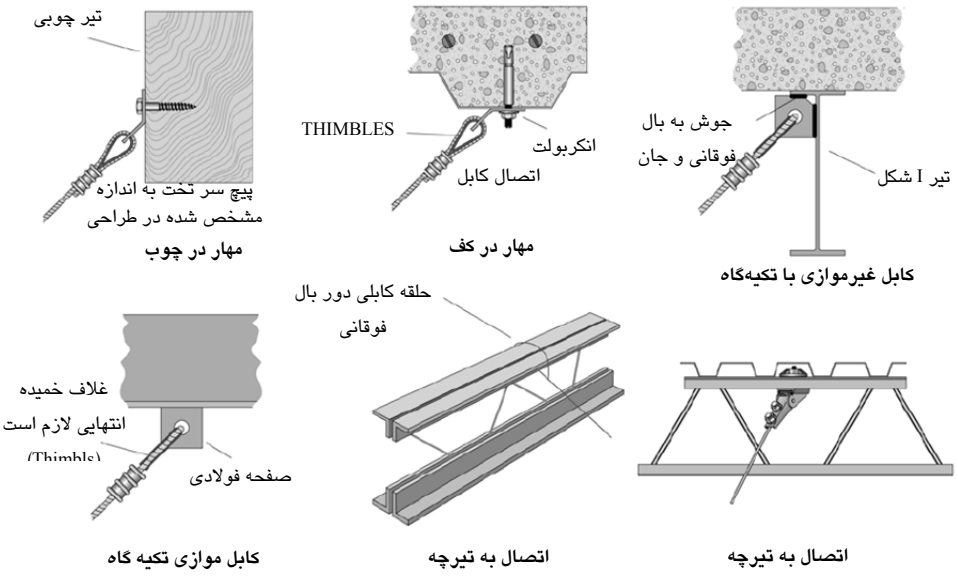


(الف)

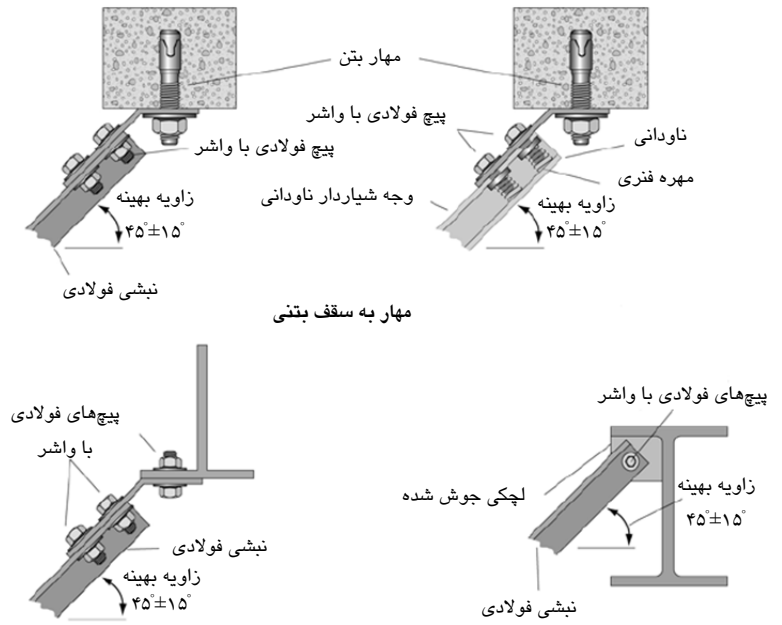


(ب)

شکل ۵-۵۳- (الف) اتصال صلب به سازه به کمک چهار میلهٔ رزوه شده عمودی، (ب) نمونه‌ای از نحوهٔ اتصال میلهٔ رزوه شده به تیر بوسیله بست

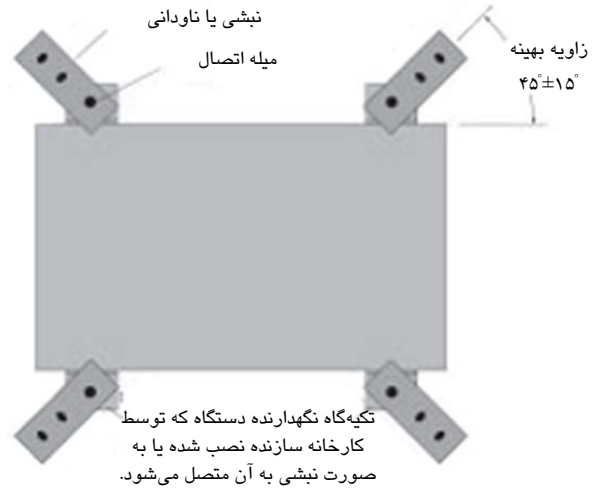


(الف) اتصال تجهیزات توسط کابل به سازه

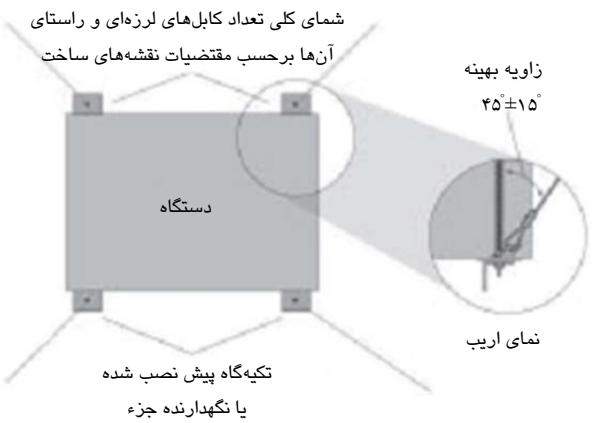


(ب) اتصال تجهیزات توسط مهاربند نبشی یا ناودانی

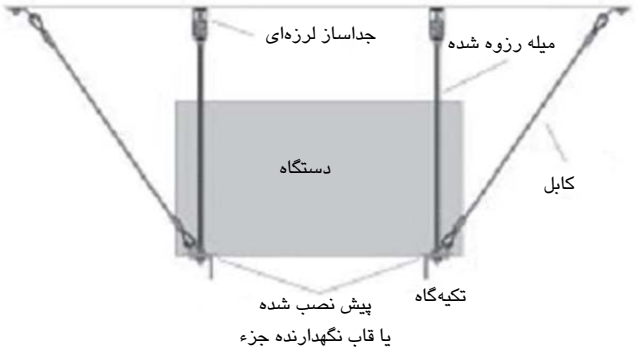
شکل ۵-۵۴- (الف) جزئیات اتصال تجهیزات مکانیکی و الکتریکی توسط کابل به سازه، (ب) جزئیات اتصال تجهیزات مکانیکی و الکتریکی توسط مهاربند نبشی یا ناودانی به سازه



(الف)

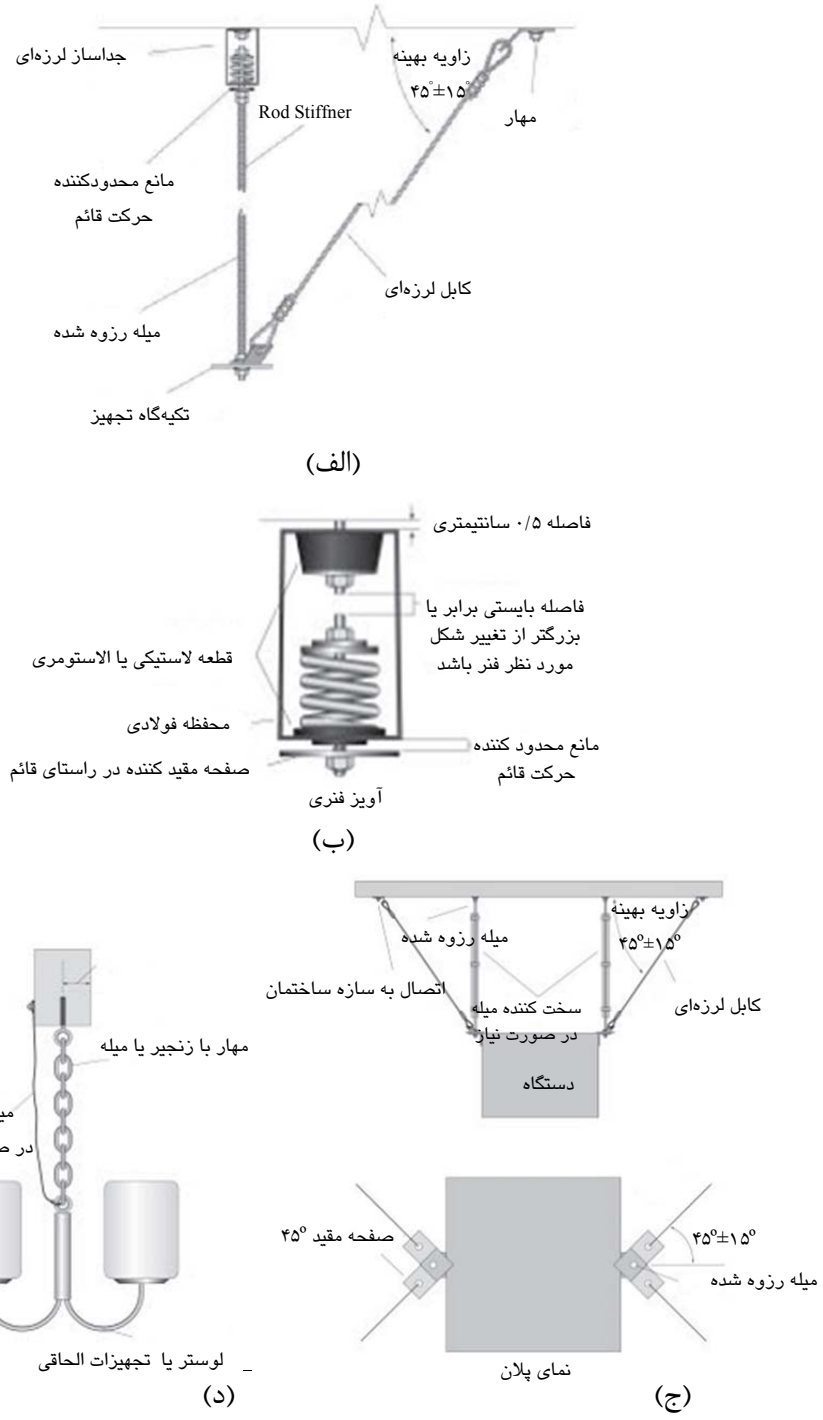


(ب)



(ج)

شکل ۵-۵۵- الف) اتصال صلب نبشی‌ها به سازه، ب) نمای پلان یک اتصال دارای جداساز لرزه‌ای، ج) نمای جانبی اتصال سازه



شکل ۵-۵۶- الف) اتصال کابل/ میله به اجزاء با استفاده از جداساز ارتعاشی، ب) جزئیات جداساز ارتعاشی مورد استفاده برای اتصال معلق، ج) اتصال دونقطه‌ای اجزاء یا دو میله پیچ شده به سازه در هر نقطه، د) اتصال با زنجیر

۵-۴-۴-اتصال اجزاء به کف طبقه با جداسازی ارتعاشی

در جداسازی ارتعاشی معمولاً از انواع مختلفی از فنرها برای جلوگیری از ارتعاش سازه و دستگاه استفاده می‌شود. این جداسازها می‌تواند به صورتهای آزاد، دارای چارچوب و مقید باشد که در شکل (۵-۵۷) نمونه‌هایی از آن دیده می‌شود:

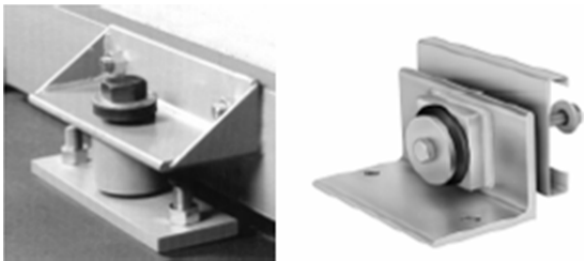
(الف)

(ب)

(ج)

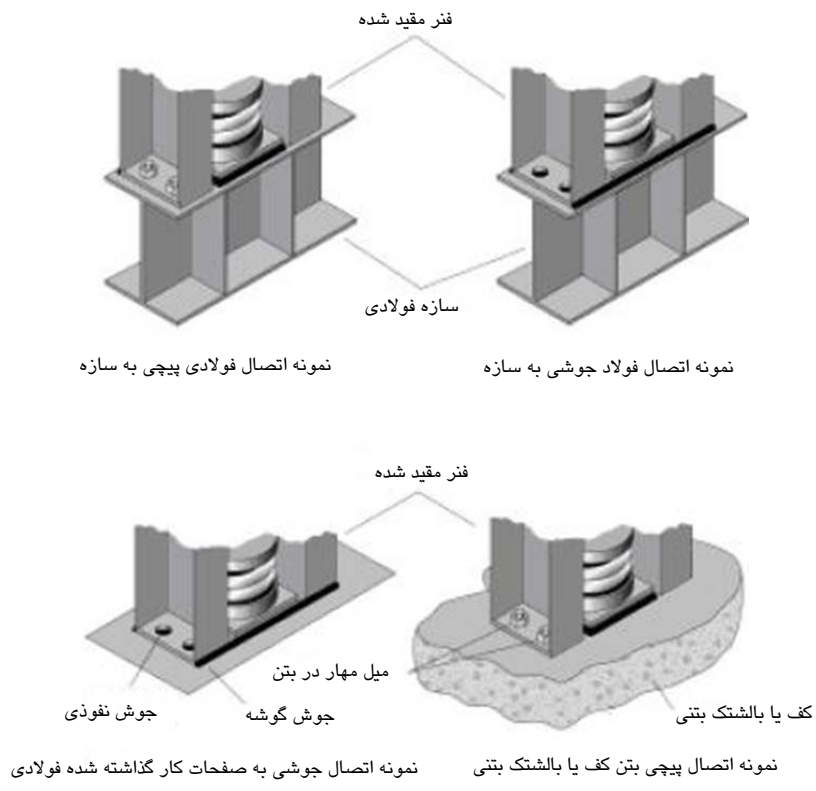
شکل ۵-۵۷- الف) فنر در حالت آزاد (بدون چارچوب)، ب) فنر و سیستم جداسازی ارتعاشی، ج) سیستم ایزولاسیون با فنر مقید شده (انواع و نحوه اجرا)

در شکل (۵-۵۸) دو نمونه از snubberها که می‌توانند برای جداسازی ارتعاشی به کار روند، نشان داده شده است.



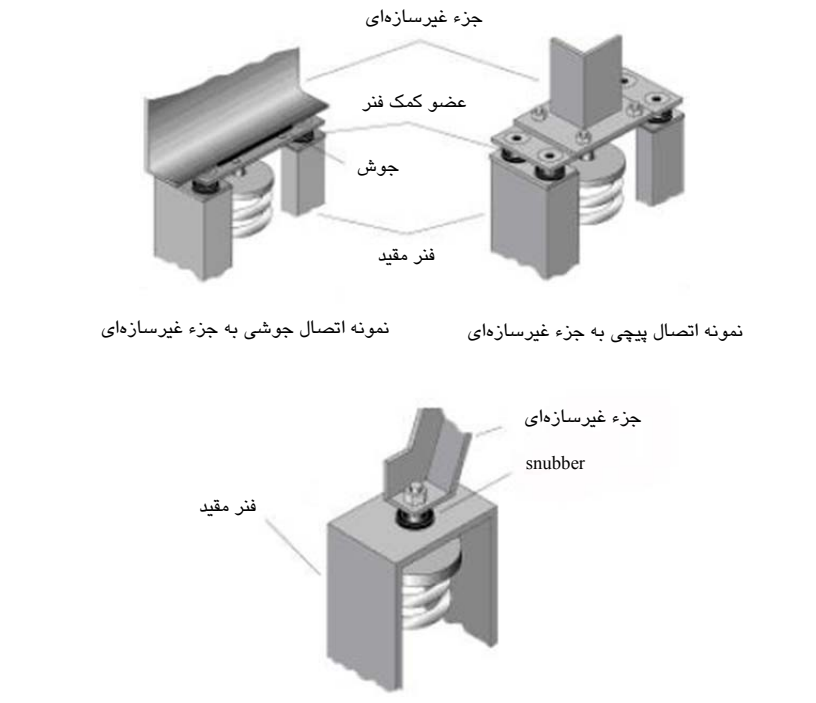
شکل ۵-۵۸- استفاده از snubber برای جداسازی ارتعاشی

نحوهٔ اتصال سیستم جداسازی ارتعاشی با فنر مقید شده به قاب اصلی سازه در شکل (۵-۵۹) نشان داده شده است.



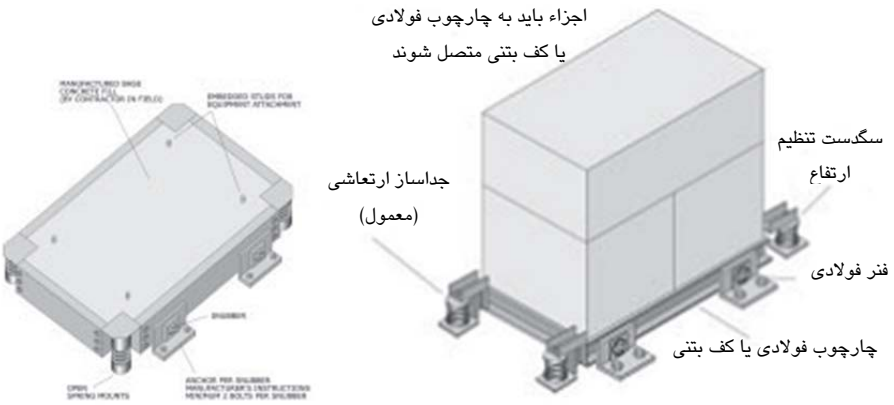
شکل ۵-۵۹- جزئیات نحوهٔ اتصال فنر مقید شده به سازه

نحوهٔ اتصال اجزاء به فنرهای مقید زیرین در شکل (۵-۶۰) نشان داده شده است.



شکل ۵-۶۰- نحوهٔ اتصال تجهیزات به فنر مقید شده

در برخی حالات، اجزاء باید به چارچوب فولادی یا کف بتنی متصل شوند. می‌توان به منظور افزایش جرم ارتعاشی و کاهش دامنه ارتعاشی قاب فولادی را با بتن پر کرد. نمونه‌ای از اجرای این نوع سیستم‌ها در شکل (۵-۶۱) ارائه داده شده است.



(ب) (الف)

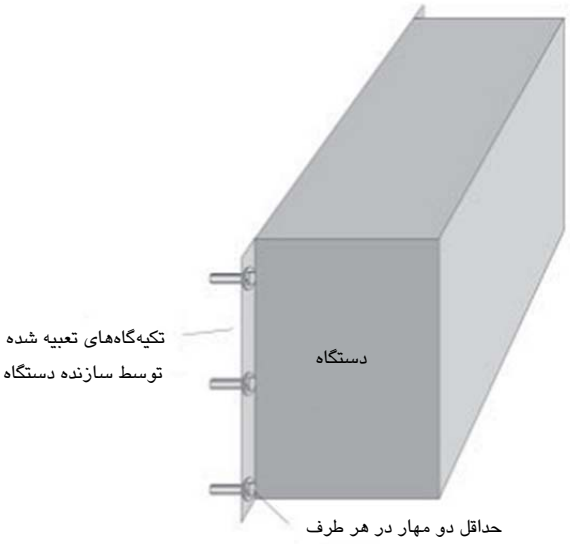
(ج)

شکل ۵-۶۱- الف) نحوه نصب رایج یک جداساز ارتعاشی غیرمقید با snubber. ب) چارچوب فولادی پرشده با بتن. ج) نمونه‌ای از نصب سیستم فنر آزاد همراه با snubberها

۵-۴-۵- اتصال تجهیزات به دیوار

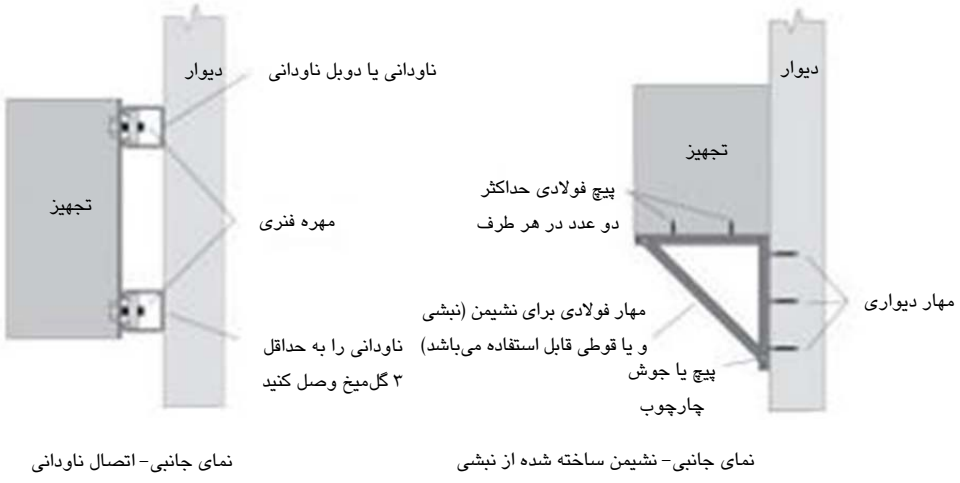
روشهای نصب روی دیوار را می‌توان به چهار دسته زیر دسته‌بندی کرد:

۵-۴-۵-۱- اتصال مستقیم به دیوار (شکل ۵-۶۲)



شکل ۵-۶۲- اتصال مستقیم به دیوار

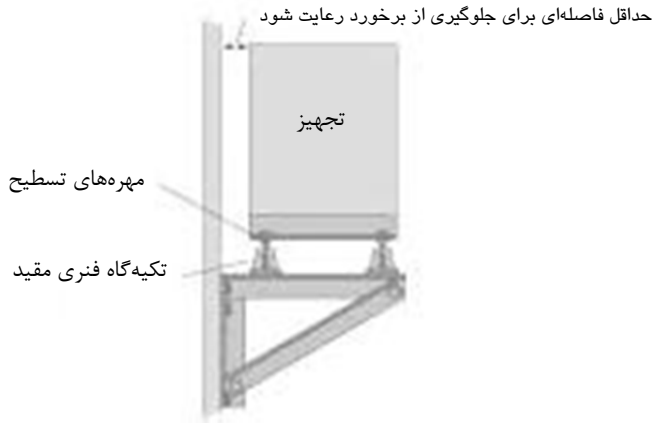
۵-۴-۵-۲- اتصال به دیوار با استفاده از سازه فلزی (شکل ۵-۶۳)



شکل ۵-۶۳- تکیه‌گاه با ناودانی یا نشیمن مثلثی

۵-۴-۵-۳- اتصال به دیوار به کمک جداسازی ارتعاشی

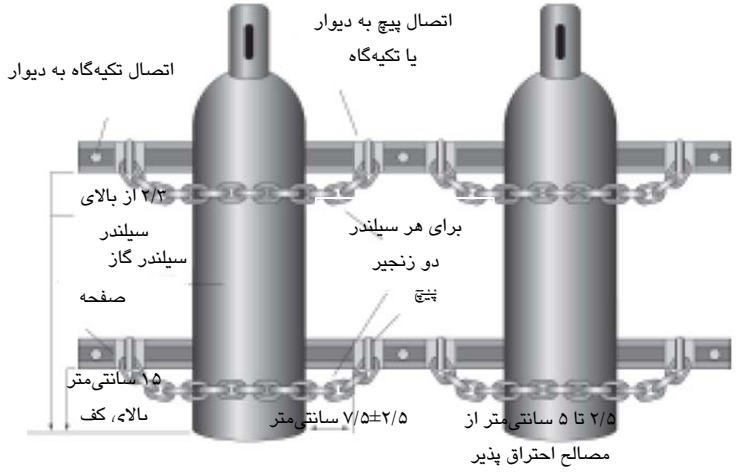
در این روش جزء غیرسازه‌ای به وسیله جداساز ارتعاشی به سازه نگهدارنده فلزی متصل می‌شود. سازه نگهدارنده فلزی با استفاده مهار به سازه متصل می‌شود (شکل ۵-۶۴).



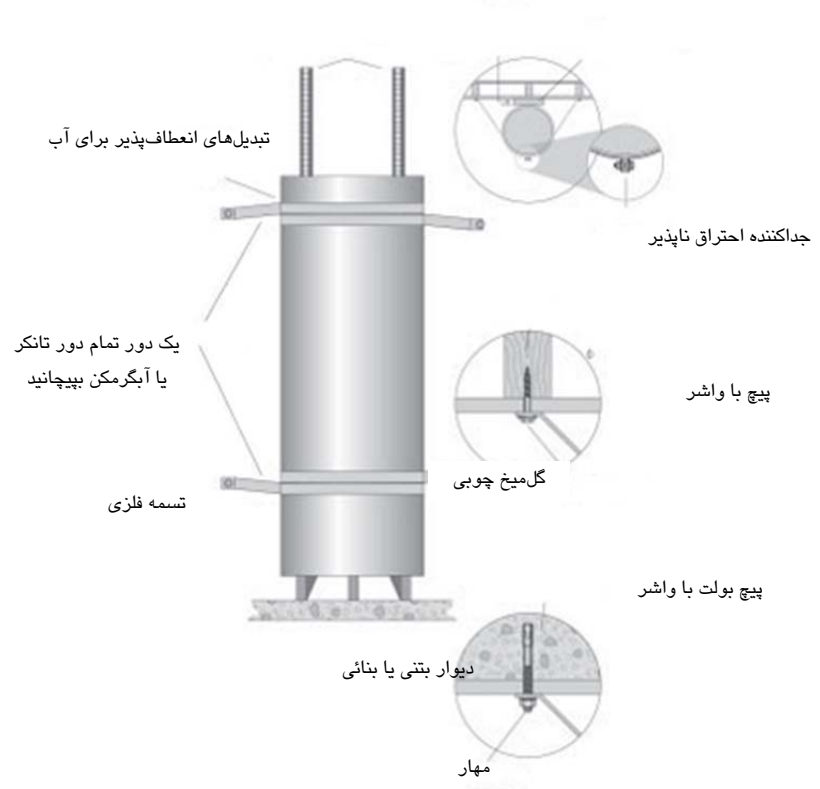
شکل ۵-۶۴- تجهیزات ایزوله شده روی دیوار

۵-۴-۵-۴- اتصال مستقیم به دیوار(فقط برای سیلندرهای گاز و آبگرمکن)

در حالت اتصال مستقیم به دیوار، اجزاء از دو سمت به دیوار متصل می‌شوند. در این حالت حداقل دو پیچ مهاری در هر سمت اجزاء صنعتی لازم است. آبگرمکن‌های الکتریکی را نیز می‌توان به دیوار به همین طریق ولی با یک آرایش ساده از تسمه‌ها متصل نمود (شکل ۵-۶۵ و ۵-۶۶).



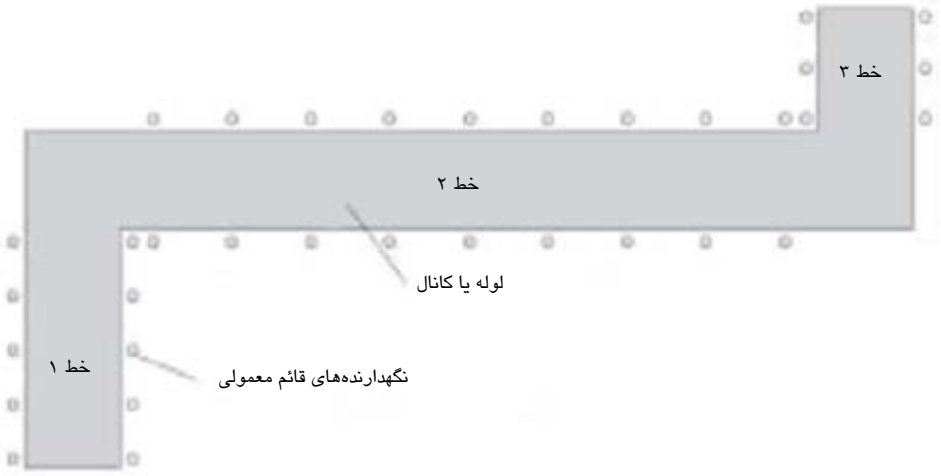
شکل ۵-۶۵- اتصال سیلندر گاز



شکل ۵-۶۶- اتصال آبگرمکن الکتریکی

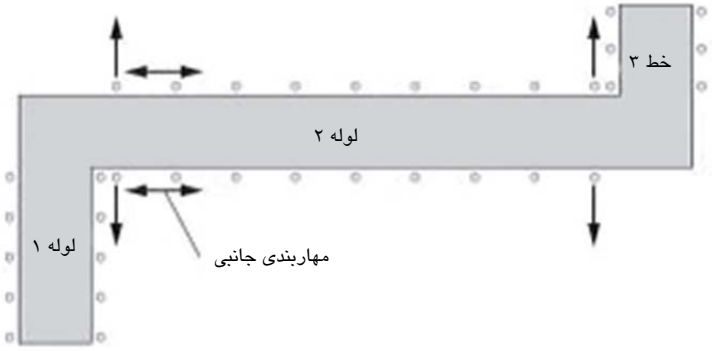
۵-۵- انواع اتصال کانال‌ها، لوله‌ها و اجزاء مرتبط با آنها

یک خط لوله (Run) به قسمتی از لوله و یا کانال اطلاق می‌شود که مستقیم و بدون شکستگی باشد. هرگونه تغییر در جهت به عنوان شروع خط لوله جدید یا متفاوت تلقی می‌شود. انحراف در طول خط لوله در صورت کمتر بودن از ۱/۱۶ طول مجاز فاصله‌گذاری مجاز می‌باشد.

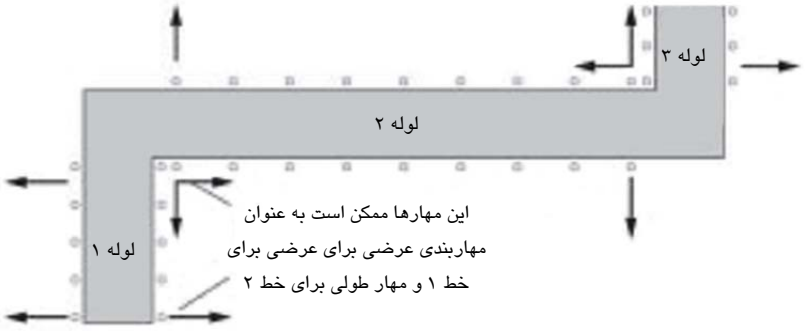


شکل ۵-۶۷- خطوط لوله با نگهدارنده‌های قائم معمولی

اگر طول خط لوله بیشتر از فاصله‌گذاری مجاز باشد مهاربندی‌های عرضی میانی را تا زمان رسیدن به فاصله‌گذاری مناسب می توان اضافه نمود. هر خط لوله بایستی دارای حداقل یک مهاربندی طولی باشد. مهاربندی عرضی در خطوط لوله مجاور را می‌توان به عنوان مهاربندی طولی نیز در نظر گرفت (شکل ۵-۶۸).

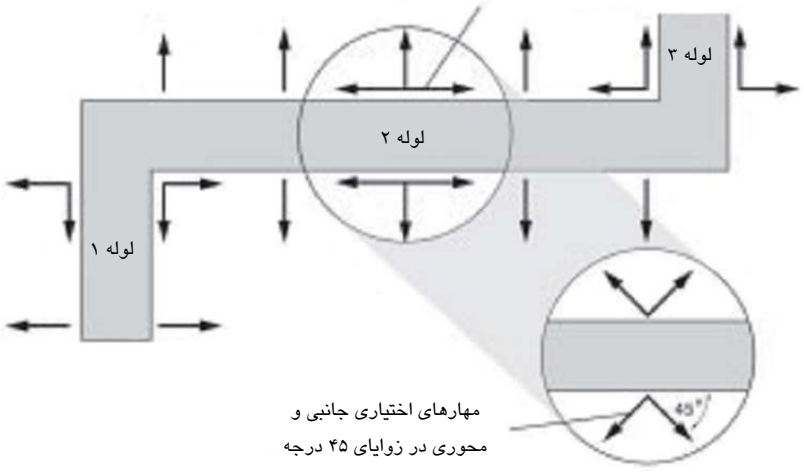


شکل ۵-۶۸- مهاربند جانبی در خطوط مجاور



شکل ۵-۶۹- یک روش مقرون به صرفه برای آرایش مهاربندی‌ها

مهاربندی محوری معمولاً در حداکثر فواصل که دو برابر فاصله مهاربندی جانبی است گذاشته می‌شود. برای خط لوله بلند، هر دو مهاربندی جانبی بایستی دارای مهاربندی محوری نیز باشد. در برخی موارد مهاربندی محوری ممکن است در هر مهاربندی جانبی برای کانال‌های بزرگ و لوله‌ها مورد نیاز باشد (شکل ۵-۷۰).

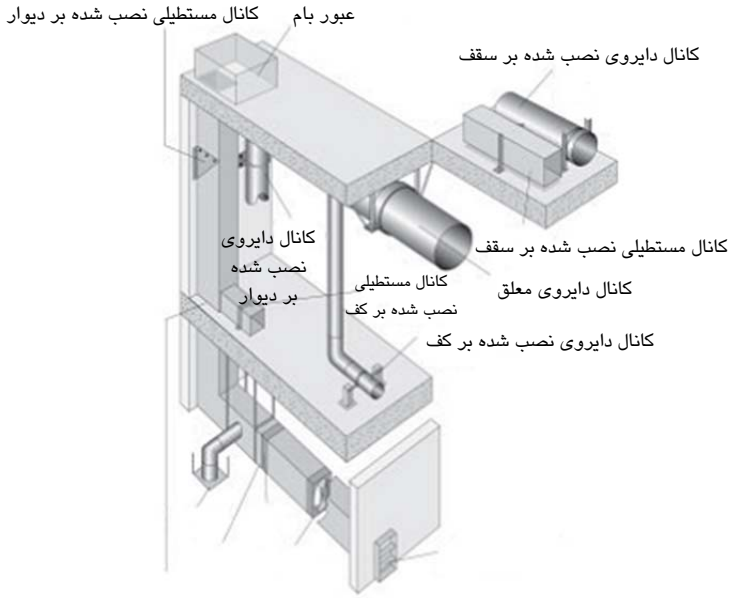


شکل ۵-۷۰- انتخاب مهاربندی کانال‌ها- لوله‌ها و تجهیزات موجود در مسیر

۵-۵-۱- انتخاب نوع مهاربندی لازم برای کانال و لوله

۵-۵-۱-۱- انتخاب مهاربندی کانال

برای اتصال و مهاربندی اجزاء بایستی نخست مهاربندی کانال مورد استفاده انتخاب گردد. شکل ۵-۷۱ نشان دهنده روش‌های مختلف برای مهاربندی کانال‌هاست.



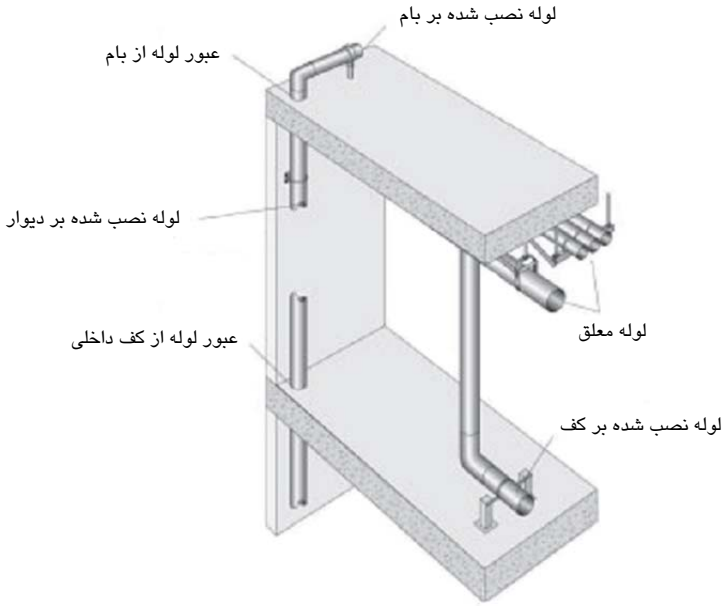
شکل ۵-۷۱- روش‌های مختلف برای مهاربندی کانال

با استفاده از جدول موجود در بخش ۵-۹ می‌توان اتصال مناسب نصب را انتخاب و از ستون مربوطه، نوع مهاربندی را تعیین نمود.

۵-۵-۱-۲- انتخاب مهاربندی لوله

برای اتصال و مهاربندی نخست باید مهاربندی لوله مورد استفاده انتخاب گردد. شکل (۵-۷۲) نشان دهنده روش‌های مختلف برای مهاربندی لوله‌هاست.

با استفاده از جدول موجود در بخش ۵-۹ می‌توان اتصال مناسب نصب انتخاب و از ستون مربوطه، نوع مهاربندی را تعیین نمود.



شکل ۵-۷۲- سیستم لوله‌کشی با انواع مهاربندی لرزه‌ای

۵-۵-۲- جزئیات مهاربندی کانال‌ها

۵-۵-۲-۱- ضوابط داکت‌های HVAC

در مورد داکت‌های HVAC ضوابطی موجود دارد که به ضریب عملکرداجزاء و اندازهٔ داکت بستگی دارند.

الف- قانون ۱۲ اینچ

داکت‌های با ضریب عملکرد۱/۰ که شرایط قانون ۱۲ اینچ را برای تمام طول داکت داشته باشند، نیاز به هیچگونه مهار لرزه‌ای و مقاوم‌سازی ندارند. قانون ۱۲ اینچ شامل رعایت ضوابط زیر برای طول داکت می‌باشد:

۱- طول آویزها ۳۰ سانتی‌متر یا کمتر باشد (برای کل طول داکت). این طول معمولاً از سازه نگهدارنده تا بالای میلهٔ ذوزنقه‌ای که داکت را مهار می‌کند، اندازه‌گیری می‌شود.

۲- جزئیات آویزها و نحوهٔ ساخت آنها به گونه‌ای باشد که از خمش قابل ملاحظه آویزها و اتصالات آن جلوگیری شود. این بدان معنی است که اتصال آویز به سازه، آزاد باشد و تولید لنگر نکند (گیردار نباشد و به آزادی بتواند حرکت کند).

ب- اندازه داکت‌ها

در صورتی که ضریب عملکرد ۱/۰ باشد و سطح مقطع داکت کمتر از $۶\ ft^2$ ($۰/۶\ m^2$) باشد، نیازی به به‌کارگیری قیود لرزه‌ای نمی‌باشد.

ضوابط زیر در مورد اجزاء واقع در درون داکت باید رعایت شود:

۱- حداقل یک سر (انتهای) جزء مورد نظر باید به صورت گیردار (صلب) به داکت متصل باشد. انتهای دیگر می‌تواند به یک اتصال انعطاف‌پذیر (Flex Connector) متصل بوده و یا می‌تواند باز باشد. انتهای دارای اتصال انعطاف‌پذیر یا انتهای آزاد باید دارای تکیه‌گاه ثقلی و مهار جانبی باشد.

۲- وسایل مربوط به سیستم‌های جاذب انرژی و میراگرها باید توسط بست مکانیکی به هم متصل شوند (Positively Attached).

۳- لوله‌کشی خطوط جریان قوی و خطوط کنترل الکتریکی مهار نشده که به اجزاء درون مسیر متصل هستند،باید با استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر، که اجازه حرکت به اندازه کافی در طول را می‌دهند، به اجزاء درون مسیر متصل شوند.

۴ روش مختلف برای مهاربندی کانال‌ها یا لوله‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- کانال‌ها یا لوله‌های معلق
- کانال‌ها یا لوله‌های نصب شده بر کف
- کانال‌ها یا لوله‌های نصب شده بر بام
- کانال‌ها یا لوله‌های نصب شده بر دیواره

۵-۵-۲-۲- کانال‌ها و لوله‌های معلق

۵-۵-۲-۲-۱- مقاومت لرزه‌ای مورد نیاز برای تکیه‌گاه‌های معلق در سایر اجزاء ساختمان (به طور خاص برای لوله‌ها و داکت‌ها)

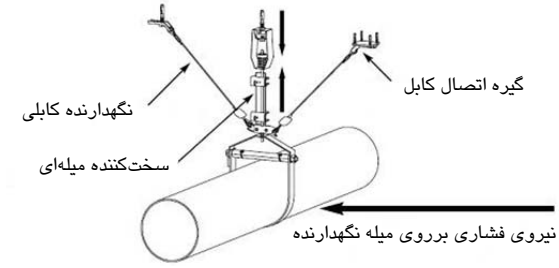
در تأسیسات بیمارستان‌ها و تجهیزات مربوط به حفظ سلامت افراد، سیستم لوله‌ها و داکت‌ها باید در تراز عملکردی قابلیت استفاده بی‌وقفه IO، قابلیت سرویس‌دهی خود را پس از زلزله حفظ کند. این تأسیسات با ضریب عملکرد۱/۵ مشخص شده‌اند که شامل شبکه اطفاء حریق و سیستم تهویه هوا، سیستم‌های کنترل بیماریهای حساس، لوله‌های گاز پزشکی و سیستم کنترل تهویه و رطوبت، اتاق عمل و اتاق‌های قرنطینه می‌گردد. همچنین خطوط لوله و داکت‌هایی که آسیب دیدن آنها باعث از کار افتادن سیستم‌هایی که باید پس از زلزله فعال باشد، نیز شامل موارد نیازمند به تأمین ضوابط قابلیت استفاده بی‌وقفه می‌باشند.

با توجه به تجربیات موجود اکثر تأسیساتی که دچار خرابی بر اثر زلزله می‌شوند، تجهیزاتی هستند که براساس ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی، طرح نشده‌اند. نمونه‌هایی از اتصالات مناسب برای خطوط لوله و داکت‌های معلق در شکل (۵-۷۲) نشان داده شده است.

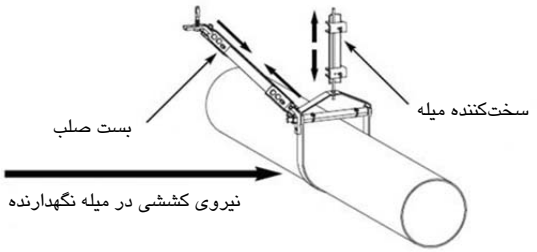
هنگامی که جابجایی قابل توجهی بر اثر زلزله اتفاق بیافتد، تکیه‌گاه‌های سیستم‌های لوله و داکت‌ها باید به گونه‌ای باشد که در دو جهت افقی و قائم پایداری سیستم را حفظ کند. این تکیه‌گاه‌ها باید در فواصلی قرار بگیرند که تسلیم موضعی در لوله و داکت در بین تکیه‌گاه‌ها اتفاق نیافتد. نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که محل‌های مورد نیاز برای قرارگیری تکیه‌گاه‌ها در لوله‌ها و داکت‌ها به صورت ارائه شده در شکل (۵-۷۲) می‌باشند.

لوله‌ها و داکت‌ها را می‌توان توسط کابل یا میله‌مهارهایی با زاویه به سقف مهار کرد. این زاویه مهارها باعث می‌شود نیروی جانبی زلزله یک نیروی قائم نیز در تکیه‌گاه ایجاد کند که مقدار آن می‌تواند حتی تا دو برابر نیروی افقی نیز بشود و باید اثر آن در طراحی و ارائه جزئیات اتصال در نظر گرفته شود. هنگامی که از اتصالات کابلی استفاده می‌شود، نیروی قائم همیشه رو به بالا می‌باشد. اما هنگامی که از میل‌مهار استفاده می‌شود این نیرو می‌تواند فشاری یا کششی باشد. همچنین باید مهارها به گونه‌ای تقویت شود که بتواند بارهای فشاری را بدون کمانش تحمل کند. مطالعات نشان داده است که لوله‌ها و داکت‌هایی که فاصله تکیه‌گاه آنها تا سقف کمتر از $۳۵cm$ است، بر اثر زلزله دچار تحریک‌های بسیار شدید و بیش از توان خود نمی‌شوند.

همچنین نتایج زلزله‌های گذشته نشان می‌دهد که لوله‌های با قطر کمتر از $۵cm$ به اندازه کافی کوچک و شکل‌پذیر هستند که بر اثر زلزله آسیب نبینند و این مسئله برای داکت‌های با سطح مقطع کمتر از $۰/۶m^2$ نیز صادق است.

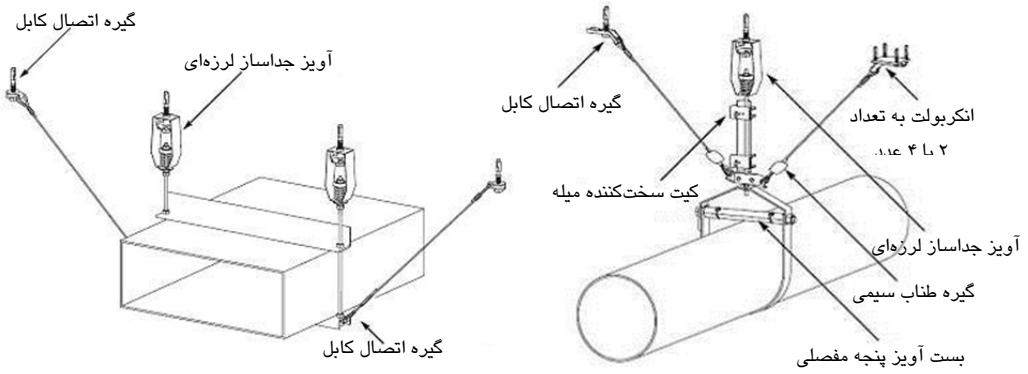


الف- نمونه‌ای از اتصال لوله‌ها با کابل که سبب ایجاد نیروی فشاری در میله نگهدارنده می‌شود.

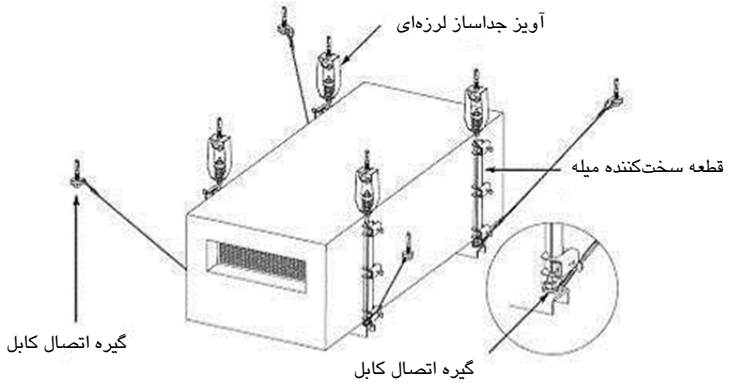


ب- نمونه‌ای از اتصال با میله صلب که باعث ایجاد نیروی کششی در آن می‌شود

شکل ۵-۷۳- نمونه‌هایی از اتصالات مناسب ساده برای تجهیزات معلق



ب- داکت‌های معلق الف- خطوط لوله معلق



ج- دستگاه‌های معلق

شکل ۵-۷۴- نمونه‌هایی از اتصالات جداسازی شده برای تجهیزات معلق

۵-۵-۲-۲-۲- انواع روش‌های اتصال معلق کانال‌ها

برای معلق کردن کانال‌های مستطیلی، دایروی و بیضوی شش روش به شرح ذیل قابل طرح می‌باشد:

۱- استفاده از میله‌های قائم با مهاربندی کابلی

۲- استفاده از میله‌های قائم و مهاربندی با پروفیل فولادی

۳- استفاده از پروفیل‌های فولادی قائم با مهاربندی کابلی

۴- استفاده از پروفیل‌های فولادی قائم و مهاربندی با پروفیل فولادی

۵- استفاده از تکیه‌گاه‌های مهاربندی نشده

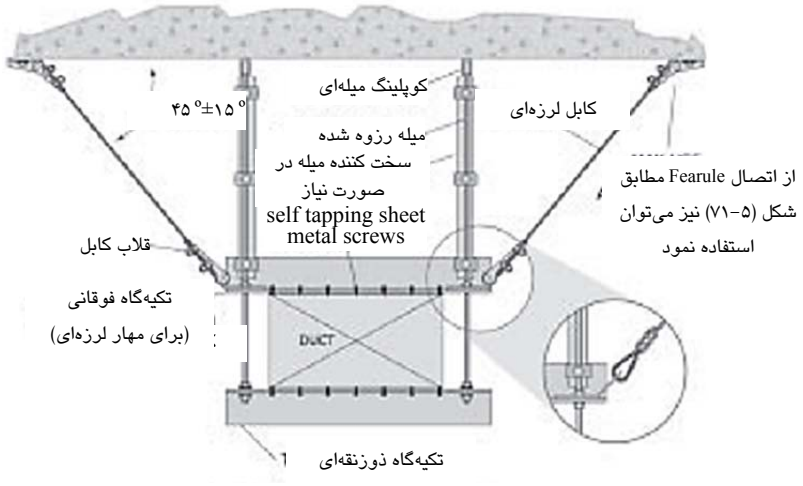
۶- جداسازی لرزه‌ای

در ادامه، جزئیات اجرایی این روش‌ها ارائه شده است.

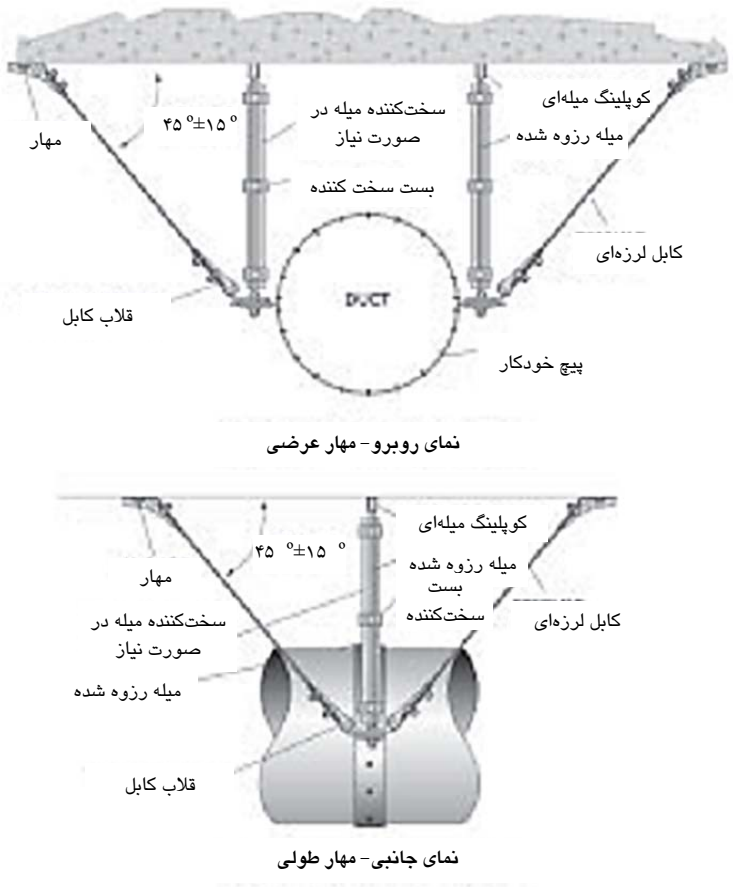
۱- میله‌های قائم با مهاربندی کابلی

در این حالت میله باید از محل اتصال به سازه ساختمان تا انتهای تکیه‌گاه یک‌تکه باشد.

کانال‌های مهاربندی شده با میله قائم با نگهدارنده‌های عرضی و طولی در شکل‌های (۵-۷۵) و (۵-۷۶) نشان داده شده است.

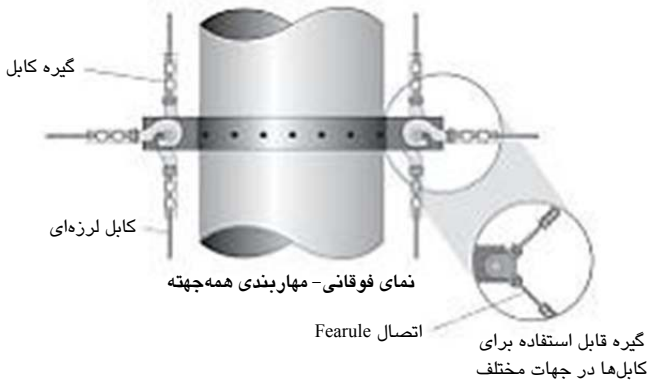


شکل ۵-۷۵- کانال مستطیلی با میله‌های قائم مهاربندی شده با کابل (نمای عرضی)

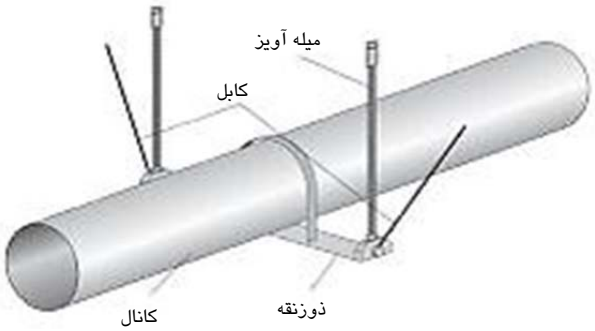


شکل ۵-۷۶- کانال دایروی با میله‌های قائم و مهاربندی با کابل

برای سوراخ کردن کانال باید از کوتاه‌ترین پیچ ممکن، برای کاهش سروصدای جریان باد در داخل کانال استفاده نمود.

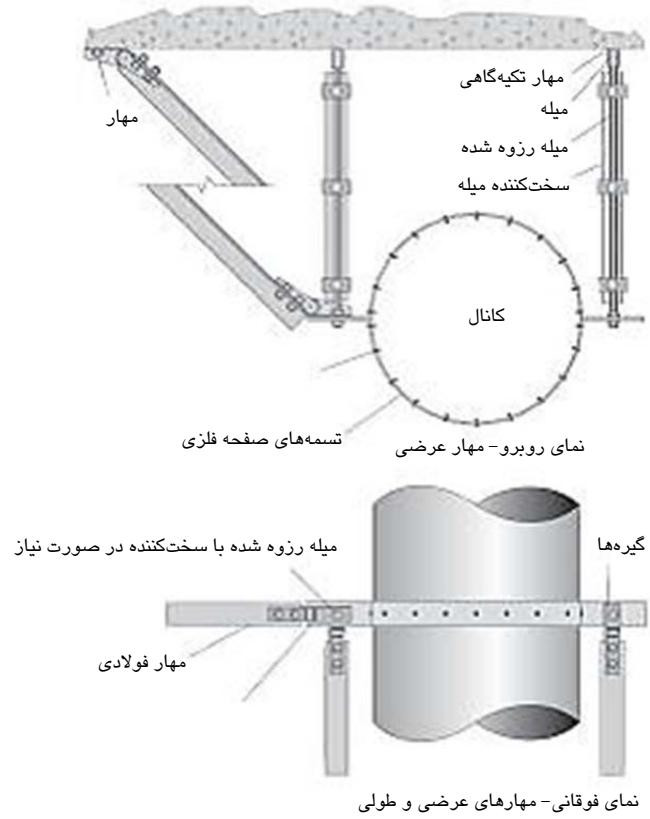


شکل ۵-۷۷- کانال دایروی میله‌های قائم و کابل‌های همه جهته برای مهاربندی



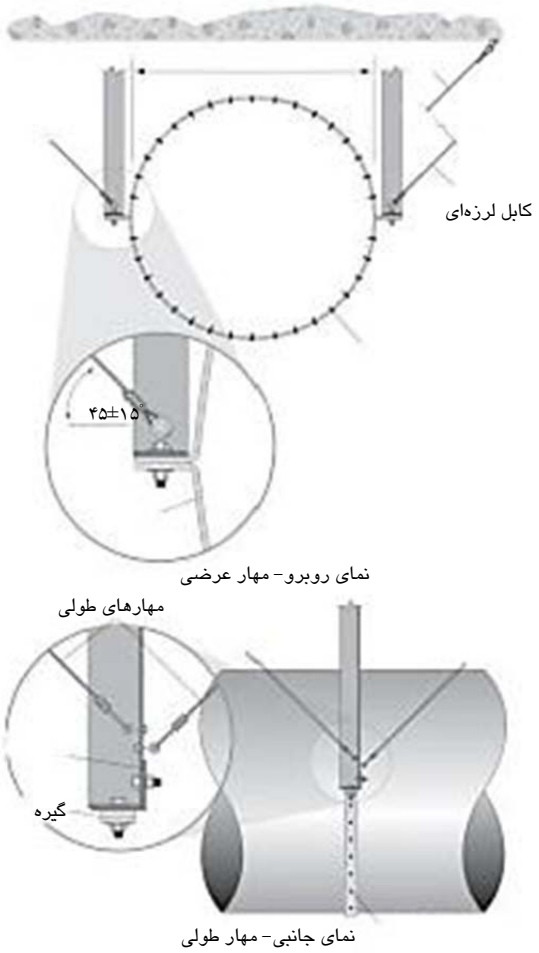
شکل ۵-۷۸- کانال دایروی اختیاری با میله‌های قائم و مهاربندی از طریق کابل

۲- میله‌های قائم با مهاربندی پروفیل فولادی



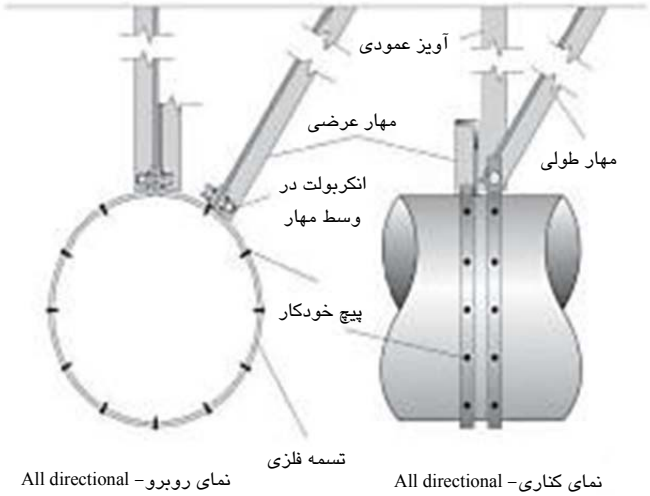
شکل ۵-۷۹- کانال دایروی با میله‌های قائم و مهاربندی شده با پروفیل فولادی (عرضی و تمام جهته)

۳- پروفیل‌های فولادی قائم با مهاربندی کابلی



شکل ۵-۸۰- کانال دایروی با پروفیل فولادی عمودی و مهاربندی توسط کابل (عرضی و طولی)

۴- پروفیل فولادی قائم با مهاربندی پروفیل فولادی



شکل ۵-۸۱- کانال دایروی با پروفیل فولادی قائم و مهاربندی فولادی چند جهته

حداکثر زاویه عرضی و یا طولی باید به 45° محدود شود.

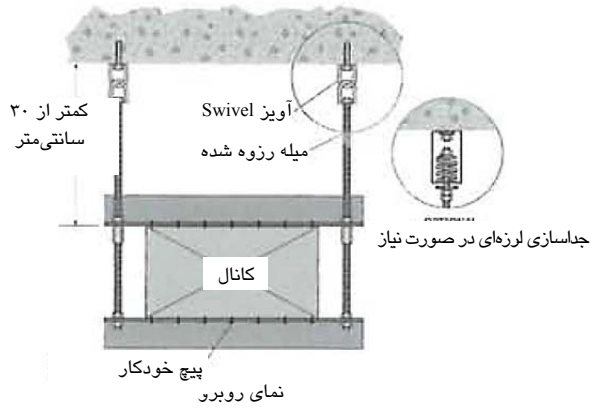
۵- تکیه‌گاه‌های مهاربندی نشده

در مورد کانال‌ها، داکت‌های طولانی یا کف‌های نگهدارنده کابل‌ها که تکیه‌گاه‌های آنها میله‌های ذوزنقه‌ای شکل می‌باشند و دارای اجزایی با ضریب عملکرد ۱/۵ بوده و وزن کل آنها کمتر یا مساوی 15kg/m باشند، نیازی به استفاده از مهار نمی‌باشد. وزن کل شامل مجموع وزن کانال، داکت یا کف نگهدارنده کابل‌ها و خود تکیه‌گاه ذوزنقه‌ای شکل می‌باشد.

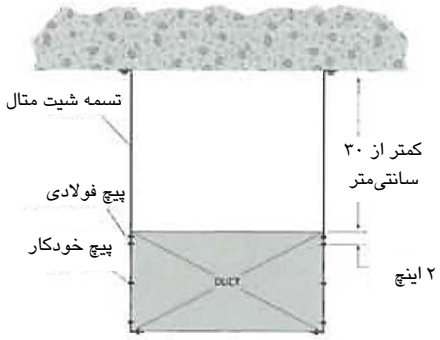
تکیه‌گاه‌های مهاربندی نشده باید توسط مسئول دارای صلاحیت تأیید شده و بالای لوله به تکیه‌گاه متصل شود.

سه نوع تکیه‌گاه مهاربندی نشده وجود دارد:

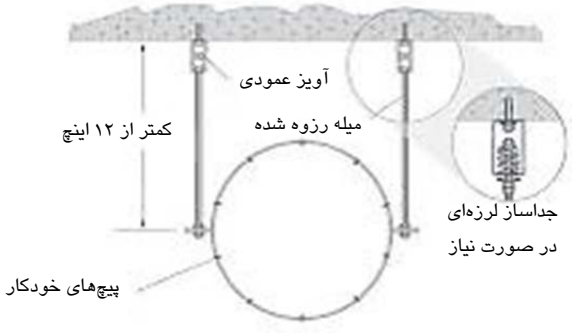
- تکیه‌گاه میله‌ای غیرمقاوم در برابر لنگر
- تکیه‌گاه تسمه‌ای
- تکیه‌گاه جداسازی لرزه‌ای شده



شکل ۵-۸۲- تکیه‌گاه میله‌ای غیرمقاوم در برابر لنگر برای کانال مستطیلی تکیه‌گاه تسمه‌ای



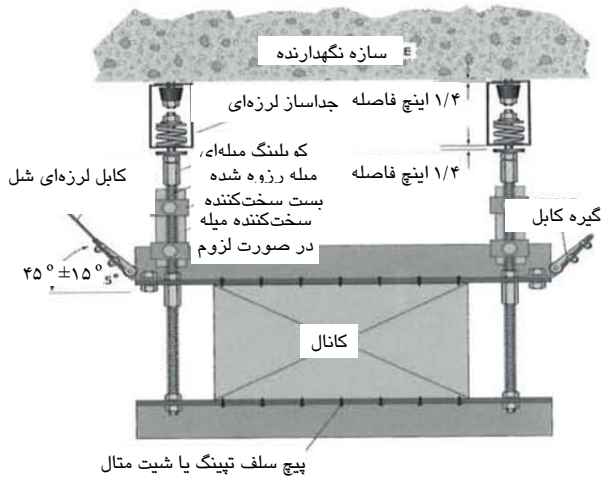
شکل ۵-۸۳- تکیه‌گاه تسمه‌ای کانال مستطیلی



شکل ۵-۸۴- کانال دایروی و تکیه‌گاه میله‌ای غیرمقاوم در برابر لنگر

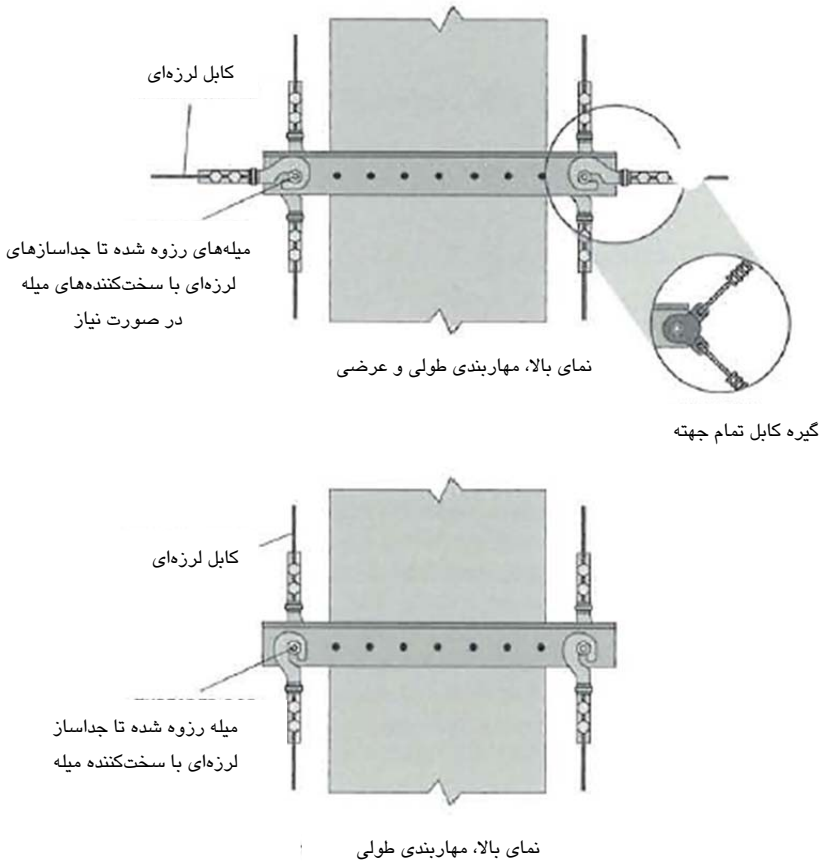
شکل ۵-۸۵- مهار تسمه‌ای برای کانال دایروی با مهاربندی فولادی

۶- کانال‌ها و لوله‌های جداسازی لرزه‌ای شده

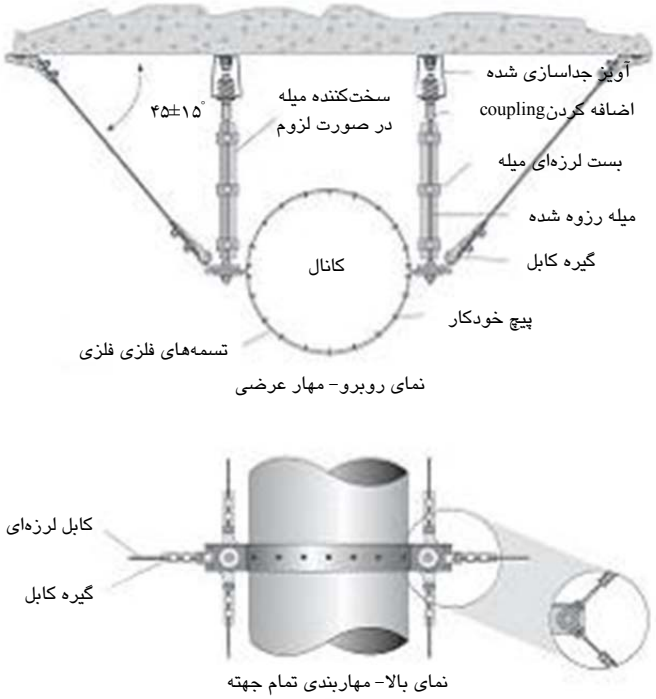


نمای روبرو- مهار عرضی

شکل ۵-۸۶- کانال‌ها و لوله‌های جداسازی شده توسط میله‌های قائم و مهاربندی شده با کابل به صورت عرضی



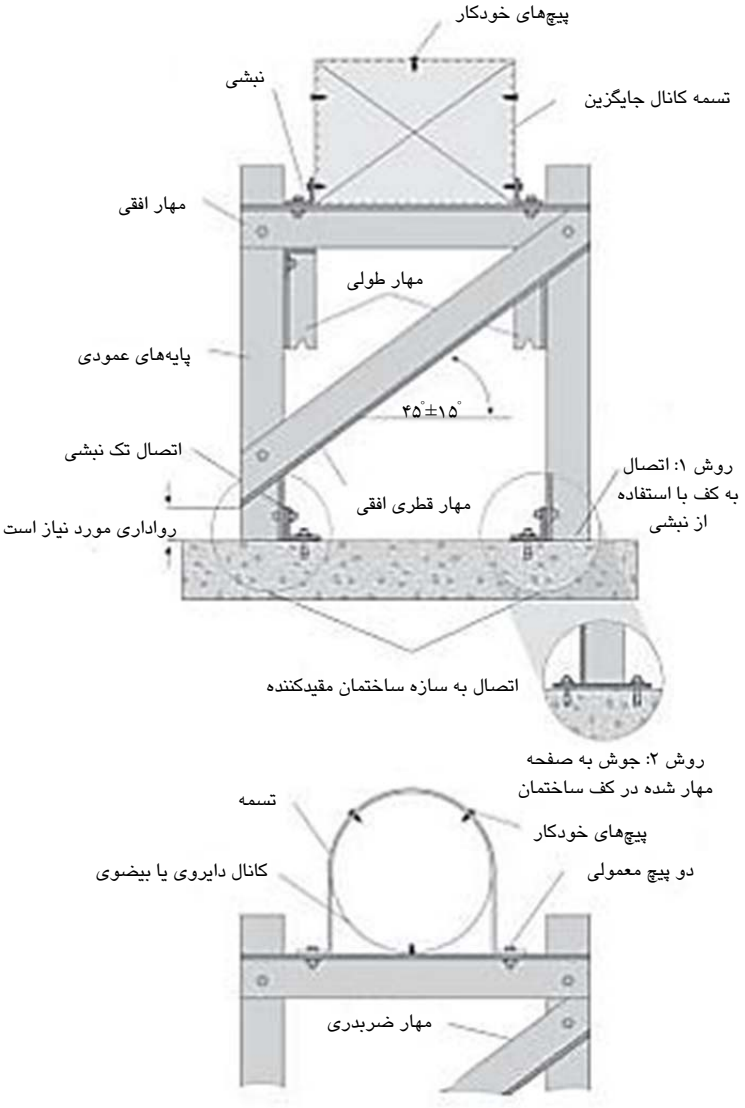
شکل ۵-۸۷- کانال‌های مستطیلی جداسازی شده با میله‌ها و مهاربندی کابلی (در تمام جهات و طولی)



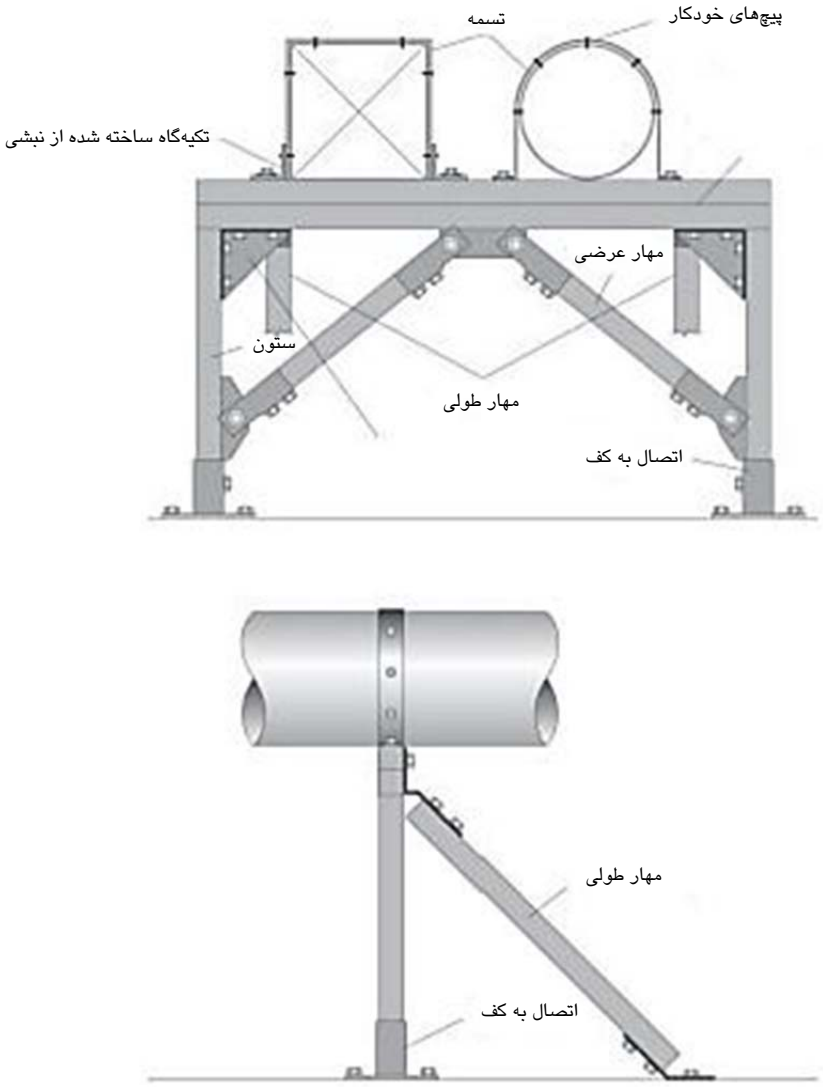
شکل ۵-۸۸- کانال دایروی جداسازی شده با میله‌های قائم و مهاربندی با کابل (در تمام جهات و عرضی)

۵-۵-۲-۳- کانال‌ها و لوله‌های نصب شده بر کف

کانال‌ها و لوله‌ها را می‌توان با استفاده از قاب فولادی از روی سطح کف بالا آورد. جزئیات این قاب‌ها در ادامه ارائه شده است.



شکل ۵-۸۹- کانال‌های قرار گرفته برروی تکیه‌گاه ساخته شده از نبشی

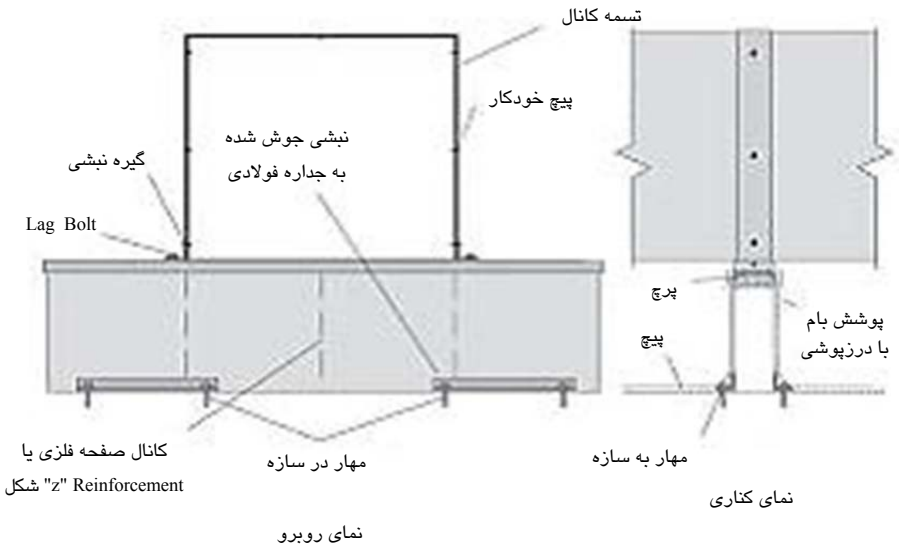


شکل ۵-۹۰- کانال‌ها و لوله‌های مهار شده بالاتر از کف توسط پایه

۵-۵-۲-۴- کانال‌ها و لوله‌های نصب شده بر بام

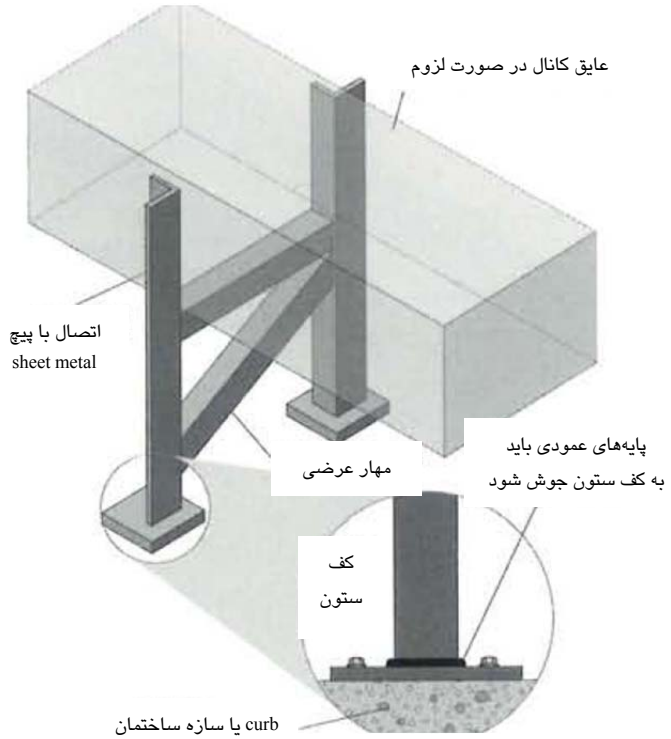
معمولاً برای نگهداری کانال‌ها و لوله‌های در پشت بام از نبشی استفاده می‌گردد. برای نصب کانال از چهار روش زیر می‌توان استفاده نمود:

۱- نصب بر یک تکیه‌گاه لرزه‌ای پیش‌ساخته



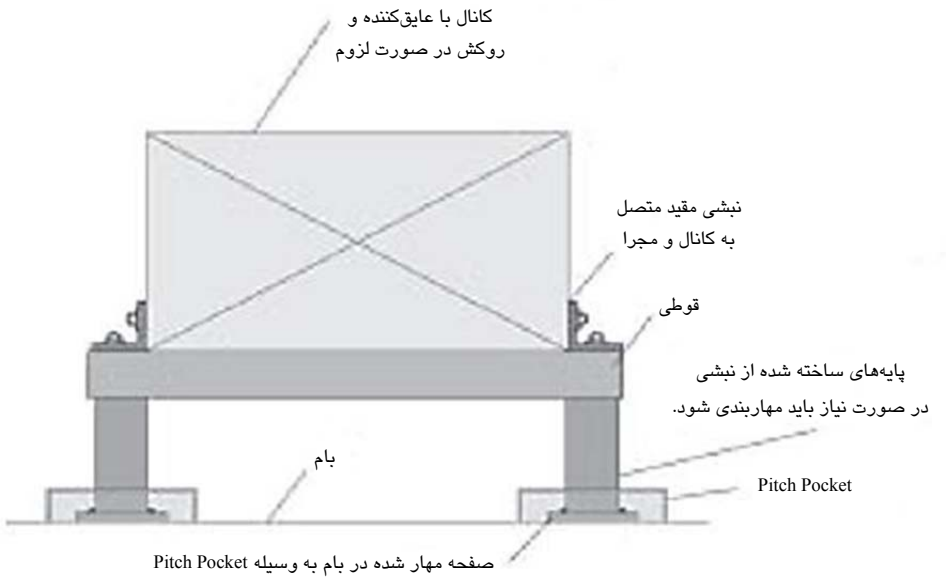
شکل ۵-۹۱- کانال نصب شده برروی یک مهار لرزه‌ای پیش‌ساخته برای کانال

۲- نصب برروی بام با استفاده از قاب مهاربندی شده



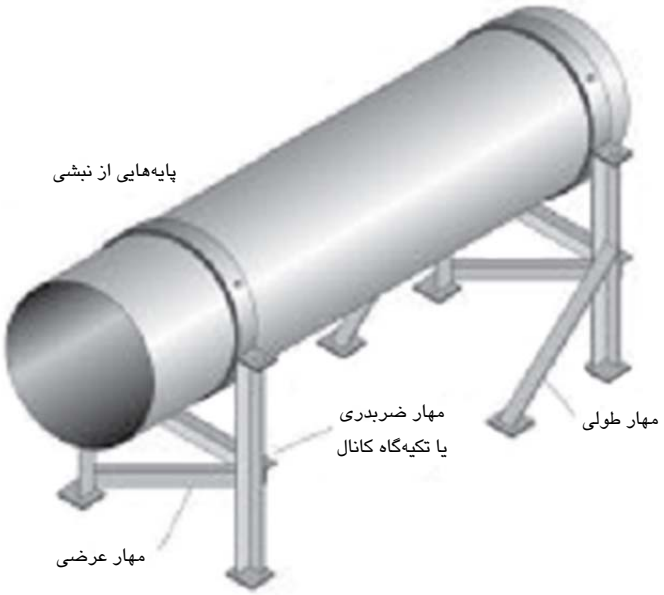
شکل ۵-۹۲- کانال نصب شده برروی بام با استفاده از قاب مهاربندی شده

۳- کانال نصب شده بر یک تکیه‌گاه نبشی به صورت مستقیم به بام



شکل ۵-۹۳- کانال نصب شده بریک تکیه‌گاه نبشی متصل شده به بام به طور مستقیم در Pitch Pocket

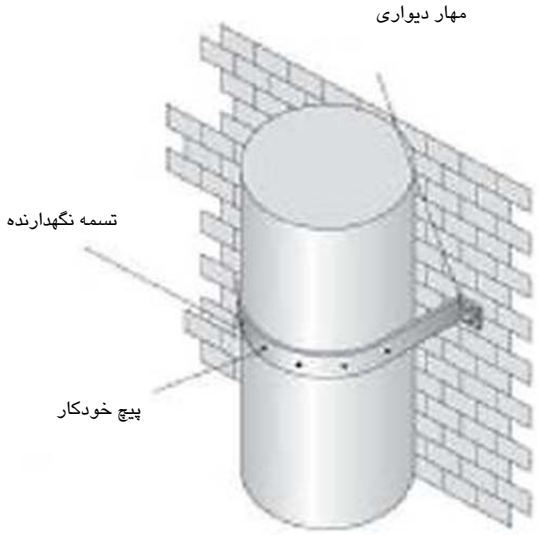
۴- نصب شده برروی یک تکیه‌گاه نبشی برای کانال‌های دایروی و بیضوی



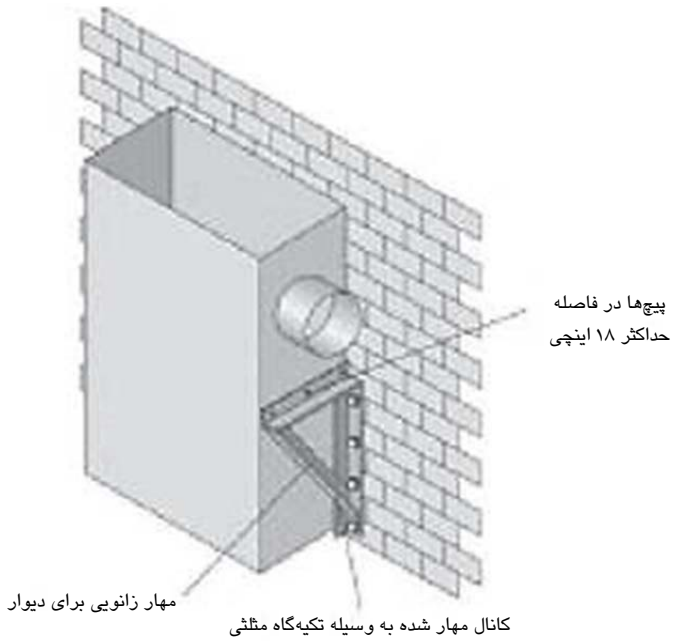
شکل ۵-۹۴- تکیه‌گاه پشت بامی برای کانال دایروی

۵-۵-۲-۵- کانال‌ها و لوله‌های نصب شده بر جداره

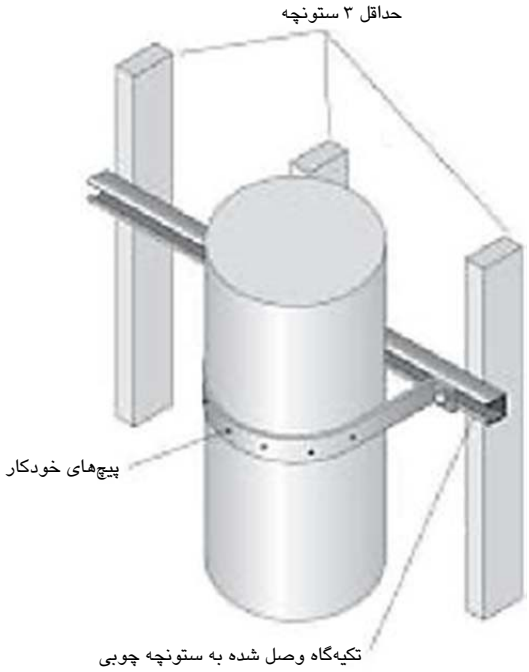
کانال‌ها معمولاً به صورت مستقیم و توسط تسمه یا نبشی به دیوار متصل می‌شود. کانال‌ها را می‌توان با یک نشیمار نیز نگهداشت. توجه شود که این تسمه‌ها مهار قائم ایجاد نمی‌نماید. همچنین باید از پایداری دیوار قبل از اتصال کانال به آن اطمینان حاصل نمود.



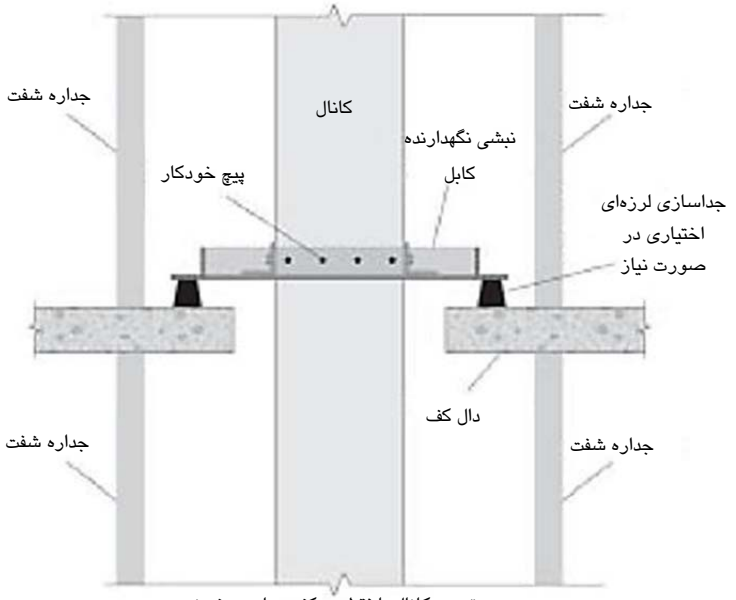
شکل ۵-۹۵- تسمه متصل شده به صورت مستقیم به دیوار



شکل ۵-۹۶- کانال مهار شده با تکیه‌گاه مثلثی



شکل ۵-۹۷- کانال نگهداری شده از طریق ستونچه چوبی یا فلزی متصل به دیوار



شکل ۵-۹۸- کانال نگهداری شده در Chase

۵-۵-۲-۶- کانال‌های عبورکننده از سقف

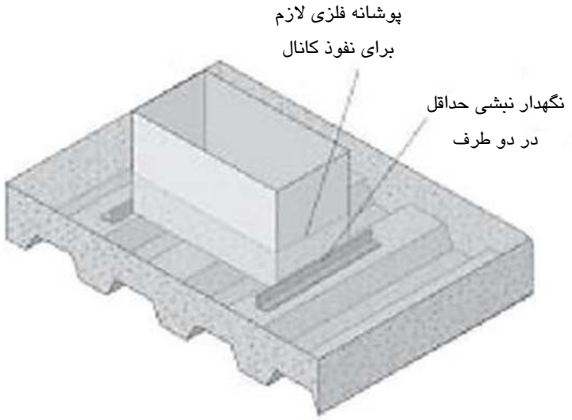
بسته به موقعیت عبور کانال، دو موقعیت زیر می‌تواند وجود داشته باشد:

۱- عبور کانال از پشت بام

۲- عبور کانال از سقف طبقات میانی

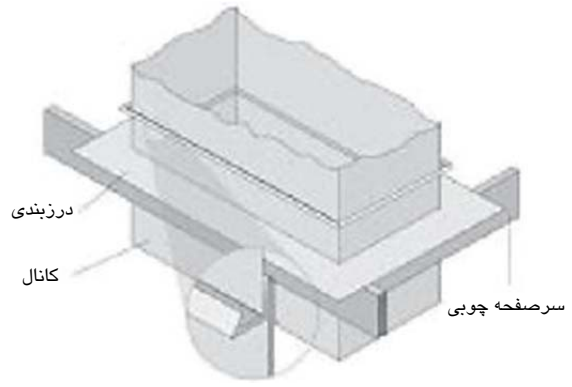
محل عبور کانال‌ها از پشت بام باید عایق‌بندی شده و در صورت لزوم درزبندی شود.

۱- عبور کانال از پشت بام



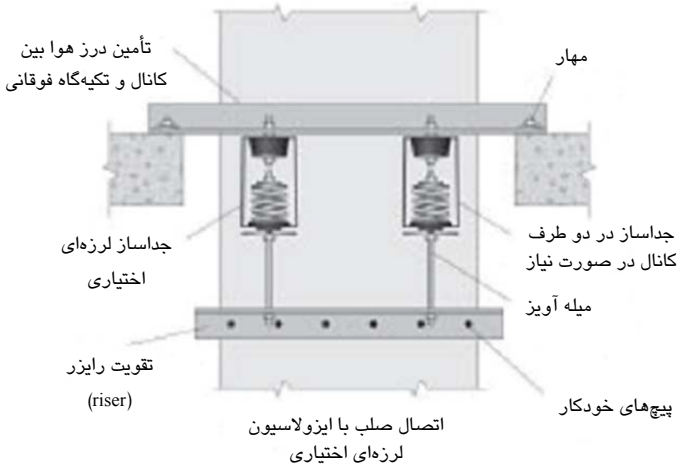
شکل ۵-۹۹- عبور کانال از پوشش فلزی سقف

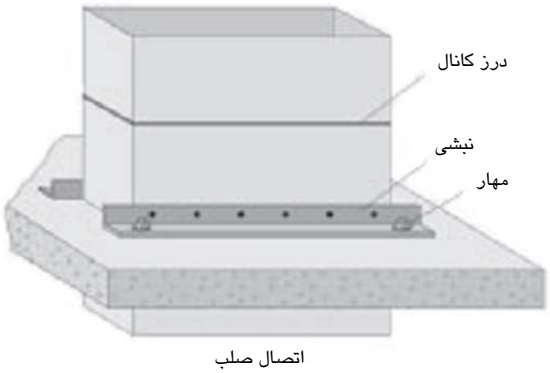
پس از پیاده‌سازی محل عبور کانال و نصب مهاربندی و اجرای کانال باید اقدام به درزپوشی کرد.



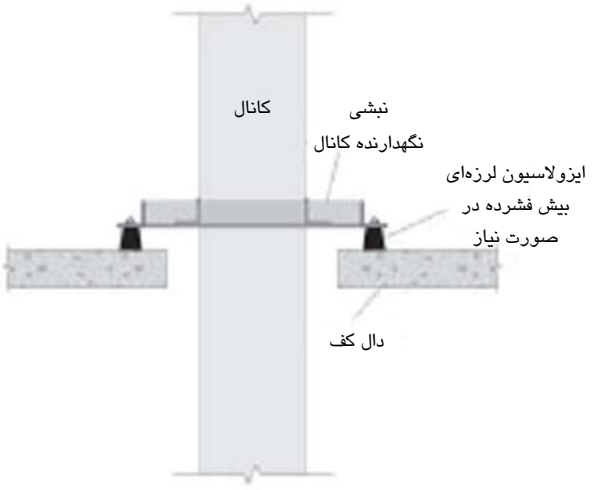
شکل ۵-۱۰۰- درزبندی برای نفوذ سقفی

۲- عبور کانال از سقف طبقات میانی





شکل ۵-۱۰۱- عبور کانال مستطیلی در طبقات میانی



شکل ۵-۱۰۲- عبور کانال از طبقات میانی

۵-۵-۳- جزئیات مهاربندی لوله‌ها و دستورالعمل نصب آنها

۵-۵-۳-۱- نکات مربوط به سیستم‌های لوله‌کشی

سیستم لوله‌کشی مناسب درون سازه، لوله‌کشی با قابلیت تغییرشکل زیاد می‌باشد. اگر لوله‌ها از مواد شکل‌پذیر ساخته شده باشند و توسط جوش یا اتصال‌های شیاری، مانند اتصال Victaulic، که در آنها شیارها از نورد به‌دست آمده نه از برش، به هم متصل شده باشند، لوله‌کشی دارای قابلیت تغییرشکل زیاد می‌باشد. لوله‌هایی که از مواد شکل‌پذیر ساخته و توسط پیچ، چسب یا اتصال‌های شیاری که در آنها شیارها توسط ماشین بریده شده‌اند، به هم متصل شده باشند، لوله‌کشی با قابلیت تغییرشکل متوسط می‌باشند. لوله‌هایی که از مواد نسبتاً شکننده مانند چدن یا شیشه ساخته شده‌اند لوله‌کشی با قابلیت تغییرشکل پایین می‌باشند.

۵-۵-۳-۱-۱- قانون ۱۲ اینچ

برای سیستم لوله‌کشی که قانون ″۱۲ در آن رعایت شده است، هیچ‌گونه مهاری اضافی برای بارهای لرزه‌ای لازم نیست. قانون ″۱۲ در صورتی در یک سیستم لوله‌کشی معتبر است که:

۱- سیستم لوله‌کشی دارای آویز میله‌ای به عنوان تکیه‌گاه باشد.

الف- برای لوله‌هایی که دارای تکیه‌گاه پنجه مانند، (Clevis Type) می‌باشد، تمامی آویزها در سیستم لوله‌کشی در فواصل .12in (30cm) یا کمتر از سر لوله تا سازهٔ نگهدارنده قرار داشته باشند.

ب- برای لوله‌هایی که دارای تکیه‌گاه ذوزنقه‌ای (Trapeze) می‌باشند، تمامی آویزها در سیستم لوله‌کشی در فواصل .12in (30cm) یا کمتر از سر میلهٔ ذوزنقه‌ای تا سازه نگهدارنده قرار داشته باشند.

۲- آویزها باید به گونه‌ای نصب شده باشند تا از خمش آویز و متعلقات آن جلوگیری شده و اتصال آویز و سازهٔ نگهدارنده ایجاد خمش نکند. این به آن معنی است که اتصال باید بتواند به طور آزاد نوسان کند و لنگر خمشی در آویز ایجاد نگردد.

۳- فضای کافی باید برای حرکت عقب و جلو هنگام وقوع زلزله برای سیستم لوله‌کشی مهیا باشد.

۴- اتصال بین سیستم لوله‌کشی و اجزاء سطح مشترک باید طوری طراحی و یا انتخاب شوند تا محدودهٔ حرکت کامل مورد انتظار لوله و اجزاء سطح مشترک تأمین گردد.

۵-۵-۳-۱-۲- لوله‌های با تکیه‌گاه‌های تک‌رکابه (پنجه مفصلی)

لوله‌کشی‌هایی که دارای تکیه‌گاه‌های تک‌رکابه با ضریب عملکرد ۱/۵ هستند و قطر اسمی آنها .$1in$ ($25mm$) یا کمتر است، هیچ‌گونه مهار لرزه‌ای احتیاج ندارند.برای لوله‌کشی‌های دارای تکیه‌گاه‌های تک‌رکابه که ضریب عملکرد ۱/۰ دارند و قطر اسمی آنها .3in (76mm) یا کمتر است، هیچ‌گونه مهار لرزه‌ای احتیاج نیست.

۵-۵-۳-۲- انواع مهار لوله‌ها

در این بخش دستورالعمل‌هایی در مورد مهار لرزه‌ای لوله‌ها در ۵ حالت مختلف ارائه شده است.

۱- لوله‌کشی معلق

۲- لوله‌کشی نصب شده بر روی کف

۳- لوله‌کشی نصب شده بر روی بام

۴- لوله‌کشی نصب شده بر روی دیوار

۵- عبور لوله از سقف

۵-۵-۳-۲-۱- لوله‌کشی معلق

برای مهاربندی لوله‌های معلق ۷ روش وجود دارد:

۱- اتصال پنجه‌مفصلی مهار شده به وسیله پیچ مهاری

۲- اتصال پنجه‌مفصلی مهار شده به وسیله کابل

۳- اتصال پنجه‌مفصلی مهار شده به وسیله میله آویز

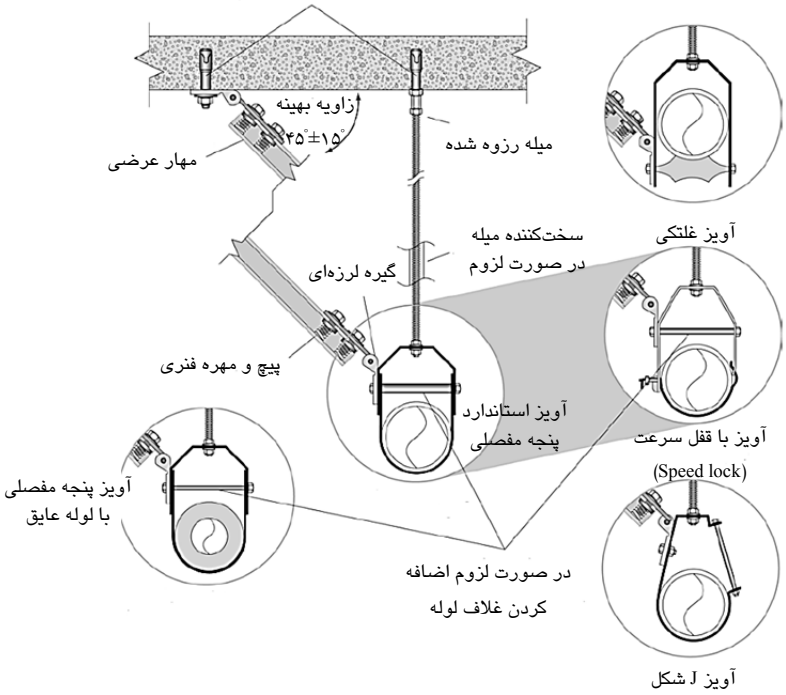
۴- بست لوله

۵- لوله جداسازی شده ارتعاشی با آویز پنجه‌مفصلی

۶- سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای

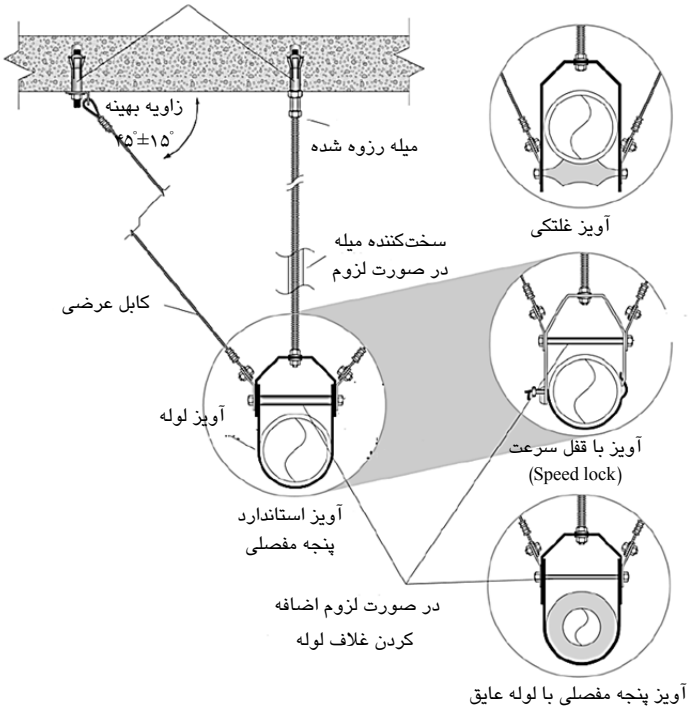
۷- غلتک دوتایی برای لوله اشباع‌پذیر

۱- معلق با استفاده از اتصال پنجه‌مفصلی مهار شده در پیچ مهاری



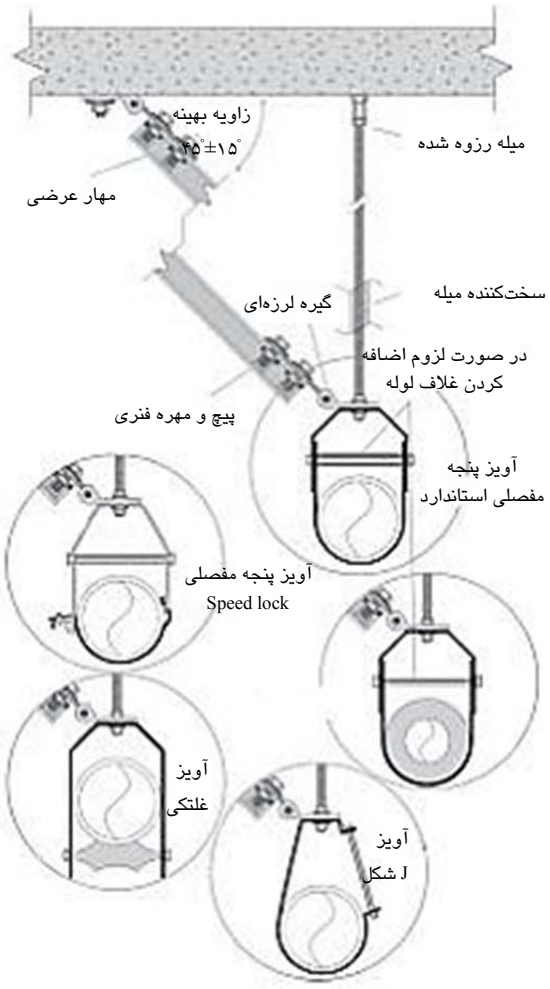
شکل ۵-۱۰۳- آویز پنجه‌مفصلی با پایه یا نبشی مهارکننده عرضی در پیچ مهاری

۲- معلق با استفاده از آویز پنجه‌مفصلی مهارشده با کابل



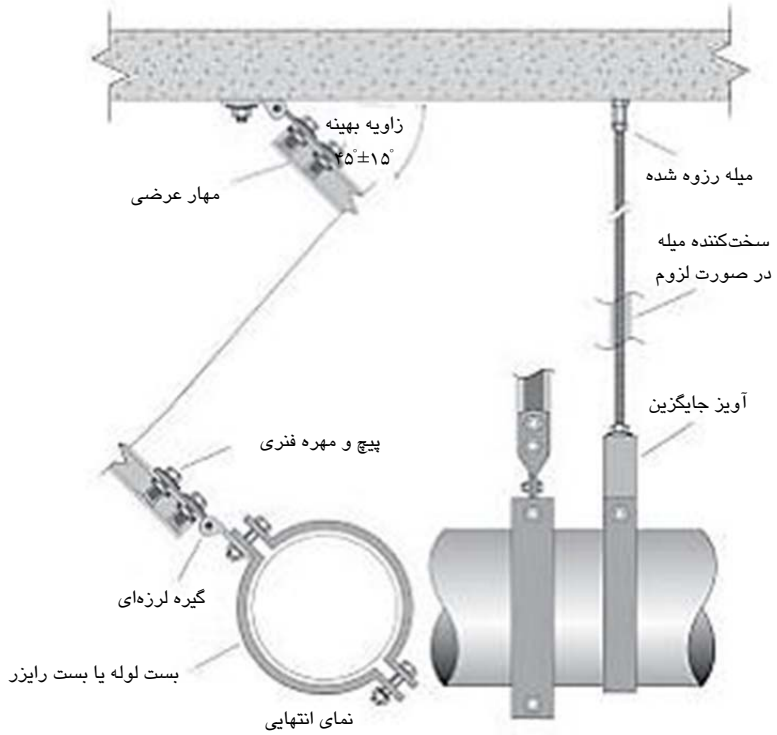
شکل ۵-۱۰۴- نگهدارنده آویز پنجه‌مفصلی تکی با مهاربندی عرضی کابلی در پیچ مهاری

۳- اتصال پنجه‌مفصلی مهارشده در میله آویز

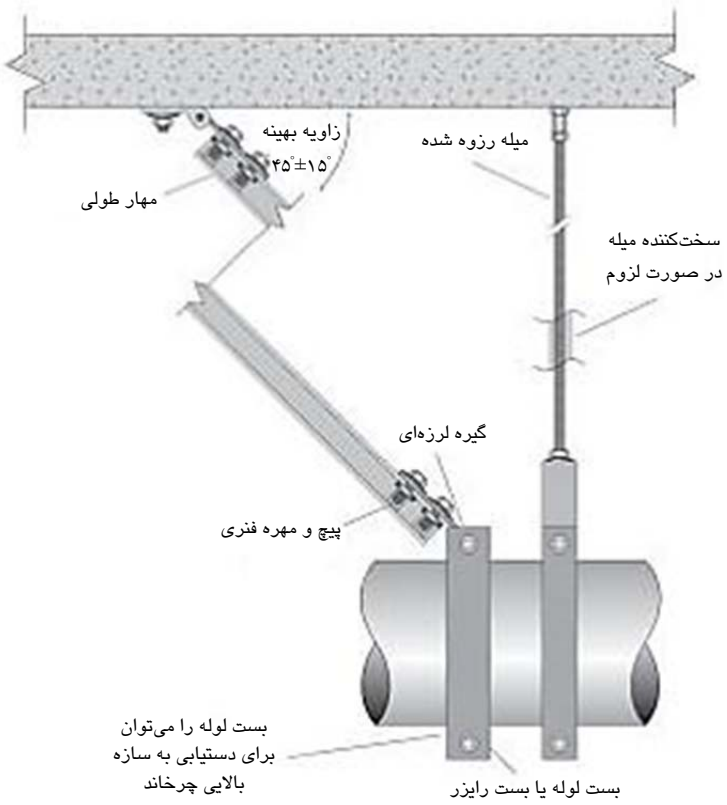


شکل ۵-۱۰۵- نگهدارنده تک آویز پنجه‌مفصلی به همراه پایه یا مهاربندی نبشی عرضی در میله آویز

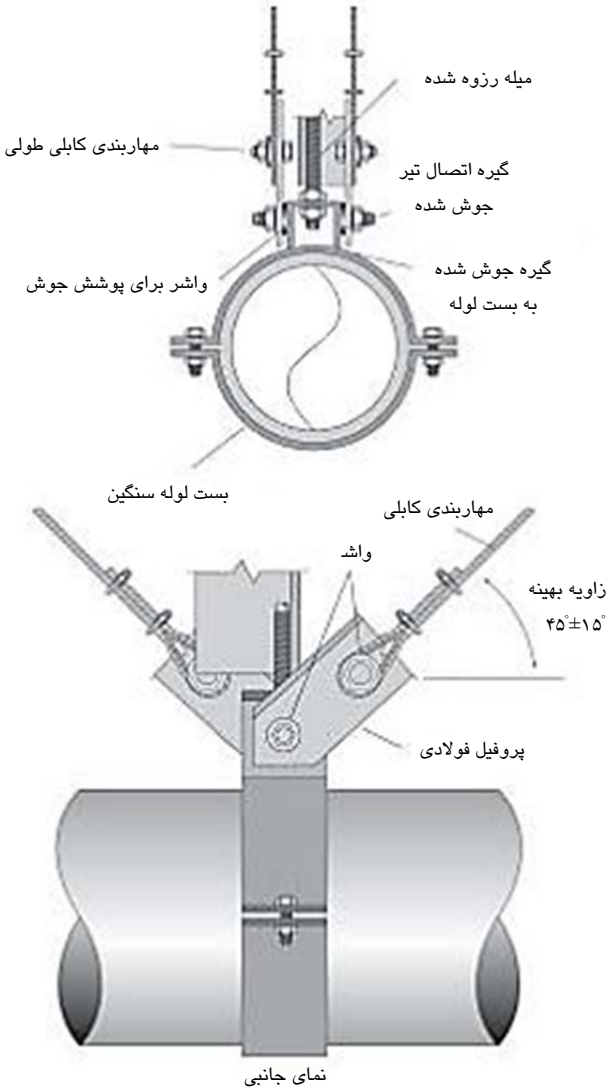
۴- بست لوله



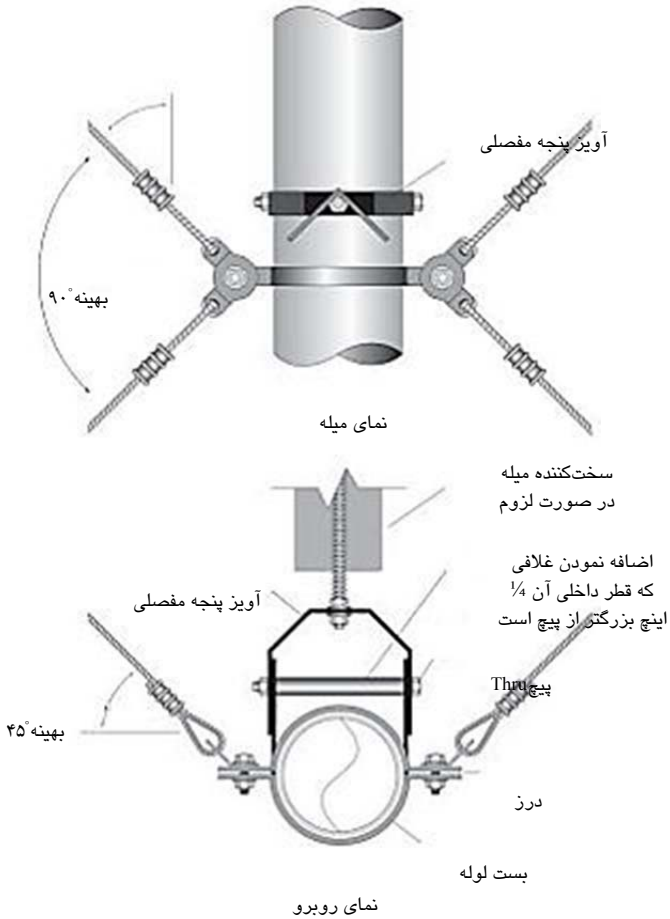
شکل ۵-۱۰۶- گیره‌های نگهدارنده لوله با استفاده از پایه‌های عرضی یا نبشی به عنوان مهاربند عرضی و میله آویز



شکل ۵-۱۰۷- نگهدارنده بست لوله با پایه طولی یا نبشی مهاربند طولی و میله آویز

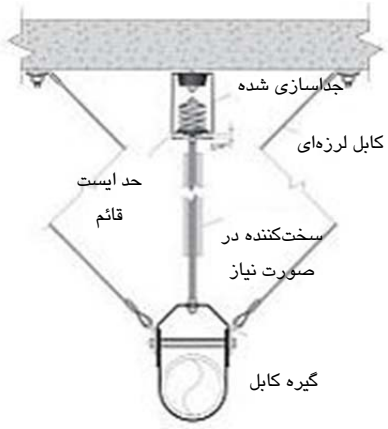


شکل ۵-۱۰۸- نگهدارنده بست لوله با مهاربندی کابل طولی و میله آویز



شکل ۵-۱۰۹- مهار بست لوله با مهارهای تمام جهته و میله آویز

۶- لوله جداسازی شده ارتعاشی با آویز پنجه‌مفصلی



شکل ۵-۱۱۰- لوله تکی جداسازی لرزه‌ای شده

۶- معلق با سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای

- شرایط تکیه‌گاه‌های ذوزنقه‌ای لوله‌ها

بسیاری از لوله‌ها ممکن است توسط میله ذوزنقه‌ای (Trapeze bar) عادی با استفاده از آویزهای میله‌ای هم‌اندازه، مطابق ضوابط لوله‌های با تکیه‌گاه تک‌رکابه، مهار شوند. باید توجه داشت که هدف از مهار لرزه‌ای تضمین حرکت لوله به همراه ساختمان است. نیرویی که آویز میله‌ای باید تحمل کند تابع مستقیمی از وزن لوله‌های مهار شده توسط آن آویز است. بنابراین باید مشخص باشد که میلهٔ ذوزنقه‌ای با یک آویز میله‌ای مشخص چه مقدار بار می‌تواند تحمل کند.

همچنین ضوابط اولیه زیر برای تکیه‌گاه ذوزنقه‌ای لوله‌ها باید تأمین گردند:

۱- آویزها همگی باید تمام رزوه و از جنس فولاد ASTM A36 باشند.

۲- رزوه‌ها باید به صورت نورد شده باشند.

۳- لوله‌ها باید به طور صلب به آویزهای میله‌ای متصل شوند.

۴- باید تدبیری اندیشیده شود تا از برخورد با لوله‌های مجاور، داکت، تجهیزات یا سازه ساختمانی جلوگیری شود یا از لوله در صورت وقوع چنین برخوردی محافظت شود.

در صورتیکه در سیستم لوله‌کشی با سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای، ضریب عملکرد ۱/۵ و اندازه اسمی mm ۲۵ یا کمتر، شرایط زیر رعایت شده باشد، هیچ‌گونه مهار لرزه‌ای اضافه‌ای لازم نیست:

الف- میلهٔ ذوزنقه‌ای توسط آویزهای میله‌ای 3/8”-16 UNC یا بزرگتر مهار شود.

ب- فاصلهٔ حداکثر آویزها، مرکز به مرکز، m ۳ باشد.

ج- حداکثر بار وارده به میلهٔ ذوزنقه‌ای kg/m ۴ یا کمتر باشند.

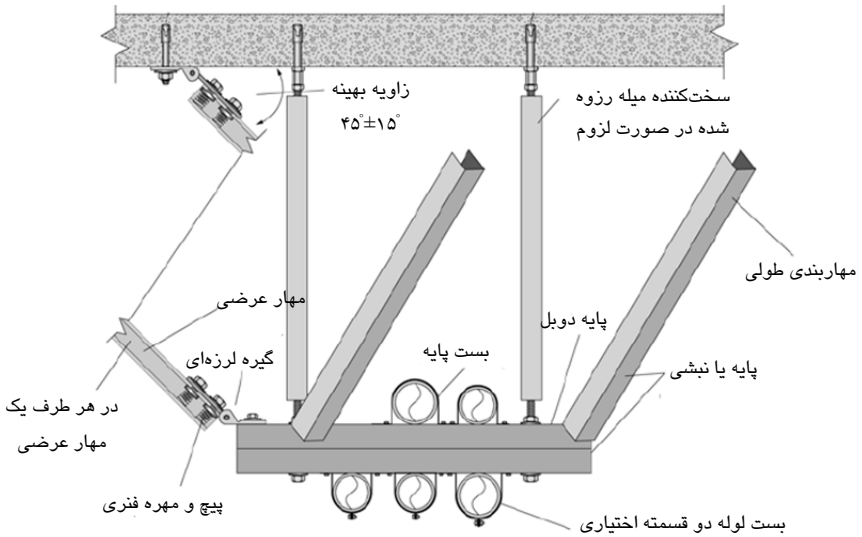
در صورتی‌که در سیستم لوله‌کشی با سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای، ضریب عملکرد ۱/۰ و اندازه اسمی mm ۷۶ یا کمتر، شرایط زیر رعایت شده باشد هیچ‌گونه مهار لرزه‌ای اضافه‌ای لازم نیست:

الف- میلهٔ ذوزنقه‌ای توسط آویزهای میله‌ای 1/2”-13 UNC یا بزرگتر مهار شود.

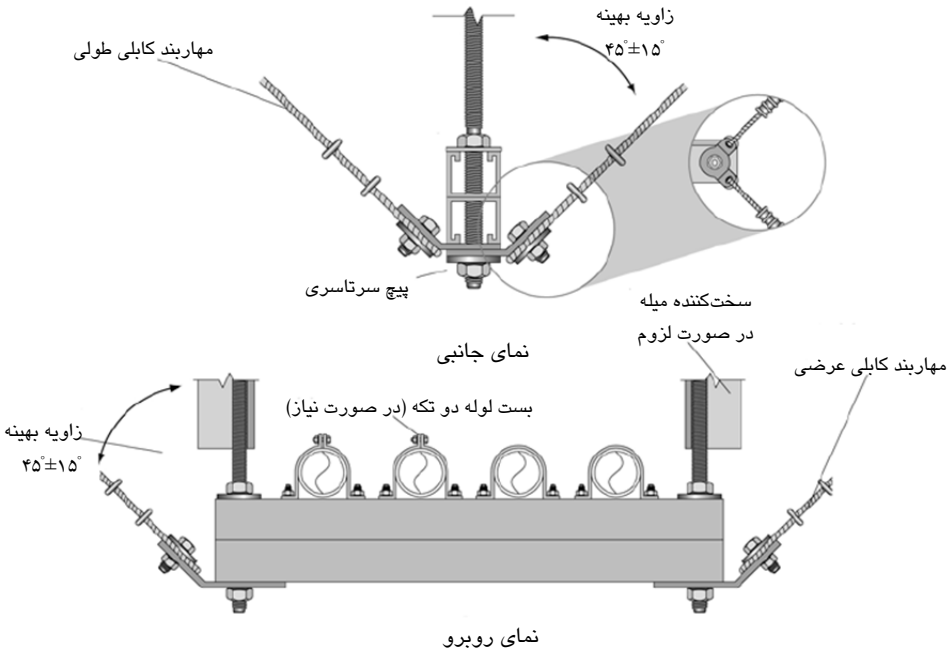
ب- فاصلهٔ حداکثر آویزها، مرکز به مرکز، m ۳ باشد.

ج- حداکثر بار وارده به میلهٔ ذوزنقه‌ای kg/m ۵ یا کمتر باشد.

در شکل‌های ۵-۱۱۱ و ۵-۱۱۲ نمونه‌ای از سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای ارائه شده است.

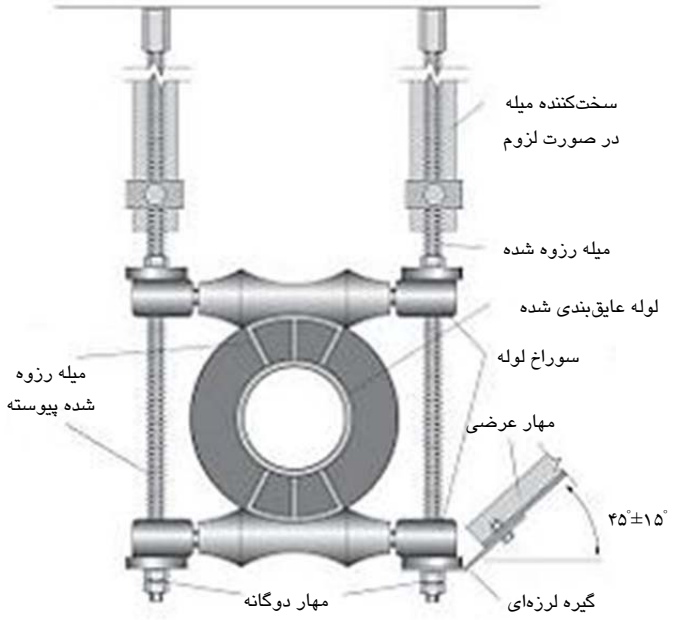


شکل ۵-۱۱۱- سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای با پایه و نبشی به عنوان مهار جانبی



شکل ۵-۱۱۲- سیستم نگهدارنده ذوزنقه‌ای با مهاربند کابلی جانبی

۷- سیستم تکیه‌گاه معلق دوغلتکی

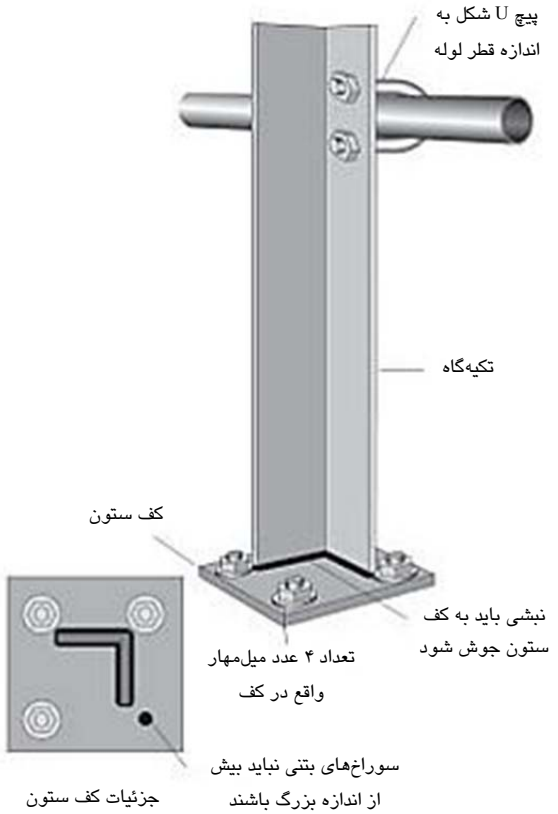


شکل ۵-۱۱۳- تکیه‌گاه دوغلتکی برای لوله‌های اشباعی حرارتی

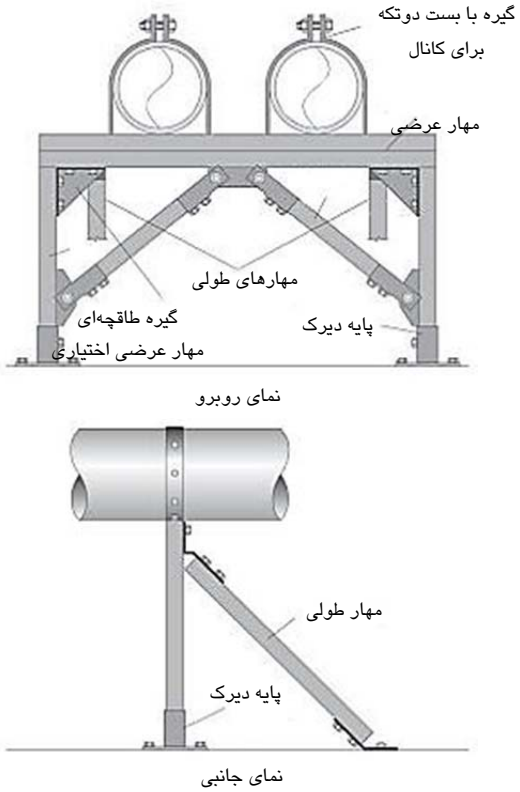
در این سیستم می‌توان براساس کاتالوگ‌های سازنده حداکثر زاویه طولی و عرضی را به ۴۵ درجه محدود نمود.

۵-۵-۳-۲-۲- لوله‌کشی نصب شده برروی کف

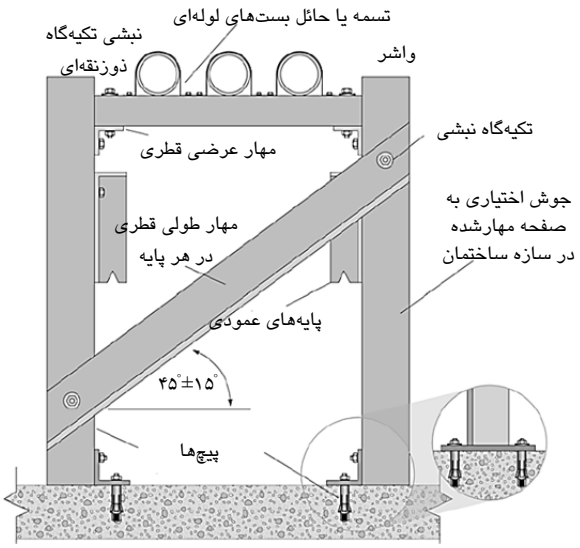
می‌توان با استفاده از نبشی لوله‌ها را به طرق مختلف به کف متصل نمود. که نمونه‌هایی از آن در شکل‌های ۵-۱۱۴ تا ۵-۱۱۶ ارائه شده است.



شکل ۵-۱۱۴- تکیه‌گاه عمودی تکی



شکل ۵-۱۱۵- اتصال به کف با استفاده از تکیه‌گاه ذوزنقه‌ای



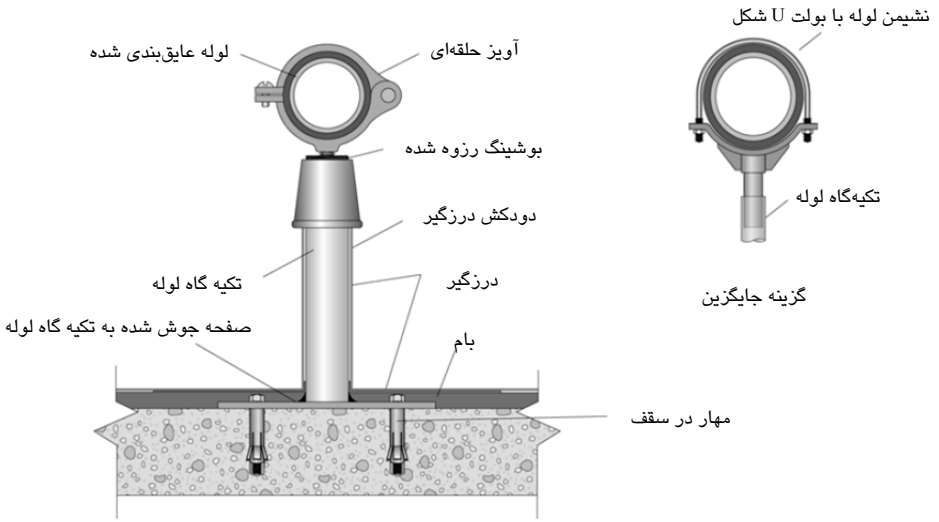
شکل ۵-۱۱۶- اتصال به کف با استفاده از فولاد ذوزنقه‌ای

۵-۵-۳-۲-۳- لوله‌کشی نصب شده بر بام

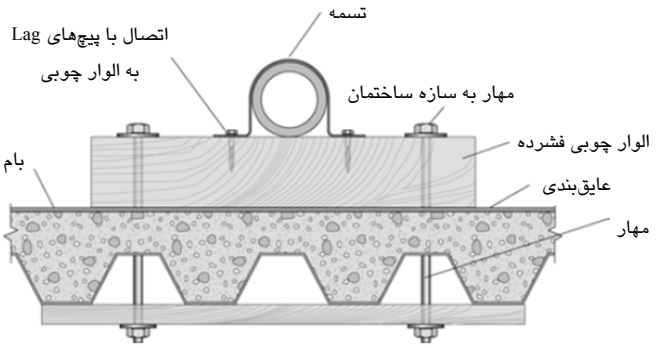
برای اتصال لوله‌کشی‌ها به بام از ۳ طریق زیر می‌توان استفاده نمود:

- تکیه‌گاه تک لوله
- تکیه‌گاه چوبی
- تکیه‌گاه Trapeze

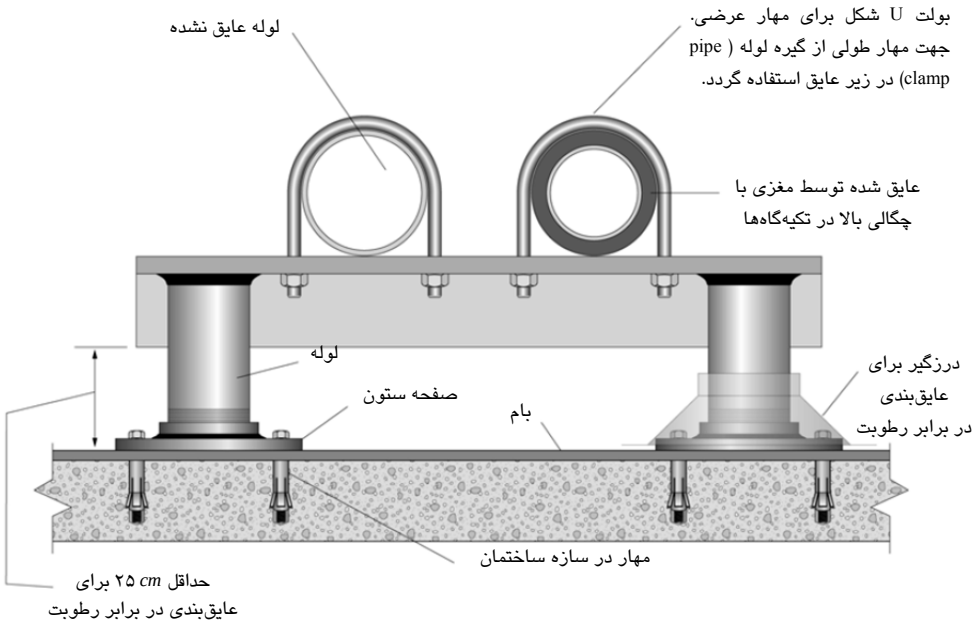
که نمونه‌هایی از این روش‌ها در شکل‌های ۵-۱۱۷ تا ۵-۱۱۹ ارائه شده است.



شکل ۵-۱۱۷- تکیه‌گاه تک لوله‌ای



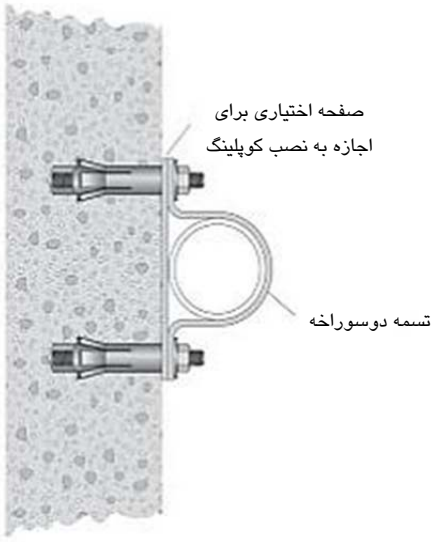
شکل ۵-۱۱۸- تکیه‌گاه چوبی



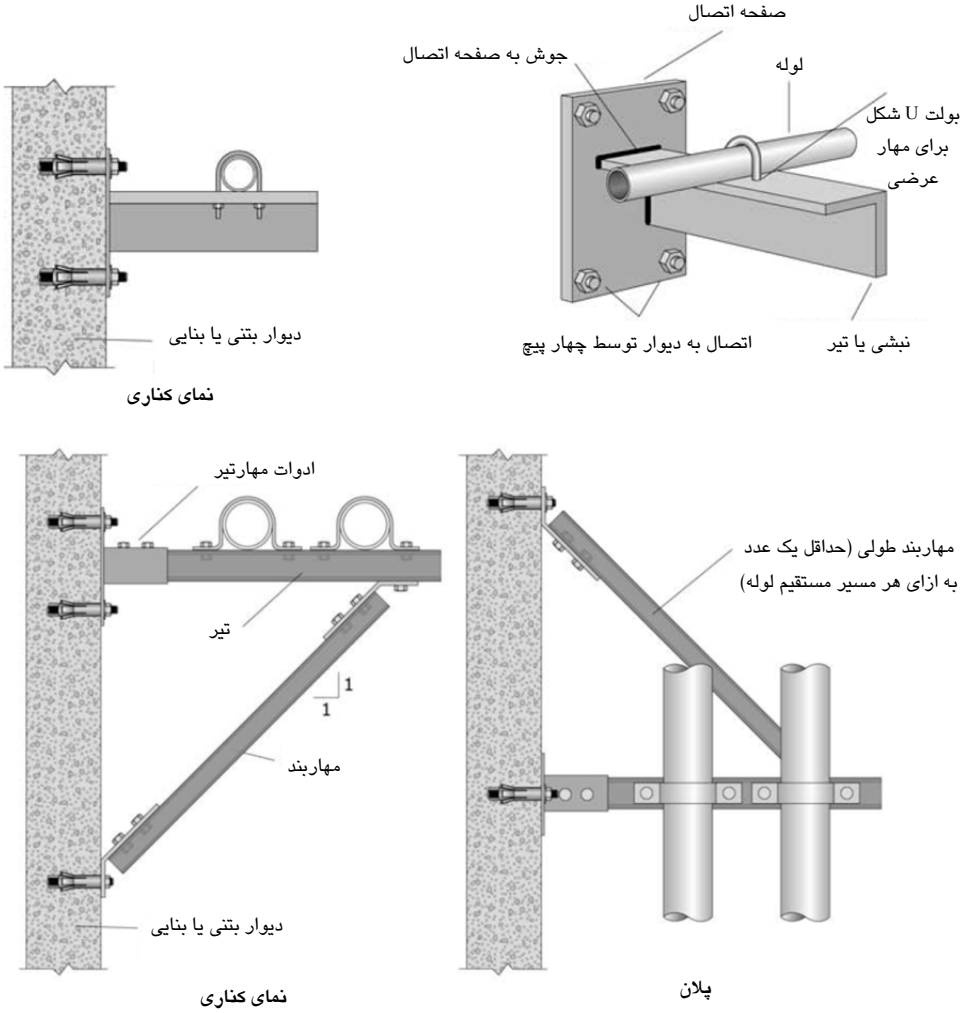
شکل ۵-۱۱۹ تکیه‌گاه [Trapeze]

۵-۵-۳-۲-۴- لوله‌کشی نصب شده بر دیوار

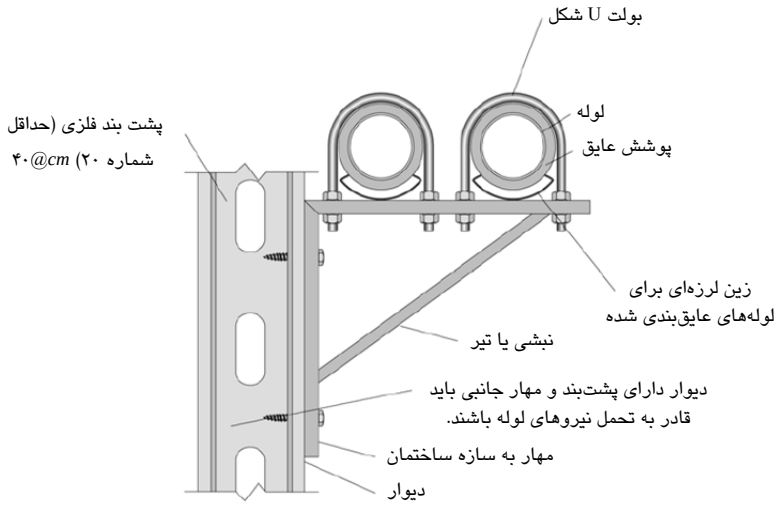
با استفاده از بست‌های لوله دوسوراخه یا گیره‌های نبشی می‌توان لوله را به دیوار وصل نمود. نمونه‌هایی از این اتصال در شکل‌های ۵-۱۲۰ تا ۵-۱۲۲ ارائه شده است.



شکل ۵-۱۲۰- اتصال مستقیم



شکل ۵-۱۲۱- اتصال به دیوار با استفاده از نبشی جوش داده شده به صفحه اتصال



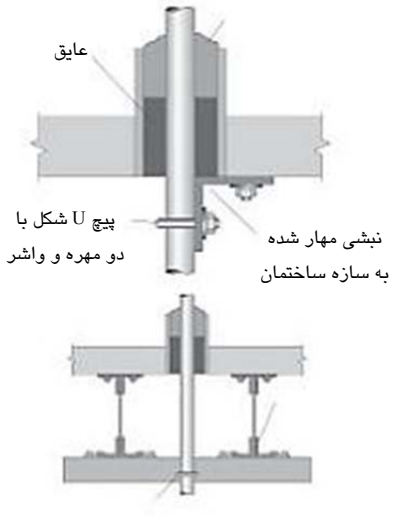
شکل ۵-۱۲۲- اتصال به گل‌میخ‌ها در دیوار با گیره‌های پیش‌ساخته

۵-۵-۳-۲-۵- عبور لوله از سقف

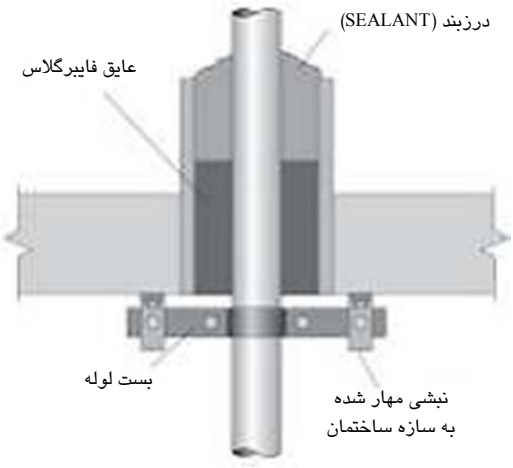
لوله‌ها در موقعیت از سقف‌ها عبور می‌کنند:

- عبور لوله از بام
- عبور لوله از طبقات میانی
- عبور لوله از بام

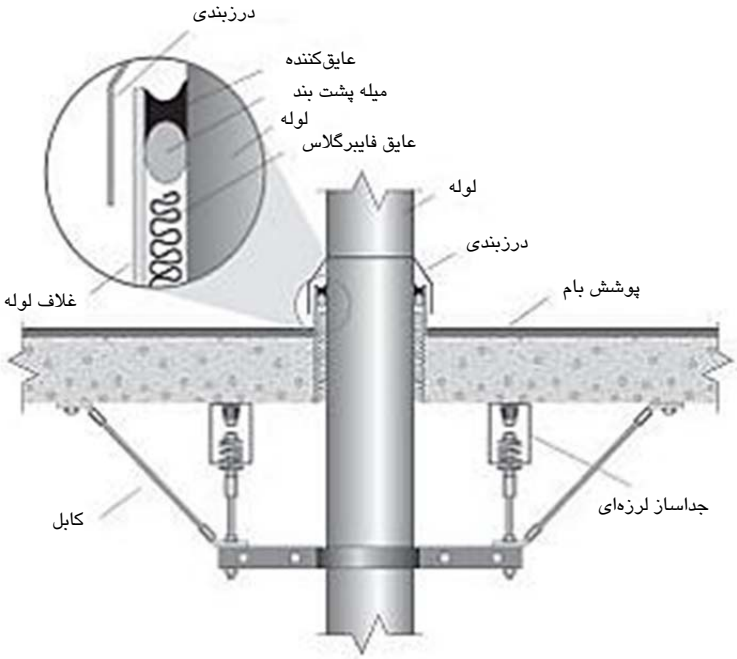
جزئیات عبور لوله از بام ساختمان‌ها در شکل ۵-۱۲۳ تا ۵-۱۲۵ ارائه شده است.



شکل ۵-۱۲۳- جزئیات عبور لوله از بام



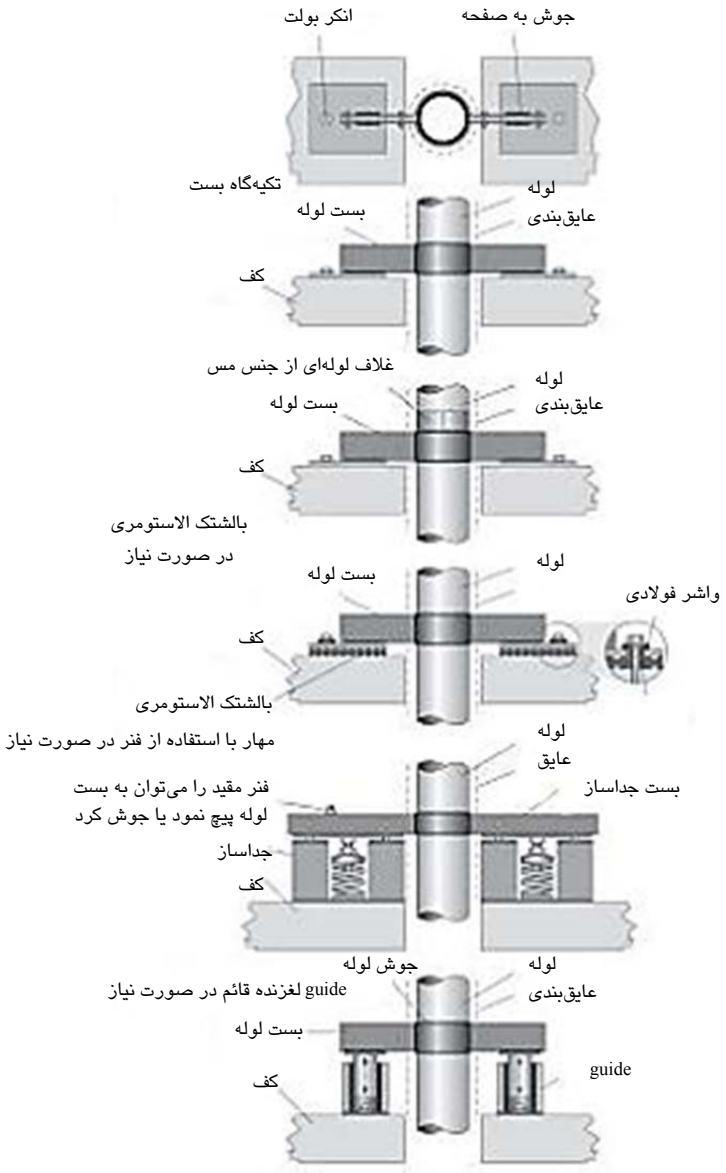
شکل ۵-۱۲۴- نمونه دیگری از جزئیات عبور لوله از بام



شکل ۵-۱۲۵- نمونه دیگری از جزئیات عبور لوله از بام

- عبور لوله از طبقات میانی

جزئیات مناسب برای عبور لوله از طبقات میانی در شکل ۵-۱۲۶ ارائه شده است



شکل ۵-۱۲۶- جزئیات عبور لوله از طبقات میانی با روشهای مختلف در صورت نیاز

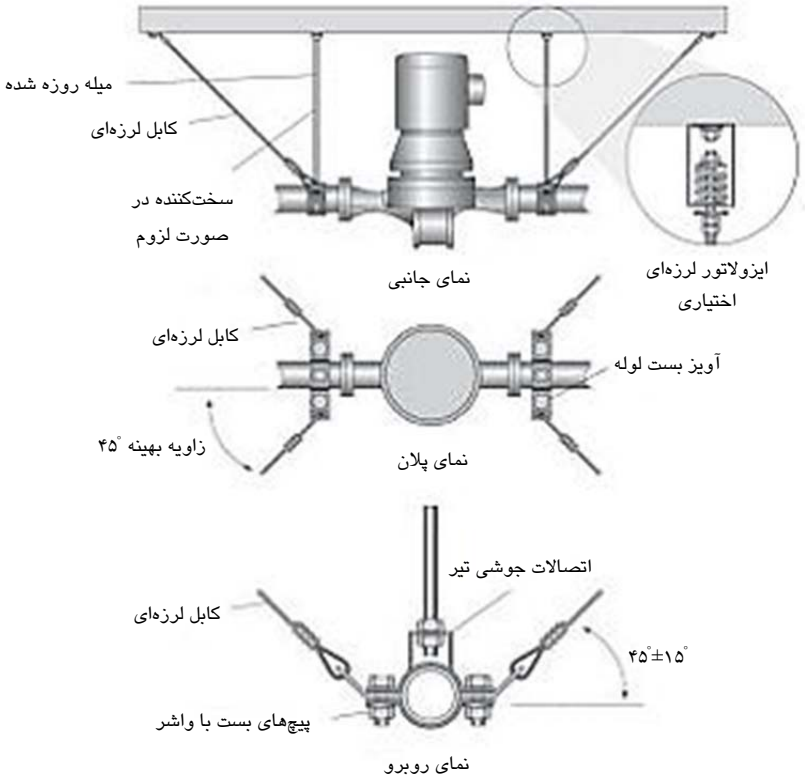
۵-۵-۳-۳- نحوه مهاربندی اجزاء به کار رفته در مسیر لوله‌ها

سه نوع جزء مکانیکی در مسیر لوله به صورت معلق به آن متصل می‌شود که باید به نحو مناسبی مهار شوند.

- پمپ در مسیر
- جداساز هوا در مسیر
- مبدل حرارتی در مسیر

۱- پمپ در مسیر

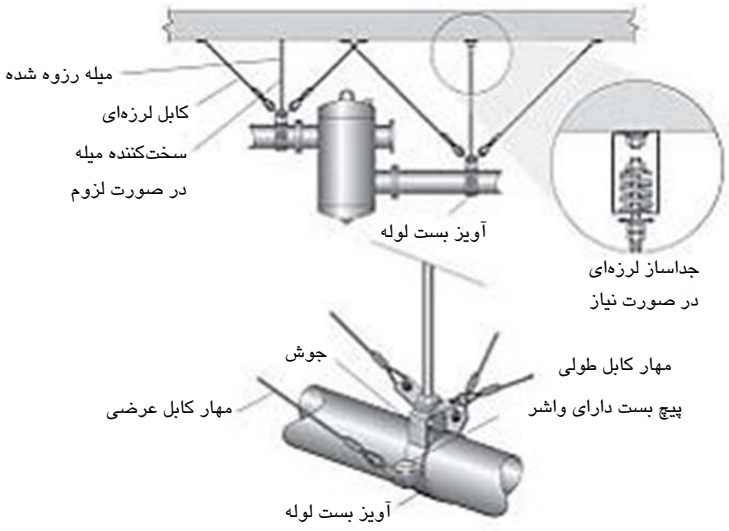
جزئیات مهار پمپ در مسیر لوله در شکل ۵-۱۲۶ ارائه شده است.



شکل ۵-۱۲۷- پمپ در مسیر

۲- جداساز هوا در مسیر

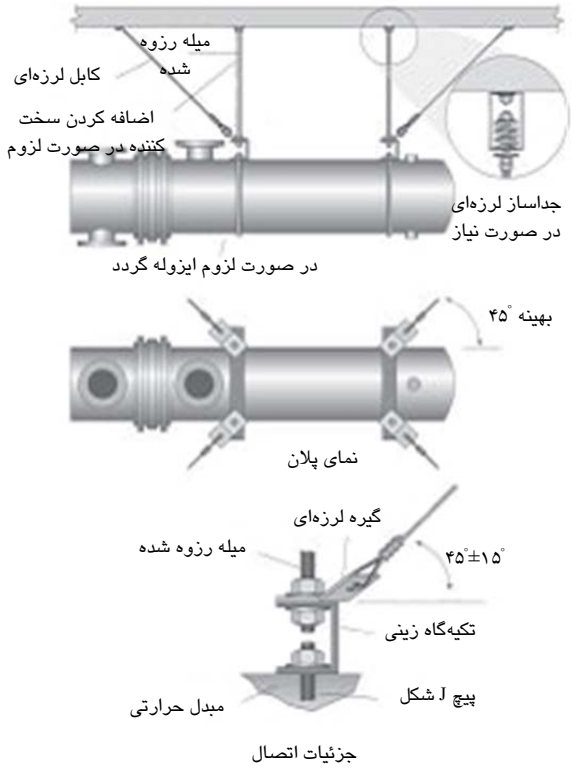
جزئیات مهار جداساز هوا در مسیر لوله در شکل ۵-۱۲۸ ارائه شده است.



شکل ۵-۱۲۸- جداساز هوا در مسیر

۳- مبدل حرارتی در مسیر

جزئیات مهار مبدل حرارتی قرار گرفته در مسیر لوله در شکل ۵-۱۲۹ ارائه شده است.

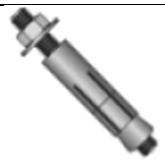
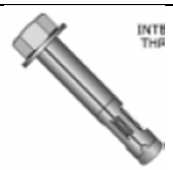
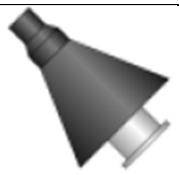


شکل ۵-۱۲۹- مبدل حرارتی در مسیر

۵-۶- مهارها (Anchors)

۵-۶-۱- انواع مهار

برمبنای نوع سازه و مصالح سازه‌ای که مهارها به آنها متصل می‌شوند، مهارهای متفاوتی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در شکل (۵-۱۳۰) نمونه‌هایی از این مهارها ارائه شده است.

الف- مهار گوه‌ای (Wedge anchor)	
ب- مهار با برش زیرین (under cut anchor)	
پ- مهار چسبنده (Adhesive anchor)	
ت- مهار غلاف‌دار (sleeve anchor)	
ث- مهار در سازهٔ بنایی (Masonry anchor)	
ج- مهار درجا (cast – in – place)	
خ- ورقهای جاسازی شده در بتن (embedded plates)	

شکل ۵-۱۳۰- انواع مهارها

در میان موارد نشان داده شده در شکل (۵-۱۳۰)، نمونه‌های (الف) تا (ث) قابل نصب برروی سازه‌های ساخته شده هستند و از نوع PI (post installed) به شمار می‌روند. مهارهای (ج) و (خ) نیز از نوع مهارهای خاص هستند.

۵-۶-۲- جزئیات نصب مهارها

مهارهای PI به طور کلی به دو دستهٔ چسبنده (Adhesive) و غیرچسبنده (Non-Adhesive) تقسیم‌بندی می‌شوند. روند کلی نصب مهارهای PI غیرچسبنده به صورت ارائه شده در شکل (۵-۱۳۱) می‌باشد.

شکل ۵-۱۳۱- مراحل نصب مهارهای غیرچسبنده

در این مهارها بعد از اجرای سوراخ و تمیزکردن آن، پیچ در جای خود قرار می‌گیرد و با چرخاندن و سفت کردن پیچ، غلاف آن در بتن درگیر می‌شود و مهار برقرار می‌شود.

در مهارهای نوع چسبنده پیچ یا مهار بدون غلاف است و مستقیماً به کمک مواد چسبنده به بتن چسبیده می‌شود و نیروهای وارده را از این طریق منتقل می‌کند. در شکل (۵-۱۳۲) نحوهٔ نصب مهارهای PI چسبنده نشان داده شده است. هریک از این مهارها بسته به قطر و طولشان می‌توانند نیروهایی تا سقف ۵ تن را تحمل کنند.

شکل ۵-۱۳۲- مراحل نصب مهارهای چسبنده

نکاتی که در نصب مهارها لازم است رعایت گردد:

۱- فاصلهٔ کافی محل نصب این مهارها از لبه‌های بتن ضروری می‌باشد. معمولاً فاصله‌ای در حدود ۱/۵ برابر طول مدفون پیچ کافی می‌باشد. همچنین مهارها نباید با فاصلهٔ کم از یکدیگر قرار گیرند و حداقل فاصله‌ای در حدود ۲ برابر

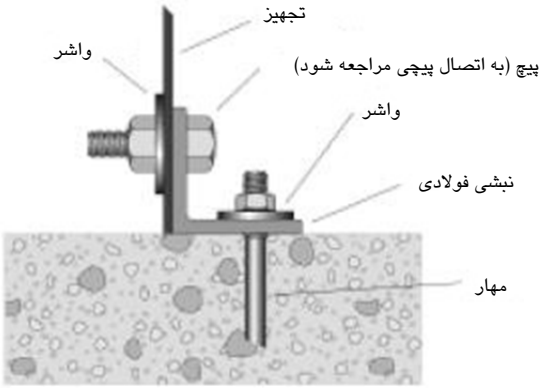
طول مدفون پیچ‌ها لازم است و اگر فاصله پیچ‌ها کمتر از مقدار فوق شود ظرفیت آنها کاهش می‌یابد. همچنین ضخامت بتنی که مهار روی آن نصب می‌شود حداقل باید ۲cm تا ۳cm بیشتر از طول مهار باشد.

۲- همچنین باید دقت شود که در هنگام حفاری و سوراخ کردن مهار، اگر به آرماتور سازه‌ای برخورد شود، باید سوراخ با گروت مناسب پرگردد و نقطهٔ دیگری برای مهار کردن انتخاب گردد

۳- پاک کردن داخل سوراخ‌ها از گرد و خاک بسیار مهم می‌باشد و یک سوراخ گرد و خاک دار به طور قابل توجهی عملکرد مهار را کاهش می‌دهد (تا ۵۰٪).

۴- بعد از قرارگیری تجهیزات در جای خود، لازم است که فاصله بین تجهیزات و تکیه‌گاه زیرین کنترل شود. فاصله موجود نباید از ۳mm تجاوز کند، در صورت بزرگ‌تر بودن فاصله، لازم است این فضا تمیز و خشک شود و با گروت مناسبی پرگردد.

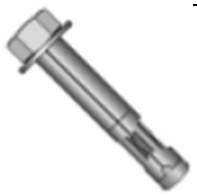
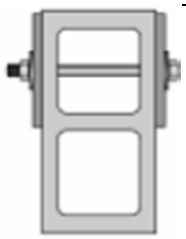
۵- اگر از مهار با قطر بیشتر از ۱۰mm استفاده می‌شود، لازم است که از اتصال مستقیم مهار به تجهیزات پرهیز شود و تجهیزات به وسیلهٔ نبشی به مهارها وصل گردد (شکل۵-۱۳۳).



شکل ۵-۱۳۳- اتصال مهار با قطر بیشتر از ۱۰mm به تجهیزات

۵-۶-۲-۱- مهار در سازه‌های بنایی

به علت وجود آجرهای سفالی و مجوف در دیوارهای این نوع سازه‌ها، لازم است تمهیدات خاصی برای مهار در این سازه‌ها در نظر گرفته شود. در شکل (۵-۱۳۴) نمونه‌هایی از این مهارها دیده می‌شود.

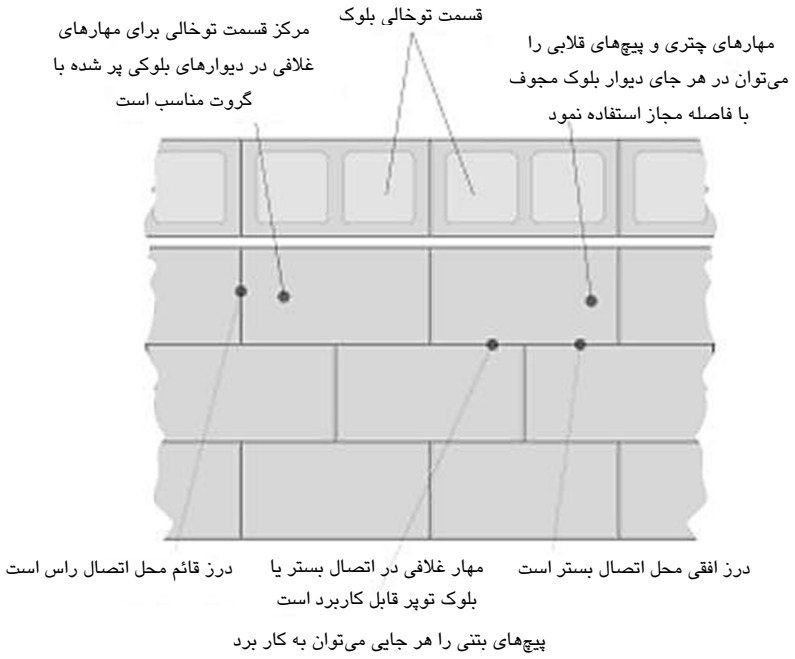
کاربرد	نوع مهار	کاربرد	نوع مهار
مهار چسبنده برای آجر یا بلوک		مهار پین‌دار (محل اجرا در قسمت مجوف آجر)	
مهار برای آجر مجوف (محل اجرا در ملات افقی زیر آجرها)		مهار غلاف‌دار (برای آجرهای مجوف با ملات پر شده)	
مهار چتری (محل اجرا در قسمت مجوف آجر)		مهار معمولی برای بلوکهای مجوف	

شکل ۵-۱۳۴- انواع مهار قابل کاربرد در سازه‌های آجری

در شکل (۵-۱۳۵) نمونه اجرا شده این مهارها دیده می‌شود:

شکل ۵-۱۳۵- نمونه مهار چسبنده در آجر و بلوک مجوف

مهارهای نشان داده شده در شکل ۵-۱۳۵ باید در نقاط خاص بلوک مجوف و بلوک توپر نصب گردند. شکل ۵-۱۳۵ نقاط مناسب سوراخکاری برای استفاده از هر کدام از انواع مهار نشان داده شده را نشان می‌دهد.

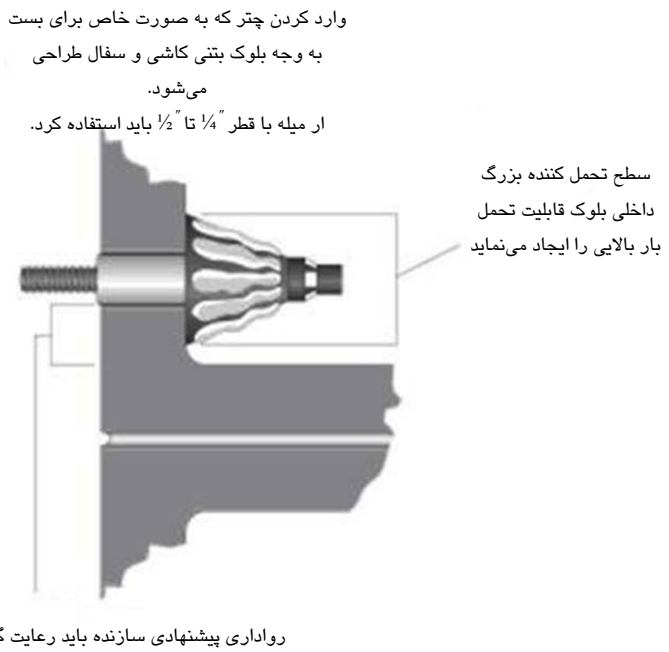


شکل ۵-۱۳۶- محل مهار در دیوار بلوکی

محل مهارها باید با جان بلوک‌ها تنظیم شود و یا در قسمت توخالی بلوک در مرکز قرار گرفته و از دیگر مهارها به خوبی جدا شوند. سپس باید سوراخکاری محل حفره کاملاً تمیز شود. سوراخ‌ها بایستی قبل از وارد نمودن مهارها تمیز گردند. می‌توان از دمیدن هوای خشک و تمیز برای از زدودن گرد و آشغال استفاده نمود. سپس باید مهارها جاسازی شود.

۵-۶-۲-۲- مهار چسبی در دیوار بلوک مجوف (Adhesive anchors in a hollow brick wall)

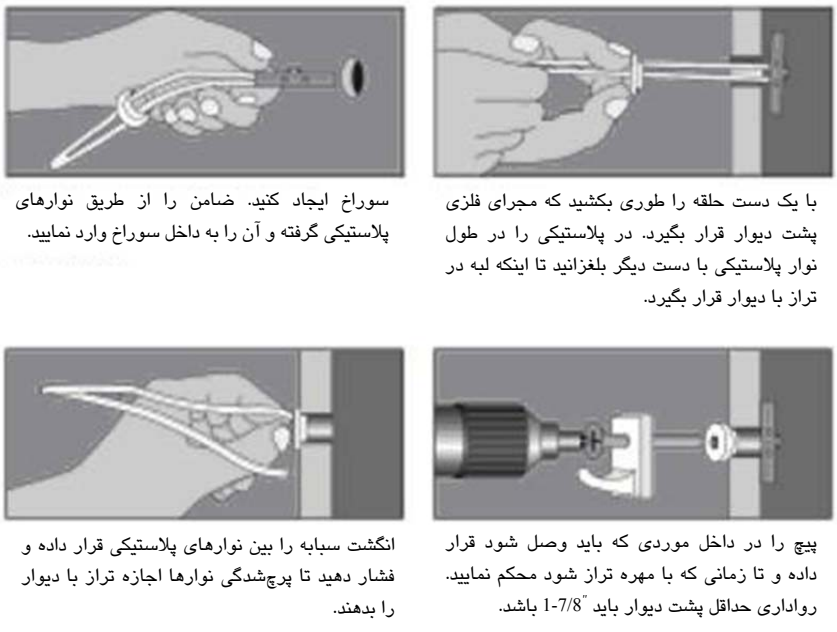
مهار چتری را در حفره ایجاد قرار داده تا اینکه چتر در حفره بلوک باز شود. چسب را در داخل چتر تزریق نموده و گل میخ یا بست را به آرامی با حرکتی پیچشی باید جا داد.



شکل ۵-۱۳۷- مهار چتری در یک دیوار بلوک مجوف

۵-۶-۲-۳- مهار به وسیله پیچ ضامن‌دار (Toggle Bolts)

ضامن را در طول نوار پلاستیک نگه داشته و کانال در داخل سوراخ باید لغزانده شود. حلقه نگهدارنده بر روی دیوار قرار داده و نوارها در حلقه نگهدارنده قرار داده می‌شود. پیچ باید با استفاده از یک دریل چرخشی روی گیره یا پایه تجهیزات تعبیه شود (شکل ۵-۱۳۸).



شکل ۵-۱۳۸- نصب مهار ضامن‌دار

۵-۶-۲-۴- مهار در دیوار بتنی (مهار غلاف‌دار (Sleeve Anchor) یا مهار گوه‌ای(Wedge Anchor))

با استفاده از چکش مهار در سوراخ جای داده می‌شود.

۵-۶-۲-۵- مهار در دیوار گچی (Dry-Wall Anchor)

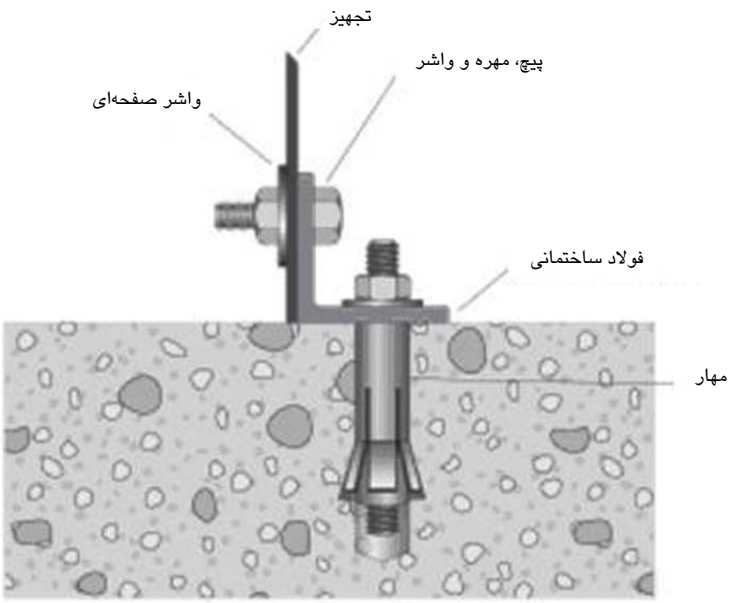
از دریل دورانی برای جاسازی مهار استفاده می‌شود. باید به مواد چسبی وقت کافی برای سفت شدن و چسبیدن به بتن داده شود. ممکن است این مرحله چندین ساعت طول بکشد تا مهار در بتن محکم شود و سپس انکر بولت‌ها را با پیچش به اندازه مناسب محکم نمود.

۵-۶-۳- اتصالات پیچی

سه روش مختلف برای نصب اتصالات پیچی وجود دارد که عبارت‌اند از:

- اتصال تجهیز به کف به وسیله نبشی متصل شده به کف بتنی
- پیچ نمودن دو پروفیل فولادی به هم
- پیچ نمودن یک میله رزوه شده به پروفیل فولادی یا تکیه‌گاه
-

۵-۶-۳-۱- اتصال تجهیزات به کف به وسیله نبشی متصل شده به کف بتنی



از واشر صفحه‌ای برای محکم کردن
محفظه صفحه فلزی سبک استفاده می‌گردد.

شکل ۵-۱۳۹- اتصال تجهیزات به یک نبشی با پیچ

در این حالت باید سعی شود که تا حد امکان از سوراخ‌های از قبل ایجاد شده استفاده شود. در صورت عدم وجود باید حفره‌های مورد نیاز در بتن کف ایجاد شود.

پس از قرار گرفتن تجهیزات در محل، باید واشرها و مهره‌ها نصب شده و پیچ را سفت نمود.برای محکم کردن به روش Turn-Of-Nut به صورت دستی تا زمانی که تماس قوی بین پیچ و قطعه متصل شونده بر قرار شود، مهره باید پیچانده شود. برای تماس دادن پیچ و اجزا فلزی ممکن است استفاده از ابزار لازم باشد. پس از تماس مهره باید به مقدار ارائه شده در جدول ۵-۱ سفت شود.

جدول ۵-۱- سفت کردن دستی

طول پیچ	سفت کردن اضافی
کمتر و مساوی ۴ برابر قطر	۱/۳ دور
بالای ۴ برابر و کمتر از ۸ برابر قطر	۱/۲ دور
بالاتر از ۸ برابر قطر و کمتر از ۱۲ برابر قطر	۵/۶ دور

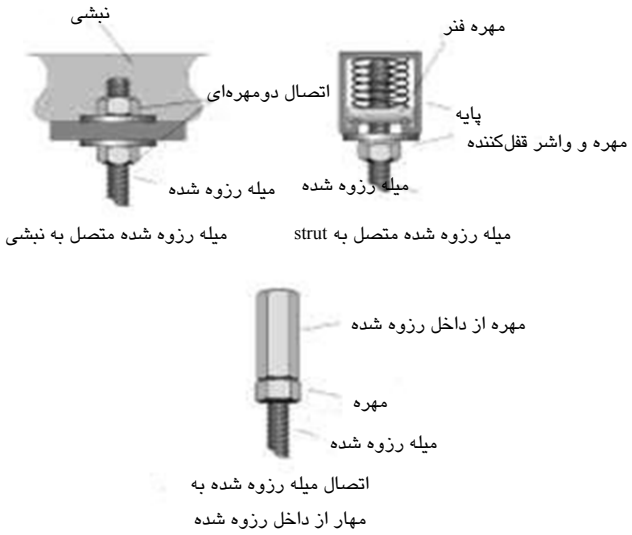
۵-۶-۳-۲- پیچ کردن دو پروفیل فولاد ساختمانی به هم

سوراخ‌های جدید باید به دقت در پروفیل‌های فولادی ایجاد شود. سپس با استفاده از واشر و مهره پیچ سفت شود.

شکل ۵-۱۴۰- پیچ نمودن پروفیل‌های فولادی

۵-۶-۳-۳- پیچ نمودن میله رزوه شده به پروفیل فولادی یا پایه

میله رزوه شده معمولاً در اتصال به تجهیزات به کار برده می‌شود. سه راه مختلف برای اتصال میله رزوه شده در شکل (۵-۱۴۱) نشان داده شده است.



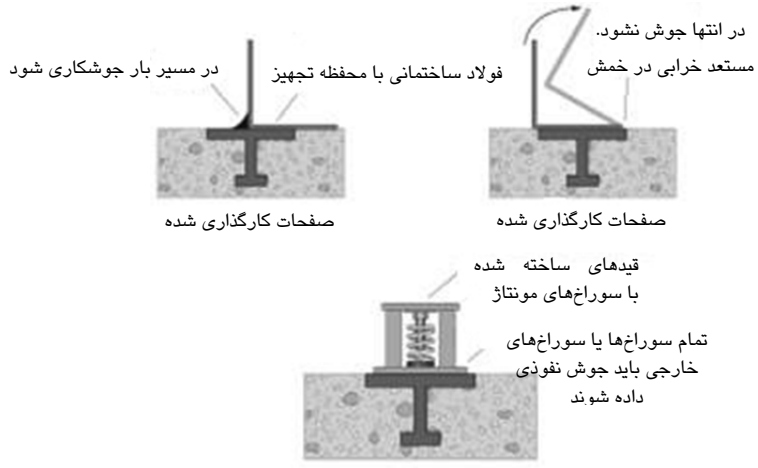
شکل ۵-۱۴۱- اتصال میله رزوه شده به سقف

بدین منظور باید اتصال میله رزوه شده به سقف با استفاده از مهره و واشرها محکم شود. سپس میله رزوه شده به گیره‌های تجهیزات متصل گردد. تجهیزات فاقد گیره اتصال نیازمند پروفیل‌های فولادی اضافی برای اتصال به سازه ساختمان و یا سقف می‌باشند. پس از قرارگیری تجهیزات در محل خود، با استفاده از واشرها و مهره‌ها پیچ محکم می‌شود.

۵-۶-۴- اتصال جوشی بین جزء غیرسازه‌ای و صفحات اتکایی

۵-۶-۴-۱- اتصال تجهیزات به صفحه‌های جاسازی شده

اگر صفحاتی در بتن هنگام بتن‌ریزی دیوار یا کف جاسازی شده باشند با توجه به اینکه این صفحات به صورت معمول در جای خود سفت شده‌اندو اطراف آنها بتن برای رسیدن به تراز مناسب ریخته شده‌اند. می‌توان تجهیز را به این صفحه جوش داد. شکل (۵-۱۴۲) محل‌های مناسب جوش را مشخص نموده است.



شکل ۵-۱۴۲- جوش به صفحات جاسازی شده

۵-۶-۴-۲- اتصال تجهیزات به وسیله پروفیل‌های فولادی و صفحات

تجهیزات را می‌توان به پروفیل‌ها و صفحات جوش نمود. مصالح پایه جوش بایستی برای اندازه جوش مورد نظر به اندازه کافی ضخیم باشد.

مصالح جوش، پروفیل‌ها و ابعاد برای هر قطعه باید تعیین شود و سطح مصالح برای اطمینان از اتصال جوشی مناسب باید تمیز گردد. سطوح تا حداقل ۱ اینچ از انتهای پای جوش تخمینی بایستی خشک و عاری از هر گونه پوشش گالوانیزه، بازدارنده زنگ زدگی، رنگ، زنگ، روغن، گریس، آب و مصالح خارجی دیگر باشد. جوش باید مطابق معیارهای جوشکاری آیین‌نامه جوش باشد. باید اطمینان حاصل نمود که سطح عاری از سرباره، گریس، روغن، یا دیگر آلاینده‌ها باشد.جوش‌ها نباید ترک داشته باشند. لایه‌های مجاور فلز جوش و فلز پایه باید به صورت کامل گداخته شده باشند. تمام حفره‌ها باید به طور کامل پر شوند. سطوح باید عاری از ناهمواری، شیار، لبه‌های تیز و فرورفتگی باشد. وجوه جوش‌های پرکننده باید صاف و یا دارای تقعر ملایمی باشد.

۵-۶-۴-۲-۱- اندازه مهارها برای جوشکاری تجهیزات دارای وزن کمتر از ۱۸۰ کیلوگرم

۱- تجهیزات نصب شده بر کف

در این حالت باید تجهیزات به کف بتنی پیچ شده و یا به یک تیر فولادی مطابق جدول ۵-۲ جوش شود. در هر گوشه باید یک مهار نصب گردد.

جدول ۵-۲- اندازه مهار صلب نصب شده برروی کف

حداقل فاصله از لبه (in.)	طول مدفون (in.)	مهار
″۳ تا لبه بتن	″۲	گوه‌ای ″۱/۴
″۲ تا لبه بتن	″۱-۱/۴	غلافی ″۳/۸
موجود نیست	طول در هر گوشه ″۱	جوش ″۱/۸

تجهیزات واقع برروی کف بتنی، یا مستقیماً به یک پروفیل فولادی مطابق جدول ۵-۳ باید مهار شود و در هر گوشه یک مهار نصب گردد.

جدول ۵-۳- ابعاد مهارهای نصب بر کف برای اتصالات صلب

حداقل فاصله از لبه (in.)	طول مدفون (in.)	مهار
″۳	″۲	گوه‌ای ″۱/۴
″۲	″۱-۱/۴	غلافی ″۳/۸
″۵/۸ تا لبه چوب و ″۳ از هر انتها	″۱-۱/۲	پیچ ″lag۳/۸ به تیر حداقل ۲×۴
″۱/۲	موجود نیست	پیچ فولادی ″۱/۴
موجود نیست	طول در هر گوشه	جوش ″۱/۸

۲- تجهیزات معلق

برای اتصال تجهیزات به صورت صلب به سازه ساختمان در سقف باید با استفاده از قلاب (Angle)، مهار یا کابل مطابق جدول ۵-۴ عمل نمود.

جدول ۵-۴- ابعاد مهارهای لازم برای اتصال صلب تجهیزات معلق

مهار به ازای هر میله	کمیت	میله رزوه شده عمودی
۱	در هر گوشه	میلهٔ ″۱/۲ای با سخت‌کننده میله

فاصله حداقل از لبه (in.)	طول مدفون (in.)	مهار میله
۳-۱/۴″	۲-۱/۴″	گوه‌ای ″۱/۲
۳-۱/۲″	۲-۱/۴″	غلافی ″۱/۲
″۵/۸ تا لبه چوب و ″۳ از انتهای آن	″۲	پیچ ″lag۳/۸ به تیر حداقل ۴×۲
″۱	موجود نیست	پیچ فولادی ″۱/۲

مهارها در هر کابل	کمیت	کابل
۱	۴ تا در زاویه °۴۵ از هر گوشه	″۱/۸ پیش‌تنیده از نوع کابل aircraft

فاصله حداقل از لبه (in.)	طول مدفون (in.)	مهار کابل
۳-۱/۲″	۲-۱/۴″	گوه‌ای ″۱/۲
۳-۱/۲″	۲-۱/۴″	غلافی ″۱/۲
″۵/۸ تا لبه چوب و ″۳ از انتهای آن	″۲	پیچ ″lag۳/۸ به تیر چوبی حداقل ۴×۲
″۱	موجود نیست	پیچ فولادی ″۱/۲

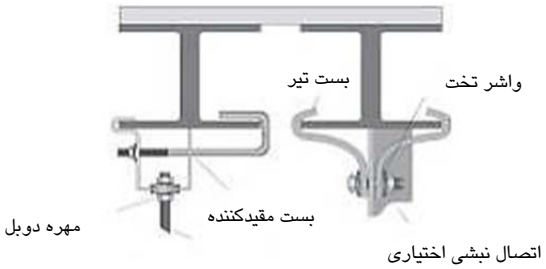
۵-۷- جزئیات و نحوه اتصال مهار به سازه

مهارها را به سه روش می‌توان به سازه ساختمان متصل نمود:

- اتصال به تیر I شکل
- اتصال مهار ساخته شده از پروفیل فولادی
- اتصال مهار کابلی

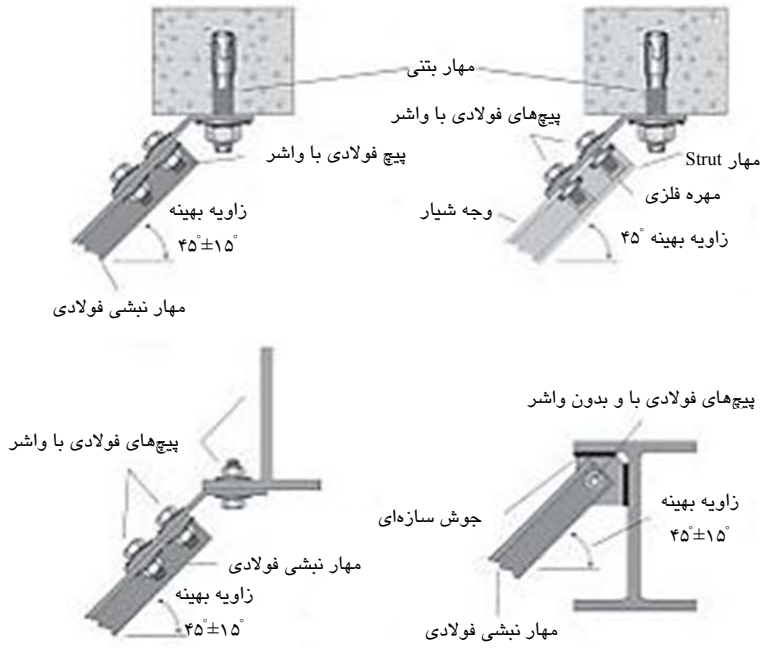
۵-۷-۱- اتصال به تیر I شکل

جزئیات اتصال مهارها به تیر I شکل در شکل ۵-۱۴۳ نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۴۳- طرز اتصال مهار به تیر I شکل

۵-۷-۲- اتصال مهار ساخته شده از پروفیل فولادی



شکل ۵-۱۴۴- اتصال مهار فولادی

۵-۷-۳- اتصال مهارهای کابلی در بتن و مصالح بنایی (ترک خورده)

۱- (میل) مهارهای مورد نیاز برای مهارهای لرزه‌ای تجهیزات و تکیه‌گاه‌های آنها باید برای حداقل بارهای زیر طراحی شوند.

الف- نیرویی برابر ۱/۳ برابر نیروی لرزه‌ای وارده بر جزء (تجهیزات مورد نظر) و تکیه‌گاه‌ها و مهارها

ب- حداکثر نیرویی که می‌تواند به میل‌مهار توسط اجزاء و تکیه‌گاه‌های آنها وارد گردد.

۲- برای تعیین نیروهای اجزاء (تجهیزات) از $R_P \leq 1.5$ استفاده می‌شود مگر در موارد زیر:

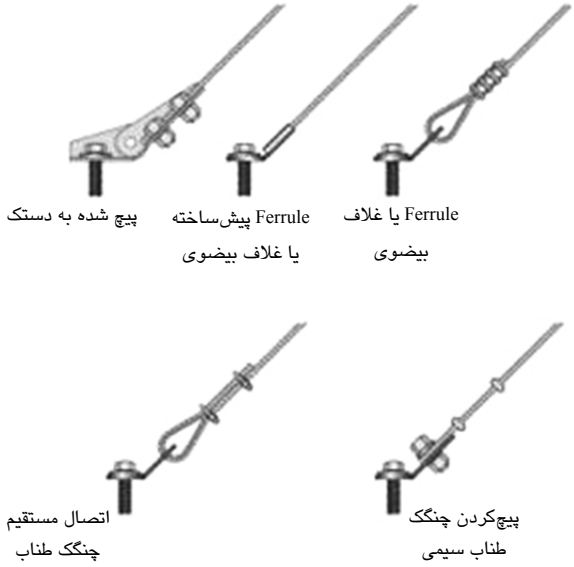
الف- میل‌مهار آن جزء یا مهار آن توسط مقاومت عنصر (المان) سازه‌ای شکل‌پذیر کنترل گردد.

ب- میل‌مهارهایی که بعداً در بتن نصب می‌شوند و از آنها برای اتصال تکیه‌گاه‌ها و مهارهای آن جزء استفاده شوند، باید ضوابط ACI 355.2 برای بارهای مجاز، طول گیرداری و فاصله از گوشه‌ها را رعایت کنند.

۵-۸- موارد خاص

۵-۸-۱- کابل‌ها

۳ روش برای متصل نمودن اتصالات کابلی به تکیه‌گاه وجود دارد. پیچ‌های دارای سوراخ‌های مرکزی، بست (Ferrule Clamps) و چنگک طناب سیمی (Wire rope grips). استفاده از ابزارهای انتهایی دیگر نیز مجاز می‌باشند.کابل‌ها باید با شیب ۴۵ درجه نصب شوند. در جاهایی که مزاحمت وجود دارد، شیب را می‌توان تا حداقل ۳۰ درجه و حداکثر ۶۰ درجه در نظر گرفت (شکل ۵-۱۴۵).



شکل ۵-۱۴۵- اتصالات کابلی

۵-۸-۱-۱- پیچ‌ها با سوراخ‌های مرکزی

یک روش اتصال کابل به تکیه‌گاه استفاده از پیچ‌های با سوراخ مرکزی مانند شکل (۵-۱۴۶) می‌باشد.

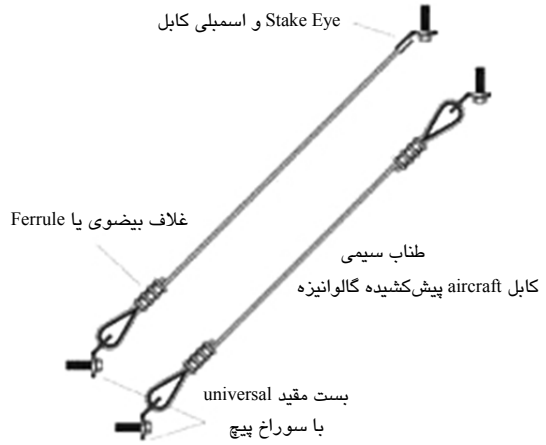
شکل ۵-۱۴۶- کابل متصل شده به سگدست با پیچ

در این روش، سوراخ‌های مهار را باید در سازه ساختمان، هر جا که لازم است ایجاد نمود و سگدست‌ها (Brackets) را به ساختمان و فریم تجهیزات وصل نمود، سپس کابل را به طول لازم قطع نموده و آن‌ها را از طریق پیچ داخل سوراخ‌ها رد کرد و سپس کابل را محکم نمود.

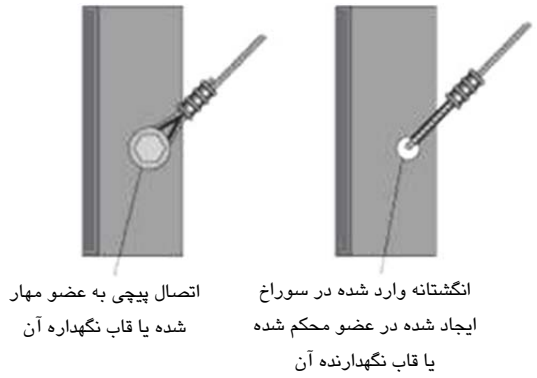
برای اتصالات صلب، باید کابل را تا حد ممکن محکم نمود. برای اجزاء ایزولاسیون لرزه‌ای باید تا حد ممکن کابل را کشیده و اجازه داد که ۱/۸ اینچ بیرون بیاید. از کشیدن بیش از حد یا شل شدگی زیاد باید جلوگیری شود. در نهایت باید پیچ‌ها را سفت نمود.

۵-۸-۱-۲- بست‌های فرول (Ferrule Clamps)

بست‌های فرول را می‌توان به انواع مختلفی از اتصالات وصل نمود. شکل‌های (۵-۱۴۷) و (۵-۱۴۸) اتصالات را نشان داده و اجزاء فرول، غلاف (Sleeve) و انگشتانه (Thimble) مورد استفاده در این ترکیب را مشخص می‌کند.



شکل ۵-۱۴۷- همگذاری (Assembly) فرول



شکل ۵-۱۴۸- اتصالات ترکیبی

برای این منظور سگدست‌ها (brackets) باید با استفاده از سوراخ‌های مونتاژ به سازه وصل شود. کابل‌ها را به بالای قلاب‌های طنابی وصل نموده اتصالات معلق را محکم نمود. سپس کابل‌ها را به اندازه کافی بریده و غلاف بیضوی (Oval Ferrule Sleeve) را روی کابل جابجا نمود، کابل را دور انگشتانه پیچیده و آن را با استفاده از پیچ مونتاژ یا سوراخ‌ها، بازگردانده و از درون غلاف عبور داد و کابل را سفت نمود. برای اتصالات صلب، کابل را به حدی بکشید تا سفت شود. برای اجزاء ایزوله شده، مقدار کمی شل‌شدگی باید باقی گذاشت و از کشیدگی یا شل‌شدگی زیاد جلوگیری نمود.از ابزارهای پیچش استفاده نموده و عمق پیچش را با استفاده از یک معیار اندازه‌گیری نمود.

۵-۸-۱-۳- چنگک طناب سیمی (Wire rip grips)

نصب کابل متصل به چنگک طناب سیمی مشابه نصب غلاف مانند شکل (۵-۱۴۹) است.

شکل ۵-۱۴۹- روش مناسب چنگک طناب سیمی

سگدست‌ها را باید با سوراخ‌ها، پیچ چشمی (Eye-Bolt) و سوراخ‌های نصب دریل متصل نمود و کابل‌ها را به اندازه کافی بریده و غلاف بیضوی را روی کابل لغزانده و کابل را دور انگشتانه پیچیده و آن را با استفاده از پیچ مونتاژ یا سوراخ ها و بازگردانده و از درون غلاف عبور داد. سپس کابل را سفت نمود. برای اتصالات صلب، باید کابل را کشید تا سفت شود. برای اجزای ایزوله شده، مقدار کمی شل‌شدگی باید باقی بماند و از کشیدگی یا شل‌شدگی زیاد جلوگیری شود. باید از روش turn-of-nut در اتصالات پیچی فولادی استفاده نمود.

۵-۸-۲- کنترل پانل‌ها (Control Panels)

کنترل پانل‌ها رامی‌توان در یک پانل الکتریکی متصل به اسمبلی تجهیزات سوار نمود یا به عنوان یک پانل الکتریکی مجزا به سازه ساختمان متصل نمود.اگر کنترل پانلدر داخل خود تجهیز ساخته شده باشد، اقدام دیگری لازم نیست. اما اگر یک پنل

الکتریکی متصل به اسمبلی باشد، باید چک شود که اتصال درست و محکم است. در سایر حالات نیاز است که رموت پنل (Remote Panel) به سازه متصل شود که باید با استفاده از قلاب‌های مهاری یا پایه آن را به سازه متصل نمود.

روش‌های مختلفی برای این اتصال وجود دارد:

- اتصال به دیوارها دیوارها با استفاده از مهارهای دیواری
- اتصال به وسیله مهارهای قائم یا پایه‌هایی که با مهارهای کج به کف سازه متصل شده
- اتصال به وسیله یک مهار دوپایه مانند شکل (۵-۱۵۰). پایه‌ها به سازه ساختمان با استفاده از گیره‌های قلابی کوچک وصل شده‌اند.
- یک صفحه آلومینیومی که امتدادش از کف تا سقف است. همانطور که در سمت چپ شکل (۵-۱۵۱) نشان داده شده، صفحه آلومینیومی به کف متصل شده است.

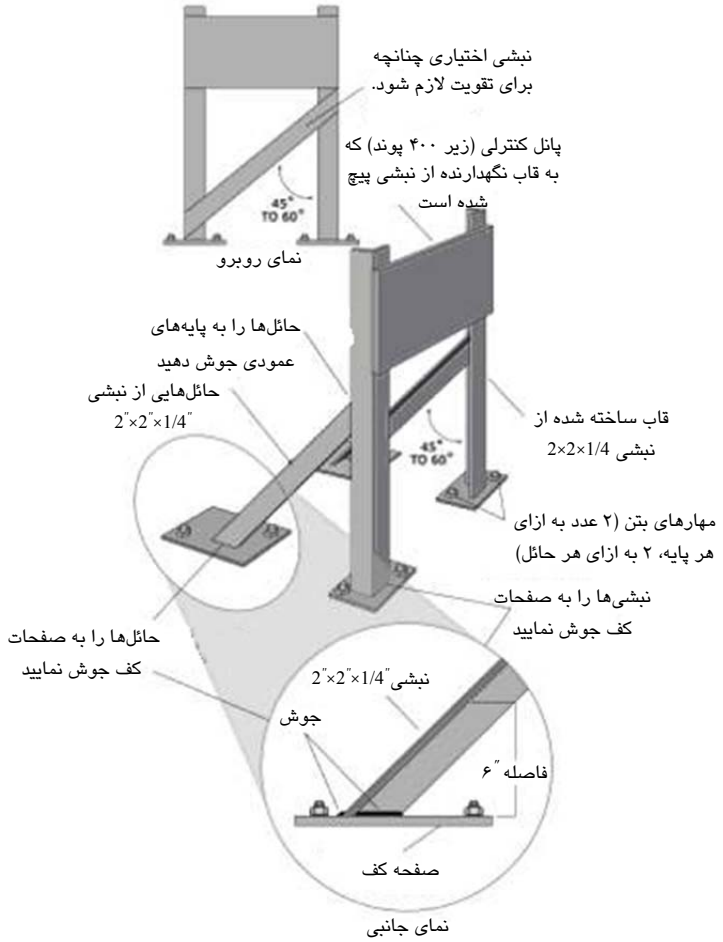
شکل ۵-۱۵۰- اتصال کنترل پانل با مهار(مهار به این شکل کافی نیست)

شکل ۵-۱۵۱- دو روش مختلف برای نگهداری کنترل پانل: با استفاده از یک صفحه فولادی متصل به کف و سقف با استفاده از قلاب‌های فولادی(چپ)؛ با استفاده از پایه‌های امتداد یافته تا کف و سقف (راست)

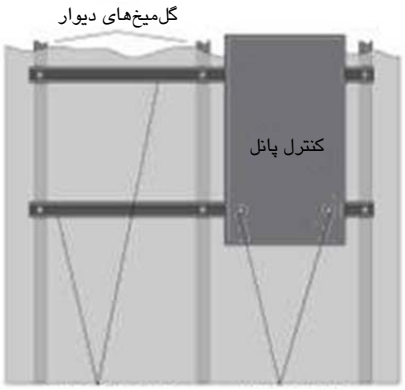
از پیچ یا جوش قاب نگهدارنده به یکدیگر استفاده شود. باید محل سوراخ‌ها را در سازه ساختمان مشخص نموده و مهارها نصب گردد. و سپس باید قاب نصب به سازه ساختمان متصل شود.

- اتصال نبشی‌های پایه برای تکیه‌گاه پایه‌ای متصل به زمین.
- اتصال پایه‌ها برای تکیه‌گاه نصب شده به کف.
- اتصال پایه‌های دیواری

کنترل پانل به قاب با حداقل ۴ پیچ فولادی نصب شده است.



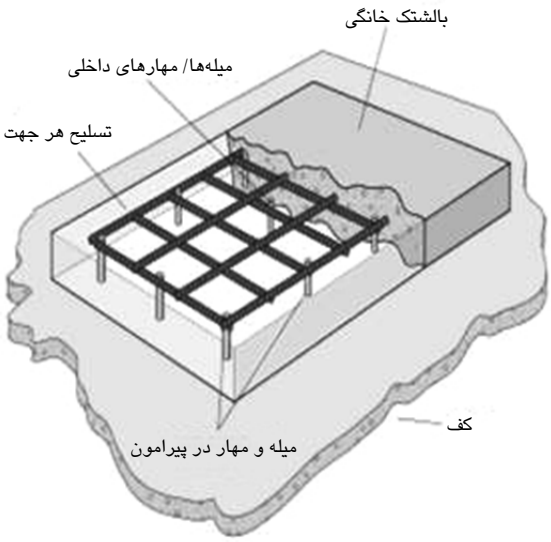
شکل ۵-۱۵۲- تکیه‌گاه نبشی در کف



شکل ۵-۱۵۳- اتصال مستقیم یک تکیه‌گاه مجموعه پایه به دیوار

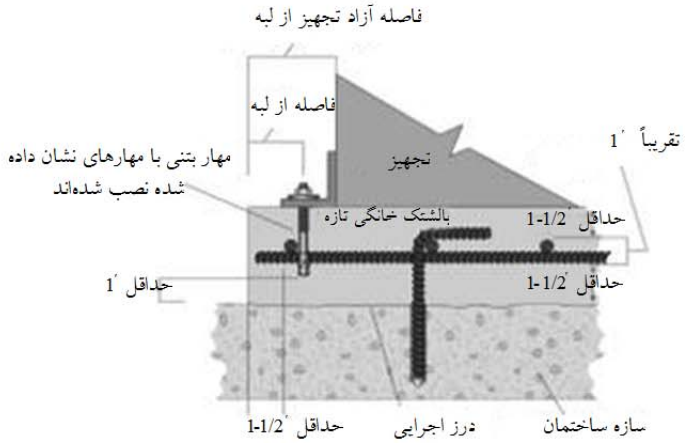
۵-۸-۳- بالشتک‌های بتنی (Concrete Pads)

نحوه ساخت بالشتک بتنی در شکل (۵-۱۵۴) ارائه شده است.



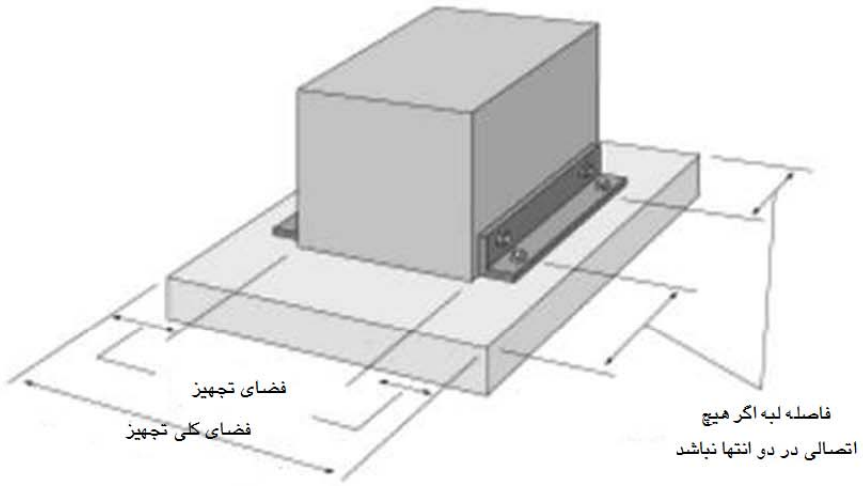
شکل ۵-۱۵۴- بالشتک بتنی

بالشتک بتنی بایستی حداقل ۲/۵ اینچ از عمق سوراخ مهار یا مقداری که برای مهارهای بتنی نشان داده شده در شکل (۵-۱۵۵) لازم است ضخیم‌تر باشد.



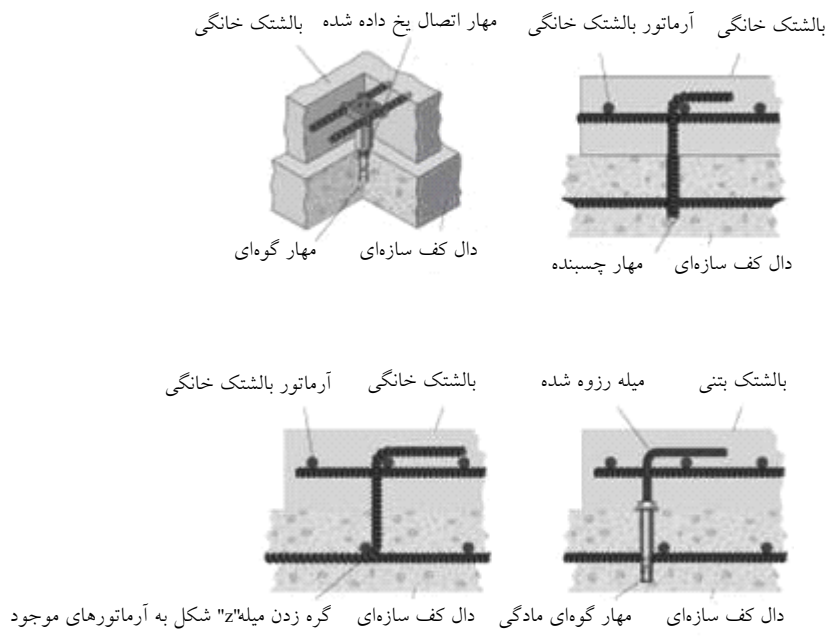
شکل ۵-۱۵۵- بالشتک بتنی در نمای نیمرخ

ابعاد سطح تماس بالشتک بایستی به اندازه کافی برای تجهیز، اتصال فولادی (در صورت لزوم) و فاصله لبه مهارهای بتنی بزرگ باشد (شکل ۵-۱۵۶).



شکل ۵-۱۵۶- ابعاد بالشتک بتنی

جزییات اتصالات بالشتک‌ها در شکل (۵-۱۵۷) نشان داده شده است. برای مشخص نمودن اندازه بالشتک‌ها و الگوی آن‌ها باید از اندازه‌گیری و نقشه‌های تفصیلی استفاده نمود. بالشتک‌های خارجی بایستی ½ تا ۱ اینچ قطر داشته باشند. بالشتک‌های داخلی باید دارای بین ½ تا ¾ اینچ قطر باشند.



شکل ۵-۱۵۷- دال (Dowel) متصل به کف ساختمان

آرماتورها را باید طبق شکل ۵-۱۵۷ به هم متصل نمود و سپس بتن‌ریزی نمود که درون آن میله‌هایی تعبیه شده و تجهیزات را به بتن بعد از عمل‌آوری آن متصل نمود.

۵-۸-۴- اتصالات انعطاف‌پذیر و درزهای انبساطی

اتصالات انعطاف‌پذیر در مواردی که تجهیزات جداسازی لرزه‌ای شده به سیستم لوله‌کشی یا کانال‌کشی با تکیه‌گاه صلب وصل شده باشد کاربرد دارد.اتصالات انعطاف‌پذیر همچنین در مواردی که تجهیز صلب نصب شده به سیستم لوله‌کشی بدون مهار یا سیستم کانال‌کشی بدون مهار وصل شود کاربرد دارد. درزهای انبساطی در مواردی لازم می‌شوند که سیستم لوله‌کشی یا کانال‌کشی در بین دو سازه مختلف امتداد داشته باشد و یا وارد یک سازه جداسازی شده شود.

۵-۸-۴-۱- اتصالات انعطاف‌پذیر

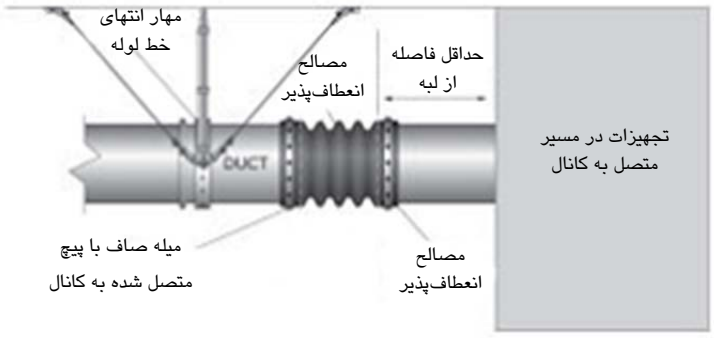
اتصالات شکل‌پذیر به وسیله باز و بسته شدن، از انتقال تنش‌های ناشی از ارتعاشات و یا تغییرشکل نسبی به عضو جلوگیری می‌کنند. این اتصالات تغییرمکان‌های ایجاد شده در خطوط لوله ناشی از تغییرات درجه حرارت مواد درون لوله و ارتعاشات آن را جذب می‌کنند.اتصالات مزبور در محل اتصال لوله به پمپ‌ها، مخازن، ظروف (وسل‌ها)، کمپرسورها و تجهیزات مشابه کاربرد دارند و خطر کمانش و یا شکستن لوله یا تجهیز را از بین می‌برند. همچنین ارتعاشات منتقل شده از لوله به تجهیز را کاهش می‌دهند. نهایتاً این اتصالات تغییرشکل‌های پیچشی و جانبی ناشی از نشست ناهمگون در محل اتصال لوله به تجهیز را از بین می‌برند (شکل‌های ۵-۱۵۸ و ۵-۱۵۹).

شکل ۵-۱۵۸- نمونه استفاده از اتصال شکل‌پذیر در محل اتصال لوله به پمپ

شکل ۵-۱۵۹- نمونه‌هایی از اتصال شکل‌پذیر لوله‌ها

به طور کلی این اجزا را به ۴ نوع تقسیم نمود:

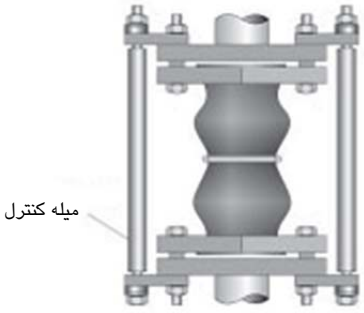
- کانال مفصل پلاستیکی
- لوله شلنگ سیمی
- لوله شلنگ پلاستیکی
- شلنگ پلاستیکی با میله‌های کنترلی



شکل ۵-۱۶۰- مفصل پلاستیکی کانال

شکل ۵-۱۶۱- لوله از نوع شلنگ سیمی

شکل ۵-۱۶۲- لوله از نوع شلنگ پلاستیکی



شکل ۵-۱۶۳- شلنگ پلاستیکی با میله کنترلی

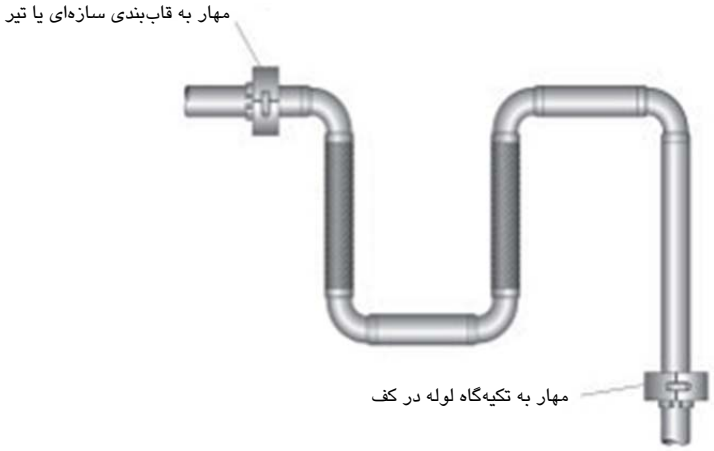
۵-۸-۴-۲- درزهای انبساطی

درزهای انبساطی شامل موارد زیر است:

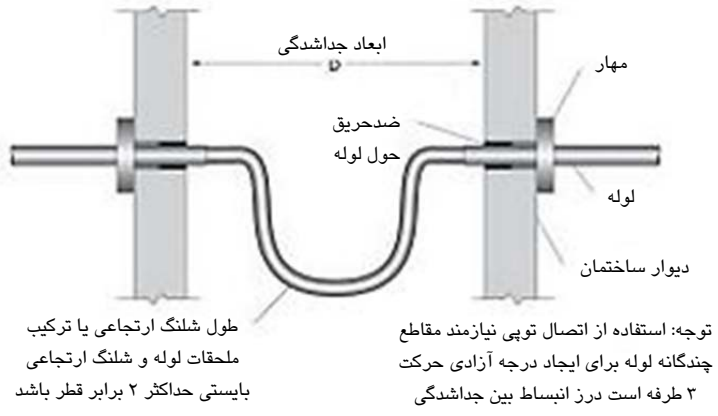
- درز انبساطی شلنگ سیمی
- درز انبساطی دوبل سوکته
- درز انبساطی بالای کف
- درز انبساطی بین جداشدگی

شکل ۵-۱۶۴- درز انبساطی شلنگ سیمی

شکل ۵-۱۶۵- درز انبساطی دوبل سوکته



شکل ۵-۱۶۶- درز انبساطی بالاتر از کف



شکل ۵-۱۶۷- درز انبساطی بین جداشدگی

Control Rod -۵-۸-۵

این قطعات برای تحمل فشار استاتیکی موجود در محل اتصال طراحی می‌شود تا در صورتی که اتصالات شکل‌پذیر، دچار پارگی یا خرابی شوند، امکان خرابی در اتصال و آسیب‌دیدن تجهیز را حداقل کند. این قطعه برای لوله مهار شده در طرف اتصال لازم نیست، اما برای سیستم‌های مهار شده پیشنهاد می‌شود. همچنین در تجهیزات دارای تکیه‌گاه‌ها ایزوله استفاده از آن توصیه می‌شود.

۵-۸-۶- شیرها و محرک‌های شیرها

روش‌های زیادی برای مهاربندی شیرها و محرک‌های شیر وجود دارد. به صورت معمول شیرها نیازمند مهاربندی خاصی نیستند و معمولاً در جهت افقی مهاربندی لازم می‌شود. در صورت نیاز در بقیه جهات نیز بنابر اسناد ساخت می‌توان مهاربندی در نظر گرفت.

مهاربندهای لوله انعطاف‌پذیر یا صلب را می‌توان در مجاورت شیر استفاده نمود. این مهاربندها را باید برای مهاربندی شیر به صورت خاص و نه مهاربندی سیستم لوله‌کشی استفاده نمود.

۲ نوع مهاربندی شیر وجود دارد:

- مهاربندی لوله
- مهاربندی شیر

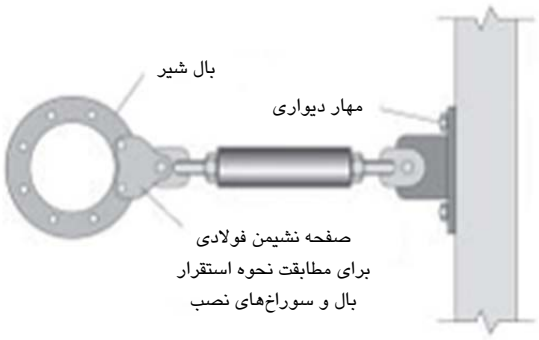
مهارهای لرزه‌ای محرک شیر بایستی در مدارک ساخت آورده شوند. این مهارها به صورت معمول منحصر به فرد بوده و به نوع نصب و محرک شیر وابسته هستند.

محرک‌های شیرهایی که مستقیماً بالای شیر قرار دارند فقط مهاربندی افقی نیاز دارند. محرک‌های سنگین قرار گرفته در کنار مستلزم مهارهای قائم اضافی نیز شاید باشند.

۵-۸-۶-۱- مهارهای لوله

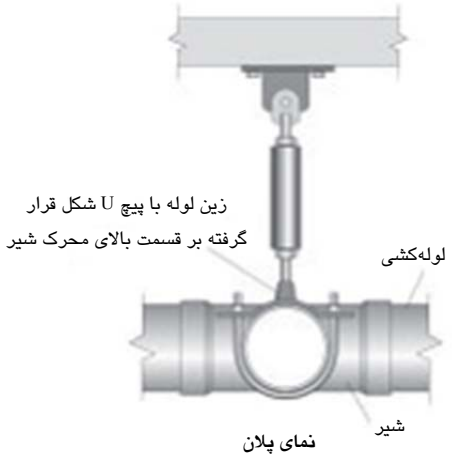
شکل ۵-۱۶۸- جزئیات مهاربندی لوله

۵-۹-۶-۲- مهاربندی شیر



شکل ۵-۱۶۹- مهاربندی عرضی مستقیم وصل شده به شیر

۵-۸-۶-۳- مهاربندی محرک شیر



شکل ۵-۱۷۰- مهاربندی محرک شیر

۵-۹- نوع مناسب اتصال برای انواع تجهیزات

با استفاده از جداول (۵-۵) الی (۵-۲۵) می‌توان نوع اتصال مناسب برای هر یک از انواع تجهیزات را انتخاب نمود.

جدول ۵-۵- نحوه صحیح اتصال کمپرسور هوا

نوع تجهیزات	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال مجاز
هرگونه کمپرسور به جز محبوس یا غلتکی	مستقیماً به کف متصل شود	صلب
	سوار شده بر کف روی جداسازهای لرزه‌ای با استفاده از فنرهای مقید	جداساز لرزه‌ای

جدول ۵-۶- نحوه صحیح اتصال سیستم تهویه هوا

نوع تجهیزات	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال مجاز
هرگونه واحد تهویه هوا یا پمپ حرارتی	مستقیما به کف متصل شود	صلب
	اتصال مستقیم به قلاب‌های متصل به کف	صلب با قلاب
	سوار شده بر کف روی جداسازهای لرزه‌ای با استفاده از فنرهای مقید	جداسازی لرزه‌ای
هرگونه واحد تهویه مستقر در پشت بام	سوار بر کف بر روی یک تیر	صلب به تیر
	جداساز لرزه‌ای بر روی تیر	فنرهای جداساز بر روی تیر
سیستم‌های تهویه هوا یا پمپ حرارتی داخلی	آویزان از سازه ساختمان در بالا با استفاده از میله و کابل	میله و کابل
	آویزان از سازه ساختمان در بالا با استفاده از جداسازها، میله‌ها و کابل‌ها	میله جداساز و کابل
واحد تهویه درون دیواری	نگهداری از طریق دیوار	سوار بر دیوار با قلاب

جدول ۵-۷- نحوه صحیح اتصال واحد پردازش هوا

نوع تجهیزات	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال مجاز
واحد پردازش هوا با کف صلب	مستقیماً به کف متصل شود	صلب
واحد پردازش هوای داخلی	اتصال مستقیم به قلاب‌های متصل به کف	صلب با قلاب
	آویزان از سازه بالا با میله و کابل	میله و کابل
	آویزان از سازه بالا با جداساز لرزه‌ای، میله و کابل	میله جداساز و کابل
هرگونه واحد پردازش هوا واقع بر پشت بام	متصل به جداساز تعبیه شده بر روی تیر	جداساز تعبیه شده بر روی تیر
	نصب بر بام بر روی یک تیر	صلب به تیر
واحد پردازش هوا پشت بامی بزرگ	جداساز لرزه‌ای بر روی یک تیر	فنرهای جداساز بر روی تیر

جدول ۵-۸- نحوه صحیح اتصال بویلرها، کوره‌ها، رطوبت سازها و آبگرمکن‌ها

نوع تجهیزات	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال مجاز
هرگونه بویلر یا رطوبت ساز	مستقیماً به کف متصل شود	صلب
هرگونه بویلر، گرم‌کننده آب یا مشعل	اتصال مستقیم به قلاب‌های متصل به کف	صلب با قلاب‌ها
مشعل خانگی	مشعل نگهداشته شده و مهار شده با اتصالات سیستم لوله کشی	تسمه‌بندی شده مشابه آبگرمکن
آب گرمکن خانگی	بستن با تسمه به دیوار	نصب بر دیوار با تسمه
رطوبت ساز	نصب مستقیم بر روی دیوار	نصب بر دیوار

جدول ۵-۹- نحوه صحیح اتصال چیلر

نوع تجهیزات	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال مجاز
هر نوع چیلر	مستقیماً به کف متصل شود	صلب
	سوار بر کف روی یک جداساز لرزه‌ای با استفاده از فنرهای مقید	جداسازی لرزه‌ای
واحد پشت بامی	نصب بر پشت بام بر روی یک تیر	صلب به تیر
	جداسازی لرزه‌ای بر روی یک تیر	جداسازی لرزه‌ای بر روی یک تیر

جدول ۵-۱۰- نحوه صحیح اتصال مبدل‌های حرارتی

نوع تجهیزات	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال مجاز
مبدل حرارتی	مستقیماً به کف متصل شود	صلب

جدول ۵-۱۱- نحوه صحیح اتصال کندانسور یا واحد مایع ساز

نوع تجهیزات	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال مجاز
هرگونه کندانسور یا واحد مایع ساز	مستقیماً به کف متصل شود	صلب
	سوار بر کف روی یک جداساز لرزه‌ای با استفاده از فنرهای مقید	جداسازی لرزه‌ای
واحد پشت بامی	نصب بر پشت بام بر روی یک تیر	صلب به تیر
	متصل به جداساز لرزه‌ای پیش ساخته بر روی یک تیر	جداسازی لرزه‌ای بر روی یک تیر

جدول ۵-۱۲- نحوه صحیح اتصال برج‌های خنک‌کننده وکولرها

نوع تجهیزات	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال مجاز
هر واحد دارای کف یا سکوی صلب	مستقیماً به کف متصل شود	صلب
خنک کننده سیال، خنک‌کننده تبخیری یا برج تبخیر	جداساز لرزه‌ای بر روی یک تیر	جداساز لرزه‌ای بر روی یک تیر
هر واحد دارای یک پایه سازه‌ای	سوار بر کف روی یک جداساز لرزه‌ای	جداساز لرزه‌ای

جدول ۵-۱۳- نحوه اتصال هیتر

تجهیزات معمول	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال
هرگونه هیتر	آویزان از سازه ساختمان در بالا به وسیله میله و کابل	میله و کابل
	آویزان از سازه ساختمان در بالا به وسیله قلاب	آویزان با قلاب
	آویزان از سازه ساختمان در بالا به وسیله جداساز،میله و کابل	میله‌های و کابل‌های جداساز
	نگهداری در مجاورت دیوار با قلاب	نصب به دیوار با قلاب
واحد هیتر نسبتاً نازک	آویزان از سازه ساختمان به وسیله دو میله و کابل	میله‌های دوبل و کابل

جدول ۵-۱۴- نحوه اتصال پمپ

تجهیزات معمول	نحوه اتصال تجهیزات	نوع اتصال
پمپ نصب شده بر کف شامل پمپ End-suction و قائم	نصب مستقیم به کف	میله و کابل
پمپ نصب شده روی کف شامل End-suction pump	اتصال به قلاب‌های نصب شده به کف	صلب با قلاب
	جداسازی لرزه‌ای نصب شده بر روی کف با استفاده از فنرهای مقید و یا فنر آزاد	جداساز لرزه‌ای
پمپ خطی	نگهداری دور از کف با استفاده از قلاب فولادی	صلب با قلاب
	آویزان از سازه ساختمان بالا به وسیله میله و کابل	میله‌ها و کابل
	آویزان از سازه ساختمان بالا به وسیله قلاب	آویزان با قلاب
	آویزان از سازه ساختمان بالا به وسیله جداساز، میله و کابل	میله‌های جداساز و کابل
	نصب مستقیم به دیوار	نصب مستقیم به دیوار
	نگهداری به دور از دیوار با استفاده از یک پایه قلاب	نصب بر دیوار با قلاب

جدول ۵-۱۵- انواع اتصالات سوئیچ انتقال اتوماتیک

نوع اتصال	چگونگی اتصال تجهیزات	نوع تجهیزات
صلب	نصب مستقیم به کف	هر نوع واحد
صلب با قلاب	اتصال با قلاب به کف	
صلب به دیوار	مستقیم به دیوار	
نصب به دیوار با قلاب	نصب مستقیم به دیوار با قلاب	

جدول ۵-۱۶- انواع اتصالات کنترل پانل

نوع اتصال	چگونگی اتصال تجهیزات	نوع تجهیزات
صلب	نصب مستقیم به کف	هر نوع واحد
صلب با قلاب	اتصال با قلاب‌های نصب شده به کف	
کف بالا آمده	برروی کف بالا آمده	
نصب بر دیوار	مستقیماً برروی دیوار	
نصب بر دیوار با قلاب	نصب برروی دیوار با قلاب	
موارد خاص: کنترل پانل	سیستم نگهدارنده قاب با پایه و صفحه	
پیروی از دستورالعمل سازنده	نصب بر flush	
پیروی از دستورالعمل سازنده	متصل به سایر تجهیزات	

جدول ۵-۱۷- انواع اتصال ژنراتورها

نوع اتصال	چگونگی اتصال تجهیزات	نوع تجهیزات
صلب	نصب مستقیم به کف	هر نوع ژنراتور
صلب با قلاب	متصل به قلاب‌های وصل شده به کف	
ایزولاسیون لرزه‌ای	ایزولاسیون لرزه‌ای	
نصب برروی کف	نصب شده بر کف یا ایزولاسیون لرزه‌ای برروی کف	
پیروی از دستورالعمل سازنده	متصل به تجهیزات	کنترل ژنراتور

جدول ۵-۱۸- انواع اتصالات روشنایی

نوع اتصال	چگونگی اتصال تجهیزات	نوع تجهیزات
نصب بر دیوار	مستقیماً به هرگونه سطحی با استفاده از دستورالعمل اتصال برای تجهیزات سوار بر دیوار	لامپ باتری‌دار، لامپ خروج یا لامپ سوار بر flush
موارد خاص: روشنایی	نصب بر سقف T-bar	لامپ lay-in و لامپ سوار بر flush
موارد خاص: روشنایی	مستقیماً به سازه ساختمان	لامپ معلق
پیروی از دستورالعمل سازنده	اتصال مستقیم به سازه ساختمان	لامپ جاسازی شده و صنعتی
استفاده از دستورالعمل اتصال برای تجهیزات نصب شده بر دیوار	نصب بر کف در سطح افقی سازه ساختمان. سقف بایستی دارای ظرفیت برای انتقال بار با سازه ساختمان باشد.	لامپ نصب شده بر سطح
معلق با زنجیر	آویزان از سازه ساختمان	لوستر یا تجهیزات نگهداری شده با زنجیر

جدول ۵-۱۹- انواع اتصالات پانل‌برد و مراکز بار

نوع اتصال	چگونگی اتصال تجهیزات	نوع تجهیزات
صلب	نصب مستقیم به کف	هر نوع واحد
صلب با قلاب	نصب با استفاده از قلاب متصل به کف	
نصب به دیوار	مستقیم به دیوار	
نصب به دیوار با قلاب	نصب به دیوار با قلاب	
پیروی از دستورالعمل سازنده	نصب به flush	

جدول ۵-۲۰- انواع اتصالات مبدل‌ها

نوع اتصال	چگونگی اتصال تجهیزات	نوع تجهیزات
صلب	نصب مستقیم به کف	هر نوع واحد
صلب با قلاب	وصل به قلاب نصب شده به کف	
نصب به کف با ضربه‌گیر	استفاده از ضربه‌گیر	
نصب به دیوار	مستقیم به دیوار	
نصب به دیوار با قلاب	نصب به دیوار با قلاب	
نصب بر دیوار، جداسازی لرزه‌ای	نصب بر دیوار با جداساز لرزه‌ای	
جداسازه لرزه‌ای/ نصب بر کف	جداسازی لرزه‌ای	

جدول ۵-۲۱- انواع اتصالات منبع‌های تغذیه وقفه‌ناپذیر و ردیف‌های باتری

نوع اتصال	چگونگی اتصال تجهیزات	نوع تجهیزات
صلب	نصب مستقیم به کف	هر نوع واحد
صلب با قلاب	وصل به قلاب‌های نصب شده به کف	
برروی کف بالا آمده	برروی کف بالا آمده	
نصب برروی دیوار	مستقیم به دیوار	
نصب برروی دیوار با قلاب	نصب برروی دیوار با قلاب	
نصب برروی دیوار با جداساز لرزه‌ای	نصب به دیوار با جداساز لرزه‌ای	
جداسازی لرزه‌ای/ نصب بر کف	جداسازی لرزه‌ای	
نصب به بام	نصب به بام	

جدول ۵-۲۲- انواع اتصال مهاربندی کانال

نوع مهاربندی	چگونگی اتصال تجهیزات	انواع اتصالات
کانال‌های مستطیلی معلق	معلق با میله‌ها یا نبشی‌ها با استفاده از کابل یا مهار جانبی صلب	کانال‌های مستطیلی
کانال‌های مستطیلی جداسازی لرزه‌ای شده	تعلیق شده با استفاده از نگهدارنده‌ها و کابل‌های مهاربند	
کانال‌های معلق دایروی	معلق با میله‌ها و یا نبشی‌ها با استفاده از کابل یا مهار جانبی صلب	کانال‌های دایروی معلق (شامل کانال‌های بیضوی)
کانال‌های دایروی جداسازی لرزه‌ای شده	جداسازی شده با نگهدارنده‌های میله‌ای و مهاربندی کابلی	
کانال‌های نصب شده بر کف	تعلیق از کف با نبشی‌ها	کانال‌های دایروی و مستطیلی نصب شده بر کف
کانال‌های نصب شده بر سقف	تعلیق روی سقف با نبشی	کانال‌های دایروی- مستطیلی نصب شده بر پشت بام
کانال‌های نصب شده بر دیوار	نگهداری روی دیوار	کانال‌های مستطیلی و دایروی نصب شده بر دیوار
نفوذ در کانال‌ها	کانال‌های داخل سازه ساختمان	سوراخ‌کاری کانال‌ها
تجهیزات نصب شده در مسیر	متصل به سازه ساختمان	تجهیزات نصب شده در خط

جدول ۵-۲۳- مهاربندی تجهیزات نصب شده بر کانال در مسیر

خمش‌های معمول	چگونگی اتصال تجهیزات	انواع اتصال
صلب	تعلیق سازه از بالا با استفاده از میله و کابل	کویل، دمپر، فن در مسیر، فن‌کوئل، صدا خفه‌کن کانال یا واحد ترمینال VAV
جداسازی شده	آویزان از سازه بالا با استفاده از جاسازها، میله‌ها و کابل‌ها	
صلب با نبشی‌ها	آویزان از سازه بالا با استفاده از نبشی	
پیروی از دستورالعمل سازنده	نگهداری با جداره کانال	رطوبت ساز
	آویزان از سازه	

جدول ۵-۲۴- مهاربندی سیستم لوله‌گذاری

نوع مهاربندی	چگونه تجهیزات بایستی نصب شوند	انواع اتصالات
لوله‌گذاری معلق	معلق با استفاده از میله‌ها و نبشی‌ها و از کابل یا مهارهای جانبی صلب	لوله‌گذاری معلق
جداسازی لرزه‌ای	جداسازی با استفاده از نگهدارنده‌های میله‌ای و مهاربندی کابلی	
لوله‌گذاری نصب شده بر کف	معلق از کف با استفاده از نبشی/ یا پایه	لوله‌گذاری نصب شده به کف
لوله‌گذاری نصب شده بر کف	مهاربندی در بالای بام	لوله‌گذاری نصب شده به بام
لوله‌گذاری روی دیوار	مهاربندی روی دیوار	لوله‌گذاری نصب شده به دیوار
عبور لوله	لوله‌ها از داخل سازه ساختمان	عبور لوله
تجهیزات متصل به لوله در مسیر	متصل به سازه ساختمان	تجهیزات نصب شده به لوله در مسیر

جدول ۵-۲۵- انواع اتصال تجهیز نصب شده بر لوله در مسیر

نوع اتصال	تجهیز چگونه باید نصب شود	چینش‌های معمول
شیرها و محرک شیرها	نیازمند مهاربندی اضافی در شیر و محرک اگر بیش از ۹ کیلوگرم وزن داشته باشد.	شیر یا صافی
	نیازمند مهاربندی اضافی چنانچه بیش از ۹ کیلوگرم وزن داشته باشد	محرک شیر
لوله‌گذاری معلق و پمپ معلق جداساز هوا مبدل حرارتی	نگهداری لوله در نزدیکی تجهیز یا شیر	جداساز هوا، پمپ در مسیر یا مبدل حرارتی

فصل ششم

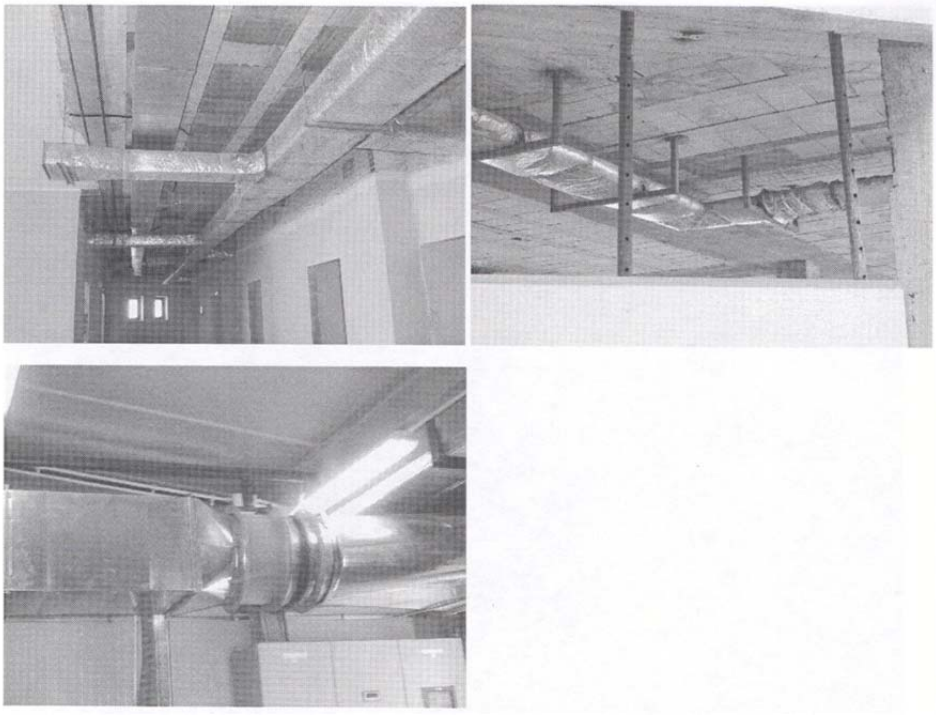
مثال‌های کاربردی

۶-۱- مقدمه

در این بخش چند مثال کاربردی در زمینه مقاوم‌سازی تجهیزات شهری ارائه شده است. مثال‌ها به دو گروه کیفی و کمی تقسیم می‌شود.

۶-۲- مثال‌های کیفی

۶-۲-۱- کانال (داکت)



آسیب‌پذیری: *کم*. کانال‌ها به دلیل وزن کم در زلزله‌های گذشته آسیب زیادی ندیده‌اند.

اهمیت: *متوسط تا زیاد*. به جهت کارکرد در طول مدت زلزله و پس از آن، کانال‌های معمولی HVAC دارای اهمیت متوسط بوده ولی کانال‌های سیستم‌های به هدف بهسازی ویژه طبق بند ۱-۴-۶ اهمیت زیادی دارند.

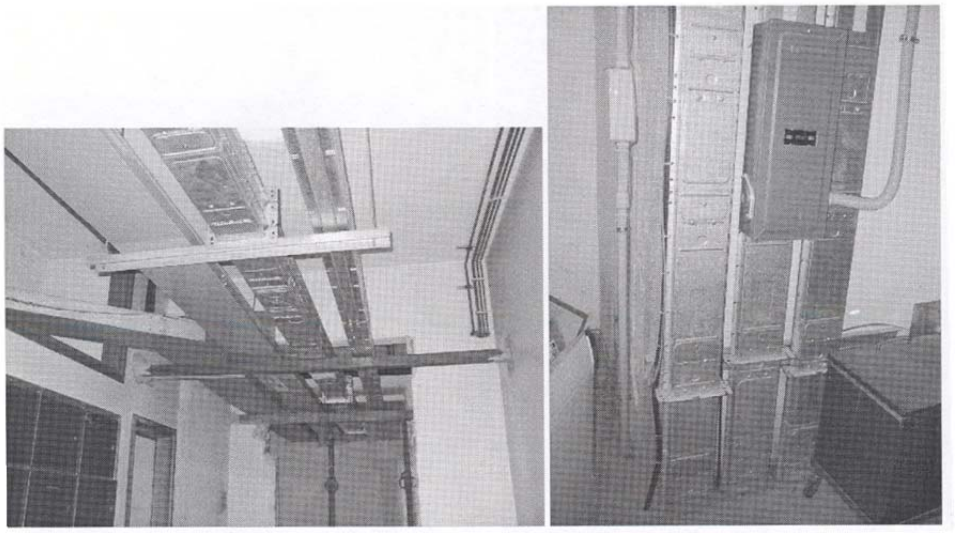
هزینه و مشکلات بهسازی: *متوسط تا زیاد*. همانند لوله‌ها، مهار کانال‌ها نیازمند طراحی دقیق و هماهنگ می‌باشد. چنانچه چیدمان کانال‌ها پیچیده باشد، بهسازی آنها مشکل می‌شود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات: معمولاً به دلیل آسیب‌پذیری کم ناشی از نیروهای زلزله بهسازی آنها در اولویت نیست.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات جدید: برای ناحیه با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰)، براساس نیروهای لرزه‌ای استفاده از مهاربند الزامی است.

شکل ۶-۱- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای کانال (داکت)

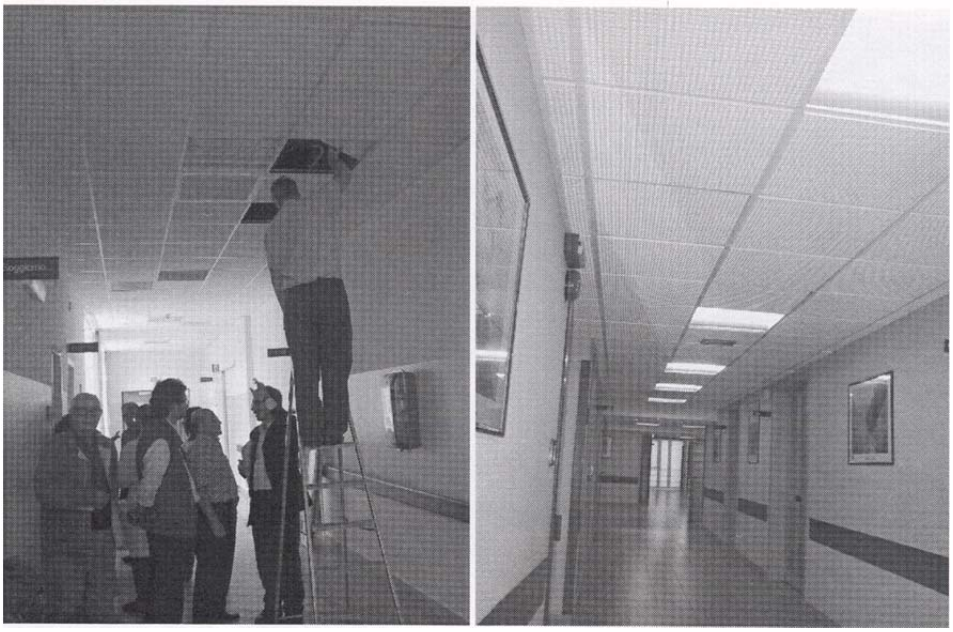
۶-۲-۲- اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات



آسیب‌پذیری: *کم*. اجزاء شبکه برق و مخابرات در زلزله‌های گذشته به ندرت دچار آسیب شده‌اند.
اهمیت: *زیاد*. از جهت کارکرد در طول مدت زلزله و پس از آن، این اجزاء مهم می‌باشند.
هزینه و مشکلات بهسازی: *متوسط*. همانند سایر سیستم‌های توزیع نظیر لوله‌ها و کانال‌ها، مهار این اجزاء به هماهنگی زیاد نیاز دارد. چنانچه چیدمان این اجزاء دارای پیچیدگی باشد بهسازی آنها مشکل می‌شود.
توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات: معمولاً به دلیل آسیب‌پذیری بسیار کم این اجزاء بهسازی آنها در اولویت نمی‌باشد.
توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات جدید: لوله‌های حفاظ با قطر بزرگتر از ۸۰ میلیمتر در ناحیه با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰)، برای نیروهای لرزه‌ای باید مهار شوند. در سایر موارد، به مهاربندی ویژه‌ای برای نیروهای لرزه‌ای نیازی نیست.

شکل ۶-۲- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای اجزاء شبکه توزیع برق و مخابرات

۶-۲-۳- سقف‌های کاذب پانلی



آسیب‌پذیری: *متوسط تا زیاد*. پانل‌های سقف کاذب ممکن است در طول زلزله سقوط کنند. با وجود اینکه سقوط این اجزاء، به دلیل وزن کم معمولاً خطرناک نیست ولی در بعضی موارد می‌تواند در امر تخلیه افراد از ساختمان اختلال ایجاد کند.

اهمیت:*کم*. خرابی سقف‌های کاذب، خللی در عملکرد ساختمان در حین زلزله و پس از آن ایجاد نمی‌کند.

هزینه و مشکلات بهسازی: متوسط. بهسازی این اجزاء معمولاً با افزایش مهارها و کابل‌های مهاری از سقف کاذب به سازه اصلی صورت می‌گیرد.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات: معمولاً به دلیل اهمیت کم، بهسازی سقف‌های کاذب در اولویت نمی‌باشد. در ناحیه با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰)، اضافه نمودن مهارها به سقف کاذب در ناحیه تجهیزات روشنایی آویخته توصیه می‌شود.

شکل ۶-۳- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای سقف‌های کاذب پانلی

۶-۲-۴- سقف‌های کاذب با ورق‌های فلزی

آسیب‌پذیری: *بسیار کم*. این اجزاء در طول زلزله ممکن است خم شده یا سقوط کنند ولی به دلیل وزن بسیار کم خطرناک نیستند. به دلیل وزن کم و طول دهانه زیاد، احتمال سقوط این نوع سقف کاذب نسبت به سقف‌های کاذب پانلی با تخته‌های گچی کمتر است.

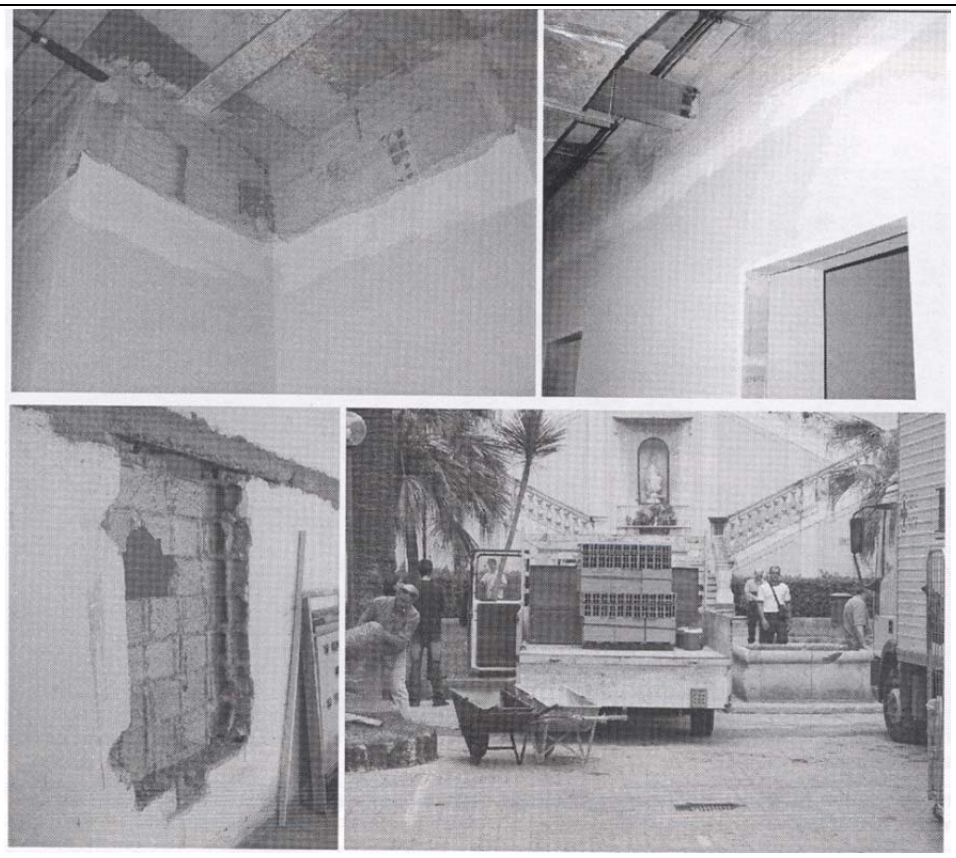
اهمیت: *کم*. خرابی این نوع سقف کاذب، خللی در عملکرد ساختمان در حین زلزله و پس از آن ایجاد نمی‌کنند.

هزینه و مشکلات بهسازی: *متوسط*. بهسازی این نوع سقف کاذب از طریق تعبیه مهارها و اتصالات سقف به تکیه‌گاههای سازه‌ای قابل انجام است.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات: معمولاً به دلیل اهمیت و آسیب‌پذیری کم، بهسازی این نوع سقف کاذب در اولویت نمی‌باشد. در هر صورت، باید در مورد جداشدگی و سقوط احتمالی این اجزاء آگاهی داده شوند.

شکل ۶-۴- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای سقف‌های کاذب با ورق‌های فلزی

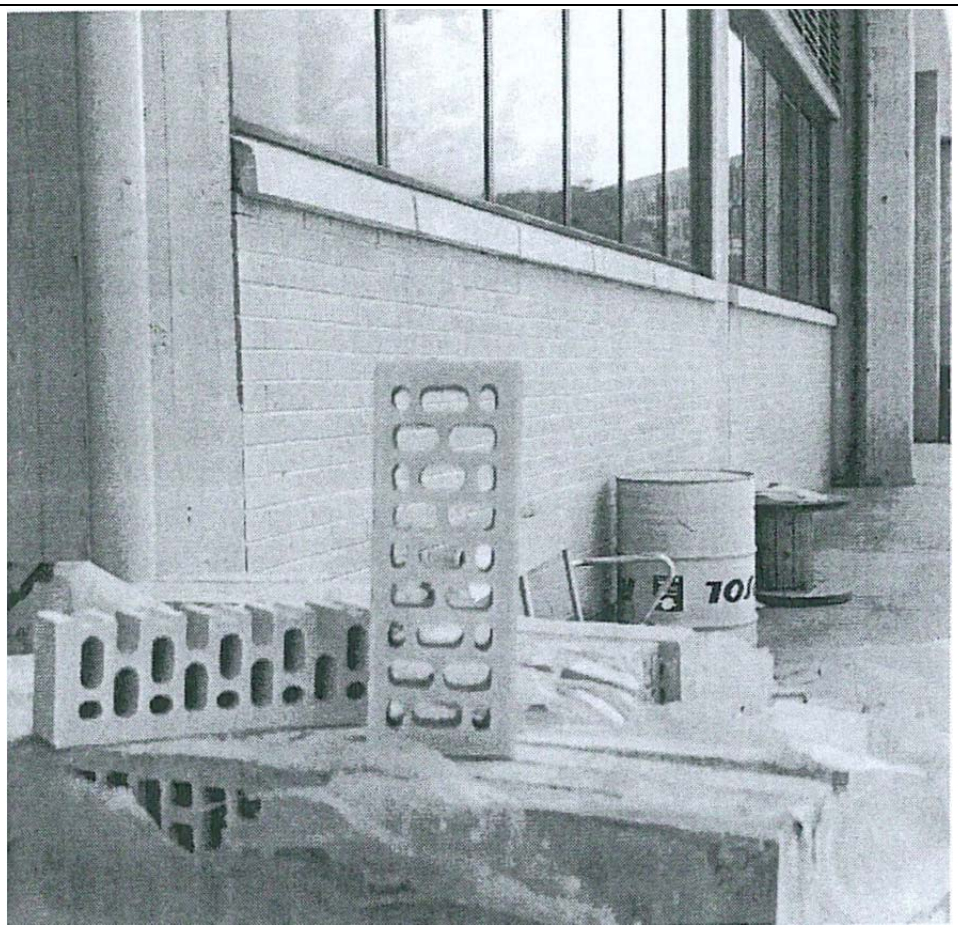
۶-۲-۵- تیغه با بلوک‌های آجری مجوف غیرمسلح



آسیب‌پذیری: *متوسط*. این اجزاء معماری فقط در زمین‌لرزه‌های با شدت بالا دچار آسیب می‌شوند.
اهمیت: *متوسط*. آسیب‌های جزئی و ترک‌های به وجود آمده در تیغه‌ها، خللی در عملکرد ساختمان ایجاد نمی‌کنند. آسیب‌های بیشتر ممکن است قسمت‌هایی از ساختمان را غیرقابل استفاده کنند. چنانچه سایر تجهیزات به این تیغه‌های متصل باشند، اهمیت تیغه‌ها افزایش می‌یابد.
هزینه و مشکلات بهسازی: *بسیار زیاد*. تیغه‌ها باید نوسازی شده و یا اینکه از سیستم‌های جایگزین تیغه که سبک‌تر هستند، استفاده گردد.
توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: هزینه و مشکلات بهسازی این اجزاء زیاد می‌باشد ولی توصیه می‌شود در مناطق با خطر لرزه‌ای خیلی زیاد، در مناطق مهم مثل اتاق‌های جراحی و اورژانس بیمارستان‌ها حتماً بهسازی انجام شود.

شکل ۶-۵- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تیغه با بلوک‌های آجری مجوف غیرمسلح

۶-۲-۶- دیوارهای خارجی آجری غیرمسلح



آسیب‌پذیری: *متوسط*. دیوارهای خارجی آجری غیرمسلح تنها در زمین‌لرزه‌های با شدت بالا آسیب‌پذیر می‌باشند. این دیوارها در ساختمان‌های بتنی می‌توانند موجب ایجاد ستون کوتاه گردند.

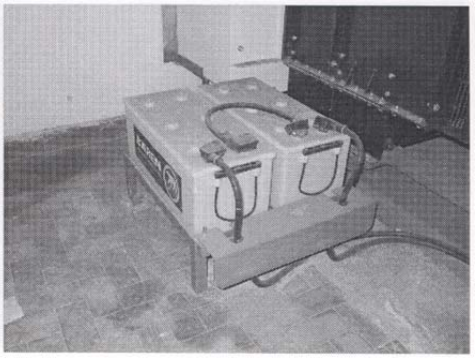
اهمیت: *متوسط*. آسیب‌های جزئی و ترک‌های به وجود آمده در دیوارهای خارجی، خللی در عملکرد ایجاد نمی‌کنند. آسیب‌های بیشتر در دیوار و یا خرابی ستون‌های کوتاه به وجود آمده، ممکن است قسمت‌هایی از ساختمان را غیرقابل استفاده نمایند.

هزینه و مشکلات بهسازی: *بسیار زیاد*. ضمن جداسازی دیوار از قاب پیرامون آن برای تأثیرناپذیری دیوار از حرکت جانبی قاب، باید مهارهای مناسبی برای نگه داشتن دیوار در برابر نیروهای برون صفحه تعبیه شود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: هزینه و مشکلات بهسازی، این اجزاء زیاد می‌باشد. در مواردی که دیوارهای خارجی موجب ایجاد ستون کوتاه می‌گردند، بهسازی سازه‌ای در اولویت است.

شکل ۶-۶- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای دیوارهای خارجی آجری غیرمسلح

۶-۲-۷- ژنراتورهای برق اضطراری



آسیب‌پذیری: در لرزش‌های شدید امکان لغزش و یا از قفسه خارج شدن و قطع شدن آنها وجود دارد.

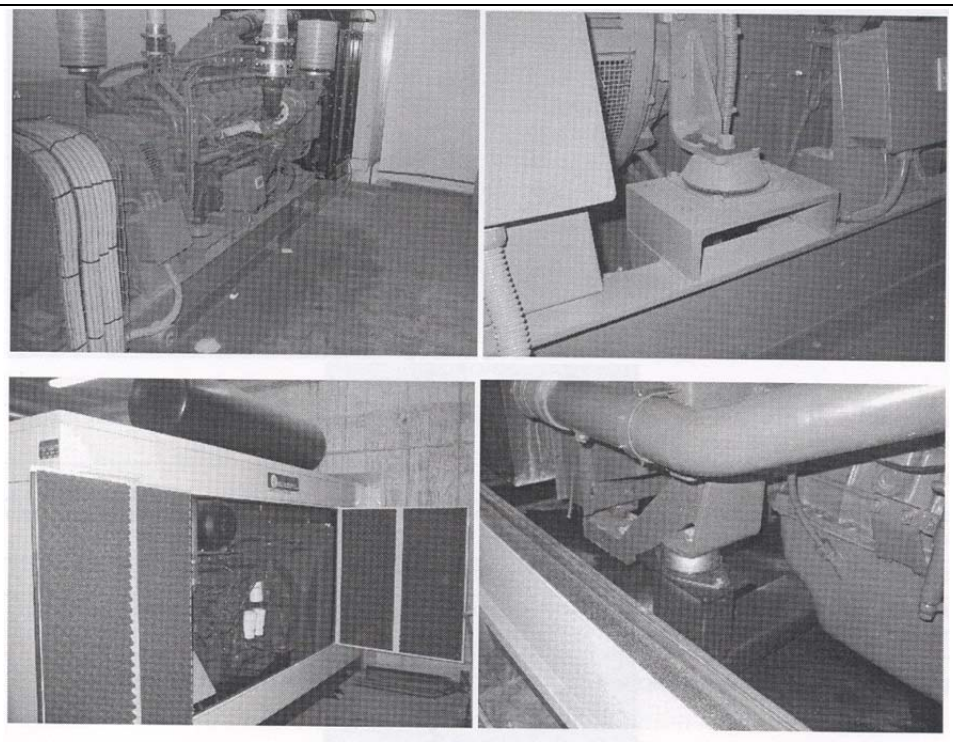
اهمیت: زیاد. باتری‌ها برای استارت ژنراتورهای اضطراری ضروری می‌باشند.

هزینه و مشکلات بهسازی: خیلی کم. باتری‌ها را می‌توان به آسانی با تعبیه تسمه‌هایی در بالای آنها که به کف سازه مهار می‌شوند، مقاوم‌سازی نمود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد، زیاد و متوسط (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی شوند.

شکل ۶-۷- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای باتری برای ژنراتورهای اضطراری

۶-۲-۸- ژنراتورهای برق اضطراری



آسیب‌پذیری: *زیاد*. ژنراتورها اجزای سنگینی هستند که روی جداسازهای لرزه‌ای مقید نشده (unrestrained) قرار داده می‌شوند. ژنراتورهای اضطراری در زلزله‌های اخیر کالیفرنیا از محل نصب خود افتاده‌اند. چنین صدماتی می‌تواند باعث قطعی ژنراتور از منبع سوخت، باتری و یا سیستم اگزوز شود و آنها را از کار بیندازند.

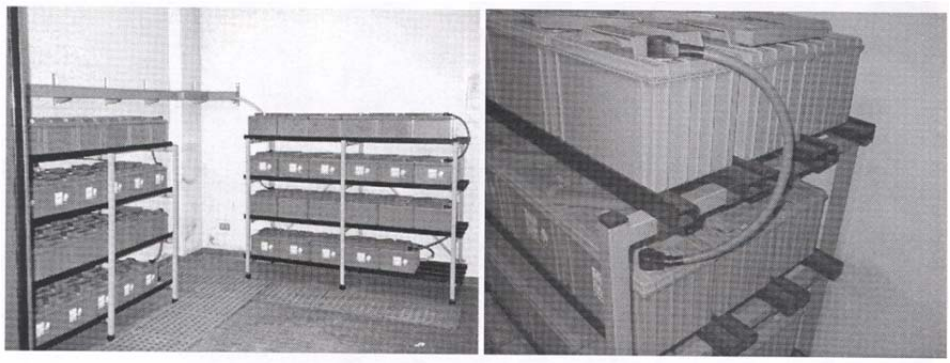
اهمیت: *زیاد*. ژنراتورهای اضطراری برای تامین برق اضطراری در بازه پس از زلزله ضروری هستند.

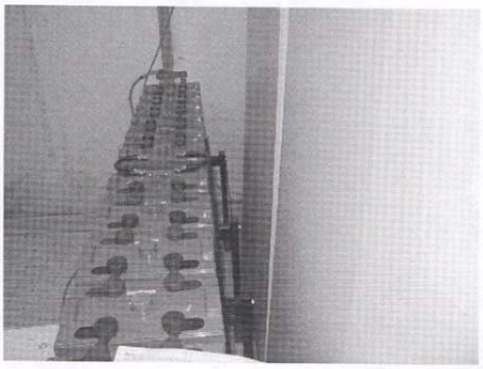
هزینه و مشکلات بهسازی: *خیلی کم*. وسیله‌های استانداردی مانند snubber را می‌توان برای محدود نمودن حرکت ژنراتورها استفاده نمود تا از خارج شدن آن از محل نصب جلوگیری شود.

توصیه‌های بهسازی تجهیزات: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد، زیاد و متوسط (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی شوند.

شکل ۶-۸- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای ژنراتورهای برق اضطراری

۶-۲-۹- باتری برای تأمین برق بی‌وقفه

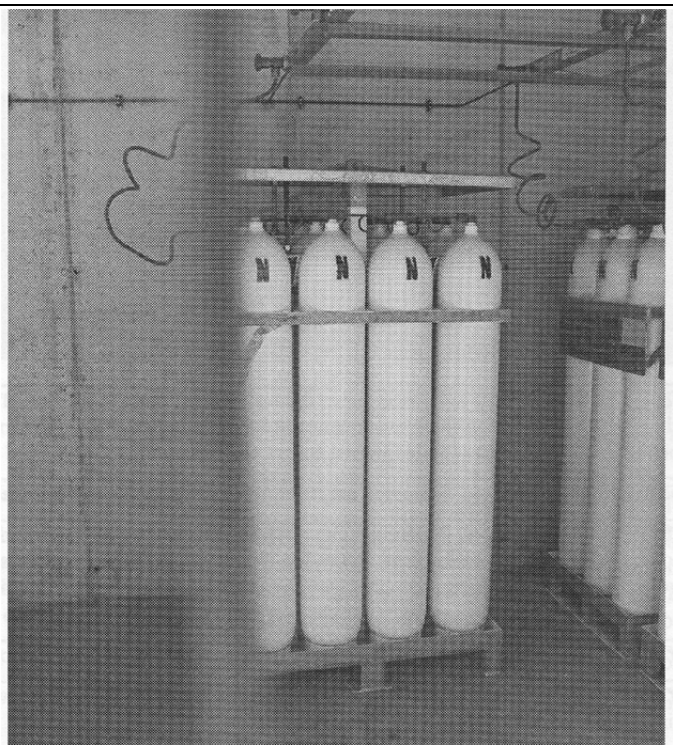




آسیب‌پذیری: *خیلی زیاد*. معمولاً قفسه باتری‌ها ناایمن بوده و دارای نسبت ارتفاع به کف تقریباً ۲ می‌باشد. قفسه‌ها در برابر واژگونی آسیب‌پذیر بوده و باتری‌های منفرد در برابر افتادن از قفسه‌ها حساس هستند.
اهمیت: *زیاد*. باتری‌ها برای تامین برق بی‌وقفه برای سیستم با هدف بهسازی قابلیت کاربری بی‌وقفه ضروری می‌باشند.
هزینه و مشکلات بهسازی: *خیلی کم*. قفسه‌های موجود را می‌توان به دیوارها و یا کف با استفاده از تسمه‌های جدید و یا متصل کننده و انکربولت محکم کرد. به جای آن نیز می‌توان از قفسه‌های جدیدی که ایمنی بیشتری پدید می‌آورند استفاده کرد.
توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد، زیاد و متوسط (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی شوند.

شکل ۶-۹- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای باتری‌های ژنراتورهای برق اضطراری بی‌وقفه

۶-۲-۱۰- سیلندرهای نیتروژن در بیمارستان‌ها



آسیب‌پذیری: *خیلی زیاد*. سیلندرهای گاز نیتروژن معمولاً به صورت کامل بی‌مهار بوده و در برابر حرکت‌های زلزله به‌شدت آسیب‌پذیر هستند. تنها قید در برابر واژگونی سیلندرها اتصال گاز در بالای سیلندر است که می‌تواند در برابر حرکت زلزله پاره شده و باعث خروج گاز شود.

اهمیت: *زیاد*. نیتروژن یک گاز پزشکی است که برای بازه بعد از زلزله جهت عمل جراحی مورد نیاز است و خروج گاز می‌تواند خطرساز باشد.

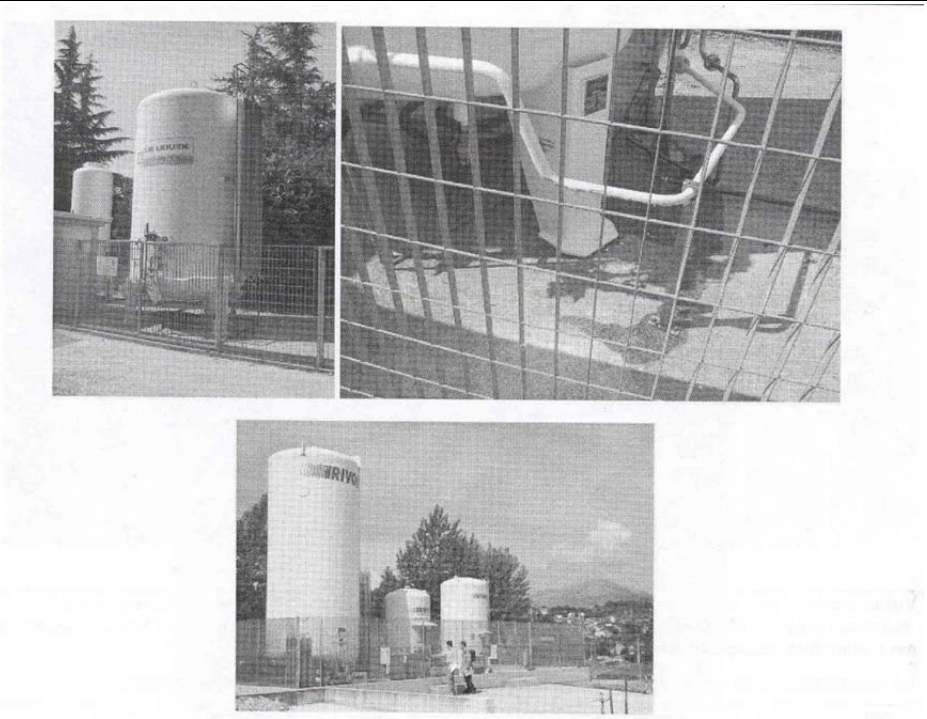
هزینه و مشکلات بهسازی: *خیلی کم*. مهاربندی سیلندرها با زنجیر دور آنها روشی مؤثر در نواحی لرزه‌ای متوسط است. زنجیرها بایستی بدون شل‌شدگی زیاد وصل شوند و نیز سیلندرها باید در پایه و بالای سیلندرها مهار شوند. در نواحی لرزه‌ای با خطر لرزه‌ای زیاد و خیلی زیاد، ظرفیت قید و مهاربندی آنها در داخل دیوار بایستی برای کفایت چک شوند.

سیلندرهای نیتروژنی را می‌توان در پالت‌های محکم قرار داد. در مناطق با خطر لرزه‌ای زیاد پالت‌ها بایستی برای واژگونی چک شده و در صورت لزوم مقید شوند.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد، زیاد و یا متوسط (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی شوند.

شکل ۶-۱۰- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای سیلندرهای نیتروژن

۶-۲-۱۱- تانکرهای اکسیژن



آسیب‌پذیری: *زیاد*. این تانکرها معمولاً به علت نسبت ارتفاع به عرض زیاد در برابر واژگونی آسیب‌پذیر می‌باشد. انکر بولت‌ها در کف تانکرها اغلب کوچک‌تر ساخته شده، و یا ایمنی آنها به صورت ناقص و یا بدون آن تامین می‌شوند.

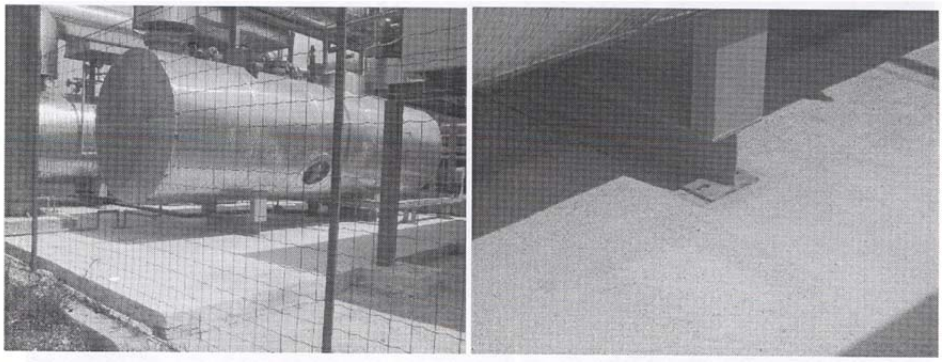
اهمیت: *زیاد*. اکسیژن یک گاز پزشکی است که برای بازه بعد از زلزله در موارد اضطراری مورد نیاز است.

هزینه و مشکلات بهسازی: *کم*. مهاربندی بهینه تانکرها در کف تانکر با انکر بولت‌های جدید امکان‌پذیر می‌باشد. اگر سوراخ‌های پیچ موجود کافی نباشد نبشی‌های گیره جدید را می‌توان به پایه‌های تانکر جوش کرده و به بتن کف پیچ نمود. در برخی موارد تقویت کف ضروری می‌باشد.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد، زیاد و متوسط (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی شوند.

شکل ۶-۱۱- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تانکرهای اکسیژن

۶-۲-۱۲- مخازن افقی



آسیب‌پذیری: *زیاد*. مخازن افقی داخل ساختمان‌ها نسبت ارتفاع به عرض بالایی ندارند و بنابراین در برابر واژگونی آسیب‌پذیر نیستند. از آنجایی که هیچ‌گونه انکر بولت معمولاً در آنها استفاده نمی‌شود بنابراین این مخازن احتمالاً در حین زلزله می‌لغزند که اتصالات خطوط سرویس آنها را پاره می‌سازد.

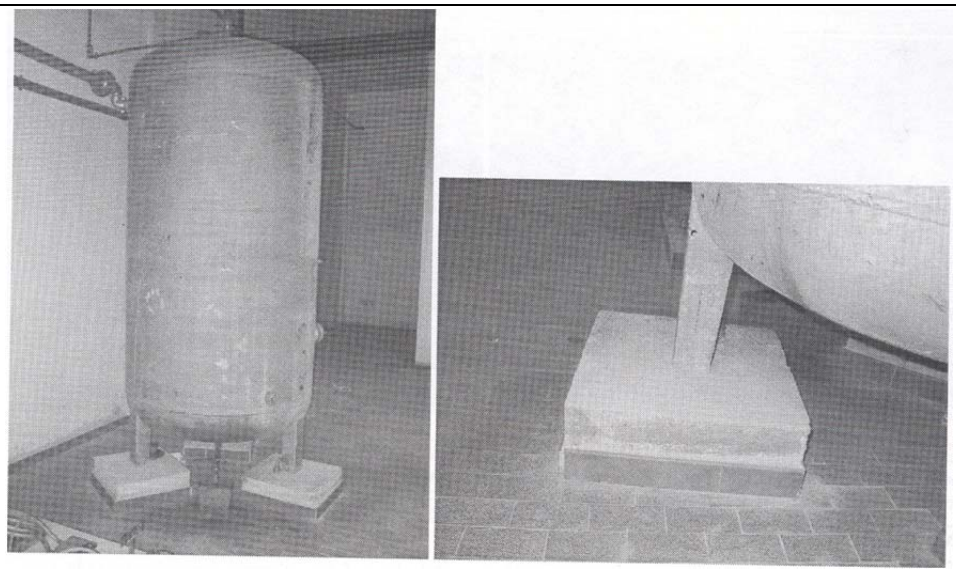
اهمیت: *زیاد*

هزینه و مشکلات بهسازی: *کم*. مهاربندی بهتر برای پایه مخزن را می‌توان با استفاده از اضافه نمودن میل‌مهارهای جدید تامین نمود. در صورت وجود دسترسی سوراخ‌های پیچ‌های جدید را می‌توان برای نصب در داخل بتن ایجاد نمود. در غیر اینصورت باید نبشی‌های پایه جدیدی به پای مخزن جوش شده و به بتن کف پیچ شود.

توصیه‌های بهسازی این تجهیزات: در ناحیه‌های با ترازهای لرزه‌ای خیلی‌زیاد و زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی شوند.

شکل ۶-۱۲- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تانکرها

۶-۲-۱۳- مخازن قائم



آسیب‌پذیری: *زیاد*. این مخازن معمولاً نسبت ارتفاع به عرض حدود ۲ دارند و بنابراین در برابر واژگونی آسیب‌پذیر هستند. پایه‌ها به بلوک‌های بتنی مهار می‌شوند ولی به نظر می‌رسد که بلوک‌ها به صورت مناسبی به کف سازه‌ای وصل نشده باشند.

اهمیت: *زیاد*. مخازن قائم معمولاً تأمین‌کننده آب داغ مورد نیاز برای بازه زمانی بلافاصله پس از زلزله هستند.

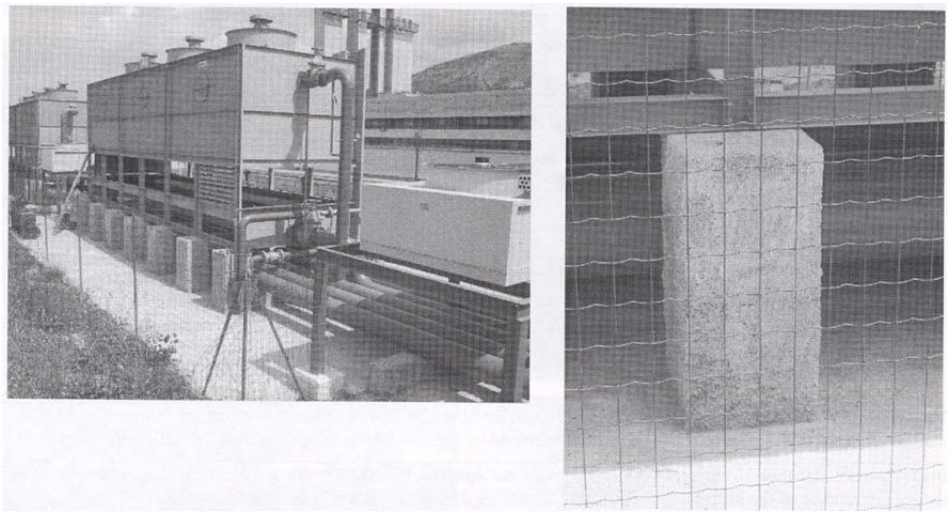
هزینه و مشکلات بهسازی: *کم*. مهاربندی بهتر برای پایه مخزن را می‌توان با استفاده از اضافه نمودن میل‌مهار جدید ویا اتصال از طریق بلوک‌های بتنی موجود به کف سازه‌ای تامین نمود. در صورت وجود دسترسی سوراخ‌های پیچ‌های جدید را می‌توان در داخل بتن ایجاد نمود. در غیر این‌صورت باید نبشی‌های پایه جدیدی به پای تانکر جوش شده و به دال پی پیچ شود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد و زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی شوند.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات جدید: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد، زیاد و یا متوسط (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید جهت مقابله با نیروهای لرزه‌ای مهار شوند.

شکل ۶-۱۳- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تانکرهای ذخیره

۶-۲-۱۴- برج‌های خنک‌کننده



آسیب‌پذیری: *زیاد*. در این موارد دستگاه معمولا بدون مهار است و پدستال‌های تکیه‌گاهی غیر مسلح هستند. دستگاه در برابر لغزش از روی پدستال تکیه‌گاه و یا واژگونی پدستال آسیب‌پذیر می‌باشد. حرکات زمین‌لرزه می‌تواند لوله‌های متصل به دستگاه را بشکند.

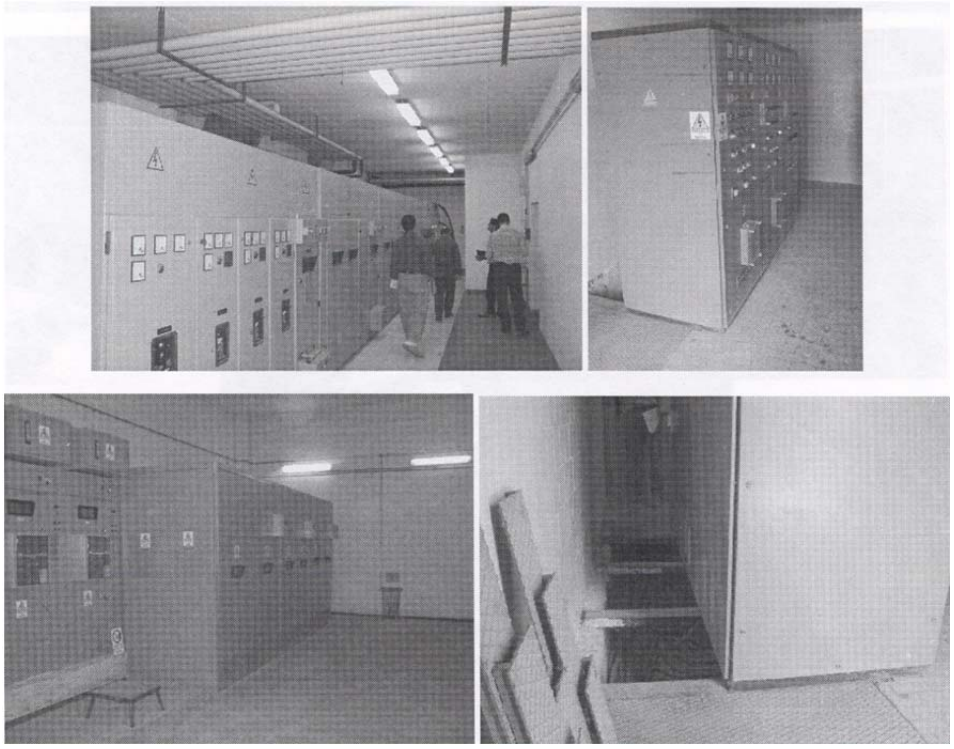
اهمیت: *متوسط*. دستگاه دارای نقشی حیاتی نیست ولی نشت آب قابل توجهی باید به صورت اضطراری مورد توجه قرار بگیرد و ممکن است قابلیت ساختمان را برای استفاده پس از زلزله مختل کند. همچنین دستگاه ممکن است خراب شده و جایگزینی آن هزینه زیادی داشته باشد.

هزینه و مشکلات بهسازی: *کم*. برای مقاوم‌سازی، می‌توان اتصال قاب فولادی دستگاه به پدستال‌های تکیه‌گاهی با استفاده از پیچ استفاده نمود. اگر پدستال‌های تکیه‌گاهی مسلح باشند بایستی برای نیروهای لرزه‌ای اعمالی مورد ارزیابی قرار گیرند. اگر پدستال‌های تکیه‌گاهی غیر مسلح و یا دارای مقاومت ناکافی باشند بایستی مقاوم‌سازی شوند.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد و زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی شوند.

شکل ۶-۱۴- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای برج‌های خنک‌کننده

۶-۲-۱۵- کابینت‌های الکتریکی



آسیب‌پذیری: *کم*. حتی کابینت‌های الکتریکی غیرایمن با یک نسبت واژگونی بالا نیز در برابر زلزله‌ها آسیب‌پذیری از خود نشان نداده‌اند. وزن کم کابینت‌ها این امکان را فراهم می‌آورد که حتی مهارهای کم نیز موثر باشند.

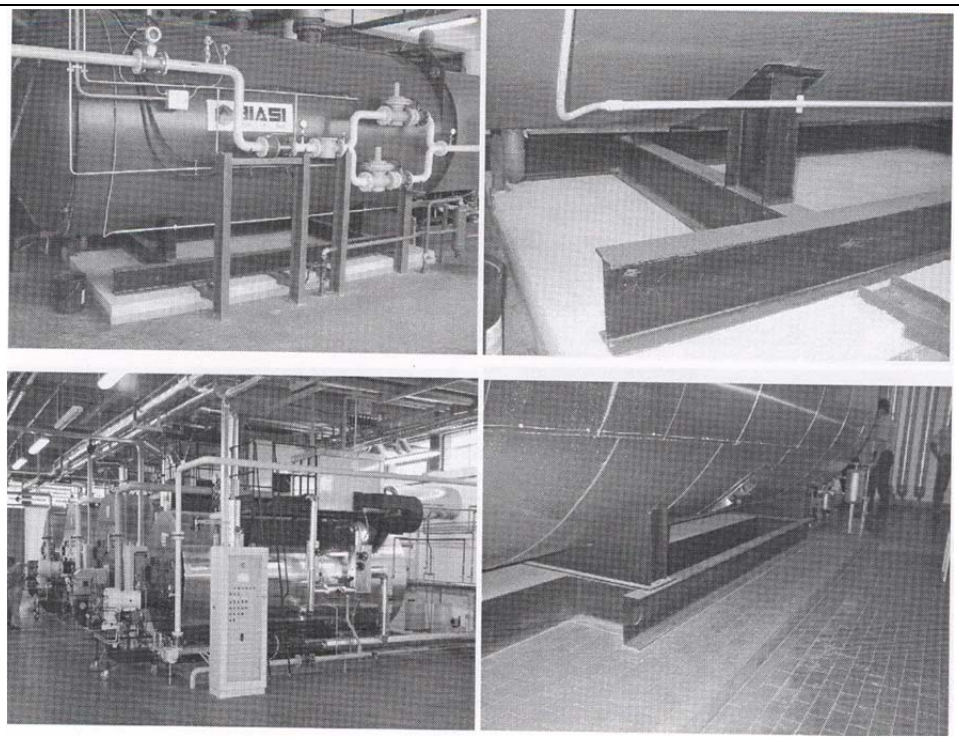
اهمیت: *زیاد*.

هزینه و مشکلات بهسازی: *کم تا متوسط*. تقویت مهار از طریق کف‌های کابینت و یا اتصال به دیوار قابل حصول است. حین کار مقاوم‌سازی روی این تجهیزات ولتاژ-بالا مراقبت‌های خاص باید صورت پذیرفته و از خاموش بودن سیستم اطمینان حاصل شود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: به علت آسیب‌پذیری پائین مقاوم‌سازی لازم نیست.

شکل ۶-۱۵- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای کابینت‌های الکتریکی

۶-۲-۱۶- بویلر



آسیب‌پذیری: *متوسط*. بویلرها معمولاً بدون مهار می‌باشند ولی نسبت ارتفاع به عرض نسبتاً کمی دارند. بویلر در کف خود می‌تواند بلغزد.

اهمیت: *متوسط تا زیاد*.

هزینه و مشکلات بهسازی: *کم*. تقویت مهار در کف بویلر از طریق میل‌مهارهای جدید قابل حصول است. برای مقاوم‌سازی یا باید سوراخ‌های جدید برای پیچ‌کاری به اعضای قاب فولادی موجود یا گیره‌های نبشی به قاب فولادی جوش شود و به کف سازه‌ای پیچ شود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد و زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی نمود.

شکل ۶-۱۶- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای بویلرها

۶-۲-۱۷- چراغ جراحی اتاق عمل

آسیب‌پذیری: *متوسط*. چراغ جراحی برای مقابله با نیروهای ناشی از حرکت و عملیات چراغ، به صورت ایمن متصل می‌شود ولی معمولاً اتصال چراغ برای نیروهای لرزه‌ای طراحی می‌شود. چراغ می‌تواند به صورت آونگ تاب بخورد. در فرکانس‌های تحریک زمین که نزدیک فرکانس ارتعاش چراغ، نیروهای لرزه‌ای و جابجائی‌ها می‌تواند تشدید شود.

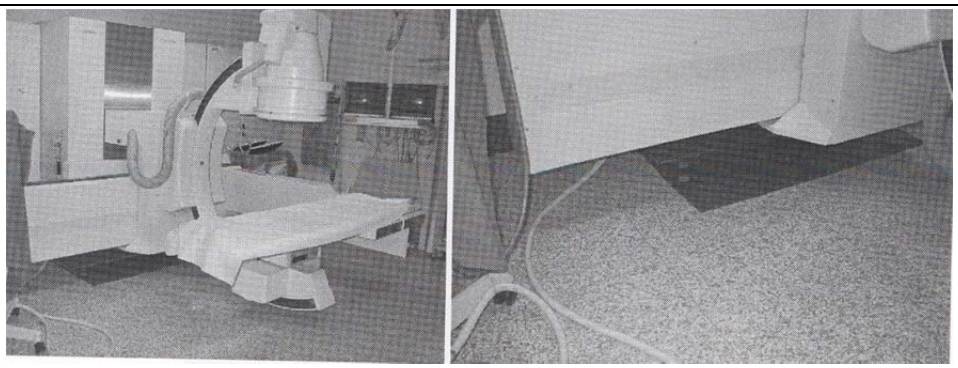
اهمیت: *زیاد*. چراغ برای جراحی استفاده می‌شود و برای بازه اضطراری پس از زلزله، عملکرد بی‌وقفه آن اهمیت زیادی دارد.

هزینه و مشکلات بهسازی: *متوسط تا زیاد*. بهبود مهاربندی در بالای چراغ به علت سختی تصحیح گیره پایه چراغ بسیار دشوار است. اگر سقف از نوع مصالح بنائی غیرمسلح باشد، به علت نیاز به تثبیت چراغ روی اعضای سازه‌ای مقاوم‌سازی پیچیده می‌شود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید ارزیابی و مقاوم‌سازی نمود.

شکل ۶-۱۷- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای چراغ جراحی اتاق عمل

۶-۲-۱۸- واحد اسکن پزشکی



آسیب‌پذیری: *متوسط*. این واحدها غالباً دارای اتصال اساسی به کف می‌باشد که مهار آنها برای نیروهای ناشی از عملیات دستگاه طراحی شده‌است. ممکن است این مهاربندی‌ها جوابگوی بارهای لرزه‌ای نباشد.

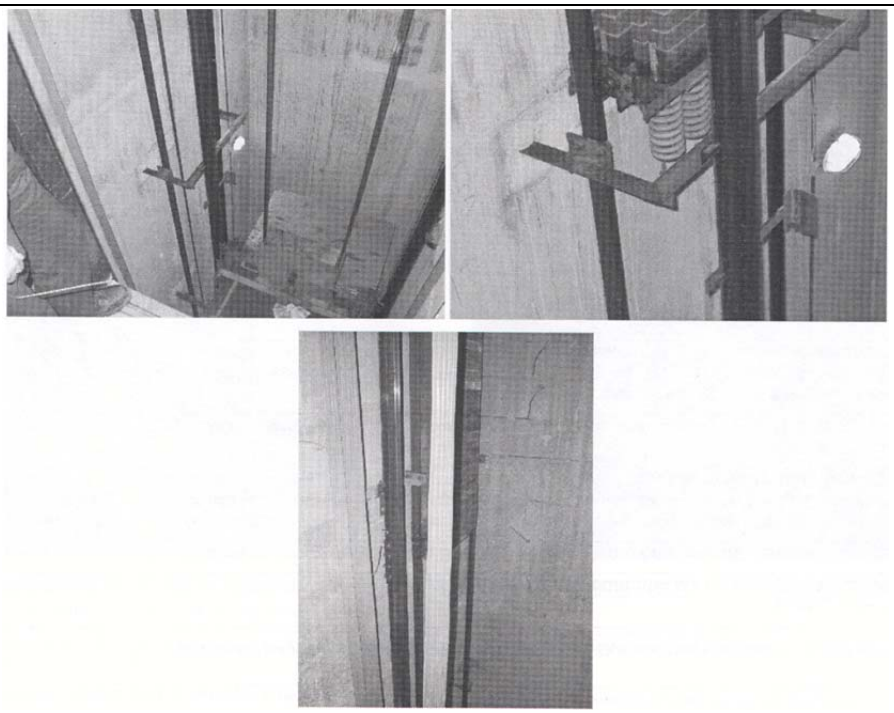
اهمیت: زیاد. واحد اسکن جزء تجهیزات پزشکی می‌باشد که در بازه اضطراری پس از زلزله ممکن است مورد نیاز باشد.

هزینه و مشکلات بهسازی: *متوسط*. بهبود مهاربندی در واحد اسکن به علت سختی تصحیح کف موجود دستگاه می‌تواند دشوار باشد.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید ارزیابی و مقاوم‌سازی نمود.

شکل ۶-۱۸- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای واحد اسکن پزشکی

۶-۲-۱۹- سیستم ریل آسانسور



آسیب‌پذیری: *بسیار زیاد*. ریل وزنه های تعادلی که برای نیروهای زلزله طراحی نشده اند، اغلب اوقات دچار تغییرشکل شده و باعث می‌شوند که در اثر زلزله وزنه تعادل از ریل خود خارج شود. ریل‌های آسانسور معمولاً سنگین تر از ریل های وزنه تعادل می‌باشند. ولی ممکن است که دارای مقاومت و سختی لازم برای مقابله با نیروهای زلزله نباشند. بر اساس گزارشات در اثر زلزله ۱۹۷۱ سان فرناندو ۶۷۴ وزنه تعادل از ریل خود خارج شدند که در این میان ۱۰۹ مورد انحراف وزنه تعادل از ریل منجر به برخورد وزنه تعادل به اتاقک آسانسور شد.

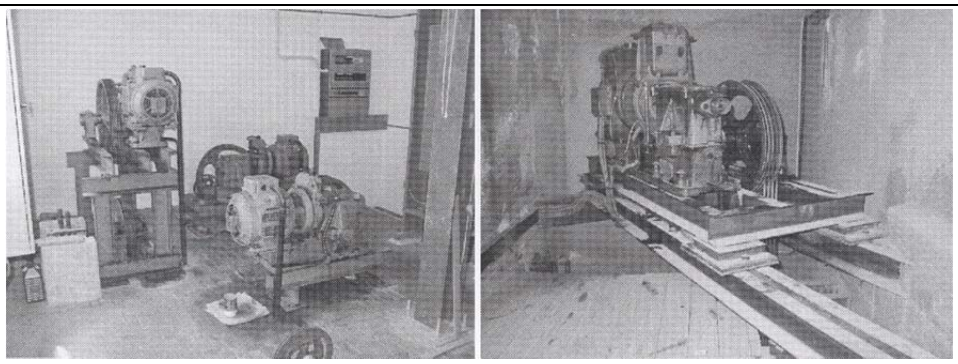
اهمیت: *زیاد*. پس از زلزله برای تخلیه و جابجایی ساختمان‌های بلند و بیمارستان‌ها استفاده از آسانسور ضروری است. تجربه زلزله‌های گذشته نشان داده است که در صورت استفاده بدون بازرسی از آسانسورهایی که وزنه تعادل آنها از ریل خارج شده، وزنه تعادل به اتاقک آسانسور برخورد می نماید.

هزینه و مشکلات بهسازی: *متوسط تا زیاد*. در صورتی که شفت آسانسور دارای ظرفیت سازه‌ای باشد، می‌توان ریل‌های آسانسور را با اضافه کردن براکت های تکیه‌گاهی، صفحات هدایت کننده نگهدارنده و سیستم‌های خاموش‌کننده در مواقع اضطراری بهسازی نمود. در مورد شفت‌های آسانسور بدون سازه با مقاومت کافی باید از تکیه‌گاه‌های سازه‌ای جدید با ریل جایگزین استفاده نمود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد و زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید ارزیابی و مقاوم‌سازی نمود.

شکل ۶-۱۹- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای سیستم ریل آسانسور

۶-۲-۲۰- موتور آسانسور و ژنراتور (مولد برق)



آسیب‌پذیری: *متوسط تا زیاد*. در آسانسورهای کششی (با سیستم کابلی) (traction elevator) معمولاً موتور و مولد برق به صورت مناسبی به سازه متصل نشده‌اند و ممکن است دچار لغزش گردند. در زلزله ۱۹۷۱ سان فرناندو ۱۷۴ موتور-مولد برق در اثر لغزش دچار آسیب‌دیدگی شدند.

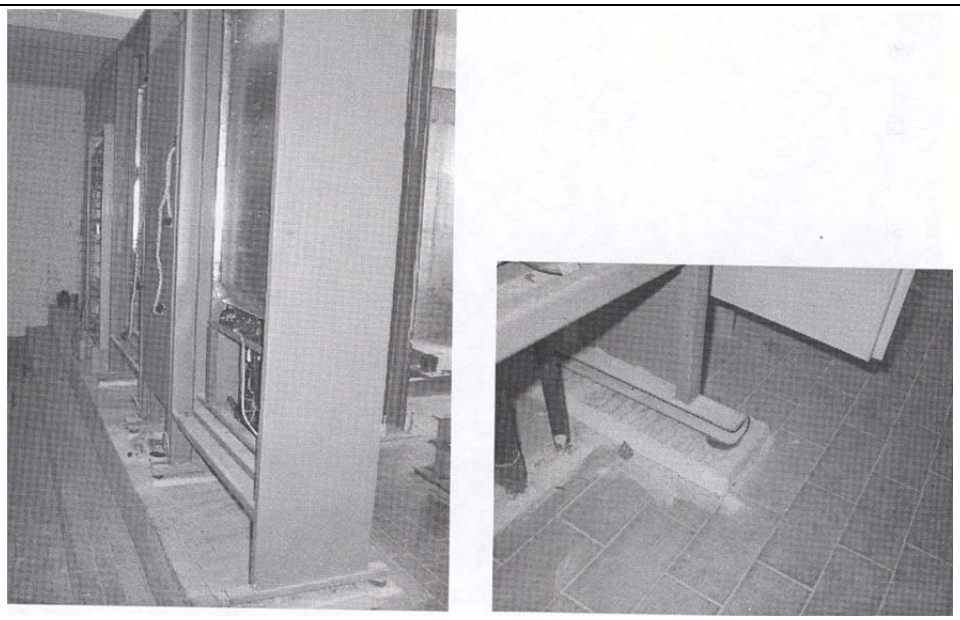
اهمیت: *زیاد*. پس از زلزله برای تخلیه و جابجایی در ساختمان‌های بلند و بیمارستان‌ها ضروری است.

هزینه و مشکلات بهسازی: *متوسط*. برای موتورها و مولد های برق با جداسازی ارتعاشی (isolation vibration) باید از snubber و جداسازهای لرزه‌ای استفاده شود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید ارزیابی و مقاوم‌سازی نمود.

شکل ۶-۲۰- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای موتور آسانسور و ژنراتور (مولد برق)

۶-۲-۲۱- تابلوی کنترل و جعبه برق آسانسور



آسیب‌پذیری: *کم*. در زلزله‌های گذشته آسیب قابل ملاحظه‌ای به تابلوی کنترل آسانسورها وارد نشده است. هر چند واحدهایی که به کف سازه‌ای متصل نبوده و دارای نسبت واژگونی بالا هستند (احتمال واژگونی آنها بالا می‌باشد) می‌توانند آسیب‌پذیر باشند.

اهمیت: *زیاد*.

هزینه و مشکلات بهسازی: *کم*. برای مقاوم‌سازی می‌توان از نبشی برای اتصال جزء مورد نظر به کف سازه‌ای استفاده نمود (به کف پیچ شوند.).

اندرکنش با دیگر سیستم‌ها: در صورت مقاوم‌سازی موتورها و مولدهای برق آسانسور، توصیه می‌گردد همزمان تابلوی کنترل به کف سازه‌ای مهار گردند.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: مقاوم‌سازی برای واحدهای معمولی با آسیب‌پذیری کم در اولویت نمی‌باشد. اما برای واحدهایی با نسبت واژگونی زیاد نیاز به مقاوم‌سازیمی‌باشد.

شکل ۶-۲۱- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تابلوی کنترل و جعبه برق آسانسور

۶-۲-۲۲- صفحه نمایش رایانه در مراکز تماس اضطراری

آسیب‌پذیری: *متوسط تا زیاد*. در اثر حرکت ناشی از زلزله، احتمال افتادن صفحات نمایش زیاد است، هر چند معمولاً آسیبی به آنها وارد نمی‌گردد.

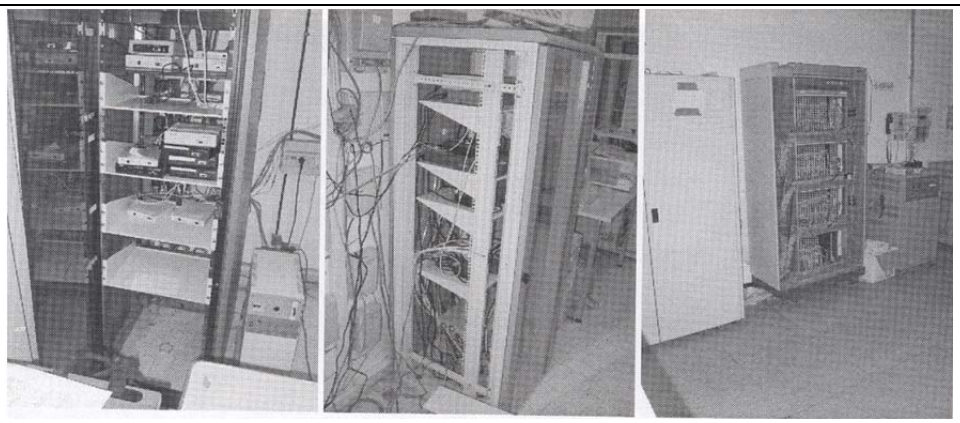
اهمیت: *متوسط تا زیاد*. اهمیت این صفحات نمایش به لحاظ استراتژیکی برای ثبت تماس‌های اضطراری و آدرس ها بسیار زیاد است. در صورتی که آسیبی به این صفحات نمایش وارد گردد، کارکنان این مراکز مجبورند تماس‌ها را دستی برقرار کرده و برای آدرس‌دهی از نقشه استفاده نمایند.

هزینه و مشکلات بهسازی: *بسیار کم*. برای مقاوم‌سازی می‌توان از دستگاه های استاندارد جهت اتصال صفحات نمایش به میزها استفاده نمود.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد، زیاد و متوسط (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی نمود.

شکل ۶-۲۲- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای صفحه نمایش رایانه در مراکز تماس اضطراری

۶-۲-۲۳- قفسه تجهیزات تلفن برای مراکز تماس اضطراری



آسیب‌پذیری: *زیاد*. قفسه‌ها معمولاً دارای نسبت ارتفاع به عرض حدود ۲ بوده و در نتیجه احتمال واژگونی آنها وجود دارد. واژگونی قفسه‌ها یا تجهیزاتی که از بالای قفسه‌ها می‌افتند، می‌تواند در سیستم ارتباطات تلفنی پس از زلزله اختلال ایجاد نماید.

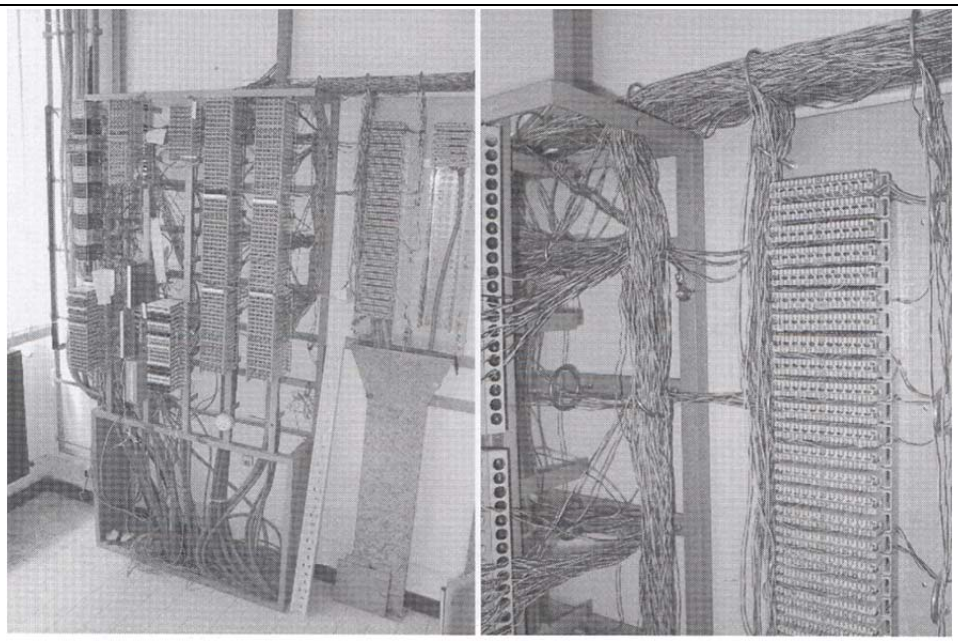
اهمیت: *زیاد*. سرویس‌دهی به سیستم ارتباطات تلفنی (شامل تماس های اضطراری) بر عهده این تجهیزات می‌باشد.

هزینه و مشکلات بهسازی: *کم*. معمولاً قفسه‌ها به طور مستقیم به دیوار و یا کف متصل می‌گردند.

توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی‌زیاد، زیاد و متوسط (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) باید مقاوم‌سازی نمود.

شکل ۶-۲۳- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای قفسه تجهیزات تلفن برای مراکز تماس اضطراری

۶-۲-۲۴- تابلوی (پانل) مراکز خودکار تلفنی و تماس‌های اضطراری متصل به دیوار



آسیب‌پذیری: *کم*. تجهیزات مورد نظر معمولاً سبک بوده و به دیوار متصل هستند.

اهمیت: *زیاد*. سرویس‌دهی به سیستم ارتباطات تلفنی (شامل تماس‌های اضطراری) بر عهده این تجهیزات می‌باشد.

هزینه و مشکلات بهسازی: *کم تا متوسط*. در مقاوم‌سازی این تجهیزات معمولاً نیاز به تقویت مهار به دیوار می‌باشد که خود نیاز به تعویض اتصال و سیم‌کشی تلفن دارد.

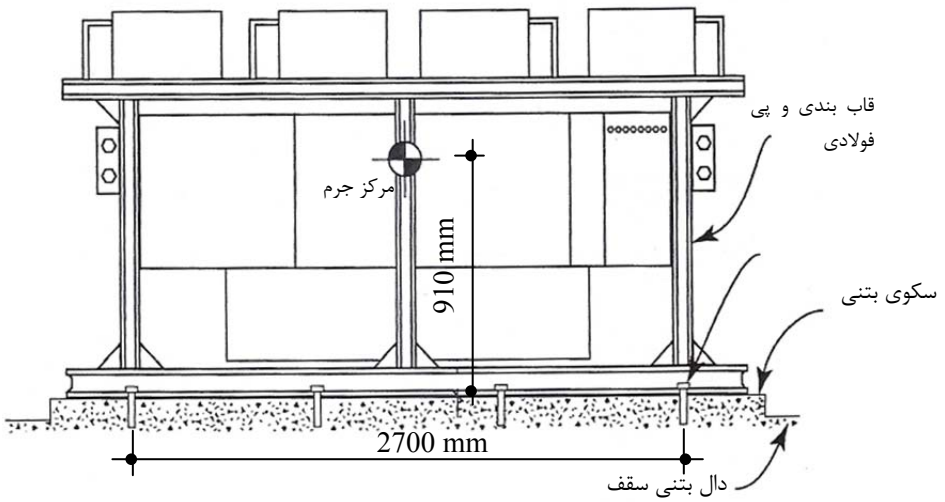
توصیه‌های بهسازی برای تجهیزات موجود: معمولاً به دلیل آسیب‌پذیری کم مقاوم‌سازی آنها در اولویت نمی‌باشد. ولی توصیه می‌شود که در ناحیه‌های با تراز لرزه‌ای خیلی زیاد، زیاد و متوسط جهت مقابله با نیروهای لرزه‌ای مهار شوند.

شکل ۶-۲۴- مشخصات لرزه‌ای و توصیه‌ها برای تابلوی (پانل) مراکز خودکار تلفنی و تماس‌های اضطراری متصل به دیوار

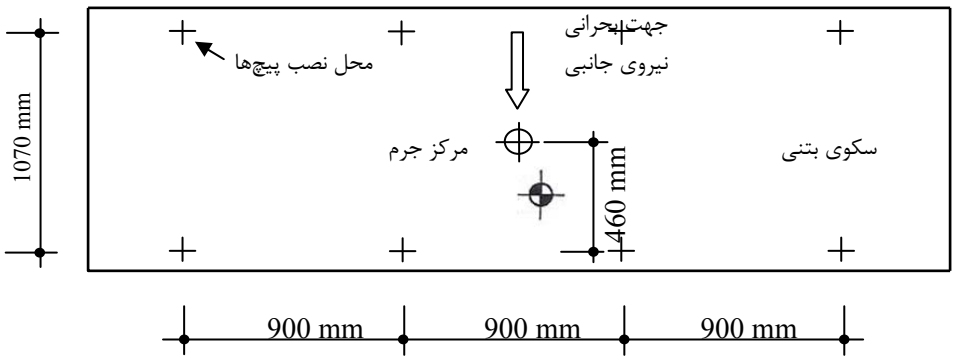
۶-۳- مثال‌های کمی

۶-۳-۱- مثال ۱- چیلر

مطلوبست ارزیابی چیلر نصب شده برروی سقف بیمارستانی واقع در شهر تهران. مشخصات چیلر، ساختمان و خاک در زیر آمده است.



شکل ۶-۲۵- نمای شماتیک چیلر



شکل ۶-۲۶- پلان شماتیک چیلر و محل نصب پیچ‌ها

ضخامت سقف 250mm دال بتن‌آرمه با مقاومت $f'_c = 28\ MPa$

نوع خاک: تیپ II

پریود سازه: $T = 0.45\text{sec}.$

پریود جزء: مشخص نشده است.

وزن چیلر: $W_P = 54\,\text{kN}$

برای اتصال چیلر به سقف از ۸ پیچ M16 (A307) استفاده می‌شود. طول مهار بولت‌ها 180mm در نظر گرفته شده است.

حل:

۶-۳-۱-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازه‌ای

با توجه به جدول ۳-۱ چیلرها جزء اجزای غیرسازه‌ای حساس به شتاب می‌باشند و باید برای نیروهای لرزه‌ای طبق بند (۳-۲-۱) و (۳-۲-۲) کنترل گردند.

۶-۳-۱-۲- تعیین هدف بهسازی

با توجه به کاربری ساختمان مورد نظر هدف بهسازی ویژه تعیین می‌شود، در اینصورت انتظار می‌رود که تحت زلزله «سطح خطر-۱» سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه و تحت زلزله «سطح خطر-۲» سطح عملکرد ایمنی جانی تأمین شود.

۶-۳-۱-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح

با توجه به اینکه اطلاعاتی در زمینهٔ تحلیل خطر در دسترس نمی‌باشد، برای زلزله «سطح خطر-۲» از ۱/۵ برابر طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ و برای زلزله «سطح خطر-۱» از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ استفاده می‌گردد.

برای خاک تیپ II، مشخصات طیف طراحی به صورت زیر می‌باشد:

$T_0 = 0.1\,,\ T_S = 0.5\,,\ S = 1.5$

$B_S = 1.5(S+1) = 1.5(1.5+1) = 3.75$ «سطح خطر-۲»

$B_S = S + 1 = 2.5$ «سطح خطر-۱»

$A = 0.35$ منطقه با لرزه‌خیزی خیلی زیاد

۶-۳-۱-۴- ارزیابی ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۲»

محاسبه نیروهای لرزه‌ای

الف) نیروهای افقی حاصل از زلزله:

$$F_P = \frac{0.4\,a_P A B_S W_P}{(R_P/I_P)}\left(1 + 2\frac{x}{h}\right)$$

$\frac{x}{h}=1$ با توجه به اینکه چیلر در بام واقع شده است

$a_P=1.0$, $R_P=2.5$ با توجه به جدول ۳-۲

$I_P=1$ با توجه به بند ۱-۴-۷ برای سطح عملکرد ایمنی جانی

$$F_P=\frac{0.4\times1\times0.35\times3.75\times54}{2.5/1.0}(1+2\times1)=34.02\,kN$$

$$F_P\le1.6AB_SI_PW_P=1.6\times0.35\times3.75\times1.0\times54=113.4\,kN \qquad OK.$$

$$F_P\ge0.3AB_SI_PW_P=0.3\times0.35\times3.75\times1.0\times54=21.3\ kN \qquad OK.$$

ب) نیروی قائم حاصل از زلزله:

$$F_{PV}=\frac{0.27a_PAB_SI_PW_P}{R_P}$$

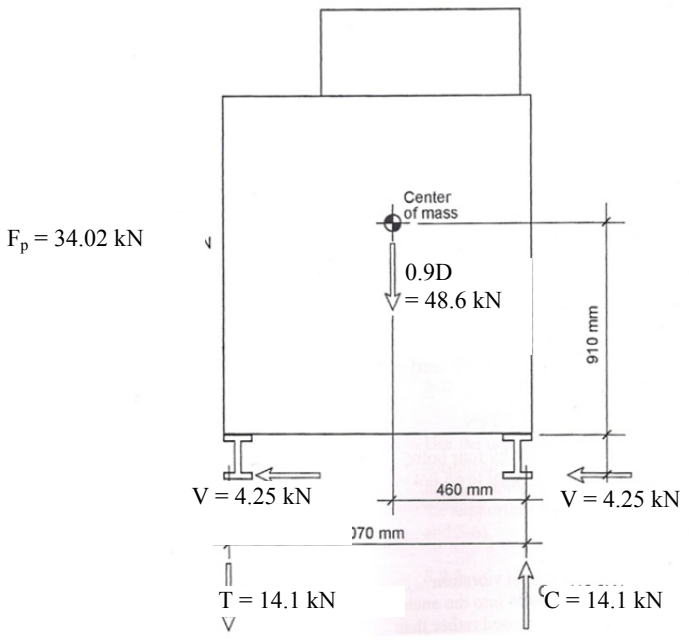
$$F_{PV}=\frac{0.27\times1\times0.35\times3.75\times1.0\times54}{2.5}=7.65\,kN$$

$$F_{PV}\le\frac{2}{3}F_P=\frac{2}{3}\times34.02=22.68\,kN$$

$$F_{PV}\ge0.2\,AB_SI_PW_P=0.2\times0.35\times3.75\times1.0\times54=14.2\,kN$$

$$\rightarrow\ F_{PV}=14.2\,kN$$

نیروی افقی حاصل در مرکز جرم جزء اعمال گردد. جهت بحرانی در راستای عرض چیلر می‌باشد.



شکل ۶-۲۷- نیروهای موثر بر چیلر

حال با توجه به نیروی وارده تلاش‌های ایجاد شده در بولت‌ها محاسبه می‌گردند.

- نیروی برشی وارد بر هر بولت $V = \frac{F_P}{8} = \frac{34.02}{8} = 4.25\,\text{kN}$
- نیروی کششی حداکثر در بولت‌ها براساس تعادل لنگر حاصل از ترکیب بار $0.9D - E$ حول پایه سمت راست بدست می‌آید.

$$4T \times 1070 + (48.6 - 14.2) \times 460 = 34.02 \times 910 \rightarrow T = 14.1/4 = 3.5\,KN$$

کنترل مقاومت پیچ‌ها

مقاومت برشی و کششی طرح با استفاده از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان به روش حالت حدی (LRFD) به صورت زیر محاسبه می‌شوند ($F_u = 400\,\text{MPa}$):

کنترل مقاومت برشی:

$$\phi R_{nV} = \phi F_{nV} A_b$$
$$\phi = 0.75 \;,\quad F_{nV} = 0.4 F_u = 0.4 \times 400 = 160\,\text{MPa}$$
$$A_b = \frac{\pi}{4} \times 16^2 = 201.1\,\text{mm}^2$$
$$\phi R_{nV} = 0.75 \times 160 \times 201.1 = 24132\,\text{N} = 24.1\,\text{kN} > R_{uV} = 4.25\,\text{kN} \quad \text{OK}$$

کنترل مقاومت کششی:

$$\phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_b$$
$$\phi = 0.75 \;,\quad F_{nt} = 0.75 F_u = 0.75 \times 400 = 300\,\text{MPa}$$
$$A_b = 201.1\,\text{mm}^2$$
$$\phi R_{nt} = 0.75 \times 300 \times 201.1 = 45248 \approx 45.3\,\text{kN}$$
$$\phi R_{nt} = 45.3\,\text{kN} > R_{ut} = 3.5\ \text{kN} \quad \text{OK}$$

کنترل اثر مشترک کشش و برش:

$$f_t = \frac{3.5 \times 10^3}{201.1} = 17.4\,MPa \;,\quad f_V = \frac{4.25 \times 10^3}{201.1} = 21.1\,MPa$$
$$F'_{nV} = F_{nV}\left(1.3 - \frac{f_t}{\phi F_{nt}}\right) \le F_{nV}$$
$$F'_{nV} = 0.4 \times 400\left(1.3 - \frac{17.4}{0.75 \times 300}\right) = 195.6\,MPa > 160\,MPa \rightarrow F'_{nV} = 160\,MPa$$
$$\rightarrow \phi R_{nV} = \phi F'_{nV} A_b = 0.75 \times 158 \times 201.1 \times 10^{-3} = 23.8kN > R_{uV} = 4.25\,kN$$
$$F'_{nt} = F_{nt}\left(1.3 - \frac{f_V}{\phi F_{nV}}\right) \le F_{nt}$$

$$F'_{nt} = 0.75 \times 400\left(1.3 - \frac{21.1}{0.75 \times 160}\right) = 337 > 300 \rightarrow F'_{nt} = 300\,MPa$$
$$\rightarrow \ \phi R_{nt} = \phi F'_{nt} A_b = 45.3\,kN > 3.5\,kN$$

ملاحظه می‌گردد که در سطح عملکرد ایمنی جانی، جزء سازه‌ای موردنظر عملکرد مناسبی دارد.

۶-۳-۱-۵- ارزیابی قابلیت استفاده بی‌وقفه برای زلزله «سطح خطر-۱»

با توجه به بند ۱-۴-۷ برای سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه $I_P = 1.5$

$$F_P = \frac{a_P A_x W_P}{(R_P/I_P)} \quad ; \quad A_x = 0.4\,AB_S\left(1+2\frac{x}{h}\right)$$

$$A_x = 0.4\times 0.35\times 2.5\times(1+2\times 1) = 1.05$$

$$F_P = \frac{1\times 1.05\times 54}{2.5/1.5} = 34.02\,kN$$

$$F_P \le 1.6AB_S I_P W_P = 113.4\,kN \quad \text{O.K.}$$

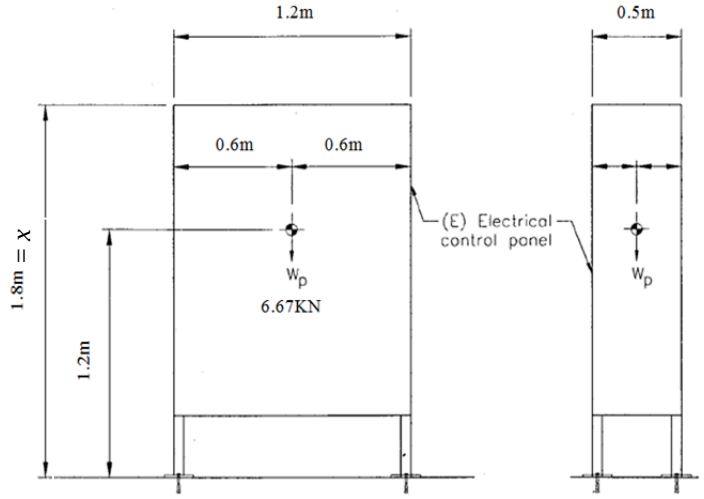
$$F_P \ge 0.3AB_S I_P W_P = 21.3\ kN \quad \text{O.K.}$$

ملاحظه می‌گردد سطح نیروها ثابت مانده و بنابراین بقیه محاسبات مانند حالت قبل خواهد بود و با توجه به ارزیابی ایمنی جانی، ملزومات سطح قابلیت استفاده بی‌وقفه نیز تأمین می‌گردد.

نکته: با توجه به مقادیر ضرایب I_P و B_S در دو سطح عملکرد ایمنی جانی و کاربری بی‌وقفه می‌توان به این نتیجه رسید که در هدف بهسازی ویژه چنانچه مقادیر پارامترهای زلزله بر اساس طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ حاصل شود، مقادیر نیروی به دست آمده طبق روابط ارائه شده برای هر دو سطح عملکرد یکسان خواهد بود. واضح است که اگر به جای طیف طرح استاندارد از طیف‌های ویژه ساختگاه استفاده شود، ارزیابی عملکرد جزء غیرسازه‌ای برای هر دو سطح عملکرد لازم است.

۶-۳-۲- مثال ۲- کنترل پانل الکتریکی

ارزیابی کنترل پانل الکتریکی مطابق شکل ۶-۲۸ که در کف طبقه همکف یک ساختمان دو طبقه اداری در تبریز مورد نظر است. زمین منطقه از نوع III می باشد و پانل با ۴ بولت شماره ۱۶ به زمین متصل است.



شکل ۶-۲۸- نمای شماتیک کنترل پانل

۶-۳-۲-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازه‌ای

کنترل پانل الکتریکی جزو تجهیزات برقی و مخابراتی محسوب می شود، طبق جدول ۳-۱ برای سطح عملکرد ایمنی جانی (با توجه به اینکه وزن جزء غیرسازه‌ای بیشتر از ۱۰ کیلوگرم است) باید قادر به تحمل نیروهای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ و نیز برای سطح عملکرد کاربری بی وقفه قادر به تحمل نیروهای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ باشد.

۶-۳-۲-۲- تعیین هدف بهسازی

با توجه به اینکه هدف بهسازی مشخص نشده است، می‌توان از توصیه‌های بند ۱-۴-۶ برای تعیین هدف بهسازی استفاده نمود. با توجه به این بند، هدف بهسازی مطلوب برای ارزیابی کنترل پانل الکتریکی واقع در یک ساختمان ادارای مناسب به نظر می رسد. در بهسازی مطلوب انتظار می‌رود که تحت زلزله «سطح خطر-۱» سطح عملکرد ایمنی جانی و در زلزلهٔ بهره‌برداری یا خدمت‌رسانی (با دوره بازگشت ۷۲ سال) سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه تأمین شود.

۶-۳-۲-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح

با توجه به اینکه اطلاعاتی در زمینهٔ طیف طرح ارائه نشده است، برای زلزله «سطح خطر-۱» از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ و برای زلزله «بهره‌برداری» از دوسوم برابر طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ استفاده می‌گردد.

با فرض خاک تیپ III، مشخصات طیف زلزله به صورت زیر می‌باشد:

$T_0 = 0.15\ ,\ T_S = 0.7\ ,\ S = 1.75$

$B_S = \frac{2}{3}(S+1) = 0.67\,(1.75+1) = 1.83$ «سطح خطر- بهره‌برداری»

$B_S = S + 1 = 2.75$ «سطح خطر-۱»

$A = 0.35$ منطقه با لرزه‌خیزی خیلی زیاد

۶-۳-۲-۴- ارزیابی سطح عملکرد ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۱»

محاسبه نیروهای لرزه‌ای

الف) نیروی افقی حاصل از زلزله:

$$F_P = \frac{0.4\,a_P A B_S W_P}{(R_P/I_P)}\left(1 + 2\frac{x}{h}\right)$$

$B_S = S + 1 = 2.75$ «سطح خطر-۱»

$\frac{x}{h} = 0$ با توجه به اینکه کنترل پانل در همکف ساختمان واقع شده است

$a_P = 2.5\ ,\ R_P = 3.5$ با توجه به جدول ۴-۲

با توجه به بند ۱-۴-۷ برای سطح عملکرد ایمنی جانی $I_P = 1$

$$F_P = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.35 \times 2.75 \times 6.67}{3.5/1.0}(1 + 2 \times 0) = 1.83\,kN$$

$$F_P \le 1.6 A B_S I_P W_P = 1.6 \times 0.35 \times 2.75 \times 1.0 \times 6.67 = 10.27\,kN \qquad O.K.$$

$$F_P \ge 0.3 A B_S I_P W_P = 0.3 \times 0.35 \times 2.75 \times 1.0 \times 6.67 = 1.93\ kN$$

$$\Rightarrow\ F_P = 1.93\,kN$$

ب) نیروی قائم حاصل از زلزله:

$$F_{PV} = \frac{0.27 a_P A B_S I_P W_P}{R_P}$$

$$F_{PV} = \frac{0.27 \times 2.5 \times 0.35 \times 2.75 \times 1.0 \times 6.67}{3.5} = 1.24\,kN$$

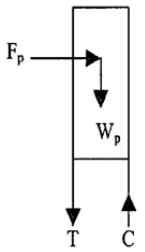
$$F_{PV(max)} \le \frac{2}{3} F_P = \frac{2}{3} \times 1.93 = 1.29\,kN$$

$$F_{PV(min)} = 0.2\, A B_S I_P W_P = 0.2 \times 0.35 \times 2.75 \times 1.0 \times 6.67 = 1.28\,kN$$

$$\rightarrow\ F_{PV} = 1.28\,kN$$

حال با توجه به نیروهای وارده و با فرض ۴ بولت M16، تلاش‌های ایجاد شده در بولت‌ها محاسبه می‌گردند.

- نیروی برشی وارد بر هر بولت ناشی از نیروی افقی زلزله می‌شود: $V = \frac{F_P}{4} = \frac{1.93}{4} = 0.48\,kN$
- نیروی کششی حداکثر در بولت‌ها بر اساس ترکیب بار $0.9D - E$ بدست می‌آیند. ابتدا لازم است تا لنگر واژگونی محاسبه گردد.



$$M = F_p(x) - 0.9 W_p\left(\frac{L}{2}\right) = 1.93 \times 1.2 - 0.9 \times 6.67 \times 0.25 = 0.82\ kN - m$$ نیروی کششی

وارد بر هر پیچ حاصل از نیروی افقی زلزله:

$$T = \frac{M}{n.L} = \frac{0.82}{2 \times 0.5} = 0.82\,kN$$

نیروی کششی وارد بر هر پیچ حاصل از نیروی قائم زلزله:

$$T = \frac{F_{PV}}{4} = \frac{1.28}{4} = 0.32\,kN$$

نیروی کششی وارد بر هر پیچ: $T = 0.82 + 0.32 = 1.14\,kN$

کنترل نیروهای ایجاد شده در پیچ‌ها

کنترل مقاومت برشی:

$$\phi R_{nV} = \phi F_{nV} A_b$$
$$\phi = 0.75 \ , \quad F_{nV} = 0.4 F_u = 0.4 \times 400 = 160\,\text{MPa}$$
$$A_b = \frac{\pi}{4} \times 16^2 = 201.1\,\text{mm}^2$$
$$\phi R_{nV} = 0.75 \times 160 \times 201.1 = 24132\,\text{N} = 24.1\,\text{kN} > R_{uV} = 0.48\,\text{kN} \quad \text{OK}$$

کنترل مقاومت کششی:

$$\phi R_{nt} = \phi F_{nt} A_b$$
$$\phi = 0.75 \ , \quad F_{nt} = 0.75 F_u = 0.75 \times 400 = 300\,\text{MPa}$$
$$A_b = 201.1\,\text{mm}^2$$
$$\phi R_{nt} = 0.75 \times 300 \times 201.1 = 45248 \approx 45.3\,\text{kN}$$
$$\phi R_{nt} = 45.3\,\text{kN} > R_{ut} = 1.14\,\text{kN} \quad \text{OK}$$

کنترل اثر مشترک کشش و برش:

$$f_t = \frac{R_{ut} = T}{A_b} = \frac{1.41 \times 10^3}{201.1} = 7.0\,\text{MPa} \ , \quad f_V = \frac{R_{uV} = V}{A_b} = \frac{0.48 \times 10^3}{201.1} = 2.38\,\text{MPa}$$
$$F'_{nV} = F_{nV}\left(1.3 - \frac{f_t}{\phi F_{nt}}\right) \le F_{nV}$$
$$F'_{nV} = 0.4 \times 400\left(1.3 - \frac{70.3}{0.75 \times 300}\right) = 203\,\text{MPa} > 160\,\text{MPa} \rightarrow F'_{nV} = 160\,\text{MPa}$$
$$\rightarrow \phi R_{nV} = 24.1\,\text{kN} > R_{nV} = 0.48\,\text{kN}$$
$$F'_{nt} = F_{nt}\left(1.3 - \frac{f_V}{\phi F_{nV}}\right) \le F_{nt}$$
$$F'_{nt} = 0.75 \times 400\left(1.3 - \frac{2.38}{0.75 \times 160}\right) = 384 > 300 \rightarrow F'_{nt} = 300\,\text{MPa}$$
$$\rightarrow \ \phi R_{nt} = 45.3\,\text{kN} > R_{nt} = 1.14\,\text{kN}$$

ملاحظه می‌گردد که در سطح عملکرد ایمنی جانی، جزء سازه‌ای موردنظر عملکرد مناسبی دارد.

۶-۳-۲-۵- ارزیابی سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه برای زلزله «بهره‌برداری»

$$F_P = \frac{0.4 a_P A B_S W_P}{(R_P / I_P)}\left(1 + 2\frac{x}{h}\right)$$

$B_S = \frac{2}{3}(S+1) = 0.67(1.75+1) = 1.83$ «سطح خطر- بهره‌برداری»

$I_P = 1.5$ با توجه به بند ۱-۴-۷ برای سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه

$$F_P = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.35 \times 1.83 \times 6.67}{3.5/1.5}(1 + 2 \times 0) = 1.83\,kN$$

$$F_P \le 1.6AB_S I_P W_P = 1.6 \times 0.35 \times 1.83 \times 1.5 \times 6.67 = 10.27\,kN \qquad O.K.$$

$$F_P \ge 0.3AB_S I_P W_P = 0.3 \times 0.35 \times 1.83 \times 1.5 \times 6.67 = 1.93\ kN \qquad \Rightarrow F_P = 1.93\,kN$$

ملاحظه می‌گردد که نیروهای به دست آمده در سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه برای زلزله «بهره‌برداری» برابر نیروهای حاصل از سطح عملکرد ایمنی جانی برای سطح خطر-۱ می‌باشد. از این رو نتیجه‌گیری انتهای مثال ۱ برای هدف بهسازی مطلوب نیز صادق است.

۶-۳-۳- مثال ۳- نمای شیشه‌ای

قاب نمای شیشه‌ای دارای ۵ دهانه و ۱۲ ردیف موجود است. عرض، ارتفاع و ضخامت هر پانل شیشه به ترتیب ۱۲۰۰ و ۱۰۰۰ و ۵ میلی‌متر و وزن آن ۲۰۰ نیوتن می‌باشد. قاب نگهدارنده شیشه‌ها به صورت خودایستا بوده و به صورت مجزا وزن نمای شیشه ای را تحمل می‌کند. درزهای افقی بین شیشه و قاب ۱۰ میلی‌متر و درزهای قائم ۵ میلی‌متر می‌باشد. نتایج تحلیل قاب نشان می دهد که برای پانل‌های ردیف دهم، حداکثر تغییرمکان جانبی نسبی پانل‌های قاب برای سطح خطر ۱ برابر ۲ میلی‌متر و برای سطح خطر ۲ برابر ۳۲ میلی‌متر می‌باشد. در صورتی که این قاب پنجره در نمای یک بیمارستان قرار داشته باشد لزوم بهسازی قاب را بررسی نمایید و در صورت نیاز نیروهای لرزه‌ای وارد بر پانل‌های ردیف دهم را به دست آورید.

ساختمان منظور در شهر کرج و بر روی خاک نوع ۲ بنا شده است. آزمایش‌ها و تحلیل‌های انجام شده بر روی شیشه‌ها نشان می‌دهند که در تغییرمکان جانبی ۳۰ میلیمتر شیشه‌ها از قاب خود به بیرون پرتاب می‌شوند.

حل:

۶-۳-۳-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازه‌ای

دیواره‌های شیشه‌ای در اصل حساس به جابجایی محسوب می‌شوند، ولی ممکن است بر اثر نیروهای بزرگ حاصل از شتاب، دچار تغییرشکل و از هم گسیختگی گردند. بنابراین باید هر دو مورد بررسی گردد. بدین منظور ضوابط بند ۴-۲-۲-۲ به عنوان معیار پذیرش اعمال می‌گردد. قابل ذکر است که نمای شیشه ای باید قابلیت تحمل نیروهای ناشی از باد را با توجه به نحوه قرارگیری داشته باشد.

۶-۳-۳-۲- تعیین هدف بهسازی

با توجه به اینکه سازه مورد نظر بیمارستان می باشد هدف بهسازی آن ویژه است، در اینصورت انتظار می‌رود که تحت زلزله «سطح خطر-۱» قابلیت استفاده بی‌وقفه و تحت زلزله «سطح خطر-۲» ایمنی ساکنین تأمین شود.

۶-۳-۳-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح

با توجه به اینکه اطلاعاتی در زمینهٔ تحلیل خطر ارائه نشده است، برای زلزله «سطح خطر-۲» از ۱/۵ برابر طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ و برای زلزله «سطح خطر-۱» از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ استفاده می‌گردد.

برای خاک تیپ II، مشخصات طیف زلزله به صورت زیر می‌باشد:

$T_0 = 0.1\ ,\ \ T_S = 0.5\ ,\ \ S = 1.5$

$B_S = 1.5(S+1) = 1.5(1.5+1) = 3.75$ «سطح خطر-۲»

$B_S = S+1 = 2.5$ «سطح خطر-۱»

$A = 0.35$ منطقه با لرزه‌خیزی زیاد

۶-۳-۳-۴- ارزیابی سطح عملکرد ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۲»

بررسی لزوم کنترل بهسازی

کنترل‌های مربوط به بهسازی در ساختمان ۴ طبقه برای طبقه ۴ام انجام می‌شود. طبق بند ۴-۲-۲-۲ ابتدا باید بررسی نمود که آیا نمای شیشه‌ای نیاز به کنترل برای بهسازی دارد یا خیر. موارد ۲ و ۳ این بند برای مسأله مورد نظر برآورده نمی‌شوند. در ادامه دو شرط اول و چهارم بررسی شده‌اند.

چنانچه هر جزء شیشه‌ای دارای فاصله کافی از قاب نگه‌دارنده خود باشد، نیازی به ارزیابی لرزه‌ای نیست. بدین منظور ابتدا باید فاصله مؤثر بین شیشه و قاب نگهدارنده آن محاسبه شود.

$$D_{clear} = 2c_1\left(1+\frac{h_p c_2}{b_p c_1}\right) = 2(5)\left(1+\frac{100\times 1}{120\times 0.5}\right) = 26.6\,mm$$

چنانچه شرط $D_{clear} \geq 1.25\,D_P$ برآورده شود، نیازی به کنترل Δ_f نمی‌باشد. با توجه به این که D_P برای سطح خطر -۲برابر ۳۲ میلی‌متر است، $D_{clear} = 26.6\,mm \leq 1.25\,D_P = 4\,cm$ بوده و این شرط برآورده نمی‌شود.

برای بررسی مورد چهارم از بند ۴-۲-۲-۲، رابطه زیر باید برآورده گردد.

$$\Delta_{fallout} \geq \max(1.25\,D_P\ ,\ 12.5\,mm) \rightarrow 30\,mm \leq \max(1.25\times 32, 12.5) = 40\,mm$$

با توجه به این که هیچ کدام از شروط بند ۴-۲-۲-۲ در سطح عملکرد ایمنی جانی برآورده نشده‌اند، بهسازی برای سطح خطر ایمنی جانی باید کنترل گردد (در صورت عدم تامین D_{clear} و عدم وجود اطلاعات مربوط به $\Delta_{fallout}$ باید شیشه برای نیروهای حاصله کنترل شود).

نیروهای حاصل از زلزله

$$F_P = \frac{0.4\,a_P A B_S W_P}{(R_P/I_P)}\left(1+2\frac{x}{h}\right)$$

$B_S = 1.5(S+1) = 3.75$ «سطح خطر-۲»

$\frac{x}{h} = \frac{9}{12} = 0.83$ برای پانل‌های ردیف دهم

$a_P = 1.0$, $R_P = 1.5$ با توجه به جدول ۴-۲

$I_P = 1$ با توجه به بند ۱-۴-۷ برای سطح عملکرد ایمنی جانی

$$F_P = \frac{0.4 \times 1 \times 0.35 \times 3.75 \times 200}{1.5/1.0}(1 + 2 \times 0.83) = 186.2\,N$$

$$F_P \le 1.6 A B_S I_P W_P = 1.6 \times 0.35 \times 3.75 \times 1.0 \times 200 = 420\,N \qquad O.K.$$

$$F_P \ge 0.3 A B_S I_P W_P = 0.3 \times 0.35 \times 3.75 \times 1.0 \times 200 = 79\ N \qquad O.K.$$

در واقع این شیشه باید قادر به تحمل نیروی فوق باشد که باید این مسئله با انجام آزمایش یا تحلیل دقیق کنترل شود. برای بررسی مقاومت شیشه تحت نیروی به دست آمده باید تحلیل مناسبی صورت گرفته و تنش‌های به وجود آمده با مقاومت مصالح شیشه کنترل گردد. چنانچه شیشه توانایی تحمل این نیروها را نداشته باشد، باید ظرفیت تغییرمکان جانبی قاب را افزایش داده(افزایش D_{clear}) و یا اینکه می‌توان از شیشه‌ای استفاده کرد که هنگام خرد شدن ایمنی بالایی داشته باشد یا پس از خرد شدن در قاب خود باقی بماند. در صورتی که هیچ روش دیگری کارآمد نباشد به عنوان آخرن راهکار باید تغییر مکان‌های جانبی قاب را محدود نمود.

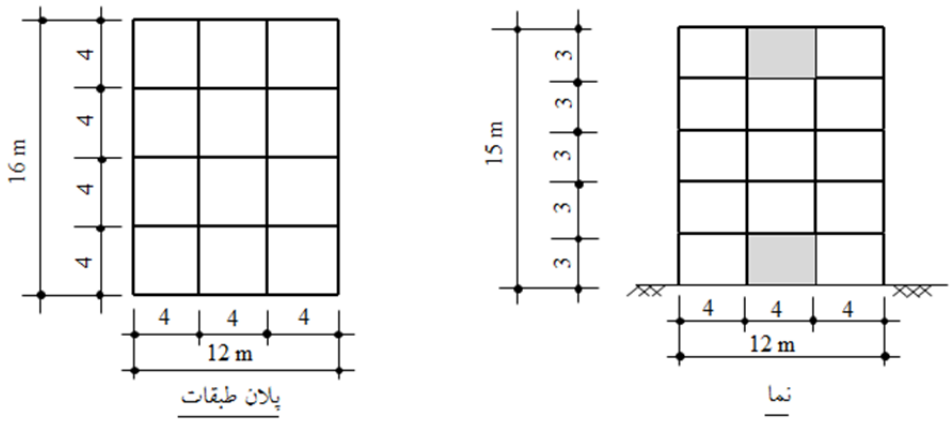
۶-۳-۳-۵- ارزیابی سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه برای زلزله «سطح خطر-۱»

بررسی لزوم کنترل بهسازی

مقدار D_P برای سطح خطر-۱برابر ۲۰ میلی‌متر است. مجدداً شرط $D_{clear} \ge 1.25\,D_P$ باید بررسی گردد. با توجه به اینکه $D_{clear} = 2.66\,cm \ge 1.25\,D_P = 1.25 \times 2 = 2.5\,cm$ می‌باشد، نیازی به کنترل بهسازی برای سطح عملکرد کاربری بی-وقفه برای زلزله سطح خطر-۱ نیست.

۶-۳-۴- مثال ۴- دیوارهای جداکننده و تیغه‌ها

تیغه‌های مشخص شده در طبقهٔ پنجم و اول یک ساختمان ۵ طبقه واقع در شهر تهران با پلان و نمای شکل ۶-۲۹ را برای هدف بهسازی مطلوب ارزیابی نمایید. اتصال دیوار در جهت خارج از صفحه برای منطقه با خاک نوع III به تیرهای بالا و پایین مفصلی فرض می‌گردد. تیغه‌ها از نوع سنگین با ضخامت ۲۰۰ میلیمتر بوده و وزن آنها $275\ daN/m^2$ می‌باشد.



شکل ۶-۲۹- نما و پلان ساختمان مورد نظر

حل:

۶-۳-۴-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازه‌ای

تیغه‌ها (پارتیشن‌ها)، حساس به جابجایی و شتاب محسوب می‌شوند. تیغه‌هایی که از بالا و پایین به کف طبقات متصل شده‌اند و تحت اثر بارگذاری داخل صفحه می‌باشند، بر اثر تغییرشکل‌های به وجود آمده در سازه، ممکن است دچار ترک‌خوردگی برشی، تاب‌خوردگی و شکست شوند و سطح اندودکاری می‌تواند از دیوار جدا گردد. این تیغه‌ها تحت اثر بارگذاری خارج از صفحه ممکن است دچار ترک‌خوردگی خمشی، خرابی محل اتصال دیوار به سازه و فروپاشی گردند.

با توجه به جدول ۳-۱ تیغه‌ها جزء اجزای غیرسازه‌ای حساس به تغییرمکان می‌باشند و علاوه بر نیروهای طراحی لرزه‌ای طبق بندهای (۳-۲-۱) و (۳-۲-۲) باید برای تغییرشکل‌های بند ۳-۲-۳ نیز کنترل گردند..

۶-۳-۴-۲- تعیین هدف بهسازی و سطوح عملکرد

در هدف بهسازی مبنا انتظار می‌رود که تحت زلزله «سطح خطر-۱» ایمنی ساکنین تأمین شود. ولی با توجه به جدول ۳-۱ تیغه‌های سنگین علاوه بر سطح خطر ایمنی جانی برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه نیز باید ارزیابی گردند.

۶-۳-۴-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح

با توجه به اینکه اطلاعاتی در زمینهٔ تحلیل خطر ارائه نشده است، برای زلزله «سطح خطر-۱» از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ و برای زلزله «بهره‌برداری» از دوسوم برابر طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ استفاده می‌گردد.

با توجه به خاک تیپ III، مشخصات طیف زلزله به صورت زیر می‌باشد:

$T_0 = 0.15$, $T_S = 0.7$, $S = 1.75$

$B_S = \frac{2}{3}(S+1) = 0.67(1.75+1) = 1.83$ «سطح خطر- بهره‌برداری»

$B_S = S + 1 = 2.75$ «سطح خطر-۱»

$A = 0.35$ منطقه با لرزه‌خیزی خیلی زیاد

۶-۳-۴-۴- ارزیابی سطح عملکرد ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۱»

محاسبه نیروهای لرزه‌ای

$$F_P = \frac{0.4\, a_P A B_S W_P}{(R_P / I_P)}\left(1 + 2\frac{x}{h}\right)$$

$$W_P = 275 \times 4 \times 3 = 3300\ daN = 33\, kN$$

$B_S = S + 1 = 2.75$ «سطح خطر-۱»

$a_P = 1\ ,\ \ R_P = 1.5$ با توجه به جدول ۳-۲

$I_P = 1$ با توجه به بند ۱-۴-۷ برای سطح عملکرد ایمنی جانی

برای تیغه طبقه اول
$\frac{x}{h} = 0.0$ $F_P = \frac{0.4 \times 1 \times 0.35 \times 2.75 \times 33}{1.5/1.0}(1 + 2 \times 0) = 8.47\, kN$ $F_P \le 1.6 A B_S I_P W_P = 1.6 \times 0.35 \times 2.75 \times 1.0 \times 33 = 50.82\, kN$ $F_P \ge 0.3 A B_S I_P W_P = 0.3 \times 0.35 \times 2.75 \times 1.0 \times 33 = 9.53\ \ kN$ $\Rightarrow F_P = 9.53\, kN \Rightarrow \omega = \frac{F_P}{L} = 3.17\, kN/m, M_{\max} = \frac{\omega L^2}{8} = 3.57\, kN.m$ $\sigma_t = \frac{M.c}{I} - \sigma_g = \frac{3.75 \times 10^6 \times 100}{\frac{1}{12} \times 4000 \times 200^3} - \frac{33/2 \times 10^3}{4000 \times 200} = 0.11\, MPa \cong 1.1\, kgf/cm^2$ $\sigma_c = \frac{M.c}{I} + \sigma_g = \frac{3.75 \times 10^6 \times 100}{\frac{1}{12} \times 4000 \times 200^3} + \frac{33/2 \times 10^3}{4000 \times 200} = 0.155\, MPa \cong 1.55\, kgf/cm^2$
برای تیغه طبقه پنجم
$\frac{x}{h} = \frac{12}{15} = 0.8$ $F_P = \frac{0.4 \times 1 \times 0.35 \times 2.75 \times 33}{1.5/1.0}(1 + 2 \times 0.8) = 22.02\, kN$ $\Rightarrow F_P = 22.59\, kN \Rightarrow \omega = \frac{F_P}{L} = 7.53\, kN/m, M_{\max} = \frac{\omega L^2}{8} = 8.47\, kN.m$ $\sigma_t = \frac{M.c}{I} - \sigma_g = \frac{8.47 \times 10^6 \times 100}{\frac{1}{12} \times 4000 \times 200^3} - \frac{33/2 \times 10^3}{4000 \times 200} = 0.297\, MPa \cong 2.97\, kgf/cm^2$ $\sigma_c = \frac{M.c}{I} + \sigma_g = \frac{3.75 \times 10^6 \times 100}{\frac{1}{12} \times 4000 \times 200^3} + \frac{33/2 \times 10^3}{4000 \times 200} = 0.338\, MPa \cong 3.38\, kgf/cm^2$

با توجه به اینکه دیوار فقط از بالا و پایین به قاب متصل شده است، این نیرو باید عمود بر صفحه دیوار وارد گردد.تنش‌های کششی و فشاری ناشی از لنگر باید با مقادیر قابل تحمل توسط دیوار که برای دیوار با مصالح آجری با وضعیت مناسب به ترتیب برابر ۱.۴ و ۶۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشند مقایسه گردد.

کنترل تغییرمکان

طبق بند ۴-۲-۳-۲ مقدار تغییرمکان نسبی مجاز برای تیغه‌های سنگین در سطح عملکرد ایمنی جانی برابر ۰/۰۱ می‌باشد.

$$D_r = \frac{(\delta_{xA} - \delta_{yA})}{(X - Y)} = \frac{\delta_5 - \delta_4}{3} \le 0.01 \rightarrow \delta_5 - \delta_4 \le 30\,mm$$

در صورتی که تحت زلزله سطح خطر-۱، اختلاف تغییرمکان طبقات پنجم و چهارم بیشتر از ۳۰ میلی‌متر باشد، تیغه مورد بررسی باید بهسازی شود.

۶-۳-۴-۵- ارزیابی سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه برای زلزله «بهره‌برداری»

محاسبه نیروهای لرزه‌ای

با توجه به اینکه از طیف طرح استاندارد برای محاسبه ضریب B_S استفاده می‌شود، بر اساس نتیجه گیری مثال دوم نیروهای لرزه‌ای محاسبه شده برای سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه در زلزله بهره برداری برابر نیروهای محاسبه شده برای سطح عملکرد ایمنی جانی در زلزله سطح خطر-۱ می‌باشد.

کنترل تغییرمکان

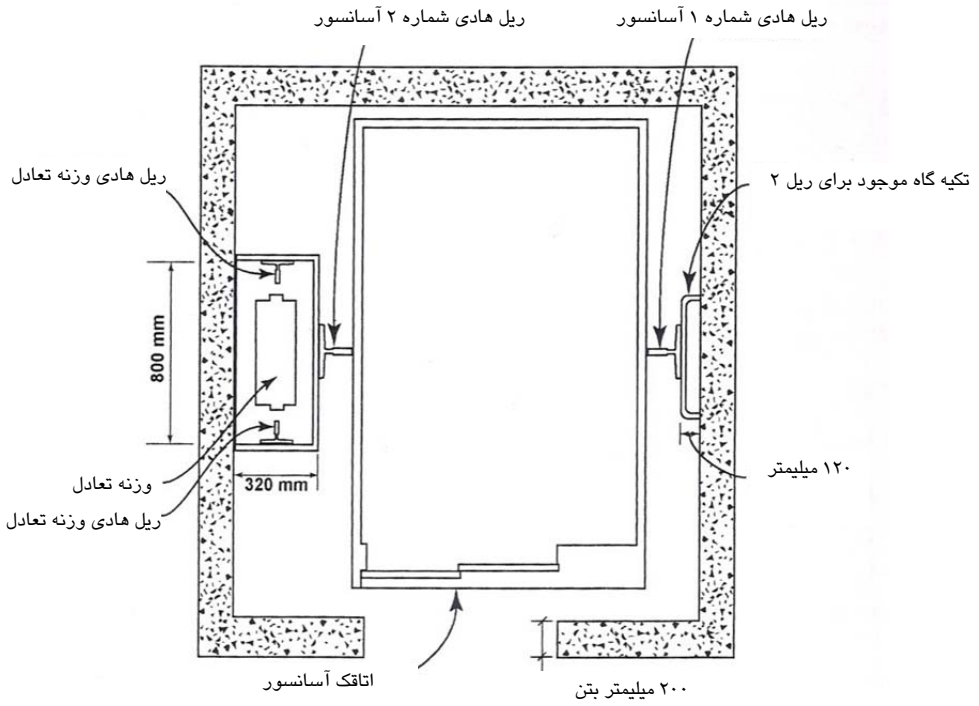
طبق بند ۴-۲-۳-۲ مقدار تغییرمکان نسبی مجاز برای تیغه های سنگین در سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه برابر ۰/۰۰۵ می‌باشد.

$$D_r = \frac{(\delta_{xA} - \delta_{yA})}{(X - Y)} = \frac{\delta_5 - \delta_4}{3} \le 0.005 \rightarrow \delta_5 - \delta_4 \le 15\,mm$$

در صورتی که تحت زلزله بهره برداری، اختلاف تغییرمکان طبقات پنجم و چهارم بیشتر از ۱۵ میلی‌متر باشد، تیغه مورد بررسی باید بهسازی شود.

۶-۳-۵- مثال ۵- آسانسور

سیستم آسانسور باری با مشخصات زیر با ابعاد ۳ متر در ۴ متر در ساختمانی اداری در تهران موجود است. ریل‌های این آسانسور و ملحقات آن را جهت بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی بررسی نمایید.



شکل ۶-۳۰- پلان آسانسور

محفظه آسانسور: دیوارها، از بتن مسلح به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر می‌باشند. مقاومت بتن 14 MPa درنظر گرفته می‌شود.

وزن کابین خالی: $w_1 = 74.2kN$

حداکثر بار قابل حمل توسط آسانسور: $w_2 = 40\,kN$

وزن وزنه تعادل: $w_3 = 113\,\text{kN}$

ریل هادی آسانسور: $m_1 = 28\ \text{kg/m}$ (طبق جدول ۶-۱)

ریل هادی وزنه تعادل: $m_2 = 12\ \text{kg/m}$ (طبق جدول ۶-۱)

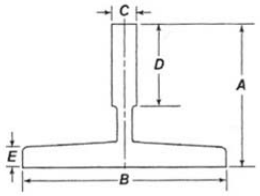
تنش تسلیم فولاد مصرفی براساس آزمایشات بدست آمده: $F_y = 350\text{MPa}$

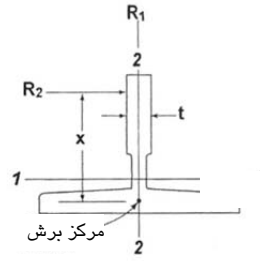
تنش مجاز فولاد: $F_{all} = 264\text{MPa}(0.88F_y)$ (براساس استانداردهای ASME 17.1)

فاصله تکیه‌گاه‌های اتصال ریل به دیوار در ارتفاع: $d = 240\,\text{cm}$

جدول ۶-۱- ابعاد و مشخصات هندسی ریل هادی آسانسور و وزنه تعادل

			12 kg/m	28 kg/m
وزن اسمی ریل	ominal weight:			
ابعاد	A	(mm):	62	108
	B	(mm):	89	140
	C	(mm):	16	19
	D	(mm):	32	50
	E	(mm):	8	13
خصوصیات	ممان اینرسی I_{11} of Inertia, I_{11}	(mm^4):	582700	4025000
	ممان اینرسی I_{22} of Inertia, I_{22}	(mm^4):	532800	3101000
	مدول مقطع S_{11} Modulus, S_{11}	(mm^3):	14090	52930
	مدول مقطع S_{22} Modulus, S_{22}	(mm^3):	11960	44410
	فاصله تا نیروی ریل x to rail force, x	(mm):	44.5	82.6
	ممان اینرسی پیچشی R_T resistance, R_T	(mm^4):	56600	236800
	حداکثر جابجائی مجاز برای نیروهای لرزه‌ای eismic forces	(mm)	19	37





براساس ضوابط طراحی آسانسور مطابق استاندارد ASME 17.1، تغییرشکل ریل در محل تکیه‌گاه اتصال ریل به دیوار تحت نیروهای لرزه‌ای نباید بیش از ۶ میلی‌متر باشد.

۶-۳-۵-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازه‌ای

طبق بند (۴-۲-۱۱-۱)، اجزاء آسانسور حساس به شتاب محسوب می‌شوند. محفظه و ریل‌های بالابر که در طبقات متعدد ادامه می‌یابند، حساس به جابجایی نیز به شمار می‌آیند. اجزاء آسانسور ممکن است از جای خود بیرون آمده یا از خط

خارج شوند. چنانچه این دیوارها از مصالح بنایی غیرمسلح یا آجرهای مجوف ساخته شده باشند، باید توجه ویژه‌ای به آنها داشت، زیرا با فروریختن آنها معیارهای سطح عملکرد ایمنی جانی برآورده نمی‌شود.

۶-۳-۵-۲- محاسبه نیروهای لرزه‌ای

با توجه به صورت مسئله کافی است که نیروی لرزه‌ای وارد بر ریل آسانسور در سطح عملکرد ایمنی جانی به دست آورده شود.

$$F_P = \frac{0.4 a_P A B_S W_P}{(R_P/I_P)}\left(1+2\frac{x}{h}\right)$$

بر اساس توصیه استانداردهای آسانسور وزن لرزه‌ای برابر است:

$$W_P = \min(w_1 + 0.4w_2, w_3) = 113\,\text{kN}$$

$B_S = S + 1 = 2.75$ «سطح خطر-۱ و تیپ خاک III»

$\frac{x}{h} = 1$ بحرانی‌ترین حالت وقتی است که آسانسور (ASME 2403.3, 2403.4) در طبقه بام باشد

$a_P = 1\,,\ \ R_P = 2.5$ با توجه به جدول ۳-۲

$I_P = 1$ با توجه به بند ۱-۴-۷ برای سطح عملکرد ایمنی جانی

$$F_P = \frac{0.4\times1\times0.35\times2.75\times113}{2.5/1.0}(1+2\times1) = 52.2\,\text{kN}$$

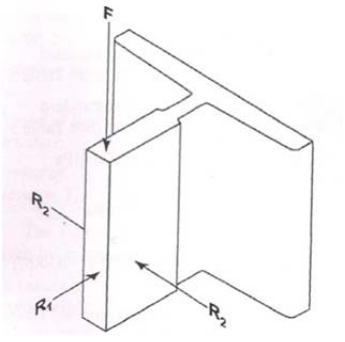
$$F_P \le 1.6AB_SI_PW_P = 1.6\times0.35\times2.75\times1.0\times113 = 174.0\,\text{kN}$$

$$F_P \ge 0.3AB_SI_PW_P = 0.3\times0.35\times2.75\times1.0\times113 = 32.6\ \text{kN}$$

$$\Rightarrow\ F_P = 52.2\,\text{kN}$$

۶-۳-۵-۳- کنترل ریل در مقابل نیروهای وارد شده به آن

مطابق شکل ۶-۳۱، سه نوع نیرو بر ریل آسانسور وارد می‌شود. نیروهای جانبی R_1 و R_2 ناشی از زلزله و یا نامتوازن بودن بار زنده می‌باشند. نیروی F در موقع ترمز اضطراری بر سیستم وارد شده و نیازی به درنظرگیری هم‌زمان آن با نیروهای لرزه‌ای نیست.



شکل ۶-۳۱- نمودار نیروهای طراحی ریل

در این مثال فرض می‌شود که نیروی جانبی وارد بر ریل به صورت نقطه‌ای به ریل وارد می‌شود. در این صورت با توجه به شکل ۶-۳۱:

$R_1 = F_P = 52.2\ KN$
$R_2 = F_P/2 = 26.1\ KN$

نیازی به در نظرگیری هم‌زمان نیروهای R_1 و R_2 نیست.

نیروهای R_1 و R_2 در هر نقطه‌ای از ریل می‌توانند وارد شوند ولی بیشترین اثر این نیروها بر ریل وقتی است که درست در وسط فاصله بین دو تکیه‌گاه ریل وارد شوند. برای طراحی تکیه‌گاه‌ها، نیروهای R_1 و R_2 باید در موقعیت تکیه‌گاه‌ها به ریل وارد شوند.

کنترل تغییرشکل و تنش ایجاد شده در ریل ناشی از نیروی R_1

نیروی R_1 باعث خمش ریل بین تکیه‌گاه‌ها می‌شود. حداکثر تغییرشکل و تنش موقعی رخ می‌دهد که این نیرو در وسط فاصله بین تکیه‌گاه‌ها وارد شود. در این صورت با فرض اعمال بار نقطه‌ای در وسط یک تیر دو سر ساده خواهیم داشت:

$$\Delta = \frac{R_1 L^3}{48EI_{11}} = \frac{(52.2\,kN)(2400\,mm)^3}{48(200\,kN/mm^2)(4020000\,mm^4)} = 18.7\,mm, \le 37\,mm$$

تغییرشکل به دست آمده از تغییرشکل مجاز کمتر بوده و قابل قبول است.

لنگر خمشی حداکثر ایجاد شده در ریل برابر است با:

$$M = R_1 L/4 = (52.2\,kN)(2400\,mm)/4 = 31.400\,kN-m$$

تنش حداکثر ناشی از لنگر به دست آمده برابر است با:

$$\sigma = M/S_{11} = 31{,}400\,kN-mm/52{,}900\,mm^3 = 0.592\,kN/mm^2 = 592\,MPa$$
$$\sigma_a = 0.88(350\,MPa) = 308\,MPa$$
$$\sigma = 592\,MPa > 308\,MPa$$

تنش به دست آمده در مقایسه با تنش مجاز بیشتر است و بنابراین ریل باید مقاوم‌سازی گردد. ابتدایی‌ترین روش برای مقاوم‌سازی، اضافه‌کردن تکیه‌گاه‌های میانی می‌باشد. به این ترتیب فاصله بین تکیه‌گاه‌ها از ۲۴۰ سانتیمتر به ۱۲۰ سانتی‌متر کاهش می‌یابد.

لنگر و تنش ایجاد شده در ریل در حالت جدید برابر است با:

$$M = R_1 L/4 = (52.2\,kN)(1200\,mm)/4 = 15.700\,kN-m$$
$$\sigma = M/S_{11} = 15{,}700\,kN-mm/52{,}900\,mm^3 = 0.296\,kN/mm^2 = 296\,MPa \le 308\,MPa$$

مشاهده می‌گردد که در این حالت تنش ایجاد شده از تنش مجاز کمتر است.

کنترل تغییرشکل و تنش ایجاد شده در ریل ناشی از نیروی R_2

در این گام با فرض تعبیه تکیه‌گاه‌های میانی، تغییرشکل و تنش حاصل از نیروی R_2 محاسبه می‌گردد.

تغییرشکل حاصل از خمش Δ_b برابر است با:

$$\Delta_b = \frac{R_2 L^3}{48 E I_{22}} = \frac{(26.1\,\text{kN})(1200\,\text{mm})^3}{48(200\,\text{kN/mm}^2)(3{,}100{,}000\,\text{mm}^4)} = 1.52\,\text{mm}$$

نیروی R_2 به فاصله $x = 82.6\,\text{mm}$ از مرکز برش مقطع ریل وارد شده و باعث ایجاد لنگر پیچشی T_2 می‌گردد.

$$T_2 = R_2 x = 26.1\,\text{kN} \times 82.6\,\text{mm} = 2.160\ \text{kN} - \text{m}$$

مقدار پیچش مقطع با توجه به طول دهانه ۱۲۰ سانتی‌متر و ثابت مقاومت پیچشی برابر 237000mm^4 برابر است با:

$$\theta = \frac{(T_2 L/2)}{E R_T} = \frac{(2160\text{kN} - \text{mm})(1200\text{mm}/2)}{(200\text{kN/mm}^2)(237{,}000\text{mm}^4)} = 0.114\text{radians}$$

بنابراین تغییرشکل حاصل از پیچش Δ_T برابر است با:

$$\Delta_T = (0.114\,\text{radians})(82.6\,\text{mm}) = 9.44\,\text{mm}.$$

تغییرشکل کل ریل ناشی از نیروی R_2 برابر است با:

$$\Delta = \Delta_b + \Delta_T = 1.52\,\text{mm} + 9.44\,\text{mm} = 10.9\,\text{mm}, \leq 37\,\text{mm}$$

که از تغییرشکل مجاز کمتر بوده و قابل قبول است.

لنگر خمشی و تنش وارد بر ریل حاصل از نیروی R_2 برابر است با:

$$M = R_2 L/4 = (26.1\text{kN})(1200\,\text{mm})/4 = 7.840\ \text{kN} - \text{m}$$

$$\sigma = M/S_{22} = 7.840\,\text{kN} - \text{mm}/44.400\,\text{mm}^3 = 0.177\,\text{kN/mm}^2 = 177\,\text{MPa} \leq 308\,\text{MPa}$$

مشاهده می‌شود که تنش حداکثر حاصل از R_2 از تنش مجاز کمتر بوده و قابل قبول است.

کنترل تنش برشی

در تکیه‌گاه‌ها برش مستقیم و پیچش باعث ایجاد تنش برشی می‌شود. حداکثر تنش برشی ناشی از پیچش برابر است با:

$$\tau_T = \frac{T_2 t}{R_T} = \frac{(2.160\text{kN} - \text{m})(19\,\text{mm})}{237{,}000\,\text{mm}^4} = 0.173\text{kN/mm}^2 = 173\text{MPa}$$

تنش برشی ناشی از برش مستقیم برابر است با:

$$\tau_V = \frac{(26.1\text{kN}/2)}{(140\,\text{mm} \times 13\,\text{mm})} = 0.009\,\text{kN/mm}^2 = 9\,\text{MPa}$$

بنابراین حداکثر تنش برشی حاصل جمع τ_T و τ_V می‌باشد. از طرفی تنش مجاز برشی برابر است با:

$$0.55F_y = 0.55(350) = 193\text{MPa}$$

$$\tau = \tau_T + \tau_V = 173\text{MPa} + 9\text{MPa} = 182\text{MPa}, \leq 193\text{MPa}$$

مشاهده می‌گردد که تنش برشی حداکثر از تنش برشی مجاز کمتر است.

با توجه به این که فاصله تکیه‌گاه‌ها در هر دو ریل مشابه هم می‌باشد، کنترل‌های فوق برای هر دو ریل کاربرد دارد.

۶-۳-۵-۴- کنترل و طراحی تکیه‌گاه‌ها

علاوه بر ریل، تکیه‌گاه‌های موجود باید در مقابل نیروهای لرزه‌ای ارزیابی گردند. همچنین تکیه‌گاه‌های جدید نیز براساس این نیروها باید طراحی گردند. در این بخش نکات اساسی که در طراحی تکیه‌گاه‌ها توسط طراح سازه باید مدنظر قرار بگیرد ارائه گردیده است.

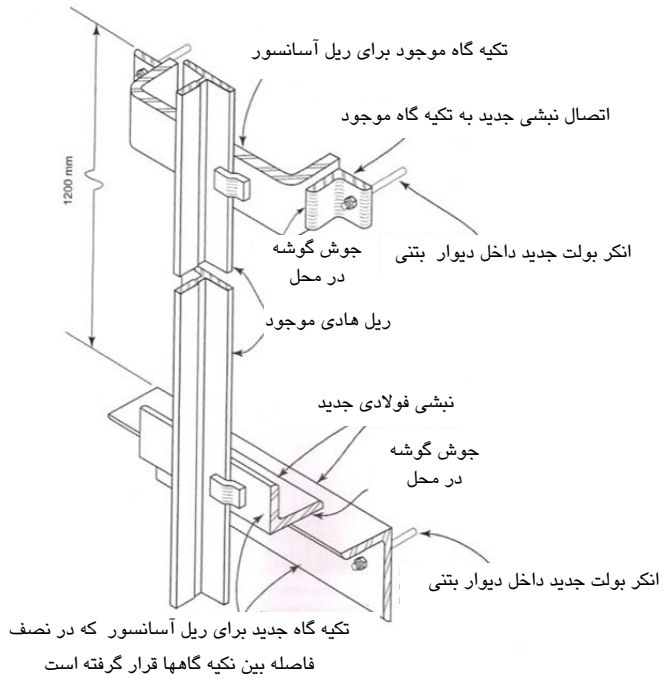
برای منظورکردن حالت بحرانی در طراحی تکیه‌گاه‌ها، نیروهای R_1 و R_2 باید در محل تکیه‌گاه اعمال گردند.

تمام مسیرهای انتقال نیروی لرزه‌ای وارد به تکیه‌گاه از جمله سنجاقک‌ها، میل‌مهارها، جوش‌ها و ... باید قابلیت انتقال نیرو را داشته باشند.

تکیه‌گاه‌ها باید توانایی تحمل تغییرشکل ناشی از نیروهای لرزه‌ای را داشته باشند. این تغییرشکل نباید از حد ۶ میلی‌متر فراتر رود. در غیراین‌صورت به عنوان یک روش صفحه تکیه‌گاه باید تقویت گردد.

میل‌مهارها باید بر اساس ترکیب برش و پیچش حاصل از نیروی R_2 طراحی گردند.

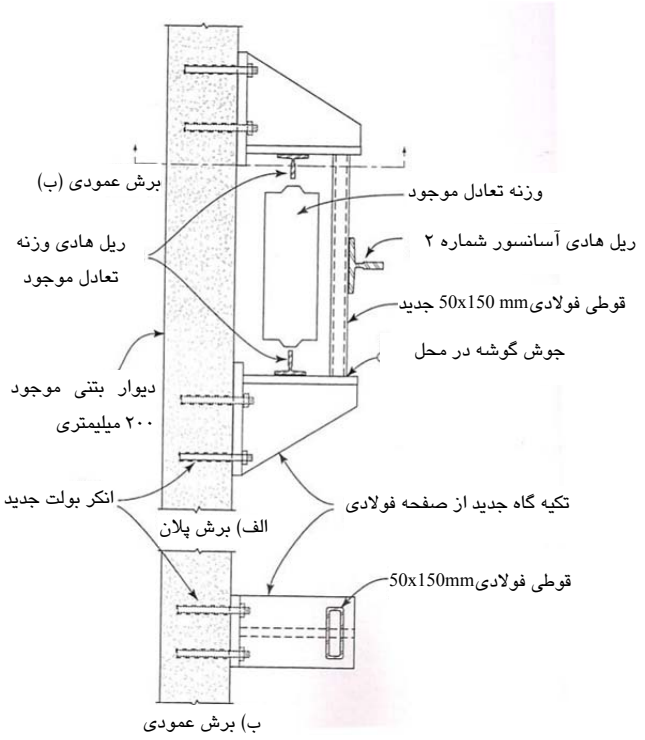
شکل ۶-۳۲ روش پیشنهادی تقویت تکیه‌گاه موجود و همچنین طراحی تکیه‌گاه جدید ریل ۱ را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۳۲- مقاوم‌سازی ریل هادی آسانسور

در تکیه‌گاه‌های ریل ۲، وضعیت بحرانی‌تر از تکیه‌گاه‌های ریل ۱ است. این موضوع به دلیل وجود نیروهای اضافی ناشی از ریل‌های هادی وزنه تعادل می‌باشد. بنابراین برای کاهش تغییرشکل صفحه تکیه‌گاه به حد ۶ میلی‌متر باید از تکیه‌گاه سخت‌تر و قوی‌تر استفاده شود.

شکل ۶-۳۳ روش پیشنهادی تقویت تکیه‌گاه ریل ۲ را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۳۳- مقاوم‌سازی ریل هادی ۲

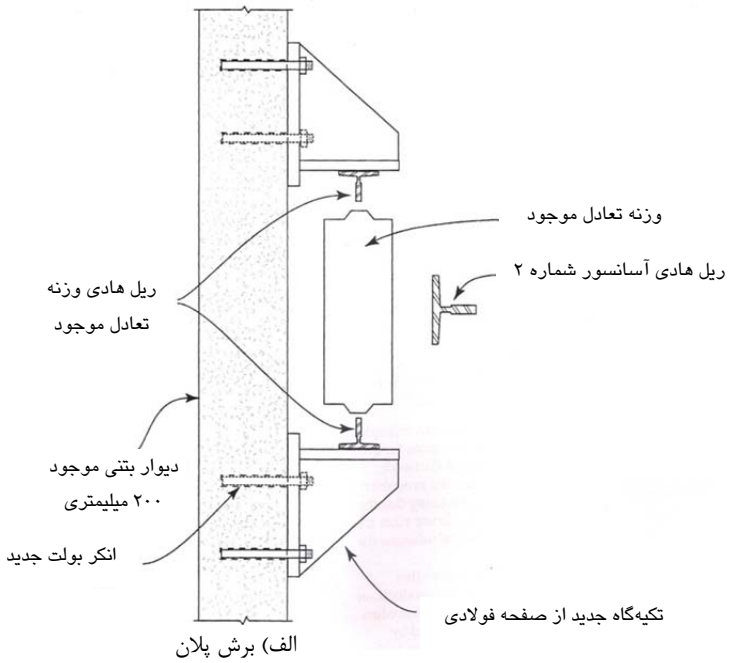
۶-۳-۵-۵- ارزیابی لرزه‌ای ریل‌های هادی وزنه تعادل

با توجه به اینکه وزن ریل‌های وزنه تعادل نسبت به ریل‌های اصلی به طور قابل توجهی کمتر است، عمدتاً در طراحی این اعضا اثر نیروهای لرزه‌ای را در نظر نمی‌گیرند.

طراحی این اعضا براساس نیروهای نامتوازن بار زنده و نیروهای دینامیکی ناشی از حرکت وزنه انتقال صورت می‌گیرد.

چنانچه نیروهای لرزه‌ای در طراحی ریل‌های وزنه تعادل در نظر گرفته شوند، براساس محاسبات انجام شده در صورت ثابت ماندن فاصله تکیه‌گاه‌ها، مقطع این ریل‌ها باید مشابه مقطع ریل‌های اصلی آسانسور انتخاب گردد. به جای این روش می‌توان با تعبیه تکیه‌گاه‌های میانی برای ریل‌های وزنه تعادل فاصله تکیه‌گاه‌ها را به اندازه‌ای رساند که نیازی به تغییر مقطع ریل نباشد.

در شکل ۶-۳۴ روش پیشنهادی برای تعبیه تکیه‌گاه میانی ریل‌های وزنه تعادل نشان داده شده است.



شکل ۶-۳۴- تعبیه تکیه‌گاه میانی ریل‌های وزنه تعادل

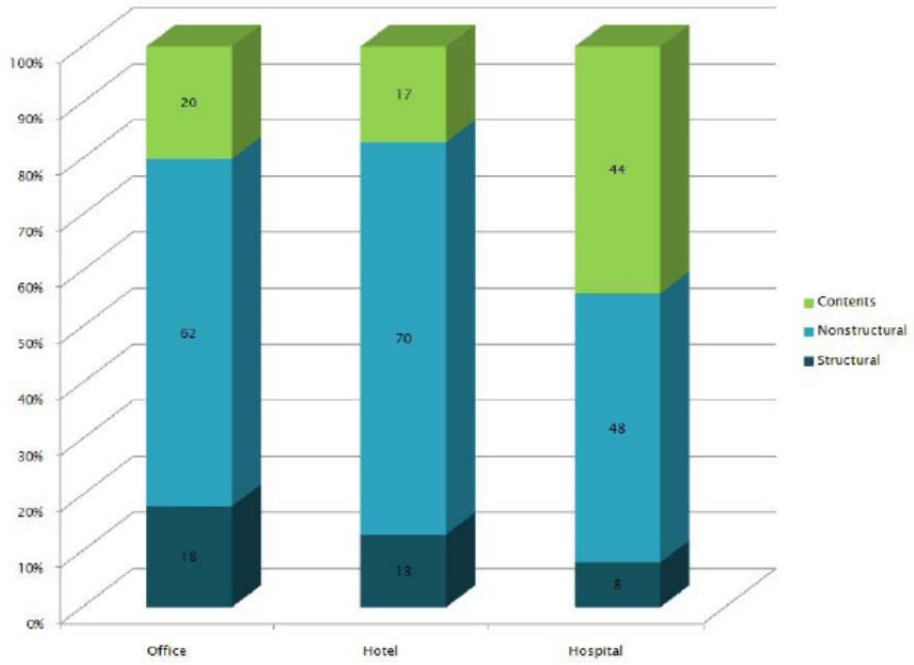
منابع و مراجع

1- IBC 2006, InternationalBuilding Code, International Code Council, Falls Church, Virginia,2006.
2- ASCE 7, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, New York, New York, 2005.
3- Guidelines for seismic evaluation and design of petrochemical facilities,ASCE,1997
4- NFPA13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems, 2002 Edition
5- SMACNA, Seismic Restraint Manual-Guidelines for Mechanical Systems, With Addendum No.1 2nd Edition, Sheet Metal and Air Conditioning Contractor's National, Inc., 1998.
6- FEMA 412, Installing Seismic Restraints for Mechanical Equipment, 2002
7- FEMA 413, Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment, 2004
8- FEMA 414, Installing Seismic Restraints for Duct and Pipe, 2004
9- ASCE/SEI 41-06, Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, ASCE Standard, 2006
10- PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS, FEMA356, ASCE, 2000
11- Seismic Design and Retrofit of Piping Systems, ALA, FEMA, National Institute of Building Sciences, 2002
12- ATC 69(Applied Technology Council), Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage State-of-the-Art and Practice Report,2008
13- BSSC, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for NewBuildings and Other Structures, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C, 1997.
14- ASHRAE Handbook-Heating, Ventilating and Air-Conditioning Application, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2007
15- ASHRAE /SMACNA, Seismic Restraint Applications,2002
16- IEEE Std 6932005,IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations
17- EN 1998-1:2004, Eurocode 8: Design of Structures For Earthquake Resistance (English version, Final Draft), 2004
18- FEMA 450, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Part 1 and 2: Provisions and Commentary, 2004
19- ALA(AmericanLifelinesAllianc)Guide for Seismic Evaluation of Active Mechanical Equipment,2004
20- FEMA460, Seismic Considerations for Steel Storage Racks Located in Areas Accessible to the Public, 2005
21- Guidelines for Seismic Vulnerability Assessment of Hospitals In Nepal,2004
22- ASCE/SEI 31-03, Seismic Evaluation of Existing Buildings, 2003
23- ANSI MH16.1, Specification for the Design, Testing and Utilization of Industrial Steel Storage Racks.
24- ATC51, US-ITALY collaborative recommendations for improving the seismic safety of hospitals in ITALY, 2000
25- ATC51-1, Recommended U.S.-Italy Collaborative Procedures for Earthquake Emergency Response Planning for Hospitals in Italy,2002
26- ATC51-2, Recommended US-ITALY collaborative Guidelines for bracing and anchoring nonstructural components in Italian hospital, 2003
27- FEMA E74**,** Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide **,** 2011

پیوست ۱

هزینه نسبی قسمت‌های مختلف سازه

در حالت کلی در یک سازه تجاری، اعضای سازه‌ای در حدود ۱۵ تا ۲۵٪ هزینه کل ساخت سازه را دربرمی‌گیرند درحالی‌که اجزای غیرسازه‌ای (اجزای مکانیکی، الکتریکی، خطوط لوله و معماری) در حدود ۷۵ الی ۸۵٪ هزینه را شامل می‌شوند. اجزا و قطعاتی که مربوط به عملکرد سازه هستند مانند وسایل داخلی، لوازم پزشکی و ... مبلغ قابل توجهی را شامل می‌شوند که اگر در نظر گرفته شوند به نحو مشخص و مشهودی مشاهده می‌شود که عمده ارزش و هزینه‌های یک ساختمان به اجزای غیرسازه‌ای و لوازم و وسایل آن مربوط می‌شود. این مسئله در شکل (پ۱-۱) برای سه نوع مختلف ساختمان نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود سهم اجزای غیرسازه‌ای در بیمارستان‌ها، در حدود ۸٪ اجزای غیرسازه‌ای ۴۸٪ و لوازم و وسایل داخل بیمارستان (از جمله لوازم پزشکی) ۴۴٪ است.



شکل پ ۱-۱- سهم اعضای سازه‌ای، غیرسازه‌ای و وسایل داخلی

پیوست ۲

نمونه‌هایی از آسیب‌های وارده به اجزای غیرسازه‌ای در زلزله‌های گذشته

مطالعه ۳۵ سازه عمومی در زلزله ۱۹۷۱ سن فرناندر نشان داده است که سازه‌های موجود که به علتی از سرویس‌دهی خارج شده بودند نشان داد که ٪۳ بر اثر آسیب‌های سازه، ٪۷ بر اثر آسیب‌های الکتریکی یا مکانیکی، ٪۳۴ بر اثر آسیب‌های اجزای معماری خارجی، ٪۵۶ بر اثر آسیب‌های ناشی از اعضای معماری داخلی بوده است. همچنین مطالعات انجام شده بر روی ۵۰ سازه‌ای که در فاصله قابل توجهی از زلزله قرار داشتند نشان داد که هیچ‌کدام دچار آسیب سازه‌ای نشده‌اند، اما در ۴۳ ساختمان به دیوارهای پارتیشن داخلی یا خارجی آسیب وارد شده است. در ۱۸ سازه، آسانسورها آسیب دیده و در ۱۵ مورد شیشه‌ها خرد شده‌اند. در ۸ مورد نیز به سیستم‌های مکانیکی تهویه هوا آسیب وارد شده است.

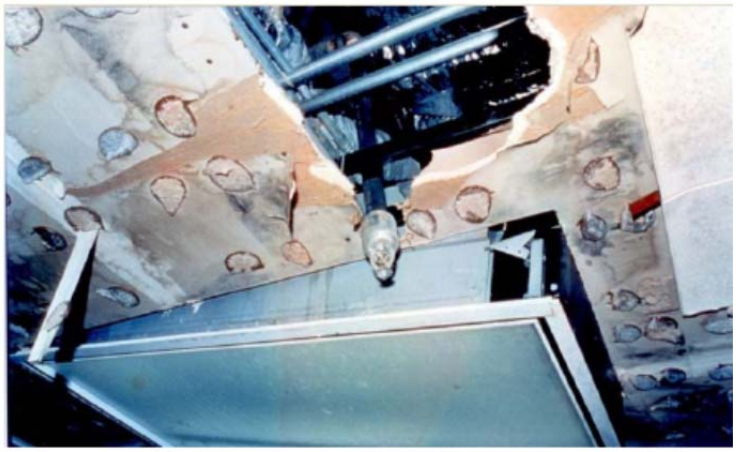
در این بخش نمونه‌هایی از آسیب‌های وارده به اجزای غیرسازه‌ای بر اثر زلزله در سال‌های اخیر ارائه شده است.

شکل پ۲-۱- آسیب وارده به نماهای شیشه‌ای در بیمارستان واقع در مرکز شیلی در زلزله ۲۰۱۰ شیلی، بزرگا ۸/۸

شکل پ۲-۲- آسیب وارده به پانل‌های شیشه‌ای در بیمارستان در زلزله ۲۰۱۰ شیلی

شکل پ۲-۳- خرابی پارتیشن‌های اداری، سقف‌ها و چراغ‌های سقف در زلزله نورث ریج ۱۹۹۴

شکل پ۲-۴- خرابی و فروریزش سقف کاذب و چراغ‌های سقفی در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج



شکل پ۲-۵- خرابی لوله آبپاش اطفای حریق سقف در بیمارستان Olive View در Sylmar کالیفرنیا در نتیجه زلزله نورث ریج ۱۹۹۴ پارگی لوله در محل خم بر اثر جابجایی متفاوت سقف و لوله اتفاق افتاده

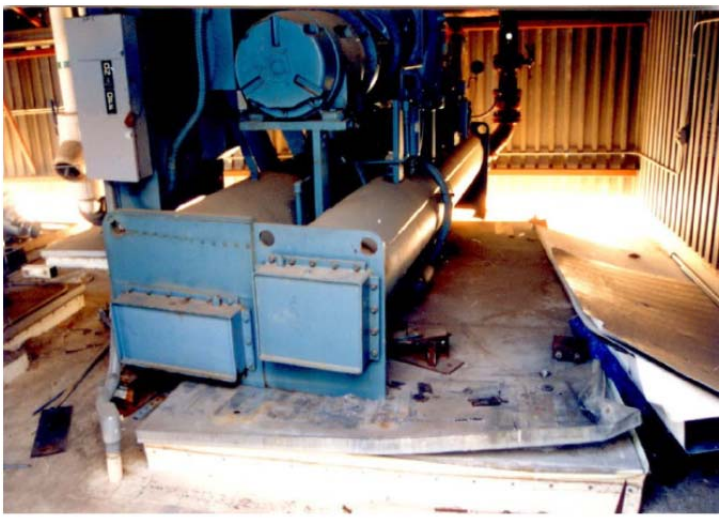
شکل پ۲-۶- نمونه‌ای از پوشیده شدن راه‌پله‌ها از تکه‌ها و قطعات ناشی از خرابی پارتیشن‌های اطراف راه پله که باعث غیرقابل استفاده شدن راه پله پس از زلزله گردید (زلزله ۱۹۷۲ نیکاراگوا- بزرگا ۶/۲)

شکل پ۲-۷- خرابی دیوار میان قابی آجری و افتادن آن بر روی دو مخزن آب ۶۰۰ لیتری آب شد که باعث ورود آب به ۳ تا از ۶ اطاق عمل بیمارستان واقع در شیلی شد و از مدار خارج شدن آنها گردید (زلزله ۲۰۱۰ شیلی)

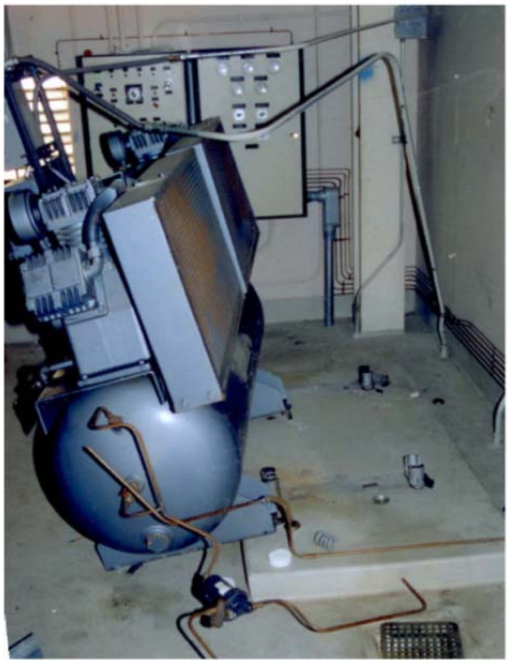
شکل پ۲-۸- خرابی مهارهای نامناسب پارتیشن نیمه ارتفاع فلزی در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج

شکل پ۲-۹- خرابی کلی شبکه سقف، بلوک‌های گچی سقف کاذب، چراغ‌ها و دیفیوزرها در بیمارستانی با نام لوس انجلس در زلزله ۲۰۱۰ شیلی با بزرگای ۸/۸

شکل پ۲-۱۰- خرابی راه‌پله تمام طبقات ساختمان در Vina del mar در زلزله ۲۰۱۰ شیلی به بزرگا ۸.۸ راه‌پله‌ها به صورت صلب به طبقات متصل شده بودند و به صورت بادبند قطری عمل کرده‌اند در حالی که برای این طراحی نشده‌اند.



شکل پ۲-۱۱- خرابی چیلر متصل به کف به علت مقاومت ناکافی اتصال در برابر بلندشدگی در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج



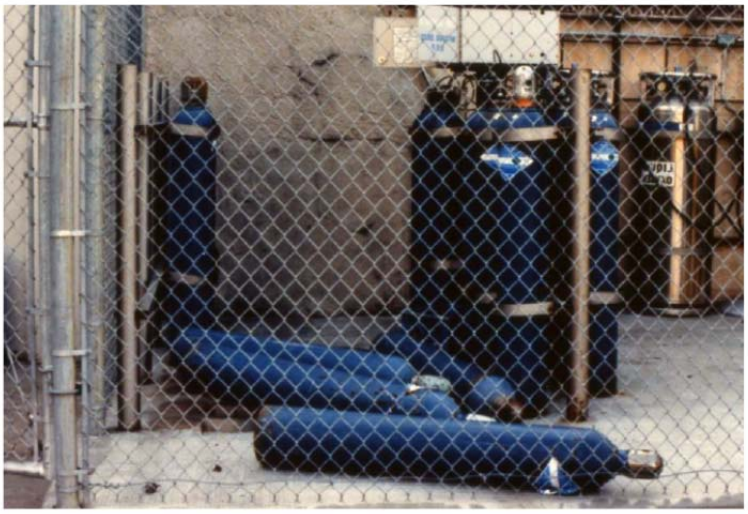
شکل پ۲-۱۲- خرابی کمپرسور متصل به کف به وسیله جداساز ارتعاش کف نامناسب در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج

شکل پ۲-۱۳- افتادن و خرابی تعداد زیادی از تجهیزات واقع بر سقف به علت مهار نامناسب در زلزله ۲۰۱۰ شیلی

شکل پ۲-۱۴- افتادن واحد HVAC معلق واقع در سقف در ترمینال فرودگاه سن دیگو در زلزله ۲۰۱۰ با بزرگا ۸/۸ شیلی

شکل پ۲-۱۵- جابجایی و خارج شدن مخزن واقع بر روی بام بیمارستان گرانادا هیل در زلزله نورث ریج که باعث از مدار خارج شدن مخزن و خرابی لوله‌های منتهی به آن شده است.

شکل پ۲-۱۶- خرابی و افتادن مخزن قائم در بیمارستان بر اثر مهار ناکافی در اثر زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج



شکل پ۲-۱۷- افتادن و خطر انفجار سیلندرهای اکسیژن مهار نشده در زلزله نورث ریج ۱۹۹۴

شکل پ۲-۱۸- واژگونی آبگرمکن مهار نشده بر اثر زلزله

شکل پ۲-۱۹- آسیب‌دیدگی مخازن آب در بیمارستان talca در زلزله ۲۰۱۰ شیلی. آب در سطح بیمارستان از مخازن پخش شده بود. این بیمارستان به علت آسیب‌های وارده به اجزاء غیرسازه‌ای که یکی از اصلی‌ترین آنها آسیب ناشی از آب بود با و جود سالم ماندن خود بیمارستان برای مدت قابل توجهی بعد از زلزله تعطیل بود.

شکل پ۲-۲۰- خرابی لوله مسی آب گرم بیمارستان san carlos در زلزله ۲۰۱۰ شیلی این خرابی بر اثر جابجایی بویلری که به نحو مناسبی مهار نشده بوده است اتفاق افتاده است.

شکل پ۲-۲۱- خرابی و واژگونی پانل‌ها در زلزله ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی با بزرگای ۸

شکل پ۲-۲۲- واژگونی کابین‌های الکتریکی مهار نشده درکارخانه تولید کاغذ در زلزله ۱۹۹۹ ازمیت ترکیه با بزرگای ۷/۴

شکل پ۲-۲۳- لغزش ترانسفورماتورهای واقع بر روی ریل در نیروگاه پرتو پرنس در زلزله ۲۰۱۰ هاییتی با بزرگای ۷

شکل پ۲-۲۴- آسیب وارده به آسانسور در زلزله ۲۰۱۰ شیلی، موتور مهارنشده آسانسور از تکیه‌گاه خود خارج شده ریل‌های جابجایی آسانسور تحت اثر بار قائم وارده خم شده‌اند و بولت‌های اتصال ریل از بتن خارج شده‌اند.

شکل پ۲-۲۵- افتادن داروها از قفسه‌های نگهداری آن در زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج

شکل پ۲-۲۶- پخش شدن مواد شیمیایی در بیمارستان در زلزله کاستاریکا

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هفتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Instructions for Seismic Evaluation and Rehabilitation of Nonstructural Equipment

No. 743

Deputy of Technical and Infrastructure Development Affairs

Department of Technical and Executive Affairs

nezamfanni.ir

Road, Housing & Urban Development Research Center

Department of Research

www.bhrc.ac.ir

2017

این ضابطه

با عنوان «دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها» ضمن مشخص نمودن انواع مختلف تجهیزات موجود در ساختمان‌های شهری از جمله اجزاء معماری، تأسیسات و تجهیزات مکانیکی، الکتریکی، بیمارستانی و قفسه‌ها، به بررسی رفتار آنها در برابر زلزله و آسیب‌های وارده محتمل می‌پردازد. همچنین راهکارهای کاربردی به همراه جزییات اجرایی برای بهسازی و مهار لرزه‌ای مناسب هر کدام از انواع اجزاء غیرسازه‌ای در این دستورالعمل ارائه شده‌است.