

بسمه تعالی

پیش‌نویس مبحث ۲۱ «پدافند غیر عامل»

(ویرایش دوم)

تیر ۱۳۹۵

۲۱-۱- کلیات

۲۱-۱-۱- مفاهیم

۲۱-۱-۲- تهدیدها

۲۱-۱-۳- هدف

۲۱-۱-۴- دامنه کاربرد

۲۱-۱-۵- پناهگاه

۲۱-۱-۶- کارکرد میان رشته‌ای پدافند غیرعامل

۲۱-۱-۶-۱- شهرسازی

۲۱-۱-۶-۲- معماری

۲۱-۱-۶-۳- سازه

۲۱-۱-۶-۴- تاسیسات

۲۱-۱-۷- سطوح عملکرد ساختمان‌ها

۲۱-۱-۸- گروه‌بندی ساختمان‌ها

۲۱-۱-۹- بارهای ناشی از انفجار

۲۱-۱-۱۰- حداقل عملکرد سازه‌ای اجزای ساختمان‌ها

۲۱-۱-۱۱- نمودار گردشی طراحی

۲۱-۱-۱۲- تعاریف

۲۱-۲- ملاحظات معماری و محوطه

۲۱-۲-۱- معماری و پدافند غیرعامل

۲۱-۲-۲- ملاحظات برنامه‌ریزی و طراحی محوطه

۲۱-۲-۲-۱- جانمایی ساختمان

۲۱-۲-۲-۲- فضاهای باز

۲۱-۲-۲-۳- ورودی‌های مجموعه زیستی

۲۱-۲-۲-۴- دسترسی‌های مجموعه زیستی

۲۱-۲-۲-۵- جان پناه‌ها

۲۱-۲-۳- طراحی معماری ساختمان

۲۱-۲-۳-۱- طراحی حجم ساختمان

۲۱-۲-۳-۲- مسیرهای حرکت

۲۱-۲-۳-۳- نمای ساختمان

۲۱-۲-۳-۴- پنجره‌ها و بازشوها

۲۱-۲-۳-۵- اجزای غیرسازه‌ای

۲۱-۲-۳-۶- آسانسور و راه‌پله

۲۱-۲-۴- فضاهای امن

۲۱-۲-۴-۱- تعریف

۲۱-۲-۴-۲- مکان‌یابی

۲۱-۲-۴-۳- الزامات طراحی

۲۱-۲-۴-۴- باربری و مصالح

۲۱-۳- بارهای ناشی از انفجار

۲۱-۳-۱- انواع موج انفجار

۲۱-۳-۱-۱- موج ضربه

۲۱-۳-۱-۲- موج فشار

۲۱-۳-۲- موقعیت چشمه انفجار

۲۱-۳-۳- انفجار در هوای آزاد

۲۱-۳-۳-۱- فشار مبنای انفجار p_{so}

۲۱-۳-۳-۲- حداکثر فشار دینامیکی (q_s)

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

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

۲۱-۳-۴- انفجار سطحی

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

۲۱-۳-۵-۱- بارگذاری دیوار مقابل انفجار

۲۱-۳-۵-۲- بارگذاری دیوارهای جانبی

۲۱-۳-۵-۳- بارگذاری سقف

۲۱-۳-۵-۴- بارگذاری دیوار پشت

۲۱-۳-۵-۵- توزیع فشار انفجار در ارتفاع

۲۱-۳-۶- انفجار در داخل زمین

۲۱-۳-۶-۱- معرفی

۲۱-۳-۶-۲- میزان نفوذ بمب در داخل زمین

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

۲۱-۳-۶-۴- تکانه زمین

۲۱-۳-۶-۵- مشخصه های اصلی تکانه زمین

۲۱-۳-۶-۶- اثرات تکانه بر سازه مدفون و اجزای غیرسازه ای

۲۱-۳-۷- انفجار داخلی

۲۱-۳-۸- ترکش ها

۲۱-۴- مشخصه های مکانیکی مصالح و سامانه های سازه ای

۲۱-۴-۱- کلیات

۲۱-۴-۲- پاسخ استاتیکی - پاسخ دینامیکی

۲۱-۴-۳- ویژگی های دینامیکی مصالح

۲۱-۴-۳-۱- ضریب افزایش مقاومت (SIF)

۲۱-۴-۳-۲- ضریب افزایش دینامیکی (DIF)

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

۲۱-۴-۴- مصالح

۲۱-۴-۴-۱- بتن غیر مسلح

۲۱-۴-۴-۲- بتن مسلح

۲۱-۴-۴-۳- بتن الیافی

۲۱-۴-۴-۴- مصالح بنایی غیر مسلح

۲۱-۴-۴-۵- مصالح بنایی مسلح

۲۱-۴-۴-۶- مصالح سنگدانه ای و خاک

۲۱-۴-۴-۷- مصالح نما

۲۱-۴-۴-۸- فولاد ساختمانی

۲۱-۴-۵- سامانه های سازه ای مناسب برای مقاومت در مقابل انفجار

۲۱-۴-۵-۱- تاثیر جرم

۲۱-۴-۵-۲- سازه های بتن مسلح

۲۱-۴-۵-۳- سازه‌های فولادی

۲۱-۴-۵-۴- دیوار بنایی مسلح

۲۱-۴-۵-۵- مستهلک‌کننده‌های انرژی

۲۱-۵- روش‌های تحلیل و طراحی سازه‌ها

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

۲۱-۵-۱-۱- سازه یک درجه آزادی معادل

۲۱-۵-۱-۲- بار دینامیکی ضربه‌ای

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

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

۲۱-۵-۱-۵- جرم سازه یک‌درجه آزادی معادل

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

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

۲۱-۵-۱-۸- محاسبه ضریب شکل‌پذیری (μ) به روش ترسیمی

۲۱-۵-۲- تحلیل دینامیکی غیرخطی سازه چند درجه آزادی (MDOF)

۲۱-۵-۳- ترکیبات بارگذاری

۲۱-۵-۴- معیارهای پذیرش رفتار عضو سازه‌ای

۲۱-۵-۵- فرآیند تحلیل و طراحی

۲۱-۵-۶- روش استاتیکی معادل

۲۱-۶- انهدام پیشرونده

۲۱-۶-۱- کلیات

۲۱-۶-۲- راه‌یافته‌های طراحی

۲۱-۶-۳- انتخاب روش طراحی

۲۱-۶-۴- ضوابط روش مقاومت کلافی

۲۱-۶-۴-۱- مقاومت کلاف‌ها

۲۱-۶-۵- روش مستقیم- روش مسیر جایگزین

۲۱-۶-۶- روش مستقیم- روش ظرفیت ویژه

۲۱-۷- ملاحظات تأسیسات برقی و مکانیکی

۲۱-۷-۱- کلیات

۲۱-۷-۲- ملاحظات تاسیسات مکانیکی

۲۱-۷-۲-۱- مقررات کلی

۲۱-۷-۲-۲- سامانه‌ی تهویه و تخلیه هوا

۲۱-۷-۲-۳- سامانه‌های سرمایش و گرمایش

۲۱-۷-۲-۴- گازرسانی

۲۱-۷-۲-۵- تأسیسات آبرسانی

۲۱-۷-۲-۶- تاسیسات فاضلاب

۲۱-۷-۲-۷- تأسیسات آتش نشانی

۲۱-۷-۲-۸- زیر ساخت‌های تأسیساتی در محوطه

۲۱-۷-۳- ملاحظات تأسیسات برقی

۲۱-۷-۳-۱- مقررات کلی

۲۱-۷-۳-۲- سیستم ارتباطی

۲۱-۷-۳-۳- سامانه برق اضطراری

۲۱-۷-۳-۴- مبدل‌های برق

۲۱-۷-۳-۵- مرکز کنترل حریق

۲۱-۷-۳-۶- آسانسورهای اضطراری

۲۱-۷-۳-۷- آشکارسازی و اعلام دود و آتش

واژه‌نامه

فهرست مراجع

سنتاد

فایل

۲۱-۱ کلیات

۲۱-۱-۱ مفاهیم

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

اجرای طرح‌های پدافند غیرعامل، موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی و ساختمان‌ها و تجهیزات حیاتی، حساس و مهم کشور در مقابل حملات دشمن (به ویژه تهاجم هوایی) می‌شود. این امر، باعث تداوم اداره کشور و فعالیت‌های ضروری در شرایط بحرانی گردیده و منجر به پایداری ملی می‌شود. در این راستا، ملاحظات معماری، سازه‌ای و تأسیسات مکانیکی و برقی در حوزه ساختمان و برنامه‌ریزی اقتصادی و مالی، به صورت میان رشته‌ای، مدنظر قرار می‌گیرد.

۲۱-۱-۲ تهدیدها

تهدیدها به دو بخش طبیعی و انسان‌ساز، تقسیم می‌شوند. برخی تهدیدهای انسان‌ساز عبارتند از: نظام، امنیتی و صنعتی، که این مبحث، صرفاً به تهدیدهای نظامی^۱، به ویژه تهاجم هوایی، می‌پردازد.

۲۱-۱-۳ هدف

هدف این مبحث، تعیین حداقل ضوابط برای طراحی و اجرای ساختمان‌های مقاوم در برابر اثرات ناشی از حملات نظامی (به ویژه تهاجم هوایی) می‌باشد به طوری که با رعایت آن‌ها، انتظار می‌رود:

- ساختمان‌ها بتوانند تا آستانه فروریزش، ایستایی خود را حفظ نموده و خسارات سازه‌ای و تلفات جانی را به حداقل برسانند.
- ساختمان‌های گروه ۱ با درجه اهمیت ویژه، پس از انفجار، قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ کنند. در صورتی که این ساختمان‌ها، به عنوان هدف راهبردی دشمن باشند، طراحی براساس دستورالعمل ویژه صورت می‌گیرد.

۲۱-۱-۴ دامنه کاربرد

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

^۱ - با رعایت این مبحث، معمولاً حفاظت لازم در برابر تهدیدهای امنیتی نیز فراهم می‌شود.

- ۱- ساختمان‌های جدید که در سه حوزه معماری، سازه و تاسیسات، در برابر بارهای ناشی از اصابت غیرمستقیم^۱ (هوایی و سطحی) طراحی می‌شوند. پراکندگی استقرار ساختمان‌ها در مجتمع‌های زیستی با رعایت اصول پدافند غیرعامل در مباحث شهری، در نظر گرفته می‌شود.
- ۲- ساختمان‌های متعارف موجود با استفاده از تحلیل خطر و در نظر گرفتن سود به هزینه، مقاوم و ایمن‌سازی می‌شوند.
- ۳- دامنه کاربرد، شامل ساختمان‌های گروه‌های ۱ تا ۴ مندرج در جدول ۲۱-۱-۲ است.
- ۴- به منظور ایمن‌سازی ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ در برابر اثرات جنگ‌های الکترونیکی و سایبری، بمب‌های گرافیتی و تپ الکترومغناطیسی از آیین‌نامه‌های معتبر، استفاده شود.
- ۵- کاربرد این مبحث شامل سازه‌های غیرمتعارف (مانند پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، سدها، آب بندها، سیلوه‌ها، مخازن، برج‌های صنعتی، دکلها، مستحذات نظامی و ...) نیست.

۲۱-۱-۵- پناهگاه

احداث پناهگاه برای مجتمع‌های زیستی الزامی است. ضوابط و دستورالعمل‌های مرتبط، پس از تایید شورای تدوین مقررات ملی ساختمان، توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و ساختمان ابلاغ می‌شود.

۲۱-۱-۶- کارکرد میان رشته‌ای پدافند غیرعامل

پیچیدگی متغیرهای پدافند غیرعامل در مراحل طراحی، اجراء و بهره‌برداری ساختمان، نیاز به استفاده از روش میان‌رشته‌ای را ضروری می‌سازد. بررسی این متغیرها، در حوزه‌های علوم انسانی (برنامه‌ریزی، اقتصاد) و علوم فنی و مهندسی (سازه- تاسیسات)، به رفع نیاز بالا، به صورت همه‌جانبه و مرتبط، کمک می‌کند. در این مبحث، الزامات شهرسازی، معماری، سازه و تاسیسات، با محوریت طراح (مهندس معمار)، به شرح زیر، مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

۲۱-۱-۶-۱- شهرسازی

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

- ۱- تعیین کاربری زمین به میزان لازم، برای پناهگاه عمومی به صورت چند عملکردی
 - ۲- استفاده از طبیعت (پدافند غیرعامل طبیعی)
 - ۳- تعیین 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، تاسیسات 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
- مهندس معمار، در مکان‌یابی ساختمان و ارتباط آن با محیط‌های شهری، ملزم به رعایت موارد فوق نیز می‌باشد.

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

۲۱-۱-۶-۲- معماری

در طراحی فضاهای داخلی ساختمان و دسترسی آنها به یکدیگر و ارتباط ساختمان با اطراف، باید تمهیدات ویژه‌ای برای کاهش خسارات جانی (و مالی) در برابر اثرات انفجار، فراهم شود. تعیین شکل بنا، (با هماهنگی مهندس سازه)، تعیین محل رایزر (با هماهنگی مهندس تاسیسات)، موقعیت و ابعاد بازشوها و پیش‌بینی فضای امن (به صورت چند عملکردی)، در راستای مدیریت بحران، بر عهده مهندس معمار است.

۲۱-۱-۶-۳- سازه

طراحی سازه ساختمان برای مقاومت در برابر بارهای انفجاری مطابق این مبحث، با حداقل هزینه، برعهده 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 پیش‌رونده سازه

۲۱-۱-۶-۴- تاسیسات

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

۲۱-۱-۷- 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 ۲۱-۱-۱، عملکردها، خسارات و مرمت‌پذیری سطوح پیش‌نوشته را، تعیین می‌کند.

بر حسب درخواست کاربر، ساختمان می‌تواند دارای سطوح عملکرد مختلف در پلان یا ارتفاع، با رعایت حداقل‌های این

مبحث، باشد.

عید فائیں اسٹینال

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

معیارهای تأثیر							سطح عملکرد
مرمت پذیری ^۱	آسیب تاسیساتی	آسیب انسانی و تلفات	آسیب غیرسازه‌ای	آسیب سازه‌ای	میزان خسارت	میزان محافظت	
- با صرف هزینه کم مرمت می‌شود.	- عمدتاً بدون آسیب	- تنها، لطمات ظاهری و سطحی محتمل است.	- خرابی جزئی است. - تغییر شکل‌های ماندگار رخ نمی‌دهد. - شیشه‌ها اکثراً سالم مانده و شکسته‌ها در قاب خود باقی می‌مانند. - درها قابل استفاده خواهند بود.	- مقاومت و سختی، تغییر قابل توجهی پیدا نمی‌کند. - تغییر شکل‌های ماندگار در اعضا رخ نمی‌دهد.	سطحی	زیاد	I قابلیت استفاده‌ی وقفه
- ساختمان با تغییرات و مرمت قابل استفاده مجدد خواهد بود ولی هزینه آن قابل توجه است.	- آسیب جدی محدود ولی قابل مرمت و بدون آتش‌سوزی و انفجار	- تعدادی، آسیب کم خواهند دید و تلفات، غیرمحتمل است.	- خرابی به گونه‌ای نیست که منجر به آسیب جانی گردد. - شیشه‌ها خواهند شکست، اما اکثراً در قاب خود باقی می‌مانند. - درها در قاب خود باقی می‌مانند اما احتمالاً قابل استفاده نخواهند بود.	- خرابی به اندازه‌ای نیست که آسیب انسانی ایجاد شود. - تغییر شکل‌های ماندگار به میزان کمی در اعضا به وجود خواهد آمد.	متوسط	متوسط	II ایمنی جانی
- مرمت پذیر نیست و احداث ساختمان جدید به صرفه است.	- آسیب کلی - احتمال آتش‌سوزی جدی است.	- بسیاری دچار آسیب می‌شوند. - کمتر از ۲۵ درصد تلفات بوجود می‌آید.	- تغییر شکل‌ها بسیار زیاد است. - تا حدودی فروریزش قابل قبول است. - شیشه‌ها خواهند شکست و تا یک متر به درون ساختمان پرتاب می‌شوند و خطر ترکش دارند. - درها می‌شکنند و از قاب خود خارج می‌شوند.	- خرابی‌ها گسترده خواهد بود ولی فروریزش اتفاق نمی‌افتد. - تغییر شکل‌ها بسیار زیاد است ولی انهدام پیشرونده خودبخودی، غیر محتمل است.	شدید	کم	III آستانه فروریزش
- غیر قابل مرمت	- آسیب کلی	- بسیاری دچار آسیب شدید می‌شوند. - بیش از ۲۵ درصد تلفات بوجود می‌آید.	- فروریزش رخ می‌دهد. - شیشه‌ها خواهند شکست و صدمات ناشی از ترکش شیشه زیاد خواهد بود. - پنجره‌ها از قاب خود خارج می‌شوند. - درها به درون پرتاب و از قاب خود خارج می‌گردند.	- فروریزش ناگهانی رخ می‌دهد.	بسیار شدید	پایین‌ترین	IV بی‌دفاع

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

۲۱-۱-۸ گروه‌بندی ساختمان‌ها

در این مبحث، ساختمان‌ها بر مبنای نوع کاربری، تعداد ساکنین و یا شاغلین، زیربنا، تعداد طبقات و ارزش سرمایه‌های

داخل آن‌ها، به پنج گروه مطابق جدول ۲۱-۱-۲ تقسیم می‌شوند.

جدول ۲۱-۱-۲- گروه‌بندی ساختمان‌ها^۱

گروه	درجه اهمیت	ویژگی	نمونه
۱	ویژه (حیاتی) ^۲	محل استقرار افراد و یا انجام فعالیت‌های کلیدی و مأموریت‌های مرتبط با امنیت ملی و ارکان حاکمیتی کشور	<ul style="list-style-type: none"> • ساختارهای سیاسی، امنیتی و اجرایی راهبردی • فرماندهی مدیریت بحران کشور • ساختمان‌های راهبردی ارتباطات و فن‌آوری اطلاعات • ساختمان‌های راهبردی صدا و سیما • وزارتخانه‌های دفاع، کشور، امور خارجه، اطلاعات و... • بخش‌های راهبردی بانک‌ها بویژه بانک مرکزی و ذخایر آن‌ها (دفینه).
۲	بسیار زیاد (حساس) ^۲	<ul style="list-style-type: none"> - محل تجمع و یا استقرار جمعیت بیش از ۵۰۰ نفر - ساختمان بلندتر از ۱۴ طبقه و یا بیشتر از ۱۵۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید - محل استقرار افراد با مأموریت‌های اصلی کشور 	<ul style="list-style-type: none"> • بیمارستان‌های بیش از ۹۶ تختخواب • ساختمان‌های راهبردی فرودگاه‌های بزرگ • ساختمان‌های راهبردی حمل و نقل ریلی و مراکز کنترل ترافیک • بخش‌های حساس شعبات مرکزی بانک‌ها • وزارتخانه‌ها و مراکز اداری حساس • ساختمان‌های راهبردی مراکز صنعتی و تولیدی حساس • فرماندهی مدیریت بحران و ستادهای امداد و نجات استان • مراکز اسناد، رایانه‌ها و داده‌های حساس • مساجد و مراکز مذهبی و فرهنگی بزرگ • ساختمان‌های مسکونی، تجاری، اداری و خدماتی
۳	زیاد (مهم) ^۲	<ul style="list-style-type: none"> - محل تجمع و یا استقرار جمعیت ۲۰۰ تا ۵۰۰ نفر - ساختمان‌های ۹ تا ۱۳ طبقه و یا ۸۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید 	<ul style="list-style-type: none"> • بیمارستان‌های کمتر از ۹۶ تختخواب • مراکز آموزشی بزرگ • مراکز اداری مهم استانی • ساختمان‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و تولیدی • مراکز خدماتی مهم • فروشگاه‌های بزرگ • مساجد و مراکز مذهبی و فرهنگی متوسط • دفاتر مرکزی صنایع مادر • بخش‌های مهم شعبات مرکزی بانک‌ها در استان • زندان‌های مهم و یا بزرگ • فرماندهی مدیریت بحران و ستادهای امداد و نجات شهرستان • مراکز اسناد، رایانه‌ها و داده‌های مهم
۴	متوسط ^۲	<ul style="list-style-type: none"> - محل تجمع و یا استقرار جمعیت کمتر از ۲۰۰ نفر تا ۲۰ نفر - ساختمان‌های ۴ تا ۸ طبقه و یا ۱۰۰ تا ۸۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید 	<ul style="list-style-type: none"> • واحدهای مسکونی، اداری، تجاری و خدماتی • درمانگاه‌ها و کلینیک‌ها • مراکز آموزشی متوسط
۵	کم ^۴	<ul style="list-style-type: none"> - محل تجمع و یا استقرار جمعیت کمتر از ۲۰ نفر - ساختمان‌های ۳ تا ۴ طبقه و یا تا ۱۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید 	<ul style="list-style-type: none"> • واحدهای مسکونی، اداری، تجاری و خدماتی • تعاونی‌ها • ساختمان‌های موقت با مدت بهره‌برداری کمتر از ۵ سال

۱- این جدول، شامل ساختمان‌های نظامی و انتظامی و پناهگاه‌های در معرض برخوردهای مستقیم نمی‌باشد.

۲- واژه‌های حیاتی، حساس و مهم؛ از بند ۳ سیاست‌های کلی نظام ج.ا.ا در مورد پدافند غیرعامل اقتباس شده است.

۳- در صورتیکه این ساختمان‌ها طبق استاندارد ۲۸۰۰ در مقابل نیروهای زلزله طراحی شده و دیوارهای پیرامونی آنها ضوابط اجزای غیرسازه‌ای را برآورده نمایند، از طراحی در مقابل بار انفجاری معاف هستند، اما سایر مفاد مبحث ۲۱ باید برای آنها اعمال شود.

۴- این دسته از ساختمان‌ها بطور کلی مشمول این آیین‌نامه نمی‌باشند و برای چنین ساختمان‌هایی باید فضاهای امن عمومی منظور شود.

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 ، p_{so} 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 جابجایی ذرات خاک (cm)	t_d زمان تداوم انفجار (میلی ثانیه)	p_{go}^2 (kg/cm ²)			t_d زمان تداوم انفجار (میلی ثانیه)	p_r^2 (kg/cm ²)	p_{so}^1 (kg/cm ²)	
	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	۳
۰/۱	۱۶۰	۲۲۰	۴۰/۰۵	۴۰/۰۵	۵۲	۰/۰۵	۰/۰۲۵	۴

۱- p_{so} : فشار مبنای انفجار (بند ۳-۳-۲۱)

۲- p_r : فشار بازتاب (بند ۳-۳-۲۱). از این فشار برای کنترل مقاومت عناصر نمای ساختمان استفاده می‌شود.

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

۴- فشار طراحی حداقل

۱۰-۱-۲۱- حداقل عملکرد سازه‌ای اجزای ساختمان‌ها

حداقل عملکرد سازه‌ای اجزای ساختمان‌ها، در برابر سطوح مختلف بار انفجار در هوا، برحسب 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 (محافظة متوسط)	۱
---	---	---	ایمنی جانی (محافظة متوسط)	---	۲
---	---	ایمنی جانی (محافظة متوسط)	---	استفاده بی وقفه (محافظة زیاد)	۳
پایین‌تراز استاندارد	آستانه فروریزش (محافظة کم)	---	استفاده بی وقفه (محافظة زیاد)	---	۴

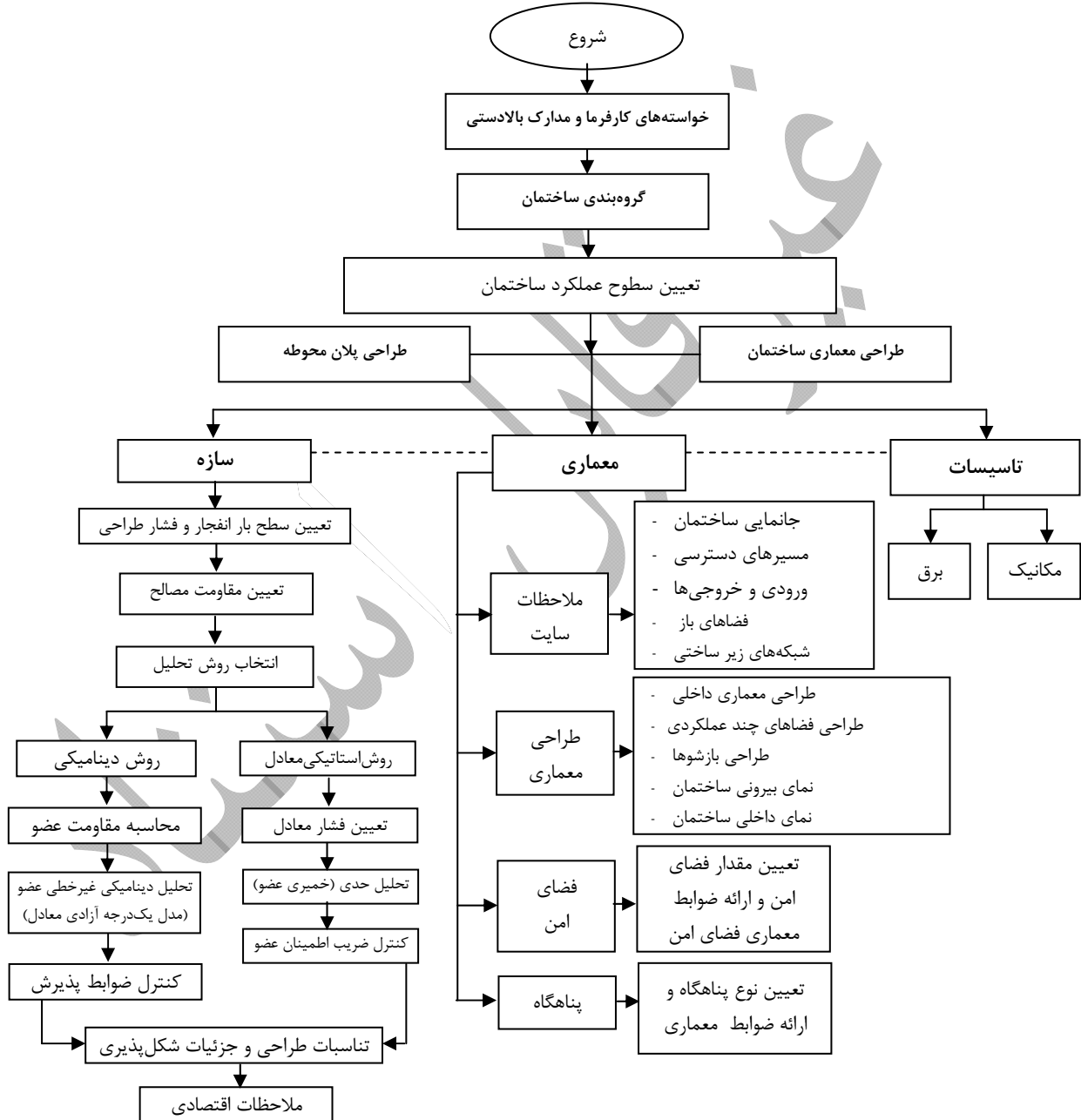
(لحاظ نشده)					
-------------	--	--	--	--	--

--- موضوعیت ندارد.

تبصره: در صورت تمایل صاحب بنا و با توجه به امکانات مالی می‌توان سطح عملکرد بالاتر از موارد جدول فوق در نظر گرفت.

۱۱-۱-۲۱- نمودار گردش طراحی

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



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

۱۲-۱-۲۱- تعاریف

- آسانسور و پله برقی
- به سیستم‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۵ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است.
- انفجار

واکنشی است که در آن نرخ سوختن مواد با سرعتی به مراتب بیشتر از سرعت صوت انجام می‌شود که در نتیجه آن گردآیدان دما و فشار بسیار بالا ایجاد و موج شوک بلافاصله تولید و با سرعت بسیار بالا 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 بالای 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 فرد، گروه و یا جامعه می‌شود که برطرف کردن آن نیازمند اقدامات اساسی و فوق‌العاده است. بحران معمولاً غیرقابل پیش‌بینی است اما معمولاً غیرمنتظره نیست و یک وضعیت اضطراری و 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 تمرکززدایی ساختمان‌ها، تجهیزات، تاسیسات یا فعالیت‌های خودی به منظور تقلیل آسیب‌پذیری آنها در مقابل عملیات دشمن، به طوری که مجموعه‌ای از آنها هدف واحدی را تشکیل ندهند.

• پناهگاه

مکانی 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.

• تاسیسات اطفاء حریق

به سیستم‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که با عمل این تاسیسات، آتش در محل آتش‌سوزی خاموش می‌شود و در مبحث ۳ مقررات ملی به آن پرداخته شده است.

- **تاسیسات برقی ساختمان**

به سیستم‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است.

- **تاسیسات بهداشتی**

به سیستم‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است و شامل تاسیسات آبرسانی سرد و گرم و سیستم دفع فاضلاب می‌شود.

- **تاسیسات خطر آفرین**

خرابی و از کار افتادگی یک جزء تاسیساتی که منجر به ایجاد خطرات دیگر شامل نشت گازهای سمی، انفجارهای متعدد و عوارض دیگر می‌گردد.

- **تاسیسات ساختمان**

به سیستم‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که انتظارات مورد نیاز از تاسیسات مکانیکی، برقی و آسانسور را برآورده سازند.

- **تاسیسات کم خطر**

خرابی و از کار افتادگی یک جزء تاسیساتی منجر به از بین رفتن کارایی همان عضو می‌شود و لاغیر.

- **تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع**

به سیستم‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که در مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان به آنها پرداخته شده است.

- **تاسیسات مکانیکی ساختمان**

به سیستم‌ها، تجهیزات و اجزایی اطلاق می‌شود که انتظارات مورد نیاز از تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، تاسیسات بهداشتی، لوله کشی گاز طبیعی ساختمان و تاسیسات اطفاء حریق را برآورده می‌سازند.

- **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 باز شو با خم اضافی**

دریچه‌ای که برای تهویه مولد در حال کار بگونه‌ای تعبیه می‌شود که اثرات انفجار روی مولد اضطراری را کاهش دهد.

- **فضاهای دو یا چند منظوری**

قابلیت بهره‌برداری عملکردهای متفاوت از یک فضای معین در شرایط عادی و بحرانی ناشی از تهدیدها دشمن.

- **فضای امن**

فضای امن به فضائی 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 می‌بایستی به صورت دو یا چند منظوره مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

● لوله‌کشی گاز طبیعی ساختمان

به سیستم‌ها، 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 تا ۹ 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 سیستم‌های تخلیه 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) امکان‌پذیر باشد، مشروط بر اینکه بنا به هر علتی میراث ملی شناخته شود.

● معایب دائمی

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

● معایب موقت

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

● مکان‌یابی

استقرار ساختمان و تجهیزات، در مکان‌های مناسب و امن.

● موازی‌سازی

تعدد و چندگانه‌سازی در تجهیزات تاسیساتی.

● 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 کاهشی که همیشه از سرعت صوت در محیط بیشتر است، از محیط انفجار انتشار می‌یابد.

● هدف

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

۲۱-۲- ملاحظات معماری و محوطه

رعایت الزامات معماری دفاعی (امنیتی)، باعث پایداری نسبی مجموعه‌های زیستی، در شرایط بحران، می‌شود. توجه و عنایت به مبحث «پدافند غیرعامل» به صورت «میان‌رشته‌ای» و مرتبط با دیگر عوامل اثرگذار در معماری و شهرسازی، پایداری بیشتری را به دنبال خواهد داشت.

۲۱-۲-۱- معماری و پدافند غیرعامل

رعایت ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی معماری، (که ایمنی مجموعه‌های زیستی را بالا می‌برد)، الزامی است.

اثرات موج انفجار (به ویژه ناشی از بمباران)، نه تنها باید در برنامه‌ریزی کلان و طراحی مجموعه‌های زیستی 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 معماری)، ارائه می‌شود.

۲۱-۲-۲- ملاحظات برنامه‌ریزی و طراحی محوطه

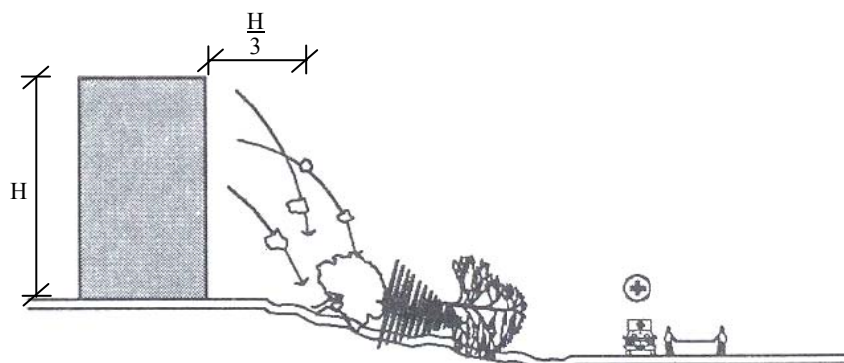
برنامه‌ریزی و طراحی محوطه، در حین ایجاد فضای لطیف و زیبا برای زندگی، باید براساس اصول پدافند غیرعامل، هدایت سریع و مطمئن افراد به پناهگاه‌های خارج از ساختمان و جان‌پناه‌ها، اتخاذ تمهیداتی در جهت کاهش خطرات ناشی از ریزش آوار بر سر افراد و تسهیل اقدامات امداد و نجات برای کاهش خطرسازی ساختمان‌ها، صورت گیرد.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

۲۱-۲-۲-۱- جانمایی ساختمان

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

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

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



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

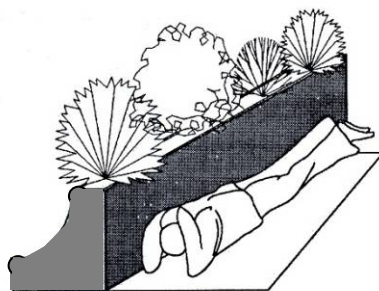
۲-۲-۲-۱-۳- به منظور کاهش خطر ریزش آوار، فضایی با عرض حداقل $\frac{1}{3}$ ارتفاع ساختمان، به عنوان حریم آوار، باید در نظر گرفته شود. در این حریم، صرفاً ایجاد فضای سبز و مستحذات ایمن در برابر آوار، مجاز است.

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

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

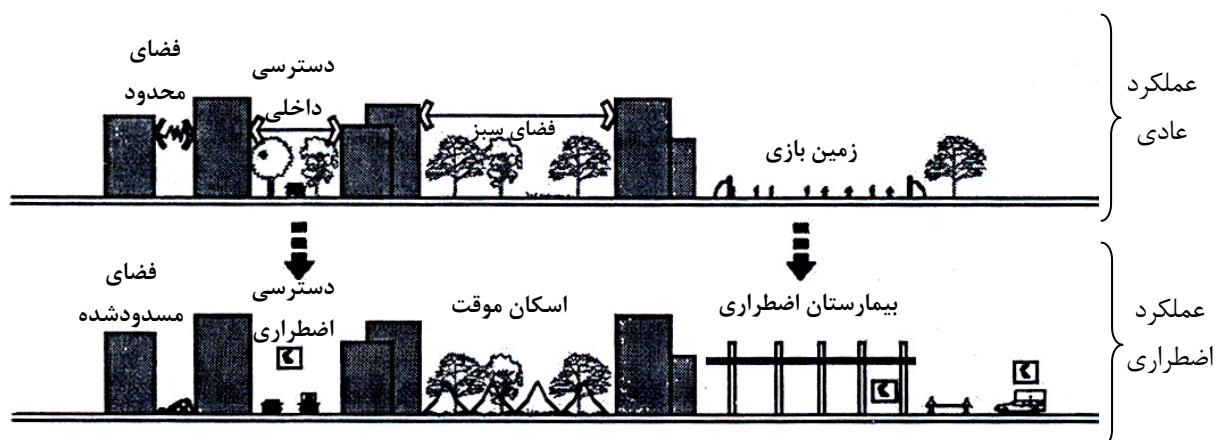
۲-۲-۲-۲۱- فضاهای باز

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



شکل ۲-۲-۲۱-۲- عملکرد دیوارک در مواقع اضطراری به عنوان جان‌پناه

۲۱-۲-۲-۲-۲- 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 یابند. (شکل ۲۱-۲-۳)



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

۲۱-۲-۲-۲-۳- در عناصر و اجزای مبلمان شهری، تا حد امکان از احداث و ایجاد لبه‌های تیز گوشه (تا ارتفاع ۲ متری از زمین)، جلوگیری شود.

۲۱-۲-۲-۲-۴- به منظور انجام عملیات امداد و نجات، مکان‌هایی در فضای باز با عملکرد چندمنظوره پیش‌بینی شود که تا حد امکان دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- دسترسی مناسب به ساختمان‌ها
- خارج از حریم آوار
- مصون از اثر عوامل نامساعد طبیعی
- کف هموار و شیب حداکثر چهار (۴) درصد
- دارای زیرساخت‌های لازم برای نصب سریع و استقرار تجهیزات امدادرسانی

۲۱-۲-۲-۲-۵- در مجموعه‌های زیستی و هر محله شهری، در حد امکان باید محل‌های مناسبی برای عملیات امداد و نجات، با امکانات فرود بالگرد، پیش‌بینی شوند.

۲۱-۲-۲-۲-۶- محوطه تا حد امکان باید از چمن و یا درخت و گیاه مناسب پوشیده شود. نصب سنگ‌های بزرگ تزئینی، که ایجاد نوعی جان‌پناه مقاوم می‌نمایند، در صورت نداشتن گوشه‌های تیز، بلامانع است.

۲۱-۲-۲-۲-۱- ورودی‌های مجموعه زیستی

۲۱-۲-۲-۳-۱- 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).

۲۱-۲-۳-۲- ابعاد دروازه‌ها باید متناسب با حجم تردد سواره و پیاده در زمان بحران، پیش‌بینی شوند.

۲۱-۲-۲-۳-۳-۳- دروازه ها باید به گونه‌ای باشند که در صورت تخریب، موجب انسداد تردد وسایل نقلیه نشوند.

۲۱-۲-۲-۴- دسترسی‌های مجموعه زیستی

۲۱-۲-۲-۴-۱- مسیرهای دسترسی باید به نحوی طراحی شوند که با حداقل نمودن تداخل حرکت عابرین پیاده و وسایل نقلیه، کارایی به حداکثر برسد.

۲۱-۲-۲-۴-۲- طراحی هندسی مسیرهای محوطه باید به گونه‌ای باشد که تقاطع اضلاع، نرم (منحنی) و فاقد زوایای تند باشند و مسیریابی اضطراری در آن‌ها، به سادگی صورت گیرد.

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

۲۱-۲-۲-۴-۴- در حاشیه مسیرهای پیاده و سواره‌رو، حداقل یک ردیف درخت در ترکیب با پشته‌ی خاکی سبزینه‌دار و یا جعبه‌گلدان، طراحی و اجرا شود.

۲۱-۲-۲-۴-۵- 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 آنان است.

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

۲۱-۲-۲-۴-۷- برای سهولت حرکت در مواقع بحران (حملات هوایی)، هر آنچه سرعت گریز از خطر را محدود نماید، باید از طرح محوطه حذف شده و یا مناسب‌سازی شود.

۲۱-۲-۲-۴-۸- ابعاد پله‌ها در فضای باز، برای حفظ ایمنی و راحتی، باید به صورت زیر باشند:

- عرض حداقل ۱/۵ متر

- ارتفاع حداکثر ۱۵ سانتیمتر

- حداقل کف مفید ۳۰ سانتی متر

- به ازاء هر ۱۰ پله یک پاگرد (فضای استراحت).

۲۱-۲-۲-۴-۹- شیب‌راهه نباید بیش از ۵ درصد شیب داشته باشد. عرض آن باید بیش از ۱/۸ متر بوده و کف آن زبر باشد.

۲۱-۲-۲-۵- جان پناه‌ها

۲-۲-۲-۵-۱- فضاهای باز، باید به نحوی طراحی شوند که در ترکیب با عوارضی نظیر پشته‌ی سبزینه‌دار، فرورفتگی، جعبه‌گلدان و دیوارک، ضمن ارتقاء محیط برای تامین فعالیت‌های شرایط عادی (مانند بازی و نشستن)، جان‌پناه‌های مناسب در آن‌ها، ایجاد شوند.

۲-۲-۲-۵-۲- محل استقرار جان‌پناه‌ها باید خارج از حریم آوار باشد.

۲-۲-۲-۵-۳- جان‌پناه‌ها باید با ظرفیت کم و پراکندگی مناسب، در خارج مسیرها و فضای باز، ایجاد شوند.

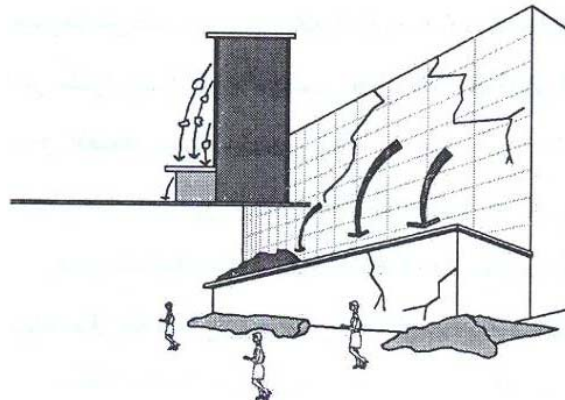
۲-۲-۲-۵-۴- شکل جان‌پناه‌ها باید نرم (منحنی) و فاقد نقاط تیز گوشه بوده و سازه‌ی آن‌ها، مقاوم در برابر موج انفجار باشند.

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

۳-۲-۲۱- 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 ۲-۲-۲۱-۴).



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

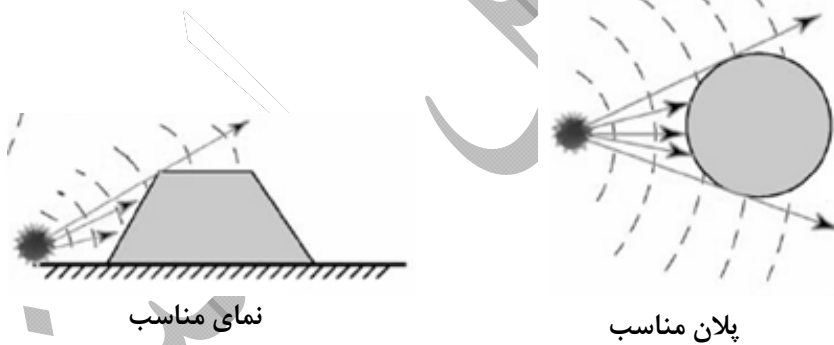
۲-۱-۳-۲-۲۱- شکل کلی ساختمان‌های مجاور خیابان اصلی، به گونه‌ای باشد که در صورت تخریب، سبب انسداد معبر نشوند (با رعایت بند ۲-۲-۲-۱-۳).

۳-۱-۳-۲-۲۱- طراحی پیلوت‌های از دو طرف باز، توصیه می‌شود (شکل ۲-۲-۲۱-۵).



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

۲۱-۲-۳-۱-۴- شکل ساختمان تا حد امکان باید محدب و یا مدور باشد. استفاده از اشکال مقعر مجاز نیست (شکل ۲۱-۲-۶). با توجه به اهمیت شکل ساختمان در بارگذاری انفجار، در راستای اجرای بند ۲۱-۳-۳، تعامل با مهندس سازه، الزامی است.



شکل ۲۱-۲-۶- پلان و نمای مناسب در برابر موج انفجار

۲۱-۲-۳-۲- مسیرهای حرکت

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

۲۱-۲-۳-۲- در فضاهای مکتب بزرگ (مانند هال، لابی و...) ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، مسیرهای حرکت نباید روبروی هم و مستقیم باشند.

۲۱-۲-۳-۳-۲- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، باید از ایجاد فضاهای دارای طرح خطی (مانند راهروهای طولانی و مستقیم) پرهیز شود و درهای داخل آن‌ها، روبروی یکدیگر قرار نگیرند.

۲۱-۲-۳-۳- نمای ساختمان

۲۱-۲-۳-۳-۱- بکارگیری نماهای شکننده و عناصر دارای اتصال سست به سازه (در نمای ساختمان) و یا بدون اتصال مناسب به سازه، ممنوع است.

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

۲۱-۲-۳-۳-۳- اتصال دیوارهای خارجی به سازه باید بطور کاملاً مطمئن، انجام شود (ضرورت بهره‌گیری از میلگرد بستر^۱).

۲۱-۲-۳-۳-۴- در نمای مجاور معابر، از طبقه ۴ به بالای ساختمان‌ها، احداث بالکن سراسری و در طبقات پایین‌تر، احداث نیم‌بالکن سراسری الزامی است.

۲۱-۲-۳-۳-۵- تاسیسات مستقر در بام، باید به فاصله کمینه ۲ متر از لبه‌ی مجاور معابر و حیاط قرار گیرند.

۲۱-۲-۳-۳-۶- قسمت بیرونی ورودی ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، باید با ایجاد سقف و یا هرگونه حائل مقاوم در برابر ریزش آوار، محفوظ و ایمن‌سازی شوند.

۲۱-۲-۳-۴- پنجره‌ها و بازشوها

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

۲۱-۲-۳-۴-۲- استفاده از پنجره‌های بزرگ، مشروط به قاب‌بندی داخلی و تقسیم به اجزای کوچک و رعایت تمهیدات ضروری برای جلوگیری از آسیب‌رسانی شیشه‌ها (مانند استفاده از روکش‌های چسبنده به شیشه)، بلامانع است.

۲۱-۲-۳-۴-۳- در نورگیرهای (سقفی) ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، باید از صفحات شفاف نشکن، به جای شیشه، استفاده شود.

۲۱-۲-۳-۴-۴- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، باید چهارچوب پنجره‌ها به سازه، کاملاً مهار شوند.

۲۱-۲-۳-۴-۵- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، مهاربندی‌ها و چهارچوب‌های جداره خارجی به سازه در ترکیب با بازشوها (درها، کرکره‌ها و دیگر بازشوها)، باید برای تحمل فشار بازتاب (بند ۲۱-۳-۳-۳)، طراحی شوند.

۲۱-۲-۳-۴-۶- درهای ورودی ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳ و مراکز تجمع، باید به سمت خارج باز شوند (با رعایت عقب‌نشینی لازم در معابر عمومی).

۲۱-۲-۳-۴-۷- چارچوب درهای ورودی (و سایر چارچوب‌ها) باید با بتن مناسب پر شده و دارای اتصال لازم به سازه باشند.

۲۱-۲-۳-۵- اجزای غیرسازه‌ای

۲۱-۲-۳-۵-۱- اجزای غیربرابر (مانند تیغه، سقف کاذب و...) باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که در برابر آثار انفجار، کمترین آسیب به آنها وارد شود.

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

۲۱-۲-۳-۵-۳- دیوارهای بنایی باید با کارگزاری میلگردهای مسلح‌کننده در حداقل هر ۴۰ سانتیمتر ارتفاع، مسلح شوند.

۲۱-۲-۳-۵-۴- 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 نیمه‌سنگین و سبک، با اتصال مناسب، نصب گردند.
- از شیشه غیرایمن در سقف کاذب و دیوار جداکننده، استفاده نشود.
- عناصر غیرساختمانی (مانند کتابخانه، قفسه، ویترین، کمد، دکور)، به نحو مناسب، به سازه و یا اجزاء ساختمانی، متصل شوند.

۲۱-۲-۳-۵-۵- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، ضروری است:

- دیوارهای جداکننده داخلی واحد امکان، سبک، انعطاف‌پذیر و دارای بهم پیوستگی (با استفاده از الیاف‌های طبیعی و یا مصنوعی) باشند.
- اتصالات اجزای غیرسازه‌ای و تزئینات، باید براساس حداقل‌های اشاره شده در بند ۴-۶ آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و بر مبنای خطر لرزه‌خیزی خیلی زیاد ($A = 0.35$) طرح شوند.
- از نصب هرگونه تزئینات و تابلوهای شکننده آسیب‌رسان، خودداری شود.
- مبلمان تاحدممکن، دور از پنجره‌های خارجی، قرار گیرند.

۲۱-۲-۳-۶- آسانسور و راه‌پله

۲۱-۲-۳-۶-۱- در آسانسورها باید تمهیداتی در نظر گرفته شود که از انتقال موج انفجار، دود و آتش و آسیب‌رسیدن به راه‌پله و راهروهای طبقات، تا حد امکان، جلوگیری شود.

۲۱-۲-۳-۶-۲- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، راه‌پله باید از چاه آسانسور، فاصله مناسبی داشته و ورودی آن، مقابل درب آسانسور نباشد.

۲۱-۲-۳-۳-۳- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، ارتفاع کف اتاقک آسانسور از روی بام، باید به میزان ۵۰ سانتیمتر افزایش یابد و این فاصله با دیوارهای سبک پران (رو به بیرون) پوشانده شود.

۲۱-۲-۳-۳-۴- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، برای امداد و تخلیه اضطراری، باید راه‌پله‌ای در نمای آن‌ها، طراحی و اجرا شود.

۲۱-۲-۳-۳-۵- راه‌پله ساختمان‌ها، باید از فضاهای پرخطر (مانند منابع سوخت) دور باشد. این مکان می‌تواند به عنوان فضای امن در نظر گرفته شده و بر مبنای بند ۲۱-۲-۴ طراحی شود.

۲۱-۲-۴- فضاهای امن

۲۱-۲-۴-۱- تعریف

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

- ایمنی بیشتر در برابر ریزش آوار
- مقاوم در برابر ترکش‌های ثانویه
- حداقل نمودن نفوذ دود و غبار به داخل خود.

۲۱-۲-۴-۲- مکان‌یابی

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

۲۱-۲-۴-۲-۲- فضای امن باید در هر طبقه ساختمان عمومی (برای عموم) و در واحدهای آپارتمانی بیش از ۱۰۰ مترمربع، در نظر گرفته شود.

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

۲۱-۲-۴-۲-۴- در ساختمان‌های عمومی، مکان فضای امن می‌تواند بخشی از اماکنی مانند کتابخانه، نمازخانه، محل اجتماعات، غذاخوری، ورزشی و... باشد.

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

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

۲۱-۲-۴-۳- الزامات طراحی

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

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

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

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

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

۲۱-۲-۴-۴- باربری و مصالح

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

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

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

۲۱-۲-۴-۴-۴- باز شو دربها باید به سمت بیرون باشد و مقاومت لازم را داشته باشد.

۲۱-۲-۴-۴-۵- ایجاد نورگیر و نصب هرگونه تزئینات و تاسیسات مجاز نیست.

۲۱-۲-۴-۴-۶- تاسیسات روشنایی، باید ساده و ایمن باشند.

۲۱-۳- بارهای ناشی از انفجار

انفجار، واکنش شیمیایی مواد منفجره است که انرژی قابل ملاحظه‌ای را آزاد می‌نماید. در اثر فشار و دمای بسیار زیاد، مواد منفجره به گاز تبدیل شده و با ازدیاد بسیار سریع فشار هوا، موج انفجار بوجود می‌آید که با سرعت اولیه حدود ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر بر ثانیه، منتشر می‌شود. بارهای ناشی از برخورد موج انفجار با سازه و زمان تاثیر آن، براساس مفاد این بخش تعیین شود.

۲۱-۳-۱- انواع موج انفجار

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

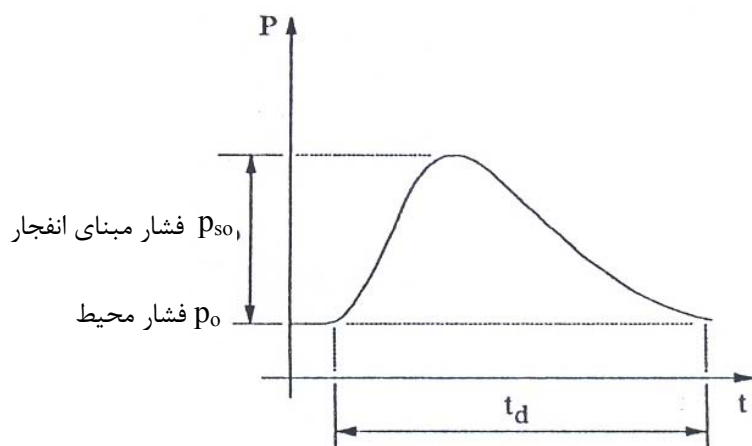
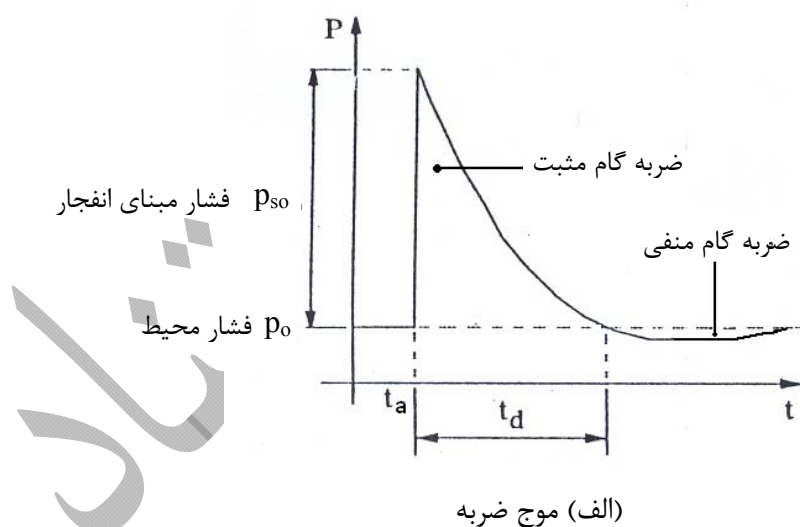
۲۱-۳-۱-۱- موج ضربه

موج ضربه، ناشی از انفجار، در حوزه نزدیک مواد منفجره‌ی جامد است. در هر نقطه از مسیر انتشار موج، در وهله‌ی 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 ۲۱-۳-۱-الف). فشار گام منفی، نسبتاً کوچک و تدریجی بوده و در اکثر مواقع، از اثر آن صرف نظر می‌شود.

۲۱-۳-۱-۲- موج فشار

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



(ب) موج فشار

شکل‌های موج ضربه و موج فشار

۲۱-۳-۲- موقعیت چشمه انفجار

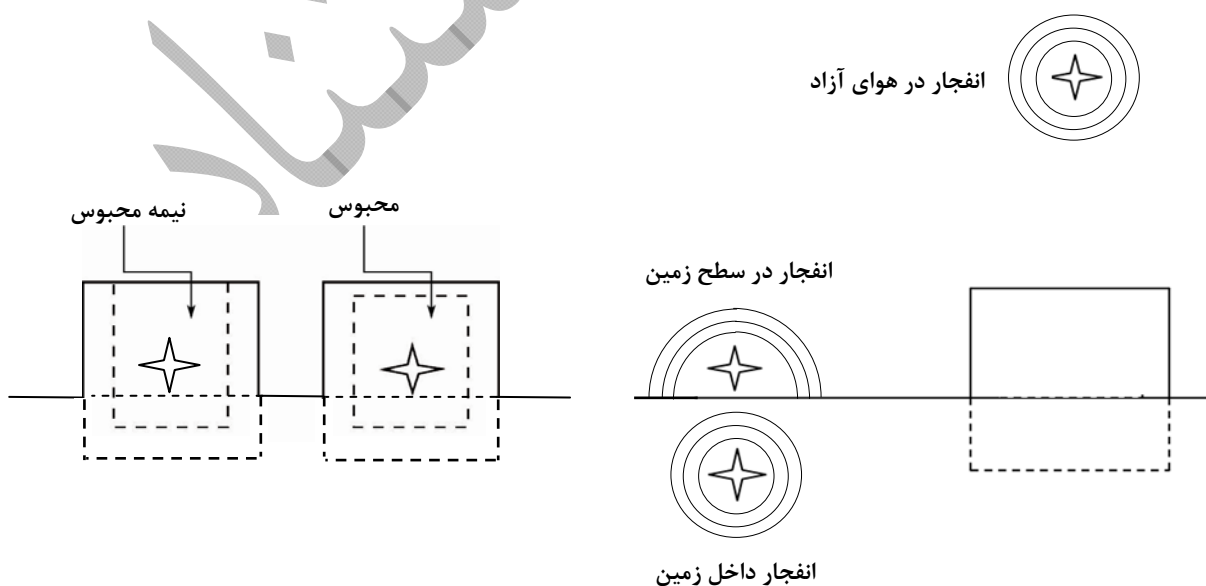
انفجارها از نظر موقعیت چشمه انفجار نسبت به سازه به دو دسته اصلی «انفجار خارجی (خارج از سازه)» و «انفجار داخلی (داخل سازه)» تقسیم می‌شوند.

انفجار خارجی خود به سه دسته‌ی «انفجار در هوا (هوایی)»، «انفجار در سطح زمین (سطحی)» و «انفجار در داخل زمین (زیرزمینی)» تقسیم می‌گردد. (شکل ۲۱-۳-۲)

در انفجار هوایی، امواج به صورت کروی منتشر شده و مستقیماً به سازه برخورد می‌کنند. در انفجار سطحی، انتشار امواج در هوا، بصورت نیم کره بوده و مستقیماً به سازه برخورد می‌کنند. علاوه بر آن، انتشار امواج در زمین نیز رخ خواهد داد (مشابه زمین لرزه).

در انفجار زیرزمینی، انرژی حاصل از انفجار به صورت امواج فشاری و برشی در زمین منتقل شده و با انتشار آن‌ها، شوک‌های شدیدی ایجاد می‌گردند که می‌توانند اثرات تخریبی شدیدی بر سازه‌های زیر زمینی داشته باشند.

علاوه بر بارهای ناشی از موج انفجار، اثر ترکش‌های انفجاری نیز باید در نظر گرفته شود. انفجار داخلی، بسته به شرایط ساختمان و نحوه تهویه آن به دو دسته محبوس و نیمه محبوس تقسیم می‌گردد.



ب: انفجار داخلی

الف: انفجار خارجی

موقعیت چشمه انفجار

۲۱-۳-۳- انفجار در هوای آزاد

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

۲۱-۳-۳-۱- فشار مبنای انفجار p_{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 ۲۱-۱-۳ برای سطوح بار مختلف، به دست می‌آید.

۲۱-۳-۳-۲- حداکثر فشار دینامیکی (q_s)

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

$$q_s = \frac{5p_{so}^2}{2(p_{so} + 7p_o)} \quad (۱-۳-۲۱)$$

که در آن:

p_{so} ، فشار مبنای انفجار و p_o ، فشار محیطی (جو) می‌باشد.

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

موج انفجار پس از برخورد با مانع صلب، منعکس می‌شود. بازتاب موج در اطراف مانع، به شکل (مشخصات هندسی ساختمان) و اندازه آن، بستگی دارد. با توجه به اهمیت شکل ساختمان در بارگذاری انفجار هوایی و سطحی، در راستای اجرای بند ۲۱-۲-۳-۱-۴ تعامل با مهندس معماری الزامی است. ساده‌ترین حالت بازتاب موج انفجار، در هنگام برخورد آن به صورت عمودی به دیوار صلب است که در این حالت، فشار بازتاب از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$p_r = 2p_{so} \left[\frac{7p_o + 4p_{so}}{7p_o + p_{so}} \right] \quad (۲-۳-۲۱)$$

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

الف: سرعت جبهه‌ی موج انفجار (U_s)

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

$$U_s = 340 \times (1 + 0.83 p_{so})^{0.5} \quad (3-3-21)$$

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

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

مدت زمان گام مثبت (t_d)، زمانی است که فشار، بیش از فشار محیطی است. و مقدار آن برای سطوح بارگذاری مختلف در جدول ۳-۱-۲۱ 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 ۳-۱-۲۱ الف). تکانه مثبت از رابطه ۴-۳-۲۱ بدست می‌آید.

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

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

به دلیل کوچک بودن مقدار تکانه منفی، از آن صرف نظر می‌شود.

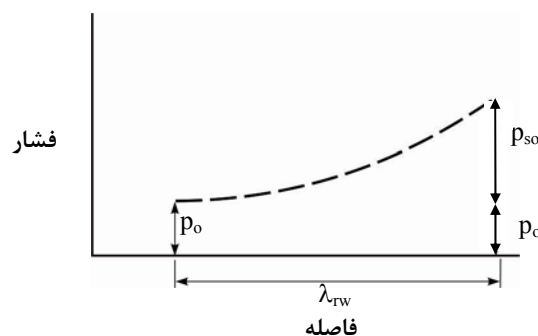
ت: طول موج (λ_{rw})

فاصله هر نقطه تحت فشار مبنا 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 گام مثبت بر حسب ثانیه.



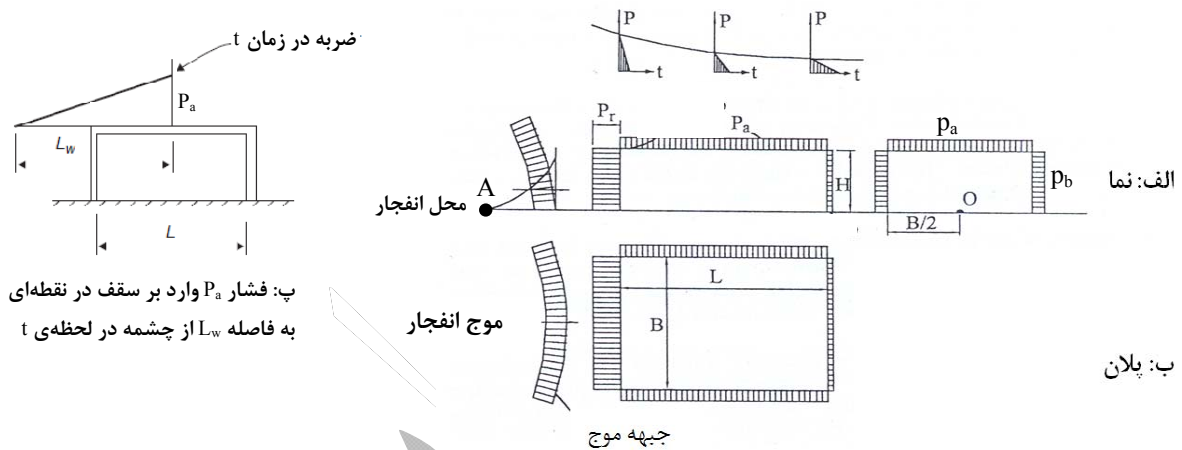
شکل ۳-۳-۲۱

۲۱-۳-۴- 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 $1/8$ 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.

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

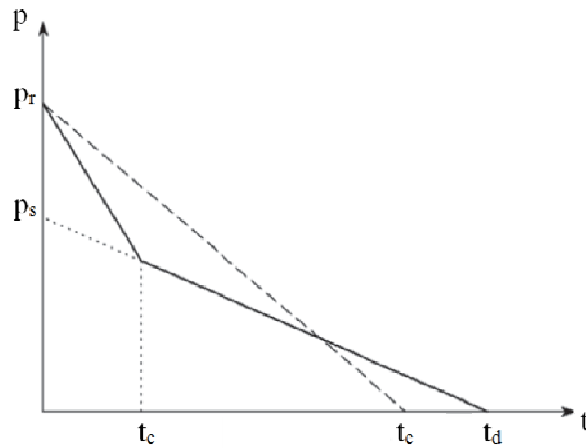
در شکل ۲۱-۳-۴ صورت ساده شده بارهای انفجاری وارد بر ساختمان با فرض انفجار در نقطه A و اعمال فشار از چپ به راست، نشان داده شده است که L طول ساختمان در جهت انتشار موج، B عرض ساختمان و H ارتفاع متوسط آن است.



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

۲۱-۳-۵-۱- بارگذاری دیوار مقابل انفجار

فشار دوخطی وارد بر دیوار جلو مطابق شکل ۲۱-۳-۵ می‌باشد که به بار مثلثی معادل تبدیل می‌شود. حداکثر اضافه فشار وارد بر دیوار مقابل (جبهه موج) انفجار، معادل فشار بازتاب (P_r - رابطه ۲۱-۳-۲) می‌باشد که در زمان تسطیح t_c (رابطه ۲۱-۳-۶) به فشار رکود p_s (رابطه ۲۱-۳-۷) می‌رسد.



شکل ۲۱-۳-۵- بارگذاری دیوار جلو

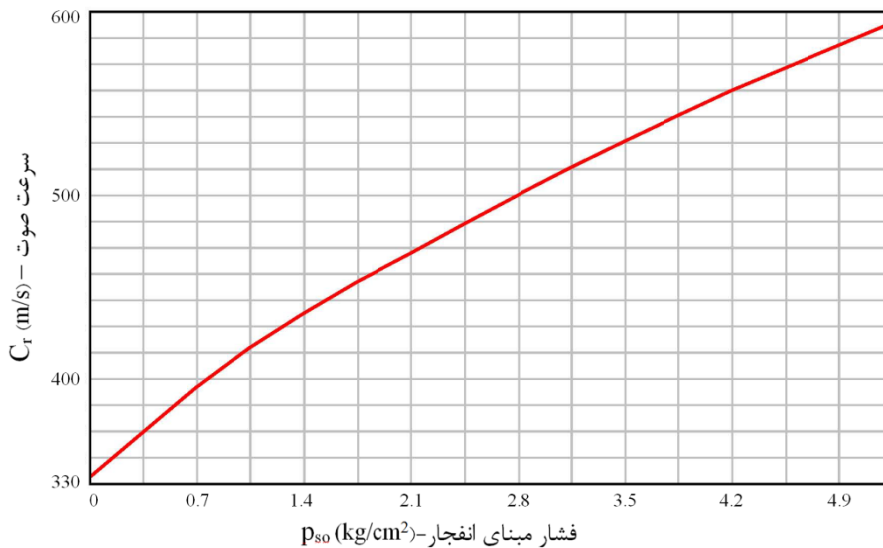
$$t_c = \frac{4S}{(1+R)C_r} \quad (۶-۳-۲۱)$$

در رابطه فوق:

S = فاصله تسطیح که کوچکترین B (عرض ساختمان) و $\frac{H}{۲}$ می باشد.

R = نسبت $\frac{S}{G}$ که G ، بزرگترین B (عرض ساختمان) و $\frac{H}{۲}$ می باشد.

C_r = سرعت صوت که مقدار آن از نمودار شکل ۲۱-۳-۶ به دست می آید.



شکل ۲۱-۳-۶- مقادیر سرعت صوت C_r

$$P_s = P_{so} + c_d q_s \quad (۷-۳-۲۱)$$

که در رابطه فوق:

P_{so} = فشار مبنای انفجار

q_s = حداکثر فشار دینامیکی (رابطه ۲۱-۳-۱)

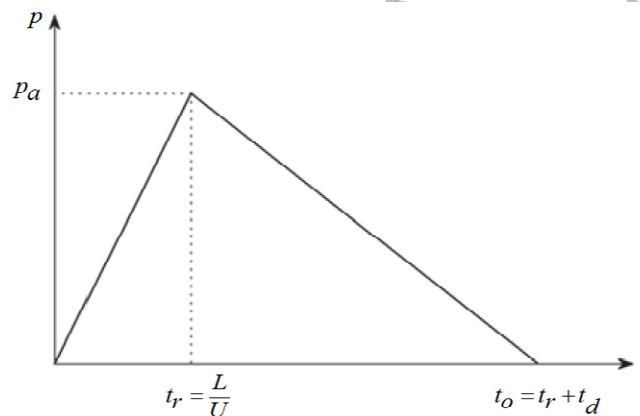
$C_d =$ ضریب پسا (کشانی) که برای دیوار جلو در محدوده‌ی فشارهای حاضر برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

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.

$$t_e = (t_d - t_c) \frac{P_s}{P_r} + t_c \quad (۸-۳-۲۱)$$

۲-۵-۳-۲۱- بارگذاری دیوارهای جانبی

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



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

مقدار اضافه فشار حداکثر (p_a) برابر است با:

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

در رابطه فوق:

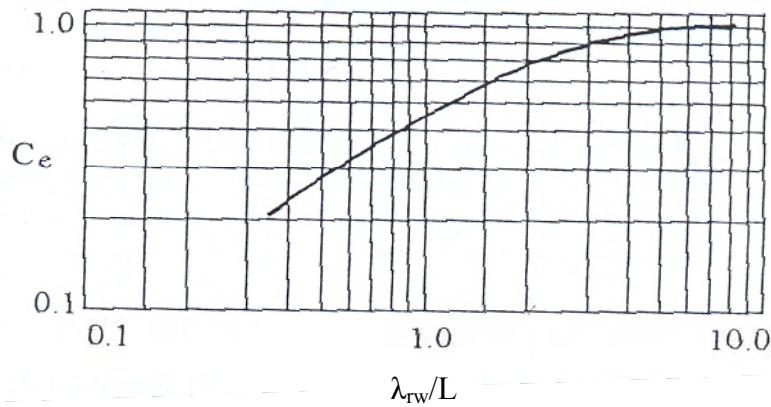
$C_e =$ ضریب کاهش انفجار که به طول سازه (L) در امتداد حرکت موج و طول موج انفجار (λ_{rw}) بستگی

دارد و مقدار آن از نمودار شکل ۸-۳-۲۱ محاسبه می‌گردد.

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

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

$\lambda_{rw} =$ طول موج انفجار (رابطه ۵-۳-۲۱)



شکل ۲۱-۳-۸- مقادیر ضریب کاهش C_e

جدول ۲۱-۳-۱- ضریب پسا (C_d)

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

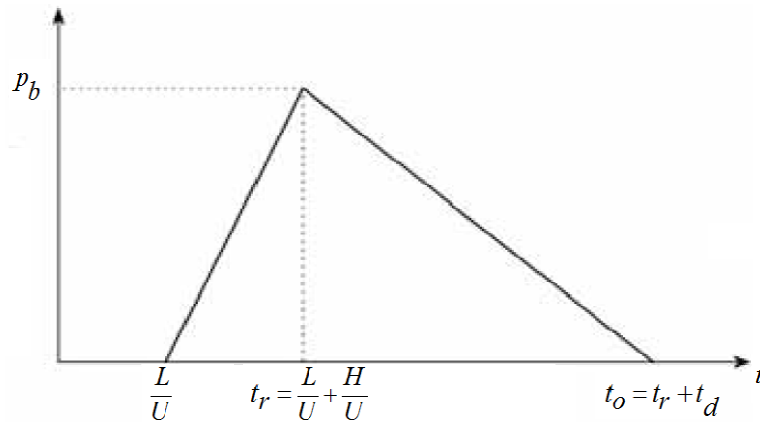
۲۱-۳-۵-۳- بارگذاری سقف

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

۲۱-۳-۵-۴- بارگذاری دیوار پشت

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

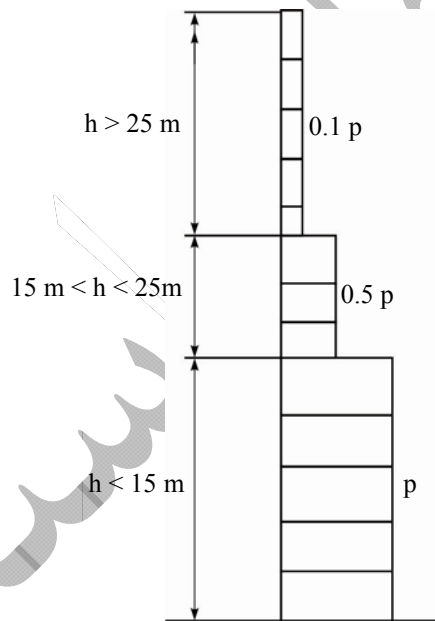
بار دیوار پشتی جهت مخالف با بار دیوار جلویی داشته و در نتیجه، نقش کاهنده‌ای در کل بار جانبی انفجار خواهد داشت. در این راستا از اثرات دیوار پشتی بر روی رفتار کل قاب یا ساختمان در بسیاری از اوقات و در جهت اطمینان صرف نظر می‌شود، لیکن، اجزای نما و عناصر الحاقی دیوار پشت، باید قادر به تحمل فشار یا مکش حاصل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



شکل ۲۱-۳-۹- بارگذاری دیوار پشت

۲۱-۳-۵-۵- توزیع فشار انفجار در ارتفاع

برای بارگذاری ساختمان‌ها تحت انفجار تا ارتفاع ۱۵ متر از سطح زمین، از مقادیر فشار معرفی شده در بندهای ۲۱-۳-۵-۱ تا ۴، استفاده می‌شود. برای ارتفاع ۱۵ تا ۲۵ متر، از ۵۰ درصد این فشار و برای ارتفاع بالاتر، از ۱۰ درصد فشار مذکور استفاده می‌شود (شکل ۲۱-۳-۱۰).



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

۲۱-۳-۶- انفجار در داخل زمین

۲۱-۳-۶-۱- معرفی

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 هوایی و سطحی) دارد.

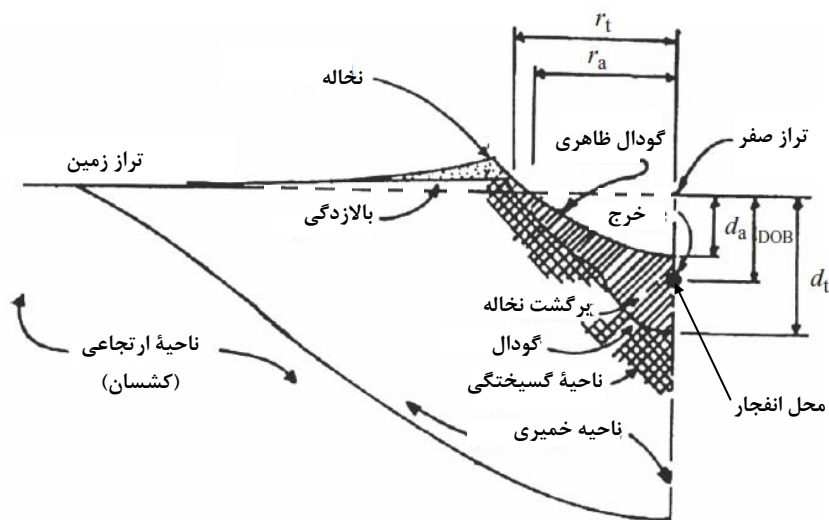
با توجه به اثرات تخریب این موج بر سازه‌های مدفون، رعایت شرایط بارگذاری انفجار زیرزمین، برای قسمت مدفون سازه‌های گروه‌های ۱ تا ۳ الزامی است.

۲۱-۳-۶-۲- میزان نفوذ بمب در داخل زمین

میزان نفوذ بمب‌ها در داخل زمین به سرعت و زاویه برخورد، جرم و سختی سر بمب و جنس زمین بستگی دارد. در نفوذهای کم عمق، آثار انفجار مشابه انفجار سطحی است، اما در نفوذهای عمیق، تکانه انفجار بزرگی در زیر زمین بوجود می‌آید. بمب‌های مدرن قدرت نفوذی بیش از ۳۰ متر در درون خاک و قدرت عبور از لایه‌های بتن مسلح به ضخامت بیش از ۶ متر را دارا می‌باشند^۱. در طراحی سازه‌های مدفون باید با شناسایی بمب‌های مورد استفاده دشمن، میزان نفوذ آن‌ها به دست آید.

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

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



DOB = عمق انفجار، r_a = شعاع بدون نخاله، d_a = عمق بدون نخاله، r_t = شعاع کلی (با نخاله)، d_t = عمق کلی

^۱ - برای اطلاعات دقیق‌تر، رجوع به منابع تخصصی ضروری است.

۲۱-۳-۶-۴- تکانه زمین

به آثار انتشار امواج (ناشی از انفجار عمیق یا سطحی) در سطح و یا زیر زمین، تکانه زمین می گویند. قویترین تکانه زمین ناشی از انفجار درون زمین است که هیچگونه فاصله ای بین ماده منفجره (بمب) و زمین موجود نباشد.

امواج ناشی از انفجار (سطحی یا مدفون) شامل امواج حجمی و امواج سطحی (مشابه زمین لرزه) می باشند. امواج حجمی، خود شامل موج طولی یا فشاری (P) و موج عرضی یا برشی (S) می باشند. در انفجارات زیرزمینی، در فاصله نزدیک به انفجار، امواج طولی و عرضی موثر بوده و امواج ریلی (R) علاوه بر حوزه نزدیک، در فواصل دور نیز حاکم هستند. ذرات نزدیک به سطح زمین تحت تأثیر حرکات چرخشی ناشی از امواج ریلی (R) قرار می گیرند.

۲۱-۳-۶-۵- مشخصه های اصلی تکانه زمین

مشخصه های اصلی تکانه زمین شامل حداکثر فشار، حداکثر سرعت ذرات، حداکثر جابجایی ذرات، سرعت موج در زمین و تکانه ویژه انفجار می باشد. مقدار این مشخصه ها، با افزایش فاصله از مرکز انفجار کاهش می یابند و نرخ میرایی آنها تابع نوع خاک است.

۲۱-۳-۶-۵-۱- حداکثر جابجایی ذرات خاک (x)

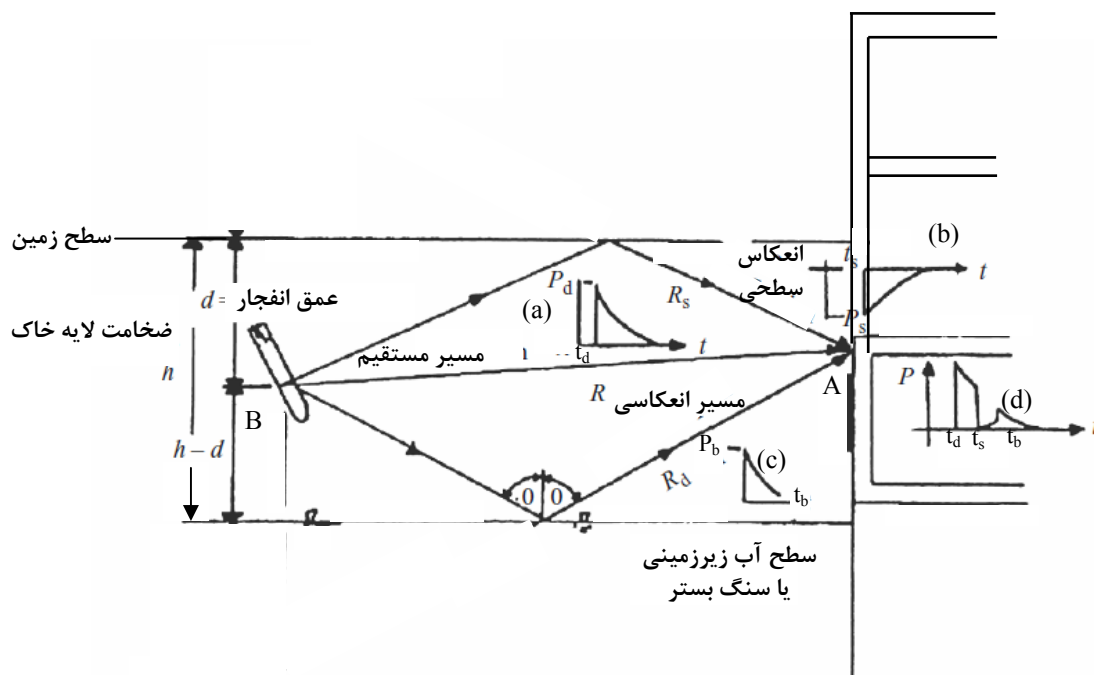
حداکثر جابجایی ذرات (در اثر انفجار زیرزمین)، منجر به حرکت سازه های مدفون و تجهیزات متصل به آنها، می شود. مقادیر جابه جایی بر اساس سطح خطر انفجار و نوع خاک از جدول ۲۱-۱-۳ به دست می آید.

۲۱-۳-۶-۵-۲- 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 ۲۱-۱-۳ به دست می آید. این فشار ممکن است در اثر بازتاب امواج انفجار از سنگ بستر و همچنین از سطح

زمین تغییر یابد. با توجه به موقعیت انفجار بمب و بازتاب موج از سطوح مختلف، فشار ناشی از انفجار زیر زمینی بر وجه های مختلف سازه، تغییر می کند.

برای تشریح موضوع بالا، با فرض انفجار در نقطه B، در شکل ۱۲-۳-۲۱ دیده می شود که فشار مستقیم انفجار (نمودار a)، زودتر از امواج بازتاب به سازه (نقطه A) می رسد. موج بازتاب از سطح زمین، که موج کشتی است (نمودار b) و موج بازتاب از سنگ بستر که موج فشاری است (نمودار c)، باعث کاهش و افزایش فشار در نقطه A می شوند و مجموع آن ها فشار نهایی را به وجود می آورند (نمودار d).



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

۱۲-۳-۲۱-۶-۶-۳- اثرات تکانه بر سازه مدفون و اجزای غیرسازه ای

بر اثر تکانه زمین، به پی سازه مدفون ضربه وارد شده و تکان هایی را ایجاد نموده و اجزای غیرسازه ای نصب شده بر روی دیوار یا کف سازه حرکت خواهند نمود. در ادامه روش ساده ای برای محاسبه این حرکات، ارائه شده است.

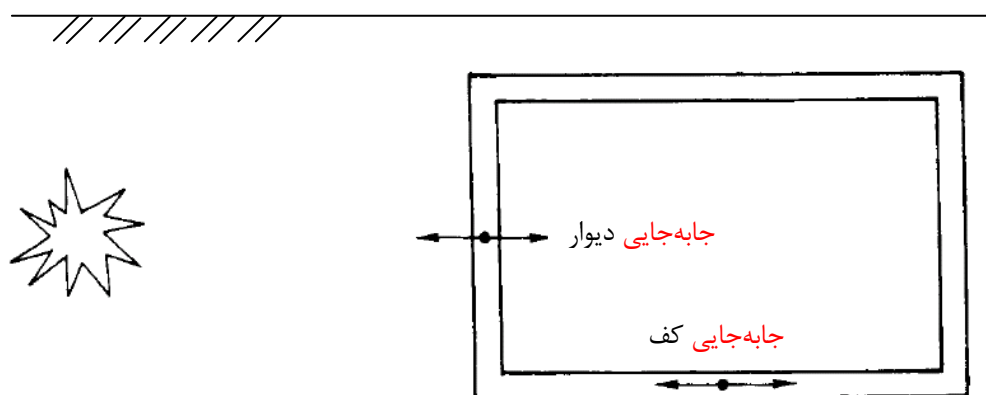
۱۲-۳-۲۱-۶-۶-۳-۱- حرکات دیوار و کف

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

$$x_w \leq 2x$$

$$(10-3-21)$$

که در آن x_w مقدار جابجایی دیوار و x مقدار جابجایی ذرات خاک در میدان آزاد در اثر تکانه زمین مطابق جدول ۳-۱-۲۱ می‌باشد.



شکل ۳-۱-۲۱- حرکات افقی دیوار و کف

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

$$x_f = x \quad (۳-۱-۲۱)$$

که در آن x_f مقدار جابجایی کف می‌باشد.

۳-۲۱-۳-۶-۶-۲- 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:

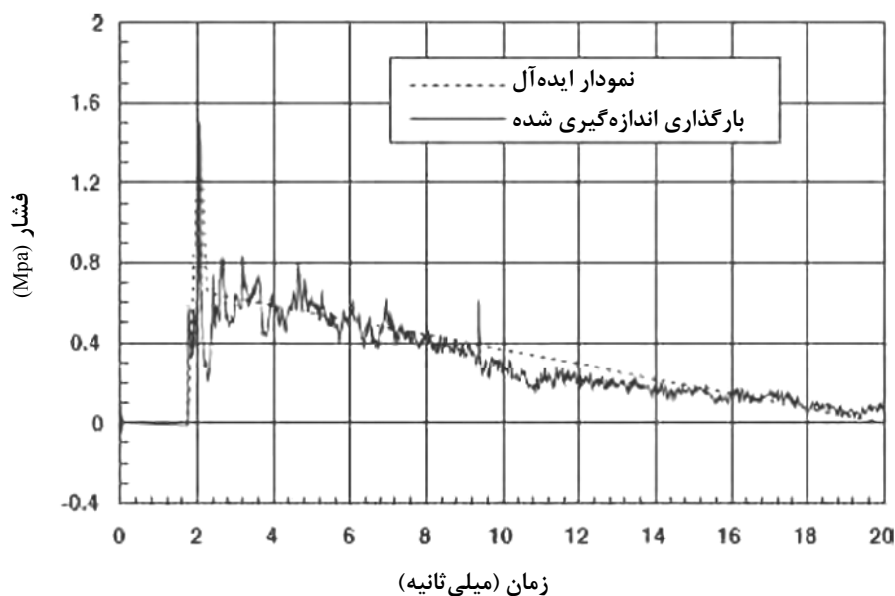
$$x_s = 1.2x_w \quad (۳-۲۱-۱۲)$$

که در آن x_s حداکثر جابجایی تجهیزات می‌باشد.

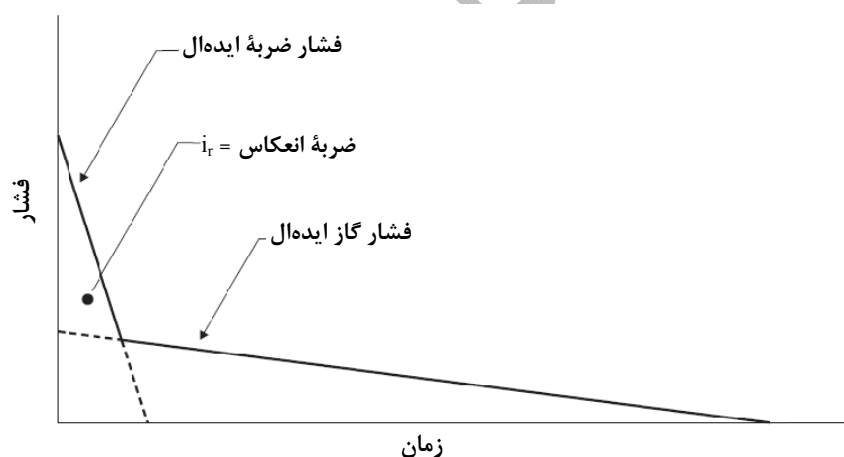
۳-۲۱-۷- انفجار داخلی

انفجار داخلی نسبت به انفجار خارجی، خارق‌العاده‌تر بوده و فشار حاصل از آن نیز بدین روال است (شکل ۳-۲۱-۱۱). 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 ۲۱-۳-۱۴- فشار حاصل از انفجار داخلی



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

۲۱-۳-۸- ترکش‌ها

زمانی که فشار به وجود آمده در داخل بمب باعث انفجار بدنه آن می‌شود، پوسته ماده منفجره متلاشی و ترکش‌های اولیه ایجاد می‌گردد. ترکش‌ها مثل گلوله‌های انفجاری با شکل‌های نامنظم عمل می‌کنند. اثر این ترکش‌های پرتاب شده بر روی هدف به شکل، وزن، سرعت اولیه و هم چنین 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 است و تاثیر عمده‌ای بر سازه ندارد.

غیر قابل استناد

۲۱-۴- مشخصه‌های مکانیکی مصالح و سامانه‌های سازه‌ای

۲۱-۴-۱- کلیات

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

سازه‌ها برای جذب انرژی بارهای انفجاری، وارد محدوده تغییر شکل‌های فرار تجاعی می‌شوند. بدین‌رو مصالح سازه‌ها باید دارای طاقت کافی و سامانه‌های سازه‌ای باید دارای رفتار فرار تجاعی و شکل‌پذیری مناسب باشند.

۲۱-۴-۲- 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 اعضا، بسیار سریع (در حد چند ده میلی‌ثانیه) 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 تسلیم اعضا (از جنبه‌ی اقتصادی) ضروری است. همچنانکه عضو، وارد محدوده فرار تجاعی 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، ویژگی‌های مقاطع و مقدار تغییرشکل‌های خمیری مجاز می‌باشد. سازه باید بتواند در محدوده ارتجاعی، فرار تجاعی و یا سایر مکانیزم‌های میرایی، انرژی حاصل از انفجار را جذب و مستهلک نماید.

پاسخ مصالح تحت بارگذاری دینامیکی، به طور محسوسی متفاوت از بارگذاری استاتیکی است. در بارگذاری سریع، مصالح نمی‌توانند با نرخ مشابه بار وارده، تغییر شکل دهند. این خاصیت، باعث افزایش تنش تسلیم و تنش نهایی قبل از گسیختگی می‌شود. بطور کلی، هر چه نرخ کرنش بزرگتر باشد، مصالح مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند.

افزایش مقاومت مصالح، به علت بارگذاری سریع، به عضو اجازه می‌دهد تا مقاومت بیشتری نسبت به حالت استاتیکی از خود نشان دهد. این تاثیرات در طراحی انفجاری، با استفاده از ضریب افزایش دینامیکی در نظر گرفته می‌شود.

۲۱-۴-۳- ویژگی‌های دینامیکی مصالح

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

۲۱-۴-۳-۱- ضریب افزایش مقاومت (SIF)

ضریب افزایش مقاومت مطابق جدول ۲۱-۴-۱ برای مصالح فولادی و بتنی منظور شود.

جدول ۲۱-۴-۱- ضریب افزایش مقاومت^۱

ضریب افزایش مقاومت	مصالح
۱/۱۵	میلگردهای رده S500 و کمتر
۱/۱۵	فولاد ساختمانی نورد شده St37 و St52
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

۲۱-۴-۳-۲- ضریب افزایش دینامیکی (DIF)

ضریب افزایش دینامیکی برای بتن مسلح (بتن و میلگرد) و مصالح بنایی مطابق جدول ۲۱-۴-۲ و برای فولادی مطابق جدول ۲۱-۴-۳ اعمال شود.

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

ضریب افزایش دینامیکی				تنش
مصالح بنایی	بتن	میلگردها		
		$\frac{f'_{dm}}{f'_m}$	$\frac{f'_{dc}}{f'_c}$	$\frac{f_{du}}{f_u}$
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 قطری
۱/۰۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۱/۱۰	برش مستقیم
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۲۰	چسبندگی

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

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

ضریب افزایش دینامیکی			مصالح
تنش نهایی	تنش تسلیم		
	فشار - کشش	خمش - برش	
$\frac{f_{du}}{f_u}$	$\frac{f_{dy}}{f_y}$	$\frac{f_{dy}}{f_y}$	
۱/۱۰	۱/۲	۱/۳	St 37
۱/۰۵	۱/۱۵	۱/۲	St 52

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 مستقیم) 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 کشش و فشار محوری در اعضا فولادی و بتنی نیز، کمتر از حالت خمشی است.

۲۱-۴-۳-۳- 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

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

۲۱-۴-۴- مصالح

۲۱-۴-۴-۱- بتن غیر مسلح

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

۲۱-۴-۴-۲- بتن مسلح

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

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

۲۱-۴-۴-۳- 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 نسبتاً بلند الیاف در بتن به طور یکنواخت پخش می‌شوند. استفاده از الیاف در بتن، باعث افزایش مقاومت خمشی، برشی و کششی، مقاومت در برابر بارهای دینامیکی بویژه بارهای ضربه‌ای، مقاومت مقطع در ترک خوردگی و میزان جذب انرژی و هم‌چنین کاهش در میزان انقباض، خزش و سایش سطحی و کاهش نفوذ پرتابه‌ها می‌شود.

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

۲۱-۴-۴-۴- مصالح بنایی غیر مسلح

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

۲۱-۴-۴-۵- 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 تسلیح با نوارهای FRP انجام می‌شود. در این خصوص باید به مبحث ۸ مراجعه شود.

۲۱-۴-۴-۶- مصالح سنگدانه‌ای و خاک

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

با استفاده از مصالحی نظیر ژئوگرید، خاک حالت مسلح پیدا کرده و دارای یکپارچگی و مشخصات

مکانیکی برتری خواهد شد.

مصالح مورد استفاده در نما، با رعایت مباحث زیباشناختی، می‌باید اثرات انفجار را تا حد امکان تحمل نموده و دچار تخریب و ریزش منجر به آسیب نگردند.

اجرای انواع اندود در نما نقش مؤثری در پایداری دیوارهای خارجی داشته و آسیب‌پذیری آنها را نسبت به دیوارهای خارجی بدون اندود نما به مراتب کاهش می‌دهد و در برابر نیروی لغزشی، مقاوم‌تر از نماهای آجری و سنگ بوده و احتمال ریزش آنها کمتر است.

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.

از کاربرد سنگ (و مشابه نظیر سرامیک و دیگر مصالح شکننده) در نما، تا حد امکان خودداری شود و در غیر این صورت، لازم است علاوه بر مسلح نمودن دیوار پشت آن، با اتخاذ تمهیدات مناسب، از تخریب و ریزش سنگ (و مشابه) در هنگام انفجار، جلوگیری شود.

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

۲۱-۴-۴-۸- فولاد ساختمانی

فولادهای ساختمانی رده St37 و St52 از شکل‌پذیری کافی برای طراحی انفجاری برخوردار هستند. فولادهای با مقاومت بالاتر می‌توانند در موقعیت‌های مشخص، نظیر درهای انفجاری و پیچ‌ها استفاده شوند. به طور کلی سازه‌های فولادی مقاوم در مقابل انفجار، باید بر حسب اهمیت آنها، علاوه بر رعایت ضوابط فصل ۵ این مبحث، ضوابط شکل‌پذیری ویژه سازه‌های انفجاری را نیز برآورده نمایند که تا تدوین چنین ضوابطی، می‌توان از ضوابط شکل‌پذیری ویژه مبحث نهم مقررات ملی ساختمان استفاده کرد.

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

۲۱-۴-۵-۱- تاثیر جرم

به علت تاثیر بسیار کوتاه مدت بار انفجاری بر سازه، بار ضربه‌ای انفجار، 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 است.

۲۱-۴-۵-۲- 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 شکل‌پذیر، جزئیات‌بندی مناسبی از میلگردها ضروری است. با افزایش تنش و کرنش در مقطعی از عضو، میلگردها به تسلیم می‌رسند و اجازه شکل‌گیری مفصل پلاستیک می‌دهند. بتن در این نواحی در سطح کششی دچار ترک می‌شود و متعاقباً به حد کرنش

فشرده شدن در سطح فشاری می‌رسد. اگر دوران مفصل این نقطه افزایش یابد، بتن فشاری خرد و مقاومت خمشی آن از بین می‌رود.

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، مقاومت داخلی مقطع توسط کوپل ناشی از نیروهای میلگردهای مسلح کننده ایجاد می‌شود. استفاده از مقاطعی که به صورت یکطرفه، میلگردگذاری می‌شوند در طراحی انفجاری توصیه نمی‌شود.

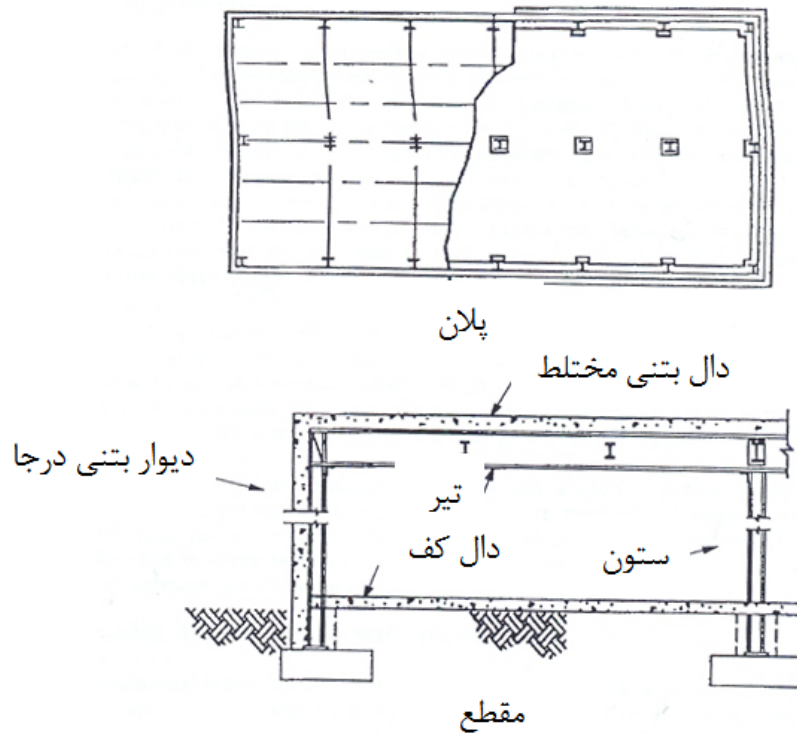
جلوگیری از ایجاد مودهای شکست ترد با محدود کردن تنش‌های برشی بتن یا افزایش مقاومت بتن و یا افزایش ضخامت مقطع یا تنگ‌های محصور کننده برشی حاصل می‌شود.

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

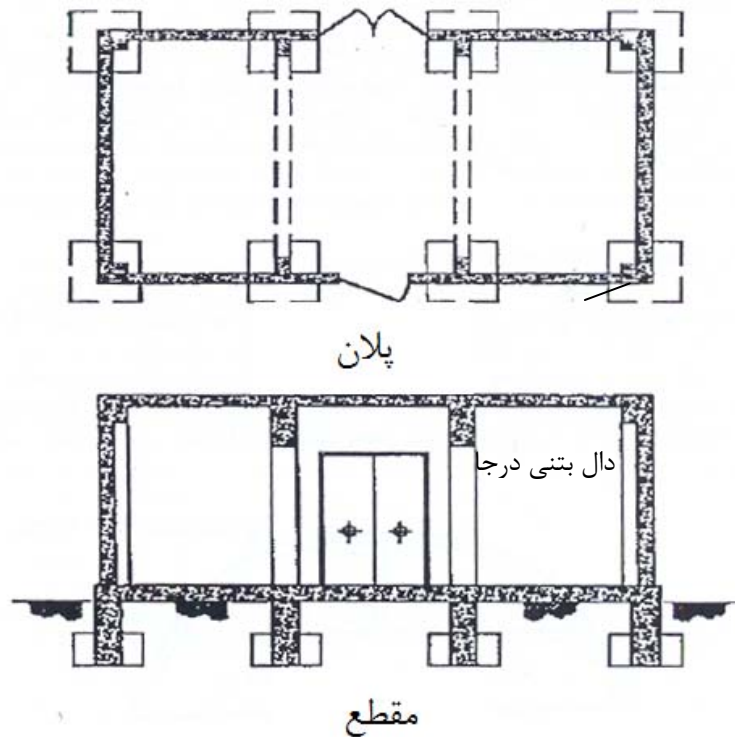
میلگردهای S500 و کمتر دارای شکل پذیری کافی برای بارگذاری دینامیکی می‌باشند، میلگردهای خاص با مقاومت تسلیم بالاتر ممکن است شکل‌پذیری مورد نیاز برای خم‌کاری را نداشته باشند. وصله‌های جوشی و اتصالات بوشنی (مکانیکی) در صورت انطباق با مشخصات فنی می‌توانند به جای وصله‌های پوششی مورد استفاده قرار گیرند.

۲۱-۴-۵-۲-۱- دیوار بتنی درجا

ساختمان با دیوار بتنی درجا برای سطوح خطر انفجار ۱، ۲ و ۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل‌های ۲۱-۴-۱ و ۲۱-۴-۲ ساختمان‌های با دیوار بتنی درجا را همراه با قاب فولادی و بتنی نشان می‌دهد که برای مقاومت در برابر بارهای افقی مناسب می‌باشند. ضخامت بتن دیوارها، اندازه و جایگذاری میلگردها باید طوری انتخاب شوند که قادر به تحمل بارگذاری انفجاری در سطوح خطر ۱، ۲ و ۳ باشند. حداقل ضخامت دیوارهای بتن مسلح درجا ۲۰۰ میلیمتر می‌باشد.



شکل ۲۱-۴-۱- ساختمان با دیوار بتنی درجا (با قاب فولادی)



شکل ۲۱-۴-۲- ساختمان با دیوار بتنی درجا (قاب بتنی)

۲۱-۴-۲-۵- دیوار بتنی پیش ساخته

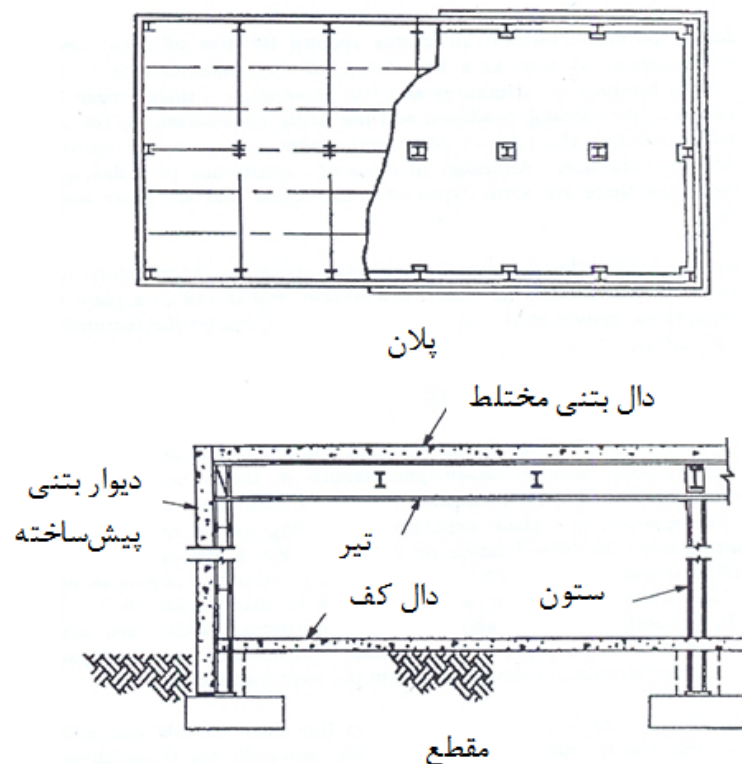
دیوارهای پیش ساخته همراه با قابهای فولادی یا بتنی استفاده می شوند (شکل ۲۱-۴-۳). قابها بارهای قائم و جانبی را تحمل می کنند و دیوارهای بتنی پیش ساخته وظیفه مقاومت در برابر بارهای جانبی خارج از

صفحه و درون صفحه را بر عهده دارند. اتصالات شکل پذیر برای پانل‌های پیش‌ساخته یکی از ملاحظات مهم می‌باشد. پانل‌های پیش‌ساخته با استفاده از قطعات اتصالی فولادی با پیچ یا جوش به قاب ساختمان متصل می‌شوند.

حداقل ضخامت دیوار بتنی پیش‌ساخته ۱۲۰ میلیمتر بدون در نظر گرفتن نازک‌کاری می‌باشد. جهت افزایش شکل‌پذیری و کاهش احتمال پراکندگی ذرات بتن، استفاده از شبکه‌هایی با چشمه‌های کوچک توصیه می‌شود.

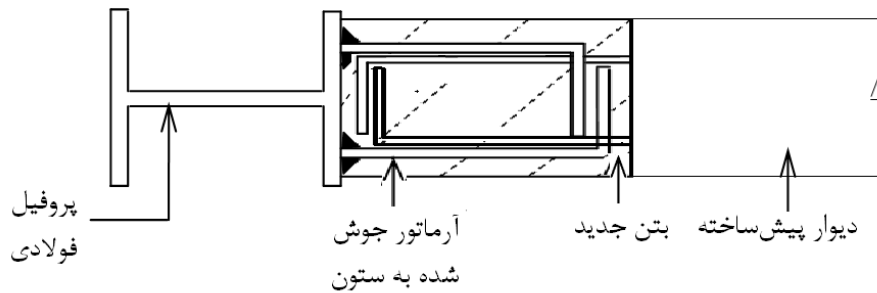
سقف بام معمولاً دال بتنی یا مرکب بر روی عرشه فلزی یا کامپوزیتی می‌باشند. بعنوان مثال عرشه فولادی با استفاده از گل میخ یا جوش کام به تیر فولادی متصل می‌شود.

این شکل از ساختمان به طور اقتصادی برای پایداری در برابر بارهای انفجاری سطوح خطر ۲، ۳ و ۴ مناسب است.



شکل ۲۱-۴-۳- ساختمان با دیوار بتنی پیش‌ساخته

برای اجرای دیوار بتنی پیش‌ساخته در قاب فولادی، پس از اجرای قاب فولادی، دیوار بتنی پیش‌ساخته درون چهار چوب فولادی تعبیه می‌شود. وضعیت قرارگیری دیوار پیش‌ساخته باید به گونه‌ای باشد که از هر طرف حداقل به اندازه ۴۰ برابر قطر آرماتور انتظار دیوار و یا ۵۰ سانتیمتر (هرکدام که بزرگ‌تر بود) با ستون فولادی فاصله داشته باشد. سپس مانند شکل ۲۱-۴-۴ آرماتورهایی را به ستون جوش کرده و آرماتورهای انتظار دیوار برشی را نیز خم نموده، سپس حد فاصل بین دیوار و ستون را قالب‌بندی کرده و بتن‌ریزی صورت می‌گیرد.



شکل ۲۱-۴-۴- اتصال دیوار پیش ساخته بتنی به قاب فولادی

۲۱-۴-۵-۳- سازه های فولادی

نمودار تنش- کرنش مصالح فولادی در قبال بارهای استاتیکی و بارهای دینامیکی با نرخ کرنش بالا نشان می دهد که این مصالح قادر هستند پس از عبور از مرحله تسلیم، بدون اعمال تنش اضافی تا پانزده برابر کرنش متناظر آن مرحله به تغییر شکل خود ادامه داده تا به مرحله سخت شدگی دوباره برسند. این خاصیت برای مقابله با بارگذاری انفجاری بسیار مفید می باشد.

یکی از مهم ترین مسائل در سازه های فولادی مقاوم در برابر انفجار، اتصالات آن ها می باشد که باید تا حد امکان به صورت شکل پذیر طراحی شوند. شکل پذیری اتصالات در سازه های فولادی معمولاً به صورت قابلیت چرخش اتصال تحت بارهای وارده تعریف می شود. سازه ها یا اتصالات شکل پذیر می توانند با مقاومت استاتیکی نسبی کمتر، نیروی بیشتری را در هنگام اعمال بارهای دینامیکی و ضربه انفجار جذب نمایند.

هم چنین سازه های در معرض انفجار، واکنش های تکیه گاهی قابل توجهی دارند و این واکنش ها منجر به لزوم طراحی صفحه ستون به همراه میل مهارهای با ظرفیت بالا می شود. هنگامی که مهارها به طور کامل و براساس اصول محاسباتی در بتن مهار شوند، سازوکار شکست آن ها از نوع شکست شکل پذیر و کششی است. ناکافی بودن فاصله از لبه های صفحات یا فاصله ناکافی بین پیچ ها باعث ایجاد ظرفیت کمتر لنگر خمشی و وقوع شکست ترد خواهد شد. مهارهای اپوکسی ظرفیت دینامیکی خوبی را از خود نشان داده اند و می توانند برای کاربردهای حساس در طراحی سازه های در معرض انفجارهای متوسط تا سنگین در پای ستون ها به کار روند.

در روند تحلیل و طراحی انفجاری، اجازه تشکیل مفاصل پلاستیک در سراسر طول عضو داده می شود، بنابراین مقاطع باید به گونه ای باشند که در حین تشکیل این مفاصل، دچار کمانش موضعی نشوند و شرایط مقاطع فشرده لرزه ای را مطابق مبحث ۱۰ برآورده سازند.

موضوع مهمی که در طرح دینامیکی سازه های فولادی تحت اثر بارهای انفجاری مطرح می شود، احتمال معکوس شدن جهت تنش ها است. سازه های فولادی تحت اثر انفجار، در معرض تنش های معکوس نسبتاً بزرگی قرار می گیرند. تامین مهاربندی جانبی برای بال های مقاطع فشاری مهار نشده که قبل از معکوس شدن تنش ها در کشش بوده اند، از اهم موارد قابل توجه است که این مساله برای اعضای که بارهای مرده سبکی را تحمل می کنند و یا اعضای که در معرض فشارهای انفجاری کوتاه مدت قرار دارند، بحرانی تر است.

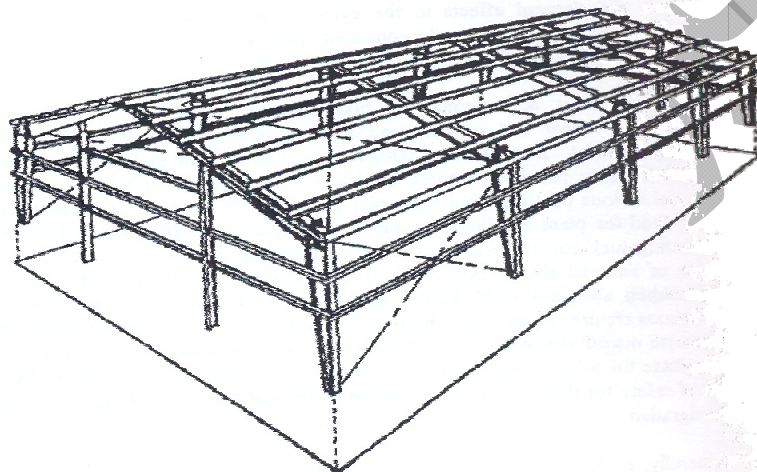
۲۱-۴-۵-۳- قاب قوسی و شیب دار (با سقف سبک)

چنین سازه هایی برای مقاومت در مقابل انفجار مناسب نیستند، لیکن برای بهبود عملکرد آن ها در برابر بارهای انفجاری موارد زیر توصیه می شود (شکل ۲۱-۴-۵):

- کاهش فاصله بین قاب های فولادی
- استفاده از مقاطع متقارن برای تیرها و پرلین ها و کاهش فاصله بین آنها

- افزایش مقاومت اتصالات پانل دیوار و سقف
- افزایش تعداد پیچ‌های اتصالی عناصر پوششی و استفاده از واشرهای بزرگتر برای کاهش پارگی مصالح جانبی
- استفاده از تکیه‌گاه گیردار برای ستون‌ها
- استفاده از اتصالات خاص نظیر کام و زبانه در اتصال پانل‌های پیش‌ساخته بین قاب‌ها
- استفاده از دیوارها و سقف‌های بتنی پیش‌ساخته

این ساختمان‌ها با صفحات نمای پوشش سبک برای بارهای انفجار سطح خطر ۴ قابل استفاده می‌باشند. در صورت استفاده از صفحات نما و پوشش بتن مسلح از آنها می‌توان برای بارهای انفجار سطح خطر ۳ نیز استفاده نمود.

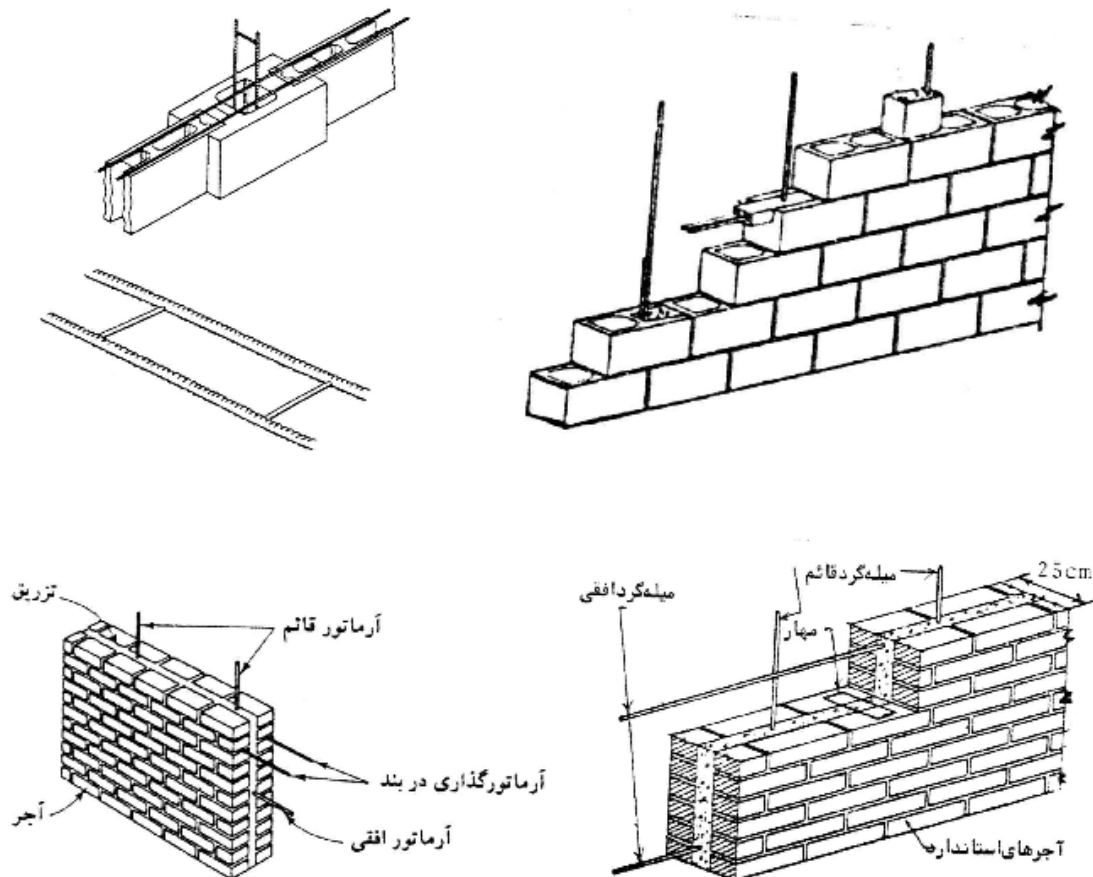


شکل ۲۱-۴-۵- قاب‌های فولادی شیب‌دار برای پوشش انبارها

۲۱-۴-۵-۴- دیوار بنایی مسلح

دیوارهای بنایی مسلح می‌توانند به عنوان عناصر نما و باربر جانبی مقاوم در برابر فشار انفجار مورد استفاده قرار گیرند و بصورت دوگانه همراه با قاب فولادی یا بتنی برای تحمل بارهای قائم و جانبی استفاده شوند. دیوارهای خارجی از مصالح بنایی مسلح بصورت دو طرفه برای هر دو دهانه افقی و قائم طراحی و مسلح می‌شوند. دیوار بنایی مسلح که موازی با جهت اعمال نیروی انفجار قرار دارند، می‌توانند به عنوان دیوارهای برشی برای انتقال نیروی‌های جانبی به فونداسیون مورد استفاده قرار گیرند. در دیوارهای بلوکی مسلح، بلوک‌های ۲۰ سانتیمتری که آرماتورهای در امتداد عمودی در مرکز آنها و آرماتورهای افقی در هر لایه آنها کار گذاشته شده و کاملاً با ملات پر شده‌اند، استفاده می‌شوند. اتصالات به سازه باید طوری طراحی شوند که ظرفیت نهایی جانبی دیوار را داشته باشند.

این شکل از ساختمان‌ها می‌توانند به طور اقتصادی برای پایداری در برابر بارهای انفجاری سطوح خطر ۳ و ۴ طرح شوند. نمونه‌ای از جزئیات اجرایی دیوار بنایی مسلح در شکل ۲۱-۴-۶ نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۴-۶- نمونه‌ای از جزئیات اجرایی دیوار بنایی مسلح

۲۱-۴-۵-۵- مستهلک‌کننده‌های انرژی

استفاده مناسب از وسایل مکانیکی مانند جداسازها و میراگرها که باعث افزایش استهلاک انرژی و جداسازی سازه از پایه می‌شود، برای سامانه‌های سازه‌ای مقاوم در مقابل انفجار (به ویژه ساختمان‌های گروه ۱ و ۲)، قابل توصیه است.

جداسازها و میراگرها باعث بهبود رفتار کلی سامانه‌های سازه‌ای می‌شوند، لیکن تاثیر چندانی در جلوگیری از خرابی‌های موضعی که می‌توانند باعث گسیختگی‌های پیش‌رونده (فصل ۲۱-۶) شوند، ندارند. بنابراین، این وسایل کاربرد مناسبی در بهبود رفتار سیستم‌های 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 تغییر شکل جداسازها صورت گیرد. در صورت فراهم نبودن فاصله لازم برای تامین ظرفیت تغییر شکل، می توان از تجهیزات کنترلی فعال و غیرفعال مناسب (علاوه بر جداسازها) استفاده نمود. جداسازها و میراگرها باعث کاهش تغییر شکل های کلی و بین طبقاتی سازه می شوند ولی توانایی کاهش سرعت و شتاب حداکثر وارد بر سازه را ندارند.

۲۱-۵- روش های تحلیل و طراحی سازه ها

در این مبحث به عنوان روش اصلی برای تحلیل ساختمان در مقابل فشارهای ناشی از انفجار، از روش دینامیکی غیرخطی و برای طراحی از معیارهای تغییر شکل شامل ضریب شکل پذیری (μ) و دوران های انتهایی اعضا و مفاهیم عملکردی استفاده می شود. به عنوان روش جایگزین، روش تجویزی استاتیکی معادل نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

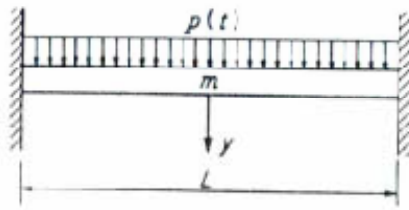
۲۱-۵-۱- تحلیل دینامیکی غیرخطی سازه یک درجه آزادی (SDOF)

مدل تحلیلی پایه، که بیشترین کاربرد را در طراحی انفجاری دارد، روش سازه یک درجه آزادی معادل ارتجاعی - خمیری کامل^۱ (الاستوپلاستیک کامل) می باشد.

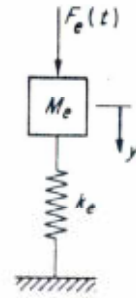
۲۱-۵-۱-۱- سازه یک درجه آزادی معادل

اغلب اعضای سازه ها، دارای بیش از یک درجه آزادی هستند، اما بسیاری از آنها را می توان با دقت کافی به سازه های یک درجه آزادی معادل، تبدیل نمود. بسیاری از تحلیل های دینامیکی سازه های مقاوم در برابر انفجار، بر مبنای سازه یک درجه آزادی معادل است. عناصر اصلی در معرض فشار مستقیم انفجار نظیر قاب های صفحه ای یک طبقه، دیوارهای طره ای، تیرها و دال ها، قابل معادل سازی با سازه یک درجه آزادی می باشند (شکل ۲۱-۵-۱). 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 می شوند که در بند ۲۱-۵-۱-۴ تعریف می شوند.

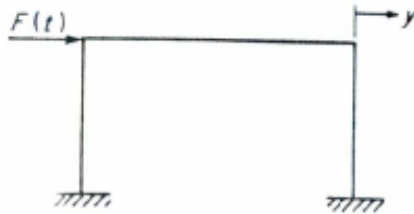
^۱ - از این به بعد این عبارت به صورت ساده ارتجاعی - خمیری بیان می شود.



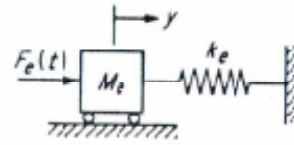
الف - تیر



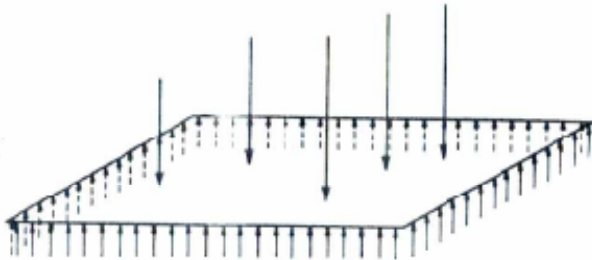
مدل یکدرجه آزادی معادل تیر



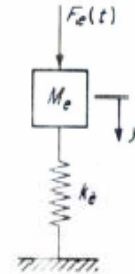
ب- قاب



مدل یکدرجه آزادی معادل قاب



پ- دال



مدل یکدرجه آزادی معادل دال

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

۲۱-۵-۱-۲- بار دینامیکی ضربه‌ای

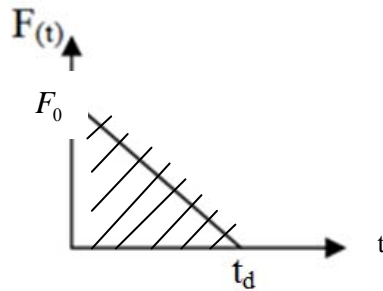
بار تابع زمان انفجار را می‌توان مطابق شکل ۲۱-۵-۲ بصورت مثلثی مدل کرد که مقدار حداکثر آن F_0 و

مدت تأثیر آن بر سازه t_d می‌باشد. در نتیجه نیروی تابع زمان برابر خواهد شد با:

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

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

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



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

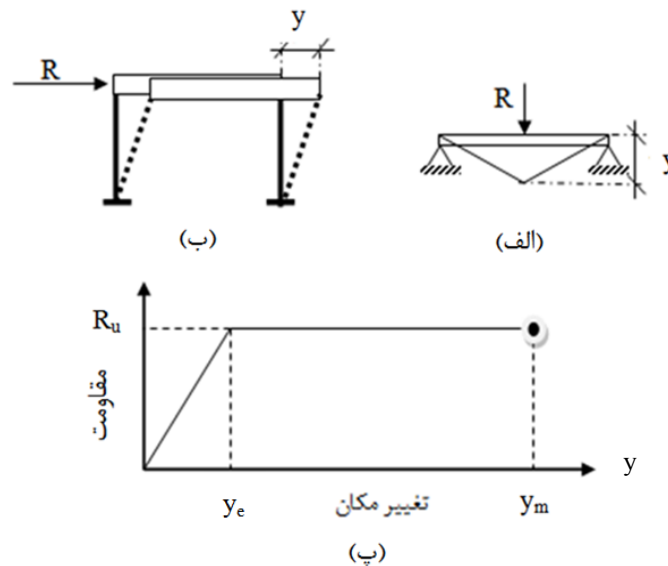
۳-۱-۵-۲۱- سازه یک درجه آزادی ارتجاعی- خمیری

در شکل‌های ۳-۵-۲۱-الف و ب سازه‌های یکدرجه آزادی ارتجاعی- خمیری و در شکل ۳-۵-۲۱-پ نمودار مقاومت سازه در مقابل تغییر شکل آن رسم شده است. در این شکل R نیروی وارده، R_u مقاومت نهایی سیستم یکدرجه آزادی است. با توجه به شکل ۳-۵-۲۱-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 حداکثر نظیر تراز عملکردی

y_e = تغییرمکان حد ارتجاعی



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

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

برای تبدیل سازه با جرم، سختی و بارگذاری گسترده به سازه یکدرجه آزادی معادل ارتجاعی-

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:

$$K_e = K_L \times K \quad \text{سختی معادل}$$

$$M_e = K_M \times M \quad \text{جرم معادل}$$

$$F_e = K_L \times F \quad \text{نیروی معادل}$$

$$R_e = K_L \times R \quad \text{مقاومت معادل}$$

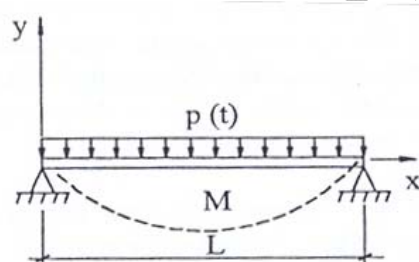
(۴-۵-۲۱)

که در آن‌ها، K_L ، ضریب تبدیل بار یا سختی و K_M ، ضریب تبدیل جرم می‌باشند.

همچنین داریم:

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

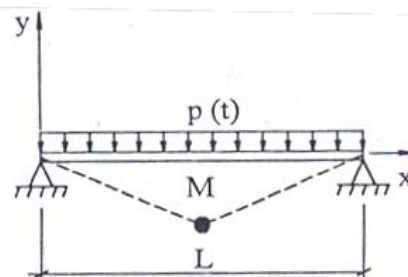
مقادیر ضرایب تبدیل، بستگی به نوع تغییر شکل عضو سازه‌ای دارند. به عنوان مثال، برای تیر ساده شکل ۴-۵-۲۱، بر حسب نوع تغییر شکل در رفتار ارتجاعی و خمیری، مقادیر ضرایب تبدیل متفاوتی بدست می‌آید. در موارد عملی ضرایب تبدیل در طول تحلیل، ثابت فرض می‌شوند. برای انتخاب ضرایب مناسب، از قضاوت مهندسی و متناسب با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



$$\phi_e(x) = \frac{16}{5L^4}(L^3x - 2Lx^3 + x^4)$$

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

(الف) پاسخ ارتجاعی



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

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

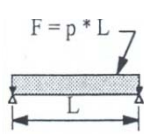
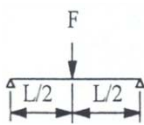
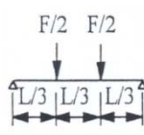
(ب) پاسخ خمیری

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

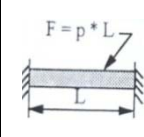
ضرایب تبدیل و روابط واکنش‌های تکیه‌گاهی اعضای مختلف برای بارگذاری و شرایط مختلف تکیه‌گاهی، در جداول ۴-۵-۲۱ تا ۴-۵-۳ ارائه شده است. در این جدول‌ها، M_{pc} ظرفیت خمشی نهایی اسمی مقطع در وسط دهانه و M_{ps} ظرفیت خمشی نهایی اسمی مقطع در تکیه‌گاه است که با ضرب مقاومت مصالح در ضرایب

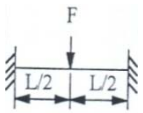
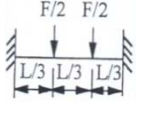
افزایش مقاومت و افزایش دینامیکی (DIF و SIF) و با فرض ضرایب‌های تقلیل ظرفیت برابر یک ($\Phi = 1$) و شکل مقطع، محاسبه می‌شوند.

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

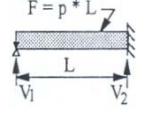
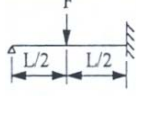
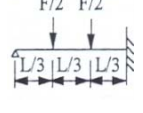
نقاط کنترل	واکنش تکیه‌گاهی دینامیکی (V)	سختی (K)	مقاومت حداکثر (R_u)	ضریب جرم گسترده (K_M)	ضریب جرم متمرکز (K_M)	ضریب سختی و بار (K_L)	محدوده کرنش	بارگذاری
تکیه‌گاهها + وسط دهانه	$0.39R_u + 0.11F$ $0.38R_u + 0.12F$	$\frac{284EI}{\Delta L^3}$	$\frac{8M_{pc}}{L}$ $\frac{8M_{pc}}{L}$	0.50 0.33	— —	0.64 0.50	ارتجاعی خمیری	
تکیه‌گاهها + وسط دهانه	$0.78R_u - 0.28F$ $0.75R_u - 0.25F$	$\frac{48EI}{L^3}$	$\frac{4M_{pc}}{L}$ $\frac{4M_{pc}}{L}$	0.49 0.33	1.00 1.00	1.00 1.00	ارتجاعی خمیری	
تکیه‌گاهها + 1/3 دهانه	$0.52R_u - 0.25F$ $0.52R_u - 0.25F$	$\frac{56}{4} \frac{EI}{L^3}$	$\frac{6M_{pc}}{L}$ $\frac{6M_{pc}}{L}$	0.52 0.56	0.76 1.00	0.87 1.00	ارتجاعی خمیری	

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

نقاط کنترل	واکنش تکیه‌گاهی دینامیکی (V)	سختی (K)	مقاومت حداکثر (R_u)	ضریب جرم گسترده (K_M)	ضریب جرم متمرکز (K_M)	ضریب سختی و بار (K_L)	محدوده کرنش	بارگذاری
تکیه‌گاهها + وسط دهانه	$0.36R_u + 0.14F$ $0.39R_u + 0.11F$	$\frac{284EI}{\Delta L^3}$	$\frac{12M_{ps}}{L}$ $\frac{8(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	0.41 0.50	— —	0.53 0.64	ارتجاعی ارتجاعی خمیری	

	$\cdot/38R_u + \cdot/12F$	$\frac{384EI}{\Delta L^3}$	$\frac{8(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	$\cdot/33$	---	$\cdot/50$	خمیری	
تکیه‌گاه‌ها + وسط دهانه	$\cdot/71R - \cdot/21F$ $\cdot/75R_u - \cdot/25F$	$\frac{192EI}{L^3}$	$\frac{4(M_{ps} + M_{pc})}{L}$ $\frac{4(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	$\cdot/37$ $\cdot/33$	$1/00$ $1/00$	$1/00$ $1/00$	ارتجاعی خمیری	
تکیه‌گاه‌ها $\frac{1}{3} +$ دهانه	$\cdot/53R - \cdot/3F$ $\cdot/52R_u - \cdot/2F$	$\frac{56}{4}EI$ L^3	$\frac{6(M_{ps} + M_{pc})}{L}$ $\frac{6(M_{ps} + M_{pc})}{L}$	$\cdot/52$ $\cdot/56$	$\cdot/76$ $1/00$	$\cdot/87$ $1/00$	ارتجاعی خمیری	

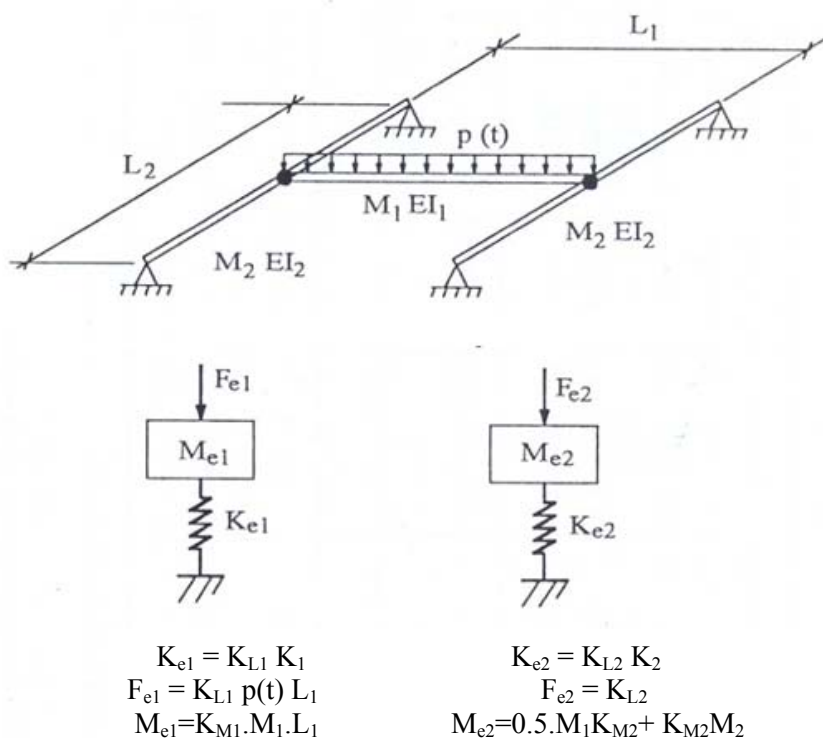
جدول ۲۱-۵-۳- ضرایب تبدیل برای اعضای یک طرفه (نظیر دیوار، ستون، سقف، قاب) با تکیه‌گاه‌های ساده و گیردار

نقاط کنترل	واکنش تکیه‌گاهی دینامیکی (V)	سختی (K)	مقاومت حداکثر (R_u)	ضریب جرم گسترده (K_M)	ضریب جرم متمرکز (K_M)	ضریب سختی و بار (K_L)	محدوده کرنش	بارگذاری
تکیه‌گاه‌ها + وسط دهانه	$V_1 = \cdot/26 R + \cdot/12F$ $V_2 = \cdot/43 R + \cdot/19F$ $\cdot/39 R + \cdot/11 F \pm M_{ps}/L$ $\cdot/38 R_u + \cdot/12F \pm M_{ps}/L$	$\frac{185EI}{L^3}$ $\frac{384EI}{\Delta L^3}$	$\frac{8 M_{ps}}{L}$ $\frac{4(M_{ps} + 2 M_{pc})}{L}$ $\frac{4(M_{ps} + 2 M_{pc})}{L}$	$\cdot/45$ $\cdot/50$ $\cdot/33$	---	$\cdot/58$ $\cdot/64$ $\cdot/50$	ارتجاعی ارتجاعی خمیری خمیری	
تکیه‌گاه‌ها + وسط دهانه	$V_1 = \cdot/25 R + \cdot/7F$ $V_2 = \cdot/54 R + \cdot/14F$ $\cdot/78 R - \cdot/28 F \pm M_{ps}/L$ $\cdot/75 R_u - \cdot/25F \pm M_{ps}/L$	$\frac{107EI}{L^3}$ $\frac{48EI}{L^3}$	$\frac{16 M_{ps}}{3L}$ $\frac{2(M_{ps} + 2 M_{pc})}{L}$ $\frac{2(M_{ps} + 2 M_{pc})}{L}$	$\cdot/43$ $\cdot/49$ $\cdot/33$	$1/00$ $1/00$ $1/00$	$1/00$ $1/00$ $1/00$	ارتجاعی ارتجاعی خمیری خمیری	
تکیه‌گاه‌ها $\frac{1}{3} +$ دهانه	$V_1 = \cdot/17 R + \cdot/17F$ $V_2 = \cdot/33 R + \cdot/33F$ $\cdot/525 R - \cdot/25 F \pm M_{ps}/L$ $\cdot/52 R_u - \cdot/2F \pm M_{ps}/L$	$\frac{122EI}{L^3}$ $\frac{56EI}{L^3}$	$\frac{6 M_{ps}}{L}$ $\frac{2(M_{ps} + 2 M_{pc})}{L}$ $\frac{2(M_{ps} + 2 M_{pc})}{L}$	$\cdot/45$ $\cdot/52$ $\cdot/56$	$\cdot/67$ $\cdot/76$ $1/00$	$\cdot/81$ $\cdot/87$ $1/00$	ارتجاعی ارتجاعی خمیری خمیری	

۲۱-۵-۱-۵- جرم سازه یک‌درجه آزادی معادل

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

در تحلیل دینامیکی چند سازه یک‌درجه آزادی که نشان‌دهنده سازه اصلی هستند، باید مقادیر جرم اعضا و شرایط تکیه‌گاهی هر عضو تخمین زده شود. برای تخمین جرم تیر اصلی که نگه‌دارنده بخشی از تیرهای فرعی یا دال‌ها است، باید مطابق شکل ۲۱-۵-۵ بخشی از جرم تیر فرعی یا دال نیز اضافه شود. اغلب قضاوت مهندسی بجای روش‌های محاسباتی، استفاده می‌شود. یکی از این پیشنهادها اضافه نمودن ۲۰ درصد جرم اعضای نگه‌داری شده به جرم اعضای نگه‌دارنده (تکیه‌گاهی) برای ساختمان‌های بتنی با دال و تیر مسلح می‌باشد. برای سازه نشان داده شده در شکل ۲۱-۵-۵، ۵۰٪ جرم تیر فرعی به جرم وسط تیر بام اضافه می‌گردد.



تیر اصلی سازه یک‌درجه آزادی تیر فرعی سازه یک‌درجه آزادی

شکل ۲۱-۵-۵- توزیع جرمی سازه چند عضوی

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

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

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

پس از تعیین مشخصات سازه یک‌درجه آزادی معادل، آن را تحت بار دینامیکی وارده، به یکی از روش‌های دینامیکی تحلیل نموده و تغییرشکل حداکثر (y_m) محاسبه می‌شود. با انجام تحلیل استاتیکی نیز تغییرمکان (y_e) تعیین شده و از رابطه ۲۱-۵-۳، ضریب شکل‌پذیری (μ) به دست می‌آید.

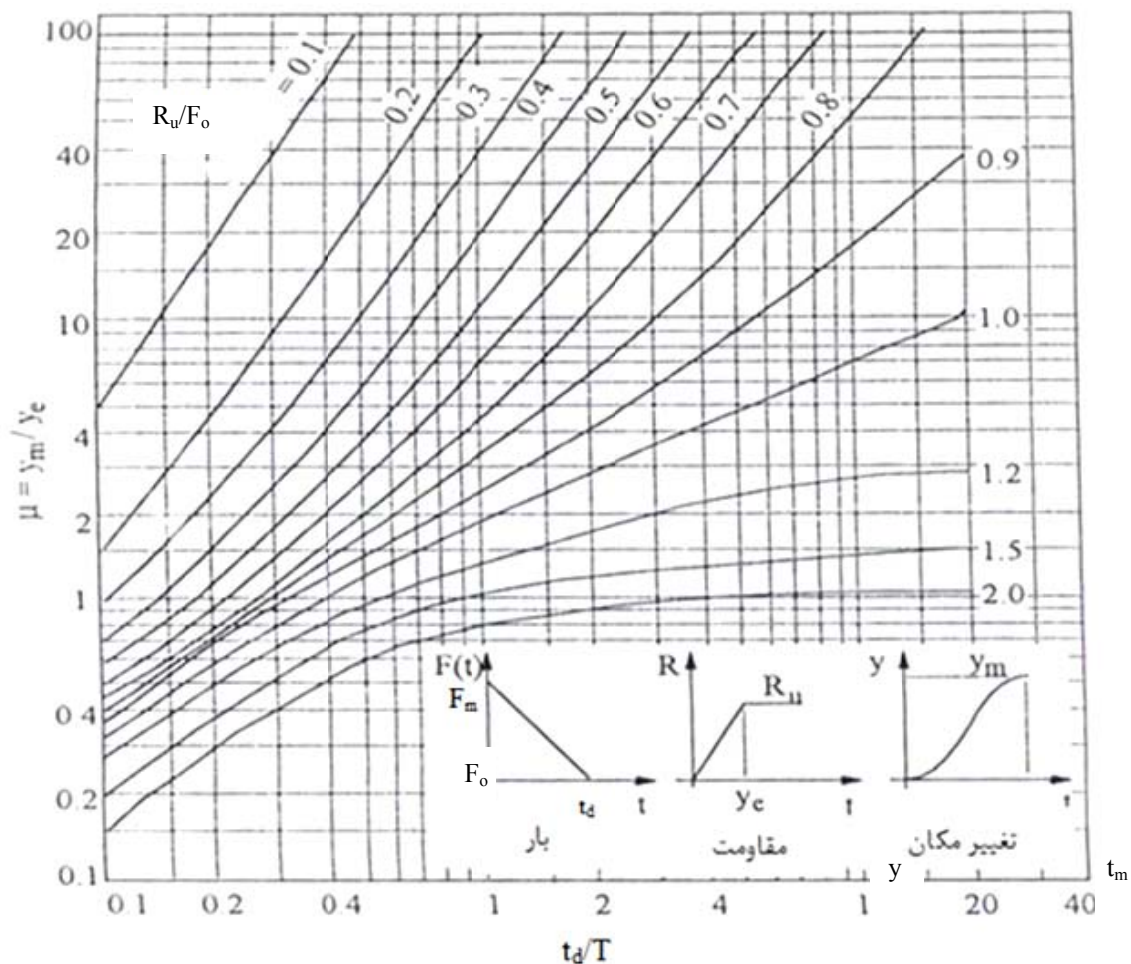
تغییرشکل عضو، صرفاً بر اثر بارهای ناشی از انفجار محاسبه شده و فرض می‌شود بارهای عادی طراحی بر تغییرشکل عضو بی‌تاثیر است. فرض بر آن است که انرژی کرنشی معادل، گشتاور خمشی، نیروی برشی، تغییرمکان، سرعت و شتاب سازه یک‌درجه آزادی، برابر پاسخ نقاط کنترلی سازه اصلی باشد. نقاط کنترل، معمولاً نقاطی از سازه هستند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

۲۱-۵-۱-۸- محاسبه ضریب شکل‌پذیری (μ) به روش ترسیمی
 بار انفجاری (F_t)، به طور نسبی دارای مدت زمان تداوم کوتاهی است و بار دینامیکی ضربه‌ای، محسوب می‌شود. حل ترسیمی معادله تعادل دینامیکی سازه یک‌درجه آزادی برای این نوع بارگذاری، با استفاده از نمودارها و منحنی‌های بی بعد، انجام می‌شود.

برای محاسبه بیشترین مقدار شکل‌پذیری (μ) مورد نیاز، در بارگذاری‌های ضربه‌ای مثلثی از نمودارهای شکل ۲۱-۵-۶ استفاده می‌شود. در این شکل، F_o حداکثر نیروی اعمال شده، t_d مدت زمان تداوم بارگذاری، R_{II} مقاومت نهایی (گشتاور خمشی یا نیروی برشی) و T_e زمان تناوب سازه یک‌درجه آزادی معادل، می‌باشد که از رابطه ۲۱-۵-۶، برحسب ثانیه، به دست می‌آید. نمودار توابع مقاومت و تغییرمکان ارتجاعی - خمیری نیز در شکل آمده است.

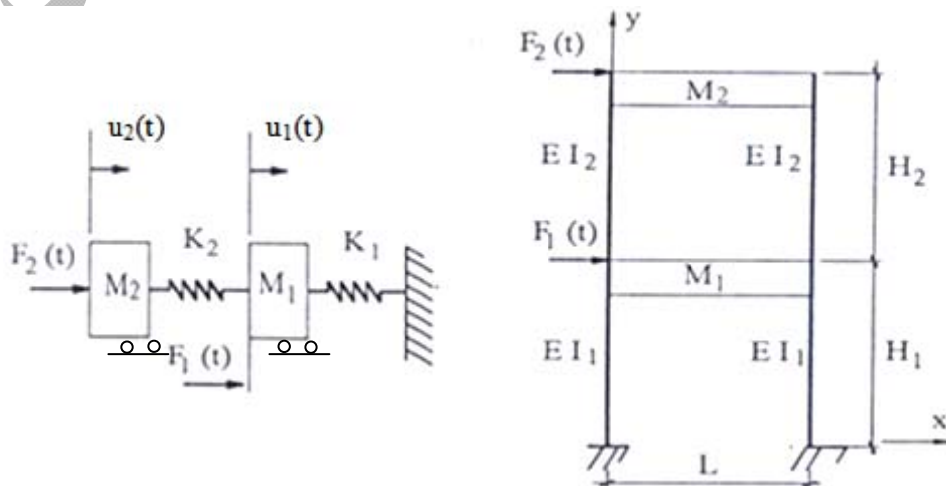
$$T_e = 2\pi \sqrt{\frac{M_e}{K_e}} \quad (۲۱-۵-۶)$$

با محاسبه $\frac{t_d}{T_e}$ و $\frac{R_{II}}{F_o}$ و به کمک نمودارهای شکل ۲۱-۵-۶، مقدار ضریب شکل‌پذیری (μ) تعیین شده و به کمک آن می‌توان تغییرشکل خمیری (y_m) را از رابطه ۲۱-۵-۳ و در نتیجه چرخش در نقاط کنترلی عضو سازه‌ای را تعیین نمود. از این ضریب (μ) برای مقایسه با معیارهای پذیرش عملکرد نیز استفاده می‌شود.



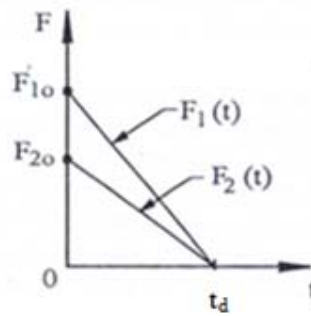
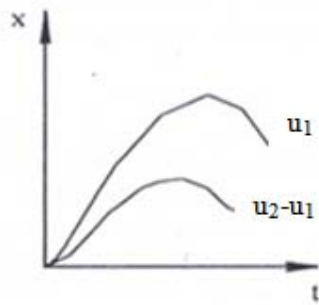
شکل ۲۱-۵-۶- نمودار تعیین ضریب شکل‌پذیری برای سازه یک درجه آزادی

۲۱-۵-۲- تحلیل دینامیکی غیرخطی سازه چند درجه آزادی (MDOF) در سازه‌های با قاب‌های چندطبقه و سازه‌های با جرم‌های متمرکز متعدد، باید از مدل چند درجه آزادی برای تحلیل دینامیکی آن‌ها، استفاده کرد. مثالی از این مدل‌ها در شکل ۲۱-۵-۷ ارائه شده است. این ساختمان ۲ طبقه در معرض نیروهای ضربه‌ای جانبی قرار گرفته است. برای استفاده از این روش، نیاز به بهره‌گیری از تحلیل‌های غیر خطی اجزای محدود به کمک رایانه می‌باشد.



الف: ساختمان دوطبقه

ب: مدل سازه دو درجه آزادی



ت: پاسخ دینامیکی غیر خطی

ب: نیروی خارجی

شکل ۷-۵-۲۱- نمونه‌ای از سازه چند درجه آزادی MDOF

۳-۵-۲۱- 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:

$$1.0(DL) + 0.4(LL) + 1.0(BL)$$

(۷-۵-۲۱)

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

۴-۵-۲۱ - 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 شکل‌پذیری μ و میزان دوران حداکثر θ_m)

پ- محدودیت تغییر شکل جانبی نسبی طبقات

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

الف- سطوح عملکرد

سطوح عملکرد مطابق فصل اول این مبحث تعیین می‌شوند.

ب- محدودیت تغییر شکل اعضاء (ضوابط پذیرش)

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

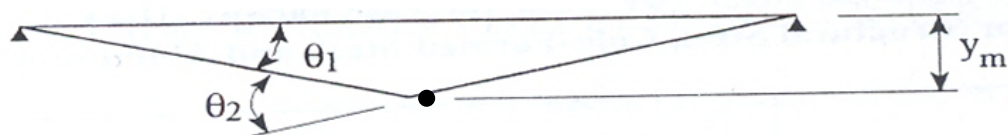
در طراحی متعارف سازه‌ها، تنش‌های ایجاد شده در اعضا با تنش‌های مجاز، مقایسه و کنترل می‌شوند. تغییر شکل‌ها نیز بیشتر جهت ملاحظات معماری یا بهره‌برداری کنترل می‌شوند. اما در طراحی انفجاری میزان تغییر شکل‌ها، مبنایی برای قضاوت پذیرش سازه بر اساس سطح عملکرد آن می‌باشد. این محدودیت‌ها، بر اساس مقادیر آزمایشگاهی یا شواهد تجربی، تعیین می‌شوند. از آنجا که بارهای ناشی از انفجار قابل پیش‌بینی دقیق نیستند، مقدار محافظه‌کارانه‌ای برای اطمینان از عملکرد سازه، در نظر گرفته می‌شود.

روش اولیه برای اندازه‌گیری پاسخ سازه، تعیین ضریب شکل‌پذیری (μ) برای اعضای سازه‌ای می‌باشد (رابطه ۳-۵-۲۱). این مقدار، مشخصه‌ای از درجه پاسخ غیر ارتجاعی 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 ناپایداری در نواحی بحرانی عضو می‌باشد. این مقدار، با دو روش تعیین می‌شود (شکل ۸-۵-۲۱). روش اول تعیین دوران مفصل نسبت به تکیه‌گاه θ_1 و روش دوم، دوران مفصل در وسط دهانه θ_2 است. در این مبحث، از روش اول استفاده شده و مقادیر مجاز آن، بر اساس سطح عملکرد، در جداول ۴-۵-۲۱ تا ۷ ارائه شده است.

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

تیر یا دال



θ_1 دوران مفصل در تکیه‌گاه =

$$\theta_m = \theta_1 = \frac{y_m}{L/n}$$

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

n وابسته به محل نقاط کنترلی است

شکل ۸-۵-۲۱ - دوران مفصل خمیری

مقادیر ضریب شکل پذیری (μ) و دوران تکیه‌گاهی 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 می‌کنند. ضریب شکل پذیری، به عنوان مقیاس اولیه پاسخ برای اعضا و چرخش مفصل، به عنوان ضابطه کنترل کننده در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۲۱-۵-۴- معیارهای پذیرش بتن مسلح

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 مسلح
۱۰°	----	۵°	----	۲°	----	----	۱	تیرها و دال 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 پیش تنیده
----	۱	----	۰/۹	----	۰/۸	----	۰/۷	تیرها و دال‌ها با $w_p > 0.3$
۲°	$\frac{۰/۳۳}{w_p}$	۱/۵°	$\frac{۰/۲۹}{w_p}$	۱°	$\frac{۰/۲۵}{w_p}$	----	۰/۸	تیرها و دال‌ها با $0.15 < w_p < 0.3$
۲°	$\frac{۰/۳۳}{w_p}$	۱/۵°	$\frac{۰/۲۹}{w_p}$	۱°	$\frac{۰/۲۵}{w_p}$	----	۰/۸	تیرها و دال‌ها با $w_p < 0.15$ بدون میلگرد برشی
۳°	----	۲°	----	۱°	----	----	۱	تیرها و دال‌ها با $w_p < 0.15$ با میلگرد برشی

مقدار w_p به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$w_p = \left(\frac{A_{ps}}{bd} \right) \left(\frac{f_{ps}}{f'_c} \right)$$

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 با 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}	
								بنایی
8°	----	4°	----	$1/5^\circ$	----	----	۱	غیرمسلح
15°	----	8°	----	2°	----	----	۱	مسلح

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

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}	
								فولاد نورد گرم
20°	۲۵	10°	۱۲	3°	۳	----	۱	تیرها با مقطع فشرده
----	۱/۲	----	۱	----	۰/۸۵	----	۰/۷	تیرها با مقطع غیرفشرده
12°	۴۰	6°	۲۰	2°	۸	1°	۴	خمش درون صفحه حول محور ضعیف
								تیرچه‌های جان باز
10°	----	6°	----	3°	----	----	۱	بارگذاری روبه پایین
----	۳	----	۲	----	۱/۵	----	۱	بارگذاری رو به بالا
----	۱	----	۰/۹	----	۰/۸	----	۰/۷	پاسخ برشی

فولاد نورد سرد								
۲۰°	----	۱۰°	----	۳°	----	----	۱	لاپه‌ها
----	۱	----	۰/۹	----	۰/۸	----	۰/۵	ستونک
----	۳	----	۲	----	۱	----	۰/۵	ستونک دیوار که از بالا و پایین متصل‌اند
۵°	۵	۲°	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	۲°	۳	۱/۳°	۱/۸	----	۱	صفحه‌های کروگیت (یکطرفه) با پوسته کششی محدود

عبیر فابریک استناد

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

سطح عملکرد (خسارت مورد انتظار)								نوع
بی دفاع (خیلی شدید)		آستانه فروریزش (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}	
----	۴	----	۳	----	۲	----	۱	چوب
								درهای انفجاری
----	----	۱۲	۲۰	۶	۱۰	۱	۳	پیش ساخته (صفحه‌های کامپوزیت و سخت‌کننده‌ها)
----	----	۱۲	۴۰	۶	۲۰	۱	۳	صفحه‌ها (صلب)

پ- محدودیت تغییر شکل جانبی قاب‌ها

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

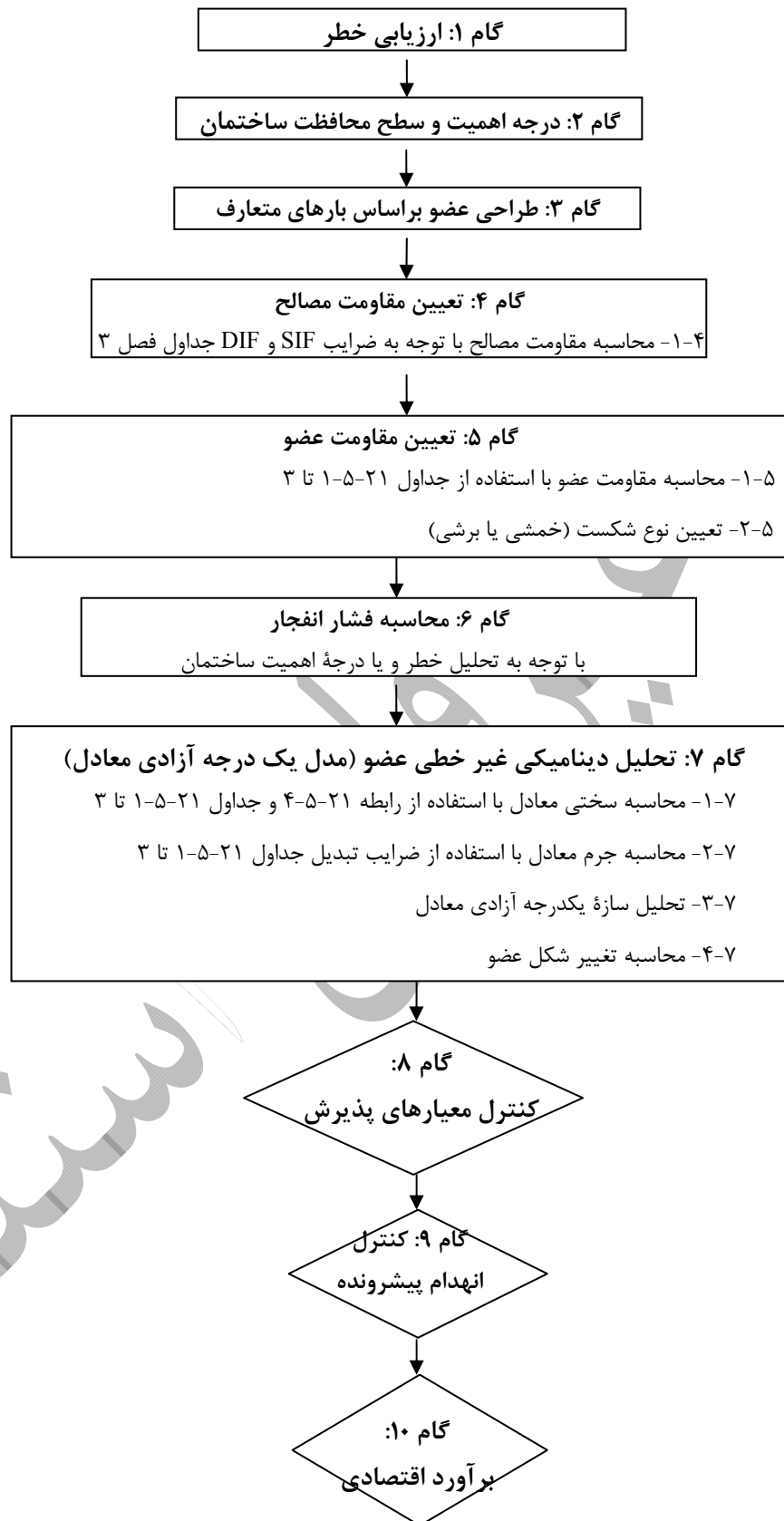
جدول ۲۱-۵-۸- محدودیت تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

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

H: ارتفاع طبقه می‌باشد.

۲۱-۵-۵- فرآیند تحلیل و طراحی

شکل ۲۱-۵-۹ روند نهایی فرآیند طراحی سامانه‌های یک‌درجه آزادی معادل را مطابق روش دینامیکی غیر خطی نشان می‌دهد.



شکل ۲۱-۵-۹- روند نهایی کار طراحی سازه غیرمدفون

۲۱-۵-۶- روش استاتیکی معادل

در سازه‌های ساده، به جای روش دینامیکی غیرخطی، می‌توان از روش استاتیکی معادل استفاده نمود. این روش می‌تواند مطابق گام‌های زیر انجام شود.

گام ۱- بارگذاری

برحسب اهمیت سازه، از جدول ۲۱-۱-۳ 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 مقدار فشار دینامیکی، فشار استاتیکی معادل محاسبه می‌گردد.

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

$$T = \frac{\alpha}{\pi} \sqrt{\frac{C \times L^4}{g \times E_d \times I}} \quad (۲۱-۵-۸)$$

که در آن:

C: وزن واحد طول عضو

L: طول عضو

E_d: مدول الاستیسیته دینامیکی

I: ممان اینرسی مقطع

g: شتاب ثقل

α: مساوی ۲ برای تیرهای دو سر ساده، مساوی ۰/۸۹ برای تیرهای دو سر گیردار و ۱/۲۸ برای تیر یکسر ساده و یکسر گیردار است.

زمان تناوب دال‌ها وابسته به مشخصات هندسی، مصالح و شرایط تکیه‌گاهی آن‌ها است. مثلاً برای

دال‌های مستطیلی با تکیه‌گاه مفصلی در هر چهار طرف زمان تناوب برابر است با:

$$T = \frac{2}{\pi} \left[\frac{a^2 b^2}{a^2 + b^2} \right] \sqrt{\frac{m}{D}} \quad (۲۱-۵-۹)$$

برای دال‌های مستطیلی با تکیه‌گاه گیردار در هر چهار وجه، زمان تناوب برابر است با:

$$T = \frac{2\pi}{3} \sqrt{\frac{2\bar{m}}{7D \left(\frac{1}{a^4} + \frac{4}{7} \cdot \frac{1}{a^2 b^2} + \frac{1}{b^4} \right)}} \quad (10-5-21)$$

که در روابط فوق:

a : طول دال

b : عرض دال

\bar{m} : جرم واحد سطح دال

D : صلبیت خمشی دال برابر با $\frac{E_d h^3}{12(1-\nu^2)}$

E_d : مدول الاستیسیته دینامیکی

h : ضخامت دال

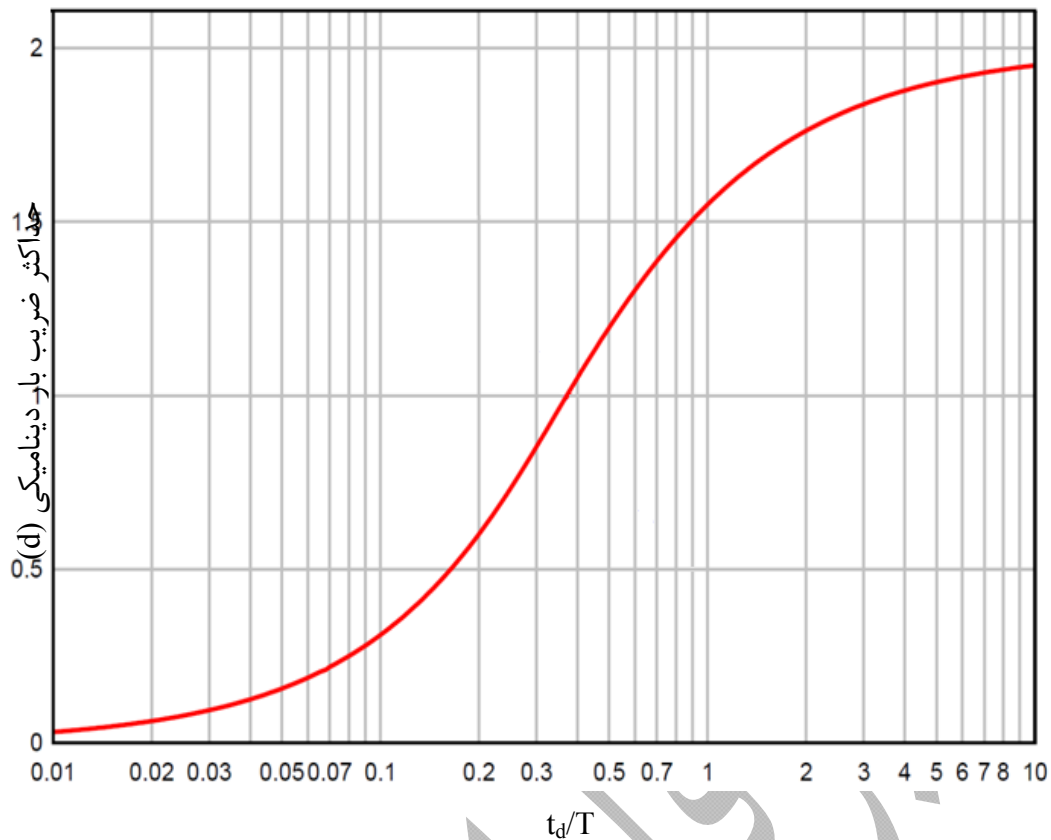
ν : ضریب پوواسون

مدول الاستیسیته دینامیکی (E_d) حدود $1/5$ برابر مدول الاستیسیته استاتیکی مصالح (E) می‌باشد.

برای تمامی اعضا می‌توان با مدل‌سازی عضو به صورت منفرد؛ زمان تناوب را با استفاده از روش‌های اجزای محدود و با فرض رفتار خطی مصالح محاسبه نمود. باید توجه نمود شرایط مرزی عضو تا حد امکان نمایانگر شرایط مرزی واقعی باشد. در چنین تحلیلی مدول الاستیسیته دینامیکی مصالح (E_d)، $1/25$ برابر مدول الاستیسیته استاتیکی آن‌ها فرض می‌گردد.

سپس با استفاده از شکل ۱۰-۵-۲۱ ضریب بار دینامیکی محاسبه می‌شود. در این شکل t_d مدت زمان

تأثیر نیروی دینامیکی و T دوره تناوب عضو می‌باشد.



شکل ۲۱-۵-۱۰- ضریب بار دینامیکی برای انفجار با فاصله

فشار استاتیکی معادل وارد بر عضو از رابطه‌ی ۲۱-۵-۱۱ محاسبه می‌گردد:

$$(۲۱-۵-۱۱)$$

$$W_u = d \times W$$

W_u : فشار استاتیکی معادل وارد بر عضو

d : ضریب بار دینامیکی

W : فشار ناشی از انفجار مطابق گام ۱

گام ۳- طراحی

برای هر عضو حداکثر فشار قابل تحمل باید بر مبنای مقاومت نهایی آن‌ها محاسبه شود. ظرفیت خمشی نهایی تیرها و دال‌ها بر اساس تحلیل خمیری و نظریه خطوط گسیختگی از جدول‌های ۲۱-۵-۱۰ تا ۲۱-۵-۱۲ محاسبه می‌گردد. در محاسبه‌ی ظرفیت خمشی اعضا، ضرایب ایمنی ϕ در ضریب ۱/۱ ضرب می‌شوند ($\phi_d = 1.1\phi$). ضرایب اضافه مقاومت مصالح شامل ضرایب SIF و DIF نیز با مقادیر مناسب در محاسبات لحاظ می‌شود. با استفاده از جداول ۲۱-۵-۱۰ تا ۲۱-۵-۱۲ بر مبنای ظرفیت خمشی، حداکثر بار گسترده‌ی (W_T) محاسبه می‌گردد.

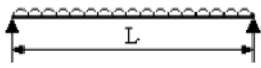
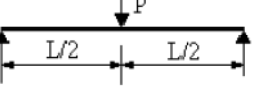
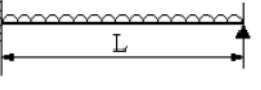
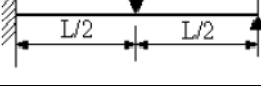
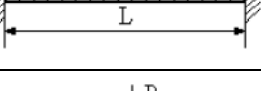
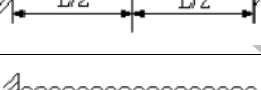

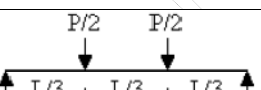

ضریب اطمینان عضو (نسبت W_u به W_r) نباید از ضرایب اطمینان مندرج در جدول ۹-۵-۲۱ کمتر شود. ضریب اطمینان سازه براساس سطح عملکرد مفروض برای آن تعیین می‌گردد.

جدول ۹-۵-۲۱ - ضرایب اطمینان

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

عبیر فایل
استاندارد

جدول ۲۱-۵-۱۰- ظرفیت نهایی تیرها

شرایط تکیه‌گاهی و بارگذاری	مقاومت نهایی
	$W_r = \frac{8M_p}{L^2}$
	$P_r = \frac{4M_p}{L}$
	$W_r = \frac{4(M_N + 2M_p)}{L^2}$
	$P_r = \frac{2(M_N + 2M_p)}{L}$
	$W_r = \frac{8(M_N + M_p)}{L^2}$
	$P_r = \frac{4(M_N + M_p)}{L}$
	$W_r = \frac{2M_N}{L^2}$
	$P_r = \frac{M_N}{L}$
	$P_r = \frac{6M_p}{L}$

M_p : لنگر خمیری مثبت

M_N : لنگر خمیری منفی

جدول ۲۱-۵-۱۱- ظرفیت نهایی دال‌های دوطرفه (خطوط تسلیم مقارن)

شرایط تکیه‌گاهی	خطوط تسلیم	حد	مقاومت نهایی W_r
دو لبه متکی دو لبه آزاد		$x \leq L$	یا $\frac{5(M_{HN} + M_{HP})}{x^2}$ یا $\frac{6LM_{VN} + (5M_{VP} - M_{VN})x}{H^2(3L - 2x)}$
		$y \leq H$	یا $\frac{5(M_{VN} + M_{VP})}{y^2}$ یا $\frac{6HM_{HN} + (5M_{HP} - M_{HN})y}{L^2(3H - 2y)}$
سه لبه متکی یک لبه آزاد		$x \leq L/2$	یا $\frac{5(M_{HN} + M_{HP})}{x^2}$ یا $\frac{2M_{VN}(3L - x) + 10xM_{VP}}{H^2(3L - 4x)}$
		$y \leq H$	یا $\frac{5(M_{VN} + M_{VP})}{y^2}$ یا $\frac{4(M_{HN} + M_{HP})(6H - y)}{L^2(3H - 2y)}$
چهار لبه متکی		$x \leq L/2$	یا $\frac{5(M_{HN} + M_{HP})}{x^2}$ یا $\frac{8(M_{VN} + M_{VP})(3L - x)}{H^2(3L - 4x)}$
		$y \leq H/2$	یا $\frac{5(M_{VN} + M_{VP})}{y^2}$ یا $\frac{8(M_{HN} + M_{HP})(3H - y)}{L^2(3H - 4y)}$

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

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

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

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

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

شرایط تکیه‌گاهی	خطوط تسلیم	حد	مقاومت نهایی (۱۷)
دو لبه متکی دو لبه آزاد		$x \leq L$ $y \leq H$	<p>مطابق جدول ۲۱-۵-۱۱</p>
سه لبه متکی یک لبه آزاد		$x \leq L/2$ $y \leq H$	$\frac{5(M_{HVI} + M_{HPI})}{x_1^2} \leq \frac{5(M_{HNS} + M_{HP})}{x_2^2} \leq \frac{(5M_{VP} - M_{VNS})(x_1 + x_2) + 6M_{VNS}L}{H^2(3L - 2x_1 - 2x_2)}$ $\frac{(M_{HVI} + M_{HP})(6H - y)}{x^2(3H - 2y)} \leq \frac{(M_{HNS} + M_{HP})(6H - y)}{(L - x)^2(3H - 2y)} \leq \frac{5(M_{VNS} + M_{VP})}{y^2}$
چهار لبه متکی		$x \leq L/2$ $y \leq H/2$	$\frac{(M_{VNI} + M_{VP})(6L - x_1 - x_2)}{y^2(3L - 2x_1 - 2x_2)} \leq \frac{(M_{VNS} + M_{VP})(6L - x_1 - x_2)}{(H - y)^2(3L - 2x_1 - 2x_2)}$ $\frac{5(M_{HNI} + M_{HP})}{x_1^2} \leq \frac{5(M_{HNS} + M_{HP})}{x_2^2}$ $\frac{5(M_{VNI} + M_{VP})}{y_1^2} \leq \frac{5(M_{VNS} + M_{VP})}{y_2^2}$ $\frac{(M_{HNI} + M_{HP})(6H - y_1 - y_2)}{x^2(3H - 2y_1 - 2y_2)} \leq \frac{(M_{HNS} + M_{HP})(6H - y_1 - y_2)}{(L - x)^2(3H - 2y_1 - 2y_2)}$

۲۱-۶- 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.

۲۱-۶-۱- 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 ۲۱-۳ تا ۲۱-۵ می‌باشد. در صورت عدم تحقق، روش دیگر، پذیرش تخریب‌های موضعی و اندیشیدن تدبیری برای جلوگیری از گسترش این تخریب‌ها به بخش‌های دیگر سازه است.

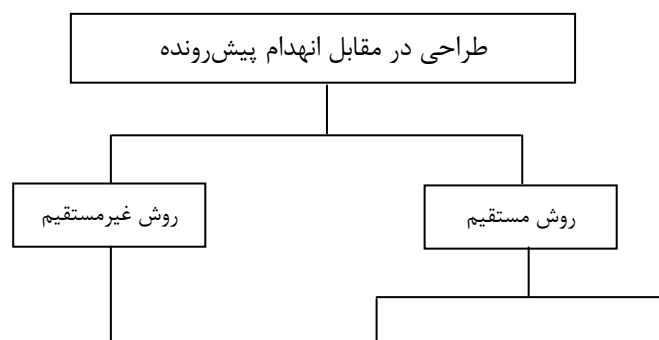
۲۱-۶-۲- ره‌یافت‌های طراحی

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

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

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

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



روش مقاومت
کلافی

روش
ظرفیت ویژه

روش مسیر
جایگزین

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

۲۱-۶-۳- انتخاب روش طراحی

همانطور که در فصل اول عنوان گردید، ۵ گروه اهمیت برای ساختمان‌ها تعریف می‌شود:

۱- اهمیت ویژه

۲- اهمیت بسیار زیاد

۳- اهمیت زیاد

۴- اهمیت متوسط

۵- اهمیت کم

برحسب سطح اهمیت موردنظر، دو روش طراحی در مقابل انهدام پیش‌رونده وجود دارد؛ روش مقاومت کلافی و روش مستقیم (روش مسیر جایگزین یا مقاومت ویژه). برای ساختمان‌های گروه ۴ و ۵، فقط نیاز به مقاومت کلافی افقی است. برای ساختمان‌های گروه ۳، به هر دو مقاومت کلافی افقی و قائم نیاز است. در صورت عدم تامین مقاومت کلافی قائم، می‌توان از روش مسیر جایگزین استفاده نمود.

برای ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، باید علاوه بر مقاومت کلافی افقی و مقاومت کلافی قائم، شرایط مسیر جایگزین نیز باید تامین گردد. در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، 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 چشمه‌های کف‌ها و بام، بطور جداگانه برای فشار رو به بالای خالص مساوی وزن دال و نصف بار زنده طراحی شوند $(1.0D + 0.5L)$.

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

۲۱-۶-۴- ضوابط روش مقاومت کلافی

در هر سازه قابی باید کلاف‌های زیر تعبیه گردد:

۱- کلاف‌های داخلی

۲- کلاف‌های محیطی

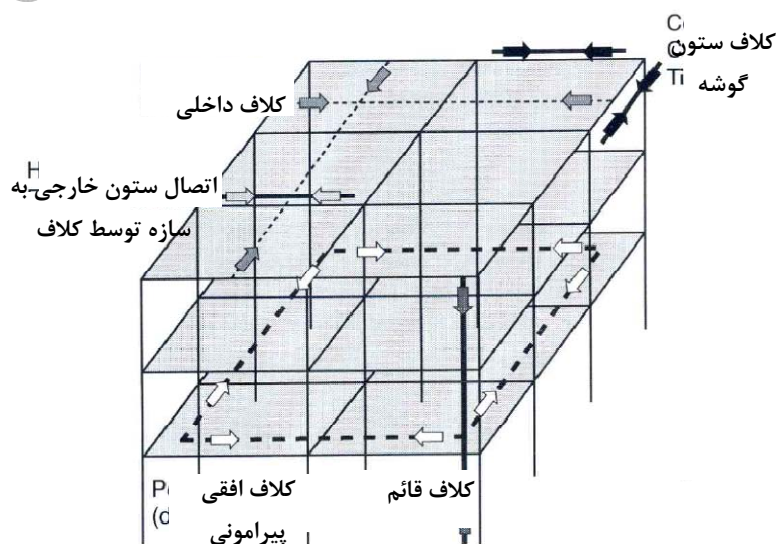
۳- کلاف‌های افقی به ستون‌ها یا دیوارهای خارجی

۴- کلاف‌های ستون گوشه

۵- کلاف‌های قائم

شکل ۲۱-۶-۲ کلاف‌بندی لازم در قاب ساختمانی را نشان می‌دهد، کلاف‌ها باید الزامات زیر را برآورده نمایند:

- ۱- کلاف‌های داخلی در تراز کف‌ها و بام در دو امتداد متعامد بصورت مستقیم و پیوسته از یک لبه تا لبه مقابل امتداد دارند.
- ۲- آرماتورهای کلاف‌ها می‌تواند دارای وصله پوششی، جوشی و یا مکانیکی باشند.
- ۳- کلاف‌های داخلی باید به کلاف‌های محیطی مهار شوند. کلاف‌های داخلی می‌توانند در ضخامت دال و یا تیرها تعبیه شوند.
- ۴- کلاف‌های محیطی باید در کف‌ها یا بام در محیط ساختمان و در محدوده عرض $1/2$ متری از لبه محیط به داخل تعبیه گردند.
- ۵- در تراز کف‌ها و بام، لازمست کلاف‌های افقی، ستون‌های خارجی را به سازه داخلی متصل نمایند. لزومی به پیوستگی این کلاف‌ها نیست و فقط باید در دو انتها مهار شوند.
- ۶- در تراز کف و بام، لازمست کلاف‌های افقی در دو امتداد متعامد، ستون‌های گوشه را به سازه داخلی متصل نمایند.
- ۷- به منظور تامین کلاف‌های قائم، لازمست ستون‌ها از تراز فونداسیون تا بالاترین تراز بصورت ممتد ادامه یابند.
- ۸- فاصله آزاد بین کلاف‌های قائم نباید از ۵ متر تجاوز کند.
- ۹- وصله ستون در ارتفاع طبقه باید در $\frac{1}{3}$ 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 تنهایی صادق باشد.
- ۱۱- تمام مسیرهای انتقال بار در کلاف‌ها باید به صورت مستقیم باشد و تغییر جهت در مسیر بازشوها مجاز نمی‌باشد.



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

۲۱-۶-۴-۱- مقاومت کلاف‌ها

آرماتورهای تعبیه شده برای کلاف‌ها برای سایر مقاصد طراحی، می‌تواند به عنوان بخشی از آرماتور لازم برای کلاف منظور شود. مقاومت لازم برای کلاف‌ها بصورت زیر محاسبه می‌شود:
الف: مقاومت کلاف‌های داخلی باید بزرگتر از مقادیر زیر باشد (تن بر واحد عرض دال):

$$(۱-۶-۲۱)$$

$$1- \left(\frac{1.0D + 1.0L}{7.5} \right) \left(\frac{\ell_r}{5} \right) F_t$$

یا

$$(۲-۶-۲۱)$$

$$2- F_t$$

D = بار مرده (تن بر مترمربع)

L = بار زنده (تن بر مترمربع)

ℓ_r = حداکثر فاصله بین مراکز ستون‌ها، قاب‌ها یا دیوارهایی که دو چشمه مجاور را در امتداد کلاف موردنظر تحمل می‌کنند (متر)

F_t = مقاومت پایه که کوچکترین دو مقدار $(2 + 0.4N)$ 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 مساوی بزرگترین مقدارهای زیر را داشته باشند:

$$1- \text{کمترین } 2.0F_t \text{ یا } \left(\frac{\ell_s}{2.5} \right) F_t$$

ℓ_s = ارتفاع کف تا کف برحسب متر

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

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

برای محاسبه مقاومت طرح کلاف‌ها، ضریب کاهش مقاومت $\Phi = 0.75$ منظور می‌شود. کلاف‌ها باید بطور کامل وصله شده و در دو انتها بطور کامل مهار شوند.

۲۱-۶-۵- 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 نقطه‌ای 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 خطی و یا غیرخطی استفاده نمود. در این بخش فقط روش‌های خطی 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 ۳-۶-۲۱). 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

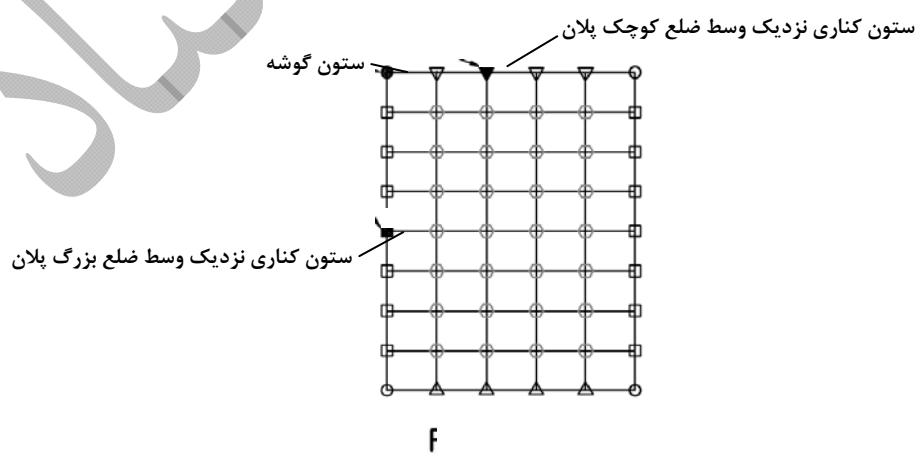
- طبقه زیرین بام

- طبقه در ارتفاع میانی

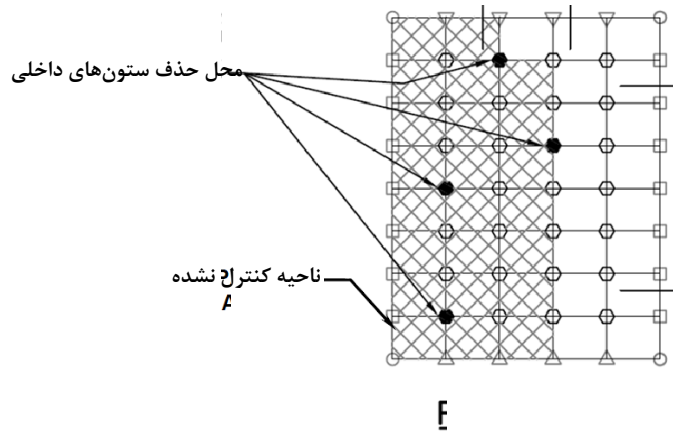
- طبقه بالای نقطه‌ای که ابعاد ستون‌ها عوض می‌شوند و یا ستون‌ها وصله می‌شوند.

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 ۴-۶-۲۱). برای هر یک از ستون‌هایی که در پلان حذف می‌شوند، پایداری سازه مورد نظر، باید با حذف ستون در طبقات پارکینگ یا نواحی کنترل نشده صورت گیرد.

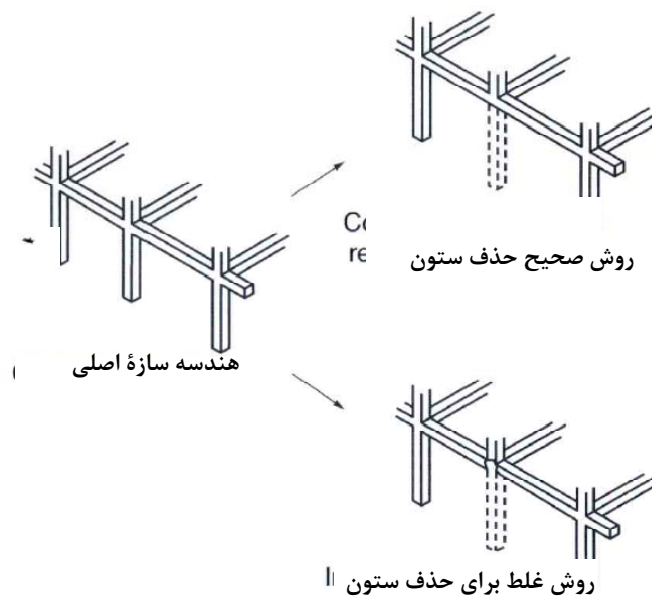
مطابق شکل ۵-۶-۲۱ ستون از زیر اتصال در تراز وجه تحتانی تیر حذف می‌شود. مطالب ارائه شده جنبه توصیه کلی دارد و هدف تعیین بحرانی‌ترین ستون برای حذف است. در این خصوص قضاوت مهندسی نیز لازم است.



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



شکل ۲۱-۶-۴- موقعیت ستون‌های داخلی که برای تحلیل انهدام پیش‌رونده باید در طبقه پارکینگ حذف شوند.



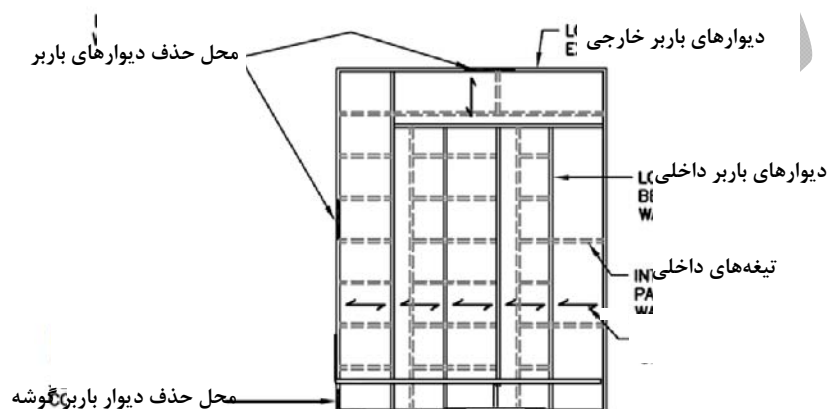
شکل ۲۱-۶-۵- روش صحیح و غلط حذف ستون

۲- 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:

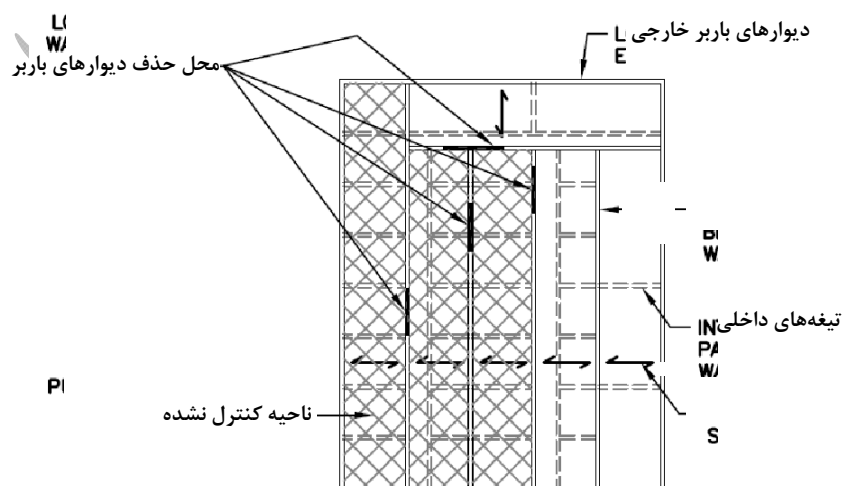
- طبقه اول بالای تراز پایه
- طبقه زیرین بام
- طبقه در ارتفاع میانی
- طبقه بالای نقطه‌ای که ابعاد دیوارهای باربر عوض میشوند.

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

در ساختمان‌هایی که دارای پارکینگ‌های زیرزمینی و یا نواحی کنترل نشده هستند، دیوارهای باربر داخلی در نزدیکی وسط ضلع کوچک ساختمان نزدیک وسط ضلع بزرگ ساختمان و گوشه نواحی کنترل نشده باید حذف شوند (شکل ۶-۲۱-۶-۷). برای هر یک از دیوارهای داخلی که در پلان حذف میشوند، پایداری سازه مورد نظر، باید با حذف دیوار در طبقات پارکینگ یا نواحی کنترل نشده صورت گیرد.



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



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

۳- 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، ترکیب بارهای ثقلی زیر در روش مسیر جایگزین منظور می‌شود:

$$\text{ترکیب : } 2(DL + 0.25LL) \quad (3-6-21)$$

بار

که در آن:

DL = بار مرده

LL = بار زنده

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

۵- بعد از تحلیل سازه باقیمانده تحت ترکیب بارگذاری بند ۳ به روش استاتیکی خطی 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 تک تک اعضا 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 ۱/۵ برای ساختمان‌ها با پلان پیچیده شود، آن عضو قابل پذیرش نبوده و فرض بر خرابی آن است و باید تقویت گردد.

۶- 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- روش مستقیم - روش ظرفیت ویژه

در بعضی از مواقع، بطور مثال در ستون‌های گوشه، احتمال انهدام پیش‌رونده پس از حذف ستون زیاد است. در این موارد راه حل منطقی می‌تواند مقاوم‌سازی ستون گوشه در مقابل انفجار مطابق اصول مشروحه در فصل‌های ۱ تا ۵ این مجموعه باشد.

۲۱-۷- ملاحظات تأسیسات برقی و مکانیکی

۲۱-۷-۱- کلیات

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

الف- موازی‌سازی: تعدد و چندگانه‌سازی سامانه تأسیساتی با هم پوشانی مناسب.

ب- مکان‌یابی: نصب تجهیزات تأسیساتی در مکان‌های امن‌تر.

پ- پراکندگی: عدم تمرکز و جداسازی تأسیسات و تجهیزات.

ت- استحکام: استفاده از تجهیزات مقاوم‌تر و نصب آن در فضای ایمن.

ث- نصب پایدار: نصب متناسب تأسیسات به سازه ساختمان بصورت مستحکم یا انعطاف‌پذیر.

ج- مرمت‌پذیری: تعمیرپذیری سریع و یا قابلیت جایگزینی جهت استمرار فعالیت.

۲۱-۷-۱-۲- حوزه شمول این فصل ساختمان‌های گروه ۱، ۲ و ۳ بوده و برای سایر گروه‌ها حکم توصیه دارد.

۲۱-۷-۱-۳- تأسیسات ساختمانی به لحاظ خطرآفرینی به گستره کم خطر تا پرخطر تقسیم می‌شوند.

تأسیسات پرخطر به تأسیساتی اطلاق می‌شود که خرابی آنها منجر به ایجاد خطرات ثانویه مانند نشت

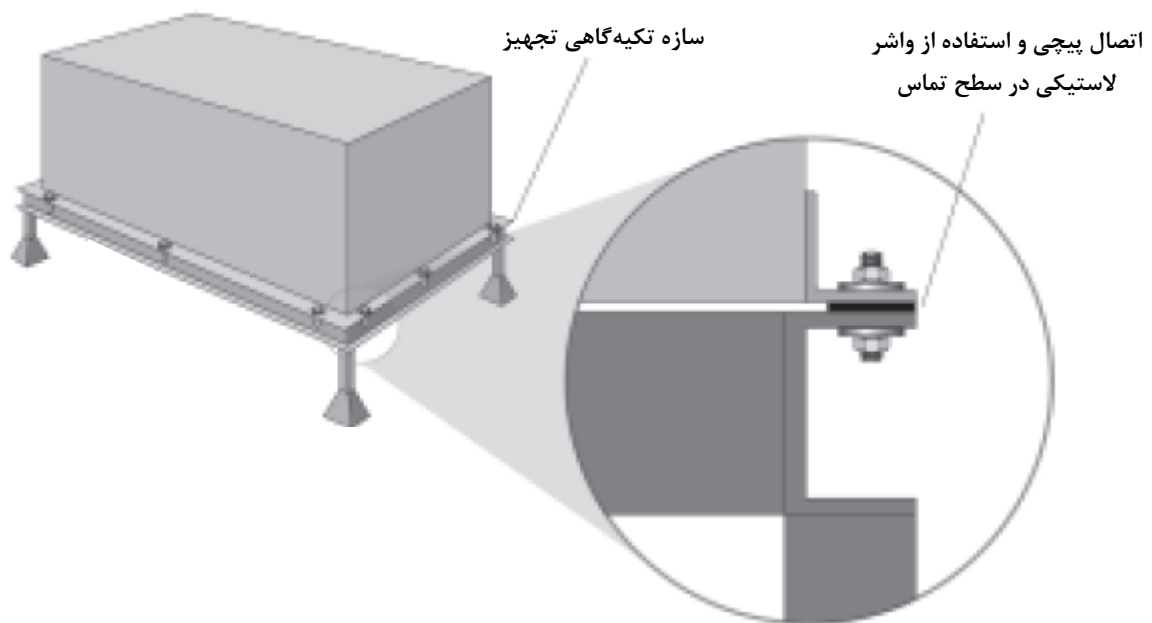
گازهای سمی، انفجارهای مجدد و امثال آن گردد، ولی در تأسیسات کم خطر، خرابی و از کارافتادگی تجهیز،

تنها منجر به از بین رفتن عملکرد تجهیز می‌شود. به منظور کاهش آسیب‌پذیری در پیامدهای انفجار، از

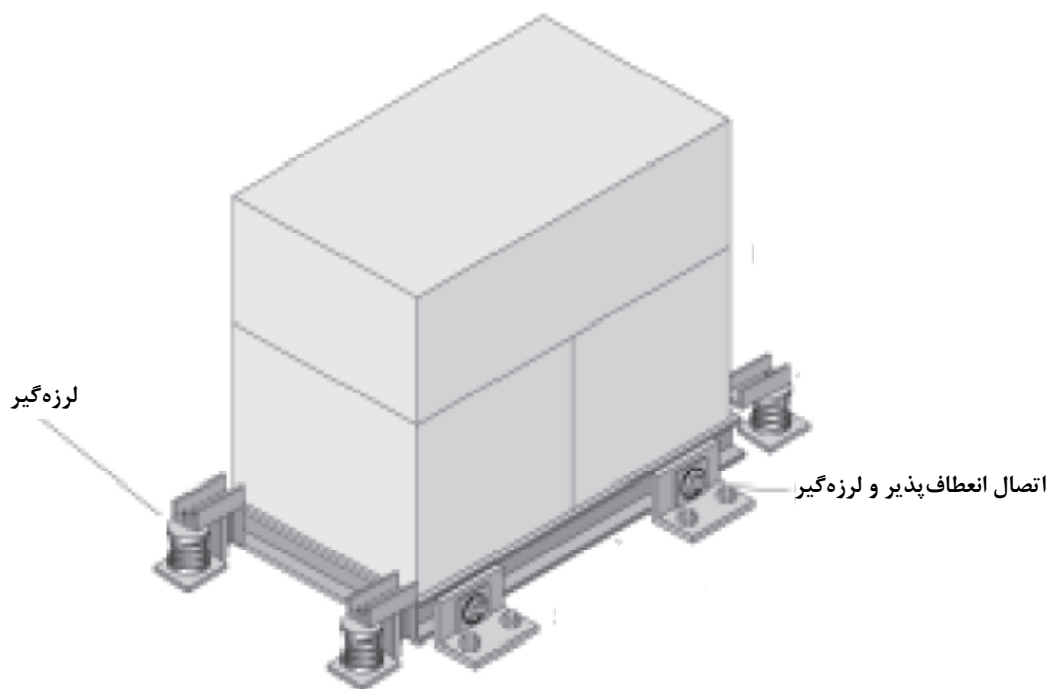
تأسیسات پرخطر کمتر استفاده شده و در صورت لزوم تمهیدات مناسب در فضاهای ایمن ایجاد گردد.

۲۱-۷-۱-۴- اتصال تجهیزات به سازه تکیه‌گاهی، باید براساس حداقل‌های اشاره شده در بند ۴-۶ آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و بر مبنای خطر لرزه‌خیزی خیلی زیاد ($A = 0.35$) طراحی شود.

۲۱-۷-۱-۵- ظرفیت تحمل یک تجهیز در مقابل ضربه و ارتعاش معمولاً بر حسب حد شکنندگی بیان می‌شود که عبارتست از مقدار شتابی که تجهیز می‌تواند تحمل کند و همچنان قابل استفاده باقی بماند. اکثر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی تجاری می‌توانند حداقل شتاب $3g$ را تحمل کنند، در حالی که تجهیزات شکننده (مانند لوازم الکترونیکی)، معمولاً توانایی شتاب $1/5g$ را دارند. جدول ۲۱-۷-۱ میزان تحمل شتاب تجهیزات مختلف را ارائه می‌دهد.



شکل ۲۱-۷-۱- نمونه‌ی اتصال تجهیز به سازه تکیه‌گاهی



شکل ۲۱-۷-۲- اتصال تجهیز با استفاده از اتصالات انعطاف پذیر و لرزه گیر

جدول ۲۱-۷-۱- 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
۹	۴	فن‌ها با توان تا ۱۰۰ اسب بخار
۸	۴	لوله‌های فولادی جوش شده (با حداکثر قطر ۱۸ اینچ)
۱۰	۴/۵	هواسازها
۹	۴/۵	کانال‌های فولادی
—	۲/۵	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 هواخنک

۲۱-۷-۱-۶- با توجه به اصل هزینه- فایده در پدافند غیرعامل، ایجاد فضای مقاوم در برابر اثرات انفجار برای نصب و عبور تجهیزات و تاسیسات مانند موتورخانه، اتاق برق، اتاق هواساز و رایزرها که با هدف حفاظت جانی، استمرار عملکرد و حفظ دارایی ایجاد می‌گردند، ضرورت دارد.

۲۱-۷-۲- ملاحظات تاسیسات مکانیکی

۲۱-۷-۲-۱- مقررات کلی

اثرات انفجار معمولاً شامل موج، حرارت، ترکش، آوار، گرد و غبار، دود و آلودگی ناشی از انتشار گازهای مختلف از جمله منواکسیدکربن در منطقه است. این عوارض (بر اساس نوع و فاصله مرکز انفجار) بر تجهیزات و شبکه‌های تاسیسات مکانیکی و عملکردهای آن تأثیرگذار خواهند بود. در پدافند غیر عامل حوزه‌ی تاسیسات مکانیکی، کاهش آسیب‌پذیری و استمرار فعالیت سامانه‌ها تا حد امکان مدنظر می‌باشد. بنابراین تاسیسات ساختمانی باید در مکان‌هایی تعبیه شوند که در درجه اول آسیب جدی نبینند و در صورت آسیب‌دیدگی، قابل مرمت باشند و در نهایت نیز بر اثر آسیب‌دیدگی و تخریب تاسیسات، تلفات جانی حداقل باشد.

۲۱-۷-۲-۱-۱- آوار ناشی از انفجار نباید سبب مسدود شدن دهانه‌های ورودی تاسیسات خصوصاً بازشوهای ورود و خروج هوا شود، و بدین لحاظ این ورودی‌ها باید در فاصله حداقل بیش از $\frac{1}{3}$ (یک سوم) ارتفاع ساختمان در داخل محوطه پیش‌بینی شده و در غیر این صورت تمهیدات ویژه‌ای برای ایمنی آنها منظور گردد.

۲۱-۷-۲-۱-۲- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ توصیه می‌شود با تعبیه تجهیزاتی خاص، امکان تخلیه سریع یا رسوب و ته‌نشینی گرد و غبار و جایگزینی هوای تازه را فراهم نمود. پیش‌بینی چنین تاسیساتی علاوه بر کاهش احتمال خفگی افراد داخل ساختمان، امدادسانی به آسیب‌دیدگان حادثه را نیز سهولت می‌بخشد.

۲۱-۷-۲-۱-۳- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ باید با جداسازی تاسیسات از ساختمان اصلی، احتمال بروز خطرات ثانویه در اثر تخریب تاسیسات مکانیکی را از بین برد.

۲۱-۷-۲-۱-۴- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، مکان‌هایی که تجهیزات اصلی و شبکه‌های تاسیسات اضطراری مانند موتورهای برق اضطراری، لوله‌های قائم آبیاری و سامانه‌های آتش‌نشانی و تاسیسات خطر آفرین مثل مخزن سوخت یا دودکش‌ها در آنها قرار می‌گیرند، با دیوارهای محافظ ایمن گردند.

۲۱-۷-۲-۱-۵- از عبور کانال‌ها و لوله‌های تاسیساتی و همچنین دودکش‌ها در داخل جداره و روی دیوارهای خارجی طبقات و نصب آنها بصورت روکار در نمای ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ اجتناب گردد. در غیر اینصورت توسط سامانه‌ی نگهدارنده‌ی جداگانه، که حداقل ۱۵ سانتیمتر با دیوار خارجی فاصله دارد، بصورت مستحکم تعبیه گردند.

۲۱-۷-۲-۱-۶- در صورت نصب تجهیزات تأسیساتی و عبور لوله و کانال‌ها روی پشت بام، باید به صورت مناسب در برابر خطرات احتمالی ناشی از انفجار و یا دستکاری افراد غیر مجاز محافظت شوند.

۲۱-۷-۲-۱-۷- عایق‌بندی حرارتی کانال‌ها و لوله‌ها، باید از مواد و مصالح نسوز باشد.

۲۱-۷-۲-۱-۸- برای کانال‌های تهویه در محل ورودی یا خروجی محیط خارج به داخل ساختمان‌های گروه ۲ و ۱، تمهیدات ایمنی برای کاهش نفوذ موج انفجار اتخاذ گردد.

۲۱-۷-۲-۱-۹- در محل اتصال کانال هوا به دستگاه و فواصل مستقیم حداکثر ۱۰ متری کانال، باید از اتصالات و قطعات لاستیکی مقاوم و نسوز استفاده شود.

۲۱-۷-۲-۱-۱۰- با عبور لوله و کانال هوا در محل درز انبساط یا انقطاع ساختمان، از حلقه انبساط، لرزه‌گیر و اتصالات خرطومی با انعطاف‌پذیری سه محوره استفاده گردد.

۲۱-۷-۲-۱-۱۱- سامانه هوارسانی تهویه مطبوع و دمنده‌های هوا در حالت اضطراری به صورت خودکار قطع، و در صورت بروز آتش‌سوزی، هواکش‌ها نیز به همین روش قطع شوند. برای جلوگیری از بروز فشار منفی از دمپرهای کم‌نشت استفاده گردد.

۲۱-۷-۲-۱-۱۲- فشار هوا در کلیه راه‌پله‌ها می‌باید مثبت بوده و توصیه می‌شود برای تامین هوای مناسب، تمهیدات لازم اتخاذ شود.

۲۱-۷-۲-۱-۱۳- تأسیسات ساختمان خصوصاً شیرآلات، دمپرها و سایر ابزار و ادوات کنترل دستی باید دارای نقشه و علائم راهنمای مناسب بوده و بایستی در محل‌های مناسب و قابل مشاهده عموم، نصب شده باشند.

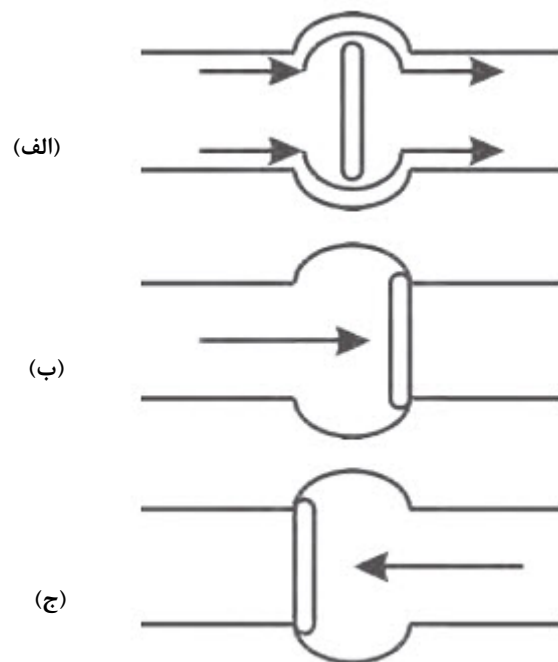
۲۱-۷-۲-۲- سامانه‌ی تهویه و تخلیه هوا

کارکرد سامانه تهویه، تامین هوای تازه مورد نیاز افراد و تجهیزات و رقیق نمودن و کاهش آلودگی‌ها تا حد مجاز می‌باشد.

۲۱-۷-۲-۲-۱- در فرآیند طراحی و محاسبه سامانه‌های تهویه‌ی فضای امن در ساختمانهای گروه ۲ و ۱ که معمولاً دارای درزبندی هوا هستند، باید محاسبات مربوط به زمان مسدود بودن سامانه تهویه (قطع ورود هوای تازه از خارج) براساس میزان اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن تولیدی مجموع افراد یا سایر دستگاه‌های احتمالی مصرف‌کننده هوا انجام شده و مدت زمان کافی برای زنده ماندن افراد در شرایط بدون تهویه و براساس حجم کل هوای موجود در فضاها مورد محاسبه قرار گیرد. مقدار اکسیژن طبیعی مجاز تنفسی موجود در هوا بیست و یک درصد و حداقل مجاز آن هفده درصد و همچنین غلظت دی‌اکسید کربن به میزان سه دهم درصد و حداکثر مجاز آن در محاسبات چهار درصد می‌باشد.

۲۱-۷-۲-۲-۲- فشار داخل فضای امن، باید نسبت به محیط خارج مثبت بوده تا از نفوذ آلودگی احتمالی به درون آن جلوگیری شود.

۲۱-۷-۲-۲-۳- به طور معمول اجزای سامانه کنترل فشار هوای داخل فضاهای امن شامل محفظه‌های هواوند در معابر ورودی، درب‌های هواوند، سوپاپ فشار اضافی و سوپاپ ضدانفجار می‌باشند.



شکل ۲۱-۷-۳- سوپاپ ضدانفجار

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

۲۱-۷-۲-۲-۴- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، بمنظور جایگزینی و موازی‌سازی از حداقل ۲ سامانه هوارسان، تخلیه هوا و شبکه کانال‌کشی مربوطه استفاده گردد. لازم است این دستگاه‌ها در فضاهای جدا از هم و با رعایت فاصله ایمن نصب گردند.

۲۱-۷-۲-۲-۵- محل نصب تجهیزات تهویه و هوارسانی در ساختمانهای گروه ۱ و ۲، باید دارای دیواره‌های مقاوم در برابر برخورد ترکش و موج انفجار باشد.

۲۱-۷-۲-۲-۶- کانال‌های سامانه تهویه و تعویض هوا باید دارای انعطاف‌پذیری در فصل مشترک عبور از مقاطع دیوارها و محل نصب دستگاه‌ها باشند. استفاده از انواع اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها، اتصالات خرطومی و جاذب شوک فنری در آویز نگهدارنده‌ها برای کانال‌ها توصیه می‌شود.

۲۱-۷-۲-۲-۷- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، لازم است علاوه بر چندگانه‌سازی تجهیزات هوارسانی و تهویه، برخی قطعات مصرفی از جمله فیلترهای هوا نیز دارای تعدادی آماده بکار یا رزرو در محل مناسب باشند.

۲۱-۷-۲-۲-۸- استفاده از سامانه اتصال زمین برای شبکه کانال‌کشی و لوله‌کشی فلزی در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳ الزامی است.

۲۱-۷-۲-۳-۱- در ساختمانهای گروه ۱ و ۲ باید از بکارگیری سامانه‌های تبرید با احتمال نشت بالا^۱ و یا تبریدی دارای کویل مستقیم و مانند آن خودداری گردد. استفاده از این سامانه‌ها در تمامی فضاهای امن ممنوع می‌باشد.

۲۱-۷-۲-۳-۲- در سایر ساختمان‌ها اگر سامانه‌های اشاره شده در بند ۲۱-۷-۲-۳-۱ استفاده شوند، باید قبل از احتمال وقوع یا اخطار حملات انفجاری، گاز و مواد مبرد داخل سیستم‌های یاد شده از طریق شیرهای تخلیه واحد خارجی یا کندانسینگ یونیت هر دستگاه در فضای بیرونی تخلیه شوند.

۲۱-۷-۲-۳-۳- استفاده از دستگاه‌های گرم کننده و خنک کننده ویژه^۲ خصوصاً وسایل حرارتی با سوخت گاز، مایع و جامد در ساختمانهای گروه ۱ مجاز نبوده و نصب بخاری برقی فقط با رعایت الزامات قسمت ۱۴-۸-۷ مبحث چهاردهم مجاز می‌باشد. ضمناً استفاده از این سیستم‌ها در ساختمان‌های گروه ۲ نیز توصیه نمی‌شود.

۲۱-۷-۲-۳-۴- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲:

۱- استفاده از سامانه‌های هوارسانی تهویه مطبوع مانند هواساز توصیه می‌شود.

۲- تا حد امکان از سامانه‌های دارای شبکه‌ی لوله‌کشی سیال حامل انرژی، (مانند فن کویل) استفاده نشود.

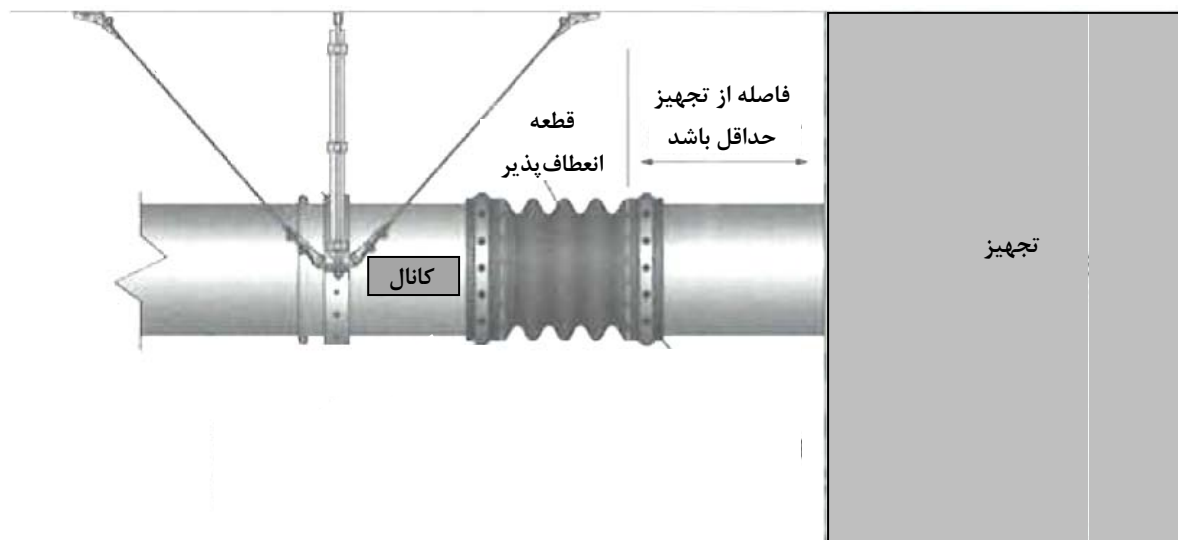
۳- در صورت بکارگیری فن کوئل، بهتر است از کوتاه‌ترین مسیر برای لوله‌کشی در داخل فضاها استفاده شود.

۴- در صورت استفاده از فن کوئل، اجرای دریچه هوای تازه در دیوارهای خارجی پشت فن کویل مجاز نمی‌باشد و شبکه کانال هوای تازه با هوارسانی مرکزی و فیلتراسیون مربوطه اجرا شود.

۲۱-۷-۲-۳-۵- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، شبکه‌های لوله‌کشی و کانال‌کشی باید دارای اتصالات انعطاف‌پذیر سه محوره و قطعه انبساطی در محل نصب دستگاه‌ها و همچنین فصل مشترک لوله و کانال با دیوارها باشند.

۱- به بند ۱۴-۱۳-۱ مبحث چهاردهم مراجعه شود.

۲- به بند ۱۴-۸ مبحث چهاردهم مراجعه شود.



شکل ۲۱-۷-۴- اتصال انعطاف پذیر کانال در محل نصب دستگاه

- ۲۱-۷-۲-۳-۶- بست، آویز و تکیه گاه لوله‌ها، کانال‌ها و دودکش‌ها نباید کاملاً صلب بوده و در موارد لازم با اجرای تمهیدات مناسب، قابلیت تحمل و جابجایی در اثر شوک ناشی از انفجار را داشته باشند.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۲۱- در ساختمانهای گروه ۱ و ۲ بهتر است بجای استفاده از لوله‌های فولادی، از لوله‌های ترموپلاستیک مجاز و در حدود توصیه شده در بند ۱۴-۱۰-۳-۳ مبحث چهاردهم استفاده شود.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۲۱- استفاده از لوله فولادی بی درز برای شرایط دشوار و تحمل ضربات فیزیکی براساس بند ۱۴-۱۰-۳-۳ مبحث چهاردهم در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ الزامی است.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۲۱- برای ساختمان‌های گروه ۱، لازم است موتورخانه، اتاق هواساز و یا سایر تجهیزات مهم در مکانی محافظت شده قرار گیرند.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۱۰- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، به جای استفاده از یک تجهیز متمرکز (مانند دیگ حرارتی، چیلر، پمپ، برج‌های خنک‌کننده)، از دو یا چند تجهیز با هم پوشانی کافی استفاده شود.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۱۱- در موتورخانه ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، تجهیزاتی مانند پمپ‌ها و مخازن بصورت افقی و روی کف زمین نصب شوند.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۱۲- ورودی هوای تازه و خروجی هوای آلوده موتورخانه، در محلی امن و دور از آوار ناشی از انفجار پیش‌بینی شود.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۱۳- مشعل‌های حرارتی موتورخانه‌ها در ساختمانهای گروه ۱ و ۲، باید دوگانه‌سوز باشند. این روش در سایر ساختمان‌ها نیز توصیه می‌شود.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۱۴- گنجایش ذخیره سازی سوخت مایع در مراکز مشمول بند ۲۱-۷-۳-۱۳، باید متناسب با پیش‌بینی شرایط بحرانی و مصرف حداقل سه شبانه‌روز موتورخانه‌ی ساختمان باشد.
- ۲۱-۷-۳-۲-۷-۱۵- مخازن ذخیره سوخت مایع باید بصورت مدفون، در فاصله ایمن نسبت به فضاهای مهم و موتورخانه نصب شوند.

۲۱-۷-۲-۳-۱۶- برای برگشت پذیری آسیب‌های ناشی از پیامدهای انفجار، استفاده از سامانه و تجهیزات تاسیساتی با تعمیرپذیری آسان و سریع توصیه می‌گردد.

۲۱-۷-۲-۳-۱۷- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، محل نصب تجهیزات جانبی موتورخانه مانند مخزن انبساط باز، برج خنک‌کن، چگالنده (کندانسور) هوایی، باید ایمنی لازم در برابر پیامدهای انفجار را داشته باشد.

۲۱-۷-۲-۳-۱۸- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، سامانه‌های مدیریت هوشمند تاسیسات ساختمان، باید با رعایت الزامات امنیتی و عدم طراحی و اجرا توسط شرکت‌های وابسته به بیگانه انجام شود.

۲۱-۷-۲-۴- گازرسانی

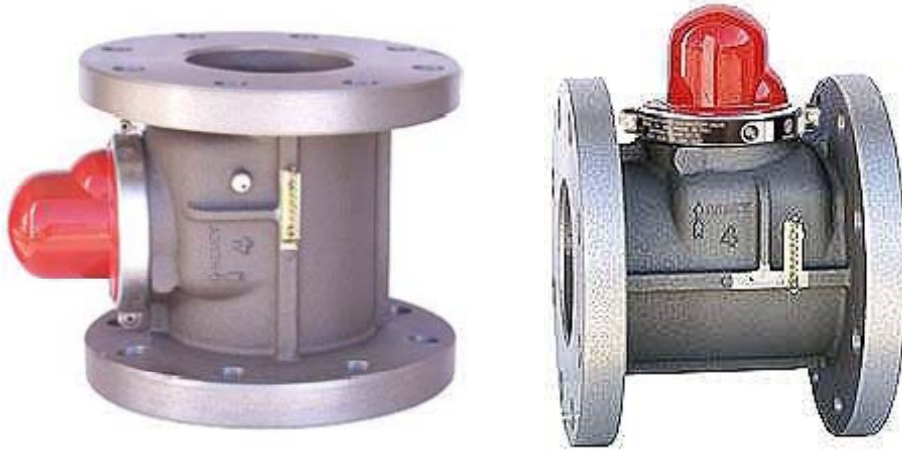
۲۱-۷-۲-۴-۱- اجرای شبکه گازرسانی در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ مجاز نمی‌باشد. گازرسانی به موتورخانه‌های تأسیسات و آشپزخانه مرکزی با رعایت الزامات مبحث هفدهم مجاز است.

۲۱-۷-۲-۴-۲- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، نصب شیر خودکار قطع گاز حساس در مقابل زلزله و سامانه‌های مشابه و استاندارد که در برابر تکانه‌های ناشی از انفجار نیز از حساسیت بالایی برخوردار باشند، الزامی است.

۲۱-۷-۲-۴-۳- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، نصب شیر خودکار قطع جریان گاز اضافی و دارای استاندارد لازم که در برابر شکست و نشت بیش از حد گاز تنظیم شده باشد، الزامی است.



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



شکل ۲۱-۷-۶- شیر خودکار قطع جریان گاز حساس در مقابل زلزله قائم و افقی فلنجی

۲۱-۷-۲-۴- استفاده از وسایل ایمنی مضاعف مانند گاز یاب (آشکار ساز گاز طبیعی)، آشکار ساز منواکسیدکربن و کنترل اطمینان وجود اکسیژن در موتورخانه، آشپزخانه و فضاهای امن برای ساختمانهای گروه ۱ و ۲ الزامی است.

۲۱-۷-۲-۵- لوله‌های اصلی و رایزرهای شبکه گازرسانی در محوطه‌ی ساختمان باید دارای شیرآلات قطع سریع و در دسترس افراد مجاز با علائم راهنما باشند. تمهیدات فنی لازم جهت تخلیه اضطراری شبکه در فضای باز و نقاط ایمن، در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، الزامی است.

۲۱-۷-۲-۶- بازرسی و کنترل مجدد ایمنی و سلامت شبکه لوله‌کشی گاز طبیعی، نصب دستگاه‌های گاز سوز و دودکش‌های تخلیه محصولات احتراق پس از هر بار انفجار دارای پیامد و احتمال بروز آسیب، الزامی است.

۲۱-۷-۲-۵- تأسیسات آبرسانی

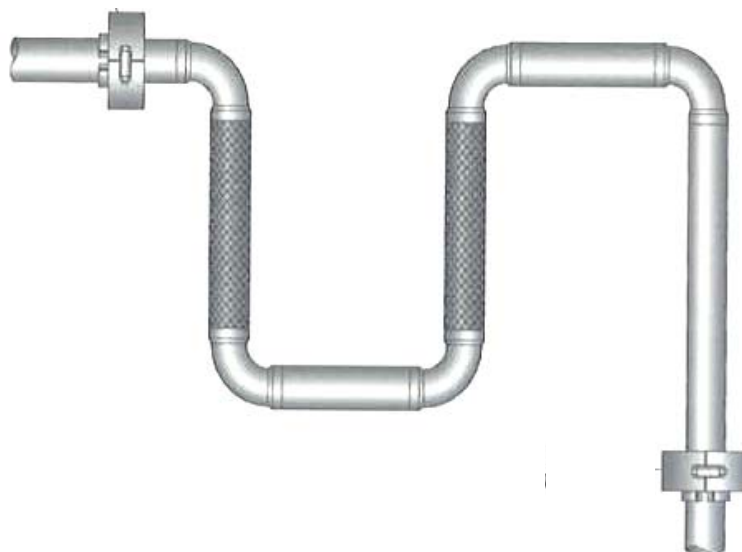
۲۱-۷-۲-۱- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، ذخیره سازی آب مصرفی بهداشتی متناسب با پیش‌بینی شرایط بحرانی و احتمال قطع یا آلودگی شبکه آب شهری، حداقل به میزان سه روز الزامی است و برای ساختمان‌های گروه ۴ نیز توصیه می‌شود.

۲۱-۷-۲-۲- مخازن آب در فضای محافظت شده اجرا شوند.

۲۱-۷-۲-۳- جهت تامین فشار لازم در شبکه آبرسانی، سامانه پمپاژ باید پمپ جایگزین، تجهیزات یدکی و قابلیت استفاده از برق اضطراری ساختمان را داشته باشد. برای شرایط اضطراری، روش ثقلی ارجح است.

۲۱-۷-۲-۴- استفاده از لوله‌های چندلایه با رعایت ضوابط مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان، در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، الزامی است.

۲۱-۷-۲-۵-۵- در لوله‌های فولادی در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، نصب اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها یا شیلنگ‌های خرطومی در فواصل حداکثر ۱۰ متری لوله‌های افقی و در محل، تقاطع لوله‌ها با دیوارهای اصلی لازم است.



شکل ۲۱-۷-۷- استفاده از قطعات انبساطی در لوله‌های آبرسانی

۲۱-۷-۲-۵-۶- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، تغذیه شبکه آبرسانی بهداشتی از دو سمت جداگانه ساختمان انجام شود. برای بهره‌برداری در بحران، این دو شبکه با رعایت الزامات مبحث شانزدهم، بوسیله شیرآلات در نقطه‌ای به یکدیگر متصل شوند.

۲۱-۷-۲-۵-۷- در ورودی تغذیه و رایزرهای اصلی شبکه آبرسانی ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، نصب شیرآلات قطع سریع و در دسترس افراد مجاز با علائم راهنما الزامی است. در این صورت استفاده از وسیله‌ی حذف ضربه قوچ مطابق ضوابط مبحث شانزدهم، لازم می‌باشد.

۲۱-۷-۲-۵-۸- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، جهت تامین آب آشامیدنی برای شرایط اضطراری، ذخیره‌سازی و نگهداری آب آشامیدنی به صورت ایمن و یا بسته‌بندی شده توصیه می‌گردد.

۲۱-۷-۲-۶- تاسیسات فاضلاب

۲۱-۷-۲-۶-۱- در صورت وجود فضای امن در پایین‌ترین طبقات ساختمان، امکان تخلیه سریع بیشینه جریان لحظه‌ای پساب و فاضلاب در موارد شکستگی، واژگونی و جاری شدن یکباره محتویات لوله‌ها، رایزرها و مخازن آب در پیامد انفجار، با اجرای چاله آب جمع‌کن و کفشوی مناسب الزامی است.

۲۱-۷-۲-۶-۲- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، با احتمال آسیب رایزرها یا تجمع آب آتش‌نشانی و اجرای کفشوی اضافی، محاسبه قطر لوله‌ها در شبکه‌های افقی، قائم و خروجی‌های اصلی ساختمان بر مبنای همزمانی تخلیه در شرایط بحرانی انجام شود.

۲۱-۷-۲-۶-۳- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، اجرای لوله‌های فاضلاب از نوع پلی‌اتیلن و یا پلی‌پروپیلن مطابق بند ۱۶-۵-۳-۳ مبحث شانزدهم، بجای لوله‌های چدنی توصیه می‌گردد.

۲۱-۷-۲-۶-۴- نصب لوله‌های افقی فاضلاب، آب باران و هواکش فاضلاب در زیر سقف فضاهای مهم و راهروهای اصلی در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ مجاز نبوده و در ساختمان‌های گروه ۳ نیز توصیه نمی‌شود.

۲۱-۷-۲-۷- تأسیسات آتش نشانی

در تأسیسات آتش‌نشانی ساختمان، آبیاش‌ها در مقابل حرارت حساس بوده و بصورت خودکار عمل می‌نمایند. حسگرها به سیستم اعلام حریق هشدار داده و زنگ آتش را به صدا درمی‌آورند. سامانه لوله‌های انتظار نیز باید آماده استفاده افراد متخصص آتش‌نشان باشد. استفاده از هر دو سیستم آبیاش و لوله‌های انتظار بطور همزمان، روش بهینه‌ای برای مبارزه با آتش است.

۲۱-۷-۲-۷-۱- اجرای رایزرهای مرطوب و خشک آتش‌نشانی در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳ الزامی است.

۲۱-۷-۲-۷-۲- در ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، نصب اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها، لوله‌های قابل انحناء و یا شیلنگ‌های خرطومی در فواصل حداکثر ۱۰ متری لوله‌های افقی و در محل تقاطع لوله با دیوارهای اصلی لازم است.

۲۱-۷-۲-۷-۳- نصب تابلو و علائم راهنما برای سامانه ایمنی و آتش‌نشانی در فضاهای عمومی و راهروها با استفاده از موارد شبرنگ، الزامی است.

۲۱-۷-۲-۷-۴- شبکه‌های آب آتش‌نشانی شامل شبکه‌های آبیاش و رایزرهای مرطوب و خشک در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، از دو یا چند مسیر ورودی و بصورت جداگانه تغذیه شوند.

۲۱-۷-۲-۷-۵- محل نصب کپسول‌های آتش‌نشانی به گونه‌ای انتخاب شود که کپسول‌ها در اثر برخورد موج انفجار، کمتر در معرض انهدام و آسیب قرار گرفته و سبب تشدید پیامدهای انفجار و آسیب جانی نشوند. در این راستا نصب این کپسول‌ها، در داخل حفره‌های تعبیه شده در دیوارها پیشنهاد می‌شود.

۲۱-۷-۲-۷-۶- تهیه دستورالعمل ایمنی، آموزش و تمرین دوره‌ای کارکنان و ساکنین ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، جهت استفاده از تجهیزات آتش‌نشانی و امدادی در برابر پیامدهای انفجار ضروری است.

۲۱-۷-۲-۷-۷- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ رعایت موارد زیر الزامی است:

الف- ذخیره‌سازی حجم کافی آب و اختصاص سامانه پمپاژ آتش‌نشانی علاوه بر تغذیه شبکه آتش‌نشانی ساختمان از آب شهری.

ب- نصب پمپ رزرو به منظور موازی‌سازی و جایگزینی تجهیزات پمپاژ و همچنین موتور پمپ دیزلی.

پ- اتصال به برق اضطراری علاوه بر تغذیه از برق شهری برای پمپ‌های اصلی و رزرو.

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

۲۱-۷-۲-۸- زیر ساخت‌های تأسیساتی در محوطه

۲۱-۷-۲-۸-۱- در محوطه فضاهای باز ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، باید جهت تامین تأسیسات زیربنایی در عملیات امداد و نجات نظیر آب، برق، تلفن، سوخت و یا شبکه‌های انرژی سرمایش و گرمایش پیش‌بینی‌های لازم به عمل آید.

۲۱-۷-۲-۸-۲- زیرساخت‌ها و شبکه‌های تاسیساتی اجرا شده در محوطه، باید دارای بیش از یک تجهیز کنترلی به منظور کاهش خسارات وارده در پیامدهای انفجار باشند.

۲۱-۷-۲-۸-۳- خطوط لوله و شبکه‌های تاسیساتی در محوطه اطراف ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، باید امکان تامین حداقل دو انشعاب قابل کنترل، انعطاف‌پذیر و جبرانی را برای این ساختمان‌ها فراهم کنند.

۲۱-۷-۲-۸-۴- تاسیسات اصلی و شبکه توزیع انرژی و آب در محوطه ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، بصورت مدفون و در کانال مستحکم اجرا شوند.

۲۱-۷-۲-۸-۵- در صورت اجرای کانال آدمروی تاسیسات در محوطه، با تامین ایمنی لازم، امکان بهره‌برداری دومنظوره در شرایط بحران برای جان‌پناه موقت یا فرار افراد به نقاط امن انجام شود.

۲۱-۷-۲-۸-۶- نصب و اجرای تجهیزات و تاسیسات پرخطر مانند تاسیسات گازرسانی یا مخازن سوخت در حریم آوار ساختمان مجاز نباشد.

۲۱-۷-۲-۸-۷- در محوطه ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، جانمایی تاسیسات پرخطر نسبت به سایر عوارض و ساختمان‌ها، باید با رعایت فواصل ایمن در برابر پیامدهای انفجار انجام شود. فاصله ایمن برای این تاسیسات، دست کم به میزان دو برابر شعاع اثرگذاری در اثر انفجار توصیه می‌گردد.

۲۱-۷-۲-۸-۸- در صورت محدودیت و الزام هم‌جواری تاسیسات پرخطر، باید اقدامات لازم مانند سلول‌سازی، عایق‌بندی و اجرای دیواره حایل و ضدآتش پیش‌بینی شود.

۲۱-۷-۲-۸-۹- نصب شیرهای آتش‌نشانی در محوطه پیرامون ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳، الزامی است. تعداد و فاصله شیرآلات تابع ضوابط سازمان آتش‌نشانی خواهد بود.

۲۱-۷-۳- ملاحظات تأسیسات برقی

۲۱-۷-۳-۱- مقررات کلی

مهمترین وظیفه‌ی سیستم‌های برقی عبارت از نگهداری و حفظ انرژی، خدمت‌رسانی برای حفظ جان افراد، تخلیه انسان‌ها از ساختمان، ایجاد روشنایی و فراهم نمودن سیستم‌های ارتباطی اضطراری می‌باشد. دور نگه داشتن دستگاه‌های الکتریکی اصلی از مناطق پرخطر، امکان وقوع حادثه را کاهش می‌دهد. بدین منظور جداسازی می‌تواند با ارزش‌ترین گزینه باشد.

از نظر سازه‌ای، دیوارها و کف‌هایی که در مجاورت تجهیزات قرار دارند باید از عناصر سازه‌ای مقاوم و مناسب ساخته شده باشند. مسیر کابل‌های ورودی اصلی و نیز خطوط توزیع برق اضطراری و سیستم اعلام حریق (شامل سیم‌کشی و تجهیزات اصلی) نیز بهتر است با عناصر سازه‌ای مناسب حفاظت شوند. نگهداری نقشه‌های نهایی ساخت تأسیسات الکتریکی ساختمان در محل امن و قابل دسترس، نزدیک درب ورودی الزامیست.

طراحان باید توصیه‌های ذیل را برای ساختمان‌های گروه ۱ و ۲ و همچنین فضاهای امن لحاظ نمایند:

۲۱-۷-۳-۱-۱- تابلوهای برق نرمال و اضطراری، لوله‌های برق و تابلوهای توزیع و حفاظتی فشار ضعیف و متوسط باید به صورت مجزا و در محل‌های مختلف و به اندازه کافی دور از یکدیگر اجرا گردند و سیستم‌های توزیع برق باید از محل‌های مجزا قابل راه‌اندازی باشند. برای جلوگیری از شکست لوله‌ها، پیش‌بینی‌های لازم در محل‌های درز انبساط انجام شود و حتی‌الامکان اتصالات انعطاف‌پذیر باشند.

۲۱-۷-۳-۱-۲- ژنراتورهای اضطراری در فضاهای نسبتاً امن‌تر قرار گیرند.

۲۱-۷-۳-۱-۳- مخزن سوخت باید به اندازه کافی دور از دیزل ژنراتور و حتی‌المقدور بصورت مدفون تعبیه شده باشد تا در صورت انفجار مخزن سوخت، آسیبی به ژنراتور وارد نشود. از مخزن سوخت نیز باید همانند دستگاه دیزل ژنراتور محافظت گردد. ابعاد مخزن باید برای ذخیره‌سازی میزان مناسبی از سوخت طراحی شده باشد و در مورد دیزل ژنراتورهای پر قدرت از مخزن سوخت روزانه استفاده شود.

۲۱-۷-۳-۱-۴- در ساختمان‌های با مصرف انرژی کم می‌توان از سیستم UPS و یا اینورتر و باطری خشک استفاده نمود.

۲۱-۷-۳-۱-۵- جهت اتصال دیزل ژنراتور اضطراری سیار مستقر در کانکس به سیستم الکتریکی ساختمان، باید فیدر مناسبی در تابلو اصلی ساختمان تعبیه شده باشد.

۲۱-۷-۳-۱-۶- چراغ‌های اضطراری باید در سرویس‌های بهداشتی ساختمان‌های عمومی و خدماتی (غیر از مسکونی) نیز تعبیه شوند.

۲۱-۷-۳-۱-۷- چراغ‌های اضطراری باتری‌دار باید در راهرو پلکان‌ها و در قسمت خروجی با علامت خروج تعبیه شوند.

۲۱-۷-۳-۱-۸- در ساختمان‌های بزرگ غیر از چراغ‌های باتری‌دار با علامت خروج، بایستی چراغ‌های ایمنی متصل به اینورتر و یا UPS، برای تامین حداقل ۵ لوکس در راهروها و فضاهای عمومی اماکن پرجمعیت و پرتردد نصب گردد.

۲۱-۷-۳-۱-۹- از هرگونه چراغ روشنایی آویزان و معلق از سقف در مشاعات و ساختمان‌های عمومی باید اجتناب نمود.

۲۱-۷-۳-۱-۱۰- ایجاد فشار مثبت در محل نصب برخی از تجهیزات حساس الکتریکی، الکترونیکی و مخابراتی برای جلوگیری از ورود دود و گرد و غبار به درون آنها توصیه می‌شود.

۲۱-۷-۳-۱-۱۱- لوله‌ها و سینی‌های نگهدارنده باید انعطاف‌پذیری لازم برای تحمل حرکات نسبی در نقاط مهاری را داشته باشند.

۲۱-۷-۳-۱-۱۲- استفاده از خطوط مدفون در مکان‌هایی که امکان آن وجود دارد، توصیه می‌گردد.

۲۱-۷-۳-۱-۱۳- ایجاد درپوش مناسب برای سینی‌ها به منظور جلوگیری از صدمات ناشی از ترکش‌های انفجار به کابل‌ها توصیه می‌گردد.

۲۱-۷-۳-۱-۱۴- مهار و تثبیت الکتروموتورهای زیرزمینی و دیزل ژنراتورها، بر روی سازه فونداسیون بنحوی که از حرکات جنبی بیش از حد این تجهیزات در اثر موج انفجار جلوگیری به عمل آورد، ضروری است. همچنین تجهیزات اضافی و کنترلی نیز باید متناسب با تجهیزات اصلی مهار شوند.

۲۱-۷-۳-۱-۱۵- در طراحی تابلوهای برق ساختمان‌های دارای سیستم‌های الکترونیکی حساس و یا مدارهای کنترلی دیجیتال، باید از تجهیزات حفاظتی در مقابل تغییرات ولتاژ و جریان اضافی استفاده نمود.

۲۱-۷-۳-۲- سیستم ارتباطی

برای ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، طراح باید موارد ذیل را مورد ملاحظه قرار دهد. ارتباط اضطراری با فراهم نمودن موارد ذیل ضروری می‌باشد.

۲۱-۷-۳-۲-۱- خط و گوشی تلفن اضطراری مجزا از سیستم تلفن، که بطور مستقیم پیوسته به مراکز امدادی مرکزی متصل شده باشد، استفاده شود.

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

۲۱-۷-۳-۲-۳- ساختمان باید یک خط تلفن اضافی در زمان بروز حادثه برای ادامه ارتباطات داشته باشد.

۲۱-۷-۳-۲-۴- سیستم‌های اطلاع‌رسانی و هشداردهنده، نباید متمرکز شده و داخل یک لوله اجرا شوند. مدارها در قسمت‌های مختلف ساختمان، حداقل در دو مسیر مجزا از همدیگر اجرا گردند.

۲۱-۷-۳-۲-۵- کابل‌های کنترل و با سیگنال جریان ضعیف حتی‌المقدور پوشش‌دار باشند و نباید با کابل‌ها و سیم‌های فشار ضعیف یا متوسط، از داخل یک لوله عبور داده شوند.

۲۱-۷-۳-۲-۶- برای کابل‌های کنترلی و مخابراتی، استفاده از هادی‌های فیبر نوری عموماً به هادی‌های مسی ترجیح داده شوند.

۲۱-۷-۳-۲-۷- لوله‌های برق رزرو و خروجی‌های برق قدرت برای نصب تجهیزات کنترل و ایمنی در آینده، باید فراهم شوند.

۲۱-۷-۳-۲-۸- به منظور اخطار بموقع به ساکنین در هنگام تهدید، ساختمان دارای سیستم اطلاع‌رسانی باشد.

۲۱-۷-۳-۳- سامانه برق اضطراری

۲۱-۷-۳-۳-۱- مولد برق اضطراری، باید برای تأمین توان الکتریکی سیستم‌های هشدار، روشنایی مسیره‌های خروجی، روشنایی فضاهای امن، علائم خروج، سیستم‌های مخابراتی اضطراری، تجهیزات اعلام حریق و پمپ‌های آتش نشانی و آبرسانی، سامانه تخلیه دود و آسانسورهای اضطراری در یک نقطه امن تعبیه شود.

۲۱-۷-۳-۳-۲- مولدهای برق اضطراری، عموماً نیازمند دریچه‌های لووردار و یا بازشوهای با خم‌های اضافی برای تهویه مولد در حال کار می‌باشند، به گونه‌ای که اثرات موج انفجار بر روی مولد اضطراری کاهش یابد.

۲۱-۷-۳-۳-۳- مولدهای اضافی باید در دو نقطه مختلف و دور از یکدیگر، قادر به تامین توان اضطراری باشند.

۲۱-۷-۳-۳-۴- کابل‌های توزیع توان اضطراری باید دارای حصار محکم بوده و یا در لوله داخل بتن محصور گردند.

۲۱-۷-۳-۳-۵- روشنایی چراغ‌های اضطراری و علائم خروجی در طول مسیر خروجی، باید توسط باتری فراهم شده باشند تا روشنایی آنی را در زمان قطع برق در طول مسیرها تامین نمایند.

۲۱-۷-۳-۳-۶- بعضی از مکان‌ها مانند اتاق‌های عمل بیمارستان‌ها نقش سرویس رسانی خاص و بحرانی دارند و در مواقع اضطراری، نیاز به برق بدون قطعی را دو چندان می‌کنند، بکارگیری تمهیدات لازم از قبیل موتور ژنراتورهای اضطراری بدون قطعی برای این ساختمان‌ها الزامیست.

۲۱-۷-۳-۴- مبدل‌های برق

مبدل‌های برق اصلی قدرت باید در صورت امکان در فضاهای داخلی ساختمان و دور از دسترس عموم قرار گرفته باشند. برای ساختمان‌های بزرگ‌تر، مبدل‌های برق باید بصورت غیر متمرکز قرار گیرند تا قابلیت اطمینان را زمانیکه یکی از مبدل‌ها در اثر انفجار آسیب می‌بیند، افزایش دهند.

۲۱-۷-۳-۵- مرکز کنترل حریق

مرکز کنترل حریق برای کنترل عملکرد سیستم‌های تخلیه دود، ارتباط ساکنین، هشداردهنده‌ها، کنترل آتش‌سوزی و تخلیه افراد می‌باشد. برای اتاق‌های حساس کنترلی، مخابراتی و امداد رسانی، مراکز کنترل حریق اضافی باید بصورت مجزا از همدیگر قرار گیرند تا امکان کنترل سیستم از موقعیت‌های مختلف را داشته باشند.

مرکز کنترل حریق باید در نزدیکی نقطه دسترسی مامور آتش‌نشانی به ساختمان قرار گرفته باشد و اگر مرکز کنترل در مجاورت لابی باشد، باید آن را توسط راهرو یا سطح واسط از لابی جدا نموده و برای مرکز کنترل حریق، سازه محکمی اجرا نمود.

۲۱-۷-۳-۶- آسانسورهای اضطراری

۲۱-۷-۳-۶-۱- آسانسورها نباید به عنوان وسیله ای برای فرار افراد از ساختمان در هنگام حادثه مورد استفاده قرار گیرند.

۲۱-۷-۳-۶-۲- در شرایط اخطار حملات هوایی، کابین آسانسورها باید در پایین‌ترین طبقات متوقف و خاموش شوند.

۲۱-۷-۳-۶-۳- در شرایط پس از آسیب احتمالی ساختمان، ماموران آتش‌نشانی ممکن است آسانسور را برای انجام عملیات آتش‌نشانی و نجات افراد انتخاب نمایند. وجود آسانسور با ملاحظات سازه‌ای خاص و ضد دود، می‌تواند به عملیات ماموران امدادی کمک نماید.

۲۱-۷-۳-۶-۴- برق آسانسورهای امدادی (اضطراری)، باید از طریق مولد برق اضطراری نیز قابل تأمین باشد.

۲۱-۷-۳-۶-۵- در ساختمان‌های گروه ۱ و ۲، چاه آسانسور باید درزبندی شده و دارای فشار مثبت هوا باشد، تا از نفوذ دود و گرد و غبار به داخل آن و انتقال آلودگی به سایر قسمت‌ها، جلوگیری نماید.

۲۱-۷-۳-۶-۶- در ساختمان‌هایی که طبقات زیرین آن‌ها دارای فضای امن می باشد، اجرای چاهک و چاه آسانسور در مجاورت این فضاها مجاز نیست.

۲۱-۷-۳-۷- آشکارسازی و اعلام دود و آتش

ترکیبی از حسگرهای دودی با اخطار سریع، سوئیچ‌های مربوط به کنترل سیستم‌های آبیاری، شستی‌های فشاری دستی، آژیرهای صوتی و نمایشگرهای تصویری باعث عکس‌العمل سریع نسبت به حادثه خواهد شد.

با فعال‌سازی هر وسیله، ترکیبی از فرآیندهای کنترل دود، روشن شدن مسیرهای فرار و فعال شدن خودکار سیستم‌های مخابراتی شروع خواهد شد که به ساکنین امکان رفتن به فضاهای امن را می‌دهد.

استاندارد

واژه نامه

Emergency Elevators	آسانسورهای اضطراری
Collapse Prevention (CP)	آستانه فروریزش
Smoke & Fire Detection & Alarm	آشکارسازی و اعلام دود و آتش
Flexible Joints	اتصالات انعطاف پذیر
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)	چنددرجه 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	دریچه پادری
Low-Leakage-Damper	دمپر کم نشت
Corridor	راهرو

Alternative Path Method	روش مسیر جایگزین
Emergency Power System	سامانه برق اضطراری
Ventilation System	سامانه‌ی تهویه و تخلیه هوا
Equivalent Stiffness	سختی معادل
Bedrock	سنگ بستر
Blast Valve	سوپاپ ضد انفجار
Pressure Valve Over	سوپاپ فشار اضافی
Portable	سیار
Form	شکل
Sprinkler	شبهه‌ی آبیاش
Seismic Valve	شیر خودکار قطع جریان گاز حساس مقابل زلزله
Impact	ضربه
Dynamic Increase Factor (DIF)	ضریب افزایش دینامیکی
Strength Increase Factor (SIF)	ضریب افزایش مقاومت
Drag Coefficient	ضریب پسا (کشسانی)
Toughness	طاقت
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 فعال
Non Applicate (N/A)	لحاظ نشده
Transformers	مبدل‌های برق
Air Lock	محفظه‌ی هوا بند
Motor Control Centers	مراکز کنترل موتور
Fire Control Center	مرکز کنترل حریق
Specified Strength	مقاومت مقرر
Rauleigh wave	موج رایلی
Free Field	میدان آزاد
Damper	میراگر
Elastic zone	ناحیه ارتجاعی
Crushing Zone	ناحیه خردشدگی
Plasticity Zone	ناحیه خمیری

Rupture Zone	ناحیه گسیختگی
Demand Capacity Ratio (DCR)	نسبت تقاضا به ظرفیت
Equivalent Force	نیروی معادل
Target	هدف
Isotrop	همسان
Homogenios	همگن
Air- handling Unit	هواساز
Single Degree Of Freedom (SDOF)	یک درجه آزادی

فهرست مراجع

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.

عبدالقیوم
اسد