

پیش‌نویس مبحث بیست و یکم

پدافند غیرعامل

مقررات ملی ساختمان

ویرایش ششم

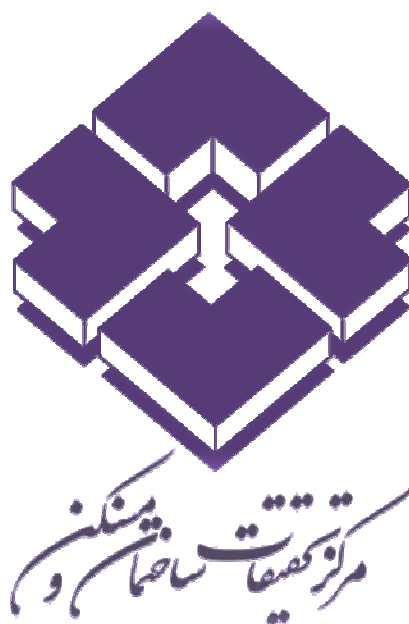
۱۳۸۸

کمیته تخصصی مبحث بیست و یکم- پدافند غیرعامل:

مسوول	دکتر محمدتقی احمدی
عضو	دکتر غلامرضا جلالی
عضو	مهندس شاپور طاحونی
عضو	مهندس مجید اشتری فر
عضو	دکتر احمد اصغریان جدی
عضو	مهندس اکبر زری بافان
عضو	دکتر جلال نخعی
عضو	مهندس علی اصغر شهاب
عضو	مهندس حسین فرازنده نیا
عضو	مهندس شعبی درو
عضو	دکتر ایزدی فرد
عضو	مهندس سیدجواد هاشمی فشارکی
عضو	مهندس نجفزاده
عضو	مهندس فرامرز داعی نژاد

گروه تدوین پیش نویس:

طاحونی	شاپور	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
احمدی	محمدتقی	دانشگاه تربیت مدرس
اصغریان جدی	احمد	دانشگاه شهید بهشتی
برخوردار	آرش	مهندسين مشاور
شالوند	بهرام	مهندسين مشاور
صمدانی فرد	سید عباس	مهندسين مشاور
اصغریان جدی	فاطمه	مهندسين مشاور
مسگری هوشیار	سارا	مهندسين مشاور
مسگری هوشیار	محمد	مهندسين مشاور
پوربهي	محمد صادق	مهندسين مشاور



«پیش‌نویس مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان»

ویرایش ششم

مرداد ۱۳۸۸

۲۱-۱- کلیات و تعاریف

پدافند غیرعامل مجموعه‌ای از اقدامات غیرمسلحانه است که موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها، تاسیسات، تجهیزات، سرمایه‌ها، اسناد و شریان‌های کشور در مقابل عملیات خصمانه و مخرب دشمن می‌گردد.

هر چقدر درجه هشیاری مدیریت دفاعی برای بکارگیری پدافند عامل بالا باشد، باز هم دشمن سعی دارد در ساعات نخست تهاجم با وارد کردن ضربات سنگین به مراکز مهم دفاعی و مراکز حساس و حیاتی کشور آسیب برساند و برای این کار پرهزینه‌ترین ابزار را با قدرت آتش سنگین بکار می‌گیرد.

معمولاً بعد از روزهای اول و تهاجم هوایی، جنگ زمینی آغاز می‌شود که طی آن زیرساخت‌های حساس و مهم کشور، با همان دقت اولیه ولی با گستردگی بیشتر مورد تهاجم هوایی قرار می‌گیرد. در صورتیکه روحیه دفاعی ملت پس از چند هفته حفظ شود، در مرحله بعدی بمباران افراد غیر نظامی آغاز می‌شود که اکثراً بعنوان خطای نظامی وانمود می‌گردد.

طی این مرحله از تهاجم ایجاب می‌کند که تمام ساختمان‌ها در مقابل موج انفجار، ترکش و امکان فروپاشی مقاومت نسبی قابل قبولی داشته باشند و در بخش‌های مناسبی از آنها فضای امن قابل بهره‌برداری در دسترس باقی بماند.

۲۱-۱-۱- انواع تهدیدها

تهدیدها به دو دسته تهدیدهای طبیعی و انسان‌ساز تقسیم می‌گردند. (شکل ۲۱-۱-۱) تهدیدهای طبیعی مانند سیل، زلزله و توفان مشمول مقررات این مبحث نمی‌گردند و در مباحث دیگر بصورت مناسب پرداخته شده است.

تهدیدهای انسان‌ساز نیز به سه دسته تقسیم می‌گردد:

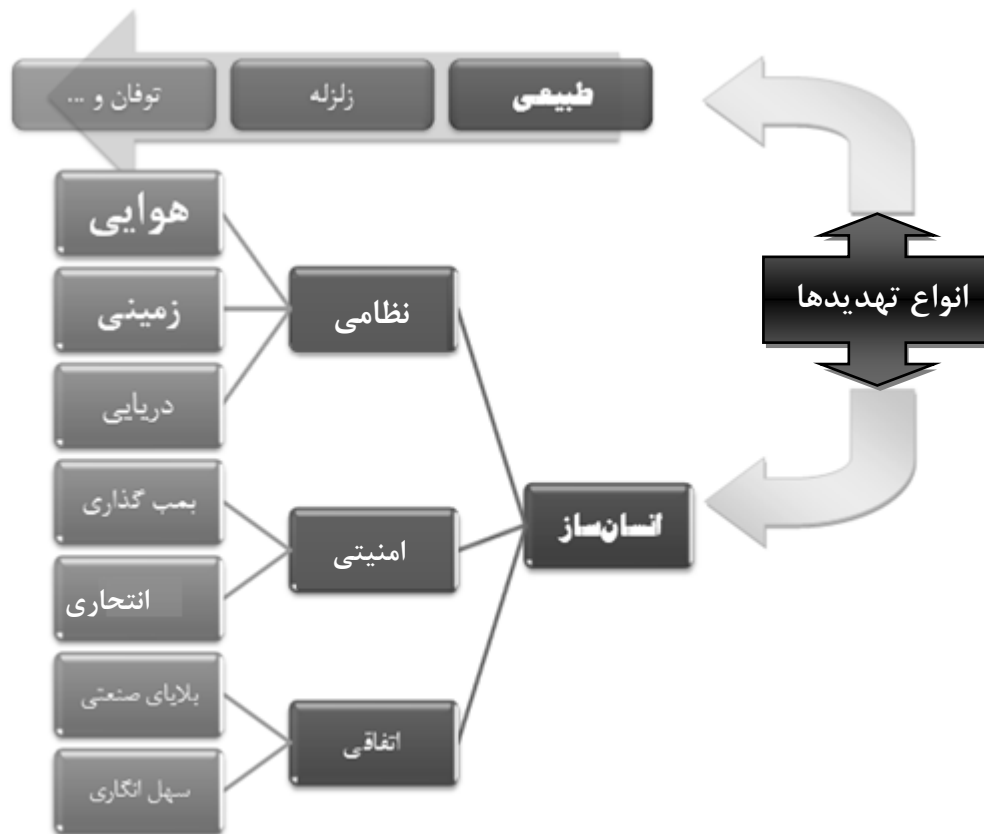
۱- تهدیدهای نظامی

۲- تهدیدهای امنیتی

۳- تهدیدهای اتفاقی

تهدیدهای نظامی شامل تهاجم هوایی، زمینی و دریایی می‌باشد. تهدیدهای امنیتی نیز شامل خرابکاری، بمب‌گذاری و ... می‌گردند.

تهدیدات اتفاقی شامل آتش‌سوزی، انفجار مخازن سوخت و یا نشت مواد خطرناک می‌باشد.



شکل ۲۱-۱-۱- تقسیم‌بندی انواع تهدیدات

۲۱-۱-۲-اهداف

هدف این مقررات تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان‌ها در برابر تهدیدهای انسان‌ساز، خصوصاً تهاجم هوایی می‌باشد به طوری که با رعایت آن انتظار می‌رود: ساختمان‌های با درجه اهمیت یک (حیاتی) پس از انفجار قابلیت خدمت‌رسانی خود را حفظ کند. برای سایر ساختمان‌های با درجه اهمیت مختلف دیگر با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و اجتماعی ضمن کاهش تلفات، خسارت‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای به حداقل قابل قبولی برسد.

۲۱-۱-۳-دامنه کاربرد

- ۱- این مقررات شامل ساختمانهای جدید در دست طراحی می‌باشد و ساختمانهای موجود را در بر نمی‌گیرد.
- ۲- کاربرد این مبحث صرفاً جهت طراحی ساختمان در برابر بارهای انفجاری است. بدیهی است رعایت ضوابط شهرسازی نیز برای پدافند غیرعامل در صورت وجود قابل توصیه جدی می‌باشد.
- ۳- انفجارهای هسته‌ای و حملات شیمیایی، میکروبی، برخورد مستقیم پرتابه‌ها و اغتشاشات الکترونیکی مشمول مقررات این مبحث نمی‌باشد.
- ۴- دامنه کاربرد عمدتاً شامل ساختمانهای متعارف غیرنظامی است.
- ۵- این مبحث در هنگام طرح و اجرای ساختمانهای بتن مسلح، فولادی و مصالح بنایی به کار می‌رود.
- ۶- کاربرد این مبحث شامل سازه‌های خاص مانند سدها، آب بندها، سیلوها، مخازن، برج‌های صنعتی، دودکش‌های بلند، دکلها، ابنیه راهها، پالایشگاهها، نیروگاهها، اسکله‌ها، استحکامات نظامی و ابنیه مشابه آنها نمی‌باشد.

۲۱-۱-۴- جایگاه معماری، سازه و تاسیسات در پدافند غیرعامل

۲۱-۱-۴-۱-معماری

آرایش فضاهای ساختمانی و نحوه ارتباط آنها با اطراف می‌تواند امکانات ویژه‌ای را برای نجات جان افراد ایجاد نموده و باعث بهبود عملکرد سیستم و کاهش آسیب‌پذیری آن گردد. تعیین طرح هندسی بنا، موقعیت بازشوها، نحوه دسترسی‌ها و همچنین پیش‌بینی فضای امن به عنوان فضایی چند عملکردی برای هر ساختمان در زمان

صلح و جنگ برعهده معمار می‌باشد. معمار باید با توجه به کاربری بنا و نیازهای آن فضاهایی را طراحی نماید که علاوه بر عملکرد پدافندی در زمان جنگ، در زمان صلح نیز کاربری مناسبی داشته باشد.

۲۱-۱-۴-۲- سازه

طراحی ساختمان جهت مقاومت در برابر بارهای انفجاری در محدوده عملکرد مناسب برعهده مهندس سازه می‌باشد. جهت دستیابی به سیستم مناسب سازه‌ای و انتخاب بخش مناسبی از بنا برای فضای امن طرح معماری باید هماهنگی با مباحث سازه باشد.

۲۱-۱-۴-۳- تاسیسات

جایگاه طراحی تاسیسات در پدافند غیرعامل جلوگیری از بروز آسیب‌های ناشی از پیامدهای انفجار نظیر نشت گاز، آب گرفتگی، خطرات برق، آتش سوزی و مشابه آن می‌باشد. بعلاوه قابلیت بهره‌برداری محدود یا تغییرپذیری سیستم‌های تاسیسات ساختمان هماهنگ با عملکرد مورد نظر باید توسط مهندس تاسیسات مد نظر قرار گیرد.

۲۱-۱-۵- سطوح عملکرد ساختمان‌ها

سطوح عملکرد ساختمان شامل چهار سطح زیر است، که شامل سطوح عملکرد سازه‌ای و غیرسازه‌ای مطابق جدول ۱-۱-۲۱ می‌باشد:

سطح عملکرد I- قابلیت استفاده بی‌وقفه^۱ (IO)

سطح عملکرد II- ایمنی جانی^۲ (LS)

سطح عملکرد III- آستانه فروریزش^۳ (CP)

سطح عملکرد IV- لحاظ نشده

بر حسب درخواست کاربر، ساختمان می‌تواند دارای سطوح عملکرد مختلف در پلان یا ارتفاع باشد.

¹ Immediate Occupancy

² Life Safety

³ Collapse Prevention

جدول ۱-۱-۲۱- سطوح عملکرد اعضای سازه‌ای، اعضای غیرسازه‌ای، خسارات جانی، مرمت‌پذیری و عملکرد تأسیسات مکانیکی و برقی

معیارهای تأثیر					سطح عملکرد
سازه‌ای	غیرسازه‌ای (تجهیزات نصبی و وسایل درون بنا)	انسانی	تأسیسات مکانیکی و برقی	مرمت‌پذیری*	
I (قابلیت استفاده بی‌وقفه) - مقاومت و سختی - تغییر قابل توجهی پیدا نمی‌کند. - تغییر شکل‌های ماندگار در آن رخ نمی‌دهد.	- خرابی جزئی است. - تغییر شکل‌های ماندگار در آن رخ نمی‌دهد. - شیشه‌ها خواهند شکست، اما در قاب خود باقی می‌مانند. - درها قابل استفاده هستند.	- تنها لطمات ظاهری و سطحی محتمل است.	- عمدتاً بدون آسیب	- با صرف هزینه کم مرمت می‌شود.	
II (ایمنی جانی) - خرابی به اندازه‌ای نباشد که دچار خسارت جانی شود. - تغییر شکل‌های ماندگار به میزان کمی در اعضا وجود دارد.	- خرابی نباید به گونه‌ای باشد که منجر به آسیب گردد. - شیشه‌ها خواهند شکست، اما در قاب خود باقی می‌مانند. - درها در قاب خود باقی می‌مانند اما احتمالاً قابل استفاده نیستند.	- تعدادی جراحت و صدمات محدود رخ می‌دهد اما کشتار غیرمحتمل است.	- آسیب جدی محدود ولی قابل مرمت ولی بدون آتش‌سوزی و انفجار	- ساختمان با تغییرات و مرمت قابل استفاده مجدد خواهد بود ولی هزینه آن قابل توجه است.	
III (آستانه فروریزش) - خرابی‌ها گسترده است ولی فروریزش اتفاق نمی‌افتد. - تغییر شکل‌ها بسیار زیاد است ولی انهدام پیش‌رونده خودبخودی غیر محتمل است.	- تغییر شکل‌ها بسیار زیاد است. - تا حدودی فروریزش قابل قبول است. - شیشه‌ها خواهند شکست و تا ۱ متر به درون ساختمان پرتاب می‌شوند و خطر ترکش دارند. - درها می‌شکنند و از قاب خود خارج می‌شوند.	- بسیاری از افراد دچار صدمه می‌شوند. - کمتر از ۱۰ درصد تلفات جانی بوجود می‌آید.	- آسیب کلی - احتمال آتش‌سوزی جدی است.	- مرمت‌پذیر نیست و به نوعی احداث ساختمان جدید به صرفه است.	
IV (لحاظ نشده) - سطح عملکرد خاصی برای آن تعریف نشده است. - فروریزش آن کاملاً محتمل است. - شیشه‌ها خواهد شکست و صدمات ناشی از ترکش شیشه زیاد می‌شود. - پنجره‌ها از قاب خود خارج می‌شوند. - درها به درون پرتاب می‌شوند. - درها از قاب خود خارج می‌شوند.	- سطح عملکرد خاصی برای آن تعریف نشده است. - فروریزش ناگهانی رخ می‌دهد.	- بسیاری از افراد دچار صدمات شدید می‌شوند. - بین ۱۰ تا ۲۵ درصد تلفات جانی بوجود می‌آید.	- آسیب کلی	- به هیچ عنوان مرمت‌پذیر نیست.	

* طراح باید معیارهای مرمت‌پذیری در طراحی را مورد توجه قرار دهد.

۲۱-۱-۶- درجه اهمیت ساختمان

در این مبحث ساختمان بر مبنای نوع کاربری آن، تعداد ساکنین یا شاغلان درون ساختمان، ارزش سرمایه‌های داخل آن، مساحت بنا، تعداد طبقات به پنج گروه اهمیتی مطابق جدول ۲۱-۱-۲ تقسیم‌بندی می‌شوند.

جدول ۲۱-۱-۲- درجات اهمیت ساختمان

نوع	موقعیت نمونه	مثال
۱ (حیاتی)	محل استقرار افراد و یا انجام مأموریت‌های کلیدی و امنیت ملی می‌باشد.	• مراکز تصمیم‌گیری‌های کلان سیاسی • ستادهای فرماندهی • مراکز تشکیل ستادهای بحران رده ۱ • بزرگ و منطقه‌ای • مخابرات (ساختمان‌های کلیدی) • مراکز آتش نشانی • فرودگاهها (ساختمان‌های کلیدی) • تأسیسات آبرسانی و خطوط انتقال نیرو • صدا و سیما (ساختمان‌های کلیدی) • (ساختمان‌های کلیدی) • وزارتخانه‌ها
۲ (خیلی زیاد)	- بیشتر از ۴۵۰ کارمند، مراجع و یا ساکن - ساختمان چند طبقه - بیشتر از ۱۵۰۰۰ متر مربع - مراکز کنترل هوشمند - حوزه‌های قضایی	• ساختمانهای مسکونی بالای ۱۰ طبقه • مساجد مهم • زندانهای مهم • موزه‌های مهم • ترمینالهای سربسته و مترو • هتل‌های مهم • سالنهای سینما و تئاتر بزرگ • مدارس و دانشگاههای مهم • دفاتر پستی و پستخانه • مراکز درمانی و داروخانه‌های مرکزی • مراکز تجاری و صنعتی و تولیدی عمده
۳ (زیاد)	- ۱۵۱ تا ۴۵۰ کارمند، مراجع و یا ساکن - ساختمانهای چند طبقه - ۸۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر مربع	• ساختمانهای مسکونی ۶ تا ۱۰ طبقه • مدارس محلی • مراکز اداری مهم • دفاتر مرکزی صنایع مادر • ساختمانهای تجاری و صنعتی و تولیدی • هتل‌ها • مراکز درمانی و داروخانه‌ها • شعبات بانک‌ها • مراکز خدماتی مهم • دادگستری • فروشگاههای بزرگ • موزه‌ها • مساجد • پارکینگهای طبقاتی دور از مراکز مهم • مدارس و دانشگاهها • تجاری و سیاسی و

• پارکینگهای ۱ طبقه دور از مراکز مهم تجاری و سیاسی و • دفاتر خصوصی • مراکز اداری	• ساختمانهای مسکونی ۳ تا ۵ طبقه • مغازه ها و ساختمانهای تجاری • مراکز درمانی • مراکز خدماتی، تولیدی و صنعتی	۴ (متوسط) ۲۱ تا ۱۵۰ کارمند، مراجع و یا ساکن ۴۰۰ تا ۸۰۰۰ متر مربع بخش های خصوصی ساختمانهای تقسیم شده توسط بخش خصوصی
• تعاونیها • ساختمانهای موقت که مدت بهره برداری آنها کمتر از ۲ سال است • مراکز خدماتی کوچک • مراکز اداری کوچک	• ساختمانهای مسکونی ۱ و ۲ طبقه • مغازه ها و ساختمانهای تجاری • مراکز درمانی کوچک • انبارهای کشاورزی • مرغداری و دامداریهای کوچک	۵ (کم) ۲۰- کارمند، مراجع و یا ساکن ۴۰۰ تا متر مربع فضاهای با عملکرد کم

۲۱-۱-۷- پهنه بندی خطر

به منظور پهنه بندی خطر تهاجم، کشور به سه پهنه با خطر شدید، متوسط و کم تقسیم می شود. نحوه پهنه بندی خطر در جدول ۲۱-۱-۳ ارائه شده است. در این جدول پهنه بندی بر اساس جمعیت منطقه، موقعیت شهر مورد نظر (مرزی یا غیر مرزی) و عامل همجواری با تأسیسات و ساختمان های حساس نظامی مهم انجام شده است.

شهرهای کشور بر اساس جمعیت به ۵ دسته زیر تقسیم می شوند:

- ۱- روستا: شهرهای با جمعیت کمتر از ۲۵ هزار نفر
 - ۲- شهرهای کوچک: شهرهای با جمعیت ۲۵ تا ۱۰۰ هزار نفر
 - ۳- شهرهای متوسط: شهرهای با جمعیت ۱۰۰ تا ۵۰۰ هزار نفر
 - ۴- شهرهای بزرگ: شهرهای با جمعیت ۵۰۰ هزار تا ۱ میلیون نفر
 - ۵- کلان شهرها: شهرهای با جمعیت بیشتر از ۱ میلیون نفر
- شهرهایی که به فاصله ۱۵۰ کیلومتری از مرز قرار دارن شهرهای مرزی تلقی می شوند.
- دایره همجواری از تأسیسات و ساختمان های حساس حداکثر ۵۰۰ متر می باشد.

جدول ۲۱-۱-۳- پهنه‌بندی خطر

وضعیت در جغرافیا				مقیاس استقرار
غیر مرزی		مرزی		
بدون همجواری با ساختمان‌های حساس	در همجواری با ساختمان‌های حساس	بدون همجواری با ساختمان‌های حساس	در همجواری با ساختمان‌های حساس	
متوسط	شدید	متوسط	شدید	کلان شهر
کم	متوسط	متوسط	شدید	شهرهای بزرگ
کم	کم	کم	متوسط	شهرهای متوسط
کم	کم	کم	کم	شهرهای کوچک
کم	کم	کم	کم	روستا

جدول ۲۱-۱-۸- سطح بار انفجار

مطابق جدول ۲۱-۱-۴ چهار سطح بار انفجار برای طراحی ساختمان‌ها پیش‌بینی شده است، که بر اساس درجه اهمیت ساختمان و پهنه‌بندی خطر، ساختمان‌ها باید عملکردهای مناسبی در برابر این بارهای انفجاری داشته باشند.

جدول ۲۱-۱-۴- سطح بار انفجار

سطح خطر انفجار	p_{so} (kg/cm ²)	P_r (kg/cm ²)	زمان تداوم انفجار (میلی ثانیه)
۱	۱	۲/۷۵	۲۲
۲	۰/۵	۱/۲۰	۲۸
۳	۰/۲	۰/۴۳	۳۴
۴	۰/۰۲۵	۰/۰۵	۵۲

۱ - p_{so} : فشار مبنای انفجار مطابق بند ۲۱-۳-۳-۱ می‌باشد.

۲ - P_r : فشار بازتاب مطابق بند ۲۱-۳-۳-۳ می‌باشد. از این فشار برای کنترل مقاومت عناصر نمای ساختمان استفاده می‌شوند.

۹-۱-۲۱- نحوه عملکرد ساختمان‌ها در برابر سطوح مختلف بار انفجار بر حسب درجه اهمیت

ساختمان و پهنه‌بندی خطر

نحوه عملکرد ساختمان‌ها در برابر سطوح مختلف بار انفجار بر حسب نوع ساختمان برای مناطق با پهنه‌بندی خطر شدید، متوسط و کم به ترتیب در جداول ۵-۱-۲۱ تا ۷-۱-۲۱ ارائه شده است.

جدول ۵-۱-۲۱- سطح عملکرد ساختمان‌ها برای مناطق با پهنه‌بندی خطر کم

درجه اهمیت ساختمان / سطح بار انفجار	۱	۲	۳	۴	۵
۱	---	---	---	---	---
۲	ایمنی جانی	---	---	---	---
۳	---	ایمنی جانی	---	---	---
۴	استفاده بی وقفه	---	ایمنی جانی	آستانه فروریزش	---

جدول ۶-۱-۲۱- سطح عملکرد ساختمان‌ها برای مناطق با پهنه‌بندی خطر متوسط

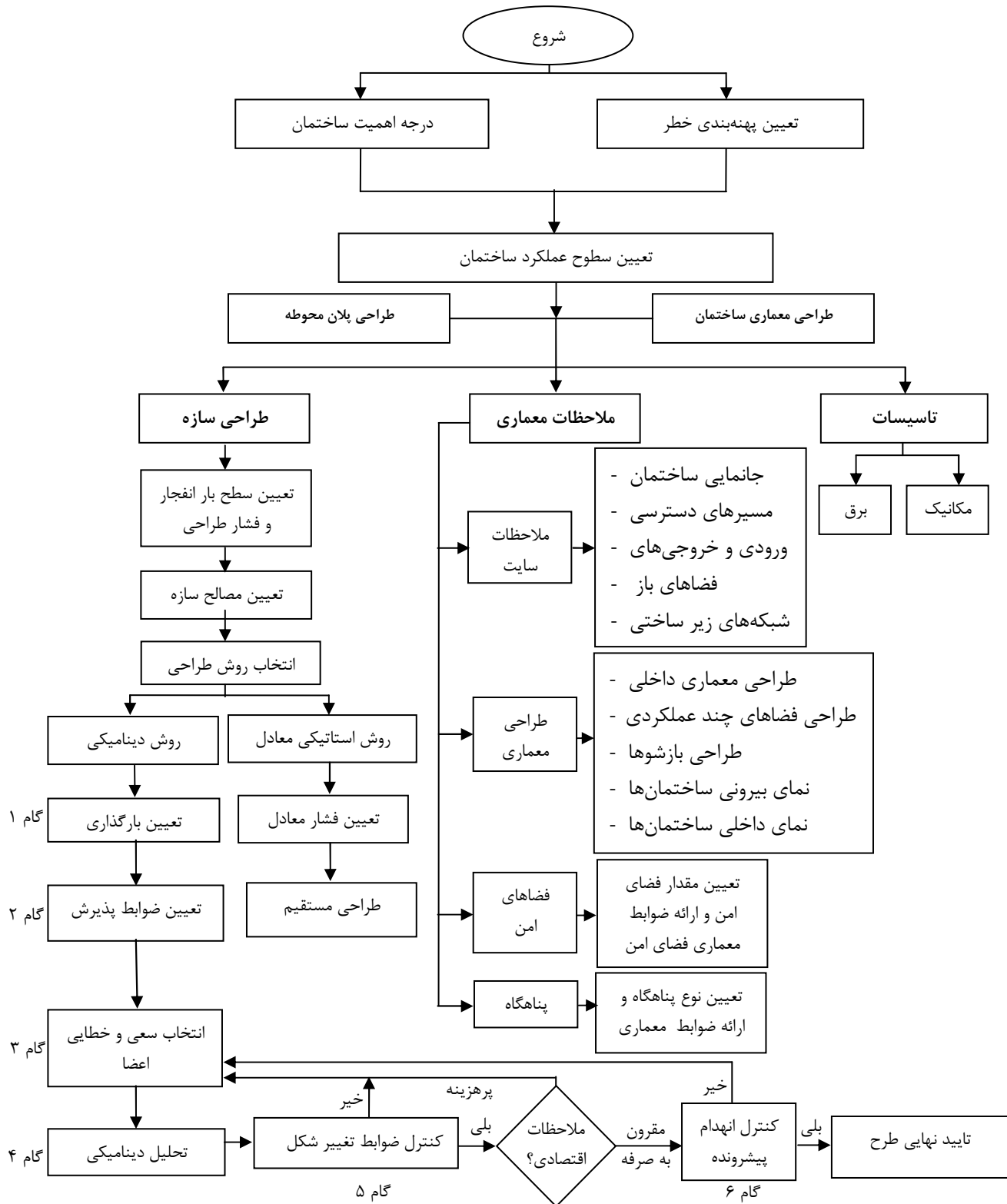
درجه اهمیت ساختمان / سطح بار انفجار	۱	۲	۳	۴	۵
۱	ایمنی جانی	---	---	---	---
۲	---	ایمنی جانی	---	---	---
۳	استفاده بی وقفه	---	ایمنی جانی	---	---
۴	---	استفاده بی وقفه	---	آستانه فروریزش	---

جدول ۷-۱-۲۱- سطح عملکرد ساختمان‌ها برای مناطق با پهنه‌بندی خطر شدید

درجه اهمیت ساختمان / سطح بار انفجار	۱	۲	۳	۴	۵
۱	ایمنی جانی	---	---	---	---
۲	استفاده بی وقفه	ایمنی جانی	---	---	---
۳	---	استفاده بی وقفه	ایمنی جانی	---	---
۴	---	---	استفاده بی وقفه	ایمنی جانی	---

۲۱-۱-۱۰- نمودار گردش طراحی

نمودار گردشی برای طراحی پدافندی ساختمان در شکل ۲۱-۱-۲ ارائه شده است.



شکل ۲۱-۱-۲- نمودار گردش طراحی ساختمانی از دیدگاه پدافند غیرعامل

۲۱-۱-۱۰- تعاریف عمومی

- **استتار، اختفاء، فریب (CCD)**
 - استفاده و بهره برداری از اقلام، تجهیزات و روشهایی برای پنهان نمودن، همگون سازی، تغییر شکل، شبیه سازی، ایجاد طعمه فریبنده و حذف شکل منظم هندسی اهداف در جهت ممانعت از کشف و شناسایی نیروها، تجهیزات، تاسیسات فعالیتهای خودی توسط سامانه های آشکارساز و حساسه دشمن.
- **احتراق (Deflagration)**
 - واکنشی است که در آن نرخ سوختن مواد با سرعتی به مراتب کمتر از سرعت صوت انجام می شود.
- **انفجار (Blast or Explosion)**
 - واکنشی است که در آن نرخ سوختن مواد با سرعتی به مراتب بیشتر از سرعت صوت انجام می شود که در نتیجه آن گرادیان دما و فشار بسیار بالا ایجاد و موج شوک بلافاصله تولید و با سرعت بسیار بالا منتشر می شود.
- **انفجار زیرزمینی (Underground Explosion)**
 - به هرگونه انفجار در زیرزمین گفته می شود که معمولاً یکی از دو حالت انفجار محبوس در سازه های زیرزمینی و یا انفجار در خاک و سنگ را دربر می گیرد.
- **بازشو (Openings)**
 - بخشهایی از سازه هستند که به فضای خارج از سازه مرتبط می باشند.
- **پدافند غیرعامل (Passive Defense)**
 - هر اقدام غیرمسلحانه ای که موجب کاهش آسیب پذیری نیروی انسانی، ساختمان ها، تاسیسات، تجهیزات، اسناد و شریان های کشور در مقابل تهدیدات انسان ساز گردد، پدافند غیرعامل خوانده می شود.
- **پناهگاه (Shelter)**
 - مکانی است که بخاطر طراحی تخصصی و کاربری خاص در مقابل انواع تهدیدات، نسبت به ساختمان های متعارف از درجه حفاظت به مراتب بالاتری برخوردار باشد و امنیت جانی و روانی بیشتری را برای افراد فراهم نماید.

¹ Camouflage, Concealment, Deception

- پراکندگی (Dispersion)
 - گسترش، باز و پخش نمودن و تمرکززدایی ساختمان‌ها، تجهیزات، تاسیسات یا فعالیت‌های خودی به منظور تقلیل آسیب پذیری آنها در مقابل عملیات دشمن به طوری که مجموعه‌ای از آنها هدف واحدی را تشکیل ندهند.
- تحلیل استاتیکی معادل (Equivalent Static Analysis)
 - تحلیل در شرایط استاتیکی و با صرف‌نظر کردن از اثرات اینرسی بارگذاری فشار ضربه انفجار است.
- تحلیل دینامیکی (Dynamic Analysis)
 - تحلیل سازه با فرض مدل یک درجه آزادی غیرخطی و تعیین حداکثر پاسخ است.
- تحلیل غیر خطی (Nonlinear Analysis)
 - تحلیل سازه با فرض رفتار غیرخطی مصالح (الاستیک-الاستوپلاستیک و پلاستیک) یا هندسی است.
- تکانه ویژه (Impact)
 - سطح زیر منحنی نیرو - زمان را تکانه ویژه گویند.
- ترک خوردگی (Cracking)
 - ایجاد ناپیوستگی در مصالح به شکل ترک که ناشی از بارهای اعمالی به سازه است.
- ترکش‌های اولیه (Primary Fragments)
 - ترکش‌هایی هستند که بطور مستقیم از بدنه سلاح انفجاری و ملحقات آن ایجاد می‌شوند.
- ترکش‌های ثانویه (Secondary Fragments)
 - ترکش‌هایی هستند که در اثر انفجار بر روی سازه‌ها و یا تجهیزات مجاور محل انفجار تولید می‌گردند.
- خرج انفجاری (Explosive Charge)
 - مقدار ماده منفجره
- سختی (Stiffness)
 - به میزان مقاومت در برابر تغییر شکل‌ها اطلاق می‌گردد.

- **سرعت انفجار (Velocity Of Detonation)**
 - سرعت انتشار موج شوک انفجار
- **شوگ داخلی (Internal Shock)**
 - به موج شوک ایجاد شده در محیط در انفجار محبوس گفته می‌شود.
- **ش.م.ه. (CBR¹)**
 - تهدیدات شیمیایی، میکروبی و هسته‌ای
- **ضریب هم‌ارزی TNT (TNT Equivalency)**
 - این ضریب برابر نسبت وزنی ماده منفجره TNT به وزن ماده منفجره موجودی است که همان انرژی واکنش انفجاری را تولید کند. البته تعاریف کمتر متداول دیگری نیز بر اساس هم‌ارزی ضربه یا فشار حداکثر هم وجود دارد.
- **فاز مثبت انفجار (Positive Phase of Blast)**
 - بخشی از اثر انفجاری است که بصورت اضافه فشار نسبت به فشار شرایط ایستا بر محیط مجاور اعمال می‌شود.
- **فاز منفی انفجار (Negative Phase of Blast)**
 - بخشی از اثر انفجاری است که بصورت کاهش فشار نسبت به فشار شرایط ایستا بر محیط مجاور اعمال می‌شود (عملکرد مکشی)
- **فریب (Deception)**
 - کلیه اقدامات طراحی شده حيله‌گرانه‌ای است که موجب گمراهی و غفلت دشمن در نیل به اطلاعات، محاسبه و برآورد صحیح از توان کمی و کیفی طرف مقابل گردیده و او را در تشخیص هدف و هدفگیری با شک و تردید مواجه نماید.
- **تعریف فضای امن (Safe Room)**
 - 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 معمولی یا فضای باز از ایمنی و مقاومت بیشتری برخوردار باشد. فضای امن معمولاً بصورت دو یا چندمنظوره مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

² Chemical, Biological, Radiological

- مراکز مهم (Important Centers)

○ مراکزی هستند که در صورت انهدام کل یا قسمتی از آنها، موجب بروز آسیب و صدمات محدود در نظام سیاسی، هدایت کنترل و فرماندهی، و تولیدی و اقتصادی، پشتیبانی، ارتباطی و مواصلاتی، اجتماعی، دفاعی با سطح تاثیر گذاری محلی در کشور گردد.

- مراکز حساس (Critical Centers)

○ مراکزی هستند که در صورت انهدام کل یا قسمتی از آنها، موجب بروز بحران، آسیب و صدمات قابل توجه در نظام سیاسی، هدایت، کنترل و فرماندهی، تولیدی و اقتصادی، پشتیبانی، ارتباطی و مواصلاتی، اجتماعی، دفاعی با سطح تاثیر گذاری منطقه ای در کشور گردد.

- مراکز حیاتی (Vital Centers)

○ مراکزی هستند که در صورت انهدام کل یا قسمتی از آنها، موجب بروز بحران، آسیب و صدمات جدی و مخاطره آمیز در نظام سیاسی، هدایت، کنترل و فرماندهی، تولیدی و اقتصادی، پشتیبانی، ارتباطی و مواصلاتی، اجتماعی، دفاعی با سطح تاثیر گذاری سراسری در کشور گردد.

- هدف (Target)

○ 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 در آید.

۲۱-۲- ملاحظات معماری

۲۱-۲-۱- کلیات

همه جانبه‌نگری کلیه الزامات معمارانه در پدافند غیر عامل، باعث پایداری ساختمان در شرایط بحرانی می‌گردد. بنابراین باید به مبحث "پدافند غیر عامل" به صورت "میان‌رشته‌ای" و مرتبط با دیگر عناصر اثرگذار در معماری و شهرسازی، توجه کرد.

هرچه توان پدافند غیر عامل بالاتر باشد، "میزان حفاظت و بهره‌وری آن" در مقابل تهدیدات دشمن نیز بالا می‌رود. تلفیق طراحی پدافند غیر عامل، با دیگر ملزومات بارهای غیرعادی (مانند زلزله)، در زمان صلح و جنگ، باعث افزایش پایداری ساختمان و احساس امنیت کاربران آن می‌گردد.

۲۱-۲-۱-۱- رابطه معماری و پدافند غیر عامل

رعایت ملاحظات پدافند غیر عامل در طراحی معماری، بعنوان یک ابزار، قدرت دفاعی را بالا می‌برد و نیاز به "امنیت" را بخوبی پاسخ‌گویی می‌کند.

اثرات موج انفجار ناشی از بمباران هوایی، نه تنها باید در برنامه‌ریزی کلان و طراحی مجتمع‌های زیستی (ساختمانی و خدماتی و محیط اطراف آن) منظور گردد، بلکه باید در جزئی‌ترین حوزه مهندسی مانند ساخت درب و پنجره و انتخاب جنس مصالح ساختمان مانند شیشه و اجزای نما نیز، به صورت همه جانبه و متعادل بررسی شده و مورد ملاحظه قرار گیرد تا طرح پایدار بماند.

برای ارائه طرح مایه^۱، (مفهوم ذهنی به صورت طرح اولیه^۲) باید با آزمون و نظریه پردازی در جزئی‌ترین موارد دفاعی، کلیه عوامل موثر بر طراحی مجتمع‌های زیستی را در نظر گرفت. در توسعه طرح‌های اولیه مختلف و تنوع فکری، بهترین راهکارها با مشارکت کارفرما و در صورت امکان بهره‌بردار انتخاب و سپس به صورت طرح هادی، جامع و تفصیلی ارائه می‌شود. با این حال نباید آنقدر در جزء تمرکز کرد که کل از دست برود.

^۱ Concept

^۲ Sketch

۲۱-۲-۱-۲- جدول الزامات معماری در پدافند غیرعامل

خلاصه الزامات معماری در طراحی یک مجتمع زیستی از دیدگاه پدافند غیرعامل در جدول ۲۱-۲-۱ ارائه شده است.

جدول ۲۱-۲-۱- سرفصل‌های معماری در پدافند غیرعامل

ملاحظات	سرفصل
طراحی محوطه	۱. جانمایی ساختمان
	۲. مسیرهای دسترسی
	۳. فضاهای باز و نوع پوشش
	۴. شبکه‌های زیر ساختمانی
طراحی ساختمان	۵. طراحی معماری داخلی- مبلمان و مصالح پوششی
	۶. طراحی پلان (فضاهای چند عملکردی- سیرکولاسیون معماری)
	۷. طراحی بازشوها
	۸. نمای بیرونی ساختمان‌ها
	۹. نوع مصالح پوششی داخلی ساختمان‌ها
طرح فضای امن و پناهگاه	۱۰. ورودی‌ها و خروجی‌های اضطراری
	۱۱. فضای امن داخلی
	۱۲. پناهگاه
جزئیات معماری	۱۳- فضای باز
	۱۴- فضای داخل ساختمان

۲۱-۲-۲- ملاحظات برنامه‌ریزی و طراحی محوطه

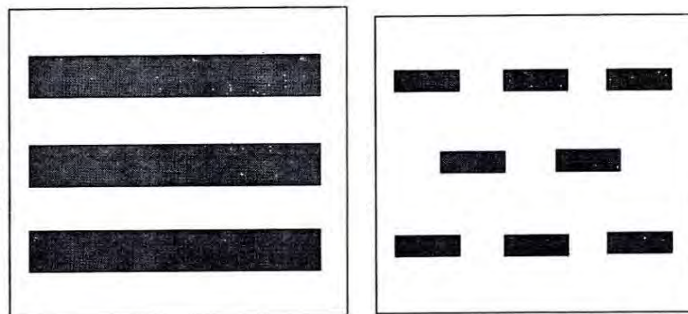
مهمترین هدف برنامه‌ریزی محوطه بر اساس اصول پدافند غیرعامل، هدایت سریع و مطمئن افراد به پناهگاه‌های خارج از ساختمان و اتخاذ تمهیداتی جهت کاهش خطرات ناشی از ریزش آوار بر سر افراد خارج از ساختمان، تسهیل اقدامات امداد و نجات و بکارگیری اصول استتار، اختفا و فریب^۱ برای کاهش خطرپذیری ساختمان‌ها می‌باشد. بدین منظور توصیه می‌شود ابتدا تصمیم‌گیری بر اساس ارزیابی جامع از خطرات و تهدیدات انسان‌ساز باشد تا اقدامات متقابل در برنامه‌ریزی و طراحی در کاهش خطرپذیری و آسیب‌پذیری مناسب و موثر باشند. این بخش جنبه‌های مختلف طراحی محوطه را مشخص می‌کند و برخی از ویژگیهای خاصی را که اعمال آنها جهت امنیت و حفاظت در برابر تهدیدات دارد، ارائه می‌دهد.

۲۱-۲-۲-۱- جانمایی ساختمان

از آنجا که جانمایی مناسب ساختمان در محوطه می‌تواند تأثیر مهمی بر کاهش آسیب‌پذیری آن داشته باشد، در این بخش حداقل تمهیدات لازم جهت طراحی محوطه در برابر تهدیدات ارائه شده است:

۲۱-۲-۲-۱-۱- باید توجه شود که تمرکز افراد، سرمایه‌ها و فعالیت‌ها در یک محدوده، امکان هدفگیری محیط را افزایش می‌دهد. همچنین همجواری ساختمان‌ها و تمرکز آنها در یک محوطه فشرده موجب افزایش خطرپذیری و تأثیرات جانبی آنها می‌گردد.

۲۱-۲-۲-۱-۲- طرح کلی محیط بهتر است به صورت غیرمتمرکز و منظم باشد. این امر کارآیی محیط برای تعیین مکان جان‌پناه‌های امن در برابر ریزش آوار را افزایش می‌دهد. (شکل ۲۱-۲-۱)



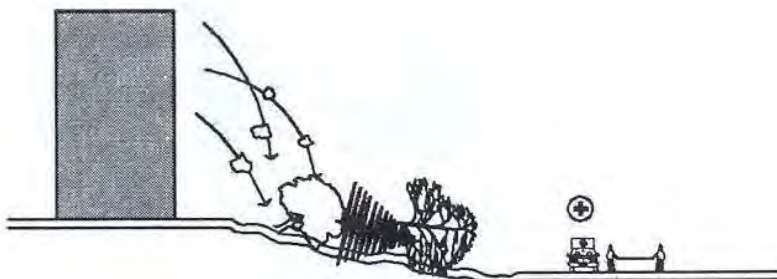
نامطلوب

مطلوب

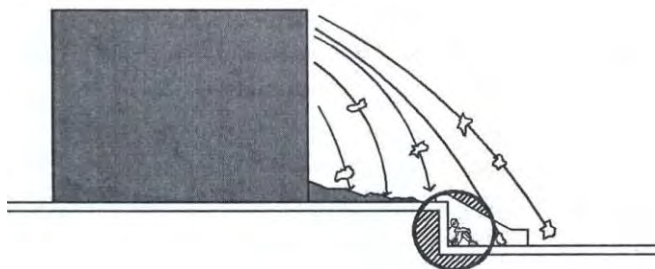
شکل ۲۱-۲-۱- مقایسه طرح کلی پلان‌های مطلوب و نامطلوب

^۱ بکارگیری این اصول (CCD) فقط در موارد ویژه عملی می‌باشد.

۲۱-۲-۲-۱-۳- به منظور کاهش خسارات و اثرات انفجار، توصیه می‌شود در طراحی محوطه بین ساختمان و راه دسترسی اصلی، فضاهای حایل (شکل ۲۱-۲-۲) و در صورت امکان با اختلاف سطح مناسب جهت پناه‌گیری (شکل ۲۱-۲-۳) ایجاد گردد.



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



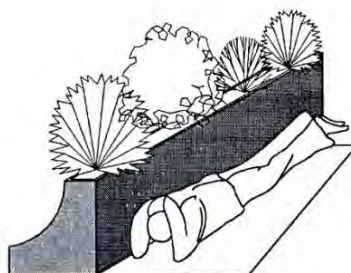
شکل ۲۱-۲-۳- استفاده از اختلاف سطح جهت محافظت در برابر انفجار

۲۱-۲-۲-۱-۴- توصیه می‌شود حداقل فاصله ایمنی مسیرهای دسترسی از ساختمان برای کاهش خطر ریزش آوار برابر $\frac{1}{3}$ ارتفاع ساختمان باشد.

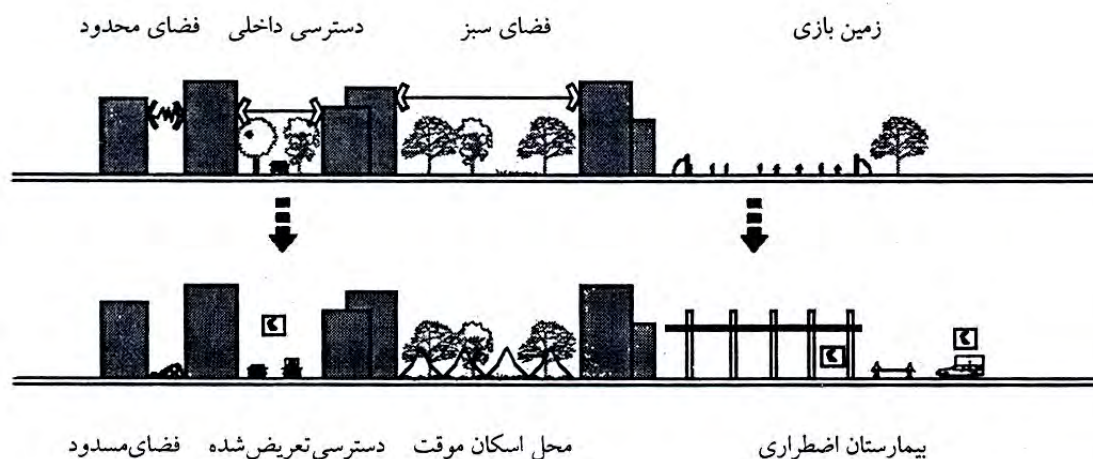
۲۱-۲-۲-۱-۵- مکانیابی ساختمان‌های با اهمیت درجه ۱ و ۲ حتی‌المقدور در پناه عوارض طبیعی یا مدفون و در هماهنگی با طبیعت صورت گیرد.

۲۱-۲-۲-۲- فضاهای باز

۲۱-۲-۲-۲-۱- در فضای باز لبه‌هایی به عنوان جان پناه می‌توان ایجاد کرد. به عنوان مثال در فاصله بین فضای باز و ساختمان‌ها، با استفاده از گلدان‌های طولی یک لبه مستحکم می‌توان ایجاد نمود که در مواقع اضطراری به عنوان جان پناه نیز قابل استفاده باشد. (شکل ۲۱-۲-۴)



۲۱-۲-۲-۲-۲- اجزای فضاهای باز می تواند براساس اصل انعطاف پذیری و با عملکردهای چند منظوره طراحی شود تا در شرایط معمول امکان غنا بخشیدن به فعالیت های عادی را فراهم نموده و در شرایط اضطراری حفاظ های قابل قبول ایجاد نمایند. (شکل ۲۱-۲-۵)



۲۱-۲-۲-۳- تا حد امکان لبه‌های تیز و گوشه‌دار از فرم کلیه عناصر حذف شده و از فرم‌های نرم و گرد گوشه استفاده شود. بدین منظور زاویه لبه‌ها (توده ساختمان، جوی آب، آب‌نما، سکو، گلدان، حفاظ میله‌ای یا عناصر و تجهیزات نوک تیز) تا حدود ارتفاع سه متر از کف محل استقرار، راست گوشه نباشد.

۲۱-۲-۲-۴- در فضاهای باز و محوطه تا حد امکان نباید از عناصر و مبلمان صلب و نرده‌ها و حفاظ‌های میله‌ای استفاده شود. این امر به ویژه در محل‌های تجمع و بازی و دیگر سطوح نسبتاً وسیع حائز اهمیت است.

۲۱-۲-۲-۵- در حد امکان محل مناسبی جهت فرود بالگرد در شرایط اضطراری با کنترل تراکم پوشش گیاهی و حذف کابل‌های هوایی برق در محدوده فضای سبز مجموعه، ضمن کاهش آسیب‌پذیری محیط در برابر آتش‌سوزی، پیش‌بینی شود.

۲۱-۲-۲-۶- جهت امداد رسانی به مجروحان احتمالی، توصیه می‌شود مکان‌هایی در فضای باز پیش‌بینی شود که حتی‌المقدور دارای ویژگی‌های زیر می‌باشد:

- به طور یکنواخت در سطح مجموعه مسکونی پراکنده شده باشد.
- کاملاً خارج از محدوده ریزش آوار باشد.
- از اثر عوامل نامساعد اقلیمی مصون باشد.
- کفسازی هموار و محکمی داشته باشد.
- شیب آنها بیش از ۲ درصد که برای تخلیه آب‌های سطحی لازم است نباشد.
- دارای قابلیت‌های استقرار سریع سایبان‌های سبک باشد.

۲۱-۲-۳- ورودی‌های مجموعه

۲۱-۲-۳-۱- هر مجموعه زیستی متوسط به بالا (مطابق جدول ۲۱-۲-۲) باید حداقل دارای دو ورودی و خروجی باشد که در شرایط عادی یکی از آنها فعال باشد و در مواقع بحرانی استفاده از ورودی‌های اضطراری به سرعت و آسانی امکان‌پذیر باشد.

۲۱-۲-۳-۲- ابعاد ورودی‌های اضطراری باید متناسب با حجم تردد سواره و پیاده در زمان بحران پیش‌بینی شود. ابعاد مذکور تابع عرض، تعداد، جهت حرکت، نوع وسایل نقلیه امدادی عبور کننده از این جزء فضا و نیز وسعت مجموعه، میزان خسارات و میزان خودکفایی موردنظر مجموعه از لحاظ امکانات امدادی خواهد بود.

۲۱-۲-۳-۳- طرح ورودی‌های مجموعه باید به گونه‌ای باشد که در صورت تخریب کامل، موجب انسداد دسترسی سواره نشود و به سرعت قابل ترمیم باشد. از این رو، ترکیبی از دیواره‌های کوتاه (به ارتفاع حداکثر یک متر) و حفاظ‌های میله‌ای (تا ارتفاع حداکثر ۳ متر از سطح کف) می‌تواند مناسب باشد.

۲۱-۲-۳-۴- ورودی‌های اضطراری باید در محل‌های مختلف و متمایز و مکمل ورودی اصلی مجموعه باشد تا بیشترین امکان دسترسی به آن فراهم گردد.

۲۱-۲-۳-۵- محوطه ورودی هر مجموعه بهتر است دارای وسعت و امکانات فضایی کافی برای شرایط اضطراری مانند انجام فوریت‌های پزشکی، ایجاد فضا برای جمع‌آوری کشته‌شدگان و استقرار مجروحان باشد.

این وسعت متناسب با تعداد، موقعیت، فاصله ورودی‌های مجموعه از یکدیگر و از مرکز مجموعه متغیر بوده و بر اساس جدول ۲-۲-۲۱ پیشنهاد می‌شود.

جدول ۲-۲-۲۱- حداقل وضعیت پیشنهادی محوطه ورودی‌های اصلی مجموعه‌های مسکونی بر حسب تعداد ورودی‌ها

تعداد ورودی‌های مجموعه	اندازه مجموعه	ظرفیت مجموعه	فاصله ورودی‌ها از یکدیگر	حداقل وسعت محوطه ورودی	عملکردهای زمان بحران
۲	کوچک	تا ۸۵ واحد مسکونی	تا ۱۰۰ m	$250 (m^2)$	تردد سواره، جمع‌آوری کشته‌شدگان و مجروحان
۳	متوسط	۸۶ تا ۱۶۰ واحد مسکونی	۱۰۱ تا ۲۰۰ m	$300 (m^2)$	تردد سواره، جمع‌آوری کشته‌شدگان و مجروحان در یکی از ۳ محوطه ورودی، انبار کالا، فوریت‌های پزشکی
۳	بزرگ	۱۶۱ تا ۲۰۰ واحد مسکونی	۲۰۱ تا ۲۵۰ m	$350 (m^2)$	همانند ردیف ۲+ فرود بالگرد در یکی از ۳ محوطه ورودی
بیش از ۳	خیلی بزرگ	بیش از ۲۰۰ واحد مسکونی	بیش از ۲۵۰ m	$250 (m^2)$	همانند ردیف ۳+ جمع‌آوری کشته‌شدگان و مجروحان در ۲ تا از ۳ محوطه ورودی

۲-۲-۲-۲۱- مسیرهای دسترسی

۲-۲-۲-۲۱-۱- حرکت افراد و وسایل نقلیه در محوطه، با طراحی دسترسی‌ها و پارکینگ‌ها تعیین می‌شود. مسیرهای دسترسی باید به نحوی طراحی شوند که علاوه بر به حداقل رساندن تداخل میان حرکت عابرین پیاده و وسایل نقلیه، کارایی را به حداکثر برساند.

۲-۲-۲-۲۱-۲- طراحان بهتر است براساس تحلیل کاربری ساختمان، الزامات حرکت در محوطه شامل تعداد و انواع نقاط دسترسی مورد نیاز، تعداد پارکینگ مورد نیاز، مسیرهای پیاده‌رو و حالت‌های مختلف حرکت در محوطه را شناسایی کنند.

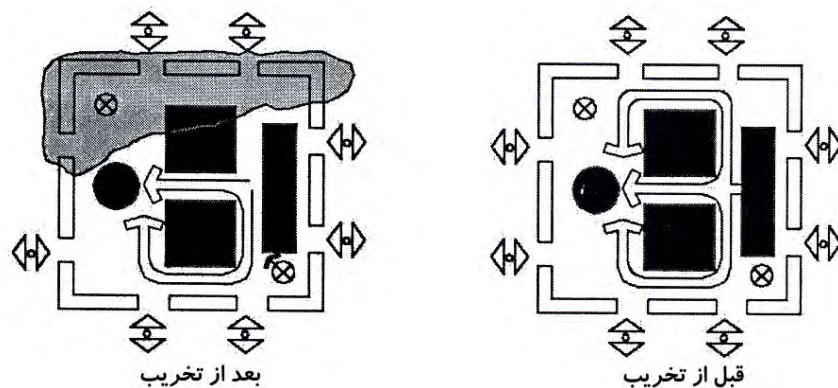
۲-۲-۲-۲۱-۳- طراحی لبه‌ها و عناصر درون محوطه باید به گونه‌ای باشد که مسیریابی هنگام حرکت اضطراری افراد تسهیل شود.

۲-۲-۲-۲۱-۴- اگر مسیرهای دسترسی و فضاهای تجمع مجاور بلوک‌های ساختمانی قرار داشته باشند، جهت امتداد آنها بهتر است عمود بر ردیف ساختمان‌ها باشد تا ضمن کاهش خطر فروپاشی شیشه‌ها به درون این فضاها، در برابر ریزش آوار نیز ایمنی بیشتری داشته باشند.

۲۱-۲-۲-۴-۵- تحت هیچ شرایطی ریزش آوار نباید موجب انسداد کامل مسیرهای دسترسی شود. این محدوده تابع نسبت ارتفاع توده به فضای باز بین آن است (بند ۲۱-۲-۲-۴-۱).

۲۱-۲-۲-۴-۶- مسیرهای دسترسی تا محل خروجی‌ها تا حد ممکن باید بدون انحنای تند و به صورت مستقیم طراحی شوند.

۲۱-۲-۲-۴-۷- در طراحی محوطه، دسترسی‌های متعددی پیش‌بینی شود. (شکل ۲۱-۲-۶)



شکل ۲۱-۲-۶- مثالی از تعدد دسترسی‌ها و شرایط قبل و بعد از تخریب

۲۱-۲-۲-۴-۸- توصیه می‌شود در امتداد مسیرهای سواره و پیاده یک ردیف فضای سبز به عنوان جان‌پناه و افزایش قابلیت جذب ترکش‌های (اولیه و ثانویه) ایجاد شود.

۲۱-۲-۲-۴-۹- در طراحی شبکه مسیرهای سواره‌رو داخل مجموعه‌های متوسط به بالا توصیه می‌شود حداقل یک مسیر دسترسی سواره با عرض زیاد و با پوشش دسترسی سراسری ایجاد شود تا در شرایط پس از وقوع سانحه در برابر خطر انسداد بر اثر ریزش آوارهای ساختمانی مصون بماند. نسبت عرض این مسیر به ارتفاع جدار ساختمانی دور آن، دو به یک پیشنهاد می‌شود. مناسب است در این محور امکان فرود بالگرد پیش‌بینی شود.

۲۱-۲-۲-۴-۱۰- در طراحی مسیرهای پیاده‌رو در محوطه و فضای باز باید موانع و عوامل محدود کننده فرار از خطر، حذف شوند. اصولاً سهولت حرکت به ویژه در مواقع بحرانی یکی از عوامل مهم در تأمین محافظت یا دسترسی سریع و آسان به نقاط امن می‌باشد.

۲۱-۲-۲-۴-۱۱- کف معابر نباید ناهموار و مملو از برآمدگی باشد تا در موقع بحران، حرکت سریع (دویدن) و فرار امکان پذیر باشد.

۲۱-۲-۲-۵- جان پناه‌ها و دیوارهای محافظ

۲۱-۲-۲-۵-۱- در فضاهای باز وجود سطوح هموار و وسیع به هیچ وجه مناسب نیست. لذا بهتر است با استفاده از عوارض سطحی ساده‌ای مانده تپه‌ها و فرورفتگی‌های کوچک و نسبتاً متعدد، ضمن غنی‌سازی فضا برای تأمین فعالیت‌های مورد انتظار در شرایط عادی (مانند بازی و نشستن)، به ایجاد لبه‌های متعدد برای شکل‌گیری جان‌پناه‌های آنی کمک نمود.

۲۱-۲-۲-۵-۲- محل استقرار جان پناه‌ها باید خارج از محدوده ریزش آوارهای ساختمانی تعیین شود.

۲۱-۲-۲-۵-۳- وجود جان‌پناه‌هایی با ظرفیت کم ولی با پراکندگی زیاد به مراتب بهتر از وجود جان‌پناه‌هایی با ظرفیت زیاد ولی با تمرکز بالاست.

۲۱-۲-۲-۵-۴- از آنجا که بهترین وضعیت بدن در برابر نیروهای انفجار حالت خوابیده است، بهتر است در فضای باز مجموعه، جان‌پناه‌ها منطبق با حالت درازکش شوند. بهترین سطوحی که امکان پناه گرفتن فرد در حالت خوابیده (درازکش) در فضای باز را فراهم می‌کنند، گلدان‌ها و باغچه‌های طولی، زمین‌های بازی، سطوح سبز و جوی‌های آب است. بنابراین، این گونه جان‌پناه‌ها بهتر است در امتداد مسیر تمام دسترسی‌های داخلی مجموعه ایجاد شوند. لبه فوقانی این جان‌پناه‌ها باید برآمده ولی دارای فرم عادی باشد.

۲۱-۲-۲-۵-۵- حتی الامکان فرم جان‌پناه‌ها منحنی باشد. چنین فرمی می‌تواند جان‌پناه را همچون یک سپر محکم و مقاوم حتی در فواصل کم از نقطه وقوع انفجار حفظ نماید.

۲۱-۲-۲-۵-۶- حداکثر شعاع فاصله تا جان‌پناه در فضای باز بر اساس سرعت متوسط دویدن (حدود سه متر بر ثانیه) در مدت حداکثر ۱۰ ثانیه معادل ۳۰ متر پیشنهاد می‌شود.

۲۱-۲-۲-۵-۷- طول لبه جان‌پناه‌ها یا هرگونه موانع سخت بهتر است تا حد امکان کم و همراه با بریدگی‌هایی در فواصل مناسب باشد تا به تخلیه سریع امواج انفجار کمک نماید.

۲۱-۲-۲-۵-۸- ارتفاع لبه‌ها یا عمق جان‌پناه‌ها نباید به طور غیرضروری افزایش یابد. نسبت دو به یک بین عمق و پهنای جوی‌های آب توصیه می‌شود.

۲۱-۲-۲-۵-۹- از آنجا که فرد در حالت خوابیده کمتر در برابر نیروهای انفجار آسیب پذیر است، تمهید امکان پناه گرفتن در جان‌پناه به حالت خوابیده بیش از سایر حالت‌های ممکن توصیه می‌شود.

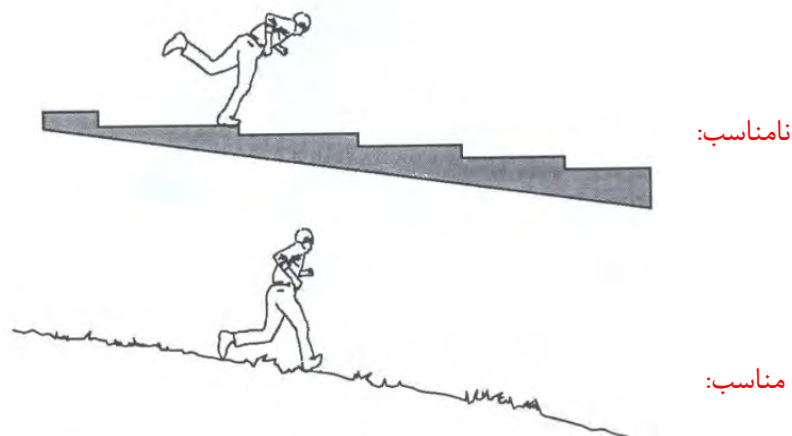
۲۱-۲-۲-۶- طراحی پله و رمپ در محوطه

۲۱-۲-۲-۶-۱- از آنجا که سهولت حرکت به ویژه در مواقع بحرانی، از عوامل مهم و حیاتی در تأمین حفاظت یا دسترسی سریع و آسان به نقاط امن است، لذا هر آنچه سرعت گریز از خطر را محدود نماید، بهتر است از طرح محوطه حذف یا مهار گردد.

۲۱-۲-۲-۶-۲- ابعاد پله در فضای باز برای حفظ ایمنی و راحتی باید به صورت زیر باشد:

- عرض پله حداقل ۱/۵ متر باشد.
- ارتفاع پله حداکثر ۱۵ سانتیمتر باشد ولی ارتفاع ۸ تا ۱۲ سانتیمتر مناسب‌تر است.
- حداقل کف مفید پله ۳۰ سانتی متر باشد.

۲۱-۲-۲-۶-۳- استفاده از رمپ بهتر از پله است و سرعت حرکت در شرایط اضطراری را کاهش نمی‌دهد. شیب رمپ نباید بیش از ۵ درصد باشد. عرض رمپ برای خروج سریع و همزمان دو نفر کمتر از ۱/۸ متر نباشد. (شکل ۲۱-۲-۷)



شکل ۲۱-۲-۷- وجود پله‌های غیرضروری، در شرایط بحرانی بر آسیب‌پذیری افراد در محیط می‌افزاید

۲۱-۲-۲-۷- مصالح سطوح کف معابر

۲۱-۲-۲-۷-۱- مصالح کف در محل‌های تجمع افراد در فضای باز می‌تواند از نوع سخت باشد لیکن ترجیح دارد که از مصالح نرم مانند خاک، گیاه و مانند آن انتخاب شود. ایجاد سطوحی که حرکت بر روی آنها دشوار است (مانند سطوح شن و ماسه خشک و نرم یا سطوح گلی و چسبنده) فقط در مقیاس کوچک مجاز است.

۲۱-۲-۲-۷-۲- سطوح کف فضاهای سبز تا حد امکان باید از چمن پوشیده شود. نصب هرگونه سنگ (با ابعاد و مقاومت کم در برابر نیروهای انفجاری) با مقاصد تزئینی در این گونه سطوح نامناسب است. اما نصب قطعه سنگ‌های بزرگی که ضمن تأمین مقاصد تزئین محیط، قادر به ایجاد نوعی جان پناه مقاوم باشند، در صورت نداشتن گوشه‌های تیز قابل قبول است.

۲۱-۲-۲-۷-۳- سطح کف زمین‌های بازی باید از جنس مصالح نرم باشد.

۲۱-۲-۲-۷-۴- جنس مصالح کف و جداره جان‌پناه‌ها بهتر است سخت و مقاوم باشد تا بتواند بارهای ناشی از انفجار را تحمل نماید. لبه‌های قائم بتنی حتی با ارتفاع کم که فقط امکان درازکش را فراهم می‌کنند از این جمله‌اند.

۲۱-۲-۲-۷-۵- مصالح کف رمپ‌ها باید از جنس زبر، سخت و آجدار باشد. این امر در حفظ تعادل حرکتی افراد در حال حرکت سریع به سمت جان پناه‌ها، حایز اهمیت است. اما سطوح سخت و ناهموار مانند کف های سنگی و تزئینی، به دلیل احتمال ایجاد آسیب دیدگی‌های مضاعف، در طرح کفسازی محوطه توصیه نمی‌شود.

۲۱-۲-۲-۸- جوی‌های آب

۲۱-۲-۲-۸-۱- حداقل عمق جوی آب ۵ سانتیمتر بیش از پهنای بدن اکثر مردان ایرانی (برای پناه گرفتن به حالت خوابیده) باشد. این مقدار معادل $5 + 35$ سانتیمتر است.

۲۱-۲-۲-۸-۲- حداقل عرض جوی‌های آب معادل پهنای بدن اکثر مردان ایرانی، یعنی ۶۰ سانتیمتر باشد.

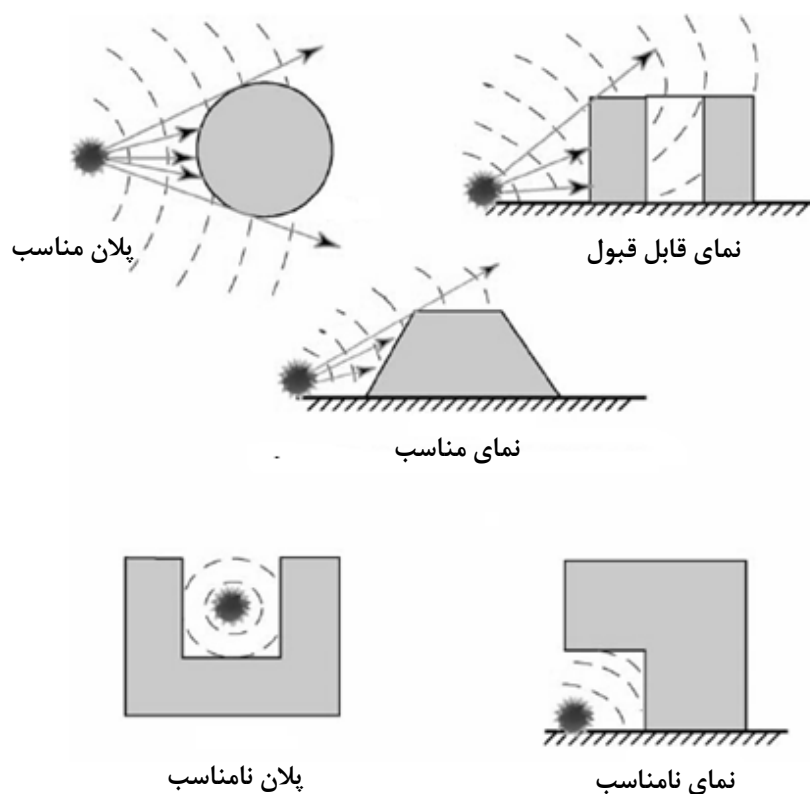
۲۱-۲-۲-۸-۳- جنس مصالح جوی‌های آب بهتر است در برابر نیروهای انفجار مستحکم و مقاوم باشد.

۲۱-۲-۳- طراحی معماری

۲۱-۲-۳-۱- طراحی حجم ساختمان

انتخاب فرم و حجم مناسب برای ساختمان بر میزان خسارات کلی آن تأثیر بسزایی دارد.

۲۱-۲-۳-۱-۱- زاویه‌های بادگیر و عناصر پیرامونی ساختمان می‌تواند موج شوک را به دام انداخته و اثر انفجار را تشدید نماید. زاویه‌های باز یا تدریجی نسبت به زاویه‌های بادگیر یا تند تأثیر کمتری دارند. هنگام استفاده از سطوح منحنی، فرمهای محدب به فرمهای مقعر برتری دارند. شدت فشار منعکس شده بر سطح ساختمان محدب و مدور نیز کمتر از ساختمان مسطح است. (شکل ۲۱-۲-۸)



شکل ۲۱-۲-۸- تأثیر شکل ساختمان در پلان و نما در برابر موج انفجار

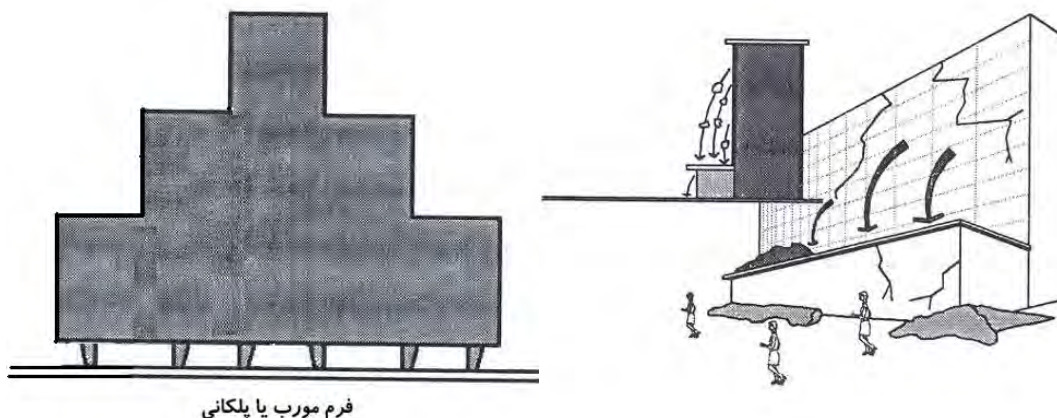
۲۱-۲-۳-۱-۲- پیلوت‌های از دو طرف باز به تخلیه سریع نیروهای انفجاری از زیر ساختمان کمک نموده و آثار تخریبی نیروهای انفجاری بر حجم توده و در فضای باز را به میزان زیادی مهار می‌نمایند. (شکل ۲۱-۲-۹)

(۹)



شکل ۲۱-۲-۹- تخلیه سریع نیروهای انفجار از فضای پیلوت باز

۲۱-۲-۳-۱-۳- توصیه می‌شود از فرم مورب یا پلکانی و تغییرات ارتفاع در حجم ساختمان (با حفظ تقارن نسبی) به منظور کنترل خطر ریزش آوار به فضای باز استفاده شود. (شکل ۲۱-۲-۱۰)



شکل ۲۱-۲-۱۰- مثال از فرم‌های مناسب نمای ساختمان در کنترل خطر ریزش آوار در محیط

۲۱-۲-۳-۲- احجام و المانهای پیرامونی

۲۱-۲-۳-۱- عناصر الحاقی سست باید از نمای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ حذف شوند و در ساختمان‌های با اهمیت درجه ۳ و ۴ نیز با رعایت شرایط خاص (اتصال محکم) مجاز است. (شکل ۲۱-۲-۱۱)

۲۱-۲-۳-۲- از عناصر تزئینی سست و شکننده مهار نشده همچون جان‌پناه و دست اندازهای ضعیف در نمای ساختمان استفاده نشود.

۲۱-۲-۳-۳- در صورت بکارگیری تزئینات در نما به خصوص در ترازهای بالاتر بهتر است از مصالح سبک مانند چوب، پلاستیک، آلومینیوم یا پلیمر و کامپوزیت استفاده شود.



شکل ۲۱-۲-۱۱- خطرات عناصر الحاقی ضعیف در نمای ساختمان‌ها

۲۱-۲-۳-۲-۴- لازم است در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ اعضای سازه‌ای کلیدی ساختمان در بیرون ساختمان قرار نگیرند.

۲۱-۲-۳-۲-۵- فضای خروجی ساختمان باید با ایجاد سقف و یا هرگونه حایل مقاوم در برابر ریزش آوار، محفوظ و ایمن‌سازی شود.

۲۱-۲-۳-۳- نماهای جانبی و جداره خارجی ساختمان

جداره خارجی ساختمان نسبت به انفجار خارجی بسیار آسیب‌پذیر است زیرا نزدیکترین بخش ساختمان به انفجار می‌باشد.

۲۱-۲-۳-۳-۱- بکارگیری عناصر سست و شکننده وسیع و نیز پنجره‌ها در محیط بیرونی و در سطح نمای ساختمان، بام و تجهیزات و مبلمان نصب‌شده در فضای باز مجموعه در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ ممنوع می‌باشد و در سایر ساختمان‌ها باید به حداقل ممکن کاهش یابند.

۲۱-۲-۳-۳-۲- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ به منظور مهار خطرهای ناشی از پرتاب اشیای بُرنده به اطراف، حتی‌المقدور از نمای تمام شیشه استفاده نشود. در صورت لزوم باید شیشه‌ها الیاف‌دار و دارای لایه منسجم کننده باشد. همچنین نماهای شیشه‌ای ساختمان باید تثبیت شوند و از فیلم در روی شیشه استفاده شود.

۲۱-۲-۳-۳-۳- کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌های با اهمیت ۱ و ۲ در برابر تهدیدات با استفاده از جنس مناسب مصالح نما که به کاهش تشعشع حرارتی ساختمان و نمای قابل دید آن می‌انجامد، توصیه می‌شود.

۲۱-۲-۳-۳-۴- استفاده از بام هم‌رنگ با محیط توصیه می‌شود.

۲۱-۲-۳-۳-۵- اتصال دیوارهای خارجی به سازه باید کاملاً بطور مطمئن انجام شود.

۲۱-۲-۳-۴- روابط فضاهای امن و سایر فضاهای ساختمان

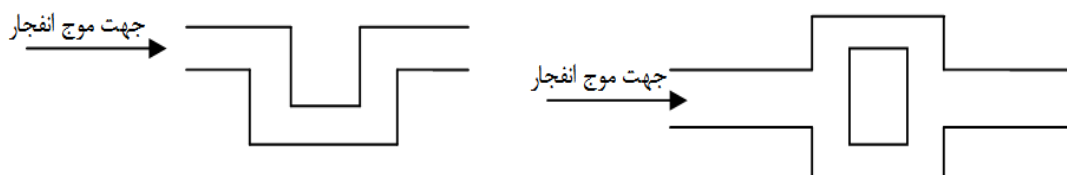
۲۱-۲-۳-۴-۱- در طرح کلی برنامه فضایی - عملکردی باید فضاهای امن ساختمان از سایر فضاها مجزا شوند. در حالت ایده‌آل باید فضاهای امن در درون حجم ساختمان و فضاهای دیگر در خارج از ساختمان اصلی یا در نواحی پیرامون ساختمان قرار گیرند.

۲۱-۲-۳-۴-۲- فضاهای امن در هر طبقه باید حتی الامکان در قسمت داخلی پلان قرار گیرند. توصیه می‌شود در صورت امکان فضای امن برای هر واحد مستقل تامین شود.

۲۱-۲-۳-۴-۳- طرح کلی ساختمان بهتر است به نحوی باشد که بخشهای پیرامونی، حریمی برای فضاهای امن داخلی ایجاد کنند. لیکن باید ارتباط فضاهای امن با سایر فضاها به راحتی میسر باشد.

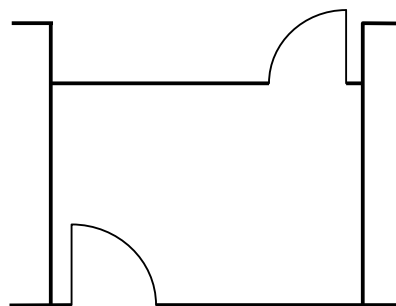
۲۱-۲-۳-۵- مسیرهای حرکت داخلی

۲۱-۲-۳-۵-۱- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ از طراحی فضاهای دارای طرح خطی مانند راهروهای طولانی و مستقیم به دلیل تشدید تاثیر موج انفجار و ایجاد مکش در محیط و پرتاب افراد و اشیاء به اطراف، باید پرهیز شود. به منظور کاهش اثر نامطلوب آنها باید از استقرار موانع یا تغییر جهت در طول مسیر استفاده شود (شکل ۲۱-۱-۱۲).



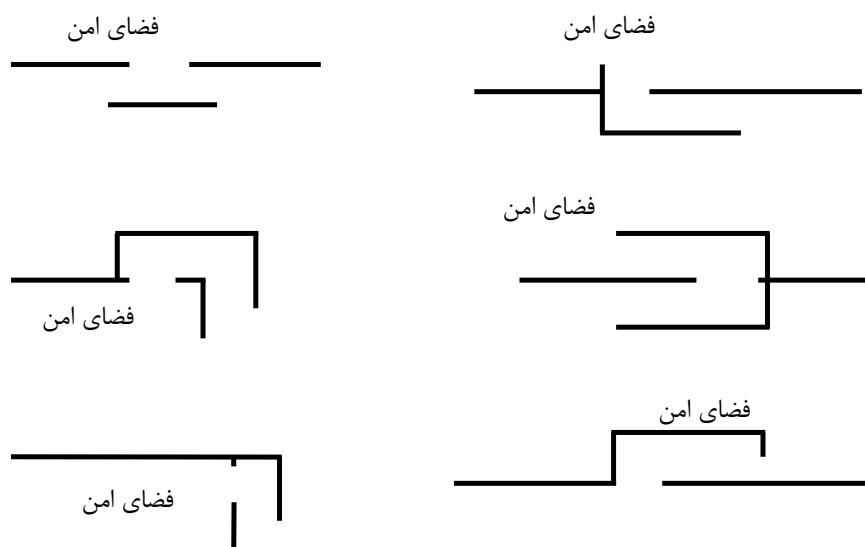
شکل ۲۱-۲-۱۲- ایجاد مانع در مسیر راهروها جهت شکست قدرت موج انفجار

۲۱-۲-۳-۵-۲- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ باید دیوارهای هال ورودی و نیز درهای متوالی داخلی و خارجی باید به صورت غیرمتقابل اجرا شوند. (شکل ۲۱-۲-۱۳)



شکل ۲۱-۲-۱۳- درهای غیرمتقابل در فضای ورودی

۲۱-۲-۳-۵-۳- در طراحی فضاهای امن باید در مسیرهای ورودی، با رعایت سایر ملزومات معماری، انحراف و مانع ایجاد گردد. (شکل ۲۱-۲-۱۴)



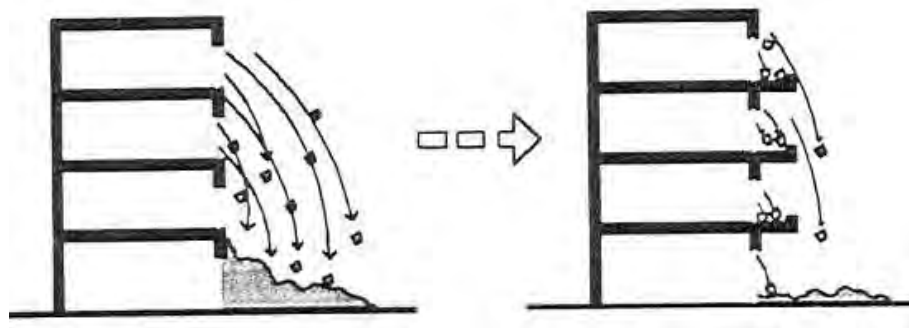
شکل ۲۱-۲-۱۴- نمونه‌هایی از ایجاد انحراف و مانع در مسیر ورودی فضاهای امن

۲۱-۲-۳-۵-۴- پلکان‌های لازم جهت خروج اضطراری باید تا حد ممکن از فضاهای پرخطر دور باشند و نباید به فضاهای پرخطر منتهی شوند.

۲۱-۲-۳-۶- بازشوهای خارجی و پنجره‌ها

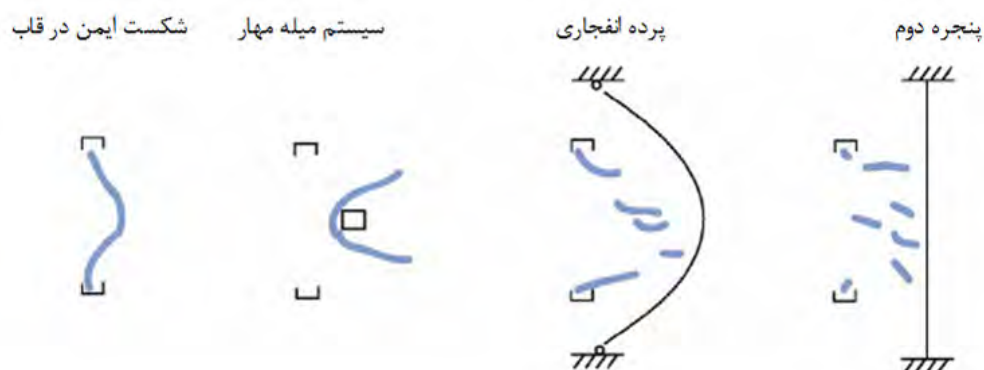
با وجود اهمیت نقش پنجره و شیشه در معماری، باید همواره به این نکته توجه نمود که شکست شیشه‌ها در هنگام انفجار از خطرات مهم محسوب می‌شود. لذا طراحان باید علاوه بر در نظر گرفتن معیارهای کارایی انرژی و روشنایی ساختمان، به منظور اتخاذ تمهیداتی در برابر خطر انفجار، معیارهایی از قبیل عقب نشینی پنجره‌ها، ابعاد بهینه آنها، نوع مواد شیشه، قاب و اتصالات را مورد ملاحظه قرار دهند.

۲۱-۲-۳-۶-۱- به منظور جلوگیری از پرتاب خرده شیشه‌ها به فضاهای بیرونی می‌توان از تعبیه بالکن و افزایش فاصله پنجره‌ها از نما به درون استفاده کرد. (شکل ۲۱-۲-۱۵)



شکل ۲۱-۲-۱۵- طراحی بالکن یا تراس به منظور ممانعت از پرتاب خرده شیشه ها به فضاهای بیرونی

۲۱-۲-۳-۲-۶- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ حفاظت پنجره‌ها باید به دقت توسط مشاور متخصص، ارزیابی گردد تا گزینه‌ای که اهداف مورد نظر را تأمین می‌کند، ارائه نماید. برخی از گزینه‌های مختلف طراحی سیستم پنجره جهت کاهش مصدومیت ساکنان ساختمان در شکل ۲۱-۲-۱۶ آمده است.



شکل ۲۱-۲-۱۶- سیستم‌های شیشه چند لایه و حالت‌های شکست

۲۱-۲-۳-۲-۶-۳- به طور کلی، استفاده از پنجره‌های کمتر یا کوچکتر توصیه می‌شود تا موج انفجار کمتری وارد ساختمان گردد.

۲۱-۲-۳-۲-۶-۴- نمونه‌های خاصی از معیارهای مورد اشاره در فوق برای طراحی ساختمان عبارتند از:

- برای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ باید از شیشه‌های باز پخت شده یا گرما سخت و حداقل سکوریت چندلایه استفاده کرد. برای درجه اهمیت ۳ و ۴ شیشه‌های حداقل ۴ میلیمتری برای ابعاد کوچک و از شیشه‌های متناسب ضخیم‌تر برای قطعات بزرگ استفاده شود.
- استفاده از پنجره‌های بام که نزدیک سقف بالای سر ساکنان قراردارند.
- استفاده از شیشه‌های مقاوم در نمای ساختمان‌ها
- دور قطعات شیشه‌ای با استفاده از مواد پرکننده نرم با ضخامت کافی پر و تثبیت شوند.

- ابعاد سطوح شیشه تا حد امکان و با استفاده از یک قاب‌بندی داخلی مستقل کاهش یابد.

برای فضاهای امن و سقف نورگیر استفاده از صفحات نورگذر نشکن توصیه می‌شود. بعلاوه در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ حتی‌المقدور از این نوع مصالح استفاده شود. تجربه نشان می‌دهد که این تدابیر در انفجارهای کوچک یا مناطق دور از چشمه انفجار (به عبارتی فشارهای انفجاری کمتر از 0.35 kg/cm^2) خیلی موثر بوده است. لازم است به نحوی از این که اعضای تکیه‌گاهی مانند پنجره از خود شیشه همواره قویتر باشد، اطمینان حاصل گردد.

۲۱-۲-۳-۷- طراحی قاب و مهاربندی پنجره

در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲:

۲۱-۲-۳-۷-۱- قطعات بزرگ و یکپارچه شیشه باید توسط قاب‌های پنجره، به اجزای کوچک‌تر تقسیم شود.
 ۲۱-۲-۳-۷-۲- برای نگهداشتن شیشه در قاب، باید درزگیری به ضخامت ۶ میلیمتر (برای مثال سیلیکون) در اطراف محیط داخلی پنجره تعبیه شود.
 ۲۱-۲-۳-۷-۳- چفت پنجره (عمق پنجره که توسط قاب گرفته می‌شود) لازم است حداقل ۱۲ میلیمتر باشد.

۲۱-۲-۳-۷-۴- طراحی قاب و مهاربندی با اعمال مقاومت شکست پنجره به قاب و بست‌ها انجام می‌گیرد. در بیشتر ساختمانهایی که به طور معمول طراحی می‌شوند، قاب‌های آلومینیومی یا فولادی به کار می‌روند. در فضاهای دارای سطوح وسیع شیشه‌ای، چفت بزرگتر با درزگیر سازه‌ای بیشتر مورد نیاز است.
 ۲۱-۲-۳-۷-۵- طرحی که در آنها پنجره حول یک مفصل افقی در بالا یا پائین آن می‌چرخد و به بیرون باز می‌شود، می‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد. در این طرح، پنجره هنگام وقوع انفجار بسته می‌شود و معیار حاکم بر طراحی ظرفیت مفاصل است.

۲۱-۲-۳-۸- طراحی دیوار باربر قائم

۲۱-۲-۳-۸-۱- عکس‌العمل دیوار تکیه‌گاهی باید با استفاده از رویکردهایی مشابه با آنچه در مورد قاب‌ها و درها به کار رفته است، کنترل شود.
 ۲۱-۲-۳-۸-۲- مقاومت دیوار باید حداقل برابر مقاومت پنجره باشد.

۲۱-۲-۳-۸-۳- نصب وادارها (ستونک) برای دیوارهایی از این نوع الزامی است. (برای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲) دال‌های سازه یا تیرهای محیطی مهار شوند.

۲۱-۲-۳-۸-۴- مهاربندی به ستون‌ها مجاز نیست.

۲۱-۲-۳-۹- بازشوهای دیگر

۲۱-۲-۳-۹-۱- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ درها، کرکره‌ها و دیگر بازشوهای جداره خارجی باید طوری طراحی شوند که مهاربندی آنها به سازه تکیه‌گاهی، ظرفیت باربری جانبی بیشتری نسبت به خود عضو بازشو داشته باشد.

۲۱-۲-۳-۹-۲- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ درهای نصب شده در پوسته خارجی ساختمان باید به سمت خارج باز شوند و چارچوب درها نیز باید به هنگام انفجار فشار ناشی از آن را تحمل نمایند.

۲۱-۲-۳-۹-۳- جهت افزایش مقاومت بهتر است چارچوب درها با بتن پر شود. (برای همه گروه‌های اهمیت ساختمان)

۲۱-۲-۳-۹-۴- در جلوی کرکره‌های تاسیساتی باید موج‌گیری ایجاد شود تا از برخورد مستقیم موج با کرکره جلوگیری شود.

۲۱-۲-۳-۹-۵- شبکه‌ای از میله‌های فولادی باید به سازه عقب کرکره مهار شود تا از آوار ناشی از کرکره یا ذرات پراکنده دیگر جلوگیری نماید.

۲۱-۲-۳-۱۰- تیغه‌بندی و عناصر غیرسازه‌ای

۲۱-۲-۳-۱۰-۱- در تیغه‌های داخلی از نازک‌ترین ضخامت تیغه‌ها که تحت بارهای معمولی جوابگو باشد، استفاده شود.

۲۱-۲-۳-۱۰-۲- طراحی تکیه‌گاه و سازه تکیه‌گاهی تیغه‌ها باید حداقل برابر مقاومت جانبی نهایی پانل صورت گیرد.

۲۱-۲-۳-۱۰-۳- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ طراحی اتصالات تیغه‌بندی باید به گونه‌ای انجام گیرد که تا حد ممکن مسیر انتقال بار به سازه اصلی مستقیم و از طریق تماس فشاری باشد. مسیر انتقالی صحیح، خمش و برش را به حداقل می‌رساند.

۲۱-۲-۳-۱۰-۴- از اتصال تیغه‌ها به ستون‌ها و دیگر اعضای اصلی باربر قائم (نظیر ستون‌ها) باید پرهیز گردد. به جای آن قاب را به دیافراگم کف متصل کرد.

۲۱-۲-۳-۱۰-۵- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ از آنجا که سقف‌های کاذب، چراغها، پرده‌های کرکره‌ای، کانال‌ها، تأسیسات تهویه مطبوع و دیگر تجهیزات می‌توانند هنگام وقوع انفجار به قطعات خرد شده پراکنده و خطرناک تبدیل شود، باید تا حد ممکن طراحی و اتصال آنها از نوع مستحکم‌تر و از مصالح کم‌خطر باشد تا چنین خطراتی محدود شوند.

۲۱-۲-۳-۱۰-۶- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ استقرار تجهیزات سنگین مانند تهویه مطبوع در نزدیک کف به جای سقف و استفاده از پرده به جای کرکره، برخی راه حل‌های مناسب می‌باشند. چراغها باید به طور فنی به سقف فوقانی متصل شوند.

۲۱-۲-۳-۱۰-۷- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ نحوه چیدمان مبلمان می‌تواند بر میزان مصدومیت افراد تأثیر گذار باشد، لذا مبلمان‌ها بهتر است تا حد ممکن دور از پنجره‌های خارجی بنا قرار گیرند.

۲۱-۲-۳-۱۱- آسانسور

در مورد آسانسور باید تمهیداتی در نظر گرفته شود تا از انتقال موج انفجار، دود و آتش از طریق چاه آسانسور و آسیب‌رسانی به پلکان و راهروها جلوگیری شود.

۲۱-۲-۳-۱۱-۱- چاه آسانسور باید از پلکان مجزا شود تا در صورت نفوذ موج انفجار به آسانسور، پلکان محفوظ باشد.

۲۱-۲-۳-۱۱-۲- در ساختمانهای بلند مرتبه باید آسانسور در یک محور به چند آسانسور با محورهای متفاوت تبدیل شود تا چاه آسانسور شکسته شده و مانند دودکش عمل نکند. این بند برای ساختمان‌های با اهمیت درجه ۱ و ۲ الزامی است.

۲۱-۲-۳-۱۱-۳- کلاهک بام اتاق تأسیسات آسانسور (در بالای چاه آسانسور) در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ باید مقاومت کافی را دارا باشد.

۲۱-۲-۴- فضاهای امن

۲۱-۲-۴-۱- تعریف 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 معمولی یا فضای باز از ایمنی و مقاومت بیشتری برخوردار باشد. فضای امن معمولاً دو یا چندمنظوره مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

۲۱-۲-۴-۱-۱- فضای امن تمام یا بخشی از فضاهای یک ساختمان با عملکردهای مختلف در زمان صلح است که با تمهیداتی، ایمنی و حفاظت جانی افراد را در مقابل تهدیدات تامین می‌کند و باید قابلیت‌های زیر را دارا باشد:

- جلوگیری از فروریزی عناصر سازه‌ای
- کاهش انتقال موج و آسیب‌های ناشی از آن
- کاهش میزان ترکش‌های ثانویه
- کاهش نفوذ دود و غبار

۲۱-۲-۴-۱-۲- میزان ارضای این شرایط برای فضای امن در هر ساختمان باید حداقل یک درجه بالاتر از سطح عملکرد مورد انتظار آن ساختمان باشد.

۲۱-۲-۴-۱-۳- در ساختمانهای بزرگ، فضای امن می‌تواند قسمتی از فضاهای عمومی مانند کتابخانه، فروشگاه و مسجد باشد و در ساختمانهای کوچک نظیر واحدهای مسکونی، بخش کوچکی از آن مثلاً یک اتاق اندرونی و یا قسمتی از نشیمن بدون مجاورت به خارج و بدون اشراف مستقیم به پنجره‌های خارجی می‌تواند به عنوان فضای امن در نظر گرفته شود.

۲۱-۲-۴-۲- مکان‌یابی فضای امن

۲۱-۲-۴-۲-۱- فضای امن باید حتی الامکان از برخورد مستقیم یا موج انفجار فاصله داشته باشد. لذا بهتر است در بین سایر فضاها و در مرکز ثقل ساختمان قرار گیرد که تا جداره خارجی حداقل یک ردیف دیوار داخلی به عنوان مانع وجود داشته باشد. در هر ساختمان راهروهای داخلی اتاق‌ها و انبارها و سایر فضاهای مشابه این عملکرد را می‌توانند داشته باشند.

۲۱-۲-۴-۲-۲- در طراحی فضای امن باید از جداره محافظ در برابر انفجار در اطراف آن استفاده گردد.

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

۲۱-۲-۴-۳- شکل پلان

۲۱-۲-۴-۳-۱- در طراحی فضای امن باید جهت جلوگیری از انتشار موج انفجار، از فضاهای بصورت دالان شکل طولانی و مانند آن اجتناب گردد.

۲۱-۲-۴-۳-۲- هرچه دهانه ورودی فضاهای منتهی به فضای امن کوچکتر باشد مقاومت آنها در مقابل نیروهای وارده بیشتر خواهد بود و می‌توان فضای امن هر واحد را با توجه به این مسئله انتخاب کرد.

۲۱-۲-۴-۴- ملاحظات روان‌شناختی

فضای امن باید به‌گونه‌ای طراحی شود که به لحاظ تامین امنیت روانی، تشخیص آن بدون استفاده از علائم خاص در مواقع خطر آسان باشد. به طور مثال طراحی فضای کنج با سقف کوتاه (سقف از نوع سازه‌ای نه سقف کاذب) مناسب است.

۲۱-۲-۴-۵- مصالح و اعضای داخلی

در فضای امن باید از مصالحی با ضریب اطمینان مناسب از نظر ایمنی جهت کاهش میزان ترکش‌های ثانویه استفاده شود. لازم است از مصالح و اجسام تیز، لبه‌دار، شکننده و ناپایدار استفاده نشود.

۲۱-۲-۴-۶- الزامات طراحی فضای امن

ظرفیت فضای امن بر اساس کاربری ساختمان مطابق جدول ۲۱-۲-۳ محاسبه می‌شود.

جدول ۲۱-۲-۳- ظرفیت فضای امن بر اساس کاربری ساختمان

کاربری ساختمان	فضای امن
بیمارستان‌ها و مراکز درمانی	به تعداد کل تخت‌های موجود
مسکونی (پناهگاه خصوصی)	در هر واحد مسکونی به تعداد افراد
هتل‌ها و مسافرخانه‌ها	به تعداد کل تخت‌های موجود
مراکز اداری و تجاری	کل تعداد کارکنان
فروشگاههای بزرگ	$\frac{1}{8}$ سطح کل زیربنای فروشگاه
مسجد، حسینیه و مانند آن	-
اماکن عمومی (مانند سینما و رستوران)	-
انبار و نمایشگاه	$\frac{1}{100}$ سطح کل زیربنا

لازم به ذکر است کلیه مسیرهای فرار ساختمان در تمام سطوح عملکردی باید با الزامات این بخش (ملاحظات فضای امن) طراحی شوند ولی این فضاها جزو مساحت فضای امن مورد نیاز برای هر ساختمان قرار نمی گیرند.

۲۱-۲-۵- ملاحظات طراحی پناهگاه

پناهگاه به مکان اسکان موقتی اطلاق می گردد که بخاطر طراحی تخصصی و کاربری خاص در مقابل انواع تهدیدات، نسبت به ساختمان های متعارف از درجه حفاظت به مراتب بالاتری برخوردار باشد و امنیت جانی و روانی بیشتری را برای افراد فراهم نماید.

۲۱-۲-۵-۱- درجه حفاظت پناهگاه

با توجه به عوامل زیر تعیین می گردد:

- درجه حفاظت مورد نظر
- شناخت تهدیدات
- اهمیت عملکردی پناهگاه از نظر نیازهای کشور و حساسیت آن
- موقعیت مکانی پناهگاه با توجه به میزان آسیب پذیری آن
- میزان امکانات مالی، مصالح، ماشین آلات و نیروی انسانی موجود در دسترس

۲۱-۲-۵-۱- انواع پناهگاه

پناهگاه ها با توجه به درجه حفاظت، نحوه عملکرد، مکان استقرار و مدت اقامت به انواع مختلف طبقه بندی می شوند:

۲۱-۲-۵-۱-۱- گروه بندی پناهگاه ها از نظر درجه حفاظت

- **پناهگاه های درجه یک :** در مقابل اثرات مختلف سلاح ها، اصابت موج و ترکش سلاح های متعارف، حرارت و تشعشع سلاح های اتمی با توجه به قدرت سلاح و فاصله نقطه انفجار مقاومت کافی داشته و هوابندی شده و در برابر نفوذ گازهای سمی و شیمیایی نیز مقاومت می نماید (طراحی این نوع پناهگاه خارج از ضوابط این مبحث می باشد).
- **پناهگاه های درجه دو :** در مقابل اثرات مختلف سلاح های متعارف مقاوم بوده ولی در مقابل اثرات سلاح های اتمی و شیمیایی مقاوم نمی باشند (برای طراحی این نوع پناهگاه علاوه بر ضوابط این مبحث برخورد مستقیم گلوله انفجاری به سازه پناهگاهی نیز باید در نظر گرفته شود).

- **پناهگاه‌های درجه سه:** فقط در مقابل موج و ترکش سلاح‌های متعارف قابلیت مقاومت دارند (برای طراحی این نوع پناه‌گاه بکارگیری ضوابط این مبحث به تنهایی کافیهست).

۲۱-۲-۵-۱-۲- گروه‌بندی پناهگاه‌ها از نظر نوع عملکرد

انواع پناهگاه‌ها با توجه به نوع عملکرد در زمان صلح می‌توانند به صورت فضاهای تک منظوره با عملکرد خاص پناهگاه یا فضاهای چند منظوره که در زمان صلح عملکردهای دیگری دارند، باشند. توصیه می‌شود حتی الامکان فضاهای پناهگاهی به صورت چند منظوره در نظر گرفته شوند. با این حال در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ جهت حفاظت بیشتر در مقابل تهدیدات مختلف، باید علاوه بر فضاهای پناهگاهی چند منظوره، فضاهای خاص پناهگاهی با درجه مقاومت بالاتر نیز احداث شوند.

۲۱-۲-۵-۱-۳- گروه‌بندی پناهگاه‌ها از نظر مکان استقرار

فضای پناهگاه مورد نظر برای هر کاربری جهت حفاظت می‌تواند داخل ساختمان مشخص یا مستقل از آن طراحی شود.

۲۱-۲-۵-۱-۴- گروه‌بندی پناهگاه‌ها از نظر مدت زمان اقامت

مدت زمان اقامت، طول مدتی است که افراد داخل پناهگاه با درهای بسته و در محیط حفاظت شده اقامت دارند که بین چند ساعت تا چند روز متفاوت است. در مورد حوادث اتفاقی صنعتی خارج از ساختمان این مدت کمتر از ۲۴ ساعت و در زمان جنگ معمولاً بیش از ۲۴ ساعت است و بدین ترتیب می‌توان هدف از ایجاد پناهگاه را به صورت اقامت کوتاه مدت و بلندمدت تقسیم نمود که در پناهگاه‌های بلند مدت الزامات سطوح فضاها و لوازم راحتی بیشتر است. با این حال توصیه می‌شود که برنامه ریزی و طراحی پناهگاه‌ها به نحوی باشد که قابلیت عملکرد در زمان تهدیدهای طولانی تر را داشته باشند.

۲۱-۲-۵-۲- پناهگاه‌های اختصاصی و عمومی

۲۱-۲-۵-۱- پناهگاه‌های اختصاصی به ساکنان و افراد حاضر در ساختمان مشخص و کاربری خاص آن اختصاص دارد و ظرفیت آن با توجه به جمعیت آنها و میزان حفاظت آن براساس میزان اهمیت آن کاربری در نظر گرفته می‌شود.

۲۱-۲-۵-۲- پناهگاه عمومی در سطح شهر جهت حفاظت و استفاده عموم مردم در برابر تهدیدات مختلف در نظر گرفته می‌شود که عمدتاً از ظرفیت بیشتر متناسب با مکان احداث آن و درجه حفاظت بالاتر برخوردار است.

۲۱-۲-۵-۳- تعیین مکان پناهگاه‌های عمومی

۲۱-۲-۵-۳-۱- محل احداث پناهگاه عمومی باید بر اساس فاصله مناسب جهت دسترسی سریع افراد، ساختار شهری، تأسیسات شهری و ملاحظات دیگر تعیین گردد.

۲۱-۲-۵-۳-۲- هماهنگی با سازمان آب، برق منطقه‌ای، مخابرات، شرکت گاز، سازمان فاضلاب و شهرداری ضروری است.

۲۱-۲-۵-۳-۳- رعایت فاصله محل احداث پناهگاه از تانکرها و مخازن سوخت تحت فشار، فاضلاب، چاه‌های آب، کابل‌های فشار قوی، انبارهای شیمیایی و چاه‌های موجود الزامی است، این فاصله با توجه به مقیاس خطرات احتمالی حاصل از موارد مذکور، تعیین می‌شود.

۲۱-۲-۵-۳-۴- تعیین محل باید با طرح ورودی‌ها و خروجی‌ها هماهنگ گردد تا آوار ناشی از خرابی ساختمان‌های مجاور آنها را مسدود نکند (رعایت محدوده آوار).

۲۱-۲-۵-۴- تعیین مکان پناهگاه‌های اختصاصی

یکی از مهمترین مسائل برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای امن، انتخاب بهترین مکان و موقعیت جهت دسترسی به آن است. در تعیین مکان پناهگاه عمومی در ساختمان باید موارد ایمنی و فنی زیر مورد توجه قرار گیرند:

۲۱-۲-۵-۴-۱- موقعیت پناهگاه باید در نزدیکترین فاصله ممکن به بخش‌های مختلف ساختمان قرار داشته باشد.

۲۱-۲-۵-۴-۲- مسیر دسترسی به پناهگاه ضمن دارا بودن کوتاه‌ترین فاصله ممکن (با توجه به شرایط) باید مسیری امن بوده و همچنین نباید بین ساختمان و مسیر ورودی پناهگاه فاصله‌ای زیادی وجود داشته باشد.

۲۱-۲-۵-۴-۳- در صورت امکان، محل پناهگاه بهتر است در زیر زمین و به شکل مدفون در نظر گرفته شود.

۲۱-۲-۵-۴-۴- در صورت وجود آب‌های تحت الارضی و عدم امکان دفن سازه، احداث به صورت نیمه مدفون و یا سطحی صورت خواهد گرفت.

۲۱-۲-۵-۴-۵- همواره در تحتانی‌ترین طبقه و مستقیماً بر روی خاک ساخته شود (طبقه یا فضای خالی در زیر آن مجاز نمی باشد).

۲۱-۲-۵-۴-۶- جداره های خارجی پناهگاه باید از مقاومت کافی در برابر انفجار برخوردار باشند.

۲۱-۲-۵-۴-۷- پناهگاه باید دور از بخش های آسیب پذیر ساختمان مانند فضاهای تاسیساتی قرار گیرند.

۲۱-۲-۵-۵- ظرفیت پناهگاه

۲۱-۲-۵-۵-۱- ظرفیت پناهگاه های عمومی که به لحاظ عدم امکان احداث پناهگاه در همه اماکن و به خصوص بناهای مسکونی احداث می شوند، باید بر اساس بررسی محدوده و شعاع حوزه پناهگاه (فاصله دسترسی افراد به آن) و حداکثر ظرفیت مجاز پناهگاه و جمعیت محدوده موردنظر تعیین گردد.

۲۱-۲-۵-۵-۲- ظرفیت پناهگاه براساس کاربری ساختمان و تعداد افراد استفاده کننده از آن تعیین می گردد. (جدول ۲۱-۲-۴)

۲۱-۲-۵-۵-۳- ظرفیت پناهگاه در ساختمان های مذکور، باید متناسب با تعداد افراد ساکن یا مراجعان به آن در نظر گرفته شود.

جدول ۲۱-۲-۴- ظرفیت پناهگاه اختصاصی بر اساس کاربری ساختمان

ظرفیت پناهگاه	کاربری ساختمان
به تعداد کل تخت های موجود	بیمارستان ها و مراکز درمانی
به تعداد افراد ساختمان	مسکونی
به تعداد $\frac{2}{3}$ تخت های موجود	هتل ها و مسافرخانه ها
تعداد کارکنان $\frac{2}{3}$	مراکز اداری و تجاری
$\frac{1}{10}$ سطح کل زیربنای فروشگاه	فروشگاه های بزرگ
$\frac{2}{3}$ ظرفیت هر کدام	مسجد، حسینیه و مانند آن
تعداد صندلی ها $\frac{2}{3}$	اماکن عمومی (مانند سینما و رستوران)
$\frac{1}{150}$ سطح کل زیربنا	انبار و نمایشگاه

۲۱-۲-۵-۶- ابعاد پناهگاه (برای اختصاصی و عمومی)

۲۱-۲-۵-۶-۱- اندازه پناهگاه باید در صورت تداوم خطر، جوابگوی نیازهای عملکردی اقامت بلند مدت و انجام فعالیت‌های روزمره و برنامه‌ریزی شده افراد در حداقل فضا و با کارایی قابل قبول باشد.

۲۱-۲-۵-۶-۲- حداقل ارتفاع مفید پناهگاه باید در راهروها ۲/۳۰ متر و در بخشهای اقامتی ۲/۵۰ متر باشد.

۲۱-۲-۵-۶-۳- حداقل مساحت مورد نیاز برای هر نفر ۱ متر مربع در نظر گرفته شود.

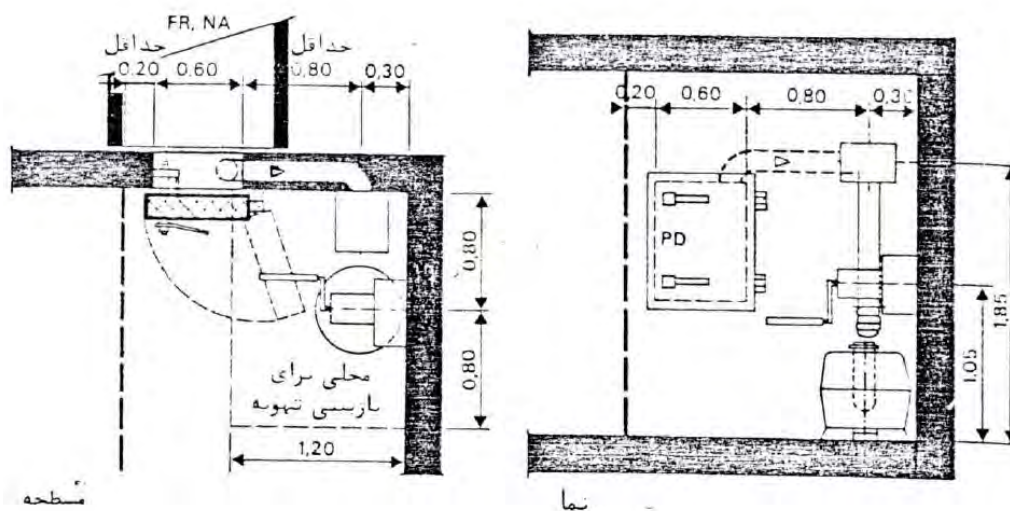
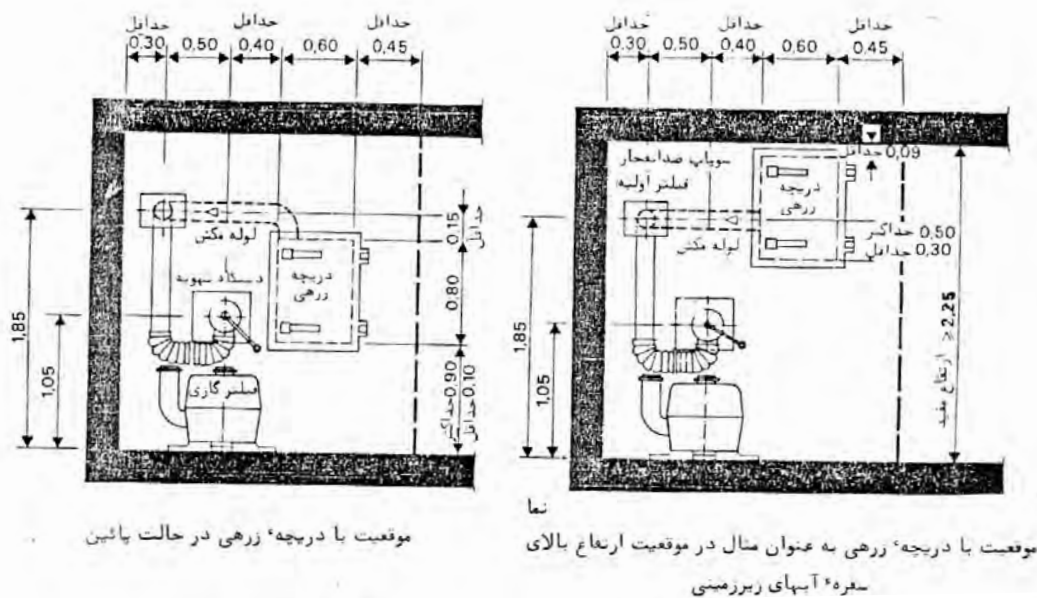
۲۱-۲-۵-۶-۴- حداقل عرض مفید در قسمت‌های سلولی ۳ متر و راهروهای ارتباطی ۲ متر است.

۲۱-۲-۵-۶-۵- انتخاب ارتفاع پناهگاه و سطح مورد نیاز برای هر نفر باید به صورتی باشد که حداقل ۲/۵ مترمکعب حجم فضا برای هر نفر تأمین شود.

۲۱-۲-۵-۶-۶- مجموع فضاهای پناهگاه شامل اتاقهای تأسیسات (برای هوادهی)، سرویس‌ها و هوابندها (برای فیلتر و ورودی به پناهگاه) و... به عنوان حجم کلی تلقی می‌گردد.

۲۱-۲-۵-۶-۷- سطح لازم برای تأسیسات تهویه در پناهگاه ۲۵ نفری ۳ مترمربع و بیش از آن تا ۱۰ مترمربع نیز می‌رسد.

۲۱-۲-۵-۶-۸- دریچه زرهی برای محافظت و بستن محل ورودی راه‌های فرار و خروجی‌های اضطراری می‌باشد. اندازه آن معمولاً ۸۰×۶۰ سانتیمتر می‌باشد.



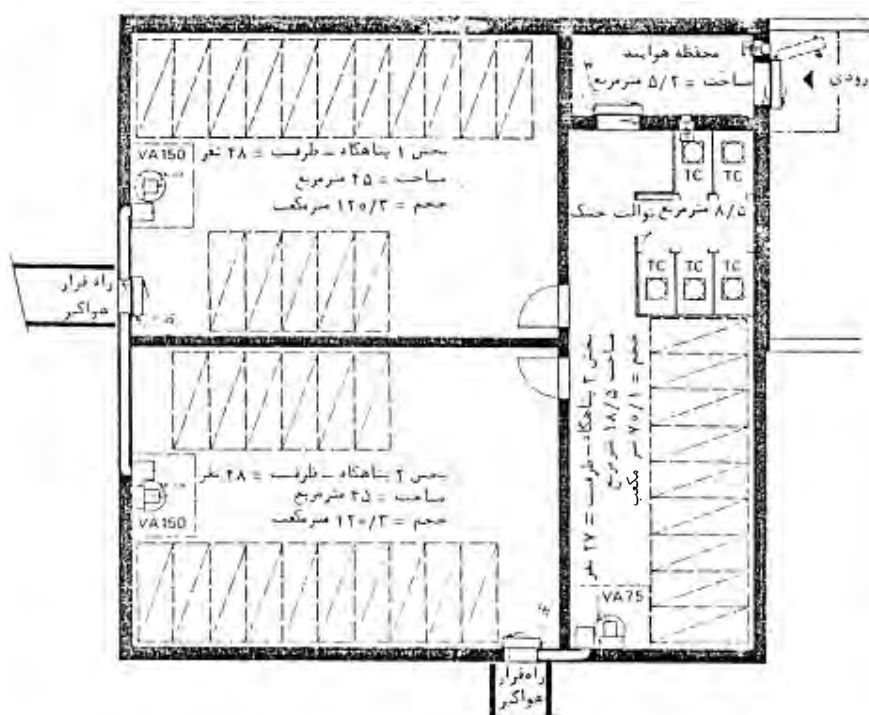
۲۱-۲-۱۷- موقعیت تأسیسات تهویه در پناهگاه

۲۱-۲-۵-۷- فضای داخلی پناهگاه

۲۱-۲-۵-۱- فضای هرسلول پناهگاه حداکثر برای ۵۰ نفر طراحی و احداث می شود و در صورت نیاز به ظرفیت بیشتر باید دو یا چند سلول را به صورت مجزا در پناهگاه احداث نمود. حداکثر تعداد نفرات در یک پناهگاه ۱۵۰ نفر خواهد بود.

۲۱-۲-۵-۷-۲- فضای سلول‌های داخلی پناهگاه باید با استفاده از دیوارهای مقاوم در برابر انفجار به مساحت‌های حداقل ۲۵ نفر و حداکثر ۵۰ نفر تقسیم شود.

۲۱-۲-۵-۷-۳- ارتباط فضاهای پناهگاهی (سلولهای) مجاور یکدیگر می‌تواند از طریق راهرو ارتباطی، درب یا دریچه زرهی تعبیه شده در دیوار مشترک آنها صورت گیرد.



۲۱-۲-۱۸- ارتباط فضاهای پناهگاهی مجاور یکدیگر

۲۱-۲-۵-۷-۴- دیوارهای جداکننده می‌توانند به عنوان عضو باربر در نظر گرفته شده و در محاسبات سازه وارد شوند.

۲۱-۲-۵-۷-۵- دیوارهای جداکننده بین سلول‌ها باید از بتن مسلح با حداقل ضخامت ۳۰ سانتیمتر اجرا شود.

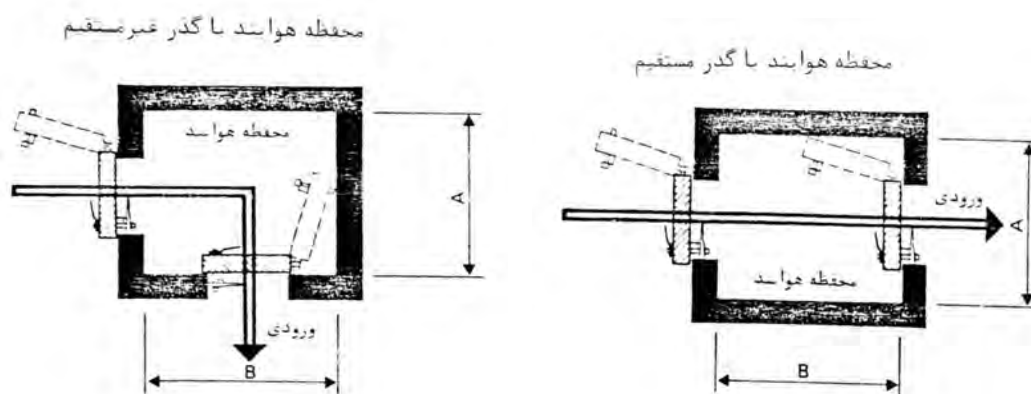
۲۱-۲-۵-۷-۶- هر فضای پناهگاه تا ظرفیت ۲۵ نفر باید حداقل دارای یک توالت و از ۲۵ نفر بیشتر دو توالت باشد.

۲۱-۲-۵-۸- محفظه هوا بند

۲۱-۲-۵-۸-۱- محفظه هوا بند باید بیرون درب ورودی و فضای اصلی پناهگاه، در نظر گرفته شود و با نصب درهای ضد انفجار و ضد گاز و سوپاپ‌های لازم آن را تجهیز نمود.

۲۱-۲-۵-۸-۲- سطح لازم برای اتاقک هوا بند برای پناهگاه‌های با ظرفیت تا ۵۰ نفر ۱/۵ مترمربع، ۵۱ الی ۱۰۰ نفر ۳/۵ متر مربع و برای پناهگاه‌های با ظرفیت ۱۰۱ الی ۱۵۰ نفر ۵ متر مربع است.

۲۱-۲-۵-۸-۳- محفظه هوا بند دارای دو درب زرهی است که یکی به بیرون باز می شود و دیگری برای ورود به فضای اصلی رو به داخل هوا بند باز می شود.



۲۱-۲-۱۹- محفظه هوا بند

۲۱-۲-۵-۹- ورودی پناهگاه

۲۱-۲-۵-۹-۱- هر پناهگاه باید دارای حداقل یک در ورودی و یک در خروجی اضطراری خارج از محدوده ریزش آوار باشد.

۲۱-۲-۵-۹-۲- در نظر گرفتن محدوده آوار، به منظور عدم برخورد با ریزش آوار ناشی از فروپاشی ساختمانهای مجاور بر روی ورودی و خروجی اضطراری، ضروری است.

۲۱-۲-۵-۹-۳- با تعبیه ورودی یا خروجی پناهگاه از داخل ساختمان لازم است که احتمال ریزش آوار بر روی این مسیرها مدنظر قرار گرفته و سقف و دیوار و کف آنها برای بار آوار نیز محاسبه گردد ضمناً محاسبه بار حاصل از آوار ساختمان برای سقف و دیوار پناهگاه الزامی است.

۲۱-۲-۵-۹-۴- ورودی‌ها باید سرپوشیده باشند.

۲۱-۲-۵-۹-۵- حداقل عرض ورودی‌ها ۱۵۰ سانتیمتر بوده و بکمک راه پله‌هائی که در هر پله ارتفاع حداکثر ۱۸ و عرض کف پله حداقل ۳۰ سانتیمتر می‌باشد، قابل دسترسی است.

۲۱-۲-۵-۹-۶- در مسیرهای ورودی به پناهگاه جهت رفاه حال معلولین و دسترسی آسان افراد استفاده از سطح شیبدار اولویت دارد.

۲۱-۲-۵-۹-۷- مدخل اصلی پناهگاه تحت هیچ شرایطی نباید به فضای اصلی و یا روبروی راهروی پناهگاه باز شود.

۲۱-۲-۵-۹-۸- ورود به پناهگاه باید از طریق یک فضای واسط (فضای هوادهی) با حداقل بازشو صورت گیرد.

۲۱-۲-۵-۹-۹- در طراحی ورودی‌ها باید حداقل دو خم ۹۰ درجه تا قبل از ورود به مدخل هوا بند یا فضای اصلی پناهگاه وجود داشته باشد.

۲۱-۲-۵-۹-۱۰- در صورت عدم امکان طراحی دو خم ۹۰ درجه در محل، می‌توان از یک خم ۹۰ درجه و تله انفجاری و یا فقط از تله های انفجاری جهت کاهش فشار موج انفجار استفاده نمود.

۲۱-۲-۵-۹-۱۱- در انتهای تمامی مسیرهای ورودی به پناهگاه استفاده از تله انفجار توصیه می گردد.

۲۱-۲-۵-۹-۱۲- ورودی پناهگاه حتماً باید مجهز به درب ضد انفجار باشد.

۲۱-۲-۵-۹-۱۳- ابتدای ورودی‌ها حداقل ۲۰ سانتیمتر بالاتر از سطح طبیعی زمین قرار گیرد تا از ورود آبهای سطحی جلوگیری شود.

۲۱-۲-۵-۹-۱۴- در انتهای شیب یا پله‌های ورودی، با توجه به اقلیم منطقه و احتمال ورود آبهای سطحی، جهت هدایت آبهای وارده باید کف شورهایی با ظرفیت زهکشی آب به درون چاه جذبی مناسب و پوشش شبکه‌های آهنی محکم پیش بینی شوند.

۲۱-۲-۵-۱۰- راههای فرار و خروجی‌های اضطراری

۲۱-۲-۵-۱۰-۱- به ازاء هر ۲۵ تا ۵۰ نفر باید یک خروجی اضطراری تعبیه شود. نمونه‌ای از محل قرارگیری راههای فرار و خروجی‌های اضطراری در شکل ۲۱-۲-۱۸ نشان داده شده است.

۲۱-۲-۵-۱۰-۲- در صورت وجود خروجی‌های اضطراری متعدد، باید در جهات مختلف ساختمان و حتی‌الامکان دور از یکدیگر قرار گیرند.

۲۱-۲-۵-۱۰-۳- خروجی اضطراری از طریق یک خم ۹۰ درجه و یک چالاب که به عنوان تله انفجاری و محل ریزش آوار احتمالی و همچنین جمع آوری و دفع آبهای زائد است، به پناهگاه متصل می‌شود.

۲۱-۲-۵-۱۰-۴- در صورت استفاده از تله‌های انفجاری در مسیرهای ورودی، می‌توان کانالهای عمودی ۸۰×۸۰ سانتیمتر در سقف تله انفجاری ایجاد کرد تا جهت انعکاس موج انفجار و همچنین به عنوان خروج اضطراری از آن استفاده گردد.

۲۱-۲-۵-۱۰-۵- خروجی‌های اضطراری به منظور تهویه نیز بکار رفته و هوای مورد نیاز برای پناهگاه را تأمین می‌نمایند.

۲۱-۲-۵-۱۰-۶- جهت جلوگیری از ورود آبهای سطحی و تقلیل حجم آوار، خروجی‌های اضطراری باید حداقل تا ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح تمام شده زمین ادامه یابند.

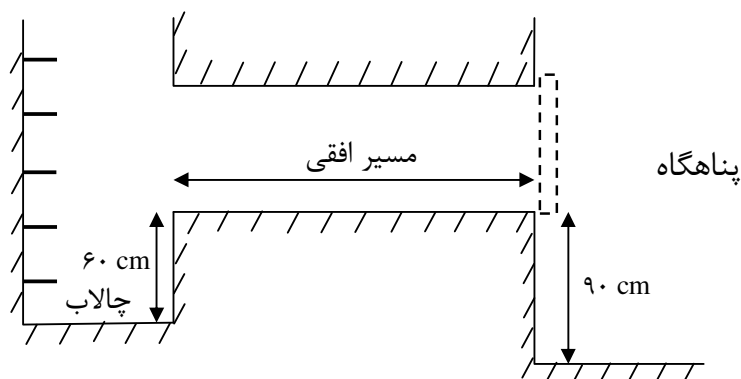
۲۱-۲-۵-۱۰-۷- خروجی اضطراری دارای دو قسمت افقی و عمودی است که مقطع افقی به ابعاد ۸۰×۱۰۰ سانتیمتر و مقطع مسیر عمودی ۶۰×۸۰ سانتیمتر است.

۲۱-۲-۵-۱۰-۸- انتهای مسیر عمودی باید حدود ۶۰ سانتیمتر پائین تر از کف مسیر افقی باشد. مسیر عمودی باید مجهز به پله‌های فلزی جاسازی شده بر روی دیوار باشد.

۲۱-۲-۵-۱۰-۹- کف مسیر افقی باید حدود ۹۰ سانتیمتر بالاتر از کف پناهگاه قرار گیرد.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۰- اگر مسیر افقی از جنس لوله‌های بتنی غیر مسلح باشد، رعایت حداکثر قطر ۱ متر و حداکثر طول ۸ متر الزامی است.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۱- برای مسیر افقی استفاده از لوله‌های آردواز (پنبه کوهی مانند ایرانی و فارسیت) و فاضلابی با قطر یک متر تا هر طولی مجاز است.



۲۱-۲-۲۰- برش طولی از مسیر فرار

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۲- برای مسیر افقی می‌توان از بتن درجا با مقطع مربع مستطیل به عرض ۸۰ سانتی متر و ارتفاع یک متر استفاده می‌نمود.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۳- دهانه مسیر عمودی باید توسط دریچه فلزی، مشبک و مقاوم در شرایط عادی پوشانده شود. دریچه به طرف داخل مسیر عمودی به چپ یا راست باز می‌شود.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۴- نوع قفل و بست دریچه باید به نحوی تعبیه گردد که از داخل و خارج قابل باز و بسته شدن باشد.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۵- در صورت استفاده از دریچه های غیرمشبک و بدون گذر هوا، باید در محل مناسبی از مسیر افقی، یک مجرای هوا جهت هوارسانی و تخلیه هوا تعبیه گردد.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۶- دریچه باید به نوارهای لاستیکی مجهز باشد تا در هنگام بسته شدن از ورود گاز و هوا و سیلابهای احتمالی به داخل کانال جلوگیری نماید.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۷- سطوح داخلی خروجی‌های اضطراری باید کاملاً صاف و لیسهای باشند.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۸- خروجی‌های اضطراری باید از بتن مسلح به حداقل ضخامت ۱۵ سانتیمتر و به صورت یکپارچه اجرا گردند.

۲۱-۲-۵-۱۰-۱۹- رعایت شیب ۱٪ تا ۱/۵٪ در مسیر افقی به طرف شفت قائم ضروری است.

۲۱-۲-۵-۱۰-۲۰- خروجی های اضطراری باید بتوانند بار زنده معادل یک اتمسفر فشار (علاوه بر بار مرده) را بصورت داخلی تحمل نمایند.

۲۱-۲-۵-۱۰-۲۱- با احتمال ورود آب های سطحی و باران به مسیر عمودی استفاده از کفشور در شفت قائم ضروری است و دفع آب به روش زهکشی و چاه جذبی یا وصل به شبکه فاضلاب مانند نحوه دفع آب های سطحی ورودی ها انجام گیرد.

۲۱-۲-۵-۱۱- روانبخشی پناهگاه ها

۲۱-۲-۵-۱۱-۱- جهت مقابله با اثرات روانی، امکانات و خصوصیات فضای پناهگاه باید به گونه ای باشد که حتی الامکان آرامش نسبی در افراد ایجاد کند.

۲۱-۲-۵-۱۱-۲- برای دست یافتن به چنین خصوصیتی عواملی از قبیل نور، تهویه، رنگ، جنس مصالح، صدابندی، ابعاد و تناسبات فضاها، شرایط آسایش و امکانات جنبی و فرعی نقش مهمی دارند.

۲۱-۲-۵-۱۱-۳- انتخاب رنگ های مناسب در فضاهای پناهگاه تأثیر خوبی در روحیه افراد دارد و استفاده از رنگ های گرم در یک زمینه با رنگ روشن در فضاهای حرکتی و همچنین استفاده از رنگ های آرامش بخش در فضاهای اسکان می تواند احساس فضاهای معمولی کار و زندگی را به وجود آورد.

۲۱-۲-۵-۱۱-۴- انتخاب رنگ های مناسب برای وسایل مختلف ثابت و متحرک نیز تأثیر بسزائی در روانبخشی فضاها خواهد داشت.

۲۱-۲-۵-۱۲- عایق کاری

۲۱-۲-۵-۱۲-۱- کلیه سطوح خارجی پناهگاه ها که در تماس مستقیم با خاک می باشند باید کاملاً عایق کاری رطوبتی شوند.

۲۱-۲-۵-۱۲-۲- در صورت استفاده از عایق قیرگونی باید در دولایه گونی و سه لایه قیر انجام گیرد.

۲۱-۲-۵-۱۲-۳- استفاده از دیگر عایق های استاندارد با ضخامت و دوام کافی مجاز بوده و می تواند به صورت پاشیدنی نیز انجام گیرد که استفاده از گونی در این خصوص ترجیح دارد.

۲۱-۲-۵-۱۲-۴- هنگام خاکریزی و پوشش پناهگاه باید از عایق محافظت گردد.

۲۱-۲-۵-۱۲-۵- پناهگاه تحت هیچ شرایطی نباید پائین‌تر از سطح آبهای زیرزمینی ساخته شود.

۲۱-۲-۵-۱۲-۶- زهکشی اطراف دیواره‌های پناهگاه باید به نحو مناسبی انجام شده و خسارتی به عایق‌کاری وارد نشود.

۲۱-۲-۵-۱۲-۷- کلیه درزها و اتصالات باید به صورت کامل با ابزاری نظیر نوار آب‌بند^۱ عایق‌کاری شوند.

۲۱-۲-۵-۱۲-۸- نقاط ورود و خروج لوله‌های آب و فاضلاب باید به طور کامل آب بندی شوند.

۲۱-۲-۵-۱۳- استتار

۲۱-۲-۵-۱۳-۱- استتار در مورد پناهگاههای عمومی با درجه حفاظت ۱ و ۲ الزامی است.

۲۱-۲-۵-۱۳-۲- خاک استتاری باید حداقل به اندازه نصف کوچکترین بعد پناهگاه یا ۲ متر (حداکثر مقادیر مذکور) ضخامت داشته باشد.

۲۱-۲-۵-۱۳-۳- جهت استتار پناهگاه استفاده از خاک تراکم‌پذیر و کشسان به خاک‌های با دانه‌بندی یکنواخت ارجحیت دارد. (برای جزئیات مراجعه شود به دفتر سازه های امن، نشریه شماره ۷، صفحه ۱۶)

۲۱-۲-۵-۱۳-۴- در صورت دسترسی به انواع دیگر خاکها، استفاده از ماسه بادی مجاز نمی باشد.

۲۱-۲-۵-۱۳-۵- استفاده از شن شکسته با دانه بندی درشت یک گزینه مناسب است.

۲۱-۲-۵-۱۳-۶- جهت استتار، همگون نمودن خاکریز روی پناهگاه با محیط اطراف یا کاربرد تمهیدات مناسب دیگر توصیه می‌شود.

¹ Waterstop

۲۱-۲-۵-۱۴- توصیه‌ها

- ۲۱-۲-۵-۱۴-۱- پناهگاه باید در نزدیکترین محل زندگی افراد باشد.
- ۲۱-۲-۵-۱۴-۲- به منظور حفظ جان افراد ضروری است در کلیه مراکز حیاتی و حساس، وزارتخانه‌ها، دانشگاهها، مدارس و دیگر مکانهای عمومی پناهگاه چند منظوره احداث شود.
- ۲۱-۲-۵-۱۴-۳- دسترسی‌های جاده‌ها و ورودی و خروجی‌های پناهگاههای مراکز حیاتی و حساس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و باید از دید ماهواره‌های چند طیفی، فراطیفی و عوامل شناسایی دشمن مخفی باشند.
- ۲۱-۲-۵-۱۴-۴- استفاده مطلوب از سازه‌های امن زیرزمینی جهت طرح‌های آتی پناهگاهها.
- ۲۱-۲-۵-۱۴-۵- عدم رعایت اصول فنی در ساخت و ساز پناهگاهها نتیجه عکس داشته و علاوه بر اتلاف منابع، باعث تشدید خسارات جانی می‌گردد.
- ۲۱-۲-۵-۱۴-۶- توجه به طراحی جزئیات، مواد و مصالح در فضاهای امن و پناهگاهها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که بدون آن کارایی پناهگاه بشدت افت خواهد کرد. لذا باید با دقت ویژه‌ای به طراحی جزئیات و کیفیت مصالح در این فضاها نمود.

۳-۲۱- بارهای ناشی از انفجار

۳-۲۱-۱- امواج ناشی از انفجار

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

هر بارگذاری ناشی از موج انفجار توسط ۳ پارامتر شکل موج، حداکثر اضافه فشار p_{so} و زمان دوام t_d تعیین می‌شود.

بر حسب منشأ انفجار، موجهای ناشی از آن به دو شکل موج ضربه و موج فشار تقسیم می‌گردند.

۳-۲۱-۱-۱- موج ضربه

موج ضربه ناشی از انفجار مواد منفجره جامد بوده و در آن فشار گازهای شکل گرفته از انفجار، با انتشار از چشمه انفجار، گسترش و تا فشار مبنای p_{so} افزایش و سپس تا فشار محیطی کاهش می‌یابد که به این مرحله فاز مثبت می‌گویند (شکل ۳-۲۱-۱-الف).

در نتیجه انتشار موج، گازهای حاصل از انفجار سرد شده و فشار آنها به مقدار ناچیزی کمتر از فشار اتمسفر می‌رسد. به علت این اختلاف فشار جهت جریان معکوس شده و به سمت مرکز انفجار باز می‌گردد. نتیجه این عمل کاهش فشار یا مکش خواهد بود که به آن فاز منفی می‌گویند (شکل ۳-۲۱-۱-الف). فشار فاز منفی نسبتاً کوچک و تدریجی بوده به طوری که در طراحی سازه‌های مقاوم در برابر انفجار در اکثر مواقع از آنها صرف نظر می‌گردد ولی در مورد ملحقات ساختمان می‌تواند باعث پیامدهای جدی شود. اثر فاز منفی در هنگام ورود جبهه موج به محیط داخل ساختمان نیز قابل توجه است.

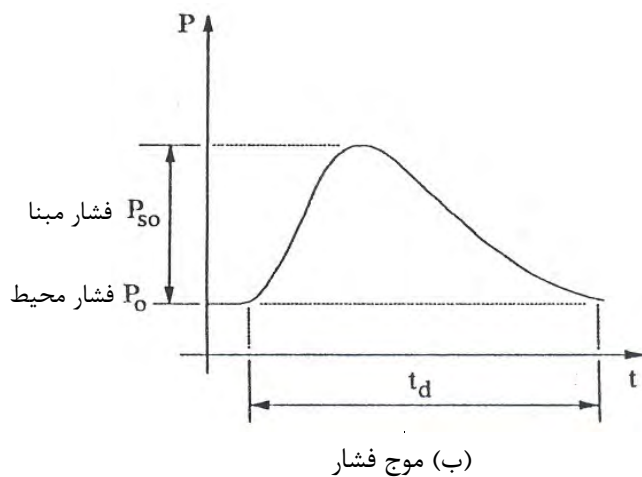
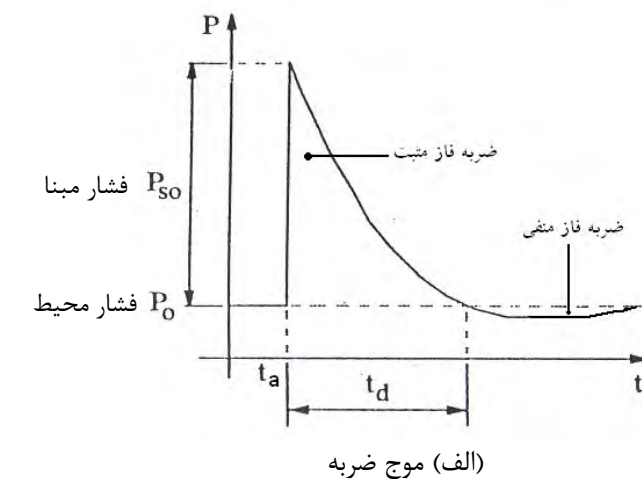
۳-۲۱-۲- موج فشار

موج فشار ناشی از انفجار مواد منفجره گازی و مایع بوده و در آن میزان فشار به صورت تدریجی تا فشار مبنای انفجار p_{so} افزایش و سپس تا مقدار فشار محیطی p_o کاهش می‌یابد (شکل ۳-۲۱-۱-ب) لیکن معمولاً فاز منفی ندارد.

این پدیده در انفجارهای صنعتی یا تصادفی و غیرنظامی است.

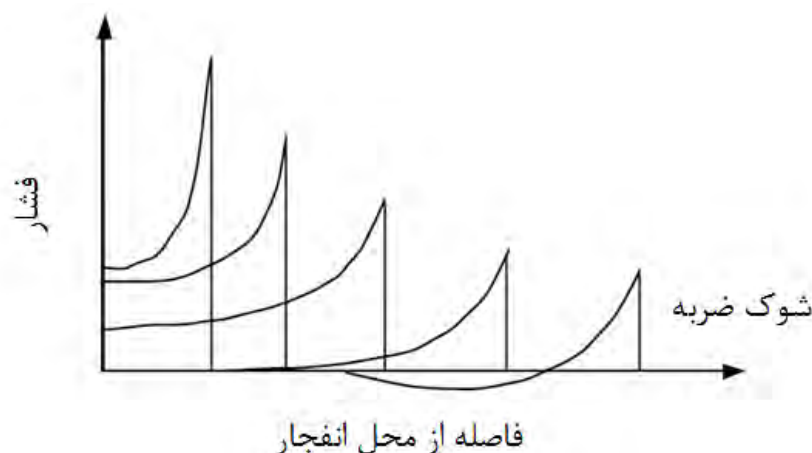
۲۱-۳-۱-۳- انتشار موج انفجار

فشار ناشی از موج ضربه یا موج فشار با افزایش فاصله جبهه موج، کاهش یافته و به فشار محیطی میل می‌کند (شکل ۲۱-۳-۲) و سرانجام پس از رسیدن وضعیت به فشار محیطی، فشار منفی باعث بازگشت هوا به مرکز انفجار می‌گردد.



شکل ۲۱-۳-۱-۳- شکل‌های مشخصات موج انفجار

t_d = مدت زمان فاز مثبت انفجار است که به نوعی زمان دوام انفجار می‌باشد.



شکل ۲۱-۳-۲- افت فشار نسبت به فاصله از محل انفجار

۲۱-۳-۲- طبقه‌بندی بارهای انفجاری

انفجارها از نظر موقعیت به دو دسته انفجار خارجی (خارج از سازه)، انفجار داخلی (داخل سازه) تقسیم می‌شوند.

انفجار خارجی به سه دسته انفجار در هوا، انفجار در سطح زمین و انفجار در داخل زمین تقسیم می‌گردد.

در انفجار هوایی، امواج انفجار مستقیماً به سازه برخورد کرده و نحوه انتشار امواج در هوا به صورت کروی^۱ است.

اگر انفجار در سطح زمین واقع گردد، انتشار امواج ناشی از انفجار بصورت نیم‌کره می‌باشد و علاوه بر انتشار امواج در هوا، انتشار امواج در زمین (مثل زمین لرزه) یعنی شوک زمین نیز رخ خواهد داد، لیکن اثر آن قابل توجه نیست.

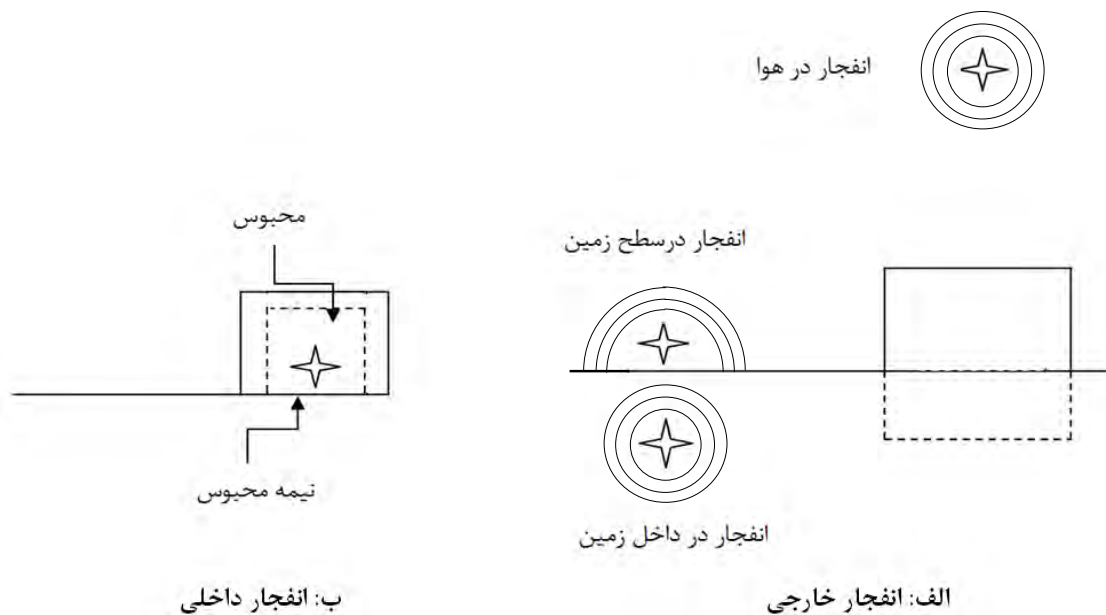
در انفجار در داخل زمین، انرژی انفجار به صورت موج فشاری و برشی در زمین منتقل شده و به علت انتشار امواج در زمین، شوک‌های شدید در زمین را ایجاد می‌نماید که می‌تواند اثرات تخریبی شدیدی بر روی سازه‌های زیر زمینی داشته باشد.

علاوه بر بارهای ناشی از انفجار، اثر ترکش‌های ناشی از انفجار نیز بعضاً در نظر گرفته می‌شود.

انفجارهای داخلی، بسته به شرایط ساختمان و نحوه تهویه آن به دو دسته محبوس و نیمه محبوس تقسیم می‌گردد.

^۱ Spherical

موقعیت انفجارهای مختلف در شکل ۳-۳-۲۱ و تقسیم‌بندی بارهای انفجاری با توجه به موارد فوق در جدول ۱-۳-۲۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳-۲۱ - موقعیت بارهای انفجار

جدول ۱-۳-۲۱ - تقسیم‌بندی بارهای انفجار

موقعیت مرکز انفجار	نوع انفجار	نوع بارهای وارد بر ساختمان
انفجار خارجی	انفجار در هوا	امواج مستقیم ترکش‌ها
	انفجار در سطح زمین	امواج مستقیم امواج بازتابی ترکش‌ها شوک زمین (حرکت امواج در زمین)
	انفجار در داخل زمین	شوک زمین (حرکت امواج در زمین) سرعت ذرات
انفجار داخلی	محبوس	ضربه داخلی
	نیمه محبوس	ضربه داخلی

۳-۳-۲۱- انفجار در هوا

۳-۳-۲۱-۱- فشار مبنای انفجار p_{so}

حداکثر اضافه فشار ناشی از انفجار هوایی (p_{so}) را فشار مبنای انفجار گویند (شکل ۳-۲۱-۱).
برای تعیین فشار مبنای انفجار از حرکت موج انفجار، روابط مختلفی توسط محققین ارائه شده است که به شرح زیر می باشد.

۳-۳-۲۱-۱-۱- روابط براد^۱

فشار مبنای انفجار p_{so} در حوزه نزدیک (وقتی p_{so} بزرگتر از ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع است) و در حوزه های میانی و یا دور (p_{so} بین ۰/۱ و ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع) طبق روابط زیر می باشد:

$$p_{so} = \frac{6.7}{Z^3} + 1 \quad (p_{so} > 10 \text{ kg/cm}^2) \quad (۳-۲۱-۱)$$

$$p_{so} = \frac{0.975}{Z} + \frac{1.455}{Z^2} + \frac{5.85}{Z^3} - 0.019 \quad (0.1 < p_{so} < 10 \text{ kg/cm}^2)$$

در رابطه فوق:

Z = فاصله مقیاس شده^۲ مطابق رابطه زیر است.

$$Z = \frac{R}{W^{1/3}} \quad (۳-۲۱-۲)$$

R : فاصله خرج انفجار تا محل مورد نظر (متر)

W : وزن معادل خرج انفجار بر حسب وزن TNT معادل (کیلوگرم)

۳-۳-۲۱-۲-۱- روابط هنریش^۳

$$p_{so} = \frac{14.072}{Z} + \frac{5.54}{Z^2} + \frac{0.357}{Z^3} + \frac{0.00625}{Z^4} \quad (0.05 \leq Z < 0.3)$$

$$p_{so} = \frac{6.194}{Z} + \frac{0.326}{Z^2} + \frac{2.132}{Z^3} \quad (0.3 \leq Z < 1) \quad (۳-۲۱-۳)$$

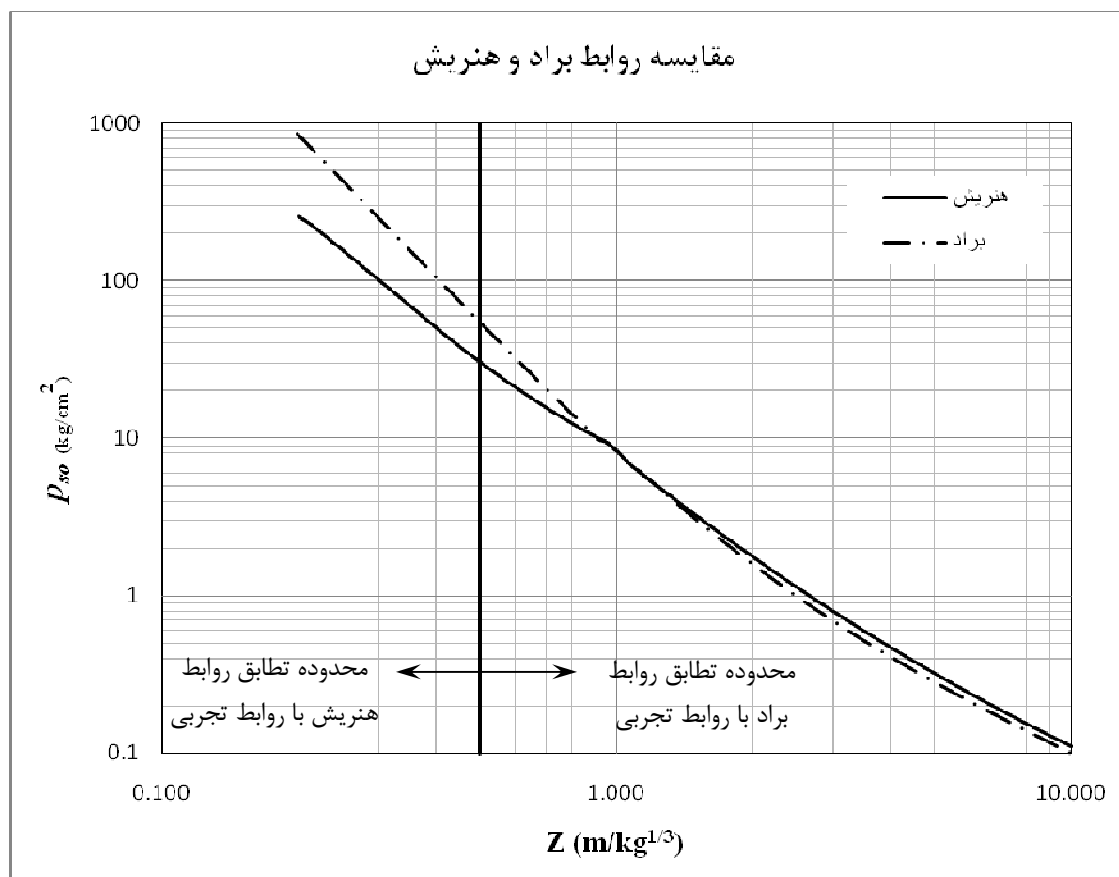
$$p_{so} = \frac{0.662}{Z} + \frac{4.05}{Z^2} + \frac{3.288}{Z^3} \quad (1 \leq Z \leq 10)$$

^۱ Brode

^۲ Scaled Distance

^۳ Henrych

روابط براد انطباق خوبی با نتایج تجربی برای فواصل میانی و دور از چشمه انفجار دارد، در حالیکه روابط هنریش برای انفجار حوزه نزدیک انطباق خوبی با نتایج تجربی از خود نشان می‌دهند به همین دلیل در این مبحث برای فواصل نزدیک ($Z \leq 0.5$) از رابطه هنریش و در فواصل میانی و دور ($Z > 0.5$) از نتایج رابطه براد استفاده می‌شود. فشار مبنا انفجار بر اساس فاصله مقیاس شده در شکل ۴-۳-۲۱ نشان داده شده است.



شکل ۴-۳-۲۱- فشار مبنا انفجار p_{so} بر اساس فاصله مقیاس شده (Z)

۴-۳-۳-۲۱- فشار دینامیکی (q_s)

در هنگام انتشار موج انفجار در هوا، هوای پشت جبهه موج انفجار با سرعت کمتری به طرف خارج منتشر می‌شود، که اثر آن همانند جریان هوا یا باد می‌باشد که به آن فشار دینامیکی یا فشار هوا گویند و حداکثر آن q_s از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$q_s = \frac{5p_{so}^2}{2(p_{so} + 7p_o)} \quad (4-3-21)$$

که در آن p_{so} فشار مبنای انفجار در محل مورد نظر و p_o فشار محیطی می‌باشد.

۲۱-۳-۳-۳- بازتاب (انعکاس) موج انفجار و فشارهای ناشی از آن

موج انفجار پس از برخورد با مانعی صلب و یا با ماده‌ای که به طور متوسط چگالی بیشتری نسبت به محیط انتقال‌دهنده موج داشته باشد منعکس می‌گردد. بازتابش موج در اطراف مانع به مشخصات هندسی و اندازه مانع بستگی دارد.

ساده‌ترین حالت بازتاب موج انفجار در اثر برخورد موج به صورت عمودی به دیوار صلب بی نهایت بزرگ می‌باشد. در این حالت جبهه موج انفجار با سرعت U_s در هوا به مانع برخورد می‌نماید و بازتاب صورت می‌گیرد.

با فرضی محافظ کارانه فشار بازتاب P_r را می‌توان بر اساس برخورد موج انفجار به صورت عمودی به سازه مطابق رابطه زیر محاسبه نمود.

$$P_r = 2p_{so} \left[\frac{7p_o + 4p_{so}}{7p_o + p_{so}} \right] \quad (۵-۳-۲۱)$$

p_o : فشار محیطی

p_{so} : فشار مبنای انفجار در محل سطح مانع می‌باشد.

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

الف: سرعت جبهه موج انفجار (U_s)

سرعت موج فشار و موج ضربه در هر نقطه با رابطه زیر محاسبه شود:

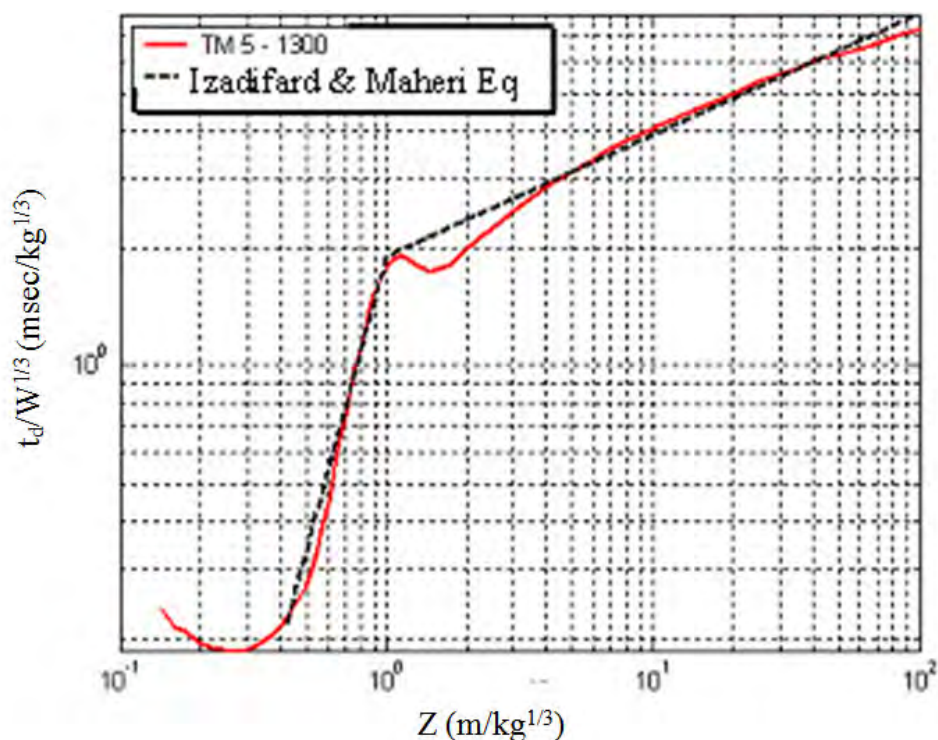
$$U_s = 340 \times (1 + 0.83 p_{so})^{0.5} \quad (۶-۳-۲۱)$$

ب: مدت زمان فاز مثبت (زمان تداوم انفجار) (t_d)

مدت زمان فاز مثبت (t_d) مدت زمانی است که در اثر انفجار فشار بیش از فشار محیطی است. در حقیقت مدت زمان فاز مثبت (t_d) زمانی است که اعمال تکانه ویژه انفجار (قسمت پ همین بخش) بر روی سازه خاتمه می‌یابد. این زمان علاوه بر اینکه به زمان اعمال فشار مبنای انفجار و فشار بازتاب انفجار بستگی دارد به سرعت حرکت موج شوک نیز وابسته است.

بدیهی است که مدت زمان اعمال بار، پارامتر مهمی در محاسبه پاسخ سازه است. از آنجا که در کارهای انفجاری از اثر فاز منفی صرف نظر می‌شود، لذا می‌توان مدت زمان فاز مثبت (t_d) را زمان تداوم انفجار فرض نمود. در آیین‌نامه TM5-1300 نموداری برای محاسبه مدت زمان فاز مثبت (t_d) ارائه شده است. این نمودار توسط ایزدی فرد و ماهری با رابطه زیر ساده‌سازی شده است. در شکل ۵-۳-۲۱ مقایسه رابطه ۷-۳-۲۱ با TM5-1300 ارائه شده است.

$$\begin{aligned} \log_{10}(t_d / W^{1/3}) &= 2.5 \log_{10}(Z) + 0.28 ; & Z \leq 1 \\ \log_{10}(t_d / W^{1/3}) &= 0.31 \log_{10}(Z) + 0.28; & Z \geq 1 \end{aligned} \quad (7-3-21)$$

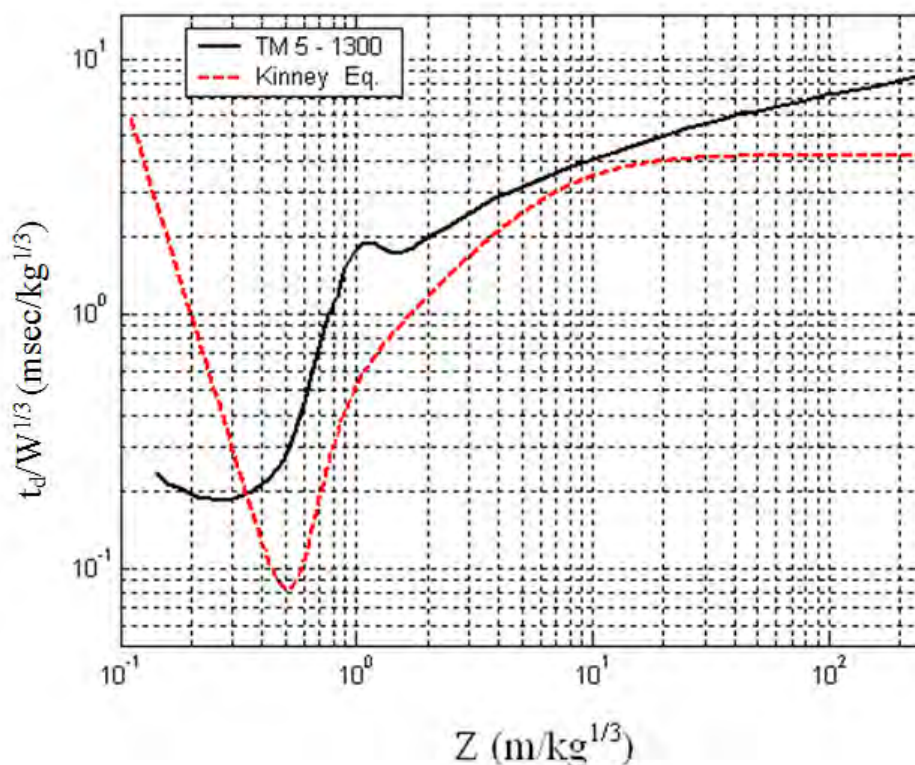


شکل ۵-۳-۲۱- مقایسه رابطه ایزدی فرد و ماهری با TM5-1300 برای محاسبه مدت زمان فاز مثبت (t_d)

همچنین کینی^۱ رابطه زیر را برای بدست آوردن (t_d) ارائه داده است که در شکل ۶-۳-۲۱ مقایسه آن با نمودار TM5-1300 نشان داده شده است.

^۱Kinney

$$\frac{t_d}{W^{1/3}} = \frac{980 \left[1 + \left(\frac{Z}{0.54} \right)^{10} \right]}{\left[1 + \left(\frac{Z}{0.02} \right)^3 \right] \left[1 + \left(\frac{Z}{0.74} \right)^6 \right] \sqrt{1 + \left(\frac{Z}{6.9} \right)^2}} \quad (۸-۳-۲۱)$$



شکل ۲۱-۳-۶ - مقایسه رابطه کنی با نمودار TM5-1300 برای محاسبه مدت زمان فاز مثبت (t_d)

پ: تکانه ویژه انفجار (i_s):

سطح زیر منحنی فشار-زمان را تکانه ویژه انفجار برای محل معین گویند که به دو جزء ضربه مثبت و منفی تقسیم می‌گردد (شکل ۲۱-۳-۱ الف). به دلیل کوچک بودن مقدار تکانه بخش منفی از آن صرف نظر می‌شود، تکانه بخش مثبت از رابطه ۲۱-۳-۹ بدست می‌آید.

$$i = 0.5 \times p_{so} \times t_d \quad \text{برای موج‌های ضربه,} \quad (۹-۳-۲۱)$$

$$i = 0.64 \times p_{so} \times t_d \quad \text{برای موج‌های فشار,}$$

ت: طول موج (λ_{rw}):

فاصله مکانی هر نقطه با فشار مبنا را تا نزدیکترین نقطه با فشار محیطی "طول موج" نامیده می‌شود. مقدار طول موج از رابطه ۲۱-۳-۱۰ محاسبه می‌گردد.

$$\lambda_{rw} = U_s \times t_d \quad (10-3-21)$$

در رابطه فوق:

λ_{rw} : طول موج، بر حسب متر

U_s : سرعت انتشار موج، بر حسب متر بر ثانیه

t_d : مدت زمان فاز مثبت بر حسب ثانیه است.

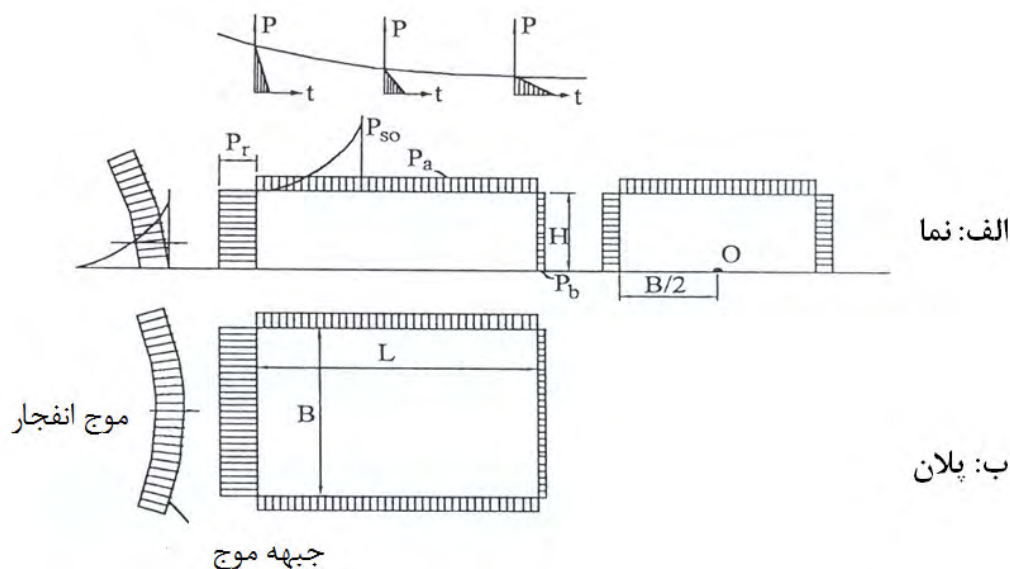
۲۱-۳-۳-۵- بارگذاری خارجی سازه در اثر انفجار

برای طراحی سازه مقاوم در برابر انفجار، باید مقدار بارهای ناشی از انفجار وارد بر اجزاء ساختمان مانند دیوار، سقف، قاب و ... محاسبه شوند. برای تعیین این بارها، باید اندرکنش امواج با سازه را محاسبه نمود. هنگامی که موج انفجار به ساختمان برخورد می‌نماید، ساختمان بوسیله اضافه فشار و نیروهای پسا^۱ (مکش) ناشی از انفجار بارگذاری می‌گردد.

L طول ساختمان در جهت انتشار موج، B عرض ساختمان (موازی جبهه موج) و H ارتفاع متوسط آن است.

برای اهداف طراحی صورت ساده شده بارهای انفجاری به کار می‌رود. در شکل ۲۱-۳-۷ با فرض انفجار در سطح زمین و اعمال فشار از چپ به راست، نیروهای فشاری و مکشی ناشی از انفجار نشان داده شده‌اند. در این وضعیت دیوار روبروی جبهه موج فشار بازتاب P_r ، دیوارهای جانبی و سقف اضافه فشار P_a و سطوح پشتی اضافه فشار منفی P_b را تحمل خواهند کرد.

^۱ Drag



شکل ۲۱-۳-۷- بارگذاری عمومی انفجار برای یک ساختمان مستطیلی

ترکیبات مختلفی از اثرات انفجار بسته به فاصله و جهت نسبت به منبع انفجار به ترتیبی که در بخش‌های بعدی آمده است تعیین می‌شود.

۲۱-۳-۳-۵-۱- بارگذاری دیوار جلویی (روبروی جبهه موج انفجار)

حداکثر اضافه فشار وارد بر دیوار جلویی مساوی فشار بازتاب (P_r) می‌باشد.

۲۱-۳-۳-۵-۲- دیوارهای جانبی

به علت عدم وجود بازتابش موج در دیوارهای جانبی، به این دیوارها بار کمتری نسبت به دیوار جلویی

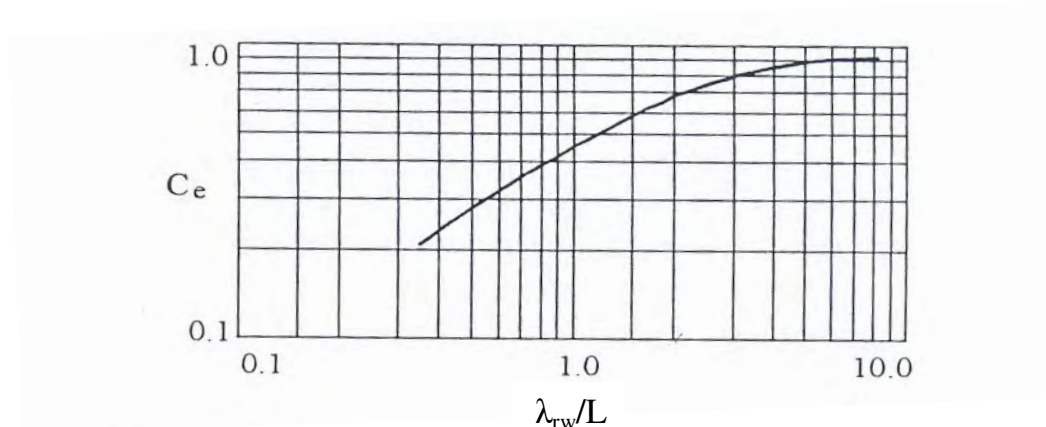
وارد می‌گردد. مقدار اضافه فشار حداکثر P_a برابر است با:

$$P_a = C_e \cdot P_{so} + C_d \cdot q_s \quad (۱۱-۳-۲۱)$$

در رابطه فوق داریم:

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

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



شکل ۲۱-۳-۸- مقادیر ضریب کاهش C_e

q_s = اضافه فشار دینامیکی

C_d = ضریب مکش که با استفاده از جدول ۲۱-۳-۲ محاسبه می‌گردد.

جدول ۲۱-۳-۲- مقادیر C_d

ضریب مکش 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

۲۱-۳-۳-۳-۵- بارگذاری سقف

در ساختمانی با سقف مسطح (شیب کمتر از 10°) هنگامی که موج انفجار به صورت افقی حرکت می‌نماید، بازتاب رخ نخواهد داد در نتیجه سقف اضافه فشار P_a ، همانند دیوارهای جانبی را تحمل خواهد نمود.

۲۱-۳-۳-۳-۵-۴- بارگذاری دیوار پشتی

بار دیوار پشتی جهتی مخالف با بار دیوار جلویی دارد در نتیجه نقش کاهنده‌ای در کل بار جانبی انفجار خواهد داشت. از اثرات دیوار پشتی بر روی رفتار کل قاب یا ساختمان در بسیاری از اوقات در جهت

اطمینان صرف نظر می‌شود. لیکن باید اجزای الحاقی سطح این دیوار قادر به تحمل مکش حاصل شده باشند. دیوار پشتی مانند دیوار جانبی و سقف اضافه فشار P_a را تحمل خواهد نمود.

در ساختمان‌های با سطح عملکرد I باید اختلاف زمانی بارگذاری در سطوح جلوئی و پشتی در صورتیکه $\frac{L}{U_s} > \frac{1}{2}T$ باشد با استفاده از مراجع معتبر کنترل شود. T پریود طبیعی اول ساختمان می‌باشد.

۲۱-۳-۴- انفجارهای سطحی

انفجار سطحی حالتی است، که در آن خرج انفجار در سطح زمین و یا خیلی نزدیک به آن و یا در هنگام برخورد با زمین منفجر می‌شود. موج بازتابی در اثر بازتابش و تقویت موج اولیه به وسیله سطح زمین تولید می‌شود. بر خلاف انفجار هوایی در انفجار سطحی موج انفجار در همان نقطه انفجار با موج بازتاب ترکیب شده و موج واحدی را به وجود می‌آورند که مشابه موج تابشی انفجار هوایی است که به شکل نیم‌کره منتشر می‌شود.

انفجارهای سطحی، موج انفجاری $1/8$ برابر شدیدتر از موج انفجارهای هوایی تولید می‌نمایند، پس در نتیجه فشار مبنای انفجار برای انفجار سطحی $1/8$ برابر انفجار هوایی در نظر گرفته می‌شود. در این نوع انفجار شوک زمین اهمیت زیادی دارد.

۲۱-۳-۵- انفجار در داخل زمین

۲۱-۳-۵-۱- معرفی

سازه‌های موجود در داخل خاک، به علت انتشار امواج ناشی از انفجار در داخل زمین می‌توانند آسیب ببینند.

تأسیسات برقی و مکانیکی و تجهیزات حساس نصب شده در سازه‌های سطحی یا تأسیسات دفن شده در داخل خاک نیز ممکن است متحمل خرابی ناشی از شوک عبوری زمین گردند.

۲۱-۳-۵-۲- میزان نفوذ بمب در داخل زمین

میزان نفوذ بمب‌ها در داخل زمین به سرعت برخورد، جرم و سختی سر بمب و سختی زمین بستگی دارد. در نفوذهای کم عمق، آثار انفجار مشابه انفجار سطحی است، اما در نفوذهای عمیق، شوک انفجار بزرگی در زیر زمین بوجود می‌آید. بمب‌های مدرن قدرت نفوذی در حدود ۳۰ متر در درون خاک و قدرت عبور از لایه‌های بتن مسلح به ضخامت ۶ متر را دارا می‌باشند. در طراحی سازه‌های پناهگاهی و دیگر سازه‌های زیرزمینی خاص باید میزان نفوذ بمب با فرضیات منطقی و بر اساس اطلاعات دقیق بدست آمده از قدرت نفوذ این نوع بمب‌ها مورد مطالعه قرار گیرد.

۲۱-۳-۵-۳- شوک زمین

به آثار ناشی از انتشار امواج در سطح یا داخل زمین، شوک زمین می‌گویند.

اگر انفجاری قوی مانند انفجار اتمی در بالای سطح زمین رخ دهد می‌تواند شوک زمین قابل توجهی ایجاد نماید. انفجارات هوایی ضعیف سطوح ضعیفی از شوک زمین را که به سرعت میرا می‌گردند ایجاد می‌نمایند.

انفجار در سطح یا درون زمین بر حسب درجه اتصال می‌تواند شوک‌های زمین قابل توجهی ایجاد نماید. قویترین شوک زمین از انفجار در داخل زمین ناشی می‌شود که اثر آن هنگامی که هیچگونه حفره هوا در اطراف ماده منفجره موجود نبوده و اتصال خوبی برقرار باشد، قابل ملاحظه خواهد بود.

مشابه پدیده زمین لرزه، امواج ناشی از انفجارهای سطح زمین و یا زیر آن شامل، امواج حجمی و امواج سطحی می‌باشند.

امواج حجمی شامل موج طولی P و موج عرضی یا برشی S می‌باشند.

ذرات نزدیک به سطح زمین تحت تأثیر حرکات چرخشی مشابه آنچه که شناگر در مواجهه با امواج دریا تجربه می‌کند قرار می‌گیرند. این امواج به عنوان امواج ریلی^۱ و یا R شناخته می‌شوند. به عنوان یک قانون کلی و عمومی در انفجارات مدفون در فاصله نزدیک امواج S و P حاکم می‌باشند و امواج R علاوه بر حوزه نزدیک، در فواصل دور نیز حاکم می‌باشند.

سرعت انتشار امواج سطحی و حجمی به طور عمده به دانسیته و سختی خاک بستگی دارد. امواج R و S هر دو به حرکات عرضی موج در خاک بستگی داشته و تقریباً با سرعت یکسانی حرکت می‌کنند که مقدار آن از رابطه ۲۱-۳-۱۲ محاسبه می‌گردد:

$$c_R = c_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (12-3-21)$$

که در این رابطه G مدول برشی و ρ دانسیته خاک است.

سرعت موج طولی P به تراکم ایزوتروپیک خاک بستگی دارد و مقدار سرعت انتشار آن در خاک از رابطه ۲۱-۳-۱۳ بدست می‌آید:

$$c_P = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (13-3-21)$$

که در این رابطه K مدول بالک طبق رابطه ۲۱-۳-۱۴ می‌باشد.

$$K = \frac{2}{3} G \frac{(1+\nu)}{(1-2\nu)} \quad (14-3-21)$$

که در آن رابطه ν ضریب پواسن است.

به عنوان فرضی محافظ کارانه سرعت انتشار امواج در خاک (c) را می‌توان از رابطه ۲۱-۳-۱۵ محاسبه نمود.

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (15-3-21)$$

¹ Rayleigh

که در آن رابطه ρ دانسیته خاک و E مدول الاستیسیته خاک است که از آزمایش فشار تک محوره بدست می‌آید. در جدول ۳-۳-۲۱ مدول الاستیسیته انواع خاک‌ها معرفی شده است.

جدول ۳-۳-۲۱ - مدول الاستیسیته انواع خاک‌ها

نوع خاک	E (MPa)
رس *	
	خیلی نرم
	نرم
	متوسط
	سخت
	ماسه ای
خاک نباتی *	
	غیرمتراکم
	متراکم
	کاملاً متراکم
ماسه *	
	سیلت دار
	غیرمتراکم
	متراکم
شن و ماسه *	
	غیرمتراکم
	متراکم
رس سیلت دار *	
سنگ رسی *	
سیلت *	

۲۱-۳-۵-۴- پارامترهای اصلی شوک زمین

پارامترهای اصلی شوک زمین شامل حداکثر فشار، حداکثر سرعت ذرات، حداکثر جابجایی ذرات و تکانه ویژه می‌باشد. این پارامترها با افزایش فاصله از انفجار کاهش می‌یابند. نرخ میرا شدن با افزایش فاصله تابع نوع خاک بوده و با ضریب کاهندگی n مشخص می‌گردد.

۲۱-۳-۵-۴-۱- حداکثر جابجایی ذرات خاک

حداکثر جابجایی ذرات خاک (x) ناشی از انفجار، در محلی با فاصله R از محل انفجار با استفاده از رابطه ۲۱-۳-۱۶ به دست می‌آید.

$$\frac{x}{W^{1/3}} = 60 \frac{f_c}{c} \left(\frac{2.52R}{W^{1/3}} \right)^{1-n} \quad (21-3-16)$$

در این رابطه:

x : حداکثر جابجایی ذرات خاک برحسب متر،

W : جرم خرج بر حسب کیلوگرم،

R : فاصله برحسب متر،

c : سرعت موج در خاک برحسب متر بر ثانیه (بر اساس روابط بخش ۲۱-۳-۵-۳)

n : ضریب کاهندگی (جدول ۲۱-۳-۳)

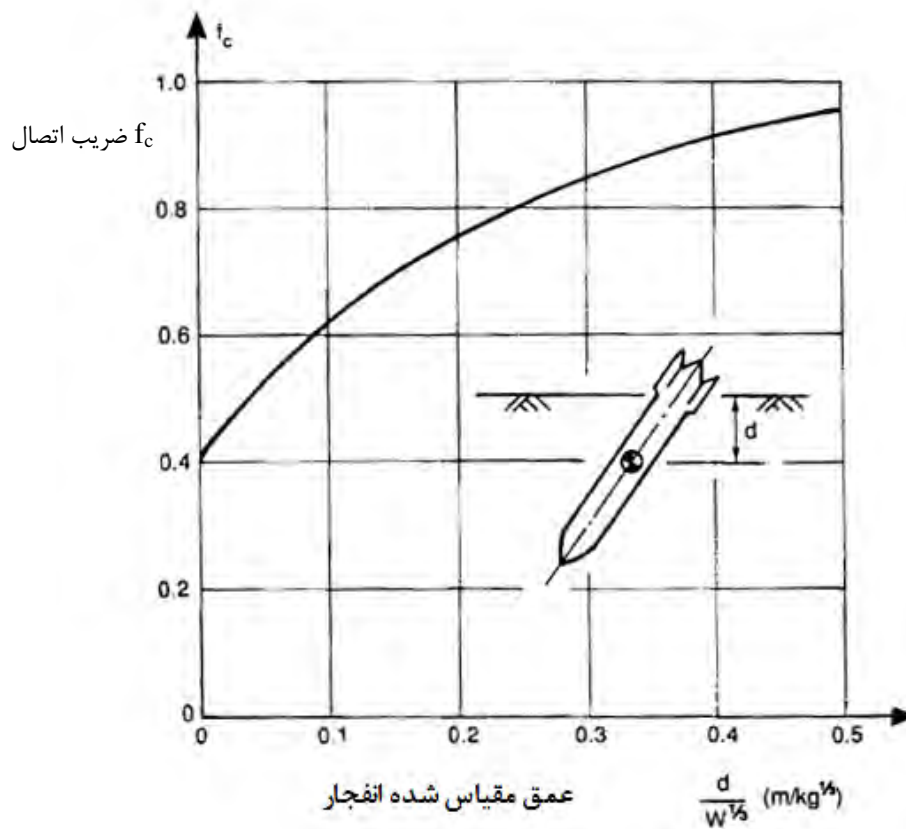
f_c : ضریب اتصال که با تعیین عمق مرکز انفجار از سطح زمین (d) از شکل ۲۱-۳-۹ بدست می‌آید.

با کمی تقریب می‌توان از رابطه ۲۱-۳-۱۷ برای محاسبه جابجایی ذرات استفاده نمود.

$$x = 0.032 \times \left(\frac{W^{4/3}}{R^3} \right) \quad (21-3-17)$$

جدول ۳-۳-۴- میزان ضریب کاهندگی و k برای انواع خاک‌ها

نوع خاک	ضریب کاهندگی (n)	ضریب k
رس اشباع	۱/۵	۳۰.۰۰۰
لای و رس نیمه اشباع	۲/۵	۲۰.۰۰۰
ماسه خیلی متراکم، خشک و مرطوب	۲/۵	۱۰.۰۰۰
ماسه متراکم، خشک و مرطوب	۲/۷۵	۵.۰۰۰
ماسه سست، خشک و مرطوب	۳/۰	۲.۰۰۰
ماسه خیلی سست، خشک و مرطوب	۳/۲۵	۱.۰۰۰



شکل ۳-۳-۹- تعیین ضریب اتصال

۲۱-۳-۵-۴-۲- حداکثر سرعت ذرات

حداکثر سرعت ذرات u در فاصله R از محل انفجار بوسیله رابطه ۲۱-۳-۱۸ بیان می‌شود:

$$u = 48.8 f_c \left(\frac{2.52 R}{W^{1/3}} \right)^{-n} \quad (21-3-18)$$

۲۱-۳-۵-۴-۳- فشار انفجار در میدان آزاد (درون زمین)

میدان آزاد، حرکت موج بدون برخورد به مانع می‌باشد.

حداکثر فشار انفجار در میدان آزاد P_g برحسب N/m^2 از رابطه ۲۱-۳-۱۹ بدست می‌آید:

$$P_g = \rho \cdot C \cdot u \quad (21-3-19)$$

که در آن:

ρ : دانسیته خاک برحسب kg/m^3 ,

C : سرعت بارگذاری موج انفجار است،

u : حداکثر سرعت ذرات (مطابق رابطه ۲۱-۳-۱۸)

سرعت بارگذاری موج انفجار C به c سرعت موج در خاک و u حداکثر سرعت ذرات وابسته است.

در فواصل نزدیک به مرکز انفجار، مقدار C به علت بالا بودن سرعت ذرات، زیاد می‌باشد و با افزایش فاصله و

در نتیجه کاهش سرعت ذرات مقدار C نیز کاهش خواهد یافت.

مقدار سرعت بارگذاری موج انفجار (C) نباید از سرعت موج در خاک (c) کمتر باشد.

برای خاک‌های رسی کاملاً اشباع $C = c$

برای خاک‌های رسی اشباع $C = 0.6c + \left(\frac{n+1}{n-2} \right) u$

برای خاک‌های ماسه‌ای $C = c + \left(\frac{n+1}{n-2} \right) u$

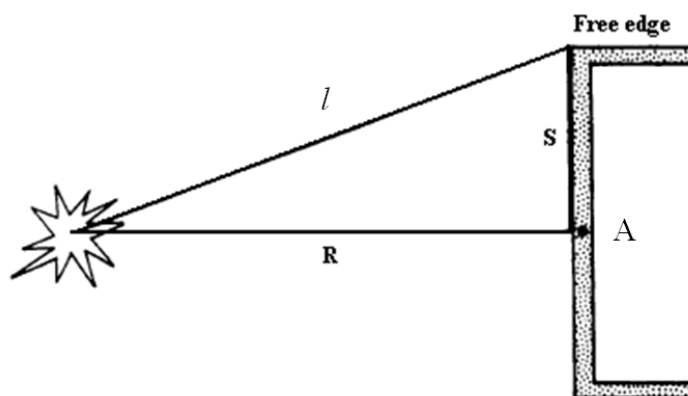
در این رابطه n ضریب کاهندگی است و از جدول ۲۱-۳-۴ بدست می‌آید.

۲۱-۳-۵-۴- فشار ناشی از انفجار بر سازه زیرزمینی

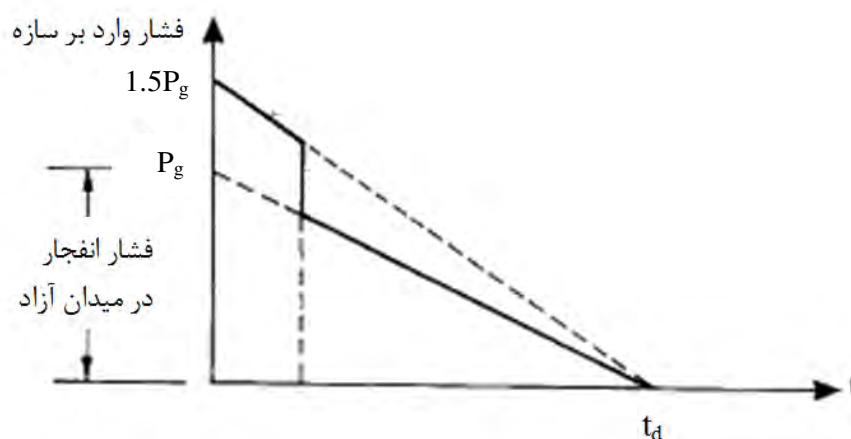
الف- روش تحلیلی:

برای دیوار جلوئی سازه مدفون توصیه می‌شود تا برای محاسبه فشار بازتاب P_r سازه، مقدار فشار انفجار در فضای آزاد $1/5$ برابر گردد.

برای محاسبه مدت زمانی که فشار بازتابی بر ذره‌ای از سازه مانند نقطه A (شکل ۲۱-۳-۱۰) اثر می‌کند (زمان تداوم انفجار) رابطه‌ای پیشنهاد نشده ولی با استفاده از رابطه تجربی ۲۱-۳-۲۱ می‌توان زمان تداوم انفجار را محاسبه نمود.



شکل ۲۱-۳-۱۰- معرفی پارامترهای زمان تسطیح موج انفجار



شکل ۲۱-۳-۱۱- تاریخچه انتقال فشار در نقطه A

ب- روش تجربی

فشار ناشی از انفجار از رابطه تجربی توسط رابطه ۲۱-۳-۲۰ قابل محاسبه است.

$$p_{go} = 36.71 \times \left(\frac{k}{4060} \right)^{1/3} \times Z^{-3} \quad (20-3-21)$$

که در آن:

Z: فاصله مقیاس شده می باشد و بر حسب $m/kg^{1/3}$ است.

K: ضریبی بر حسب نوع خاک (جدول ۲۱-۳-۴) می باشد.

زمان تداوم انفجار فوق از رابطه ۲۱-۳-۲۱ بر حسب ثانیه محاسبه می گردد.

$$t_d = 3.22 \times 10^{-3} \times W^{0.1} \times R^{1/3} \times k^{1/6}$$

که در آن:

W: جرم خرج بر حسب کیلوگرم،

R: فاصله بر حسب متر،

K: ضریبی بر حسب نوع خاک (جدول ۲۱-۳-۴) می باشد.

۲۱-۳-۵-۵- شوک داخل سازه مدفون - بارگذاری تجهیزات

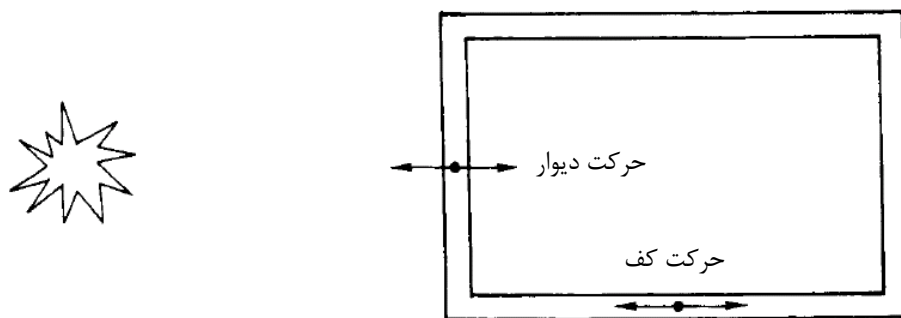
هنگامی که شوک زمین به تاسیسات مدفون ضربه وارد نماید، تکانهایی در پایه سازه ایجاد نموده و تجهیزات نصب شده بر روی دیوار یا کف سازه تحت تاثیر این حرکات تحمیلی نوسان خواهند نمود. این بخش روش ساده‌ای را برای پیش‌بینی این حرکات تشریح می نماید.

۲۱-۳-۵-۵-۱- حرکات دیوار و کف

روابط زیر برای توصیف حرکات افقی یک دیوار قائم ارائه می گردد. (شکل ۲۱-۳-۱۲) در طراحی اجزای سازه مدفون می توان آنها را مبنای بارگذاری قرار داد.

$$\begin{aligned}
 x_w &\leq 2x \\
 u_w &= 2u \\
 a_w &= \frac{2p_g}{m}
 \end{aligned}
 \quad (22-3-21)$$

که x_w و u_w و a_w عبارتند از مقادیر جابجایی، سرعت و شتاب دیوار و x و u و p_g عبارتند از مقادیر جابجایی، سرعت و فشار میدان آزاد مربوطه شوک زمین.



شکل ۲۱-۳-۱۲- حرکات افقی دیوار و کف

حرکات افقی کف به علت انفجار برابر با مقادیر میدان آزاد می‌باشد.

$$\begin{aligned}
 x_f &= x \\
 u_f &= u
 \end{aligned}
 \quad (23-3-21)$$

که x_f و u_f جابجایی افقی و سرعت کف می‌باشند.

۲۱-۳-۵-۵-۲- حرکات تجهیزات

برای تجهیزاتی که با اتصالاتی با میرایی ۵ تا ۱۵ درصد به دیوار یا کف سازه های مدفون متصل هستند، حداکثر جابجایی سرعت و شتاب برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned}
 x_s &= 1.2x_w \\
 u_s &= 1.5u_w \\
 a_s &= 2a_w
 \end{aligned}
 \quad (24-3-21)$$

که x_s و u_s و a_s حداکثر جابجایی، سرعت و شتاب تجهیزات می‌باشند.

۲۱-۳-۶- بارگذاری ناشی از انفجار داخلی

در مطالعه انفجار در داخل سازه، سازه‌ها به دو دسته محبوس^۱ و نیمه محبوس^۲ تقسیم می‌گردند. در سازه محبوس به علت عدم وجود بازشو، امکان تخلیه هوای فشرده شده و گازهای حاصل از انفجار وجود ندارد. در صورت باز بودن یکی از وجوه سازه و یا وجود بازشو و یا ناحیه پرّان، سازه بصورت نیمه محبوس در می‌آید.

در سازه محبوس به علت اضافه فشارهای ناشی از تداخل پی در پی امواج و فشار ناشی از گازهای حاصل از انفجار، فشار داخلی به مراتب بزرگتر از حالت نیمه محبوس است. به همین علت همواره باید با ایجاد تمهیدات لازم از جمله تعبیه بازشوها و یا بازشوهای پرّان، از ایجاد حالت انفجار محبوس جلوگیری به عمل آید.

در ایجاد فضاهای امن یا پناهگاهی همواره باید از بوجود آمدن فضای محبوس اجتناب نمود و در صورت وقوع انفجار با خرج محدودی در فضای محبوس، خسارات جانی شدید به وجود خواهد آمد.

^۱ Unvented

^۲ Vented

۲۱-۳-۷- 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.

اگر بمب یا گلوله انفجاری در هوا منفجر گردد، ابتدا پوسته آن تا $1/5$ برابر قطر اولیه منبسط شود. شکست بدنه بمب معمولاً تحت زاویه 45° درجه نسبت به سطح آن اتفاق می‌افتد و ترکشهای حاصل از آن کوچک و در اندازه‌های مختلف خواهند بود. وزن هر قطعه ممکن است به اندازه ذرات گرد و خاک تا چند کیلوگرم متفاوت باشد. ولی وزن اکثر آنها حدود 10 گرم است.

بدنه گلوله‌های انفجاری ضد زره معمولاً 60° تا 90° درصد وزن گلوله را تشکیل می‌دهند، بنابراین ترکشهای آن در اندازه‌های بزرگی خواهند بود. این قطعات بزرگ معمولاً بلند و نازک می‌باشند و به دلیل برش 45° درجه در بدنه آنها، دارای لبه‌های تیز و برنده بوده و شکل آنها کاملاً نامنظم می‌باشد.

ترکش‌های بزرگ می‌توانند عناصر سازه‌ای را مورد تهدید قرار دهند، به گونه‌ای که با برخورد آنها با سازه احتمال آسیب دیدگی شدید و تخریب در ساختمان وجود دارد.

اگر بمب یا گلوله انفجاری در زمین و یا آب منفجر شود، وجود ماده احاطه کننده باعث کاهش میزان انبساط بدنه قبل از انفجار شده و در نتیجه تعداد ترکشها کاهش می‌یابد، اما اندازه ترکشها بزرگتر و سرعت آنها کمتر از سرعت پرتاب در هوا خواهد بود. سرعت برخورد و نفوذ قطعات بستگی به بزرگی، شکل و فاصله آنها از هدف دارد.

سرعت ترکش‌های سنگین به مراتب بیشتر از ترکش‌های سبک است.

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.

۴-۲۱- مشخصه‌های مکانیکی و دینامیکی مصالح

۴-۲۱-۱- کلیات

۴-۲۱-۱-۱- طراحی سازه‌ها در برابر انفجار مستلزم آگاهی از ویژگی‌های دینامیکی مصالح است. مصالح پاسخ‌های متفاوتی در مقابل بارهای دینامیکی نسبت به بارهای استاتیکی از خود نشان می‌دهد. تحت بارگذاری دینامیکی مصالح به افزایش مقاومتی می‌رسند، که به طور قابل ملاحظه‌ای مقاومت سازه‌ای را ارتقا می‌دهد.

۴-۲۱-۱-۲- سازه‌های در معرض بارهای انفجاری جهت جذب انرژی، وارد محدوده تغییر شکل‌های فرا ارتجایی می‌شوند. در نتیجه مصالح تشکیل دهنده سازه باید دارای رفتار فرا ارتجایی و شکل‌پذیری مناسب باشند.

۴-۲۱-۲- پاسخ استاتیکی - پاسخ دینامیکی

۴-۲۱-۲-۱- بارهای رایج، نظیر بار باد و بارهای قائم، با آهنگ آهسته به سازه وارد می‌شوند که بسیار بزرگتر از زمان تناوب سازه است.

در بارهای انفجاری، اعمال بار و افزایش تنش در اعضاء بسیار سریع اتفاق می‌افتد. این بار به صورت آنی و گذراست و زمان تناوب آن در اکثر موارد بسیار کوتاه‌تر از زمان تناوب سازه می‌باشد.

۴-۲۱-۲-۲- در طراحی انفجاری، پذیرش تسلیم اعضا از جنبه اقتصادی ضروری است. همچنانکه عضو وارد محدوده فرا ارتجایی می‌شود، جذب انرژی انفجار با ایجاد تعادل بین انرژی انفجار در مقابل انرژی کرنشی عضو ادامه می‌یابد.

۴-۲۱-۲-۳- مقدار انرژی کرنشی قابل جذب توسط سازه، تابعی از ویژگیهای استاتیکی و دینامیکی مصالح، ویژگیهای مقاطع و مقدار تغییر شکل‌های پلاستیک مجاز می‌باشد. مقدار کل انرژی انفجار که باید جذب شود تابعی از بار حداکثر و مدت زمان تداوم انفجار می‌باشد.

۴-۲۱-۲-۴- 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 ایجاد افزایش در سطح تنش تسلیم و همچنین تنش نهایی قبل از گسیختگی می‌شود. به طور کلی، هرچه مصالح سریعتر تغییر شکل دهند (افزایش سریع نرخ کرنش) مقاومت مصالح افزایش می‌یابد.

۲۱-۴-۲-۵- افزایش مقاومت ایجاد شده به علت بارگذاری سریع به عضو اجازه می‌دهد تا مقاومت سازه نسبت به حالت استاتیکی افزایش یابد. این تاثیرات در طراحی انفجاری با استفاده از ضریب افزایش دینامیکی (به بخش ۲۱-۴-۴ رجوع شود) در نظر گرفته می‌شود.

۲۱-۴-۳- مصالح مناسب برای سازه‌های انفجاری

۲۱-۴-۳-۱- بتن غیر مسلح

به علت رفتار ترد، مصالح مناسبی برای سازه انفجاری نمی‌باشد، اما در ضخامت‌های زیاد و به عنوان بتن حجیم می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در کارهای پدافندی سریع و اضطراری کیسه‌های حاوی مخلوط‌های خشک سنگدانه و سیمان، که با جذب رطوبت سخت می‌شوند، می‌توانند به عنوان سازه پناه‌گاهی سطحی و موقت مورد استفاده قرار گیرند.

۲۱-۴-۳-۲- بتن مسلح

۲۱-۴-۳-۱- به دلیل مقاومت و جرم قابل توجه سازه‌های بتن مسلح، این مصالح به طور ویژه‌ای در برابر بارهای انفجاری، مناسب هستند. همچنین بتن، مقاومت موثری در برابر آتش و نفوذ ترکش دارد.

۲۱-۴-۳-۲- روش‌های ساده شده جهت طراحی انفجاری بتن مسلح بر اساس پاسخ خمشی بوده و مشروط به حذف مودهای شکست ترد شکن می‌باشند. برای رسیدن به پاسخ شکل‌پذیر برای بتن، جزئیات‌بندی مناسبی از میلگردها نیاز است. با افزایش تنش و کرنش در مقطعی از عضو، میلگردها به تسلیم می‌رسند و اجازه شکل‌گیری مفصل پلاستیک می‌یابند. 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 از بین می‌رود.

۲۱-۴-۳-۳- 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.

۲۱-۴-۳-۴- جلوگیری از ایجاد مودهای شکست ترد با محدود کردن تنش‌های برشی بتن یا افزایش مقاومت و یا افزایش ضخامت مقطع یا تنگ‌های محصور کننده برشی حاصل می‌شود.

۲۱-۴-۳-۵- 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.

۲۱-۴-۳-۶- میلگردهای S400 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. ۲۱-۴-۳-۷- جوش دادن میلگردها بطور کلی برای سازه‌های در معرض انفجار توصیه نمی‌شود. در صورت نیاز به جوشکاری باید از روش‌های خاص استفاده نمود.

۲۱-۴-۳-۸- به طور کلی سازه‌های بتن آرمه مورد استفاده در سازه‌های مقاوم در مقابل انفجار باید بر حسب اهمیت ساختمان، علاوه بر رعایت ضوابط بخش ۲۱-۶-۲-۷ باید ضوابط شکل‌پذیری ویژه طبق بخش ۹-۲۰ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان را نیز برآورده نمایند.

۲۱-۴-۳-۳- بتن الیافی

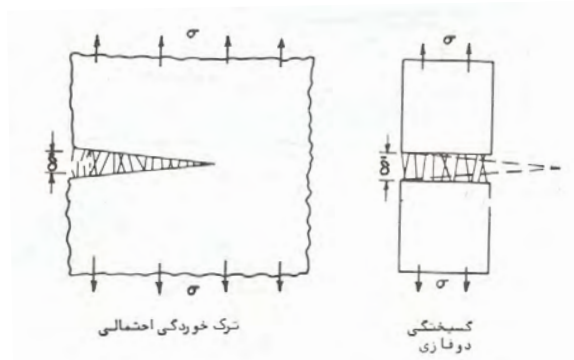
۲۱-۴-۳-۱- از راه‌های رسیدن به پاسخ شکل‌پذیر برای بتن، استفاده از الیاف برای مسلح کردن بتن می‌باشد. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپی و نیز کاهش ضعف شکنندگی و تردی بتن از رشته‌های نازک و نسبتاً بلندی که در تمام قسمت‌های بتن بطور همگن پراکنده می‌گردد، استفاده می‌شود.

۲۱-۴-۳-۲- از اثرات استفاده از الیاف به منظور مسلح کردن بتن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- افزایش مقاومت خمشی،
- افزایش مقاومت برشی،
- افزایش مقاومت کششی،
- افزایش مقاومت در برابر بارهای دینامیکی بویژه بارهای ضربه‌ای،
- افزایش مقاومت مقطع در ترک خوردگی،
- افزایش در میزان جذب انرژی،
- کاهش در میزان انقباض، خزش و سایش سطحی،
- کاهش نفوذ اجسام مختلف مانند گلوله و ترکش.

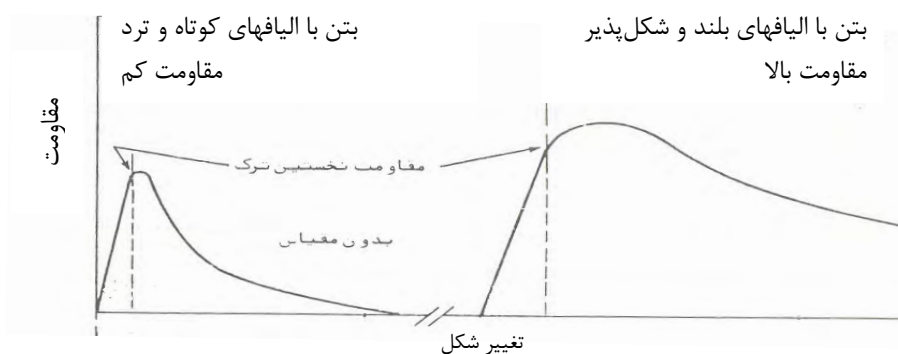
۲۱-۴-۳-۳- قابلیت انعطاف‌پذیری بتن الیافی، باعث می‌شود که گسیختگی ناگهانی اتفاق نیفتد. از آنجا که الیاف در حجم بتن به طور سه بعدی پراکنده می‌شود، از گسترش ترک نیز جلوگیری می‌شود.

مطابق نتایج تحقیقات آزمایشگاهی در بتن الیافی طول ترک کاهش می‌یابد که در این موارد الیاف قادرند در روی ترک‌ها پل بزنند و قسمتهای مختلف بتن را با یکدیگر نگه دارند. این ساز و کار در شکل ۲۱-۴-۱ نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۴-۱ - مکانیزم جلوگیری از گسترش ترک در بتن الیافی

۲۱-۴-۳-۳-۴ در بتن الیافی، الیافهای بلند و شکل پذیر قابلیت شکل پذیری مقطع را بیشتر از الیاف ترد و کوتاه افزایش می‌دهند. نمودار مقاومت-تغییر شکل دو نوع بتن الیافی با الیاف بلند و شکل پذیر و الیاف کوتاه و ترد در شکل ۲۱-۴-۲ نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۴-۲ - تأثیر الیافهای مختلف در شکل پذیری بتن

۲۱-۴-۳-۳-۵ موج ناشی از انفجار تنش‌های پیچیده فشاری، کششی و برشی را در سازه به وجود می‌آورد که بتن الیافی مقاومت لازم برای این گونه سازه‌ها را تامین می‌کند. دو خاصیت منحصر به فرد بتن الیافی در سازه‌های مقاوم و در برابر انفجار عبارتند از:

- ۱- ایزوتروپ بودن آن نسبت به سازه بتن معمولی
- ۲- ضربه پذیری و قدرت انعطاف در مقابل نیروهای انفجاری و توان باربری بعد از ترک خوردگی
- ۳- کاهش نفوذ پوسته و ترکش‌ها

۲۱-۴-۳-۶- در ساخت بتن الیافی بیشترین مصالحی که به عنوان الیاف به کار برده می شود فولاد است، زیرا ضمن داشتن مقاومت بالا، شکل پذیر نیز می باشد.

۲۱-۴-۳-۷- مقاومت خمشی بتن الیافی فولادی از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\sigma_{F.C} = \sigma_C + \beta \cdot V_F \cdot l/d \quad (1-4-21)$$

که در آن

$\sigma_{F.C}$: مقاومت خمشی بتن الیافی

σ_C : مقاومت بتن

β : ضریبی که به کیفیت فولاد و شکل الیاف بستگی دارد و مقدار آن $2/93 \leq \beta \leq 3/41$ است

V_F : درصد حجمی الیاف فولادی

l/d : نسبت طول به قطر الیاف فولادی است.

البته لازم به ذکر است که با افزایش l/d مقاومت خمشی افزایش، لیکن کارایی بتن کاهش می یابد، زیرا عمل اختلاط آن بسیار مشکل است.

۲۱-۴-۳-۸- سایر الیاف‌هایی که در ساخت بتن الیافی می توان از آنها استفاده نمود عبارتند از الیاف شیشه، پلی پروپیلن، کربن و بتن‌های الیافی از بهترین مصالح مورد استفاده در ساخت مصالح مقاوم به ضربه می باشند و بنای شکل گرفته از این نوع بتن، قابلیت فوق العاده‌ای در جذب انرژی ضربه دارد.

۲۱-۴-۳-۹- در مدل مقایسه‌ای بین

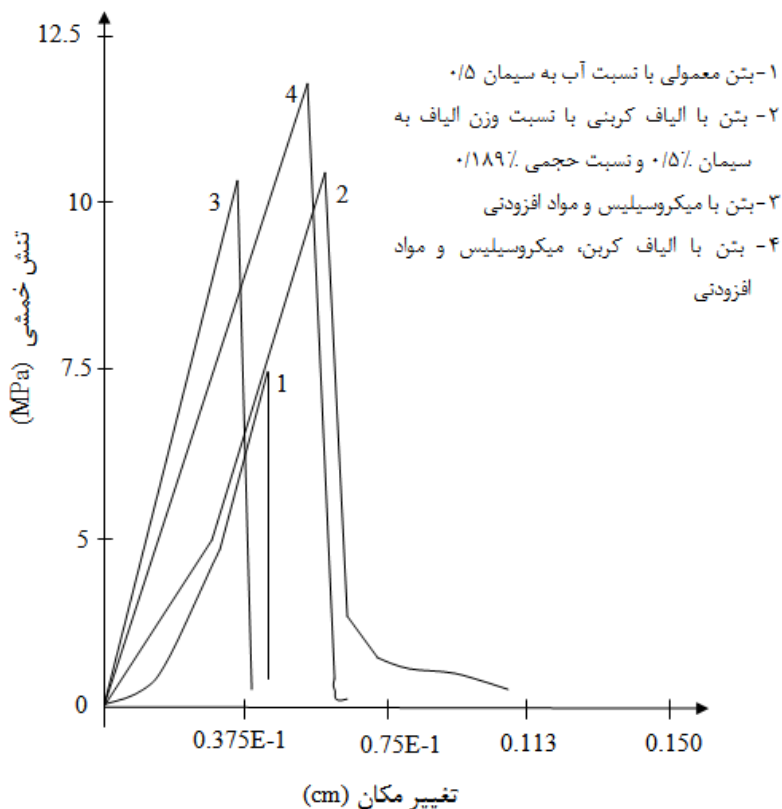
- بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۵

- بتن با الیاف کربنی با نسبت وزن الیاف به سیمان ۰/۵٪ و نسبت حجمی ۰/۱۸۹٪

- بتن با میکروسیلیس و مواد افزودنی

- بتن با الیاف کربن، میکروسیلیس و مواد افزودنی

نتایجی مانند شکل ۲۱-۴-۳ بدست می آید:



شکل ۲۱-۴-۳ مقایسه بین بتن و بتن الیافی کربن

همان گونه که ملاحظه می‌شود با استفاده از الیاف کربنی مقاومت خمشی و شکل‌پذیری بتن کاملاً افزایش یافته است.

۲۱-۴-۳-۱۰- از دیگر محاسن الیاف کربنی بکار بردن آن در بتن مسلح می‌باشد.

۲۱-۴-۳-۴- مصالح بنایی غیر مسلح

به علت ترد شکنی و عدم یکپارچگی، مصالح بنایی غیر مسلح به عنوان مصالح مناسب برای سازه‌های مقاوم در مقابل انفجار توصیه نمی‌شود.

۲۱-۴-۳-۵- مصالح بنایی مسلح

۲۱-۴-۳-۵-۱- به دلیل جرم زیاد ساختمان‌های با مصالح بنایی مسلح، این ساختمان‌ها، می‌توانند برای بارهای انفجاری کم مورد استفاده قرار گیرند.

۲۱-۴-۳-۵-۲- مصالح بنایی به بارهای دینامیکی، مانند بتن مسلح شده، پاسخ می‌دهند، یعنی با افزایش نرخ کرنش مقاومت دینامیکی افزایش می‌یابد.

۲۱-۴-۳-۵-۳- در مصالح بنایی مسلح، محدودیت جایگذاری میلگردها و مقاومت برشی کم درزهای ملات، معایب مهم در مقایسه با بتن مسلح هستند. اگرچه سازه‌های بنایی غیر مسلح در بناهای قدیمی‌تر رایج هستند، اما آنها شکل‌پذیری کافی برای مقاومت در برابر بارهای انفجاری ندارند و ممکن است به طور کلی نامناسب باشند.

۲۱-۴-۳-۵-۴- میلگردهای مسلح‌کننده باید از رده S400 و پایین‌تر باشند.

۲۱-۴-۳-۶- فولاد ساختمانی

۲۱-۴-۳-۶-۱- فولادهای ساختمانی در رده St37 و St52 از شکل‌پذیری کافی جهت طراحی انفجاری برخوردار هستند.

در اکثر مواقع باید از استفاده از مصالح با مقاومت بالا اجتناب شود و این بدلیل جلوگیری از وجود مشکلات ناشی از کاهش شکل‌پذیری می‌باشد. فولاد St37 برای بارهای معمول و انفجاری وارد بر سازه‌ها بسیار متداول می‌باشد.

۲۱-۴-۳-۶-۲- فولاد با مقاومت بالا می‌تواند در موقعیت‌های مشخص، نظیر درهای انفجاری، پیچ‌ها استفاده شود.

۲۱-۴-۳-۷- مصالح سنگدانه‌ای

مصالح سنگدانه‌ای ریز و خاک به علت قابلیت استهلاک انرژی مناسبی که در مقابل بارهای انفجاری دارند، در حالت کیسه‌ای می‌توانند برای ساخت پناه‌گاههای سطحی موقت مورد استفاده قرار گیرد.

۲۱-۴-۳-۸- مصالح نما

اجرای انواع اندودهای نماسازی نقش مؤثری در پایداری دیوار خارجی داشته و آسیب‌پذیری آنها را نسبت به دیوارهای خارجی بدون اندود نما به مراتب کاهش می‌دهد. آن دسته از دیوارهای خارجی ساختمان که نمای اندود و سیمان دارند در برابر هر نیروی لغزشی مقاوم‌تر از نمای آجری بوده و احتمال ریزش آنها کمتر است. از این استفاده از نمای اندود و سیمانی مناسب می‌باشد.

نماهای بتنی پیش‌ساخته نیز در برابر انفجار بسیار مناسب می‌باشند، زیرا بصورت یکپارچه عمل می‌نمایند. به طور کلی عناصر نما نباید موجب ایجاد ترکش و آوار شوند.

۲۱-۴-۴- ویژگی‌های دینامیکی مواد

این بخش به تشریح ویژگی‌های دینامیکی مصالح مورد استفاده در طراحی سازه‌های مقاوم در برابر انفجار می‌پردازد.

۲۱-۴-۴-۱- ضریب افزایش مقاومت^۱ (SIF)

به صورت تجربی به دلیل اینکه مقاومت تسلیم متوسط فولاد تقریباً ۲۵٪ بیشتر از مقدار مشخصه است، ضریب افزایش مقاومت برای منظور نمودن این مشخصه در نظر گرفته می‌شود. ضریب افزایش مقاومت مطابق جدول ۲۱-۴-۱ توصیه می‌شود.

جدول ۲۱-۴-۱- ضریب افزایش مقاومت

ضریب افزایش مقاومت	مصالح
۱/۱۵	میلگردهای رده S400 و کمتر
۱/۱۵	فولاد ساختمانی نورد شده St37 و St52
۱/۱۵	تیر ورق‌ها و سایر اعضای ساخته شده از ورق
۱/۰	بتن

۲۱-۴-۴-۲- ضریب افزایش دینامیکی^۲ (DIF)

۲۱-۴-۴-۲-۱- برای در نظر گرفتن تاثیر افزایش مقاومت مصالح با نرخ کرنش سریع، ضریب افزایش دینامیکی به مقادیر مقاومت استاتیکی اعمال می‌شود. این ضریب به ماهیت تنش (مثلاً خمشی، برش مستقیم) بستگی دارد.

۲۱-۴-۴-۲-۲- تنش‌های خمشی خیلی سریع شکل می‌گیرند، در حالیکه برش‌های حداکثر به طور نسبی با تاخیر بیشتری به خاطر نرخ کرنش پایین در برش رخ می‌دهد.

۲۱-۴-۴-۲-۳- مقدار نرخ کرنش برای کشش و فشار در اعضا فولادی و بتنی کمتر از حالت خمشی است و بنابراین ضریب افزایش دینامیکی کمتری دارند. جدول ۲۱-۴-۲ مقادیر ضریب افزایش دینامیکی را برای بتن مسلح و مصالح بنایی و جدول ۲۱-۴-۳ شامل مقادیر را برای فولاد سازه‌ای و آلومینیم بیان می‌نماید.

^۱ Strength Increase Factor^۲ Dynamic Increase Factor

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

تنش	ضریب افزایش دینامیکی			
	میلگردها		بتن	مصالح بنایی
	f_{du}/f_u	f_{dy}/f_y	f_{dc}/f_c	f_{dm}/f_m
خمشی	۱/۰۵	۱/۲	۱/۲	۱/۲
فشاری	۱/۰۰	۱/۱۰	۱/۱۵	۱/۱۵
کشش قطری	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
برش مستقیم	۱/۰۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۰
چسبندگی	۱/۲۰	۱/۰۵	۱/۰۰	۱/۰۰

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

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

۲۱-۴-۴-۳- تنش تسلیم طرح 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 می‌آید.

الف: فولاد

$$f_{dy} = (SIF) \times (DIF) \times f_y \quad (۲-۴-۲۱)$$

$$f_{du} = (SIF) \times (DIF) \times f_u \quad (۳-۴-۲۱)$$

ب: بتن

$$f_{dc} = (DIF) \times f_c \quad (۴-۴-۲۱)$$

۲۱-۵- معرفی چند سیستم سازه‌ای مناسب و مقاوم در برابر انفجار

۲۱-۵-۱- کلیات

نیروهای ناشی از انفجار به صورت فشارهای شدید به ناحیه محدودی در مقابل انفجار قرار دارد و وارد می‌شود و به اعضای دورتر فشار کمتری اعمال می‌گردد. در نتیجه روال طراحی سازه در مقابل انفجار، طراحی در مقابل شکست موضعی عناصر موجود در جبهه اول طبق روش‌های ارائه شده در بخش‌های ۲۱-۳ تا ۲۱-۶ می‌باشد. سپس در صورت پذیرفتن تخریب‌های موضعی با اندیشیدن تدبیری برای جلوگیری از گسترش این تخریب‌ها به بخش‌های دیگر سازه مطابق فصل ۲۱-۷ کنترل طراحی صورت می‌گیرد.

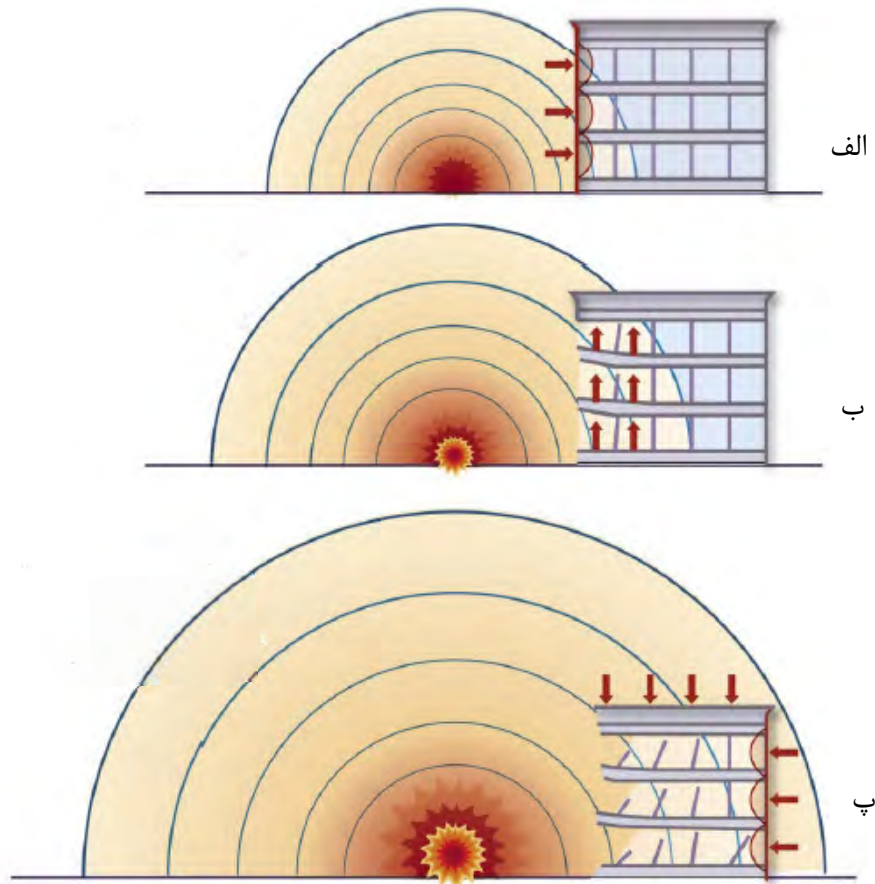
۲۱-۵-۲- سازوکار آسیب ساختمانی

آسیب ناشی از انفجار را می‌توان به دو بخش تاثیرات مستقیم انفجار و انهدام پیش‌رونده تقسیم نمود. تاثیرات انفجار مستقیم آسیب‌هایی هستند که بر اثر فشار انفجار در لحظات اولیه بوقوع می‌پیوندد. این عمل ممکن است به آسیب موضعی دیوارهای خارجی، پنجره‌ها، سیستم سقف، تیرها و ستون‌ها منجر گردد. انهدام پیش‌رونده انتشار شکست موضعی اولیه از عضوی به عضو بعدی می‌باشد.

۲۱-۵-۲-۱- انفجار خارج از ساختمان

در انفجار خارج از ساختمان، موج فشاری به سطوح خارجی اعمال شده و باعث شکست عناصر باربر مجاور آن، دیوارها، عناصر نما و شیشه‌ها می‌شود. چنانکه موج تابشی در جهت باز شوها ادامه می‌یابد، داخل ساختمان می‌شود و باعث تخریب سقف‌ها و طبقات می‌شود. (شکل ۲۱-۵-۱). با ورود موج تابشی به داخل ساختمان، فشار رو به بالا در سقف‌ها و طبقات ایجاد شده و باعث تخریب آنها می‌شود.

در مرحله آخر فشار همه جانبه رو به داخل در تمام محیط ساختمان می‌شود (شکل ۲۱-۵-۱)



الف- موج انفجاری پنجره‌ها را می‌شکند. دیوارهای خارجی فرو می‌ریزند. ممکن است ستون‌ها دچار آسیب شوند.

ب- موج انفجاری کف‌ها را به سمت بالا می‌راند و باعث تخریب آنها و افزایش طول مؤثر ستون‌ها شود.

پ- موج انفجاری سازه را احاطه می‌کند. باعث فشار رو به پایین به کف‌ها می‌شود. فشار رو به داخل در هر جهتی از ساختمان ایجاد می‌شود.

شکل ۲۱-۵-۱- نمایی از دوره‌های متوالی آسیب ساختمان در اثر انفجار خارجی

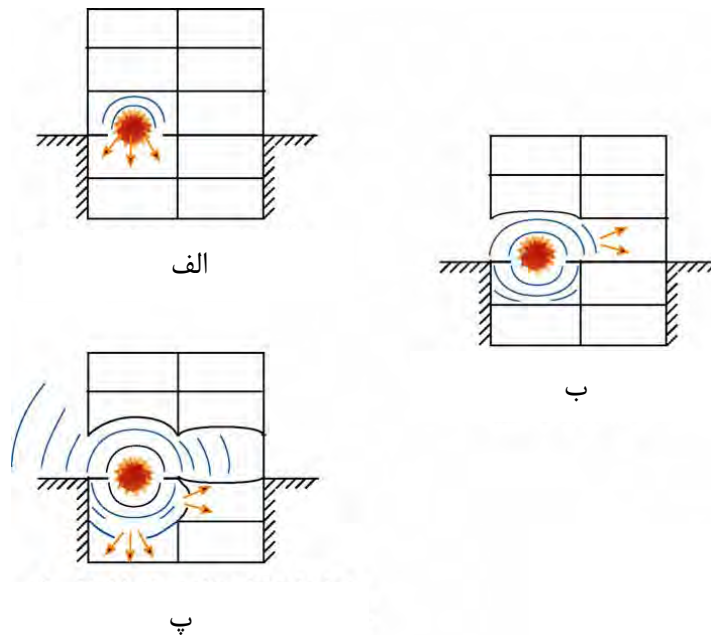
۲۱-۵-۲- انفجار در داخل ساختمان

برای انفجار در داخل ساختمان پاسخ بیشتر به صورت محلی با آسیب و صدمات در یک یا دو دهانه می‌باشد (شکل ۲۱-۵-۲). اما شدت این انفجارها بدلیل انعکاس در سطوح داخلی چندین برابر می‌شود.

آسیب‌های نمونه‌ای که قابل پیش‌بینی هستند شامل موارد زیر می‌باشد:

- شکست محلی سیستم کف بلافاصله در محل انفجار
- آسیب و شکست محلی محتمل برای کف بالای محل انفجار
- آسیب و شکست محلی محتمل دیوارهای بنایی و بتنی نزدیک

- شکست المان‌های غیرسازه‌ای شبیه دیوارهای غیر باربر، تیغه‌ها، سقف کاذب، میزکار، پنجره‌ها
- پرتاب آوار تولید شده از ااثاثیه، تجهیزات و دیگر محتویات



الف- ایجاد شکاف موضعی در کف

ب - نیروی بالابرنده سقف‌ها، شکست دیوارها و پنجره

پ - خروج انفجار به بیرون، آسیب و احتمال شکست طبقات و دیوارها در سطوح بالا و پایین

شکل ۲۱-۵-۲-نمایی از دوره‌های مختلف آسیب ساختمانی در اثر انفجار در داخل سازه

۲۱-۵-۳- سیستم‌های رایج برای ساختمان

ساختمان‌های معمولی ممکن است مقداری مقاومت انفجاری داشته باشند، اما مشخصه‌های خاصی از ساختمان‌های معمولی نظیر، پنجره‌های بزرگ، دیوارهای بنایی غیر مسلح و اتصالات ضعیف، می‌تواند این ساختمان‌ها را حتی در برابر تاثیرات انفجار ضعیف نیز آسیب‌پذیر کند. شکل‌هایی که در ادامه این بخش آمده، اشکال مختلف و رایج ساختمان‌های مناسب برای سطوح کم تا زیاد نیروی انفجاری و فاصله کم از انفجار مناسب می‌باشند.

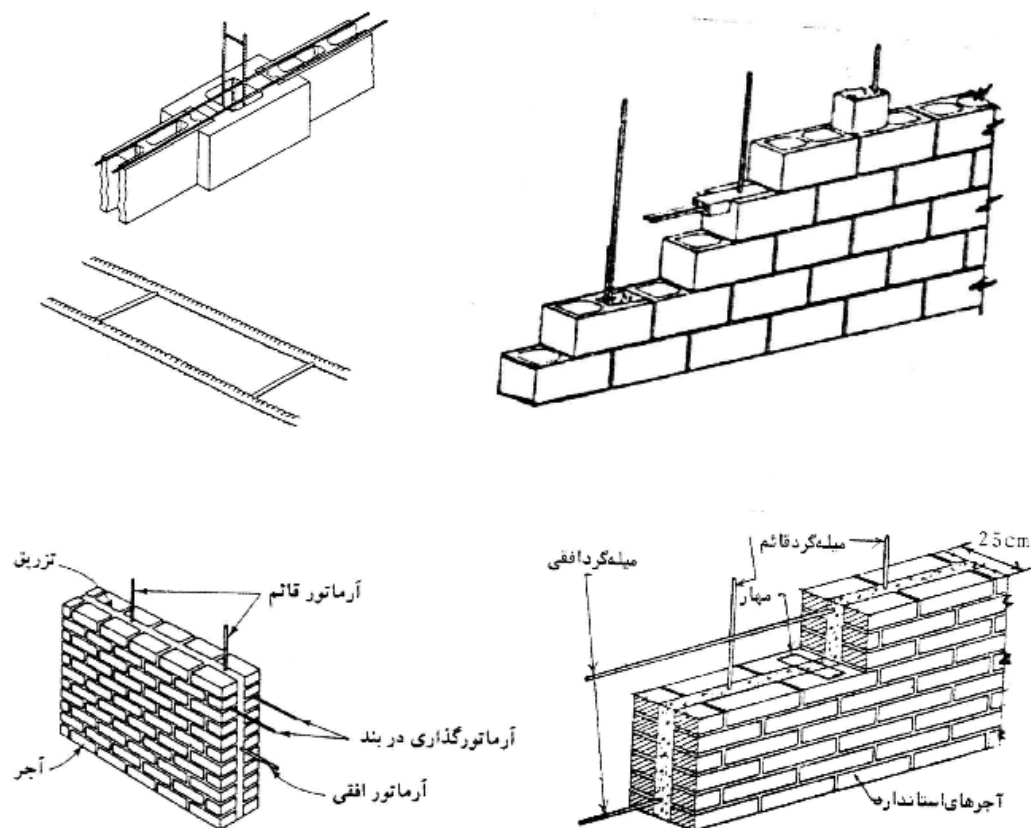
ابعاد المان و میزان آرماتورها با توجه به روابط فصل ۲۱-۶ محاسبه می‌شود.

۲۱-۵-۳-۱- دیوار بنایی مسلح

دیوارهای بنایی مسلح می‌توانند به عنوان عناصر مقاوم در برابر فشار انفجار مورد استفاده قرار گیرند. ممکن است یک قاب فلزی یا بتنی برای تحمل بارهای قائم و در بعضی موارد برای تحمل نیروی‌های جانبی استفاده شود. دیوارهای خارجی از مصالح بنایی مسلح برای هر دو دهانه افقی و قائم طراحی می‌شوند. دیوار بنایی مسلح شده 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 مورد دیوارهای بلوک بتنی مسلح، دیوارهای بلوک ۲۰ سانتیمتری که آرماتورهای در جهت عمودی از مرکز آنها و آرماتورهای افقی در هر لایه آنها کار گذاشته شده و کاملاً با ملات پر شده‌اند، استفاده شوند. اتصالات به سازه باید طوری طراحی شوند که ظرفیت نهایی جانبی دیوار را داشته باشند. در مورد دیوارهای توپر در صورتی که اولین المانهای باربر باشند، از انتقال بارها به ستون‌ها پرهیز شود. ممکن است جزیئات اتصال در ساخت خیلی دشوار باشد. نصب کردن همه بلوک‌ها روی میلگردها تا بالا و نیز تأمین گیرداری جانبی مورد نیاز در اتصال فوقانی دشوار است. استفاده از دیوار خارجی بلوک بتنی مسلح که به طور جانبی سیستم سقف را نگه می‌دارد، روش مناسبی است. به منظور افزایش حفاظت، از بلوک‌های ۳۰ سانتیمتری با دو لایه آرماتورهای عمودی استفاده می‌شود.

این شکل از ساختمان‌ها می‌توانند به طور اقتصادی برای پایداری در برابر بارهای انفجاری ضعیف طرح شوند. نمونه‌ای از جزیئات اجرایی دیوار بنایی مسلح در شکل ۲۱-۵-۳ نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۵-۳- نمونه‌ای از جزئیات اجرایی دیوار بنایی مسلح

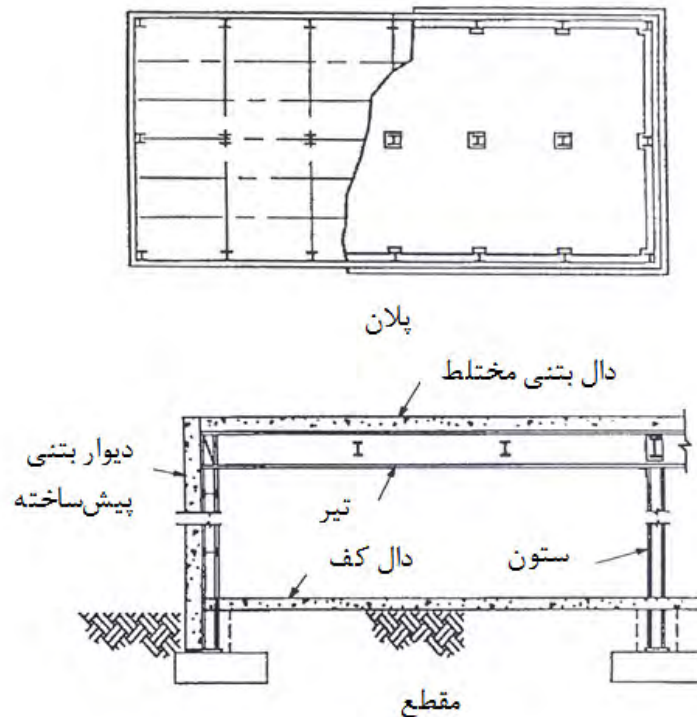
۲۱-۵-۳-۲- دیوار بتنی پیش ساخته

در این شکل از ساختمان دیوارهای پیش‌ساخته همراه با قابهای فولادی یا بتنی استفاده می‌شود (شکل ۲۱-۵-۴). قاب‌ها تمام بارهای قائم را تحمل می‌کنند و دیوارهای بتنی پیش‌ساخته وظیفه مقاومت در برابر بارهای جانبی را بر عهده دارند. اتصالات شکل‌پذیر برای پانل‌های پیش‌ساخته یکی از ملاحظات مهم می‌باشد. پانل‌های پیش‌ساخته با استفاده از قطعات اتصالی فولادی با پیچ یا جوش به قاب ساختمان متصل می‌شود.

حداقل ضخامت دیوار بتنی پیش‌ساخته ۱۵۰ 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 فولادی می‌باشند. عرشه فولادی با استفاده از گل میخ یا جوش کام^۱ به تیر فولادی متصل می‌شود.

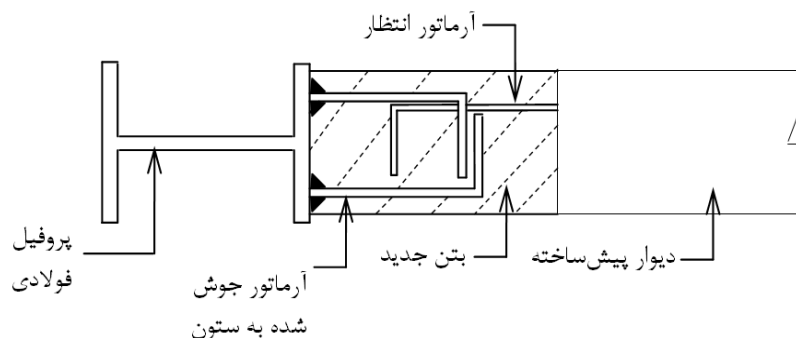
این شکل از ساختمان به طور اقتصادی برای پایداری در برابر بار انفجاری ضعیف و متوسط مناسب است.



شکل ۲۱-۵-۴- ساختمان با دیوار بتنی پیش‌ساخته

برای اجرای دیوار بتنی پیش‌ساخته در قاب فولادی باید پس از اجرای قاب فولادی دیوار بتنی پیش‌ساخته را درون چهار چوب فولادی تعبیه نمود. 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 (هر کدام که بزرگ‌تر بود) با ستون فولادی فاصله داشته باشد. سپس مانند شکل ۲۱-۵-۵ 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.

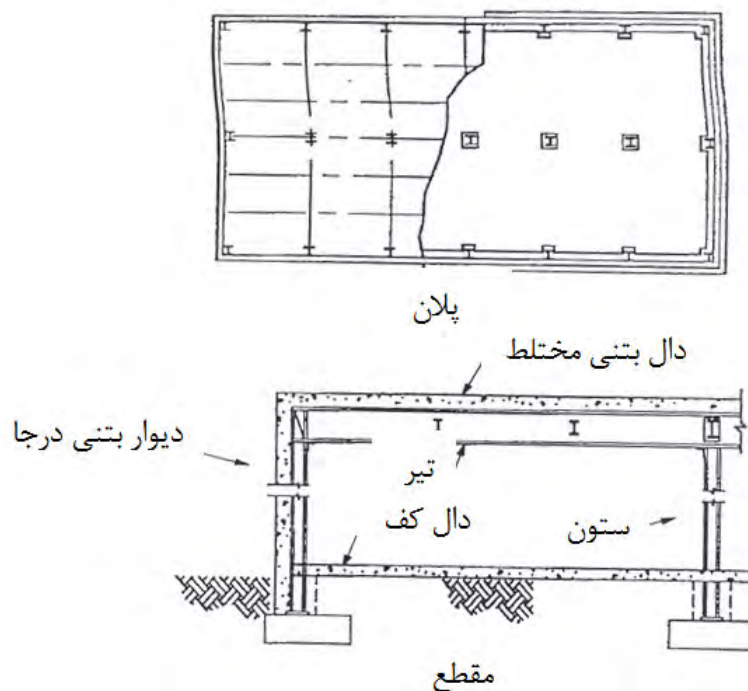
^۱ puddle weld



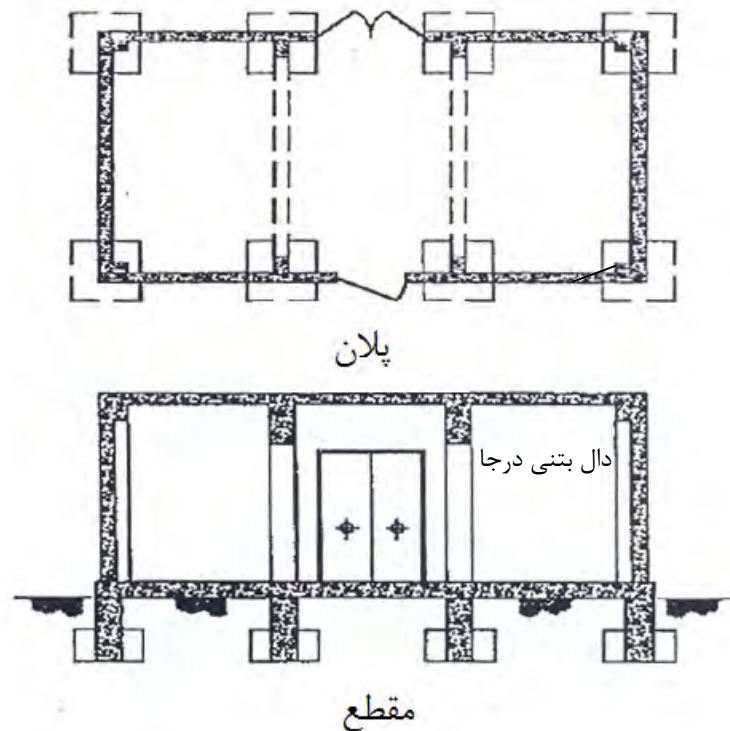
شکل ۲۱-۵-۵- اتصال دیوار پیش ساخته بتنی به قاب فولادی

۲۱-۵-۳- دیوار بتنی درجا

ساختمان با دیوار بتنی درجا برای فشار انفجاری متوسط و زیاد استفاده می‌شود. شکل‌های ۲۱-۵-۶ و ۲۱-۵-۷ ساختمان‌های با دیوار بتنی درجا را همراه با قاب فولادی و بتنی نشان می‌دهد که برای مقاومت در برابر بارهای افقی مناسب است. ضخامت بتن دیوارها، اندازه و جایگذاری میلگردها باید طوری انتخاب شوند که قادر به تحمل بارگذاری انفجاری متوسط و زیاد باشد. حداقل دیوارهای بتن مسلح درجا ۲۰۰ میلیمتر می‌باشد.



شکل ۲۱-۵-۶- ساختمان با دیوار بتنی درجا (با قاب فولادی)



شکل ۲۱-۵-۷- ساختمان با دیوار بتنی درجا (قاب بتنی)

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

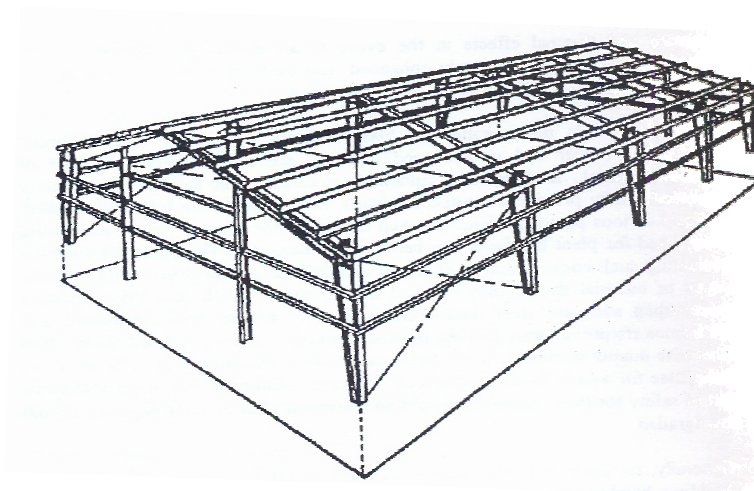
چنین سازه‌هایی برای مقاومت در مقابل انفجار مناسب نیستند. برای بهبود عملکرد در برابر بارهای انفجاری موارد زیر توصیه می‌شود (شکل ۲۱-۵-۸):

- کاهش فاصله بین قاب‌های فولادی
- استفاده از مقاطع متقارن برای تیرها و پرلین‌ها 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

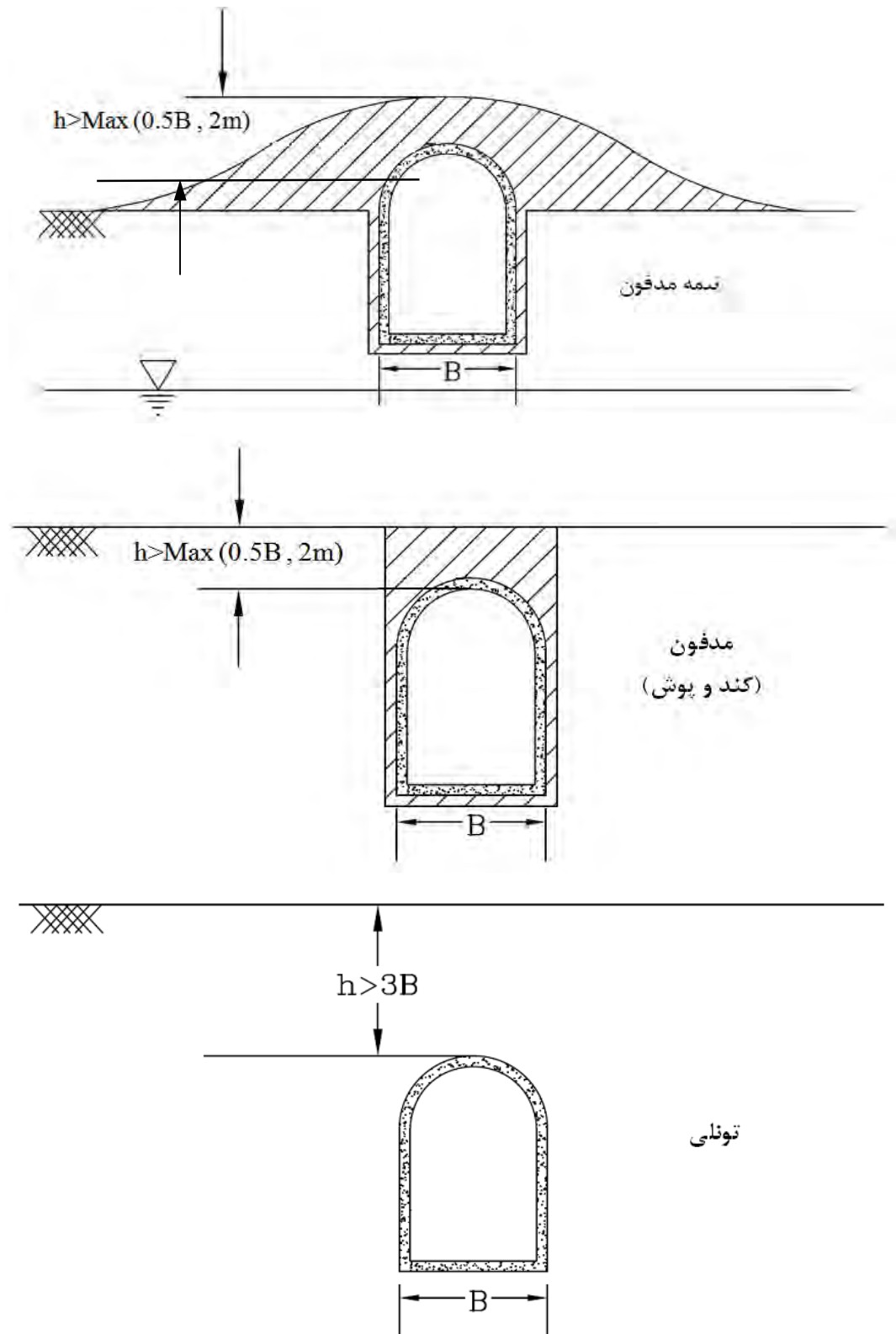
این ساختمان‌ها با صفحات نمای پوشش سبک برای فشار انفجار ضعیف قابل استفاده می‌باشند. در صورت استفاده از صفحات نما و پوشش بتن مسلح از آنها می‌توان برای انفجارهای متوسط استفاده نمود.



شکل ۲۱-۵-۸- قاب‌های فولادی شیب‌دار برای پوشش انبارها

۲۱-۵-۳-۵- سیستم‌های رایج برای سازه پناهگاهی

پناهگاه‌ها سازه‌هایی می‌باشند که از آنها انتظار می‌رود، در مقابل فشارهای زیاد ناشی از انفجار متوسط و زیاد مقاوم باشند. سازه‌های پناهگاهی را معمولاً می‌توان به سه روش نیمه مدفون، مدفون و تونل اجرا نمود. این سه روش اجرا در شکل ۲۱-۵-۹ نشان داده شده است. در روش اجرای مدفون و نیمه مدفون، ضخامت خاک روی پناه‌گاه باید حداقل به اندازه نصف کوچکترین بعد پناهگاه یا ۲ متر (هر کدام که بزرگ‌ترند) باشد. استفاده از خاک تراکم‌پذیر نسبت به خاک‌های با دانه‌بندی یکنواخت ارجحیت دارد. همچنین استفاده از ماسه بادی مجاز نیست و بهتر است از شن شکسته با دانه‌بندی درشت استفاده شود.



شکل ۲۱-۵-۹- روش‌های اجرای پناهگاه

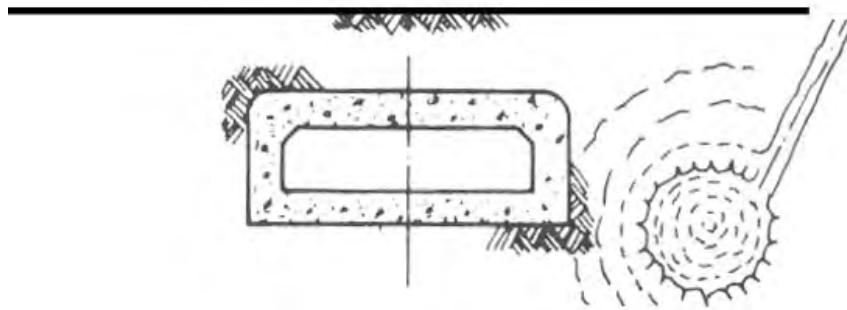
* مجموع ضخامت خاک به علاوه ضخامت بتن باید بزرگ‌تر از عمق نفوذ بمب‌ب‌های نفوذگر باشد.

۲۱-۵-۳-۱- سازه پناهگاهی مدفون و نیمه مدفون درجا

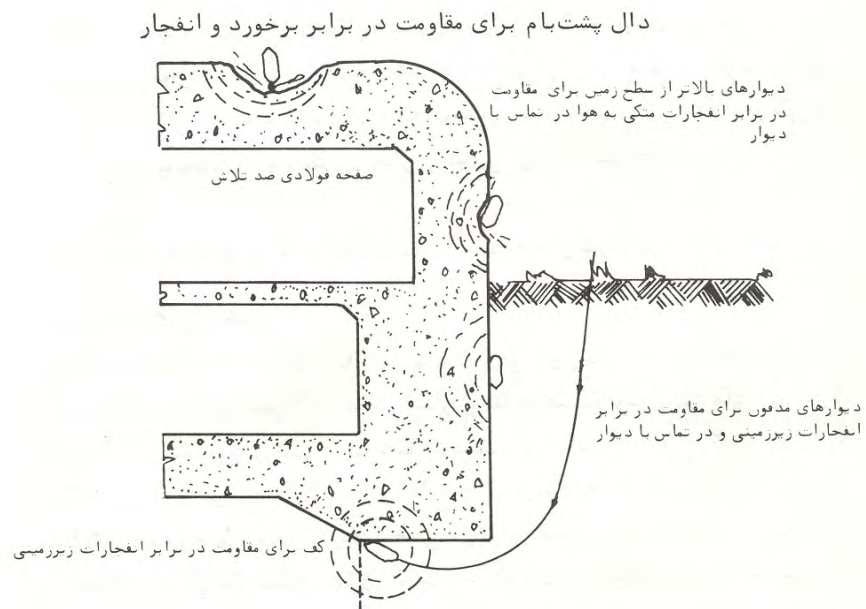
با توجه به نوع مقاومت موجود در زمین می‌توان، پناهگاه‌های زیرزمینی مقاومی در برابر انفجار احداث نمود. سازه‌های مدفون و نیمه مدفون باید به گونه‌ای طراحی گردند که برای انسان و تأسیسات مناسب باشند. سازه‌های مدفون در برابر انفجارهایی غیر از انفجارهای در داخل زمین، بسیار مقاوم و قابل اطمینان می‌باشند.

قسمتهای باربر سازه‌های مدفون (سقف، دیوارها و کف) باید از بتن مسلح درجا ساخته شوند. سازه‌های پیش‌تنیده، فولادی و همچنین ساختارهای با مصالح آجری و سایر مصالحی که کمتر قابلیت تغییری دارند، برای ساخت پناهگاه توصیه نمی‌شود. نمونه‌ای از سازه مدفون در شکل ۲۱-۵-۱۰ نشان داده شده است. این نوع سازه‌ها را می‌توان به صورت نیمه مدفون نیز استفاده نمود. مثلاً بخشی از سازه بالای سطح زمین و بخشی دیگر مدفون می‌باشد (شکل ۲۱-۵-۱۱) و یا نیمی از عرض یا ارتفاع آن در داخل زمین قرار می‌گیرد (۲۱-۵-۱۲) ولی در کل با افزایش عمق دفن این سازه‌ها، مقاومت آنها در برابر انفجار افزایش می‌یابد. از دیگر راه‌های پیشنهادی برای افزایش اطمینان برای این گونه سازه‌ها استفاده از دال بتنی در سطح زمین برای جلوگیری از نفوذ بمب در داخل زمین می‌باشد (دال انفجاری). این نوع سازه‌ها در شکل ۲۱-۵-۱۳ نشان داده شده است.

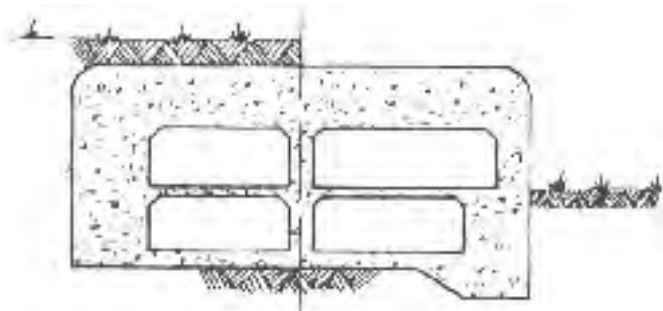
پناهگاه‌های عمومی و اختصاصی باید به ترتیب قابلیت تحمل بارهای ناشی از انفجارهای قوی و ضعیف را داشته باشند.



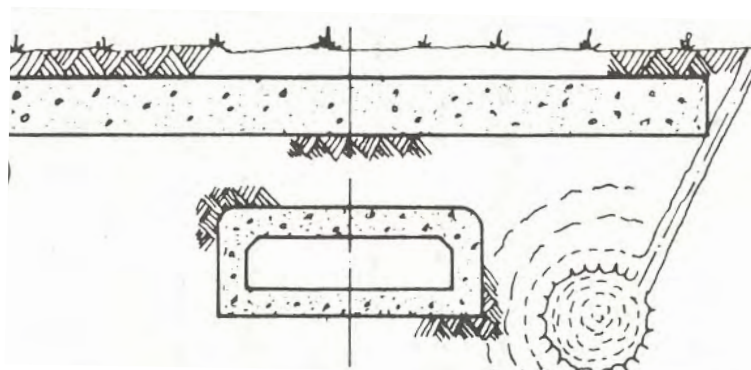
شکل ۲۱-۵-۱۰- سازه مدفون



شکل ۲۱-۵-۱۱- سازه نیمه مدفون قائم



شکل ۲۱-۵-۱۲- سازه نیمه مدفون افقی



شکل ۲۱-۵-۱۳- سازه مدفون مناسب در برابر نفوذ

۲۱-۵-۳-۲- سازه‌های پناهگاهی مدفون و نیمه مدفون پیش ساخته

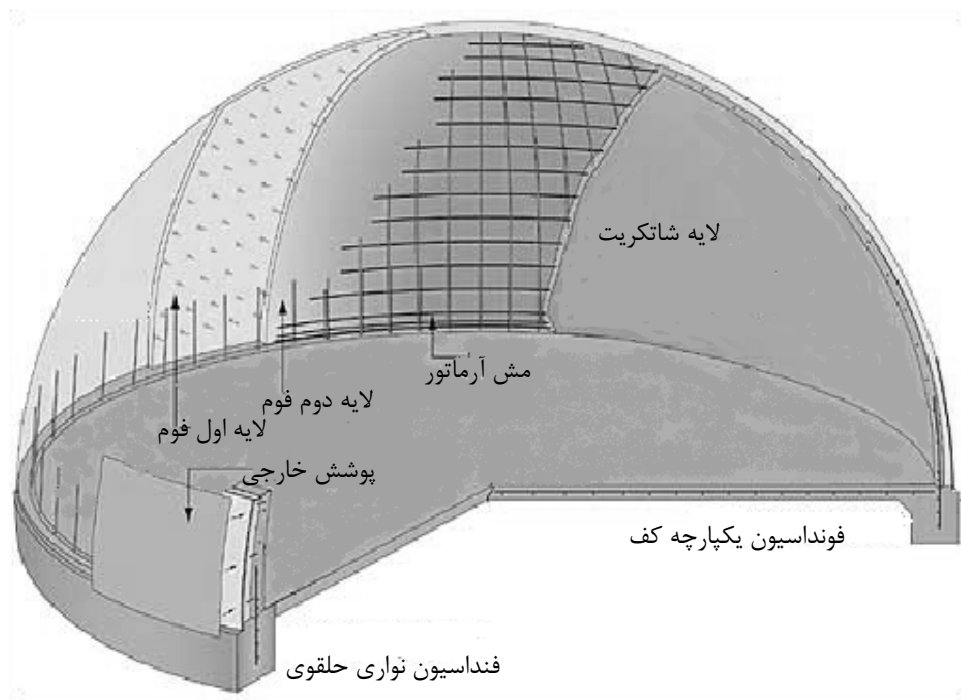
جعبه‌های بتنی پیش ساخته را می‌توان به عنوان نوعی پناهگاه پیش ساخته مورد استفاده قرار داد. این قطعات در کارگاه ساخته شده و توسط کامیون به محل نصب حمل می‌شوند. پس از استقرار در محل آماده شده و چفت و بست کردن آنها و عایق بندی رطوبتی بر رویشان خاک ریخته می‌شود. این سازه ها به طور اقتصادی قادر به تحمل فشار انفجار متوسط می‌باشند.

نمونه‌ای از جعبه بتنی پیش ساخته در شکل ۲۱-۵-۱۴ نشان داده شده است. استفاده از دال بتنی پیش ساخته برای این نوع سازه‌ها نیز امکان پذیر است.



شکل ۲۱-۵-۱۴- جعبه بتنی پیش ساخته پناهگاهی

گنبد‌ها و قوس‌های پیش ساخته نیز می‌توانند برای احراز شرایط سطوح بالای مقاومت در برابر انفجار به کار برده شوند. مزیت اول آنها کاهش بار است که ناشی از سطوح منحنی در معرض موج انفجار می‌باشد. مزیت دوم آنها اثر بخشی بالا در مقاومت که به خاطر شکل چنین سازه‌هایی است. مشکل این نوع سازه‌ها بخاطر محدود شدن فضای داخل ساختمان و افزایش قیمت ساخت و ساز است. نمونه‌ای از سازه گنبدی در شکل ۲۱-۵-۱۵ و سازه قوسی در شکل ۲۱-۵-۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۵-۱۵- سازه گنبدی



شکل ۲۱-۵-۱۶- سازه قوسی

۲۱-۶- روش‌های تحلیل و طراحی

در این آیین‌نامه دو روش برای تحلیل و طراحی سازه منظور می‌گردد:

۱- روش دینامیکی غیر خطی

۲- روش استاتیکی معادل

۲۱-۶-۱- روش دینامیکی غیر خطی

مراحل زیر فرآیند طراحی اعضای منفرد مطابق روش دینامیکی غیر خطی را نشان می‌دهد.

گام ۱: بارگذاری و تعیین بار هر عضو

۱-۱- تعیین سطح بارگذاری و عملکرد ساختمان مطابق فصل ۱

۲-۱- تعیین پارامترهای بارگذاری هر سطح عملکرد شامل فشار مبنای انفجار (p_{so}) و زمان فاز مثبت (t_d)

۳-۱- محاسبه سرعت موج (U_s)

۴-۱- محاسبه طول موج (λ_{TW})

۵-۱- محاسبه فشار دینامیکی حداکثر (q_s)

۶-۱- محاسبه فشار بازتاب (p_r)

گام ۲: تعیین ضوابط پذیرش عملکردی اعضا

۱-۲- محاسبه محدودیت تغییر شکل اعضاء با استفاده از جداول بخش ۶

گام ۳: انتخاب مقطع آزمایشی عضو

گام ۴: تحلیل دینامیکی

۵-۱- محاسبه مقاومت مصالح با توجه به ضرایب SIF و DIF جداول فصل ۴

۵-۲- محاسبه مقاومت خمشی R_b و برشی R_s با استفاده از جداول بخش ۲۱-۶-۱-۱-۳

۵-۳- تعیین نوع شکست (خمشی یا برشی)

۵-۴- محاسبه سختی موثر با استفاده از جداول بخش ۲۱-۶-۱-۱-۳

۵-۵- محاسبه جرم معادل با استفاده از ضرایب تبدیل جداول بخش ۲۱-۶-۱-۱-۳

۵-۶- محاسبه تغییر شکل عضو در لحظه تسلیم (از تقسیم مقاومت نهایی مقطع بر سختی موثر)

۵-۷- محاسبه دوره تناوب لرزش

۵-۸- محاسبه ضریب شکل‌پذیری با استفاده از شکل ۲۱-۶-۷

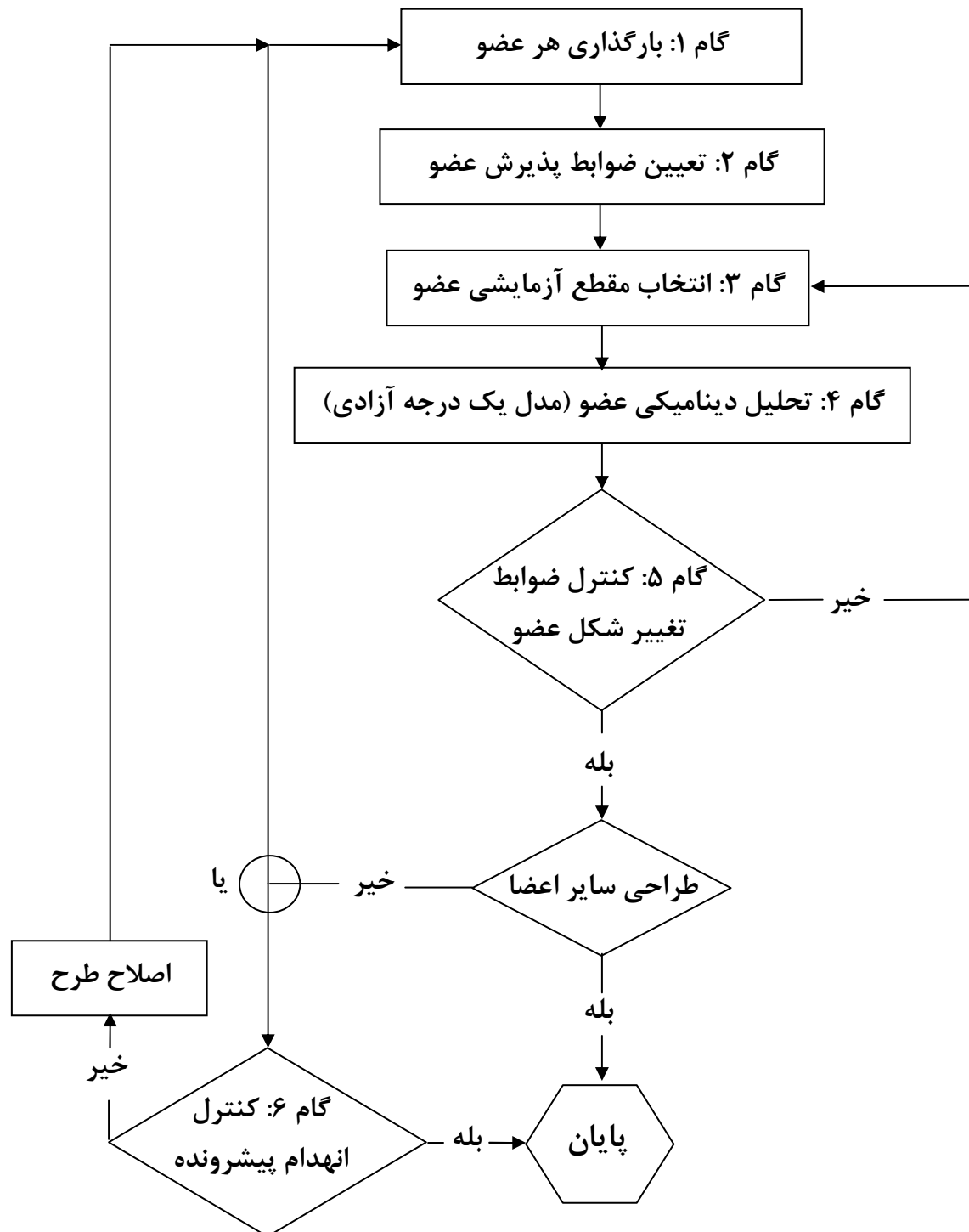
گام ۵: کنترل ضوابط تغییر شکل عضو

- تغییر شکل به دست آمده از تحلیل دینامیکی را با محدودیت تغییر شکل گام دوم مقایسه می‌گردد، در صورت عدم پذیرش برای مقطع آزمایشی عضو به گام سوم رجوع و جریان تحلیل تکرار می‌شود.
- در صورت پذیرش عضو با شروع مراحل فوق طرح اعضای دیگر انجام می‌شود.

گام ۶: کنترل انهدام پیشرونده

- در صورتیکه برخی از اعضای سازه ضوابط تغییر شکل گام ۵ را ارضا نکنند، می‌توان بجای تقویت آنها با فرض آسیب جدی به هر یک از اعضای مذکور به روش کنترل انهدام پیشرونده (مطابق فصل ۲۱-۷) تبعات آسیب آن عضو یا اعضا را در پایداری و ایمنی کلی سازه بررسی و نهایتاً اصلاحات لازم را در طرح انجام داد.

در ادامه گردش کار طراحی در شکل ۲۱-۶-۱ نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۶-۱- گردش کار طراحی

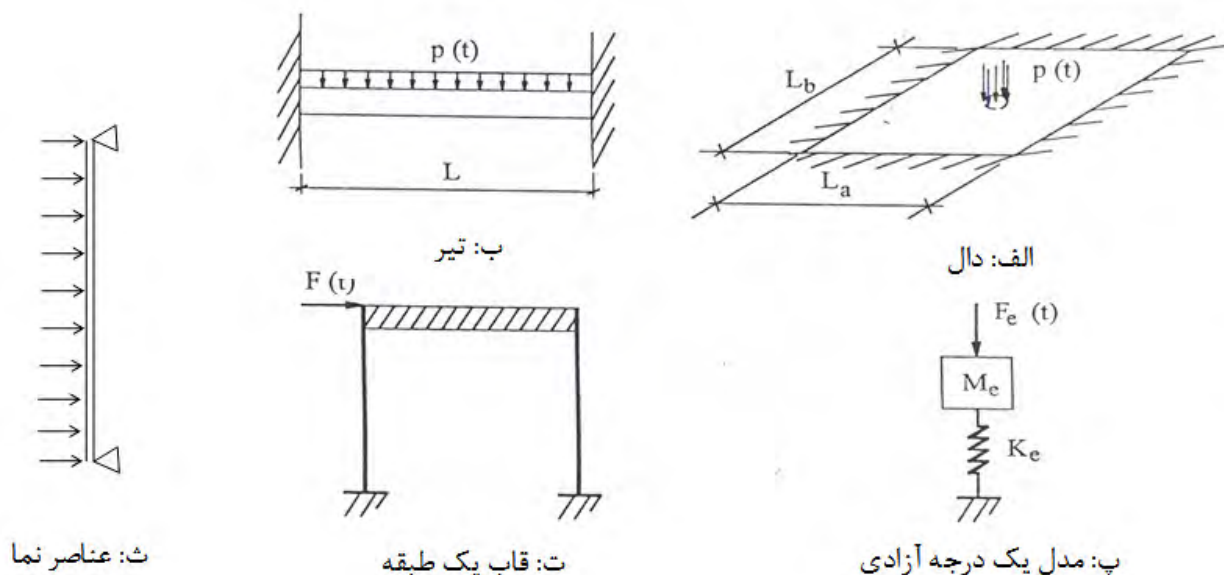
۲۱-۶-۱-۱- سازه یک درجه آزادی^۱ (SDOF)

مدل تحلیلی پایه که بیشترین کاربرد را در طراحی انفجاری دارد، روش سازه یک درجه آزادی می‌باشد.

۲۱-۶-۱-۱- سازه یک درجه آزادی الاستیک

اغلب سازه‌ها دارای بیش از یک درجه آزادی هستند. اما بسیاری از آنها را می‌توان با دقت کافی به سازه‌های یک درجه آزادی معادل تبدیل نمود.

بسیاری از تحلیل‌های دینامیکی انجام شده برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر انفجار بر مبنای سازه یک درجه آزادی انجام می‌شود. عناصر اصلی مواجهه با فشار مستقیم انفجار نظیر قاب‌های صفحه‌ای یک طبقه، دیوارهای طره‌ای، تیرها و دال‌ها قابل معادل‌سازی با سازه یک درجه آزادی می‌باشند (شکل ۲۱-۶-۲).



شکل ۲۱-۶-۲- سازه ارایه شده نمونه‌ای به عنوان مدل سازه یک درجه آزادی معادل

¹ Single Degree of Freedom



شکل ۳-۶-۲۱- مدل سازه یک درجه آزادی برای تحلیل دینامیکی

با توجه به زمان خیلی کوتاه تاثیر انفجار بر سازه معادله تعادل دینامیکی سیستم یک درجه آزادی بصورت زیر می‌باشد.

$$M \ddot{y} + K y = F(t) \quad (۱-۶-۲۱)$$

بار تابع زمان انفجار را می‌توان مطابق شکل ۳-۶-۲۱- پ بصورت مثلی مدل کرد که مقدار حداکثر آن F_m و تأثیر آن بر سازه t_e می‌باشد. در نتیجه نیروی تابع زمان برابر خواهد شد با:

$$F(t) = F_m \left(1 - \frac{t}{t_d} \right) \quad (۲-۶-۲۱)$$

ضربه انفجار تقریباً مساوی سطح زیر نمودار بارگذاری است که بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$i = \frac{1}{2} F_m t_d \quad (۳-۶-۲۱)$$

در نتیجه رابطه تعادل دینامیکی سازه یک درجه آزادی برای بار انفجاری با مقدار حداکثر F_m و زمان تداوم t_e بصورت زیر در می‌آید:

$$M \ddot{y} + K y = F_m \left(1 - \frac{t}{t_d} \right) \quad (۴-۶-۲۱)$$

با حل معادله حرکت سیستم یک درجه آزادی، مقادیر تغییر مکان و سرعت بصورت زیر در می‌آیند:

$$y(t) = \frac{F_m}{K} (1 - \cos \omega t) + \frac{F_m}{K t_d} \left(\frac{\sin \omega t}{\omega} - t \right) \quad (۵-۶-۲۱)$$

$$\dot{y}(t) = \frac{dy}{dt} = \frac{F_m}{K} \left[\omega \sin \omega t + \frac{1}{t_d} (\cos \omega t - 1) \right] \quad (6-6-21)$$

که در آن روابط فوق ω مساوی فرکانس زاویه‌ای طبیعی ارتعاش است که با توجه به آن زمان تناوب T ارتعاش سازه بدست می‌آید.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (7-6-21)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

ضریب بار دینامیکی (DLF) نسبت حداکثر y_m به تغییرمکان استاتیکی y_s می‌باشد:

$$DLF = \frac{y_m}{y_e} = \frac{y_{\max}}{F_m / K} = f_1(\omega t_e) = f_2\left(\frac{t_d}{T}\right) \quad (8-6-21)$$

از آنجا که حداکثر نیروی قابل تحمل برای سیستم یک درجه آزادی مطابق شکل ۴-۶-۲۱-پ برابر مقاومت نهایی عضو (R_u) می‌باشد، مقدار تغییرمکان استاتیکی y_s عضو از تقسیم مقاومت نهایی بر سختی الاستیک بدست می‌آید.

۲۱-۶-۱-۱-۲- سازه یک درجه آزادی الاستوپلاستیک

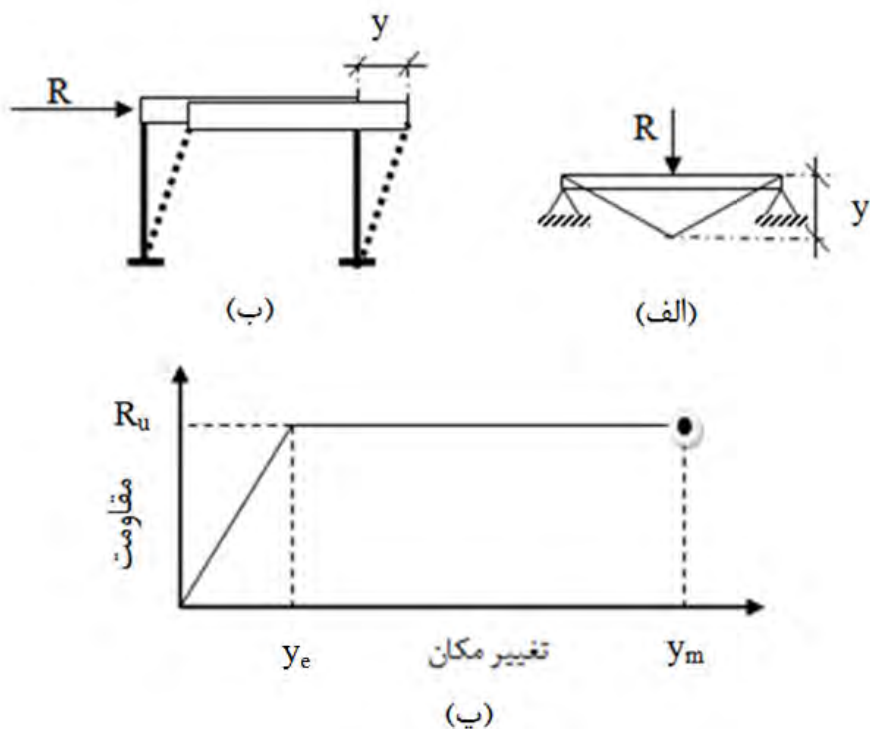
در شکل‌های ۲۱-۶-۳-الف و ب سازه‌های یک درجه آزادی الاستوپلاستیک و در شکل ۲۱-۶-۴-پ نمودار تابع مقاومت الاستوپلاستیک سازه در مقابل تغییرشکل رسم شده است. در این شکل R_u مقاومت نهایی سیستم یک درجه آزادی است. با توجه به شکل ۲۱-۶-۳-پ، مقدار ضریب شکل‌پذیری سیستم الاستوپلاستیک فوق بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\mu = y_m / y_e \quad (9-6-21)$$

معادله تعادل دینامیکی برای یک سیستم الاستوپلاستیک بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$M\ddot{y} + R = F_m \left(1 - \frac{t}{t_d} \right) \quad (10-6-21)$$

که در آن نیروی مقاوم R مساوی کوچکترین مقدار $K \cdot y$ یا R_u می‌باشد.



شکل ۴-۶-۲۱- سازه یک درجه آزادی الاستوپلاستیک

حل رابطه ۴-۶-۲۱ با توجه به تابع بارگذاری F_m مشکل و پیچیده می‌باشد. ولی در طراحی انفجاری معمولاً حل دقیق سازه یک درجه آزادی لازم نیست و روش‌های از پیش تأیید شده‌ای برای حل این معادله وجود دارد.

۴-۶-۲۱-۱-۱-۳- ضرائب تبدیل عضو سازه‌ای به سیستم یک درجه آزادی الاستوپلاستیک

از آنجا که رابطه ۴-۶-۲۱، معادله تعادل سازه یک درجه آزادی با بار اعمال شده در وسط دهانه است و روش بدست آوردن سازه یک درجه آزادی معادل برای اجزاء سازه باید بر اساس تغییر شکل آن تحت بار وارده و انرژی کرنشی معادل بین سیستم حقیقی و تقریبی سازه یک درجه آزادی باشد، لذا با استفاده از ضرائب تبدیل می‌توان معادله تعادل دینامیکی سازه یک درجه آزادی را تشکیل داد. لازم به ذکر است این

معادله تعادل دینامیکی مربوط به عضو سازه‌ایست نه کل ساختمان و در این مرحله با سیستم کلی ساختمان کاری نداریم.

تغییر شکل عضو معمولاً بر اثر بارهای ناشی از انفجار می‌باشد و بارهای عادی طراحی کمتر بر تغییر شکل عضو تأثیر می‌گذارد. علاوه بر انرژی کرنشی معادل، تغییر مکان، سرعت و شتاب سازه یک درجه آزادی برابر پاسخ سازه‌ای نقاط کنترلی انتخاب شده بر روی سازه اصلی می‌باشد. نقاط کنترلی معمولاً بر روی نقاطی از سازه انتخاب می‌شوند که بیشترین پاسخ سازه‌ای را دارند (مانند مفصل پلاستیک دهانه عضو).

جرم، سختی و بارگذاری معادل با استفاده از ضرائب انتقال بدست می‌آیند. ضرائب انتقال مورد استفاده برای بدست آوردن ویژگی‌های مناسب سازه یک درجه آزادی معادل مطابق زیر می‌باشد.

$K_e = K_L \times M$	سختی معادل	
$M_e = K_M \times M$	جرم معادل	
$F_e = K_L \times F$	نیروی معادل	(۱۱-۶-۲۱)
$R_e = K_L \times R$	نیروی مقاوم	

که در آن:

K_L : ضریب تبدیل جرم یا سختی

K_M : ضریب تبدیل جرم می‌باشد.

با جایگذاری مقادیر فوق، معادله تعادل دینامیکی سازه یک درجه آزادی معادل بصورت رابطه ۱۲-۶-۲۱ می‌باشد:

$$M_e \cdot \ddot{y} + R_e = F_e \quad (۱۲-۶-۲۱)$$

با استفاده از ضریب تبدیل بار-جرم K_{LM} معادله تعادل دینامیکی سازه یک درجه آزادی معادل را می‌توان مطابق رابطه ۱۳-۶-۲۱ استفاده نمود:

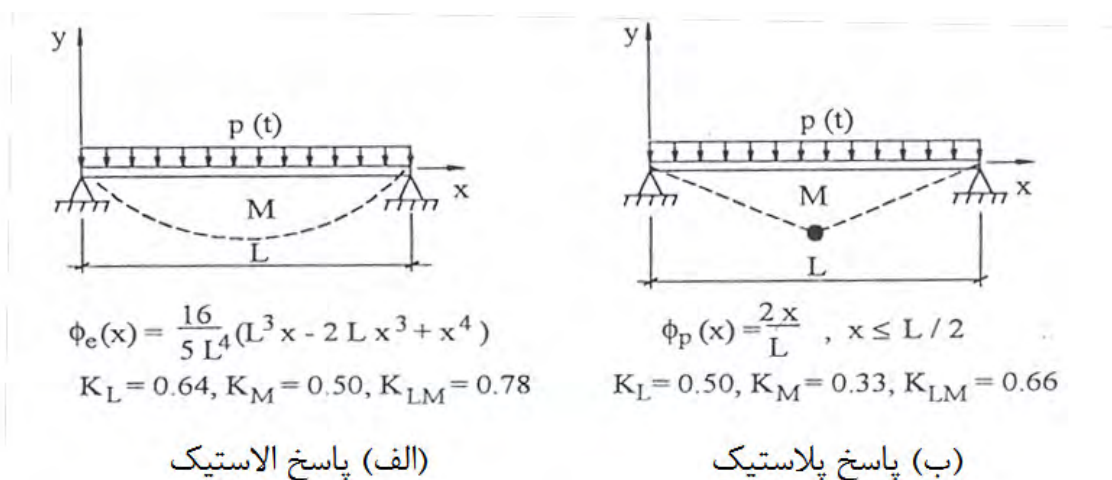
$$K_{LM} M \cdot \ddot{y} + K \cdot y = F(t) \quad (۱۳-۶-۲۱)$$

$$\text{به طوریکه: } K_{LM} = K_M / K_L$$

مقادیر ضرایب تبدیل بستگی به تابع شکل سازه مورد نظر دارند. به عنوان مثال برای تیر ساده شکل ۲۱-۶-۵، بر حسب تابع شکل انتخابی در حالت الاستیک و پلاستیک، مقادیر ضرایب تبدیل متفاوتی بدست می‌آید.

در موارد عملی ضرائب انتقال در طول تحلیل ثابت نگه داشته می‌شوند. برای انتخاب ضرایب مناسب از قضاوت مهندسی که به مد پاسخ حاکم مورد انتظار وابسته است، استفاده می‌شود. روش سعی و خطایی نیز ممکن است برای ارزیابی رفتار مد پاسخ مورد استفاده قرار گیرد. گاهی اوقات میانگینی از ضرایب انتقال الاستیک و پلاستیک استفاده می‌شود.

در طی تحلیل، برای سهولت انجام آن ضریب تبدیل ثابت نگه داشته می‌شود و می‌توان از میانگین ضرایب تبدیل الاستیک و پلاستیک استفاده نمود.



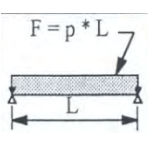
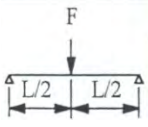
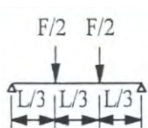
شکل ۲۱-۶-۵- تابع شکل و ضرایب انتقال برای تیر دو سر ساده

هنگامیکه اعضای سازه از حالت الاستیک به پلاستیک و بر عکس از پلاستیک به الاستیک تبدیل می‌شوند، ضرایب انتقال نیز تغییر می‌کنند.

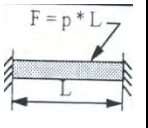
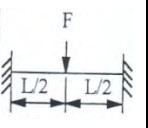
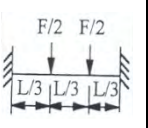
ضرایب تبدیل حالات مختلفی از تیرها، در جداول ۲۱-۶-۱، ۲۱-۶-۲ و ۲۱-۶-۳ و مقاومت خمشی دال بر اساس تئوری گسیختگی آن در جدول ۲۱-۶-۴ ارائه شده است.

در جداول ذکر شده M_{pc} ظرفیت خمشی نهایی در وسط دهانه و M_{ps} ظرفیت خمشی نهایی در تکیه‌گاه است. جرم معادل متمرکز نیز در محل تأثیر بارهای متمرکز می‌باشد.

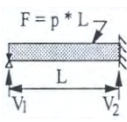
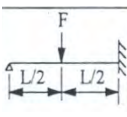
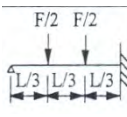
جدول ۲۱-۶-۱- ضرایب تبدیل برای اعضای یک طرفه، شرایط مرزی ساده

بارگذاری	محدوده کرنش	ضریب K_L بار	ضریب جرم متمرکز K_M	ضریب جرم گسترده K_M	مقاومت خمشی R_b	ثابت فنر K	عکس‌العمل دینامیکی V
	الاستیک	۰/۶۴	---	۰/۵۰	$8 M_{pc}/L$	$384 EI/\Delta L^3$	$0.39R_u + 0.11F$
	پلاستیک	۰/۵۰	---	۰/۳۳	$8 M_{pc}/L$	.	$0.38R_u + 0.12F$
	الاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۴۹	$4 M_{pc}/L$	$48 EI/L^3$	$0.78R_u + 0.28F$
	پلاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۳	$4 M_{pc}/L$	.	$0.75R_u + 0.25F$
	الاستیک	۰/۸۷	۰/۷۶	۰/۵۲	$6 M_{pc}/L$	$56/4 EI/L^3$	$0.52R_u + 0.25F$
	پلاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	$6 M_{pc}/L$	.	$0.52R_u + 0.2F$

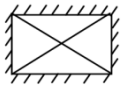
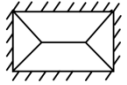
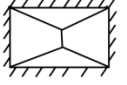
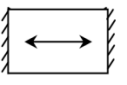
جدول ۲۱-۶-۲- ضرایب تبدیل برای اعضای یک طرفه، شرایط مرزی گیردار

بارگذاری	محدوده کرنش	ضریب K_L بار	ضریب جرم متمرکز K_M	ضریب جرم گسترده K_M	مقاومت خمشی R_b	ثابت فنر K	عکس‌العمل دینامیکی V
	الاستیک	۰/۵۳	---	۰/۴۱	$12 M_{ps}/L$	$384 EI/L^3$	$0.36R_u + 0.14F$
	الاستوپلاستیک	۰/۶۴	---	۰/۵۰	$8 (M_{ps} + M_{pc})/L$	$384 EI/\Delta L^3$	$0.39R_u + 0.11F$
	پلاستیک	۰/۵۰	---	۰/۳۳	$8 (M_{ps} + M_{pc})/L$	.	$0.38R_u + 0.12F$
	الاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۷	$4 (M_{ps} + M_{pc})/L$	$192 EI/L^3$	$0.71R_u + 0.21F$
	پلاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۳	$4 (M_{ps} + M_{pc})/L$	.	$0.75R_u + 0.25F$
	الاستیک	۰/۸۷	۰/۷۶	۰/۵۲	$6 M/L$	$56/4 EI/L^3$	$0.53R_u + 0.3F$
	پلاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	$6 M/L$	.	$0.52R_u + 0.2F$

جدول ۲۱-۶-۳- ضرایب تبدیل برای اعضای یک طرفه، شرایط مرزی ساده و گیردار

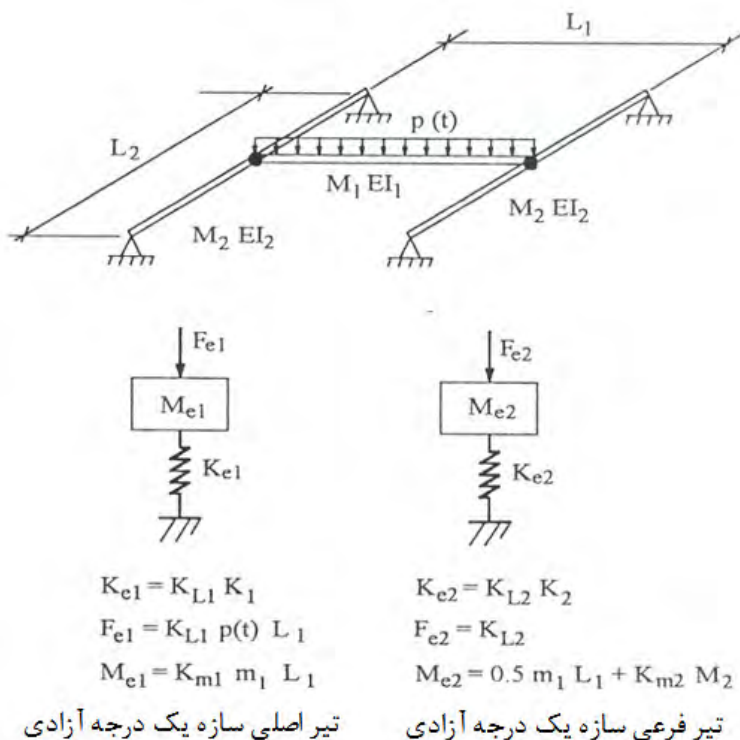
بارگذاری	محدوده کرنش	ضریب K_L بار	ضریب جرم متمرکز K_M	ضریب جرم گسترده K_M	مقاومت خمشی R_b	ثابت فنر K	عکس‌العمل دینامیکی V
	الاستیک	۰/۵۸	---	۰/۴۵	$8 M_{pc}/L$	$185 EI/L^3$	$V_1 = 0.26 R + 0.12 F$ $V_2 = 0.43 R + 0.19 F$
	الاستوپلاستیک	۰/۶۴	---	۰/۵۰	$4(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	$384 EI/\Delta L^3$	$0.39 R + 0.11 F \pm M_{ps}/L$
	پلاستیک	۰/۵۰	---	۰/۳۳	$4(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	.	$0.38 R_U + 0.12 F \pm M_{ps}/L$
	الاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۴۳	$16 M_{pc}/3L$	$107 EI/L^3$	$V_1 = 0.25 R + 0.07 F$ $V_2 = 0.54 R + 0.14 F$
	الاستوپلاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۴۹	$2(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	$48 EI/L^3$	$0.78 R - 0.28 F \pm M_{ps}/L$
	پلاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۳	$2(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	.	$0.75 R_U - 0.25 F \pm M_{ps}/L$
	الاستیک	۰/۸۱	۰/۶۷	۰/۴۵	$6 M_{pc}/L$	$132 EI/L^3$	$V_1 = 0.17 R + 0.17 F$ $V_2 = 0.33 R + 0.33 F$
	الاستوپلاستیک	۰/۸۷	۰/۷۶	۰/۵۲	$2(M_{ps} + 3M_{pc})/L$	$56 EI/L^3$	$0.525 R - 0.25 F \pm M_{ps}/L$
	پلاستیک	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۶	$2(M_{ps} + 3M_{pc})/L$	.	$0.52 R_U - 0.25 F \pm M_{ps}/L$

جدول ۲۱-۶-۴- مقاومت خمشی دال بر اساس تئوری گسیختگی آن

خطوط گسیختگی	حالت گسیختگی	فاصله خطوط گسیختگی از بر تکیه‌گاه	مقاومت خمشی W_u
	$\frac{a^2}{b^2} = \frac{M_{ux}}{M_{uy}}$	----	$W_u = 18 \left(\frac{M_{ux}}{a^2} + \frac{M_{uy}}{b^2} \right)$
	$\frac{a^2}{b^2} > \frac{M_{ux}}{M_{uy}}$	$6aM_{uy}x^2 + 6b^2M_{ux}x - 4.5ab^2M_{ux} = 0$	$W_u = \frac{9M_{ux}}{x^2}$
	$\frac{a^2}{b^2} < \frac{M_{ux}}{M_{uy}}$	$6bM_{ux}y^2 + 6a^2M_{uy}y - 4.5ba^2M_{uy} = 0$	$W_u = \frac{9M_{uy}}{y^2}$
		----	$W_u = \frac{12M_p}{L^2}$

جرم سازه شامل جرم اعضای سازه‌ای و جرم تجهیزاتی است که به صورت دائم روی آن قرار دارند. جرم را می‌توان با تقسیم وزن به شتاب جاذبه بدست آورد. در بعضی مواقع تقریب‌هایی برای مشخص کردن توزیع جرم عضو تحلیل شده به عنوان سازه یک درجه آزادی برای استفاده آسان از ضرایب انتقال جدول‌بندی شده، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در تحلیل دینامیکی چند سازه یک درجه آزادی که نشان‌دهنده سازه اصلی هستند، اغلب تخمینی از مقدار جرم اعضا و شرایط تکیه‌گاهی عضو مورد نظر باید انجام شود. مثلاً به جرم شاهتیر بامی که نگه‌دارنده بخشی از تیر فرعی است، باید مطابق شکل ۶-۶-۲۱ مقدار از جرم تیر فرعی را نیز اضافه نمود. اغلب قضاوت مهندسی بجای روش‌های ریاضی مشکل 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 ۶-۶-۲۱، ۵۰٪ جرم تیر فرعی به وسط تیر بام اضافه می‌گردد.



شکل ۶-۶-۲۱- توزیع جرمی سازه چند عضوی

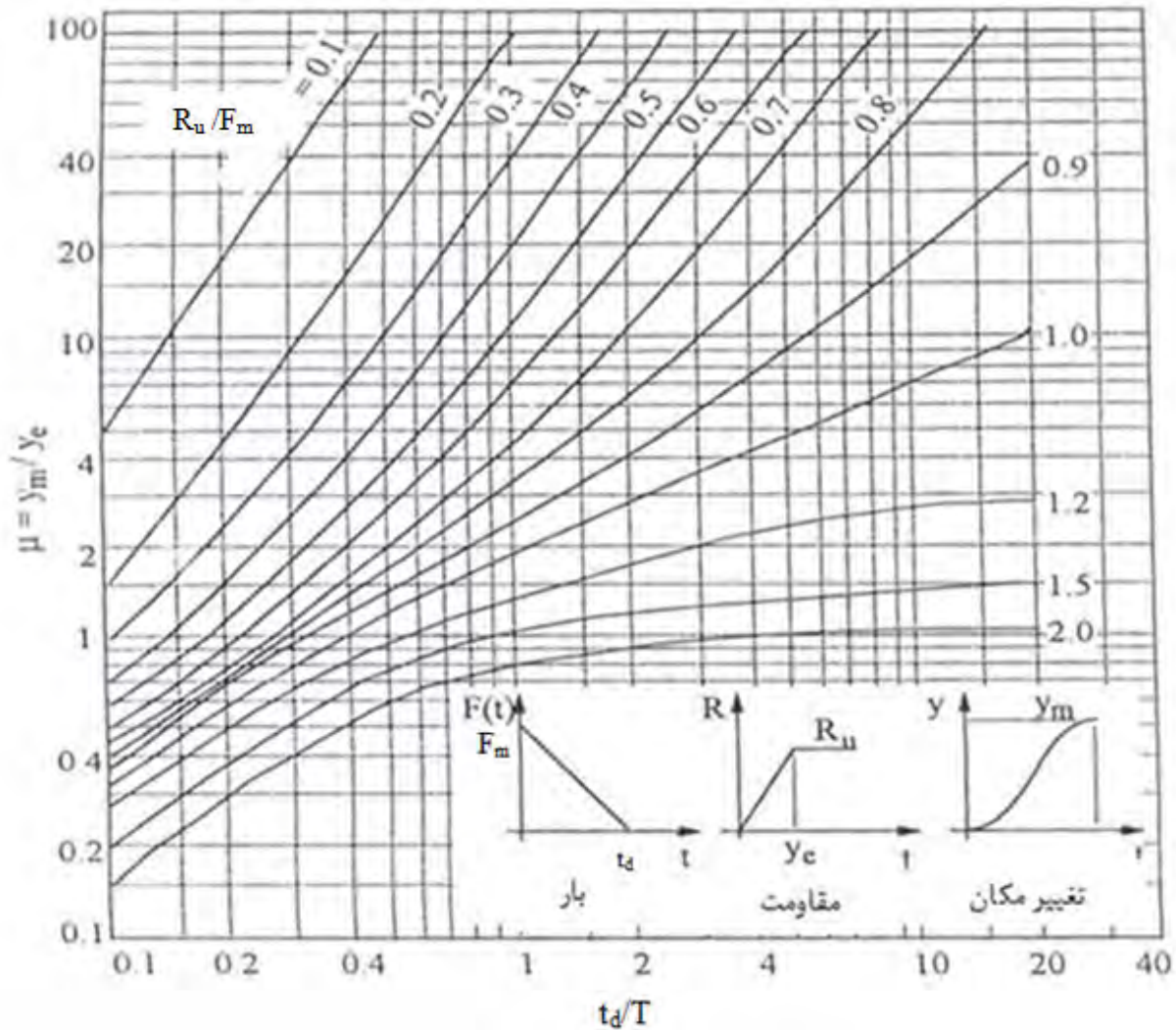
۲۱-۶-۱-۱-۴- روش حل ترسیمی عضو سازه‌ای بصورت سیستم یک درجه آزادی الاستوپلاستیک

بار انفجاری F_t ، به طور نسبی دارای مدت زمان تداوم کوتاهی است و به عنوان بارهای دینامیکی گذرا محسوب می‌شود. حل معادله تعادل دینامیکی سازه یک درجه آزادی به صورت نمودارها و منحنی‌های بی بعد موجود می‌باشد.

راه حل ترسیمی برای بار ضربه‌ای مثلثی همراه با تابع مقاومت الاستو پلاستیک در شکل ۲۱-۶-۷ نشان داده شده است. از این نمودارها جهت تعیین بیشترین مقدار شکل‌پذیری μ_d مورد نیاز استفاده می‌شود. پارامترهایی که در شکل ۲۱-۶-۷ مورد نیاز است، شامل حداکثر نیروی اعمال شده F_m ، مدت زمان بارگذاری t_e ، مقاومت نهایی R_u و پریود سازه یک درجه آزادی معادل T می‌باشد. این پریود بر اساس تغییرشکل عضو می‌باشد و بنابراین با پریود طبیعی ارتعاش که مستقل از بارگذاری است، متفاوت می‌باشد. معادله دوره تناوب سازه یک درجه آزادی بر اساس ثانیه به صورت رابطه ۲۱-۶-۱۴ بیان می‌شود:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M_e}{K_e}} \quad (۲۱-۶-۱۴)$$

این روش جهت بدست آوردن حداکثر پاسخ‌های الاستوپلاستیک سازه یک درجه آزادی معادل تحت توابع بارگذاری ساده مناسب می‌باشد. یکی از معایب این روش عدم محاسبه تاریخچه پاسخ جهت تعیین عکس العمل تکیه‌گاهی عضو مجاور و تاثیرات برگشت عضو می‌باشد.



شکل ۲۱-۶-۷- نمودار حل ترسیمی برای سیستم SDOF الاستوپلاستیک

۲۱-۶-۱-۱-۵- روش حل مستقیم^۱ عضو سازه‌ای به صورت یک درجه آزادی الاستوپلاستیک

بجای روش ترسیمی بخش قبل می‌توان از روش حل مستقیم استفاده کرد. راه حل مستقیم تنها برای تعدادی حالات بارگذاری ساده برای سازه یک درجه آزادی موجود می‌باشد. این روش برای پاسخ‌های الاستیک، الاستوپلاستیک و بارگذاری مثلثی و مستطیلی استفاده می‌شود.

^۱ Closed form

در مجموع سه حالت مختلف بارگذاری امکان وقوع دارد:

حالت ۱- در صورتی که پریود بارگذاری در مقایسه با پریود طبیعی المان کوچک باشد ($t_d/T < 0.1$)، مقدار شکل‌پذیری مورد نیاز μ_d ، را می‌توان بر حسب تکانه i و مقاومت عضو مطابق رابطه ۱۵-۶-۲۱ تعیین نمود. تکانه i سطح زیر منحنی فشار - زمان می‌باشد.

$$\mu_d = 0.5 \left[(i 2 \pi F_m / R_u)^2 + 1 \right] \quad (15-6-21)$$

حالت ۲- وقتی که مدت بارگذاری در مقایسه با پریود سازه بزرگ باشد، ($t_d/T > 10$) بار بصورت ناگهانی به سیستم وارد شده و ثابت می‌ماند. حداکثر شکل‌پذیری مورد نیاز را می‌توان مطابق رابطه ساده ۱۶-۶-۲۱ محاسبه نمود:

$$\mu_d = 1 / \left[2(1 - F_m / R_u) \right] \quad (16-6-21)$$

حالت ۳- رابطه تجربی ۱۷-۶-۲۱ برای حالات بین این دو حالت پاسخ دینامیکی حدی ارائه شده است.

$$F_m / R_u = \frac{\sqrt{(2\mu_d - 1)}}{\pi(\tau)} + \frac{(2\mu_d - 1)(\tau)}{2\mu_d(\tau + 0.7)} \quad (17-6-21)$$

که در آن $\tau = \frac{t_d}{T}$ می‌باشد.

درمقایسه با راه حل‌های دقیق این روابط اکثراً در حدود ۵٪ درصد خطا دارد و لذا دقت کافی برای کاربردهای انفجاری برخوردارند. در این روابط به طور مستقیم μ_d محاسبه نمی‌شود، بلکه مقدار آن با سعی و خطا بدست می‌آید.

۲۱-۶-۱-۱-۶- حل تاریخچه زمانی عضو سازه‌ای به صورت یک درجه آزادی الاستوپلاستیک

در برخی موارد که تاریخچه رفتار دینامیکی عضو سازه‌ای مورد نظر باشد، این روش با استفاده از فرایند تحلیل عددی غیر خطی نظیر فرایند نیومارک باید مورد استفاده قرار گیرد.

در این روش جهت هم‌گرایی و پایداری تحلیل جواب‌ها در روش نیومارک، به عنوان قانونی کلی می‌توان گام

زمانی را برابر و یا کمتر از $\frac{1}{10}T$ در نظر گرفت.

۲۱-۶-۱-۱-۷- عکس العمل‌های تکیه‌گاهی سازه یک درجه آزادی الاستوپلاستیک

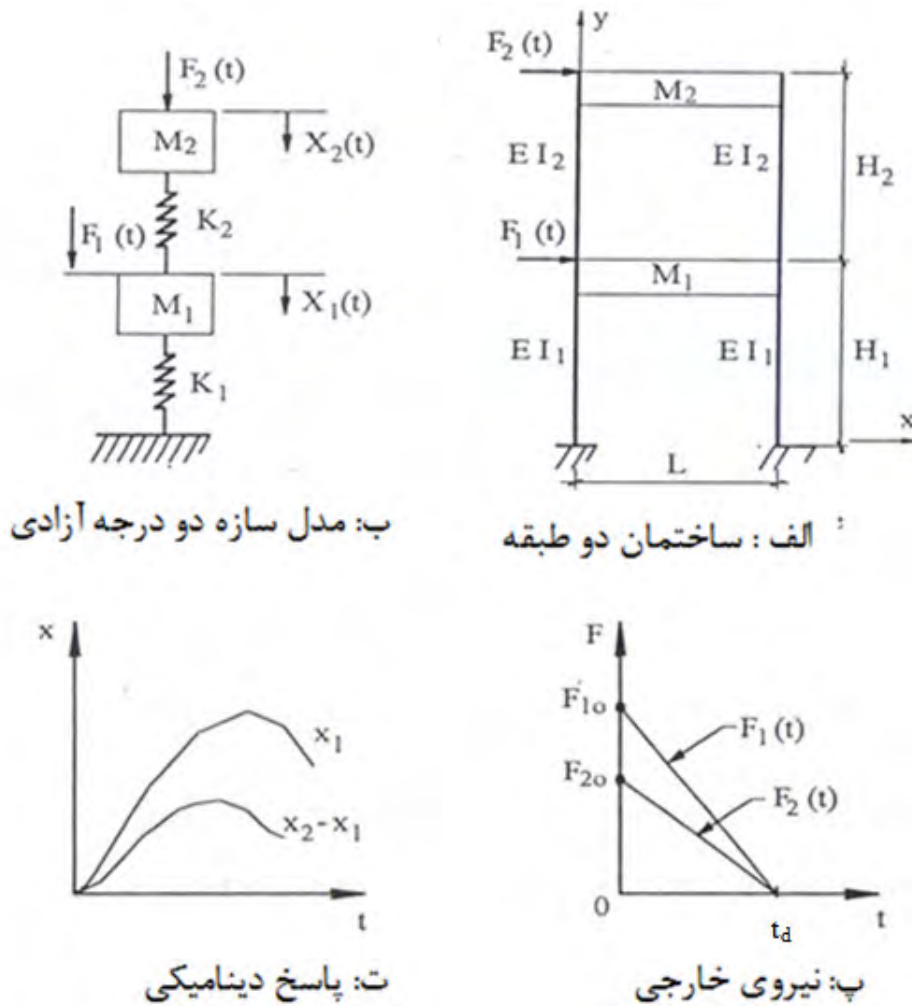
شاید یکی از مهمترین جنبه‌های محاسباتی استفاده از سازه یک درجه آزادی تعیین عکس العمل دینامیکی عضو حقیقی می‌باشد. این نیرو به تکیه‌گاه عضو سازه‌ای مورد نظر که ممکن است سایر اعضای سازه‌ای ساختمان باشد وارد می‌شود و لذا برای تعیین رفتار ساختمان بر اثر آسیب وارده به عضو مورد نظر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که نیروی ایجاد شده در فتر سازه یک درجه آزادی برابر عکس العمل تکیه‌گاهی نیست. برای بدست آوردن عکس العمل دینامیکی مذکور، توزیع نیروی اینرسی در داخل عضو مورد نظر باید در نظر گرفته شود.

معادلات عکس العمل‌های دینامیکی برای اعضای سازه‌ای نمونه‌ای در جداولی که ضرائب انتقال محاسبه شده آورده شده‌اند. جداول ۲۱-۶-۱ تا ۲۱-۶-۳ این معادلات عکس العمل تکیه‌گاهی را بر اساس مقاومت و بار وارد شده ارائه می‌کنند.

۲۱-۶-۱-۲- روش حل سازه چند درجه آزادی (MDOF)

در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ اگر ساختمان شامل قاب‌های ساختمانی چند طبقه و سازه‌هایی که جرم‌های متمرکز متعدد دارند، باشد باید از مدل چند درجه آزادی جهت تحلیل دینامیکی سازه استفاده کرد. مثالی از این مدل‌ها در شکل ۲۱-۶-۸ ارائه شده است. این ساختمان ۲ طبقه در معرض نیروهای ضربه‌ای جانبی قرار گرفته است که نشان‌دهنده انفجار در نزدیکی سازه می‌باشند.

برای استفاده از این روش نیاز به بهره‌گیری از تحلیل‌های غیر خطی ماتریسی یا اجزا محدود به کمک کامپیوتر می‌باشد.



شکل ۲۱-۶-۸- نمونه‌ای از سازه چند درجه آزادی MDOF

۲۱-۶-۲- طراحی

در این دستورالعمل برای طراحی سازه‌های بتنی و فولادی مقاوم در برابر انفجار از یکی از روش‌های طراحی حالات حدی یا روش استاتیکی معادل استفاده می‌شود. در طراحی به روش حالات حدی، ضرایب جزیی مقاومت مصالح (ϕ_c و ϕ_s) مساوی ۱ منظور می‌شوند.

۲۱-۶-۲-۱- مفاهیم کلی

چندین مفهوم مهم باید به هنگام طراحی دینامیکی ساختمان در برابر انفجار در نظر گرفته شود. این مفاهیم شامل جذب انرژی، ضرائب اطمینان، حالات حدی، ترکیبات بار، توابع مقاومت، ملاحظات عملکرد سازه‌ای و مهمترین عامل، نامعینی می‌باشد. اگرچه آیین‌نامه‌های طراحی ایران به طور خاص به طراحی سازه‌ها در برابر انفجار اشاره‌ای نمی‌کنند، اما با توصیه‌های طراحی زیر می‌توان از آنها برای طراحی سازه‌های انفجاری استفاده نمود.

۲۱-۶-۲-۲- مسأله جذب انرژی

مقاومت و شکل‌پذیری کافی، هر دو جهت حصول جذب انرژی زیاد مورد نیاز هستند. ظرفیت جذب انرژی مساوی مساحت زیر نمودار بار- تغییر مکان عضو یا سازه است. ظرفیت جذب انرژی زیاد توسط مصالح سازه‌ای و جزئیات مناسب بدست می‌آید. این جزئیات باید سبب ایجاد ظرفیت تغییر شکل و چرخش بزرگ در محدوده فرار تجمعی شوند.

مقاومت زیاد همراه با شکل‌پذیری کم از نظر اقتصادی و نوع مد شکست (ترد) برای طراحی نامطلوب می‌باشد.

۲۱-۶-۲-۳- ضوابط شکل‌پذیری

شکل‌پذیری برابر نسبت تغییر مکان حداکثر به تغییر مکان نظیر تسلیم عضو می‌باشد. از طرفی تعریف سنتی ضریب اطمینان بر حسب نیازهای مقاومتی، نظیر ضرایب بار و یا تنش‌های مجاز، برای طراحی انفجاری قابل استفاده نیستند. در نتیجه در طراحی انفجاری، ضرایب اطمینان بر اساس نسبت نیاز انرژی کرنشی در مقابل ظرفیت جذب انرژی کرنشی تعریف می‌شوند. در اینجا منظور از تغییر شکل مجاز، مقدار نظیر تغییر مکان بازای ظرفیت جذب انرژی عضو می‌باشد. در بعضی موارد تغییر شکل مجاز به صورت دوران مجاز عضو مطرح می‌شود، که پاسخ تغییر شکل حداکثر را تابعی از طول دهانه عضو می‌نماید. برای سطوح عملکرد مختلف مورد نظر طراح دامنه تغییر شکل‌های مجاز و دوران‌های تکیه‌گاهی اعضای مختلف در بخش ۲۱-۶-۲-۲ و جداول ۲۱-۶-۵ تا ۲۱-۶-۷ و محدودیت تغییر شکل جانبی طبقات در بخش ۲۱-۶-۳ و جدول ۲۱-۶-۸ ارائه شده است.

۲۱-۶-۲-۴- ترکیبات بارگذاری

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

$$1.0(DL) + 1.0(LL) + 1.0(BL) \quad (21-6-18)$$

که در آن:

DL = بار مرده

LL = بار زنده

BL = بار انفجار است.

۲۱-۶-۲-۵- تعیین توابع مقاومت

برای تعیین پاسخ دینامیکی سیستم یک درجه آزادی معادل، لازمست نمودار نیرو- تغییر مکان برای عضو مورد نظر (یا کل سازه) معلوم باشد.

این نمودار که با توجه به رفتار الاستو- پلاستیک مصالح، معمولاً غیر خطی است، در حالت کلی تابع مقاومت نامیده می‌شود.

گام اول در تعیین تابع مقاومت، تعیین ظرفیت الاستوپلاستیک و پلاستیک مقطع است. در شکل ۲۱-۶-۹ نوع نمودار لنگر- دوران برای مقطع بتن مسلح و مقطع فولادی نشان داده شده است.

گام دوم تعیین توالی تشکیل مفاصل پلاستیک تا حصول مکانیسم گسیختگی برای عضو یا سازه مورد نظر می‌باشد. در شکل ۲۱-۶-۱۰ مکانیسم گسیختگی تیر دو سر گیردار و تابع مقاومت تیر دو سر گیردار نشان داده شده است. با توجه به عدم همزمانی تشکیل مفاصل پلاستیک، تابع مقاومت تیر حالت چند خطی دارد، که معمولاً آنها را می‌توان به حالت دو خطی تقریب زد.

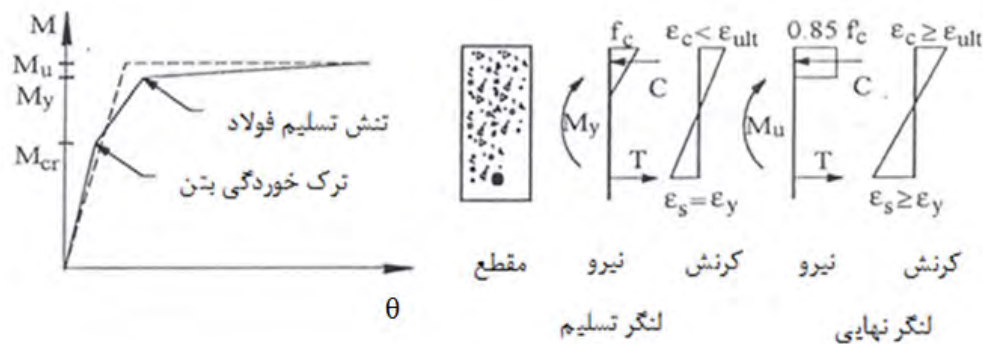
راه حل عملی برای تعیین تابع مقاومت در سازه، تحلیل بار افزون^۱ برای آن سازه است. برای تحلیل بار افزون لازمست نمودار تنش کرنش مصالح تعریف گردد.

¹ Push Over

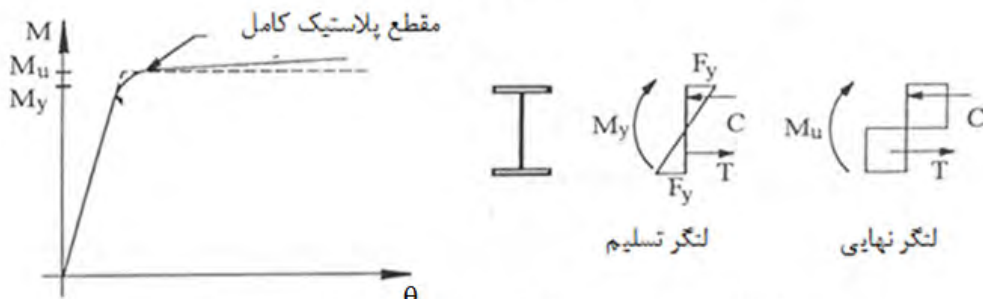
شکل ۲۱-۶-۱۱ نمودار تنش - کرنش دو خطی را نشان می‌دهد که استفاده از آن برای تحلیل و طراحی به روش سازه یک درجه آزادی آسان‌تر است. در این نمودار تنش ابتدا به صورت خطی با کرنش افزایش می‌یابد و بعد با یک مقدار ثابت ادامه می‌یابد.

موارد اشاره شده در بالا عمدتاً برای طراحی اعضای خمشی است ولی برای اعضای برشی نیز استفاده می‌گردد. یکی از تفاوت‌های اصلی اعضای خمشی و برشی تعیین سختی اولیه (شیب) تابع مقاومت می‌باشد. بعضی از اعضای سازه‌ای تغییر شکل‌های برشی بزرگتری نسبت به تغییر شکل‌های خمشی دارند و در نتیجه نمی‌توان آنها را نادیده گرفت. اگر مقاومت برشی از ۱۲۰ درصد مقاومت خمشی کمتر باشد، برش کنترل کننده است. در اعضای بتن مسلح، مقاومت برشی حداکثر بر پایه روابطه ارائه شده در فصل ۱۲ مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان با $\phi_c=1$ تعیین می‌گردد.

در صورت تمایل می‌توان از الگوهای معرفی شده در دستورالعمل ۳۶۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور برای تعیین وضعیت عضو از نظر کنترل‌شوندگی توسط برش یا خمش استفاده کرد.

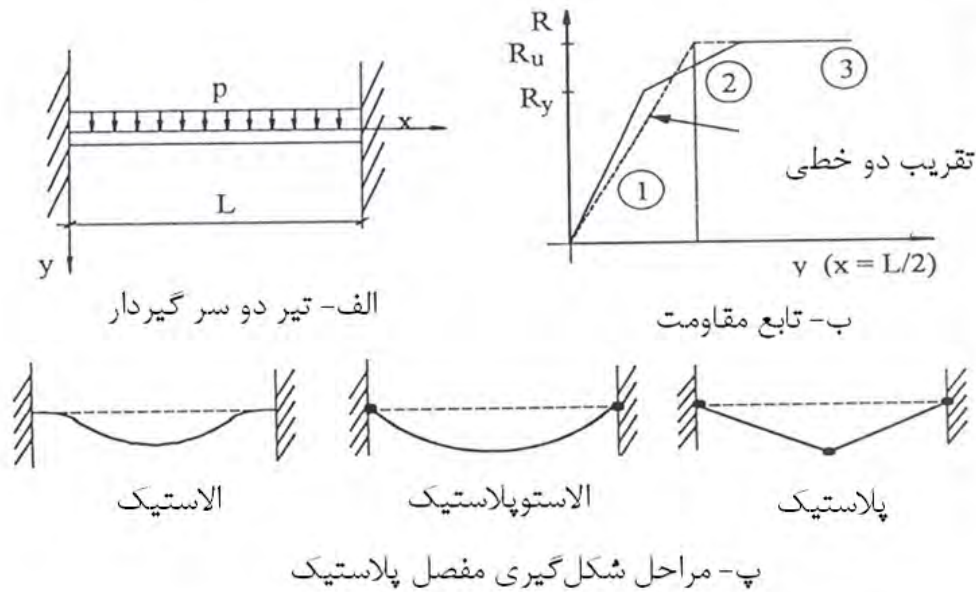


الف) نمودار لنگر بر حسب دوران برای مقطع بتن مسلح

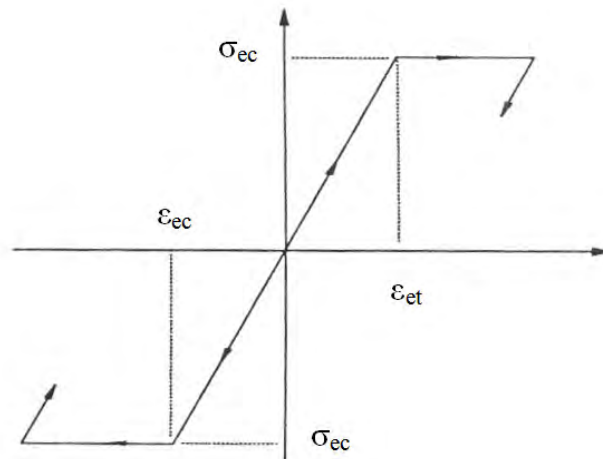


ب) نمودار لنگر بر حسب دوران برای مقطع فولادی

شکل ۲۱-۶-۹ - لنگر خمشی در مقابل دیاگرام‌های انحنا



شکل ۲۱-۶-۱۰- تابع مقاومت برای عضو با دوره پی در پی مفاصل پلاستیک



شکل ۲۱-۶-۱۱- نمودار تنش و کرنش الاستوپلاستیک ایده‌آل

۲۱-۶-۲-۶- ضوابط پذیرش رفتار سازه‌ای

ضوابط پذیرش طراحی سازه‌ها در مقابل انفجار، شامل محدودیت‌هایی است که در موارد زیر اعمال می‌شود:

- ۱- سطوح عملکرد سازه‌ای
- ۲- تغییر شکل اعضاء
- ۳- تغییر شکل جانبی طبقات

معمولاً ملاحظات بهره برداری مربوط به طراحی متعارف سازه‌ها، قابل اعمال به سازه مقاوم در برابر انفجار نمی‌باشند.

۲۱-۶-۲-۱- سطوح عملکرد

سطوح عملکرد مطابق فصل اول این مبحث تعیین می‌گردد.

۲۱-۶-۲-۲- محدودیت تغییر شکل اعضاء

محدودیت‌های تغییر شکل برای کسب اطمینان از پاسخ مناسب در برابر بارهای انفجاری اعمال می‌گردد. در طراحی متعارف سازه‌ها، تنش‌های ایجاد شده در اعضا با تنش مجاز مقایسه و کنترل می‌شوند. تغییر شکل‌ها نیز بیشتر جهت ملاحظات معماری یا بهره برداری کنترل می‌شوند. اما در طراحی انفجاری میزان تغییر شکل‌ها، مبنایی برای قضاوت مقبولیت 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 نیستند، مقدار محافظه‌کارانه‌ای برای اطمینان از ظرفیت کافی مقاطع در نظر گرفته می‌شود.

محدودیت‌های تغییر شکل بر اساس مفاهیم ایمنی و ضوابط مربوط به حفاظت انفجاری بر اساس سطح عملکرد ساختمان تعیین می‌شود.

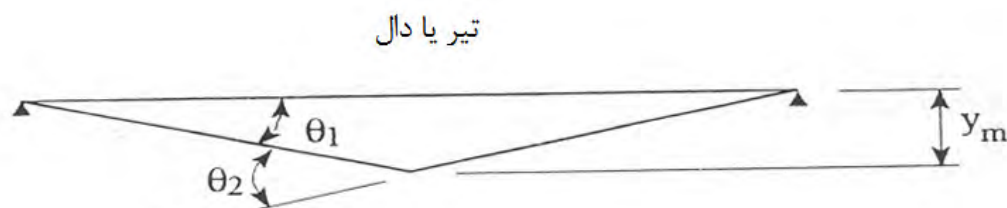
روش اولیه برای اندازه‌گیری پاسخ سازه تعیین نسبت شکل‌پذیری برای اعضای سازه‌ای می‌باشد. نسبت شکل‌پذیری مساوی نسبت تغییر مکان حداکثر به تغییر مکان نظیر تسلیم می‌باشد که بر اساس رابطه ۲۱-۶-۹ محاسبه می‌گردد و این مقدار، مشخصه‌ای از درجه پاسخ غیر الاستیک عضو می‌باشد.

دوران مفصل معیار دیگری از پاسخ عضو است که پاسخ تغییر شکل حداکثر را تابعی از طول دهانه عضو می‌نماید و نشان‌دهنده درصد ناپایداری در نواحی بحرانی عضو می‌باشد.

این مقدار که با نماد θ مشخص می‌شود، مطابق شکل ۲۱-۶-۱۲ با دو روش تعیین می‌شود. روش اول دوران θ_1 یا دوران مفصل در تکیه‌گاه و روش دوم θ_2 یا دوران مفصل در وسط دهانه است. که در این آیین‌نامه از روش

دوران تکیه‌گاه‌ها (θ_1) استفاده شده است و مقادیر مجاز آن بر اساس سطح عملکرد در جداول ۵-۶-۲۱ تا ۷-۶-۲۱ ارائه شده است.

اگر عضو سازه‌ای قاب باشد باید علاوه بر موارد اخیر ضوابط اضافی دیگری را نیز ارضا نماید. محدودیت‌های حرکت جانبی به سیستم‌های قابی شکل جهت کاهش خطر انهدام پیش‌رونده و کاهش اثرات $P-\Delta^1$ در ستون‌ها اعمال می‌گردد. این ضوابط در جدول ۸-۶-۲۱ آورده شده است.



θ_1 = دوران مفصل در تکیه‌گاه =

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

شکل ۱۲-۶-۲۱ - دوران مفصل پلاستیک

مقادیر محاسبه شده شکل‌پذیری و دوران تکیه‌گاهی باید با مقادیر جداول ۵-۶-۲۱ تا ۷-۶-۲۱ مقایسه شوند تا با توجه به سطح عملکرد مورد نظر در دامنه مجاز قرار گیرد. مقادیر با نوع مصالح و شکل مقطع تغییر می‌کنند. نسبت شکل‌پذیری به عنوان مقیاس اولیه پاسخ برای اعضا و چرخش مفصل به عنوان ضابطه کنترل‌کننده در نظر گرفته می‌شود.

در راه حل مستقیم (بند ۵-۱-۱-۶-۲۱) صرفاً از μ_a توصیه شده در جداول ۵-۶-۲۱ تا ۷-۶-۲۱ استفاده می‌شود، ولی در روش ترسیمی (بند ۴-۱-۱-۶-۲۱) پس از محاسبه μ_a از شکل ۷-۶-۲۱، مقدار دوران‌های عضو با θ_a موجود در جداول فوق‌الذکر کنترل می‌گردد. لازم به ذکر است در جداول زیر برای سطح عملکرد IV (لحاظ نشده) نیاز به کنترل خاصی در مقابل انفجار نیست.

^۱ پیوست آیین‌نامه ۲۸۰۰

جدول ۲۱-۶-۵- ضوابط پذیرش بتن مسلح

عضو	تنش کنترل کننده	نسبت شکل پذیری مجاز (μ_a)	چرخش تکیه‌گاه θ_a^1 (رادیان)		
			سطح عملکرد		
			استفاده بی‌وقفه	ایمنی جانی	آستانه فروریزش
تیر	خمش برش ^۲ بتن تنها بتن + خاموت خاموت تنها فشار	موضوعیت ندارد ۱/۳ ۱/۶ ۳/۰ ۱/۳	۰/۰۱۷۵	۰/۰۳۵	۰/۰۷
دال	خمش برش ^۳ بتن تنها بتن + خاموت خاموت تنها فشار	موضوعیت ندارد ۱/۳ ۱/۶ ۳/۰ ۱/۳	۰/۰۳۵	۰/۰۷	۰/۱۴
تیر - ستون	خمش: فشار کشش بین کشش و فشار برش ^۳	۱/۳ $1.0 < (\rho - \rho') \leq 0.05$ ۱۰ ۱/۳	۰/۰۱۷	۰/۰۳۵	۰/۰۷
دیوار برشی و دیافراگم	خمش: برش ^۳	۳ ۱/۵	۰/۰۱۷	۰/۰۲۶	۰/۰۳۵

ρ و ρ' به ترتیب میزان فولاد کششی و فشاری است.

جدول ۲۱-۶-۶- ضوابط پذیرش مصالح بنایی مسلح

نوع المان	مقدار شکل پذیری ^۱ (μ_a)	چرخش تکیه‌گاه (رادیان)		
		سطح عملکرد		
		استفاده بی‌وقفه	ایمنی جانی	آستانه فروریزش
دیوار یک طرفه	۱	۰/۰۰۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷
دیوار دو طرفه	۱	۰/۰۰۹	۰/۰۱۷	۰/۰۳۵

۱- مقدار شکل‌پذیری در این جدول فقط برای استفاده بی‌وقفه معتبر است.

۱ برای چرخشهای تکیه‌گاهی بزرگتر از ۲ درجه خاموت مور نیاز است.

۲ اگر مقاومت برشی از ۱۲۰ درصد نیروی برش نظیر مقاومت خمشی کمتر باشد، برش کنترل کننده است.

جدول ۲۱-۶-۷- ضوابط پذیرش سازه‌های فولادی

محدوده پاسخ						عضو
سطح عملکرد						
آستانه فروریزش		ایمنی جانی		استفاده بی‌وقفه		
Θ_a (رادیان)	μ_a	Θ_a (رادیان)	μ_a	Θ_a (رادیان)	μ_a	
۰/۲۱	۲۰	۰/۱۰۵	۱۰	۰/۰۳۵	۳	تیر تک دهانه، تیرچه و لایه
۰/۰۳۵	۳	۰/۰۲۶	۲	۰/۰۱۷	۱/۵	عضو قاب
۰/۰۷	۶	۰/۰۳۵	۳	۰/۰۲۲	۱/۷۵	ورق‌های موجدار (سرد نورد شده)
۰/۰۳۵	۴	۰/۰۲۶	۲	۰/۰۱۷	۱	تیرچه با جان باز (لانه زنبوری)
۰/۲۱	۲۰	۰/۱۰۵	۱۰	۰/۰۵۲	۵	ورق‌ها

۲۱-۶-۲-۳- محدودیت تغییر شکل جانبی قاب‌ها

محدودیت تغییر شکل جانبی طبقات مطابق جدول ۲۱-۶-۷ می‌باشد.

جدول ۲۱-۶-۸- محدودیت تغییر شکل جانبی طبقات

سطح عملکرد	محدودیت تغییر شکل‌ها جانبی طبقات
استفاده بی‌وقفه	H/50
ایمنی جانی	H/35
آستانه فروریزش	H/25

H: ارتفاع طبقه می‌باشد.

۲۱-۶-۲-۷- تنش طراحی دینامیکی

اثرات سخت‌شدگی کرنشی در اعضای فولادی و بتن مسلح در تحلیل و طراحی به روش سازه یک درجه آزادی به وسیله تنش طراحی که بزرگ‌تر از تنش تسلیم است، مدل می‌گردد.

جدول ۲۱-۶-۹- تنش طراحی دینامیکی برای بتن مسلح

تنش	نوع میلگرد	حداکثر چرخش تکیه‌گاه	تنش طراحی دینامیکی (F_{ds})
خمش	کششی و فشاری	$0 < \theta \leq 0.035$ $0.035 < \theta \leq 0.088$ $0.088 < \theta \leq 0.21$	F_{dy} $F_{dy} + (F_{du} - F_{dy})/4$ $(F_{du} + F_{dy})/2$
کشش قطری	خاموت	—————	F_{dy}
برش مستقیم	آرماتورهای قطری	$0 < \theta \leq 0.035$ $0.035 < \theta \leq 0.088$ $0.088 < \theta \leq 0.21$	F_{dy} $F_{dy} + (F_{du} - F_{dy})/4$ $(F_{du} + F_{dy})/2$
فشار	ستون	تمام	F_{dy}

جدول ۲۱-۶-۱۰- تنش طراحی دینامیکی برای سازه فولادی

تنش	حداکثر نسبت شکل پذیری	تنش طراحی دینامیکی
تمام	$\mu \leq 10$	F_{dy}
تمام	$\mu > 10$	$F_{dy} + (F_{du} - F_{dy})/4$

همان طور که در جداول ۲۱-۶-۹ و ۲۱-۶-۱۰ مشاهده می‌شود، برای استفاده بی‌وقفه تنش طراحی با تنش تسلیم دینامیکی (F_{dy}) برابر است و برای ایمنی جانی و آستانه فروریزش تنش طراحی به اندازه سخت‌شدگی کرنشی افزایش می‌یابد.

۲۱-۶-۳- طراحی به روش استاتیکی معادل (روش تجویزی)

یکی از روش‌های تحلیل و طراحی انفجاری که در گذشته متداول بود، روش استاتیکی معادل است. در این روش پس از تعیین فشار دینامیکی انفجار، آن را به فشار استاتیکی معادل تبدیل نموده و ادامه تحلیل به روش‌های متعارف صورت می‌گیرد. از این رو آن را روش باد معادل نیز می‌نامند. طراحی نیز به کمک روابط متعارف طراحی با اعمال ضریب اضافه مقاومت بر مقاومت مجاز و نهایی مصالح انجام می‌شود.

۲۱-۶-۳-۱- طراحی به روش استاتیکی معادل در برابر انفجار هوایی

- فشار مبنای انفجار

فشار مبنای انفجار با استفاده از روابط بخش ۲۱-۳-۳-۱ محاسبه می‌گردد.

- فشار دینامیکی انفجار

فشار دینامیکی مساوی فشار بازتاب P_r ناشی از انفجار می‌باشد، که از رابطه ۲۱-۳-۳-۳ فصل سوم این آیین‌نامه محاسبه می‌شود.

- زمان تداوم انفجار (t_d)

زمان تداوم انفجار از بخش ۲۱-۳-۳-۴ ب محاسبه می‌شود.

- فشار استاتیکی معادل انفجار

فشار استاتیکی معادل انفجار هوایی مطابق بند ۲۱-۶-۳-۳ از حاصلضرب فشار دینامیکی P_r در ضریب بار دینامیکی محاسبه می‌شود. طراحی عضو بر مبنای فشار استاتیکی معادل و روابط معمول طراحی با ملحوظ کردن ضرایب اضافه مقاومت جدول ۲۱-۶-۱۰ انجام می‌شود.

۲۱-۶-۳-۲- طراحی به روش استاتیکی معادل در برابر انفجار در داخل زمین

- تعیین فشار دینامیکی ناشی از انفجار زمینی P_{go}

فشار دینامیکی ناشی از انفجار زمینی از رابطه ۲۱-۳-۲۰ فصل سوم این آیین‌نامه محاسبه می‌شود.

- زمان تداوم انفجار (t_d)

زمان تداوم انفجار از بخش ۲۱-۳-۳-۴-ب محاسبه می‌شود.

- فشار استاتیکی معادل انفجار

فشار استاتیکی معادل ناشی از انفجار در زمین مطابق بند ۲۱-۶-۳-۳ از حاصلضرب فشار P_{go} در ضریب بار دینامیکی محاسبه می‌شود. طراحی عضو بر مبنای فشار استاتیکی معادل و روابط معمول طراحی با ملحوظ نمودن ضرایب اضافه مقاومت جدول ۲۱-۶-۱۰ انجام می‌شود.

۲۱-۶-۳-۳- تبدیل فشار دینامیکی 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 مورد نظر محاسبه می‌شود. مثلاً برای تیرها، زمان تناوب برابر است با:

$$T = \frac{\beta}{\pi} \sqrt{\frac{C \times L^4}{g \times E_d \times I}} \quad (۲۱-۶-۱۹)$$

که در آن:

C: وزن واحد طول عضو

L: طول عضو

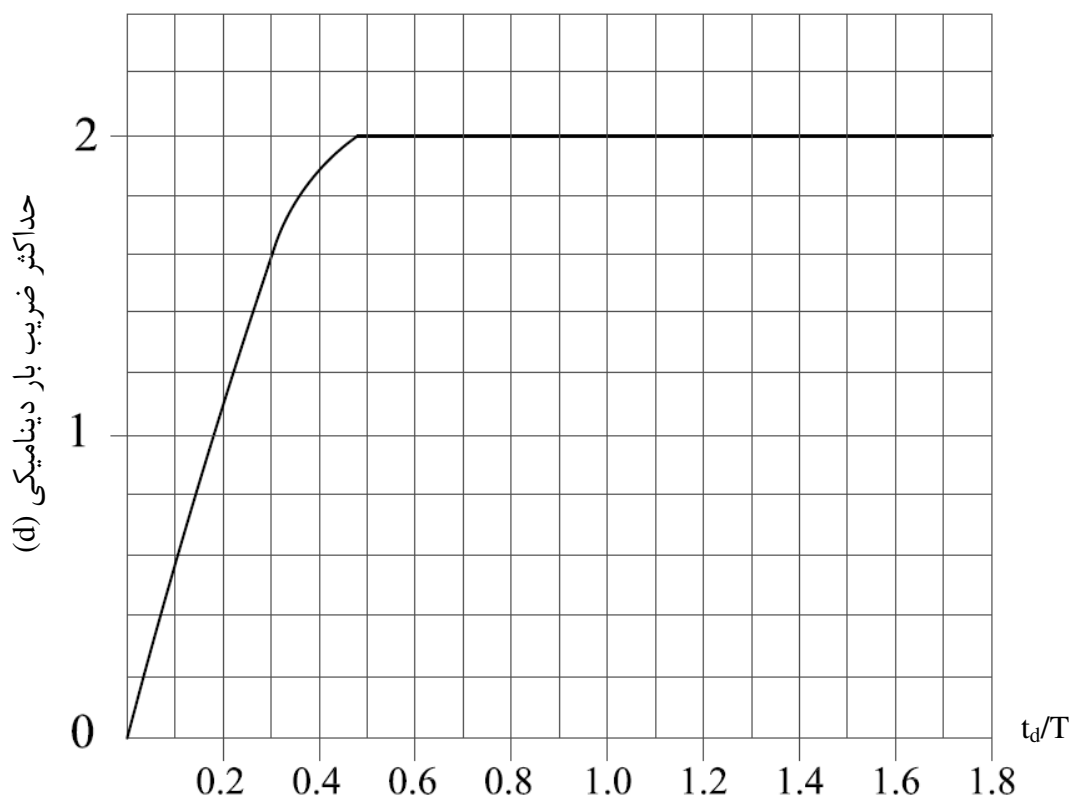
E_d : مدول الاستیسیته دینامیکی

I: ممان اینرسی مقطع

g: شتاب ثقل

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

مدول الاستیسیت دینامیکی (E_d) حدود ۱/۵ برابر مدول الاستیسیت استاتیکی مصالح (E) می‌باشد. سپس با استفاده از شکل ۲۱-۶-۱۳ ضریب بار دینامیکی محاسبه می‌شود، که در این شکل t_d مدت زمان تأثیر نیروی دینامیکی و T دوره تناوب سازه می‌باشد. از حاصلضرب ضریب بار دینامیکی در مقدار بار دینامیکی، فشار استاتیکی معادل محاسبه می‌گردد.



شکل ۲۱-۶-۱۳ - ضریب بار دینامیکی برای انفجار با خرج فاصله‌دار با سازه

۲۱-۶-۳-۴- طراحی به روش استاتیکی معادل

با تأثیر فشار استاتیکی معادل بر عضو سازه‌ای مورد نظر، با استفاده از روابط متعارف اقدام به محاسبه نیروهای داخلی و طراحی مقطع مناسب می‌نمائیم. در این روش بر حسب سطح عملکرد سازه، ضرایب اضافه

مقاومت جدول ۲۱-۶-۱۰ منظور می‌گردد. لازم به ذکر است که در طراحی به روش حالات حدی، ضرایب جزئی مقاومت مصالح (ϕ_c و ϕ_s) مساوی ۱ منظور می‌شوند.

جدول ۲۱-۶-۱۰- ضرایب اضافه مقاومت

اضافه مقاومت بتن		اضافه مقاومت فولاد	سطح عملکرد
برش	فشار		
۱/۶۷	۲/۵	۲/۵	استفاده بی‌وقفه
۲/۵	۳/۵	۳/۵	ایمنی جانی
۷/۵	۱۰	۱۰	آستانه فروریزش

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

$$1.0(DL) + 1.0(LL) + 1.0(BL) \quad (21-6-20)$$

که در آن:

DL = بار مرده

LL = بار زنده

BL = بار انفجار است.

۷-۲۱- انهدام پیشرونده

انهدام پیشرونده گسترش شکست موضعی از عضوی به عضو دیگر است که منجر به فروریزش کل سازه و یا قسمت اعظمی از آن می‌شود.

۷-۲۱-۱- کلیات

نیروهای ناشی از انفجار به صورت فشارهای شدید به ناحیه محدودی در مقابل انفجار قرار دارد و می‌شود و به اعضای دورتر فشار کمتری اعمال می‌گردد. در نتیجه روال جاری برای طراحی سازه در مقابل انفجار، طراحی در مقابل شکست موضعی عناصر موجود در جبهه اول طبق روش‌های ارائه شده در بخش‌های ۲۱-۳ تا ۲۱-۶ می‌باشد و سپس پذیرفتن تخریب‌های موضعی و اندیشیدن تدبیری برای جلوگیری از گسترش این تخریب‌ها به بخش‌های دیگر سازه است.

طراحی به منظور جلوگیری از انهدام پیشرونده، مستقل از شدت انفجار می‌باشد. خرابی‌های موضعی در این نوع طراحی مجازند و به عنوان مثال با حذف ستون، سازه باید با پل زدن بر روی المان منهدم شده ایستایی خود را حفظ کند.

۷-۲۱-۲- انواع الگوهای طراحی

دو الگوی کلی به منظور کاهش احتمال انهدام پیشرونده در سازه وجود دارد:

۱- طراحی مستقیم

۲- طراحی غیر مستقیم.

۷-۲۱-۳- طراحی مستقیم

طراحی مستقیم شامل دو راهبرد مقاومت موضعی ویژه^۱ و روش مسیر جایگزین^۲ می‌باشد.

۷-۲۱-۳-۱- روش مقاومت موضعی ویژه

روش مقاومت موضعی ویژه بر پایه مقاوم نمودن قسمت‌هایی از سازه است که امکان تعیین مسیر جایگزین برای آن وجود ندارد، به عنوان مثال می‌توان به ستون‌های گوشه در ساختمان اشاره کرد که در صورت انهدام آنها تیرها و دال‌های متصل به آن به شکل کنسول در آمده و با ایجاد مفصل پلاستیک دچار ناپایداری می‌گردند.

^۱ Specific Local Resistance
^۲ Alternate Path

۲۱-۷-۳-۲- روش مسیر جایگزین

ایده کلی روش مسیر جایگزین بدین صورت است که سازه طوری طراحی شود که در صورت حذف و یا آسیب دیدگی مسیرهای عادی انتقال بار، مسیرهای جایگزین دیگری برای انتقال بار به زمین وجود داشته باشد. بدین ترتیب سازه برای حذف ستون‌ها و دیوارهایی خاص طراحی می‌شود.

دو روش مجاز تحلیل برای تحلیل سازه‌ها به روش مسیر جایگزین وجود دارد:

۱- استاتیکی خطی،

۲- استاتیکی غیر خطی،

۲۱-۷-۳-۲-۱- تحلیل استاتیکی خطی در روش مسیر جایگزین

رابطه‌سازیهایی هندسی در این تحلیل بر پایه تغییر شکل‌های کوچک استوار است. رفتار مصالح نیز الاستیک در نظر گرفته می‌شود و تنها اجازه تشکیل مفاصل پلاستیک مجزا در طول تیر به آن داده شده است. لازم به ذکر است که در این روش انجام تحلیل مرتبه دوم ($P-\Delta$) اجباریست. مراحل مختلف انجام تحلیل استاتیکی خطی به صورت زیر است:

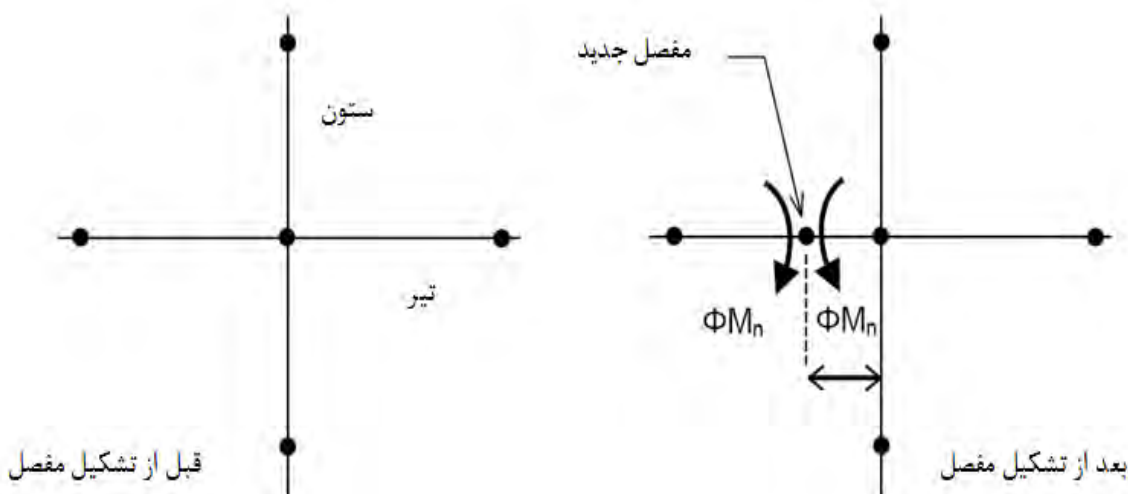
۱- هر کدام از اعضای قائم باربر که توانایی باربری را نداشته باشند باید از سازه حذف شوند. در سازه‌های با سطح عملکرد I و II باید حذف در مورد تمام ستون‌های بخش ۲۱-۷-۳-۲-۳ انجام شود.

۲- بارگذاری سازه مطابق بند ۲۱-۷-۳-۲-۴ انجام می‌شود.

۳- پس از انجام تحلیل نیروها، تغییرمکان‌ها و خسارات ایجاد شده در سازه با حدود مجاز (بند ۲۱-۷-۳-۲-۵) مقایسه می‌شوند و در صورتی که مقادیر نیرو و تغییرمکان کمتر از حد مجاز باشند، تحلیل کامل شده و سازه در مقابل انهدام پیشرونده مقاوم می‌باشد، ولی در صورت نقض حدود مجاز، اصلاحاتی مطابق بندهای الف تا ث زیر در سازه اعمال می‌گردد.

الف) اعضای خمشی

در صورتی که لنگر ایجاد شده در تیر از میزان ظرفیت خمشی آن فراتر رفت با ایجاد مفصل در آن نقطه و قرار دادن دو ممان مختلف‌الجهت به میزان مقاومت خمشی تیر، به نوعی عملکرد پلاستیک مدل‌سازی می‌شود. این روند در شکل ۱-۷-۲۱ نشان داده شده است. در صورت نابودی هر یک از المان‌ها باید آن را از سازه حذف و تحلیل را ادامه داد.



شکل ۱-۷-۲۱- تشکیل مفصل پلاستیک و نحوه اعمال ممان‌ها به مدل استاتیکی خطی

ب) اعضای تحت ترکیب بار خمشی و نیروی محوری

ستون‌های کنترل‌شونده تحت نیروی خمشی همانند عضو خمشی (تیر) با آن برخورد می‌شود، ولی اگر ستون کنترل‌شونده توسط نیروی محوری باشد خرابی در آن از نوع کمانشی بوده و لازم است آن عضو از مدل حذف و بارگذاری با توجه به سازه جدید بازتوزیع می‌گردد.

پ) اعضای برشی

اگر برش مقطعی از عضو بیشتر از حدود مجاز برشی باشد، آن عضو از مدل سازه حذف شده و بارگذاری با توجه به شرایط جدید سازه بازتوزیع می‌گردد.

ت) اتصال

اگر تلاش‌های ایجاد شده در اتصال بیشتر از حدود مجاز باشد، اتصال از مدل حذف می‌گردد. اگر چنانچه اتصال دو سر عضوی بیشتر از حدود مجاز باشد، آن عضو نیز به همراه اتصال باید از مدل حذف گردد و بارگذاری با توجه به شرایط جدید سازه بازتوزیع می‌شود.

ث) تغییر شکل‌ها

تغییر شکل‌ها بر اساس تغییر مکان و دوران برای اعضای سازه‌ای و اتصالات تعریف می‌گردند. اگر تغییر شکل‌های ایجاد شده در اعضا و اتصالات حدود مجاز را نقض نمایند، آن عضو و اتصال از سازه حذف و بارگذاری با توجه به شرایط جدید بازتوزیع می‌گردد.

نکته: لازم به ذکر است که حدود مجاز نیروها، تغییر مکان‌ها و خسارات در بخش ۲۱-۷-۳-۲-۴ معرفی شده است.

۴- روند تکراری اصلاح مدل و تحلیل تا آنجا ادامه می‌یابد که هیچ یک از اعضای سازه معیارهای قابل قبول در نیرو و تغییر مکان را رد نکنند و میزان خسارت ایجاد شده در سازه در حد مجاز باشد.

۲۱-۷-۳-۲-۲- تحلیل استاتیکی غیر خطی در روش مسیر جایگزین

در این روند رابطه‌سازیهایی هندسی و مصالح مورد استفاده هر دو به صورت غیر خطی در نظر گرفته می‌شوند. بارگذاری روی سازه به صورت افزایشی از صفر تا صد در صد به سازه اعمال می‌گردد.

تحلیل استاتیکی غیر خطی طبق موارد زیر صورت می‌گیرد:

۱- المانی که توان تامین نیروی قائم را ندارد از سازه حذف می‌گردد. در سازه‌های با سطح عملکرد I و II باید حذف در مورد تمام ستون‌های بخش ۲۱-۷-۳-۲-۳ انجام شود.

۲- بارها به صورت تدریجی بارگذاری به سازه اعمال می‌گردد که این بار از صفر شروع و تا مقدار نهایی آن که در بخش ۲۱-۷-۳-۲-۴ توضیح داده خواهد شد افزایش می‌یابد. بار باید حداقل طی ۱۰ مرحله به سازه اعمال شود. نرم افزار مورد استفاده باید بتواند بار را به صورت مرحله‌ای افزایش داده و به سازه اعمال

نماید. با انجام عمل تکراری توزیع و باز توزیع بار در هر مرحله، وضعیت سازه را برای شروع مرحله بعد بررسی نماید.

۳- با انجام تحلیل در پایان هر مرحله از بارگذاری، نیروها و جابجایی اعضا و اتصالات با حدود مجاز بخش ۲۱-۷-۳-۲-۵ مقایسه شده و در صورتی که در قسمت‌هایی از سازه این حدود نقض شده باشد اصلاحات لازم در سازه انجام می‌گیرد، که اصلاحات شامل حذف اعضای آسیب دیده و باز توزیع نیرو آنها در سازه می‌باشد. در صورتی که نیازی به انجام اصلاحات نباشد مرحله بعد بارگذاری صورت می‌گیرد. اصلاحات سازه مطابق بند الف تا ت زیر می‌باشد.

الف) در هر مرحله از تاریخچه بارگذاری که عضو یا اتصالاتی معیارهای پذیرش را دارا نباشد آن عضو باید حذف گردد.

ب) پس از حذف عضو نیروهای وارد بر آن باید مطابق بند ۲۱-۷-۳-۲-۳ باز توزیع شود.

پ) تحلیل از همان مرحله که عضو یا اتصالاتی مردود شد، پس انجام اصلاحات لازم ادامه می‌یابد. تحلیل تا جایی ادامه می‌یابد که بارگذاری به حداکثر مقدار خود برسد و یا عضو یا اتصالاتی در سازه مردود شود. ت) در پایان تحلیل خسارات ایجاد شده با حدود خسارت مجاز ۲۱-۷-۳-۲-۴ مقایسه می‌شود. اگر خسارت در حد مجاز باشد، آنگاه طراحی صورت گرفته کفایت می‌کند ولی اگر حدود خسارات در حد مجاز باید پس از اصلاح اعضای سازه‌ای تمام مراحل الف تا ت دوباره تکرار شود.

۴- این روند اصلاح سازه و تحلیل، تا مرحله آخر بارگذاری ادامه می‌یابد و رفتار سازه تحت تاثیر بارگذاری‌های انجام شده و حذف المان باربر قائم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲۱-۷-۳-۲-۳- بررسی چگونگی حذف ستون از سازه

برای حذف ستون و انجام تحلیل مسیر جایگزین بعضی از ستونها نسبت به سایرین در اولویت قرار دارند. طراح ملزم است که روند تحلیل را در مورد تمامی ستون‌هایی که در این بخش معرفی شده‌اند، انجام دهد. انجام تحلیل روی این ستونها برای ساختمان‌های با سطح عملکرد I و II الزامی بوده و این تحلیل می‌تواند روی هر یک از ستون‌های دیگر که احتمال بحرانی شدن آنها وجود دارد انجام شود.

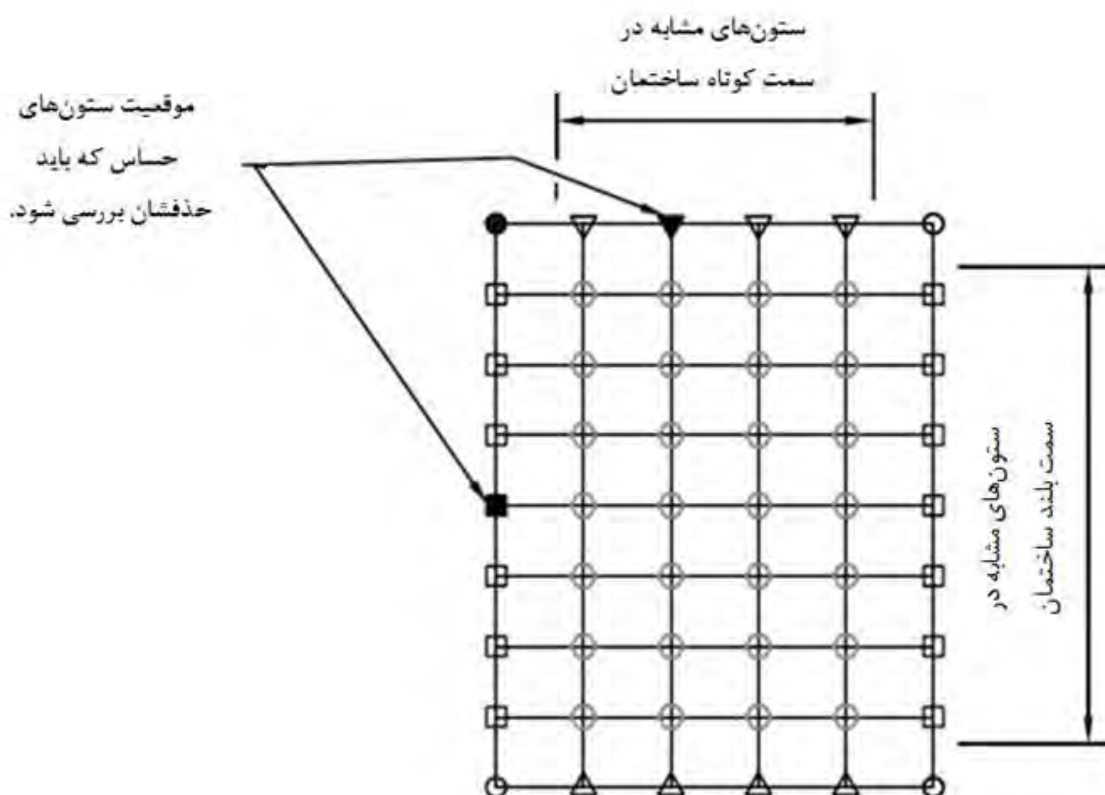
الف - حذف ستون‌های خارجی (پیرامونی) سازه

مطابق شکل ۲۱-۷-۲ حذف ستون‌های میانی یا نزدیک به میانی قاب‌های خارجی سازه باید در وجه بلند و کوتاه سازه کنترل شوند. حذف ستون‌های گوشه سازه نیز باید مورد بررسی قرار گیرند.

ستون‌های پیرامونی که در نزدیک آنها تغییر ناگهانی در هندسه سازه اتفاق می‌افتد نیز شامل این قانون می‌شوند. برای مثال ستون‌هایی که تغییر طول دهانه شدید در مجاورت آن‌ها رخ می‌دهد، ستون‌های داخل کنج‌های درونی سازه، ستون‌هایی که تیر در چند تراز مختلف به آن‌ها متصل می‌شود و ... شامل این قانون هستند.

در شکل ۲۱-۷-۲ ستون‌های خارجی که باید اثر حذف آنها مورد بررسی قرار گیرد، نمایش داده شده است.

تحلیل‌های انهدام پیشرونده باید برای ستون‌های خارجی کلیه طبقات انجام گیرند یعنی از ستون طبقه همکف تا بالاترین طبقه و برای هر طبقه به طور جداگانه تحلیل باید انجام شود.



شکل ۲۱-۷-۲- نمای پلان ستون‌های خارجی که باید اثر حذف آنها مورد بررسی قرار گیرد

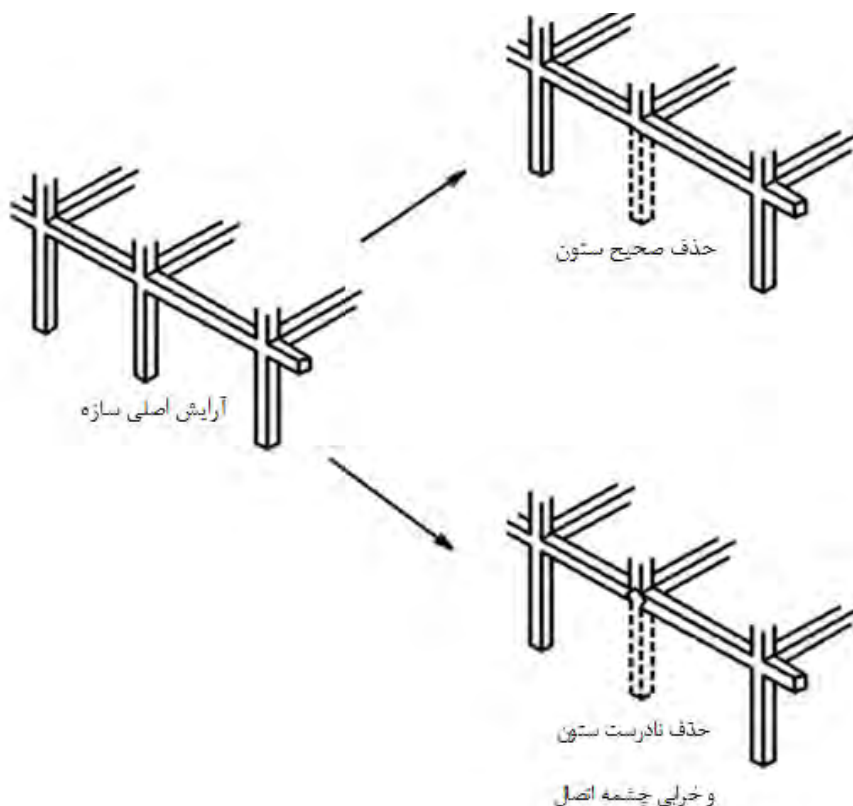
ب- حذف ستون‌های داخلی سازه

هر ستون داخلی که به قضاوت مهندس طراح، حائز اهمیت باشد یا حذف آن برای سازه مشکل ساز باشد باید مورد بررسی قرار گیرد.

در مورد ستون‌های داخلی تنها حذف ستون طبقه پائین سازه و کنترل رفتار سازه تحت تاثیر آن کفایت کرده و نیازی به کنترل حذف ستون‌های طبقات بالاتر نیست.

نکته - نحوه صحیح حذف ستون

به هنگام حذف ستون از سازه، باید پیوستگی تیرهای دو سمت ستون حفظ شود. بدین معنی که چشمه اتصال نباید آسیب ببیند و فقط ستون از سازه حذف گردد. در شکل ۳-۷-۲۱ نحوه حذف ستون در دو حالت صحیح و ناصحیح نمایش داده شده است. حذف چشمه اتصال عملاً باعث از دست رفتن پیوستگی تیرها شده و شانس برای سازه باقی نمی‌گذارد.



شکل ۳-۷-۲۱- حذف ستون از سازه در دو حالت صحیح و نادرست

۲۱-۷-۳-۲-۳- نحوه بارگذاری سازه و بازتوزیع بار در روش مسیر جایگزین

در روش مسیر جایگزین به منظور بررسی سازه پس از حذف ستون بار حاصل از رابطه ۲۱-۷-۱ به کلیه کف‌های سازه اعمال می‌گردد. مقدار بار مطابق رابطه ۲۱-۷-۱ می‌باشد.

$$(0.9 \text{ or } 1.2) D + (0.5L \text{ or } 0.2S) + 0.2W \quad (۲۱-۷-۱)$$

که در این رابطه:

D: بار مرده،

L: بار زنده،

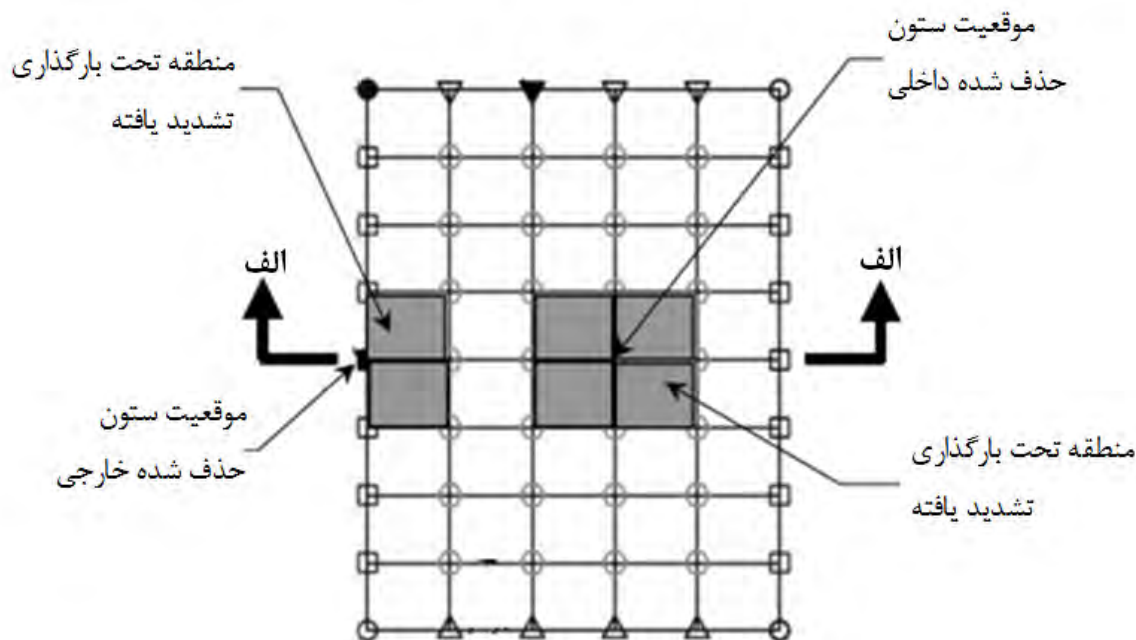
S: بار برف،

W: بار باد می‌باشد، که بر اساس مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان محاسبه می‌گردند.

به دهانه‌هایی که در مجاورت ستون حذف شده قرار دارند و در کلیه طبقات فوقانی در همان دهانه‌ها مطابق اشکال ۲۱-۷-۴ و ۲۱-۷-۵ باید بار تشدید یافته حاصل از رابطه ۲۱-۷-۲ اعمال گردد.

$$2.0[(0.9 \text{ or } 1.2) D + (0.5L \text{ or } 0.2S)] + 0.2W \quad (۲۱-۷-۲)$$

در اشکال ۲۱-۷-۴ و ۲۱-۷-۵ قسمت‌های سفیدرنگ، فقط تحت بار حاصل از رابطه ۲۱-۷-۱ هستند.

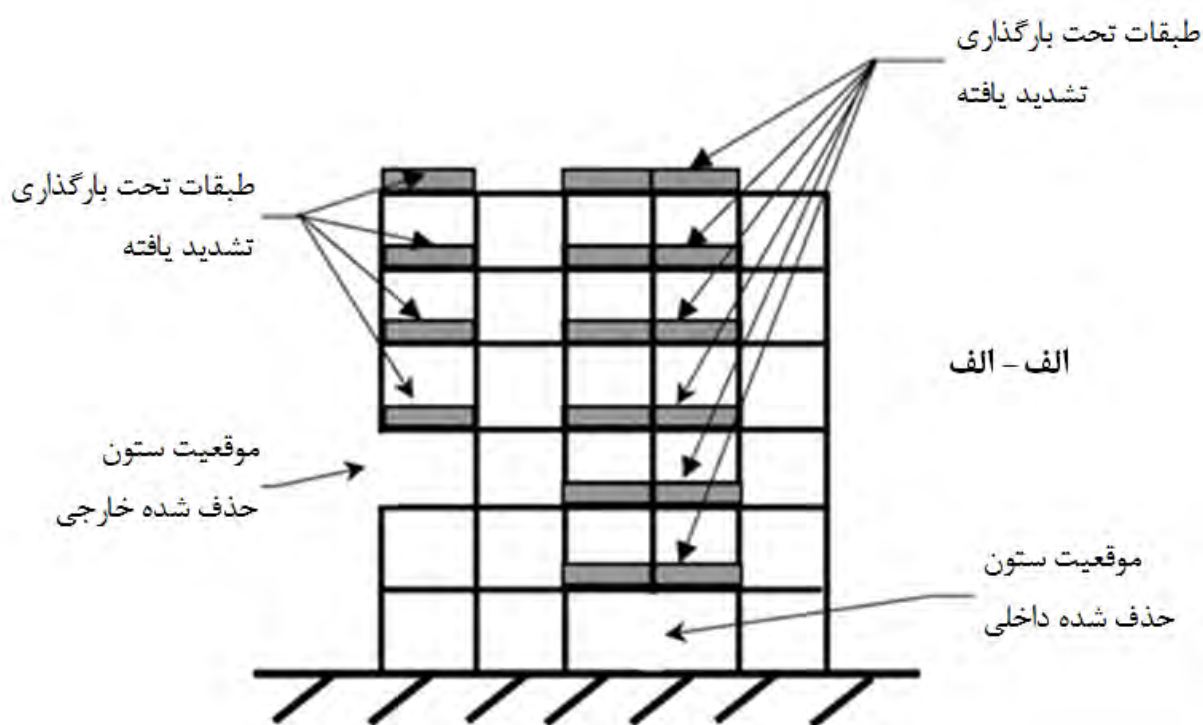


شکل ۲۱-۷-۴- محدوده تعیین شده، به منظور اعمال بار تشدید یافته

در تحلیل‌های استاتیکی خطی و غیر خطی اگر بارهای وارده به عضو مردود به صورت تشدید یافته باشد آنگاه بارهای وارده بر عضو مردود به بخشی از ساختمان که مستقیماً زیر عضو مردود است وارد می‌گردد و تحلیل دوباره تکرار می‌گردد.

ولی اگر بارهای وارده بر عضو مردود شده به صورت دابل نباشد آنگاه این بارها را دابل نموده سپس به صورت گفته شده در بالا عمل می‌شود.

در هر دومورد بارهایی که روی سطوح مجاور عضو مردود آنها را تحمل می‌کرده است. باید به سطحی معادل یا کوچکتر از سطح اصلی وارد گردد.



شکل ۲۱-۷-۵- طبقات تحت بار تشدید یافته در بارگذاری ناشی از حذف ستون

۲۱-۷-۳-۲-۵- معیارهای پذیرش در روش مسیر جایگزین

در روش مسیر جایگزین معیارهای پذیرش شامل معیارهای نیرویی، تغییرمکانی و خسارت می‌باشد.

۱- معیارهای پذیرش نیرویی در روش مسیر جایگزین

- معیارهای پذیرش نیرویی در ساختمانهای بتن مسلح

معیارهای پذیرش در اعضای ساختمانهای بتن مسلح با توجه به مقاومت‌های طراحی موجود در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان می‌باشد با این تفاوت که در محاسبه مقاومت طراحی اعضاء مقادیر Φ_c و Φ_s (ضرایب ایمنی جزیی بتن و فولاد) برابر ۱/۰ منظور می‌شوند.

- معیارهای پذیرش نیرویی در ساختمانهای فولادی

معیارهای پذیرش در اعضای ساختمانهای فولادی با توجه به ضوابط موجود در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و مقاومت‌های طراحی موجود در بخش طراحی لرزه ای (۳-۱۰) و جداول ۱۰-۳-۱ و ۱۰-۳-۲ همان مبحث تعیین می‌گردد. با این تفاوت که مقادیر F_y و F_u فولاد گرم نورد شده در مقادیر جدول ۲۱-۷-۱ ضرب گردد.

جدول ۲۱-۷-۱- ضرایب افزایش مقاومت فولاد

فولاد ساختمانی	ضرایب مربوط به F_y	ضرایب مربوط به F_u
St 37	۱/۲۵	۱/۰۵
St 44	۱/۲۵	۱/۰۵
St 52	۱/۲۵	۱/۰۵

۲- معیارهای پذیرش تغییر مکان در روش مسیر جایگزین

- معیارهای پذیرش تغییر مکان در ساختمانهای بتن مسلح

معیارهای پذیرش تغییر مکان در ساختمانهای بتن مسلح بر اساس شکل پذیری و دوران می باشد، که این معیارها در جدول ۲-۷-۲۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است که رعایت معیارهای شکل پذیری و دورانی به طور همزمان برای سازه اجباریست.

جدول ۲-۷-۲۱- معیارهای پذیرش تغییر مکان در ساختمانهای بتن مسلح

دوران (رادیان)			شکل پذیری μ			اعضا	
سطح عملکرد			سطح عملکرد				
III	II	I	III	II	I		
۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۲۰	-	-	-	معمولی	تیر
۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۴	-	-	-	عمیق	
-	-	-	۴	۳	۲	با شکل پذیری زیاد	ستون
-	-	-	۱	۰/۹۵	۰/۹	با شکل پذیری متوسط و کم	
۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۲۰	-	-	-	با تکیه گاه پیوسته از دو طرف	دال
۰/۰۷	۰/۰۵۲	۰/۰۳۵	-	-	-	سایر دال ها	
-	-	-	۴	۳	۲	دیوار	

- معیارهای پذیرش تغییر مکان در ساختمانهای فولادی

معیارهای پذیرش تغییر مکان در ساختمانهای بتن مسلح با توجه به معیارهای شکل پذیری دوران می باشد که این معیارها در جدول ۳-۷-۲۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است رعایت معیارهای شکل پذیری و دوران به طور همزمان برای سازه اجباریست.

جدول ۲۱-۷-۳- معیارهای پذیرش تغییر مکان در ساختمانهای فولادی

دوران			شکل پذیری μ			اعضا
سطح عملکرد			سطح عملکرد			
III	II	I	III	II	I	
۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱	۲۰	۱۵	۱۰	تیرهای فشرده لرزه‌ای
-	-	-	۵	۴	۳	تیرهای فشرده
-	-	-	۱/۲	۱/۱	۱	تیرهای غیرفشرده
۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱	۴۰	۳۰	۲۰	ورق‌ها
-	-	-	۱	۰/۹۵	۰/۹	ستون‌ها و تیر ستون‌ها
۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰/۰۲۶	-	-	-	اتصالات جوشی
۰/۰۲۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	-	-	-	اتصالات پیچی

۳- معیارهای پذیرش خسارت

معیارهای پذیرش خسارت در روش مسیر جایگزین شامل خسارات حذف ستون پیرامونی و میانی می‌باشد.

- حدود مجاز خسارت پس از حذف ستون پیرامونی

مساحتی از طبقه که بالای عضو حذف شده قرار دارد و دچار خرابی می‌گردد، نباید بیشتر از ۷۰ مترمربع یا ۱۵ درصد از سطح کل طبقه که مجاور عضو حذف شده است باشد. لازم به ذکر است که خرابی ناشی از حذف عضو نباید به دهانه‌های مجاور، گسترش یابد.

- حدود مجاز خسارت پس از حذف ستون میانی

مساحتی از طبقه که بالای عضو حذف شده قرار دارد و دچار خرابی می‌گردد نباید بیشتر از ۱۴۰ متر مربع یا ۳۰ درصد از سطح کل طبقه که مجاور عضو حذف شده است باشد. لازم به ذکر است که خرابی ناشی از حذف عضو نباید به دهانه‌های مجاور، گسترش یابد.

۲۱-۷-۴- روش غیر مستقیم

این روش‌ها غالباً به صورت پیشنهاداتی برای کاهش احتمال ایجاد انهدام پیشرونده در سازه‌ها می‌باشند. پیشنهاداتی از قبیل طراحی مناسب پلان، ایجاد سیستم یکپارچه کلاف‌بندی در سازه^۱ (مقاومت کلافی)، استفاده از دال دوطرفه یا تیرریزی شطرنجی به منظور حداقل کردن تخریب دال‌ها در صورت تخریب تیر، ساخت دیوارهای باربر به جای تیغه‌ها که هنگام حذف ستون نقش آنها را ایفا می‌کند، استفاده از آرماتورهای اضافی به منظور ایجاد سازوکار عملکرد کابلی در تیرها و دال‌ها، افزایش درجه نامعینی سازه، بکارگیری جزئیات شکل‌پذیر، طراحی و احداث سازه به صورت بخش‌های مجزا به نحوی که هر قسمت عملکرد سازه‌ای مجزایی داشته و در صورت ایجاد آسیب در هر قسمت سایر بخش‌ها سالم بمانند، از جمله روش‌های غیر مستقیم می‌باشند.

۲۱-۷-۴-۱- مقاومت کلافی

یکی از راه‌کارهای کار آمد در روش غیر مستقیم قرار دادن کلاف‌هایی در سازه است که پیوستگی، شکل‌پذیری و نامعینی سازه را افزایش داده و آن را تحت بارهای ناشی از انفجار به صورت یکپارچه حفظ می‌کند. کلاف‌های افقی شامل کلاف درونی، کلاف پیرامونی، کلاف اتصال به ستون و دیوار پیرامونی و کلاف اتصال به ستون‌های گوشه می‌باشد و کلاف‌های عمودی نیز در ستون‌ها و دیوارهای باربر مورد نیازند. (شکل ۲۱-۷-۶)

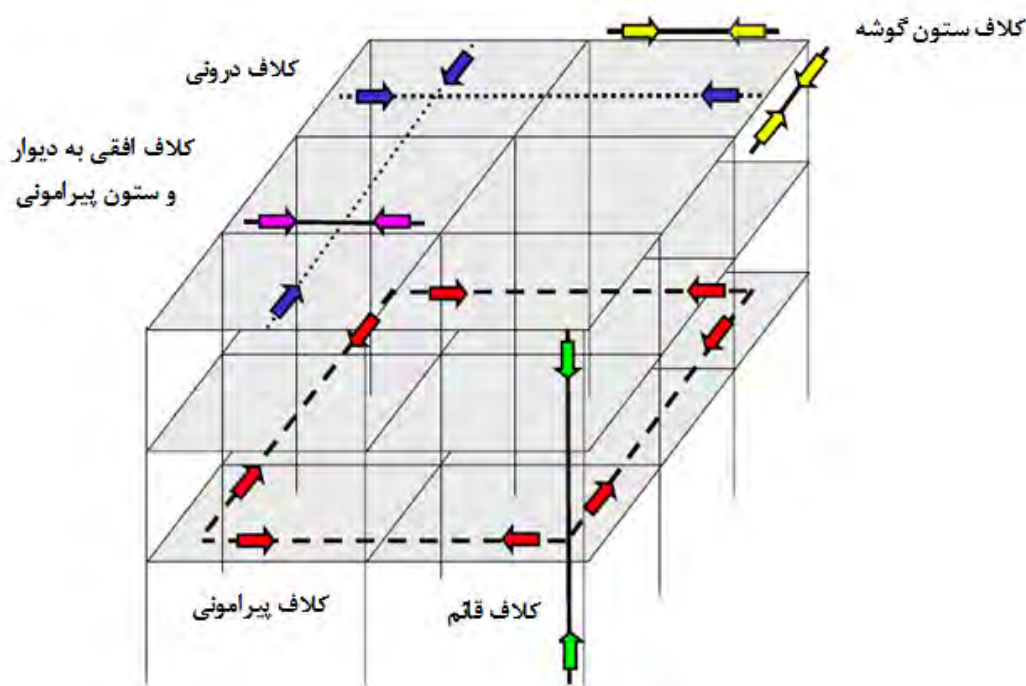
مسیر انتقال بار برای کلاف‌های پیرامونی باید به صورت پیوسته دور تا دور پلان قرار داشته باشد و تیرهای پیرامونی طبقه نیز نباید قطعی داشته باشند.

کلاف‌های درونی مسیر انتقال بار باید پیوسته بود و از یک لبه تا لبه دیگر ادامه داشته باشد. اجزای سازه‌ای متعددی ممکن است برای تامین مقاومت کلافی مورد نیاز، استفاده شوند به شرط آنکه پیوستگی در محل اتصالات آنها تامین شود. برای مثال برای کلاف پیرامونی ممکن است از تعدادی تیر واقع در یک امتداد استفاده شده باشد و باید اتصال این تیرها به المان‌های درونی (ستون‌ها، شاه‌تیرها و یا تیرها) شرایط عملکرد یکپارچه را داشته باشد.

کلاف‌های عمودی نیز باید پیوستگی خود را از پائین‌ترین تراز تا بالاترین تراز حفظ کنند.

^۱ Tie Force

لزومی به پیوستگی کلاف‌های افقی که برای بستن ستون‌ها و دیوارهای کناری به سازه استفاده می‌شوند نیست اما باید به طور مناسبی در سازه مهار شده باشند. سازه‌هایی که از چند بخش مجزا تشکیل شده‌اند یا دارای درز انقطاع هستند ضوابط مربوط به کلاف‌ها در مورد هر بخش باید به تنهایی صادق باشد. تمام مسیرهای انتقال بار در کلاف‌ها باید به صورت مستقیم باشد و تغییر جهت در مسیر بازشوها و ... مجاز نمی‌باشد. در شکل ۶-۷-۲۱ نحوه انتقال نیرو در کلاف‌ها نشان داده شده است.



شکل ۶-۷-۲۱- تصویری از نیروهای داخل کلاف‌ها در قاب ساختمانی

۲۱-۸- ملاحظات تأسیسات برقی و مکانیکی

اصول اصلی ملاحظات پدافند غیر عامل در تأسیسات مکانیکی برقی به شرح زیر می‌باشد.

- ۱- موازی‌سازی: تعدد و چندگانه‌سازی در تجهیزات تأسیساتی.
 - ۲- مکان‌یابی: نصب تجهیزات تأسیساتی در مکان‌های مناسب و امن.
 - ۳- پراکندگی: قراردادن تاسیسات مختلف و یا موازی‌سازی شده در مکان‌هایی دور از یکدیگر.
 - ۴- استفاده از تجهیزات مستحکم و تا حدودی مقاوم نسبت به موج انفجار.
 - ۵- نصب محکم و صحیح تجهیزات در مکان‌های مشخص شده.
 - ۶- تعمیرپذیری و استمرار فعالیت.
- حوزه شمول این بخش عمدتاً برای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ است و برای سایر ساختمان‌ها حکم توصیه دارد.
- تأسیسات را می‌توان به دو دسته تأسیسات کم خطر و تأسیسات خطر آفرین تقسیم نمود. تأسیسات خطر آفرین به تأسیسات اطلاق می‌شود که خرابی آنها منجر به ایجاد خطرات ثانویه مانند نشت گازهای سمی، انفجارهای مجدد و ... گردد، ولی در تأسیسات کم خطر خرابی و از کارافتادگی تجهیز تنها منجر به از بین رفتن کارایی عضو می‌شود.
- حدود تحمل ضربه در تجهیزات برقی و مکانیکی به مراتب بیشتر از انسان می‌باشد و به این دلیل نگرانی کمتری در مورد خرابی تجهیزات وجود دارد. ولی در مواردی که تکیه‌گاه وسایل آسیب ببیند و منجر به سقوط آنها گردد باعث صدمه رساندن به تجهیزات می‌گردد.
- در اثر این آسیب‌ها معایبی بوجود می‌آید که به دو گروه معایب موقتی و دائمی تقسیم می‌شود.
- معایب موقت که اغلب به آن اختلال یا عیب فنی^۱ می‌گویند، با وقفه در عملکرد جاری وسیله همراه است. ولی در معایب دائمی که با از کار افتادن وسیله مشخص می‌شوند، شدت آسیب در حدی است که توانایی آن در انجام عملکرد مطلوب برای همیشه از بین می‌رود.

^۱ Malfunction

ظرفیت تحمل یک وسیله در مقابل ضربه و ارتعاش معمولاً بر حسب حد شکنندگی^۱ بیان می‌شود که عبارتست از مقدار شتابی که وسیله می‌تواند تحمل کند و همچنان قابل استفاده باقی بماند. به طور کلی اکثر وسایل مکانیکی و الکتریکی تجارتي می‌توانند حداقل شتاب $3g$ را تحمل کنند در حالی که تجهیزات شکننده (مانند لوازم الکترونیکی) معمولاً توانایی شتاب $1/5g$ را دارند.

آسیب‌پذیری یک دستگاه در مقابل برخورد ترکش بستگی به حساسیت اجزاء متشکله آن، بدنه کل و اندازه و سرعت ترکش در لحظه برخورد دارد.

برخی از وسایل سنگین (موتورها، ژنراتورها و غیره) ممکن است در اثر قطع شدن اتصالات الکتریکی و غیره دچار خرابی شوند ولی بندرت در اثر موج انفجار دچار از کار افتادگی می‌شوند.

با آنکه تخریب دیوارها و اجزای ساختمانی به تجهیزات مکانیکی و برقی خسارت سنگینی وارد می‌نماید، در صورتی افزایش هزینه تقویت دیوارها قابل قبول خواهد بود که هدف حفظ جان افراد باشد یا اینکه ارزش وسیله مورد حفاظت از اضافه هزینه تقویت دیوار بیشتر باشد.

^۱ fragility level

۲۱-۸-۱- ملاحظات تأسیسات برقی

مهمترین وظیفه 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 پر خطر، 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 چون ساخت^۱ تأسیسات الکتریکی ساختمان در محل امن و قابل دسترس الزامیست.

- طراحان باید توصیه‌های ذیل را برای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ و همچنین پناهگاه‌ها لحاظ نمایند:
- 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.
 - ژنراتورهای اضطراری در فضاهای نسبتاً امن‌تر قرار گیرند.
 - 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.
 - در ساختمان‌های با مصرف انرژی کم می‌توان از سیستم ups استفاده نمود.

^۱ As Built

- جهت اتصال دیزل ژنراتور اضطراری سیار^۱ مستقر در کانکس به سیستم الکتریکی ساختمان باید تابلو و فیدر مناسبی در ساختمان تعبیه شده باشند.
- چراغ‌های اضطراری باید در سرویس‌های بهداشتی نیز تعبیه شوند.
- چراغ‌های اضطراری باتری‌دار باید در راهرو پلکان‌ها و در قسمت خروجی با علامت خروج^۲ تعبیه شوند.
- از هرگونه چراغ روشنایی آویزان و معلق از سقف باید اجتناب نمود.
- برای حفاظت تجهیزات الکتریکی حساس باید از پوشش‌های مناسب (کاورهای ریزبافت و نسوز) استفاده نمود.
- جهت حفاظت مدارهای الکتریکی با حساسیت و سرعت قطع بالا باید از کلیدهای حفاظت اتوماتیک دارای میله مغناطیسی و رله حرارتی استفاده نمود.
- 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.
- لوله‌ها و سینی‌های نگهدارنده باید انعطاف‌پذیری لازم برای تحمل حرکات نسبی در نقاط مهار را داشته باشند.
- استفاده از لوله‌های خطوط مدفون در مکان‌هایی که امکان آن وجود دارد، توصیه می‌گردد.
- ایجاد درپوش مناسب برای سینی‌ها به منظور جلوگیری از صدمات ناشی از ترکش‌های انفجار به کابل‌ها توصیه می‌گردد.
- 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.
- در طراحی تابلوهای برق ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ باید از تجهیزات حفاظتی در مقابل تغییرات ولتاژ و جریان اضافی استفاده نمود.

^۱ Portable^۲ Exit

۲۱-۸-۱-۱- سیستم ارتباطی

- برای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ طراح باید موارد ذیل را مورد ملاحظه قرار دهد:
- ارتباط اضطراری با فراهم نمودن موارد ذیل ضروری می‌باشد.
- خط و گوشی تلفن اضطراری مجزا از سیستم تلفن که بطور مستقیم پیوسته به مراکز امدادی مرکزی متصل شده باشد.
 - استفاده از فیلترینگ مناسب در سیستم‌های مخابراتی جهت تفکیک و پالایش امواج مزاحم برای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ توصیه می‌شود.
 - ساختمان باید یک خط تلفن اضافی در زمان بروز حادثه برای ادامه ارتباطات داشته باشد.
 - 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.
 - کابل‌های کنترل و با سیگنال جریان ضعیف نباید با کابل‌ها و سیم‌های فشار قوی یا متوسط، از داخل یک لوله عبور داده شوند.
 - استفاده از هادی‌های فیبر نوری عموماً به هادی‌های مسی ترجیح داده شوند.
 - لوله‌های برق رزرو و خروجی‌های برق قدرت برای نصب تجهیزات کنترل و ایمنی در آینده، باید فراهم شود.
 - به منظور اخطار بموقع به ساکنین در هنگام تهدید، ساختمان دارای سیستم اطلاع‌رسانی باشد.

۲۱-۸-۱-۲- ساماندهی برق اضطراری^۱

مولد برق اضطراری باید برای تأمین توان الکتریکی سیستم‌های هشدار، روشنایی مسیرهای خروجی، روشنایی پناه‌گاهها و فضای امن، علائم خروج، سیستم‌های مخابراتی اضطراری، فضای امن و پناهگاهی تجهیزات اعلام حریق و پمپ‌های آتش نشانی در یک نقطه امن تعبیه شود.

^۱ Emergency power system

مولدهای برق اضطراری عموماً نیازمند درپچه‌های پادری^۱ 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. جهت کاهش سایز درپچه پادری می‌توان از یک سیستم خنک کن متحرک (فن) استفاده نمود.

مولدهای اضافی باید در دو نقطه مختلف و دور از یکدیگر قادر به تامین توان اضطراری باشند.

فیوزهای توزیع توان اضطراری باید دارای حصار محکم بوده و یا در بتن محصور گردند. تابلوهای توزیع برق اضطراری و سوئیچ‌های تغییر وضعیت اتوماتیک^۲ باید در اتاقهایی مجزا از سیستم قدرت قرار گرفته باشند.

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.

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

۲۱-۸-۱-۳- ترانسفورماتورها^۳

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

۲۱-۸-۱-۴- مرکز کنترل حریق^۴

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

^۱ Grill

^۲ Automatic transfer switch

^۳ Transformers

^۴ Fire Control Center

مرکز کنترل حریق باید در نزدیکی نقطه دسترسی مأمور آتش‌نشانی به ساختمان قرار گرفته باشد و اگر مرکز کنترل در مجاورت لابی باشد، باید آن را توسط راهرو^۱ یا سطح واسط از لابی جدا نموده و برای مرکز کنترل حریق، سازه محکمی اجرا نمود.

۲۱-۸-۱-۵- آسانسورهای اضطراری^۲

آسانسورها به عنوان وسیله‌ای برای فرار افراد از ساختمان در هنگام حادثه مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. مأموران آتش‌نشانی ممکن است آسانسور را برای انجام عملیات آتش‌نشانی و نجات انتخاب نمایند. وجود آسانسور با ملاحظات سازه‌ای خاص و ضد دود می‌تواند به عملیات مأموران آتش‌نشانی و نجات اشخاص بعد از وقوع انفجار یا آتش‌سوزی کمک نماید. برق آسانسورهای اضطراری باید از طریق ژنراتور اضطراری تأمین شود. شفت آسانسور نیز باید درزگیری شده و دارای فشار مثبت باشد تا از نفوذ دود به داخل شفت و انتقال آن به سایر قسمت‌ها جلوگیری نماید.

۲۱-۸-۱-۶- آشکارسازی و اعلام دود و آتش^۳

ترکیبی از حسگرهای دودی با اخطار سریع، سوئیچ‌های مربوط به کنترل سیستم‌های آبپاش، 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.

^۱ corridor

^۲Emergency Elevators

^۳ Smoke & Fire Detection & alarm

۲۱-۸-۲- ملاحظات تاسیسات مکانیکی

علاوه بر تاثیر موج انفجار و حرارت بر تاسیسات مکانیکی، ترکش‌ها و آوار ناشی از انفجار سبب مسدود شدن دهانه‌های ورودی تاسیسات می‌گردد، بنابراین تاسیسات ساختمانی باید در مکان‌هایی تعبیه شوند که در درجه اول آسیب نبینند و در صورت آسیب‌دیدگی قابل مرمت باشند و در نهایت نیز بر اثر آسیب‌دیدگی و تخریب تاسیسات هیچگونه تلفات جانی اضافه‌ای به وجود نیاید.

یکی دیگر از پیامدهای انفجار، ایجاد گرد و غبار می‌باشد، بنابراین در طراحی ساختمان‌های با سطح عملکرد I باید با تعبیه تجهیزاتی خاص، امکان تخلیه گرد و غبار را فراهم نمود. پیش‌بینی چنین تأسیساتی علاوه بر کاهش احتمال خفگی افراد داخل ساختمان، امداد رسانی به آسیب‌دیدگان حادثه را نیز آسان‌تر و سریع‌تر می‌سازد.

اصول اصلی ملاحظات پدافند غیر عامل در تأسیسات مکانیکی به شرح بخش ۲۱-۸ می‌باشد ولی بکارگیری روش‌هایی مانند فریب، استتار و اختفا برای تأسیسات ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ قابل توصیه است. در این ساختمان‌ها باید با جداسازی تأسیسات از ساختمان اصلی، احتمال بروز خطرات ثانویه در اثر تخریب تأسیسات مکانیکی را از بین برد. این کار همچنین باعث خدمت رسانی بهتر به مجروحان در هنگام حادثه می‌گردد.

۲۱-۸-۲-۱- الزامات تأسیسات مکانیکی در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲

کلیه ضوابط عنوان شده در این بخش بجز مواردی که صراحتاً به آن اشاره شده برای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ الزامیست و برای سایر ساختمان‌ها نیز توصیه می‌شوند:

- مکان‌هایی که تجهیزات اضطراری مانند مخزن سوخت، موتورهای برق اضطراری، رایزرهای آبپاش^۱، سیستم اعلام حریق و همچنین دودکش‌ها در آنها قرار می‌گیرند باید دارای فضای امن با دیوارهای محافظ باشند.

^۱ Sprinklers

- تخلیه دود و کنترل آن پس از انفجار از اهم مسائل می باشد. تجهیزات تخلیه دود باید در محل مطمئنی نصب و به برق اضطراری وصل گردد.
- از عبور لوله های تأسیساتی در دیوارهای خارجی اجتناب گردد. در صورت غیر قابل اجتناب بودن، لوله ها، ادوات برقی و خطوط تأسیساتی باید در داخل دیوار جداگانه ای که حداقل ۱۵ سانتیمتر با دیوار خارجی فاصله دارد، تعبیه گردند و از نصب آنها بصورت روکار در روی نما خودداری گردد.
- لوله کشی بر روی پشت بام ممنوع می باشد.
- لوله کشی بصورت آویز از سقف ممنوع است.
- در محل های درز انبساط ساختمان از لوپ های انبساط و یا لرزه گیر استفاده گردد.
- در ساختمان از حداقل قطر مورد نیاز برای تونل، کانال های هوا^۱ و فیلترها استفاده گردد.
- در محل اتصال کانال های هوا به دستگاه از قطعات قابل انعطاف (مانند برزنت) استفاده گردد.
- سیستم تهویه مطبوع باید در حالات اضطراری بطور اتوماتیک قطع و در صورت بروز آتش سوزی هواکش ها^۲ نیز قطع شوند. البته قطع سریع سیستم تهویه مطبوع در ساختمان ایجاد فشار منفی نموده و هوای آلوده خارج را بداخل ساختمان وارد می نماید. بدین منظور از دمپرهای کم نشت^۳ استفاده می گردد. در ضمن کلیه راه پله ها باید فشار مثبت داشته باشند.
- ساختمان ها باید دارای نقشه و علائم راهنمای مناسب نصب شده در محل های مناسب باشند.

۲۱-۸-۲-۲- سیستم تخلیه هوا^۴

- ۱- وظیفه سیستم تهویه، تهیه هوای تازه مورد نیاز جهت تامین اکسیژن مصرفی افراد و تجهیزات مورد استفاده در سازه و همچنین رقیق نمودن و کاهش آلودگی های تولید شده در سازه تا حد مجاز می باشد.
- ۲- در فرآیند طراحی و محاسبه سیستم های تهویه، گرمایش و سرمایش (HVAC) ساختمانهای با با درجه اهمیت ۱ و پناهگاه های عمومی، ابتدا محاسبه تهویه و تجدید هوای تازه لازم بوده و سپس باید براساس

¹ Air Condition Ducts

² EXH.FANS

³ Low-Leakage-Damper

⁴ Ventilation Systems

مقدار ۲۱٪ اکسیژن طبیعی موجود در هوا و حداکثر ۰/۳ درصد (۰/۰۰۳) غلظت دی‌اکسیدکربن CO_2 ، محاسبات مربوط به زمان بسته بودن یا ایزوله بودن^۱ سیستم تهویه یا عبارتی قطع ورود هوای تازه از خارج انجام گیرد. در این حالت زمان کافی برای زنده ماندن افراد در شرایط بدون تهویه و براساس حجم کل هوای موجود در فضاها و تعداد نفرات مورد محاسبه قرار گیرد.

در مورد پناهگاه:

- اجزای سیستم کنترل فشار هوای داخل پناهگاه شامل ایرلاک^۲ یا محفظه‌های هوا بند در ورودی‌ها و خروجی‌های اضطراری، درب‌های هوا بند^۳، سوپاپ فشار^۴ و سوپاپ ضد انفجار^۵ می‌باشد.
- فشار داخل سازه (فضای امن پناهگاهی) باید نسبت به محیط خارج مثبت بوده تا نفوذ آلودگی احتمالی به درون سازه غیرممکن باشد.

۳- در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ بمنظور افزایش ضریب اطمینان و رعایت جایگزینی و موازی‌سازی تجهیزات و شبکه‌های حساس تهویه، مناسب است از حداقل ۲ یا چند دستگاه هوارسان، تخلیه هوا و شبکه کانال کشی هوای مربوطه استفاده گردد تا قابلیت تامین هوای تازه و تخلیه هوای آلوده در شرایط بروز آسیب به ساختمان فراهم گردد. در عین حال لازم است این دستگاه‌ها در فضاهای جدا از هم و با رعایت فاصله لازم نصب گردند.

۴- محل نصب تجهیزات تهویه و هوارسانی در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ الزاماً و در سایر ساختمان‌ها متناسب با نوع سازه، دارای دیوارهای مستحکم و مقاوم در برابر برخورد ترکش و موج انفجار باشد.

۵- کانال‌های هوارسانی و تخلیه هوا در سازه‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲ باید دارای انعطاف‌پذیری (با نصب قطعات برزنتی و مشابه) خصوصاً در فصل مشترک عبور از مقاطع دیوارها و محل نصب دستگاه‌ها باشند.

۶- جهت رعایت اصل استمرار فعالیت در سازه‌های با درجه اهمیت ۱ لازم است علاوه بر دوگانه و چندگانه‌سازی تجهیزات هوارسانی و تهویه، فیلترهای بکار رفته در تجهیزات هواساز نیز دارای تعدادی آماده بکار یا رزرو در محل مناسب باشند.

¹ Seal-up

² Air lock

³ Gas tight Doors

⁴ Pressure value

⁵ Blast Valve

۲۱-۸-۲-۳-آپاش‌ها و لوله‌های انتظار آتش‌نشانی^۱

آپاش‌ها بصورت اتوماتیک عمل نموده و در مقابل حرارت حساس می‌باشند. حسگرها به سیستم اعلام حریق هشدار داده و زنگ آتش را به صدا در می‌آورد. سیستم لوله‌های انتظار نیز باید آماده استفاده افراد متخصص آتش‌نشان باشند. استفاده از هر دو سیستم آپاش‌ها و لوله‌های انتظار بطور همزمان روش بهینه‌ای برای مبارزه با آتش می‌باشد.

اجرای رایزرهای مرطوب و خشک آتش‌نشانی در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ لازم است. لوله اصلی آتش‌نشانی، علاوه بر محل درزهای انبساط ساختمان، در نقاط مناسب دیگر مانند فصل مشترک فضای خارج و داخل ساختمان، باید دارای اتصالات قابل انعطاف باشند. بمنظور بهره‌برداری مناسب از سیستم‌های آتش‌نشانی، اعم از شبکه‌های آب آتش‌نشانی و کپسول‌ها، استفاده از تابلوها و علائم مناسب در مجاورت همه شیرآلات روی دیوارها و فضاهای عمومی لازم خواهد بود. استفاده از شیرنگ و برچسب‌های علائم جهت راهنمایی کاربران در شرایط تاریکی محیط و قطع برق لازم می‌باشد.

برای افزایش ضریب ایمنی کارکرد شبکه‌های آب آتش‌نشانی (شبکه‌های آپاش^۲ و رایزرهای مرطوب) خصوصاً در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ مناسب است تا حد ممکن تغذیه از دو مسیر ورودی و بصورت جداگانه صورت پذیرد.

در کلیه ساختمانها توصیه می‌گردد محل کپسول‌های اطفاء حریق بگونه‌ای انتخاب شود که در صورت ورود موج انفجار به داخل سازه، خود کپسول‌ها کمتر در معرض انهدام و آسیب قرار گرفته و حتی‌المقدور خود موجب تشدید پیامدهای انفجار و آسیب جانی نشوند. در این راستا نصب این کپسول‌ها داخل حفره‌های تعبیه شده در دیوارها پیشنهاد می‌گردد.

مسئول واحد آتش‌نشانی و یا تاسیسات ساختمان باید همواره در جهت آموزش و تمرین‌های لازم پرسنل، تست شبکه‌ها، شارژ کپسول‌ها و سایر اقدامات ایمنی، آمادگی لازم را حفظ نماید.

^۱ Standpipe System^۲ Sprinkler

علاوه بر موارد فوق در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ رعایت موارد زیر نیز ضروریست:

لازم است علاوه بر اتصال شبکه آتش‌نشانی به شبکه آب شهری، مخازن ذخیره با حجم کافی جهت مقابله با حریق همراه با سیستم پمپاژ لازم پیش‌بینی گردد.

به منظور موازی‌سازی و جایگزینی تجهیزات، نصب پمپ رزرو در این ساختمان‌ها الزامی است.

برای افزایش ضریب اطمینان، پمپ‌های آتش‌نشانی اصلی و رزرو باید هم از برق شهری و هم از برق اضطراری تغذیه شوند.

در صورت امکان (از لحاظ معماری و سازه‌ای) مخزن ذخیره قابل نصب در نقاط مرتفع ساختمان در نظر گرفته شود تا در شرایط بحرانی و قطع انرژی الکتریکی فشار شبکه بصورت ثقلی تامین گردد.

اجرای بست و نگهدارنده لوله‌ها (آتش‌نشانی) بصورت صلب و غیرقابل انعطاف مجاز نبوده و به منظور کاهش خطرات ناشی از شوک حرکتی سازه، تمهیدات ویژه‌ای درخصوص نصب بست‌ها و

نگهدارنده‌ها و همچنین اتصالات قابل انعطاف^۱ و لرزه‌گیرهای لاستیکی پیش‌بینی شود.

۲۱-۸-۲-۴- گازرسانی

استراتژی اصلی گازرسانی برای ساختمان‌های با درجات اهمیت مختلف به قرار زیر می‌باشد:

۱- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ باید با جداسازی تأسیسات از ساختمان، مانع از ورود

لوله‌های گاز به ساختمان شد و گرما و سرما باید از طریق کانال‌های هوا به ساختمان منتقل

گردد. این روش مطمئن‌ترین راه برای جلوگیری از ایجاد خطرات ثانویه گاز (انفجار مجدد در

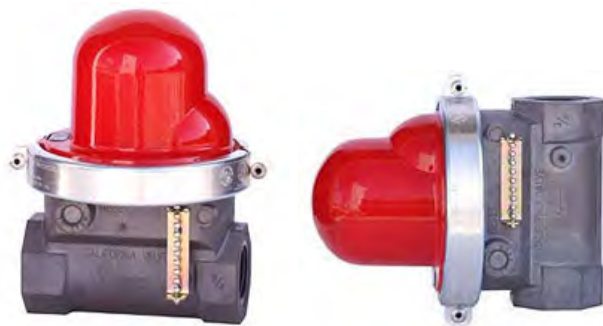
اثر پخش گاز در هوا و یا خفه‌شدگی افراد در اثر گازگرفتگی) است و استفاده از این روش برای

سایر ساختمان‌ها با توجه به ملاحظات اقتصادی قابل توصیه است. در ساختمان‌های با درجه

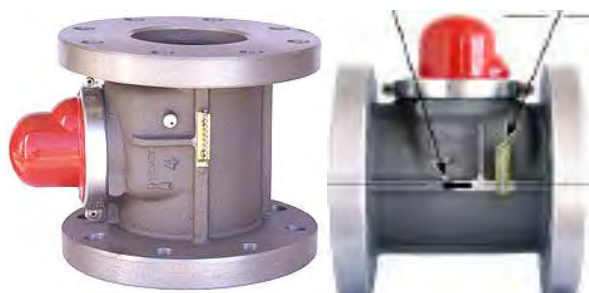
اهمیت ۱ بجای شعله گاز باید از هیترهای برقی استفاده نمود.

^۱ Flexible Joint

۲- در ساختمان‌های با درجه اهمیت ۲ باید از سیستم‌های مرکزی گرمایش و سرمایش استفاده نمود به گونه‌ای که هوای گرم و سرد از طریق کانال‌هایی از سیستم مرکزی به سایر قسمت‌ها ساختمان منتقل گردد. در این ساختمان‌ها نیز بهتر است بجای شعله گاز از هیترهای برقی استفاده شود و در صورت ورود لوله گاز به داخل این ساختمان‌ها باید حتماً از شیرهای سایز میک استفاده نمود.

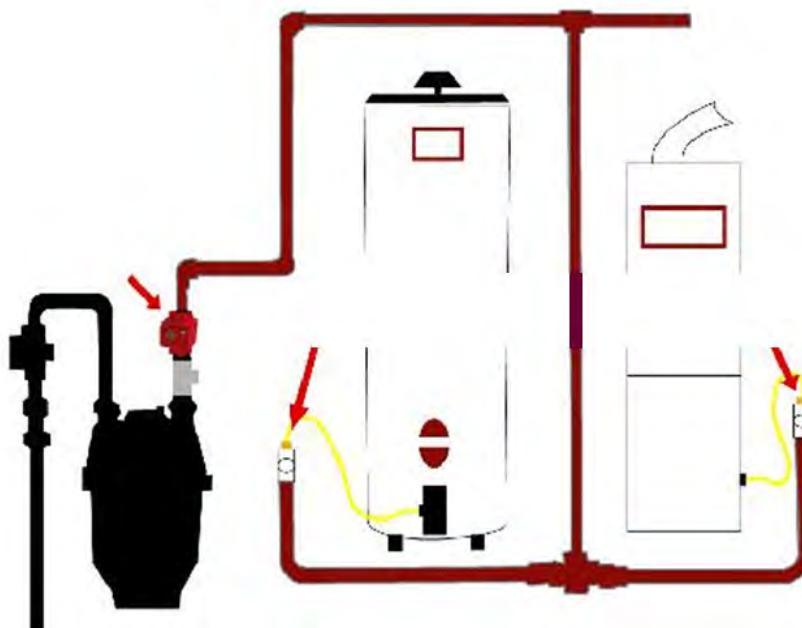


شکل ۲۱-۸-۱- شیر سایز میک قائم و افقی معمولی



شکل ۲۱-۸-۲- شیر سایز میک قائم و افقی فلنجی

۳- در سایر ساختمان‌ها در صورت ورود لوله‌های گاز به داخل ساختمان می‌توان مطابق شکل ۲۱-۸-۳ از شیرهای سایز میک استفاده نمود و لوله‌کشی حداقل مسیر به داخل فضاها را داشته باشد.



شکل ۲۱-۸-۳- موقعیت شیرهای سایز میک

۲۱-۸-۲-۵- سیستم آبرسانی

۱- به منظور ادامه فعالیت در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲، ساخت منبع ذخیره آب مصرفی بر اساس تعداد نفرات و شرایط خاص بهره‌برداری در شرایط پس از آسیب ساختمان و احتمال قطع شبکه آب شهری لازم است.

۱-۱- این منابع در نقاط امن و بصورت مستحکم در طبقات زیرین ساختمان یا محوطه اطراف اجرا گردند.

۲-۱- اجرای منبع ذخیره آب مصرفی بر روی بام این ساختمان‌ها مجاز نمی‌باشد.

۳-۱- جهت حصول اطمینان از جریان مناسب و وجود فشار لازم در شبکه آبرسانی برای حالت‌های اضطراری نیاز به پمپاژ خواهد بود و لازم است پمپ‌ها ضمن داشتن تجهیزات یدکی و با تعداد جایگزین و آماده بکار (رزرو) از برق اضطراری نیز استفاده نمایند.

۴-۱- در صورت امکان در شرایط اضطراری بهترین راه ایجاد فشار در شبکه بصورت ثقلی خواهد بود.

- ۲- نصب اتصالات قابل انعطاف^۱، لرزه‌گیرها یا شیلنگ‌های خرطومی در مسیر عبور لوله‌های آبرسانی و خصوصاً در محل فصل مشترک تقاطع لوله‌ها با دیوارها لازم خواهد بود.
- ۳- استفاده هر چه بیشتر از لوله‌های پلیمری توصیه شده در مبحث شانزدهم تاسیسات بهداشتی برای کاهش خسارات ناشی از شوک حرکتی سازه و ارتعاشات وارده به لوله‌ها در اثر پیامدهای انفجار توصیه می‌گردد.
- ۴- در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ در صورت امکان، تغذیه شبکه آبرسانی از دو قسمت مختلف ساختمان (کوپل دوگانه) صورت پذیرد.
- ۵- نصب شیرهای قابل قطع سریع در محل‌های قابل دسترس برای تغذیه ساختمان‌های با اهمیت متوسط به بالا برای استفاده در شرایط اضطراری لازم است.
- ۶- جهت دستیابی افراد به آب آشامیدنی مطمئن برای شرایط اضطراری در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲، تامین، ذخیره‌سازی و نگهداری آب آشامیدنی بصورت بسته‌بندی شده مناسب توصیه می‌گردد.

۲۱-۸-۲-۶- تاسیسات فاضلاب

- ضمن تاکید بر موارد مندرج در مبحث شانزدهم تاسیسات بهداشتی، موارد ذیل نیز پیشنهاد می‌گردد:
- ۱- اجرای چاله‌های آب جمع‌کن و کفشورها با تعداد مناسب در طبقات زیرین ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ خصوصاً در صورتیکه از فضاهای طبقات زیرین برای شرایط اضطراری بعنوان فضای امن و یا پناهگاه استفاده شود، لازم خواهد بود، چرا که در اثر شکستگی و جاری شدن یکباره محتویات لوله‌ها، رایزرها و مخازن آب پس از آسیب ساختمان، خطرات جانی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.
- ۲- بطورکلی در محل‌هایی که احتمال جمع‌شدن بیش از حد آب در اثر آسیب ساختمان وجود دارد، اجرای کفشور اضافی لازم می‌باشد. بدین منظور اجرای لوله‌های فاضلاب خروجی در شبکه‌های افقی و قائم و خروجی‌های اصلی با قطر مناسب بر مبنای همزمانی تخلیه اضطراری در شرایط بحران صورت پذیرد.

¹ Flexible Joints

۳- به منظور جلوگیری از صدمات ناشی از شوک حرکتی سازه در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲، اجرای لوله‌های فاضلاب از نوع پلیمری (توصیه شده در مبحث شانزدهم) بجای لوله‌های چدنی و یا فولادی پیشنهاد می‌گردد.

۲۱-۸-۲-۷- سیستمهای سرمایش و گرمایش

ضمن تاکید بر موضوعات مندرج در مبحث چهاردهم تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، موارد ذیل پیشنهاد می‌گردد:

۱- در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ باید از بکارگیری سیستمهای احتمال بالا^۱ یا سیستمهای تبریدی دارای کویل مستقیم (Dx) و مانند آن خودداری گردد، تا در صورت شکستگی لوله‌های حاوی مواد مبرد، خطرات ناشی از نشت و تخلیه این مواد به فضاهای اصلی از بین برود.

۲- در سایر ساختمانها در صورتیکه سیستمهای فوق بکار گرفته شوند، باید زمانی که احتمال بروز خطر در آن زیاد است، گاز و مواد مبرد داخل سیستمهای یاد شده از طریق شیرهای تخلیه در نظر گرفته شده در واحد خارجی یا کندانسینگ یونیت هر دستگاه تخلیه شود.

۳- از بکارگیری دستگاههای گرم کننده و خنک کننده ویژه^۲ در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ خودداری شود.

۴- استفاده از سیستمهای هوارسانی تهویه مطبوع مانند هواسازها (که در آنها که عملیات گرمایش و سرمایش هوا در داخل فضای اتاق تاسیسات انجام می‌شود و هوای حامل انرژی حرارتی و برودتی می‌باشد) در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ اجباریست.

۴-۱- در صورت بکارگیری فن کوئل، بهتر است از کوتاهترین مسیر برای لوله‌کشی در داخل فضاها استفاده شود.

^۱- قسمت ۱۴-۲-۳-۱ مبحث چهاردهم

^۲- قسمت ۱۴-۲-۳-۱ مبحث چهاردهم

- ۴-۲- در صورت استفاده از فن کوئل، اجرای دریچه هوای تازه در دیوارهای خارجی پشت فن کوئل مجاز نمی‌باشد، لذا طرح شبکه کانال‌کشی هوای تازه و سیستم هوارسانی با فیلتراسیون مربوطه، لازم خواهد بود.
- ۵- شبکه‌های لوله‌کشی و کانال‌کشی در سیستم‌های HVAC باید دارای قطعات انبساطی و اتصالات انعطاف‌پذیر^۱ در محل نصب دستگاه‌ها و همچنین فصل مشترک لوله و کانال با دیوارها باشند تا خسارات ناشی از شوک حرکتی حاصل از انفجار به حداقل برسد.
- ۶- بست‌ها و نگهدارنده‌های لوله‌ها و کانال‌ها نیز نباید کاملاً صلب باشند و در برخی موارد لازم، قابلیت تحمل و جابجایی در اثر شوک حرکتی را دارا باشند.
- ۷- در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ در صورتیکه قطر لوله‌های روی کار سیستم HVAC پاسخگو باشد بهتر است بجای استفاده از لوله‌های فولادی از لوله‌های پلیمری توصیه شده در مبحث چهارده استفاده شود.
- ۸- برای ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ بمنظور استمرار فعالیت پس از آسیب ساختمان لازم است موتورخانه و اتاقهای هواسازها در مکان امن و دارای استحکام کافی قرار گیرند.
- ۹- استفاده از دو یا چند دستگاه تاسیساتی در موتورخانه‌ها مانند دیگ، چیلر، پمپ، برج‌های خنک‌کننده و غیره با هم‌پوشانی کافی و ظرفیت مناسب جهت استمرار فعالیت تجهیزات سالم در زمان اضطراری و افزایش قدرت تعمیر دستگاهها توصیه می‌شود.
- ۱۰- در موتورخانه ساختمان‌های با درجه اهمیت ۱ و ۲، تجهیزات نصب شده مانند پمپ‌ها و مخازن آب، حتی‌المقدور بصورت افقی انتخاب و اجرا شوند تا در مقابل شوک حرکتی سازه در اثر انفجار دچار واژگونی نشوند.
- ۱۱- ورودی هوای تازه به موتورخانه از محلی امن و دور از آوار ناشی از انفجار پیش‌بینی شود.

^۱ Flexible Joint

- ۱۲- مشعل‌های حرارتی موتورخانه‌ها در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ حتماً باید دوگانه‌سوز بوده و با استفاده از گاز شهری و گازوئیل (ذخیره شده در مخزن ویژه) قابلیت کار داشته باشند.
- ۱۳- محل مخازن ذخیره سوخت گازوئیل موتورخانه در فاصله مناسب و ایمن نسبت به موتورخانه و سایر فضاهای مهم پیش‌بینی گردد.
- ۱۴- بطور کلی برای پاسخگویی سیستم تاسیسات مکانیکی به جبران و تعمیرپذیری آسیب‌های احتمالی ناشی از پیامدهای انفجار، استفاده از سیستم‌های ساده در ساختمانهای با درجه اهمیت ۱ و ۲ توصیه می‌گردد. بدین ترتیب اپراتوری (نگهداری و سرویس) تجهیزات تاسیساتی نیز ساده‌تر و کم هزینه‌تر خواهد بود.

۲۱-۸-۲-۸- شریان‌های حیاتی و زیر ساخت‌ها در محوطه

- همه خطوط حیاتی مهم درون محوطه بهتر است حداقل دارای یک نقطه کنترل باشند. با انجام این کار، می‌توان احتمال اختلال در سیستم را در صورت وقوع تخریب و خسارات چه در خارج محوطه و چه در داخل آن کاهش داد.
- در مجاورت ساختمان‌های حیاتی هر نوع خطوط حیاتی و زیر ساخت‌ها باید در دو محل در پیرامون محوطه عبور کند.
- توصیه می‌شود کلیه تأسیسات به صورت زیرسطحی، در عمق ایمن و در درون کانال‌های مستحکم بتنی نصب شوند. استقرار تأسیسات در فضاهای مستحکم زیرسطحی و در زیر فضاهای باز عمومی دو مزیت حفاظتی مهم دارد:
- در صورت رخداد هرگونه انفجار یا بروز اشکال غیرعادی در نحوه عملکرد آنها، آسیبی به آنها وارد نمی‌گردد و نیروهای انفجاری به راحتی و بدون تماس با سطوح ساختمانی مانع، در فضای باز فوقانی مستهلک می‌شوند.
 - فضاهای زیرسطحی را در صورت آماده‌سازی، می‌توان مبدل به پناهگاه موقت نمود.

تأسیسات تأمین یا انتقال برق مجموعه به هیچ وجه نباید در صورت وقوع انفجار، در معرض تماس با عناصر اشتعال پذیر یا هادی جریان برق قرار گیرند.

فاصله از هر یک از عناصر آسیب‌زا مانند مخازن آب، سوخت و تاسیسات برق حداقل باید دو برابر شعاع تحت تأثیر انفجار احتمالی همان عنصر باشد.

در صورت الزام به مجاورت تأسیسات و عناصر آسیب‌زا در کنار یکدیگر، هر یک از آنها بهتر است به طور کاملاً مجزا و محفوظ در میان سازه‌های مستحکم و عایق نصب شوند.

امکانات حیاتی اضطراری در هر مجموعه متوسط به بالا (مانند منابع آب، برق و تلفن اضطراری) باید پیش‌بینی شوند. فضای باز مجموعه باید در فواصل مناسب به تجهیزات و سطوحی جهت فوریت‌های پزشکی، آب، تلفن و برق اضطراری مجهز باشد.

وجود شیر آتش‌نشانی در هر مجموعه مسکونی ضروری است. تعداد و فاصله شیرهای آتش‌نشانی، تابع ضوابط سازمان آتش‌نشانی خواهد بود.

۲۱-۸-۳- ملاحظات تاسیسات پناهگاه

۲۱-۸-۳-۱- تهویه

۲۱-۸-۳-۱-۱- کلیات

تجهیزات هوارسانی و تهویه در پناهگاه به طور هم زمان عمل تامین هوای تنفسی (اکسیژن) و دفع هوای مصرف شده را انجام می‌دهند (همراه CO_2). به علاوه این دستگاه‌ها باید در مواقع اقامت طولانی در پناهگاه، درجه‌های حرارت و رطوبت را تا حد قابل تحمل حفظ نمایند. تجهیزات هوارسانی باید در مقابل آثار سلاح‌ها از قبیل فشار، ضربات هوا، لرزش، آوار و ترکش محافظت شوند.

ضمناً گازهای دود و غبار نباید به داخل پناهگاه نفوذ نمایند. تجهیزات تهویه، فشار اضافی را در پناهگاه ایجاد می‌نمایند و در مرحله فیلتر، فشار به حداقل ۵۰ pa خواهد رسید. این اضافه فشار در داخل باعث می‌شود که گاز، بخار و دود از منافذ و درزها به داخل پناهگاه نفوذ ننماید. (ترکهای دربها، دریچه‌های کاملاً بسته شده) در تجهیزات تامین هوای تازه، فشار اضافی در حد ۲۵۰ pa محدود می‌شود تا تغییر فشار حاصل از باز کردن درب ورودی به حد قابل تحمل برسد. گرم کردن مصنوعی هوا ضروری نیست و کافی است که درجه حرارت داخل پناهگاه را در حد مطلوبی نگهدارد.

برای گرم نمودن سریع فضای پناهگاه می‌توان مقدار هوای تازه وارد را به نصف تقلیل داد. از تجهیزات هوارسانی برای تهویه معمولی طبقه زیرزمین نیز می‌توان استفاده نمود. در این رابطه به نکات بخش ۲۱-۸-۳-۱-۷ توجه شود.

با استفاده از بخش ۲۱-۸-۳-۱-۵ می‌توان اجزاء و قطعات لازم تجهیزات هوا رسانی را مطابق با ظرفیت پناهگاه‌ها تعیین کرد. ارائه محاسبات زمانی لازم است که به علل خاصی از راه‌حل‌های این فصل نتوان استفاده نمود.

۲۱-۸-۳-۱-۲- انواع به کارگیری دستگاه‌های تهویه

پدافند غیرعامل خواسته‌های مختلفی از دستگاه‌های هوارسانی و تهویه را به دنبال دارد که در نتیجه موارد زیر را شامل می‌گردد:

دستگاه تهویه

برای استفاده معمولی (دوران صلح) پناهگاه باید تهویه شود، که نیازهای آن بستگی به نحوه استفاده از آنها در زمان صلح دارد. معمولاً باز گذاشتن درب و دریچه زرهی تهویه کافی را به همراه خواهد داشت (به بخش ۲۱-۸-۳-۱-۷ ر.ک.).

- برای اطمینان از سلامت و کارایی دستگاه‌های تهویه، راه اندازی متناوب آنها لازم است.
- به منظور تأمین هوای تازه به استثنای وجود موارد خطر به واسطه استفاده از سلاح‌های شیمیایی، هوا باید تهویه شود.
- حداقل مقدار هوای تازه‌ای که توسط تجهیزات استاندارد تهویه در نظر گرفته شده ۶ متر مکعب در ساعت برای هر نفر باشد.
- برای تولید هوای تازه باید هوا از طریق فیلترهای ورودی عبور داده شود. این فیلتر گرد و غبار حاصله از تخریب ساختمان‌ها و دود را تصفیه می‌نماید.

کاربرد فیلتر

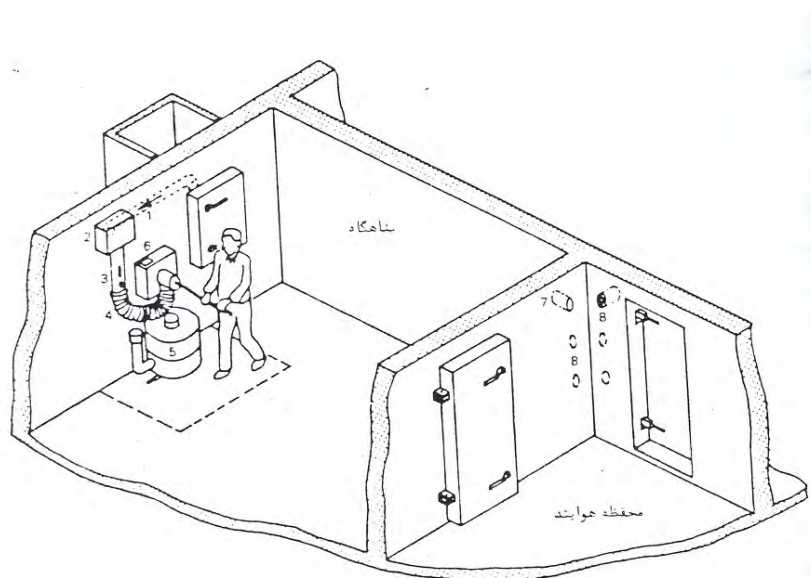
- در هنگام استفاده از فیلتر مقدار هوا را نهایتاً می‌توان تا نصف حداقل مقدار هوای تازه مورد نیاز یعنی ۳ متر مکعب، معادل ۵۰٪ در هر ساعت تقلیل یابد. این مقدار هوای تقلیل یافته شامل اکسیژن کافی بوده و درصد CO_2 موجود در پناهگاه را پایین نگه می‌دارد.
- در این جریان درجه حرارت و رطوبت هم در حداقل قابل تحمل باقی می‌ماند.

اثر قطع دستگاه‌های تهویه

با توجه به اینکه فیلترها و تجهیزات تهویه در مقابل گازهای ناشی از آتش سوزی مانند CO_2 , CO محافظت نیستند. از نظر فنی و ایمنی، تامین هوا از خارج محدوده آوار اهمیت به سزایی دارد. ولی در غیر این صورت ممکن است شرایطی به وجود آید که دستگاه‌های هوارسانی و تهویه قطع و خاموش شوند. در خلال خاموشی غلظت گاز CO_2 نباید از $2/5$ درصد بیشتر شود. در شرایط اضطراری توضیح اینکه در مدت سه ساعت مقدار $2/5$ متر مکعب هوا برای هر نفر کافی خواهد بود. غلظت CO_2 پس از ۵ ساعت به حد خطرناک خود یعنی ۴۵ درصد حجمی می‌رسد.

راه اندازی دستگاه‌های تهویه با وسایل دستی بدون برق

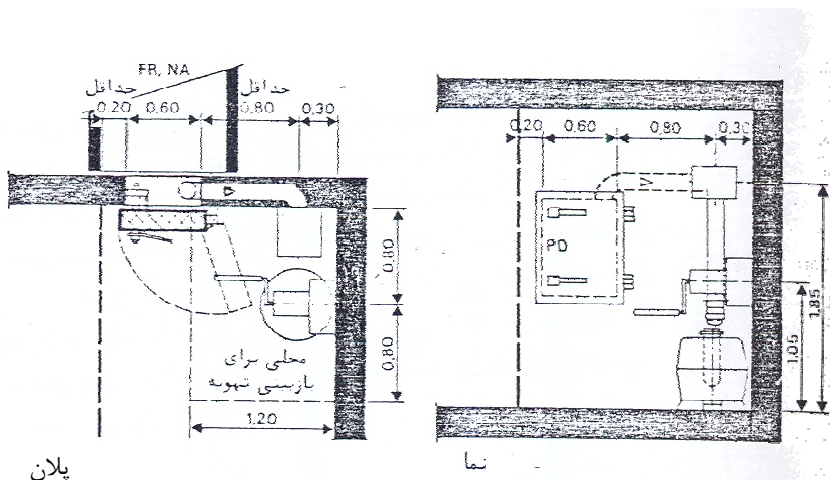
دستگاه‌های تهویه معمولاً با استفاده از برق کار می‌کنند که در اثر قطع برق باید تمهیداتی در نظر گرفت تا بتوانند به کار خود ادامه دهند. با استفاده از تجهیزات دستی مانند چرخ دستی و یا پدالی، مشابه شکل ۲۱-۸-۴ به کار خود ادامه دهد.



شکل ۲۱-۸-۴- اجزا و قطعات دستگاه تهویه

۲۱-۸-۳-۱-۳- اجزا و قطعات دستگاه‌های تهویه

دستگاه‌های تهویه مورد نیاز در پناهگاه‌های مورد بحث VA۴۰ و VA۷۵ و VA۱۵۰ نامیده می‌شوند. این اعداد به معنی مقدار هوای لازم پس از استفاده از فیلتر می‌باشد و بر حسب متر بر ساعت است. در شکل ۲۱-۸-۴ اجزا و قطعات دستگاه‌های تهویه نشان داده شده است. نمونه اندازه‌های دقیق و کامل در فضای مورد نیاز و محل و نحوه قرارگیری اجزا و قطعات را با توجه به وضعیت دریچه زرهی می‌توان از شکل ۲۱-۸-۵ برداشت نمود.



شکل ۲۱-۸-۵- نظام استقرار تاسیسات تهویه و دریچه زرهی

۲۱-۸-۳-۱-۴- عملکرد، محل نصب و قرارگیری اجزا و قطعات

شیر اطمینان / فیلتر ورودی

این دو جزء در واقع یک بخش واحد را تشکیل می‌دهند. شیر اطمینان یک وسیله بازدارنده و مسدودکننده است که در حالت عادی همیشه باز می‌ماند.

به هنگام ایجاد فشار هوا، در عرض چند هزارم ثانیه خود به خود بسته می‌شود و بدین ترتیب تجهیزات دستگاه تهویه را از ایجاد فشار بیش از حد هوا حفظ می‌نماید. فیلتر ورودی از الیافی است که از ورود گرد و غبار و دوده (ذرات جامد) جلوگیری کرده و در زمان فعالیت فیلتری گازی به آن کمک می‌کند.

دستگاه تهویه

دستگاه تهویه متشکل از لوله هدایت هوا، شیر سریع الانسداد، دستگاه اندازه‌گیری حجم هوا و همچنین هواکش با موتور برقی برای تهویه هوای تازه و تصفیه شده دستی می‌باشد. برای تهویه باید از لوله‌های خرطومی با قطعات اتصالی برای تبدیل هوای تازه به هوای فیلتر شده به کار می‌رود. دستگاه تهویه باید به روشنایی اضطراری برای ایجاد حداقل روشنایی برای کار اندازی تهویه مجهز باشد.

فیلتر گازی

فیلتر گازی از مواد معلق فیلتری و یک فیلتر ذغالی فعال تشکیل شده است. فیلتر گازی گازهای شیمیایی حاصل از سوخت، احتراق و انفجار و شیمیایی را نگه داشته و تصفیه می‌نمایند.

سوپاپ فشار اضافی / شیر اطمینان انفجار

این دو جزء یک قطعه واحد را تشکیل می‌دهند و تخلیه از طریق این شیرها صورت می‌گیرد به نحوی که اگر فشار در داخل پناهگاه بیشتر از بیرون آن شود، این شیرها هوای داخل پناهگاه را تخلیه می‌نماید ولی با افزایش فشار در خارج از پناهگاه این شیرها بسته می‌شوند.

موقعیت اجزا

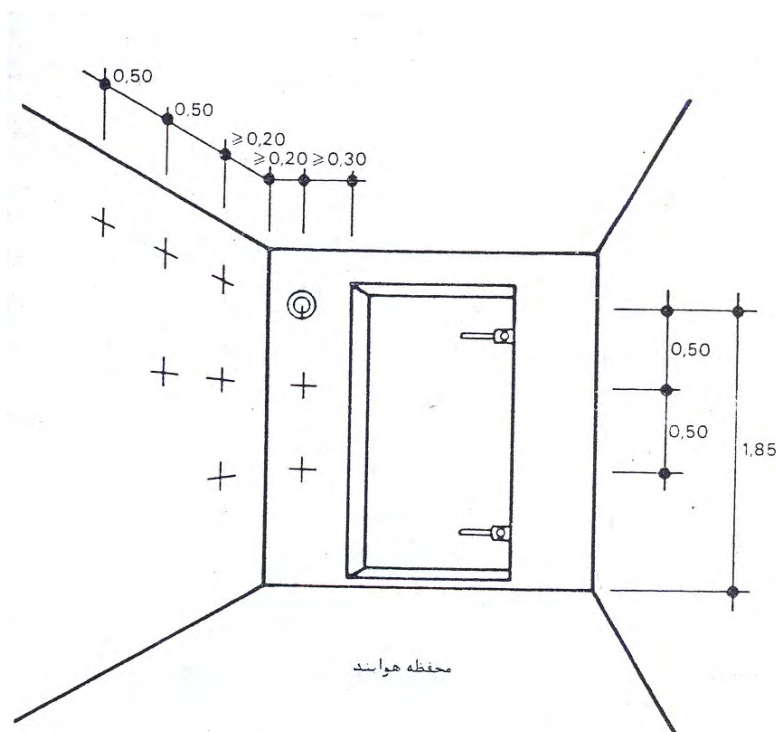
قطعات و اجزاء دستگاه تهویه به ترتیب زیر کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند:

لوله هواگیری معمولاً در بدنه باز شوی راهرو فرار و یا خروجیهای اضطراری قرار داده می‌شود. به هر راه فرار حداکثر سه لوله هواگیری و در خروجیهای اضطراری حداکثر دو لوله هواگیری وصل می‌شوند. باید به این نکته توجه داشت که از طریق این لوله‌ها هوای مصرف شده پناهگاه و سایر آلاینده‌ها (فاضلات، سوخت و زباله) مکیده شود.

دستگاههای تهویه مستقیماً در همان فضا و در نزدیکی دریچه زرهی نصب می‌شوند و به این ترتیب انشعاب لازم نمی‌باشد. در زمان نصب و تغییر دستگاههای تهویه باید حداقل مکان لازم برای دستگاهها طبق شکل ۲۱-۵ در نظر گرفته می‌شود. دستگاههای تهویه، فیلتر گازی و فیلتر ورودی تا حد امکان در قسمت میانی زیر زمین تعبیه می‌شوند (جدول ۲۱-۸-۲).

در صورتی که امکان تعبیه دستگاه تهویه در داخل یکی از فضاهای پناهگاه نباشد باید آن را در نزدیک‌ترین لوله هواگیری وصل نمود. این لوله را باید در امتداد دیوار و در زیر سقف کشید. هوای مصرف شده داخل پناهگاه باید از طریق سوپاپ فشار اضافه با سطح مقطع حداکثر 500 cm^2 که درون دیواری که پشت آن راه پله و یا فضای باز است از کنار درب به خارج هدایت شود (هم زمان تهویه سرویس‌های بهداشتی نیز باید انجام پذیرد).

شیر اطمینان انفجاری- فیلتر اولیه و همچنین قطعه واحد شیر ایمنی انفجاری/ سوپاپ فشار اضافی را باید در ارتفاع ۱/۸۵ متر مرکز سوپاپ از سطح زمین نصب کرد. سوپاپ اطمینان اضافی در محفظه هوا بند باید با توجه نحوه باز شدن درب زرهی، مطابق شکل ۲۱-۸-۶ اجرا شود. این شیرها مجازند که در دیوارهای جانبی اجرا شوند و حداقل یکی از آنها بین دیوار هوا بند و پناهگاه تعبیه شوند.



شکل ۲۱-۸-۶- محل و نظام قرارگیری سوپاپ فشار اضافی و انفجار در دیوار محفظه هوا بند

۲۱-۸-۳-۵- تعیین اجزاء و قطعات دستگاههای تهویه

برای تأمین حجم هوای مورد نیاز، ظرفیت موثر (موجود) پناهگاه (سطح زیر بنا و یا حجم فضا)، پایه قرارداده می‌شوند. در هر فضایی کل هوای وارده باید حداقل برابر مقادیر جدول ۲۱-۸-۱ باشد. در صورتی که پناهگاه به چندین فضای مختلف، تقسیم شده باشد، لازم است که هر بخش به صورتی تهویه گردد که حداقل دو سوم هوای لازم مستقیماً از طریق دستگاه تهویه مربوطه وارد شود. مابقی هوای اضافی از سایر فضاها تأمین می‌گردد و در این مورد باید تمامی هوای فضای مجاور به فضای در حال تهویه جریان پیدا کند.

جدول ۲۱-۸-۱- قرارگیری اجزاء دستگاه تهویه و حداقل درصد هوا

ظرفیت	دستگاه تهویه با فیلتر کاری	سوپاپ ضد انفجاری و فیلتر ورودی	سوپاپ فشاری اضافی سوپاپ ضد انفجار	حداقل حجم هوا	
				کار با هوای تازه m^3/h	کار با فیلتر m^3/h
تا ۱۳ نفر	هوارسانی ۴۰+ فیلتر گازی ۴۰	۴۰	۴۰ ❖	۸۰	۴۰
۱۴ تا ۲۵ نفر	هوارسانی ۷۵+ فیلتر گازی ۷۵	۷۵	۷۵	۱۵۰	۷۵
۲۶ تا ۵۰ نفر	هوارسانی ۱۵۰+ فیلتر گازی ۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۳۰۰	۱۵۰

❖ این نوع سوپاپ ضد فشار و اضافی و سوپاپ ضد انفجار نباید در محفظه هوا بند به کار گرفته شوند، زیرا این نوع سوپاپ‌ها در تهیه هوای تازه تا ۲۵۰pa کاهش فشار خواهند داشت. در چنین مواردی باید از سوپاپ ضد انفجار ۷۵ و یا ۱۵۰ استفاده نمود، که این کاهش به ۱۲۵pa برسد.

در پناهگاههای بدون محفظه هوا بند، هوای مصرفی از محدوده اطراف ورودی (هم زمان با تهویه سرویس بهداشتی) به بیرون کشیده می‌شود و در پناهگاههای با محفظه هوا بند کلیه هوای آلوده و مصرفی باید از طریق محفظه هوا بند تخلیه گردد.

چنانچه بیش از یک دستگاه هوارسانی نوع VA۴۰ یا VA۷۵ وجود داشته باشد، به جای چندین سوپاپ اطمینان ضد انفجار و سوپاپ فشار اضافی، یک نوع VA۱۵۰ که برابر ظرفیت فیلتری آن باشد را می‌توان به کار گرفت به این ترتیب یک نوع VA۱۵۰ به جای دو نوع VA۷۵ جایگزین می‌شود.

تعیین اجزاء دستگاه تهویه مورد لزوم

در مرحله اول باید ظرفیت هر فضای پناهگاه طبق جدول ۲۱-۷-۲ مشخص شود. سپس اجزاء قطعات لازم مطابق مثالهای زیر تعیین گردد. برای نصب و سوار نمودن قطعات و تجهیزات باید به ضوابط بخش ۲۱-۸-۳-۱-۶ و ۲۱-۸-۳-۳ توجه شود. (نصب دستگاه تهویه، دریچه زرهی لوله مکش، پنجره سبک حفاظتی، اتصال برق و غیره)

جدول ۲۱-۸-۲- حداقل فضای مورد نیاز، تعداد دستگاههای تهویه، سرویس بهداشتی، راههای فرار و خروجیهای اضطراری

اندازه های پناهگاه		حداقل فضای مورد نیاز (اندازه های تمام شده)								راههای فرار و خروجیهای اضطراری ^۱	
ظرفیت به نفر	تعداد پناهگاه حداقل	تعداد پناهگاه متفاوت	سطح زیربنای خالص کل بدون محفظه بادبند	حداقل حجم (خالص) ^۲ بدون محفظه هوابند	استراحت و اقامت ^۳	سطح زیربنای محلهای	سطح زیربنای تهویه	سطح زیربنای تورات	سطوح زیربنای محفظه بادبند	تعداد وسایل تهویه	تعداد تورات ها
عدد	عدد	عدد	مترمربع	مترمکعب	مترمربع	مترمربع	مترمربع	مترمربع	مترمربع	عدد	عدد
۵-۷	۱	۱	۸	۱۶-۱۷/۵	۷	۳	---	۱/۵	۱	۱	---
۸	۱	۱	۹	۲۰	۸	۳	---	۱/۵	۱	۱	---
۱۳	۱	۱	۱۴	۳۲/۵	۱۳	۳	---	۱/۵	۱	۱	---
۱۴	۱	۱	۱۵	۳۵	۱۴	۳	---	۱/۵	۱	۱	---
۳۰	۱	۱	۳۱	۷۵	۳۰	۳	---	۱/۵	۱	۱	---
۳۱	۱	۱	۳۴	۷۷/۵	۳۱	۳	۴	۱/۵	۲	۱	---
۵۰	۱	۱	۵۳	۱۲۵	۵۰	۳	۴	۱/۵	۲	۱	---
۵۱	۲	۲	۵۵	۱۲۷/۵	۵۱	۶	۴	۳/۵	۲	۲	---
۶۰	۲	۲	۶۴	۱۵۰	۶۰	۶	۴	۳/۵	۲	۲	---
۶۱	۲	۲	۶۶	۱۵۲/۵	۶۱	۶	۶	۳/۵	۳	۲	---
۹۰	۲	۲	۹۵	۲۲۵	۹۰	۶	۶	۳/۵	۳	۲	---
۹۱	۲	۲	۹۷	۲۲۷/۵	۹۱	۶	۸	۳/۵	۴	۲	---
۱۰۰	۲	۲	۱۰۵	۲۵۰	۱۰۰	۶	۸	۳/۵	۴	۲	---
۱۰۱	۳	۳	۱۱۱	۲۵۲/۵	۱۰۱	۹	۱۰	۵	۴	۳	---
۱۲۰	۳	۳	۱۳۰	۳۰۰	۱۲۰	۹	۱۰	۵	۴	۳	---
۱۲۱	۳	۳	۱۳۳	۳۰۲/۵	۱۲۱	۹	۱۵	۵	۵	۳	---
۱۵۰	۳	۳	۱۶۲	۳۷۵	۱۵۰	۹	۱۵	۵	۵	۳	---

۱) اعداد داخل پرانتز ارقام نمونه می باشند (1FR + 2NA) به جای 2FR در پناهگاههای ۱۰۱ تا ۱۵۰ نفره)

راه فرار FR-Fluchtrohre NA-Notausstieg خروج اضطراری

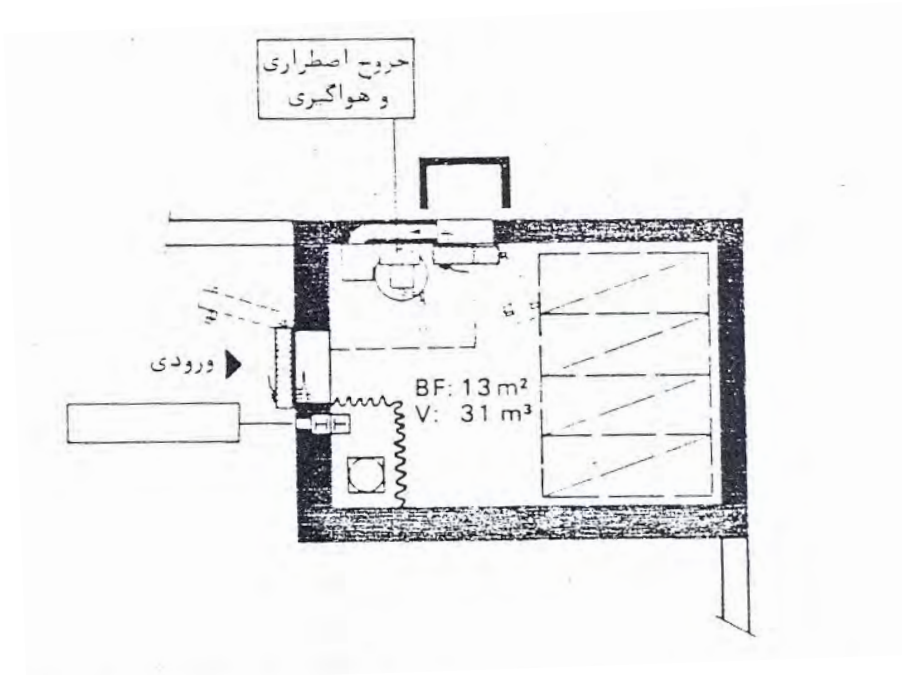
۲) در صورتی که حداقل حجم به علت کمی ارتفاع به دست نیاید، باید سطح زیرینا به تناسب بالا اضافه شود.

۳) مقادیر بین آنها خطی پیدا شود.

- نمونه پناهگاه ۱۲ نفره

برای یک پناهگاه ۱۲ نفره تجهیزات و دستگاههای هوارسانی زیر مورد نیاز می‌باشد.

سوپاپ انفجار ۴۰ / سوپاپ فشار اضافی و فیلتر اولیه ۴۰ / سوپاپ ضد انفجار + فیلتر گازی ۴۰ + دستگاه تهویه ۴۰



شکل ۲۱-۸-۷- تجهیزات و دستگاههای هوارسانی برای یک پناهگاه ۱۲ نفره

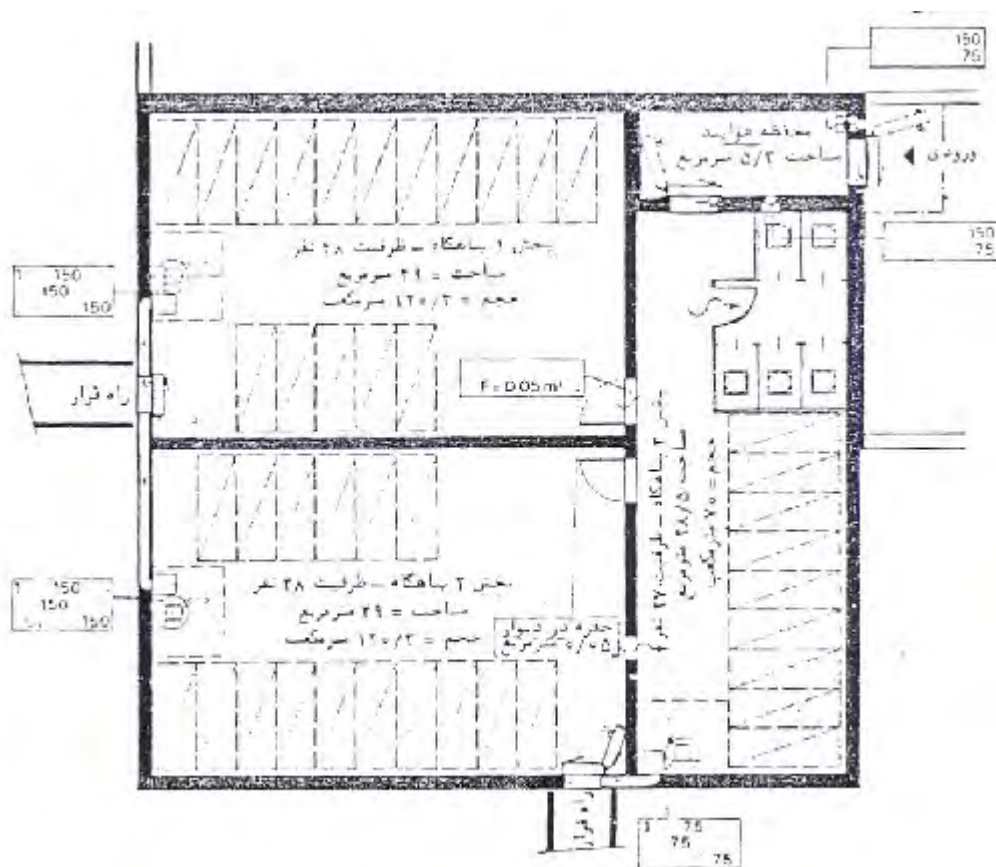
در جدول ۲۱-۸-۳ فضای مورد نیاز برای نمونه پناهگاه ۱۲ نفره ارائه شده است.

جدول ۲۱-۸-۳- فضای مورد نیاز برای نمونه پناهگاه ۱۲ نفره

ظرفیت موثر پناهگاه	تعداد ظرفیت موثر (موجود) پناهگاه			
	حجم فضا	سطح زیر بنای اقامت	دستگاه تهویه به سطح زیر بنا	سطح زیر بنای پناهگاه
۱۲ نفر	$31m^3$	$12m^2$	$1m^2$	$13m^2$

- نمونه پناهگاه ۱۲۳ نفره

مثال دیگری از یک پناهگاه که دارای سه فضای مجزای از یکدیگر، یک محفظه هواپند و یک فضای سرویس بهداشتی جداگانه می‌باشد در شکل ۸-۸-۲۱ نشان داده شده است. هوای آلوده و مصرفی از فضاهای ۱ و ۲ به فضای ۳ هدایت می‌شود. ظرفیت محاسباتی اضافی دستگاههای تهویه در فضا در تعیین دستگاه تهویه فضای سوم در نظر گرفته می‌شود. کلیه هوای آلوده فضاها به طرف فضای سرویس بهداشتی و از آنجا از طریق سوپاپ ضد انفجار به محفظه هواپند و سپس به خارج هدایت می‌شود. فضاها و تجهیزات مورد نیاز این پناهگاه در جداول ۴-۸-۲۱ و ۵-۸-۲۱ ارائه شده است.



شکل ۸-۸-۲۱- تجهیزات و دستگاههای تهویه و هوارسانی در پناهگاه به ظرفیت ۱۲۳ نفر

جدول ۲۱-۸-۴- فضای مورد نیاز برای نمونه پناهگاه ۱۲۳ نفره

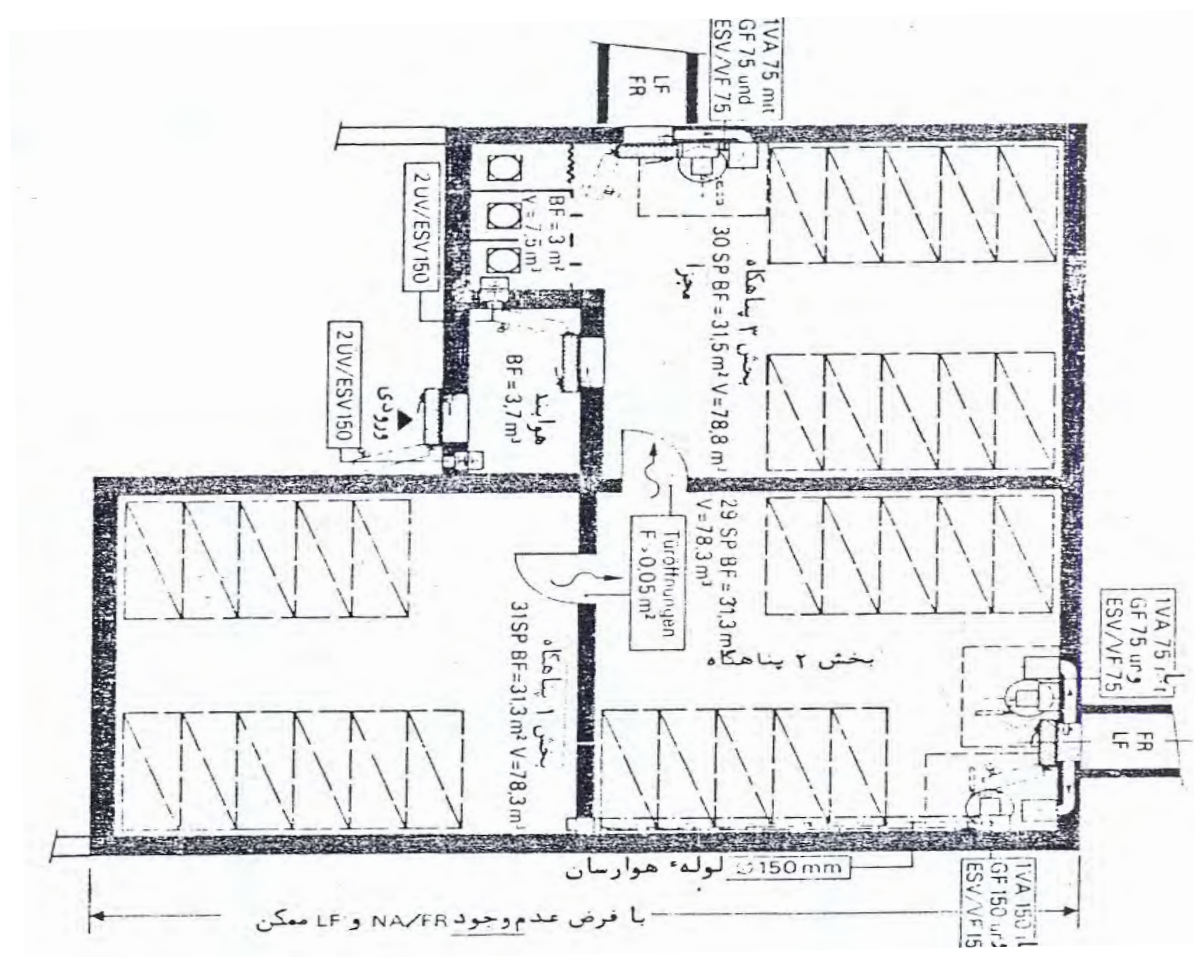
فضاهای پناهگاه	سطح زیر بنای فضاهای جداگانه	سطح زیر بنای دستگاه تهویه	سطح زیر بنا برای اقامت	حجم فضا	ظرفیت موثر (موجود)
1	$49 m^2$	$9m^2$	$48 m^2$	$120.3m^3$	48 نفر
2	$49 m^2$	$9m^2$	$48 m^2$	$120.3m^3$	48 نفر
3	$28.5m^2$	$9m^2$	$27.5m^2$	$91.0m^3$	27 نفر

جدول ۲۱-۸-۵- تجهیزات و دستگاههای هوارسانی مورد نیاز برای نمونه پناهگاه ۱۲۳ نفره

فضاهای پناهگاه	ظرفیت موثر (موجود)	اضافه ظرفیت (انتقالی)	هوا رسانی مستقیم پناه گیرندگان	دستگاههای هوا رسانی مورد لزوم	ظرفیت کلی موجود	ظرفیت اضافی
1	48 نفر	0 نفر	48 نفر	دستگاه هوا رسانی 150	50 نفر	2 نفر
2	48 نفر	0 نفر	48 نفر	دستگاه هوا رسانی 150	50 نفر	2 نفر
3	27 نفر	4 نفر	23 نفر	دستگاه هوا رسانی 75	25+4 نفر	2 نفر

- نمونه پناهگاه ۹۰ نفره

مثال زیر نمونه انتخاب تجهیزات تهویه برای پناهگاهی که در آن شرایط خاصی باید رعایت شود را نشان می‌دهد. از یک طرف مقرر می‌گردد که برای یک قسمت از یک ساختمان تهویه مستقیم تعبیه نشود، از طرف دیگر طبق توافق و به منظور استفاده مطلوب، جداسازی فضای ۹۰ نفره پناهگاه به سه بخش فضای متمایز به جای دو بخش ارجحیت می‌یابد (شکل ۲۱-۸-۹).



شکل ۲۱-۷-۹- جانمایی تهویه یک پناهگاه باگنجایش ۹۰ محل امن

فضاها و تجهیزات مورد نیاز این پناهگاه در جداول ۲۱-۸-۶ و ۲۱-۸-۷ ارائه شده است.

جدول ۲۱-۸-۶- فضای مورد نیاز برای نمونه پناهگاه ۹۰ نفره

فضاهای پناهگاه	سطح زیر بنای فضای جداگانه	سطح زیر بنای دستگاه هوا رسانی	سطح زیر بنا جهت اقامت	حجم فضا	ظرفیت موثر (موجود)
1	$31.3m^2$	0	$31.3m^2$	$78.3m^2$	31 نفر
2	$31.3m^2$	$2 m^2$	$29.3m^2$	$78.3m^2$	29 نفر
3	$31.5m^2$	$1 m^2$	$30.5m^2$	$86.3m^2$	30 نفر

جدول ۲۱-۸-۷- تجهیزات و دستگاههای هوارسانی مورد نیاز برای نمونه پناهگاه ۹۰ نفره

فضاهای پناهگاه	ظرفیت موثر (موجود)	راهنمای ظرفیت اضافی	محلهای امنی که مستقیماً هوا دهی می شوند	دستگاههای تهویه لازم	مجموعه ظرفیت موجود	ظرفیت اضافی
فضای 1	31 نفر	0	31 محل نفر	دستگاه نهویه 150	50 نفر	19 نفر
فضای 2	29 نفر	19 نفر	20 محل نفر ^۱	دستگاه نهویه 75	25+19 نفر	15 نفر
فضای 3	30 نفر	15 نفر	20 محل نفر ^۱	دستگاه نهویه 75	25+15 نفر	10 نفر

۱- تعداد پناه گیرندگانی که به طور مستقیم هوارسانی می شوند، بدین ترتیب تعیین می گردند که $\frac{2}{3}$ ظرفیت مکان موجود در

فضای پناهگاه مستقیماً از طریق هوای منتقل شده از دستگاه تهویه تغذیه می شوند.

۲۱-۸-۳-۱-۶- ضوابط ساخت و نصب اجزاء قطعات

برای نصب اجزاء قطعات مربوطه به تجهیزات تهویه دستورالعمل های زیر لازم الاجرا می باشند:

- نصب و سوار نمودن قطعات و دستگاه ها قاعداً باید بر اساس ضوابط تولید کننده که به تصویب موسسه استاندارد و سازمان پدافند غیرعامل رسیده باشد، انجام شود. در زمان نصب فیلتر گازی باید توجه داشت که لوله های اتصال خرطومی (متحرک) بدون خمیدگی و شکستن و فرورفتگی به فیلترهای گازی متصل شوند. فقط از آن دسته از فیلترهای گازی را می توان استفاده نمود که حفره های آنها پلمپ شده و جدید باشد. پس از کار گذاشتن لوله مکنده هوا در دیوار خارجی بتن ریزی انجام می شود.

- قطر داخلی این لوله باید ۱۲۵ میلیمتر باشد (در صورت استفاده از لوله پلاستیکی قطر بیرونی ۱۲۵ کافی است). در این لوله کشی نباید بیشتر از سه زانویی وجود داشته باشد و لوله در موقع بتن‌ریزی تا سفت شدن بتن، شکل و استحکام خود را از دست ندهد.
- علاوه بر آن مصالح مصرفی در این نوع لوله‌ها باید حداقل در مقابل حرارت ۶۰ درجه سانتیگراد مقاوم باشند. مثلاً لوله‌های موجود در بازار (پلی‌اتیلن فشارقوی) که ضد ضربه بوده و ضخامت ۳ میلیمتر را دارند و معمولاً در لوله کشی فاضلاب منازل مصرف می‌شوند، برای این کار مناسبند.
- لوله‌های تهویه‌ای که به طور استثنا از داخل پناهگاه عبور داده می‌شوند، باید از جنس لوله گالوانیزه بوده و قطر داخلی آنها حداقل ۱۵۰ میلیمتر باشد. این قبیل لوله‌ها حداکثر می‌توانند ۶ زانویی داشته باشند.
- لوله‌ها را باید با گیره‌های مخصوص و با وسایل موجود در بازار به طور محکم و غیر قابل حرکت به دیوار یا سقف متصل نمود.
- سوراخ لوله مکنده و تهویه سمت بیرونی حفره‌های تخلیه هوای آلوده در دیوارهای خارجی باید با در پوش مشبک پوشانیده شود تا از ورود حیوانات کوچک جلوگیری کند.
- برای حفاظت سوپاپ ضد انفجار و گاز در مقابل آثار مکانیکی سلاح‌ها، سوراخ‌های تخلیه هوای مصرفی که در دیوار خارجی پناهگاه قرار دارند را باید به صفحات محافظ ضد ضربه مجهز نمود.
- اقدامات خاصی برای محافظت سوپاپ‌های داخل ساختمان لازم نیست. در عین حال باید مطمئن شد که جریان هوا به بیرون به راحتی و سهولت انجام می‌گیرد.

۲۱-۸-۳-۱-۷- دستورالعمل برای تهویه و استفاده از دستگاه‌های تهویه در زمان صلح

- معمولاً در زمان صلح با باز گذاشتن درب و دریچه زرهی، پناهگاه را به طور طبیعی تهویه می‌کنند.
- برای استفاده زمان صلح، نصب یک ساعت خودکار با کلید قطع و وصل به آن لازم می‌باشد. استفاده از تجهیزات و وسایل عایق صوتی برای جلوگیری از بروز صدای دستگاه‌های تهویه در صورتی مجاز است که بتوان آنها را به سهولت برداشت، و به عملکرد ایمنی دستگاه‌های تهویه نیز خللی وارد نیارد.

- در صورت نیاز لوله‌های هوا برای استفاده در زمان صلح فقط از دیوارهای بدنه خارجی پناهگاه که ضخامت آنها از ۴۰ سانتیمتر کمتر است عبور داده می‌شوند. سوراخ‌های ایجاد شده در دیوارها باید به صورتی باشند که هنگام بروز خط، بتوان در کوتاهترین زمان ممکن آنها را مسدود نمود. ابزار لازم برای نصب و تعبیه این دریچه‌ها و همچنین دستورالعمل نحوه نصب آنها باید در پناهگاه (جنب سوراخ‌ها) نصب گردد.
- تاسیسات و تجهیزات داخل پناهگاه که غیر قابل تفکیک و ثابت هستند، باید در جای خود محکم شوند.

۲۱-۸-۳-۲- تاسیسات آب و فاضلاب

استفاده از تاسیسات فاضلاب و شبکه آبرسانی شهری و احداث مخزن بتنی در پناهگاه مجاز نیست و توصیه می‌شود از تاسیسات زیر بنایی (ساختمانهای مسکونی و تجاری) که در نزدیکی پناهگاه وجود دارد، بعنوان تاسیسات پناهگاه استفاده نمود.

حتی‌الامکان باید به ساده‌ترین تاسیسات بهداشتی اکتفا کرد. در صورتی که گزینه دیگری ممکن نباشد لوله‌کشی آب و فاضلاب در پناهگاه با حداقل طول مسیری که قابل انجام است، صورت گیرد. در غیراینصورت ضوابط ذیل در مورد مصالح، محل نصب و تثبیت آنها رعایت شود.

۲۱-۸-۳-۱- لوله‌های آب

لوله‌های آب سرد باید به صورت روکار به روش‌های متداول لوله‌کشی یعنی گیره و تسمه‌های مخصوص محکم شوند.

بست زیرین لوله‌ها باید با رول پلاک‌های استاندارد (رول پلاک با تحمل بار بیشتر از $2/8 \text{ KN}$ برای هر گیره لوله) با رعایت فاصله استاندارد بین محور رول پلاک‌ها نصب شود.

نصب شیرفلکه قطع سریع (توپکی) در ورودی شبکه لوله‌های آبرسانی الزامیست.

حجم مخزن مذکور بر اساس حداقل نیاز ۱۲ ساعته نفرات پناهگاه تعیین می‌شود. توصیه می‌شود آب مصرفی شبکه مذکور از طریق مخزن ذخیره ترجیحاً جنس گالوانیزه یا کامپوزیتی به صورت مدفون، ارتباط غیرمستقیم با شبکه آبرسانی شهری تامین گردد.

۲۱-۸-۳-۲-۲-فاضلاب

چنانچه در پناهگاه داکت وجود داشته باشد، باید آن را با درپوشی که با پیچ محکم می‌شود پوشاند، به طوری که آب وارده نتواند از آنها عبور نماید.

استفاده از دریچه‌های قابل انسداد یک طرفه با دریچه‌های مسدودکننده دستی به علل فنی و ایمنی جایز نیست.

لوله‌های فاضلاب و اتصالات آن از نوع انعطاف‌پذیر مطابق مبحث ۱۶ طراحی شود.

در صورت تهویه احتمالی لوله‌های فاضلاب نیازی به تعبیه سوپاپ ضد انفجاری نیست. سیفون‌های سرویس بهداشتی و کفشورها باید قادر به تحمل فشاری معادل 300 Pa باشند.

۲۱-۸-۳-۳-انرژی الکتریکی (برق)

- تجهیزات برق‌کشی و برق‌رسانی باید از ساده‌ترین نوع انتخاب شده و استانداردهای تاسیسات خانگی برای فضاهای خشک رعایت شوند. می‌توان از ابزار و وسایل استاندارد شده موجود در بازار استفاده کرد.
- دستگاه تهویه معمولی به سیم‌کشی معمولی خانه با ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل می‌شود. توصیه می‌شود اتصال از طریق پریز مجهز به کلید قطع‌کننده فیوزدار انجام شود.
- نصب لامپ‌ها با توجه به محل و چیدمان تخت خواب‌ها انجام شود.

۲۱-۸-۳-۴- دستگاهها و لوله کشیهای بی ارتباط با پناهگاه

لوله کشی تحت فشار آب گرم و سرد، لوله های گرمایش و سرمایش، لوله کشی گاز و بقیه مواد خطرناک، مجاز نیست.

در صورتی که هیچ راه حل دیگری برای عبور لوله های فاضلاب وجود نداشته باشد، می توان آنها را با رعایت موارد زیر از داخل پناهگاه عبور داد.

لوله های عمودی فاضلاب باید در داخل دیوار بتنی و در حد امکان در داخل دیوارهای جدا کننده قرار داده شوند. چنانچه این لوله ها در دیوارهای خارجی پناهگاه قرار گیرند، باید این دیوارها را با توجه به ضخامت قطر لوله تقویت کرد.

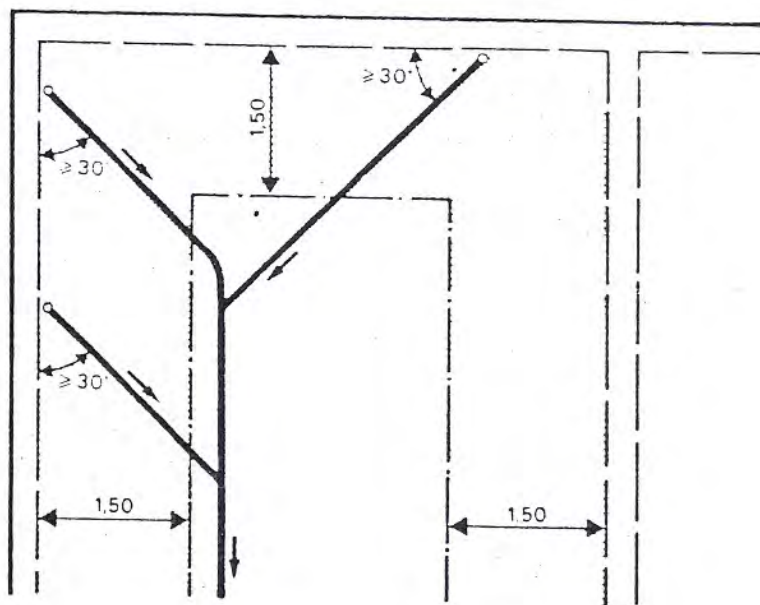
لوله های فاضلاب و سرویس های بهداشتی روی پناهگاه را با در نظر گرفتن محدودیت های زیر می توان از داخل سقف پناهگاه عبور داد:

- قطر خارجی لوله های فاضلاب نباید از $\frac{1}{3}$ قطر سقف ضخیم تر باشد.

- لوله های فاضلاب را باید بین آرماتورهای فوقانی و تحتانی سقف قرارداد و پوشش بتن در بالا و پایین آن باید حداقل ۵ سانتیمتر باشد.

محل اتصال لوله های فرعی به لوله اصلی باید حداقل ۱/۵ متر از به دیوارهای پناهگاه فاصله داشته باشد، و زاویه اتصال لوله اصلی و فرعی حداقل ۳۰ درجه می باشد (شکل ۲۱-۸-۱۰).

- بین لوله هایی که در مجاورت یکدیگر قرار دارند، باید فاصله ای به اندازه حداقل ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.



شکل ۲۱-۸-۱۰- موقعیت و نحوه قرارگیری لوله‌های فاضلاب در سقف پناهگاه