



وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مقررات ملی ساختمان ایران

مبحث بیستم یکم

پدافند غیر عامل

دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان

ویرایش دوم (۱۳۹۵)

به نام خدا

پیش گفتار

مقررات ملی ساختمان در تمامی کشورها قواعدی هستند که به نحوی اجرای آن‌ها توسط شهروندان الزام قانونی پیدا می‌کند. ادراک مشترک کلیه عوامل و عناصر مرتبط اعم از دولت، دولت‌های محلی، مردم و مهندسان، موجب می‌گردد که منافع ملی ناشی از حفظ و افزایش بهره‌وری از سرمایه‌گذاری‌های ملی و هم چنین حفظ جان و منافع عمومی بهره‌برداران ساختمان‌ها بر منافع سازمانی دستگاه‌های اجرایی و یا منافع دولت محلی و هم چنین منافع فوری سرمایه‌گذاران ترجیح داده شود. بدیهی است توافق بر این امر بر پایه منافع و خواسته‌ها در قالب برنامه توسعه نظام ملی ساخت و ساز تحقق می‌یابد.

از سال ۱۳۶۶ مقررات حاکم بر جنبه‌های مهندسی و فنی ساختمان (طراحی - نظارت - اجرا)، توسط وزارت راه و شهرسازی در قالب مقررات ملی ساختمان به تدریج وضع و استفاده از آن الزامی شده است. توسعه آموزش عالی، مراکز علمی و پژوهشی و سازمان نظام مهندسی موجب افزایش نیروی انسانی متخصص و ماهر در سطح کشور گردید و مسئولان آن مقررات ملی ساختمان و استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی نیز به هم پیوسته و صاحب‌فکر شاغل در حرفه به صورت دوره‌ای مورد بازنگری و تجدید چاپ قرار گرفته‌اند. در حالی که این امر به دردی از کمال و غنا رسیده است که به عنوان مرجع و منبع آموزشی ضمن تأمین بخشی از نگاهبان و جامعه مهندسی کشور، سازندگان و بهره‌برداران، ابزار و مرجع کنترل و اطمینان از کیفیت ساخت و سازها برای ناظران و بازرسان فراهم نموده است.

مقایسه کیفیت ساختمان‌ها بویژه از حیث سازهای در سال‌های اخیر با قبل از تدوین مقررات ملی ساختمان مؤید تأثیر این مقررات در ارتقای کیفیت ساختمان‌ها و سیر تکاملی آن در جهت تأمین ایمنی، بهداشت، رفاه و آسایش و صرفه اقتصادی می‌باشد اما با مقایسه آمار کمی و کیفی، وضع موجود کشور با میانگین شاخص‌های جهانی فاصله قابل توجهی وجود دارد.

برای جبران فاصله شاخص‌های پیش گفته شده لازم است اولاً نهادهای حاکمیتی سیاست‌گذار و برنامه‌ریز و مراجع صدور پروانه ساختارهای کنترل و نظارت را مورد بازنگری قرار داده تا سیستم

نظارت جدی‌تری نسبت به تولید، توزیع و مصرف مصالح استاندارد و اجرای مقررات ملی ساختمان اعمال گردد. ثانیاً سازمان‌های نظام مهندسی ساختمان، تشکلهای حرفه‌ای دانشگاهها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی بیش از پیش در ترویج و تبیین مقررات وضع شده، الگوسازی و آرایه نمونه‌های عینی رعایت مقررات یاد شده و معرفی فن‌آوری‌های نوین و به نمایش گذاشتن مزایای آن تلاش نمایند. ثالثاً مهندسان و سازندگان که وظیفه اساسی در اعمال ضوابط و مقررات ساختمانی را در طراحی، اجرا و نظارت ساخت و سازها بر عهده دارند با به روز رسانی دانش فنی و مهارت حرفه‌ای و با تکیه بر اصل اخلاق حرفه‌ای خود نسبت به اجرای مقررات ملی ساختمان بیش از پیش اصرار ورزیده، کارفرمایان و مالکان نیز تشویق یا ملزم به رعایت مقررات ملی ساختمان آن شوند. همچنین مردم به عنوان بهره‌داران نهایی می‌توانند با افزایش سطح آگاهی از حقوق خود نقش اساسی در ارتقاء کیفیت و طریق افزایش مطالبات در کیفیت و بهره‌وری ساختمان‌ها و ایجاد انگیزه رقابت در میان سازندگان با کیفیت ایفا نمایند.

در خاتمه از کلیه اساتید و صاحب‌نظران و مسئولان کشندگان که از ابتدا تاکنون در تدوین و تجدیدنظر مباحث مقررات ملی ساختمان تلاش نمودند، در همفکری و همکاری با این وزارت از هیچ کوششی دریغ ننموده‌اند، سپاس گوارم. همچنین بدین وسیله کارکنان ساخت و ساز از دستگاههای نظارتی و کنترلی مراجع صدور پروانه و کلیه عزیزانی که اجرای این مقررات را خدمتگزاری به میهن و مردم خویش می‌پندارند، آرزوی موفقیت و سربلندی در پیش‌آیند خدای متعال می‌نمایم.

باس آخوندی
وزیر راه و شهرسازی

inbr.ir

هیأت تدوین کنندگان میحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان - ویرایش دوم (۱۳۹۵)

(بر اساس حروف الفبا)

الف) شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

عضو	• مهندس شاپور طاحونی	رئیس	• دکتر محمدتقی احمدی
عضو	• مهندس بهروز غلبداری میلانی	عضو	• مهندس محمدرضا انصاری
عضو	• مهندس مسعود غازی سلحشور	عضو	• دکتر حمید باقری
عضو	• مهندس یونس قلی زاده طیار	عضو	• دکتر سعید بختیاری
عضو	• دکتر بهروز گنیمیری	عضو	• دکتر حمید بذیمعی
عضو	• دکتر حامد مظاہریان	عضو	• دکتر ناصر بنیادی
عضو	• دکتر محمودرضا ماهری	عضو	• مهندس محسن بن عقاری
عضو	• دکتر بهروز محمدگاری	عضو	• دکتر محسن بنی زاده
عضو	• مرحوم مهندس حشمت ا. منصف	عضو	• مهندس محمدابراهیم دادرشت
عضو	• دکتر سیدرسول میرقادر	عضو	• مهندس سید محمدتقی رانقی
عضو	• مهندس نادر نجیمی	عضو	• دکتر علی اکبر رمضانیاپور
عضو	• مهندس سیدرضا هاشمی	عضو	• دکتر محمد شکرچی زاده
			• مهندس علی اصغر طاهری بهبهانی

ب) اعضای کمیته تخصصی

عضو	• دکتر محمدتقی احمدی
عضو	• مهندس مجید اشتیری فر
عضو	• دکتر احمد اسفریان جدی
عضو	• مهندس علی اصغر شهاب
عضو	• مهندس عباس صمدالی فرد
رئیس	• مهندس شاپور طاحونی
دبیر	• مهندس سیدمحمدرضا میرعبداللہی

با تشکر از همکاری صمیمانه آقایان :

مهندس آرشد برخوردار - دکتر بهشید حسینی - دکتر رضا رفیعی دهخوارقانی و خاتم مهندس صبا ترابی

پ) دبیرخانه شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

معاون دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان و دبیر شورا	• مهندس سہیلا پاکروان
رئیس گروه تدوین مقررات ملی ساختمان	• دکتر بهنام مهرپرور
کارشناس معماری دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان	• مهندس سیدمحمدرضا میرعبداللہی

مقدمه ویرایش دوم

انجام مطالعات پدافند غیرعامل به منظور شناخت تهدیدات و تدوین تهدید میانه، بررسی آسیب پذیری های زیرساخت ها، امکان و تأسیسات و ارائه راهکارهایی به منظور مصون سازی و پایداری می باشد. تهدیدات از تنوع و پیچیدگی زیادی برخوردار هستند و مهندسین با تخصص های مختلف برای انجام طراحی ساختمان و تأسیسات، باید قابلیت های لازم را با آموزش و بهره گیری از اسناد بالادستی پدافند غیرعامل در خود ایجاد نمایند. اجرای الزامات و ملاحظات پدافند غیرعامل، موجب کاهش آسیب پذیری نیروی انسانی، ساختمان ها، تأسیسات و تجهیزات حیاتی، حساس و مهم کشور در مقابل تهدیدات غیرطبیعی ایجاد شده توسط دشمن، می گردد. این امر، باعث تداوم اداره کشور و فعالیت های عمری و کاهش آسیب پذیری زیرساخت ها، امکان، تأسیسات و تجهیزات مهم کشور در زمان وقوع تهدید می گردد. این مبحث اختصاصی به ضوابط پدافند غیرعامل در ساختمان ها دارد. طراحان، پیمان و ناظرین اجرای پروژه های ساختمانی، موظف به رعایت الزامات و ملاحظات پدافند غیرعامل مطابق با ضوابط مندرج در این مبحث می باشند.

این مبحث مشتمل بر هفت فصل به شرح زیر می باشد:

- فصل اول شامل کلیات، دامنه مورد بحث، تعریف مفاهیم بنیادی در خصوص پدافند غیرعامل و کارکرد آن در الزامات و ضوابط ساختمان می باشد. در این فصل ساختمان ها بر مبنای نوع کاربری، تعداد ساکنین، زیربنا، تیرهای سقفات و ارزش سرمایه های داخل آن به پنج گروه تقسیم شده اند و سازه های مختلف بار انفجار حداقل سطوح عملکرد سازمانی اجزای ساختمان ها برای گروه های مختلف ساختمان ارائه شده است.
- فصل دوم به بررسی ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی معماری و محوطه ساختمان ها و مجموعه های زیستی می پردازد.
- در فصل سوم به انواع انفجار، امواج ناشی از آن و مشخصه های این امواج و فشار ناشی از انفجار بر سازه پرداخته شده است.
- در فصل چهارم مشخصات مکانیکی مصالح در برابر بار انفجار و سامانه های سازه ای مقاوم در برابر انفجار معرفی شده اند.
- فصل پنجم شامل روش های تحلیل و طراحی سازه ها در برابر بارهای ناشی از انفجار می باشد. روش های تحلیل دینامیکی غیر خطی و استاتیکی معادل جهت تحلیل اعضای سازه معرفی شده و معیارهای پذیرش اعضا با توجه به سطوح عملکرد ارائه شده است.

- در فصل ششم انهدام پیشرونده و روش های طراحی سازه در برابر آن به عنوان جایگزینی برای طرح در مقابل انفجار، بررسی شده است.
- در فصل هفتم نیز ملاحظات تأسیسات مکانیکی و برقی در حوزه پدافند غیرعامل آورده شده اند.

موارد شمول فصل های فوق برای گروه های ساختمانی، مطابق جدول ۲-۱-۲۱ این میحث می باشد. با توجه به جدید بودن میحث و لزوم ارزیابی بازخورد آن در جامعه مهندسی، پس از اتمام دوره آزمایشی موارد شمول آن مورد ارزیابی و تجدیدنظر قرار خواهد گرفت. از آنجا که ضوابط کمی این میحث برای اولین بار تدوین و ارائه گردیده است، بی تردید دارای نواقص و کاستی هایی است. از مهندسان و محققان محترم تقاضا می شود تا نظرات ارزنده و سازنده خویش را جهت بررسی و اصلاح آن در ویرایش بعدی در اختیار این کمیته قرار دهند.

کمیته تخصصی میحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان

۱۳۹۵

inbr.ir

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱-۲۱ کلیات
۱	۱-۱-۲۱ مفاهیم
۱	۲-۱-۲۱ تهدیدها
۱	۳-۱-۲۱ هدف
۲	۴-۱-۲۱ دامنه کاربرد
۲	۵-۱-۲۱ پناهگاه
۲	۶-۱-۲۱ کارکرد میان رشته‌ای پدافند غیرعامل
۴	۷-۱-۲۱ سطوح عملکرد ساختمان‌ها
۵	۸-۱-۲۱ گروه‌بندی ساختمان‌ها
۷	۹-۱-۲۱ بارهای ناشی از انفجار
۸	۱۰-۱-۲۱ حداقل عملکرد سازه‌ای اجزای ساختمان‌ها
۹	۱۱-۱-۲۱ نمودار گردشی طراحی
۱۰	۱۲-۱-۲۱ تعاریف
۱۷	۲-۲۱ ملاحظات معماری و محوطه
۱۷	۱-۲-۲۱ معماری و پدافند غیرعامل
۱۷	۲-۲-۲۱ ملاحظات برنامه‌ریزی و طراحی محوطه
۲۲	۳-۲-۲۱ طراحی معماری ساختمان
۲۸	۴-۲-۲۱ فضاهای امن

۳۱ ۵-۲-۲۱ اتاق مرکز کنترل و مدیریت ساختمان (و بحران)

۳۳ ۳-۲۱ بارهای ناشی از انفجار

۳۳ ۱-۳-۲۱ انواع موج انفجار

۳۴ ۲-۳-۲۱ موقعیت چشمه انفجار

۳۵ ۳-۳-۲۱ انفجار در هوای آزاد

۳۸ ۴-۳-۲۱ انفجار سطحی

۳۸ ۵-۳-۲۱ بارگذاری انفجار حرجی بر وجوه مختلف ساختمان

۴۳ ۶-۳-۲۱ انفجار در محل زمین

۴۷ ۷-۳-۲۱ انفجار غلی

۴۸ ۸-۳-۲۱ ترکش‌ها

۵۱ ۴-۲۱ مشخصه‌های مکانیکی مصالح و سازه‌های

۵۱ ۱-۴-۲۱ کلیات

۵۱ ۲-۴-۲۱ پاسخ استاتیکی - پاسخ دینامیکی

۵۲ ۳-۴-۲۱ ویژگی‌های دینامیکی مصالح

۵۴ ۴-۴-۲۱ مصالح

۵۶ ۵-۴-۲۱ سامانه‌های سازه‌ای مناسب برای مقاومت در برابر انفجار

۵۹ ۵-۲۱ روش‌های تحلیل و طراحی سازه‌ها

۵۹ ۱-۵-۲۱ تحلیل دینامیکی غیرارتجاعی سازه یک درجه آزادی (SDOF)

۶۶ ۲-۵-۲۱ ترکیبات بارگذاری

۶۶ ۳-۵-۲۱ معیارهای پذیرش رفتار عضو سازه‌ای

۷۱	۴-۵-۲۱ روش استاتیکی معادل
۷۹	۶-۲۱ انهدام پیشرونده
۷۹	۱-۶-۲۱ کلیات
۷۹	۲-۶-۲۱ راه یافت‌های طراحی
۸۰	۳-۶-۲۱ انتخاب روش طراحی
۸۰	۴-۶-۲۱ ضوابط روش مقاومت کلافی
۸۳	۵-۶-۲۱ روش مستقیم روش مسیر جایگزین
۸۷	۶-۶-۲۱ روش تقسیم روش ظرفیت ویژه
۸۹	۷-۲۱- ملاحظات تأسیسات برقی مکانیکی
۸۹	۱-۷-۲۱ کلیات
۹۲	۲-۷-۲۱ ملاحظات تأسیسات مکانیکی
۱۰۱	۳-۷-۲۱ ملاحظات تأسیسات برقی
۱۰۶	۴-۷-۲۱ آسانسورهای اضطراری
۱۰۷	۵-۷-۲۱ تأسیسات فضای امن
۱۰۹	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۱۱۳	فهرست مراجع قابل استفاده

inbr.ir

۱-۲۱- کلیات

۱-۱-۲۱- مفاهیم

پدافند غیرعامل، مجموعه‌ای از اقدامات غیر مسلحانه‌ای است که به کارگیری آن‌ها، موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، ارتقای پایداری ملی، تداوم فعالیت‌های ضروری و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدها و آموهای نظامی دشمن می‌گردد.

اجرای الزامات و ملاحظات پدافند غیرعامل، موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها و تجهیزات حیاتی، جاس و مراکز کشور در مقابل تهدیدات غیرطبیعی که توسط دشمن ایجاد می‌گردد، می‌شود. این امر باعث تداوم اداره‌ی کشور و فعالیت‌های ضروری و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها، تأسیسات، اماکن و تجهیزات مهم کشور در زمان وقوع تهدید می‌گردد. در این راستا، ملاحظات معماری، سازه‌ای و تأسیسات مکانیکی و برقی در حوزه‌ی ساختمان و برنامه‌ریزی اقتصادی و مالی، به صورت میان رشته‌ای و با نظر تخصصی در نظر گرفته می‌شود.

۲-۱-۲۱- تهدیدها

تهدیدها به دو بخش طبیعی (طوفان، زلزله، سیل و...) و غیرطبیعی (حمله‌ی هوایی، حمله‌ی دریایی، خرابکارانه و امنیتی) که از طریق دشمن ایجاد می‌گردد، تقسیم‌بندی می‌شود. این تهدیدها صرفاً به تهدیدهای غیرطبیعی که از طریق دشمن در حوزه ساختمان، تأسیسات و مراکز کشور ایجاد می‌گردد، می‌پردازد.

۳-۱-۲۱- هدف

هدف این منبجست، تعیین حداقل ضوابط برای طراحی و اجرای ساختمان، تأسیسات و فضای عمومی ساختمان در برابر اثرات ناشی از تهدیدهای غیرطبیعی که از طریق دشمن است، می‌باشد به طوری که با رعایت آن‌ها، انتظار می‌رود:

- ساختمان‌ها بتوانند حداقل عملکرد سازه‌ای را مطابق جدول ۱-۲۱-۴ تامین نموده و خسارات سازه‌ای و تلفات جانی را به حداقل برسانند.

- ساختمان‌های گروه ۱ با درجه اهمیت ویژه، پس از انفجار، قابلیت بهره‌برداری و خدمت‌رسانی خود را حفظ کنند. در صورتی که این ساختمان‌ها، به عنوان هدف راهبردی دشمن باشند (برخورد مستقیم)، طراحی براساس دستورالعمل‌های ویژه ابلاغی سازمان پدافند غیرعامل کشور صورت می‌گیرد.

۲۱-۱-۴- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد (و عدم شمول) این مبحث، عبارت است از:

- ۱- ساختمان‌های جدید که در سه حوزه معماری، سازه و تأسیسات، در برابر بارهای ناشی از اسباب غیر مستقیم^۱ (هوایی و سطحی) طراحی می‌شوند. پراکندگی استقرار ساختمان‌ها در مجموعه‌های زیستی، رعایت اصول پدافند غیرعامل در مباحث شهری، در نظر گرفته شده است.
- ۲- در صورت نیاز، عنوان ساختمان‌های متعارف موجود را با استفاده از تحلیل خطر و در نظر گرفتن بود به هزینه، به کمک این مبحث مقاوم و ایمن‌سازی نمود.
- ۳- دامنه کاربرد، شامل ساختمان‌های گروه‌های ۱ تا ۵ به شرح مندرج در جدول ۲۱-۱-۲، و توضیحات مربوط به آن می‌باشد.
- ۴- به منظور ایمن‌سازی ساختمان‌های گروه ۱ تا ۲، در برابر اثرات جنگ‌های الکترونیکی و سایبری، بمب‌های گرافیتی و پرتاب الکترومغناطیسی از آیین‌نامه‌های سازمان پدافند غیرعامل کشور، استفاده شود.
- ۵- زیرساخت‌های غیرمتعارف (مانند پل‌ها، نگاه‌ها، پروگاه‌ها، سدها، آب بندها، سِلوها، مخازن، برج‌های صنعتی، دکلها، مستحذلک‌های نظامی و...)، حوزه‌ی شمول این مبحث قرار نمی‌گیرند و تابع ضوابط مطالعاتی سازمان پدافند غیرعامل کشور می‌باشند.

۲۱-۱-۵- پناهگاه

احداث پناهگاه برای مجموعه‌های زیستی الزامی است.

۲۱-۱-۶- کارکرد میان رشته‌ای پدافند غیرعامل

پیچیدگی متغیرهای پدافند غیرعامل در مراحل طراحی، اجراء و بهره‌برداری ساختمان، نیاز به استفاده از تخصص‌های میان‌رشته‌ای را ضروری می‌سازد. بررسی این متغیرها، در حوزه‌های علوم

۱ - انفجار هوایی و سطحی، پرتابه‌ها (بمب، انواع گلوله توپ و خمپاره، موشک و...) که با فاصله از ساختمان است.

انسانی (برنامهریزی، اقتصاد) و علوم فنی و مهندسی (سازه- تأسیسات)، به رفع نیاز بالا، به صورت همه‌جانبه و مرتبط، کمک می‌کند. در این مبحث، الزامات شهرسازی، معماری، سازه و تأسیسات، با محوریت طراح (مهندس معمار)، به شرح زیر، مطالعه می‌شود:

۱-۶-۱-۲۱- شهرسازی

در طراحی شهرها، برای ایجاد بستر مناسب استقرار ساختمان‌های دارای الزامات پدافند غیرعامل، حصول به اهداف زیر، در راستای حفظ جان مردم، تداوم بی‌وقفه فعالیت‌های ضروری و کاهش آسیب‌پذیری شهرها، توسط مهندسين شهرساز با همکاری طراح، الزامی است:

- ۱- تعیین کاربری زمین به میزان لازم، برای پناهگاه عمومی به صورت چند عملکردی
 - ۲- استفاده از طبیعت پدافند غیرعامل طبیعی
 - ۳- تعیین کاربری چندمنظوره به میزان لازم (به ویژه فضای سبز)، برای بهره‌گیری در بحران (آمنان، مواد، درمان و...)
 - ۴- تأمین قابلیت مدیریت بحران شهر
 - ۵- پراکندگی و پخش مناسب جمعیت، تاسیسات و مراکز حیاتی و حساس
 - ۶- احتراز کامل از استقرار کاربری‌های پدافند غیرعامل (تظهير همپ بنزین، منابع سوختی، انبارهای شیمیایی و...)
 - ۷- در نظر گرفتن تمهیدات پدافند غیرعامل در اطراف کاربری‌های مورد هدف راهبردی دشمن
 - ۸- تعیین کاربری برای جان‌پناه‌ها، به ویژه در تلفیق فضای سبز
 - ۹- توجه به احداث پناهگاه در فضای باز عمومی به صورت چندمنظوره، در بافت‌های متراکم شهری
- مهندس معمار، در مکان‌یابی ساختمان و ارتباط آن با محیط‌های شهری، ملزم به رعایت موارد فوق نیز می‌باشد.

۱-۶-۲- معماری

در طراحی فضاهای داخلی ساختمان و دسترسی آنها به یکدیگر و ارتباط ساختمان با اطراف، باید تمهیدات ویژه‌ای برای کاهش خسارات جانی (و مالی) در برابر اثرات انفجار، فراهم شود. تعیین شکل بنا، (با هماهنگی مهندس سازه)، تعیین محل رایزر (با هماهنگی مهندس تأسیسات)، موقعیت

و ابعاد بازشوها و پیش‌بینی فضای امن (به صورت چند عملکردی)، در راستای مدیریت بحران، بر عهده مهندس معمار است.

۲۱-۱-۶-۳- سازه

طراحی سازه ساختمان برای مقاومت در برابر بارهای انفجاری مطابق این مبحث، با حداقل هزینه، بر عهده مهندس محاسب (سازه) است. برای دستیابی به سامانه مناسب سازه‌ای و انتخاب مکان صحیح فضای امن، باید هماهنگی لازم با مهندس معمار صورت گیرد. بررسی سازه‌ای موارد زیر، باید مورد توجه ویژه قرار گیرد:

- الف- نمای ساختمان و قاب‌بندی آن
- ب- تیرها و ستون‌های واقع در پوسته ساختمان
- پ- خرابی‌های درون‌سازه‌ای

۲۱-۱-۶-۴- تأسیسات

طراحی تأسیسات، با در نظر گرفتن الزامات پدافند غیرعامل، موجب جلوگیری و یا کاهش آسیب‌های ناشی از انفجار و پیاندهای تروریستی (گاز، آب‌گرفتگی، آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی) می‌شود. قابلیت بهره‌برداری محدود و مداوم از تجهیزات، مرمت‌پذیری و یا تغییرپذیری سامانه‌های تأسیسات ساختمان هماهنگی عملکرد مهندس معمار، توسط مهندسان تأسیسات برقی و مکانیکی، باید مدنظر قرار گیرد.

۲۱-۱-۷- سطوح عملکرد ساختمان‌ها

عملکرد ساختمان‌ها در برابر انفجار، در چهار سطح زیر مشخص می‌شود. سطوح عملکرد سازه‌ای و غیرسازه‌ای قرار دارد:

- سطح عملکرد I- قابلیت استفاده بی‌وقفه: دارای سطح محافظت زیاد و خسارت سطحی.
- سطح عملکرد II- ایمنی جانی: دارای سطح محافظت متوسط و خسارت متوسط.
- سطح عملکرد III- آستانه فروریزش: دارای سطح محافظت کم و خسارت شدید.
- سطح عملکرد IV- بی‌دفاع (لحاظ نشده): بدون محافظت و خسارت خیلی شدید.

جدول ۲۱-۱-۱، عملکردها، خسارات و مرمت‌پذیری سطوح پیش‌نوشته را، تعیین می‌کند. بر حسب درخواست کاربر، ساختمان می‌تواند دارای سطوح عملکرد مختلف در پلان یا ارتفاع، با رعایت حداقل‌های این مبحث، باشد.

جدول ۱-۱-۲۱- سطوح عملکرد اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، آسیب‌های سانی و تلفات، آسیب

تأسیساتی و مرمت‌پذیری

سطح عملکرد	معیارهای تأثیر				
	معیار تلفات	معیار میزان	معیار میزان	معیار میزان	معیار میزان
I (قابلیت استفاده می‌ماند)	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد
II (آسیب جزئی)	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
III (آسیب متوسط)	کم	کم	کم	کم	کم
IV (آسیب شدید)	بسیار	بسیار	بسیار	بسیار	بسیار

مهندس معمار، مهندس محاسب و مهندس تأسیسات، با هماهنگی یکدیگر، مرمت‌پذیری را در طراحی خود، لحاظ نمایند.

۱-۲۱-۸- گروه‌بندی ساختمان‌ها

در این منحن، ساختمان‌ها بر مبنای نوع کاربری، تعداد ساکنین و یا شاغلین، زیربنای، تعداد طبقات و ارزش سرمایه‌های داخل آن‌ها، به پنج گروه مطابق جدول ۱-۲۱-۲ تقسیم می‌شوند.

جدول ۱-۲۱-۲ الف - دامنهی شمول فصل‌های میبحث

گروه ساختمانی	فصول						
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۲	•	•	•	•	•	•	•
۳	+	+	+	+	+	+	—
۴	—	—	—	—	—	—	—
۵	—	—	—	—	—	—	—

✓ الزامی

• توصیه اکید

+ توصیه

— موضوعیت ندارد

تبصره: طراحی فضای امن برای ساختمان‌های ۱، ۲ و ۳ با مفاد بندهای ۲۱-۲-۴ و ۲۱-۷-۵ الزامی است و برای ساختمان‌های گروه ۴ و ۵ توصیه می‌شود.

۲۱-۱-۹ بارهای ناشی از انفجار

بارهای ناشی از انفجار، برای طراحی ساختمان‌ها، در چهار سطح، در جدول ۲۱-۱-۳ ارائه شده است. در هر مورد خاص، با انجام تحلیل خطر، می‌توان سطح بار انفجار ویژه را تعریف نمود، مشروط

بر اینکه از $\frac{2}{3}$ مقادیر جدول ۲۱-۱-۳ کمتر نباشد.

در طراحی فضاهای امن، مقادیر فشارهای p_{st} و p_{ga} در سطوح خطر انفجار ۲ تا ۴، دو برابر می‌شوند.

جدول ۲۱-۱-۳- سطح بار انفجار

سطح خطر انفجار	در هوا			در خاک			
	p_{st} (kg/cm ²)	p_{st} (kg/cm ²)	l_f زمان تاخوردن انفجار (میلی ثانیه)	p_{st} (kg/cm ²)		l_f زمان تاخوردن انفجار (میلی ثانیه)	X حداکثر جابجایی لرزه خاک (cm)
				خاک های رسی و قیر اشباع	خاک های ماسه ای و غیر اشباع	خاک های ماسه ای و غیر اشباع	
۱	۱	۰/۵	۲۲	۵/۹	۲/۸۵	۱۰۰	۲/۴
۲	۰/۵	۱/۲۰	۲۸	۱/۷	۰/۹	۱۲۰	۰/۷
۳	۰/۲	۰/۲۲	۳۲	۰/۳	۰/۱۷	۱۴۰	۰/۳
۴	۰/۱۲۵	۰/۱۵	۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۲۲۰	۰/۱۰

۱- p_{st} : فشار مینای انفجار (بند ۳-۳-۲۱)

۲- p_{st} : فشار بارزتاب (بند ۳-۳-۲۱) این فشار بر پوسته خارجی ساختمان وارد می شود.

۳- p_{st} : فشار ناشی از انفجار درون زمینی بر سازه مدفون

۴- فشار طراحی حداقل

۲۱-۱-۱۰- حداقل عملکرد سازه های اجزای ساختمان ها

حداقل عملکرد سازه های اجزای ساختمان ها، در برابر سطوح مختلف بار انفجار در هوا، بر حسب درجه ای اهمیت ساختمان (جدول ۲۱-۱-۲)، مطابق جدول ۲۱-۱-۴ می باشد.

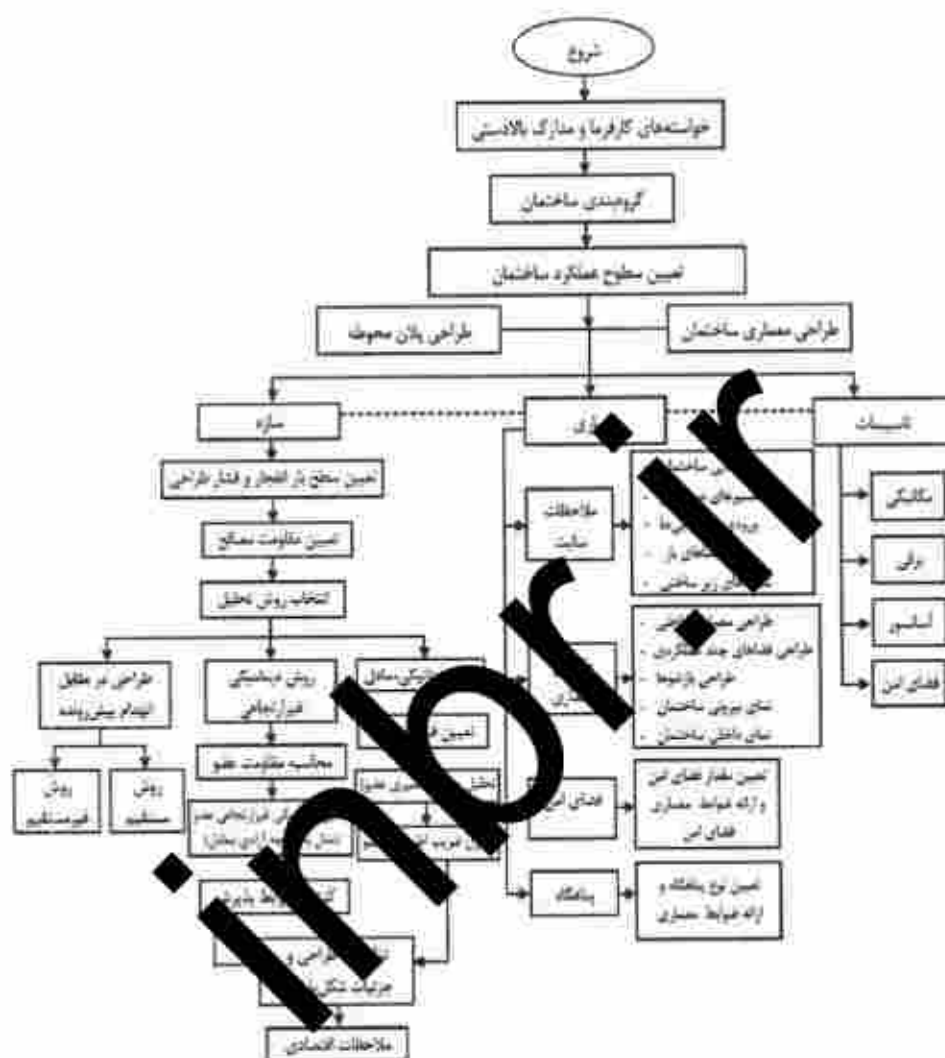
جدول ۱-۲۱-۴- حداقل سطح عملکرد اجزای ساختمان‌ها

گروه‌بندی ساختمان	سطح خطر انفجار	۱	۲	۳	۴	۵
		ایمنی جانی (معاقلات متوسط)	ایمنی جانی (معاقلات متوسط)	ایمنی جانی (معاقلات متوسط)	---	---
۱	---	---	---	---	---	---
۲	---	---	---	---	---	---
۳	---	---	---	---	---	---
۴	---	---	---	---	---	---

تیمسره: در صورت میل ساختمان بنا و یا توجه به امکانات مالی می‌توان سطح عملکرد بالاتر از موارد جدول فوق در نظر گرفت.

۱-۲۱-۱۱- نمودار گردشی طراحی

روند نمای طراحی ساختمان، در جهت رعایت احتیاطات پدیده‌ها، در شکل ۱-۲۱-۱ ارائه شده است.



شکل ۳۱-۱-۱- روند نمای طراحی ساختمان‌ها از دیدگاه پدافند غیرعامل

٢١-١-١٢- تعاريف

• آسانسور و پله برقی

به سامانه‌ها، تجهیزات و اجزای اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۵ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است.

- **انشعاب منفرد**

الشفلی است که صرفاً دارای یک شیر برداشت بوده و خروجی آن در حد لیتر در دقیقه است.

- **انفجار**

واکنشی است که در آن نرخ سوختن مواد با سرعتی به مراتب بیشتر از سرعت صوت انجام می‌شود که در نتیجه آن گرادبان دما و فشار بسیار بالا ایجاد و موج شوک بلافاصله تولید و با سرعت بسیار زیاد منتشر می‌شود.

- **انفجار در سطح زمین**

انفجار در هوا و در نتیجه نزدیک به سطح زمین که امواج حاصل از آن به صورت نیم کره با زمین برخورد کرده و امواج حاصل از بازتاب با موج اولیه ترکیب می‌شود که معمولاً آن را موج مانتلینگ می‌گویند.

- **انفجار در هوا**

انفجار در هوای آزاد ♦ فاصله قابل توجهی از سازه، که امواج حاصل از آن به صورت کروی و بدون هیچگونه برخورد با سازه‌ها اثر می‌کند.

- **انفجار شیمیایی**

انفجار ناشی از اکسیداسیون سریع عموماً سوخت موجود است ترکیب ماده منفجره که به همراه آزادسازی مقادیر قابل ملاحظه‌ای انرژی گرمایی حجم زیادی از محصولات داغ گازی می‌باشد.

- **بازشوهای خارجی**

بخش‌هایی از ساختمان هستند که سازه را به فضای خارج مرتفع می‌سازند.

- **بحران**

پیشامدی است که به طور طبیعی و یا توسط بشر، به طور ناگهانی و گاهی قزاینده رخ می‌دهد و سبب ایجاد وضعیتی خطرناک و ناپایدار برای ساختمان، تجهیزات، فرد، گروه و یا جامعه می‌شود که برطرف کردن آن نیازمند اقدامات اساسی و فوق‌العاده است. بحران معمولاً غیرقابل پیش‌بینی است اما معمولاً غیرمنتظره نیست و یک وضعیت اضطراری و آتی است ولی ماندگار نمی‌باشد.

- **پدافند غیرعامل**
مجموعه اقدامات غیرمسلحانه‌ای که به کارگیری آنها موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، ارتقاء پایداری ملی، تداوم فعالیت‌های ضروری و تسهیل مدیریت بحران در برابر تهدیدها و اقدامات نظامی دشمن می‌گردد.
- **پراکندگی**
گسترش، یاز و پخش نمودن و تمرکززدایی ساختمان‌ها، تجهیزات، تأسیسات یا فعالیت‌های خودی به منظور تقلیل آسیب‌پذیری آنها در مقابل عملیات دشمن، به‌طوری که مجموعه‌ای از آنها هدف واحدی را تشکیل ندهند.
- **پناهگاه**
مکان‌های ایمن که بخاطر طراحی تخصصی و کاربری خاص در مقابل انواع تهدیدها، نسبت به ساختمان‌های متعارف از درجه حفاظت به مراتب بالاتری برخوردار باشد و امنیت جانی و روانی بیشتری را برای افراد فراهم نماید.
- **تأسیسات اطفای حریق**
به سامانه‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که عمل این تأسیسات، آتش در محل آتش‌سوزی خاموش می‌شود و مبحث ۳ مقررات ملی به آن پرداخته شده است.
- **تأسیسات برقی ساختمان**
به سامانه‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌گردد که در مبحث ۱۲ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است.
- **تأسیسات بهداشتی**
به سامانه‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است و شامل تأسیسات آبرسانی سرد و گرم و سامانه دفع فاضلاب و آب باران می‌شود.
- **تأسیسات خطر آفرین**
اجزایی و از کار افتادگی یک جزء تأسیساتی منجر به ایجاد خطرات دیگر شامل نشت گازهای سمی، انفجارهای متعدد و عوارض دیگر می‌گردد.

- **تأسیسات ساختمان**
به سامانه‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که انتظارات مورد نیاز از تأسیسات مکانیکی، برقی و آسانسور را برآورده سازند.
- **تأسیسات کم خطر**
خرابی و از کار افتادگی یک جزء تأسیساتی منجر به از بین رفتن کارایی همان عضو می‌شود و لاغیر.
- **تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع**
به سامانه‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است.
- **تأسیسات مکانیکی ساختمان**
به سامانه‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که انتظارات مورد نیاز از تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، تأسیسات بهداشتی، لوله‌کشی گاز طبیعی ساختمان و تأسیسات اطفاء حریق را برآورده می‌کنند.
- **تهویه مطبوع**
توزیع مناسب هوا همراه با کنترل همزمان دما، رطوبت و پاکسازی هوا، برای تامین شرایط مورد نیاز فضاهای ساختمان.
- **حد شکنندگی**
معیاری برای ظرفیت تحمل یک وسیله در مقابل ضربه و ارتعاش و عبارت است از مقدار شتابی که وسیله می‌تواند تحمل کند و همچنان قابل استفاده باقی بماند.
- **دریچه یادری یا باز شو یا خم اضافی**
دریچه‌ای که برای تهویه و تامین هوای احتراق مولد در حال کار بگونه‌ای تعبیه می‌شود که اثرات انفجار روی مولد اضطراری را کاهش دهد.

- **فضاهای دو یا چند منظوری**
قابلیت بهره‌برداری عملکردهای متفاوت از یک فضای معین در شرایط عادی و بحرانی ناشی از تهدیدهای دشمن.
- **فضای امن**
فضای امن به فضایی اطلاق می‌گردد که در مقابل اثرات بارهای ناشی از انفجار، کمتر در معرض خطر قرار گرفته و نسبت به سایر فضاهای ساختمان از ایمنی و مقاومت بیشتری برخوردار باشد. فضای امن حتی‌المقدور باید به صورت دو یا چند منظوره مورد بهره‌برداری قرار گیرد.
- **لوله‌کشی گاز طبیعی ساختمان**
به ساختمان‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۷ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است و شامل لوله‌کشی گاز طبیعی ساختمان، نصب وسایل گازسوز و نصب دودکش‌های ساختمانی می‌شود.
- **مجتمع‌های مسکونی**
مجموعه‌های مسکونی با تعداد واحدهای مسکونی ۲ طبقه به بالا و بیش از ۳ بلوک، مجتمع مسکونی نامیده می‌شود.
- **مجموعه‌ی زیستی**
هر محل حضور انسان‌ها که قالب معماری و شهرسازی دارد دارای محدوده‌ی باز می‌باشد (مانند مسکونی، مذهبی، آموزشی، فرهنگ، تجاری، درمانی، و...).
- **مرکز کنترل حریق**
مرکزی برای کنترل عملکرد سامانه‌های کنترل دود، ارتباط ساکنین، هشداردهنده‌ها، کنترل آتش‌سوزی و تخلیه افراد می‌باشد.
- **حرمت‌پذیری**
به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن تعمیر ساختمان با مخارج معمول (تا سقف ۴۰ درصد هزینه نوسازی)، جهت پایداری در برابر اثرات انفجار، امکان‌پذیر باشد، مشروط بر اینکه بنا به هر علتی میراث ملی شناخته شود.

- **معایب دائمی**
 معایبی که با از کار افتادن وسیله مشخص می‌شوند شدت آسیب در حدى است که توانایی وسیله در انجام عملکرد مطلوب برای همیشه از بین می‌رود.
- **معایب موقت**
 معایبی که اغلب به آن‌ها اختلال یا عیب فنی می‌گویند و با وقوع در عملکرد جاری وسیله همراه است.
- **مکان‌یابی**
 انجام اقدامات لازم به منظور انتخاب مکانی مناسب با توجه به تهدیدات و آسیب‌پذیری برای استقرار و احداث ساختمان، تأسیسات و تکه‌داری تجهیزات.
- **موازی‌سازی**
 تعدد و چندگانه‌سازی در تجهیزات تأسیسات و حیوثانی مناسب.
- **موج انفجار**
 انرژی زیادی که در اثر انفجار در یک منطقه آزاد می‌گردد باعث افزایش ناگهانی فشار در محیط می‌شود که به این فشار نامتکلم، موج انفجار می‌گویند. موج انفجار به صورت شعاعی و با سرعت کاهشی که همیشه از سرعت صوت محیط کمتر است، از محیط انفجار انتشار می‌یابد.
- **هدف**
 موجودیتی مشخص، اعم از جاندار یا بی‌جان که در نظر است با توسل به عملیات نظامی، سیاسی، اقتصادی یا روانی به آن صدمه زده شود، منهدم گردد، تسخیر شود یا تحت کنترل درآید.
- **هواساز**
 دستگاهی است که با قرارگیری در فضایی مسدود گرمایش یا سرمایش هوا و دمیدن و بازگرداندن آن را از طریق کانال‌های هوا، انجام می‌دهد.

inbr.ir

۲۱-۲-۲ ملاحظات معماری و محوطه

رعایت الزامات معماری بدانند غیرعامل، باعث پایداری نسی مجموعه‌های زیستی، ساختمان‌ها و تأسیسات در شرایط بحران ناشی از تهدیدات می‌شود. توجه و عنایت به مبحث «بدانند غیرعامل» به صورت «میان‌رشته‌ای» مرتبط با دیگر عوامل اثرگذار در معماری و شهرسازی، پایداری بیشتری را به دنبال خواهد داشت. **حوزه:** **محل:** این فصل مطابق جدول ۲۱-۱-۲-الف می‌باشد.

۲۱-۲-۲-۱ معماری و بدانند غیرعامل

رعایت ملاحظات بدانند غیرعامل در طراحی معماری (که ابعادی مجموعه‌های زیستی، ساختمان‌ها و تأسیسات را بالا می‌برد)، الزامی است. **اثرات موج انفجار:** (به ویژه ناشی از بمباران) آسیب‌ها را به پیکره‌های کلان و طراحی مجموعه‌های زیستی، ساختمان‌ها و تأسیسات منظور گردد. **بلاک:** در انتخاب نوع و طراحی و اجرای جزئیات مهندسی نیز، به صورت همه‌جانبه و متعادل برور شده و منظور قرار گیرد. **برای ارائه طرح عایه (مفهوم ذهنی):** طراح باید قادر به ارائه پیکره‌های دشمن بوده و راهکارها را، با اخذ نظرات کارفرما، بهره‌بردار و کارشناسان میان‌رشته‌ای به طرح‌های اولیه ارائه دهد. پس از انتخاب طرح بهینه، طرح‌های تفصیلی (اعم از شهرسازی و معماری)، ارائه می‌شود.

۲۱-۲-۲-۲ ملاحظات برنامه‌ریزی و طراحی محوطه

برنامه‌ریزی و طراحی محوطه، همراه ایجاد فضای لطیف و زیبا برای زندگی، باید براساس اصول بدانند غیرعامل، هدایت سریع و مطمئن افراد به پناهگاه‌های خارج از ساختمان و جان‌پناه‌ها، اتخاذ تمهیداتی در جهت کاهش خطرات ناشی از ریزش آوار بر سر افراد و تسهیل اقدامات امداد و نجات برای کاهش خطرسازی ساختمان‌ها، صورت گیرد. این بخش، جنبه‌های مختلف طراحی محوطه را مشخص کرده و برخی از ویژگی‌ها را ارائه می‌دهد.

۱-۲-۲-۲۱- جانمایی ساختمان

از آنجا که جانمایی مناسب ساختمان‌ها، می‌تواند تأثیر مهمی بر کاهش آسیب‌پذیری داشته باشد، حداقل تمهیدات لازم برای طراحی، به شرح زیر است:

۱-۲-۲-۲۱-۱- با توجه به افزایش خطرپذیری در تمرکز ساختمان‌ها، افراد، فعالیت‌ها و سرمایه‌ها، طراحی باید به صورت غیرمتمرکز صورت گیرد.

۱-۲-۲-۲۱-۲- به منظور کاهش خسارات و اثرات انفجار، توصیه می‌شود بین ساختمان و راه دسترسی اصلی، فضاهای حایل ایجاد گردد. (شکل ۱-۲-۲۱)



شکل ۱-۲-۲۱- ایجاد فضای حایل با استفاده از پوشش گیاهی

۱-۲-۲-۲۱-۳- به منظور کاهش خطر آتش‌افروزی، فاصله بین ساختمان با عرض حداقل $\frac{1}{3}$ ارتفاع ساختمان، به

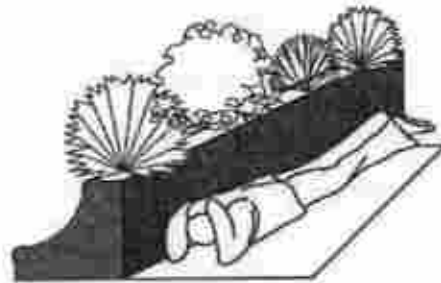
عنوان حریم آوار، باید در نظر گرفته شود. در این حد، صرفاً ایجاد فضای سبز و مستحقات ایمن در برابر آوار، مجاز است.

۱-۲-۲-۲۱-۴- مکانیابی ساختمان تا حد امکان هماهنگ با عرض‌های طبیعی و یا مصنوعی (دفاع غیرعامل طبیعی) و با مدفون، صورت گیرد.

۱-۲-۲-۲۱-۵- به منظور پرهیز از پیامدهای انفجار، احداث مخازن سوخت غیر ایمن در حریم آوار، مجاز نیست.

۱-۲-۲-۲۱-۲- فضاهای باز پیرامون ساختمان

۱-۲-۲-۲۱-۳- در فضاهای باز، باید مکان‌ها و دیوارک‌هایی به عنوان جان‌پناه ایجاد گردد. (شکل ۱-۲-۲۱)



شکل ۲-۲۱-۲- عملکرد دیوارک در مواقع اضطراری به عنوان جان پناه

۲-۲-۲-۲-۲-۱ اجزای فضای باز باید براساس اصل انعطاف‌پذیری و با عملکردهای چند منظوره، طراحی شوند به نحوی که شرایط عادی، امکان فعالیت‌های معمول را فراهم نموده و در شرایط بحرانی، به عملکردهای اضطراری اختصاص یابند (شکل ۲-۲۱-۳)



شکل ۲-۲۱-۳- انعطاف‌پذیری و طراحی چند منظوره فضاهای باز

۲-۲-۲-۲-۲-۲-۱ در عناصر و اجزای مبلمان شهری، تا حد امکان از احداث و ایجاد لبه‌های تیز گوشه (تا ارتفاع ۲ متری از زمین)، جلوگیری شود.

۲-۲-۲-۲-۲-۲-۲ به منظور انجام عملیات امداد و نجات، مکان‌هایی در فضای باز با عملکرد چندمنظوره پیش‌بینی شود که تا حد امکان دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- دسترسی مناسب به ساختمان‌ها
- خارج از حریم آوار
- مصون از اثر عوامل نامساعد طبیعی

- کف هموار و شیب حداکثر چهار (۴) درصد
- دارای زیرساخت‌های لازم برای نصب سریع و استقرار تجهیزات امداد رسانی
- ۲۱-۲-۲-۲-۵- در مجموعه‌های زیستی و هر محله شهری، در حد امکان باید محل‌های مناسبی برای عملیات امداد و نجات، با امکانات فرود بالگرد، پیش‌بینی شوند.
- ۲۱-۲-۲-۲-۶- جانمایی ساختمان در خیابان‌های باریک و یک‌طرفه، به نحوی که عملیات امداد و نجات با اختلال و تأخیر مواجه شود، مجاز نمی‌باشد.
- ۲۱-۲-۲-۲-۷- در کلیه ساختمان‌هایی که در خیابان‌های باریک و یک‌طرفه قرار دارند و امکان تعریض معابر دسترسی وجود ندارد، تجهیزات اطفاء حریق در داخل مجموعه باید به نحوی تأمین گردد که تأخیر و کند شدن عملیات امداد و نجات و اطفاء خودروهای آتش‌نشانی را جبران نماید.
- ۲۱-۲-۲-۲-۸- محوطه‌ها باید امکان باید از چمن و یا درخت و گیاه مناسب پوشیده شود. نصب سنگ‌های بزرگ تزیینی که ایجاد نوعی جان‌پناه مقاوم می‌نمایند، در صورت نداشتن گوشه‌های تیز، بلامانع است.
- ۲۱-۲-۲-۲-۳- ورودی‌های مجموعه زیستی
- ۲۱-۲-۲-۲-۱- محوطه‌ی هر مجموعه زیستی با بیش از ۲ واحد مسکونی (با معادل آن)، باید دارای حداقل دو ورودی- خروجی (در صورتی که باشد) با فاصله مناسب و دور از یکدیگر قرار گیرند (رعایت اصل پراکندگی).
- ۲۱-۲-۲-۲-۲- ابعاد دروازه‌ها باید متناسب با حجم تردد سواره و پیاده در زمان بحران، پیش‌بینی شوند.
- ۲۱-۲-۲-۲-۳- دروازه‌ها باید به گونه‌ای باشند که در صورت تخریب موجب انسداد تردد وسایل نقلیه نشوند.
- ۲۱-۲-۲-۲-۴- دسترسی‌های مجموعه زیستی
- ۲۱-۲-۲-۲-۱- مسیرهای دسترسی باید به نحوی طراحی شوند که با حداقل نمودن تداخل حرکت عابرین پیاده و وسایل نقلیه، کارایی به حداکثر برسد.
- ۲۱-۲-۲-۲-۲- طراحی هندسی مسیرهای محوطه باید به گونه‌ای باشد که تقاطع اضلاع، نرم (منحنی) و فاقد زوایای تند باشند و مسیریابی اضطراری در آن‌ها، به سادگی صورت گیرد.

۲۱-۲-۲-۳-۳- تا حد امکان، ریزش آوار و شیشه نباید موجب انسداد مسیرهای دسترسی و ایجاد خطر برای افراد شود (حریم آوار رعایت شود).

۲۱-۲-۲-۴-۴ در حاشیه مسیرهای پیاده و سواره‌رو، حداقل یک ردیف درخت در ترکیب یا بسته‌های خاکی چمن‌کاری شده و یا جعبه گل‌دان، طراحی و اجرا شود.

۲۱-۲-۲-۴-۵- در طراحی شبکه سواره‌رو داخل مجموعه‌های زیستی با بیش از ۲۰۰ واحد مسکونی (با معادل آن) به بالا، لازم است حداقل یک مسیر دسترسی محوری سواره‌رو متناسب با ترافیک زمان بحران (بویژه حمله هوایی) پیش‌بینی شود. حریم آوار ساختمان‌های مجاور این مسیر، نصف ارتفاع آن‌ها است.

۲۱-۲-۲-۴-۶- معایر پیمان: فاقد معایر، برآمدگی و سطوح لغزنده باشند و از یکبار بردن مصالح کنندگیه حرکت آنها برداری شود.

۲۱-۲-۴-۷- این سهواً حرکت در مواقع بحران ناشی از تهدیدات، هر آنچه سرعت گریز از خطر را محدود نماید، به این طرح محوطه شده و یا مناسب سازی شود.

۲-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰ ابعاد پله‌ها و فضای باز، برای حفظ ایمنی و راحتی، باید به صورت زیر باشند:

- عرض حداقل ۱/۵ متر
- ارتفاع حداکثر ۱۵ سانتیمتر
- حداقل کف مفید ۳۰ سانتی متر
- به ازاء هر ۱۰ پله یک پاگرد (فضا)

۲-۲-۲-۴-۹- شیره نباید بیش از ۵ درصد شیب داشته باشد. عرق نباید بیش از ۱/۸ متر بوده و کف آن زیر باشد.

۲۱-۲-۲-۴-۱- برای خروج افراد از ساختمان، طراحی معبر (کابل) تأسیساتی آذمرو و مقاوم در برابر موج انفجار (موضوع بند ۲۱-۳-۳)، در هماهنگی با مهندسی تأسیسات، الزامی است؛ این گونه معابر باید قابلیت گذر تأسیسات اصلی و زیرساختها (موضوع بند ۲۱-۴-۲-۸-۳) را داشته و خروجی های متعدد به محوطه در آن پیش بینی شود.

۲۱-۲-۲-۵- جان پناه ها

۲۱-۲-۲-۵-۱- فضاهای باز، باید به‌منحوی طراحی شوند که در ترکیب با عوارضی نظیر پشته‌ی چمن‌کاری‌شده، فرورفتگی، جعبه گل‌دان و دیوارک، ضمن ارتقاء محیط برای تأمین فعالیت‌های تفریحی عادی (مانند بازی و نشستن)، جان‌پناه‌های مناسب در آن‌ها، ایجاد شوند.

۲-۲-۲-۲-۲-۲- محل استقرار جان پناه‌ها باید خارج از حریم آوار باشد.

۲-۲-۲-۲-۲-۳- جان پناه‌ها باید با ظرفیت کم و پراکندگی مناسب، در خارج مسیرها و فضای باز، ایجاد شوند.

۲-۲-۲-۲-۲-۴- شکل جان پناه‌ها باید ترم (متحنی) و فاقد نقاط تیز گوشه بوده و سازه‌ی آنها، مقاوم در برابر موج انفجار باشند.

۲-۲-۲-۲-۲-۵- فاصله جان پناه‌ها از یکدیگر، حداکثر ۲۰ متر باشد.

۲-۲-۲-۳- طراحی معماری ساختمان

۲-۲-۲-۱- طراحی حجم ساختمان

۲-۲-۲-۱-۱- شکل (ف) ساختمان بیش از ۶ طبقه باید به صورتی باشد که آوار آن باعث انسداد دسترسی‌ها به ساختمان نشود (تظیر اشک - بلک‌اوتی - شکل ۲-۲-۴).



شکل ۲-۲-۴- شکل‌های مناسب نمای ساختمان برای کاهش ریزش آوار به محیط

۲-۲-۲-۱-۲-۲-۱- شکل کلی ساختمان‌های مجاور خیابان اصلی، به گونه‌ای باشد که در صورت تخریب، سبب انسداد معبر نشوند (با رعایت بند ۲-۲-۲-۱-۳).

۲-۲-۲-۱-۳-۲-۲-۱- طراحی پیلوت‌های از دو طرف بلز، توصیه می‌شود (شکل ۲-۲-۵).



شکل ۵-۲۱-۵- تخلیه موج انفجار از پیلوت باز

شکل ۴-۱-۳-۲-۲۱- شکل ساختمان تا حد امکان باید محدب و یا مدور باشد. استفاده از اشکال مقعر توصیه نمی‌شود (شکل ۴-۲۱). با توجه به اهمیت شکل ساختمان در بارگذاری انفجار، در راستای اجرای بند ۳-۳-۲۱، تعامل مناسب و نامناسب را نشان می‌دهد.



نمای مناسب

پلان مناسب

شکل ۴-۲۱-۶- پلان و نمای مناسب در برابر موج انفجار

۲-۳-۲-۲۱- مسیرهای حرکت

۱-۲-۳-۲-۲۱- طراحی فضای ورودی ساختمان، با رعایت الزامات معماری، به نحوی باشد که ورودی موج انفجار به ساختمان، کمینه (حداقل) گردد.

۲-۲-۳-۲-۲۱- در فضاهای مکتب بزرگ (مانند هال، لابی و...) ساختمان، مسیرهای حرکت نباید روی هم و مستقیم باشند.

۲-۲-۳-۲-۲۱- از ایجاد فضاهای دارای طرح خطی (مانند راهروهای طولانی و مستقیم) پرهیز شود و درهای داخل آن‌ها، روی یکدیگر قرار نگیرند.

۲-۳-۲-۲۱- نمای ساختمان

۲-۳-۲-۲۱- کلیات

در هنگام وقوع انفجار، پوشش بیرونی و نمای سازه به عنوان جزء غیرسازه‌ای نقش بسیار مهمی در کاهش خسارات و تلفات ناشی از انفجار دارد. در اثر فشار انفجار مقادیر زیادی از اجزا نما مانند شیشه و سایر مصالح به صورت ترک‌ها در فضای داخل و بیرون ساختمان پراکنده می‌شوند. قسمتی از تلفات ناشی از انفجار مربوط به عدم انتخاب صحیح هندسه پیرامونی سازه و استفاده از مصالح و سامانه‌های نامناسب نما هستند. برای کاهش این اثرات ضرر لازم است تا موارد زیر برای طراحی و اجرای هندسه پیرامونی و نمای سازه در نظر گرفته شوند.

۲-۳-۳-۲-۲۱- هندسه پیرامونی سازه باید صاف و دارای شکل محدب باشد. اشکال مقعر و دارای پیش آمدگی (مانند بالکن) و قوس‌های عمیق و تند امواج و تشدید اثرات انفجار می‌شوند.

۲-۳-۳-۲-۲۱- ضمن در نظر گرفتن خور و معمار، سطوح شیشه خور نما و تعداد بازشوها به کمترین مقدار ممکن برسد. این موضوع در طبقات پایین‌تر ساختمان باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد زیرا فشار انفجار در این طبقات بیش از طبقات بالایی است.

۲-۳-۳-۲-۲۱- مصالح روکار نما باید به گونه‌ای انتخاب شوند که در اثر فشار انفجار دچار خردشدگی نشده و به قطعات کوچک نیز تبدیل نشوند.

۲-۳-۳-۲-۲۱- برای نصب مصالح روکار نما باید از قاب‌های مجزا استفاده شده و این قاب‌ها با اتصالات مستقیم به دیافراگم سقف‌ها متصل شوند تا از انتقال لنگر خمشی موضعی به ستون‌ها جلوگیری شود.

۲-۳-۳-۲-۲۱- قاب‌بندی نمای ساختمان به گونه‌ای طراحی شود که امکان بازرسی و در صورت نیاز تعویض و نصب قطعات آسیب دیده به راحتی فراهم شود.

۲-۳-۳-۲-۲۱- بکارگیری نماهای شکننده و عناصر دارای اتصال مست به سازه (در نمای ساختمان) و یا بدون اتصال مناسب به سازه، ممنوع است.

۲-۲۱-۳-۳-۸- اتصال دیوارهای خارجی به سازه، ضمن حفظ انعطاف پذیری لازم، باید بطور مطمئن، طبق فشار وارده انجام شود.

۲-۲۱-۳-۳-۹- در نمای مجاور معابر، از طبقه‌ی چهارم به بالای ساختمان‌ها، احداث بالکن یا شبه بالکن سراسری الزامی است. در صورت وجود عقب‌نشینی در طبقات بالای پایه (پودپوم)، لزومی به اجرای بالکن نمی‌باشد.

۲-۲۱-۳-۳-۱۰- قسمت بیرونی ورودی ساختمان، باید با ایجاد سقف و یا هرگونه حائل مقاوم در برابر ریزش آوار، محفوظ و ایمن‌سازی شوند.

۲-۲۱-۳-۳-۱۱- قرارگیری عناصر الحاقی شکنده و یا فاقد اتصال مناسب به سازه، در لبه پام مجاز نیست.

۲-۲۱-۳-۳-۱۲- تأسیسات مستقر در پام، باید به فاصله کمینه ۲ متر از لبه‌ی مجاور معابر و حیاط قرار گیرند.

۲-۲۱-۳-۳-۱۳- اجرای انواع نمای اندودی از جهت عایق‌سیمان یا مشابه، نقش مؤثری در پایداری دیوارهای خارجی داشته و آسیب‌پذیری آنها را نسبت به دیوارهای خارجی بدون اندود نما به مراتب کاهش می‌دهد. همچنین در برابر نیروی انفجاری، مشابه نمایهای آجری و سنگ بوده و احتمال ریزش آنها کمتر است.

۲-۲۱-۳-۳-۱۴- در صورت استفاده از نمای آجری، آن باید با ضخامت کمینه ۲۲ سانتیمتر، به صورت مسلح و با اتصال لازم به سازه، اجرا نمود.

۲-۲۱-۳-۳-۱۵- از کاربرد سنگ (و مشابه نظیر سرامیک و دیگر مصالح ساخته شده) بصورت خشک در نما، خودداری شود و لازم است عناصر نمای ساختمان دارای قابلیت یا مقاومت و انعطاف‌پذیری مناسب باشند.

۲-۲۱-۳-۳-۱۶- نماهای پیش‌ساخته بتن مسلح، با اتصال لازم به سازه، در برابر انفجار بسیار مناسب می‌باشند. اتصال نمای پیش‌ساخته بتنی به اعضای محیطی ساختمان، باید قابلیت تحمل بارهای ناشی از انفجار (مطلق جدول ۳-۱-۲۱) را دارا باشد. به طور کلی، عناصر نما نباید موجب ایجاد ترکش و آوار شوند و آسیب‌رسان باشند.

۲-۲۱-۳-۴- پنجره‌ها و بازشوها

۲-۲۱-۳-۴-۱- تا حد امکان از پنجره‌های کم‌تر و یا کوچک‌تر، استفاده شود.

۲۱-۲-۳-۲-۲- استفاده از پنجره‌های بزرگ، مشروط به قاب‌بندی داخلی و تقسیم به اجزای کوچک و رعایت تمهیدات ضروری برای جلوگیری از آسیب‌رسانی شیشه‌ها (مانند استفاده از روکش‌های چسبیده به شیشه)، پلامانع است.

۲۱-۲-۳-۲-۲- ارتفاع پنجره‌ها تا جایی که ممکن است به سقف طبقات نزدیک باشد تا ترکش‌های ناشی از خرد شدن شیشه‌ها به افراد داخل ساختمان برخورد نکند.

۲۱-۲-۳-۲-۲- جنس شیشه‌های به کار رفته در پنجره‌ها باید از نوع لمینیت (چندلایه) باشد تا پس از گسیختگی قطعات خرد شده به اطراف پرتاب نشوند.

۲۱-۲-۳-۲-۲- در گیرهای (سقفی) ساختمان، باید از صفحات شفاف نشکن، به جای شیشه، استفاده شود.

۲۱-۲-۳-۲-۲- پنجره‌ها باید دارای استحکام و مقاومت بیشتری از شیشه‌ها باشند. این قاب‌ها باید با اتصال مناسب به دیوار متصل شوند تا در صورت وقوع انفجار، قاب و شیشه‌های متصل به آن به صورت یک توده منفرد به داخل فرو نمانند.

۲۱-۲-۳-۲-۲- چهارچوب پنجره‌ها به دیوار باید کاملاً مهار شوند.

۲۱-۲-۳-۲-۲- مهاربندی‌ها و چهارچوب‌ها در برابر بارهای وارده در ترکیب با بارشوها (درها، کرکره‌ها و دیگر بارشوها)، باید برای تحمل فشار بازتاب (۲-۳-۳-۳)، طراحی شوند.

۲۱-۲-۳-۲-۲- درهای ورودی ساختمان باید از نوع مقاوم و پنجره‌ها باید به سمت خارج باز شوند. (با رعایت عقب‌نشینی لازم در معاینه عمومی).

۲۱-۲-۳-۲-۲- چهارچوب درهای ورودی (و سایر چهارچوب‌ها) باید به دیوار به گونه‌ای مناسب پر شده و دارای اتصال لازم به سازه باشند.

۲۱-۲-۳-۲-۵- اجزای غیرسازه‌ای

۲۱-۲-۳-۲-۵-۱- اجزای غیربرابر (مانند نIQUE، سقف کاذب و...) باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که در برابر آثار انفجار کمترین آسیب به آنها وارد شود و یا پس از شکستن به قطعات لب‌تیز تبدیل نشوند.

۲۱-۲-۳-۲-۵-۲- دیوارهای غیربرابر باید دارای اتصال لازم به سازه باشند.

۲۱-۲-۳-۲-۵-۳- دیوارهای بتانی باید با شبکه‌ای میلگرد، مسلح شوند.

۲-۲۱-۳-۴-۵- لازم است:

- از کاربرد مصالحی که پس از شکستن، تیز گوشه و برنده می‌شوند، خودداری گردد.
- وسایل، تجهیزات و تزئینات سنگین، در زیر سقف و بالای دیوار، نصب نشوند.
- وسایل، تجهیزات و تزئینات نیمه سنگین و سبک، با اتصال مناسب، نصب گردند.
- از شیشه غیرایمن در سقف کاذب و دیوار جداکننده، استفاده نشود.
- عناصر غیرساختاری (مانند کتابخانه، قفسه، ویترین، گمد، دکور)، به نحو مناسب، به سازه و یا اجزاء ساختمانی، متصل شوند.

۲-۲۱-۳-۵- ضروری است:

- دیوارهای جداکننده داخلی تا حد امکان، سبک، انعطاف پذیر و دارای بهم پیوستگی (با استفاده از المانهای طبیعی و یا مصنوعی) باشند.
- اتصالات اجزاء غیرسازه‌ای و تزئینات داخلی، باید براساس حداقل‌های اشاره شده در آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و بر مبنای خطر لرزه‌خیزی خفیف (۰.۳۵) طرح شوند.
- اتصالات دیوارهای جداکننده خارجی، باید با رعایت بند ۳-۳-۱۰ طراحی شوند.
- از نصب هرگونه تزئینات و تابلوهای شکستناپذیر، اسبب سان، خودداری شود.
- میلمان تا حد ممکن، دور از پنجره‌های خارجی قرار گیرند.

۲-۲۱-۳-۶- آسانسور و راه پله

- ۲-۲۱-۳-۶-۱- در چاهک (شافت) آسانسورها باید تمهیداتی در نظر گرفته شود که از انتقال موج انفجار، دود و آتش و آسیب رسیدن به راه پله و راهروهای طبقات، تا حد امکان، جلوگیری شود.
- ۲-۲۱-۳-۶-۲- راه پله باید از چاه آسانسور، فاصله مناسبی داشته و ورودی آن، مقابل درب آسانسور نباشد (در این خصوص ضوابط بحث سوم، رعایت شود).
- ۲-۲۱-۳-۶-۳- ارتفاع کف اتاقک آسانسور (در صورت وجود) از روی پام، باید به میزان ۵۰ سانتیمتر افزایش یابد و این فاصله با دیوارهای سبک بران (رو به بیرون) پوشانده شود.
- ۲-۲۱-۳-۶-۴- برای امداد و تخلیه اضطراری، باید راه پله‌ای در جداره‌ی خارجی آن‌ها، طراحی و اجرا شود.

۲۱-۳-۳-۵- راه پله ساختمان‌ها، باید از فضاهای پرخطر (مانند منابع سوخت) دور باشد. این مکان می‌تواند به عنوان فضای امن در نظر گرفته شده و بر مبنای بند ۲۱-۳-۴ طراحی شود.

۲۱-۳-۴- فضاهای امن

۲۱-۳-۴-۱- تعریف

فضای امن، بخشی از ساختمان، با عملکرد چند منظوره است که به میزان کمتر، در برابر آثار ناشی از انفجار، قرار می‌گیرد. این فضا نسبت به سایر قسمت‌ها، از مقاومت و ایمنی بیشتری برخوردار است. فضای امن حفاظت نسبی افراد را، تأمین کرده و دارای قابلیت‌های زیر می‌باشد:

- ایمنی بیشتر و بار ریزش آوار
- مقاوم در برابر ترک‌های ثانویه
- حداقل خودنجات، دود و غبار به داخل خود.

۲۱-۳-۴-۲- مکان‌یابی

۲۱-۳-۴-۲-۱- مکان فضای امن، نباید در مسیر مستقیم موج انفجار قرار گیرد و تا حد امکان، در بین سایر فضاها و در محدوده مرکزی ساختمان پیش‌بینی و بین آن تا جداره خارجی، حداقل یک دیوار باشد. راهروهای داخلی، اتاق‌ها، بازارها، زیرزمین و سایر فضاهای مشابه عملکرد فضای امن را می‌توانند داشته باشند.

۲۱-۳-۴-۲-۲- فضای امن عمومی باید در هر طبقه ساختمان عملیاتی و برای عملیات، و فضای امن خصوصی در واحدهای آپارتمانی بیش از ۱۲۰ مترمربع، در نظر گرفته شود.

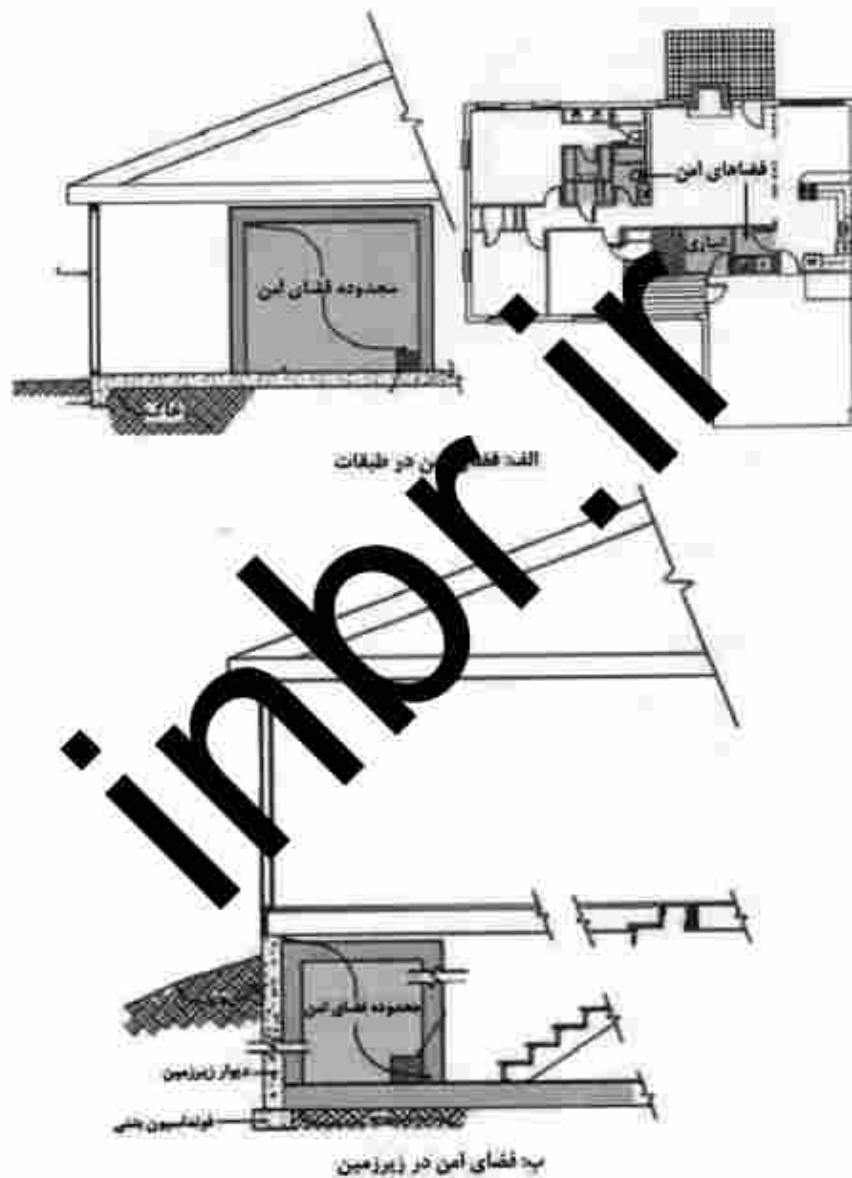
۲۱-۳-۴-۲-۳- مکان فضای امن باید به گونه‌ای باشد که دسترسی آسان به راه خروج، به راحتی و در امنیت حاصل شود.

۲۱-۳-۴-۲-۴- در ساختمان‌های عمومی، مکان فضای امن می‌تواند بخشی از اماکنی مانند پارکینگ، کتابخانه، نمازخانه، محل اجتماعات، غذاخوری، بخصوص در طبقات زیرزمین و یا بخش میانی باشد.

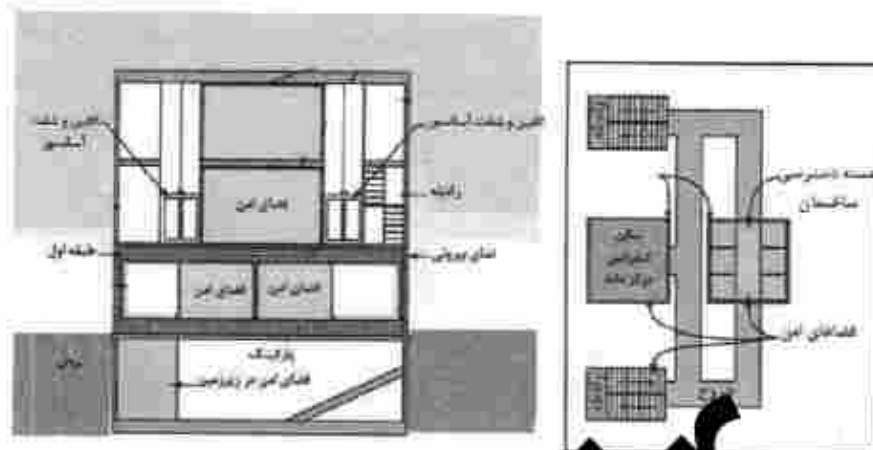
۲۱-۳-۴-۲-۵- در واحدهای مسکونی، باید قسمت کوچکی (نظیر اتاق آندرونی، انباری، پستو و کمد دیواری) برای فضای امن، منظور شود.

۲۱-۳-۴-۲-۶- راهروها و راه پله‌های داخلی هم می‌توانند به عنوان فضای امن، منظور شوند.

۷-۲-۴-۲-۲۱- فضاهای واقع در زیرزمین‌های ساختمان، باید با طراحی مناسب زیرساخت‌ها، در حداقل زمان قابل تبدیل به فضای امن برای ادامه‌ی فعالیت‌های ساختمان باشند.



شکل ۷-۲-۲۱- موقعیت فضای امن در ساختمان‌های مسکونی



شکل ۲۱-۳-۸- موقعیت فضای امن در ساختمان های عمومی

۲۱-۳-۴-۲- الزامات طراحی

۲۱-۳-۴-۲-۱- در برنامه ریزی فضایی، عملکردی ساختمان، فضای امن باید مستقل و چندمنظوره بوده ولی نمی تواند بخش فضاهای دیگر باشد.

۲۱-۳-۴-۲-۲- ظرفیت فضای امن، باید مطابق جدول ۲۱-۳-۱ محاسبه می شود.

جدول ۲۱-۳-۱- ظرفیت فضای امن بر اساس کاربری ساختمان

کاربری ساختمان	موقعیت فضای امن
بیمارستان ها و مراکز درمانی	به ازای هر تخت ۱ متر مربع
مسکونی	در هر واحد مسکونی به ازای هر یک اتاق خواب ۱ متر مربع و حداقل ۶ متر مربع
هتل ها و مسافرخانه ها	به ازای هر تخت ۱ متر مربع
مراکز اداری و تجاری	به ازای هر یک نفر کارکنان، ۱ متر مربع
فرهنگسادهای بزرگ	$\frac{1}{8}$ زیربنای فرهنگسگاه
مسجد، حسینیه و مانند آن	۱۵ درصد زیربنای شیستان
اماکن عمومی (مثل سینما و رستوران)	۱۵ درصد زیربنای سالن اصلی
انبار و نمایشگاه	$\frac{1}{100}$ سطح کل زیربنا
مراکز آموزشی	به ازای هر دانش آموز، ۰/۲۵ متر مربع

۲-۲۱-۴-۳-۳- مسیرهای دسترسی به فضای امن (اعم از راهروها و راه پله‌ها)، خود باید فضای امن باشند، ولی جزو مساحت فضای امن مورد نیاز جدول ۲-۲۱-۱ منظور نمی‌شوند. لازم است مسیرهای دسترسی و فضای امن، با علائم استاندارد، مشخص شوند.

۲-۲۱-۴-۴- باربری و مصالح

۲-۲۱-۴-۴-۱- فشار طراحی فضای امن، برای مقاومت در برابر موج انفجار و آتش، باید مطابق بند ۲-۲۱-۱ تعیین شود.

۲-۲۱-۴-۴-۲- دیوار، سقف، کف تا حد امکان، از بتن مسلح باشند. در دیوارها، از آجر مسلح (تویر) و یا پوشش مقاوم کنتراستیمری، می‌توان بهره گرفت.

۲-۲۱-۴-۴-۳- کاربرد مصالح مناسب، لوله دار، ترد و شکننده در فضای امن، مجاز نیست.

۲-۲۱-۴-۴-۴- بازشوی باید به سمت بیرون باشد و مقاومت لازم (جزء ۲-۲۱-۴-۴-۱) را داشته باشد.

۲-۲۱-۴-۴-۵- دریچه خروج اضطراری مناسب باید ۶ سانتی متر و ارتفاع ۸۰ سانتی متر و با رعایت جزء ۲-۲۱-۴-۴-۱، در ارتفاع حدود ۱۰ سانتی متری (با بازشوی رو به داخل فضای امن) نصب شود. لازم است تمهیداتی برای نحوه خروج پیش‌بینی شود.

۲-۲۱-۴-۴-۶- ایجاد نورگیر و پنجره و نصب هرگونه تجهیزات نوردهی مجاز نیست.

۲-۲۱-۴-۴-۷- تأسیسات روشنایی، باید ساده و ایمن باشد.

۲-۲۱-۵- اتاق مرکز کنترل و مدیریت ساختمان (و بحران)

مکان یابی و طراحی فضایی خاص برای مدیریت بحران، در ساختمان الزامی بوده و باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

الف- طراحی چیدمان مناسب برای تجهیزات بند ۲-۲۱-۷-۱.

ب- مقاومت و ایمنی لازم در برابر پدیده‌های موج انفجار.

پ- مقاوم در برابر آتش و نفوذ دود.

ت- تسهیلات لازم برای دسترسی و حضور متخصصین ایمنی و امنیتی.

ث- طراحی دسترسی به منظور جلوگیری از ورود افراد غیرمجاز.

inbr.ir

۲۱-۳- بارهای ناشی از انفجار

انفجار واکنش شیمیایی مواد منفجره است که انرژی قابل ملاحظه‌ای را آزاد می‌نماید. در اثر فشار و دمای بسیار زیاد، مواد منفجره به گاز تبدیل شده و با افزایش بسیار سریع فشار هوا، موج انفجار بوجود می‌آید که با سرعت اولیه حدود ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر بر ثانیه منتشر می‌شود. بارهای ناشی از برخورد موج انفجار به سازه‌ها در زمان کوتاهی، بر اساس مقدار این فصل تعیین می‌شود. حوزه شمول این فصل مطابق جدول ۲-۱۲ می‌باشد.

۲۱-۳-۱- انواع موج انفجار

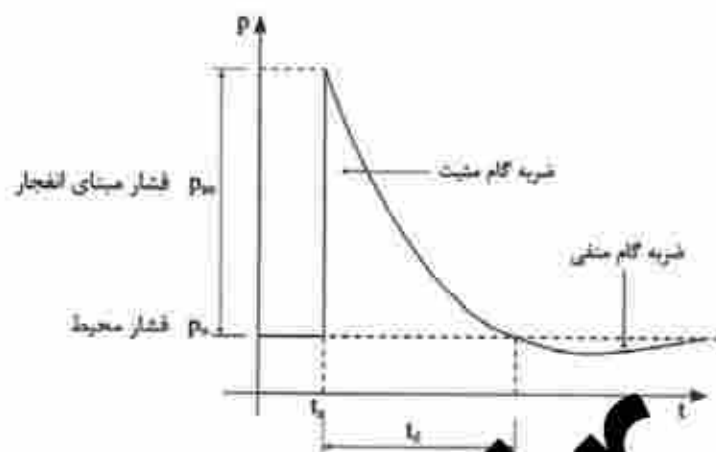
امواج انفجار بر حسب منشأ آن دو نوع «موج ضربه» و «موج فشار» تقسیم می‌شوند.

۲۱-۳-۱-۱- موج ضربه

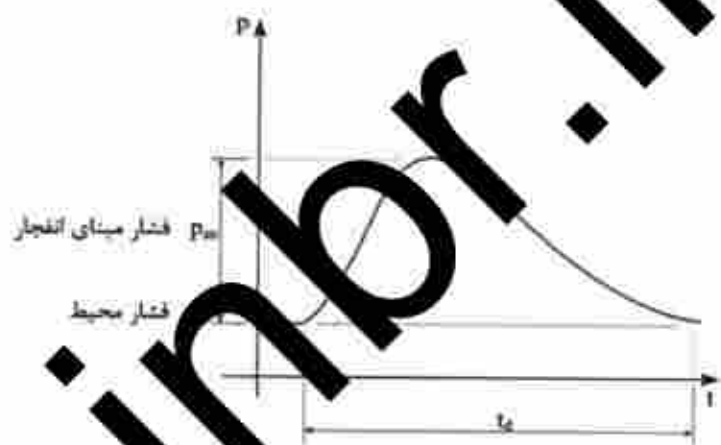
موج ضربه، ناشی از انفجار، در حوزه نزدیک مواد منفجره جامد است. در هر نقطه از مسیر انتشار موج، در مرحله‌ی اول، فشار محیط به فشار مبتدای انفجار افزایش یافته و با گذشت زمان به فشار محیطی کاهش می‌یابد که به آن گام مثبت گویند. با عبور موج، کاهش فشار یا مکش رخ می‌دهد که به آن گام منفی می‌گویند (شکل ۲۱-۳-۱-الف). فشار گام منفی، نسبتاً کوچک و تدریجی بوده و در اکثر مواقع، از اثر آن چشم‌پوشی نظر می‌شود.

۲۱-۳-۱-۲- موج فشار

موج فشار، از انفجار حوزه نزدیک مواد منفجره گازی و مایع و حوزه دور مواد منفجره جامد ایجاد می‌شود. در هر نقطه از مسیر انتشار آن، میزان فشار محیط به صورت تدریجی تا فشار مبتدای انفجار افزایش یافته و سپس به فشار محیطی کاهش می‌یابد و معمولاً گام منفی ندارد. (شکل ۲۱-۳-۱-ب)



(الف) موج ضربه



(ب) موج فشار

شکل ۲۱-۳-۱- شکل‌های موج ضربه و موج فشار

۲۱-۳-۲- موقعیت چشمه انفجار

انفجارها از نظر موقعیت چشمه انفجار نسبت به سازه به دو دسته اصلی «انفجار خارجی (خارج از سازه)» و «انفجار داخلی (داخل سازه)» تقسیم می‌شوند. انفجار خارجی خود به سه دسته «انفجار در هوا (هوایی)»، «انفجار در سطح زمین (سطحی)» و «انفجار در داخل زمین (زیرزمینی)» تقسیم می‌گردد. (شکل ۲۱-۳-۲)

در انفجار هوایی، امواج به صورت کروی منتشر شده و مستقیماً به سازه برخورد می‌کنند. در انفجار سطحی، انتشار امواج در هوا، بصورت نیم‌کره بوده و مستقیماً به سازه برخورد می‌کنند. علاوه بر آن، انتشار امواج در زمین نیز رخ خواهد داد (مشابه زمین لرزه). در انفجار زیرزمینی، انرژی حاصل از انفجار به صورت امواج فشاری و برشی در زمین منتقل شده و با انتشار آن‌ها، شوک‌های شدیدی ایجاد می‌گردند که می‌توانند اثرات تخریبی شدیدی بر سازه‌های زیر زمینی داشته باشند.

علاوه بر بارهای ناشی از موج انفجار، اثر ترکش‌های انفجاری نیز باید در نظر گرفته شود. انفجار داخلی، بسته به شرایط ساختمان و نحوه تهویه آن به دو دسته محبوس و نیمه محبوس تقسیم می‌گردد. در انفجار محبوس گاز ناشی از انفجار امکان تخلیه ندارد و فشار ناشی از آن مجموع فشار انعکاسی و فشار انفجار است. در انفجار نیمه محبوس با تعبیه دریچه‌های پران و یا دریچه‌های باز، امکان تخلیه گاز انفجار مهیا شده و فشار ناشی از انفجار داخلی نسبت به حالت محبوس کاهش می‌یابد.



شکل ۲۱-۳-۲- موقعیت چشمه انفجار

۲۱-۳-۳- انفجار در هوای آزاد

انفجار در هوای آزاد، باعث فشردگی شدید هوا و ایجاد جبهه موج می‌شود. در پشت این جبهه، هوا با سرعت کمتری حرکت می‌نماید. برخی اثرات انفجار در هوا و مشخصات آن‌ها، در این بخش آمده است.

۲۱-۳-۳-۱- فشار مبنای انفجار p_{m0}

مقدار حداکثر اضافه فشار ناشی از انفجار هوایی در هر نقطه را «فشار مبنای انفجار» گویند. در این مبحث مقادیر فشار مبنای انفجار از جدول ۲۱-۱-۳ برای سطوح باز مختلف، به دست می‌آید.

۲۱-۳-۳-۲- حداکثر فشار دینامیکی (q_s)

در هنگام انتشار موج انفجار در هوا، هوای پشت جبهه‌ی موج با سرعت کمتری، به طرف خارج منتشر می‌شود، که اثر آن همانند جریان هوا یا باد می‌باشد. به این پدیده، «فشار دینامیکی» یا «فشار هوا» گویند و حداکثر آن (q_s) ، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$q_s = \frac{5p_m^*}{2(p_m + 7p_0)} \quad (1-3-21)$$

که در آن:

p_{m0} : فشار مبنای انفجار و p_0 : فشار محیطی (جو) می‌باشد.

۲۱-۳-۳-۳- بازتاب موج انفجار و فشارهای ناشی از آن

موج انفجار پس از برخورد با مانع می‌تواند منعکس شود. بازتاب موج در اطراف مانع، به زاویه‌ی برخورد موج، مشخصات هندسی ساختمان و اندازه آن بستگی دارد. با توجه به اهمیت شکل ساختمان در بارگذاری انفجار هوایی و بارهای اجرایی بند ۲۱-۳-۲-۴، تعامل با مهندس معماری الزامی است.

بحرانی‌ترین حالت بازتاب موج انفجار، در هنگام برخورد آن به صورت عمودی به دیوار صلب است که در این حالت، فشار بازتاب از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$p_r = 2p_m \left[\frac{\gamma p_0 + 4p_m}{\gamma p_0 + p_m} \right] \quad (2-3-21)$$

۲۱-۳-۳-۴- مشخصه‌های مهم موج انفجار در هوا

الف: سرعت جبهه‌ی موج انفجار (U_s)

سرعت انتشار جبهه‌ی موج انفجار (موج فشار و موج ضربه) در هر نقطه، از رابطه ۲۱-۳-۳ محاسبه می‌شود:

$$U_s = 240 \sqrt{1 + 0.82 p_m} \quad (3-3-21)$$

که در این رابطه U_s سرعت انتشار موج بر حسب متر بر ثانیه و p_{s0} فشار مبای انفجار بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

ب: مدت زمان گام مثبت (زمان تداوم انفجار - t_d)

مدت زمان گام مثبت (t_d) زمانی است که فشار بیش از فشار محیطی است. و مقدار آن برای سطوح بارگذاری مختلف در جدول ۳-۱-۲۱ آرایه شده است.

پ: تکانه ویژه انفجار (i_s)

سطح زیر منحنی فشار- زمان را تکانه ویژه انفجار برای هر نقطه محدوده انفجار گویند که به دو جزء مثبت و منفی تقسیم گردد (شکل ۳-۱-۲۱ الف). تکانه مثبت از رابطه ۴-۳-۲۱ بدست می آید.

$$i_s = 0.5 \times p_{s0} \times t_d \quad \text{برای موج ضربه} \quad (4-3-21)$$

$$i_s = 0.164 \times p_{s0} \times t_d \quad \text{برای موج فشار}$$

به دلیل کوچک بودن مقدار تکانه منفی، از آن صرف نظر می شود برای موج انعکاسی، در روابط فوق p_r جایگزین p_{s0} می شود.

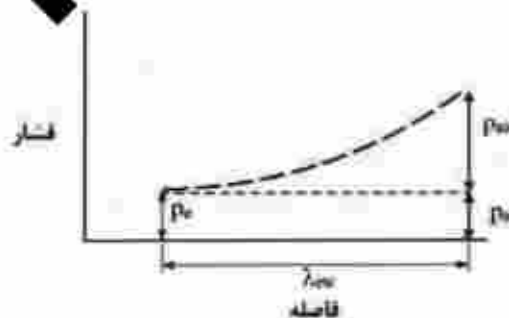
ت: طول موج (λ_{pw})

فاصله هر نقطه تحت فشار مبنا واقع در سطح ویژه انفجار تا نقطه تحت فشار محیطی واقع در پشت جبهه انفجار، «طول موج» نامیده می شود. مقدار طول موج بر حسب متر، از رابطه ۵-۳-۲۱ محاسبه می شود.

$$\lambda_{pw} = U_s \times t_d \quad (5-3-21)$$

U_s = سرعت انتشار موج، بر حسب متر بر ثانیه

t_d = مدت زمان (زمان تداوم) گام مثبت بر حسب ثانیه.



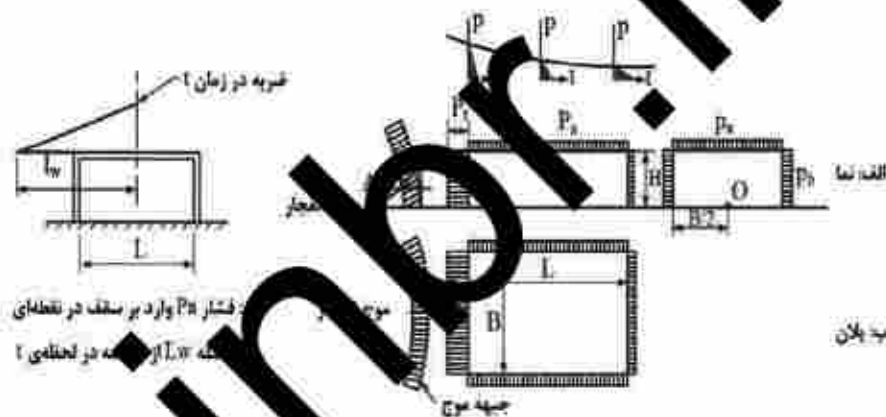
شکل ۳-۳-۲۱- طول موج انفجار

۴-۳-۲۱- انفجار سطحی

انفجار سطحی، انفجاری است که در سطح زمین و یا خیلی نزدیک به آن رخ می‌دهد، در اثر بازتاب موج انفجار و تقویت آن در همان لحظات اولیه، موج واحدی به وجود می‌آید که فشار مینای آن $1/8$ برابر فشار مینای انفجار هوایی است. در این نوع انفجار، نیروی وارد بر سازه‌های رو زمینی و تکانه زمین وارد بر سازه زیرزمینی اهمیت زیادی دارد.

۴-۳-۲۱-۵- بارگذاری انفجار خارجی بر وجوه مختلف ساختمان

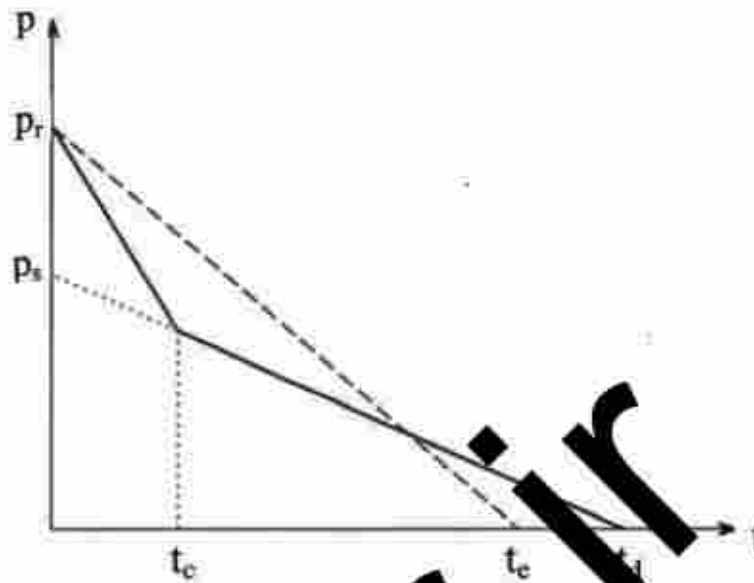
در شکل ۴-۳-۲۱-۴ صورت ساده شده بارهای انفجاری وارد بر ساختمان با فرض انفجار در نقطه A و اعمال فشار از چپ به راست، نشان داده شده است که L طول ساختمان در جهت انتشار موج، B عرض ساختمان و H ارتفاع متوسط آن است.



شکل ۴-۳-۲۱-۴ بارگذاری عمومی انفجار برای ساختمان مستطیلی

۴-۳-۲۱-۱- بارگذاری دیوار مقابل انفجار

فشار دوخطی وارد بر دیوار جلو مطابق شکل ۴-۳-۲۱-۵ می‌باشد که به بار مثلی معادل تبدیل می‌شود. حداکثر اضافه فشار وارد بر دیوار مقابل (جبهه موج) انفجار، معادل فشار بازتاب p_r مطابق رابطه (۴-۳-۲۱) می‌باشد که در زمان تسطیح t_c (رابطه ۴-۳-۲۱) به فشار رکود p_r (رابطه ۴-۳-۲۱) می‌رسد.



شکل ۳-۲۱ بارگذاری دیوار جلو

$$t_c = \frac{4S}{(1+R)C_r}$$

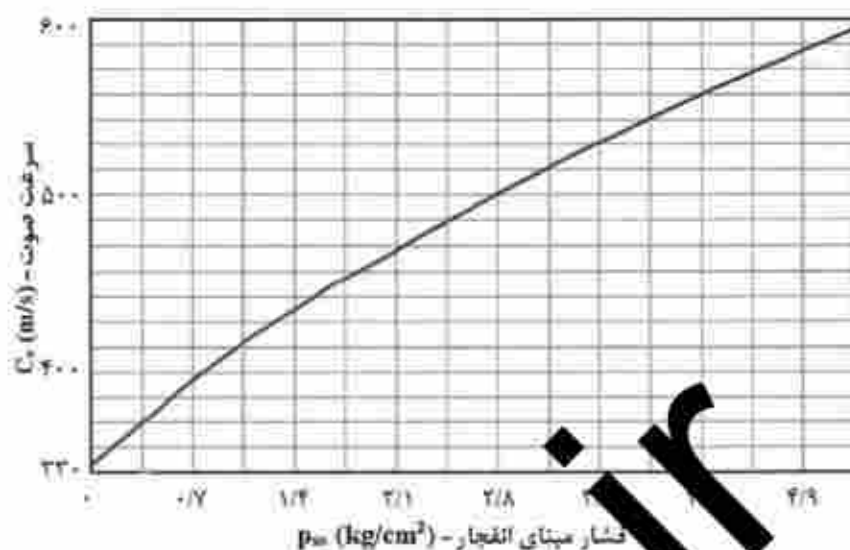
(۳-۲۱-۶)

در رابطه فوق:

S = فاصله تسطیح که کوچکترین B (عرض ساختمان) و $\frac{H}{2}$ می باشد.

R = نسبت $\frac{S}{G}$ که G ، بزرگترین B (عرض ساختمان) و $\frac{H}{2}$ می باشد.

C_r = سرعت صوت که مقدار آن از نمودار شکل ۳-۲۱ به دست می آید.



شکل ۳-۲۱ - مقادیر سرعت صوت C_s فشار مبنای انفجار - p_0 (kg/cm^2)

$$p_s = p_{s0} + C_s q_s \quad (۷-۳-۲۱)$$

که در رابطه فوق:

p_{s0} = فشار مبنای انفجار

q_s = حداکثر فشار دینامیکی (رابطه ۳-۲۱)

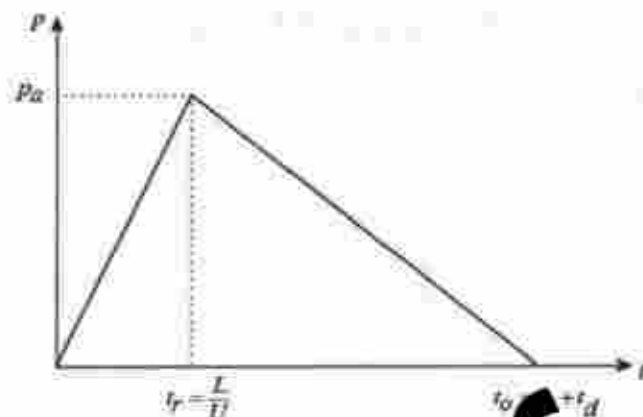
C_s = ضریب پسا (کشایی) که برای دیوار جلو در محدوده فشارهای کمتر برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به فشار رکود (p_r)، زمان تسطیح (t_c) و زمان تداوم انفجار (t_d)، زمان تداوم موثر بار منتهی معادل از رابطه ۸-۳-۲۱ به دست می‌آید.

$$t_d = (t_d - t_c) \frac{p_r}{p_c} + t_c \quad (۸-۳-۲۱)$$

۲-۵-۳-۲۱- بارگذاری دیوارهای جانبی

بار وارد بر دیوارهای جانبی، به علت عدم وجود بازتاب موج، کمتر از بار دیوار مقابل انفجار است و مطابق شکل ۷-۳-۲۱ به صورت مثلثی می‌باشد.



شکل ۳-۲۱ گذاری دیوارهای جانبی و سقف

مقدار اضافه فشار p_a برابر است با:

$$p_a = C_e p_{st} + C_d q_s \quad (۳-۲۱-۹)$$

در رابطه فوق:

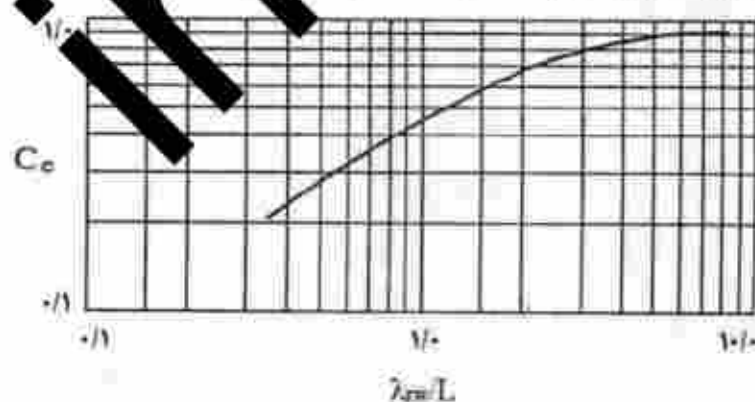
C_e = ضریب کاهش انفجار که به طول سازه در امتداد حرکت موج و طول موج انفجار (λ_{em})

بستگی دارد و مقدار آن از نمودار شکل ۳-۲۱-۸ به دست می آید.

q_s = حداکثر فشار دینامیکی (رابطه ۳-۲۱-۳)

C_d = ضریب پسا (کسانی) که از جدول ۳-۲۱-۳ به دست می آید.

λ_{em} = طول موج انفجار (رابطه ۳-۲۱-۵)



شکل ۳-۲۱-۸ مقادیر ضریب کاهش C_e

جدول ۲۱-۳-۱ ضریب پسا (C_d)

ضریب پسا (C_d)	حداکثر فشار دینامیکی (q_s) (kg/cm^2)
-۰/۴	۰-۱/۷۵
-۰/۳	۱/۷۵-۳/۵
-۰/۲	۳/۵-۹

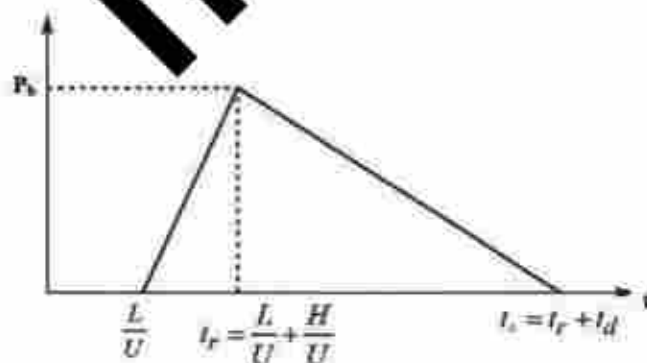
۲۱-۳-۵-۳ بارگذاری سقف

در ساختمان‌های با سقف مسطح (شیب کمتر از ۱۰ درجه) هنگامی که موج انفجار به صورت افقی حرکت می‌نماید، بار سقف رخ نخواهد داد، در نتیجه اضافه فشار وارد بر سقف، همانند دیوارهای جانبی مساوی و در نظر گرفته می‌شود.

۲۱-۳-۵-۴ بارگذاری دیوار پشت

فشار وارد بر دیوار پشت، مشابه دیوارهای جانبی از رابطه ۲۱-۳-۹ به دست می‌آید. در دیوار پشت، برای محاسبه ضریب کاهش C_d ، ابعاد سازه را بر مبنای طول ویژه (L) اضافه می‌شود و فشار وارده، معادل p_d در نظر گرفته می‌شود.

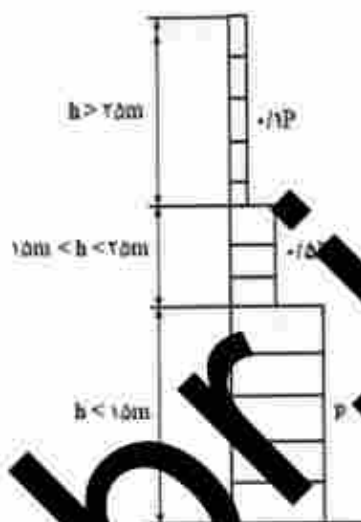
بار دیوار پشتی جهتی مخالف با بار دیوارهایی است که در نتیجه، نقش کاهنده‌ای در کل بار جانبی انفجار خواهد داشت. در این راستا از آنجا که دیوار پشتی بر روی رفتار کل قباب یا ساختمان در بسیاری از اوقات و در جهت اطمینان صرف نظر می‌شود، لیکن به سبب این نما و ظاهر الحاقی دیوار پشت، باید قادر به تحمل فشار یا مکش حاصل از انفجار باشند.



شکل ۲۱-۳-۹ بارگذاری دیوار پشت

۲۱-۳-۵- توزیع فشار انفجار در ارتفاع

برای بارگذاری ساختمان‌ها تحت انفجار تا ارتفاع ۱۵ متر از سطح زمین، از مقادیر فشار معرفی شده در بتدهای ۲۱-۳-۵ تا ۴، استفاده می‌شود. برای ارتفاع ۱۵ تا ۲۵ متر، از ۵۰ درصد این فشار و برای ارتفاع بالاتر، از ۱۰ درصد فشار مذکور استفاده می‌شود (شکل ۲۱-۳-۱۰).



شکل ۲۱-۳-۱۰- توزیع فشار انفجار در ارتفاع

۲۱-۳-۶- انفجار در داخل زمین

انفجار بمب (یا پرتابه‌های دیگر) در زیرزمین، با فشار گاز حاصل از انفجار و انتقال پدیده، متجسّم به تشکیل موج فشار تقریباً کروی، در تمام جهات می‌شود که سرعت انتشار کمتری (نسبت به انفجار هوایی و سطحی) دارد.

با توجه به اثرات تخریب این موج بر سازه‌های مدفون، رعایت شرایط بارگذاری انفجار زیرزمین، برای قسمت مدفون سازه الزامی است.

۲۱-۳-۶-۱- میزان نفوذ بمب در داخل زمین

میزان نفوذ بمب‌ها در داخل زمین به سرعت و زاویه برخورد، جرم و سختی سر بمب و جنس زمین بستگی دارد. در نفوذهای کم عمق، آثار انفجار مشابه انفجار سطحی است، اما در نفوذهای عمیق،

تکانه انفجار بزرگی در زیر زمین بوجود می‌آید. بمب‌های مدرن قدرت نفوذی بیش از ۳۰ متر در درون خاک و قدرت عبور از لایه‌های بتن مسلح به ضخامت بیش از ۶ متر را دارا می‌باشند.^۱ در طراحی سازه‌های مدفون باید با شناسایی بمب‌های مورد استفاده دشمن، میزان نفوذ آن‌ها به دست آید.

۲۱-۳-۶-۲- ناحیه بندی خاک در محل انفجار

در اثر فشار ناشی از انفجار زیرزمین، چهار ناحیه خردشدگی، گسیختگی، خمیری و ارتجاعی در خاک اطراف محل انفجار ایجاد می‌شوند (شکل ۲۱-۳-۱۱). در ناحیه خرد شدگی پس از پرتاب ذرات خاک به اطراف، فشاری از آن به صورت نخاله به محل انفجار بر می‌گردد. در انفجار کم عمق نواحی خردشدگی، گسیختگی و خمیری به سطح زمین منتقل شده و باعث بروز تغییر شکل‌هایی در سطح زمین می‌شوند. انفجار عمیق، نواحی خردشدگی، گسیختگی، و خمیری از سطح زمین دور بوده و با انتشار ناشی از انفجار در ناحیه ارتجاعی به صورت امواج حجمی و سطحی (مشابه زمین‌لرزه) به سطح زمین می‌رسند.



D.O.B = عمق انفجار، r_2 = شعاع بدون نخاله، r_1 = شعاع بدون نخاله، r_3 = شعاع کلی (با نخاله)، d_1 = عمق کلی
شکل ۲۱-۳-۱۱- ناحیه بندی خاک در محل انفجار

۲- برای اطلاعات دقیق‌تر، رجوع به منابع تخصصی ضروری است.

۳-۶-۳-۲۱- تکانه زمین

به آثار انتشار امواج (ناشی از انفجار عمیق یا سطحی) در سطح و یا زیر زمین، تکانه زمین می‌گویند. قویترین تکانه زمین ناشی از انفجار درون زمین است که هیچگونه فاصله‌ای بین مسدود منفجره (بمب) و زمین موجود نباشد.

امواج ناشی از انفجار (سطحی یا مدفون) شامل امواج حجمی و امواج سطحی (مشابه زمین لرزه) می‌باشند. امواج حجمی، خود شامل موج طولی یا فشاری (P) و موج عرضی یا برشی (S) می‌باشند.

در انفجارات زیرزمینی، در فاصله نزدیک به انفجار، امواج طولی و عرضی مؤثر بوده و امواج ریلی (R) علاوه بر حوزه نزدیک، فواصل دور نیز حاکم هستند. ذرات نزدیک به سطح زمین تحت تأثیر حرکات چرخشی ناشی از امواج ریلی (R) قرار می‌گیرند.

۳-۶-۴-۲۱- مشخصه‌های اصلی تکانه زمین

مشخصه‌های اصلی تکانه زمین شامل حداکثر سرعت، حداکثر سرعت ذرات، حداکثر جابجایی ذرات، سرعت موج در زمین و تکانه ویرانگر می‌باشد. مقدار این مشخصه‌ها، با افزایش فاصله از مرکز انفجار کاهش می‌یابند و نرخ میرایی آن‌ها از نوع خاص خود پیروی می‌کند.

۳-۶-۴-۲۱-۱- حداکثر جابجایی ذرات (x)

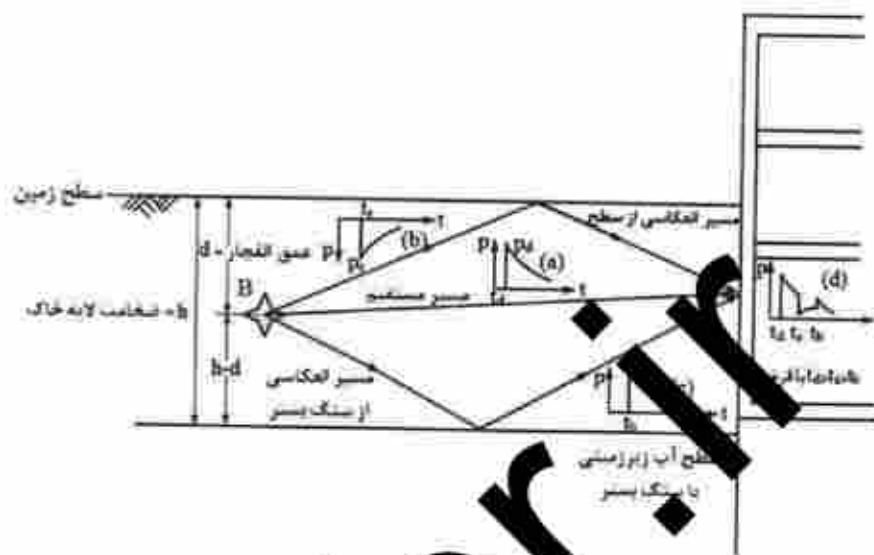
حداکثر جابجایی ذرات (در اثر انفجار زیرزمینی)، منجر به حرکت ذرات در عمق، مدفون و تجهیزات متصل به آنها، می‌شود. مقادیر جابجایی بر اساس سطح خطر انفجار و نوع آن، از جدول ۳-۱-۲۱ به دست می‌آید.

۳-۶-۴-۲۱-۲- فشار انفجار بر سازه مدفون (p_{gn})

مقدار فشار ناشی از انفجار زیرزمینی بر سازه مدفون، بر اساس سطح خطر انفجار و نوع خاک، از جدول ۳-۱-۲۱ به دست می‌آید. این فشار ممکن است در اثر بازتاب امواج انفجار از سنگ بستر و همچنین از سطح زمین تغییر یابد. با توجه به موقعیت انفجار بمب و بازتاب موج از سطوح مختلف، فشار ناشی از انفجار زیر زمینی بر وجه‌های مختلف سازه، تغییر می‌کند.

برای تشریح موضوع بالا، با فرض انفجار در نقطه B، در شکل ۳-۲۱-۱۲ دیده می‌شود که فشار مستقیم انفجار (نمودار a)، زودتر از امواج بازتاب به سازه (نقطه A) می‌رسد. موج بازتاب از سطح زمین، که موج کششی است (نمودار b) و موج بازتاب از سنگ بستر که موج فشاری است (نمودار

(c)، باعث کاهش و افزایش فشار در نقطه A می‌شوند و مجموع آن‌ها فشار نهایی را به وجود می‌آورند (تمودار d).



شکل ۱۲-۳-۲۱- تغییرات فشار و تنش‌های عمودی بر سازه زیرزمینی

۱۲-۳-۲۱-۵- اثرات تکانه بر سازه مدفون عمودی غیرمستقیم

بر اثر تکانه زمین، به پی سازه مدفون ضربه وارد می‌شود و تکان‌هایی را ایجاد نموده و اجزای غیرسازه‌ای نصب شده بر روی دیوار یا کف سازه حرکت خواهند کرد. در ادامه روش ساده‌ای برای محاسبه این حرکات، ارائه شده است.

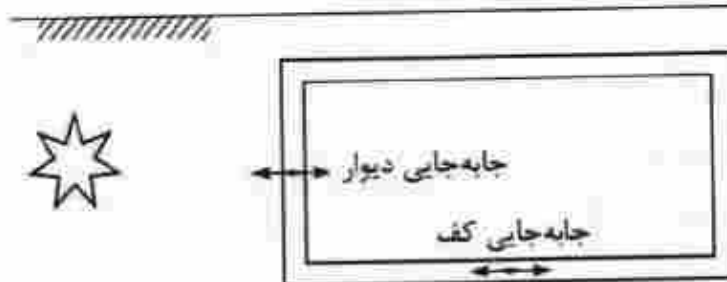
۱۲-۳-۲۱-۱- حرکات دیوار و کف

حرکت افقی دیوار قائم، که در طراحی اجزای سازه مدفون، مبنای بارگذاری است، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$x_{ff} \leq 2x$$

(۱۰-۳-۲۱)

که در آن x_{ff} مقدار جابجایی دیوار و x مقدار جابجایی ذرات خاک در میدان آزاد در اثر تکانه زمین مطابق جدول ۱۲-۳-۲۱ می‌باشد.



نکته ۳-۲۱-۱۳- حرکات افقی دیوار و کف

حرکت افقی کف، به علت نیروی موج انفجار، برابر جابه‌جایی ذرات خاک در میدان آزاد (جدول ۳-۲۱-۱) می‌باشد.

$$x_f = x \quad (۳-۲۱-۱۱)$$

که در آن x مقدار جابه‌جایی می‌باشد.

۳-۲۱-۶-۲- حرکات اجزای غیرسازه‌ای

حداکثر میزان حرکت اجزای غیرسازه‌ای که دارای اتصالات چرایی ۵ تا ۱۵ درصد به دیوار یا کف سازه‌های مدفون هستند، از رابطه ۳-۲۱-۱۲ به دست می‌آید.

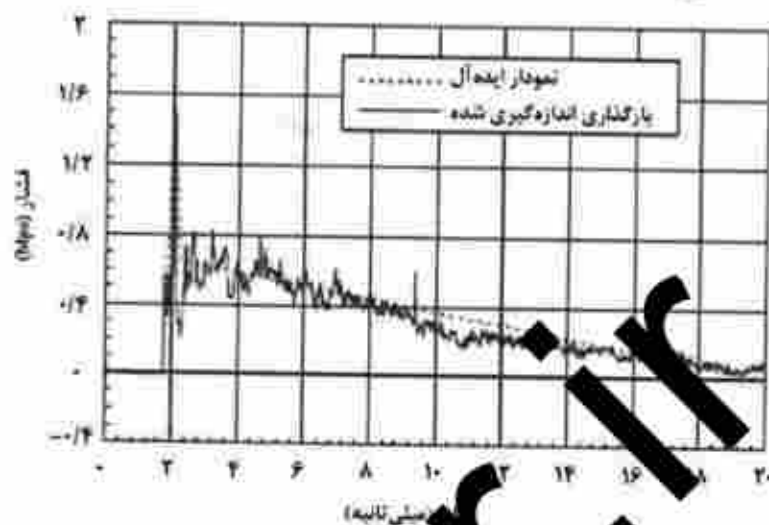
$$x_g = 1.4 x_w \quad (۳-۲۱-۱۲)$$

که در آن x حداکثر جابه‌جایی تجهیزات می‌باشد.

۳-۲۱-۷- انفجار داخلی

انفجار داخلی نسبت به انفجار خارجی، خارق‌العاده‌تر بوده و فشار حاصل از آن نیز بدین روال است (شکل ۳-۲۱-۱۴). در این پدیده ابتدا فشار مبتدئی انفجار همانند انفجار در سطح زمین رخ می‌دهد و سپس این فشار تحت انعکاس‌های متعدد دیوارهای محدود کننده انفجار قرار می‌گیرد. در ادامه فشار گاز با زمان تداوم بزرگتر تولید می‌شود. نتیجه عمل، فشار دوخطی مطابق شکل (۳-۲۱-۱۵) خواهد شد. قسمت اول این بارگذاری مطابق فشار محاسبه شده برای دیوار جلو (سمت انفجار) بوده

و قسمت دوم آن فشار مثلثی گاز یا شدت کمتر و زمان تداوم بزرگتر خواهد بود و از نمودارهای تخصصی بدست می‌آید که در این مقوله نمی‌گنجد.



شکل ۲۱-۳-۱- فشار حاصل از انفجار داخلی



شکل ۲۱-۳-۱۵- فشار دوخطی ناشی از انفجار داخلی

۲۱-۳-۸- ترکش‌ها

زمانی که فشار به وجود آمده در داخل بمب باعث انفجار بدنه آن می‌شود، پوسته ماده منفجره متلاشی و ترکشهای اولیه ایجاد می‌گردد. ترکشها مثل گلوله‌های انفجاری با شکل‌های نامنظم عمل

می کنند. اثر این ترکش های پرتاب شده بر روی هدف به شکل، وزن، سرعت اولیه و هم چنین فاصله بین هدف و نقطه انفجار، موقعیت ساختمان، جهت محور سازه منفجره و نیز محور هدف بستگی دارد.

خصوصیات اصلی ترکش های اولیه سرعت اولیه بسیار زیاد، تعداد زیاد و اندازه نسبتاً کوچک آنها می باشد.

ترکش های اولیه ترکش هایی هستند که بطور مستقیم از بدنه سلاح انفجاری و ملاحقات آن ایجاد می شوند.

ترکش های ثانویه ترکش هایی هستند که در اثر انفجار بر روی سازه ها و یا تجهیزات مجاور محل انفجار تولید می گردند.

اثر ترکش ها بیشتر باعث ایجاد آتش سوزی و آسیب به انسان و حیوانات است و تأثیر عمده ای بر سازه ندارد.

inbr.ir

۲۱-۴- مشخصه‌های مکانیکی مصالح و سامانه‌های سازه‌ای

۲۱-۴-۱- کلیات

طراحی سازه‌ها در برابر انفجار، مستلزم آگاهی از ویژگی‌های دینامیکی مصالح است. مصالح تحت بارگذاری دینامیکی، افزایش مقاومتی از خود نشان می‌دهند که به طور قابل ملاحظه‌ای مقاومت سازه‌ای را افزایش می‌دهد.

سازه‌ها برای جذب انرژی انفجاری، وارد محدوده تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی می‌شوند. بدین‌رو مصالح سازه‌ها باید دارای استقامت کافی و سامانه‌های سازه‌ای باید دارای رفتار فرا ارتجاعی و شکل‌پذیری مناسب باشند. در این فصل به آن پرداخته شده است. حوزه شمول این فصل مطابق جدول ۲۱-۱-۲-الف می‌باشد.

۲۱-۴-۲- پاسخ استاتیکی - پاسخ دینامیکی

بارهای رایج، نظیر بار باد و بارهای قائم، یا آهسته آهسته به سازه وارد می‌شوند که زمان تداوم بسیار بزرگتر از زمان تناوب سازه را دارا هستند.

در بارهای انفجاری، اعمال بار و افزایش تنش در اعضا بسیار سریع (در حدود چند ده میلی ثانیه) اتفاق می‌افتد. این بارها به صورت آتی و گذرا هستند و زمان تداوم آن‌ها در اکثر موارد بسیار کوتاه‌تر از زمان تناوب سازه می‌باشد.

در طراحی انفجاری، پذیرش تسلیم اعضا (از جنبه‌ی اقتصادی) ضروری است. همچنین که عضو وارد محدوده فرا ارتجاعی می‌شود، جذب انرژی انفجار با ایجاد تعادل بین انرژی انفجار در مقابل انرژی کرنشی عضو، ادامه می‌یابد.

مقدار انرژی کرنشی قابل جذب توسط سازه، تابعی از ویژگی‌های مکانیکی مصالح، جزئیات سازه‌ای اعضا (شکل‌پذیری) و مقدار تغییر شکل‌های خمیری مجاز می‌باشد. سازه باید بتواند در محدوده ارتجاعی، فرا ارتجاعی و یا سایر مکانیزم‌های میرایی انرژی حاصل از انفجار را جذب و مستهلک نماید.

پاسخ مصالح تحت بارگذاری دینامیکی، به طور محسوسی متفاوت از بارگذاری استاتیکی است. در بارگذاری سریع، مصالح نمی‌توانند با نرخ مشابه بار وارده، تغییر شکل دهند. این خاصیت، باعث افزایش تنش تسلیم و تنش نهایی قبل از گسیختگی می‌شود. بطور کلی، هر چه نرخ کرنش بزرگتر باشد، مصالح مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند. افزایش مقاومت مصالح، به علت بارگذاری سریع، به عضو اجازه می‌دهد تا مقاومت بیشتری نسبت به حالت استاتیکی از خود نشان دهد. این تأثیرات در طراحی انفجاری، با استفاده از ضریب افزایش دینامیکی در نظر گرفته می‌شود.

۲۱-۴-۳- ویژگی دینامیکی مصالح

این بخش به تشریح ویژگی‌های دینامیکی مصالح مورد استفاده در سازه‌های مقاوم انفجاری می‌پردازد.

۲۱-۴-۳-۱- ضریب افزایش مقاومت (S₁)

ضریب افزایش مقاومت مطابق جدول (۱-۳-۱) برای مصالح فولادی و بتنی منظور شود.

جدول ۲۱-۴-۳-۱ ضریب افزایش مقاومت^۳

مصالح	ضریب افزایش مقاومت
میله‌گردهای ردم S ۵۰۰ و کمتر	۱/۱
فولاد ساختمانی نورد شده St ۳۷ و St ۵۲	۱/۵
تیر ورق‌ها و سایر اعضای ساخته شده از ورق	۱/۱۵
بتن ۲۸ روزه	۱/۱
بتن ۶ ماهه	۱/۲۱
بتن یکساله	۱/۲۶

۳- مقاومت بتن در طول زمان افزایش می‌یابد. مقاومت واقعی مصالح فولادی نیز از مقدار مقرر ارائه شده توسط کارخانه بیشتر است. برای منظور کردن این عوامل، مقاومت مشخصه بتن و مقاومت مقرر فولاد در ضرایب افزایش مقاومت برای طراحی مقاوم در مقابل انفجار، ضرب می‌شوند.

۴-۳-۲۱ ضریب افزایش دینامیکی (DIF)

ضریب افزایش دینامیکی برای بتن مسلح (بتن و میلگردها) و مصالح بتایی مطابق جدول ۴-۲۱ و ۴-۲۱ برای فولاد مطابق جدول ۴-۲۱ اعمال شود.

جدول ۴-۲۱-۲ ضریب افزایش دینامیکی برای بتن مسلح و مصالح بتایی

تنش	ضریب افزایش دینامیکی			
	میلگردها		بتن	
	$\frac{f_{dy,t}}{f_y}$	$\frac{f_{dy,b}}{f_u}$	$\frac{f_{dy,c}}{f_c}$	$\frac{f_{dy,m}}{f_m}$
خمشی	۱/۳	۱/۰.۵	۱/۳	۱/۳
فشار محض	۱/۱	۱/۰.۰	۱/۱.۵	۱/۱.۵
کشش قطری	۱/۰.۰	۱/۰.۰	۱/۰.۰	۱/۰.۰
برش مستقیم	۱/۱.۰	۱/۰.۰	۱/۱.۰	۱/۰.۰
چسبندگی	۱/۲.۰	۱/۰.۰	۱/۰.۰	۱/۰.۰

جدول ۴-۲۱-۳ ضرایب افزایش دینامیکی برای سازه‌های فولادی

مصالح	ضریب افزایش دینامیکی		
	تنش تسلیم		
	خمشی - برش	فشار - کشش	کشش محض
	$\frac{f_{dy}}{f_y}$	$\frac{f_{dy}}{f_y}$	$\frac{f_{dy}}{f_y}$
St ۳۷	۱/۳	۱/۳	۱/۱.۰
St ۵۲	۱/۳	۱/۱.۵	۱/۰.۵

برای در نظر گرفتن تأثیر افزایش مقاومت مصالح به علت نرخ کرنش سریع، ضریب افزایش دینامیکی به مقادیر مقاومت استاتیکی اعمال می‌شود. این ضریب به ماهیت تنش (مثلاً خمشی، برش مستقیم) بستگی دارد. تنش‌های خمشی خیلی سریع شکل می‌گیرند، در حالیکه برش‌های

حداکثر به طور نسبی با تأخیر بیشتری به خاطر نرخ کرنش پایین در برش رخ می دهند. مقدار نرخ کرنش برای کشش و فشار محوری در اعضا فولادی و بتنی نیز، کمتر از حالت خمشی است. آزمایشات نشان می دهد که مدول الاستیسته دینامیکی نسبت به مدول الاستیسته استاتیکی در مصالح فولادی تغییر نمی کند و در بتن اندکی افزایش می یابد که در محاسبات تأثیرگذار نیست.

۲۱-۴-۳- تنش تسلیم طراحی در سازه های مقاوم در برابر انفجار

تنش تسلیم دینامیکی طرح (f_{dy}) و تنش نهایی دینامیکی طرح (f_{du}) که در طراحی های انفجاری به کار می روند، با اعمال ضریب افزایش مقاومت و ضریب افزایش دینامیکی به تنش تسلیم و تنش نهایی بدست می آیند.

$$f_{dy} = (SIF) \times (DIF) \times f_y \quad \text{الف: فولاد} \quad (۲۱-۴-۲۱)$$

$$f_{du} = (SIF) \times (DIF) \times f_u \quad \text{ب: بتن} \quad (۲۱-۴-۲۱)$$

$$f'_{dc} = (SIF) \times (DIF) \times f'_c \quad (۲۱-۴-۲۱)$$

۲۱-۴-۴- مصالح

۲۱-۴-۴-۱- بتن غیر مسلح

بتن غیرمسلح، به علت رفتار ترد، به تنهایی مصالح مناسبی برای سازه های انفجاری نیست. اما در ضخامت و حجم زیاد، برای عملیات پدافندی کاربرد دارد.

۲۱-۴-۴-۲- بتن مسلح

بتن مسلح به طور ویژه ای در برابر بارهای انفجاری، آتش و نفوذ ترکش مقاومت مناسبی دارد و از مصالح ممتاز برای سازه های مقاوم در برابر انفجار به شمار می آید.

بتن مسلح در سازه های مقاوم در برابر انفجار باید بر حسب اهمیت ساختمان، علاوه بر رعایت ضوابط فصل ۵ این میحت، ضوابط شکل پذیری ویژه سازه های انفجاری را نیز برآورده نماید که تا تدوین چنین ضوابطی، می توان از ضوابط شکل پذیری ویژه میحت نهم مقررات ملی ساختمان استفاده کرد.

۴-۴-۴-۲۱- بتن الیافی

بهره‌گیری از الیاف در بتن یکی از راه‌های افزایش شکل‌پذیری بتن است. به منظور کاهش تردشکنی بتن و ایجاد محیط همگن و همسان، رشته‌های نازک و نسبتاً بلند الیاف در بتن به طور یکنواخت پخش می‌شوند. استفاده از الیاف در بتن، باعث افزایش مقاومت خمشی، برشی و کششی، مقاومت در برابر بارهای دینامیکی بویژه بارهای ضربه‌ای، مقاومت مقطع در ترک خوردگی و میزان جذب انرژی و همچنین کاهش در میزان انقباض، خزش و سایش سطحی و کاهش نفوذ پرتابه‌ها می‌شود.

قابلیت انعطاف‌پذیری بتن الیافی باعث می‌شود که گسیختگی ناگهانی اتفاق نیفتاده و از گسترش ترک نیز جلوگیری گردد. الیاف بلند و شکل‌پذیر قابلیت شکل‌پذیری مقطع را بیشتر از الیاف توده کوتاه افزایش می‌دهند.

۴-۴-۴-۲۱- مصالح بنایی غیر مسلح

مصالح بنایی غیر مسلح به علت تردشکنی و عدم یکپارچگی، مصالح مناسبی برای سازه‌های مقاوم در مقابل انفجار نمی‌باشند.

۴-۴-۴-۲۱- مصالح بنایی مسلح

مصالح بنایی مسلح، به دلیل جرم زیاد می‌تواند برای مقابله با انفجار سازه‌های مورد نیاز در ساختمان مورد استفاده قرار گیرند.

مسلح نمودن دیوارهای بنایی با میلگردگذاری داخلی یا شبکه سطحی و یا پوششی و یا تسلیح با نوارهای FRP انجام می‌شود. در این خصوص باید به مبحث ۸ مراجعه شود.

۴-۴-۴-۲۱- مصالح سنگدانه‌ای و خاک

مصالح سنگدانه‌ای ریز و خاک، به علت قابلیت استهلاک انرژی بارهای انفجاری، می‌توانند به صورت کیسه‌ای برای ساخت فضاهای امن سطحی و حفاظت جنبی ساختمان‌ها در کارهای پدافندی مورد استفاده قرار گیرند. در صورت اضافه شدن سیمان و آهک به این مصالح، کیسه‌های خاک پس از جذب رطوبت و گیرش، استحکام و یکپارچگی بیشتری کسب می‌نمایند.

با استفاده از مصالحی نظیر ژئوگرید، خاک حالت مسلح پیدا کرده و دارای یکپارچگی و مشخصات مکانیکی برتری خواهد شد.

۲۱-۴-۷- فولاد ساختمانی

فولادهای ساختمانی رده St ۳۷ و St ۵۲ از شکل پذیری کافی برای طراحی انفجاری برخوردار هستند. فولادهای با مقاومت بالاتر می‌توانند در موقعیت‌های مشخص، نظیر درهای انفجاری و پیچ‌ها استفاده شوند. به طور کلی سازه‌های فولادی مقاوم در مقابل انفجار، باید بر حسب اهمیت آنها، علاوه بر رعایت ضوابط فصل ۵ این مبحث، ضوابط شکل‌پذیری ویژه سازه‌های انفجاری را نیز برآورده نمایند که تا تدوین چنین ضوابطی، می‌توان از ضوابط شکل‌پذیری ویژه مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده کرد.

۲۱-۴-۵- سامانه سازه‌ای مناسب برای مقاومت در مقابل انفجار

۲۱-۴-۵-۱- تأثیر بار ضربه‌ای انفجاری

بار ضربه‌ای انفجاری تحت تأثیر اختیار کوتاه مدت آن بر سازه، برخلاف نیروهای زلزله، قادر به تحریک تمام جرم سازه نیست. بدین رو، در سازه‌های مقاوم در مقابل انفجار، افزایش جرم، تأثیر مثبت بر مقاومت سازه ندارد. به همین علت سازه‌های بتن مسلح بر سازه‌های سبک (مثل فولاد و چوب) ارجح هستند.

۲۱-۴-۵-۲- سازه‌های بتن مسلح

روش‌های ساده شده طراحی انفجاری سازه‌های بتن مسلح بر اساس پاسخ خمشی بوده و مشروط به حذف مدهای شکست ترد شکن می‌باشند. بر این اساس، بتن به دلیل ظرفیت‌بندی متناسبی از میلگردها ضروری است. با افزایش تنش و کرنش در بتن، از عضو میلگردها به تسلیم می‌رسند و اجازه شکل‌گیری مفصل پلاستیک می‌دهند. بتن در این نواحی در سطح کرنشی دچار ترک شده و متعاقباً به حد کرنش فشرده شدن در سطح فشاری می‌رسد. در دوران شکل‌گیری این نقطه افزایش باید، بتن فشاری خرد و مقاومت خمشی آن از بین می‌رود.

ظرفیت دوران اضافی برای اعضای بتن مسلح را می‌توان با میلگردگذاری دو طرفه و خاموت‌بندی با فاصله کم ایجاد نمود. در این حالت در نواحی مفصل پلاستیک، لنگر مقاوم مقطع توسط زوج نیروی ایجادشده در میلگردهای مسلح کننده تامین می‌شود. استفاده از مقاطعی که به صورت یکطرفه، میلگردگذاری می‌شوند در طراحی انفجاری توصیه نمی‌شود.

جلوگیری از ایجاد مدهای شکست ترد با محدود کردن تنش‌های برشی بتن یا افزایش مقاومت بتن و یا افزایش ضخامت مقطع یا تنگ‌های محصور کننده برشی حاصل می‌شود.

مقدار میلگردهای خمشی نیز در یک عضو باید محدود شود تا عضو دچار گسیختگی ترد نشود. استفاده از تنگ با فاصله‌بندی مناسب جهت افزایش مقاومت و محصور کردن میلگرد خمشی و جلوگیری از کماتش میلگردها قابل توصیه است.

میلگردهای S ۵۰۰ و کمتر دارای شکل پذیری کافی برای بارگذاری دینامیکی می‌باشند. میلگردهای خاص با مقاومت تسلیم بالاتر ممکن است مشکل‌پذیری مورد نیاز برای خم کاری را نداشته باشند.

وصله‌های جوشی و اتصالات بوشی (مکانیکی) در صورت انطباق با مشخصات فنی می‌توانند به جای وصله‌های بوشی مورد استفاده قرار گیرند.

دیوارهای بتن مسلح، به عنوان دیوارهای محیطی و نما از اجزای مقاوم در برابر بارهای انفجاری شناخته می‌شوند.

۲۱-۴-۵-۳ سازه‌های فولادی

مصالح فولادی تحت اثر بارهای استاتیکی و دینامیکی با نرخ کرنش بالا، قادرند پس از عبور از مرحله تسلیم، بدون اعمال تنش اضافی، تا رسیدن به مرحله سخت‌شدگی مجدد، حدود پانزده برابر کرنش حد تسلیم را تحمل کنند. این خاصیت منجر به مقابله با بارگذاری انفجاری بسیار مفید می‌باشد. یکی از مهم‌ترین مسائل در سازه‌های فولادی، مقاومت در برابر بارهای انفجاری است که باید تا حد امکان به صورت شکل‌پذیر طراحی شوند. شکل‌پذیری اجزا در سازه‌های فولادی معمولاً به صورت قابلیت جرخش اتصال تحت بارهای واردی و مرئی محسوب می‌شود. سازه‌ها با اتصالات شکل‌پذیر می‌توانند با مقاومت استاتیکی بسی کمتری نیروی پیوسته را در تمام اتصالات بارهای دینامیکی و ضربه انفجار جذب نمایند.

هم‌چنین سازه‌های در معرض انفجار، واکنش‌های تکیه‌گاهی قابل توجهی ندارند. این واکنش‌ها منجر به لزوم طراحی صفحه ستون به همراه میل‌پارهای با ظرفیت بالا می‌شود. هنگامی که مهارها به طور کامل و براساس اصول محاسباتی در بتن مهار شوند، سازش شکست آن‌ها از نوع شکست شکل‌پذیر و کششی است. تا کفایت بودن فاصله از لبه‌های صفحات یا فاصله ناکافی بین پیچ‌ها باعث ایجاد ظرفیت کمتر لنگر خمشی و وقوع شکست ترد خواهد شد.

در روند تحلیل و طراحی انفجاری، اجازه تشکیل مفاصل پلاستیک در سراسر طول عضو داده می‌شود، بنابراین مقاطع باید به گونه‌ای باشند که در حین تشکیل این مفاصل، دچار کماتش موضعی نشوند و شرایط مقاطع فشرده لرزه‌ای را مطابق مبحث ۱۰ برآورده سازند.

موضوع مهمی که در طرح دینامیکی سازه‌های فولادی تحت اثر بارهای انفجاری مطرح می‌شود، احتمال معکوس شدن جهت تنش‌ها است. سازه‌های فولادی تحت اثر انفجار، در معرض تنش‌های

معکوس نسبتاً بزرگی قرار می‌گیرند. تامین مهاربندی جانبی برای بال‌های مقاطع فشاری مهار شده که قبل از معکوس شدن تنش‌ها در گشتش بوده‌اند، از اهم موارد قابل توجه است که این مساله برای اعضایی که بارهای مرده سبکی را تحمل می‌کنند و یا اعضایی که در معرض فشارهای انفجاری کوتاه‌مدت قرار دارند، بحرانی‌تر است.

۲۱-۴-۵-۴- مستهلک‌کننده‌های انرژی

استفاده مناسب از وسایل مکانیکی مانند میراگرها و جداسازها که باعث افزایش استهلاک انرژی و جداسازی سازه از پایه می‌شوند، برای سامانه‌های سازه‌ای مقاوم در مقابل انفجار، قابل توصیه است. جداسازها و میراگرها باعث بهبود رفتار کلی سامانه‌های سازه‌ای می‌شوند، لیکن تاثیر چندانی در جلوگیری از خرابی‌های موضعی که می‌توانند باعث گسیختگی‌های پیش‌رونده (فصل ۲۱-۴) شوند، ندارند. بنابراین، از وسایل مورد مناسبی در بهبود رفتار سامانه‌های سازه‌ای در مقابل انفجارهای حوزه دور دارند زیرا در این انفجارها بخش‌های وسیعی از سازه تحت تاثیر بارهای انفجاری قرار می‌گیرند و بار وارد باعث تحریک کل سازه می‌شود.

چالش اصلی در استفاده از جداسازها، امکان بروز تغییر شکل‌های بزرگ در پایه سازه (در هنگام بروز انفجارهای شدید) می‌باشد. این پدیده می‌تواند خرابی جداسازها و همچنین برخورد ساختمان به دیوار یا سازه‌های هم‌جوار شده و ضربه وارد شده، باعث بروز خرابی‌های بیشتر شود. بدین‌رو، باید دقت کافی در تامین ظرفیت تغییر شکل سازه‌ها صورت گیرد در صورت فراهم نبودن فاصله لازم برای تامین ظرفیت تغییر شکل سازه‌ها. این امر می‌تواند با کنترل‌های فعال و غیرفعال (کنش‌گر و واکنش‌گر) مناسب (علاوه بر جداسازها) انجام داده شود. جداسازها و میراگرها باعث کاهش تغییر شکل‌های کلی و بین طبقه‌ای سازه می‌شوند ولی توانایی کاهش سرعت و شتاب حداکثر وارد بر سازه را ندارند.

۲۱-۵- روش‌های تحلیل و طراحی سازه‌ها

در این مبحث به عنوان روش اصلی برای تحلیل ساختمان در مقابل فشارهای ناشی از انفجار، از روش دینامیکی غیرارتجاعی و برای طراحی از معیارهای تغییر شکل شامل ضریب شکل‌پذیری (۱۸) و دوران‌های انتهایی اعضا و مفاهیم عملکردی استفاده می‌شود. به عنوان روش جایگزین، روش تجویزی استاتیکی می‌تواند نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. حوزه شمول این فصل مطابق جدول ۲۱-۱-۲ الف می‌باشد.

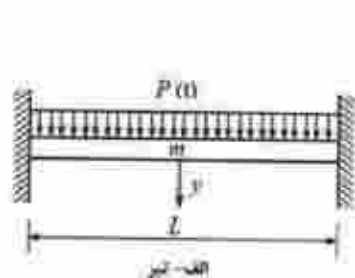
۲۱-۵-۱- تحلیل دینامیکی غیرارتجاعی سازه یک درجه آزادی (SDOF)

مدل تحلیلی پایه، که بیشترین کاربرد را در طراحی انفجاری دارد، روش سازه یک درجه آزادی معادل ارتجاعی-خمیری کامل (الاستوپلاستیک کامل) می‌باشد.

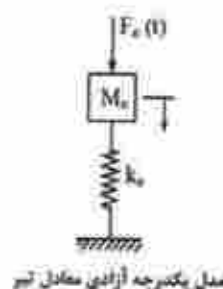
۲۱-۵-۱-۱- سازه یک درجه آزادی معادل

اغلب اعضای سازه‌ها دارای بیش از یک درجه آزادی می‌باشند، اما می‌توان آن‌ها را می‌توان با دقت کافی به سازه‌های یک درجه آزادی معادل، تبدیل نمود. بسیاری از تحلیل‌های دینامیکی سازه‌های مقاوم در برابر انفجار بر مبنای سازه یک درجه آزادی معادل است. عناصر اصلی در معرض فشار مستقیم انفجار نظیر دیوارهای و سقف‌های یک طبقه، دیوارهای طره‌ای، تیرها و دال‌ها قابل معادل‌سازی با سازه یک درجه آزادی می‌باشند (شکل ۲۱-۵-۱). در مدل یک درجه آزادی معادل، مفاهیم نیروی خارجی، جرم و سختی یا نیروی معادل (F_e)، جرم معادل (M_e) و سختی معادل (K_e) جایگزین می‌شوند که در بند ۲۱-۵-۱-۴ تعریف می‌شوند.

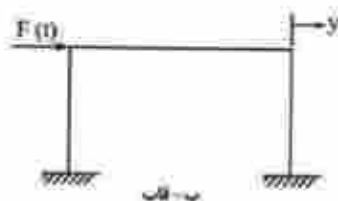
۴- از این به بعد این عبارت به صورت سازه ارتجاعی-خمیری بیان می‌شود.



الف- تیر



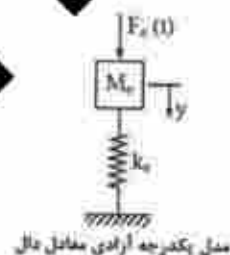
مدل یکدرجه آزادی معادل تیر



ب- قاب



مدل یکدرجه آزادی معادل قاب



مدل یکدرجه آزادی معادل دال

شکل ۲۱-۵-۱- معادل سازی سازه‌ها با مدل یکدرجه آزادی

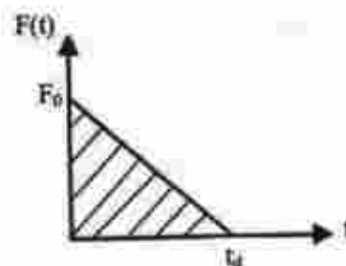
۲-۱-۵-۲۱ بار دینامیکی ضربه‌ای

بار تابع زمان انفجار را می‌توان مطابق شکل ۲-۵-۲۱ بصورت مثلثی مدل کرد که مقدار حداکثر آن F_0 و مدت تأثیر آن بر سازه t_d می‌باشد. در نتیجه نیروی تابع زمان برابر خواهد شد با:

$$F(t) = F_0 \left(1 - \frac{t}{t_d} \right) \quad (۱-۵-۲۱)$$

ضربه انفجار (t) ، تقریباً مساوی سطح زیر نمودار بارگذاری است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$i = \frac{1}{2} F_0 t_d \quad (۲-۵-۲۱)$$



شکل ۵-۲۱-۲- تغییرات بار انفجاری روی سازه یک‌درجه آزادی

۵-۲۱-۱-۳- سازه یک‌درجه آزادی ارتجاعی - خمیری

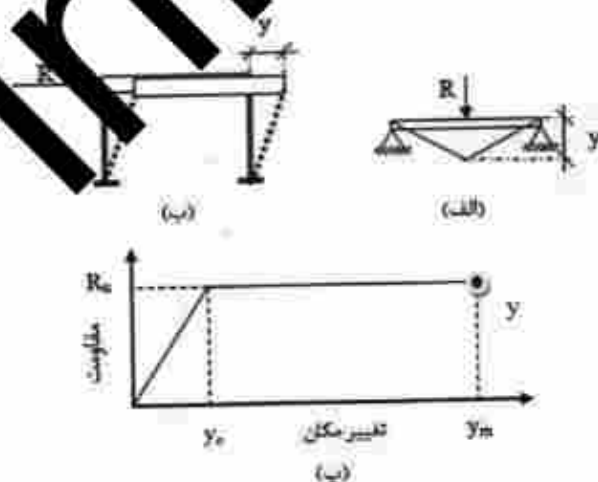
در شکل‌های ۵-۲۱-۳-الف و ب سازه‌های یک‌درجه آزادی ارتجاعی - خمیری و در شکل ۵-۲۱-۳-پ نمودار مقاومت سازه در مقابل تغییر شکل آن رسم شده است. در این شکل R نیروی مقاوم سازه و y تغییر مکان سازه یک‌درجه آزادی است. با توجه به شکل ۵-۲۱-۳-پ ضریب شکل پذیری سازه ارتجاعی - خمیری (μ) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\mu = \frac{y_m}{y_e}$$

(۵-۲۱-۳)

y_m = تغییر مکان حداکثر نظیر تراز عملکردی

y_e = تغییر مکان حد ارتجاعی



شکل ۵-۲۱-۳- سازه یک‌درجه آزادی ارتجاعی - خمیری

۴-۱-۵-۲۱- ضرائب تبدیل به سازه یک درجه آزادی معادل ارتجاعی - خمیری

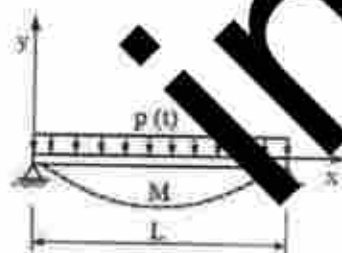
برای تبدیل سازه با جرم، سختی و بارگذاری گسترده به سازه یک درجه آزادی معادل ارتجاعی - خمیری، از ضرائب تبدیل استفاده می شود. مقادیر جرم معادل، سختی معادل، نیروی معادل و مقاومت معادل با استفاده از ضرائب تبدیل، از روابط زیر به دست می آیند:

$$\begin{aligned} K_e &= K_L \times K && \text{سختی معادل} \\ M_e &= K_M \times M && \text{جرم معادل} \\ F_e &= K_L \times F && \text{نیروی معادل} \\ R_e &= K_L \times R && \text{مقاومت معادل} \end{aligned} \quad (۴-۵-۲۱)$$

که در آن ها، K_L ضریب تبدیل بار یا سختی و K_M ضریب تبدیل جرم می باشد. همچنین داریم:

$$K_{LM} = \frac{K_M}{K_L} \quad (۵-۵-۲۱)$$

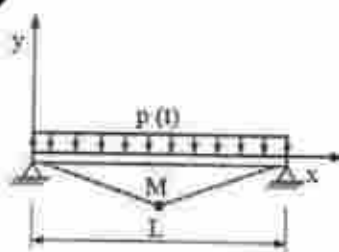
مقادیر ضرائب تبدیل، بستگی به نوع تغییر شکل عضو سازه ای دارند. به عنوان مثال، برای تیر ساده شکل ۴-۵-۲۱، بر حسب نوع تغییر شکل و رفتار ارتجاعی و خمیری، مقادیر ضرائب تبدیل متفاوتی بدست می آید. در موارد عملی، ضرائب تبدیل در طول تحلیل، ثابت فرض می شوند. برای انتخاب ضرائب مناسب، از قضاوت مهندس و متناسب با سختی پاسخ حاکم سازه (عضو)، استفاده می شود. گاهی از میانگین ضرائب انتقال ارتجاعی و خمیری نیز استفاده می شود. در صورت تغییر رفتار اعضای سازه از حالت ارتجاعی به خمیری، ضرائب تبدیل نیز تغییر می کنند.



$$\phi_e(x) = \frac{16}{\delta L^3} (L^2 x - 2Lx^2 + x^3)$$

$$K_L = 0.64, K_M = 0.50, K_{LM} = 0.78$$

(الف) پاسخ ارتجاعی



$$\phi_p(x) = \frac{2x}{L}, \quad x \leq L/2$$

$$K_L = 0.50, K_M = 0.33, K_{LM} = 0.66$$

(ب) پاسخ خمیری

شکل ۴-۵-۲۱- تابع شکل و ضرائب انتقال برای تیر دو سر ساده

ضرایب تبدیل و روابط واکنش‌های تکیه‌گاهی اعضای مختلف برای بارگذاری و شرایط مختلف تکیه‌گاهی، در جداول ۱-۵-۲۱ تا ۳ ارائه شده است. در این جدول‌ها، M_{pc} ظرفیت خمشی نهایی اسمی مقطع در وسط دهانه و M_{pu} ظرفیت خمشی نهایی اسمی مقطع در تکیه‌گاه است که با ضرب مقاومت مصالح در ضرایب افزایش مقاومت و افزایش دینامیکی (DIF و SIF) و با فرض ضرایب‌های تقلیل ظرفیت برابر یک ($\Phi = 1$) و شکل مقطع، محاسبه می‌شوند.

جدول ۱-۵-۲۱- ضرایب تبدیل برای اعضای یک طرفه (تیر یا دال یکطرفه) با تکیه‌گاه‌های ساده

بارگذاری	محدوده کوش	ضریب ϕ در M_{pc} و M_{pu}	ضریب ϕ در R_{d1}	مقاومت خاکستر (R_{d1})	سختی (K)	واکنش تکیه‌گاهی دینامیکی (V)	نقاط کنترل
F=pxL 	ارتعاشی	۰.۹	—	۰.۵۰	$\frac{2M_{pc}}{\Delta L^2}$	$1.25AR + 1.11F$	تکیه‌گاهها وسط دهانه
	خمیری	۰.۵۰	—	۰.۳۳	$\frac{M_{pc}}{L}$	$1.25AR_u + 1.11F$	
	ارتعاشی	۱/۰۰	۱/۰۰	۰.۴۹	$\frac{2M_{pc}}{L}$	$1.25AR - 1.11F$	تکیه‌گاهها وسط دهانه
	خمیری	۱/۰۰	۱/۰۰	۰.۳۳	$\frac{M_{pc}}{L}$	$1.25AR_u - 1.11F$	
	ارتعاشی	۰.۸۷	۰.۵۲	۰.۵۲	$\frac{2M_{pc}}{L}$	$1.25AR - 1.11F$	تکیه‌گاهها
	خمیری	۱/۰۰	۰.۵۲	۰.۵۲	$\frac{M_{pc}}{L}$	$1.25AR_u - 1.11F$	

جدول ۲-۵-۲۱- ضرایب تبدیل برای اعضای یک طرفه (تیر، ستون یا دال یکطرفه) با تکیه گاه‌های گیردار

بارگذاری	محدوده کرنش	ضریب سختی و بار (K_L)	ضریب جرم متغیر (K_{GL})	ضریب جرم گسترده (K_{GD})	مقاومت جداگانه (R_n)	سختی (K)	واکنش تکیه گاه در تکیه گاه (V)	نظام کنترل
تکیه گاهها + وسط دهانه	ارتجاعی	۰.۵۴	—	۰.۴۱	$\frac{12M_{ps}}{L}$	$\frac{24EI}{L^3}$	$0.17R + 0.17F$	
	خمیری	۰.۳۳	—	۰.۱۵	$\frac{4(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	$\frac{24EI}{\phi L^3}$	$0.17R + 0.17F$	
	سپری	—	—	۰.۲۲	$\frac{4(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	—	$0.17R_u + 0.17F$	
تکیه گاهها + وسط دهانه	ارتجاعی	۱/۰۰	۱/۰۰	۰.۴۴	$\frac{4(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	$\frac{12EI}{L^3}$	$0.17R - 0.17F$	
	خمیری	۱/۰۰	۱/۰۰	۰.۳۳	$\frac{4M_{ps}}{L}$	—	$0.17R_u - 0.17F$	
تکیه گاهها + یک سوم دهانه	ارتجاعی	۰.۸۷	۰.۴۴	۰.۴۴	$\frac{4(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	$\frac{48EI}{L^3}$	$0.57R - 0.17F$	
	خمیری	۱/۰۰	۱/۰۰	۰.۵۴	$\frac{4M_{ps}}{L}$	—	$0.57R_u - 0.17F$	

جدول ۵-۲۱-۳- ضرایب تبدیل برای اعضای یک طرفه (نظیر دیوار، ستون، سقف، قاب) با تکیه‌گاه‌های ساده و گیردار

نوع تکیه‌گاه	واکنش تکیه‌گاهی (V)	سختی (K)	مقاومت حداکثر (R_u)	ضریب جرم متحرک (K_M)	ضریب جرم سست (K_S)	محدودکننده کرنش (K_L)	پارامتری
تکیه‌گاه وسط دهانه	$V_1 = .12PR + .11VF$ $V_2 = .12PR + .11VF$	$\frac{180EI}{L^3}$	$\frac{8M_{ps}}{L}$	.45	—	.58	ازجایی
	$.12PR + .11VF \pm M_{ps}/L$	$\frac{240EI}{2L^3}$	$\frac{2(M_{ps} + 2M_{pc})}{L}$	.5	—	.62	ازجایی خمیری
	$.12PR_u + .11VF \pm M_{ps}/L$	—	$\frac{2(M_{ps} + 2M_{pc})}{L}$	—	—	—	خمیری
تکیه‌گاه کناره	$V_1 = .125R + .11VF$ $V_2 = .125R + .11VF$	$\frac{108EI}{L^3}$	$\frac{8M_{ps}}{L}$	.43	.10	.50	ازجایی
	$.125R + .11VF \pm M_{ps}/L$	$\frac{108EI}{L^3}$	$\frac{2(M_{ps} + 2M_{pc})}{L}$	.49	.10	.50	ازجایی خمیری
	$.125R_u + .11VF \pm M_{ps}/L$	—	$\frac{2(M_{ps} + 2M_{pc})}{L}$	.43	.10	.50	خمیری
تکیه‌گاه یک سوم دهانه	$V_1 = .125R + .11VF$ $V_2 = .125R + .11VF$	$\frac{56EI}{L^3}$	$\frac{8M_{ps}}{L}$	.45	.47	.81	ازجایی
	$.125R + .11VF \pm M_{ps}/L$	$\frac{56EI}{L^3}$	$\frac{2(M_{ps} + 2M_{pc})}{L}$	.52	.47	.87	ازجایی خمیری
	$.125R_u + .11VF \pm M_{ps}/L$	—	$\frac{2(M_{ps} + 2M_{pc})}{L}$	.56	.10	.50	خمیری

۵-۱-۵-۲۱ جرم سازه یک‌درجه آزادی معادل

جرم سازه یک درجه آزادی معادل، شامل جرم اعضای سازه‌ای و جرم تجهیزاتی است که به صورت دائم روی آن قرار دارند و با تقسیم وزن آن‌ها به شتاب جاذبه بدست می‌آید.

۲۱-۵-۱-۶- سختی سازه یک‌درجه آزادی معادل

ضریب تبدیل سختی سازه یک‌درجه آزادی معادل، با توجه به شرایط تکیه‌گاهی و بار وارده، از جدول‌های ۲۱-۵-۱ تا ۲۱-۵-۳ محاسبه می‌شود.

۲۱-۵-۱-۷- تحلیل سازه یک‌درجه آزادی معادل

پس از تعیین مشخصات سازه یک‌درجه آزادی معادل، آن را تحت بار دینامیکی وارده، به یکی از روش‌های دینامیکی تحلیل نموده و تغییر شکل حداکثر (y_m) محاسبه می‌شود. با انجام تحلیل استاتیکی نیز تغییر مکان (y_e) تعیین شده و از رابطه ۲۱-۵-۳، ضریب شکل‌پذیری (μ) به دست می‌آید. دوران‌های تکیه‌گاهی و وسط دهانه نیز از شکل ۲۱-۵-۵ قابل محاسبه است. تغییر شکل عضو، صرفاً اثر بارهای ناشی از انفجار محاسبه شده و فرض می‌شود بارهای عادی طراحی بر تغییر شکل عضو بی‌تأثیر است. فرض بر آن است که انرژی کرنشی معادل، گشتاور خمشی، نیروی سی، تغییر مکان، سرعت و شتاب سازه یک‌درجه آزادی، برابر پاسخ نقاط کنترلی سازه اصلی باشد. نقل و حرکت، معمولاً نقاطی از سازه هستند که بیشترین پاسخ سازه‌ای را دارند (مانند محل مفصل خمیری داخل دهانه و تکیه‌گاه گیردار عضو).

۲۱-۵-۲- ترکیبات بارگذاری

بارهای انفجار، تنها با بارهایی که به هنگام حضور ترکیب می‌شوند، بنابراین، بار انفجار با بار زلزله و باد ترکیب نمی‌شود. ترکیب بارگذاری عضو مطابق زیر می‌باشد:

$$(LL) + 0.5(DL) + 0.75(W) \quad (21-5-6)$$

که در آن، DL بار مرده، LL بار زنده و BL بار انفجار است.

۲۱-۵-۳- معیارهای پذیرش رفتار عضو سازه‌ای

معیارهای پذیرش طراحی اعضای سازه‌ای در مقابل انفجار، شامل محدودیت‌هایی است که در موارد زیر اعمال می‌شود:

الف- سطوح عملکرد سازه‌ای

ب- محدودیت تغییر شکل اعضاء (شامل ضریب شکل‌پذیری μ و میزان دوران حداکثر θ_m)

پ- محدودیت تغییر شکل جانبی نسبی طبقات

معمولاً ملاحظات بهره‌برداری مربوط به طراحی متعارف سازه‌ها، در سازه‌های مقاوم در برابر انفجار موردنظر قرار نمی‌گیرند.

الف - سطوح عملکرد

سطوح عملکرد مطابق جدول ۴-۱-۲۱ فصل اول این محبت تعیین می‌شوند.

ب- محدودیت تغییر شکل اعضاء (ضوابط پذیرش)

محدودیت‌های تغییر شکل، برای کسب اطمینان از پاسخ مناسب در برابر بارهای انفجاری، اعمال می‌گردند و براساس مفاهیم ایمنی و ضوابط حفاظت در برابر اثرات انفجار، براساس سطح عملکرد ساختمان تعیین می‌شوند.

در طراحی انفجاری میزان تغییر شکل‌های قرار رجایی، مبتنی برای قضاوت پذیرش سازه بر اساس سطح عملکرد آن می‌باشد. این محدودیت‌ها، بر اساس مقادیر آزمایشگاهی یا شواهد تجربی، تعیین می‌شوند. از آنجا که بارهای ناشی از انفجار قابل پیش‌بینی دقیق نیستند، مقدار محافظه‌کارانه‌ای برای اطمینان از عملکرد سازه در نظر گرفته می‌شود.

روش اولیه برای اندازه‌گیری پاسخ سازه، تعیین ضریب شکل‌پذیری (μ) برای اعضای سازه‌ای می‌باشد (رابطه ۴-۲۱). این مقدار، مشخصه‌ای از درجه پاسخ غیر ارتجاعی عضو می‌باشد.

میزان دوران در محل مفصل (θ)، نیز معیار مهمی است که پاسخ تغییر شکل حداکثر را تنهایی از طول دهانه عضو می‌نماید و نشان‌دهنده درصد انحراف در ناحیه بحرانی عضو می‌باشد. این مقدار، با دو روش تعیین می‌شود (شکل ۵-۵-۲۱). در روش اول، دوران مفصل در تکیه‌گاه (θ_1) و روش دوم، دوران مفصل در وسط دهانه (θ_2) در نظر گرفته می‌شود. در روش اول استفاده شده و مقادیر مجاز آن، بر اساس سطح عملکرد، در جداول ۴-۵-۱ تا ۴-۵-۷ آمده است.

اگر عضو سازه‌ای قاب باشد، باید علاوه بر موارد فوق، ضریب اضافی را نیز برآورده نمایند. محدودیت‌های حرکت جانبی نسبی طبقه (دریقت) به سامانه‌های جانبی به جهت کاهش خطر انهدام پیش‌رونده و کاهش اثرات $P-\Delta$ در ستون‌ها، مطابق جدول ۵-۲۱ اعمال می‌گردد.

تیر یا دال



دوران مفصل در تکیه‌گاه - θ_1

n وابسته به محل نقاط کنترلی است.

دوران در وسط دهانه - $\theta_2 = 2 \times \theta_1$

شکل ۵-۵-۲۱- دوران مفصل خمیری

مقادیر ضریب شکل‌پذیری (μ) و دوران تکیه‌گاهی محاسبه شده، باید با مقادیر جداول ۴-۵-۲۱ تا ۷ مقایسه شوند تا با توجه به سطح عملکرد مورد نظر، در دامنه مجاز قرار گیرند. این مقادیر، با نوع

مصالح و شکل مقطع تغییر می‌کنند. ضریب شکل پذیری، به عنوان معیار اولیه پاسخ برای اعضا و چرخش مفصل، به عنوان ضابطه کنترل کننده در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۲۱-۵-۴- معیارهای پذیرش بتن مسلح

نوع	سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)							
	قابلیت استفاده بی‌وقفه (سطحی)		ایمنی جانی (متوسط)		آستانه فروزش (زیاد)		بی‌دفاع (خیلی شدید)	
	θ_{MAX}	μ_{MAX}	θ_{MAX}	μ_{MAX}	θ_{MAX}	μ_{MAX}	θ_{MAX}	μ_{MAX}
بتن مسلح - اعضای خمشی								
تیرها و دال‌ها با میله‌گرد تک سطره	---	---	۲°	---	۵°	---	۱۰°	---
تیرها و دال‌ها با دو سطر ه میله‌گرد فوقانی	۱	---	۳°	---	۵°	---	۱۰°	---
تختانی، بدون برشی	---	---	---	---	---	---	---	---
تیرها و دال‌ها با دو سطر ه میله‌گرد فوقانی و تختانی با میله‌گرد برشی	۱	---	۲°	---	۵°	---	۱۰°	---
بتن مسلح - اعضای فشاری								
تیر-ستون‌ها و دال‌ها با یک یا دو سطر ه میله‌گرد بدون برشی	۱	---	---	---	۲°	---	۳°	---
تیر-ستون‌ها و دال‌ها با دو سطر ه میله‌گرد فوقانی و تختانی با میله‌گرد برشی	۱	---	---	---	۲°	---	۳°	---
دیوارها و تیر-ستون‌ها با خاموت گذاری ویژه	۰/۹	---	۱	---	۲	---	۳	---
تیر-ستون‌ها بدون خاموت گذاری ویژه	۰/۴	---	۰/۱۵	---	۰/۹	---	۱	---

جدول ۵-۲۱-۴- ادامه

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)								نوع
قابلیت استفاده بی‌وقفه (سطحی)				ایمنی جانی (متوسط)		آستانه فروریزش (زیاد)		
Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	
بتن پیش تنیده								
---	---	---	---	---	---	---	---	تیرها و دال‌ها با $\omega_p > 0.3$
---	---	---	---	---	---	---	---	تیرها و دال‌ها با $0.15 < \omega_p < 0.3$
---	---	---	---	---	---	---	---	تیرها و دال‌ها با $\omega_p < 0.15$ بدون میلگرد برشی
---	---	---	---	---	---	---	---	تیرها و دال‌ها با $\omega_p < 0.15$ میلگرد برشی

مقدار ω_p به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\omega_p = \left(\frac{A_m}{bd} \right) \left(\frac{f_{ps}}{f'_c} \right) \quad (۷-۵-۲۱)$$

که در آن A_{ps} سطح مقطع میلگرد پیش‌تنیده در ناحیه خمشی و f_{ps} تنش موجود در فولاد پیش‌تنیده تحت بارهای طراحی می‌باشد.

جدول ۵-۲۱-۵- معیارهای پذیرش دیوارهای با مصالح بتنی

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)								نوع
بی وقفه استفاده (سطحی)		ایمنی جانی (متوسط)		آستانه فروریزش (زیاد)		بی دفاع (خیلی شدید)		
Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	
دیوار بتنی								
---	---	---	---	---	---	---	---	غیرمستح
---	---	---	---	---	---	---	---	مستح

جدول ۲۱-۵-۶- معیارهای پذیرش اعضای سازه‌ای فولادی

نوع	سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)							
	قابلیت استفاده بی‌وقفه (سطحی)		ایمنی جانی (متوسط)		آستانه فرو ریزش (زیاد)		بی‌دفاع (خیلی شدید)	
	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}
فولاد مورد گرم								
تیرها یا مقاطع فشرده	۱	—	۳	۳	۱۲	۱۰ ^۰	۲۵	۲۰ ^۰
تیرها یا مقاطع غیر فشرده	۰/۷	—	۰/۵۵	—	۱	—	۱/۲	—
خمش درین صفحه حول محور ضعیف	۸ ^۰	۸	۲ ^۰	۲۰	۲۰	۲ ^۰	۲۰	۱۲ ^۰
تیرچه‌های جاذب انرژی								
بارگذاری روبه پایین	—	—	۳ ^۰	—	—	۲ ^۰	—	۱۰ ^۰
بارگذاری روبه بالا	۱	—	—	۲	۲	—	۳	—
باسخ برش	۰/۷	—	۰/۸	—	—	—	۱	—
فولاد مورد سرد								
لایه‌ها	۱	—	—	—	—	—	—	۲۰ ^۰
ستونک	۰/۵	—	—	—	—	—	۱	—
ستونک دیوار که از بالا و پایین متصل اند	۰/۵	—	۱	—	۲	—	۳	—
ستونک دیوار به همراه صفحات گشتی	۰/۵	—	۱	۰/۵ ^۰	—	—	۵	۵ ^۰
صفحه‌های کروگیت (یکطرفه) یا پوسته گشتی کامل	۱	—	۳	۳	۳	۲ ^۰	۱۰	۲ ^۰
صفحه‌های کروگیت (یکطرفه) یا پوسته گشتی جزئی	۱	—	—	—	۱ ^۰	—	—	۱۵
صفحه‌های کروگیت (یکطرفه) یا پوسته گشتی محدود	۱	—	—	—	۱/۱۳ ^۰	۲	۲ ^۰	۴ ^۰

۲۱-۵ روش‌های تحلیل و طراحی سازه‌ها

جدول ۲۱-۵-۷- معیار پذیرش اعضاء با سایر مصالح

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)								نوع
ایمنی جانی (متوسط)		ایمنی فروریزش (زیاد)		ایمنی جانی (خیلی شدید)		قابلیت استفاده بی‌وقفه (مستحی)		
Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	
چوب								
درهای انفجاری								
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	پیش ساخته (مقحمه‌های گام‌باز و سخت‌کننده‌ها)
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	مقحمه (سلب)

پ- محدودیت تغییر شکل نسبی قاب‌ها

محدودیت تغییر شکل جانبی طبقات مطابق جدول ۲۱-۵-۸ می‌باشد.

جدول ۲۱-۵-۸ محدودیت تغییر شکل جانبی نسبی طبقات (دریخت)

سطح عملکرد	محدودیت تغییر شکل	نسبی طبقات
استفاده بی‌وقفه	$\frac{H}{25}$	
ایمنی جانی	$\frac{H}{25}$	
ایمنی فروریزش	$\frac{H}{25}$	

H ارتفاع طبقه می‌باشد.

۲۱-۵-۴ روش استاتیکی معادل

به عنوان جایگزینی برای روش دینامیکی غیرارتجاعی، می‌توان از روش استاتیکی معادل استفاده نمود. این روش می‌تواند مطابق گام‌های زیر انجام شود.

گام ۱- بارگذاری

برحسب اهمیت سازه، از جدول ۳-۱-۲۱ فصل ۱ فشار طراحی و زمان تداوم آن استخراج می‌شود.

گام ۲- تبدیل فشار دینامیکی ضربه‌ای به استاتیکی معادل

با محاسبه ضریب بار دینامیکی و ضرب آن در فشار دینامیکی، فشار استاتیکی معادل محاسبه می‌گردد.

برای محاسبه ضریب بار دینامیکی ابتدا باید زمان تناوب اصلی عضو سازه‌ای مورد نظر محاسبه شود. برای تیرها، زمان تناوب اصلی برابر است با:

$$T = \frac{\alpha}{\pi} \sqrt{\frac{C \times L^3}{g \times E_d \times I}} \quad (۸-۵-۲۱)$$

که در آن:

C = وزن واحد طول عضو

L = طول عضو

E_d = مدول الاستسیته دینامیکی

I = ممان اینرسی مقطع

g = شتاب ثقل

α = مساوی ۲ برای تیرهای دو سر ساده، مساوی ۰/۸۹ برای تیرهای دو سر گیردار و ۱/۲۸ برای

تیر یکسر ساده و یکسر گیردار است.

زمان تناوب اصلی دال‌ها وابسته به مشخصات خمشی، معیشت و سرشکشی آن‌ها است. برای

دال‌های مستطیلی زمان تناوب برابر است با:

$$T = \frac{a^2}{\phi} \sqrt{\frac{\bar{m}}{D}} \quad (۹-۵-۲۱)$$

که در روابط فوق:

a = ضلع بزرگ دال

$\bar{m}$ = جرم واحد سطح دال

D = صلبیت خمشی دال برابر با $\frac{E_d h^3}{12(1-\nu^2)}$ ، به منظور تأمین اثرات ترک خوردگی، مقدار

حاصل از رابطه‌ی فوق باید نصف شود.

h = ضخامت دال

ν = ضریب پواسون

E_d = مدول الاستیسیته دینامیکی بتن

ϕ = ضریبی که با توجه به ابعاد و شرایط تکیه گاهی دال از جدول ۹-۵-۲۱ محاسبه می‌شود.

جدول ۹-۵-۲۱- ضریب ϕ برای دال‌ها با شرایط تکیه گاهی مختلف

شرایط تکیه گاهی	ضریب ϕ
	$\phi = 1/57(1 + \gamma^2)$
	$\phi = 1/57\sqrt{1 + 5/14\gamma^2 + 5/14\gamma^4}$
	$\phi = 1/57\sqrt{5/14 + 2/92\gamma^2 + 2/44\gamma^4}$
	$\phi = 1/57\sqrt{1 + 2/33\gamma^2 + 2/44\gamma^4}$
	$\phi = 1/57\sqrt{2/44 + 2/72\gamma^2 + 2/44\gamma^4}$
	$\phi = 1/57\sqrt{5/14 + 2/13\gamma^2 + 5/14\gamma^4}$

علامت هاشور نشان دهنده تکیه گاه گیردار و خط ساده نشان دهنده تکیه گاه مفصلی می‌باشد.

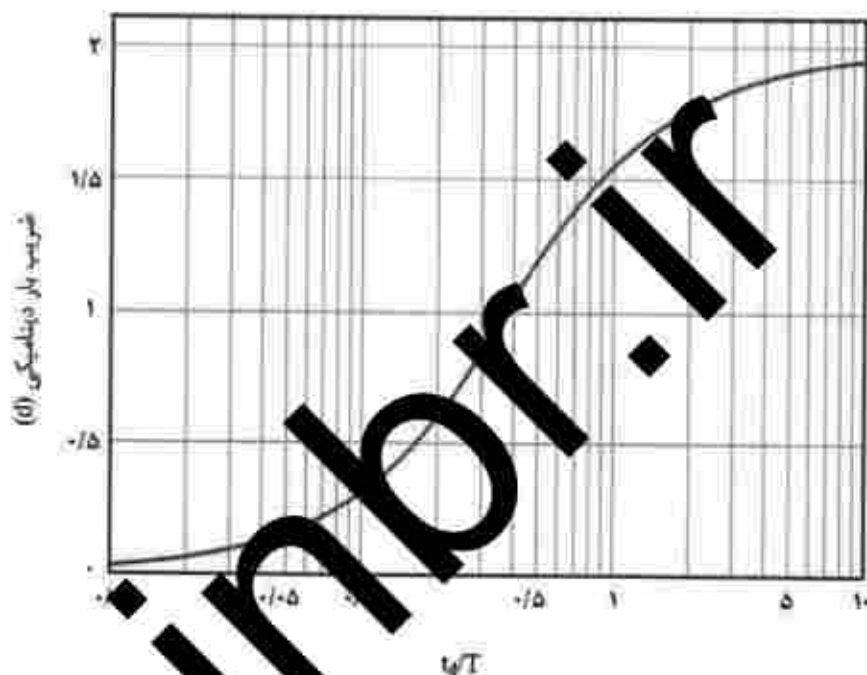
$$\frac{a}{b} = \gamma$$

a = ضلع بزرگ دال

b = ضلع کوچک دال

برای تمامی اعضا می‌توان با مدل‌سازی عضو به صورت منفرد، زمان تناوب را با استفاده از روش‌های اجزای محدود و با فرض رفتار ارتجاعی مصالح محاسبه نمود. باید توجه نمود شرایط مرزی عضو تا حد امکان نمایانگر شرایط مرزی واقعی باشد.

سپس با استفاده از شکل ۶-۵-۲۱ ضریب بار دینامیکی محاسبه می‌شود. در این شکل با مدلت زمان تأثیر نیروی دینامیکی و T زمان تناوب اصلی عضو می‌باشد.



شکل ۶-۵-۲۱- ضریب بار دینامیکی برای الزامات با فاصله

فشار استاتیکی معادل وارد بر عضو از رابطه‌ی ۱۰-۵-۲۱ محاسبه می‌گردد:

$$W_u = d \times W$$

(۱۰-۵-۲۱)

W_u = فشار استاتیکی معادل وارد بر عضو

d = ضریب بار دینامیکی

W = فشار ناشی از انفجار مطابق گام ۱

گام ۳- طراحی

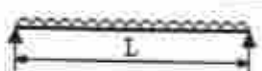
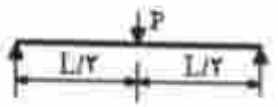
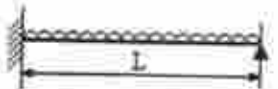
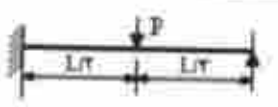
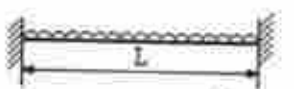
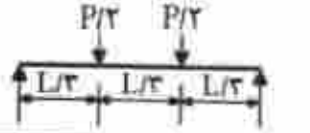
برای هر عضو حداکثر فشار قابل تحمل باید بر مبنای مقاومت نهایی آن‌ها محاسبه شود. ظرفیت خمشی نهایی تیرها و دال‌ها بر اساس تحلیل خمیری و نظریه خطوط گسیختگی از جدول‌های ۱۱-۵-۲۱ تا ۱۳-۵-۲۱ محاسبه می‌گردد. در محاسبه‌ی ظرفیت خمشی اعضا، ضرایب ایمنی ϕ در ضریب ۱/۱ ضرب می‌شوند ($\phi=1/1$). ضرایب اضافه مقاومت مصالح شامل ضرایب SIF و DIF نیز با مقادیر مناسب در محاسبات لحاظ می‌شود. یا استفاده از جدول ۱۱-۵-۲۱ تا ۱۳-۵-۲۱ بر مبنای ظرفیت خمشی، حداکثر بار گسترده‌ی (W_u) محاسبه می‌گردد.

ضریب اطمینان عضو (نسبت W_u به W_u) نباید از ضرایب اطمینان مندرج در جدول ۱۰-۵-۲۱ کمتر شود. ضریب اطمینان از به براساس سطح عملکرد مفروض برای آن تعیین می‌گردد.

جدول ۱۰-۵-۲۱- ضرایب اطمینان

سطح عملکرد	ضریب اطمینان
استفاده بی‌وقفه	۱/۷۵
ایمنی جانی	
آستانه فرو ریزش	۰/۷۵

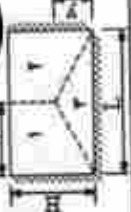
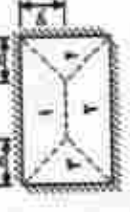
جدول ۲۱-۵-۱۱- ظرفیت نهایی تیرها

شرایط تکیه‌گاهی و بارگذاری	مقاومت نهایی
	$W_r = \frac{\lambda M_p}{L^r}$
	$P_r = \frac{\tau M_p}{L}$
	$W_r = \frac{\tau(M_N + \tau M_p)}{L}$
	$P_r = \frac{\tau(M_N + M_p)}{L}$
	$W_r = \frac{\lambda(M_N + M_p)}{L^r}$
	$P_r = \frac{\tau(M_N + M_p)}{L}$
	$W_r = \frac{\tau M_N}{L^r}$
	$P_r = \frac{M_N}{L}$
	$P_r = \frac{6 M_p}{L}$

M_p = لنگر خمیری مثبت

M_N = لنگر خمیری منفی

جدول ۵-۲۱-۱۲- ظرفیت نهایی دال‌های دوطرفه (خطوط تسلیم متقارن)

شرایط تکیه‌گذاری	خطوط تسلیم	محد	ظرفیت نهایی (W _u)
دو لبه متکی دو لبه آزاد		$x \leq L$	$\frac{\phi(M_{HN} + M_{HP})}{x^2} \leq \frac{\phi L M_{VN} + (\phi M_{VP} - M_{VN})x}{H^2(\tau L - \tau x)}$
سه لبه متکی یک لبه آزاد		$y \leq H$	$\frac{\phi(M_{VN} + M_{VP})}{y^2} \leq \frac{\phi H M_{HN} + (\phi M_{HP} - M_{HN})y}{L^2(\tau H - \tau y)}$
سه لبه متکی یک لبه آزاد		$x \leq \frac{L}{2}$	$\frac{\phi(M_{HN} + M_{HP})}{x^2} \leq \frac{\tau M_{VN}(\tau L - x) + x M_{VP}}{H^2(\tau L - \tau x)}$
		$y \leq H$	$\frac{\phi(M_{VN} + M_{VP})}{y^2} \leq \frac{\tau(M_{HN} + M_{HP})(\tau H - y)}{L^2(\tau H - \tau y)}$
		$x \leq \frac{L}{2}$	$\frac{\phi(M_{HN} + M_{HP})}{x^2} \leq \frac{\alpha(M_{VN} + M_{VP})(\tau L - x)}{H^2(\tau L - \tau x)}$
چهار لبه متکی		$y \leq \frac{H}{2}$	$\frac{\phi(M_{VN} + M_{VP})}{y^2} \leq \frac{\alpha(M_{HN} + M_{HP})(\tau H - y)}{L^2(\tau H - \tau y)}$

M_{HP} = لنگر خمیری مثبت در راستای ضلع H

M_{HN} = لنگر خمیری منفی در راستای ضلع H

M_{VP} = لنگر خمیری مثبت در راستای ضلع V

M_{VN} = لنگر خمیری منفی در راستای ضلع V

جدول ۲۱-۵-۱۳- ظرفیت نهایی دال‌های دوطرفه (خطوط تسلیم غیرمتقارن)

شرایط تکیه‌گذاری	خطوط تسلیم	حالت	ظرفیت نهایی (W)
دو لبه متکی دو لبه آزاد		$x \leq L$ $y \leq H$	متقارن جدول ۲۱-۵-۲۱
سه لبه متکی یک لبه آزاد		$x \leq L$ $y \leq H$	$\frac{(M_{VH0} + M_{H0})}{x_t^2} \cdot \frac{\alpha(M_{H0} + M_{H0})}{x_t} \cdot \frac{\alpha(M_{H0} + M_{H0})}{x_t} \cdot \frac{1}{H^2} (\tau L - \tau x_t - \tau x_t) + \frac{\alpha(M_{VH0} + M_{H0})}{x_t^2} \cdot \frac{\alpha(M_{H0} + M_{H0})}{x_t} \cdot \frac{\alpha(M_{H0} + M_{H0})}{x_t} \cdot \frac{1}{H^2} (\tau L - \tau x_t - \tau x_t)$
چهار لبه متکی		$x \leq \frac{L}{2}$ $y \leq \frac{H}{2}$	$\frac{(M_{VH0} + M_{H0})}{x_t^2} \cdot \frac{\alpha(M_{H0} + M_{H0})}{x_t} \cdot \frac{\alpha(M_{H0} + M_{H0})}{x_t} \cdot \frac{1}{H^2} (\tau L - \tau x_t - \tau x_t) + \frac{\alpha(M_{VH0} + M_{H0})}{x_t^2} \cdot \frac{\alpha(M_{H0} + M_{H0})}{x_t} \cdot \frac{\alpha(M_{H0} + M_{H0})}{x_t} \cdot \frac{1}{H^2} (\tau L - \tau x_t - \tau x_t)$

۲۱-۶-انهدام پیشرونده

انهدام پیشرونده گسترش شکست موضعی از عضوی به عضو دیگر است که منجر به فروپاشی کل سازه و یا قسمت اعظمی از آن می‌شود. این فصل به روش‌های طراحی سازه در مقابل انهدام پیشرونده می‌پردازد و حد معمول آن مطابق جدول ۲۱-۱-۲-الف می‌باشد.

۲۱-۶-۱- کلیات

تیرهای ناشی از انفجار به صورت فشارهای شدید ناحیه محدودی از جبهه مقابل انفجار وارد می‌شود و به اعضای دورتر فشار کمتری اعمال می‌گردد. حال جاری برای طراحی سازه در مقابل انفجار، طراحی در مقابل تخریب موضعی در صورت وقوع موج طبق روش‌های ارائه شده در بخش‌های ۲۱-۳ تا ۲۱-۵ می‌باشد. در صورت عدم امکان، روش دیگر، پذیرش تخریب‌های موضعی و اندیشیدن تدبیری برای جلوگیری از گسترش تخریب بخش‌های دیگر سازه است.

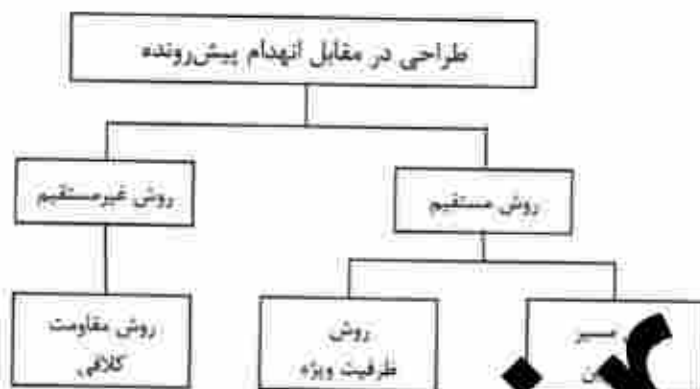
۲۱-۶-۲- ره‌یافت‌های طراحی

در حالت کلی دو ره‌یافت برای طراحی در مقابل انهدام پیش‌رونده وجود دارد: روش مستقیم و روش غیرمستقیم.

در روش مستقیم، انهدام موضعی ایجاد شده و مسیر جایگزینی ایجاد می‌شود تا از انهدام پیش‌رونده جلوگیری شود و به آن روش مسیر جایگزین می‌گویند. به عنوان گزینه دوم، در روش مستقیم ظرفیت اعضای مجاور انفجار به قدر کافی در نظر گرفته می‌شود تا در مقابل بارهای انفجار مقاومت نماید.

روش غیرمستقیم، شامل دستورات تجویزی می‌باشد که حداقل مقاومت پایه برای جلوگیری از خرابی پیش‌رونده را بوجود می‌آورند.

در روند نمای شکل ۲۱-۶-۱، روش‌های طراحی در مقابل انهدام پیش‌رونده ارائه شده است:



شکل ۲۱-۶-۱- روند نمای طراحی در مقابل انهدام پیش‌رونده

۲۱-۶-۳- انتخاب روش طراحی

برای ساختمان‌های گروه ۱ باید علاوه بر مقاومت کلافی افقی و مقاومت کلافی قائم، شرایط مسیر جایگزین نیز تامین گردد. در این ساختمان‌ها، ستون‌ها معمولاً از پلخ شکل‌پذیر برای ستون‌های خارجی طبقه همکف، مقاومت خمشی آنها باید بیشتر از نیروی برشی نظیر تشکیل مفصل پلاستیک در دو انتهای تحتانی و فوقانی ستون باشد. علاوه بر مقاومت کلافی و روش مسیر جایگزین، لازم است چشمه‌های کف به‌طور جدایی از فشار رو به بالای خالص مساوی وزن دال و نصف بار زنده طراحی شوند (ASCE ۱۰ D). استفاده از این روش برای ساختمان‌های گروه ۲ مورد توصیه اکید می‌باشد.

در این حالت نیز به علت تأثیر سریع بارها، برای محاسبه ظرفیت اعضا طرف‌ها، از مقاومت افزایش یافته مصالح استفاده می‌شود.

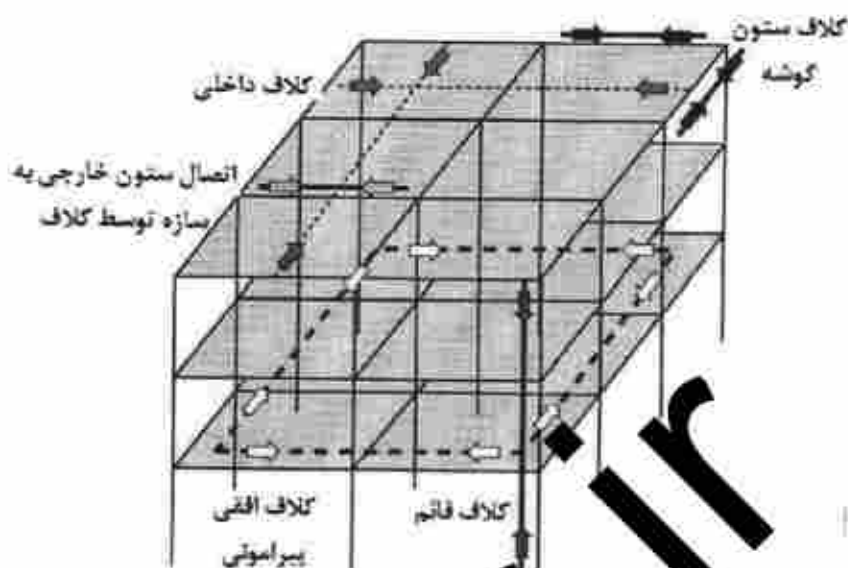
توصیه می‌شود برای ساختمان‌های گروه ۳، هر دو مقاومت کلافی افقی و قائم تامین شود. در صورت عدم تامین مقاومت کلافی قائم، می‌توان از روش مسیر جایگزین استفاده نمود.

۲۱-۶-۴- ضوابط روش مقاومت کلافی

در هر سازه قابی باید کلاف‌های زیر تعبیه گردد:

- ۱- کلاف‌های داخلی
- ۲- کلاف‌های محیطی

- ۳- کلاف‌های افقی به ستون‌ها یا دیوارهای خارجی
 - ۴- کلاف‌های ستون گوشه
 - ۵- کلاف‌های قائم
- شکل ۲۱-۶-۲ کلاف‌بندی لازم در قاب ساختمانی را نشان می‌دهد. کلاف‌ها باید الزامات زیر را برآورده نمایند:
- ۱- کلاف‌های داخلی در تراز کف‌ها و بام در دو امتداد متعامد بصورت مستقیم و پیوسته از یک لبه تا لبه مقابل امتداد دارند.
 - ۲- آرماتورهای کلاف‌ها می‌تواند دارای وصله پوششی، جوشی و یا مکانیکی باشند.
 - ۳- کلاف‌های داخلی باید به کلاف‌های محیطی مهار شوند. کلاف‌های داخلی می‌توانند در ضخامت دال و یا به تعبیه گردند.
 - ۴- کلاف‌های محیطی باید به کف‌ها یا بام در محیط ساختمان و در محدوده عرض $1/4$ متری از لبه محیط داخل تعبیه گردند.
 - ۵- در تراز کف‌ها و بام، لازم است کلاف‌های افقی، ستون‌های خارجی را به سازه داخلی متصل نمایند. لزومی نیست پیوستگی این کلاف‌ها نیست و فقط باید در دو انتها مهار شوند.
 - ۶- در تراز کف و بام، لازم است کلاف‌های افقی، امتداد متعامد، ستون‌های گوشه را به سازه داخلی متصل نمایند.
 - ۷- به منظور تامین کلاف‌های قائم، لازم است ستون‌ها در تراز فونداسیون تا بالاترین تراز بصورت ممتد ادامه یابند.
 - ۸- فاصله آزاد بین کلاف‌های قائم نباید از ۵ متر تجاوز کند.
 - ۹- وصله ستون در ارتفاع طبقه باید در یک‌سوم میانی ارتفاع ستون تراز گردد.
 - ۱۰- در سازه‌هایی که از چند بخش مجزا تشکیل شده‌اند و یا دارای درزهای قائم هستند، ضوابط مربوط به کلاف‌ها در مورد هر بخش باید به تنهایی صادق باشد.
 - ۱۱- تمام مسیرهای انتقال بار در کلاف‌ها باید به صورت مستقیم باشد و تغییر جهت در مسیر بارشوها مجاز نمی‌باشد.



شکل ۲۱-۶-۲- حد ضوابط کلاف بندی سازه های قابی

۲۱-۶-۴- مقاومت کلاف ها

آرماتورهای تعبیه شده برای کلاف برای سایر اهداف طراحی، می تواند به عنوان بخشی از آرماتور لازم برای کلاف منظور شود. مقاومت کلاف برای کلاف های تحت زلزله محاسبه می شود. الف: کلاف های داخلی باید مقاومتی بیش از بزرگترین مقدار زیر داشته باشند (تن بر واحد عرض دال):

$$\left(\frac{1/0 \cdot D + 1/0 \cdot L}{\gamma / \delta} \right) \left(\frac{f_y}{\delta} \right) \quad (۲۱-۶-۱)$$

یا

$$F_t \quad (۲۱-۶-۲)$$

D = بار مرده (تن بر مترمربع)

L = بار زنده (تن بر مترمربع)

γ = حداکثر فاصله بین مراکز ستون ها، قاب ها یا دیوارهایی که دو چشمه مجاور را در امتداد کلاف

موردنظر تحمل می کنند (متر)

F_t = مقاومت پایه که کوچکترین دو مقدار $(2 + 0.4 N)$ یا ۶ تن می باشد (تن).

N = تعداد طبقات

به کلاف‌های گوشه و پیرامونی باید دارای مقاومت F_t باشند.
به کلاف‌های افقی که ستون‌ها یا دیوارهای خارجی را به سازه متصل می‌کنند، باید مقاومتی بیش از بزرگترین مقدارهای زیر را داشته باشند:

$$1- \text{ کمترین } F_t \text{ یا } F_t \left(\frac{l_s}{3/5} \right)$$

l_s = ارتفاع کف تا کف بر حسب متر

۲- سه درصد بزرگترین نیروی محوری ضربدار ستون یا دیوار در تراز موردنظر تحت اثر بارهای متعارف

ن: کلاف‌های قائم باید دارای مقاومت کششی مساوی بزرگترین نیروی قائم ضربدار ناشی از بار قائم هر یک از طبقات تحت ترکیب‌های بارگذاری عادی باشند.
برای محاسبه مقاومت طرح کلاف‌ها، ضریب کاهش مقاومت $\phi = 0.75$ منظور می‌شود. کلاف‌ها باید بطور کامل وصله شده و به انتها بطور کامل مهار شوند.

۲۱-۶-۵- روش مستقیم - روش مسطح جابجایی

در این روش برای انجام کار باید ستون‌های محصور در منطقه مورد نظر، در هر ستایه، دیوار، باربر یا ستونی به صورت آبی در نقطه‌ای از سازه حذف شده و سازه پسمانده برای ترکیب‌های بارگذاری خاص همراه با ضرایب افزایش مقاومت تحلیل می‌شود. برای تحلیل سازه پسمانده باقیمانده می‌توان از روش‌های ارتجاعی و یا غیرارتجاعی استفاده نمود. در این بخش فقط روش ارتجاعی مدنظر قرار می‌گیرد.

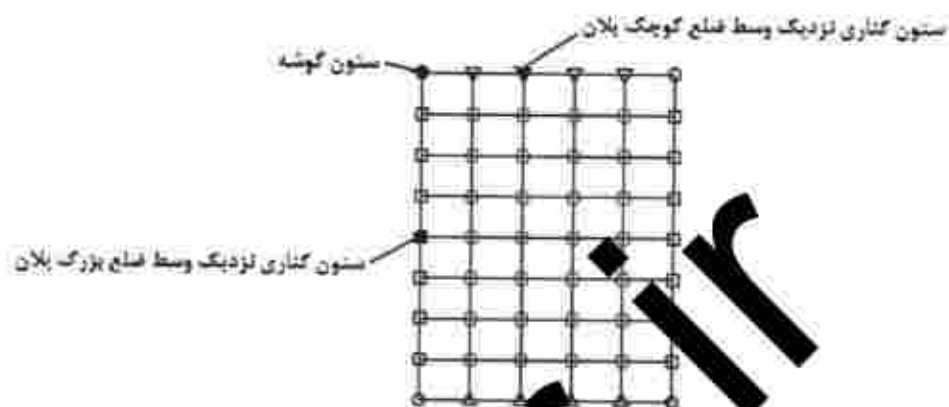
۱- ستون‌های خارجی که باید حذف شوند در نزدیکی وسط ضلع کوچک ساختمان، نزدیک وسط ضلع بزرگ ساختمان، و گوشه‌های ساختمان انتخاب می‌شوند (شکل ۲۱-۶-۳). برای هر یک از ستون‌هایی که در پلان حذف میشوند، پایداری سازه مورد نظر، باید با حذف ستون در طبقات زیر مورد بررسی قرار گیرد:

- طبقه اول بالای تراز پایه

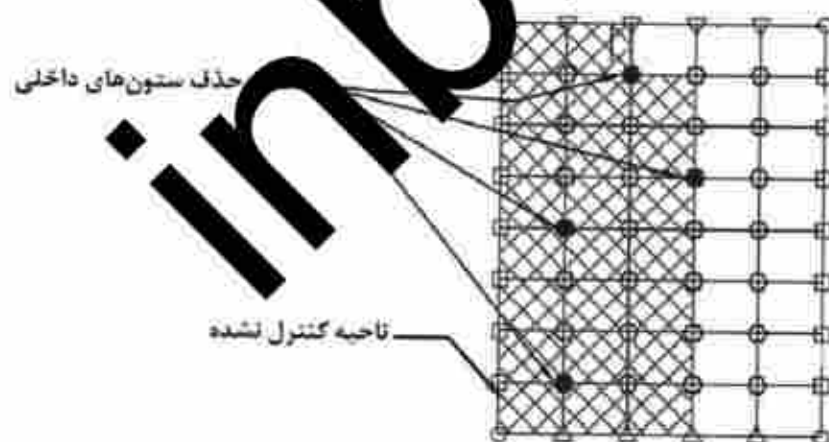
- طبقه در ارتفاع میانی

برای ساختمان‌هایی که دارای پارکینگ در زیرزمین و یا نواحی کنترل نشده می‌باشند، انتخاب یک ستون داخلی نیز لازم است. ستون‌های داخلی در نزدیکی وسط ضلع کوچک ساختمان، نزدیک وسط ضلع بزرگ ساختمان و گوشه نواحی کنترل نشده باید حذف شوند (شکل ۲۱-۶-۴).

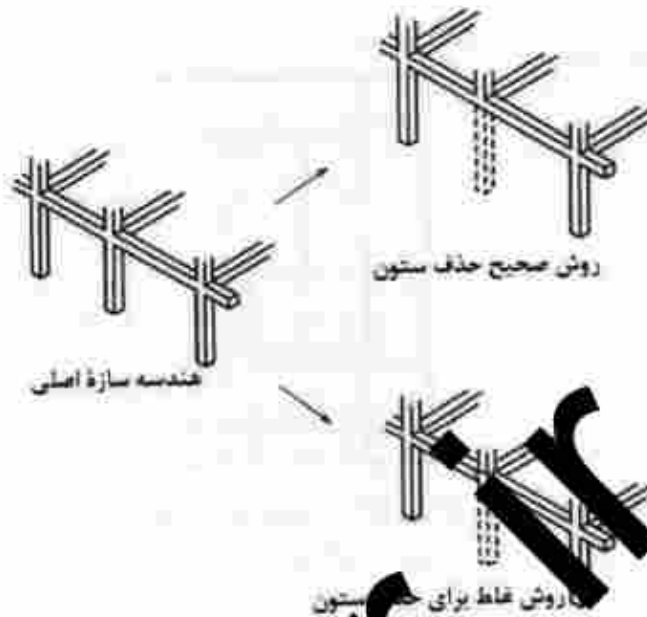
مطابق شکل ۲۱-۶-۵، ستون از زیر اتصال در تراز وجه تحتانی تیر حذف می‌شود. مطالب ارائه شده جنبه توصیه کلی دارد و هدف تعیین بحرانی‌ترین ستون برای حذف است. در این خصوص قضاوت مهندسی نیز لازم است.



شکل ۲۱-۶-۳- موقعیت ستون‌های خارجی برای تحلیل اتهدام پیش‌رونده باید حذف شوند.



شکل ۲۱-۶-۲- موقعیت ستون‌های داخلی که برای تحلیل اتهدام پیش‌رونده باید در طبقه بارکینگ حذف شوند.



شکل ۶-۲-۵- روش صحیح و غلط حذف ستون

۲- دیوارهای باربر خارجی که باید حذف شود در نزدیکی ضلع کوچک ساختمان، نزدیک وسط ضلع بزرگ ساختمان و گوشه‌های ساختمان حذف می‌شوند (شکل ۶-۲۱-۶). برای هر یک از دیوارهایی که در پلان حذف می‌شود، برداری باید مورد نظر، باید با حذف دیوار در طبقات زیر مورد بررسی قرار گیرد:

- طبقه اول بالای تراز پایه

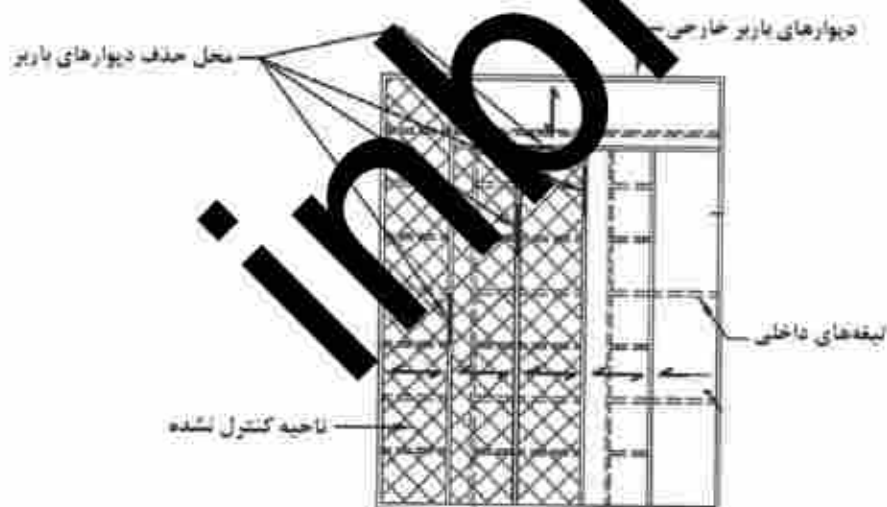
- طبقه در ارتفاع میانی

برای هر دیوار، طولی معادل دو برابر ارتفاع مفید طبقه باید حذف شود. گوشه‌های ساختمان نیز که محل تقاطع دو دیوار باربر می‌باشند، طولی برابر با ارتفاع مفید طبقه در هر جهت از دیوار حذف می‌شود.

در ساختمان‌هایی که دارای پارکینگ‌های زیرزمینی و یا نواحی کنترل نشده هستند، دیوارهای باربر داخلی در نزدیکی وسط ضلع کوچک ساختمان، نزدیک وسط ضلع بزرگ ساختمان و گوشه نواحی کنترل نشده باید حذف شوند (شکل ۶-۲۱-۷).



شکل ۶-۲۱-۶- موقعیت دیوارهای باربر خارجی که برای تحلیل اتهدام پیش‌رونده باید حذف شوند.



شکل ۶-۲۱-۷- موقعیت دیوارهای باربر داخلی که برای تحلیل اتهدام پیش‌رونده باید حذف شوند.

۳- بارهای مرده برای منظور کردن اثر ضربه ناشی از انفجار باید در ضریب ضربه ضریب شوند. با توجه به عدم احتمال حضور تمام بار زنده، ضریب کوچکتر از واحدی برای آن منظور می‌شود. برای تحلیل استاتیکی ارتجاعي، ترکیب بار ثقلی زیر در روش مسیر جایگزین منظور می‌شود:

$$(3-6-21) \quad (DL + 0.75LL) \times 2$$

که در آن:

DL = بار مرده

LL = بار زنده

۴- به منظور تعیین ظرفیت نهایی اعضا، مقاومت مصالح (شامل بتن و فولاد) ۲۵ درصد افزایش داده می‌شوند. این روش به علت تاثیر سریع بارگذاری است. ضرایب کاهش ظرفیت ϕ نیز مساوی ۱ فرض می‌شود.

۵- بعد از تحلیل سازه، ضریب اطمینان تحت ترکیب بارگذاری بند ۳ به روش استاتیکی با منظور کردن اثر $P-\Delta$ ، نسبت تقاضای ظرفیت (DCR) برای نیروهای داخلی (شامل لنگر خمشی، نیروی محوری، نیروی برشی و با لنگر پیوسته) برای تک تک اعضا تعیین می‌گردد:

$$DCR = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \quad (4-6-21)$$

Q_{UD} = نیروی داخلی در سازه، ضریب تحت ترکیب بارگذاری بند ۳

Q_{CE} = ظرفیت نهایی بدون ضریب اطمینان

اگر نسبت DCR برای عضوی بیش از ۱ باشد، احتمالاً سازه در آن عضو آسیب می‌بیند و برای ساختمان‌ها با پلان پیچیده شود، آن عضو قابل پذیرش نبوده و باید بر خرابی آن است و باید تقویت گردد.

۶- میزان انهدام‌های ناشی از حذف ستون، باید به کوچکترین سه بار زیر توجه شود:

الف: دهانه‌هایی که بطور مستقیم به ستون حذف شده مربوط می‌شوند.

ب: ۱۶۵ مترمربع از سقفی که بطور مستقیم روی ستون خارجی حذف شده قرار دارد.

پ: ۳۳۰ مترمربع از سقفی که بطور مستقیم روی ستون داخلی حذف شده قرار دارد.

۲۱-۶-۶- روش مستقیم - روش ظرفیت ویژه

در بعضی از مواقع، بطور مثال در ستون‌های گوشه، احتمال انهدام پیش‌رونده پس از حذف ستون زیاد است. در این موارد راه حل منطقی می‌تواند مقاوم‌سازی ستون گوشه در مقابل انفجار مطابق اصول مشروحه در فصل‌های ۳ تا ۵ این مجموعه باشد.

inbr.ir

۲۱-۷- ملاحظات تأسیسات برقی و مکانیکی

۲۱-۷-۱- کلیات

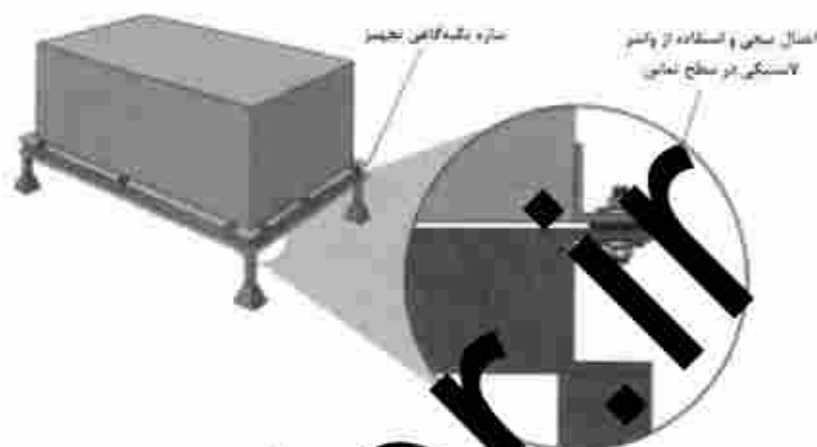
۲۱-۷-۱-۱- حوزه شمول: فصل مطابق جدول ۲۱-۱-۲-الف می باشد.

۲۱-۷-۱-۲- مهندس تأسیسات ساختمان، علاوه بر رعایت الزامات مندرج در سایر مباحث مرتبط، برای کاهش آسیب پذیری تأسیسات در پیامدهای انفجار و ادامه عملکرد، باید اصول پدافند غیرعامل زیر را نیز مدنظر قرار دهد:

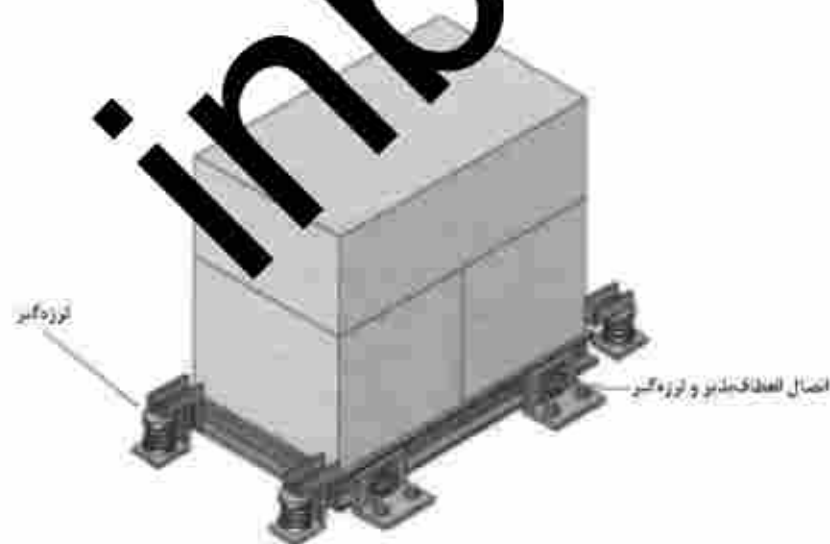
- الف- مولاری سازی^۵: تعداد و جداگانه سازی^۵ تأسیساتی با هم پوشانی مناسب.
 - ب- مکان یابی: نصب تجهیزات تأسیسات در مکان های ایمن تر.
 - پ- پراکندگی: قرار دادن تأسیسات بری ساخته شده در مکان های جداگانه و یا دور از هم.
 - ت- استحکام: استفاده از تجهیزات مقاوم تر نسبت به نصب آن در مکان های ایمن.
 - ث- نصب پایدار: نصب متناسب تأسیسات به گونه ای که امکان به هم چسبیدن و یا انعطاف پذیری.
 - ج- مرمت پذیری: تعمیرپذیری سریع و یا قابلیت جایگزینی اجزای، برای استمرار فعالیت.
- ۲۱-۷-۱-۳- تأسیسات ساختمانی به لحاظ خطرآفرینی و دسترسی کمتر تا برخطر، تقسیم می شوند. تأسیسات پرخطر به تأسیساتی اطلاق می شود که خرابی آن منجر به ایجاد خطرات ثانویه (مانند نشت گازهای سمی و انفجارهای مجدد) گردد، ولی در تأسیسات کم خطر، خرابی و از کار افتادگی تجهیز، تنها منجر به از بین رفتن عملکرد آن تجهیز می شود. به منظور کاهش آسیب پذیری در پیامدهای انفجار، باید از تأسیسات پرخطر کمتر استفاده شود، در غیر این صورت، تمهیدات لازم برای جلوگیری از خطرات ثانویه و همچنین استقرار در فضاهای ایمن صورت گیرد.
- ۲۱-۷-۱-۴- اتصال تجهیزات به سازه تکیه گاهی، باید براساس حداقل های اشاره شده در بند ۴-۶-۲۱-۲۱-۱-۴- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و بر مبنای خطر لرزه خیزی خیلی زیاد ($A = 0.35$) طراحی شود (شکل های ۲۱-۷-۱ و ۲۱-۷-۲).

۵- توجه شود که مولاری سازی به معنای دو برابر کردن ظرفیت ها نیست. میزان هم پوشانی با توجه به مطالعات مهندسی تعیین می شود و حداکثر آن ۱۰ درصد مقرر می شود.

۲۱-۷-۱-۵- ظرفیت تحمل تجهیز در مقابل ضربه و ارتعاش معمولاً بر حسب حد شکستگی (پیشینه شتاب تحمل شده با حفظ قابلیت استفاده)، بیان می‌شود. اکثر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی تجاری می‌توانند ۳ برابر و تجهیزات شکننده (مانند لوازم الکترونیکی)، حدود ۱/۵ برابر شتاب ثقل را تحمل کنند. جدول ۱-۷-۲۱ میزان تحمل شتاب تجهیزات مختلف را ارائه می‌دهد.



شکل ۲۱-۷-۱- نمونه اتصال تجهیز به ستاره تکیه‌گاهی



شکل ۲۱-۷-۲- اتصال تجهیز با استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر و لرزه‌گیر

جدول ۷-۲۱-۱- میزان تحمل شتاب تجهیزات مختلف

نوع تجهیز	شتاب (g)	
	بدون ایجاد آسیب	ایجاد حداقل آسیب
پمپ‌ها یا توان تا ۱۰۰ اسب بخار	۴/۵	۸
تابلوهای کنترل و تابلوهای برقی	۳/۵	۸
فن‌ها یا توان تا ۱۰۰ اسب بخار	۴	۹
لوله‌های فولادی جوش شده (با حداکثر قطر ۱۸ اینچ)	۴	۸
هواکش‌ها	۴/۵	۱۰
کانال‌های فولادی	۴/۵	۹
موتورهای کنترل	۳	—
مصابیح برقی و گرمایی	۳	—
سیلن‌های دکل (تا ۳۶ اینچ)	۴/۵	۸
چیلرهای گرمایش مرکزی	۴	—
چیلرهای جذبی	۴/۵	—
چیلرهای پیچشی	—	—
چیلرهای تراکمی هواخنک	۳/۵	—
بویلرها	۱/۵	—

۷-۲۱-۱-۶- با توجه به اصل هزینه- فایده در پدافند غیرعامل، این فضاها مقاوم در برابر اثرات انفجار برای نصب و عبور تجهیزات و تأسیسات (مانند موتورخانه، اتاق برق، اتاق هوا ساز و رایزرها)، با هدف حفاظت جانی، استمرار عملکرد و حفظ دارایی، ضرورت دارد.

۷-۲۱-۱-۷- ایجاد اتاق مرکز کنترل و مدیریت ساختمان (و بخران)، بنا رعایت الزامات بخش ۷-۲۱-۵، الزامی است. در این اتاق تجهیزات آشکارسازی و اعلام دود و حریق، مدیریت سامانه تخلیه دود، مدیریت سامانه آتش‌نشانی، نمایشگرهای تردد افراد و سامانه ارتباطات اضطراری (مانند آتش‌نشانی، امنیتی و ...) قرار می‌گیرند.

۲-۷-۲۱- ملاحظات تأسیسات مکانیکی

۲-۷-۲۱-۱- مقررات کلی

انفجار دارای اثری نظیر موج، حرارت، ترکش اولیه و ثانویه، آوار، گرد و غبار، دود و آلودگی ناشی از انتشار گازهای مختلف (از جمله متواکسیدکربن) است. این پدیده‌ها (بر اساس نوع و فاصله محل انفجار) بر تأسیسات مکانیکی و عملکرد آن‌ها تأثیرگذار بوده و باید تمهیدات لازم برای حفاظت، کاهش آسیب‌پذیری و استمرار فعالیت آن‌ها تا حد امکان، در نظر گرفته شوند. بدین‌رو تأسیسات باید در مکان‌هایی تعبیه شوند که در درجه اول آسیب نبینند (به‌ویژه در ساختمان‌های گروه ۱) و در صورت آسیب‌پذیری، مرتع‌پذیر باشند و در نهایت، تلفات جانی بر اثر آسیب‌پذیری و تخریب تأسیسات، کاهش یابد.

۲-۷-۲۱-۱-۱- مکان‌های ورودی تأسیسات، به ویژه بازشوهای ورود (و خروج هوا) باید خارج از حرم آوار (جرم ۲۱-۳-۱) قرار گیرند، در غیر این صورت، تمهیدات لازم برای ایمنی آنها اتخاذ شود.

۲-۷-۲۱-۲-۱- برای کسینی گرد و غبار و تخلیه سریع آن‌ها و دود ناشی از آتش‌سوزی، همچنین جابجایی هوای سالم، باید تجهیزات تعبیه شود وجود چنین تأسیساتی، علاوه بر کاهش خفگی افراد، امدادرسالی به آسیب‌دگان را تسهیل می‌بخشد.

۲-۷-۲۱-۳-۱- محل تأسیسات تا حد امکان باید با ساختمان اصلی جدا باشد.

۲-۷-۲۱-۴-۱- مکان‌هایی که تجهیزات تأسیسات بر روی برق اضطراری (مانند مولدهای برق اضطراری)، لوله‌های قائم شبکه بارنده و آتش‌نشانی سامانه اعلام، برق، شبکه تخلیه گرد و غبار و دود، تأسیسات پرخطر (مثل مخزن سوخت) و دودکش‌ها قرار می‌گیرند، باید با دیوارها و سقف‌های ایمن محافظت شوند (رعایت اصل استحکام).

۲-۷-۲۱-۵-۱- عبور کانال‌ها، لوله‌های تأسیساتی و دودکش‌ها در دیوارهای خارجی و یا نمای ساختمان‌ها، مجاز نمی‌باشد، در غیر این صورت، معبر (کانال) آن‌ها، باید در برابر فشار بازتاب‌یافته (۲۱-۳-۳)، مقاوم باشد.

۲-۷-۲۱-۶-۱- تجهیزات تأسیساتی، لوله‌ها و کانال‌های روی پشت‌بام، باید در برابر پیامدهای انفجار و یا دستکاری افراد، محافظت شوند.

۲-۷-۲۱-۷-۱- عایق حرارتی کانال‌ها و لوله‌ها، باید از مواد و مصالح غیرقابل اشتعال باشند و عایق لوله‌های سرد و گرم نباید جاذب رطوبت باشند.

۷-۲۱-۱-۸- در ورودی و خروجی هوا، باید تمهیدات ایمنی در برابر پیامدهای انفجار (مانند دمپر ضد انفجار)، اتخاذ گردد.

۷-۲۱-۱-۹- در کانال‌های مستقیم هوا در قواصل لازم و محل اتصال آن‌ها به دستگاه، باید از اتصالات و یا قطعات لاستیکی مقاوم و نسوز (مانند لاستیک‌های ساخته شده از ترکیبات موادی مانند EPDM و NBR-PVC و یا مواد سیلیکونی) استفاده شود.

۷-۲۱-۱-۱۰- در صورت عبور لوله و کانال هوا از درز انبساط یا انقطاع ساختمان، باید از حلقه انبساط، لرزه گیر و یا اتصالات خرطوم‌ی با انعطاف پذیری سه محوره (متناسب با تغییر مکان‌های سازه)، استفاده گردد.

۷-۲۱-۱-۱۱- سامانه‌های تهویه مکانیکی باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که در صورت بروز آتش‌سوزی، حالت اضطراری، باید به سرعت در برابر آتش‌سوزی نیز سریعاً قابل قطع باشند. در صورت بروز آتش‌سوزی، هواکش‌ها نیز باید به سرعت به حالت ایمنی درآیند. برای جلوگیری از بروز فشار منفی در هنگام قطع سامانه‌ها، از دمپرهای کنترل استفاده شود. هیچ است این دستگاه‌ها خاموش نشوند، بلکه باید تحت کنترل سامانه مدیریت تخلیه دود قرار گیرد.

۷-۲۱-۱-۱۲- در زمان بحران، فشار هوا را باید به گونه‌ای تنظیم کرد که برای تأمین هوای مناسب در هنگام خروج اضطراری افراد، تمهیدات لازم اتخاذ شود.

۷-۲۱-۱-۱۳- تأسیسات ساختمان تهویه باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که در صورت بروز آتش‌سوزی، باید دارای نقشه و علائم راهنما بوده در محل‌های مناسب قابل مشاهده باشد.

۷-۲۱-۱-۱۴- اجرای لوله‌های اصلی به صورت آویز از سقف طبقات تهویه در استرسی و فضاهای عمومی مجاز نیست.

۷-۲۱-۱-۱۵- ایجاد فضای هواپند و درزبندی ورودی‌های ساختمان، الزامی است.

۷-۲۱-۱-۱۶- مهندس تأسیسات باید با هماهنگی طراح معماری و مهندس سازه، نسبت به اجرای بند ۷-۲۱-۱-۶ و جزءهای ۷-۲۱-۱-۴، ۵، ۸ و ۱۴ اقدام نماید.

۷-۲۱-۲- سامانه‌ی تهویه و تخلیه هوا

سامانه‌ی تهویه، هوای تازه مورد نیاز را تأمین نموده و آلودگی‌ها را به حد مجاز، کاهش می‌دهد. در طراحی، اجرا و نگهداری این سامانه، باید علاوه بر رعایت الزامات مبحث چهاردهم (تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع)، موارد زیر نیز مدنظر قرار گیرد:

۲۱-۷-۲-۲-۱- سامانه‌های تهویه ساختمانی، برای بهره‌برداری پایدار طراحی شوند.
۲۱-۷-۲-۲-۲- کانال‌های هوا، باید در محل‌های عبور از دیوار و نصب به دستگاه دارای انعطاف‌پذیری باشند.

۲۱-۷-۲-۲-۳- از اتصالات قابل انعطاف، لوله‌گیرها، اتصالات خرطومی و جاذب تکانه در آویزها و نگهدارنده‌های کابل‌ها در محل‌های با احتمال برخورد موج انفجار استفاده شود.
۲۱-۷-۲-۲-۴- برای جلوگیری از اثرات پالس الکترومغناطیس، تمهیدات مکمل باید اتخاذ شود.

۲۱-۷-۲-۳- سامانه‌های سرمایش و گرمایش

در کاربرد سامانه‌های سرمایش و گرمایش، علاوه بر رعایت الزامات مبحث چهاردهم (تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع) موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:

۲۱-۷-۲-۳-۱- در ساختمان‌های گروه ۱، باید از یکارگیری سامانه‌های تبرید با احتمال نشت بنالا و یا تبریدی دارای کویل مستقیم (و مانند آن) خودداری گردد. در صورت استفاده از میرد کم‌خطر از نظر اشتعال‌پذیری و نسبی بودن، استفاده از سامانه‌های تبریدی دارای کویل مستقیم مجاز می‌باشد. این امر برای ساختمان‌های گروه ۲ مورد تأکید می‌باشد.

۲۱-۷-۲-۳-۲- در سایر ساختمان‌ها، در صورت کاربرد سامانه‌های اشاره شده در بند ۲۱-۷-۲-۳-۱، هنگام اختطار حریق، هوای باید گازها را به بیرون خارج می‌کند. میرد داخل آن‌ها در فضای بیرونی تخلیه شوند.

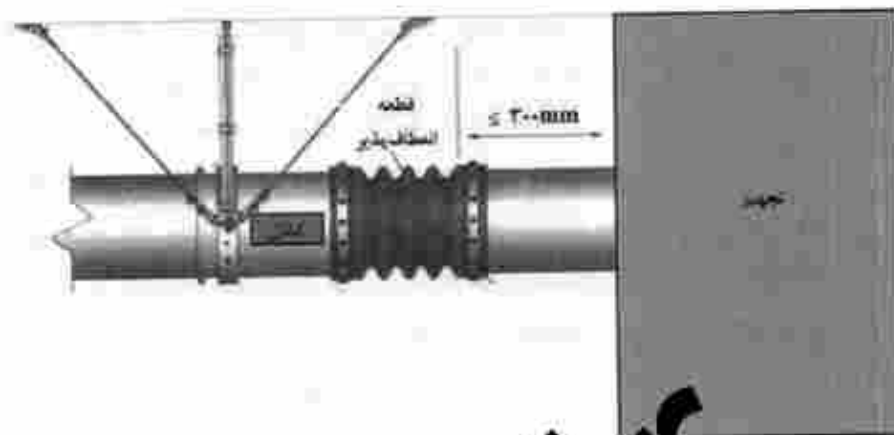
۲۱-۷-۲-۳-۳- استفاده از دستگاه‌های گرمایش و سرمایش (به‌خصوص وسایل حرارتی با سوخت گاز، مایع و جامد) مجاز نبوده و نصب بخارگرفتگی فقط با رعایت الزامات مبحث چهاردهم مجاز می‌باشد.

۲۱-۷-۲-۳-۴- استفاده از سامانه‌های تهویه مطبوع (مانند کولر) مجاز می‌باشد.

۲۱-۷-۲-۳-۵- تاحداً امکان، از سامانه‌های دارای شبکه لوله‌کشی سیال حامل انرژی (مانند فن‌کویل)، استفاده نشود.

۲۱-۷-۲-۳-۶- در صورت یکارگیری فن‌کویل، اجرای لوله‌ها از کوتاه‌ترین مسیر صورت گیرد. هم‌چنین از اجرای دریچه هوای تازه در دیوار خارجی پشت فن‌کویل خودداری شده و هوای تازه از طریق هوارسانی مرکزی و فیلتراسیون تأمین گردد.

۲۱-۷-۲-۳-۷- لوله‌ها و کانال‌ها باید دارای اتصالات انعطاف‌پذیر سه‌محوره (متناسب با تغییر مکان‌های تازه) و قطعه اتبساطی در محل نصب دستگاه‌ها و محل عبور آن‌ها از دیوارها باشند (شکل ۲۱-۷-۳).



شکل ۱-۳-۱ اتصال انعطاف پذیر کانال در محل نصب دستگاه

۷-۲۱-۳-۲-۸- بست، اتصال و تکیه گاه لوله های کانال ها و دودکش ها نباید کاملاً صلب باشند و در موارد لازم، با اجرای تمهیدات مناسب، قابلیت انعطاف و جابجایی در اثر تکان ناشی از انفجار را داشته باشند.

۷-۲۱-۳-۲-۹- با رعایت مفاد میحت چهاردهم است، لوله های ترموپلاستیک مجاز و دارای عایق غیر قابل اشتعال (به استثنای سامانه های ندهی خود را) بجای لوله های فولادی سیاه استفاده شود.

۷-۲۱-۳-۲-۱۰- از لوله های فولادی بی درز (برای شرایط دما و تحمل فشار فیزیکی) مطابق میحت چهاردهم استفاده شود.

۷-۲۱-۳-۲-۱۱- لازم است موتورخانه، اتاق هواساز و سایر تجهیزات مهم مکانیکی مقاوم در برابر پیامدهای انفجار، قرار گیرند، به طور کلی موتورخانه ها تا حد امکان، خارج از ساختمان چلغایی شوند.

۷-۲۱-۳-۲-۱۲- از دو یا چند تجهیز (مانند دیگ حرارتی، چیلر، پمپ، برج های خنک کننده)، با هم پوشانی کافی (رعایت اصل پراکندگی)، استفاده شود.

۷-۲۱-۳-۲-۱۳- تجهیزاتی مانند پمپ ها و مخازن بصورت افقی و روی گف نصب شوند.

۷-۲۱-۳-۲-۱۴- مشعل های حرارتی موتورخانه ها باید دوگانه سوز باشند.

۲۱-۷-۳-۲-۱۵- گنجایش مخازن ذخیره‌سازی سوخت مایع، با رعایت اصل موازی‌سازی، باید متناسب با پیش بینی شرایط بحران و مصرف دست‌کم سه شبانه‌روز باشد این مخازن باید در فاصله ایمن نسبت به فضاهای مهم و موتورخانه دفن شوند.

۲۱-۷-۳-۲-۱۶- از سامانه‌ها و تجهیزات تأسیساتی مرمت‌پذیر استفاده شود.

۲۱-۷-۳-۲-۱۷- محل نصب تجهیزات جانبی موتورخانه (مانند مخزن انبساط، باز، برج خنک‌کننده، چگالنده -کندانسور- هوایی)، باید در برابر پیامدهای انفجار ایمنی لازم را داشته باشد.

۲۱-۷-۳-۲-۱۸- سامانه مدیریت هوشمند تأسیسات ساختمان، با رعایت الزامات امنیتی، توسط شرکت‌های داخلی و وابستگی به بیگانه، با رعایت الزامات مبحث سیزدهم، طراحی و اجرا شود.

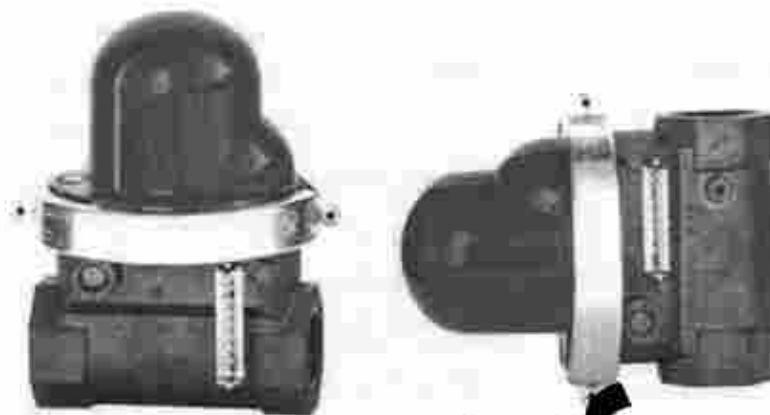
۲۱-۷-۳-۲-۱۹- بررسی

طراحی و لوله‌کشی و طبیعی در ساختمان، نصب وسایل گازسوز و نصب دودکش‌ها، علاوه بر الزامات مبحث هفدهم (لوله‌کشی گاز طبیعی ساختمان‌ها)، موارد زیر را باید برآورده نماید:

۲۱-۷-۳-۲-۲۰-۱- اجرای شبکه گاز در محل ساختمان مجاز نمی‌باشد. این ممنوعیت شامل موتورخانه و آشپزخانه‌ی رستوران مرکزی و بخش‌های مرکزی نمی‌شود.

۲۱-۷-۳-۲-۲۱-۲- نصب شیر خودکار قطع گاز حساس مقابل زلزله و تکانه‌های ناشی از انفجار در نقطه ایمن ورودی ساختمان، الزامی است.

۲۱-۷-۳-۲-۲۲-۳- نصب شیر خودکار قطع جریان گاز اضافی (برای جلوگیری از عبور بیش از حد گاز)، الزامی است.



شکل ۲۱-۷-۴ شیر قطع جریان گاز حساس در مقابل زلزله قائم و افقی معمولی



شکل ۲۱-۷-۵ شیر خودکار قطع جریان گاز حساس در مقابل زلزله قائم و افقی فلنجی

۲۱-۷-۲-۴-۴- استفاده از وسایل ایمنی مضاعف مانند گاز یاب (آشکارساز طبیعی)، آشکارساز متواکسید کربن و کنترل وجود اکسیژن (در موتورخانه، آشپزخانه مرکزی و فضاهای امن)، الزامی است.

۲۱-۷-۲-۴-۵- شیر قطع سریع گاز دارای علامت راهنما و قابل دسترس افراد عجز، در ورودی‌های محوطه و ساختمان باید نصب شود و تمهیدات فنی لازم برای تخلیه اضطراری گاز موجود در لوله‌ها به فضای باز و ایمن، اتخاذ شود.

۲۱-۷-۲-۴-۶- واریسی سلامت لوله‌های گاز طبیعی، دستگاه‌های گازسوز و دودکش‌ها، پس از هر انفجار آسیب‌زا، الزامی است.

۲۱-۷-۲-۵- تأسیسات آبرسانی

در طراحی، اجرا و سایر کارهای تأسیسات آبرسانی، علاوه بر رعایت الزامات مبحث شانزدهم (تأسیسات بهداشتی)، باید موارد زیر مدنظر باشند:

۲۱-۷-۲-۵-۱- ذخیره‌سازی آب مصرفی بهداشتی، دست‌کم به میزان نیاز سه روز و متناسب با پیش‌بینی شرایط بحران صورت گیرد.

۲۱-۷-۲-۵-۲- مخازن آب ذخیره در فضای ایمن قرار گیرند.

۲۱-۷-۲-۵-۳- آب حداقلی بهداشتی، در زمان بحران، از طریق رایزر جداگانه و انتعاب کم‌آیده، مجهز به پمپ جایگزین متصل به برق اضطراری تأمین گردد.

۲۱-۷-۲-۵-۴- استفاده از لوله‌های چندلایه (تا قطر موجود) و با رعایت ضوابط مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان، توصیه می‌شود.

۲۱-۷-۲-۵-۵- در سازه‌های فولادی، استفاده از اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها، شلنگ‌های خرطومی، اتصالات آکاردئونی مقاوم در برابر آتش یا حلقه‌های انبساطی در لوله‌های افقی طولی و در محل تنگی لوله‌ها با دیواره‌های اصلی لازم است (شکل ۲۱-۷-۶).



شکل ۲۱-۷-۶- استفاده از حلقه‌های انبساطی در لوله‌های آبرسانی فولادی

۲۱-۷-۲-۵-۶- تغذیه شبکه آبرسانی بهداشتی از دو سمت جداگانه ساختمان انجام شده و بوسیله شیرآلات در هر طبقه به یکدیگر متصل شوند.

۷-۲-۷-۲۱-۵-۷- شیرالات قطع سریع مجهز به ضربه قوچ گیر در ورودی و رایزرهای اصلی شبکه آبرسانی ساختمان نصب گردد.

۷-۲-۷-۲۱-۵-۸- ذخیره سازی و نگهداری آب آشامیدنی به صورت ایمن و یا بستهبندی توصیه می شود.

۷-۲-۷-۲۱-۶- تأسیسات فاضلاب

در طراحی، انتخاب مصالح، اجرا و نگهداری تأسیسات فاضلاب، باید علاوه بر رعایت الزامات مندرج در مبحث شانزدهم (تأسیسات بهداشتی)، موارد زیر نیز لحاظ شوند:

۷-۲-۷-۲۱-۶-۱- در صورت وجود فضای امن و یا پناهگاه در پایین ترین طبقه ساختمان، پیش بینی تمهیدات تخلیه سریع پیش از جریان لوله های پساب و فاضلاب (در موارد شکستگی، واژگونی و جاری شدن یکباره محتویات لوله های رایزرها و مخازن آب در پیامد انفجار)، یا اجرای چاله آب جمع کن و یا کفشی تعدادی در مناسب ضروری است.

۷-۲-۷-۲۱-۶-۲- تمهیدات لازم برای تخلیه آب حاصل از شکست لوله ها و جمع شده بر اثر اطفاء حریق در طراحی و اجرای تأسیسات فاضلاب، اندیشیده شود.

۷-۲-۷-۲۱-۶-۳- سامانه ی لوله کشی فاضلاب، بروه به طریقت و تکیه گاه های کافی، باید دارای انعطاف پذیری لازم در مقابل تغییر شکل ناشی از فشار حاصل از انفجار باشد.

۷-۲-۷-۲۱-۶-۴- لوله های افقی فاضلاب آب باران و هواکش فلاب در زیر سقف فضاهای مهم نصب نشوند.

۷-۲-۷-۲۱-۶-۵- شیر یکطرفه خروجی فاضلاب ساختمان ها جهت جلوگیری از برگشت فاضلاب تعبیه شود.

۷-۲-۷-۲۱-۷- تأسیسات آتش نشانی

برای محافظت در برابر آتش در هنگام حریق و مباحث مرتبط با اطفاء حریق، علاوه بر الزامات مبحث سوم (حفاظت ساختمان ها در مقابل حریق)، موارد زیر باید لحاظ شوند:

۷-۲-۷-۲۱-۷-۱- استفاده از آشکارسازهای حساس به دود و حرارت و سامانه هشدار و اعلام حریق و شبکه بارنده خودکار الزامی است.

۷-۲-۷-۲۱-۷-۲- اجرای رایزرهای مرطوب و خشک و جعبه آتش نشانی ضروری می باشد.

۲۱-۷-۲-۳-۷-۳- نصب اتصالات قابل انعطاف، لرزه گیرها، لوله های قابل انحناء و یا شیلنگ های خرطومى مقاوم در برابر آتش، در لوله های افقى آتش نشانی طویل و محل گذر از دیوارهای اصلی لازم است.

۲۱-۷-۲-۴-۷-۴- رعایت موارد زیر الزامی است:

- الف- تغذیه شبکه های خشک و مرطوب آتش نشانی از دو یا چند سامانه و مسیر جداگانه.
- ب- تغذیه شبکه آتش نشانی ساختمان از آب شهری، علاوه بر وجود آب ذخیره کافى مجهز به پمپاژ.
- ج- نصب پمپ های جایگزین (رزرو) برقى و دیزلى.
- د- تغذیه پمپ های اصلی و جایگزین از نیروى برق اضطرارى.
- ه- تامین فشار ثقلی شبکه آتش نشانی در صورت امکان.
- و- آموزش و تمرین کارکنان و یا ساکنان برای امداد، نجات و استفاده از تجهیزات آتش نشانی.

۲۱-۷-۲-۷-۳-۷- محل نصب کیپول های آتش نشانی به گونه ای انتخاب شود که کیپول ها در اثر برخورد موج انفجار، آسیب نبینند. اثت آسیب جانی نشوند (مانند نصب در حفره های داخل دیوارها).

۲۱-۷-۲-۷-۴-۷- نقشه و علائم راهنما و هشدار در تعیین محل کیپول و جعبه آتش نشانی و خروج اضطرارى در فضاهای عمومى و راه ها باید نصب شود.

۲۱-۷-۲-۸-۷-۲- زیرساخت های تأسیساتى

۲۱-۷-۲-۸-۱-۷-۲-۱- زیرساخت ها و تأسیسات محوطه، باید پس از یک بار کنترل داشته باشند.

۲۱-۷-۲-۸-۲-۷-۲-۱- تامین حداقل دو انتعاب جیرانى، قابل کنترل و با فاصله مناسب از یکدیگر، الزامی است.

۲۱-۷-۲-۸-۳-۷-۲-۱- زیرساخت ها و تأسیسات اصلی محوطه ساختمان باید بصورت مدفون در کنال آذمروى مقاوم، با رعایت الزامات بند ۲۱-۷-۲-۲-۴-۱۰، قرار گیرند.

۲۱-۷-۲-۸-۴-۷-۲-۱- تأسیسات پرخطر (مانند تأسیسات گازرسانى و مخازن سوخت - موضوع بند ۲۱-۷-۲-۳-۵-۱) در حریم آوارمجاز نیست.

۲۱-۷-۲-۸-۵-۷-۲-۱- تأسیسات پرخطر در محوطه، باید دست کم به میزان ۱/۵ برابر شعاع اثرگذاری انفجار آن ها، از ساختمان فاصله داشته باشند. در غیر این صورت باید بنا معماری مناسب و سازه مقاوم، پیاندهای انفجار آن ها محدود شوند.

۷-۲۱-۲-۸-۶- در صورت الزام هم‌جواری تأسیسات برخط، باید با معماری مناسب و اتخاذ تمهیدات لازم، پیامدهای انفجار هریک به خود محدود شوند.

۷-۲۱-۲-۸-۷- نصب مخازن اکسیژن مایع در محوطه یا فضاهای محصور (به خصوص فضاهای بیمارستانی)، باید با حفظ ضوابط ایمنی مربوطه صورت پذیرد.

۷-۲۱-۲-۸-۸- نصب شیرهای آتش‌نشانی در محوطه، مطابق با ضوابط سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی الزامی است.

۷-۲۱-۲-۸-۹- برای تسهیل امداد و نجات در بحران، باید تأسیسات موردنیاز (نظیر آب، آب‌گرم، برق و تلفن) در محوطه ساختمان‌ها تأحداً امکان پیش‌بینی شود.

۷-۲۱-۳- ملاحظات تأسیسات برقی

از دیدگاه پدافندی، سیمه تأسیسات برقی ساختمان علاوه بر تأمین انرژی پایدار و مطمئن، شامل سامانه‌های مخابراتی، اطلاع‌رسانی، بایش، اعلام و شبکه‌های رایانه‌ای نیز می‌باشد. با توجه به جایگاه ویژه تأسیسات برقی ساختمان در کارآمدی، ایمنی و استمرار فعالیت در ساختمان، رعایت اصول پدافند غیرعامل در طراحی و اجرای تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی ضروری می‌باشد. در این راستا اجتناب از نصب این تجهیزات در مناطق پرخطر، احتمال از دسترس خارج شدن آن‌ها را کاهش دهد. از سوی دیگر نگرش چندرزی این تجهیزات در طراحی‌ها، می‌تواند به عنوان مناسب‌ترین گزینه در حفظ ارتباطات و امنیت‌های الکتریکی ساختمان مطرح گردد.

از نظر سازه‌ای، دیوارها و کف‌هایی که در مجاورت تجهیزات برقی تأسیسات برقی قرار دارند باید از عناصر سازه‌ای مقاوم ساخته شده باشند. تقویت سازه مسیر کابل و تغذیه اصلی مربوط به برق عادی (ترمال)، اضطراری، برق بدون وقفه (در صورت استفاده از این سازه) به سازه مرکزی و یا منطقه‌ای) و شفت کابل‌های داخل ساختمان مربوط به سامانه‌های ایمنی مطابق مبحث سیزدهم مقررات ملی) جهت حفظ ایمنی و تداوم برق‌رسانی ساختمان توصیه می‌گردد. نگهداری نقشه‌های تهایی ساخت تأسیسات برقی ساختمان در محل امن و قابل دسترسی، نزدیک درب ورودی الزامی است.

۷-۲۱-۳-۱- مقررات کلی

رعایت مفاد این بخش، علاوه بر الزامات مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌ها) الزامی است.

۲۱-۷-۳-۱-۱- در طراحی سامانه توزیع برق فشار ضعیف ساختمان، سه بخش عادی، اضطراری و ایمنی در نظر گرفته شود. برق عادی تنها توسط برق شهر تغذیه شده و جهت برقرسانی به تجهیزات برقی با درجه اهمیت کم استفاده می‌گردد. بخش برق اضطراری باید در صورت قطع برق شهر به صورت خودکار و طی کوتاه‌ترین فاصله زمانی ممکن به مولدهای برق اضطراری موجود در ساختمان متصل شده و بارهای الکتریکی با اهمیت را تغذیه نماید. بخش برق ایمنی باید به سامانه منبع تغذیه پشتیبان شامل باتری و شارژ آن و یا منبع تغذیه برق بدون وقفه (UPS) متصل گردد و تأمین انرژی بارهای حساس مانند روشنایی مسیرهای قرار و فضای امن، سامانه‌های اخطار و اعلام حریق، سامانه‌ها و روشنایی موجود در اتاق مدیریت بحران، سامانه‌های امنیتی و شبکه‌های رایانه‌ای را بر عهده بگیرد. استفاده از منبع تغذیه بدون وقفه جهت اطلاع‌رسانی و مراکز مخابراتی و نیز منبع تغذیه پشتیبان برای سامانه اعلام حریق پیشنهاد می‌شود. همچنین به منظور حفظ قابلیت اطمینان برق ایمنی، باید ترانسفورماتورهای برق فشار متوسط، مولدهای برق اضطراری، برق بدون وقفه مرکزی، تابلوهای برق فشار متوسط، تابلوهای فشار ضعیف اصلی مربوط به برق عادی (نرمال) اضطراری و بدون وقفه در اتاق‌ها و یا فضاهای مجزا از هم قرار گیرند.

۲۱-۷-۳-۱-۲- برای جلوگیری از شکست کابل‌های برق، پیش‌بینی‌های لازم در محل‌های درز انبساط انجام شود و تا حد امکان از اتصال کابل‌ها استفاده گردد.

۲۱-۷-۳-۱-۳- چراغ‌های جهت‌دار ایمنی و انرژی داخلی در مسیرهای قرار جهت تمایز مسیر خروج از ساختمان مدنظر قرار گیرد. همچنین تمایز جهت روشنایی فضای امن ساختمان و اتاق مدیریت بحران علاوه بر روشنایی معمول از لامپ‌های با انرژی داخلی نیز استفاده شود.

۲۱-۷-۳-۱-۴- علاوه بر چراغ‌های ایمنی نمایشگر سمت خروج انرژی داخلی، چراغ‌هایی متصل به نیروی برق ایمنی در راهروها، اماکن عمومی و فضاهای تجمع افراد عمومی و نصب گردد.

۲۱-۷-۳-۱-۵- از نصب هر گونه چراغ آویز در فضاهای عمومی اجتناب گردد. پوشش چراغ‌ها باید از جنس مواد پلاستیکی بوده و به نحوی باشند که در هنگام اصابت ضربه یا شکستن موجب جراحات در افراد نشوند.

۲۱-۷-۳-۱-۶- ایجاد فشار مثبت در محل نصب تجهیزات حساس الکتریکی، الکترونیکی و مخابراتی مانند اتاق تابلوهای برق و اتاق کنترل توصیه می‌شود تا حد امکان سامانه تهویه اتاق‌های تأسیسات برقی ساختمان از سامانه تهویه مرکزی ساختمان مجزا باشد.

۷-۳۱-۱-۳-۲۱-۷-۳۱- نگه‌دارنده‌های لوله‌ها و سینی‌های کابل باید استحکام لازم جهت تحمل تکانه‌های ناشی از انفجار را داشته باشند.

۷-۳۱-۱-۳-۲۱-۸-۱- استفاده از کابل دفنی در فضای خارجی ساختمان توصیه می‌گردد. از مواد ضد حریق مناسب در فضای خالی محل ورود کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف به ساختمان و اتاق تجهیزات برقی استفاده گردد.

۷-۳۱-۱-۳-۲۱-۹-۱- موتورهای الکتریکی، تابلوهای برق، تابلوهای کنترلی، ترانسفورماتورها و مولدهای برق اضطراری باید به گونه‌ای بر روی سازه فونداسیون مهار شوند که از حرکات جنبی بیش از حد این تجهیزات در اثر موج انفجار جلوگیری به عمل آید.

۷-۳۱-۱-۳-۲۱-۱۰-۱- در طراحی تابلوهای برق ساختمان‌هایی که دارای سامانه‌های الکترونیکی حساس و یا مدارهای کنترلی دیجیتال هستند، باید از تجهیزات حفاظتی اضافی جهت مقابله با اضافه جریان و اضافه ولتاژ استفاده گردد.

۷-۳۱-۱-۳-۲۱-۱۱-۱- در طراحی تأسیسات برقی ساختمان به منظور اجتناب از تداخل الکترومغناطیسی، الزامات استاندارد C 61000 رعایت گردد.

۷-۳۱-۱-۳-۲۱-۱۲-۱- در مرحله طراحی اولیه سینی برق ورودی و خروجی باید به گونه‌ای طراحی شود که جهت توسعه‌های آینده مدنظر قرار گیرد.

۷-۳۱-۲-۳-۲۱-۲- سامانه ارتباطی

۷-۳۱-۲-۳-۲۱-۱- از سامانه تلفن آتش‌شان (تلفن اضطراری) که بطور دائمی و مستقیم به مراکز امدادی مرکزی متصل شده باشد، استفاده شود.

۷-۳۱-۲-۳-۲۱-۲- استفاده از فیلترینگ مناسب در سامانه‌های مخابراتی جهت تفکیک و پالایش امواج مزاحم فقط برای ساختمان‌های گروه ۱، توصیه می‌شود.

۷-۳۱-۲-۳-۲۱-۳- مدارهای سامانه‌های اطلاع‌رسانی و هشداردهنده باید مستقل بوده و نباید با مدارهای دیگر داخل یک لوله اجرا شوند. این مدارها در قسمت‌های مختلف ساختمان، حداقل در دو مسیر مجزا از همدیگر اجرا گردند.

۷-۳۱-۲-۳-۲۱-۴- کابل‌های سامانه‌های جریان ضعیف تا حد امکان شیلددار بوده و باید به صورت جداگانه از سایر مدارهای سامانه‌های دیگر کشیده شوند.

۲۱-۷-۳-۲-۵- برای کابل‌های کنترلی و مخابراتی، استفاده از کابل‌های فیبر نوری عموماً به هادی‌های مسی ترجیح داده می‌شوند.

۲۱-۷-۳-۲-۶- به منظور اخطار موقع به ساکنین در هنگام تهدیدات، ساختمان دارای سامانه اطلاع‌رسانی داخلی باشد.

۲۱-۷-۳-۳- سامانه برق اضطراری و ایمنی

۲۱-۷-۳-۳-۱- مولدهای برق اضطراری، باید برای تأمین توان الکتریکی سامانه‌های هشدار، روشنایی مسیرهای خروجی، روشنایی فضاهای امن، علائم خروج، سامانه‌های مخابراتی اضطراری، تجهیزات اعلام حریق، پمپ‌های آتش‌نشانی و آبرسانی، سامانه تخلیه دود و آسانسورهای اضطراری در یک نقطه امن تعبیه شود. در تعیین ظرفیت مولدهای برق اضطراری امکان توسعه‌های آینده مدنظر قرار گیرد.

۲۱-۷-۳-۳-۲- محل نصب مولدهای برق اضطراری در فضاهای ایمن و مقاوم در برابر انفجار در نظر گرفته شود.

۲۱-۷-۳-۳-۳- مخزن سوخت ذخیره باید به اندازه کافی دور از دیزل ژنراتور و تا حد امکان بصورت مدفون تعبیه شده باشد. در غیر این صورت مخزن سوخت ذخیره باید در فضای محافظت شده و مقاوم در برابر انفجار قرار گیرد. ظرفیت مخزن سوخت باید برای ذخیره‌سازی مصرف سوخت برای سه روز طراحی شده باشد و مخزن سوخت روزانه دیزل ژنراتور دارای ظرفیت سوخت مورد نیاز برای حداقل ۴ ساعت کار با ظرفیت نامی باشد.

۲۱-۷-۳-۳-۴- جهت اتصال دیزل ژنراتور اضطراری سامانه سامانه با ضعیف ساختمان، باید تمهیدات لازم در تابلوی برق اصلی ساختمان لحاظ گردد.

۲۱-۷-۳-۳-۵- مولدهای برق اضطراری، عموماً نیازمند درججه‌های ایمنی و یا بازشوهای یا خم‌های اضافی برای تهویه مولد در حال کار می‌باشند، به گونه‌ای که باعث موج انفجار بر روی مولد اضطراری کاهش یابد.

۲۱-۷-۳-۳-۶- مولدهای برق اضطراری باید در دو نقطه مختلف و با فاصله‌ی مناسب از یکدیگر، قادر به تأمین توان اضطراری ساختمان باشند.

۲۱-۷-۳-۳-۷- کابل‌های توزیع برق اضطراری باید دارای حصار محکم بوده و یا در لوله داخل بتن محصور گردند.

۲۱-۷-۳-۳-۸- بعضی از اماکن ویژه مانند اتاق‌های عمل بیمارستان‌ها نقش سرویس‌رسانی خاص و بحرانی را دارند و به همین سبب نیاز به برق بدون قطعی را دو چندان می‌کنند، بنابراین

بکارگیری تمهیدات لازم جهت تأمین برق پایدار و قابل اطمینان از قبیل منابع انرژی وقفه ناپذیر برای این اماکن الزامی است.

۷-۲۱-۳-۴- ترانسفورماتورها

۷-۲۱-۳-۴-۱- ترانسفورماتورهای اصلی قدرت باید در صورت امکان در فضاهای داخلی ساختمان و دور از دسترس عموم قرار گرفته باشند. برای ساختمان‌های بزرگ‌تر، ترانسفورماتورها باید بصورت غیر متمرکز و در اتاق‌های مستقل مخصوص خود قرار گیرند تا قابلیت اطمینان را در زمانی که یکی از ترانسفورماتورها در اثر انفجار آسیب می‌بیند، افزایش دهند.

۷-۲۱-۳-۴-۲- محل قرارگیری ترانسفورماتورهای اصلی تا حد امکان از محل نصب مولدهای برق اضطراری دور باشد تا در صورت حریق و حشرات ناشی از انفجار احتمال از دست رفتن تأمین انرژی الکتریکی کاهش یابد.

۷-۲۱-۳-۵- اتاق مرکز کنترل و مدیریت ساختمان

۷-۲۱-۳-۵-۱- این اتاق برقی کنترل ورود سامانه‌های تخلیه دود، ارتباط با ساکنین، هشداردهنده‌ها، کنترل آتش‌سوزی و تغذیه افراد و همچنین اتاق‌های حساسی کنترلی، مخابراتی و اندازه‌رسانی، پانل‌های تکرارکننده اعلام حریق و یا نمایشگرهای تصویری نشان دهنده محل حریق، به صورت مجزا از هم در نظر گرفته شوند تا امکان اطلاع‌رسانی درباره حریق در موقعیت‌های مختلف فراهم گردد.

۷-۲۱-۳-۵-۲- پانل‌های تکرارکننده اعلام حریق و یا نمایشگر تصویری این دهنده محل حریق باید در نزدیکی نقطه دسترسی مأمور آتش‌نشانی به ساختمان قرار گیرند. اگر مرکز کنترل در مجاورت لابی باشد، باید آن را توسط راهرو یا سطح واسطه از لابی جدا نمود و برای مرکز کنترل حریق، سازه مقاوم اجرا نمود.

۷-۲۱-۳-۶- آشکارسازی و اعلام دود و آتش

۷-۲۱-۳-۶-۱- ترکیبی از آشکارسازهای دود و حرارت با عملکرد سریع، سولنج‌های مربوط به کنترل سامانه‌های آبیاری، شستی‌های فشاری دستی، آذیرهای صوتی و نمایشگرهای تصویری باید در سامانه اعلام حریق ساختمان استفاده گردیده تا باعث عکس‌العمل به موقع نسبت به وقوع حریق گردد.

۲۱-۷-۳-۲-۲- یا فعال شدن سامانه اعلام حریق باید فرآیندهای کنترل دود، فعالیت سامانه‌های هشدار و اطلاع رسانی آغاز گردیده تا امکان انتقال ساکنین به فضاهای امن در ساختمان مهیا گردد.

۲۱-۷-۳-۳-۶- سامانه اعلام حریق از نوع آدرس پذیر و کابل‌های سامانه‌ی اعلام حریق از نوع مقاوم در مقابل حریق گزینش گردد.

۲۱-۷-۴- آسانسورهای اضطراری

در طراحی‌ها و اجرای سامانه‌های آسانسور و پله‌برقی، علاوه بر رعایت الزامات مبحث پانزدهم مقررات ملی ساختمان، آسانسورها و پله‌های برقی، موارد زیر نیز باید مدنظر قرار گیرد:

۲۱-۷-۴-۱- آسانسورها نباید بعنوان وسیله‌ای برای فرار افراد از ساختمان در هنگام حادثه مورد استفاده قرار گیرند.

۲۱-۷-۴-۲- در شرایط اضطرار حملات هوایی، کابین آسانسورها باید بتوانند در طبقات از قبل تعیین شده متوقف شوند و توسط افراد آسانسور مورد استفاده قرار گیرند. همچنین آسانسورها باید با سامانه اعلام حریق و اتاق مدیریت ساختمان در مواقع ضروری از سرویس خارج شوند.

۲۱-۷-۴-۳- در شرایط پس از آسیب احتمالی ساختمان به دلیل آتش‌نشانی ممکن است آسانسور را برای انجام عملیات آتش‌نشانی و نجات افراد آسیب‌نایافته مورد آسانسور با ملاحظات سازه‌ای خاص و ضد دود، می‌تواند به عملیات مأموران امدادی کمک نماید. اما باید متناسب با طراحی ساختمان، آسانسورهایی با قابلیت مقاومت در برابر حریق و تجهیزات مربوطه، مطابق با استانداردهای BSEN81-72/2009 و BSEN81-73/2005 برای انجام عملیات آتش‌نشانی و نجات افراد تعبیه گردد.

۲۱-۷-۴-۴- برق آسانسورهای امدادی (اضطراری)، باید از طریق مولد برق اضطراری نیز قابل تأمین باشد.

۲۱-۷-۴-۵- چاه آسانسور باید درزبندی شده و دارای فشار مثبت هوا باشد، تا از نفوذ دود و گرد و غبار به داخل آن و انتقال آلودگی به سایر قسمت‌ها، جلوگیری نماید.

۲۱-۷-۴-۶- در ساختمان‌هایی که طبقات زیرین آن‌ها دارای فضای امن می باشد، اجرای چاهک و چاه آسانسور در مجاورت این فضاها مجاز نیست.

۲۱-۷-۴-۷- تابلوی کنترل آسانسور باید دارای باتری داخلی جهت پیکار کردن مسافران در نزدیک‌ترین طبقه پس از قطع برق باشد.

۲۱-۷-۵- تأسیسات فضای امن

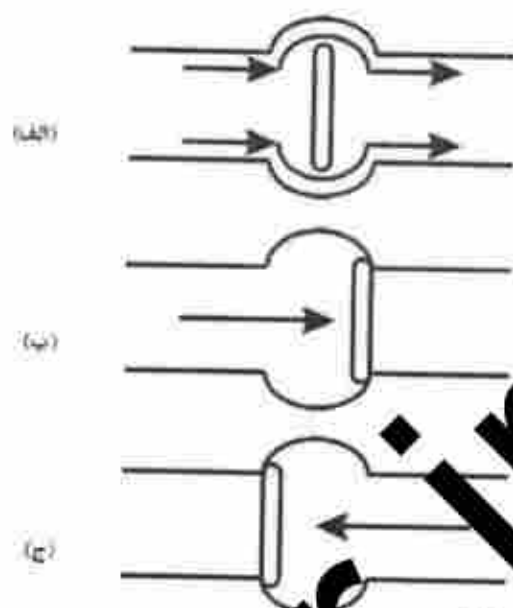
با توجه به الزامات بخش ۲۱-۲-۴ (فضای امن)، مدت محدود استقرار پناه‌گیران (به علت به حداقل رسیدن اکسیژن) و نجات، رعایت موارد زیر الزامی است:

۲۱-۷-۵-۱- درزبندی کس در برابر آتش به بیرون فضای امن و دریچه خروج اضطراری (پازشو به داخل فضای امن) برای جلوگیری از ورود دود و گرد و غبار صورت گیرد.

۲۱-۷-۵-۲- در فضاهای امن با زمان سکونت بیش از اتصال هر گونه تأسیسات تهویه هوا خودداری شود (فضای امن تهویه نشده). در فضاهای امن با زمان سکونت زیاد، نیاز به تأسیسات تهویه با مشخصات فنی کامل شامل فیلتر یون می باشد.

۲۱-۷-۵-۳- استفاده از سامانه‌های تبرید با اتصال نشدن و یا داشتن بدی دارای کویل مستقیم (و مانند آن) در فضای امن مجاز نمی باشد.

۲۱-۷-۵-۴- به طور معمول اجزای سامانه کنترل فشار هوای داخلی فضاها می باشد شامل محفظه‌های هوای در معابر ورودی، درب‌های هواپس، سوپاپ فشاردهی و سوپاپ ضد انفجار می باشد. فشار عملکرد سوپاپ ضد انفجار متناسب با فشار انفجار و نحوه عملکرد



شکل ۲۱-۷- سوپاپ ضدانفجار

الف) جریان هوای نرمال، ب) جریان هوای اضافی (خارجی)، ج) جریان هوای اضافی از داخل

۲۱-۷-۵-۵- چراغ اضطراری (برای مدت ۱۰ دقیقه علاوه بر زمان استاندارد) (قابل تغذیه از مولد برق اضطراری) تعبیه شود.

۲۱-۷-۵-۶- تابلو اطلاعات مشتمل بر حداکثر مدت استاندارد پناه گرفتن و شماره تلفن‌های اضطراری موردنیاز نصب گردد.

۲۱-۷-۵-۷- تجهیزات نجات (نظیر تیر و بیل کوچک) و کمک‌های اولیه در فضای امن قرار داده شوند.

۲۱-۷-۵-۸- علامت شریک در اطراف درب و دریچه خروج اضطراری نصب گردد.

۲۱-۷-۵-۹- پیش‌بینی‌های لازم در خصوص مایحتاج موردنیاز در مدت مجاز استقرار (مانند آب شرب و غذای خشک) صورت گیرد.

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

Emergency Elevators	آسانسورهای اضطراری
Collapse Prevention (CP)	استانه فروپاش
Smoke & Fire Detection & Alarm	اشکارسازی و اعلام دود و آتش
Flexible Joints	اتصالات انعطاف‌پذیر
Security	امنیتی
Free Air Blast	انفجار در هوای آزاد
Life Safety (LS)	ایمنی جانی
Control Panels	تابلوهای کنترل
Electro Magnetic Pulse (EMP)	تپ الکترومغناطیسی
Implicit	تجویزی
Isolator	جداساز
Equivalent Mass	جرم معادل
Flower Box	جعبه گل‌دان
Puddle Weld	جوش کام
Multiple Degree of Freedom (MDOF)	چند درجه آزادی
Poly Function	چند عملکردی
Screw Chiller	چیلر پیچشی
Absorption Chiller	چیلر جذبی
Centrifugal Chiller	چیلر گریز از مرکز
Air-cooled Chiller	چیلر هواخنک
Fragility Level	حد شکنندگی
Far Field	حوزه دور
Near Field	حوزه نزدیک
Gas Tight Doors	درب‌های هوابند
Grill	دریچه پادری
Low-Leakage-Damper	دمپر کم نشت

Corridor	راهرو
Alternative Path Method	روش مسیر جایگزین
Emergency Power System	سامانه برق اضطراری
Ventilation System	سامانه‌ی تهویه و تخلیه هوا
Equivalent Stiffness	سختی معادل
Bedrock	بستر سنگ
Blast Valve	سوپاپ ضد انفجار
Pressure Valve Over	سوپاپ فشار اضافی
Portable	سیار
Form	شکل
Sprinkler	شیکه‌ی آبیشت
Seismic Valve	شیر خودکار قطع جریان گاز حساس مقابل زلزله
Impact	ضربه
Dynamic Increase Factor (DIF)	ضریب افزایش دینامیکی
Strength Increase Factor (SIF)	ضریب افزایش مقاومت
Drag Coefficient	ضریب پسا (کششی)
Toughness	طاقات
Detail Design	طرح تفصیلی
Sketch	طرح مایه
Gas Pressure	فشار گاز
Incident Pressure (1)	فشار مبتدای انفجار
Immediate Occupancy (2)	قابلیت استفاده بی‌وقفه
Passive Control	کنترل غیرفعال
Active Control	کنترل فعال
Non Applicate (N/A)	لحاظ نشده
Transformers	سبدل‌های برق
Air Lock	محفظه‌ی هوا بند
Motor Control Centers	مراکز کنترل موتور
Fire Control Center	مرکز کنترل حریق

Specified Strength	مقاومت مقرر
Rauleigh wave	موج رالی
Free Field	میدان آزاد
Damper	میراگر
Elastic zone	ناحیه ارتجاعی
Crushing Zone	ناحیه خردشدگی
Plasticity Zone	ناحیه خمیری
Rupture Zone	ناحیه گسیختگی
Demand Capacity Ratio (DCR)	نسبت تقاضا به ظرفیت
Equivalent Force	نیروی معادل
Target	هدف
Isotrop	همسان
Homogenios	همگن
Air- handling Unit	هواساز
Single Degree Of Freedom (SDOF)	یک درجه آزادی

inbr.ir

فهرست مراجع قابل استفاده

1. "Structures to Resist the Effects of Accidental Explosion", UFC 3-340-02, Unified Facilities Criteria, 2008
2. "Fundamental of Protective design, Technical Manual", TM 5-855-1, US Department of the Army, Technical Manual, 1986
3. Dusenberry, Donald. "Handbook for Blast- Resistant Design of buildings", John wiley and Sons, New Jersey, 2010
4. Biggs, J.M. "Introduction to Structural Dynamics", Mc.Graw-Hill, New York, 1964
5. "The Design of Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions", TM5-1300, Technical Manual, US Department of the Army, Navy and Air Force, Washington D.C., 1990
6. "Design of Blast Resistant Structures", Steel Design Guide 26, American Institute of Steel Construction, 2013
7. "Design of Blast Resistant Building in Petrochemical Facilities", ASCE H457-047, 1997
8. "Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings", FEMA 426, Risk Management series. December 2003
9. "Primer for Design of Commercial Buildings to Mitigate Terrorist Attacks" FEMA 427, Risk Management Series, December 2003
10. "Primer to Design Safe School Project in Case of Terrorist Attacks", FEMA 428, Risk Management Series. December 2003
11. "Site and Urban Design for Security", FEMA 430, Risk Management Series, December 2007

12. "Risk Assessment: A How-to Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings, FEMA 452, Risk Management Series, January 2005
13. "Design of Buildings to Resist Progressive Collapse" UFC 4-023-03, Unified Facilities Criteria, 2005
14. Ngo, T.; Medis, P.; Gupta, A.; Ramsay, g. "Blast Loading and Blast Effects on Structures- an Overview", Electronic Journal of Structural Engineering 7, 76-91, 2007.

inbr.ir