جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل طراحی بیمارستان ایمن و تاب‌آور در برابر سوانح چندگانه

ضابطه شماره ۸۸۰

آخرین ویرایش: ۱۵-۰۶-۱۴۰۳

معاونت تولیدی، فنی و زیربنایی

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

سال ۱۴۰۳

باسمه‌تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۱۴۰۳/۳۵۰۸۸۵**
	تاریخ:	**۱۴۰۳/۰۷/۱۸**

موضوع: دستورالعمل طراحی بیمارستان ایمن و تاب‌آور در برابر سوانح چندگانه

در چهارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و به استناد تبصره (۲) ماده (۴) «نظام فنی و اجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت۵۷۶۹۷ه مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیئت محترم وزیران، به پیوست ضابطه شماره ۸۸۰ با عنوان «دستورالعمل طراحی بیمارستان ایمن و تاب‌آور در برابر سوانح چندگانه» به صورت راهنما ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۴۰۴/۰۱/۰۱ برای همه قراردادهایی که از محل وجوه عمومی و یا به صورت مشارکت عمومی و خصوصی منعقد می‌شوند، به مورد اجرا گذاشته شود.

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

سید حمید پورمحمدی

ش‌ش: ۷۶۲۲۴۰۳

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 کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقا ضا دارد در صورت م شاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به‌صورت زیر گزارش فرمایید:

۱) **در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت‌نام فرمایید:**
sama.nezamfanni.ir

۲) **پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.**

۳) **به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.**

۴) **شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.**

۵) **ایراد مورد نظر را به‌صورت خلاصه بیان دارید.**

۶) **در صورت امکان متن اصلاح‌شده را برای جایگزینی ارسال کنید.**

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، سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

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

باسمه‌تعالی

پیشگفتار

بیمارستان‌ها و مراکز درمانی از مهمترین زیرساخت‌های شهری در زمان وقوع سوانحی مانند زلزله و سیل هستند که آمادگی و خدمت‌رسانی این مراکز در زمان‌های بحرانی بلافاصله بعد از رویدادهای یاد شده نقش بسیار مهمی در نجات جان مصدومان خواهد داشت. برای اطمینان از عملکرد مطلوب این زیرساخت‌ها در برابر سوانح طبیعی، توجه به نکات مهم در چرخه نظام فنی اجرایی از جمله روند برنامه‌ریزی و پیدایش طرح، انتخاب محل مناسب، طراحی، چیدمان مناسب مولفه‌ها و فضاهای مختلف، آمادگی سازه‌ای و مصالح مناسب، نقشی اساسی دارد.

دستورالعمل حاضر با هدف ایجاد نگاه یکپارچه به موضوعات یاد شده و با رویکرد حفظ امکان خدمت‌رسانی در زمان وقوع سوانح طبیعی تهیه شده‌است. در این خصوص با بهره‌گیری از دانش و تجربیات نوین، نحوه برآورد عملکرد سازه و اجزای غیرسازه‌ای در برابر شرایط مختلف یاد شده و ارزیابی نتایج با معیارهای پذیرش مشخص، معرفی شده‌است.

تدوین این دستورالعمل با حمایت مالی تامین شده توسط کشور ژاپن و با مدیریت برنامه اسکان بشر ملل متحد (UN-Habitat)، هماهنگی کمیته ملی اسکان بشر در وزارت راه و شهرسازی و تحت نظارت وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی صورت گرفته است. ویرایش نهایی این ضابطه با عنوان «دستورالعمل طراحی بیمارستان ایمن و تاب‌آور در برابر سوانح چندگانه» پس از تهیه و درج نظرات فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، برای تایید و ابلاغ به عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی کشور به این سازمان ارسال شد. این ضابطه پس از بررسی در چارچوب نظام فنی و اجرایی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و آیین‌نامه اجرایی آن و ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، تصویب و ابلاغ گردید.

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 منعکس فرمایند. نظرات و پیشنهادهای اصلاحی دریافت شده مورد بررسی قرار گرفته 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 اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهد شد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین تغییرات معتبر، در بالای صفحات ضابطه، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن صفحه نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

معاون تولیدی، فنی و زیربنایی

پاییز ۱۴۰۳

تهیه و کنترل «دستورالعمل طراحی بیمارستان ایمن و تاب‌آور در برابر سوانح چندگانه»

[ضابطه شماره ۸۸۰]

مجری: برنامه اسکان بشر ملل متحد

مسئول پروژه: محسن غفوری آشتیانی

اعضای گروه تهیه‌کننده:

نویسندگان اصلی:

محسن غفوری آشتیانی (مجری)	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و انجمن مهندسی زلزله ایران
حسین آقابیگی	انجمن مهندسی زلزله ایران و پژوهشگر اسبق دانشگاه تورنتو
افشین کلانتری (هماهنگ کننده فنی)	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و انجمن مهندسی زلزله ایران
عبدالرضا سروقد مقدم	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و انجمن مهندسی زلزله ایران

نویسندگان همکار:

عباس افشار	دانشگاه علم و صنعت ایران
محمود حسینی	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و انجمن مهندسی زلزله ایران
جواد جلیلی	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و انجمن مهندسی زلزله ایران
امیر جواد مرادلو	دانشگاه زنجان
مراد اسدی	شرکت بنیان زمین

مدیریت پروژه برنامه اسکان بشر ملل متحد- دفتر UN-HABITAT در تهران و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی:

امیر ساکی	مدیر کل دفتر توسعه مدیریت منابع فیزیکی و امور عمرانی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی)
مِهمت اِمین آکدوگان	مدیر وقت دفتر UN-HABITAT تهران
محمد شکرچی زاده	رئیس وقت مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
فرزین فردانش	مدیر پروژه بهتاب۱ ، دفتر UN-HABITAT در تهران
سیامک مقدم	مدیر اسبق دفتر UN-HABITAT در تهران
علی معظمی	معاون مدیر کل دفتر توسعه مدیریت منابع فیزیکی و امور عمرانی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
نواب مریخی	دفتر UN-HABITAT در تهران

معصومه میرصفا	دفتر UN-HABITAT در تهران
اشکان یوسف‌زاده	دفتر توسعه مدیریت منابع فیزیکی و امور عمرانی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

اعضای گروه نظارت:

امیر ساکی	مدیر کل دفتر توسعه مدیریت منابع فیزیکی و امور عمرانی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مِهمت اِمین آکدوگان	مدیر وقت دفتر UN-HABITAT در تهران
علی اکبرآقاکوچک	دانشگاه تربیت مدرس و عضو کارگروه فنی دستور العمل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
عاطفه جهانمحمدی	عضو هیات علمی و مدیر وقت دفتر تدوین ضوابط و استانداردها، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
سعید بختیاری	معاون تحقیقات و فناوری، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
فیاض رحیم‌زاده رفویی	دانشگاه صنعتی شریف و عضو کارگروه فنی دستور العمل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
حمید زعفرانی	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
فرهنگ فرحبد	عضو کارگروه فنی دستور العمل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
غلامرضا قدرتی	دانشگاه علم و صنعت و عضو کارگروه فنی دستور العمل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
محمد تقی کاظمی	دانشگاه صنعتی شریف و عضو کارگروه فنی دستور العمل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
علی اصغر طاهری بهبهانی	مهندسین مشاور دایناسیس و عضو کارگروه فنی دستور العمل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شاهرخ مالک	دانشگاه تهران
سیدسهیل مجیدزمانی	م مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، بخش مهندسی سازه و ابنیه فنی
علی معظمی	معاون مدیر کل دفتر توسعه مدیریت منابع فیزیکی و امور عمرانی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
معصومه میرصفا	دفتر UN-HABITAT در تهران
نواب مریخی	دفتر UN-HABITAT در تهران
میلاد مولوی	دانشجوی دکترا پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و عضو انجمن مهندسی زلزله ایران
میر محمد میرحسینی هزاوه	دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
اشکان یوسف‌زاده	دفتر توسعه مدیریت منابع فیزیکی و امور عمرانی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

کمیته ملی اسکان بشر، وزارت راه و شهرسازی:

آرمان خورسند	مشاور وزیر و دبیر کمیته ملی اسکان بشر

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

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

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	أ
نشانه‌ها و علائم	ک
فصل اول ملاحظات عمومی و اهداف عملکردی	۱
۱-۱- اهداف	۳
۱-۲- حدود کاربرد	۳
۱-۳- مبانی و اصول	۴
۱-۳-۱- رویکرد برمبنای عملکرد	۴
۱-۳-۲- گروه بیمارستان	۴
۱-۴- سطوح عملکرد بیمارستان‌ها	۵
۱-۴-۱- سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای	۵
۱-۴-۲- سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای	۶
۱-۴-۳- سطح عملکرد بیمارستان	۶
۱-۴-۳-۱- سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه بیمارستان (A-1)	۶
۱-۴-۳-۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه بیمارستان (B-1)	۷
۱-۴-۳-۳- سطح عملکرد ایمنی جانی بیمارستان (C-3)	۷
۱-۵- اهداف عملکردی	۷
فصل دوم معیارهای عمومی برای انتخاب یک مکان ایمن	۱۱
۲-۱- معیارهای عمومی و فرایند	۱۳
۲-۲- مرحله ۱: نیاز سنجی برای ایجاد بیمارستان جدید	۱۵
۲-۳- مرحله ۲: انتخاب اولیه گزینه‌های مکانی مناسب	۱۷
۲-۳-۱- ساختارهای شهری و روستایی و کاربری اراضی	۱۷
۲-۳-۲- سازگاری عملکردی	۱۸
۲-۳-۳- دسترسی به مکان	۱۸
۲-۳-۳-۱- تحرک و نحوه دسترسی به مکان بیمارستان	۱۸
۲-۳-۳-۲- دسترسی به بیمارستان در هنگام سوانح	۱۹
۲-۳-۳-۳- خدمات و پشتیبانی زیرساختی	۱۹
۲-۴- مرحله ۳: انتخاب گزینه مکان ایمن	۱۹
۲-۴-۱- قرار گرفتن گزینه مکانی در معرض مخاطرات سوانح طبیعی	۲۰
۲-۴-۱-۱- گردآوری اطلاعات و داده‌های موجود	۲۰
۲-۴-۱-۲- ارزیابی گزینه مکان انتخاب شده باتوجه به خطرات طبیعی مختلف	۲۱

۲-۴-۱-۲-۱- امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سیستم‌های حفاظتی ۲۲
۲-۴-۱-۲-۲- تاثیر خطرات در مکان‌های مورد نظر ۲۴
۲-۴-۱-۲-۳- رتبه‌بندی مکان بر اساس قرار گرفتن در معرض خطرات طبیعی ۲۴
۲-۴-۲- خطر اجتماعی (ایمنی و پدافند غیرعامل) ۲۴
۲-۴-۳- مجاورت‌ها ۲۴
۲-۴-۴- برنامه‌های توسعه در مناطق مجاور ۲۵
۲-۴-۵- اثرات محیط زیستی ۲۶
۲-۴-۵-۱- آلودگی محیط زیست ۲۷
۲-۴-۵-۲- آلودگی صوتی ۲۸
۲-۴-۵-۳- آلودگی بصری ۲۸
۲-۴-۶- امکان‌سنجی فنی و تجزیه و تحلیل سود و زیان ۲۸
۲-۵- تصویب انتخاب گزینه نهایی (قطعی) مکان ایمن بیمارستان ۲۹

فصل سوم ملاحظات طراحی بیمارستان تاب‌آور ۳۱
۳-۱- مقدمه ۳۳
۳-۲- اصول برنامه‌ریزی تاب‌آور ۳۴
۳-۳- برنامه‌ریزی مکان ۳۶
۳-۳-۱- قابلیت دسترسی ۳۶
۳-۳-۱-۱- مسیرهای ورودی به محل ۳۶
۳-۳-۱-۲- مسیرها و راه‌های ارتباطی ۳۶
۳-۳-۱-۳- پارکینگ ۳۶
۳-۳-۱-۴- دسترسی هوایی ۳۷
۳-۳-۲- محوطه‌سازی و فضای سبز مکان ۳۷
۳-۳-۳- استفاده از مصالح ۳۷
۳-۳-۴- طرح کلی در طراحی مکان ۳۸
۳-۳-۵- فضا برای امکانات و تاسیسات اضافی ۳۹
۳-۴- افزایش فرا ظرفیت ۳۹
۳-۵- ملاحظات معماری ۴۱
۳-۵-۱- مسائل مربوط به پیکربندی بیمارستان ۴۱
۳-۵-۲- اجزای غیر سازه‌ای معماری ۴۲
۳-۵-۳- مسائل مربوط به پاسخگویی ۴۳
۳-۵-۴- مسائل مربوط به پایداری ۴۳
۳-۶- ملاحظات طراحی تجهیزات و تسهیلات و نصب ۴۴
۳-۶-۱- سیستم برقی ۴۴
۳-۶-۲- ملاحظات سیستم آبرسانی ۴۵

۳-۶-۳- سیستم گرمایش، تهویه، تهویه مطبوع و سردکننده (برودتی) (HVACR) ۴۶
۳-۶-۴- سیستم توزیع گاز طبی ۴۷
۳-۶-۵- سیستم مخابراتی ۴۷

فصل چهارم تحلیل‌های خطر چندگانه ۴۹
۴-۱- تحلیل مخاطرات چندگانه ۵۱
۴-۱-۱- مقدمه ۵۱
۴-۱-۲- تعیین مخاطره غالب درساختگاه بیمارستان ۵۲
۴-۲- رویکرد تحلیل خطر زلزله ۵۲
۴-۲-۱- تحلیل خطر زلزله احتمالی (PSHA) ۵۳
۴-۲-۲- تحلیل خطر زلزله تعینی ۵۴
۴-۲-۳- سناریوی زلزله بر اساس تحلیل احتمالاتی خطر زلزله ۵۶
۴-۲-۴- طیف طرح شتاب ۵۶
۴-۲-۴-۱- طیف طرح شکل ثابت ۵۶
۴-۲-۴-۲- طیف خطر یکنواخت ۵۸
۴-۲-۴-۳- طیف طرح آماری ۵۸
۴-۲-۴-۴- طیف طرح قائم ۵۹
۴-۲-۵- انتخاب و مقیاس کردن شتابنگاشت جنبش قوی زمین (SGM) ۵۹
۴-۲-۵-۱- تحلیل دو بعدی ۶۰
۴-۲-۵-۲- تحلیل سه بعدی ۶۰
۴-۲-۵-۳- روش پیشرفته برای انتخاب رکورد جنبش شدید زمین SGM ۶۰
۴-۲-۶- مدل‌سازی اثرات ساختگاه ۶۲
۴-۲-۷- اثرات ساختگاه حوزه نزدیک ۶۲
۴-۲-۸- گسیختگی سطحی ۶۳
۴-۲-۹- زمین‌لرزه‌های منطقه فرورانش ۶۳
۴-۲-۱۰- جنبش قوی قائم زمین ۶۴
۴-۳- تحلیل خطر سیل ۶۴
۴-۳-۱-تعریف سیل ۶۴
۴-۳-۲- خطر سیل وارزیابی آن ۶۴
۴-۳-۳- مشخصه های خطر سیلاب ۶۵
۴-۳-۴- سیل طرح ۶۶
۴-۳-۵- ارزیابی خطر سیلاب برای بیمارستان‌ها ۷۰
۴-۳-۶- معیارهای خطر سیلاب برای بیمارستان ۷۰
۴-۳-۷- مراحل تحلیل خطر سیلاب ۷۲
۴-۳-۷-۱- تحلیل احتمالاتی خطر سیل ۷۴

۴-۳-۷-۲- تحلیل تعینی خطر سیل ۷۶
۴-۴- خطر آتش‌سوزی ۷۶
۴-۴-۱- اهداف عملکردی طراحی بیمارستان‌ها در برابر آتش ۷۷
۴-۴-۱-۱- اهداف عملکردی کمّی ۷۷
۴-۴-۱-۱-۱- یکپارچگی سازه‌ای ۷۷
۴-۴- ۱-۱-۲- اهداف عملکردی خاص یک بیمارستان ۷۸
۴-۴-۲- پارامترهای خطر آتش‌سوزی ۷۹
۴-۴-۲-۱- بار ماده قابل اشتعال یا سوخت ۸۰
۴-۴-۲-۲- طول مدت آتش‌سوزی (زمان) ۸۰
۴-۴-۲-۳- دمای آتش ۸۰
۴-۴-۲-۴- مقاومت ۸۰
۴-۵- مطالعات ژئوتکنیکی ساختگاه بیمارستان ۸۱
۴-۵-۱- محدوده مطالعات ۸۱
۴-۵-۲- الزامات شناسایی ژئوتکنیکی ۸۱
۴-۵-۳- مراحل بررسی مشخصات خاک ساختگاه بیمارستان ۸۱
۴-۵-۳-۱- مرحله اول: بررسی مقدماتی محل ۸۲
۴-۵-۳-۲- مرحله دوم: مطالعات تفصیلی ژئوتکنیکی ۸۲
۴-۵-۳-۲-۱- حفاری و عملیات گمانه‌زنی، نمونه‌برداری و آزمون‌های برجا ۸۲
۴-۵-۳-۲-۲- آزمون‌های آزمایشگاهی ۸۳
۴-۵-۳-۲-۳- خدمات مهندسی ژئوتکنیک و ارائه گزارش ۸۴

فصل پنجم طراحی سازه بیمارستان ۸۷
۵-۱- مقدمه ۸۹
۵-۲- اهداف عملکردی ۸۹
۵-۳- طراحی لرزه‌ای اولیه بیمارستان ۹۰
۵-۳-۱- الزامات و ملاحظات ۹۱
۵-۳-۲- ملاحظات طراحی مفهومی ۹۱
۵-۳-۲-۱- ملاحظات ژئوتکنیک لرزه‌ای ۹۱
۵-۳-۲-۲- ملاحظات طراحی سازه‌ای ۹۲
۵-۳-۲-۳- انتخاب سیستم سازه‌ای ۹۳
۵-۳-۲-۴- پیکربندی سازه‌ای ۹۴
۵-۳-۲-۴-۱- نامنظمی در ارتفاع ۹۵
۵-۳-۲-۴-۲- نامنظمی در پلان ۹۵
۵-۳-۲-۴-۳- دیافراگم نرم ۹۵
۵-۳-۲-۵- ملاحظات سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر ۹۵

۵-۳-۲-۶- تحلیل و طراحی لرزه‌ای سازه ۹۶
۵-۳-۲-۷- معیارهای طراحی لرزه‌ای ۹۶
۵-۳-۲-۸- بارها و ترکیبات بارگذاری ۹۶
۵-۳-۲-۹- روش‌های تحلیل ۹۶
۵-۳-۲-۹-۱- روش استاتیکی خطی (LSP) ۹۶
۵-۳-۲-۹-۲- روش دینامیکی خطی (LDP) یا تحلیل طیفی ۹۷
۵-۳-۲-۱۰- مدل‌سازی عددی ۹۸
۵-۳-۲-۱۱- الزامات تکمیلی در تحلیل ۹۹
۵-۳-۲-۱۲- تعیین مشخصات اعضا ۱۰۰
۵-۳-۲-۱۳- کنترل مقاومت اعضا ۱۰۰
۵-۳-۲-۱۴- کنترل تغییر شکل اعضا ۱۰۰
۵-۳-۲-۱۵- کنترل تغییر مکان جانبی سازه ۱۰۱
۵-۳-۲-۱۶- طراحی اتصالات ۱۰۱
۵-۴- ارزیابی لرزه‌ای سازه طراحی شده ۱۰۲
۵-۴-۱- اهداف عملکردی ۱۰۲
۵-۴-۲- تحلیل سازه و کنترل آن ۱۰۲
۵-۴-۲-۱- مراحل تحلیل ۱۰۲
۵-۴-۲-۱-۱- روش‌های خطی ۱۰۲
۵-۴-۲-۱-۱-۱- روش استاتیکی خطی ۱۰۴
۵-۴-۲-۱-۱-۲- روش دینامیکی خطی (LDP) ۱۰۵
۵-۴-۲-۱-۲- روش‌های غیرخطی ۱۰۶
۵-۴-۲-۱-۲-۱- روش استاتیکی غیرخطی (NSP) ۱۰۷
۵-۴-۲-۱-۲-۲- روش دینامیکی غیرخطی ۱۱۰
۵-۴-۲-۲- مدل‌سازی ریاضی ۱۱۱
۵-۴-۲-۳- الزامات تکمیلی برای تحلیل ۱۱۶
۵-۴-۲-۴- ترکیب بارهای ثقلی ۱۱۶
۵-۴-۲-۴-۱- برای روش‌های خطی ۱۱۶
۵-۴-۲-۴-۲- برای روش‌های غیرخطی ۱۱۷
۵-۴-۲-۵- معیارهای پذیرش ۱۱۷
۵-۴-۲-۵-۱- معیارهای پذیرش برای روش‌های خطی ۱۱۸
۵-۴-۲-۵-۲- معیار پذیرش برای روش‌های غیرخطی ۱۱۹
۵-۵- کنترل سازه‌ی طراحی شده برای سیل ۱۲۵
۵-۵-۱- الزامات طراحی ۱۲۵
۵-۵-۲- طراحی دیوار فروریزشی ۱۲۶
۵-۵-۲-۱- بارهای ناشی از سیل ۱۲۶

۵-۵-۲-۲- بارهای موج ۱۲۷
۵-۵-۲-۲-۱- بارهای ناشی از موج شکنا بر شمع‌های قائم و ستون‌ها ۱۲۸
۵-۵-۲-۲-۲- بارهای ناشی از موج شکنا بر دیوارهای قائم ۱۲۸
۵-۵-۳- الزامات طراحی دیوار سیل‌بند ۱۳۰
۵-۵-۴- سیستم جایگزین برای محافظت در برابر سیل ۱۳۰
۶-۶- کنترل عملکرد سازه طراحی شده در برابر آتش ۱۳۱
۵-۶-۱- الزامات عمومی ۱۳۲
۵-۶-۲- طراحی عملکردی سازه در برابر آتش ۱۳۳
۵-۶-۳- تحلیل حرارتی اثرات آتش ۱۳۴
۵-۶-۳-۱- بار ماده قابل اشتعال ۱۳۴
۵-۶-۳-۲-آتش مبنای طراحی سازه ۱۳۴
۵-۶-۳-۳- تحلیل‌های انتقال حرارت ۱۳۴
۵-۶-۴- تحلیل سازه‌ای اثرات آتش ۱۳۴
۵-۶-۴-۱- تاریخچه حرارتی در اعضای سازه‌ای و اتصالات ۱۳۵
۵-۶-۴-۲- مشخصات وابسته به حرارت ۱۳۶
۵-۶-۴-۳- ترکیب‌های بارها ۱۳۶

فصل ششم الزامات طراحی سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر ۱۳۷
۶-۱- الزامات طراحی بیمارستان‌های مجهز به جداساز لرزه‌ای ۱۳۹
۶-۱-۱- معرفی ۱۳۹
۶-۱-۲- الزامات عمومی طراحی ۱۴۰
۶-۱-۲-۱- شرایط محیطی ۱۴۰
۶-۱-۲-۲- نیروهای باد ۱۴۰
۶-۱-۲-۳- مقاومت در برابر آتش ۱۴۰
۶-۱-۲-۴- نیروی جانبی بازگرداننده ۱۴۰
۶-۱-۲-۵- قید تغییرمکان ۱۴۰
۶-۱-۲-۶- پایداری در برابر بارهای قائم ۱۴۱
۶-۱-۲-۷- واژگونی ۱۴۱
۶-۱-۲-۸- بازرسی و تعویض ۱۴۱
۶-۱-۲-۹- کنترل کیفیت ۱۴۲
۶-۱-۲-۱۰- توزیع افقی نیرو در تراز جداساز ۱۴۲
۶-۱-۲-۱۱- درز انقطاع ۱۴۲
۶-۱-۲-۱۲- اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ۱۴۳
۶-۱-۲-۱۳- اعضای روسازه ۱۴۳
۶-۱-۲-۱۴- اعضای قطع‌کننده تراز جداسازی ۱۴۳

۶-۱-۲-۱۵- اعضای زیرسازه ۱۴۳
۶-۱-۳- خصوصیات اعضای سیستم جداساز لرزه‌ای ۱۴۳
۶-۱-۳-۱- انواع اعضای سیستم جداسازی ۱۴۳
۶-۱-۳-۲- محدوده مشخصات اعضای سیستم جداساز ۱۴۴
۶-۱-۳-۳- ضرایب اصلاح خصوصیات ۱۴۴
۷-۱-۳-۴- کرانه بالا و کرانه پایین رفتار نیرو-تغییرشکل اعضای سیستم جداساز ۱۴۵
۷-۱-۳-۵- خصوصیات سیستم جداساز در تغییرمکان‌های حداکثر ۱۴۵
۶-۱-۳-۶- کرانه بالا و پایین مشخصات سیستم جداساز در تغییرمکان حداکثر ۱۴۶
۶-۱-۴- انتخاب روش تحلیل ۱۴۶
۶-۱-۴-۱- روش مستقیم طراحی بر اساس تغییرمکان ۱۴۷
۶-۱-۴-۲- روش استاتیکی خطی (LSP) ۱۴۷
۶-۱-۴-۳- روش دینامیکی خطی (LDP) ۱۴۷
۶-۱-۴-۳-۱- روش تحلیل طیفی ۱۴۷
۶-۱-۴-۳-۲- روش تحلیل تاریخچه زمانی ۱۴۸
۶-۱-۴-۴- روش دینامیکی غیرخطی (NDP) ۱۴۸
۶-۱-۵- روش مستقیم طراحی بر اساس تغییر مکان ۱۴۸
۶-۱-۵-۱- طیف تغییرمکان غیرارتجاعی ۱۵۰
۶-۱-۵-۲- میرایی ویسکوز معادل ۱۵۰
۶-۱-۵-۳- توزیع نیروی جانبی ۱۵۱
۶-۱-۶- روش استاتیکی خطی (LSP) ۱۵۱
۶-۱-۶-۱- خصوصیات تغییرشکل سیستم جداساز ۱۵۱
۶-۱-۶-۲- حداقل تغییر مکان‌های جانبی ۱۵۱
۶-۱-۶-۲-۱- تغییرمکان حداکثر ۱۵۱
۶-۱-۶-۲-۲- زمان تناوب موثر در حداکثر تغییرمکان ۱۵۲
۶-۱-۶-۲-۳- تغییرمکان حداکثر کل ۱۵۲
۶-۱-۶-۳- حداقل نیروی جانبی ۱۵۳
۶-۱-۶-۳-۱- سیستم جداساز و اعضای سازه‌ای زیر تراز جداسازی ۱۵۳
۶-۱-۶-۳-۲- اعضای سازه‌ای روسازه ۱۵۳
۶-۱-۶-۴- توزیع نیروها در ارتفاع ۱۵۵
۶-۱-۶-۵- حد تغییر مکان نسبی ۱۵۵
۶-۱-۷- روش دینامیکی خطی ۱۵۶
۶-۱-۷-۱- مدلسازی ۱۵۶
۶-۱-۷-۱-۱- سیستم جداساز ۱۵۶
۶-۱-۷-۱-۲- سازه جداسازی شده ۱۵۶
۶-۱-۷-۲- روش تحلیل طیفی ۱۵۶

۶-۱-۷-۳- روش تحلیل تاریخچه زمانی ۱۵۷
۶-۱-۷-۴- نیروها و تغییرمکان‌های حداقل ۱۵۷
۶-۱-۷-۴-۱- سیستم جداساز و اعضای سازه‌ای زیر تراز پایه ۱۵۷
۶-۱-۷-۴-۲- اعضای سازه‌ای بالای تراز پایه ۱۵۸
۶-۱-۷-۴-۳- مقیاس کردن نتایج ۱۵۸
۶-۱-۷-۴-۴- حد تغییر مکان نسبی ۱۵۸
۶-۱-۸- روش دینامیکی غیرخطی ۱۵۹
۶-۱-۸-۱- نیروها و تغییر مکان‌های جانبی حداقل ۱۵۹
۶-۱-۸-۲- خروج از مرکزیت اتفاقی جرم ۱۶۰
۶-۱-۹- مدل‌سازی سیستم جداساز ۱۶۰
۶-۱-۹-۱- کرانه بالا/کرانه پایین رفتار نیرو-تغییرشکل اعضای سیستم جداساز ۱۶۰
۶-۱-۹-۲- مدل‌سازی سیستم جداساز و روسازه ۱۶۰
۶-۱-۹-۳- مدل سیستم جداساز ۱۶۰
۶-۱-۹-۴- مدل روسازه ۱۶۱
۶-۱-۱۰- معیارهای پذیرش ۱۶۱
۶-۲- الزامات طراحی برای سازه‌ها با استفاده از سیستم‌های تکمیلی اتلاف انرژی (میراگرها) ۱۶۱
۶-۲-۱- معرفی ۱۶۱
۶-۲-۲- الزامات عمومی طراحی ۱۶۲
۶-۲-۲-۱- شرایط محیطی ۱۶۲
۶-۲-۲-۲- سیستم باربر لرزه‌ای ۱۶۲
۶-۲-۲-۳- انواع میراگرها ۱۶۲
۶-۲-۲-۴- سیستم میرایی ۱۶۲
۶-۲-۲-۴-۱- طراحی میراگر ۱۶۳
۶-۲-۲-۴-۲- حرکت چند جهته ۱۶۳
۶-۲-۲-۴-۳- بازرسی و آزمایش دوره‌ای ۱۶۳
۶-۲-۲-۴-۴- مشخصات اسمی طراحی ۱۶۴
۶-۲-۲-۴-۵- حداکثر و حداقل خصوصیات میراگر ۱۶۴
۶-۲-۲-۴-۶- نامعینی در سیستم میراگر ۱۶۴
۶-۲-۳- انتخاب روش تحلیل ۱۶۵
۶-۲-۳-۱- روش استاتیکی خطی ۱۶۵
۶-۲-۳-۲- روش طیفی ۱۶۵
۶-۲-۴- روش تحلیل طیفی ۱۶۵
۶-۲-۵- روش تاریخچه زمانی غیرخطی ۱۶۷
۶-۲-۵-۱- مدل‌سازی میراگر ۱۶۸
۶-۲-۵-۲- میراگر وابسته به تغییر مکان ۱۶۸

۶-۲-۵-۳- میراگر وابسته به سرعت ۱۶۸
۶-۲-۵-۳-۱- میراگر ویسکوالاستیک ۱۶۸
۶-۲-۵-۳-۲- میراگر ویسکوالاستیک مایع ۱۶۹
۶-۲-۵-۳-۳- میراگر ویسکوز مایع ۱۶۹
۶-۲-۶- معیارهای پذیرش ۱۷۰
۶-۳- سیستم‌های سازه‌ای نوین ۱۷۰
۶-۳-۱- معرفی ۱۷۰

فصل هفتم طراحی اجزای غیرسازه‌ای ۱۷۱
۷-۱- مقدمه ۱۷۳
۷-۲- ملاحظات کلی ۱۷۵
۷-۲-۱- مشخصات فیزیکی اجزای غیرسازه‌ای ۱۷۵
۷-۲-۱-۱- فرآیند طراحی اجزای غیرسازه‌ای ۱۷۶
۷-۲-۲- مشخصات پاسخ لرزه‌ای جزء غیرسازه‌ای ۱۷۷
۷-۲-۲-۱- اجزای حساس به شتاب ۱۷۸
۷-۲-۲-۲- اجزای حساس به تغییرشکل ۱۷۸
۷-۲-۲-۳- اجزای حساس به شتاب-تغییرشکل ۱۷۹
۷-۲-۳- مدل‌سازی اجزای غیرسازه‌ای ۱۷۹
۷-۲-۴- الزامات گواهینامه لرزه‌ای خاص (SSC) ۱۸۰
۷-۳- الزامات طراحی مقاوم در برابر زلزله ۱۸۱
۷-۳-۱- نیروی طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای ۱۸۲
۷-۳-۱-۱- نیروهای لرزه‌ای افقی (شبه دینامیکی) ۱۸۲
۷-۳-۱-۲- نیروهای لرزه‌ای قائم ۱۸۳
۷-۳-۱-۳- تحلیل دینامیکی ۱۸۶
۷-۳-۱-۴- طیف پاسخ طبقه ۱۸۷
۷-۳-۱-۵- روش جایگزین طیف پاسخ طبقه ۱۸۸
۷-۳-۱-۶- زمان تناوب جزء ۱۸۹
۷-۳-۲- تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای ۱۸۹
۷-۳-۲-۱- تغییرمکان‌های درون سازه‌ها ۱۸۹
۷-۳-۲-۲- جابجایی‌های بین سازه‌ها ۱۹۰
۷-۴- مهار جزء غیرسازه‌ای ۱۹۱
۷-۴-۱- نیروی طراحی در اتصال ۱۹۲
۷-۴-۱-۱- مهارها در بتن ۱۹۲
۷-۴-۱-۲- مهارهای post installed در بتن ۱۹۲
۷-۴-۱-۳- اتصالات چندگانه ۱۹۲

۷-۴-۱-۴- بست‌های برقی فشنگی-پانچی .Power-Actuated Fasteners ۱۹۲
۷-۴-۱-۵- گیره‌های اصطکاکی ۱۹۳
۷-۵- الزامات طراحی اجزای معماری ۱۹۳
۷-۵-۱- نیروها و تغییرمکان‌ها ۱۹۳
۷-۵-۲- اجزا و اتصالات دیوار غیرسازه‌ای خارجی ۱۹۳
۷-۵-۳- شیشه ۱۹۴
۷-۵-۴- سقف کاذب ۱۹۵
۷-۵-۵- کف کاذب ۱۹۵
۷-۵-۶- پارتیشن‌ها ۱۹۵
۷-۵-۷- پله‌ها و رمپ‌های فرار ۱۹۶
۷-۶- اجزای مکانیکی، برقی و لوله‌کشی ۱۹۶
۷-۶-۱- کلیات ۱۹۶
۷-۶-۱-۱- الزامات کلی ۱۹۷
۷-۶-۱-۲- تکیه‌گاه‌های اجزا ۱۹۸
۷-۶-۱-۳- الزامات جزئیات مصالح ۱۹۸
۷-۶-۱-۴- الزامات تکمیلی ۱۹۸
۷-۶-۲- سیستم سرمایش، گرمایش، تخلیه هوا و سردکننده‌ها (HVACR) ۱۹۸
۷-۶-۳- سیستم‌های توزیع: سینی کابل، محل عبور کابل، داکت و کانال ۲۰۰
۷-۶-۴- سیستم‌های توزیع: لوله‌کشی ۲۰۱
۷-۶-۴-۱- سیستم‌های لوله‌کشی آب‌پاش اطفاء حریق ۲۰۲
۷-۶-۵- سیستم‌های توزیع: آویزها در ترکیب با سیستم‌های توزیع ۲۰۳
۷-۶-۶- شبکه تاسیسات (آب، برق وگاز) بیمارستان ۲۰۳
۷-۶-۷- الزامات طراحی آسانسور و پله برقی ۲۰۳
۷-۶-۸- پنل‌های خورشیدی پشت بام ۲۰۴
۷-۷- تجهیزات پزشکی ۲۰۵
۷-۸- اهداف عملکردی و معیارهای پذیرش اجزای غیرسازه‌ای ۲۰۵
۷-۸-۱- معیارهای پذیرش ۲۰۶
۷-۹- اقدامات محافظت در برابر سیل برای اجزای غیرسازه‌ای ۲۱۰
۷-۱۰- روش‌های آزمایش گواهینامه لرزه‌ای خاص (SSC) ۲۱۱
۷-۱۰-۱- فرایند آزمایش لرزه‌ای تجهیزات ۲۱۱
۷-۱۰-۱-۱- نصب ۲۱۲
۷-۱۰-۱-۲- پایش ۲۱۲
۷-۱۰-۱-۳- یافتن فرکانس تشدید ۲۱۲
۷-۱۰-۲- آزمایش‌های شبیه‌سازی لرزه‌ای چند فرکانسی ۲۱۳
۷-۱۰-۲-۱- استخراج طیف پاسخ موردنیاز لرزه‌ای ۲۱۳

۷-۱۰-۲-۲- استخراج نتایج آزمایش ۲۱۴
۷-۱۰-۲-۳- تحلیل طیف پاسخ آزمایش ۲۱۴
۷-۱۰-۳- بازرسی‌های پس از آزمایش ۲۱۶
۷-۱۰-۴- تایید عملکردی تجهیز پس از آزمایش ۲۱۶

مراجع ۲۱۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ نمودار فرایند رتبه‌بندی مکانی موقعیت بیمارستان و گزینه‌های منتخب ۱۴
شکل ۲-۲ فرآیند تحلیل اثرات زیست محیطی سیستم‌های ارزیابی اثرات زیست محیطی بانک جهانی در اروپا
و کشورهای آسیای میانه ۲۷
شکل ۴-۱ فرایند ۵ گانه تحلیل خطر زلزله احتمالی (PSHA) و تولید طیف طرح (نشریه ۶۲۶) ۵۴
شکل ۴-۲ فرایند ۵ گانه تحلیل خطر زلزله تعینی (DSHA) و تولید طیف طرح (نشریه ۶۲۶) ۵۵
شکل ۴-۳ فرایند تحلیل تفکیک خطر زلزله برای بدست آوردن سناریوی زلزله مبتنی بر تحلیل احتمالاتی زلزله ۵۶
شکل ۴-۴ شکل طیف طرح شتاب (مرجع PBO-626) ۵۷
شکل ۴-۵ فرایند ۵گانه تحلیل خطر زلزله احتمالی برای طیف طرح با سطح خطر یکنواخت ۵۸
شکل ۴-۶ روش انتخاب رکورد جنبش شدید زمین برای تحلیل دینامیکی غیر خطی ۶۰
شکل ۴-۷ پهنه سیلابی رودخانه و حداکثر سیلاب احتمالی (PMF) برای احتمال فراگذشت سالیانه مختلف ۶۹
شکل ۴-۸ پارامترهای کلیدی اثرگذار بر رخداد سیلاب تعریف‌شده برای پهنه سیلابی رودخانه ۶۹
شکل ۴-۹ پهنه سیلابی در امتداد یک ساحل باز و حداکثر سیلاب محتمل، با توجه به ارتفاع موج مورد انتظار FEMA 577 ۶۹
شکل ۴-۱۰ آستانه پایداری سازه در سیلاب‌ها (دستورالعمل‌های تاب آوری سوانح طبیعی استرالیا) ۷۲
شکل ۴-۱۱ فرایند مطالعه خطر سیلاب رودخانه‌ای ۷۳
شکل ۴-۱۲ روش تحلیل خطر سیلاب ۷۵
شکل ۵-۱ مراحل طراحی ساختمان بیمارستان ۹۰
شکل ۵-۲ نمودار ایده‌آل‌شده نیرو- تغییر مکان ۱۰۸
شکل ۵-۳ رابطه نیرو تغییرشکل عمومی برای اعضا یا اجزای بتنی و فولادی ۱۲۰
شکل ۵-۴ فشارهای عمود بر صفحه امواج شکسته شده بر دیوار قائم ۱۲۹
شکل ۵-۵ طرح شماتیک دیوار سیل بند متداول برای حفاظت بیمارستان در برابر سیل ۱۳۱
شکل ۵-۶ طرح شماتیک خاکریز متداول برای حفاظت بیمارستان در برابر سیل ۱۳۱
شکل ۶-۱ اصول روش مستقیم طراحی بر اساس تغییرمکان سازه جداسازی شده لرزه‌ای [۲۹] ۱۴۹
شکل ۷-۱ سیستم‌های اصلی بیمارستان ۱۷۴
شکل ۷-۲ جریان نمای تجهیزات بیمارستانی ۱۷۵
شکل ۷-۳ فرآیند کلی برای تحلیل و طراحی اجزای غیرسازه‌ای ۱۷۶
شکل ۷-۴ مقدار نیروی جانبی در ارتفاع ۱۸۶
شکل ۷-۵ طیف پاسخ شتاب طبقه در ترازهای مختلف ارتفاعی قاب ۶ طبقه ۱۸۸

شکل ۷-۶ ضریب بزرگنمایی دینامیکی جزء غیرسازه‌ای (D_{AF})؛ ۱۸۸
شکل ۷-۷ تغییرمکان‌ها درطول ارتفاعی کمتر از ارتفاع طبقه ۱۹۰
شکل ۷-۸ تغییرمکان‌های بین سازه‌ها ۱۹۱
شکل ۷-۹ طیف پاسخ موردنیاز (RRS) برای اجزای غیرسازه‌ای ۲۱۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ ترکیب عملکرد لرزه‌ای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ۵
جدول ۱-۲ سطوح آسیب و عملکرد ساختمان ۸
جدول ۱-۳ هدف عملکردی برای هر گروه از بیمارستان‌ها ۸
جدول ۲-۱ حداقل فاصله توصیه شده محل بیمارستان از منشا مهم‌ترین خطر طبیعی در ایران ۲۳
جدول ۲-۲ حداقل فاصله مورد نیاز از محوطه بیمارستان ۲۵
جدول ۴-۱ ضریب بزرگنمایی(تشدید) خاک طیف طرح F_a و F_v در مقابل مقدار شتاب طیفی (نشریه ۶۲۶) ۵۷
جدول ۵-۱ انواع سیستم‌های سازه‌ای برای بیمارستان ۹۴
جدول ۵-۲ تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه، شاخص تغییر مکان نسبی $\Delta_{ar} = \Delta/h_{sx}$ ۱۰۱
جدول ۵-۳ ضریب برای بدست آوردن مقاومت مورد انتظار(Q_{CE}) از مقاومت مشخصه طراحی (Q_{CS}) ۱۰۳
جدول ۵-۴ مقادیر ضرایب جرم موثر C_m ۱۰۵
جدول ۵-۵ مقادیر ضرایب اصلاح C_0 برای انواع ساختمان (جدول ۳-۵ نشریه ۳۶۰) ۱۰۹
جدول ۵-۶ معیارهای پذیرش برای روش‌های خطی، اعضای فولادی ۱۲۱
جدول ۵-۷ معیارهای پذیرش برای روش‌های خطی، اجزای بتنی ۱۲۲
جدول ۵-۸ پارامترهای مدل سازی و معیازهای پذیرش برای روش‌های غیر خطی ، اجزای فولادی ۱۲۳
جدول ۵-۹ پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش برای روش‌های غیرخطی، اجزای بتنی ۱۲۴
جدول ۶-۱ محدوده میرایی ویسکوز معادل برای انواع جداسازها ۱۵۰
جدول ۷-۱ دسته‌بندی اجزای غیرسازه‌ای متداول بر اساس رفتار لرزه‌ای ۱۷۷
جدول ۷-۲ ضریب بزرگنمایی (a_p)، ضریب رفتار (R_p) و ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) اجزای غیرسازه‌ای معماری ۱۸۳
جدول ۷-۳ ضریب بزرگنمایی (a_p)، ضریب رفتار (R_p) و ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) اجزای غیرسازه‌ای مکانیکی و برقی ۱۸۴
جدول ۷-۴ شاخص حد دریفت مجاز طبقه ($\boldsymbol{\Delta_{ar} = \Delta/h_{Sx}}$) ۱۹۰
جدول ۷-۵ نسبت تنش مجاز حداقل مقاومت تسلیم مشخصه برای طراحی سیستم لوله‌کشی ۲۰۱
جدول ۷-۶ سطوح عملکرد غیرسازه‌ای و آسیب‌های قابل مشاهده – اجزای معماری ۲۰۶
جدول ۷-۷ سطوح عملکرد غیرسازه‌ای و آسیب‌های قابل مشاهده – سیستم‌ها و اجزای مکانیکی، برقی و لوله-کشی ۲۰۸
جدول ۷-۸ سطوح عملکرد غیرسازه‌ای و آسیب‌های قابل مشاهده – محتویات ۲۰۹
جدول ۷-۹ سطوح عملکرد غیرسازه‌ای و آسیب‌های قابل مشاهده – تجهیزات پزشکی ۲۰۹
جدول ۷-۱۰ معیارهای پذیرش برای اجزای غیرسازه‌ای حساس به تغییرشکل ۲۰۹

مقدمه

۱- مرور کلی

اکثر دستورالعمل‌ها و استانداردهای طراحی موجود، سعی در تامین و تضمین عملکرد ایمن بیمارستان‌ها در سطح ایمنی جانی را دارند. با این وجود، سوانح اخیر نشان داده است که بیشتر بیمارستان‌ها در معرض خطرات متعددی هستند که منجر به از بین رفتن یا محدود شدن خدمت‌رسانی آنها پس از وقوع سوانح طبیعی می‌شود که عمدتا به دلیل عدم طراحی آن‌ها بر مبنای عملکرد مطلوب بیمارستانی می‌باشد. در این راستا، دستورالعمل طراحی بیمارستان‌های ایمن و تاب‌آور در برابر سوانح چندگانه برای تأمین ملزومات طراحی ویژه در طراحی بر اساس عملکرد و حصول اطمینان از عملکرد مورد انتظار بیمارستان‌ها (عملکرد اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای) پس از وقوع حادثه تدوین شده‌است.

چشم‌انداز این دستورالعمل حفاظت از جان مردم و حصول اطمینان از ارائه خدمات درمانی در مواقع اضطراری و هنگام سوانح طبیعی است.

هدف از تهیه این دستورالعمل ارائه اطلاعات به گروه طراحی به منظور کسب اطمینان از برنامه‌ریزی، طراحی ایمن و تاب‌آور بیمارستان‌ها در برابر بلایای طبیعی مانند زلزله و سیل است.

۲- ساختار دستورالعمل

این دستورالعمل شامل ۷ فصل می‌باشد که فهرست فصول آن در شکل ۱ ارائه شده است. فصل ۱ به بیان ملاحظات کلی برای حصول اطمینان از برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت ایمن و تاب‌آور بیمارستان‌ها می‌پردازد. همچنین، موضوع کلی این دستورالعمل و طبقه‌بندی انواع بیمارستان‌ها در این فصل بیان شده است. در فصل ۲ به معرفی معیارهای کلی برای انتخاب ساختگاه پرداخته شده تا از طراحی بیمارستان در یک مکان امن اطمینان حاصل شود. معیارهایی مانند نقشه‌ی منطقه، تاسیسات و ابنیه مجاور، قابلیت جابجایی، پدافند غیرعامل، توپوگرافی و مسائل ژئوتکنیکی در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرد. فصل ۳ ملاحظات برنامه‌ریزی تاب‌آور و فصل ۴ تحلیل خطر و اهداف عملکردی را ارائه می‌دهد. خطرات مورد بحث در این فصل شامل زمین‌لرزه، سیل و آتش سوزی می‌باشد. این فصل همچنین به تشریح الزامات ژئوتکنیکی پرداخته و سطوح عملکرد را مشخص می‌کند. فصل ۵ الزامات طراحی لرزه‌ای برای اجزای سازه‌ای را ارائه می‌کند. طراحی در این فصل از دو مرحله اصلی شامل طراحی مقدماتی لرزه‌ای سازه براساس نیرو و ارزیابی سازه طراحی شده براساس عملکرد تشکیل شده است. فصل ۶ ملزومات طراحی لرزه‌ای را برای سیستم‌های سازه‌ای نوین مانند جداسازهای لرزه‌ای و سیستم‌های اتلاف انرژی و میراگرها ارائه می‌دهد. در فصل ۷ به ملزومات طراحی لرزه‌ای برای اجزای غیر سازه‌ای پرداخته شده است.

شکل ۱ فصول دستورالعمل طراحی بیمارستان‌های ایمن و تاب آور در برابر سوانح چندگانه

۳- کاربرد

این ضابطه برای استفاده در فرایند برنامه‌ریزی و طراحی تمام بیمارستان‌ها تدوین شده است. تاسیسات دارای خدمات درمانی ویژه مستلزم به کارگیری ضوابط و ملاحظات ویژه خواهند بود. با این وجود، بخش‌های موجود در این دستورالعمل ممکن است برای بخش‌هایی از هرگونه تاسیسات مشابه قابل استفاده بوده و در صورت لزوم بکار گرفته شوند.

۴- استانداردهای حداقل برای فضاهای درمانی جدید

این دستورالعمل به منظور ایجاد مبنایی برای برنامه ریزی و طراحی پروژه‌های جدید خدمات درمانی ارائه می‌گردد. بنابراین، استانداردهای مندرج در آن باید به عنوان حداقل معیارها برای طراحی و ساخت بیمارستان‌های ایمن و تاب آور در نظر گرفته شوند.

۵- تعاریف

تعاریف زیر برای تمامی بندهای این آیین نامه (راهنما) بکار برده می‌شود:

شرکت مهندسی مشاور معتبر: شرکت مهندسین مشاور که بر اساس ضوابط سازمان برنامه و بودجه کشور دارای صلاحیت لازم برای انجام خدمات مطالعات ساختمان‌ها و تاسیسات درمانی می‌باشد.

معیارهای پذیرش (Acceptance Criteria): معیارهای و مقادیر محدود کننده پارامترهای پاسخ سازه مانند تغییر مکان نسبی، مقاومت مورد نیاز و تغییر شکل پلاستیک که برای تعیین قابل قبول بودن هر عضو در سطح عملکرد مربوطه استفاده می‌شود.

عضو حساس به شتاب (Acceleration-Sensitive Component): عضوی غیر سازه‌ای که حساس و رفتار آن تحت تاثیر به شتاب سازه است و تحت تاثیر نیروی اینرسی (لختی) آسیب می‌بیند.

تلاش (Action): لنگر داخلی ، برش، پیچش، نیروی محوری، تغییر شکل، جابجایی یا دوران

گسل فعال (Active Fault): گسلی که به طور متوسط لغزش ۱ میلیمتردر سال یا بیشتر در تاریخ آن ثبت شده باشد و شواهدی بر فعالیت‌های لرزه‌ای مربوط به دوره زمین شناسی (۱۱۰۰۰ سال قبل) وجود داشته باشد.

احتمال فرا گذشت سالیانه ((Annual Exceedance Probability (AEP): احتمال فراگذشت سالیانه یا (احتمال وقوع سالیانه سیل) برابر با احتمال رخداد سیل با بزرگای مشخص در هر سال می‌باشد.

ادوات اتصال (Attachments): وسیله ای که اعضای غیر سازه‌ای و یا تکیه گاه‌های اعضای غیر سازه‌ای توسط سیستم باربر نیروی‌های لرزه‌ای ایمن شده یا به آنها متصل هستند. این ادوات اتصال شامل پیچ‌های تکیه گاهی، اتصالات جوشی و بست‌های مکانیکی هستند.

دیوار باربر (Bearing wall): هر دیواری که بیش از ۱.۵ کیلونیوتون بار قائِم علاوه بر وزن خود را تحمل میکند.

پیکر بندی ساختمان (Building configuration): ابعاد ، شکل و خصوصیات ساختمان؛ ابعاد ، شکل و محل قرارگیری اعضای سازه ای؛ نوع، سایز و محل اعضای غیر سازه ای.

تراز پایه (Base): ترازی از سازه که فرض می‌شود نیروهای افقی زلزله به آن وارد میگردد.

برش پایه (Base Shear): مجموع نیروهای جانبی زلزله که در ساختمان ایجاد می‌شود. این نیرو به صورت برش در تراز پایه اثر داده می‌شود.

فاضلاب بیولوژیکی (Biological waste): فاضلابی که در تماس و یا دارای باکتری و سایر عوامل بیماری زا، خون و مایعات بدن انسان است.

سیل مبنا (Base Flood-BF): سیلی که احتمال وقوع سالیانه آن ۱ درصد و یا احتمال فرا گذشت سالیانه (AEP) آن بیشتر از ۱ درصد در سال است؛ یا سیل ۱۰۰ ساله

تراز سیل مبنا (Base Flood Elevation-BFE): تراز سیل شامل ارتفاع موج که احتمال وقوع آن برابر یا بیشتر از ۱ درصد است ؛ یا تراز سیل مرتبط با سیل ۱۰۰ ساله

تراز سیل طرح: (Design Flood Elevation-DFE): تراز سیل طرح که برابر با تراز سیل مبنا است و یا برابر با تراز سیل طرحی که توسط تیم طراحی تعیین می‌گردد، هرکدام بزرگتر باشد. تراز سیل طراحی همیشه باید کمتراز تراز سیل مبنا بیشتر باشد .

سیل ساحلی(Coastal Flooding): تجمع آب یا سیلاب ساحلی (خلیج فارس ، دریای عمان و دریای خزر) که به دلیل طوفان، سیستم حاره ای، سونامی، و گاهی موج‌های ناشی از تند باد به وقوع می‌پیوندد.

اجزای غیر سازه ای(Nonstructural Component): اجزایی (سیستم معماری ، مکانیکی و یا الکتریکی) بیمارستان که به سازه اصلی متکی اند ولی در تحمل بار جانبی زلزله به آن کمک نمی کنند. متصل شده یا استقرار یافته است.

اجزای انعطاف پذیر(Flexible Component): اعضای غیر سازه‌ای که زمان تناوب آنها بیشتر از ۰.۰۶ ثانیه و یا فرکانس آنها کمتر از ۱۶.۷ هرتز باشد.

اجزای صلب (Rigid Component): اعضای غیر سازه‌ای که زمان تناوب غالب آنها کمتر از ۰.۰۶ ثانیه و یا فرکانس آنها بیشتر از ۱۶.۷ هرتز باشد.

اجزای مستحکم/ منسجم (Rugged Component): اعضای غیر سازه‌ای که عملکرد آنها در زلزله‌های پیشین و یا آزمایش‌های لرزه‌ای نشان داده که در اثر زلزله طرح و یا زلزله ای بزرگتر از آن که به درستی مهار شده و یا به تکیه گاه متصل شده باشد عملکرد مناسب داشته و یا همچان کارایی داشته باشد؛ مانند موتورهای AC ، کمپرسور و پمپ‌های افقی سوار شده بر پایه.

تلاش تغییر شکل-کنترل(Deformation-Controlled Action): تلاشی که با تغییر شکل همراه است و به عضو مورد بررسی اجازه می‌دهد از مقدار تسلیم فراتر برود.

اجزای حساس به تغییر شکل(Deformation-Sensitive Component): عضوی که به تغییر شکل وارد شده در اثر تغییر مکان جانبی و یا تغییر شکل سازه حساس باشد شامل تغییر شکل و یا انحنا در دیافراگم ها.

دیافراگم: کف ها، بام‌ها و یا سیستم‌های مهاربندی افقی یا تقریبا افقی که بار جانبی زلزله را به سیستم‌های قائم بار بر جانبی منتقل می‌کند.

رویداد سیل مشخص(Defined Flood Event): حداقل سطحی از حفاظت در برابر سیل است که باید برای ساختمان فراهم گردد.

پهنه ساحلی V (V-Zone،Coastal High Hazard Area): منطقه با خطر سیل خاص (سیل۱۰۰ساله) که از فرا ساحل به محدوده داخلی تل شنی ابتدایی رو برو در راستای خط ساحل و هر منطقه دیگری که در معرض موج‌های با سرعت بالا ناشی از طوفان و یا چشمه لرزه‌ای عمومیت داده می‌شود.

پهنه ساحلی A (Coastal A-Zone): منطقه ای با خطر سیل خاص (سیل ۱۰۰ ساله) که بخشی از پهنه ساحلیV به سوی خشکی و یا ساحل باز بدون پهنه ساحلی V به عنوان پهنه ساحلی A نامبرده می‌شود

میرایی(Damping): نرخ کاهش ارتعاش طبیعی سازه در اثر استهلاک انرژی

تراز سیل طراحی (Design Flood Elevation-DFE): تراز سیل طراحی با در نظر گیری ارتفاع موج که بستگی به تراز مشخص شده در نقشه خطر سیل دارد.

سیل طرح (Design Flood): سیل طرح، سیلی است با احتمال رخداد خاص که طراح باید در تحلیل خود بکار ببرد. بزرگترین مقدار ذکر شده در زیر سیل طراحی خواهد بود : ۱) سیل مبنا، که مناطق تشخیص داده شده به عنوان منطقه خطر سیل ویژه را مورد اثر قرار میدهد؛ ۲) سیل مربوط به مناطقی که به عنوان منطقه با خطر سیل در نقشه خطر سیل و یا در آیین نامه ای نشان داده شده است.

سیل مبنای طرح (Design-Basis Flood-DBF): سیلی است که در حفاظت در برابر سیل آن ساختگاه برای رعایت ایمنی و عملکرد هدف مبنا آن است.

جابجایی نسبی(Drift): این اصطلاح در طراحی لرزه‌ای استفاده می‌شود، تا خمیدگی افقی اعضای سازه را در پاسخ به نیروهای لرزه‌ای توصیف کند.

مرکز سختی (Center of rigidity): مرکز سختی نقطه ای است که چنانچه برایند نیروی برشی طبقه در ان نقطه وارد شود، طبقه تنها تغییر شکل جانبی انتقالی داشته باشد و هیچگونه پیچش در آن مشاهده نشود.

شکل پذیری (Ductility): ویژگی از سازه است که در آن اعضا در تمام یا قسمتی از طول خود بدون تغییر قابل ملاحظه‌ای در مقاومت قادر به قبول تغییر شکل‌های عمدتا پلاستیک می‌باشند.

وزن موثر لرزه‌ای (Effective Seismic Weight): وزن موثر ساختمان شامل مجموعه بارهای مرده و وزن کل ساختمان (سازه و دیوارها و تاسیسات ثابت) به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف که عملا در ایجاد نیروی اینرسی مشارکت می‌کنند. جدول ۳-۱ استاندارد ۲۸۰۰.

اورژانس (Emergency): شرایط تهدید کننده طبیعی یا انسان ساز که نیازمند اقدام سریع می‌باشد. اوژانس بیمارستان، محل ارایه خدمات فوریت‌های پزشکی است.

روش تحلیل استاتیکی معادل (Equivalent Lateral Force (ELF) Procedure): روش مورد استفاده در طراحی ساختمان که اجازه می‌دهد نیروهای طراحی متناسب با لرزه خیزی ساختگاه، نوع خاک ، سیستم‌های مختلف سازه‌ای و غیرسازه‌ای و مصالح مختلف درارتفاع‌های مختلف ساختمان و سکونت بسته به درجه اهمیت‌های مختلف در نظر گرفته شود.

میرایی موثر(Effective Damping): مقدار میرایی ویسکوز معادل مربوط به انرژی مستهلک شده توسط ساختمان و یا المان وابسته به آن در طول چرخه‌های پاسخ

سیل دشت(Floodplain): هر منطقه ای از زمین شامل آبگذر که به غرق شدگی پاره ای و یا کلی از هر چشمه ای حساس باشد.

دبی سیل (Flood Discharge-Q): پارامتر اصلی حادثه سیل است که به‌صورت حجم آب عبوری از سطح مقطع خاص (بر حسب متر مکعب بر ثانیه) در واحد زمان تعریف می‌شود: $Q = V.A$ که A سطح مقطع سیل و V متوسط سرعت سیل است.

دوام سیل(Flood Duration): پارامتری از سیل است که بیانگر مدت زمانی است که آب از سطح نرمال بالاتر قرار می‌گیرد.

تلاش کنترل شونده توسط نیرو(Force-Controlled Action): تلاشی که اجازه داده نمی شود نیرو در المان از مقاومت اسمی آن فراتر رود.

خدمت‌رسانی کامل (Full Operational): تمامی اعضا در بیمارستان بدون آسیب مانده و بیمارستان می‌تواند سرویس‌های معمول و اورژانسی خود را ارائه دهد.

جنبش قوی زمین (Strong Ground motion): ارتعاش ناشی از زلزله در سطح زمین. حرکات قوی زمین با پارامترهای تاریخچه زمانی شتاب زلزله تعریف می‌شوند.

خطر(Hazards): سوانح مانند زلزله و سیل یا آتش که پتانسیل ایجاد آسیب به بیمارستان را دارند.

بیمارستان: بیمارستان به عنوان نام عمومی برای تمامی مراکز پزشکی درمانی از هر نوع و اندازه ای استفاده می‌گردد که تعاریف انواع آن در بند ۱-۳ آورده شده است.

بار هیدرودینامیکی(Hydrodynamic load): نیروهای هیدرودینامیکی نیروهای ایجاد شده توسط جریان آب در مقابل و یا در کنار ساختمان و یا نیروهای ضربه ای امواج یا ضربه اشیاء همراه سیل.

سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر(High-performance structural systems): سیستم‌های سازه‌ای که عملکردی بالاتر از سیستم‌های سازه‌ای متداول دارند. اینگونه سیستم‌ها شامل جداسازهای لرزه ای، سیستم‌های اتلاف انرژی، سیستم‌های گهواره ای و نظایر آن می‌باشند.

ضریب اهمیت(I): ضریبی که برای تعیین درجه اهمیت و میزان خطرپذیری قابل پذیرش به ساختمان نسبت داده می‌شود.

زمین لغزش(Landslides): لغزش خاک یا سنگ بر روی زمین‌های شیب دار

روانگرایی(Liquefaction): حالتی از زمین‌های ماسه ای نا متراکم و یا سست دانه اشباع شده که در اثر زلزله با کاهش شدید مقاومت باربری و نشست زیاد روبرو می‌شود.

سطح عملکرد سازه‌ای قابلیت استفاده بی وقفه (S-Immediate Occupancy Structural Performance Level 1): سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکرده و استفاد هی بی وقفه از آن ممکن باشد

سطح عملکرد سازه‌ای خرابی محدود (Damage Control Structural Performance Level-S-2): سطح عملکردی است که اجزای سازه‌ای پس از زلزله عملکردی بین سطح عملکرد سازه‌ای ایمنی جانی (S-3) و سطح عملکرد سازه‌ای خدمت‌رسانی بی وقفه (S-1) داشته باشد.

سطح عملکرد سازه‌ای ایمنی جانی (Life Safety Structural Performance Level،S-3): سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، آسیب در سازه ایجاد شود، اما میزان آسیب‌ها به اندازه ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود.

سطح عملکرد غیرسازه‌ای خدمت‌رسانی بی وقفه (Operational Nonstructural Performance Level،N-A): سطح عملکردی است که پیش بینی شود اجزای غیرسازه ای در اثر زلزله محتمل دچار آسیب بسیار جزیی شوند، به گونه ای که خدمت‌رسانی ساختمان به طور پیوسته انجام شود.

سطح عملکرد غیرسازه‌ای حفظ موقعیت (Position Retention Nonstructural Performance Level،N-B): سطح عملکردی است که پیش بینی شود که در آن اعضای غیر سازه‌ای در محل قرار گیری خود به گونه ای حفظ شده اند که از آسیب‌های ایجاد شده مانند سقوط، واژگونی و شکستن اتصالات مورد استفاده جلوگیری به عمل می‌آید.

سطح عملکرد غیر سازه‌ای ایمنی جانی (Life Safety Nonstructural Performance Level،N-C): سطح عملکردی است که در آن پس از زلزله اعضای غیر سازه‌ای ممکن است آسیب ببینند اما ایمنی جانی را به خطر نمی اندازد.

روش دینامیکی خطی (Linear Dynamic Procedure،LDP): روش دینامیکی که در آن از مدل سازی خطی سازه استفاده شده و می‌تواند برحسب روش تحلیل مودال بر مبنای طیف پاسخ و یا روش تحلیل تاریخچه زمانی دینامیکی خطی باشد.

روش استاتیکی خطی (Linear Static Procedure،LSP): روش تحلیل بار جانبی با استفاده از شبه نیروی جانبی

پایین ترین کف (Lowest floor): پایین ترین کف از ناحیه تعیین شده (شامل زیر زمین). محوطه محصور نشده و یا مقاوم در برابر سیل که تنها به عنوان پارکینگ وسایل نقلیه، محل دسترسی ساختمان و یا انبار در سطحی جز زیر زمین قرار داشته باشد، به عنوان پایین ترین کف ساختمان در نظر گرفته می‌شود.

قاب خمشی(Moment Frame): قابی است که در آن اتصالات تیر به ستون گیردار بوده و با تلاش‌های خمشی و برشی در برابر بار جانبی مقاومت می‌کند. قاب خمشی شامل سه نوع معمولی، متوسط و ویژه بوده و قاب خمشی ویژه بیشترین شکل پذیری را از خود نشان می‌دهد.

قاب مهاربندی شده فولادی(Steel Braced Frame): قابی است به شکل خرپای قائم که از آن برای مقاومت در برابر نیروی جانبی استفاده می‌شود.

قاب مهاربندی شده همگرا (Concentrically Braced Frame): قاب مهاربندی شده ای است که در ان امتداد اعضای مورب از محل تقاطع تیرها و ستون ها می‌گذرد.

قاب مهاربندی شده واگرا (Eccentrically Braced Frame): قاب مهاربندی شده ای است که در آن حداقل یکی از دو انتهای اعضای مورب در فاصله کمی از محل تقاطع تیر با ستون و یا تیر با عضو مورب دیگر، محور تیر را قطع می‌کند.

سیستم دوگانه: (Dual System): سیستمی است متشکل از قاب‌های خمشی ویژه یا متوسط همراه با دیوارهای برشی یا مهاربندها برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی. در این سیستم بخش عمده بارهای قائم بوسیله قابها تحمل شده و بارهای جانبی با مجموعه دیوارهای برشی و مهاربندها و قابها به نسبت سختی جانبی هر یک تحمل می‌شود.

قاب‌های فضایی(Space Frame): قاب سه بعدی که دارای تیر و ستون است.

دیوار غیر باربر(Nonbearing Wall): هر نوع دیواری که دیوار باربر نباشد.

دیوار غیر سازه ای(Nonstructural Wall): دیواری که باربر و یا دیوار برشی نباشد.

ساختگاه حوزه-نزدیک (Near-Fault Sites): ساختگاهی با فاصله کمتر از ۱۵ کیلومتر از گسل فعالی که توان ایجاد لرزه‌ای با بزرگای ۷ یا بیشتر را داشته باشد یا فاصله‌ای کمتر از ۱۰ کیلومتر از گسل فعالی که توان ایجاد لرزه‌ای با بزرگای ۶ یا بیشتر را داشته باشد.

مالک: هر شخص، موسسه، شرکت و یا سازمانی که دارای منافع قانونی و مالی در یک بیمارستان باشد.

استهلاک انرژی غیرفعال(Passive Energy Dissipation): کاهش نیروی زلزله ساختمان با تعبیه دستگاه‌هایی برای مستهلک کردن نیروی زلزله به شکل کنترل شده با استفاده از مستهلک‌کننده‌هایی که به طور خاص برای این هدف جا نمایی شده‌اند.

حداکثر شتاب زمین (PGA،Peak Ground Acceleration): بیشترین شتاب زمین که هنگام جنبش زمین ناشی از زلزله‌ها ایجاد میگردد.

اثر Δ-P (P-Delta Effect): اثرات ثانویه بر برش و لنگر خمشی اعضای سازه‌ای که به دلیل اعمال نیروی عمودی بر تغییر مکان افقی سازه که در اثر بارگذاری مختلف ایجاد شده است گفته میشود.

اجزا اصلی(Primary Component): اجزایی هستند که برای تحمل بار جانبی جهت رسیدن به سطح عملکرد موردنظر نیاز میباشند.

حداکثر بارش محتمل (PMP،Probable Maximum Precipitation): حداکثر بارش محتمل است که در برنامه‌ریزی، طراحی و ارزیابی ریسک سازه‌های هیدرولیکی با خطر بالا استفاده می‌گردد

حداکثر سیل محتمل(PMF،Probable Maximum Flood): بیشترین مقدار بارش محتمل بر حسب میلیمتر که ممکن است باعث وقوع سیل در هر مکان و یا دوره زمانی بر اساس ملاحضات هواشناسی و هیدرولوژی شود.

اجزا غیر اصلی (Secondary Component): اجزایی هستند برای تحمل بار جانبی جهت رسیدن به سطح عملکرد موردنظر، نیاز نمیباشند، میتوانند به عنوان اعضای غیراصلی در نظر گرفته شوند

بازیابی (Recovery): مراحل مختلف برای برگشت بیمارستان به حالت عادی پس از وقوع سانحه شامل ترمیم و تعمیر، بهسازی و حتی بازسازی دوباره

طیف پاسخ (Response spectrum): مکان هندسی حداکثر پاسخ (شتاب، سرعت و تغییر مکان) سیستم‌های یکدرجه آزاد با میرایی مشخص و زمان تناوب طبیعی مختلف.

نیروهای لرزه ای(Seismic Forces): نیروهای در نظر گرفته شده توصیف شده در این قسمت که مربوط به پاسخ سازه در مقابل جنبش زمین است که برای طراحی سازه و اعضای آن استفاده می‌گردد.

جداساز لرزه ای(Seismic isolation): مفهومی در طراحی که با جدا کردن زیر سازه‌های ساختمان و تغییر مشخصات دینامیکی سازه، جنبش ناشی از زلزله را می‌کاهد.

منطقه خطر سیل ویژه(Special Flood Hazard Area): بخشی از پهنه سیل که در معرض وقوع سیل با احتمال ۱ درصد و یا بیشتر در هر سال قرار می‌گیرد.

سطح خطر لرزه‌ای ۱(Seismic Hazard Level-1): معادل سطحی از جنبش زمین است که احتمال فراگذشت آن در۵۰ سال ۱۰درصد باشد. این سطح خطر معادل دوره بازگشت ۴۷۵ سال است.

سطح خطر لرزه ای۲ (Seismic Hazard Level-2): معادل سطحی از جنبش زمین است که احتمال فراگذشت آن در۵۰ سال ۲درصد باشد. این سطح خطر معادل دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال است.

مخزن و یا تانک‌های مهار شده(Self-Anchored Tanks or Vessels): مخزن و یا تانکی که تحت لنگر واژگونی طراحی خود بدون نیاز به مهارهای دینامیکی در برابر نیروی بلندشدگی (uplift) مقاومت کند.

طبقه نرم: طبقه ای است که سختی جانبی آن کمتر از ۷۰٪ سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰٪ متوسط سختی‌های سه طبقه روی خود باشد.

طبقه خیلی نرم: طبقه ای است که سختی جانبی آن کمتر از ۶۰٪ سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۷۰٪ متوسط سختی‌های سه طبقه روی خود باشد.

طبقه ضعیف: طبقه ای است که مقاومت جانبی آن کمتر از ۸۰٪ مقاومت جانبی طبقه روی خود باشد.

طبقه خیلی ضعیف: طبقه ای است که مقاومت جانبی آن کمتر از ۶۵٪ مقاومت جانبی طبقه روی خود باشد.

برش: نیرویی که موجب می‌شود بخشی از مصالح در کنار هم در جهات مخالف بلغزند.

دیوار برشی: دیواری است نیروهای جانبی افقی را تحمل کرده و به شالوده منتقل می‌کند.

شتاب طیفی(Spectral Acceleration): بیشینه شتاب تجربه شده توسط سازه‌های یکدرجه آزاد با زمان تناوب‌های مختلف و میرایی مشخص.

سختی: صلبیت و یا مقاومت در برابر تغییر شکل و یا تغییر مکان جانبی. معیاری از تغییر شکل و یا ماندن در یک موقعیت خاص در سطح مشخصی از تنش.

سختی طبقه: مجموع سختی اعضای باربر جانبی طبقه.

تغییر مکان نسبی طبقه (دریفت طبقه): تغییر مکان جانبی کف یک طبقه نسبت به تغییر مکان جانبی کف طبقه پایین‌تر از آن.

نسبت تغییر مکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دریفت طبقه): تغییر مکان جانبی نسبی طبقه تقسیم بر ارتفاع طبقه.

برش طبقه: مجموع نیروهای طراحی جانبی لرزه‌ای در تراز بالای طبقه مورد نظر.

مدل‌سازی سازه: مدل ریاضی سازه که با هدف تعیین نیروهای اعضا و تغییر شکل ایجاد شده ناشی از بارگذاری و هرگونه تغییر شکل یا اثر پی دلتا اعمال شده به سازه ساخته می‌شود.

فرا ظرفیت (Surge Capacity): توانایی افزایش ناگهانی و دستیابی به ظرفیتی بیش از وضعیت عادی برای ایجاد، اجرا یا مستقر کردن یک قابلیت و توانایی خاص در پاسخ به افزایش ناگهانی نیازهای به وجود آمده ناشی از وقوع سوانح طبیعی. این یک معیار مهم از تاب آور بودن و آمادگی اورژانسی بیمارستان است که باید قبل از وقوع سانحه در برنامه‌ریزی‌ها لحاظ گردد.

پیچش: چرخش حول یک محور. به دلیل عدم قرارگیری مرکز جرم و مرکز نیروهای وارد شده به اعضای باربر ساختمان، دوران یا پیچش در صفحه و تمرکز تنش به وجود می‌آید. تقارن در حالت کلی موجب کاهش پیچش می‌گردد.

سونامی (Tsunami): موج بزرگ غیرمعمول دریا که به دلیل حرکات صفحات زیر اقیانوسی زمین و یا فوران آتشفشانی به وجود می‌آید.

نماها (Veneers): روسازی و تزئینات آجری، بتنی ، سنگ‌های قیمتی، سفالی و یا مصالح شبیه به آن که به پشت بند متصل شده است.

صعوبت سفر (Travel Impedance): صعوبت سفر شاخصی است که توضیح می دهد رسیدن از یک مکان به مکان دیگر چقدر دشوار است. صعوبت سفر معمولاً به صورت زمان سفر، مسافت سفر، هزینه های سفر یا ترکیبی از آنها به نام هزینه‌های تعمیم‌یافته محاسبه می شود.

۶–نشانه‌ها و علائم

w = وزن موثر لرزه‌ای شامل کل بار مرده قابل اعمال و بخشی از سایر بارهای ثقلی

$Sa(T,\beta)$ = شتاب طیفی طراحی در زمان تناوب اصلی (T) با نسبت میرایی (β) به ساختمان در جهت مورد بررسی

I = ضریب اهمیت بیمارستان

R_u = ضریب اصلاح رفتار بیمارستان

F_x = نیروی لرزه‌ای جانبی به وجود آمده در هر تراز ساختمان

W_i = بخشی از وزن لرزه‌ای سازه (W) قرار گرفته یا برآورد شده در تراز i م

W_x = بخشی از وزن موثر لرزه‌ای سازه (W) قرار گرفته یا برآورد شده در تراز x م

h_i = ارتفاع از تراز پایه تا تراز i

h_x = ارتفاع از تراز پایه تا تراز x

k = پارامتر مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان

C_d = ضریب افزایش تغییر شکل داده شده در جدول ۵-۱

δ_{xe} = تغییر شکل تعیین شده توسط تحلیل ارتجاعی

δ_x = تغییر شکل در تراز x برای محاسبه تغییر مکان نسبی طراحی طبقه

DCR = نسبت نیاز به ظرفیت اعضای سازه‌ای یا اجزا

Q_{UD} = نیروهای به وجود آمده بر اثر بارهای ثقلی و نیروهای زلزله

Q_{CE} = نیروی مورد انتظار اعضا

Q_{CS} = مقاومت مشخصه برای المان‌های بتنی محاسبه شده از فصل ۹ مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان‌های ایران با استفاده از مقاومت حداکثر و برای المان‌های فولادی محاسبه شده است از فصل ۹ مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان‌های ایران با استفاده از روش LRFD

F_Q = ضرایب برای به دست آوردن مقاومت مورد انتظار از مقاومت مشخصه

V = نیروی برش پایه لرزه‌ای در جهت افقی سازه

C_m = ضریب جرم موثر برای استفاده در ضرایب مشارکت جرم مودهای بالاتر به دست آمده از جدول ۵-۴

C_1 = ضریب اصلاح برای ارتباط دادن حداکثر جابجایی غیرخطی مورد انتظار به حداکثر جابجایی خطی محاسبه شده برای پاسخ خطی ارتجاعی

F_a = ضریب طیفی وضعیت خاک ساختگاه

T = زمان تناوب اصلی سازه در جهت مورد نظر شامل اصلاحات لازم برای اثرات اندرکنش خاک و سازه اگر در نظر گرفته شده باشد.

μstrength = نسبت مقاومت ارتجاعی مورد نیاز به ضریب مقاومت تسلیم

μmax = نسبت مقاومت حداکثر

Δ_d = تغییر مکان متناظر با حداکثر برش پایه

Δ_y = تغییر مکان در مقاومت تسلیم موثر

V_e = ظرفیت برش پایه ارتجاعی

T_e = زمان تناوب (Te) موثر در جهت مورد نظر

T_i = زمان تناوب اصلی ارتجاعی بر حسب ثانیه در جهت مورد نظر محاسبه شده از طریق تحلیل دینامیکی خطی

K_e = سختی جانبی ارتجاعی سازه در جهت مورد نظر

δ_t = سختی موثر جانبی سازه (δt) در جهت مورد نظر

S_a = شتاب طیفی با واحد متر بر مجذور ثانیه یا سانتی متر بر مجذور ثانیه

C_0 = ضریب اصلاح پاسخ برای ارتباط تغییر مکان طیفی سیستم تک درجه آزاد به تغییر مکان بام ساختمان با سیستم چند درجه آزاد

C_1 = ضریب اصلاح پاسخ

m = ضریب اصلاح ظرفیت عضو برای در نظر گیری شکل پذیری مورد انتظار مربوط به تلاش در سطح عملکرد انتخاب شده ساختمان

Q_D = تلاش ناشی از بار مرده

Q_L = تلاش ناشی از بار زنده

Q_S = تلاش ناشی از بار برف موثر

Q_G = تلاش ناشی از بارهای ثقلی

Q_E = تلاش ناشی از پاسخ به سطح خطر لرزه‌ای انتخاب شده

Q_{UD} = تلاش کنترل شونده توسط تغییر شکل ناشی از بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای

Q_{CE} = مقاومت مورد انتظار اعضای با تلاش کنترل شونده توسط تغییر شکل در حد تغییر شکل مورد نظر

Q_{CL} = مقاومت کرانه پایین از تلاش کنترل شونده توسط نیرو عضوی در سطح تغییر شکل مورد نظر

Q_{UF} = تلاش کنترل شونده توسط نیرو ناشی از بارگذاری ثقلی و بارگذاری لرزه ای

χ = ضریبی برای تطبیق تلاش ناشی از پاسخ سازه در سطح عملکرد انتخاب شده

J = ضریب کاهش انتقال نیروی بزرگتر و یا برابر با ۱

d_h = عمق سربار معادل بر روی تراز آب کنار ورودی تراز زمین

V = سرعت متوسط آب

g = شتاب ناشی از گرانش زمین

a = ضریب کشش یا ضریب شکل برابر با ۱/۲۵

H_b = ارتفاع موج شکننده

d_s = عمق آب ایستا

F_D = نیروی خالص موج سیل بر حسب کیلو نیوتن

γ_w = وزن واحد آب ، ۸.۹ کیلو نیوتون بر متر مکعب برای آب تازه و ۰۵.۱۰ کیلو نیوتن بر متر مکعب برای آب شور

C_D = ضریب کشش موج شکننده برابر با ۱.۷۵ برای شمع‌های و یا ستون‌ها دایره ای و برابر با ۲.۲۵ برای شمع‌ها و یا ستون‌های مربع

D = قطر شمع یا ستون‌ها برای مقاطع دایره ای و برای ستون و شمع‌های مربع شکل ۱.۴ برابر عرض شمع یا ستون

F_t = این نیروی واحد طول موج شکننده خالص همچنین به عنوان شکر ضربه و نیروی شدید موج وارد شده در اطراف تراز آب را نیز شناخته می‌شود

C_P = ضریب فشار دینامیکی برای بیمارستان ۳/۵ در نظر گرفته شده است

F_{nv} = جزء افقی نیروی موج شکننده

α = زاویه عمودی میان صفحه غیر عمودی و افق

F_{oi} = مولفه افقی نیروی شکننده که به طور مایل وارد میشود

S = بار برف تعریف شده طبق مبحث ششم مقررات ملی

R = بار باران تعریف شده طبق مبحث ششم مقررات ملی

L_r = بار زنده بام تعریف شده طبق مبحث ششم مقررات ملی

D = بار مرده تعریف شده طبق مبحث ششم مقررات ملی

L = بار زنده تعریف شده طبق مبحث ششم مقررات ملی

K_M = سختی موثر سیستم جدا شده (K_M) در تغییر مکان حداکثر (D_M)

β_M = میرایی سیستم جدا شده در تغییر مکان حداکثر

$\sum E_M$ = انرژی کلی تلف شده طی یک چرخه کامل از پاسخ در تغییر مکان حداکثر

$\sum |F^+{}_M|$ = مجموعه قدر مطلق نیروها در تغییر مکان مثبت برابر با تغییر مکان مثبت برای تمامی جداسازها طراحی سازه بر روی تراز جداساز و تغییر مکان طراحی دستگاه جداساز

$\sum |F^+{}_M|$ = مجموعه قدر مطلق نیروها در تغییر مکان مثبت برابر با تغییر مکان منفی برای تمامی جداسازها طراحی سازه بر روی تراز جداساز و تغییر مکان طراحی دستگاه جداساز

θ_y = تغییر مکان نسبی تسلیم روسازه نسبت به ارتفاع معادل روسازه در روش تحلیل مبتنی بر تغییرمکان مستقیم

H_e = ارتفاع معادل سازه

W_j = وزن کف jم

H_e = ارتفاع کف jم

Δ_j = جابجایی تسلیم هر کف

T_e = زمان تناوب معادل سازه در تغییر مکان بیشینه (Δd) محاسبه شده از طریق ارتفاع معادل سازه He

R_β = ضریب اصلاح برای تصحیح طیف تغییر مکان غیر ارتجاعی از طیف طراحی ارتجاعی

β_M = میرایی ویسکوز معادل جداساز توصیف شده در بخش ۲-۱۰-۱-۶

S_{de} = طیف تغییر مکان طراحی برای نسبت میرایی ۵ درصد

$\Delta_{d,s}$ = تغییر مکان طراحی روسازه در سازه جداسازی شده

$\Delta_{d,is}$ = تغییر مکان طراحی دستگاه جداساز

β_s = میرایی ویسکوز معادل روسازه

β_i = میرایی ویسکوز معادل دستگاه جداساز

D_M = تغییرمکان بیشینه مرکز سطح تراز جداسازی در امتداد مورد نظر

S_{a1} = شتاب طیفی در زمان تناوب و میرایی ۵ درصد

T_M = زمان تناوب موثر سازه جداسازی شده در تغییر مکان DM در امتداد مورد نظر

B_M = نسبت میرایی تطبیق دهنده ضریب برای میرایی مؤثر سیستم جداساز در تغییرمکان DM

k_M = سختی موثر تسلیم جداساز در تغییر مکان حداکثر

D_{TM} = تغییر مکان حداکثر کل یک عضو از سیستم جدا ساز

D_M = تغییر مکان حداکثر در مرکز صلبیت سیستم جداساز در جهت مورد نظر

y = فاصله بین مرکز صلبیت سیستم جداساز عضو مورد نظر محاسبه شده به صورت عمود بر جهت بارگذاری لرزه‌ای در جهت مورد نظر

e = خروج از مرکزیت واقعی محاسبه شده در صفحه بین مرکز جرم سازه بالای صفحه جداساز و مرکز صلبیت سیستم جداساز

b = کوتاه‌ترین بعد پلان سازه عمود بر بعد d

d = بلندترین بعد سازه در پلان

P_T = نسبت زمان تناوب انتقالی موثر سیستم جداساز به زمان تناوب پیچشی سیستم جدا سازی که از طریق تحلیل دینامیکی محاسبه می‌گردد

x_i = فاصله افقی جداساز i م از مرکز جرم در راستای افقی محور x سیستم جداساز

y_i = فاصله افقی جداساز i م از مرکز جرم در راستای قائم محور y سیستم جداساز

N = تعداد جداسازها

r = شعاع دوران سیستم جداساز برابر با $\left((b^2+d^2)/12\right)^{1/2}$ برای جداساز با سطح مربعی و ابعاد b در d

V_b = نیروی جانبی لرزه‌ای حداقل سیستم جداساز، پی و تمامی اعضای سازه‌ای زیر سیستم جداساز با استفاده از الزامات مناسب برای سازه بدون جداساز

V_s = نیروی طراحی جانبی لرزه‌ای کل یا برش روی اعضای بالای تراز پایه

R_I = ضریب عددی مرتبط به نوع سیستم باربر لرزه‌ای بالای سیستم جداساز

V_{st} = نیروی طراحی جانبی لرزه‌ای کل کاهش نیافته یا برش اعضا بر روی تراز پایه با استفاده از مشخص کردن ویژگی‌های کران بالا و کران پایین سیستم جداساز

W = وزن موثر لرزه‌ای سازه بر روی میان صفحه‌ی (صفحه رابط) جداساز

W_s = وزن موثر لرزه‌ای بر روی صفحه جداساز به استثناء وزن لرزه‌ای موثر تراز پایه

F_1 = نیروی جانبی لرزه‌ای وارد بر اولین تراز روی جداساز (تراز پایه)

F_x = نیروی جانبی لرزه‌ای در تراز x، (x>1)

T_{fb} = زمان تناوب ارتجاعی سازه بالای صفحه جداساز با در نظرگیری شرایط گیرداری پایه با استفاده از آنالیز مودال

R_I = ضریب عددی مرتبط با نوع سازه باربر لرزه‌ای روی سیستم جداساز

T = زمان تناوب ارتجاعی سازه بالای صفحه جداساز با در نظرگیری شرایط گیرداری در پایه

λ_{max} = ضریب اصلاح خاصیت (λ) حداکثر سیستم جداساز

λ_{min} = ضریب اصلاح خاصیت (λ) حداقل سیستم جداساز

$\lambda_{(ae, max)}$، = ضریب نمایانگر پراکندگی‌های محتمل در مشخصات میراگر بیشتر از مقادیر اسمی ایجاد شده به دلیل گذشت زمان و اثرات محیطی؛ این ضریب حاصلضرب کلیه ضرایب مربوط به اثرات گذشت زمان و اثرات محیطی است .

$\lambda_{(ae, min)}$، = ضریب نمایانگر پراکندگی‌های محتمل در مشخصات میراگر بیشتر از مقادیر اسمی ایجاد شده به دلیل گذشت زمان و اثرات محیطی؛ این ضریب حاصلضرب کلیه ضرایب مربوط به گذشت زمان عمر و اثرات محیطی است .

$\lambda_{(test, max)}$، = ضریب نمایانگر پراکندگی‌های محتمل در مشخصات میراگر بیشتر از مقادیر اسمی ایجاد شده به دست آمده از تست نمونه اولیه ؛ این ضریب حاصلضرب کلیه ضرایب مربوط به اثرات آزمایشگاهی است.

$\lambda_{(test, min)}$، = ضریب نمایانگر پراکندگی‌های محتمل در مشخصات میراگر کمتر از مقادیر اسمی ایجاد شده به دست آمده از تست نمونه اولیه ؛ این ضریب حاصلضرب کلیه ضرایب مربوط به اثرات آزمایشگاهی است.

$\lambda_{(spec, max)}$، = ضریب معرف پراکندگی مجاز در مشخصات ساخت میراگرهای بالاتر از مقادیر اسمی.

$\lambda_{(spec, min)}$، = ضریب معرف پراکندگی مجاز در مشخصات ساخت میراگرهای پایین تر از مقادیر اسمی.

βeff = میرایی موثر سازه که حاصل جمع میرایی ویسکوز سازه در مورد ارتعاش غالب و میرایی ذاتی سازه.

V_m = برش پایه مودال مربوط به مود m ام ارتعاش سازه در جهت مورد نظر

$\overline{W}_m$ = وزن موثر لرزه‌ای مود i م ارتعاش سازه

φ_{im} = دامنه تغییر مکان تراز i م سازه مورد ارتعاش سازه در جهت مود نظر نرمال شده به واحد در تراز بام

F = نیروی دستگاه میراگر وابسته به تغییر مکان برای ارزیابی پاسخ دستگاه میراگر وابسته به تغییر مکان بدست آمده از داده‌های آزمایشگاهی

K(D) = سختی وابسته به تغییر مکان

D = تغییر مکان نسبی بین دو انتهای سیستم میراگر

C = ضریب میرایی برای دستگاه میراگر ویسکوالاستیک

$\dot{D}$ = تغییر سرعت نسبی بین دو انتهای هر دستگاه میراگر

C_0 = ضریب میرایی برای دستگاه میراگر

sgn = تابع علامت که در این مورد علامت عبارت نسبت سرعت نسبی را تعیین می‌کند

α = مولفه سرعت دستگاه میراگر

F_p = نیروی طراحی لرزه‌ای افقی اجزائ غیر سازه‌ای

a_p = ضریب بزرگنمایی اجزائ غیر سازه‌ای که مقادیر آن متغییر بین ۱ برای اتصالات صلب و مقدار ۲.۵ برای اتصالات انعطاف پذیر است

I_p = ضریب اهمیت اجزائ غیر سازه‌ای بیمارستان

R_p = ضریب اصلاح پاسخ اعضا که از ۱ تا ۱۲ برای اجزائ غیر سازه‌ای مختلف تعریف شده است

z = ارتفاع سازه درنقطه اتصال جزء غیر سازه‌ای نسبت به تراز پایه سازه

h = متوسط ارتفاع بام سازه نسبت به تراز پایه سازه

a_i = شتاب حداکثر در تراز iم (کف) سازه؛ محاسبه شده از طریق تحلیل مودال دینامیکی سازه

A_x = ضریب بزرگنمایی پیچشی (1<Ax<3)

δ_{max} = تغییر مکان حداکثر (بر حسب میلیمتر) در تراز x محاسبه شده با فرض Ax برابر ۱

δ_{avg} = تغییر مکان متوسط (بر حسب میلیمتر) در دورترین نقطه سازه در تراز x محاسبه شده با فرض Ax برابر ۱

A_{ix} = شتاب کف برای مود x در تراز iم طبقه iم

p_{ix} = ضریب مشارکت مود xم در تراز iم سازه محاسبه شده از طریق آنالیز مودال

S_{ai} = شتاب طیفی برای مود x در تراز iم سازه محاسبه شده از طریق آنالیز مودال

DAF = ضریب بزرگنمایی دینامیکی به عنوان تابعی از نسبت زمان تناوب اعضا (Tp) به زمان تناوب مودال سازه (Tx)

T_p = پریود اصلی جزء غیر سازه ای

W_p = وزن جزء غیر سازه ای

K_p = سختی ترکیبی اعضا، تکیه گاه‌ها و الحاقات که با تغییر شکل واحد در اثر بارگذاری در مرکز ثقل اعضا تعیین شده است.

D_p = جابجایی جزئ غیر سازه‌ای تعیین شده بر اساس نوع الحاقات جزء غیر سازه‌ای به سازه

Δ_{ar} = حد جابجایی نسبی میان طبقه مجاز تعریف شده در جدول ۷-۴ برای تعداد طبقات و انواع بیمارستان

δ_{xa} = تغییر شکل در تراز x در سازه A

δ_{ya} = تغییر شکل در تراز y در سازه A

δ_{yb} = تغییر شکل در تراز y در سازه B

h_x = ارتفاع تراز x که تکیه‌گاه بالای جزء در آن واقع شده‌است.

h_y = ارتفاع تراز y که تکیه‌گاه بالای جزء در آن واقع شده‌است.

L = طول معین میله میان مهره‌ها یا صفحه‌های رزوه شده بر حسب میلیمتر

d = قطر میله بر حسب میلی متر

D_{pi} = تغییر مکان لرزه‌ای نسبی که اتصالات برای آن طراحی شده اند، بر حسب میلیمتر

$D_{fallout}$ = تغییر مکان لرزه‌ای نسبی که در آن شیشه‌ها از دیوار نما، دیوارهای خارجی، و یا جداکننده‌ها به بیرون پرتاب می‌شوند.

δ_{mpv} = تغییر مکان پنل‌ها نسبت به لبه هر بام یا مبدا و هر گیره دیگر که مانع از لغزش بر روی صفحه بام میشوند.

فصل اول

ملاحظات عمومی و اهداف عملکردی

۱-۱- اهداف

باتوجه به نقش حیاتی بیمارستان‌ها، تسهیلات ساختمان‌های بیمارستان و مراکز درمانی (که از این پس در طی این دستورالعمل "بیمارستان" نامیده می‌شود) باید در زمان عادی عملکردی ایمن داشته باشند و در مواقع اضطراری یا در حین و پس از وقوع سانحه بدون ایجاد اختلال اساسی به عملکرد خود ادامه دهند. بنابراین، اهداف این دستورالعمل ارائه راهنمایی برای برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان‌های ایمن و تاب‌آور به شرح زیر است:

۱. از یکپارچگی ساختمان، تجهیزات و سیستم‌های حیاتی بیمارستان‌ها محافظت کند.
۲. از عملکرد بیمارستانها به عنوان عنصر اصلی سیستم بهداشتی و اجتماعی گسترده تر برای مدیریت خطرات اضطراری و سوانح طبیعی اطمینان حاصل کند.
۳. امکان ادامه کار بیمارستان‌ها و فراهم کردن سطح مناسب و پایدار مراقبت‌های بهداشتی در حین و پس از مواقع اضطراری و وقوع سوانح طبیعی را فراهم نماید.
۴. از بهداشت کارکنان و بیماران محافظت نماید.

۱-۲- حدود کاربرد

این دستورالعمل، راهنمای مکمل مقررات ملی ساختمان ایران، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای جاری کشور می‌باشد که باید برای طراحی بیمارستان‌های جدید مورد استفاده قرارگیرد. این دستورالعمل یک رویکرد ساختاری برای اطمینان از ایمنی و تاب آوری بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی و درمانی برای خطرات احتمالی ناشی از سوانح طبیعی، بطور عمده زلزله، سیل و آتش سوزی ارائه می‌دهد. علاوه بر این، دستورالعمل توصیه‌های کلان کشوری را برای متخصصان، مسئولان و مالکان بیمارستان که برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان‌های جدید را انجام می‌دهند، مشخص می‌کند. نگرش این دستورالعمل به طراحی ایمن برای محتمل‌ترین خطراتی است که بیمارستان می‌تواند در برابر آن تحت تاثیر قرارگیرد. از این رو برای حصول اطمینان از عملکرد ایمن و تاب آور بیمارستان، راهکارهای طراحی اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای بیمارستان در برابر انواع سوانح طبیعی (زلزله و سیل به عنوان مهمترین سانحه طبیعی در کشور) و خطرات ناشی از آتش سوزی نیز ارایه شده است.

۱-۳- مبانی و اصول

۱-۳-۱- رویکرد برمبنای عملکرد

رویکرد کلی طراحی در این دستورالعمل مبتنی بر فلسفه طراحی بیمارستان‌ها بر اساس عملکرد است. این رویکرد تصمیم گیرندگان را برای انتخاب یک روش مناسب و بهینه برای طراحی بیمارستان ایمن و مقاوم رهنمود می‌کند. لازم است با طی فرایند طراحی براساس این رویکرد در طراحی بیمارستان‌ها با شناخت بهتر در زمینه موارد زیر اقدام به تعریف مبانی طراحی نمود:

- چگونگی عملکرد محتمل سیستم‌های ساختمانی بیمارستان تحت شرایط مختلف و وقوع سوانح و رویدادهای حدی.
- ابهامات ذاتی در کمیت فراوانی و بزرگی حوادث احتمالی.
- پاسخ‌های واقعی سیستم‌های ساختمانی و تأثیرات احتمالی عملکرد این سیستم‌ها بر عملکرد بیمارستان.
- مبنای تعیین ظرفیت و مبانی طراحی بیمارستان است.

برای دستیابی به این هدف در طراحی لرزه‌ای، اجزای سازه‌ای بیمارستان‌ها باید مطابق استاندارد ۲۸۰۰ طراحی اولیه شده، و سپس اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای طراحی شده باید سطوح عملکردی مندرج در بندهای ۵-۱ و ۶-۱ برای دو سطوح خطر لرزه‌ای مبنای طراحی و سایر خطرات احتمالی در محل بیمارستان را برآورده کنند. اهداف عملکردی باید مطابق با بند ۵-۱ با توجه به هر گروه بیمارستان با استفاده از سطح عملکرد سازه‌ای و غیر سازه‌ای و سطح خطر لرزه‌ای در نظر گرفته شود.

۱-۳-۲- گروه بیمارستان

با توجه به طبقه‌بندی مراکز درمانی در روش‌های متعارف در کشور و مفهوم طراحی و معیارهای عملکرد تعیین شده در این دستورالعمل، بیمارستان‌ها به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- گروه اول: بیمارستان‌های با ظرفیت بیش از ۳۰۰ تخت، که از آن‌ها به عنوان بیمارستان‌هایی سطح ملی نیز نام برده می‌شوند.
- گروه دوم: بیمارستان‌های با ظرفیت بین ۹۶ تا ۳۰۰ تخت، که از آن‌ها به عنوان بیمارستان‌های منطقه‌ای نیز نام برده می‌شوند.
- گروه سوم: بیمارستان‌های با کمتر از ۹۶ تخت، که به آن‌ها بیمارستان‌های محلی نیز گفته می‌شود.
- گروه چهارم: کلینیک‌ها و خانه‌های بهداشت.

تصمیم برای تعیین اینکه هر مجموعه درمانی به کدام گروه متعلق است باید بر اساس موارد ذیل باشد:

۱. اندازه بیمارستان (مساحت زیربنا یا تعداد تخت بیمارستانی)
۲. شرایط ساختمان بیمارستان، تعداد طبقات بیمارستان

۳. اهمیت بیمارستان در ساختار سیستم سلامت و بهداشت منطقه تحت پوشش (جمعیت منطقه تحت پوشش، ظرفیت بیمارستان، فاصله با سایر مراکز درمانی، شعاع پوشش، تعداد کارکنان بیمارستان، ظرفیت افزایش پیش‌بینی شده در صورت بروز سانحه)
۴. نوع تجهیزات پزشکی (هزینه کلی تجهیزات، حساسیت در تاسیسات پزشکی، وجود تجهیزات خاص مانند تجهیزات با مواد بسیار خطرناک شیمیایی، رادیواکتیو یا بیولوژیکی)

سایر شرایط و ویژگی‌های که در هماهنگی با سازمان برنامه و بودجه و کارفرمای پروژه تعریف گردد.

۱-۴- سطوح عملکرد بیمارستان‌ها

در این دستورالعمل اصطلاح "عملکرد" به وضعیت یک ساختمان پس از وقوع یک رویداد حدی طبیعی مورد نظر اشاره دارد. بر این اساس عملکرد یک سطح یا شدت آسیب مورد انتظار یا یک میزان مقاومت مشخص در برابر یک رویداد حدی مانند زلزله را نشان می‌دهد. بیمارستان‌ها به دلیل اهمیت، در هنگام بروز سوانح طبیعی باید بتوانند کارکرد خود را پس از وقوع رویداد حفظ کنند. در جدول ۱-۱ سطوح عملکرد لرزه‌ای بیمارستان‌ها شامل عملکرد اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای آنها ارائه شده است.

جدول (۱-۱): ترکیب عملکرد لرزه‌ای سازه‌ای و غیرسازه‌ای

سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای	سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای		
	S-1 **قابلیت استفاده بی وقفه**	**S-2** **کنترل آسیب**	**S-3** **ایمنی جانی**
N-A خدمت‌رسانی بی وقفه	A-1 خدمت‌رسانی بی وقفه	A-2	-
N-B ~~حفظ موقعیت~~ قابلیت استفاده بی وقفه	B-1 قابلیت استفاده بی وقفه	B-2	B-3
N-C ایمنی جانی	C-1	C-2	C-3 ایمنی جانی

۱-۴-۱- سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای

سطوح عملکرد سازه‌ای در این دستورالعمل شامل سه سطح به شرح زیر می‌باشد که مربوط به وضعیت آسیب لرزه‌ای برای اجزای سازه‌ای (مطابق با فصل ۵) است:

۱. سطح عملکرد سازه‌ای قابلیت استفاده بی وقفه (S-1)، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود در اثر زلزله محتمل، سختی و مقاومت اجزای سازه تغییر قابل توجهی نکرده و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد؛
۲. سطح عملکرد سازه‌ای ایمنی جانی (S-3)، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود در اثر زلزله محتمل، آسیب در سازه ایجاد شود، اما میزان آسیب به اندازه ای نباشد که منجر به تلفات جانی شود؛

۳. سطح عملکرد سازه‌ای خرابی محدود (S-2)، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود در اثر زلزله محتمل، آسیب در سازه به میزان محدود ایجاد شود، به گونه‌ای که پس از زلزله با انجام تعمیر بخش‌های آسیب دیده ادامه بهره‌برداری از بیمارستان به سادگی میسر باشد. این سطح عملکرد بین سطح عملکرد سازه‌ای ایمنی جانی (S-3) و سطح عملکرد سازه‌ای قابلیت استفاده بی‌وقفه (S-1) قرار می‌گیرد؛

۱-۴-۲- سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای

سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای بیمارستان شامل سه سطح به شرح زیر است که مربوط به وضعیت آسیب لرزه‌ای برای اجزای غیرسازه‌ای (مطابق با فصل ۷) است:

۱. سطح عملکرد غیرسازه‌ای خدمت‌رسانی بی‌وقفه (N-A)، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله محتمل دچار آسیب بسیار جزئی شوند به گونه‌ای که خدمت‌رسانی بیمارستان به طور پیوسته انجام شود؛

۲. سطح عملکرد غیرسازه‌ای حفظ موقعیت (N-B)، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که آسیب در اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله محتمل به حدی باشد که بلافاصله قابل استفاده نباشند اما با قرارگیری در مکانی امن از خطر سقوط، شکستن و یا برق‌گرفتگی در امان بمانند. نمونه‌هایی از اجزای غیرسازه‌ای برای دسترسی به ساختمان شامل: درب-ها، پله‌ها، آسانسورها، روشنایی اضطراری، سیستم اعلام و اطفای حریق است که باید پس از وقوع حادثه قابلیت خدمت‌رسانی داشته باشند؛

۳. سطح عملکرد غیرسازه‌ای ایمنی جانی (N-C)، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله محتمل خطر جدی برای ساکنین به وجود نیاورد.

۱-۴-۳- سطح عملکرد بیمارستان

سطح کلی عملکرد بیمارستان بر اساس ترکیب انواع گوناگون سطوح عملکرد سازه‌ای و غیرسازه‌ای تعریف می‌شود. این سطوح عبارتند از: خدمت‌رسانی بی وقفه (A-1)، قابلیت استفاده بی‌وقفه (B-1) و ایمنی جانی (C-3) که شرح آنها درذیل آمده و در جدول ۱-۲ نشان داده شده است.

۱-۴-۳-۱- سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه بیمارستان (A-1)

در این سطح عملکرد انتظار می‌رود که اجزای سازه‌ای بیمارستان خسارت اندکی داشته یا بدون خسارت باقی بمانند و اجزای غیرسازه‌ای بیمارستان دچار آسیب اندکی شده باشند. بیمارستان‌ها باید ظرفیت خدمت‌رسانی عادی را داشته و پس از وقوع زلزله قابل استفاده باشند. در این سطح عملکرد، اجزای سازه‌ای تغییرشکل‌های ماندگار ندارند و مقاومت و سختی اولیه خود را حفظ خواهند کرد. اجزای معماری آسیب اندکی داشته باشند. کلیه سیستم‌های بیمارستانی از مهمترین آنها تا سیستم‌های معمول باید عملکرد مناسبی داشته باشند. در تاسیسات برق، آب و کارکرد سایر سامانه‌های ضروری احتمال آسیب کم و قابل

چشم پوشی وجود دارد. خدمات مورد نیاز باید از منابع اضطراری قابل تأمین باشند. بیمارستانهایی که به این سطح عملکرد می‌رسند خطر جانی بسیار کمتری ایجاد می‌کنند. همچنین اغلب بیمارستان‌ها طبق توصیه ارائه شده در این دستورالعمل و در صورت تایید کارفرما باید در زلزله‌های خفیف و کوچک نیز از این سطح عملکردی برخوردار باشند.

۱-۴-۳-۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه بیمارستان (B-1)

در این سطح عملکرد انتظار می‌رود اجزای سازه‌ای بیمارستان دچار هیچگونه آسیبی نشده یا آسیب جزئی را تجربه کنند. و به اجزای غیرسازه‌ای فقط آسیب جزئی وارد شود. در این حالت، اجزای سازه‌ای نباید دارای تغییرشکل‌های ماندگار باشند و - باید مقاومت و سختی اولیه خود را حفظ کنند. بیمارستان پس از زلزله برای استفاده مجدد ایمن خواهد بود و شاید نیاز باشد تا امکانات حیاتی مانند برق و آب برای بازگشت عملکرد بیمارستان به حالت عادی، بررسی شده و مورد تعمیرات جزیی قرار گیرد. تجهیزات بیمارستان باید به طور کلی ایمن بمانند اما به دلیل کمبود توان الکتریکی یا آسیب داخلی در تجهیزات، ممکن است پس از وقوع زلزله عملکردی آنها مختل شود. احتمال دارد برخی از اجزای معماری (نما، پارتیشن، سقف و غیره) دچار ترک‌خوردگی شوند. آسانسورها و سیستم ضد حریق باید بعد از راه‌اندازی مجدد بخوبی کار کنند. خطر ایمنی جانی در این سطح از عملکرد بیمارستان بسیار ناچیز است.

۱-۴-۳-۳- سطح عملکرد ایمنی جانی بیمارستان (C-3)

در این سطح عملکرد انتظار می‌رود بیمارستان فرو نریزد، اما ممکن است به اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای آسیب جدی وارد شود. در این حالت، اجزای سازه‌ای ممکن است دچار تغییر شکل‌های ماندگار شده و سختی و مقاومتشان در طبقات کاهش یابد. قبل از راه‌اندازی مجدد بیمارستان لازم است برخی تعمیرات صورت گیرد که ممکن است از نظر اقتصادی غیر عملی باشند. در سطح عملکرد ایمنی جان بیمارستان، احتمال تلفات جانی کم است، ولی جراحات ممکن است جدی باشند که برای جلوگیری از مرگ و میر احتمالی نیاز به مراقبت‌های پزشکی تخصصی می‌باشد. معمولا بسیاری از صدماتی که برای افراد حاضر در بیمارستان رخ می‌دهد به عنوان تهدید جانی تلقی نشده چرا که افراد آسیب دیده را می‌توان با کمک‌های اولیه در ۲۴ ساعت بحرانی بیمار درمان کرد.

۱-۵- اهداف عملکردی

عملکرد بیمارستان ترکیبی از عملکرد هر دو مؤلفه سازه‌ای و غیرسازه‌ای است. براساس ارزیابی آسیب‌پذیری اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای بیمارستان و سیستم‌های مهم بحرانی و تسهیلات مختلف، ارزیابی عملکردی بیمارستان باید حداقل برای دو سناریوی زلزله انجام شود.

ارزیابی بیمارستان‌ها باید زمانی که یک یا چند سطح خطر به عنوان سطوح زلزله مورد انتظار در نظر گرفته می‌شوند، برای دستیابی به عملکرد هدف انجام شود. در این دستورالعمل چندین هدف عملکردی مطابق با نیازهای ویژه تعریف شده است.

اهداف عملکردی باید دربرگیرنده دو سطح خطر زلزله انتخاب شده (سطح خطر ۱ و ۲) با اهداف عملکردی مشخص سازه همراه باشد. همانطور که در جدول ۱-۳ نشان داده شده است، این دستورالعمل ماتریس مندرج در جدول ۱-۲ را برای عملکرد هر گروه از بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی توصیه می‌کند. در صورت نیاز به اهداف عملکردی بالاتر، معیارهای مربوط می‌تواند با پیشنهاد مشاور و تایید کارفرما تعیین شود.

جدول (۱-۲): سطوح آسیب و عملکرد ساختمان

	خدمت‌رسانی بی وقفه سطح (A-1)	**قابلیت استفاده بی وقفه سطح (B-1)**	**ایمنی جانی سطح (C-3)**
آسیب کلی	**خیلی خفیف**	**خفیف**	**متوسط**
اجزای سازه‌ای	نبود جابجایی نسبی دائمی در طبقات. حفظ قابل ملاحظه‌ی مقاومت و سختی. ترک‌های جزئی در نما، پارتیشن‌ها، و سقف و همچنین اجزای سازه‌ای. کلیه سیستم‌های مهم برای عملکرد عادی قابل بهره‌برداری هستند. ادامه کار و امکان استفاده از فضا بسیار محتمل است.	نبود جابجایی نسبی دائمی در طبقات. حفظ قابل ملاحظه‌ی مقاومت و سختی. احتمال ادامه خدمت‌رسانی.	باقی ماندن مقداری از مقاومت و سختی در همه طبقات. عملکرد اجزای باربر بار ثقلی. عدم شکست خارج از صفحه دیوارها. مقداری جابجایی نسبی دائمی در طبقات. آسیب به پارتیشن‌ها. عدم امکان ادامه خدمت‌رسانی پیش از انجام تعمیرات. تعمیر ساختمان به لحاظ اقتصادی به صرفه نیست.
اجزای غیرسازه‌ای	وقوع آسیب قابل اغماض. ژنراتور برق و سایر سیستم‌های خدمت‌رسان در دسترس	.ایمنی کلی تجهیزات و محتویات اما ممکن است به دلیل نقص مکانیکی یا عدم وجود امکانات جانبی مانند برق به درستی کار نکند. ایجاد ترک خوردگی در نما، پارتیشن‌ها، سقف و همچنین اجزای سازه‌ای. امکان استفاده مجدد از آسانسورها. فعال بودن سیستم محافظت در برابر حریق	خطرات سقوط، مانند جان پناه، کاهش یافته، اما بسیاری از سیستم‌های معماری، مکانیکی و الکتریکی آسیب دیده‌اند.

جدول (۱-۳): هدف عملکردی برای هر گروه از بیمارستان‌ها

گروه بیمارستانی	**اجزای بیمارستان**	**سطح خطر لرزه‌ای**	
		سطح خطر ۱، ۴۷۵ سال (۱۰٪ در ۵۰ سال)	**سطح خطر۲ ، ۲۴۷۵ سال (۲٪ در ۵۰ سال)**
گروه اول	سازه‌ای	S-1	S-2
	غیرسازه‌ای	N-A	N-B
گروه دوم	سازه‌ای	S-1	S-2
	غیرسازه‌ای	N-B	N-C
گروه سوم	سازه‌ای	S-1	S-3

	غیرسازه‌ای	N-B	N-C
گروه چهارم	سازه‌ای	S-2	S-3
	غیرسازه‌ای	N-C	N-C

فصل دوم

معیارهای عمومی برای انتخاب یک مکان ایمن

۲-۱- معیارهای عمومی و فرایند

انتخاب مکان و ساختگاه ایمن برای ساخت بیمارستان از مهمترین بخش برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان‌های ایمن و تاب آور است. توجه به ملاحظات لازم برای انتخاب مکان پروژه برای ایجاد کمترین میزان مواجهه با خطرات ناشی از سوانح طبیعی بخش مهمی از این مرحله است. فرآیند انتخاب مکان باید توسط یک تیم منتخب براساس یک فرآیند سه مرحله‌ای به شرح ذیل انجام شود که به صورت خلاصه در شکل ۲-۱ نیز نشان داده شده است. رعایت ضوابط و معیارهای مورد تایید سازمان برنامه و بودجه برای اجرای هر یک از گام‌های زیر ضروری است.

۱. مرحله ۱: نیاز سنجی برای ایجاد بیمارستان جدید

معیارهای تصمیم‌گیری در مورد تأسیس یک بیمارستان جدید می‌باید براساس اطلاعات زیر باشد:

- وجود امکانات شبکه بهداشت و درمان و استانداردهای بهداشتی و پزشکی کشور
- شرایط اجتماعی-اقتصادی و رفاهی جامعه هدف
- جمعیت شناسی و ظرفیت پیش‌بینی شده
- استراتژی پاسخگویی و مدیریت بحران سوانح کشور
- نظام سطح بندی و آمایش بیمارستان‌ها مطابق معیارها و ضوابط سازمان برنامه و بودجه

۲. مرحله ۲: انتخاب اولیه مکان(های) مناسب برای ایجاد بیمارستان جدید

پس از تایید نیاز به تأسیس بیمارستان بر اساس ارزیابی مثبت مطالعات مرحله ۱، مکان(های) بالقوه مناسب باید براساس معیارهای زیر انتخاب شوند:

- ساختار شهری و کاربری‌ها (جلد ۴ مقررات ملی ساختمان)
- سازگاری محل با اهداف عملکردی بیمارستان مورد نظر
- دسترسی آسان به مکان بیمارستان و دسترسی به راه های اضطراری تعیین شده (در صورت وجود)
- تأمین و خدمات زیرساخت‌های مورد نیاز (راه، شبکه آب و برق و مخابرات)

۳. مرحله ۳: انتخاب گزینه مکان ایمن بیمارستان

تعیین و انتخاب گزینه نهایی مکان بیمارستان بر اساس میزان مواجهه با خطرات طبیعی و انسان ساز محتمل، شرایط محیطی و معیارهای فنی:

- قرار گرفتن در معرض مخاطرات سوانح طبیعی
- مخاطرات اجتماعی (ایمنی و پدافند غیرعامل)
- مجاورت‌ها و همسایگی
- آلودگی‌های زیست محیطی
- اثرات زیست محیطی
- امکان‌سنجی فنی و تحلیل سود و زیان

شکل (۲-۱): نمودار فرایند رتبه‌بندی مکانی موقعیت بیمارستان و گزینه‌های منتخب

برای انتخاب مکان بیمارستان به همراه دستورالعمل مندرج در این بخش رعایت ضوابط مورد تایید سازمان برنامه و بودجه ضروری است. در عین حال سایر ضوابط معتبر ملی و بین‌المللی پس از تایید مرجع ذی‌صلاح در مطالعات قابل استفاده است.

پیشنهاد می گردد برای فرآیند انتخاب مکان بیمارستان یک "کارگروه انتخاب مکان" تشکیل شود. اعضای پیشنهادی این کارگروه عبارتند از نماینده کارفرما، فرد دارای تجربه و دانش مدیریت بیمارستانی، کارشناس توسعه بیمارستان، کارشناسان مخاطرات طبیعی (زلزله شناس مهندسی، مهندسی زلزله، هیدرولوژی و سیل)، برنامه‌ریز شهری، مهندس معمار و سایر متخصصان مرتبط می‌توانند در صورت لزوم به تیم انتخاب مکان اضافه شوند.

با توجه به تحلیل خطر و تاب‌آوری، برنامه‌ریزی کاربری اراضی مبتنی بر ریسک، امن‌ترین مناطق و مکان‌های ممکن را برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌های فوری در پروژه‌های توسعه شهری و زیرساختی مشخص می‌کند. همانطور که در شکل ۲-۱ و روش‌های توضیح داده شده در بخش‌های ذیل نشان داده شده است، این معیارهای عمومی باید توسط تیم انتخاب مکان برای انتخاب مکان مناسب و ایمن بیمارستان مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۲- مرحله ۱: نیاز سنجی برای ایجاد بیمارستان جدید

در جایگاه نظام برنامه ریزی و اداره کشور یا استان، خدمات بیمارستان در زمره امور مصرفی و خدماتی قراردارند؛ لذا به منظور جلوگیری از تمرکز مکانی و کاهش تمایز مکانی، و برای حفظ تخصیص منابع انسانی و مالی اجتماعی عادلانه، نیاز به توزیع مکانی مناسب برای بیمارستان می‌باشد. برای دستیابی به توزیع مکانی مناسب برای زیرساخت‌های پزشکی مرتبط با سکونت مردم، جمعیت، سطح مراقبت بهداشتی و استانداردها، حوزه خدمات و برنامه‌های توسعه محلی، لازم است برای توجیه ایجاد بیمارستان جدید، فرآیند نیاز سنجی بر اساس تحلیل موارد ذیل انجام شود:

۱. وجود مراکز درمانی، استاندارد پزشکی و بهداشتی و ضرورت وجود امکانات بیمارستان جدید.
۲. شرایط و نیازهای اجتماعی-اقتصادی و رفاهی با توجه به شاخص‌های سلامت کشور.
۳. شناخت توزیع جمعیتی کنونی و آینده به همراه شرایط اقتصادی دولتی و مردم منطقه مورد مطالعه؛ وضع موجود خدمات بیمارستانی، خدمات مورد نیاز و ظرفیت پیش‌بینی شده.
۴. استراتژی پاسخگویی و مدیریت بحران سوانح کشور. به عنوان مثال زمان و سطح پاسخگویی به نیازهای اورژانسی در منطقه چیست؟
۵. هدف و عملکرد و کارایی که برای بیمارستان در شرایط عادی و اضطراری در نظر گرفته شده است.
۶. دلایل توجیهی برای سرمایه‌گذاری

با توجه به موارد فوق الذکر، سوالات ذیل برای تحلیل نیازسنجی و ارایه دلایل لزوم سرمایه‌گذاری یک بیمارستان جدید باید پاسخ داده شود:

۱. توزیع امکانات درمانی موجود در سطح شهر چگونه است و چه نوع خدماتی ارائه می‌شود؟
۲. نقایص امکانات و خدمات موجود که منجر به پیشنهاد ایجاد بیمارستان جدید شده است چیست؟
۳. چه نوع خدمات و چه تعداد تخت بیمارستانی برای منطقه تحت پوشش مورد نیاز است؟

۴. شکاف و کمبود خدمات چیست و چه نوع خدمات پزشکی مورد نیاز است؟
۵. با ایجاد ظرفیت اضافی چه اهداف محلی برآورده یا تسهیل می‌شود؟ آیا این امر باعث کاهش ظرفیت اضافی موجود، بهبود دسترسی، راندمان، کیفیت و غیره می‌شود؟
۶. آیا نیازهای شناسایی شده با افزودن بیمارستان جدید یا تغییر نوع خدمات درمانی و یا استفاده از الگوی جدید برای ارائه خدمات مراقبتی و غیره برآورده می‌شوند؟
۷. میزان تجمیع مکانی مراکز بهداشتی درمانی در منطقه چگونه است و چگونه می‌توان تعادل توزیع بین مراکز درمانی و جمعیت منطقه را ارزیابی کرد؟
۸. فعالیت، عملکرد و شرایط مورد نیاز آینده برای بیمارستان جدید چگونه ارزیابی شده است؟
۹. موارد کاری برای تسهیلات جدید (از جمله مطالعات امکان‌سنجی، برنامه کاری و غیره) کدامند؟
۱۰. مشخصات جمعیت‌شناسی و اجتماعی- اقتصادی و وضعیت بهداشتی جمعیت (با ارائه شاخص‌های استاندارد) در حوزه بیمارستان کدامند؟
۱۱. مشخصات بهداشتی و درمانی گسترده‌تر، به ویژه ارائه خدمات بیمارستانی در مناطق مجاور کدامند و ارتباط آنها با خدمات پیشنهادی بیمارستان چگونه است؟
۱۲. آیا برنامه جامع ملی یا منطقه‌ای برای توسعه بیمارستان‌ها وجود دارد؟ اگر چنین است، اسناد مربوط به کلیات اهداف زیرساخت‌ها برای منطقه چیست؟
۱۳. استراتژی‌های مربوط به برنامه‌های ملی و منطقه‌ای و برنامه‌های اضطراری برای آمادگی و پاسخگویی به سوانح که می‌تواند بیمارستان‌ها را تحت تأثیر قرار دهد کدامند؟
۱۴. آیا بیمارستان موجود از لحاظ ایمنی، خدمات پزشکی و ظرفیت می‌تواند خدمات پزشکی مورد نیاز در هنگام سوانح را ارائه دهد؟ همچنین، آیا بیمارستان قادر است استراتژی و برنامه آمادگی در برابر سوانح کشور، استان یا شهر را انجام دهد؟

لازم است یک نقشه و یک جدول که امکانات بیمارستان و مراکز درمانی موجود، پوشش آنها و نوع خدماتی که ارائه می‌دهند، و نیز نیاز پزشکی ارزیابی شده براساس شرایط اقتصادی-اجتماعی، استانداردهای بهداشتی و رفاهی برای ارزیابی و شناسایی نوع نیازها برای ۱۰ و ۲۰ سال آینده تهیه شود. توازن تخصیص تسهیلات مراقبت‌های بهداشتی از طریق نقشه‌برداری از مکان‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی در انواع و مقیاس‌ها و منطقه پوشش خدمات مربوط به آنها می‌تواند بسیار مفید باشد.

نتایج ارزیابی کلی و ارزیابی نیاز می‌باید به یک تصمیم منتهی شود:

۱. تأسیس بیمارستان جدید.
۲. اصلاح امکانات موجود یا تنظیم یا تغییر عملکرد برای مرتفع نمودن نیازها.
۳. کافی بودن امکانات موجود بیمارستان و عدم نیازی به تاسیس بیمارستان جدید.

۴. تأمین گزینه‌های دیگری که باید در نظر گرفته شود.

برای اولین گزینه، تیم انتخاب محل باید هدف و عملکرد بیمارستان جدید شامل موارد زیر را مشخص کند:

۱. نوع بیمارستان و خدمات پزشکی.
۲. مساحت بیمارستان.
۳. عملکرد مورد انتظار بر اساس استراتژی ملی پاسخ به سوانح

بر اساس مطالعات فوق، هدف و عملکرد بیمارستان باید بر اساس استانداردهای پزشکی، مراقبت‌های بهداشتی، رفاه و نیازهای اجتماعی، اقتصادی و منابع، زیرساخت‌ها، ملاحظات سیاسی و همچنین برنامه‌های توسعه محلی یا منطقه‌ای و نقطه نظرات پزشکی و مهندسی تعریف شود. در این مرحله می‌توان هدف پزشکی بیمارستان را به منظور متناسب شدن با شرایط و نیازهای اجتماعی-اقتصادی و رفاهی، جمعیت‌شناسی و توزیع جمعیت و موقعیت مالی جمعیت منطقه بیمارستان تنظیم و یا حتی (در صورت لزوم) تعریف کرد. در آخر، برای انتخاب مکان یا مکان‌های منتخب، باید معیارهای مندرج در بخش ۳-۲ تصویب شوند.

۲-۳- مرحله ۲: انتخاب اولیه گزینه‌های مکانی مناسب

پس از تصمیم‌گیری برای راه‌اندازی بیمارستان جدید با اهداف و کارکردهای مشخص در منطقه مورد نظر بر اساس ارزیابی نیاز، فرآیند انتخاب مکان یا مکان‌های منتخب باید با رعایت کامل کلیه قوانین و مقررات ملی و منطقه‌ای و برنامه‌های توسعه انجام شود. راهنمای انتخاب مکان(های) بالقوه یا منتخب بر اساس معیارهای ذیل می‌باشد:

۱. ساختار شهری و کاربری اراضی به ویژه محله‌های مجاور بیمارستان.
۲. سازگاری عملکردی.
۳. دسترسی به مکان.
۴. تأمین و خدمات زیرساختی (حمل و نقل، جاده، آب، برق، ارتباطات، خدمات آتش نشانی و ...)

مجموعه‌ای از مراحل پیش‌نیاز با هدف تهیه یک "لیست کوتاه" از محتمل‌ترین مکان‌های منتخب با توجه به میزان قرارگیری در معرض خطر.

۲-۳-۱- ساختارهای شهری و روستایی و کاربری اراضی

برای انتخاب مکان ایمن، اصول برنامه‌ریزی و کاربری زمین و کارکرد آنها برای حصول اطمینان از بکارگیری کارآمدترین روش برای خدمت به جامعه در دستیابی به اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ضروری است. بر این اساس، برنامه‌ریزی کاربری اراضی یک تعادل سازی برای حفظ کارایی مطلوب یک منطقه شهری است. اگر منطقه تاسیس

بیمارستان جدید دارای طرح جامع یا برنامه کاربری اراضی باشد، مناسب ترین مکان(ها) باید در جایی انتخاب شوند که زمین آن کاربری بیمارستان داشته باشد. در منطقه بدون طرح جامع یا کاربری زمین این انتخاب بر اساس توصیه متخصصین مرتبط در تیم انتخاب محل صورت می‌گیرد.

۲-۳-۲- سازگاری عملکردی

مکان بیمارستان باید بتواند بر اساس داده‌های موجود درباره خطرات طبیعی غالب، برنامه‌های مدیریت منطقه‌ای کاربری اراضی، گزارش‌های فنی، قوانین و مقررات منطقه‌بندی محلی، هدف و عملکرد تعریف شده بیمارستان را در خود جای دهد. انتخاب مکان باید پاسخ سوالات زیر را ارائه دهد:

۱. سازگاری مکان با مساحت بیمارستان و عملکرد مورد انتظار.
۲. سازگاری مکان با نوع خدمات مورد انتظار.
۳. ارزیابی کاربری مکان.

تیم انتخاب مکان باید سازگاری مکان منتخب با عملکرد مورد انتظار را به وضوح گزارش دهند.

۲-۳-۳- دسترسی به مکان

مکان مراکز درمانی و بهداشتی باید برای مردم، وسایل نقلیه خدماتی، دستگاه‌های ضد حریق و غیره مناسب باشد. مکان باید به جاده‌های اصلی دسترسی آسان داشته و نباید در یک خیابان بن بست یا خیابان باریک قرار بگیرد. همچنین قرارگیری بیمارستان در مجاورت تقاطع‌های ترافیکی پر ازدحام و یا خیابان‌های یک طرفه شلوغ نیز پیشنهاد نمی شود. بنابراین، باید ویژگی‌های اصلی محل با توجه به موقعیت جغرافیایی و نحوه دسترسی آن ارزیابی شود تا از دسترسی آسان به بیمارستان اطمینان حاصل شود.

ضوابط و معیارهای مورد تایید سازمان برنامه و بودجه باید برای مطالعات دسترسی به محل و تعیین شاخص‌هایی مانند عرض راه‌های دسترسی اولیه و فرعی به بیمارستان مورد استفاده قرار گیرد. در غیاب این موارد در ضوابط مورد تایید این سازمان باید ضوابط و معیارهای معتبر ملی یا بین‌المللی با تایید کارفرما مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۳-۳-۱- تحرک و نحوه دسترسی به مکان بیمارستان

برای ارزیابی قابلیت دسترسی مکان، فاصله متوسط منطقه خدمات شهری تا محل بیمارستان (که یک معیار مهم دسترسی مکانی است) باید تعیین شود. صعوبت سفر شاخصی برای تعیین دشواری دسترسی از یک مکان به مکان دیگر است. میانگین صعوبت سفر به بیمارستان، شاخص دسترسی یک شخص تا محل بیمارستان از دیدگاه هر بیمار است. این میزان به طور

معمول بنا بر میزان اطلاعات موجود، از محل زندگی بیمار یا از مرکز جمعیت، مانند مرکز هندسی هر ساختمان یا بلوک شهری، اندازه‌گیری می‌شود. فاصله در صعوبت سفر یا به طور خط مستقیم، یا مسافت سفر در امتداد سیستم جاده‌ای و یا ریلی یا مدت زمان برآورد شده از طریق شبکه حمل و نقل اندازه‌گیری می‌شود.

نقشه دسترسی به بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمانی، ارائه موقعیت بیمارستان‌ها، شرایط تمامی دسترسی‌ها، ورودی و مسیرهای موجود و همچنین، پوشش خدمات و میانگین مقاومت آنها در ارائه دهنده‌ها باید برای ارزیابی دسترسی به مکان توسعه یابد.

۲-۳-۳-۲- دسترسی به بیمارستان در هنگام سوانح

مکان بیمارستان باید طوری انتخاب شود که به خصوص در مواقع اضطراری و سوانح به سهولت در دسترس مردم باشد. این دسترسی باید برای وسایل نقلیه خدمات اضطراری از جمله ماشین‌های آتش نشانی فراهم شود. بیمارستان باید در محلی واقع شود که حداقل ۲ دسترسی از جاده اصلی به مکان‌های مختلف بیمارستان امکان‌پذیر باشد. همچنین زمین بیمارستان باید حداقل از سه جبهه به شبکه ارتباطی شهر متصل باشد. از این سه وجه، دسترسی حداقل دو جبهه باید به مسیرهای اصلی و یک جبهه به مسیر فرعی برای شرایط اضطراری در نظر گرفته شود. جاده‌های دسترسی نباید در مجاورت زمین لغزش، سنگلاخ، و منطقه مستعد سیل باشد. به عبارت دیگر، دسترسی اضافی به مکان باید با سهولت و بدون موانع طبیعی امکان‌پذیر باشد. تهیه نقشه‌ای برای نمایش جریان مسیرهای دسترسی به بیمارستان نیز توصیه می‌شود.

۲-۳-۳-۳- خدمات و پشتیبانی زیرساختی

برای تأمین تأسیسات قابل اطمینان (آب، گاز، فاضلاب، برق، ارتباطات) با افزونگی در حین کار عادی و در صورت بروز سوانح طبیعی یا انسانی باید تسهیلات لازم فراهم شده باشد. منابع آبرسانی باید ظرفیت کافی و لازم برای استفاده عادی و برآورده کردن نیازهای آتش‌نشانی را داشته باشند. نیروی برق باید از ولتاژ و فرکانس پایدار با منابع موجود در مسیرهای مختلف شبکه برق برخوردار باشد. تیم انتخاب مکان بیمارستان همچنین باید معیارهای کلی انتخاب محل را براساس عواملی مانند جمیع انتظارات از بیمارستان برای خدمات حیاتی و سایر موارد زیربنایی برای عملکرد عادی و اضطراری تعیین کنند.

ضوابط و معیارهای مورد تایید سازمان برنامه و بودجه باید برای مطالعات بررسی در دسترس بودن خدمات زیرساخت منطقه در زمان وقوع زلزله مورد استفاده قرار گیرد. در غیاب این موارد در ضوابط مورد تایید این سازمان باید ضوابط و معیارهای معتبر ملی یا بین‌المللی با تایید کارفرما مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۴- مرحله ۳: انتخاب گزینه مکان ایمن

برای شناسایی محل قطعی بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳ باید ارزیابی به صورت ذیل انجام شود:

۱. قرار گرفتن در معرض مخاطرات سوانح طبیعی
۲. خطرات اجتماعی (ایمنی و پدافند غیرعامل)
۳. مجاورت‌ها و همسایگی
۴. برنامه‌های توسعه در مناطق همجوار
۵. تأثیرات زیست محیطی
۶. امکان‌سنجی فنی و تحلیل سود و زیان

حتی اگر تنها یک گزینه برای مکان بیمارستان موجود باشد، کماکان ارزیابی‌های فوق باید انجام پذیرند.

۲-۴-۱- قرار گرفتن گزینه مکانی در معرض مخاطرات سوانح طبیعی

ارزیابی مکان‌های ممکن برحسب قرار گرفتن در معرض مخاطرات سوانح طبیعی، به عنوان مهمترین شاخص انتخاب مکان ایمن می‌باشد که باید بر اساس هدف عملکردی و معیارهای تسهیلات و تاسیسات در هنگام وقوع یک سانحه طبیعی، مانند سطح خسارت یا زمان مورد نیاز برای بازیابی عملکردی و تاب‌آوری، به صورت زیر انجام شود:

- گردآوری اطلاعات، داده‌ها و نقشه‌های خطر موجود در مورد خطرات بالقوه سوانح طبیعی (زلزله، سیل، هواشناسی، ژئوتکنیک و غیره) برای مکان‌های منتخب.
- ارزیابی مکان‌های منتخب با توجه به میزان قرار گرفتن در معرض خطرات سوانح طبیعی بر اساس اطلاعات جمع آوری شده؛ و
- رتبه‌بندی و انتخاب بهترین گزینه با توجه به معیارهای مواجهه با خطر سوانح

۲-۴-۱-۱- گردآوری اطلاعات و داده‌های موجود

در این مرحله، کارشناسان مخاطرات طبیعی تیم انتخاب مکان باید کلیه اطلاعات، داده‌ها، گزارش‌ها و نقشه‌های خطر مربوط به سوانح طبیعی بالقوه و تاریخی (زلزله، سیل، هواشناسی، ژئوتکنیک و غیره) را برای مکان‌های منتخب جمع‌آوری و گردآوری کنند. لازم است تمامی سوابق موجود در مورد خطرات طبیعی که مکان‌های احتمالی را تهدید می‌کند، برای مکان‌های منتخب بررسی شوند؛ از جمله اطلاعات کلی در مورد مکان، سوابق سوانح طبیعی رخ داده، اطلاعات ژئوتکنیکی، هیدرولیکی، هواشناسی، داده‌های گردآوری شده توسط پروژه‌های پیشین؛ و همچنین استفاده از نظرات ارگان‌های دولتی، انجمن‌های علمی و حرفه‌ای، مؤسسات دانشگاهی و سازمان‌های غیردولتی می‌باشد.

براساس اطلاعات جمع‌آوری شده، تیم انتخاب محل باید زیاد یا کم بودن احتمال بروز انواع سوانح طبیعی در منطقه را برای تعیین میزان جزئیات و اطلاعات مورد نیاز در فرایند ارزیابی خطر تعریف کند. در صورت عدم دسترسی به اطلاعات کافی و یا وجود شک و تردید در مورد صحت آن‌ها، تیم انتخاب محل باید مجری پروژه راه‌اندازی بیمارستان را آگاه نموده، و جمع

آوری داده‌های بیشتر و انجام مطالعات تکمیلی لازم برای ارزیابی خطرات در هر مکان را توصیه کند. همچنین لازم است تا سطح جزئیات مطالعات با توجه به نوع بیمارستان و هدف عملکردی منتخب برای آن تعیین شود.

۲-۴-۱-۲- ارزیابی گزینه مکان انتخاب شده با توجه به خطرات طبیعی مختلف

انتخاب یک مکان نامناسب برای بیمارستان ممکن است عملکرد آن را در مواقع اضطراری محدود کرده و حتی منجر به یک فاجعه شود. زمینی که تاسیسات بیمارستانی در آن واقع می‌شود ممکن است در معرض تهدیدهای احتمالی مانند سیل در دره‌ها، لغزش زمین در امتداد دامنه‌ها یا زلزله قرار گیرد. با شناسایی این مخاطرات باید اقدامات لازم برای شناسایی مکان‌هایی صورت پذیرد که در معرض حداقل مخاطرات احتمالی به مکان بیمارستان باشد تا آسیب به سازه بیمارستان به حداقل برسد. بنابراین، باید از نقشه‌های انواع خطرات سوانح برای شناسایی مکان‌های در معرض خطر استفاده شود تا با جلوگیری از ساخت بیمارستان در چنین مناطقی ایمنی بیمارستان تامین گردد.

براساس نکات فوق و اطلاعات جمع‌آوری شده، تیم انتخاب محل باید احتمال بروز هر یک از خطرات زیر را (به صورت یکجا یا ترکیبی) در مکان منتخب و تأثیر منفی آن‌ها را بر عملکرد بیمارستان را شناسایی کند:

۱. خطرات زلزله: اطلاعات جامع مرتبط با خطر زلزله که نشان دهنده و کمک کننده برای شناسایی پتانسیل خطر زلزله برای گزینه مکانی بیمارستان باشد باید جمع آوری شود. اطلاعات شامل نقشه‌های گسل فعال، فعالیت لرزه‌ای، داده‌های تاریخی و نقشه‌های خطر معتبر می‌باشد. همچنین، می‌توان با رجوع به اطلاعات و نقشه‌های پهنه بندی خطر در سطح منطقه مورد مطالعه، ارزیابی کلی برای شناسایی سطح و شدت خطر زلزله در گزینه‌های مکانی را انجام داد.

۲. خطرات زمین شناسی و ژئوتکنیکی: مکان منتخب باید از جهات خطرات بالقوه زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی مانند ریزش سنگ‌ها، زمین لغزش، روانگرایی، فرونشست، گل و لای‌ها و غیره ارزیابی شود. ثبات وپایداری مکان باید بر اساس اطلاعات مربوط به نقشه‌های تاریخی، نقشه برداری منطقه‌ای، پوشش گیاهی طبیعی، نهشته‌ها، دامنه‌های شیب‌دار، انسجام خاک، خطرات جریان آب، شرایط زهکشی و نفوذپذیری و مداخلات انسانی ارزیابی شود. ارزیابی باید خطرات زمین شناسی و ژئوتکنیکی احتمالی در مکان بیمارستان را تعیین و رتبه‌بندی کند. برای گزینه مکان‌هایی که در دشت واقع شده باشد، احتمال فرونشست نیز باید ارزیابی شود.

۳. خطرات هیدرو-هواشناسی و هیدرولوژیکی: برای ارزیابی خطر سیل و وزش باد، رکوردهای تاریخی و اطلاعات پیش زمینه نیز باید در رابطه با شرایط هواشناسی و هیدرولوژیکی در گزینه‌های مکانی بررسی شوند. خطرات ناشی از آبشارهای اطراف، دریاچه‌ها، سدها و مخازن نیز باید مورد بررسی قرار گیرند؛ از جمله سوابق تاریخی موجود از سیل‌های شدید، مناطقی که در گذشته دچار سیلاب شده‌اند، جمعیت آسیب دیده، سطح آب و میزان بارندگی. همچنین زهکشی سطح و نفوذپذیری خاک مورد استفاده در منطقه نیز باید ارزیابی شود. الگوهای باد در منطقه اطراف محل نیز باید با در نظر گرفتن شدت، طول، جهت و توزیع ارتفاع باد مورد بررسی قرار گیرند. توپوگرافی مکان نیز باید به منظور حصول اطمینان از مستعد نبودن منطقه برای وقوع طغیان ارزیابی شده و از عدم وجود شرایط مورفولوژیکی که می‌تواند باعث بروز تلاطم و سیل شود، استفاده گردد. ارتفاع نسبی مکان نیز نباید مستعد سیل باشد.

۴. سونامی: برای مکان‌های نزدیک به دریای عمان یا منطقه مکران، احتمال سیل و امواج ناشی از سونامی‌ها، که منشأ فعالیت لرزه‌ای زیر آب دارد، باید ارزیابی گردد.
۵. طوفان شن: بر اساس داده‌ها و سوابق هواشناسی، قرار داشتن مکان در معرض طوفان شن باید مشخص شده و گزینه مکانی بیمارستان بر طبق آن ارزیابی گردد. باید سعی شود مکان در مسیر بادهای تند و طوفان شن قرار نگیرد.
۶. آتشفشان: خطر آتشفشان در گزینه‌های مکانی باید با بررسی سوابق تاریخی و توپوگرافی فعلی مورد بررسی قرار گیرد تا مسیرهای احتمالی جریان‌های حلقوی مرتبط با مکان‌های منتخب برای تسهیلات درمانی مشخص شود. چنانچه گزینه مکانی در نزدیکی کوه اتشفشانی قرار دارد، باید منطقه متأثر کوه شامل انفجارهای جانبی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، ریزش خاکستر و بیرون کشیدن مواد جامد و ذرات شناسایی گردد. شدت احتمالی یک رویداد آتشفشانی باید با در نظر گرفتن سطح کل زمین متأثر از آن، سرعت احتمالی جریان‌های مختلف و میزان سمیت گازهای منتشر شده مشخص شود.
۷. خطرات آب و هوایی: قرار گرفتن گزینه مکانی در معرض خطرات ناشی از آب و هوا مانند موج گرما، موج سرما، هوای شدید، حریق گسترده و غیره باید بر اساس نقشه‌ها و داده‌های مربوط به منطقه ارزیابی شود. میزان خطر باید مشخص شده و سطح خطر مربوط به محل بیمارستان با در نظر گرفتن آن رتبه‌بندی گردد. به احتمال وقوع آتش سوزی در منطقه نیز باید بطور ویژه‌ای توجه شود.
۸. خطرات بیولوژیکی: برای پاسخگویی به شرایط اضطراری یا سوانح به دلیل بیماری‌های مُسری و بیماری‌های نوظهور (بر اساس قرار گرفتن در معرض جمعیت حوضه آبریز یا نقش ویژه بیمارستان در درمان بیماران مبتلا به بیماری-های عفونی) میزان آمادگی بیمارستان و محله اطراف آن باید بررسی گردد.

با در نظر گرفتن ماهیت زمین‌شناسی و آب و هوا شناسی ایران، پیدا کردن محل بیمارستان بدون قرار گرفتن در معرض خطر طبیعی تقریباً غیرممکن است. لذا قرار گرفتن مکان در معرض این خطرات می‌باید با بررسی جزئیات بیشتر در زمینه امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سیستم‌های حفاظتی در انتخاب مکان ارزیابی شود.

۲-۴-۱-۲-۱- امکان‌سنجی فنی و اقتصادی سیستم‌های حفاظتی

در صورت احتمال وقوع خطرات طبیعی فوق‌الذکر، لازم است ارزیابی بیشتری در مورد امکان‌سنجی فنی و اقتصادی عملکرد سیستم‌های محافظتی برای سازه از طریق اقدامات پیشگیرانه با هدف کاهش خطرهای شناخته شده‌ی محلی انجام شود. به عبارت دیگر، پیامدهای هزینه برای محافظت از بیمارستان در برابر هر یک از خطرات اصلی طبیعی زیر و امکان‌سنجی فنی آنها برای هر مکان منتخب باید ارزیابی شده و مکان نیز بر این اساس رتبه‌بندی شود.

۱. **خطر لرزه‌ای:** پس از تعیین سطح خطر در مکان منتخب، برای طراحی بیمارستان باید سود و زیان بکار بردن استانداردهای مقاوم در برابر زلزله انجام شود. با توجه به اینکه تمام نقاط ایران در معرض خطرات لرزه‌ای قرار دارد، مکانی باید انتخاب شود که در مقایسه با سایر مکان‌ها، خطر کمتری داشته یا تاثیر اقتصادی کمتری در هزینه

ساخت داشته باشد. در بعضی موارد حرکت یا انتخاب محل بیمارستان تا چند کیلومتر می‌تواند تفاوت زیادی در مواجهه آن با خطرات لرزه‌ای و کل هزینه بیمارستان داشته باشد. به عنوان مثال مکان‌یابی بیمارستان در فاصله‌ی چند کیلومتری از یک گسل اصلی زلزله، به جای قرار دادن آن در فاصله ۱ کیلومتری از گسل و طراحی آن برای سطح بالایی از خطر، به منظور کاهش هزینه و ریسک توصیه می‌شود.

۲. **خطر سیل:** برای کنترل سیل، انجام اقدامات پیشگیرانه از نظر فنی و مالی باید قابل توجیه باشد. اقدامات کنترل سیلاب ممکن است از یک یا ترکیبی از اقدامات سازه‌ای و غیر سازه‌ای مانند دیوار محافظ در نقاط بحرانی جریان یا در امتداد نهرهای سیلاب (یا خاکریزها)، جریان‌های آب، انحراف آب از طریق کانال‌ها و تأسیسات زهکشی یا بهبود نفوذ و/یا جمع‌آوری آب باران در هر مکان منتخب برخوردار باشد. با توجه به اینکه در ابتدا ساختمان بیمارستان برای خطر سیل طراحی نمی گردد، انتخاب مکانی با کمترین خطر سیل باید در اولویت قرار داشته باشد. معیارهای انتخاب مکان امن بیمارستان‌ها، که در بخش ۲-۳-۴ آورده شده است، باید در نظر گرفته شود.

۳. **خطرات ژئوتکنیکی ناپایداری زمین:** برای مکان‌های منتخبی که دارای پتانسیل لغزش زمین یا سنگلاخ هستند، کارشناسان باید هزینه و دشواری افزایش پایداری شیب از طریق ساخت دیوارهای نگهدارنده و تراس‌های آبرفتی، استفاده از ژئوتکستایل‌ها، فشرده‌سازی خاک ناپایدار، جنگل زدایی، پاکسازی مسیرهای آبی که ممکن است در صورت وقوع سیل خدشه دار شود، و همچنین سیستم‌های نظارت دائمی و هشدار سریع را بررسی کنند. از ازنظر شرایط باربری، در مورد خاک بستر ساختمان بیمارستان باید ملاحظات مربوطبه خطرات ژئوتکنیکی در نظر گرفته شده باشد. پروفیل‌های خاک محلی، به خصوص در محدوده مسیر رودخانه، روی سطوح شیب دار یا نزدیک گسل‌ها، می‌توانند بسیار متغیر باشند. قرارگیری بر روی خاک‌های با مقاومت کم یا در محل عمق کم آب زیرزمینی می‌تواند منجر به آسیب ناشی از روانگرایی، لغزش یا گسترش جانبی خاک شود.

۴. **خطر طوفان و باد شدید:** لازم است ارزیابی امکان‌سنجی فنی در خصوص وزش باد شدید و توسعه و اجرای مشخصات فنی برای جزییات مناسب، جنگل‌زدایی یا سیستم‌های هشدار سریع در مکان منتخب انجام گیرد. الگوهای باد نیز باید با در نظر گرفتن شدت، جهت و توزیع ارتفاع تندبادها مورد بررسی قرار گیرند. همچنین باید خصوصیات وزش باد شدید در منطقه (شدت، جهت و توزیع ارتفاع بادهای احتمالی) با استفاده از داده‌های تاریخی ارزیابی گردند. برای این کار می‌توان از داده‌های الگوی باد موجود در سازمان هواشناسی ایران استفاده نمود.

توصیه می‌گردد که جهت انتخاب مکان بیمارستان، فاصله مورد نیاز محل بیمارستان از منشا مهم‌ترین خطر طبیعی در ایران مطابق با جدول ۲-۱ رعایت گردد.

جدول ۲-۱ حداقل فاصله توصیه شده محل بیمارستان از منشا مهم‌ترین خطر طبیعی در ایران

	منشأ خطر	حداقل فاصله بر حسب متر
۱	خط گسل فعال	مطابق "دستورالعمل ساخت و ساز در پهنه‌های گسلی" مصوب مورخ ۹۹/۱۱/۱۲

		شماره ۱۵۳۵۳۵/۳۰۰ شورای عالی معماری و شهرسازی و حداقل ۵۰۰ متر
۲	مسیر سیلاب یا رودخانه	۲۰۰ متر یا BFE ۱۰۰ ساله از محور رودخانه
۳	خط ساحل دریا	۵۰۰ متر یا به اندازه معیارهای محدودیت در بخش ۲-۳-۴
۴	دامنه کوه	۲۰۰ متر از لبه شیب دامنه

۲-۴-۱-۲-۲- تاثیر خطرات در مکان‌های مورد نظر

لازم است در مورد هر خطر، ارزیابی از تأثیر احتمالی آن بر جمعیت خدمات ارائه شده، و همچنین در زندگی محلی، خدمات مرتبط و دسترسی کلی به مراقبت‌های بهداشتی انجام شود. تأثیر احتمالی رخداد بر روی شبکه بهداشت و درمان منطقه، استان یا کل کشور نیز باید ارزیابی شود. این ارزیابی همچنین باید زیرساخت شبکه بهداشت را نیز در نظر بگیرد.

۲-۴-۱-۲-۳- رتبه‌بندی مکان بر اساس قرار گرفتن در معرض خطرات طبیعی

بر اساس اطلاعات و ارزیابی‌های صورت گرفته در دو بخش پیشین، مکان‌های منتخب باید بر اساس خطرات پیش رو، اثرات این خطرات، هزینه کلی دستیابی به عملکرد مورد انتظار، حفاظت کلی از سازه و امکان‌سنجی فنی مکان‌ها مبتنی بر قرار گرفتن در معرض خطرات طبیعی، رتبه‌بندی شوند.

۲-۴-۲- خطر اجتماعی (ایمنی و پدافند غیرعامل)

برای انتخاب مکانی که در برابر سوانح احتمالی انسانی امنیت و ایمنی را تضمین نماید، لازم است که معیارهای پدافند غیرعامل مندرج در مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان ایران مورد توجه قرار گیرد. در موضوعات خارج از ضوابط مبحث یاد شده، استفاده از ضوابط و معیارهای ملی یا بین‌المللی با تایید کارفرما توصیه می‌گردد.

۲-۴-۳- مجاورت‌ها

در انتخاب مکان باید به مجاورت آن با تأسیسات صنعتی و خطرناک (کارخانجات شیمیایی، پالایشگاه‌ها، کارخانجات فرآوری معدن و غیره)، تأسیسات نظامی، فرودگاه‌ها، مسیرهای حمل مواد خطرناک و همچنین بی نظمی در منطقه و وجود مناطق وسیع آبی و غیره، توجه اساسی شود. انتشار معمول یا تصادفی مواد سمی یا احتمال بروز حوادث در زمان‌های عادی یا اضطراری، وجود تسهیلات در مکان‌های مجاور ممکن است به دلیل نوع عملکرد آنها امنیت تسهیلات بهداشتی را به خطر بیاندازد. ضوابط و معیارهای معتبر ملی باید برای کنترل شرایط مجاورت مکان محوطه بیمارستان استفاده شود. در نظر گرفتن حداقل فاصله لازم از زیرساخت منطقه که در جدول ۲-۲ نشان داده شده، در این زمینه توصیه می‌گردد. لازم به ذکر است که محل بیمارستان نباید در داخل یا مجاورت یک منطقه مسکونی یا آموزشی انتخاب شود.

جدول ۲-۲ حداقل فاصله مورد نیاز از محوطه بیمارستان

ردیف	نوع زیرساخت‌های خطرناک در نزدیکی محل بیمارستان	حداقل فاصله (بر حسب متر)
۱	پالایشگاه‌های نفت و گاز و پتروشیمی، مخازن سوخت	۱۵۰۰
۲	تأسیسات/کارخانجات صنعتی سنگین	۵۰۰
۳	تأسیسات/کارخانجات صنعتی سبک	۲۰۰
۴	نیروگاه‌های برق و خط برق ولتاژ بالا (۲۰۰-۴۳۰کیلو ولت) و سدها	۱۰۰۰
۵	زیرساخت ایستگاه برق و خطوط شبکه برق (۶۰-۲۰۰کیلو ولت)	۵۰۰
۶	فرودگاه	۲۰۰۰
۷	پایگاه نظامی	۱۰۰۰
۸	ایستگاه گاز	۲۰۰
۹	ایستگاه‌های راه‌آهن، اتوبوس، حمل و نقل یا پایانه‌های باربری	۵۰۰
۱۰	ایستگاه‌های پلیس	۱۰۰-۲۰۰
۱۱	برج‌های مخابراتی، تلویزیون و رادیو	۲۰۰-۳۰۰
۱۲	استادیوم ورزشی	۲۰۰
۱۳	مراکز آموزشی: مدارس و دانشگاه‌ها	۱۰۰
۱۴	پالایشگاه‌ها و مخازن فاضلاب	۵۰۰
۱۵	سازه‌های مرتفع	۱۵

۲-۴-۴- برنامه‌های توسعه در مناطق مجاور

با توجه به اینکه اکثر بیمارستان‌ها دارای یک طرح جامع با حداقل ۲ مرحله از اجرا و ساخت و ساز هستند، یا برنامه توسعه ۱۰ تا ۱۵ ساله دارند، محل انتخاب بیمارستان باید از وسعت کافی برای گسترش احتمالی آینده خود برخوردار باشد. ضوابط و معیارهای معتبر ملی باید برای برنامه توسعه در نظر گرفته شده و طرح‌های توسعه‌ای سکونتگاه محل اجرای پروژه در این زمینه مورد توجه قرار گیرد.

در مواردی که توسعه بیمارستان به دلایلی چون بافت فشرده شهری، قیمت بالای زمین، محدودیت‌های فیزیکی و... امکان‌پذیر نباشد، باید سناریوی «توسعه غیر متصل» و یا «توسعه موقت» در نظر گرفته شود. در سناریوی توسعه غیر متصل یا منفصل، زمین مناسب دیگری در فاصله معقول از بیمارستان (فاصله کمتر از ۱۰ دقیقه) برای توسعه در نظر گرفته می‌شود؛ به عبارت دیگر بیمارستان به صورت دو هسته ای عمل می‌کند. در سناریوی توسعه موقت، برخی کاربری‌های خدماتی دارای زمین باز کافی که در فاصله نزدیک از بیمارستان قرار دارند (کمتر از ۵ دقیقه) مانند بوستان ها، زمین‌های ورزشی و مدارس به عنوان فضاهای پشتیبان بیمارستان تعیین می‌شوند و در مواقع بحران به عنوان بیمارستان موقت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

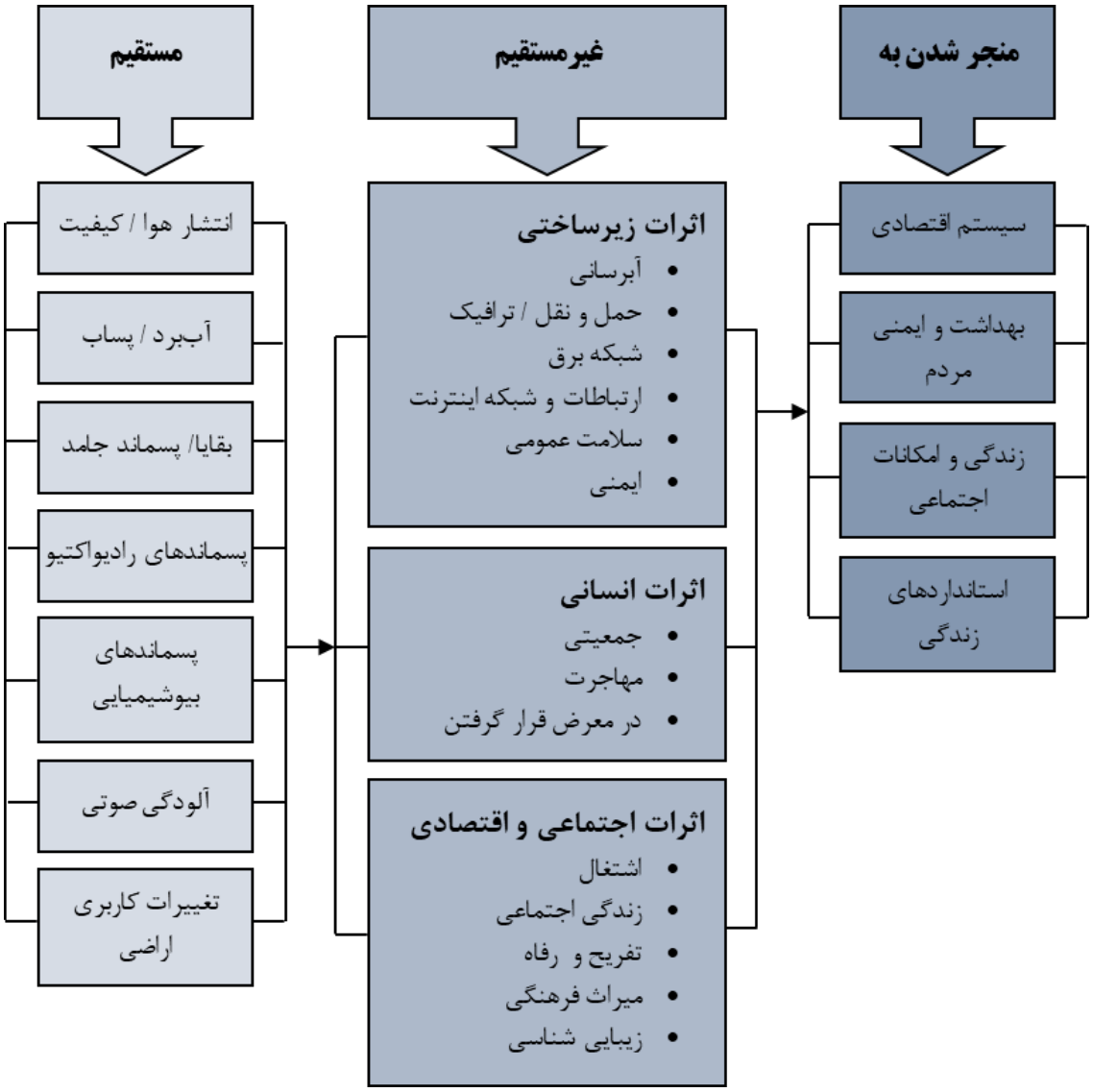
۲-۴-۵- اثرات محیط زیستی

ارزیابی اثرات زیست محیطی از جهت خطرات و اثرات احتمالی آن برای مکان احتمالی بیمارستان باید در منطقه تأثیرگذاری آن انجام شود. مطالعات ارزیابی اثرات زیست محیطی با پیشگیری، به حداقل رساندن، کاهش یا جبران اثرات منفی محیطی و تقویت اثرات مثبت، راه‌های بهبود برنامه‌ریزی، طراحی و اجرایی؛ و همچنین روند کاهش و مدیریت اثرات منفی محیطی در طول اجرای پروژه و دوره بهره‌برداری را شناسایی می‌کند. لازم است در این زمینه مصوبه شورای عالی حفاظت محیط زیست در خصوص تعیین طرحها و پروژه‌های مشمول انجام مطالعات ارزیابی زیست محیطی (شماره ۱۴۴۴۷۹/۴۵۸۸۰ مورخ ۲۰-۷-۱۳۹۰) و دستورالعمل‌های مرتبط از سوی سازمان برنامه و بودجه مورد توجه و پیروی قرار گیرد. همچنین توجه به دستورالعمل‌های فنی معتبر بین‌المللی مانند سیستم‌های ارزیابی اثرات زیست محیطی بانک جهانی در اروپا و کشورهای آسیای میانه، و یا دستورالعمل‌های ارزیابی محیط زیست و روش‌های مشاوره برای تعیین زمین مناسب برای زیرساخت‌های عمومی در مطالعات ارزیابی اثرات زیست محیطی توصیه می‌گردد.

تمامی اثرات بالقوه قابل توجه زیست محیطی از بیمارستان به صورت زیر گروه‌بندی می‌شوند:

۱. آلودگی هوا: تأثیر ساخت بیمارستان بر کیفیت هوای محیط
۲. آلودگی صوتی: تأثیر ساخت بیمارستان بر سر و صدای محیط و ایجاد آلودگی صوتی منطقه (بخش ۱-۵-۴-۲)
۳. آلودگی آب: تأثیرات ساخت بیمارستان بر روی سطح و کیفیت آبهای زیرزمینی
۴. آلودگی خاک: تأثیرات ساخت بیمارستان برروی زمین‌های و باروری خاک محیط اطراف
۵. اثرات زیست محیطی(اکولوژی): تأثیرات ساخت بیمارستان بر روی درختان و پوشش گیاهی منطقه
۶. تأثیرات اقتصادی و اجتماعی: تأثیرات ساخت بیمارستان بر سایر زیرساخت‌ها، اشتغال، بهداشت عمومی و ایمنی، منابع فرهنگی و زیبایی‌شناسی.
۷. ضایعات پزشکی: زباله‌های حاصل از تشخیص، درمان یا ایمن‌سازی انسان. سازمان بهداشت جهانی (WHO) به همراه سازمان محیط زیست ایران و وزارت بهداشت، پسماندهای زیر را به عنوان زباله‌های عفونی تشخیص داده و طبقه‌بندی کرده است:
   - اشیای برنده (سوزن ، چاقوی جراحی و غیره)
   - لوازم آزمایشگاهی
   - خون و فرآورده‌های خونی
   - ضایعات پاتولوژیکی؛ از جمله بافت‌ها، اندام‌ها و سایر قسمت‌های بدن و مایعاتی که هنگام عمل جراحی یا کالبد شکافی برداشته می‌شوند، یا فرآیند پزشکی آنها، نمونه‌های مایعات بدن و ظروف آنها.
   - مواد زائد مربوط به بیماران ایزوله‌ای که به دلیل یک بیماری عفونی بستری بوده‌اند.
   - مواد شیمیایی و سایر مواد خطرناک مورد استفاده در تشخیص و درمان بیماران

ارزیابی فرآیند تأثیر محیطی یک مکان در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱ فرآیند تحلیل اثرات زیست محیطی سیستم‌های ارزیابی اثرات زیست محیطی بانک جهانی در اروپا و کشورهای آسیای میانه

۲-۴-۵-۱- آلودگی محیط زیست

انتظار می‌رود با استفاده از مجموعه‌های دیزل ژنراتور در مواقع اضطراری، تأثیر بیمارستان بر کیفیت هوا حداقل در طول عملیات ساخت بیمارستان به حداقل برسد. این مکان باید از پتانسیل‌های لازم برای اجرای اقدامات پیشگیرانه برای کاهش اثرات زیست محیطی برخوردار باشد.

محل بیمارستان نباید در معرض آلودگی هوا در آن منطقه قرار گرفته و همچنین کلیه انتشارهای گازی در محل باید پایین-تر از حد قابل تشخیص باشد. برای کاهش آلودگی هوا به دلیل ترافیک در اطراف بیمارستان باید فضای سبز کافی در محوطه‌سازی در نظر گرفته شود. رعایت کلیه ضوابط معتبر زیست‌محیطی در کشور در مطالعات بیمارستان ضروری می‌باشد.

۲-۴-۵-۲- آلودگی صوتی

سطح میزان آلودگی صوتی در اطراف مکان بیمارستان، با توجه به نوع بیمارستان و خدمات پزشکی که ارائه می‌گردد و نیز ازدحام ترافیک (ترافیکی که توسط بیماران، ملاقات کنندگان و کارمندان ایجاد می‌شود) در اطراف آن، افزایش می‌یابد.

لازم است در این زمینه ضوابط و معیارهای معتبر ملی یا بین‌المللی با تایید کارفرما مورد توجه و بر اساس شرایط پروژه استفاده قرار گیرند.

۲-۴-۵-۳- آلودگی بصری

رعایت کلیه ضوابط و معیارهای معتبر ملی در زمینه معماری و شهرسازی و طراحی منظر در محدوده‌های شهری در مطالعات ضروری است.

۲-۴-۶- امکان‌سنجی فنی و تجزیه و تحلیل سود و زیان

در انتخاب مناسب‌ترین مکان برای بیمارستان جدید لازم است تا امکان‌سنجی فنی اجرای موارد فوق و برآورد هزینه اقتصادی و مالی انجام شود. در بررسی اقتصادی پروژه توجه به رویکرد اقتصاد چرخه‌ای در طراحی و انتخاب گزینه‌ای مناسب ضروری است. همچنین در زمینه بهره‌برداری و وضعیت عملکردی تحت شرایط حدی توجه به طول چرخه عمر و منظور نمودن این گزینه دارای اهمیت زیادی است. بر این اساس برآورد خسارت محتمل در طول چرخه عمر ناشی از وقوع سوانح طبیعی محتمل و انتخاب گزینه‌های فنی معتبر برای مقابله با این خسارت باید در این رویگرد مورد توجه قرار گیرد.

در این چهارچوب هزینه‌های بهره‌برداری و تخریب و نوسازی ساختمان و تاسیسات و امکان بازیافت مصالح باید در بررسی امکان‌سنجی فنی مورد مداقه قرار گرفته باشد.

۲-۵- تصویب انتخاب گزینه نهایی (قطعی) مکان ایمن بیمارستان

وزارت بهداشت یا سایر مراجع ذیصلاح صدور مجوز ساخت بیمارستان پس از دریافت گزارش‌ها از بیمارستان در مکان منتخب، باید سند(ها)ی مربوطه را از جهت انطباق با معیارهای ذکر شده در این فصل، مرور و ارزیابی کند. وزارت بهداشت پس از بررسی اسناد، طی نامه‌ای برطرف شدن خطرات طبیعی و اجتماعی یا ناسازگاری‌ها را در محل منتخب متذکر شده و اطلاعات تکمیلی را درخواست می‌کند. وزارت بهداشت در صورت درخواست مستندات بیشتر، اطلاعات و تحلیل‌های تکمیلی را بررسی کرده و تأیید، رد یا تأیید مشروط آن را به بیمارستان اعلام می‌کند. در صورت تأیید مشروط، روش‌های کاهش

سطح بهبود مکان باید براساس راهنمایی وزارت بهداشت اجرا شوند. تأیید کامل پروژه منوط به اتمام فعالیت‌های توصیه شده جهت بهسازی زمین و فراهم نمودن یک نسخه گزارش اصلاحی است که شرایط مکان ارتقا یافته را بیان می‌کند.

فصل سوم

ملاحظات طراحی بیمارستان تاب‌آور

۳-۱- مقدمه

اخیرا بحث‌های مربوط به تاب‌آوری در برابر سوانح طبیعی اهمیت ویژه ای یافته است. افزایش تعداد سوانح در ارائه خدمات اجتماعی تاثیرگذار بوده، و نیاز به تداوم ارائه خدمات درمانی یکی از شاخص‌های مهم در زمان رخداد سوانح می‌باشد. علاوه بر این، توانایی بیمارستان‌ها در ارائه خدمات درمانی اساسی و همچنین عملکرد پایدار در مواقع بحرانی ضروری است. بیمارستان‌ها باید در مدت زمان کوتاهی به وضعیت تعداد زیادی از مجروحان که جان آنها در معرض خطر است، رسیدگی کنند و باید این توانایی را داشته باشند که خدمات خود را به سرعت، فراتر از شرایط عادی گسترش دهند تا بتوانند تقاضای بیشتری را برای مراقبت‌های پزشکی برآورده کنند. شرایط اضطراری و سوانح طبیعی غالباً بدون هشدار رخ می‌دهند؛ و لذا در مواردی مانند وقوع زلزله ممکن است بخش‌هایی از بیمارستان آسیب ببیند یا از بین برود. در چنین شرایطی، لازم است که بیمارستان‌ها در ارائه خدمات بحرانی، ایمن بوده، در دسترس باشند و با حداکثر ظرفیت کار کنند.

بیمارستان باید آمادگی لازم جهت تاب‌آوری در برابر این رویدادها و رفع شوک ناشی از سوانح، سازگاری با شرایط و پاسخگویی به اختلالات داخلی یا خارجی را داشته باشد و بتواند باعث کاهش تأثیر حوادث شود تا عملکرد بهتری در راستای افزایش خدمات پزشکی عادی و فوری داشته باشد. با توجه به اینکه بیمارستان‌ها باید از زیرساخت‌های فنی مناسب و اصولی برخوردار بوده و مقاومت و استحکام لازم در برابر نیروهای شرایط بحرانی را داشته باشند، با این وجود تاب‌آور بودن آنها به طوریکه خدمات مطمئن ارائه دهند ضروری است. هدف از تاب‌آوری ارائه خدمات برای به حداقل رساندن تأثیرسوانح موجود و دستیابی به آمادگی و مقاومت بالاتر جامعه است. در این فصل برنامه‌ریزی و طراحی تاب‌آوری بیمارستان از برنامه‌ریزی برای گزینه مکانی انتخاب شده، جنبه‌های معماری، دسترسی، امور کلان تاسیسات مکانیکی، برقی و آبرسانی مورد توجه قرار گرفته است.

طراحی تاب‌آوری یک فرآیند جامع است که خطرات ناشی از سوانح طبیعی را شناسایی و با برنامه ریزی صحیح سعی میکند تا آثار آن را کاهش دهد تا بتوان در پی بروز یک سانحه بزرگ بازیابی سریع را انجام داد. این فرآیند نیاز به طراحی یکپارچه و برنامه‌ریزی اضطراری (دسترسی به راه‌های جایگزین) همراه با ارزیابی مبتنی بر عملکرد دارد تا از شناخت درست اهداف تاب‌آوری بیمارستان اطمینان حاصل شود.

طراحی سازه و تأسیسات بیمارستان برای حفظ خسارت کمتر در زمین لرزه یک مؤلفه اصلی در طراحی تاب‌آوری است. این امر به طور قابل توجهی عدم اطمینان در رفتار ساختمان را کاهش می‌دهد و باعث افزایش تاب‌آوری پیش‌بینی شده در اجرای ساختمان می‌شود. طراحی مبتنی بر تاب‌آوری، صریحاً شامل طراحی و تأیید عملکرد سازه و کلیه اجزای غیرسازه‌ای، از جمله مؤلفه‌های معماری، نما، تجهیزات پزشکی و محتویات ساختمان می‌باشد. استفاده از سیستم جداسازی لرزه‌ای در بیمارستان می‌تواند باعث باعث کاهش تقاضا در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای شده و در نتیجه ایمنی و تاب‌آوری کل بیمارستان را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. به عبارت دیگر مهمترین پارامتر تاب‌آوری بیمارستان، استحکام آن است.

یکی دیگر از عوامل مهم در بهبود تاب‌آوری، آمادگی برای بازیابی پس از سوانح برای اطمینان از ادامه کار (در صورت تمایل) و شرایط قابل استفاده بی وقفه پس از سوانح است. این فرایند عملکرد ساختمان (و محتویات) و تهدیدات ناشی از محیط پس از سوانح را در نظر می‌گیرد که می‌تواند مانع عملکردهای اصلی بیمارستان شود. به عنوان مثال، خسارات ناشی در خارج

بیمارستان به دلیل عملکرد ضعیف ساختمان‌های مجاور ممکن است در اختیار مسئولان ساختمان نباشد، اما ممکن است برای برنامه‌ریزی احتمالی برای ارائه عملکردهای پس از زلزله مورد استفاده قرار گیرد.

بیمارستان تاب‌آور باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- استحکام: بیمارستان باید بتواند تأثیر وقوع یک سانحه مانند زلزله را به خود جذب کند و عملکرد خود را در سطح عملکرد مورد نیاز ادامه دهد. اهداف استحکام باید با برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان مطابق آنچه در این دستورالعمل ارائه شده است، فراهم شود.
- افزونگی: در مواردی که استحکام بیمارستان کاملاً تضمین نشود، برای اطمینان از ارائه خدمات باید یک مرکز یا زیر سیستم بیمارستانی برای ارائه خدمات مورد نیاز پس از سوانح تأمین شود.
- بازیابی یا باز طراحی مجدد: با توجه به اینکه سوانح بزرگ اغلب ویران کننده هستند، لازم است بیمارستان برای تاب‌آور بودن و کنار آمدن با اثرات سوانح، توانائی سازگاری با شرایط جدید را در صورت امکان داشته باشد.

بنابراین، سطح تاب‌آوری کلی بیمارستان به منظور در نظر گرفتن توانایی پاسخگویی آن در کلیه سطوح سیستم، ترکیبی از عوامل تاب‌آوری هر یک از متغیرها است.

رعایت معیارهای این فصل در مورد بیمارستان‌های گروه ۴ (پلی‌کلینیک‌ها و مراکز درمانی) لازم الاجرا نیست.

۳-۲- اصول برنامه‌ریزی تاب‌آور

دستیابی به بیمارستان تاب‌آور از قوانین کشوری مربوط به بیمارستان ایمن شروع می‌شود و با عملیات ایمنی و نگهداری ادامه می‌یابد، از جمله:

۱. رویکرد استراتژیک برای برنامه‌ریزی تاب‌آور برای بیمارستان. مدیران بیمارستان با رویکرد توان استمرار خدمات پزشکی و کسب و کار باید برای ساختمان‌های بیمارستان، زیرساخت‌ها و خدمات تاب‌آور، که برای حفظ خدمات بالینی ضروری است؛ هم ایمنی را تامین کنند و هم توان افزایش ظرفیت را در صورت لزوم مد نظر داشته باشند. روش‌های استحکام بخشی باید حداقل برای حوادث زیر آزمایش شوند:
   - در دسترس نبودن محل به دلیل آتش‌سوزی، سیل، کمبود سوخت یا حوادث دیگر
   - تأثیر مشکلات عمده مربوط به زیرساخت‌های حمل و نقل، بر دسترسی و رفت و آمد پزشکان، کادر بیمارستان، بیماران و ملاقات کنندگان.
   - اختلالات شدید الکترونیکی، شبکه و سیستم‌های ارتباطات و اینترنت؛ و از دست دادن دسترسی به منابع اصلی آب و برق و تأمین سوخت و تأسیسات.
   - سرقت یا خسارت جانی که به شدت بیمارستان را به خطر می‌اندازد.
   - آلودگی شیمیایی قابل توجه در محیط کار.
   - از دست دادن خدمات پشتیبانی حیاتی یا زنجیره تأمین خدمات.

ارزیابی ریسک باید بطور دوره‌ای برای اطمینان از ایمنی سازه‌ای و همچنین کل فرایندهای بیمارستانی انجام شود.

۲. در نظرگرفتن ملاحظات برنامه‌ریزی و طراحی برای یک بیمارستان تاب‌آور. این معیار توسط اجرای کامل این دستورالعمل با انتخاب محل ساخت ایمن و طراحی ایمن بیمارستان امکان‌پذیر است.

۳. تاب آوری خدمات ساختمان از نگاه مهندسی. به عنوان مثال، بسیاری از فن‌آوری‌ها و تجهیزات پزشکی و ارتباطات مدرن به یک منبع انرژی قابل اعتماد متکی هستند. بنابراین برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان‌ها به صورتی است که منابع تامین انرژی نه تنها کافی بلکه باید مستحکم و تاب آور نیز باشند. در این خصوص نقاط ضعف زیر باید از بین رفته و معیارهای تأمین انرژی باید رعایت شوند:

- سیستم توزیع شامل کلیه اجزای غیر برقی مانند ساختمان پست‌های برق، منابع سوخت اضطراری، کانال عبور کابل‌ها و مخازن؛ باید به اندازه کافی مستحکم باشد تا در مقابل خطرات و تهدیدات پیش‌بینی شده مقاومت کنند.
- سیستم توزیع برق در داخل تأسیسات بیمارستان باید با داشتن و تامین چندین منبع در همه سطوح به بهترین وجه محافظت شود.
- توانایی پیکربندی و تنظیم مجدد سیستم تامین برق معیوب یا تخریب شده و یا بازسازی و راه‌اندازی مجدد آن باید در سطح بالایی قابل انجام باشد.

ملاحظات مشابه فوق باید برای موارد دیگر از قبیل بخش فناوری اطلاعات، ارتباطات، آب، گاز، سوخت، حمل و نقل و سیستم دفع زباله مد نظر قرار گیرد.

۴. تاب آوری عملیات پزشکی بیمارستان و آمادگی برای مقابله با سوانح.

تیم برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان باید در مورد اهداف تاب‌آوری بیمارستان باهم توافق داشته باشند و با مشخص نمودن خطرهای محتمل اهداف برنامه تاب‌آوری بیمارستان را تعریف کنند. یک سند رسمی برنامه تاب‌آور باید برای شناسایی اهداف و چگونگی دستیابی به همه اهداف تاب‌آوری که شامل تمام یا برخی از نکات ذیل باشد باید تهیه گردد:

- زمان از کار افتادگی تجهیزات و برآورد خسارت مالی
- سطح اطمینان برای اهداف فوق
- راه حل‌های سازه‌ای برای به حداقل رساندن خسارت
- شناسایی قطعات مکانیکی، برقی و سایر قطعات و تجهیزات موجود در ساختمان که برای عملکرد بسیار مهم هستند و برای محافظت در برابر خطرات برای آنها برنامه‌ریزی شده است.
- مشخص کردن اینکه چگونه اجزاء غیر سازه‌ای معماری خواسته‌های مورد انتظار در برابر زلزله را برآورده می‌کنند.
- شناسایی مکان‌های مهم و حیاتی ساختمان برای مواقع بحرانی و برنامه‌ریزی برای محافظت از آنها.
- شناسایی قسمت‌هایی از فضای بیرون ساختمان که می‌توان در مواقع بحران از آنجا در شرایط اضطرار استفاده شود.
- مشخص کردن ارتباط و وابستگی بین عملکرد بخش‌های مختلف بیمارستانی و تاثیر آنها بر هم و اهداف تاب آوری.

۳-۳- برنامه‌ریزی مکان

برای برنامه‌ریزی تاب‌آوری مکانی بیمارستان باید معیارهای ذیل در نظر گرفته شود:

۳-۳-۱- قابلیت دسترسی

قابلیت دسترسی به محل بیمارستان بسیار اهمیت دارد. به صورتیکه در مواقع اضطرار باید محلی برای استقرار خودروهای امدادرسان از جمله خودروهای آتشنشانی و موارد مشابه فراهم باشد

۳-۳-۱-۱- مسیرهای ورودی به محل

مسیرها و ورودی‌های منتهی به بیمارستان باید به گونه‌ای طراحی شوند که در مقابل عواملی همچون سیل و زلزله مقاوم باشند تا در هر زمان قابل استفاده، ایمن و در دسترس باشند.

برای بهبود تاب آوری بیمارستان در مناطق سیل خیز، مسیرها و ورودی‌های مورد نظر بیمارستان‌ها باید در مجاورت جاده‌های اصلی و تا حد امکان بالاتر از سطح آب ساخته شده؛ به طوریکه سطح بستر راه حداکثر ۳۰ سانتیمتر زیر تراز سیل طرح (DFE) قرار بگیرند. در مسیر راه باید چندین مجرا و زهکش تعبیه شود تا فرایند تخلیه سیلاب به سرعت انجام شود تا شانه راه به سد احتمالی تبدیل نگردد. از طرف دیگر مسیر دسترسی را می‌توان به گونه‌ای طراحی کرد که در مواقع سیلاب، آب به راحتی و بدون ایجاد صدمه در جاده جریان داشته باشد. بیمارستان همچنین باید دو جاده با دسترسی جداگانه به جاده‌های اصلی داشته باشد که بخش اورژانس، بیماران، کارکنان و خدمات برای مواقع عادی و اضطراری از آن استفاده نمایند و البته ایجاد مسیر مخصوص عبور ویلچر نیز الزامی است. لابی بیمارستان باید دسترسی راحت داشته باشد تا افراد تحت مراقبت دچار مشکل نشده و از ایجاد شرایط استرس‌زا جلوگیری شود.

۳-۳-۱-۲- مسیرها و راه‌های ارتباطی

کلیه راه‌ها، مسیرها و پیاده‌روها باید مطابق با استانداردهای معماری، دارای علائم راهنمایی و نشانگرهای دارای روشنایی طراحی شود تا دسترسی آسان به آنها فراهم گردد. همچنین قابلیت ورود خودرو به کلیه ورودی‌ها، پارکینگ و سایر قسمت‌های خدماتی و نگهداری و تعمیرات وجود داشته باشد. بسته به نوع خطر، هنگام وقوع سوانح، ارتباطات و مسیرها در منطقه بیمارستان باید ظرفیت تخلیه با استراتژی مناسب را داشته باشند.

۳-۳-۱-۳- پارکینگ

با توجه به اینکه ممکن است از پارکینگ‌ها برای فضای تخلیه پس از سوانح، منطقه امن یا تأمین فضای اضافی در هنگام تقاضای افزایش پزشکی/درمانی استفاده شود، باید برای ایجاد امکان پاسخگویی به این شرایط برنامه‌ریزی لازم انجام شود.

فضای کافی و مناسب پارکینگ باید برای برای بیماران بستری، سرپایی، کارکنان و ملاقات کنندگان فراهم شود. میزان پارکینگ مورد نیاز باید متناسب با تعداد تخت، پزشکان و کارمندان بیمارستان بر اساس ضوابط معتبر ملی و بین‌المللی در نظر گرفته شود. این میزان نیاز ممکن است در مناطقی که حمل و نقل عمومی یا پارکینگ‌های عمومی مناسب در دسترس باشد،کاهش یابد. برای وسایل نقلیه خدمات رسان و وسایل نقلیه مورد استفاده برای بیماران اورژانس باید فضای جداگانه و پارکینگ اضافی فراهم شود. در هر حال توجه به ضوابط و معیارهای معتبر ملی یا بین‌المللی در این زمینه توصیه می‌گردد.

۳-۳-۱-۴- دسترسی هوایی

ضوابط و معیارهای معتبر ملی و بین‌المللی با تایید کارفرما باید برای ایجاد دسترسی هوایی در مکان بیمارستان مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۳-۲- محوطه‌سازی و فضای سبز مکان

چشم‌اندازها و فضاهای سبز اطراف ساختمان بیمارستان باید به گونه‌ای طراحی شود که خطر سیل را کاهش دهد. زهکشی سیلاب باید با طراحی محوطه‌سازی یکپارچه باشد. قسمت‌های توسعه نیافته و آزاد از مکان بیمارستان باید ترجیحا با پوشش گیاهی مناسب پوشیده شود. هیچ بخشی از مکان نباید به صورت خاکی باقی بماند و همچنین باید از ایجاد گودال در محوطه بیمارستان ممانعت کرده تا از جمع شدن آب در آن‌ها جلوگیری شود. برای ایجاد فضای مناسب و آرام برای بیماران، بازدیدکنندگان و کارکنان، باید یک برنامه محوطه سازی مناسب فراهم شود. در هنگام طراحی و انتخاب گیاهان، صرفه جویی و استفاده بهینه از آب باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. به عنوان یک تأثیر محیطی، مقررات محلی که نوع و میزان محوطه‌سازی را تحت پوشش قرار می‌دهند باید در نظر گرفته شده و به گونه‌ای باشد که با طرح محوطه سازی شهرها سازگار و یکپارچه باشد.

۳-۳-۳- استفاده از مصالح

مصالح استفاده شده در بیمارستان‌ها باید بادوام، تاب‌آور، مقاوم در برابر احتراق و در برابر تجزیه مطابق شرایط توضیح داده شده در ذیل باشند:

- **دوام:** قابلیت مصالح و مواد مورد استفاده در ساخت باید به گونه‌ای باشد که در برابر عوامل بیرونی کمترین فرسودگی، خستگی، و آسیب را داشته باشند. استفاده از بتن و فولاد با مقاومت بالا و مقاوم در برابر آتش توصیه میشود. مصالح چوبی فراوری نشده، کمترین مقاومت در برابر آتش و حرارت را دارا بوده و لذا برای بیمارستان توصیه نمی شود.

- **مقاومت:** استفاده مناسب مصالح و مواد با مقاومت بالا، ایمنی و تاب‌آوری ساختمان بیمارستان را خصوصا در حوادث شدید که در آنها سازه‌ها بارهای غیر قابل پیش‌بینی را تجربه می‌کنند، بهبود می‌بخشد.
- **قابلیت ارتجاعی:** استفاده از مصالح و مواد با خاصیت ارتجاعی بیشتر در ساخت بیمارستان توصیه می‌شود تا تاب-آوری ساختمان بیمارستان در برابر تغییر شکل ناشی از نیروهای وارده به سازه را بالا ببرد و باعث شود سازه بیمارستان پس از باربرداری به سرعت به شکل اولیه خود بازگردد.
- **احتراق**: استفاده از مصالح و مواد غیر قابل احتراق مانند فولاد و بتن باعث افزایش تاب‌آوری میشوند.
- **مقاومت در برابر تجزیه:** این یکی از مهم‌ترین ویژگی مصالح و مواد است که می‌تواند تاب‌آوری مصالح در برابر سیلاب را بهبود بخشد و باعث کاهش خسارت ناشی از آبگرفتگی و غرق شدگی شود. بر خلاف چوب، فولاد و بتن منبعی برای تولید و انتشار کپک یا پوسیدگی فراهم نمی‌کنند. در عوض به دلیل وجود ترک‌های سطحی در بتن، آب به فولاد درون بتن نفوذ کرده و باعث خوردگی فولاد و در نتیجه از هم پاشیدگی بتن می‌شوند.
- **مقاوم در برابر سیل:** کلیه اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای و اتصالات که در پائین تر از ارتفاع طرح سیل (DBF) که در بخش ۳-۴ توضیح داده شده است، باید در برابر سیل مقاوم باشند تا از آسیب در برابر غرق شدگی به دور باشند. سازه‌های فولادی در برابر اثرات مخرب آب مصون نیستند زیرا خوردگی در سطح فولاد ممکن است به مرور زمان رخ دهد. برای جلوگیری از خوردگی در مکان‌هایی که ممکن است سازه فولادی در معرض آبگرفتگی و رطوبت قرار گیرد، می‌توان از پوشش‌های رنگی یا گالوانیزه استفاده کرد و با این روش مقاومت فولاد را برای مدت زمان بیشتری بالا نگه داشت.
- **مقاوم در برابر آتش:** تمام اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای و سایر موادی که در بیمارستان مورد استفاده قرار می‌گیرد باید شرایط مورد نیاز مصالح ذکر شده در مبحث ۳ مقررات ملی ساختمان را برآورده سازند.
- **بنایی:** برای بیمارستان‌های سطح ۱ و ۲ و ۳ نباید از مصالح بنایی غیر مسلح در دیوارها و میانقاب‌ها استفاده شود.

۳-۳-۴- طرح کلی در طراحی مکان

در طرح کلی بیمارستان‌هایی که در مناطق لرزه‌خیز قرار دارند، موارد ذیل از نقطه نظر طراحی معماری بیمارستان تاب‌آور باید مورد توجه قرار گیرند:

- حتی‌المقدور تمهید مناسب در طراحی معماری و چیدمان مولفه‌های بیمارستان برای ایجاد افزونگی در عملکرد بیمارستان فراهم شود تا در صورت بروز آسیب در یک بخش سایر بخش‌ها امکان پوشش خلا خدمت‌رسانی را داشته باشند.
- بخش اورژانس باید تا حد امکان به ورودی اصلی بیمارستان نزدیک باشد و باید راه‌های دسترسی گسترده و بدون دخالت عابر پیاده، بین ورودی بیمارستان و بخش اورژانس برای اسکان گذرگاه ایمن و تردد مکرر آمبولانس‌ها ایجاد شود.
- راه‌های دسترسی برای ورود و خروج آمبولانس بهتر است از هم جدا شوند (یا ترجیحا مسیرهای یک طرفه باشند).

- مکان و محوطه بیمارستان باید دارای فضای آزاد زیادی در اطراف بخش اورژانس داشته باشد تا قابلیت توسعه امکان پذیر باشد.
- مکان بیمارستان باید به گونه‌ای طراحی شود که با راه‌های دسترسی کافی و مناسب، فضای مناسبی برای نصب چادرهای پزشکی فراهم گردد.
- فضای کافی برای مخازن آب، ترجیحاً در ارتفاع، و همچنین تأسیسات تأمین انرژی تجدیدپذیر (مانند پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی، تأسیسات انرژی زمین گرمایی و غیره) باید در محل بیمارستان در نظر گرفته شود.
- در صورت قرارگیری بیمارستان در یک منطقه متراکم شهری، باید فضاهای مورد نیاز هلی پد (در صورت امکان بیش از یک مورد) در طراحی بیمارستان در نظر گرفته شود و تا حد امکان به بخش اورژانس نزدیک باشد.
- راههای دسترسی گسترده برای جابجایی ایمن و مکرر عبور همان زمان آمبولانس باید فراهم باشد.
- اگر مکان بیمارستان در معرض طغیان آب قرار بگیرد نباید ساختمان بیمارستان طوری قرارگرفته باشد که مانند یک سد در برابر مسیر آب عمل کند؛ بلکه باید محوطه به صورتی طراحی شود که مسیر آب به صورت اصولی به بیرون یا کانال انتقال سیلاب هدایت شود یا آب را مطابق روش‌های پیشنهادی ارائه شده در فصل ۵ از خود عبور دهد.

۳-۳-۵- فضا برای امکانات و تاسیسات اضافی

برای پیش بینی مقابله با سوانح یا حوادث خاص، باید در محوطه بیمارستان مکانی برای تأسیسات اضطراری تکمیلی اختصاص داده شود. امکاناتی از قبیل واحدهای ضد عفونی شیمیایی، بیولوژیکی، رادیولوژی و هسته‌ای (CBRN) ، مخازن موقت آب و یا سوخت و مخازن لجستیک ممکن است در این پروژه مختصراً گنجانده شوند و فضای لازم برای آن‌ها اختصاص یابد. اگر پارکینگ‌ها برای این امکانات مکمل تعیین شده باشند، لازم است وسایل مورد نیاز و ضروری در آنها فراهم شده و در دسترس باشند. در صورت بروز شرایط بحرانی، ممکن است وسایل نقلیه دفع زباله برای حذف زباله‌های بهداشتی در محل حضور نداشته باشند که باید این مورد نیز در طراحی محل پیش‌بینی شود.

۳-۴- افزایش فرا ظرفیت

بیمارستان باید این قابلیت و توانایی را داشته باشد که جهت پاسخگویی به افزایش نیاز به مراقبت‌های بالینی، خدمات درمانی خود را فراتر از ظرفیت عادی گسترش دهد. این یک عامل مهم در تاب‌آوری و آمادگی اضطراری است و باید در مراحل اولیه برنامه‌ریزی مورد بررسی قرار گیرد. برنامه‌ریزی بیمارستان و کارکنان باید در مواقع اضطراری نیاز بیماران را در نظر داشته باشد. برای انطباق با فرا ظرفیت باید به تاب‌آوری در طراحی تسهیلات توجه شود. بنابراین در اولین مراحل برنامه‌ریزی، باید فرا ظرفیت هر بیمارستان ، اعم از افزایش جزئی (۱۵٪ فراتر از ظرفیت عادی) تا افزایش عمده (افزایش غیرمعمول و زیاد تقاضا که منابع مراقبت‌های بهداشتی بیمارستان را برای یک دوره طولانی تحت الشعاع قرار می‌دهد)، محاسبه گردد، به گونه‌ای که بسته به نوع و شدت سانحه، سازوکار پاسخ به سانحه در قالب امکانات و توان پاسخ بیمارستان

افزایش یابد. برای در نظر گرفتن افزایش ظرفیت مورد نیاز و حفظ خدمات بالینی، مدیران بیمارستان باید رویکرد خدمت رسانی مستمر ساختمان زیرساخت‌ها (تاسیسات) و خدمات درمانی را تحت نظر داشته باشند.

در صورت بروز سوانح، تعداد بیماران پذیرش شده و شدت جراحات آنها به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد و بخش اورژانس بیمارستان بیشترین بخش متأثر از این رخداد است. تغییر در میزان ورود بیماران باعث افزایش ازدحام و طولانی شدن زمان انتظار مجروحان و مصدومین می‌شود و در نتیجه خطر وخیم‌تر شدن شرایط بیماران را نیز افزایش می‌دهد. با توجه به تمامی این جوانب، اورژانس بیمارستان باید یک برنامه اضطراری در هنگام وقایع سوانح را داشته باشد. ازدحام بیش از حد در اورژانس نامطلوب است، زیرا باعث ایجاد مشکلات دسترسی شده و منجر به تأخیر در مراقبت می‌شود؛ و به تبع آن جان بیماران و یا مصدومان در حال انتظار در معرض خطر جدی می‌گیرد. بنابراین بیمارستان باید طوری برنامه‌ریزی شود که حداقل بتواند تا ۷۲ ساعت پس از یک سانحه پاسخگوی تقاضای ایجاد شده برای مداوای مصدومان باشد. این پاسخگویی به جنبه‌های افزونگی، توانمندی و میزان تاب‌آوری مرتبط است.

هدف از برنامه‌ریزی برای فرا ظرفیت باید دربرگیرنده انجام فعالیت‌های ذیل در هنگام وقوع سوانح باشد:

- ارزیابی وضعیت و شرایط بحرانی.
- جمع‌آوری اطلاعات، ارزیابی انتشار اطلاعات و استفاده از اطلاعات حادثه یا سانحه.
- توسعه اطلاعات بدست آمده از وضعیت بیمارستان پس از وقوع حادثه و لحاظ کردن این اطلاعات در برنامه‌ریزی مواقع اضطراری؛ به خصوص اطلاعات مربوط به منابع و اقدامات انجام شده.

درصد فرا ظرفیت بیمارستان بالاتر از عملکرد حالت عادی، می‌تواند بر حسب تعداد بیماران مصدوم با وضعیت وخیم تعیین شود که می‌توانند در مدت زمان (T) ساعت تحت عمل جراحی قرار گیرند. این میزان معمولا به صورت زیر محاسبه می‌شود:

HSC = (تعداد اتاق عمل) x (میانگین زمان جراحی) / (α T)

که در آن α براساس ضریب استفاده موثر تخت و نیروی انسانی هر بیمارستان که در شرایط اضطراری اختصاص داده می‌شوند، تعریف شده است. برای بیمارستان‌های عادی α را میتوان ۴ در نظر گرفت.

برای اطمینان از اینکه ظرفیت تخمین زده شده برای شرایط اضطراری در سناریوهای مختلف در زمان وقوع سانحه‌های محتمل عملی و یا تحقق پیدا خواهد کرد، هر بیمارستان/مرکز درمانی باید موارد ذیل را انجام دهد:

- تخمین افزایش پیش‌بینی شده تقاضا برای خدمات بیمارستانی بر اساس نیاز منطقه‌ای وزارت بهداشت یا نیازهای مسئولان مدیریت بحران؛ و محاسبه حداکثر ظرفیت قابل پذیرش بیمارستان.
- شناسایی روش‌های افزایش ظرفیت بستری و سرپایی بیمارستان.
- برون سپاری مراقبت‌های پزشکی یا ارجاع بعضی از بیماران با شرایط غیربحرانی به دیگر مراکز درمانی جایگزین مناسب برای افزایش ظرفیت بیمارستان.
- بخش‌هایی از بیمارستان برای پاسخگویی به بیماران مازاد.
- کسب اطمینان از در دسترس بودن وسایل نقلیه و منابع لازم برای حمل و نقل بیمار.

- ایجاد مکانیسم‌های مناسب برای انتقال بیماران در داخل بیمارستان.
- شناسایی چالش‌های احتمالی در زمینه ارائه مراقبت‌های پزشکی بحرانی و هماهنگی با بیمارستان‌های همجوار و شبکه بیمارستان‌های منطقه.
- شناسایی مکان‌ها یا فضاهایی که دارای پتانسیل تبدیل شدن به واحدهای مراقبت از بیمار در شرایط اضطرار باشند.
- اولویت بندی یا لغو خدمات غیر ضروری، در صورت لزوم.
- اولویت‌بندی اقدامات درمانی براساس ظرفیت و تقاضای درمان موجود بر اساس معیارهای بستری و ترخیص از بیمارستان.
- تعیین فضاهای ویژه به عنوان سردخانه موقت و تدوین برنامه اضطراری برای اطمینان از انجام مراحل لازم پس از مرگ
- ایجاد پروتکل برای تأمین مواد مورد نیاز با استفاده از انبار یا فروشگاهی برای مواقع اضطرار.

۳-۵- ملاحظات معماری

علاوه بر مفاد پیشنهادی برای طراحی معماری بیمارستان‌ها، برای دستیابی به بالاترین سطح تاب‌آوری در برابر سانحه در یک بیمارستان، تیم طراحی باید ملاحظات معماری ذیل را نیز در نظر بگیرد:

۱. پیکربندی بیمارستان
۲. اجزای غیرسازه‌ای معماری
۳. مسائل مربوط به پاسخگویی
۴. مسائل مربوط به پایداری

ملاحظات مربوط به هر یک از دسته‌های فوق به طور جداگانه در ذیل بیان شده است.

۳-۵-۱- مسائل مربوط به پیکربندی بیمارستان

علاوه بر ویژگی‌های کلی که برای پیکربندی بیمارستان‌ها در مناطق لرزه‌خیز توسط مراجع معتبر در نظر گرفته شده، موارد زیر نیز به طور ویژه با تأکید بیشتر برای بیمارستان‌ها توصیه می‌گردند:

- پلان معماری ساختمان بیمارستان باید تا حد امکان ساده، منظم و متقارن باشد تا رفتار لرزه‌ای آن قابل اطمینان‌تر شود.
- برای پلان معماری L، T، U، H ، + یا شکل‌های مشابه، پلان معماری بیمارستان باید به قسمت‌های مستطیلی مجزا تقسیم شود و اتصالات لرزه‌ای با جزئیات مناسب بین این قسمت‌ها فراهم گردد.
- تعداد طبقات بیمارستان (خصوصاً بیمارستان‌های گروه ۲ تا ۴) ترجیحاً و در صورت امکان حداکثر سه طبقه باشد. این امر دسترسی به طبقات بالا را در مواقع اضطراری آسان‌تر و سریع‌تر می‌کند. شایان ذکر است که آسانسورها

ممکن است پس از وقوع زمین لرزه‌های بزرگ قابل استفاده نباشند، و نیز بلافاصله پس از وقوع زلزله تا زمانی که توسط کارشناسان مربوطه بررسی نشوند، قابل استفاده نخواهند بود.

- برای بیمارستان‌هایی که به دلیل محدودیت فضای شهری ساختمان بلندی دارند (در صورت داشتن بیش از سه طبقه)، برای جابجایی و انتقال سریع و آسان افراد آسیب دیده‌ی شدید، باید بخش‌های جراحی در طبقه‌های پایین ترجیحاً طبقات اول و دوم واقع شوند.
- بیمارستان‌ها باید از طریق شمع یا پایه ستون از ارتفاع طرح سیل (DFE) بالاتر باشند. فضای پائین تر از این تراز در بیمارستان باید آزاد و نباید مسدود باشد تا امکان عبور آزاد موج و سرعت زیاد آب در زیر ساختمان فراهم شود. سیستم دیوارهای سیل شکن شرح داده شده در بند ۵-۵-۲ و سیستم مهار-درز شرح داده شده در بند ۵-۵-۴ برای طراحی بیمارستان‌هایی که در معرض سیل قرار دارند توصیه می‌گردد. در موارد خاص، برای دیوارهای برشی، دیوار آتش، چاه آسانسور و راه پله‌ها باید تمهیدات لازم در نظر گرفته شود.
- برای بیمارستان‌های گروه‌های ۱، ۲ و ۳ ارتفاع پایین‌ترین طبقه یا زیر پایین‌ترین جزء سازه‌ای می‌باید برابر DFE یا ارتفاع BFE+70cm، هر کدام بالاتر است، باشد.
- برای بیمارستان‌های گروه ۴، ارتفاع پایین‌ترین طبقه یا زیر پایین‌ترین جزء سازه‌ای می‌باید برابر DFE یا BFE + 35cm، هر کدام بالاتر است، باشد.

۳-۵-۲- اجزای غیر سازه‌ای معماری

علاوه بر ملاحظات لازم در مورد اجزای غیر سازه‌ای معماری مطابق پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ایران، توجه توصیه‌های زیر در مورد بیمارستان‌ها لازم است:

- نمای بیرونی و همچنین نماهای داخلی ساختمان بیمارستان نباید سنگین و شکننده باشد.
- سقف‌های کاذب می‌باید با اتصال مناسب و مطمئن مطابق ضوابط ارایه شده در فصل ۷ این دستورالعمل به سازه ساختمان کاملاً متصل شوند.
- شیشه پنجره‌ها، کرکره‌ها، قاب و درها به خصوص در بخش‌های مهم بیمارستان (به عنوان مثال اورژانس، اتاق عمل، مراقبت‌های ویژه، ایزوله، داروخانه و غیره) باید از نوع مقاوم در برابر زلزله، طوفان و انفجار باشند.
- ساختمان، به ویژه تجهیزات آن، باید از لحاظ لرزه‌ای جدا شده باشند، یا اگر مجهز به چرخ باشند، باید دارای ساختار تاب‌آور باشند تا از حرکت بیش از حد آن‌ها در هنگام زلزله جلوگیری شود.
- اگر تجهیزات جدا شده لرزه‌ای یا تجهیزات دارای چرخ نزدیک به یکدیگر نصب شوند، باید با استفاده از برخی ضربه گیرها در اطراف آنها از وارد آمدن ضربات جلوگیری کرد.
- اشیاء تزئینی باید به میزان حداقل استفاده شود و در برابر نیروهای لرزه‌ای کاملاً ایمن باشند. این اشیاء نباید نزدیک ورودی‌های ساختمان نصب شوند، چرا که در صورت ریزش راه را مسدود کرده و مانع عبور می‌شوند.

- پله‌های فرار اضطراری باید کاملاً در خارج از بیمارستان واقع شوند.

۳-۵-۳- مسائل مربوط به پاسخگویی

پاسخگو بودن به حوادث ناگهانی مانند زلزله برای بیمارستان‌ها امری بسیار مهم است. در این راستا می‌توان موارد زیر را توصیه کرد:

- اگر بیمارستان حیاط و فضای باز نداشته باشد، بخش اورژانس باید تا حد ممکن به خیابان اصلی نزدیک بوده و دارای ورودی جداگانه و راه دسترسی گسترده‌ای بدون مزاحمت برای عابران پیاده باشد.
- اگر بیمارستان دارای فضای باز باشد، محوطه باید به گونه‌ای طراحی شود که فضای مناسب برای نصب چادرهای پزشکی با راه‌های دسترسی کافی در زمان اضطرار فراهم شود.
- راهروها و راه‌پله‌های ساختمان باید به اندازه کافی گسترده باشد تا حداقل دو تخت پزشکی و چرخ دستی یا برانکارد بطور هم‌زمان و ایمن از آن‌ها عبور کند.
- در مورد بیمارستان‌هایی که در مناطق شهری متراکم قرار دارند و فضای باز کافی ندارند، باید فضای مورد نیاز هلی پد (در صورت امکان بیش از یک فروند) و با دسترسی مناسب به بخش اورژانس، بر روی پشت بام در نظر گرفته شود.
- بخش اورژانس بیمارستان باید قابل توسعه باشد. برای این منظور، دیوارهای موجود در بخش اورژانس باید بطور متحرک طراحی شده و فضاهای مجاور نیز ترجیحاً باز و آزاد باشند؛ به این معنی که عملکرد آنها طوری باشد که برای چند روز قابل تعلیق بوده و یا بتوانند خدمات خود را در فضای دیگری ارائه کنند.
- در صورت وجود بخش اورژانس قابل توسعه، باید فضای ایمنی برای قرار دادن تختخواب‌های تاشوی بیشتر در طراحی معماری بخش اورژانس یا مکانی نزدیک به آن با دسترسی مناسب در نظر گرفته شود.
- اگر قرار است بیمارستان دارای سالن کنفرانس یا آمفی‌تئاتر باشد، باید در یکی از طبقه‌های پایین (زیر زمین یا طبقه اول) قرار گیرد و به گونه‌ای طراحی شود که بتوان آن را به بخش بستری بیماران در شرایط اضطرار تبدیل کرد.
- هر ساختمان بیمارستان باید دارای پله‌های فرار اضطراری در خارج از ساختمان باشد حتی لازم است یک رمپ با شیب مناسب که در صورت آتش سوزی بتواند از آن برای حمل برانکاردهای پزشکی و چرخ دستی‌ها استفاده نمود، در نظر گرفته شود.

۳-۵-۴- مسائل مربوط به پایداری

پایداری یک عنصر مهم در معماری تاب‌آور در برابر سوانح طبیعی است، که بر این اساس توصیه‌های ذیل باید در مورد بیمارستان‌ها رعایت شود:

- برای اینکه بیمارستان از نظر تأمین منبع آب خودکفا باشد، باید فضایی برای قرار دادن مخزن با ظرفیت حداقل سه هفته مصرف عادی روزانه بیمارستان، در طراحی معماری در نظر گرفته شود. اگر بیمارستان دارای حیاط باشد، یک مخزن مرتفع با ارتفاع کافی در یک مکان مناسب برای این منظور کافی است. در غیر این صورت، باید فضایی برای این منظور در زیرزمین یا ترجیحاً سقف ساختمان بیمارستان در نظر گرفته شود (برای ایجاد فشار مورد نیاز توسط نیروی جاذبه).
- برای اینکه بیمارستان در تأمین انرژی خودکفا باشد، فضایی برای تولید برق اضطراری لازم است. برای تولید انرژی حرارتی، مخزن سوخت باید ظرفیت حداقل گنجایش سه هفته مصرف عادی روزانه بیمارستان را داشته باشد و برای طراحی فضای معماری، فضای مورد نیاز آن در نظر گرفته شود.
- استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر و پایدار (خورشیدی، باد، زمین گرمایی و غیره) در بیمارستان‌هایی که در مناطق لرزه‌خیز قرار دارند به شدت توصیه می‌شود. جلوگیری از استفاده از گاز شهری خطر بروز سوانح ناشی از آتش‌سوزی پس از زلزله و انفجار را کاهش می‌دهد. در صورت برنامه‌ریزی برای استفاده از این نوع منابع انرژی در بیمارستان، فضای مورد نیاز برای اجرای آن‌ها باید در طراحی معماری بیمارستان در نظر گرفته شود.
- استفاده از مصالح ساختمانی پایدار، بادوام و با مقاومت بالا در بیمارستان‌های مستقر در مناطق لرزه‌خیز و در معرض سیل به شدت توصیه می‌شود.

۳-۶- ملاحظات طراحی تجهیزات و تسهیلات و نصب

به منظور ارتقاء تاب‌آوری بیمارستان‌ها و خدمات آن و اطمینان از بهبودی سریع و تداوم خدمات، امکانات و تجهیزات زیرساختی بیمارستان که در ذیل آمده، باید ایمن، مستحکم، تاب آور و با سطح ماندگاری لازم باشند:

۱. سیستم برقی
۲. سیستم آبرسانی
۳. سیستم گرمایش، تهویه، تهویه مطبوع و سرد کننده (برودتی) (HVACR)
۴. سیستم توزیع گاز طبی
۵. سیستم مخابراتی

توصیه‌های مربوط به هر یک از سیستم‌ها و امکانات فوق به طور جداگانه در ذیل ارائه شده است.

۳-۶-۱- سیستم برقی

برق و سیستم‌ها و تجهیزات الکتریکی احتمالاً حیاتی‌ترین خدمات زیرساختی در بیمارستان است. که بدون آن، بیشتر سرویس‌های دیگر عملکردی نخواهند داشت. بنابراین کل سیستم توزیع برق، هم در داخل تأسیسات و هم تأمین کننده

خارجی از شبکه تأمین برق، باید طوری طراحی شود که تا حد امکان تاب‌آور باشد. این امر می‌تواند با استفاده از اصول استحکام، افزونگی و تنظیم مجدد سیستم در برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان انجام شود. دستورالعمل‌های معتبر ملی یا بین‌المللی با تایید کارفرما برای تهیه و توزیع خدمات برقی می‌تواند در برنامه‌ریزی و ملاحظات طراحی تاب‌آور در سیستم الکتریکی مورد استفاده قرار گیرند.

طراحان باید چگونگی تأمین منبع برق ایمن را در نظر گیرند. تخصیص اولویت مکانی باید توسط مجری و تامین‌کننده شبکه برای محل انجام شود. داشتن دو یا چند منبع تأمین‌کننده از طرف تأمین‌کننده برق در جایی که قابل انجام باشد، شایان توجه است.

برخی از توصیه‌های بهبود استحکام، افزونگی و تنظیم مجدد سیستم الکتریکی به شرح ذیل است:

- پایداری شبکه برق: سیستم توزیع برق شامل کلیه اجزای غیر برقی مانند ساختمان پست‌های فرعی، تأمین سوخت اضطراری، داکت کابل‌ها و سایر اجزاء، باید به اندازه کافی پایدار باشند تا در برابر سطح خطرات و تهدیدات مبنای طراحی دچار آسیب و اختلال در خدمت‌رسانی نشوند. در جایی که افزونگی و امکان جایگزینی ایجاد نمی‌شوند (به عنوان مثال، ژنراتور برق در همان ساختمان پست برق قرار گرفته است)، تامین پایداری اهمیت دوچندان دارد. در طراحی چنین امکاناتی باید این فضاها به صورت محافظت شده با دسترسی مناسب در هنگام بروز سانحه در نظر گرفته شوند. همچنین لازم است برای عملکرد مناسب و منسجم سیستم از شکست ناگهانی در یک نقطه تمهیدات لازم در نظر گرفته شده باشد. با توجه به اینکه شبکه خدمات شهری، ممکن است در برابر زلزله آسیب‌پذیر باشد. ایجاد سیستم پشتیبان برق از طریق انرژی‌های تجدید پذیر در محل مانند توربین‌های بادی، پنل‌های PV، گرمایش خورشیدی، دیزل ژنراتورها و غیره بسیار توصیه می‌شود.
- افزونگی: سیستم توزیع برق باید در داخل تأسیسات با داشتن چندین منبع تأمین در همه سطوح به بهترین شکل محافظت شود. الزامات و توصیه‌های ارائه شده در ضوابط معتبر مرجع در پروژه می‌تواند میزان افزونگی سیستم الکتریکی را که ممکن است با ورود تهدیدهای معتبر در فرآیند مدیریت ریسک، افزایش یابد، فراهم آورد.
- بازیابی/تنظیم مجدد: امکان تأمین برق بیمارستان از دیگر قسمت‌های شبکه برق شهر. اتصال به مدارهای حلقه‌ای بجای تغذیه کننده‌های محوری و خطی دو منبع تأمین برق را تاب‌آور در برابر آسیب و آسیب‌ها می‌کند.

۳-۶-۲- ملاحظات سیستم آبرسانی

تداوم تأمین آب تمیز گرم و سرد و ایمن برای بیمارستان‌ها که برای حفظ بهداشت، هیدراتاسیون و یک محیط راحت برای بیماران و کارکنان به آن وابسته‌اند، بسیار حیاتی است. وقفه در منبع اصلی تأمین آب، برنامه‌ریزی شده یا نشده (از قبیل ترکیدن لوله اصلی آب، فشار کم لوله‌های اصلی، آسیب سیستم برق، آسیب پمپ‌های مربوط به کیفیت آب) می‌تواند فعالیت‌های مراقبت‌های بهداشتی را مختل کند. . در طراحی سیستم آبرسانی باید مخازن ذخیره آب به تعداد کافی پیش

بینی شود تا اختلال در آبرسانی را به حداقل برساند. در عین حال سیستم طراحی شده باید گردش کافی آب را برای جلوگیری از سکون در مخازن و سیستم‌های توزیع تضمین نماید.

در کنار مراجع معتبر ملی و بین‌المللی به این منظور، برای طراحی، نصب و راه‌اندازی آب ایمن در محوطه مراکز بهداشتی، موارد ذیل برای دستیابی به بیمارستان تاب‌آور در برابر سوانح توصیه می‌شود:

- لازم است دو یا چند خط لوله آب جداگانه که بیمارستان را به سیستم شبکه آب منطقه وصل می‌کند، از جمله اتصال لوله‌کشی خارجی برای تأمین آب اضطراری، و سیستم آتش‌نشانی مقاوم در برابر زلزله، در نظر گرفته شود.
- شیرهای قطع باید در مکان‌های استراتژیک در نظر گرفته شوند. تجهیزات و مؤلفه‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند باید از نظر ایمنی زلزله طراحی شده و در صورت وجود امکان دارای مجوز مربوطه باشند.
- لوله‌های آب در سرتاسر بیمارستان، از منبع تأمین آب تا بیمارستان باید در برابر زلزله مقاوم باشند. اتصالات انعطاف‌پذیر باید در مکان‌هایی که دارای جابجایی نسبی گسترده هستند، مانند ساختمان‌های مجاور، استفاده شوند.
- تعداد کافی کیت تصفیه آب قابل حمل باید به طور ایمن تهیه و ذخیره شوند.
- بیمارستان‌ها باید آب آشامیدنی و غیر آشامیدنی (برای آتش نشانی و استفاده در فضای سبز) را برای مدت زمانی که عملکرد دستگاه‌ها دچار اختلال می‌شود، تأمین کنند (حداقل ظرفیت ۷۲ ساعت و ترجیحاً ۳ هفته بسته به وسعت بیمارستان).

۳-۶-۳- سیستم گرمایش، تهویه، تهویه مطبوع و سردکننده (برودتی) (HVACR)

برای اطمینان از عملکرد سیستم‌های خنک کننده و گرمایشی در هنگام بروز سوانح طبیعی، باید ایمنی کافی و افزونگی در سیستم‌ها فراهم گردد. این امر می‌تواند با نصب آنها در خارج از ساختمان بیمارستان به منظور کاهش اثرات مخرب هرگونه تصادف ناشی از سوانح احتمالی در ساختمان بیمارستان انجام شود.

ضوابط و معیارهای معتبر ملی و بین‌المللی با تایید کارفرما باید برای برنامه‌ریزی‌های تاب‌آور و ملاحظات طراحی سیستم گرمایش و تهویه استفاده شوند. در کنار این موارد، برای دستیابی به بیمارستان تاب‌آور در برابر سوانح طبیعی نکات زیر نیز باید در نظر گرفته شوند:

- سیستم‌های تهویه با ملاحظات امکان استمرار خدمت‌رسانی در زمان وقوع سوانع باید در سرتاسر بیمارستان نصب شوند. خطرات و تهدیداتی مانند گسترش عفونت از طریق هوا، ناشی از آب، مواد شیمیایی یا بیولوژیکی که بعد از وقوع فاجعه ممکن است در بیمارستان رخ دهد، باید در طراحی ایمن سیستم تهویه مورد توجه قرار گیرد.
- طراحان باید از دستورالعمل‌های مربوط به "تهویه ویژه بیمارستان‌ها" استفاده کرده و طرح‌های تهویه در کل شرایط ویژه بیمارستانی را در نظر گیرند. برای ممانعت از انتشار آلودگی باید یک نگرش جامع در مورد طراحی ایمن سیستم تهویه و اجتناب از وقوع آسیب‌های خسارت‌بار در این زمینه اتخاذ شود.

۳-۶-۴- سیستم توزیع گاز طبی

ضوابط و معیارهای معتبر ملی و بین‌المللی با تایید کارفرما باید برای ایجاد تاب‌آوری لازم در سیستم‌های لوله‌کشی گازهای پزشکی در بیمارستان به کار گرفته شوند. در کنار این موارد، نکات زیر را نیز باید برای تاب‌آوری این سیستم‌ها در برابر سوانح، در نظر گرفت:

- تهیه دو مخزن کوچکتر (و جداگانه) ممکن است مقرون به صرفه نباشد، اما با توجه به زنجیره تأمین و تحویل، می‌تواند تاب‌آوری را بهبود بخشد. همچنین به دلیل تعدد منابع، کپسول‌های گاز باید به عنوان آخرین راه در دسترس موجود باشد.
- صرف نظر از سایر تهدیدات، محل مخازن ذخیره باید شدیداً مورد توجه قرار گیرد چرا که این مخازن خطر مهمی در نوع خود محسوب می‌شود.
- مخازن باید از مقاومت بدنی و غیرقابل دسترسی خوبی برخوردار بوده و از مناطق پر ازدحام دور باشند. در مواردی که ملاحظات مکانی از تأمین این شرایط جلوگیری می‌کند، باید یک دیوار محافظ برای آنها در نظر گرفته شود.
- زیرساخت‌های مهندسی برای تولید هوا و خلاء پزشکی باید به اندازه تامین سایر گازها تاب‌آور باشند. کمپرسورها و پمپ‌های ایجاد خلاء و نیز دستگاه‌های خلاء آماده به کارِ مبتنی بر اصول خطر، برای کارکردن به منبع انرژی الکتریکی نیاز دارند.
- سیستم‌های لوله‌کشی توزیع گاز طبی باید دارای ویژگی‌هایی باشند تا از بروز گازهایی مانند اکسیژن ناشی از آتش‌سوزی و یا انفجار در صورت آسیب دیدن جلوگیری کند (به عنوان مثال، باید چندین شیر جداساز و در دسترس تأمین شوند).

۳-۶-۵- سیستم مخابراتی

رعایت ضوابط و نشریات سازمان برنامه و بودجه در ارتباط با ضوابط طراحی و اجرای تاسیسات مکانیکی، برقی و مخابراتی برای دستیابی به تاب‌آوری لازم در برابر سوانح طبیعی برای سیستم‌های مخابراتی در بیمارستان‌ها ضروری است. لازم است طراح در مطالعات خود سیستم مخابراتی مستقلی (از نظر انرژی لازم و ارتباطی) را به عنوان پشتیبان برای حفظ ارتباط بیمارستان با مراجع مدیریت بحران در شرایط اضطرار و بحران پیش‌بینی نموده باشد.

فصل چهارم

تحلیل‌های خطر چندگانه

۴-۱- تحلیل مخاطرات چندگانه

۴-۱-۱- مقدمه

بر اساس مفهوم مخاطرات چندگانه در این دستورالعمل، باید اصلی‌ترین خطرات احتمالی و شدت مورد انتظار آن‌ها برای برنامه‌ریزی و طراحی ایمن بیمارستان مشخص و محاسبه شود. آیین‌نامه‌ها به‌طورکلی و معمولا سازه‌ها را برای مقاومت در برابر شرایط بارگذاری مختلف و خطراتی که به‌احتمال‌زیاد ممکن است، رخ دهد (مانند بارهای مرده، بارهای زنده، تغییرات دما، باران، برف، یخ، زلزله، سیل، نیروی باد و آتش‌سوزی) طراحی می‌کنند. در این دستورالعمل ابتدا سازه برای سطوح خطر زلزله که بیشترین اهمیت را برای ایمنی سازه و عملکرد مورد انتظار دارد، طراحی می‌گردد. سپس، عملکرد و ایمنی بیمارستان طراحی‌شده باید برای سناریوهای دیگر خطرات احتمالی مانند سیل، سونامی، وزش باد شدید، انفجارهای تصادفی یا عمدی و غیره مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد. در این فصل راهنمای ارزیابی خطر، تعیین شدت و سطوح مختلف خطرهای زلزله، سیل و آتش که برای طراحی بیمارستان امن در ایران مهم و مورد نیاز است، ارائه شده است.

ارزیابی مخاطرات چندگانه به دو فرآیند بالقوه طبقه‌بندی می‌شود:

۱. ارزیابی مستقل خطرات؛ و
۲. ارزیابی اثر متقابل بین انواع مختلف خطرات. به‌عنوان‌مثال، بارهای سیل و بارندگی ممکن است هم‌زمان در طوفان شدید و سیل در سواحل به وجود آیند.

بخش‌های مختلف ایران در معرض یک یا چند نوع از خطرات طبیعی مستقل، مانند زلزله، سیل و طغیان رودخانه قرار دارد. اثر اندرکنشی بالقوه بین این مخاطرات را می‌توان به چهار گروه ذیل طبقه‌بندی نمود:

- اثرات اندرکنشی این مخاطرات که می‌توانند مخاطره دیگری را ایجاد کنند؛
- اثرات اندرکنشی این مخاطرات که می‌توانند احتمال مخاطره را تغییر دهند؛
- هم‌زمانی وقوع این مخاطرات طبیعی در حوزه زمان و مکان؛ و
- خطرات ثانویه (پیامدهای خطرات).

در این دستورالعمل‌ها، روش انتخابی برای تجزیه و تحلیل تاب آوری مخاطرات چندگانه (مانند بسیاری از آیین‌نامه‌ها)، هر یک از خطرات را به‌صورت جداگانه با روشی احتمالی در نظر می‌گیرد. اگرچه ضروری نیست، سناریوهای تعامل تعینی برای تجزیه‌وتحلیل این اندرکنش‌ها برای بیمارستان‌های گروه یک می‌تواند قابل‌استفاده باشد. در این دستورالعمل، روش احتمالی و تعینی برای تحلیل خطر زلزله و سیل انتخاب‌شده‌اند؛ و برای سایر خطرات احتمالی، رویکرد مبتنی بر سناریو و روش تعینی برای تعیین شدت خطر استفاده می‌شود. همچنین بر اساس دستورالعمل‌های انتخاب مکان امن برای بیمارستان، تعیین ساختگاه با کمترین میزان احتمال مواجهه با خطرهای طبیعی و انسان ساز خواهد بود.

۴-۱-۲- تعیین مخاطره غالب درساختگاه بیمارستان

پس از انتخاب محل بیمارستان و شناخت مقدماتی مخاطره احتمالی در محل و میزان بالقوه مخاطره طبیعی (زلزله، سیل، وزش باد شدید، طوفان و غیره)، تجزیه‌وتحلیل مفصل مخاطره باید انجام شود تا سطح خطر طراحی در شرایط بحرانی یا غالب که می‌توانند تأثیراتی ازنظر ایمنی بر سازه بیمارستان و عملکرد آن داشته باشند، تعیین گردد. به‌عبارت‌دیگر؛ مخاطره غالب درساختگاه بیمارستان باید برای تعیین پارامترهای طراحی سازه، یا اجتناب از استقرار بیمارستان در مکان در نظر گرفته شود، و یا انجام ارائه توصیه‌های لازم و پیشگیرانه به تیم طراحی جهت محافظت از امنیت زندگی کلیه ساکنان مراکز درمانی و نیاز احتمالی به ادامه خدمات پس از یک فاجعه انجام شود.

۴-۲- رویکرد تحلیل خطر زلزله

تحلیل خطر زلزله ویژه ساختگاه فقط باید برای بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳ انجام شود. پارامترهای خطر زلزله برای بیمارستان گروه ۴ (مراکز بهداشتی و درمانی کوچک و خانه‌های بهداشت) براساس ضوابط مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ به دست می‌آیند. فرآیند تحلیل خطر رلزله شامل ارزیابی کمّی خطرات زمین‌لرزه است که ممکن است توسط تمام چشمه‌های احتمالی فعالیت لرزه‌ای و پتانسیل آن‌ها برای ایجاد جنبش قوی زمین در آینده در یک ساختگاه خاص ایجاد شود. با توجه به اهمیت تاسیسات و ساختمان‌های درمانی، برای ارزیابی خطر ویژه ساختگاه می‌توان از راهنمای کاربردی انجام تحلیل خطر زلزله، نشریه شماره ۶۲۶ سازمان برنامه‌وبودجه که در این راهنما "نشریه ۶۲۶" نامیده می‌شود استفاده نمود مفاد نشریه ۶۲۶ به صورت کلی در این بخش نیز شرح داده شده است. در صورت تفاوت بین مفاد این فصل با مفاد نشریه ۶۲۶، مفاد نشریه ۶۲۶ مبنای انجام مطالعات می‌باشد. علاوه بر این می‌توان در این زمینه به مفاد نشریه شماره ۸۱۶ نیز مراجعه نمود.

بر اساس نشریه ۶۲۶، تحلیل خطر به صورت احتمالی و تعینی انجام می‌شود. از روش تحلیل خطر تعینی (DSHA) برای طراحی سازه بیمارستانی استفاده می‌شود که در نزدیکی یک گسل یا چشمه لرزه‌ای فعال و شناخته‌شده با زلزله‌های تاریخی مشخص قرار گرفته باشد و آن گسل فعال بر اساس مطالعه و نظر تخصصی بیشترین مخاطره را ایجاد کند. روش تحلیل خطر احتمالاتی (PSHA) بیشتر برای مکان‌هایی مناسب است که در آن بسیاری از گسل یا چشمه‌های لرزه‌ای بالقوه ممکن است بیمارستان را تحت تأثیر قرار دهند و باید همه عدم قطعیت‌های مربوط به آنها در نظر گرفته شود. پس از تجزیه و تحلیل مفصل تحلیل خطر، پارامتر نهایی طراحی لرزه‌ای بر اساس قضاوت کارشناس در مورد نتایج تحلیلی و با مشورت با تیم طراحی سازه تعیین خواهد شد.

تحلیل خطر باید تقاضای لرزه‌ای (جنبش شدید زمین، IM) را بر حسب حداکثر شتاب زمین (PGA)، طیف طرح شتاب (S_a) و تاریخچه زمانی شتاب زمین (در صورت نیاز) را برای سطوح خطر ذیل تعیین کند:

۱. سطح خطر لرزه‌ای ۱: معادل سطحی از جنبش قوی زمین است که احتمال فراگذشت آن در۵۰ سال ۱۰درصد باشد. این سطح خطر معادل دوره بازگشت ۴۷۵ سال است.

۲. سطح خطر لرزه‌ای ۲: معادل سطحی از جنبش قوی زمین است که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال ۲درصد باشد. این سطح خطر معادل دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال است.

اثر خاک ساختگاه باید با استفاده از روش‌های استاندارد تحلیل خطر در سطح زمین (تراز استقرار پی سازه) انجام شود، زیرا معمولاً در تحلیل خطر پارامترهای طراحی و شدت زلزله (به‌عنوان‌مثال PGA) در سطح بستر سنگی محاسبه می‌شوند. مشخص است که لایه‌های سطحی خاک، تأثیر قابل‌توجهی بر جنبش زمین دارند و برای برآورد جنبش سطح زمین، لازم است تا اثر آن نیز در نظر گرفته شود.

توجه داشته باشید:

۱. S_a باید برای هر دو خطر زلزله سطح ۱ و ۲ به دست آید.

۲. واحد PGA و S_a معمولاً برحسب g (شتاب گرانش زمین) تعریف می‌شوند یا دارای ابعاد g یا m/s^2 هستند. در فرآیند طراحی لرزه‌ای (فصل‌های ۵ تا ۷)، فقط از نسبت PGA و S_a وابسته به g استفاده می‌شود. به عنوان مثال برای $S_a(T) = 0.7g$، فقط در محاسبه از مقدار ۰٫۷ استفاده می‌شود.

۴-۲-۱- تحلیل خطر زلزله احتمالی (PSHA)

روش تحلیل خطر زلزله احتمالی (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) اثر همه چشمه‌های لرزه‌ای احتمالی (گسل‌ها) با بزرگی ممکن در هر مکان و میزان وقوع احتمالی را در نظر می‌گیرد. شکل ۴-۱ نمای کلی از مراحل فرآیند تحلیل خطر زلزله احتمالی که در نشریه ۶۲۶ شرح داده‌شده است، را نشان می‌دهد:

۱. شناسایی و تعیین کلیه چشمه های لرزه زا یا مؤثرترین چشمه لرزه‌زا در ایجاد خطر زلزله و مدلسازی آنها به صورت خطی و یا سطحی در شعاع حداقل ۳۰۰ کیلومتری محل بیمارستان باشند.

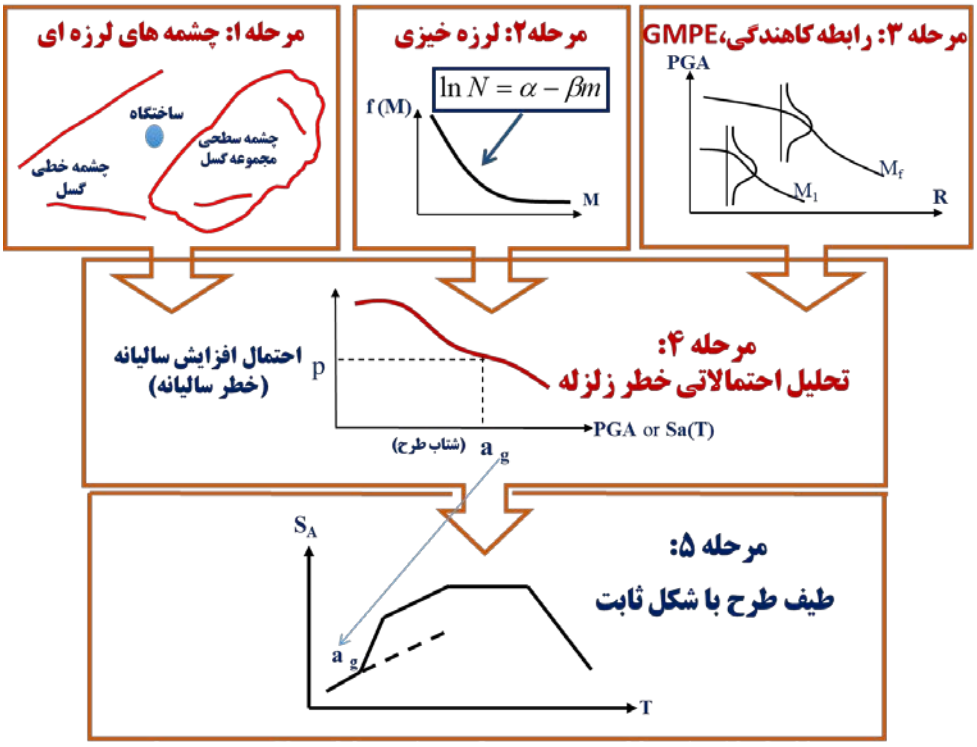
۲. مشخص کردن توزیع بزرگی زلزله به‌منظور تعریف دوره بازگشت زلزله (توزیع نمایی،G-R یا مشخصه یا مدل‌های بزرگای حداکثری) برای هر منبع یا ناحیه مشخص‌شده در شعاع ۳۰۰ کیلومتری ساختگاه. برای حذف حوادث پیش‌لرزه و پس‌لرزه، جداسازی اطلاعات لازم است. در این مرحله، باید حداکثر بزرگی M_{Max} به‌عنوان بزرگ‌ترین زمین‌لرزه ممکن در منطقه برای برنامه‌ریزی جهت پیشگیری از فاجعه و طراحی مقاوم لرزه‌ای برای بیمارستان تعریف شود.

۳. انتخاب مجموعه (حداقل ۷) روابط پیش‌بینی جنبش زمین (GMPE) یا روابط کاهندگی مناسب و سازگار با لرزه زمین ساخت منطقه مورد نظر است. فاصله بین ساختگاه و هر گسل باید سازگار با ویژگی‌های جنبش نیرومند زمین در سایت مورد نظر، و پیش‌بینی توزیع شدت جنبش زمین به صورت تابعی از بزرگا، فاصله و غیره. همچنین در این گام باید توزیع فواصل چشمه‌های لرزه‌زا تا سایت مورد نظر متناظر با زمین‌لرزه محتمل تعریف گردد.

۴. محاسبه منحنی خطر ویژه ساختگاه با منظور نمودن عدم قطعیتهای ذاتی و تصادفی و محاسبه منحنی خطر برای پارامترهای حداکثرشتاب زلزله (PGA) و شتاب طیفی زلزله (S_{a1}(T=1.0sec)) و (S_{as}(T=0.2sec)) برحسب احتمال وقوع سالیانه که در برگیرنده سطوح خطر مورد نظر طراحی بیمارستان باشد.

۵. تهیه طیف طراحی: طیف طراحی با روش‌های پیشنهادی بخش ۴-۲-۴ محاسبه شود.

برای در نظر گرفتن عدم قطعیت صریح در پارامترهای (منبع، لرزه و میرایی) مورداستفاده در فرآیند تحلیل خطر زلزله احتمالی، تجزیه و تحلیل درخت منطقی باید توسط تحلیلگرخطر انجام شود. تحلیلگر باید منحنی خطر را برای ترکیب همه مدل‌ها و یا پارامترهای مرتبط با هر مرحله به دست آورد و وزن آن‌ها را با احتمال نسبی ترکیب آن به دست آورد تا با جمع منحنی‌های خطر، وزن منحصربه‌فرد به دست آید. میانگین این منحنی‌های خطر مختلف معمولاً گزارش می‌شود و برای اهداف طراحی مورداستفاده قرار می‌گیرد.



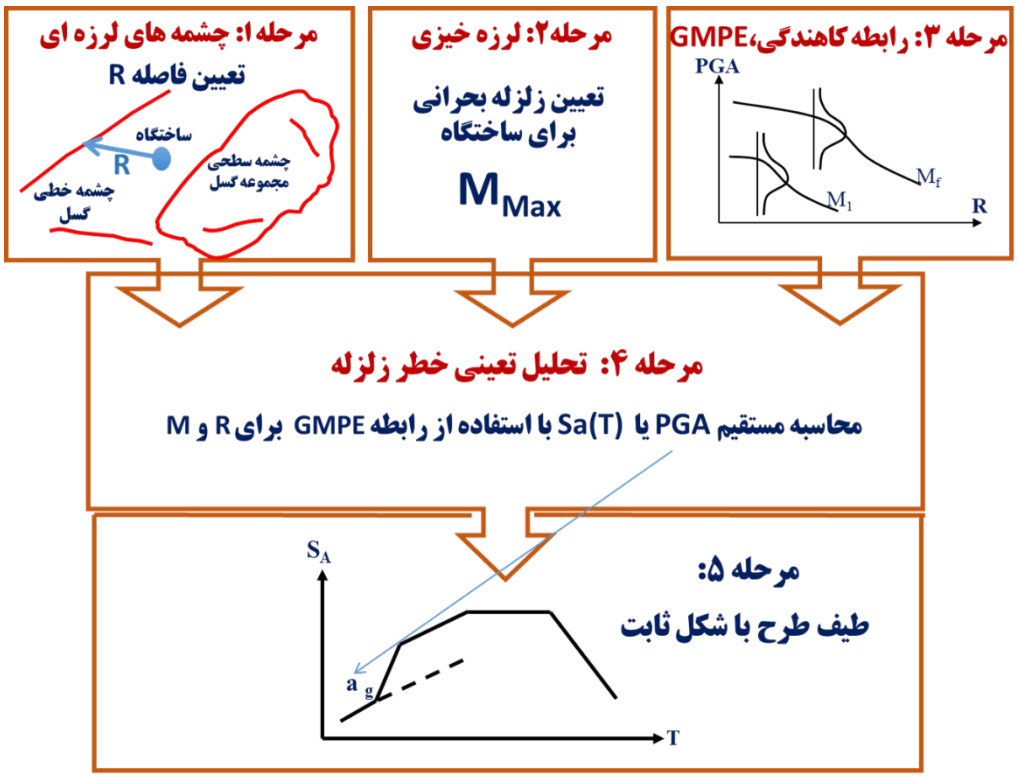
شکل ۴-۲ فرایند ۵ گانه تحلیل خطر زلزله احتمالی (PSHA) و تولید طیف طرح (نشریه ۶۲۶)

۴-۲-۲- تحلیل خطر زلزله تعینی

روش تحلیل خطر زلزله تعینی (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) یا تحلیل خطر زلزله مبتنی بر سناریو، حداکثر شتاب زمین (PGA) یا مقادیر شتاب طیفی برای رخداد خاصی از زلزله بر اساس گسل مسبب و فاصله از ساختگاه براساس قضاوت کارشناسانه انتخاب شده و با بهره گیری از چند رابطه کاهندگی انتخابی مقدار پارامترهای جنبش زمین برآورد میشود. فرآیند آن که در نشریه ۶۲۶ شرح داده‌شده عبارت است (شکل ۴-۲):

۱. شناسایی و تعیین چشمه لرزه زا (گسل) یا مؤثرترین چشمه لرزه زا در ایجاد خطر زلزله مخرب یا بحرانی، به همراه تعیین فاصله ساختگاه از چشمه لرزه زا R.
۲. شناسایی و تعیین بزرگای زلزله محتمل یا بیشترین بزرگای زمین‌لرزه مربوط به گسل انتخاب شده در پهنه مورد نظر که می‌تواند بر بیمارستان تأثیر شدید بگذارد.
۳. انتخاب مجموعه (حداقل ۷) روابط پیش‌بینی جنبش زمین (GMPE) یا روابط کاهندگی مناسب و سازگار با لرزه زمین ساخت منطقه مورد نظر است. نزدیک‌ترین فاصله بین ساختگاه و هر گسل باید سازگار باتعریف رابطه‌های پیش‌بینی جنبش قوی زمین انتخاب‌شده، باشد.
۴. محاسبه شدت جنبش زمین (PGA و S_a) بر حسب بزرگای زمین‌لرزه، فاصله و غیره.
۵. محاسبه طیف‌طرح-شکل ثابت با استفاده از PGA یا $S_{a1}(T=1.0sec)$ و $S_{as}(T=0.2sec)$.

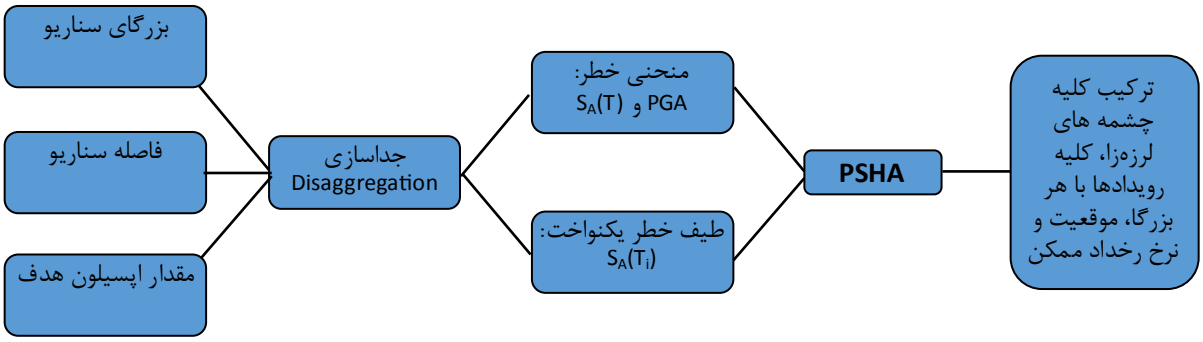
با توجه به عدم قطعیتهای متنوعی که در پارامترهای تحلیل خطر وجود دارد، تعیین این رخداد غالب، کار چندان ساده‌ای نیست و مستلزم قضاوت مهندسی است. به عنوان یک پیشنهاد، می توان رخداد غالب حاصل از تحلیل تفکیک خطر را به عنوان رخداد انتخابی در تحلیل تعینی لحاظ نمود که در بخش بعدی ارائه شده است.



شکل ۴-۲ فرایند ۵ گانه تحلیل خطر زلزله تعینی (DSHA) و تولید طیف طرح (نشریه ۶۲۶)

۴-۲-۳- سناریوی زلزله بر اساس تحلیل احتمالاتی خطر زلزله

پس از انجام محاسبات تحلیل خطر احتمالاتی، تحلیلگر خطر باید مشخص کند «کدام سناریو زلزله به‌احتمال‌زیاد باعث ایجاد زمین‌لرزه با PGA> a می‌شود؟» برای پاسخ به این سؤال، فرایند تحلیل تفکیک خطر که در شکل ۴-۳ نشان داده‌شده است باید انجام شود تا بزرگای سناریو (M) و فاصله تا منبع ساختگاه (R) و اپسیلون هدف (ضریب تغییر نسبت به میانگین طیف‌ها) تعیین شود که می‌تواند محتمل‌ترین رویداد سناریو باشد. به‌عبارت‌دیگر، این فرآیند بزرگا و فاصله‌هایی را که بیشترین مشارکت را در سطح خطر و در یک تناوب سازه مورد توجه مهندسی (به‌طورمعمول، پریود یا زمان تناوب اصلی سازه) دارند، تعیین می‌کند. با محاسبه M، R و اپسیلون، تحلیلگر با استفاده از روابط کاهندگی انتخاب‌شده باید پارامترهای موردنیاز طراحی را به دست آورد. علاوه بر این، فرایند تفکیک برای انتخاب سری تاریخچه زمانی شتاب با توجه به طیف پاسخ یکنواخت خطر احتمالی انجام می‌شود.



شکل ۴-۳ فرایند تحلیل تفکیک خطر زلزله برای بدست آوردن سناریوی زلزله مبتنی بر تحلیل احتمالاتی زلزله

۴-۲-۴- طیف طرح شتاب

طیف طرح شتاب ویژه ساختگاه برای تحلیل دینامیکی و طراحی بیمارستان، موردنیاز است. طیف طرح با استفاده از نشریه ۶۲۶ یا هر دستورالعمل شناخته‌شده دیگر با یکی از دو فرآیند استفاده از طیف طرح شکل ثابت و یـا طیف طرح یکنواخت که در بخش‌های بعد شرح داده شده، به دست می‌آید. طیف طرح شتاب ویژه ساختگاه نباید از ۸۰٪ طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ کمتر باشد.

۴-۲-۴-۱- طیف طرح شکل ثابت

طیف طرح با شکل ثابت با استفاده از یکی از اشکال طیفی ذیل محاسبه می‌شوند:

۱. شکل طیف استاندارد ۲۸۰۰-بند ۳-۲. این شکل طیف در استاندارد ۲۸۰۰ با B(T) برحسب نوع خاک و شدت خطر زلزله ارائه شده است. در این روش، طیف طرح ارتجاعی شتاب از حاصلضرب مقادیر ضریب (A) و طیف

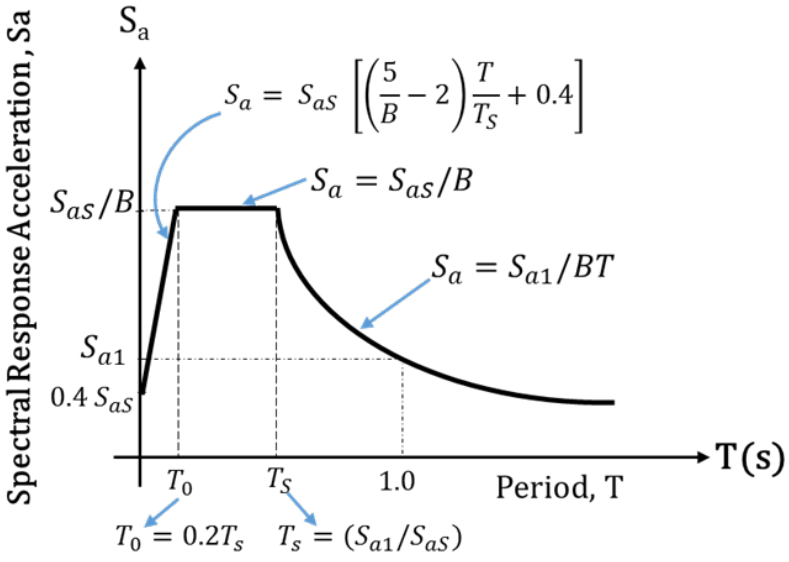
ضـریب بازتـاب (B) بدست میآید. ضریب شتاب مبنای طرح برابر است با شتاب بیشـینه زمـین(PGA) تقسـیم بـر شـتاب ثقـل زمین. در استاندارد ۲۸۰۰، طیف ضریب بازتاب، برای میرایی ۵٪ ارایه شده است.

۲. شکل طیف نشریه ۶۲۶-بند ۲-۱-۲-۵ شکل طیفی $S_a(T)$ در این دستورالعمل در شکل ۴-۴ نشان داده‌شده است.

این شکل طیفی، بزرگنمایی(تشدید) طیفی PGA ، S_{aS} (مقدار شتاب طیف در پریود کوتاه، T_S=0.2 ثانیه) یا S_{a1} (مقدار شتاب طیفی در پریود بلند، T_1=1 ثانیه) را تعریف می‌کند. برای تعیین تأثیر شرایط خاک ساختگاه، باید پارامترهای شتاب طیفی پریود کوتاه در F_a و شتاب طیفی پریود بلند در F_v (جدول ۴-۱) ضرب شوند.

جدول ۴-۱ ضریب بزرگنمایی(تشدید) خاک طیف طرح F_a و F_v در مقابل مقدار شتاب طیفی (نشریه ۶۲۶)

نوع خاک	ضریب بزرگنمایی(تشدید) خاک طیف طرح F_a برای S_{as}				ضریب بزرگنمایی(تشدید) خاک طیف طرح F_v برای S_{a1}			
	S_{as}=0.50g	S_{as}=0.75g	S_{as}=1.00g	S_{as}=1.00g	S_{a1}=0.20g	S_{a1}=0.30g	S_{a1}=0.40g	S_{a1}>0.50g
۱	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
۲	1.2	1.1	1.0	1.0	1.6	1.5	1.4	1.3
۳	1.4	1.2	1.1	1.1	2.0	1.8	1.6	1.5
۴	1.7	1.2	0.9	0.9	3.2	2.8	2.4	2.4



شکل ۴-۴ شکل طیف طرح شتاب [نشریه شماره ۶۲۶ سازمان برنامه و بودجه]

با توجه به تغییر نسبت میرایی (β) در سازه‌های بیمارستانی، اجزای غیرسازه‌ای و دستگاه‌های جداساز، طیف‌های طرح را باید برای نسبت میرایی موردنیاز به دست آورد. با توجه به اینکه طیف‌های طرح معمولاً برای میرایی ۵٪ داده می‌شوند، طیف طرح برای سایر نسبت‌های میرایی ازنظر ضریب تنظیم (B) به شرح زیر است:

$$S_a(\beta,T) = S_a(\beta = 0.05, T)/B \qquad ۱-۴$$

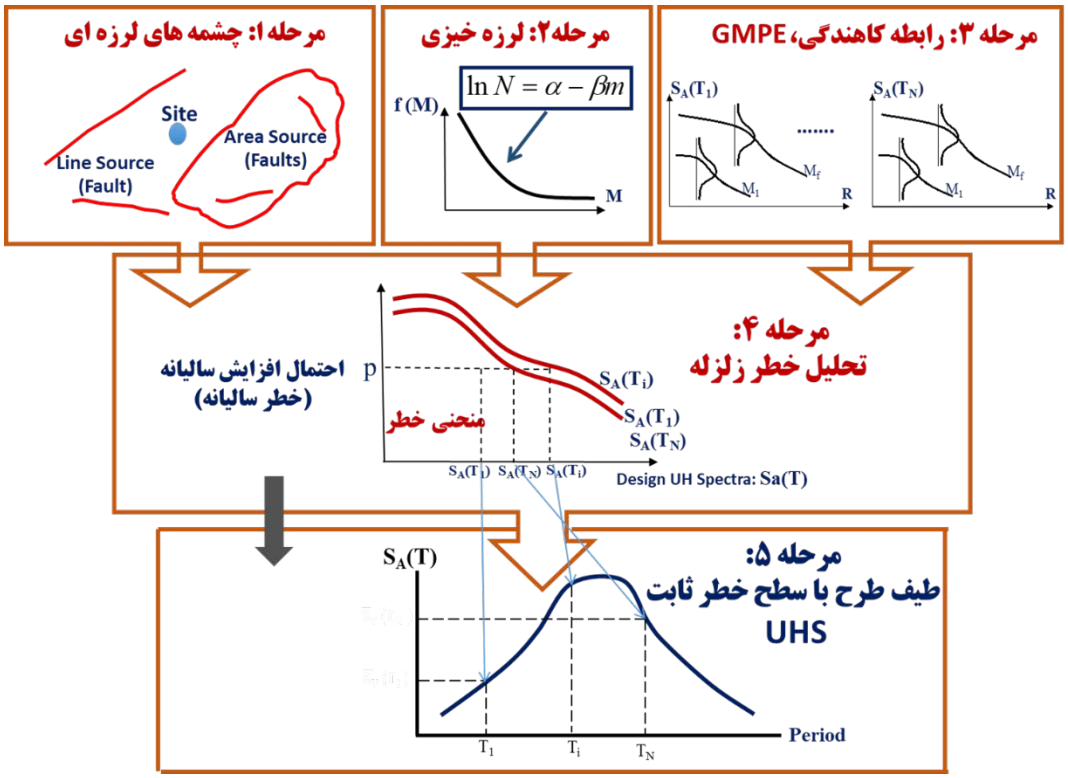
که در آن

$$B = 4/\left[5.6 - \ln\left(100\beta\right)\right] \qquad ۲-۴$$

۴-۲-۴-۲- طیف خطر یکنواخت

طیف خطر یکنواخت (Uniform Hazard Spectra, UHS) شتاب طیفی را در دوره‌های تناوب مختلف و موردنظر مهندسی در یک سطح خطر(دوره بازگشت) ثابت نشان می‌دهد.

در صورت نیاز تیم طراحی سازه به طیف خطر یکنواخت، تحلیلگر باید منحنی خطر طیف شتاب ویژه ساختگاه را برای زمان تناوب‌های ۰.۰۵ تا ۴ ثانیه محاسبه کند. این روش همانند روش ارائه شده در بند ۱-۲-۴ است (شکل ۴-۵، به‌جز اینکه منحنی‌های خطر برای شتاب طیفی در همه زمان تناوب‌های موردنیاز به‌جای PGA به دست می‌آیند. برای جزئیات بیشتر به بند ۱-۲-۲-۵ ضابطه شماره ۶۲۶ رجوع کنید.



شکل ۴- ۵ فرایند ۵گانه تحلیل خطر زلزله احتمالی برای طیف طرح با سطح خطر یکنواخت

۴-۲-۴-۳- طیف طرح آماری

برای بهبود قابلیت اطمینان طیف‌های طراحی، در صورت نیاز، طیف‌های طراحی را می‌توان مستقیماً از مجموعه طیف پاسخ به‌دست‌آمده از مجموعه حرکات قوی زمین که برای ساختگاه بیمارستان انتخاب‌شده نیز به دست آورد (به بخش ۴-۲-۵

برای راهنمای انتخاب شتاب نگاشت‌ها مراجعه کنید) و از روشی که در بخش ۵-۲-۲-۲ نشریه ۶۲۶ ارائه شده، استفاده کرد. طیف طراحی از تجزیه‌وتحلیل آماری (میانگین، میانگین+σ) مجموعه‌ای از طیف‌های پاسخ با فرآیند تعدیل یا هموار کننده استفاده‌شده توسط متخصص استخراج می‌شود. مراحل آن عبارت است از:

۱. انتخاب شتابنگاشتهای مناسب همخوان با زلزله کنترل کننده و متناسب با شرایط ژئوتکنیکی ساختگاه.
۲. هم پایه کردن شتابنگاشتها برحسب حداکثر دامنه شتاب بهدست آمده از تحلیل خطر ویژه ساختگاه.
۳. تهیه طیف پاسخ برای هر یک از شتابنگاشتها در نسبت میرایی ۵درصد، یا درصد میرایی موردنیاز.
۴. حلیل آماری و به عنوان مثال محاسبه طیف میانگین یا میانگین به علاوه یک انحراف معیار

۴-۲-۴-۴- طیف طرح قائم

طیف طرح قائم (S_{av}) را می‌توان با همان روشی که برای طیف طراحی افقی ارائه‌شده است، به دست آورد. مقدار شتاب طیفی طرح قائم را نیز می‌توان دو-سوم طیف طرح افقی در نظر گرفت. این نسبت را می توان از روش های (H/V) استفاده کرد

۴-۲-۵- انتخاب و مقیاس کردن شتابنگاشت جنبش قوی زمین (SGM)

در تحلیل‌های تاریخچه زمانی، حداقل ۳ زوج شتابنگاشت باید به عنوان ورودی تحلیل به کار گرفته شوند. شتابنگاشت‌های به کار گرفته شده در این تحلیل‌ها باید مطابق با ضوابط این بخش انتخاب و مقیاس شوند. اگر در تحلیل تاریخچه زمانی سازه مورد نظر حداقل از ۱۱ زوج شتابنگاشت استفاده شده باشد، بکارگیری میانگین هر یک از پارامترهای پاسخ به عنوان تقاضای نیرویی و یا جابجایی طرح بلامانع خواهد بود (میانگین بیشینه‌ها). در غیر این صورت، باید بیشنه هر یک از پارامترهای پاسخ ملاک نظر طرح قرار بگیرد (بیشینه بیشینه‌ها).

در مواردی که تحلیل دینامیکی سازه در هر دو راستای افقی مدنظر باشد، هر دو مولفه افقی زوج شتابنگاشت ورودی باید از رکورد یک رخداد طبیعی مشخص و ثبت شده در یک ایستگاه واحد انتخاب شوند. شتابنگاشت‌های مناسب باید از رکوردهایی انتخاب شوند که دارای بزرگا، فاصله از گسل، نوع خاک و مکانیزم چشمه لرزه‌زای سازگار با تحلیل تفکیک خطر لرزه‌ای باشند. در صورتی که دسترسی به تعداد کافی از شتابنگاشت‌هایی که دارای شرایط مذکور باشند مقدور نباشد، استفاده از روش‌های مناسب شبیه‌سازی شتابنگاشت جهت دستیابی به حداقل تعداد رکورد لازم بلامانع خواهد بود. رکوردهای شتابنگاشت انتخابی باید پیش از انجام تحلیل مطابق با بندهای ۱-۵-۲-۴ و ۲-۵-۲-۴ به ترتیب برای تحلیل‌های دوبعدی و سه‌بعدی مقیاس گردند.

۴-۲-۵-۱- تحلیل دو بعدی

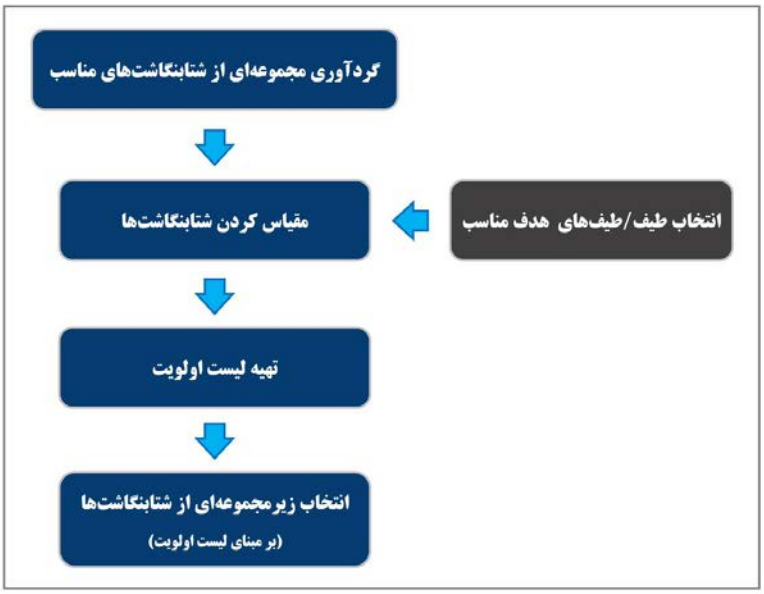
برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی دو بعدی، که در واقع تحلیل در یک بعد افقی سازه مد نظر می‌باشد، شتابنگاشت‌های انتخاب شده باید به گونه‌ای مقیاس شوند که میانگین طیف پاسخ با میرایی ۵٪ آن‌ها در بازه پریودی $0.2T$ تا $1.5T$، کمتر از طیف طرح ساختگاه مورد نظر نباشد. T، در واقع پریود طبیعی مود غالب سازه در راستای افقی مورد نظر می‌باشد.

۴-۲-۵-۲- تحلیل سه بعدی

برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی سه بعدی، که در واقع تحلیل در دو بعد افقی سازه مد نظر می‌باشد، در ابتدا باید برای هر یک از زوج شتابنگاشت‌های انتخاب شده، جذر مجموع مربعات (SRSS) طیف پاسخ با میرایی ۵٪ مولفه‌های افقی مقیاس شده را به دست آورد (طیف جذر مجموع مربعات). در گام بعد، ضرایب مقیاس هر یک از زوج شتابنگاشت‌ها باید به گونه‌ای تعیین شوند که میانگین طیف‌های جذر مجموعه مربعات آن‌ها در بازه پریودی $0.2T$ تا $1.5T$ بیشتر از ۱۰٪ پایین‌تر از ۱.۳ برابر طیف طرح ساختگاه مورد نظر قرار نگیرند. لازم به تذکر است که در فرایند فوق‌الذکر، باید هر دو مولفه زوج شتابنگاشت‌ها با استفاده از ضریب یکسانی مقیاس شوند.

۴-۲-۵-۳- روش پیشرفته برای انتخاب رکورد جنبش شدید زمین SGM

با توجه به اهمیت تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی در ارزیابی تقاضای لرزه‌ای بیمارستان‌ها و همچنین کمبود شتابنگاشت‌های مناسب ثبت شده در ساختگاه مورد نظر، استفاده از شتابنگاشت‌های در دسترس ثبت شده در سایر مناطق اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. چگونگی انتخاب شتابنگاشت‌های مناسب از چنین پایگاه داده گسترده‌ای موضوع این بخش را تشکیل می‌دهد. پنج گام اصلی انتخاب شتابنگاشت‌های مناسب در شکل ۴-۶ نمایش داده شده است.



شکل ۴-۶ روش انتخاب رکورد جنبش شدید زمین برای تحلیل دینامیکی غیر خطی

گام ۱: گردآوری مجموعه‌ای از شتابنگاشت‌های مناسب

مجموعه شتابنگاشت‌های مناسب باید با توجه به نکات زیر گردآوری شوند:

- شتابنگاشت‌های مناسب باید از رکورد رخدادهایی انتخاب شوند که دارای بزرگا، فاصله ساختگاه تا چشمه لرزه‌زا، و مکانیزم گسلش سازگار با شرایطی باشند که زمین‌لرزه طرح را کنترل می‌نماید.
- شتابنگاشت‌های منتخب باید بر روی خاکی ثبت شده باشند که دارای شرایط مشابهی با ساختگاه موردنظر باشد.
- مدت زمان جنبش قوی شتابنگشات‌های منتخب باید حداقل از ۱۰ ثانیه یا سه برابر پریود غالب سازه مورد ارزیابی بیشتر باشد.

گام ۲: انتخاب طیف هدف مناسب جهت مقیاس‌سازی شتابنگاشت‌ها

جهت انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی توصیه می‌شود که از طیف غیرالاستیک و یا طیف میانگین مشروط (CMS) به عنوان طیف هدف استفاده شود. جهت به دست آوردن طیف طرح غیرالاستیک می‌توان روش‌های متعارف موجود در ادبیات فنی را به کار گرفت.

گام ۳: مقیاس کردن شتابنگاشت‌ها

شتابنگاشت‌های انتخاب شده در گام ۱ باید به گونه‌ای مقیاس شوند که طیف پاسخ با میرایی ۵٪ آن‌ها در بازه پریودی $0.2T$ تا $1.5T$ از طیف هدف انتخاب شده در گام دوم کمتر نباشد. T، در واقع پریود طبیعی مود غالب سازه در راستای افقی مورد نظر می‌باشد.

گام ۴: تهیه لیست اولویت برای شتابنگاشت‌های مقیاس شده

در این گام با توجه به ضرایب مقیاس به دست آمده در گام سوم، لیست اولویت شتابنگاشت‌ها تهیه می‌شود. اولویت‌بندی شتابنگاشت‌ها باید به گونه‌ای انجام شود که رکوردهای دارای ضریب مقیاس نزدیک‌تر به ۱ در اولویت بالاتری قرار بگیرند. به بیان دیگر، نزدیک‌تر بودن ضریب مقیاس رکوردها به ۱ به اولویت بالاتر آن‌ها تعبیر خواهد شد و بالعکس.

گام ۵: انتخاب یک زیرمجموعه شتابنگاشت مناسب با توجه به لیست اولویت تهیه شده

در این گام با توجه به تعداد رکورد شتابنگاشت مورد نیاز جهت انجام تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی، زیرمجموعه‌ای از شتابنگاشت‌های مناسب با توجه به لیست اولویت تهیه شده در گام چهارم انتخاب می‌گردد.

سایر ملاحظات:

در فرایند انتخاب شتابنگاشت‌های مناسب باید نکات زیر لحاظ گردند:

- جهت انجام تحلیل‌های دو بعدی، از انتخاب هر دو مولفه افقی یک رکورد شتابنگاشت اجتناب شود.
- توصیه می‌شود که از انتخاب تعداد زیادی رکورد متعلق به یک رخداد خاص اجتناب گردد، به طوری که، شتابنگاشت‌های متعلق به هر رخداد از ۱۰٪ تعداد کل رکوردهای انتخاب شده کمتر باشند.
- از بکارگیری رکوردهایی که بیش از حد نیاز به مقیاس‌سازی (ضریب مقیاس بسیار کوچک یا بسیار بزرگ) دارند اجتناب شود. ضرایب مقیاس مولفه‌های افقی شتابنگاشت‌ها باید در محدوده 0.3 تا 3 قرار بگیرند.
- اگر دسترسی به تعداد کافی از رکوردهای شتابنگاشت طبیعی مناسب مقدور نباشد، استفاده از روش‌های شبیه‌سازی مناسب جهت تولید رکورهای شتابنگاشت مورد نیاز به تعداد کافی بلامانع خواهد بود.
- اگرچه روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی به عنوان روشی قدرتمند شناخته می‌شود، با این وجود، تفسیر نتایج حاصله از آن نیاز به مهارت‌های ویژه متخصصین این حوزه دارد. از این رو، گام‌های شرح داده شده در این بخش تنها به عنوان یک راهنمای عمومی ارائه شده است و هر پروژه‌ای بسته به شرایط ویژه آن نیاز به در نظر گرفتن الزامات خاص خود را خواهد داشت.

۴-۲-۶- مدل‌سازی اثرات ساختگاه

درفرایند تحلیل خطر زلزله، پارامترهای جنبش شدید زمین (PGA یا شتاب طیفی) معمولاً با استفاده از روابط پیش بینی جنبش شدید زمین یا روابط کاهندگی (GMPE) در سنگ بستر تخمین زده می‌شوند. برای به دست آوردن این پارامترهای در سطح زمین یا در سطح پی سازه، لازم است اثر خاک ساختگاه یا اثر تشدید خاک در نظرگرفته شود. چندین مدل برای تاثیر تشدید یا بزرگنمایی حرکت در زمین برحسب مشخصات خاک موجود هستند. ارجحیت یک مدل نسبت به مدل دیگر تا حدود زیادی به اطلاعات در دسترس برای شناسایی خواص ژئوتکنیکی ساختگاه بستگی دارد. حداقل، باید بتواند تشدید برای انواع خاک‌های موجود در استاندارد ۲۸۰۰ را ارائه دهد. یکی از روش‌های متداول برای بررسی تأثیر ساختگاه مشخص کردن وضعیت خاک ساختگاه با استفاده از سرعت موج‌برشی ۳۰ متری با نام V_{s30} است که به‌طور مستقیم از بررسی ژئوتکنیکی ساختگاه به‌دست‌آمده است. (بخش ۵-۱ را برای این دستورالعمل‌ها مشاهده کنید).

روش‌های استانداردی که برای بررسی اثرات ساختگاه قابل‌قبول هستند شامل:

- مدل بزرگنمایی(تشدید) GMPE
- مدل بزرگنمایی(تشدید) آیین نامه طراحی که در جدول ۴-۱ مشخص شد.
- مدل بزرگنمایی(تشدید) عمومی از شبیه‌سازی‌های پاسخ ساختگاه.
- مدل بزرگنمایی(تشدید) با کاربرد خاص شبیه‌سازی‌های پاسخ ساختگاه (ریز پهنه‌بندی گسترده لازم است).

۴-۲-۷- اثرات ساختگاه حوزه نزدیک

ساختگاه‌هایی که دارای شرایط زیر می‌باشند، باید به‌صورت نزدیک به گسل در نظرگرفته شوند:

۱. ساختگاه مورد نظر در فاصله کمتر و یا مساوی ۱۵کیلومتر از تصویر سطحی گسل فعال شناسایی شده که قادر به تولید رویداد با بزرگی ۷ یا بیشتر می‌باشد، قرارگرفته باشد.
۲. ساختگاه مورد نظر در فاصله کمتر و یا مساوی ۱۰کیلومتر از تصویر سطحی گسل فعال شناسایی شده که قادر به تولید رویداد با بزرگی ۶ یا بیشتر می‌باشد، قرارگرفته باشد.

استفاده از ضرایب بزرگنمایی(تشدید) وابسته به زمان تناوب برای اصلاح طیف با خطر یکسان در مناطق نزدیک گسل نیز تنها زمانی قابل‌قبول می‌باشد که طیف بزرگنمایی شده(تشدید شده) کمتر از طیف طرح پیشنهادشده توسط استاندارد ۲۸۰۰ در ساختگاه مورد نظر نباشد. برای مدل‌سازی گسیختگی سطحی بخش ۴-۲-۸ را نیز مشاهده کنید. اگر میزان جابجایی گسل‌ها کمتر از ۱ میلی‌متر در هرسال باشد، ساختگاه مورد نظر را نمی‌توان نزدیک گسل در نظر گرفت. همچنین، تصویر سطحی گسل مورد نظر که در فوق به آن اشاره گردید نباید شامل بخش‌هایی از گسل باشد که در اعماق بیشتر از ۱۰ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفته‌اند.

۴-۲-۸- گسیختگی سطحی

همان‌طور که در مورد معیارهای انتخاب ساختگاه ذکرشده است، محل بیمارستان بسته به سطح بیمارستان باید حداقل ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از هر گسل فعال فاصله داشته باشد. اگر به دلایلی یک گسل از زیر محل بیمارستان عبور کند، یا یک گسل در نزدیک محل بیمارستان باشد ممکن است سبب حرکت همسوی گسل در زیر محل بیمارستان شود؛ تحلیلگر خطر باید این عدم قطعیت‌ها را در نظر گرفته و قضاوت‌های محافظه‌کارانه که در آن‌ها گسل‌های حوزه نزدیک بررسی و در نظرگرفته شده است، را انجام دهد. کافی بودن یک استدلال ایمنی در برابر گسل در هر ساختگاه عمدتاً بر اساس سه معیار کلیدی قضاوت خواهد شد: ۱) آیا دانش موجود و انواع مناسب اطلاعات و داده‌های مرتبط با احتمال بروز گسلش در ساختگاه موردنظر در تحلیل‌ها لحاظ شده و ارزیابی‌شده‌اند؟؛ ۲) آیا جمع‌آوری مناسبی از داده‌های جدید صورت گرفته است؟؛ و ۳) آیا از روش‌ها و تکنیک‌های تحلیلی مناسب برای به دست آوردن این داده‌ها و ارزیابی پتانسیل آسیب گسیختگی زمین استفاده است؟. تحلیل خطر احتمالاتی جابجایی گسل (PFDHA) باید برای برآورد خطر گسلش سطحی استفاده شود.

۴-۲-۹- زمین‌لرزه‌های منطقه فرورانش

زمین‌لرزه‌های منطقه فرورانش، مشابه زمین‌لرزه‌های مرتبط با منطقه فرورانشی مکران، مشخصات میرایی(کاهندگی) کاملاً متفاوتی با زمین‌لرزه‌های پوسته نازک درون یا بین ورقه‌ای دارند؛ بنابراین، مدل‌سازی این زمین‌لرزه‌ها با یک GMPE مناسب برای این محیط تکتونکیکی حائز اهمیت است.

۴-۲-۱۰- جنبش قوی قائم زمین

طیف‌های طراحی قائم باید به‌طور جداگانه برای ساختگاه مورد نظر برآورد شوند. استفاده از طیف‌های افقی مقیاس شده به‌عنوان سطح طراحی قائم مطابق الزامات اساسی با ارائه مستندات فنی قابل‌قبول است دال بر این‌که هیچ داده معتبری به‌عنوان ورودی PSHA برای حرکت قائم استفاده نشده باشد (به بند ۱-۲-۴-۴ مراجعه شود).

۴-۳- تحلیل خطر سیل

در این قسمت ابتدا ضمن معرفی سیلاب، به بحث خطر سیلاب به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی پرداخته خواهد شد. با توجه به اینکه دستورالعمل حاضر برای جانمایی و محافظت از بیمارستان‌ها تهیه شده، در ادامه مشخصات و شیوه‌های تعریف سیلاب برای طراحی و ارزیابی جانمایی بیمارستان‌ها تشریح شده است.

۴-۳-۱-تعریف سیل

سیلاب در واقع غرقاب شدن موقت زمین‌هایی است که در حالت عادی زیر آب نمی‌روند. این رویداد بر اساس دلیل رخداد حالت‌های متفاوتی دارد. بر اساس این دلایل متعدد، پیامدهای خطرات آبی را می‌توان به شکل‌های زیر در مطالعه بررسی کرد:

- بارش-رواناب: با وقوع بارش بر سطوح مختلف و عدم توانایی زمین برای جذب یا نگهداشت رواناب حاصل از بارش رخ می‌دهد.
- طغیان رودخانه: سیلاب رودخانه‌ای به عنوان سیلاب‌های خطر آفرین به دلیل عدم ظرفیت مجرا برای انتقال مازاد آب رخ می‌دهد.
- امواج ساحلی: این نوع سیلاب ناشی از موج آب رسیده به ساحل به دلیل وقوع طوفان یا سونامی است.
- سیلاب ناشی از شکست سازه مانع در برابر آب: وقوع سیلاب ناگهانی با دبی قابل توجه به دلیل شکست سد، دیوار کانال، خاکریزهای آب‌بند و... که در مناطق پایاب شکست رخ می‌دهد.

سیلاب براساس مشخصه‌های آن از جمله دبی سیل، ارتفاع یا عمق سیل، سرعت سیل، مدت‌زمان سیل، سطح آبگرفتگی سیلاب و یا ترکیب‌های مختلف آن بسته به شرایط اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۳-۲-خطر سیل وارزیابی آن

سیلاب به دلیل توانایی در ایجاد آسیب و خسارات جانی و مالی، به عنوان یک خطر طبیعی مطرح است. از همین رو برای مدیریت و کاهش آسیب‌های ناشی از آن، ارزیابی خطر سیلاب از اهمیت بالایی برخوردار است.

هدف از ارزیابی خطر سیلاب برآورد تعیین سطوح آبگرفتگی و شدت سیلاب در مناطقی است که احتمال وقوع سیلاب طی دوره‌های زمانی مختلف در آن مناطق وجود دارد. نتایج به دست آمده از ارزیابی سیلاب با احتمال وقوع‌های مختلف، برای پشتیبانی از فعالیت‌های مدیریت ریسک مورد استفاده قرار خواهد گرفت. با توجه به این‌که ارزیابی خطر سیلاب و پارامترهای طراحی مرتبط با آن برای بیشتر مهندسان سازه در کشور ما چندان شناخته‌شده نیست، در اینجا سعی شده خطر سیل در مقایسه با خطر زمین‌لرزه با جزئیات بیشتری توضیح داده‌شود.

میزان خطر سیلاب متناسب با شدت سیلاب متغیر است و تحت تأثیر خصوصیات سیلاب (دبی، گستره آبگرفتگی، عمق، دبی، مدت‌زمان، سرعت، میزان بالا آمدن آب‌های خروشان و غیره)، توپوگرافی نواحی دچار آبگرفتگی و راهبردهای مدیریت اضطراری (پیش‌آگاهی و سرعت عمل در مواجه مؤثر با سیلاب) قرار دارد. ارزیابی خطر سیلاب به شناسایی درجه نسبی خطر سیلاب در یک پهنه سیلابی کمک می‌کند بدون آن‌که لازم باشد بدانیم چه چیزی در معرض خطر است. ارزیابی خطر سیلاب با روش‌های تعینی و در حد امکان با روش‌های احتمالاتی انجام می‌شود.

۴-۳-۳- مشخصه های خطر سیلاب

برخی پارامترهای مرتبط با سیلاب که در ارزیابی خطر سیلاب و انتخاب ساختگاه‌های بیمارستان‌ها و همچنین تعیین شدت سیلاب مهم هستند در زیر شرح داده‌شده‌اند:

- دبی سیلاب (Q): دبی سیلاب پارامتر اصلی رویداد سیل است که به‌صورت حجم آبی (مترمکعب بر ثانیه) که از یک مقطع عرضی معین در واحد زمان عبور می‌کند تعریف‌شده است. رابطه اصلی دبی به صورت حاصل‌ضرب سرعت سیل در سطح مقطع عبور جریان بیان می‌شود:: Q=AV که در آن A= مقطع عرضی جریان و V = میانگین سرعت سیلاب است. تمام مطالعات هیدرولوژیکی، دبی را اصلی‌ترین پارامتر سیلاب ذکر می‌کنند. در بسیاری از حوضه‌های آبریز مهم، دبی سیلاب برای دوره بازگشت‌های مختلف برآورده شده و به‌طور منظم به‌روزرسانی می‌شوند.
- عمق (D): یکی از ویژگی هر رخداد سیل، عمق آب در نواحی دچار آبگرفتگی است. از آنجا که نیروهای هیدرواستاتیک روی یک سطح عمودی (مانند دیوار پی) مستقیماً با عمق در ارتباط هستند و با افزایش عمق هزینه‌های مربوط به محافظت از ساختمان‌ها افزایش می‌یابد، این پارامتر از اهمیت زیادی برخوردار است. بسته به عوامل متعدد مانند شکل دره یک رودخانه، شیب طولی مسیل یا کانال، ضریب زبری دیوار کانال‌ها و بسترها و وجود سازه‌های مسدودکننده در محدوده درگیر آبگرفتگی، عمق سیلاب می‌تواند متفاوت بوده و بعضاً تا بیش از ۱۰ متر نیز برسد. عمق سیل در مناطق ساحلی متأثر از شدت طوفان یا سونامی بوده، همچنین به عواملی از قبیل چرخه جزر و مد، مدت‌زمان طوفان، ارتفاع از سطح زمین، ژرفای مناطق فراساحلی، شکل ساحل و وجود امواج بستگی دارد.
- مدت‌زمان: مدت‌زمان سیلاب دوره‌ای است که آب بالاتر از سطوح نرمال قرار دارد. در طراحی بیمارستان، مدت‌زمان مهم است چون بر دسترسی، قابلیت استفاده از ساختمان و اشباع و پایداری خاک‌ها و مصالح ساختمانی تأثیر

می‌گذارد. اطلاعات در مورد مدت‌زمان سیلاب گاهی اوقات به‌عنوان بخشی از یک مطالعه سیلاب در دسترس است، یا می‌تواند توسط یک مهندس مجرب و با تهیه هیدروگراف سیلاب تعیین شود. در مناطق مجاور مسیل‌ها و رودخانه‌ها مدت زمان طغیان عمدتاً تابعی از اندازه حوضه آبریز و مشخصات آن نظیر کاربری‌ها، پوشش گیاهی، وضعیت خاک، شیب طولی دره (که بر نحوه تخلیه سریع آب تأثیر می‌گذارد)، شدت و مدت‌زمان بارندگی است. حوضه آبریزهای کوچک در مقایسه با حوضه‌های آبریز بزرگ‌تر که شدت بارش در قسمت‌های مختلف آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد، به‌احتمال‌زیاد دارای سیلاب لحظه‌ای (برق‌آسا) هستند. در حوضه‌های کوچک که عموماً کاربری واقع در آن‌ها نیز از نفوذپذیری کم‌تری برخوردار است، سیلاب به سرعت به پیک خود رسیده و با سرعت بیش‌تری هم فروکش می‌کند. در مناطق پایاب سدهای بزرگ که به دلیل تخلیه سد دچار سیلاب می‌شوند، به دلیل زمان‌بر بودن فرآیند تخلیه، مدت زمان سیلاب طولانی‌تر است. سیلاب در مناطق ساحلی نسبت به سیلاب ناشی از طغیان‌های رودخانه‌ای، به خصوص اگر حرکت طوفان‌ها سریع باشد، مدت زمان کوتاه‌تری حدود ۱۲ تا ۲۴ ساعت خواهند داشت.

- سرعت(V): سرعت سیلاب‌ها در محدوده خیلی زیاد (مرتبط با سیل لحظه‌ای ناشی از بارش-رواناب حوضه‌های کوچک، سونامی، شکست و...) تا خیلی کم یا تقریباً راکد (در بخش‌های باریکه آب و محل‌های نگهداشت آب، همچنین پهنه های سیلابی وسیع مانند دلتاها) متغیر است. سرعت، مؤلفه اصلی در برآورد نیروی تخریب آب بوده و به دلیل پتانسیل فرسایش و تمیزکاری در برنامه‌ریزی مکان‌یابی ساختگاه بیمارستان حائز اهمیت است. در طراحی سازه، سرعت یک عامل در تعیین بارهای هیدرودینامیک و بارهای ضربه است. حتی آب کم‌عمق و کم‌سرعت می‌تواند زندگی عابران و رانندگان را تهدید کنند. برآورد دقیق سرعت (مقدار و جهت آن) دشوار است، اگرچه اطلاعات در مورد سرعت متوسط ممکن است در برخی از مطالعات سیلاب یافت شود. به همین منظور برای تعیین سرعت سیلاب در نواحی آبگرفتگی، پس از انجام مطالعات هیدرولوژیکی به مطالعات هیدرولیکی نیاز است تا با شبیه‌سازی سیلاب، مشخصه‌های اصلی آن، از جمله سرعت تعیین شود.
- هیدروگراف سیل: هیدروگراف (آبنمود) سیلاب یک منحنی است که تغییرات دبی (تراز سطح آب) را نسبت به زمان نشان می‌دهد. با استفاده از منحنی هیدروگراف سیلاب که عمدتا به صورت زنگوله شکل است، می‌توان اطلاعات بسیار مناسبی از شرایط محدوده سیل‌خیز (شکل حوضه، کاربری)، شدت سیلاب، زمان رسیدن دبی سیلاب به پیک، زمان فروکش سیلاب، مدت زمان سیلاب و... به دست آورد. برای مدلسازی سیلاب، هیدروگراف به عنوان یکی از ورودی‌های اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴-۳-۴- سیل طرح

جهت ارزیابی خطرات سیلاب و اجرای طرح‌های مدیریتی-حفاظتی، همواره نیاز است که پارامترهای یک سیلاب مشخص تعیین گردد. با توجه به اهمیت منطقه، نوع تأسیسات و ارزش آن‌ها، میزان هزینه مدنظر، جمعیت منطقه، نوع راهبرد

مدیریت سیلاب (سازه‌ای و یا غیر سازه‌ای)، دامنه برنامه‌ریزی و...، با بهره‌گیری از تعاریف مختلف، پارامترهای سیلاب مشخصی که عمدتاً سیلاب طرح نامیده می‌شود، تعیین می‌گردد. در ادامه تعدادی از شیوه‌های مورد استفاده برای معرفی سیلاب طرح که در استاندارد مطرح شده در این دستورالعمل نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند، معرفی می‌شود.

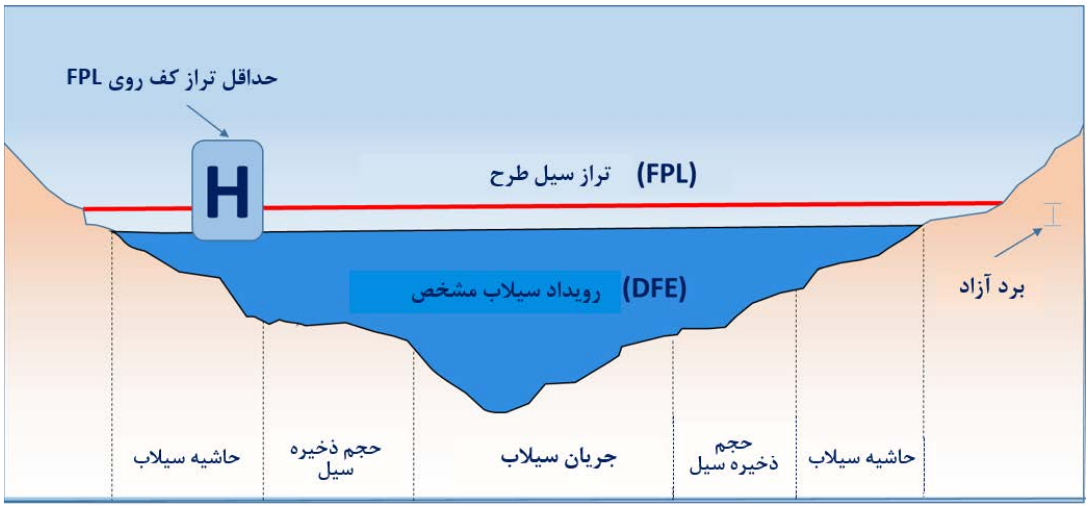
- **حداکثر بارش محتمل (Probable Maximum Precipitation (PMP**: حداکثر بارش محتمل، یک مفهوم نظری است که توسط هیدرولوژیست‌ها به‌طور گسترده‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد تا حداکثر سیل احتمالی (PMF)که پس از وقوع آن رخ می‌دهد را برآورد کنند. استفاده از مفهوم حداکثر بارش محتمل برای برآورد سیلاب طرح در برنامه‌ریزی، طراحی و ارزیابی ریسک سازه‌های هیدرولوژیکی با خطر بالا به کار می‌رود.
- **حداکثر سیل محتمل (Probable Maximum Floof (PMF** : حداکثر سیل محتمل در برگیرنده اوج جریان و حجم سیل است، که ازنظر فیزیکی و با توجه به تحلیل‌های آماری صورت گرفته از داده‌های سیلاب ثبت شده و وقوع آن در یک منطقه امکان‌پذیر است. حداکثر سیلاب محتمل بزرگ‌ترین سیلابی است که ممکن است بر اساس ملاحظات هواشناسی و هیدرولوژیکی در یک مکان و یک دوره معین اتفاق بیفتد.
- **احتمال فراگذشت سالیانه (Annual Exceedance Probability (AEP**: احتمال فراگذشت سالیانه احتمال وقوع سالیانه سیل با بزرگی معین است که با p نشان داده می‌شود. احتمال فراگذشت سالیانه (p) شاخصی برای تعیین میزان خطر سیل است. احتمال فراگذشت سالیانه سیلاب بر اساس تحلیل جریان احتمالی سیل تعریف می‌شود. عمدتاً هر احتمال وقوع سیلابی را می‌توان به صورت دوره بازگشت سیلاب نیز بیان کرد. به عنوان مثال سیلاب با احتمال وقوع ۱٪ در سال، سیلابی است که در یک دوره ۱۰۰ ساله، انتظار می‌رود سیلابی معادل یا بزرگ‌تر از آن رخ دهد. بر اساس راهنماهای بین المللی، سازه‌های مهم نظیر بیمارستان باید برای سیلاب نادر با احتمال فراگذشت سالیانه (p) برابر۰.۰۱ (سیل۱۰۰ساله) تا ۰.۰۰۰۵ (سیل۲۰۰۰ساله) طراحی شوند. از آنجا که تعیین احتمال وقوع با استفاده از تحلیل آماری داده‌های ثبت شده از سیلاب‌های قبلی انجام می‌شود، عدم قطعیت در وقوع سیل بزرگ زیاد است و تخمین آن می‌تواند بسیار دشوار باشد. دلیل این امر این است که داده‌های محدود ثبت شده از وقوع سیلاب نمی‌توانند تخمین دقیقی از احتمال وقوع سیل را در دوره‌های چند صد ساله که سیل‌هایی با احتمال وقوع بسیار کم هستند، داشته باشند.
- **سیل مبنای طرح (Design-Basis Flood (DBF**: سیلاب مبنای طرح، یک رویداد خاص سیل است که محل یا سازه بیمارستان باید در برابر آن حفاظت شود تا اهداف ایمنی و عملکرد را برآورده سازد.
- **سیلاب مبنا (Base Flood (BF**: در این دستورالعمل منظور از سیلاب مبنا، سیلاب با احتمال فراگذشت سالیانه ۱٪، یا همان سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ساله است.
- **سیل طرح**: سیل طرح، سیلاب با احتمال فراگذشت سالیانه خاص است که طراح باید در تحلیل سازه به کار برده و مقدار بزرگتر یکی از این دو حالت خواهد بود. ۱) سیل مبنا که منطقه ویژه تشخیص داده شده را تحت تأثیر قرار

می‌دهد؛ یا ۲) سیل مربوط به مناطقی که به عنوان منطقه خطرناک سیل از قبل تعیین شده‌اند و در نقشه خطر سیل محلی و یا به شکل قانونی تعیین شده است.

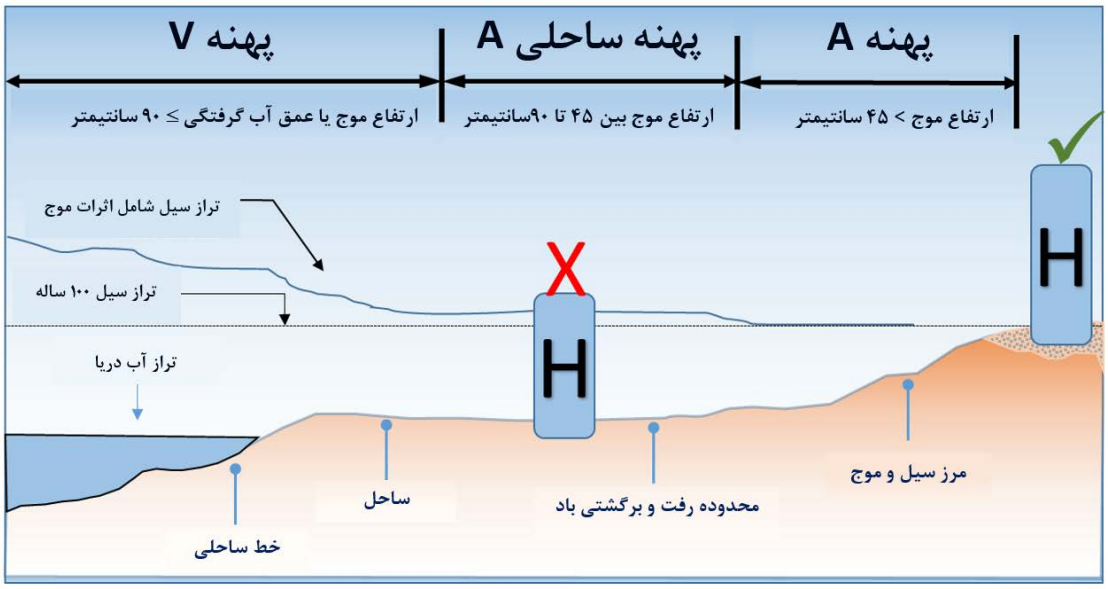
علاوه بر مقادیر و روش‌های فوق که عمدتا بر اساس تعیین مقدار دبی برای سیلاب طرح تعریف شده‌اند، شیوه‌های دیگری نیز برای تعیین سیلاب طرح وجود داشته که بر اساس حداکثر تراز سطح آبی که ایجاد می‌شود، بیان می‌شوند، از جمله:

- **تراز سیل مبنا (Base Flood Elevation (BFE**: تراز سیل مبنا، ارتفاع سیلاب (با احتساب ارتفاع موج) با احتمال فراگذشت سالیانه ۱٪می باشد. (شکل ۴-۷)
- **تراز سیل طرح (Design Flood Elevation (DFE**: در این دستورالعمل بیش‌ترین ترازی از سیل طرح است که برابر با تراز سیل مبنا و یا برابر با تراز سیل طرح می‌باشد که توسط تیم طراحی محاسبه می‌شود. تراز سیل طرح همیشه باید از تراز سیل مبنا بیشتر باشد. شکل ۴-۷ را ببینید.
- هدف نهایی از تعیین سیل طرح، شناخت پهنه‌های سیل‌گیر است که در معرض خطر سیلاب قرار می‌گیرند، در همین راستا تعاریف مختلفی برای پهنه‌های سیل‌گیر ارائه شده که در ادامه اشاره شده‌اند:
- منطقه ویژه خطر سیلاب: زمین‌هایی که در پهنه سیلابی در معرض رخداد سیلاب با احتمال فراگذشت سالیانه ۱٪، یا سیل۱۰۰ساله قرار دارند.
- **رویداد سیلاب مشخص:** رویداد سیلاب مشخص حداقل سطح حفاظت در برابر سیلاب است که باید برای یک سازه مشخص شود (شکل ۴-۸).
- **منطقه پرخطر ساحلی (پهنه ساحلی V):** منطقه‌ای است که درون یک محدوده در معرض خطر سیلاب خاص (مثلا سیل ۱۰۰ ساله)، و در ساحل منطقه وقوع سیلاب (دریا یا رودخانه) واقع شده است. این ناحیه عمود بر ساحل در نظر گرفته شده و تا فاصله‌ای از ساحل امتداد یافته که همچنان در معرض وقوع موج های با سرعت بالا ناشی از طوفان و یا چشمه لرزه‌ای است. مناطق آبگرفتگی ناشی از وقوع سیلاب مشخص که ارتفاع امواج ۹۰ سانتی متر یا بیش‌تر باشد، به عنوان پهنه ساحلی V در نظرگرفته می شوندکه در شکل ۴-۹ نشان داده شده است.
- **پهنه ساحلی A:** این پهنه شامل مناطق ساحلی است که در معرض وقوع خطر سیل خاص (مثلاً سیل ۱۰۰ ساله) قرار دارند. پهنه ساحلی A به سمت خشکی امتداد یافته و حتی می‌تواند درون محدوده V قرار گیرد. ارتفاع آب در پهنه ساحلی A بیش از ۴۵ سانتی‌متر و کم‌تر از ۹۰ سانتی‌متر است. منبع اصلی سیلاب در پهنه ساحلی A می‌تواند جذر و مدهای دریا، موج طوفان، سونامی و امواج ناشی از شکست باشد که در شکل ۴-۹ نشان داده شده است.
- **پهنه A:** برای یک سیلاب خاص یا آبگرفتگی در نزدیکی سواحل، پهنه A ایمن‌تر از سایر نقاط بوده و ارتفاع موج در این قسمت کم‌تر از ۴۵ سانتی‌متر خواهد بود. این ناحیه عمدتا در ارتفاع بالاتری نسبت به مناطق ساحلی واقع شده است.

شکل ۴-۷ پهنه سیلابی رودخانه و حداکثر سیلاب احتمالی (PMF) برای احتمال فراگذشت سالیانه مختلف



شکل ۴- ۸ پارامترهای کلیدی اثرگذار بر رخداد سیلاب تعریف‌شده برای پهنه سیلابی رودخانه



شکل ۴-۹ پهنه سیلابی در امتداد یک ساحل باز و حداکثر سیلاب محتمل، با توجه به ارتفاع موج مورد انتظار FEMA 577

۴-۳-۵- ارزیابی خطر سیلاب برای بیمارستان‌ها

با توجه به نیاز طراح، ارزیابی خطر سیل می‌تواند به نحوی انجام گردد تا پارامترهای سیل موردنیاز را برای طراحی ساختگاه بیمارستان ارائه کند. این پارامترها شامل عمق، سرعت و ضریب معیار سیل که به صورت حاصل‌ضرب عمق سرعت تعریف شده DV هستند. درجایی که ساختگاه بیمارستان موردنظر کوچک و رفتار سیلاب نسبتاً یکنواخت است؛ از یک روش ساده برای محاسبه رفتار سیلاب در پهنه سیلابی استفاده می شود و محاسبه مقدار DV برای یک نقطه کافی است. اما اگر ساختگاه بیمارستان وسیع باشد و رفتار سیلاب در کل پهنه سیلابی بسیار متغیر باشد، باید نقشه خطر سیلاب که عمق و سرعت سیلاب را در یک سطح دوبعدی نشان می‌دهد، برای ارزیابی خطر سیلاب تهیه شود.

در حالت ساده مقادیر D و V از مقدار دبی سیلاب Q و به کمک سطح مقطع جریان محاسبه می شود. در بسیاری از مناطق ایران، اندازه‌گیری‌های دبی انجام‌نشده است یا کمیت یا کیفیت کافی برای انجام یک تحلیل فراوانی دبی وجود ندارد؛ بنابراین، برای بیمارستان گروه ۱، مدل‌های رواناب-بارش را می‌توان برای تبدیل تخمین رواناب شدید به‌صورت برآوردهای دبی طراحی و هیدرو گراف‌های دبی طراحی استفاده کرد. برای انجام این کار، این مدل‌ها باید حرکت آب در سرتاسر محدوده بیمارستان تا داخل کانال رودخانه را نشان دهند.

در پهنه های بزرگ سیلابی، جایی که سرعت اوج گرفتن و فروکش کردن سیل آهسته است و سیل طی چند روز یا حتی هفته‌ها گسترش می‌یابد، ممکن است ارزیابی خطر سیل در پیک سیلاب کافی باشد. در حوضه‌های کوچک و متوسط که سطوح سیلاب به صورت نوسانی تغییر می‌کنند زمان‌بندی هیدروگراف سیلاب باید در نظر گرفته شود. در این حوضه‌های آبریز، حداکثر مقدار خطر طی یک رخداد سیلاب ممکن است صرفا در زمان وقوع پیک سیلاب که بیشترین دبی رخ خواهد داد، به وجود نیاید. بلکه مقدار بیشترین خطر سیلاب متناسب با عمق و در عین حال سرعت آن است. این استدلال منجر به تعریف معیار سیلاب شده که مبنای استاندارد استرالیا و دستورالعمل حاضر قرار گرفته است.

۴-۳-۶- معیارهای خطر سیلاب برای بیمارستان

اجزائ سازه‌ای و غیر سازه‌ای بیمارستان باید برای مقاومت در برابر نیروهای ناشی از آبگرفتگی، فروریزش، جابجایی یا تغییرشکل جانبی دائمی ناشی از وارد شدن بار (نیرو) سیلاب مربوط به سیلاب طرح؛ طراحی شوند. هدف تحلیل خطر سیلاب به دست آوردن سیل مبنای طرح (DBF) و دیگر پارامترهای سیلاب برای رویداد سیلاب خاص است. حفاظت از بیمارستان در برابر سیلاب برمبنای DBF برای دستیابی به اهداف عملکرد ایمنی است. برای این سیلاب، در مناطق دچار آبگرفتگی باید مشخصات سیل تعیین گردد. در همین راستا و به منظور تصمیم‌گیری صحیح در خصوص نحوه جانمایی بیمارستان، پس از مشخص شدن مشخصات سیلاب با تعریف DBF، بیمارستان‌ها در چهاردسته نسبت به شرایط این سیلاب مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. برای دست‌یابی به یک بیمارستان ایمن و تاب آور، الزامات خطر سیلاب باید برحسب نوع بیمارستان در نظر گرفته شوند:

۱. بیمارستان گروه ۱

اکیدا توصیه میشود که این گروه از بیمارستان‌ها در مناطق خطر سیلابی زیر واقع نشوند:

- پهنه ساحلی V یا پهنه ساحلی A که ارتفاع موج در این محدوده بیشتر از ۴۵ سانتی‌متر است.
- منطقه پهنه سیلابی با احتمال فراگذشت سالیانه بیشتر از ۰.۲٪ (سیل۵۰۰ ساله). احتمال وقوع این سیلاب ۹.۵ درصد در طی ۵۰ سال یا ۱۰ سال در طی ۵۳ سال است.
- منطقه پهنه سیلابی با (D x V)>1 m2/s و محدودیت D>2m و V>2m/s که در شکل ۴-۱۰ نشان داده‌شده‌اند.
- اگر به دلایلی، ساختگاه بیمارستان لازم باشد در منطقه پهنه سیلابی ۵۰۰ ساله یا پهنه ساحلی A با m2/s < (D x V) < 2m2/s۱ قرار بگیرد؛ گزینه‌های مناسب حفاظتی در برابر سیلاب مانند دیوار سیلاب یا خاک‌ریزها در داخل یا اطراف محوطه یا محدوده بیمارستان یا دیوار سیل شکن باید برنامه‌ریزی و طراحی شوند. دیوار سیل شکن یا ارتفاع پایین ترین طبقه یا دیگر ملاحظات حفاظت در برابر سیل باید برای تراز سیل طرح (DFE) مربوط به سیل۵۰۰ ساله طراحی شود (بخش‌های ۵.۵ و ۷.۹ این دستورالعمل را مشاهده کنید).

۲. بیمارستان‌ها گروه ۲ و ۳

اکیدا توصیه میشود که این گروه از بیمارستان‌ها در مناطق خطر سیلابی زیر واقع نشوند:

- پهنه ساحلی V که ارتفاع موج در این محدوده بیشتر از ۹۰ سانتی‌متر است.
- منطقه پهنه سیلابی با احتمال فراگذشت سالیانه بیشتر از ۱٪ (سیل۱۰۰ساله). احتمال وقوع این سیلاب ۴۰ درصد در ۵۰ سال است.
- پهنه سیلابی با (D x V)>2 m2/s و محدودیت D>3m و V>3m/s که در شکل ۴-۱۰ نشان داده‌شده است.
- اگر به دلایلی، ساختگاه بیمارستان لازم است در منطقه پهنه سیلابی ۱۰۰ ساله یا پهنه ساحلی A یا منطقه با ۲ m2/s < (D x V) < 3 m2/s احداث شود، اقدامات حفاظتی مناسب در برابر سیلاب نظیر دیوار سیل‌بند در داخل یا اطراف محدوده بیمارستان یا اطراف سازه‌های بیمارستان باید برنامه‌ریزی و طراحی شوند. دیوار سیل‌بند و یا تراز پایین ترین طبقه یا دیگر ملاحظات حفاظت در برابر سیل باید برای تراز سیل طرح (DFE) مطابق با سیل۵۰۰ ساه طراحی شود (بخش‌های ۵.۵ و ۷.۹ این دستورالعمل را مشاهده کنید).

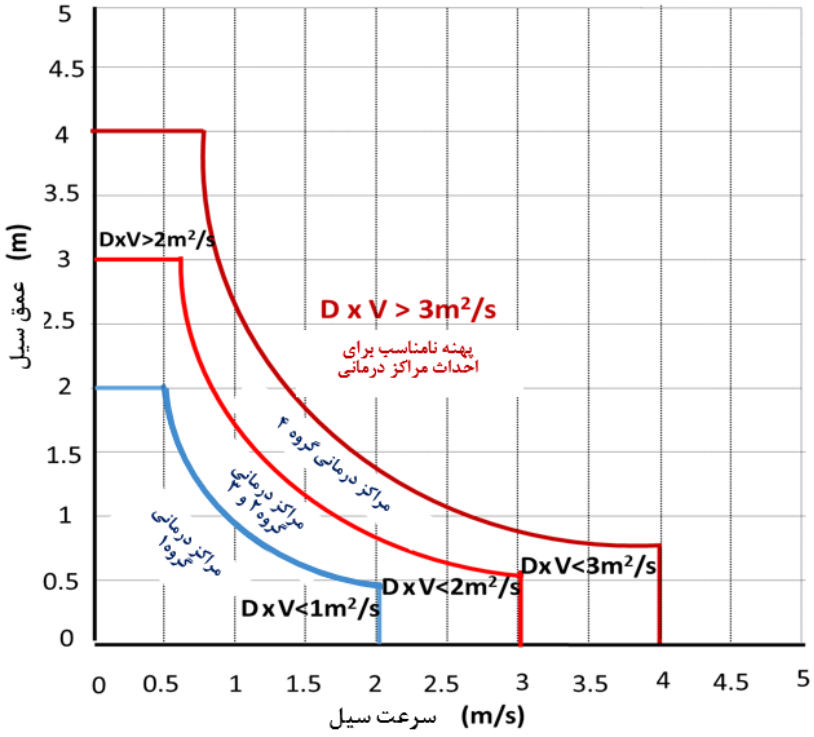
۳. بیمارستان گروه ۴ (مراکز سلامت و خانه بهداشت)

اکیدا توصیه میشود که این گروه از بیمارستان‌ها در مناطق خطر سیلابی زیر واقع نشوند:

- پهنه ساحلی V که ارتفاع موج در این محدوده بیشتر از ۹۰ سانتی‌متر است.

- منطقه پهنه سیلابی با احتمال وقوع سیلاب بیشتر از ۱ درصد در یک سال (سیلاب ۱۰۰ ساله). احتمال وقوع این سیلاب در ۵۰ سال ۴۰ درصد است.
- منطقه پهنه سیلابی با (D x V)>3 m2/s و محدودیت D<4m و V<4m/s که در شکل ۴-۱۰ نشان داده‌شده‌اند.
- اگر به دلایلی، محل بیمارستان لازم است در منطقه پهنه سیلابی ۱۰۰ ساله یا مناطق ساحلی با ۲> m2/s (D x V) < 3m2/s قرار بگیرد؛ اقدامات حفاظتی مناسب در برابر سیل در داخل یا اطراف محدوده بیمارستان و یا اطراف سازه‌های بیمارستان باید برنامه‌ریزی و طراحی شوند. دیوار سیل‌بند و یا سازه بیمارستان باید برای تراز سیل طرح (DFE) مطابق سیل ۱۰۰ ساله طراحی شوند، بخش‌های ۵.۵ و ۹.۷ را مشاهده کنید.

سطح خطر سیلاب، $(D \times V) > 3m^2/s$ و محدوده D>4m و V>4m/s برای محل بیمارستان نامناسب و ایمن می‌باشد (آستانه پایداری سازه در سیلاب؛ دستورالعمل فنی مدیریت ریسک سیلاب ۳.۷ استرالیا).



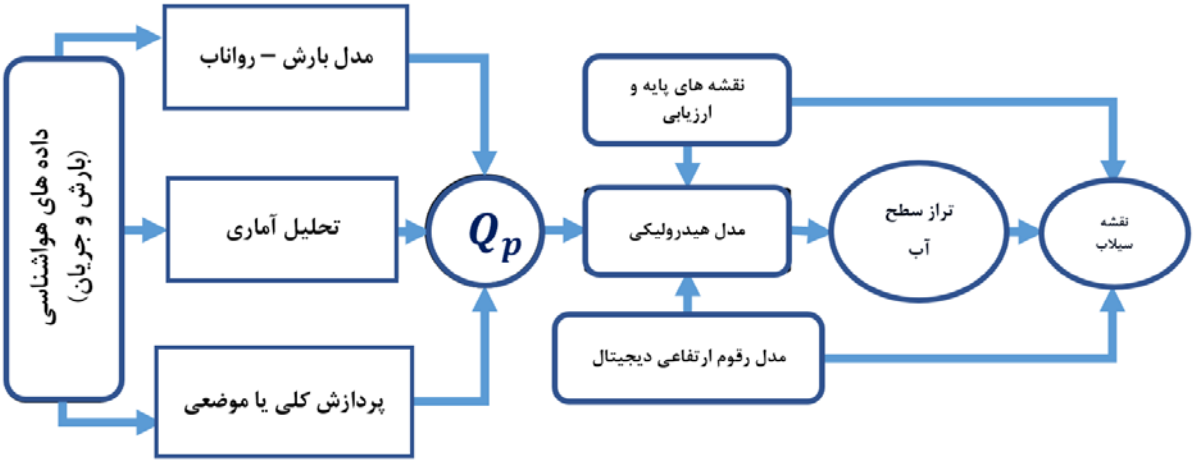
شکل ۴-۱۰ آستانه پایداری سازه در سیلاب‌ها (دستورالعمل‌های تاب آوری سوانح طبیعی استرالیا)

۴-۳-۷- مراحل تحلیل خطر سیلاب

مراحل ذیل لازم است برای تحلیل خطر سیلاب انجام شود:

۱. آماده‌سازی و استفاده از سطح عوارض زمین برای پهنه‌بندی جریان؛
۲. تحلیل هیدرولوژیک برای تعیین میزان دبی؛ و
۳. تحلیل هیدرولیک برای تعیین عمق و سرعت سیلاب و سایر مشخصات آن.

روش های متعددی برای انجام مطالعات برآورد سیلاب به منظور ارزیابی خطر آن وجود دارد که استفاده از مدل‌های هیدرولیکی یک و دوبعدی از متداول ترین آنها است. شکل ۴-۱۱ فرایند مطالعه خطر سیلاب ناشی از طغیان رودخانه‌ای را نمایش می‌دهد. در این شکل ورودی داده‌ها (دایره ها)، مدل‌ها و روش‌های مورداستفاده درتحلیل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی (مستطیل‌ها) و خروجی‌ها (بیضی‌ها) ازجمله دبی سیلاب (Q_p) و ارتفاع سطح آب (WSE) را نشان می‌دهد. مدل‌های رقومی ارتفاع (DEM) برای تحلیل وضعیت توپوگرافی منطقه مطالعه استفاده می‌شوند.



شکل ۴-۱۱ فرایند مطالعه خطر سیلاب رودخانه‌ای

علاوه بر فرآیند ارائه شده در شکل فوق، به منظور شبیه‌سازی جریان سیلاب و تعیین سرعت و عمق سیلاب در محل بیمارستان و برآورد مقدار DV، برای برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان گروه ۱، ۲ و ۳، می‌توان از مدل‌سازی هیدرولیکی و روش‌های پیشنهادی متعارف در ضوابط و دستورالعمل‌های معتبر ملی یا بین‌المللی استفاده کرد. همچنین لازم روش تحلیلی ذکرشده در بند ۱-۲ نشریه شماره ۶۴۷ سازمان برنامه و بودجه و استاندارد شماره ۴۵ وزارت نیرو برای بررسی کفایت داده های ورودی و انجام مطالعات مرتبط با تحلیل سیلاب مورد استفاده قرار گیرد. برای بیمارستان‌های گروه ۴، میزان خطر سیلاب باید به‌طور رسمی از سازمان مدیریت منابع آب ایران یا سایر مراجع معتبر مربوط استعلام شود.

صرف‌نظر از شدت سیل انتخاب‌شده برای اهداف طراحی (سیل طرح)، طراح باید ویژگی‌های خاص مرتبط با آن سیل را تعیین کند. تعیین سیل با احتمال خاص وقوع در یک فرآیند چندمرحله‌ای انجام می‌شود که به‌طورمعمول شامل استفاده از مدل‌های کامپیوتری است. اگر سابقه و داده ثبت شده کافی از مشخصات مربوط به سیل وجود داشته باشد، سیل طرح را می‌توان با اجرای ابزارهای آماری برای داده‌ها تعیین کرد. از طرفی دیگر، مهندسان منابع آب گاهی اوقات مدل‌های کامپیوتری را برای شبیه‌سازی رویدادهای بارش در حوضه‌های آبریز اجرا می‌کنند تا پیش‌بینی کنند چه مقدار آب در مسیل‌ها و تخلیه‌گاه حوضه‌های آبریز جریان یافته و تجمع می‌یابد. در همین راستا مدل‌های کامپیوتری مرتبط با مدلسازی

بارش-رواناب برای مشخص کردن جریان آب حوضه آبریز و تعیین هیدروگراف سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای استفاده از مدل‌ها و روش‌های برآورد بارش-رواناب و واسنجی آن‌ها، دستورالعمل‌های فنی در نشریه ۶۴۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارائه شده‌اند.

تحلیل‌های فراوانی سیلاب یا تعداد دفعات وقوع سیلاب با استفاده از سوابق تاریخی انجام می شود, لذا نتایج تحت تأثیر محدوده زمانی این سوابق قرار دارند. این تحلیل‌ها تغییرات اخیر در زمین (توسعه زمین مرتفع یا فرونشست) یا تغییرات آینده (توسعه اضافی، فرونشست بیشتر یا تغییرات اقلیمی) را محاسبه نمی‌کنند.

روش‌ها و شیوه‌های محاسبه هیدرولوژیکی برای برآورد شدت‌های سیلاب، حداکثر سیل محتمل و انتخاب دوره‌های بازگشت نیز در دستورالعمل‌های صنعت آب ایران مانند نشریه‌های شماره۳۰۷ و ۳۱۶ و ۶۶۸ سازمان برنامه و بودجه ارائه شده‌اند. اقدامات لازم برای کاهش خطرات سیلاب باید به صورت بهینه و با توجه به حساسیت بیمارستان اتخاذ شود. برای کاهش خطرات سیلاب برای بیمارستان‌ها، پادسیل‌سازی که شامل اقدامات عمدتاً بلندمدت غیرسازه‌ای (یا سازه‌ای مختصر) است (مطابق با نشریه ۶۸۱ سازمان برنامه و بودجه) و یا عملیات سازه‌ای (مطابق با دستورالعمل‌های نشریه ۲۴۲ سازمان برنامه و بودجه) می‌تواند اجرایی شده و یا ترکیبی از آن‌ها انجام گیرد. اما اتخاذ این اقدامات با هدف کاهش خطرات سیلاب برای بیمارستان، می‌تواند براساس معیارهای ارائه شده در این بخش که براساس نوع بیمارستان و مشخصات سیلاب ارائه شده، به صورتی بهینه انجام پذیرد.

روش‌های تحلیل خطر تعینی و احتمالاتی سیلاب برای تعیین مشخصات سیلاب در نواحی دچار آبگرفتگی در دو بخش بعدی شرح داده شده است.

۴-۳-۷-۱- تحلیل احتمالاتی خطر سیل

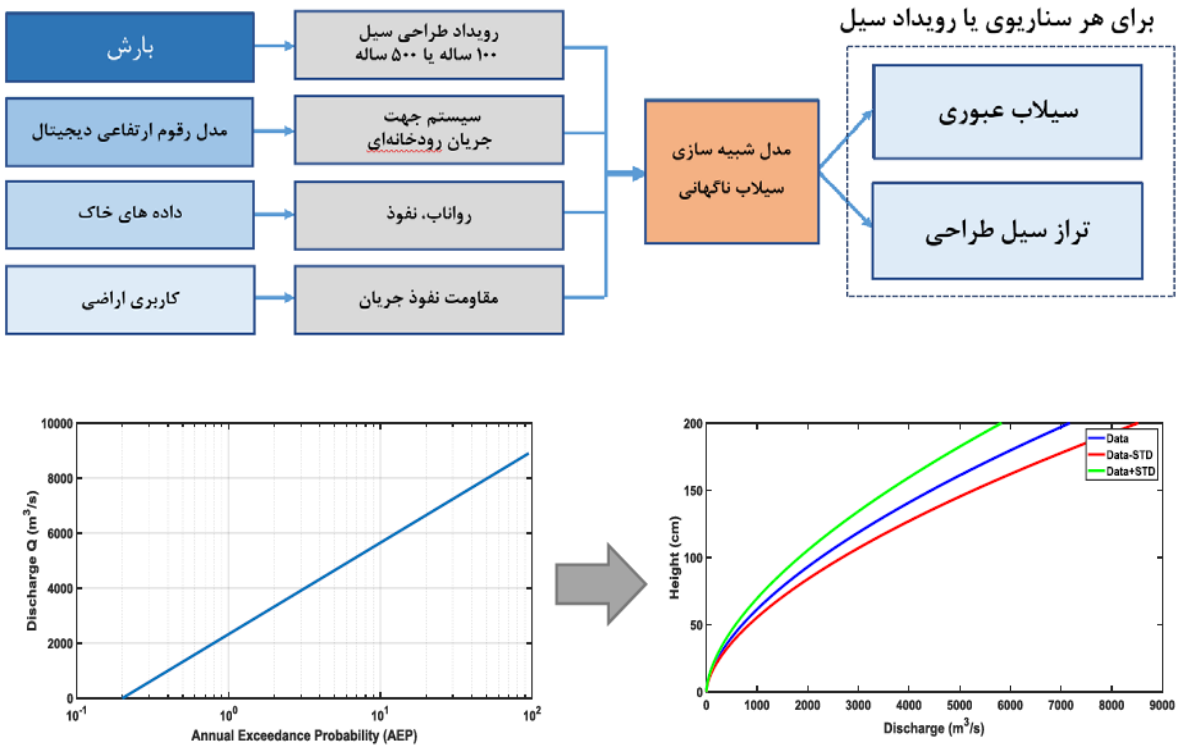
مشخصه‌ی ارزیابی‌های احتمالی، عدم قطعیت‌های ذاتی هستند که بخشی از آن‌ها مربوط به ماهیت احتمالی مخاطرات طبیعی بوده و بخشی دیگر نیز به دلیل درک و اندازه‌گیری‌های ناقص ما از مخاطرات موردبررسی می‌باشد. روش‌های تحلیل خطر احتمالاتی سیل برای تخمین فراوانی پیک (سطح اوجِ) خطرات ناشی از سیل در یک مکان مشخص، مورداستفاده قرار می‌گیرند. در این رویکرد، منحنی احتمال فراگذشت سالیانه سیل پس از تشخیص و غربالگری خطر به دست می‌آید. در این رویکرد، عدم قطعیت‌های ارتفاع سیل و نیز احتمال فراگذشت دبی سیل برای تولید منحنی احتمال فراگذشت سالیانه سیل، مدنظر قرار می‌گیرد. در رویکرد مدل‌سازی احتمالاتی از فرایند مدل‌سازی بارش - رواناب استفاده می‌شود تا تغییرات مکانی الگوهای سیل، خصوصیات ذخیره رطوبت خاک و نیز اطلاعات مربوط به میزان نفوذ خاک را برای انجام تجزیه‌وتحلیل مورد استفاده قرار گیرد. این فرایند می‌تواند شامل مراحل زیر باشد (شکل ۴-۱۲):

۱. تشخیص تمام منابع احتمالی سیل که می‌توانند خطر سیل را برای بیمارستان و محوطه‌ی آن به همراه داشته باشند.
۲. در صورت امکان، نمایش دادن مخاطرات با استفاده از استدلال کیفی و تحلیل کمی.
۳. انتخاب مجموعه‌ای از سیلاب‌نگارها با دوره‌های بازگشت مختلف از ۵۰ سال تا ۵۰۰ سال با استفاده از منحنی احتمال فراگذشت سالیانه.

۴. ساخت منحنی دبی احتمال با در نظرگرفتن عدم قطعیت‌های آن.
۵. ساخت دبی سیل و ارتفاع سیل و منحنی احتمال فراگذشت سالیانه با در نظرگرفتن عدم قطعیت‌های هیدرولیکی در تابع چگالی احتمال –دبی - اشل.
۶. تعریف تراز (سطح) سیل طرح برای احتمال فراگذشت سالیانه تعیین شده برای طراحی بیمارستان.

لازم به ذکر است که تراز (سطح) سیل طرح، حجمی از سطح آب است که به حد کافی بالا آمده و می‌تواند باعث آب‌گرفتگی کافی در مناطقی شود که به‌طور طبیعی تحت پوشش آب نیستند و از این‌رو باعث ایجاد تهدید برای جان و مال مردم شود. وقتی‌که حجمی از آب به این سطح برسد، یک رویداد سیلاب محسوب می‌شود. اگر داده‌های سیلاب موجود نباشند، میتوان از شبیه سازی مونت کارلو برای تحلیل خطر احتمالی سیل و نیز ساخت احتمال فراگذشت سالیانه سیل استفاده کرد.

تحلیلگر باید عدم قطعیت‌هایی را که در مراحل ۴ و ۵ شرح داده‌شده‌اند را در نظر بگیرد تا این‌که منحنی خطر سیل (احتمال فراگذشت سالیانه سیل) به صورت مناسب بیانگر خطر سیل با توجه به تمام عدم قطعیت‌ها در برآورد سیل باشد.



شکل ۴-۱۲ روش تحلیل خطر سیلاب

۴-۳-۷-۲- تحلیل تعینی خطر سیل

تحلیل تعینی خطر سیل یک رویکرد سناریو محور است که خطر سیل را در ارتباط با یک رخداد معین سیل با دبی و یا ارتفاع از پیش تعیین‌شده سیل، تخمین می‌زند. این رویکرد ارتباط بین خصوصیت سیل و مکان خسارت‌دیده‌ی انتخابی را نشان می‌دهد. روش تحلیل تعینی خطر سیل، دبی پیک (اوج) و تراز سیل طراحی‌شده را برای یک سناریوی معین سیل در ساختگاه بیمارستان تعریف می‌کند. روش تحلیل خطر سیل تعینی می‌تواند با استفاده از مراحل زیر اجرا شود:

۱. تشخیص تمام منابع ممکن سیلاب و یا بارندگی که ممکن است برای بیمارستان و محوطه‌ی آن خطر وقوع سیل را به همراه داشته باشد.
۲. در صورت ممکن، نمایش دادن مخاطرات و یا بارندگی‌های مرتبط با استفاده از استدلال کیفی و تحلیل کمی.
۳. منتقل کردن سیل انتخابی به ساختگاه با استفاده از مدل‌های هیدرولیک حالت پایدار.
۴. تعریف دبی پیک (اوج) و اشل سیل یا تراز سیلِ طرح برای سیلاب‌های انتخابی با دوره‌های بازگشت مشخص.

۴-۴- خطر آتش‌سوزی

بیمارستان‌ها باید در برابر رویداد آتش‌سوزی مبنای طراحی برای حفظ ایمنی و عملکرد تاب‌آور، محافظت شوند. آتش‌سوزی مبنای طرح بر اساس مبحث سه مقررات ملی ساختمان ایران تعیین می‌گردد. با وجود رعایت کلیه موارد ایمنی در برابر آتش‌سوزی، جداسازی از آتش و تدابیر حفاظتی، همه بیمارستان‌ها در طول عمر خدمت‌رسانی خود ممکن است به‌طور اجتناب‌ناپذیری در معرض آتش‌سوزی قرار گیرند. آتش‌سوزی ممکن است از طریق فرایند اکسیداسیون ناشی از انفجار ناگهانی یا نشت در لوله سوخت یا گاز طبیعی، گازهای طبی در بیمارستان، انفجار مایعات فرّار، اجزای گرمایشی سیستم گرمایش، تهویه، تهویه مطبوع و سرمایشی یا در اثر اتصال جریان برق هنگام فعالیت عادی یا وقوع زلزله یا رعد و برق، رخ دهد. این امر می‌تواند منجر به سوزاندن مواد قابل اشتعال شده و گرما ایجاد کند؛ بنابراین، خطر آتش‌سوزی باید هم برای فعالیت در شرایط بهره‌برداری عادی و هم برای شرایط پس از رویدادهای حدی مانند زلزله مورد توجه قرار گیرد.

در طراحی سازه و اجزای غیرسازه‌ای در بیمارستان حفظ ظرفیت بابری سازه، جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی و ایجاد امکان نجات و پناهگیری افراد داخل بیمارستان باید پیش‌بینی شود. در این بخش از فصل ۴ مبانی براورد شدت آتش‌سوزی مبنای طراحی بیمارستان، اهداف عملکردی مورد نظر در طراحی ساختمان در برابر این رویداد و پارامترهای خطر آتش سوزی معرفی شده‌اند. برای طراحی بیمارستان در برابر آتش‌سوزی لازم است ملاحظات مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران رعایت شود.

علاوه بر این موارد، در تحلیل و طراحی بیمارستان در برابر خطر آتش‌سوزی، توجه به معیارهای کمّی ارائه شده در فصل ۵ این دستورالعمل توصیه می‌گردد. در فصل ۵ ضوابط لازم در چهارچوب محاسباتی به منظور کنترل اعضای سازه طراحی شده

یک بیمارستان برای عملکرد مناسب در برابر آتش ارائه می‌شود. اهداف کمّی عملکردی بیمارستان‌ها برای مقاومت در برابر آتش توسط گروه طراح بیمارستان برای آتش و بر اساس احتمال وقوع آتش‌سوزی تعریف می‌شود.

۴-۴-۱- اهداف عملکردی طراحی بیمارستان‌ها در برابر آتش

اهداف عملکردی مورد نظر برای بیمارستان‌ها و مراکز درمانی و بهداشتی را می‌توان در قالب اهداف کیفی یا تجویزی و اهداف کمّی در نظر گرفت.

رعایت ضوابط کیفی و تجویزی مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران درباره اهداف و انتظارات عملکردی توصیفی یا کیفی برای زمینه‌های مختلف در فضاهای بیمارستان و مراکز بهداشتی از جمله کشف و اعلام به موقع حریق، طراحی مسیرهای خروج، ضوابط لازم برای جلوگیری از گسترش داخلی (در بین اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای) و خارجی آتش‌سوزی، سامانه های خاموش‌کننده آتش، تسهیلات لازم برای دسترسی و عملیات نیروهای آتش‌نشان ضروری است.

همچنین عملکرد سازه در دست طراحی بر اساس معیارهای کمّی حاصل از نتایج تحلیل حرارتی اعضا و استفاده از نتایج آن در تحلیل سازه با مدل اعضای حراردت‌دیده در طی آتش‌سوزی و پس از آن در صورت الزام کارفرما باید مورد توجه قرار گیرد.

برای تحقق اهداف عملکردی مشخص‌شده، بیمارستان باید در برابر آتش‌سوزی به‌صورت ایمن طراحی‌شده و عملکرد آن ارزیابی شود تا اطمینان حاصل شود که اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای آن در برابر آتش‌سوزی مقاوم بوده و می‌توانند تأثیرات آتش‌سوزی‌های پیش‌بینی‌شده را بدون خسارت نامتناسب و ایجاد اختلال در ارائه خدمات یا ظرفیت باربری مورد نظر، تحمل کنند.

۴-۴-۱-۱- اهداف عملکردی کمّی

اهدف عملکردی باید به شکل معیار کمی برای طراحی و ارزیابی پاسخ سازه‌ای در برابر آتش مبنای طرح بیان شود. اهداف عملکردی برای یکپارچگی سازه‌ای شامل مقاومت، سختی و پایداری باید حداقل معیارهای توضیح داده شده در بند ۴-۴-۱-۱-۱ را برآورده سازد. اهداف عملکردی خاص بیمارستان در برابر آتش باید الزامات بند ۴-۴-۱-۱-۲ را داشته باشد.

۴-۴-۱-۱-۱- یکپارچگی سازه‌ای

یکپارچگی سازه‌ای ایمنی جانی در ساختمان را در هنگام آتش تامین می‌کند. بر این اساس سیستم‌های سازه‌ای که مسیرهای تخلیه (مثل راهروها و پله‌های اضطراری) و محدوده پناه‌گیری را حفظ می‌کنند باید برای پایداری و پیوستگی مسیر انتقال بار در حین ارزیابی برای آتش مبنای طرح بررسی گردند. بررسی پایداری و پیوستگی مسیر انتقال بار باید برای

تمامی اعضای سازه‌ای تکیه‌گاهی و اتصالات انجام شود. راه پله‌ها و خروجی‌های افقی یا حتی تمامی کف‌های ساختمان ممکن است به عنوان محدوده پناهگیری تخصیص داده شود به طوری که ساکنین می‌توانند حین رویداد آتش‌سوزی در ساختمان به سلامت باقی بمانند. برای ساکنین دارای مشکلات حرکتی در هنگام وقوع آتش‌سوزی تا هنگامی که منتظر تیم نجات و یا تخلیه توسط مأموران تیم نجات هستند، می‌توان فضای پناهگیری در نظر گرفت. از آنجا که محدوده‌های پناهگیری طبق ضوابط و معیارهای فنی موجود از جمله مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران باید به عنوان مکانی ایمن در نظر گرفته شوند. ضروری است سیستم سازه‌ای مربوط به این محدوده‌ها پایدار باقی مانده، مسیر انتقال بار پیوسته‌ای فراهم آورده و تغییر شکل‌های ناشی از گرم و سرد شدن سازه در معرض آتش مبنای طرح را محدود کند.

ضوابط و مقررات موجود فاصله زمانی رسیدن تا محل‌های خروج (مانند راه‌پله) را محدود می‌کنند اما به طور کلی زمان تخلیه کل را محدود نمی‌کنند. هرچه فاصله قائم ساکنین از نقطه تخلیه به یک مسیر عمومی (نظیر یک خیابان عمومی) افزایش می‌یابد، زمان لازم برای تخلیه ساختمان نیز افزایش می‌یابد. بنابراین ملاحظات خاصی برای مواردی که در آن تخلیه مرحله‌ای انتظار می‌رود و زمان بیشتری برای تخلیه نیاز است باید در نظر گرفته شود. در این زمینه رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ایران ضروری است. به طور مثال در ساختمان‌های بسیار بلند مرتبه ساکنین در طبقات بالا ساعت‌ها باقی خواهند ماند و حتی اگر آن ساکنین به راه پله هدایت شوند تخلیه کلی ممکن است بیش از یک ساعت طول بکشد.

بر این اساس توجه ویژه به عملکرد سازه‌ای راه‌پله‌های خروجی و مسیرهای قائم در ساختمان بیمارستان ضروری است. لازم است برنامه تخلیه اضطراری ساختمان به ویژه در شرایط آتش‌سوزی بر اساس شرایط از قبل تعیین شده در طراحی سازه از طریق گروه طراح ساختمان برای آتش از جمله متخصص حفاظت در برابر آتش تدوین گردیده و به اطلاع بهره‌برداران بیمارستان برسد. این برنامه باید به صورت دوره‌ای در برنامه‌های آموزشی کادر بیمارستان و مانورهای بحران مجموعه به کارگرفته شده و در صورت لزوم اصلاح و به روز رسانی شود.

۴-۴-۱-۱-۲- اهداف عملکردی خاص یک بیمارستان

علاوه بر الزامات حداقل برای حفظ یکپارچگی سازه، برای یک بیمارستان می‌توان اهداف عملکردی خاصی را مدنظر قرار داد. اهداف عملکردی خاص یک بیمارستان شامل جنبه‌های تاب‌آوری که کارایی بیمارستان را منظور می‌کند، بازیابی بیمارستان، موارد مربوط به حفظ سلامت بیماران و کادر بیمارستان، حافظت محیط زیستی، کفایت سازه در تأمین محدوده ایمن در برابر آتش برای محدود کردن انتشار آتش و دود در بیمارستان، حفاظت از محدوده‌های ویژه مانند محدوده‌های دارای مواد آلوده یا رادیواکتیو یا محدوده‌های نگهداری کپسول‌های اکسیژن و تأمین سازه ایمن دسترسی برای کمک‌رسانان است. در این زمینه رعایت ضوابط مبحث سه مقررات ملی ساختمان ایران به ویژه ضوابط مربوط به فضاهای با تصرف درمانی ضروری در این مبحث ضروری است.

سازه بیمارستان باید آتش مبنای طرح را تحمل کند به گونه‌ای که کلیه اعضای سیستم سازه‌ای پایدار مانده و مسیر انتقال بار تا اعضای تکیه‌گاهی در طول گرم شدن و سرد شدن سازه پیوسته باقی بماند. علاوه بر این یکپارچگی سازه برای کل سیستم سازه‌ای در برابر آتش طرح باید حفظ گردد.

لازم است با حفظ یکپارچگی مسیر بار و پایداری سازه‌ای، نواحی مجاور بهتر محافظت شده و برای قسمت‌هایی که مستقیماً در آتش نبوده‌اند، امکان برگشت سریع به کاربری امکان‌پذیر گردد و تلاش برای تعمیر و بازیابی عملاً فقط به مناطق تأثیر یافته از آتش محدود می‌گردد.

اهداف حفاظت محیط زیستی حداقل شامل ایجاد محدودیت در انتشار و پخش مواد شیمیایی خطرناک و سمی به هوا، زمین و سطح آن، یا آبراهه‌ها در صورت از دست رفتن یکپارچگی سازه می‌شوند.

مطلوب است در حین آتش طرح، مجموعه اعضای با رتبه‌بندی حفاظتی در برابر آتش‌سوزی قادر به تأمین عملکرد مورد انتظار باشند (در برابر گسترش آتش مقاومت نموده و یکپارچگی سازه‌ای خود را با حفظ مقاومت و سختی مناسب داشته باشند). سه حالت حدی در ارزیابی مجموعه اعضای با رتبه‌بندی حفاظتی در برابر آتش‌سوزی در نظر گرفته می‌شوند. ۱) انتقال حرارت به نحوی که منجر به افزایش غیرقابل قبول دمای سطوحی که در معرض آتش نیستند، شود. ۲) عبور آتش از حفاظ به دلیل از دست رفتن تکیه‌گاه آن یا ایجاد ترک در آن یا از دست رفتن یکپارچگی آن ۳) از دست رفتن ظرفیت باربری. هر سه این عوامل در عملکرد مجموعه اعضای با رتبه‌بندی حفاظتی در برابر آتش‌سوزی تأثیر دارند.

مطلوب است اعضای باربر (مانند کف‌ها و دیوارهای با رتبه‌بندی حفاظتی در برابر آتش) به عنوان حفاظ در مقابل آتش هم عمل نمایند تا مقاومت خود را در برابر آتش به دلیل تغییرشکل‌ها یا سایر اثرات آتش از دست ندهند. اگر یک مجموعه اعضای با رتبه‌بندی حفاظتی در برابر آتش‌سوزی، باربر نباشند، تغییرشکل اعضای سازه‌ای نگهدارنده آن مجموعه اعضا نباید عملکرد آن را به خطر اندازد.

مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران، سیستم‌های با رتبه‌بندی حفاظتی در برابر آتش، بر اساس نتایج آزمایش‌های استاندارد تأیید می‌شوند. در این آزمایش‌ها تکیه‌گاه کوره (مثالی از کف بتنی) خود در حین اعمال حرارت تغییرشکل پیدا نمی‌کند. از این رو برآورد معیار پذیرش این‌گونه اهداف عملکردی بر اساس هماهنگی با مراجع صاحب صلاحیت قانونی، توسط طراح صورت می‌پذیرد.

۴-۴-۲- پارامترهای خطر آتش‌سوزی

در این دستورالعمل منظور از مقاومت سازه‌ای در برابر آتش‌سوزی، توانایی سازه در حمل بار هنگام قرار گرفتن در معرض شرایط آتش‌سوزی و نیز توانایی آن در فراهم کردن مانعی برای گسترش آتش‌سوزی است. پارامترهای خطر آتش‌سوزی که برای ارزیابی ایمنی بیمارستان به کار می‌روند عبارتند از بار سوخت، طول مدت آتش‌سوزی، دمای آتش و مقاومت. این پارامترها و به شرح بندهای ۴-۴-۲-۱ تا ۴-۴-۲-۴ معرفی شده‌اند. این پارامترها در تدوین مدل رفتار حرارتی اعضا و سازه و تحلیل حرارتی سازه مطابق مفاد بند ۵-۶ این دستورالعمل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۴-۴-۲-۱- بار ماده قابل اشتعال یا سوخت

مقدار کلی محتویات قابل اشتعال در داخل بیمارستان باید به‌عنوان کل انرژی یا جرم معادل آن بیان‌شده و نیز باید برای استفاده در برآورد آتش‌سوزی‌های مبنای طراحی سازه به کار رود. آتش‌سوزی‌های مبنای طراحی سازه به بار سوخت و توزیع آن بستگی دارد. بار سوخت عموماً به صورت چگالی بار سوخت یا بار سوخت در هر واحد سطح طبقه بیان می‌شود. انتخاب چگالی و توزیع بار سوخت مبنا باید بر اساس ضوابط و معیارهای معتبر ملی یا بین‌المللی مانند مراجع معرفی شده در بخش انتهای این راهنما صورت گیرد. اگرچه مفهوم چگالی بار سوخت دلالت بر توزیع یکنواخت مواد قابل اشتعال در بخش‌های مختلف ساختمان دارد، توزیع واقعی مواد قابل اشتعال ممکن است برای انجام تحلیل آتش‌سوزی‌های مبنای طراحی سازه - که در آن‌ها تأثیرات موضعی گرمایشی می‌تواند معنادار باشد- موردنیاز باشد. از آنجا که مواد قابل اشتعال هنگام سوختن سطوح مختلفی از انرژی حرارتی را آزاد می‌کنند بار سوخت بر اساس محتویات یک ساختمان، فضا یا ناحیه معمولاً تغییر می‌کند. به‌عنوان‌مثال، مواد پلاستیکی عموماً انرژی بیشتری را در هر واحد جرم نسبت به محصولات چوبی آزاد می‌کنند. تبدیل محتویات ساختمان به یک جرم معادل بر اساس انرژی پتانسیل آن‌ها می‌تواند مبنایی ثابت برای تعیین انرژی کلی بار سوخت فراهم کند. بار سوخت در جرمِ معادل برحسب کیلوگرم (kg) می‌تواند به کل انرژی برحسب واحدهای حرارتی یعنی کیلوژول (Kj) تبدیل شود تا برای توصیف آتش‌سوزی‌های مبنای طراحی سازه به کار رود.

۴-۴-۲-۲- طول مدت آتش‌سوزی (زمان)

درجه‌بندی رفتار مصالح در برابر آتش، بر اساس عملکرد آنها در طول مدت معینی از آتش‌سوزی به صورت استاندارد در آئین نامه‌های ساختمانی به کار می‌رود. کفایت مقاومت برای مصالح یا عضو مورد نظر در معرض آتش استاندارد تحت شرایط آزمایش برای مدت‌زمان معینی ارزیابی می‌شود.

۴-۴-۲-۳- دمای آتش

دما در مواقعی به کار می‌رود که فرض شود یک دمای خاص سبب ایجاد آسیب در یک جزء یا یک زیرسیستم خواهد شد. در این حالت یک بیشینه دمای مجاز تعریف شده و حفاظت برای شرایط قرارگیری در معرض آتش به گونه‌ای تامین می‌گردد که در درجه‌ی آتش یا دوره‌ی زمانی مشخص شده دما به دمای حدی مورد نظر نمی‌رسد.

۴-۴-۲-۴- مقاومت

اعضا و اتصالات حرارت‌دیده‌ی سازه در اثر آتش‌سوزی باید مقاومت (شامل مقاومت وابسته به دما) کافی در برابر بارهای اعمال‌شده ثقلی و اثرات آتش‌سوزی (به‌عنوان‌مثال نیرو و تغییرشکل‌های ناشی از حرارت در اعضای سازه) را داشته باشد.

۴-۵- مطالعات ژئوتکنیکی ساختگاه بیمارستان

با توجه به اهمیت بسیار زیاد ساختمان بیمارستان، مطالعات ژئوتکنیکی ساختگاه بیمارستان باید با توجه به ضوابط مربوط در مبحث هفتم مقررات ملی و استاندارد ۲۸۰۰ ایران و ملاحظات پیش رو انجام گیرد.

۴-۵-۱- محدوده مطالعات

دامنه مطالعات ژئوتکنیکی محل بیمارستان برای تعیین شرایط خاک جهت تخمین ظرفیت باربری، نشست پی و تشدید موضعی به دلیل لرزش زمین، ارزیابی اینکه آیا خطرات اضافی از قبیل روانگرایی، تغییرات وسیع در حجم خاک به دلیل افزایش میزان رطوبت، نشست غیر یکنواخت و ناپایداری شیب وجود دارند یا خیر و نیز جهت تعیین خصوصیات مکانیکی و دینامیکی خاک، می‌باشد. تکمیل این اطلاعات جهت طراحی ایمن و اقتصادی پی سازه با پیش بینی و شناسایی مشکلات احتمالی که ممکن است در حین اجرای ساختمان و عمر مفید سازه از ناحیه زمین رخ دهد، ضروری است. علاوه بر مقررات ملی ساختمان، نشریه ۳۹۰ سازمان برنامه و بودجه (فصل ۶ و ضمیمه الف) نیز برخی از الزامات مورد نیاز برای بررسی ژئوتکنیکی ساختگاه را ارائه می‌نماید که مد نظر داشتن آن در مناطق با لرزه خیزی بالا مفید فایده می‌باشد.

۴-۵-۲- الزامات شناسایی ژئوتکنیکی

الزامات شناسائی ژئوتکنیکی ساختگاه بر اساس نیازهایی که این اطلاعات باید برآورده نماید، مشخص می‌شود. شناسائی مناسب باید اطلاعات لازم جهت طراحی پی سطحی و عمیق و سازه‌های نگهبان (در مراحل گودبرداری و همچنین بهره برداری سازه در عمر مفید آن را) فراهم آورد. همچنین در مناطق لرزه خیز باید در طراحی موارد ذیل را نیز مد نظر داشت:

۱. اثرات ساختگاه و توپوگرافی؛
۲. مخاطرات لرزه‌ای شامل:
   - زمین لغزش؛
   - روانگرایی؛
   - فرونشست (شامل نشست غیر یکنواخت و کلی)؛
   - جابه‌جایی سطحی در اثر گسلش یا تغییر مکان سطح زمین ایجاد شده توسط گسلش و یا رانش زمین ناشی از زلزله؛
۳. تحلیل و طراحی دیوار نگهبان خاک.

۴-۵-۳- مراحل بررسی مشخصات خاک ساختگاه بیمارستان

بر اساس الزامات آئین نامه ای فوق الذکر، فرایند شناسائی زمین ساختگاه بیمارستان شامل سه مرحله به شرح ذیل می‌باشد:

۴-۵-۳-۱- مرحله اول: بررسی مقدماتی محل

۱. شناخت محل: بازدید مقدماتی از محل بیمارستان باید به منظور مشخص نمودن اطلاعات؛ درباره‌ی نوع و رفتار مجتمع‌ها و سازه‌های مجاور؛
۲. گردآوری اطلاعات موجود شامل توپوگرافی و تاریخچه:
- بررسی زمین‌شناسی منطقه با استفاده از داده‌های موجود؛
- نما یا تصویر هوایی برای تفسیر کلی ساختگاه؛
- به دست آوردن تمام داده‌های فیزیوگرافی موجود و بررسی قبلی ساختگاه؛
- بررسی هرگونه سوابق چاه آب موجود در محوطه؛
- دریافت گزارش‌های تحلیل خطر و اثر ساختگاه قبلی در صورت وجود؛
- دریافت اطلاعات شناسائی‌های ژئوتکنیک محل یا نقاط مجاور با فاصله متناسب.

۴-۵-۳-۲- مرحله دوم: مطالعات تفصیلی ژئوتکنیکی

پس از تکمیل بررسی مقدماتی با مشورت تیم طراحی بیمارستان و بازبینی مفهوم برنامه‌ریزی طراحی بیمارستان؛ مطالعات تفصیلی ژئوتکنیکی تعریف خواهد شد که باید شامل موارد زیر باشد:

۴-۵-۳-۲-۱- حفاری و عملیات گمانه‌زنی، نمونه‌برداری و آزمون‌های برجا:

۱. حفاری گمانه به روش ماشینی و مغزه‌گیری پیوسته تا عمق تعیین شده؛ (در صورت برخورد به سنگ، حفاری تا سه متر تداوم خواهد یافت).
۲. تعیین مکان‌های حفاری گمانه و/یا چاهک گود آزمایش که باید با توافق بین مشاور ژئوتکنیک و مهندس طراح مشاور صورت بگیرد؛ (رعایت مفاد مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان در این مورد برای ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد الزامی است.)
۳. عمق و تعدادگمانه، عمق و تعداد چاهک گود آزمایش بسته به مساحت سطح اشغال ساختمان بیمارستان دارد؛ (رعایت مفاد مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان در این مورد برای ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد الزامی است.)
۴. عمق گمانه بر اساس قوانین و قضاوت مهندسی کارشناسانه انتخاب میگردد. عمق تخمین زده‌شده در طول عمل حفاری بسته به شرایط زمینی که بیمارستان در آن قرار دارد، ممکن است تغییر یابد؛ (رعایت مفاد مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان در این مورد برای ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد الزامی است.)

۵. نمونه‌گیری از لایه‌های مختلف خاک (متناسب با تغییر لایه‌ها) با وسایل و ابزار نمونه‌گیری مناسب در اعماق مختلف؛
۶. تعداد و نوع نمونه‌برداری؛ (ممکن است بر اساس الزامات پروژه تغییر یابد ولی باید با نظارت مشاور ژئوتکنیکی صورت بگیرد. دو نوع از نمونه‌های خاک ممکن است در طول نمونه‌برداریِ دست‌خورده و دست‌نخورده، به دست آید. مهم‌ترین ویژگی‌های مهندسی موردنیاز برای طراحی پی، مقاومت، تراکم‌پذیری و نفوذپذیری هستند. تخمین‌های معقولانه و مناسب از این خصوصیات برای خاک منسجم می‌تواند با استفاده از آزمایش بر روی نمونه‌های دست‌نخورده که با دشواری متوسط به‌دست‌آمده‌اند، انجام شود. معمولا، فاصله‌ی نمونه‌برداری حدوداً ۲ متر یا در هر تغییر لایه، کوچک‌تر می‌شود.)
۷. انواع آزمایشی که باید در محل انجام شود عبارتند از: آزمایش درجا، نفوذ استاندارد (SPT)، نفوذ مخروط (CPT)، فشارسنج، آزمایش بارگذاری صفحه، آزمایش برش در محل، آزمایش دانسیته در محل و آزمایش‌های دیگر که بسته به شرایط خاک هستند از قبیل نفوذسنج مخروط استاتیک، انبساط‌سنج مسطحو غیره.
۸. انجام آزمون نفوذ استاندارد (SPT) درگمانه‌ها در هر ۲ متر یا در محل تغییر لایه‌ها آزمون نفوذ استاندارد (SPT)؛
۹. تعیین تراز سطح آب زیرزمینی و ثبت نوسانات آن؛
۱۰. انجام آزمایش تراوایی برجا متناسب با جنس مصالح؛
۱۱. حفاری چاهک دستی و اخذ نمونه از آن؛
۱۲. شناسائی‌های ژئوفیزیک شامل:

- میکروترمور (که «طیف شبه انتقال» نیز نامیده می‌شود) ممکن است برای تعیین دوره‌های مشخصه‌ی زمین و میزان تقویت (کاهندگی) به کار رود. میکروترمورها نوساناتی با دامنه‌های ۰.۱ تا ۱.۰ میکرون و دوره‌های بین ۰.۰۵ تا ۲ ثانیه هستند. میکروترمورها همچنین ممکن است برای ایجاد نوع خاک در یک ساختگاه مورداستفاده قرار بگیرند. نرخ مؤلفه‌های افقی و عمودیِ(H/V)، سوابق لرزه‌ای به‌دست‌آمده در مناطق صخره‌ای، تفاوت عملی را نشان نمی‌دهد. این مبنای روش ناکامورا است که در ارتباط دادن اطلاعات میکروترمور با شرایط مکانی، مورداستفاده قرار می‌گیرد.
- آزمایش‌های درون چاهی یا بین چاهی؛
- آزمایش‌های شکست سطحی و یا انعکاس امواج برشی و یا طولی؛
- آزمایش ژئوالکتریک.

۴-۵-۳-۲-۲- آزمون‌های آزمایشگاهی

بر روی نمونه های دست خورده و دست نخورده اخذ شده از گمانه ها، آزمون های آزمایشگاهی به شرح زیر جهت شناخت خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی لایه های خاکی و بتنی انجام خواهد شد.

۱. تعیین خصوصیات فیزیکی
- آزمایش تعیین دانه بندی، حدود اتربرگ و طبقه بندی نوع خاک؛
- آزمایش تعیین رطوبت طبیعی و وزن مخصوص خاک؛

۲. تعیین خصوصیات مکانیکی
- آزمایش برش مستقیم دست‌خورده و یا دست‌نخورده) در خاک؛
- آزمایش تحکیم (دست‌نخورده) در خاک؛
- آزمایش تراکم استاندارد؛
- انواع آزمایش سه محوری (UU، CU و CD با توجه به مورد)؛
- انجام آزمایش قابلیت تورم؛

۳. تعیین خصوصیات شیمیایی
- تعیین درصد کلر خاک؛
- تعیین درصد سولفات خاک.

۴-۵-۳-۳- خدمات مهندسی ژئوتکنیک و ارائه گزارش

۱. بررسی اجمالی زمین‌شناسی عمومی؛
۲. ارائه نقشه موقعیت گمانه‌های حفاری شده؛
۳. ارایه پروفیل‌های شرایط زیر سطحی لایه‌ها و تعیین عمق، جنس و خصوصیات تغییر شکل و مهندسی هر لایه با جمع‌بندی از جمیع مشاهدات و اندازه گیری‌های صورت گرفته در محل و آزمایشگاه؛
۴. تعیین خصوصیات فیزیکی هر یک از لایه های شناسایی شده زیر سطحی؛
۵. تعیین نوع زمین بر اساس فصل دوم استاندارد ۲۸۰۰؛ (ضخامت هر نوع از گروه خاک در بالاترین لایه‌ی محل باید تعریف شود.)
۶. محاسبه ضریب اطمینان در برابر روانگرایی با در نظر گرفتن شتاب منطقه و نوع زمین ساختگاه بر مبنای نتایج نفوذ استاندارد مطابق با فصل پنجم استاندارد ۲۸۰۰ و یا سایر آیین نامه های بین المللی معتبر با ارائه ریز محاسبات؛
۷. ارائه پروفیل سرعت موج برشی تا عمق گمانه های حفر شده؛
۸. لوگ گمانه ها شامل: شرح تمام نمونه های گرفته شده با ذکر تاریخ نمونه گیری؛ سطح آب زیر زمینی در صورت مشاهده با ذکر تاریخ برداشت و درج نوسانات آن در حین اجرای کارهای صحرایی، و نتایج تمام آزمایش های محلی (برجا)؛
۹. نحوه انجام تمام آزمایشات برجا و آزمایشگاهی؛
۱۰. نتایج آزمایشات آزمایشگاهی با ذکر تاریخ آزمایش. گزارش کلیه نتایج آزمونهای برجا و آزمایشگاهی باید به صورت دسته بندی شده در پیوست گزارش ارائه شود؛
۱۱. فهرست انواع تجهیزات بکار برده شده با عنوان نوع خدمات ارائه شده توسط آن تجهیزات؛

۱۲. ارائه مشاهدات صحرایی توسط افراد دست اندرکار در خلال بررسی‌های زیرسطحی. مشاهدات صحرایی مهم که حتما باید مورد توجه قرار عبارتند از:

- حفره ها، فضاهای خالی و قنوات ، انباره‌های فاضلاب و غیره؛
- تغییر وضع سنگ‌ها ، خاک‌ها یا مصالح پرکننده؛
- گسل‌ها ، درزه‌ها و سایر ناپیوستگی‌ها؛
- توده‌های خزشی خاک و سنگ؛
- وجود خاک‌ها و سنگ‌های مساله‌دار (آماسی، رمبنده و ...) ؛
- وجود خاک‌های دستی، مواد زاید و گیاهی یا مصالح غیرطبیعی مانند زباله‌ها و وضعیت هندسی قرارگیری لایه‌های مختلف زمین در ساختگاه شامل : ضخامت لایه ، شیب لایه، تناوب لایه‌ها؛
- نوسان سطح آب زیرزمینی در گمانه‌ها در حین اجرای کارهای صحرایی ، و در پیزومترها بعد از تکمیل کارهای صحرایی؛
- وجود هر گونه ناپایداری ژئوتکنیکی در منطقه.

۱۳. ارائه تمهیدات موجب کاهش اثرات خاک های متورم شونده، روانگرا ، مستعد نشست غیر یکنواخت و ناهمگن؛

۱۴. اطلاعات مورد نیاز برای طراحی شمع ها در صورت لزوم؛

۱۵. خواص تراکم مصالح و نحوه آزمایش آنها؛

۱۶. شیب گود های کم عمق برای پی کنی؛

۱۷. ضرایب فشار خاک پشت سازه های نگهبان؛ (شامل تعیین فشارهای لرزه‌ای دینامیکی جانبی زمین بر زیرزمین و دیوارهای حائل، ایجاد شده توسط حرکت زمین و زلزله طرح.)

۱۸. شرایط تراوایی لایه‌های مختلف و مقادیر کمی مربوطه و ارائه راهکارهای آب بندی و یا زهکشی پی و طبقات مدفون ساختمان؛

۱۹. احتمال یخبندان و توصیه عمق متناظر؛

۲۰. در نظر گرفتن اثر سیلاب بر طراحی پی در صورت امکان وقوع؛

۲۱. پتانسیل روانگرایی و از بین رفتن مقاومت خاک؛ (باید از طریق مطالعات مکان‌محور و با در نظرگرفتن تأثیرات بزرگنمایی(تشدید) خاک جهت به دست آوردن حداکثری شتاب طرح؛ ارزیابی پیامدهای بالقوه‌ی روانگرایی و از دست رفتن مقاومت خاک شامل تخمین نشست‌های غیر یکنواخت، جابه‌جایی جانبی خاک، بارهای جانبی خاک بر روی پی ها، کاهش در ظرفیت باربری خاک پی‌ها و واکنش جانبی خاک، فرونشست خاک و کاهش در عکس العمل محوری و جانبی خاک برای پی شمعی، افزایش در فشار جانبی خاک بر دیوارهای نگه‌دارنده و شناوری سازه‌های مدفون).

۲۲. بحث اقدامات کاهشی مثل انتخاب نوع و عمق پی مناسب، انتخاب سیستم‌های مناسب سازه‌ای برای تطابق دادن جابه‌جایی‌های پیش‌بینی‌شده با نیروها، تثبیت زمین یا هرگونه ترکیبی از این اقدامات و نحوه‌ی در نظر گرفتن آن‌ها در طراحی سازه؛

۲۳. تعیین محل دفن بهداشتی و حفره در زیرسطحی تا ۳۰ متر زیر سطح پایه؛

۲۴. پیشنهاد گزینه مناسب پی ساختمان بیمارستان و انتخاب پارامترهای طراحی برای پی با لحاظ جمیع جهات فوق الذکر؛

۲۵. ارائه روابط و نمودارهای مربوط به ظرفیت باربری مجاز خاک، نشست و ضریب عکس العمل بستر برای انواع پی های مورد نیاز؛

۲۶. تعیین ضرایب اصطکاک خاک با بتن و فولاد؛

۲۷. تعیین وضعیت آب زیر زمینی؛

۲۸. تعیین نوع سیمان مصرفی در شالوده با توجه به شرایط محیطی و عناصر شیمیایی موجود در آب و خاک؛

۲۹. ارائه پیشنهادها و توصیه های فنی- اجرایی متناسب با نیازهای طرح؛

۳۰. ظرفیت باربری خاک برای پی های سطحی و عمیق متناسب با نوع پروژه.

شایان ذکر است بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی باید مطابق با ضوابط مباحث مقررات ملی ساختمان، و در غیاب ضوابط لازم در مجموعه مقررات ملی از سایر آئین‌نامه‌ها و استانداردهای معتبر ملی و بین المللی با تایید کارفرما انجام و گزارش شود. در صورت عدول از این ضوابط باید دلائل آن در گزارش ژئوتکنیک توضیح داده شود. جزئیات و ترتیب اطلاعات در گزارش ممکن است تا حدی بسته به سطح مطالعه و میزان اهمیت بیمارستان تغییر نماید. در نهایت پس از گردآوری کلیه اطلاعات موردنیاز، لازم است گزارشی از مطالعات ژئوتکنیکی برای استفاده‌ی در طراحی و برای رجوع در طول عملیات ساخت‌وساز در مراحل بعد تهیه شود.

فصل پنجم

طراحی سازه بیمارستان

۵–۱– مقدمه

بیمارستان‌ها در زمره زیرساخت‌های ضروری و حیاتی یک جامعه به شمار می‌روند که باید قابلیت خدمت‌رسانی خود را در حین و بعد از حوادث طبیعی حفظ کنند. طراحی آنها باید به گونه‌ای باشد که ضمن پاسخ به نیازهای کاربردی، کارآمد بوده و مقرون به صرفه بودن اعضای سازه‌ای را تضمین نماید.

در این فصل الزاماتی برای طراحی اعضای سازه‌ای در ساختمان بیمارستان‌ها با بررسی عملکرد لرزه‌ای آنها در سطوح خطر مورد انتظار و اطمینان از ایمنی و تاب‌آوری بیمارستان ارائه می‌شود. ازآنجایی‌که ایران در منطقه‌ای با خطر لرزه‌ای زیاد واقع شده، در اغلب نقاط کشور نیروهای زلزله در مقایسه با سایر عوامل موثر، تعیین کننده نیروهای طراحی سازه هستند. بنابراین طبق این دستورالعمل، به منظور اطمینان از ایمنی و تاب‌آوری بیمارستان‌ها ابتدا همه اعضای سازه‌ای در برابر نیروهای زلزله طراحی شده و سپس با ارائه توصیه‌هایی از ایمن بودن آنها در برابر سایر خطرات همچون سیل، باد و آتش اطمینان حاصل می‌گردد.

بر اساس این دستورالعمل، روند طراحی اجزای سازه‌ای در بیمارستان‌ها شامل چهار مرحله متوالی به شرح ذیل است:

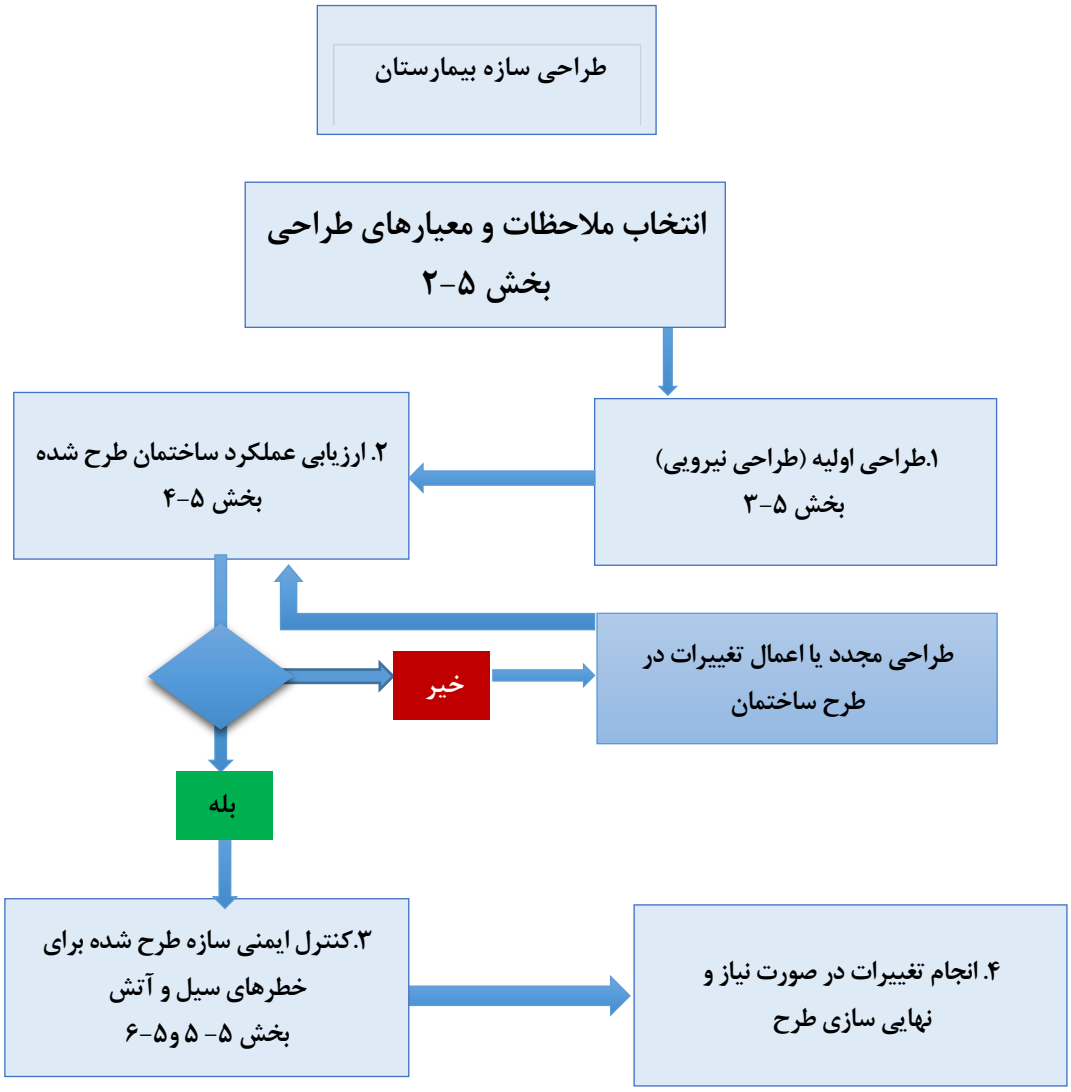
۱. طراحی اولیه سازه که در آن اعضای سازه‌ای بر اساس روش متداول مبتنی بر نیرو طراحی می‌گردند (بخش ۵-۳).
۲. ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه طراحی شده، که در آن اعضای طراحی شده براساس روش عملکردی کنترل و درصورت نیاز اصلاح می‌شوند (بخش ۵-۴).
۳. کنترل ایمنی سازه طرح شده در برابر سیل و آتش (بخش ۵-۵ و ۵-۶).
۴. اصلاح نهایی اعضای سازه‌ای بر اساس نتایج مراحل ۲ و ۳.

۵–۲– اهداف عملکردی

طراحی بیمارستان در ابتدا باید با انتخاب اهداف عملکردی مورد انتظار مطابق با فصل ۱ (بخش‌های ۱-۵ و ۱-۶) برای هر یک از سطوح خطر لرزه‌ای ۱ و ۲ آغاز گردد. بر اساس معیارهای یاد شده، هر گروه بیمارستان باید سطح عملکرد موردنظر را در سطوح خطر زیر تأمین کند.

- سطح خطر (۱): شدت خطر لرزه‌ای که احتمال فراگذشت از آن در ۵۰ سال ده درصد است که دوره بازگشت این رویداد ۴۷۵ سال است. (زلزله ۴۷۵ ساله)
- سطح خطر (۲): شدت خطر لرزه‌ای که احتمال فراگذشت آن از در ۵۰ سال دو درصد باشد که دوره بازگشت این رویداد ۲۴۷۵ سال است. (زلزله ۲۴۷۵ ساله)

عملکرد بیمارستان طراحی شده باید مطابق الزامات حداقل تعریف شده در استاندارد ۲۸۰۰ ایران باشد. مطابق بند ۱-۵-۱ این دستورالعمل، سه سطح عملکرد برای سازه بیمارستان در نظر گرفته شده است که مربوط به حالت آسیب برای اعضای سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی بوده و مشخصات آنها در جدول ۵-۱ ارائه شده است. معیارهای پذیرش مربوط به هر سطح عملکرد برای اعضای سازه‌ای فولادی و بتن آرمه در بند ۵-۴-۲-۵ آورده شده اند.



شکل ۵-۱ مراحل طراحی ساختمان بیمارستان

۵-۳- طراحی لرزه‌ای اولیه بیمارستان

در این بخش، روش‌های تحلیل و طراحی که در طراحی اولیه بیمارستان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند ارائه شده است. هدف از طراحی اولیه ایجاد مدل مقدماتی برای تعیین مشخصات اولیه اعضای سازه‌ای بیمارستان است. برای دستیابی به این هدف، اعضای سازه‌ای باید در سطح خطر ۱ بر اساس آخرین ویرایش مباحث مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران با روش مبتنی بر نیرو طراحی گردند. سپس عملکرد سازه طراحی شده باید براساس الزامات بخش ۵-۴ مورد ارزیابی قرار گیرد. اگر اعضای ساختمان عملکرد مورد انتظار در سطوح خطر ۱ و ۲ را ارضا نکنند، مشخصات سازه باید به نحوی تغییر یابد که پاسخگوی الزامات سطوح عملکرد نظیر سطوح خطر مورد نظر باشد.

در بند ۵-۳-۱ الزامات کلی برای طراحی اولیه و در بند ۵-۳-۲ ملاحظات طراحی مفهومی مانند ملاحظات ژئوتکنیکی و انتخاب سیستم سازه‌ای بیان شده است. بند ۵-۳-۳ به ارائه روش‌های تحلیل و طراحی به منظور تعیین نیروهای لرزه‌ای و نحوه توزیع آنها در ارتفاع ساختمان می‌پردازد.

۵–۳–۱– الزامات و ملاحظات

الزامات و ملاحظات ارائه شده در این دستورالعمل شامل موارد زیر می‌باشد:

- مبانی تعیین شتاب مبنای طرح در هر ساختگاه بر اساس لرزه‌خیزی و نوع خاک. این پارامترهای طراحی براساس مطالعه ویژه ساختگاه تعیین می‌گردند (بند۴-۲).
- روش‌های تحلیل لرزه‌ای اعضای سازه‌ای.
- الزامات طراحی برای مصالح، سیستم‌ها و اعضا.
- تعریف ساختمان نامنظم و محدودیت‌های مربوط به آنها.
- محدودیت‌های ارتفاع ساختمان بر اساس نوع سازه و لرزه‌خیزی ساختگاه.

علاوه بر موارد فوق در طرح اولیه سازه کلیه الزامات ارائه شده در نشریات سازمان برنامه و بودجه، مقررات ملی ساختمان ایران و استاندارد ۲۸۰۰ در روند طراحی باید رعایت گردند. در این فصل تنها الزامات طراحی سازه‌های فولادی و بتنی ارائه شده است. در طراحی سازه‌های بتن‌آرمه و فولادی به ترتیب توجه به مباحث شماره ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان مورد تاکید می‌باشد.

الزامات طراحی سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر مانند جداسازهای لرزه‌ای و میراگرها در فصل ۶ ارائه شده است.

۵–۳–۲– ملاحظات طراحی مفهومی

طراحی مفهومی بیمارستان شامل درک الگوهای بار جانبی اعمال شده به سازه در سطوح مختلف طراحی به منظور انتخاب سیستم باربر جانبی مناسب است. سیستم باربر جانبی مناسب باید با درنظر گرفتن الزامات بند ۵-۳-۲-۳ انتخاب گردد. طراحی باید به نحوی انجام گیرد که سازه قابل اجرا، کارآمد و مقرون به صرفه باشد.

۵–۳–۲–۱– ملاحظات ژئوتکنیکی

شدت زلزله در سطح زمین ساختگاه بیمارستان بسته به بزرگی و فاصله آن از کانون زلزله و مهم‌تر از همه نوع و عمق خاک ساختگاه دارد. بدین منظور با رعایت مفاد مرتبط با استاندارد ۲۸۰۰ ، باید پارامترهای دینامیکی خاک که در طراحی لرزه‌ای استفاده می‌شوند از بخش ۴-۵ به‌دست آورده شوند.

۵-۳-۲-۲- ملاحظات طراحی سازه‌ای

این بخش ملاحظات طراحی سازه‌ای که در طراحی اولیه اعضای سازه‌ای بیمارستان‌ها استفاده می‌شوند را ارائه می‌کند. نیروهای طراحی لرزه‌ای و نحوه توزیع آنها در تراز ارتفاع سازه باید بر اساس یکی از روش‌های معرفی شده در بند ۵-۴-۲-۱ محاسبه شده و با اعمال آن‌ها نیروهای داخلی و تغییر شکل‌های مربوط در اعضای سازه مشخص گردند.

نیروی زلزله طرح باید در هر دو امتداد اصلی افقی بر سازه ساختمان اعمال گردند. برای اطمینان از کفایت سیستم سازه‌ای، باید مدل ریاضی سازه ساخته شده و در برابر اثرات ناشی از زلزله طرح بر آن ارزیابی گردد. سازه ساختمان باید شامل سیستم مقاوم در برابر بار جانبی و بار قائم با مقاومت، سختی و ظرفیت استهلاک انرژی کافی، برای تحمل زلزله طرح در محدوده تغییر شکل و مقاومت مورد نظر باشد.

برخی ملاحظات تکمیلی طراحی به شرح زیر است:

- طراحی عضو، طراحی اتصال و محدودیت در تغییرشکل: تمام اعضا، شامل اعضایی که بخشی از سیستم باربر جانبی نیستند باید مقاومت کافی برای تحمل نیروی‌های برشی، محوری و لنگر خمشی تعیین شده بر اساس این دستورالعمل را داشته باشند. مقاومت اتصالات باید یا پاسخگوی حداکثر مقاومت اعضای متصل به آنها بوده یا الزامات نیرویی مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ را در این مورد تأمین کند. تغییر شکل‌های سازه نباید از محدوده مشخص شده تحت نیروی‌های لرزه‌ای فراتر رود.
- پیوستگی مسیر انتقال بار و یکپارچگی: مسیر انتقال بار از ابتدای محل اعمال تا انتها باید پیوسته و دارای مقاومت و سختی کافی باشد. تمام قسمت‌های سازه واقع در یک بلوک ساختمان که توسط درزهای انقطاع از بلوک‌های دیگر مجزا می‌باشد باید به یکدیگر متصل بوده تا مسیر انتقال بار برای سیستم مقاوم در برابر نیروهای لرزه‌ای پیوسته بوده و این اتصالات باید توانایی انتقال نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در قسمت‌های متصل شده را داشته باشند. نیروهای طراحی اتصالات لازم نیست از حداکثر نیرویی که سیستم سازه‌ای می‌تواند به اتصال منتقل کند، بیشتر باشد.
- اتصال به تکیه‌گاه‌ها: هر تیر یا خرپا چه آنهایی که به طور مستقیم به اعضای تکیه‌گاهی متصلند و چه آنهایی که به دال‌هایی متصلند که به صورت دیافراگم طراحی شده‌اند باید دارای اتصالات مطمئن برای انتقال نیروی افقی ایجاد شده در راستای عضو باشند. درصورتی که انتقال نیرو از طریق اتصال به دیافراگم صورت پذیرد باید از اتصال مناسب سیستم باربر جانبی به دیافراگم نیز اطمینان حاصل شود.
- طراحی پی و شالوده: پی‌ها و شالوده‌ها باید به گونه ای طراحی شوند که در برابر نیروهای ایجاد شده مقاومت کرده و ظرفیت لازم جهت تحمل تکان‌های لرزه‌ای منتقل شده به سازه را داشته باشند. برای تعیین معیارهای طراحی پی، باید ماهیت دینامیکی نیروها، جنبش قوی مورد انتظار زمین، اصول طراحی مقاومتی و ظرفیت استهلاک انرژی سازه و مشخصات دینامیکی خاک منظور گردد. طراحی و اجرای پی و شالوده باید مطابق ضوابط مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان ایران باشد.

- اندرکنش خاک و سازه: در صورت توجه به اثرات اندرکنش خاک و سازه در طراحی لرزه‌ای اولیه، رعایت ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ایران در این زمینه ضروری است.
- طراحی مصالح و جزئیات اجرایی: در طراحی و اجرای تمامی اعضای سازه‌ای، شامل پی باید ضوابط مربوط به مصالح و الزامات اجرایی مندرج در مباحث ۷، ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان ایران برای سازه‌های بتنی و فولادی رعایت شده باشد.

۵–۳–۲–۳– انتخاب سیستم سازه‌ای

گروه طراحی سازه بیمارستان باید سیستمی را انتخاب کند که با پیکربندی و شکل معماری بیمارستان متناسب باشد. در طراحی و اجرای هر سیستم سازه‌ای، الزامات لرزه‌ای متناسب باید رعایت گردد. با این حال هر یک از این سیستم‌ها می‌تواند ویژگی‌های عملکردی متفاوتی داشته باشد. از آنجایی که سطح عملکرد بهتر از بیمارستان‌ها به عنوان ساختمان‌های ضروری انتظار می‌رود، معیار مناسب در انتخاب درست سیستم سازه‌ای آن است که از بروز آسیب‌های شدید اجتناب شده و بدون نیاز به تخلیه بیمارستان از بیماران، سطح قابل قبولی از عملکرد تأمین گردد.

رفتار هر سیستم سازه‌ای و پیکربندی ساختمانی به نوع جنبش زلزله، مدت زمان تکان‌های شدید، نوع خاک و نظایر آن بستگی دارد. تصمیم‌گیری برای انتخاب مناسب‌ترین سیستم می‌تواند بر اساس تجارب آسیب‌های قبلی مشاهده شده انجام گیرد. به‌علاوه، سیستم انتخاب شده باید الزامات معماری، مکانیکی و الکتریکی برای اعضای غیرسازه‌ای را تأمین کند. این رویه باید تمامی گام‌ها، از انتخاب سطح عملکرد هدف تا طرح نهایی و اجرای پروژه را در بر گیرد.

در کنار رعایت الزامات خاص معماری برای بیمارستان‌ها طبق ضوابط معتبر ملی یا بین‌المللی مناسب‌ترین سیستم سازه‌ای برای بیمارستان تاب‌آور باید شامل مشخصات ذیل باشد:

- دارای رفتار چرخه‌ای پایدار باشد، به شکلی که امکان شکست یا فروریزش ناگهانی سازه وجود نداشته باشد.
- تغییر مکان جانبی به مقداری محدود شود که خسارت به اعضای غیرسازه‌ای حداقل گردد.
- قادر به استهلاک انرژی زلزله به صورت کنترل شده و بدون ایجاد آسیب‌های سازه‌ای باشد.
- قادر به تأمین امکان ادامه کاربری بیمارستان بعد از زلزله با حداقل هزینه تعمیرات باشد.

سیستم‌های سازه‌ای که بر اساس معیارهای ذکرشده در بالا، برای بیمارستان‌ها توصیه می‌شوند در جدول ۵-۱ ذکر شده‌اند. سایر سیستم‌های سازه‌ای مناسب که صرفه اقتصادی و کاربرد بیشتری داشته باشند و در جدول ۵-۱ ذکر نشده‌اند نیز می‌توانند با ارائه شواهد و مدارک مناسب مبنی بر قابلیت تأمین سطوح عملکردی هدف ذکر شده در این دستورالعمل مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۵-۱ انواع سیستم‌های سازه‌ای برای بیمارستان

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
(الف) سیستم قاب ساختمانی	مهاربندی واگرای ویژه‌ی فولادی	۷	۲	۴	۵۰
	مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۵/۵	۲	۵	۵۰
	دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۶	۲/۵	۵	۵۰
	قاب مهاربندی واگرای مرکب فولادی و بتنی	۸	۲/۵	۴	۵۰
	دیوار برشی مرکب بتنی و فولادی	۶/۵	۲/۵	۵	۵۰
	دیوار برشی مرکب بتنی و فولادی ویژه	۶	۲/۵	۵	۵۰
	قاب مهاربندی کمانش تاب فولادی	۷	۲/۵	۵	۵۰
	دیوار برشی فولادی ویژه	۷	۲	۶	۵۰
(ب) سیستم قاب خمشی	قاب خمشی ویژه فولادی	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	قاب خمشی خرپایی ویژه فولادی	۷	۳	۵/۵	۳۰
	قاب خمشی بتن آرمه ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	قاب خمشی مرکب بتنی و فولادی ویژه	۸	۳	۵/۵	۲۰۰
	قاب خمشی بتن آرمه متوسط	۵	۳	۴/۵	۳۵
	قاب خمشی فولادی متوسط	۵	۳	۴	۵۰
(پ) سیستم‌های دوگانه با سیستم قاب خمشی ویژه	قاب مهاربندی واگرای ویژه فولادی (*)	۷/۵	۲/۵	۴	۲۰۰
	قاب مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۷	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	دیوار برشی بتن آرمه ویژه	۷/۵	۲/۵	۵	۲۰۰
	قاب مهاربندی واگرای مرکب فولادی و بتنی	۸	۲/۵	۴	۲۰۰
	قاب مهاربندی همگرای مرکب فولادی و بتنی	۶	۲/۵	۵	۲۰۰
	دیوار برشی مرکب بتنی و فولادی	۷/۵	۲/۵	۶	۲۰۰
	دیوار برشی مرکب بتنی و فولادی ویژه	۷	۲/۵	۶	۲۰۰
	دیوار برشی فولادی ویژه	۸	۲/۵	۵	۲۰۰
	قاب مهاربندی کمانش تاب فولادی	۸	۲/۵	۶/۵	۲۰۰
* برای قاب مهاربندی واگرا چنانچه در تیرهای پیوند رفتار برشی حاکم باشد، قابل قبول است.					

۵-۳-۲-۴- پیکربندی سازه‌ای

علاوه بر ملاحظات ذکر شده در استاندارد ۲۸۰۰ برای پیکربندی سازه‌ها، پیکربندی سازه‌ی بیمارستان باید به گونه‌ای طراحی شود که نامنظمی‌ها در پلان و ارتفاع حداقل گردد.

۵–۳–۲–۴–۱– نامنظمی در ارتفاع

ایجاد نامنظمی در ارتفاع در طراحی ساختمان باعث ایجاد امکان رفتار نامطلوب سازه در زمان وقوع زلزله بوده و در این دستورالعمل توصیه نمی‌گردد. نامنظمی در ارتفاع ساختمان بیمارستان‌ها به شرح زیر مجاز نمی‌باشد:

- نامنظمی طبقه خیلی نرم: در مواردی که سختی جانبی هر طبقه کمتر از ۶۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۷۰ درصد متوسط سختی‌های جانبی سه طبقه روی خود باشد، چنین طبقه‌ای "طبقه خیلی نرم" نامیده می‌شود.
- نامنظمی طبقه ضعیف: در مواردی که مقاومت جانبی طبقه از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود کمتر باشد، این طبقه "طبقه ضعیف" نامیده می‌شود. مقاومت جانبی طبقه شامل مقاومت تمام اعضای باربر لرزه‌ای موجود است که برش طبقه را در جهت مورد نظر تحمل می‌کنند.

۵–۳–۲–۴–۲– نامنظمی در پلان

ایجاد نامنظمی در پلان در طراحی ساختمان باعث ایجاد امکان رفتار نامطلوب سازه در زمان وقوع زلزله بوده و در این دستورالعمل توصیه نمی‌گردد. طراحی بیمارستان‌های دارای نامنظمی شدید پیچشی در پلان مجاز نیست. در مواردی که حداکثر تغییرمکان نسبی در یک انتهای ساختمان بیشتر از ۴۰ درصد متوسط تغییر مکان نسبی در دو انتهای ساختمان باشد نامنظمی "شدید پیچشی" توصیف می‌شود.

۵–۳–۲–۴–۳– دیافراگم نرم

ایجاد دیافراگم در طبقات در صورتی که مطابق استاندارد ۲۸۰۰ دارای مشخصات دیافراگم نرم باشد در طراحی ساختمان باعث ایجاد امکان رفتار نامطلوب سازه در زمان وقوع زلزله بوده و در این دستورالعمل توصیه نمی گردد.

۵–۳–۲–۵– ملاحظات سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر

فن‌آوری‌های با عملکرد برتر می‌توانند برای رسیدن به سطح عملکرد هدف و ارتقای کاربری لازم در طراحی بیمارستان مورد استفاده قرار گیرند. این سیستم‌های سازه‌ای به صورت کلی نیروهای لرزه‌ای منتقل شده از زمین به ساختمان، یا تقاضای لرزه‌ای اعضا را کاهش داده و پاسخ‌های سازه‌ای را کنترل می‌کنند.

در فصل ششم جزئیات طراحی برخی از فن‌آوری‌های جدید مانند جداسازهای لرزه‌ای، میراگرها، سیستم‌های گهواره‌ای و مانند آن‌ها ارائه شده است.

۵-۳-۲-۶- تحلیل و طراحی لرزه‌ای سازه

۵-۳-۲-۷- معیارهای طراحی لرزه‌ای

ساختمان بیمارستان باید برای محاسبه نیروها و تغییرشکل‌های به وجود آمده در اجزای ساختمان در زلزله سطح ۱ تحلیل شود. حداکثر شتاب زمین (PGA) و شتاب طیفی $S_a(T)$ مبنای طراحی برای زلزله سطح خطر ۱ در بخش (۴-۲) ارائه شده است. حداقل الزامات طراحی سیستم‌های باربر لرزه‌ای باید مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ باشد.

۵-۳-۲-۸- بارها و ترکیبات بارگذاری

در طراحی اولیه سازه، برای تعیین بارهای ثقلی و ترکیب بارها از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران و برای تعیین بارهای زلزله از ضوابط درج شده در بخش (۵-۳-۳-۲) استفاده می‌شود.

۵-۳-۲-۹- روش‌های تحلیل

بر اساس فلسفه طراحی این دستورالعمل، طراحی اولیه باید بر اساس روش‌های تحلیل خطی انجام شود. روش¬های خطی شامل روش " استاتیکی خطی (LSP)" و روش "دینامیکی خطی (LDP)" به ترتیب در بندهای (۵-۳-۳-۳-۱) و (۵-۳-۳-۳-۲) ارائه شده اند.

۵-۳-۲-۹-۱- روش استاتیکی خطی (LSP)

برش پایه لرزه‌ای در جهت مورد نظر، V با رابطه ۵-۱ تعیین می‌گردد:

$$V = \frac{S_a I W}{R_u} \qquad ۵\text{-}۱$$

در این رابطه:

W= وزن موثر لرزه‌ای شامل کل بار مرده و درصدی از سایر بارهای ثقلی مطابق بخش (۳-۱-۱-۱) استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران است.

S_a = شتاب طیفی طراحی در زمان تناوب اصلی (T) و نسبت میرایی سازه در جهت مورد نظر. مقدار S_a باید از طیف طراحی معرفی شده در بخش (۴-۲) بدست آورده شود.

I= ضریب اهمیت برای بیمارستان که برابر ۱/۴ می‌باشد.

R_u = ضریب رفتار بیمارستان که در جدول ۵-۱ تعریف شده است.

نیروی جانبی لرزه‌ای F_x وارد شده در هر تراز ساختمان است که از رابطه ۵-۲ مقابل محاسبه می‌گردد:

$$F_x = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^{n} W_i h_i^k} V \qquad ۲-۵$$

w_i و w_x = وزن موثر لرزه‌ای سازه در تراز i و x

h_i و h_x = ارتفاع از تراز پایه تا تراز i و x

k = ضریبی است که با توجه به زمان تناوب نوسان اصلی سازه (T) از رابطه زیر به دست آورده می‌شود:

$$k = 0.5T + 0.75 \qquad 0.5 \le T \le 2.5 Sec$$

مقدار k برای مقادیر T کوچک تر از ۰/۵ثانیه و بزرگ تر از ۲/۵ ثانیه باید به ترتیب برابر با ۱ و ۲ در نظر گرفته شود.

۵–۳–۲–۹–۲– روش دینامیکی خطی (LDP) یا تحلیل طیفی

در تحلیل طیفی، مدل عددی سازه باید مطابق بند ۵-۳-۳-۴ به صورت سه بعدی ساخته شده و سازه به صورت سه بعدی تحلیل گردد. در صورت عدم وجود دیافراگم صلب، مدل عددی باید شامل مشخصات سختی دیافراگم و درجات آزادی دینامیکی مورد نیاز برای در نظرگیری مشارکت دیافراگم در پاسخ دینامیکی سازه باشد.

تعداد مودها: مودهای طبیعی ارتعاشی سازه باید با استفاده از تحلیل دینامیکی به دست آید. در تحلیل باید تعددا کافی از مودهای نوسان که مجموع جرم‌های موثر آنها برابر با ۹۵ درصد جرم کل سازه است، در نظر گرفته شود.

پارامترهای پاسخ مودال: مقدار هر پارامتر طراحی شامل تغییر مکان جانبی نسبی طبقه، نیروهای تکیه‌گاهی و نیروهای اعضا برای هر مود پاسخ باید از طریق مشخصات هر مود و طیف طراحی تقسیم بر R_u/I محاسبه گردد. مقدار جابجایی و تغییر مکان جانبی نسبی باید در C_d/I ضرب گردد که مقدار آن در جدول ۵-۱ آورده شده است.

پارامترهای ترکیب پاسخ‌ها: مقدار پارامتر مورد نظر محاسبه شده برای مودهای مختلف باید به یکی از روش‌های طیف پاسخ دینامیکی یا ترکیب مربع کامل مودها (CQC) ترکیب گردد. در این روش‌ها اندرکنش مودهایی که دارای همبستگی انتقالی و پیچشی هستند باید در محاسبه پارامترها در نظر گرفته شود.

مقیاس کردن مقادیر طراحی پاسخ‌های ترکیب شده: در صورتی‌که پاسخ ترکیب شده برای برش پایه بدست آمده از روش تحلیل دینامیکی (V_t) کمتر از برش پایه محاسبه شده از روش استاتیکی خطی (V) باشد، نیروها باید به صورت زیر اصلاح گردد:

- برای تمامی سازه‌های نامنظم معرفی شده در بند ۵-۳-۲-۴، برش پایه تعیین شده از تحلیل طیفی باید در ۹۵ درصد مقادیر V/V_t ضرب گردد.
- برای تمامی سازه‌های منظم معرفی شده در بند ۵-۳-۲-۴، برش پایه تعیین شده از تحلیل طیفی باید در ۸۵ درصد مقدار V/V_t ضرب گردد.

- اگر مقدار V_t از $(S_a\, I\, W/R_u)$ کمتر باشد تغییر مکان‌های جانبی نسبی باید در مقدار $(S_a\, I\, W/V_t\, R_u)$ ضرب گردند.

۵-۳-۲-۱۰- مدل‌سازی عددی

مدل عددی سازه باید با هدف تعیین نیروهای سازه‌ای و تغییرمکان‌های به‌وجود آمده در اثر بارگذاری و تغییرمکان‌های اعمالی یا اثرات P-Δ ساخته شود. مدل باید شامل سختی و مقاومت اعضایی که نقش مهمی در توزیع نیروها و تغییرشکل‌ها در سازه دارند و معرف توزیع جرم و سختی در سرتاسر سازه هستند، باشد.

ساختمان‌های دارای نامنظمی در پلان که در بند ۵-۳-۲-۴ به آنها اشاره شده باید به‌صورت سه بعدی تحلیل گردند. در مدلسازی سه بعدی باید حداقل سه درجه آزادی دینامیکی شامل دو درجه آزادی انتقالی متعامد در صفحه و درجه آزادی چرخشی حول محور قائم سازه در هر تراز سازه‌ای در نظر گرفته شود.

ایجاد دیافراگم در طبقات در صورتی که مطابق استاندارد ۲۸۰۰ دارای مشخصات دیافراگم نرم باشد در طراحی ساختمان باعث ایجاد امکان رفتار نامطلوب سازه در زمان وقوع زلزله بوده و در این دستورالعمل توصیه نمی گردد. در صورتی‌که دیافراگم‌ها مطابق استاندارد ۲۸۰۰ صلب یا نرم تلقی نشوند، مدل باید شامل مشخصات سختی دیافراگم و درجات آزادی دینامیکی برای در نظرگرفتن مشارکت دیافراگم در پاسخ دینامیکی سازه باشد.

اجزای سازه‌ای بیمارستان باید به صورت سه بعدی مدلسازی، تحلیل و ارزیابی شود. همچنین، مدلسازی دو بعدی تنها در مواردی مجاز است که برای ساختمان‌های دارای دیافراگم صلب بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ که اثرات پیچشی در آنها از محدودیت‌های ذکر شده در استاندارد ۲۸۰۰ فراتر نرفته باشد، یا اثرات پیچشی در آنها لحاظ شده باشد.

میرایی: در طراحی اولیه، میرایی باید به میزان ۵ درصد در نظر گرفته شود.

دیافراگم‌ها، اجزای لبه، جمع کننده‌ها و کلاف‌ها: دیافراگم‌ها به عنوان اعضای افقی تعریف می‌شوند که نیروی‌های اینرسی لرزه‌ای ایجاد شده در طبقه یا طبقات سازه را از طریق تلاش‌های همه‌ی اجزای دیافراگم شامل اجزای لبه، جمع‌کننده‌ها و کلاف‌ها به اعضای سیستم باربر لرزه‌ای قائم انتقال می‌دهند. دیافراگم باید در هر طبقه سازه جرم‌های اجزای ساختمان را به سیستم مقاوم در برابر بار جانبی اتصال دهد. دیافراگم‌ها باید برای تنش‌های برشی و خمشی ناشی از نیروی طراحی، محاسبه گردند. در ناپیوستگی‌های دیافراگم مانند بازشوها و گوشه‌های پس رفته، طراحی باید ارا به گونه ای باشد که نیروهای اجزای لبه به همراه سایر نیروهای ایجاد شده در دیافراگم کمتر از ظرفیت برشی و کششی دیافراگم است. ظرفیت دیافراگم‌های کف و سقف باید پاسخگوی نیروهای لرزه‌ای طراحی ناشی از تحلیل سازه بوده و علاوه بر آن باید الزامات استاندارد ۲۸۰۰ در این مورد رعایت گردد. در صورتی که به دلیل وجود انحراف در قرارگیری اعضا یا تغییرات سختی جانبی نسبی آنها، لازم است دیافراگم‌ها نیروی لرزه‌ای طراحی را از اعضای باربر بالای دیافراگم به اعضای باربر قائم در صفحه دیگری در پایین از طریق دیافراگم انتقال دهند این نیروها باید به موارد تعیین شده در بالا در طراحی دیافراگم اضافه گردند.

اثرات P-Δ: وقتی که مقدار شاخص پایداری (θ) محاسبه شده از طریق روابط استاندارد ۲۸۰۰ کمتر یا مساوی ۰/۱ باشد نیازی به در نظرگیری اثرات P-Δ در برش و لنگرهای طبقه و نیروها و لنگرهای ایجاد شده در اعضا و تغییرمکان‌های جانبی نسبی نیست. برای حالتی که مقدار شاخص پایداری بین ۰/۱ و ۰/۲۵ باشد، ضریب افزایشی اثر P-Δ بر نیروهای اعضا و تغییر مکان‌ها باید با استفاده از تحلیلی منطقی مشخص شود یا به عنوان روشی جایگزین می‌توان که تغییرمکان‌ها و نیروهای اعضا را در مقدار $\frac{1}{1-\theta}$ ضرب نمود. شاخص پایداری نباید از ۰/۲۵ بیشتر شود. در غیر اینصورت احتمال ناپایداری سازه وجود دارد و سازه باید مجدداً طراحی گردد.

۵–۳–۲–۱۱– الزامات تکمیلی در تحلیل

اثرات زلزله در چند امتداد: سازه بیمارستان باید به گونه‌ای طراحی گردد که در هر امتداد افقی مقاومت لازم را در برابر بارهای جانبی داشته باشد. اثرات زلزله در چند امتداد باید به‌صورت هم‌زمان برای سازه‌هایی با هر یک از شرایط زیر در نظر گرفته شود:

۱. برای بیمارستان با نامنظمی معماری در پلان.
۲. برای بیمارستان دارای حداقل یک ستون که در محل تقاطع دو یا چند سیستم باربر جانبی نظیر قاب‌های مهاربندی یا قاب‌های خمشی قرار دارند.

سازه باید به طور مستقل تحت بارگذاری وارد شده در هر دو امتداد متعامد تحلیل گردد. به عنوان یک روش جایگزین، براساس استاندارد ۲۸۰۰ تمامی اعضا و پی‌ها باید به طور همزمان برای ۱۰۰ درصد نیروها در یک امتداد و ۳۰ درصد نیروها در امتداد عمود بر آن طراحی گردند.

بار لرزه‌ای افقی(E_h) باید با بار لرزه‌ای قائم (E_v) ترکیب شده تا اثرات کل بار زلزله (E) بر اساس رابطه ۵-۳ تعیین گردد.

$$E = E_v \pm E_h \ , \ E_v = 0.2 S_{as} D \qquad ۳-۵$$

در رابطه بالا S_{aS} مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه برابر با ۰.۲ ثانیه برای سطح خطر لرزه‌ای متناسب با سطح عملکرد سازه‌ای که در بخش ۴-۲ تعیین می‌گردد. علامت مثبت و منفی هر کدام که حاکم بود، منظور گردد و D اثرات بار مرده است.

واژگونی: سازه بیمارستان باید به گونه‌ای طراحی شود که در برابر واژگونی ناشی از نیروهای زلزله پایدار بماند. هر عضو باربر ثقلی که نیروی جانبی زلزله به آن تحمیل شود باید برای اثرات تجمعی بارهای لرزه‌ای وارده در تراز مورد نظر و بالای آن تراز مورد نظر بررسی شود. اثرات واژگونی در تراز مورد نظر باید بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ در روش خطی محاسبه شود.

پیوستگی: تمامی اعضای سازه‌ای باید به‌گونه‌ای به هم متصل باشند که مسیر پیوسته‌ای برای انتقال نیروهای اینرسی به وجود آمده توسط پاسخ‌های دینامیکی بخشی از سازه به سایر قسمت‌های آن را فراهم آورند.

۵-۳-۲-۱۲- تعیین مشخصات اعضا

از آنجایی که طراحی اولیه بر اساس نتایج تحلیل خطی صورت می‌گیرد، سختی اعضای سازه‌ای تنها ویژگی است که برای مدلسازی باید تعیین گردد. طراحی باید با تخصیص ابعاد اولیه برای اعضای سازه‌ای آغاز و به صورت سعی و خطا انجام گیرد. ویژگی‌های سختی هر عضو شامل سختی محوری، برشی و خمشی و پیچشی باید در مدل در نظر گرفته شود. در اعضای بتنی، اثرات ترک‌خوردگی بتن در سختی خمشی باید در نظر گرفته شود.

برای سیستم‌های دوگانه یا ترکیبی ذکر شده در جدول ۵-۱، قاب‌های خمشی باید قادر به تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروهای زلزله طراحی باشند. مقاومت لازم در برابر کل نیروی زلزله باید بر اساس ترکیب قاب خمشی و دیوار برشی یا ترکیب قاب خمشی و قاب‌های مهاربندی به نسبت صلبیت هر یک تأمین شود.

۵-۳-۲-۱۳- کنترل مقاومت اعضا

طراحی اولیه اعضای سازه‌ای از طریق روش طراحی نیرویی انجام می‌شود. انواع بارها و ترکیب بارهای وارد شده به ساختمان بیمارستان باید مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران در نظر گرفته شوند. مقدار حداکثر و حداقل نیروهای طراحی در اعضای سازه‌ای شامل نیروی محوری، نیروی برشی، لنگر خمشی و لنگر پیچشی با تحلیل خطی سازه‌ها تعیین می‌گردد. سپس نیروهای طراحی اعضا با مقاومت‌های ضریب‌دار آن عضو مقایسه می‌شوند. کنترل کفایت مقاومت اعضای بتنی و فولادی باید مطابق الزامات مندرج در مباحث ۷، ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان‌های ایران انجام پذیرد.

۵-۳-۲-۱۴- کنترل تغییر شکل اعضا

تغییرمکان جانبی سازه بر اساس بند ۵-۳-۳-۹ بررسی می‌شود. اطمینان از عدم وجود تغییرمکان‌های بیش از حد، ترک و ارتعاشات اعضا تحت بارهای سرویس نیز باید کنترل گردد. کنترل تغییرشکل اعضای بتنی و فولادی باید مطابق الزامات تبیین شده در مباحث ۷، ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان‌های ایران انجام شود.

۵–۳–۲–۱۵– کنترل تغییر مکان جانبی سازه

نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طراحی طبقه $\Delta_r = \frac{\Delta}{h_{sx}}$ باید به صورت بیشترین تفاضل در تغییرشکل نقاط در محور قائم در بالا و پایین تراز مورد نظر در راستای یکی از گوشه‌های سازه محاسبه گردد، و نباید از مقدار Δ_{ar} که در جدول ۵-۲ ذکر شده است فراتر رود. تغییر شکل در تراز x (δ_x) که برای محاسبه تغییرمکان جانبی نسبی طراحی طبقه $(\Delta = \delta_x - \delta_{x-1})$ استفاده می‌شود باید به صورت رابطه ۵-۴ تعیین گردد:

$$\delta_x = C_d \, \delta_{xe} \qquad ۴\text{-}۵$$

C_d = ضریب بزرگنمایی تغییرشکل مطابق جدول ۵-۱

δ_{xe} = تغییر شکل تعیین شده با تحلیل ارتجاعی خطی در تراز x

h_{sx} = ارتفاع طبقهx ام ساختمان

جدول ۵-۲ تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه، شاخص تغییر مکان نسبی $\Delta_{ar} = \Delta / h_{sx}$

تعداد طبقات	بیمارستان گروه ۱و ۲ و ۳	بیمارستان گروه ۴
$N < 5$	۰/۰۱۵	۰/۰۲۵
$N \geq 5$	۰/۰۱	۰/۰۲۰

۵–۳–۲–۱۶– طراحی اتصالات

تمامی قسمت‌های سازه که بین درزهای انقطاع قرار گرفته‌اند باید به یکدیگر متصل بوده و قادر به انتقال نیروی زلزله‌ی ایجاد شده در بخش‌های متصل به هم باشند. اجزای اتصال نباید از اعضای متصل به آن ضعیف‌تر باشد. برای حصول تاب‌آوری، تمامی اجزای اتصال باید دارای رفتار خطی باشند. انتخاب نوع اتصال وابسته به عملکرد مورد انتظار اعضای متصل به آن است. ملاحظات خاص برای طراحی چشمه اتصال تیر به ستون باید در نظر گرفته شود. طراحی اتصال تیر به ستون یا سایر اتصالات در سیستم‌های باربر جانبی برای ساختمان‌های بتنی و فولادی باید مطابق الزامات مباحث ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان ایران باشد.

۵-۴- ارزیابی لرزه‌ای سازه طراحی شده

در این بخش دستورالعمل ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه بیمارستان که در مرحله اولیه طراحی شده ارائه می‌گردد. بر این اساس، سازه طراحی شده مطابق با بخش ۵-۳ باید در سطوح خطر لرزه‌ای ۱ و ۲ مطابق الزامات این بخش ارزیابی و در صورت لزوم طراحی مجدد گردد.

۵-۴-۱- اهداف عملکردی

همانطور که در بخش ۵-۱ توضیح داده شد، اعضای سازه‌ای طراحی شده در مرحله اولیه باید عملکرد مورد نظر تحت سطوح خطر لرزه‌ای ۱ و ۲ را برآورده کنند. سطوح عملکردی توصیه شده برای هر گروه بیمارستان مطابق جدول ۱-۱ فصل اول این دستورالعمل است. این سطوح در هر پروژه بر اساس توصیه‌های جدول ۱-۱، نظر گروه طراحی و تایید کارفرما تعیین می‌گردند.

۵-۴-۲- تحلیل سازه و کنترل آن

محدوده تحلیل سازه و الزامات آن باید مطابق با این بخش باشد. عملکرد اعضای سازه‌ای طراحی شده باید با روش عملکردی تحت هر یک از سطوح خطر لرزه‌ای ۱ و ۲ بررسی شود. الزامات کلی برای این ارزیابی‌ها شامل مراحل تحلیل سازه، مدل‌سازی عددی، ترکیب بار و معیار پذیرش در بندهای ۵-۴-۲-۱ تا ۵-۴-۲-۵ آورده شده است.

۵-۴-۲-۱- مراحل تحلیل

ساختمان بیمارستان باید برای تعیین نیروها و تغییرشکل‌های به وجود آمده در اعضای سازه تحت جنبش شدید زمین مطابق با سطح خطر لرزه‌ای انتخاب شده یا تحلیل خطر ویژه ساختگاه مندرج در فصل ۴ تحلیل شود. مراحل تحلیل در این بخش بر اساس نشریه ۳۶۰ سازمان برنامه و بودجه مورد نظر است. این نشریات هر دو تحلیل خطی و غیرخطی شامل روش استاتیکی غیرخطی (LSP)، روش دینامیکی خطی (LDP)، روش استاتیکی غیرخطی (NSP) و روش دینامیکی غیرخطی (NDP) را بسته به شرایط سازه مجاز می‌دانند. محدودیت کاربرد هر روش در بندهای زیر به طور کلی آورده شده است.

۵-۴-۲-۱-۱- روش‌های خطی

استفاده از روش‌های خطی با رعایت موارد مندرج در بند ۳-۳-۱ نشریه شماره ۳۶۰ مجاز است. در صورتی وجود یکی یا بیشتر از حال‌های نامنظمی، مندرج در این بند، روش‌های خطی به شرطی مجاز می‌باشد که نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) اعضا از کمترین دو مقدار ۳ و ضریب m اعضا (مندرج در جداول ۵-۶ و ۵-۷) کمتر باشد. ضریب m در بند ۵-۴-۲-۵ (معیارهای پذیرش) تعریف شده است.

برای ساختمان‌های دارای سیستم جداساز لرزه‌ای یا سایر سیستم‌های استهلاک انرژی محدودیت‌های اضافی فصل ۶ نیز باید اعمال شود. محاسبه نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) اجزا در زیر توضیح داده شده است.

روش‌های تعیین نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR): در صورت استفاده از تحلیل خطی برای برآورد میزان و یکنواختی توزیع تقاضاهای غیرارتجاعی در اعضای اصلی سازه سیستم مقاوم در برابر بار جانبی، از نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) استفاده می‌گردد. میزان و یکنواختی توزیع تقاضای غیرارتجاعی برای اعضا و اجزای طراحی شده باید بر اساس نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردد:

$$DCR = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \qquad ۵-۵$$

Q_{UD} = نیروی ناشی از بارهای ثقلی و زلزله محاسبه شده مطابق بند ۵-۴-۲-۱-۱

Q_{CE} = مقاومت مورد انتظار اجزا یا اعضا، که از رابطه ۵-۶ بدست می‌آید:

$$Q_{CE} = F_Q . Q_{CS} \qquad ۶-۵$$

Q_{CS} = مقاومت مشخصه طراحی برای اعضای بتنی و فولادی از مباحث ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان ایران بر اساس روش طراحی بر اساس ظرفیت نهایی و روش ضرایب بار و مقاومت. ضریب کاهش مقاومت Φ برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود.

F_Q = ضریبی برای محاسبه مقاومت مورد انتظار (Q_{CE}) از مقاومت مشخصه طراحی (Q_{CS}) تعریف شده مطابق جدول ۵-۳

جدول ۵-۳ ضریب برای بدست آوردن مقاومت مورد انتظار(Q_{CE}) از مقاومت مشخصه طراحی (Q_{CS})

مشخصات مصالح	F_Q
تنش تسلیم صفحات فولادی و مقاطع	۱/۱
مقاومت فشاری بتن	۱/۲۵
تنش کششی و تسلیم میلگردها	۱/۱۵
تنش تسلیم سایر مصالح فولادی مانند مهارها	۱/۲۵

نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) باید برای هر تلاش (مانند نیروی محوری، لنگر و برش) در هر عضو اصلی محاسبه گردد. تلاش بحرانی برای هر عضو باید مطابق با بزرگترین نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) در نظر گرفته شود. مقدار نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) آن تلاش به عنوان نسبت بحرانی تقاضا به ظرفیت (DCR) عضو تعیین می‌شود. بزرگترین نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) برای اعضا در هر طبقه به عنوان نسبت بحرانی تقاضا به ظرفیت آن طبقه شناخته می‌شود. اگر عضوی در هر طبقه شامل اجزای مختلف باشد، جزئی که دارای بزرگترین نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) باشد، به عنوان جزء بحرانی آن عضو در طبقه شناخته شود.

محدودیت‌های کاربرد روش‌های استاتیکی خطی(LSP): استفاده از روش استاتیکی خطی هنگامی مجاز است که علاوه بر شرایط موجود در بند ۵-۴-۲-۱-۱ساختمان دارای شرایط زیر باشد:

- زمان تناوب اصلی ساختمان (T) کوچکتر از ۳/۵ برابر (T_s) باشد و تعداد طبقات ساختمان از ۲۰ تجاوز نکند. مقدار (Ts) در بند ۴-۲-۴-۱ تعریف شده است.
- تغییر ابعاد پلان در طبقات متوالی به استثنای خرپشته کمتر از ۴۰٪ باشد.
- تغییر مکان جانبی نسبی در هر طبقه و در هر راستا کمتر از ۱/۵ برابر تغییر مکان جانبی متوسط نسبی آن طبقه باشد.
- متوسط تغییرمکان جانبی نسبی در هر طبقه به استثنای خرپشته کمتر از ۱/۵ برابر همین مقدار در طبقه بالا یا پایین آن باشد.
- سازه دارای سیستم باربر جانبی متعامد باشد.

۵-۴-۲-۱-۱-۱- روش استاتیکی خطی

اگر روش استاتیکی خطی برای تحلیل لرزه‌ای ساختمان انتخاب گردد، نیروهای زلزله و توزیع آنها در ارتفاع ساختمان و نیروهای داخلی و تغییرمکان‌های متناظر آنها باید براساس روش تحلیل استاتیکی خطی مطابق فصل سوم نشریه ۳۶۰ تعیین گردند.

در تحلیل استاتیکی خطی، نیروی برش پایه زلزله در جهت مورد نظر برای سازه مطابق رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$V = C_1 C_m S_a W \qquad ۷-۵$$

W= وزن موثر لرزه‌ای شامل کل بار مرده و درصدی از سایر بارهای ثقلی مطابق زیر:

- وزن دیوارهای تقسیم‌کننده فضا.
- کل وزن تجهیزات دائم و ثابت در حال فعالیت
- اگر بار طراحی برف در بام از ۱/۵ کیلو نیوتن بر متر مربع فراتر رود، بار برف موثر باید برابر با ۲۰ درصد بار طراحی برف در نظر گرفته شود، در غیر این صورت می‌توان آن را صفر در نظر گرفت.

S_a = نسبت شتاب طیف طراحی به شتاب ثقل در زمان تناوب اصلی با نسبت میرایی ۵٪ در جهت مورد نظر. مقدار S_a باید از طیف طرح مطابق فصل ۴ به‌دست آورده شود (درتقسیم S_a به شتاب زمین (g)، به یکنواخت بودن واحدها (cm/S^2، m/S^2 و g) توجه شود).

C_m = ضریب جرم موثر که اثرات ضرایب مشارکت جرمی مودهای بالاتر را نیز در نظر می‌گیرد.

این ضریب در جدول ۵-۴ آورده شده که برای ساختمان‌های با زمان تناوب اصلی (T) بیشتر از ۱ ثانیه، باید برابر مقدار واحد در نظر گرفته شود.

C_1 = ضریب اصلاح که مقادیر حداکثر جابه‌جایی غیرارتجاعی مورد انتظار را به جابه‌جایی‌پاسخ ارتجاعی خطی مرتبط می‌کند. برای زمان تناوب‌های اصلی کمتر از ۰/۲ ثانیه، C_1 لازم نیست از مقدار متناظر با (T = 0.2s) بیشتر در نظر گرفته شود. برای تناوب‌های اصلی بزرگتر از ۱ ثانیه مقدار C_1 برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود. و برای زمان تناوب‌های اصلی بین ۰/۲ و ۱ ثانیه، C_1 از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_1 = 1 + \frac{\mu_{strength} - 1}{aT^2} \qquad ۸-۵$$

a= ضریب نوع ساختگاه که برای زمین نوع I برابر با ۱۳۰، برای زمین نوع II برابر با ۹۰ و برای زمین نوع III و IV برابر با ۶۰ است.

T= زمان تناوب اصلی ساختمان در جهت موردنظر با در نظرگیری اثرات اندرکنش خاک و سازه در صورتی که در نظرگرفته شود. زمان تناوب (T) از روش‌های تحلیلی، تجربی یا تقریبی تعریف شده در بند ۳-۳-۳-۱ نشریه ۳۶۰ محاسبه می‌گردد.

$\mu_{strength}$ = نسبت تقاضای مقاومت ارتجاعی به مقاومت تسلیم که بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\mu_{strength} = \frac{S_a}{V_e / W} C_m \qquad ۹-۵$$

مقاومت تسلیم V_e همان ظرفیت برش پایه ارتجاعی است.

جدول ۵-۴ مقادیر ضرایب جرم موثر C_m

سایر موارد	دیواربرشی بتن‌آرمه	قاب خمشی بتن‌آرمه	قاب مهاربندی فولادی	قاب خمشی فولادی	تعداد طبقه
۱	۱	۱	۱	۱	۱ یا ۲
۱	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۳ یا بیشتر

۵-۴-۲-۱-۱-۲- روش دینامیکی خطی (LDP)

در صورتی که روش دینامیکی خطی برای تحلیل سازه ساختمان بیمارستان انتخاب شود، نیروی زلزله، توزیع آن در ارتفاع ساختمان، نیروهای داخلی و تغییرمکان‌های متناظر باید براساس روش تحلیل دینامیکی خطی مندرج در فصل ۳ نشریه ۳۶۰ تعیین گردند.

در مدلسازی سازه ساختمان بیمارستان باید مقادیر سختی ارتجاعی خطی و میرایی ویسکوز متناظر با پاسخ نزدیک به تسلیم اعضا مورد استفاده قرار گیرد. تحلیل دینامیکی باید به روش تحلیل طیفی یا تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از پارامترهای ورودی طراحی ارائه شده در بخش ۴-۲ انجام شود.

در تحلیل دینامیکی با استفاده از روش طیفی باید حداکثر پاسخ هر مود محاسبه گردد. تعداد مود درنظرگرفته شده باید حداقل ۹۵ درصد جرم ساختمان را برای هر دو جهت متعامد افقی پوشش دهد.

حداکثر نیروهای اعضا، جابجایی‌ها، نیروی طبقات، برش طبقات و برش‌های پایه برای تعداد لازم مودها باید با استفاده از روش جذر مجموع مربعات (SRSS) و یا با استفاده از روش ترکیب مربعی کامل مودها (CQC) ترکیب شوند. همچنین، اثرات زلزله در چند امتداد باید در نظر گرفته شوند. در این روش‌ها، اندرکنش مودها باید برای تمامی مقادیر مودی در مودهای نزدیک به هم که دارای همبستگی در پاسخ انتقالی و پیچشی هستند در نظر گرفته شود.

تمامی نیروها و تغییر شکل‌ها باید در ضریب اصلاح C_1 معرفی شده در رابطه ۵-۴-۲-۱-۱ ضرب شوند، علاوه بر آن اثرات پیچش در صورت لزوم در نظر گرفته شود.

طیف طراحی باید با میرایی ۵ درصد برای تحلیل استفاده شود. تامین الزامات بند ۱-۷ نشریه شماره ۳۶۰ تأمین گردد.

نتایج هر دو روش استاتیکی خطی (LSP) و دینامیکی خطی (LDP) باید با استفاده از معیارهای پذیرش در بند ۵-۴-۲-۵-۱ کنترل شوند.

۵-۴-۲-۱-۲- روش‌های غیرخطی

زمانی که استفاده از روش‌های خطی مطابق بند ۵-۴-۲-۱-۱مجاز نیست، روش‌های غیرخطی باید برای تحلیل سازه مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از روش‌های دینامیکی غیرخطی برای تمامی سازه‌های ساختمان‌های بیمارستانی مجاز است. روش‌های استاتیکی غیرخطی برای سازه‌هایی که کلیه شرایط زیر را تأمین نمایند مجاز است.

۱. نسبت مقاومت $\mu_{strength}$، محاسبه شده مطابق رابطه (۵-۹)، کمتر از μ_{max} محاسبه شده مطابق رابطه (۵-۱۰) باشد. در صورتی‌که $\mu_{strength}$ از μ_{max} فراتر رود باید از روش‌های تحلیل دینامیکی غیر خطی استفاده گردد. مقدار حداکثر نسبت مقاومت μ_{max} از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\mu_{\max} = \frac{\Delta_d}{\Delta_y} \qquad ۱۰-۵$$

Δ_d = کمترین دو مقدار تغییر مکان هدف (δt) و تغییرشکل متناظر با برش پایه حداکثر است.

Δ_y = جابجایی متناظر با مقاومت تسلیم موثر.

۲. اثرات مودهای بالاتر قابل ملاحظه نباشد. اثرات مودهای بالاتر در ساختمان‌های با مشخصات ذیل دارای اهمیت نیستند: الف) ساختمان منظم باشد؛ و ب) برش ناشی از تحلیل مودال در هر طبقه با در نظرگرفتن مودهای مورد نیاز برای دستیابی به ۹۵ درصد جرم موثر، نسبت به برش همان طبقه، تنها با در نظرگرفتن مود اول، از ۱۳۰ درصد تجاوز نکند.

اگر اثرات مودهای بالاتر قابل ملاحظه باشد، روش استاتیکی غیرخطی در صورتی مجاز است که همراه با روش دینامیکی خطی به عنوان روش مکمل آن انجام شود. ساختمان‌هایی با اثرات قابل ملاحظه مودهای بالاتر باید مطابق معیارهای پذیرش این دستورالعمل برای هر دو روش تحلیل شوند. البته معیارهای پذیرش در روش دینامیکی خطی (ضریب m محاسبه شده

در بند ۵-۴-۲-۵-۱) برای تلاش‌های کنترل شونده توسط تغییر شکل (رابطه ۵-۷) را می‌توان با ضریب افزایشی ۱/۳۳ افزایش داد. سازه تحلیل شده با استفاده از روش استاتیکی غیر خطی، در هر حال با یا بدون استفاده از روش‌های دینامیکی خطی مکمل باید معیارهای پذیرش تعریف شده در بند ۵-۴-۲-۵-۲ را تأمین نماید.

استفاده از روش‌های تحلیل دیگری که بر مبنای اصول دینامیک سازه هستند مجاز است. البته در این تحلیل‌ها نمی‌توان معیارهای پذیرش مطرح شده در این دستورالعمل را بدون صحت‌سنجی و اطمینان از قابلیت کاربرد آنها در روش پیشنهادی، به کار گرفت. تمامی پروژه‌هایی که در آنها از روش‌های تحلیل جایگزین مناسب استفاده شده است باید توسط متخصص با صلاحیت و دارای تجربه در طراحی لرزه‌ای بررسی و مورد تایید قرار گیرند.

۵–۴–۲–۱–۲–۱– روش استاتیکی غیرخطی (NSP)

در صورتی‌که روش استاتیکی غیرخطی برای تحلیل لرزه‌ای ساختمان بیمارستان انتخاب گردد، باید مدل عددی که مشخصات نیرو-تغییرمکان غیرخطی هر عضو از ساختمان در آن اعمال شده در برابر بارهای جانبی افزاینده یکنوا که نمایانگر نیروهای اینرسی هنگام زلزله اند، تا تغییر مکانی بیشتر از تغییرمکان هدف تحلیل گردد. لازم به ذکر است که روش استاتیکی غیر خطی به همراه معیارهای پذیرش بند ۵-۴-۲-۵ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

زمانی که روش استاتیکی غیر خطی استفاده می‌شود، اعضا و اجزای ساختمان باید بعد از تحلیل به شرح زیر کنترل شوند:

- نیروها و تغییرشکل‌های متناظر با ۱۰۰ درصد تغییرمکان هدف فقط در جهت x، به همراه نیروهای (بدون در نظر گرفتن تغییرشکل) متناظر با ۳۰ درصد تغییرمکان هدف فقط در جهت y
- نیروها و تغییرشکل‌های همراه با ۱۰۰ درصد تغییر مکان هدف فقط در جهت y، به همراه نیروهای (بدون در نظر گرفتن تغییرشکل) متناظر با ۳۰ درصد تغییر مکان هدف فقط در جهت x

نیروها و تغییرشکل‌ها باید مطابق بند ۵-۴-۲-۱-۲ برای روش استاتیکی غیر خطی تعیین شوند.

انتخاب نقطه‌ی کنترل، انتخاب الگوهای بار زلزله، تعیین زمان تناوب اصلی و کاربرد روش‌های تحلیل باید مطابق الزامات این بخش باشد.

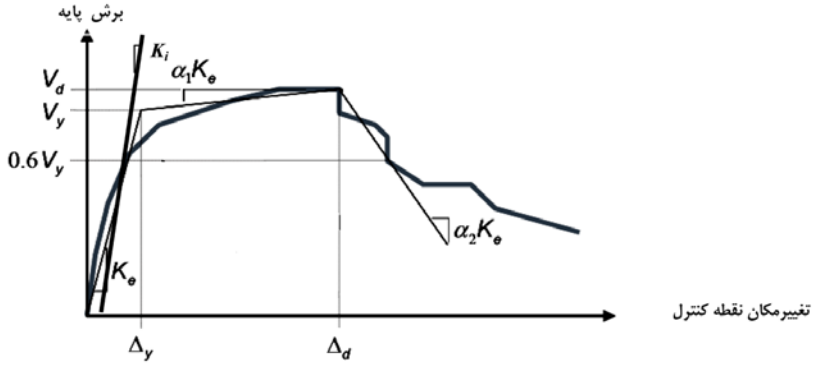
رابطه‌ی بین نیروی برش پایه و تغییر مکان جانبی نقطه‌ی کنترل باید برای محدوده جابه جایی نقطه‌ی کنترل بین صفر تا ۱۵۰ درصد تغییر مکان هدف (δ_t) محاسبه شود.

بار ثقلی اعضا درمدل عددی باید در ترکیب بارها با نیروهای زلزله مشخص شده در بند ۵-۴-۲-۲ ترکیب شوند. نیروهای زلزله باید در هر دو جهت مثبت و منفی به طور جداگانه اعمال شده و نتایج حداکثر مبنای کنترل خواهند بود.

در مدل تحلیلی، رفتار غیر ارتجاعی نیرو-تغییرشکل و موقعیت مفاصل پلاستیک اعضا باید به درستی انتخاب شود. اعضای اصلی و غیراصلی سیستم مقاوم در برابر بار جانبی باید در مطابق ضوابط بند ۵-۴-۲-۲ در نظر گرفته شوند. منحنی پوش رفتار نیرو-تغییرمکان تمامی اجزا باید به طور مستقل و کامل با درنظر گرفتن زوال در مقاومت و مقاومت پسماند (هرکدام

که وجود داشته باشد) مدل شود. نقطه کنترل باید در نقطه مرکز جرم بام ساختمان تعریف گردد. تغییر مکان هدف در نقطه کنترل در مدل عددی باید بر اساس مشخصات نیروی زلزله محاسبه شود.

نیروهای جانبی باید در صفحه مطابق با توزیع جرم در هر دیافراگم طبقه و در ارتفاع مطابق با شکل مود اصلی در جهت موردنظر توزیع شود.



شکل ۵-۲ نمودار ایده‌آل‌شده نیرو- تغییر مکان

به منظور محاسبه سختی جانبی موثر (k_e) و مقاومت تسلیم موثر ساختمان، رابطه رفتار غیرخطی نیرو-تغییرمکان بین برش پایه و تغییرمکان نقطه‌ی کنترل باید با یک مدل رفتار سه خطی ساده شده به نحوی که در شکل ۵-۲ نشان داده شده است، جایگزین گردد (پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰). قسمت اول منحنی باید با شیب k_e که برابر سختی جانبی موثر یا مدول سکانت محاسبه شده برای ۶۰ درصد مقاومت تسلیم موثر سازه ($0.6V_y$) می‌باشد شروع گردد. باید دقت گردد که مقاومت تسلیم موثر (V_y) بزرگتر از حداکثر برش پایه در منحنی رفتار غیر خطی نیرو-تغییر مکان نشود. خط دوم با شیب مثبت ($\alpha_1 K_e$) از نقطه‌ای به مختصات (Δ_d،V_d) و نقطه تقاطع با خط اول چنان ترسیم می‌شود که سطح زیر مدل رفتار دوخطی برابر سطح زیر منحنی رفتار غیرخطی تا نقطه (Δ_d،V_d) باشد. نقطه (Δ_d،V_d) روی منحنی رفتار غیر خطی نیرو-تغییر مکان در تغییرمکان هدف یا تغییرمکان متناظر با حداکثر برش پایه قرار دارد. این نقطه باید بر اساس حداقل مقدار این دو تغییر مکان تعیین گردد. خط سوم با شیب منفی ($\alpha_2 K_e$) از نقطه (Δ_d،V_d) و نقطه‌ای که در آن برش پایه برابر با ($0.6V_y$) می‌باشد ترسیم می‌گردد.

زمان تناوب اصلی موثر (T_e) در مورد نظر بر اساس مدل رفتار دوخطی برابر است با:

$$T_e = T_i\sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \qquad ۱۱-۵$$

T_i = زمان تناوب اصلی ساختمان (بر حسب ثانیه) در جهت مورد نظر محاسبه شده از تحلیل دینامیکی خطی است.

K_i = سختی جانبی ارتجاعی ساختمان در امتداد موردنظر محاسبه شده با استفاده از الزامات مدل‌سازی بند ۵-۴-۲-۲ است.

K_e = سختی جانبی موثر ساختمان در جهت مورد نظر است.

در تحلیل دو بعدی مدل‌های ریاضی مجزا برای سیستم مقاوم در برابر بار جانبی در هر جهت متعامد جداگانه ساخته می‌شود. در تحلیل سه بعدی یک مدل کامل که شامل همه‌ی اعضای ساختمان در دو جهت است، ساخته می‌شود.

تغییر مکان هدف ساختمان با دیافراگم صلب در هر تراز کف به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta_t = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} \qquad ۱۲-۵$$

که در رابطه بالا:

S_a = شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر (T_e) در امتداد مورد نظر

C_0 = ضریب اصلاح تغییرمکان طیفی که تغییرمکان سیستم یک درجه آزاد را به تغییر مکان بام سیستم چند درجه آزاد مرتبط می‌کند که به یکی از سه روش زیر قابل محاسبه است:

۱. حاصل ضرب ضریب مشارکت جرمی مود اول در مولفه بردار شکل مود اول در نقطه کنترل (تراز بام)
۲. حاصل ضرب ضریب مشارکت جرمی مودی در مولفه بردار مودی مورد نظر در نقطه کنترل (تراز بام). ضریب مشارکت جرمی مودی و مولفه بردار مودی متناظر با بردار تغییر شکل سازه در تغییر مکان هدف محاسبه می‌گردد.
۳. استفاده از ضریب ارائه شده از جدول ۵-۵

C_1 = ضریب اصلاح تعریف شده مطابق رابطه ۵-۲-۱

تغییر مکان هدف باید به گونه‌ای اصلاح شود که اثرات پیچش را لحاظ کند. دیافراگم‌ها باید به گونه‌ای طراحی گردند که علاوه بر تحمل نیروهای طراحی دیافراگم بتوانند هم‌زمان نیروهای افقی ناشی از پس رفتگی در صفحه دیافراگم و تغییرات در سختی اعضای لرزه‌ای قائم بالا و پایین دیافراگم را در نظر بگیرد.

در تحلیل ساختمان‌ها به روش استاتیکی غیرخطی، تأثیر میرایی باید بر اساس بند ۵-۴-۲-۲ در نظر گرفته شود.

جدول ۵- ۵ مقادیر ضرایب اصلاح C_0 برای انواع ساختمان (جدول ۳- ۵ نشریه۳۶۰)

نوع سازه	ساختمان برشی		سایر ساختمان‌ها
تعداد طبقه	نوع۱ الگوی بار مثلثی یا مود اول	نوع ۲ الگوی بار یکنواخت	هر نوع الگوی بار
۱	۱	۱	۱
۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴
بیشتراز ۱۰	۱/۳	۱/۲	۱/۵

۵-۴-۲-۱-۲-۲- روش دینامیکی غیرخطی

در صورتی که روش دینامیکی غیرخطی برای تحلیل لرزه‌ای ساختمان انتخاب گردد، مدل ریاضی هر عضو باید شامل مشخصات نیرو- تغییرشکل غیرخطی باشد و ساختمان باید تحت جنبش زلزله به صورت شتابنگاشت جنبش زمین قرار گیرد و نیروها و جابجایی‌ها برای آن محاسبه شود. جابجایی‌ها و نیروهای محاسبه شده باید با معیارهای پذیرش بند ۵-۴-۲-۲-۵ مقایسه گردد. الزامات مدلسازی و تحلیل تعریف شده در بالا در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی به جز ملاحظات مربوط به نقطه کنترل و تغییر مکان هدف باید برای روش دینامیکی غیرخطی نیز در نظر گرفته شود.

در روش تحلیل دینامیکی غیرخطی بار زلزله باید با تاریخچه رکورد شتاب طراحی زمین طبق بند ۴-۲-۶ مشخص شود. در این تحلیل باید از تاریخچه جنبش قوی افقی طراحی استفاده شود. پارامترهای پاسخ باید برای هر رکورد زلزله طراحی محاسبه شوند. در تحلیل دینامیکی غیرخطی باید به صورت همزمان زوج‌شتاب‌نگاشت‌های مقیاس‌شده‌ای به شرح زیر به مدل سه بعدی سازه اعمال گردد.

در تحلیل تاریخچه زمانی پاسخ غیرخطی، هنگامی که زوج شتاب نگاشت طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نیروهای (Q_{Ei}) و تغییرشکل‌ها (Δ) باید به صورت زیر تعیین گردند:

۱. در حالتی که یازده زوج شتاب نگاشت و یا بیشتر استفاده می‌شود:

- هنگامی که پاسخ اجزا از جهت تلاش مستقل است (مطابق نکته توضیحی ذکر شده در زیر)، مقدار متوسط آن پاسخ با محاسبه‌ی میانگین قدر مطلق حداکثر پاسخ‌های حاصل از هر تحلیل محاسبه می‌شود.
- هنگامی که پاسخ اجزا به جهت وارد شدن تلاش وابسته است. مقدار متوسط آن پاسخ در هر جهت و محور به عنوان میانگین حداکثر مثبت و حداقل پاسخ منفی حاصل از هر تحلیل محاسبه می‌شود.

۲. در حالتی که سه تا یازده زوج شتاب نگاشت استفاده می‌شود:

- هنگامی که پاسخ اجزا از جهت تلاش مستقل است، مقدار حداکثر آن پاسخ برای هر جهت به عنوان حداکثر پاسخ قدر مطلق تحلیل‌ها محاسبه می‌شود.
- هنگامی که پاسخ اجزا از جهت تلاش وابسته است، مقدار حداکثر آن پاسخ برای هر جهت و محور به عنوان حداکثر پاسخ در آن رکورد در نظر گرفته شده و سپس پارامتر پاسخ حداکثر باید به طور مستقل برای هر جهت و محور به عنوان حداکثر مثبت و حداقل منفی برای هر تحلیل محاسبه شود.

نکته توضیحی: مثال‌هایی از پاسخ‌های اعضایی که معمولاً مستقل از جهت تلاش هستند، نظیر برش حول یک محور در تیر، ستون، و یا دیوار، دوران مفاصل پلاستیک حول یک محور در دیوار برشی یا ستون متقارن و تغییرمکان نسبی ساختمان می‌باشند. مثال‌هایی از پاسخ‌های اجزایی که معمولاً وابسته به جهت تلاش هستند، مانند نیروی محوری در ستون که می‌تواند فشاری یا کششی باشد، یا خمش مثبت و یا منفی و یا دوران مفاصل پلاستیک حول محور یک تیر نامتقارن بتن آرمه، دوران مفاصل پلاستیک حول محور دیوار برشی نامتقارن (مثلاً L شکل و یا T شکل) و تغییر مکان نسبی عمود بر

درزهای انقطاع می‌باشند (حرکت در یک جهت باعث برخورد ساختمان‌ها می‌شود در حالی که با حرکت در جهت دیگر برخورد پیش نمی‌آید).

دیافراگم‌ها باید به گونه‌ای طراحی گردند که علاوه بر تحمل نیروهای طراحی حاصل از تحلیل دینامیکی بتوانند هم‌زمان نیروهای افقی ناشی از پس رفتگی در صفحه دیافراگم و تغییرات در سختی اعضای لرزه‌ای قائم بالا و پایین دیافراگم را در نظر بگیرد.

میرایی باید مطابق بند ۵-۴-۲-۲ تعیین گردد. وقتی میرایی به روش ضریب ماتریس جرم و سختی اعمال می‌شود، نسبت‌های میرایی معادل هدف باید به گونه‌ای اعمال شوند که میزان میرا شدن مود اول انتقالی در هر جهت، با در نظر گرفتن افزایش زمان تناوب ناشی از رفتار غیرخطی، از نسبت میرایی هدف معادل بیشتر نباشد:

۱. نسبت میرایی معادل متوسط، وزن‌دار شده با ضریب مشارکت جرمی هر مد (برای تعداد مد مورد نیاز برای دستیابی به ۹۰ درصد جرم موثر) نباید از نسبت میرایی معادل هدف فراتر رود.
۲. بیشتر از هشت برابر میرایی اولین مود انتقالی (که بیشترین درصد ضریب مشارکت جرم را برای دستیابی به ۹۰ درصد مشارکت جرمی داشته باشد) نباشد. مگر اینکه توسط تحلیل و یا نتایج آزمایش ثابت شده باشد.

۵-۴-۲-۲- مدل‌سازی ریاضی

برای مدل‌سازی اعضای سازه‌ای معیارهای مدل‌سازی زیر باید در نظر گرفته شود:

مدل سازی سه بعدی: لازم است سازه بیمارستان به صورت سه بعدی مدلسازی، تحلیل و ارزیابی شود. همچنین، استفاده از مدل دو بعدی در صورتی که ساختمان دارای دیافراگم‌های صلب بر مبنای تعریف استاندارد ۲۸۰۰ و اثرات پیچش از حد مشخص شده در این استاندارد فراتر نرود یا اثرات پیچش مطابق ضوابط این دستورالعمل لحاظ گردیده باشند، مجاز است.

پس رفتگی و انحراف خارج از صفحه: در صورتی که ساختمان دارای پس رفتگی و انحراف خارج از صفحه در اعضای باربر قائم نیروی لرزه‌ای خود باشد مدل باید این انحراف را به صورت مشخص و صریح در تعیین تقاضای دیافراگم در نظر گیرد.

اتصالات: در صورتی که اتصال صلب باشد، اعضای اتصال لازم نیست به طور جداگانه مدلسازی شوند. در صورتی که اتصال از نوع صلب نباشد مدل باید شامل مشخصات سختی اتصالات باشد.

اعضای اصلی و غیر اصلی: اعضایی که بر سختی جانبی یا توزیع نیروها در سازه یا در اثر تغییر شکل جانبی سازه به آنها بار وارد می‌شود باید به عنوان اعضای اصلی یا غیراصلی سازه‌ای دسته‌بندی شوند، حتی اگر بخشی از سیستم مقاوم در بار جانبی نباشند. اعضای اصلی باید برای نیروها و تغییرشکل‌های ناشی از زلزله به همراه اثرات بارگذاری ثقلی بررسی شوند. اعضای غیراصلی باید برای تغییرشکل‌های ناشی از زلزله به همراه اثرات بارگذاری ثقلی بررسی شوند.

مدل‌های ریاضی در روش‌های تحلیل خطی تنها باید شامل سختی و مقاومت اعضای اصلی باشند. در صورتی که سختی جانبی اولیه اعضای غیر اصلی از ۲۵ درصد سختی جانبی کلیه اعضای اصلی فراتر روند برای کاهش مجموع سختی اعضای

غیر اصلی به کمتر از ۲۵ درصد اعضای اصلی، لازم است تعدادی از اعضای غیراصلی به عنوان اعضای اصلی دسته‌بندی گردند. اگر افزایش سختی برخی اعضای غیراصلی موجب افزایش تقاضای تغییرشکلی یا تقاضای نیرویی در اعضای اصلی شود، آن اعضای غیراصلی باید به عنوان اصلی دسته‌بندی شده و در مدلسازی لحاظ گردند. همچنین، اعضا نباید به نحوی به عنوان عضو اصلی یا غیراصلی انتخاب شوند که ساختمان نامنظم به صورت ساختگی به ساختمان منظم تبدیل گردد.

مدل‌سازی ریاضی برای روش‌های غیرخطی باید شامل سختی و مقاومت اعضای اصلی و غیراصلی باشد. زوال در سختی و مقاومت اعضای اصلی و غیر اصلی باید به صورت صریح و در موارد لازم مدلسازی شوند.

اگر شرایط ذیل حاکم باشد، اعضای غیرسازه‌ای باید به عنوان اعضای سازه‌ای در نظر گرفته شوند و به عنوان بخشی از سیستم سازه‌ای مدلسازی شوند:

۱. وزن اعضای غیرسازه‌ای بیمارستان بیشتر و یا مساوی ۲۵ درصد وزن موثر لرزه‌ای کفی که به آن متصل هستند باشد. در این صورت اعضای غیرسازه‌ای با در نظرگرفتن اندرکنش با سازه اصلی مدلسازی می‌شوند.
۲. اگر سختی جانبی اعضای غیر سازه‌ای و ملحقات و تکیه‌گاه‌های آنها بیش از ۲۵ درصد سختی جانبی سازه باشد اعضای غیرسازه‌ای باید به همراه اجزای سازه‌ای مدلسازی شوند. همچنین اگر اعضای غیرسازه‌ای موجب ایجاد نیروی یا تغییرشکل اضافی در کف طبقه‌ای که به آن متصل هستند شوند، باید همراه با اعضای سازه‌ای مدل‌سازی شوند. بنابراین اعضای غیرسازه‌ای و سازه‌ای باید با هم مدل سازی شوند.
۳. برای تحلیل‌های غیرخطی، در صورتی که سختی جانبی و مقاومت اعضای غیر سازه‌ای از ۱۰ درصد سختی جانبی کل و یا مقاومت مورد انتظار طبقه فراتر رود، اعضای غیر سازه‌ای باید به عنوان اعضای سازه‌ای دسته‌بندی شده و در مدل ریاضی آورده شوند.

پارتیشن‌ها و دیوار: توصیه می‌شود پارتیشن‌ها و دیوار به اعضای سازه‌ای متصل نشده و به عنوان عضو سازه‌ای مدل نگردند.

سختی و فرضیات مقاومت: در روش‌های غیرخطی، سختی موثر اجزا به صورت کلی به عنوان سختی موثر سکانت در نیروی حد تسلیم در نظر گرفته می‌شود. روش‌هایی برای محاسبه سختی موثر و مقاومت در فصل ۵ و۶ نشریه ۳۶۰ آورده شده است.

مدلسازی پی: سازه بیمارستان را می‌توان بدون در نظرگرفتن اثرات خاک به‌صورت پایه ثابت مدل نمود. در صورتی که انعطاف‌پذیری پی لحاظ گردد، مدلسازی پی باید مطابق فصل ۶ استاندارد ۲۸۰۰ انجام گردد (برای در نظرگرفتن اندرکنش خاک و سازه در ادامه توضیحاتی داده شده است).

میرایی: در روش‌های استاتیکی خطی، دینامیکی خطی و استاتیکی غیرخطی از طیف طرح با میرایی ۵ درصد برای تحلیل تمام ساختمان‌ها به جز آنهایی که شرایط زیر را دارند استفاده می‌گردد:

۱. برای ساختمان‌های بدون نمای خارجی و یا پارتیشن داخلی غیرسازه‌ای نسبت میرایی (β) به مقدار ۲ درصد میرایی بحرانی در نظر گرفته می‌شود (β برابر با ۲درصد).

۲. برای ساختمان‌های دارای جداساز لرزه‌ای، نسبت میرایی (β) باید بر اساس روش‌های توضیح داده شده در فصل ۶ این دستورالعمل و فصل ۱۰ نشریه ۳۶۰ تعیین گردد.
۳. در صورتی که برای مشخصات خاص یک ساختمان، داده‌های آزمایشگاهی و یا تحلیل‌های کافی وجود داشته باشد که اثبات کند باید برای میرایی مقداری غیر از ۵ درصد لحاظ گردد.

در روش تحلیل دینامیکی غیرخطی نسبت میرایی ویسکوز موثر الاستیک هدف (β) غیر از موارد زیر از ۳٪ بیشتر نشود:

۱- برای ساختمان‌های بدون نمای خارجی نسبت میرایی (β) به مقدار ۱ درصد میرایی بحرانی در نظر گرفته می‌شود (β برابر با ۱ درصد).
۲- استفاده از مقادیر بالاتر نسبت میرایی ویسکوز موثر الاستیک در صورت انجام تحلیل‌های تکمیلی یا آزمایش‌ها.

همچنین در صورت استفاده از روش تحلیل دینامیکی غیرخطی برای ساختمان‌های دارای جداساز لرزه‌ای، نسبت میرایی (β) باید بر اساس روش‌های توضیح داده شده در فصل ۶ این دستورالعمل و فصل ۱۰ نشریه ۳۶۰ تعیین گردد.

اثر اندرکنش خاک و سازه: محاسبه اثرات اندرکنش خاک و سازه می‌تواند با مدل‌سازی صریح انعطاف‌پذیری و میرایی اجزای مختلف پی انجام گیرد. نسبت‌های میرایی برای اعضای مختلف پی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به جای مدل‌سازی مجزای میرایی برای اعضای مختلف پی، استفاده از یک نسبت میرایی سیستم پی- سازه برای روش‌های خطی استاتیکی و دینامیکی، مجاز است.
اثرات اندرکنش خاک وسازه باید برای آن گروه از سازه‌های بیمارستانی که در آنها افزایش زمان تناوب اصلی در اثر لحاظ کردن اثرات اندرکنش خاک و سازه موجب افزایش شتاب‌های طیفی می‌شود، مورد ارزیابی قرار گیرد. برای سایر ساختمان‌ها لزومی به در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه نمی‌باشد.
اثرات اندرکنش خاک و سازه باید مطابق شرایط زیر محدود گردند:
برای منظور نمودن اثرات اندرکنش خاک و سازه‌ی بیمارستان در روش استاتیکی خطی می‌توان مقدار برش پایه محاسبه شده در این روش، V مطابق رابطه ۵-۷ را به شرح زیر اصلاح نمود:

$$\widetilde{V} = V - \Delta V \geq \alpha V \qquad ۱۳\text{-}۵$$

$$\Delta V = \left(C_s - \frac{\widetilde{C_s}}{B_{SSI}}\right)\widetilde{W} \qquad ۱۴\text{-}۵$$

$$\alpha = \begin{cases} 0.85 & \text{حالت الف} \\ 0.9 & \text{حالت ب} \end{cases} \qquad ۱۵\text{-}۵$$

$$B_{SSI}=4/[5.6-\ln(100\beta_0)] \qquad ۱۶\text{-}۵$$

در این روابط:

$\tilde{V}$: برش پایه با در نظر گرفتن اثر اندرکنش خاک سازه

$\tilde{V}$: برش پایه با در نظر گرفتن اثر اندرکنش خاک سازه

V: برش پایه سازه با پایه ثابت که بر اساس رابطه ۵-۷ محاسبه می شود.

حالت الف: سیستم باربر جانبی قاب خمشی بتن آرمه متوسط، قاب خمشی فولادی متوسط و مهاربندی همگرای ویژه فولادی.

حالت ب: سایر سیستم‌های سازه‌ای

Cs:: ضریب زلزله برابر با $Cs=C_sC_mS_a$ تعیین شده بر اساس بند ۵-۴-۲-۱-۱-۱ با فرض پایه ثابت برای سازه در محل تماس سازه با خاک

$\tilde{C}_s$: ضریب زلزله تعیین شده بر اساس بند ۵-۴-۲-۱-۱-۱ با فرض انعطاف‌پذیری پایه ساختمان در محل تماس شالوده و خاک مطابق است و با استفاده از $\tilde{T}$ به جای T به عنوان دوره تناوب اصلی سازه می‌شود.

$\widetilde{W}$: وزن حاصل از جرم مودی موثر در مود اصلی که جایگزین وزن لرزه‌ای معرفی شده در این آیین‌نامه می‌شود.

α : ضریب در نظر گیرنده برای کاهش برش پایه توسط میرایی حاصل از اندرکنش خاک و سازه

β_0: نسبت میرایی ویسکوز موثر سیستم خاک و سازه که مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\beta_0 = \beta_f + \frac{\beta}{\left(\frac{\tilde{T}}{T}\right)_{eff}^2} \leq 0.20 \qquad ۱۷\text{-}۵$$

در این رابطه:

β_f: نسبت میرایی ویسکوز موثر مربوط به اندرکنش خاک و سازه

β: نسبت میرایی ویسکوز موثر سازه که ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود مگر آن که بر اساس تحلیل مشخص گردد.

$\left(\frac{\tilde{T}}{T}\right)_{eff}$: نسبت موثر طولانی شدن دوره تناوب که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\left(\frac{\tilde{T}}{T}\right)_{eff} = \left\{1 + \frac{1}{\mu}\left[\left(\frac{\tilde{T}}{T}\right)^2 - 1\right]\right\}^{0.5} \qquad ۱۸\text{-}۵$$

μ: تقاضای شکل‌پذیری مورد انتظار

مقدار μ در روش استاتیکی خطی برابر با نسبت برش پایه به ظرفیت برش پایه ارتجاعی است.

برای محاسبه نسبت میرایی شالوده ناشی از میرایی هیسترتیک تشعشعی، β_f، استفاده از رابطه شماره ۵-۱۹ مجاز است.

$$\beta_f = \left[\frac{\left(\frac{\tilde{T}}{T}\right)^2 - 1}{\left(\frac{\tilde{T}}{T}\right)^2}\right]\beta_s + \beta_{rd} \qquad ۱۹-۵$$

β_s:نسبت میرایی هیسترتیک خاک

β_{rd}: نسبت میرایی تشعشعی خاک

برای محاسبه مقادیر نسبت میرایی هیسترتیک و تشعشی خاک می‌توان از ضوابط معتبر مانند ASCE7 استفاده نمود.

در نظر گرفتن اثرات اندرکنش کینماتیکی همزمان با روش استاتیکی معادل مجاز نیست.

برای منظور نمودن اثرات اندرکنش خاک و سازه در سایر روش‌های تحلیل، می‌توان از ویرایش‌های معتبر ضوابط معتبر مانند ASCE7 استفاده نمود.

دیافراگم ها: به اعضایی افقی اطلاق می‌گردد که نیروهای اینرسی ایجاد شده توسط زلزله را به اعضای قائم سیستم‌های مقاوم در برابر نیروی جانبی از طریق عملکرد توام اعضای دیافراگم شامل اجزای لبه، جمع‌کننده‌ها و کلاف‌ها انتقال می‌دهند. دیافراگم‌ها در هر تراز از سازه به عنوان عضوی برای اتصال جرم‌های ساختمان به اعضای اصلی قائم سیستم مقاوم در برابر بار جانبی در نظر گرفته شده‌اند. مدل تحلیل ساختمان باید شامل رفتار دیافراگم‌ها به صورت زیر باشد:

- دیافراگم‌هایی به صورت نرم دسته‌بندی می‌شوند که حداکثر تغییر شکل افقی دیافراگم در طول آن، از دو برابر متوسط تغییرمکان جانبی نسبی اعضای قائم باربر جانبی در تراز پایین دیافراگم بیشتر باشد.
- دیافراگم‌هایی به صورت صلب دسته‌بندی می‌شوند که حداکثر تغییر شکل جانبی افقی دیافراگم از نصف متوسط تغییرمکان جانبی نسبی اعضای باربر جانبی تراز پایین دیافراگم کمتر باشد.
- دیافراگم‌هایی که نه صلب هستند و نه انعطاف‌پذیر به عنوان نیمه‌صلب دسته‌بندی می‌شوند.
- برای نیل به هدف دسته‌بندی دیافراگم‌ها، تغییر مکان جانبی طبقه و تغییرشکل‌های دیافراگم، با استفاده از نیروهای استاتیکی معادل محاسبه می‌گردد. برای محاسبه تغییرشکل داخل صفحه دیافراگم علاوه بر توزیع بار طراحی دیافراگم متناسب با جرم، تمامی نیروهای داخل صفحه مرتبط با پس رفتگی و انحراف در دیافراگم و تفاوت سختی اعضای باربر جانبی در بالا و پایین دیافراگم باید درنظر گرفته شود.

دیافراگم‌ها و اتصال آنها به اعضای قائم باید از الزامات تعیین شده در پیوست ۴ استاندارد ۲۸۰۰ و فصل ۸ نشریه ۳۶۰ پیروی کنند.

پیچش: در مدل‌سازی ریاضی ساختمان‌ها با دیافراگم‌های صلب باید اثرات پیچشی ذکر شده در استاندارد ۲۸۰۰ در نظر گرفته شود.

اعتبارسنجی فرضیات مدلسازی: پس از مدل‌سازی بر اساس روش‌های ذکر شده در بالا سازگاری رفتار مدل با فرض‌های اولیه بررسی شود. به طور مثال برای هر عضو باید کنترل شود که محل فرض شده برای مفاصل پلاستیک با تغییرشکل‌های غیرارتجاعی با نتایج بدست آمده، توزیع مقاومت و شرایط تعادل سازگاری داشته باشد.

۵-۴-۲-۳- الزامات تکمیلی برای تحلیل

اثرات چند جهته زلزله: بیمارستان‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت کافی در هر جهت افقی داشته باشد. در صورت وجود هر یک از شرایط زیر اثرات چند جهته‌ی زلزله باید به صورت همزمان در تحلیل لحاظ گردد:

۱. در صورت وجود نامنظمی در پلان معماری.
۲. در صورتی که یک یا تعداد بیشتری از ستون‌های ساختمان در محل تقاطع سیستم‌های باربر جانبی مثل قاب‌های خمشی یا قاب‌های مهاربندی شده قرار گرفته باشند.

سایر ساختمان‌ها می‌توانند در برابر حرکات لرزه‌ای به طور غیر همزمان در هر جهت محور اصلی ساختمان بررسی شوند.

اثرات P-Δ: اثرات P-Δ را می‌توان در روش‌های تحلیل خطی و غیرخطی لحاظ کرد. برای روش‌های غیرخطی، اثرات استاتیکی P-Δ باید در تحلیل با در نظرگرفتن آن در مدل ریاضی همراه با رابطه نیرو تغییرشکل غیرخطی اجزا تحت نیروی محوری همانطور که در پیوست ۳ استاندارد ۲۸۰۰ مطرح شده است، لحاظ گردد.

واژگونی: ساختمان‌ها باید به گونه‌ای طراحی گردند که بتواند در برابر اثرات واژگونی ناشی از نیروهای لرزه‌ای مقاومت کنند. هر جزء مقاوم لرزه‌ای قائم باید برای اثرات تجمعی ناشی از واژگونی در اثر نیروهای لرزه‌ای اعمالی در یا بالای تراز پی سازه مورد نظر مورد ارزیابی قرار گیرد. اثرات واژگونی در تراز سطح پی باید مطابق روش‌های خطی و غیر خطی ذکر شده در استاندارد ۲۸۰۰ مورد ارزیابی قرار گیرند.

پیوستگی: تمام اعضای سازه‌ای باید به هم متصل باشند تا بتوانند مسیر انتقال بار مناسبی برای نیروهای اینرسی ایجاد شده ناشی از پاسخ دینامیکی هر بخش سازه به سایر بخش‌های آن را تشکیل دهد.

۵-۴-۲-۴- ترکیب بارهای ثقلی

بار و و ترکیب بارها باید بر اساس موارد زیر تعیین شوند:

۵-۴-۲-۴-۱- برای روش‌های خطی

هنگامی که اثرات تلاش‌های ناشی از بارگذاری ثقلی و بارگذاری زلزله افزاینده هستند، تلاش ناشی از بارگذاری ثقلی (Q_G) باید بر اساس ترکیب زیر محاسبه گردد:

$$Q_G = 1.2Q_D + Q_L + 0.2Q_S \qquad ۲۰-۵$$

هنگامی اثرات تلاش ناشی از بارگذاری ثقلی و بارگذاری زلزله یکدیگر را خنثی کرده و یا اثر کاهنده دارند، تلاش ناشی از بارگذاری ثقلی (Q_G) باید بر اساس ترکیب زیر محاسبه گردد:

$$Q_G = 0.9Q_D$$ ۲۱-۵

۵–۴–۲–۴–۲– برای روش‌های غیرخطی

تلاش ناشی از بارگذاری ثقلی (Q_G) باید بر اساس ترکیب بار زیر محاسبه گردد:

$$Q_G = Q_D + Q_L + 0.2Q_S$$ ۲۲-۵

Q_D = تلاش ناشی از بار مرده

Q_L = تلاش ناشی از بار زنده، برابر با ۲۵ درصد بار زنده کاهش نیافته محاسبه شده مطابق مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان ایران، اما نباید کمتر از مقدار واقعی بار زنده باشد.

Q_S = تلاش ناشی از بار برف موثر

۵–۴–۲–۵– معیارهای پذیرش

قبل از انتخاب معیارهای پذیرش اعضا، هر عضو باید به عنوان عضو اصلی یا غیراصلی بر اساس بند ۵-۴-۲-۲ دسته‌بندی شوند، و هرتلاش باید به عنوان تلاش تغییرشکل کنترل (شکل‌پذیر) و تلاش کنترل شونده توسط نیرو (غیرشکل‌پذیر) مطابق با این بخش دسته‌بندی گردند. تلاش‌های کنترل شونده توسط نیرو تلاش‌هایی هستند که اجازه ندارند از مقاومت اسمی عضو مورد بررسی فراتر روند. تلاش‌های کنترل شونده توسط تغییر شکل تلاش‌هایی هستند که تغییرشکل‌های نظیر آنها می‌توانند از تغییر شکل متناظر مقادیر تسلیم در عضو مورد بررسی فراتر روند.

برای دستیابی به عملکرد هدف انتخاب شده، ساختمان باید حداقل دارای یک مسیر انتقال بار لرزه‌ای در هر جهت از نقطه اعمال نیروهای لرزه‌ای تا نقطه انتهایی که از خود مقاومت نشان می‌دهد، باشد. تمامی اعضای اصلی و غیراصلی باید قادر به تحمل نیرو و تغییرشکل ناشی از تلاش‌ها با رعایت معیار پذیرش مربوط به سطح عملکرد هدف باشند.

برای تعیین معیارهای پذیرش اجزای سازه‌ای، الزامات زیر باید رعایت گردد:

۱. رفتار غیرخطی برای هیچ یک از اعضای اتصال مجاز نیست.
۲. تمام اعضای فولادی باید الزامات مربوط به مقاطع فشرده، بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران را رعایت کنند.
۳. برای تیر پیوند در قاب مهاربندی واگرا، تنها رفتار برش کنترل قابل پذیرش است.
۴. پی‌ها باید ضوابط ذکر شده در فصل ۴ نشریه ۳۶۰ را اقناع کند.

مقاومت اعضا، مشخصات مصالح و ظرفیت اعضا باید مطابق نشریه ۳۶۰ تعیین گردد. معیارهای پذیرش اعضایی که در این استاندارد ارائه نشده‌اند را می‌توان از طریق آزمایش بر اساس دستورالعمل معتبر مورد تایید کارفرما تعیین کرد.

۵-۴-۲-۵-۱- معیارهای پذیرش برای روش‌های خطی

تلاش‌های تغییرشکل کنترل در اجزای اصلی و غیراصلی باید مطابق شرایط زیر باشند:

$$mQ_{CE} > Q_{UD} \qquad ۲۳-۵$$

که در رابطه فوق:

m = ضریب اصلاح ظرفیت بر مبنای رفتار غیر خطی عضو برای در نظرگرفتن شکل‌پذیری مورد انتظار آن تلاش در سطح عملکرد سازه‌ای انتخاب شده که مقادیر آن در جدول ۵-۶ و جدول ۵-۷ تعیین شده است.

Q_{CE} = مقاومت مورد انتظار تلاش تغییرشکل کنترل یک عضو در سطح تغییرشکل مورد نظر. Q_{CE}، مقاومت مورد انتظار باید بر اساس رابطه ۵-۶ بند ۵-۴-۲-۱-۱ تعیین گردد.

Q_{UD} = تلاش کنترل شونده توسط تغییر شکل ناشی از بارگذاری ثقلی و بارگذاری لرزه‌ای که به شکل زیر معرفی می‌گردد:

$$Q_{UD} = Q_G + Q_E \qquad ۲۴-۵$$

Q_G = تلاش ناشی از بارگذاری ثقلی که در بند ۵-۴-۲-۴ تعیین شده است.

Q_E = تلاش ناشی از پاسخ محاسبه شده در سطح خطر لرزه‌ای انتخاب شده با استفاده از بند ۵-۴-۲-۱-۱ برای روش‌های خطی و بند ۵-۴-۲-۱-۲ برای روش‌های غیر خطی.

تلاش‌های کنترل شونده توسط نیرو در اعضای اصلی و غیراصلی باید رابطه زیر را ارضا کنند:

$$Q_{CL} > Q_{UF} \qquad ۲۵-۵$$

که در رابطه فوق:

Q_{CL} = کرانه پایین مقاومت عضوی با در نظر گرفتن کلیه تلاش‌هایی که همزمان به هر عضو وارد می‌گردد. این مقدار از Q_{CS} که در بند ۵-۴-۲-۱-۱ تعریف شده است به دست می‌آید.

Q_{UF} = تلاش کنترل شونده توسط نیرو ناشی از بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای با استفاده از یکی از روش‌های زیر:

۱. حداکثر تلاشی که توسط اجزای سازه با توجه به ظرفیت مورد انتظار آنها می‌تواند در یک تحلیل حدی به عضو مورد نظر وارد شود.
۲. حداکثر تلاشی که با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی سازه می‌تواند در عضو ایجاد شود.

۳. تلاشهای حاصل از ترکیب Q_G و Q_E طبق رابطه زیر:

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{\chi Q_E}{C_1 J} \qquad ۲۶-۵$$

که در آن:

χ = ضریبی برای سازگاری تلاش با سطح عملکرد انتخابی سازه. این ضریب زمانی برابر با ۱ است که J به عنوان کوچکترین نسبت تقاضا به ظرفیت انتخاب شود، در غیر این صورت مقدار آن ۱/۳ درنظر گرفته می‌شود.

J = ضریب کاهش انتقال نیرو می‌باشد و برابر است با حداقل نسبت تقاضا به ظرفیت در اجزای تغییر شکل-کنترل نیرو را در مسیر انتقال بار به عضو مورد منتقل می‌کند. این ضریب مطابق رابطه ۵-۵ محاسبه می‌شود. همچنین، مقدار J برای مناطق با سطح لرزه‌خیزی زیاد ، برابر با ۲ و برای مناطق با سطح لرزه‌خیزی متوسط برابر با ۱/۵ است. برای حالات فوق اگر سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه باشد، مقدار J باید برابر با یک در نظر گرفته شود. در حالاتی که اجزای سیستم مقاوم در برابر بار جانبی که بار را به عضو مورد نظر می‌رسانند ارتجاعی بمانند، مقدار J در محاسبه Q_{UF} آن برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود. مقدار J در هیچ حالتی نباید کمتر از ۱ اختیار شود.

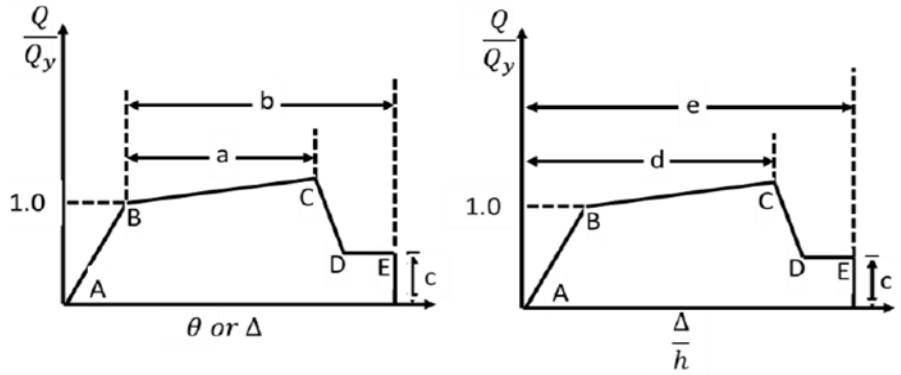
در جدول ۵-۶ و جدول ۵-۷ معیارهای پذیرش تعریف شده برای سطوح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه و ایمنی جانی معرفی شده است. سطح عملکرد خرابی محدود به عنوان نقطه میانی بین سطوح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه و ایمنی جانی تعریف می‌شود.

۵-۴-۲-۵-۲- معیار پذیرش برای روش‌های غیرخطی

نیرو و تغییرشکل‌های اعضا باید مطابق روش‌های تحلیل غیرخطی بند ۵-۴-۲-۱ محاسبه شوند. اعضای اصلی و غیراصلی باید دارای ظرفیت تغییرشکل مورد انتظاری بیشتر از تقاضای تغییرشکل حداکثر محاسبه شده در تغییر مکان هدف، باشند. تقاضای اعضای اصلی و غیراصلی با رفتار غیرخطی باید در محدوده‌ی پذیرش نظیر سطح عملکرد انتخابی باشند. مقادیر ظرفیت تغییر شکل مورد انتظار باید با در نظرگرفتن همزمان تمامی نیروها و تغییر شکل‌ها مطابق جدول ۵-۸ و جدول ۵-۹ تعیین شوند. این جداول معیارهای پذیرش سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه و ایمنی جانی را تعریف می‌کنند. سطح عملکرد خرابی محدود به عنوان نقطه میانی بین سطوح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه و ایمنی جانبی تعریف می‌شود.

روابط نیرو- تغییر شکل برای اعضای بتنی و فولادی باید بر اساس روابط نیرو-تغییرشکل عمومی مطابق شکل ۵-۳ تعیین شوند، با این استثنا که روابط متفاوت از موارد ذکر شده زمانی که بر مبنای نتایج آزمایشگاهی استوار هستند نیز می‌توانند استفاده شوند. روابط نیرو- تغییرشکل عمومی برای اعضای بتنی و فولادی باید در برگیرنده ضوابط طراحی مندرج در مباحث ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان‌های ایران باشند.

برای تیر و ستون‌ها، تغییرشکل عمومی، دوران مفاصل پلاستیک می‌باشد. مقادیر تغییرشکل‌های عمومی، در نقاط B، C و D باید از نتایج آزمایشگاهی یا تحلیلی منطقی با درنظر گرفتن اندرکنش بین خمش، نیروی محوری و برش حاصل شود.



ب. تغییرشکل الف. نسبت تغییرشکل

شکل ۵- ۳ رابطه نیرو تغییرشکل عمومی برای اعضا یا اجزای بتنی و فولادی

جدول ۵-۶ معیارهای پذیرش برای روش‌های خطی، اعضای فولادی

عضو / تلاش	ضریب m در روش‌های خطی		
	اعضای اصلی		اعضای غیر اصلی
	IO	LS	LS
تیرها / خمش	۲	۶	۱۰
ستون‌ها در فشار یا کشش - خمش:			
$\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}} < ۰/۲$	۲	۶	۱۰
$\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}} \geq ۰/۲$	1.5(1-5/3 $\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}}$)+1>1	7.5(1-5/3 $\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}}$)+1>1	13.5(1-5/3 $\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}}$)+1>1
چشمه اتصال ستون – برش			
$\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}} \leq ۰/۴$	۱/۵	۸	۱۲
تیرپیوند قاب مهاربندی واگرا (EBF) – برش یا خمش برای:			
$\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}} < ۰/۲$	۱/۵	۹	۱۳
$\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}} \geq ۰/۲$	3/4(1-5/3 $\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}}$)+1≥1	12/4(1-5/3 $\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}}$)+1≥1	18/4(1-5/3 $\frac{\lvert P_{UF}\rvert}{P_{ye}}$)+1≥1
مهاربند فشاری (به استثنای مهاربندهای واگرا)			
مقاطع I ،w، زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش داخل صفحه	۱/۲۵	۵	۶
زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش خارج صفحه	۱/۲۵	۴	۵
مهاربند کششی (به استثنای مهاربندهای واگرا)	۱/۲۵	۵	۸
مهاربندهای کمانش تاب	۲/۳	۵/۶	۷/۵
ستون‌های کششی(به استثنای مهاربندهای واگرا)	۱/۲۵	۳	۶
دیواربرشی فولادی - برش	۱/۵	۸	۱۲
اجزای دیافراگم	۱/۵	۸	۱۲
تسلیم برشی دیافراگم یا کمانش ورق یا صفحه	۱/۵	۸	۱۲
اجزای لبه دیافراگم و جمع‌کننده‌ها تکیه گاه جانبی کامل	۱/۵	۸	۱۲
اجزای لبه دیافراگم و جمع‌کننده‌ها -تکیه گاه جانبی محدود	۱/۲۵	۳	۶

جدول ۵-۷ معیارهای پذیرش برای روش‌های خطی، اجزای بتنی

عضو / تلاش	ضریب m در روش‌های خطی		
	اعضای اصلی		اعضای غیر اصلی
	IO	LS	LS
تیرهای بتن‌آرمه			
$\frac{V^d}{b_w d\sqrt{f'_{CE}}} \le 3$	۳	۶	۶
$\frac{V^d}{b_w d\sqrt{f'_{CE}}} \ge 6$	۲	۳	۳
ستون‌های بتن‌آرمه غیردایره‌ای			
$\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} \le 0.1$	۱/۷	۳/۴	۶/۸
$\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} \ge 0.7$	۱/۲	۱/۴	۱/۴
ستون‌های بتن‌آرمه دایره‌ای			
$\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} \le 0.1$	۱/۷	۴/۸	۸/۹
$\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} \ge 0.7$	۱/۴	۲/۱	۲/۱
دیوارهای بتن‌آرمه			
$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_{CE}}} \le 4$	۲	۴	۶
$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_{CE}}} \ge 6$	۲	۳	۴
تیرهای هم‌بند دیوار سازه‌ای			
$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_{CE}}} \le 3$	۲	۴	۶
$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_{CE}}} \ge 6$	۱/۵	۳	۴

جدول ۵- ۸ پارامترهای مدل سازی و معیازهای پذیرش برای روش‌های غیر خطی ، اجزای فولادی

عضو / تلاش	پارامترهای مدل‌سازی	معیارهای پذیرش (زاویه دوران پلاستیک)	
		IO	LS
تیر / خمش	$a=9\theta_y$ $b=11\theta_y$ $C=0.6$	0.25a	a
ستون در فشار برای:			
$\frac{P_G}{P_{ye}}<0.2\frac{h}{t_W}\le 2.45\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}\left(1-0.71\frac{P_G}{P_{ye}}\right)$ $\frac{P_G}{P_{ye}}\ge 0.2\frac{h}{t_W}\le 0.77\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}\left(2.93-\frac{P_G}{P_{ye}}\right)$ $\le 1.49\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	$a=0.8\left(1-\frac{P_G}{P_{ye}}\right)^{2.2}\left(0.1\frac{L}{r_y}+0.8\frac{h}{t_w}\right)^{-1}-0.0035\ge 0$ $b=7.4\left(1-\frac{P_G}{P_{ye}}\right)^{2.3}\left(0.5\frac{L}{r_y}+2.9\frac{h}{t_w}\right)^{-1}-0.006\ge 0$ $C=0.9-0.9\frac{P_G}{P_{ye}}$	0.5a	0.75b
ستون‌ها در کشش با $\lvert P_G\rvert/P_{ye}<0.2$	$a=9\theta_y$ $b=11\theta_y$ $c=0.6$	0.25a	a
چشمه اتصال ستون‌ها در برش با $\lvert P\rvert/P_{ye}<0.4$	$a=12\gamma_y$ $b=12\gamma_y$ $c=1$	γ_y	$12\gamma_y$
تیر پیوند قاب مهاربند واگرا (EBF) در برش و خمش برای:			
$\lvert P\rvert/P_{ye}<0.2$	$a=15, b=17, c=0.8$	0.005	0.14
$\lvert P\rvert/P_{ye}\ge 0.2$	$a=0.225\left(1-5/3\lvert P\rvert/P_{ye}\right)\ge 0$ $b=0.225\left(1-5/3\lvert P\rvert/P_{ye}\right)\ge 0$ $c=1.2\left(1-5/3\lvert P\rvert/P_{ye}\right)\ge 0$	075(1-5/3 $\lvert P\rvert/P_{ye})\ge 0$	1(1-5/3 $P\rvert/P_{ye})\ge 0$
مهاربند فشاری (به استثنای مهاربندهای واگرا)			
لاغر $\frac{Kl}{r}\ge 4.2\sqrt{E/F_y}$ — مقاطع w، I، زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش داخل صفحه	$a=0.5\Delta_c, b=10\Delta_c, c=0.3$	$0.5\Delta_c$	$8\Delta_c$
لاغر $\frac{Kl}{r}\ge 4.2\sqrt{E/F_y}$ — زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش خارج صفحه	$a=0.5\Delta_c, b=9\Delta_c, c=0.3$	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$
چاق $\frac{Kl}{r}\le 2.1\sqrt{E/F_y}$ — مقاطع w، I، زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش داخل صفحه	$a=1\Delta_c, b=8\Delta_c, c=0.5$	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$
چاق $\frac{Kl}{r}\le 2.1\sqrt{E/F_y}$ — زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش خارج صفحه	$a=1\Delta_c, b=7\Delta_c, c=0.5$	$0.5\Delta_c$	$6\Delta_T$
چاق $\frac{Kl}{r}\le 2.1\sqrt{E/F_y}$ — مهاربندهای کششی (به استثنای مهاربندهای واگرا) W،	$a=10\Delta_T, b=13\Delta_T, c=0.6$	$0.5\Delta_c$	$6\Delta_T$
مهاربندهای کمانش تاب	$a=13.3\Delta_y, b=13.3\Delta_y, c=1$	3	10
ستون در کشش (به استثنای ستون در مهاربندهای واگرا)	1.25	3	6
دیواربرشی فولادی - برش	$a=14\theta_y, b=16\theta_y, c=0.7$	$0.5\theta_y$	$13\theta_y$

جدول ۵-۹ پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش برای روش‌های غیرخطی، اجزای بتنی

عضو/ تلاش	پارامترهای مدلسازی	معیارهای پذیرش (زاویه دوران پلاستیک)	
		IO	LS
تیرهای بتن‌آرمه			
$\frac{V}{b_w d\sqrt{f'_{CE}}} \leq$ ۳	$a = 0.025 \, , b = 0.05 \, , c = 0.2$	۰/۰۱	۰/۰۲۵
$\frac{V}{b_w d\sqrt{f'_{CE}}} \geq$ ۶	$a = 0.02 \, , b = 0.04 \, , c = 0.2$	۰/۰۰۵	۰/۰۲
ستون‌های بتن‌آرمه غیر دایره‌ای	$a = (0.042 - 0.043\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} + 0.63\rho_t - 0.023\frac{V_{yE}}{V_{ColOE}}) \geq 0$ $\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} \leq 0.5$ برای $\begin{cases} b = \frac{0.5}{5+\frac{N_{UD}}{0.8A_g f'_{CE}}\frac{1}{\rho_t}\frac{f'_{CE}}{f_{ytE}}} - 0.01 \geq a \\ c = 0.24 - 0.4\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} \geq 0 \end{cases}$	a≤۰/۱۵ ۰/۰۰۵	b۰/۵
ستون‌های بتن آرمه دایره‌ای	$a = (0.06 - 0.06\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} + 1.3\rho_t - 0.037\frac{V_{yE}}{V_{ColOE}}) \geq 0$ $\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} \leq 0.5$ برای $\begin{cases} b = \frac{0.65}{5+\frac{N_{UD}}{0.8A_g f'_{CE}}\frac{1}{\rho_t}\frac{f'_{CE}}{f_{ytE}}} - 0.01 \geq a \\ c = 0.24 - 0.4\frac{N_{UD}}{A_g f'_{CE}} \geq 0 \end{cases}$	a≤۰/۱۵ ۰/۰۰۵	b۰/۵
دیوارهای بتن‌آرمه			
$\frac{V}{t_w l_w\sqrt{f'_{CE}}} \leq$ ۴	$a = 0.015 \, , b = 0.02 \, , c = 0.75$	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵
$\frac{V}{t_w l_w\sqrt{f'_{CE}}} \geq$ ۶	$a = 0.01 \, , b = 0.015 \, , c = 0.4$	۰/۰۰۴	۰/۰۱
تیرهای هم‌بند دیوار سازه ای			
$\frac{V}{t_w l_w\sqrt{f'_{CE}}} \leq$ ۳	$d = 0.025 \, , e = 0.05 \, , c = 0.75$	۰/۰۱	۰/۰۲۵
$\frac{V}{t_w l_w\sqrt{f'_{CE}}} \geq$ ۶	$d = 0.02 \, , e = 0.04 \, , c = 0.5$	۰/۰۰۵	۰/۰۲

۵–۵– کنترل سازه‌ی طراحی شده برای سیل

پس از آن که اعضای سازه‌ای بیمارستان برای سطح خطر لرزه‌ای ۱ و ۲ طراحی شدند ملاحظات ایمنی در برابر سیل باید مطابق الزامات این بخش برای سازه طراحی شده کنترل گردند.

از آنجایی‌که طبق الزامات انتخاب ساختگاه بیمارستان توصیه می‌شود ساختمان در پهنه‌ی با خطر سیل زیاد قرار نگیرد، انتظار می‌رود نیروی جانبی ایجاد شده توسط سیل در مقایسه با سایر بارها حاکم نباشد. از این رو در حالت کلی به طراحی صریح ساختمان بیمارستان به‌صورت جداگانه برای بارهای سیل نیاز نمی‌باشد. برای ساختمان بیمارستان‌های جدید به عنوان یک قانون کلی، در صورتی که امکان اجتناب از سیل با روش‌هایی مانند احداث دیوار فروریزشی و سیل بند یا استفاده از روش‌های بالا بردن تراز ساختمان به ترازی بالاتر از تراز سیل طرح امکان‌پذیر باشد، این روش‌ها نسبت به طراحی ساختمان بیمارستان برای تحمل پیامدهای ناشی از سیل از قبیل تمهیدات برای خشک نگه داشتن سازه و جلوگیری از ورود آب ارجحیت دارند.

۵–۵–۱– الزامات طراحی

در مناطقی که اجتناب از خطر سیل ممکن نیست، اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای بیمارستان باید به گونه‌ای طراحی، ساخت، متصل و مهارگردند که در برابر نفوذ، تراوش و شناوری ناشی از سیل طرح مقاومت کنند.

برخی از معیارهای کلی پرهیز از پیامدهای وقوع سیل در رابطه با تراز بیمارستان از سطح زمین در بند ۳-۵-۱ ارائه شده‌اند. الزامات طراحی و ترکیب بار باید مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران و الزامات این فصل باشند. برخی دیگر از ملاحظات طراحی عبارتند از:

- برای بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳، تاثیرات ناشی از فرسایش و آب‌شستگی در محاسبه بیمارستان در نواحی در معرض خطر سیل باید در نظر گرفته شود.
- در مناطقی که بیمارستان در پهنه سیل قرار گرفته باشد، برای حفاظت بیمارستان از سیل باید دیوار فروریزشی (Breakaway walls) یا سیل بند (Flood wall) طراحی شود یا تراز ساختمان بالا رود. ملزومات طراحی دیوار فروریزشی در بند ۵-۵-۲ و ملاحضات طراحی دیوار سیل‌بند در بند ۵-۵-۳ ارائه شده است. همچنین در بند ۵-۵-۴ روش مهار-درز برای حفظ طبقات بالاتر بیمارستان در برابر سیل و زلزله ارائه شده است.
- استفاده از روش‌های جلوگیری از نفوذ آب به داخل ساختمان بیمارستان تنها در نواحی که سرعت سیل در ساختگاه کمتر یا مساوی ۱/۵ متر بر ثانیه باشد، قابل توصیه است.

۵-۵-۲- طراحی دیوار فروریزشی

دیوارها و پارتیشن‌هایی که نقش دیوار فروریزشی را ایفا می‌نمایند و نیز اتصالات آنها به سازه باید در برابر بارهای زلزله و باد که به صورت عمود بر صفحه آن دیوار وارد می‌شوند طراحی گردند. نیروهای طراحی باید بیشتر از ۰/۵ کیلو نیوتون بر متر مربع باشد. ظرفیت تحمل دیوار که انتظار می‌رود در آن مقدار از بار، دیوار فروریزش نماید نباید بیشتر از ۱ کیلو نیوتون بر متر مربع گردد به جز در حالاتی که طراحی الزامات زیر را اقناع نماید:

۱. دیوار فرو ریزشی به گونه ای طراحی گردد که برای بار سیلی کمتر از آنچه که در طی سیل پایه اتفاق می‌افتد فرو بریزد طراحی شده باشد.
۲. تکیه‌گاه پی و بخش مرتفع سازه ساختمان باید در برابر فروریزش، تغییرمکان دائمی و سایر آسیب‌های سازه‌ای ناشی از اثرات بارهای سیل در ترکیب با دیگر بارها همانطور که در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران اشاره شده است، طراحی گردند.

در صورتی که دیوارهای فروریزشی به سازه بیمارستان متصل باشند باید در برابر هر دو ترکیب بار زیر مقاومت کنند:

۱. بارهای ناشی از سیل و دیوارهای فروریزشی تا نقطه فروریزش دیوار فروریزشی
۲. آن مقدار از بار ناشی از سیل که بعد از فروریزش دیوار فروریزشی تا رسیدن سیل به بار سیل طراحی همچنان بر سازه وارد می‌شود.

۵-۵-۲-۱- بارهای ناشی از سیل

در مناطق با خطر سیل، طراحی سازه‌ای باید بر اساس سیل طراحی انجام شود. بارهای هیدرواستاتیک ناشی از ارتفاع آب تا تراز سیل طراحی (DFE)، باید به تمام وجوه اعضای در معرض سیل، هم در بالا و هم در پایین تراز زمین اعمال شود. البته در مورد اعضایی که مستقیما در معرض آب‌های آزاد هستند، عمق طراحی باید ۳۵ سانتیمتر افزایش داده شود. تنها زمانی که تمهیدات لازم برای ورود و خروج آب سیل اعمال شده باشد می‌توان بارهای جانبی و برکنش در سطوح بسته زیر تراز سیل طراحی را کاهش داد.

برای بیمارستان‌های گروه ۱و ۲ و ۳ اثرات دینامیکی آب متحرک باید با تحلیل دقیق با استفاده از مبانی مکانیک سیالات تعیین گردد.

هنگامی که سرعت آب بیشتر از ۳ متر بر ثانیه نباشد، اثرات دینامیکی آب متحرک را می‌توان برای اهداف طراحی به نیروهای هیدرواستاتیکی معادل با افزایش تراز سیل طراحی به اندازه عمق سربار معادل(d_h) تبدیل کرد، که فقط بالای تراز زمین و در سمت آب بالادست برابر است با:

$$d_h = \frac{aV^2}{2g} \qquad ۲۷-۵$$

V= متوسط سرعت آب

g= شتاب ثقلی ناشی از گرانش زمین

a= ضریب مقاومت رانش (drag) یا ضریب شکل که برابر است با ۱/۲۵

عمق سربارمعادل باید به تراز سیل طراحی افزوده شود و فشار هیدرواستاتیک نهایی، به صورت یکنواخت بر تصویر قائم ساختمان عمود بر جریان توزیع گردد.

سطوح موازی با جریان یا سطوح مرطوب شده سمت آب پایین دست باید فقط در معرض فشارهای هیدرواستاتیکی به عمق تراز سیل طراحی قرار گیرند.

۵–۵–۲–۲– بارهای موج

بارهای موج باید بر اساس یکی از سه روش زیر تعیین گردند:

۱. با استفاده از روش‌های تحلیلی که در این بخش به طور کلی توضیح داده شده‌اند.
۲. با روش‌های مدلسازی عددی پیشرفته‌تر.
۳. با روش‌های آزمایشگاهی و مدل سازی فیزیکی.

بارهای موج بارهایی هستند که در نتیجه انتشار موج روی سطح آب که به ساختمان یا سایر سازه‌ها ضربه وارد می‌کنند. بارهای موج باید برای هر دو پهنه A وV در نظر گرفته شوند. در پهنه V ارتفاع امواج ۰/۹ متر و یا بیشتر است. در پهنه‌های ساحلی سیل به سوی خشکی در پهنه V ارتفاع موج‌ها کمتر از ۰/۹ متر است. بار موج‌های شکسته شده و غیرشکسته شده باید با استفاده از روش‌هایی محاسبه شوند که بارهای هیدرودینامیک و هیدرواستاتیک محاسبه می‌گردند. بارهای ناشی از موج شکنا با استفاده از روش‌های توصیف شده در این بخش محاسبه می‌شوند. ارتفاع موج شکنا در پهنه V و پهنه ساحلی A به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$H_b = 0.78 d_s$$ ۲۸-۵

H_b = ارتفاع موج شکنا (Breaking wave)

d_s = عمق آب ساکن محلی

عمق آب ساکن محلی باید با رابطه زیر محاسبه شود مگر اینکه روش‌های پیشرفته‌تر و یا تحقیقات آزمایشگاهی مجاز در این بخش استفاده گردند:

$$d_s = 0.65\left(BFE - G\right)$$ ۲۹-۵

BFE= تراز سیل پایه و G= تراز زمین

۵-۵-۲-۲-۱- بارهای ناشی از موج شکنا بر شمع‌های قائم و ستون‌ها

فرض می‌گردد بار خالص اعمالی ناشی از موج شکنا بر یک شمع قائم یا ستون صلب در تراز آب ساکن وارد می‌شود. این بار طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

۳۰-۵

$$F_D = 0.5\gamma_w C_D D H_b^2$$

F_D = نیروی ناشی از موج بر حسب کیلو نیوتون

γ_w = وزن واحد حجم آب برابر با ۹/۸۱ کیلونیوتون بر متر مکعب برای آب شیرین و ۱۰/۰۵ کیلونیوتون بر متر مکعب برای آب شور است.

C_D = ضریب مقاومت رانش (Drag) برای موج‌های شکسته شده، برابر با ۱/۷۵ برای شمع و ستون‌های دایره‌ای و برابر با ۲/۲۵ برای شمع‌ها و ستون‌های مربعی است.

D = قطر شمع یا ستون برای مقاطع دایره‌ای، یا برای شمع یا ستون مربعی ۱/۴برابر عرض شمع یا ستون است.

H_b = ارتفاع موج شکنا

۵-۵-۲-۲-۲- بارهای ناشی از موج شکنا بر دیوارهای قائم

فشارهای حداکثر و نیروهای خالص ناشی از برخورد عمودی موج شکنا (عمق محدود به اندازه $H_b = 0.78\ d_s$) بر صفحه دیوارهای صلب قائم باید بر اساس رابطه زیر محاسبه گردد:

$$F_t = 1.1C_P \gamma_w d_S^2 + 2.4\gamma_w d_S^2$$ ۳۱-۵

F_t = نیروی خالص ناشی از موج شکنا در واحد طول، یا بار ضربه ناشی از موج در محدوده تراز آب ساکن.

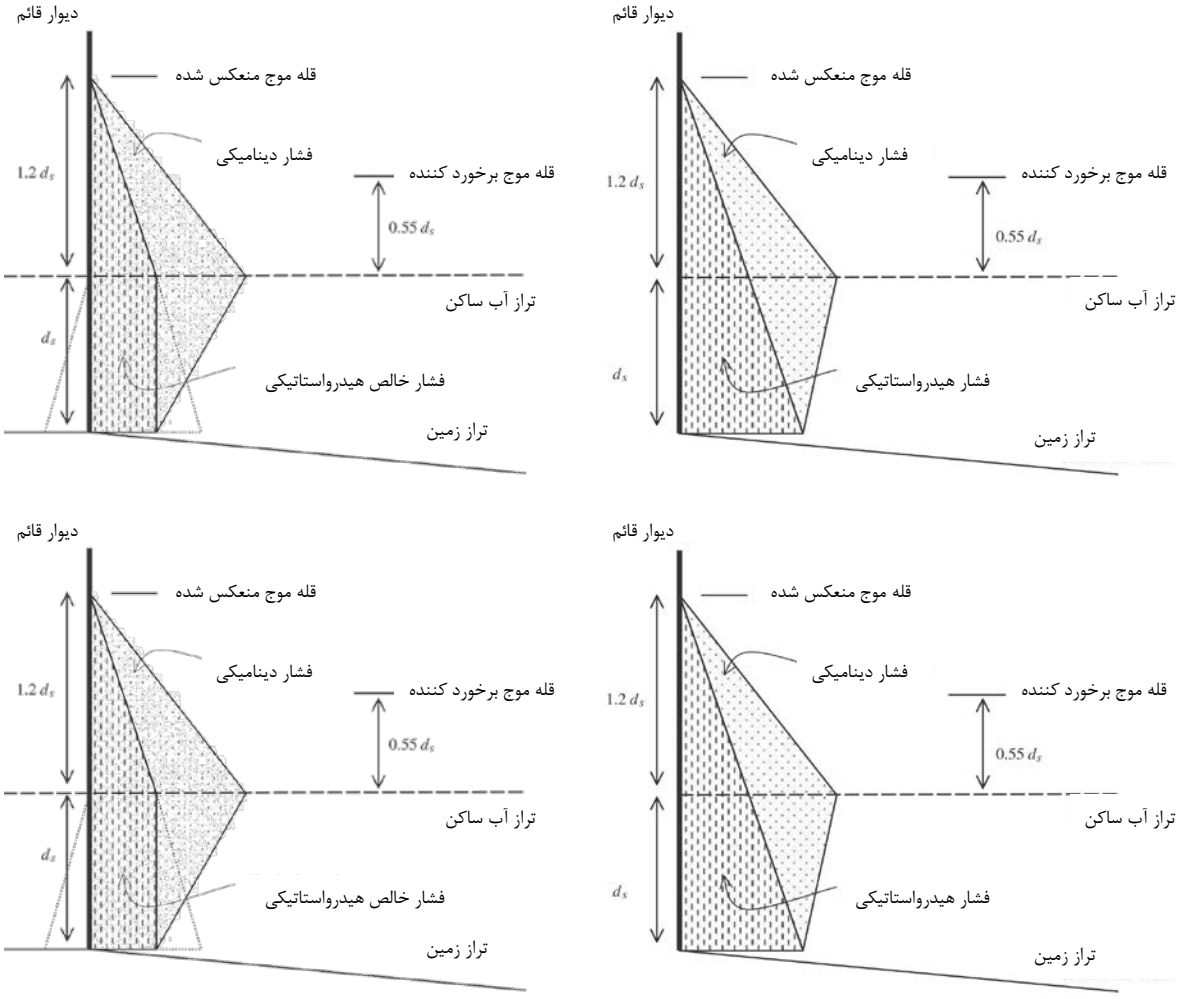
C_p = ضریب فشار دینامیکی برابر با ۳/۵.

در این روش فرض می‌شود دیوار قائم باعث ایجاد یک موج ایستا یا منعکس شده در سمت رو به آب گردد. مطابق شکل ۵-۴

شکل ۵-۴ ارتفاع قله این موج برابر 1.2ds بالاتراز آب ساکن می‌باشد. بنابراین توزیع فشار استاتیکی، دینامیکی و فشار کلی بر دیوار مانند است. همچنین این روش در نظر می‌گیرد که فضای پشت دیوار قائم خشک بوده و هیچ مایعی از پشت دیوار

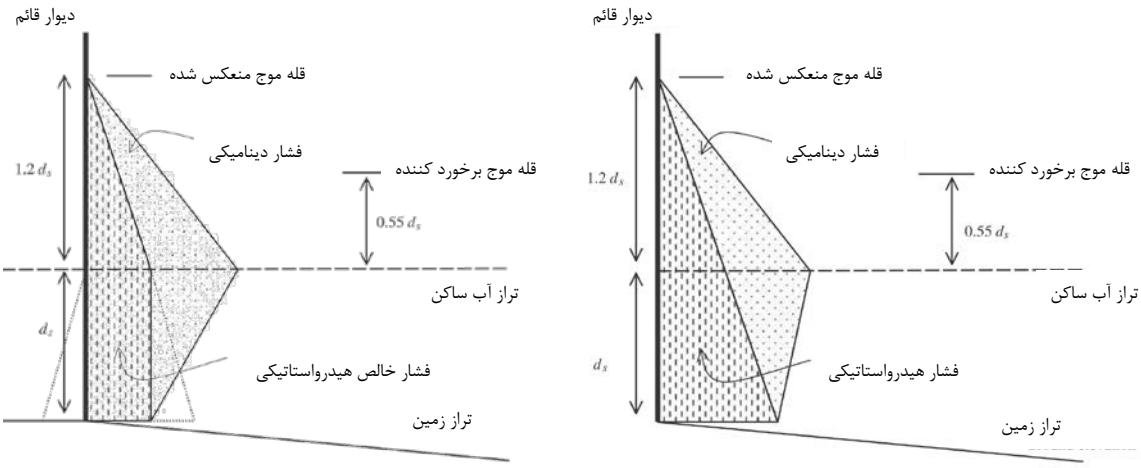
مولفه استاتیکی نیروی موج را متعادل نمی‌سازد. اگر آب آزاد پشت دیوار وجود داشته باشد، بخشی از مولفه هیدرواستاتیک فشار موج و نیرو خنثی شده و نیروی خالص برابر خواهد بود با:

$$F_t = 1.1 C_P \gamma_w d_S^2 + 1.9 \gamma_w d_S^2 \qquad ۳۲-۵$$



شکل ۵-۴ فشارهای عمود بر صفحه امواج شکسته شده بر دیوار قائم

الف ب



شکل ۵-۴ فشارهای عمود بر صفحه امواج شکسته شده بر دیوار قائم: الف) فضای پشت دیوار خشک است؛ و ب) سطح آب در هر دو سمت یکسان است

۵-۵-۳- الزامات طراحی دیوار سیل‌بند

دیوارهای سیل‌بند، سازه‌های مهندسی طره‌ای دائمی هستند که برای جلوگیری از رخنه آب‌های سیل مانند شکل ۵-۶ طراحی می‌شوند. به طور معمول، دیوار سیل‌بند با فاصله‌ای از ساختمان قرار می‌گیرد و نیازی به اصلاح سازه‌ای ساختمان موجود نیست. بسته به توپوگرافی ساختگاه، دیوارهای سیل‌بند ممکن است فقط در قسمت‌های در تراز پایین‌تر (که در این مورد باید به زمین‌های مرتفع‌تر "مقید" شوند) و یا کل محل را در بر بگیرند (که می‌تواند بر دسترسی تأثیر بگذارد، چراکه سازه‌های خاص محصور کننده مورد نیازخواهد بود و باید قبل از آغاز سیل نصب گردند).

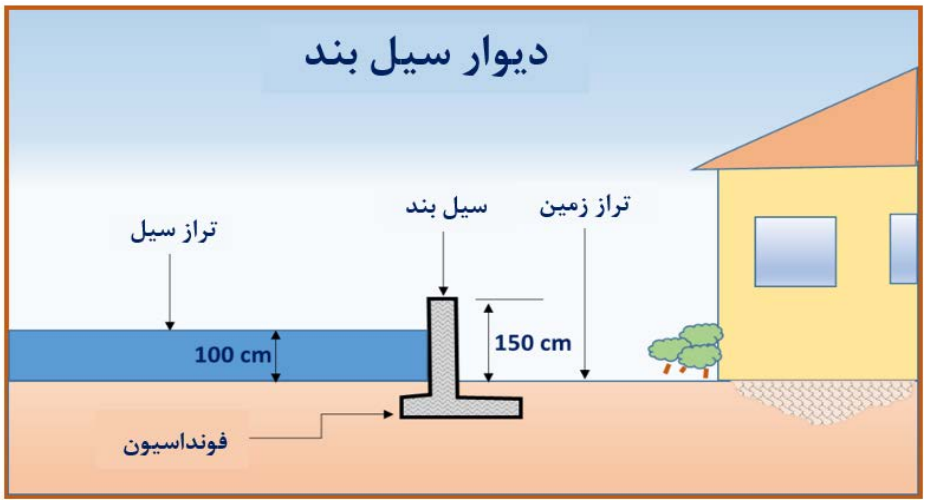
دیوارهای سیل‌بند همچنین می‌توانند به شکل خاکریزهایی اجرا شوند که حفاظت از مناطق خاص را فراهم می‌آورند. شکست و یا سرریز شدن یک دیوار سیل‌بند می‌تواند منجر به سیلی فاجعه بار شود. دیوار سیل‌بند سازه‌ای با اهمیت است که برای بیرون نگهداشتن آب با عمق خاصی بر اساس سیل طراحی در ساختگاه طراحی می‌شود.

به طور کلی، دیوار سیل بند بیشتر در مناطقی با سیل‌های کم عمق و موج ضعیف موثر هستند. در طراحی خاکریزها باید سیستم زهکشی باید در زمین تعبیه شود. همچنین نگهداری و کارایی مناسب آن در تأمین عملکرد مناسب ضروری است. دیوارهای سیل‌بندی که برای حفاظت از ساختمان‌های ضروری تعبیه می‌شوند باید برای ۰/۲ درصد احتمال سالیانه سیل (۵۰۰ ساله) طراحی شده و برای افزایش ضریب ایمنی برای آنها ارتفاع بیشتری در نظر گرفته شود. برای اطمینان از اینکه در طول سیل‌های طولانی مدت تأسیسات حفاظت شده از سیل بتوانند به خدمت‌رسانی خود دهند، دسترسی وسایل نقلیه به ساختگاه و دسترسی عابران پیاده به ساختمان باید امکان‌پذیر باشد.

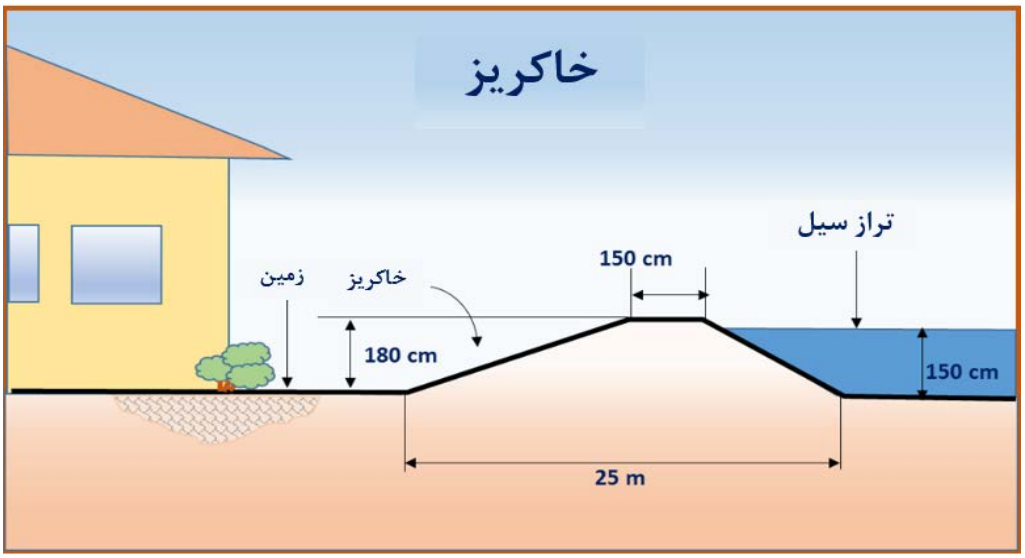
۵-۵-۴- سیستم جایگزین برای محافظت در برابر سیل

سیستم مهار-درز که اخیراً به عنوان یک سیستم سازه‌ای محافظت در برابر زلزله معرفی شده است می‌تواند راه حل موثری برای بیمارستان‌های در معرض سیل هم باشد. به خاطر فضای خالی ایجاد شده توسط مهاربند بین تراز زمین و اولین طبقه، طبقه‌های بالایی بیمارستان‌ها در برابر سیل‌های احتمالی محافظت خواهند شد. ملاحظات کلی برای استفاده از این سیستم

باید مطابق ضوابط معتبر داخلی یا بین‌المللی باشد. همچنین این سیستم باید به گونه‌ای طراحی شود که طبقه‌های بالاتر و فاصله درز داخل مهاربند بالای تراز سیل طراحی قرار گیرد.



شکل ۵- ۵ طرح شماتیک دیوار سیل بند متداول برای حفاظت بیمارستان در برابر سیل



شکل ۵-۶ طرح شماتیک خاکریز متداول برای حفاظت بیمارستان در برابر سیل

۶–۶– کنترل عملکرد سازه طراحی شده در برابر آتش

در این بخش روش‌هایی برای کنترل عملکرد و ارزیابی سازه‌ی در دست طراحی، در شرایط آتش‌سوزی محتمل که موجب ایجاد اثراتی بر اعضای سازه و اتصالات شود، ارائه می‌گردد. روش طراحی بر مبنای عملکرد سازه در برابر آتش، روشی جایگزین برای تأمین الزامات طراحی پروژه می‌باشد. ضوابط توصیفی و تجویزی طراحی بیمارستان برای حفاظت در زمان آتش‌سوزی در مبحث سوم

مقررات ملی ساختمان ایران آورده شده و رعایت آن‌ها در طراحی فضاهای بیمارستانی و مراکز بهداشتی به عنوان حداقل ضوابط ضروری است.

۵-۶-۱- الزامات عمومی

تیم طراحی سازه‌ای باید برای اقناع عملکرد هدف برای طراحی سازه برای آتش مبنای طراحی روشی صریح برای بررسی اعضای سازه‌ای و اتصالات به کار گیرد. سطح آتش مبنای طراحی سازه باید تعریف شده و بر مبنای آن شرایط مرزی وابسته به زمان حرارت برای استفاده در تحلیل انتقال حرارت استفاده گردد. همچنین پاسخ حرارتی اعضای سازه‌ای و اتصالات در طول و پس از آتش طرح سازه باید برای تأمین ورودی تحلیل‌های سازه در محاسبه تأثیرات آتش تعیین گردد. در نهایت راهکارهای مقاوم در برابر آتش باید حداقل درجه‌ای از حفاظت را تأمین نماید که برای مقاومت در برابر آتش در ستون‌ها، دیوارها یا سایر اعضای تحمل کننده بار ثقلی در همان ناحیه سازه، نیاز است. طراحی و ارزیابی سازه‌ها در برابر اثرات آتش باید شامل موارد زیر باشد:

- تعیین اهداف عملکردی مطابق بند۴-۴-۱.
- محاسبه و کمّی‌سازی بار ماده مشتعل شونده (سوخت) مطابق بند ۴-۴-۲-۱ و ۵-۶-۳-۱.
- تعیین و بررسی سطوح آتش مبنای طرح بر مبنای بند ۵-۶-۳-۲.
- تحلیل حرارتی سازه مطابق بند ۵-۶-۳-۳.
- تعیین تاریخچه دمای اعضای سازه‌ای و اتصالات مطابق بند ۵-۶-۴-۱.
- تعیین مشخصات وابسته به حرارت اعضا مطابق بند ۵-۶-۴-۲.
- تعیین پاسخ سازه تحت ترکیب‌بارهای لازم مطابق بند ۵-۶-۴-۳.

این مراحل باید به نحو مناسبی شامل گرم شدن و سپس سرد شدن سازه هنگام مواجهه با آتش باشد.

پاسخ سازه‌ای باید برای اطمینان از تأمین معیارهای پذیرش اهداف عملکردی کمّی بررسی گردد. تحلیل‌ها باید مشخصات مصالح وابسته به حرارت، شرایط مرزی، و مودهای شکست ناشی از حرارت را در نظر گرفته و پایداری سازه‌ای، مقاومت، تغییرشکل و پیوستگی مسیر انتقال بار را بررسی کند. مشخصات سختی و مقاومت وابسته به حرارت می‌تواند تنها بر اساس دمای حداکثرکه در آتش مبنای طرح رخ می‌دهد در نظر گرفته شوند، در صورتی‌که بتوان از انبساط حرارتی، اثرات قیود، اثرات کاهش دما به طور محافظه‌کارانه چشم‌پوشی نمود. این ملاحظات باید شامل بررسی اینکه آیا تغییر شکل‌های غیر ارتجاعی مانند کمانش موضعی ناشی از قید در انبساط حرارتی، رفتار عضو و اتصال در حین خنک شدن اثر می‌گذارد باشد. به طور مثال پاره شدن پیچ در هنگام خنک شدن قاب فولادی ممکن است به شکست عضو یا قسمتی از سیستم بیانجامد. یا در سقف‌های مرکب انبساط حرارتی تیرهای فولادی تا زمانی که گل میخ‌های برشی اتصال سالم بمانند مقید است.

برخلاف تحلیل هر عضو به صورت مجزا، مدل‌های اجزا محدود سیستم سازه‌ای توانایی در نظرگیری اثرات انبساط حرارتی، مسیرهای انتقال بار جایگزین، مکانیزم‌های ثانویه حمل بار (به طور مثال عملکرد زنجیره‌ای) پاسخ غیرخطی مصالح، پاسخ تغییرمکان‌های بزرگ و عملکرد اتصال را دارد. ضروری است که محدوده و پیچیدگی تکنیک‌های تحلیل برای بررسی پاسخ سازه به آتش طراحی متناسب با اهداف عملکردی در بند ۵-۶-۲ باشد.

دستیابی به عملکرد مناسب و تأمین پیوستگی کافی و شکل‌پذیری برای مسیرهای انتقال بار جایگزین به دلیل شکست عضو ناشی از آتش مبنای طرح مستلزم در نظر گرفتن ملاحظاتی در مورد ظرفیت اتصال بین اعضای سازه و اعمال ترکیب بار با ضرایب مقاومت و ظرفیت اعضای مناسب برای مصالح مورد نظر است.

طراحی و ارزیابی سازه‌ها برای شرایط آتش‌سوزی موضوعی با لزوم وجود چند تخصص بوده و این امر باید در زمان طراحی به نحو مناسب در نظر گرفته شود. این متخصصان باید شامل مهندس سازه، مهندس حفاظت در برابر حریق، معمار باشند. بر این اساس لازم است نقش و مسوولیت هر یک از متخصصان در اسناد مربوط ثبت گردد.

برای طراحی استاندارد در برابر آتش، معمار مسئول کنترل ضوابط آیین‌نامه‌ای حفاظت سازه در برابر آتش است. بر این اساس معمار معمولا مجموعه‌های مقاوم واجد شرایط را از فهرست‌های موجود، که می‌تواند با مشورت مهندسان حفاظت در برابر آتش باشد، انتخاب می کند. در طراحی عملکردی سازه در برابر آتش، این گروه کاری معمولا مورد نیاز خواهند بود: مهندس حفاظت در برابر آتش یا مهندس طراح با مشخصات مشابه مقدار بار سوخت را برآورد نموده، آتش مبنای طرح سازه را مشخص کرده و مقادیر تاریخچه دمای اعمالی بر سیستم سازه‌ای را برآورد می‌نماید. مسوولیت اصلی مهندس سازه، ارزیابی پاسخ سیستم سازه‌ای به اثرات ناشی از آتش بر مبنای مقادیر تاریخچه زمانی دمای برآورد شده است. مهندس سازه همچنین می تواند با مهندس حفاظت در برابر آتش در تعیین اینکه کدام سیستم سازه‌ای باید برای مقادیر آتش مبنای طرح سازه ارزیابی شود و در محاسبه مقادیر تغییر شکل اعضای سازه‌ای که باعث اثرگذاری بر یکپارچگی مجموعه‌های دارای درجه بندی مقاوم در برابر آتش مانند دیوارهای مانع آتش همکاری کند.

۵–۶–۲– طراحی عملکردی سازه در برابر آتش

طراحی سازه در برابر آتش بر مبنای عملکرد، علاوه بر ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران در صورت الزام کارفرما کاربرد دارد. روش طراحی بر مبنای عملکرد برای مواردی مناسب است که عملکرد یک سازه در آتش مبنای طراحی نیازمند کمّی‌سازی برای ارزیابی مناسب ریسک ایمنی جانی یا محافظت از منابع باشد.

پذیرش نتایج طراحی‌های بر مبنای عملکرد منوط به تأیید مراجع صاحب صلاحیت قانونی است. طراح باید نشان دهد که طرح حاصل، سطح ایمنی را که معادل یا بیشتر از معیار تجویزی مورد نظر مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران است، فراهم می‌کند. طراحی سازه در برابر آتش بر مبنای عملکرد، سطح ایمنی را بر اساس بررسی تقاضای سیستم سازه‌ای و ظرفیت تحت شرایط آتش فراهم می‌کند. از آنجا که روش‌های تجویزی منحصراً بر اساس آزمایش‌های استاندارد است و عملکرد سیستم سازه‌ای را در نظر نمی‌گیرد سطح ایمنی فراهم آورده شده قابل کمّی‌سازی نیست. بنابراین مسئولیت طراح است که به شکل مناسبی برای مراجع صاحب صلاحیت قانونی نشان دهد که روش‌های بر مبنای عملکرد هدف عملکردی را تأمین کرده و در عین حال ضوابط مقررات ملی ساختمان را نیز اقناع نموده است.

۵-۶-۳- تحلیل حرارتی اثرات آتش

پاسخ حرارتی اعضای سازه‌ای و اتصالات در طی و پس از آتش مبنای طراحی سازه، باید به عنوان ورودی تحلیل سازه‌ای ناشی از اثرات آتش استفاده گردد.

۵-۶-۳-۱- بار ماده قابل اشتعال

در بررسی آتش مبنای طراحی، بار ماده قابل اشتعال باید براساس بند ۴-۴-۲-۱ تعیین گردد.

۵-۶-۳-۲-آتش مبنای طراحی سازه

آتش مبنای طراحی سازه، شدت آتشی است که امکان اثرگذاری بر یکپارچگی و پایداری سازه را دارد و در ارزیابی سازه در دست طراحی برای این امر مورد استفاده قرار می‌گیرد. آتش مبنای طرح سازه باید به نحوی مشخص گردد تا شرایط مرزی حرارت وابسته به زمان را که در تحلیل‌های انتقال حرارت استفاده می‌شود ایجاد کند.

۵-۶-۳-۳- تحلیل‌های انتقال حرارت

تاریخچه حرارتی اعضای سازه‌ای و اتصال‌ها باید با استفاده از روش‌های تحلیل انتقال حرارت که بر اساس شرایط مرزی حرارت وابسته به زمان برای آتش مبنای طراحی سازه انجام می‌شوند تعیین شود. مشخصات حرارتی وابسته به دمای مصالح سیستم سازه‌ای و عایق‌های گرمایی باید در تحلیل‌های انتقال حرارت برای تعیین پاسخ‌های حرارتی استفاده شود. در صورتی که تحلیل‌ها نتایج محافظه‌کارانه‌ای داشته باشد استفاده از مشخصات حرارتی ثابت مجاز است.

تحلیل انتقال حرارتی سازه باید شامل قسمت‌هایی از سیستم سازه‌ای که تحت اثرات آتش مطابق با این بخش هستند و قسمت‌هایی از سیستم سازه‌ای که تحت حرارت نبوده و نقش قید حرارتی از خود نشان می‌دهند، باشد. در تحلیل‌ها در نظر گرفتن مسیرهای انتقال بار جایگزین که بعد از آسیب‌های سازه‌ای یا زوال ناشی از اثرات آتش قابل نگهداری باشند، مجاز است.

۵-۶-۴- تحلیل سازه‌ای اثرات آتش

تحلیل سازه‌ای اثرات آتش نیازمند منظور کردن اعضا و اتصالات حرارت دیده تحت اثر آتش همراه با در نظر گرفتن کل سیستم سازه‌ای است. تحلیل تنها یک عضو زمانی که تنها یک عضو تحت اثر آتش قرار گرفته و پیامدی بر اعضای اطرافش ندارد، قابل توجیه است. یک رویکرد سیستمی مستلزم در نظرگرفتن انبساط حرارتی در قسمت‌های حرارت‌دیده به‌همراه قیدهای ایجاد شده توسط قاب‌های سرد مجاور، نیروهای حرارتی ایجاد شده و تغییرمکان‌های اتصالات، پاسخ سیستم‌های کف، و مودهای شکست حرارتی در سازه است.

اثرات ناشی از انبساط و انقباض حرارتی باید با دقت منظور گردد. اعضای در معرض آتش، که تغییرشکل‌های پلاستیک ناشی از ضعیف شدگی و قیود حرارتی را تجربه کرده‌اند ممکن است با سرد شدن سازه کرنش کششی تجربه کنند و بسته به میزان قید حرارتی می‌توانند سبب ایجاد نیرو در مجموعه اجزای سازه‌ای مجاور (مانند اتصالات) شود.

در غیاب ضوابط معتبر ملی و تا زمان تدوین، طراحی برای اثرات آتش مبنای طرح در اعضای فشاری فولادی می‌تواند بر اساس ضوابط معتبر بین‌المللی مانند پیوست ۴ آیین‌نامه AISC 2010 صورت پذیرد. افت مقاومت و سختی، انبساط حرارتی و اثرات P-Δ تحت گرادیان حرارتی موجب کمانش موضعی یا کلی ستون باید در محاسبات منظور شود.

کف‌های بتن مسلح شامل ساخت درجا، پیش‌ساخته و پیش‌تنیده به‌طور کلی با تعیین پوشش بر روی میلگرد طراحی می‌گردد. طراحی سیستم کف پیش‌ساخته و پیش‌تنیده باید بر اساس ضوابط مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان و در غیاب ضوابط مورد نیاز در این مرجع، با رعایت ضوابط معتبر بین‌المللی انجام شود. باید از حرارت دیدن میلگردها و به ویژه کابل‌های پیش‌تنیده احتراز نمود.

عملکرد اتصالات به ویژه اتصالات در سیستم کف‌ها لازم است که در تحلیل سازه تحت اثرات آتش در نظر گرفته شود. احتمال خرد شدن بتن در اثر حرارت دیدن بتن و میلگردها در قاب بتنی (درجا یا پیش تنیده) باید بررسی گردد.

مودهای شکست ناشی از آتش شامل تغییرشکل‌های بزرگ، کمانش عضو (موضعی یا کلی یا پیچشی جانبی) مودهای شکست اتصال (تکیه‌گاه‌ها، پارگی پیچ‌ها، برش پیچ‌ها یا شکست جوش) مودهای شکست میلگرد و میل مهار و زوال مقطع (خرد شدگی بتن، ترک خوردگی و یا له شدن یا سوختن مقاطع چوبی) می‌باشد.

با افزایش دما در حدی که باعث کاهش مقاومت و سختی عضو گردد، مود تسلیم مصالح و یا کمانش عضو ممکن است در زمانی در بارهای حد سرویس اتفاق بیافتند. اگر این ضعیف‌شدگی در اعضای با گرادیان حرارت رخ دهد گرادیان حاصله در سختی و مقاومت عضو می‌تواند موجب تغییر مقاومت عضو تحت ترکیب بار محوری و لنگر عضو گردد. گرادیان مقاومت و سختی ممکن است موجب تغییر مرکز مشخصات (به طور مثال مرکز مقاومت و سختی) و انتقال آن به بخش خنک‌تر مقطع (به طور مثال مقاوم‌تر) گردد. این انتقال مرکز جرم موجب ایجاد لنگر در اعضا با بار محوری می‌گردد. پایداری سازه تحت آتش باید برای سازه به طور کلی و هر یک از المان‌های آن بررسی گردد. هر روشی که اثرات ثانویه (تأثیرات مرتبه دوم) را در نظر می‌گیرد مجاز است.

۵–۶–۴–۱– تاریخچه حرارتی در اعضای سازه‌ای و اتصالات

تاریخچه حرارتی در اعضای سازه و اتصالات باید از تحلیل انتقال حرارتی آتش مبنای طراحی سازه تعیین گردد و در تحلیل اثرات آتش بر عملکرد سازه استفاده شود.

۵-۶-۴-۲- مشخصات وابسته به حرارت

مشخصات وابسته به حرارت مصالح سازه باید در تعیین عملکرد اعضای سازه‌ای و اتصالات تحت آتش مبنای طراحی سازه استفاده شود. مشخصات وابسته به حرارت مصالح شامل سیستم سازه‌ای و عایق حرارتی باید در تحلیل‌های انتقال حرارت در تعیین پاسخ حرارتی استفاده گردد. استفاده از مقادیر مشخصات حرارتی ثابت در صورتی که نتایج محافظه کارانه‌ای دهد مجاز است.

۵-۶-۴-۳- ترکیب‌های بارها

ترکیب‌های بارگذاری برای آتش باید برای تحلیل سازه‌ای اثرات آتش استفاده شود و باید شامل اثرات وابسته به زمان و وابسته به توالی اعمال مطابق زیر باشد:

$$(0.9 or 1.2)D + A_K + 0.5L + 0.2S \qquad ۳۳-۵$$

در این رابطه A_K بار یا اثرات بار ناشی از آتش است.

برای کنترل ظرفیت باقیمانده سازه یا اعضای سازه‌ای پس از رخداد آتش‌سوزی، باید ظرفیت باربری باقیمانده اعضای توسط فرد متخصص تعیین شده و ظرفیت سازه آسیب دیده مطابق ترکیب بار زیر محاسبه گردد:

$$(0.9 or 1.2)D + 0.5L + 0.2(L_r \, or \, S \, or \, R) \qquad ۳۴-۵$$

که در آن S= بار برف؛ R = بار باران؛ L_r = بار زنده بام؛ D = بار مرده؛ و L = بار زنده مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان‌های ایران است.

لازم به یادآوری است، کلیه اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای باید الزامات مصالح مطابق مبحث ۳ مقررات ملی ساختمان‌های ایران را برآورده کنند.

فصل ششم

الزامات طراحی سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر

در این فصل الزامات طراحی لرزه‌ای ساختمان‌های بیمارستانی با استفاده از سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر مانند سیستم‌های جداساز لرزه‌ای و مستهلک‌کننده‌های انرژی (میراگرها) ارائه شده است. این سیستم‌ها بارهای لرزه‌ای انتقال یافته از زمین به ساختمان یا پاسخ ساختمان را کنترل می‌نمایند. در هر دو حالت، رویکرد این است که به جای اتکا بر مقاومت اعضا برای محافظت از ساختمان، به ساختمان اجازه "همراهی با حرکت" یا استهلاک انرژی ورودی در حین حرکت داده شود. باتوجه به اینکه بیمارستان‌ها (به خصوص گروه ۱ تا ۳) با هدف خدمت‌رسانی بی‌وقفه در هنگام زلزله با سطح خطر لرزه ای ۱ طراحی می‌شوند، سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر به منظور طراحی بیمارستان‌های ایمن و مقاوم توصیه می‌شوند.

۶-۱- الزامات طراحی بیمارستان‌های مجهز به جداساز لرزه‌ای

۶-۱-۱- معرفی

جداساز لرزه‌ای یک مفهوم طراحی است که با جدا کردن ساختمان از زمین و طولانی کردن زمان تناوب، حرکات زلزله در روسازه را کاهش می‌دهد. این کار با قرار دادن ساختمان روی جداسازها انجام می‌شود که انتقال حرکت زمین را به شدت کاهش می‌دهد. در نتیجه، اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای در معرض سطوح لرزه‌ای کاهش یافته قرار می‌گیرند. بنابراین این سیستم برای ساختمان‌های ضروری، همچون بیمارستان‌ها که لازم است در هنگام وقوع زلزله سطح ۱ قابلیت خدمت‌رسانی خود را حفظ کنند، مناسب است.

هر سازه جداسازی شده و هر قسمت از آن باید مطابق با الزامات این بند و سایر الزامات مربوط در این دستورالعمل، طراحی و ساخته شود. سامانه جداسازی لرزه‌ای علاوه بر خود جداسازها، شامل سیستم‌های قید و مهار در برابر حرکات ناشی از باد، دستگاه‌های محدودکننده جابجایی و سیستمهای تکمیلی اتلاف انرژی (میراگرها) است. این سیستم‌ها در ترازی از سازه که با تراز جداسازی معرفی می‌شوند قرار می‌گیرند.

تحلیل سازه‌های جداسازی شده، شامل زیرسازه، جداسازها، و روسازه، باید تغییرات خصوصیات مصالح جداساز لرزه‌ای را در طول عمر پیش بینی شده سازه شامل تغییرات ناشی از گذشت زمان، آلودگی، قرار گرفتن در معرض محیط زیست، نرخ بارگذاری، تغییر سختی لاستیک در بارگذاری و باربرداری متناوب و درجه حرارت در نظر بگیرد.

در طراحی سیستم جداساز توجه به ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ الزامی است. همچنین توجه به ضوابط پیشنهادی در نشریه ۵۲۳ سازمان برنامه و بودجه توصیه می‌گردد.

۶-۱-۲- الزامات عمومی طراحی

اعضا و اجزای سازه‌ای بیمارستان‌ها که در بالای تراز جداساز لرزه‌ای قرار دارند باید الزامات فصل ۵ را رعایت نمایند و براساس الزامات این فصل اصلاح شوند. همچنین برخی از ملاحظات طراحی مربوط به سیستم‌های جداساز در نشریه ۵۲۳ سازمان برنامه و بودجه ضروری ارائه شده است. ملاحظات تکمیلی به شرح زیر می‌باشد:

۶-۱-۲-۱- شرایط محیطی

علاوه بر الزامات مربوط به بارهای قائم و جانبی ناشی از باد و زلزله، سیستم جداساز باید سایر عوامل محیطی مانند تغییرات ناشی از گذشت زمان، خزش، خستگی، دمای محیط و رطوبت یا مواد خارجی مخرب نیز مورد توجه قرار گیرند.

۶-۱-۲-۲- نیروهای باد

سازه جداسازی شده باید در برابر بارهای طراحی باد در تمامی طبقات بالاتر از تراز جداسازی مقاوم باشند. این مقاومت باید از طریق سختی جانبی کافی و مقاومت سیستم جداساز فراهم شود تا تغییرمکان جانبی سیستم جداساز محدود شود.

۶-۱-۲-۳- مقاومت در برابر آتش

سیستم جداساز باید با رعایت ضوابطی مشابه ضوابط ستون‌ها، دیوارها یا سایر اعضای باربر ثقلی قرار گرفته در همان محدوده از سازه، در مقابل آتش محافظت شوند.

۶-۱-۲-۴- نیروی جانبی بازگرداننده

پیکربندی سیستم جداساز باید طوری طراحی شود که در زمان رسیدن به تغییر مکان کل طرح، بتواند حداقل نیروی بازگرداننده ای به میزان 0.025W بیشتر از نیروی جانبی ایجاد شده در۵۰٪ تغییر مکان کل طرح را ایجاد کند. W وزن ساختمان واقع در بالای سیستم جداساز می‌باشد.

۶-۱-۲-۵- قید تغییرمکان

پیکربندی سیستم جداساز نباید به گونه‌ای طراحی شود که مانعی برای تغییرمکان جانبی ناشی از زلزله سطح خطر لرزه‌ای ۲ ایجاد نماید مگر اینکه سازه جداسازی شده مطابق با معیارهای زیر طراحی شود:

۱. پاسخ مربوط به سطح خطر لرزه‌ای ۲ براساس روش دینامیکی غیرخطی (NDP)، صریحا با درنظر گرفتن مشخصه‌های غیرخطی سیستم جداساز و روسازه محاسبه شود.
۲. ظرفیت نهایی سیستم جداساز و اعضای سازه‌ای زیرسازه باید بیش از تقاضای نیرو و تغییرمکان پاسخ تحت سطح خطر لرزه‌ای ۲ باشد.
۳. روسازه باید برای پایداری و تقاضای شکل‌پذیری در سطح خطر لرزه‌ای ۲ کنترل شود.
۴. قید تغییرمکان در جابجایی کمتر از $0.6D_{TM}$ فعال نگردد. D_{TM} تغییرمکان حداکثر کل محاسبه شده از رابطه ۶-۵ می‌باشد.

۶-۱-۲-۶- پایداری در برابر بارهای قائم

هر جزء از سیستم جداساز باید به گونه‌ای طراحی شود که وقتی در معرض تغییرمکان جانبی برابر با D_{TM} قرار گیرد، همچنان تحت بار طراحی قائم پایدار بماند. بار طراحی قائم باید برای حداقل و حداکثر بار قائم و ترکیب بار به صورت زیر محاسبه شود:

۱. متوسط بار قائم: متناظر با ترکیب بار $D+0.5L$، که در آن D بار مرده و L بار زنده است.
۲. حداکثر بار قائم: متناظر با ترکیب بار $1.2D+E_V+E_H+L+0.2S$، که در آن E بار زلزله، اثر بار قائم زلزله $E_V=0.2S_a\,D$، و S بار برف است. پارامترهای سطح خطر لرزه‌ای ۲ باید برای محاسبه E_V و E_H استفاده شوند.
۳. حداقل بار قائم: متناظر با ترکیب بار $0.9D-E_V+E_H$ که در آن پارامترهای سطح خطر لرزه‌ای ۲ باید برای محاسبه E_V و E_H استفاده شوند.

۶-۱-۲-۷- واژگونی

ضریب اطمینان در برابر واژگونی کلی سازه حول تراز جداساز نباید کمتر از ۱.۰ باشد. کلیه شرایط بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای باید برآورده شوند. نیروهای لرزه‌ای برای محاسبه واژگونی باید براساس سطح خطر لرزه‌ای ۲ باشد، و نیروی بازگرداننده قائم باید براساس وزن ساختمان بیمارستان که بالای سیستم جداساز است (W) محاسبه شود.

اگر چه برکنش موضعی هیچیک از اجزای سیستم مطلوب نیست، اما در صورت وجود برکنش، نباید تغییرمکان‌های ناشی از آن باعث تنش بیش از حد یا ناپایداری واحدهای جداساز یا سایر اعضای سازه شود.

۶-۱-۲-۸- بازرسی و تعویض

تمامی موارد زیر باید به عنوان بخشی از برنامه بازرسی بلند مدت و تعویض در نظر گرفته شوند:

۱. باید امکان دسترسی لازم برای بازرسی و تعویض کلیه اجزای سیستم جداسازی وجود داشته باشد.
۲. شرکت‌های دارای صلاحیت از سوی سازمان برنامه و بودجه در این زمینه باید قبل از صدور مجوز استفاده از ساختمان، کنترل‌های نهایی برای اطمینان از شرایط مناسب قسمت‌هایی از سازه و اجزای آن که تراز جداسازی را قطع می‌کنند، به عمل آورد. این کنترل‌ها باید امکان جابجایی آزاد و بدون مانع سازه تا تغییرمکان حداکثر کل را تصدیق کند و اطمینان حاصل نماید که کلیه اجزای قطع کننده تراز جداسازی به نحوی ساخته و اجرا شده‌اند که می‌توانند تغییرمکان حداکثر کل را پذیرا باشند.
۳. ساختمان‌های جداسازی شده باید دارای برنامه پایش، بازرسی و نگهداری سیستم جداساز باشند. این برنامه باید توسط شرکت دارای صلاحیت لازم در این زمینه از سوی سازمان برنامه و بودجه که مسئول طراحی سیستم جداساز هستند، تعیین می‌شود.
۴. بازسازی، تعمیر، یا بهسازی در تراز جداسازی، شامل اجزایی است که آن تراز را قطع می‌کنند. این کار باید توسط شرکت‌های دارای صلاحیت لازم از سوی سازمان برنامه و بودجه هدایت شود.

۶-۱-۲-۹- کنترل کیفیت

برنامه آزمایش کنترل کیفیت برای واحدهای جداساز باید توسط یک شرکت دارای صلاحیت از سوی سازمان برنامه و بودجه که مسئول طراحی سازه است ارائه شود. این برنامه شامل الزامات آزمایش کنترل کیفیت در مرحله تولید است. این برنامه باید با هدف کنترل کلیه عوامل موثر بر عملکرد جداساز تدوین شود. در این زمینه ضوابط و استانداردهای مرتبط ملی در صورت وجود باید رعایت شوند. همچنین الزامات بند ۱۷-۸-۵ استاندارد ASCE/SEI 7 نیز قابل ارجاع می‌باشند.

۶-۱-۲-۱۰- توزیع افقی نیرو در تراز جداساز

بر روی تراز جداساز، یک دیافراگم افقی یا سیستم سازه‌ای نظیر آن برای حفظ پیوستگی سازه نیاز است. این دیافراگم باید از سختی و مقاومت کافی برای انتقال نیروها از یک بخش سازه به بخش دیگر برخوردار باشد. علاوه بر این، دیافراگم افقی باید عملاً رفتار صلب داشته باشد.

۶-۱-۲-۱۱- درز انقطاع

حداقل عرض درز انقطاع بین روسازه و دیوارهای حائل اطراف آن یا سایر موانع ثابت دیگر نباید کمتر از تغییرمکان حداکثر کل D_{TM} باشد.

۶-۱-۲-۱۲- اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای

بخش‌هایی از یک سازه جداسازی شده، اعضای غیرسازه‌ای دائمی و اتصالات آنها، و ادوات مربوط به تجهیزات دائمی که به سازه متصل هستند، باید برای مقاومت در برابر نیروها و تغییرمکان‌های لرزه‌ای در این بند و الزامات کاربردی فصل ۵ و ۶ طراحی شوند.

۶-۱-۲-۱۳- اعضای روسازه

اعضا و اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، یا بخش‌های وابسته به آن‌ها که بر روی یا بالای تراز جداسازی قرار دارند، باید برای مقاومت در برابر کل نیروی لرزه‌ای جانبی که برابر با حداکثر پاسخ دینامیکی عضو یا جزء است طراحی شوند.

۶-۱-۲-۱۴- اعضای قطع‌کننده تراز جداسازی

اعضا و اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، یا بخش‌های وابسته به آن که از تراز جداسازی عبور می‌کنند، باید برای مقاومت در برابر حداکثر تغییرمکان کل طراحی شوند. لازم است ملاحظات اجرایی مندرج در نشریه ۵۲۳ سازمان برنامه و بودجه در این زمینه مورد توجه قرار گیرد.

۶-۱-۲-۱۵- اعضای زیرسازه

اعضا و اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، یا بخش‌های وابسته به آن که پایین تر از تراز جداساز قرار دارند، باید مطابق با الزامات فصل ۵ و ۶ طراحی و اجرا شوند. اعضای پی و شالوده باید در محدوده ارتجاعی قرار گیرد.

۶-۱-۳- خصوصیات اعضای سیستم جداساز لرزه‌ای

۶-۱-۳-۱- انواع اعضای سیستم جداسازی

تمامی اعضای سیستم جداساز باید براساس نوع و اندازه متداول واحدهای جداساز و نوع و اندازه متداول میراگرها، در صورتی که جزئی از سیستم جداساز باشند، طبقه بندی و گروه‌بندی شوند. جداسازهای لاستیکی متشکل از لایه‌های لاستیکی هستند که در حرارت زیاد یکپارچه شده‌اند (برای مشاهده اطلاعات بیشتر در مورد انواع جداسازها به نشریه شماره۵۲۳ سازمان برنامه و بودجه مراجعه کنید). جداسازهای اصطکاکی متشکل از یک یا چند سطح هستند که نسبت به یکدیگر بر روی یک سطح صاف یا منحنی لغزش دارند. همچنین استفاده از طبقه جداسازی شده در پایین طبقات اول به عنوان فیوز سازه‌ای برای کاهش تقاضای لرزه‌ای طبقات جداشده در صورت ارائه مستندات آزمایشگاهی و مطالعات دقیق مجاز است. در این مورد، طبقه جداساز باید بدون کاهش قابل توجه در سختی و مقاومت، حداکثر تغییرمکان جانبی را تحمل نماید.

۶-۱-۳-۲- محدوده مشخصات اعضای سیستم جداساز

محدوه مشخصات اعضای سیستم جداساز باید برای هر عضو سیستم جداساز تعیین شود. محدوده‌ی مشخصات اعضا باید تغییرات تمامی خصوصیات اعضا را مطابق شرایط زیر در بر گیرد:

- اندازه‌گیری با آزمایش روی نمونه واقعی با در نظر گرفتن تغییرات در مشخصات واحد جداساز نمونه ناشی از تغییرات لازم در میزان بار قائم در آزمایش، نرخ بارگذاری یا تأثیرات سرعت درآزمایش ، اثرات حرارت در طول حرکت چرخه‌ای، تاریخچه بارگذاری،کاهش موقتی خصوصیات مکانیکی در بارگذاری چرخه ای تکرار شونده، و دیگر علل بالقوه تغییر در مشخصاتی که توسط آزمایش نمونه واقعی برآورد می‌شود. پروتکل آزمایش باید مطابق با الزامات استانداردهای معتبر همچون نشریه شماره ۵۲۳ سازمان برنامه و بودجه یا مراجع معتبر ملی یا بین‌المللی مورد تایید کارفرما باشد. در هر حال رعایت ضوابط مندرج در نشریات سازمان برنامه و بودجه به عنوان حداقل شرایط لازم خواهد بود.
- رواداری‌های مجاز تعیین شده توسط تولیدکننده که در تعیین معیار پذیرش واحدهای جداساز استفاده شده است مطابق الزامات نشریه ۵۲۳ یا مراجع معتبر ملی یا بین‌المللی مورد تایید کارفرما باشد. در هر حال رعایت ضوابط مندرج در نشریات سازمان برنامه و بودجه به عنوان حداقل شرایط لازم خواهد بود.
- اثرات مربوط به گذشت زمان و اثرات محیطی از جمله خزش، خستگی، آلودگی، دمای محیط و مدت زمان قرار گرفتن در معرض آن دما، و سایش در طول عمر سازه باید مورد بررسی قرار گیرد.

۶-۱-۳-۳- ضرایب اصلاح خصوصیات

ضرایب اصلاح خصوصیات حداکثر و حداقل (λ) به منظور محاسبه تغییرات پارامترهای اسمی طراحی هر نوع واحد جداساز برای اثرات گرمایش ناشی از حرکت دینامیکی چرخه‌ای، سرعت بارگذاری، کاهش موقتی و بازیابی خصوصیات مکانیکی در بارگذاری چرخه‌ای تکرار شونده، تغییرات در مشخصات حین تولید، دما، گذشت زمان، شرایط محیط و آلودگی باید استفاده شوند. هنگامی که داده‌های آزمایش‌های کنترل کیفیت انجام شده توسط تولید کننده را فرد دارای صلاحیت حرفه‌ای تأیید کند، این داده‌ها مجاز به استفاده برای تعیین ضرایب اصلاح خصوصیات خواهند بود، و نیازی به اعمال محدودیت حداکثر و حداقل دو رابطه ۶-۱ و ۶-۲ نیست. هنگامی که داده‌های آزمایش کنترل کیفیت توسط فرد دارای صلاحیت حرفه‌ای تأیید نشود، محدودیت حداکثر و حداقل باید اعمال شود.

ضرایب اصلاح کیفیت (λ) باید برای هر نوع واحد جداساز به دست آیند. هنگامی که این ضرایب به پارامترهای اسمی طراحی اعمال شوند باید کلیه پاسخ‌های هیسترزیس حداکثر در محدوده تقاضا از $\pm 0.5D_M$ تا تغییر مکان حداکثر $\pm D_M$ را در بر بگیرد (پوش مقادیر در این محدوده باشند). تغییر مکان حداکثر (D_M) با استفاده از رابطه ۶-۱۶ محاسبه می‌شود.

برای هر نوع واحد جداساز، ضریب اصلاح حداکثر خصوصیات (λ_{max}) و ضریب اصلاح حداقل خصوصیات (λ_{min}) باید براساس ضرایب اصلاح خصوصیات موردنظر مطابق با معادلات زیر برآورده شوند:

$$\lambda_{\max} = \lambda_{(test,\max)} \times \lambda_{(spec,\max)} \times \left[1+\left(0.75\left(\lambda_{(ae,\max)}-1\right)\right)\right] \geq 1.8 \qquad ۱-۶$$

$$\lambda_{\min} = \lambda_{(test,\min)} \times \lambda_{(spec,\min)} \times \left[1+\left(0.75\left(\lambda_{(ae,\min)}-1\right)\right)\right] \geq 0.6 \qquad ۲-۶$$

که در این روابط $\lambda_{(ae,\max)}$ و $\lambda_{(ae,\min)}$ به ترتیب، ضریب اصلاح خصوصیات برای محاسبه حداکثر و حداقل مقدار خصوصیات موردنظر در جداساز هستند، که برای درنظر گرفتن اثرات گذشت زمان و شرایط محیطی استفاده می‌شوند.

$\lambda_{(test,\max)}$ و $\lambda_{(test,\min)}$ به ترتیب، ضریب اصلاح خصوصیات برای محاسبه حداکثر و حداقل مقدار خصوصیات موردنظر در جداساز هستند، که برای در نظر گرفتن اثرات حرارت، نرخ بارگذاری و کاهش موقتی خصوصیات مکانیکی در بارگذاری چرخه‌ای تکرار شونده استفاده می‌شوند.

$\lambda_{(spec,\max)}$ و $\lambda_{(spec,\min)}$ به ترتیب، ضریب اصلاح خصوصیات برای محاسبه حداکثر و حداقل مقدار خصوصیات موردنظر در جداساز هستند، که برای در نظر گرفتن تغییرات مجاز در میانگین مشخصات ساخت گروهی از جداسازهای هم اندازه استفاده می‌شوند.

چنانچه آزمایش اولیه جداساز بر روی نمونه‌های با مقیاس واقعی انجام شود، مقادیر ضرایب اصلاح خصوصیات باید براساس داده‌های حاصل از آزمایش باشد و نیازی به درنظر گرفتن حدود کران بالا و پایین در معادلات فوق نیست؛ در غیر این صورت، باید از مقدار حاصل از آزمایش‌های مربوط که باید توسط کارخانه تولیدکننده ارائه شود بهره برد. در این شرایط همچنین می‌توان از توصیه‌های سایر مراجع معتبر و مورد تایید کارفرما استفاده نمود.

۶-۱-۳-۴- کرانه بالا و کرانه پایین رفتار نیرو-تغییرشکل اعضای سیستم جداساز

در مدلسازی کرانه بالا و پایین رفتار نیرو-تغییرشکل آن اعضای سیستم جداساز که اساساً رفتار هیسترتیک دارند (همچون واحدهای جداساز) باید از مقادیر حداکثر خصوصیات جداساز براساس ضرایب اصلاح خصوصیات بخش ۶-۱-۳-۶ استفاده شود. کرانه بالا و پایین رفتار نیرو-تغییرشکل آن اعضای سیستم جداساز که اساسا رفتار ویسکوز دارند (همچون میراگرهای ویسکوز) باید مطابق با الزامات بخش ۶-۲ مدل شوند.

۶-۱-۳-۵- خصوصیات سیستم جداساز در تغییرمکان‌های حداکثر

سختی مؤثر سیستم جداساز (K_M) در تغییرمکان حداکثر (D_M) باید با استفاده از کرانه بالا و پایین رفتار نیرو-تغییرشکل واحدهای مستقل جداساز، مطابق با رابطه زیر محاسبه شود:

$$K_M = \frac{\sum \left|F_M^+\right| + \sum \left|F_M^-\right|}{2D_M} \qquad ۳-۶$$

که D_M با استفاده از رابطه ۶-۱۶محاسبه می‌شود.

میرایی مؤثر سیستم جداساز (β_M) در تغییرمکان حداکثر (D_M)باید با استفاده از هر دو کرانه بالا و پایین رفتار نیرو-تغییرشکل واحدهای مستقل جداساز، مطابق با رابطه زیر محاسبه شود:

$$\beta_M = \frac{\sum E_M}{2\pi K_M D_M^2} \qquad ۴-۶$$

که در این رابطه:

$\sum E_M$ = کل انرژی تلف شده طی یک چرخه کامل از پاسخ در تغییرمکان حداکثر D_M

$\sum \left|F_M^+\right|$ = مجموع قدر مطلق نیروها برای تمامی جداسازها متناظر با تغییر مکان مثبت برابر با D_M

$\sum \left|F_M^-\right|$ = مجموع قدر مطلق نیروها برای تمامی جداسازها متناظر با تغییر مکان منفی برابر با D_M

۶-۱-۳-۶- کرانه بالا و پایین مشخصات سیستم جداساز در تغییرمکان حداکثر

تحلیل سیستم جداساز و سازه برای خصوصیات کرانه بالا و پایین باید بطور مجزا انجام شود و مقدار حاکم برای هر پارامتر پاسخ در طراحی استفاده شود. علاوه بر این، الزامات زیر باید در تحلیل در نظر گرفته شود:

- در روش استاتیکی معادل به منظور تعیین حداقل نیروها و جابجایی‌ها در تحلیل دینامیکی، متغیرها باید برای کرانه بالا و پایین مشخصات سیستم جداساز به طور مستقل محاسبه شوند.
- محدودیت‌های لازم برای V_S، برای هر دو حالت کرانه بالا و پایین مشخصات سیستم جداساز باید به طور جداگانه محاسبه شده، و بحرانی‌ترین حالت در نظر گرفته شود.
- در روش استاتیکی معادل به منظور تعیین حداقل نیروهای برشی طبقه در تحلیل طیفی، توزیع نیروی قائم باید برای کرانه بالا و پایین خصوصیات سیستم جداساز به طور مستقل محاسبه شوند. برای این امر نیاز به محاسبه مستقل F_1، F_x و k است که این پارامترها در بخش ۶-۱-۶-۴ تعریف شده‌اند.

۶-۱-۴- انتخاب روش تحلیل

روش تحلیل باید با توجه به محدودیت‌های مندرج در این بخش انتخاب شود.

۶-۱-۴-۱- روش مستقیم طراحی بر اساس تغییرمکان

روش مستقیم طراحی براساس تغییرمکان برای طراحی ساختمان‌های جداسازی شده لرزه‌ای در صورتی مجاز است که سازه طراحی شده با استفاده از این روش با استفاده از روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی نیز تأیید شود. توصیه می‌شود از این روش به عنوان یک روش سریع برای طراحی مقدماتی سازه استفاده شده و صحت آن با استفاده از تحلیل‌های پیشرفته‌تر سنجیده شود.

۶-۱-۴-۲- روش استاتیکی خطی (LSP)

روش استاتیکی خطی می‌تواند برای طراحی ساختمان‌های جداسازی شده به کار برده شود به شرطی که کلیه معیارهای زیر تأمین شوند:

۱. ساختمان بیمارستان روی زمین خاک نوع I، II یا III مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ایران قرار گرفته باشد؛
۲. زمان تناوب مؤثر سازه جداسازی شده در تغییرمکان حداکثر (D_M) برای سطح خطر لرزه‌ای مورد نظر کمتر یا برابر با ۵ ثانیه باشد.
۳. سازه بالای تراز جداسازی دارای حداکثر ۴ طبقه یا ارتفاع سازه‌ای ۲۰ متر از تراز پایه باشد.
۴. میرایی مؤثر سیستم جداساز در تغییرمکان حداکثر (D_M) کمتر یا مساوی با ۳۰٪ باشد.
۵. زمان تناوب مؤثر سازه جداسازی شده (T_M) از سه برابر زمان تناوب ارتجاعی سازه بالای سیستم جداساز با تکیه‌گاه گیردار، که با استفاده از تحلیل مودال تعیین می‌شود، بزرگتر باشد.
۶. سازه بالای سیستم جداساز فاقد نامنظمی‌های سازه‌ای مطابق با تعریف بند ۵-۳-۲-۴ باشد.
۷. سیستم جداساز واجد تمامی ضوابط زیر باشد:

- سختی مؤثر سیستم جداساز در تغییرمکان حداکثر (D_M) برای سطح خطر لرزه‌ای مورد نظر از یک سوم سختی مؤثر در تغییرمکانی برابر با ۲۰٪ تغییرمکان حداکثر (D_M) بزرگتر باشد.
- سیستم جداساز قابلیت ایجاد نیروی بازگرداننده مطابق با بخش ۶-۱-۲ را داشته باشد.
- سیستم جداساز، تغییرمکان در سطح خطر مورد نظر را به مقداری کمتری از تغییرمکان حداکثر محدود نکند.

۶-۱-۴-۳- روش دینامیکی خطی (LDP)

۶-۱-۴-۳-۱- روش تحلیل طیفی

روش تحلیل طیفی برای طراحی سازه جداسازی شده لرزه‌ای در صورتی می‌تواند استفاده شود که سازه، ساختگاه، و سیستم جداساز موارد ۱، ۲، ۳، ۴و۶ در بند ۶-۱-۴-۲، را رعایت نمایند.

۶-۱-۴-۳-۲- روش تحلیل تاریخچه زمانی

روش تحلیل تاریخچه زمانی برای طراحی سازه جداسازی شده لرزه‌ای در صورتی می‌تواند استفاده شود که سازه، ساختگاه، و سیستم جداساز موارد ۱، ۲، ۳، ۴و ۶ در بند ۶-۱-۴-۲ را رعایت نمایند.

۶-۱-۴-۴- روش دینامیکی غیرخطی (NDP)

روش تحلیل دینامیکی غیرخطی برای طراحی هر گونه سیستم جداسازی شده لرزه‌ای مجاز است و برای طراحی تمام سازه‌های جداسازی شده لرزه‌ای که معیارهای بند ۶-۱-۴-۲ را رعایت نمی‌کنند، الزامی است.

۶-۱-۵- روش مستقیم طراحی بر اساس تغییر مکان

در این بخش ملزومات روش طراحی مستقیم طراحی براساس تغییرمکان که یک روش طراحی ساده برای تخمین برش پایه طراحی سازه جداسازی شده می‌باشد ارائه شده است. روند کلی طراحی در شکل ۶-۱ نشان داده شده که در آن باید مراحل زیر دنبال شود:

برش پایه طراحی از رابطه ۶-۵ به دست می‌آید:

$$V_{db} = K_e \Delta_d \qquad ۵-۶$$

در رابطه فوق Δ_d تغییرمکان طراحی سازه بیمارستان است که از ترکیب تغییرمکان طراحی سازه بالای تراز جداساز ($\Delta_{d,s}$) و تغییرمکان طراحی سیستم جداساز ($\Delta_{d,is}$) بدست می‌آید:

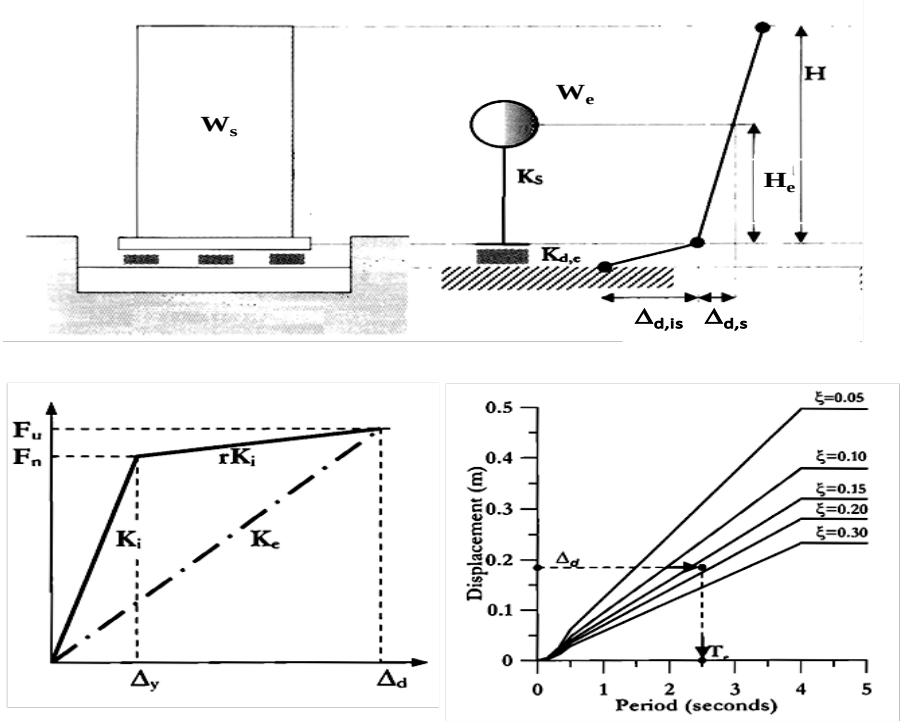
$$\Delta_d = \Delta_{d,s} + \Delta_{d,is} \qquad ۶-۶$$

که $\Delta_{d,s}$ باید با فرض اینکه سازه بالای تراز جداساز الزامات زیر را برآورده کند، بدست آید:

۱. تغییرمکان نسبی حداکثر سازه بالای تراز جداساز نباید کمتر از مقدار $\theta_y H_e$ باشد، که θ_y تغییرمکان نسبی تسلیم سازه بالای تراز جداساز و H_e برابر با ارتفاع معادل سازه است، که طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H_e = \frac{\sum_{j=1}^{n} W_j \Delta_j H_j}{\sum_{j=1}^{n} W_j \Delta_j} \qquad ۷-۶$$

که در این رابطه W_j و H_j به ترتیب، وزن موثر لرزه‌ای و ارتفاع طبقه jام و Δ_j تغییرمکان تسلیم آن طبقه می‌باشد.



شکل ۶-۱ اصول روش مستقیم طراحی بر اساس تغییرمکان سازه جداسازی شده لرزه‌ای [۲۹]

۲. برای بیمارستان‌هایی که دارای هدف عملکردی خدمت‌رسانی بی‌وقفه هستند، تغییرمکان سازه باید با محدوده تغییرمکان نسبی عملکرد مورد نظر اجزای غیرسازه‌ای مطابقت داشته باشد.

در رابطه ۶-۶، $\Delta_{d,is}$ تغییرمکان طراحی تراز جداساز است که باید با در نظرگرفتن دو الزام زیر محاسبه شود:

۱. ظرفیت تغییرمکان سیستم جداساز، که باید براساس ملاحظات مربوط به ظرفیت سیستم جداساز محاسبه شود.
۲. تغییرمکان کل سازه در بام (تغییر مکان جداساز+ تغییر مکان بام در روسازه) نباید از محدوده‌ای که معمولاً با فاصله مجاز از ساختمان‌های مجاور تعریف می‌شود، تجاوز نماید.

K_e= سختی مؤثر سازه که به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$K_e = \frac{4\pi^2 W_e}{T_e^2 g} \qquad ۸-۶$$

W_e= وزن مؤثر سازه که در مود اصلی ارتعاش مشارکت دارد و به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$W_e = \frac{\sum_j W_j \Delta_j}{\Delta_d} \qquad ۹-۶$$

که در این رابطه، W_j و Δ_j به ترتیب، جرم و تغییرمکان کل طبقه j ام و Δ_d تغییرمکان معادل سازه جداسازی شده می‌باشد.

T_e= زمان تناوب مؤثر سازه در پاسخ تغییرمکان حداکثر (Δ_d) محاسبه شده در ارتفاع مؤثر H_e می‌باشد. T_e باید با استفاده از طیف تغییرمکان غیرارتجاعی شرح داده شده در بخش ۶-۱-۵-۱ تخمین زده شود.

۶-۱-۵-۱- طیف تغییرمکان غیرارتجاعی

طیف تغییرمکان غیرارتجاعی باید از طیف طراحی ارتجاعی با اعمال ضریب اصلاح R_β، به شرح زیر حاصل شود:

$$S_{d,in} = S_{de}\, R_\beta \qquad ۱۰-۶$$

S_{de}= طیف طراحی تغییرمکان برای میرایی ۵٪ که از طیف شتاب طرح بر اساس اصول دینامیک سازه بدست می‌آید؛

$$R_\beta = \sqrt{0.1/(0.05+\beta_i)} \qquad ۱۱-۶$$

β_iمیرایی ویسکوز معادل جداساز است که از رابطه ۶-۱۲ به‌دست می‌آید.

۶-۱-۵-۲- میرایی ویسکوز معادل

میرایی ویسکوز معادل سازه باید با محاسبه میرایی واحد جداساز و ترکیب آن با پاسخ سازه‌ای به شرح زیر بدست آید:

$$\beta_{ed} = \frac{\beta_s\, \Delta_{d,s} + \beta_i\, \Delta_{d,is}}{\Delta_{d,s} + \Delta_{d,is}} \qquad ۱۲-۶$$

$\Delta_{d,s}$ = تغییرمکان طراحی سازه بالای تراز جداساز و $\Delta_{d,is}$ تغییرمکان طراحی سیستم جداساز،

β_s = میرایی ویسکوز معادل سازه بالای تراز جداساز که می‌تواند ۵٪ فرض شود.

β_i = میرایی ویسکوز معادل سیستم جداساز. محدوده $\boldsymbol{\beta_i}$برای هر نوع جداساز را می‌توان از جدول ۶-۱ استخراج کرد.

جدول ۶-۱ محدوده میرایی ویسکوز معادل برای انواع جداسازها

نوع جداساز	β_i به درصد محدوده	R_β
LDRB: جداسازی لاستیکی با میرایی کم	5 – 7	0.90 – 1.0
HDRB: جداسازی لاستیکی با میرایی بالا	15 – 20	0.60 – 0.65
LRB: جداسازی لاستیکی با هسته سربی	20 – 30	0.45 – 0.6
FPS: جداسازی اصطکاکی پاندولی	15 – 25	0.50 – 0.65

۶-۱-۵-۳- توزیع نیروی جانبی

نیروی برش پایه باید به شرح زیر در تراز طبقات توزیع شود،

$$F_j = V_{db} \frac{W_j \Delta_j}{\sum_{j=1}^{n} W_j \Delta_j} \qquad ۱۳\text{-}۶$$

۶-۱-۶- روش استاتیکی خطی (LSP)

۶-۱-۶-۱- خصوصیات تغییرشکل سیستم جداساز

حداقل نیروها و تغییرمکان‌های جانبی طراحی تحت زلزله در سازه‌های جداسازی شده باید براساس مشخصات تغییرشکل سیستم جداساز باشد. مشخصات تغییرشکل سیستم جداساز باید شامل اثرات سیستم‌های قید و مهار در برابر حرکات ناشی از باد و سیستم‌های اتلاف انرژی (میراگرها) باشد. خصوصیات تغییرشکل سیستم جداساز باید بر اساس آزمایش‌های متناسب در ضوابط ملی یا بین المللی مانند بخش ۱۷-۸ استاندارد ASCE / SEI7 تعیین شود.

تحلیل سیستم جداساز و سازه باید به طور مجزا برای خصوصیات کرانه بالا و کرانه پایین انجام شود، و حالت حاکم برای هر پارامتر پاسخ مورد نظر باید برای طراحی استفاده شود.

تغییرمکان‌های سیستم جداساز باید در هر سطح خطر لرزه‌ای مورد نظر با استفاده از روابط بخش‌های بعدی کنترل شوند.

۶-۱-۶-۲- حداقل تغییر مکان‌های جانبی

۶-۱-۶-۲-۱- تغییرمکان حداکثر

سیستم جداساز باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود تا حداقل ظرفیتی برای تحمل حداکثر تغییرمکان (D_M) را داشته باشد. این تغییرمکان با استفاده از خصوصیات کرانه بالا و پایین (تعریف شده در بند ۶-۱-۳)، در بحرانی‌ترین راستای پاسخ افقی تعیین، و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$D_M = \frac{S_{a1} T_M T_1}{4\pi^2 B_M} \qquad ۱۴\text{-}۶$$

S_{a1}= شتاب طیفی در زمان تناوب $T_1 = 1$ ثانیه در سطح خطر لرزه‌ای ۲ برای میرایی ۵٪. تغییرمکان محاسبه شده باید متناظر با واحد S_a باشد.

T_M= زمان تناوب مؤثر سازه جداسازی لرزه‌ای شده در تغییرمکان D_M در راستای مورد نظر مطابق رابطه ۶-۱۵

T_1= زمان تناوب برابر با یک ثانیه

B_M = ضریب تعدیل ناشی در رابطه ۴-۲ که برای میرایی مؤثر سیستم جداساز در تغییرمکان D_M تعریف شده است.

۶-۱-۶-۲-۲- زمان تناوب موثر در حداکثر تغییرمکان

زمان تناوب مؤثر سازه جداسازی شده، T_M، در تغییرمکان حداکثر D_M باید براساس خصوصیات تغییرشکلی کرانه بالا و پایین سیستم جداساز (بند ۶-۱-۳-۴) و رابطه زیر تعیین شود:

$$T_M = 2\pi\sqrt{W/K_M\, g} \qquad ۱۵\text{-}۶$$

W= وزن مؤثر لرزه‌ای سازه بالای تراز جداسازی می‌باشد که در فصل ۵ تعریف شده است.

K_M = سختی مؤثر سیستم جداساز در تغییرمکان حداکثر D_M که در رابطه ۶-۳ تعریف شده است.

۶-۱-۶-۲-۳- تغییرمکان حداکثر کل

تغییرمکان حداکثر کل (D_{TM}) اعضای سیستم جداساز باید شامل تغییرمکان واقعی محاسبه شده از توزیع مکانی سختی جانبی سیستم جداساز و تغییر مکان اضافی ناشی از پیچش اتفاقی در بحرانی‌ترین حالت خروج از مرکزیت جرم باشد.

تغییرمکان حداکثر کل (D_{TM}) اعضای سیستم جداساز نباید کمتر از حد تعیین شده در رابطه زیر باشد:

$$D_{TM} = D_M\left[1+\left(\frac{y}{P_T^2}\right)\frac{12e}{b^2+d^2}\right] \geq 1.15D_M \qquad ۱۶\text{-}۶$$

D_M = تغییرمکان حداکثر در مرکز سختی سیستم جداساز در راستای موردنظر مطابق با رابطه ۶-۱۴ می‌باشد.

y = فاصله بین مرکز سختی سیستم جداساز و عضو مورد نظر، اندازه‌گیری شده در جهت عمود بر راستای بارگذاری لرزه‌ای مورد نظر

e = خروج از مرکزیت واقعی بین مرکز جرم سازه بالای تراز جداساز و مرکز سختی سیستم جداساز، به علاوه خروج از مرکزیت اتفاقی با مقداری برابر ۵٪ بلندترین بعد پلان سازه عمود بر راستای نیروی مورد نظر

d = بلندترین بعد پلان ساختمان بیمارستان

b = کوتاه‌ترین بعد پلان ساختمان بیمارستان اندازه‌گیری شده عمود بر بعد d

P_T = نسبت زمان تناوب انتقالی مؤثر سیستم جداساز به زمان تناوب پیچشی مؤثر آن که از تحلیل دینامیکی یا طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود، اما لازم نیست کمتر از ۱/۰ درنظر گرفته شود:

$$P_T = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i^2 + y_i^2\right)}{N}} \qquad ۱۷-۶$$

y_i و x_i = فاصله افقی مرکز جرم تا واحد جداساز i ام در دو محور افقی سیستم جداساز.

N = تعداد واحدهای جداساز

r = شعاع ژیراسیون سیستم جداساز برای سیستم‌های جداساز با پلان مستطیلی به ابعاد $b \times d$ برابر با $\left(\left(b^2 + d^2\right)/12\right)^{1/2}$

۶-۱-۶-۳- حداقل نیروی جانبی

۶-۱-۶-۳-۱- سیستم جداساز و اعضای سازه‌ای زیر تراز جداسازی

سیستم جداساز، پی، و تمامی اعضای سازه‌ای زیر سیستم جداساز باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که حداقل قادر به تحمل نیروی جانبی لرزه‌ای (V_b) مطابق با کلیه الزامات سازه بدون جداساز لرزه‌ای بوده که طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_b = K_M\, D_M \qquad ۱۸-۶$$

K_M = سختی مؤثر سیستم جداساز در تغییرمکان D_M

D_M = تغییرمکان حداکثر در مرکز سختی سیستم جداساز در راستای مورد نظر

V_b در هر تغییرمکان از جمله تغییرمکان طراحی نباید از نیروی حداکثر در سیستم جداساز کمتر در نظر گرفته شود.

نیروهای واژگونی در اعضای سیستم جداساز، پی، و اعضای سازه‌ای زیر تراز جداساز که توسط نیروی جانبی لرزه‌ای V_b ایجاد شده‌اند، باید مطابق با توزیع قائم نیروی جانبی در بخش ۶-۱-۶-۴ باشند، مگر این‌که نیروی طراحی جانبی لرزه‌ای کاهش نیافته V_{st} به جای V_s در رابطه ۶-۲۲ استفاده شود.

۶-۱-۶-۳-۲- اعضای سازه‌ای روسازه

روسازه (سازه بالای سیستم جداساز) باید با استفاده از کلیه الزامات سازه بدون جداساز لرزه‌ای شده حداقل برای نیروی برشی (V_s)، که با استفاده از خصوصیات کرانه بالا و پایین سیستم جداساز تعیین می‌شود، طراحی و اجرا شود:

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_I} \qquad ۱۹-۶$$

R_I = ضریب عددی مربوط به نوع سیستم مقاوم در برابر بار جانبی روسازه می‌باشد. ضریب R_I باید بر اساس سیستم مقاوم در برابر بار جانبی استفاده شده برای روسازه و برابر با $\left(3/8\right)R_u$ مطابق با جدول ۵-۱ در نظر گرفته شود. این مقدار نباید بیشتر از ۲/۰ و کمتر از ۱/۰ باشد. مقدار R_I در صورتی مجاز است بیش از ۲/۰ باشد، که مقاومت روسازه در راستای مورد نظر کمتر از $1.1V_b$ نباشد. این مقاومت باید توسط تحلیل استاتیکی غیرخطی در تغییرمکان بام متناظر با حداکثر تغییرمکان نسبی بدست آید، که کمترین مقدار تغییرمکان نسبی سطح خطر لرزه‌ای ۲ یا $0.015h_{SX}$ می‌باشد.

V_{st} = کل نیروی طراحی جانبی لرزه‌ای کاهش نیافته و یا برش اعضای بالاتر از تراز پایه، که با استفاده از رابطه ۶-۲۰ با استفاده از کرانه بالا و پایین خصوصیات سیستم جداساز تعیین شده است:

$$V_{st} = V_b\left(\frac{W_s}{W}\right)^{(1-2.5\beta_m)} \qquad ۶-۲۰$$

که در این رابطه:

W = وزن مؤثر لرزه‌ای روسازه براساس استاندارد ۲۸۰۰، بند ۳-۱-۱-۱ و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران.

W_s = وزن مؤثر لرزه‌ای روسازه، به استثنای وزن مؤثر لرزه‌ای تراز پایه. در صورتیکه فاصله متوسط تراز پایه تا تراز جداساز بیش از ۱ متر باشد، W_s باید برابر W در نظر گرفته شود.

β_m = میرایی مؤثر سیستم جداساز که در رابطه ۶-۴ تعریف شده است.

برای سیستم‌های جداساز که رفتار چرخه‌ای آنها توسط یک انتقال ناگهانی از حالت خطی به غیرخطی یا از پیش لغزش به پس لغزش مشخص می‌شود، جمله $\left(1-2.5\beta_m\right)$ باید با $\left(1-3.5\beta_m\right)$ جایگزین شود.

مقدار V_s نباید کمتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

۱. نیروی جانبی لرزه‌ای برای سازه با تکیه‌گاه گیردار با وزن مؤثر لرزه‌ای مشابه، W_s، و زمان تناوب معادل زمان تناوب سیستم جداساز با استفاده ازمشخصات کرانه بالا T_M.
۲. برش پایه متناظر با بار طراحی باد ضریب‌دار
۳. نیروی جانبی لرزه‌ای V_{st} یا V_b معادل با نیروی مورد نیاز برای فعال‌سازی کامل سیستم جداساز با فرض کرانه بالای خصوصیات یا مقدار زیر، هر کدام که بیشتر باشد.
   - ۱/۵ برابر خصوصیات اسمی در هنگام تسلیم سیستم
   - ظرفیت نهایی سیستم مهارکننده باد
   - نیروی فعال‌کننده لغزش در سیستم جداساز اصطکاکی
   - نیرو در تغییرمکان صفر در سیستم جداساز اصطکاکی، بعد از یک حرکت چرخه‌ای دینامیکی کامل در D_M

۶-۱-۶-۴- توزیع نیروها در ارتفاع

نیروی جانبی لرزه‌ای V_S باید در ارتفاع سازه‌ی بالای تراز پایه با استفاده از کرانه بالا و پایین خصوصیات سیستم جداساز (بند ۶-۱-۳-۴) مطابق با رابطه زیر توزیع شود:

$$F_1 = \frac{V_b - V_{st}}{R_I} \qquad ۲۱-۶$$

$$F_x = \frac{w_x\, h_x^k}{\sum_{i=2}^{n} w_i\, h_i^k} V_S \qquad ۲۲-۶$$

$$k = 14\,\beta_M\, T_{fb} \qquad ۲۳-۶$$

F_1 = نیروی جانبی لرزه‌ای اعمال شده در تراز طبقه ۱، تراز پایه؛

F_x = نیروی جانبی لرزه‌ای اعمال شده در تراز طبقه x، x > 1 ؛

V_S = کل نیروی طراحی جانبی لرزه‌ای و یا برش در کل اعضای بالاتر از تراز پایه؛

W_i و W_x = بخشی از W که در ترازهای i یا x قرار دارند

h_i و h_x = ارتفاع از بالای تراز جداساز تا تراز i یا x

T_{fb} = زمان تناوب اصلی سازه بالای تراز جداساز با در فرض گیردار بودن پایه ساختمان با استفاده از تحلیل مودال

β_M = میرایی مؤثر سیستم جداساز تعریف شده با رابطه ۶-۴؛

R_I = ضریب عددی مرتبط با نوع سیستم باربر لرزه‌ای روی سیستم جداساز که در بند ۶-۱-۶-۳-۲ تعریف شده است.

در هر تراز x، نیروی F_x باید مطابق با توزیع جرم در آن تراز، بر روی پلان سازه اعمال شود.

۶-۱-۶-۵- حد تغییر مکان نسبی

حداکثر تغییرمکان نسبی هر طبقه روسازه باید کمتر از ۰.۰۱۵ ارتفاع آن طبقه باشد. تغییرمکان نسبی باید با رابطه ۵-۴ با درنظر گرفتن C_d برای سازه جداسازی شده متناظر با R_I که در بخش ۶-۱-۶-۳-۲ تعریف شده، محاسبه شود.

۶-۱-۷- روش دینامیکی خطی

۶-۱-۷-۱- مدلسازی

۶-۱-۷-۱-۱- سیستم جداساز

سیستم جداساز باید با جزئیات کافی مدل شود تا تمامی موارد زیر در مدل لحاظ گردد:

- توزیع مکانی واحدهای جداساز
- حرکات جانبی، در هر دو راستای افقی، و پیچش سازه بالای تراز جداسازی با توجه به بحرانی ترین موقعیت خروج از مرکزیت جرم.
- نیروهای واژگونی و برکنش در واحدهای مستقل جداساز.
- اثرات بار قائم، بار دو جهته، و نرخ بارگذاری چنانچه خصوصیات نیرو-تغییرشکل سیستم جداساز به یک یا چند مورد از این خصوصیات بستگی دارد.

الزامات نشریه ۵۲۳ می‌تواند به عنوان راهنمای تعیین خصوصیات مکانیکی سیستم‌های جداساز مختلف استفاده شود. همچنین ملاحظات مندرج در نشریه یاد شده در مدل سازی باید مورد توجه قرار گیرد.

تغییرمکان حداکثر کل، D_{TM}، باید با استفاده از مدلی از سیستم جداساز که خصوصیات نیرو-تغییرشکل غیرخطی اعضای سیستم جداساز و سیستم مقاوم در برابر بار جانبی را شامل شود، محاسبه گردد.

۶-۱-۷-۱-۲- سازه جداسازی شده

در صورتی که تمام اعضای سیستم باربر لرزه‌ای روسازه کاملاً ارتجاعی بمانند، محاسبه تغییرمکان حداکثر هر طبقه و نیروهای طراحی و تغییرمکان اعضای سیستم باربر لرزه‌ای با استفاده از مدل ارتجاعی خطی مجاز می‌باشد.

سیستم‌های باربر لرزه‌ای با اعضای اساساً ارتجاعی شامل سیستم‌های سازه‌ای منظمی هستند که برای نیروی جانبی بیشتر یا مساوی با V_S مطابق با رابطه ۶-۱۹ طراحی می‌شوند.

تحلیل سیستم جداساز و سازه باید به طور مجزا با در نظر گرفتن کرانه بالا و پایین خصوصیات جداساز انجام شود، و بحرانی‌ترین حالت باید برای هر پارامتر پاسخ مورد نظر برای طراحی استفاده شود.

۶-۱-۷-۲- روش تحلیل طیفی

در تحلیل طیفی مقدار میرایی مودال در مود اصلی در راستای مورد نظر باید از دو مقدار میرایی مؤثر سیستم جداساز، یا ۳۰٪ مقدار بحرانی، کمتر باشد. میرایی در مودهای بالاتر باید مطابق با مواردی باشد که برای تحلیل طیفی روسازه با فرض تکیه‌گاه گیردار مناسب باشد.

تحلیل طیفی که به منظور تعیین تغییرمکان حداکثر کل استفاده می‌شود باید شامل تحریک همزمان افقی مدل با ۱۰۰٪ حرکت زمین در راستای بحرانی و ۳۰٪ حرکت زمین در راستای عمود بر آن باشد. حداکثر تغییرمکان سیستم جداساز باید براساس جمع برداری تغییرمکان‌ها در دو راستای متعامد محاسبه شود.

۶-۱-۷-۳- روش تحلیل تاریخچه زمانی

تحلیل تاریخچه زمانی باید برای مجموعه‌ای از زوج شتاب نگاشت‌ها که مطابق با بند ۴-۲-۵ انتخاب و مقیاس شده‌اند، انجام شود. هر زوج مؤلفه‌های حرکت زمین باید به طور همزمان با توجه به بحرانی‌ترین موقعیت خروج از مرکزیت جرم به مدل اعمال شود. تغییرمکان حداکثر سیستم جداساز باید براساس جمع برداری تغییرمکان‌ها در دو راستای متعامد در هر گام زمانی محاسبه شود.

پارامترهای مورد نظر باید برای هر شتاب نگاشت مورد استفاده برای تحلیل تاریخچه زمانی محاسبه و باید مقدار متوسط (یا حداکثر بسته به تعداد شتابنگاشت‌های استفاده شده) پارامتر پاسخ موردنظر برای طراحی در نظر گرفته شود.

برای محل‌هایی که به عنوان حوزه نزدیک به گسل شناخته می‌شوند، هر زوج مؤلفه حرکت افقی زمین باید به راستای موازی و عمود برگسل‌های مسبب چرخانده شوند و به سازه اعمال شوند. در سایر حالات لازم نیست، زوج‌های مجزا از مؤلفه‌های شتاب نگاشت در جهت‌های متعامد متنوع اعمال شوند.

پاسخ پیچشی ناشی از عدم تقارن در جرم و سختی باید در این تحلیل لحاظ شود. به علاوه، خروج از مرکزیت اتفاقی شامل جابجایی مرکز جرم از موقعیت محاسبه شده به مقدار معادل ۵٪ بعد دیافراگم، به طور مجزا در هر دو راستای متعامد در هر تراز مورد نظر باید لحاظ گردد.

به جای در نظر گرفتن اثرات خروج از مرکزیت اتفاقی با تغییر محل مرکز جرم، برای تشدید نیروها، تغییرمکان‌های نسبی، و تغییرشکل‌های تعیین شده از تحلیل، می‌توان محل مرکز جرم را تغییر نداد و از ضرایب تشدید استفاده نمود به شرطی که ضرایب مورد استفاده در تشدید نیروها، تغییرمکان‌های نسبی، وتغییرشکل‌ها، بیانگر نتایجی باشند که تمامی موارد حاصل از خروج از مرکزیت جرم را پوشش دهد.

۶-۱-۷-۴- نیروها و تغییرمکان‌های حداقل

۶-۱-۷-۴-۱- سیستم جداساز و اعضای سازه‌ای زیر تراز پایه

سیستم جداساز، پی، و تمامی اعضای سازه‌ای زیر تراز پایه باید برای الزامات مناسب برای سازه جداسازی نشده و نیروهای کاهش نیافته بدست آمده از تحلیل دینامیکی طراحی شوند، اما نیروی جانبی طراحی نباید طبق رابطه ۶-۱۸ از $0.9V_b$ کمتر در نظر گرفته شود.

تغییرمکان حداکثر کل سیستم جداساز نباید کمتر از ۸۰ درصد D_{TM} باشد مگر آنکه مجاز به استفاده از D'_M به جای D_M باشیم:

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1+\left(T/T_M\right)^2}} \qquad ۲۴\text{-}۶$$

که T زمان تناوب ارتجاعی سازه با فرض تکیه‌گاه گیردار در روسازه می‌باشد.

۶-۱-۷-۴-۲- اعضای سازه‌ای بالای تراز پایه

اعضای سازه‌ای بالای تراز پایه باید با استفاده از الزامات مربوط به سازه بدون جداساز لرزه‌ای و نیروهای حاصل از تحلیل دینامیکی که با ضریب R_I کاهش یافته‌اند، طراحی شوند. در تحلیل طیفی، برش طراحی در هر طبقه نباید کمتر از برش طبقه حاصل از نیروهای محاسبه شده با استفاده از رابطه ۶-۱۸ و مقدار V_b معادل برش پایه حاصل از تحلیل طیفی در راستای مورد نظر باشد.

در تحلیل تاریخچه زمانی سازه‌های منظم و نامنظم، مقدار V_b به ترتیب نباید کمتر از ۸۰٪ و ۱۰۰٪ از مقدار تعیین شده مطابق با بخش ۶-۱-۶ در نظرگرفته شود. برای هر دو گروه سازه‌های منظم و نامنظم، مقدار V_S نباید کمتر از ۱۰۰٪ محدوده تعیین شده در بخش ۶-۱-۶ در نظرگرفته شود.

۶-۱-۷-۴-۳- مقیاس کردن نتایج

زمانی که نیروی برش جانبی ضریب‌دار در سازه‌ای که با استفاده از روش طیفی یا تاریخچه زمانی تعیین شده است، کمتر از مقادیر حداقل باشد، تمامی پارامترهای طراحی باید به طور متناسب افزایش داده شوند.

۶-۱-۷-۴-۴- حد تغییر مکان نسبی

حداکثر تغییرمکان نسبی طبقه متناظر با نیروی جانبی طراحی شامل تغییرمکان ناشی از تغییرشکل قائم سیستم جداساز باید الزامات زیر را اقناع نمایند:

۱. زمانی که از تحلیل طیفی استفاده می‌شود، حداکثر تغییرمکان نسبی طبقه‌ی سازه‌ی روسازه نباید از $0.015h_{SX}$ بیشتر شود.

۲. زمانی که از تحلیل تاریخچه زمانی براساس ویژگی‌های نیرو-تغییرشکل اعضای غیرخطی سیستم باربر لرزه‌ای استفاده می‌شود، حداکثر تغییرمکان نسبی طبقه در روسازه نباید از $0.02\,h_{SX}$ بیشتر شود.

تغییرمکان نسبی باید با استفاده از رابطه ۵-۴ با ضریب C_d سازه جداسازی شده که معادل با R_I اختیار می‌شود محاسبه گردد.

اگر نسبت تغییرمکان نسبی طبقه از $0.01/R_I$ بیشتر شود، اثرات ثانویه حداکثر تغییرمکان جانبی سازه‌ی بالای سیستم جداساز به همراه نیروهای ثقلی باید بررسی شود.

۶-۱-۸- روش دینامیکی غیرخطی

ساختمان‌های جداسازی شده لرزه‌ای که با استفاده از روش دینامیکی غیرخطی طراحی می‌شوند باید به صورت سه بعدی با درنظر گرفتن ویژگی‌های غیرخطی هر دو سیستم جداساز و سازه بالای سیستم جداساز مدلسازی شوند، مگر اینکه سازه بالای سیستم جداساز اساسا رفتار ارتجاعی خطی داشته باشد.

روش دینامیکی غیرخطی برای ساختمان‌های جداسازی شده لرزه‌ای باید برای مجموعه‌ای از زوج شتاب نگاشت‌ها که برای هر سطح خطر مطابق با بخش ۴-۲-۵ انتخاب و اصلاح شده‌اند انجام شود. میرایی ذاتی باید الزامات فصل ۵ را رعایت نماید، و اثرات پیچش باید مطابق با این بخش در نظر گرفته شود. نیروها و تغییرشکل‌ها باید مطابق با فصل ۵ از طریق تغییرمکان سیستم جداساز که توسط جمع برداری تغییرمکان‌های دو راستای عمود برهم در هر گام زمانی محاسبه می‌شود، تعیین شوند.

۶-۱-۸-۱- نیروها و تغییر مکان‌های جانبی حداقل

زمانی که تقاضای اعضای سازه‌ای حاصل از روش دینامیکی غیرخطی کمتر از مقدار زیر باشد، کلیه پارامترهای طراحی باید به طور متناسب افزایش داده شوند:

۱. سیستم جداساز، پی و کلیه اعضای سازه‌ای زیر جداساز پایه باید برای نیروی جانبی حداقل برابر با ۹۰ ٪ مقدار V_b طراحی و ارزیابی شوند. تغییرمکان کل سیستم جداساز نباید کمتر از ۸۰ درصد D'_M باشد که D'_M با الزامات روش استاتیکی خطی محاسبه می‌گردد.

۲. اعضای سازه‌ای بالای تراز پایه برای برش پایه V_b که نباید کمتر از ۸۰٪ تعیین شده توسط رابطه ۶-۱۴ و نیز برای برش طبقه V_{st}، که نباید کمتر از ۱۰۰٪ مقادیر تعیین شده در بند ۶-۱-۶-۳-۲ باشد، طراحی و ارزیابی می‌شوند. اگر سازه بالای سیستم جداساز هر نوع نامنظمی با فرض تکیه‌گاه ثابت داشته باشد، V_b نباید کمتر از ۱۰۰٪ مقدار تعیین شده در رابطه ۶-۱۸ گرفته شود.

۶-۱-۸-۲- خروج از مرکزیت اتفاقی جرم

به جای در نظر گرفتن اثرات خروج از مرکزیت اتفاقی با تغییر محل مرکز جرم در راستای هر محور اصلی، برای تشدید نیروها، تغییرمکان‌های نسبی، و تغییرشکل‌های تعیین شده از تحلیل، می‌توان محل مرکز جرم را تغییر نداد و از ضرایب تشدید استفاده نمود به شرطی که ضرایب مورد استفاده در تشدید نیروها، تغییرمکان‌های نسبی، و تغییر شکل‌ها، بیانگر نتایجی باشند که تمامی موارد حاصل از خروج از مرکزیت جرم را پوشش دهد. خروج از مرکزیت جرم مورد پذیرش در کلیه سازه‌های جداسازی شده لرزه‌ای که با تحلیل دینامیکی غیرخطی طراحی می‌شوند نباید کمتر از ۲٪ باشد.

۶-۱-۹- مدل‌سازی سیستم جداساز

۶-۱-۹-۱- کرانه بالا/کرانه پایین رفتار نیرو–تغییرشکل اعضای سیستم جداساز

کرانه بالا/کرانه پائین رفتار (چرخه) نیرو-تغییرشکل هر عضو سیستم جداساز باید مدلسازی شود. رفتار نیرو-تغییرشکل کرانه بالا/کرانه پائین اعضای سیستم جداسازی که اساسا رفتار چرخه‌ای (نظیر واحدهای جداساز) دارند، باید با استفاده از مقادیر حداکثر/حداقل خصوصیات جداساز که با استفاده از ضرایب اصلاح مشخصات بند ۶-۱-۳-۳ محاسبه شده‌اند، مدلسازی شوند. رفتار نیرو-تغییرشکل کرانه بالا/کرانه پائین اعضای سیستم جداساز که اساسا رفتار ویسکوز (نظیر میراگرها ویسکوز) دارند، باید مطابق با الزامات بخش ۶-۲ برای هر سامانه مدل شوند.

۶-۱-۹-۲- مدل‌سازی سیستم جداساز و روسازه

مدل‌های ریاضی ساختمان جداسازی شده، شامل سیستم جداساز، سیستم باربر لرزه‌ای روسازه، دیگر اعضا و اجزای سازه‌ای، و اتصالات بین سیستم جداساز و سازه باید مطابق با الزامات فصل ۵ و بندهای زیر باشند.

۶-۱-۹-۳- مدل سیستم جداساز

نیروها و تغییرمکان‌های جانبی باید به طور مجزا برای خصوصیات کرانه بالا و پایین سیستم جداساز محاسبه شوند. سیستم جداساز باید با جزئیات کافی مدلسازی شوند به گونه ای که کلیه موارد زیر تامین شوند:

۱. توزیع مکانی واحدهای جداساز؛
۲. انتقال، در هر دو راستای افقی، و پیچش سازه بالای تراز جداسازی با لحاظ کردن بحرانی‌ترین موقعیت جرم خارج از مرکز؛
۳. واژگونی و برکنش در هر واحد مستقل جداساز؛

۴. اثرات بار قائم، بار دو جهته، و یا نرخ بارگذاری در صورتی که خصوصیات نیرو-تغییرشکل سیستم جداساز به یک یا چند مورد از این عوامل وابسته باشد.

جابجایی سیستم جداساز باید با یک مدل از سازه جداسازی شده که متناظر با خصوصیات نیرو-تغییرشکل اعضای غیرخطی سیستم جداسازی شده و سیستم باربر لرزه‌ای باشد، محاسبه شود.

۶-۱-۹-۴- مدل روسازه

تغییرمکان هر طبقه و جابجایی سیستم جداساز باید با استفاده از یک مدل ساختمان جداسازی شده که متناظر با خصوصیات نیرو-تغییرشکل اجزای غیرخطی باشد، محاسبه شود.

محاسبه نیروهای طراحی و تغییرمکان‌ها در اجزای اصلی سیستم باربر لرزه‌ای با استفاده از مدل‌های ارتجاعی خطی سازه جداسازی شده بالای سیستم جداساز، در صورتی که سیستم باربر لرزه‌ای برای سطح تقاضای لرزه‌ای مورد نظر اساسا ارتجاعی خطی باقی بماند، مجاز می‌باشد.

۶-۱-۱۰- معیارهای پذیرش

چنانچه برای طراحی از روش‌های خطی استفاده شود، اعضا و اجزای ساختمان باید برای نیروها و تغییرمکان‌های بدست آمده از روش‌های خطی با استفاده از معیارهای پذیرش بند ۵-۴-۲-۵-۱ طراحی شوند. برای کلیه پاسخ‌های تغییرشکل-کنترل، ضریب m معادل با مقدار داده شده برای اجزای سازه‌ای جدول ۵-۶ و جدول ۵-۷ در سطح خطر انتخاب شده می‌باشد، و نباید بیش از ۱/۵ در نظر گرفته شود.

چنانچه برای طراحی از روش‌های غیرخطی استفاده شود، اعضا و اجزای ساختمان باید برای نیروها و تغییرمکان‌های بدست آمده از روش غیرخطی و با استفاده از معیارهای پذیرش بند ۵-۴-۲-۵-۲ ارزیابی و طراحی شوند.

۶-۲- الزامات طراحی برای سازه‌ها با استفاده از سیستم‌های تکمیلی اتلاف انرژی (میراگرها)

۶-۲-۱- معرفی

این بخش الزامات طراحی برای بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳ که از سیستم‌های اتلاف انرژی تکمیلی همچون میراگرها استفاده می‌کنند، را ارائه می‌دهد. هر سازه با سیستم میراگر و هر بخش از آن باید مطابق با الزامات این دستورالعمل که در این بخش اصلاح شده‌اند، طراحی و اجرا شوند. زمانی که در یک سازه جداسازی شده میراگرها تراز جداسازی را قطع می‌کنند، تغییرمکان‌ها، سرعت‌ها و شتاب‌ها باید مطابق با بخش ۶-۱ تعیین شوند.

۶-۲-۲- الزامات عمومی طراحی

طراحی سازه باید الزامات عمومی برای سیستم باربر لرزه‌ای و سیستم میراگر که در بخش‌های زیر تعریف شده‌اند، را لحاظ نماید. سیستم باربر لرزه‌ای باید مقاومت لازم در برابر نیروهای تعریف شده در این بخش را دارا باشد. برای تأمین الزامات مربوط به تغییرمکان نسبی، استفاده از ترکیب سیستم باربر لرزه‌ای و سیستم میراگر مجاز می‌باشد.

۶-۲-۲-۱- شرایط محیطی

دمای پیرامون (محیط) باید با دمای توصیه شده برای کاربری میراگر تطبیق داشته باشد. محدوده دمای طراحی باید حداکثر و حداقل دماهای سالانه محل کاربرد میراگر را پوشش دهد. علاوه بر الزامات برای نیروهای جانبی و قائم ناشی از باد و زلزله، سیستم میراگر باید برای دیگر شرایط محیطی شامل اثرات گذشت زمان، خزش، خستگی، دمای محیط، و قرار گرفتن در معرض رطوبت یا مواد آسیب‌رسان را نیز فراهم نماید.

۶-۲-۲-۲- سیستم باربر لرزه‌ای

علاوه بر استفاده از سیستم میراگر، سازه بیمارستان باید شامل یک سیستم باربر لرزه‌ای مناسب در هر راستای جانبی همان‌طور که در جدول ۵-۱ نشان داده شده باشد. طراحی سیستم باربر لرزه‌ای در هر راستا باید الزامات برش پایه حداقل را تامین نماید. برش پایه لرزه‌ای استفاده شده برای طراحی سیستم باربر لرزه‌ای نباید کمتر از $0.75V$ باشد، که V برش پایه لرزه‌ای در راستای مورد نظر است، و مطابق با فصل ۵ تعیین می‌شود. برای بیمارستان‌ها با نامنظمی افقی و قائم که در فصل ۵ تعریف شده‌اند، این برش پایه لرزه‌ای طراحی نباید کمتر از V باشد.

۶-۲-۲-۳- انواع میراگرها

سیستم‌های اتلاف انرژی عموما یا وابسته به جابه‌جایی بوده نظیر میراگرهای اصطکاکی و میراگرهای تسلیم شونده فلزی یا وابسته به سرعت هستند نظیر میراگرهای ویسکوز. پاسخ میراگرهای وابسته به جابه‌جایی همچون میراگرهای جامد و مایع ویسکوالاستیک و میراگرهای مایع ویسکوز باید مستقل باشد. میراگرهایی که از صفحات دو فلزی که در معرض جوش سرد قرار می‌گیرند، استفاده می‌کنند برای صفحات لغزشی مجاز نمی‌باشند.

۶-۲-۲-۴- سیستم میرایی

کلیه اجزای لازم برای اتصال میراگرها به دیگر اعضای سازه باید به گونه‌ای طراحی شوند که برای سطح خطر لرزه‌ای ۲ ارتجاعی باقی بمانند. دیگر اعضای سیستم در صورتی مجازند که در این سطح پاسخ غیرارتجاعی داشته باشند که تحلیل‌ها و

آزمایش نشان دهد پاسخ غیرارتجاعی این اعضا اثر نامطلوب بر عملکرد سیستم میرایی ندارد. در سطح خطر لرزه‌ای ۲، نیروی طراحی لرزه‌ای در اعضای نیرو-کنترل سیستم میراگر باید ۲۰٪ افزایش داده شود.

۶-۲-۲-۴-۱- طراحی میراگر

طراحی، ساخت، و نصب میراگرها باید براساس پاسخ به سطح خطر لرزه‌ای ۲ و در نظر گرفتن شرایط زیر باشد:

- اثر زوال ناشی از تعداد چرخه کم با دامنه تغییرمکان بزرگ ناشی از بارهای زلزله
- اثر زوال ناشی از تعداد چرخه زیاد با دامنه تغییرمکان کوچک ناشی از باد، حرارت یا سایر بارهای چرخه‌ای
- نیروها و تغییرمکان‌های ناشی از بارهای ثقلی
- چسبیدن قطعات میراگر به هم ناشی از خوردگی یا ساییدگی، تجزیه بیولوژیکی، رطوبت یا قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی.
- قرار گرفتن در معرض شرایط محیطی، شامل مواردی نظیر دما، رطوبت، تابش (نور ماوراء بنفش)، و مواد واکنش‌دهنده یا خورنده (آب شور) و...

میراگرهایی که در معرض گسیختگی ناشی از خستگی در چرخه‌های کم تعداد قرار دارند، باید نیروهای باد را بدون لغزش، حرکت، یا رفتار غیرارتجاعی، تحمل کنند.

طراحی میراگرها باید مطابق با محدوده شرایط دمایی، سایش، رواداری‌های ساخت، و دیگر اثراتی باشد که موجب می‌شوند خصوصیات وسیله در طول عمر طراحی آن تغییر کند.

۶-۲-۲-۴-۲- حرکت چند جهته

نقاط اتصال میراگرها باید به نحوی باشد که به طور همزمان امکان تغییرمکان‌های طولی، جانبی، و قائم میراگر را فراهم کند.

۶-۲-۲-۴-۳- بازرسی و آزمایش دوره‌ای

باید امکان دسترسی به منظور بازرسی و تعویض کلیه میراگرها فراهم شود. شرکت‌های مهندسی مشاور معتبر مسوؤل طراحی سازه باید یک برنامه بازرسی، نگهداری، و آزمایش برای هر نوع میراگر را تعیین نمایند تا تضمین شود که این وسایل در سراسر عمر طراحی خود قابل اعتماد هستند. میزان بازرسی و آزمایش باید متناسب با تاریخچه موجود از تعمیر و نگهداری‌های لازم برای هر نوع میراگر و احتمال تغییر خصوصیات در عمر مفید آنها باشد.

۶-۲-۲-۴-۴- مشخصات اسمی طراحی

مشخصات اسمی طراحی میراگر باید از طریق داده‌های آزمایش نمونه اولیه ویژه پروژه مورد نظر یا آزمایش‌های موجود بر میراگرهایی با اندازه و مشخصات مشابه تعیین شود. مشخصات اسمی طراحی باید براساس مشخصات داده‌های حاصل از آزمایش‌های نمونه در بند ۱۸-۶-۱ آیین‌نامه ASCE/SEI 7 باشد. مشخصات اسمی طراحی باید توسط ضرایب تغییر مشخصات (λ) در بند ۶-۲-۲-۴-۵ اصلاح شوند.

۶-۲-۲-۴-۵- حداکثر و حداقل خصوصیات میراگر

ضرایب اصلاح مشخصات حداکثر و حداقل (λ) باید مطابق با معادلات زیر، برای هر میراگر، توسط شرکت‌های مهندسی مشاور معتبر تعیین و در تحلیل و طراحی برای ملحوظ کردن تغییر در مشخصات اسمی استفاده شوند.

$$\lambda_{\max} = \lambda_{(test,\max)} \times \lambda_{(spec,\max)} \times \left[1+\left(0.75\left(\lambda_{(ae,\max)}-1\right)\right)\right] \geq 1.2 \qquad ۲۵\text{-}۶$$

$$\lambda_{\min} = \lambda_{(test,\min)} \times \lambda_{(spec,\min)} \times \left[1+\left(0.75\left(\lambda_{(ae,\min)}-1\right)\right)\right] \leq 0.85 \qquad ۲۶\text{-}۶$$

$\lambda_{(ae,\max)}$ و $\lambda_{(ae,\min)}$ ضرایب بیانگر تغییر احتمالی در مشخصات میراگر هستند، که به ترتیب مقادیر اسمی حداکثر و حداقل ناشی از گذشت زمان و اثرات محیطی‌اند؛ و در برگیرنده تمامی اثرات مستقل گذشت زمان و شرایط محیطی می‌باشند.

$\lambda_{(test,\max)}$ و $\lambda_{(test,\min)}$ ضرایب بیانگر تغییر احتمالی در مشخصات میراگر هستند، که به ترتیب مقادیر اسمی حداکثر و حداقل به دست آمده از آزمایش‌های نمونه‌اند؛ و در برگیرنده تمامی اثرات آزمایش می‌باشند.

$\lambda_{(spec,\max)}$ و $\lambda_{(spec,\min)}$ ضرایب تعیین شده توسط شرکت‌های مهندسی مشاور معتبرند که به ترتیب بیانگر تغییرات مجاز حداکثر و حداقل در مشخصات میراگر تولیدی هستند.

۶-۲-۲-۴-۶- نامعینی در سیستم میراگر

چنانچه کمتر از چهار میراگر در هر طبقه از ساختمان در هر راستای اصلی تأمین شده باشد، یا کمتر از دو میراگر در هر طرف از مرکز سختی هر طبقه در هر راستای اصلی قرار گرفته باشد، کلیه میراگرها باید قادر به تأمین تغییرمکان‌های معادل با ۱۳۰٪ تغییرمکان حداکثر در سطح خطر لرزه‌ای ۲ باشند. میراگر وابسته به سرعت باید قادر به تأمین نیرو و تغییرمکان نظیر سرعتی معادل با ۱۳۰٪ سرعت حداکثر در سطح خطر لرزه‌ای ۲ باشد.

۶-۲-۳- انتخاب روش تحلیل

سازه‌های دارای میراگر به منظور تأمین مقاومت لرزه‌ای باید با استفاده از روش تاریخچه زمانی غیرخطی تحلیل و طراحی شوند. روش استاتیکی خطی (بار جانبی معادل) یا روش طیفی برای تحلیل سازه‌های دارای این سامانه‌ها توصیه نمی‌شوند. با این حال در صورت به کارگیری روش استاتیکی خطی (بار جانبی معادل) یا روش طیفی به منظور تحلیل و طراحی سازه، رعایت الزامات بند ۶-۲-۳-۱ یا بند ۶-۲-۳-۲ ضروری است. با هدف کاهش تعداد تکرار لازم در روش تاریخچه زمانی غیرخطی، گام‌های اصلی جهت محاسبه برش پایه طراحی و نیروی جانبی با استفاده از روش تحلیل طیفی در بند ۶-۲-۴ شرح داده شده است. پارامترهای حاصل از این روش می‌توانند برای تعیین اندازه اولیه اعضای سازه‌ای که در تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی استفاده می‌شوند، مفید باشند.

۶-۲-۳-۱- روش استاتیکی خطی

روش نیروی استاتیکی معادل به منظور استفاده برای تحلیل و طراحی در صورت تأمین کلیه شرایط زیر مجاز می‌باشد:

- در هر راستای اصلی، حداقل دو میراگر در هر طبقه؛ به نحوی قرار داده شوند که در برابر پیچش مقاومت کنند.
- میرایی کل مؤثر مود اصلی سازه در راستای مورد نظر بزرگتر از ۳۵٪ حالت بحرانی نباشد.
- مقدار S_{a1} برای ساختگاه سازه کمتر از $0.6g$ باشد.
- سیستم باربر لرزه‌ای نامنظمی در پلان نداشته باشد.
- دیافراگم طبقات مطابق تعریف استاندارد ۲۸۰۰ صلب باشند.
- ارتفاع سازه بالای تراز پایه کمتر از ۳۰ متر باشد.

۶-۲-۳-۲- روش طیفی

روش طیفی به منظور استفاده برای تحلیل و طراحی در صورت تأمین کلیه شرایط زیر مجاز می‌باشد:

- در هر راستای اصلی، حداقل دو میراگر در هر طبقه، به نحوی قرار داده شوند که در برابر پیچش مقاومت کنند.
- میرایی کل مؤثر مود اصلی سازه در راستای مورد نظر بزرگتر از ۳۵٪ حالت بحرانی نباشد.
- مقدار S_{a1} برای ساختگاه سازه کمتر از $0.6g$ باشد.

۶-۲-۴- روش تحلیل طیفی

برش پایه طراحی سازه مجهز به میراگر در راستای مورد نظر باید با روابط زیر تعیین شود:

$$V > V_{\min} \qquad ۶-۲۷$$

$$V_{\min} = V / B_{V+1} > 0.75V$$ ۲۸-۶

$$B_{V+1} = 4 / \left(1 - \ln \beta_{eff}\right)$$ ۲۹-۶

V= برش پایه لرزه‌ای در راستای مورد نظر از سازه نامیرا است و مطابق با بند ۵-۳-۳-۳-۱ تعیین می‌شود؛

β_{eff} = میرایی مؤثر سازه، که مجموع میرایی ویسکوز سازه در مود اصلی ارتعاش و میرایی ذاتی سازه می‌باشد.

برش پایه مودال مود m ام ارتعاش، V_m، در راستای مورد نظر سازه که باید طبق رابطه زیر تعیین شود:

$$V_m = C_S \bar{W}_m$$ ۳۰-۶

که در آن:

برای $T_1 < T_S$: $$c_s = \frac{R}{C_d} \frac{S_{DS}}{\Omega_0 \beta}$$ ۳۱-۶

برای $T_1 \geq T_S$: $$c_s = \frac{R}{C_d} \frac{S_{DS}}{T_1 \Omega_0 \beta}$$ ۳۲-۶

$\bar{W}_m$ = وزن مؤثر لرزه‌ای مود m ام ارتعاش سازه؛ و

$$\bar{W}_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} W_i \phi_{im}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n} W_i \phi_{im}^2}$$ ۳۳-۶

W_i = وزن لرزه‌ای نظیر تراز iام

ϕ_{im} = مولفه شکل مود در تراز iام سازه در مود mام ارتعاش در راستای مورد نظر، هم‌پایه شده به مقدار واحد در تراز بام.

F_{im} = نیروی جانبی طراحی در تراز i ام سازه در مود m ام ارتعاش در راستای مورد نظر باید طبق رابطه زیر تعیین شود:

$$F_{im} = \frac{W_i \phi_{im}}{\sum_{i=1}^{n} W_i \phi_{im}} V_m$$ ۳۴-۶

نیروهای طراحی در اعضای سیستم باربر لرزه‌ای باید توسط ترکیب مودال روش ترکیب مربعی کامل مودها (CQC) تعیین شود. نیروهای طراحی در میراگرها و دیگر اعضا باید براساس پارامترهای پاسخ شتاب طبقه، تغییرمکان نسبی طبقه، و

سرعت طبقه تعیین شوند. تغییرشکل کلی طراحی، تغییرمکان نسبی طراحی طبقه، و سرعت طراحی طبقه نیز باید با استفاده از روش ترکیب مربعی کامل مودها تعیین شوند.

۶-۲-۵- روش تاریخچه زمانی غیرخطی

تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی باید از یک مدل ریاضی شامل سیستم مقاوم در برابر بار جانبی و میراگر که در این بخش تعیین شده استفاده نماید. کلیه میراگرها باید با اعضای غیرخطی مدل شوند. در صورتی که اعضا کاملاً ارتجاعی خطی باقی بمانند، مدلسازی خطی عضو سیستم باربر لرزه‌ای یا میراگر مجاز می‌باشد.

مدل باید مستقیماً رفتارچرخه‌ای غیرخطی کلیه اعضا و اتصالات با رفتار غیرارتجاعی را لحاظ نماید. مشخصات سختی و میرایی میراگرها که در مدل استفاده شده‌اند، باید مطابق با نتایج آزمایش‌ها باشد. داده‌های آزمایش نباید خارج از محدوده‌ی تغییرشکل‌های آزمایش استفاده شوند. چنانچه نتایج تحلیل بیانگر احتمال کاهش سختی یا مقاومت عضو باشد، مدل‌های چرخه‌ای باید این اثرات را منعکس نمایند.

نیروهای ویسکوز در میراگرهای وابسته به سرعت باید در محاسبه تغییرشکل‌ها وپاسخ‌های طراحی در نظر گرفته شوند. مشخصات نیرو-سرعت-تغییرمکان غیرخطی میراگرها، در صورت نیاز باید به منظور محاسبه‌ی صریح وابستگی میراگر به فرکانس، دامنه، و مدت زمان بارگذاری لرزه‌ای مدل شوند. معادل‌سازی و جایگزین کردن اثرات ویسکوز در میراگرها با میرایی کلی معادل برای سازه در تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی مجاز نمی‌باشد.

میرایی ذاتی سازه نباید بیش از ۳٪ مقدار بحرانی در نظر گرفته شود. در صورت وجود آزمایش مقادیر بالاتر می‌تواند اتخاذ گردد که در این صورت آزمایش باید در تغییرشکلی برابر یا کمتر از تغییرمکان تسلیم مؤثر سیستم باربر جانبی انجام گردد.

برای محل‌هایی که به عنوان حوزه نزدیک به گسل شناخته می‌شوند، هر زوج مؤلفه‌های حرکت افقی زمین باید به راستای موازی و عمود برگسل‌های مسبب چرخانده شوند و به سازه اعمال شوند. در سایر حالات لازم نیست، زوج‌های مجزا از مؤلفه‌های شتاب نگاشت در جهت‌های متعامد متنوع اعمال شوند.

چنانچه میراگر وابسته به فرکانس ارتعاش، دمای محیط (شامل افزایش دمای ناشی از ارتعاش)، تغییرشکل (یا خزش)، سرعت، بارهای دائمی، و بارهای دو جهته باشند، این وابستگی باید در تحلیل در تعیین مشخصات کرانه بالا و پایین در نظر گرفته شوند.

تحلیل باید در هر دو سطح خطر لرزه‌ای ۱ و ۲ اجرا شود. در مراحل تحلیل و طراحی لرزه‌ای نیاز به اعمال اثرات خروج از مرکزیت اتفاقی نمی‌باشد. نتایج حاصل از تحلیل سطح خطر لرزه‌ای ۱ باید برای طراحی سیستم باربر لرزه‌ای استفاده شود. نتایج تحلیل سطح خطر لرزه‌ای ۲ باید برای طراحی میراگرها استفاده شود.

۶-۲-۵-۱- مدل‌سازی میراگر

مدل‌های ریاضی میراگرهای وابسته به تغییرمکان، باید رفتار چرخه‌ای میراگرها، سازگار با داده‌های آزمایش و اثرات کلیه تغییرات مهم در مقاومت، سختی، و شکل چرخه را در نظر بگیرند. مدل‌های ریاضی میراگرهای وابسته به سرعت باید شامل ضرایب سرعت سازگار با داده‌های آزمایش باشند. چنانچه مشخصات میراگر با زمان و یا دما تغییر نماید، این رفتار یا باید به‌طور صریح یا با محدود کردن مشخصات در مدل اعمال شوند. در مدل باید انعطاف‌پذیری اجزای سازه‌ای همراه میراگر لحاظ شود. اجزای سازه‌ای که انعطاف‌پذیری آنها می‌تواند بر عملکرد میراگر تأثیر گذارد، شامل اجزای پی، مهاری‌هایی که بطور سری با میراگرها کار می‌کنند، و اتصالات بین مهاری‌ها و میراگرها می‌باشد.

میراگرها باید به شرحی که دربندهای زیر توصیف شده مدل شوند. مدل‌های دیگر که در این دستورالعمل ذکر نشده است تنها در صورت تایید توسط مراجع ذیصلاح قابل قبول می‌باشند.

۶-۲-۵-۲- میراگر وابسته به تغییر مکان

میراگر وابسته به تغییرمکان باید دارای رابطه نیرو-تغییرمکانی باشد که تابع تغییرمکان نسبی بین هر انتهای وسیله است. پاسخ میراگر وابسته به تغییرمکان باید مستقل از سرعت نسبی بین هر انتهای وسیله و فرکانس ارتعاش باشد. منحنی پاسخ نیرو-تغییرمکان در صورت نیاز باید شامل اثرات اندرکنش خمش-برش-نیروی محوری یا تغییرشکل دو جهته باشد.

در استخراج پاسخ میراگر وابسته به تغییرمکان از داده‌های آزمایش، نیروی (F) مطابق زیر محاسبه شود:

$$F = K(D)D \qquad ۳۵\text{-}۶$$

$K(D)$ = سختی وابسته به تغییرمکان

D = تغییرمکان نسبی بین هر انتهای سیستم میراگر

۶-۲-۵-۳- میراگر وابسته به سرعت

۶-۲-۵-۳-۱- میراگر ویسکوالاستیک

میراگر ویسکوالاستیک جامد باید با استفاده از یک فنر و میراگر موازی (مدل کلوین) مدل‌سازی شوند. ضرایب انتخابی فنر و میراگر باید وابستگی به فرکانس میراگر و دما را که تابعی از فرکانس اصلی ساختمان (f_1) و محدوده دمای محیط هستند را لحاظ نمایند. چنانچه پاسخ چرخه‌ای میراگر ویسکوالاستیک جامد را نتوان با تخمین منحصر به فردی از ثابت‌های فنر و میراگر به دست آورد، پاسخ ساختمان را باید با چند بار تحلیل ساختمان، با استفاده از مقادیر کرانه بالا و پایین ثابت‌های فنر و میراگر تخمین زد.

نیروی یک میراگر ویسکوالاستیک جامد طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$F = K(D)D + C\dot{D} \qquad ۳۶-۶$$

C= ضریب میرایی میراگر ویسکوالاستیک جامد؛
D = تغییرمکان نسبی بین هر انتهای میراگر؛
$\dot{D}$ = سرعت نسبی بین هر انتهای میراگر؛
$K(D)$ = سختی وابسته به تغییرمکان

۶-۲-۵-۳-۲- میراگر ویسکوالاستیک مایع

میراگر ویسکوالاستیک مایع باید با استفاده از ترکیبی از فنرها و میراگرهای سری و موازی که نمایانگر رابطه نیرو-تغییرشکل میراگر هستند، مدل‌سازی شوند. ضرایب انتخابی فنر و میراگر باید وابستگی به فرکانس میراگر و دما را که تابعی از فرکانس اصلی ساختمان (f_1) و محدوده دمای محیط هستند را لحاظ نمایند. چنانچه پاسخ چرخه‌ای میراگر ویسکوالاستیک مایع را نتوان با تخمین منحصر به فردی از ثابت‌های فنر و میراگر به دست آورد، پاسخ ساختمان را باید با چند بار تحلیل ساختمان، با استفاده از مقادیر کرانه بالا و پایین ثابت‌های فنر و میراگر تخمین زد.

۶-۲-۵-۳-۳- میراگر ویسکوز مایع

میراگرهای خطی ویسکوز مایع که در محدوده‌ی فرکانسی $0.5f_1$ تا $2f_1$ سختی از خود نشان می‌دهند (f_1فرکانس اصلی سازه است) باید به عنوان میراگر ویسکوز مایع مدل‌سازی شوند. در صورتی که میراگر در محدوده‌ی فرکانسی $0.5f_1$ تا $2f_1$ سختی نداشته باشد، نیروی میراگر ویسکوز باید طبق رابطه زیر محاسبه شود:

$$F = C_0 \left|\dot{D}\right|^{\alpha} \times \mathrm{sgn}\left(\dot{D}\right) \qquad ۳۷-۶$$

C_0 = ضریب میرایی میراگر؛
$\dot{D}$ = سرعت نسبی بین هر انتهای میراگر؛
α= توان عددی سرعت میراگر؛
sgn= تابع علامت، که در این مورد علامت سرعت نسبی را تعیین می‌کند.

۶-۲-۶- معیارهای پذیرش

اجزای میراگر باید برای معیار پذیرش مقاومت طبق این دستورالعمل با استفاده از نیروهای زلزله متناظر با سطح خطر ۲ حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی با اعمال ضریب کاهش مقاومت $\phi = 1.0$ ارزیابی شوند.

سیستم مقاوم در برابر بار جانبی باید الزامات مقاومت فصل ۵ را با اعمال دو شرط زیر ارضا نماید:

۱. برش پایه لرزه‌ای حداقل، $V_{\min}$ ، که در فصل ۵ ارائه شده است؛
۲. تقاضای حاصل از زلزله طرح تحلیل دینامیکی غیرخطی.

تغییرمکان‌های نسبی طبقه باید با استفاده از سطح خطر لرزه‌ای ۲ در مدلی شامل سیستم مقاوم در برابر بار جانبی و میراگر تعیین شوند. خروج از مرکزیت اتفاقی باید در تحلیل در نظر گرفته شود.

تغییرمکان نسبی حداکثر در سطح خطر لرزه‌ای ۲ نباید از مقدار ۳٪ بیشتر باشد.همچنین نباید از حاصلضرب تغییرمکان نسبی مشخص شده در فصل ۵ در کوچکترین دو مقدار $1.5R/C_d$ و $1.9C_d$ بیشتر شود.

میراگرها و اتصالات آنها باید به نحوی انتخاب شوندکه در سطح خطر لرزه‌ای ۲ مقاومت در برابر نیروها، ظرفیت تغییرمکان‌ها و سرعت‌های حاصله در این سطح خطر را داشته باشند. اعضای کنترل شونده توسط نیرو باید برای ۲۰٪ افزایش در نیروهای لرزه‌ای متناظر با پاسخ متوسط مربوط به سطح خطر لرزه‌ای ۲ طراحی شوند.

اثرات بارهای ثقلی و نیروهای زلزله در ساختمان دارای میراگر باید مطابق با ضوابط معتبر ملی یا بین‌المللی مانند ASCE/SEI 7 ترکیب شوند.

۶-۳- سیستم‌های سازه‌ای نوین

۶-۳-۱- معرفی

سیستم‌های سازه‌ای جدید به منظور افزایش تاب‌آوری ساختمان‌ها و تاسیسات بیمارستانی در مقابل سوانحسوانح طبیعی در صورت رعایت معیارهای پذیرش طراحی مورد نظر این نشریه قابل استفاده هستند. در کاربرد این سیستم‌های نوین لازم مطالعات تحلیل اقتصادی لازم در کنار مطالعات فنی صورت گرفته و میزان خسارت کاهش‌یافته در دیدگاه اقتصاد چرخه‌ای و در طول عمر مفید سازه برآورد و در انتخاب گزینه برتر مورد استفاده قرار گیرد. در طراحی این روش‌ها از جمله سیستم های مرکزگرا، مهار درز، آلیاژهای حافظه‌دار یا دوام‌پذیر ترکیبی مراجعه و رعایت ضوابط نشریات، دستورالعمل‌ها، یا گواهی نامه‌های معتبر داخلی یا بین‌المللی مربوط به آنها الزامی است.

فصل هفتم

طراحی اجزای غیرسازه‌ای

۷-۱- مقدمه

در این فصل دستورالعمل طراحی اجزای غیرسازه‌ای و روش‌هایی برای بررسی عملکرد آنها در برابر خطرهای موردانتظار و برای اطمینان از ایمنی و تاب آوری بیمارستان ارائه شده است. هدف از این دستورالعمل، در مرحله اول اطمنیان از عملکرد موردانتظار اجزای غیرسازه‌ای برای هر یک از سطوح خطر لرزه‌ای است درحالی‌که ایمنی و تاب‌آوری برای سایر خطرات از جمله سیل و آتش تضمین شده باشد. اجزای غیرسازه‌ای بیمارستان‌ها که بیش از ۸۰ درصد کل هزینه‌های یک بیمارستان را پوشش می‌دهند و کارکرد ایمن‌شان بخش ضروری یک بیمارستان است، باید در فرآیند طراحی یکپارچه مراکز درمانی درنظر گرفته شوند.

اجزای «غیرسازه‌ای» شامل سیستم‌ها و اجزای پزشکی، مکانیکی، برقی و مخابراتی، اجزای معماری و محتویات ساختمان بیمارستان هستند که به نوعی به سازه اصلی متصل هستند. اجزای غیر سازه‌ای بخشی از سیستم سازه باربر اصلی در نظر گرفته نمی شوند و مشارکتی در سیستم مقاوم جانبی و قائم ندارند، ولی می‌توانند تحت نیروهای لرزه‌ای بزرگی قرار گیرند. این اجزا از نظر کاربرد در چهار گروه معماری، برقی، مکانیکی و پزشکی مطابق شکل ۷-۱ و به شرح زیر طبقه بندی می‌شوند:

۱. اجزای معماری از جمله دیوارهای خارجی غیرباربر، دیوارهای جداکننده، سیستم‌های جداکننده داخلی، پنجره‌ها، پوشش‌ها، درب‌ها، سقف‌های کاذب، سیستم‌های روشنایی، آنتن و غیره؛
۲. اجزای برقی و ارتباطی از جمله برق، مولدهای اضطراری، برقی، ارتباطات داخلی و خارجی، فناوری اطلاعات (IT) و غیره.
۳. اجزای مکانیکی و لوله‌کشی از جمله سیستم گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع (HVACR)، منابع آب، مخازن انبار، گاز طبی، لوله‌کشی، اگزاست هوا، آسانسورها و غیره؛ و
۴. تجهیزات پزشکی از جمله اسکنرهای پزشکی و تجهیزات تصویربرداری، تجهیزات جراحی و اتاق عمل، بخش‌های مراقبت ویژه، ضدعفونی، تجهیزات فوریت‌های پزشکی، پزشکی هسته‌ای، تجهیزات پزشکی اتاق بیماران، تجهیزات آزمایشگاهی، داروخانه‌ها و غیره.

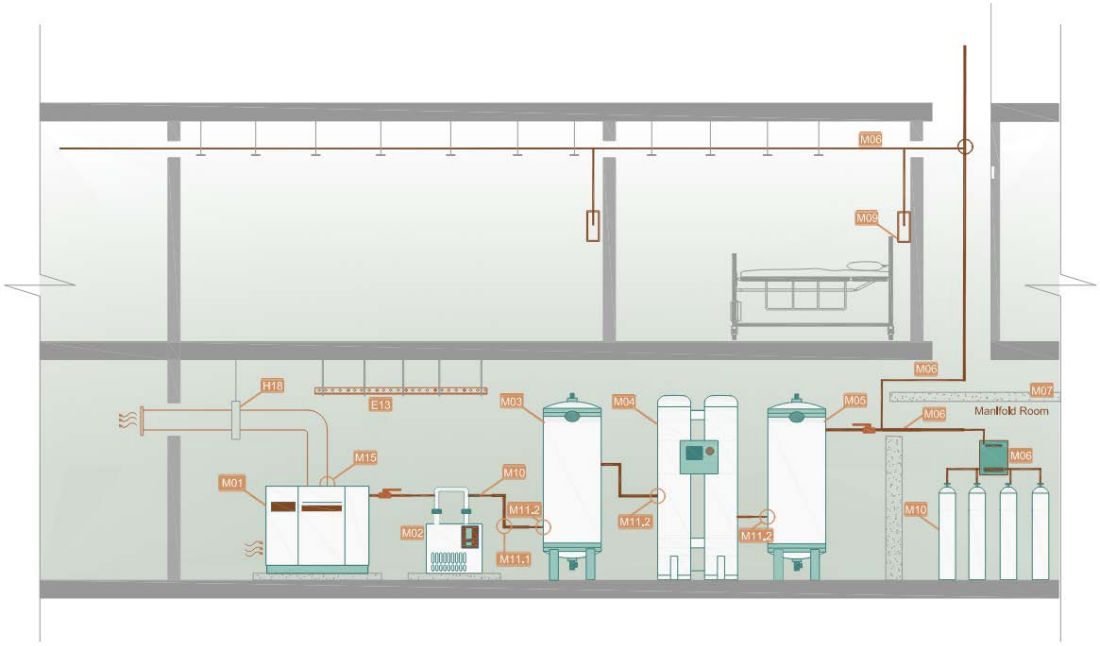
پیامدها و خطرات ناشی از آسیب در این اجزا در هنگام وقوع سانحه که باعث اختلال در عملکرد بیمارستان می‌شود به دو بخش زیر تقسیم می گردد:

۱. خطرات اولیه: خسارت به جزء غیرسازه‌ای به طوریکه باعث مختل شدن عملکردش شده و بالتبع آن ایمنی بیماران و کارکنان بیمارستان را به خطر بیندازد.
۲. خطر ثانویه: ارتعاش یا تغییرمکان جزء غیرسازه‌ای هنگام زلزله، می‌تواند منجر به وقوع سانحه دیگری از جمله آتش‌سوزی شود به طوریکه کارکرد بیمارستان و ایمنی بیماران را به خطر بیاندازد.

شکل ۷-۱ سیستم‌های اصلی بیمارستان

علاوه بر این، برای تجهیزات مکانیکی، برقی و پزشکی، باید راهکارهایی برای حذف اثرات لرزه‌ای بین اجزا ایجاد شود. بارهای اعمال شده بر چنین اجزایی بوسیله ابزارهای متصل‌شده یا خطوط خدمت‌رسانی که به سازه‌های جداگانه متصل هستند، باید در روش طراحی، ارزیابی و درنظرگرفته شوند.

در فرآیند طراحی لرزه ای اجزای غیر سازهای، استخراج جریان نما (فلودیاگرام) برای سیستم های مختلف تاسیسات مکانیکی، برقی و تجهیزات پزشکی ابزار مفیدی به منظور شناسائی دقیق تجهیزات و المان های ارتباطی به منظور تامین اهداف عملکردی است. در شکل ۷-۲ جریان نمای اجزای مؤثر سیستم تولید و توزیع گاز طبی اکسیژن به صورت شماتیک ارائه شده است. بر اساس این جریان نما تجهیزات مهم موثر در عملکرد سیستم مورد مطالعه قابل استخراج و بر اساس رفتار لرزه ای قابل دسته بندی است.



شکل ۷-۲ جریان نمای تجهیزات بیمارستانی

۷-۲- ملاحظات کلی

۷-۲-۱- مشخصات فیزیکی اجزای غیرسازه‌ای

مشخصات فیزیکی اجزای غیرسازه‌ای:

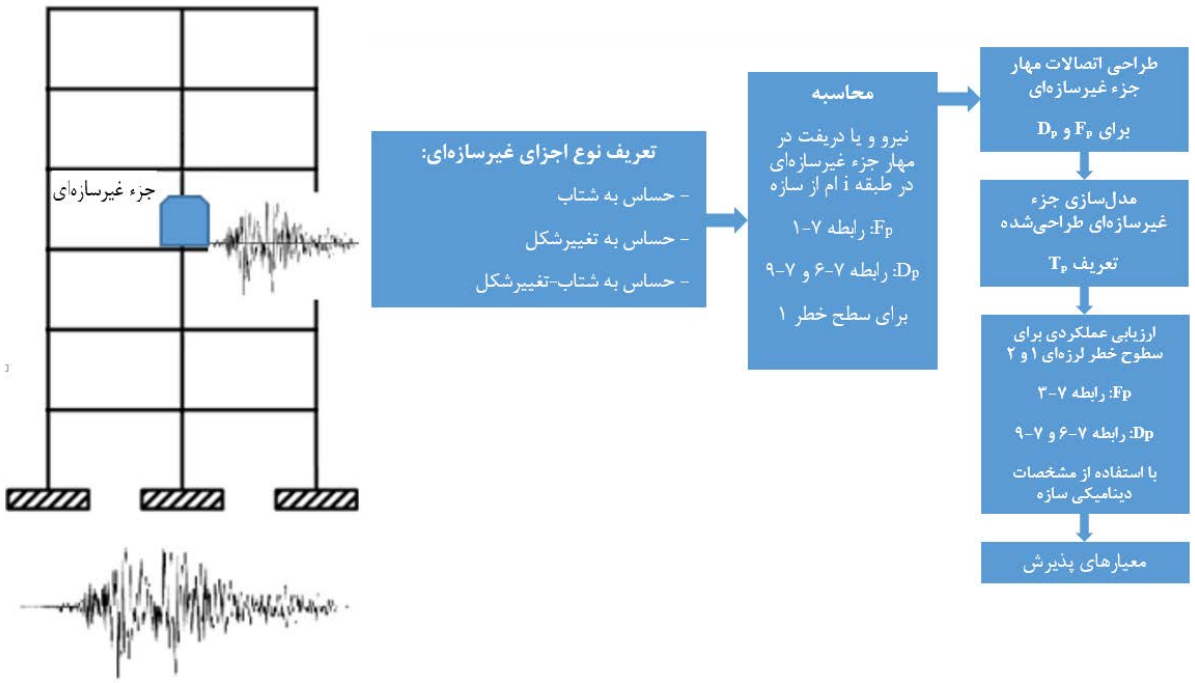
۱. وزن جزء غیرسازه‌ای کمتر از ۱۰ درصد وزن کفی است که به آن متصل شده است؛
۲. شتاب‌های اعمالی به اجزای غیرسازه‌ای بیشتر از شتاب‌هایی است که روی شالوده ساختمان‌ها هستند؛ که در درجه اول به خاطر تشدید جنبش زمین در طول ارتفاع ساختمان است.
۳. اجزای غیرسازه‌ای شکل‌پذیری زیادی برای مستهلک کردن انرژی دریافتی هنگام حرکات قوی زمین ندارند. شکل‌پذیری اجزای غیرسازه‌ای تا حد زیادی به طراحی داخلی آنها و طراحی اتصال‌شان به اجزای سازه‌ای وابسته است؛
۴. میرایی اجزای غیرسازه‌ای کم است؛

۵. اگر فرکانس طبیعی اجزای غیرسازه‌ای به فرکانس‌های اساسی و غالب ساختمان نزدیک باشد، این اجزا می‌توانند تحت اثر تشدید قرار گیرند؛
۶. به‌طورکلی اجزای غیرسازه‌ای در نقاط متعددی به اجزای سازه‌ای متصل می‌شوند؛ و
۷. پاسخ‌های اجزای غیرسازه‌ای تحت اثر زلزله، متفاوت از اجزای سازه‌ای هستند.

۷-۲-۱-۱- فرآیند طراحی اجزای غیرسازه‌ای

فرآیند کلی تحلیل و طراحی اجزای غیرسازه‌ای به‌صورت شماتیک در شکل ۷-۳ نشان داده شده است که به شرح زیر می‌باشد:

۱. تعیین نوع و ماهیت رفتاری جزء غیرسازه‌ای: حساس به شتاب، حساس به تغییرشکل، و حساس به شتاب-تغییرشکل بر اساس توضیحات ارایه شده در بخش ۷-۲-۳.
۲. تعیین پاسخ (شتاب یا دریفت) سازه در محل (محل های) اتصال جزء غیرسازه‌ای به سازه.
۳. محاسبه نیرو و یا دریفت جزء غیرسازه‌ای که تحت اثر پاسخ سازه در محل اتصال (یا مهار).
۴. طراحی اتصال مهاری جزء غیرسازه‌ای به طوریکه در برابر شتاب یا دریفت موردانتظار در تراز i ام جزء سازه‌ای مقاومت کند.
۵. محاسبه پاسخ دینامیکی جزء غیرسازه‌ای برای سطح ۱ و سطح ۲ خطر لرزه‌ای.
۶. ارزیابی و کنترل عملکرد از طریق بررسی پاسخ (شتاب و یا تغییرشکل در برابر معیار پذیرش).



شکل ۷-۳: فرآیند کلی برای تحلیل و طراحی اجزای غیرسازه‌ای

۷-۲-۲- مشخصات پاسخ لرزه‌ای جزء غیرسازه‌ای

از نقطه نظر طراحی، اجزای غیرسازه‌ای بر اساس حساسیت پاسخ‌شان در دو جهت اصلی عمود برهم در راستای افق دسته-بندی می‌شوند: حساس به شتاب، حساس به تغییرشکل و حساس به شتاب-تغییرشکل که در بخش‌های بعدی توضیح داده شده‌اند.

عملکرد لرزه‌ای خوب اجزای غیرسازه‌ای به سه روش قابل دستیابی است:

۱. محدود کردن تغییرمکان نسبی در طبقه‌ای که این اجزا به سازه اصلی متصل است،
۲. محدود کردن شتاب در طبقه‌ای که این اجزا به سازه اصلی متصل است،
۳. طراحی اجزای غیرسازه‌ای برای تحمل شتاب و یا تغییرشکل جانبی مورد انتظار بدون آسیب.

جدول ۷-۱ لیستی از اجزای غیرسازه‌ای موجود در بیمارستان‌ها و دسته‌بندی آن‌ها بر اساس حساسیت‌های پاسخ لرزه‌ای - شان را ارایه می‌دهد. بعضی از اجزای غیرسازه‌ای هم حساس به شتاب و هم حساس به تغییرشکل هستند که یکی از اثرات بیشتر غالب است (که اثر اولیه نامیده می‌شود) و دیگری کمتر غالب است (که اثر ثانویه نامیده می‌شود). همچنین این جدول، اجزایی که نیاز به اخذ گواهینامه لرزه‌ای خاص (SSC) بر اساس ضوابط ارایه شده در بخش ۷-۱۰ می‌باشد را مشخص کرده است.

جدول ۷-۱: دسته‌بندی اجزای غیرسازه‌ای متداول بر اساس رفتار لرزه‌ای

اجزای غیرسازه‌ای	حساسیت			گواهینامه لرزه‌ای خاص
	شتاب	تغییرشکل	شتاب-تغییرمکان	
قطعات پزشکی هسته‌ای	بله			موردنیاز
اسکنرهای پزشکی و تجهیزات تصویربرداری: فلوروسکوپی و پرتونگاری، سی‌تی اسکن، رادیوگرافی و ...	بله			موردنیاز
تجهیزات عمل جراحی و حرکتی که دارای موتور بوده یا داخل آن جریان برق وجود دارد.	بله			موردنیاز
تجهیزات ICU، CCU و ACU که دارای موتور بوده یا داخل آن جریان برق وجود دارد.	بله			موردنیاز
تجهیزات تهویه مطبوع: مخازن ، چیلرها HVACR	بله			موردنیاز
اجزایی با محتویات خطرناک	بله			موردنیاز
دیزل ژنراتور و سامانه برق اضطراری	بله			موردنیاز
مرکز کنترل موتور، تابلو برق	بله			موردنیاز
پست برق بیمارستان	بله			موردنیاز
پنل‌های هشدار دهنده آب‌پاش و آتش	بله			موردنیاز
پنل‌های الکترونیکی کنترل و سویچ‌های برق	بله			موردنیاز
فن‌های کنترل دود و هواکش	بله			موردنیاز

مخازن ذخیره‌سازی و آب گرمکن‌ها	بله			
آنتن و پنل‌های خورشیدی	بله			
دودکش‌ها و جان‌پناه‌ها	بله			
سایه بان ها	بله			
سیلندرهای گاز	بله			
پمپ‌های آب	بله			
UPS و باتری‌ها	بله			
وسایل: مانیتورها، تلویزیون، شستشو	بله			
لوله‌کشی، کابل‌ها، داکت‌ها (داخل و بیرون)		بله		
آسانسور	اولیه	ثانویه	بله	
سیستم لوله‌کشی داخلی	ثانویه	اولیه	بله	
سیستم‌های لعاب سازه‌ای خارجی	ثانویه	اولیه	بله	
پارتیشن‌های داخلی	ثانویه	اولیه	بله	
درب‌ها و پنجره‌ها	ثانویه	اولیه	بله	
شیشه‌های بزرگ با چهارچوب	ثانویه	اولیه	بله	
سیستم سقف کاذب	ثانویه	اولیه	بله	

۷-۲-۲-۱- اجزای حساس به شتاب

اجزای غیرسازه‌ای سنگین مهار یا مستقر شده در طبقات بیمارستان که در معرض خسارت ناشی از نیروی اینرسی یا شتاب وارده به آنها هستند؛ باید به عنوان اجزای حساس به شتاب یا نیرو دسته‌بندی شوند. به‌طورکلی آیین‌نامه‌های ساختمانی نیروهای طراحی را به اندازه کافی زیاد درنظر می‌گیرند تا از لغزش، واژگونی یا فروریزش اجزای حساس به شتاب جلوگیری کنند. اجزای حساس به شتاب از جمله تجهیزات پزشکی و مکانیکی، سقف‌ها، محتویات، آب‌پاش‌ها و آسانسورها در صورت عدم کفایت مهارشدگی، در برابر تغییرمکان یا واژگونی آسیب‌پذیر هستند. همچنین بعضی از اجزای حساس به شتاب از جمله تجهیزات برقی ممکن است به خاطر شتاب زیاد، پرتاب شوند. اجزای غیرسازه‌ای که به اجزای سازه‌ای و اجزای مجاور آن مهار شده اند، باید در برابر نیروی اینرسی ایجادشده مقاومت کنند. برای اهداف عملکردی بالاتر بیمارستان، معیارهای حدود شتاب برای اجزای غیرسازه‌ای حساس به شتاب ممکن است بر طراحی اولیه سیستم سازه‌ای حاکم باشد. این اجزای غیرسازه‌ای باید بر اساس بخش ۷-۳-۱ طراحی شوند.

۷-۲-۲-۲- اجزای حساس به تغییرشکل

اجزای غیرسازه‌ای که حساس و در معرض خسارت‌های ناشی از تغییرمکان نسبی طبقه یا تغییرشکل سازه هستند، باید تحت عنوان حساس به تغییرشکل دسته‌بندی شوند. این اجزا به سازه متصل هستند و در محدوده بین کف تا سقف یک طبقه قرار می‌گیرند و به‌وسیله تغییرشکل سازه نگهدارنده (که معمولا با تغییرمکان نسبی طبقه اندازه‌گیری می‌شود) کنترل می‌شوند. این اجزا شامل پارتیشن‌ها، دیوارها، پله‌ها، درب‌ها و پنجره‌ها، دیوارهای جداکننده و سیستم‌های لوله‌کشی هستند که از کف

به سقف یک طبقه عبور می‌کنند. این اجزا به خاطر تغییرمکان نسبی طبقه دچار کشیدگی بیش از حد شده و آسیب می‌بینند. این اجزای غیرسازه‌ای باید بر اساس بخش ۷-۳-۲ طراحی شوند.

برای اهداف عملکردی بالاتر بیمارستان، معیارهایی برای محدود کردن تغییرمکان جانبی طبقه برای اجزای حساس به تغییرشکل ممکن است بر طراحی سیستم سازه اصلی حاکم باشد. علاوه بر در نظر گرفتن اثرات تغییرمکان جانبی سازه اصلی، باید توجه داشت که اجزا و سیستم‌ها هنگام زلزله روی هم اثری نگذارند چون این امر در گذشته موجب خسارات گسترده‌ای شده است. با حفظ فاصله کافی بین اجزای نگهدارنده و سیستم‌های انعطاف‌پذیر می‌توان از اندرکنش بین اجزا جلوگیری نمود. علاوه بر این، اکیدا توصیه می‌شود به‌وسیله تامین فاصله مناسب از اندرکنش بین دیوارها و پارتیشن‌ها با سازه اجتناب شود. همچنین باید اتصال انعطاف‌پذیر بین اجزای صلب یا مهارشده و اجزایی که به صورت انعطاف‌پذیر نصب شده‌اند یا آزادانه جابجا می‌شوند، فراهم گردد. در نهایت، اجزای حساس به تغییرشکل و اتصالات آن‌ها باید طوری طراحی شوند که در برابر نیروهای اینرسی خودشان که ناشی از زلزله است مقاومت کنند.

۷-۲-۳-۲- اجزای حساس به شتاب-تغییرشکل

اجزای غیرسازه‌ای که هم حساس به نیروی اینرسی (شتاب) و هم تغییرشکل هستند، باید به عنوان حساس به شتاب-تغییرشکل دسته‌بندی شوند. تعدادی از اجزای غیر سازه‌ای مانند دیوارها و اجزا متصل به سقف و کف به تغییرشکل و هم شتاب حساس هستند، اگرچه می‌توان به‌طورکلی یک حالت رفتاری اولیه را برای آنها معین کرد. نیروی اینرسی به‌طورخاص برای اجزای غیرسازه‌ای که جرم زیادی دارند و بلند و باریک (لاغر) هستند، اهمیت بیشتری داشته؛ در حالی که تغییرشکل برای اجزای غیرسازه‌ای طویل که در بیش از یک نقطه روی همان عضو یا اعضا یا ساختمان‌های مجاور مقید شده‌اند، دارای اهمیت بیشتری است. حساس بودن به شتاب و هم تغییر شکل برای بعضی از اجزای غیرسازه‌ای که همه مشخصات فوق یعنی سنگینی، بلندی، باریکی و قیدهای چندگانه را دارند، دارای اهمیت می‌باشد. معمولا یکی از این تاثیرات از دیگری برجسته‌تر است؛ اثر برجسته‌تر، اثر اصلی نام‌گذاری می‌شود، درحالی‌که دیگری را اثر ثانویه می‌نامند. این اجزای غیرسازه‌ای باید بر اساس بخش‌های ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ طراحی شوند.

۷-۲-۳- مدل‌سازی اجزای غیرسازه‌ای

معمولا اجزای غیرسازه‌ای وقتی‌که به یک طبقه یا نقطه‌ای از سازه متصل هستند، به صورت یک درجه آزادی مدل می‌شوند. در صورتی که شرایط زیر برقرار باشد جزء غیرسازه‌ای باید به عنوان قسمتی از سیستم سازه‌ای مدل گردد:

۱. اگر وزن جزء غیرسازه‌ای بیمارستانی مساوی یا بیشتر از ۲۵ درصد وزن موثر لرزه‌ای طبقه که به آن متصل شده است باشد، جزء غیرسازه‌ای باید با سازه اصلی مدل شود تا اندرکنش بین آن‌ها درنظر گرفته شود.

۲. اگر سختی جانبی جزء غیرسازه‌ای و اتصالات یا مهاربندهایش، بیشتر از ۲۵ درصد سختی جانبی سازه باشد، جزء غیرسازه‌ای باید با اجزای سازه‌ای مدل شود. همچنین اگر جزء غیرسازه‌ای باعث افزایش نیرو یا تغییرمکان طبقه ای که به آن متصل است شود، باید با اجزای سازه‌ای مدل گردد.
۳. برای طراحی غیرخطی، اگر سختی یا مقاومت جانبی اجزای غیرسازه‌ای به ترتیب از ۱۰ درصد کل سختی جانبی یا مقاومت موردانتظار طبقه بیشتر گردد، این اجزا باید به عنوان اجزای سازه‌ای دسته‌بندی شده و در مدل‌های ریاضی گنجانده شوند؛ در غیر این صورت بارهای لرزه‌ای مطابق با الزامات مندرج در بخش‌های بعد تعیین می‌شوند.

۷-۲-۴- الزامات گواهینامه لرزه‌ای خاص (SSC)

اجزای غیرسازه‌ای مهم و حیاتی که بر عملکرد بیمارستان تاثیر می‌گذارند از جمله تجهیزات پزشکی، سیستم‌های سرمایش-گرمایش و تهویه مطبوع (HVACR)، اجزای مکانیکی و برقی مهم، باید گواهینامه یا الزمات تاییده‌شده مطرح در این بند را برآورده کنند.

ارائه گواهینامه سازنده که نشان دهد جزء دارای واجد شرایط عملکرد و ایمنی مناسب برای نیروهای ناشی از زلزله را دارا باشد برای اجزای یاد شده که دارای موتور بوده یا در آنها جریان برق وجود دارد (تجهیزات فعال) ضروری است. این گواهی باید بر اساس یکی از روش‌های تحلیلی یا آزمایشگاهی مبتنی بر استانداردهای شناخته‌شده ملی بر اساس بخش ۷-۱۰ صادر شود.

برای اجزای غیرسازه‌ای در بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳، گواهینامه‌های لرزه‌ای خاص (SSC) باید توسط سازنده برای تجهیزات پزشکی، مکانیکی و الکتریکی فعال که در جدول ۷-۱ لیست شده‌اند، فراهم شود که بر اساس آن باید برای سطح خطر ۱ با حداکثر شتاب زمین بیشتر از ۰/۲۵g، اجزای غیرسازه‌ای قابل استفاده باقی بمانند. آزمایش باید به گونه ای انجام شود که ظرفیت لرزه‌ای اجزا و تکیه‌گاه‌ها و اتصالات‌شان بر اساس آزمایش میزلرزان تاییدشده طبق بخش ۷-۱۰، تعیین گردد. همچنین تجهیزات فعال باید بر اساس آزمایش فوق الذکر تایید شوند مگر این‌که نشان‌داده شود جزء به‌طورذاتی بوسیله مقایسه با اجزای تاییدشده لرزه‌ای مشابه انسجام کافی دارد. تجهیزات فعال شامل تجهیزات مکانیکی (مانند سیستم تهویه یا لوله‌کشی) یا الکتریکی (مانند شبکه توزیع برق)، تجهیزات پزشکی، سیستم برق اضطراری و اطفاء حریق می‌باشد. همچنین اجزای دارای مواد خطرناک نیاز به گواهینامه لرزه‌ای ویژه مطابق با روش ارائه‌شده در فوق دارند.

آزمایش باید الزامات طراحی و ارزیابی را برآورده سازد به‌شرطی‌که ظرفیت لرزه‌ای این اجزا برابر یا بیشتر از تقاضای لرزه‌ای تعیین‌شده در بخش‌های ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ باشد.

تبصره: تجهیزات و اجزایی با وزن کمتر از ۱۰ کیلوگرم که به طور مستقیم بر روی سازه طبق ضوابط بخش ۷-۴ مهار و نصب شده اند، و روی دیگر تجهیزات و اجزا قرار ندارند؛ معاف از ارایه گواهینامه لرزه‌ای خاص هستند.

۷-۳- الزامات طراحی مقاوم در برابر زلزله

اجزای غیرسازه‌ای باید برای همان سطح خطر لرزه‌ای سازه‌ای که در آن قرار دارند یا به آن متصل هستند، طراحی شوند. با توجه به این‌که نیروی وارده به اجزای غیرسازه‌ای توسط ارتعاشات (شتاب و تغییرمکان) ایجاد شده در سازه اصلی که به‌طورکلی بیشتر از شتاب و تغییرمکان در تراز پی ساختمان است، جزء غیرسازه‌ای باید برای نیرو و یا تغییرمکان تشدید شده که به ترتیب در بخش‌های ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ تعریف شده است، طراحی شوند.

روش تحلیل لرزه‌ای جزء غیرسازه‌ای در این دستورالعمل شامل روش‌های زیر بر اساس نوع بیمارستان می‌شود:

۱. **روش تحلیلی:** تمامی اجزای غیرسازه‌ای در بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳ باید فقط با استفاده از روش تحلیلی طراحی شوند. این روش می‌تواند برای بیمارستان گروه ۴ نیز مورد استفاده قرار گیرد.
   - برای اجزای غیرسازه‌ای حساس به نیرو یا شتاب، نیروی لرزه‌ای باید طبق بخش ۷-۳-۱ محاسبه شود.
   - برای اجزای غیرسازه‌ای حساس به تغییرمکان یا تغییرشکل، نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه یا تغییرمکان‌های نسبی باید طبق بخش ۷-۳-۲ محاسبه شوند.
   - برای اجزای غیرسازه‌ای حساس به نیرو-تغییرشکل، نیروی لرزه‌ای باید طبق بند ۷-۳-۱ و نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه یا تغییرمکان‌های نسبی باید طبق بند ۷-۳-۲ محاسبه شوند.

   نیروهای محاسبه‌شده باید برای طراحی جزء و اتصالات به سازه نگهدارنده استفاده شوند تا اطمینان از حفظ یکپارچگی سازه و جزء غیرسازه‌ای در حین وقوع زلزله حاصل شود.
۲. **روش تجویزی:** استفاده از این روش فقط باید برای طراحی اجزای غیرسازه‌ای بیمارستان‌های گروه ۴ مجاز می‌باشد. در این صورت، مشخصات اجزای غیرسازه‌ای باید برای سطح خطر لرزه‌ای که بیمارستان برای آن طراحی شده است، تایید شود.

روش طراحی جزء غیرسازه‌ای در این دستورالعمل شامل سه مرحله اصلی زیر است:

۱. طراحی مهار جزء غیرسازه‌ای و اتصالات برای سطح خطر لرزه‌ای ۱، بر اساس نیرو (بخش ۷-۳-۱-۱ و ۷-۳-۱-۲) و یا تغییرمکان (بخش ۷-۳-۲) طراحی اجزا.
۲. ارزیابی عملکرد اتصالات اجزای طراحی‌شده برای اهداف عملکردی اجزای غیرسازه‌ای که در بخش ۱-۶ و جدول ۱-۳ داده شده است؛ بر اساس نیرو (بخش ۷-۳-۱-۱ و ۷-۳-۱-۲) و یا تغییرمکان (بخش ۷-۳-۲) طراحی اجزا برای سطح خطر لرزه‌ای ۲. برای اعضای حساس به تغییرشکل، نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه به‌دست آمده باید با معیارهای پذیرش در بخش ۷-۸ که شامل جدول ۷-۱۰ می‌شود، مطابقت کند.
۳. اصلاح و نهایی کردن طراحی اجزا بر اساس نتایج حاصل از دو مرحله فوق.

۷-۳-۱- نیروی طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای

پاسخ لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای در هنگام زلزله موثر از اندرکنش بین پاسخ دینامیکی سازه و اجزای غیرسازه‌ای می‌باشد. تشدید ارتعاشات در اجزای غیرسازه‌ای هنگامی رخ می‌دهد که زمان تناوب جزء غیرسازه‌ای بسیار نزدیک به زمان تناوب یکی از مدهای سازه اصلی شود. برای اغلب سازه‌ها، مد اصلی ارتعاش در هر جهت، بیشترین تاثیر را بر روی تشدید دینامیکی پاسخ جزء غیرسازه‌ای می‌گذارد.

۷-۳-۱-۱- نیروهای لرزه‌ای افقی (شبه دینامیکی)

برای طراحی اولیه اجزای غیرسازه‌ای با عملکرد ایمنی جانی، نیروی طراحی لرزه‌ای افقی (F_p) از رابطه ۷-۱ محاسبه میشود، باید به مرکز ثقل جزء غیرسازه‌ای اعمال گردد و متناسب با توزیع جرم آن جزء، توزیع شود. نیروی F_p باید به طور مستقل در حداقل دو جهت عمود برهم به اضافه بارهای بهره‌برداری مرتبط با جزء غیرسازه‌ای به طور مناسبی اعمال گردد. برای سیستم-های طره‌ای قائم، با این وجود باید فرض شود نیروی F_p در هر جهت افقی عمل می‌کند.

$$F_P = \frac{0.4\, a_P\, S_{as}\, W_P\, I_P \left(1+\frac{2z}{h}\right)}{R_p} \qquad ۱-۷$$

کرانه بالا و پایین نیروی طراحی لرزه‌ای افقی F_p به صورت زیر تعریف شده است:

$$0.3 S_{as}\, I_P\, W_P < F_P < 1.6 S_{as}\, I_P\, W_P \qquad ۲-۷$$

که در آن:

F_p: نیروی طراحی لرزه‌ای که در راستای افقی در مرکز ثقل جزء غیرسازه‌ای اعمال می‌گردد و متناسب با توزیع جرم آن جزء، توزیع می‌شود.

S_{aS}: مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه برابر با ۰/۲ ثانیه برای سطح خطر لرزه‌ای متناسب با سطح عملکرد سازه‌ای که در بخش ۴-۲ تعیین شده است. برای عملکرد ایمنی جانی از خطر لرزه‌ای سطح ۱ و برای سایر سطوح عملکردی (قابلیت استفاده مداوم و حفظ موقعیت) از خطر لرزه‌ای سطح ۲ استفاده می‌شود.

a_p: ضریب بزرگنمایی پاسخ جزء غیرسازه‌ای که در بین ۱ برای اجزای صلب تا ۲/۵ برای اجزای انعطاف‌پذیر تغییر می‌کند. جدول ۷-۲ مقادیر ضریب را برای انواع اجزای غیرسازه‌ای معماری و جدول ۷-۳ برای تجهیزات مکانیکی و برقی نشان می‌دهد. a_p برای اجزای غیرسازه‌ای با خدمات مهم بیمارستانی ارتباط دارند و احتمالا ایجاد بی‌نظمی و درهم‌ریختگی در بیمارستان‌های گروه یک و دو را دارا می‌باشند و در جدول فوق‌الذکر نیامده‌اند، برابر با ۲/۵ گرفته شود. کرانه پایین برای a_p

تنها در صورتی باید استفاده شود که این مقدار توسط تحلیل دینامیکی دقیق (بخش ۷-۳-۱-۳) و با استفاده از طیف طبقه بدست آید.

I_p: ضریب اهمیت اجزای غیرسازه‌ای بیمارستان. برای عملکرد ایمنی جانی (N-C)، $I_p = 1$؛ و برای عملکرد قابلیت خدمت‌رسانی بی وقفه (N-A) و حفظ موقعیت (N-B)، $I_p = 1.5$ می‌باشد. برای اجزای غیرسازه‌ای پزشکی که با خدمات مهم در بیمارستان‌ها از جمله حیاتی یا ضروری، خطرناک یا مضر ارتباط دارند و احتمالا باعث بی‌نظمی و درهم‌ریختگی در بیمارستان‌های گروه یک و دو می‌شوند، I_p برابر با ۲ می‌باشد.

W_p: وزن جزء در حالت بهره‌برداری؛

R_p: ضریب رفتار پاسخ جزء که از ۱ تا ۱۲ متغیر است.

جدول ۷-۲ مقادیر ضریب را برای انواع اجزای غیرسازه‌ای معماری و جدول ۷-۲ برای تجهیزات مکانیکی و برقی نشان می‌دهد.

z: ارتفاع نقطه اتصال جزء به سازه نسبت به تراز پایه. برای بخش‌هایی که در تراز پایه و یا زیر آن هستند، z باید صفر منظور شود. مقدار z/h نباید از یک بیشتر شود.

h: ارتفاع متوسط بام سازه نسبت به تراز پایه ساختمان بیمارستان.

ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) ارائه‌شده در جدول ۷-۲ و جدول ۷-۲ باید لزوما برای مهار غیرشکل‌پذیر اجزا به بتن و مصالح بنایی، در F_p ضرب شود. همچنین در جدول ۷-۲، اجزای انعطاف‌پذیر اجزایی هستند که زمان تناوب اصلی‌شان از ۰/۰۶ ثانیه بیشتر یا فرکانس آن‌ها از ۱۶/۷ هرتز کمتر باشد؛ و اجزای صلب، اجزایی هستند که زمان تناوب اصلی‌شان از ۰/۰۶ کمتر یا فرکانس آن‌ها از ۱۶/۷ هرتز بیشتر باشد.

۷-۳-۱-۲- نیروهای لرزه‌ای قائم

در صورتی که جزء غیرسازه‌ای به طور خاص برای نیروی لرزه‌ای قائم طراحی شود، جزء باید برای یک نیروی لرزه‌ای قائم همزمان (F_{pv}) که به طور عمود در مرکز جرم جزء اعمال می‌شود یا طبق توزیع جرم آن توزیع می‌گردد، طراحی شود.

$$F_{PV} = \pm 0.2 S_{as} W_P \qquad ۳-۷$$

جدول ۷-۲: ضریب بزرگنمایی (a_p)، ضریب رفتار (R_p) و ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) اجزای غیرسازه‌ای معماری

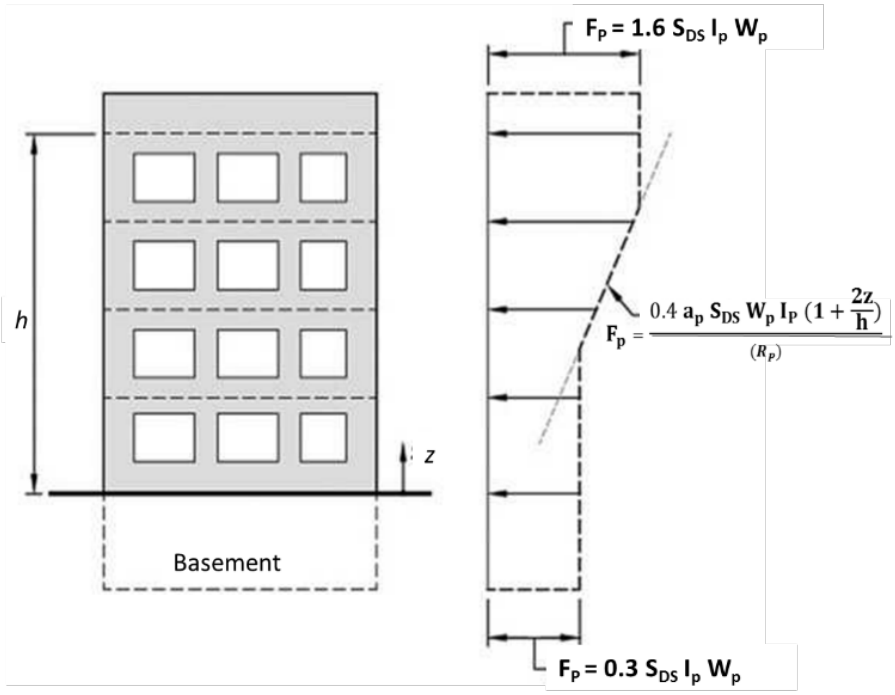
اجزای معماری	a_p	R_p	Ω_0
دیوارها و پارتیشن‌های غیرسازه‌ای داخلی	۱	۲/۵	۲
اجزای طره‌ای مهارنشده یا مهار شده در محلی پایین‌تر از مرکز جرم جزء مانند جان‌پناه، دودکش و دیوارهای داخلی	۲/۵	۲/۵	۲
اجزای طره‌ای مهارشده در محلی بالاتر از مرکز جرم جزء نظیر جان‌پناه، دودکش و دیوارهای خارجی	۱	۲/۵	۲
اجزا و اتصالات دیوار غیرسازه‌ای خارجی			
عضو دیوار و بدنه اتصالات پنل دیوار	۱	۲/۵	-
بست‌های سیستم اتصال	۱/۲۵	۱	۱

اجزای معماری	a_p	R_p	Ω_0
نما			
اجزای با شکل‌پذیری محدود و اتصالات آن‌ها	۱	۲/۵	۲
اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آن‌ها	۱	۱/۵	۲
خرپشته (به جز حالتی‌که قسمتی از قاب سازه‌ای باشد)	۲/۵	۳/۵	۲
سقف کاذب	۱	۲/۵	۲
کابینت، قفسه کتاب، تجهیزات آزمایشگاهی و غیره	۱	۲/۵	۲
کف‌های دسترسی	۱	۱/۵	۱/۵
ضمائم و تزئینات	۲/۵	۲/۵	۲
علائم و بیلبوردها	۲/۵	۲	۲
راه‌پله‌های فرار (خروجی) که قسمتی از سیستم مقاوم لرزه‌ای نیستند	۱	۲/۵	۲
بست‌ها و اتصالات رمپ و پله‌های فرار	۲/۵	۲/۵	۲/۵
سایر اجزای صلب			
اجزای با شکل‌پذیری زیاد و اتصالات آن‌ها	۱	۳/۵	۲
اجزای با شکل‌پذیری محدود و اتصالات آن‌ها	۱	۲/۵	۲
اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آن‌ها	۱	۱/۵	۱/۵
سایر اجزای انعطاف‌پذیر			
اجزای با شکل‌پذیری زیاد و اتصالات آن‌ها	۲/۵	۳/۵	۱/۵
اجزای با شکل‌پذیری محدود و اتصالات آن‌ها	۲/۵	۲/۵	۲/۵
اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آن‌ها	۲/۵	۱/۵	۱/۵

جدول ۷-۳: ضریب بزرگنمایی (a_p)، ضریب رفتار (R_p) و ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) اجزای غیرسازه‌ای مکانیکی و برقی

اجزا	a_p	R_p	Ω_0
اجزای مکانیکی و برقی			
HVACR (سیستم سرمایش و گرمایش، تخلیه هوا و سردکننده ها) هوا، هواکش‌ها، کنترل‌کننده‌های هوا، واحدهای تهویه مطبوع، بخاری‌ها، کانال‌های تقسیم‌کننده هوا و سایر تجهیزات مکانیکی ساخته‌شده از ورق‌های فلزی	۲/۵	۶	۲
HVACR (سیستم سرمایش و گرمایش، تخلیه هوا و سردکننده ها) هوای مرطوب ، دیگ‌های بخار، کوره، تانکر و مخزن فشار اتمسفری، چیلرها، آب‌گرمکن‌ها، مبدل‌های حرارتی، تبخیرکننده‌ها یا رطوبت زنی، جداکننده‌های هوا، تجهیزات تولیدی یا فرآوری‌شده و سایر تجهیزات مکانیکی ساخته‌شده از مواد با شکل‌پذیری زیاد	۱	۲/۵	۲
خنک کننده هوا (پنکه‌ها)، مبدل‌های حرارتی خنک‌کننده هوا، کندانسورها (واحدهای متراکم‌کننده)، کولرهای خشک، رادیاتورها و سایر تجهیزات مکانیکی مرتفع با تکیه‌گاه‌های فولادی	۲/۵	۳	۱/۵
آسانسورها و پله‌های برقی	۱	۲/۵	۲
ژنراتورها، باتری‌ها، مبدل‌های برقی، موتورها، ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات برقی ساخته‌شده از مواد با شکل پذیری زیاد	۱	۲/۵	۲
تابلو برق سیستم‌های تاسیسات مکانیکی، تابلوهای برق، کلید تابلویی برق، تابلوهای کنترل و سایر تجهیزات ساخته-شده از قاب‌های فلزی صفحه‌ای	۲/۵	۶	۲
تجهیزات ارتباطی، رایانه‌ها، ابزار دقیق و سیستم‌های کنترل	۱	۲/۵	۲
برج‌های خنک‌کننده و دودکش‌های نصب‌شده بر روی بام در حالتی که در ترازی پایین‌تر از مرکز جرم‌شان به‌طور	۲/۵	۳	۲

اجزا	a_p	R_p	Ω_0
جانبی مهارشده‌اند			
برج‌های خنک‌کننده و دودکش‌های نصب‌شده بر روی بام در حالتی که در ترازی بالاتر از مرکز جرم‌شان به‌طور جانبی مهارشده‌اند	۱	۲/۵	۲
چراغ و تجهیزات روشنایی	۱	۱/۵	۲
سایر اجزای مکانیکی و برقی	۱	۱/۵	۲
اجزا و سیستم‌های جداسازی‌شده لرزه‌ای			
اجزا و سیستم‌های جداسازی‌شده با استفاده از اعضای نئوپرن و کف‌های جداسازی‌شده نئوپرنی با وسایل الاستومریک یا متوقف‌کننده‌های محیطی تاب‌آور داخلی یا جداکننده	۲/۵	۲/۵	۲
اجزا و سیستم‌های جداسازی‌شده و کف‌های جداسازی‌شده لرزه‌ای که با استفاده از وسایل الاستومریک یا متوقف‌کننده‌های محیطی تاب‌آور داخلی یا جداکننده مهارشده‌اند	۲/۵	۲	۲
اجزا و سیستم‌های جداسازی‌شده داخلی	۲/۵	۲	۲
تجهیزات جداسازی‌شده معلق شامل دستگاه‌های قرارگرفته در داکت‌ها و اجزای جداسازی‌شده داخلی معلق	۲/۵	۲/۵	۲
سیستم‌های توزیع			
لوله کشی طبق استاندارد ASME-B31 شامل اجزای درون خط که با اتصالات جوشی یا لحیم‌کاری ساخته‌شده‌اند	۲/۵	۱۲	۲
لوله کشی طبق استاندارد ASME-B31 شامل اجزای درون خط تولیدشده از مواد با شکل‌پذیری زیاد یا محدود که با اتصالات رزوه‌ای، چسبی، کوپلینگ فشاری یا شیاری ساخته‌شده‌اند	۲/۵	۶	۲
لوله‌کشی و کانال‌کشی که طبق استاندارد ASME-B31 نباشد؛ شامل اجزای درون خط تولیدشده از مواد با شکل‌پذیری زیاد که با اتصالات جوشی یا لحیم‌کاری ساخته‌شده‌اند	۲/۵	۹	۲
لوله‌کشی و کانال‌کشی که طبق استاندارد ASME-B31 نباشد؛ شامل اجزای درون خط تولیدشده از مواد با شکل‌پذیری زیاد یا محدود که با اتصالات رزوه‌ای، چسبی، کوپلینگ فشاری یا شیاری ساخته‌شده‌اند	۲/۵	۴/۵	۲
لوله‌کشی و کانال‌کشی با استفاده از مواد با شکل‌پذیری کم مانند چدن و مواد پلاستیکی شکننده	۲/۵	۳	۲
داکت‌ها شامل اجزای درون خط تولیدشده از مواد با شکل‌پذیری زیاد که با اتصالات جوشی یا لحیم‌کاری ساخته‌شده‌اند	۲/۵	۹	۲
داکت‌ها شامل اجزای درون خط تولیدشده از مواد با شکل‌پذیری زیاد یا محدود که با اتصالاتی غیر از جوشی یا لحیم‌کاری ساخته‌شده‌اند	۲/۵	۶	۲
لوله‌کشی سیستم برقی و سینی کابل	۲/۵	۶	۲
باس داکت	۱	۲/۵	۲
لوله کشی فاضلاب	۱	۲/۵	۲
سیستم‌های انتقال لوله بادی (پنوماتیک)	۲/۵	۶	۲



شکل ۷-۴: مقدار نیروی جانبی در ارتفاع

۷-۳-۱-۳- تحلیل دینامیکی

نیروی طراحی لرزه‌ای افقی (F_p) برای عملکرد قابلیت خدمت‌رسانی بی‌وقفه جزء غیرسازه‌ای، باید با استفاده از تحلیل دینامیکی سازه و اجزای غیرسازه‌ای به‌دست آید. حداکثر شتاب طبقه برای محاسبه نیروی طراحی را می‌توان با یکی از روش‌های تحلیل دینامیکی زیر به‌دست آورد:

۱. روش‌های تحلیل دینامیکی خطی بر اساس بخش ۵-۴-۲-۱-۱؛
۲. روش‌های تاریخچه زمانی غیرخطی بر اساس بخش ۵-۴-۲-۱-۲؛
۳. طیف پاسخ طبقه با استفاده از روش‌های بخش ۷-۳-۱-۴ یا ۷-۳-۱-۵.

نیروی لرزه‌ای باید از رابطه ۷-۴ با همان کرانه‌های بالا و پایین رابطه ۷-۲ به‌دست آید:

$$F_P = \left(a_i\, a_P\, I_P\, W_P / R_P\right) A_X \qquad ۴\text{-}۷$$

که در آن:

I_p، a_p و R_p همان پارامترهایی هستند که در رابطه ۷-۱ ارائه شده اند؛ و

a_i: حداکثر شتاب در تراز (طبقه) i ام سازه، که از هریک از سه روش تحلیل دینامیکی فوق‌الذکر بدست می‌آید. اگر تحلیل تاریخچه زمانی پاسخ سازه با ۱۱ رکورد زلزله انجام گیرد، a_i باید برابر با میانگین حداکثر شتاب‌ها در طبقه i ام درنظر گرفته

شود. اگر تعداد رکوردهای زلزله استفاده‌شده کمتر از ۱۱ باشد، a_i باید برابر با حداکثر شتاب‌ها در طبقه i ام در نظر گرفته شود. تعیین شتاب‌های سازه با استفاده از این روش‌ها، باید با R=1 انجام شود.

A_x: ضریب بزرگنمایی پیچشی ($1<A_x<3$) که به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$A_X = \left(\frac{\delta_{\max}}{1.2\delta_{avg}} \right)^2 \qquad ۵-۷$$

که در آن:

δ_{max}: حداکثر تغییرمکان در تراز x.

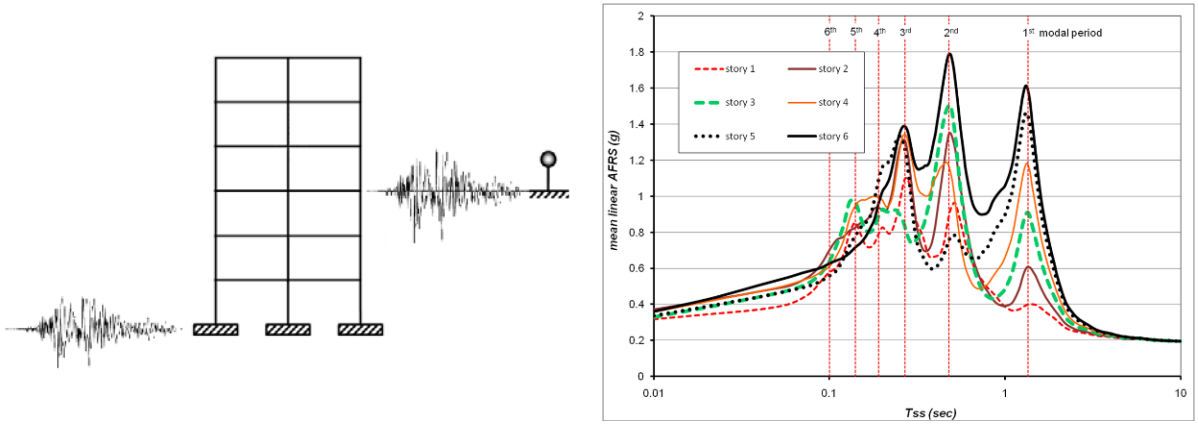
δ_{avg}: میانگین تغییرمکان در نقاط انتهایی سازه در تراز x.

در رابطه ۷-۴، حاصلضرب $a_i a_p$ را می‌توان با مقدار شتاب طیفی (A_{ix}) به‌دست‌آمده از مقدار طیف طبقه در زمان تناوب ارتعاش جزء غیرسازه‌ای در تراز i که در آن تراز، جزء غیرسازه‌ای مهارشده است، جایگزین کرد. برای بدست آوردن طیف پاسخ طبقه باید حداکثر شتاب طبقه برای حداقل سه مد اول ساختمان درنظر گرفته شود، اما نباید کمتر از شتاب طیفی در تراز پایه ساختمان باشد. روش‌های به‌دست آوردن طیف طبقه در بخش‌های ۷-۳-۱-۴ و ۷-۳-۱-۵ شرح داده شده است.

نیروهای لرزه‌ای برای تحلیل دینامیکی خطی یا تحلیل تاریخچه زمانی باید طبق بخش ۵-۴-۲-۱-۱-۲ محاسبه شود. برای سازه‌های با سیستم جداساز لرزه‌ای یا سیستم میراگر، نیروهای لرزه‌ای برای تحلیل دینامیکی خطی یا تحلیل تاریخچه زمانی به ترتیب باید بر اساس بخش ۶-۱-۷ و ۶-۲-۴ محاسبه شوند.

۷-۳-۱-۴- طیف پاسخ طبقه

طیف طرح شتاب طبقه یا طیف طبقه، نمایان‌گر حداکثر پاسخ (شتاب، سرعت یا تغییرمکان) یک جزء غیرسازه‌ای یک درجه آزادی با زمان تناوب طبیعی T_p و نسبت میرایی β_P است که تحت اثر مجموعه‌ای از تاریخچه‌های زمانی شتاب طبقه سازه‌ای قرار دارد که این شتاب‌ها حاصل از مجموعه رکوردهای زلزله طرح مطابق شکل ۷-۵ می‌باشد که به سازه اعمال شده است. طیف پاسخ هر طبقه باید برای مجموعه‌ای از زلزله‌های طرح در تراز هر طبقه، بر اساس تحلیل تاریخچه زمانی دینامیکی سازه محاسبه شود. شتاب طبقه (a_i) باید حداکثر مقدار شتاب از میان مقادیر طیف‌های پاسخ طبقه برای زمان تناوب جزء باشد و مقدار a_p باید برابر با ۱/۰ منظور شود. طیف طرح طبقه بر اساس قضاوت مهندسی از میانگین طیف‌های پاسخ طبقه بدست می‌آید.



شکل ۷-۵: طیف پاسخ شتاب طبقه در ترازهای مختلف ارتفاعی قاب ۶ طبقه

۷-۳-۱-۵- روش جایگزین طیف پاسخ طبقه

مقدار طیف پاسخ طبقه (یا طیف طرح طبقه) را به صورت ساده تر می‌توان با استفاده ضریب بزرگنمایی دینامیکی (DAF) به‌دست آورد. مقدار شتاب طیفی طبقه برای هر یک از سه مود اول سازه در هر جهت (A_{ix}) می‌تواند به صورت تابعی از زمان تناوب جزء غیرسازه‌ای محاسبه شود:

$$A_{iX} = p_{iX}\, S_{ai}\, D_{AF} \qquad ۶-۷$$

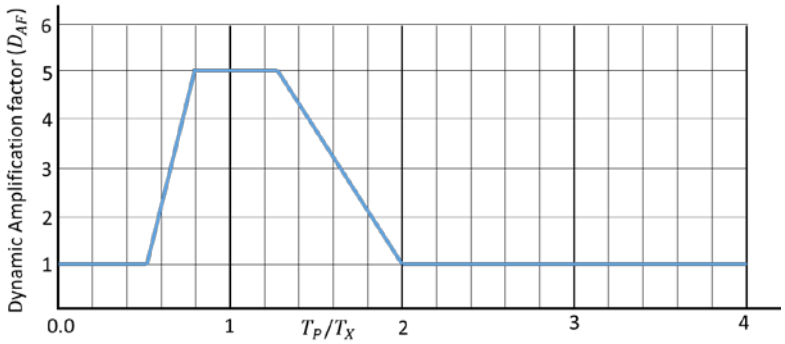
که در آن:

A_{ix}: شتاب طبقه برای مد x در تراز ارتفاعی i یا i اُمین طبقه (طبقه i اُم)،

p_{ix}: ضریب مشارکت مودی برای مد x در تراز ارتفاعی i از سازه که از تحلیل مودال به‌دست آمده است،

S_{ai}: شتاب طیفی برای مد x در تراز ارتفاعی i از سازه که از تحلیل مودال به‌دست آمده است، و

D_{AF}: ضریب بزرگنمایی دینامیکی که به صورت تابعی از نسبت زمان تناوب جزء (T_p) به زمان تناوب مدی سازه (T_x) بر اساس نمودار نشان داده شده در شکل ۷-۶ تعریف شده است.



شکل (۷-۶): ضریب بزرگنمایی دینامیکی جزء غیرسازه‌ای (D_{AF})؛

۷-۳-۱-۶- زمان تناوب جزء

زمان تناوب اصلی جزء غیرسازه‌ای (از جمله تکیه‌گاه‌ها و اتصالات آن به سازه) T_p، مشروط بر این‌که جزء، تکیه‌گاه‌ها و اتصالات را بتوان به‌طور منطقی در قالب یک سیستم یک درجه آزاد مدل نمود، برابر است با:

$$T_P = 2\pi\sqrt{W_P/k_p\, g} \qquad ۷-۷$$

که در آن:

T_p: زمان تناوب اصلی جزء غیرسازه‌ای

W_p: وزن جزء غیرسازه‌ای مورد نظر در حالت بهره‌برداری

K_p: سختی تکیه‌گاه جزء شامل سختی تکیه گاه، مهاربند و اتصالات که با مقدار نیرو به‌ازای اعمال تغییرشکل واحد در مرکز ثقل جزء تعیین می‌شود.

همچنین میتوان T_p را با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی یا یک تحلیل جامع تعیین نمود.

۷-۳-۲- تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای

برای اجزاء غیرسازه‌ای حساس به تغییرشکل، تاثیرات تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای باید در ترکیب با تغییرمکان‌هایی که از طریق سایر بارها ایجاد می‌شوند، تا حد مناسبی در نظر گرفته شود. در این صورت، تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای (D_{pI}) باید بدین گونه تعیین شود:

$$D_{pI} = D_p\, I \qquad ۸-۷$$

که در آن:

I: ضریب اهمیت ساختمان

D_p: تغییرمکان تعیین‌شده از رابطه ۸-۹ یا ۷-۱۰ که به نوع اتصالات جزء غیرسازه‌ای به سازه بستگی دارد.

۷-۳-۲-۱- تغییرمکان‌های درون سازه‌ها

برای جزء غیرسازه‌ای که در دو نقطه با ارتفاع متفاوت به یک سازه یا سیستم سازه‌ای یکسان متصل است (یکی در ارتفاع h_x و دیگری در ارتفاع h_y همان‌طور که در شکل ۷-۷ نشان داده شده است)؛ تغییرمکان نسبی لرزه‌ای (D_p)که جزء باید برای تحمل آن طراحی شود از رابطه ۷-۹ محاسبه گردد.

$$D_p = \delta_x - \delta_y < \left(h_x - h_y\right) \qquad ۹-۷$$

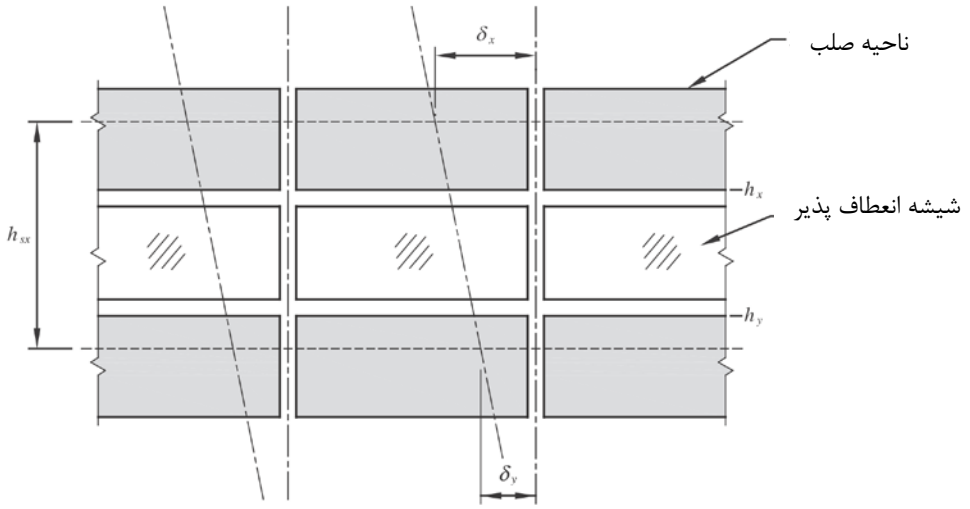
که در آن:

δ_x: تغییرمکان جانبی سازه در تراز x ، طبق رابطه ۵-۴

δ_y: تغییرمکان جانبی سازه درتراز y ، طبق رابطه ۵-۴

Δ_{ar}: حد دریفت مجاز طبقه که در جدول ۷-۴ برای تعداد طبقات و گروه‌های بیمارستانی مختلف تعریف شده است.

همچنین می‌توان D_p را ابتدا با استفاده از روش‌های تحلیل پاسخ طیفی خطی (بخش ۵-۳-۳-۳-۲) و با اختلاف تغییرشکل‌های طبقه که برای هر مد محاسبه می‌شود، تعیین نمود؛ و سپس با استفاده از روش‌های ترکیب مدی مناسب، ترکیب نمود.



شکل ۷-۷: تغییرمکان‌ها درطول ارتفاعی کمتر از ارتفاع طبقه

جدول ۷-۴: شاخص حد دریفت مجاز طبقه ($\Delta_{ar} = \Delta/h_{sx}$)

تعداد طبقات	بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳	بیمارستان گروه ۴
کمتر از ۴ طبقه	۰/۰۱۵	۰/۰۲
بیش از ۴ طبقه	۰/۰۱	۰/۰۱۵

۷-۳-۲-۲- جابجایی‌های بین سازه‌ها

برای جزء غیرسازه‌ای که در دو نقطه، یکی در ارتفاع h_x به سازه A و دیگری در ارتفاع h_y به سازه B مطابق شکل ۷-۸ متصل باشد؛ تغییرمکان نسبی لرزه‌ای (D_p) برابر است با:

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{xB}| < \Delta_{ar}\left(h_x + h_y\right) \qquad ۱۰-۷$$

که در آن:

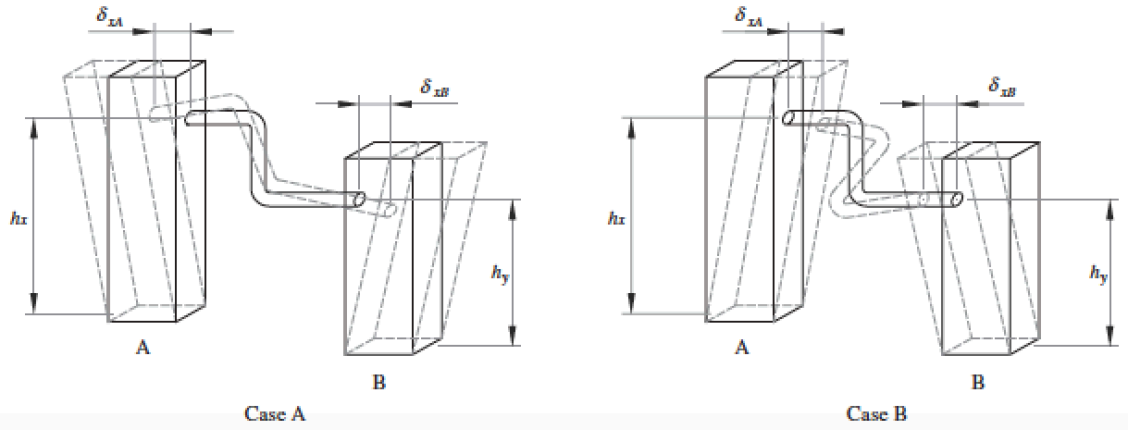
δ_{xA}: تغییرمکان جانبی سازه A در تراز x ، طبق رابطه ۵-۴

δ_{yB}: تغییرمکان جانبی سازه B درتراز y ، طبق رابطه ۵-۴

h_x: ارتفاع نقطه اتصال تکیه گاه بالایی جزء در سازه A (تراز x)؛ و

h_y: ارتفاع نقطه اتصال تکیه گاه پایینی جزء در سازه B (تراز y).

تاثیرات تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای باید در ترکیب با تغییرمکان‌های ناشی از بارگذاری‌های دیگر در صورت لزوم درنظر گرفته شود.



شکل ۷- ۸: تغییرمکان‌های بین سازه‌ها

۷-۴- مهار جزء غیرسازه‌ای

اجزای غیرسازه‌ای و تکیه‌گاه‌های آن‌ها باید به طور مناسبی طبق الزامات این بخش به سازه متصل و مهار شوند. اتصالات باید الزامات مصالح سازه اصلی را ارضا کنند.

اتصالات جزء باید بدون درنظر گرفتن مقاومت اصطکاکی ناشی از تاثیرات ثقلی، از نوع پیچی یا جوشی باشند؛ به طوریکه یک مسیر انتقال بار پیوسته با مقاومت و سختی کافی بین اجزا و سازه اصلی فراهم شود. اجزای موضعی سازه از جمله اتصالات باید برای نیروهای وارده به آنها مطابق بخش ۷-۳-۱ طراحی، کنترل و ساخته شوند. اسناد طراحی باید شامل اطلاعات کافی در رابطه با اتصالات باشد تا میزان انطباق آن‌ها با الزامات این بخش اعتبارسنجی شود.

جزئیات مهار جزء غیرسازه‌ای باید بر اساس دستورالعمل‌هایی که در راهنماهای ساخت تعریف شده است طراحی گردند و توسط کارشناس‌های فنی معتبر نصب شوند. برای جزئیات مهار برای انواع مختلف اجزای غیرسازه‌ای با درنظرگیری قوانین طراحی میتوان از نشریه شماره ۷۴۳ استفاده نمود.

۷-۴-۱- نیروی طراحی در اتصال

نیرو در اتصال باید بر اساس نیروها و تغییرمکان‌های مشخص‌شده برای جزء مطابق بخش‌های ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ تعیین شود با توجه به این‌که R_p نباید از ۶ بزرگ‌تر باشد. نوع اتصالات مهار، شرایط نصب، بست‌ها و گیره‌های اصطکاکی بر اساس دستورالعمل‌های داده‌شده در استاندارد ۲۸۰۰ ایران و مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان تعریف شده است. برای تعیین توزیع نیروی اتصالات چندگانه در یک محل باید سختی و شکل‌پذیری جزء، تکیه‌گاه‌های جزء، اتصالات، سازه و توانایی توزیع مجدد بارها به سایر اتصالات گروه، درنظر گرفته شود.

۷-۴-۱-۱- مهارها در بتن

مهارها در بتن باید مطابق با مفاد آیین‌نامه بتن ایران یا فصل ۱۸ مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان طراحی شوند. مهارهای نصب‌شده در بتن باید برای کاربردهای لرزه‌ای باید مطابق ضوابط یاد شده یا دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی تایید شوند.

۷-۴-۱-۲- مهارهای نصب در بتن پس از بتن‌ریزی و گیرش بتن

مهارهای نصب‌شده در بتن باید برای کاربردهای لرزه‌ای طبق مفاد آیین‌نامه بتن ایران یا فصل ۱۸ مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان کنترل و تایید شوند. در غیاب ضوابط لازم در مراجع ملی، استفاده از ضوابط معتبر بین‌المللی با تایید کارفرما مجاز است.

۷-۴-۱-۳- اتصالات چندگانه

برای تعیین توزیع نیروی اتصالات چندگانه در یک محل باید سختی و شکل‌پذیری جزء، تکیه‌گاه‌های جزء، اتصالات، سازه و توانایی توزیع مجدد بارها به سایر اتصالات گروه، درنظر گرفته شود. برای تحقق این الزامات، طراحی‌های مهار در بتن طبق فصل ۱۷ از ACI 318 باید درنظر گرفته شود.

۷-۴-۱-۴- بست‌های برقی فشنگی-پانچی .Power-Actuated Fasteners

بست‌های برقی (بست‌های لوله ای) در بتن یا فولاد برای بارهای کششی معلق یا کاربردهای مهاری نباید استفاده شود مگراین‌که برای بارگذاری لرزه‌ای تایید شوند. استثناهای این نوع از بست‌ها یا مهارها عبارت‌اند از:

۱. بست‌های برقی در مصالح بنایی مجاز نیستند مگراین‌که برای بارگذاری لرزه‌ای تایید شده باشند.
۲. بست‌های برقی در بتن برای نگه‌داشتن کاشی‌های عایق صوتی یا قرار دادن پنل‌های سقف کاذب و سیستم‌های توزیعی که بار بهره‌برداری روی هر یک از بست‌ها از ۴۰۰ نیوتن تجاوز نکند، و

۳. بست‌های برقی در فولاد که بار بهره‌برداری روی هر یک از بست‌ها از ۱۱۰۰ نیوتن تجاوز نکند.

۷-۴-۱-۵- گیره‌های اصطکاکی

گیره‌های اصطکاکی در اجزای غیرسازه‌ای بیمارستان نباید علاوه بر مقاومت در برابر بارهای لرزه‌ای، برای تحمل بارهای دائمی استفاده شوند. تیرهای ناودانی شکل و گیره‌های با بال بزرگ، برای آویزها به شرطی مجاز هستند که با تسمه‌هایی معادل با مشخصه‌های بیان‌شده در ضوابط معتبر ملی یا بین‌المللی مهار شوند. مهره قفلی یا مانند آن‌ها باید برای جلوگیری از شل شدن اتصالات رزوه‌ای فراهم شوند.

۷-۵- الزامات طراحی اجزای معماری

برای عملکرد ایمن و تاب‌آور بیمارستان پایداری و مقاومت اجزای معماری در مقابل ارتعاشات ناشی از زلزله یک سانحه، ضروری است. اجزای معماری در بیمارستان عبارت‌اند از: درها، پنجره‌ها، دیوارهای داخلی و خارجی، پارتیشن‌ها، نماها، سقف‌های کاذب، نازک‌کاری، جان‌پناه، سایه‌بان، راه‌پله‌ها، رمپ‌ها، علائم و بیلبوردها، کابینت، قفسه کتاب، تجهیزات آزمایشگاهی و غیره.

۷-۵-۱- نیروها و تغییرمکان‌ها

تمام اجزای معماری و تکیه‌گاه‌ها و اتصالاتشان، باید برای نیروهای لرزه‌ای تعریف‌شده در بخش ۷-۳-۱ طراحی شوند. اجزای معماری که می‌توانند خطر جانی ایجاد کنند، باید برای الزامات تغییرمکان نسبی لرزه‌ای در بخش ۷-۳-۲ طراحی شوند. اجزای معماری باید با در نظر گرفتن تغییرشکل ناشی از دوران اتصال اعضای سازه‌ای طره‌ای، طراحی شوند.

با توجه به اینکه اجزای معماری اکثرا از نوع حساس به تغییرشکل می‌باشند، باید بتوانند سطح عمکرد استفاده بی‌وقفه را پس از زلزله تامین کنند، لذا ضروری است که تغییرشکل‌های سازه‌ای به حداکثر ۱۳ میلی‌متر محدود شود یا در مورد این اجزا، اقدامات محتاطانه‌ی ویژه‌ای صورت گیرد.

۷-۵-۲- اجزا و اتصالات دیوار غیرسازه‌ای خارجی

پنل‌ها یا اجزای دیوار غیرسازه‌ای خارجی که به سازه متصل شده‌اند یا سازه را محصور کرده‌اند، باید برای تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای که در بخش ۷-۳-۲ تعریف شده است و جابجایی‌های ناشی از تغییرات حرارتی طراحی شوند. این‌گونه اجزا باید بوسیله تکیه‌گاه‌های سازه‌ای مثبت و مستقیم یا بوسیله اتصالات مکانیکی و بست‌هایی طبق الزامات زیر مقید شوند:

۱. اتصالات باید اجازه دریفت (جابجایی نسبی) طبقه ناشی از تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای (D_{pI}) که در بخش ۷-۳-۲ تعیین شده است یا ۱۳ میلی‌متر، هرکدام که بزرگ‌تر است را بدهند.

۲. اتصالات، دریفت طبقه ناشی از مکانیزم لغزشی یا خمشی میلگردهای فولادی رزوه‌شده را تحمل کنند.
۳. اتصالاتی که دریفت طبقه ناشی از خمش میلگردهای رزوه‌شده را تحمل می‌کنند باید شرایط مندرج در رابطه ۷-۱۱ را ارضا کنند:

$$\left(L/d\right)/D_{pI} \geq 0.24\left(\frac{1}{mm}\right) \qquad ۷\text{-}۱۱$$

که در آن:

L: طول خالص میلگرد بین مهره یا صفحات رزوه‌شده (بر حسب میلی‌متر)؛
d: قطر میلگرد (بر حسب میلی‌متر)؛ و
D_{pI}: تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که اتصال باید برای تحمل آن طراحی شود (بر حسب میلی‌متر).

۴. عضو اتصال‌دهنده به خودی خود باید ظرفیت شکل‌پذیری و دوران کافی داشته باشد تا از شکست بتن یا گسیختگی‌های ترد در جوش‌ها و یا نزدیک آن جلوگیری کند.
۵. تمام بست‌ها در سیستم‌های اتصال‌دهنده از جمله پیچ‌ها، جوش‌ها، پرچ‌ها و بدنه اتصال‌دهنده‌ها باید برای نیروی F_p که به مرکز جرم پنل اعمال می‌شود، مطابق با بخش ۷-۳-۱ طراحی شوند. سیستم اتصال‌دهنده شامل اتصال بین پنل‌ها و اجزای دیوار و سازه و هم اتصال بین پنل‌ها و اجزای دیوار می‌باشد.
۶. جایی که مهار با استفاده از تسمه‌های مسطح در بتن یا مصالح بنایی انجام می‌گیرد، این تسمه‌ها باید به فولاد مسلح‌کننده متصل یا به دور آن قلاب شوند یا در غیر این‌صورت قطع شوند تا به طور موثری، نیروها را به فولاد مسلح‌کننده انتقال داده شود. همچنین کشیده‌شدن مهار نباید مکانیزم گسیختگی اصلی در بتن باشد.

۷-۵-۳- شیشه

شیشه موجود در دیوارها و نماهای بیمارستانی و پارتیشن‌های شیشه‌ای باید طوری طراحی و نصب شوند که بدون شکست یا جابجایی، تغییرمکان نسبی رابطه ۷-۱۲ یا ۱۳ میلی‌متر هرکدام که بیشتر است را تحمل کند.

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25D_{pI} \qquad ۷\text{-}۱۲$$

که در آن:

$\Delta_{fallout}$: تغییرمکان (دریفت) نسبی لرزه‌ای که در آن فروریزش شیشه، دیوار، ویترین یا پارتیشن‌ها رخ می‌دهد که می‌توان آن را با استفاده از تحلیل مهندسی تعیین کرد.
D_{pI}: تغییرمکان نسبی لرزه‌ای اجزا که باید در سرتاسر ارتفاع عضو شیشه‌ای موردنظر اعمال شود.

۷-۵-۴- سقف کاذب

سقف کاذب باید برای نیروی لرزه‌ای تعریف‌شده در بخش ۷-۳-۱ طراحی شوند. وزن سقف W_p، باید شامل شبکه سقف یا پنل‌های سقف، سیستم روشنایی و دیگر اجزایی که به نوعی به شبکه سقف متصل شده اند می‌باشد. W_p نباید کمتر از ۲۰۰ نیوتن در هر مترمربع درنظر گرفته شود. نیروی لرزه‌ای F_p باید از طریق اتصالات سقف به اجزای سازه‌ای ساختمان یا مرز بین سقف و سازه منتقل شود. اگر سقف‌های کاذب مساحتی کمتر از ۱۴ مترمربع را پوشش دهند و یا از صفحات گچی متصل‌شده با پیچ یا میخ به یک سطح ساخته شده باشند که با دیوارها و زیرطاق‌هایی که به طور جانبی به سازه فوقانی مهار شده‌اند، احاطه شده یا به آن‌ها متصل هستند، از الزامات این بخش معاف‌اند.

برای تامین فاصله کافی در اطراف سیستم اطفاء حریق که از میان سقف‌ها عبور می‌کند، سیستم اطفاءحریق و شبکه سقف باید به‌عنوان یک واحد یکپارچه طراحی شود. دراین طراحی باید جرم و انعطاف‌پذیری تمام اجزای درگیر از جمله سقف، سیستم اطفاء حریق، وسایل روشنایی و تجهیزات مکانیکی مرتبط با سیستمهای تهویه در نظرگرفته شود. این طراحی باید توسط مهندس ذیصلاح انجام گیرد.

۷-۵-۵- کف کاذب

وزن کف کاذب (W_p) باید شامل وزن سیستم کف، ۱۰۰ درصد وزن تمام تجهیزات متصل‌شده به کف کاذب و همچنین ۲۵ درصد وزن تمام تجهیزات مستقر برکف کاذب که به آن متصل نشده اند. نیروی لرزه‌ای F_p باید از بالای سطح کف کاذب به سازه نگهدارنده انتقال یابد.

همچنین تاثیرات واژگونی تجهیزات مستقر بر روی پدستالی که امکان لغزش برای آن وجود دارد در نظر گرفته شوند. هنگامی که هر یک از پدستال‌ها در برابر تاثیرات واژگونی بررسی می‌شوند، حداکثر نیروی محوری نباید از سهم یا مشارکت وزن تجهیز در W_p بیشتر باشد.

۷-۵-۶- پارتیشن‌ها

پارتیشن‌هایی که به سقف متصل شده‌اند و تمام پارتیشن‌های بزرگ‌تر از ۱/۸ متر، باید به سازه اصلی به‌صورت جانبی مهار شوند. این مهارشدگی باید مستقل از هر نوع مهار نیروی جانبی سقف باشد. مهار باید برای محدود کردن تغییرشکل افقی بالای پارتیشن فضا داشته باشد تا با الزامات تغییرشکل سقف که در بخش ۷-۵-۴ برای سقف‌های کاذب و در قسمت دیگری از این بخش برای سایر سیستم‌ها تعیین شده است، سازگار باشد.

پارتیشن‌هایی که تمام شرایط زیر را برآورده کنند، از الزامات این بخش مستثنی هستند:

۱. ارتفاع پارتیشن از ۲/۷ متر بیشتر نباشد.
۲. وزن پارتیشن در واحد طول، از حاصلضرب۰/۵kN در ارتفاع (برحسب متر) پارتیشن بیشتر نگردد.

۳. بار لرزه‌ای افقی پارتیشن از $0/25\ kN/m^2$ بیشتر نباشد.

۷-۵-۷- پله‌ها و رمپ‌های فرار

پله‌ها و رمپ‌های فرار که جزء سیستم مقاوم لرزه‌ای سازه‌ای که به آن متصل می‌باشند، نیستند؛ باید طوری طراحی شوند که دربرگیرنده تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای D_{pI} (بخش ۷-۳-۲) و تغییر شکل دیافراگم باشند. تغییرمکان نسبی خالص باید برای وقوع در هر جهت افقی فرض شود. این اجزاء باید به‌وسیله تکیه‌گاه‌هایی مستقیما به سازه متصل شوند. اتصلات باید دارای مشخصات ذیل باشند:

۱. اتصالات لغزشی با سوراخ‌های شیاردار یا بزرگ، تکیه‌گاه‌های لغزشی با مجموعه محافظ یا نگهدانده‌های انتهایی و اتصالاتی که اجازه جابجایی به‌وسیله تغییرشکل ضمائم فلزی را دارند، باید برای تغییرمکان D_{pI} که از ۱۳ میلی‌متر کمتر نباشد، بدون خسارت به تکیه‌گاه قائم یا تحمیل نیروهای فشاری مرتبط با تغییرمکان در پله طراحی شوند.

۲. تکیه‌گاه‌های لغزشی بدون مجموعه محافظ یا نگهدارنده‌های انتهایی باید برای تغییرمکان $1/5\ D_{pI}$ که از ۲۵ میلی-متر کمتر نباشد، بدون خسارت به تکیه‌گاه قائم طراحی شوند. بست‌های قلاب‌دار (اتصالاتی که قابلیت گسیختگی دارند) درصورتی مجاز هستند که گسیختگی آن‌ها موجب از بین رفتن تکیه‌گاه قائم نگردد.

۳. تکیه‌گاه‌های فلزی باید با ظرفیت دورانی برای تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ایی که در بند ۲ تعریف شده است، طراحی شوند. مقاومت این تکیه‌گاه‌های فلزی نباید با برش پیچ، شکست جوش یا دیگر مدهای شکست تُرد محدود شود.

۴. تمام بست‌ها و اتصالات از جمله پیچ‌ها، جوش‌ها، پرچ‌ها و مهارها باید برای نیروهای طراحی لرزه‌ای که در بخش ۷-۳-۱ با مقادیر R_p، a_p و Ω_0 داده در

۵. جدئول ۷-۲ تعیین شده‌اند، طراحی شوند. اگر اتصالات لغزشی یا شکل‌پذیر برای تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای فراهم نشده باشند، سختی و مقاومت سازه‌ی پله یا رمپ باید در مدل سازه‌ای ساختمان مطابق بخش ۵-۴-۲-۲ درنظر گرفته شود و پله باید با Ω_0 متناظر با سیستم مقاوم لرزه‌ای طراحی شود؛ مقدار Ω_0 نباید از ۱/۵ کمتر باشد.

۷-۶- اجزای مکانیکی، برقی و لوله‌کشی

۷-۶-۱- کلیات

اجزای مکانیکی، برقی و لوله‌کشی نقش مهم و حیاتی در عملکرد و کارایی بیمارستان دارند. اتصالات اجزای مکانیکی و برقی و تکیه‌گاه‌های آن‌ها باید برای نیروهای لرزه‌ای و تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای که به ترتیب در بخش‌های ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ تعریف شده است طراحی شوند. همچنین این طراحی باید الزامات مهار اجزای مکانیکی و برقی را مطابق بخش ۷-۴ برآورده نماید.

برای طراحی لرزه‌ای اجزای مکانیکی و برقی، باید تمهیدات لازم برای تاثیرات دینامیکی محتویات، تکیه‌گاه‌ها و اتصالات اجزاء در نظر گرفته شود. همچنین باید اندرکنش بین اجزا و سازه‌های نگهدارنده که سایر اجزای مکانیکی و برقی را دربرمی-گیرد، در نظر گفته شود.

وسایل روشنایی، علائم نوری و هواکش‌های سقفی که به‌وسیله زنجیر مهار شده‌اند یا از سازه آویزان هستند، به شرط دارا بودن الزامات ذیل، نیازی به ارضای الزامات نیروی لرزه‌ای و تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که در این بخش فراهم شده است، ندارند:

۱. بار طراحی این اجزا به طور همزمان در دو جهت افقی و عمودی (به سمت پایین) باید مساوی با ۱/۴ برابر وزن بهره‌برداری باشد. نیروی افقی باید در جهتی اعمال شود که منجر به بحرانی ترین مقدار پاسخ شود.
۲. اتصال جزء به سازه باید بتواند در صفحه افقی به صورت ۳۶۰ درجه‌ای اجازه حرکت داشته باشد.

۷-۶-۱-۱- الزامات کلی

اجزای مکانیکی و برقی باید الزامات تکمیلی زیر را نیز ارضا کنند:

۱. تمهیدات لازم برای اجزای آسیب‌پذیر به ضربه، اجزای غیر شکل پذیر و اجزاءی که شکل پذیری آنها به علت شرایط خدمت‌رسانی؛ باید به گونه‌ای باشد تا سبب منجر ضربه خوردن جزء در هنگام زلزله نگردد.
۲. امکان بارهای اعمالی به اجزا به‌وسیله تاسیسات متصل‌شده یا خطوط خدمت‌رسانی که با جابجایی مختلف نقاط تکیه‌گاهی بر روی سازه‌های جداگانه ایجاد می‌شود، باید ارزیابی گردد.
۳. باتری‌های روی قفسه‌ها باید با مهارهایی که به دور آن‌ها پیچیده شده است مقید شوند تا از روی قفسه‌ها سقوط نکنند. باید بین مهارها و باتری‌ها برای جلوگیری از خسارت به آن‌ها فاصله مناسب (لقمه) در نظر گرفته شود. قفسه‌ها باید برای ظرفیت بار جانبی کافی ارزیابی شوند.
۴. سیم‌پیچ‌های داخلی مبدل‌های نوع خشک باید به تکیه‌گاه‌هایشان در داخل محفظه مبدل متصل شوند.
۵. پنل‌های کنترل برق، تجهیزات کامپیوتری و دیگر تجهیزات دارای اجزای لغزنده باید برای حفظ کردن موقعیت اجزا، دارای مکانیزمی گیره‌ای برای چفت کردن اجزا باشند.
۶. طراحی تابلوهای برق باید با استانداردهای ملی برق، مفاد نشریات معتبر سازمان برنامه و بودجه و مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان تطابق داشته باشند.
۷. اگر توسط سازنده اتصالات برای تجهیزات خارجی اضافی که وزنی بیش از ۴۵۰ نیوتن دارند فراهم نشده باشد، این اتصالات باید به طور ویژه ارزیابی شوند.
۸. برای مواردی که تغییر مکان نسبی بین دو نقطه از یک جزء زیاد می‌باشد مانند سازه‌های جداسازی شده؛ مسیرهای عبور کابلها، سینی کابل یا اجزای توزیع برق مشابه که به سازه متصل هستند باید بتوانند توانایی جذب یا تحمل تغییرمکان نسبی لرزه‌ای محاسبه شده در بخش ۷-۳-۲ را داشته باشند.

۷-۶-۱-۲- تکیه‌گاه‌های اجزا

تکیه‌گاه‌های اجزا شامل اعضا، مهارها، قاب‌ها، دیواره‌ها، پایه‌ها، حایل‌ها، پدستال‌ها، کابل‌ها، سیم‌های مهار، کمک فنرها و اعضایی که به شکل قسمتی از اجزای مکانیکی یا برقی درآمده‌اند، می‌شوند. اگر برای عضوی مقدار Ip برابر با ۱/۵ باشد، ناحیه نقطه اتصال تکیه‌گاهی به جزء باید برای تاثیرات انتقال بار روی دیواره جزء ارزیابی شود.

۷-۶-۱-۳- الزامات جزئیات مصالح

مصالح که شامل تکیه‌گاه‌ها و وسایل اتصال به اجزا می‌شوند، باید از مواد مناسبی برای کاربردهایی که شامل تاثیرات شرایط خدمت‌رسانی مانند به‌کارگیری در دمای پایین می‌شوند، ساخته شوند. مصالح باید مطابق با استانداردهای ملی مرتبط باشند.

۷-۶-۱-۴- الزامات تکمیلی

الزامات تکمیلی زیر باید به تکیه‌گاه‌های اجزای مکانیکی و برقی اعمال شود:

۱. تکیه‌گاه‌های لرزه‌ای باید به گونه‌ای ساخته شوند تا یکپارچگی جزء و تکیه‌گاه حفظ شود.
۲. برای تقویت تکیه‌گاه‌های با اتصالات پیچی باید از واشرهای مخصوص محکم کننده (Belleville washer) استفاده شود تا انتقال مناسب نیروهای لرزه‌ای تجهیزات از جزء به سازه تامین شود.
۳. اجزایی که روی جداسازه‌های لرزه‌ای نصب شده‌اند، باید در هر جهت افقی یک ضربه‌گیر یا میراگر داشته باشد. همچنین در جهت قائم در هر جایی که نیاز به مقاومت در برابر واژگونی باشد، باید مهارهای قائم تعبیه شود. غلاف و مهارهای جداساز باید از مصالح شکل‌پذیر ساخته شوند. اگر فاصله اسمی (درز) بین قاب نگهدارنده تجهیزات و قید آن بیشتر از ۶ میلی‌متر باشد، نیروی طراحی باید برابر با $2F_p$ باشد. اگر فاصله اسمی مشخص‌شده در اسناد ساخت از ۶ میلی‌متر بیشتر نباشد، مجاز است که نیروی طراحی برابر با F_p منظور شود. یک لایه ویسکوالاستیک یا ماده‌ای مشابه آن، با ضخامت مناسب باید بین ضربه‌گیر و تجهیزات برای محدود کردن بار ضربه استفاده شود.

۷-۶-۲- سیستم سرمایش، گرمایش، تخلیه هوا و سردکننده‌ها (HVACR)

سه نوع سیستم سرمایش و گرمایش، تخلیه هوا و سردکننده‌ها (HVACR)که در بیمارستان‌ها استفاده میشوند از نوع هوای خشک یا معمولی، هوای مرطوب و خنک کننده می‌باشند که باید مطابق ضوابط ذیل طراحی و نصب گردند. سیستم خشک عمدتا شامل هواکش‌ها، کنترل‌کننده‌های هوا، واحدهای تهویه مطبوع، تخلیه هوا، سیستم‌های گرمایشی، محفظه تقسیم هوا، لوله‌کشی، داکت‌ها یا کانال‌ها و سایر اجزای مکانیکی ساخته‌شده از قاب‌های فلزی ورقه‌ای می‌شود. سیستم مرطوب عمدتا شامل دیگ‌های بخار، کوره‌ها، مخازن اتمسفر، چیلرها، آب‌گرمکن‌ها، مبدل‌های حرارتی، تبخیرکننده‌ها، جداکننده‌های هوا،

تجهیزات ساخت و فرآوری، لوله‌کشی، داکت‌ها و سایر اجزای مکانیکی ساخته‌شده از مصالح با شکل‌پذیری بالا می‌شود. خنک‌کننده‌های هوا شامل مبدل‌های سرمایشی گرمایشی هوا، واحدهای متراکم‌کننده، سرکننده‌های خشک، رادیاتورهای کنترلی، لوله‌کشی، داکت‌ها و سایر اجزای مکانیکی قرار گرفته بر روی تکیه‌گاه‌های فلزی ورقه‌ای یا فولاد سازه‌ای یکپارچه می‌شود.

سیستم‌های سیستم سرمایش، گرمایش، تخلیه هوا و سردکننده‌ها که شامل دیگ‌های بخار و مخازن فشار می‌شود بر حسب نیاز باید برای نیروهای لرزه‌ای (طبق بخش ۷-۳-۱) و تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای (طبق بخش ۷-۳-۲) طراحی شوند. داکت‌های سیستم سرمایش، گرمایش، تخلیه هوا و سردکننده‌ها باید الزامات بخش ۷-۶-۴ را برآورده کنند. دیگ‌های بخار و مخازن فشار باید بر اساس استانداردهای معتبر ملی و بین‌المللی (مانند ASME، BPVC) یا سایر استانداردهای بین‌المللی طراحی و ساخته شوند با این فرض که الزامات نیرو، تغییرمکان و سایر الزامات این بخش را برآورده کنند. دیگ‌های بخار و مخازن فشار که بدون استاندارد رسمی هستند باید با Ip = ۱/۵ طراحی شوند.

تجهیزات تهویه مطبوع که طبق الزامات استاندارد ملی تایید شده‌اند، باید الزامات تایید لرزه‌ای زیر را داشته باشند:

۱. تجهیزات فعال (تجهیزاتی که در هنگام کار دارای حرکت مکانیکی هستند یا در آن جریان برق وجود دارد) باید از لحاظ لرزه‌ای منحصرا با استفاده از آزمایش میز لرزان یا داده‌های تجربی تایید شوند؛
۲. تقاضای لرزه‌ای که در گواهینامه تجیزات مکانیکی غیرفعال با استفاده از تحلیل درنظر گرفته می‌شود باید بر اساس I_p = ۱/۵ و R_p =۱/۵ باشد؛
۳. ظرفیت تجهیزات مکانیکی غیرفعال که در گواهینامه لرزه‌ای به‌وسیله تحلیل ارائه شده است باید با الزامات مندرج در ضوابط معتبر ملی و بین‌المللی مطابقت داشته باشد؛
۴. اجزای غیرسازه‌ای در سیستم تهویه باید ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ایران و دستورالعمل‌های سازمان برنامه و بودجه را رعایت نمایند.
۵. در جایی که اجزای لوله‌کشی یا شبکه داکت تهویه مطبوع به سازه‌هایی که می‌توانند نسبت به سازه‌های دیگر جابجا شوند متصل شده باشند و برای سازه‌های جداسازی‌شده که این‌گونه اجزا از سطح مشترک جداسازی‌شده عبور می‌کنند، این اجزا باید برای تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که در بخش ۷-۳-۲ تعریف شده است، طراحی شوند.

اجزایی که هم‌راستا با سیستم داکت نصب شده‌اند و دارای وزن بهره‌برداری بیش از ۳۳۰ نیوتن می‌باشند مانند هواکش‌ها، واحدهای ترمینال، مبدل‌های حرارتی و مرطوب‌کننده‌ها، باید مهار شوند و به طور جانبی مستقل از سیستم داکت مهار شوند و این مهارها باید الزامات نیرویی بخش ۷-۳-۱ را برآورده کنند.

اجزایی که هم‌راستا با سیستم داکت نصب شده‌اند و دارای وزن بهره‌برداری مساوی یا کمتر از ۳۳۰ نیوتن هستند مانند ترمینال، میراگرها، دودکش‌ها و پخش کننده‌ها و به طور مستقل مهار نشده‌اند باید با بست‌های مکانیکی به هر دو طرف داکت‌های صلب متصل شوند. لوله‌کشی‌ها و کانال‌ها که به تجهیزات هم‌راستا متصل شده‌اند، باید با انعطاف پذیری کافی برای تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای مطابق با بخش ۷-۳-۲ طراحی شوند.

۷-۶-۳- سیستم‌های توزیع: سینی کابل، محل عبور کابل، داکت و کانال

سینی‌های کابل، محل عبور کابل، داکت و کانال با سایز تجاری بزرگ‌تر از ۶۴ میلی‌متر که به پنل‌ها، محفظه‌ها یا سایر تجهیزات متصل شده‌اند، در صورت نیاز باید برای نیروهای لرزه‌ای (بخش ۷-۳-۱) و تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای (بخش ۷-۳-۲) طراحی شوند. استثنائات عبارتند از:

۱. برای محل‌های عبور کابل و داکت‌ها با Ip =۱/۰ که در آن اتصالات انعطاف‌پذیر یا سایر قطعات بین داکت، سینی کابل یا محل عبور کابل و اجزای وابسته برای تحمل تغییرمکان نسبی فراهم شده‌اند و در آن یکی از موارد ذیل اعمال شده باشد، نیازی به طراحی برای نیروها و تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای نیست:

- الف) برای سیستم آویزهای میله‌ای (Trapeze assemblies) به قطر ۱۰ میلی متر و حداکثر طول ۳۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی کانال، سینی کابل، داکت یا محل عبور کابل به اتصال در سازه نگهدارنده بطوریکه محل‌های عبور کابل مهار شده باشند و کل وزنی که یک قطعه را تحمل می‌کند مساوی یا کمتر از ۴۵۰ نیوتن باشد.
- ب) برای آویزهای میله‌ای به قطر ۱۳ میلی متر و حداکثر طول ۳۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی کانال، سینی کابل، داکت یا محل عبور کابل به اتصال در سازه نگهدارنده بطوریکه محل‌های عبور کابل مهار شده باشند و کل وزنی که یک قطعه را تحمل می‌کند مساوی یا کمتر از ۹۰۰ نیوتن باشد.
- پ) برای آویزهای میله‌ای به قطر ۱۳ میلی متر و حداکثر طول ۶۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی کانال، سینی کابل، داکت یا محل عبور کابل به اتصال در سازه نگهدارنده بطوریکه محل‌های عبور کابل مهار شده باشند و کل وزنی که یک قطعه را تحمل می‌کند مساوی یا کمتر از ۴۵۰ نیوتن باشد.
- ت) برای کانال، سینی کابل، داکت یا محل عبور کابل که با آویزهای میله‌ای به قطر۱۰ یا ۱۳ میلی متر و حداکثر طول ۳۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی کانال، سینی کابل، داکت یا محل عبور کابل به اتصال در سازه نگهدارنده بطوریکه محل‌های عبور کابل مهار شده باشند و کل وزنی که یک قطعه را تحمل می‌کند مساوی یا کمتر از ۲۲۰ نیوتن باشد.

۲. صرف نظر از مقدار I_p، برای کانال‌هایی که اندازه تجاری کانال کمتر از ۶۰ میلی‌متر باشد، نیازی به طراحی برای نیروها و تغییرمکان‌های لرزه‌ای نیست.

۳. وقتی‌که تمهیدات برای اجتناب از ضربه با دیگر داکت‌ها یا اجزای مکانیکی یا برای محافظت از داکت‌ها در برابر اتفاقاتی مانند ضربه ایجاد شده باشند، سیستم توزیع مطمئنا به سازه متصل باشد و داکت‌های سیستم سرمایش و گرمایش، تخلیه هوا و سردکننده ها، سطح مقطعی کمتر از ۰/۵۶ مترمربع و وزنی مساوی یا کمتر ۳۰۰ نیوتن بر متر داشته باشند، نیازی به طراحی برای نیروها و تغییرمکان‌های لرزه‌ای نیست.

برای کانال‌ها، سینی‌های کابل و محل عبور کابل با Ip = ۱/۵ بدون درنظرگیری اندازه کانال طراحی برای تغییرمکان در سرتاسر اتصالات لرزه‌ای لازم است.

اجزایی که هم‌راستا با سیستم داکت نصب شده‌اند و وزن بهره‌برداری بیشتر از ۳۳۰ نیوتن دارند مانند هواکش‌ها، واحدهای ترمینال، مبدل‌های حرارتی و مرطوب‌کننده‌ها، باید مهار شوند و به طور جانبی مستقل از سیستم داکت مهار شوند و این مهارها باید الزامات نیرویی در بخش ۷-۳-۱ را برآورده کنند. اجزایی که هم‌راستا با سیستم داکت نصب شده‌اند و وزن بهره‌برداری مساوی یا کمتر از ۳۳۰ نیوتن دارند مانند واحدهای ترمینال کوچک، میراگرها، دودکش‌ها و پخش‌کننده‌ها و به طور مستقل مهار نشده‌اند، باید با بست‌های مکانیکی به هر دو طرف داکت‌های صلب متصل شوند. لوله‌کشی و کانال‌هایی که به تجهیزات هم‌راستا متصل شده‌اند باید با انعطاف‌پذیری کافی برای تحمل تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای مطابق بخش ۷-۳-۲ طراحی شوند.

۷-۶-۴- سیستم‌های توزیع: لوله‌کشی

سیستم‌های لوله‌کشی باید برای نیروهای لرزه‌ای و تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای طراحی شوند. طراحی سیستم لوله‌کشی که شامل درنظرگیری بارهای خدمت‌رسانی می‌شود باید بر اساس تنش‌های مجاز که درصدی از حداقل مقاومت تسلیم مشخصه تعیین می‌شود، صورت گیرد. جدول ۵-۷ مقادیر نسبت تنش مجاز حداقل مقاومت تسلیم مشخصه برای طراحی سیستم لوله‌کشی را نشان میدهد.

جدول ۵-۷: نسبت تنش مجاز حداقل مقاومت تسلیم مشخصه برای طراحی سیستم لوله‌کشی

نوع لوله‌کشی	درصدی از حداقل مقاومت تسلیم مشخصه
لوله شکل‌پذیر (فولاد، آلومینیوم یا مس)	٪۹۰
اتصالات رزوه‌ای در لوله‌های شکل پذیر	٪۷۰
لوله غیرشکل‌پذیر (چدن یا سرامیک)	٪۱۰
اتصالات رزوه‌ای در لوله‌های غیرشکل‌پذیر	٪۸

سیستم لوله‌کشی هم باید تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای در اتصالات به سایر اجزا را تحمل کند و هم باید با اتصالاتی که انعطاف‌پذیری کافی برای اجتناب از گسیختگی اتصالات بین اجزا را دارند، ساخته شده باشند.

اجزای معلقی که در یک راستا نصب شده‌اند و به صورت صلب به سیستم لوله‌کشی متصل و به آن متکی هستند از جمله شیرها، صافی‌ها، سیفون‌ها، پمپ‌ها، جداکننده‌های هوا و مخازن، مجاز هستند تا قسمتی از سیستم لوله‌کشی برای اهداف تعیین نیاز اندازه‌گیری و مهار جانبی در نظرگرفته شوند. هر جا که اجزا به خاطر وزنشان مستقلا مهار شده‌اند اما سیستم لوله‌کشی مرتبط با این اجزا مهار نشده است، باید برای تحمل جابجایی نسبی بین اجزا، انعطاف‌پذیری مورد نیاز تامین شود.

۷-۶-۴-۱- سیستم‌های لوله‌کشی آب‌پاش اطفاء حریق

سیستم‌های لوله‌کشی آب پاش اطفاء حریق، آویزهای لوله و مهاربندی باید با فرض این‌که الزامات نیرو و تغییرمکان این بخش را برآورده کرده‌اند، بر طبق ضوابط سازمان آتش‌نشانی ایران طراحی و ساخته شوند. بین شاخک آب‌پاش به طرف بالا و پایین و سایر تجهیزات باید فاصله مناسب مطابق با بخش ۷-۲-۳-۱ در نظر گرفته شود.

برای سیستم‌های لوله‌کشی که اتصالات انعطاف‌پذیر، حلقه‌های انبساط یا سایر قطعات برای تحمل جابجایی نسبی بین جزء و لوله فراهم شده‌اند در حالی که سیستم لوله‌کشی به سازه متصل بوده و در آن یکی از موارد زیر اعمال شده باشد، نیازی به طراحی بر اساس نیروهای لرزه‌ای در بخش ۷-۳ نیست:

۱. برای سیستم آویزهای میله‌ای (Trapeze assemblies) نگهدارنده لوله‌های افقی سقفی که به موجب آن هیچ لوله‌ای از حدود بیان‌شده در بندهای ۵-الف، ۵-ب یا ۵-پ تجاوز نکند و وزن کلی که به‌وسیله یک قطعه تحمل می‌شود از ۱۴۵ نیوتن بر متر کمتر باشد.

۲. برای سیستم آویزهای میله‌ای (Trapeze assemblies) به قطر ۱۰ میلی متر و حداکثر طول ۳۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی کانال، سینی کابل، داکت یا محل عبور کابل به اتصال در سازه نگهدارنده بطوریکه لوله‌ها برای $I_p > ۱/۰$ طراحی نشده باشند؛ و همچنین هیچ لوله‌ای از حدود بیان‌شده در بندهای ۵-الف، ۵-ب یا ۵-پ تجاوز نکند و وزن کلی که به‌وسیله یک قطعه تحمل می‌شود از ۴۵۰ نیوتن بر متر کمتر باشد.

۳. برای سیستم آویزهای میله‌ای (Trapeze assemblies) به قطر ۱۳ میلی متر و حداکثر طول ۳۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی کانال، سینی کابل، داکت یا محل عبور کابل به اتصال در سازه نگهدارنده بطوریکه لوله‌ها برای $I_p > ۱/۰$ طراحی نشده باشند؛ و همچنین هیچ لوله‌ای از حدود بیان‌شده در بندهای ۵-الف، ۵-ب یا ۵-پ تجاوز نکند و وزن کلی که به‌وسیله یک قطعه تحمل می‌شود از ۹۰۰ نیوتن بر متر کمتر باشد.

۴. برای سیستم آویزهای میله‌ای (Trapeze assemblies) به قطر ۱۳ میلی متر و حداکثر طول ۶۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی کانال، سینی کابل، داکت یا محل عبور کابل به اتصال در سازه نگهدارنده بطوریکه لوله‌ها برای $I_p > ۱/۰$ طراحی نشده باشند؛ و همچنین هیچ لوله‌ای از حدود بیان‌شده در بندهای ۵-الف، ۵-ب یا ۵-پ تجاوز نکند و وزن کلی که به‌وسیله یک قطعه تحمل می‌شود از ۴۵۰ نیوتن بر متر کمتر باشد.

۵. لوله‌کشی که مقدار R_p برای آن طبق جدول ۷-۳ برابر با ۴/۵ یا بیشتر از آن است، هم باید به‌وسیله آویزهای میله‌ای مهار شوند و برای جلوگیری از ضربه با سایر اجزای سازه‌ای یا غیرسازه‌ای یا برای محافظت سیستم لوله‌کشی در وقایعی از قبیل ضربه تمهیداتی ایجاد شود و هم لوله‌هایی با $I_p = ۱/۰$ به‌وسیله آویزهای میله‌ای با قطر ۱۰ یا ۱۳ میلی‌متر مهار شوند؛ به طوریکه طول هر یک از آویزها بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی لوله به اتصال در سازه نگهدارنده تجاوز نکند و وزن کلی که به‌وسیله یک آویز تحمل می‌شود برابر با ۲۲۰ نیوتن یا کمتر از آن باشد. علاوه بر این، حدود ذیل نیز باید برای اندازه لوله‌ها رعایت شود:

- الف) در بیمارستان‌های گروه ۴، اندازه اسمی لوله باید مساوی ۵۰ میلی‌متر یا کمتر از آن باشد.
- ب) در بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳، اندازه اسمی لوله باید مساوی ۲۵ میلی‌متر یا کمتر از آن باشد.

- پ) در بیمارستان‌های گروه ۱، ۲ و ۳ که I_p= ۱/۰ است، اندازه اسمی لوله باید مساوی ۸۰ میلی‌متر یا کمتر از آن باشد.

۶. سیستم‌های لوله بادی (پنوماتیکی) که به‌وسیله آویزهای میله‌ای با قطر ۱۰ میلی‌متر مهار شوند و طول هر یک از آویزها بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی لوله به اتصال در سازه نگهدارنده تجاوز نکند و وزن کلی که به‌وسیله یک آویز تحمل می‌شود برابر با ۴۵۰ نیوتن یا کمتر از آن باشد.

۷. سیستم‌های لوله بادی (پنوماتیکی) که به‌وسیله آویزهای میله‌ای با قطر ۱۰ یا ۱۳ میلی‌متر مقید شوند و طول هر یک از آویزها بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر از نقطه تکیه‌گاهی لوله به اتصال در سازه نگهدارنده تجاوز نکند و وزن کلی که به‌وسیله یک آویز تحمل می‌شود برابر با ۲۲۰ نیوتن یا کمتر از آن باشد.

۷-۶-۵- سیستم‌های توزیع: آویزها در ترکیب با سیستم‌های توزیع

آویزهایی که مجموعه‌ای از سیستم‌های توزیع (کانال‌های برق، محل عبور کابل، داکت، لوله‌کشی و غیره) را مهار می‌کنند باید برای سخت‌ترین و محدودکننده ترین الزامات مندرج در بخش‌های ۷-۶-۳ تا ۷-۶-۴ برای وزن کل سیستم مهار شده طراحی شوند. برای آویزهای که شامل استثنائات نمی‌باشند باید برای آنها مهاربندی جانبی نیز در نظرگرفته شود.

۷-۶-۶- شبکه تاسیسات (آب، برق وگاز) بیمارستان

در سطح مشترک سازه‌های مجاور یا قسمت‌هایی از یک سازه که ممکن است مستقلا جابجا شوند، خطوط انتقال تاسیسات باید با انعطاف‌پذیری کافی برای تحمل جابجایی نسبی پیش‌بینی‌شده بین قسمت‌هایی که مستقلا جابجا می‌شوند طراحی شوند. محاسبات تغییرمکان نسبی باید طبق بخش ۷-۳-۲ تعیین شوند.

در طراحی سیستم لرزه‌ای احتمال قطع شدن شبکه تاسیساتی بیمارستان (مانند آب، برق، گاز و ارتباطات) باید در نظر گرفته شود؛ به خصوص در زمین‌های با خاک تیپ ۴ یا هنگامی‌که ضریب شتاب طیفی S_{aS} برای تاسیسات زیرزمینی یا در تراز پایه سازه مساوی یا بیشتر از ۰/۳۳ باشد، باید تمهیدات ویژه‌ای برای جلوگیری از آسیب به تاسیسات زیرزمینی و نقاط مشترک تاسیسات با سازه صورت پذیرد.

۷-۶-۷- الزامات طراحی آسانسور و پله برقی

آسانسورها و پله‌های برقی که بر اساس ضوابط ایمنی برای ساخت بالابرها در ضوابط و دستورالعمل‌های معتبر ملی یا بین‌المللی (مانند مراجع یاد شده در فصل انتهایی این نشریه) طراحی می‌شوند، باید مطابق با الزامات نیروی لرزه‌ای این بخش به جز موارد ذکر شده در ذیل طراحی شده باشند.

پله‌های برقی، آسانسورها، تجهیزات آسانسور و تکیه‌گاه‌ها و اتصالات کنترل‌کننده و سیستم‌های سازه‌ای مسیر آسانسور باید برای برآورده کردن الزامات نیرو و تغییرمکان به ترتیب مطابق بخش‌های ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ طراحی شوند.

آسانسورهایی که با سرعت ۴۶ متر بر دقیقه یا بیشتر از آن کار می‌کنند باید دارای سوییچ لرزه‌ای باشند. سوئیچ‌های لرزه‌ای باید با ارسال سیگنال الکتریکی نشان دهنده ارتعاشات سازه‌ای قوی که ممکن است عملکرد آسانسورها را مختل کند، باشند. سوییچ‌های لرزه‌ای باید مطابقت لازم با الزامات ضوابط ایمنی برای ساخت بالابرها در ضوابط و دستورالعمل‌های معتبر ملی یا بین‌المللی (مانند مراجع یاد شده در فصل انتهایی این نشریه) را داشته باشند. در مواردی که سوییچ‌های لرزه‌ای را نتوان نزدیک یک ستون قرار داد، سوییچ‌ها باید در دو جهت افقی حساس باشند: ۱) در تراز پی سازه برای شتاب ۰/۲g و ۲) در تراز دیگری برای شتاب ۰/۵g.

در تاسیساتی که خسارت استفاده از آسانسور یک مسئله ایمنی جانی است، آسانسور باید فقط پس از به کار افتادن سوییچ لرزه‌ای استفاده شود، به شرطی که الف) آسانسور نباید با سرعتی بیشتر از سرعت خدمت‌رسانی حرکت کند و ب) قبل از این-که از آسانسور استفاده شود، برای تایید کارکرد آن یک‌بار از بالا به پایین و بعد از پایین به بالا جابجا شود.

۷-۶-۸- پنل‌های خورشیدی پشت بام

پنل‌های خورشیدی پشت بام اتصالات آن‌ها باید برای نیروها و تغییرمکان‌های تعیین‌شده در بخش ۷-۳ طراحی شوند. استقرار پنل‌های خورشیدی بدون اتصال مستقیم به سازه بام (که تنها توسط نگهدارنده وزنی مهار شده است) فقط بر روی بام بیمارستان‌های گروه ۴ با ۶ طبقه یا ارتفاع کمتر و حداکثر شیب بام مساوی یا کمتر از ۱ به ۲۰ مجاز است، به شرطی که با موارد زیر مطابقت داشته باشد:

۱. ارتفاع مرکز جرم یکی از پنل‌های بالای بام کمتر از نصف حداقل فاصله تکیه‌گاه‌های پنل در پلان باشد، اما در هیچ موردی بیشتر از ۰/۹ متر نشود.
۲. هر پنل برای تغییرمکان لرزه‌ای (δ_{mpv}) نسبت به هر گوشه یا لبه بام و یا نسبت به هر مانعی که از لغزش آن روی بام جلوگیری می‌کند بدون ضربه، ناپایداری یا خسارت به تکیه‌گاه، طراحی شود که δ_{mpv} برابر است با:

$$\delta_{mpv} = 5I_e(S_{as} - 0.4)^2 < 1.2m \qquad ۵\text{-}۷$$

حداقل فاصله بین پنل‌های مجاور متصل‌نشده باید $۰/۵\delta_{mpv}$ باشد. از طرف دیگر δ_{mpv} ممکن است به‌وسیله آزمایش میزلرزان یا تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی تعیین شود، که به موجب آن مقدار δ_{mpv} نباید کمتر از ۸۰ درصد مقدار به-دست آمده از رابطه ۷-۱۳ شود. همچنین اطراف پنل‌ها باید عاری از موانع و علائم نصب شده در بام باشد.

۱. برای پنل‌های متصل به هم، هر بخش پنل باید برای مقاومت در برابر نیروی افقی برابر با $۰/۲S_{aS}W_{pi}$ مقاوم باشد که W_{pi} وزن هر بخش پنل می‌باشد.

۲. قاب و تکیه‌گاه‌های پنل برای کمترین مقدار F_p (بخش ۷-۳) و $0/6W_p$ طراحی شود، که در آن W_p وزن هر جزء است.
۳. تمام کابل‌های برقی بین پنل‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که در اثر جابجایی‌های نسبی بین نقاط اتصال کابل δ_{mpv} ، جابجایی‌های پیچشی پنل و برخورد احتمالی کابل‌های برقی، دچار گسیختگی نشود.
۴. تمام گوشه‌ها و لبه‌های سطوح بام که روی آن‌ها پنل‌ها قرار دارند توسط جان‌پناه با ارتفاعی مساوی یا بیشتر از ۰/۳ متر محدود شوند. همچنین باید برای بار متمرکز اعمالی حداقل برابر با $0/2S_{aS}W_{pi}$ به نقاط محتمل برای ضربه بین جان‌پناه و پنل مقاومت کنند. پنل به گونه‌ای قرار گیرد که تمام بخش‌های آن از هر گوشه یا لبه بام فاصله‌ای برابر با بیشترین مقدار $2\delta_{mpv}$ یا ۱/۲ متر داشته باشد.
۵. در صورت تایید توسط آزمایش و تحلیل، بام بیمارستان می‌تواند تا ۸ درصد شیب داشته باشد.

۷-۷- تجهیزات پزشکی

تجهیزات پزشکی شامل پزشکی هسته‌ای، اسکنرهای پزشکی و تجهیزات تصویربرداری (فلوروسکوپی و اشعه ایکس، سی تی اسکن، رادیوگرافی و غیره)، تجهیزات جراحی و اتاق عمل (میز، چراغ و غیره)، بخش‌های مراقبت ویژه (ICU)، بخش‌های مراقبت قلب (CCU)، بخش مراقبت سرپایی (ACU) ضدعفونی، تجهیزات اضطراری پزشکی، تجهیزات پزشکی اتاق بیمار، تجهیزات آزمایشگاهی و داروخانه‌ها می‌باشند. همچنین سایر تجهیزات مرتبط با پزشکی و خدمات حیاتی در بیمارستان‌ها مانند مهم یا ضروری، خطرناک یا مضر که احتمالاً باعث ایجاد هرج و مرج یا سردرگمی در بیمارستان‌ها می‌شوند نیز شامل تجهیزات پزشکی می‌شوند. برای اطمینان از عملکرد پیوسته بیمارستان پس از زلزله، این تجهیزات پزشکی باید گواهینامه‌های لرزه‌ای خاص (SSC) را بر اساس الزامات ارائه شده در بخش ۷-۱۰ دارا باشند.

همچنین با توجه به بستگی عملکرد بیمارستان به خدمات تخصصی از جمله ذخیره مواد خطرناک مانند مواد شیمیایی سمی، اکسیژن و سایر گازها، این تجهیزات باید در برابر آسیب‌های احتمالی محافظت شوند. سیستم‌های توزیع برای گازهای خطرناک باید به‌خوبی مهار شده باشد. بیمارستان‌ها نیاز به یک شبکه بسیار گسترده لوله‌کشی برای تامین آب مصرفی و یک شبکه لوله‌کشی برای تامین آب آب‌پاش‌های اطفاء حریق نیاز دارند.

برای تجهیزات و تجهیزات پزشکی با وزن بیش از ۱۰ کیلوگرم که دائما به سازه بیمارستان نصب، متصل یا مهار شده‌اند، ضریب بزرگنمایی (a_p) باید برابر با ۲/۵ و ضریب اهمیت (I_p) باید برابر با ۲/۰ منظور شود.

۷-۸- اهداف عملکردی و معیارهای پذیرش اجزای غیرسازه‌ای

برای دستیابی به اهداف عملکردی مشخص شده برای بیمارستان‌ها در بخش ۱-۵، اجزای غیرسازه‌ای باید برای عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه (N-A)، حفظ موقعیت (PR یا N-B) و ایمنی جانی (LS یا N-C) طراحی شوند. معیارهای سطوح عملکردی اجزای غیرسازه‌ای و خسارات قابل مشاهده برای اجزای معماری در جدول ۷-۶ و برای اجزای مکانیکی، برقی و

لوله‌کشی در جدول ۷-۷ ارائه شده است. معیارهای طراحی برای اجزای غیرسازه‌ای که برای سطوح عملکرد ایمنی جانی و حفظ موقعیت طراحی شده‌اند باید بر اساس معیارهای لیست‌شده در بخش ۷-۵ برای اجزای معماری، بخش ۷-۵ برای تجهیزات مکانیکی و برقی و لوله‌کشی و بخش ۷-۷ برای تجهیزات پزشکی باشند.

۷-۸-۱- معیارهای پذیرش

تقاضاهای اجزای غیرسازه‌ای باید بر اساس روش‌های تحلیل بخش ۷-۳-۱ محاسبه شود. سطوح عملکرد اختصاص یافته برای اجزای غیرسازه‌ای در سه سطح دسته‌بندی می‌شوند: الف) خدمت‌رسانی بی‌وقفه، ب) حفظ موقعیت و پ) ایمنی جانی. برای هر سه سطح عملکردی، اجزای حساس به تغییرشکل باید تقاضای تغییرشکل و نسبت تغییر مکان جانبی نسبی طبقه (دریفت) (DR) کمتر از مقادیر ارائه شده در جدول ۷-۱۰ را داشته باشند. علاوه بر این، برای سطح عملکرد ایمنی جانی، تغییرمکان نسبی لرزه‌ای (D_p) که برای اجزا متصل به یک سازه (δ_x-δ_y) و برای اجزای متصل به دو سازه مجزا ($|\delta_{xA}| + |\delta_{yB}|$) می‌باشد، نباید از مقادیر ذکر شده در این جدول بیشتر شود. هر سطح عملکرد باید ضریب اهمیت (I_p) متناظر با مقادیر این جدول را داشته باشد.

جدول ۷-۶: سطوح عملکرد غیرسازه‌ای و آسیب‌های قابل مشاهده – اجزای معماری

گروه اجزا	سطح عملکرد غیرسازه‌ای		
	ایمنی جانی	حفظ موقعیت	خدمت‌رسانی بی‌وقفه
پنل‌های روکش‌دار	اعوجاج در اتصالات و آسیب به اجزای پوششی، از جمله خسارت به عایق هوا و امنیت. پنل‌های سقفی سقوط نمی کنند.	اعوجاج در اتصالات و آسیب به اجزای پوششی، از جمله خسارت به عایق هوا و امنیت. پنل‌های سقفی سقوط نمی کنند.	خسارت ناچیز به پنل‌ها و اجزا، از جمله خسارت به اتصالات عایق هوا
شیشه	بعضی قطعات ترک بر می‌دارند ولی نمی‌شکنند. خسارت محدود به عایق هوا	بعضی قطعات ترک بر می‌دارند ولی نمی-شکنند. خسارت محدود به عایق هوا	هیچ قطعه‌ای ترک نمی‌خورد یا نمی‌شکند. هیچ خسارتی به عملکرد عایق هوا وارد نمی‌شود.
پارتیشن‌های سنگین: آجرهای بنایی و سفالی سوراخ‌دار یا دیوارهای میله‌ای پوشیده‌شده با کاشی یا آجر	آسیب گسترده؛ ترک خوردگی، خرد شدگی و دررفتگی آجر یا پوشش سیمانی در بعضی سطوح. خسارت به سقف مجاور، اما دیوار گسیخته نمی-شود.	آسیب گسترده؛ ترک خوردگی، خرد شدگی و دررفتگی آجر یا پوشش سیمانی در بعضی سطوح.	خردشدگی و ترک خوردگی جزئی در گوشه‌ها. دررفتگی محدود آجر یا پوشش سیمانی.
پارتیشن‌های سبک: گچ و سنگ گچ	خسارت گسترده: ترک‌خوردگی شدید پوشش و ریختن بعضی نواحی	ترک خوردگی بازشوها. ترک‌خوردگی جزئی پوشش	ترک‌خوردگی جزئی.

سقف‌ها	آسیب شدید به سقف‌های کاذب عایق صوتی و شبکه‌بندی آن‌ها. اندود گچ ترک خورده و پوسته پوسته شده است اما به‌صورت یک واحد فرونریخته است. تایل‌های شبکه سقف از جا درآمده و سقوط می‌کند. شبکه‌های سقف کج شده و بیرون کشیده می‌شوند. اندود گچ و سقف‌های تحته گچی ترک خورده و پوسته پوسته می‌شوند اما یه-عنوان یک واحد فررنمی‌ریزند.	آسیب محدود. اندود گچ ترک خورده و پوسته پوسته می‌شود اما به عنوان یک واحد فرونمی‌ریزد. شبکه‌های سقف کاذب به طور گسترده‌ای آسیب نمی‌بینند اگرچه تایل‌ها به صورت فردی سقوط می‌کنند.	به طور کلی خسارت ناچیز و بدون هیچ تاثیر بر استفاده مجدد یا کارکرد مجدد آن.
جان‌پناه‌ها و تزئینات نما	آسیب جزئی: سقوط بعضی اعضای غیرمسلح در نواحی غیرمسکونی.	آسیب جزئی.	آسیب ناچیز
سایبان‌ها و خیمه‌ها	آسیب به تعدادی از اعضا اما اساسا در محل	آسیب به تعدادی از اعضا اما اساسا در محل	آسیب جزئی به اعضا
دودکش‌ها	آسیب جزئی. بدون فروریزش	آسیب جزئی. بدون فروریزش	آسیب ناچیز
پله‌ها و خروجی‌های فرار از آتش	آسیب جزئی. قابل استفاده.	آسیب جزئی. قابل استفاده.	آسیب ناچیز

جدول ۷-۷: سطوح عملکرد غیرسازه‌ای و آسیب‌های قابل مشاهده – سیستم‌ها و اجزای مکانیکی، برقی و لوله‌کشی

گروه اجزا	سطح عملکرد غیرسازه‌ای		
	ایمنی جانی	حفظ موقعیت	خدمت‌رسانی بی‌وقفه
آسانسورها	آسانسورها خدمت‌رسانی نمی‌کنند؛ کابین و وزنه‌های تعادل ممکن است آسیب ببینند اما در جای خود باقی می‌مانند.	آسانسورها خدمت‌رسانی نمی‌کنند مگراینکه سوییچ‌های ایمنی مجددا تنظیم شوند و برق مجددا وصل شود، کابین و وزنه‌های تعادل در جای خود باقی می‌مانند.	پس از تنظیم مجدد سوییچ‌های ایمنی، آسانسورها کار می‌کنند.
تجهیزات تهویه مطبوع	واحدهای تهویه روی تکیه‌گاه‌ها جابجا می‌شوند، داکت‌ها، لوله‌ها و کانال‌های متصل‌شده جدا می‌شوند ولی سقوط نمی‌کنند. واحدهای تهویه ممکن است کار نکنند.	واحدهای تهویه ایمن هستند و اگر برق و سایر تاسیسات موردنیاز در دسترس باشند، ممکن است واحدها کار کنند.	واحدهای تهویه ایمن هستند و اگر برق و سایر تاسیسات اضطراری فراهم باشند، کار می‌کنند.
داکت‌ها	داکت‌ها از تجهیزات و هواکش‌ها جدا می‌شوند. بخش‌های محدودی از شبکه داکت از جای خود خارج می‌شوند.	داکت‌ها آسیب جزئی می‌بینند ولی قابل استفاده باقی می‌مانند.	آسیب ناچیز.
لوله‌ها	بعضی از خطوط لوله‌ها از محل اتصالات جدا می‌شوند. بعضی از تکیه‌گاه‌ها آسیب می‌بینند ولی سیستم معلق باقی می‌ماند.	نشت‌های جزئی در محل تعداد اندکی از اتصالات ایجاد می‌شود. بعضی از تکیه‌گاه‌ها آسیب می‌بینند ولی سیستم معلق باقی می‌ماند.	آسیب ناچیز.
لوله‌کشی برای مهار آتش	بعضی از سرهای آب‌پاش به خاطر نوسان سقف‌ها آسیب می‌بینند. نشت جزئی در تعداد اندکی از سرها یا اتصالات لوله‌ها. سیستم قابل استفاده باقی می‌ماند.	نشت جزئی در سر اتصالات لوله‌ها. سیستم قابل استفاده باقی می‌ماند.	آسیب ناچیز. سیستم قابل استفاده باقی می‌ماند.
سیستم‌های هشدار آتش	حسگرهای نصب‌شده بر روی سقف آسیب می‌بینند. سیستم ممکن است کار نکند.	سیستم قابل استفاده است.	سیستم قابل استفاده است.
چراغ‌های اضطراری	بعضی از چراغ‌ها سقوط می‌کنند. برق ممکن است با استفاده از مولد یا باتری اضطراری در دسترس باشد.	بعضی از چراغ‌ها سقوط می‌کنند. برق ممکن است با استفاده از مولد یا باتری اضطراری در دسترس باشد.	سیستم قابل استفاده است.
تجهیزات توزیع برق	واحدهای توزیع بر روی تکیه‌گاه‌ها جابجا می‌شوند و ممکن است کار نکنند. مولدها برای تامین برق اضطراری و خدمات تاسیساتی از بین رفته‌اند.	واحدهای توزیع ایمن هستند و به طور کلی کار می‌کنند. مولدهای اضطراری شروع به کار می‌کنند اما ممکن است برای خدمت‌رسانی به تمام الزامات برقی کافی نباشد.	واحدهای توزیع قابل استفاده اند. برق اضطراری برای هر جا که نیاز باشد، تامین شده است.
چراغ‌های روشنایی	آسیب جزئی. بعضی از چراغ‌های آویز آسیب دیده‌اند.	آسیب جزئی. بعضی از چراغ‌های آویز آسیب دیده‌اند.	آسیب ناچیز.
سیستم لوله‌کشی	بعضی از وسایل شکسته‌اند، خطوط لوله شکسته است اما سیستم‌ها معلق باقی می‌مانند.	وسایل و خطوط لوله ممکن است آسیب ببینند اما قابل استفاده‌اند؛ با این وجود خدمات تاسیساتی ممکن است در دسترس نباشد.	سیستم قابل استفاده است اگر منابع آب در محل تامین شده باشد.

جدول ۷- ۸: سطوح عملکرد غیرسازه‌ای و آسیب‌های قابل مشاهده – محتویات

گروه اجزا	سطح عملکرد غیرسازه‌ای		
	ایمنی جانی	حفظ موقعیت	خدمت‌رسانی بی‌وقفه
قفسه‌های ذخیره‌سازی	آسیب موضعی به سیستم قفسه. ریختن محتویات قفسه.	محتویات مقیدنشده واژگون می‌شوند.	محتویات مقیدشده روی قفسه‌ها باقی می‌مانند.
قفسه‌های کتاب	ریختن محتویات.	محتویات مقیدنشده واژگون می‌شوند.	اغلب محتویات مقیدشده روی قفسه‌ها باقی می‌مانند.
مواد خطرناک	آسیب ناچیز. مواد حفظ شده‌اند.	آسیب ناچیز. مواد حفظ شده‌اند.	آسیب ناچیز. مواد حفظ شده‌اند.

جدول ۷- ۹: سطوح عملکرد غیرسازه‌ای و آسیب‌های قابل مشاهده – تجهیزات پزشکی

گروه اجزا	سطح عملکرد غیرسازه‌ای		
	ایمنی جانی	حفظ موقعیت	خدمت‌رسانی بی‌وقفه
پزشکی هسته‌ای	بدون آسیب و مواد حفظ شده‌اند.	بدون آسیب و مواد حفظ شده‌اند.	بدون آسیب و مواد حفظ شده‌اند.
اسکنرهای پزشکی و تجهیزات تصویربرداری	آسیب جزئی و غیرقابل استفاده	آسیب ناچیز در مهارهای دستگاه	بدون آسیب و قابل استفاده
تجهیزات جراحی و اتاق عمل	آسیب ناچیز و مواد حفظ شده‌اند.	بدون آسیب و مواد حفظ شده‌اند.	بدون آسیب و مواد حفظ شده‌اند.
ICU و CCU	آسیب ناچیز و تجهیزات حفظ شده‌اند.	آسیب ناچیز و تجهیزات کاملا حفظ شده‌اند.	آسیب جزئی. مواد حفظ شده‌اند.
تجهیزات آزمایشگاهی	آسیب ناچیز و مواد حفظ شده‌اند.	محتویات مقیدشده روی قفسه‌ها باقی می‌مانند.	اغلب محتویات روی قفسه‌ها باقی می‌مانند.
داروخانه‌ها	آسیب جزئی	آسیب ناچیز. ریختن محتویات.	بدون آسیب و مواد حفظ شده‌اند.

جدول ۷-۱۰: معیارهای پذیرش برای اجزای غیرسازه‌ای حساس به تغییرشکل

اجزا	خدمت‌رسانی بی‌وقفه		حفظ موقعیت		ایمنی جانی		
	I_P	دریفت	I_P	دریفت	I_P	$Dp=\delta xA-\delta yA$	دریفت
روکش چسبیده	۱/۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۲	۱	۱۳	۰/۰۲
روکش مهارشده	۱/۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۲	۱	۱۳	۰/۰۲
واحدهای بلوک شیشه‌ای	۱/۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۲	۱	۱۳	۰/۰۲
پنل‌های پیش‌ساخته	۱/۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۲	۱	۱۳	۰/۰۲
سیستم دیوار خارجی شیشه ای	۱/۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۲	۱	$۱/۲۵D_p = ۱۳$	۰/۰۲
پارتیشن سنگین	۱/۵	۰/۰۰۵	۱	۰/۰۱	۱	۱۳	۰/۰۱
پارتیشن سبک	۱/۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۲	–	–	–
روکش داخلی	۱/۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۲	۱	۱۳	۰/۰۲
درب‌ها	۱/۵	۰/۰۰۵	۱	۰/۰۱	۱	۱۳	۰/۰۱
سقف حساس به شتاب	۱/۵	–	۱	–	–	–	–
کف‌های دسترسی	۱/۵	–	–	–	۱	۱۳	–
بلوک شیشه‌ای	۱/۵	–	–	–	۱	–	۰/۰۱

علاوه بر این موارد جزییات اجرایی مندرج در پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ایران، نشریات شماره ۷۴۳ و ۸۱۶ سازمان برنامه و بودجه قابل مراجعه و استناد هستند.

۷-۹- اقدامات محافظت در برابر سیل برای اجزای غیرسازه‌ای

محافظت در برابر سیل شامل فرایند ترکیبی از طراحی سازه و تمهیدات ویژه مندرج در فصل ۵ که برای جلوگیری از نفوذ آب به بیمارستان در نظر گرفته شده است. همچنین دیوارهای خارجی باید برای جلوگیری از نفوذ و نشت آب از طریق دیوار یا بازشوها که شامل مکان‌هایی می‌شود که خطوط تاسیسات عبور می‌کنند طراحی شوند. هنگامی که بیمارستان در ناحیه سیل‌خیز واقع می‌شود و در معرض خطر سیل بالقوه قرار دارد، ملاحظات زیر باید برای محافظت اجزای غیرسازه‌ای در برابر سیل منظور شود:

پنجره‌ها و درب‌هایی که پایین‌تر از تراز DFE هستند، باید به طور خاص برای نفوذ سیل محتمل طراحی شوند. قاب‌بندی و اتصالات باید به طور ویژه برای این اقدامات حفاظتی طراحی شوند تا از جداسازی آن‌ها از ساختمان اجتناب گردد.

تجهیزات مکانیکی، برقی و لوله‌کشی باید با درنظر گرفتن ارتفاع مناسب از تراز زمین یا با طراحی‌های ویژه و اقدامات نصب محافظت شوند. بهترین روش حفاظتی از اجزای غیرسازه‌ای وقتی است که در ارتفاعی بالاتر از DFE قرار بگیرند، مخصوصا برای تجهیزاتی مانند مولدهای برق اضطراری و مخازن سوخت که برای عملکردهای اضطراری هنگام یا پس از سیل لازم هستند.

هنگامی‌که اجزای غیرسازه‌ای می‌توانند درون ناحیه‌ی محافظت‌شده در برابر سیل قرار گیرند، باید توجه ویژه‌ای به تاسیسات و شبکه داکت‌های زیرزمینی شود تا از ارتفاع مناسب آن‌ها اطمینان حاصل گردد.

خطوط لوله‌کشی، خطوط انتقال آب، خطوط گاز و کابل‌های برق که باید پایین‌تر از DFE قرار گیرند، باید برای مقاومت در برابر تاثیرات سیل مهار و محافظت شوند یا در مکان مناسبی قرار گیرند.

تجهیزاتی که خارج از ساختمان‌های بلند هستند باید در ارتفاع مناسب قرار گیرند. این تجهیزات باید به سازه‌های نگهدارنده متصل شوند یا روی سکوهایی که به سازه اصلی یا به صورت طره‌ای به آن متصل هستند نصب شوند.

تجهیزات باید به گونه ای نصب شوند تا هنگام وقوع سیل از ورود به یا جمع‌شدن سیلاب در آنها جلوگیری گردد.

اجزای سیستم‌های تاسیسات از جمله مبدل‌های برقی، جعبه‌های تعویض ارتباطات، آبگرمکن‌ها، کمپرسورهای تهویه مطبوع، مبدل‌ها، کوره‌ها، دیگ‌های بخار و پمپ‌های حرارتی باید در ارتفاع یا بر روی سکوها قرار گیرند.

مخازن باید در تراز بالای DFE قرار بگیرند یا مهار شوند. اگر نیاز به مهار در ترازی پایین تر از DFE باشد، باید ورودی‌های مخزن، دریچه‌ها، لوله‌های پرشده و بازشوها بالای تراز DFE قرار گیرند یا با درپوش‌های مخصوصی که برای جلوگیری از ورود سیلاب یا خروج محتویات مخزن طراحی‌شده، پوشانده شوند. در جاهایی که استفاده از مخازن ذخیره زیرزمینی اجتناب‌ناپذیر است، آن‌ها باید برای مقاومت در برابر شناوری، فروریزش و جابجایی جانبی طراحی شوند و در برابر حداقل ۱/۵ برابر نیروهای شناوری و سایر نیروهای سیل تحت شرایط سیل طرح مقاومت کنند با فرض این‌که مخزن خالی است.

پنل‌های کنترل برق و تغذیه‌کننده‌های برقی باید برای راحت خاموش‌شدن قبل از رسیدن سیلاب، جدا شوند.

تجهیزات و اجزای برقی حساس باید با نصب دستگاه محافظ برق و منابع تغذیه برق بدون وقفه حفاظت شوند.

تمام وسایل لوله‌کشی که به سیستم آب آشامیدنی متصل هستند باید بالای تراز DFE قرار گیرند.

برای جلوگیری از آلودگی آب هنگام سیل، سیستم‌های فاضلاب باید به گونه‌ای طراحی شوند که نفوذ سیلاب به سیستم‌ها حداقل یا صورت نپذیرد و تخلیه از سیستم به دورن سیلاب‌ها انجام گیرد. همچنین چاهک‌ها و مخازن فاضلاب باید با پوشش‌های آب‌بند بسته شوند یا با محفظه‌های آب‌بندی شده محافظت شوند و باید توسط تمهیدات ویژه‌ای که مانع بازگشت جریان می‌شوند نصب گردند.

۷-۱۰- روش‌های آزمایش گواهینامه لرزه‌ای خاص (SSC)

اجزای غیرسازه‌ای از جمله موارد ذکرشده در جدول ۷-۱ که نیاز به گواهینامه‌های لرزه‌ای خاص (SSC) دارند باید بر اساس دستورالعمل‌های بیان‌شده در این بخش آزمایش شوند. برنامه آزمایش گواهینامه لرزه‌ای خاص باید به گونه ای باشد که اطمینان از رعایت الزامات بخش‌های ۷-۲ و ۷-۳ حاصل شود. الزامات عملکردی و یا آزمایش‌ها برای تایید عملکرد کاربردی باید به‌وسیله آزمایشگاه معتبر با توان انجام آزمایشات لرزه‌ای تجهیزات انجام گیرد. سازنده باید مشخصات فنی موردنیاز اجزا برای آزمایش‌هایی از قبیل پیکربندی، وزن، ابعاد، موانع و محدودیت‌ها در استفاده، تاریخ تولید و غیره را فراهم کند. برای یک خط تولید با پیکربندی‌های سازه‌ای مشابه، آزمایش حداقل یک واحد از آن خط تولید کافی است.

برای بیمارستان‌هایی که از سیستم‌های سازه‌ای با عملکرد برتر (فصل ۶) استفاده می‌کنند، طیف شتاب طبقه باید به عنوان ورودی برای آزمایش میز لرزان استفاده شود.

۷-۱۰-۱- فرایند آزمایش لرزه‌ای تجهیزات

آزمایش لرزه‌ای تجهیزات برای صدور و تایید گواهینامه لرزه ای خاص باید در راستای هر سه محور اصلی آن (دو محور افقی و یک محور قائم) انجام شود. این گواهی نامه بایدتوسط سازنده این تجهیزات از آزمایشگاه های دارای صلاحیت اخذ گردد. آزمایشگاه مورد نظر می تواند مطابق با این بند و زیربندهای آن یا توسط روش های معتبر دیگر شاخص های مورد نیاز برای صدور گواهینامه لرزه ای خاص را استخراج نماید.

امکان انجام آزمایش لرزه‌ای تجهیز در راستای هر سه محور اصلی به صورت همزمان به دیگر روش‌ها ارجح می‌باشد. این آزمایش باید در یک مرحله به‌طور همزمان و در دو محوری افقی و محور قائم اصلی تجهیزات انجام گردد. در صورتی که محدودیت‌ها یا موانعی در استفاده از امکانات یا آزمایش سه محوری وجود دارد، آزمایش دو محوری یا تک محوری هم مجاز است. در استفاده از آزمایش دو محوری یا تک محوری باید پیکربندی اجزا در تعیین جهاتی که اجازه بیشترین پاسخ به شتاب‌های میز لرزان دارند در نظر گرفته شود. آزمایش دو محوری باید در دو مرحله انجام شود که در مرحله دوم، جزء غیرسازه‌ای حول محور قائم ۹۰ درجه می‌چرخد. آزمایش تک محوری در سه مرحله جداگانه انجام می‌گیرد که بعد از هر مرحله جزء غیرسازه‌ای به‌گونه‌ای می‌چرخد که هر سه محور اصلی جزء غیرسازه‌ای آزمایش شوند.

۷-۱۰-۱-۱- نصب

نمونه‌های اجزای غیرسازه‌ای باید به گونه‌ای روی میز لرزان نصب شوند که نصب خدمات موردنظر را شبیه‌سازی کند. روش نصب باید مشابه روش‌هایی باشد که برای خدمات واقعی توصیه شده است و باید حداقل مقادیر توصیه‌شده برای اندازه پیچ، نوع پیچ، پیچش پیچ، پیکربندی، الگو و نوع (در صورت کاربرد) جوش و غیره استفاده شود.

جهت قرارگیری نمونه جزء غیرسازه‌ای در طول آزمایش‌ها باید به گونه‌ای باشد که محورهای اصلی نمونه جزء غیرسازه‌ای با محورهای تحریک میز لرزان هم‌راستا باشند. باید توضیحات مربوط به هر یک از وسایل و اتصالات دخیل بین جزء غیرسازه-ای و میز لرزان فراهم شود.

۷-۱۰-۱-۲- پایش

ابزار اندازه‌گیری (حسگر ها) مناسب و دقیق برای پایش پاسخ لرزه‌ای و تعیین سطوح شتاب جزء غیرسازه‌ای مورد آزمایش باید در راستای محورهای اصلی افقی و قائم میز لرزان نصب گردد. باید حداقل یک شتاب‌نگار (به عنوان مرجع) روی میز لرزان در محلی نزدیک به تراز پایه جزء غیرسازه‌ای نصب شوند. علاوه بر این، برای تعیین پاسخ و رفتار جزء غیرسازه‌ای باید ابزار اندازه‌گیری پاسخ لرزه‌ای در نقاطی از جزء غیرسازه‌ای که به سازه اتصال پیدا میکند، نصب گردد. مکان‌های قرارگیری حسگرهای پاسخ باید با صلاح‌دید سازنده جزء غیرسازه‌ای یا نماینده سازنده باشد و قبل از آزمایش به‌وسیله آزمایشگاه تایید شود. حسگرها باید قبل از آزمایش به‌وسیله آزمایشگاه نصب، کالیبره و تایید شوند. آزمایشگاه معتبر باید محل، جهت قرارگیری و کالیبراسیون تمام حسگرهای پایش لرزه را ثبت کند.

۷-۱۰-۱-۳- یافتن فرکانس تشدید

فرایند جاروی فرکانسی باید برای یافتن فرکانس‌های تشدید و میرایی اجزا انجام گیرد. بدین منظور از ارتعاش سینوسی تک محوره با دامنه‌های سطح پایین (حداکثر ورودی g ۰/۰۵ ± ۰/۱؛ برای جلوگیری از آسیب به اجزا از ورودی‌های با دامنه کمتر استفاده شده است) در محدوده فرکانس ۱/۳ تا ۳۳/۳ هرتز باید در هر جهت عمود برهم جزء غیرسازه‌ای اعمال شود تا فرکانس‌های تشدید تعیین شود. سرعت نوسان باید دو اکتاو بر دقیقه یا کمتر باشد تا از زمان کافی برای رسیدن به حداکثر پاسخ در فرکانس‌های تشدید اطمینان حاصل شود. اکتاو به صورت فاصله بین دو فرکانسی که فرکانس یکی دو برابر دیگری باشد، تعریف می‌شود. نمودارهای انتقال برای حسگرهای پایش پاسخ اجزای غیرسازه‌ای هم‌راستا باید با جدولی که نشان-دهنده فرکانس‌های تشدید هستند، ارائه شوند.

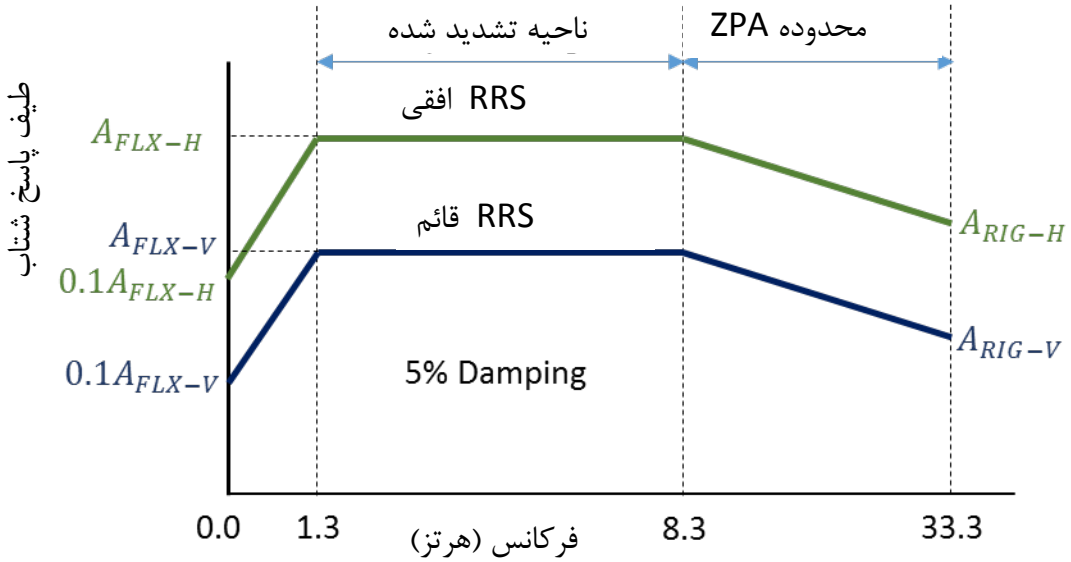
۷-۱۰-۲- آزمایش‌های شبیه‌سازی لرزه‌ای چند فرکانسی

۷-۱۰-۲-۱- استخراج طیف پاسخ موردنیاز لرزه‌ای

در تعیین تاثیر زلزله بر اجزا باید ترکیب بارگذاری افقی و عمودی منظور شود. طیف پاسخ مورد نیاز (RRS) در راستای افقی باید بر اساس طیف پاسخ استاندارد که در شکل ۷-۹ نشان داده شده، و همچنین نیروی افقی طراحی کل F_p که در رابطه ۷-۱ ارائه شده است، تولید گردد. طیف پاسخ موردنیاز در راستای قائم باید بر اساس دو سوم (۲/۳) شتاب افقی تراز پایه در سطح زمین ایجاد شود. پارامترهای سطح ۱ خطر لرزه‌ای که در بخش ۴-۲ مشخص شده است باید برای محاسبه ضرایب شتاب استاندارد A_{FLX-H}، A_{RIG-H} ، A_{FLX-V} و A_{RIG-V} استفاده شوند که با ترکیب آن‌ها، طیف پاسخ موردنیاز گواهینامه اجزای افقی تعریف می‌شود.

$$A_{FLX-H} = S_{as}\left(1+\frac{2Z}{h}\right) \; and \; A_{RIG-H} = 0.4\,S_{as}\left(1+\frac{2Z}{h}\right) \qquad ۱۴\text{-}۷$$

$$A_{FLX-V} = 0.67\,S_{as} \quad and \quad A_{RIG-V} = 0.27\,S_{as} \qquad ۱۵\text{-}۷$$



شکل ۷-۹ : طیف پاسخ موردنیاز (RRS) برای اجزای غیرسازه‌ای

که درآن:

S_{aS}: مقدار شتاب طیفی با میرایی ۵ درصد در زمان تناوب کوتاه T برابر با صفر ثانیه برای سطح ۱ خطر لرزه‌ای.

A_{FLX-H}: شتاب طیفی افقی که برای اجزای انعطاف‌پذیر با محدود فرکانسی ۱/۳ تا ۸/۳ هرتز محاسبه شده است. مقدار A_{FLX-H} به حداکثر مقدار $1/6S_{aS}$ محدود شده است.

A_{FLX-V}: شتاب طیفی قائم که برای اجزای انعطاف‌پذیر با محدود فرکانسی ۱/۳ تا ۸/۳ هرتز محاسبه شده است.

A_{RIG-H}: شتاب طیفی افقی که برای اجزای صلب در فرکانس ۳۳/۳ هرتز محاسبه شده است.

A_{RIG-V}: شتاب طیفی قائم که برای اجزای صلب در فرکانس ۳۳/۳ هرتز محاسبه شده است.

ناحیه تشدیدشده طیف پاسخ موردنیاز (فرکانس ۱/۳ تا ۸/۳ هرتز) مربوط به اجزای انعطاف‌پذیر و محدوده ZPA (محدوده طیفی برای فرکانس‌های بیشتر از ۸/۳ هرتز) مربوط به اجزای صلب است.

۷-۱۰-۲-۲- استخراج نتایج آزمایش

برای رسیدن به طیف تقاضای موردنیاز مطابق تعریف بخش ۷-۱۰-۲-۱، بارگذاری میز لرزان باید از نوع تحریک‌های راندم با پهنای باند غیرثابت که دارای محتوای انرژی در محدوده ۱/۳ تا ۳۳/۳ هرتز هستند، باشند ترکیب سیگنال‌های اعمالی باید از نوع تحریک‌های راندم چند فرکانسی باشد، که دامنه‌های آن بر اساس باندهای چند فرکانسی تنظیم می‌شوند. تعیین پهنای باند دقیق هر یک از باندهایی که به کار گرفته شده است باید با صلاحدید آزمایشگاه باشد.

معمولا از وضوح پهنای باند یک سوم اکتاو با تجهیزات تلفیقی آنالوگ استفاده می‌شود. با این وجود استفاده از تجهیزات تلفیقی دیجیتال ممکن است به باند فرکانسی باریک‌تری به اندازه پهنای باند یک ششم اکتاو نیاز داشته باشد. این فرآیند شامل استفاده ترکیبی از سیگنال‌های با باند باریک چندگانه است که با هر باند تنظیم‌شده به میز لرزان وارد می‌شوند تا این‌-که طیف پاسخ آزمایش، طیف پاسخ موردنیاز بر اساس معیارهای مشخص‌شده در بخش ۷-۱۰-۲-۳ را پوشش دهد.

مدت زمان موثر شتابنگاشت ورودی باید ۳۰ ثانیه به صورت ارتعاشات نامانا (nonstationary) باشد. مدت زمان ورودی آزمایش‌های تاریخچه زمانی باید شامل حداقل ۲۰ ثانیه از جنبش قوی زمین باشد. سیگنال‌های رندم مستقل که ناشی از ترکیب سیگنال‌های با باند باریک هستند باید به عنوان تحریکی برای تولید حرکات غیرهم‌فاز در محورهای افقی و قائم اصلی میز لرزان استفاده شوند.

۷-۱۰-۲-۳- تحلیل طیف پاسخ آزمایش

طیف پاسخ حاصل از نتایج آزمایش (TRS) باید با استفاده از روشهای تحلیلی قابل قبول یا از تحلیل طیف پاسخ با میرایی ۵ درصد که از شتاب‌نگارهای قرارگرفته در تراز پایه جزء غیرسازه‌ای مطابق بخش ۷-۱۰-۲-۱ محاسبه شود. طیف پاسخ آزمایش باید طیف پاسخ موردنیاز را بر اساس حداکثر پهنای باند اکتاو-یک-ششم در محدوده فرکانسی ۱/۳ تا ۳۳/۳ هرتز پوشش دهد. دامنه هر سیگنال با پهنای باند باریک باید مستقلا در هر یک از محورهای اصلی تنظیم شود تا طیف پاسخ آزمایش طیف پاسخ موردنیاز را پوشش دهد. توصیه می‌گردد که طیف پاسخ آزمایش بیشتر از ۳۰ درصد طیف پاسخ موردنیاز در

محدوده تشدید شده طیف پاسخ موردنیاز نباشد. هر نوع فیلتر سیگنال شتاب که برای تحلیل انجام گرفته است، باید تعریف شود. الزامات کلی برای پوشش دادن طیف پاسخ موردنیاز (RRS) به‌وسیله طیف پاسخ آزمایش (TRS) می‌تواند با شرایط ذیل اصلاح شود.

محدوده تشدید طیف پاسخ مورد نیاز (RRS)

در انجام برنامه آزمایش ممکن است طیف پاسخ آزمایش(TRS)، ناحیه تشدیدشده طیف پاسخ موردنیاز(RRS) را برای فرکانس‌های کمتر یا مساوی با ۸/۳ هرتز کاملا پوشش ندهد. آزمایش مجدد به شرط رعایت موارد ذیل الزامی نمی‌باشد:

۱. در مواردی با استفاده از جستجوی تشدید مطابق بخش ۷-۱۰-۲-۳، می‌توان نشان داد هیچ پدیده تشدید پاسخی در فرکانس‌های کمتر از ۵ هرتز وجود ندارد، لازم است طیف پاسخ آزمایش (TRS) فقط برای فرکانس‌های کمتر از ۳/۵ هرتز طیف پاسخ موردنیاز (RRS) را دربرگیرد. تحریک باید در محدوده فرکانس‌های ۱/۳ تا ۳/۵ هرتز با درنظرداشتن محدودیت‌های میز لرزان تنظیم شود.

۲. در جایی که پدیده تشدید در فرکانس‌های کمتر از ۵ هرتز وجود دارد، لازم است طیف پاسخ آزمایش (TRS) فقط برای ۷۵ درصد کمترین فرکانس تشدید، طیف پاسخ موردنیاز (RRS) را پوشش دهد.

۳. وقتی‌که نتوان عدم پدیده تشدید پاسخ در فرکانس کمتر از ۵ هرتز را توجیه نمود، الزامات کلی باید اعمال شود و باید پوش فرکانس‌های پایین تا ۱/۳ هرتز حفظ شود.

۴. در صورتی که نقاط اکتاو یک ششم مجاور حداقل برابر با طیف پاسخ موردنیاز (RRS) باشد ممکن است یک نقطه از طیف پاسخ آزمایش (TRS) به اندازه ۱۰ درصد یا کمتر پایین‌تر از طیف پاسخ موردنیاز (RRS) قرار گیرد. این حالت برای برای فرکانس‌های کمتر یا مساوی با ۸/۳ هرتز اتفاق می‌افتد.

۵. حداکثر دو نقطه از نقاط تحلیل اکتاو-یک-ششم ممکن است تحت همان محدودیت‌های بیان‌شده در بند ۴، پایین-تر از طیف پاسخ موردنیاز (RRS) باشند (برای فرکانس‌های کمتر یا مساوی با ۸/۳ هرتز).

۶. ناحیه ZPA از طیف پاسخ مورنیاز (RRS): در اجرای برنامه آزمایش ممکن است طیف پاسخ آزمایش (TRS) به طور کامل محدوده ZPA (محدوده طیفی برای فرکانس‌های بیشتر از ۸/۳ هرتز) از طیف پاسخ مورنیاز (RRS) را پوشش ندهد، اگر معیارهای زیر برآورده شوند، الزامات کلی برای آزمایش مجدد ممکن است نیاز نباشد.

۷. ممکن است یک نقطه از طیف پاسخ آزمایش به اندازه ۱۰ درصد یا کمتر پایین‌تر از طیف پاسخ موردنیاز قرار بگیرد (برای فرکانس‌های بیشتر از ۸/۳ هرتز یا محدوده ZPA)، به شرطی که نقاط اکتاو-یک-ششم مجاور حداقل برابر با طیف پاسخ موردنیاز (RRS) باشند.

۸. حداکثر دو نقطه از نقاط تحلیل اکتاو-یک-ششم ممکن است تحت همان محدودیت‌های بیان‌شده در بند ۳، پایین-تر از طیف پاسخ موردنیاز (RRS) در محدوده ZPA (محدوده طیفی برای فرکانس‌های بیشتر از ۸/۳ هرتز) باشند.

۹. حداکثر شتاب میز لرزان باید مساوی یا بیشتر از ۹۰ درصد A_{RIG} باشد.

۷-۱۰-۳- بازرسی‌های پس از آزمایش

جهت بررسی ظرفیت لرزه‌ای جزء غیرسازه‌ای، باید پس از تکمیل و ارایه اسناد آزمایشات توسط متخصص مربوطه بر اساس شرایط ذیل مورد بازرسی عینی قرار گیرد:

- یکپارچگی سیستم سازه‌ای تجهیز شامل اتصال اجزا پس از آزمایش باید حفظ شده باشد. تسلیم محدود اتصالات تجهیز میتواند قابل قبول باشد. طراحی اجزا باید این اطمینان را ایجاد کند که اجزای غیرسازه‌ای مهارشده از محل نصب خود جدا نخواهند شد و باعث آسیب به سایر اجزای بیمارستان یا صدمه به کارکنان هنگام وقوع زلزله می-شود.
- سیستم مقاوم تجهیز در برابر نیرو: یکپارچگی سیستم سازه‌ای تجهیز در برابر نیروی وارده به مولفه‌های آن باید حفظ شود. آسیب‌های محدود مانند تسلیم در اعضای مقاوم در برابر نیروی تجهیز پذیرفتنی است. اتصالات و اعضای غیر سازه‌ای که در برابر بار مشارکت نمی‌کنند مجاز به آسیب در حد جزئی هستند.

۷-۱۰-۴- تایید عملکردی تجهیز پس از آزمایش

بر اساس ضریب اهمیت اجزای غیرسازه‌ای مشخص‌شده، اجزایی که تاییده شده‌اند باید بتوانند عملکردهای مورد انتظار خود را پس از وقوع زلزله انجام دهند. آزمایش عملکردی اجزای غیرسازه‌ای به‌وسیله آزمایشگاه معتبر در تاسیسات آزمایشی یا تاسیسات سازنده جزء غیرسازه‌ای انجام می‌شود.

اگر یکی از معیارهای زیر برآورده شود، الزامات این بخش ارضا می‌شوند:

۱. اجزای با I_p = ۱/۰: با تکمیل آزمایش لرزه‌ای؛ اجزای غیرسازه‌ای خطر ایمنی جانی را که به دلیل فروریزش یا جداشدن زیرمجموعه‌های اصلی ایجاد می‌شود، نشان نمی‌دهند. یکپارچگی سازه‌ای سیستم مهار و سیستم مقاوم در برابر نیروی اجزا باید حفظ شوند. آسیب‌های محدود مانند تسلیم در اعضای مقاوم در برابر نیروی تجهیز پذیرفتنی است. اتصالات و اعضای غیرسازه‌ای که در برابر بار مشارکت نمی کنند مجاز به آسیب در حد جزئی هستند.

اجزای با $I_p \geq$ ۱/۵: پس از تکمیل آزمایش لرزه‌ای، جزء غیرسازه‌ای باید عملکردها، الزامات و یا آزمایش‌های مشخص‌شده را مطابق با نتایج آزمایش تایید عملکردی قبل از آزمایش برآورده سازد. مواد اجزای غیرسازه‌ای که خطرناک هستند نباید در محیط زیست انتشار یابند. علاوه بر این با تکمیل آزمایش لرزه‌ای، اجزای غیرسازه‌ای خطر ایمنی جانی ناشی از فروریزش یا جداشدن زیرمجموعه‌های اصلی را نشان ندهند. یکپارچگی سازه‌ای مهار و سیستم مقاوم در برابر نیروهای اجزا باید حفظ شوند. آسیب‌های محدود مانند تسلیم در اعضای مقاوم در برابر نیروی تجهیز پذیرفتنی است. اتصالات و اعضای غیرسازه‌ای که در برابر بار مشارکت نمی کنند مجاز به آسیب در حد جزئی هستند. تعمیرات جزئی اجزای غیرسازه‌ای (از قبیل تعویض لامپ) برای اجزا مجاز است تا الزامات این بخش ارضا شود. هر تعمیری باید ثبت شود و در گزارش نهایی آزمایش گنجانده شود.

مراجع

۱- مقررات ملی ساختمان ایران، دفتر تدوین معیارها و مقررات ملی ساختمان ایران
۲- آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد شماره ۲۸۰۰ ایران، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳.
۳- دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود، نشریه شماره ۳۶۰ سازمان برنامه و بودجه کشور، (تجدیدنظر اول)، ۱۳۹۵.
۴- دستورالعمل طراحی بناهای درمانی، سری نشریات شماره ۲۸۷، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۵.
۵- راهنمای کاربردی انجام تحلیل خطر زلزله، نشریه شماره ۶۲۶، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۳.
۶- دستورالعمل طراحی لرزه‌ای سازه و اجزای غیرسازه‌ای بیمارستان‌ها بر اساس عملکرد، نشریه شماره ۸۱۶، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۹.
۷- دستورالعمل روش‌های محاسبه حداکثر سیل محتمل (PMF)، نشریه شماره ۶۴۷، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۲.
۸- راهنمای پادسیل‌سازی، ضابطه شماره ۶۸۱ معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی، امور نظام فنی و اجرایی کشور، ۱۳۹۴.
۹- راهنمای مهار سیلاب رودخانه‌ای (روش‌های سازه‌ای)، نشریه شماره ۲۴۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۰.
۱۰-راهنمای طراحی سامانه‌های دارای جداساز لرزه‌ای در ساختمان‌ها، نشریه شماره ۵۲۳، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۸.
۱۱-راهنمای انجام خدمات جنبی در پروژه‌های بهسازی لرزه‌ای، نشریه شماره ۳۹۰، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۸۶.
۱۲-دستورالعمل برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان‌های ایمن، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

13- WHO, Hospital Safety Index, Guide for Evaluators, 2019.

14- ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2016.

15- ASCE/SEI 41-17, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, 2017.

16- FEMA 577, Design Guide for Improving Hospital Safety in Earthquakes، Floods، and High Winds، 2007.

17- FEMA 454, Designing For Earthquakes: A Manual For Architects, Federal Emergency Manamement Agency, 2006.

18- FEMA 396, Incremental Seismic Rehabilitation of Hospital Buildings, 2003.

19- Health Technical Memorandum, Policies and principles of healthcare engineering, (HTM 00), UK Department of Health، 2014.

20- Health Building Memorandum, Planning for a resilient healthcare estate, (HTM 07-01), UK Department of Health، 2014.

21- Health Building Memorandum, Medical gas pipeline systems, HTM 02-01, UK Department of Health، 2014.

22- Health Building Memorandum, Heating and ventilation systems، specialized ventilation for healthcare premises, (HTM 03-01), UK Department of Health, 2007.

23- Safe water in healthcare premises, (HTM 04-01), UK Department of Health, 2006.

24- Electrical services supply and distribution, (HTM 06-01), UK Department of Health, 2007.

25- Guidelines for environmental assessment and consultation procedures for designating land for community infrastructure, State of Queensland, Department State Development، Infrastructure and Planning, Australia, 2014.

26- AC156, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-Table Testing of Nonstructural Components، International Code Council-Evaluation Service (ICC-ES)، October 2010، CA، USA.

27- PAHO/WHO Guidelines for Vulnerability Reduction in the Design of New Health Facilities، 2004.

28- Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP)، WMO-No 1045.

29- Guide for Working on Projects under Office of statewide Health Planning and Development. Facilities Development Division of State of California Hospital Association، 2006، 2015.

30- NIST GCR 17-917-44: Seismic Analysis، Design، and Installation of Nonstructural Components and Systems، 2017.

31- NIST GCR 17-917-46v1: Guidelines for Nonlinear Structural Analysis for Design of Buildings

32- OSHPD California Healthcare Foundation Guide for “Best Practices for Project Management، Design، and Construction of Buildings Under OSHPD Jurisdiction، 2015.

33- FEMA E-74: Reducing the Risk of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide، 4th Edition، 2012.

34- Criteria (UFC)، UFC4-510: Design of Military Medical Facilities، May 2019.

35- Unified Facilities Criteria (UFC)، UFC3-220-01: Geotechnical Engineering، May 2012.

36- Australian Guidelines 7-3: Technical Flood Risk Management Guidelines for Flood Hazard.

37- Standard for Determination of Fire Loads for Use in Structural Fire Protection Design, NFPA 557, National Fire Protection Association, 2020.

38- Handbook on Safety Code for Elevators and Escalators, A17.1/CSA B44 Handbook, American Society of Mechnical Engineering, 2019.

39- Seismic Certification by Shake-table Testing of Nonstructural Components, AC156, ICC Evaluation Service, 2010.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Guidelines for Design of Safe and Resilient Hospitals Against Multiple Hazards

IR-Code 880

Last Edition: 09-05-2024

Deputy of Production, Technical & Infrastructure

Department of Technical & Executive Affairs
nezamfanni.ir

2024

این ضابطه

با عنوان «دستورالعمل طراحی بیمارستان ایمن و تاب آور در برابر سوانح چندگانه»، با هدف تأمین ملزومات طراحی ویژه در طراحی بر اساس عملکرد و حصول اطمینان از عملکرد مورد انتظار بیمارستانها (عملکرد اجزای سازه‌ای و غیرسازهای) پس از وقوع حادثه تدوین شده است.