



وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مقررات ملی ساختمان ایران

مبحث بیست و یکم

پدافند غیرعامل

دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان

ویرایش دوم (۱۳۹۵)

عنوان و نام پدیدآور

وضعیت ویراست

مشخصات نشر

مشخصات ظاهری

فروش

شابک

وضعیت فهرست نویسی

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

شناخت افزوده

شناخت افزوده

رد پندی کنگره

رد پندی دیوبی

شماره کتابشناسی ملی

؛ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان

؛ پدافند غیرعامل / تهیه کننده دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان: [برای] وزارت راه و شهرسازی، مرکز

تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.

[ویراست ۲]

تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۵.

۱۱۴ صفحه، مصور، جدول.

؛ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: ک- ۷۶۹

مقررات ملی ساختمان ایران: مبحث ۲۱.

۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۱۵۵-۴

فیبا:

؛ ساختمانسازی -- صنعت و تجارت -- قوانین و مقررات -- ایران

Construction industry -- Law and legislation -- Iran

؛ دفاع غیر نظامی -- ایران -- پیش‌بینی‌های ایمنی

Civil defense -- Iran -- Safety measures

؛ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

Road, Housing and Urban Development Research Center :

؛ مقررات ملی ساختمان ایران: مبحث ۲۱.

KMН34ء/۲۱. ج ۱۳۹۵

۳۴۳/۰۰

۶۶۱۹۱۳

نامه انتشار

پیش‌گفتار

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 بهره‌برداران ساختمان‌ها بر منافع سازمانی دستگاه‌های ملی و هم چنین حفظ جان و منافع عمومی بهره‌برداران ساختمان‌ها بر منافع سازمانی ترجیح داده شود. اجرایی و یا منافع دولت‌های محلی و هم چنین منافع فوری سرمایه‌گذاران توسعه نظام ملی بدیهی است توافق و التزام بر این دسته از 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 فنی و حرفه‌ای و سازمان‌های نظام مهندسی موجب افزایش نیروی انسانی متخصص و ماهر در سطح کشور گردید و به موازات آن مقررات ملی ساختمان و استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی نیز به همت استادی و صاحب‌نظران شاغل در حرفه به صورت دوره‌ای مورد بازنگری و تجدید چاپ قرار گرفته‌اند. در حال حاضر این مقررات به درجه‌ای از کمال و غنا رسیده است که به عنوان مرجع و منبع آموزشی ضمن تأمین نیاز نسبی دانشگاهیان و جامعه مهندسی کشور، سازندگان و بهره‌برداران، ابزار و مرجع کنترل لازم را برای 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 پیش‌گفتۀ شده لازم است اولاً نهادهای حاکمیتی سیاست‌گذار و برنامه‌ریز و مراجع صدور پروانه ساختارهای کنترل و نظارت را مورد بازنگری قرار داده تا سیستم

نظرارت جدی تری نسبت به تولید، توزیع و مصرف مصالح استاندارد و اجرای مقررات ملی ساختمان اعمال گردد. ثانیاً سازمان های نظام مهندسی ساختمان، تشکل های حرفه ای دانشگاه ها و مرکز آموزشی و تحقیقاتی بیش از پیش در ترویج و تبیین مقررات وضع شده، الگوسازی و ارایه نمونه های عینی رعایت مقررات یاد شده و معروفی فن آوری های 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 حرفه ای و با تکیه بر اصل اخلاق حرفه ای خود نسبت به اجرای مقررات ملی ساختمان بیش از پیش اصرار ورزیده و کارفرمایان و مالکان نیز تشویق یا ملزم به رعایت مقررات ملی ساختمان آن شوند. همچنین مردم به عنوان بهره برداران نهایی می توانند با افزایش سطح آگاهی از حقوق خود نقش اساسی در ارتقای کیفیت از طریق افزایش مطالبات در کیفیت و بهره وری ساختمان ها و ایجاد انگیزه رقابت در ارایه ساختمان های با کیفیت ایفا نمایند.

در خاتمه از کلیه اساتید و صاحب نظران و تدوین کنندگان که از ابتدا تاکنون در تدوین و تجدیدنظر مباحثت مقررات ملی ساختمان تلاش نموده و در هم فکری و همکاری با این وزارت از هیچ کوششی دریغ ننموده اند، سپاس گزارم. همچنین برای دست اندکاران ساخت و ساز از دستگاه های نظارتی و کنترلی مراجع صدور پرونده و کلیه عزیزانی که اجرای این مقررات را خدمتگزاری به میهن و مردم خویش می پندارند، آرزوی موفقیت و سربلندی در پیشگاه خدای متعال می نمایم.

Abbas Aghondi
وزیر راه و شهرسازی

ت



شماره: ۹۲-۰-۲۸۳۴-۱۳۹۵/۱۲/۱۴ تاریخ: ۰۷/۰۶/۲۰۲۰ پیوست

رئیس

جناب آقای دکتر حناجی - معاون محترم شهرسازی و معماری

جناب آقای دکتر مظاہریان - معاون محترم مسکن و ساختمان

جناب آقای دکتر ایزدی - معاون محترم وزیر و مدیر عامل شرکت عمران و بهسازی شهری ایران

جناب آقای مهندس عظیمیان - معاون محترم وزیر و مدیر عامل سازمان ملی زمین و مسکن

جناب آقای مهندس علیزاده - معاون محترم وزیر و مدیر عامل سازمان مجری ساختمان ها و تاسیسات دولتی و عمومی

جناب آقای مهندس نریمان - معاون محترم وزیر و مدیر عامل شرکت عمران شهرهای جدید

مدیران کل محترم ادارات راه و شهرسازی

روساي محترم سازمان نظام مهندسي ساختمان استان ها

جناب آقای مهندس خندان دل - معاون محترم عمران، توسعه امور شهری و روستایی وزارت کشور

جناب آقای مهندس تابش - رییس محترم بنیاد مسکن انقلاب اسلامی

جناب آقای دکتر گنپیری - رییس محترم جامعه مهندسان مشاور

جناب آقای مهندس رجبی - رییس محترم شورای مرکزی سازمان نظام مهندسی ساختمان

جناب آقای مهندس خندان دل - رییس محترم سازمان شهرداری ها و دیواری های وزارت کشور

جناب آقای مهندس صارمیزاده - مدیر محترم دبیرخانه نشست اداری شهرداران کلان شهرهای کشور

با سلام و احترام

پس از حمده خدا و درود و صلوات بر محمد و آل محمد (ص) و پیرو دستور وزیر محترم راه و شهرسازی طی نامه شماره ۱۳۹۴/۱۱۰/۰۱

مورخ ۰۸/۱۲/۹۵ در اجرای ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان مصوب سال ۱۳۷۴، بدینویسه و پرداخت دوم بحث بیست و یکم

مقررات ملی ساختمان «بنادنده غیرعامل» که مراحل نهیمه، تدوین و تصویب را در وزارت راه و شهرسازی گذرانده، جهت استحضار و صدور

دستور برای اجرا از تاریخ ۱۵/۰۴/۹۶ در کل کشور توسط آن معاونت/اداره کل /سازمان/بنیاد/شورا/جامعه، ابلاغ می گردد. زمان انقضای

و پرداخت سال ۱۳۹۱ سال ۹۶/۱۵ استفاده از هر کدام از دو و پرداخت فوق الذکر مجاز شمرده خواهد شد.

شایان ذکر است نسخه ای از کتاب مذکور پس از انتشار مراحل چاپ تا انتهای فروردین ماه سال ۱۳۹۶ ارسال خواهد شد.

محمد شکرچی زاده

هیأت تدوین کنندگان مبحث بیست و بکم مقررات ملی ساختمان - ویرایش دوم(۱۳۹۵)
(بر اساس حروف الفبا)

الف) شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

عضو	مهندس شاپور طاحونی	رئیس	دکتر محمد تقی احمدی
عضو	مهندس بهروز علمداری میلانی	عضو	مهندس محمدرضا انصاری
عضو	مهندس مسعود غازی سلحشور	عضو	دکتر حمید باقری
عضو	مهندس یونس قلیزاده طیار	عضو	دکتر سعید بختیاری
عضو	دکتر بهروز گتمیری	عضو	دکتر حمید بدیعی
عضو	دکتر حامد مظاہریان	عضو	دکتر ناصر بنیادی
عضو	دکتر محمود رضا ماهری	عضو	مهندس محسن بهرام غفاری
عضو	دکتر بهروز محمد کاری	عضو	دکتر محسن نهرانی زاده
عضو	مرحوم مهندس حشمت ا... منصف	عضو	مهندس محمد ابراهیم دادرشت
عضو	دکتر سیدرسول میر قادری	عضو	مهندس سید محمد تقی رانقی
عضو	مهندس نادر نجیمی	عضو	دکتر علی اکبر رمضانیان پور
عضو	مهندس سید رضا هاشمی	عضو	دکتر محمد شکرچی زاده
		عضو	مهندس علی اصغر طاهری بهبهانی

ب) اعضای کمیته تخصصی

عضو	دکتر محمد تقی احمدی
عضو	مهندس مجید اشتربی فر
عضو	دکتر احمد اصغریان جدی
عضو	مهندس علی اصغر شهاب
عضو	مهندس عباس صمدانی فرد
رئیس	مهندس شاپور طاحونی
دبیر	مهندس سید محمد رضا میرعبداللهی

با تشکر از همکاری صمیمانه آقایان :

مهندس آرش برخوردار - دکتر بهشید حسینی - دکتر رضا رفیعی دهخوار قانی و خانم مهندس صبا ترابی

پ) دبیرخانه شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

معاون دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان و دبیر شورا	مهندس سهیلا پاکروان
رئیس گروه تدوین مقررات ملی ساختمان	دکتر بهنام مهرپرور
کارشناس معماری دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان	مهندس سید محمد رضا میرعبداللهی

مقدمه ویرایش دوم

انجام مطالعات پدافند غیرعامل به منظور شناخت تهدیدات و تدوین تهدید مبنا، بررسی آسیب‌پذیری‌های زیرساخت‌ها، اماکن و تأسیسات و راهکارهایی به منظور مصون سازی و پایداری می‌باشد. تهدیدات از تنوع و پیچیدگی زیادی برخوردار هستند و مهندسین با تخصص‌های مختلف برای انجام طراحی ساختمان و تأسیسات، باید قابلیت‌های لازم را با آموزش و بهره‌گیری از اسناد بالادستی پدافند غیرعامل در خود ایجاد نمایند. اجرای الزامات و ملاحظات پدافند غیرعامل، موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها، تأسیسات و تجهیزات حیاتی، حساس و مهم کشور در مقابل تهدیدات غیرطبیعی ایجادشده توسط دشمن، می‌گردد. این امر، باعث تداوم اداره کشور و فعالیت‌های ضروری و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها، اماکن، تأسیسات و تجهیزات مهم کشور در زمان وقوع تهدید می‌گردد. این مبحث اختصاص به ضوابط پدافند غیرعامل در ساختمان‌ها دارد و طراحان، مجریان و ناظرین اجرای پروژه‌های ساختمانی، موظف به رعایت الزامات و ملاحظات پدافند غیرعامل مطابق با ضوابط مندرج در این مبحث می‌باشند.

این مبحث مشتمل بر هفت فصل به شرح زیر می‌باشد:

- فصل اول شامل کلیات، دامنه کاربرد مبحث، تعریف مفاهیم بنیادی در خصوص پدافند غیرعامل و کارکرد آن در مقررات ملی ساختمان می‌باشد. در این فصل ساختمان‌ها بر مبنای نوع کاربری، تعداد ساکنین، زیربنا، تعداد طبقات و ارزش سرمایه‌های داخل آن به پنج گروه تقسیم شده‌اند و سطوح مختلف بار انفجار و حداقل سطوح عملکرد سازه‌ای اجزای ساختمان‌ها برای گروههای مختلف ساختمانی ارائه شده است.
- فصل دوم به بررسی ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی معماری و محوطه ساختمان‌ها و مجموعه‌های زیستی می‌پردازد.
- در فصل سوم به انواع انفجار، امواج ناشی از آن و مشخصه‌های این امواج و فشار ناشی از انفجار بر سازه پرداخته شده است.
- در فصل چهارم مشخصات مکانیکی مصالح در برابر بار انفجار و سامانه‌های سازه‌ای مقاوم در برابر انفجار معرفی شده‌اند.
- فصل پنجم شامل روش‌های تحلیل و طراحی سازه‌ها در برابر بارهای ناشی از انفجار می‌باشد. روش‌های 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 روش‌های 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 شده‌اند.

موارد شمول فصل‌های فوق برای گروه‌های ساختمانی، مطابق جدول ۲۱-۱ این مبحث می‌باشد. با توجه به جدید بودن مبحث 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 مبحث برای اولین بار تدوین و ارائه گردیده است، بی‌تردید دارای نواقص و کاستی‌هایی است و از مهندسان و محققان محترم تقاضاً می‌شود تا نظرات ارزنده و سازنده خویش را جهت بررسی و اعمال در ویرایش بعدی در اختیار این کمیته قرار دهند.

کمیته تخصصی مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان

۱۳۹۵

خ

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱-۲۱ گلیات
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 معماري و محوطه
۱۷	۱-۲-۲۱ معماري و پدافند غيرعامل
۱۷	۲-۲-۲۱ ملاحظات برنامه‌ریزی و طراحی محوطه
۲۲	۳-۲-۲۱ طراحی معماري ساختمان
۲۸	۴-۲-۲۱ فضاهای امن

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

۳۱	۳-۲۱ بارهای ناشی از انفجار
۳۳	۳-۲۱-۱ انواع موج انفجار
۳۴	۳-۲۱-۲ موقعیت چشمeh انفجار
۳۵	۳-۲۱-۳ انفجار در هوای آزاد
۳۸	۳-۲۱-۴ انفجار سطحی
۳۸	۳-۲۱-۵ بارگذاری انفجار خارجی بر وجوه مختلف ساختمان
۴۳	۳-۲۱-۶ انفجار در داخل زمین
۴۷	۳-۲۱-۷ انفجار داخلی
۴۸	۳-۲۱-۸ ترکشها
۵۱	۴-۲۱ مشخصههای مکانیکی مصالح و سامانههای سازهای
۵۱	۴-۲۱-۱ کلیات
۵۱	۴-۲۱-۲ پاسخ استاتیکی - پاسخ دینامیکی
۵۲	۴-۲۱-۳ ویژگیهای دینامیکی مصالح
۵۴	۴-۲۱-۴ مصالح
۵۶	۴-۲۱-۵ سامانههای سازهای مناسب برای مقاومت در مقابل انفجار
۵۹	۵-۲۱ روشهای تحلیل و طراحی سازهها
۵۹	۵-۲۱-۱ تحلیل دینامیکی غیرارتجاعی سازه یک درجه آزادی (SDOF)
۶۶	۵-۲۱-۲ ترکیبات بارگذاری
۶۶	۵-۲۱-۳ معیارهای پذیرش رفتار عضو سازهای

۷۹	۶-۲۱ ازهدم پیشرونده
۷۹	۱-۶-۲۱ کلیات
۷۹	۲-۶-۲۱ رهیافت‌های 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 مستقیم - روش ظرفیت ویژه
۸۹	۷-۲۱ ملاحظات تأسیسات برقی و 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

۱-۲۱- کلیات

۱-۱-۲۱- مفاهیم

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

اجرای الزامات و ملاحظات پدافند غیرعامل، موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها و تجهیزات حیاتی، حساس و مهم 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، مدنظر قرار می‌گیرد.

۲-۱-۲۱- تهدیدها

تهدیدها به دو بخش طبیعی (طوفان، زلزله، سیل و...) و غیرطبیعی (انفجار، حملات نظامی، خرابکارانه و امنیتی) که از طریق دشمن ایجاد می‌گردد، تقسیم‌بندی می‌شود. این مبحث صرفاً به تهدیدهای غیرطبیعی که از طریق دشمن در حوزه ساختمان، تأسیسات و محوطه اماکن ایجاد می‌گردد، می‌پردازد.

۳-۱-۲۱- هدف

هدف این مبحث، 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 ۴-۱-۲۱ تامین نموده و خسارات سازه‌ای و تلفات جانی را به حداقل برسانند.

۶- 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.

۴-۱-۲۱- 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 اصابت غیرمستقیم^۱ (هوایی و سطحی) طراحی می‌شوند. پراکندگی استقرار ساختمان‌ها در مجموعه‌های زیستی با رعایت اصول پدافند غیرعامل در مباحث شهری، در نظر گرفته شود.

۲- در صورت نیاز می‌توان ساختمان‌های متعارف موجود را با استفاده از تحلیل خطر و در نظر گرفتن سود به هزینه، به کمک این مبحث مقاوم و ایمن‌سازی نمود.

۳- دامنه کاربرد، شامل ساختمان‌های گروه‌های ۱ تا ۵ به شرح مندرج در جدول ۲-۱-۲۱، و توضیحات مربوط به آن می‌باشد.

۴- به منظور ایمن‌سازی ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ در برابر اثرات جنگ‌های الکترونیکی و سایبری، بمب‌های گرافیتی و پالس الکترومغناطیسی از آیین‌نامه‌های سازمان پدافند غیرعامل کشور، استفاده شود.

۵- زیرساخت‌های غیرمتعارف (مانند پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، سدها، آب بندها، سیلوها، مخازن، برج‌های صنعتی، دکلهای، مستحداثات نظامی و ...) در حوزه‌ی شمول این مبحث قرار نمی‌گیرند و تابع ضوابط مطالعاتی سازمان پدافند غیرعامل کشور می‌باشند.

۴-۱-۲۱-۵- پناهگاه

احداث پناهگاه برای مجموعه‌های زیستی الزامی است.

۶-۱-۲۱- 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 پرتایه‌ها (بمب، انواع گلوله توب 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 مهندسین 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 کاربری‌های چندمنظوره به میزان لازم (به ویژه فضای سبز)، برای بهره‌گیری در بحران (اسکان موقت، امداد، درمان و...)
 - ۴- تأمین قابلیت مدیریت بحران شهرها
 - ۵- پراکندگی و پخشایش مناسب جمعیت، تأسیسات و مراکز حیاتی و حساس
 - ۶- احتراز کامل از استقرار کاربری‌های با پیامد انفجاری در مراکز جمعیتی (نظیر پمپ 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 با فضای سبز
 - ۹- توجه به احداث پناهگاه در فضای باز عمومی به صورت چند عملکردی در بافت‌های متراکم شهری.
- مهندس معمار، در مکان‌یابی ساختمان و ارتباط آن با محیط‌های شهری، ملزم به رعایت شکل بنا، (با هماهنگی مهندس سازه)، تعیین محل رایز (با هماهنگی مهندس تأسیسات)، موقعیت

۱-۶-۲-۲۱- 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 رایز (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.

۱-۶-۳- سازه

طراحی سازه ساختمان برای مقاومت در برابر بارهای انفجاری مطابق این مبحث، با حدائق 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- خرابی پیش‌روندۀ سازه

۱-۶-۴- تأسیسات

طراحی تأسیسات، با در نظر گرفتن الزامات پدافند غیرعامل، موجب جلوگیری و یا کاهش آسیب‌های ناشی از انفجار و پیامدهای آن (نظیر نشت‌گاز، آب‌گرفتگی، آتش سوزی و برق‌گرفتگی) می‌شود. قابلیت بهره‌برداری محدود و تداوم کارکردهای ضروری، مرمت‌پذیری و یا تغییرپذیری سامانه‌های تأسیسات ساختمان هماهنگ با عملکرد مورد نظر، توسط مهندس تأسیسات برقی و مکانیکی، باید مدنظر قرار گیرد.

۱-۷-۱- سطوح عملکرد ساختمان‌ها

عملکرد ساختمان‌ها در برابر انفجار، در چهار سطح زیر مشتمل بر 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 ۱-۱-۲۱، 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 حدائق‌های این مبحث، باشد.

جدول ۱-۱-۲۱- سطوح عملکرد اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، آسیب انسانی و تلفات، آسیب تأسیساتی و مرمت پذیری

مرمت پذیری ^۱	آسیب تأسیساتی	آسیب انسانی و تلفات	آسیب غیرسازه‌ای	آسیب سازه‌ای	معاره‌ای تأثیر			قطع عملکرد
					مُؤْدِن	مُؤْدِن	مُؤْدِن	
- پا صرف هزینه کم مرمت می شود	- عمدتاً بدون آسیب	- تنهای، لطمات ظاهری و سطحی محتمل است.	- خرابی جزئی است. - تغییر شکل های ماندگار رخ نمی دهد. - شیشه ها اکثرآ سالم مانده و شیشه های شکسته در قاب خود بالقی میمانند. - درها قابل استفاده خواهد بود.	- مقاومت و سختی، تغییر قابل توجهی پیدا نمی کند. - تغییر شکل های ماندگار در اعضاء رخ نمی دهد.	مُطْلَق	مُطْلَق	مُطْلَق	(قلیل استفاده و فن)
- ساختمان با تفصیرات و مرمت قابل استفاده جدد حوالد بود ولی هزینه آن قابل توجه است	- آسیب جدی محدود ولی قابل مرمت و بدون آتش سوزی و الفجار	- تعدادی، آسیب کم خواهد دید و تله های غیر محتمل است.	- خرابی به گونه ای نیست که منجر به آسیب جانی گردد. - شیشه ها خواهد شکست، اما اکثراً در قاب خود بالقی میمانند. - درها در قاب خود بالقی میمانند اما اختلالاً قابل استفاده خواهد بود.	- خرابی به اندازه ای نیست که آسیب انسانی ایجاد شود. - تغییر شکل های ماندگار به میزان کمی در اعضا به وجود خواهد آمد.	مُؤْدِن	مُؤْدِن	مُؤْدِن	(ضعی طبی)
- مرمت پذیر نیست و احداث ساختمان جديد به صرفه است.	- آسیب کلی - احتمال آتش سوزی جدی است.	- بسیاری دچار آسیب می شوند. - ۲۵ درصد تلفات وجود می آید.	- تغییر شکل های بسیار زیاد است. - تا حدودی فروزیش قابل قبول است. - شیشه ها خواهد شکست و تا یک مشر به درون ساختمان برتاب می شوند و خطر ترکش دارند. - درها می شکند و از قاب خود خارج می شوند.	- خرابی های گسترده خواهد بود ولی فروزیش اتفاق نمی افتد. - تغییر شکل های بسیار زیاد است ولی انهدام پیشونده خود بخوبی، غیر محتمل است.	شدید	شدید	شدید	(استاندارد فروزیش)
- غیرقابل مرمت	- آسیب کلی	- بسیاری دچار آسیب شدید می شوند. - ۲۵ درصد تلفات وجود می آید.	- فروزیش رخ می دهد. - شیشه ها خواهند شکست و خدمات ناشی از ترکش شیشه زیاد خواهد بود. بنچره ها از قاب خود خارج می شوند. - درها به درون برتاب و از قاب خود خارج می گردند.	- فروزیش ناگهانی رخ می دهد.	بسیار	مُؤْدِن	مُؤْدِن	(بُعد زمان)

مهندس معمار، مهندس محاسب و مهندس تأسیسات، با همراهی یکدیگر، مرمت پذیری را در طراحی خود، لحاظ نمایند.

۸-۱-۲۱- گروه بندی ساختمان ها

در این مبحث، ساختمان ها بر مبنای نوع کاربری، تعداد ساکنین و یا شاغلین، زیرینا، تعداد طبقات و ارزش سرمایه های داخل آن ها، به پنج گروه مطابق جدول ۲-۱-۲۱ تقسیم می شوند.

جدول ۲۱-۲- گروه‌بندی ساختمان‌ها^{۱۵۰}

ردیف	نوع	ویژگی	ردیف	نوع
۱	۹۹	- ساختمان‌های دولتی حیاتی - ساختمان‌های راهبردی آب و انرژی - ساختمان‌های راهبردی ارتباطات و فن‌آوری اطلاعات - ساختمان‌های راهبردی صدا و سیما - وزارتاخانه‌های کشور، امور خارجه، ارتباطات و فن‌آوری اطلاعات - بخش‌های راهبردی بانکها بوسیله بانک مرکزی و ذخیر آن‌ها (دفینه)	۲	۶۷
۲	۴۸	- ساختمان‌های بیش از ۹۶ تختخواب - فرماندهی مدیریت بحران و سادهای امناد و نجات استان - مراکز اسناد، رایانه‌ها و داده‌های حساس - مراکز کنترل ترافیک - بخش‌های حساس شبکات مرکزی بانک‌ها - وزارتاخانه‌ها و مراکز اداری حساس - ساختمان‌های راهبردی مرکز صنعتی و تولیدی حساس	۳	۲۰
۳	۴۷	- ساختمان‌های کمتر از ۹۶ تختخواب - پیش‌های مهم شعبات مرکزی بانک‌ها در استان - مراکز اداری مهم استانی - زندان‌های مهم و پا بزرگ - ساختمان‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و تولیدی - فرماندهی مدیریت بحران و سادهای امناد و نجات - مراکز خدماتی مهم شهرستان - فروشگاه‌های بزرگ - مساجد و مراکز مذهبی و فرهنگی بزرگ و متوسط	۴	۲۰
۴	۴۹	- ساختمان‌های با اهمیت متوسط - واحدهای مسکونی، اداری، تجاری و خدماتی - درمانگاه‌ها و کلینیک‌ها - مراکز آموزشی متوسط	۵	۴
۵	۴۶	- ساختمان‌های با اهمیت کم - محل تجمع و یا استقرار جمعیت - کمتر از ۲۰۰ نفر تا ۲۰۰ نفر - ساختمان‌های ۴ تا ۸ طبقه و یا ۱۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید (گروه ب مبحث دوم)		

۱- این جدول شامل ساختمان‌های نظامی، انتظامی، امنیتی، اطلاعاتی، ارکان راهبردی و حاکمیتی حیاتی کشور، و پناهگاه‌های در معرض برخوردهای مستقیم نمی‌باشد. طراحی پدافندی اینگونه ساختمان‌ها تابع ضوابط ابلاغی سازمان پدافند غیرعامل کشور می‌باشد.

۲- دامنه شمول فصل‌های این مبحث در ارتباط با گروه‌بندی فوق به شرح جدول ۲۱-۲-الف می‌باشد:

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

فصل								گروه ساختمانی
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱		
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۱
*	*	*	*	*	*	*	*	۲
—	+	+	+	+	+	+	+	۳
—	—	—	—	—	—	—	—	۴
—	—	—	—	—	—	—	—	۵

✓ : الزامی

* : توصیه اکید

+ : توصیه

— : موضوعیت ندارد

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

۹-۱-۲۱- بارهای ناشی از انفجار

بارهای ناشی از انفجار، برای طراحی ساختمان‌ها، در چهار سطح، در جدول ۳-۱-۲۱ 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 ۳-۱-۲۱ کمتر نباشد.

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

جدول ۳-۱-۲۱- سطح بار انفجار

در خاک					در هوا			سطح خطر انفجار
x حداکثر جایگاهی ذرات خاک (cm)	t_d زمان تداوم انفجار (میلی ثانیه)	p_{go} (kg/cm ²)	t_d زمان تداوم انفجار (میلی ثانیه)	p_r (kg/cm ²)	p_{so} (kg/cm ²)			
برای کلیه خاک‌ها	خاک‌های ماسه‌ای سست تا متراکم	خاک‌های رسی اشباع و غیراشباع	خاک‌های ماسه‌ای سست تا متراکم	خاک‌های رسی اشباع و غیراشباع				
۲/۳	۷۵	۱۰۰	۲/۸۵	۵/۱	۲۲	۲/۷۵	۱	۱
۰/۷	۸۵	۱۲۰	۰/۹	۱/۷	۲۸	۱/۲۰	۰/۵	۲
۰/۳	۱۰۰	۱۴۰	۰/۱۷	۰/۳	۳۴	۰/۴۳	۰/۲	۲
۰/۱	۱۶۰	۲۲۰	۴/۰۰۵	۴/۰۰۵	۵۲	۰/۰۵	۰/۰۲۵	۴

۱- فشار مبنای انفجار (بند ۳-۲-۲۱)

۲- فشار بازتاب (بند ۳-۲-۳). این فشار بر پوسته‌ی خارجی ساختمان وارد می‌شود.

۳- فشار ناشی از انفجار درون زمینی بر سازه مدهون

۴- فشار طراحی حداقل

۱-۱-۲۱- حداقل عملکرد سازه‌ای اجزای ساختمان‌ها

حداقل عملکرد سازه‌ای اجزای ساختمان‌ها، در برابر سطوح مختلف بار انفجار در هوا، بر حسب درجهی اهمیت ساختمان (جدول ۲-۱-۲۱)، مطابق جدول ۴-۱-۲۱ می‌باشد.

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

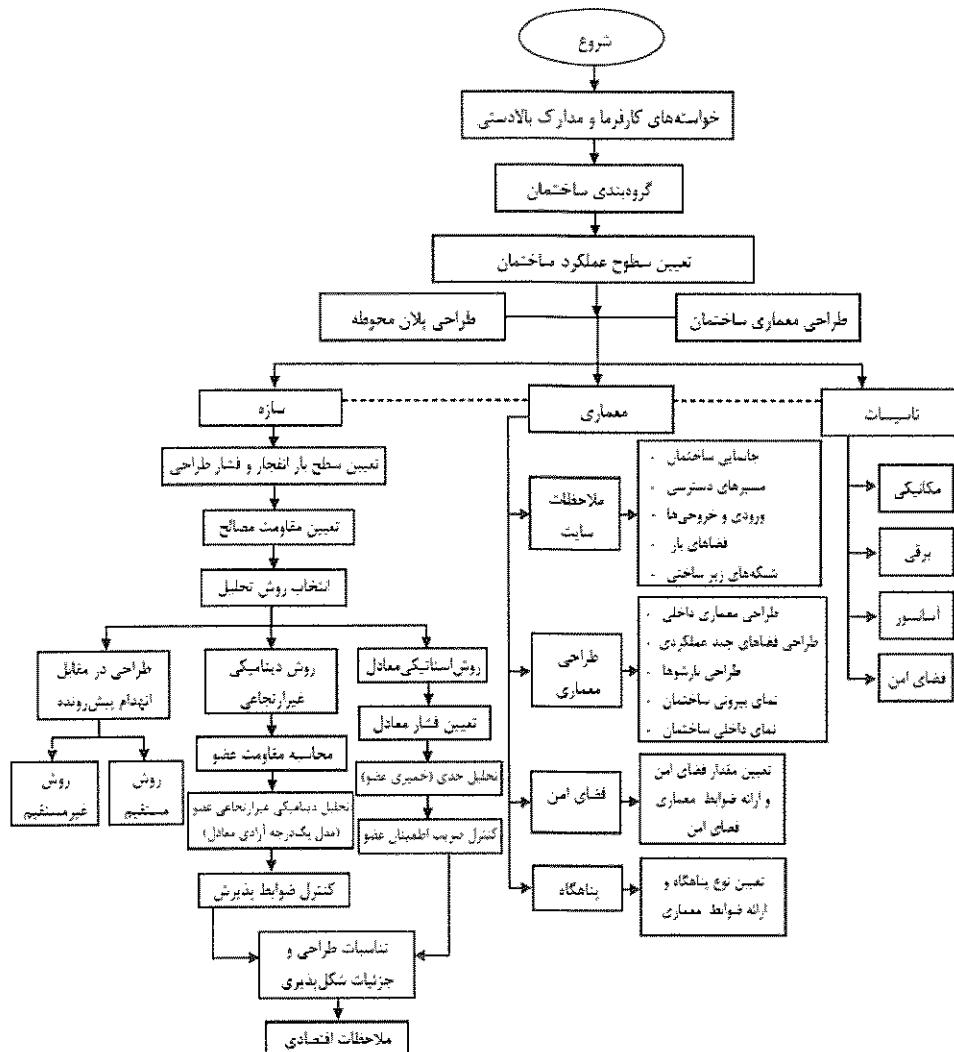
۵	۴	۳	۲	۱	گروه‌بندی ساختمان
					سطح خطر انفجار
---	---	---	---	ایمنی جانی (محافظت متوسط)	۱
---	---	---	---	ایمنی جانی (محافظت متوسط)	۲
---	---	ایمنی جانی (محافظت متوسط)	۱۱	استفاده بی وقفه (محافظت زیاد)	۳
---	---	۱۱	استفاده بی وقفه (محافظت زیاد)	۱۱	۴

تبصره: در صورت تمایل صاحب‌بنا و با توجه به امکانات مالی می‌توان سطح عملکرد بالاتر از موارد

جدول فوق در نظر گرفت.

۱-۱-۲۱- نمودار گردشی طراحی

روندهای طراحی ساختمان، در جهت رعایت ملاحظات پدافند غیرعامل، در شکل ۱-۱-۲۱ ارائه شده است.



شکل ۱-۱-۲۱- روند نمای طراحی ساختمان‌ها از دیدگاه پدافند غیرعامل

٢١-١-١٢- تعاریف

آسانسور و پله برقی

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

• انشعاب منفرد

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

• انفجار

واکنشی است که در آن نزخ سوختن مواد با سرعتی به مراتب بیشتر از سرعت صوت انجام می‌شود که در نتیجه آن گرادیان 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 فاصله نزدیک به سطح زمین که امواج حاصل از آن به صورت نیم‌کره با زمین برخورد کرده و امواج حاصل از بازتاب با موج اولیه ترکیب می‌شود که معمولاً آن را موج ماخ یا جبهه ماخ می‌گویند.

• انفجار در هوا

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

• انفجار شیمیایی

انفجار ناشی از اکسیداسیون سریع عناصر سوختی موجود در ترکیب ماده منفجره که به همراه آزادسازی مقادیر قابل ملاحظه‌ای انرژی گرمایی با حجم زیادی از محصولات داغ گازی می‌باشد.

• بازشوهای خارجی

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

• بحران

پیشامدی است که به طور طبیعی و یا توسط بشر، به طور ناگهانی و گاهی فزاینده 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 فوق العاده است. بحران معمولاً غیرقابل پیش‌بینی است اما معمولاً غیرمنتظره نیست و یک وضعیت اضطراری و آنی 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، باز و پخش نمودن و تمرکز زدایی ساختمان‌ها، تجهیزات، تأسیسات یا فعالیت‌های خودی به منظور تقلیل آسیب‌پذیری آنها در مقابل عملیات دشمن، به طوری که مجموعه‌ای از آنها هدف واحدی را تشکیل ندهند.

• پناهگاه

مکان بسته‌ای است 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 با عمل این تأسیسات، آتش در محل آتش‌سوزی خاموش می‌شود و در مبحث ۳ مقررات ملی به آن پرداخته شده است.

• تأسیسات برقی ساختمان

به سامانه‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۳ 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 خطرآفرین

خرابی و از کارافتادگی 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 کارافتادگی یک جزء تأسیساتی منجر به از بین رفتن کارایی همان عضو می‌شود و لاغر.

• 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 می‌سازند.

• تهویه مطبوع

توزیع مناسب هوا، همراه با کنترل همزمان دما، رطوبت و پاکیزگی 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 پادری یا بازشو با خم اضافی

دریچه‌ای که برای تهویه و تامین هوای احتراق مولد در حال کار بگونه‌ای تعییه 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 فضای 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 حتی المقدور باید به صورت دو یا چند منظوره مورد بهره‌برداری قرار گیرد.
- **لوله‌کشی گاز طبیعی ساختمان**

به سامانه‌ها، 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 بلوک‌های ساختمانی ۴ طبقه به بالا و بیش از ۲ بلوک، مجتمع مسکونی نامیده می‌شود.
- **مجموعه‌ی زیستی**

هر محل حضور انسان‌ها که قالب معماری و شهرسازی دارد و دارای محوطه‌ی باز می‌باشد (مانند مسکونی، مذهبی، آموزشی، فرهنگی، تجاری و خدماتی، درمانی، و...)
- **مرکز کنترل حریق**

مرکزی برای کنترل عملکرد سامانه‌های کنترل دود، ارتباط ساکنین، هشداردهنده‌ها، کنترل آتش‌سوزی و تخلیه افراد می‌باشد.
- **مرمت‌پذیری**

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.

• معايير دائمة

معایبی که با از کار افتادن وسیله مشخص می‌شوند، شدت آسیب در حدی است که توانایی وسیله در انجام عملکرد مطلوب برای همیشه از بین می‌رود.

• معايير موقت

معایبی که اغلب به آن‌ها اختلال یا عیب فنی می‌گویند و با وقفه در عملکرد جاری وسیله همراه است.

۶ مکان‌یابی

انجام اقدامات لازم به منظور انتخاب مکانی مناسب با توجه به تهدیدات و آسیب‌پذیری‌های مربوطه برای استقرار و احداث ساختمان، تأسیسات و نگهداری تجهیزات.

۰ موافق سازی

تعدد و چندگانه سازی در تجهیزات تأسیساتی با همیوشانی مناسب.

• موج انفجار

انرژی زیادی که در اثر انفجار در یک محیط گازی آزاد می‌شود، باعث افزایش ناگهانی فشار در محیط می‌شود که به این فشار نامنظم، موج انفجار می‌گویند. موج انفجار به صورت شعاعی و با سرعت کاملاً که همیشه از سرعت صوت در محیط بیشتر است، از محیط انفجار انتشار می‌یابد.

۱۰

موجودیتی مشخص، اعم از جاندار یا بی‌جان که در نظر است با توصل به عملیات نظامی، سیاسی، اقتصادی یا روانی به آن صدمه زده شود، منهدم گردد، تسخیر شود یا تحت کنترل در آید.

• هواز

دستگاهی است که با قرارگیری در فضایی مسدود، گرمایش یا سرمایش هوا و دمیدن و بازگرداندن آن را از طریق کانال‌های هوا، انجام می‌دهد.

۲-۲۱- ملاحظات معماری و محوطه

رعایت الزامات معماري پدافند غيرعامل، باعث پايداري نسبی مجموعه‌های زيستی، ساختمان‌ها و تأسیسات در شرایط بحران ناشی از تهدیدات می‌شود. توجه و عنایت به مبحث «پدافند غيرعامل» به صورت «میان‌رشته‌ای» و مرتبط با دیگر عوامل اثرگذار در معماري و شهرسازی، پايداري بيشتری را به دنبال خواهد داشت. حوزه شمول اين فصل مطابق جدول ۱-۲۱-الف می‌باشد.

۱-۲-۲۱- معماري و پدافند غيرعامل

رعایت ملاحظات پدافند غيرعامل در طراحی معماري، (که اینمی مجموعه‌های زيستی، ساختمان‌ها و تأسیسات را بالا می‌برد)، الزامي است.
اثرات موج انفجار (به ویژه ناشی از بمباران)، نه تنها باید در برنامه‌ریزی کلان و طراحی مجموعه‌های زيستی، ساختمان‌ها و تأسیسات منظور گردد، بلکه در انتخاب مصالح و طراحی و اجرای جزئیات مهندسی نیز، به صورت همه‌جانبه و متعادل بررسی شده و موردنظر، قرار گیرد.
برای ارائه طرح مایه (مفهوم ذهنی)، طراح باید قادر به نظریه‌پردازی تهاجم احتمالی دشمن بوده و راهکارها را، با اخذ نظرات کارفرما، بهره‌بردار و کارشناسان میان‌رشته‌ای به صورت طرح‌های اولیه ارائه دهد. پس از انتخاب طرح بهینه، طرح‌های تفصیلی (اعم از شهرسازی و یا معماري)، ارائه می‌شود.

۲-۲-۲۱- ملاحظات برنامه‌ریزی و طراحی محوطه

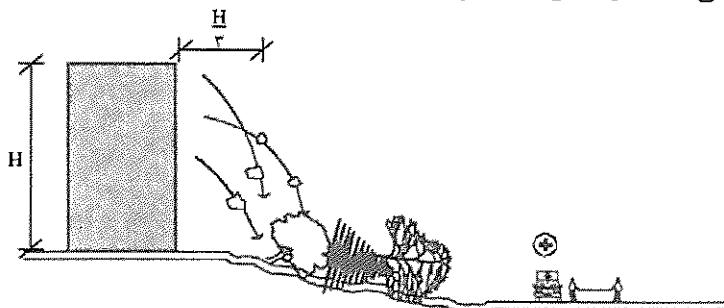
برنامه‌ریزی و طراحی محوطه، همراه ایجاد فضای لطیف و زیبا برای زندگی، باید براساس اصول پدافند غيرعامل، هدایت سریع و مطمئن افراد به پناهگاه‌های خارج از ساختمان و جان‌پناهها، اتخاذ تمهداتی در جهت کاهش خطرات ناشی از ریزش آوار بر سر افراد و تسهیل اقدامات امداد و نجات برای کاهش خطرسازی ساختمان‌ها، صورت گیرد. 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 تمهدات لازم برای طراحی، به شرح زیر است:

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

۲-۱-۲-۲-۱- 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

۳-۱-۲-۲-۲۱- به منظور کاهش خطر ریزش آوار، فضایی با عرض حداقل $\frac{1}{3}$ ارتفاع ساختمان، به عنوان حریم آوار، باید در نظر گرفته شود. در این حریم، صرفاً ایجاد فضای سبز و مستحدثات ایمن در برابر آوار، مجاز است.

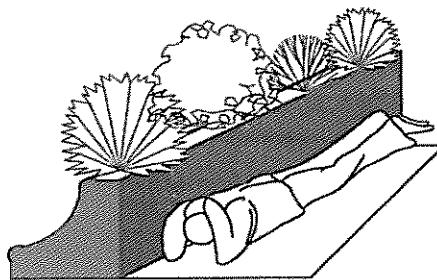
۴-۱-۲-۲-۲۱- مکانیابی ساختمان تا حد امکان هماهنگ با عوارض طبیعی و یا مصنوعی (دفاع غیرعامل طبیعی) و یا مدفون، صورت گیرد.

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

۱-۲-۲-۲۱- فضاهای باز پیرامون ساختمان

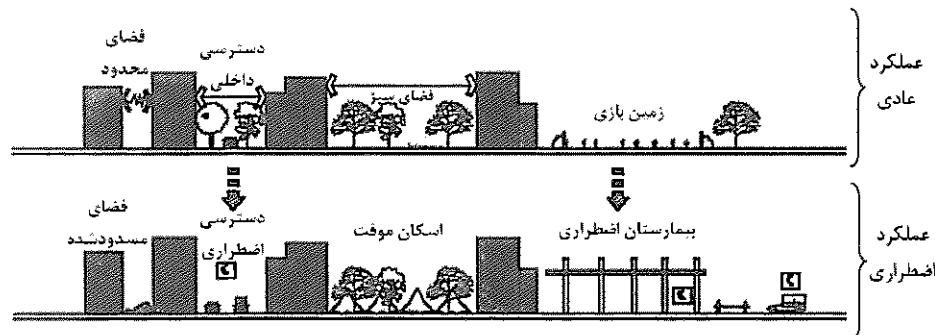
۱-۲-۲-۲-۲۱- در فضاهای باز، باید مکان‌ها و دیوارک‌هایی به عنوان جانپناه ایجاد گردد. (شکل ۱-۲-۲۱)

(۲-۲-۲۱)



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

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



شکل ۲-۳-۲۱- انتعاف پذیری و طراحی چند منظوره فضاهای باز

۲-۲-۳-۲-۲-۱- در عناصر و اجزای مبلمان شهری، تا حد امکان از احداث و ایجاد لبه‌های تیز گوشه (تا ارتفاع ۲ متری از زمین)، حلوگیری شود.

۲-۲-۴-۴-۲-۲-۲-۱- به منظور انجام عملیات امداد و نجات، مکان‌هایی در فضای باز با عملکرد حندمنظوه بیشینه 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 امدادرسانی
- ۲-۲-۲-۵- در مجموعه‌های زیستی و هر محله شهری، در حد امکان باید محل‌های مناسبی برای عملیات امداد و نجات، با امکانات فروود بالگرد، پیش‌بینی شوند.
- ۲-۲-۶- جانمایی ساختمان در خیابان‌های باریک و یک‌طرفه، به نحوی که عملیات امداد و نجات با اخلال و تأخیر مواجه شود، مجاز نمی‌باشد.
- ۷-۲-۲-۲-۱- در کلیه ساختمان‌هایی که در خیابان‌های باریک و یک‌طرفه قرار دارند و امکان تعویض معابر دسترسی وجود ندارد، تجهیزات اطفاء حریق در داخل مجموعه باید به نحوی تأمین گردد که تأخیر و کندی عملیات امداد و نجات و اطفاء خودروهای آتش‌نشانی را جبران نماید.
- ۸-۲-۲-۲-۱- محوطه تا حد امکان باید از چمن و یا درخت و گیاه مناسب پوشیده شود. نصب سنگ‌های بزرگ ترثیئی، که ایجاد نوعی جان‌پناه مقاوم می‌نمایند، در صورت نداشتن گوشش‌های تیز، بلامانع است.

۳-۲-۲-۲-۱- ورودی‌های مجموعه زیستی

- ۱-۳-۲-۲-۱- محوطه‌ی هر مجموعه زیستی با بیش از ۲۰۰ واحد مسکونی (یا معادل آن)، باید دارای حداقل دو ورودی- خروجی (دروازه) باشد که با فاصله مناسب و دور از یکدیگر قرار گیرند(رعایت اصل پراکندگی).
- ۲-۳-۲-۲-۱- ابعاد دروازه‌ها باید متناسب با حجم تردد سواره و پیاده در زمان بحران، پیش‌بینی شوند.
- ۳-۲-۲-۱- دروازه‌ها باید به گونه‌ای باشند که در صورت تخریب، موجب انسداد تردد وسایل نقلیه نشوند.

۴-۲-۲-۲-۱- دسترسی‌های مجموعه زیستی

- ۱-۴-۲-۲-۱- مسیرهای دسترسی باید به نحوی طراحی شوند که با حداقل نمودن تداخل حرکت عابرین پیاده و وسایل نقلیه، کارایی به حداکثر برسد.
- ۲-۴-۲-۲-۱- طراحی هندسی مسیرهای محوطه باید به گونه‌ای باشد که تقاطع اصلاح، نرم (منحنی) و فاقد زوایای تندرست باشند و مسیریابی اضطراری در آن‌ها، به سادگی صورت گیرد.

۳-۴-۲-۲-۲۱- تا حد امکان، ریزش آوار و شیشه نباید موجب انسداد مسیرهای دسترسی و ایجاد خطر برای افراد شود (حریم آوار رعایت شود).

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

۵-۴-۲-۲-۲۱- در طراحی شبکه سواره‌رو داخل مجموعه‌های زیستی با بیش از ۲۰۰ واحد مسکونی (یا 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.

۶-۴-۲-۲-۲۱- معابر پیاده باید فاقد ناهمواری، برآمدگی و سطوح لغزنده باشند و از بکاربردن مصالح کندکننده حرکت در آنها خودداری شود.

۷-۴-۲-۲-۲۱- برای سهولت حرکت در موقع بحران ناشی از تهدیدات، هر آنچه سرعت گریز از خطر را محدود نماید، باید از طرح محوطه حذف شده و یا مناسبسازی شود.

- ابعاد پله‌ها در فضای باز، برای حفظ ایمنی و راحتی، باید به صورت زیر باشند:
- عرض حداقل $1/5$ متر
- ارتفاع حداکثر 15 سانتی‌متر
- حداقل کف مفید 30 سانتی متر
- به ازاء هر 10 پله یک پاگرد (فضای استراحت).

۹-۴-۲-۲-۲۱- شیراهه باید بیش از 5 درصد شیب داشته باشد. عرض آن باید بیش از $1/8$ متر بوده و کف آن زیر باشد.

۱۰-۴-۲-۲-۲۱- برای خروج افراد از ساختمان، طراحی معتبر (کانال) تأسیساتی آدمرو و مقاوم در برابر موج انفجار (موضوع بند $۳-۳-۲-۲۱$)، در هماهنگی با مهندس تأسیسات، الزامی است. این گونه معابر باید قابلیت گذر تأسیسات اصلی و زیرساخت‌ها (موضوع بند $۷-۲-۲-۲۱$ $۳-۸-۲-۲۱$) را داشته و خروجی‌های متعدد به محوطه در آن پیش‌بینی شود.

۵-۲-۲-۲۱- جان‌پناه‌ها

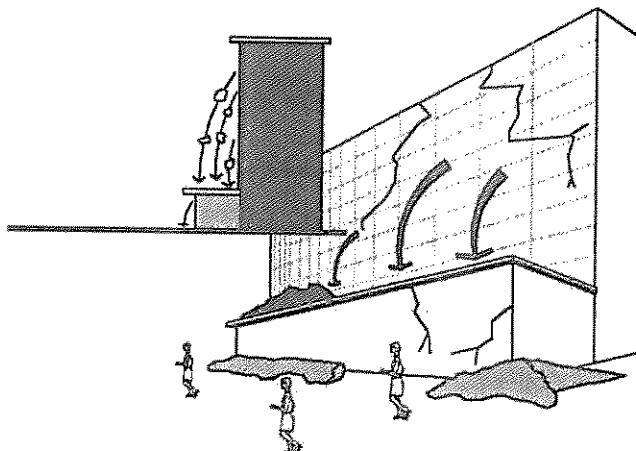
۱-۵-۲-۲-۲۱- فضاهای باز، باید به‌نحوی طراحی شوند که در ترکیب باعوارضی نظیر پشتی چمن کاری شده، فرورفتگی، جعبه گلدان و دیوارک، ضمن ارتقاء محیط برای تامین فعالیت‌های شرایط عادی (مانند بازی و نشستن)، جان‌پناه‌های مناسب در آن‌ها، ایجاد شوند.

- ۲-۲-۵-۲-۲-۲۱- محل استقرار جان پناهها باید خارج از حریم آوار باشد.
- ۲-۲-۵-۳- جانپناهها باید با ظرفیت کم و پراکنده‌گی مناسب، در خارج مسیرها و فضای باز، ایجاد شوند.
- ۲-۲-۵-۴- شکل جان پناهها باید نرم (منحنی) و فاقد نقاط تیز گوشه بوده و سازه‌ی آنها، مقاوم در برابر موج انفجار باشند.
- ۲-۲-۵-۵- فاصله جانپناهها از یکدیگر، حداقل ۲۰ متر باشد.

۳-۲-۲-۲۱- طراحی معماری ساختمان

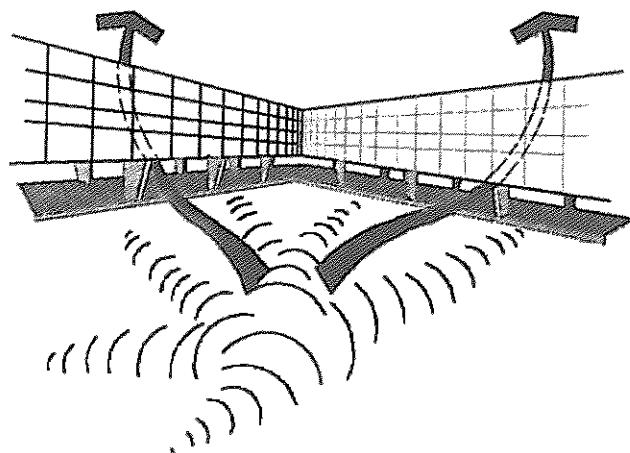
۱-۳-۲-۲۱- طراحی حجم ساختمان

- ۱-۱-۳-۲-۲۱- شکل (فرم) ساختمان بیش از ۶ طبقه باید به صورتی باشد که آوار آن باعث انسداد دسترسی‌ها به ساختمان نشود (نظیر اشکال پلکانی - شکل ۴-۲-۲۱).



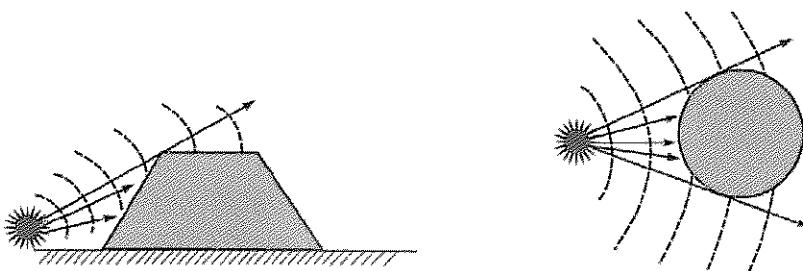
شکل ۴-۲-۲۱- شکل‌های مناسب نمای ساختمان برای کاهش ریزش آوار به محیط

- ۲-۱-۳-۲-۲۱- شکل کلی ساختمان‌های مجاور خیابان اصلی، به‌گونه‌ای باشد که در صورت تخریب، سبب انسداد معبر نشوند (با رعایت بند ۳-۱-۲-۲۱).
- ۲-۱-۳-۲-۲۱- طراحی پیلوت‌های از دو طرف باز، توصیه می‌شود (شکل ۵-۲-۲۱).



شکل ۲-۲۱-۵- تخلیه موج انفجار از پیلوت باز

۴-۲-۳-۲-۲۱- شکل ساختمان تا حد امکان باید محدب و یا مدور باشد. استفاده از اشکال مقعر توصیه نمی شود (شکل ۲-۲۱). با توجه به اهمیت شکل ساختمان در بارگذاری انفجار، در راستای اجرای بند ۳-۲-۳-۲۱، تعامل با مهندس سازه، الزامی است.



شکل ۲-۲-۶- پلان و نمای مناسب در برابر موج انفجار

۲-۳-۲-۲۱- مسیرهای حرکت

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

- ۲-۲-۳-۲-۲۱- در فضاهای مکث بزرگ (مانند هال، لابی و...) ساختمان، مسیرهای حرکت نباید روبروی 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، روبروی یکدیگر قرار نگیرند.

۲-۲-۳-۳-۲-۲۱- نمای ساختمان

۱-۳-۲-۲۱- 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 ترکش 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 نمای می‌باشد. برای کاهش این اثرات ضرر لازم است تا موارد زیر برای طراحی و اجرای هندسه پیرامونی و نمای سازه در نظر گرفته شوند.

۲-۲-۳-۲-۲۱- هندسه پیرامونی سازه باید ساده، صاف و دارای شکل محدب باشد. اشکال مقعر و دارای پیش آمدگی (مانند بالکن) و فرورفتگی باعث محبوس شدن امواج و تشديید اثرات انفجار می‌شوند.

۲-۲-۳-۳-۲-۲۱- ضمن در نظر گرفتن ضوابط معماري، سطوح شیشه خور نما و تعداد بازشوها به کمترین مقدار ممکن برسد. اين موضوع در طبقات پايان‌تر ساختمان باید بيشرتر مورد توجه قرار گيرد زيرا فشار انفجار در اين طبقات بيش از طبقات بالائي است.

۲-۲-۳-۴-۳-۲-۲۱- مصالح روکار نما باید به گونه‌اي انتخاب شوند که در اثر فشار انفجار دچار خردشگي نشده و به قطعات کوچک تيز تبديل نشوند.

۲-۲-۳-۵-۳-۲-۲۱- برای نصب مصالح روکار نما باید از قاب‌های مجزا استفاده شده و این قاب‌ها با اتصالات مستقيمه به ديافراگم سقف‌ها متصل شوند تا از انتقال لنگر خمشی موضعی به ستون‌ها جلوگيري شود.

۲-۲-۳-۶-۳-۲-۲۱- قاب‌بندی نمای ساختمان به گونه‌اي طراحی شود که امكان بازرسی و در صورت نياز تعويض و نصب قطعات آسيب دide به راحتی فراهم شود.

۲-۲-۳-۷-۳-۲-۲۱- بكارگيري نماهای شکننده و عناصر دارای اتصال سست به سازه (در نمای ساختمان) و يا بدون اتصال مناسب به سازه، ممنوع است.

- ۸-۳-۲-۲۱- اتصال دیوارهای خارجی به سازه، ضمن حفظ انعطاف‌پذیری لازم، باید بطور مطمئن، طبق فشار واردہ انجام شود.
- ۹-۳-۲-۲۱- در نمای مجاور معابر، از طبقه‌ی چهار به بالای ساختمان‌ها، احداث بالکن یا شبہ بالکن سراسری الزامی است. در صورت وجود عقب‌نشینی در طبقات بالای پایه (پودیوم)، لزومی به اجرای بالکن نمی‌باشد.
- ۱۰-۳-۲-۲۱- قسمت بیرونی ورودی ساختمان، باید با ایجاد سقف و یا هرگونه حائل مقاوم در برابر ریزش آوار، محفوظ و ایمن سازی شوند.
- ۱۱-۳-۲-۲۱- قرارگیری عناصر الحاقی شکننده و یا فاقد اتصال مناسب به سازه، در لبه بام مجاز نیست.
- ۱۲-۳-۲-۲۱- تأسیسات مستقر در بام، باید به فاصله کمینه ۲ متر از لبه‌ی مجاور معابر و حیاط قرار گیرند.
- ۱۳-۳-۲-۲۱- اجرای انواع نمای اندوودی از ملات ماسه‌سیمان یا مشابه، نقش مؤثری در پایداری دیوارهای خارجی داشته و آسیب‌پذیری آنها را نسبت به دیوارهای خارجی بدون انود نما به مرتب کاهش می‌دهد. همچنین در برابر نیروی لغزشی، مقاومتر از نماهای آجری و سنگ بوده و احتمال ریزش آنها کمتر است.
- ۱۴-۳-۲-۲۱- در صورت استفاده از نمای آجری، آن را باید با ضخامت کمینه ۲۲ سانتیمتر، به صورت مسلح و با اتصال لازم به سازه، اجرا نمود.
- ۱۵-۳-۲-۲۱- از کاربرد سنگ (و مشابه نظیر سرامیک و دیگر مصالح شکننده) بصورت خشک در نما، خودداری شود و لازم است عناصر نمای ساختمان دارای قاب‌بندی با مقاومت و انعطاف‌پذیری مناسب باشند.
- ۱۶-۳-۲-۲۱- نماهای پیش‌ساخته بتن مسلح، با اتصال لازم به سازه، در برابر انفجار بسیار مناسب می‌باشند. اتصال نمای پیش‌ساخته بتونی به اعضای محیطی ساختمان، باید قابلیت تحمل بارهای ناشی از انفجار (مطابق جدول ۳-۱-۲۱) را دارا باشد. به طور کلی، عناصر نما نباید موجب ایجاد ترکش و آوار شوند و آسیب‌رسان باشند.

۴-۳-۲-۲۱- پنجره‌ها و بازشوها

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

۲-۴-۳-۲-۲۱- 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 چسبنده به شیشه)، بلامانع است.

۲-۴-۳-۲-۲۱- 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.

۲-۴-۳-۲-۲۱- جنس شیشه‌های به کار رفته در پنجره‌ها باید از نوع لمینیت (چندلایه) باشد تا پس از گسیختگی قطعات خرد شده به اطراف پرتاب نشوند.

۲-۴-۳-۲-۲۱- در نورگیرهای (سقفی) ساختمان، باید از صفحات شفاف نشکن، به جای شیشه، استفاده شود.

۲-۴-۳-۲-۲۱- قاب پنجره‌ها باید دارای استحکام و مقاومت بیشتری از شیشه‌ها باشند. این قاب‌ها باید با اتصال مناسب به اطراف متصل شوند تا در صورت وقوع انفجار، قاب و شیشه‌های متصل به آن به صورت یک قطعه منفرد به داخل پرتاب نشوند.

۲-۴-۳-۲-۲۱- چهارچوب پنجره‌ها به سازه باید کاملاً مهار شوند.

۲-۴-۳-۲-۲۱- مهاربندی‌ها و چهارچوب‌های جداره خارجی به سازه در ترکیب با بازشوها(درها، کرکره‌ها و دیگر بازشوها)، باید برای تحمل فشار بازتاب (بند ۳-۲-۲۱)، طراحی شوند.

۲-۴-۳-۲-۲۱- درهای ورودی ساختمان مراکز تجمع و پنجره‌ها، باید به سمت خارج باز شوند (با رعایت عقبنشینی لازم در معابر عمومی).

۲-۴-۳-۲-۲۱- چارچوب درهای ورودی (و سایر چارچوب‌ها) باید با بتون مناسب پوشده و دارای اتصال لازم به سازه باشند.

۵-۳-۲-۲۱- اجزای غیرسازه‌ای

۱-۵-۳-۲-۲۱- اجزای غیرباربر (مانند تیغه، 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 لب تیز تبدیل نشوند.

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

۳-۵-۳-۲-۲۱- دیوارهای بنایی باید با شبکه‌ی میلگرد، مسلح شوند.

۴-۳-۲-۲۱- 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 جداگانه، استفاده نشود.
- عناصر غیرساختمانی (مانند کتابخانه، قفسه، ویترین، کمد، دکور)، به نحو مناسب، به سازه و یا اجزاء ساختمانی، متصل شوند.

۵-۳-۲-۲۱- ضروری است:

- دیوارهای جداگانه داخلی تاحد امکان، سبک، انعطاف‌پذیر و دارای بهم پیوستگی (با استفاده از الیاف‌های طبیعی و یا مصنوعی) باشند.
- اتصالات اجزای غیرسازهای و تزئینات داخلی، باید براساس حداقل‌های اشاره شده در آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و برمبنای خطر لرزه‌خیزی خیلی زیاد ($A = ۰/۳۵$) طرح شوند.
- اتصالات دیوارهای جداره‌ی خارجی ساختمان و قاب‌بندی نما و اجزای نمای پیش‌ساخته بتی باید برای فشار بازتاب بند ۳-۳-۲-۲۱ طراحی شوند.
- از نصب هرگونه تزئینات و تابلوهای شکننده آسیب‌رسان، خودداری شود.
- مبلمان تا حد ممکن، دور از پنجره‌های خارجی، قرار گیرند.

۶-۳-۲-۲۱- آسانسور و راه‌پله

- ۱-۲-۳-۶-۱- در چاهک (شاфт) آسانسورها باید تمهداتی در نظر گرفته شود که از انتقال موج انفجار، دود و آتش و آسیب‌رسیدن به راه‌پله و راهروهای طبقات، تاحد امکان، جلوگیری شود.
- ۱-۲-۳-۶-۲- راه‌پله باید از چاه آسانسور، فاصله مناسبی داشته و ورودی آن، مقابل درب آسانسور نباشد (در این خصوص ضوابط مبحث سوم رعایت شود).
- ۱-۲-۳-۶-۳- ارتفاع کف اتاقک آسانسور (در صورت وجود) از روی بام، باید به میزان ۵۰ سانتی‌متر افزایش یابد و این فاصله با دیوارهای سبک پران (رو به بیرون) پوشانده شود.
- ۱-۲-۳-۶-۴- برای امداد و تخلیه اضطراری، باید راه‌پله‌ای در جداره‌ی خارجی آن‌ها، طراحی و اجرا شود.

۴-۲-۳-۵- راه پله ساختمان ها، باید از فضاهای پر خطر (مانند منابع سوخت) دور باشد. این مکان می تواند به عنوان فضای امن در نظر گرفته شده و برنامه ای بند ۴-۲-۲۱ طراحی شود.

۴-۲-۲۱ - فضاهای امن

۱-۴-۲-۲۱ - تعریف

فضای امن، بخشی از ساختمان، با عملکرد چند منظوره است که به میزان کمتر، در برابر آثار ناشی از انفجار، قرار می گیرد. این فضا نسبت به سایر قسمت ها، از مقاومت و اینمی بیشتری برخوردار است. فضای امن حفاظت نسبی افراد را، تامین کرده و دارای قابلیت های زیر می باشد:

- اینمی بیشتر در برابر ریزش آوار
- مقاوم در برابر ترکش های ثانویه
- حداقل نمودن نفوذ دود و غبار به داخل خود.

۲-۴-۲-۲۱ - مکان یابی

۱-۲-۴-۲-۲۱ - مکان فضای امن، نباید در مسیر مستقیم موج انفجار قرار گیرد و تاحدامکان، در بین سایر فضاهای در محدوده مرکزی ساختمان پیش بینی شود و بین آن تا جداره خارجی، حداقل یک دیوار باشد. راهروهای داخلی، اتاق ها، انبارها، زیرزمین و سایر فضاهای مشابه عملکرد فضای امن را می توانند داشته باشند.

۲-۲-۴-۲-۲۱ - فضای امن عمومی باید در هر طبقه ای ساختمان عمومی (برای عموم) و فضای امن خصوصی در واحد های آپارتمانی بیش از ۱۲۰ متر مربع، در نظر گرفته شود.

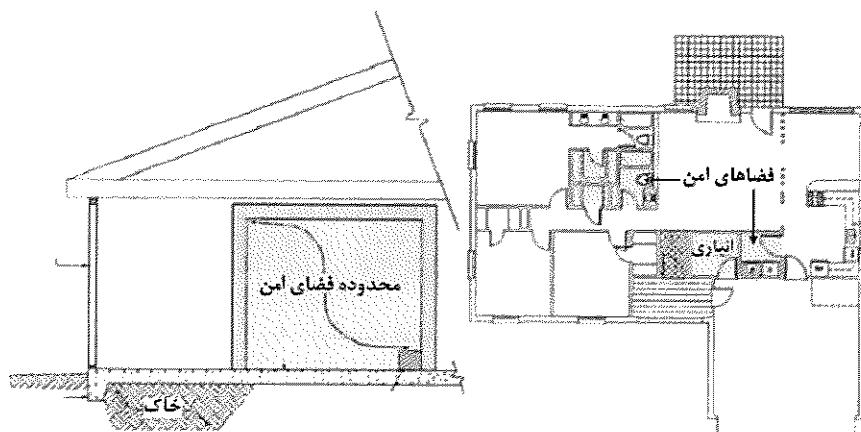
۳-۲-۴-۲-۲۱ - مکان فضای امن باید به گونه ای باشد که دسترسی آن به راه خروج، به راحتی و در امنیت حاصل شود.

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

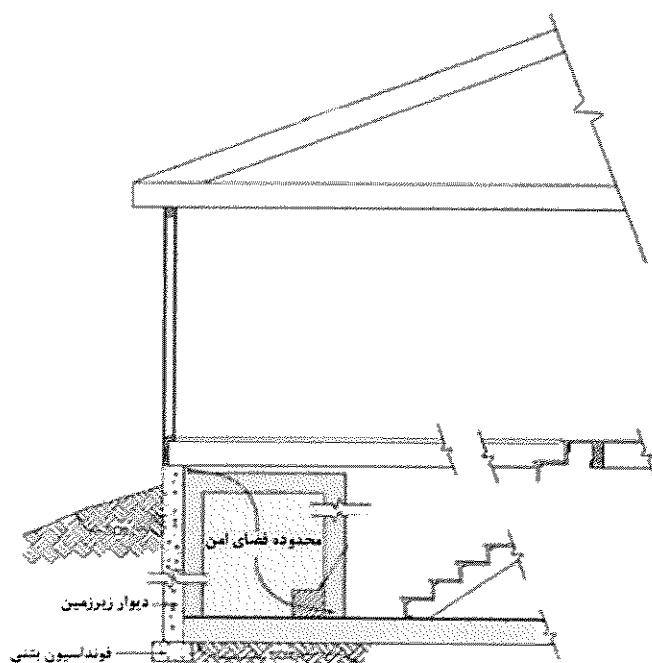
۵-۲-۴-۲-۲۱ - در واحد های مسکونی، باید قسمت گوچکی (نظیر اتاق اندرونی، انباری، پستو و کمد دیواری) برای فضای امن، منظور شود.

۶-۲-۴-۲-۲۱ - راهروها و راه پله های داخلی هم می توانند به عنوان فضای امن، منظور شوند.

۷-۲-۴-۲-۲۱- فضاهای واقع در زیرزمین های ساختمان ، باید با طراحی مناسب زیرساخت ها، در حداقل زمان قابل تبدیل به فضای امن برای ادامه فعالیت های ساختمان باشند.

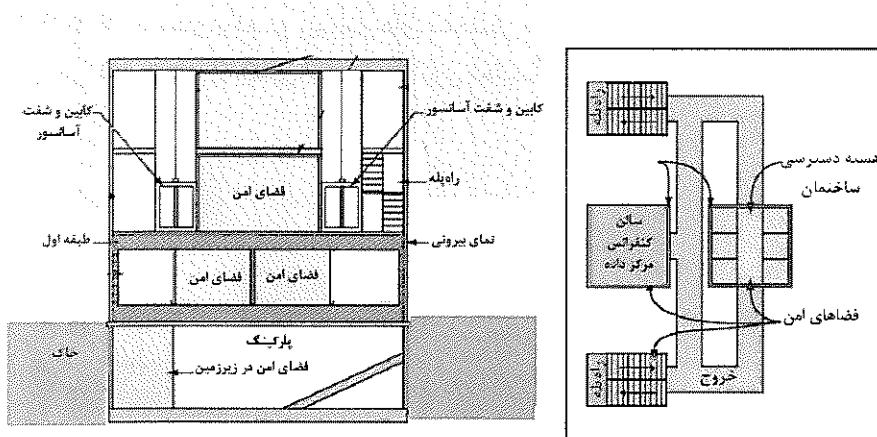


الف: فضای امن در طبقات



ب: فضای امن در زیرزمین

شكل ۷-۲۱- موقعیت فضای امن در ساختمان های مسکونی



شکل ۸-۲-۲۱- موقعیت فضای امن در ساختمان‌های عمومی

۴-۲-۳- الزامات طراحی

۴-۲-۳-۱- در برنامه‌ریزی فضایی- عملکردی ساختمان، فضای امن باید مستقل و چندمنظوره بوده ولی نمی‌تواند بخشی از فضاهای دیگر باشد.

۴-۲-۳-۲- ظرفیت فضای امن، بر اساس کاربری ساختمان، مطابق جدول ۱-۲-۲۱ محاسبه می‌شود:

جدول ۱-۲-۲۱- ظرفیت فضای امن بر اساس کاربری ساختمان

ظرفیت فضای امن	کاربری ساختمان
به ازای هر تخت، ۱ متر مربع	بیمارستان‌ها و مراکز درمانی
در هر واحد مسکونی به ازای هر فرد، ۱ متر مربع و حداقل ۶ مترمربع	مسکونی
به ازای هر تخت، ۱ متر مربع	هتل‌ها و مسافرخانه‌ها
به ازای هر یک از کارکنان، ۱ متر مربع	مراکز اداری و تجاری
$\frac{1}{8}$ زیربنای فروشگاه	فروشگاه‌های بزرگ
۱۵ درصد زیربنای شبستان	مسجد، حسینیه و مانند آن
۱۵ درصد زیربنای سالن اصلی	اماکن عمومی (مانند سینما و رستوران)
$\frac{1}{100}$ سطح کل زیربنا	انبار و نمایشگاه
به ازای هر دانش‌آموز، ۰/۲۵ مترمربع	مراکز آموزشی

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

۴-۴-۲-۲۱- باربری و مصالح

۴-۴-۲-۲۱-۱- فشار طراحی فضای امن، برای مقاومت در برابر موج انفجار و آتش، باید مطابق بند ۹ تعیین شود.

۴-۴-۲-۲-۲۱- دیوار، سقف و کف تاحد امکان، از بتن مسلح باشند. در دیوارها، از آجر مسلح (توپر) و یا پوشش مقاوم کننده پلیمری، می‌توان بهره گرفت.

۴-۴-۲-۳-۴-۲-۲۱- کاربرد مصالح و اجسام تیز، لبه‌دار، ترد و شکننده در فضای امن، مجاز نیست.

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

۴-۴-۵-۲-۲۱- دریچه خروج اضطراری مستحکم با عرض ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر و با رعایت جزء ۱-۴-۴-۲-۲۱، در ارتفاع حدود ۹۰ سانتی‌متری از کف (با بازشوی رو به داخل فضای امن) نصب شود. لازم است تمهداتی برای نحوه خروج پیش‌بینی شود.

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

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

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

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

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

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

پ- مقاوم دربرابر 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.

۳-۲۱-۳- بارهای ناشی از انفجار

انفجار واکنش شیمیایی مواد منفجره است که انرژی قابل ملاحظه‌ای را آزاد می‌نماید. در اثر فشار و دمای سیار زیاد، مواد منفجره به گاز تبدیل شده و با افزایش 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 سازه و زمان تاثیر آن، براساس مقادیر این فصل تعیین می‌شود. حوزه شمول این فصل مطابق جدول ۲-۱-۱-الف می‌باشد.

۳-۲۱-۱- انواع موج انفجار

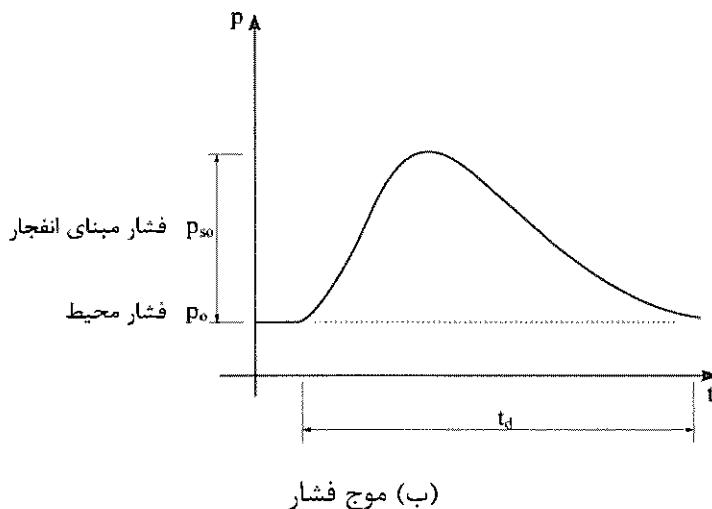
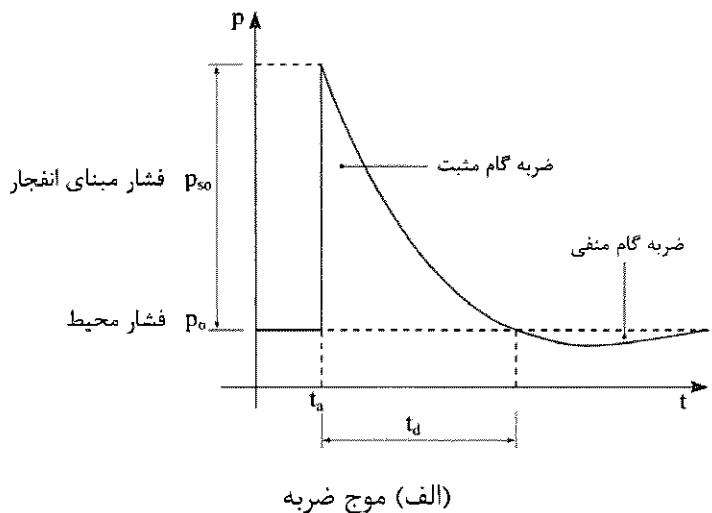
امواج انفجار بر حسب منشأ آن به دو نوع «موج ضربه» و «موج فشار» تقسیم می‌شوند.

۳-۲۱-۱-۱- 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 مبنای 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 ۳-۲۱-۱-الف). فشار گام منفی، نسبتاً کوچک و تدریجی بوده و در اکثر مواقع، از اثر آن صرف نظر می‌شود.

۳-۲۱-۱-۲- 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 مبنای انفجار افزایش یافته و سپس به فشار محیطی کاهش می‌یابد و عموماً گام منفی ندارد. (شکل ۳-۲۱-۱-ب)



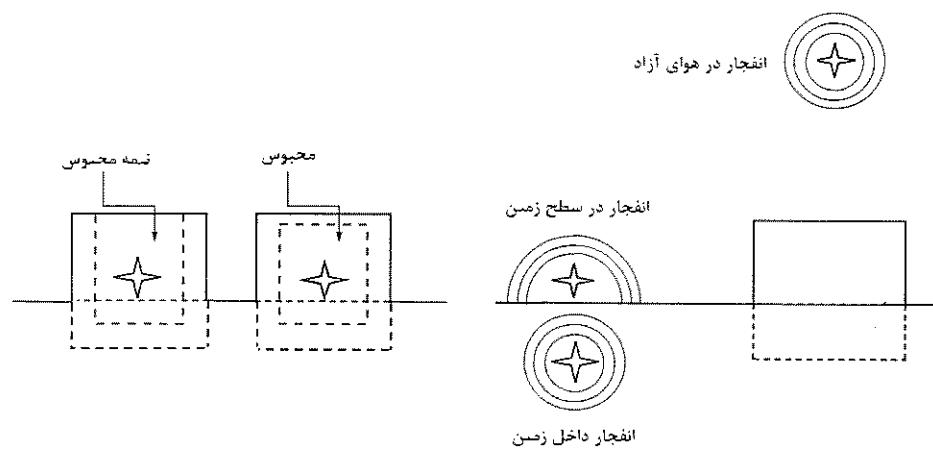
شکل ۱-۳-۲۱-۱- شکل‌های موج ضربه و موج فشار

۲-۳-۲۱- موقعیت چشمeh انفجار

انفجارها از نظر موقعیت چشمeh 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 دسته‌ی «انفجار در هوا (هوایی)»، «انفجار در سطح زمین (سطحی)» و «انفجار در داخل زمین (زیرزمینی)» تقسیم می‌گردد. (شکل ۲-۳-۲۱)

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 زیرزمینی 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 تهويه 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 گاز است. در انفجار نیمه محبوس با تعییه‌ی 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 ۳-۲۱-۳-۲- موقعیت چشمی انفجار

۳-۲۱-۳-۳- 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.

۳-۳-۲۱- فشار مبنای انفجار p_{so}

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 ۳-۱-۲۱ برای سطوح بار مختلف، به دست می‌آید.

۳-۳-۲۱- 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:

$$q_s = \frac{\gamma p_{so}}{2(p_{so} + \gamma p_o)} \quad (1-3-21)$$

که در آن:

فشار مبنای انفجار و p_o فشار محیطی (جو) می‌باشد.

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

موج انفجار پس از برخورد با مانع صلب، منعکس می‌شود. 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 سطحی، در راستای اجرای بند ۳-۲-۲۱، تعامل بسا مهندسی عمارتی الزامی است.

بعهانی ترین 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:

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

۴-۳-۲۱- 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 ۳-۳-۲۱ محاسبه می‌شود:

$$U_s = 240 \sqrt{1 + 0.83 p_{so}} \quad (3-3-21)$$

که در این رابطه U_s سرعت انتشار موج بر حسب متر بر ثانیه و p_{so} فشار مبنای انفجار بر حسب کیلوگرم بر سانتیمترمربع 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 بازگذاری مختلف در جدول ۳-۲۱ ارایه 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 می‌گردد (شکل ۳-۲۱-الف). تکانه مثبت از رابطه ۴-۳-۲۱ بدست می‌آید.

$$i_s = 0.15 \times p_{so} \times t_d \quad \text{برای موج ضربه} \quad (4-3-21)$$

$$i_s = 0.64 \times p_{so} \times t_d \quad \text{برای موج فشار}$$

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

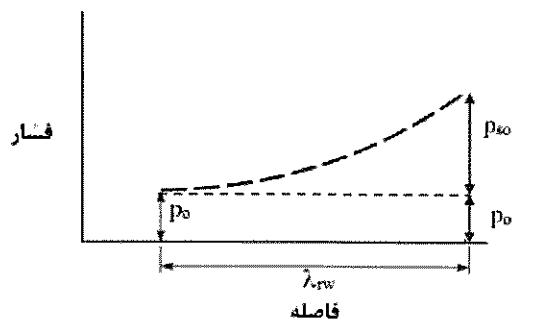
ت: طول موج (λ_{rw})

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

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

U_s = سرعت انتشار موج، بر حسب متر بر ثانیه

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



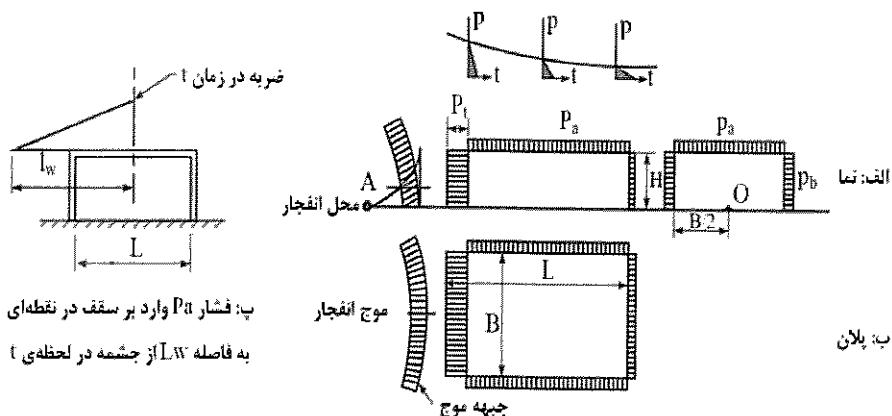
شکل ۳-۲۱-۳- طول موج انفجار

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 مبنای آن ۱/۸ برابر فشار مبنای 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

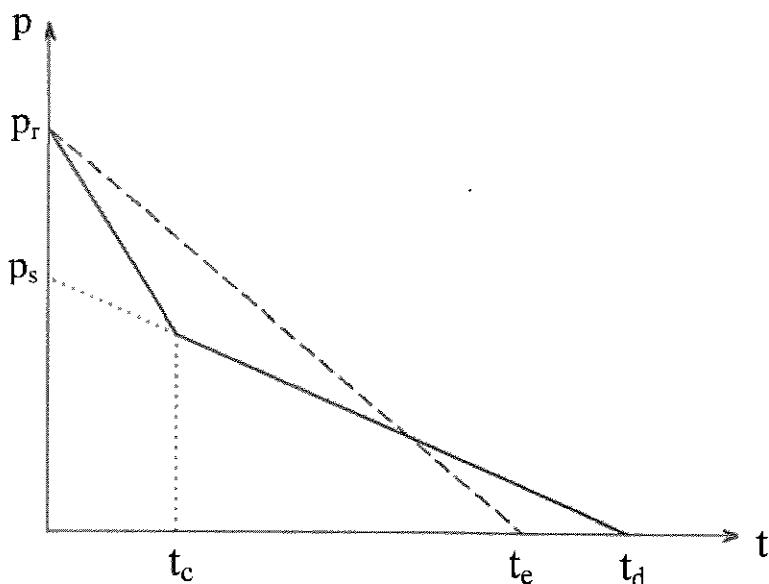
در شکل ۴-۳-۲۱ صورت ساده شده بارهای انفجاری وارد بر ساختمان با فرض انفجار در نقطه A و اعمال فشار از چپ به راست، نشان داده شده است که L طول ساختمان در جهت انتشار موج، B عرض ساختمان و H ارتفاع متوسط آن است.



شکل ۴-۳-۲۱-۵- 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 می‌باشد که به بار مثلثی معادل تبدیل می‌شود. حداقل اضافه فشار وارد بر دیوار مقابل (جبهه موج) انفجار، معادل فشار بازتاب (۰ p_r) مطابق رابطه ۴-۳-۲۱ (رابطه ۶-۳-۲۱) می‌باشد که در زمان تستیح t (رابطه ۶-۳-۲۱) به فشار رکود s (رابطه ۷-۳-۲۱) می‌رسد.



شکل ۳-۲۱-۵-۳-بارگذاری دیوار جلو

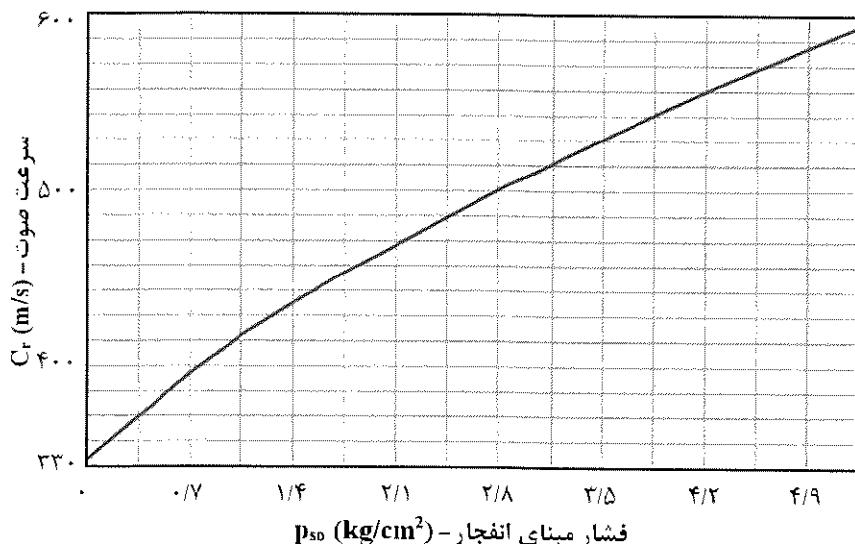
$$t_e = \frac{4S}{(1+R)C_r} \quad (3-21)$$

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 ۷-۳-۲۱- مقادیر سرعت صوت

$$p_s = p_{so} + C_d q_s \quad (7-3-21)$$

که در رابطه فوق:

$$p_{so} = \text{فشار مبنای انفجار}$$

$$q_s = \text{حداکثر فشار دینامیکی (رابطه ۷-۳-۲۱)}$$

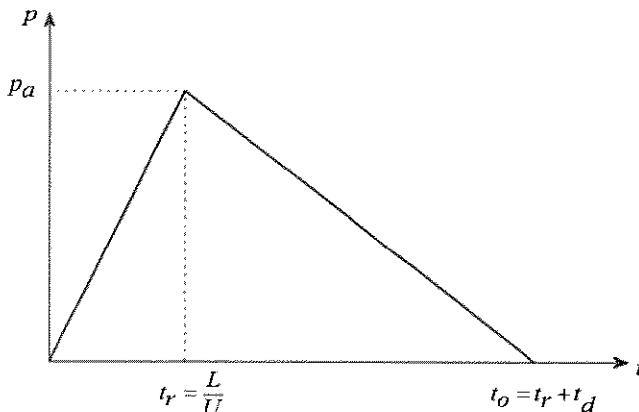
C_d = ضریب پسا (کشانی) که برای دیوار جلو در محدوده فشارهای حاضر برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

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

$$t_e = (t_d - t_c) \frac{p_s}{p_r} + t_c \quad (8-3-21)$$

۷-۳-۵-۲- بارگذاری دیوارهای جانبی

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



شکل ۳-۲۱-۷- بارگذاری دیوارهای جانبی و سقف

مقدار اضافه فشار حداکثر (p_a) برابر است با:

$$p_a = C_e p_{so} + C_d q_s \quad (9-3-21)$$

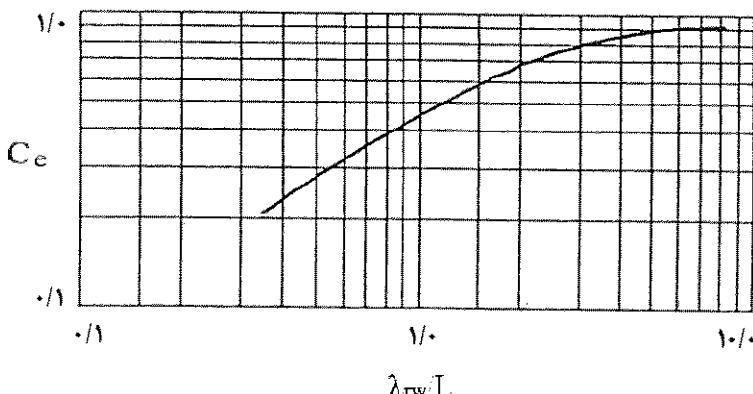
در رابطه فوق:

C_e = ضریب کاهش انفجار که به طول سازه (L) در امتداد حرکت موج و طول موج انفجار (λ_{rw}) بستگی دارد و مقدار آن از نمودار شکل ۸-۳-۲۱ محاسبه می‌گردد.

$q_s =$ حداکثر فشار دینامیکی (رابطه‌ی ۱-۳-۲۱)

C_d = ضریب پسا (کشانی) که از جدول ۱-۳-۲۱ محاسبه می‌گردد.

λ_{rw} = طول موج انفجار (رابطه‌ی ۵-۳-۲۱)

شکل ۳-۲۱-۸- مقادیر ضریب کاهشی C_e

جدول ۲۱-۳-۱- ضریب پسا (C_d)

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

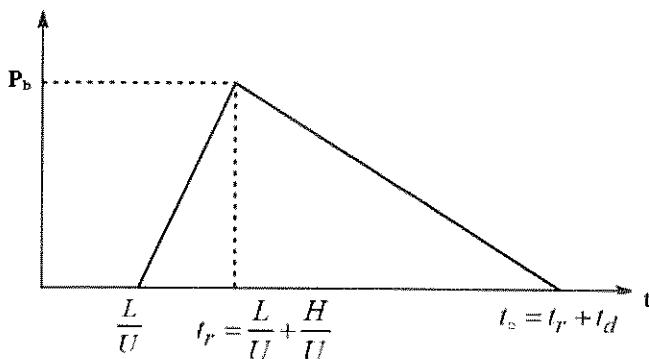
۳-۵-۳-۲۱- بارگذاری سقف

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

۳-۵-۴- بارگذاری دیوار پشت

فشار وارد بر دیوار پشت، مشابه دیوارهای جانبی از رابطه ۹-۳-۲۱ به دست می‌آید. در دیوار پشت، برای محاسبه ضریب کاهش (C_e)، ارتفاع سازه (H) نیز به طول سازه (L) اضافه می‌شود و فشار وارد، معادل P_b در نظر گرفته می‌شود.

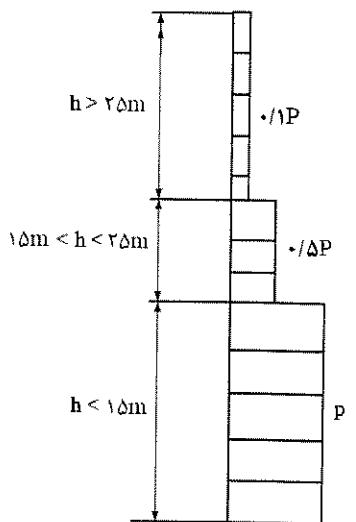
بار دیوار پشتی جهتی مخالف با بار دیوار جلویی داشته و در نتیجه، نقش کاهنده‌ای در کل بار جانبی انفجار خواهد داشت. در این راستا از اثرات دیوار پشتی بر روی رفتار کل قاب یا ساختمان در بسیاری از اوقات و در جهت اطمینان صرف نظر می‌شود، لیکن، اجزای نما و عناصر الحاقی دیوار پشت، باید قادر به تحمل فشار یا مکش حاصل از انفجار باشند.



شکل ۳-۹-۳-۲۱- بارگذاری دیوار پشت

۳-۲۱-۵-۵-۵- توزیع فشار انفجار در ارتفاع

برای بارگذاری ساختمان‌ها تحت انفجار تا ارتفاع ۱۵ متر از سطح زمین، از مقادیر فشار معرفی شده در بندهای ۱-۵-۳-۲۱ 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 ۱۰-۳-۲۱).



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

۳-۲۱-۶- انفجار در داخل زمین

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

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

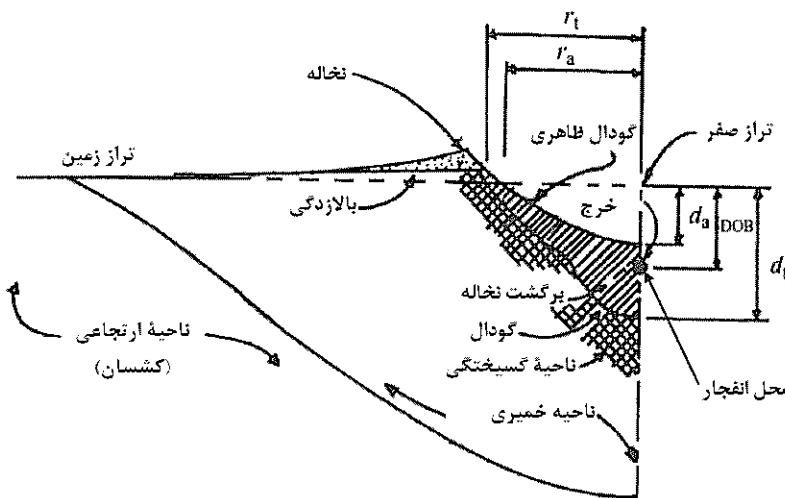
۳-۲۱-۶-۱- میزان نفوذ بمب در داخل زمین

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.^۲ در طراحی سازه‌های مدفون باید با شناسایی بمبهای مورد استفاده دشمن، میزان نفوذ آن‌ها به دست آید.

۱۱-۳-۶-۲- ناحیه‌بندی خاک در محل انفجار

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



شکل ۱۱-۳-۲۱- ناحیه‌بندی خاک در محل انفجار
 d_l = عمق انفجار، r_a = شعاع بدون نخاله، d_a = عمق بدون نخاله، r_i = شعاع کلی (با نخاله)، DOB = عمق کلی

^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 ماده 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 موثر بوده و امواج رایلی (R) علاوه بر حوزه نزدیک، در فواصل دور نیز حاکم هستند. ذرات نزدیک به سطح زمین تحت تأثیر حرکات چرخشی ناشی از امواج رایلی (R) قرار می‌گیرند.

۴-۶-۳-۲۱- مشخصه‌های اصلی تکانه زمین

مشخصه‌های اصلی تکانه زمین شامل حداکثر فشار، حداکثر سرعت ذرات، حداکثر جابجایی ذرات، سرعت موج در زمین و تکانه ویژه انفجار می‌باشد. مقدار این مشخصه‌ها، با افزایش فاصله از مرکز انفجار کاهش می‌یابند و نرخ میرایی آن‌ها تابع نوع خاک است.

۳-۶-۴-۱- حداکثر جابجایی ذرات خاک (x)

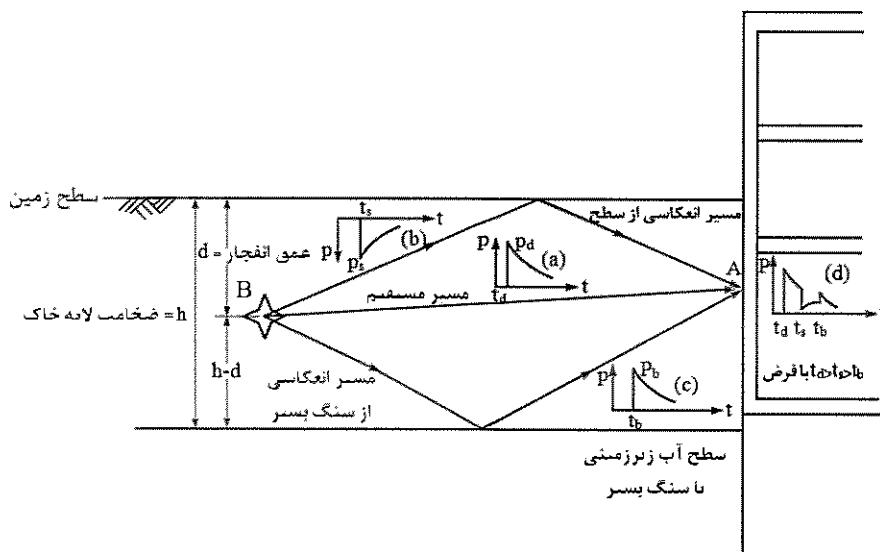
حداکثر جابجایی ذرات (در اثر انفجار زیرزمین)، منجر به حرکت سازه‌های مدفون و تجهیزات متصل به آنها، می‌شود. مقادیر جابجایی بر اساس سطح خطر انفجار و نوع خاک از جدول ۳-۱-۲۱ به دست می‌آید.

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

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 زیرزمینی بر وجهه‌های مختلف سازه، تغییر می‌کند.

برای تشریح موضوع بالا، با فرض انفجار در نقطه B، در شکل ۱۲-۳-۲۱ 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 (نمودار d).



شکل ۱۲-۳-۲۱- موقعیت انفجار و نیروهای واردہ بر سازه زیرزمینی

۱۲-۳-۲۱- اثرات تکانه بر سازه مدفعون و اجزای غیرسازه‌ای

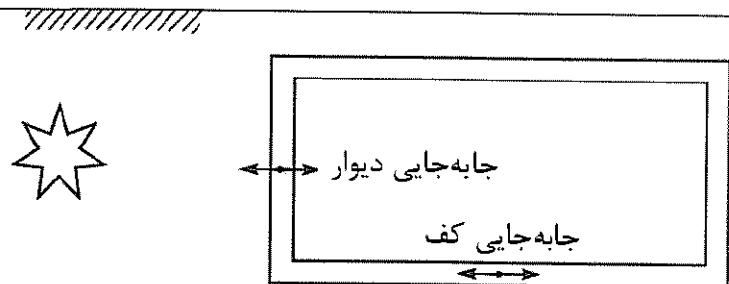
بر اثر تکانه زمین، به پی سازه مدفعون ضربه وارد شده و تکان‌هایی را ایجاد نموده و اجزای غیرسازه‌ای نصب شده بر روی دیوار یا کف سازه حرکت خواهند نمود. در ادامه روش ساده‌ای برای محاسبه این حرکات، ارائه شده است.

۱۲-۳-۶-۱- حرکات دیوار و گف

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

$$x_w \leq 2x \quad (12-3-21)$$

که در آن x_w مقدار جابجایی دیوار و x مقدار جابجایی ذرات خاک در میدان آزاد در اثر تکانه زمین مطابق جدول ۱۲-۳-۱ می‌باشد.



شکل ۳-۲۱-۱۳-۳- حرکات افقی دیوار و کف

حرکت افقی کف، به علت هم‌سو بودن با جهت موج انفجار، برابر جایه‌جایی ذرات خاک در میدان آزاد (جدول ۳-۲۱-۱)، می‌باشد.

$$x_f = x \quad (11-3-21)$$

که در آن x_f مقدار جایه‌جایی کف می‌باشد.

۳-۲۱-۵-۶-۲- حرکات اجزای غیرسازه‌ای

حداکثر میزان حرکت اجزای غیرسازه‌ای که دارای اتصالاتی با میرایی ۵ تا ۱۵ درصد به دیوار یا کف سازه‌های مدفون هستند، از رابطه ۳-۲۱-۱۲ به دست می‌آید:

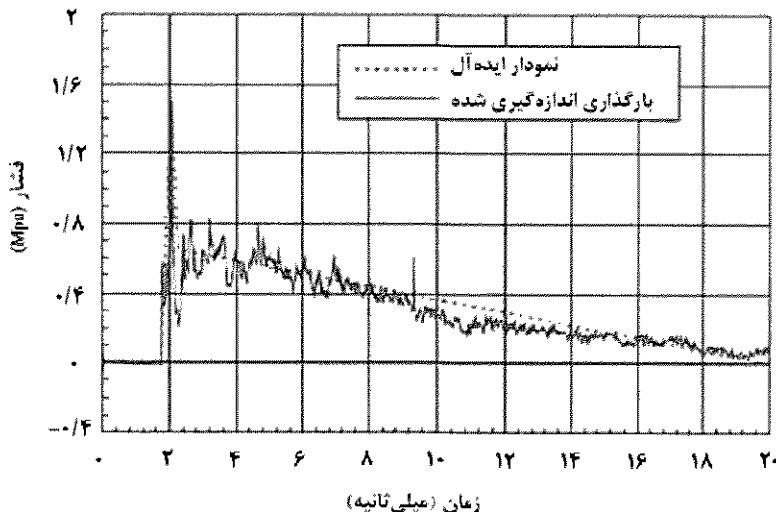
$$x_s = 1/3 x_w \quad (12-3-21)$$

که در آن x_s حداکثر جایه‌جایی تجهیزات می‌باشد.

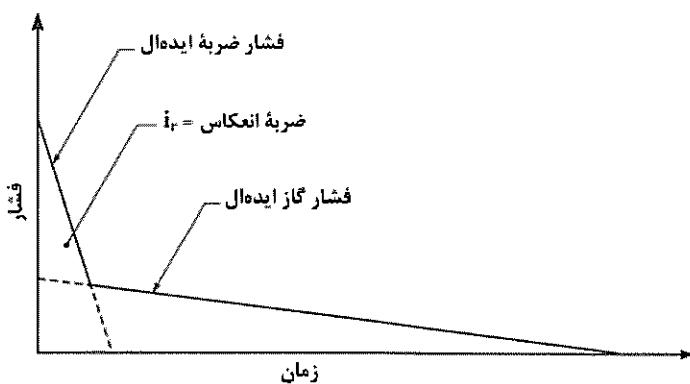
۳-۲۱-۷- انفجار داخلی

انفجار داخلی نسبت به انفجار خارجی، خارق‌العاده‌تر بوده و فشار حاصل از آن نیز بدین روای است (شکل ۳-۲۱-۱۴). در این پدیده ابتدا فشار مبنای 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 با شدت کمتر و زمان تداوم بزرگتر خواهد بود و از نمودارهای تخصصی بدست می‌آید که در این مقوله نمی‌گنجد.



شکل ۱۴-۳-۲۱- فشار حاصل از انفجار داخلی



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

۸-۳-۲۱- ترکشها

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

می‌کنند. اثر این ترکش‌های پرتاپ شده بر روی هدف به شکل، وزن، سرعت اولیه و هم‌چنین فاصله بین هدف و نقطه انفجار، موقعیت ساختمان، جهت محور ماده منفجره و نیز محور هدف بستگی دارد.

خصوصیات اصلی ترکش‌های اولیه سرعت اولیه بسیار زیاد، تعداد زیاد و اندازه نسبتاً کوچک آنها می‌باشد.

ترکش‌های اولیه ترکش‌هایی هستند که بطور مستقیم از بدنه سلاح انفجاری و ملحقات آن ایجاد می‌شوند.

ترکش‌های ثانویه ترکش‌هایی هستند که در اثر انفجار بر روی سازه‌ها و یا تجهیزات مجاور محل انفجار تولید می‌گردند.

اثر ترکش‌ها بیشتر باعث صدمات انسانی و بر عناصر غیرسازه‌ای است و تاثیر عمده‌ای بر سازه بسیار اصلی ندارد.

۴-۲۱-مشخصه‌های مکانیکی مصالح و سامانه‌های سازه‌ای

۱-۴-۲۱-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 بارهای انفجاری، وارد محدوده تغییر شکل‌های فرا ارجاعی می‌شوند. بدین رو مصالح سازه‌ها باید دارای طاقت کافی و سامانه‌های سازه‌ای باید دارای رفتار فرا ارجاعی و شکل‌پذیری مناسب باشند که در این فصل به آن پرداخته شده است. حوزه شمول این فصل مطابق جدول ۲-۱-۲-الف می‌باشد.

۲-۴-۲۱-پاسخ استاتیکی-پاسخ دینامیکی

بارهای رایج، نظیر بار باد و بارهای قائم، با آهنگ 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 اعضاء، بسیار سریع (در حد چند ده میلی ثانیه) اتفاق می‌افتد. این بارها به صورت آنی و گذرا هستند و زمان تداوم آن‌ها در اکثر موارد بسیار کوتاه‌تر از زمان تناوب سازه می‌باشد.

در طراحی انفجاری، پذیرش تسليم اعضا (از جنبه‌ی اقتصادی) ضروری است. همچنانکه عضو، وارد محدوده فرا ارجاعی 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 بندی اعضا (شکل‌پذیری) و مقدار تغییر شکل‌های خمیری مجاز می‌باشد. سازه باید بتواند در محدوده ارجاعی، فرا ارجاعی و یا سایر مکانیزم‌های میرایی، انرژی حاصل از انفجار را جذب و مستهلك نماید.

پاسخ مصالح تحت بارگذاری دینامیکی، به طور محسوسی متفاوت از بارگذاری استاتیکی است. در بارگذاری سریع، مصالح نمی‌توانند با نرخ مشابه بار وارد، تغییر شکل دهند. این خاصیت، باعث افزایش تنفس تسليم و تنفس 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 اجاهه می‌دهد تا مقاومت بیشتری نسبت به حالت استاتیکی از خود نشان دهد. این تاثیرات در طراحی انفجاری، با استفاده از ضرب افزایش دینامیکی در نظر گرفته می‌شود.

۴-۳-۳-۱- ویژگی‌های دینامیکی مصالح

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

۴-۳-۴-۱- ضرب افزایش مقاومت (SIF)

ضرب افزایش مقاومت مطابق جدول ۱-۴-۲۱ برای مصالح فولادی و بتونی منظور شود.

جدول ۱-۴-۲۱ ضرب افزایش مقاومت^۲

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

^۲- 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 ضرب افزایش مقاومت برای طراحی مقاوم در مقابل انفجار، ضرب می‌شوند.

(DIF) - ضریب افزایش دینامیکی ۴-۲۱-۳-۴

ضریب افزایش دینامیکی برای بتن مسلح (بتن و میلگرد) و مصالح بنایی مطابق جدول ۴-۲۱ و برای فولاد مطابق جدول ۴-۲۱-۳-۴ اعمال شود.

جدول ۴-۲۱-۳-۴ - ضریب افزایش دینامیکی برای بتن مسلح و مصالح بنایی

ضریب افزایش دینامیکی				تنش	
מלחال بنایی	بتن	میلگردها			
$\frac{f'_{dy,m}}{f'_m}$	$\frac{f'_{dy,c}}{f'_c}$	$\frac{f'_{dy,u}}{f_u}$	$\frac{f'_{dy,y}}{f_y}$		
۱/۲	۱/۲	۱/۰۵	۱/۲	خمشی	
۱/۱۵	۱/۱۵	۱/۰۰	۱/۱۰	فشار محوری	
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	کشش قطري	
۱/۰۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۱/۱۰	برش مستقيمه	
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۲۰	چسبندگی	

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

ضریب افزایش دینامیکی			صالح	
تنش نهایی	تنش تسلیم			
	فشار - کشش	خمش - برش		
$\frac{f'_{dy,u}}{f_u}$	$\frac{f'_{dy,y}}{f_y}$	$\frac{f'_{dy,y}}{f_y}$		
۱/۱۰	۱/۲	۱/۳	St ۳۷	
۱/۰۵	۱/۱۵	۱/۲	St ۵۲	

برای در نظر گرفتن تاثیر 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 مستقيمه) بستگی دارد. تنش‌های خمشی خیلی سریع شکل می‌گیرند، در حالیکه برش‌های

حداکثر به طور نسبی با تاخیر بیشتری به خاطر نرخ کرنش پایین در برش رخ می‌دهند. مقدار نرخ کرنش برای کشنش و فشار محوری در اعضا فولادی و بتنی نیز، کمتر از حالت خمشی است. آزمایشات نشان می‌دهد که مدول الاستیسیته دینامیکی نسبت به مدول الاستیسیته استاتیکی در مصالح فولادی تغییر نمی‌کند و در بتن اندکی افزایش می‌یابد که در محاسبات تأثیرگذار نیست.

۳-۴-۲۱- تنش تسلیم طراحی در سازه‌های مقاوم در برابر انفجار

تنش تسلیم دینامیکی طرح (f_{dy}) و تنش نهایی دینامیکی طرح (f_{du}) که در طراحی‌های انفجاری به کار می‌روند، با اعمال ضریب افزایش مقاومت و ضریب افزایش دینامیکی به تنش تسلیم و تنش نهایی بدست می‌آیند.

الف: فولاد

$$f_{dy} = (SIF) \times (DIF) \times f_y \quad (1-4-21)$$

$$f_{du} = (SIF) \times (DIF) \times f_u \quad (2-4-21)$$

ب: بتن

$$f'_{dc} = (SIF) \times (DIF) \times f'_c \quad (3-4-21)$$

۴-۴-۲۱- مصالح

۱- بتن غیرمسلح

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

۲- بتن مسلح

بتن مسلح به طور ویژه‌ای در برابر بارهای انفجاری، آتش و نفوذ ترکش مقاومت مناسبی دارد و از مصالح ممتاز برای سازه‌های مقاوم در برابر انفجار به شمار می‌آید.

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

۴-۴-۳- 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 سبتاً 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، خرسن و سایش سطحی و کاهش نفوذ پرتابه‌ها می‌شود.

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

۴-۴-۴- مصالح بنایی غیر مسلح

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

۴-۴-۵- مصالح بنایی مسلح

مصالح بنایی مسلح، به دلیل جرم زیاد می‌توانند برای بارهای انفجاری حوزه دور، در ساختمان مورد استفاده قرار گیرند.

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

۴-۴-۶- 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 نظری رئوگرید، خاک حالت مسلح پیدا کرده و دارای یکپارچگی و مشخصات مکانیکی برتری خواهد شد.

۷-۴-۲۱- 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، نظری 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 شکل پذیری ویژه سازه‌های انفجاری را نیز برآورده نمایند که تا تدوین چنین ضوابطی، می‌توان از ضوابط شکل پذیری ویژه مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده کرد.

۷-۴-۲۱- سامانه‌های سازه‌ای مناسب برای مقاومت در مقابل انفجار

۷-۴-۲۱-۱- تاثیر جرم

بار ضربه‌ای انفجار به علت تاثیر بسیار 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، تاثیر مثبت بر مقاومت سازه دارد. به همین علت، سازه‌های بتن مسلح بر سازه‌های سبک (مثل فولاد و چوب) ارجح هستند.

۷-۴-۲۱-۲- سازه‌های بتن مسلح

روش‌های ساده شده طراحی انفجاری سازه‌های بتن مسلح بر اساس پاسخ خمشی بوده و مشروط به حذف مودهای شکست ترد شکن می‌باشند. برای رسیدن به پاسخ شکل پذیر، جزئیات‌بندی مناسبی از میلگردها ضروری است. با افزایش تنش و کرنش در مقطعی از عضو، میلگردها به تسليم می‌رسند و اجازه شکل گیری مفصل پلاستیک می‌دهند. بتن در این نواحی در سطح کششی دچار ترک شده و متعاقباً به حد کرنش فشرده شدن در سطح فشاری می‌رسد. اگر دوران مفصل این نقطه افزایش 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 ایجاد شده در میلگردهای مسلح کننده تامین می‌شود. استفاده از مقاطعی که به صورت یکطرفه، میلگردگذاری می‌شوند در طراحی انفجاری توصیه نمی‌شود.

جلوگیری از ایجاد مودهای 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 کمانش 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 شکل پذیری مورد نیاز برای خمکاری را نداشته باشند.

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

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

۴-۳-۵-۴-۲۱ 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 برای مقابله با بارگذاری انفجاری بسیار مفید می‌باشد. یکی از مهم‌ترین مسائل در سازه‌های فولادی مقاوم در برابر انفجار، اتصالات آن‌ها می‌باشد که باید تا حدامکان به صورت شکل پذیر طراحی شوند. شکل پذیری اتصالات در سازه‌های فولادی عموماً به صورت قابلیت چرخش اتصال تحت بارهای وارده تعریف می‌شود. سازه‌ها یا اتصالات شکل پذیر می‌توانند با مقاومت استاتیکی نسبی کمتر، نیروی بیشتری را در هنگام اعمال بارهای دینامیکی و ضربه انفجار جذب نمایند.

هم‌چنین سازه‌های در معرض انفجار، واکنش‌های تکیه‌گاهی قابل توجهی دارند و این واکنش‌ها منجر به لزوم طراحی صفحه ستون به همراه میل‌مهرهای با ظرفیت بالا می‌شود. هنگامی که مهرهای به طور کامل و براساس اصول محاسباتی در بتن مهار شوند، سازوکار شکست آن‌ها از نوع شکست شکل پذیر و کششی است. ناکافی 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 کمانش موضوعی 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 نشده که قبل از معکوس شدن تنש‌ها در کشش بوده‌اند، از اهم موارد قابل توجه است که این مساله برای اعصابی که بارهای مرده سبکی را تحمل می‌کنند و یا اعصابی که در معرض فشارهای انفجاری کوتاه‌مدت قرار دارند، بحرانی‌تر است.

۴-۵-۴-۲۱- مستهلك کننده‌های 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 موضوعی که می‌توانند باعث گسیختگی‌های پیش‌رونده (فصل ۶-۲۱) شوند، ندارند. بنابراین، این وسایل کاربرد 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 وارده باعث تحریک کل سازه می‌شود.

چالش اصلی در استفاده از جداسازها، امکان بروز تغییرشکل‌های بزرگ در پایه سازه (در هنگام بروز انفجارهای شدید) می‌باشد. این پدیده می‌تواند باعث خرابی جداسازها و همچنین برخورد ساختمان به دیوار یا سازه‌های هم‌جوار شده و ضربه ایجاد شده، می‌تواند باعث بروز خرابی‌های بیشتر شود. بدین‌رو، باید دقت کافی در تامین ظرفیت تغییرشکل جداسازها صورت گیرد. در صورت فراهم نبودن فاصله لازم برای تامین ظرفیت تغییرشکل، می‌توان از تجهیزات کنترلی فعال و غیرفعال (کنش‌گر و واکنش‌گر) مناسب (علاوه بر جداسازها) استفاده نمود.

جداسازها و میراگرها باعث کاهش تغییرشکل‌های کلی و بین طبقاتی سازه می‌شوند ولی توانایی کاهش سرعت و شتاب حداکثر وارد بر سازه را ندارند.

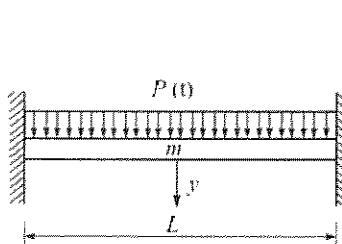
۵-۲۱-۵- روش‌های تحلیل و طراحی سازه‌ها

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 تغییرشکل شامل ضریب شکل‌پذیری (μ) و دوران‌های انتهایی اعضا و مفاهیم عملکردی استفاده می‌شود. به عنوان روش جایگزین، روش تجویزی استاتیکی معادل نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. حوزه شمول این فصل مطابق جدول ۲-۱-۲-الف می‌باشد.

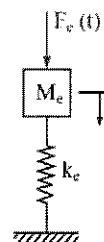
۵-۲۱-۱- تحلیل دینامیکی غیرارتجاعی سازه یک درجه آزادی (SDOF)
مدل تحلیلی پایه، که بیشترین کاربرد را در طراحی انفجاری دارد، روش سازه یک درجه آزادی معادل ارتجاعی- خمیری کامل^۴ (الاستوپلاستیک کامل) می‌باشد.

۵-۲۱-۱-۱- سازه یک درجه آزادی معادل
اغلب اعضای سازه‌ها، دارای بیش از یک درجه آزادی هستند، اما بسیاری از 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 نظریه قاب‌های صفحه‌ای یک طبقه، دیوارهای طرهای، تیرها و دال‌ها، قابل معادل‌سازی با سازه یک درجه آزادی می‌باشند (شکل ۵-۲۱-۱). در مدل یک درجه آزادی معادل، مفاهیم نیروی خارجی، جرم و سختی با نیروی معادل (F_e)، جرم معادل (M_e) و سختی معادل (K_e) جایگزین می‌شوند که در بند ۵-۲۱-۴ تعریف می‌شوند.

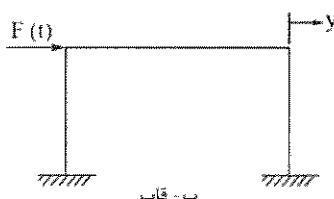
۴ - از این به بعد این عبارت به صورت ساده ارتجاعی- خمیری بیان می‌شود.



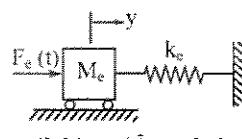
الف - تیر



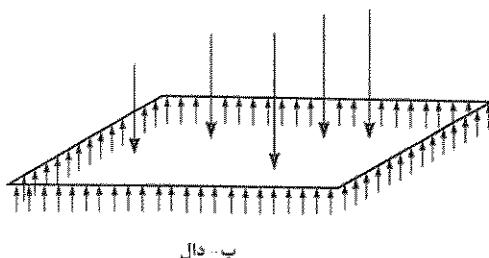
مدل یکدرجه آزادی معادل تیر



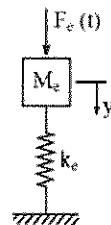
ب - قاب



مدل یکدرجه آزادی معادل قاب



پ - دام



مدل یکدرجه آزادی معادل دام

شکل ۲۱-۵-۱-۱- معادل سازی سازه ها با مدل یک درجه آزادی

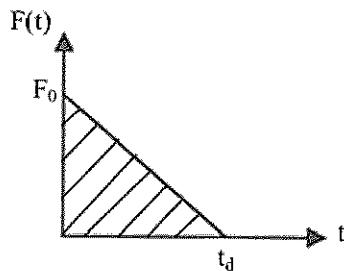
۲-۱-۵-۲- بار دینامیکی ضربه ای

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

$$F(t) = F_0 \left(1 - \frac{t}{t_d} \right) \quad (2-5-21)$$

ضریب انفجار (i), تقریباً مساوی سطح زیر نمودار بارگذاری است و از رابطه زیر به دست می آید:

$$i = \frac{1}{\sqrt{2}} F_0 t_d \quad (2-5-21)$$



شکل ۵-۲۱-۲- تغییرات بار انفجاری روی سازه یک درجه آزادی

۳-۱-۵-۲۱- سازه یک درجه آزادی ارتجاعی- خمیری

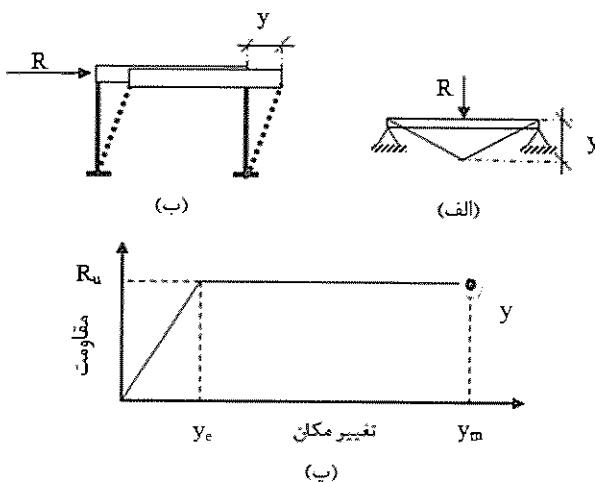
در شکل‌های ۵-۲۱-۳-الف و ب سازه‌های یک‌درجه آزادی ارتجاعی- خمیری و در شکل ۵-۲۱-۳-پ نمودار مقاومت سازه در مقابل تغییرشکل آن رسم شده است.

در این شکل R نیروی وارده، R_{ll} مقاومت نهایی سازه یک‌درجه آزادی است. با توجه به شکل ۵-۲۱-۳-پ، ضریب شکل‌پذیری سازه ارتجاعی- خمیری (μ)، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\mu = \frac{y_m}{y_e} \quad (۳-۵-۲۱)$$

y_m = تغییرمکان حد اکثر نظیر تراز عملکردی

y_e = تغییرمکان حد ارتجاعی



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

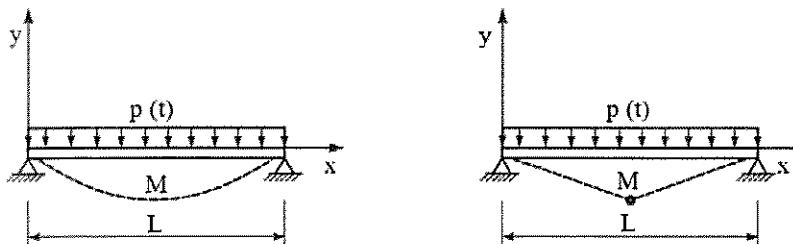
۴-۱-۵-۲۱- ضرائب تبدیل به سازه یک درجه آزادی معادل ارجاعی - خمیری
برای تبدیل سازه با جرم، سختی و بارگذاری گسترده به سازه یک درجه آزادی معادل ارجاعی -
خمیری، از ضرائب تبدیل استفاده می‌شود. مقادیر جرم معادل، سختی معادل، نیروی معادل و
مقاومت معادل با استفاده از ضرائب تبدیل، از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$\begin{array}{ll} K_e = K_L \times K & \text{سختی معادل} \\ M_e = K_M \times M & \text{جرم معادل} \\ F_e = K_L \times F & \text{نیروی معادل} \\ R_e = K_L \times R & \text{مقاومت معادل} \end{array} \quad (4-5-21)$$

که در آن‌ها، K_L ضریب تبدیل بار یا سختی و K_M ضریب تبدیل جرم می‌باشد.
همچنین داریم:

$$K_{LM} = \frac{K_M}{K_L} \quad (5-5-21)$$

مقادیر ضرایب تبدیل، بستگی به نوع تغییرشکل عضو سازه‌ای دارند. به عنوان مثال، برای تیر ساده شکل ۴-۵-۲۱، بر حسب نوع تغییرشکل در رفتار ارجاعی و خمیری، مقادیر ضرایب تبدیل متفاوتی بدست می‌آید. در موارد عملی ضرائب تبدیل در طول تحلیل، ثابت فرض می‌شوند. برای انتخاب ضرایب مناسب، از قضاوت مهندسی و متناسب با ماهیت پاسخ حاکم سازه (عضو)، استفاده می‌شود. گاهی از میانگین ضرایب انتقال ارجاعی و خمیری نیز استفاده می‌شود. در صورت تغییر رفتار اعضای سازه از حالت ارجاعی به خمیری و بر عکس ضرایب تبدیل نیز تغییر می‌کنند.



$$\begin{aligned} \phi_e(x) &= \frac{1}{5L^4}(L^4x - 2Lx^3 + x^5) & \phi_p(x) &= \frac{\gamma x}{L}, \quad x \leq L/2 \\ K_L &= 1/64, \quad K_M = 1/50, \quad K_{LM} = 1/78 & K_L &= 1/50, \quad K_M = 1/33, \quad K_{LM} = 1/66 \end{aligned}$$

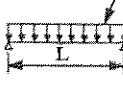
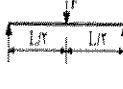
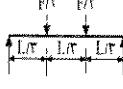
(الف) پاسخ ارجاعی

(ب) پاسخ خمیری

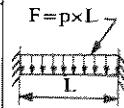
شکل ۴-۵-۲۱- تابع شکل و ضرایب انتقال برای تیر دو سر ساده

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

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

نقطه کنترل	واکنش تکیه‌گاهی دینامیکی (V)	سختی (K)	مقاومت حداکثر (R_u)	ضریب جرم گستردہ (K_M)	ضریب جرم متغیر (K_M)	ضریب سختی و بار (K_L)	محدوده کرنش	بارگذاری
تکیه‌گاهها + وسط دهانه	$. / ۲۹R + . / ۱۱F$	$\frac{۲۸EI}{\delta L^۲}$	$\frac{\lambda M_{pc}}{L}$	۰/۵۰	—	۰/۶۴	ارجاعی	$F = p \times L$
	$. / ۲۸R_u + . / ۱۱F$	.	$\frac{\lambda M_{pc}}{L}$	۰/۳۲	—	۰/۵۰	خمری	
تکیه‌گاهها + وسط دهانه	$. / ۲۸R - . / ۲۸F$	$\frac{۴۸EI}{\delta L^۲}$	$\frac{\pm M_{pc}}{L}$	۰/۴۹	۱/۰۰	۱/۰۰	ارجاعی	
	$. / ۲۸R_u - . / ۲۸F$	.	$\frac{\pm M_{pc}}{L}$	۰/۳۲	۱/۰۰	۱/۰۰	خمری	
تکیه‌گاهها + یک سوی دهانه	$. / ۵۲۵R - . / ۲۵F$	$\frac{۵۶ / ۴EI}{\delta L^۲}$	$\frac{۶M_{pc}}{L}$	۰/۵۲	۰/۷۶	۰/۸۷	ارجاعی	
	$. / ۵۲۵R_u - . / ۰۲F$	.	$\frac{۶M_{pc}}{L}$	۰/۵۶	۱/۰۰	۱/۰۰	خمری	

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

نقطه کنترل	واکنش تکیه‌گاهی دینامیکی (V)	سختی (K)	مقاومت حداکثر (R_u)	ضریب جرم گشته (K _M)	ضریب جرم مرکز (K _M)	ضریب سختی و بار (K _L)	محدوده کرنش	بارگذاری
+ و - درجه حرارت	$. / ۲۶R + . / ۱۴F$	$\frac{۲۸۴EI}{L^۳}$	$\frac{۱۲M_{ps}}{L}$	۰/۴۱	—	۰/۵۳	ارجاعی	
	$. / ۲۹R + . / ۱۱F$	$\frac{۲۸۴EI}{\delta L^۳}$	$\frac{\delta(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	۰/۵	—	۰/۶۴	ارجاعی خمیری	
	$. / ۲۸R_u + . / ۱۲F$	.	$\frac{\delta(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	۰/۳۳	—	۰/۵۰	خمیری	
+ و - سطح آب	$. / ۷۱R - . / ۲۱F$	$\frac{۱۹۲EI}{L^۳}$	$\frac{\delta(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	۰/۳۷	۱/۰۰	۱/۰۰	ارجاعی	
	$. / ۷۵R_u - . / ۲۵F$	.	$\frac{\delta(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	۰/۳۳	۱/۰۰	۱/۰۰	الخمیری	
+ و - چون دهانه	$. / ۱۵R - . / ۱۰F$	$\frac{۵۶ / ۴EI}{L^۳}$	$\frac{\delta(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	۰/۴۲	۰/۷۶	۰/۸۷	ارجاعی	
	$. / ۱۵R_u - . / ۱۰F$	.	$\frac{\delta(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	۰/۴۶	۱/۰۰	۱/۰۰	الخمیری	

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

نقطه کنترل	واکنش تکیه‌گاهی دینامیکی (V)	سختی (K)	مقاومت حداکثر (R _u)	ضریب جرم گستردگی (K _M)	ضریب جرم متتمرکز (K _M)	ضریب سختی و بار (K _L)	محدوده کرنش بار (K _L)	بارگذاری
تکیه‌گاهها + وسط دهانه	$V_1 = .126R + .112F$	$\frac{185EI}{L^3}$	$\frac{\gamma M_{ps}}{L}$.145	—	.158	ارجاعی	
	$V_2 = .144R + .119F$						ارجاعی	
	$.129R + .111F \pm M_{ps} / L$	$\frac{284EI}{5L^3}$	$\frac{4(M_{ps} + \gamma M_{pc})}{L}$	.15	—	.164	خمیری
تکیه‌گاهها + وسط دهانه	$.128R_u + .112F \pm M_{ps} / L$.	$\frac{4(M_{ps} + \gamma M_{pc})}{L}$.133	—	.150	خمیری	
	$V_1 = .125R + .117F$	$\frac{107EI}{L^3}$	$\frac{16M_{ps}}{2L}$	.143	.100	.100	ارجاعی
	$V_2 = .124R + .114F$						ارجاعی	
تکیه‌گاهها + کناره	$.178R - .128F \pm M_{ps} / L$	$\frac{48EI}{L^3}$	$\frac{2(M_{ps} + \gamma M_{pc})}{L}$.149	.100	.100	ارجاعی	
	$.178R_u - .128F \pm M_{ps} / L$	.	$\frac{2(M_{ps} + \gamma M_{pc})}{L}$	.123	.100	.100	خمیری
	$V_1 = .111R + .117F$	$\frac{122EI}{L^3}$	$\frac{6M_{ps}}{L}$	.145	.067	.081	ارجاعی
تکیه‌گاهها + کناره	$V_2 = .122R + .122F$						ارجاعی	
	$.152R - .125F \pm M_{ps} / L$	$\frac{56EI}{L^3}$	$\frac{2(M_{ps} + \gamma M_{pc})}{L}$	.152	.076	.087	خمیری
	$.152R_u - .125F \pm M_{ps} / L$	.	$\frac{2(M_{ps} + \gamma M_{pc})}{L}$	.156	.100	.100	خمیری

۲۱-۵-۱-۵- جرم سازه یک درجه 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.

۱-۵-۶-۲۱- سختی سازه یک درجه آزادی معادل

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

۱-۵-۷-۲۱- تحلیل سازه یک درجه آزادی معادل

پس از تعیین مشخصات سازه یک درجه آزادی معادل، آن را تحت بار دینامیکی وارد، به یکی از روش‌های دینامیکی تحلیل نموده و تغییرشکل حداکثر (y_m) محاسبه می‌شود. با انجام تحلیل استاتیکی نیز تغییرمکان (y_e) تعیین شده و از رابطه ۲-۵-۲۱، ضریب شکل پذیری (μ) به دست می‌آید. دوران‌های تکیه‌گاهی و وسط دهانه نیز از شکل ۵-۵-۲۱ قابل محاسبه است.

تغییرشکل عضو، صرفاً بر اثر بارهای ناشی از انفجار محاسبه شده و فرض می‌شود بارهای عادی طراحی بر تغییرشکل عضو بی‌تأثیر است. فرض برآن است که انرژی کرنشی معادل، گشتاور خمی، نیروی برشی، تغییرمکان، سرعت و شتاب سازه یک درجه آزادی، برابر پاسخ نقاط کنترلی سازه اصلی باشد. نقاط کنترل، معمولاً نقاطی از سازه هستند که بیشترین پاسخ سازه‌ای را دارند (مانند محل مفصل خمیری داخل دهانه و یا تکیه‌گاه گیردار عضو).

۲-۵-۲۱- ترکیبات بارگذاری

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

$$6-5-21) \quad (LL + 1/0 \cdot BL + 1/0 \cdot DL) \quad \text{یا} \quad (1/2 \cdot DL + 1/0 \cdot BL)$$

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

۳-۵-۲۱- 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 شکل پذیری μ و میزان دوران حداکثر θ_m)

پ- محدودیت تغییرشکل جانبی نسبی طبقات

ممولاً ملاحظات بهره برداری مربوط به طراحی متعارف سازه‌ها، در سازه‌های مقاوم در برابر انفجار موردنظر قرار نمی‌گیرند.

الف - سطوح عملکرد

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

ب- محدودیت تغیر شکل اعضاء (ضوابط پذیرش)

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

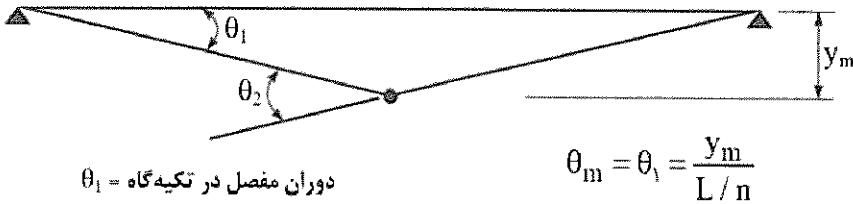
در طراحی انفجاری میزان تغییر شکل های فرالرتجاعی، مبنایی برای قضاوت پذیرش سازه بر اساس سطح عملکرد آن می باشد. این محدودیت ها، بر اساس مقادیر آزمایشگاهی یا شواهد تجربی، تعیین می شوند. از آنجا که بارهای ناشی از انفجار قابل پیش بینی دقیق نیستند، مقدار محافظه کارانه ای برای اطمینان از عملکرد سازه، در نظر گرفته می شود.

روش اولیه برای اندازه‌گیری پاسخ سازه، تعیین ضریب شکل‌پذیری (μ) برای اعضای سازه‌ای می‌باشد (ابطه ۲-۵-۳). این مقدار، مشخصه‌ای از درجه پاسخ غیر ارجاعی عضو می‌باشد.

میزان دوران در محل مفصل (θ), نیز معیار دیگری است که پاسخ تغییر شکل حداکثر را تابعی از طول دهانه عضو می‌نماید و نشان‌دهنده درصد نایابی‌اری در نواحی بحرانی عضو می‌باشد. این مقدار، با دو روش تعیین می‌شود (شکل ۵-۲۱). روش اول تعیین دوران مفصل در تکیه‌گاه (θ_1) و روش دوم، دوران مفصل در وسط دهانه (θ_2) است. در این مبحث، از روش اول استفاده شده و مقادیر

اگر عضو سازه‌ای قاب باشد، باید علاوه بر موارد اخیر ضوابط اضافی دیگری را نیز برآورده نماید. محدودیت‌های حرکت جانبی نسبی طبقه (دریفت) به سامانه‌های قابی شکل جهت کاهش خطر انهدام پیشونده و کاهش اثرات $P-\Delta$ در ستون‌ها، مطابق جدول ۸-۵-۲۱ اعمال می‌گردد.

تیر یا دال



دواران در وسط دهانه $= 2 \times \theta_1$ وایسته به محل نقاط کنترلی است.

شکل ۲۱-۵-۵- دوران مفصل خمیری

مقادیر ضریب شکل پذیری (μ) و دوران تکیه گاهی محاسبه شده، باید با مقادیر جداول ۲۱-۵-۴ 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 می کنند. ضریب شکل پذیری، به عنوان مقیاس اولیه پاسخ برای اعضا و چرخش مفصل، به عنوان ضابطه کنترل کننده در نظر گرفته می شود.

جدول ۴-۵-۲۱- معیارهای پذیرش بتن مسلح

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)								نوع	
بی دفاع (خیلی شدید)		آستانه فروریزش (زیاد)		ایمنی جانی (متوسط)		قابلیت استفاده بی وقهه (سطحی)			
Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}		
بتن مسلح- اعضای خمی									
۱۰°	----	۵°	----	۲°	----	----	۱	تیرها و دالها با میلگرد تک سفره	
۱۰°	----	۵°	----	۲°	----	----	۱	تیرها و دالها با دو سفره میلگرد فوقانی و تحتانی، بدون میلگرد برشی	
۱۰°	----	۶°	----	۴°	----	----	۱	تیرها و دالها با دو سفره میلگرد فوقانی و تحتانی با میلگرد برشی	
بتن مسلح- اعضای فشاری									
۲°	----	۲°	----	۲°	----	----	۱	تیر-ستونها و دالها با یک یا دو سفره میلگرد، بدون میلگرد برشی	
۴°	----	۴°	----	۴°	----	----	۱	تیر-ستونها و دالها با دو سفره میلگرد فوقانی و تحتانی با میلگرد برشی	
----	۳	----	۲	----	۱	----	۰/۹	دیوارها و تیر-ستونها با خاموت گذاری ویژه	
----	۱	----	۰/۹	----	۰/۸	----	۰/۷	تیر-ستونها بدون خاموت گذاری ویژه	

جدول ۲۱-۴-۵- آدامه

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)								نوع	
بی‌دفاع (خیلی شدید)		آستانه فروریزش (زیاد)		ایمنی جانی (متوسط)		قابلیت استفاده بی‌وقفه (سطحی)			
Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}		
بتن پیش‌تنیده									
----	۱	----	۰/۹	----	۰/۸	----	۰/۷	تیرها و دال‌ها با $\omega_p > 0.3$	
2^o	$\frac{0/33}{\omega_p}$	$1/5^o$	$0/29$	1^o	$0/25$	----	$0/8$	تیرها و دال‌ها با $0.15 < \omega_p < 0.3$	
2^o	$\frac{0/33}{\omega_p}$	$1/5^o$	$0/29$	1^o	$0/25$	----	$0/8$	تیرها و دال‌ها با $\omega_p < 0.15$ میلگرد برشی	
3^o	----	2^o	----	1^o	----	----	۱	تیرها و دال‌ها با $\omega_p < 0.15$ میلگرد برشی	

مقدار ω_p به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\omega_p = \left(\frac{A_{ps}}{bd} \right) \left(\frac{f_{ps}}{f'_c} \right) \quad (7-5-21)$$

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

جدول ۲۱-۵-۵- معیارهای پذیرش دیوارهای یا مصالح بنایی

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)								نوع	
بی‌دفاع (خیلی شدید)		آستانه فروریزش (زیاد)		ایمنی جانی (متوسط)		قابلیت استفاده بی‌وقفه (سطحی)			
Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}		
دیوار بنایی									
1^o	----	4^o	----	$1/5^o$	----	----	۱	غیرمسلح	
15^o	----	8^o	----	2^o	----	----	۱	مسلح	

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

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)									نوع
بی دفاع (خیلی شدید)		آستانه فروپیش (زیاد)		ایمنی جانی (متوسط)		قابلیت استفاده بی وقفه (سطحی)			
Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}		
فولاد نورد گرم									
۲۰°	۲۵	۱۰°	۱۲	۳°	۳	----	۱	تیرها با مقطع فسرده	
----	۱/۲	----	۱	----	۰/۸۵	----	۰/۷	تیرها با مقطع غیرفسرده	
۱۲°	۴۰	۶°	۲۰	۲°	۸	۱°	۴	خصش درون صفحة حول محور ضعیف	
تیرچه‌های جان باز									
۱۰°	----	۶°	----	۳°	----	----	۱	بارگذاری روبه پایین	
----	۳	----	۲	----	۱/۵	----	۱	بارگذاری رو به بالا	
----	۱	----	۰/۹	----	۰/۸	----	۰/۷	پاسخ برتری	
فولاد نورد سرد									
۲۰°	----	۱۰°	----	۳°	----	----	۱	لاپهای	
----	۱	----	۰/۹	----	۰/۸	----	۰/۵	ستونک	
----	۳	----	۲	----	۱	----	۰/۵	ستونک دیوار که از بالا و پایین متصل آند	
۵°	۵	۲۰	۲	۰/۵°	۱	----	۰/۵	ستونک دیوار به همراه صفحات کششی	
۱۲°	۱۰	۶°	۶	۳°	۳	----	۱	صفحه‌های کروگیت (یکطرفه) با پوسته کششی کامل	
۸°	----	۴°	----	۱°	----	----	۱	صفحه‌های کروگیت (یکطرفه) با پوسته کششی جزئی	
۴°	۶	۲۰	۳	۱/۳°	۱/۸	----	۱	صفحه‌های کروگیت (یکطرفه) با پوسته کششی محدود	

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

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)								نوع
قابلیت استفاده بی‌وقنه (سطحی)	ایمنی جانی (متوسط)	آستانه فروریزش (زیاد)	بی‌دفاع (خیلی شدید)					
Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	Θ_{MAX}	μ_{MAX}	
----	۴	----	۲	----	۲	----	۱	جوب
درهای انفجاری								
----	----	۱۲°	۲۰	۶۰	۱۰	۱۰	۲	پیش ساخته (صفحه‌های کامپوزیت و سخت‌کننده‌ها)
----	----	۱۲°	۴۰	۶۰	۲۰	۱۰	۲	صفحه‌ها (صلب)

پ- محدودیت تغییر شکل جانبی قاب‌ها

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

جدول ۸-۵-۲۱- محدودیت تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (دریفت)

سطح عملکرد	محدودیت تغییر مکان جانبی نسبی طبقات
استفاده بی‌وقنه	$\frac{H}{50}$
ایمنی جانی	$\frac{H}{25}$
آستانه فروریزش	$\frac{H}{25}$

H: ارتفاع طبقه می‌باشد.

۴-۵-۲۱- 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

بر حسب 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 تنابوب اصلی عضو سازه‌ای مورد نظر محاسبه شود. برای تیرها، زمان تنابوب اصلی برابر است با:

$$T = \frac{\alpha}{\pi} \sqrt{\frac{C \times L^4}{g \times E_d \times I}} \quad (8-5-21)$$

که در آن:

C = وزن واحد طول عضو

L = طول عضو

E_d = مدول الاستیسیته دینامیکی

I = ممان اینرسی مقطع

g = شتاب ثقل

a = 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 تنابوب اصلی دال‌ها وابسته به مشخصات هندسی، مصالح و شرایط تکیه‌گاهی آن‌ها است. برای دال‌های مستطیلی زمان تنابوب برابر است با:

$$T = \frac{a^r}{\phi} \sqrt{\frac{\bar{m}}{D}} \quad (9-5-21)$$

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 تامین اثرات ترک‌خوردگی، مقدار

حاصل از رابطه‌ی فوق باید نصف شود.

h = ضخامت دال

ψ = ضریب پواسون E_d = مدول الاستیسیته دینامیکی بتن ϕ = ضریبی که با توجه به ابعاد و شرایط تکیه گاهی دال از جدول ۵-۲۱ محاسبه می‌شود.جدول ۵-۲۱ - ضریب ϕ برای دال‌ها با شرایط تکیه گاهی مختلف

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

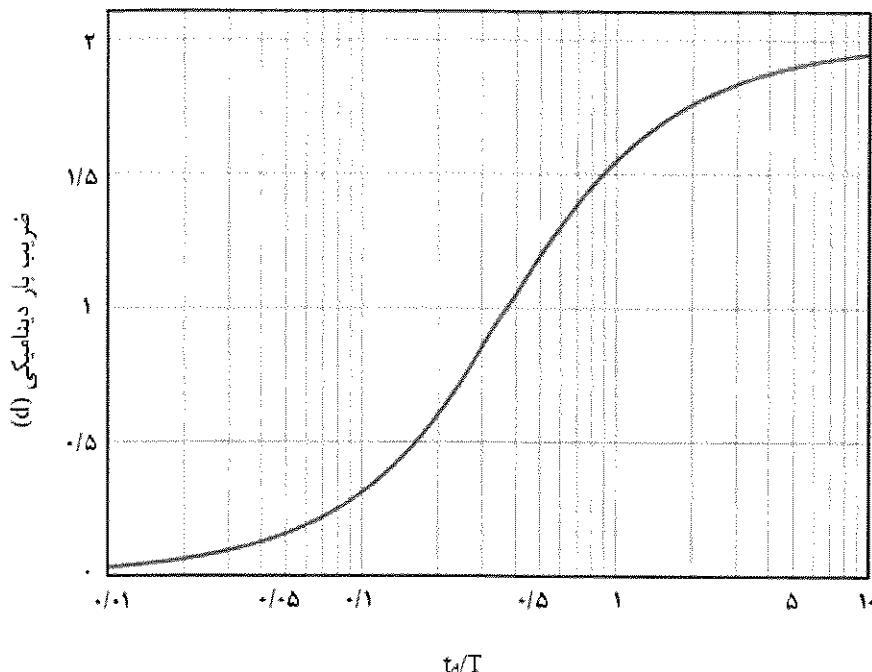
علامت هاشور نشان‌دهنده تکیه گاه گیردار و خط ساده نشان‌دهنده تکیه گاه مفصلی می‌باشد.

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

 a = ضلع بزرگ دال b = ضلع کوچک دال

برای تمامی اعضایی توان با مدل سازی عضو به صورت منفرد؛ زمان تناوب را با استفاده از روش‌های اجزای محدود و با فرض رفتار ارجاعی 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 d مدت زمان تأثیر نیروی دینامیکی و T زمان تناوب اصلی عضو می‌باشد.



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

فشار استاتیکی معادل وارد بر عضو از رابطه ۶-۵-۲۱-۱۰ محاسبه می‌گردد:

$$W_u = d \times W \quad (6-5-21)$$

W_u = فشار استاتیکی معادل وارد بر عضو

d = ضریب بار دینامیکی

W = فشار ناشی از انفجار مطابق گام ۱

گام ۳- طراحی

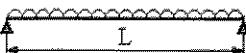
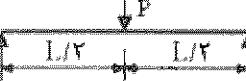
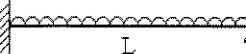
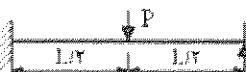
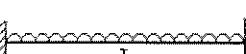
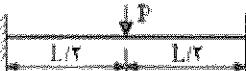
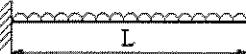
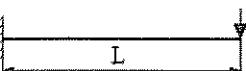
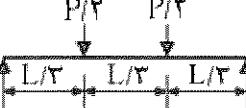
برای هر عضو حداکثر فشار قابل تحمل باید برمبنای مقاومت نهایی آن‌ها محاسبه شود. ظرفیت خمشی نهایی تیرها و دال‌ها براساس تحلیل خمیری و نظریه خطوط گسیختگی از جدول‌های ۱۳-۵-۲۱ تا ۱۱-۵-۲۱ محاسبه می‌گردد. در محاسبه‌ی ظرفیت خمشی اعضاء، ضرایب اینمی ϕ در ضریب $1/1$ ضرب می‌شوند ($\phi_d = 1/1\phi$). ضرایب اضافه مقاومت صالح شامل ضرایب DIF و SIF نیز با مقادیر مناسب در محاسبات لحاظ می‌شود. با استفاده از جداول ۱۱-۵-۲۱ تا ۱۳-۵-۲۱ با مقادیر ظرفیت خمشی، حداکثر بار گستردگی (W_r) محاسبه می‌گردد.

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

جدول ۲۱-۱۰-۵- ضرایب اطمینان

ضریب اطمینان	سطح عملکرد
۱/۷۵	استفاده بی‌وقفه
۱/۰	ایمنی جانی
۰/۸	آستانه فروریزش

جدول ۲۱-۵-۱۱- ظرفیت نهایی تیرها

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

λ = لنگر خمیری مثبت

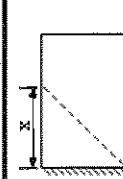
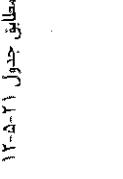
γ = لنگر خمیری منفی

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

شماره ردیف	خطوط تسليم	مقدار نهایی (W _r)	مقدار نهایی (W _r)	مقدار نهایی (W _r)	مقدار نهایی (W _r)
دو لبه متقارن		$\frac{\delta(M_{HN} + M_{HP})}{x^r} \frac{xLM_{VN} + (\Delta M_{VP} - M_{VN})x}{L(rL - rx)}$	$\frac{\delta(M_{VN} + M_{VP})}{y^r} \frac{yHM_{HN} + (\Delta M_{HP} - M_{HN})y}{L(rH - ry)}$	$\frac{\delta(M_{HN} + M_{HP})}{x^r} \frac{rM_{VN}(rL - x) + xM_{VP}}{L(rL - rx)}$	$\frac{\delta(M_{VN} + M_{VP})}{y^r} \frac{rM_{HN}(rH - y) + yM_{HP}}{L(rH - ry)}$
دو لبه آزاد		$\frac{\delta(M_{HN} + M_{HP})}{x^r} \frac{xLM_{VN} + (\Delta M_{VP} - M_{VN})x}{L(rL - rx)}$	$\frac{\delta(M_{VN} + M_{VP})}{y^r} \frac{yHM_{HN} + (\Delta M_{HP} - M_{HN})y}{L(rH - ry)}$	$\frac{\delta(M_{HN} + M_{HP})}{x^r} \frac{x(M_{HN} + M_{HP})(eH - x)}{L(rL - rx)}$	$\frac{\delta(M_{VN} + M_{VP})}{y^r} \frac{y(M_{VP} + M_{HP})(eH - y)}{L(rH - ry)}$
ساده ممکن		$\frac{\delta(M_{HN} + M_{HP})}{x^r} \frac{xLM_{VN} + (\Delta M_{VP} - M_{VN})x}{L(rL - rx)}$	$\frac{\delta(M_{VN} + M_{VP})}{y^r} \frac{yHM_{HN} + (\Delta M_{HP} - M_{HN})y}{L(rH - ry)}$	$\frac{\delta(M_{HN} + M_{HP})}{x^r} \frac{x(M_{HN} + M_{HP})(rL - x)}{L(rL - rx)}$	$\frac{\delta(M_{VN} + M_{VP})}{y^r} \frac{y(M_{VP} + M_{HP})(rH - y)}{L(rH - ry)}$
چهار لبه ممکن		$\frac{\delta(M_{HN} + M_{HP})}{x^r} \frac{xLM_{VN} + (\Delta M_{VP} - M_{VN})x}{L(rL - rx)}$	$\frac{\delta(M_{VN} + M_{VP})}{y^r} \frac{yHM_{HN} + (\Delta M_{HP} - M_{HN})y}{L(rH - ry)}$	$\frac{\delta(M_{HN} + M_{HP})}{x^r} \frac{x(M_{HN} + M_{HP})(rL - x)}{L(rL - rx)}$	$\frac{\delta(M_{VN} + M_{VP})}{y^r} \frac{y(M_{VP} + M_{HP})(rH - y)}{L(rH - ry)}$

 $H =$ لنگر خمیری مثبت در راستای ضلع M_{HP} $H =$ لنگر خمیری منفی در راستای ضلع M_{HN} $V =$ لنگر خمیری مثبت در راستای ضلع M_{VP} $V =$ لنگر خمیری منفی در راستای ضلع M_{VN}

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

شروعی کاری  	خاتمه کاری  	مقدار بیانی (W_t)	مقدار بیانی $(W_t)_{\Delta t}$
دو لایه سکونی 	دو لایه سکونی 	$x \leq L$ $y \leq H$	$\frac{\delta(M_{HNH} + M_{HP})}{x} \frac{\delta(M_{VNH} + M_{VP})}{y}$
ساده سکونی 	ساده سکونی 	$x \leq \frac{L}{2}$ $y \leq H$	$\frac{\delta(M_{HNH} + M_{HP})(\varepsilon H - y)}{x^2} \frac{(M_{VNH} + M_{VP})(\varepsilon H - y)}{y^2}$

۶-۲۱- انهدام پیشرونده

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

۱-۶-۲۱- کلیات

نیروهای ناشی از انفجار به صورت فشارهای شدید به ناحیه محدودی از جبهه مقابل انفجار وارد می‌شود و به اعضای دورتر فشار کمتری اعمال می‌گردد. روال جاری برای طراحی سازه در مقابل انفجار، طراحی در مقابل تخریب موضعی عناصر موجود در جبهه مقابل موج طبق روش‌های ارائه شده در بخش‌های ۳-۲۱ تا ۵-۲۱ می‌باشد. در صورت عدم تحقق، روش دیگر، پذیرش تخریب‌های موضعی و اندیشه‌مندانه تدبیری برای جلوگیری از گسترش این تخریب‌ها به بخش‌های دیگر سازه است.

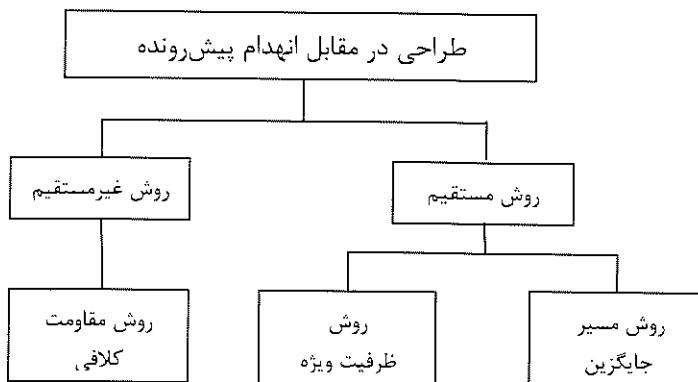
۲-۶-۲۱- رهیافت‌های طراحی

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 اعضاي 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

۳-۶-۲۱- 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، به منظور اطمینان از پاسخ شکل‌پذیر برای ستون‌های خارجی طبقه همکف، مقاومت برشی آنها باید بزرگ‌تر از نیروی برشی نظیر تشکیل مفصل پلاستیک در دو انتهای تحتانی و فوقانی ستون‌ها باشد. علاوه بر مقاومت کلافی و روش مسیر جایگزین، لازم است چشممهای کفها و بام، بطور جداگانه برای فشار رو به بالای خالص مساوی وزن دال و نصف بار زنده طراحی شوند ($L_{D+} / 5 + 10$). 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 و کلافها، 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.

۴-۶-۲۱- ضوابط روش مقاومت کلافی

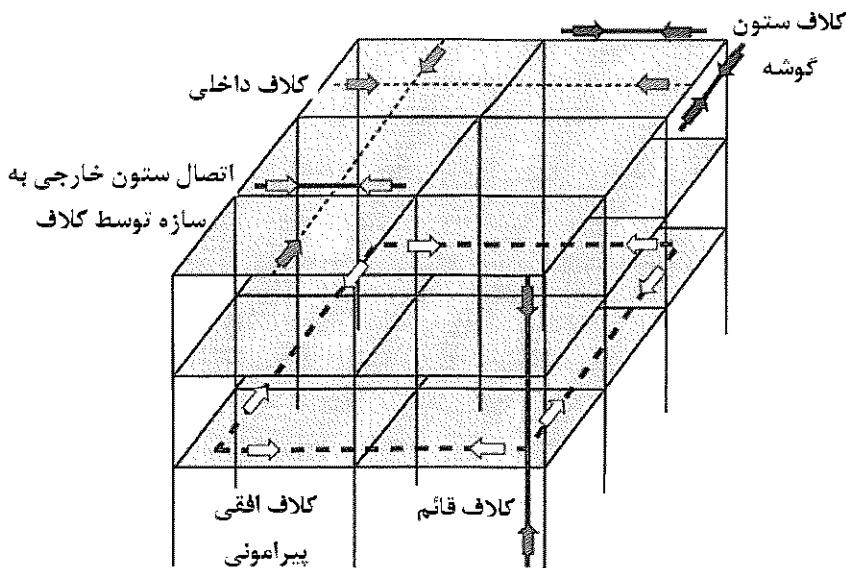
در هر سازه قابی باید کلافهای زیر تعییه گردد:

- ۱- کلافهای داخلی
- ۲- کلافهای محیطی

- کلافهای افقی به ستون‌ها یا دیوارهای خارجی
- کلافهای ستون گوشه
- کلافهای قائم

شکل ۶-۲۱ 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 وصلة پوششی، جوشی و یا مکانیکی باشند.
- ۳- کلافهای داخلی باید به کلافهای محیطی مهار شوند. کلافهای داخلی می‌توانند در ضخامت دال و یا تیرها تعییه شوند.
- ۴- کلافهای محیطی باید در کف‌ها یا بام در محیط ساختمان و در محدوده عرض ۱/۲ متری از لبه محیط به داخل تعییه گردند.
- ۵- در تراز کف‌ها و بام، لازم است کلافهای افقی، ستون‌های خارجی را به سازه داخلی متصل نمایند. لزومی به پیوستگی این کلافها نیست و فقط باید در دو انتهای مهار شوند.
- ۶- در تراز کف و بام، لازم است کلافهای افقی در دو امتداد متعامد، ستون‌های گوشه را به سازه داخلی متصل نمایند.
- ۷- به منظور تامین کلافهای قائم، لازم است ستون‌ها از تراز فونداسیون تا بالاترین تراز بصورت ممتد ادامه یابند.
- ۸- فاصله آزاد بین کلافهای قائم باید از ۵ متر تجاوز کند.
- ۹- وصلة ستون در ارتفاع طبقه باید در یک‌سوم میانی ارتفاع ستون قرار گیرد.
- ۱۰- در سازه‌هایی که از چند بخش مجزا تشکیل شده‌اند و یا دارای درز انقطاع هستند، ضوابط مربوط به کلافها در مورد هر بخش باید به تنهاًی صادق باشد.
- ۱۱- تمام مسیرهای انتقال بار در کلافها باید به صورت مستقیم باشد و تغییر جهت در مسیر بازشوها مجاز نمی‌باشد.



شکل ۲-۶-۲۱- حداقل ضوابط کلافبندی سازه‌های قابی

۱-۴-۶-۲۱- مقاومت کلافها

آرماتورهای تعبیه شده برای کلافها برای مقاصد طراحی، می‌تواند به عنوان بخشی از آرماتور لازم برای کلاف منظور شود. مقاومت لازم برای کلافها بصورت زیر محاسبه می‌شود:

الف: کلافهای داخلی باید مقاومتی بیش از بزرگترین دو مقدار زیر را داشته باشند (تن بر واحد عرض دال):

$$\left(\frac{1/0.D + 1/0.L}{\gamma/5} \right) \left(\frac{\ell_r}{5} \right) F_t \quad (1-6-21)$$

یا

$$F_t \quad (2-6-21)$$

D = بار مرده (تن بر مترمربع)

L = بار زنده (تن بر مترمربع)

ℓ_r = حداقل فاصله بین مراکز ستون‌ها، قاب‌ها یا دیوارهایی که دو چشمۀ مجاور را در امتداد کلاف مورد نظر تحمل می‌کنند (متر)

F_t = مقاومت پایه که کوچکترین دو مقدار ($N/4 + 0$) یا ۶ تن می‌باشد (تن).

N = تعداد طبقات

ب: کلافهای گوشه و پیرامونی باید دارای مقاومت F_t باشند.

پ: کلافهای افقی که ستون‌ها یا دیوارهای خارجی را به سازه متصل می‌کنند، باید مقاومتی بیش از بزرگترین مقدارهای زیر را داشته باشند:

$$1 - \text{کمترین } F_t \text{ یا } 2 F_t \text{ متر}$$

ℓ_s = ارتفاع کف تا کف بر حسب متر

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

ت: کلافهای قائم باید دارای مقاومت کششی مساوی بزرگترین نیروی قائم ضربیدار ناشی از بار قائم هر یک از طبقات به علت ترکیب‌های بارگذاری عادی باشند.

برای محاسبه مقاومت طرح کلافها، ضرب کاهش مقاومت $= 0.75/\phi$ منظور می‌شود. کلافها باید بطور کامل وصله شده و در دو انتهای بطور کامل مهار شوند.

۶-۵-۶- روش مستقیم - روش مسیر جایگزین

در این روش برای انجام کار باید سناریوهای مختلف مدنظر قرار گیرد. در هر سناریو، دیوار باربر یا ستونی به صورت آنی در نقطعه‌ای از سازه حذف شده و سازه باقیمانده برای ترکیب‌های بارگذاری خاص همراه با ضرایب افزایش مقاومت تحلیل می‌شود. برای تحلیل سازه باقیمانده می‌توان از روش‌های ارجاعی و یا غیرارجاعی استفاده نمود. در این بخش فقط روش‌های ارجاعی مدنظر قرار می‌گیرند.

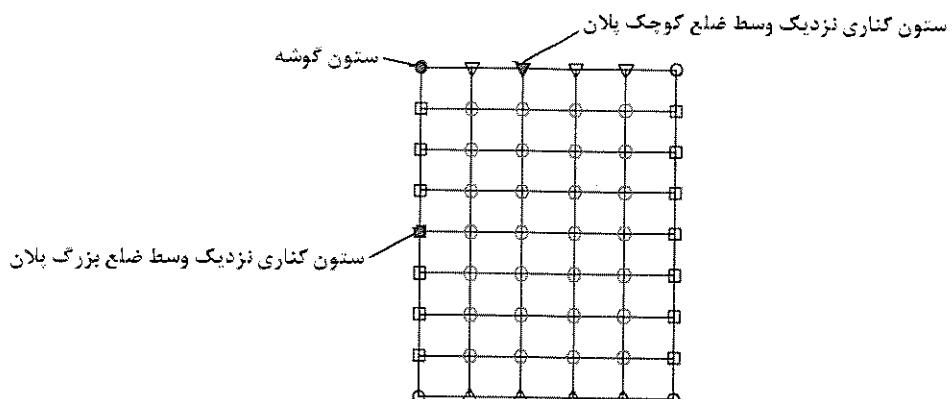
۱- ستون‌های خارجی که باید حذف شوند در نزدیکی وسط ضلع کوچک ساختمان، نزدیک وسط ضلع بزرگ ساختمان، و گوشه‌های ساختمان انتخاب می‌شوند (شکل ۶-۲۱). برای هر یک از ستون‌هایی که در پلان حذف می‌شوند، پایداری سازه مورد نظر، باید با حذف ستون در طبقات زیر مورد بررسی قرار گیرد:

- طبقه اول بالای تراز پایه

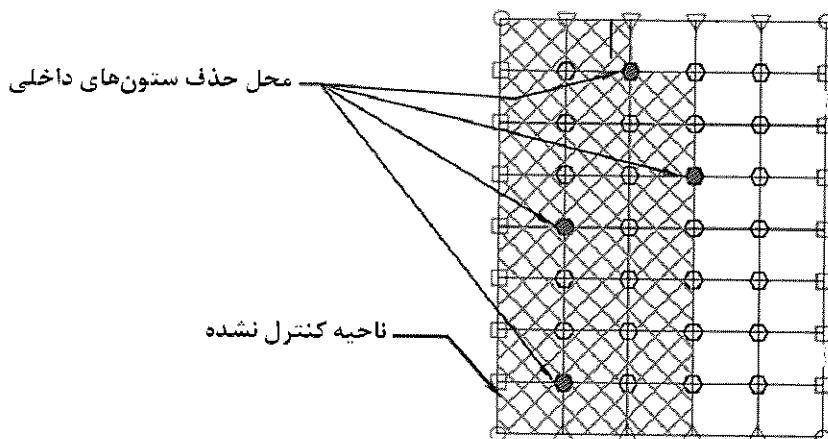
- طبقه در ارتفاع میانی

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 ۶-۲۱).

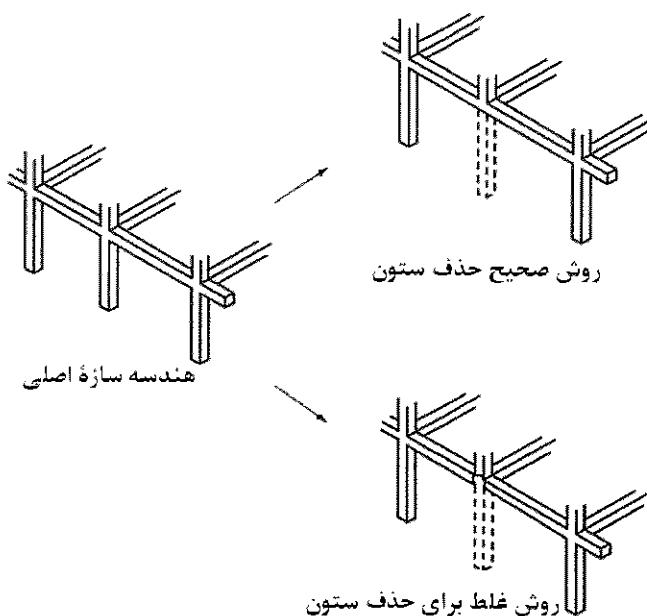
مطابق شکل ۲۱-۶، ستون از زیر اتصال در تراز وجه تحتانی تیر حذف می‌شود. مطالب ارائه شده جنبه توصیه کلی دارد و هدف تعیین بحرانی‌ترین ستون برای حذف است. در این خصوص قضاوت مهندسی، نیز لازم است.



شکا ۲۱-۳-۶-۳- موقعیت ستون‌های خارجی، که برای تحلیل انهدام پیش‌روندۀ باید حذف شوند.



شکل ۴-۶-۲۱- موقعیت ستون های داخلی که برای تحلیل انهدام پیش رونده باید در طبقه با، کینگ حذف شوند.



شکل ۲۱-۶-۵- روشن صحیح و غلط حذف ستون

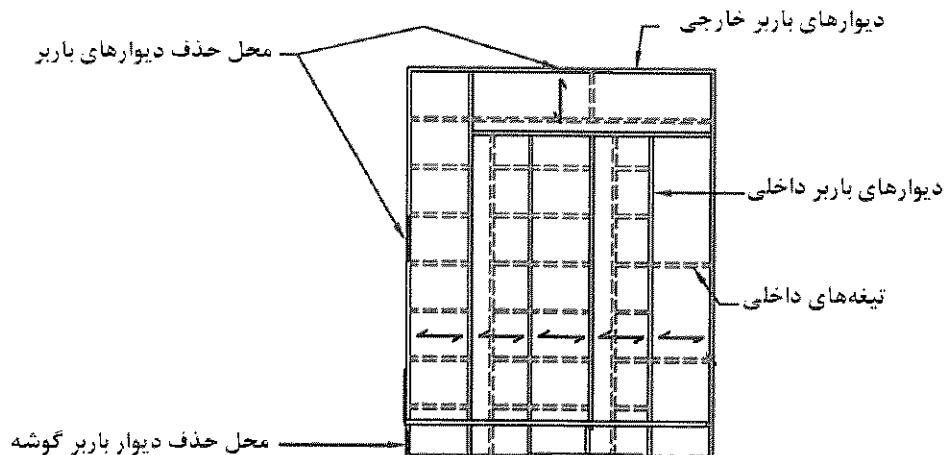
- دیوارهای باربر خارجی که باید حذف شوند در نزدیکی وسط ضلع کوچک ساختمان، نزدیک وسط ضلع بزرگ ساختمان و گوشه‌های ساختمان انتخاب می‌شوند (شکل ۲۱-۶-۶). برای هر یک از دیوارهایی که در پلان حذف می‌شوند، پایداری سازه مورد نظر، باید با حذف دیوار در طبقات زیر مورد بررسی قرار گیرد:

- طبقه اول بالای تراز پایه

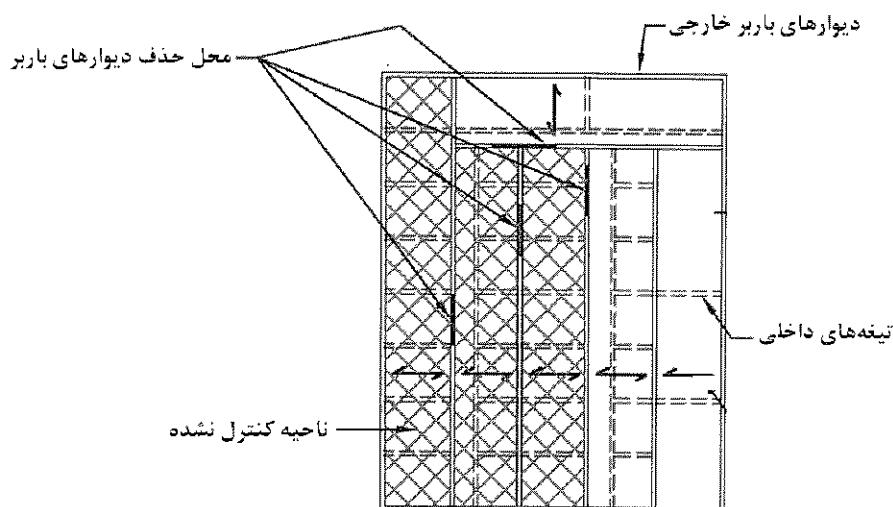
- طبقه در ارتفاع میانی

برای هر دیوار، طولی معادل دو برابر ارتفاع مفید طبقه باید حذف شود. در 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 ۲۱-۶-۷).



شکل ۲۱-۶-۶- موقعیت دیوارهای باربر خارجی که برای تحلیل انهدام پیش‌روند
باید حذف شوند.



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

- بارهای مرده برای منظور کردن اثر ضربه ناشی از انفجار باید در ضریب ضربه ضرب شوند. با توجه به عدم احتمال حضور تمام بار زنده، ضریب کوچکتر از واحدی برای آن منظور می‌شود. برای تحلیل استاتیکی ارجاعی، ترکیب بار ثقلی زیر در روش مسیر جایگزین منظور می‌شود: $(DL + 0.25LL)$: ترکیب بار (۳-۶-۲۱)

که در آن:

$=$ بار مرده DL

$=$ بار زنده LL

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

- بعد از تحلیل سازه باقیمانده تحت ترکیب بارگذاری بند ۳ به روش استاتیکی با منظور کردن اثر $P-\Delta$ ، نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) برای نیروهای داخلی (شامل لنگر خمشی، نیروی محوری، نیروی برشی و یا لنگر پیچشی) برای تک‌تک اعضاء تعیین می‌گردد:

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

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

Q_{CE} = ظرفیت نهایی بدون ضریب عضو

اگر نسبت DCR برای عضوی بیش از ۲ برای ساختمان‌های معمولی و بیش از $1/5$ برای ساختمان‌ها با پلان پیچیده شود، آن عضو قابل پذیرش نبوده و فرض بر خرابی آن است و باید تقویت گردد.

- میزان انهدام‌های ناشی از حذف ستون، باید به کوچکترین سه ناحیه زیر محدود گردد:

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

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.

۲۱-۶-۶-۶- 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 مقاومت‌سازی ستون گوشه در مقابل انفجار مطابق اصول مشروحة در فصل‌های ۳ تا ۵ این مجموعه باشد.

۷-۲۱- ملاحظات تأسیسات برقی و مکانیکی

۷-۲۱-۱- کلیات

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

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

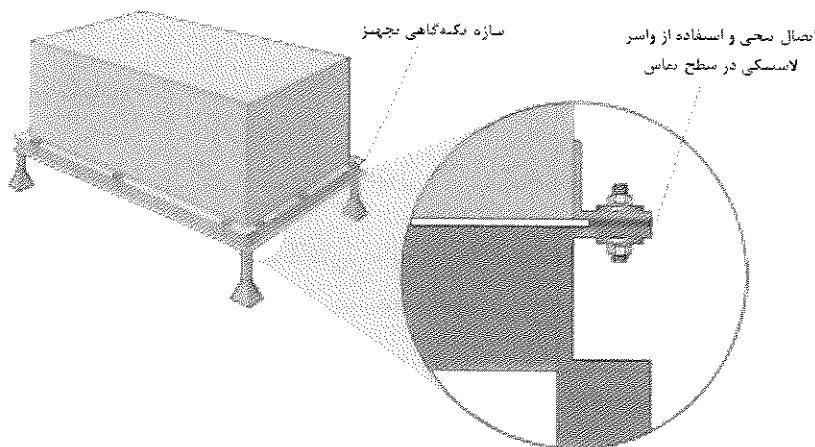
- الف- موادی سازی^۵: تعدد و چندگانه سازی سامانه تأسیساتی با همپوشانی مناسب.
- ب- مکانیابی: نصب تجهیزات تأسیساتی در مکان‌های امن‌تر.
- پ- پراکندگی: قرار دادن تأسیسات موادی سازی شده در مکان‌های جداگانه و یا دور از هم.
- ت- استحکام: استفاده از تجهیزات مقاوم‌تر و نصب آن در فضای ایمن.
- ث- نصب پایدار: نصب مناسب تأسیسات به سازه ساختمان بصورت مستحکم و یا انعطاف‌پذیر.
- ج- مرمت‌پذیری: تعمیرپذیری سریع و یا قابلیت جایگزینی فوری، برای استمرار فعالیت.

۷-۲۱-۳- تأسیسات ساختمانی به لحاظ خطرآفرینی به گستره‌ی کم خطر تا پرخطر، تقسیم می‌شوند. تأسیسات پرخطر به تأسیساتی اطلاق می‌شود که خرابی آنها منجر به ایجاد خطرات ثانویه (مانند نشت گازهای سمی و انفجارهای مجدد) گردد، ولی در تأسیسات کم خطر، خرابی و از کارافتادگی تجهیز، تنها منجر به از بین رفتن عملکرد آن تجهیز می‌شود. به منظور کاهش آسیب‌پذیری در پیامدهای انفجار، باید از تأسیسات پرخطر کمتر استفاده شود، در غیراین صورت، تمهیدات لازم برای جلوگیری از خطرات ثانویه و همچنین استقرار در فضاهای ایمن صورت گیرد.

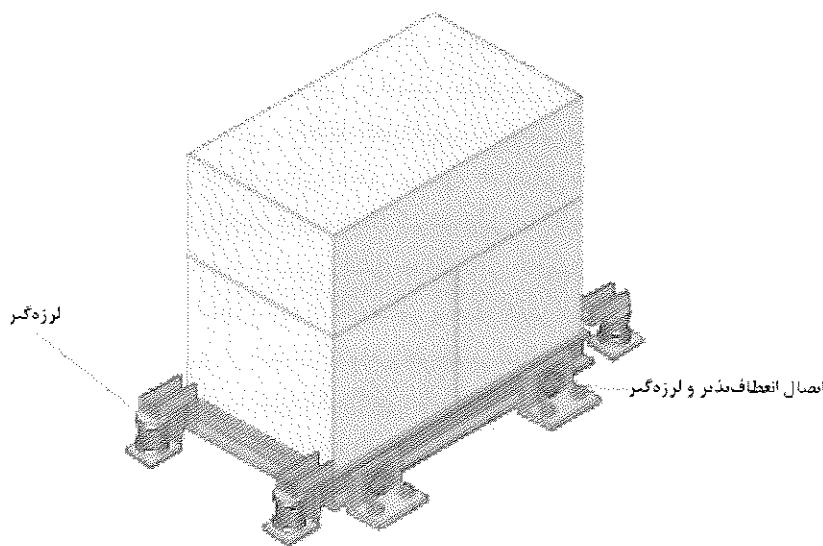
۷-۲۱-۴- اتصال تجهیزات به سازه تکیه‌گاهی، باید براساس حداقل‌های اشاره شده در بند ۶-۴ آین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و بر مبنای خطر لرزه‌خیزی خیلی زیاد (A = ۰/۳۵) طراحی شود (شکل‌های ۷-۲۱ و ۷-۲۱).

۵- توجه شود که موادی سازی به معنای دو برابر کردن ظرفیت‌ها نیست. میزان همپوشانی با توجه به مطالعات مهندسی تعیین می‌شود و حداقل آن ۱۰ درصد مقرر می‌شود.

۵-۱-۷-۲۱- ظرفیت تحمل تجهیز در مقابل ضربه و ارتعاش معمولاً بر حسب حد شکنندگی (بیشینه شتاب تحمل شده با حفظ قابلیت استفاده)، بیان می‌شود. اکثر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی تجاری می‌توانند ۳ برابر تجهیزات شکنندگ (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 ۱-۷-۲۱- نمونه‌ی اتصال تجهیز به سازه تکیه‌گاهی



شکل ۱-۷-۲۱- اتصال تجهیز با استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر و لرزه‌گیر

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

شتاب (g)		نوع تجهیز
ایجاد حداقل آسیب	بدون ایجاد آسیب	
۸	۴/۵	پمپ‌ها با توان تا ۱۰۰ اسب بخار
۸	۳/۵	تابلوهای کنترل و تابلوهای برق
۹	۴	فن‌ها با توان تا ۱۰۰ اسب بخار
۸	۴	لولهای فولادی جوش شده (با حداکثر قطر ۱۸ اینچ)
۱۰	۴/۵	هواسازها
۹	۴/۵	کانال‌های فولادی
—	۳	مراکز کنترل موتور
—	۳	منابع برق اضطراری
۸	۴/۵	سینی‌های کابل (تا ۳۶ اینچ)
—	۴	چیلرهای گریز از مرکز
—	۴/۵	چیلرهای جذبی
—	۳/۵	چیلرهای پیچشی
—	۳/۰	چیلرهای تراکمی هواخنک
—	۳/۵	بویلهای

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

۷-۲۱-۷- ایجاد اتاق مرکز کنترل و مدیریت ساختمان (و بحران)، با رعایت الزامات بخش ۵-۲-۲۱، 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 آثاری نظیر موج، حرارت، ترکش اولیه و ثانویه، آوار، گرد و غبار، دود و آسودگی ناشی از انتشار گازهای مختلف (از جمله منواکسید کربن) است. این پیامدها (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 مکان‌های تعییه شوند که در درجه اول آسیب نبینند (بهویژه در ساختمان‌های گروه ۱) و در صورت آسیب‌دیدن، مرمت‌پذیر باشند و در نهایت، تلفات جانی بر اثر آسیب‌دیدگی و تخریب تأسیسات، حداقل باشد.

۲-۷-۲۱-۱- دهانه‌های ورودی تأسیسات، به ویژه بازشوهای ورود (و خروج هوا) باید خارج از حریم آوار (جزء ۲-۲-۱-۳) قرار گیرند، در غیر این صورت، تمهیدات لازم برای این‌ها اتخاذ شود.

۲-۷-۲۱-۲- برای تهشیینی گردوغبار و تخلیه سریع آن‌ها و دود ناشی از آتش‌سوزی، هم‌چنین جایگزینی هوای سالم، باید تجهیزات لازم، تعییه شود. وجود چنین تأسیساتی، علاوه بر کاهش خفگی افراد، امدادرسانی به آسیب‌دیدگان را نیز سهولت می‌بخشد.

۲-۷-۲۱-۳- محل تأسیسات تا حدامکان باید از ساختمان اصلی جدا باشد.

۲-۷-۲۱-۴- مکان‌هایی که تجهیزات اصلی، تأسیسات نیروی برق اضطراری (مانند مولداتی برق اضطراری)، لوله‌های قائم شبکه بارند و آتش‌نشانی، سامانه اعلام حریق، سامانه تخلیه گرد و غبار و دود، تأسیسات پرخطر (مثل مخزن سوخت) و دودکش‌ها در آن‌ها قرار می‌گیرند، باید با دیوارها و سقف‌های ایمن محافظت شوند (رعایت اصل استحکام).

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

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

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

۷-۲۱-۸-۱-۲-۷-۲۱ در ورودی و خروجی هوا، باید تمهیدات ایمنی در برایر پیامدهای انفجار (مانند دمپر ضدانفجار)، اتخاذ گردد.

۷-۲۱-۹-۱-۲-۷-۲۱ در کانال های مستقیم هوا در فواصل لازم و محل اتصال آنها به دستگاه، باید از اتصالات و یا قطعات لاستیکی مقاوم و نسوز (مانند لاستیک های ساخته شده از ترکیبات موادی مانند EPDM و NBR-PVC و یا مواد سیلیکونی) استفاده شود.

۷-۲۱-۱۰-۱-۲-۷-۲۱ 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 (متنااسب با تغییر مکان های سازه)، استفاده گردد.

۷-۲۱-۱۱-۱-۲-۷-۲۱ سامانه های هوارسانی، تهویه مطبوع و دمنده های هوا، علاوه بر قطع خودکار در حالت اضطراری، باید به صورت دستی نیز سریعاً قابل قطع باشند. در صورت بروز آتش سوزی، هواکش ها نیز باید به ترتیب فوق عمل نمایند. برای جلوگیری از بروز فشار منفی در هنگام قطع سامانه ها، از دمپرهای کم نشت استفاده شود. ارجح است این دستگاه ها خاموش نشوند، بلکه باید تحت کنترل سامانه مدیریت تخلیه دود قرار گیرند.

۷-۲۱-۱۲-۱-۲-۷-۲۱ در زمان بحران، فشار هوا در راه پله ها، باید مثبت بوده و برای تامین هوای مناسب در هنگام خروج اضطراری افراد، تمهیدات لازم اتخاذ شود.

۷-۲۱-۱۳-۱-۲-۷-۲۱ تأسیسات ساختمان به ویژه شیرآلات، دمپرها و سایر ابزار و ادوات کنترل دستی، باید دارای نقشه و علامت راهنمای بوده در محل های مناسب قابل مشاهده، نصب شوند.

۷-۲۱-۱۴-۱-۲-۷-۲۱ اجرای لوله های اصلی به صورت آویز از سقف طبقات، به ویژه در دسترسی و فضاهای عمومی مجاز نیست.

۷-۲۱-۱۵-۱-۲-۷-۲۱ ایجاد فضای هوابند و درز بندی ورودی های ساختمان، الزامي است.

۷-۲۱-۱۶-۱-۲-۷-۲۱ مهندس تأسیسات باید با هماهنگی طراح معماری و مهندس سازه، نسبت به اجرای بند ۷-۲۱-۱-۷-۶ و جزء های ۷-۲۱-۱-۲-۷-۲۱، ۴-۱-۲-۷-۲۱، ۵، ۸ و ۱۴ اقدام نماید.

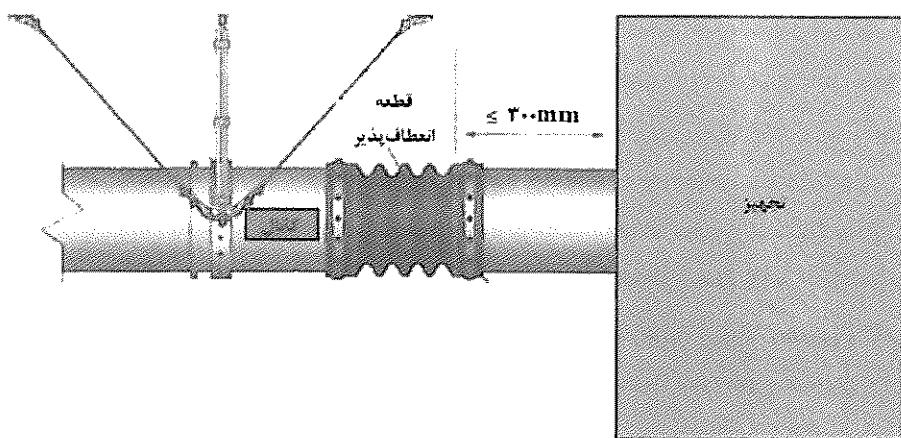
۷-۲-۷-۲۱ سامانه هی تهویه و تخلیه هوا

سامانه هی تهویه، هوای تازه مورد نیاز را تامین نموده و آلودگی ها را به حد مجاز، کاهش می دهد. 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:

- ۱-۲-۷-۲۱- سامانه‌های تهویه ساختمان، برای بهره‌برداری پایدار طراحی شوند.
- ۲-۷-۲۱- کانال‌های هوا، باید در محل‌های عبور از دیوار و نصب به دستگاه دارای انعطاف‌پذیری باشند.
- ۳-۲-۷-۲۱- از اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها، اتصالات خرطومی و جاذب تکانه در آویزها و نگهدارنده‌های کانال‌ها در احتمال برخورد موج انفجار استفاده شود.
- ۴-۲-۷-۲۱- برای جلوگیری از اثرات پالس الکترومغناطیس، تمهیدات مکمل باید اتخاذ شود.

۳-۲-۷-۲۱- 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:
- ۱-۳-۲-۷-۲۱- در ساختمانهای گروه ۱، باید از بکارگیری سامانه‌های تبرید با احتمال نشت بالا و یا تبریدی دارای کویل مستقیم (و مانند آن) خودداری گردد. در صورت استفاده از مبرد کم خطر از نظر اشتعال‌پذیری و سمی بودن، استفاده از سامانه‌های تبریدی دارای کویل مستقیم مجاز می‌باشد. این امر برای ساختمانهای گروه ۲ مورد توصیه اکید می‌باشد.
- ۲-۳-۲-۷-۲۱- در سایر ساختمان‌ها، در صورت کاربرد سامانه‌های اشاره شده در بند ۱، هنگام اخطار حملات هوایی، باید گازها و یا مواد مبرد داخل آن‌ها در فضای بیرونی تخلیه شوند.
- ۳-۲-۷-۲۱- استفاده از دستگاه‌های گرم‌کننده و خنک‌کننده ویژه (به خصوص وسایل حرارتی با سوخت گاز، مایع و جامد) مجاز نبوده و نصب بخاری برقی فقط با رعایت الزامات مبحث چهاردهم مجاز می‌باشد.
- ۴-۳-۲-۷-۲۱- استفاده از سامانه‌های تهویه مطبوع (مانند هواساز) توصیه می‌شود.
- ۵-۳-۲-۷-۲۱- تا حدامکان، از سامانه‌های دارای شبکه لوله‌کشی سیال حامل انرژی (مانند فن کویل)، استفاده نشود.
- ۶-۳-۲-۷-۲۱- در صورت بکارگیری فن کویل، اجرای لوله‌ها از کوتاه‌ترین مسیر صورت گیرد. هم‌چنین از اجرای دریچه هوای تازه در دیوار خارجی پشت فن کویل خودداری شده و هوای تازه از طریق هوارسانی مرکزی و فیلتراسیون تامین گردد.
- ۷-۳-۲-۷-۲۱- لوله‌ها و کانال‌ها باید دارای اتصالات انعطاف‌پذیر سه محوره (متناسب با تغییر مکان‌های سازه) و قطعه انساطی در محل نصب دستگاه‌ها و محل عبور آن‌ها از دیوارها باشند (شکل ۳-۷-۲۱).



شکل ۷-۲۱-۳-۱- اتصال انعطاف پذیر کanal در محل نصب دستگاه

۸-۳-۲-۷-۲۱- بست، آویز و تکیه گاه لوله ها، کanal ها و دودکش ها باید کاملاً صلب باشند و در موارد لازم، با اجرای تمهیدات مناسب، قابلیت تحمل و جابجایی در اثر تکانه ناشی از انفجار را داشته باشند.

۹-۳-۲-۷-۲۱- با رعایت مقاد مبحث چهاردهم، بهتر است از لوله های ترموبلاستیک مجاز و دارای عایق غیرقابل اشتعال (به استثنای سامانه های پارنده خودکار) بجای لوله های فولادی سیاه، استفاده شود.

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

۱۱-۳-۲-۷-۲۱- لازم است موتورخانه، اتاق هوا ساز و سایر تجهیزات مهم در مکانی مقاوم در برابر پیامدهای انفجار، قرار گیرند. به طور کلی موتورخانه ها تا حدامکان، خارج از ساختمان جانمایی شوند.

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

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

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

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

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

۲۱-۷-۳-۲-۷-۱۷- محل نصب تجهیزات جانبی موتورخانه (مانند مخزن انبساط بساز، برج خنک کننده، 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 بدون وابستگی به بیگانه، با رعایت الزامات مبحث سیزدهم، طراحی و اجرا شود.

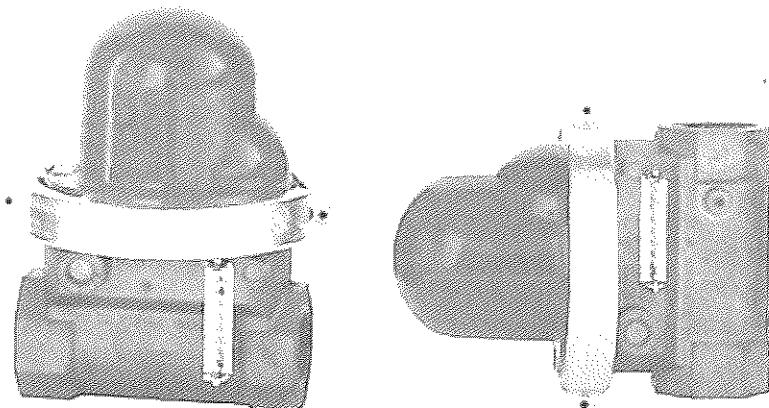
۲۱-۷-۴- گازرسانی

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

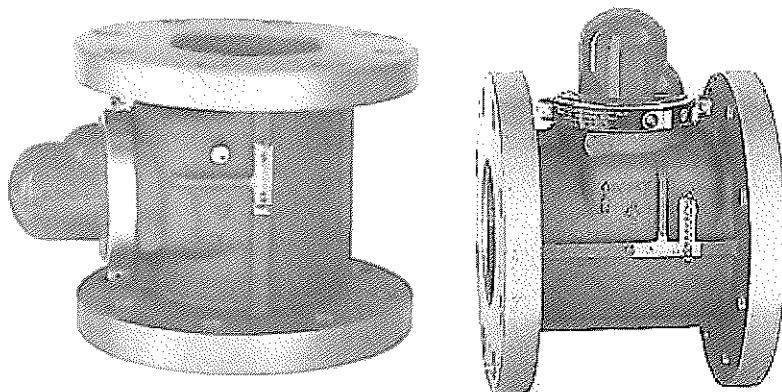
۲۱-۷-۴-۱- اجرای شبکه گاز در داخل ساختمان مجاز نمی‌باشد. این ممنوعیت شامل موتورخانه و آشپزخانه‌ی رستوران مرکزی و بخش‌های آزمایشگاهی مرکزی نمی‌شود.

۲۱-۷-۴-۲- نصب شیر خودکار قطع گاز حساس در مقابل زلزله و تکانه‌های ناشی از انفجار در نقطه ایمن ورودی ساختمان، الزامی است.

۲۱-۷-۴-۳- نصب شیر خودکار قطع جریان گاز اضافی (برای جلوگیری از عبور بیش از حد گاز)، الزامی است.



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



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

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

۷-۲۱-۵-۴-۲-۷-۲۱- شیر قطع سریع گاز دارای علائم راهنمای و قابل دسترس افراد مجاز، در ورودی‌های محوطه و ساختمند باید نصب شود و تمهیيدات فنی لازم برای تخلیه اضطراری گاز موجود در لوله‌ها به فضای باز و ایمن، اتخاذ شود.

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

۲۱-۷-۵-۵- تأسیسات آبرسانی

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

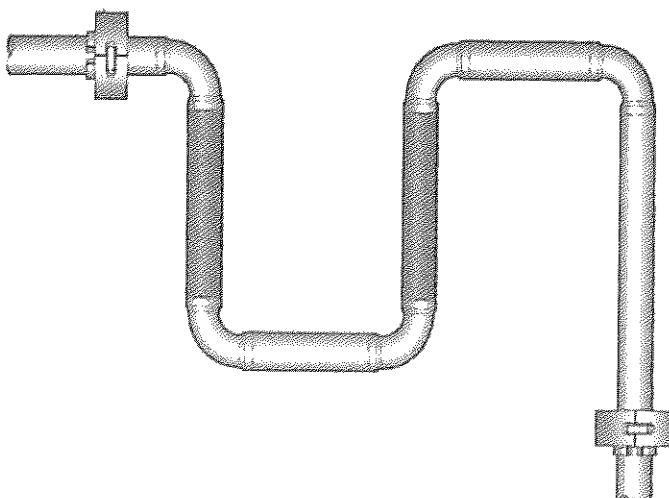
۲۱-۷-۵-۱- ذخیره‌سازی آب مصرفی بهداشتی، دست‌کم به میزان نیاز سه روز و متناسب با پیش‌بینی شرایط بحران صورت گیرد.

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

۲۱-۷-۵-۳- آب حداقلی بهداشتی، در زمان بحران، از طریق رایزر جداگانه و انشعاب کم‌آبده، مجهز به پمپ جایگزین متصل به برق اضطراری تامین گردد.

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

۲۱-۷-۵-۵- در سامانه‌ی لوله‌های فولادی، استفاده از اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها، شیلنگ‌های خرطومی، اتصالات آکاردهونی مقاوم در برابر آتش یا حلقه‌های انبساطی در لوله‌های افقی طویل و در محل تقاطع لوله‌ها با دیوارهای اصلی لازم است (شکل ۶-۷-۲۱).



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

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

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

۷-۶-۲-۷-۲۱- ذخیره‌سازی و نگهداری آب آشامیدنی به صورت ایمن و یا بسته‌بندی توصیه می‌شود.

۷-۶-۲-۲۱- 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:

۷-۶-۲-۷-۲۱-۱- در صورت وجود فضای امن و یا پناهگاه در پایین‌ترین طبقه ساختمان، پیش‌بینی تمهیدات تخلیه سریع بیشینه جریان لحظه‌ای پسپا و فاضلاب (در موارد شکستگی، واژگونی و جاری شدن یکباره محتويات لوله‌ها، رایزرهای مخازن آب در پیامد انفجار)، با اجرای چاله آب جمع کن و یا کفشوی به تعداد و قطر مناسب ضروری است.

۷-۶-۲-۷-۲۱-۲- تمهیدات لازم برای تخلیه آب حاصل از شکست لوله‌ها و جمع شده برای اطفاء حریق در طراحی و اجرای تأسیسات فاضلاب، اتخاذ شود.

۷-۶-۲-۷-۲۱-۳- سامانه‌ی لوله‌کشی فاضلاب علاوه بر مقاومت و تکیه‌گاه‌های کافی، باید دارای انعطاف‌پذیری لازم در مقابل تغییر‌شکل‌های ناشی از فشار حاصل از انفجار باشد.

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

۷-۶-۲-۷-۲۱-۵- شیریک‌طرفه خروجی فاضلاب ساختمان‌ها جهت جلوگیری از برگشت فاضلاب تعبیه شود.

۷-۶-۲-۷-۲۱- تأسیسات آتش نشانی

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

۷-۶-۲-۷-۲۱-۱- استفاده از آشکارسازهای حساس به دود و حرارت و سامانه هشدار و اعلام حریق و شبکه بارندۀ خودکار، الزامی است.

۷-۶-۲-۷-۲۱-۲- اجرای رایزرهای مرطوب و خشک و جعبه آتش‌نشانی ضروری می‌باشد.

۳-۷-۲-۲۱- نصب اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها، لوله‌های قابل انحناء و یا شیلنگ‌های خرطومی مقاوم در برابر آتش، در لوله‌های افقی آتش‌نشانی طویل و محل گذر از دیوارهای اصلی لازم است.

۴-۷-۲-۲۱- رعایت موارد زیر الزامی است:

الف- تغذیه شبکه‌های خشک و مرتبط آتش‌نشانی از دو یا چند سامانه و مسیر جداگانه.

ب- تغذیه شبکه آتش‌نشانی ساختمان از آب شهری، علاوه بر وجود آب ذخیره کافی مجهز به پمپاژ

ج- نصب پمپ‌های جایگزین (رزرو) برقی و دیزلی.

د- تغذیه پمپ‌های اصلی و جایگزین از نیروی برق اضطراری.

ه- تامین فشار ثقلی آب شبکه آتش‌نشانی در صورت امکان.

و- آموزش و تمرین دوره‌ای کارکنان و ساکنان برای امداد، نجات و استفاده از تجهیزات آتش‌نشانی.

۵-۷-۲-۲۱- محل و نحوه نصب کپسول‌های آتش‌نشانی به گونه‌ای انتخاب شود که کپسول‌ها در اثر برخورد موج انفجار، آسیب نمینند و باعث آسیب جانی نشوند (مانند نصب در حفره‌های داخل دیوارها)

۶-۷-۲-۲۱- نقشه و علائم راهنمای شبرنگ برای تعیین محل کپسول و جعبه آتش‌نشانی و خروج اضطراری در فضاهای عمومی و راهروها باید نصب شوند.

۸-۷-۲-۲۱- زیرساخت‌های تأسیساتی در محوطه

۱-۸-۲-۷-۲۱- زیرساخت‌ها و تأسیسات محوطه، باید بیش از یک تجهیز کنترلی داشته باشند.

۲-۸-۲-۷-۲۱- تامین حداقل دو انشعاب جبرانی، قابل کنترل و انعطاف‌پذیر با فاصله مناسب از یکدیگر، الزامی است.

۳-۸-۲-۷-۲۱- زیرساخت‌ها و تأسیسات اصلی محوطه ساختمان، باید بصورت مدفون در کانال آدم روی مقاوم، با رعایت الزامات بند ۴-۲-۲-۲۱، قرار گیرند.

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

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

- ۷-۲-۷-۲۱-۶- در صورت الزام هم جواری تأسیسات پرخطر، باید با معماری مناسب و اتخاذ تمهیدات لازم، پیامدهای انفجار هریک به خود محدود شوند.
- ۷-۲-۷-۲۱-۷- نصب مخازن اکسیژن مایع در محوطه یا فضاهای محصور (به خصوص فضاهای بیمارستانی)، باید با حفظ ضوابط ایمنی مربوطه صورت پذیرد.
- ۷-۲-۷-۲۱-۸- نصب شیرهای آتش نشانی در محوطه، مطابق با ضوابط سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی الزامی است.
- ۷-۲-۷-۲۱-۹- برای تسهیل امداد و نجات در بحران، باید تأسیسات مورد نیاز (نظیر آب، آب گرم، برق و تلفن) در محوطه ساختمان‌ها تاحdamکان پیش‌بینی شود.

۳-۷-۲۱ ملاحظات تأسیسات برقی

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

از نظر سازه‌ای، دیوارها و کف‌هایی که در مجاورت تجهیزات مرکزی تأسیسات برقی قرار دارند باید از عناصر سازه‌ای مقاوم ساخته شده باشند. تقویت سازه ای مسیر کابل‌های تغذیه اصلی مربوط به برق عادی (نرمال)، اضطرای، برق بدون وقفه (در صورت استفاده از برق بدون وقفه 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 نهایی ساخت تأسیسات برقی ساختمان در محل امن و قابل دسترس، نزدیک درب ورودی الزامی است.

۳-۷-۲۱-۱- مقررات کلی

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

۱-۱-۳-۷-۲-۱-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 برق رسانی 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 باطری و شارژ آن و یا منبع تغذیه برق بدون وقفه (UPS) متصل گردد و تأمین انرژی بارهای حساس مانند روشنایی مسیرهای فرار 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 رسانی، توصیه می‌گردد ترانسفورماتورهای برق فشار متوسط، مولدهای برق اضطراری، برق بدون وقفه مرکزی، تابلوهای برق فشار متوسط، تابلوهای فشار ضعیف اصلی مربوط به بة عادی، اضطراری، و بدون وقفه در اتاه‌ها و با فضاهای محذا از هم قرار گرند.

۲۱-۷-۳-۲-۱-۳-۲- برای جلوگیری از شکست لوله‌های برق، پیش‌بینی‌های لازم در محل‌های درز انسداد انعام شود و تا حد امکان از اتصالات انعطاف‌پذیر استفاده گردد.

۲۱-۳-۷-۴-۳-چراغ‌های جهت‌دار ایمنی با باتری داخلی باید در مسیرهای فرار جهت نمایش مسیر خروج از ساختمان مدنظر قرار گیرد. همچنین توصیه می‌گردد جهت روشنایی فضای امن ساختمان و اتاق مدیریت بحران علاوه بر روشنایی معمول از چراغ‌هایی با باتری داخلی نیز استفاده شود.

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

۲۱-۳-۷-۵- 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 جراحت در افراد نشوند.

۲۱-۳-۷-۶- ایجاد فشار مثبت در محل نصب تجهیزات حساس الکتریکی، الکترونیکی و مخابراتی مانند اتاق تبلووهای برق و اتاق کنترل توصیه می شود. تا حد امکان سامانه تهווیه اتاق های تأسیسات برقی ساختمان از سامانه تهווیه مرکزی ساختمان مجرزا باشد.

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

۷-۲۱-۴-۳-۷-۲۱- 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.

۷-۲۱-۵-۳-۷-۲۱- 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.

۷-۲۱-۶-۳-۷-۲۱- 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 شود.

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

۷-۲۱-۸-۳-۷-۲۱- در مرحله طراحی لوله‌های برق رزرو و مدارهای تغذیه‌کننده اضافی در تابلوهای برق جهت توسعه‌های آینده مدنظر قرار گیرد.

۷-۲-۳-۷-۲۱- سامانه ارتباطی

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

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

۷-۲-۳-۷-۲۱-۳- 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 هم دیگر اجرا گرددند.

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

- ۵-۲-۳-۷-۲۱- برای کابل‌های کنترلی و مخابراتی، استفاده از کابل‌های فیبر نوری عموماً به هادی‌های مسی ترجیح داده می‌شوند.
- ۶-۲-۳-۷-۲۱- به منظور اخطار بموقع به ساکنین در هنگام تهدیدات، ساختمان دارای سامانه اطلاع‌رسانی داخلی باشد.

۳-۷-۲۱- سامانه برق اضطراری و ایمنی

- ۱-۳-۷-۲۱- مولدہای 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 تعییه شوند. در تعیین ظرفیت مولدہای برق اضطراری امکان توسعه‌های آینده مدنظر قرار گیرد.

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

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

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

- ۵-۳-۷-۲۱- مولدہای برق اضطراری، عموماً نیازمند دریچه‌های لوردار و یا بازشویی با خم‌های اضافی برای تهویه مولد در حال کار می‌باشند، به گونه‌ای که اثرات موج انفجار بروی مولد اضطراری کاهش یابد.

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

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

- ۸-۳-۷-۲۱- 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 اماكن الزامی است.

۴-۳-۷-۲۱- ترانسفورماتورها

۱-۴-۳-۷-۲۱- 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 مرکز و در اتاق‌های مستقل مخصوص خود قرار گیرند تا قابلیت اطمینان را در زمانی که یکی از ترانسفورماتورها در اثر انفجار آسیب می‌بیند، افزایش دهدن.

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

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

۱-۵-۳-۷-۲۱- این اتاق برای کنترل عملکرد سامانه‌های تخلیه دود، ارتباط با ساکنین، هشداردهنده‌ها، کنترل آتش‌سوزی و تخلیه افراد می‌باشد. برای اتاق‌های حساس کنترلی، مخابراتی و امدادرسانی، پانل‌های تکرارکننده اعلام حريق و یا نمایشگر تصویری نشان دهنده محل حريق، به صورت مجزا از هم در نظر گرفته شوند تا امکان اطلاع عملکرد سامانه حريق در موقعیت‌های مختلف فراهم گردد.

۲-۵-۳-۷-۲۱- پانل‌های تکرارکننده اعلام حريق و یا نمایشگر تصویری نشان دهنده محل حريق 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 واسط از لابی جدا نموده و برای مرکز کنترل حريق، سازه مقاوم اجرا نمود.

۶-۳-۷-۲۱- آشکارسازی و اعلام دود و آتش

۱-۶-۳-۷-۲۱- ترکیبی از آشکارسازهای دود و حرارت با عملکرد سریع، سوئیچ‌های مربوط به کنترل سامانه‌های آپیش، شستی‌های فشاری دستی، آریهای صوتی و نمایشگرهای تصویری باید در سامانه اعلام حريق ساختمان استفاده گردیده تا باعث عکس العمل به موقع نسبت به وقوع حريق گردد.

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

۳-۷-۲۱- سامانه اعلام حریق از نوع آدرس پذیر و کابل های سامانه های اعلام حریق از نوع مقاوم در مقابل حریق گزینش گردد.

۴-۷-۲۱- آسانسورهای اضطراری

در طراحی ها و اجرای سامانه های آسانسور و پله بر قی، علاوه بر رعایت الزامات مبحث پانزدهم مقررات ملی ساختمان (آسانسورها و پله های بر قی) موارد زیر نیز باید مد نظر قرار گیرند:

۱-۴-۷-۲۱- آسانسورها باید به عنوان وسیله ای برای فرار افراد از ساختمان در هنگام حادثه مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۴-۷-۲۱- در شرایط اخطار حملات هوایی، کابین آسانسورها باید بتوانند در طبقات از قبل تعیین شده متوقف شوند و توسط افراد آتش نشان مورد استفاده قرار گیرند. همچنین آسانسورها باید با سامانه اعلام حریق و اتاق مدیریت بحران ارتباط داشته تا در موقع ضروری از سرویس خارج شوند.

۳-۴-۷-۲۱- در شرایط پس از آسیب احتمالی ساختمان، مأموران آتش نشانی ممکن است آسانسور را برای انجام عملیات آتش نشانی و نجات افراد انتخاب نمایند. وجود آسانسور با ملاحظات سازه ای خاص و ضد دود، می تواند به عملیات مأموران امدادی کمک نماید. لذا باید متناسب با طراحی ساختمان، آسانسورهایی با قابلیت مقاومت در برابر حریق و تجهیزات مربوطه، مطابق با استانداردهای BSEN81-73/2005 و BSEN81-72/2009 برای انجام عملیات آتش نشانی و نجات افراد تعبیه گردد.

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

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

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

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

۷-۵-۲۱- تأسیسات فضای امن

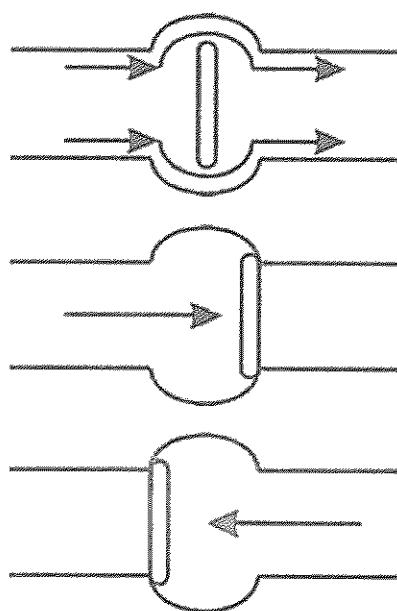
با توجه به الزامات بخش ۴-۲-۲۱ (فضای امن)، مدت محدود استقرار پناهگیران (به علت به حداقل رسیدن اکسیژن) و نجات آنان، رعایت موارد زیر الزامی است:

۷-۵-۷-۲۱- درزیندی کامل درب (بازشو به بیرون فضای امن) و دریچه خروج اضطراری (بازشو به داخل فضای امن)، برای جلوگیری از ورود دود و گرد و غبار صورت گیرد.

۷-۵-۷-۲۱- در فضاهای امن با زمان سکونت موقت، از اتصال هرگونه تأسیسات تهویه‌ی هوا خودداری شود (فضای امن تهویه نشده). در فضاهای امن با زمان سکونت زیاد، نیاز به تأسیسات تهویه با مشخصات فنی کامل شامل فیلتراسیون و... می‌باشد.

۷-۵-۷-۲۱- استفاده از سامانه‌های تبرید با احتمال نشت بالا و یاد تبریدی دارای کوبل مستقیم (و مانند آن) در فضای امن مجاز نمی‌باشد.

۷-۵-۴-۲۱- به طور معمول اجزای سامانه کنترل فشار هوا در داخل فضاهای امن شامل محفظه‌های هوابند در معابر ورودی، درب‌های هوابند، سوپاپ فشار اضافی و سوپاپ ضدانفجار می‌باشند. فشار عملکرد سوپاپ ضدانفجار متناسب با فشار انفجار و فاصله می‌باشد.



شکل ۷-۲۱-۷- سوپاپ ضدانفجار

الف) جریان هوای نرمال، ب) جریان هوای اضافی از خارج، ج) جریان هوای اضافی از داخل

۵-۷-۵-۵-۷-۲۱ - چراغ اضطراری (برای مدت استقرار) علاوه بر برق شبکه (قابل تغذیه از مولد برق اضطراری) تعییه شود.

۵-۷-۶-۵-۷-۲۱ - تابلو اطلاعات مشتمل بر حداقل مدت استقرار پناهگیران و شماره تلفن های اضطراری موردنیاز نصب گردد.

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

۵-۷-۸-۵-۷-۲۱ - علام شبرنگ در اطراف درب و دریچه خروج اضطراری نصب گردد.

۵-۷-۹-۵-۷-۲۱ - 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)	آستانه فروریزش
Smoke & Fire Detection & Alarm	آشکارسازی 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 Functional	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	دربچه 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 هوایی
Equivalent Stiffness	سختی معادل
Bedrock	سنگ بستر
Blast Valve	سوپاپ ضدانفجار
Pressure Valve Over	سوپاپ فشار اضافی
Portable	سیار
Form	شكل
Sprinkler	شبکه‌ی آبپاش
Seismic Valve	شیر خودکار قطع جریان گاز حساس مقابله با زلزله
Impact	ضریبه
Dynamic Increase Factor (DIF)	ضریب افزایش دینامیکی
Strength Increase Factor (SIF)	ضریب افزایش مقاومت
Drag Coefficient	ضریب پسا (کشسانی)
Toughness	طااقت
Detail Design	طرح تفصیلی
Sketch	طرح مایه
Gas Pressure	فشار گاز
Incident Pressure (Pso)	فشار مبنای انفجار
Immediate Occupancy (IO)	قابلیت استفاده بی‌وقفه
Passive Control	کنترل غیرفعال
Active Control	کنترل فعل
Non Applicable (N/A)	لحاظ نشده
Transformers	مبدل‌های برق
Air Lock	محفظه‌ی هوابند
Motor Control Centers	مراکز کنترل موتور
Fire Control Center	مرکز کنترل حریق

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

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 DC., 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 H4571.D47, 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.