

بارگذاری و استاندارد ۲۸۰۰

آزمونهای نظام مهندسی

تالیف

هوشیار خزائی



نشر عالم عمران

www.elme-omran.com
Info@elme-omran.com

عضو:



انجمن مهندسی نشر عالم عمران کتابخانه

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مؤلف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

-
- سرشناسه :
عنوان و نام پدیدآور :
مشخصات نشر :
مشخصات ظاهری :
شابک :
موضوع :
موضوع :
رده بندی کنگره :
رده بندی دیویی :
شماره کتابشناسی ملی :
-



نشر علم عمران

بارگذاری و استاندارد ۲۸۰۰ - آزمونهای نظام مهندسی
تالیف: هوشیار خزائی

چاپ اول بهار ۱۳۹۴
چاپ پرستش
تعداد و قطع صفحات ۳۳۸ صفحه وزیری
شمارگان ۱۰۰۰
بهای کتاب ۲۴۰۰۰۰ ریال
شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۷۶-۲۸-۵ ISBN 978-600-5176-28-5

نشر علم عمران: تهران، یوسف آباد، خیابان جهان آرا، بین خیابانهای ۱۶ و ۱۸، پلاک ۳۳، طبقه دوم، واحد ۱۱

تلفن: ۸۸۳۵۳۹۳۰-۳۱ دورنگار: ۸۸۳۵۳۹۳۲

حقوق چاپ و نشر برای نشر علم عمران محفوظ است.

مقدمه ناشر

تحلیل، طراحی و اجرای صحیح ساختمانها نیازمند تجربه و تبحر مهندسان ساختمان می‌باشد. بی‌شک کسب تجربه در شرکتهای مهندسی مشاور و کارگاههای ساختمانی برای مهندسان در کنار افزایش دانش ضروری است؛ که این فرصت معمولا پس از فارغ التحصیلی برای مهندسان بیشتر فراهم می‌شود. یکی از آزمونهای مهم پس از فارغ التحصیلی از مراکز دانشگاهی، آزمونهای نظام مهندسی است. سالهای متمادی است که در کشورمان برای ورود به دنیای حرفه‌ای مهندسی آزمونهای مختلف براساس مباحث‌های مقررات ملی ساختمان برگزار می‌شود. قبولی در این آزمونها برای تمام مهندسان عمران در پایه‌های طراحی، نظارت یا اجرا ضروری است. در این راستا نشر علم عمران سعی نموده با استفاده از دانش و تجربه اساتید مجرب در زمینه این آزمونها، منابع مناسبی را برای متقاضیان ورود به پایه حرفه مهندسان آماده کند. این منابع به صورتی تهیه شده است که علاوه بر یادآوری و بازنگری نکات مهم دروس مهندسی، از طریق حل نمونه سوالات آزمونهای سالهای قبل، متقاضیان را هر چه بیشتر با نحوه برگزاری آزمونها آشنا کند.

مجموعه حاضر یکی از چند درس اصلی مورد نظر برای آزمونهای ورود به حرفه مهندسان است. امید است این مجموعه که با همکاری ارزنده جناب مهندس هوشیار خزائی تهیه شده است، برای علاقمندان مفید واقع شود. علیرغم ویرایشهای مکرر در قسمتهای مختلف کتاب ممکن است هنوز ایراداتی وجود داشته باشد. لذا مایه خرسندی است که خوانندگان محترم نظرات، پیشنهادات و انتقادات خود را از طریق آدرس پست الکترونیک info@elme-omran.com ارسال کنند.

سید مهدی داودنوبی

مدیر نشر علم عمران

پیشگفتار مولف

کتاب پیش روی شما با نام بارگذاری و استاندارد ۲۸۰۰ به ارائه منابع آزمون ورود به حرفه مهندسان براساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران و تفسیر و شرح کامل آن‌ها می‌پردازد. سؤالات چهارگزینه‌ای مربوط به هر فصل نیز به صورت میکرو طبقه‌بندی شده و با پاسخ‌نامه کاملاً تشریحی در پایان همان فصل گنجانده شده است. مهم‌ترین ویژگی کتاب حاضر که آن را از سایر منابع موجود در بازار متمایز می‌نماید به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- شرح تصویری و تفسیر کامل مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران
- ۲- ارائه روش گام‌به‌گام در بخش‌های مختلف منابع مذکور، که مهم‌ترین مشخصه این کتاب‌ها می‌باشد، باعث تسهیل در پاسخگویی به سؤالات آزمون و تسریع در پاسخگویی به آزمون خواهد شد.
- ۳- ارائه روش گام‌به‌گام در پاسخ‌نامه تشریحی سؤالات چهارگزینه‌ای با استناد به بندهای مختلف مبحث ششم و استاندارد مقررات ۲۸۰۰
- ۴- ارائه سؤالات احتمالی و شبیه‌سازی شده کاملاً استاندارد که به صورت سطر به سطر از منابع مذکور استخراج شده‌اند.

در پایان بر خود لازم می‌دانم از زحمات بی‌شائبه جناب آقای دکتر سید مهدی داودنوبی مدیریت محترم انتشارات علم عمران قدردانی می‌نمایم. از مهندسین و خوانندگان محترم نیز تقاضا می‌گردد انتقادات و پیشنهادات خود را در جهت کامل‌تر شدن مجموعه در چاپ‌های بعدی آن به آدرس Khazaei@elme-omran.com ارسال نمایند.

هوشیار خزائی
بهار ۱۳۹۴

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

- ۱-۱- مقدمه ۱
- ۲-۱- تعاریف ۱
- ۱-۲-۱- بار ۱
- ۲-۲-۱- بار اسمی ۲
- ۳-۲-۱- ضریب بار ۲
- ۴-۲-۱- بار ضریب‌دار ۲
- ۵-۲-۱- مقاومت ۲
- ۶-۲-۱- مقاومت اسمی ۲
- ۷-۲-۱- ضریب مقاومت ۲
- ۸-۲-۱- مقاومت طراحی ۲
- ۹-۲-۱- حالت‌های حدی ۲
- ۱۰-۲-۱- بناها و تاسیسات ضروری ۳
- ۱۱-۲-۱- تغییر مکان نسبی طبقه ۳
- ۱۲-۲-۱- سیستم باربر جانبی ۳
- ۱۳-۲-۱- گروه خطرپذیری ۳
- ۱۴-۲-۱- ضریب اهمیت ۳
- ۳-۱- الزامات مبنا ۵
- ۱-۳-۱- سختی و مقاومت ۵
- ۱-۱-۳-۱- روش حالت‌های حدی نهایی (مقاومت) ۵
- ۲-۱-۳-۱- روش تنش مجاز ۵

۳۱	..... نحوه اعمال بار سقف‌ها	۳-۳-۴
۳۱	..... سقف‌های یک طرفه	۳-۳-۴-۱
۳۳	..... سقف‌های دو طرفه	۳-۳-۴-۲
۳۴	..... تخمین بار مرده دیوارها	۳-۴-۴
۳۴	..... دیوارهای داخلی (دیوارهای تقسیم کننده)	۳-۴-۱
۳۴	..... دیوارهای خارجی (محیطی)	۳-۴-۲
۳۴	..... نحوه اعمال بار دیوارها	۳-۴-۳
۳۵	..... تخمین بار مرده پله‌ها	۳-۵
۳۶	..... بارگذاری ستون‌ها	۳-۶
۳۷	..... بارگذاری تیرهای نعل درگاه	۳-۷
۴۰	..... وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت	۳-۸
۴۸	..... سؤالات چهار گزینه‌ای	۳-۹
۵۱	..... پاسخنامه تشریحی سؤالات چهارگزینه‌ای	۳-۱۰

فصل چهارم: بار زنده

۵۵	..... مقدمه	۴-۱-۱
۵۵	..... تعاریف	۴-۲-۲
۵۵	..... بار زنده بام	۴-۲-۱
۵۵	..... فضابند	۴-۲-۲
۵۵	..... سیستم حفاظ پارکینگ	۴-۲-۳
۵۶	..... سیستم دستگیره	۴-۲-۴
۵۶	..... سیستم نرده حفاظ	۴-۲-۵
۵۶	..... سیستم نرده	۴-۲-۶
۵۶	..... نردبان ثابت	۴-۲-۷
۵۶	..... بار زنده گسترده یکنواخت	۴-۳-۳
۵۶	..... ضوابط مربوط به دیوارهای تقسیم کننده	۴-۳-۱
۵۹	..... نحوه اعمال و انتقال بار دیوارهای تقسیم کننده سنگین	۴-۳-۲
۶۱	..... نامناسب‌ترین وضع بارگذاری	۴-۳-۳
۶۴	..... بار زنده متمرکز	۴-۴-۴
۶۴	..... بارهای وارده بر سیستم‌های نرده و نرده حفاظ	۴-۴-۱
۶۵	..... بارهای وارده به دست انداز	۴-۴-۲

- ۶۵-۴-۳- بارهای وارده به سیستم حفاظ پارکینگ.....
- ۶۵-۴-۴- بارهای وارده به نردبان ثابت.....
- ۶۷-۴-۵- بارهای ضربه‌ای.....
- ۶۷-۴-۵-۱- آویزهای کششی نگهدارنده کف‌ها و بالکن‌ها.....
- ۶۷-۴-۵-۲- سازه‌های نگهدارنده ماشین‌آلات.....
- ۶۷-۴-۵-۳- سازه‌های نگهدارنده آسانسورها.....
- ۶۷-۴-۶- بار زنده نامشخص.....
- ۶۸-۴-۷- کاهش بارهای زنده.....
- ۶۸-۴-۷-۱- کاهش بارهای زنده طبقات.....
- ۷۱-۴-۷-۲- کاهش بارهای زنده بام‌های تخت، شیب‌دار و قوسی.....
- ۷۳-۴-۸- جراثقال‌ها.....
- ۷۳-۴-۸-۱- بارهای جراثقال.....
- ۷۴-۴-۸-۱-۱- حداکثر بار چرخ جراثقال.....
- ۷۴-۴-۸-۱-۲- نیروی ضربه قائم.....
- ۷۴-۴-۸-۱-۳- بار جانبی.....
- ۷۴-۴-۸-۱-۴- نیروی طولی.....
- ۸۰-۴-۹- سؤالات چهار گزینه‌ای.....
- ۹۱-۴-۱۰- پاسخنامه تشریحی سؤالات چهارگزینه‌ای.....

فصل پنجم: بار برف

- ۱۰۷-۵-۱- مقدمه.....
- ۱۰۷-۵-۲- بار برف زمین.....
- ۱۰۸-۵-۳- بار برف بام (بار برف متوازن).....
- ۱۱۱-۵-۳-۱- ضریب اهمیت.....
- ۱۱۱-۵-۳-۲- ضریب برف‌گیری.....
- ۱۱۱-۵-۳-۱- انواع بام.....
- ۱۱۳-۵-۳-۲- گروه ناهمواری محیط.....
- ۱۱۴-۵-۳-۳- ضریب شرایط دمایی.....
- ۱۱۵-۵-۳-۴- ضریب شیب.....
- ۱۱۵-۵-۳-۴-۱- بام‌های مسطح.....
- ۱۱۵-۵-۳-۴-۲- بام‌های شیب‌دار.....

۱۱۷.....	۳-۴-۳-۵- بام‌های قوسی
۱۱۸.....	۴-۴-۳-۵- بام‌های کنگره‌ای و شیب‌دار دندان‌های
۱۱۹.....	۵-۴-۳-۵- طره لبه پایین بام‌های شیب‌دار
۱۲۴.....	۴-۵- بارگذاری جزئی برف
۱۲۵.....	۵-۵- بارگذاری نامتوازن برف
۱۲۵.....	۵-۵-۱- بار نامتوازن برف برای بام‌های با شیب دو و یا چندطرفه
۱۲۷.....	۵-۵-۲- بار نامتوازن برف برای بام‌های قوسی
۱۲۹.....	۵-۵-۳- بار متوازن برف برای بام‌های دندان‌دار، و تاوه چین‌دار
۱۲۹.....	۵-۵-۴- بار نامتوازن برف در بام‌های گنبدی شکل
۱۳۰.....	۶-۵- انباشتگی برف
۱۳۱.....	۵-۶-۱- بام پایین‌تر ساختمان
۱۳۵.....	۵-۶-۲- ساختمان‌های مجاور
۱۳۵.....	۵-۶-۲-۱- حالت پشت به باد
۱۳۶.....	۵-۶-۲-۲- حالت رو به باد
۱۳۸.....	۵-۶-۳- بالا آمدگی و دست انداز بام
۱۳۸.....	۷-۵- برف لغزنده
۱۳۹.....	۵-۷-۱- دو سازه چسبیده به هم
۱۳۹.....	۵-۷-۲- دو سازه جدا از هم
۱۴۰.....	۵-۸- سربار باران بر برف
۱۴۰.....	۵-۹- ناپایداری برکه‌ای
۱۴۰.....	۵-۱۰- بام‌های موجود
۱۴۱.....	۵-۱۱- سؤالات چهار گزینه‌ای
۱۴۷.....	۵-۱۲- پاسخنامه تشریحی سؤالات چهار گزینه‌ای

فصل ششم: بار باد

۱۵۷.....	۶-۱- مقدمه
۱۵۸.....	۶-۲- کلیات
۱۵۸.....	۶-۳- سرعت مبنای باد (V)
۱۵۸.....	۶-۴- فشار مبنای باد (q)
۱۶۱.....	۶-۵- روش محاسبه بار باد
۱۶۱.....	۶-۶- فشار ناشی از باد بر ساختمان‌ها و سازه‌ها

- ۱۶۱-۶-۶-۱ فشار یا مکش خارجی (P).....
- ۱۶۲-۶-۶-۲ فشار یا مکش داخلی (P_i).....
- ۱۶۲-۷-۶-۱ ارتفاع مبنا (h).....
- ۱۶۲-۷-۶-۱ ارتفاع مبنا برای محاسبه فشار خارجی.....
- ۱۶۳-۷-۶-۲ ارتفاع مبنا برای محاسبه فشار داخلی.....
- ۱۶۳-۸-۶-۱ ضریب بادگیری (C_e).....
- ۱۶۶-۹-۶-۱ ضرایب اثر جهشی باد (C_{gi} و C_g).....
- ۱۶۷-۹-۶-۱ ضریب اثر جهشی باد خارجی (C_g).....
- ۱۶۷-۹-۶-۲ ضریب اثر جهشی باد داخلی (C_{gi}).....
- ۱۶۸-۱۰-۶-۱ ضرایب فشار خارجی (C_p^* و C_p).....
- ۱۶۸-۱۰-۶-۱ ضریب فشار خارجی، C_p ، برای ساختمان‌های کوتاه مرتبه.....
- ۱۶۸-۱۰-۶-۱ مقدار $C_p C_{gi}$ برای سیستم مقاوم اصلی.....
- ۱۷۲-۱۰-۶-۲ مقدار $C_p C_{gi}$ برای وجوه منفرد و اعضای فرعی.....
- ۱۷۴-۱۰-۶-۲ ضریب فشار خارجی، C_p ، برای ساختمان‌های بلندمرتبه (با پلان مستطیلی).....
- ۱۷۷-۱۱-۶-۱ ضریب فشار داخلی (C_{pi}).....
- ۱۷۹-۱۲-۶-۱ بارگذاری جزئی.....
- ۱۸۰-۱۳-۶-۱ اثرات ریزش گردبادی.....
- ۱۸۱-۱۴-۶-۱ سؤالات چهار گزینه‌ای.....
- ۱۸۲-۱۵-۶-۱ پاسخنامه تشریحی سؤالات چهارگزینه‌ای.....

فصل هفتم: بارهای ناشی از زلزله

- ۱۸۵-۱-۷-۱ کلیات.....
- ۱۸۵-۱-۷-۱ تعریف.....
- ۱۸۵-۱-۷-۲ ضوابط کلی طراحی و اجرا.....
- ۱۸۶-۱-۷-۳ ملاحظات ژئوتکنیکی.....
- ۱۸۷-۱-۷-۴ ملاحظات معماری.....
- ۱۸۹-۱-۷-۵ ملاحظات پیکربندی سازه‌ای.....
- ۱۹۰-۱-۷-۶ گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب اهمیت.....
- ۱۹۲-۱-۷-۷ گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب شکل.....
- ۱۹۷-۱-۷-۸ گروه بندی ساختمان‌ها بر حسب سیستم سازه‌ای.....

۲۰۰	..... مرکز جرم	۹-۱-۷
۲۰۱	..... مرکز سختی	۱۰-۱-۷
۲۰۱	..... سختی عناصر مقاوم جانبی	۱۱-۱-۷
۲۰۶	..... محاسبه ساختمان‌ها در برابر نیروی زلزله	۲-۷
۲۰۶	..... ملاحظات کلی	۱-۲-۷
۲۰۷	..... محاسبه نیروی جانبی ناشی از زلزله	۲-۲-۷
۲۰۸	..... میزان مشارکت بار زنده در تعیین نیروی جانبی زلزله	۳-۲-۷
۲۰۸	..... روش تحلیل استاتیکی معادل	۴-۲-۷
۲۱۷	..... توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان	۵-۲-۷
۲۲۴	..... لنگر پیچشی ناشی از زلزله	۶-۲-۷
۲۲۶	..... توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان	۷-۲-۷
۲۲۹	..... نیروی قائم ناشی از زلزله	۸-۲-۷
۲۳۰	..... نیروی جانبی زلزله موثر بر دیافراگم	۹-۲-۷
۲۳۳	..... نیروی جانبی زلزله وارد بر اجزای ساختمان و قطعات الحاقی	۱۰-۲-۷
۲۳۳	..... سازه‌های غیرساختمانی	۱۱-۲-۷
۲۳۴	..... ضوابط طراحی سازه‌ها برای زلزله	۳-۷
۲۳۴	..... محدودیت انتخاب نوع سیستم سازه برابر جانبی (ضریب رفتار R)	۱-۳-۷
۲۳۵	..... محدودیت تغییر مکان جانبی نسبی طبقات	۲-۳-۷
۲۳۶	..... اثر $P-\Delta$	۳-۳-۷
۲۳۷	..... افزایش بار طراحی در ستون‌های خاص	۴-۳-۷
۲۳۷	..... کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره برداری	۵-۳-۷
۲۳۸	..... روش‌های تحلیل دینامیکی	۴-۷
۲۳۸	..... حرکت زمین	۱-۴-۷
۲۴۰	..... روش تحلیل دینامیکی طیفی یا روش تحلیل مدها	۲-۴-۷
۲۴۲	..... زمان تناوب اصلی نوسان سازه‌های غیرساختمانی	۵-۷
۲۴۲	..... جرم متمرکز واقع در انتهای طره لاغر	۱-۵-۷
۲۴۳	..... منشور (با جرم و مقطع یکنواخت در ارتفاع)	۲-۵-۷
۲۴۳	..... مخروط ناقص	۳-۵-۷
۲۴۳	..... دودکش فولادی	۴-۵-۷

- ۶-۷- سوالات چهار گزینه‌ای ۲۴۵
- ۷-۷- پاسخنامه تشریحی سوالات چهارگزینه‌ای ۲۷۸

فصل هشتم: سایر بارها

- ۱-۸- بارهای خاک و فشار هیدرواستاتیکی ۳۲۳
- ۱-۱-۸- سربارهای مجاور ۳۲۳
- ۲-۸- بار سیل ۳۲۵
- ۱-۲-۸- تعاریف ۳۲۵
- ۲-۲-۸- الزامات و بارهای طراحی ۳۲۵
- ۳-۸- بار یخ، یخ‌زدگی جوی ۳۲۶
- ۱-۳-۸- ضخامت طراحی یخ ناشی از یخ‌زدگی باران ۳۲۷
- ۲-۳-۸- ضریب ارتفاع ۳۲۷
- ۳-۳-۸- ضخامت اسمی یخ ۳۲۷
- ۴-۳-۸- اثر باد بر سازه‌ها و اجزای پوشیده از یخ ۳۲۸
- ۵-۳-۸- بارگذاری جزیی ۳۲۸
- ۴-۸- بار انفجار ۳۲۸
- ۱-۴-۸- بار بر پوسته ساختمان ۳۲۸
- ۲-۴-۸- ظرفیت باقی‌مانده ۳۲۸

- معرفی سازه ۹۰، محصولی از شرکت نرم‌افزاری سازه ۳۲۹
- معرفی مهندسین مشاور سازیران ۳۳۳

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، حداقل بارهایی را تعیین می‌نماید که می‌بایست در طراحی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در مورد ساختمان‌های خاص مانند سدها، اسکله‌ها، سازه‌های دریایی و نیروگاه‌های هسته‌ای علاوه بر ضوابط این مبحث، باید ضوابط ویژه بارگذاری آئین‌نامه مربوط به هر یک از آنها نیز رعایت شود. بارهایی که در طراحی ساختمان به کار می‌روند را می‌توان به دو دسته کلی بارهای ثقلی (فائتم) و بارهای جانبی تقسیم نمود. بارهای مرده، زنده و برف در زمره بارهای ثقلی و بارهای ناشی از باد، زلزله و فشار جانبی آب و یا خاک در زمره بارهای جانبی هستند. البته اگر بار آب یا خاک به صورت عمودی به سازه وارد شود، جزو بارهای ثقلی محسوب خواهد شد. نوعی دیگر از دسته‌بندی بارها، تقسیم کردن آنها به سه دسته بارهای زنده و مرده و بارهای محیطی است. در این دسته‌بندی بارهای محیطی شامل بارهای باد، زلزله، برف، فشار آب و خاک، تغییرات دما و نظایر آنها می‌باشد. بارهای دیگری مانند بار باران، بار ناشی از سیل، بار یخ و بار انفجار که در ویرایش جدید مبحث ششم مورد بحث قرار گرفته‌اند در زمره بارهای محیطی محسوب می‌شوند. صرف‌نظر از نحوه دسته‌بندی بارها، دقت در مفهوم بارها و اعمال آنها به ساختمان بسیار مهم است. بارگذاری در زنجیره طراحی ساختمان، که شامل مراحل بارگذاری، تحلیل سازه و طراحی اجزای سازه است، اولین مرحله می‌باشد.

۱-۲- تعاریف

۱-۲-۱- بار

نیروها یا سایر عوامل ناشی از وزن کل مصالح سازه، ساکنان آن و سایر لوازم داخلی بوده، یا ناشی از اثرات محیطی، تغییرات حرکتی، و تغییر ابعاد مقید می‌باشد. بارها به دو دسته بارهای ثابت و بارهای متغیر دسته‌بندی می‌شوند. بارهای ثابت، بارهایی هستند که تغییرات آنها در طول زمان به ندرت اتفاق می‌افتد. سایر بارها، بار متغیر به شمار می‌آید.

۱-۲-۲- بار اسمی

بزرگی بارهای تعریف شده از قبیل بار مرده، زنده، خاک، باد، برف، یخ، باران، سیل، زلزله و انفجار بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و بدون اعمال ضریب بار می‌باشد.

۱-۲-۳- ضریب بار

ضریبی است که برای در نظر گرفتن بار واقعی نسبت به بار اسمی استفاده می‌شود. این ضریب با توجه به عدم قطعیت‌های مراحل تحلیل و با توجه به احتمال رخداد همزمان بیش از یک بار حدی، تعیین شده است.

۱-۲-۴- بار ضریب‌دار

به حاصل ضرب بار اسمی در ضریب بار اطلاق می‌گردد.

۱-۲-۵- مقاومت

به حداکثر نیروی قابل تحمل یک عضو، تحت اثر بارهای وارده گفته می‌شود.

۱-۲-۶- مقاومت اسمی

به ظرفیت سازه و اعضای سازه‌ای که اثرات بارگذاری را تحمل می‌نمایند، اطلاق می‌گردد که بر اساس مقاومت مصالح و ابعاد و روابط استخراج شده از قانون‌های پذیرفته شده مکانیسم‌های سازه‌ای مشخص می‌شود و یا بر اساس آزمایش‌های میدانی یا آزمایشگاهی بر روی مدل‌های مقیاس شده حاصل می‌گردند.

۱-۲-۷- ضریب مقاومت

ضریبی است که اختلاف مقاومت واقعی مصالح را از مقاومت اسمی و نیز نحوه و تبعات شکست را در نظر می‌گیرد. همچنین این ضریب به عنوان ضریب کاهش مقاومت نیز نامیده می‌شود.

۱-۲-۸- مقاومت طراحی

به حاصل ضرب مقاومت اسمی در ضریب (کاهش) مقاومت اطلاق می‌گردد.

۱-۲-۹- حالت‌های حدی

حالت‌های حدی به شرایطی اطلاق می‌شوند که اگر تمام یا بخشی از سازه به هر یک از آن حالت‌ها برسند، قادر به انجام وظایف خود نبوده و از حیز انتفاع خارج می‌شوند. تعیین پیکربندی، ابعاد و مشخصات اجزای سازه بر اساس دو حالت حدی به شرح زیر صورت می‌گیرد:

الف- حالت حدی مقاومت: این حالت‌ها که به حالات حدی نهایی نیز موسوم می‌باشند حالاتی نظیر مقاومت (تسلیم، گسیختگی، کمانش، تبدیل شدن سازه به مکانیسم)، ناپایداری در مقابل واژگونی، تغییر مکان‌های جانبی

بزرگ (به حدی که شکل هندسی و رفتار سازه تغییر کند)، گسیختگی به علت خستگی، شکست ترد و ... هستند که پس از رسیدن سازه به آن‌ها، به طور کلی سازه غیر قابل استفاده خواهد شد.

ب- **حالات حدی بهره‌برداری:** این حالت‌ها، حالاتی نظیر تغییر شکل و خیز اعضا، ارتعاش، خسارات قابل تعمیر به علت خستگی، خوردگی، دوام و ... هستند که باعث غیرقابل استفاده شدن سازه در حالت کلی نشده و با انجام تعمیراتی در آن‌ها مجدداً قابل بهره‌برداری خواهند بود.

۱-۲-۱- بناها و تاسیسات ضروری

به ساختمان‌ها و یا سازه‌هایی اطلاق می‌گردد که باید در شرایط وقوع حوادث شدید و بحرانی بارهای محیطی مانند سیل، باد، برف و زلزله قابلیت بهره‌برداری و استفاده بی‌وقفه را داشته باشند، مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز و تاسیسات آبرسانی، نیروگاه‌ها و تاسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تاسیسات انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و به طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آن‌ها در امداد و نجات موثر باشند.

۱-۲-۱-۱- تغییر مکان نسبی طبقه

تغییر مکان جانبی یک کف نسبت به کف زیرین آن، برابر با تغییر مکان نسبی طبقه می‌باشد.

۱-۲-۱-۲- سیستم باربر جانبی

قسمتی از کل سازه است که برای تحمل بارهای جانبی به کار گرفته می‌شود.

۱-۲-۱-۳- گروه خطرپذیری

می‌توان ششم مقررات ملی، ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها را بر حسب کاربری آن‌ها در چهار گروه خطرپذیری ۱، ۲، ۳ و ۴ جهت محاسبه بار باد، برف، یخ و زلزله دسته‌بندی نموده است. این گروه‌بندی در جدول ۱-۶ ارائه شده است.

نکته ۱-۱: به هر ساختمان یا سیستم سازه‌ای، می‌بایست بالاترین گروه خطرپذیری ممکن اختصاص یابد.

۱-۲-۱-۴- ضریب اهمیت

این ضریب برای در نظر گرفتن گروه خطرپذیری ساختمان جهت محاسبه بار باد، برف، یخ و زلزله مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، حداقل نیروهای طراحی برای سازه‌ها باید بر اساس ضریب اهمیت (مطابق جدول ۱-۲) تعیین گردد.

نکته ۱-۲: اختصاص گروه‌های خطرپذیری مختلف (و ضریب اهمیت مختلف) به یک ساختمان یا سیستم سازه‌ای برای انواع مختلف شرایط بارگذاری (برای نمونه؛ باد یا زلزله) امکان‌پذیر می‌باشد.

جدول ۱-۱- گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها

گروه خطر پذیری	نوع کاربری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها
۱	<p>ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که به عنوان تاسیسات ضروری طراحی می‌گردند و وقفه در بهره‌برداری از آن‌ها به طور غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز و تاسیسات آبرسانی، نیروگاه‌ها و تاسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تاسیسات انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و به طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آن‌ها در امداد و نجات موثر است.</p> <p>ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تاسیسات صنعتی که خرابی آن‌ها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر برای محیط زیست در کوتاه مدت یا دراز مدت خواهد گردید. هر گونه ساختمان یا تاسیساتی که سازنده، پردازنده، فروشنده یا ترتیب‌دهنده مقادیری از مواد شیمیایی یا زباله‌های بسیار خطرناک با توجه به ضوابط قانونی موجود باشند که انتشار این مواد منجر به خطری برای عموم شود، مشمول این گروه خطرپذیری می‌باشند.</p> <p>سایر ساختمان‌ها و سیستم‌های سازه‌ای که برای حفظ عملکرد ساختمان‌های گروه خطرپذیری ۱ مورد نیاز باشند.</p>
۲	<p>ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که خرابی آن‌ها منجر به تلفات جانی قابل توجه شود مانند مدارس، مساجد، استادیوم‌ها، سینما و تئاترها، سالن‌های اجتماعات، فروشگاه‌های بزرگ، ترمینال‌های مسافری، یا هر فضای سرپوشیده‌ای که محل تجمع بیش از 300 نفر زیر یک سقف باشد.</p> <p>ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لکن خرابی آن‌ها خسارت اقتصادی قابل توجهی داشته یا باعث از دست رفتن ثروت ملی می‌گردد مانند موزه‌ها، کتابخانه‌ها و به طور کلی مراکزی که در آن‌ها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش نگهداری می‌شود.</p> <p>ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تاسیسات صنعتی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لیکن خرابی آن‌ها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش‌سوزی وسیع می‌شود مانند پالایشگاه‌ها، مراکز گازرسانی، انبارهای سوخت و یا هر گونه ساختمان یا تاسیساتی که سازنده، پردازنده، فروشنده یا ترتیب‌دهنده مقادیری از موادی مانند سوخت‌های خطرناک، مواد شیمیایی خطرناک، زباله‌های خطرناک و یا مواد منفجره باشند که با توجه به ضوابط قانونی موجود، انتشار گسترده این مواد سمی و مضر منجر به خطری برای عموم نمی‌شود.*</p>
۳	<p>کلیه ساختمان‌ها و سازه‌های مشمول این مبحث که جزو ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه خطرپذیری دیگر نباشند مانند ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های طبقاتی، انبارها، کارگاه‌ها، ساختمان‌های صنعتی و غیره.</p>
۴	<p>ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که خرابی آن‌ها منجر به تلفات جانی و خسارات مالی نسبتاً کم خواهد شد مانند انبارهای کشاورزی و سالن‌های مرغداری.</p> <p>ساختمان‌ها و سایر سازه‌های موقتی که مدت بهره‌برداری از آن‌ها کمتر از دو سال است.</p>

x ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که محل نگهداری مواد شیمیایی و سمی و خطرناک و بسیار خطرناک یا مواد منفجره می‌باشند، در صورتی می‌توانند در گروه خطرپذیری ۳ دسته‌بندی گردند که بتوانند با ارائه ارزیابی خطر انجام شده، به عنوان بخشی از برنامه جامع مدیریت خطرپذیری، به مرجع رسمی ساختمان نشان دهند که انتشار این مواد به اندازه و درجه‌ای نخواهد بود که منجر به ایجاد خطر برای عموم شود.

جدول ۱-۲- مقادیر ضریب اهمیت

گروه خطرپذیری	ضریب اهمیت بار زلزله (I_e)	ضریب اهمیت بار بار (I_w)	ضریب اهمیت بار یخ (I_i)	ضریب اهمیت بار برف (I_s)
۱	1.4	1.25	1.25	1.2
۲	1.2	1.15	1.25	1.1
۳	1	1	1	1
۴	0.8	0.8	0.8	0.8

۱-۳- الزامات مبنا

۱-۳-۱ - سختی و مقاومت

در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، سه نوع روش طراحی به شرح زیر مورد پذیرش قرار گرفته است:

۱-۳-۱-۱ - روش حالت‌های حدی نهایی (مقاومت)

بر اساس این روش، طراحی اعضای مختلف سازه چنان صورت می‌گیرد که مقاومت نهایی طرح یا حداکثر ظرفیت باربری در هر مقطع، بزرگتر یا مساوی با تلاش‌های موجود در آن مقطع تحت اثر ترکیب بارهای ضریب‌دار وارد به سازه باشد.

۱-۳-۱-۲ - روش تنش مجاز

در روش تنش مجاز، تنش وارد بر اعضاء تحت اثر ترکیب بار تعریف شده، باید از تنش مجاز، با در نظر گرفتن ضریب اطمینان مورد نظر، کمتر باشد.

۱-۳-۱-۳ - روش‌های عملکردی

بر اساس مبحث ششم مقررات ملی، استفاده از این روش مستلزم تصویب مرجع ذیصلاح می‌باشد. در این روش باید به وسیله تحلیل و یا ترکیبی از تحلیل و آزمایش اثبات شود که اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای و اتصالات آن‌ها از حداقل ضریب اطمینان به کارگرفته شده در روش حالات حدی در برابر تأثیر بارهای مرده، زنده، محیطی و سایر بارهای مورد انتظار برخوردارند. همچنین به طور مشابه می‌بایست ملاحظات مربوط به عدم قطعیت‌های بارگذاری و مقاومت مورد نظر قرار گیرند.

الف- تحلیل: تحلیل باید با در نظر گرفتن منابع مهم تغییر شکل و مقاومت اعضاء و بر اساس روش‌های منطقی مبتنی بر قوانین مکانیک مهندسی انجام شود. همچنین مشخصات اعضا و اتصالات سازه‌ای از قبیل سختی، مقاومت و میرایی که در تحلیل سازه در نظر گرفته می‌شوند، می‌بایست بر اساس اطلاعات معتبر و قابل قبول آزمایشگاهی یا مراجع استاندارد لحاظ گردند.

ب- **آزمایش:** مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بیان می‌دارد که آزمایش مورد استفاده برای اثبات ظرفیت عملکردی اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای و اتصالات آن‌ها باید به یکی از روش‌های زیر صورت گیرد:

۱- در صورتی که یک استاندارد صنعتی یا نتایج تجربه آزمایشگاهی قابل قبول بر روی اعضای سازه‌ای مشابه وجود داشته باشد، برنامه آزمایش و محاسبات مربوط به مقادیر طراحی بایستی مطابق با آن استاندارد یا کار آزمایشگاهی انجام شود.

۲- در صورت عدم وجود استاندارد یا تجربه قبلی آزمایشگاهی، نمونه می‌بایستی در مقیاسی مشابه با کاربرد واقعی ساخته شود مگر این‌که به نحوی نشان داده شود که اثرات مقیاس کردن بر روی عملکرد مورد نظر تأثیر چندانی ندارد.

پ- **ارزیابی نتایج آزمایش:** ارزیابی نتایج آزمایش باید بر اساس نتایج به دست آمده از حداقل سه آزمایش انجام شود و انحراف نتایج به دست آمده از هر آزمایش بیش از ۱۵ درصد نسبت به مقدار میانگین نتایج آزمایش‌ها نباشد. در صورتی که انحراف بیش از ۱۵ درصد نسبت به میانگین در نتایج هر یک از آزمایش‌ها مشاهده شود، لازم است آزمایش‌های اضافی انجام شود تا زمانی که انحراف از نتایج هیچ‌یک از آزمایش‌ها بیش از ۱۵ درصد نگردد یا اینکه حداقل ۶ آزمایش انجام شده باشد.

ت- **تهیه مدارک:** روش‌های مورد استفاده برای این بند و نتایج حاصل از تحلیل و آزمایش‌ها باید طی یک یا چند گزارش آماده شده و به یک مرجع ذیصلاح ارسال گردد تا با استفاده از یک گروه دآوری مستقل به بررسی و تصویب آن اقدام شود.

۱-۳-۲- قابلیت بهره‌برداری

علاوه بر محدودیت‌های مربوط به مقاومت و سختی اعضا، ساختمان‌ها باید محدودیت‌های حالت بهره‌برداری را نیز ارضا نمایند. قابلیت بهره‌برداری معرف رفتار ساختمان تحت بارهای وارد بر آن است و شامل مواردی مانند تغییر شکل‌های جانبی و قائم، لرزش سقف و ... می‌باشد. محدودیت‌های مربوط به بهره‌برداری منعکس‌کننده سطح کیفیت ساختمان یا عضوی از آن بوده و به همین دلیل نزدیک شدن به آن حالت حدی، ضرورتاً خطرناک نخواهد بود.

۱-۳-۳- نیروهای خود کرنشی

در اعضای سازه‌های نامعین و مقید که متحمل اثرات خود کرنشی ناشی از عوامل محیطی می‌شوند، تغییر شکل‌ها و نیروهایی به وجود می‌آید. به عنوان مثال می‌توان نشست نامتقارن پی در قاب‌های خمشی و همچنین برش ایجاد شده در دیوار باربر ناشی از جمع‌شدگی دال متکی بر آن را نام برد. اثرهای ناشی از این گونه عوامل به تنهایی یا در ترکیب با بارهای خارجی، می‌تواند باعث مشکلاتی در بهره‌برداری سازه شود. لذا ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها باید چنان طراحی شوند که بتوانند از عهده تحمل این اثرات برآیند.

۱-۳-۴- تحلیل

اثر بارگذاری‌های مختلف بر روی اعضای ساختمان و اتصالات آن باید با استفاده از روش‌های تحلیلی که شرایط تعادل، پایداری، همسازی هندسی و خواص کوتاه مدت و درازمدت ماده را در نظر می‌گیرند، تعیین شود. در تحلیل اعضای که امکان تجمیع تغییر شکل در آن‌ها وجود دارد، باید اثر نقص اولیه احتمالی در نظر گرفته شود.

۱-۳-۵- انسجام کلی سازه

طراحی ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها باید به گونه‌ای باشد که خرابی اولیه موضعی، باعث ناپایداری کلی آن‌ها نشود و در حد امکان به سایر قسمت‌های سازه گسترش نیابد. برای دستیابی به این هدف می‌بایست سیستم سازه‌ای را به گونه‌ای انتخاب نمود که بارها بتوانند از عضو آسیب دیده به سایر اعضا منتقل شوند و پایداری سازه در هر حالت حفظ گردد. این معیار از راه‌های مختلف، بسته به نوع سیستم سازه‌ای، تامین می‌شود که از آن جمله می‌توان به ازدیاد پیوستگی، نامعینی و شکل‌پذیری یا ترکیبی از آن‌ها در اعضای سازه‌ای را می‌توان نام برد.

۱-۴- سوالات چهار گزینه‌ای

۱- کدامیک از موارد زیر مربوط به حالت حدی بهره‌برداری در طراحی سیستم‌های سازه‌ای می‌شود؟

- (۱) لرزش سقف (۲) تغییر شکل (۳) ارتعاش (۴) هر سه مورد

۲- کدامیک از گزینه‌های زیر به بیان حالت حدی بهره‌برداری در سازه‌های بتن آرمه مربوط نمی‌شود؟

- (۱) کنترل تغییر شکل بیش از حد سازه (۲) کنترل عرض حداکثر ترک
(۳) کنترل لرزش بیش از حد سازه (۴) کنترل تبدیل شدن سازه یا قسمتی از آن به مکانیزم

۳- اثرات عواملی از قبیل نشست نامتقارن پی و تغییرات ابعادی اعضای مقید شده را می‌گویند.

- (۱) طاقت (۲) خستگی (۳) خود کرنشی (۴) اثرات پسماند

۴- ضریب اهمیت برای کدامیک از شرایط بارگذاری لحاظ نمی‌گردد؟

- (۱) بار برف (۲) بار باران (۳) بار باد (۴) بار یخ

۵- ساختمان‌های اداری در کدامیک از گروه‌های خطرپذیری قرار می‌گیرند؟

- (۱) گروه ۱ (۲) گروه ۲ (۳) گروه ۳ (۴) گروه ۴

۶- گروه خطرپذیری ساختمان‌ها (و سایر سازه‌ها) بر اساس اعمال کدام دسته از بارها تعریف می‌گردد؟

- (۱) زلزله، باران، برف، سیل (۲) باد، برف، زلزله، یخ
(۳) برف، باد، زلزله، خود کرنشی (۴) باران، باد، یخ، زلزله

۷- گروه خطرپذیری ۱، کدام دسته از ساختمان‌ها و اماکن را شامل می‌شود؟

- (۱) هتل‌ها، پارکینگ‌های طبقاتی، ساختمان‌های صنعتی
(۲) مدارس، مساجد، ترمینال‌های مسافری
(۳) تاسیسات آبرسانی، نیروگاه‌ها، مراکز مخابرات
(۴) تمامی موارد فوق

۸- ضریب اهمیت بار باد برای ساختمان‌های صنعتی کدام است؟

- (۱) $I_w = 1$ (۲) $I_w = 0.8$ (۳) $I_w = 1.2$ (۴) $I_w = 1.18$

۹- ضریب اهمیت بار برف، I_s ، برای ساختمان‌های مسکونی برابر است با:

- (۱) 1.2 (۲) 0.8 (۳) 1 (۴) 1.5

۱۰- حداقل و حداکثر مقادیر ضریب اهمیت بار زلزله بر اساس ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان به

ترتیب عبارت است از:

(۱) 0.8 و 1.2 (۲) 0.8 و 1.4 (۳) 0.8 و 1.6 (۴) 0.8 و 1.25

۱۱- ضریب اهمیت بار برف برای مساجد و برای بیمارستان‌ها می‌باشد.

(۱) 1.25 و 1.15 (۲) 1.2 و 1.4 (۳) 1.25 و 1.25 (۴) 1.1 و 1.2

۱۲- اختصاص گروه‌های خطرپذیری مختلف به یک سیستم سازه‌ای در شرایط مختلف بارگذاری:

(۱) به هیچ عنوان مجاز نمی‌باشد.

(۲) مجاز است.

(۳) صرفاً برای بار برف و زلزله مجاز است.

(۴) صرفاً برای بار برف و باد مجاز است.

۱۳- در طراحی سازه‌ها به روش عملکردی، ارزیابی نتایج آزمایش بر اساس نتایج به دست آمده از حداقل

..... آزمایش انجام می‌گیرد.

(۱) دو (۲) سه (۳) چهار (۴) شش

۱۴- حداکثر میزان مجاز انحراف هر کدام از نتایج آزمایش‌ها (در طراحی به روش عملکردی) نسبت به

میانگین نتایج تمام آزمایش‌ها چند درصد باید باشد؟

(۱) 5 (۲) 10 (۳) 15 (۴) 20

۱۵- کدام یک از روش‌های طراحی، در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان مورد پذیرش قرار گرفته است؟

(۱) تنش مجاز (۲) حالات حدی

(۳) روش‌های عملکردی (۴) هر سه مورد

۱۶- ضریب اهمیت بار برف برای مساجد و برای درمانگاه‌ها می‌باشد.

(مسابقات - فرداد ۹۳)

(۱) 1.25 و 1.5 (۲) 1.2 و 1.4 (۳) 1.25 و 1.25 (۴) 1.1 و 1.2

۱-۵- پاسخنامه تشریحی سؤالات چهارگزینه‌ای

۱- گزینه (۴)

مطابق توضیحات بند ۱-۲-۹، فهرست کلی مشخصات حالت‌های حدی در جدول زیر ارائه شده است:

حالت‌های حدی بهره‌برداری	حالت‌های حدی نهایی
۱- تغییر شکل	۱- مقاومت (تسلیم، کمانش، تبدیل شدن کل سازه یا قسمتی از آن به مکانیزم)
۲- ترک خوردگی	۲- پایداری در مقابل واژگونی
۳- ارتعاش	۳- پایداری در مقابل انتقال جانبی
۴- عیوب قابل تعمیر ناشی از خستگی	۴- شکست ناشی از خستگی
۵- خوردگی	۵- شکست ترد

۲- گزینه (۴)

توضیحات بند ۱-۲-۹ و همچنین پاسخ سؤال ۱ را مطالعه نمایید.

۳- گزینه (۳)

توضیحات بند ۱-۳-۳ را مطالعه نمایید.

۴- گزینه (۲)

همان‌گونه که در بند ۱-۲-۱۴ نیز بیان گردید ضریب اهمیت برای لحاظ نمودن گروه خطرپذیری ساختمان جهت محاسبه در برابر بار باد، برف، یخ و زلزله مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵- گزینه (۳)

جدول ۱-۱ را ببینید.

۶- گزینه (۲)

توضیحات بند ۱-۲-۱۴ را مطالعه نمایید.

۷- گزینه (۳)

به جدول ۱-۱ مراجعه نمایید.

۸- گزینه (۱)

مطابق جدول ۱-۱، ساختمان‌های صنعتی در گروه خطرپذیری ۳ قرار می‌گیرند. لذا بر اساس جدول ۱-۲ مشاهده می‌شود که ضریب اهمیت بار باد برای ساختمان‌های با گروه خطرپذیری ۳، $I_w = 1$ می‌باشد.

فصل دوم

ترکیب بارها

۱-۲- مقدمه

برای طراحی ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها، لازم است تأثیر همزمانی بارها در طراحی مورد توجه قرار گرفته و بر اساس روش طراحی مربوط به هر مصالح، در نظر گرفته شود. احتمال تأثیر همزمان تمام بارها به سازه ضعیف است و آئین‌نامه‌ها بارها را در گروه‌های مختلف به طور همزمان در نظر می‌گیرند و در هر گروه مقدار ضریب بار مشخصی، ممکن است متفاوت با ضریب آن بار در گروه دیگر باشد.

نکته ۱-۲: مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بیان می‌دارد که:

۱- در مواردی که ضریب ایمنی جزئی و یا تنش‌های مجاز محاسباتی در ترکیب بارهای مقررات ملی ساختمان و دیگر آیین‌نامه‌های رسمی کشور وجود نداشته باشد، آن‌ها را می‌توان از سایر آیین‌نامه‌های معتبر دنیا مشخص نمود.

۲- ترکیب بارها و ضرایب بار ارائه شده در این بخش باید تنها در حالتی استفاده شود که سایر مباحث مقررات ملی ساختمان و یا آیین‌نامه‌های طراحی اجازه استفاده از آن را داده باشند.

۲-۲- علایم اختصاری

علایم اختصاری به کار رفته در روابط ترکیب بارها به شرح جدول ۱-۲ می‌باشد.

۲-۳- ترکیب بارها در روش حالت‌های حدی نهایی

طراحی اعضای سازه‌ای به روش حالت‌های حدی (ضریب بار و مقاومت یا *LRFD*) بر مبنای رابطه (۱-۲) انجام می‌گیرد:

$$R_u \leq \phi R_n$$

(۱-۲)

جدول ۲-۱- علائم اختصاری بارها

علائم	شرح	علائم	شرح
A_k	بار یا اثر ناشی از حادثه غیر عادی	L_0	حداقل بار زنده گسترده یکنواخت
D	بار مرده	L_r	بار زنده بام
D_i	وزن یخ	R	بار باران
E	بار زلزله طرح	S	بار برف
F	بار ناشی از سیال (با فشار و ارتفاع حداکثر مشخص)	T	بار خود کرنشی از قبیل اثرات تغییر دما، نشست پایه‌ها و وارفتگی
F_a	بار سیل		
H	بار ناشی از فشار جانبی خاک، فشار آب زیرزمینی و یا فشار مواد انباشته شده	W	بار باد
L	بار زنده طبقات به جز بام	W_i	بار باد وارد بر یخ

در رابطه فوق:

$$\phi = \text{ضریب کاهش مقاومت}$$

$$R_u = \text{مقاومت اسمی عضو}$$

$R_u = \text{مقاومت مورد نیاز عضو که تحت بارهای ضریب‌دار ایجاد می‌شود و در هر مورد به کمک رابطه (۲-۲) به}$

دست می‌آید:

$$R_u = \sum \gamma_i Q_i \quad (2-2)$$

در رابطه فوق:

$Q_i = \text{تلاش داخلی ایجاد شده در عضو ناشی از هر یک از انواع بارها}$

$\gamma_i = \text{ضریب بار مربوطه}$

عبارت $\sum \gamma_i Q_i$ همان ترکیب بار وارد بر عضو می‌باشد که در بند ۲-۳-۱ برای ساختمان‌های بتن‌آرمه (موضوع

مبحث نهم مقررات ملی ساختمان) و در بند ۲-۳-۲ برای انواع دیگر ساختمان‌ها از جمله ساختمان‌های فولادی

(موضوع مبحث دهم مقررات ملی ساختمان) ارائه شده است.

۲-۳-۱ - ترکیب بارهای حالت‌های حدی نهایی در ساختمان‌های بتن آرمه

در طراحی ساختمان‌های بتن آرمه، موضوع مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، از ترکیب بارهای این بند استفاده

می‌شود. سازه‌ها، اعضاء و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آنها، ϕR_n ، بزرگ‌تر و یا

برابر اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار مندرج در جدول ۲-۲ باشد.

جدول ۲-۲- ترکیب بارهای حالت حدی نهایی در ساختمان‌های بتن آرمه

شماره ترکیب بار	ترکیب بار
۱	$1.25D + 1.5L + 1.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
۲	$D + 1.2L + 1.2(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1.2(W \text{ یا } 0.7E)$
۳	$0.85D + 1.2(W \text{ یا } 0.7E)$
۴	$1.25D + 1.5L + 1.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + 1.5(H \text{ یا } 0.84F)$
۵	$0.85D + 1.5(H \text{ یا } 0.84F)$
۶	$D + 1.2L + 1.2(L_r \text{ یا } S) + T$
۷	$1.25D + 1.5T$

در استفاده از ترکیب بارهای مندرج در جدول ۲-۲، باید به موارد زیر توجه نمود:

۱- برای کاربری‌هایی که بار L_0 آن‌ها کمتر از 5 کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء بام، کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی، ضریب بار مربوط به L را می‌توان برابر 0.6 برای ترکیب بار شماره 2، و 0.75 برای ترکیب بار شماره 4 منظور نمود.

۲- در شرایطی که اثر بار زنده در هر یک از ترکیب بارها کاهش دهنده باشد، این اثر می‌بایست معادل صفر منظور گردد.

۳- در طراحی سازه‌های پیش‌تینیده اثر پیش‌تینیدگی باید مانند اثر بار مرده در ترکیب بارها وارد شود.

۴- بیشترین اثرات نامطلوب ناشی از بارهای باد و زلزله باید مورد ارزیابی قرار گیرد، ولی نیازی نیست که اثر آن‌ها به طور همزمان بر سازه منظور شود. در هر حال باید ضوابط شکل‌پذیری لرزه‌ای مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت گردد.

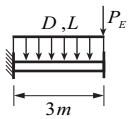
۵- اثرات یک یا چند بار که امکان وارد نشدن آن‌ها بر سازه وجود دارد، باید در ترکیب بارها بررسی گردد.

۶- اگر سازه در محل با احتمال وقوع سیل واقع شود، علاوه بر ترکیب‌های ارائه شده باید دو ترکیب بار اضافی با جایگزینی $1.2W + 2.0F_w$ به جای $1.2W$ در ترکیب‌های ۲ و ۳ نیز در نظر گرفته شود.

نکته ۲-۲: بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴؛ صفحه ۵۳؛ ۳-۱۲-۲) در صورتیکه طراحی سازه بر اساس مقاومت (حالت حدی نهایی) انجام شود، در ترکیب بارهای زلزله طرح با سایر بارها، بارهای جانبی و قائم زلزله باید با ضریب بار ۱ در نظر گرفته شوند. در حالتی که بر طبق آیین‌نامه‌های طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثر اضافه مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید در ضریب اضافه مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود و نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه مقاومت در مؤلفه قائم زلزله نمی‌باشد.

نکته ۲-۳: ضریب اضافه مقاومت با نماد Ω_0 نمایش داده می شود و مقدار آن بسته به نوع سیستم باربر جانبی ساختمان، از جدول ۳-۴ (استاندارد ۲۸۰۰؛ ویرایش ۴؛ صفحه ۳۴) تعیین می گردد.

مسئله ۲-۱- در تیر بتن آرمه کنسولی شکل زیر، نیروی $P_E = 7 \text{ ton}$ در انتهای آزاد تیر در هر یک از دو جهت مخالف (بالا به پائین و پائین به بالا) می تواند اثر کند. اگر مقادیر بار مرده و زنده به ترتیب $D = 3 \text{ ton/m}$ و $L = 1 \text{ ton/m}$ باشد، لنگر طراحی میلگردهای فوقانی و تحتانی در محل تکیه گاه بر حسب ton.m به ترتیب کدام یک از مقادیر زیر می باشند؟



(۱) 23.63 و 1.26

(۲) 29.12 و 6.17

(۳) 36.54 و 6.17

(۴) 23.63 و 6.17

حل:

گام اول- محاسبه لنگرهای تکیه گاهی (در A) ناشی از بارهای بدون ضریب

$$D = 3 \text{ ton/m} \Rightarrow M_D = 3 \times 3 \times 1.5 = 13.5 \text{ ton.m}$$

$$L = 1 \text{ ton/m} \Rightarrow M_L = 1 \times 3 \times 1.5 = 4.5 \text{ ton.m}$$

$$P_E = 7 \text{ ton} \Rightarrow M_E = 7 \times 3 = 21 \text{ ton.m}$$

گام دوم- مشخص نمودن ترکیبات بارگذاری مورد استفاده

با توجه به حضور همزمان بار مرده D ، بار زنده L و بار زلزله E ، می بایست از ترکیب بارهای شماره ۱، ۲ و ۳ از جدول ۲-۲ استفاده نمائیم. با توجه به اینکه بارهای L ، S ، R و W برابر صفر می باشند، ترکیب بارهای مورد استفاده عبارتند از:

$$1.25D + 1.5L$$

$$D + 1.2L + 1.2(0.7)E = D + 1.2L + 0.84E$$

$$0.85D + 1.2(0.7)E = 0.85D + 0.84E$$

گام سوم- محاسبه لنگر طراحی میلگردهای فوقانی

لنگر طراحی میلگردهای فوقانی با در نظر گرفتن اثر رو به پائین نیروی زلزله (با علامت مثبت در ترکیب بارها) محاسبه می شود. لذا اگر این لنگر را با M_1 نمایش دهیم:

$$M_1 = \max \begin{cases} 1.25M_D + 1.5M_L = 1.25 \times 13.5 + 1.5 \times 4.5 = 23.625 \text{ ton.m} \\ M_D + 1.2M_L + 0.84M_E = 13.5 + 1.2 \times 4.5 + 0.84 \times 21 = 36.54 \text{ ton.m} \\ 0.85M_D + 0.84M_E = 0.85 \times 13.5 + 0.84 \times 21 = 29.115 \text{ ton.m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow M_1 = 36.54 \text{ ton.m}$$

گام چهارم- محاسبه لنگر طراحی میلگردهای تحتانی

لنگر طراحی میلگردهای تحتانی با در نظر گرفتن اثر رو به بالای نیروی زلزله (با علامت منفی در ترکیب بارها)

محاسبه می‌گردد. این لنگر را با علامت M_2 نمایش می‌دهیم:

$$M_2 = \max \begin{cases} M_D + 1.2M_L - 0.84M_E = 13.5 + 1.2 \times 4.5 - 0.84 \times 21 = 1.26 \text{ ton.m} \\ 0.85M_D - 0.84M_E = 0.85 \times 13.5 - 0.84 \times 21 = -6.165 \text{ ton.m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow M_2 = 6.165 \text{ ton.m}$$

بنابراین گزینه (۳) جواب مساله می‌باشد.

۲-۳-۲- ترکیب بارهای حالت‌های حدی مقاومت در طراحی سایر ساختمان‌ها (از جمله ساختمان‌های فولادی)

در طراحی ساختمان‌های فولادی به روش ضریب بار و مقاومت، موضوع مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، و یا دیگر مصالح به جز بتن آرمه، از ترکیب بارهای این بند استفاده می‌شود. سازه‌ها و اعضای آن‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آن‌ها، ϕR_n ، بزرگ‌تر و یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار مندرج در جدول ۲-۳ باشد.

جدول ۲-۳- ترکیب بارهای حالت حدی نهایی در ساختمان‌های فولادی

شماره ترکیب بار	ترکیب بار
۱	1.4D
۲	1.2D + 1.6L + 0.5(L _r یا S یا R)
۳	1.2D + 1.6(L _r یا S یا R) + [L یا 0.5(1.4W)]
۴	1.2D + 1.4W + L + 0.5(L _r یا S یا W)
۵	1.2D + E + L + 0.2S
۶	0.9D + 1.4W
۷	0.9D + E
۸	1.2D + 0.5L + 0.5(L _r یا S) + 1.2T
۹	1.2D + 1.6L + 1.6(L _r یا S) + T

موارد زیر در ترکیب بارهای این بند باید در نظر گرفته شود:

الف- ضرایب بار مربوط به L در ترکیب بارهای ۳، ۴ و ۵ را برای کاربری‌هایی که به بار L_0 آن‌ها کمتر از 5 کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی را می‌توان برابر با 0.5 منظور نمود.

ب- در شرایطی که اثر بار زنده در هر یک از ترکیب بارها کاهش دهنده باشد، این اثر می‌بایست معادل صفر منظور گردد.

- پ- در طراحی سازه‌های پیش تنیده، اثر پیش تنیدگی باید مانند اثر بار مرده در ترکیب بارها وارد شود.
- ت- در هر حال باید ضوابط شکل‌پذیری لرزه‌ای رعایت گردد.
- ث- اثرات یک یا چند بار که امکان وارد نشدن آن‌ها بر سازه وجود دارد، باید در ترکیب بارها بررسی گردد.
- ج- در مواردی که بار سیال F بر سازه وارد می‌شود، اثر این بار باید با ضرایب باری همانند ضریب بار مرده D در ترکیب بارهای ۱ تا ۵ و ۷ منظور شوند.
- چ- در صورت وجود فشار جانبی خاک، فشار آب زیرزمینی و یا فشار مواد انباشته شده H ، اثر آن‌ها را باید به صورت زیر منظور نمود:
- ۱- اگر اثر این بار در جهت افزودن به اثرات دیگر متغیرهای اصلی بارگذاری باشد، اثر بار H باید با ضریب 1.6 در ترکیب بارها منظور شود.
- ۲- اگر اثر این بار در جهت کاهش اثرات دیگر متغیرهای اصلی بارگذاری باشد، در صورت وجود دائمی بار H ، اثر آن باید با ضریب 0.9 در ترکیب بارها منظور شود و در بقیه موارد باید از اثر بار H صرف‌نظر گردد.
- ح- اگر سازه در محل با احتمال وقوع سیل واقع شود، علاوه بر ترکیب‌های ارائه شده، باید دو ترکیب بار اضافی با جایگزینی $1.4W + 2.0F_a$ به جای $1.4W$ در ترکیب‌های ۴ و ۶ نیز در نظر گرفته شود.
- خ- در صورتی که سازه تحت اثر بار یخ جوی و بار باد وارده بر یخ قرار گیرد، ترکیب بارهای زیر در طراحی سازه باید منظور شود:
- ۱- عبارت $(R$ یا S یا L_r) 0.5 در ترکیب بار شماره ۲ باید با عبارت $0.2D_i + 0.5S$ جایگزین شود.
- ۲- عبارت $(R$ یا S یا L_r) $1.0(1.4W) + 0.5$ در ترکیب بار شماره ۴ باید با عبارت $D_i + 1.0(1.4W_i) + 0.5S$ جایگزین شود.
- ۳- عبارت $1.0(1.4W)$ در ترکیب بار شماره ۶ باید با عبارت $D_i + 1.0(1.4W_i)$ جایگزین شود.

نکته ۲-۴: بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴؛ صفحه ۵۳؛ ۳-۱۲-۲) در صورتیکه طراحی سازه بر اساس مقاومت (حالت حدی نهایی) انجام شود، در ترکیب بارهای زلزله طرح با سایر بارها، بارهای جانبی و قائم زلزله باید با ضریب بار 1 در نظر گرفته شوند.

در حالتی که بر طبق آئین‌نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثر اضافه مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید در ضریب اضافه مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود و نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه مقاومت در مؤلفه قائم زلزله نمی‌باشد.

۲-۴- ترکیب بارها در طراحی به روش تنش مجاز

در طراحی به روش تنش مجاز از بارگذاری در سطح بهره‌برداری (سرویس) استفاده می‌شود. به عبارت دیگر در تعیین ترکیبات بارگذاری، احتمال رخ دادن تمام بارها به صورت یکسان فرض می‌گردد. اساس طراحی به روش تنش مجاز بر رابطه (۲-۳) استوار می‌باشد:

$$\sum Q_i \leq \frac{R}{FS} \quad (2-3)$$

در رابطه فوق:

R = مقاومت اسمی عضو

FS = ضریب اطمینان

$\sum Q_i$ = ترکیب بار وارد بر عضو، که بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان به شرح مندرج در جدول ۲-۴ می‌باشد.

جدول ۲-۴- ترکیب بارها در طراحی به روش تنش مجاز

شماره ترکیب بار	ترکیب بار
۱	D
۲	$D+L$
۳	$D+(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
۴	$D+0.75L+0.75(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
۵	$D+[0.6(1.4W) \text{ یا } 0.7E]$
۶	$D+0.75L+0.75[0.6(1.4W)]+0.75(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
۷	$D+0.75L+0.75(0.7E)+0.75S$
۸	$0.6D+0.6(1.4W)$
۹	$0.6D+0.7E$
۱۰	$D+T$
۱۱	$D+0.75[L+(L_r \text{ یا } S)+T]$

موارد زیر باید در ترکیب بارهای جدول ۲-۴ رعایت گردد:

- الف- در طراحی سازه‌های پیش تنیده، اثر پیش تنیدگی باید مانند اثر بار مرده در ترکیب بارها وارد شود.
- ب- بیشترین اثرات نامطلوب ناشی از بارهای باد و زلزله باید مورد ارزیابی قرار گیرد، ولی نیازی نیست که اثر آنها به طور همزمان بر سازه منظور شود. در هر حال باید ضوابط شکل‌پذیری لرزه‌ای رعایت گردد.
- پ- افزایش تنش مجاز در ترکیب بارهای ارائه شده در این مبحث نباید انجام شود.