

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

پیش نویس نهائی آئین نامه طراحی

ساختمان ها در برابر زلزله

استاندارد ۹۲۵-۲۸۰۰

(ویرایش ۴)

پیش نویس نهائی

آذر ماه ۱۳۹۲

فهرست مطالب

پیشگفتار

اعضای کمیته دائمی بازنگری آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله
فهرست مطالب

۱

تعاریف

ج

علام

۱

فصل اول - کلیات

۱

۱-۱ هدف

۱

۱-۲ زلزله های مبنای طراحی

۲

۱-۳ حدود کاربرد

۲

۱-۴ ملاحظات معماري

۳

۱-۵ ملاحظات کلی سازه ای

۴

۱-۶ گروه بندی ساختمانها بر حسب اهمیت

۶

۱-۷ گروه بندی ساختمانها بر حسب نظم کالبدی

۸

۱-۸ گروه بندی ساختمانها بر حسب سیستم سازه ای

فصل دوم: حرکت زمین

۱۰

۱-۲ تعریف

۱۰

۲-۲ نسبت شتاب مبنای طرح، A

۱۱

۳-۲ اثر ساختگاه و تعیین ضریب بازتاب ساختمان، B

۱۵

۴-۲ طبقه بندی نوع زمین

۱۶

۵-۲ حرکت زمین در زلزله طرح

۱۶

۱-۵-۲ طیف طرح استاندارد

۱۷

۲-۵-۲ طیف طرح ویژه ساختگاه

۱۷

۳-۵-۲ تاریخچه زمانی شتاب، شتاب نگاشت

فصل سوم: محاسبه ساختمانها در برابر نیروی زلزله

۱۹	۱-۳ ملاحظات کلی
۲۰	۲-۳ روش‌های تحلیل سازه
۲۰	روش‌های تحلیل خطی
۲۱	روش‌های تحلیل غیرخطی
۲۱	۳-۳ روش تحلیل استاتیکی معادل
۲۱	نیروی برشی پایه، V
۲۲	ضریب نامعینی سازه، p
۲۲	ترازپایه
۲۴	زمان تناوب اصلی نوسان، T
۲۵	ضریب اهمیت ساختمان، I
۲۵	ضریب رفتار ساختمان، R
۲۶	ترکیب سیستم‌ها در پلان
۲۶	ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع
۳۰	توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان
۳۲	توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان
۳۲	محاسبه ساختمان در برابر واژگونی
۳۲	نیروی قائم ناشی از زلزله
۳۳	ضریب اضافه مقاومت، Ω .
۳۳	اثرات اندرکنش خاک و سازه
۳۳	۴-۳ روش‌های تحلیل دینامیکی خطی
۳۴	روش تحلیل دینامیکی طیفی
۳۸	روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی
۴۳	۵-۳ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات
۴۸	۶-۳ $P - \Delta$
۴۹	۷-۳ مشخصات سازه از تراز پایه تا روی شالوده
۴۹	۸-۳ دیافراگم‌ها و جمع کننده‌ها
۴۹	۹-۳ افزایش بار طراحی در اعضای خاص
۴۱	۱۰-۳ طراحی اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند
۴۲	۱۱-۳ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره برداری
۴۲	۱۲-۳ ترکیب نیروی زلزله با سایر بارها
۴۲	۱۳-۳ روش ساده شده تحلیل
۴۶	فصل چهارم: ضوابط طراحی اعضای غیرسازه‌ای

۴۶	۱-۴ کلیات
۴۷	۲-۴ نیاز های لرزه ای اجزاء غیر سازه ای و مهار آنها
۵۱	۳-۴ اجزای معماری
۵۵	۴-۴ اجزاء مکانیکی و برقی
۶۲	فصل پنجم: ضوابط طراحی لرزه ای سازه های غیر ساختمانی
۶۲	۱-۵ کلیات
۶۲	۲-۵ سازه های غیر ساختمانی متکی بر سازه های دیگر
۶۳	۳-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیر ساختمانی
۶۷	۴-۵ سازه های غیر ساختمانی صلب
۶۷	۵-۵ مخازن
۶۸	فصل ششم: الزامات ژئوتکنیکی
۶۸	۱- شناسایی نوع زمین
۶۹	۲- ناپایداری های زمین ناشی از زلزله
۷۰	ارزیابی استعداد روانگرایی
۷۲	زمین لغزش
۷۴	فرونشست
۷۵	گسلش
۷۵	۳- دیوار نگهبان خاک
۷۶	فصل هفتم: ضوابط ساختمانهای با مصالح بنایی غیر مسلح
۷۶	۱-۷ تعریف
۷۶	۲-۷ هندسه ساختمان
۸۴	۳-۷ باز شو (در - پنجره - گنجه)
۸۶	۴-۷ مصالح
۸۷	۵-۷ انواع دیوار مصالح بنائی
۹۳	۶-۷ کلاف بندی
۱۰۳	۷-۷ سقف

پیوست‌ها

- ۱۱۲ پیوست شماره (۱): درجه بندی خطر نسبی زلزله در شهرها و نقاط مهم ایران
- ۱۵۶ پیوست شماره (۲): راهنمای روش‌های تحلیل غیرخطی
- ۱۵۷ ۱- کلیات
- ۱۵۷ ۲- مشخصات غیرخطی اعضای سازه
- ۱۵۸ ۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی
- ۱۶۲ ۴- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی
- ۱۶۵ پیوست شماره (۳): اثر $P - \Delta$
- ۱۷۱ پیوست شماره (۴): دیافراگم‌ها
- ۱۷۸ پیوست شماره (۵): اندرکنش خاک و سازه
- ۱۷۹ ۱- کلیات
- ۱۷۹ ۲- روش تحلیل استاتیکی معادل
- ۱۸۳ ۳- روش تحلیل دینامیکی طیفی

* تعاریف

P-Delta Effect: P-Δ اثر

اثر ثانوی بارهای قائم بر روی تلاش ها و تغییر مکانهای اجزای قاب است که به علت تغییر شکل های ایجاد شده در سازه به وجود می آید.

Khorjini Connection: اتصال خورجینی

نوعی اتصال تیر به ستون است که در آن تیرها از دو سمت ستون عبور داده شده و برای ایجاد اتصال از جزئیات خاصی که در نشریه شماره ... آورده شده، استفاده می گردد.

برش پایه: Base Shear

مجموع کل نیروی جانبی زلزله که در ساختمان ایجاد می شود. این نیرو به صورت برش در تراز پایه اثر داده می شود.

برش طبقه: Story Shear

جمع کل نیروی جانبی زلزله که در طبقات بالاتر از تراز طبقه مورد نظر ایجاد می شود این نیرو به صورت برش در طبقه بوجود می آید.

تراز پایه: Base

ترازی است که فرض می شود در آن تراز حرکت زمین به سازه منتقل می گردد و سازه از این تراز به بالا دارای حرکتی مستقل از زمین است.

تغییر مکان نسبی طبقه: Story Drift

تغییر مکان جانبی یک کف شبکت به کف پائین آن.

جمع گننده: Collector

عضوی از دیافراگم است که به موازات نیروی برشی دیافراگم بوده و نیرو را به دیوارهای برشی و یا قابهای مهار بندی شده، منتقل می نماید.

دیافراگم: Diaphragm

کف ها، بام ها و یا سیستم های مهاربندی افقی یا تقریباً افقی هستند که باز جانبه زلزله را با عملکرد میان صفحه ای به سیستم های قائم باربر جانبی منتقل می کنند.

دیوار برشی: Shear Wall

دیوار برشی دیواری است که نیروهای افقی را با عملکرد میان صفحه ای تحمل کرده و به شالوده منتقل می کند.

Rوانگرائی: Liquefaction

حالی از زمین های ماسه ای نامتراکم اشباع شده است که در آن به علت حرکت ناشی از زلزله تعادل دانه ها بهم خورده و زمین با کاهش شدید مقاومت باربری و نشست زیاد روبرو می شود.

سختی طبقه: برابر با مجموع سختی جانبی اعضای باربر جانبی است. برای محاسبه این سختی می توان تغییر مکان جانبی واحدی را در سقف طبقه مورد نظر وارد کرد و کلیه طبقات زیرین را بدون حرکت در نظر گرفت.

سیستم دیوارهای باربر: Bearing Wall System

سیستمی است که در آن بارهای قائم بطور عمده و بارهای جانبی کلا توسط دیوارها تحمل می شوند. به بند ۱-۸-۱ مراجعه شود.

سیستم قاب ساختمانی: Building Frame System

سیستمی است که در آن بارهای قائم بطور عمده توسط قاب های فضایی، بارهای جانبی کلا توسط دیوارهای برشی و یا قابهای مهاربندی شده تحمل می شوند. به بند ۲-۸-۱ مراجعه شود.

سیستم قاب خمشی Moment Frame System

سیستمی است که در آن کلیه بارهای قائم بطور عمده و بارهای جانبی کلا توسط قاب های خمشی تحمل می شوند. به بند ۳-۸-۱ مراجعه شود.

سیستم دوگانه یا ترکیبی: Dual System

سیستمی است که در آن بارهای قائم توسط قاب های خمشی بطو عمده و بارهای جانبی کلا توسط قاب های خمشی و دیوارهای برشی یا قاب های مهاربندی شده تحمل می شوند. به بند ۴-۸-۱ مراجعه شود.

شکل پذیری: Ductility

خصوصیتی است از سازه که در آن اعضاء در تمام یا قسمتی از طول خود، بدون تغییر قابل ملاحظه ای در مقاومت، قادر به قبول تغییر شکل های عمدتاً پلاستیک می باشند.

طبقه: Story

فاصله بین دو کف متواالی . کف زیرین هر طبقه به همین نام مراجعه داده می شود.

طبقه نرم: Soft Story

طبقه ای است که سختی جانبی آن کمتر از ۷۰٪ سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰٪ متوسط سختی های سه طبقه روی خود باشد.

طبقه خیلی نرم: Extreme Soft Story

طبقه ای است که سختی جانبی آن کمتر از ۶۰٪ سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۷۰٪ متوسط سختی های سه طبقه روی خود باشد.

طبقه ضعیف: Weak Story

طبقه ای است که مقاومت جانبی آن کمتر از ۸۰٪ مقاومت جانبی طبقه روی آن باشد.

طبقه خیلی ضعیف: Extreme Weak Story

طبقه ای است که مقاومت جانبی آن کمتر از ۶۵٪ مقاومت جانبی طبقه روی آن باشد.

قاب مهاربندی شده: Braced Frame

قابی است به شکل خرپای قائم از نوع هم گرا و یا واگرا، که از آن برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی استفاده می شود.

قاب مهاربندی شده همگرای: Concentrically Braced Frame

قاب مهار بندی شده ای است که در آن حداقل یکی از دو انتهای اعضای مورب در فاصله کمی از محل تقاطع تیرها ستون و یا تیر با عضو مورب دیگر، محور تیر را قطع می کند. در این قاب ها تیر ها علاوه بر فشار و کشش تحت خمش و برش قرار می گیرند.

قاب مهاربندی شده واگرای: Eccentrically Braced Frame

قب مهار بندی شده ای است که اعضای مورب، حداقل در یکی از دو انتهای امتداد عضو و در فاصله کمی با محور تیر تلاقی می کنند. اعضای مورب معمولاً تیرها را قطع کرده و آنها را علاوه بر فشار و کشش تحت خم شو و برش قرار می دهد.

مرکز سختی: Center of Rigidity

مراکز سختی (صلبیت) طبقه، نقطه ای است که چنانچه نیروی برشی طبقه در آن نقطه وارد آید، طبقه تنها تغییر شکل جانی انتقالی داشته باشد و هیچ گونه پیچش در آن مشاهده نشود.

مقاومت: Strength

ظرفیت باربری یک عضو برای تحمل نیروهای وارد. مقاومت یک عضو ممکن است برای بارگذاری بهره برداری و یا بارگذاری نهایی تعریف شود. که در این صورت " مقاومت مجاز" و یا " مقاومت نهایی" نامیده می شود.

نسبت تغییر مکان طبقه: Story Drift Ratio

نسبت تغییر مکان نسبی طبقه به ارتفاع طبقه.

زلزله خیلی شدید:

زلزله ایست که احتمال فرا گذشت آن در ۵۰ سال ، عمر مفید سازه، کمتر از ۱۰ درصد باشد.

زلزله شدید:

زلزله ایست که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال کمتر از ۵۰ درصد باشد.

زلزله متوسط و خفیف:

زلزله هایی هستند که احتمال فراگذشت آنها در ۵۰ سال بیشتر از ۵۰ درصد باشد.

* علائم

شتاب مبنای طرح	A
ضریب بازتاب ساختمان	B
ضریب بازتاب برای قطعات الحاقی	B _P
ضریب زلزله	C
ضریب بزرگنمایی تغییر مکان	C _d
عرض ساختمان	D
اندازه پیش آمدگی ساختمان در ساختمان های با مصالح بنائی مطابق شکل ۲ فصل ۳	d
ضخامت لایه ن خاک	d _i
برون مرکزی اتفاقی طبقه j	e _{aj}
فاصله افقی مرکز سختی طبقه i و مرکز جرم تراز j	e _{ij}
ضریب مورد استفاده در محاسبه ضریب زلزله در روش ساده شده تحلیل	F
نیروی جانبی در تراز j	F _j
نیروی جانبی قطعه الحاقی	F _p
نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز i	F _{pi}
نیروی جانبی اضافی در تراز با م	F _t
مولفه نیروی قائم زلزله	F _v
شتاب ثقل	g
ارتفاع کل ساختمان نسبت به تراز پایه	H
حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان از تراز پایه	H _m
ارتفاع تراز i از تراز پایه	h _i
ضریب اهمیت ساختمان	I
طول ساختمان	L
اندازه پیش آمدگی ساختمان در ساختمانهای با مصالح بنائی مطابق شکل ۲ فصل ۳	l
لنگر پیچشی در طبقه i	M _i
تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا	n
ضریب رفتار سازه	R _u
عددی که بر حسب نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی تعیین می شود	S
زمان تناب اصلی نوسان سازه در جهت مورد نظر	T
عددی که بر حسب نوع زمین تعیین می شود	T _s
عددی که بر حسب نوع زمین تعیین می شود	T _o
کل نیروی جانبی طرح یا برش طرح در تراز پایه	V
حداقل نیروی جانبی طرح یا برش طرح در تراز پایه	V _{min}

میانگین سرعت موج برشی لایه های خاک	\bar{V}_s
کل نیروی جانبی یا برش پایه در زلزله سطح بهره برداری	V_{ser}
سرعت موج برشی لایه i خاک	V_{si}
وزن موثر لرزه‌ای	W
آن قسمت از وزن موثر لرزه‌ای که در تراز i واقع شده است.	W_i
وزن دیافراگم و قطعات مرتبط با آن در سطح i	w_i
وزن یک طره (شامل قسمتی از سربار)	W_p
وزن یک عضو یا قطعه الحاقی (شامل قسمتی از سربار)	w_p
ضریب نامعینی سازه	ρ
ضریب اضافه مقاومت	$\cdot \Omega$
تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی طرح	Δ_M
تغییر مکان جانبی نسبی حاصل از تحلیل خطی	Δ_e
تغییر مکان جانبی نسبی مجاز	Δ_a

قابل استفاده

فصل اول

کلیات

۱-۱ هدف

هدف این آیین نامه تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان‌ها در برابر اثرهای ناشی از زلزله است بطوری که با رعایت آن انتظار می‌رود:

- ۱- ساختمانها در زلزله‌های شدید، آسیب عمده سازه‌ای و غیر سازه‌ای نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد و در زلزله‌های خیلی شدید ایستائی خودرا حفظ کنند و فروریزش نداسته باشند، علاوه بر آن:
 - الف: ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد»، در زلزله‌های شدید، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای نداشته باشند، بطوری که استفاده بی‌وقفه از آنها امکان پذیر باشد و در زلزله‌های خیلی شدید آسیب‌های واردہ مختصر و قابل مرمت سریع باشد.
 - ب: ساختمان‌های «با اهمیت زیاد»، در زلزله‌های شدید آسیب چندانی نبینند بطوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند و در زلزله‌های خیلی شدید، آسیب‌ها عمده نبوده و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.
- ۲- کلیه ساختمانها بلنده‌تر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمانها با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در زلزله‌های متوسط آسیبی نبینند و قابلیت بهره برداری خودرا حفظ نمایند.

برای تعاریف زلزله‌های با شدت‌های مختلف به صفحه (ت) و برای ساختمان‌های با اهمیت‌های مختلف به بند (۶-۱) مراجعه شود.

۲-۱ زلزله‌های مبنای طراحی

زلزله‌های مبنای طراحی در این آیین نامه به شرح زیر می‌باشند:

- الف-زلزله طرح، که مبنای طراحی در زیر بند(۱) هدف آیین نامه است، زلزله‌ای است که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال ده درصد باشد. دوره بازگشت این زلزله ۴۷۵ سال بیش بینی می‌شود.

ب-زلزله بهره برداری، که مبنای طراحی در زیر بند (۲) هدف آیین نامه است، زلزله‌ای است که احتمال فرآگذشت آن در ۵۰ سال ۹۹/۵ درصد باشد. دوره بازگشت این زلزله حدود ۱۰ سال پیش بینی می‌شود.

۳-۱ حدود کاربرد

۱-۳-۱ این آیین نامه برای طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرم، فولادی، چوبی و ساختمان‌های با مصالح بنایی بکار می‌رود.

۱-۳-۲ ساختمان‌های زیر مشمول این آیین نامه نیستند:

الف- ساختمان‌های خاص مانند سدها، پل‌ها، اسکله‌ها و سازه‌های دریایی و نیروگاه‌های هسته‌ای. در طرح این ساختمان‌ها باید ضوابط ویژه‌ای که در آیین‌نامه‌های خاص آنها تعیین می‌شود، رعایت گردد. در این ضوابط ویژه، در هر حال شتاب مبنای طرح نباید کمتر از مقدار مندرج در این آیین نامه در نظر گرفته شود. در مواردی که برای این ساختمان‌ها مطالعات خاص لرزه خیزی ساختگاه انجام می‌شود، نتیجه آن‌ها می‌تواند ملاک عمل قرار گیرد، مشروط بر آن که مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه از ۸۰ درصد مقادیر طیف طرح استاندارد مطابق بند ۴-۲-۱، بدون در نظر گرفتن ضرایب اهمیت I و رفتار R_u ، کمتر نباشد.

۱-۳-۳ ساختمان‌های آجری مسلح و ساختمان‌های بلوک سیمانی مسلح که در آن‌ها از مصالح بنایی برای تحمل فشار و از میلگرد‌های فولادی برای تحمل کشش استفاده می‌شود مشمول ضوابط و مقررات فصل سوم این آیین نامه می‌شوند. طراحی این‌گونه ساختمان‌ها تا زمانی که آیین نامه ویژه‌ای در مورد آن‌ها تدوین نگردیده است، باید بر اساس یکی از آیین‌نامه‌های معتبر بین المللی باشد، در غیر اینصورت ضوابط کلی و مقررات مربوط به ساختمان‌های با مصالح بنایی کلافدار، مندرج در فصل هفتم این آیین نامه، باید در مورد این ساختمان‌ها نیز رعایت گردد.

۴-۱ ملاحظات معماري

۱-۴-۱- برای حذف و یا کاهش خسارت و خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، ساختمان‌ها باید با پیش بینی درز انقطاع از یکدیگر جدا شده و یا با فاصله‌ای حداقل از مرز مشترک با زمین‌های مجاور ساخته شوند. برای تامین این منظور، در ساختمان‌های با هشت طبقه و کمتر، فاصله هر طبقه از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر پنج هزارم ارتفاع آن طبقه از روی تراز پایه باشد. در ساختمان‌های با بیشتر از هشت طبقه و یا ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه، عرض درز انقطاع باید با استفاده از ضابطه بند ۳-۵-۶ تعیین شود.

فاصله درز انقطاع را می توان با مصالح کم مقاومت، که در هنگام وقوع زلزله بر اثر برخورد دو ساختمان به آسانی خرد می شوند، به نحو مناسبی پر نمود به طوری که پس از زلزله به سادگی قابل جایگزین کردن و بهسازی باشد.

۱-۴-۲ پلان ساختمان باید تا حد امکان به شکل ساده و متقارن در دو امتداد عمود بر هم و بدون پیش آمدگی و پس رفتگی زیاد باشد و از ایجاد تغییرات نامتقارن پلان در ارتفاع ساختمان نیز حتی المقدور احتراز شود.

۱-۳-۴ از احداث طره‌های بزرگتر از $1/5$ متر حتی المقدور احتراز شود.

۱-۴-۴ از ایجاد بازشوهای بزرگ و مجاور یکدیگر در دیافراگم‌های کف‌ها خودداری شود.

۱-۴-۵ از قرار دادن اجزای ساختمانی، تاسیساتی و یا کالاهای سنگین بر روی طره‌ها و عناصر لاغر و دهانه‌های بزرگ پرهیز گردد.

۱-۴-۶ با بکارگیری مصالح غیر سازه‌ای سبک برای مواردی از قبیل کف سازی، سقف کاذب، تیغه بندی، نما و وزن ساختمان به حداقل رسانده شود.

۱-۴-۷ از ایجاد اختلاف سطح در کف‌ها تا حدمکان خودداری شود.

۱-۴-۸ از کاهش و افزایش مساحت زیربنای طبقات در ارتفاع، بطوری که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در جرم طبقات ایجاد شود، پرهیز گردد.

۱-۵ ملاحظات کلی سازه‌ای

۱-۵-۱ کلیه عناصر باربر ساختمان باید به نحو مناسبی به هم پیوسته باشند تا در زمان زلزله عناصر مختلف از یکدیگر جدا نشده و ساختمان بطور یکپارچه عمل کند. در این مورد کف‌ها باید به عناصر قائم باربر، قابها و یا دیوارها، به نحو مناسبی متصل باشند، بطوریکه بتوانند بصورت یک دیافراگم عمل نموده و نیروهای زلزله را به عناصر باربر جانبی منتقل نمایند.

۱-۵-۲ ساختمان باید در هر دو امتداد افقی عمود بر هم و قائم قادر به تحمل نیروهای زلزله باشد و در هر یک از این امتدادها انتقال نیروها به شالوده بطور مناسبی صورت گیرد.

۱-۵-۳ عناصری که در طبقات مختلف بارهای قائم را تحمل می‌نمایند تا حد امکان بر روی هم قرار داده شوند تا انتقال بار این عناصر به یک دیگر با واسطه عناصر افقی صورت نگیرد.

۱-۵-۴ عناصری که نیروهای افقی زلزله را تحمل می‌کنند بصورتی در نظر گرفته شوند، که انتقال نیروها به سمت شالوده بطور مستقیم انجام شوند و عناصری که باهم کار می‌کنند در یک صفحه قائم قرار داشته باشند.

۱-۵-۵ عناصر مقاوم در برابر نیروهای افقی زلزله بصورتی در نظر گرفته شوند که پیچش ناشی از این نیروها در طبقات به حداقل برسد. برای این منظور مناسب است فاصله مرکز جرم و مرکز سختی در هر طبقه در هر امتداد، کمتر از ۵ درصد بُعد ساختمان در آن امتداد باشد.

۱-۵-۶ ساختمانها و اجزای آن‌ها به نحوی طراحی گردند که شکل پذیری و مقاومت مناسب در آن‌ها تأمین شده باشد.

۱-۵-۷ در ساختمان‌هایی که در آن‌ها از سیستم قاب خمشی برای مقابله با بار جانبی زلزله استفاده می‌شود، طراحی به نحوی صورت گیرد که تا حد امکان ستون‌ها دیورتر از تیرها دچار خرابی شوند.

۱-۵-۸ اعضای غیر سازه‌ای مانند دیوارهای داخلی و نمایها طوری اجرا شوند که تا حد امکان مانع برای حرکت اعضای سازه‌ای در زمان زلزله ایجاد نکنند. در غیر این صورت اثر اندرکنش این اعضا با سیستم سازه باید در تحلیل سازه در نظر گرفته شود.

۱-۵-۹ از ایجاد ستون‌های کوتاه، بخصوص در نورگیرهای زیر زمین‌ها، حتی الامکان خودداری شود.

۱-۵-۱۰ از بکارگیری سیستم‌های مختلف سازه‌ای در امتدادهای مختلف در پلان و در ارتفاع حتی المقدور خودداری شود.

۱-۶ گروه بندی ساختمان‌ها بر حسب اهمیت ساختمان‌ها بر حسب نوع کاربری و میزان آسیب رسانی ناشی از خرابی آن‌ها به چهار گروه اهمیت تقسیم می‌شوند:

گروه ۱- ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد»
این گروه شامل دو دسته زیر است:

الف- ساختمان‌های ضروری:

این گروه شامل ساختمان‌هایی است که قابل استفاده بودن آن‌ها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره‌برداری از آن‌ها بطور غیر مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود مانند، بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش نشانی، مراکز و تاسیسات آبرسانی، نیروگاه‌ها و تاسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تاسیسات نظامی و انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و بطور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آن‌ها در نجات و امداد مؤثر می‌باشد.

ب- ساختمان‌های خطرناک:

این گروه شامل ساختمان‌ها و تاسیساتی است که خرابی آن‌ها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر در کوتاه مدت و دراز مدت برای محیط زیست می‌شوند، مانند ساختمان نیروگاه‌های هسته‌ای، کارخانجات تولید کننده مواد شیمیایی خاص.

گروه ۲- ساختمان‌های «با اهمیت زیاد»

این گروه شامل سه دسته زیر است:

الف- ساختمان‌هایی که خرابی آن‌ها موجب تلفات زیاد می‌شود مانند مدارس، مساجد، استادیوم‌ها، سینما و تئاترها، سالن‌های اجتماعات، فروشگاه‌های بزرگ، ترمینال‌های مسافری و یا هر فضای سرپوشیده دیگری که محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر در زیر یک سقف باشد.

ب- ساختمان‌هایی که خرابی آن‌ها سبب از دست رفتن ثروت ملی می‌گردد مانند موزه‌ها، کتابخانه‌ها، و بطور کلی مراکزی که در آن‌ها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش دیگری نگهداری می‌شود.

پ- ساختمان‌ها و تاسیسات صنعتی که خرابی آن‌ها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش سوزی وسیع می‌شود مانند پالایشگاه‌ها، انباری‌های سوخت و مراکز گازرسانی.

گروه ۳- ساختمان‌های «با اهمیت متوسط»

این گروه ساختمان‌ها شامل کلیه ساختمان‌های مشمول این آیینه نامه، بجز ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه دیگر می‌باشند، مانند ساختمان‌های مسکونی و اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های چند طبقه، انبارها، کارگاه‌ها، ساختمان‌های صنعتی.

گروه ۴- ساختمان‌های «با اهمیت کم»

این گروه شامل دو دسته زیراست:

الف- ساختمان‌هایی که خسارت نسبتاً کمی از خرابی آن‌ها حادث می‌شود و احتمال بروز تلفات جانی انسانی در آن‌ها بسیار کم است، مانند انبارهای کشاورزی و سالن‌های مرغداری.

ب- ساختمان‌های موقتی که مدت بهره‌برداری از آن‌ها کمتر از ۲ سال است.

۱-۷-۱ گروه بندی ساختمان‌ها بر حسب نظم کالبدی

ساختمان‌هایی که به لحاظ خصوصیات کالبدی شامل: شکل هندسی، توزیع جرم و توزیع سختی در پلان و در ارتفاع دارای یکی از مشخصات زیر باشند "نامنظم" و در غیر اینصورت "منظم" محسوب می‌شوند.

۱-۷-۱-۱ نامنظمی در پلان

الف- نامنظمی هندسی: در مواردی که پیش رفتگی یا پس رفتگی هم زمان در دو جهت در یکی از گوشه‌های ساختمان بیشتر از ۲۰ درصد طول پلان در آن جهت باشد.

ب- نامنظمی پیچشی: در مواردی که حداقل تغییر مکان نسبی در یک انتهای ساختمان در هر طبقه، با احتساب پیچش تصادفی، بیشتر از ۲۰ درصد متوسط تغییر مکان نسبی در دو انتهای ساختمان در آن طبقه باشد.

در مواردی که این اختلاف بیشتر از ۴۰ درصد باشد، نامنظمی "شدید" پیچشی توصیف می‌شود.
نامنظمیهای پیچشی تنها در مواردی که دیافراگم‌های کف‌ها صلب و یا نیمه‌صلب هستند کاربرد پیدا می‌کند.
پ- نامنظمی در دیافراگم: در مواردی که تغییر ناگهانی در مساحت دیافراگم، به میزان مجموع سطوح بازشوی بیشتر از ۵۰ درصد سطح طبقه، و یا تغییر ناگهانی در سختی دیافراگم، به میزان بیشتر از ۵۰ درصد سختی طبقات مجاور، وجود داشته باشد.

ت- نامنظمی خارج از صفحه سیستم باربر جانبی: در مواردی که در سیستم باربر جانبی انقطاعی در مسیر انتقال نیروی جانبی، مانند تغییر صفحه اجزاء باربر جانبی در طبقات، وجود داشته باشد.

ث- نامنظمی سیستم‌های باربر جانبی غیر موازی: در مواردی که سیستم قائم باربر جانبی به موازات محورهای متعامد اصلی ساختمان نبوده و یا نسبت به آنها متقارن نباشد.

۱-۷-۲-۱ نامنظمی در ارتفاع

الف- نامنظمی هندسی: در مواردی که ابعاد افقی سیستم باربر جانبی در هر طبقه بیشتر از ۱۳۰ درصد آن در طبقات مجاور باشد.

ب- نامنظمی جرمی: در مواردی که جرم هر طبقه بیشتر از ۵۰ درصد با جرم‌های طبقات مجاور تفاوت داشته باشد.

طبقات بام و خرپشته از این تعریف مستثنی هستند

پ- نامنظمی سیستم باربرجانبی: در مواردی که اجزاء سیستم بار بر جانبی در ارتفاع جابه‌جایی درون صفحه ای بیشتر از یک دهانه در طبقه داشته باشد و یا با کاهشی در سختی جانبی در طبقه زیرین روبرو باشد.

ت- نامنظمی در سختی: در مواردی که سختی جانبی هر طبقه کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی های جانبی سه طبقه روی خود باشد. چنین طبقه ای اصطلاحاً "طبقه نرم" نامیده می شود.

در مواردی که مقادیر فوق به ترتیب به ۶۰ درصد و ۷۰ درصد کاهش پیدا کنند، طبقه نرم اصطلاحاً "خیلی نرم" توصیف می شود

ث- نامنظمی در مقاومت: در مواردی که مقاومت جانبی طبقه از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود کمتر باشد، چنین طبقه ای اصطلاحاً "طبقه ضعیف" نامیده می شود.

در مواردی که مقدار فوق به ۶۵ درصد کاهش یابد "طبقه ضعیف" اصطلاحاً "خیلی ضعیف" نامیده می شود.

تبصره ۱- احداث ساختمان های دارای نامنظمی در ارتفاع از نوع "طبقه خیلی ضعیف" در پهنگندی لرزه ای با خطر نسبی متوسط و بالاتر ممنوع بوده و این نوع ساختمان ها در مناطق با لرزه خیزی کم نمی توانند بیش از سه طبقه و یا ۹ متر ارتفاع داشته باشند.

تبصره ۲- در مناطق با خطر لرزه ای متوسط و بالاتر، وجود نامنظمی از نوع "طبقه خیلی نرم" و "پیچشی شدید" فقط در ساختمان های واقع بر روی زمین های نوع I، II یا III مجاز است.

۱-۸- گروه بندی ساختمان ها بر حسب سیستم سازه ای

ساختمان ها بر حسب سیستم سازه ای به شش گروه طبقه بندی می شوند:

۱-۸-۱ سیستم دیوارهای باربر

نوعی سیستم سازه ای است که فاقد قاب های ساختمانی برای باربری قائم می باشد. در این سیستم دیوارهای باربر و یا قاب های مهاربندی شده عمدهاً بارهای قائم را تحمل نموده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز بوسیله دیوارهای باربر که بصورت دیوارهای برشی عمل می کنند و یا قاب های مهاربندی شده تامین می شود. قاب های مهاربندی شده در این سیستم به قاب های مت Shank از تعدادی و اداره ای فلزی با فواصل کم همراه با کش های افقی و مهاربندی ها گفته می شود که در مجموع برای تحمل بارهای ثقلی و جانبی بکار برد می شود.

۱-۸-۲ سیستم قاب ساختمانی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های فضائی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده تامین می‌شود. قاب‌های ساختمانی در این سیستم می‌توانند دارای اتصالات ساده و یا گیردار باشند ولی در تحمل بارهای جانبی مشارکت نخواهند داشت. قاب‌های گیردار باید قادر به تحمل اثرات ناشی از اثر $P-\Delta$ باشند.

۱-۸-۳ سیستم قاب خمشی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم توسط قاب‌های ساختمانی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز توسط قاب‌های خمشی تامین می‌گردد. سازه‌های با قاب‌های خمشی کامل، و سازه‌های با قاب‌های خمشی در پیرامون و یا در قسمتی از پلان و قاب‌های با اتصالات ساده در سایر قسمت‌های پلان نیز در این گروه جای دارند.

۱-۸-۴ سیستم دوگانه یا ترکیبی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن:

الف- بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های ساختمانی تحمل می‌شوند.

ب- مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط مجموعه‌ای از دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده همراه با مجموعه‌ای از قاب‌های خمشی تأمین می‌شود. سهم برشگیری هر یک از دو مجموعه با توجه به سختی جانبی و اندرکنش آن دو، در تمام طبقات، تعیین می‌گردد.

پ- قاب‌های خمشی مستقل‌باشد قادر به تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروهای جانبی و دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده مستقل‌باشد قادر به تحمل حداقل ۵۰ درصد نیروهای جانبی وارد به ساختمان باشند.

تبصره ۱: در ساختمان‌های کوتاهتر از هشت طبقه و یا با ارتفاع کمتر از ۳۰ متر به جای توزیع بار به نسبت سختی عناصر باربر جانبی، می‌توان دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده را برای ۱۰۰ درصد بار جانبی و مجموعه قاب‌های خمشی را برای ۳۰ درصد بار جانبی طراحی کرد.

تبصره ۲: در مواردی که قاب‌های خمشی الزام بند (پ) را اقناع نکنند، سیستم دوگانه جزء سیستم قاب ساختمانی و در مواردی که دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده الزام بند فوق را اقнاع نکنند سیستم دوگانه جزء سیستم قاب خمشی به حساب آورده می‌شود.

۱-۸-۵ سیستم ستون کنسولی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن نیروهای جانبی توسط ستون‌ها بصورت کنسولی تحمل می‌شوند

۱-۸-۶ سایر سیستم‌های سازه‌ای

در این آئین نامه استفاده از هر نوع سیستم سازه‌ای غیر از آنچه در بالا عنوان شده مجاز است، مشروط بر آنکه ویژگی‌های آن‌ها در ارتباط با باربری قائم و زلزله توسط یکی از آئین نامه‌های معتبر جهانی شناخته شده که به تایید کمیته اجرائی استاندارد ۲۸۰۰ برسد، تعیین گردد.

پذیرفتاب استاندار

فصل دوم

حرکت زمین

۱-۲ تعریف

حرکت زمین که در تحلیل سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید حداقل دارای شرایط «زلزله طرح» مطابق تعريف بند ۱-۲-الف باشد. اثرات حرکت زمین به یکی از صورت‌های «طیف بازتاب شتاب» و یا «تاریخچه زمانی شتاب» مشخص می‌شود. برای «طیف بازتاب شتاب» می‌توان از «طیف طرح استاندارد» و یا از «طیف طرح ویژه ساختگاه»، مطابق ضوابط بندهای ۱-۵-۲ و ۲-۵-۳، استفاده نمود و برای «تاریخچه زمانی شتاب» باید ضوابط بند ۲-۵-۳، را ملاحظه داشت.

برای تعیین اثر حرکت زمین برای زلزله طرح مطابق هر یک از روش‌های فوق، پارامترهای نسبت شتاب مبنای طرح، A، و ضریب بازتاب ساختمان، B، باید مطابق ضوابط بندهای ۲-۲ و ۳-۲ تعیین شوند.

۲-۲ نسبت شتاب مبنای طرح، A

نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق مختلف کشور، بر اساس میزان خطر لرزه خیزی آنها، به شرح جدول (۱-۲) تعیین می‌شود. مناطق چهار گانه عنوان شده در این جدول در پیوست (۱) مشخص شده است.

جدول (۱-۲): نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰

۳-۲ ضریب بازتاب ساختمان، B

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین است. این ضریب با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$B=B_1N \quad (1-2)$$

در رابطه بالا B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

۱-۳-۲ ضریب شکل طیف، B_1 ، با درنظر گرفتن بزرگنمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از روی شکل‌های ۱-الف و ۱-ب تعیین می‌شود.

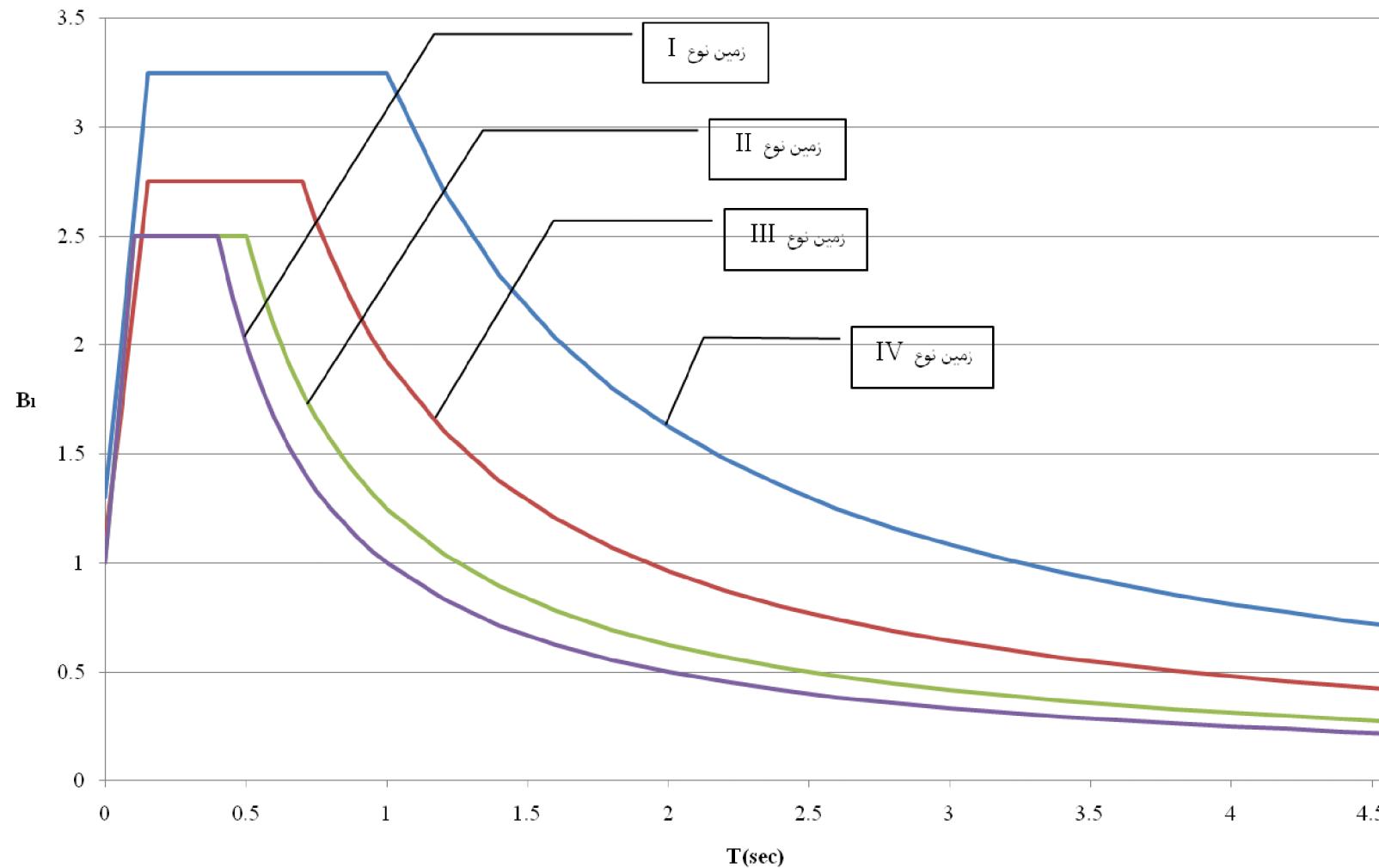
$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (2-2)$$

در این روابط:

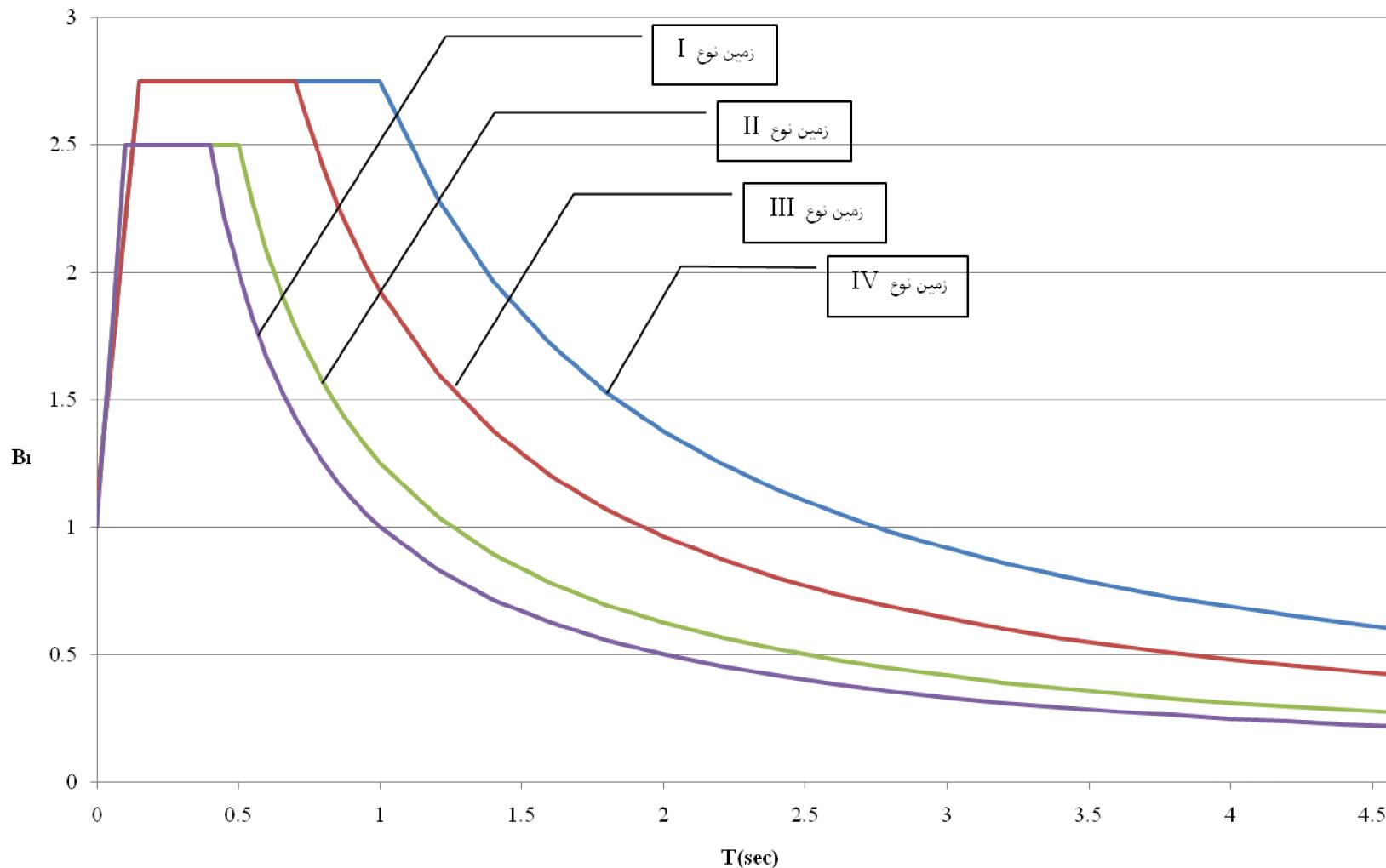
T : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. این زمان طبق بند ۳-۳-۳ تعیین می‌شود.
 S ، T_s و T_0 : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه وابسته‌اند. مقادیر این پارامترها در جدول (۲-۲) و انواع زمین‌ها در بند ۴-۲ مشخص شده‌اند
 جدول (۲-۲): پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد		خطر نسبی کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
S_0	S	S_0	S			
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۴	۰/۱	I
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۵	۰/۱	II
۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۷۵	۱/۳	۲/۲۵	۱/۰	۰/۱۵	IV

شکل ۱-الف- ضریب شکل طیف برای انواع زمین‌های مندرج در بند (۲-۴) با خطرنسبی کم و متوسط



شکل ۱-ب- ضریب شکل طیف برای انواع زمین‌های مندرج در بند (۴-۲) با خطرنسبی زیاد و خیلی زیاد



۲-۳-۲ ضریب اصلاح طیف، N ، برای پهنه های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد از رابطه (۳-۲) و یا شکل

$$N=1$$

$$T < T_s$$

(۲-۲) تعیین می شود

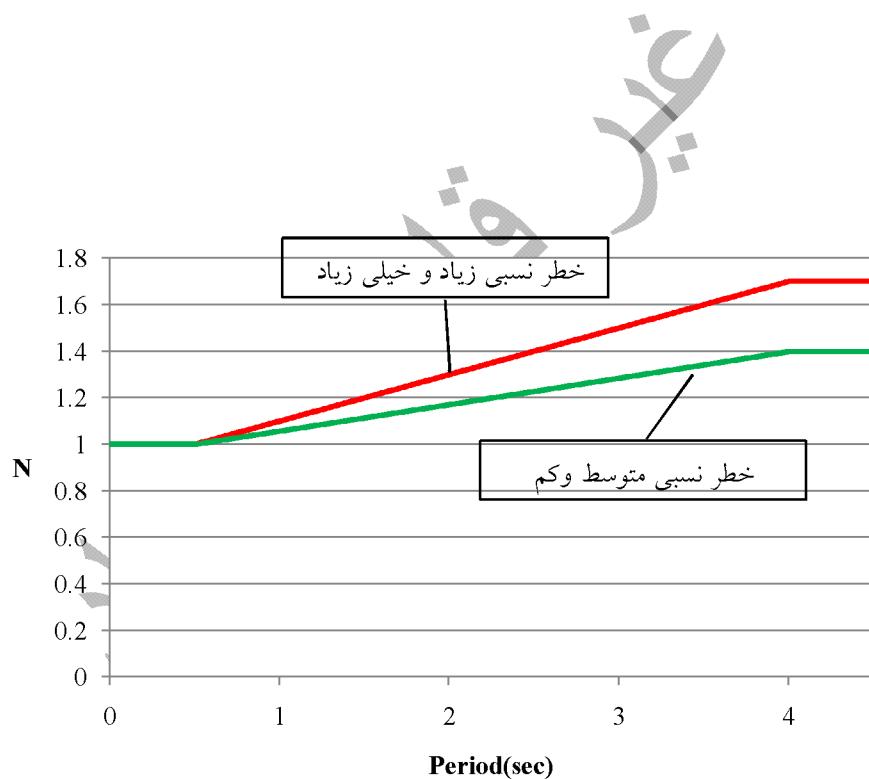
$$N = \frac{0.7}{4-T_s} (T - T_s) + 1 \quad (3-2)$$

$$N=1.7$$

$$T > 4 \text{ sec}$$

۳-۳-۲ ضریب اصلاح طیف، N ، برای پهنه های با خطر نسبی متوسط و کم به میزان هشتاد درصد

رابطه (۴-۲) و یا شکل (۲-۲) تعیین می شود.



شکل ۲-۲ ضریب اصلاح طیف، N برای پهنه های با خطر نسبی خیلی زیاد، زیاد ، متوسط و کم

۴-۲ طبقه‌بندی نوع زمین

زمین ساختگاهها از نظر نوع سنگ و خاک به شرح جدول (۴-۲) طبقه‌بندی می‌گردند:

جدول (۴-۲) طبقه‌بندی نوع زمین

پارامترها			توصیف لایه بندی زمین	نوع زمین
$C_u(kPa)$	$\bar{N}_{I(60)}$	$\bar{v}_s(m/s)$		
-	-	>۷۵۰	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیار محکم با حداقل ۵ متر مصالح ضعیفتر تا سطح زمین.	I
>۲۵۰	>۵۰	۳۷۵-۷۵۰	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل - شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن بالغ از عمق بتدريج بهبود یابد. سنگ‌های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	II
۷۰-۲۵۰	۱۵-۵۰	۱۷۵-۳۷۵	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	III
<۷۰	<۱۵	<۱۷۵	خاک متوسط تا نرم، لایه‌های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه‌های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم.	IV

تبصره ۱- در ساختگاه‌ایی که زمین آنها متشكل از رس یا لای نرم دارای رطوبت زیاد با حداقل ضخامت ۱۰ متر و $PI > 40$ (دامنه خمیری خاک)، می‌باشد مطالعات ویژه ساختگاهی الزامی است.

تبصره ۲- در مواردی که لایه‌های خاک با سرعت موج برشی معادل خاک‌های نوع III یا IV و ضخامت بین ۵ تا ۲۰ متر که بر روی یک لایه سخت با سرعت موج برشی بیش از $750 m/s$ قرار گرفته و سرعت موج برشی این لایه سخت حداقل ۳ برابر متوسط سرعت موج برشی لایه فوقانی باشد، بکار گیری طیف طرح ویژه ساختگاه

الزمی است. لیکن در صورت عدم دسترسی به طیف طرح ویژه ساختگاه، می‌توان از طیف زمین نوع IV استفاده کرد.

تبصره ۳- به هر حال برای هرگونه ساختگاه چنانچه عواملی وجود داشته باشد که منجر به ناپایداری زمین گردد، لازم است در مطالعات ژئوتکنیکی کنترل‌های مطرح شده در فصل ششم، الزامات ژئوتکنیکی، مد نظر قرار گیرد.

در تعیین طبقه بندی نوع زمین، اندازه‌گیری و مشخص کردن سرعت موج برشی، \bar{v}_s در لایه‌های مختلف خاک ضروری است، لیکن در صورت عدم دسترسی به آن، برای خاکهای دانه‌ای می‌توان از متوسط، $N_{1(60)}$ تعداد ضربات نفوذ استاندارد (اصلاح شده برای فشار موثر سربارو انرژی) و برای خاکهای چسبنده از متوسط مقاومت برشی زهکشی نشده، \bar{c}_{ll} ، استفاده شود.

\bar{v}_s سرعت موج برشی متوسط تا عمق ۳۰ متری از تراز زیر پی است که با توجه به ضخامت لایه‌های مختلف و سرعت موج برشی در آن‌ها تعیین می‌گردد. این سرعت را می‌توان از رابطه (۵-۲) و یا رابطه معتبر دیگر محاسبه کرد.

$$\bar{v}_s = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / v_{si})} \quad (5-2)$$

در این رابطه، d_i و v_{si} به ترتیب ضخامت لایه و سرعت موج برشی در آن است. این رابطه را برای تمام لایه‌ها تا عمق ۳۰ متری از سطح زمین می‌توان به کار برد.

$\bar{N}_{1(60)}$ متوسط لایه‌های خاک تا عمق ۳۰ متری است که مشابه رابطه \bar{v}_s محاسبه می‌گردد. رعایت استانداردهای موجود کشور برای انجام آزمایش نفوذ استاندارد، ضروری است.

\bar{c}_{ll} متوسط مقاومت برشی زهکشی نشده c_{ll} خاکهای چسبنده لایه‌های مختلف تا عمق ۳۰ متری می‌باشد که مشابه رابطه \bar{v}_s محاسبه می‌گردد.

هنگامی که جزئیات خصوصیات خاک به حد کافی برای تعیین نوع زمین محل شناخته شده نباشد و داده‌های ژئوتکنیکی خصوصیاتی شبیه زمین نوع IV را در محل نشان ندهد و طبق بند ۱-۶ انجام مطالعات ژئوتکنیکی در محل مورد نظر ضروری نباشد و ساختمان مورد نظر با حداکثر چهار سقف (ارتفاع کمتر از ۱۲ متر) و سطح اشغال حداکثر ۳۰۰ متر مربع باشد، می‌توان زمین مورد نظر را نوع III از جدول (۴-۲) انتخاب کرد.

برای ساختگاه‌هایی که دارای خصوصیاتی غیر از زمین‌های نوع I تا VI هستند، بمنظور تعیین نیروی زلزله انجام مطالعات ویژه ساختگاهی الزامی است. برای این نوع ساختگاه‌ها، امکان ناپایداری خاک تحت نیروی زلزله نیز باقیستی مدنظر قرار گیرد.

در صورت وجود تردید در انطباق محل ساختگاه با مشخصات زمین‌های مندرج در جدول (۴-۲) باید نوع زمینی که ضریب بازتاب بزرگتری به دست می‌دهد، انتخاب شود.

۵-۲ حرکت زمین در زلزله طرح

۱-۵-۲ طیف طرح استاندارد

این طیف منعکس کننده اثر حرکت زمین برای زلزله طرح در آئین نامه است و از حاصل ضرب مقادیر بازتاب ساختمان B در پارامترهای: نسبت شتاب مبنای A، ضریب اهمیت I و عکس ضریب رفتار R_{u1} و با در نظر گرفتن محدودیت رابطه (۳-۲) بدست می‌آید. در تعیین این طیف نسبت میرائی ۵ درصد در نظر گرفته شده است.

۲-۵-۲ طیف طرح ویژه ساختگاه

این طیف با استفاده از مشخصات زلزله‌های منطقه ساختگاه و با توجه به ویژگیهای زمین‌شناسی، تکتونیکی، لرزه‌شناسی، میزان خطرپذیری و مشخصات خاک در لایه‌های مختلف ساختگاه، و با بکارگیری نسبت میرائی ۵ درصد تعیین می‌گردد. در صورتیکه نوع ساختمان و سطح زلزله مورد نظر نسبت میرائی متفاوتی را ایجاد کند، می‌توان آنرا مبنای تهیه طیف قرار داد. مقادیر محاسبه شده این طیف باید در ضریب اهمیت I و عکس ضریب رفتار R_{u1} ضرب گردد.

مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه باید کمتر از ۸ درصد مقادیر طیف طرح استاندارد اختیار شود. استفاده از هر یک از این طیف‌ها برای کلیه ساختمان‌ها اختیاری است. تنها در مورد ساختمان‌هایی که طبق بند ۲-۳ مشمول استفاده از روش تحلیل دینامیکی می‌شوند و در آن‌ها یکی از شرایط زیر موجود است، بکارگیری طیف طرح ویژه ساختگاه الزامی است.

الف- ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» که بر روی زمین‌های غیر از گروه‌های I، II یا III جدول (۴)، ساخته می‌شوند.

ب- ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین‌های غیر از گروه‌های I، II یا III جدول (۴)، ساخته می‌شوند.

پ- ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین‌های نوع II و III، با ضخامت لایه خاک بیش از ۶۰ متر ساخته می‌شوند.

تبصره ۱- بکارگیری طیف طرح ویژه ساختگاه برای ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۱۵۰ متر از تراز پایه و یا دارای زمان تناوب اصلی نوسان، T_u بیش از $\frac{3}{5}$ ثانیه الزامی است.

۳-۵-۲ تاریخچه زمانی شتاب، شتاب نگاشت

۱-۳-۵-۲ شتاب نگاشت هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا، در هنگام زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است حداقل سه زوج شتاب نگاشت متعلق به مولفه های افقی سه زلزله مختلف ثبت شده که دارای ویژگی های زیر باشند انتخاب گردد:

الف- شتاب نگاشت ها متعلق به زلزله هایی باشند که شرایط زلزله طرح را اقناع کنند و در آن ها اثرات: بزرگ، فاصله از گسل، ساز و کار چشمیه لرزه زا در نظر گرفته شده باشد.

ب- ساختگاه های شتاب نگاشت ها باید به لحاظ ویژگی های زمین شناسی، تکتونیکی، لرزه شناسی و بخصوص مشخصات لایه های خاک با زمین محل ساختمان، تا حد امکان، مشابهت داشته باشند.

پ- مدت زمان حرکت شدید زمین در شتاب نگاشت ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر است، باشد. مدت زمان حرکت شدید شتاب نگاشت ها را می توان از روش های معتبر مانند روش توزیع تجمعی انرژی، تعیین کرد.

در مواردی که تعداد مورد نیاز از زوج شتاب نگاشت های مناسب ثبت شده در دسترس نباشد، می توان از زوج شتاب نگاشت های شبیه سازی شده مناسب برای تکمیل تعداد آن ها استفاده کرد.

۲-۳-۵-۲ زوج شتاب نگاشت های انتخاب شده باید به روش زیر به مقیاس درآورده شوند:

الف- هر زوج شتاب نگاشت به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب در مؤلفه ای که دارای بیشینه بزرگتری است، برابر با شتاب ثقل ۶ گردد (از یک ضریب مقیاس برای هر دو مؤلفه یک زوج شتاب نگاشت استفاده شود).

ب- طیف پاسخ شتاب هر یک از زوج شتاب نگاشت های مقیاس شده با منظور کردن نسبت میرائی ۵ درصد تعیین گردد.

پ- طیفهای پاسخ هر زوج شتاب نگاشت با استفاده از روش جذر مجموع مربعات با یکدیگر ترکیب شده و یک طیف ترکیبی واحد برای هر زوج ساخته شود.

ت- هر زوج شتاب نگاشت چنان مقیاس شود که برای هر پریود در محدوده $2T / 0 \text{ الى } 1/5T$ ، مقدار متوسط طیف SRSS مربوط به تمام زوج مؤلفه ها، بیش از ده درصد از $1/3$ برابر مقدار متناظر طیف طرح استاندارد کمتر نشود. T زمان تناوب اصلی ساختمان بر طبق بند ۳-۳ است.

فصل سوم

محاسبه سازه ساختمانها در برابر زلزله

۱-۳ ملاحظات کلی

۱-۱-۳ کلیه ساختمان‌های موضوع این آیین نامه، بجز آن دسته از ساختمان‌های با مصالح بنائی که مقررات مندرج در فصل هفتم در آنها رعایت شده باشد، باید بر طبق ضوابط مندرج در این فصل محاسبه گردد.

۲-۱-۳ محاسبه ساختمان در برابر نیروهای زلزله و باد به تفکیک انجام می‌شود و در هر عضو سازه اثر هر یک که بیشتر باشد، ملاک عمل قرار می‌گیرد. ولی رعایت ضوابط ویژه طراحی برای زلزله، مطابق نیاز سیستم سازه در کلیه اعضاء الزامی است.

۳-۱-۳ بجز مولفه‌های افقی نیروی زلزله که برای محاسبه ساختمان در نظر گرفته می‌شود، اثر مؤلفه قائم نیروی زلزله نیز در مواردی که در بند ۳-۳-۹ ذکر شده است باید منظور گردد.

۴-۱-۳ ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروهای جانبی محاسبه شود. به طور کلی محاسبه در هر یک از این دو امتداد جز در موارد زیر به طور مجزا و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام می‌شود.

الف- ساختمان‌های نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون‌هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند. در موارد الف و ب امتداد اعمال نیروی زلزله باید با زاویه مناسبی که حتی المقدور بیشترین اثر را ایجاد می‌کند، انتخاب شود. برای منظور نمودن بیشترین اثر زلزله، می‌توان صدرصد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ در صد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن ترکیب کرد. در طراحی اجزاء، بحرانی‌ترین حالت ممکن از نظر علائم نیروهای داخلی حاصل از زلزله باید ملاحظه گردد.

تبصره ۱: در ساختمان‌های مشمول بند ب فوق، چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله، در ستون در هر یک از دو امتداد مورد نظر کمتر از ۲۰ درصد بار محوری مجاز ستون باشد، بکارگیری ترکیب فوق در آن ستون ضرورتی ندارد.

تبصره ۲: در مواردی که ترکیب صد درصد نیروی زلزله هر امتداد با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته می شود، منظور کردن برونو مرکزی اتفاقی، موضوع بند ۳-۷، برای نیروی زلزله‌ای که در امتداد مربوط به ۳۰ درصد اعمال می شود، الزامی نیست.

۵-۱-۳ نیروی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان باید در هر دو جهت آن امتداد یعنی به صورت رفت و برگشت در نظر گرفته شود.

۶-۱-۳ مدل ریاضی که برای تحلیل سازه در نظر گرفته می شود باید تا حد امکان نمایانگر وضعیت سازه به لحاظ توزیع جرم و سختی باشد. در این مدل باید علاوه بر کلیه اجزای مقاوم جانبی، اجزائی که مقاومت و سختی آنها تاثیر قابل ملاحظه‌ای در توزیع نیروها دارند، در نظر گرفته شوند. در این ارتباط در سازه‌های بتن مسلح رعایت اثر ترک خوردگی اجزاء در سختی آنها الزامی است. اثر ترک خوردگی در این سازه‌ها را می‌توان مطابق بند ۳-۶-۵ برای تعیین نیروهای داخلی و تغییر شکل‌ها در تحلیل سازه منظور کرد.

۲-۳ روش‌های تحلیل سازه

۱-۲-۳ اثرهای زلزله بر سازه ساختمان‌ها را می‌توان به روش‌های خطی یا غیر خطی تحلیل نمود. روش‌های خطی شامل "تحلیل استاتیکی معادل" و "تحلیل دینامیکی" می‌باشد. تحلیل‌های دینامیکی به دو نوع "طیفی" و "تاریخچه زمانی" قابل انجام می‌باشند. موارد کاربرد هر یک از روش‌های خطی در بند ۲-۲-۳ و جزئیات آن‌ها در بند‌های ۳-۳ و ۴-۳ توضیح داده شده است. موارد کاربرد و جزئیات روش‌های غیر خطی تحلیل سازه‌ها در بند ۳-۲-۳ و پیوست ۲ ارائه شده است. در ساختمان‌هایی که شرایط بند ۱۳-۳ را دارا باشند، می‌توان از روش ساده شده تحلیل مطابق ضوابط آن بند استفاده کرد.

۲-۲-۳ روش‌های تحلیل خطی

روش‌های مجاز برای تحلیل خطی سازه ساختمان‌ها با توجه به تعداد طبقات و نوع نامنظمی سیستم سازه‌ای آنها با توجه به جدول (۱-۳) تعیین می‌شود.

جدول (۱-۳) روش‌های مجاز برای تحلیل خطی ساختمان‌ها

ردیف	نوع ساختمان	استاتیکی معادل	دینامیکی طیفی	دینامیکی تاریخچه زمانی
۱	کلیه ساختمان‌های تا سه طبقه	✓	✓	✓
۲	ساختمان‌های منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه	✓	✓	✓
۳	ساختمان‌های نامنظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه که نامنظمی آنها در پلان از نوع "پیچشی" یا "پیچشی شدید" و نامنظمی آنها در ارتفاع از نوع "نامنظمی جرمی"، "طبقه نرم"، "طبقه خیلی نرم" و "نامنظمی هندسی در ارتفاع" نباشد.	✓	✓	✓
۴	سایر ساختمان‌ها	-	✓	✓

۳-۲-۳ روش‌های تحلیل غیرخطی

اثرات زلزله بر سازه ساختمان را می‌توان با استفاده از روش‌های غیرخطی نیز تحلیل نمود. این تحلیل به دو روش استاتیکی غیرخطی و تاریخچه زمانی غیرخطی قابل انجام می‌باشد. ضوابط انجام این تحلیل‌ها در پیوست ۲ ارائه شده است. در صورت استفاده از این روش‌ها برای طراحی سازه، ضروری است سازه با استفاده از یکی از روش‌های خطی مذکور در بند ۲-۲-۳ با رعایت محدودیت‌های جدول (۱-۳) نیز تحلیل شود. در صورتی که سازه طراحی شده بتواند علاوه بر اقناع ضوابط پیوست ۲، کلیه ضوابط نیرو و تغییر شکل روش دینامیکی طیفی بند ۱-۴-۳ را اقناع نماید، طرح سازه قابل قبول تلقی می‌شود.

۳-۳ روش تحلیل استاتیکی معادل

در این روش نیروی جانبی زلزله بر طبق ضوابط این بند تعیین شده و به صورت استاتیکی در امتدادها و جهات مختلف بر طبق بندۀای ۱-۳ و ۴-۳، به سازه اعمال می‌گردد و سازه با فرض رفتار خطی تحلیل می‌شود.

۳-۳-۱ نیروی برشی پایه

حداقل نیروی برشی پایه یا مجموع نیروهای جانبی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$V = CW \quad (1-3)$$

در این رابطه:

V: نیروی برشی در تراز پایه. این تراز در بند ۲-۳-۳ تعریف شده است.

W: وزن موثر لرزه‌ای، شامل تمام بار مرده و وزن تاسیسات ثابت به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف که در جدول (۲-۳) مشخص شده است. بارهای زنده و برف بر طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته می‌شود.

C: ضریب زلزله که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C = \frac{ABI}{R_u}$$

که در آن:

A: نسبت شتاب مبنای طرح (شتاب زلزله به شتاب ثقل g) موضوع بند ۲-۲

B: ضریب بازتاب ساختمان موضوع بند ۳-۲

I: ضریب اهمیت ساختمان موضوع بند ۴-۳-۳

R_u: ضریب رفتار ساختمان موضوع بند ۵-۳-۳

برش پایه،V، در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار داده شده در رابطه زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{\min} = 0.14 A_{IW} \quad (2-3)$$

جدول (۲-۳) درصد میزان مشارکت بارزنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله

درصد میزان بار زنده	محل بار زنده
۲۰	بام‌های ساختمان‌ها در مناطق با برف زیاد، سنگین و فوق سنگین
-	بام‌های ساختمان‌ها در سایر مناطق
۲۰	ساختمان‌های مسکونی، اداری، هتل‌ها و پارکینگ‌ها
۲۰	بیمارستان‌ها، مدارس، فروشگاه‌ها، ساختمان‌های محل اجتماع یا ازدحام
حداقل ۴۰	کتابخانه‌ها و انبارها (با توجه به نوع کاربری)
۱۰۰	مخازن آب و یا سایر مایعات

۳-۱-۳ ضریب نامعینی سازه

در ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۳ طبقه یا ارتفاع ۱۰ متر از تراز پایه، نیروی برشی پایه در هر یک از امتدادهای اصلی ساختمان باید در ضریب نامعینی β مربوط به آن امتداد ضرب شود. این ضریب در صورتیکه شرایط بندهای الف یا ب زیر افتعال نشده باشد برابر $1/2$ می‌باشد. در صورت افتعال یکی از شرایط زیر ضریب مذکور برابر ۱ اختیار می‌شود.

الف- ساختمان منظم در پلان بوده و در طبقاتی که نیروی برشی بیش از ۳۵٪ نیروی برشی پایه ساختمان در آن‌ها ایجاد می‌شود، دارای حداقل دو دهانه مقاوم در برابر بارهای جانبی در هر طرف مرکز جرم ساختمان و در هر امتداد اصلی ساختمان باشند. در سیستم‌های دارای دیوار برشی تعداد دهانه‌ها از تقسیم طول دیوار بردو سوم ارتفاع طبقه به دست می‌آید.

ب- هر طبقه‌ای از ساختمان که در آن بیش از ۳۵٪ نیروی برشی پایه ایجاد شود باید با توجه نوع سیستم سازه‌ای ضوابط جدول (۳-۳) را دara باشد.

جدول (۳-۳) ضوابط استفاده از μ برابر ۱ برای مواردی که بیش از ۳۵٪ نیروی برش پایه در طبقه‌ای از ساختمان ایجاد می‌شود

ضوابط	نوع سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی
حذف یک مهاریند یا اتصال آن منجر به از دست رفتن بیش از ۳۳٪ مقاومت برشی طبقه نشود و ضمناً باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان مذکور در بند ۱-۷-۱ نگردد.	قاب ساده مهاریندی شده
از دست رفتن مقاومت خمی در اتصالات دو انتهای یک تیر منجر به از دست رفتن بیش از ۳۳٪ مقاومت برشی طبقه نشود و ضمناً باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان مذکور در بند ۱-۷-۱ نگردد.	قاب خمی
حذف یک دهانه دیوار برشی منجر به از دست رفتن بیش از ۳۳٪ مقاومت برشی طبقه نشود و ضمناً باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان مذکور در بند ۱-۷-۱ نگردد.	دیوار برشی

تبصره ۱: در ساختمان‌های دارای سیستم دوگانه مقاوم در برابر نیروهای جانبی، ضریب نامعینی برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۲: در محاسبات مربوط به تغییر مکان نسبی طبقات، ضریب نامعینی برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-۳ تراز پایه

تراز پایه، بنا به تعریف، به ترازی در ساختمان اطلاق می‌شود که در هنگام زلزله از آن تراز به پایین حرکتی بین ساختمان و زمین وجود نداشته باشد. تراز پایه برای طراحی ساختمان‌ها به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱- برای ساختمان‌های بدون زیرزمین یا ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل نباشد و یا در صورت اتصال خاک پشت آن متراکم نشده باشد، تراز پایه باید در سطح بالای پی در نظر گرفته شود.

۲- برای ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوار نگهبان آن به سازه متصل باشد و فضای بین خاکبرداری و دیوار نگهبان زیرزمین با خاک متراکم (با تراکم حداقل ۹۵٪ اشوب اصلاح شده) و یا با بتن لاغر پر شده باشد، تراز پایه می‌تواند در نزدیکترین سقف زیرزمین به زمین طبیعی اطراف در نظر گرفته شود، منوط بر آن که اولاً خاک طبیعی موجود در اطراف ساختمان محکم باشد و ثانیاً دیوارهای نگهبان زیرزمین بتن آرمه بوده و آخرین سقف زیرزمین نیز دارای صلابت کافی باشد. در این راستا می‌توان از صلابت تیرها و یا مجموعه تیر و دال سقف‌ها برای افزایش صلابت سقف استفاده نمود.

۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

زمان تناوب اصلی نوسان بسته به مشخصات ساختمان و ارتفاع آن از تراز پایه با استفاده از روابط تجربی زیر تعیین می‌گردد.

الف- برای ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی

- ۱- چنانچه جدأگرهای میانقابی مانع برای حرکت قاب‌ها ایجاد ننمایند:
 - در قاب‌های فولادی

$$T = 0.08H^{3/4} \quad (3-3)$$

- در قاب‌های بتن مسلح

$$T = 0.07H^{3/4} \quad (4-3)$$

۲- چنانچه جدأگرهای میانقابی مانع برای حرکت قاب‌ها ایجاد ننمایند:

مقدار T برابر با ۸۰ درصد مقادیر عنوان شده در بالا در نظر گرفته می‌شوند.

ب- در قاب‌های دارای مهاربندی‌های واگرا، مقدار T از رابطه (۴-۳) محاسبه می‌شود.

ج- برای سایر سیستم‌های ساختمانی مندرج در جدول (۵-۳)، به غیر از سیستم کنسولی، در تمام موارد وجود یا عدم وجود جدأگرهای میانقابی

$$T = 0.05H^{3/4} \quad (5-3)$$

در روابط فوق، H، ارتفاع ساختمان بر حسب متر، از تراز پایه است و در محاسبه آن ارتفاع خرپشته، در صورتی که وزن آن بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، نیز باید منظور گردد. در مورد بام‌های شیبدار H براساس ارتفاع متوسط بام از تراز پایه محاسبه می‌شود.

تبصره ۱: بجای استفاده از روابط تجربی یاد شده می‌توان زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان T را با استفاده از روش تحلیلی مناسب با درنظر گرفتن خصوصیات سازه محاسبه نمود، ولی مقدار آن نباید از ۱/۲۵ برابر زمان تناوب بدست آمده از رابطه تجربی بیشتر اختیار شود.

تبصره ۲: در مورد ساختمان‌های خاصی که ویژگی‌های دینامیکی آنها با ساختمان‌های متعارف متفاوت بوده و نتایج روابط تجربی ۳-۳ الی ۵-۳ محل تردید باشد، زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان، T، باید با استفاده از روش تحلیلی مناسب و با درنظر گرفتن اثرات کلیه اجزای سازه‌ای و اجزای غیر سازه‌ای تاثیر گذار از قبیل جدأگرهای میانقابی محاسبه شود، در صورتیکه اثرات اجزای غیر سازه‌ای در مدل تحلیلی در نظر گرفته نشود، زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان، T، را باید ۸۰ درصد زمان تناوب تحلیلی در نظر گرفت.

تبصره ۳: در محاسبه زمان تناوب اصلی سازه های بتنی، بمنظور در نظر گرفتن سختی موثر در اثر ترک خوردگی بتن، لازم است ممان اینرسی مقاطع قطعات برای تیرها Ig_0 و برای ستون ها و دیوارها Ig منظور شود. Ig ممان اینرسی مقاطع کل عضو بدون در نظر گرفتن فولاد است. این مقادیر $1/5$ برابر مقادیر مندرج در بند ۳-۶-۵ برای مقاطع ترک خورده است.

۴-۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان، I

ضریب اهمیت ساختمان با توجه به گروه طبقه‌بندی آنها، به شرح بند ۱-۶، مطابق جدول (۴-۳) تعیین می‌گردد:

جدول (۴-۳) ضریب اهمیت ساختمان

طبقه‌بندی ساختمان	ضریب اهمیت
۱ گروه	$1/4$
۲ گروه	$1/2$
۳ گروه	$1/0$
۴ گروه	$0/8$

۴-۳-۴ ضریب رفتار ساختمان، R_u

۱-۵-۳-۳ ضریب رفتار ساختمان در برگیرنده عواملی از قبیل شکل پذیری، درجه نامعینی و اضافه مقاومت موجود در سازه است. این ضریب با توجه به نوع سیستم با بر ساختمان که در آن محدودیت‌های بند ۸-۵-۳-۳ و ۹-۵-۳-۳ رعایت شده باشد طبق جدول (۵-۳) تعیین می‌گردد. مقادیر R_u در این جدول برای سازه‌هایی که بر اساس مقاومت طراحی می‌شوند، تنظیم شده است. برای سازه‌هایی که بر اساس روش تنش‌های مجاز طراحی می‌شوند مقدار نیروی جانبی زلزله باید در ضریب کاهشی ضرب شود. ترکیب نیروهای زلزله با سایر بارها در روش‌های مختلف باید بر اساس ضوابط بند ۱۳-۳ این استاندارد انجام شود.

۲-۵-۳-۳ ساخت ساختمان‌های با ارتفاع بیشتر از حدود H_m در جدول (۵-۳) در کلیه مناطق کشور مجاز نیست. برای ساختمان‌های خاص که در آن‌ها ارتفاعی بیشتر از این حدود مد نظر باشد، تأیید کمیته دائمی این آیین نامه الزامی است.

۳-۵-۳-۳ در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد برای ساختمان‌های با اهمیت «خیلی زیاد» فقط باید از سیستم‌هایی که عنوان «ویژه» دارند انتخاب شود.

۴-۳-۵ در ساختمان‌های با بیشتر از ۱۵ طبقه و یا بلندتر از ۵۰ متر، استفاده از سیستم قاب خمشی ویژه و یا سیستم دوگانه الزامی است. در این ساختمان‌ها نمی‌توان برای مقابله با تمام نیروی جانبی زلزله منحصراً به دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده اکتفا نمود.

۴-۳-۶ استفاده از دال تخت یا قارچی و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی منحصراً در ساختمان‌های سه طبقه و یا کوتاهتر از ۱۰ متر مجاز می‌باشد. در صورت تجاوز از این حد، تنها در صورتی استفاده از این سیستم سازه مجاز است که مقابله با نیروی جانبی زلزله توسط دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده تأمین گردد.

۴-۳-۷ در ساختمان‌های بتن مسلح که در آنها از سیستم تیرچه و بلوک برای پوشش سقف‌ها استفاده می‌گردد و ارتفاع تیرها برابر ضخامت سقف در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که ارتفاع تیرها کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد، سیستم سقف به منزله دال تخت محسوب شده و ساختمان مشمول بند ۴-۳-۳ می‌شود.

۴-۳-۸ قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی ساده بر طبق نشریه شماره ۳۲۴ سازمان مدیریت و برنامه ریزی همراه با دیوار برشی یا مهاربندی، در گروه سیستم قاب ساختمانی ساده قرار می‌گیرند. قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی گیردار بر طبق ضوابط آن نشریه، قاب خمشی فولادی متوسط محسوب می‌شوند، لیکن حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان‌هایی که در آنها تنها از قاب‌های خمشی دارای این نوع اتصالات استفاده می‌شود به ۳۰ متر تقلیل می‌یابد.

۴-۳-۹ ترکیب سیستم‌ها در پلان در ساختمان‌هایی که از دو سیستم سازه‌ای مختلف برای تحمل بار جانبی، در دو امتداد در پلان استفاده شده باشد، برای هر سیستم باید ضریب رفتار و ضرایب C_d و Ω_0 مربوط به آن سیستم در نظر گرفته شود. تنها در مواردی که در یک امتداد از سیستم دیوارهای باربر استفاده شده باشد، مقدار ضریب رفتار در امتداد دیگر نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوارهای باربر اختیار گردد.

۴-۳-۱۰ ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع در ساختمان‌هایی که علیرغم توصیه بند ۴-۸، از دو سیستم سازه‌ای مختلف برای تحمل بار جانبی در یک امتداد در ارتفاع ساختمان استفاده شده باشد، برای تعیین نیروی جانبی زلزله باید یکی از دو روش (۱) یا (۲) زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- (۱) برای تعیین زمان تناوب اصلی کل سازه ضابطه بند ۳-۳ با منظور کردن ارتفاع کل سازه، باید رعایت شود و در آن از رابطه تجربی که کمترین مقدار زمان تناوب اصلی را برای دو سیستم به کار بردشده به دست می-دهد، استفاده گردد. محاسبات نیروی جانبی برای قسمت‌های مختلف به شرح زیر انجام می‌شود:
- الف) در حالتی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی بیشتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر R_u ، C_d و Ω_0 قسمت فوقانی برای محاسبات هردو قسمت مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ب) در حالتی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی کمتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر R_u ، C_d و Ω_0 قسمت فوقانی برای محاسبات این قسمت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لیکن برای محاسبات قسمت تحتانی مقادیر R_u ، C_d و Ω_0 مربوط به همین سیستم باید مورد استفاده قرار گیرد. در این حالت نیروهای عکس العمل ناشی از تحلیل قسمت فوقانی نیز که در نسبت $R_{u/p}$ قسمت فوقانی به $R_{d/p}$ قسمت تحتانی ضرب شده‌اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اعمال شود. این نسبت در هر حال نباید کوچکتر از یک باشد.
- (۲) برای ساختمان‌هایی که سختی جانبی قسمت فوقانی آنها به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سختی جانبی قسمت تحتانی بوده و شرایط الف و ب زیر را نیز دارا باشند، می‌توان تحلیل را به صورت دو مرحله‌ای انجام داد.
- الف) سختی متوسط طبقات تحتانی حداقل ده برابر سختی متوسط طبقات فوقانی باشد.
- ب) زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه بیشتر از $1/1$ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی، در حالتی که این قسمت به صورت یک سازه جداگانه با پای گیردار فرض شده باشد، نباشد.
- در ساختمان‌هایی که دارای شرایط فوق باشند محاسبات نیروی جانبی به شرح زیر انجام می‌شود:
- الف) سازه انعطاف‌پذیر قسمت فوقانی به طور مجزا و با تکیه‌گاه گیردار در نظر گرفته شده و نیروی جانبی آن با در منظور کردن ضرایب R_u و p مربوط به این قسمت محاسبه می‌گردد. مقادیر C_d و Ω_0 همین قسمت نیز در محاسبات منظور می‌شود.
- ب) سازه سخت قسمت تحتانی به طور مجزا در نظر گرفته شده و نیروی جانبی آن با منظور کردن ضرایب R_u و p مربوط به این قسمت محاسبه می‌گردد. ضمناً نیروهای عکس العمل ناشی از تحلیل قسمت فوقانی نیز که در نسبت $R_{u/p}$ قسمت فوقانی به $R_{d/p}$ قسمت تحتانی ضرب شده‌اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اعمال شود. این نسبت در هر حال نباید کوچکتر از یک باشد. ضمناً مقادیر C_d و Ω_0 همین قسمت نیز در محاسبات مربوطه منظور می‌شود.

جدول (۳-۵) مقادیر ضریب رفتار ساختمان، R_u ، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان H_m

H_m (متر)	C_d	Ω_0	R_u	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
۵- ۵- - ۱۵ ۱۵ ۱۵ ۱۰	۵	۲/۵	۵	۱- دیوارهای برشی بتن مسلح و پزه ۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط ۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی [۱] ۴- دیوارهای برشی با مصالح بنائی مسلح ۵- دیوار مشکل از قاب سبک فولادی سرد نورد و مهار تسممهای فولادی ۶- دیوار مشکل از قاب سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی ۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی	الف- سیستم دیوارهای باربر
	۴	۲/۵	۴		
	۳/۵	۲/۵	۳/۵		
	۳	۲/۵	۳		
	۳/۵	۲	۴		
	۴	۳	۵/۵		
	۳	۲	۳		
۵- ۵- - ۱۵ ۵- ۵- ۵-	۵	۲/۵	۶	۱- دیوارهای برشی بتن مسلح و پزه [۲] ۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط ۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی [۱] ۴- دیوارهای برشی با مصالح بنائی مسلح ۵- شهربندی واگرای و پزه فولادی [۲] و [۳] ۶- مهاربندی کمانش تاب ۷- مهاربندی همگرای و پزه فولادی [۲]	ب- سیستم قاب ساختمانی
	۴	۲/۵	۵		
	۳	۲/۵	۴		
	۲/۵	۲/۵	۳		
	۴	۲	۷		
	۵/۵	۲	۷		
	۵	۲	۵/۵		
۲۰۰- ۵- - ۲۰۰- ۵- -	۵/۵	۳	۷/۵	۱- قاب خمثی بتن مسلح و پزه [۴] ۲- قاب خمثی بتن مسلح متوسط [۴] ۳- قاب خمثی بتن مسلح معمولی [۴] و [۱] ۴- قاب خمثی فولادی و پزه ۵- قاب خمثی فولادی متوسط ۶- قاب خمثی فولادی معمولی [۱] و [۵]	پ- سیستم قاب خمثی
	۴/۵	۳	۶/۵		
	۲/۵	۳	۵		
	۵/۵	۳	۳		
	۴	۳	۷/۵		
	۳	۳	۵		
	۳/۵		۳/۵		
۲۰۰- ۷- ۵- ۵- ۲۰۰- ۷- ۲۰۰- ۷-	۵/۵	۲/۵	۷/۵	۱- قاب خمثی و پزه (فولادی یا بتونی)+دیوارهای برشی بتن مسلح و پزه ۲- قاب خمثی بتونی متوسط+دیوار برشی بتن مسلح و پزه ۳- قاب خمثی بتونی متوسط+دیوار برشی بتن مسلح متوسط ۴- قاب خمثی فولادی متوسط+دیوار برشی بتن مسلح متوسط ۵- قاب خمثی فولادی و پزه+مهاربندی واگرای و پزه فولادی ۶- قاب خمثی فولادی متوسط+مهاربندی واگرای و پزه فولادی ۷- قاب خمثی فولادی و پزه+مهاربندی همگرای و پزه فولادی ۸- قاب خمثی فولادی متوسط+مهاربندی همگرای و پزه فولادی	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
	۵	۲/۵	۶/۵		
	۴/۵	۲/۵	۶		
	۴/۵	۲/۵	۶		
	۴	۲/۵	۷/۵		
	۵	۲/۵	۶		
	۵/۵	۲/۵	۷		
۱۰	۲	۱/۵	۲	-۱- سازه های فولادی یا بتونی و پزه	ث- سیستم کنسولی

یادداشت ها

- [۱] استفاده از این سیستم برای ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه خیزی و برای ساختمان های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۱ و ۲ مجاز نمی باشد. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۳ و ۴ به ۱۵ متر محدود می گردد.

[۲] مقادیر ارتفاع مجاز مندرج در جدول (۳-۵) برای ساختمان‌های دارای قاب ساختمانی و سیستم‌های مقاوم در برابر بار جانبی دیوار برشی بتن مسلح ویژه یا مهاربندهای واگرای ویژه یا مهاربندهای همگرای ویژه، در صورتی که شرایط زیر برقرار باشد می‌تواند از ۵۰ متر به ۷۵ مترافزايش پیدا کند:

الف- ساختمان بر روی زمین‌های نوع I، II یا III واقع باشد.

ب- ساختمان نامنظم شدید پیچشی نباشد.

ج- در هر امتداد اصلی اجزای باربر جانبی در هر دو طرف مرکز جرم ساختمان موجود باشند.

[۳] در قاب‌های دارای مهاربندی‌های واگرای ویژه فولادی، ضریب رفتار برابر ۷ در حالتی که در تیرهای پیوند رفتار برشی حاکم باشد، کاربرد دارد. در غیر این صورت، ضریب رفتار سیستم باید برابر ۶ در نظر گرفته شود.

[۴] قاب‌های خمثی بتن مسلح معمولی، متوسط و ویژه به ترتیب همان قاب‌های خمثی با شکل پذیری کم، متوسط و زیاد در آیین نامه بتن ایران «آبآ» اند، با این تفاوت که در قاب‌های خمثی متوسط فاصله تنگ‌ها از یکدیگر در ناحیه ۰-۱ ستون‌ها، نباید بیشتر از ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

[۵] برای ساختمان‌های یک طبقه و یا ساختمان‌های صنعتی، «با اهمیت متوسط و کم» در تمام مناطق تا ارتفاع ۱۸ متر مجاز است.

۳-۳-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان
نیروی برشی پایه ۷، که طبق بند ۳-۳-۱ محاسبه شده است، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد:

$$F_i = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V \quad (6-3)$$

در این رابطه:

F_i : نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i : وزن طبقه i شامل وزن سقف و قسمتی از سربار آن مطابق جدول (۳-۲) و نصف وزن دیوارها و ستونهایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.

h_i : ارتفاع تراز i، ارتفاع سقف طبقه i، از تراز پایه

n: تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

k: برابر $\sqrt[5]{T+0.5}$ ، این عدد برای سازه‌های با زمان تناوب اصلی کمتر از $5/0$ ثانیه برابر ۱ و برای سازه‌های با زمان تناوب اصلی بزرگتر از $2/5$ ثانیه برابر ۲ انتخاب می‌شود. T در این رابطه همان زمان تناوب اصلی سازه است که بر طبق بند ۳-۳-۳ محاسبه شده و در تعیین ضریب B مورد استفاده قرار گرفته است.

تبصره: در صورتی که وزن خرپشته ساختمان بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، خرپشته به عنوان یک طبقه مستقل محسوب می‌شود. در غیر این صورت خرپشته به عنوان بخشی از بام در نظر گرفته می‌شود.

۷-۳-۳ توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان

۷-۳-۳-۱ نیروی برشی زلزله، که بر اساس توزیع نیروها در بند ۳-۳-۶، در طبقات ساختمان ایجاد می‌شود به همراه نیروی برشی ناشی از پیچش ایجاد شده به علت برونو از مرکز بودن این نیروها در طبقات باید، طبق بند ۳-۳-۲، در هر طبقه بین عناصر مختلف سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی به تناسب سختی آنها توزیع گردد. در صورت صلب نبودن کف طبقات، در توزیع این برش‌ها باید اثر تغییر شکل‌های ایجاد شده در کف‌ها نیز منظور گردد.

۷-۳-۳-۲ لنگر پیچشی ایجاد شده در طبقه j در اثر نیروهای جانبی زلزله، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$M_i = \sum_{j=1}^n (e_{ij} + e_{aj}) F_j \quad (7-3)$$

در این رابطه:

e_{ij} : برونو مرکزی نیروی جانبی طبقه j نسبت به مرکز سختی طبقه i ، فاصله افقی مرکز جرم طبقه j و مرکز سختی طبقه i

e_{aj} : برونو مرکزی اتفاقی طبقه j ، این برونو مرکزی طبق ضابطه بند ۳-۳-۳ محاسبه می‌شود.

F_j : نیروی جانبی در تراز طبقه j

کلیه عناصر سازه باید برای لنگر پیچشی که بیشترین تلاش را در آن‌ها ایجاد می‌کند، طراحی شوند.

۷-۳-۳-۳ برونو مرکزی اتفاقی در تراز هر طبقه، e_{aj} ، به منظور به حساب آوردن احتمال تغییرات اتفاقی توزیع جرم و سختی از یک سو و نیروی ناشی از مولفه پیچشی زلزله از سوی دیگر، در نظر گرفته می‌شود. این برونو مرکزی باید در هر دو جهت و حداقل برابر با ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه، در امتداد عمود بر نیروی جانبی، اختیار شود. در مواردی که ساختمان مشمول نامنظمی پیچشی موضوع بند (۱-۷-۱-ب) می‌شود، برونو مرکزی اتفاقی حداقل باید در ضریب بزرگنمائی A_j ، طبق رابطه زیر، ضرب شود.

$$A_j = \left(\frac{\Delta_{\max}}{1.2 \Delta_{\text{ave}}} \right)^r \quad 1 \leq A_j \leq 3 \quad (8-3)$$

در این رابطه:

Δ_{\max} = حداقل تغییر مکان طبقه j

Δ_{ave} = میانگین تغییر مکان دو انتهای ساختمان در طبقه j

۴-۷-۳-۳ در ساختمان‌های تا ۵ طبقه و یا کوتاهتر از هیجده متر در مواردی که برونو مرکزی نیروی جانبی طبقه در طبقات بالاتر از هر طبقه کمتر از ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه در امتداد عمود بر نیروی جانبی باشد، برای محاسبات لنگر پیچشی نیازی به در نظر گرفتن برونو مرکزی اتفاقی در طبقات نیست.

۸-۳-۳ محاسبه ساختمان در برابر واژگونی

لنگر واژگونی ناشی از نیروهای جانبی زلزله در تراز زیر شالوده برابر مجموع حاصلضرب نیروی جانبی هر تراز در ارتفاع آن نسبت به تراز زیر شالوده ساختمان است. در محاسبه لنگر مقاوم در برابر واژگونی، بار تعادل وزن موثر لرزه‌ای ساختمان است که برای تعیین نیروی جانبی به کار رفته است و وزن شالوده و خاک روی آن به وزن موثر لرزه‌ای اضافه می‌شود. سازه ساختمان و پی آن باید به گونه‌ای طراحی شوند که توانایی تحمل اثرات لنگر واژگونی را داشته باشند.

۹-۳-۳ نیروی قائم ناشی از زلزله

۱-۹-۳-۳ نیروی قائم ناشی از زلزله که اثر مولفه قائم شتاب زلزله در ساختمان است در موارد زیر باید در محاسبات منظور شود.

الف-کل سازه ساختمان‌هایی که در پنهانه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده‌اند.

ب-تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از پانزده متر می‌باشد، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها.

ج-تیرهایی که بار قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به تیر را تحمل می‌کنند، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها. در صورتی که بار متمرکز حداقل برابر با نصف مجموع بار وارد به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می‌شود.

د-بالکن‌ها و پیش آمدگی‌هایی که به صورت طره ساخته می‌شوند.

۲-۹-۳-۳ مقدار نیروی قائم برای عناصر بندهای ب و ج از رابطه (۹-۳) محاسبه می‌شود و برای عناصر بند د دو برابر مقدار این رابطه منظور می‌گردد، بعلاوه در مورد عناصر بند د، این نیرو باید در هر دو جهت رو به بالا و رو به پائین و بدون منظور نمودن اثر کاهنده بارهای ثقلی در نظر گرفته شود.

$$F_V = 0.6 A I W_P \quad (9-3)$$

در این رابطه:

A: مقادیری هستند که برای محاسبه نیروی برشی پایه منظور شده‌اند.

W_P: بار مرده به اضافه کل سربار آن

در محاسبه مقدار نیروی قائم برای کل سازه ساختمان در حالت الف بند ۳-۹-۱، رابطه (۹-۳) مورد استفاده قرار گرفته و به جای W_p مقدار بار مرده اجزای ساختمان در نظر گرفته می‌شود. نیروی قائم مذکور باید در هر دو جهت رو به بالا و رو به پایین به طور جداگانه به سازه اعمال شود. در نظر گرفتن نیروی قائم در جهت رو به بالا در طراحی پی ساختمان ضروری نیست.

۳-۹-۳ نیروهای قائم و افقی زلزله باید به طور همزمان با بارهای مرده و زنده ترکیب شده و در طراحی اعضای سازه به کار رود. در این ترکیب ضوابط بند ۳-۱-۴ باید رعایت شود.

۳-۱۰ ضریب اضافه مقاومت، Ω_0

در برخی از موارد از جمله بند ۹-۳ این استاندارد و یا مواردی که در آیین نامه‌های طراحی سازه‌ها آمده است، ضروری است نیروی تشديد يافته ايجاد شده در اعضا ناشی از زلزله محاسبه شود. در اين گونه موارد باید نیروی حاصل از تحليل‌های خطی برای زلزله طرح، در ضریبی به نام ضریب اضافه مقاومت، Ω_0 ، ضرب شود. اين ضریب وابسته به نوع سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی ساختمان بوده و در جدول (۳-۵) ارائه شده است.

۳-۱۱ اثرات اندرکنش خاک سازه

در تحلیل سازه‌ها به روش‌های خطی، تکیه‌گاه سازه در تراز پایه را می‌توان ثابت فرض نمود. لیکن چنانچه در نظر گرفتن انعطاف‌پذیری پی سازه مدنظر باشد، لازم است اثرات اندرکنش سازه و خاک زیر آن در نظر گرفته شود. در این حالت این اثرات باید با توجه به مشخصات پی و با استفاده از روش‌های معتبر مکانیک خاک در محاسبات منظور شود.

برای سازه‌های واقع بر روی زمین‌های نوع I، II یا III، اثرات اندرکنش سازه و خاک را می‌توان به روش‌های مندرج در پیوست ۵ در تحلیل‌ها در نظر گرفت.

در هر حالت شالوده سازه (سازه پی) باید به گونه‌ای طراحی شود که بتواند نیروها و تغییر شکل‌های ایجاد شده را متناسب با فرضیات تحلیل تحمل نماید.

۴-۳ روش‌های تحلیل دینامیکی خطی

در این روش‌ها اثرات زلزله بر ساختمان با استفاده از بازتاب دینامیکی سازه در اثر «حرکت زمین» ناشی از زلزله و با فرض رفتار خطی سازه تحلیل می‌شود، این روش‌ها شامل روش «تحلیل طیفی» و روش «تحلیل تاریخچه زمانی» است که جزئیات آن‌ها در بندهای ۳-۴-۱ و ۳-۴-۲ توضیح داده شده است. کاربرد هر یک از این دو روش در ساختمان‌های مشمول این آیین‌نامه تابع بند ۳-۲ است. مشخصات حرکت زمین که در این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد طبق ضوابط بند ۵-۲ تعیین می‌گردد.

تبصره: کلیه پارامترهایی که در تحلیل دینامیکی بکار برده می شوند نظیر جرم، نسبت شتاب مبنا و غیره، همان مقادیری هستند که در تحلیل استاتیکی معادل تعریف شده اند.

۱-۴-۳ روش تحلیل طیفی

۱-۴-۳ در این روش، ابتدا تحلیل مقادیر ویژه بر روی مدل سازه که بر اساس رفتار خطی تهیه شده است، انجام شده و مشخصات مدهای طبیعی نوسان آن تعیین می گردد. سپس حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به زمان تناوب آن مد از طیف طرح بدست آورده شده و با ترکیب آماری آنها بازتاب کلی سازه تعیین می گردد. در این روش تحلیل، الزامات بندهای ۲-۴-۳ تا ۲-۴-۸ باید رعایت شود.

۲-۱-۴ تعداد مدهای نوسان

در هر یک از دو امتداد متعامد ساختمان باید تمام مدهای نوسان که مجموع جرم‌های موثر در آنها بیشتر از ۹۰ درصد جرم کل سازه است در نظر گرفته شود.

۳-۱-۴ ترکیب اثرات مدها

حداکثر بارتابهای دینامیکی سازه در هر مود، از قبیل نیروهای داخلی اعضاء، تغییر مکان‌ها، نیروهای طبقات، برش‌های طبقات و عکس العمل پایه‌ها باید با استفاده از روش‌های آماری شناخته شده، مانند روش جذر مجموع مربعات و یا روش ترکیب مربعی کامل ترکیب گردد. در ساختمان‌های نامنظم در پلان و یا در ساختمان‌هایی که پیچش در آنها حائز اهمیت است، روش ترکیب مدها باید در برگیرنده اندرکنش مدهای ارتعاشی نیز باشد. در این موارد می‌توان از روش ترکیب مربعی کامل استفاده نمود.

۴-۱-۴ اصلاح مقادیر بازتابها

در مواردی که برش پایه بدست آمده از روش تحلیل طیفی کمتر از برش پایه تحلیل استاتیکی معادل، رابطه (۱-۳) باشد، مقدار برش پایه تحلیل طیفی باید به مقادیر زیر افزایش داده شده و بازتابهای سازه متناسب با آنها اصلاح گردد. برش پایه استاتیکی معادل عنوان شده در ردیف‌های زیر، مقدار برش پایه بر اساس رابطه (۱-۳) و با استفاده از مشخصات طیف استاندارد است.

الف- در سازه‌های نامنظم، که نامنظمی در آنها از نوع "طبقه خیلی ضعیف" یا "طبقه خیلی نرم" یا "پیچشی شدید" نباشد، مقادیر بازتابها باید در ۹۰ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شوند. ولی در سازه‌های نامنظمی که نامنظمی آنها مشمول موارد فوق الذکر باشد، مقادیر بازتابها باید در نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش به دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شود.

ب- در سازه‌های منظم، مقادیر بازتابها باید در ۸۵ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه بدست آمده از تحلیل طیفی ضرب شود.

تبصره: مقادیر برش پایه تعديل شده در بندهای الف و ب نباید از برش پایه بدست آمده از تحلیل طیفی کمتر در نظر گرفته شود..

۴-۳-۵ اثرات پیچش

در روش تحلیل طیفی باید اثرات پیچش و پیچش اتفاقی را مشابه ضابطه بند ۷-۳-۳ منظور نمود. در مواردی- که از مدل‌های سه بعدی برای آنالیز سازه استفاده می‌شود، اثرات پیچش اتفاقی را می‌توان با جابجا کردن مرکز جرم طبقه به اندازه برون مرکزی اتفاقی منظور نمود.

۴-۴-۶ ترکیب اثر زلزله در امتدادهای مختلف

در تحلیل طیفی، اثر زلزله در دو امتداد افقی باید مطابق ضوابط بند ۴-۱-۳ اعمال شود. اثر مولفه قائم زلزله نیز باید با توجه به بند ۹-۳-۳ به صورت استاتیکی منظور گردد.

۴-۴-۷ روش تحلیل در سیستم دوگانه و یا ترکیبی

در مواردی که برای تحمل بار جانبی زلزله از سیستم سازه‌ای دوگانه و یا ترکیبی استفاده می‌شود، برای اغفاء ضابطه بند ۱-۴-۸-پ باید ۲۵ درصد برش پایه بدست آمده از تحلیل طیفی را به قابهای خمشی سیستم دوگانه اثر داد و نحوه توزیع این برش در ارتفاع را یا با استفاده از تحلیل طیفی و یا با استفاده از تحلیل استاتیکی معادل، بند ۳-۳-۶، تعیین نمود.

۴-۴-۸ اثرات اندرکنش خاک سازه

در روش تحلیل دینامیکی طیفی، تکیه‌گاه سازه در تراز پی را می‌توان ثابت فرض نمود. اما چنانچه در نظر گرفتن انعطاف‌پذیری پی سازه مدنظر باشد، لازم است اثرات اندرکنش سازه و خاک زیر آن در نظر گرفته شود. برای سازه‌های واقع بر روی زمین‌های نوع I، II یا III اثرات اندرکنش سازه و خاک زیر آن را می‌توان به روش‌های مندرج در پیوست ۵ در تحلیل‌ها در نظر گرفت.

۴-۴-۹ روش تحلیل تاریخچه زمانی

۱-۴-۲ در این روش، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان، در تراز پایه و محاسبات پاسخ مدل ریاضی ساختمان با فرض رفتار خطی انجام می‌شود. در این تحلیل نسبت میرایی را

می‌توان ۵ درصد منظور کرد مگر آن‌که بتوان نشان داد مقدار دیگری برای سازه مناسب‌تر است. شتاب زمین بر اساس شتاب نگاشتهایی که با شرایط یاد شده در بند ۳-۵-۲ تهیه شده‌اند، تعیین می‌شود. هر زوج شتاب نگاشت عنوان شده در آن بند هم زمان در دو جهت عمود بر یکدیگر، در امتدادهای اصلی سازه، به آن اثر داده می‌شوند و بازتاب‌های سازه بصورت تابعی از زمان تعیین می‌گردند. بازتاب نهایی سازه در هر لحظه زمانی برابر با حداکثر بازتاب‌های بدست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب نگاشت مورد نظر می‌باشد.

در این روش تحلیل، می‌توان بجای سه زوج شتاب نگاشت عنوان شده در بند ۳-۵-۲ هفت زوج شتاب نگاشت با مشخصات عنوان شده در آن بند را بکار گرفت و مقدار متوسط بازتاب‌های بازتاب‌های بدست آمده از آن‌ها را بعنوان بازتاب نهایی تلقی کرد.

۴-۳-۲-۲ در این تحلیل باید برای اثرات پیچش ضابطه بند ۴-۳-۵، و برای سیستم‌های دوگانه و یا ترکیبی ضابطه بند ۴-۳-۷ متناسب با روش تحلیل تاریخچه زمانی رعایت گردد.

۴-۳-۲-۳ ترکیب اثر زلزله در امتدادهای مختلف در این تحلیل، اثر زلزله در دو امتداد افقی با استفاده از زوج شتاب نگاشتها اعمال می‌شود. اثر مولفه قائم زلزله نیز باید با توجه به بند ۳-۳-۹ به صورت استاتیکی منظور گردد.

۴-۳-۲-۴ اصلاح مقادیر بازتاب‌ها

پس از انجام تحلیل برای زوج شتاب نگاشت i ، مقدار حداکثر برش پایه V_i ، تلاش اعضاء Q_{Ei} ، و جابجایی نسبی طبقات Δ_i در هر طبقه تعیین خواهد شد. در صورتی که مقدار حداکثر برش پایه حاصل از تحلیل، V_i ، کمتر از مقدار برش پایه استاتیکی معادل V باشد، تلاش‌های اعضاء، Q_{Ei} و جابجایی نسبی طبقات Δ_i ، باید مجدداً در نسبت $\frac{V}{V_i}$ نیز ضرب شوند.

اگر سه زوج شتاب نگاشت برای تحلیل مورد استفاده قرار گیرد، تلاش طراحی اعضاء و جابجایی نسبی طراحی طبقات باید برابر با ماکزیمم مقادیر Q_{Ei} و Δ_i حاصل از تحلیل‌ها در نظر گرفته شوند.

اگر از حداقل ۷ شتاب نگاشت برای تحلیل استفاده شود، تلاش طراحی اعضاء و جابجایی نسبی طراحی طبقات را می‌توان به ترتیب برابر با مقدار متوسط مقادیر Q_{Ei} و Δ_i حاصل از تحلیل‌ها در نظر گرفت.

۳-۳-۵ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

۳-۳-۵-۱ تغییر مکان جانبی طبقه در اثر زلزله، تغییر مکانی است که در اثر اعمال بار جانبی زلزله به دست می‌آید. در تحلیل‌های خطی (استاتیکی یا دینامیکی) تغییر مکان جانبی طبقه با فرض رفتار خطی سازه، محاسبه

می‌شود. در زلزله طرح برای به دست آوردن "تغییر مکان جانبی غیر خطی طرح" که در صورت منظور داشتن رفتار غیر خطی سازه بدست می‌آید، تغییر مکان جانبی خطی باید در ضریب بزرگنمایی تغییر مکان، C_d ، ضرب شود. این ضریب برای انواع سیستم‌های سازه‌ای در جدول (۳-۵) ارائه شده است.

۳-۵-۲- تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه اختلاف تغییر مکان‌های جانبی مراکز جرم کف‌های بالا و پائین آن طبقه می‌باشد. در زلزله طرح "تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی طرح"، در هر طبقه تغییر مکانی است که در صورت منظور داشتن رفتار غیر خطی سازه، بدست می‌آید. در مواردی که تحلیل سازه با استفاده از روش‌های خطی انجام می‌شود، این تغییر مکان را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد.

$$\Delta_M = C_d \cdot \Delta_e \quad (3-10)$$

در این رابطه :

Δ_M = تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی طرح در طبقه

Δ_e = تغییر مکان جانبی نسبی طبقه حاصل از تحلیل خطی در زلزله طرح

C_d = ضریب بزرگنمایی تغییر مکان

۳-۵-۳- تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی طرح با در نظر گرفتن اثرات $P - \Delta$ (موضوع بند ۳-۶)، که با نشان داده می‌شود، در هر طبقه نباید از مقادیر مجاز Δ_a ، بیشتر شود.

برای ساختمان‌های تا ۵ طبقه $\Delta_a = 0.25$

برای سایر ساختمان‌ها $\Delta_a = 0.2$

تبصره ۱: در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_e ، برای رعایت محدودیت‌های فوق، مقدار برش پایه در رابطه (۳-۱) را می‌توان بدون منظور کردن محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان T در تبصره ۱ بند ۳-۳-۳ تعیین کرد. ولی در ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد محدودیت آن بند در مورد زمان تناوب اصلی باید رعایت شود. در هر حال رعایت رابطه (۳-۲) از بند ۳-۳-۱ در خصوص حداقل برش پایه در محاسبات تغییر مکان نسبی ضروری است.

تبصره ۲: در ساختمان‌های نامنظم پیچشی و یا نامنظم شدید پیچشی، برای محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_e ، به جای تفاوت بین تغییر مکان‌های جانبی مراکز جرم کف‌ها، تفاوت بین تغییر مکان‌های جانبی کف‌های بالا و پائین آن طبقه در امتداد محورهای کناری ساختمان باید مد نظر قرار گیرد.

تبصره ۳: برای ساختمان‌های واقع در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد که سیستم سازه‌ای آنها صرفاً از قاب‌های خمی تشکیل شده باشد مقدار Δ_e باید بر ضریب نامعینی ρ تقسیم شود.

۳-۵-۴ در زلزله سطح بهره برداری "تغییر مکان جانبی نسبی بهره برداری" که از تحلیل خطی سازه زیر اثر نیروی زلزله مذکور به دست می آید، نباید از $0/05$ ارتفاع آن طبقه بیشتر باشد این محدودیت را در مواردی که نوع و نحوه به کارگیری مصالح و سیستم اتصال قطعات غیر سازه‌ای به گونه‌ای باشد که این قطعات بتوانند در برابر تغییر مکان جانبی بیشتر، بدون خسارات عمدی، بر جا بمانند می‌توان تا $0/08$ ارتفاع طبقه افزایش داد.

۳-۵-۵ در سازه‌های بتن مسلح در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طرح، ممان اینرسی مقطع ترک خورده قطعات را می‌توان، مطابق توصیه آیین‌نامه بتن ایران «آبا» برای تیرها $Ig/35$ ، برای ستون‌ها $Ig/7$ ، و برای دیوارها $Ig/35$ یا $Ig/7$ نسبت به میزان ترک خوردگی، منظور کرد. برای زلزله بهره برداری مقادیر این ممان اینرسی‌ها را می‌توان تا $1/5$ برابر افزایش داد و از اثرات $\Delta - P$ صرفنظر کرد.

۳-۵-۶ در ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه و یا در ساختمان‌های با بیشتر از هشت طبقه، عرض درز انقطاع بین ساختمان و ساختمان مجاور باید با استفاده از تغییر مکان جانبی غیر خطی طرح در طبقه (با در نظر گرفتن اثرات $\Delta - P$) تعیین شود. برای این منظور پس از محاسبه این تغییر مکان برای هر دو ساختمان می‌توان از جذر مجموع مرباعات دو عدد برای تعیین درز انقطاع استفاده نمود. در صورتی که مشخصات ساختمان مجاور در دسترس نباشد، حداقل فاصله هر طبقه ساختمان از زمین مجاور باید برابر 70% مقدار تغییر مکان جانبی غیر خطی طرح در آن طبقه ساختمان باشد.

P - Δ اثر ۳

در کلیه سازه‌ها تاثیر بار محوری در عناصر قائم بر روی تغییر مکان‌های جانبی آنها، برش‌ها و لنگرهای خمی موجود در اعضا و نیز تغییر مکان‌های جانبی طبقات را افزایش می‌دهد. این افزایش به اثر ثانویه و یا اثر $\Delta - P$ معروف است. این اثر در مواردی که شاخص پایداری θ_i ، در رابطه $(11-3)$ ، کمتر از ده درصد باشد ناچیز بوده و می‌تواند نادیده گرفته شود. ولی اگر θ_i بیشتر از ده درصد باشد، این اثر باید در محاسبات منظور گردد.

$$\theta_i = \left[\frac{P\Delta_e}{Vh} \right]_i \quad (11-3)$$

در این رابطه:

P_i = مجموع بارهای مرده و زنده موجود در طبقه i تا n ، طبقه آخر

Δ_{ei} = تغییر مکان جانبی نسبی اولیه در طبقه i حاصل از تحلیل خطی

V_i = مجموع نیروی برشی وارد در طبقه i

h_i = ارتفاع طبقه i

شاخص پایداری θ در سازه‌ها نباید از θ_{\max} در رابطه (۱۲-۳) بیشتر باشد. در این موارد احتمال ناپایداری سازه موجود است و باید در طراحی آن تجدید نظر شود.

$$\theta_{\max} = \frac{+0.65}{C_d} \leq +0.25 \quad (12-3)$$

برای منظور کردن اثر Δ -P در طراحی سازه‌ها یا می‌توان این اثر را همراه با سایر عوامل در تحلیل سازه‌ها منظور کرد و نیروهای داخلی اعضاء را بدست آورد و یا می‌توان از روش‌های تقریبی عنوان شده در آئیننامه‌های طراحی استفاده نمود. هم چنین می‌توان روش تقریبی ارائه شده در پیوست ۳ را مورد استفاده قرار داد. در کلیه موارد، تغییر مکان‌های جانبی طبقات که در محاسبات نیروهای داخلی بکار برده می‌شوند باید تغییر مکان‌های جانبی نسبی افزایش یافته طبقات، $\bar{\Delta}_{ei}$ باشند.

تغییر مکان افزایش یافته جانبی نسبی طبقه با منظور کردن اثر Δ -P موضوع بند ۳-۵، را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\bar{\Delta}_{ei} = \frac{\Delta_{ei}}{1 - \theta_i} \quad (13-3)$$

۷-۳ مشخصات سازه از تراز پایه تا روی شالوده

در سازه‌هایی که تراز پایه بالاتر از تراز روی شالوده منظور شده باشد، سختی و مقاومت جانبی طبقات پایین تراز تراز پایه نباید از سختی و مقاومت جانبی طبقه روی تراز پایه کمتر باشد.

در این سازه‌ها ضروری است ضوابط بند ۹-۳ در خصوص مقاومت اعضاًی که در زیر تراز پایه قرار دارند و تحمل کننده بار اعضاًی برابر جانبی هستند که تا روی شالوده ادامه پیدا نمی‌کنند، رعایت شود.

۸-۳ دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها

دیافراگم‌ها که معمولاً کف‌های سازه‌ای تحمل کننده بارهای ثقلی در ساختمان‌ها هستند، در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای ایجاد شده در کف‌ها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند. این دیافراگم‌ها باید در برابر تغییر‌شکل‌های افقی که در آن‌ها ایجاد می‌شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند.

۸-۱ در تحلیل سازه ساختمان اثرات صلبیت دیافراگم‌ها باید به طور مناسب در نظر گرفته شود. به طور کلی دیافراگم‌ها به سه دسته نرم، نیمه صلب و صلب تقسیم می‌شوند.

در دیافراگم‌هایی که حداقل تغییر شکل افقی ایجاد شده در آن‌ها زیر اثر نیروی جانبی زلزله (محاسبه شده بر طبق بند ۳-۳-۶) بیش از دو برابر تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم نرم تلقی می‌شود. دیافراگم

های از نوع چوبی یا ورق‌های فلزی تقویت نشده بدون پوشش بتن در سازه‌های دارای سیستم جانبی با دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده ممکن است در این دسته قرار گیرند. در سازه‌های دارای دیافراگم‌های نرم نیازی به در نظر گرفتن اثرات لنگرهای پیچشی در ساختمان بر طبق بندهای ۳-۷-۳-۲-۷-۳-۳ و ۳-۷-۱ نمایند. نرخ نیروی برشی زلزله بین اجزای قائم مقاوم در برابر زلزله بر اساس موقعیت و جرم سهمیه این اجزا انجام می‌شود.

در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آن‌ها زیر اثر نیروی جانبی زلزله کمتر از نصف تغییرمکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم صلب تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع دال بتنی یا ورق‌های فلزی همراه با بتن مسلح رویه دارای نسبت دهانه به عرض ۳ یا کمتر که دارای هیچ‌یک از نامنظمی‌های مندرج در بند ۱-۷-۱ نباشند، ممکن است در این دسته قرار گیرند.

سایر دیافراگم‌ها نیمه‌صلب محسوب شده و اثر سختی نسبی آن‌ها در توزیع نیروها بین اجزای سازه، باید با مدل کردن دیافراگم‌ها، در نظر گرفته شود.

در سازه‌های دارای دیافراگم‌های صلب و نیمه صلب در نظر گرفتن اثرات لنگرهای پیچشی در ساختمان بر طبق بندهای ۳-۷-۳-۲-۷-۳-۳ الزامی است.

۲-۸-۳ دیافراگم‌های صلب و نیمه صلب باید برای تلاش‌های برشی و لنگرهای خمشی ناشی از نیروی مؤثر بر دیافراگم‌ها طراحی شوند. نیروی مذکور بر طبق رابطه (۱۴-۳) محاسبه می‌شوند.

$$F_{pi} = \left(\sum_{j=1}^n \frac{F_j}{W_j} \right) W_i \quad (14-3)$$

در این رابطه :

F_{pi} : نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز ۱

W_i : وزن دیافراگم و اجزای متصل به آن در تراز ۱، شامل قسمتی از بار زنده مطابق ضابطه بند ۳-۳-۱.

F_j و W_j : به ترتیب، نیروهای وارد به طبقه و وزن طبقه مطابق تعاریف بند ۳-۳-۶.

در رابطه فوق، حداقل مقدار F_{pi} برابر با $AIW_i / 5$ است و حداکثر آن لازم نیست بیشتر از AIW_i در نظر گرفته شود. در صورتی که لازم باشد دیافراگم علاوه بر نیروی زلزله طبقه، نیروی جانبی اعضای قائمی را که در قسمت بالا و پایین دیافراگم بر روی یکدیگر واقع نشده‌اند، به یکدیگر منتقل نماید، مقدار این نیروها نیز باید به نیروی به دست آمده از رابطه (۱۴-۳) اضافه شود. در این حالت اثر ضربی نامعینی سازه طبق بند ۳-۳-۱-۱ برای محاسبه مقادیر این بخش از نیروها نیز باید در نظر گرفته شود.

۳-۸-۳ تلاش‌های داخلی و نیز تغییرشکل‌های ایجاد شده در دیافراگم‌ها باید با استفاده از روش‌های شناخته شده تحلیل سازه‌ها تعیین گردند. در دیافراگم‌های متعارف که دارای پلان نسبتاً منظمی بوده و قادر بازشویان بزرگ و نزدیک به هم باشند، این تلاش‌ها و تغییرشکل‌ها را می‌توان با فرض عملکرد دیافراگم به صورت تیر تیغه

ای که بر روی تکیه‌گاهای ارجاعی قرار گرفته است، تعیین نمود. کنترل مقاومت دیافراگم‌های بتن مسلح براساس ضوابط آییننامه بتن ایران «آب» و دیافراگم‌های ساخته شده از مصالح دیگر براساس ضوابط آییننامه‌های مربوط تعیین می‌گردد.

۴-۸-۳ در مواردی که تعییه اجزای جمع‌کننده (Collector) برای انتقال بار از دیافراگم‌ها به اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی ضروری باشد، طراحی این اجزا و اتصالات آنها باید با استفاده از ترکیبات بار با در نظر گرفتن ضریب مقاومت افزودن (Ω_0) انجام شود.

۴-۸-۴ در کلیه سازه‌های نامنظم در پلان به لحاظ شرایط (الف)، (پ) یا (ت) بند ۱-۷-۱ و یا نامنظم در ارتفاع به لحاظ شرط (پ) بند ۲-۷-۱ در پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و بالاتر، نیروی طراحی اتصالات دیافراگم به اجزاء قائم و اجزا جمع‌کننده باید به میزان ۲۵٪ افزایش یابد..

۹-۳ افزایش بار طراحی در اعضای خاص

در صورتی که برخلاف توصیه‌های بند ۴-۱ یکی از اعضای جانبی باربر مانند دیوار یا قاب بادبندی شده تا روی شالوده ادامه پیدا نکند، ستون‌ها، تیرها، خرپاها و کلیه عناصری که این اعضا را تحمل می‌کنند، باید دارای مقاومت طراحی لازم برای مقابله با حداکثر نیروی زلزله طبق ترکیب بارهای دارای ضریب اضافه مقاومت باشند. اتصالات چنین المان‌های غیرممتدی به اعضای باربر آنها باید قادر به انتقال نیروهایی باشند که اعضاء غیرممتد در صورت ممتد بودن قادر به انتقال آنها می‌بودند. ترکیب بارهای مذکور به شرح زیر بوده و اضافه بر ترکیباتی هستند که در طراحی سازه بطور معمول به کاربرده می‌شوند:

$$\begin{aligned} & (\text{بار زلزله}) \Omega_0 \pm (\text{بار زنده}) 0/8 + (\text{بار مرده}) 1/0 \\ & (\text{بار زلزله}) \Omega_0 \pm (\text{بار مرده}) 0/85 \end{aligned} \quad (15-3)$$

در هر حال مقاومت این اعضا لازم نیست بیشتر از حداکثر باری که اعضاء متصل به آنها می‌توانند به آنها منتقل نمایند، در نظر گرفته شوند.

مقاومت عنوان شده در بالا مقاومت نهایی اعضا است که در طراحی به روش تنش مجاز با در نظر گرفتن ۱/۷ برابر مقادیر تنش مجاز عادی به دست می‌آید.

۱۰-۳ طراحی اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند

در ساختمان‌های بلندتر از ۵ طبقه تمام اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند ولی از طریق دیافراگم‌های کفها با سیستم باربر جانبی مرتبط هستند، باید برای اثرات ناشی از تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طرح طبقه، بند ۳-۵-۲، طراحی شوند. در این محاسبات، در صورت نیاز، اثر $\Delta - P$ باید منظور گردد.

۱۱-۳ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره برداری

۱۱-۳ ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» و یا بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه باید برای زلزله سطح بهره برداری کنترل شوند بطوری که، مطابق تعریف بند ۱-۱-۲، قابلیت بهره برداری خود را در زمان وقوع زلزله حفظ نمایند. برای این منظور مشخصات سازه این ساختمان ها باید چنان باشد که زیر اثر ترکیب بارها در سطح بهره برداری، بدون اعمال ضریب بار، الزامات زیر را تأمین نمایند:

الف- در سازه های فولادی تنש های ایجاد شده در اعضا از حد رفتار ارجاعی اعضا تجاوز ننماید. برای کنترل این موضوع در طراحی به روش تنش مجاز، تنش های ایجاد شده در اعضا نباید از $1/7$ برابر مقادیر تنش مجاز عادی تجاوز نماید. در این حالت نباید افزایش مجدد 33% در تنش های مجاز صورت گیرد. در طراحی به روش حدی تلاش های ایجاد شده در اعضا نباید از مقاومت نهایی اسمی اعضا، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، تجاوز نماید.

ب- در سازه های بتن مسلح تلاش های ایجاد شده در اعضاء، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، از مقاومت نهایی اسمی آنها تجاوز نکند.

پ- تغییر مکان های نسبی ارجاعی بهره برداری طبقات محدودیت بند ۴-۵-۳ را رعایت نماید.

۱۱-۳ مشخصات حرکت زمین در زلزله سطح بهره برداری باید مشابه زلزله طرح، بند ۳-۳، در نظر گرفته شود، با این تفاوت که شتاب مبنای طرح A در آن به یک ششم مقدار خود کاهش داده شود. در مقابل ضریب رفتار R در محاسبه نیروی جانبی زلزله برابر با یک منظور می گردد. با این ترتیب در روش تحلیل استاتیکی معادل مقدار برش پایه در این سطح از رابطه زیر محاسبه می شود.

(۱۶-۳)

پارامترهای A, B, I, W تعاریف معمول بند ۳-۱-۳ را دارند.

۱۲-۳ ترکیب نیروی زلزله با سایر بارها

نیروهای زلزله که بر اساس ضوابط بندهای مختلف این فصل محاسبه می شوند باید بر طبق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان با سایر بارهای وارد بر ساختمان، ترکیب شوند.

۱۲-۳ در صورتی که طراحی سازه به روش تنش مجاز انجام شود، در ترکیب بارهای زلزله طرح با سایر بارها، بارهای جانبی و قائم زلزله باید در ضریب کاهشی 70% ضرب شوند.

در حالتی که بر طبق آییننامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثرات اضافه مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید پس از ضرب در 70% در ضریب اضافه مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود ولی نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه مقاومت در مولفه قائم زلزله نمی باشد.

۱۲-۳ در صورتی که طراحی سازه بر اساس مقاومت 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 آیین نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثرات 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 مولفه قائم زلزله نمی باشد.

در طراحی سازه های بتنی که بر اساس آیین نامه بتن ایران "آبا" طراحی می شوند، مقادیر بار زلزله باید در ضریب ۰/۸۵ ضرب شده و در ترکیبات بار مورد استفاده قرار گیرد.

۱۳-۳ روش ساده شده تحلیل و طراحی

۱۳-۳ تحلیل و طراحی سازه برخی از ساختمانها در برابر زلزله را می توان با استفاده از روش ساده شده انجام داد. موارد کاربرد این روش و جزئیات آن در بندهای زیر توضیح داده شده است. در کاربرد این روش لازم است الزامات ژئوتکنیکی، معماری، پیکربندی سازهای و ضوابط کلی طراحی ساختمانها در برابر زلزله به شرح مندرج در بندهای ۱-۳، ۴-۱ و ۵-۱ این استاندارد نیز مدد توجه قرار گیرد.

۱۳-۳ روش ساده شده تحلیل را تنها در مورد ساختمانهایی که تمام شرایط زیر را دارا باشند، می توان به کار برد.

الف- ساختمان دارای کاربری مسکونی، اداری یا تجاری بوده و بر روی زمینهای نوع I، II یا III واقع شده باشد.

ب- ارتفاع ساختمان از ۳ طبقه از تراز پایه بیشتر نباشد و نسبت طول به عرض آن در پلان از سه تجاوز ننماید.

پ- سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی یکی از سیستم‌های مندرج در ردیفهای الف یا ب جدول (۳-۵) این استاندارد باشد. در این ساختمان‌ها تغییر سیستم سازه‌ای در ارتفاع بالاتر از تراز پایه نباید وجود داشته باشد.

ت- دیافراگم‌های سازه از نوع دال بتنی یکطرفه یا دو طرفه و یا تیرچه‌های فولادی یا بتنی به همراه دال بتنی باشد و مجموع سطوح بازشو در هر دیافراگم از ۲۰٪ سطح کل دیافراگم تجاوز نکند. بام ساختمان از این شرط مستثنی بوده و می تواند از نوع سبک یا شبیدار هم باشد.

ث- سیستم باربر جانبی یعنی دیوارهای برشی و یا دهانه‌های مهاربندی شده در هر امتداد ساختمان، حداقل در دو محور قرار گرفته باشد و هر یک از این محورها در یک طرف مرکز جرم ساختمان باشد. ضمناً امتداد محورهای مذکور با محورهای متعامد اصلی ساختمان بیشتر از ۱۵° زاویه نداشته باشد.

ج- در هر طبقه فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی در هر یک از دو امتداد متعامد ساختمان از ۲۰٪ بعد ساختمان در آن امتداد بیشتر نباشد.

ج- ساختمان در پلان شرایط نامنظمی خارج از صفحه سیستم باربر جانبی، موضوع بند ۱-۷-۱-ت و در ارتفاع نامنظمی هندسی، جرمی و سیستم باربر جانبی موضوع بندهای ۱-۷-۲-الف، ب و پ را دارا نباشد.

۳-۱۳-۳ در روش ساده شده تحلیل، نیروی جانبی ناشی از زلزله محاسبه شده و با اعمال آن به صورت استاتیکی معادل در هر امتداد ساختمان، مدل سازه با فرض رفتار خطی تحلیل می‌شود تلاش‌های حاصل در اعضا پس از ترکیب با نیروهای حاصل از سایر بارها، بر طبق آییننامه‌های طراحی کنترل می‌گردد.

۳-۱۳-۳-۱ نیروی برش پایه
نیروی برشی پایه از رابطه (۱-۳) محاسبه می‌شود، با این تفاوت که در این روش C، ضریب زلزله، از رابطه (۱۷-۳) به دست می‌آید،

$$C = \frac{ABIF}{R} \quad (17-3)$$

A و R ضرایب تعریف شده در بند ۱-۳-۳ می‌باشند.
B: ضریب بازتاب ساختمان است که در روش ساده شده برابر $B=S+1$ در نظر گرفته می‌شود. ضریب S با توجه به نوع زمین و پهنگ‌بندی خطر زلزله با استفاده از جدول (۲-۲) تعیین می‌شود.
F: ضریبی است که برای ساختمان‌های ۱ الی ۳ طبقه به ترتیب برابر ۱، ۱/۱ و ۱/۲ در نظر گرفته می‌شود.

۳-۱۳-۳-۲- توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان
نیروی برش پایه که طبق بند فوق محاسبه شده است، مطابق رابطه (۱۸-۳) در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد،

$$F_i = \frac{W_i}{W} V \quad (18-3)$$

در این رابطه W_i بخشی از وزن مؤثر لرزه‌ای ساختمان است که به تراز طبقه i نسبت داده شده است.

۳-۱۳-۳-۳- توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان
با توجه به صلب بودن دیافراگمهای نیروهای جانبی محاسبه شده طبق بند ۲-۳-۱۳-۳ در ترازهای مختلف در محل مرکز جرم طبقه به ساختمان اعمال شده و سازه تحلیل می‌شود. در این حالت نیروی برشی ایجاد شده در طبقات به همراه اثرات ناشی از پیچش ایجاد شده به علت برون مرکزی مراکز جرم و سختی، در هر طبقه به تناسب سختی بین عناصر مختلف سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی توزیع می‌گردد.
در مورد بام ساختمان‌هایی که از نوع سبک یا شبیدار می‌باشند نیروی جانبی باید با توجه به توزیع جرم در سقف به سازه اعمال شود و توزیع آن بین عناصر مختلف سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی با توجه به صلبیت نسبی دیافراگم انجام شود.

۴-۱۳-۳ کنترل تغییرمکان جانبی نسبی طبقات در روش ساده شده تحلیل ضروری نیست. چنانچه محاسبه این تغییرمکان به منظور کنترل اجزای غیرسازه‌ای، تعیین درز انقطاع و یا استفاده‌های محاسباتی دیگر نیاز باشد، مقدار تغییرمکان جانبی غیر خطی طرح را می‌توان $1/0$ ارتفاع در نظر گرفت. البته در صورت استفاده از ضوابط بند ۵-۳، می‌توان مقدار محاسباتی را برای منظور فوق در نظر گرفت.

۵-۱۳-۳ در مواردی که استفاده از ضربی مقاومت افزون برای کنترل اجزایی از سازه بر طبق ضوابط آییننامه-های طراحی ضروری باشد، و یا سازه مشمول بند ۹-۳ این استاندارد باشد، این ضربی در روش ساده شده برابر $2/5$ فرض می‌شود.

۶-۱۳-۳ در روش ساده شده، تحلیل سازه با فرض تکیه‌گاه صلب صورت می‌پذیرد. شالوده ساختمان در این روش باید به گونه‌ای طراحی شود که ضربی اطمینان در مقابل واژگونی، یعنی نسبت لنگر مقاوم به لنگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی، حداقل برابر یک باشد.

۷-۱۳-۳ در روش ساده شده، اثرات نیروی قائم ناشی از زلزله بر سازه باید بر اساس ضوابط بند ۹-۳ این استاندارد در طراحی سازه و اجزای آن در نظر گرفته شود.

فصل چهارم

ضوابط طراحی لرزاهاي اعضاي غيرسازهاي

۱-۴ کليات

۱-۱-۴ محدوده کاربرد

در اين فصل حداقل معيارهاي طراحی لرزاهاي برای اجزاء غيرسازهاي، شامل اجزاء معماري و تجهيزات و تأسيسات مکانيکي و برقی، که بطور دائم متکي و يا متصل به سازه می باشند، نگهدارنده و ادوات اتصال آنها ارائه می شود.

در صورتیکه وزن يك جزء غير سازهاي بيشتر از ۲۵ درصد وزن مؤثر لرزاهاي سازه باشد، مجموعه بصورت سازه غيرساختمناي منظور می شود و لازم است طراحی لرزاهاي طبق فصل پنجم انجام گيرد.

رعايت ضوابط اين فصل برای تمام ساختمنهاها توصيه می شود ولی برای کلیه ساختمنهاهاي با اهميت خيلي زياد ضروري و همچنين ساير ساختمنهاهاي با تعداد طبقات هشت و بيشتر از تراز پایه الزامي می باشد. در مورد ساختمنهاهاي با اهميت متوسط با تعداد طبقات هفت و كمتر، در صورتیکه ضوابط اين فصل رعايت نشود، لازم است تا ضوابط اجزاي معماري مطابق فصل هفتم رعايت گردد.

۲-۱-۴ ضريب اهميت جزء

ضريب اهميت جزء I_p برابر واحد اختيار می شود مگر در موارد زير که برابر $1/4$ خواهد بود:

۱ - جزء در داخل و يا متکي به سازه با اهميت خيلي زياد بوده و حفظ آن برای خدمترسانی بي وقفه سازه لازم باشد.

۲ - جزء نگهدارنده مواد خطرزا با امكان ايجاد مسموميت زياد و يا انفجار باشد.

۳ - خدمترسانی جزء برای تأمین عملکرد ايماني جانی پس از زمين لرזה لازم باشد (از جمله سیستم آتش نشانی ، پله فرار و نما که جزء سازه اصلی نباشد).

۳-۱-۴ استثنایا

رعایت مقررات این فصل برای اجزاء مکانیکی و برقی با ضریب اهمیت $I_p = 1$ که اتصال انعطاف‌پذیری بین جزء و ملحقات به آنها از قبیل لوله و کانال وجود داشته باشد و یکی از دو شرط زیر نیز برآورده شود، الزامی نیست.

- الف- جرم جزء کمتر از 10 kg باشد. در مورد خطوط تأسیساتی، جرم آن کمتر از 10 kg/m باشد.
- ب- جزء در ارتفاع کمتر از $1/2$ متری از کف طبقه استقرار داشته و جرم آن کمتر از 200 kg باشد.

۴-۱-۴ روش تنش مجاز

نیروی ارائه شده در بند ۱-۲-۴ در تراز مقاومت نهایی می‌باشد. در صورتیکه در طراحی از نیروی زلزله تراز روش مقاومت مجاز استفاده شود، در ترکیب بار شامل بار زلزله، نیروی حاصل از بند ۱-۲-۴ در ضریب 0.7 ضرب خواهد شد. در هر دو روش، جزء و یا سیستم مورد نظر باید جابجایی نسبی بند ۲-۲-۴ را پذیرا باشد.

۴-۱-۵ ضوابط طراحی اجزاء غیر سازه‌ای، نگهدارنده‌ها و ادوات اتصال

اجزای معماری، مکانیکی و برقی و همچنین نگهدارنده‌ها و ادوات اتصال آنها به سازه باید ضوابط این بند و بند ۴-۲-۴ و بنا به مورد بندهای ۳-۴ و ۴-۴ را اقناع نمایند. در طراحی اجزاء، نگهدارنده‌ها و ادوات اتصال باید مقاومت و انعطاف‌پذیری آنها نیز در نظر گرفته شود. همچنین در واکنش متقابل عملکردی و فیزیکی اجزاء غیر سازه‌ای، نگهدارنده‌ها و تأثیرات آنها بر یکدیگر باید درنظر گرفته شود تا خرابی هر جزء غیرسازه‌ای باعث تخریب هیچ جزء غیر سازه‌ای ضروری ($I_p = 1/4$) نشود.

۴-۱-۶ گواهی لرزه‌ای برای تجهیزات خاص

برای تجهیزات خاص طبق ردیفهای زیر لازم است گواهی لرزه‌ای ارائه شود:

- الف- برای تجهیزات مکانیکی و برقی که باید بعد از زلزله طرح قابل استفاده بمانند (خدمت‌رسانی بی‌وقفه) تولیدکننده گواهی عملکرد لرزه‌ای را برمبنای آزمایش ارائه نماید.
- ب- برای تجهیزات با محتویات خطرزا تولیدکننده گواهی نماید که تجهیزات می‌توانند محتویات خود را بعد از زلزله طرح حفظ نمایند. این گواهی باید مبتنی بر انجام تحلیل و یا انجام آزمایش باشد.

۴-۲-۴ نیازهای لرزه‌ای اجزاء غیر سازه‌ای و مهار آنها

۴-۲-۴ نیروی زلزله طراحی

مؤلفه افقی نیروی طراحی، F_p ، طبق رابطه (۴-۱) تعیین و اثر آن در مرکز جرم جزء درنظر گرفته شده و براساس پراکندگی جرم جزء توزیع می‌گردد .

$$F_p = \frac{0.4a_p S_{DS} W_p I_p}{R_p} \left(1 + 2 \frac{Z}{H} \right) \quad (1-4)$$

مقدار F_p لازم نیست از مقداری که طبق رابطه (۲-۴) محاسبه می شود بیشتر و نباید از مقداری که طبق رابطه (۳-۴) محاسبه می شود کمتر اختیار گردد.

$$F_p = 1.6 S_{DS} I_p W_p \quad (2-4)$$

$$F_p = 0.3 S_{DS} I_p W_p \quad (3-4)$$

در روابط فوق:

$$F_p = \text{نیروی طرح لرزه‌ای}$$

$S_{DS} = A(S+1)$ = شتاب طیفی زمان تنابوب کوتاه (۰/۲ ثانیه). در صورت استفاده از طیف طرح استاندارد، خواهد بود.

a_p = ضریب بزرگنمایی جزء طبق جدول (۱-۴) یا (۲-۴). در صورت تحلیل دینامیکی معتبر، مقدار حاصل از تحلیل را می توان برای ضریب بزرگنمایی جزء اختیار کرد ولی در هر حال مقدار آن نباید از یک کمتر باشد. I_p : ضریب اهمیت جزء طبق بند ۱-۲-۱ که ۱ یا ۱/۴ است.

$$W_p = \text{وزن جزء در حالت بهره‌برداری}$$

$$R_p = \text{ضریب رفتار جزء طبق جدول (۱-۴) یا (۲-۴).}$$

Z = ارتفاع محل اتصال جزء به سازه نسبت به تراز پایه ساختمان. برای اجزاء واقع در تراز پایه ساختمان و یا پایین‌تر از آن، مقدار $Z=0$ منظور می‌شود. در رابطه (۱-۴)، لزومی به لحاظ کردن نسبت z/h بیشتر از یک نیست.

H = ارتفاع ساختمان و در مورد بام‌های شیبدار H براساس ارتفاع متوسط بام از تراز پایه محاسبه می‌شود.

نیروی F_p باید بطور مستقل حداقل در دو امتداد عمود برهم افقی در ترکیب با بارهای بهره‌برداری وارد به جزء به آن اعمال شود. برای سیستم‌های طرمای کنسولی قائم، نیروی F_p برای هر امتداد افقی لحاظ می‌شود. علاوه بر مولغه افقی، جزء باید برای نیروی قائم همزمان برابر با $W_p \pm 0.2 S_{DS} W_p$ نیز طراحی گردد. در این محاسبات، برای ضریب نامعینی، μ ، مقدار واحد می‌تواند بکار برد و ضریب اضافه مقاومت اعمال نمی‌شود.

بهای استفاده از رابطه (۱-۴) می‌توان شتاب در هر تراز را با استفاده از تحلیل سازه با لحاظ ضریب رفتار یک برای آن تعیین و سپس نیروی افقی زلزله طراحی لرزه‌ای جزء را با استفاده از رابطه (۴-۴) محاسبه نمود.

$$F_p = \frac{a_i a_p W_p I_p}{R_p} A_j \quad (4-4)$$

که در آن a شتاب در تراز "i" حاصل از تحلیل طیفی سازه و A_j ضریب بزرگنمائی پیچشی طبق بند ۳-۷ می‌باشد. حد بالا وحد پائین F_p طبق روابط (۴-۲) و (۴-۳) تعیین می‌شود.

۴-۲-۴ تغییر مکان نسبی حاصل از زلزله

اثرات تغییر مکان نسبی حاصل از زلزله باید در ترکیب با تغییر مکان‌های ناشی از سایر عوامل به نحو مناسبی منظور شود. تغییر مکان نسبی حاصل از زلزله، D_p ، طبق ضوابط زیر محاسبه می‌شود.

تغییر مکان نسبی، D_p ، بین دو محل اتصال یک جزء واقع بر روی سازه A یکی در ارتفاع h_x و دیگری در ارتفاع h_y ، برابر است با:

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{YA} \quad (5-4)$$

در صورت استفاده از روش طیفی در تحلیل سازه، اختلاف تغییر مکان طبقات برای هر مود محاسبه و نتایج بطریق آماری با یکدیگر ترکیب می‌شوند. مقدار D_p لازم نیست از مقدار محاسبه شده طبق رابطه (۴-۶) بزرگتر باشد.

$$D_p = \frac{(h_x - h_y) \Delta_{aA}}{h_{sx}} \quad (6-4)$$

برای دو محل اتصال واقع بر روی دو سازه جداگانه A و B یکی در ارتفاع h_x و دیگری در ارتفاع h_y از رابطه (۷-۴) محاسبه می‌شود.

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{yB}| \quad (7-4)$$

مقدار D_p لازم نیست از مقدار محاسبه شده طبق رابطه (۸-۴) بیشتر باشد.

$$D_p = \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aB}}{h_{sx}} \quad (8-4)$$

که در آن:

Δ_{aA} = تغییر مکان نسبی حاصل از زلزله که جزء باید برای پذیرش آن طراحی شود.

δ_{xA} = تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح ساختمان در تراز X سازه A

δ_{yA} = تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح ساختمان در تراز Y سازه A

Δ_{aB} = تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح ساختمان در تراز Y سازه B

h_x = ارتفاع تراز × (مربوط به اتصال بالایی)

h_y = ارتفاع تراز y (مربوط به اتصال پایینی)

Δ_{aA} = تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازه A

Δ_{aB} = تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازه B

$h_{\text{ex}} = \text{ارتفاع طبقه بکار رفته در تعریف تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه } \Delta$

۳-۲-۴ مهار اجزای غیر سازه‌ای

اجزای غیر سازه‌ای و تکیه‌گاههای آنها باید به گونه‌ای به سازه مهار شوند که ضوابط این بند و سایر ضوابط این استاندارد را اقتاع نمایند. این اجزا باید با استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی یا نظایر آن به صورت مناسبی بدون در نظر گرفتن مقاومت اصطکاکی حاصل از نیروهای ثقلی به سازه متصل شوند. لازم است مسیر انتقال بار بطور مناسبی با سختی و مقاومت کافی فراهم شود. اعضای سازه و اتصالات آن باید به صورت موضعی برای تحمل بارهای ناشی از اثر اجزاء غیر سازه‌ای و نگهدارنده‌های آنها طراحی شوند. بارهای واردہ همان نیروهایی هستند که نحوه محاسبه آنها در بند ۱-۲-۴ ارائه شده است.

نیروهای ایجاد شده در ادوات اتصال باید بر اساس نیروها و جابجایی‌های تعیین شده در بندهای ۱-۲-۴ و ۲-۴-۲ محاسبه شوند ولی مقدار R_p نباید از ۶ بیشتر درنظر گرفته شود.

۴-۲-۴ مهار در بتون یا مصالح بنایی

مهارهای مدفون در بتون یا مصالح بنایی باید قادر به تحمل کمترین دو مقدار زیر باشند:

الف) $1/3$ برابر نیروهای ایجاد شده در اجزا و تکیه‌گاههای آنها

ب) حداقل نیرویی که از طریق نگهدارنده‌های اجزا قابل انتقال به مهارها می‌باشد.

مقدار R_p که در بند ۱-۲-۴ برای محاسبه نیرو در محل اتصال به کار می‌رود نباید از $1/5$ تجاوز کند مگر آنکه مهار اجزا به گونه‌ای طراحی و اجرا شود که مقاومت یکی از ادوات اتصال از جنس فولاد شکل‌پذیر، کنترل کننده رفتار باشد.

۴-۲-۵ ادوات اتصال در کشش

استفاده از بستهایی که کوبیده می‌شوند (فسنگی) برای انتقال بار کششی حاصل از زلزله مجاز نمی‌باشد، مگر برای سقف کاذب و نظایر آن، در صورتیکه بار بهره‌برداری از ۴۰۰ نیوتون کمتر باشد.

۴-۲-۶ گیره اصطکاکی

استفاده از گیره‌های اصطکاکی که برای تحمل وزن در نظر گرفته شده‌اند بطور همزمان برای مهار لرزه‌ای مجاز نمی‌باشد مگر آن که از تسمه مهار جانبی برای جلوگیری از لقی و لغزش در اتصال استفاده شود.

۴-۳-۴ اجزای معماری

۱-۳-۴ کلیات

اجزای معماری، نگهدارندها و ادوات اتصال آنها باید ضوابط این بند را اقتاع نمایند و برای نیروهای لرزاک طبق بند ۴-۲-۱ طراحی شوند. ضرایب طراحی با توجه به جدول ۱-۴ انتخاب می‌شود.

اجزای معماری که ممکن است مخاطرات جانی ایجاد نمایند، باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند تغییر مکان نسبی طبق بند ۴-۲-۲ را پذیرا شوند. طراحی اجزای معماری در قسمت طرهای ساختمان باید با در نظر گرفتن تغییر مکانهای قائم ناشی از چرخش اتصالات اجزای طرهای سازه انجام شود.

تغییرشکل خارج از صفحه جزء یا سیستم غیر سازه‌ای تحت اثر نیروی لرزاک نباید از ظرفیت قابلیت تغییرشکل آن بیشتر گردد.

استثنای اجزایی که توسط زنجیر یا وسایل دیگر از سازه آویزان می‌باشند، چنانچه شرایط زیر را احراز نمایند، نیازمند کنترل ضوابط نیرو و تغییر مکان نسبی نمی‌باشند:

- کفایت سازه‌ای تحت نیروهای طراحی همزمان بمیزان $1/4$ برابر وزن آن در دو امتداد قائم و افقی تأمین باشد. نیروی افقی مزبور باید در امتداد بحرانی به جزء اعمال شود.
- اتصال، امکان حرکت دوران 360° درجه جزء را در صفحه افق فراهم سازد.

۴-۳-۴ قطعات دیوار غیرسازه‌ای خارجی و اتصالات آنها

اجزاء دیوار و قطعات غیرسازه‌ای پیرامونی ساختمان باید به نحوی طراحی گردند که پذیرای تغییر مکانهای نسبی لرزاک تعریف شده در بند ۴-۲-۲ و تغییرشکلهای ناشی از تغییرات دما باشند. اینگونه اجزاء یا باید مستقیماً و بطور مطمئن توسط اعضای سازه‌ای نگهداری شده و یا به واسطه اتصالات و ادوات مکانیکی مطابق با ضوابط زیر به سازه متصل گردد.

الف- اتصالات قطعات نما به سازه و همچنین درز بین قطعات باید به گونه‌ای باشند که بتوانند تغییر مکان نسبی لرزاک، D_p ، طبق بند ۴-۲-۴ یا 15 میلیمتر، هر کدام که بزرگتر است، را پذیرا باشند.

ب- اتصالات باید حرکت نسبی در صفحه قطعه ناشی از تغییر مکان نسبی طبقه را پذیرا باشند. بدین منظور می‌توان از اتصالات لغزشی با استفاده از سوراخهای بادامی شکل یا بزرگتر از قطر پیچ، یا اتصالاتی که حرکت نسبی طبقات را از طریق خم شدن قطعات فولادی یا هر گونه اتصالی که ظرفیت لغزش یا ظرفیت شکل‌پذیری معادل آن را تأمین نماید، استفاده کرد.

پ- ادوات اتصال باید دارای ظرفیت شکل‌پذیری و چرخش کافی باشند تا از شکست ترد بتن و یا جوش و اطراف آن جلوگیری شود.

ت- تمام اجزاء اتصال، مانند پیچ، میخ، جوش و شاخص و همچنین بدنه قطعه اتصال دهنده باید برای نیروی F_p ، مطابق بند ۴-۲-۱ با درنظر گرفتن مقادیر R_p و a_p طبق جدول (۱-۴) طراحی شوند. این نیروی طراحی در محل مرکز جرم قطعه دیوار متصل شونده در نظر گرفته می‌شود.

ث- وقتی اتصال توسط تسممهایی که در داخل بتن یا مصالح بنایی قرار می‌گیرند تأمین می‌شود این تسممهای باید به میلگردهای داخل بتن یا مصالح بنایی متصل شوند و یا دور آنها قلاب گردند و یا به نحوی در

بتن یا مصالح بنایی مهار شوند که قادر باشند نیروهای وارد را به نحو مطمئنی به میلگردها منتقل نمایند تا اطمینان حاصل شود که مود شکست اولیه قلوه کن شدن بتن یا مصالح بنایی نخواهد بود.

۳-۴ سقف کاذب

برای محاسبه نیروی لرزه‌ای طبق رابطه (۱-۴)، وزن سقف کاذب (w_p) شامل وزن شبکه، پانلها، تجهیزات روشنایی، (در صورت اتصال و یا اتکاء جانبی به سقف کاذب) و همچنین سایر اجزائی که از نظر جانبی متکی به سقف کاذب است، می‌باشد. نیروی لرزه‌ای، F_p ، باید توسط اتصالات سقف کاذب به اعضاء سازه ساختمان و یا سقف منتقل شود. اگر مساحت سقف کاذب کمتر از ۱۵ متر مربع بوده و توسط دیوار محصور باشد، محاسبات

جدول (۴-۱) ضرایب اجزای معماری

R_p	a_p	جزء معماری
		۱- دیوار غیر سازه‌ای داخلی و تیغه
۱/۵	۱	- دیوار غیر مسلح مصالح بنایی
۲/۵	۱	- انواع دیگر دیوار و تیغه
۲/۵	۲/۵	۲- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دیوار غیر سازه‌ای و دودکش که مهار نشده یا در محلی پایین تر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشد.
۲/۵	۱	۳- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دودکش و دیوار سازه‌ای خارجی که در محلی بالاتر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشند.
۲/۵	۱	۴- دیوار خارجی غیر سازه‌ای و اتصالات آن
۱	۱/۲۵	- دیوار و اتصال آن
		- بسته‌های سیستم اتصال
		۵- پوشش نما
۲/۵	۱	- اجزای با شکل پذیری متوسط و اتصالات آنها
۱/۵	۱	- اجزای با شکل پذیری کم و اتصالات آنها
۲/۵	۲/۵	۶- خرپشته (به استثنای حالتی که این بخش بصورت یکپارچه با سازه ساختمان ساخته شده باشد که در آن صورت باید همراه با سازه تحلیل و طراحی شود)
۲/۵	۱	۷- پله فراری که جزیی از سازه اصلی ساختمان نباشد
۲/۵	۱	۸- سقف کاذب
۲/۵	۱	۹- قفسه و کابینت
۱/۵	۱	۱۰- کف دسترسی
۲/۵	۲/۵	۱۱- تابلو و نشان

۳/۵	۱	۱۲ - سایر اجزای صلب (با انعطاف‌پذیری کم) - اجزای با شکل‌پذیری زیاد و اتصالات آنها - اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها - اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها
۲/۵	۱	۱۳ - سایر اجزای انعطاف‌پذیر - اجزای با شکل‌پذیری زیاد و اتصالات آنها - اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها - اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها
۱/۵	۱	

لرزه‌ای لازم نیست. در طراحی و نصب سقف کاذب در مناطق با لرزه‌خیزی زیاد و خیلی زیاد باید موارد زیر رعایت شود:

- الف - از مقاطع T مناسب برای شبکه استفاده شود
- ب - عرض نشیمن نبشی محیطی (ورق فرم داده شده) حداقل ۵۰ میلیمتر از ورق خم شده استفاده شود. در هر امتداد متعامد افقی، یک انتهای شبکه به نبشی محیطی متصل و انتهای دیگر شبکه ۲۰ میلیمتر از دیوار فاصله داشته باشد و بر روی نبشی محیطی بشیند بطوریکه بتواند روی آن بطور آزاد بلغزد.
- پ - برای سطوح بیشتر از یکصد متر مربع، حرکت جانبی سقف کاذب به کمک مهار به سازه کنترل شود. سطوح بارگیر این مهارها باید تقریباً برابر باشد.
- ت - برای سقفهای کاذب با سطح بیشتر از ۲۵۰ متر مربع پیش‌بینی درزهای انقطاع لرزه‌ای و یا جداسازی کامل سقف کاذب از طریق امتداد دادن تیغه‌ها تا زیر سقف اصلی لازم می‌باشد مگر آنکه با تحلیل سازه نشان داده شود که سیستم سقف کاذب توان باربری و پذیرش جابجایی‌های لرزه‌ای را دارد. همچنین نسبت طول به عرض هر قسمت نباید بیشتر از چهار باشد.
- ث - برای محافظت افشارنک آتش‌نشانی و نظایر آن، در مواردی که از مهاربندی صلب برای محدود کردن جابجایی سقف کاذب استفاده نشده باشد، لازم است در محل افشارنک و نظایر آن حلقه‌ای با قطر حداقل ۵۰ میلیمتر بزرگ‌تر تعییه گردد تا سقف کاذب نسبت به آن بتواند آزادانه حرکت نماید.
- ج - در صورت تغییر ارتفاع سقف کاذب در یک طبقه، مهاربندی هر بخش سقف کاذب باید بطور مطمئنی بصورت مستقل انجام شود.
- د - سینی کابل باید بطور مستقل از سقف کاذب توسط سازه نگهداری شود.

۴-۳-۴ کف کاذب (دسترسی)

وزن کف دسترسی، W_p ، که در محاسبه نیروی لرزه‌ای بکار می‌رود، شامل وزن سیستم کف، تمام وزن تجهیزات متصل به آن و ۰٪ ۲۵ وزن تجهیزات مستقر غیرمتصل به آن می‌باشد. نیروی لرزه‌ای F_p در تراز کف اعمال شده و

به سازه نگهدارنده منتقل می‌شود. باید اثرات لنگر واژگونی تجهیزات، با توجه به جزئیات اتصال آنها بر روی کف دسترسی، مورد ارزیابی قرار گیرد.

۴-۳-۴ تیغه جداکننده

کلیه تیغه‌های با ارتفاع بیشتر از ۱/۸ متر، باید از نظر جانبی به سازه ساختمان مهار شوند. اتصال تیغه به سقف کاذب این منظور را تأمین نمی‌نماید و لازم است مهار جانبی بطور مستقل به سازه متصل شود.

۴-۳-۶ شیشه در نما، تیغه و ویترین

شیشه در نمای شیشه‌ای، تیغه و ویترین باید بتوانند رابطه (۹-۴) را اقناع نماید.

$$\Delta_f \geq 1.25 \cdot ID_p \quad (9-4)$$

که در آن:

Δ_f = تغییر مکان نسبی که در صورت فروزی از آن شیشه از تیغه، قاب و یا ویترین به بیرون پرتاب می‌شود و مقدار آن توسط آزمایش و یا تحلیل توسط تولید کننده ارائه می‌شود.

D_p = تغییر مکان نسبی که جزء طبق بند ۲-۴ باید پذیرا باشد.

I = ضریب اهمیت سازه

مقدار $1.25ID_p$ نباید کمتر از ۱۵ میلی‌متر درنظر گرفته شود.

استثناءها:

۱- در صورتیکه بین شیشه و قاب دور آن فضای خالی به قدر کافی وجود داشته باشد، به نحوی که تحت تغییر مکان نسبی افقی طراحی، تماس فیزیکی بین آنها طبق رابطه (۱۰-۴) ایجاد نشود، نیازی به اقاعع رابطه (۹-۴) وجود ندارد.

$$D_c \geq 1.25D_p \quad (10-4)$$

که در آن:

D_c = تغییر مکان نسبی افقی اندازه گیری شده در ارتفاع قطعه شیشه‌ای مورد نظر، که باعث ایجاد تماس اولیه بین شیشه و قاب می‌شود. برای قاب‌های شیشه‌ای مستطیل شکل می‌توان از رابطه (۱۱-۴) استفاده نمود.

$$D_c = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right) \quad (11-4)$$

که در آن:

= h_p ارتفاع قطعه شیشه‌ای مستطیل شکل

= b_p عرض قطعه شیشه‌ای مستطیل شکل

$$c_1 = \text{میانگین فاصله آزاد لبه‌های قائم طرفین شیشه با قاب}$$

$$c_2 = \text{میانگین فاصله آزاد لبه‌های بالا و پایین شیشه با قاب}$$

۲- شیشه یکپارچه مقاوم در ساختمانهای با اهمیت کم و متوسط که در ارتفاع تا ۳ متر نسبت به سطح پیاده‌رو نصب شده باشد، نیازی به اقناع رابطه ۴-۹ ندارد.

۴-۴-۱-۴-۴ اجزاء مکانیکی و برقی

۱-۴-۴ کلیات

تجهیزات و تأسیسات مکانیکی و برقی و نگهدارنده‌های آنها باید ملزمومات این بند را اقناع نمایند. ادوات اتصال این تجهیزات و نگهدارنده‌های آنها به سازه باید الزامات بند ۴-۲ را اقناع نماید. ضرایب لرزه‌ای طبق جدول (۴-۲) انتخاب می‌شود. در حالاتیکه طراحی اجزای مکانیکی و برقی برای اثرات لرزه‌ای ضروری باشد، توجه لازم باید

جدول ۲-۴ ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی

R_p	a_p	نام تجهیزات
۶	۲/۵	الف- تجهیزات برقی و مکانیکی - هواکش ، واحدهای تهویه مطبوع ، گرم کننده‌ها و جعبه‌های تقسیم هوای سایر تجهیزات مکانیکی ساخته شده از ورق‌های فلزی
۲/۵	۱	- واحدهای تهویه مطبوع آبی ، دیگ بخار، کوره، تانکر و مخزن فشار آتمسفری ، چیلر، سیستم گرم کننده آب ، مبدل حرارتی و تجهیزانی که از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد ساخته شده‌اند
۲/۵	۱	- موتور، توربین، پمپ و کمپرسور و مخزن تحت فشار که فاقد پایه‌های پیرامونی بوده و بطور مستقیم توسط شاسی به کف متصل شود.
۲/۵	۲/۵	- مخزن تحت فشاری که ببروی پایه‌های پیرامونی نصب شده باشد.
۲/۵	۱	- آسانسور و پله برقی
۲/۵	۱	- ژنراتور، باتری، موتور، مبدل و سایر تجهیزات برقی که از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد ساخته شده باشد.
۶	۲/۵	- تابلو برق، مراکز کنترل موتور، و سایر تجهیزات برقی که از ورق‌های فلزی ساخته شده باشد.
۲/۵	۱	- تجهیزات مخابراتی، رایانه و سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق
۳	۲/۵	- دودکش، برج خنک کننده و دکل نصب شده بر روی بام که در ترازی پایین‌تر از مرکز تقلیل به طور جانبی مهار شده باشد.
۲/۵	۱	- تجهیزات ذکر شده در ردیف فوق در حالتی که در ترازی بالاتر از مرکز تقلیل خود به طور جانبی مهار شده باشد.

۱/۵	۱	- سایر تجهیزات مکانیکی و برقی
۲	۲/۵	ب- سیستم و اجزای متکی بر انواع جدا ساز لرزه‌ای
		ج- سیستم‌های توزیع
۹	۲/۵	- سیستم لوله‌کشی از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد که دارای اتصالات جوشی و یا لحیم کاری باشد.
۴/۵	۲/۵	- سیستم لوله‌کشی که با استفاده از مواد دارای قابلیت تغییر شکل متوسط یا زیاد و با استفاده از اتصالات رزوهای، چسبی، کوپلینگ فشاری یا شیاری یا نظایر آن ساخته شده باشد.
۳	۲/۵	- سیستم لوله‌کشی که از مواد با قابلیت تغییر شکل کم نظیر چدن یا شیشه یا مواد پلاستیکی شکننده ساخته شده باشد
۹	۲/۵	- کاتالهایی که با استفاده از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد و اتصالات جوشی یا لحیم کاری ساخته شده باشد
۶	۲/۵	- کاتالهایی که با استفاده از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد یا متوسط و اتصالاتی غیر از جوشی یا لحیم ساخته شده باشد
۳	۲/۵	- کاتالهایی که از مواد با قابلیت تغییر شکل کم نظیر چدن یا شیشه یا مواد پلاستیکی شکننده ساخته شده باشند
۶	۲/۵	- لوله‌کشی سیستم برقی، سینی کابل
۲/۵	۱	- باس داکت
۲/۵	۱	- لوله‌کشی فاضلاب
۳	۲/۵	- نقاله‌های خط تولید غیر آدمرو

به اثرات دینامیکی این اجزا و محتویات آنها و در صورت ضرورت تکیه‌گاههای آنها مبذول گردد. در این حالات اندرکنش بین جزء و سازه نگهدارنده شامل سایر اجزای مکانیکی و برقی مربوط به آن باید در نظر گرفته شود. استثناء: آویزهای سبک، تابلوها و هواکش‌های سقفی بدون اتصال به داکت یا سیستم‌های لوله‌کشی که با استفاده از زنجیر و یا سیستم‌های مشابه از سقف آویزان هستند، مشروط بر آنکه شرایط زیر را داشته باشند، از الزام به محاسبات نیرو و تغییر مکان نسبی بند ۲-۴ مستثنی می‌باشد.

- کفايت سازه‌ای جزء تحت نیروهای طراحی همزمان برابر با $1/4$ برابر وزن آن در دو امتداد قائم و افقی تأمین شود. بار افقی باید در امتدادی که بحرانی ترین اثر را دارد اعمال شود.
- اتصال، امکان دوران 360° درجه جزء را در صفحه افق فراهم سازد.

۲-۴-۴ تجهیزات مکانیکی

- تجهیزات مکانیکی با I_a بزرگتر از ۱ باید برای نیروهای زلزله و جابجایی‌های نسبی طبق بندهای ۱-۴ و ۲-۴-۴ طرح شوند. این اجزا باید الزامات اضافی زیر را نیز برآورده سازند:
- برای تجهیزات آسیب‌پذیر در ضربه، یا تجهیزاتی که از مصالح غیرشکل‌پذیر ساخته شده‌اند و یا در مواردی که شکل‌پذیری مصالح به علت شرایط عملکردی (نظیر کاربرد در دمای کم) کاهش می‌یابد، باید تمهیداتی برای حذف ضربه ناشی از زلزله در نظر گرفت.

۲- در مورد لوله‌ها و خطوط خدماتی متکی بر سازه‌های مجاور، لازم است امکان اعمال بار ناشی از اختلاف تغییرمکان تکیه‌گاهی، به تجهیزات مرتبط، بررسی شود.

۳- در لوله‌کشی یا کanal کشی سیستم‌های تهویه مطبوع، در سازه‌های جداسازی شده طراحی باید طوری انجام گیرد که این تأسیسات در مرز جدائی پذیرای تغییرمکان نسبی لرزا های تعیین شده در بند ۴-۲ باشند.

۳-۴-۴ تجهیزات برقی

تجهیزات برقی با I_p بزرگتر از ۱ باید برای نیروهای زلزله و جابجایی‌های نسبی بندهای ۱-۲-۴ و ۲-۲-۴ طرح شوند. این اجزاء باید الزامات اضافی زیر را نیز برآورده سازند:

۱- تمهیداتی برای حذف ضربه ناشی از زلزله بین تجهیزات، باید درنظر گرفته شود.

۲- نیروهای وارد به تجهیزات، ناشی از اختلاف تغییرمکان نسبی تکیه‌گاههای خطوط خدماتی متصل به آنها که بر سازه‌های مجزا قرار دارند باید ملحوظ گردد.

۳- برای جلوگیری از سقوط باتری‌هایی که روی پایه قرار دارند باید کمربند مناسبی پیش‌بینی شود. برای جلوگیری از صدمه زدن به سلول‌های باتری، جداکننده‌هایی بین کمربند و باتری باید تعییه گردد. ظرفیت باربری جانبی پایه باتری نیز باید ارزیابی گردد.

۴- سیم‌پیچهای داخلی ترانسفورمرهای نوع خشک باید بطور مطمئنی به سازه نگهدارنده در داخل ترانسفورمر متصل شود.

۵- در پانل و تابلوی برقی، تجهیزات رایانه‌ای و سایر تجهیزاتی که دارای اجزای کشویی می‌باشند باید بستهایی برای مهار آن پیش‌بینی شود.

۶- طراحی کابینت تابلوهای برقی باید براساس استاندارهای معتبر باشد. هرگونه تغییر و ایجاد بریدگی که توسط تولیدکننده انجام نشده باشد و باعث کاهش قابل ملاحظه مقاومت کابینت گردد باید بطور خاص ارزیابی شود.

۷- برای لوله‌های برق، سینی‌های کابل یا تجهیزات توزیع برق در سازه‌های جداسازی شده‌ای که این خطوط از مرز جداسازی می‌گذرند، طراحی باید طوری انجام گیرد که پذیرای تغییرمکان نسبی لرزا های تعیین شده در بند ۴-۲ باشند.

۴-۴-۴ نگهدارنده تجهیزات و تأسیسات مکانیکی و برقی

نگهدارنده‌های تجهیزات و تأسیسات مکانیکی و برقی و ادوای اتصال آنها (شامل تجهیزات با $I_p=1$) باید برای نیروها و تغییرمکانهای تعیین شده در بندهای ۱-۲-۴ و ۲-۲-۴ طراحی گردد. نگهدارنده‌ها شامل اعضای سازه‌ای، مهارها، قابها، ساقهای فولادی، پایه‌ها، تکیه‌گاههای زینی، پدستالها، کابلها، حائلها، فنرها و سایر اجزایی هستند که به تجهیزات متصل شده‌اند و یا بصورت جزیی از آن می‌باشند. نگهدارنده‌های تجهیزات باید طوری طراحی شوند که پذیرای جابجایی لرزا های نسبی بین نقاط نگهداری مطابق با بند ۴-۲ باشند.

ادوات اتصال تجهیزات به نگهدارنده‌ها باید برای نیرو و تغییرمکان طبق بندهای ۱-۲-۴ و ۲-۲-۴ طراحی گردد
مگر در مواردی که این ادوات بصورت یکپارچه با $I_p = 1/4$ محدوده اطراف نقاط اتصال نیز از لحاظ اثرات انتقال
بار به بدن آنها باید ارزیابی گردد.

در مورد نگهدارنده‌های تجهیزات مکانیکی و برقی ضوابط زیر نیز باید رعایت گردد:

۱- در محل اتصال پیچی به ورق جداره تجهیزات، لازم است ورق با سخت‌کننده یا واشر تقویت شود تا قادر به
انتقال بارهای طراحی باشد.

۲- تجهیزات مستقر بر جداگرهای ارتعاشی باید دارای قید یا ضربه‌گیر مناسب در هر راستای افقی باشند و
همچنین در مواردی که امکان واژگونی تجهیزات وجود دارد باید از قیدهای قائم نیز استفاده گردد. غلاف
جداگر و قیدها باید از مصالح شکل‌پذیر باشد. اگر فاصله آزاد بین تکیه‌گاه دستگاه و قید بیشتر از ۶ میلیمتر
باشد مقدار نیروی محاسباتی (بند ۱-۲-۴) به $2F_p$ افزایش می‌باید. برای کاهش اثر ضربه بین ضربه‌گیر و
تجهیزات باید از بالشتک‌های ساخته شده از مصالح ویسکوالاستیک یا مصالح مشابه با ضخامت مناسب
استفاده گردد.

۳- از مهارهای منبسط شونده (نظیر رول‌پلاک) نباید برای تجهیزات مکانیکی فاقد جداسازی ارتعاشی که دارای
توان بیشتر از ۱۰ اسب بخار (۷/۴۵ کیلو وات) باشند استفاده شود. استفاده از مهارهای منبسط شونده
دارای کلید برشی در تکیه‌گاه مجاز می‌باشد.

۴- در صورتیکه اتصال دستگاه مکانیکی به تکیه‌گاه تحت بار کششی باشد و بصورت کاشت با استفاده از گروت
انجام شود باید از سیمان منبسط شونده یا از گروت اپوکسی منبسط شونده استفاده شود.

۵- ادوات اتصال به بتن برای لوله، بویلر و مخازن تحت فشار، باید برای تحمل بارهای چرخه‌ای مناسب باشند.

۶- لوله و کابل برق با قطر بیشتر از ۶۵mm و سینی کابل و سایر سیستم‌های انتقال برق که متصل به تابلو برق
و یا سایر تجهیزات می‌باشند و در معرض تغییرمکان‌های نسبی ناشی از زلزله قرار دارند باید دارای اتصالات
انعطاف‌پذیر بوده و یا برای نیرو و جابجایی نسبی بندهای ۱-۲-۴ و ۲-۲-۴ طراحی شوند. این طراحی در
صورت وجود هر یک از دو شرط زیر لازم نمی‌باشد:

الف- جرم کل مجموعه کابل و نگهدارنده آن کمتر از 15 kg/m بوده و توسط نگهدارنده‌های میله‌ای افقی
زمینی نگهداری شده باشند.

ب- مجموعه کابل‌ها و نگهدارنده آن توسط آویزهای با طول ۴۰۰ mm یا کمتر نگهداری شود. آویز از نوع
میله‌ای باید مجهر به اتصال مفصلی باشد.

۴-۴-۵ خطوط تأسیساتی خدماتی

خطوط خدماتی ساختمان از قبیل برق، آب و گاز باید شرایط این بند را اقناع نمایند. در محل درز جداگایی
ساختمان‌ها برای عبور خطوط تأسیساتی، باید انعطاف لازم برای پذیرش جابجایی نسبی دو طرف درز (بند ۴-

۲-۲) پیش‌بینی شود. در طراحی لرزاهای تأسیسات، احتمال قطع خطوط برای ساختمانهای با اهمیت خیلی زیاد، باید مورد بررسی قرار گیرد. لازم است به خطوط زیرزمینی و نحوه ورود آنها از زمین به ساختمان توجه ویژه‌ای مبذول داشت. شیر ورودی لوله گاز به ساختمان به هنگام وقوع زلزله باید قابلیت قطع جریان گاز را داشته باشد.

۴-۶ کanal تهويه

ضوابط طراحی نیرو و جابجایی طبق بندهای ۲-۴ و ۳-۴ باید در طرح و اجرای کانالها و نگهدارنده‌های آنها رعایت شود. رعایت ضوابط مذبور برای کانالهای تهويه و نظایر آنها با ضریب اهمیت $I_p=1$ به شرط آنکه شرایط زیر در طول هر شاخه برقرار باشد لازم نیست.

الف - کanal با آویزهایی به طول ۴۰۰ میلیمتر یا کمتر نگهداری شود. اگر آویز از نوع میله‌ای باشد باید مجهرز به اتصال مفصلی باشد.

ب - سطح مقطع کanal کمتر از $4/0$ متر مربع و با جرم هر متر آن کمتر از ۲۵ کیلوگرم باشد. اجزائی که در مسیر کanal نصب می‌شوند (از قبیل فن، انتقال دهنده حرارت و تنظیم کننده رطوبت)، و جرم آنها بیشتر از ۳۵ کیلوگرم است باید بطور جداگانه برای وزن و نیروی جانبی با توجه به بند ۱-۴ مهار شوند.

۴-۷ تأسیسات لوله‌کشی

لوله و نگهدارنده‌های آن باید طبق بندهای ۱-۴ تا ۲-۴ برای نیروی لرزاهای و جابجایی نسبی طراحی شوند. طراحی لوله برای ترکیب بارهای شامل بار لرزاهای (بند ۴-۱) بر اساس مقادیر تنش مجاز زیر انجام می‌شود.

الف - برای لوله‌کشی از مواد شکل‌پذیر (مانند فولاد، آلومینیم و مس)، ۹۰ درصد مقاومت تسليم مشخصه حداقل.

ب - برای اتصالهای رزو شده در سیستم لوله‌کشی از مواد شکل‌پذیر، ۷۰ درصد مقاومت تسليم مشخصه حداقل.

پ - برای لوله‌کشی از مواد غیر شکل‌پذیر (مانند پلاستیک، چدن و سرامیک)، ۱۰ درصد مقاومت کششی مشخصه حداقل.

ت - برای اتصالهای رزو شده در سیستم لوله‌کشی از مواد غیرشکل‌پذیر، ۸ درصد مقاومت تسليم کشش مشخصه حداقل.

در صورت برآورده شدن هر یک از دو مورد زیر رعایت ضوابط مذبور ضروری نمی‌باشد:

۱- گروه لوله متکی بر نگهداره مشترک، دارای جرم کل کمتر از ۱۵ کیلوگرم بر متر بوده و حداکثر قطر لوله برای $I_p=1.5$ برابر ۲۵ میلیمتر و $I_p=1$ برابر ۷۵ میلیمتر باشد.

۲- لوله‌ها و یا زین میله‌ای نگهدارنده آنها توسط آویز نگهداری شود. طول آویز تا روی لوله (اگر آویز به آن بسته شود) و یا زین مساوی و یا کمتر از ۴۰۰ میلیمتر باشد. اگر آویز بصورت کابل یا زنجیر نبوده و میله‌ای باشد باید مجهز به اتصال مفصلی باشد.

۳- سیستم لوله‌کشی دارای R_p حداقل ۴/۵ باشد. ضمناً طرح طوری انجام شود که امکان برخورد با لوله‌های بزرگتر و سایر اجزاء وجود نداشته باشد و یا در صورت امکان برخورد، پیش‌بینی لازم برای محافظت لوله بعمل آید. محدودیت‌های قطر لوله مشابه مورد یک فوق نیز باید رعایت شود.

۸-۴-۴ ضوابط طراحی آسانسور و پله متحرک

سیستم‌های سازه‌ای پله متحرک، آسانسور، نقاله و تکیه‌گاه تجهیزات آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقررات نیرو و تغییرمکان طبق بندهای ۱-۲-۴ و ۲-۲-۴ را برآورده نمایند.

آسانسورهای با سرعت بیشتر از یک متر بر ثانیه باید مجهز به سوئیچ زلزله باشند. در سوئیچ زلزله باید ابزار دقیق اخطار پیش‌بینی شود بطوری که بتواند نشان دهد حرکات سازه به اندازه‌ای رسیده که ممکن است بهره‌برداری از آسانسور را مختل سازد. سوئیچ زلزله باید دارای دو حسگر متعامد افقی باشد. اگر سوئیچ زلزله در تراز پایه و یا نزدیک آن باشد برای ۲۰ درصد شتاب ثقل تنظیم می‌شود. در صورتیکه سوئیچ زلزله در بالاترین طبقه سرویس‌دهی و یا حوالی آن نصب شود باید برای ۵۰ درصد شتاب ثقل تنظیم گردد..

۹-۴-۴ سایر اجزاء مکانیکی و برقی

اجزاء مکانیکی و برقی، شامل سیستم‌های توزیع باید موارد زیر را اقناع نمایند.

۱- اجزاء، نگهدارنده‌های آنها و ادوات اتصال باید ضوابط بندهای ۲-۴، ۳-۴-۴، ۲-۴-۴، ۳، و ۴-۴-۴ را برآورده نمایند.

۲- مقاومت طراحی اجزاء مکانیکی حاوی مواد خطرناک با ($I_p=1.5$)، دیگهای بخار و مخازن تحت فشار برای نیروهای زلزله در ترکیب با سایر بارهای سرویس و اثرات محیطی، براساس روش تنش مجاز، باید با توجه به خواص مصالح به شرح زیر تعیین شود:

الف- برای اجزاء مکانیکی که از مصالح شکل پذیر ساخته شده‌اند، مانند فولاد، آلومینیوم، مس، ۹۰ درصد مقاومت مشخصه تسلیم حداقل.

ب- برای اتصالات رزو شده در اجزای ساخته شده با مصالح شکل پذیر، ۷۰ درصد مقاومت مشخصه تسلیم حداقل.

ج- برای اجزاء مکانیکی که از مصالح غیر شکل پذیر ساخته شده‌اند (مثل پلاستیک، چدن یا سرامیک) ۱۰ درصد مقاومت مشخصه کششی حداقل.

د- برای اتصالات رزوهای در لوله‌کشی ساخته شده با مصالح غیر شکل‌بزیر، ۸ درصد مقاومت مشخصه کششی حداقل.

پل قابل استنشاد

فصل پنجم

ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های غیرساختمانی

۱-۵- کلیات

۱-۱-۵- سازه‌های غیرساختمانی. سازه‌های غیرساختمانی مشمول این فصل، سازه‌هایی هستند که کاربری آن‌ها غیر از کاربری متعارف ساختمانی است. استثناهای بند ۲-۱ شامل این فصل هم می‌شود. سازه‌های غیرساختمانی متکی بر زمین یا متکی بر سازه‌های دیگر باید برای حداقل نیروی جانبی تعیین شده در این فصل طراحی شوند. طراحی باید منطبق بر ضوابط مربوطه در فصل‌های دیگر، یا شکل اصلاح شده آنها در این فصل باشد. اندرکنش خاک و سازه غیرساختمانی می‌تواند مطابق ضوابط بند ۱۱-۳-۳ منظور شود.

۱-۶- طراحی. طراحی سازه‌های غیرساختمانی باید منجر به تامین سختی و مقاومت کافی و شکل پذیری همساز با ضوابط مشخص شده در این فصل برای مقابله با آثار زلزله گردد. مقادیر ستاد مبنای طرح (A) مطابق بند ۲-۲، ضریب بازتاب ساختمان (B) مطابق بند ۳-۲ و ضریب اهمیت ساختمان (I) مطابق بند ۴-۳-۳ می‌باشند.

۱-۷- انواع سازه‌های غیرساختمانی. سازه‌های غیرساختمانی از نظر مشابهت و یا عدم مشابهت سیستم سازه‌ای آن‌ها به ساختمان‌های متعارف به دو نوع زیر تقسیم می‌شوند:

- مشابه ساختمان

- غیرمشابه ساختمان شامل دو حالت متکی بر زمین و متکی بر سازه‌های دیگر

۲-۵- سازه‌های غیرساختمانی متکی بر سازه‌های دیگر

هنگامیکه سازه‌های غیرساختمانی نام برده در جدول (۲-۵) متکی بر سازه‌ای دیگر بوده و بخشی از سیستم اصلی باربر جانبی نباشند، یکی از دو حالت زیر برقرار است:

۲-۱- در شرایطی که وزن سازه غیرساختمانی کمتر از ۲۵ درصد وزن کل سازه (وزن سازه غیرساختمانی و سازه نگهدارنده آن) باشد، نیروهای طراحی لرزه‌ای سازه غیرساختمانی باید بر اساس فصل چهارم تعیین گردد. در این حالت مقادیر R_p و a_p باید براساس بند ۲-۴ انتخاب شوند. سازه نگهدارنده باید بر حسب نوع آن مطابق فصل سوم یا بند ۳-۵ با در نظر گرفتن وزن کل سازه طراحی شود.

۲-۲-۵- در شرایطی که وزن سازه غیرساختمنی مساوی یا بیش از ۲۵ درصد وزن کل سازه (وزن سازه غیرساختمنی و سازه نگهدارنده آن) باشد، نیروهای طراحی لرزه ای باید با استفاده از تحلیل مدل کل سازه با توجه به نکات زیر محاسبه شود:

۱- درصورتی که سازه غیرساختمنی صلب باشد (مطابق تعریف بند ۴-۵)، اثر وجود سازه غیرساختمنی در مدل کل سازه را می توان صرفا با توزیع مناسب جرم آن اعمال نمود. در این حالت سازه نگهدارنده باید برحسب نوع آن مطابق فصل سوم با در نظر گرفتن وزن کل سازه طراحی شود. ضریب رفتار کل سازه می تواند همان ضریب رفتار سازه نگهدارنده اختیار گردد. سازه غیرساختمنی و اتصال آن به سازه نگهدارنده باید مطابق فصل چهارم با درنظر گرفتن R_p برابر R_u از جدول (۲-۵) و a_p برابر یک طراحی شود.

۲- درصورتی که سازه غیرساختمنی غیرصلب باشد (مطابق تعریف بند ۴-۵)، سازه غیرساختمنی باید به همراه سازه نگهدارنده آن مدل شود. مدل مرکب از دو سازه باید بر اساس بند ۳-۵ با در نظر گرفتن ضریب رفتار R_u که کمینه ضریب رفتار سازه نگهدارنده و ضریب رفتار سازه غیرساختمنی است طراحی گردد. سازه غیرساختمنی و اتصال آن به سازه نگهدارنده باید برای نیروهای حاصل از تحلیل مدل طراحی شوند.

۳-۲-۵- اجزاء معماري، تاسيسات مكانيکي و برقی متکي بر سازه غيرساختمني باید بر اساس فصل چهارم طراحی شوند.

۳-۵- ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیرساختمنی

۳-۵-۱- انتخاب روش تحلیل سازه. روش تحلیل سازه های غیرساختمنی شامل "تحلیل استاتیکی معادل" و "تحلیل دینامیکی" می باشد. چنانچه زمان تناوب اصلی نوسان این نوع سازه ها از $0.5 / 5$ ثانیه تجاوز نماید، به کارگیری یکی از روش های تحلیل دینامیکی در محاسبه نیروی جانبی الزامی است.

۳-۵-۲- مبانی طراحی. سازه های غیرساختمنی باید علاوه بر رعایت ضوابط طراحی اختصاصی ارائه شده توسط سازنده تجهیزات و دستورالعمل های بهره برداری، ضوابط این فصل را نیز اقناع نمایند. در این حالت مقادیر نیروها باید بر اساس روش محاسبه برش پایه در فصل سوم و با رعایت ضوابط بندهای ۱ تا ۷ به شرح زیر تعیین شوند:

۱- انتخاب سیستم باربر جانبی:

الف- برای سازه های غیرساختمنی مشابه ساختمان، باید سیستمی از بین سیستم های نام برده شده در جدول (۱-۵) با در نظر گرفتن محدودیت های حاکم بر سیستم سازه و ارتفاع آن اختیار شود. برای برآورد نیروی برش پایه، نیروهای طراحی اجزا و تغییر مکان نسبی طبقات، باید مقادیر مناسب R_u ، Ω_0 و C_d از جدول (۱-۵) استخراج شوند. در صورت استفاده از سیستم سازه ای که در جدول (۱-۵) قید نشده باشد، مقادیر مناسب R_u ، Ω_0 و C_d از جدول (۳-۵) قابل استخراج می باشند.

جدول (۱-۵)- ضرایب مورد استفاده برای تحلیل لرزه ای سازه های غیرساختمانی مشابه ساختمان

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	Hm^1 (متر)	C_d	Ω_0	R_u
سیستم قاب ساختمانی ساده	مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۵۰	۵	۲	۵,۵
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۱۵ ^۲	۳,۵	۲	۳,۵
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی (با افزایش ارتفاع مجاز)	۵۰	۲,۵	۲	۲,۵
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی (بدون محدودیت ارتفاع)	بدون محدودیت	۲	۱,۵	۲
سیستم قاب خمثی	ویژه	۲۰۰	۵,۵	۳	۷,۵
	متوسط	۱۵ ^۴	۴	۳	۵
	متوسط (با افزایش ارتفاع مجاز)	۵۰	۳	۲,۵	۳
	متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)	بدون محدودیت	۲	۱,۵	۲
	معمولی	*	۳	۳	۳,۵
	معمولی (با افزایش ارتفاع مجاز)	۳۰	۲,۵	۲	۲,۵
	معمولی (بدون محدودیت ارتفاع)	بدون محدودیت	۱	۱	۱
	ویژه	۲۰۰	۵,۵	۳	۷,۵
	متوسط	*	۴,۵	۳	۵
	متوسط (با افزایش ارتفاع مجاز)	۱۵	۲,۵	۲	۳
قفسه های خود ایستای فولادی	متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)	بدون محدودیت	۱	۱	۱
	معمولی	*	۲,۵	۳	۳
	معمولی (با افزایش ارتفاع مجاز)	۱۵	۱	۱	۱
	بدون محدودیت	۳,۵	۲	۴	

۱- ارتفاع سازه فاصله بالاترین نقطه سیستم باربر جانبی سازه غیر ساختمانی از تراز پایه است.

* استفاده از سیستم سازه ای که محدودیت ارتفاع آن با * مشخص شده مجاز نمی باشد.

۲- برای سازه نگهدارنده لوله تا ارتفاع حداقل ۲۰ متر مجاز است.

۳- برای سازه نگهدارنده لوله تا ارتفاع حداقل ۱۱ متر مجاز است. در صورتی که اتصالات خمثی که در محل انجام می شوند، از نوع پیچی با صفحه اتصال انتهایی باشند، ارتفاع سازه نگهدارنده لوله می تواند ۲۰ متر باشد.

۴- برای سازه نگهدارنده لوله در صورتیکه اتصالات خمثی که در محل انجام می شوند، از نوع پیچی با صفحه اتصال انتهایی باشند، ارتفاع سازه نگهدارنده لوله می تواند ۲۰ متر باشد.
سازه های نگهدارنده لوله از نوع مشابه ساختمان محسوب می شوند. در این حالت نیروی اصطکاک لوله ها، ناشی از بارهای ثقلی، نباید برای مقابله با نیروی زلزله منظور شود.

ب- برای سازه های غیرساختمانی غیر مشابه ساختمان باید سیستمی از بین سیستم های نام برده شده در جدول (۲-۵) با در نظر گرفتن محدودیت های حاکم بر سیستم و ارتفاع سازه اختیار شود. برای برآوردنیروی برش پایه، نیروهای طراحی اجزا و تغییر مکان نسبی طبقات، باید مقادیر مناسب R_u ، Ω_0 و C_d از جدول مذکور استخراج شوند.

جدول (۲-۵) - ضرایب مورد استفاده برای تحلیل لرزه ای سازه های غیرساختمانی غیر مشابه ساختمان

Hm^1	C_d	Ω_0	R_u	جزییات	نوع سازه
۵۰	۲,۵	۲	۳	بر روی پایه های مهاربندی شده متقارن (غیر مشابه ساختمان)	بونکر، مخزن، ظرف یا کندوی هواپی
۳۰	۲,۵	۲	۲	بر روی پایه های مهاربندی نشده یا مهاربندی شده نامتقارن (غیر مشابه ساختمان)	
	۲,۵	۲	۳	با پایه زین شکل فولادی	طرف افقی جوش شده
	۳	۲	۳		دودکش و سبلوی بتني درجا با دیواره پیوسته تا روی بی
	۲,۵	۲	۳	تمام سازه های دیگر بتني یا فولادی طره ای با جرم گستردگی غیر از آنهایی که در این جدول ذکر شده اند، شامل سبلوهای دودکش ها و ظروف قائم بروی پدستال منفرد با ممکنی بر جداره ترا روی زمین - جوش شده فولادی، بتني مسلح یا بتني پیش تنبیده	
	۲,۵	۲	۳		برج های خربایی طره ای با مهارشده توسط کابل - دودکش های مهار شده توسط کابل
	۳	۲	۳,۵		برج های خنک کن
	۳	۱,۵	۳	بتني مسلح یا فولادی	برج های مخابراتی
	۱,۵	۱,۵	۱,۵	قابی یا خربایی - فولادی یا بتني	
	۲,۵	۲,۵	۲,۵	دیرک - فولادی یا بتني	
	۲	۲	۲		سازه های خاص تغیریحی و بناهای یادبود
	۳	۲	۳,۵		سازه هایی که رفتارشان مشابه پاندول وارونه است
	۲,۵	۲,۵	۲,۵		تابلو ها و عالم
					سایر سازه های غیر از موارد فوق

۱- ارتفاع سازه فاصله بالاترین نقطه سیستم برابر جانبی سازه غیر ساختمانی از تراز پایه است.

تبصره: در صورتی که سیستم مورد نظر در جداول (۱-۵)، (۲-۵) و (۳-۵) موجود نباشد مطابق بند ۱-۵-۸ عمل می شود.

۲- برای سازه های غیرساختمانی غیر مشابه ساختمان که دارای مقادیر R_u در جدول (۲-۵) هستند ضریب زلزله C باید شرط زیر را اقناع نماید:

$$C \geq 0.09$$

و برای سازه های غیرساختمانی در مناطق با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد و زمین های نوع ۳ و ۴ ضریب زلزله نباید کمتر از مقدار زیر اختیار شود:

$$C \geq 1.6 A_I / R_u$$

- ۳- ضریب اهمیت I باید براساس بند ۴-۳-۳ آین نامه انتخاب شود.
- ۴- توزیع بار جانی در ارتفاع سازه غیرساختمنی باید مطابق ضوابط فصل سوم انجام شود.
- ۵- چنانچه در مدارک مرجع، مبنایی برای طراحی لرزه ای نوع مشخصی از سازه غیرساختمنی که در این فصل وجود دارد ارائه شده باشد از آن مدرک در صورتی استفاده می شود که شرایط زیر برقرار باشند :
- الف- حرکت زمین منطبق با ضوابط فصل دوم این آین نامه تعیین شده باشد.
- ب- مقادیر نیروی جانبی کل و لنگر واژگونی کل در تراز پایه مورد استفاده در طراحی از ۸۰ درصد مقدار برش پایه و لنگر واژگونی مطابق این آین نامه با در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه کمتر نباشد.
- ۶- مقادیر برش پایه می توانند با اعمال اثر اندرکنش خاک و سازه بر اساس بند ۱۱-۳-۳ کاهش داده شوند. به هر حال هیچگاه برش پایه نباید کمتر از ۷۰ درصد برش پایه، بدون در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه باشد.
- ۷- ترکیب بارهای ثقلی و زلزله در سازه های غیرساختمنی باید مطابق بند ۳-۱۳ انجام شود.
- ۳-۵- وزن موثر. وزن موثر لرزه ای سازه غیرساختمنی، W ، باید شامل تمام بارهای مرده بعلاوه درصدی از بارهای زنده، مطابق تعریف برای سازه ها در بخش ۳-۲-۱ باشد. در سازه هایی که دارای تجهیزات صنعتی از قبیل مخازن، ظروف، بونکرهای، قیف ها و لوله ها و غیره می باشند، W همچنین باید شامل بار مرده تجهیزات صنعتی به دلیل شرایط غیر متعارف عملکرد تجهیزات افزایش یابد، وزن اضافی آنها جزء وزن موثر لرزه ای محسوب نمی شود. برای سیلوهای حاوی مواد دانه ای، می توان ۸۰ درصد وزن محتویات آنها را به عنوان وزن موثر منظور نمود.
- ۴-۳-۵- زمان تناوب. زمان تناوب سازه غیرساختمنی باید از روش تحلیلی مناسب با درنظر گرفتن خصوصیات سازه محاسبه شود.
- روابط تجربی (۳-۳)، (۴-۳) و (۳-۵) مندرج در بند ۳-۳ و تبصره ۱ آن نباید برای سازه های غیرساختمنی بکار گرفته شوند.
- ۵-۳-۵- محدودیت جابجایی نسبی افقی. در صورتیکه به روشی منطقی نشان داده شود که جابجایی نسبی سازه هنگام زلزله اثر نامطلوب بر پایداری سازه، سازه های مجاور و یا اجزا متصل به آن مانند لوله ها یا سکوها دسترسی نداشته باشد می توان از محدودیت جابجایی نسبی افقی در بند ۳-۶ صرفنظر نمود.
- ۶-۳-۵- اثر $P\Delta$. در صورتی که درنظر گرفتن اثر $P\Delta$ در تحلیل، موجب تغییر نتایج به میزان بیش از ۱۰ درصد، حتی در یک عضو از اعضای سازه شود باید آثار آن برای کل سازه درنظر گرفته شود. در صورتیکه میزان اثر $P\Delta$ حتی در یک عضو از اعضای سازه، از ۳۳ درصد فراتر رود سازه ناپایدار محسوب می گردد و لازم است سختی جانبی آن افزایش داده شود.
- ۴-۵- سازه های غیرساختمنی صلب. سازه های غیرساختمنی با زمان تناوب اصلی T کمتر از ۰/۰۶ ثانیه صلب تعریف می شوند. این سازه ها شامل اتصالات و مهاری های آن باید برای نیروی جانبی زیر طراحی شوند:

$$V = 0.30 A (S+1) I W$$

که در آن V نیروی برش پایه کل وارد بر سازه غیر ساختمانی است، A و S مطابق ضوابط فصل دوم و W و I مطابق ضوابط فصل سوم تعیین می شوند. نیروی برش پایه کل باید در ارتفاع سازه مطابق بند ۳-۶ توزیع گردد.

۵-۵-۵-مخازن. نیروی جانبی زلزله موثر در مخازن زمینی و زیرزمینی با استفاده از ضوابط و معیارهای نشریه شماره ۱۲۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور تعیین می گردد.

۵-۵-۵-۱-ضوابط مهاری مخازن هوایی. مخازن هوایی متکی بر پایه یا قرار گرفته روی ساختمان باید به سازه نگهدارنده آن به روش مناسب مهار شوند. برای مخازن هوایی فلزی در مناطق لرزه خیزی ۱ و ۲ یا مخازنی که در دسته سازه های با اهمیت بسیار زیاد قرار می گیرند لازم است موارد زیر در طراحی مهار آنها به شالوده یا سازه نگهدارنده رعایت گردد:

- برای طراحی میل مهار از چسبندگی و اصطکاک با بتن صرفنظر شده و تنها بر روی مهار مکانیکی

انتهای آن اتکا شود. لذا استفاده از میلگرد مستقیم یا با خم استاندارد به تنها یی مجاز نمی باشد.

- لازم است ظرفیت مهار مکانیکی انتهایی میل مهار بیش از تنش تسلیم آن باشد.

- میل مهارهای کاشته شده در بتن تنها در صورتی مجاز است که آزمایش بارگذاری رفت و برگشتی بر روی آن در شرایطی که بتن ترک خورده است حاکی از تسلیم میل مهار قبل از بیرون آمدن آن باشد.

فصل ششم

الزامات ژئوتکنیکی

۶-۱ شناسایی نوع زمین

لازمه طراحی هر سازه ای که بر روی زمین (خاک) قرار می گیرد شناخت کافی از شرایط زیر سطحی و خصوصیات لایه های زمین زیر آن می باشد. این شناخت می تواند با استفاده از روش‌های زیر بدست آید:

- مطالعه نقشه های زمین شناسی منطقه
 - کسب اطلاعات فنی و پی سازی از وضعیت سازه های موجود،
 - کسب اطلاعات ژئوتکنیکی از برش های موجود در لایه های خاک (چاه های خاکبرداریها و ترانشه های موجود)
 - اخذ گزارش مطالعات ژئوتکنیکی مرتبط با دو ساختمان در طوفین زمین مورد نظر که با فاصله کمی از آن قرار گرفته اند.
 - انجام مطالعات ژئوتکنیکی خاص در زمین مورد نظر، متناسب با اهمیت ساختمان و ارتفاع آن به هر حال کسب حداقل شناختی از لایه های زمین ضروری می باشد، لکن درجه شناخت مورد نیاز، متناسب با اهمیت ساختمان و شرایط ژئوتکنیکی محل تعیین می گردد.
- برای ساختمان های با اهمیت کم و آن دسته از ساختمان های با اهمیت متوسط که تا ۴ سقف و یا حداکثر ۱۲ متر از روی شالوده ارتفاع دارند در صورتیکه سطح اشغال آنها از ۳۰۰ متر مربع تجاوز ننماید با مطالعه نقشه های زمین شناسی (چنانچه موجود باشد) و بررسی نحوه ساخت ساختمانهای مجاور و گزارش ژئوتکنیکی آنها، بررسی مقاطع موجود (مثل گودبرداریها یا برش موجود در پلهای نزدیک ساختمان مذکور) می توان در مورد لایه های خاک توسط یک متخصص با تجربه اظهار نظر نمود. بدیهی است در این مورد چنانچه شواهدی از وجود نوع زمین غیر از زمین های نوع I و II و III و IV (جدول ۳-۲) در محل وجود داشته باشد انجام مطالعات ژئوتکنیکی در زمین مورد نظر، الزامی می باشد.

برای سایر ساختمانهای با اهمیت متوسط (بیش از ۴ سقف، یا ارتفاع از روی پی بیش از ۱۲ متر، و یا سطح اشغال بیش از ۳۰۰ متر مربع) و همچنین ساختمانهای با اهمیت زیاد و بسیار زیاد انجام مطالعات ژئوتکنیکی در محل مورد نظر ضروری می باشد.

در هر حالت چنانچه ساختمان مورد نظر (با هر درجه اهمیت و هر تعداد سقف) بصورت انبوه سازی یا شهرک سازی باشد لازم است مطالعات ژئوتکنیکی در محل مورد نظر انجام شود.

چنانچه در مراحل ساخت ساختمان نیاز به گودبرداری، ایجاد دیوار حائل و یا شیب تن باشد و یا مشخصات ژئوتکنیکی لایه زیر سطحی منجر به نشست زیاد، لغزش، سنگ ریزش یا روانگرایی گردد، و همچنین چنانچه خاک خاصیت فروریزشی و یا تورم داشته باشد و یا سطح آب زیرزمینی بالا باشد لازم است مطالعات ژئوتکنیکی دقیق در محل مورد نظر انجام شود.

مطالعات ژئوتکنیکی شامل انجام حفاری (ماشینی یا دستی)، نمونه گیری دست خورده و دست نخورده، انجام آزمایشات درجا نظیر آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) و دانسیته بر جا، انجام آزمایشات فیزیکی و مکانیکی بر روی خاک بدست آمده در آزمایشگاه و تجزیه و تحلیل نتایج و نتیجه گیری در مورد وضعیت ژئوتکنیکی زمین مورد نظر می باشد. بدیهی است کلیه عملیات فوق باید بر اساس استانداردهای موجود و با دقت کافی انجام و در مورد بعضی نتایج مانند آزمایشات SPT تصحیحات لازم اعمال گردد.

برای زمین هایی که مطالعات ژئوتکنیکی (شامل SPT، نمونه گیری و آزمایشات آزمایشگاهی) کافی تشخیص داده نشود لازم است، علاوه بر انجام مطالعات ژئوتکنیکی، مطالعات ژئوفیزیکی بمنظور تعیین سرعت موج پرشی (V_s) در لایه های مختلف خاک نیز انجام شود.

۶-۲-۱-۱ ناپایداری های زمین ناشی از زلزله

ناپایداری های زمین ناشی از زلزله می تواند شامل روانگرایی، گسترش جانبی، زمین لغزش، فرونشست و گسلش مطابق ضوابط بندهای ۱-۱-۶ تا ۴-۲-۶ باشد.

۶-۲-۱-۲ روانگرایی

کاهش مقاومت و یا سختی بر شی خاک بدلیل افزایش فشار آب منفذی ناشی از زلزله در خاکهای دانه ای اشباع که باعث ایجاد تغییر شکلهای دائمی مهم یا ایجاد شرایطی نزدیک به تنفس موثر صفر در خاک می شود، به عنوان روانگرایی شناخته می شود.

زمین هایی که حداقل دارای یکی از شرایط زیر باشند مستعد روانگرایی تشخیص داده می شوند و لازم است مطالعه خاص آن زمین انجام شود :

الف- سابقه روانگرایی در آنها وجود داشته باشد.

ب- زمین هایی که از نوع خاک ماسه ای با تراکم کم، اعم از تمیز، یا رس دار با مقدار رس کمتر از ۲۰ درصد، یا دارای لای و یا شن بوده و تراز سطح آب زیرزمینی در آنها نسبت به سطح زمین کمتر از حدود ۱۰ متر باشد.

ج- منحنی دانه بندی خاک داخل محدوده مستعد روانگرایی باشد.

در مواردی که لایه خاک مورد نظر دارای حداقل یکی از موارد زیر باشد، می توان از بررسی وقوع روانگرایی صرف نظر کرد.

الف- ماسه محتوی بیش از ۲۰ درصد رس با $PI > 20$

ب- ماسبه محتوی بیش از ۳۵ درصد لای و بطور همزمان $> 20 N_{1(60)}$

ج- ماسبه تمیز با $> 30 N_{1(60)}$

ضمناً در موقعی که خاک ماسه‌ای و اشباع در عمقی بیش از ۲۰ متر از سطح زمین قرار دارد، فقط برای ساختمان‌های با شالوده سطحی می‌توان از ارزیابی استعداد روانگرایی صرفنظر کرد.

۶-۱-۲-۱ ارزیابی استعداد روانگرایی

بمنظور ارزیابی استعداد روانگرایی لازم است مقادیر نسبت تنش برشی تناوبی ناشی از زلزله (CSR) و نسبت مقاومت برشی تناوبی خاک موجود (CRR) محاسبه و مقایسه گردد. این مقایسه باید با تعیین ضریب اطمینان در برابر روانگرایی (F_l) بدست آید.

$$F_l = \frac{CRR}{CSR} \quad (1-6)$$

نسبت تنش برشی تناوبی (CSR) ناشی از زلزله در لایه‌های خاک طبق روابط معتبر بدست می‌آید. نسبت مقاومت برشی تناوبی خاک موجود (CRR) بر حسب نظر طراح و شرایط پژوهه با استفاده از ازمایشات نفوذ استاندارد، نفوذ مخروطی، سرعت موج برشی و بر اساس ضوابط این نامه‌های ملی یا بین‌المللی معتبر مصوب محاسبه می‌گردد.

چنانچه ضریب اطمینان بدست آمده کمتر از یک باشد خاک مستعد روانگرایی بوده و اثرات آن ممکن است موجب ناپایداری پی و سازه متکی بر آن شود. به این دلیل بایستی اینمی مناسب پی بوسیله روش مناسب بهسازی زمین یا انتقال بار بوسیله پی‌های عمیق به زیر لایه روانگرا تامین گردد. در صورتیکه F_l بین ۱ و ۱/۲۵ باشد نشست ناشی از زلزله در زمین را باید محاسبه و در طراحی منظور نمود.

۶-۱-۲-۲- گسترش جانبی

در زمینهای مستعد روانگرایی که دارای شب ملايم بوده و یا دارای یک وجهه آزاد نظیر زمینهای منتهی به کانالهای زهکش، نهرها و رودخانه‌ها و یا ساحل دریا باشند، احتمال وقوع گسترش جانبی وجود دارد. گسترش جانبی می‌تواند موجب جابجایی‌های بزرگ در زمین گردد. جهت ارزیابی استعداد و مقدار جابجایی ناشی از گسترش جانبی می‌توان حداقل از یکی از سه رویکرد تحلیلی، تجربی و یا عددی استفاده نمود.

طراحی لرزاگی‌های پی برای مقاومت در برابر گسترش جانبی باید بگونه‌ای انجام شود که جابجایی افقی در بالای پی و یا تنش‌های ناشی از آن از مقادیر مجاز مربوط به هر سازه فراتر نزود. علاوه بر طراحی مقاوم پی ساختمان، طراحی پی باید به گونه‌ای باشد که ساختمان از نظر کلی نیز این باشد. برای این منظور طراحی لرزاگی سازه و

پی مربوطه باید در سه حالت زیر انجام شود و نتایجی که بزرگترین اثر را مشخص می‌کند در طراحی پی و سازه اعمال شود:

حالتی که فرض می‌شود گسترش جانبی اتفاق خواهد افتاد

حالتی که فرض می‌شود تنها روانگرایی اتفاق خواهد افتاد.

حالتی که فرض می‌شود هیچکدام از روانگرایی و گسترش جانبی اتفاق نخواهد افتاد. در این صورت بایستی در طراحیها یا از طیف طراحی برای خاک نرم و یا از طیف حاصل از مطالعات ویژه ساختگاهی بدون در نظر گرفتن وقوع روانگرایی استفاده نمود.

در حالاتی که اثرات گسترش جانبی، در طراحی پی‌های سطحی و عمیق در نظر گرفته می‌شود، برای مطالعه عملکرد لرزه‌ای پی اثر آن باید بصورت یک فشار افقی منظور گردد. بدیهی است که در این حالت نیازی به اضافه نمودن نیروی اینرسی دینامیکی افقی زلزله ناشی از وزن سازه به نیروهای افقی ناشی از گسترش جانبی برای طراحی بخش‌های زیرزمینی سازه نمی‌باشد.

۶-۲-۳ روشهای کاهش خطرات ناشی از روانگرایی و گسترش جانبی

برای کاهش خطرات ناشی از روانگرایی و گسترش جانبی می‌توان سه راهکار را در نظر گرفت: الف) تمهیدات سازه‌ای، ب) تمهیدات ژئوتکنیکی و پ) تغییر محل ساختگاه.

۶-۲-۱ تمهیدات سازه‌ای

موثرترین تمهید سازه‌ای برای کاهش خرابی ناشی از روانگرایی یا گسترش جانبی استفاده از پی عمیق می‌باشد. در طراحی پی‌های عمیق جهت جلوگیری از خسارات ناشی از روانگرایی باید درنظر داشت که طولی از شمع که در خاک روانگرا قرار می‌گیرد، فاقد مقاومت اصطکاکی می‌باشد و چنانچه نوک شمع نیز در لایه روانگرا قرار گیرد فاقد ظرفیت باربری نوک می‌باشد. در صورتی که خاک محل در معرض روانگرایی بوده و پتانسیل گسترش جانبی را نیز داشته باشد، در طراحی پی عمیق باید نیروهای جانبی ناشی از گسترش جانبی وارد بر پی رانیز در نظر گرفت.

اگر چه استفاده از پی‌های گستردۀ می‌تواند از فروپاشی سازه متکی بر آن و وقوع تلفات جانی جلوگیری نماید لیکن ممکن است موجب کج شدگی یا واژگونی سازه شده و خسارات قابل توجهی را به سازه وارد نماید. در مکانهای دارای پتانسیل روانگرایی و گسترش جانبی، استفاده از پی‌های تکی با سکولی (کلاف‌های لنگر بر) به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.

۶-۲-۳-۱-۲-۶ تمهیدات ژئوتکنیکی

به طور کلی روشهای کاهش مخاطرات روانگرایی، برای ساختگاههای دارای پتانسیل گسترش جانبی نیز قابل استفاده می‌باشد. تمهیدات ژئوتکنیکی برای جلوگیری از روانگرایی خاکهای ناپایدار می‌تواند شامل خاکبرداری و جایگزین کردن خاک و یا تحکیم خاک در محل به کمک تراکم دینامیکی، ویبراتورها، شمع کوبی، تزریق تحکیمی، تسلیح خاک، تزریق شیمیایی و نصب زهکش گردد. قبل از استفاده از هر یک از روشهای پایدارسازی خاک، برنامه‌ریزی و طراحی دقیقی مورد نیاز است.

در مورد گسترش جانبی، در صورت امکان می‌توان خارج از محدوده اجرای سازه از روشهای مناسب فوق نظری تراکم دینامیکی یا کوبیدن شمعهای فدا شونده بهره گرفت تا مانع گسترش جانبی توده لغزنه خاک روانگرا و رسیدن آن به محدوده سازه مورد نظر گردد.

۶-۲-۳-۱-۲-۶ تغییر محل ساختگاه

در صورتیکه از نظر فنی و اقتصادی تغییر محل ساختگاه مورد نظر امکان داشته باشد، می‌توان از این راه حل برای پرهیز از خطرات ناشی از روانگرایی و گسترش جانبی استفاده نمود.

۶-۲-۳-۱-۲-۶ زمین لغزش

ارزیابی زمین لغزش باید بر اساس برآورد میزان و خطر وقوع آن با استفاده از مطالعات ژئوتکنیک و شناسایی نوع زمین لغزش احتمالی، صورت گیرد. برای احداث ساختمان در بالا، پایین یا روی شیب، هرگونه خاکبرداری و یا خاکریزی بر روی آن باید همراه با تحلیل و بررسی پایداری شیب در شرایط زلزله باشد. در صورت نیاز با استفاده از مطالعات ویژه شامل بررسی‌های زمین شناسی مهندسی، ژئوفیزیکی، حفر گمانه با تعداد و عمق مناسب، انجام آزمایش‌های صحراوی و آزمایشگاهی و تحلیل پایداری شیب، تمهیدات لازم برای پایدارسازی شیب و جلوگیری از وقوع زمین لغزش تامین گردد. در صورت احداث ساختمان در بالا یا روی شیب، ظرفیت باربری پی و پایداری موضعی شیب نیز باید تامین گردد. جهت انتخاب ساختگاه در مناطق شیبدار باید توجه ویژه‌ای به شرایط نامطلوب زیر در خصوص پایداری شیب‌ها معطوف شود.

۱- ریخت‌شناسی مناطق لغشی یا مستعد لغزش شامل توپوگرافی سطحی ناهموار، شیب‌های ناپایدار و مناطقی که در اطراف آن تغییرات شیب قابل توجه وجود دارد.

۲- وجود قله‌ها و خط الراس‌ها، لبه‌های پرتگاه و کناره‌های رودخانه و سواحل در معرض فرسایش و خاکریزهای متراکم نشده.

۳- وجود لایه‌های ضعیف در پنجه شیب‌ها.

۴- افزایش شیب دامنه‌های موجود، ایجاد شیب‌های جدید و هرگونه خاکبرداری از پنجه شیب‌ها.

۵- شیب‌های واقع در مناطق دارای رطوبت و بارندگی زیاد.

۶- وجود دامنه‌های سنگی با ناپیوستگی‌های ممتد و نامطلوبی که شبی کمتر از شبی دامنه دارند.

۶-۲-۱- ارز یابی پایداری شبی‌ها به منظور بررسی استعداد زمین لغزش

در مواردی که توپوگرافی سطحی و لایه‌بندی خاک نامنظمی شدید نداشته باشد، پاسخ زمین‌های شبیدار به زلزله طرح می‌تواند با استفاده از تحلیل شبی استاتیکی ساده شده محاسبه گردد. در غیر این صورت باید از روش‌های تحلیل دینامیکی نظیر المان محدود یا مدل بلوك صلب لغزنده و دیگر روش‌ها استفاده گردد. در آنالیز شبی استاتیکی، نیروهای اینرسی لرزه‌ای طرح که بر توده خاک وارد می‌شوند، باید محاسبه گردد.

$$F_H = k_h W_s \quad (۲-۶)$$

$$k_h = 0.5 A \quad (۳-۶)$$

A: نسبت شتاب مبنای طرح مطابق جدول (۱-۲)

F_H : نیروی افقی ناشی از زلزله

k_h : ضریب مؤلفه افقی زلزله

W_s : وزن توده لغزشی

اثر مؤلفه قائم زلزله بجز در شرایط خاص نظیر میدان نزدیک درنظر گرفته نمی‌شود.

در تحلیل‌های شبی استاتیکی، پارامترهای مقاومت برشی خاک در صورت نیاز باید با توجه به کاهش چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی در کرنشهای بزرگ و یا افزایش فشار آب حفره‌ای ناشی از زلزله انتخاب گردد. استفاده از پارامترهای مقاومتی کرنش بزرگ خاک برای ساختگاه‌هایی که قبل از دچار لغزش شده و احتمال فعالیت مجدد آن‌ها توسط زلزله وجود دارد، ضروری است. تحلیل شبی استاتیکی باید برای بحرانی‌ترین سطح لغزش انجام گیرد.

طرح باید با توجه به دقت روش تحلیل و طراحی، تعداد و کیفیت نوع آزمایشهای ژئوتکنیکی و دقت در شناخت لایه‌های زمین، و دقت انتخاب ضریب زلزله موثر، ضریب اطمینان مناسب را انتخاب کند.

چنانچه نتایج تحلیل پایداری شبی نشان دهنده ناپایداری باشد لازم است تا از روش‌های مناسب و متداول پایدارسازی شبی‌ها استفاده شود.

۶-۲-۳- فرونشست

در صورتیکه ساختگاه مورد نظر بر روی گشودگی‌های زیرزمینی بزرگ نظیر غارهای کارستیک، مغاره‌ای نیروگاهها و ایستگاههای مترو، معادن و تونلهایی با دهانه بزرگ قرار داشته باشد احتمال فرو ریزش سقف این فضاهای زیرزمینی بر اثر زلزله وجود داشته و موجب فرونشست زمین و آسیب رسیدن به سازه خواهد شد. در

صورت وجود چنین بازشده‌های زیرزمینی در زیر سازه باید مطالعات خاص برای اطمینان از اینمی سازه انجام شود و در صورت لزوم تمهیدات لازم برای جلوگیری از آسیب دیدن سازه ناشی از فرونشست زمین در نظر گرفته شود. حفرات زیر سطحی که امکان ناپایداری آنها در اثر زلزله وجود دارد میتوانند با یکی از موارد زیر مرتبط باشند:

- قناتها
- حفرات و فضاهای زیرزمینی شامل ایستگاههای مترو، تونلهای کم عمق، معادن زیرزمینی، چاهها و کوره‌های فاضلاب و نظایر آنها
- حفرات و غارهای زیرزمینی طبیعی
- حفرات بوجود آمده ناشی از آب شستگی دانه‌های خاک بر اثر ترکیدگی لوله‌های آب، نفوذ آبهای سطحی و نظایر آن

۶-۲-۳-۱ شناسایی حفرات زیرسطحی

برای شناسایی حفرات زیرسطحی می‌توان از روش‌های شناسایی مختلف از جمله حفر گمانه و یا روش‌های ژئوفیزیکی استفاده کرد. شناسایی قناتهای فعال و تونلهای تاسیسات شهری باید بر اساس مدارک موجود انجام گیرد. تعیین نوع خاک و عمق فرارگیری و قطر حفره زیرسطحی به منظور بررسی پایداری آن الزامی است.

۶-۲-۴ گسلش

۶-۲-۵ جابجایی ناشی از گسلش در سطح زمین میتواند موجب آسیب به سازه‌ها گردد، در پهنه‌های گسلی به ویژه گسل‌های اصلی، اجتناب از ساخت ساختمان به ویژه ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد اکیداً توصیه می‌شود. از این رو لازم است که کلیه سازندگان بنا در این پهنه‌ها قبل از ساخت اقدام به انجام شناسایی گسلش سطحی کرده و در صورتی که زمین شناس، گسلش سطحی با جابه جایی عمدت‌های را تشخیص داد، ضوابط مربوط به پهنه‌های با جابه جایی عمدت بر اساس این نامه‌های ملی یا بین‌الملی معتبر مصوب رعایت گردد.

کاربری زمین‌های شهری حتی الامکان باید به نحوی انجام شود که محدوده‌های پهنه‌های گسلی به ویژه گسل‌های اصلی به کاربریهای کم خطر و یا کم تراکم نظیر فضای سبز، معابر، فضاهای ورزشی و تفریحی با سازه‌های سبک اختصاص یابد.

در پهنه گسل‌های اصلی با جابجایی عمدت، احداث ساختمان با اهمیت بسیار زیاد ممنوع بوده و در ماقبی پهنه‌ها احداث آنها با انجام مطالعات و اعمال تمهیدات ویژه مجاز می‌باشد. همچنین در پهنه گسل‌های اصلی با جابجایی عمدت احداث ساختمان با اهمیت زیاد صرفاً با انجام مطالعات ویژه و اعمال تمهیدات ویژه مجاز می‌باشد.

پهنه های گسلی در بر گیرنده تغییر شکل های عمدہ در محدوده اطراف گسل ها می باشد که برای گسل های اصلی، پهنه گسل های اصلی نام گذاری می شوند..

گسل های اصلی، گسل هایی هستند که طول آنها بیش از ده کیلومتر است. در صورتیکه در پهنه های اصلی، در مواردی جایی عمدہ وجود داشته باشد، این محدوده با نام پهنه با جایی عمدہ تعریف می شود.

۳-۶ بزرگنمایی ناشی از توپوگرافی

افزایش نیروی طراحی لرزه ای در بررسی پایداری شیبها و طراحی سازه های واقع بر شیبها یا نزدیک انها باید از طریق ضریب بزرگنمایی توپوگرافی (ST) برای شیب های با ارتفاع بیش از ۳۰ متر و با زاویه میانگین بیش از ۱۵° صورت گیرد. در تحلیل پایداری شیبها ضریب بزرگنمایی توپوگرافی در مقدار K_h ضرب می گردد. حداقل مقادیر ضریب بزرگنمایی توپوگرافی در پایداری شیبها و طراحی سازه های واقع بر یا نزدیک شیبها در جدول (۶-۲) ارائه گردیده است. این ضریب بزرگنمایی فقط در سطوح لغزشی که از ثلث فوقانی ارتفاع شیبها عبور می کنند اعمال می گردد.

جدول (۶-۲) ضرایب بزرگنمایی ناشی از توپوگرافی (جدول اصلاح نشده)

شکل شیب	میانگین زاویه شیب (β)	S_T
	> 15	$\geq 1/2$
	30 تا 15	$\geq 1/2$
	> 30	$\geq 1/4$

S_T : ضریب بزرگنمایی توپوگرافی

β : میانگین زاویه شیب

Kh : ضریب زلزله طرح

Free field:

در مواردیکه در این استاندارد مطالعات ویژه شرایط ساختگاهی الزامی است، اثر توپوگرافی نیز باید بصورت تحلیلی و دقیق تری بررسی شود

۴-۶ دیوار نگهبان خاک

برای تحلیل و طراحی دیوارهای نگهبان زیر زمین اطراف ساختمانها و دیوارهای نگهبان اطراف ساختمان در این استاندارد میتوان از روش شبه استاتیکی با انتخاب ضریب زلزله مناسب استفاده نمود.

ضریب فشار جانبی لرزه ای خاک وارد بر دیوار نگهبان مجاور سازه ها با توجه به نحوه اتصال و تغییر شکل پذیری سازه ها بصورت یکی از حالات زیر باید تعیین گردد:

الف- دیوار نگهبان کاملاً متصل به سازه، و بدون قابلیت جابجایی:

ب- دیوار نگهبان کاملاً مجزا از سازه و با قابلیت جابجایی جهت فعل شدن فشار خاک پشت دیوار

ج- بخشی از دیوار در زیر تراز پایه بصورت متصل به سازه و بخشی از آن مجزا و با قابلیت جابجایی است.

این شرایط معمولاً در زمین های شبیدار و یا ساختمانهایی که وجود مقابله آن نمی توانند بطور متقابل و متعادل در زیر تراز پایه قرار گیرند پیش می آید. در این صورت بخش پایین تر از تراز پایه براساس بند الف و بخش فوقانی آن مطابق بند ب فوق طراحی می گردد. در صورتیکه بنابه علی بخش فوقانی که نمی تواند با دیوار مقابله خود در ساختمان فشار متقابل و متعادل را داشته باشد، کاملاً متصل به سازه ساخته شود، در این صورت فشار خاک واردہ بر این قسمت از دیوار در حالت وقوع زلزله مطابق بند الف محاسبه خواهد شد

پند فابل استثناء

فصل هفتم

ضوابط ساختمان‌های با مصالح بنایی کلافدار

۱-۱-۱- تعریف

ساختمان با مصالح بنایی کلافدار، که از این پس به اختصار ساختمان بنایی نامیده می‌شود، ساختمانی است که با آجر، بلوک سیمانی و یا سنگ ساخته شود و در آن تمام یا قسمتی از بارهای قائم و تمامی بار جانبی در هر دو امتداد اصلی ساختمان توسط دیوارهای با مصالح بنایی غیرمسلح تحمل می‌شود. وجود میلگردهای انسجام بخش، دیوار را مسلح نمی‌کند. ساختمانی که در آن بار جانبی در یک امتداد توسط دیوارهای با مصالح بنایی و در امتداد دیگر توسط عناصری غیر از دیوار تحمل می‌شود، ساختمان مختلط است و در ردیف ساختمان‌های با مصالح بنایی قرار نمی‌گیرد. رعایت کلیه ضوابط این فصل برای تمام مناطق با خطرهای نسبی مختلف الزامی است.

ساختمان‌های بنایی غیرمسلح به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- ساختمان بنایی دارای کلافهای افقی و قائم
- ۲- ساختمان بنایی دارای میلگردهای انسجام بخش

۲-۱- هندسه ساختمان

۲-۱-۱- ارتفاع و تعداد طبقه‌های مجاز

رعایت کلیه شرایط و محدودیت‌های زیر برای ارتفاع و تعداد طبقه ساختمان‌های مشمول این فصل الزامی است.

- ۱- حداقل تعداد طبقات ساختمان بنایی، بدون احتساب زیرزمین، دو طبقه است.
- ۲- تراز روی بام نسبت به متوسط تراز زمین مجاور نباید از ۸ متر تجاوز کند.
- ۳- ارتفاع طبقه، از روی کلاف افقی زیرین تا زیر سقف، نباید از ۴ متر بیشتر باشد.
- ۴- اگر ارتفاع طبقه از ۴ متر بیشتر باشد، علاوه بر کلافبندی مطابق بند ۷-۹-۱، باید یک کلاف افقی اضافی در ارتفاع حداقل ۴ متر از روی کلاف زیرین دیوارها تعییه شود. در صورت اخیر می‌توان ارتفاع طبقه را تا حداقل ۶ متر افزایش داد.

۵- زیرزمین طبقه‌ای است که تراز روی سقف آن نسبت به متوسط تراز زمین مجاور از $1/5$ متر بیشتر نباشد.
علاوه حداکثر مقدار اختلاف تراز سقف زیرزمین با تراز زمین در پایین دست ساختمان نباید از ۲ متر تجاوز کند، در غیر این صورت این طبقه نیز به عنوان یک طبقه منظور می‌شود.

۶- حداکثر تعداد طبقات زیرزمین یک طبقه است.

۷-۲-۲-۷ - پلان ساختمان

۷-۲-۱-۲-۷ - محدودیت‌های پلان

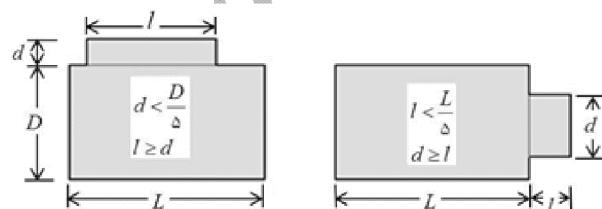
به طور کلی پلان ساختمان بنایی در هردو امتداد، باید شرایط زیر را برای تحمل یکنواخت نیروهای افقی ناشی از زلزله برآورده نماید.

۱- پلان ساختمان نسبت به هر دو محور اصلی، قرینه یا نزدیک به قرینه باشد.

۲- طول ساختمان نباید از سه برابر عرض آن تجاوز کند.

۳- ابعاد پیش‌آمدگی در پلان ساختمان، بدون تعییه درز انقطاع، به مقادیری که در شکل ۱-۷ مشخص شده است، محدود باشد.

چنانچه در شکل (۱-الف) $D/L < 1/5$ و یا در شکل (۱-ب) $d/D < 1/5$ باشد، این قسمت‌ها پیش‌آمدگی تلقی نمی‌شود.
در این صورت محدودیتی برای بعد دیگر وجود ندارد، مشروط بر آنکه قرینه بودن پلان ساختمان به طور نامناسبی تغییر نکند.



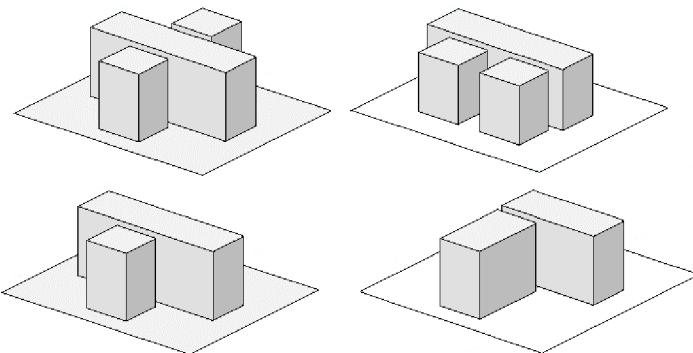
الف) پیش‌آمدگی در امتداد طول ساختمان ب) پیش‌آمدگی در امتداد عرض ساختمان

شکل ۱-۷: ابعاد پیش‌آمدگی در پلان ساختمان

۴-۲-۲-۷- درز انقطاع

اگر پلان ساختمان واجد شرایط زیر باشد، باید با ایجاد درز انقطاع مطابق بند ۱-۶-۳ ساختمان را به قطعات مناسب‌تر مانند شکل ۲-۷ تقسیم کرد به طوری که هر قطعه واجد شرایط بند ۱-۲-۷ شود. در این صورت ادامه درزهای انقطاع در شالوده ساختمان الزامی نیست.

- ۱- نسبت طول به عرض پلان ساختمان بیشتر از ۳ باشد.
- ۲- پلان ساختمان نامتقارن بوده و یا دارای پیش‌آمدگی‌هایی بیش از مقادیر مندرج در زیربند ۳ از بند ۱-۲-۷ باشد.



شکل ۲-۷: تقسیم ساختمان به قطعات مناسب با ایجاد درز انقطاع

۳-۲-۷- مقطع قائم ساختمان

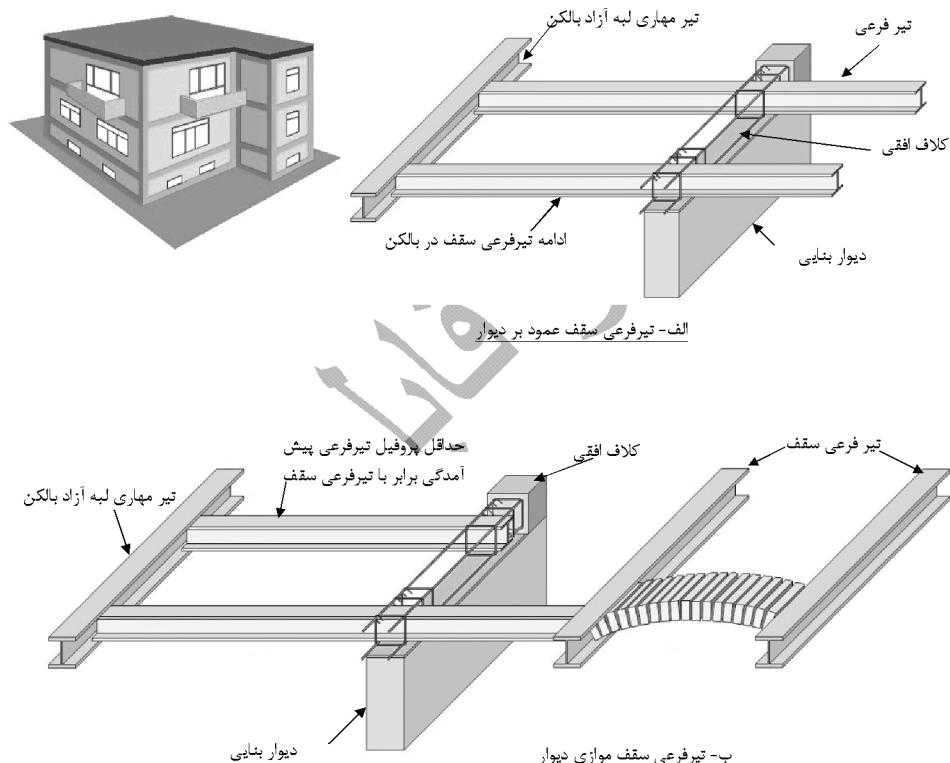
ساختمان‌های مشمول این فصل نباید در مقاطع قائم دارای پیش‌آمدگی باشند، ولی در شرایطی که پیش‌آمدگی در مقاطع قائم اجتناب ناپذیر است، باید ضوابط زیر رعایت شود:

- ۱- طول جلو آمده طرہ در بالکن‌های سه طرف باز از $1/20$ متر و در بالکن‌های دو طرف باز از $1/50$ متر بیشتر نباشد.
- ۲- این طرہ‌ها باید به خوبی در سقف طبقه مهار شوند.
- ۳- پیش‌آمدگی ساختمان در مقطع قائم به طوری که طبقه بالا به صورت طرہ جلوتر از طبقه پایین باشد فقط در موارد زیر مجاز است:

- الف- طول جلو آمده طرہ از یک متر بیشتر نباشد
- ب- دیوارهای سازه‌ای قسمت پیش‌آمدہ بار سقف یا دیوار فوقانی را تحمل کنند. چنانچه بارهای ثقلی ناشی از وزن دیوارهای قسمت پیش‌آمدہ، باید به ناگزیر توسط سقف یا کف پیش‌آمدہ منتقل شود، لازم است از طرہ‌هایی که به نحو مناسبی در کلافهای افقی همان تراز مهار شده‌اند برای تحمل این بارها استفاده شود (شکل ۷-۳).

پ- دیوارهای قسمت پیش آمده به وسیله کلافهای قائم فولادی و یا بتن مسلح با اتصال مناسب و مطمئن نگهدارش شوند و دو سر کلافها در عناصر سازه‌ای کف و سقف مهار شوند.

ت- کلافبندی مریوط به دیوارهای قسمت پیش آمدگی باید به نحوی انجام شود که اولاً هر کلاف حداقل ۲ متر از دیوار را نگهدارد، ثانیاً دو طرف پنجه‌های با عرض بیشتر از ۲ متر نیز دارای کلاف باشد. حداقل مقطع و آرماتوربندی این کلافهای قائم باید، مانند کلافهای قائم ساختمان، مطابق بندهای ۱-۲-۹-۷ و ۲-۹-۷ باشد.



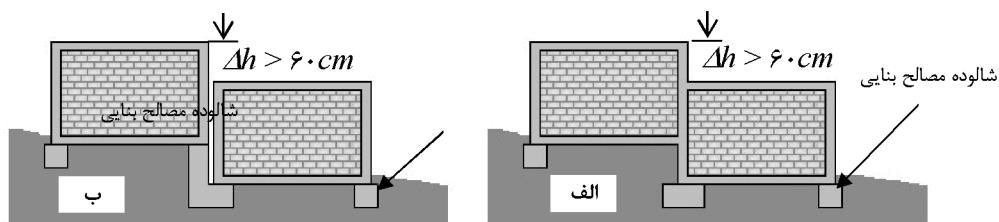
سقف بالکن و سقف طبقه باید با رعایت جزئیات اتصال یکپارچه شده و همزمان اجرا شوند

شکل ۷-۳: نمونه‌ای از نحوه مهارکردن تیر بالکن یا پیش آمدگی در کلاف افقی و سقف

۴-۲-۷-۱ اختلاف تراز

از اختلاف تراز در یک طبقه ساختمان باید حتی الامکان پرهیز شود. در صورت وجود اختلاف تراز بیش از ۶۰ سانتیمتر باید دیوارهای حد فاصل دو قسمتی که اختلاف تراز دارند با کلافبندی اضافی مناسب تقویت شوند و یا اینکه دو قسمت ساختمان به وسیله درز انقطاع از یکدیگر جدا شوند، (شکل ۴-۷).

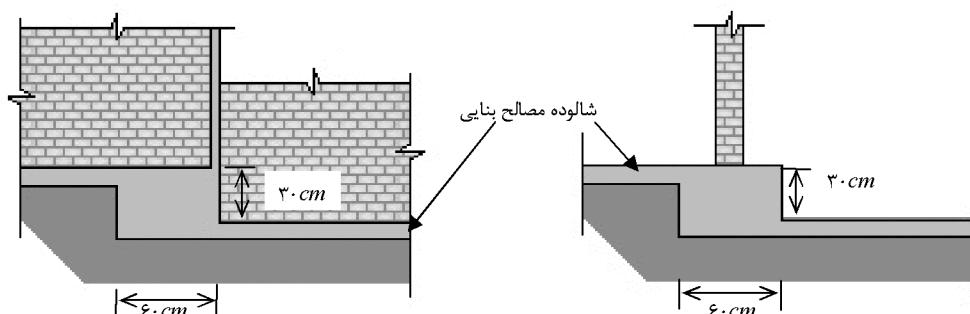
رعایت اندازه مجاز بازشوها در تمام دیوارها مطابق با بند ۳-۷ الزامی است. بین دو قسمت از درز انقطاع باید مطابق شکل ۴-۷-۱ الف-۱ ناحیه فوقانی پر شود و ضوابط بازشوها در قسمت زیرین رعایت شود..



شکل ۴-۷: رعایت ضوابط مربوط به زمین دارای شیب طبیعی

۴-۲-۷-۲-۱ شالوده ها

شالوده ها باید حتی المقدور در یک تراز افقی ساخته شوند. در صورتی که به علت شیب زمین یا علل دیگر احداث شالوده در یک تراز مسیر نباشد باید هر قسمت آن در یک تراز افقی و با محدودیت های شکل ۵-۷ اجرا شود.



شکل ۵: رعایت ضوابط مربوط به زمین دارای شیب طبیعی

اگر از کلافهای افقی به عنوان شالوده استفاده شود، باید کلافهای افقی بر روی کرسی چینی با مصالح بنایی مانند شکل های ۶-۷ و ۷-۷ اجرا شود. در این حالت رعایت موارد زیر الزامی است:

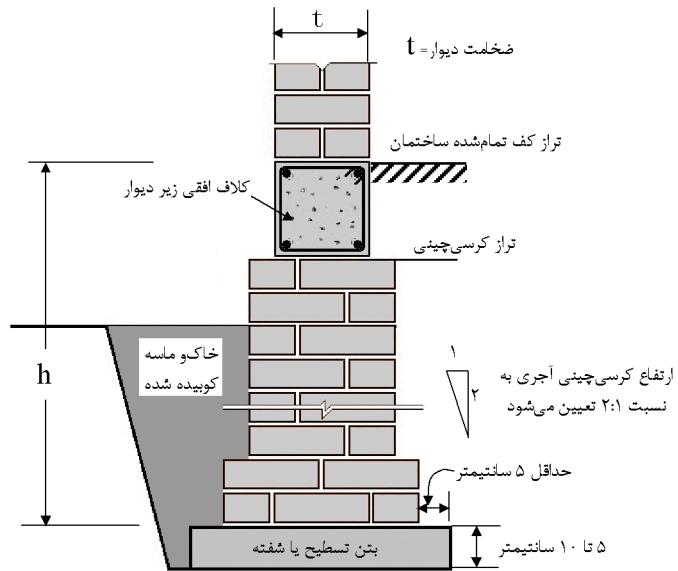
- ۱- عرض کرسی چینی زیر دیوار یا کلاف افقی نباید از ضخامت دیوار یا عرض کلاف افقی به اضافه ۱۰ سانتیمتر کمتر باشد.
- ۲- عرض کرسی چینی بر روی بتن مگر یا شفته آهک تسطیح، نباید از مقادیر جدول ۱ کمتر باشد.

- ۳- کرسی چینی سنگی یا آجری را می‌توان به صورت پله‌ای (با نسبت ۱ به ۲) یا غیرپله‌ای ساخت.
- ۴- میزان بیرون زدگی هر پله زیرین نسبت به پله روی آن نباید از ارتفاع پله زیرین بیشتر باشد.
- ۵- ارتفاع شالوده مصالح بنایی (h) نباید از مقادیر جدول ۱-۷، منهاهی عرض کلاف افقی کمتر باشد. برای مقدار مقاومت بین مقادیر جدول ۱-۷ می‌توان از درون یابی خطی استفاده کرد.

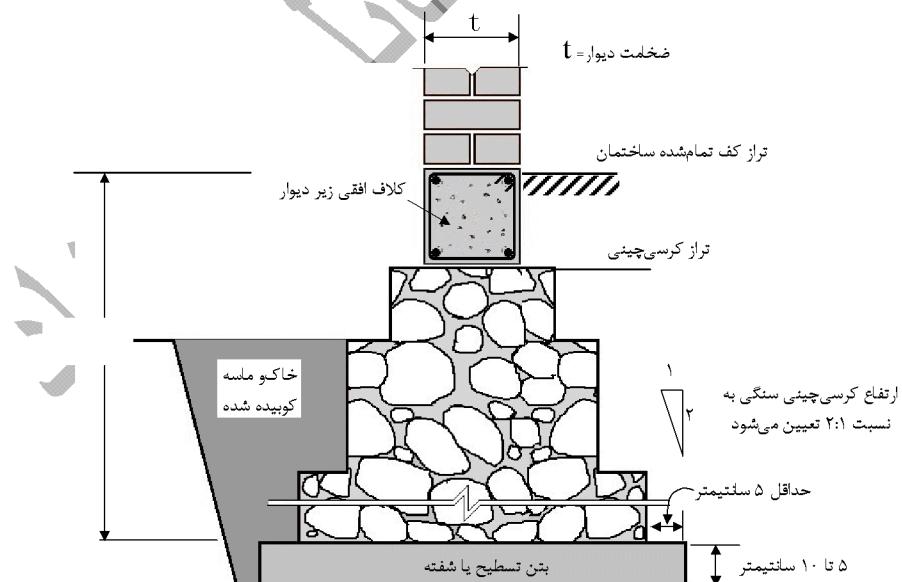
جدول ۱-۷: مقدار عرض کرسی چینی بر روی بتن تسطیح یا شفته‌آهک تسطیح

تعداد طبقات			نوع خاک محل ساخت
۳	۲	۱	
عرض کرسی چینی مصالح بنایی (سانتیمتر)			
۶۰	۴۰	۳۰	خاک‌هایی که مقاومت مجاز آن‌ها در حدود ۲ تا ۲/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.
۷۰	۵۰	۳۵	خاک‌هایی که مقاومت مجاز آن‌ها بیش از ۱/۵ و کمتر از ۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.
۱۰۰	۷۰	۴۰	خاک‌هایی که مقاومت مجاز آن‌ها بیش از ۱/۵ و کمتر از ۱/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.
۱۵۰	۱۰۰	۵۰	خاک‌هایی که مقاومت مجاز آن‌ها در حدود ۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.

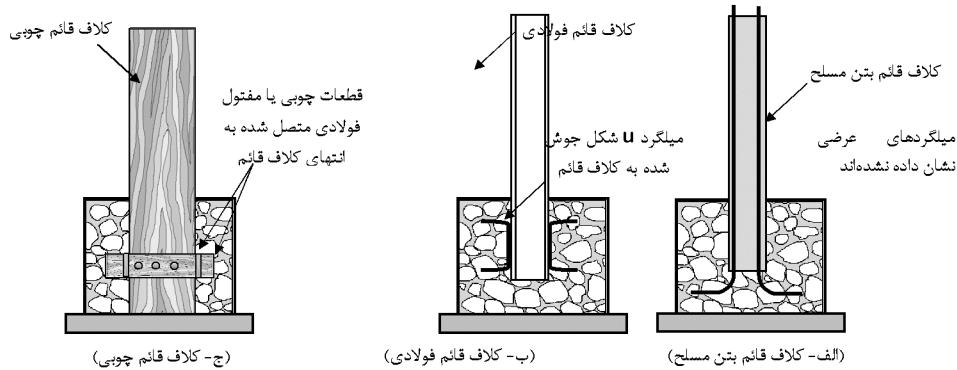
- اگر دیوار مصالح بنایی مستقیماً بر روی شالوده مصالح بنایی (آجری یا سنگی) قرار داده شود، باید کلاف قائم را به نحو مناسبی مانند موارد شکل ۸-۷ در داخل کرسی چینی مهار کرد.
- ۱- اگر کلاف قائم بتن مسلح باشد، با خم کردن میلگردهای طولی در درون کرسی چینی مانند شکل ۸-۷-الف.
- ۲- اگر کلاف قائم فولادی باشد، با جوش دادن میلگردهای [شکل به انتهای کلاف قائم مانند شکل ۸-۷-ب].
- ۳- اگر کلاف قائم چوبی باشد، با متصل کردن مفتول‌های فولادی یا قطعه‌های چوبی مانند شکل ۸-۷-ج.



شکل ۷-۶: شالوده مت Shankل از مجموع کلاف افقی زیر دیوار و کرسی چینی آجر چینی



شکل ۷-۷: شالوده مت Shankل از مجموع کلاف افقی زیر دیوار و کرسی چینی سنگی



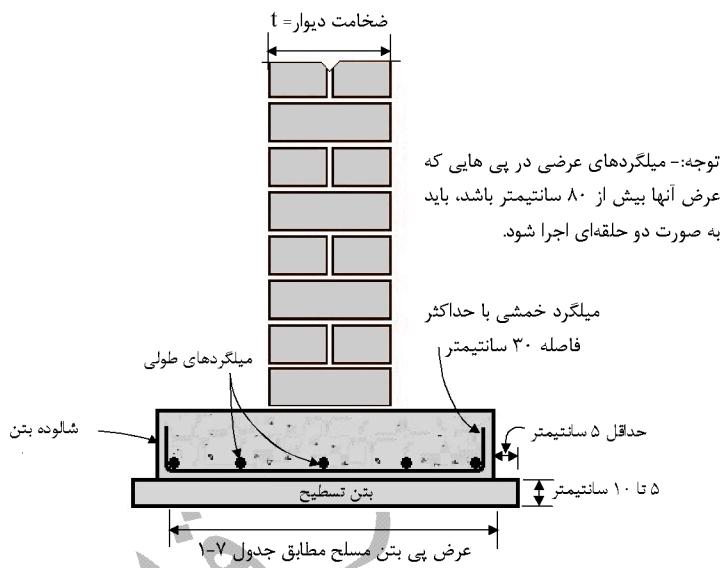
شکل ۷-۷: جزئیات مهار کلاف قائم در شالوده مصالح بنایی

به جای استفاده از کلاف افقی با کرسی چینی مصالح بنایی می‌توان از شالوده بتن مسلح با رعایت شرایط مندرج در جدول ۲-۷ استفاده کرد. در این حالت رعایت موارد زیر الزامی است:

- ۱- مقاومت بتن مورد استفاده در شالوده باید حداقل ۲۰ مگاپاسکال باشد.
- ۲- مقاومت میلگرد مورد استفاده در شالوده باید حداقل ۲۴۰ مگاپاسکال باشد.
- ۳- فولاد عرضی باید به میزان فولاد خمشی در نظر گرفته شود.
- ۴- بتن مگر زیر شالوده با ضخامت ۰.۱ سانتیمتر بیشتر از عرض شالوده و حداقل ضخامت ۵ تا ۱۰ سانتیمتر باشد.

جدول ۲-۷: شرایط استفاده از شالوده بتن مسلح در زیر دیوار

تعداد طبقات			نوع خاک محل ساخت
۳	۲	۱	
فولاد خمشی مورد نیاز شالوده در هر سفره			
Φ۱۲ ۳	Φ۱۲ ۲	۲ Φ۱۰	خاک‌هایی که مقاومت آنها در حدود ۲/۵ تا ۲/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.
Φ۱۲ ۳	Φ۱۲ ۳	۳ Φ۱۰	خاک‌هایی که مقاومت آنها بیش از ۱/۵ و کمتر از ۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.
Φ۱۲ ۴	Φ۱۲ ۴	۳ Φ۱۲	خاک‌هایی که مقاومت آنها بیش از ۱/۵ و کمتر از ۱/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.
Φ۱۴ ۶	Φ۱۴ ۴	۳ Φ۱۲	خاک‌هایی که مقاومت آنها در حدود ۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.



شکل ۹: شالوده بتن مسلح نیاز در زیر دیوار مصالح بنایی

۷-۳-۷- بازشو (در-پنجه-گنجه)

در ساختمان‌های بنایی به طور کلی باید از احداث بازشوها وسیع احتراز شود و حتی المقدور بازشوها در قسمت مرکزی دیوار قرار گیرند.

رعایت همه محدودیت‌های ذیل برای هر دیوار سازه‌ای (مطابق تعریف بند ۴-۷-۱) الزامی است:

الف) مجموع سطح بازشوها نباید از یک‌سوم سطح آن دیوار بیشتر باشد.

ب) مجموع طول بازشوها نباید از یک‌دوم طول دیوار بیشتر باشد.

پ) فاصله اولین بازشو از ابتدای طول دیوار نباید از دو‌سوم ارتفاع بازشو یا ۷۵ سانتی‌متر کمتر باشد، مگر آنکه در طرفین بازشو کلاف قائم قرار داده شود.

ت) فاصله افقی دو بازشو از دو‌سوم ارتفاع کوچکترین بازشو مجاور خود کمتر نبوده و از یک‌ششم مجموع طول آن دو بازشو نیز کمتر نباشد. در غیر این صورت، جزو بین دو بازشو جزئی از بازشو منظور می‌شود و نباید آنرا به عنوان دیوار سازه‌ای به حساب آورد و نعل درگاه روی بازشوها باید به صورت یکسره با دهانه‌ای برابر مجموع طول بازشوها به اضافه طول جزو بین آنها و ۲۰ سانتی‌متر اضافه در هر طرف منظور شود.

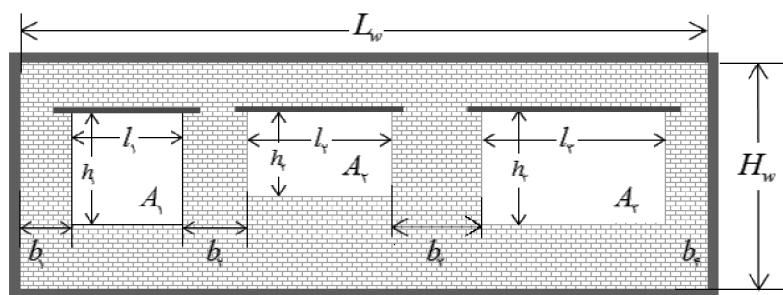
ج) هیچ‌یک از ابعاد بازشو نباید از $2/5$ متر بیشتر باشد. در غیر این صورت باید طرفین بازشو را با تعییه کلاف‌های قائم، که به کلاف‌های افقی بالا و پایین آن طبقه متصل می‌شوند، و همچنین با مهار نعل درگاه بازشو

در کلافهای قائم طرفین تقویت کرد. حداقل مشخصات و ابعاد کلافهای قائم باید متناسب با شرایط جدول ۳-۷ تعییه شوند.

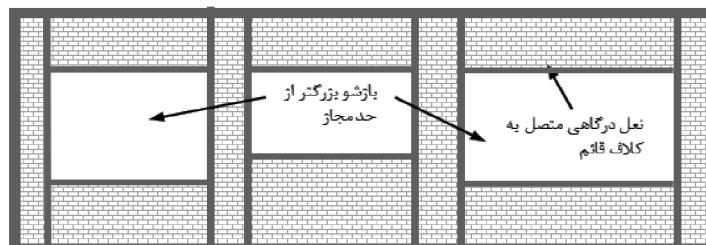
جدول ۳-۷: مشخصات کلافهای قائم در اطراف بازشوها بزرگتر از ۲/۵ متر

مشخصات کلاف قائم در اطراف بازشوها	
مقطع کلاف (سانتی‌متر)	
۲۰ × ۱۰	میلگردهای طولی کلاف
۲ Φ۱۰	میلگردهای عرضی کلاف
Φ۸ @ ۲۰ cm c/c	

شکل ۷-۱۰: ضوابط مربوط به بازشوها در دیوارهای سازه‌ای ساختمان بنایی



در صورت عدم تحقق شرایط فوق



$$A_i + A_r + A_t \leq \frac{1}{\gamma} (L_w \times H_w)$$

$$l_i + l_r + l_t \leq \frac{1}{\gamma} L_w$$

$$b_i \geq -h_i, \geq 75\text{cm}$$

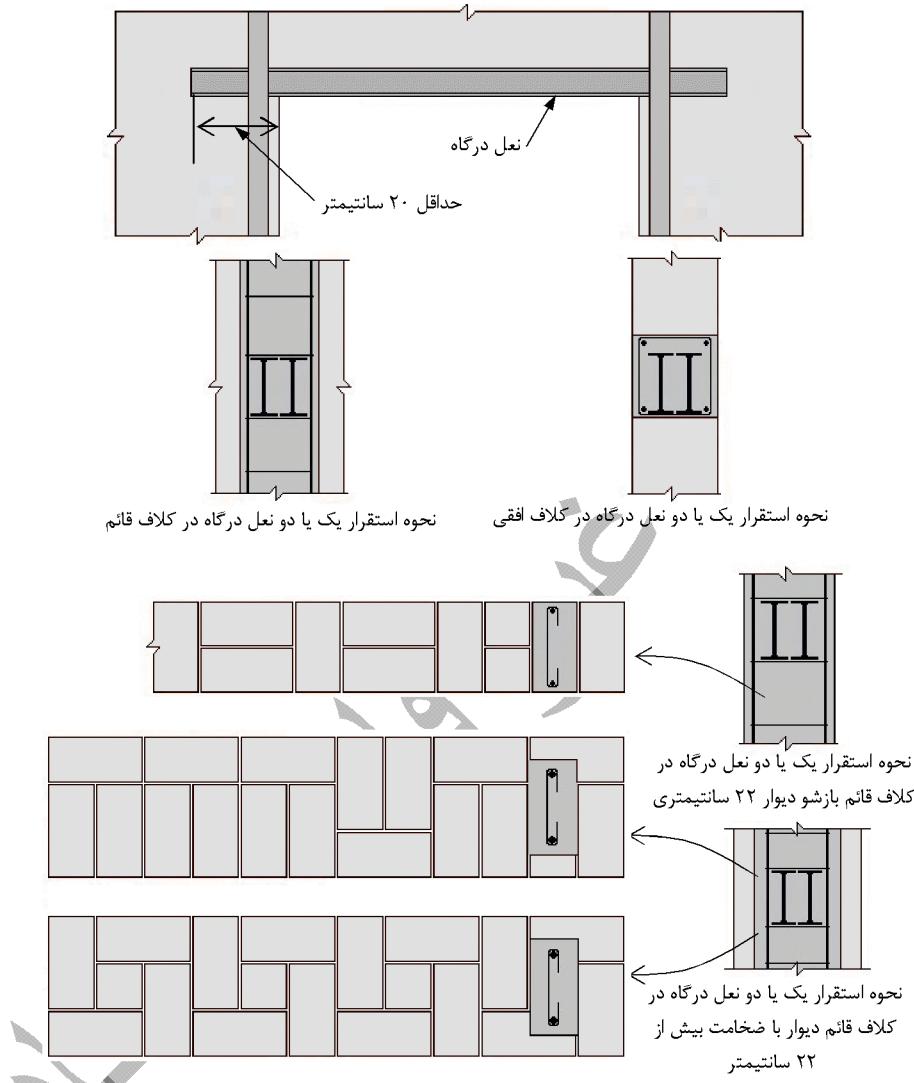
$$b_r \geq -h_r, \geq -\frac{1}{\gamma}(l_r + l_t)$$

$$h_i \leq 2/5\text{m}$$

$$b_t \geq -h_t, \geq -\frac{1}{\gamma}(l_i + l_r)$$

$$b_t \geq -h_t, \geq 75\text{cm}$$

$$l_t \leq 2/5\text{m}$$



شکل ۷-۱۱: جزئیات مربوط به نحوه استقرار نعل درگاه در کلاف افقی و قائم

۴-۷-۷ مصالح

موارد زیر برای کلیه مصالح مصرفی و اجزای آنها باید مطابق با فصل دوم مبحث هشتم و مبحث پنجم مقررات ملی ساختمان باشد.

۵-۷-۵-۷ انواع دیوار مصالح بنایی

دیوارهای مصالح بنایی به دو نوع سازه‌ای و غیر سازه‌ای تقسیم می‌شوند.

۵-۷-۱-۵-۷ دیوارهای سازه‌ای

دیوار سازه‌ای دیواری است که برای تحمل بار قائم یا جانبی در ساختمان در نظر گرفته می‌شود و باید شرایط زیر را دارا باشد.

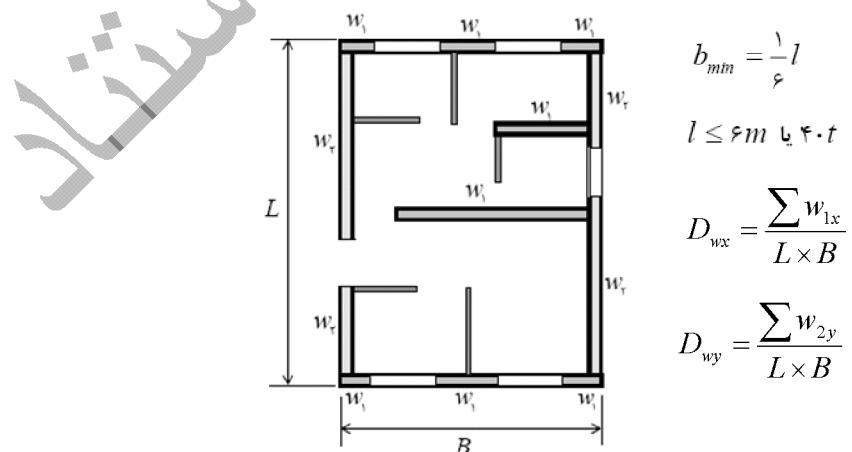
- ۱- حداقل طول مجاز محصور بین دو کلاف قائم از کل طول هر دیوارسازهای، نباید از ۵ متر یا 30° برابر ضخامت آن بیشتر باشد.
- ۲- ارتفاع دیوارسازهای برابر با ارتفاع طبقه مطابق با بند ۱-۲-۷ می‌باشد.
- ۳- مقدار دیوارهای سازه‌ای در هر طبقه و در هر امتداد برابر است با نسبت مساحت مقطع افقی دیوارها درامتداد مورد نظر به مساحت زیربنای آن طبقه. آن بخش از دیوار که در بالا و پایین بازشوها قرار دارد نباید در محاسبه مقدار دیوار منظور شود (شکل ۱۲-۷).
- ۴- حداقل نسبت ضخامت به ارتفاع دیوار سازه‌ای نباید از $1/5$ کمتر باشد. در هر حال ضخامت دیوار سازه‌ای در طبقه اول و دوم نباید از 22 سانتی‌متر و در زیر زمین از 35 سانتی‌متر کمتر باشد.
- ۵- مقدار دیوار سازه‌ای در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان نسبت به کل دیوارها در آن امتداد، نباید از مقادیر مندرج در جدول ۳-۷ و متناظر با خطر نسبی منطقه کمتر باشد.

جدول ۳-۷: حداقل مقدار دیوار سازه‌ای در هر امتداد ساختمان برای مناطق مختلف خطرنسبی

خطر نسبی مناطق						نوع و تعداد طبقات	
خطر نسبی کم و متوسط			خطر نسبی زیاد و بسیار زیاد				
طبقه دوم	طبقه اول	زیرزمین	طبقه دوم	طبقه اول	زیرزمین		
-	%۳	%۵	-	%۴	%۶	ساختمان	
%۳	%۵	%۶	%۴	%۶	%۸		
-	%۵	%۸	-	%۶	%۱۰	اجری طبقه	
%۵	%۸	%۹	%۶	%۱۰	%۱۲		
-	%۴	%۵	-	%۵	%۶	ساختمان با بلوك سيماني	
%۴	%۶	%۶	%۵	%۸	%۸		
-	%۴	%۵	-	%۵	%۶	ساختمان سنگي	
%۴	%۶	%۶	%۵	%۸	%۸		

۷-۵-۲- اجرای دیوارسازهای

- ۱- در ساختمان بنائی استفاده از ملات گل و یا گل آهک مجاز نیست.
- ۲- برای اجرای دیوار سنگی و دیوار بلوک سیمانی باید از ملات ماسه سیمان با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب ملات استفاده شود.
- ۳- برای اجرای دیوار می‌توان از ملات ماسه سیمان با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب یا ملات باتارد (ملات ماسه-آهک-سیمان) با ۱۰۰ کیلوگرم سیمان و ۱۲۵ کیلوگرم آهک در متر مکعب ملات نیز استفاده کرد.
- ۴- برای اجرای جان پناه بام و بالکن و قسمت طره‌ای دودکشها باید منحصرًا از ملات ماسه سیمان با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب ملات استفاده شود.
- ۵- ملات ماسه سیمان باید حداکثر در مدت یک ساعت پس از تهیه، مصرف شود.
- ۶- آجر مصرفی در دیوارها باید از جنس مرغوب و دارای قدرت باربری و دوام مناسب باشد و قبل از استفاده مطابق بند ۷-۱۰-۶ زنجاب شود.
- ۷- بلوک سیمانی مصرفی در دیوارها باید از جنس مرغوب و دارای قدرت باربری و دوام مناسب باشد و قبل از استفاده مطابق بند ۷-۱۰-۶ زنجاب شود.
- ۸- سنگ مصرفی در دیوارها باید از جنس مرغوب و دارای قدرت باربری و دوام مناسب باشد.
- ۹- فولاد مصرفی در دیوارها باید از جنس مرغوب و دارای حدجاری شدن مشخص باشد.



شکل ۷-۱۲- نحوه محاسبه مقدار دیوارهای سازه‌ای در هر امتداد

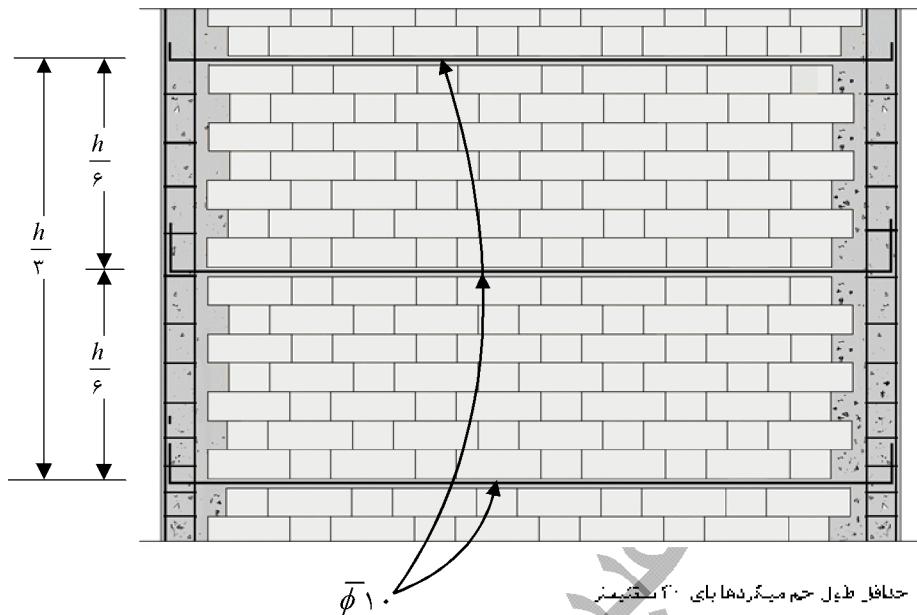
۷-۵-۲-۴-چیدن دیوار

- ۱- برای ساخت دیوار با سنگی که به شکل مکعب مستطیل، یا آجر یا بلوک سیمانی است، نباید بندهای قائم در یک راستا قرار گیرد.
- ۲- درزهای قائم «هرز ملات» باید کاملاً با ملات پر شود.
- ۳- برای اجرای دیوار با سنگ لاشه، لازم است سنگ لashهها با قفل و بست مجاورهم قرار گرفته و بین آنها کاملاً با ملات پر شود.
- ۴- اگر دیوار چینی بطور همزمان میسر نباشد، می توان قسمت هائی را بصورت «لاریز» ساخته و قسمت های بعدی را روی لاریز بنا کرد.
- ۵- دیوارهای سازه ای بهم پیوسته یا متقطع (در گوشه های ساختمان) باید بطور همزمان و در یک تراز چیده و در یک سطح بالا آورده شود.
- ۶- دندانه دار کردن دیوار سازه ای (هشتگیر) که معمولاً برای اتصال دیوارها یا برای ساختن دیوارهای طویل بکار می رود مجاز نیست.

۷-۵-۲-۳-میلگرد میانی

در ناحیه یک سوم میانی ارتفاع هر دیوارسازه ای که دهنه آن ۳ تا ۵ متر باشد، باید حداقل سه میلگرد بقطر ۱۰ میلیمتر باش瑞ایط زیر در درزهای افقی بصورت سرتاسری تا محل کلافهای قائم امتداد داده شده و در داخل آنها مهار گردد (شکل ۷-۱۳) :

- ۱- یک میلگرد در وسط ارتفاع
- ۲- دو میلگرد به فاصله یک ششم ارتفاع دیوار یکی بالا و یکی پایین میلگرد وسط



شکل ۷-۱۳- نحوه تعبیه میلگردهای ناحیه یک سوم میانی ارتفاع دیوار (h) و اتصال به کلاف قائم

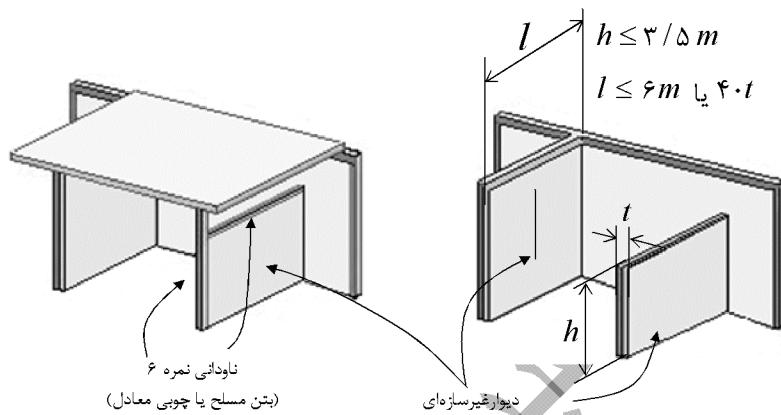
۷-۵-۳- دیوار غیرسازه‌ای

دیوار غیرسازه‌ای است که برای جداسازی فضای داخلی ساختمان به عنوان تیغه یا جداگر بکار برده می‌شود. این دیوار سهمی در تحمل بارهای قائم ندارد و باید با استفاده از عناصر کمکی مطابق با سایر شرایط این بند، بار جانبی ناشی از وزن خود را تحمل کند.

دیوار غیرسازه‌ای باید شرایط زیر را دara باشد.

- ۱- حداقل طول مجاز هر دیوار غیرسازه‌ای بین دو کلاف قائم، نباید از ۶ متر یا 40% برابر ضخامت آن دیوار بیشتر باشد (شکل ۷-۱۴).
- ۲- حداقل نسبت ضخامت به ارتفاع دیوار غیرسازه‌ای نباید از $3/5$ کمتر باشد. در صورت استفاده از آجر، حداقل ضخامت دیوار غیرسازه‌ای باید برابر با عرض آجر باشد.
- ۳- حداکثر ارتفاع دیوار غیرسازه‌ای از تراز کف $3/5$ متر است. در صورت تجاوز از این مقدار باید دیوار غیرسازه‌ای با تعبیه عناصر افقی و قائم مانند بند ۷ زیر به طور مناسبی مقید و محدود شود.
- ۴- دیوار غیرسازه‌ای که در تمام ارتفاع طبقه ادامه دارد باید کاملاً به زیر پوشش سقف مهار شود، یعنی رگ آخر تیغه با فشار و ملات کافی در زیر سقف جای داده (مهر) شود.
- ۵- لبه فوقانی (افقی) دیوار غیرسازه‌ای که در تمام ارتفاع ادامه ندارد باید با کلاف فولادی یا ناودانی نمره ۶ یا معادل مقطع بن مسلح یا چوبی که به دیوار سازه‌ای یا کلاف‌های احاطه کننده دیوار غیرسازه‌ای متصل باشد، مقید شود (شکل ۷-۱۴).

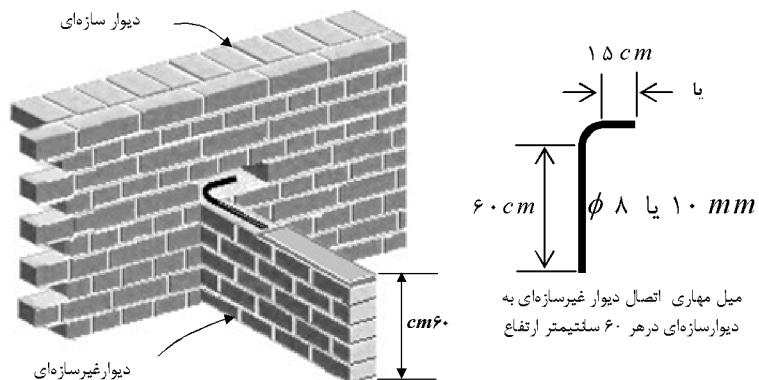
۵- در صورتیکه لبه قائم دیوارغیرسازهای (تیغه) آزاد باشد، این لبه باید به یک تیغه دیگر، یا یک دیوار عمود بر آن، یا کلاف قائم و یا ستونک معادل یک ناوданی فولادی نمره ۶ یا مقطع بتن مسلح یا چوبی، با اتصال کافی تکیه داشته باشد.



شکل ۱۴-۷: جزئیات دیوارهای غیر سازهای

۶- دیوارغیرسازهای متکی به دیوار سازهای باید به طور همزمان یا به صورت لاریز یا به صورت هشتگیر چیده شود. چنانچه دیوارغیرسازهای بعد از احداث دیوارسازهای و بدون اتصال به آن ساخته شود باید در محل تقاطع به نحو مناسبی به دیوارسازهای متصل و محکم شود. در این حالت دیوار سازهای در صورت دارا بودن سایر شرایط فوق می‌تواند به عنوان نگهدارنده برای دیوارغیرسازهای محسوب شود. در صورتی که اتصال کافی بین دیوارغیرسازهای و دیوارسازهای وجود نداشته باشد، لبه کناری دیوارغیرسازهای آزاد تلقی شده و باید طبق شرایط مندرج در بند ۷، عنصر قائم در لبه آن تعییه شود. دو دیوارغیرسازهای عمود بر هم نیز باید با یکدیگر قفل و بست شوند.

۹- هشتگیر را می‌توان منحصراً برای اتصال دیوارهای غیرسازهای بکار گرفت، مشروط بر آنکه درزهای بالا و پائین آجر چینی بعدی در محل هشتگیر کاملاً با ملات پرشود. برای درگیر کردن دیوارغیرسازهای به دیوار سازهای می‌توان از میل های مهاری با مشخصات ارائه شده در شکل ۱۵-۷ استفاده کرد.



شکل ۷-۱۵: نحوه قفل و بست دیوار غیرسازه‌ای به دیوار سازه‌ای

۷-۴-۵-۷-جان پناه

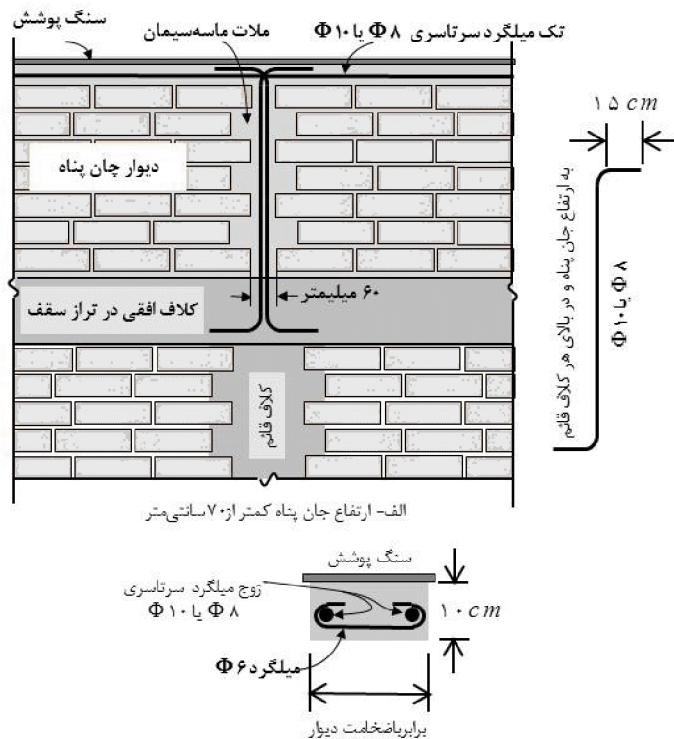
ارتفاع جان‌پناه اطراف بام و بالکن‌ها از کف تمام شده، در صورتی که ضخامت دیوار آن ۱۰ و یا ۲۰ سانتی‌متر باشد، نباید به ترتیب از ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر تجاوز کند و باید مطابق شکل ۷-۱۶ و در فواصل پنج‌متر از یکدیگر مهارشود. در صورتی که ارتفاع جان‌پناه از ۷۰ سانتی‌متر بیشتر باشد، باید کلاف‌های قائم تا بالای جان‌پناه ادامه یافته و بر روی جان‌پناه کلاف افقی به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و با دو میلگرد افقی تعییه شود.

۷-۵-۵-۷-بادگیر

بادگیر ساخته شده با مصالح بنایی و اجزای مشابه نباید از کف بام، بلندتر از $1/5$ متر باشد. در صورتی که ارتفاع بادگیر از این مقدار تجاوز کند باید به وسیله عناصر قائم فولادی یا بتن مسلح به نحو مناسبی تقویت و در کف بام گیردار شود.

۷-۵-۶-دودکش

با توجه به مصالح ساخت دودکش (لوله‌های سیمانی سبک و مشابه آن) که بصورت یکپارچه از طبقات پائین تا بام ادامه می‌یابد، باید دودکش در ارتفاعی برابر با ارتفاع جان‌پناه به روش مناسبی (مثلاً آجرچینی در اطراف آن) مهار شود. ساخت دودکش با مصالح بنایی مجاز نیست.



شکل ۷-۱۶: جزئیات مهار جان پناه

۷-۶-۷- کلاف بندی

برای تمام ساختمان های بنایی اعم از آجری، بلوک سیمانی و یا سنگی (یک، دو و سه طبقه)، حداقل طول و ارتفاع هر دیوار سازه ای محصور در کلاف های افقی و قائم به ترتیب ۵ و ۴ متر می باشد. در صورتی که طول و ارتفاع بیش از مقادیر فوق باشد، باید کلافهای اضافی (افقی و قائم) به ترتیبی که در بندهای ۱-۶-۷ و ۲-۶-۷ بیان می شود، در دیوار تعییه شود.

۷-۶-۱- کلاف بندی افقی

۱-۱-۶-۷ برای کلیه دیوارهای سازه ای باید کلاف های افقی با شرایط زیر و در ترازهای تعیین شده، ساخته شود. فاصله کلاف های افقی در همه ترازها نباید از ۴ متر بیشتر باشد.

(الف) تراز روی شالوده یا شالوده

کلاف پایین ترین تراز (روی شالوده) باید با بتن مسلح ساخته شود بطوریکه:
۱- عرض مقطع آن از ضخامت دیوار و یا ۲۵ سانتیمتر کمتر نباشد.

۲- ارتفاع مقطع آن از $\frac{2}{3}$ ضخامت دیوار و یا ۲۵ سانتیمتر کمتر نباشد.

(ب) تراز روی دیوار در هر طبقه

کلاف تراز روی دیوار می‌تواند از بتن مسلح یا از پروفیلهای فولادی معادل تیرآهن نمره ۱۰ ساخته شود و باید شرایط زیر را دارا باشد:

- ۱- چنانچه کلاف سقف با بتن مسلح ساخته شود، عرض آن باید با ضخامت دیوار برابر باشد.
- ۲- اگر ضخامت دیوار خارجی بیش از ۲۰ سانتیمتر است، برای امکان نماسازی، می‌توان عرض کلاف را ۲۰ سانتیمتر اختیار کرد.
- ۳- در هر حال اختلاف عرض کلاف با ضخامت دیوار نباید از ۱۲ سانتی متر بیشتر باشد.
- ۴- ارتفاع کلاف نباید از ۲۰ سانتی متر کمتر باشد.
- ۵- اگر بجای کلاف بتن مسلح از تیرآهن نمره ۱۰، یا پروفیل های فولادی معادل، استفاده شود، باید کلاف فولادی بخوبی به سقف متصل شود. همچنین این کلاف باید به نحوی مناسب با کلاف قائم یا دیوار (مثلاً ملات با حداقل ضخامت ۵ سانتی متر) متصل و پایدار شود.
- ۶- چنانچه سقف از تاوه تخت بتن مسلح درجا ساخته شود، نیازی به کلاف افقی اضافی در تراز سقف نیست.

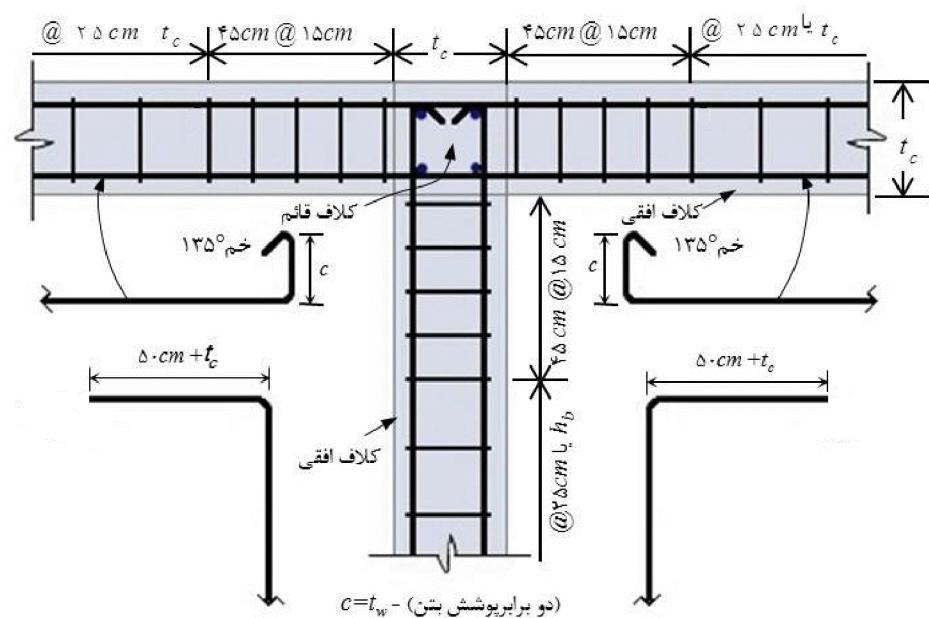
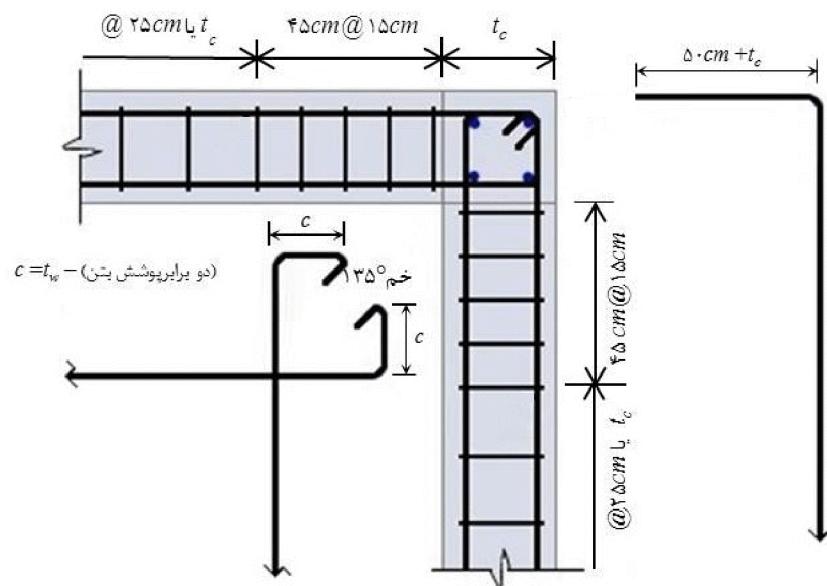
۷-۱-۶-۲- میلگرد کلاف افقی بتن مسلح

- ۱- میلگردهای طولی در کلاف افقی بتن مسلح باید از نوع آجدار و حداقل قطر ۱۰ میلیمتر باشد.
- ۲- استفاده از میلگرد ساده فقط برای مناطق با خطر نسبی متوسط و کم مجاز است و در این صورت باید انتهای میلگرد های ساده در محل وصله ها و در انتهای میلگردها به قلاب ۱۸۰ درجه ختم شود.
- ۳- میلگردهای طولی باید حداقل ۴ عدد باشند و در گوشه ها قرار گیرند.
- ۴- اگر عرض کلاف از ۳۵ سانتیمتر تجاوز کند، تعداد میلگردهای طولی باید به ۶ عدد و یا بیشتر افزایش یابد بطوريکه فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵ سانتیمتر بیشتر نباشد.
- ۵- میلگردهای طولی باید با تنگهایی به قطر حداقل ۶ میلیمتر به یکدیگر با قلاب ۱۸۰ درجه بسته شوند.
- ۶- حداقل فاصله افقی تنگها از یکدیگر باید مساوی ارتفاع کلاف و یا ۲۵ سانتیمتر (هر کدام کمتر است) باشد.
- ۷- حداقل فاصله تنگها در ۴۵ سانتیمتری از بر هر کلاف قائم که به آن ناحیه بحرانی گفته می شود، باید به ۱۵ سانتیمتر کاهش یابد.
- ۸- در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلافها به یکدیگر، نباید وصله میلگرد قرار داشته باشد. وصله میلگردها باید در یک سوم میانی کلاف تعییه شود.
- ۹- پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی نباید برای کلاف زیر دیوارها از ۵ سانتیمتر و برای کلاف روی دیوار از $\frac{2}{5}$ سانتیمتر کمتر باشد.

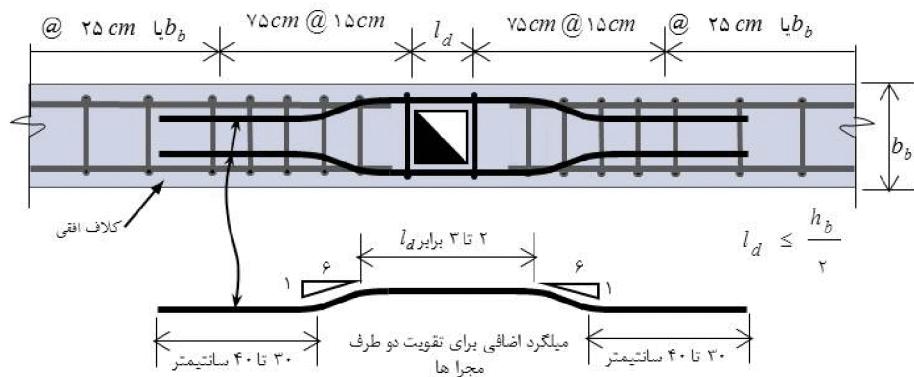
۷-۶-۳-۱- اتصال کلافهای افقی

- ۱- در هر تراز، اصلاح مختلف کلافها باید بیکدیگر متصل شوند تا ساختمان دارای کلاف بندی یکپارچه و بهم پیوسته ای باشد.
- ۲- میلگردهای محل تلاقی اصلاح کلاف (بویژه برای کلاف روی دیوار) باید بنحوی تنظیم شود که اتصال کلافها بخوبی تأمین گردد (شکل ۷-۱۷).
- ۳- کلاف روی دیوار نباید در هیچ جا منقطع باشد.
- ۴- در صورتیکه مجاری دودکش، تهویه و نظایر آنها با کلاف افقی تلاقی کند، باید میلگردهای کلاف از دو طرف این مجاری عبور داده شود و قطر یا عرض این مجاری نباید از نصف عرض کلاف بیشتر باشد (شکل ۷-۱۸).

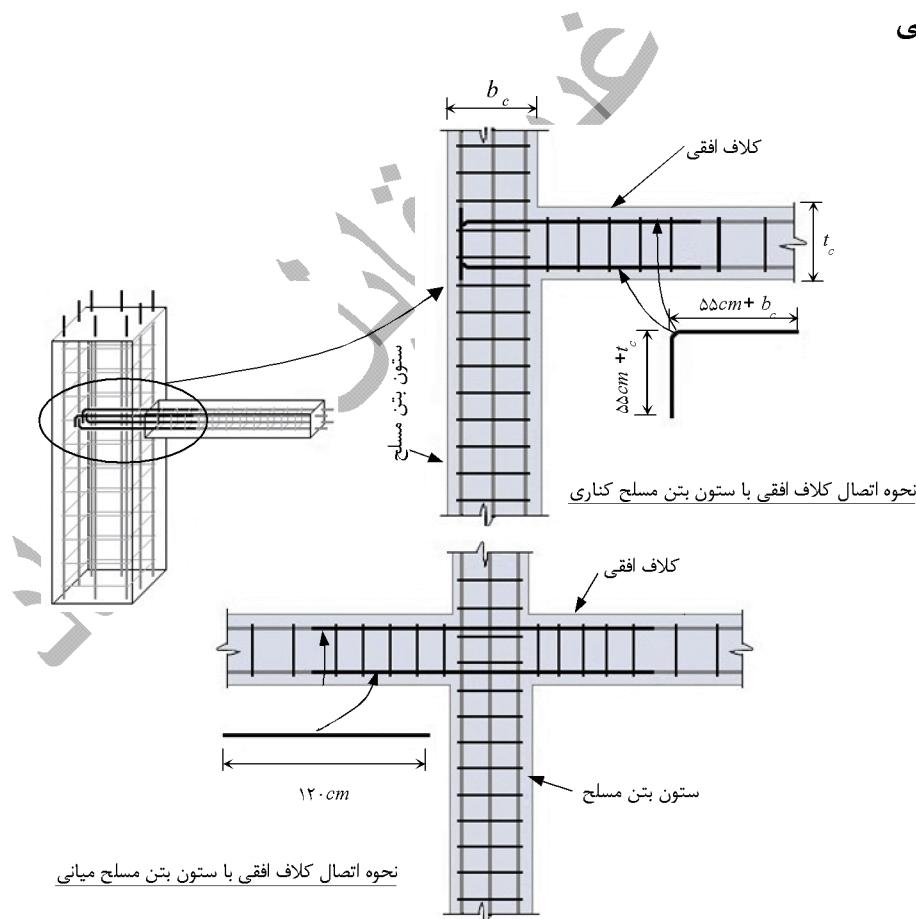
- ### **۷-۶-۴-۱- در صورتیکه ساختمان بنائی دارای ستونهای فولادی و یا بتن مسلح نیز باشد این ستونها باید بنحوی مناسب در بالا به عناصر سقف و یا کلاف روی دیوار و در پائین به کلاف زیر دیوار متصل شوند (شکل ۷-۱۹ و ۷-۲۰).**



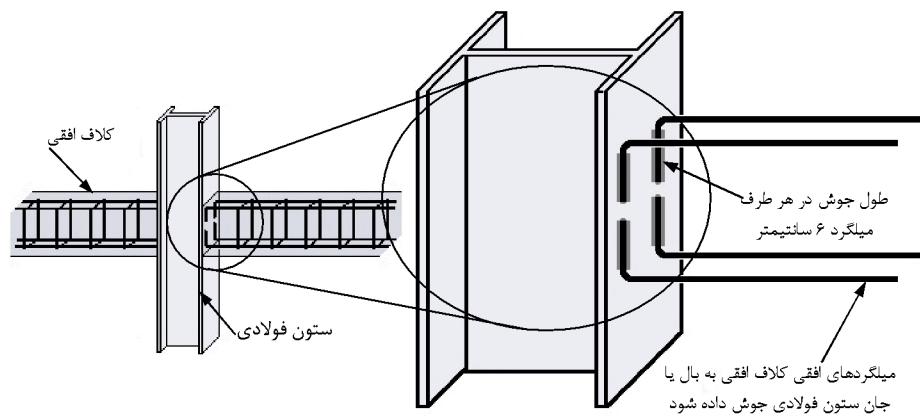
شکل ۷-۷ : جزئیات میلگردگذاری برای اتصال دو کلاف افقی با کلاف قائم



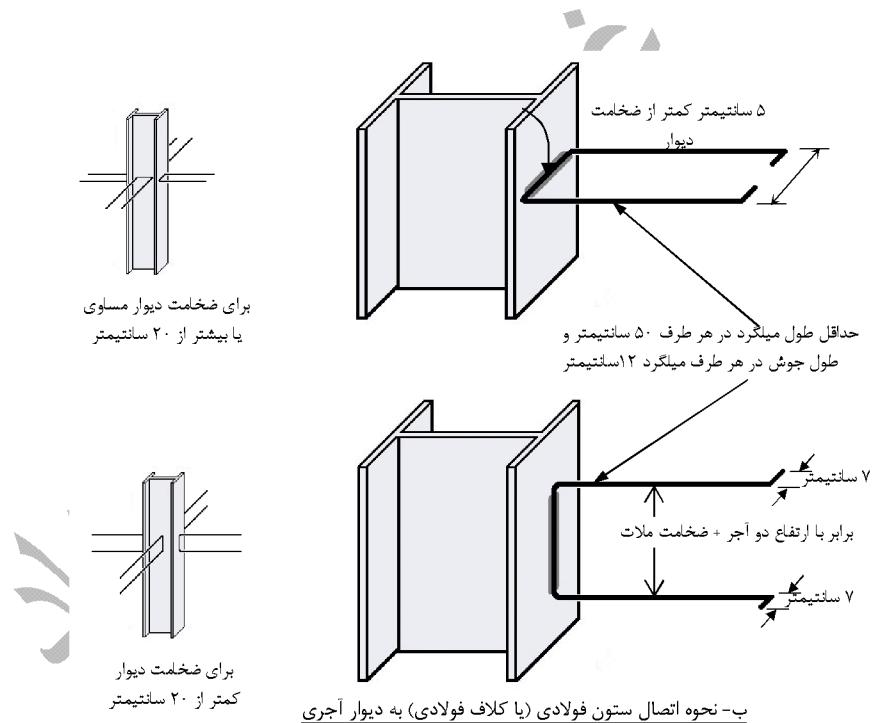
شکل ۷-۱۸ : پلان جزئیات میلگردگذاری اطراف مجرای (دودکش و تهويه) عبور داده شده از کلاف افقی



شکل ۷-۱۹ : جزئیات میلگردگذاری برای اتصال کلاف افقی به ستون بتن مسلح



الف- نحوه اتصال کلاف افقی به ستون فولادی



شکل ۷-۲۰: جزئیات اتصال کلاف ها به ستون فولادی و دیوار آجری

۲-۶-۷- کلاف بندی قائم

کلیه دیوارهای سازه‌ای منتهی به کلاف‌های قائم، باید با رعایت شرایط مربوط به هر یک از موقعیت‌های این بند ساخته شود. برای ساختمان‌های یک طبقه واقع در مناطق با خطر نسبی متوسط و کم می‌توان از کلاف قائم چوبی استفاده کرد.

۱-۲-۶-۷- موقعیت کلاف‌های قائم

- ۱- کلاف‌های قائم باید در گوشه‌های اصلی ساختمان و ترجیحاً در نقاط تقاطع دیوارها اجرا شوند.
- ۲- اگر طول دیوارسازه‌ای از ۵ متر بیشتر باشد، باید با تعبیه کلاف‌های قائم طول دیوار را محدود کرد.
- ۳- اگر انتهای دیوار سازه‌ای آزاد باشد باید با تعبیه کلاف قائم آنرا مقید ساخت.
- ۴- فاصله آزاد بین کلاف‌های قائم نباید از ۵ متر تجاوز کند.
- ۵- در اطراف بازشوها باید در صورت نیاز مطابق بند ۳-۷ کلاف قائم اجرا شود.
- ۶- هیچ یک از ابعاد مقطع کلاف قائم بتن مسلح (با استثنای کلاف قائم اطراف بازشوها) نباید کمتر از ۲۰ سانتیمتر باشد.
- ۷- کلاف قائم نباید در هیچ جا منقطع باشد.

۲-۲-۶-۷- میلگرد کلاف قائم بتن مسلح

- ۱- میلگردهای اصلی در کلافهای قائم بتن مسلح باید از نوع آجدار و با حداقل قطر ۱۰ میلیمتر باشد. استفاده از میلگرد ساده برای کلافهای قائم مجاز نمی‌باشد.
- ۲- میلگردهای اصلی باید حداقل ۴ عدد باشند و در گوشه‌ها قرار داده شده و انتهای آنها به نحوی مناسب مهار شود.
- ۳- اگر عرض مقطع کلاف برابر با ۳۵ سانتیمتر یا بیشتر باشد، تعداد میلگردهای طولی باید به ۶ عدد و یا بیشتر افزایش داده شود بطوریکه فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵ سانتیمتر بیشتر نباشد.
- ۴- میلگردهای اصلی باید با تنگه‌هایی به قطر حداقل ۶ میلیمتر به یکدیگر بسته شود.
- ۵- حداقل فاصله قائم تنگها از یکدیگر باید مساوی عرض مقطع کلاف و یا ۲۵ سانتیمتر (هر کدام کمتر است) باشد.
- ۶- حداقل فاصله تنگها در ناحیه بحرانی باید به ۱۵ سانتیمتر کاهش یابد.
- ۷- طول ناحیه بحرانی در کلاف قائم از بر داخلى کلاف افقی محاسبه شده و برابر با بزرگترین مقادیر زیر است:
 - الف- یک‌پنجم فاصله محور تا محور کلاف‌های افقی بالا و پایین دیوار بنایی
 - ب- دو برابر ضخامت کلاف قائم در راستای عمود بر دیوار

- ۸ در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلافها به یکدیگر نباید وصله میلگرد قرار گیرد، بلکه وصله میلگردها باید در یکسوم میانی ارتفاع کلاف تعییه شود.
- ۹ میلگردهای اصلی کلاف قائم باید با حداقل طول مهاری ۴۰ سانتیمتر در انتهای زاویه ۹۰ درجه ختم و در کلاف افقی در تراز سقف مهار شود (شکل ۲۱-۷).
- ۱۰ آرماتورهای اصلی کلاف قائم باید حداقل به اندازه ۴۰ سانتیمتر به صورت قائم و ۲۰ سانتیمتر با خم ۹۰ درجه در داخل شالوده مهار شود (شکل ۲۲-۷).
- ۱۱ پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی نباید از ۲/۵ سانتیمتر کمتر باشد.

۳-۲-۶-۷ - نحوه اجرای کلاف قائم بتن مسلح

- اجرای کلافهای قائم بتن مسلح باید همزمان با اجرای دیوار سازه‌ای و به صورت یکپارچه مانند شکل ۲۲-۷ انجام شود. اگر کلاف قائم با دیوار همزمان اجرا نشود، رعایت موارد زیر الزامی است:
- الف- اجرای دیوار و باز گذاشتن محل کلاف به صورت کنگره‌ای
 - ب- میلگردگذاری و تامین همپوشانی با میلگردهای انتظار
 - پ- نصب مرحله‌ای قالب بیرونی به ارتفاع ۷۰ سانتیمتر از پایین به بالا
 - ت- ملات‌ریزی مرحله‌ای و ویبره کردن برای حصول اطمینان از جاگیری ملات در تمام فضاهای خالی

۴-۲-۶-۷ - کلافهای قائم معادل

به جای کلاف قائم بتنی می‌توان از کلاف فولادی یا چوبی به شرح زیر استفاده کرد.

۴-۲-۶-۱ - کلافهای قائم فولادی

- ۱- کلاف فولادی را می‌توان از تیرآهن نمره ۱۰ و یا پروفیل فولادی با سطح مقطع معادل آن ساخت، مشروط بر آن که اتصال کلاف فولادی با دیوار به وسیله میلگردهای افقی به خوبی تامین شود (شکل ۲۰-۷-ب).
- ۲- چنانچه پروفیل‌های فولادی در و پنجه، معادل تیرآهن نمره ۱۰ باشد و به خوبی در کلاف افقی و سقف مهارشده باشد، می‌توان آنرا به عنوان کلاف قائم در نظر گرفت.

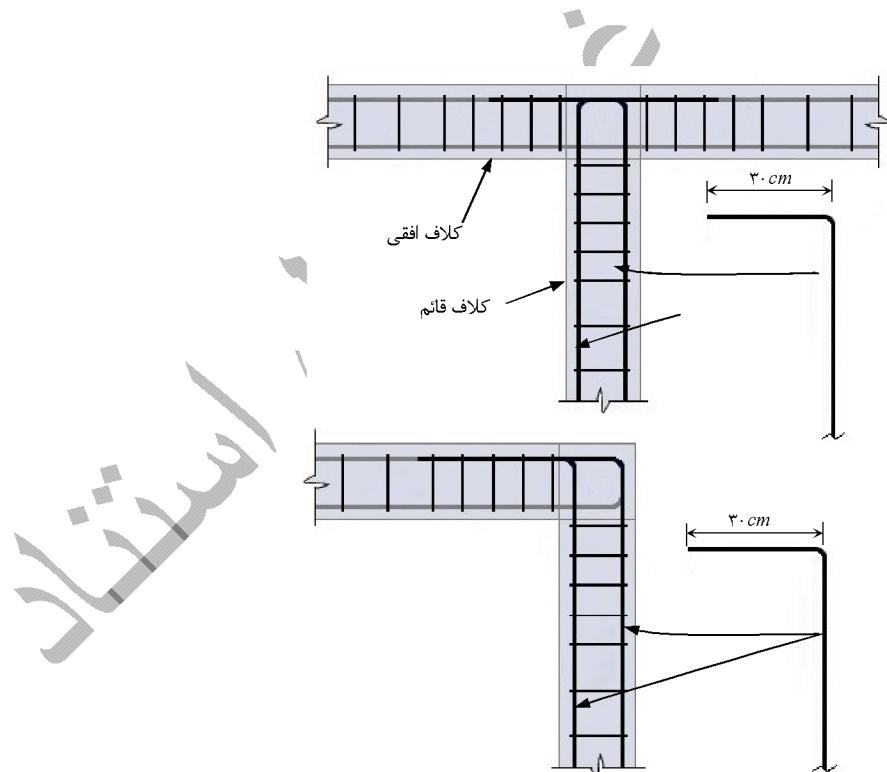
۴-۲-۶-۲ - کلافهای قائم چوبی

- ۱- برای ساختمان‌های یک طبقه در مناطق با خطر نسبی متوسط یا کم، می‌توان به جای کلاف بتن مسلح از پایه یا ستون چوبی با حداقل مقطع ۵۰ سانتیمتر مربع استفاده کرد. کوچکترین بعد کلاف چوبی باید حداقل ۵ سانتیمتر باشد. کلاف چوبی باید عاری از ترک، شکاف و اعوجاج باشد.
- ۲- کلاف چوبی باید به خوبی در کلافهای افقی تراز سقف و زیر دیوار و داخل شالوده مهار شود.

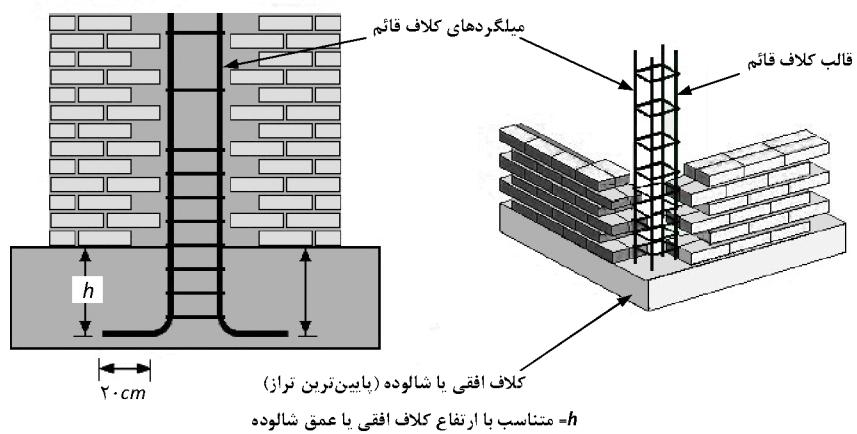
۷-۶-۵-۲-۶-۷- میلگرد گذاری معادل

به جای کلاف های قائم می توان میلگردهایی را مطابق با شرایط زیر و در محل های تعیین شده در دیوارهای سازه ای توزیع کرد (شکل ۷-۶-۷):

- ۱- میلگردهای قائم از نوع آجدار با قطر ۱۰ میلیمتر و با فاصله حداقل ۶۰ و حداکثر ۱۲۰ سانتیمتر تعییه شود.
- ۲- میلگردهای قائم باید با میلگردهای افقی به قطر حداقل ۶ میلیمتر و در فاصله های حداقل ۲۵ سانتیمتر به یکدیگر بسته شود.
- ۳- برای هر میلگرد قائم باید فضایی با حداقل ۶ سانتیمتر در هر ضلع ایجاد شود که همزمان با چیدن دیوار با ملات پر شود.
- ۴- میلگردهای قائم باید در کلافهای افقی بالا و پایین با خم ۹۰ درجه و حداقل ۴۰ سانتیمتر مهار شود.



شکل ۷-۶-۷: جزئیات مهار کردن میلگرد اصلی کلاف قائم در کلاف افقی



شکل ۲۲-۷: مهار میلگرد کلاف قائم در کلاف افقی یا شالوده

۶-۶-۶-۷- اتصال کلافهای قائم

- ۱- در هر تراز و در کلیه نقاط تقاطع، کلافهای قائم و افقی باید بيكديگر متصل شوند تا ساختمان کلاف بندی شده مانند يك سامانه سه بعدی يكپارچه و بهم پيوسته عمل کند.
- ۲- کلافهای قائم وافقی باید در تمام نقاط تقاطع بيكديگر متصل شوند به طوريكه ميلگردهای طولي آنها در تمام طول نقاط تقاطع ادامه يابد.
- ۳- در نقاط تقاطع کلافهای افقی و قائم، وقتی کلاف قائم ادامه نمی يابد، ميلگردهای اصلی کلاف قائم باید مناسب با عمق کلاف در داخل کلاف افقی مهار شود (شکل ۲۲-۷).
- ۴- در صورتيكه مجاري دودکش، تهويه، کanal کولر و نظاير آنها با کلاف قائم تلاقي کند، باید ميلگردهای کلاف از دو طرف اين مجاري عبور داده شود. بعلاوه قطر يا عرض اين مجاري نباید از نصف عرض مقطع کلاف بيشتر باشد (شکل ۴-۷).

۶-۶-۳- کلاف بندی دیوارهای مثلثی شکل

- اگر بر روی دیوارهای انتهائی ساختمان‌بنایی، که سقف آن خرپا یا شیروانی است، خرپا نباشد، باید قسمت مثلثی شکل این دیوارها با کلافبندی به شرح زیر تقویت گردد (شکل ۲۵-۷):
- ۱- در قاعده قسمت مثلثی شکل دیوار انتهایی به محاذات کلاف زیر تکیه گاه خرپاها، کلاف افقی مطابق بند ۷-۶-۱ تعبيه و به يكديگر متصل شود.
 - ۲- سطح فوقاني دیوار مثلثی شکل با کلاف پوشانده شود، بطورريكه سطح بالاي کلاف موازي صفحه پوشش و سطح زيرين آن پلکانی باشد.
 - ۵- بين دو کلاف پائين و بالاي قسمت مثلثي شکل دیوار، کلاف هاي قائم حداقل ۵ متر مطابق بند ۷-۶-۲- تعبيه و در کلاف هاي تحتاني و فوقاني مهار شود.

۷-۷- سقف

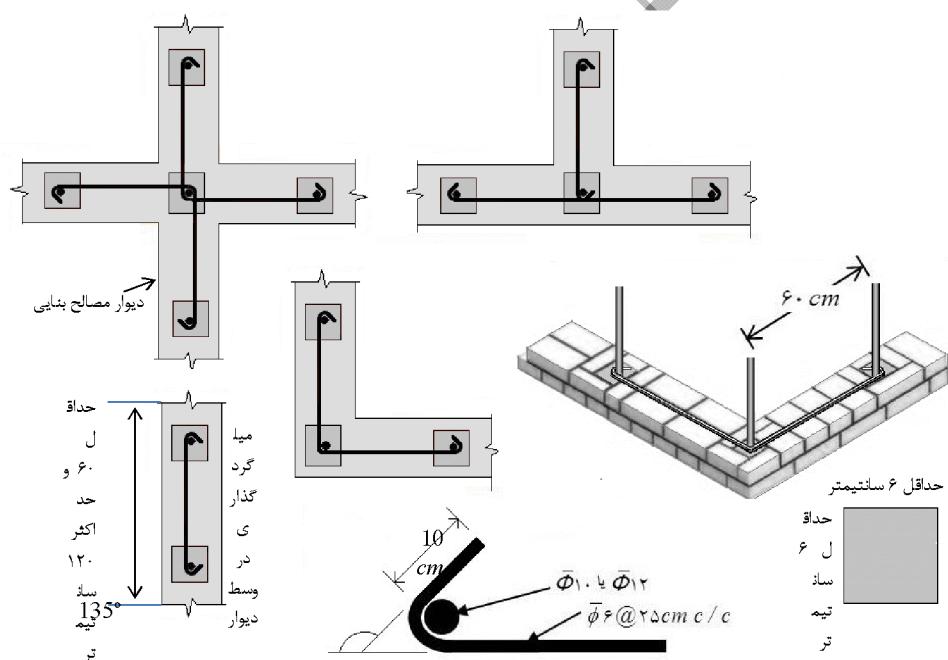
سقف ساختمان بنایی باید یکپارچه بوده و در برابر نیروهای ناشی از زلزله از تکیه گاه خود جدا نشود.

۷-۷-۱- انواع سقف

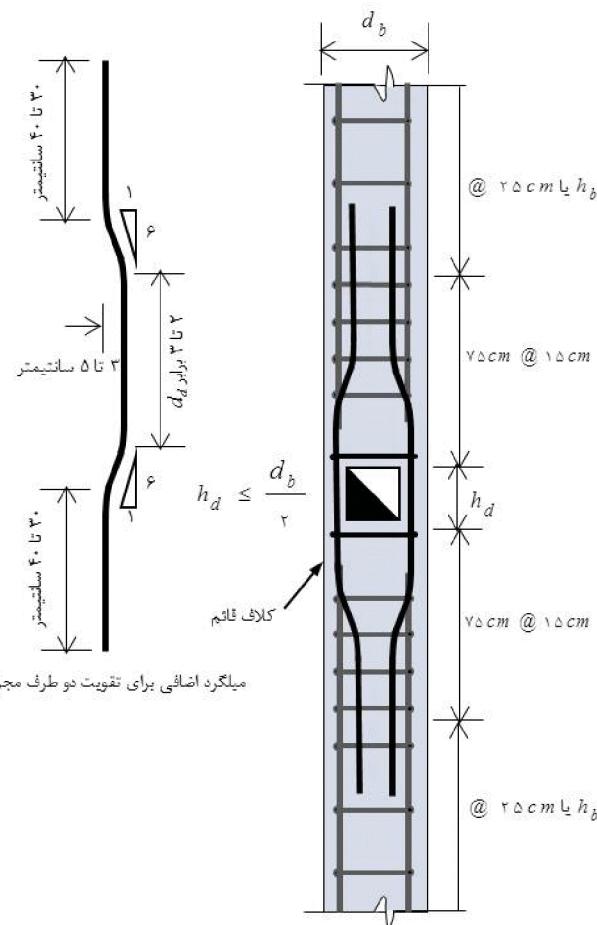
سقف های مجاز و متداول برای ساختمان بنایی می توانند به صورت تخت، شیبدار یا قوسی با استفاده از طاق ضربی، تیرچه بلوك و چوبی اجرا شود.

۷-۷-۲- مصالح سقف

- ۱- مصالح مصرفی سقف باید مطابق با فصل پنجم مقررات ملی ساختمان باشد.
- ۲- کاربرد چوب بعنوان عنصر باربر سقف در صورتی مجاز است که پوشش سقف از نوع سبک نظیر تخته- ورق آهن یا صفحات موجدار فلزی باشد و در اینصورت برای کلافبندی سقف نیز می توان از چوب استفاده کرد.
- ۳- سقف چوبی با پوشش حصیر و نی با گل و یا شفته آهک و یا طاق خشتي مجاز نیست.



شکل ۷-۲۳: جزئیات میلگرددهای قائم و افقی در سامانه میلگردگزاری معادل



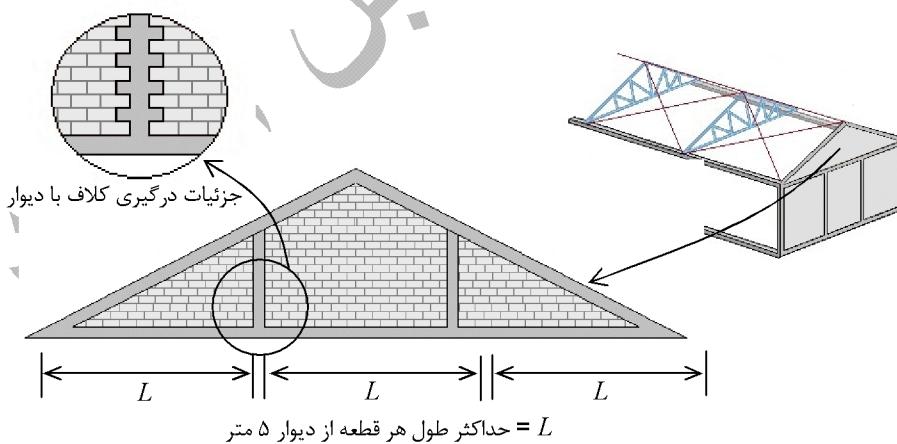
شکل ۲۴-۷ : میلگردگذاری اطراف مجاري (دودکش و تهويه) عبور داده شده از کلاف قائم

۳-۷-۷ اتصال سقف به تکيه گاه

عناصر سقف (تیر و تیرچه اعم از فولادی، بتنی و چوبی) و یا دال بتنی باید در تکيه گاهها بنحو مطمئنی به عناصر زیر سری (تیر حمال، کلاف افقی، جرزها و ستونها) متصل شوند تا نیروهای زلزله، بدون جابجا شدن سقف به دیوارها انتقال یابد. به این منظور رعایت ضوابط زیر الزامی است:

- ۱- اگر سقف به تیر حمال تکیه دارد باید اجزای اصلی سقف به تیر حمال به خوبی متصل شود و تیر حمال نیز به کلاف روی دیوار مهار شود.
- ۲- اگر سقف طاق ضربی بر روی دیوار قرار می گیرد، باید تیر آهن های سقف در داخل کلاف افقی به خوبی مهار شود. برای این منظور می توان به یکی از روش های زیر اقدام کرد (شکل ۲۶-۷):
 الف) اگر کلاف افقی بتن مسلح باشد باید تیر آهن های سقف به صفحات فولادی، که از قبل روی کلاف و بوسیله میلگرد داخل آن مهار شده، متصل شوند.

- ب) اگر کلاف افقی فولادی باشد باید تیرآهن های سقف به آنها متصل شوند.
- پ) طول تکیه گاه تیرآهن های سقف طاق ضربی نباید از ارتفاع تیر یا از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد.
- ۳- اگر سقف ساختمان بنایی دال بتني پیش ساخته باشد، باید به یکی از روش‌های زیر اتصال سقف به کلاف های افقی تامین شود:
- الف) دال پیش ساخته در کلاف افقی بتن مسلح مهار شود.
- ب) دال پیش ساخته با مهار مناسب بر روی کلاف افقی بتن مسلح قرار داده شود.
- ۴- سقف های تیرچه-بلوک باید بخوبی به کلاف افقی مهار شده و بتن ریزی تیرچه ها و کلاف همزمان انجام شود.
- ۵- برای سقف های بتن مسلح درجا باید طول تکیه گاه سقف به صورت زیر باشد:
- الف) اگر ضخامت دیوار ۲۰ سانتیمتر است، طول تکیه گاه نباید از ۱۵ سانتیمتر کمتر باشد.
- ب) اگر ضخامت دیوار بیشتر از ۲۰ سانتیمتر است، حداقل طول تکیه گاه باید ۱۵ سانتیمتر یا ضخامت دیوار منهای ۱۲ سانتیمتر هر کدام بیشتر است، باشد.
- ۶- عناصر سازه ای راه پله در پاگرددهایی که هم سطح ساختمان هستند در کلافبندی افقی سقف مهار شوند.



شکل ۷-۲۵: کلاف بندی دیوار انتهایی زیر سقف های شیبدار

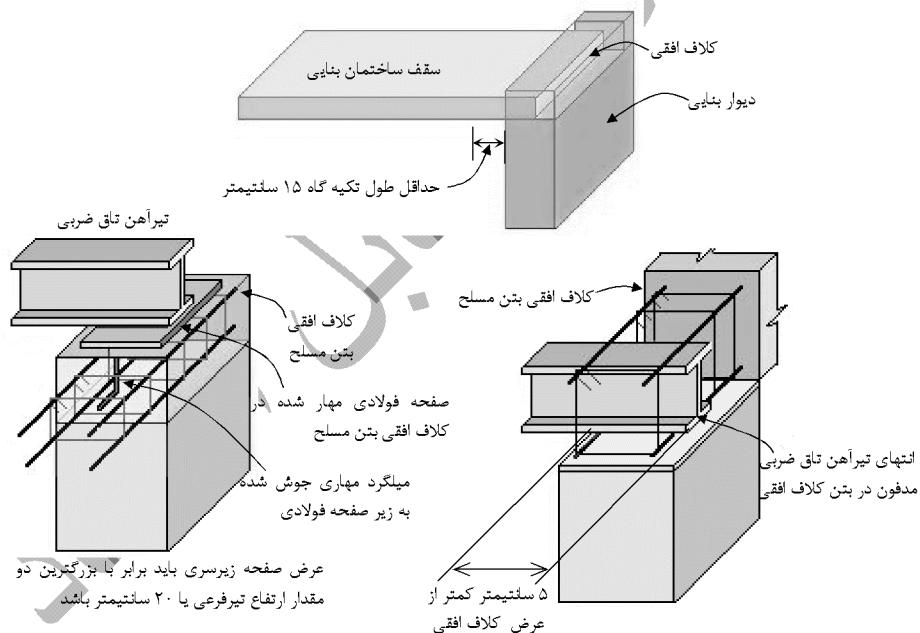
۷-۷-۴-۶-۷-۷ انسجام سقف

برای حفظ انسجام و عملکرد یکپارچه سقف باید نکات زیر رعایت شود:

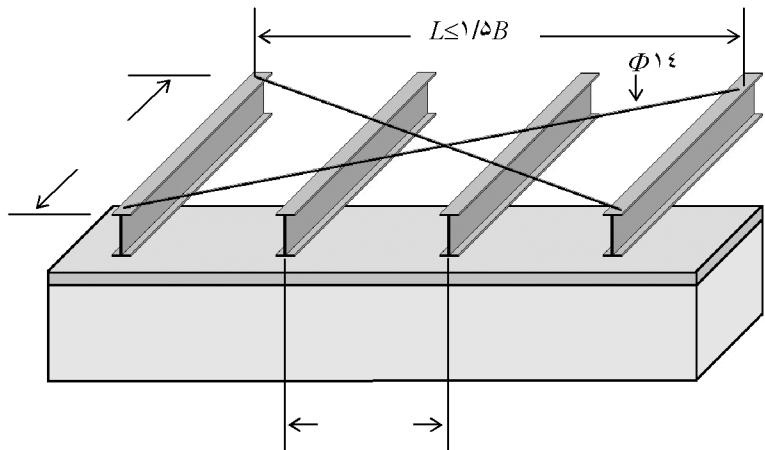
۷-۷-۶-۱-۴-۷-۷ سقف طاق ضربی

۱- فاصله بین تیر آهن ها از یک متر تجاوز نکند.

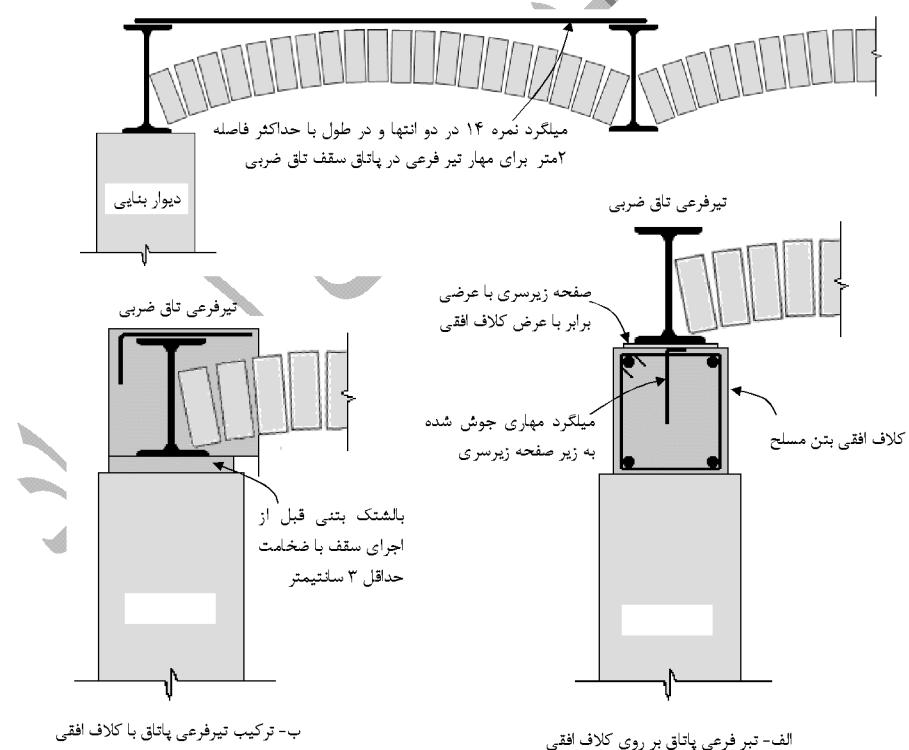
- ۲- تیر آهن ها باید بگونه ای مناسب به کلاف افقی، مطابق زیر بند ۲ از بند ۷-۳، متصل گرددند.
- ۳- تیر آهن ها باید بوسیله میلگرد و یا تسمه فولادی (در بالا یا پایین) بصورت ضربدری بیکدیگر بسته شوند
بطوریکه اولاً طول مستطیل ضربدری شده بیش از $1/5$ برابر عرض آن نباشد، ثانیاً مساحت تحت پوشش
هر ضربدری از ۲۵ متر مربع تجاوز نکند (شکل ۷-۲۷).
- ۴- تکیه گاه مناسبی برای پاطاق آخرین دهانه طاق ضربی تعییه شود. این تکیه گاه می تواند با قرار دادن یک
پروفیل فولادی و اتصال آن با کلاف زیر خود و یا با جاسازی در کلاف بتی تأمین شود. چنانچه این تکیه
گاه فولادی باشد باید با میلگردها و یا تسمه های کاملاً کشیده و مستقیم در دو انتهای تیر و همچنین در
فوacial کمتر از ۲ متر به آخرین تیر آهن سقف متصل گردد (شکل ۷-۲۸).
- ۵- حداقل سطح مقطع میلگرد و یا تسمه که برای مهاربندی ضربدری تیر آهن های سقف و یا استوار کردن
آخرین دهانه بکار می رود میلگرد ۱۴ میلیمتر و یا تسمه معادل آن می باشد.



شکل ۷-۲۶: نمونه های اتصال تیر آهن سقف تاق ضربی به کلاف افقی بتن مسلح



شکل ۷-۲۷: نحوه منسجم کردن تیرآهن های سقف تاق ضربی



شکل ۷-۲۸: جزئیات مربوط به نحوه منسجم کردن تیرآهن های سقف تاق ضربی

۷-۴-۲-۷- سقف قیرچه بلوك

الف) تیرچه ها به نحو مناسبی به کلاف های افقی مطابق زیربند ۴ از بند ۷-۷-۳ متصل شوند.

- ب) ضخامت بتن پوشش روی بلوکها باید حداقل ۵ سانتیمتر باشد و میلگرد مورد استفاده در بتن پوشش سقف حداقل به قطر ۱۰ میلیمتر به فواصل حداقل ۲۵ سانتیمتر در جهت عمود بر تیر چه ها قرار داده شود.
- پ) در صورت تجاوز دهانه تیر چه ها از ۴ متر، تیر چه ها بوسیله کلاف عرضی، که عرض مقطع آن حداقل ۰.۱ سانتیمتر باشد، بهم متصل شوند. این کلاف باید دارای حداقل ۲ میلگرد آجدار سراسری به قطر ۰.۱ میلیمتر، یکی در بالا و دیگری در پائین مقطع کلاف باشد (شکل ۷-۲۹).
- ت) در صورت وجود طره در سقف، در بالای تیر چه بر روی تکیه گاه میلگردهای حداقل به اندازه میلگردهای پائین به طول مهار ۱/۵ متر پیش بینی گردد.

۷-۴-۳- خرپاها

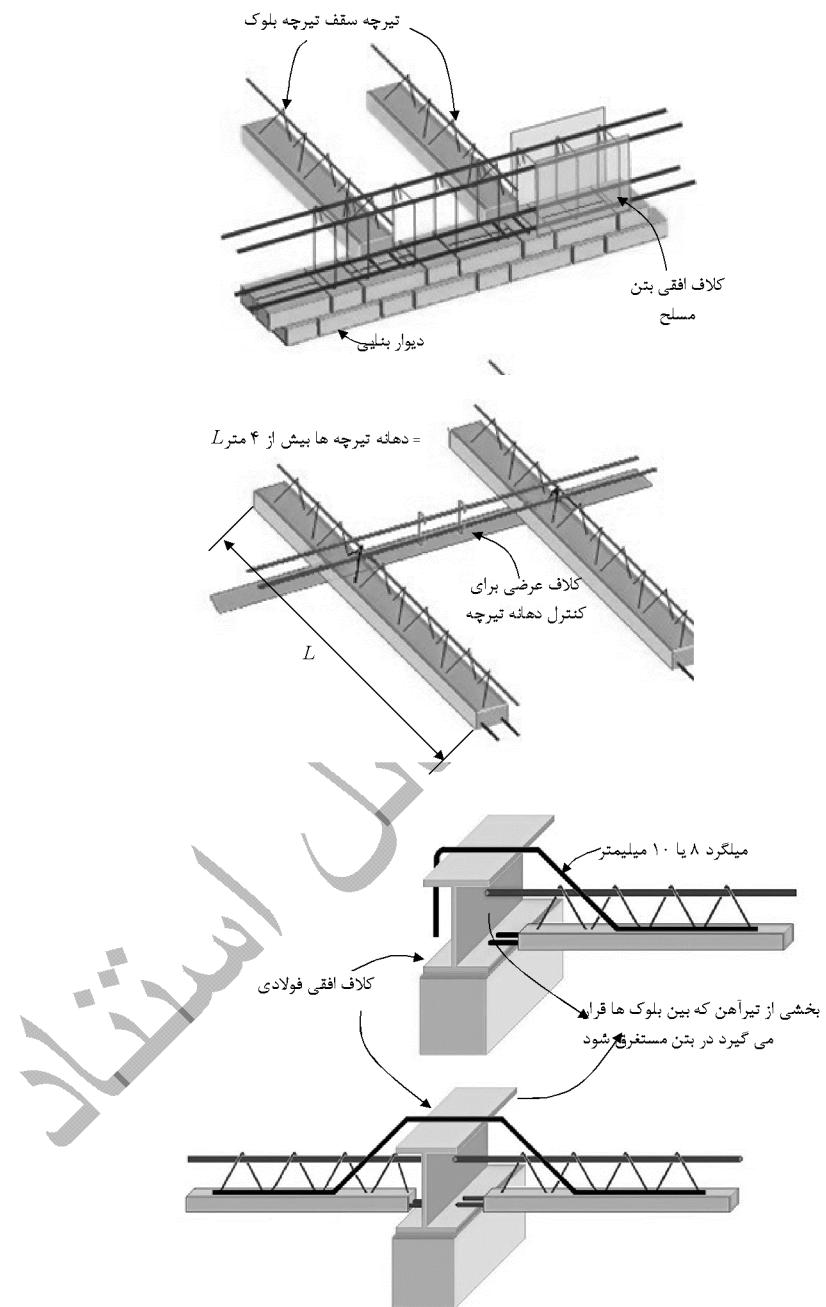
درجای خرپاها رعایت موارد زیر الزامی است:

- الف) با تعبیه مهاربندهای مورب (در صفحه قائم) و افقی مناسب، بین خرپاها انسجام سقف تامین شود (شکل ۷-۳۰).
- ب) اضلاع مختلف خرپای چوبی در نقاط اتصال بیکدیگر بوسیله پیچ و مهره و یا اسکوپ های فولادی کاملاً بهم محکم شوند (میخ کردن ساده این اضلاع بیکدیگر کافی نیست).
- پ) در سقف های مسطح شیب دار چنانچه سقف بصورت خرپا نباشد عناصر مناسبی برای مقابله با رانش سقف تعبیه شود.

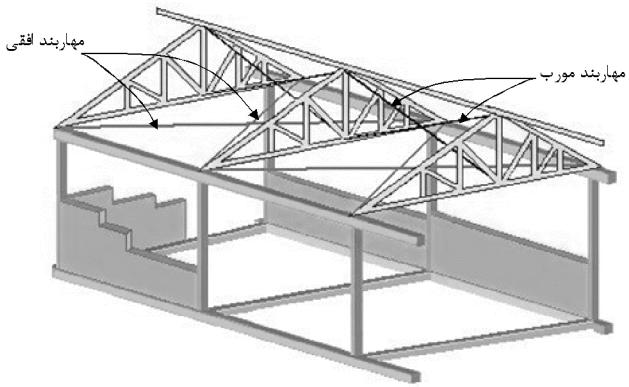
۷-۵- سقف کاذب

درجای سقف کاذب رعایت موارد زیر الزامی است:

- ۱- سقف کاذب باید حتی المقدور با مصالح سبک ساخته شود و قاب بندی آن بنحوی مناسب به سقف، اسکلت و یا کلاف بندی ساختمان متصل گردد تا ضربه تکانهای ناشی از زلزله موجب خرابی دیوارهای مجاور نشود.
- ۲- سقف های کاذب باید به نحو مناسبی به سازه اصلی ساختمان، سقف ها، کلاف ها و دیوارهای باربر، متصل شوند، بطوریکه علاوه بر وزن آنها نیروی جانبی ایجاد شده در آنها به نحو مناسبی، نظیر استفاده از مهاربند موضعی، به سازه اصلی منتقل گردد.



شکل ۷-۲۹: نحوه اتصال تیرچه های سقف به کلاف افقی بتن مسلح

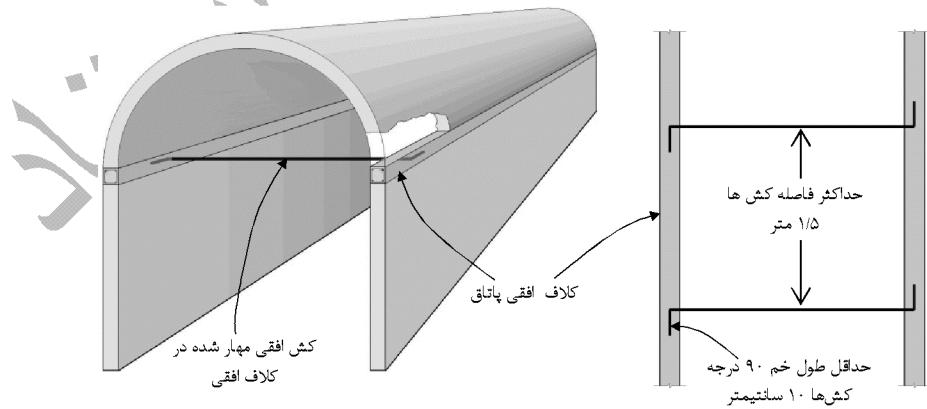


شکل ۷-۳۰: تعبیه مهاربندهای فائیم و افقی در خرپاها

۷-۶-۷- سقف های قوسی

در صورت تحقق شرایط زیر می توان از سقف های قوسی استفاده کرد:

- ۱- نیروی رانش به حداقل رسانده شود.
- ۲- دیوارها بخوبی مهار شده و نیروی رانش را تحمل کنند.
- ۳- کلاف سراسری به محاذات پاطاق تعبیه شود و سقف قوسی بنحوی مناسب بر روی آن قرار گیرد.
- ۴- کلاف پا طاق سقف های قوسی استوانه ای ای به وسیله کش های فولادی مهار شده در آنها به یکدیگر متصل شوند. فاصله کش ها نباید از $1/5$ متر بیشتر باشد و حداقل سطح مقطع کش 3 سانتیمتر مربع باشد (شکل ۷-۳۱).



شکل ۷-۳۱: تعبیه مهاربندهای افقی در تاق های قوسی استوانه ای

۸-۸- نماسازی

۸-۱- نمای آجری

- ۱- اگر آجر نما بطور همزمان با آجر پشت کار چ یده می شود، باید ضخامت این دو نوع آجر یکسان و یا تقریباً یکسان باشد تا بتوان آنها را در هر رگ روی یک لایه ملات چید.
- ۲- اگر آجر نما پس از احداث دیوار پشت کار چیده شود، باید با مهار کردن مفتولهای فلزی در داخل ملات پشت کار و قرار دادن سر آزاد این مفتولهای در ملات آجر نما، این دو قسمت آجر کاری بهم متصل شوند. فاصله این مفتولهای در هر یک از جهات افقی و قائم نباید از ۵۰ سانتیمتر بیشتر شود.

۲-۸-۷- نمای سنگی

- ۱- نماسازی با سنگ غیرپلاک که قطعات سنگ بصورت افقی رویهم چیده می شود باید مطابق نماسازی با آجر، در بند ۱-۸-۷، باشد.
- ۲- در صورتیکه سنگها بصورت پلاک بطور قائم نصب شوند باید با تعبیه اسکوپ و یا مهار مناسب دیگری از جدا شدن و فروریختن آنها در هنگام زلزله جلوگیری شود.

۹-۷- خرپشته

احداث خرپشته باید با رعایت شرایط زیر انجام شود:

- ۱- در صورتیکه سطح زیربنای خرپشته بیش از ۲۵ درصد سطح زیر بنای طبقه زیرخود باشد، خرپشته به عنوان یک طبقه محسوب می شود و ضوابط بند ۱-۲-۷ در مورد آن باید رعایت گردد.
- ۲- حداقل ارتفاع خرپشته از تراز طبقه زیر خود ۳ متر می باشد و رعایت ضوابط مربوط به کلافبندی افقی و قائم و سایر ضوابط این فصل در مورد جزئیات اجرائی آن الزامی است.

پیوست ۱

درجه بندی خطر نسبی زلزله در شهرها و نقاط مهم ایران

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				زنگان	آب بر	۱
	*			بوشهر	آب پخش	۲
	*			بوشهر	آباد	۳
		*		خوزستان	آبادان	۴
	*			فارس	آباده	۵
		*		فارس	آباده طشك	۶
	*			بوشهر	آبادان	۷
		*		ایلام	آبادانان	۸
	*			قزوین	آبرم	۹
*				تهران	آبرسدر	۱۰
	*			قزوین	آبرگرم	۱۱
	*			اردبیل	آبی بیگلو	۱۲
*				قزوین	آییک	۱۳
	*			همدان	آجین	۱۴
	*			آذربایجان شرقی	آذرشهر	۱۵
*				کرمانشاه	آران	۱۶
*				کردستان	آرمده	۱۷
	*			کهکیلویه و بویراحمد	آرو	۱۸
	*			گلستان	آزادشهر	۱۹
	*			گیلان	آستارا	۲۰
*				سمنان	آستانه	۲۱
	*			گیلان	آستانه اشرفیه	۲۲
	*			ایلام	آسمان آباد	۲۳
	*			مرکزی	آشتیان	۲۴
*				خراسان شمالی	آشخانه	۲۵
*				خوزستان	آعاجاری	۲۶
*				گلستان	آق بند	۲۷
*				گلستان	آق قلا	۲۸

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				قزوین	آقا بابا	۲۹
	*			مازندران	آلاشت	۳۰
*				قزوین	آلولک	۳۱
	*			مازندران	آمل	۳۲
*				آذربایجان شرقی	آمند	۳۳
*				آذربایجان غربی	آوجیق	۳۴
	*			قزوین	آوج	۳۵
*				چهارمحال و بختیاری	آورگان	۳۶

الف

*				کرمان	باراق	۳۷
*				سمنان	ابر	۳۸
*				سمنان	ابرسج	۳۹
	*			یزد	ابرکوه	۴۰
	*			اصفهان	ابریشم	۴۱
	*			اصفهان	ابوزید آباد	۴۲
	*			هرمزگان	ابوموسی (بوم سوز)	۴۳
*				زنجان	ابهر	۴۴
*				اصفهان	ایانه	۴۵
*				هرمزگان	احمدی	۴۶
*				کرمان	اختیارآباد	۴۷
	*			مرکزی	اراک	۴۸
	*			اصفهان	ازران و بیدل	۴۹
*				تهران	ارجمند	۵۰
*				اردبیل	اردبیل	۵۱
*				اصفهان	اردستان	۵۲
	*			یزد	اردکان	۵۳
*				فارس	اردکان	۵۴
*				چهارمحال و بختیاری	اردل	۵۵
	*			کرمان	ارزوئیه	۵۶

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			فارس	ارسنجان	۵۷
	*			ایلام	ارکواز ملک شاهی	۵۸
*				زنجان	ارمغان خانه	۵۹
*				کرمانشاه	ارمنیجان	۶۰
*				مازندران	اروست	۶۱
*				آذربایجان غربی	ارومیه	۶۲
	*			خوزستان	اروند کنار	۶۳
*				لرستان	ازنا	۶۴
*				همدان	ازندریان	۶۵
*				فارس	استهبان	۶۶
*				همدان	اسدآباد	۶۷
*				خراسان جنوی	اسدیه	۶۸
*				مازندران	اسطاخ پشت	۶۹
*				خراسان شمالی	اسفراین	۷۰
*				اصفهان	اسفرجان	۷۱
*				قزوین	اسفوروین	۷۲
	*			مرکزی	اسفندان	۷۳
*				آذربایجان شرقی	اسکو	۷۴
*				فارس	اسلام آباد	۷۵
*				اردبیل	اسلام آباد	۷۶
*				کرمان	اسلام آباد	۷۷
	*			کرمانشاه	اسلام آباد غرب	۷۸
*				تهران	اسلامشهر	۷۹
*				خراسان جنوبی	اسلامیه	۸۰
*				لرستان	اشترینان	۸۱
*				تهران	اشتهارد	۸۲
	*			یزد	اشکنار	۸۳
*				فارس	اشکنان	۸۴
*				آذربایجان غربی	اشنویه	۸۵

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			اصفهان	اصفهان	۸۶
	*			اردبیل	اصلاندوز	۸۷
*				خراسان جنوبی	افین	۸۸
*				قزوین	اقبالیه	۸۹
*	*			فارس	اقلید	۹۰
*				تهران	الارد	۹۱
	*			لرستان	الشتر	۹۲
	*			خوزستان	الوان	۹۳
*				قزوین	الوند	۹۴
	*			خوزستان	الهایی	۹۵
	*			لرستان	الیگودرز	۹۶
	*			خراسان رضوی	امام تقی	۹۷
*				خراسان رضوی	امام قلی	۹۸
	*			پیلان	املش	۹۹
	*			خوزستان	امیدیه	۱۰۰
*				سمنان	امیر آباد	۱۰۱
	*			مازندران	امیر کلا	۱۰۲
	*			خراسان رضوی	انابد	۱۰۳
	*			کرمان	انار	۱۰۴
	*			اصفهان	انارک	۱۰۵
	*			گلستان	انبار آلوم	۱۰۶
	*			زنجان	اند آباد	۱۰۷
*				کرمان	اندوهجرد	۱۰۸
*				تهران	اندیشه	۱۰۹
	*			خوزستان	اندیمشک	۱۱۰
	*			اردبیل	اوولو	۱۱۱
	*			فارس	اوز	۱۱۲
	*			آذربایجان شرقی	اهر	۱۱۳
	*			بوشهر	اهرم	۱۱۴

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			خوزستان	اهواز	۱۱۵
	*			فارس	ایج	۱۱۶
	*			خوزستان	ایذه	۱۱۷
	*			سیستان و بلوچستان	ایرانشهر	۱۱۸
	*			فارس	ایزد خواست	۱۱۹
	*			مازندران	ایزدشهر	۱۲۰
*				خراسان جنوبی	ایسک	۱۲۱
	*			ایلام	ایلام	۱۲۲
	*			آذربایجان شرقی	ایلخچی	۱۲۳
	*			آذربایجان شرقی	ایلخی	۱۲۴
	*			اصفهان	ایمانشهر	۱۲۵
	*			گلستان	اینچه برون	۱۲۶
	*			ایلام	ایوان	۱۲۷
	*			سمنان	ایوانکی	۱۲۸

ب

	*			فارس	باب انار	۱
*				چهارمحال و بختیار	بابا حیدر	۲
	*			کهکیلویه و بویراحمد	بابا کلان	۳
	*			فارس	بابامنیر	۴
*				کرمان	پاتنگل	۵
	*			مازندران	بابل	۶
	*			مازندران	بابلسر	۷
	*			خراسان رضوی	باخرز	۸
	*			اصفهان	بادرود	۹
*				آذربایجان غربی	بازرگان	۱۰
*				آذربایجان شرقی	باسمنج	۱۱
	*			کهکیلویه و بویراحمد	باشت	۱۲
	*			اصفهان	باغ بهادران	۱۳
	*			خوزستان	باغ ملک	۱۴

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				کهکیلویه و بویراحمد	باغچه جلیل	۱۵
*				خراسان رضوی	باغستان	۱۶
*				خوزستان	باغملک	۱۷
*				کرمان	باغین	۱۸
*				کرمان	بافت	۱۹
*				سیستان و بلوچستان	باقنان	۲۰
*				یزد	بافق	۲۱
*				تهران	باقرشهر	۲۲
*				فارس	بالا ده	۲۳
*				آذربایجان غربی	بالو	۲۴
*				کرمانشاه	بان مزاران	۲۵
*				کردستان	بانه	۲۶
*				مازندران	بابیجان	۲۷
*				فارس	بایگان	۲۸
*				خراسان رضوی	بحستان	۲۹
*				خراسان شمالی	جنورد	۳۰
*				آذربایجان شرقی	بخشایش	۳۱
*	*			ایلام	بدره	۳۲
*				بوشهر	برازجان	۳۳
*				بوشهر	بردخون	۳۴
*				خراسان رضوی	بردسکن	۳۵
*				کرمان	بردسیر	۳۶
*				تهران	برغان	۳۷
*				اصفهان	برف انبار	۳۸
*				کرمان	بروات	۳۹
*				لرستان	بروجرد	۴۰
*				لرستان	بروجرد	۴۱
*		*		چهارمحال و بختیاری	بروجن	۴۲
		*		سیستان و بلوچستان	بزمان	۴۳

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			خوزستان	بستان	۴۴
*				آذربایجان شرقی	بستان آباد	۴۵
	*			هرمزگان	بستک	۴۶
	*			سمنان	بسطام	۴۷
*				خراسان جنوبی	بسک آباد	۴۸
	*			خراسان جنوبی	بشرویه	۴۹
*				یزد	بشکان	۵۰
	*			قزوین	بک کندی	۵۱
	*			چهارمحال و بختیاری	بلداجی	۵۲
*				مازندران	بلده	۵۳
	*			کرمان	بلورد	۵۴
	*			کرمان	به	۵۵
	*			سیستان و بلوچستان	بمپور	۵۶
*				چهارمحال و بختیاری	بن	۵۷
	*			آذربایجان شرقی	بناب	۵۸
*				فارس	بنارویه	۵۹
	*			سیستان و بلوچستان	بنت	۶۰
*				آذربایجان غربی	بند	۶۱
	*	*		خوزستان	بندر امام خمینی	۶۲
*				گلستان	بندر ترکمن	۶۳
*				هرمزگان	بندر جاسک	۶۴
*				بوشهر	بندر دیر	۶۵
*				بوشهر	بندر دیلم	۶۶
*				هرمزگان	بندر عباس	۶۷
*				بوشهر	بندر کنان	۶۸
*				بوشهر	بندر گناوه	۶۹
*				بوشهر	بندر مقام	۷۰
*				گیلان	بندرانزلی	۷۱

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				گلستان	بندرترکمن	۷۲
*				هرمزگان	بندرچارک	۷۳
*				هرمزگان	بندرخمیر	۷۴
*				بوشهر	بندردیر	۷۵
*				بوشهر	بندردیلم	۷۶
*				بوشهر	بندرریگ	۷۷
*				بوشهر	بندرطاهری	۷۸
*				بوشهر	بندرعلویه	۷۹
*				گیلان	بندرکیاشهر	۸۰
*				گلستان	بندرگز	۸۱
*				بوشهر	بندرگناوه	۸۲
*		*		هرمزگان	بندرلنگه	۸۳
				خوزستان	بندرماهشهر	۸۴
*				هرمزگان	بندرمقام	۸۵
*				بوشهر	بنک	۸۶
*				خراسان رضوی	بنیاباد	۸۷
*				قزوین	بوئین زهرا	۸۸
*				کردستان	بوئین سفلی	۸۹
*				اصفهان	بوئین و میاندشت	۹۰
*				فارس	بوانات	۹۱
*				بوشهر	بوشکان	۹۲
*				بوشهر	بوشهر	۹۳
*				زنجان	بوغدا کندی	۹۴
*	*			آذربایجان غربی	بوکان	۹۵
*				چهارمحال و بختیاری	بوگر	۹۶
	*			هرمزگان	بوم سوز (ابوموسی)	۹۷
*				تهران	بومهن	۹۸
*				کرمان	بهآباد	۹۹
*				یزد	بهاباد	۱۰۰

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			یزد	بهادران	۱۰۱
	*			همدان	بهار	۱۰۲
	*			همدان	بهار	۱۰۳
	*			اصفهان	پهارانشهر	۱۰۴
	*			اصفهان	پهارستان	۱۰۵
	*			خوزستان	بهریان	۱۰۶
	*			فارس	پهرستان	۱۰۷
	*			مازندران	بهشهر	۱۰۸
	*			کوهکلیویه و بویراحمد	بهمنی	۱۰۹
	*			فارس	بهمن	۱۱۰
	*			مازندران	بهنامیر	۱۱۱
	*			سمنان	بیارجمند	۱۱۲
	*			کرمان	بیاض	۱۱۳
	*			کردستان	بیجار	۱۱۴
*				قزوین	بیدستان	۱۱۵
	*			خراسان	بیرجند	۱۱۶
	*			فارس	بیرم	۱۱۷
	*			کرمانشاه	بیستون	۱۱۸
	*			ایلام	بیشه دراز	۱۱۹
	*			اردبیل	بیله سوار	۱۲۰

پ

*				کوهکلیویه و بویراحمد	پاتاوه	۱
*				اردبیل	پارس آباد	۲
*				هرمزگان	پارسیان	۳
*				کرمان	پاریز	۴
*				تهران	پاکدشت	۵
*				کرمانشاه	پاوه	۶
*				تهران	پردیس	۷

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				مرکزی	پرنده ک	۸
*				کرمان	پشت رود	۹
*				مازندران	پل سفید	۱۰
*				سیستان و بلوچستان	پلان	۱۱
	*			لرستان	پلدختر	۱۲
*				آذربایجان غربی	پلدشت	۱۳
*				مازندران	پلور	۱۴
*				مازندران	پول	۱۵
	*			ایلام	پهله	۱۶
*				آذربایجان غربی	پیراشهر	۱۷
	*			اصفهان	پیربکران	۱۸
*				تهران	پیشوا	۱۹
*				سیستان و بلوچستان	پیشین	۲۰
ت						
*				کرمانشاه	تازه آباد	۱
*				آذربایجان غربی	تازه شهر	۲
*				اردبیل	تازه کندی	۳
*				قزوین	تاقستان	۴
*				گیلان	تالش	۵
*				خراسان رضوی	تایباد	۶
*				آذربایجان شرقی	تبریز	۷
*				هرمزگان	تحت	۸
*				خراسان رضوی	تریت جام	۹
*				خراسان رضوی	تریت حیدریه	۱۰
*				آذربایجان شرقی	ترکمنچای	۱۱
*				سمنان	ترود	۱۲
*				آذربایجان شرقی	تسوچ	۱۳
*		*		خوزستان	تشان	۱۴
		*		یزد	نفت	۱۵

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*	*	*	*	مرکزی	تفرش	۱۶
	*	*	*	آذربایجان غربی	نكاب	۱۷
*	*	*	*	کهکیلویه و بویراحمد	تلگرد	۱۸
*	*	*	*	هرمزگان	نمیان	۱۹
*	*	*	*	هرمزگان	تنب بزرگ	۲۰
*	*	*	*	هرمزگان	تنب بزرگ	۲۱
*	*	*	*	هرمزگان	تنب کوچک	۲۲
*	*	*	*	مازندران	تنکابن	۲۳
*	*	*	*	بوشهر	تنگ ارم	۲۴
*	*	*	*	لرستان	توشک آبرسد	۲۵
*	*	*	*	همدان	نویسرکان	۲۶
*	*	*	*	سمنان	توبه	۲۷
*	*	*	*	تهران	تهران	۲۸
	*	*	*	اصفهان	تیران	۲۹
*	*	*	*	خراسان جنوبی	تیغدر	۳۰
*	*	*	*	آذربایجان شرقی	تیکمه داش	۳۱
ث						
	*	*	*	کرمانشاه	ثلاث باباجانی	۱
ج						
*	*	*	*	خراسان شمالی	جاجرم	۱
*	*	*	*	هرمزگان	جاسک	۲
*	*	*	*	سیستان و بلوچستان	جالق	۳
*	*	*	*	سمnan	جام	۴
	*	*	*	مرکزی	جاورسیان	۵
*	*	*	*	اردیل	جهفرآباد	۶
*	*	*	*	قم	جهفریه	۷
*	*	*	*	خراسان رضوی	جفتای	۸
*	*	*	*	مرکزی	جفتان	۹
*	*	*	*	آذربایجان شرقی	جلفا	۱۰

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				بوشهر	جم	۱۱
*				هرمزگان	جناب	۱۲
*				فارس	جنت شهر	۱۳
*				اصفهان	جندق	۱۴
*				خراسان رضوی	جنگل	۱۵
*				تهران	جواد آباد	۱۶
*				کرمانشاه	جوانرود	۱۷
*				همدان	جورقان	۱۸
*				کرمان	جوزم	۱۹
*				کرمان	جوشان	۲۰
*				اصفهان	جوشقان استرک	۲۱
*				اصفهان	جوشقان وکامو	۲۲
*				چهارمحال وبختیاری	جونقان	۲۳
*				فارس	جووکان	۲۴
*				مازندران	جوپیار	۲۵
*				فارس	جوپیم	۲۶
*				فارس	جهرم	۲۷
*				کرمان	جیرفت	۲۸
*				گیلان	جیرنده	۲۹
ج						
*				گیلان	چابکسر	۱
*				سیستان و بلوچستان	چابهار	۲
*				اصفهان	چادگان	۳
*				لرستان	چالان چولان	۴
*				مازندران	چالوس	۵
*				هرمزگان	چاه مسلم	۶
*				کرمان	چترود	۷
*				کرمان	چترود	۸
*				کهکلوبه و بویراحمد	چرام	۹

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				اصفهان	چرمهین	۱۰
*				اصفهان	چرمهین	۱۱
*				کرمان	چشمه سبز	۱۲
*				بوشهر	چگادک	۱۳
*				لرستان	چغلوندی	۱۴
*				خراسان رضوی	چکنه	۱۵
*				چهارمحال و بختیاری	چلگرد	۱۶
	*			خوزستان	چمران	۱۷
*				مازندران	چمستان	۱۸
*				لرستان	چمشک	۱۹
*				خراسان شمالی	چمن بید	۲۰
*				چهارمحال و بختیاری	چمن گلی	۲۱
*				خراسان رضوی	چنار	۲۲
*				کرمانشاه	چنار	۲۳
*				خراسان رضوی	چناران	۲۴
*				خراسان رضوی	چناران	۲۵
*				کردستان	چناره	۲۶
*				سمنان	چندآب	۲۷
*				قزوین	چنگوره	۲۸
*	*			ایلام	چوار	۲۹
*				گیلان	چوبر	۳۰
*	*			اصفهان	چوبنان	۳۱
*				گلستان	چهار باغ	۳۲
*				تهران	چهاردانگه	۳۳
*	*			بوشهر	چهل ذرعی	۳۴
*				تهران	چهل قز	۳۵
ح						
	*			هرمزگان	حاجی آباد	۱
	*			فارس	حاجی آباد	۲

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				خراسان جنوبی	حاجی آباد	۳
	*			اصفهان	حبیب آباد	۴
*				کرمان	حتکن	۵
	*			خوزستان	حر	۶
*				کرمان	حرجند	۷
	*			تهران	حسن آباد	۸
*				مازندران	حسن کیف	۹
*				هرمزگان	حسن لنگی	۱۰
*				خوزستان	حسینیه علیا	۱۱
*				کرمان	حصن	۱۲
	*			اصفهان	حصه	۱۳
*				زنجان	حلب	۱۴
	*			یزد	حمیدیا	۱۵
	*			خوزستان	حمیدیه	۱۶
*				کرمانشاه	حمیل	۱۷
*				اصفهان	حنا	۱۸
*				گیلان	حویق	۱۹
خ						
*				بوشهر	خارک	۱
*				بوشهر	خارکو	۲
	*			بوشهر	خارک	۳
*				سیستان و بلوچستان	خاش	۴
*				گلستان	خان بیبن	۵
*				فارس	خان زینان	۶
*				کرمان	خانوک	۷
*				فارس	خاوران	۸
*				تهران	خاور شهر	۹
*				زنجان	خدابنده	۱۰
*				فارس	خرامه	۱۱

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				لرستان	خرم آباد	۱۲
*				مازندران	خرم آباد	۱۳
*				زنجان	خرم دره	۱۴
*				قزوین	خرمدشت	۱۵
	*			خوزستان	خرمشهر	۱۶
*				خراسان رضوی	خرво	۱۷
*				آذربایجان شرقی	خروانق	۱۸
	*			کردستان	خسروآباد	۱۹
*				آذربایجان شرقی	خسروشهر	۲۰
*				فارس	خشتن	۲۱
*				گیلان	خشکبیجار	۲۲
*				خراسان جنوی	حضری	۲۳
*				اصفهان	خفر	۲۴
*				اردبیل	خلخال	۲۵
*				خراسان رضوی	خلیل آباد	۲۶
*				مازندران	خلیل شهر	۲۷
*				گیلان	خمام	۲۸
*	*			مرکزی	خمین	۲۹
	*			اصفهان	خمینی شهر	۳۰
*				فارس	خنج	۳۱
	*			مرکزی	خنداب	۳۲
*				آذربایجان شرقی	خواجه	۳۳
*				کرمان	خواجه عسگر	۳۴
*				خراسان رضوی	خواف	۳۵
	*			اصفهان	خوانسار	۳۶
	*			اصفهان	خور	۳۷
*				فارس	خور	۳۸
	*			اصفهان	خوراسان	۳۹
	*			اصفهان	خورزوق	۴۰

خطر نسیی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				بوشهر	خورموج	۴۱
	*			خراسان جنوبی	خوسف	۴۲
*				آذربایجان غربی	خوی	۴۳
د						
*				فارس	داراب	۱
*				اصفهان	داران	۲
*				فارس	داریان	۳
*				بوشهر	دالکی	۴
*				فارس	دالین	۵
*				سمنان	دامغان	۶
*				قزوین	دانسفهان	۷
	*			مرکزی	داودآباد	۸
*				کرمان	داوران	۹
*				زنجان	درام	۱۰
*				لرستان	درب آستانه	۱۱
*				کرمان	دریhest	۱۲
*				خراسان رضوی	درخت توت	۱۳
*				خوزستان	درخزینه	۱۴
*				خراسان رضوی	دررود	۱۵
*				فارس	درزوسایان	۱۶
*				زنجان	درسجین	۱۷
*				خراسان رضوی	درگز	۱۸
*				لرستان	درمره	۱۹
*				لرستان	درود	۲۰
*				خراسان	درونه	۲۱
	*			خوزستان	درویش آباد	۲۲
*				لرستان	دره اسیر	۲۳
	*			ایلام	دره شهر	۲۴
	*			خوزستان	دزآب	۲۵

ردیف	دھشیر	بزد	دھدشت	کھکیلویہ و بوبراحمد	هرمزگان	اصفہان	زنجان	خراسان رضوی	لرستان	آذربایجان شرقی	آذربایجان شرقی	فارس	دوآب	دلهستان	بوشهر	گلستان	دلبران	دگاکا	دشت عباس	دشت خاک	دستگرد	خوزستان	کردستان	ایلام	کرمان	چهارمحال و بختیاری	خوزستان	کردستان	زیاد	بسیار زیاد	خطر نسبی زلزله	استان	مرکز جمعیتی	ردیف
۲۶	دزج				کردستان																													
۲۷	دزفول				خوزستان																													
۲۸	دستگرد				چهارمحال و بختیاری																													
۲۹	دشت خاک				کرمان																													
۳۰	دشت عباس				ایلام																													
۳۱	دگاکا				کردستان																													
۳۲	دلبران		*		کردستان																													
۳۳	دلند		*		گلستان																													
۳۴	دلوار		*		بوشهر																													
۳۵	دلیجان		*		مرکزی																													
۳۶	دماوند		*		تهران																													
۳۷	دمیرچی		*		آذربایجان شرقی																													
۳۸	دوآب		*		مازندران																													
۳۹	دوبیران		*		فارس																													
۴۰	دوراهان		*		چهارمحال و بختیاری																													
۴۱	دورود		*		لرستان																													
۴۲	دوزال		*		آذربایجان شرقی																													
۴۳	دوسن محمد		*		سیستان و بلوچستان																													
۴۴	دوگنبدان		*		کھکیلویہ و بوبراحمد																													
۴۵	دولت آباد		*		اصفہان																													
۴۶	دولت آباد		*		خراسان رضوی																													
۴۷	ده جلال		*		زنجان																													
۴۸	دهاقدان		*		اصفہان																													
۴۹	دهبارز		*		هرمزگان																													
۵۰	دهج		*		کرمان																													
۵۱	دهدز		*		خوزستان																													
۵۲	دهدشت		*		کھکیلویہ و بوبراحمد																													
۵۳	دهشیر		*		بزد																													

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			اصفهان	دهق	۵۴
*				گیلان	دهکاء	۵۵
*				کردستان	دهگلان	۵۶
*				کردستان	دهلان	۵۷
	*			ایلام	دهران	۵۸
*				سمنان	دیماج	۵۹
*				سمنان	دیزج	۶۰
*				تهران	دیزین	۶۱
	*			اصفهان	دیزیه	۶۲
*				گیلان	دیلمان	۶۳
*				کرمانشاه	دينور	۶۴
	*			کردستان	ديواندره	۶۵

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				یزد	دیهوک	۶۶
ذ						
	*			فارس	ذرات	۱
ر						

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				مازندران	رئیس کلا	۱
	*				کرمان	رابر	۲
	*				خراسان رضوی	رادکان	۳
*					خراسان شمالی	راز	۴
	*				مرکزی	رازقان	۵
*					آذربایجان غربی	رازی	۶
	*				سیستان و بلوچستان	راسک	۷
	*				مازندران	رامسر	۸
	*	*			خوزستان	رامشیر	۹
	*				خوزستان	رامهرمز	۱۰
	*				گلستان	رامیان	۱۱
	*				کرمان	راور	۱۲
	*				مرکزی	راوه	۱۳
	*				کرمان	راین	۱۴
	*				یزد	رباط پشت بادام	۱۵
	*				تهران	رباط کریم	۱۶
*					آذربایجان غربی	ربط	۱۷
	*				گیلان	رحیم آباد	۱۸
*					قزوین	رزجرد	۱۹
	*				همدان	رزن	۲۰
	*				فارس	رسناق	۲۱
*					قزوین	رسنم آباد	۲۲
	*				مازندران	رسنمکلا	۲۳
	*				بوشهر	رسنمی	۲۴
	*				گیلان	رشت	۲۵
	*				خراسان رضوی	رشتخوار	۲۶
	*				آذربایجان غربی	رشکان	۲۷
	*				هرمزگان	رضوان	۲۸
	*				سمنان	رضوان	۲۹
	*				گیلان	رضوانشهر	۳۰

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				اردبیل	رضی	۳۱
	*				کرمان	رفسنجان	۳۲
	*				فارس	رمقان	۳۳
	*				کرمانشاه	روانسر	۳۴
	*				هرمزگان	رودان	۳۵
	*				کرمان	رودبار	۳۶
*					گیلان	رودبار	۳۷
	*				گیلان	رودسر	۳۸
	*				تهران	رودشور	۳۹
*					تهران	رودهن	۴۰
*					لرستان	روستای ازنا	۴۱
	*				چهارمحال و بختیاری	روستای سونک	۴۲
	*				فارس	رونیز	۴۳
	*				مازندران	رویان	۴۴
*					تهران	ری	۴۵
	*				فارس	ریچی	۴۶
	*				بوشهر	ریز	۴۷
	*	*			کرمان	ریگان	۴۸
	*				خراسان رضوی	ریوش	۴۹
ز							
	*				سیستان و بلوچستان	زابل	۱
	*				سیستان و بلوچستان	زابلی	۲
		*			یزد	زار	۳
*					لرستان	زارم	۴
	*				مرکزی	زاویه	۵
	*				فارس	Zahed شهر	۶
	*				سیستان و بلوچستان	Zahedan	۷
	*				اصفهان	زاینده رود	۸

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم				
*					فارس	زرقان	۹
*					کرمان	زرند	۱۰
*					زنجان	زرین آباد	۱۱
*					اصفهان	زرین شهر	۱۲
*					اصفهان	زفره	۱۳
	*				سمنان	زمان آباد	۱۴
*					زنجان	زنگان	۱۵
*					فارس	زنگیران	۱۶
*					آذربایجان شرقی	زنگیره	۱۷
*					آذربایجان شرقی	زنوز	۱۸
*					کرمان	زنی آباد	۱۹
*					قزوین	زوارک	۲۰
*					اصفهان	زواره	۲۱
*					سیستان و بلوچستان	زهک	۲۲
*					هرمزگان	زيارت علی	۲۳
*					گیلان	زياز	۲۴
*					قزوین	زیبا شهر	۲۵
	*				کرمان	زیدآباد	۲۶
*					مازندران	زیرآب	۲۷
*					اردبیل	زیوه	۲۸
س							
	*				مازندران	ساری	۱
	*				یزد	ساغند	۲
	*				چهارمحال و بختیاری	سامان	۳
	*				همدان	سامن	۴
	*				مرکزی	ساوه	۵
	*				سیستان و بلوچستان	سیزگز	۶
	*				خراسان رضوی	سیزوار	۷
	*				فارس	سپیدان	۸
	*				لرستان	سپیدشت	۹
	*				زنجان	سجاس	۱۰

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط		کم			
*					خراسان جنوبی	سده	۱۱
	*				فارس	سده	۱۲
*					اصفهان	سده لنجان	۱۳
	*				ایلام	سرآبله	۱۴
*					آذربایجان شرقی	سراب	۱۵
*					کرمانشاه	سراب نیلوفر	۱۶
*					سیستان و بلوچستان	سرavan	۱۷
*					خراسان جنوبی	سرایان	۱۸
*					سیستان و بلوچستان	سریاز	۱۹
*					تهران	سریندان	۲۰
		*			خوزستان	سریندر	۲۱
*					خراسان جنوبی	سریشه	۲۲
*					کرمانشاه	سرپل ذهاب	۲۳
*					آذربایجان غربی	سرچشمہ	۲۴
*					مازندران	سرخود	۲۵
*					خراسان رضوی	سرخس	۲۶
*					گلستان	سرخنکلاته	۲۷
*					چهارمحال و بختیاری	سرخون	۲۸
*					سمنان	سرخه	۲۹
*					آذربایجان شرقی	سردرود	۳۰
*					خوزستان	سردشت	۳۱
*					آذربایجان غربی	سردشت	۳۲
*					خوزستان	سردشت زیدون	۳۳
*					اردبیل	سرعین	۳۴
*					هرمزگان	سرگز احمدی	۳۵
*					آذربایجان غربی	سره	۳۶
*					کردستان	سرآباد	۳۷
*					فارس	سرودستان	۳۸
	*				کردستان	سرپیش آباد	۳۹
*					کرمان	سعادت آباد	۴۰

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم				
	*			فارس	سعادت شهر	۴۱	
	*			بوشهر	سعدآباد	۴۲	
*				تهران	سعیدآباد	۴۳	
	*			چهارمحال و بختیاری	سفیددشت	۴۴	
	*			اصفهان	سفید شهر	۴۵	
	*			سیستان و بلوچستان	سفیدابه	۴۶	
	*			کردستان	سفر	۴۷	
	*			خراسان رضوی	سلامی	۴۸	
	*			خوزستان	سلطان آباد	۴۹	
	*			زنجان	سلطان آباد	۵۰	
	*			خراسان رضوی	سلطان آباد	۵۱	
	*			زنجان	سلطانیه	۵۲	
	*			قم	سلفچگان	۵۳	
*				آذربایجان غربی	سلماس	۵۴	
	*			مازندران	سلمان شهر	۵۵	
	*			سمنان	سمنان	۵۶	
	*			اصفهان	سمیرم	۵۷	
	*	*		مرکزی	سنگان	۵۸	
	*			گیلان	سنر	۵۹	
	*			كرمانشاه	سنقر	۶۰	
	*			خراسان رضوی	سنگان	۶۱	
	*			کردستان	سنندج	۶۲	
*				چهارمحال و بختیاری	سودجان	۶۳	
	*			سیستان و بلوچستان	سوران	۶۴	
*				چهارمحال و بختیاری	سورشجان	۶۵	
	*			مازندران	سورک	۶۶	
	*			فارس	سوریان	۶۷	
	*			هرمزگان	سوزا	۶۸	
	*	*		خوزستان	سوسنگرد	۶۹	
	*			کهیلویه و بویراحمد	سوق	۷۰	

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*					تهران	سولقان	۷۱
		*			کرمانشاه	سومار	۷۲
		*			خوزستان	سویره	۷۳
	*				خراسان جنوبی	سه قلعه	۷۴
		*			همزگان	سیری	۷۵
*					کهکیلویه و بویراحمد	سی سخت	۷۶
*					مازندران	سیاه پیشه	۷۷
	*				گیلان	سیاهکل	۷۸
	*				هرمزگان	سیاهو	۷۹
	*				سیستان و بلوچستان	سیب سوران	۸۰
*					آذربایجان غربی	سید تاج الدین	۸۱
	*				مازندران	سید کلاه	۸۲
		*			فارس	سیدان	۸۳
		*			کرمان	سیرجان	۸۴
*					کرمان	سیرچ	۸۵
	*				قزوین	سیردان	۸۶
*					آذربایجان شرقی	سیس	۸۷
	*				فارس	سیف آباد	۸۸
*					آذربایجان غربی	سیلاپ	۸۹
	*				آذربایجان غربی	سیلوانا	۹۰
	*				گلستان	سیمین شهر	۹۱
		*			فارس	سیوند	۹۲
*					آذربایجان غربی	سیه چشمه	۹۳
ش							
			*		خوزستان	شادگان	۱
		*			مرکزی	شازند	۲
*					قزوین	شال	۳
	*				خراسان رضوی	شاندیز	۴
	*				مازندران	شاه زید	۵
*					تهران	شاهدشهر	۶
		*			یزد	شاهدیه	۷

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم				
*				خراسان جنوبی	شاهرخت	۸	
	*			سمنان	شاہرود	۹	
	*			آذربایجان غربی	شاهین دژ	۱۰	
	*			اصفهان	شاهین شهر	۱۱	
	*			آذربایجان غربی	شاهیندژ	۱۲	
	*			بوشهر	شبانکاره	۱۳	
*				آذربایجان شرقی	شبستر	۱۴	
*				آذربایجان شرقی	شریان	۱۵	
*				آذربایجان شرقی	شرفخانه	۱۶	
*				تهران	شرف آباد	۱۷	
*				فارس	ششده	۱۸	
*				خراسان رضوی	شعبه	۱۹	
*				گیلان	شفت	۲۰	
*				گیلان	سلمان	۲۱	
*				چهارمحال و بختیاری	سلمزار	۲۲	
*				هرمزگان	شمیل	۲۳	
*				بوشهر	شنبه	۲۴	
*				آذربایجان شرقی	شنداباد	۲۵	
	*			خوزستان	شوش	۲۶	
*				خوزستان	شوشتار	۲۷	
*				آذربایجان غربی	شوط	۲۸	
*				خراسان شمالی	شوقان	۲۹	
*				بوشهر	شول	۳۰	
*				لرستان	شول آباد	۳۱	
*				كردستان	شويشه	۳۲	
*				کرمان	شهداد	۳۳	
*				کرمان	شهر بابک	۳۴	
*				تهران	شهر جدید پرند	۳۵	
*				اصفهان	شهرضا	۳۶	

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط		کم			
*			چهارمحال و بختیاری			شهرکرد	۳۷
*					تهران	شهریار	۳۸
*					سمنان	شهرمیرزاد	۳۹
	*		خوزستان			شیبان	۴۰
	*				فارس	شیراز	۴۱
	*				اردبیل	شیران	۴۲
	*				مازندران	شیرگاه	۴۳
*			خراسان شمالی			شیروان	۴۴
	*				همدان	شیرین سو	۴۵
ص							
*					زنجان	صائین	۱
*					زنجان	صائین قلعه	۲
	*				ایلام	صالح آباد	۳
*					خراسان رضوی	صالح آباد	۴
*					همدان	صالح آباد	۵
*					تهران	صالح آباد	۶
*					تهران	صباهر	۷
*					کرمانشاه	صحنه	۸
*					فارس	صفادشت	۹
*					تهران	صفاشهر	۱۰
*					فارس	صفی آباد	۱۱
*			خراسان شمالی			صفی آباد	۱۲
*					کرمان	صومعه سرا	۱۳
*			آذربایجان شرقی			صومعه سرا	۱۴
*					گیلان	صیدون	۱۵
*			خوزستان			صیدون	۱۶
ض							
	*				قزوین	ضیاء آباد	۱
ط							

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*					چهارمحال و بختیاری	طاقانک	۱
	*				اردبیل	طالب قشلاقی	۲
	*				اصفهان	طالخونه	۳
*					تهران	طالقان	۴
	*				خراسان رضوی	طبع	۵
*					یزد	طبع	۶
	*				هرمزگان	طبع	۷
*					کرمان	طرز	۸
	*				خراسان رضوی	طرق	۹
	*				خراسان رضوی	طرقبه	۱۰
	*				سمنان	طرود	۱۱
*					سمنان	ظرره	۱۲
ع							
	*				بوشهر	عالی حسینی	۱
	*				سمنان	عباس آباد	۲
	*				مازندران	عباس آباد	۳
	*	*			خوزستان	عبدالخان	۴
	*				آذربایجان شرقی	عجب شیر	۵
	*				یزد	عشق آباد	۶
	*				مرکزی	عضدیه	۷
	*				خراسان رضوی	عظیم آباد	۸
	*				یزد	عقدا	۹
	*				آذربایجان شرقی	علمدارگرگر	۱۰
	*	*			اصفهان	علویجه	۱۱
	*				فارس	علی آباد	۱۲
	*				گلستان	علی آباد	۱۳
	*				فارس	عماده ده	۱۴
	*				کرمان	عنبرآباد	۱۵
	*				اردبیل	عنبران	۱۶

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زمین	متوسط	کم		
غ						
*				تهران	غنى آباد	۱
	*			سمنان	غياث آباد	۲
		*		خوزستان	غيزانيه	۳
ف						
*				چهارمحال و بختیاری	فارسان	۱
	*			گلستان	فارسيان	۲
	*			هرمزگان	فارغان	۳
	*			خراسان رضوی	فارمد	۴
*				خراسان شمالی	فاروج	۵
	*			هرمزگان	فارور بزرگ	۶
	*			هرمزگان	فارور کوچک	۷
	*			بوشهر	فارباب	۸
	*			کرمان	فارباب	۹
	*			گلستان	فضل آباد	۱۰
		*		همدان	فامنین	۱۱
*				خراسان جنوبی	فتح آباد	۱۲
	*			فارس	فتح آباد	۱۳
	*			فارس	فداخ	۱۴
	*			خراسان رضوی	فدک	۱۵
	*			چهارمحال و بختیاری	فرادنیه	۱۶
	*			فارس	فراشبند	۱۷
	*			چهارمحال و بختیار	فرخ شهر	۱۸
*				خراسان جنوبی	فردوس	۱۹
*				تهران	فردوسیه	۲۰
*				تهران	فردیس	۲۱
		*		مرکزی	فرمهین	۲۲
	*			تهران	فرودهگاه امام خمینی	۲۳
	*			سمنان	فرومدم	۲۴
*				تهران	فرون آباد	۲۵

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				خراسان رضوی	فرهادرد	۲۶
	*				اصفهان	فریدون شهر	۲۷
	*				مازندران	فریدون کنار	۲۸
	*				خراسان	فریمان	۲۹
	*				فارس	فسا	۳۰
*					تهران	فشم	۳۱
		*			اصفهان	فلاورجان	۳۲
	*				سیستان و بلوچستان	فنوج	۳۳
	*				فارس	فورک	۳۴
	*				اصفهان	فولادشهر	۳۵
	*				گیلان	فومن	۳۶
		*			کرمان	فهرج	۳۷
*					آذربایجان غربی	فیروزق	۳۸
*					اردبیل	فیروزآباد	۳۹
	*				فارس	فیروزآباد	۴۰
	*				مازندران	فیروزآباد	۴۱
*					همدان	فیروزان	۴۲
*					تهران	فیروزکوه	۴۳
	*				خراسان رضوی	فیروزه	۴۴
	*				خراسان رضوی	فیض آباد	۴۵
	*				هرمزگان	فین	۴۶

ق

	*			مازندران	قائم شهر	۱
	*			فارس	قائمیه	۲
*				خراسان جنوبی	قائن	۳
		*		فارس	قادر آباد	۴
	*			خراسان رضوی	قاسم آباد	۵
	*			گلستان	قیان علیا	۶
*				تهران	قدس	۷
	*			تهران	قرچک	۸
		*		کردستان	قروه	۹

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				همدان	قروه در جزین	۱۰
	*				آذربایجان شرقی	قره آغاج	۱۱
	*				آذربایجان غربی	قره ضیالدین	۱۲
*					آذربایجان غربی	قره قشلاق	۱۳
*					تهران	قزل حصار	۱۴
	*				گلستان	قزلر	۱۵
*					خراسان شمالی	قزلقان	۱۶
*					قزوین	قزوین	۱۷
*					قزوین	قسطین لار	۱۸
*					هرمزگان	قسم	۱۹
*					کرمانشاه	قصرشیرین	۲۰
*					فارس	قصرقمشه	۲۱
*					سیستان و بلوچستان	قصرقدن	۲۲
*					کرمان	قطب آباد	۲۳
*					فارس	قطروئیه	۲۴
*					آذربایجان غربی	قطور	۲۵
*					خوزستان	قلعه تل	۲۶
	*				خوزستان	قلعه چنان	۲۷
*					خراسان رضوی	قلعه خیابان	۲۸
*					سمنان	قلعه شوکت	۲۹
*					کرمان	قلعه گنج	۳۰
*					تهران	قلعه نو	۳۱
*					سمنان	قلعه نو خرافان	۳۲
*					قم	قم	۳۳
*					اصفهان	قمصر	۳۴
*					قم	قنوات	۳۵
*					خراسان رضوی	قوچان	۳۶
*					آذربایجان غربی	قوشچی	۳۷
	*				همدان	قهاؤند	۳۸
	*				اصفهان	قهدریجان	۳۹

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				همدان	قهرود	۴۰
*					زنجان	قیدار	۴۱
*					فارس	قیر	۴۲
*					فارس	قیروکارزین	۴۳

ک

*	*			خراسان رضوی	کندر	۱
*				کرمانشاه	کنگاور	۲
*	*			هرمزگان	کیش	۳
*				کرمان	کیانشهر	۴
*				خراسان رضوی	کاخک	۵
*	*			خراسان رضوی	کاریز	۶
*	*			فارس	کازرون	۷
*	*			اصفهان	کاشان	۸
*	*			خراسان رضوی	کاشمر	۹
*	*			کوهکیلویه و بویراحمد	کاکان	۱۰
*	*			بوشهر	کاکی	۱۱
*				کردستان	کامیاران	۱۲
*				کردستان	کانی سور	۱۳
*	*			همدان	کبودر آهنگ	۱۴
*	*			مازندران	کتالم و سادات شهر	۱۵
*	*			خراسان رضوی	کدکن	۱۶
*				تهران	کرج	۱۷
*	*			گلستان	کردکوئ	۱۸
*	*			اصفهان	کرکوند	۱۹
*				کرمان	کرمان	۲۰
*				کرمانشاه	کرمانشاه	۲۱
*				کرمانشاه	کرنده	۲۲
*				گلستان	کرنده	۲۳
*	*			فارس	کره بس	۲۴
	*			مرکزی	کره هرود	۲۵

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				اردبیل	کریق	۲۶
*					آذربایجان شرقی	کشکسرای	۲۷
*					کرمان	کشکوبه	۲۸
*					فارس	کفترک	۲۹
*					خراسان رضوی	کلات	۳۰
*					خراسان جنوبی	کلات اعلم	۳۱
*					خراسان	کلات نادری	۳۲
*					سمنان	کلاته خیج	۳۳
*					گیلان	کلاچای	۳۴
*					مازندران	کلار آباد	۳۵
*					مازندران	کلاردشت	۳۶
*					گلستان	کلاله	۳۷
*					آذربایجان غربی	کلوانس	۳۸
*					آذربایجان شرقی	کلوانق	۳۹
*					اردبیل	کلور	۴۰
*					آذربایجان شرقی	کلیبر	۴۱
*					آذربایجان غربی	کلیساکندی	۴۲
	*				اصفهان	کلیشادوسورجان	۴۳
*					تهران	کمال شهر	۴۴
*					اصفهان	کمه	۴۵
	*				مرکزی	کمیجان	۴۶
	*				مرکزی	کمیجان	۴۷
*					فارس	کنارتخته	۴۸
*					سیستان و بلوچستان	کنارک	۴۹
*					تهران	کندر	۵۰
*					هرمزان	کنگ	۵۱
*					بوشهر	کنگان	۵۲
*					کرمانشاه	کنگاور	۵۳
*					فارس	کوار	۵۴
*					کردستان	کوانه	۵۵
*					آذربایجان غربی	کوپر	۵۶

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم				
*					فارس	کوره	۵۷
*					آذربایجان غربی	کوزه رش	۵۸
	*				اصفهان	کوشک	۵۹
*					کرمان	کوشک علیا	۶۰
*					قم	کوشک نصرت	۶۱
*					گیلان	کوصفهان	۶۲
*					خراسان جنوبی	کولی	۶۳
*					گیلان	کومله	۶۴
*					کرمان	کوهبنان	۶۵
	*				اصفهان	کوهپایه	۶۶
	*				لرستان	کوهدشت	۶۷
*					چهارمحال و بختیاری	کوهرنگ	۶۸
*					تهران	کوهسار	۶۹
*					سیستان و بلوچستان	کوهک	۷۰
*					اصفهان	کهرویه	۷۱
*					آذربایجان غربی	کهربیز	۷۲
	*				اصفهان	کهربیز سنگ	۷۳
*					تهران	کهربیز ک	۷۴
	*				قم	کهک	۷۵
*					قزوین	کهک	۷۶
*					کرمان	کهنوچ	۷۷
*					همدان	کهنوش	۷۸
*					خراسان شمالی	کهنه جلگه	۷۹
*					هرمزگان	کهورستان	۸۰
*					مازندران	کیاسر	۸۱
*					گیلان	کیاشهر	۸۲
*					مازندران	کیاکلا	۸۳
*					چهارمحال و بختیاری	کیان	۸۴
*					کرمان	کیانشهر	۸۵
*	*				هرمزگان	کیش	۸۶

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				تهران	کیلان	۸۷
گ						
	*			قم	گازران	۱
	*			گلستان	گالیکش	۲
	*			هرمزگان	گاویندی	۳
	*			مازندران	گتاب	۴
	*			خوزستان	گتوند	۵
*				تهران	گچسر	۶
	*			فارس	گراش	۷
	*			خراسان رضوی	گرجی سفلی	۸
	*			گلستان	گرگان	۹
*				خراسان جنوبی	گرماب	۱۰
	*			زنجان	گرماب	۱۱
*				تهران	گرمابدر	۱۲
*				خراسان شمالی	گرمخان	۱۳
*				تهران	گرمدره	۱۴
	*			سمنان	گرمسار	۱۵
	*			اردبیل	گرمی	۱۶
*				مازندران	گزنه	۱۷
	*			سیستان و بلوچستان	گشت	۱۸
	*			گیلان	گشت	۱۹
	*			همدان	گل تپه	۲۰
*				کرمان	گلبا	۲۱
	*			اصفهان	گلپایگان	۲۲
*				تهران	گلستان	۲۳
	*			اصفهان	گلشهر	۲۴
*				گلستان	گمیش تپه	۲۵
*				گلستان	گمیش ته	۲۶
	*			گلستان	گمیشان	۲۷
*				خراسان رضوی	گناباد	۲۸
*				همدان	گنبد	۲۹

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				گلستان	گنبدکاووس	۳۰
	*				خراسان رضوی	گنبدلی	۳۱
	*				چهارمحال و بختیاری	گندمان	۳۲
	*				آذربایجان غربی	گنگچین	۳۳
	*				سیستان و بلوچستان	گواونر	۳۴
	*				سیستان و بلوچستان	گورناتان	۳۵
	*				آذربایجان شرقی	گوگان	۳۶
	*	*			اصفهان	گوگد	۳۷
	*				هرمزگان	گوهران	۳۸
	*				فارس	گویم	۳۹
	*				کرمانشاه	گهواره	۴۰
*					همدان	گیان	۴۱
*					کرمان	گیسک	۴۲
*					خراسان شمالی	گیفان	۴۳
	*				کرمانشاه	گیلانغرب	۴۴
*					زنجان	گیلوان	۴۵
*					اردبیل	گیوی	۴۶

ل

	*				خراسان رضوی	لائین نو	۱
	*				فارس	لار	۲
	*				هرمزگان	لارک	۳
	*				سمنان	لاسجرد	۴
	*	*			همدان	لالجین	۵
	*				کرمان	لاله زار	۶
	*				خوزستان	لالی	۷
	*				فارس	لامرد	۸
	*				هرمزگان	لاوان	۹
	*				هرمزگان	لاوان	۱۰
	*				اردبیل	لاهروود	۱۱
	*	*			گیلان	لاهیجان	۱۲
					اصفهان	ملایان	۱۳

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم				
*				چهارمحال و بختیاری	لدگان	۱۴	
*				کرمانشاه	لنجباب	۱۵	
*				کهکیلویه و بویراحمد	لنده	۱۶	
*				گیلان	لنگرود	۱۷	
*				تهران	لوسان	۱۸	
*				پیلان	لوشان	۱۹	
	*			ایلام	لومار	۲۰	
*				گیلان	لوندویل	۲۱	
*				آذربایجان شرقی	لیقوان	۲۲	
*				کهکیلویه و بویراحمد	لیکک	۲۳	
<hr/>							
۲							
*				کهکیلویه و بویراحمد	مارگون	۱	
*				گیلان	ماسال	۲	
*				لرستان	ماسور	۳	
*				گیلان	ماسوله	۴	
*				آذربایجان غربی	ماکو	۵	
*				مرکزی	مامونیه	۶	
*				زنجان	ماه نشان	۷	
*				کرمان	ماهان	۸	
*				تهران	ماهدشت	۹	
*				کرمانشاه	ماهیدشت	۱۰	
*				لرستان	مأمون	۱۱	
*				اصفهان	مبارکه	۱۲	
*				سمنان	مجن	۱۳	
*				اردبیل	مجیدآباد	۱۴	
	*			مرکزی	محلات	۱۵	
*				کرمان	محمد آباد مسکون	۱۶	
*				تهران	محمد شهر	۱۷	
*				مازندران	محمد آباد	۱۸	
*				سیستان و بلوچستان	محمد آباد	۱۹	
	*			کرمان	محمد آباد	۲۰	

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*					آذربایجان غربی	محمدیار	۲۱
*					قزوین	محمدیه	۲۲
*					مازندران	محمودآباد	۲۳
*					قزوین	محمودآبادنمونه	۲۴
*					اردبیل	مرادلو	۲۵
	*				آذربایجان شرقی	مراغه	۲۶
*					گلستان	مراوه تپه	۲۷
*					گیلان	مرجل	۲۸
*					تهران	مردآباد	۲۹
*					اصفهان	مردان	۳۰
*					خراسان رضوی	مرزداران	۳۱
*					مازندران	مرزن آباد	۳۲
*					خراسان جنوبی	مرک	۳۳
*					آذربایجان شرقی	مرند	۳۴
*					فارس	مرودشت	۳۵
*					یزد	مرrost	۳۶
*					یزد	مرrost	۳۷
*					همدان	مریانج	۳۸
*					کردستان	مریوان	۳۹
*					کرمان	مس سر چشمہ	۴۰
*					خوزستان	مسجدسلیمان	۴۱
*					تهران	مشاء	۴۲
*					اصفهان	مشکات	۴۳
*					تهران	مشکین دشت	۴۴
*					اردبیل	مشکین شهر	۴۵
*					زنجان	مشمپا	۴۶
*					خراسان رضوی	مشهد	۴۷
*					خراسان رضوی	مشهدریزه	۴۸
*					اصفهان	مصیر	۴۹
*					فارس	مصیری	۵۰
*					قزوین	معلم کلایه	۵۱

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				سمنان	ملuman	۵۲
	*				لرستان	ممولان	۵۳
	*				یزد	ملا اسماعیل	۵۴
		*			خوزستان	ملا ثانی	۵۵
*					تهران	ملارد	۵۶
		*			خوزستان	ملاشیه یک	۵۷
	*				همدان	ملایر	۵۸
		*			آذربایجان شرقی	ملکان	۵۹
	*				آذربایجان شرقی	ممقان	۶۰
*					گیلان	منجیل	۶۱
	*				اصفهان	منظريه	۶۲
	*				کرمان	منوجان	۶۳
	*				خراسان جنوبی	مود	۶۴
	*				خراسان جنوبی	موسویه	۶۵
		*			ایلام	موسیان	۶۶
	*				آذربایجان غربی	مهاباد	۶۷
		*			مرکزی	مهاجران	۶۸
	*				فارس	مهرالو	۶۹
*					سمنان	مهردی شهر	۷۰
	*				فارس	مهر	۷۱
		*			ایلام	مهران	۷۲
	*				آذربایجان شرقی	مهربان	۷۳
	*				یزد	مهردشت	۷۴
		*			یزد	مهریز	۷۵
	*				سمنان	میامی	۷۶
		*			آذربایجان غربی	میاندوآب	۷۷
	*				خوزستان	میانرود	۷۸
*					آذربایجان شرقی	میانه	۷۹
		*			یزد	میبد	۸۰
	*				کرمان	میچ	۸۱
	*				سیستان و بلوچستان	میرجاوه	۸۲

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				مرکزی	میلاجرد	۸۳
*					فارس	میمند	۸۴
*					کهکیلویه و بویراحمد	میمند	۸۵
*					زنجان	میمون دره	۸۶
	*				اصفهان	میمه	۸۷
*					هرمزگان	میناب	۸۸
*					گلستان	مینودشت	۸۹
ن							
	*				اصفهان	نائین	۱
*					مازندران	ناحیه	۲
*					چهارمحال و بختیاری	ناغان	۳
*					خراسان شمالی	ناوه	۴
*					یزد	نای بند	۵
*					کردستان	نایی سر	۶
	*				اصفهان	نجف آباد	۷
	*				کرمان	نجف شهر	۸
*					بوشهر	نخل تقي	۹
*					هرمزگان	نخل ناخدا	۱۰
*					مرکزی	نراق	۱۱
*					فارس	نرگس زار	۱۲
*					تهران	نسیم شهر	۱۳
*					خراسان رضوی	نشستیفان	۱۴
*					خراسان رضوی	نصرآباد	۱۵
	*				اصفهان	نصرآباد	۱۶
*					سیستان و بلوچستان	نصرت آباد	۱۷
*					اصفهان	نظر	۱۸
*					تهران	نظرآباد	۱۹
*					سمنان	نعمیم آباد	۲۰
*					خوزستان	نفت سفید	۲۱
*					خراسان رضوی	نقاب	۲۲
*					آذربایجان غربی	تقده	۲۳

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				آذربایجان غربی	نقده	۲۴
	*				مازندران	نکاء	۲۵
	*				گلستان	نگین شهر	۲۶
*					آذربایجان غربی	نلاس	۲۷
	*				اردبیل	نمین	۲۸
	*				گلستان	نوکنده	۲۹
	*				مرکزی	نوبران	۳۰
	*				کرمان	نودژ	۳۱
	*				خراسان رضوی	نوده	۳۲
	*				مازندران	نورآباد	۳۳
	*				مازندران	نور	۳۴
*					لرستان	نورآباد	۳۵
	*				فارس	نورآباد ممسنی	۳۶
	*				کرمانشاه	نوسود	۳۷
	*				اصفهان	نوش آباد	۳۸
	*				مازندران	نوشهر	۳۹
	*				آذربایجان غربی	نوشین	۴۰
	*				کرمانشاه	نوکان	۴۱
	*				قزوین	نهاوند	۴۲
*					همدان	نهاوند	۴۳
	*				خراسان جنوبی	نهیندان	۴۴
	*				آذربایجان شرقی	نهند	۴۵
	*				اردبیل	نیارق	۴۶
	*				اردبیل	نیر	۴۷
	*				فارس	نیریز	۴۸
	*				خراسان رضوی	نیشابور	۴۹
	*				سیستان و بلوچستان	نیک شهر	۵۰
	*				قزوین	نیکوئیه	۵۱
	*				خراسان رضوی	نیل شهر	۵۲
		*			مرکزی	نیمور	۵۳

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم				
*				تهران	واریش	۱	
*				مازندران	وانا	۲	
*	*			بوشهر	وحدتیه	۳	
*				تهران	وحیدیه	۴	
*	*			تهران	ورامین	۵	
*				آذربایجان شرقی	ورزان	۶	
	*			اصفهان	ورزنگ	۷	
*				اصفهان	ورنامخواست	۸	
*				قم	وشنوه	۹	
*				خراسان جنوبی	وندیک	۱۰	
*	*			تهران	وهن آباد	۱۱	
*				تهران	ویره	۱۲	
	*			خوزستان	ویس	۱۳	
۵							
	*			آذربایجان شرقی	هادیشهر	۱	
*				هرمزگان	هاشم آباد	۲	
*				کرمان	هجدک	۳	
*				قزوین	هجیب	۴	
*	*			یزد	هرات	۵	
*				کرمانشاه	هرسین	۶	
*				هرمزگان	هرمز	۷	
	*			اصفهان	هرند	۸	
*				آذربایجان شرقی	هریس	۹	
*				اردبیل	هشتگین	۱۰	
*				آذربایجان شرقی	هشت رو	۱۱	
*				تهران	هشتگرد	۱۲	
*	*			خوزستان	هفتگل	۱۳	
*				چهارمحال و بختیاری	هفشجان	۱۴	
*				اردبیل	هل آباد	۱۵	
*				همدان	همدان	۱۶	
*				هرمزگان	هندورابی	۱۷	

خطر نسبی زلزله					استان	مرکز جمعیتی	ردیف
زیاد	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*				خوزستان	هندیجان	۱۸
*					فارس	هنگام	۱۹
*					هرمزگان	هنگام	۲۰
*					آذربایجان شرقی	هوراند	۲۱
	*				خوزستان	هویزه	۲۲
*					زنجان	هیدج	۲۳
*					اردبیل	هیر	۲۴
*					کرمان	هینمان	۲۵
ی							
	*				کهکیلویه و بویراحمد	پاسوج	۱
*					آذربایجان شرقی	یامی	۲
*					مازندران	یانه سر	۳
	*				یزد	یزد	۴
*					کرمان	یزدان شهر	۵
*					آذربایجان شرقی	یکان کهریز	۶

پیوست ۲

راهنمای انجام تحلیلهای غیرخطی

پیوست ۲
راهنمای انجام تحلیلهای غیرخطی

-۱ کلیات

تحلیل غیرخطی سازه ها در برابر زلزله به دو روش تحلیل استاتیکی غیرخطی (بند ۳) و تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی (بند ۴) قابل انجام می باشند. روش های تحلیل غیرخطی برای تخمین سازوکارها (مکانیزم های خمیری موردانه تظاهر، توزیع آسیبهای وارد و ارزیابی عملکرد سازه قابل استفاده می باشند.

-۱-۱- برای انجام تحلیل غیرخطی باید مدل بکارگرفته شده در تحلیلهای خطی با در نظر گرفتن مقاومت اعضا و رفتار فرا ارجاعی آنها ارتقا یابد.

-۱-۲- قبل از انجام تحلیل غیرخطی می باید بار ثقلی مطابق با ضرایب ترکیب بار مربوطه به مدل سازه اعمال گردد.

تبصره: ترکیب بارهای ثقلی عبارت از $L + \frac{1}{2}D$ و $\frac{1}{9}D$ می باشند که در آنها D بار مرده و L بار زنده است. بار زنده بر طبق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محاسبه می شود. ضمنا در مواردی که بارزنده گسترده کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع است، کاهش این بار تا ۵۰٪ مجاز است.

-۲ مشخصات غیرخطی اعضا سازه

-۲-۱- مشخصات غیرخطی اعضا سازه در مدلسازی باید به لحاظ مقاومت، سختی و شکل پذیری با داده های آزمایشگاهی و یا مدل های تحلیلی معتبر سازگار باشد.

-۲-۲- رابطه نیرو-تغییرشکل اعضا را می توان حداقل بصورت دو خطی در نظر گرفت. سختی ارجاعی در ساختمانهای بتن مسلح و بنایی براساس مقاطع ترک خورده در نظر گرفته می شود. در اعضا شکل پذیر که انتظار می رود رفتار غیرخطی داشته باشند، سختی ارجاعی در مدلسازی دو خطی، سختی سکانت تا نقطه جاری شدن محسوب می شود. در منحنی رفتاری اعضا می توان سختی بعد از جاری شدن را صفر اختیار نمود. استفاده از رابطه سه خطی نیرو-تغییرشکل که اثرات سختی قبل و بعد از ترک خوردنگی را در نظر می گیرد مجاز می باشد. استفاده از روابط داده شده در "دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود" (نشریه ۳۶۰) نیز مجاز است.

-۲-۳- در اعضا می که در آنها زوال مقاومت انتظار می رود، باید این رفتار در رابطه نیرو-تغییرشکل آن اعضا در نظر گرفته شود. در صورتیکه از روابط نشریه ۳۶۰ برای توصیف رابطه نیرو-تغییر شکل اعضا استفاده شود شرایط این بند لحاظ شده تلقی می گردد.

-۲-۴- مقاومت اعضا براساس مقادیر مورد انتظار (میانگین) مشخصات مصالح محاسبه می شود. مشخصات میانگین مصالح با ضرب عدد ۱/۱۵ در مقادیر مقاومت مشخصه مصالح (کرانه پایین) بدست می آیند.

-۵-۲ در تعیین روابط نیرو-تغییرشکل برای اعضای سازه اثرات نیروهای محوری ناشی از بارهای ثقلی باید در نظر گرفته شوند.

- ۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی

-۱-۳ تحلیل استاتیکی غیرخطی یک سازه با اعمال بارهای ثقلی ثابت و بارهای جانبی رانشی انجام می شود. اثرات $\Delta - P$ نیز در انجام این تحلیل باید در نظر گرفته شود. از این روش می توان برای ارزیابی عملکرد سازه در تغییرمکان هدف (بند ۳-۷) و نیز محاسبه مقدار ضریب اضافه مقاومت سازه استفاده کرد.

-۲-۳ از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی در سازههایی می توان استفاده نمود که در آنها اثرات مودهای بالا عمدۀ نباشد. برای تعیین این موضوع ضروری است سازه ساختمان دو بار با استفاده از روش تحلیل دینامیکی طیفی تحلیل شود. در بار اول تنها مود اول سازه در نظر گرفته شده و در بار دوم تمام مودهای نوسانی که مجموع جرم موثر آنها حداقل ۹۰٪ جرم کل سازه است باید در نظر گرفته شود. در صورتیکه نتایج تحلیل دوم نشان دهد نیروی برشی در طبقه ای بیش از ۳۰٪ از نیروی برشی حاصل از تحلیل اول بزرگتر است، این امر به معنی عمدۀ بودن اثرات مودهای بالای سازه است.

-۳-۳ در این روش تأثیر زلزله باید در هر دو وجهت مثبت و منفی در هر امتداد اصلی به ساختمان اعمال گردد و بحرانی ترین مقادیر تلاشها و تغییرشکلهای ایجاد شده ملاک طراحی و کنترل اعضا قرار گیرد.

-۴-۳ در مورد ساختمانهای منظم می توان تحلیل را در هر امتداد اصلی افقی بطور مستقل انجام داد، مگر آن دسته از ساختمانها که باید ضوابط بند ۳-۵ در مورد آنها رعایت شود.

-۵-۳ در مورد ساختمانهای نامنظم باید از مدلهای سه بعدی در تحلیل استفاده کرد. اثرات دو مولفه افقی زلزله نیز باید ملاحظه گردد. برای در نظر گرفتن این اثرات در مورد این ساختمانها و نیز آن دسته از ساختمانهای منظم که دارای یک یا چند ستون مشترک بین دو یا چند قاب سیستم باربر جانبی در جهات مختلف باشد، در تحلیل استاتیکی غیرخطی باید در هر امتداد ۱۰۰٪ نیروها و تغییرمکانها در جهت مورد بررسی به همراه نیروهای متناظر با ۳۰٪ تغییرمکان در امتداد عمود برآن درنظر گرفته شود.

- ۶- توزیعهای بار جانبی

-۶-۱. حداقل دو توزیع بار جانبی به شرح زیر در تحلیل باید اعمال گردد،

الف- توزیع متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی با لحاظ آن تعداد مودهای ارتعاشی که حداقل ۹۰٪ جرم سازه در تحلیل مشارکت کند،

ب- توزیع بار یکنواخت که عبارت است از توزیعی متناسب با جرم بدون توجه به ارتفاع هر طبقه.

۲-۶-۳. بارهای جانبی باید در محل جرم‌ها در مدل اعمال گردد. در ساختمانهای دارای دیافراگمهای صلب این بارها می‌تواند در مرکز جرم کفها اعمال شود. تأثیر خروج از مرکزیت اتفاقی نیز باید اعمال گردد.

-۷-۳ منحنی ظرفیت

۱-۷-۳. منحنی ظرفیت یعنی رابطه بین برش پایه و تغییرمکان نقطه کنترل باید توسط روش تحلیل استاتیکی غیرخطی از مقدار صفر تا تغییرمکانی معادل ۱۵۰٪ تغییرمکان هدف تعیین گردد.

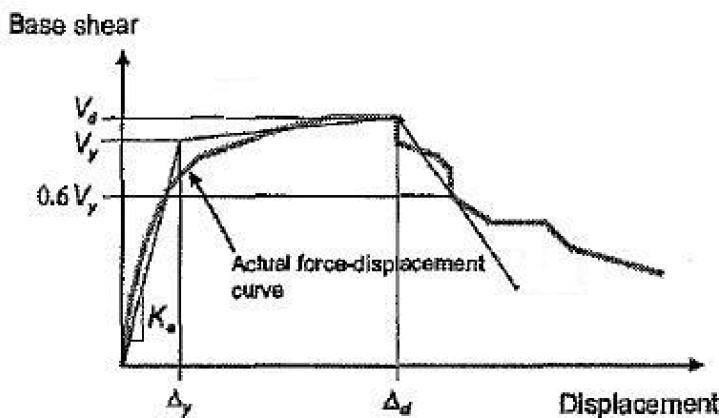
۲-۷-۳. مرکز جرم بام باید به عنوان محل نقطه کنترل اختیار گردد. بام خرپشته را باید بعنوان نقطه کنترل در نظر گرفت.

۳-۷-۳. منحنی ظرفیت باید تبدیل به منحنی چند خطی گردد تا برش پایه جاری شدن موثر سازه V_y و تغییرمکان نظیر آن Δ_y تعیین و از این مقادیر برای محاسبه زمان تنابوب اصلی موثر T_e استفاده شود.

۴-۷-۳. چند خطی کردن منحنی ظرفیت، مطابق شکل ۱ به نحوی صورت می‌پذیرد که خط اول از نقطه شروع با شبیه برابر با سختی جانبی موثر K_e رسم می‌گردد. سختی جانبی موثر K_e برابر سختی سکانت محاسبه شده در برش پایه نظیر ۶۰٪ برش پایه جاری شدن موثر سازه V_y در منحنی ظرفیت می‌باشد. برش پایه جاری شدن موثر سازه V_y باید از حداکثر برش پایه در نقاط مختلف منحنی ظرفیت بیشتر باشد.

خط دوم نماینده شیب مثبت بعد از جاری شدن سازه است که از نقطه ای به مختصات (Δ_d, V_d) و نقطه ای روی خط اول چنان ترسیم می‌شود که سطح زیر مدل رفتار دو خطی برابر سطح زیر منحنی رفتار غیرخطی تا نقطه (Δ_d, V_d) باشد. (Δ_d, V_d) روی منحنی ظرفیت سازه در تغییرمکان هدف یا در تغییرمکان نظیر برش پایه حداکثر، هر کدام که کمتر باشد، قرار دارد.

خط سوم نماینده شیب منفی بعد از افت مقاومت است که از نقطه انتهای شیب مثبت در منحنی ظرفیت (Δ_d, V_d) و نقطه ای که در آن برش پایه به ۶۰٪ پایه جاری شدن موثر سازه نزول می‌کند می‌گذرد.



شکل ۱-۱: چند خطی کردن منحنی ظرفیت

-۱-۳ زمان تناوب اصلی موثر ساختمان

زمان تناوب اصلی موثر ساختمان، T_e با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

که در آن T_i (بر حسب ثانیه) زمان تناوب اصلی ارتجاعی است، که با تحلیل مدل سازه با فرض رفتار خطی به دست می‌آید، K_e سختی جانبی ارتجاعی سازه (شیب خط مماس بر منحنی ظرفیت سازه در مبدأ) در جهت موردنظر و K_i سختی جانبی موثر سازه در جهت موردنظر می‌باشد (شکل ۱).

-۹-۳ ضریب اضافه مقاومت

ضریب اضافه مقاومت برابر نسبت برش پایه در هنگام تشکیل سازوکار خمیری کلی در سازه به برش پایه در هنگام تشکیل اولین مفصل پلاستیک می‌باشد. در روش تحلیل استاتیکی غیر خطی، برش پایه در هنگام تشکیل سازوکار خمیری کلی برابر برش پایه جاری شدن موثر سازه V_y فرض می‌شود. در این روش برای تعیین ضریب مقاومت افزون، باید کمترین ضریب حاصل از دو توزیع بار جانبی، اختیار شود.

-۱۰-۳ تغییر مکان هدف

مقدار تغییر مکان هدف در نقطه کنترل باید با استفاده از روش‌های معتبر محاسبه شود. این مقدار را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\delta_t = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

که در آن T_e زمان تناوب اصلی موثر ساختمان برای امتداد موردنظر، g شتاب ثقل و S_a شتاب طیفی در زمان تناوب اصلی موثر می‌باشد.

ضریب C_0 با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{1,i}}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{1,i}^2}$$

که در آن w_i و $\phi_{1,i}$ به ترتیب وزن موثر لرزه‌ای و مولفه بردار شکل مد اول در تراز ۱ می‌باشند. $\phi_{1,r}$ نیز مولفه بردار شکل مد اول در تراز نقطه کنترل می‌باشد.

ضریب C_1 از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$T_e \geq T_s \rightarrow C_1 = 1.0$$

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{1.0 + [R_d - 1] \frac{T_s}{T_e}}{R_d}$$

در این رابطه T_s پارامتر نوع زمین است که از جدول ۳ فصل ۲ این استاندارد به دست می‌آید و R_d نسبت مقاومت است که از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$R_d = \frac{S_a}{V_y/W}$$

در این رابطه S_a شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر T_e و W وزن موثر لرزه‌ای است. مقدار شتاب طیفی برای زلزله طرح برابر ABI بطبق فصل ۲ این استاندارد می‌باشد.

۱۱-۳ - اثرات پیچش

در مورد ساختمانهای «انعطاف‌پذیر پیچشی» که پیچش در مود اول یا دوم آنها حاکم باشد، الگوهای متداول تحلیل استاتیکی غیرخطی می‌توانند موجب تخمین کمتر از واقع تغییرمکانها در سمت سخت (مقاوم) ساختمان گردند. در مورد چنین ساختمانهایی تغییرمکانهای سمت سخت (مقاوم) آنها باید در مقایسه با ساختمانهای متعادل پیچشی افزایش یابد. در صورتیکه از ضریب بزرگنمایی برای تغییرمکانهای سمت سخت (مقاوم) استفاده گردد، شرایط مورد نظر این بند را می‌توان اقناع شده فرض نمود. این ضریب بزرگنمایی می‌تواند از تحلیل خطی دینامیکی طیفی مدل سه بعدی ساختمان به دست آید.

۱۲-۳ - معیارهای پذیرش

۱-۱۲-۳ طراحی سازه باید بنحوی انجام شده باشد که مقاومت سازه در نقطه رسیدن به

تغییرمکانی معادل ۱۲۵ درصد تغییرمکان هدف، کمتر از برش پایه جاری شدن موثر سازه نباشد. V_y

۲-۱۲-۳ حداکثر تغییرمکان نسبی سازه در تغییرمکان هدف نباید بیشتر از ۱۲۰٪ مقادیر مجاز معرفی شده در بند ۳-۵-۲ این استاندارد باشد.

۳-۱۲-۳ کنترل مقاومت اعضا در خصوص تلاشهای کنترل شونده توسط تغییر شکل، با توجه به بازتابهای حاصل از تحلیل ضروری نیست. در مورد آن دسته از تلاشهای که کنترل آنها با توجه به ضرایب مقاومت افزون در روشهای تحلیل خطی ضروری است، مقادیر تلاشهای حاصل از تحلیل غیر خطی در تغییرمکان هدف را باید بدون ضرب کردن در ضریب اضافه مقاومت مورد استفاده قرار داد. در صورتیکه این تلاشهای از ظرفیت کرانه پایین آنها بیشتر نباشد، قبل قبول تلقی می گردد.

۴-۱۲-۳۱ ارزیابی کفايت ظرفیت اعضا و اتصالات در تحمل تغییرشکلها و نیروهای نیاز لرزه ای بر اساس نتایج مطالعات آزمایشگاهی برای مدلهای مشابه آن اعضا و اتصالات انجام گردد. تغییرشکل عضوی که وظیفه تحمل بار ثقلی را دارد نباید بیشتر از هر یک از مقادیر زیر باشد: (الف) دو سوم تغییرشکلی که در آن عضو ظرفیت برابری ثقلی را از دست می دهد، و (ب) دو سوم تغییرشکلی که در آن مقاومت عضو به کمتر از ۷۰ درصد مقاومت حداکثر آن افت می کند. در مورد تغییرشکل عضوی که وظیفه باربری ثقلی ندارد کافیست شرط (ب) برآورده شود. بجای انجام مطالعات آزمایشگاهی می توان از روابط معیار پذیرش ایمنی جانی در نظریه ۳۶۰ نیز برای تعیین ظرفیت تغییر شکل اعضا استفاده نمود.

۴-۱۳-۳ اگر ضریب R_d از مقدار ضریب رفتار سازه تقسیم بر ضریب مقاومت افزون سازه (جدول ۶ این استاندارد)، بیشتر باشد سازه طراحی شده باید به تایید شخص حقیقی یا حقوقی مستقل با صلاحیت رسانده شود. در این بررسی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

- الف - سازگاری مشخصات سازه با داده های به کار برده شده در مدل تحلیلی،
- پ - سازگاری ظرفیت های اعضای سازه با نتایج به دست آمده از تحلیل.

۴ - تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی

۴-۱ در این روش، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان در تراز پایه و محاسبه پاسخ مدل ریاضی سازه که در برگیرنده رفتار فرا ارجاعی آن است، انجام می شود. مدل مذکور باید با توجه به ضوابط بندهای ۱ و ۲ پیوست حاضر تهیه شده باشد. در این مدل تکیه گاه سازه می تواند صلب فرض شود. استفاده از فرضهای مناسب در خصوص سختی و ظرفیت باربری پی با توجه ویژگیهای خاک و در نظر گرفتن تکیه گاه انعطاف پذیر برای سازه نیز مجاز است.

۴-۲ شتابنگاشتهایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا، در هنگام وقوع زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است

حداقل سه زوج شتاب نگاشت متعلق به مولفه‌های افقی سه زلزله مختلف ثبت شده که دارای ویژگیهای مذکور در بند ۲-۳-۵-۱۱ین استاندارد باشند، انتخاب گردند. در مواردی که تعداد مورد نیاز از زوج شتاب‌نگاشتهای مناسب ثبت شده در دسترس نباشد، می‌توان از زوج شتاب‌نگاشتهای شبیه‌سازی شده مناسب برای تکمیل تعداد آنها استفاده کرد. زوج شتاب‌نگاشتهای انتخاب شده باید به روش مذکور در بند ۲-۳-۵-۲ این استاندارد به مقیاس درآورده شوند. لیکن در این محاسبات، طیف طرح باید طیف طرح استاندارد تعریف شده در بند ۲-۱-۴-۲ بدون اعمال عکس ضریب رفتار (R_1) در نظر گرفته شود.

-۳-۴- ترکیب اثر زلزله با بارهای ثقلی

در این تحلیل، اثر زلزله در دو امتداد افقی با استفاده از زوج شتاب نگاشتها اعمال می‌شود. ضمناً لازم است در هنگام اثر زلزله بارهای ثقلی نیز مطابق بتد ۱ پیوست حاضر به مدل سازه اعمال شود. اثرات $\Delta - P$ نیز در انجام این تحلیل باید در نظر گرفته شود

تبصره: در مورد ساختمانهای منظمی که دارای یک یا چند ستون مشترک بین دو یا چند قاب سیستم باربر جانبی در جهات مختلف نباشند، می‌توان تحلیل را در هر امتداد اصلی افقی بطور مستقل انجام داد. در این حالت شتاب‌نگاشتهای انتخاب شده باید شرایط مذکور در بند ۲-۴ را دارا باشند، لیکن در مقیاس نمودن آنها دیگر نیازی به تهییه طیف SRSS زوج مولفه‌ها نبوده و شتاب نگاشتهای انتخابی باید با مقایسه طیف پاسخ آنها با طیف طرح مقیاس شوند.

-۴-۴- پارامترهای بازتاب سازه

در تحلیل تاریخچه زمانی بازتاب نهایی سازه شامل تلاشهای ایجاد شده در اعضا، تغییر شکل اعضا و تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در هر لحظه برابر با حداکثر بازتاب‌های به دست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب‌نگاشت اعمالی به سازه می‌باشد.

در این روش تحلیل، در صورت استفاده از حداقل هفت زوج شتاب‌نگاشت می‌توان مقدار متوسط بازتاب‌های به دست آمده از آنها را به عنوان بازتاب نهایی تلقی کرد.

-۴-۴-۱. مقاومت اعضا

در این روش کنترل مقاومت اعضا در خصوص تلاشهای کنترل شونده توسط تغییر شکل، با توجه به بازتاب‌های حاصل از تحلیل ضروری نیست. در مورد آن دسته از تلاشهای که کنترل آنها با توجه

به ضرایب اضافه مقاومت در روشهای تحلیل خطی ضروری است، مقادیر تلاشها حاصل از در تحلیل غیر خطی را باید بدون ضرب کردن در ضریب اضافه مقاومت مورد استفاده قرار داد. صورتیکه این تلاشها از ظرفیت کرانه پایین آنها بیشتر نباشد، قابل قبول تلقی می گردد.

۴-۴-۲. تغییر شکل اعضا

ارزیابی کفايت ظرفیت اعضا و اتصالات در تحمل تغییرشکلها و نیروهای نیاز لرزه ای بر اساس نتایج مطالعات آزمایشگاهی برای مدلها ی مشابه آن اعضا و اتصالات انجام گردد. تغییرشکل عضوی که وظیفه تحمل بار ثقلی را دارد نباید بیشتر از هر یک از مقادیر زیر باشد: (الف) دو سوم تغییرشکلی که در آن عضو ظرفیت برابری ثقلی را از دست می دهد، و (ب) دو سوم تغییرشکلی که در آن مقاومت عضو به کمتر از ۷۰ درصد مقاومت حداکثر آن افت می کند. در مورد تغییرشکل عضوی که وظیفه باربری ثقلی ندارد کافیست شرط (ب) برآورده شود. بجای انجام مطالعات آزمایشگاهی می توان از روابط معیار پذیرش ایمنی جانی در نظریه ۳۶۰ نیز برای تعیین ظرفیت تغییر شکل اعضا استفاده نمود.

۴-۴-۳. تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

تغییر مکان جانبی نسبی طبقات حاصل از تحلیل غیر خطی نباید از ۱۲۰٪ مقدار مجاز معرفی شده در بند ۳-۵-۲ این استاندارد تجاوز نماید.

۴-۵-۱- سازه طراحی شده بر اساس تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی باید به تایید شخص حقیقی یا حقوقی مستقل با صلاحیت رسانده شود. در این بررسی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

الف- شتابنگاشت های به کار گرفته شده در تحلیل،

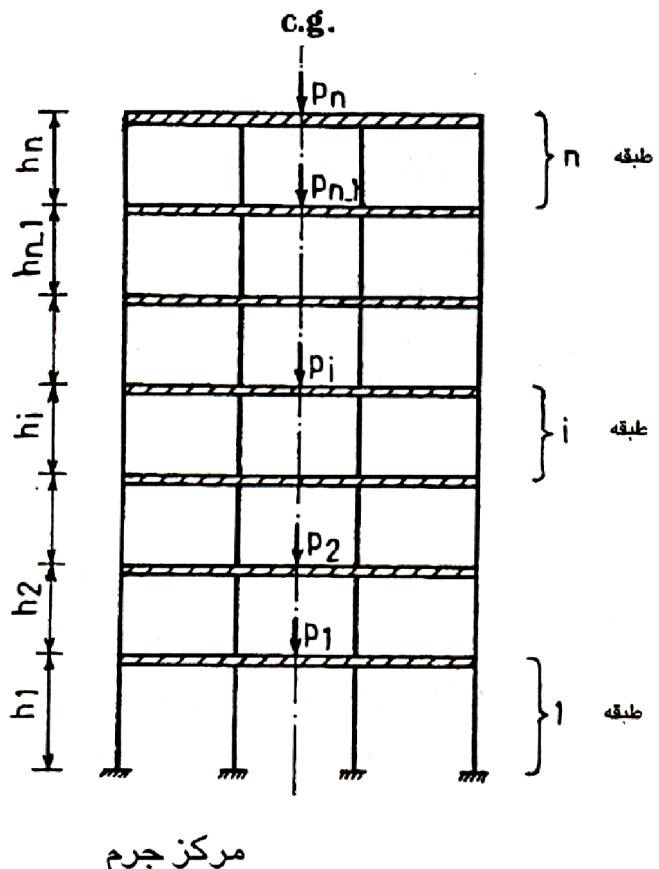
ب- سازگاری مشخصات سازه با داده های به کار برده شده در مدل تحلیلی،

پ- سازگاری ظرفیت های اعضای سازه با نتایج به دست آمده از تحلیل.

اثر $P - \Delta$

پیوست ۳

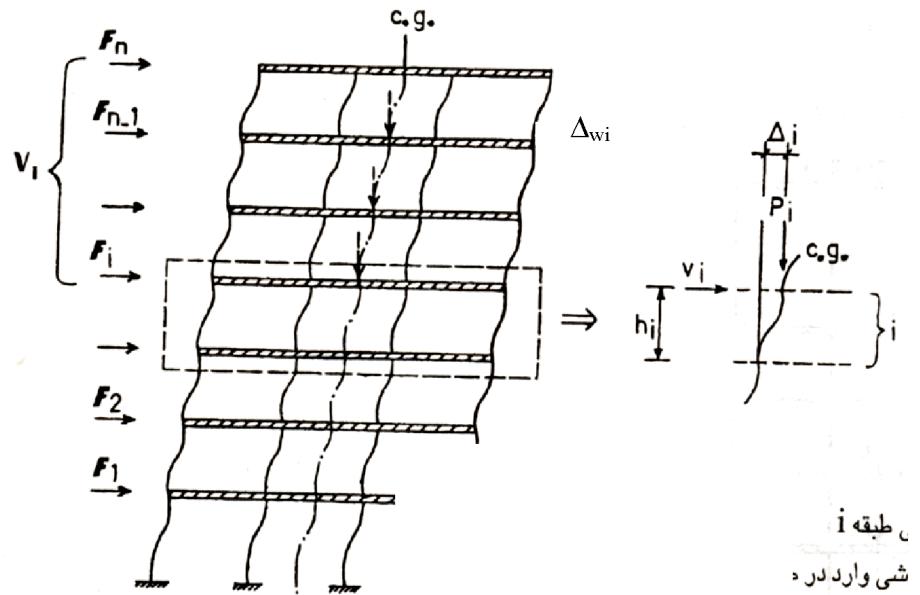
قابل استفاده



شکل ۱ سازه چند طبقه تحت اثر بارهای قائم

١- كليات، تعاريف و مفاهيم:

اثرات $P-\Delta$ در هر طبقه به دلیل برونو محوری بارهای ثقلی طبقات بالای طبقه A (طبقه مورد نظر) که نیروی ای P (یا P) نامیده می شود ایجاد می گرددند. در صورتیکه تغییر مکان جانبی طبقه A در اثر نیروهای جانبی زلزله، Δ باشد، به لنگر ایجاد شده در هر طبقه، لنگری که مقدار آن برابر با حاصلضرب P و Δ است اضافه می گردد. شکل ۱ حالت تغییر شکل نیافته یک ساختمان n طبقه و شکل ۲ حالت تغییر شکل یافته همان ساختمان در اثر بارهای جانبی را نشان می دهد. در این پیوست اثرات $P-\Delta$ در یک ساختمان متقارن مورد بررسی قرار می گیرد، هر چند تعمیم همین بحث می تواند ساختمان های غیر متقارن (همراه با پیچش) را نیز در بر گیرد.



شکل ۲ تغییر شکلهای جانبی جانبی در اثر وارد شدن نیروهای جانبی

M_i = لنگر اولیه طبقه بر اثر برش وارد بر طبقه i

Δ_{wi} = تغییر مکان نسبی اولیه طبقه i

V_i = مجموع نیروی برش وارد در طبقات i تا n

P_i = ارتفاع طبقه i

$c.g.$ = مرکز جرم

لنگر ثانویه وارد به طبقه i بر اثر پدیده ΔP برابر است با:

$$\Delta M_i = P_i \Delta_{wi} \quad (1)$$

لنگر اولیه طبقه بر اثر برش وارد بر طبقه i برابر است با:

$$M_i = V_i h_i \quad (2)$$

برش اضافه در حالت رفتار ارتجاعی طبقه بر اثر ΔP در طبقه i برابر است با:

$$\Delta V_i = \frac{\Delta M_i}{h_i} = \frac{P_i \Delta_{wi}}{h_i} \quad (3)$$

نسبت i ΔM_i ایجاد شده بر اثر ΔP به لنگر اولیه بر اثر برش، M_i ، شاخص پایداری طبقه نامیده شده و با علامت

θ_i نشان داده می شود:

$$\theta_i = \frac{\Delta M_i}{M_i} = \left(\frac{p \Delta_w}{Vh} \right)_i \quad (4)$$

اهمیت اثرات ΔP بر اساس مقدار شاخص پایداری تعیین می شود. اگر مقدار این شاخص از θ_{max} مطابق رابطه زیر بیشتر باشد، سازه در طبقه مورد نظر ناپایدار محسوب شده و باید در طراحی آن تجدید نظر گردد.

$$\theta_{max} = \frac{+0/65}{C_d} \leq +0/25 \quad (5)$$

در صورتیکه مقدار شاخص پایداری طبقه کمتر از ۱۰ درصد باشد، اثرات ΔP در طبقه مورد نظر قبل اهمیت نیست.

در صورتیکه $\theta_{max} < 0/10$ باشد باید نیروها و تلاش های ثانویه محاسبه و طراحی اعضا از نظر پایداری با استفاده از رهنمودهای زیر کنترل گردد.

۲- محاسبه تغییر مکان نسبی و نیروی برشوی معادل طبقه
مجموع لنگر در حالت رفتار ارتجاعی برابر است با:

$$M_i + \Delta M_i = M_i + P_i \Delta_{wi} = M_i (1 + \theta_i) \quad (6)$$

از طرف دیگر لنگر اضافی ΔM_i خود ایجاد یک تغییر مکان اضافی در طبقه آمی نماید که این تغییر مکان نیز بنوبه خود اثرات ΔP و در نتیجه لنگر اضافی جزئی تری را ایجاد می نماید. لنگر طبقه در نهایت برابر خواهد بود با:

$$M_{ip\Delta} = M_i (1 + \theta_i + \theta_i^2 + \theta_i^3 \dots) \quad (7)$$

با توجه به حد سری ها، مقدار حد سری داخل پرانتز برابر با $\frac{1}{1 - \theta_i}$ است و خواهیم داشت:

$$M_{ip\Delta} = M_i \left(\frac{1}{1 - \theta_i} \right) \quad (8)$$

در سازه های تحت اثر زلزله، بدلیل رفتار غیر ارتجاعی سازه، تغییر مکان طبقات که از محاسبات ارتجاعی سازه در برابر بارهای جانبی زلزله مطابق ضوابط بندهای ۳-۳ و ۴-۳ آینین نامه بدست می آید، نمایانگر تغییر مکان جانبی غیرارتجاعی طبقه در یک زلزله شدید نمی باشد. تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی در این آینین نامه از رابطه (۹-ب) برآورد می شود:

$$\bar{\Delta}_{ei} = \frac{\bar{\Delta}_{ei}}{1 - \theta_i} \quad (9-\text{الف})$$

$$\bar{\Delta}_{Mi} = C_d \bar{\Delta}_{ei} \quad (9-b)$$

بنابراین برای کنترل تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طرح طبقات، تغییر مکان بدست آمده از رابطه (9-b) با مقادیر مجاز، بند ۳-۶ آیین‌نامه مقایسه می‌گردد.

در محاسبه مقدار برش معادل طبقه با منظور نمودن اثرهای $P-\Delta$ ، یعنی $V_{ip\Delta}$ ، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$V_{ip\Delta} = V_i \left(\frac{1}{1 - \theta_i} \right) \quad (10)$$

۳- روش استفاده از برنامه‌های کامپیووتری

برنامه‌های کامپیووتری متعددی وجود دارند که در آنها اثرهای $P-\Delta$ به شکلهای مختلف منظور می‌گردند. در هنگام استفاده از چنین برنامه‌هایی باید فرضیات و روش انجام آنالیز $P-\Delta$ برای استفاده کننده کاملاً معلوم و مشخص باشد.

از طرف دیگر مقدار تغییر مکانهای جانبی نسبی غیرخطی طرح در برنامه‌های تحلیل خطی تعیین نمی‌گردد. بنابراین برای تعیین تغییر مکانهای جانبی نسبی غیرخطی طرح باید تغییر مکانهای حاصله از تحلیل خطی با در نظر گرفتن اثرات $P-\Delta$ را نیز با ضریب C_d افزایش داد.

۴- روش‌های طراحی اجزاء سازه‌ای

۱- در صورتیکه در نیروها و تغییر مکانهای بدست آمده از آنالیز ارجاعی سازه اثرات $P-\Delta$ به نحوی که در این پیوست آمده است منظور شده باشد، تغییرات زیر باید در روابط طراحی این اجزا انجام شود:
الف- در سازه‌های بتن مسلح که در حالت حدی مقاومت طراحی می‌گردند و در طراحی ستونها از روش تشدید لنگرهای استفاده شده است (آیین‌نامه بتن ایران)، مقدار لنگر بحرانی ستونها با جایگزین کردن عدد یک بجای δ_s مطابق رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$M_c = \delta_b M_{rb} + M_{rs} \quad (11)$$

ب- در سازه‌های فولادی که با روش بار مجاز طراحی می‌گردند، در صورتیکه نسبت تنش محوری عضو فشاری

به تنش مجاز محوری از $15/0$ کمتر باشد به هیچ تغییری در ضوابط آیین‌نامه طراحی نیاز نیست.

در صورتیکه $15/0 > \frac{f_a}{F_a}$ باشد روابط زیر باید کنترل گردد:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (12)$$

$$\frac{f_a}{0.8 F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (13)$$

پ- در سازه های فولادی که در حالت حدی مقاومت، طراحی می گرددند، باید مشابه بند ۴-الف عمل گردد.

۴-۲-۴- در صورتیکه آنالیز $P-\Delta$ با استفاده از نرم افزاییهای تحلیل کامپیوترا انجام شود، اثرات تغییرات تلاش ها در اثر $P-\Delta$ در دو انتهای کلیه اعضاء (تیرها و ستونها و مهارهای جانبی) بصورت طبیعی منظور گردیده و کلیه گره ها دارای تعادل استاتیکی هستند، حال آنکه در صورت استفاده از روش های دستی ضروری است لنگرهای اضافی انتهای ستونها در اثر $P-\Delta$ در هر گره بین تیرهای طرفین آن گره به نسبت سختی آنها توزیع گردد.

پیوست ۴

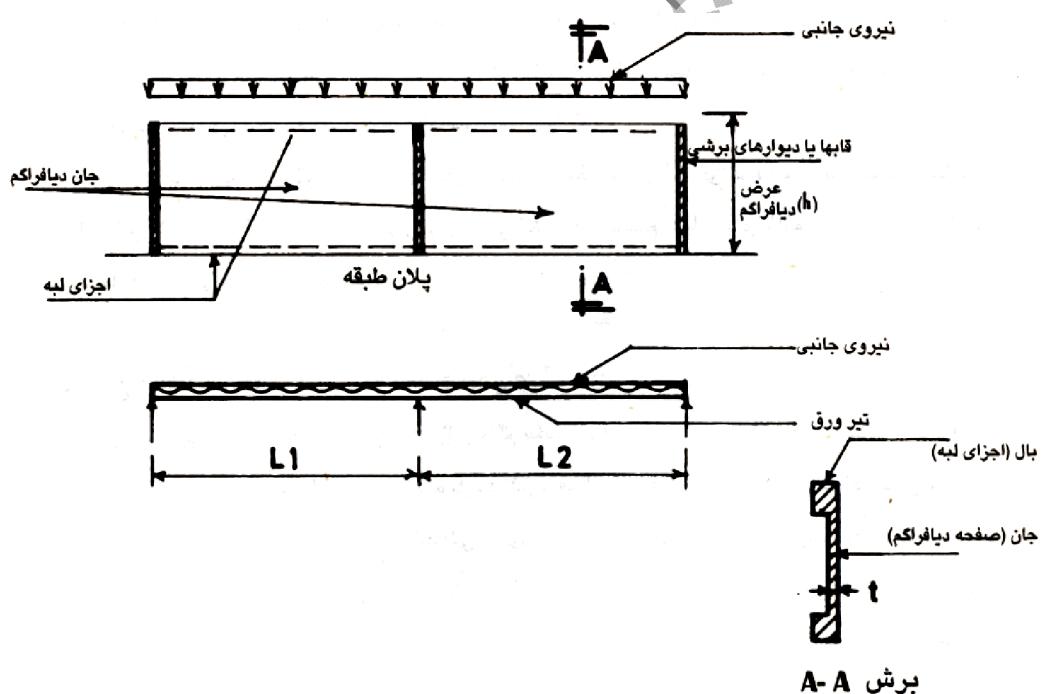
دیافراگم ها

عکس قابل استناد

۱- تعریف و عملکرد

مجموعه سیستم مقاوم ساختمانها در برابر نیروهای جانبی معمولاً از دو قسمت اجزای قائم و اجزای افقی (یا تقریباً افقی) تشکیل می‌شود. اجزای افقی نیروهای افقی زلزله و باد را به اجزای قائم منتقل نموده و اجزای قائم نیز این نیروها را به شالوده‌ها و نهایتاً به زمین منتقل می‌نمایند. به اجزای افقی یا تقریباً افقی منتقل کننده نیروهای جانبی «دیافراگم افقی» و یا به طور اختصار «دیافراگم» گفته می‌شود. در ساختمانهای متعارف دیافراگم‌ها شامل کفها و سقفها (افقی و یا با شیب کم) می‌باشند. در چنین ساختمانهایی دیافراگم‌ها وظیفه برابری قائم (ثقای) را بطور همزمان عهده دارند. در ساختمانهای صنعتی بطور کلی بدبندیهای افقی (یا تقریباً افقی) نقش انتقال نیروهای افقی به اجزای قائم (قابها) را عهده دار هستند و بنابراین دیافراگم محسوب می‌گردد.

برای سهولت دیافراگم را می‌توان مشابه یک تیر ورق تصور نمود که بر روی تکیه گاههایی که همان اجزای قائم برابر جانبی می‌باشند (قابها و دیوارهای برشی) واقع شده است (شکل ۱)



شکل (۱) نمونه‌ای از دیافراگم

جان تیر ورق همان صفحه افقی دیافراگم بوده و بالهای آن اجزای لبه دیافراگم را شامل می‌شوند. لیکن باید توجه داشت به واسطه بزرگی نسبت عرض دیافراگم‌ها (h) به دهانه آنها (L_1 یا L_2) معمولاً این اجزا بعنوان تیرهای عمیق (تیر تیغه) محسوب شده و دیگر فرض مستوی ماندن مقاطع هنگام خمش در آنها صادق نیست.

در تغییر شکل تیر تیغه باید علاوه بر اثرهای تغییر شکلهای خمشی، اثرهای تغییر شکلهای برشی نیز منظور گردد.

دیافراگم‌ها باید با توجه به فرضیات منظور شده در محاسبات کل سازه در برابر بارهای جانبی دارای سختی و صلبیت مناسب همراه با مقاومت کافی بوده و طوری با سایر قطعات سازه درگیر شده باشند که سازه و دیافراگم هنگام زلزله یکپارچه باقی بمانند.

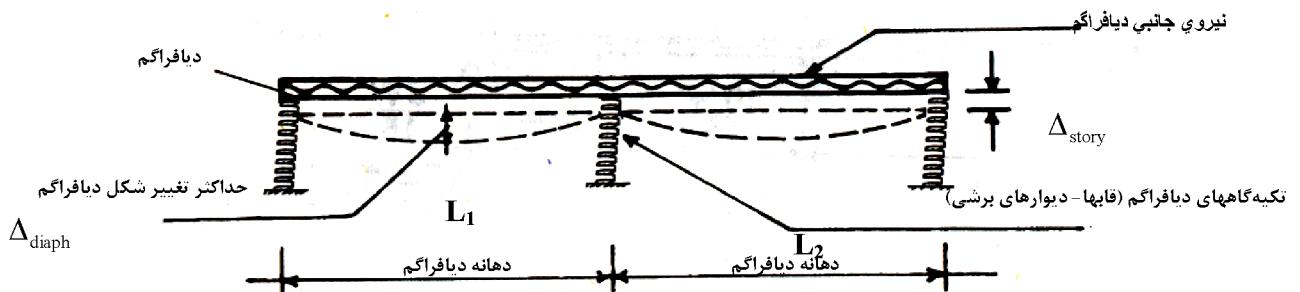
۲- انواع دیافراگم‌ها از نظر جنس و سیستم ساختمانی

دیافراگم‌ها ممکن است از کفهای ساخته شده از بتن آرمه در جا ریخته شده، شامل تیرچه بلوك (با بتن مسلح مناسب رویه)، ورقهای ساده یا موجدار فلزی، ورقهای موجدار فلزی با بتن آرمه رویه بصورت مرکب، کفهای چوبی، کفهای ساخته شده از قطعات بتن پیش ساخته همراه با بتن رویه، کفهای ساخته شده از قطعات بتن پیش ساخته با اتصالات خشک و یا تر با یکدیگر و بدون بتن رویه، طاق‌های ضربی (با مهاربندی) و غیره تشکیل شده باشند.

همچنین دیافراگم‌ها می‌توانند شامل مهاربندی‌های افقی که از اجزای فولادی و یا بتنی ساخته شده اند نیز باشند. طراحی سیستم مهاربندی افقی مشابه سیستم مهاربندی قائم بوده و از ضوابط آئین نامه‌های مربوط استفاده می‌گردد.

۳- انواع دیافراگم‌ها از نظر صلبیت و انعطاف پذیری

نیروی جانبی هر دیافراگم باید بین اجزای قائم سیستم باربری جانبی با توجه به سختی دیافراگم نسبت به سختی اجزای سازه ای قائم تقسیم گردد. در واقع اجزای قائم مانند تکیه گاههای دیافراگم (تیر ورق) عمل می‌نمایند. جامعترین روش تحلیلی برای تعیین نیروهای داخلی دیافراگم‌ها (نلاش‌ها) و توزیع مناسب نیروهای جانبی بین اجزای باربر قائم، مدل نمودن دیافراگم به صورت اجزای محدود (finite elements) همراه با اجزای تیر، ستون و دیوارهای برشی در یک مدل سه بعدی کلی می‌باشد. لیکن به منظور صرفه جوئی در وقت در دیافراگم‌های متعارفی که فاقد بازشوهای بزرگ و نزدیک بهم بوده و دارای پلان نسبتاً منظمی می‌باشند، مطلوب‌تر است که از روش‌های ساده شده استفاده شود. شکل (۲) وضعیت تغییر مکان و تغییر شکل کلی تیر تیغه (دیافراگم) و تکیه گاههای آن (قباها و دیوارهای برشی) را نشان می‌دهد.



شکل ۲

بر طبق بند ۳-۸-۱ این استاندارد دیافراگم ها با توجه به نسبت $\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}}$ به سه دسته نرم، نیمه صلب و صلب تقسیم می شوند

$$\Delta_{story} = \text{تغییر مکان نسبی}$$

$$\Delta_{diaph} = \text{حداکثر تغییر شکل دیافراگم}$$

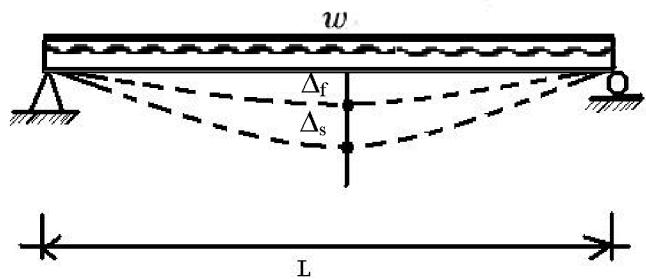
۴- تغییر شکل دیافراگم ها

با توجه به اینکه متداولترین نوع دیافراگم در ایران دیافراگم های بتن مسلح می باشد، در ادامه روش تعیین صلبیت این گونه دیافراگم ها مورد بحث قرار می گیرد.

همان طور که قبل ذکر شد تغییر شکل کلی هر دیافراگم (Δ_{story}) تحت اثر بارهای جانبی وارد بر آن از دو قسمت تغییر شکل خمشی (Δ_f) و تغییر شکل برشی (Δ_s) تشکیل می گردد.

$$\Delta_{story} = \Delta_f + \Delta_s$$

در تیرهای معمولی (غیر تیغه) مقدار تغییر شکل های برشی جزئی بوده و از آن صرفنظر می شود لیکن در تیر تیغه، مقدار تغییر شکل های برشی عمدت بوده و باید منظور گرددند. روش برآورد تغییر شکل های خمشی تیر تیغه، مشابه تیرهای معمولی است. مثلاً در تیر ساده شکل (۳) مقدار حداکثر Δ_f را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود:



شکل (۳)

$$\Delta_f = \frac{\alpha w L^3}{384 EI}$$

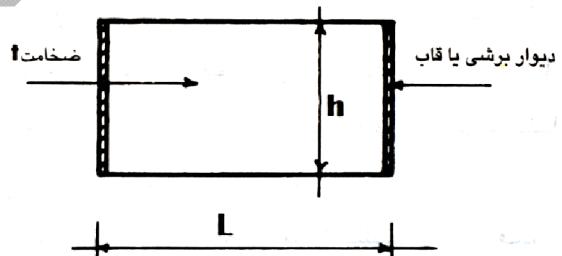
بار گسترده یکنواخت = w

مدول ارتجاعی ماده = E

گشتاور ماند مقطع = I

در دیافراگم های با ضخامت ثابت برای محاسبه I معمولاً کل مقطع دیافراگم منظور می گردد. مثلاً در شکل (۴) مقدار I برابر است با:

$$I = \frac{th^3}{12}$$



شکل (۴)

تغییر شکل برشی دیافراگم ها (Δ_s) به شرطی که دیافراگم به صورت تیر تیغه ساده فرض شود از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta_s = \frac{\alpha w L^3}{\lambda A G}$$

α ضریب فرم

سطح مقطع کل دیافراگم

G مدول برشی بتن

w بار جانبی یکنواخت

در رابطه فوق G برابر با $0/4$ مقدار مدول ارتجاعی بتن بر اساس آییننامه بتن ایران، t ضخامت دیافراگم و ضریب α ضریبی است که برای دالهای بتنی برابر با $1/50$ منظور می شود.

در سایر انواع دیافراگم ها مانند دیافراگم های ساخته شده از ورقهای موجدار با بتن رویه یا دیافراگم های چوبی، هر چند اصول محاسبات تغییر شکل دیافراگم مطابق روش فوق است لیکن باید بر اساس اصول مکانیک جامدات و مقاومت مصالح و رعایت شرایط سازگاری، محاسبات تغییر شکل دیافراگم انجام شود.

۵- نکاتی درباره تحلیل دیافراگم ها

در تحلیل دیافراگم های چند دهانه برای تعیین نوع دیافراگم از نظر صلبیت، راه حل محافظه کارانه، منظور نمودن کل دیافراگم به صورت چند دهانه ساده می باشد. بررسی اجمالی یک دیافراگم، بحرانی ترین دهانه های آن را به وضوح مشخص می نماید. کنترل صلبیت دیافراگم می تواند فقط برای دهانه های بحرانی دیافراگم های صلب و بر اساس بارگذاری مطابق بند (۳-۳-۶) انجام شود. در صورت صلب بودن دیافراگم در چند دهانه و عدم صلبیت آن در یک دهانه ممکن است نیاز به تحلیل جامع کل دیافراگم و سازه وجود داشته باشد.

از طرف دیگر در صورتی که کل سازه با فرض دیافراگم صلب تحلیل شده باشد می توان مجموع دیافراگم را به صورت یک تیر ممتد چند دهانه بر روی تکیه گاههای صلب و با منظور نمودن سختی های خمسی (گشتاور ماند) متفاوت و سطوح مقطع برشی موثر متفاوت در دهانه های مختلف و قسمتهای مختلف هر دو دهانه تحلیل نمود. بر این اساس تغییر مکانهای حداکثر دهانه های مختلف را با تغییر مکانهای مجاز هر طبقه مقایسه نموده و صلبیت دیافراگم را تأیید نمود. کنترل تغییر شکلهای هر دیافراگم باید در امتداد هر دو محور اصلی دیافراگم انجام گیرد.

از طرف دیگر برای تعیین تلاش های داخلی هر دیافراگم بعد از تعیین میزان صلبیت آن باید نیروهای طراحی مطابق بند (۲-۸-۳) آییننامه ملاک عمل قرار گیرد. توزيع افقی نیروهای برشی بین تکیه گاههای دیافراگم (عناصر قائم بار بر جانبی) با رعایت بند (۳-۳-۷-۱) آییننامه صورت می گیرد. در صورت صلبیت دیافراگم، این توزيع به نسبت سختی جانبی هر کدام از تکیه گاهها (دیوار برشی، قاب، مهاربند و ...) انجام می شود. برای تعیین نسبت سختی جانبی عناصر قائم می توان تغییر مکان واحدی را در سقف طبقه مورد نظر وارد کرده و در حالی که کلیه طبقات زیرین بدون حرکت باشند از نسبت نیروهای برشی ایجاد شده در عناصر قائم بار بر جانبی آن طبقه استفاده کرد.

۶- نکاتی درباره طراحی دیافراگم ها

ضخامت حداقل دیافراگم های بتنی و یا بتن رویه دیافراگم های ساخته شده از ورق و یا قطعات پیش ساخته نباید از ۵ سانتیمتر کمتر باشد. کنترل کفایت ضخامت باید با توجه به تلاش های داخلی دیافراگم و ضوابط آییننامه بتن ایران انجام گردد. این کنترل به خصوص باید در کنار بازشوهای نسبتاً بزرگ با دقت خاص انجام

پذیرد. در صورت عدم کفایت بتن دیافراگم می‌توان آن را با سیستم مهاربندی فولادی مناسب نیز تقویت نمود. به طور کلی توصیه می‌گردد که میزان و تعداد بازشوها در دیافراگم‌ها به حداقل ممکن محدود گردد. کلیه اجزای متصل به دیافراگم (سازه‌ای یا غیر سازه‌ای) باید قادر به تحمل تغییر شکل دیافراگم در محل اتصال باشند.

همچنین اتصالات دیافراگم با دیوارهای برشی و یا قابهای خمشی باید به نحوی طراحی شوند که کل نیروهای واردہ را تحمل نمایند.

-۳) کلیه نیروها و تلاش‌هایی که برای طراحی دیافراگم‌ها بکار می‌روند باید بر اساس نحوه بارگذاری مطابق بند (۸) آیین نامه محاسبه شده باشند.

نیروی جانبی که باید برای طراحی دیافراگم منظور شود شامل نیروی اینرسی ایجاد شده در اثر وزن خود دیافراگم و همچنین وزن قطعات سازه‌ای و غیر سازه‌ای متصل به آن می‌باشد. علاوه بر آن دیافراگم‌ها باید نیروهای جانبی سازه‌های برابر جانبی را که در محل دیافراگم جابجا یا قطع شده‌اند تحمل نمایند.

پیوست ۵

اندر کنش خاک و سازه

قابل استناد
غیرقابل استناد

کلیات

چنانچه در نظر باشد اثرات اندرکنش خاک و سازه در تحلیل سازه لحاظ شود پیوست حاضر می‌تواند به عنوان یک روش قابل قبول مورد استفاده قرار گیرد تا نیروهای ناشی از زلزله و تغییر فرمهای ایجاد شده در سازه محاسبه شود. روش حاضر زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که در هنگام مدلسازی و تحلیل سازه از فرض تکیه گاه ثابت استفاده شده باشد و سازه بر روی زمینهای نوع I، II یا III قرار گرفته باشد. به عبارت دیگر چنانچه در مدلسازی سازه اثرات انعطاف پذیری پی به طور صریح با استفاده از روش‌های معتبر مکانیک خاک لحاظ شده باشد، استفاده از روش حاضر مجاز نمی‌باشد.

۱- روش تحلیل استاتیکی معادل

۱-۱- نیروی برشی پایه

نیروی برشی پایه، V ، محاسبه شده بر طبق بند ۳-۳-۱ این استاندارد در این روش تحلیل می‌تواند بر طبق رابطه زیر کاهش یابد و برابر V اختیار گردد

$$V_e = V - \Delta V \quad (1)$$

در این رابطه مقدار کاهش نیروی برشی (ΔV) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta V = \left[C - \bar{C} \left(\frac{0.05}{\beta_e} \right)^{0.4} \right] \bar{W} \leq 0.15 K \quad (2)$$

در رابطه فوق

C = ضریب زلزله است که با استفاده از رابطه ۳-۱ این استاندارد و با فرض زمان تناوب T در حالت سازه دارای تکیه گاه ثابت محاسبه می‌شود.

\bar{C} = ضریب زلزله که با استفاده از رابطه ۳-۱ این استاندارد و با فرض زمان تناوب موثر T_e محاسبه می‌شود. T_e بر طبق ضوابط بند ۲-۱ این پیوست محاسبه می‌شود.

β_e = درصد میرایی بحرانی موثر برای سیستم سازه و پی که بر طبق ضوابط بند ۳-۱ این پیوست محاسبه می‌شود.

\bar{W} = وزن موثر لرزه‌ای در محاسبات اندرکنش که برابر $W/7$ در نظر گرفته می‌شود. در مورد سازه‌هایی که فقط دارای یک جرم مرکزی در یک تراز هستند، \bar{W} برابر W می‌باشد.

۱-۲- زمان تناوب موثر سازه

زمان تناوب اصلی موثر سازه با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک و سازه، T_e ، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T_e = T \sqrt{1 + \frac{\bar{K}}{K_y} \left(1 + \frac{K_y \bar{h}^2}{K_\theta} \right)} \quad (3)$$

در این رابطه :

T = زمان تناوب اصلی سازه در حالت تکیه گاه ثابت است که بر اساس بند ۳-۳-۶ آین نامه محاسبه می شود.

\bar{K} = سختی سازه در حالت تکیه گاه ثابت که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\bar{K} = 4\pi^2 \left(\frac{\bar{W}}{g T^2} \right) \quad (4)$$

\bar{h} = ارتفاع موثر سازه که برابر $7/0$ ارتفاع کل سازه در نظر گرفته می شود. در خصوص سازه هایی که فقط دارای یک جرم مرکزی در یک تراز هستند، ارتفاع موثر برابر ارتفاع سازه می باشد.

K_θ = سختی حرکت گهواره ای پی

K_y = سختی حرکت جانبی پی

g = شتاب ثقل

سختی های حرکت جانبی و گهواره ای پی K_y و K_θ می باید بر اساس مشخصات خاک و اصول مهندسی پی محاسبه شود.

در حالتیکه سازه بر روی پی سطحی گسترده در نزدیکی سطح زمین قرار گرفته باشد و یا در عمقی مدفون باشد که تماس دیوار های جانبی با خاک در هنگام زلزله طرح را نتوان موثر در نظر گرفت ، به جای استفاده از رابطه ۳ می توان زمان تناوب را از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$T_e = T \sqrt{1 + \frac{25\alpha r_a \bar{h}}{V_s^2 T^2} \left(1 + \frac{1.12 r_a \bar{h}^2}{\alpha_\theta r_m^3} \right)} \quad (5)$$

در این رابطه:

α = شاخص نسبت جرم سازه به خاک است که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\alpha = \frac{\bar{W}}{\gamma A_0 \bar{h}}$$

γ = متوسط وزن مخصوص خاک

r_m و r_a = ابعاد مشخصه پی که به ترتیب زیر تعریف می شود:

$$r_a = \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$$

$$r_m = \sqrt[4]{\frac{4I_0}{\pi}}$$

A_0 = مساحت باربر پی
 I_0 = ممان اینرسی سطح باربر پی حول محور افقی است که از مرکز سطح پی عبور کند و عمود بر امتدادی باشد
 که سازه در دست تحلیل است.

α_θ = ضریب اصلاح سختی دینامیکی پی برای حرکت گهواره ای که از جدول - ۵ - ۱ بدست می آید.
 جدول - ۱۵ - ۱

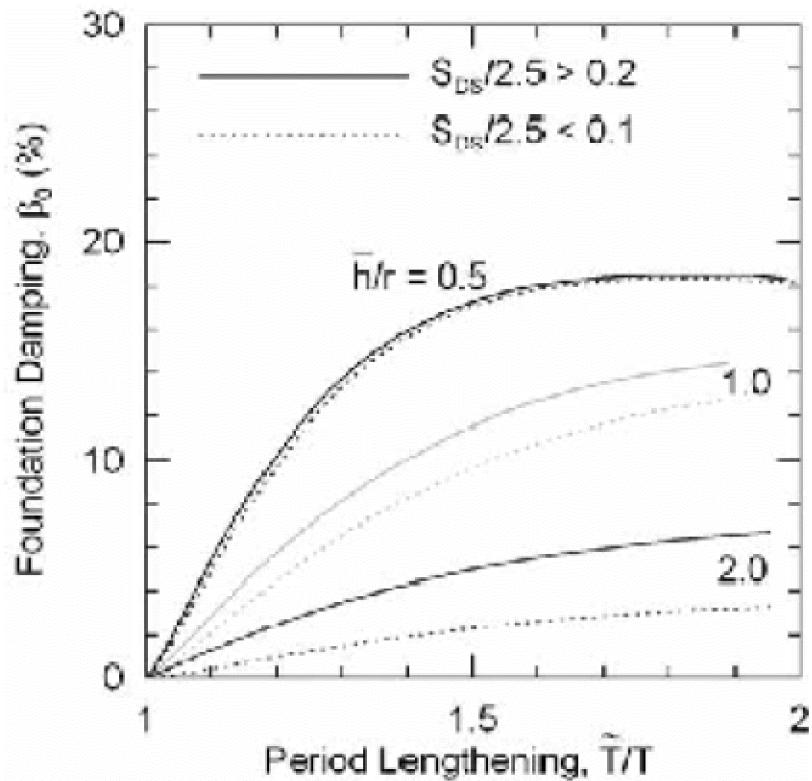
نسبت α_θ	$r_m/V_s T$
1.0	< 0.05
0.85	0.15
0.7	0.35
0.6	0.5

۳-۱ - میرایی موثر

میرایی موثر سیستم سازه - پی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\beta_e = \beta_0 + \frac{0.05}{\left(\frac{T_e}{T}\right)^3} \quad (6)$$

در این رابطه β_0 نسبت میرایی پی است که از شکل - ۵ - ۱ به دست می آید:



ششک

شکل - ۵ - ۱. نسبت میرایی پی

در شکل - ۵ - ۱. S_{DS} برابر حاصلضرب ضرایب A و $(S + 1)$ بخش ۳-۲ این استاندارد در نظر گرفته می شود. ضمناً r بعد مشخصه پی است که در حالتی که $\frac{\bar{h}}{L_0} \leq 0.5$ باشد برابر r_a و در حالتی که $\frac{\bar{h}}{L_0} \geq 1.0$ باشد برابر

r_m می باشد (L_0 طول شالوده در امتدادی است که سازه مورد تحلیل قرار می گیرد). برای مقادیر $\frac{\bar{h}}{L_0}$ بین ۰.۵ و ۱.۰ از طریق درون یا بی خطی به دست می آید).

استثنایاً : در مورد سازه هایی که بر روی پی های شمعی نقطه ای قرار گرفته اند یا آنها که خاک زیر پی متشکل از یک لایه خاک نرم است که بر روی یک خاک بسیار سخت تر قرار گرفته اند بطوریکه یک تغییر سختی

ناگهانی در خاک وجود دارد، در حالتیکه $1 < \frac{4D_s}{V_s T_e}$ باشد، در رابطه ۴ باید به جای β_0 از پارامتر β'_0 که از

رابطه زیر به دست می آید استفاده شود (D_s ضخامت لایه خاک نرم است).

$$\beta'_0 = \left(\frac{4D_s}{V_s T_e} \right)^2 \beta_0$$

در هر حال مقدار محاسبه شده β باید از 0.05 کمتر و از 0.2 بیشتر در نظر گرفته شود.

۱-۴-۱- توزیع نیروی جانبی در ارتفاع
نیروی برشی کاهش یافته با در نظر گرفتن اثرات اندر کنش خاک و سازه، باید به صورت مشابه با سازه با تکیه گاه ثابت و با استفاده از رابطه ۳-۶ این استاندارد در ارتفاع ساختمان توزیع شود.

۱-۵- سایر اثرات اندر کنش خاک و سازه
مقادیر نیروی برشی، لنگر واژگونی و اثرات پیچش حول محور قائم ساختمان بر اساس نیروی برشی کاهش یافته که در این بخش ارائه شدند به صورت مشابه با ساختمانهای دارای تکیه گاه ثابت، محاسبه می‌شوند.
تغییر مکان جانبی ساختمان در ترازهای مختلف با توجه به اثرات اندر کنش خاک و سازه باید از رابطه زیر محاسبه شود.

$$\bar{\delta}_x = \frac{V_e}{V} \left[\frac{M_0 h_x}{K_\theta} + \delta_x \right] \quad (7)$$

در این رابطه:

M_0 =لنگر واژگونی در پایه ساختمان در حالت تکیه گاه ثابت
 h_x =ارتفاع تراز مورد نظر از تراز پایه
 δ_x =تغییر مکان جانبی ساختمان که با اعمال نیروی برشی کاهش یافته در حالت تکیه گاه ثابت به دست آمده است.

کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (بند ۳-۵-۱ این استاندارد) و اثرات Δp باید با توجه به تغییر مکان جانبی اصلاح شده به روش فوق انجام شود.

۲- روش تحلیل دینامیکی طیفی
برای در نظر گرفتن اثرات اندر کنش خاک سازه در تحلیل دینامیکی طیفی در هریک از امتدادهای اصلی افقی ساختمان موارد زیر باید رعایت شود.

۲-۱- مقادیر نیروی برشی پایه مودی

مقدار نیروی برشی پایه مود اول می‌تواند بر طبق رابطه ۸ کاهش یابد.

$$V_{el} = V_1 - \Delta V_1 \quad (8)$$

مقدار ΔV_1 از رابطه ۲ با در نظر گرفتن وزن موثر لرزه ای مود اول، \bar{W}_1 به جای \bar{W}_1 به دست می‌آید برای استفاده از رابطه های ۲ و ۳، زمان تناوب مود اول سازه در همان امتداد اصلی افقی T_1 ملاک عمل بوده و در محاسبه ارتفاع موثر \bar{h} از رابطه ۹ استفاده می‌شود:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^h W_i \varphi_{il} h_i}{\sum_{i=1}^h W_i \varphi_{il}} \quad (9)$$

در این رابطه :

W_i = وزن طبقه i

h_i = ارتفاع تراز i از تراز پایه

φ_{il} = دامنه تغییر مکان جانبی تراز i در ارتعاش در مود اول که از درایه مربوطه در بردار شکل مود اول به دست می آید.

برای محاسبه نسبت میرایی موثر و ضریب α نیز باید از مقادیر فوق الذکر \bar{W} و \bar{h} و T استفاده شود. کاهش در مقادیر نیروی برشی پایه سایر مود های ارتعاشی سازه مجاز نبوده و حدکثر مقدار کاهش نیروی برشی مود اول ΔV_1 نیز برابر V_1 ۰.۳ می باشد .

۲-۲- سایر اثرات مودی

مقادیر نیروی جانبی ، نیروی برشی و لنگر واژگونی در طبقات مختلف بر اساس مقدار کاهش یافته نیروی برشی پایه در مود اول و به صورت مشابه با ساختمنهای دارای تکیه گاه ثابت محاسبه می شود. در مود های دیگر ارتعاشی، کاهش اعمال نمی شود.

تغییر مکان جانبی ساختمان نیز در مود اول با توجه به اثرات اندرکنش خاک و سازه از طریق رابطه ۱۰ محاسبه می شود.

$$\bar{\delta}x_1 = \frac{V_{el}}{V_1} \left[\frac{M_{01} h_x + \delta_{x1}}{K_\theta} \right] \quad (10)$$

پارامتر های رابطه ۱۰ مشابه رابطه (7) و با در نظر گرفتن پارامتر های متناظر با مود اول محاسبه می شود.

۲-۲- مقادیر مورد استفاده در طراحی

مقادیر نیروی برشی، لنگر ، تغییر مکان جانبی و تغییر مکان جانبی نسبی مورد استفاده در طراحی

باید با استفاده از ترکیب مناسب CQC یا SRSS پاسخ های مودهای مختلف محاسبه شود.