

مجموعه

استانداردها و آیین نامه های

ساختمانی ایران



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شماره نشر: ض-۲۵۳

# آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

استاندارد ۲۸۰۰

(ویرایش ۴)

کمیته دائمی

بازنگری آیین نامه

طراحی ساختمان ها در برابر زلزله



جمهوری اسلامی ایران

وزارت راه و شهرسازی

وزیر

تاریخ: ۹۳/۰۸/۲۴

شماره: ۴۴۳۱۳/۱۱۰/۰۱

بسمه تعالی

به استناد ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان- مصوب ۱۳۷۴-  
آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (ویرایش چهارم) که به شرح متن  
پیوست توسط این وزارتخانه- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی- بازنگری  
و تدوین شده و در جلسه مورخ ۱۳۹۳/۰۶/۲۳ کمیته دائمی بازنگری آیین‌نامه  
مذکور و نیز کمیته ملی استاندارد مربوط به آن مورد تأیید قرار گرفته است،  
تمامی ساخت‌وسازها در سراسر میهن اسلامی باید بر اساس آن انجام گیرد.

شهرداری‌ها، بخش‌داری‌ها، دهیاری‌ها و سایر مراجع صدور پروانه و کنترل و  
نظارت بر اجرای ساختمان‌ها و همچنین مالکان، کارفرمایان و مجریان  
ساختمان‌ها و صاحبان حرفه‌های مهندسی ساختمان می‌بایست این آیین‌نامه را  
رعایت و اجرا نمایند.

شایان یادآوری است که همزمان مفاد ویرایش سوم این آیین‌نامه نیز تا پایان  
شهریورماه سال ۱۳۹۴ معتبر خواهد بود.

این آگهی جایگزین تصویب‌نامه شماره ۱۱۳۰۹/۱۰۰/۰۲ مورخ ۸۴/۴/۱۸ می‌شود.

عباس آخوندی

## فهرست مطالب

اسامی اعضای کمیته‌های بازنگری آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله - استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش ۴) ... ک	
اعضا و اسامی کارگروه‌های آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله - استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش ۴) ... س	
تعاریف..... ش	
علائم..... ذ	
فصل اول: کلیات..... ا	
۱-۱ هدف..... ا	
۲-۱ زلزله‌های مبنای طراحی..... ا	
۳-۱ حدود کاربرد..... ب	
۴-۱ ملاحظات معماری..... ب	
۵-۱ ملاحظات کلی سازه‌ای..... ج	
۶-۱ گروه‌بندی ساختمان‌ها برحسب اهمیت..... د	
۷-۱ گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب نظم کالبدی..... د	
۸-۱ گروه‌بندی ساختمان‌ها برحسب سیستم سازه‌ای..... ح	
فصل دوم: حرکت زمین..... ط	
۱-۲ تعریف..... ط	
۲-۲ نسبت شتاب مبنای طرح، A..... ط	
۳-۲ تعیین ضریب بازتاب ساختمان، B..... ق	
۴-۲ طبقه‌بندی نوع زمین..... ق	
۵-۲ حرکت زمین..... ق	
طیف طرح استاندارد..... ق	
طیف طرح ویژه ساختگاه..... ق	
تاریخچه زمانی شتاب، شتاب‌نگاشت..... ق	
فصل سوم: ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های ساختمانی..... ق	
۱-۳ ملاحظات کلی..... ق	
۲-۳ روش‌های تحلیل سازه..... ق	
روش‌های تحلیل خطی..... ق	
روش‌های تحلیل غیرخطی..... ق	

۲۷.....	۳-۳ روش تحلیل استاتیکی معادل.....
۲۷.....	نیروی برشی پایه، $V_{II}$ .....
۲۹.....	تراز پایه.....
۲۹.....	ضریب نامعینی سازه، $\rho$ .....
۳۱.....	زمان تناوب اصلی نوسان، $T$ .....
۳۳.....	ضریب اهمیت ساختمان، $I$ .....
۳۳.....	ضریب رفتار ساختمان، $R_{II}$ .....
۳۶.....	ترکیب سیستم‌ها در پلان.....
۳۷.....	ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع.....
۳۸.....	توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان.....
۳۹.....	توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان.....
۴۰.....	محاسبه ساختمان در برابر واژگونی.....
۴۱.....	نیروی قائم ناشی از زلزله.....
۴۱.....	ضریب اضافه مقاومت، $\Omega_0$ .....
۴۲.....	اثر اندرکنش خاک و سازه.....
۴۲.....	۴-۳ روش‌های تحلیل دینامیکی خطی.....
۴۳.....	روش تحلیل طیفی.....
۴۴.....	روش تحلیل تاریخچه زمانی.....
۴۵.....	۵-۳ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات.....
۴۷.....	۶-۳ اثر $\Delta - P$ .....
۴۸.....	۷-۳ مشخصات سازه از تراز پایه تا روی شالوده.....
۴۹.....	۸-۳ دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها.....
۵۱.....	۹-۳ افزایش بار جانبی در اعضای خاص.....
۵۱.....	۱۰-۳ طراحی اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند.....
۵۱.....	۱۱-۳ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره‌برداری.....
۵۳.....	۱۲-۳ ترکیب نیروی زلزله با سایر بارها.....
۵۳.....	۱۳-۳ روش ساده‌شده تحلیل و طراحی.....
۵۷.....	فصل چهارم: ضوابط طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای.....
۵۷.....	۱-۴ کلیات.....



۵۸	۲-۴ نیروی زلزله.....
۶۰	۳-۴ تغییر مکان جانبی.....
۶۱	۴-۴ مهار اجزای غیرسازه‌ای.....
۶۲	۵-۴ ضوابط خاص اجزای معماری.....
۶۵	۶-۴ ضوابط خاص اجزای مکانیکی و برقی.....
۶۷	<b>فصل پنجم: ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های غیر ساختمانی.....</b>
۶۷	۱-۵ کلیات.....
۶۷	۲-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان‌ها.....
۶۹	۳-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها و متکی بر زمین.....
۷۰	۴-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها و متکی بر سازه‌های دیگر.....
۷۱	۵-۵ ضوابط خاص طراحی سازه‌های غیرساختمانی.....
۷۵	<b>فصل ششم: الزامات ژئوتکنیکی.....</b>
۷۵	۱-۶ شناسایی نوع زمین.....
۷۶	۲-۶ ناپایداری‌های زمین ناشی از زلزله.....
۷۷	روانگرایی.....
۸۰	زمین لغزش.....
۸۲	فرونشست.....
۸۲	گسلش.....
۸۳	۳-۶ بزرگنمایی ناشی از توپوگرافی.....
۸۴	۴-۶ دیوار نگهدارنده خاک.....
۸۷	<b>فصل هفتم: ضوابط ساختمان‌های با مصالح بنایی کلافدار.....</b>
۸۷	۱-۷ تعریف.....
۸۷	۲-۷ هندسه ساختمان.....
۹۷	۳-۷ باز شو (در - پنجره - گنجه).....
۹۹	۴-۷ مصالح.....
۱۰۰	۵-۷ انواع دیوار مصالح بنایی.....
۱۰۶	۶-۷ کلاف‌بندی.....
۱۱۶	۷-۷ سقف.....

۱۲۶	۸-۷ نماسازی.....
۱۲۶	۹-۷ خرپشته.....
۱۲۷	پیوست ۱: درجه بندی خطر نسبی زلزله در شهرها و نقاط مهم ایران.....
۱۷۵	پیوست ۲: راهنمای انجام تحلیل غیر خطی.....
۱۷۷	۱- کلیات.....
۱۷۷	۲- مشخصات غیرخطی اعضای سازه.....
۱۷۸	۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی.....
۱۸۳	۴- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی.....
۱۸۷	پیوست ۳: اثر $P-\Delta$ .....
۱۸۹	۱- کلیات، تعاریف و مفاهیم.....
۱۹۱	۲- محاسبه تغییر مکان نسبی و نیروی برشی معادل طبقه.....
۱۹۲	۳- روش استفاده از برنامه کامپیوتری.....
۱۹۳	پیوست ۴: دیافراگمها.....
۱۹۵	۱- تعریف و عملکرد.....
۱۹۶	۲- انواع دیافراگمها از نظر جنس و سیستم ساختمانی.....
۱۹۶	۳- انواع دیافراگمها از نظر صلبیت و انعطاف پذیری.....
۱۹۷	۴- تغییر شکل دیافراگمها.....
۱۹۹	۵- نکاتی درباره تحلیل دیافراگمها.....
۲۰۰	۶- نکاتی درباره طراحی دیافراگمها.....
۲۰۳	پیوست ۵: اندرکنش خاک و سازه.....
۲۰۵	۱- کلیات.....
۲۰۵	۲- روش تحلیل استاتیکی معادل.....
۲۱۱	۳- روش تحلیل دینامیکی طیفی.....

## \* تعاریف

### اثر $\Delta$ -P: P-Delta Effect

اثر ثانوی بارهای قائم بر روی تلاش‌ها و تغییر مکان‌های اجزای قاب است که به علت تغییر شکل‌های ایجاد شده در سازه به وجود می‌آید.

### اتصال خورجینی: Khorjini Connection

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 ۳۲۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی آورده شده، استفاده می‌گردد.

### برش پایه: Base Shear

مجموع نیروهای جانبی زلزله که در ساختمان ایجاد می‌شود. این نیرو به صورت برش در تراز پایه اثر داده می‌شود.

### برش طبقه: Story Shear

جمع کل نیروی جانبی زلزله که در طبقات بالاتر از تراز طبقه مورد نظر ایجاد می‌شود. این نیرو به صورت برش در طبقه به وجود می‌آید.

### تراز پایه: Base

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

### تغییر مکان نسبی طبقه: Story Drift

تغییر مکان جانبی یک کف نسبت به کف پایین آن.

### جمع‌کننده: Collector

عضوی از دیافراگم است که به موازات نیروی برشی دیافراگم است و نیرو را به دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده، منتقل می‌نماید.

### حد مقاومت: Strength Limit

ترازی از تلاش‌هاست که در آن فولاد، در قطعات فولادی یا بتن آرمه، در کشش به مقاومت

تسلیم می‌رسد. در این تراز تلاش‌های واقعی با اعمال ضرائب اطمینان افزایش داده شده‌اند.

### حد تنش مجاز: Allowable Stress Limit

ترازی از تلاش است که در آن نیروهای واقعی بدون اعمال ضرائب اطمینان به سازه اثر داده شده‌اند.

### دیافراگم: Diaphragm

کف‌ها، بام‌ها و یا سیستم‌های مهاربندی افقی یا تقریباً افقی هستند که بار جانبی زلزله را با عملکرد میان‌صفحه‌ای به سیستم‌های قائم باربر جانبی منتقل می‌کنند.

### دیوار برشی: Shear Wall

دیوار برشی دیواری است که نیروهای جانبی افقی را با عملکرد میان‌صفحه‌ای تحمل کرده و به شالوده منتقل می‌کند.

### روانگرایی: Liquefaction

حالتی از زمین‌های ماسه‌ای نامتراکم اشباع شده است که در آن به علت حرکت ناشی از زلزله تعادل دانه‌ها بهم خورده و زمین با کاهش شدید مقاومت باربری و نشست زیاد روبرو می‌شود.

### سختی طبقه: Story Stiffness

برابر با مجموع سختی جانبی اعضای باربر جانبی آن طبقه است. برای محاسبه این سختی می‌توان 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 به‌طور عمده و بارهای جانبی کلاً توسط دیوارها تحمل می‌شوند. به بند (۱-۸-۱) مراجعه شود.

### سیستم قاب ساختمانی: Building Frame System

سیستمی است که در آن بارهای قائم به‌طور عمده توسط قاب‌های فضایی، بارهای جانبی کلاً توسط دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده تحمل می‌شوند. به بند (۱-۸-۲) مراجعه شود.

### سیستم قاب خمشی: Moment Frame System

سیستمی است که در آن کلیه بارهای قائم توسط قاب‌های فضایی و بارهای جانبی کلاً توسط قاب‌های خمشی تحمل می‌شوند. قاب‌های خمشی جزئی از قاب‌های فضایی هستند. به بند (۱-۸-۳) مراجعه شود.





### سیستم دوگانه یا ترکیبی: Dual System

سیستمی است که در آن بارهای قائم توسط قاب‌های فضایی به‌طور عمده و بارهای جانبی کلاً توسط قاب‌های خمشی و دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی‌شده تحمل می‌شوند. به بند (۴-۸-۱) مراجعه شود.

### سیستم کنسولی: Cantileverd System

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن نیروهای جانبی توسط ستون‌ها به صورت کنسولی تحمل می‌شوند.

### شکل‌پذیری: Ductility

خصوصیتی از سازه است که در آن اعضاء در تمام یا قسمتی از طول خود، بدون تغییر قابل ملاحظه‌ای در مقاومت، قادر به قبول تغییر شکل‌های عمدتاً پلاستیک می‌باشند.

### طبقه: Story

فاصله بین دو کف متوالی. کف زیرین هر طبقه به همین اسم نامیده می‌شود.

### طبقه نرم: Soft Story

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

### طبقه خیلی نرم: Extreme Soft Story

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

### طبقه ضعیف: Weak Story

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

### طبقه خیلی ضعیف: Extreme Weak Story

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

### قاب خمشی: Moment Frame

قابی است که در آن اتصالات تیر به ستون پیوسته (گیردار) است.

### قاب فضایی: Space Frame

قابی است سه بعدی که دارای اتصالات تیر به ستون ساده یا پیوسته است.



### قاب مهاربندی شده فولادی: Steel Braced Frame

قاب‌های است به شکل خرپای قائم از نوع همگرا و یا واگرا، که از آن برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی استفاده می‌شود.

### قاب مهاربندی شده همگرا: Concentrically Braced Frame

قاب مهاربندی شده‌ای است که در آن امتداد اعضای مورب از محل تقاطع تیرها و ستون‌ها می‌گذرند. در این قاب‌ها اعضاء عمده‌تاً تحت فشار یا کشش قرار دارند.

### قاب مهاربندی شده واگرا: Eccentrically Braced Frame

قاب مهاربندی شده‌ای است که در آن حداقل یکی از دو انتهای اعضای مورب در فاصله کمی از محل تقاطع تیر با ستون و یا تیر با عضو مورب دیگر، محور تیر را قطع می‌کند. در این قاب‌ها، تیرها علاوه بر فشار و کشش، تحت خمش و برش قرار می‌گیرند.

### مرکز سختی: Center of Rigidity

مرکز سختی (صلبیت) طبقه، نقطه‌ای است که چنانچه برآیند نیروی برشی طبقه در آن نقطه وارد آید، طبقه تنها تغییر شکل جانبی انتقالی داشته باشد و هیچ‌گونه پیچش در آن مشاهده نشود.

### مقاومت جانبی: Lateral Strength

ظرفیت باربری نهایی یک عضو برای تحمل نیروهای جانبی.

### مقاومت جانبی طبقه: Story Lateral Strength

مجموع مقاومت جانبی اعضای طبقه

### نسبت تغییر مکان طبقه: Story Drift Ratio

نسبت تغییر مکان نسبی طبقه به ارتفاع طبقه.

\* علائم

شتاب مبنای طرح	A
ضریب بزرگ‌نمایی	$A_j$
ضریب بازتاب ساختمان	B
ضریب شکل طیف	$B_1$
ضریب بازتاب برای قطعات الحاقی	$B_p$
ضریب زلزله	C
ضریب بزرگ‌نمایی تغییر مکان	$C_d$
عرض ساختمان	D
اندازه پیش‌آمدگی ساختمان در ساختمان‌های با مصالح بنایی مطابق شکل (۷-۱) فصل ۷	d
ضخامت لایه $i$ 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 ساده‌شده تحلیل	F
نیروی جانبی در تراز $j$	$F_j$
نیروی جانبی قطعه الحاقی	$F_p$
نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز $i$	$F_{pi}$
مؤلفه 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 پیش‌آمدگی ساختمان در ساختمان‌های با مصالح بتایی مطابق شکل (۷-۱) فصل ۷	l
لنگر پیچشی در طبقه $i$	$M_i$
ضریب اصلاح طیف	N
تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا	n
تعداد ضربات نفوذ استاندارد (اصلاح‌شده برای فشار مؤثر سربار و انرژی)	$N_{I(60)}$
ضریب رفتار سازه	$R_u$
عددی که بر حسب نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی تعیین می‌شود	S
زمان تناوب اصلی نوسان سازه در جهت مورد نظر	T
عددی که بر حسب نوع زمین تعیین می‌شود	$T_s$



عددی که بر حسب نوع زمین تعیین می‌شود	$T_0$
کل نیروی جانبی طرح یا برش طرح در تراز پایه	$V_u$
حداقل نیروی جانبی طرح یا برش طرح در تراز پایه	$V_{min}$
میانگین سرعت موج برشی لایه‌های خاک	$\bar{V}_s$
کل نیروی جانبی یا برش پایه در زلزله سطح بهره‌برداری	$V_{ser}$
سرعت موج برشی لایه $i$ خاک	$V_{si}$
وزن مؤثر لرزه‌ای	$W$
آن قسمت از وزن مؤثر لرزه‌ای که در تراز $i$ واقع شده است.	$W_i$
وزن دیافراگم و قطعات مرتبط با آن در سطح $i$	$w_i$
بار مرده به اضافه قسمتی یا کل سربار قطعه	$W_p$
ضریب نامعینی سازه	$\rho$
ضریب اضافه مقاومت	$\Omega_0$
تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی طرح	$\Delta_M$
تغییر مکان جانبی نسبی زیر اثر زلزله طرح	$\Delta_{eu}$
تغییر مکان جانبی نسبی مجاز	$\Delta_a$

## فصل اول

### کلیات

#### ۱-۱ هدف

هدف این آیین‌نامه تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان‌ها در برابر اثرهای ناشی از زلزله است، به طوری که با رعایت آن انتظار می‌رود:

- ۱- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده سازه‌ای و غیر سازه‌ای نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.
- ۲- ساختمان‌های با "اهمیت زیاد" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده نبینند، به طوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.
- ۳- ساختمان‌های با "اهمیت خیلی زیاد"، در اثر زلزله طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نداشته باشند، به طوری که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد.
- ۴- کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره‌برداری آسیبی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.

#### ۲-۱ زلزله‌های مبنای طراحی

زلزله‌های مبنای طراحی در این آیین‌نامه به شرح زیر می‌باشند:

الف- "زلزله طرح" زلزله‌ای است که احتمال فرا گذشت آن در ۵۰ سال ده درصد باشد. دوره بازگشت این زلزله ۴۷۵ سال است.



ب- "زلزله بهره‌برداری" زلزله‌ای است که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال ۹۹/۵ درصد باشد. دوره بازگشت این زلزله حدود ۱۰ سال است.

### ۳-۱-۳ حدود کاربرد

۳-۱-۱ این آیین‌نامه برای طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه، فولادی، چوبی و ساختمان‌های با مصالح بنایی به کار می‌رود.

۳-۱-۲ سازه‌های زیر مشمول این آیین‌نامه نیستند:

سازه‌های 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 آیین‌نامه 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 آنکه مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه از ۸۰ درصد مقادیر طیف طرح استاندارد مطابق بند (۲-۵-۱)، بدون در نظر گرفتن ضرایب اهمیت  $I$  و رفتار  $R_u$ ، کمتر نباشد.

۳-۱-۳-۱ 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 آیین‌نامه می‌شوند. طراحی این‌گونه ساختمان‌ها تا زمانی که آیین‌نامه ویژه‌ای در مورد آنها تدوین نگردیده است، باید بر اساس یکی از آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی باشد، در غیر اینصورت ضوابط کلی و مقررات مربوط به ساختمان‌های با مصالح بنایی کلافاً مندرج در فصل هفتم این آیین‌نامه، باید در مورد این ساختمان‌ها نیز رعایت گردد.

### ۴-۱-۴ ملاحظات معماری

۴-۱-۱ برای حذف و یا کاهش خسارت و خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، ساختمان‌ها باید با پیش‌بینی درز انقطاع از یکدیگر جدا شده و یا با فاصله‌ای



حداقل از مرز مشترک با زمین‌های مجاور ساخته شوند. برای تأمین 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 می‌توان با مصالح کم‌مقاومت، که در هنگام وقوع زلزله بر اثر برخورد دو ساختمان به آسانی خرد می‌شوند، 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 پیش‌آمدگی و پس‌رفتگی زیاد باشد و از ایجاد تغییرات نامتقارن پلان در ارتفاع ساختمان نیز حتی‌المقدور احتراز شود.

۱-۴-۳ از احداث طره‌های بزرگ‌تر از ۱/۵ متر حتی‌المقدور 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، تأسیساتی و یا کالاهای سنگین بر روی طره‌ها و عناصر لاغر و دهانه‌های بزرگ حتی‌المقدور پرهیز گردد.

۱-۴-۶ با به‌کارگیری مصالح غیرسازه‌ای سبک برای مواردی از قبیل کف‌سازی، سقف کاذب، تیغه‌بندی، نما و... وزن ساختمان به حداقل رسانده شود.

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

۱-۴-۸ از کاهش و افزایش مساحت زیربنای طبقات در ارتفاع، به طوری که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در جرم طبقات ایجاد شود، حتی‌المقدور 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 به‌طور یکپارچه عمل کند. در این مورد کفها باید به عناصر قائم باربر، قاب‌ها و یا دیوارها، به نحو مناسبی متصل باشند،



به طوری که بتوانند به صورت یک دیافراگم عمل نموده و نیروهای زلزله را به عناصر باربر جانبی منتقل نمایند.

۱-۵-۲ ساختمان باید حداقل 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 به طور مناسب صورت گیرد.

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

۱-۵-۴ عناصری که نیروهای افقی زلزله را تحمل می کنند تا حد امکان به صورتی در نظر گرفته شوند، که انتقال نیروها به سمت شالوده به طور مستقیم انجام شود و عناصری که باهم کار می کنند در یک صفحه قائم قرار داشته باشند.

۱-۵-۵ عناصر مقاوم در برابر نیروهای افقی زلزله به صورتی 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 می شود، طراحی به نحوی صورت گیرد که تا حد امکان ستونها دیرتر از تیرها دچار خرابی شوند.

۱-۵-۸ اجزای غیر سازه ای مانند دیوارهای داخلی و نماها طوری اجرا شوند که تا حد امکان مانعی برای حرکت اعضای سازه ای در زمان زلزله ایجاد نکنند. در غیر این صورت، اثر اندرکنش این اجزاء با سیستم سازه باید در تحلیل سازه در نظر گرفته شود.

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





۱-۵-۱۰ از به‌کارگیری سیستم‌های مختلف سازه‌ای در امتدادهای مختلف در پلان و در ارتفاع حتی‌المقدور خودداری شود.

### ۱-۶ گروه‌بندی ساختمان‌ها برحسب اهمیت

ساختمان‌ها بر حسب نوع کاربری و میزان آسیب‌رسانی 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 غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود؛ مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مراکز و تأسیسات آبرسانی، ساختمان‌های نیروگاه‌ها و تأسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات نظامی و انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و به‌طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آنها در نجات و امداد مؤثر می‌باشد.

ب- ساختمان‌های خطرزا:

این گروه شامل ساختمان‌ها و تأسیساتی است که خرابی آنها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر در کوتاه‌مدت و درازمدت برای محیط زیست می‌شوند، مانند کارخانه‌های تولیدکننده 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 به‌طور کلی مراکزی که در آنها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش دیگری نگهداری می‌شود.

پ- ساختمان‌ها و تأسیسات صنعتی که خرابی آنها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش‌سوزی وسیع می‌شود مانند پالایشگاه‌ها، انبارهای سوخت و مراکز گازرسانی.

گروه ۳- ساختمان‌های «با اهمیت متوسط»

این گروه ساختمان‌ها شامل کلیه ساختمان‌های مشمول این آیین‌نامه، بجز ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه دیگر می‌باشند، مانند ساختمان‌های مسکونی و اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های چندطبقه، 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 نگهداری دام.

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

### ۱-۷ گروه‌بندی 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 این صورت "منظم" محسوب می‌شوند.

#### ۱-۷-۱ نامنظمی در پلان

الف- نامنظمی هندسی: در مواردی که پس‌رفتگی هم‌زمان در دو جهت در یکی از گوشه‌های ساختمان بیشتر از ۲۰ درصد طول پلان در آن جهت باشد.

ب- نامنظمی پیچشی: در مواردی که حداکثر تغییر مکان نسبی در یک انتهای

ساختمان در هر طبقه، با احتساب پیچش تصادفی و با منظور کردن  $A_j = 1/0$



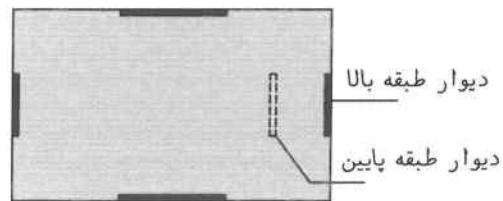
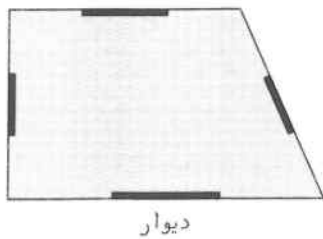
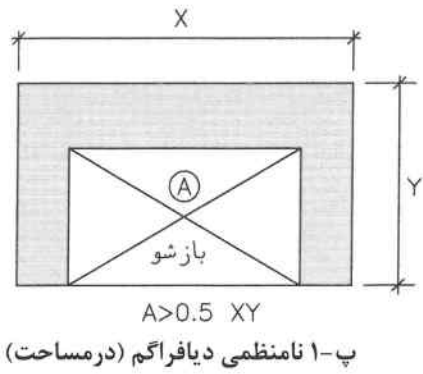
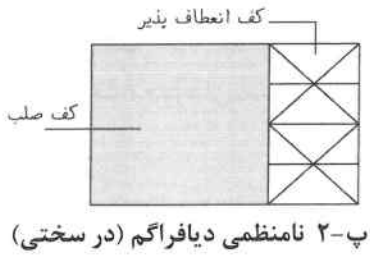
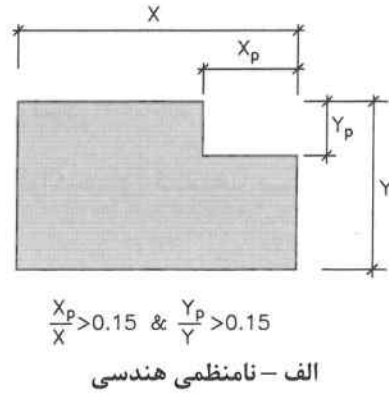
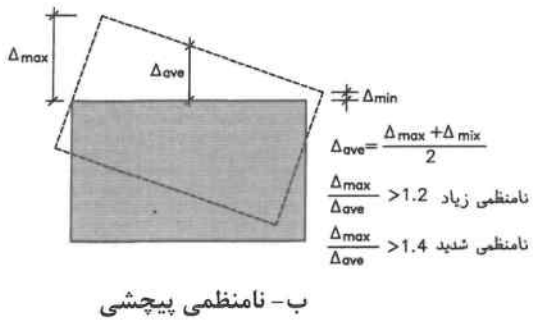
بیشتر از ۲۰ درصد متوسط تغییر مکان نسبی در دو انتهای ساختمان در آن طبقه باشد. در این موارد نامنظمی "زیاد" و در مواردی که این اختلاف بیشتر از ۴۰ درصد باشد، نامنظمی "شدید" پیچشی توصیف می‌شود.

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:** در مواردی که در سیستم باربر جانبی انقطاعی در مسیر انتقال نیروی جانبی، مانند تغییر صفحه، حداقل در یکی از اجزای باربر جانبی در طبقات، وجود داشته باشد.

**ث- نامنظمی سیستم‌های غیر موازی:** در مواردی که بعضی اجزای قائم باربر جانبی به موازات محورهای متعامد اصلی ساختمان نباشد.





### ۲-۷-۱ 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.

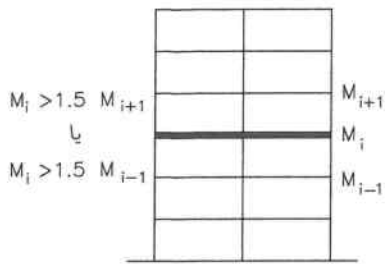
**ب- نامنظمی جرمی:** در مواردی که جرم هر طبقه بیشتر از ۵۰ درصد با جرم‌های طبقات مجاور تفاوت داشته باشد.

طبقات بام و خرپشته از این تعریف مستثنا هستند.

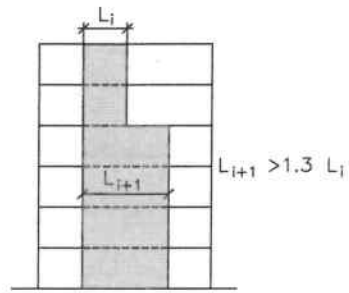
**پ- نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی:** در مواردی که جزئی از سیستم بار بر جانبی در ارتفاع قطع شده باشد، به طوری که آثار ناشی از واژگونی روی تیرها، دال‌ها، ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی تغییراتی ایجاد کند.

**ت- نامنظمی مقاومت جانبی:** در مواردی که مقاومت جانبی طبقه از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود کمتر باشد، چنین طبقه‌ای اصطلاحاً "طبقه ضعیف" نامیده می‌شود. در مواردی که مقدار فوق به ۶۵ درصد کاهش یابد، طبقه اصطلاحاً "طبقه خیلی ضعیف" توصیف می‌شود.

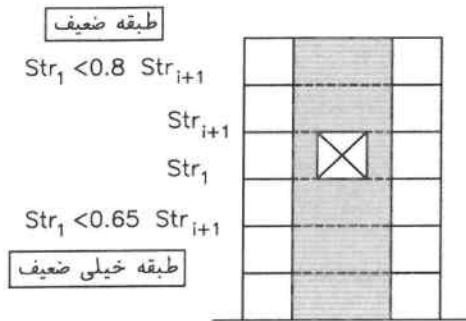
**ث- نامنظمی سختی جانبی:** در مواردی که سختی جانبی هر طبقه کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی‌های جانبی سه طبقه روی خود باشد. چنین طبقه‌ای اصطلاحاً "طبقه نرم" نامیده می‌شود. در مواردی که مقادیر فوق به ترتیب به ۶۰ درصد و ۷۰ درصد کاهش پیدا کنند، طبقه اصطلاحاً "طبقه خیلی نرم" توصیف می‌شود.



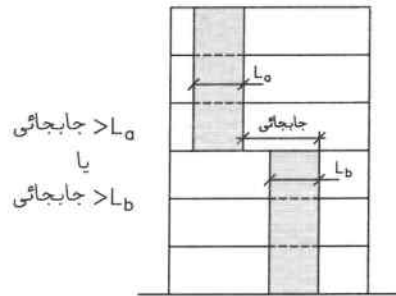
ب- نامنظمی جرمی



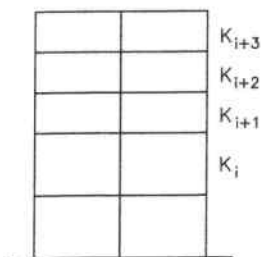
الف - نامنظمی هندسی



ت- نامنظمی مقاومت جانبی



پ- نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی

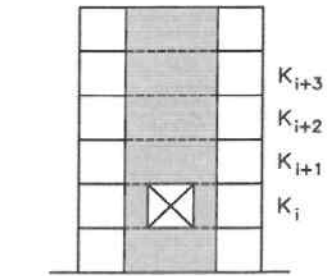
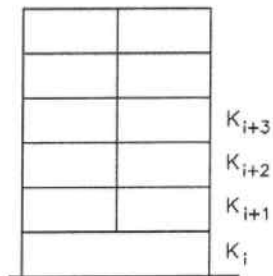


$$K_i < 0.7 K_{i+1}$$

یا

$$K_i < 0.8/3(K_{i+1}+K_{i+2}+K_{i+3})$$

طبقه نرم



$$K_i < 0.6 K_{i+1}$$

یا

$$K_i < 0.7/3(K_{i+1}+K_{i+2}+K_{i+3})$$

طبقه خیلی نرم

ث- نامنظمی سختی جانبی



### ۳-۷-۱ محدودیت در احداث ساختمان‌های نامنظم

الف- احداث ساختمان‌های با نامنظمی "طبقه خیلی ضعیف" در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر مجاز نیست و در مناطق با خطر نسبی کم، ارتفاع آنها نمی‌تواند بیش از سه طبقه و یا ۱۰ متر باشد.

ب- احداث ساختمان‌های با نامنظمی از نوع "طبقه خیلی نرم" و "شدید پیچشی" در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر، تنها بر روی زمین‌های نوع I، II و III مجاز است.

### ۸-۱ گروه‌بندی ساختمان‌ها برحسب سیستم سازه‌ای

ساختمان‌ها برحسب سیستم سازه‌ای به شش گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

#### ۱-۸-۱ سیستم دیوارهای باربر

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط دیوارهای باربر تحمل می‌شوند و مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط دیوارهای باربر که به صورت دیوارهای برشی عمل می‌کنند، تأمین می‌گردد. دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سردنورد که با تسمه‌های فولادی و یا صفحات پوششی فولادی مهارشده‌اند، جزء این سیستم محسوب می‌شوند.

#### ۲-۸-۱ سیستم قاب ساختمانی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های فضایی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده تأمین 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 اثر ناشی از اثر  $P-\Delta$  باشند.

#### ۳-۸-۱ سیستم قاب خمشی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم توسط قاب‌های فضایی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز توسط قاب‌های خمشی تأمین 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 مهاربندی‌شده 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 باید مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروهای جانبی در تراز پایه و دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی‌شده باید مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۵۰ درصد نیروهای جانبی در تراز پایه 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 مهاربندی‌شده 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 الزام‌بند (پ) را اقلان نکنند، سیستم دوگانه جزء سیستم قاب ساختمانی محسوب می‌شود، و در مواردی که دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی‌شده الزام‌بند فوق را اقلان نکنند، ضریب رفتار R در آن باید برابر ضریب رفتار در سیستم قاب خمشی با شکل‌پذیری متناظر در نظر گرفته شود.

### ۱-۸-۵ سیستم ستون کنسولی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن نیروهای جانبی توسط ستون‌ها به صورت کنسولی تحمل می‌شوند.

### ۱-۸-۶ سایر سیستم‌های سازه‌ای

در این آیین‌نامه استفاده از سیستم‌های سازه‌ای، غیر از آنچه در بالا عنوان شده، به شرطی مجاز است که ویژگی‌های آنها در ارتباط با بارهای قائم و زلزله توسط یکی از آیین‌نامه‌های معتبر جهانی، به تأیید کمیته اجرایی این آیین‌نامه رسیده باشد.



## فصل دوم

### حرکت زمین

#### ۱-۲ تعریف

حرکت زمین که در تحلیل سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید حداقل دارای شرایط «زلزله طرح» مطابق تعریف بند (۱-۲) باشد. آثار 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 (۲-۵-۱) و (۲-۵-۲) استفاده نمود و برای «تاریخچه زمانی شتاب» باید ضوابط بند (۲-۵-۳) را ملحوظ 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 به شتاب ثقل در مناطق مختلف کشور، بر اساس میزان خطر لرزه‌خیزی آنها، به شرح جدول (۱-۲) تعیین می‌شود. مناطق چهارگانه عنوان‌شده در این جدول در پیوست (۱) مشخص شده است.

جدول ۱-۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه‌خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
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 با توجه به نوع آن است. این ضریب با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

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

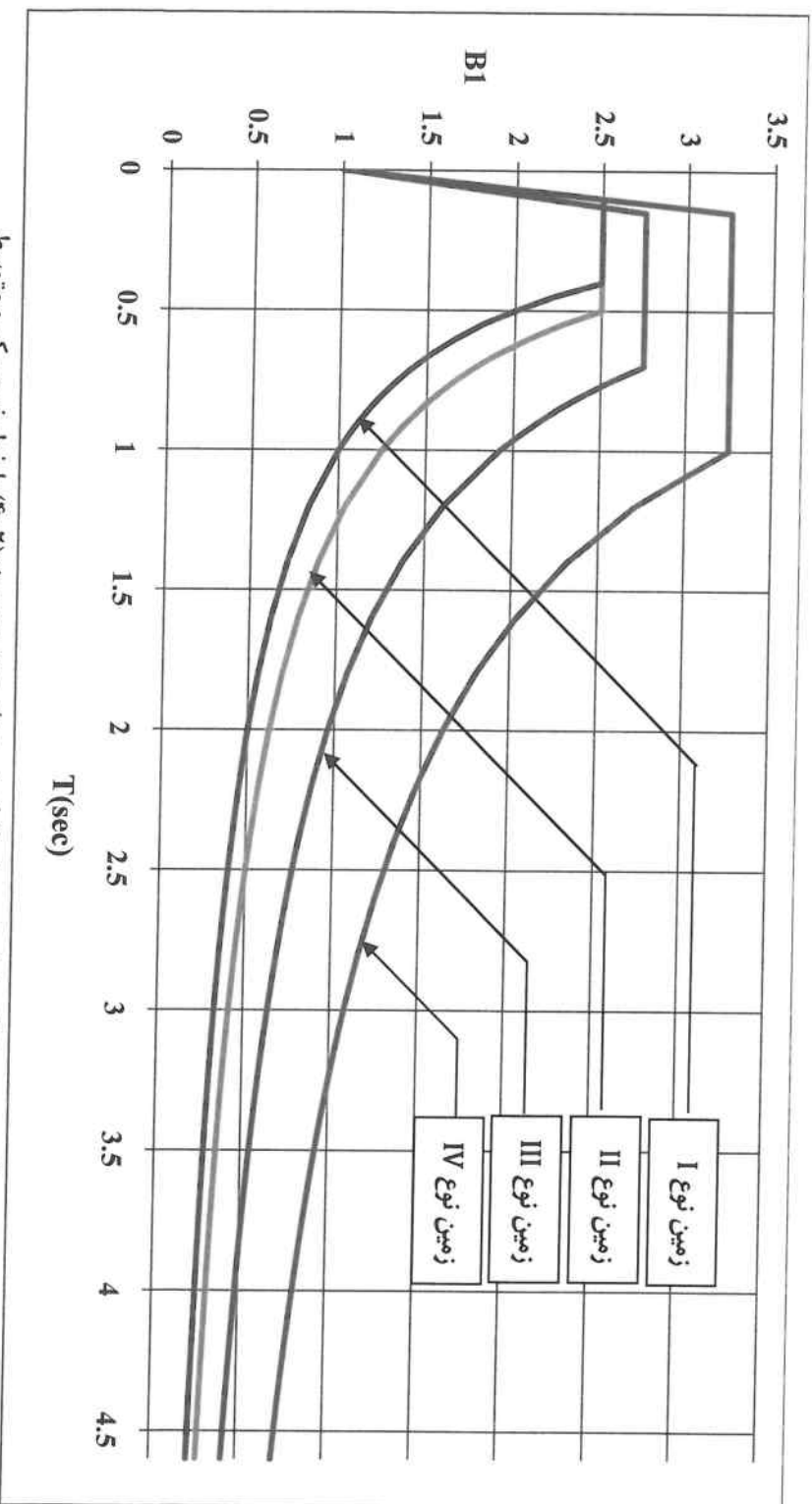
در این رابطه  $B_1$  ضریب شکل طیف و  $N$  ضریب اصلاح طیف است.

۱-۳-۲ ضریب شکل طیف،  $B_1$ ، با در نظر گرفتن بزرگ‌نمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل‌های (۱-۲-الف) و (۱-۲-ب) تعیین می‌گردد.

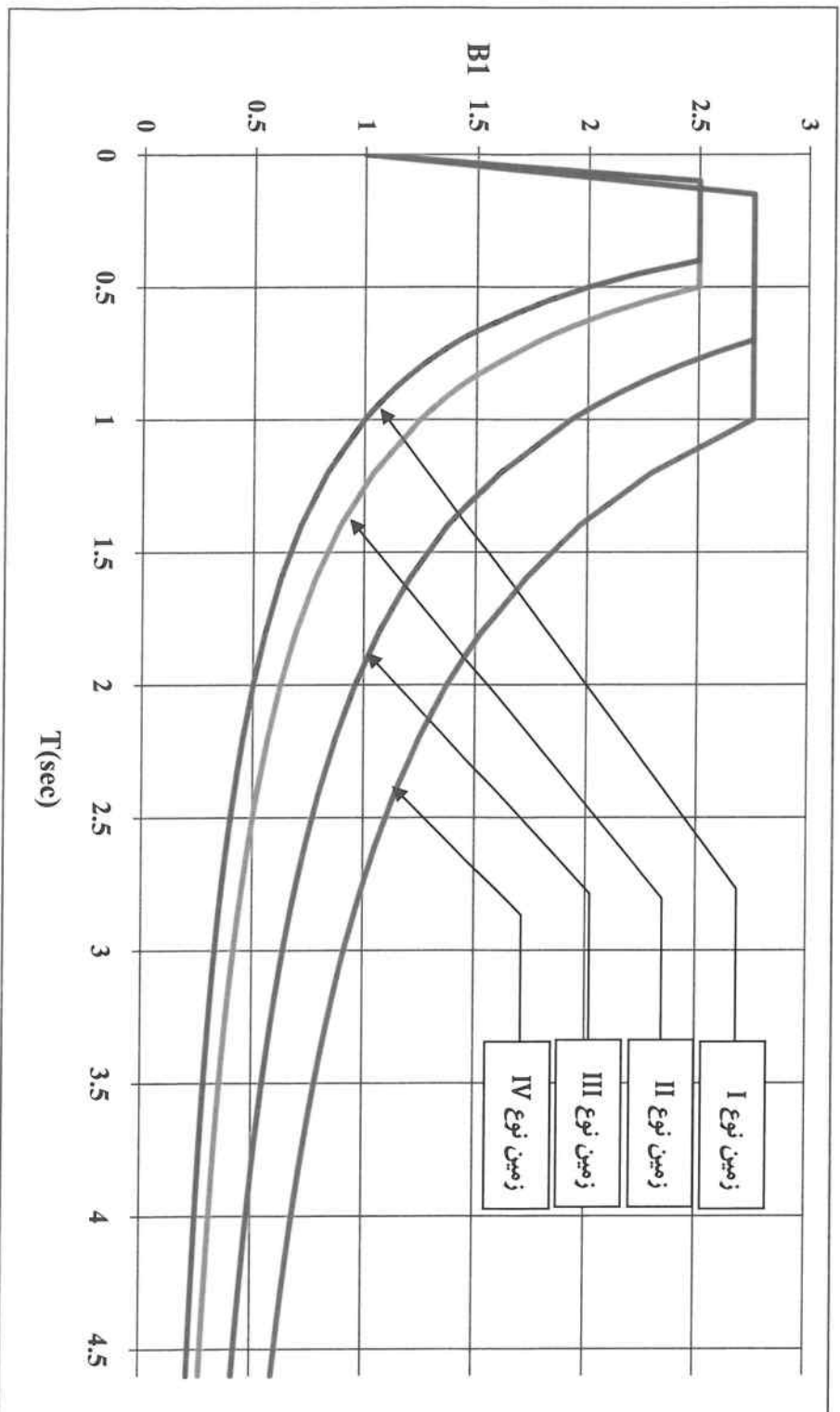
$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (2-2)$$

در این روابط:

$T$ : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. این زمان طبق بند (۳-۳-۳) تعیین می‌شود.  
 $S_0$  و  $S$ ،  $T_s$ ،  $T_0$ : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند.  
 مقادیر این پارامترها در جدول (۲-۲) و انواع زمین‌ها در بند (۴-۲) مشخص شده‌اند.



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



شکل ۲-۱-ب- ضریب شکل طیف طرح برای انواع زمین های مندرج در بند (۲-۴) با خطر زیاد و خیلی زیاد



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

۲-۳-۲ ضریب اصلاح طیف،  $N$ ، به شرح زیر تعیین می‌شود:

الف- برای پهنه‌های باخطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

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

$$T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (۳-۲)$$

$$N = 1.7$$

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

ب- برای پهنه‌های باخطر نسبی متوسط و کم

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

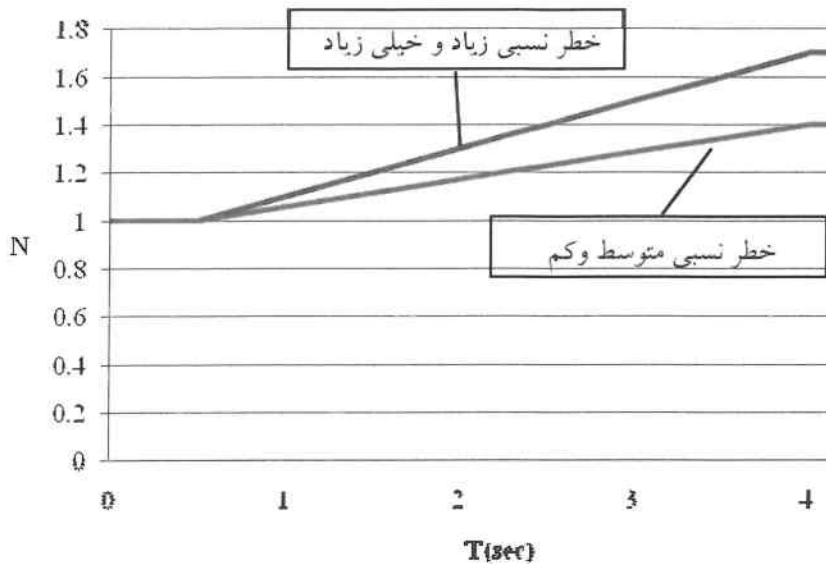
$$N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1$$

$$T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (۴-۲)$$

$$N = 1.4$$

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

روابط فوق برای خاک نوع II در شکل (۲-۲) نشان داده شده‌اند.



شکل ۲-۲ ضریب اصلاح طیف،  $N$ ، خاک نوع II

## ۲-۴ طبقه‌بندی نوع زمین

۲-۴-۱ زمین‌ساختگاه‌ها از نظر نوع سنگ و خاک به شرح جدول (۲-۳) طبقه‌بندی می‌شوند. در این جدول:

$\bar{v}_s$  : متوسط سرعت موج برشی در لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۳۰ متری از تراز پایه

$\bar{N}_{1(60)}$  : متوسط  $N_{1(60)}$  در لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۳۰ متری

$N_{1(60)}$  : تعداد ضربات نفوذ استاندارد (اصلاح شده برای فشار مؤثر سربار و انرژی)

$\bar{C}_u$  : متوسط  $C_u$  در لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۳۰ متری

$C_u$  : مقاومت برشی زهکشی‌نشده در خاک‌های چسبنده

تعیین طبقه‌بندی نوع زمین، در این جدول، باید براساس مقدار سرعت موج برشی  $\bar{v}_s$  صورت گیرد، لیکن در صورت دسترسی نداشتن به آن می‌توان در خاک‌های دانه‌ای با اندازه کوچک‌تر از شن متوسط از تعداد ضربات نفوذ استاندارد  $\bar{N}_{1(60)}$  و در خاک‌های چسبنده از مقاومت برشی زهکشی‌نشده  $\bar{C}_u$  استفاده نمود.



جدول ۲-۳ طبقه‌بندی نوع زمین

پارامترها			توصیف لایه‌بندی زمین	نوع زمین
$\bar{C}_u (kPa)$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{v}_s (m/s)$		
-	-	$>750$	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین	I
$>250$	$>50$	$375 - 750$	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 با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد. سنگ‌های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	II
$70 - 250$	$15 - 50$	$175 - 375$	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	III
$<70$	$<15$	$<175$	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

۲-۴-۲ برای تعیین متوسط سرعت موج برشی،  $\bar{v}_s$  می‌توان از رابطه (۲-۵) یا از رابطه معتبر دیگری استفاده کرد:

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

در این رابطه،  $d_i$  و  $v_{si}$  به ترتیب ضخامت لایه و سرعت موج برشی تا عمق ۳۰ متری از تراز پایه است.

۲-۴-۳ در مواردی که در انطباق مشخصات محل ساختگاه با انواع مندرج در جدول (۲-۳) تردیدی وجود داشته باشد، باید نوع زمینی که ضریب بازتاب بزرگ‌تری به‌دست می‌دهد، انتخاب گردد.

۲-۴-۴ در مواردی که جزئیات خصوصیات خاک به حد کافی برای تعیین نوع زمین محل شناخته‌شده نباشد و داده‌های ژئوتکنیکی خصوصیتی شبیه زمین نوع IV را در محل نشان ندهد و طبق بند (۶-۱) 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 (۲-۳) انتخاب کرد.

۲-۴-۵ در موارد زیر برای تعیین نوع زمین انجام مطالعات ویژه ساختگاه الزامی است:  
الف- برای ساختگاه‌هایی که دارای خصوصیتی غیر از زمین‌های نوع I تا IV هستند. برای این نوع ساختگاه‌ها، امکان ناپایداری زمین تحت نیروی زلزله نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.

ب- در ساختگاه‌هایی که زمین آنها متشکل از رس یا لای نرم دارای رطوبت زیاد با حداقل ضخامت ۱۰ متر و  $PI > 40$  (دامنه خمیری خاک) می‌باشد.

پ- در ساختگاه‌هایی که لایه‌های خاک با سرعت موج برشی معادل خاک‌های نوع III یا IV و ضخامت بین ۵ تا ۲۰ متر بر روی یک لایه سخت با سرعت موج برشی بیش از  $750 \text{ m/s}$  قرار گرفته و سرعت موج برشی این لایه سخت حداقل ۳ برابر متوسط سرعت موج برشی لایه فوقانی باشد. در این مورد، در صورت عدم دسترسی به طیف طرح ویژه ساختگاه، می‌توان از طیف زمین نوع IV استفاده کرد.

۲-۴-۶ در کلیه ساختگاه‌ها چنانچه عواملی وجود داشته باشد که منجر به ناپایداری زمین گردد، لازم است در مطالعات ژئوتکنیکی کنترل‌های مطرح شده در فصل ششم مدنظر قرار گیرد.





## ۲-۵ حرکت زمین

اثر حرکت زمین در ساختگاه به یکی از روش‌های زیر تعیین می‌شود:

### ۲-۵-۱ طیف طرح استاندارد

این طیف منعکس‌کننده اثر حرکت زمین برای زلزله طرح در آیین‌نامه است و از حاصلضرب مقادیر ضریب بازتاب ساختمان B در پارامترهای: نسبت شتاب مبنای A، ضریب اهمیت I موضوع بند (۳-۳-۴) و عکس ضریب رفتار  $1/R_u$  موضوع بند (۳-۳-۵) و با در نظر گرفتن محدودیت رابطه (۳-۳) به دست می‌آید. در تعیین این طیف نسبت میرایی ۵ درصد در نظر گرفته شده است. طیف طرح استاندارد را می‌توان در کلیه ساختمان‌ها بجز مواردی که در بند (۲-۵-۲) عنوان شده، به کار برد.

### 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 به‌کارگیری نسبت میرایی ۵ درصد تعیین می‌گردد. در صورتی که نوع ساختمان و سطح زلزله مورد نظر نسبت میرایی متفاوتی را ایجاب کند، می‌توان آن را مبنای تهیه طیف قرار داد. مقادیر محاسبه شده این طیف باید در ضریب اهمیت I و عکس ضریب رفتار  $1/R_u$  ضرب گردد. مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه نباید کمتر از ۸۰ درصد مقادیر طیف طرح استاندارد اختیار شود.

طیف طرح ویژه را می‌توان در کلیه ساختمان‌ها به‌کاربرد، ولی استفاده از آن در ساختگاه‌هایی که مطابق بند (۲-۴-۵) مطالعات ویژه ساختگاه برای آنها الزامی است و نیز در مورد ساختمان‌هایی که طبق بند (۳-۲-۲) مشمول استفاده از روش تحلیل دینامیکی می‌شوند و در آنها یکی از شرایط زیر موجود است، الزامی است.

الف- ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۱۵۰ متر از تراز پایه ویا دارای زمان تناوب اصلی نوسان T، بیشتر از ۳/۵ ثانیه



ب- ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» که بر روی زمین‌های غیر از نوع I، II یا III جدول (۲-۳)، ساخته می‌شوند.

پ- ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین‌های غیر از نوع I، II یا III جدول (۲-۳)، ساخته می‌شوند.

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

### ۲-۵-۳ تاریخچه زمانی شتاب، شتاب‌نگاشت

۲-۵-۳-۱ حرکت زمین در تعیین اثر زلزله بر ساختمان‌ها را می‌توان مستقیماً با منظور نمودن تغییرات شتاب با زمان در تحلیل دینامیکی سازه به‌دست آورد. استفاده از این روش در کلیه ساختمان‌ها مجاز است. شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده باید دارای خصوصیات مندرج در بندهای زیر باشند.

۲-۵-۳-۲ شتاب‌نگاشت‌هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند 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 شتاب‌نگاشت متعلق به مؤلفه‌های افقی سه زلزله مختلف ثبت‌شده که دارای ویژگی‌های زیر باشند انتخاب گردند:

الف- شتاب‌نگاشت‌ها متعلق به زلزله‌هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آنها اثر: بزرگا، فاصله از گسل، سازوکار چشمه لرزه‌زا در نظر گرفته شده باشد.

ب- ساختگاه‌های شتاب‌نگاشت‌ها باید به لحاظ ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی، لرزه‌شناسی و بخصوص مشخصات لایه‌های خاک با زمین محل ساختمان، تا حد امکان، مشابهت داشته باشند.

پ- مدت زمان حرکت شدید زمین در شتاب‌نگاشت‌ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر است، باشد. مدت زمان حرکت شدید شتاب‌نگاشت‌ها را می‌توان از روش‌های معتبر مانند روش توزیع تجمعی انرژی، تعیین کرد.



در مواردی که تعداد مورد نیاز از زوج شتاب‌نگاشت‌های مناسب ثبت‌شده در دسترس نباشد، می‌توان از زوج شتاب‌نگاشت‌های شبیه‌سازی‌شده مناسب برای تکمیل تعداد آنها استفاده کرد.

۲-۳-۳-۵ زوج شتاب‌نگاشت‌های انتخاب‌شده برای تحلیل سه بعدی سازه‌ها باید به روش زیر به مقیاس درآورده شوند:

الف- هر زوج شتاب‌نگاشت به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب در مؤلفه‌ای که دارای بیشینه بزرگ‌تری است، برابر با شتاب ثقل  $g$  گردد.

ب- طیف پاسخ شتاب هر یک از زوج شتاب‌نگاشت‌های مقیاس‌شده با منظور کردن نسبت میرائی ۵ درصد تعیین گردد.

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

ت- هر زوج شتاب‌نگاشت چنان مقیاس شود که برای هر  $T$  محدودده  $0.2 / T$  الی  $1.5T$ ، مقدار متوسط طیف جذر مجموع مربعات مربوط به تمام زوج مؤلفه‌ها، بیش از ده درصد از  $1/3$  برابر مقدار متناظر طیف طرح استاندارد کمتر نشود.  $T$  زمان تناوب اصلی ساختمان بر طبق بند (۳-۳-۳) است.

ث- ضریب مقیاس تعیین شده باید در شتاب‌نگاشت‌های مقیاس‌شده در بند (الف) ضرب شود و در تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گیرد. در مواردی که تحلیل سازه به صورت دوبعدی انجام می‌شود، طیف مؤلفه بزرگ‌تر شتاب‌نگاشت باید با طیف استاندارد مقایسه گردد.

## فصل سوم

### ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های ساختمانی

#### ۱-۳ ملاحظات کلی

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

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 مؤلفه‌های 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 نیروی زلزله محاسبه شود. به‌طور کلی می‌توان محاسبه در هر یک از این دو امتداد را جز در موارد زیر به‌طور مجزا و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام داد.

الف- ساختمان‌های نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون‌هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار



دارند. در این موارد چنانچه بارمحوری ناشی از اثر زلزله در ستون، در هریک از دو امتداد مورد نظر، کمتر از ۲۰ درصد ظرفیت بار محوری ستون باشد، این ضابطه را می‌توان نادیده گرفت.

در موارد فوق امتداد نیروی زلزله باید با زاویه مناسبی که حتی‌المقدور بیشترین اثر را ایجاد می‌کند، انتخاب شود و یا می‌توان صددرصد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن را ترکیب کرد. در این موارد منظور کردن برون‌مرکزی اتفاقی، موضوع بند (۳-۳-۷)، در امتدادی که ۳۰ درصد نیرو اعمال می‌شود، الزامی نیست.

۳-۱-۵ 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.

۳-۱-۶ مدل ریاضی که برای تحلیل سازه در نظر گرفته می‌شود، باید تا حد امکان نمایانگر وضعیت سازه به لحاظ توزیع جرم و سختی باشد. در این مدل باید علاوه بر کلیه اجزای مقاوم جانبی، اجزایی که مقاومت و سختی آنها تأثیر قابل ملاحظه‌ای در توزیع نیروها دارند، در نظر گرفته شوند. در این ارتباط در سازه‌های بتن‌آرمه رعایت اثر ترک‌خوردگی اجزا در سختی آنها الزامی است. اثر ترک‌خوردگی در این سازه‌ها را می‌توان مطابق بند (۳-۵-۵) برای تعیین تغییرشکل‌ها و نیز نیروهای داخلی در تحلیل سازه منظور کرد.

۳-۱-۷ نیروی جانبی زلزله، که با استفاده از روش‌های مختلف محاسبه می‌گردد، در شرایط خاصی از سازه‌ها باید افزایش داده شود. در این ارتباط باید به موارد زیر توجه شود:

الف- ضریب نامعینی سازه،  $\rho$ ، موضوع بند (۳-۳-۲)

ب- ضریب اضافه مقاومت،  $\Omega_0$ ، موضوع بند (۳-۳-۱۰)

### ۳-۲ روش‌های تحلیل سازه

۳-۲-۱ اثر زلزله بر سازه ساختمان‌ها را می‌توان به روش‌های خطی یا غیرخطی تحلیل نمود. روش‌های خطی شامل "تحلیل استاتیکی معادل" و "تحلیل دینامیکی طیفی" و "تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی" است. روش‌های غیرخطی شامل "تحلیل استاتیکی



غیرخطی" و "تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی" است. محدودیت‌های مربوط به هر یک از روش‌ها در بندهای زیر ارائه شده است:

### ۲-۲-۳ روش‌های تحلیل خطی

روش‌های تحلیل خطی را می‌توان در کلیه ساختمان‌ها با هر تعداد طبقه به‌کاربرد. تنها، روش استاتیکی معادل را می‌توان در ساختمان‌های سه طبقه و کوتاه‌تر، از تراز پایه و یا ساختمان‌های زیر به‌کار گرفت:

الف- ساختمان‌های منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه

ب- ساختمان‌های نامنظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه که دارای:

- نامنظمی زیاد و شدید پیشی در پلان نباشد

- نامنظمی جرمی، نرم و خیلی نرم در ارتفاع نباشد

### ۳-۲-۳ روش‌های تحلیل غیرخطی

روش‌های تحلیل غیرخطی را می‌توان در کلیه ساختمان‌ها با هر تعداد طبقه به‌کاربرد، ولی برای استفاده از آنها ضروری است سازه علاوه بر اقصای الزامات آنها، ضوابط تحلیل و طراحی یکی از روش‌های خطی عنوان شده در بند (۳-۲-۳) را نیز اقصای نماید. الزامات مربوط به روش‌های تحلیل غیرخطی در پیوست شماره (۲) ارائه شده است.

### 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 بندهای (۳-۱-۳) و (۳-۱-۵) به سازه اعمال می‌گردد و سازه با فرض رفتار خطی تحلیل می‌شود.

### ۱-۳-۳ نیروهای جانبی زلزله

#### ۱-۱-۳-۳ نیروی برشی پایه $V_u$

نیروی برشی پایه، یا برش پایه، به مجموع نیروهای جانبی زلزله اطلاق می‌شود که در تراز پایه، موضوع بند (۳-۱-۳-۳)، به ساختمان اعمال می‌گردد. این نیرو در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه (۱-۳) به دست آورده می‌شود:



$$V_u = CW$$

(۱-۳)

در این رابطه:

$V_u$ : نیروی برشی در حد مقاومت. حد مقاومت و حد تنش مجاز در "تعاریف" آیین‌نامه توضیح داده شده‌اند. برای تعیین این نیرو در حد تنش مجاز مقدار آن باید بر ضریب ۱/۴ تقسیم شود.

$W$ : وزن مؤثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۱-۳). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

C: ضریب زلزله که از رابطه (۲-۳) به دست می‌آید:

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

(۲-۳)

در این رابطه:

A: نسبت شتاب مبنای طرح مطابق بند (۲-۲)

B: ضریب بازتاب ساختمان مطابق بند (۳-۲)

I: ضریب اهمیت ساختمان مطابق بند (۴-۳-۳)

$R_u$ : ضریب رفتار ساختمان مطابق بند (۵-۳-۳)

مقدار برش پایه،  $V_u$ ، در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{u \min} = 0.12AIW$$

(۳-۳)



جدول ۳-۱ درصد میزان مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله

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

## ۳-۳-۱-۲ تراز پایه

تراز پایه، بنا به تعریف، به ترازوی در ساختمان اطلاق می‌شود که در هنگام زلزله از آن تراز به پایین اختلاف حرکتی بین ساختمان و زمین وجود نداشته باشند. 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 نباشند، تراز پایه باید در سطح بالای شالوده در نظر گرفته شود.
- ۲- برای ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل باشند و فضای بین خاکبرداری و دیوار نگهبان زیرزمین با خاک متراکم پر شده باشد، تراز پایه می‌تواند در نزدیک‌ترین سقف زیرزمین به زمین طبیعی اطراف در نظر گرفته شود، منوط بر آنکه اولاً خاک طبیعی موجود در اطراف ساختمان متراکم باشد و ثانیاً دیوارهای نگهبان زیرزمین بتن‌آرمه بوده و آخرین سقف زیرزمین نیز دارای صلبیت کافی باشد. در این راستا می‌توان از صلبیت تیرها و یا مجموعه تیر و دال سقف‌ها برای افزایش صلبیت سقف استفاده نمود.

۳-۳-۲ ضریب نامعینی سازه،  $\rho$ 

۳-۳-۱-۲ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها در دو جهت عمود برهم دارای نامعینی کافی نیستند، باید برای بار جانبی بیشتری طراحی شوند. در این ساختمان‌ها بار جانبی باید با ضریب  $\rho$  برابر با ۱/۲ افزایش داده شود.



۳-۲-۳-۳ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها دارای خصوصیات زیر هستند، دارای نامعینی کافی بوده و در آنها ضریب  $\rho$  برابر با ۱/۰ منظور می‌شود.

الف- در ساختمان‌های منظم در پلان، در طبقاتی که برش در آنها از ۳۵ درصد برش پایه تجاوز می‌کند، حداقل دو دهانه سیستم مقاوم جانبی در هر سمت مرکز جرم، در هر دو امتداد عمود برهم، موجود باشد. در سیستم‌های دارای دیوار برشی تعداد دهانه‌ها از تقسیم طول دیوار بر ارتفاع آن در طبقه به دست می‌آید.

ب- در سایر ساختمان‌ها، در طبقاتی که میزان برش در آنها از ۳۵ درصد برش پایه تجاوز می‌کند، چنانچه حذف جزئی از سیستم مقاوم جانبی، مطابق جدول (۲-۳)، موجب کاهش مقاومت جانبی طبقه به میزان بیشتر از ۳۳ درصد نشود و در طبقه نامنظمی شدید پیچشی، مطابق تعریف بند (۱-۷-۱) ایجاد نگردد.

جدول ۲-۳ محدودیت‌های مربوط به  $\rho = 1.0$

نوع سیستم مقاوم جانبی	الزامات
سیستم مهاربندی شده	حذف یک مهاربند یا اتصال آن
سیستم با دیوار برشی عادی یا دیوارهای برشی هم‌بسته با نسبت ارتفاع هر پایه به طول بزرگ‌تر از ۱/۰	حذف یک دیوار و یا یک پایه و یا اتصالات جمع‌کننده آنها
سیستم قاب خمشی	حذف مقاومت خمشی اتصالات دو انتهای یک تیر
سیستم کنسولی	حذف مقاومت خمشی در اتصال پایه یکی از ستون‌ها

۳-۲-۳-۳ ساختمان‌ها و یا اجزای زیر مشمول محدودیت‌های مربوط به ضریب نامعینی نمی‌شوند و  $\rho$  در آنها باید برابر با ۱/۰ منظور شود:

الف- ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر از ۳ طبقه و یا کوتاه‌تر از ۱۰ متر از تراز پایه

ب- محاسبه تغییر مکان جانبی ساختمان



پ- محاسبه اثر  $P - \Delta$

ت- تعیین نیروی جانبی در اجزای غیرسازه‌ای

ث- تعیین نیروی جانبی در سازه‌های غیرساختمانی غیر مشابه ساختمان

ج- تعیین نیروها در دیافراگم‌ها، رابطه (۳-۱۵)

چ- در کلیه اعضایی که مشمول طراحی برای زلزله تشدید یافته می‌شوند و نیروی زلزله در آنها در ضریب اضافه مقاومت  $\Omega_0$  ضرب می‌شود.

۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان،  $T$

۱-۳-۳-۳ ساختمان‌های متعارف

ساختمان‌های متعارف به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شود که توزیع جرم و سختی در ارتفاع آنها عمدتاً به صورت متناسب تغییر کند. در این ساختمان‌ها زمان تناوب اصلی نوسان را می‌توان از روابط تجربی زیر به دست آورد.

الف- برای ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی

۱- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمایند:

- در قاب‌های فولادی

$$T = 0.08H^{0.75}$$

(۳-۳)

- در قاب‌های بتن آرمه

$$T = 0.05H^{0.9}$$

(۴-۳)

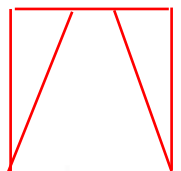
۲- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمایند: مقدار  $T$  باید برابر با ۸۰ درصد مقادیر عنوان شده در بالا در نظر گرفته شود.

ب- برای ساختمان‌های با سیستم مهاربندی واگرا: مشابه قاب‌های فولادی، از رابطه (۳-۳)

پ- برای ساختمان‌های با سایر سیستم‌های مندرج در جدول (۳-۵)، به غیر از سیستم کنسولی، با یا بدون وجود جداگرهای میانقابی:

$$T = 0.05H^{0.75}$$

(۵-۳)





در روابط بالا  $H$  ارتفاع ساختمان از تراز پایه است و در محاسبه آن ارتفاع خرپشته، در صورتی که وزن آن بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، باید منظور گردد. در بام‌های شیب‌دار،  $H$  متوسط ارتفاع بام از تراز پایه است.

تبصره- در این ساختمان‌ها، در کلیه موارد، می‌توان زمان تناوب اصلی نوسان را با استفاده از تحلیل دینامیکی تعیین و در محاسبات نیروها منظور نمود، ولی مقدار آن در هر حالت نباید از  $1/25$  برابر مقادیر به‌دست آورده شده از روابط تجربی بالا بیشتر در نظر گرفته شود.

### ۳-۳-۳-۲ ساختمان‌های غیرمتعارف

ساختمان‌های غیرمتعارف به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شوند که مشمول تعریف بند (۳-۳-۳-۱) نمی‌گردند، مانند ساختمان مساجد، آمفی‌تئاترها، سالن‌های ورزشی، گنبدها و... . در این ساختمان‌ها زمان تناوب اصلی نوسان باید با استفاده از تحلیل دینامیکی ساختمان و با منظور داشتن ضوابط زیر تعیین گردد:

الف- در مواردی که جداگرهای میانقابی در مدل تحلیلی منظور شده باشند:

$$T = T_D$$

ب- در مواردی که جداگرهای میانقابی در مدل تحلیلی منظور نشده باشند:

$$T = 0.8T_D$$

در این روابط  $T_D$  زمان تناوب اصلی انتقالی در تحلیل دینامیکی است.

### ۳-۳-۳-۳ سختی قطعات بتن‌آرمه

در محاسبه زمان تناوب اصلی ساختمان‌های بتن‌آرمه اثر ترک خوردگی اعضاء در سختی خمشی آنها باید در نظر گرفته شود. بدین منظور می‌توان سختی مؤثر اعضا را برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت:

$$I_e = 0.5I_g$$

- در تیرها

$$I_e = I_g$$

- در ستون‌ها و دیوارها

در این روابط  $I_g$  ممان اینرسی مقطع کل عضو بدون در نظر گرفتن فولاد است. توجه شود مقادیر فوق تنها در محاسبه زمان تناوب اصلی ساختمان کاربرد دارد.

### ۳-۳-۴ ضریب اهمیت ساختمان، $I_a$

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

جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان

ضریب اهمیت	طبقه‌بندی ساختمان
۱/۴	گروه ۱
۱/۲	گروه ۲
۱/۰	گروه ۳
۰/۸	گروه ۴

### ۳-۳-۵ ضریب رفتار ساختمان، $R_u$

۳-۳-۵-۱ ضریب رفتار ساختمان در برگیرنده خصوصیاتمانند شکل‌پذیری، نامعینی و اضافه مقاومت موجود در سازه ساختمان است. این ضریب با توجه به نوع سیستم باربر ساختمان و تمهیداتی که برای شکل‌پذیر کردن آن به‌کاربرده شده است، با رعایت محدودیت‌های بندهای (۳-۳-۵-۲) تا (۳-۳-۵-۷)، از جدول (۳-۴) تعیین می‌گردد. توجه شود که مقدار  $R_u$  نیروی برشی در رابطه (۳-۲) را در حد مقاومت به‌دست می‌دهد. حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان است که با سیستم باربر عنوان‌شده ساخته می‌شود. این ارتفاع از تراز پایه تعیین می‌گردد.

$C_d$ : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی آن است. به بند (۳-۵) مراجعه شود.

$\Omega_0$ : ضریب اضافه مقاومت سازه است که برای تعیین زلزله تشدید یافته مورد استفاده قرار می‌گیرد. به بند (۳-۳-۱۰) مراجعه شود.

جدول ۳-۴ مقادیر ضریب رفتار ساختمان،  $R_u$ ، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان  $H_m$

$H_m$ (متر)	$C_d$	$\Omega_0$	$R_u$	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
۵۰	۵	۲/۵	۵	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	الف- سیستم دیوارهای باربر
۵۰	۴	۲/۵	۴	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	۲/۵	۲/۵	۳/۵	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	
۱۵	۳	۲/۵	۳	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
۱۵	۲/۵	۲	۴	۵- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه‌ای فولادی	
۱۵	۴	۳	۵/۵	۶- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	
۱۰	۳	۲	۳	۷- دیوارهای بتن پاششی سه‌بعدی	
۵۰	۵	۲/۵	۶	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [۲]	ب- سیستم قاب ساختمانی
۳۵	۴	۲/۵	۵	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	۳	۲/۵	۴	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	
۱۵	۲/۵	۲/۵	۳	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
۵۰	۴	۲	۷	۵- مهاربندی واگرایی ویژه فولادی [۲] و [۳]	
۵۰	۵	۲/۵	۷	۶- مهاربندی کمانش تاب	
۱۵	۲/۵	۲	۳/۵	۷- مهاربندی همگرایی معمولی فولادی	
۵۰	۵	۲	۵/۵	۸- مهاربندی همگرایی ویژه فولادی [۲]	
۲۰۰	۵/۵	۳	۷/۵	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۴]	پ- سیستم قاب خمشی
۳۵	۴/۵	۳	۵	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۴]	
-	۲/۵	۳	۳	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [۴] و [۱]	
۲۰۰	۵/۵	۳	۷/۵	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	
۵۰	۴	۳	۵	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	
-	۳	۳	۲/۵	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	
۲۰۰	۵/۵	۲/۵	۷/۵	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
۷۰	۵	۲/۵	۶/۵	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	
۵۰	۴/۵	۲/۵	۶	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
۵۰	۴/۵	۲/۵	۶	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	



۲۰۰	۴	۲/۵	۷/۵	۵- قاب خمشی فولادی ویژه+ مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
۷۰	۵	۲/۵	۶	۶- قاب خمشی فولادی متوسط+ مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
۲۰۰	۵/۵	۲/۵	۷	۷- قاب خمشی فولادی ویژه+ مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
۷۰	۵	۲/۵	۶	۸- قاب خمشی فولادی متوسط+ مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
۱۰	۲	۱/۵	۲	۱- سازه‌های فولادی یا بتن‌آرمه ویژه	ث- سیستم کنسولی

### یادداشت‌های مربوط به جدول (۳-۴)

[۱] استفاده از این سیستم برای ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه‌خیزی و برای ساختمان‌های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه‌خیزی ۱ و ۲ مجاز نیست. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان‌های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه‌خیزی ۳ و ۴ به ۱۵ متر محدود می‌گردد.

[۲] ارتفاع مجاز در سیستم قاب ساختمانی با دیوار برشی بتن‌آرمه ویژه، با مهاربندهای واگرای ویژه یا با مهاربندهای همگرای ویژه، در صورتی که شرایط زیر موجود باشد، می‌تواند از ۵۰ متر به ۷۵ متر افزایش یابد:

الف- زمین ساختگاه از نوع I، II یا III جدول (۲-۴) باشد.

ب- ساختمان دارای نامنظمی در پلان از نوع شدید پیچشی نباشد.

پ- ساختمان در هر امتداد اصلی دارای سیستم مقاوم جانبی در دو طرف مرکز جرم باشد.

[۳] در سیستم‌های قاب ساختمانی با مهاربندی‌های واگرای ویژه فولادی، چنانچه در تیرهای پیوند رفتار برشی حاکم باشد، ضریب رفتار برابر با ۷ و چنانچه رفتار خمشی حاکم باشد، این ضریب باید برابر ۶ در نظر گرفته شود.

[۴] در این جدول قاب‌های خمشی بتن‌آرمه با شکل‌پذیری کم، متوسط و زیاد عنوان شده در آیین‌نامه بتن ایران "آبا" با عناوین معمولی، متوسط و ویژه معرفی شده‌اند. ضمناً در این سازه‌ها فاصله خاموت‌ها از یکدیگر در ناحیه ویژه دو انتهای ستون‌ها، مطابق تعریف آبا، نباید بیش از ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

۳-۳-۵-۲ ساخت ساختمان‌های با ارتفاع بیش از  $H_m$  در جدول (۳-۴) در کلیه مناطق کشور مجاز نیست. برای ساختمان‌های خاص که در آنها ارتفاعی بیشتر از این حدود مدنظر باشد، تأیید کمیته اجرایی این آیین‌نامه الزامی است.

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

۳-۳-۵-۴ 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.

۳-۳-۵-۵ 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.

۳-۳-۵-۶ در ساختمان‌های بتن‌آرمه 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 (۳-۳-۵-۵) می‌شود.

۳-۳-۵-۷ قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی ساده بر طبق نشریه شماره ۳۲۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی 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. حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان‌هایی که در آنها تنها از قاب‌های خمشی با این نوع اتصالات استفاده می‌شود به ۳۰ متر تقلیل می‌یابد.

۳-۳-۵-۸ 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  $\Omega_0$  مربوط به آن سیستم در نظر گرفته شود.

تنها در مواردی که در یک امتداد از سیستم دیوارهای برابر استفاده شده باشد، مقدار ضریب رفتار در امتداد دیگر نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوارهای برابر اختیار گردد.

### ۳-۳-۵-۹ ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع

در ساختمان‌هایی که از دو سیستم سازه‌ای مختلف برای تحمل بار جانبی در یک امتداد در ارتفاع استفاده شده باشد، برای تعیین نیروی جانبی زلزله باید الزامات زیر رعایت گردد:

#### ۳-۳-۵-۹-۱ حالت کلی

الف- زمان تناوب اصلی سازه باید مطابق ضوابط بند (۳-۳-۳) تعیین گردد. در مواردی که از روابط تجربی استفاده می‌شود، این زمان باید برابر با متوسط وزنی زمان‌های تناوب هر یک از سیستم‌ها در ارتفاع کل سازه در نظر گرفته شود.

ب- در ساختمان‌هایی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی بیشتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر  $R_u$ ،  $C_d$  و  $\Omega_0$  قسمت فوقانی باید برای محاسبات هر دو قسمت مورد استفاده قرار گیرد.

پ- در ساختمان‌هایی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی کمتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر  $R_u$ ،  $C_d$  و  $\Omega_0$  قسمت فوقانی باید برای محاسبات این قسمت مورد استفاده قرار گیرد. برای محاسبات قسمت تحتانی مقادیر  $R_u$ ،  $C_d$  و  $\Omega_0$  مربوط به همین قسمت مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی حالت نیروهای عکس‌العمل ناشی از تحلیل قسمت فوقانی نیز که در نسبت  $R_u/\rho$  قسمت فوقانی به  $R_u/\rho$  قسمت تحتانی ضرب شده‌اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اضافه شود. این نسبت در هر حال نباید کوچک‌تر از ۱/۰ باشد.

#### ۳-۳-۵-۹-۲ حالت خاص

در ساختمان‌هایی که سختی جانبی قسمت فوقانی به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سختی جانبی قسمت تحتانی بوده و شرایط زیر موجود باشد:

الف) سختی جانبی متوسط طبقات تحتانی حداقل ده برابر سختی متوسط طبقات



فوقانی باشد.

ب) زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه بیشتر از ۱/۱ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی باشد.

نیروهای جانبی را می‌توان با استفاده از روش دو مرحله زیر تعیین نمود:

۱- سازه انعطاف‌پذیر قسمت فوقانی به‌طور مجزا و با پایه‌های گیردار در نظر گرفته شده و مطابق روال عادی تحلیل می‌گردد. در تعیین نیروها کلیه پارامترهای مربوط به سیستم این قسمت مورد استفاده قرار داده می‌شود.

۲- سازه سخت قسمت تحتانی عیناً مانند آنچه در زیر بند (۱) گفته شد و با در نظر گرفتن پارامترهای مربوط به این قسمت تحلیل می‌گردد، با این تفاوت که نیروهای عکس‌العمل سازه فوقانی نیز به سازه تحتانی اثر داده می‌شود. این نیروها باید با ضریب نسبت  $R_{u/p}$  قسمت تحتانی به  $R_{u/p}$  قسمت فوقانی تعدیل شوند. ضریب مورد نظر نباید کوچک‌تر از ۱/۰ در نظر گرفته شود.

### ۳-۳-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

نیروی برشی پایه  $V_u$ ، که طبق بند (۳-۳-۱-۱) محاسبه شده است، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد:

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u \quad (۳-۶)$$

در این رابطه:

$F_{ui}$ : نیروی جانبی در تراز طبقه  $i$

$W_i$ : وزن طبقه  $i$  شامل وزن سقف و قسمتی از سربار آن مطابق جدول (۳-۱) و نصف وزن دیوارها و ستون‌هایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.

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

$n$ : تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا



k: ضریبی است که با توجه به زمان تناوب نوسان اصلی سازه T از رابطه زیر به دست آورده می‌شود:

$$K=0.5T+0.75 \quad 0.5 \leq T \leq 2.5 \text{ Sec} \quad (۷-۳)$$

مقدار K برای مقادیر T کوچک‌تر از ۰/۵ ثانیه و بزرگ‌تر از ۲/۵ ثانیه باید به ترتیب برابر با ۱/۰ و ۲/۰ در نظر گرفته شود.

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

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

۱-۷-۳-۳ نیروی برشی زلزله، که بر اساس توزیع نیروها در بند (۶-۳-۳) در طبقات ساختمان ایجاد می‌شود، به همراه نیروی برشی ناشی از پیچش ایجاد شده به علت برون از مرکز بودن این نیروها در طبقات باید، طبق بند (۲-۷-۳-۳)، 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 شود.

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

$$M_{ui} = \sum_{j=1}^n (e_{ij} + e_{aj}) F_{uj} \quad (۸-۳)$$

در این رابطه:

$e_{ij}$ : برون مرکزی نیروی جانبی طبقه J نسبت به مرکز سختی طبقه A، فاصله افقی مرکز

جرم طبقه J و مرکز سختی طبقه A

$e_{aj}$ : برون مرکزی اتفاقی طبقه J، موضوع بند (۳-۷-۳-۳)

$F_{uj}$ : نیروی جانبی در تراز طبقه J

۳-۷-۳-۳ برون 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 مؤلفه پیچشی زلزله از سوی دیگر، در نظر گرفته می‌شود. این برون 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، برون مرکزی اتفاقی حداقل باید در ضریب بزرگ‌نمایی  $A_j$ ، طبق رابطه زیر، ضرب شود.

$$A_j = \left( \frac{\Delta_{\max}}{1/2 \Delta_{\text{ave}}} \right)^2 \quad 1 \leq A_j \leq 3 \quad (9-3)$$

در این رابطه:

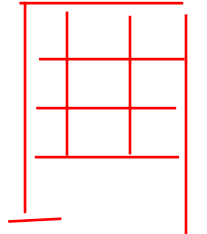
$\Delta_{\max}$  = حداکثر تغییر مکان طبقه  $z$  که با فرض  $A_j = 1/0$  محاسبه شده است.

$\Delta_{\text{ave}}$  = میانگین تغییر مکان دو انتهای ساختمان در طبقه  $z$  که با فرض  $A_j = 1/0$  محاسبه شده است.

۳-۷-۳-۴ در ساختمان‌های تا ۵ طبقه و یا کوتاه‌تر از هجده متر در مواردی که برون 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 برون مرکزی اتفاقی در طبقات نیست.

### ۳-۳-۸ 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 مؤثر لرزه‌ای ساختمان است که برای تعیین نیروی جانبی به کار رفته است و وزن شالوده و خاک روی آن به وزن مؤثر لرزه‌ای اضافه می‌شود. سازه ساختمان و پی آن باید به گونه‌ای طراحی شوند که توانایی تحمل اثر لنگر واژگونی را داشته باشند.

**۳-۳-۹ نیروی قائم ناشی از زلزله**

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

- الف- کل سازه ساختمان‌هایی که در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده‌اند.
- ب- تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از پانزده متر می‌باشد، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها.
- پ- 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 وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می‌شود.
- ت- بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌هایی که به صورت طره ساخته می‌شوند.

۳-۳-۹-۲ مقدار نیروی قائم از رابطه (۳-۱۰) محاسبه می‌شود. در مورد بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌ها، این نیرو باید در هر دو جهت رو به بالا و رو به پایین و بدون منظور نمودن اثر کاهنده بارهای ثقلی در نظر گرفته شود.

$$F_V = 0.6 A I W_p \quad (3-10)$$

در این رابطه:

A و I مقادیری هستند که برای محاسبه نیروی برشی پایه منظور شده‌اند.  
 $W_p$ : در مورد بند الف بالا بار مرده و در مورد سایر بندها بار مرده به اضافه کل سربار است. نیروی قائم زلزله باید در هر دو جهت رو به بالا و روبه پایین، جداگانه به سازه اعمال شود. در نظر گرفتن نیروی قائم در جهت رو به بالا در طراحی پی ساختمان ضروری نیست.

۳-۳-۹-۳ نیروهای قائم و افقی زلزله باید 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 و سازه باید برای بیشینه اثر این ترکیبات طراحی گردد.

**۳-۳-۱۰ ضریب اضافه مقاومت ،  $\Omega_0$** 

این ضریب، در مواردی که براساس ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی، عضوی از سازه باید برای نیروی زلزله تشدید یافته طراحی شود، به کار برده می‌شود. در این اعضا، اثرهای ناشی از

بار جانبی زلزله باید در ضریب  $\Omega_0$  ضرب گردند. مقدار  $\Omega_0$  در سازه‌های با سیستم‌های باربری مختلف در جدول (۳-۴) ارائه شده است. این آثار در هر حال لزومی ندارد بیشتر از حداکثر آنچه اعضای متصل به عضو می‌توانند به آن منتقل نمایند، در نظر گرفته شود. در این موارد تغییرات لازم در تنش‌های مجاز و یا ضرایب بار نهایی در ترکیبات مختلف بارگذاری باید براساس ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی صورت گیرد.

### ۳-۳-۱۱ اثر اندرکنش خاک و سازه

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

برای سازه‌های واقع بر روی زمین‌های نوع I، II یا III، اثر اندرکنش سازه و خاک را می‌توان به روش‌های مندرج در پیوست شماره (۵) در تحلیل‌ها در نظر گرفت. در هر حالت شالوده سازه باید به گونه‌ای طراحی شود که بتواند نیروها و تغییر شکل‌های ایجاد شده را متناسب با فرضیات تحلیل تحمل نماید.

### ۳-۴ روش‌های تحلیل دینامیکی خطی

روش‌های تحلیل دینامیکی خطی شامل روش‌های "تحلیل طیفی" و "تحلیل تاریخچه زمانی" اند و در کاربرد آنها باید ضوابط بندهای (۳-۴-۱) و (۳-۴-۲) رعایت شوند. کلیه پارامترهای مربوط به حرکت زمین نظیر جرم، نسبت شتاب مبنا و غیره در این روش‌ها همان مقادیر عنوان شده در تحلیل استاتیکی معادل‌اند. در این روش‌ها رعایت ضوابط مربوط به موضوعات زیر که در روش استاتیکی معادل عنوان شده است، نیز الزامی است:

- ضریب نامعینی سازه  $\rho$ ، موضوع بند (۳-۳-۲)
- محاسبه ساختمان‌ها در برابر واژگونی موضوع بند (۳-۳-۸)
- نیروی قائم زلزله موضوع بند (۳-۳-۹)
- ضریب اضافه مقاومت  $\Omega_0$  موضوع بند (۳-۳-۱۰)



- اثرهای اندرکنش خاک و سازه موضوع بند (۳-۳-۱۱)

### ۳-۴-۱ روش تحلیل طیفی

۳-۴-۱-۱ 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 می‌گردد. سپس حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به زمان تناوب آن مد از طیف طرح به دست آورده شده و با ترکیب آماری آنها بازتاب کلی سازه تعیین می‌گردد. در این روش تحلیل، الزامات بندهای (۳-۴-۱-۲) تا (۳-۴-۱-۶) باید رعایت شود.

### ۳-۴-۱-۲ تعداد مدهای نوسان

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

### ۳-۴-۱-۳ ترکیب اثر مدها

حداکثر بازتاب‌های دینامیکی سازه در هر مود، از قبیل نیروهای داخلی اعضا، تغییر مکان‌ها، نیروهای طبقات، برش‌های طبقات و عکس‌العمل 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.

### ۳-۴-۱-۴ اصلاح مقادیر بازتاب‌ها

در مواردی که برش پایه به دست آمده از روش تحلیل طیفی کمتر از برش پایه تحلیل استاتیکی معادل، رابطه (۳-۱) 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 (۳-۱) 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 به‌دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شوند. ولی در سازه‌های نامنظمی که نامنظمی آنها مشمول موارد فوق‌الذکر باشد، مقادیر بازتاب‌ها باید در نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش به‌دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شود.

ب- در سازه‌های منظم، مقادیر بازتاب‌ها باید در ۸۵ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به‌دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شود. تبصره: مقادیر برش پایه تعدیل شده در بندهای الف و ب نباید از برش پایه به‌دست آمده از تحلیل طیفی کمتر در نظر گرفته شود.

#### ۳-۴-۱-۵ اثر پیچش

در روش تحلیل طیفی باید اثر پیچش و پیچش اتفاقی را مشابه ضابطه بند (۳-۳-۷) منظور نمود. در مواردی که از مدل‌های سه‌بعدی برای آنالیز سازه استفاده می‌شود، اثر پیچش اتفاقی را می‌توان با جابجا کردن مرکز جرم طبقه به اندازه برون‌مرکزی اتفاقی منظور نمود.

#### ۳-۴-۱-۶ 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 اقلان ضابطه بند (۱-۸-۴-پ) باید ۲۵ درصد و ۵۰ درصد برش پایه به‌دست‌آمده از تحلیل طیفی را به قاب‌های خمشی، مهاربندی‌ها و یا دیوارهای برشی اثر داد و اطمینان حاصل کرد که هر یک از آنها قادر به تحمل این بار می‌باشند. برای توزیع این برش در ارتفاع سازه می‌توان از توزیع برش به‌دست آمده از تحلیل طیفی و یا از توزیع برش روش تحلیل استاتیکی معادل، بند (۳-۳-۶) استفاده نمود.

#### ۳-۴-۲ روش تحلیل تاریخچه زمانی

۳-۴-۲-۱ 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 رفتارخطی 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 براساس شتاب‌نگاشت‌هایی که با شرایط یاد شده در بند (۲-۵-۳) تهیه شده‌اند، تعیین می‌شود.



هر زوج شتاب‌نگاشت عنوان شده در آن بند هم‌زمان در دو جهت عمود بر یکدیگر، در امتدادهای اصلی سازه، به آن اثر داده می‌شوند و بازتاب‌های سازه به صورت تابعی از زمان تعیین می‌گردند. بازتاب نهایی سازه برابر با حداکثر بازتاب‌های به‌دست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب‌نگاشت مورد نظر می‌باشد.

در این روش تحلیل، می‌توان به‌جای سه زوج شتاب‌نگاشت عنوان شده در بند (۲-۵-۳) هفت زوج شتاب‌نگاشت با مشخصات عنوان شده در آن بند را به‌کار گرفت و مقدار متوسط بیشینه بازتاب‌های به‌دست آمده از آنها را بازتاب نهایی تلقی کرد.

### ۳-۴-۲-۲ اصلاح مقادیر بازتاب‌ها

پس از انجام تحلیل برای زوج شتاب‌نگاشت  $i$ ، مقدار حداکثر برش پایه  $V_i$ ، تلاش اعضا  $Q_{Ei}$  و جابجایی نسبی طبقات  $\Delta_i$  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  $V_u$  باشد، تلاش‌های اعضا،  $Q_{Ei}$  و جابجایی نسبی طبقات  $\Delta_i$ ، باید مجدداً در نسبت  $\frac{V_u}{V_i}$  نیز ضرب شوند.

اگر سه زوج شتاب‌نگاشت برای تحلیل مورد استفاده قرار گیرد، تلاش طراحی اعضا و جابجایی نسبی طراحی طبقات باید برابر با ماکزیمم مقادیر  $Q_{Ei}$  و  $\Delta_i$  حاصل از تحلیل‌ها در نظر گرفته شوند.

اگر از حداقل ۷ شتاب‌نگاشت برای تحلیل استفاده شود، تلاش طراحی اعضا و جابجایی نسبی طراحی طبقات را می‌توان به ترتیب برابر با مقدار متوسط مقادیر  $Q_{Ei}$  و  $\Delta_i$  حاصل از تحلیل‌ها در نظر گرفت.

۳-۴-۲-۳ در این تحلیل باید برای اثر پیچش ضابطه بند (۳-۴-۱-۵)، و برای سیستم‌های دوگانه و یا ترکیبی ضابطه بند (۳-۴-۱-۶) متناسب با روش تحلیل تاریخچه زمانی رعایت گردد.

### ۳-۵ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

۳-۵-۱ تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه، که اختلاف بین تغییر مکان‌های جانبی واقعی مراکز جرم کف‌های بالا و پایین آن طبقه است، نباید از مقدار مشخصی که



در این بند تعیین شده، تجاوز نماید. این تغییر مکان تنها با استفاده از تحلیل غیرخطی سازه قابل محاسبه است، ولی می‌توان آن را با تقریب خوبی از رابطه زیر به دست آورد:

$$\Delta_M = C_d \cdot \Delta_{eu} \quad (۱۱-۳)$$

در این رابطه:

$\Delta_M$  = تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی و یا تغییر مکان نسبی واقعی طبقه

$C_d$  = ضریب بزرگنمایی مطابق جدول (۴-۳)

$\Delta_{eu}$  = تغییر مکان جانبی نسبی طبقه زیر اثر زلزله طرح، مطابق رابطه (۱-۳)

در مواردی که روش طراحی تنش مجاز است، تغییر مکان جانبی نسبی به دست آمده از آن روش باید در ضریب ۱/۴ ضرب شود و سپس با مقدار مجاز  $\Delta_a$  در بند (۲-۵-۳) مقایسه شود. ۲-۵-۳ مقدار  $\Delta_M$  که با منظور کردن اثر  $P-\Delta$  در محاسبه  $\Delta_M$  به دست می‌آید نباید از مقدار مجاز  $\Delta_a$  زیر تجاوز نماید.

$\Delta_a = 0.025h$  - در ساختمان‌های تا ۵ طبقه

$\Delta_a = 0.020h$  - در سایر ساختمان‌ها

در این روابط  $h$  ارتفاع طبقه است.

۳-۵-۳ در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه  $\Delta_{eu}$ ، برای رعایت محدودیت‌های فوق، مقدار برش پایه در رابطه (۱-۳) را می‌توان بدون منظور کردن محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان  $T$  در تبصره بند (۱-۳-۳-۳) 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 (۳-۳) از بند (۱-۱-۳-۳) در خصوص حداقل برش پایه در محاسبات تغییر مکان نسبی ضروری است.

۴-۵-۳ در ساختمان‌های نامنظم پیچشی و یا نامنظم شدید پیچشی، برای محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه  $\Delta_{eu}$ ، به جای تفاوت بین تغییر مکان‌های جانبی مراکز جرم



کف‌ها، باید تفاوت بین تغییر مکان‌های جانبی کف‌های بالا و پایین آن طبقه در امتداد محورهای کناری ساختمان مد نظر قرار گیرد.

۳-۵-۵ در سازه‌های بتن‌آرمه در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طرح، ممان اینرسی مقطع ترک خورده قطعات را می‌توان، مطابق توصیه آیین‌نامه بتن ایران «آبا» برای تیرها  $I_g 0.35$ ، برای ستون‌ها  $I_g 0.7$ ، و برای دیوارها  $I_g 0.35$  یا  $I_g 0.7$  نسبت به میزان ترک خوردگی آنها، منظور کرد. برای زلزله بهره‌برداری مقادیر این ممان اینرسی‌ها را می‌توان تا  $1/5$  برابر افزایش داد و از اثر  $P-\Delta$  نیز صرف‌نظر کرد.

۳-۵-۶ در ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه و یا در ساختمان‌های بیشتر از هشت طبقه، عرض درز انقطاع بین ساختمان و ساختمان مجاور باید با استفاده از تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در طبقه (با در نظر گرفتن اثر  $P-\Delta$ ) تعیین شود. برای این منظور پس از محاسبه این تغییر مکان برای هر دو ساختمان می‌توان از جذر مجموع مربعات 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 غیرخطی طرح در آن طبقه ساختمان در نظر گرفته شود.

۳-۵-۷ در زلزله سطح بهره‌برداری، تغییر مکان نسبی باید الزامات بند (۳-۱۱-۲) را اقلان نماید.

### ۳-۶ اثر $P-\Delta$

در کلیه سازه‌ها تأثیر بار محوری در عناصر قائم بر روی تغییر مکان‌های جانبی آنها، برش‌ها و لنگرهای خمشی موجود در اعضا و نیز تغییر مکان‌های جانبی طبقات را افزایش می‌دهد. این افزایش به اثر ثانویه و یا اثر  $P-\Delta$  معروف است. این اثر در مواردی که شاخص پایداری  $\theta_i$ ، در رابطه (۳-۱۱)، کمتر از ده درصد باشد ناچیز بوده و می‌تواند نادیده گرفته شود. ولی اگر  $\theta_i$  بیشتر از ده درصد باشد، این اثر باید در محاسبات منظور گردد.

$$\theta_i = \left[ \frac{P_u \Delta_{eu}}{V_u h} \right]_i \quad (۳-۱۲)$$

در این رابطه:

$P_{ui}$  = مجموع بارهای مرده و زنده موجود در طبقه  $i$  تا  $n$ ، طبقه آخر، در حد مقاومت

$\Delta_{eui}$  = تغییر مکان جانبی نسبی اولیه در طبقه  $i$  حاصل از تحلیل خطی

$V_{ui}$  = مجموع نیروی برشی وارد در طبقه  $i$

$h_i$  = ارتفاع طبقه  $i$

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

$$\theta_{max} = \frac{0.65}{C_d} \leq 0.25 \quad (۳-۱۳)$$

برای منظور کردن اثر  $P-\Delta$  در طراحی سازه‌ها یا می‌توان این اثر را همراه با سایر عوامل در تحلیل سازه‌ها منظور کرد و نیروهای داخلی اعضاء را به‌دست آورد و یا می‌توان از روش‌های تقریبی عنوان‌شده در آیین‌نامه‌های طراحی استفاده نمود. همچنین 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 به‌کار 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  $P-\Delta$ ، را می‌توان از رابطه (۳-۱۴) محاسبه کرد:

$$\bar{\Delta}_{eui} = \frac{\Delta_{eui}}{1-\theta_i} \quad (۳-۱۴)$$

### ۳-۷ 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 پایین‌تر از تراز پایه نباید از سختی و مقاومت جانبی طبقه روی تراز پایه کمتر باشد.



در این سازه‌ها ضروری است ضوابط بند (۳-۹) در خصوص مقاومت اعضایی که در زیر تراز پایه قرار دارند و تحمل‌کننده بار اعضای باربر جانبی هستند که تا روی شالوده ادامه پیدا نمی‌کنند، نیز رعایت شود.

### ۳-۸ دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها

دیافراگم‌ها که معمولاً کف‌های سازه‌ای تحمل‌کننده 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.

۳-۸-۱ در تحلیل سازه ساختمان اثر صلبیت دیافراگم‌ها باید به طور مناسب در نظر گرفته شود. به طور کلی دیافراگم‌ها به سه دسته نرم، نیمه صلب و صلب تقسیم می‌شوند.

الف- در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله، بند (۳-۳-۶)، بیش از دو برابر تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم نرم تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع چوبی یا ورق‌های فلزی تقویت‌نشده 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 اثر لنگرهای پیچشی در ساختمان بر طبق بندهای (۳-۳-۷-۲) و (۳-۳-۷-۳) نبوده و توزیع نیروی برشی زلزله بین اجزای قائم مقاوم در برابر زلزله بر اساس موقعیت و جرم سهمیه این اجزا انجام می‌شود.

ب- در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله کمتر از نصف تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم صلب تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع دال بتنی یا ورق‌های فلزی همراه با بتن‌آرمه 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.

پ- 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.

۳-۸-۲ در سازه‌های دارای دیافراگم‌های صلب و نیمه‌صلب در نظر گرفتن اثر لنگرهای پیچشی در ساختمان بر طبق بندهای (۳-۷-۳) و (۳-۷-۲) الزامی است.

۳-۸-۳ دیافراگم‌های صلب و نیمه‌صلب باید برای تلاش‌های برشی و لنگرهای خمشی ناشی از نیروی مؤثر بر دیافراگم‌ها، مطابق رابطه (۳-۱۵) محاسبه شوند.

$$F_{pui} = \left( \sum_{j=1}^n \frac{F_{uj}}{W_j} \right) W_i \quad (۳-۱۵)$$

در این رابطه:

$F_{pui}$ : نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز  $i$

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

$W_j$  و  $F_{uj}$ : به ترتیب، نیروهای وارد به طبقه و وزن طبقه مطابق تعاریف بند (۳-۳-۶) در رابطه فوق، حداقل مقدار  $F_{pui}$  برابر با  $0.5 A_i W_i$  است و حداکثر آن لازم نیست بیشتر از  $A_i W_i$  در نظر گرفته شود.

۳-۸-۴ در مواردی که 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 می‌نماید، مقدار این نیروها نیز باید به نیروی به‌دست آمده از رابطه (۳-۱۵) اضافه شود. در این موارد اثر ضریب نامعینی  $\rho$  سازه باید طبق ضوابط بند (۳-۳-۲) برای محاسبه مقادیر این بخش از نیروها نیز در محاسبات منظور شود.

۳-۸-۵ تلاش‌های داخلی و نیز تغییرشکل‌های ایجاد شده در دیافراگم‌ها باید با استفاده از روش‌های شناخته‌شده تحلیل سازه‌ها تعیین گردند. در دیافراگم‌های متعارف که دارای پلان نسبتاً منظمی بوده و فاقد بازشوهای بزرگ و نزدیک به هم باشند، این تلاش‌ها و تغییرشکل‌ها را می‌توان با فرض عملکرد دیافراگم به صورت تیر تیغه‌ای که بر روی تکیه‌گاه‌های ارتجاعی قرار گرفته است، تعیین نمود. کنترل مقاومت دیافراگم‌های



بتن‌آرمه براساس ضوابط آیین‌نامه بتن ایران «آبا» و دیافراگم‌های ساخته‌شده از مصالح دیگر براساس ضوابط آیین‌نامه‌های مربوط تعیین می‌گردد.

۳-۸-۶ در مواردی که تعبیه اجزای "جمع‌کننده" برای انتقال بار از دیافراگم به اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی ضروری باشد، طراحی آنها و اتصالاتشان باید برای زلزله تشدید یافته ( $\Omega_0 E$ ) انجام شود.

۳-۸-۷ در کلیه سازه‌های نامنظم در پلان به لحاظ هندسی، دیافراگم و خارج از صفحه بند (۱-۷-۱) و یا نامنظم در ارتفاع به لحاظ قطع سیستم باربر جانبی بند (۱-۷-۲) در پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و بالاتر، نیروی طراحی اتصالات دیافراگم به اجزای قائم اجزای جمع‌کننده باید به میزان ۲۵٪ افزایش یابد.

### ۳-۹ افزایش بار جانبی در اعضای خاص

در مواردی که سازه دارای نامنظمی در پلان از نوع "نامنظمی خارج از صفحه" یا نامنظمی در ارتفاع از نوع "نامنظمی در سختی جانبی" می‌باشد و دیوار یا ستون تا روی شالوده ادامه پیدا نمی‌کند، ستون‌ها، تیرها، خرپاها و یا کف‌هایی که این اعضا را تحمل می‌کنند، باید برای بارهای محوری اعضا ادامه نیافته تحت اثر زلزله تشدید یافته ( $\Omega_0 E$ ) طراحی شوند. اتصالات اعضای ادامه نیافته به سازه نگهدارنده باید قادر به تحمل بارهایی که این اعضا باید منتقل نمایند، باشند.

### ۳-۱۰ 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 اثر ناشی از تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طرح طبقه، بند (۳-۵-۲)، طراحی شوند. در این محاسبات، در صورت نیاز، اثر  $P-\Delta$  باید منظور گردد.

### ۳-۱۱ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره‌برداری

۳-۱۱-۱ ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» و یا بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه باید برای زلزله سطح بهره‌برداری کنترل شوند، به‌طوری که، مطابق تعریف

بند (۱-۱-۲)، قابلیت بهره‌برداری خود را در زمان وقوع زلزله حفظ نمایند. برای این منظور مشخصات سازه این ساختمان‌ها باید چنان باشد که تحت اثر ترکیب بارها در سطح بهره‌برداری، بدون اعمال ضریب بار، الزامات زیر را تأمین نمایند:

الف- در سازه‌های فولادی تنش‌های ایجاد شده در اعضا از حد رفتار ارتجاعی اعضا تجاوز ننماید. برای کنترل این موضوع در طراحی به روش تنش مجاز، تنش‌های ایجاد شده در اعضا نباید از ۱/۷ برابر مقادیر تنش مجاز عادی تجاوز نماید. در این حالت نباید افزایش مجدد ۳۳٪ در تنش‌های مجاز صورت گیرد. در طراحی به روش حدی تلاش‌های ایجاد شده در اعضا نباید از مقاومت نهایی اسمی اعضا، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، تجاوز نماید.

ب- در سازه‌های بتن آرمه تلاش‌های ایجاد شده در اعضا، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، از مقاومت نهایی اسمی آنها تجاوز نکند.

تغییر مکان‌های نسبی ارتجاعی بهره‌برداری طبقات محدودیت بند (۳-۵-۴) را رعایت نماید.

۳-۱۱-۲ در زلزله سطح بهره‌برداری "تغییر مکان جانبی نسبی بهره‌برداری" که از تحلیل خطی سازه تحت اثر نیروی زلزله مذکور به دست می‌آید، نباید از ۰/۰۰۵ ارتفاع آن طبقه بیشتر باشد. این محدودیت را در مواردی که نوع و نحوه به‌کارگیری مصالح و سیستم اتصال قطعات غیر سازه‌ای به گونه‌ای باشد که این قطعات بتوانند در برابر تغییر مکان جانبی بیشتر، بدون خسارات عمده، بر جا بمانند می‌توان تا ۰/۰۰۸ ارتفاع طبقه افزایش داد.

۳-۱۱-۳ مشخصات حرکت زمین در زلزله سطح بهره‌برداری 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 می‌گردد. به این ترتیب در روش تحلیل استاتیکی معادل مقدار برش پایه در این سطح از رابطه (۳-۱۶) محاسبه می‌شود.

$$V_{ser} = \frac{1}{6} ABIW$$

(۳-۱۶)

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

### ۱۲-۳ ترکیب نیروی زلزله با سایر بارها

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

۱-۱۲-۳ 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 مطابق بند (۱-۱-۳-۳) بر ضریب  $1/4$  تقسیم شوند.

در حالتی که بر طبق آیین‌نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثر اضافه‌مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید پس از ضرب در  $0/7$  در ضریب اضافه مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود ولی نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه مقاومت در مؤلفه قائم زلزله نمی‌باشد.

۲-۱۲-۳ 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  $1/0$  در نظر گرفته شوند. در حالتی که بر طبق آیین‌نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثر اضافه‌مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید در ضریب اضافه مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود و نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه مقاومت در مؤلفه قائم زلزله نمی‌باشد.

در طراحی سازه‌های بتنی که بر اساس آیین‌نامه بتن ایران "آبا" طراحی می‌شوند، مقادیر بار زلزله باید در ضریب  $0/85$  ضرب شده و در ترکیبات بار مورد استفاده قرار گیرد.

### ۱۳-۳ روش ساده‌شده تحلیل و طراحی

۱-۱۳-۳ تحلیل و طراحی سازه برخی از ساختمان‌ها در برابر زلزله را می‌توان 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 فصل ششم، معماری، پیکربندی سازه‌ای و ضوابط کلی طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله به شرح مندرج در بندهای (۱-۳)، (۱-۴) و (۱-۵) این استاندارد نیز مورد توجه قرار گیرد.





۳-۱۳-۲ روش ساده شده تحلیل را تنها در مورد ساختمان‌هایی که تمام شرایط زیر را دارا باشند، می‌توان 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 مستثنا بوده و می‌تواند از نوع سبک یا شیب‌دار 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  $15^\circ$  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.

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

۳-۱۳-۳ در روش ساده‌شده 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 نیروی برش پایه

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

$$C = \frac{ABIF}{R_u} \quad (۳-۱۷)$$

$A$ ،  $I$  و  $R_u$  ضرایب تعریف شده در بند (۳-۳-۱) 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 پهنه‌بندی 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 توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

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

$$F_i = \frac{W_i}{W} V_u \quad (۳-۱۸)$$

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

### ۳-۱۳-۳ توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان

با توجه به صلب بودن دیافراگم‌ها، نیروهای جانبی محاسبه شده طبق بند (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 اثر 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 شیب‌دار 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.



۳-۱۳-۴ 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  $0/01$  ارتفاع در نظر گرفت. البته در صورت استفاده از ضوابط بند (۳-۵)، می‌توان مقدار محاسباتی را برای منظور فوق در نظر گرفت.

۳-۱۳-۵ در مواردی که استفاده از ضریب اضافه‌مقاومت برای کنترل اجزایی از سازه بر طبق ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی ضروری باشد، و یا سازه مشمول بند (۳-۹) این استاندارد باشد، این ضریب در روش ساده شده برابر  $2/5$  فرض می‌شود.

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

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

## فصل چهارم

### ضوابط طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای

#### ۱-۴ کلیات

##### ۱-۴-۱ تعریف

اجزای غیرسازه‌ای در ساختمان‌ها به اجزایی اطلاق می‌شود که به سازه اصلی متکی‌اند ولی در تحمل بار جانبی زلزله به آن کمک نمی‌کنند. اجزای معماری مانند دیوارها، نماها و سقف‌های کاذب و نیز تأسیسات مکانیکی و برقی همراه با نگهدارنده‌ها و ادوات اتصال آنها جزو این گروه محسوب می‌شوند.

##### ۱-۴-۲ محدوده کاربرد

ضوابط این فصل کلیه ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد، زیاد و ساختمان‌های با اهمیت متوسط با تعداد طبقات هشت و بیشتر، بجز موارد عنوان شده در زیر، را شامل می‌شود:

الف- اجزای غیرسازه‌ای با وزن بیشتر از ۲۵ درصد وزن مؤثر لرزه‌ای کل سازه (وزن اجزای غیرسازه‌ای و سازه نگهدارنده). این اجزاء در گروه سازه‌های غیرساختمانی قرار می‌گیرند و مشمول ضوابط فصل پنجم آیین‌نامه می‌گردند.

ب- اجزای مکانیکی و برقی با شرایط زیر:

- جزء در گروه اهمیت جزء  $I_p = 1/0$  موضوع بند (۴-۱-۳)، قرار داشته باشد
- اتصالات بین جزء و ملحقات آن انعطاف‌پذیر باشد.



- وزن جزء کمتر از ۱۰ کیلوگرم، و یا در مورد خطوط تأسیساتی، وزن آن کمتر از ۱۰ کیلوگرم بر متر باشد. اگر ارتفاع جزء در کف طبقه استقرار کمتر از ۱٫۲ متر باشد وزن آن می‌تواند تا ۲۰۰ کیلوگرم افزایش داشته باشد.

تبصره: دیوارهای داخلی در ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر از هشت، مشمول ضوابط فصل هفتم آیین‌نامه می‌گردند.

#### ۳-۱-۴ ضریب اهمیت جزء

اجزای غیرسازه‌ای برحسب میزان آسیب‌رسانی ناشی از خرابی آنها به دو گروه تقسیم و در تعیین نیروی جانبی زلزله برای هر یک "ضریب اهمیت جزء  $\alpha_p$ " خاص در نظر گرفته می‌شود. این ضریب برای اجزاء زیر برابر با ۱/۴ و برای سایر اجزا برابر ۱/۰ می‌باشد:

الف- جزء در داخل و یا متکی به سازه با اهمیت خیلی زیاد بوده و حفظ آن برای خدمت‌رسانی بی‌وقفه سازه لازم باشد.

ب- محتوای جزء مواد خطرناک با امکان ایجاد مسمومیت زیاد و یا انفجار باشد.

پ- خدمت‌رسانی جزء برای تأمین عملکرد ایمنی جانی پس از زلزله لازم باشد، مانند سیستم اطفای حریق و پلکان فرار

### ۲-۴ نیروی زلزله

#### ۱-۲-۴ نیروی جانبی زلزله

نیروی جانبی مؤثر بر اجزای غیرسازه‌ای را می‌توان با استفاده از روش تحلیل استاتیکی معادل، طبق بند (۱-۲-۴) و یا روش تحلیل طیفی طبق بند (۲-۱-۲-۴) محاسبه نمود. در محاسبه نیروی جانبی ضریب نامعینی  $\rho$  و ضریب اضافه مقاومت  $\Omega_0$  مربوط به سازه اصلی برابر با ۱/۰ منظور می‌شوند.

#### ۱-۱-۲-۴ روش تحلیل استاتیکی معادل

در این روش نیروی جانبی زلزله طبق رابطه (۱-۴) محاسبه شده و بر مرکز جرم جزء اثر داده می‌شود. توزیع این نیرو بین بخش‌های مختلف جزء به نسبت جرم آنهاست.



$$V_{pu} = \frac{0.4a_p A(1+S)W_p I_p}{R_{pu}} \left(1 + 2\frac{Z}{H}\right) \quad (1-4)$$

در این رابطه:

$V_{pu}$  = نیروی جانبی زلزله در حد مقاومت. برای تعیین این نیرو در حد تنش‌های مجاز باید این مقدار به  $1/4$  تقسیم شود.

$A$  = شتاب پایه، طبق بند ۲-۲

$1+S$  = ضریب شتاب طیفی طبق بند (۲-۳-۲)

$a_p$  = ضریب بزرگنمایی جزء طبق جدول (۱-۴) یا (۲-۴)

$I_p$  = ضریب اهمیت جزء طبق بند (۳-۱-۴)

$W_p$  = وزن جزء سازه‌ای همراه با محتویات آن در زمان بهره‌برداری

$R_{pu}$  = ضریب رفتار جزء طبق جدول (۱-۴) یا (۲-۴).

$Z$  = ارتفاع مرکز جرم جزء از تراز پایه. مقدار  $Z$  لازم نیست بیشتر از  $H$  در نظر گرفته شود.

$H$  = ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه

مقدار  $V_{pu}$  در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{pu}(\min) = 0.3A(1+S)I_p W_p \quad (2-4)$$

همچنین مقدار  $V_{pu}$  لزومی ندارد بیشتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{pu}(\max) = 1.6A(1+S)I_p W_p \quad (3-4)$$

#### ۲-۱-۲-۴ روش تحلیل طیفی

در این روش نیروی جانبی زلزله طبق رابطه (۴-۴) محاسبه شده و بین بخش‌های مختلف آن به نسبت وزن آنها توزیع می‌گردد.

$$V_{pu} = \frac{a_i a_p W_p I_p}{R_{pu}} A_j \quad (4-4)$$

در این رابطه:

$a_i$  = شتاب در تراز " $i$ " حاصل از تحلیل طیفی سازه با فرض ضریب رفتار و ضریب

اهمیت برابر با ۱/۰ برای سازه اصلی است. تراز آ تراز ی است که جزء غیرسازه‌ای در آن واقع است.

$$A_f = \text{ضریب بزرگنمایی پیچشی، طبق بند (۳-۷-۳-۳)}$$

در این روش حداقل و حداکثر مقدار  $V_{pu}$  مطابق بند (۴-۲-۱-۱) تعیین می‌شود.

#### ۴-۲-۲ مؤلفه قائم نیروی زلزله

مؤلفه قائم نیروی زلزله از رابطه (۴-۵) تعیین می‌شود. این مؤلفه باید همزمان با نیروی جانبی به جزء اثر داده شده و در ترکیب‌های بارگذاری‌های مختلف به کار برده شود.

$$F_{pu} = 0.2A(1 + S)I_p W_p \quad (۴-۵)$$

#### ۴-۳ تغییر مکان جانبی

اجزای غیرسازه‌ای که در دو یا چند نقطه به سازه متکی هستند، باید قادر به پذیرش تغییر مکان‌های نسبی بین این نقاط باشند. تغییر مکان نسبی،  $D_p$ ، بین دو نقطه A و B با استفاده از ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف- دونقطه بر روی یک سازه قرار دارند:

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{xB} \quad (۴-۶)$$

در مواردی که از روش تحلیل طیفی برای تعیین اثر زلزله در سازه استفاده می‌شود، مقدار  $D_p$  باید برای هر مود محاسبه و نتایج به صورت آماری ترکیب گردند. مقدار  $D_p$  لزومی ندارد بیشتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$D_p = \frac{(h_x - h_y) \Delta_{aA}}{h_{sx}} \quad (۴-۷)$$

ب- دو نقطه بر روی دو سازه قرار دارند:

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{xB}| \quad (۴-۸)$$

مقدار  $D_p$  از این رابطه لازم نیست بیشتر از مقدار رابطه (۴-۹) در نظر گرفته شود:



$$D_p = \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aB}}{h_{sy}} \quad (9-4)$$

که در آن:

$D_p$  = تغییر مکان نسبی جانبی زلزله که جزء باید برای پذیرش آن طراحی شود.

$\delta_{xA}$  = تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز X سازه A

$\delta_{yA}$  = تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز Y سازه A

$\delta_{yB}$  = تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز Y سازه B

$h_x$  = ارتفاع تراز x (مربوط به اتصال بالایی)

$h_y$  = ارتفاع تراز y (مربوط به اتصال پایینی)

$\Delta_{aA}$  = تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازه A

$\Delta_{aB}$  = تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازه B

$h_{sx}$  = ارتفاع طبقه به کار رفته در تعریف تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه

#### ۴-۴ مهار اجزای غیرسازه‌ای

۴-۴-۱ اجزای غیر سازه‌ای و تکیه‌گاه‌های آنها باید به گونه‌ای به سازه مهار شوند که بتوانند نیروهای جزء غیرسازه‌ای را به سازه منتقل کنند و تغییر شکل‌های ایجاد شده در آنها را پذیرا باشند. مسیر انتقال بار در این اجزا باید دارای مقاومت و سختی کافی بوده و محل اتصال به سازه توانایی تحمل اثر موضعی بارها را داشته باشد. استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی و نظایر آنها مجاز است ولی نباید از مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی استفاده شود.

نیروهای ایجاد شده در تکیه‌گاه‌ها و اتصالات آنها برابر با نیروهای خود اجزا هستند. تنها در مواردی که  $R_{pu}$  بزرگ‌تر از ۶/۰ می‌باشد باید مقدار آن به ۶/۰ کاهش داده شود.

۴-۴-۲ مهار اتصالات اجزای غیر سازه‌ای در اعضای فولادی، بتن آرمه و مصالح بنایی باید طبق ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی صورت گیرد و در مواردی که دستورالعمل مشخصی ارائه نشده با انجام دادن آزمایش‌های مناسبی از کافی بودن مقاومت مهارها و نیز ظرفیت تغییر شکل پذیری آنها اطمینان حاصل شود.



#### ۴-۵ ضوابط خاص اجزای معماری

##### ۴-۵-۱ کلیات

کلیه اجزای معماری، نگهدارنده‌ها و اتصالات آنها باید ضوابط این بند را رعایت کنند، مگر اینکه با زنجیر یا وسیله دیگری به سازه آویزان بوده و شرایط زیر را دارا باشند:

الف- وسیله نگهدارنده جزء قادر به تحمل وزن  $1.4W_p$  هم‌زمان با بار جانبی برابر با همین مقدار در هر جهت باشد.

ب- امکان حرکت اتصال جزء در صفحه افقی به اندازه  $360^\circ$  درجه باشد.

جدول ۴-۱ ضرایب اجزای معماری

$R_{pu}$	$a_p$	جزء معماری
		۱- دیوار غیرسازه‌ای داخلی و تیغه
۱/۵	۱	- دیوار غیرمسلح مصالح بنایی
۲/۵	۱	- انواع دیگر دیوار و تیغه
۲/۵	۲/۵	۲- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دیوار غیرسازه‌ای و دودکش که مهار نشده یا در محلی پایین‌تر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشد.
۲/۵	۱	۳- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دودکش و دیوار غیرسازه‌ای که در محلی بالاتر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشند.
۲/۵	۱	۴- دیوار خارجی غیرسازه‌ای و اتصالات آن
۱	۱/۲۵	- دیوار و اتصال آن
		- بست‌های سیستم اتصال
		۵- پوشش نما
۲/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها
۱/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها
۲/۵	۲/۵	۶- خرپشته (به استثنای حالتی که این بخش به‌صورت 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 جزئی 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
۲/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها
۱/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها
۳/۵	۲/۵	۱۳- سایر اجزای انعطاف‌پذیر - اجزای با شکل‌پذیری زیاد و اتصالات آنها
۲/۵	۲/۵	- اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها
۱/۵	۲/۵	- اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها

#### ۴-۵-۲ نیروها و تغییر مکان‌ها

کلیه اجزای معماری، نگهدارنده‌ها و اتصالات آنها باید برای نیروی عنوان‌شده در بند (۲-۴) طراحی شوند. طراحی برای تغییر مکان‌های بند (۳-۴) برای همه اجزا الزامی نیست، مگر آنکه احتمال خطر جانی در آنها وجود داشته باشد. اجزایی که در زیر قطعات سازه‌ای طره‌ای قرار دارند باید قادر به تحمل تغییر مکان‌های قائم ناشی از چرخش تکیه‌گاهشان باشند.

#### ۴-۵-۳ دیوارهای خارجی

دیوارهای خارجی باید علاوه بر نیروها قادر به پذیرش تغییر مکان‌های نسبی مطابق بند (۳-۴) همراه با تغییر شکل‌های ناشی از دمای محیط باشند. این دیوارها یا باید مستقیماً توسط اعضای سازه‌ای نگهداری شوند و یا به وسیله اتصالاتی با شرایط زیر به سازه متصل گردند:

الف- اتصالات قطعات نما به سازه و همچنین درز بین قطعات باید به گونه‌ای باشند

که بتوانند تغییر مکان نسبی لرزه‌ای،  $D_p$ ، طبق بند (۳-۴) یا ۱۵ میلی‌متر، هر

کدام که بزرگ‌تر است، را پذیرا باشند.

ب- برای تأمین امکان حرکت جانبی نسبی بین دیوار و سازه باید از ادوات لغزشی

مانند صفحات فولادی با سوراخ‌های لوبیایی و یا سوراخ‌های دایره‌ای با قطر



بزرگ و یا صفحات فلزی خم‌شده که دارای مقاومت و شکل‌پذیری کافی هستند، استفاده نمود.

پ- کلیه وسایل نگهدارنده و اتصالات آنها باید برای نیروهای بند (۲-۴) طراحی شوند. توجه شود که این نیروها در مرکز جرم جزء غیرسازه‌ای وارد می‌شود.

ت- در مواردی که اتصال دیوار به سازه توسط تسمه‌هایی در داخل بتن یا مصالح بنایی تأمین می‌شود، باید اطمینان حاصل کرد که این تسمه‌ها داخل بتن یا مصالح بنایی به طور کامل مهار می‌گردند. در این موارد مخصوصاً باید به قلوه‌کن شدن بتن یا مصالح بنایی توجه داشت.

ث- نماهایی که با دیوارها به‌طور چسبان اجرا می‌شوند، باید به نحو مناسبی در داخل دیوارها مهار شوند. در این موارد استفاده از ملات به تنهایی کافی نیست.

#### ۴-۵-۴ دیوارهای داخلی-تیغه‌ها

دیوارهای داخلی یا تیغه‌های با ارتفاع بیشتر از ۱/۸ متر باید به نحو مناسبی، مانند استفاده از وادارها و...، از نظر جانبی به سازه مهار شوند.

#### ۴-۵-۵ سقف‌های کاذب

نیروهای جانبی ایجاد شده در سقف‌های کاذب باید به نحو مناسبی به سقف سازه‌ای منتقل شوند. در این سقف‌ها رعایت الزامات زیر ضروری است:

الف- در سقف‌های کاذب با مساحت کمتر از ۱۵ متر مربع، محاسبات مربوط به زلزله الزامی نیست.

ب- در سقف‌های کاذب با مساحت بیشتر از ۱۰۰ مترمربع، حرکت جانبی سقف با کمک مهاربندی مناسب به سقف سازه‌ای محدود شود.

پ- در سقف‌های کاذب با مساحت بیشتر از ۲۵۰ مترمربع، پیش‌بینی درزهای انقطاع لرزه‌ای و جداسازی سقف کاذب با اجرای دیوارهای داخلی تا زیر سقف سازه‌ای الزامی است، مگر آنکه با روش‌های تحلیلی بتوان نشان داد که سقف کاذب توان پذیرش جابجایی‌های لازم را دارد. در این موارد محدود کردن نسبت طول به عرض بخش‌های مختلف سقف کاذب به ۴/۰ الزامی است.

$$4 \times 6 = 24 \text{ m}$$

6 m

100 m

**۴-۵-۶ دیوارهای شیشه‌ای نماها**

دیوارهای شیشه‌ای نماها باید به نحو مناسبی به سازه اصلی متصل شوند. در این دیوارها باید علاوه بر الزامات این فصل به لحاظ نیرو و تغییر مکان، جزئیات اجرایی توصیه شده توسط یک استاندارد معتبر و شناخته شده که در آن ملاحظات مربوط به زلزله مورد توجه بوده، رعایت شود. در این مورد می‌توان از نشریه "دستورالعمل مقاوم‌سازی اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها" به شماره ض-۶۲۸ چاپ سال ۱۳۹۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی نیز استفاده نمود.

**۴-۶ ضوابط خاص اجزای مکانیکی و برقی**

ضوابط خاص اجزای مکانیکی و برقی به یک دستورالعمل ویژه نیاز دارد که باید تهیه و تنظیم گردد. تا زمانی که این دستورالعمل تدوین نشده، این ضوابط را می‌توان، با استفاده از یک استاندارد معتبر شناخته شده تعیین نمود. در این ارتباط نشریه عنوان شده در بند (۴-۵-۶) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۴-۲ ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی

$R_{pu}$	$a_p$	نام تجهیزات
۶	۲/۵	الف- تجهیزات برقی و مکانیکی هواکش، واحدهای تهویه مطبوع، گرم‌کننده‌ها و جعبه‌های تقسیم هوا، 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 گرم‌کننده آب، مبدل حرارتی و تجهیزاتی 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 مستقیماً توسط شاسی به کف متصل شود.
۲/۵	۲/۵	مخزن تحت فشاری که بر روی 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 خنک‌کننده و دکل نصب شده بر روی بام که در ترازوی پایین‌تر از مرکز ثقل به‌طور جانبی مهار شده باشد.
۲/۵	۱	تجهیزات ذکر شده در ردیف فوق در حالتی که در ترازوی بالاتر از مرکز ثقل خود به‌طور جانبی مهار شده باشد.
۱/۵	۱	سایر تجهیزات مکانیکی و برقی
۲	۲/۵	<b>ب- سیستم و اجزای متکی بر انواع جداساز لوزه‌ای</b>
		<b>ج- سیستم‌های توزیع</b>
۶	۲/۵	سیستم لوله‌کشی از مواد با قابلیت تغییرشکل زیاد که دارای اتصالات جوشی و یا لحیم‌کاری 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، کوبلینگ فشاری یا شیاری یا نظایر آن ساخته شده باشد.
۳	۲/۵	سیستم لوله‌کشی که از مواد با قابلیت تغییرشکل کم نظیر چدن یا شیشه یا مواد پلاستیکی شکننده ساخته شده باشد
۶	۲/۵	کانال‌هایی که با استفاده از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد و اتصالات جوشی یا لحیم‌کاری ساخته شده باشد
۴	۲/۵	کانال‌هایی 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	کانال‌هایی که از مواد با قابلیت تغییرشکل 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

## فصل پنجم

### ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های غیرساختمانی

#### ۱-۵ کلیات

۱-۱-۵ سازه‌های غیرساختمانی به سازه‌هایی اطلاق می‌شود که کاربری آنها مشابه ساختمان‌های متعارف نیست، مانند سازه‌های صنعتی، دکل‌های انتقال نیرو و ...

۱-۲-۵ سازه‌های غیرساختمانی به لحاظ باربری جانبی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف- سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان‌ها: به سازه‌هایی اطلاق می‌شوند که سیستم باربر آنها مشابه یکی از سیستم‌های سازه‌های ساختمانی است.

ب- سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها: به سازه‌هایی اطلاق می‌شوند که سیستم باربر آنها مطابق بند الف نباشد. به تعدادی از این سازه‌ها در جدول (۵-۲) اشاره شده است. این سازه‌ها ممکن است متکی به زمین یا سازه‌های دیگر باشند.

۱-۳-۵ نیروهای زلزله مؤثر بر سازه‌های غیرساختمانی عمدتاً با استفاده از ضوابط فصل سوم آیین‌نامه تعیین می‌شوند. تنها در بعضی موارد الزامات دیگری جایگزین شده‌اند که در این فصل عنوان می‌گردند.

#### ۲-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان‌ها

۱-۲-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان‌ها مطابق فصل

سوم می‌باشد. الزامات اضافی این نوع از سازه‌ها در بندهای (۲-۲-۵) تا (۲-۲-۵) آورده شده است.

۲-۲-۵ روش تحلیل: در سازه‌هایی که زمان تناوب اصلی آنها از ۰/۵ ثانیه بیشتر است، استفاده از یکی از روش‌های تحلیل دینامیکی الزامی است. در سایر سازه‌ها می‌توان از روش‌های دیگر تحلیل استفاده نمود.

#### ۳-۲-۵ زمان تناوب نوسان اصلی سازه، T

در این سازه‌ها زمان تناوب نوسان اصلی سازه باید با استفاده از روش تحلیل مناسبی محاسبه گردد. استفاده از روابط تجربی بند (۳-۳-۳) مجاز نمی‌باشد.

#### ۴-۲-۵ وزن مؤثر لرزه‌ای، W

وزن مؤثر لرزه‌ای در این نوع ساختمان‌ها شامل وزن‌های زیرند:

الف- بارهای مرده ناشی از وزن اجزای سازه و تجهیزات صنعتی

ب- حداقل ۴۰ درصد بار زنده کفها

پ- وزن محتویات در زمان بهره‌برداری

در مواردی که در شرایط استثنایی محتویات تجهیزات صنعتی بنا به دلایل خاصی افزایش پیدا می‌کند، وزن اضافی نباید در محاسبه W اثر داده شود.

در سیلوهای حاوی مواد دانه‌ای می‌توان ۸۰ درصد وزن این مواد را در محاسبه W منظور نمود.

#### ۵-۲-۵ پارامترهای نیروی جانبی

در این سازه‌ها پارامترهای  $R_u$ ،  $\Omega_0$ ،  $C_d$  و  $H_m$  با استفاده از جدول (۱-۵) تعیین می‌شود.

#### ۶-۲-۵ حداقل نیروی جانبی، برش پایه

برش پایه در این سازه نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود:

$$V_{u_{\min}} = 0.12 AIW \quad (1-5)$$

#### ۷-۲-۵ نیروی جانبی در سازه‌های صلب

سازه‌های صلب به سازه‌هایی اطلاق می‌شود که زمان تناوب نوسان اصلی آنها کمتر از



۰/۰۶ ثانیه باشد. نیروی جانبی این سازه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$V_u = 0.3 A(S + 1)W \quad (۲-۵)$$

توزیع این نیرو در ارتفاع سازه طبق ضوابط بند (۳-۳-۶) صورت می‌گیرد.

### ۸-۲-۵ تغییرمکان‌های جانبی

در این سازه‌ها رعایت تغییرمکان جانبی نسبی موضوع بند (۳-۵) ضرورتی ندارد، اما باید اطمینان حاصل شود که این تغییرمکان‌ها اثری بر پایداری کل سازه یا اثری نامطلوب بر روی اجزای غیرسازه‌ای متصل به آنها نمی‌گذارد.

### ۹-۲-۵ اثر P-Δ

در مواردی که اثر ناشی از P-Δ بیشتر از ۱۰ درصد تلاش‌های موجود در اعضای سازه است، باید آنها را در محاسبات منظور نمود و چنانچه این اثر از ۳۳ درصد فراتر رود، احتمال ناپایداری در سازه زیاد است و باید سختی جانبی آن افزایش داده شود.

### ۱۰-۲-۵ نیروی جانبی در موارد خاص

در مواردی که مدارک مرجع یک سازه خاص مبانی ویژه‌ای برای محاسبه نیروی جانبی زلزله توصیه می‌کند، می‌توان آنها را به‌کار برد، مشروط بر اینکه الزامات زیر رعایت گردند:  
الف- پارامترهای مربوط به حرکت زمین کمتر از مقادیر عنوان شده در فصل دوم این آیین‌نامه نباشد.

ب- نیروی جانبی عنوان شده کمتر از ۸۰ درصد مقدار نیروی جانبی این آیین‌نامه، بدون درنظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه، و کمتر از ۷۰ درصد مقدار نیروی جانبی این آیین‌نامه، با درنظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه نباشد.

### ۳-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها و

#### متکی بر زمین

۱-۳-۵ ضوابط این نوع سازه‌ها عیناً مشابه سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان‌ها،

موضوع بند (۲-۵) است و فقط الزامات زیر جایگزین بندهای نظیر می‌گردند:

الف- پارامترهای نیروی جانبی بر اساس جدول (۲-۵) تعیین می‌گردند.

ب- حداقل نیروی جانبی یا برش پایه از روابط زیر به‌دست می‌آیند:



۱- در موارد کلی

$$V_{u_{min}} = 0.09 W \quad (3-5)$$

۲- در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد و زمین‌های نوع III و IV

$$V_{u_{min}} = 1.6AIW/R_u \quad (4-5)$$

۴-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها و متکی بر سازه‌های دیگر

۱-۴-۵ در مواردی که وزن این سازه‌ها کمتر از ۲۵ درصد وزن کل سازه (وزن سازه غیر ساختمانی به اضافه وزن سازه نگهدارنده آن) باشد، سازه‌های غیرساختمانی در گروه "اجزای غیرسازه‌ای" جای گرفته و مشمول ضوابط فصل چهارم آیین‌نامه می‌گردد.

۲-۴-۵ در مواردی که وزن این سازه‌ها بیشتر از ۲۵ درصد وزن کل سازه (وزن سازه غیرساختمانی به اضافه وزن سازه نگهدارنده آن) باشد، کل سازه باید هم‌زمان مدل شده و تحلیل گردد. نیروی جانبی باید با رعایت الزامات زیر تعیین شود:

الف- در شرایطی که سازه ساختمانی شرایط صلب بودن را مطابق تعریف بند (۲-۵-۷) دارا باشد، اثر آن را در مدل کل سازه می‌توان به صورت توزیع جرم مناسب آن در نظر گرفت. سازه نگهدارنده باید برای پارامترهای خود مطابق فصل سوم یا چهارم (هر کدام مناسب‌تر است) تحلیل و طراحی شود. سازه غیرساختمانی باید بر اساس ضوابط اجزای غیرسازه‌ای فصل چهارم تعیین شده و در آن به جای  $R_p$  مقدار  $R_u$  از جدول (۲-۵) و مقدار  $a_p$  برابر با یک در نظر گرفته می‌شود.

ب- در مواردی که سازه غیر ساختمانی صلب نباشد، کل سازه، سازه‌های غیرساختمانی به همراه سازه نگهدارنده آن، باید هم‌زمان مدل شده و تحلیل گردد. ضریب رفتار این سازه باید کمترین دو مقدار  $R_u$  برای سازه نگهدارنده از جدول (۱-۵) و سازه غیرساختمانی از جدول (۲-۵) اختیار گردد. سازه غیرساختمانی و اتصالات آن برای نیروهای حاصل از تحلیل کل سازه طراحی می‌گردد.



### ۵-۵ ضوابط خاص طراحی سازه‌های غیرساختمانی

نظر به تنوع گسترده‌ای که سازه‌های غیرساختمانی در صنایع مختلف دارند، نیاز به دستورالعمل‌های ویژه دارند که باید به تدریج تهیه و تدوین گردند. تعدادی از این دستورالعمل‌ها تاکنون تهیه شده و تعدادی نیز در دست تهیه می‌باشد. از جمله این نشریات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- الف- "نیروی جانبی زلزله مؤثر در مخازن زمینی و زیرزمینی" نشریه شماره ۱۲۳ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی
- ب- نشریه شماره ۳۸ شرکت نفت با عنوان "آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای تأسیسات و سازه‌های صنعت نفت"

جدول ۵-۱ ضرایب مورد استفاده برای سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی	$R_u$	$\Omega_0$	$C_d$	$H_m$ (متر)
سیستم قاب ساختمانی	مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۵/۵	۲	۵	۵۰
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵	۲	۳/۵	۱۵ [۱]
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی با افزایش ارتفاع مجاز	۲/۵	۲	۲/۵	۵۰
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی (بدون محدودیت ارتفاع)	۲	۱/۵	۲	بدون محدودیت
سیستم قاب خمشی فولادی	ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	متوسط با افزایش ارتفاع مجاز	۳	۲/۵	۳	۸۰
	متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)	۲	۱/۵	۲	بدون محدودیت
	معمولی	۳/۵	۳	۳	۱۵ [۲]
	معمولی با افزایش ارتفاع مجاز	۲/۵	۲	۲/۵	۵۰



۲۰۰	۵/۵	۳	۷/۵	ویژه	بتن آرمه
۳۵	۴/۵	۳	۵	متوسط	
۵۰	۲/۵	۲	۳	متوسط با افزایش ارتفاع مجاز	
بدون محدودیت	۱	۱	۱	متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)	
۱۵	۲/۵	۳	۳	معمولی (با محدودیت ارتفاع)	
۳۰	۱	۱	۱	معمولی با افزایش ارتفاع مجاز	
بدون محدودیت	۳/۵	۲	۴	قفسه‌های خود ایستای فولادی	

[۱] برای سازه نگهدارنده لوله‌ها "پایپ رکها" تا ارتفاع حداکثر ۲۰ متر مجاز است.

[۲] برای "پایپ رکها" تا ارتفاع حداکثر ۲۰ متر مجاز است. در صورتی که اتصالات خمشی که در محل انجام می‌شوند، از نوع پیچی با اتصالات گیردار فلنجی باشند، ارتفاع "پایپ رکها" می‌تواند ۳۰ متر باشد.

تبصره- "پایپ رکها" از نوع سازه‌های مشابه ساختمان محسوب می‌شوند. در این سازه‌ها نباید از اصطکاک لوله‌ها، ناشی از بارهای ثقلی، برای مقابله با نیروی زلزله استفاده کرد.



جدول ۵-۲ ضرایب مورد استفاده برای سازه‌های غیرساختمانی غیر مشابه ساختمان

سیستم سازه	جزئیات	$R_u$	$\Omega_0$	$C_d$	$H_m$ (متر)	
بونکر، مخزن، ظرف یا کندوی هوایی	برروی پایه‌های مهاربندی شده متقارن	۳	۲	۲/۵	۵۰	
	برروی پایه‌های مهاربندی نشده یا مهاربندی شده نامتقارن	۲	۲	۲/۵	۳۰	
بدون محدودیت	ظرف افقی جوش شده	۳	۲	۲/۵		
	دودکش و سیلوی بتنی درجا با دیواره پیوسته تا روی پی	۳	۲	۳		
	تمام سازه‌های دیگر بتنی یا فولادی طره‌ای با جرم گسترده غیر از آنهایی که در این جدول ذکر شده‌اند، شامل دودکش‌ها، سیلوها و ظروف قائم بر روی پدستال منفرد یا متکی بر جداره تا روی زمین - جوش شده فولادی، بتن آرمه یا بتن پیش‌تنیده	۳	۲	۲/۵		
	برج‌های خرپایی طره‌ای یا مهار شده توسط کابل - دودکش‌های مهار شده توسط کابل	۳	۲	۲/۵		
	برج‌های خنک‌کن	۳/۵	۲	۳		
	برج‌های مخابراتی	قابی یا خرپای فولادی یا بتنی	۳	۱/۵	۳	
		دیرک - فولادی یا بتنی	۱/۵	۱/۵	۱/۵	
	سازه‌های خاص تفریحی و بناهای یادبود					
	سازه‌هایی که رفتارشان مشابه پاندول وارونه است					
	تابلوها و علائم					
سایر سازه‌ها غیر از موارد فوق						

## فصل ششم

### الزامات ژئوتکنیکی

#### ۶-۱ شناسایی نوع زمین

لازمه طراحی هر سازه‌ای که بر روی زمین (خاک) قرار می‌گیرد، شناخت کافی از شرایط زیرسطحی و خصوصیات لایه‌های زمین زیر آن است. این شناخت با روش‌های زیر به‌دست می‌آید:

- مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه
- کسب اطلاعات فنی و پی‌سازی از وضعیت سازه‌های موجود،
- کسب اطلاعات ژئوتکنیکی از برش‌های موجود در لایه‌های خاک (چاه‌ها، خاکبرداری‌ها و ترانشه‌های موجود)
- اخذ گزارش مطالعات ژئوتکنیکی مرتبط با دو ساختمان در طرفین زمین مورد نظر که با فاصله کمی از آن قرار گرفته‌اند.
- انجام مطالعات ژئوتکنیکی خاص در زمین مورد نظر، متناسب با اهمیت ساختمان و ارتفاع آن

کسب حداقل شناخت از لایه‌های زمین ضروری می‌باشد، لکن درجه شناخت مورد نیاز، متناسب با اهمیت ساختمان و شرایط ژئوتکنیکی محل تعیین می‌گردد.

برای ساختمان‌های با اهمیت کم و آن دسته از ساختمان‌های با اهمیت متوسط که تا ۴ سقف و یا حداکثر ۱۲ متر از روی شالوده ارتفاع دارند، در صورتی که سطح اشغال آنها از ۳۰۰ متر مربع تجاوز ننماید، با مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی (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) می‌توان در مورد لایه‌های خاک توسط یک متخصص با تجربه اظهار نظر نمود. بدیهی است، در این مورد چنانچه شواهدی از وجود نوع زمین غیر از زمین‌های نوع I و II و III و IV جدول (۲-۳) در محل وجود داشته باشد، انجام مطالعات ژئوتکنیکی در زمین مورد نظر، الزامی است.

برای سایر ساختمان‌های با اهمیت متوسط (بیش از ۴ سقف، یا ارتفاع از روی شالوده 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 می‌باشد. در هر حالت چنانچه ساختمان مورد نظر (با هر درجه اهمیت و هر تعداد سقف) به‌صورت انبوه‌سازی یا شهرک‌سازی 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 تند باشد و یا مشخصات ژئوتکنیکی لایه زیر سطحی منجر به نشست زیاد، لغزش، سنگ‌ریزش یا روانگرایی گردد، و همچنین چنانچه خاک خاصیت فروریزی و یا تورم داشته باشد و یا سطح آب زیرزمینی بالا باشد، لازم است مطالعات ژئوتکنیکی در محل مورد نظر انجام شود.

مطالعات ژئوتکنیکی شامل حفاری (ماشینی یا دستی)، نمونه‌گیری دست‌خورده و دست‌نخورده، آزمایش‌های درجا نظیر آزمایش نفوذ استاندارد و دانسیته برجا، آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی بر روی خاک به‌دست آمده در آزمایشگاه و تجزیه و تحلیل نتایج و نتیجه‌گیری در مورد وضعیت ژئوتکنیکی زمین مورد نظر می‌باشد. بدیهی است کلیه عملیات فوق باید بر اساس استانداردهای موجود و با دقت کافی انجام شود و در مورد بعضی نتایج مانند نفوذ استاندارد تصحیحات لازم اعمال گردد.

برای زمین‌هایی که مطالعات ژئوتکنیکی (شامل نفوذ استاندارد، نمونه‌گیری و آزمایش‌های آزمایشگاهی) کافی تشخیص داده نشود، لازم است علاوه بر مطالعات ژئوتکنیکی، مطالعات ژئوفیزیکی نیز به‌منظور تعیین سرعت موج برشی ( $V_s$ ) در لایه‌های مختلف خاک انجام شود.

## ۲-۶ ناپایداری‌های زمین ناشی از زلزله

ناپایداری‌های زمین ناشی از زلزله می‌تواند شامل روانگرایی، گسترش جانبی،



زمین‌لغزش، فرونشست و گسلش مطابق ضوابط بندهای (۶-۲-۱) تا (۶-۲-۴) باشد.

### ۶-۲-۱ روانگرایی

کاهش مقاومت و یا سختی برشی خاک به دلیل افزایش فشار آب منفذی ناشی از زلزله در خاک‌های ماسه‌ای اشباع که باعث ایجاد تغییر شکل‌های دائمی مهم یا ایجاد شرایطی نزدیک به تنش مؤثر صفر در خاک می‌شود، به عنوان روانگرایی شناخته می‌شود.

زمین‌هایی که حداقل دارای یکی از شرایط زیر باشند، مستعد روانگرایی تشخیص داده می‌شوند و لازم است مطالعه خاص آن زمین انجام شود:

الف- سابقه روانگرایی در آنها وجود داشته باشد.

ب- زمین‌هایی که از نوع خاک ماسه‌ای با تراکم کم، اعم از تمیز، یا رس‌دار 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 دانه‌بندی خاک داخل محدوده مستعد روانگرایی باشد.

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

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

ب- ماسه محتوی بیش از ۳۵ درصد لای و به‌طور هم‌زمان  $N_{1(60)} > ۲۰$

ج- ماسه تمیز با  $N_{1(60)} > ۳۰$

ضمناً در مواقعی 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.

### ۶-۲-۱-۱ ارزیابی استعداد روانگرایی

به‌منظور 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 شود.

این مقایسه باید با تعیین ضریب اطمینان در برابر روانگرایی ( $F_1$ ) به‌دست آید.

$$F_1 = \frac{CRR}{CSR} \quad (۶-۱)$$



نسبت تنش برشی تناوبی (CSR) ناشی از زلزله در لایه‌های خاک طبق روابط موجود در آیین‌نامه‌های ملی و در صورت موجود نبودن از آیین‌نامه‌های معتبر شناخته شده به دست می‌آید. نسبت مقاومت برشی تناوبی خاک موجود (CRR) برحسب نظر طراح و شرایط پروژه با استفاده از آزمایش‌های نفوذ استاندارد، نفوذ مخروطی، سرعت موج برشی و بر اساس ضوابط آیین‌نامه‌های ملی یا بین‌المللی معتبر محاسبه می‌گردد.

چنانچه ضریب اطمینان به دست آمده کمتر از یک باشد، خاک مستعد روانگرایی است و اثر آن ممکن است موجب ناپایداری پی و سازه متکی بر آن شود. به این دلیل بایستی ایمنی مناسب پی به وسیله روش مناسب بهسازی زمین یا انتقال بار به وسیله پی‌های عمیق به زیر لایه روانگرا تأمین گردد. در صورتی که  $F_1$  بین ۱ و ۱/۲۵ باشد نشست ناشی از زلزله در زمین را باید محاسبه و در طراحی منظور نمود.

#### ۲-۱-۲-۶ گسترش جانبی

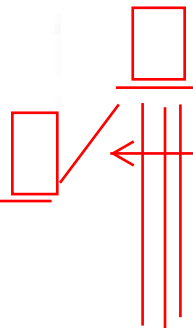
در زمین‌های مستعد روانگرایی که دارای شیب ملایم بوده و یا دارای یک وجه آزاد نظیر زمین‌های منتهی به کانال‌های زهکش، نهرها و رودخانه‌ها و با ساحل دریا باشند، احتمال وقوع گسترش جانبی وجود دارد. گسترش جانبی می‌تواند موجب جابجایی‌های بزرگ در زمین گردد. جهت ارزیابی استعداد و مقدار جابجایی ناشی از گسترش جانبی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

طراحی لرزه‌ای پی برای مقاومت در برابر گسترش جانبی باید به گونه‌ای انجام شود که جابجایی افقی در بالای پی و یا تنش‌های ناشی از آن از مقادیر مجاز مربوط به هر سازه فراتر نرود. علاوه بر طراحی مقاوم پی ساختمان، طراحی پی باید به گونه‌ای باشد که ساختمان از نظر کلی نیز ایمن باشد. برای این منظور طراحی لرزه‌ای سازه و پی مربوط 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 نوع IV و یا از طیف حاصل از مطالعات ویژه ساختگاهی بدون در نظر گرفتن وقوع روانگرایی استفاده نمود.







در حالاتی که اثر گسترش جانبی، در طراحی پی‌های سطحی و عمیق در نظر گرفته می‌شود، برای مطالعه عملکرد لرزه‌ای پی، اثر آن باید به صورت 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 نیست.

۳-۱-۲-۶ روش‌های کاهش خطرهای ناشی از روانگرایی و گسترش جانبی برای کاهش خطرهای ناشی از روانگرایی و گسترش جانبی می‌توان سه راهکار را در نظر گرفت: الف) تمهیدات سازه‌ای، ب) تمهیدات ژئوتکنیکی و ب) تغییر محل ساختگاه.

#### ۱-۳-۱-۲-۶ تمهیدات سازه‌ای

مؤثرترین تمهید سازه‌ای برای کاهش خرابی ناشی از روانگرایی یا گسترش جانبی استفاده از پی عمیق است. در طراحی پی‌های عمیق جهت جلوگیری از خسارات ناشی از روانگرایی باید در نظر داشت که طولی از شمع که در خاک روانگرا قرار می‌گیرد، فاقد مقاومت اصطکاکی است 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 نیز داشته باشد، در طراحی پی عمیق باید نیروهای جانبی ناشی از گسترش جانبی وارد بر پی را نیز در نظر گرفت.

اگرچه استفاده از پی‌های گسترده می‌تواند از فروپاشی سازه متکی بر آن و وقوع تلفات جانی جلوگیری کند، ممکن است موجب کج‌شدگی یا واژگونی سازه شود و خسارات قابل توجهی به سازه وارد نماید. در مکان‌های دارای پتانسیل روانگرایی و گسترش جانبی، استفاده از پی‌های تکی یا باسکولی (کلاف‌های لنگربر) به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.

#### ۲-۳-۱-۲-۶ تمهیدات ژئوتکنیکی

به طور کلی روش‌های کاهش مخاطرات روانگرایی، برای ساختگاه‌های دارای پتانسیل گسترش جانبی نیز قابل استفاده است. 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 نظیر تراکم دینامیکی یا کوبیدن شمع‌های فداشونده بهره گرفت تا مانع گسترش جانبی توده لغزنده خاک روانگرا و رسیدن آن به محدوده سازه مورد نظر گردد.

#### ۶-۲-۱-۳ تغییر محل ساختگاه

در صورتی که از نظر فنی و اقتصادی امکان تغییر محل ساختگاه وجود داشته باشد، می‌توان از این راه‌حل برای پرهیز از خطرهای ناشی از روانگرایی و گسترش جانبی استفاده نمود.

#### ۶-۲-۲ زمین‌لغزش

ارزیابی زمین لغزش باید بر اساس برآورد میزان و خطر وقوع آن با استفاده از مطالعات ژئوتکنیک و شناسایی نوع زمین‌لغزش 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 زمین‌شناسی مهندسی، ژئوفیزیکی، حفر گمانه با تعداد و عمق مناسب، آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی و تحلیل پایداری شیب، تمهیدات لازم برای پایدارسازی شیب و جلوگیری از وقوع زمین‌لغزش تأمین گردد. در صورت احداث ساختمان در بالا یا روی شیب، ظرفیت باربری پی و پایداری موضعی شیب نیز باید تأمین گردد. جهت انتخاب ساختگاه در مناطق شیب‌دار باید توجه ویژه‌ای به شرایط نامطلوب زیر در خصوص پایداری شیب‌ها معطوف شود.

۱- ریخت‌شناسی مناطق لغزشی 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 خط‌الرأس‌ها، لبه‌های پرتگاه و کناره‌های رودخانه و سواحل در معرض فرسایش و خاک‌ریزهای متراکم‌نشده؛

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 شیبی کمتر از شیب دامنه دارند.

۶-۲-۱ ارزیابی پایداری شیب‌ها به منظور بررسی استعداد زمین لغزش در مواردی که توپوگرافی سطحی و لایه‌بندی خاک نامنظمی شدید نداشته باشد، پاسخ زمین‌های شیب‌دار به زلزله طرح می‌تواند با استفاده از تحلیل شبه استاتیکی ساده‌شده محاسبه گردد. در غیر این صورت باید از روش‌های تحلیل دینامیکی نظیر المان محدود یا مدل بلوک صلب لغزنده و دیگر روش‌ها استفاده گردد. در آنالیز شبه‌استاتیکی، نیروهای اینرسی لرزه‌ای طرح که بر توده خاک وارد می‌شوند، باید محاسبه گردند.

$$F_H = k_h W_s \quad (۲-۶)$$

$$k_h = 0.5 A \quad (۳-۶)$$

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 در نظر گرفته نمی‌شود. در تحلیل‌های شبه‌استاتیکی، 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 قبلاً دچار لغزش شده و احتمال فعالیت مجدد آنها توسط زلزله وجود دارد، ضروری است. تحلیل شبه استاتیکی باید برای بحرانی‌ترین سطح لغزش انجام گیرد.

طراح 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 مؤثر، ضریب اطمینان مناسب را انتخاب کند.

چنانچه نتایج تحلیل پایداری شیب نشان‌دهنده ناپایداری باشد، لازم است از روش‌های مناسب و متداول پایدارسازی شیب‌ها استفاده شود.

### ۶-۲-۳ فرونشست

در صورتی که 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 دارد و موجب فرونشست زمین و آسیب رسیدن به سازه خواهد شد. در صورت وجود چنین بازشدگی‌های زیرزمینی در زیر سازه باید مطالعات خاص برای اطمینان از ایمنی 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 کم‌عمق، معادن زیرزمینی، چاه‌ها و کوره‌های فاضلاب و نظایر آنها
- حفرات و غارهای زیرزمینی طبیعی
- حفرات به‌وجود آمده ناشی از آب‌شستگی 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 تأسیسات شهری باید بر اساس مدارک موجود انجام گیرد. تعیین نوع خاک و عمق قرارگیری 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 به‌ویژه ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد اکیداً توصیه می‌شود. از این رو، لازم است کلیه سازندگان بنا در این پهنه‌ها پیش از ساخت اقدام به شناسایی گسلش سطحی کرده و در صورتی که زمین‌شناس، گسلش سطحی با جابه‌جایی عمده‌ای را تشخیص داد، ضوابط



مربوط به پهنه‌های با جابه‌جایی عمده بر اساس آیین‌نامه‌های ملی یا بین‌المللی معتبر مصوب رعایت گردد.

کاربری زمین‌های شهری حتی‌الامکان باید به نحوی انجام شود که محدوده‌های پهنه‌های گسلی به‌ویژه گسل‌های اصلی به کاربری‌های کم‌خطر و یا کم‌تراکم نظیر فضای سبز، معابر، فضا‌های ورزشی و تفریحی با سازه‌های سبک اختصاص یابد.

در پهنه گسل‌های اصلی با جابه‌جایی عمده، احداث ساختمان با اهمیت بسیار زیاد ممنوع است و در مابقی پهنه‌ها احداث آنها با انجام مطالعات و اعمال تمهیدات ویژه مجاز می‌باشد. همچنین در پهنه گسل‌های اصلی با جابه‌جایی عمده احداث ساختمان با اهمیت زیاد صرفاً با انجام مطالعات ویژه و اعمال تمهیدات ویژه مجاز می‌باشد.

پهنه‌های گسلی دربرگیرنده تغییر شکل‌های عمده در محدوده اطراف گسل‌ها می‌باشد که برای گسل‌های اصلی، پهنه گسل‌های اصلی نام‌گذاری می‌شوند.

گسل‌های اصلی، گسل‌هایی هستند که طول آنها بیش از ده کیلومتر است.

در صورتی که در پهنه‌های گسل‌های اصلی، در مواردی جابه‌جایی عمده وجود داشته باشد، این محدوده با نام پهنه با جابه‌جایی عمده تعریف می‌شود.

### ۳-۶ بزرگ‌نمایی ناشی از توپوگرافی

افزایش نیروی طراحی لرزه‌ای در بررسی پایداری شیب‌ها و طراحی سازه‌های واقع بر شیب‌ها یا نزدیک آنها باید از طریق ضریب بزرگ‌نمایی توپوگرافی ( $S_T$ ) برای شیب‌های با ارتفاع بیش از ۳۰ متر و با زاویهٔ میانگین بیش از  $15^\circ$  صورت گیرد. در تحلیل پایداری شیب‌ها ضریب بزرگ‌نمایی توپوگرافی در مقدار  $K_H$  ضرب می‌گردد. حداقل مقادیر ضریب بزرگ‌نمایی توپوگرافی در پایداری شیب‌ها و طراحی سازه‌های واقع بر یا نزدیک شیب‌ها در جدول (۲-۶) ارائه گردیده است. این ضریب بزرگ‌نمایی فقط در ثلث فوقانی ارتفاع شیب‌ها اعمال می‌گردد.



جدول ۶-۲ ضرایب بزرگ‌نمایی ناشی از توپوگرافی

شکل شیب	میانگین زاویه شیب ( $\beta$ )	$S_T$
	$> 15$	$\geq 1/2$
	۱۵ تا ۳۰	$\geq 1/2$
	$> 30$	$\geq 1/4$

$S_T$ : ضریب بزرگ‌نمایی توپوگرافی

$\beta$ : میانگین زاویه شیب

$K_H$ : ضریب زلزله طرح

در مواردی که در این استاندارد مطالعات ویژه شرایط ساختگاهی الزامی است، اثر توپوگرافی نیز باید به‌صورت تحلیلی و دقیق‌تر بررسی شود.

#### ۶-۴ دیوار نگهبان خاک

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

ضریب فشار جانبی لرزه‌ای خاک وارد بر دیوار نگهبان مجاور سازه‌ها با توجه به نحوه اتصال و تغییر شکل‌پذیری سازه‌ها، باید به‌صورت یکی از حالات زیر 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 فعال شدن فشار خاک پشت دیوار،

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

این شرایط معمولاً در زمین‌های شیب‌دار و یا ساختمان‌هایی که وجوه مقابل آن



نمی‌توانند به‌طور متقابل و متعادل در زیر تراز پایه قرار گیرند، پیش می‌آید. در این صورت بخش پایین‌تر از تراز پایه براساس بند الف و بخش فوقانی آن مطابق بند ب فوق طراحی می‌گردند. در صورتی که بنا به عللی بخش فوقانی که نمی‌تواند با دیوار مقابل خود در ساختمان فشار متقابل و متعادل را داشته باشد، کاملاً متصل به سازه ساخته شود، فشار خاک وارده بر این قسمت از دیوار در حالت وقوع زلزله مطابق بند الف محاسبه خواهد شد.

# پیوست ۱

درجه‌بندی خطر نسبی زلزله در شهرها و نقاط مهم ایران





ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۱	آب بر	زنجان			بسیار زیاد *
۲	آب پخش	بوشهر			زیاد *
۳	آباد	بوشهر			زیاد *
۴	آبادان	خوزستان	*		
۵	آباده	فارس			زیاد *
۶	آباده طشک	فارس		*	
۷	آبدان	بوشهر			زیاد *
۸	آبدانان	ایلام		*	
۹	آبرم	قزوین			زیاد *
۱۰	آبسرد	تهران			بسیار زیاد *
۱۱	آبگرم	قزوین			زیاد *
۱۲	آبی بیگلو	اردبیل			زیاد *
۱۳	آبیک	قزوین			بسیار زیاد *
۱۴	آجین	همدان			زیاد *
۱۵	آذرشهر	آذربایجان شرقی			زیاد *
۱۶	آران	کرمانشاه			بسیار زیاد *
۱۷	آرمده	کردستان			بسیار زیاد *
۱۸	آرو	کهگیلویه و بویراحمد			زیاد *
۱۹	آزادشهر	گلستان			زیاد *
۲۰	آستارا	گیلان			زیاد *
۲۱	آستانه	سمنان			بسیار زیاد *
۲۲	آستانه اشرفیه	گیلان			زیاد *
۲۳	آسمان آباد	ایلام		*	
۲۴	آشتیان	مرکزی			زیاد *
۲۵	آشخانه	خراسان شمالی			زیاد *



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			خوزستان	آغاچاری	۲۶
	*			گلستان	آق بند	۲۷
	*			گلستان	آق قلا	۲۸
*				قزوین	آقا بابا	۲۹
	*			مازندران	آلاشت	۳۰
*				قزوین	آلولک	۳۱
	*			مازندران	آمل	۳۲
*				آذربایجان شرقی	آمند	۳۳
*				آذربایجان غربی	آواجیق	۳۴
	*			قزوین	آوج	۳۵
*				چهارمحال و بختیاری	آورگان	۳۶
الف						
	*			کرمان	ابارق	۳۷
	*			سمنان	ابر	۳۸
	*			سمنان	ابرسج	۳۹
		*		یزد	ابرکوه	۴۰
		*		اصفهان	ابریشم	۴۱
		*		اصفهان	ابوزید آباد	۴۲
		*		هرمزگان	ابوموسی (بوم سوز)	۴۳
	*			زنجان	ابهرا	۴۴
	*			اصفهان	ابیانه	۴۵
	*			هرمزگان	احمدی	۴۶
*				کرمان	اختیارآباد	۴۷
		*		مرکزی	اراک	۴۸
	*			اصفهان	اران ویدیل	۴۹
*				تهران	ارجمند	۵۰



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			اردبیل	اردبیل	۵۱
	*			اصفهان	اردستان	۵۲
		*		یزد	اردکان	۵۳
	*			فارس	اردکان	۵۴
*				چهارمحال و بختیاری	اردل	۵۵
	*			کرمان	ارزوئیه	۵۶
		*		فارس	ارسنجان	۵۷
		*		ایلام	ارکواز ملک شاهی	۵۸
	*			زنجان	ارمغان خانه	۵۹
*				کرمانشاه	ارمنیجان	۶۰
	*			مازندران	اروست	۶۱
	*			آذربایجان غربی	ارومیه	۶۲
			*	خوزستان	اروندکنار	۶۳
*				لرستان	ازنا	۶۴
	*			همدان	ازندریان	۶۵
	*			فارس	استهبان	۶۶
	*			همدان	اسدآباد	۶۷
	*			خراسان جنوبی	اسدیه	۶۸
	*			مازندران	اسطوخ پشت	۶۹
	*			خراسان شمالی	اسفراین	۷۰
	*			اصفهان	اسفرجان	۷۱
*				قزوین	اسفرورین	۷۲
		*		مرکزی	اسفندان	۷۳
	*			آذربایجان شرقی	اسکو	۷۴
	*			فارس	اسلام آباد	۷۵
	*			اردبیل	اسلام آباد	۷۶
*				کرمان	اسلام آباد	۷۷



ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۷۸	اسلام آباد غرب	کرمانشاه			*
۷۹	اسلامشهر	تهران			*
۸۰	اسلامیه	خراسان جنوبی			*
۸۱	اشترینان	لرستان			*
۸۲	اشتهارد	تهران			*
۸۳	اشکذر	یزد		*	
۸۴	اشکنان	فارس			*
۸۵	اشنویه	آذربایجان غربی			*
۸۶	اصفهان	اصفهان		*	
۸۷	اصلاندوز	اردبیل			*
۸۸	افین	خراسان جنوبی			*
۸۹	اقبالیه	قزوین			*
۹۰	اقلید	فارس			*
۹۱	الارد	تهران			*
۹۲	الشر	لرستان			*
۹۳	الوان	خوزستان		*	
۹۴	الوند	قزوین			*
۹۵	الهابی	خوزستان		*	
۹۶	الیگودرز	لرستان			*
۹۷	امام تقی	خراسان رضوی			*
۹۸	امام قلی	خراسان رضوی			*
۹۹	املش	یلان			*
۱۰۰	امیدیه	خوزستان			*
۱۰۱	امیر آباد	سمنان			*
۱۰۲	امیرکلا	مازندران			*
۱۰۳	انابد	خراسان رضوی			*
۱۰۴	انار	کرمان			*

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
		*		اصفهان	انارک	۱۰۵
	*			گلستان	انبارآلوم	۱۰۶
	*			زنجان	اند آباد	۱۰۷
*				کرمان	اندوهجرد	۱۰۸
*				تهران	اندیشه	۱۰۹
	*			خوزستان	اندیمشک	۱۱۰
	*			اردبیل	اودلو	۱۱۱
	*			فارس	اوز	۱۱۲
	*			آذربایجان شرقی	اهر	۱۱۳
	*			بوشهر	اهرم	۱۱۴
		*		خوزستان	اهواز	۱۱۵
	*			فارس	ایج	۱۱۶
	*			خوزستان	ایذه	۱۱۷
	*			سیستان و بلوچستان	ایرانشهر	۱۱۸
	*			فارس	ایزدخواست	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
<b>ب</b>						
	*			فارس	باب انار	۱
*				چهارمحال و بختیاری	باباحیدر	۲



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			کهگیلویه و بویراحمد	باباکلان	۳
	*			فارس	بامامیر	۴
*				کرمان	بابتنگل	۵
	*			مازندران	بابل	۶
	*			مازندران	بابلسر	۷
	*			خراسان رضوی	باخزر	۸
		*		اصفهان	بادرود	۹
*				آذربایجان غربی	بازرگان	۱۰
*				آذربایجان شرقی	باسمنج	۱۱
	*			کهگیلویه و بویراحمد	باشت	۱۲
	*			اصفهان	باغ بهادران	۱۳
	*			خوزستان	باغ ملک	۱۴
	*			کهگیلویه و بویراحمد	باغچه جلیل	۱۵
*				خراسان رضوی	باغستان	۱۶
	*			خوزستان	باغملک	۱۷
	*			کرمان	باغین	۱۸
	*			کرمان	بافت	۱۹
	*			سیستان و بلوچستان	بافتان	۲۰
	*			یزد	بافق	۲۱
*				تهران	باقرشهر	۲۲
	*			فارس	بالا ده	۲۳
	*			آذربایجان غربی	بالو	۲۴
	*			کرمانشاه	بان مزاران	۲۵
*				کردستان	بانہ	۲۶
*				مازندران	بایجان	۲۷
	*			فارس	بایگان	۲۸
	*			خراسان رضوی	بجستان	۲۹

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			خراسان شمالی	بجنورد	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
		*		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	بم	۵۵
		*		سیستان و بلوچستان	بمپور	۵۶



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			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	بندر انزلی	۷۱
	*			گلستان	بندر ترکمن	۷۲
	*			هرمزگان	بندر چارک	۷۳
	*			هرمزگان	بندر خمیر	۷۴
	*			بوشهر	بندر دیر	۷۵
	*			بوشهر	بندر دیلم	۷۶
	*			بوشهر	بندر ریگ	۷۷
	*			بوشهر	بندر طاهری	۷۸
	*			بوشهر	بندر عسلویه	۷۹
	*			گیلان	بندر کیشهر	۸۰
	*			گلستان	بندرگز	۸۱
	*			بوشهر	بندر گناوه	۸۲
	*			هرمزگان	بندر لنگه	۸۳



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
			*	خوزستان	بندر ماهشهر	۸۴
	*			هرمزگان	بندرمقام	۸۵
	*			بوشهر	بنک	۸۶
*				خراسان رضوی	بنیاباد	۸۷
*				قزوین	بوئین زهرا	۸۸
	*			کردستان	بوئین سفلی	۸۹
	*			اصفهان	بوئین ومیاندشت	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	به‌آباد	۱۰۰
		*		یزد	بهادران	۱۰۱
	*			همدان	بهار	۱۰۲
	*			همدان	بهار	۱۰۳
		*		اصفهان	بهارانشهر	۱۰۴
		*		اصفهان	بهارستان	۱۰۵
	*			خوزستان	بهبهان	۱۰۶
	*			فارس	بهرستان	۱۰۷
	*			مازندران	بهشهر	۱۰۸
	*			کهگیلویه و بویراحمد	بهمنی	۱۰۹
	*			فارس	بهمن	۱۱۰



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			مازندران	بهنمیر	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
<b>پ</b>						
	*			کهگیلویه و بویراحمد	پاتاوه	۱
	*			اردبیل	پارس آباد	۲
	*			هرمزگان	پارسیان	۳
	*			کرمان	پاریز	۴
	*			تهران	پاکدشت	۵
	*			کرمانشاه	پاوه	۶
*				تهران	پردیس	۷
	*			مرکزی	پرندک	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

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				آذربایجان غربی	پیرانشهر	۱۷
		*		اصفهان	پیریکران	۱۸
	*			تهران	پیشوا	۱۹
	*			سیستان و بلوچستان	پیشین	۲۰
<b>ت</b>						
	*			کرمانشاه	تازه آباد	۱
*				آذربایجان غربی	تازه شهر	۲
	*			اردبیل	تازه کندی	۳
	*			قزوین	تاکستان	۴
	*			گیلان	تالش	۵
	*			خراسان رضوی	تایباد	۶
*				آذربایجان شرقی	تبریز	۷
	*			هرمزگان	تخت	۸
	*			خراسان رضوی	تربت جام	۹
	*			خراسان رضوی	تربت حیدریه	۱۰
*				آذربایجان شرقی	ترکمنچای	۱۱
	*			سمنان	ترود	۱۲
*				آذربایجان شرقی	تسوج	۱۳
	*			خوزستان	تشان	۱۴
		*		یزد	تفت	۱۵
	*			مرکزی	تفرش	۱۶
		*		آذربایجان غربی	تکاب	۱۷
	*			کهگیلویه و بویراحمد	تلگرد	۱۸
	*			هرمزگان	تمبان	۱۹
	*			هرمزگان	تنب بزرگ	۲۰
	*			هرمزگان	تنب بزرگ	۲۱
	*			هرمزگان	تنب کوچک	۲۲



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			مازندران	تنکابن	۲۳
	*			بوشهر	تنگ ارم	۲۴
*				لرستان	توشک آبسرد	۲۵
	*			همدان	تویسرکان	۲۶
*				سمنان	تویه	۲۷
*				تهران	تهران	۲۸
		*		اصفهان	تیران	۲۹
	*			خراسان جنوبی	تیغدر	۳۰
*				آذربایجان شرقی	تیکمه داش	۳۱
<b>ث</b>						
	*			کرمانشاه	ثلاث باباجانی	۱
<b>ج</b>						
	*			خراسان شمالی	جاجرم	۱
	*			هرمزگان	جاسک	۲
	*			سیستان و بلوچستان	جالق	۳
	*			سمنان	جام	۴
		*		مرکزی	جاورسیان	۵
	*			اردبیل	جعفرآباد	۶
	*			قم	جعفریه	۷
	*			خراسان رضوی	جغتای	۸
	*			مرکزی	جفتان	۹
	*			آذربایجان شرقی	جلفا	۱۰
	*			بوشهر	جم	۱۱
	*			هرمزگان	جناح	۱۲
	*			فارس	جنت شهر	۱۳
	*			اصفهان	جندق	۱۴
	*			خراسان رضوی	جنگل	۱۵



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			تهران	جواد آباد	۱۶
	*			کرمانشاه	جوانرود	۱۷
	*			همدان	جورقان	۱۸
	*			کرمان	جوزم	۱۹
*				کرمان	جوشان	۲۰
	*			اصفهان	جوشقان استرک	۲۱
	*			اصفهان	جوشقان و کامو	۲۲
*				چهارمحال و بختیاری	جونقان	۲۳
	*			فارس	جووکان	۲۴
	*			مازندران	جویبار	۲۵
	*			فارس	جویم	۲۶
	*			فارس	جهرم	۲۷
	*			کرمان	جیرفت	۲۸
*				گیلان	جیرنده	۲۹
چ						
	*			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
	*			کهگیلویه و بویراحمد	چرام	۹
	*			اصفهان	چرمهین	۱۰
	*			اصفهان	چرمهین	۱۱
	*			کرمان	چشمه سبز	۱۲



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			بوشهر	چغادک	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	چوپانان	۳۱
	*			گلستان	چهار باغ	۳۲
*				تهران	چهاردانگه	۳۳
	*			بوشهر	چهل ذرعی	۳۴
*				تهران	چهل قز	۳۵
<b>ح</b>						
	*			هرمزگان	حاجی آباد	۱
	*			فارس	حاجی آباد	۲
*				خراسان جنوبی	حاجی آباد	۳



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
		*		اصفهان	حیب 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
<b>خ</b>						
	*			بوشهر	خارک	۱
	*			بوشهر	خارکو	۲
		*		بوشهر	خارک	۳
	*			سیستان و بلوچستان	خاش	۴
	*			گلستان	خان بین	۵
	*			فارس	خان زینان	۶
*				کرمان	خانوک	۷
	*			فارس	خاوران	۸
*				تهران	خاورشهر	۹
	*			زنجان	خدابنده	۱۰



زدیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۱۱	خرامه	فارس			*
۱۲	خرم آباد	لرستان			*
۱۳	خرم آباد	مازندران			*
۱۴	خرم دره	زنجان			*
۱۵	خرمدشت	قزوین			*
۱۶	خرمشهر	خوزستان	*		
۱۷	خرو	خراسان رضوی			*
۱۸	خروانق	آذربایجان شرقی			*
۱۹	خسروآباد	کردستان		*	
۲۰	خسروشهر	آذربایجان شرقی			*
۲۱	خشت	فارس			*
۲۲	خشکبیجار	گیلان			*
۲۳	خضری	خراسان جنوبی			*
۲۴	خفر	اصفهان			*
۲۵	خلخال	اردبیل			*
۲۶	خلیل آباد	خراسان رضوی			*
۲۷	خلیل شهر	مازندران			*
۲۸	خمام	گیلان			*
۲۹	خمین	مرکزی		*	
۳۰	خمینی شهر	اصفهان		*	
۳۱	ختج	فارس			*
۳۲	خنداب	مرکزی		*	
۳۳	خواجه	آذربایجان شرقی			*
۳۴	خواجه عسگر	کرمان			*
۳۵	خواف	خراسان رضوی			*
۳۶	خوانسار	اصفهان		*	
۳۷	خور	اصفهان		*	



ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۳۸	خور	فارس			*
۳۹	خوراسان	اصفهان		*	
۴۰	خورزوق	اصفهان		*	
۴۱	خورموج	بوشهر			*
۴۲	خوسف	خراسان جنوبی		*	
۴۳	خوی	آذربایجان غربی			*
<b>د</b>					
۱	داراب	فارس			*
۲	داران	اصفهان			*
۳	داریان	فارس			*
۴	دالکی	بوشهر			*
۵	دالین	فارس			*
۶	دامغان	سمنان			*
۷	دانسفهان	قزوین			*
۸	داودآباد	مرکزی		*	
۹	داوران	کرمان			*
۱۰	درام	زنجان			*
۱۱	درب آستانه	لرستان			*
۱۲	دربهبشت	کرمان			*
۱۳	درخت توت	خراسان رضوی			*
۱۴	درخزینه	خوزستان			*
۱۵	دررود	خراسان رضوی			*
۱۶	درزوسایبان	فارس			*
۱۷	درسجین	زنجان			*
۱۸	درگز	خراسان رضوی			*
۱۹	درمره	لرستان			*
۲۰	درود	لرستان			*



ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۲۱	درونه	خراسان			*
۲۲	درویش آباد	خوزستان		*	
۲۳	دره اسبر	لرستان			*
۲۴	دره شهر	ایلام		*	
۲۵	دزآب	خوزستان			*
۲۶	دزج	کردستان			*
۲۷	دزفول	خوزستان			*
۲۸	دستگرد	چهارمحال و بختیاری			*
۲۹	دشت خاک	کرمان			*
۳۰	دشت عباس	ایلام		*	
۳۱	دگاگا	کردستان			*
۳۲	دلبران	کردستان		*	
۳۳	دلند	گلستان			*
۳۴	دلوار	بوشهر			*
۳۵	دلیجان	مرکزی			*
۳۶	دماوند	تهران			*
۳۷	دمیرچی	آذربایجان شرقی			*
۳۸	دو آب	مازندران			*
۳۹	دوبران	فارس			*
۴۰	دوراهان	چهارمحال و بختیاری			*
۴۱	دورود	لرستان			*
۴۲	دوزال	آذربایجان شرقی			*
۴۳	دوست محمد	سیستان و بلوچستان			*
۴۴	دوگنبدان	کهگیلویه و بویراحمد			*
۴۵	دولت آباد	اصفهان		*	
۴۶	دولت آباد	خراسان رضوی			*

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			زنجان	ده جلال	۴۷
	*			اصفهان	دهاقان	۴۸
	*			هرمزگان	دهبارز	۴۹
		*		کرمان	دهج	۵۰
	*			خوزستان	دهدز	۵۱
	*			کهگیلویه و بویراحمد	دهدشت	۵۲
	*			یزد	دهشیر	۵۳
		*		اصفهان	دهق	۵۴
	*			گیلان	دهکاء	۵۵
	*			کردستان	دهگلان	۵۶
	*			کردستان	دهلان	۵۷
		*		ایلام	دهلران	۵۸
	*			سمنان	دییاج	۵۹
	*			سمنان	دیزج	۶۰
*				تهران	دیزین	۶۱
	*			اصفهان	دیزیه	۶۲
	*			گیلان	دیلمان	۶۳
*				کرمانشاه	دینور	۶۴
		*		کردستان	دیواندره	۶۵
*				یزد	دیپوک	۶۶
<b>ذ</b>						
	*			فارس	ذرات	۱
<b>ر</b>						
	*			مازندران	رئیس کلا	۱
	*			کرمان	رابر	۲



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			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	رستاق	۲۱
*				قزوین	رستم آباد	۲۲
	*			مازندران	رستمکلا	۲۳
	*			بوشهر	رستمی	۲۴
	*			گیلان	رشت	۲۵
	*			خراسان رضوی	رشتخوار	۲۶
	*			آذربایجان غربی	رشکان	۲۷
	*			هرمزگان	رضوان	۲۸
	*			سمنان	رضوان	۲۹

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



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			سیستان و بلوچستان	زاهدان	۷
	*			اصفهان	زاینده رود	۸
	*			فارس	زرقان	۹
*				کرمان	زرند	۱۰
	*			زنجان	زرین آباد	۱۱
	*			اصفهان	زرین شهر	۱۲
	*			اصفهان	زفره	۱۳
		*		سمنان	زمان آباد	۱۴
	*			زنجان	زنجان	۱۵
	*			فارس	زنجیران	۱۶
*				آذربایجان شرقی	زنجیره	۱۷
	*			آذربایجان شرقی	زنوز	۱۸
*				کرمان	زنی آباد	۱۹
*				قزوین	زوارک	۲۰
	*			اصفهان	زواره	۲۱
	*			سیستان و بلوچستان	زهک	۲۲
	*			هرمزگان	زیارت علی	۲۳
	*			گیلان	زیاز	۲۴
*				قزوین	زیبا شهر	۲۵
		*		کرمان	زیدآباد	۲۶
	*			مازندران	زیرآب	۲۷
	*			اردبیل	زیوه	۲۸
<b>س</b>						
	*			مازندران	ساری	۱
	*			یزد	ساغند	۲
	*			چهارمحال و بختیاری	سامان	۳
	*			همدان	سامن	۴



ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۵	ساوه	مرکزی			*
۶	سبزگز	سیستان و بلوچستان			*
۷	سبزوار	خراسان رضوی			*
۸	سپیدان	فارس			*
۹	سپیددشت	لرستان			*
۱۰	سجاس	زنجان			*
۱۱	سده	خراسان جنوبی			*
۱۲	سده	فارس		*	
۱۳	سده لنجان	اصفهان			*
۱۴	سرآبله	ایلام		*	
۱۵	سراب	آذربایجان شرقی			*
۱۶	سراب نیلوفر	کرمانشاه			*
۱۷	سراوان	سیستان و بلوچستان			*
۱۸	سرایان	خراسان جنوبی			*
۱۹	سرباز	سیستان و بلوچستان			*
۲۰	سربندان	تهران			*
۲۱	سربندر	خوزستان	*		
۲۲	سربیشه	خراسان جنوبی			*
۲۳	سرپل ذهاب	کرمانشاه			*
۲۴	سرچشمه	آذربایجان غربی			*
۲۵	سرخرود	مازندران			*
۲۶	سرخس	خراسان رضوی			*
۲۷	سرخنکلاته	گلستان			*
۲۸	سرخون	چهارمحال و بختیاری			*
۲۹	سرخه	سمنان			*
۳۰	سردرود	آذربایجان شرقی			*
۳۱	سردشت	خوزستان			*



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				آذربایجان غربی	سردشت	۳۲
	*			خوزستان	سردشت زیدون	۳۳
	*			اردبیل	سرعین	۳۴
	*			هرمزگان	سرگز احمدی	۳۵
	*			آذربایجان غربی	سرو	۳۶
*				کردستان	سروآباد	۳۷
	*			فارس	سروستان	۳۸
		*		کردستان	سریش آباد	۳۹
	*			کرمان	سعادت آباد	۴۰
		*		فارس	سعادت شهر	۴۱
	*			بوشهر	سعدآباد	۴۲
*				تهران	سعیدآباد	۴۳
	*			چهارمحال و بختیاری	سفید دشت	۴۴
	*			اصفهان	سفید شهر	۴۵
	*			سیستان و بلوچستان	سفیدابه	۴۶
	*			کردستان	سقز	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	سنجان	۵۸





ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۵۹	سنر	گیلان			*
۶۰	سنقر	کرمانشاه			*
۶۱	سنگان	خراسان رضوی			*
۶۲	سنندج	کردستان			*
۶۳	سودجان	چهارمحال و بختیاری	*		
۶۴	سوران	سیستان و بلوچستان			*
۶۵	سورشجان	چهارمحال و بختیاری	*		
۶۶	سورک	مازندران			*
۶۷	سوریان	فارس			*
۶۸	سوزا	هرمزگان			*
۶۹	سوسنگرد	خوزستان		*	
۷۰	سوق	کهگیلویه و بویراحمد			*
۷۱	سولقان	تهران	*		
۷۲	سومار	کرمانشاه		*	
۷۳	سویره	خوزستان		*	
۷۴	سه قلعه	خراسان جنوبی			*
۷۵	سیری	هرمزگان		*	
۷۶	سی سخت	کهگیلویه و بویراحمد			*
۷۷	سیاه بیشه	مازندران	*		
۷۸	سیاهکل	گیلان			*
۷۹	سیاهو	هرمزگان			*
۸۰	سیب سوران	سیستان و بلوچستان			*
۸۱	سید تاج الدین	آذربایجان غربی	*		
۸۲	سید کلاء	مازندران			*
۸۳	سیدان	فارس		*	
۸۴	سیرجان	کرمان		*	
۸۵	سیرچ	کرمان	*		



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			قزوین	سیردان	۸۶
*				آذربایجان شرقی	سیس	۸۷
	*			فارس	سیف آباد	۸۸
*				آذربایجان غربی	سیلاب	۸۹
	*			آذربایجان غربی	سیلوانا	۹۰
	*			گلستان	سیمین شهر	۹۱
		*		فارس	سیوند	۹۲
*				آذربایجان غربی	سیه چشمه	۹۳
<b>ش</b>						
			*	خوزستان	شادگان	۱
		*		مرکزی	شازند	۲
*				قزوین	شال	۳
	*			خراسان رضوی	شاندیز	۴
	*			مازندران	شاه زید	۵
*				تهران	شاهدشهر	۶
		*		یزد	شاهدیه	۷
*				خراسان جنوبی	شاهرخت	۸
	*			سمنان	شاهرود	۹
		*		آذربایجان غربی	شاهین دژ	۱۰
	*			اصفهان	شاهین شهر	۱۱
	*			بوشهر	شبانکاره	۱۲
*				آذربایجان شرقی	شبستر	۱۳
*				آذربایجان شرقی	شربیان	۱۴
*				آذربایجان شرقی	شرفخانه	۱۵
	*			تهران	شریف آباد	۱۶
	*			فارس	ششده	۱۷
	*			خراسان رضوی	شعبه	۱۸

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			گیلان	شفت	۱۹
	*			گیلان	شلمان	۲۰
*				چهارمحال و بختیاری	شلمزار	۲۱
	*			هرمزگان	شمیل	۲۲
	*			بوشهر	شنبه	۲۳
*				آذربایجان شرقی	شندآباد	۲۴
		*		خوزستان	شوش	۲۵
	*			خوزستان	شوشتر	۲۶
	*			آذربایجان غربی	شوط	۲۷
	*			خراسان شمالی	شوقان	۲۸
	*			بوشهر	شول	۲۹
	*			لرستان	شول آباد	۳۰
	*			کردستان	شوشه	۳۱
*				کرمان	شهداد	۳۲
	*			کرمان	شهر بابک	۳۳
	*			تهران	شهر جدید پرند	۳۴
	*			اصفهان	شهرضا	۳۵
	*			چهارمحال و بختیاری	شهرکرد	۳۶
*				تهران	شهریار	۳۷
*				سمنان	شهمیرزاد	۳۸
		*		خوزستان	شیبان	۳۹
	*			فارس	شیراز	۴۰
	*			اردبیل	شیران	۴۱
	*			مازندران	شیرگاه	۴۲
*				خراسان شمالی	شیروان	۴۳
		*		همدان	شیرین سو	۴۴



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
<b>ص</b>						
	*			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	صباشهر	۷
*				کرمانشاه	صحنه	۸
	*			فارس	صغاد	۹
*				تهران	صفادشت	۱۰
	*			فارس	صفاشهر	۱۱
	*			خراسان شمالی	صفی آباد	۱۲
	*			کرمان	صوغان	۱۳
*				آذربایجان شرقی	صوفیان	۱۴
	*			گیلان	صومعه سرا	۱۵
	*			خوزستان	صیدون	۱۶
<b>ض</b>						
	*			قزوین	ضیاء آباد	۱
<b>ط</b>						
*				چهارمحال و بختیاری	طاقانک	۱
	*			اردبیل	طالب قشلاقی	۲
	*			اصفهان	طالخونه	۳
*				تهران	طالقان	۴
	*			خراسان رضوی	طبس	۵
*				یزد	طبس	۶
	*			هرمزگان	طبل	۷



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				کرمان	طرز	۸
	*			خراسان رضوی	طرق	۹
	*			خراسان رضوی	طرقبه	۱۰
	*			سمنان	طرود	۱۱
*				سمنان	طزره	۱۲
<b>ع</b>						
	*			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	علویچه	۱۱
	*			فارس	علی آباد	۱۲
	*			گلستان	علی آباد	۱۳
	*			فارس	عماده ده	۱۴
	*			کرمان	عنبرآباد	۱۵
	*			اردبیل	عنبران	۱۶
<b>غ</b>						
*				تهران	غنی آباد	۱
	*			سمنان	غیاث آباد	۲
		*		خوزستان	غیزانیه	۳



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
<b>ف</b>						
*				چهارمحال و بختیاری	فارسان	۱
	*			گلستان	فارسیان	۲
	*			هرمزگان	فارغان	۳
	*			خراسان رضوی	فارمد	۴
*				خراسان شمالی	فاروج	۵
	*			هرمزگان	فارور بزرگ	۶
	*			هرمزگان	فارور کوچک	۷
	*			بوشهر	فاریاب	۸
	*			کرمان	فاریاب	۹
	*			گلستان	فاضل آباد	۱۰
		*		همدان	فامنین	۱۱
*				خراسان جنوبی	فتح آباد	۱۲
	*			فارس	فتح آباد	۱۳
	*			فارس	فداغ	۱۴
	*			خراسان رضوی	فدک	۱۵
	*			چهارمحال و بختیاری	فردانبه	۱۶
	*			فارس	فراشبند	۱۷
	*			چهارمحال و بختیاری	فرخ شهر	۱۸
*				خراسان جنوبی	فردوس	۱۹
*				تهران	فردوسیه	۲۰
*				تهران	فردیس	۲۱
		*		مرکزی	فرمهین	۲۲
	*			تهران	فرودگاه امام خمینی	۲۳
	*			سمنان	فرومد	۲۴
*				تهران	فرون آباد	۲۵
	*			خراسان رضوی	فرهادرد	۲۶

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			اصفهان	فریدون شهر	۲۷
	*			مازندران	فریدون کنار	۲۸
	*			خراسان	فریمان	۲۹
	*			فارس	فسا	۳۰
*				تهران	فشم	۳۱
		*		اصفهان	فلاورجان	۳۲
	*			سیستان و بلوچستان	فنج	۳۳
	*			فارس	فورک	۳۴
	*			اصفهان	فولادشهر	۳۵
	*			گیلان	فومن	۳۶
		*		کرمان	فهرج	۳۷
*				آذربایجان غربی	فیروزی	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
<b>ق</b>						
	*			مازندران	قائم شهر	۱
	*			فارس	قائمیه	۲
*				خراسان جنوبی	قائن	۳
		*		فارس	قادر آباد	۴
	*			خراسان رضوی	قاسم آباد	۵
	*			گلستان	قپان علیا	۶



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				تهران	قدس	۷
	*			تهران	قرچک	۸
		*		کردستان	قروه	۹
	*			همدان	قروه در جزین	۱۰
	*			آذربایجان شرقی	قره آغاج	۱۱
	*			آذربایجان غربی	قره ضیالالدین	۱۲
*				آذربایجان غربی	قره قشلاق	۱۳
*				تهران	قزل حصار	۱۴
	*			گلستان	قزله	۱۵
*				خراسان شمالی	قزلقان	۱۶
*				قزوین	قزوین	۱۷
*				قزوین	قسطین لار	۱۸
	*			هرمزگان	قشم	۱۹
	*			کرمانشاه	قصر شیرین	۲۰
	*			فارس	قصر قمشه	۲۱
	*			سیستان و بلوچستان	قصر قند	۲۲
	*			کرمان	قطب آباد	۲۳
	*			فارس	قطروئیه	۲۴
*				آذربایجان غربی	قطور	۲۵
	*			خوزستان	قلعه تل	۲۶
		*		خوزستان	قلعه چنغان	۲۷
	*			خراسان رضوی	قلعه خیابان	۲۸
	*			سمنان	قلعه شوکت	۲۹
	*			کرمان	قلعه گنج	۳۰
	*			تهران	قلعه نو	۳۱
	*			سمنان	قلعه نو خراقان	۳۲
	*			قم	قم	۳۳





خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			اصفهان	قمصر	۳۴
	*			قم	قنوات	۳۵
*				خراسان رضوی	قوچان	۳۶
	*			آذربایجان غربی	قوشچی	۳۷
		*		همدان	قهاوند	۳۸
		*		اصفهان	قهدریجان	۳۹
		*		همدان	قهورد	۴۰
	*			زنجان	قیدار	۴۱
	*			فارس	قیر	۴۲
	*			فارس	قیروکارزین	۴۳
<b>ک</b>						
	*			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
	*			کهگیلویه و بویراحمد	کاکان	۱۰
	*			بوشهر	کاکلی	۱۱
*				کردستان	کامیاران	۱۲
*				کردستان	کانی سور	۱۳
		*		همدان	کبودر آهنگ	۱۴
	*			مازندران	کتالم و سادات شهر	۱۵
	*			خراسان رضوی	کدکن	۱۶



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				تهران	کرج	۱۷
	*			گلستان	کردکوی	۱۸
	*			اصفهان	کرکوند	۱۹
*				کرمان	کرمان	۲۰
	*			کرمانشاه	کرمانشاه	۲۱
	*			کرمانشاه	کرد	۲۲
	*			گلستان	کرد	۲۳
	*			فارس	کره بس	۲۴
		*		مرکزی	کرهرود	۲۵
	*			اردبیل	کریق	۲۶
*				آذربایجان شرقی	کشکسرای	۲۷
	*			کرمان	کشکویه	۲۸
	*			فارس	کفتک	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

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				تهران	کمال شهر	۴۴
	*			اصفهان	کمه	۴۵
		*		مرکزی	کمیجان	۴۶
		*		مرکزی	کمیجان	۴۷
	*			فارس	کنارتخته	۴۸
	*			سیستان و بلوچستان	کنارک	۴۹
*				تهران	کندر	۵۰
	*			هرمزبان	کنگ	۵۱
	*			بوشهر	کنگان	۵۲
*				کرمانشاه	کنگاور	۵۳
	*			فارس	کوار	۵۴
*				کردستان	کوانه	۵۵
*				آذربایجان غربی	کوپر	۵۶
	*			فارس	کوره	۵۷
*				آذربایجان غربی	کوزه رش	۵۸
		*		اصفهان	کوشک	۵۹
	*			کرمان	کوشک علیا	۶۰
	*			قم	کوشک نصرت	۶۱
	*			گیلان	کوچصفهان	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



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			اصفهان	کهرویه	۷۱
	*			آذربایجان غربی	کهزیز	۷۲
		*		اصفهان	کهزیز سنگ	۷۳
*				تهران	کهزیزک	۷۴
	*			قم	کهک	۷۵
*				قزوین	کهک	۷۶
	*			کرمان	کهنوج	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
*				تهران	کیلان	۸۷
<b>گی</b>						
	*			قم	گازران	۱
	*			گلستان	گالیکش	۲
	*			هرمزگان	گاوبندی	۳
	*			مازندران	گتاب	۴
	*			خوزستان	گتوند	۵
*				تهران	گچسر	۶
	*			فارس	گراش	۷
	*			خراسان رضوی	گرچی سفلی	۸
	*			گلستان	گرگان	۹

خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				خراسان جنوبی	گرماب	۱۰
		*		زنجان	گرماب	۱۱
*				تهران	گرماپدر	۱۲
*				خراسان شمالی	گرمخان	۱۳
*				تهران	گرمدره	۱۴
	*			سمنان	گرمسار	۱۵
	*			اردبیل	گرمی	۱۶
*				مازندران	گزنگ	۱۷
	*			سیستان و بلوچستان	گشت	۱۸
	*			گیلان	گشت	۱۹
		*		همدان	گل تپه	۲۰
*				کرمان	گلباف	۲۱
		*		اصفهان	گلیایگان	۲۲
*				تهران	گلستان	۲۳
		*		اصفهان	گلشهر	۲۴
	*			گلستان	گمیش تپه	۲۵
	*			گلستان	گمیشان	۲۶
	*			خراسان رضوی	گناباد	۲۷
	*			همدان	گنبد	۲۸
	*			گلستان	گنبد کاووس	۲۹
	*			خراسان رضوی	گنبدلی	۳۰
	*			چهارمحال و بختیاری	گندمان	۳۱
	*			آذربایجان غربی	گنگچین	۳۲
	*			سیستان و بلوچستان	گوآتر	۳۳
	*			سیستان و بلوچستان	گورناگان	۳۴
	*			آذربایجان شرقی	گوگان	۳۵
		*		اصفهان	گوگد	۳۶



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			هرمزگان	گوهران	۳۷
	*			فارس	گویم	۳۸
	*			کرمانشاه	گهواره	۳۹
*				همدان	گیان	۴۰
*				کرمان	گیسک	۴۱
*				خراسان شمالی	گیفان	۴۲
	*			کرمانشاه	گیلانغرب	۴۳
*				زنجان	گیلوان	۴۴
	*			اردبیل	گیوی	۴۵
<b>ل</b>						
	*			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
	*			اردبیل	لاهرود	۱۰
	*			گیلان	لاهیجان	۱۱
		*		اصفهان	لایان	۱۲
	*			چهارمحال و بختیاری	لردگان	۱۳
*				کرمانشاه	لنجان	۱۴
	*			کهگیلویه و بویراحمد	لنده	۱۵
	*			گیلان	لنگرود	۱۶
*				تهران	لواسان	۱۷



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				گیلان	لوشان	۱۸
		*		ایلام	لومار	۱۹
	*			گیلان	لوندویل	۲۰
	*			آذربایجان شرقی	لیقوان	۲۱
	*			کهگیلویه و بویراحمد	لیکک	۲۲
<b>م</b>						
	*			کهگیلویه و بویراحمد	مارگون	۱
	*			گیلان	ماسال	۲
	*			لرستان	ماسور	۳
*				گیلان	ماسوله	۴
*				آذربایجان غربی	ماکو	۵
	*			مرکزی	مامونیه	۶
	*			زنجان	ماه‌نشان	۷
*				کرمان	ماهان	۸
*				تهران	ماه‌دشت	۹
	*			کرمانشاه	ماه‌دشت	۱۰
	*			لرستان	مأمون	۱۱
	*			اصفهان	مبارکه	۱۲
*				سمنان	مجن	۱۳
	*			اردبیل	مجیدآباد	۱۴
		*		مرکزی	محلات	۱۵
	*			کرمان	محمدآباد مسکون	۱۶
*				تهران	محمد شهر	۱۷
	*			مازندران	محمدآباد	۱۸
	*			سیستان و بلوچستان	محمدآباد	۱۹
		*		کرمان	محمدآباد	۲۰
	*			آذربایجان غربی	محمدیار	۲۱



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				قزوین	محمدیه	۲۲
	*			مازندران	محمودآباد	۲۳
*				قزوین	محمودآباد نمونه	۲۴
	*			اردبیل	مرادلو	۲۵
		*		آذربایجان شرقی	مراغه	۲۶
	*			گلستان	مراوه تپه	۲۷
	*			گیلان	مرجقل	۲۸
*				تهران	مردآباد	۲۹
	*			اصفهان	مردان	۳۰
	*			خراسان رضوی	مرزداران	۳۱
	*			مازندران	مرزن آباد	۳۲
	*			خراسان جنوبی	مرک	۳۳
	*			آذربایجان شرقی	مرند	۳۴
	*			فارس	مروذشت	۳۵
	*			یزد	مروست	۳۶
	*			یزد	مروست	۳۷
	*			همدان	مریانج	۳۸
*				کردستان	مریوان	۳۹
	*			کرمان	مس سرچشمه	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





خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
*				اصفهان	مصیر	۴۹
	*			فارس	مصیری	۵۰
*				قزوین	معلم کلایه	۵۱
	*			سمنان	معلمان	۵۲
	*			لرستان	معمولان	۵۳
	*			یزد	ملا اسماعیل	۵۴
		*		خوزستان	ملائانی	۵۵
*				تهران	ملارد	۵۶
		*		خوزستان	ملاشیه یک	۵۷
	*			همدان	ملایر	۵۸
		*		آذربایجان شرقی	ملکان	۵۹
	*			آذربایجان شرقی	ممقان	۶۰
*				گیلان	منجیل	۶۱
	*			اصفهان	منظریه	۶۲
	*			کرمان	منوجان	۶۳
	*			خراسان جنوبی	مود	۶۴
	*			خراسان جنوبی	موسویه	۶۵
		*		ایلام	موسیان	۶۶
	*			آذربایجان غربی	مهاباد	۶۷
		*		مرکزی	مهاجران	۶۸
	*			فارس	مهارلو	۶۹
*				سمنان	مهدی شهر	۷۰
	*			فارس	مهر	۷۱
		*		ایلام	مهران	۷۲
	*			آذربایجان شرقی	مهربان	۷۳
	*			یزد	مهردشت	۷۴
		*		یزد	مهریز	۷۵



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			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
		*		مرکزی	میلاجرد	۸۳
	*			فارس	میمند	۸۴
	*			کهگیلویه و بویراحمد	میمند	۸۵
	*			زنجان	میمون دره	۸۶
	*			هرمزگان	میناب	۸۸
	*			گلستان	مینودشت	۸۹
<b>ن</b>						
	*			اصفهان	نائین	۱
*				مازندران	ناحیه	۲
*				چهارمحال و بختیاری	ناغان	۳
*				خراسان شمالی	ناوه	۴
	*			یزد	نایبند	۵
	*			کردستان	نایی سر	۶
		*		اصفهان	نجف آباد	۷
		*		کرمان	نجف شهر	۸
	*			بوشهر	نخل تقی	۹
	*			هرمزگان	نخل ناخدا	۱۰
	*			مرکزی	نراق	۱۱
	*			فارس	نرگس زار	۱۲
*				تهران	نسیم شهر	۱۳



ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۱۴	نشتیفان	خراسان رضوی			*
۱۵	نصرآباد	خراسان رضوی			*
۱۶	نصرآباد	اصفهان		*	
۱۷	نصرت آباد	سیستان و بلوچستان			*
۱۸	نطنز	اصفهان			*
۱۹	نظرآباد	تهران			*
۲۰	نعیم آباد	سمنان			*
۲۱	نفت سفید	خوزستان			*
۲۲	نقاب	خراسان رضوی			*
۲۳	نقده	آذربایجان غربی			*
۲۴	نقده	آذربایجان غربی			*
۲۵	نکاء	مازندران			*
۲۶	نگین شهر	گلستان			*
۲۷	نلاس	آذربایجان غربی			*
۲۸	نمین	اردبیل			*
۲۹	نوکنده	گلستان			*
۳۰	نوبران	مرکزی			*
۳۱	نودژ	کرمان			*
۳۲	نوده	خراسان رضوی			*
۳۳	نوذراآباد	مازندران			*
۳۴	نور	مازندران			*
۳۵	نورآباد	لرستان			*
۳۶	نورآباد ممسنی	فارس			*
۳۷	نوسود	کرمانشاه			*
۳۸	نوش آباد	اصفهان			*
۳۹	نوشهر	مازندران			*
۴۰	نوشین	آذربایجان غربی			*



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
	*			کرمانشاه	نوکان	۴۱
	*			قزوین	نهایوند	۴۲
*				همدان	نهایوند	۴۳
	*			خراسان جنوبی	نهبندان	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
<b>و</b>						
*				تهران	واریش	۱
*				مازندران	وانا	۲
	*			بوشهر	وحدتیه	۳
*				تهران	وحیدیه	۴
	*			تهران	ورامین	۵
	*			آذربایجان شرقی	ورزقان	۶
		*		اصفهان	ورزنه	۷
	*			اصفهان	ورنامخواست	۸
	*			قم	وشنوه	۹
*				خراسان جنوبی	وندیک	۱۰
	*			تهران	وهن آباد	۱۱
*				تهران	ویره	۱۲
		*		خوزستان	ویس	۱۳

ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
					بسیار زیاد
۵					
۱	هادی شهر	آذربایجان شرقی			*
۲	هاشم آباد	هرمزگان			*
۳	هجداک	کرمان			*
۴	هجیب	قزوین			*
۵	هرات	یزد			*
۶	هرسین	کرمانشاه			*
۷	هرمز	هرمزگان			*
۸	هرند	اصفهان		*	
۹	هریس	آذربایجان شرقی			*
۱۰	هشتجین	اردبیل			*
۱۱	هشترود	آذربایجان شرقی			*
۱۲	هشتگرد	تهران			*
۱۳	هفتگل	خوزستان			*
۱۴	هفشجان	چهارمحال و بختیاری			*
۱۵	هل آباد	اردبیل			*
۱۶	همدان	همدان			*
۱۷	هندورابی	هرمزگان			*
۱۸	هندیجان	خوزستان		*	
۱۹	هنگام	فارس			*
۲۰	هنگام	هرمزگان			*
۲۱	هوراند	آذربایجان شرقی			*
۲۲	هویزه	خوزستان		*	
۲۳	هیدج	زنجان			*
۲۴	هیر	اردبیل			*
۲۵	هینمان	کرمان			*



خطر نسبی زلزله				استان	مرکز جمعیتی	ردیف
بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم			
<b>ی</b>						
	*			کهگیلویه و بویراحمد	یاسوج	۱
	*			آذربایجان شرقی	یامی	۲
	*			مازندران	یانه سر	۳
		*		یزد	یزد	۴
	*			کرمان	یزدان شهر	۵
	*			آذربایجان شرقی	یکان کهریز	۶



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

پیوست ۶

استاندارد ۲۸۰۰۰

ویرایش چهارم

طراحی لرزه‌ای و اجرای  
اجزای غیر سازه‌ای معماری







جمهوری اسلامی ایران

وزارت راه و شهرسازی

تاریخ:

شماره:

وزیر

### بسمه تعالی

به استناد ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان-مصوب ۱۳۷۴- پیوست ششم  
آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله ویرایش چهارم (استاندارد ۲۸۰۰+) با عنوان «طراحی  
لرزه‌ای و اجرای اجزاء غیر سازه‌ای معماری» که توسط این وزارتخانه- مرکز تحقیقات راه،  
مسکن و شهرسازی- و با راهبری معاونت مسکن و ساختمان تدوین شده و مراحل تصویب را  
گذرانده است، به شرح پیوست ابلاغ می‌گردد.

از این رو، شهرداری‌ها، بخش‌داری‌ها، دهیاری‌ها و سایر مراجع صدور پروانه و کنترل و نظارت بر  
اجرای ساختمان‌ها و همچنین مالکان، کارفرمایان و مجریان ساختمان‌ها و صاحبان حرفه‌های  
مهندسی ساختمان می‌بایست این ضوابط را رعایت و اجرا نمایند.

محمد اسلامی



## پیشگفتار معاون مسکن و ساختمان

سرزمین پهناور ایران در طول تاریخ سترگ خود همواره با رخدادی طبیعی به نام زلزله مانوس و عجیب بوده است. زمین‌لرزه‌های اخیر هم چون منجیل و رودبار در سال ۱۳۶۹، بم در سال ۱۳۸۲ و سرپل‌ذهاب در سال ۱۳۹۶ هر یک درس آموخته‌هایی را به دنبال داشته است. بعد از زلزله منجیل آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله تحت عنوان استاندارد ۲۸۰۰ که نخستین ویرایش آن یک‌سال قبل از این رویداد به چاپ رسیده بود، مورد توجه گسترده جامعه مهندسی قرار گرفت، در زلزله بم نیز توجه به رویکرد پیشگیرانه و کاهش مخاطرات در قالب مدیریت جامع بحران، دستاورد آن رویداد تلخ بود و عملاً زمین‌لرزه سرپل‌ذهاب نیز توجه جامعه مهندسی ساختمان کشور را به موضوع اجزای غیرسازه‌ای و دیوارهای جداکننده و پیرامونی ساختمان‌ها معطوف نموده است. حاصل این توجه پیوست ششم آئین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد که تحت عنوان طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزاء غیر سازه‌ای معماری تهیه و در اختیار جامعه مهندسی ساختمان قرار می‌گیرد.

به‌نوبه خود از همکارانم در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و به‌ویژه کمیته دائمی بازنگری آئین‌نامه ۲۸۰۰ که بر این امر مهم همت گذارده‌اند سپاسگزاری نموده و همچنین از آقایان مهندس منصور نویریان و مهندس پیام پالیزیان که زحمت بررسی و ویرایش متن حاضر را به لحاظ اجرائی بودن جزئیات ارائه شده در آن تقبل نموده‌اند نیز تشکر می‌نمایم.

## مازیار حسینی

معاون مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی



## پیشگفتار رئیس مرکز

اعضای غیر سازه‌ای معماری از جمله دیوارهای داخلی و خارجی ساختمان‌ها در زلزله آسیب پذیر بوده و تا حال خسارت‌های جانی و مالی فراوانی در سطح جهانی و بویژه در ایران موجب شده‌اند. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مدت‌هاست این موضوع را در دستور کارهای خود قرار داده و با انجام آزمایشات استاتیکی و دینامیکی با شتاب‌های مختلف تا شدت‌های بیش از زلزله‌های معمول بر روی اجزای غیر سازه‌ای معماری بخصوص دیوارهایی که در کشور ساخته می‌شود، سعی بر آن داشته تا ضوابطی برای ساخت این اجزا تدوین نماید و در این راستا تجربیات بین‌المللی را نیز مد نظر قرار داده است. پیوست حاضر خلاصه‌ای از نتایج این تحقیقات است که با توجه به حوادث ناگوار ناشی از زلزله در سال‌های اخیر در کشور بنا به توصیه کمیته اجرایی آیین‌نامه قبل از ویرایش پنجم که اکنون مقدمات تدوین آن فراهم شده، برای اجرا ابلاغ می‌گردد.

این پیوست شامل دو بخش است: بخش اول عمدتاً بر روی دیوارهایی متمرکز است که با پیش‌بینی درز انقطاع از سازه جدا اجرا می‌شوند و در سختی آن دخالتی ندارند و برای سازه مزاحمتی ایجاد نمی‌کنند. در این بخش جزئیات اجرایی سایر اجزای غیر سازه‌ای از قبیل جان‌پناه، راه‌پله، سقف کاذب و نما نیز پوشش داده شده است. بخش دوم برای ساختمان‌های تا چهار طبقه بوده و به دیوارهایی اختصاص دارد که به سازه چسبانده می‌شود و در سختی آن مشارکت می‌کند. این دیوارها نقش میانقابی را بر عهده دارند. در این بخش نحوه طراحی این دیوارها و ضوابط اجرایی آنها پوشش داده می‌شود. علاوه بر جزئیات مورد اشاره در این مجلد، استفاده از هرگونه راهکار اجرایی دیگری که الزامات مورد نظر استاندارد ۲۸۰۰ را برآورده سازد، مجاز دانسته شده است.

با عنایت به توجه ویژه کارگروه تدوین متن در خصوص وفادار ماندن به ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و دقت نظر و همراهی مجدانه و مسئولانه اعضای محترم کارگروه‌های اجزاء غیرسازه‌ای و تحلیل ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ در بازبینی و ارتقاء متن، کمیته اجرایی ترجیح داد که متن پیوست عیناً گزارشی باشد که گروه تهیه‌کننده، زیر نظر کارگروه‌های اجزاء غیرسازه‌ای و تحلیل و با همکاری معاونت مسکن و ساختمان و دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان وزارت راه و شهرسازی تهیه کرده است. نظر به تأیید محتوای مطالب توسط کمیته اجرائی و هماهنگی این استاندارد، مجلد حاضر با نام "طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزاء غیر سازه‌ای معماری" به عنوان پیوست ششم از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران ابلاغ شده و در راستای بخشنامه شماره ۴۴۳۱۳/۱۱۰/۰۱ مورخ ۹۳/۰۸/۲۴، لازم الاجرا دانسته می‌شود.

محمد شکرچی زاده

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



## مجریان و اعضای کمیته تالیف به ترتیب حروف الفبا:

مهندس ابوالفضل آجرو	مهندسین مشاور
مهندس سهیل اخوان	دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان وزارت راه و شهرسازی
مهندس مسعود افراز	دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان وزارت راه و شهرسازی
دکتر عاطفه جهان محمدی	عضو هیات علمی مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی
دکتر نادر خواجه احمد عطاری	عضو هیات علمی مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی / <b>مجری بخش اول</b>
دکتر مژده زرگران	عضو هیات علمی مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی
مهندس رضا غفاری	مهندسین مشاور
مهندس کوروش غفاری ایرد موسی	مهندسین مشاور
دکتر مجید محمدی	عضو هیات علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله / <b>مجری بخش دوم</b>

## کمیته تصویب ( به ترتیب حروف الفبا )

دکتر علی اکبر آقا کوچک	استاد دانشگاه تربیت مدرس - مسئول کارگروه تحلیل و عضو کارگروه غیر سازه‌ای و اجرایی
دکتر محمدتقی احمدی	استاد دانشگاه تربیت مدرس - عضو کمیته اجرایی
دکتر محمدحسن بازاریار	استاد دانشگاه علم و صنعت - عضو کمیته اجرایی
مهندس پیام پالیزیان	مهندسین مشاور
دکتر عباسعلی تسنیمی	استاد دانشگاه تربیت مدرس - عضو کمیته اجرایی
دکتر محسن تهرانی زاده	استاد دانشگاه امیرکبیر - مسئول کمیته هماهنگی و اجرایی
دکتر سیدمحسن حائری	استاد دانشگاه شریف - عضو کمیته اجرایی
مهندس بهمن حشمتی	انجمن مهندسان محاسب ساختمان - عضو کمیته اجرایی
دکتر مرتضی زاهدی	عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت - عضو کمیته هماهنگی و اجرایی
دکتر عبدالرضا سروقد مقدم	عضو هیات علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله - عضو کارگروه غیر سازه‌ای و تحلیل
دکتر محمد شکرچی زاده	استاد دانشگاه تهران و رییس مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی - عضو کمیته اجرایی
دکتر حمزه شکیب	استاد دانشگاه تربیت مدرس - عضو کمیته اجرایی
مهندس علی اصغر شهاب	مهندسین مشاور
مهندس علی اصغر طاهری بهبهانی	مهندسین مشاور - عضو کمیته هماهنگی و اجرایی
دکتر محمد تقی کاظمی	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف - مسئول کارگروه غیر سازه‌ای و عضو کمیته اجرایی
دکتر مازیار حسینی	استاد دانشگاه و معاون مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی
مهندس حامد مانی فر	مدیر کل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان وزارت راه و شهرسازی
دکتر حسن مقدم	استاد دانشگاه صنعتی شریف - عضو کارگروه تحلیل و کمیته اجرایی
مهندس منصور نوبریان	مدیر کل دفتر توسعه مهندسی ساختمان وزارت راه و شهرسازی
مهندس تیمور هنربخش	مهندسین مشاور - عضو کارگروه غیر سازه‌ای

## ترسیم:

مهندس وحید کیانی

مهندسین مشاور





## پ ۶-۱- ضوابط اجزای غیرسازه‌ای معماری

### پ ۶-۱-۱ مقدمه

در فصل چهارم این استاندارد ضوابط طراحی مهار لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها بیان شده است. در این پیوست راهکارهایی برای طراحی و مهار لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای معماری ارائه شده است. رعایت جزئیات ارائه شده در این پیوست الزامی است ولی مهندس طراح می‌تواند از سایر راهکارها، در صورتی که محاسبات مربوط به طراحی و مهار لرزه‌ای براساس ضوابط فصل چهارم انجام شود و اهداف این پیوست را برآورده نماید، استفاده کند. نمونه‌هایی از جزئیات مهار لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای مکانیکی، الکتریکی و بیمارستانی در نشریه ۷۴۳ سازمان برنامه و بودجه کشور ارائه شده است.

### پ ۶-۱-۲- انواع اجزای غیرسازه‌ای معماری

اجزای غیرسازه‌ای معماری ساختمان شامل موارد زیر است:

۱- دیوار خارجی

۲- تیغه و دیوار داخلی

۳- جان پناه

۴- راه پله

۵- سقف کاذب

۶- نما

۷- سایر موارد

### پ ۶-۱-۳- بارها و اثرات ناشی از زلزله

بارهای لرزه‌ای وارد به اجزای غیر سازه‌ای معماری همراه با محدودیت‌هایی که در تغییرمکان‌های جانبی آنها باید رعایت شود در بندهای ۱-۴ و ۲-۴ این استاندارد ارائه شده است.

این نیرو باید همراه با بارهای مرده مورد انتظار به عضو غیر سازه‌ای اعمال شده و به صورتی باشد که بیشترین نیاز را در تکیه‌گاه‌ها و مهارهای آنها ایجاد کند. در ارتباط با تغییر مکان‌ها، باید مقدار عرض درزهای انقطاع در نظر گرفته شده با ضابطه ارائه شده در این پیوست سازگار باشد.

## پ ۶-۱-۴- ضوابط و الزامات لرزه‌ای اجزای غیر سازه‌ای

### پ ۶-۱-۴-۱- دیوارها

در این بند ضوابط و الزامات دیوار، بسته به نوع کاربرد آن ارائه شده است. دیوارها را می‌توان به دو صورت غیر پیوسته (جداسازی شده از سازه اصلی) و یا چسبانده شده به دیوار (میانقابی) طراحی و اجرا نمود. دیوارهای غیر پیوسته به دیواری اطلاق می‌شود که بجز در کف‌ها با پیش‌بینی درز انقطاع از سازه باربر جانبی جدا شده و در سختی آن دخالت ندارند و مزاحمتی برای رفتار سازه ایجاد نمی‌کنند. در دیوارهای غیر پیوسته لازم است دیوار و اتصالات آن صرفاً تحت اثر نیروهای اینرسی خارج صفحه کنترل شوند. الزامات لازم برای جداسازی مطابق جزییات ارائه شده در این بند باید در کلیه ساختمان‌های بلندتر از چهارطبقه و نیز در ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد و با طبقات کمتر از چهار طبقه رعایت شود.

دیوارهای چسبانده شده به سازه (میانقابی) در سختی آن دخالت دارند و باید در برآورد نیروهای وارد بر آن طبق بخش پ ۶-۲ دخالت داده شوند. در این صورت باید رفتار و عملکرد میانقابی دیوار و نیروهای وارد بر تیر و ستون و خود دیوار - بر اثر این رفتار - براساس ضوابط ارائه شده در آن بخش در محاسبات لحاظ شود.

### پ ۶-۱-۴-۱-۱- دیوارهای خارجی

دیوارهای خارجی را می‌توان با ایجاد درز پیوسته بین آنها و سازه محیطی غیر پیوسته کرد. برای این دیوارها باید اتصالاتی در نظر گرفت که قابلیت حرکت داخل صفحه و مهار خارج از صفحه را به دیوار بدهند (بندهای ۱-۵-۸ و ۴-۵-۳ این استاندارد). فواصل جداسازی دیوارها از قاب باید توسط مواد تراکم‌پذیر مناسب از قبیل پشم سنگ ضد رطوبت پر شوند. توصیه می‌شود برای جلوگیری از ترک خوردگی در نازک‌کاری از یک لایه شبکه الیاف یا رابیتس بر روی مواد تراکم‌پذیر استفاده شود. در بیمارستان‌ها ساختمان‌ها برای جلوگیری از ایجاد ترک خوردگی در نازک‌کاری، در گوشه‌های دیوار در هنگام زلزله لازم است از اتصالات کشویی سرتاسری در کناره‌ها و تراز سقف استفاده شود. در سایر ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد استفاده از این ضابطه توصیه می‌شود.

### پ ۶-۱-۴-۱-۱-۱- محدودیت ابعاد هندسی

طول آزاد دیوار خارجی در پلان نباید از ۴ متر و ارتفاع آزاد آن نباید از ۳/۵ متر بیشتر در نظر گرفته شود. در دیوارهای با طول بیشتر از ۴ متر باید از عضو قائم با مقطع فولادی یا بتنی به عنوان تکیه‌گاه جهت مهار خارج از صفحه دیوار (وادار) و در دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر باید با استفاده از عضو افقی با مقطع فولادی یا بتنی (تیرک) ارتفاع آزاد را کاهش داد. جزییات وادارها و تیرک‌ها در بندهای پ ۶-۱-۴-۱-۲ و پ ۶-۱-۴-۱-۲-۴ ارائه شده است. در دیوارهای پانلی کارخانه‌ای ارتفاع دیوار می‌تواند تا حدی که برای برش و خمش عمود بر صفحه طراحی شده، در نظر گرفته شود.

#### پ ۶-۱-۴-۱-۱-۲- طراحی دیوارها

دیوارها باید برای بارهای اینرسی ایجاد شده در آن ها، در جهت داخل صفحه و در جهت عمود بر صفحه طراحی شوند. در جهت داخل صفحه دیوار تحت تاثیر برش و خمش و در جهت عمود بر صفحه تحت تاثیر بار محوری ناشی از وزن دیوار و برش و خمش خارج از صفحه عمودی و افقی قرار می‌گیرد. روش طراحی این دیوارها در «راهنمای طراحی سازه‌ای و جزییات اجرایی دیوارهای غیر سازه‌ای - ضابطه شماره ۸۱۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی» ارائه شده است. شرایط مرزی تحت نیروهای عمود بر صفحه باید به صورت مفصلی در نظر گرفته شود.

تبصره ۱: دیوارهای خارجی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهند (دیوار کوتاه)، بخصوص در ساختمان‌های بتنی، همواره باید از قاب سازه‌ای جدا شوند. زیرا در غیر اینصورت می‌تواند باعث تشکیل "ستون کوتاه" در سازه شود.

#### پ ۶-۱-۴-۱-۱-۳- عرض درز های انقطاع (فاصله جداسازی)

فاصله جداسازی دیوار از ستون‌ها به اندازه ۰/۰۱ ارتفاع کف تا کف طبقه و فاصله جداسازی از سقف برابر با بیشترین دو مقدار ۲۵ میلی‌متر و حداکثر خیز دراز مدت تیر می‌باشد.

#### پ ۶-۱-۴-۱-۱-۴- دیوارهای پانلی

دیوارهای پانلی کارخانه‌ای که به صورت نوارهای قائم در طول دیوار نصب می‌شوند مجاز به استفاده در ساختمان‌ها به عنوان دیوار خارجی، می‌باشند. در این حالت دیوار به صورت یک دال یک طرفه عمل می‌کند. دیوار باید با استفاده از نبشی یا المان مشابه در جهت خارج از صفحه، در تراز سقف و کف مهار شود. در این حالت باید اتصال پانل دیوار در تراز سقف با نبشی به صورت کشویی بوده و دیوار اجازه جابجایی داخل صفحه را نداشته باشد. در این نوع دیوارها نیازی به اجرای وادار نمی‌باشد.

در صورتی که ارتفاع دیوار به اندازه‌ای باشد که پانل، قابلیت تحمل بار خمشی وارد بر آن را نداشته باشد، باید از تیرک در تراز میانی و وادار انتهایی استفاده نمود. تیرک مورد استفاده به وادار متصل می‌شود و باید از اتصال آن به ستون‌ها پرهیز شود. دیوارهای پانلی‌ای مجاز به استفاده در صنعت ساختمان هستند که دارای گواهی‌نامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشند. استفاده از دیوارهای خارجی پانلی در بیمارستان‌ها موکدا توصیه می‌شود.

#### پ ۶-۱-۴-۱-۱-۵- دیوارهای بلوکی

در دیوارهای بلوکی، دیوار مشابه با یک پوسته و دال دو طرفه طراحی می‌شود. در این حالت جداسازی در جهت داخل صفحه و مهار در جهت خارج از صفحه می‌تواند توسط نبشی‌های فولادی و یا بست‌های U شکل متصل به

دال سازه‌ای در تراز سقف و نبشی یا بست‌های U شکل متصل به ستون‌ها در دو انتهای (طرفین) دیوار و وادارهای میانی انجام گردد. نبشی‌های فولادی می‌توانند منقطع یا پیوسته باشند که باید برای نیروی خارج از صفحه طراحی شوند. در این دیوارها باید از المان مسلح کننده میلگرد بستر مورب یا نردبانی برای دیوارهای دارای ملات ماسه سیمان و از بست‌های فولادی منقطع یا پیوسته برای دیوارهای دارای ملات بستر نازک و یا محصولات جدید مانند نوارهای مش الیاف، جهت یکپارچه سازی و حفظ پیوستگی دیوار استفاده نمود. در دیوارهای با ارتفاع کمتر از ۳/۵ متر لزومی به اجرای وادار انتهایی در نزدیکی ستون نمی‌باشد.

#### پ ۶-۱-۴-۱-۲- دیوارهای داخلی (تیغه‌ها)

خرابی تیغه‌ها در زلزله یکی از عوامل اصلی آسیب‌رسان بوده است. به علاوه در حالتی که از تیغه‌ها به عنوان مهار جانبی برای لوله‌کشی، اتاقل‌های الکتریکی، قفسه‌ها یا دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌شود، خرابی تیغه‌ها ممکن است باعث آسیب رساندن به این تاسیسات شود. تیغه‌های داخلی باید مانند دیوارهای خارجی از سقف و ستون‌ها جداسازی شوند.

فواصل جداسازی دیوارها از قاب باید توسط مواد تراکم‌پذیر مناسب از قبیل پشم سنگ ضد رطوبت پر شود. مانند دیوارهای خارجی در دیوارهای داخلی نیز توصیه می‌شود برای جلوگیری از ترک خوردگی در نازک کاری از یک لایه شبکه الیاف یا رایبتس بر روی مواد تراکم پذیر استفاده شود. در بیمارستان‌ها برای جلوگیری از ایجاد ترک خوردگی در نازک کاری، در گوشه‌های دیوار در هنگام زلزله لازم است از اتصالات کشویی سرتاسری در کناره‌ها و تراز سقف استفاده شود. در سایر ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد استفاده از این ضابطه توصیه می‌شود.

**تبصره ۱:** در صورتی که از تیغه به عنوان مهار جانبی دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده شود، تیغه و مهارهای لازم باید برای بار وارده کنترل شوند.

**تبصره ۲:** تیغه‌هایی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهند (دیوار کوتاه) مانند دیوارهای خارجی بخصوص در ساختمان‌های بتنی همواره باید از قاب سازه‌ای جدا شوند.

#### پ ۶-۱-۴-۱-۲- فاصله جداسازی

فاصله جداسازی دیوارهای داخلی از ستون‌ها به اندازه ۰/۰۱ ارتفاع کف تا کف طبقه و فاصله جداسازی از سقف برابر با بیشترین دو مقدار ۲۵ میلی‌متر و حداکثر خیز دراز مدت تیر می‌باشد.

#### پ ۶-۱-۴-۱-۲- تیغه پانلی

در تیغه‌های پانلی قائم، دیوار به صورت یک دال یک طرفه طراحی می‌شود و دیوار باید با استفاده از قطعات نبشی یا قطعه اتصال مشابه در جهت خارج از صفحه در تراز سقف و کف مهار شود. در این حالت باید اتصال پانل دیوار در

تراز سقف با نبشی یا ناودانی به صورت کشویی بوده و دیوار اجازه جابجایی داخل صفحه را نداشته باشد. در این نوع دیوارها نیازی به وادار انتهایی یا میانی نمی‌باشد.

پوشش نما و یا پاشش سیمان بر روی سطوح تیغه‌های پانلی باید به نحوی اجرا شود که موجب چسبیدن و اتصال نبشی به تیغه پانلی نشود و از حرکت آن در داخل صفحه جلوگیری ننماید.

در صورتی که ارتفاع دیوار به اندازه‌ای باشد که پانل قابلیت تحمل بار خمشی وارد بر آن را نداشته باشد، باید از تیرک در تراز میانی و وادار انتهایی استفاده نمود. توجه شود که تیرک باید به وادار متصل شود و از اتصال آن به ستون‌ها پرهیز شود. استفاده از دیوارهای داخلی پنلی در بیمارستان‌ها موکدا توصیه می‌شود.

در تیغه‌های ساخته شده از LSF باید توجه شود که تیرک پانل سرد نورد نباید به سقف متصل شود. در این حالت می‌توان از تیرک تغییر شکل دهنده (دو تیرک قرار گرفته در درون هم که به صورت کشویی امکان جابجایی دارند و تیرک بالا به سقف متصل بوده و تیرک پایین به قاب سرد نورد متصل است) استفاده نمود برای جزییات بیشتر می‌توان به نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه مراجعه نمود.

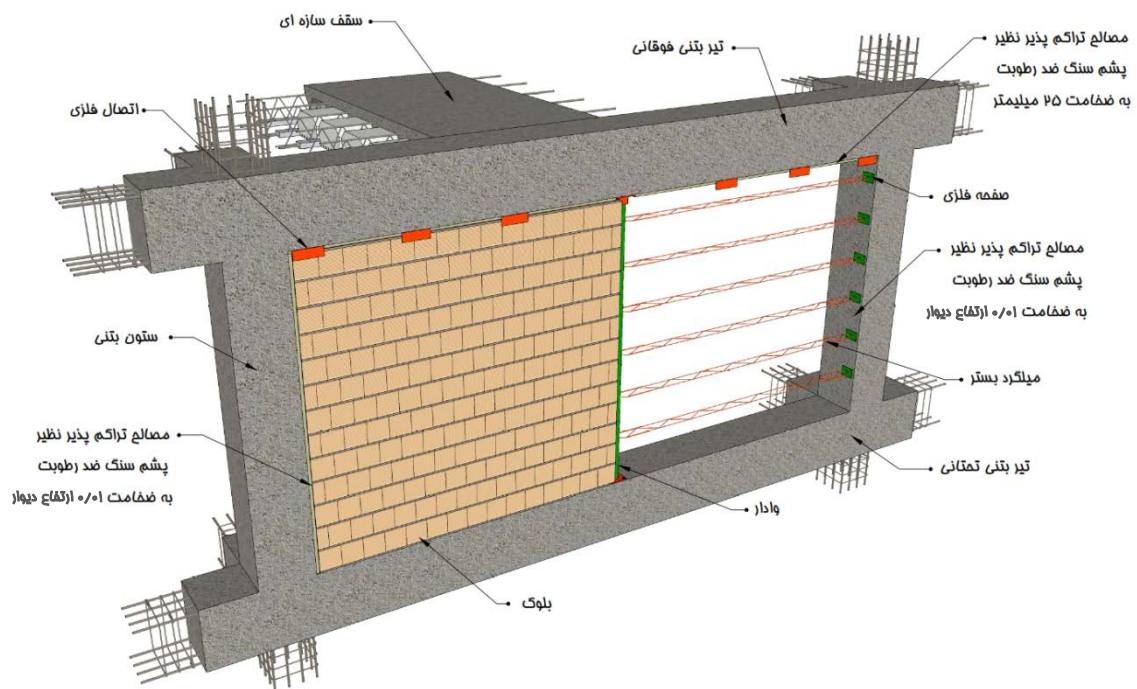
#### **پ۶-۱-۴-۱-۲-۳- تیغه بلوکی**

در تیغه‌های بلوکی، دیوار مشابه با یک پوسته و دال دو طرفه طراحی می‌شود. جداسازی در جهت داخل صفحه و مهار در جهت خارج از صفحه می‌تواند توسط قطعات نبشی فولادی، بست‌های U شکل و یا قطعات مشابه آنها، متصل به سازه در تراز سقف و متصل به ستون‌ها در دو انتهای (طرفین) دیوار و وادارهای میانی، انجام شود. قطعات اتصال می‌توانند منقطع یا پیوسته باشند که باید برای نیروی خارج از صفحه طراحی شوند. در این دیوارها باید از المان مسلح کننده میلگرد بستر خرابایی یا نردبانی برای دیوارهای دارای ملات ماسه سیمان و از بست‌های فولادی منقطع یا پیوسته برای دیوارهای دارای ملات بستر نازک جهت یکپارچه‌سازی و حفظ پیوستگی دیوار استفاده کرد. در دیوارهای با ارتفاع کمتر از ۳/۵ متر لزومی به اجرای وادار انتهایی در نزدیکی ستون نمی‌باشد.

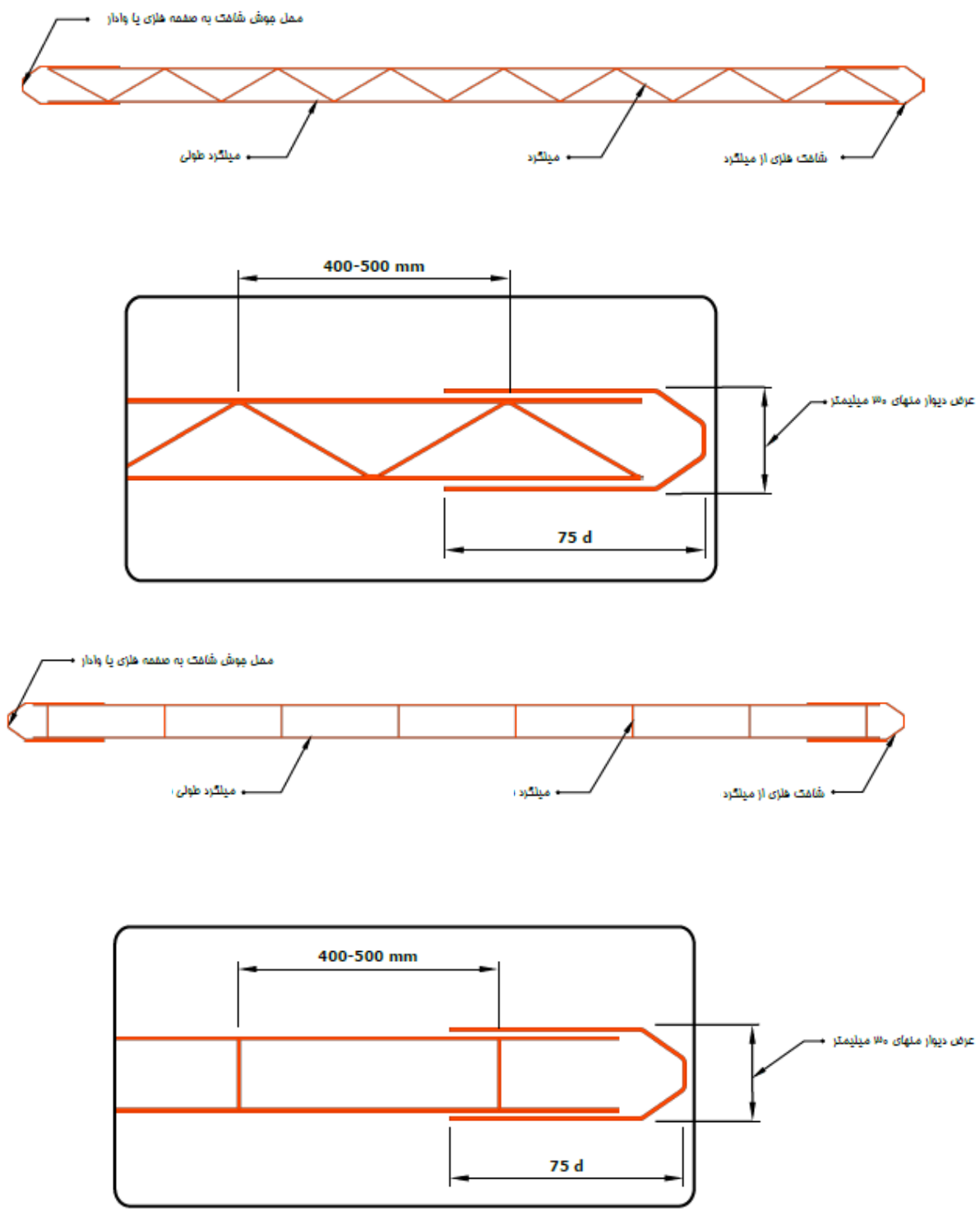
#### **پ۶-۱-۴-۲- جزییات اجرایی دیوارهای داخلی و خارجی**

اتصال دیوارها به سازه باید به نحوی انجام شود که در اثر خیز تیرهای زیر و بالای دیوار، جابجایی نسبی طبقات و یا عوامل وارد آورنده نیروی خارج از صفحه از جمله زلزله، باد و ...، قطعه دیوار پایدار بماند و عملکرد آن حفظ شود و از ایجاد ترک شدید در دیوار جلوگیری نماید. در این بند نمونه‌هایی از اتصالات مورد قبول ارائه شده است. جزییات مشروح‌تر همراه با جداول مقاطع محاسبه شده در «راهنمای طراحی سازه‌ای و جزییات اجرایی دیوارهای غیر سازه‌ای - ضابطه شماره ۸۱۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی» ارائه شده است. دیوارهای بلوکی با توجه به عملکرد دو طرفه آنها در جهت افقی باید با استفاده از ابزار مناسب مسلح شوند (شکل پ۶-۱). این مسئله در

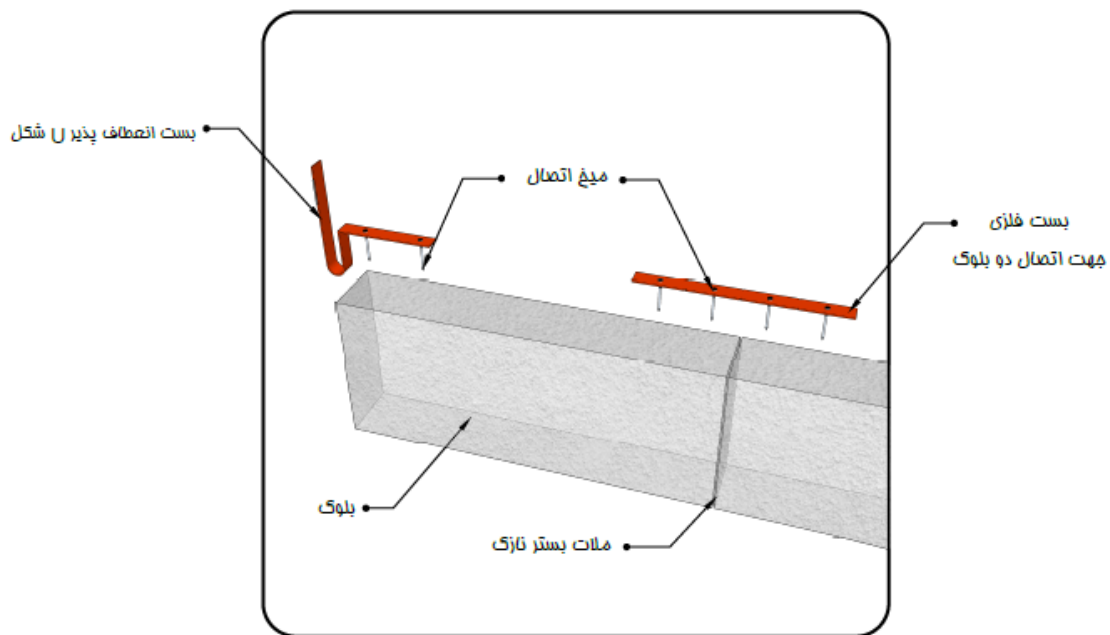
دیوارهای بلوکی اجرا شده با ملات می‌تواند با استفاده از میلگرد بستر خرابایی یا نرده‌بانی (شکل پ ۶-۲) و دیوارهای اجرا شده با ملات بستر نازک (ضخامت ملات کمتر از ۳ میلی‌متر) یا چسب‌های پلی‌یورتان با استفاده از بست‌های نازک فولادی منقطع یا پیوسته انجام شود (شکل پ ۶-۳). میلگردها و بست‌های مورد استفاده باید طبق ضوابط مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان در مواردی که مورد نیاز است از جنس فولاد ضد زنگ یا فولاد گالوانیزه و یا میلگرد آج‌دار سرد نورد باشند. حداقل سطح مقطع قطعه مسلح کننده  $0.0003$  سطح مقطع موثر دیوار در برش خارج از صفحه می‌باشد. حداکثر فاصله قائم قطعات مسلح کننده در ارتفاع دیوار یک متر می‌باشد که باید قطعه براساس آن طراحی و محاسبه شود.



شکل پ ۶-۱- دیوار خارجی بلوکی (سفال، آجر بلوک سیمانی سبک و...) دارای ملات سیمانی مسلح شده به میلگرد بستر



شکل پ ۶-۲- میلگرد بستر خرابایی یا نرده بانی

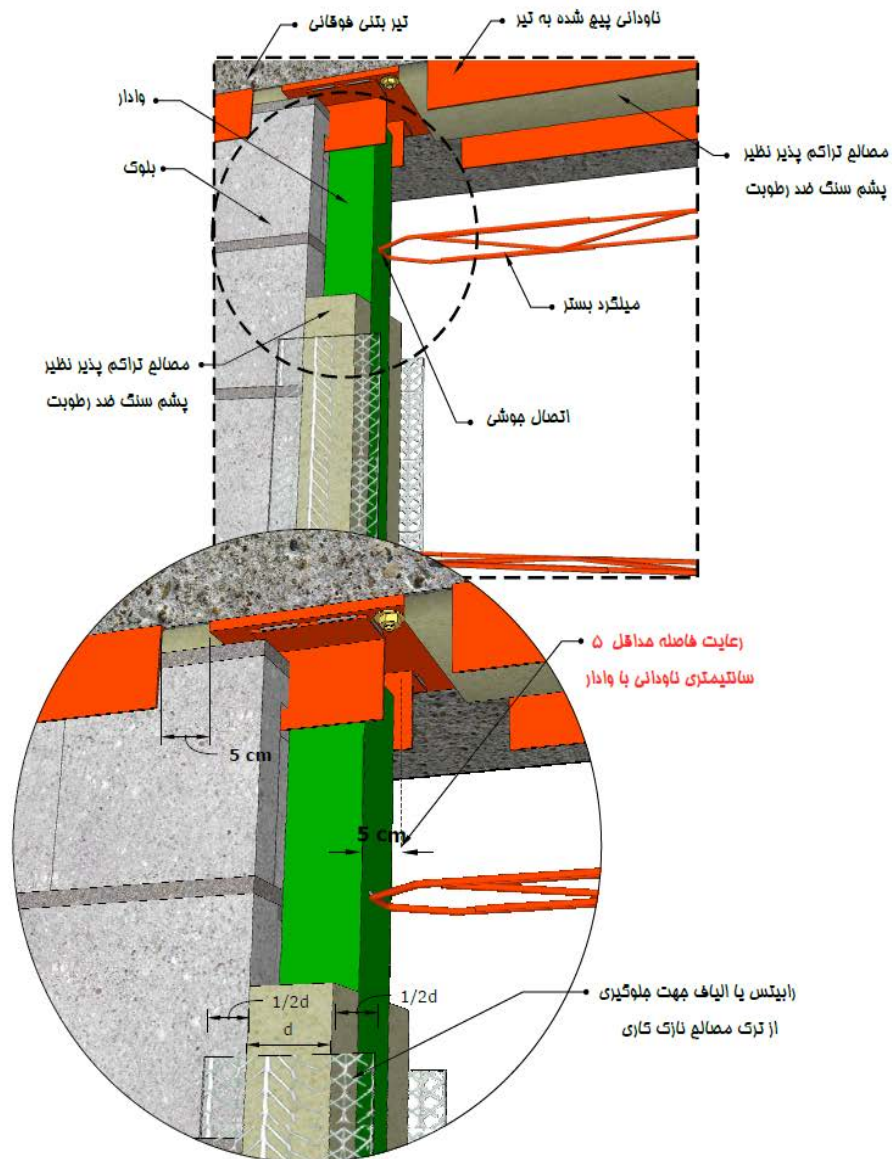


شکل پ ۳-۶- بست‌های فلزی منقطع در دیوارهای بلوکی ساخته شده از ملات بستر نازک

#### پ ۱-۶-۱-۲-۴-۱- وادارها

در صورتی که طول دیوار از مقادیر مجاز براساس طراحی (حداکثر ۴ متر) بیشتر شود، از عضو قائم با مقطع فولادی یا بتنی (وادار) به عنوان تکیه گاه جهت مهار خارج از صفحه دیوار و اجزای مسلح کننده آن استفاده می‌شود. وادار باید به نحو مناسبی به کف سازه با اتصال به صورت مفصلی متصل شود ولی اتصال آن در زیر تراز سقف باید در راستای داخل صفحه به صورت کشویی باشد تا امکان جابجایی درون صفحه دیوار فراهم شود. در دیوارهای خارجی روی سطح وادار باید به وسیله پشم سنگ ضد رطوبت برای عایق بندی پوشانده شود و بر روی آن یک لایه مش الیافی یا رابیتس برای جلوگیری از ترک خوردگی نازک کاری اجرا شود (شکل پ ۴-۶).





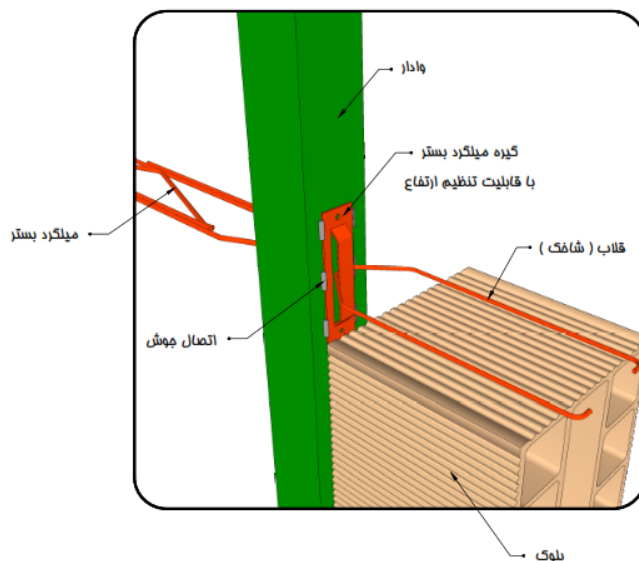
شکل پ ۴-۶- اجرای عایق پشم سنگ و مش الیاف یا رابطیس بر روی وادار

#### پ ۶-۱-۴-۲- اتصال به وادارها

در دیوارهای غیرسازه‌ای در فواصل بین ستون‌ها برای مهار خارج از صفحه دیوارها بسته به نوع و طول دیوار، ممکن است نیاز به وادار باشد. برای انتقال بار به وادار استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی و نظایر آنها به وادار مجاز است ولی نباید از مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی استفاده شود. دیوار با توجه به بارهای وارده و شرایط لبه‌های آن در بالا (زیر سقف) و دو لبه قائم دو طرف دیوار و شرایط مرزی زیر (روی کف) کنترل شوند و بر این اساس حداقل طول دیوار که نیاز به مهار با استفاده از وادار دارد محاسبه شود.

فواصل وادارها را می‌توان بر پایه محاسبه ظرفیت خمشی پانل دیوار با فرض شرایط تکیه‌گاهی لبه‌ها و با اعمال بار وارد بر دیوار تعیین نمود. باید توجه نمود که جزییات ارائه شده در این پیوست شرایط مفصلی را تأمین می‌کند. این کنترل برای دیوارهای بلوکی به صورت دال دو طرفه براساس ضابطه شماره ۸۱۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و

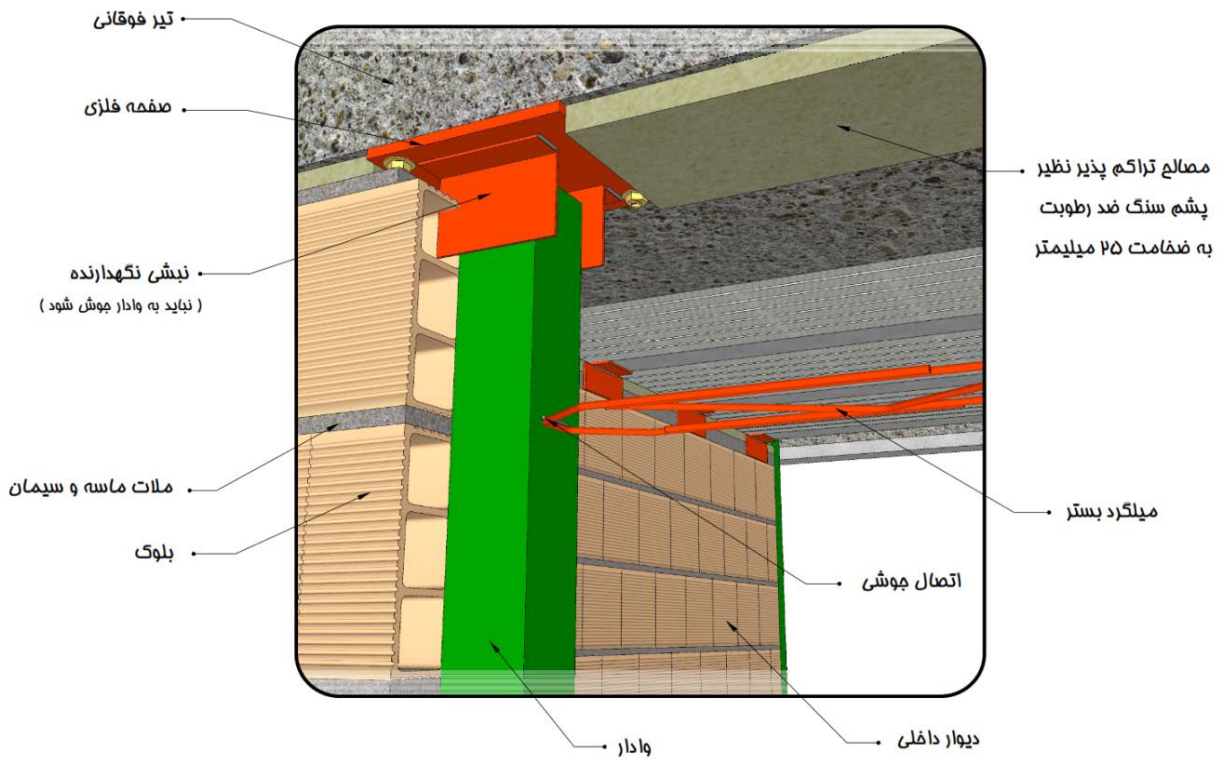
شهرسازی انجام می‌شود. دیوار بلوکی در فاصله بین وادارها با میلگرد بستر یا تسمه‌های فولادی مسلح می‌شود (شکل پ ۶-۵).



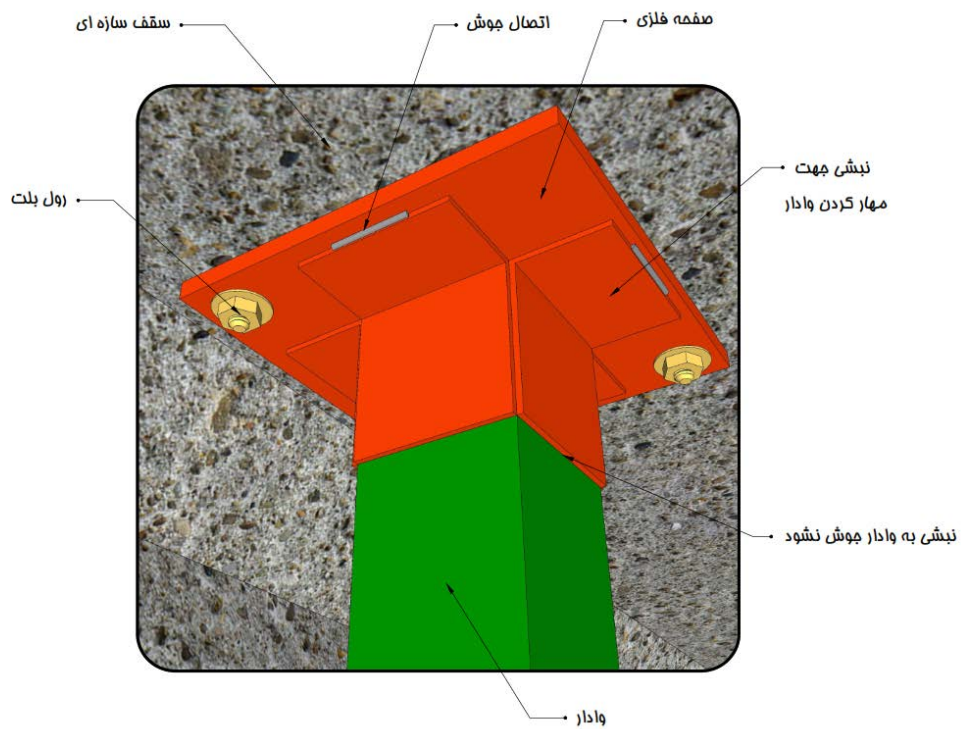
شکل پ ۶-۵- میلگرد بستر در فاصله بین وادارها و اتصال آن به وادر

#### پ ۶-۱-۴-۲-۳- اتصال وادر به قاب سازه‌ای

در دیوارهای بلوکی که نیاز به وادر دارند به منظور تامین حرکت جانبی داخل صفحه دیوارها، مجموعه دیوار و وادر همزمان از آزادی در حرکت جانبی برخوردارند. وادارها نباید به نبشی‌های تعبیه شده در تیرها که تنها جهت جلوگیری از حرکت خارج از صفحه نصب شده‌اند جوش شوند (شکل پ ۶-۶- الف). با توجه به اتصال کشویی وادر نیازی به رعایت فاصله جداسازی دیوار در مجاورت وادارها نمی‌باشد و دیوار می‌تواند از بر وادر چیده شود. تبصره: در دیوارهای واقع در خارج قاب، وادارهای دو انتهای دیوار باید در برابر حرکت جانبی در هر دو جهت مقید (به صورت اتصال تلسکوپی) شوند و به دیوار اجازه حرکت داده شود. در این حالت جزییات اتصال دیوار به این وادارها مانند اتصال به ستون‌ها می‌باشد در این فاصله جداسازی ۱٪ بین وادر و دیوار باید رعایت شود (شکل پ ۶-۶- ب).



الف- به صورت اتصال کشویی با استفاده از نبشی

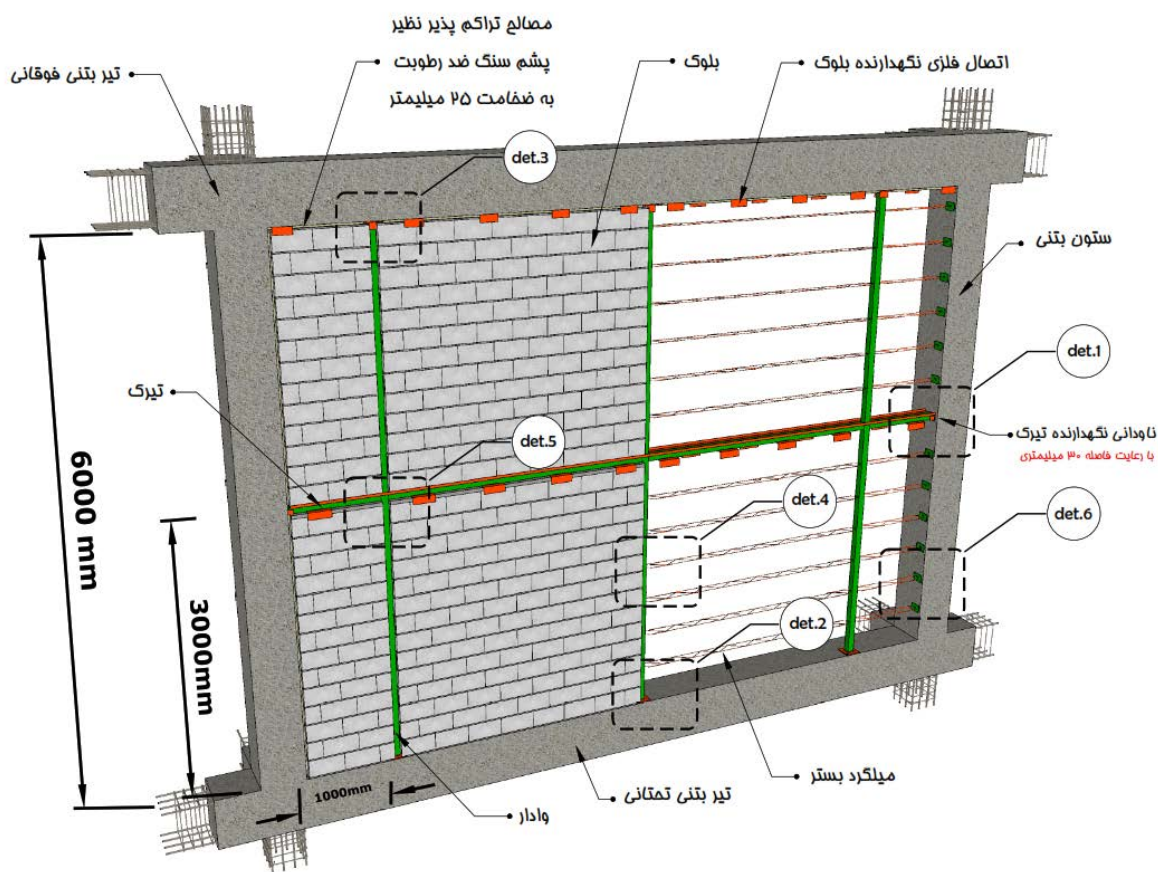


ب- اتصال وادار انتهایی در دیوارهای خارج از قاب به صورت تلسکوپی

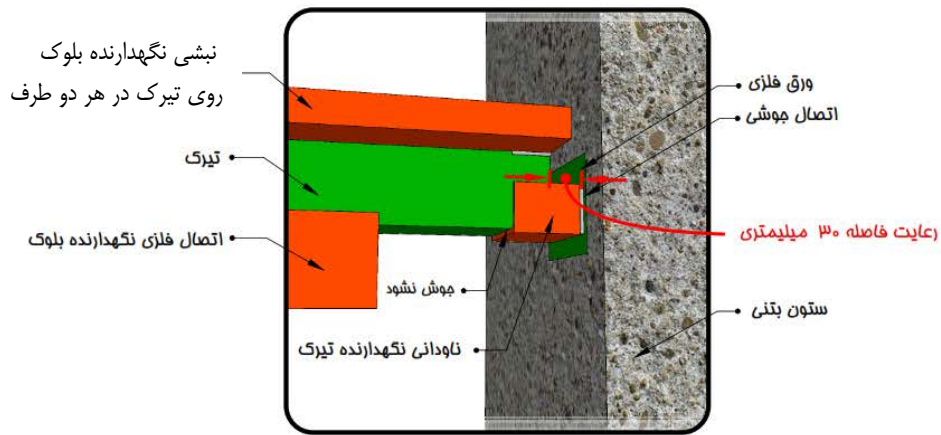
شکل پ ۶-۶- اتصال وادار به سقف

پ ۶-۱-۴-۲-۴-تیرک ها (دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر)

در دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر باید با استفاده از عضو افقی با مقطع فولادی یا بتنی (تیرک) ارتفاع آزاد دیوار را کاهش داد. در این حالت برای اینکه جداسازی دیوار از قاب سازه‌ای به نحو مناسب انجام شود، نیاز به اجرای وادار انتهایی برای نگه داشتن تیرک می‌باشد (جهت عدم ایجاد مانع برای تغییر شکل تیر در ناحیه مفصل پلاستیک وادار انتهایی باید حداقل در فاصله یک متری از بر ستون طبق شکل پ ۶-۷ باشد). نحوه اجرای تیرک به این صورت است که تیرک باید به صورت کامل بر روی دیوار بنشیند و بار ثقیلی دیوار فوقانی نباید به تیرک منتقل شود. به عنوان نمونه شکل پ ۶-۶ نحوه اجرای تیرک و وادارها در یک دیوار ۶ متری و شکل پ ۶-۸ جزییات اتصالات آن را نشان داده است. اتصال انتهایی تیرک به ستون نیز باید به صورت نشیمن با قابلیت جابجایی در راستای دیوار مطابق شکل پ ۶-۸ باشد.

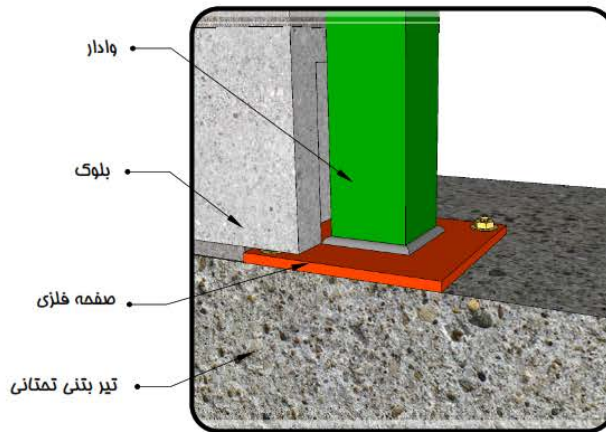


شکل پ ۶-۷- دیوارهای بلوکی با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر دارای تیرک و وادار (به عنوان نمونه یک دیوار با ارتفاع ۶ متری)



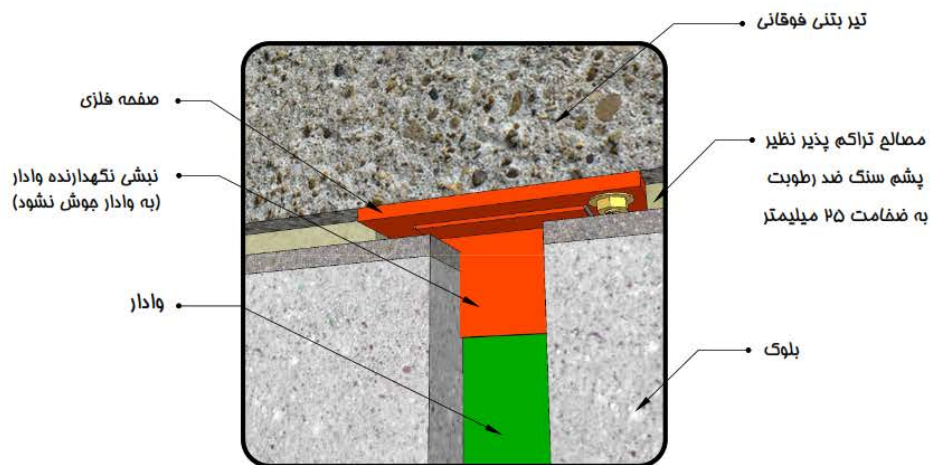
مزییات اتصال تیرک به ستون بتنی

det.1



مزییات اتصال وادار میانی روی تیر تمتمانی

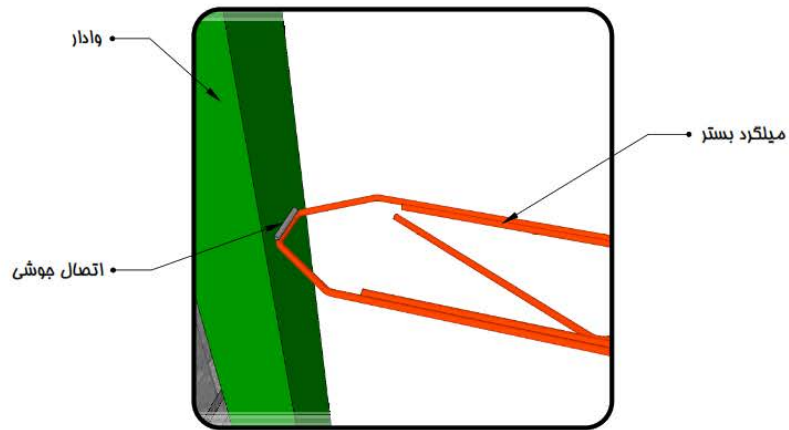
det.2



مزییات اتصال وادار میانی به زیر تیر فوقانی

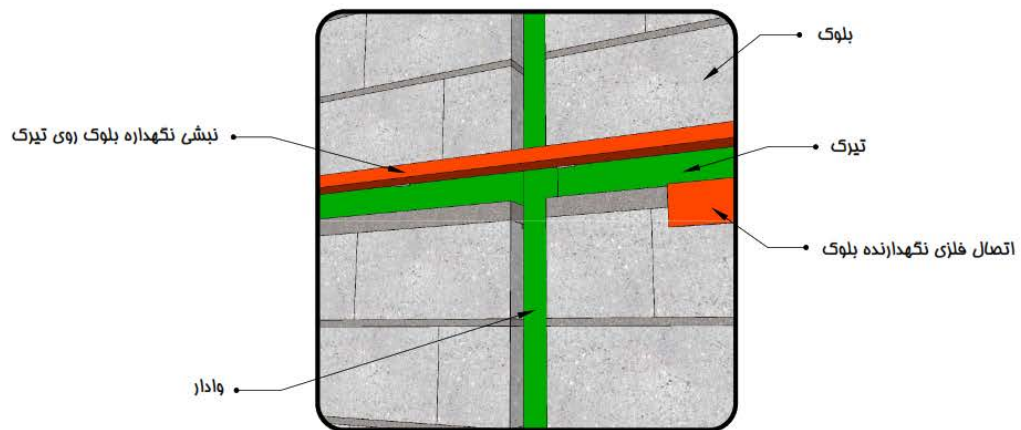
det.3

شکل پ ۶-۸- جزئیات اجرایی اتصال تیرک و وادار در دیوار با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر



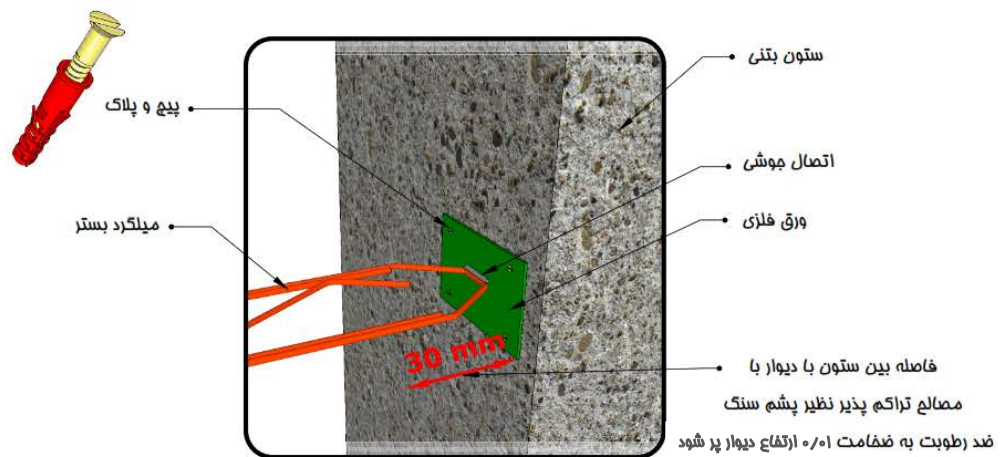
مزییات اتصال میلگرد بستر به وادر

det.4



مزییات اتصال تیرک به وادر

det.5



مزییات اتصال میلگرد بستر به ستون بتنی

det.6

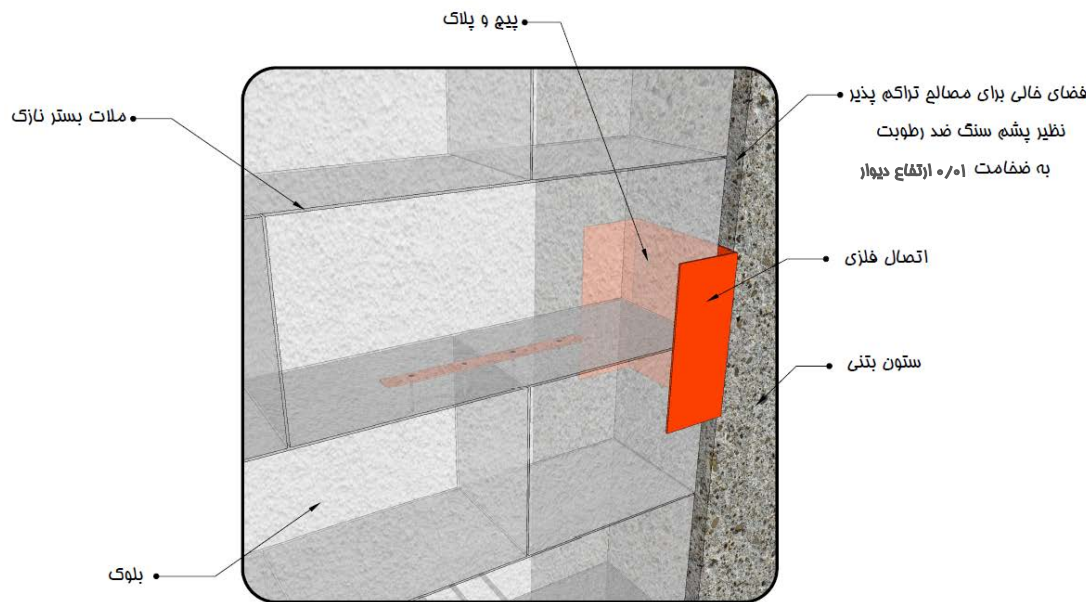
ادامه شکل پ ۶-۸- جزئیات اجرایی اتصال تیرک و وادر در دیوار با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر

#### پ ۶-۱-۴-۲-۵- روش‌های اتصال دیوار به اعضای قائم سازه‌ای

اتصال لبه قائم دیوارها به ستون‌ها و دیوارهای برشی ساختمان یا هر عضو قائم سازه‌ای دیگر در سازه باید به گونه‌ای باشد که ممانعتی در برابر جابجایی نسبی ایجاد نکند. در دیوارهای پانلی نیازی به اتصال بین دیوار و ستون وجود ندارد و فواصل بین این دو باید با مواد تراکم پذیر مانند پشم سنگ ضد رطوبت پر شود و بر روی آن در نازک کاری از یک لایه شبکه الیاف یا رابیتس استفاده شود.

#### الف- اتصال کشویی با استفاده از دو نبشی یا ناودانی

یکی از روش‌های مناسب برای اتصال دیوار به عضو قائم سازه‌ای، استفاده از اتصال کشویی در محل تماس، به وسیله نبشی یا ناودانی منقطع یا پیوسته می‌باشد. در این حالت استفاده از نبشی و یا ناودانی‌های گرم نورد یا سرد نورد شده فولادی در طرفین دیوار که به نحو مناسبی به عضو قائم سازه‌ای اتصال داده می‌شود، توصیه می‌شود (شکل پ ۶-۹).



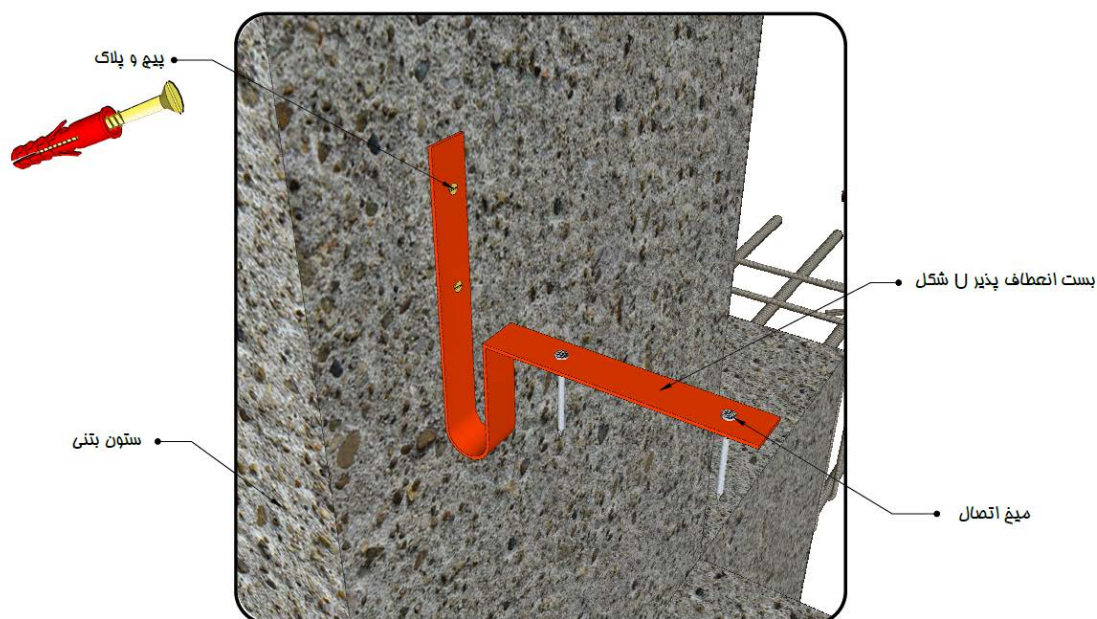
شکل پ ۶-۹- مهار دیوار خارجی ساخته شده از بلوک به ستون با استفاده از نبشی یا ناودانی

#### ب- اتصال با بست های انعطاف پذیر U شکل

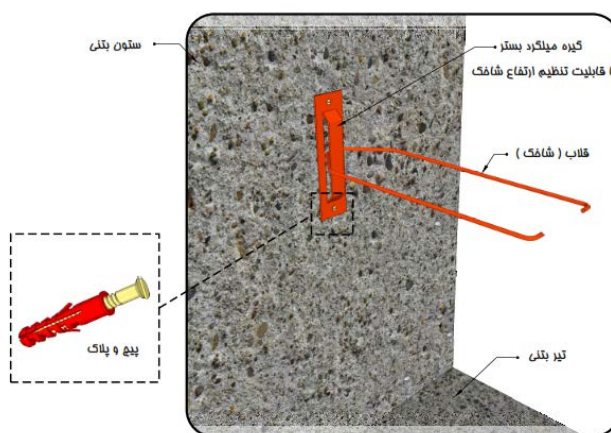
از اتصالات U شکل لغزشی برای مهار خارج از صفحه و در عین حال تامین آزادی حرکت در درون صفحه دیوار می‌توان استفاده نمود (شکل پ ۶-۱۰-الف).

### ج- شاخک انتهایی

در صورت استفاده از میلگرد بستر از شاخک انتهایی آن جهت اتصال دیوار به ستون در جهت خارج می توان استفاده نمود و نیازی به استفاده از نبشی یا ناودانی نمی باشد (شکل پ ۶-۱۰-ب).



الف- اتصال دیوار خارجی ساخته شده از بلوک به ستون با استفاده از بست ارتجاعی U شکل



ب- استفاده از شاخک انتهایی به همراه میلگرد بستر

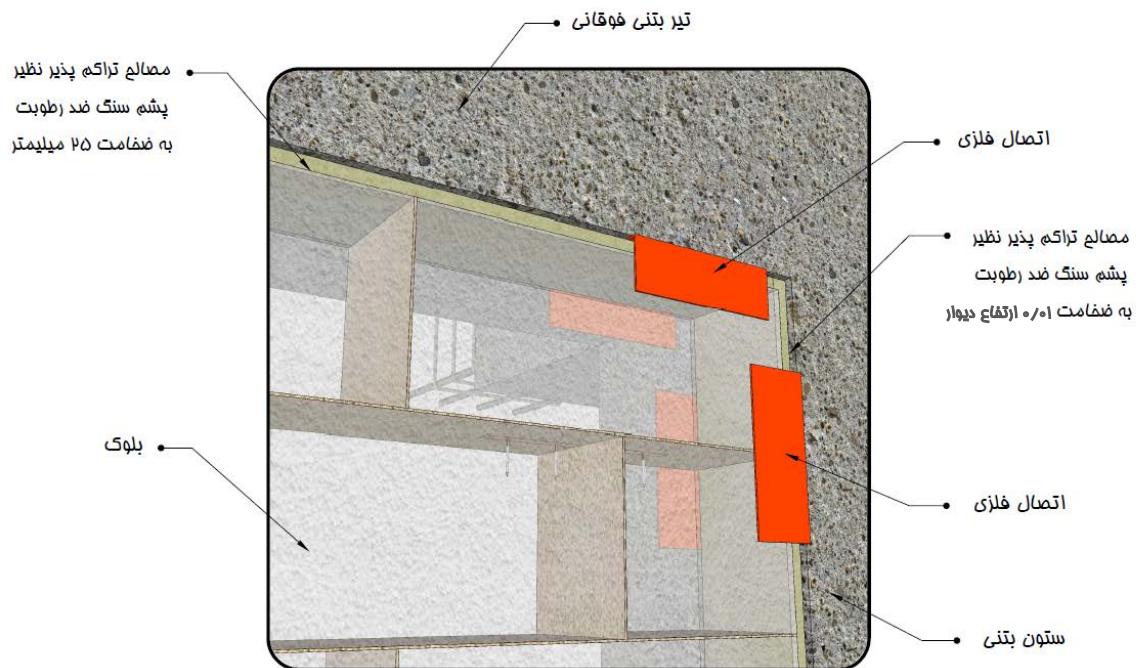
شکل پ ۶-۱۰- روش های مهار دیوار به ستون جهت نیروی خارج از صفحه

### پ ۶-۱-۴-۲-۶- اتصال دیوار به زیر سقف

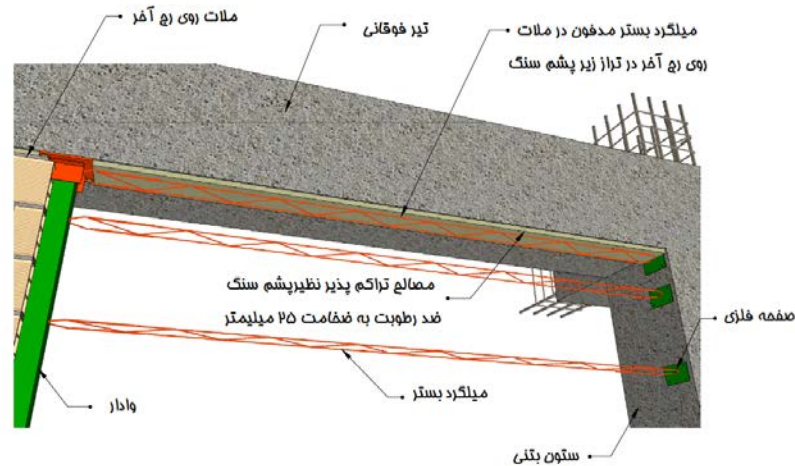
اتصال دیوار به زیر سقف باید به صورت اتصال لغزشی بدون اتصال مستقیم دیوار به سقف و با استفاده از مهار خارج از صفحه دیوار با قطعاتی از قبیل نبشی یا ناودانی اجرا شود (شکل پ ۶-۱۱-الف). انتخاب نوع اتصال بستگی به وضعیت دیواری دارد که بین اعضای قائم شامل ستون، دیوار و یا وادار مهار شده است. در سازه های بتنی چنانچه بر اساس نوع سقف امکان پیش بینی اتصالات مناسب لغزشی در زمان ساخت عضو سازه ای برای بالای دیوار نباشد



می‌توان این اتصال را با کاشت میل مهار پس از اجرای تیر انجام داد. باید توجه شود که در این صورت کاشت میل مهار باید در هسته تیر بتنی انجام شود و کاشت و اتصال به پوشش بتن مجاز نمی‌باشد. حداقل فاصله بالای دیوار تا زیر سقف برابر با بیشترین دو مقدار ۲۵ میلی‌متر و حداکثر خیز دراز مدت سقف در امتداد دیوار در نظر گرفته شود. لبه بالایی دیوار را می‌توان با استفاده از دو نبشی و یا ناودانی که به طریق مناسب به سقف سازه متصل می‌شود مهار نمود. ناودانی و یا نبشی‌ها نباید به دیوار یا وادار پیچ، میخ و یا جوش شوند. با این اتصال امکان حرکت آزادانه دیوار در درون صفحه تامين می‌شود. فاصله بالای دیوار تا سقف باید در حدی باشد که تیر بتواند آزادانه خیز داده و اتصالی با دیوار پیدا ننماید. نبشی‌ها به ترتیب ابتدا در یک سمت اجرا و پس از دیوارچینی و قرارگیری بالاترین بلوک دیوار، نبشی دوم متصل می‌شود. نبشی می‌تواند به صورت سرد نورد یا گرم نورد و به شکل منقطع یا پیوسته باشد. می‌توان به جای مهار خارج از صفحه دیوار در تراز سقف، آخرین ردیف دیوار را با جزییات بند پ۶-۱-۴-۲-۲ به وسیله میلگرد یا بست مسلح نمود. در این صورت توجه شود که در محاسبات دیوار به صورت یک صفحه یک طرفه لحاظ شود و کل بار جانبی وارده به دیوار در طراحی وادارها و المان‌های مسلح‌کننده دیوار لحاظ شود (شکل پ۶-۱۱-ب).

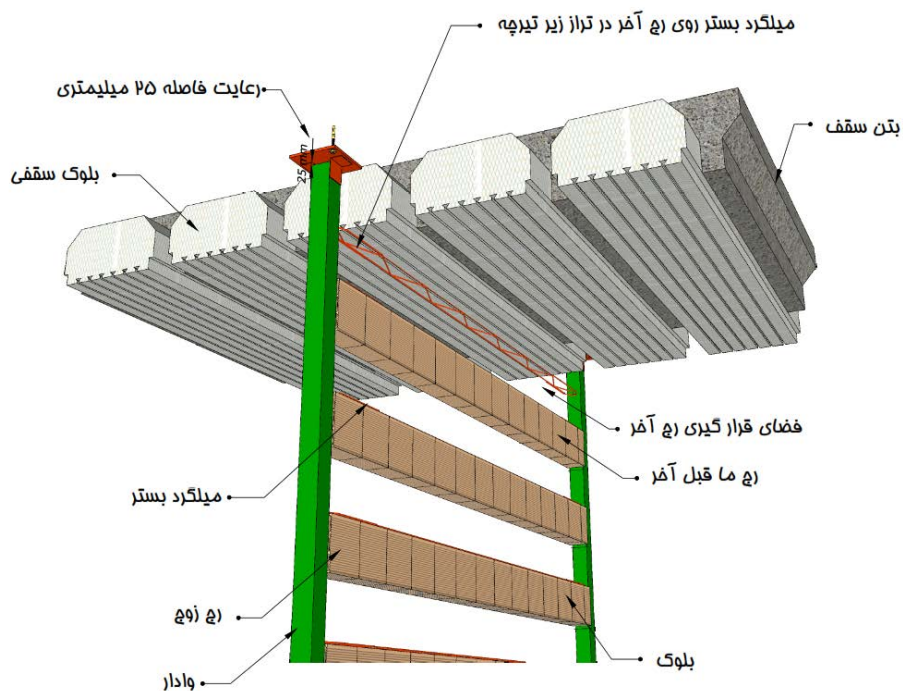


الف- اتصال دیوار به سقف با استفاده از نبشی



ب- عدم اتصال به سقف و اجرای المان مسلح کننده در رج آخر دیوار  
 شکل پ ۶-۱۱- جزئیات اجرایی در محل تلاقی دیوار با سقف

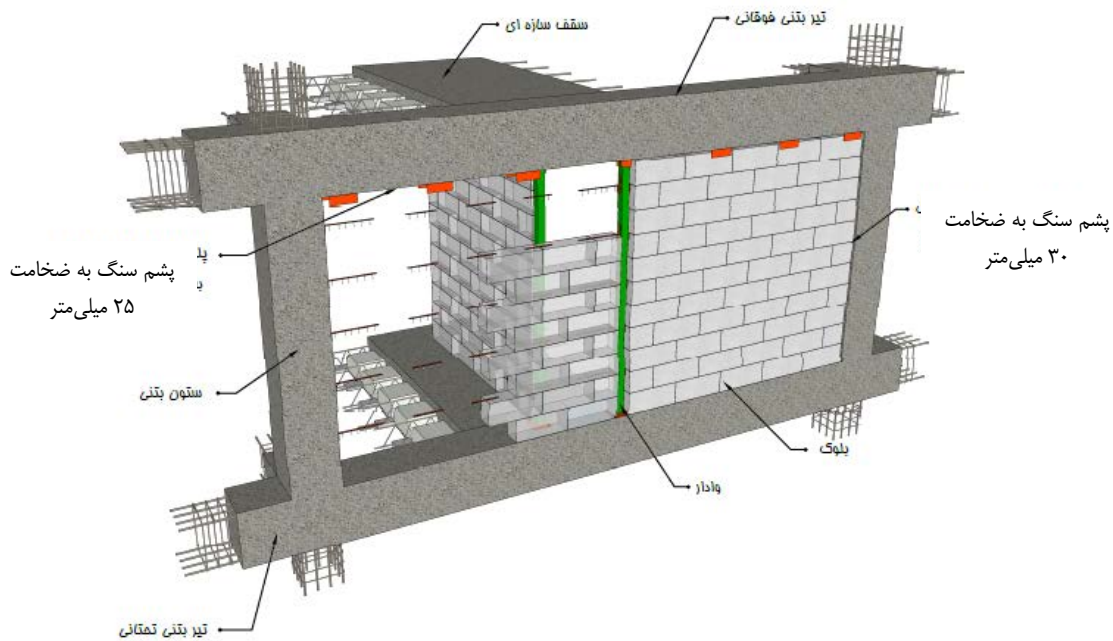
در اجرای دیوارهای داخلی به خصوص در انواع سقف‌های دارای تیرچه یا تیر یا هر نوع سقف مختلط که در آنها تیری در راستای دیوار نباشد، مانند دیوارهای خارجی می‌توان رج انتهایی دیوار یا رج ماقبل آنرا با میلگرد بستر یا بست مسلح کرد (شکل پ ۶-۱۲)



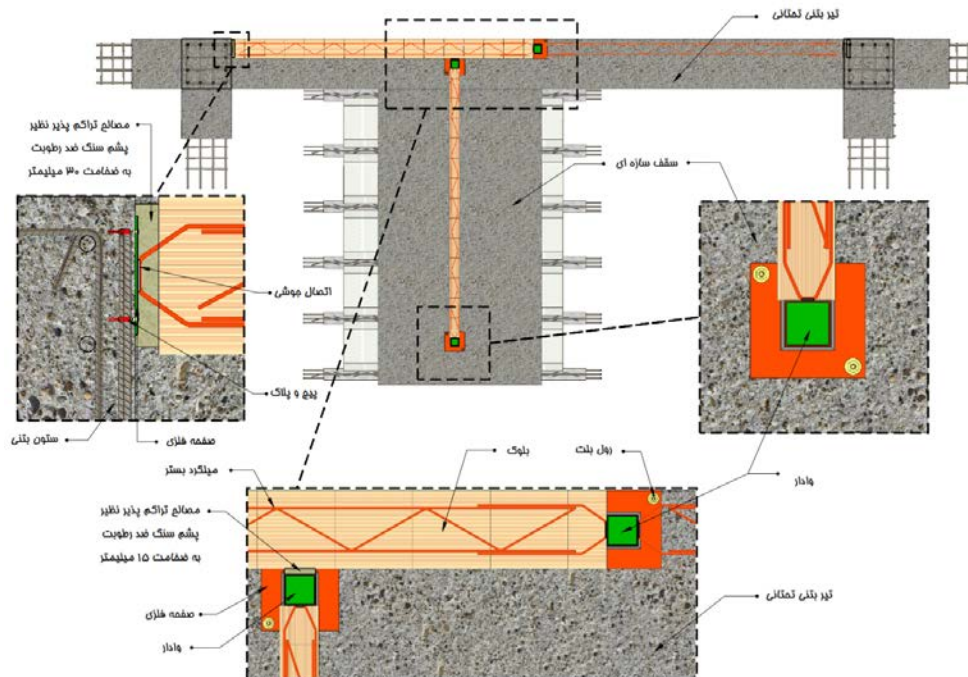
شکل پ ۶-۱۲- مهار دیوار به صورت یک طرفه با استفاده از قطعه مسلح کننده در بالاترین ردیف بلوک مصالح بنایی (اتصال وادار به سقف باید صورت کشویی باشد)

### پ ۶-۱-۴-۲-۷- اتصال دیوارهای غیر سازه‌ای به یکدیگر

در اتصال دیوارها توصیه می‌شود که به دلیل امکان بروز تنش‌های کششی در درون صفحه دیوارهای متقاطع، از بست‌های فلزی مشابه آنچه در مورد اتصال به ستون به کار برده شد استفاده شود و یا برای جداسازی دیوارها از یک دیگر در محل اتصال دو دیوار متقاطع از وادار استفاده شود. شکل پ ۶-۱۳ اجرای وادار مجزا در محل اجرای دو دیوار متقاطع و شکل پ ۶-۱۴ نحوه اجرای بست در محل تقاطع را نمایش می‌دهد.

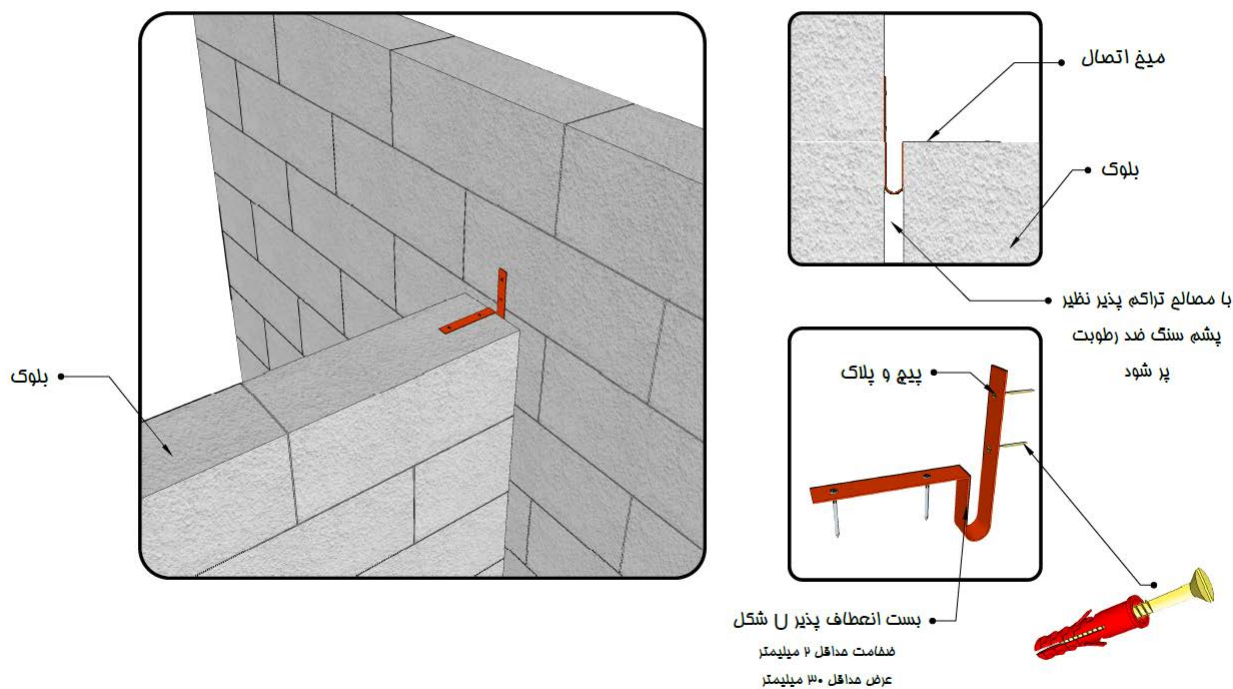


الف- نمای سه بعدی اجرای دیوارهای متقاطع



ب- اجرای دیوار متقاطع از پلان

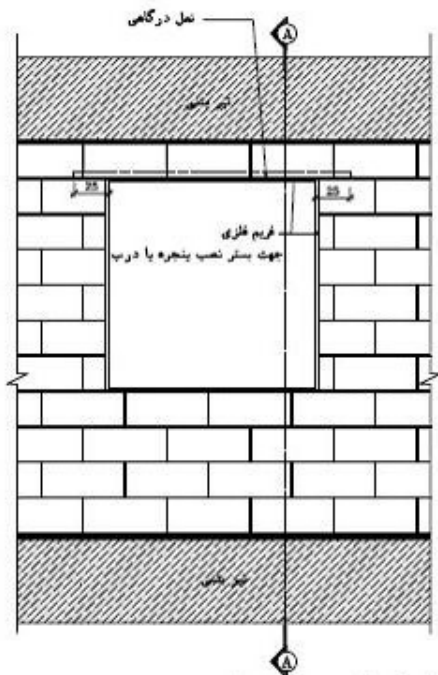
شکل پ ۶-۱۳- اجرای دیوارهای متقاطع و نحوه اجرای وادار در محل اتصال دو دیوار



شکل پ ۶-۱۴- اجرای دیوار متقاطع با استفاده از بست انعطاف پذیر

#### پ ۶-۱-۴-۲-۸- اجرای نعل درگاه و نصب پنجره

در شرایطی که دیوارها دارای درب یا پنجره باشند، اجرای نعل درگاه و نصب پنجره یا درب باید با رعایت جزئیات مشابه شکل‌های پ ۶-۱۵ و پ ۶-۱۶ انجام شود. برای بازشوهای بزرگتر از ۲/۵ متر، نیاز به اجرای وادار و نعل درگاه در کنار بازشو می‌باشد. در بازشوهای کوچکتر از این اندازه، در صورتی که از چهارچوب فلزی مناسب که پاسخگوی بارهای وارده باشد استفاده شود و المان‌های مسلح کننده دیوار به قاب متصل شوند (می‌توانند جوش داده شوند)، احتیاجی به تعبیه وادار در کنار بازشو نمی‌باشد، در غیر این صورت باید برای این دهانه‌ها نیز وادار تعبیه نمود.

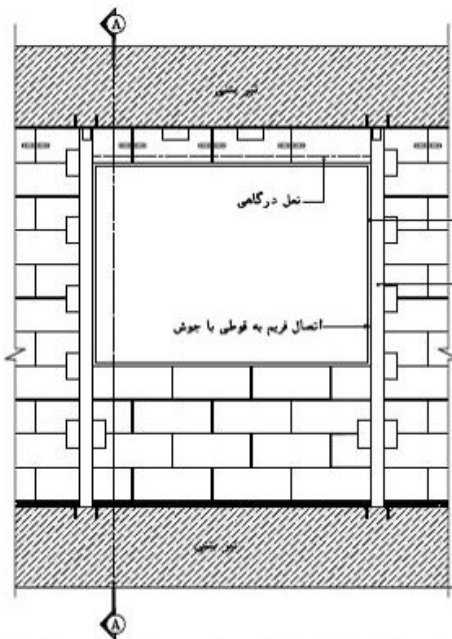


جزئیات اجرایی نصب فریم فلزی جهت بستر نصب در و پنجره

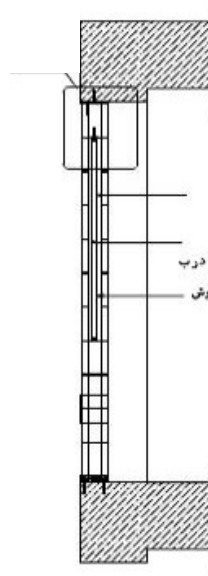


بشش A-A

شکل پ ۶-۱۵- نحوه اجرای فریم و نعل درگاه در اطراف بازشو



جزئیات اجرایی نصب فریم فلزی جهت بستر نصب در و پنجره - در جوار وال پست



بشش A-A

شکل پ ۶-۱۶- نحوه اجرای وادار در دو طرف بازشو در صورت نیاز

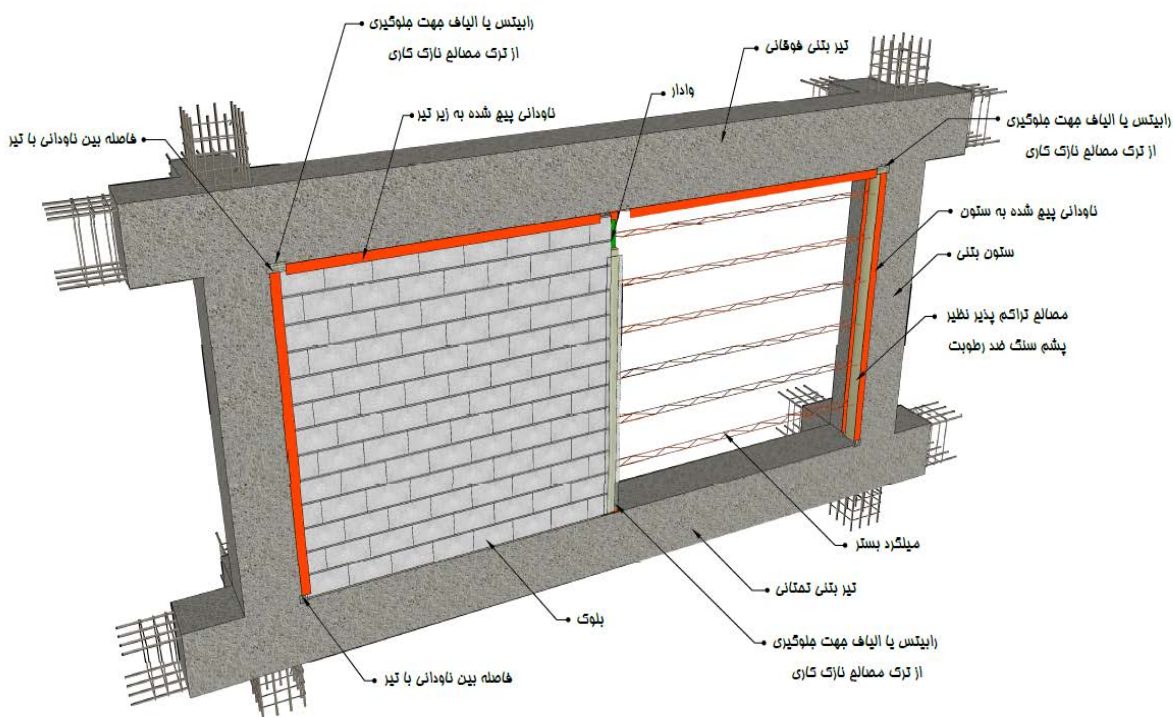
### پ ۶-۱-۴-۲-۹- اجرای دیوار در دهانه‌های مهاربندی

در دهانه‌های مهاربندی در تمام ساختمان‌ها، دیوار باید در جهت داخل صفحه از قاب سازه‌ای جداسازی شود. اجرای دیوار در محور مهاربند یا با هرگونه تماس یا اتصال به مهاربند با توجه به اینکه مانع از عملکرد صحیح و رفتار مناسب مهاربند می‌شود ممنوع می‌باشد دیوار باید خارج از محور مهاربند و با جزئیات جداسازی ارائه شده در این

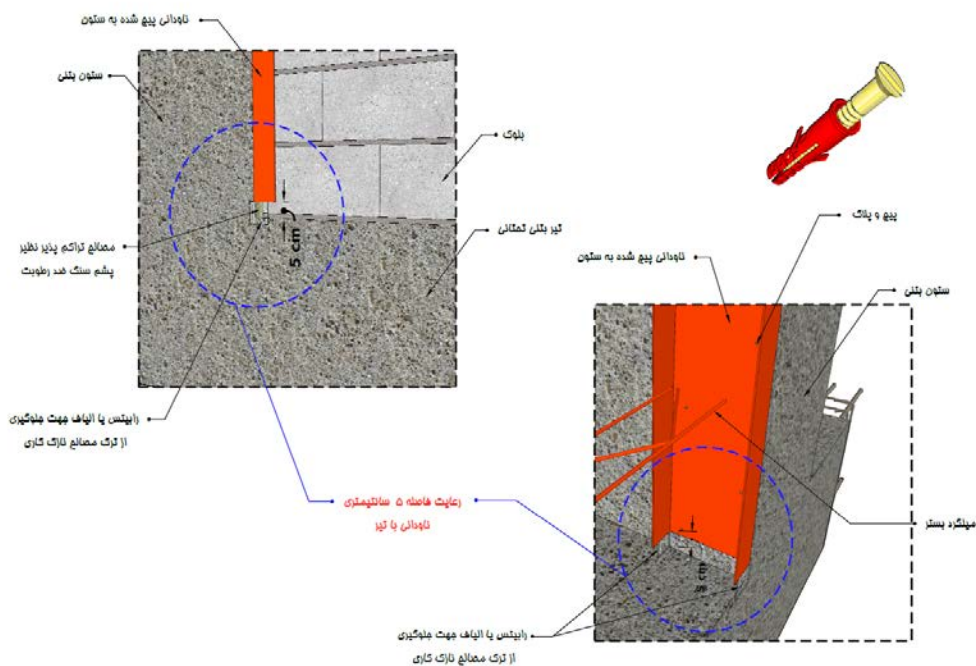
پیوست اجرا شود. در صورت نیاز می‌توان برای عدم نمایان بودن مهاربند از دو دیوار در دو سمت مهاربند که فاقد هر گونه اتصال و درگیری با مهاربند می‌باشند استفاده کرد.

#### پ ۶-۱-۴-۲-۱۰- جزئیات اجرای دیوار در بیمارستان ها

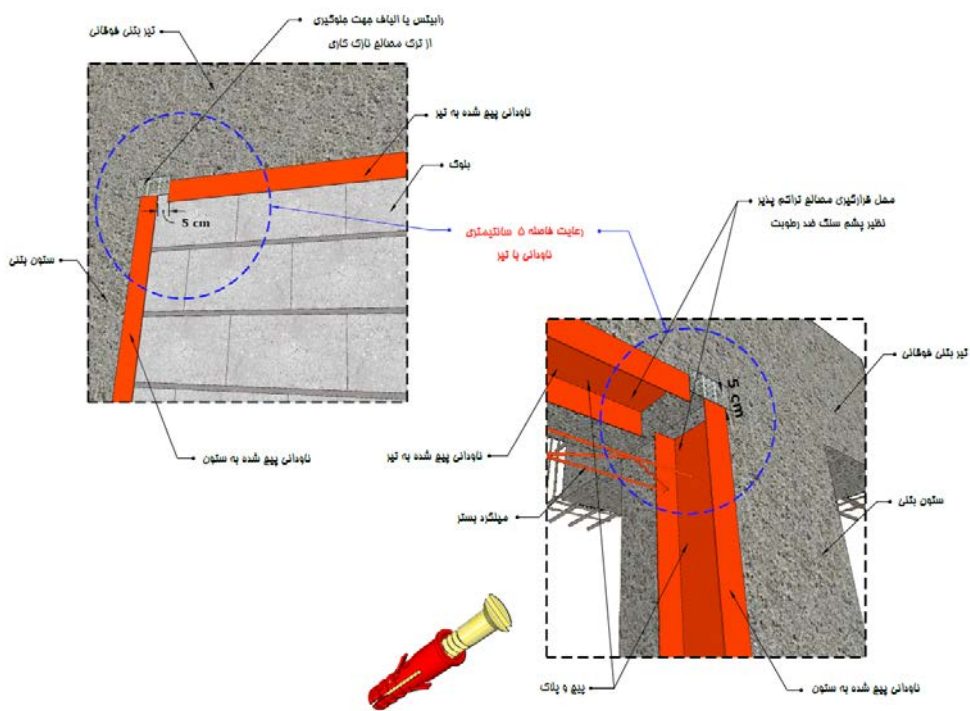
در بیمارستانها جهت جلوگیری از ایجاد هر گونه ترک در دیوار در هنگام زلزله و خارج نشدن فضاهای استریل از سرویس دهی ضروری است که در مجاورت تیر و ستون از قطعات ناودانی سرتاسری، که داخل آن به اندازه یک درصد ارتفاع طبقه از مواد تراکم پذیر نظیر پشم سنگ ضد رطوبت پر شده است، مطابق شکل پ ۶-۱۷ و شکل پ ۶-۱۸ استفاده شود. این جزئیات برای هر دو نوع دیوارهای بلوکی و پانلی لازم الاجرا می باشد.



شکل پ ۶-۱۷- اجرای ناودانی سرتاسری در مجاورت تیر و ستون در دیوارهای بیمارستانی



الف- عدم اتصال نودانی قائم به کف طبقه



ب- عدم اتصال نودانی قائم و افقی به یکدیگر

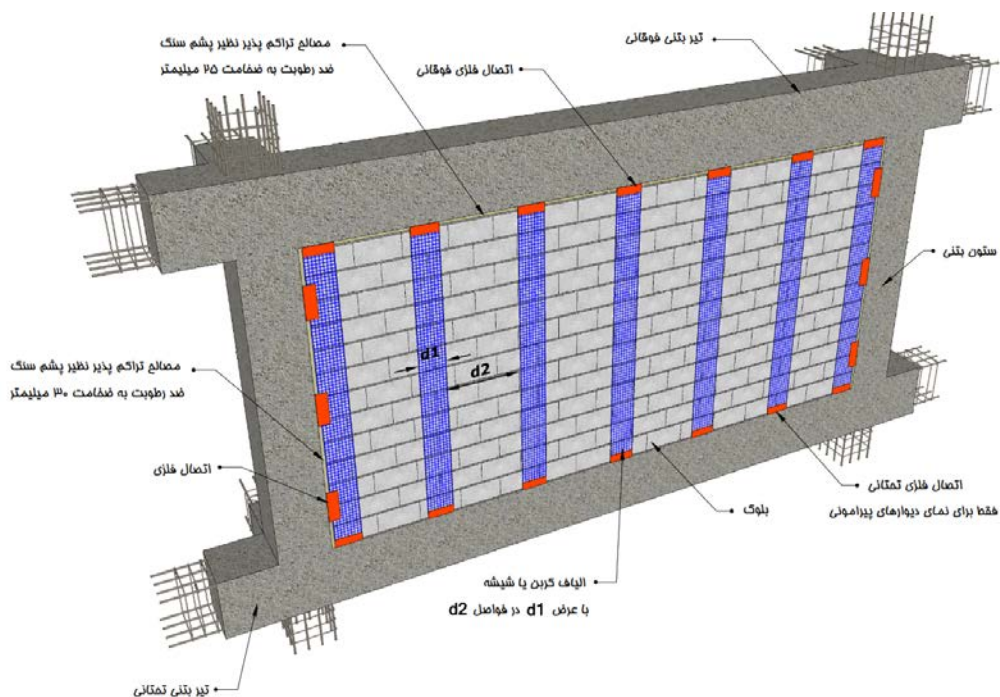
شکل پ ۶-۱۸- جزئیات اتصال نودانی سرتاسری به تیر و ستون

پ ۶-۱-۴-۲-۱۱- روش های نوین مهار دیوار

پ ۶-۱-۴-۲-۱۱-۱- مسلح کردن دیوار با شبکه الیاف

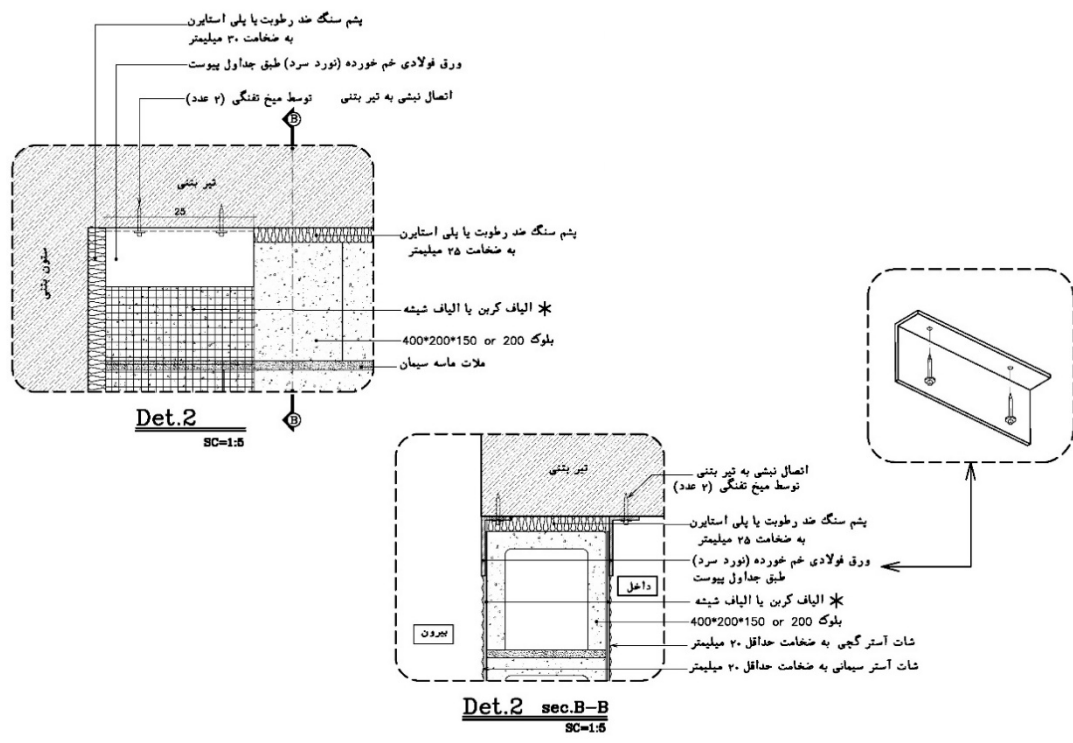
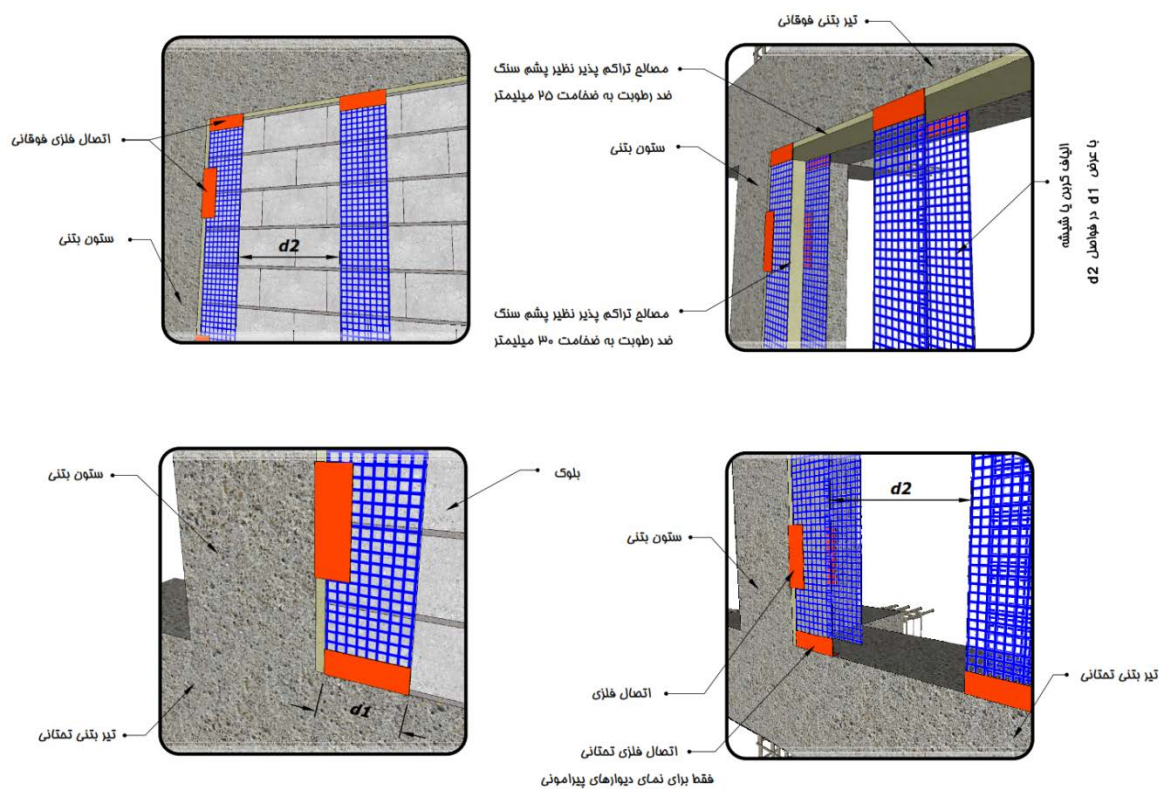
یک روش مهار لرزه‌ای دیوارها مسلح کردن آن با شبکه الیاف می‌باشد. در این روش خمش دیوار، یک طرفه و در راستای قائم می‌باشد بنابراین دیوار نیازی به وادار ندارد و محدودیتی در طول دیوار وجود ندارد. توجه شود که در این

حالت در لبه‌های دیوار و کنار بازشوها باید بر روی دیوار از نوار شبکه الیاف استفاده نمود. در این روش نوارهای شبکه ساخته شده از الیاف کربن یا شیشه بر روی دیوار قرار داده شده و نازک‌کاری بر روی آن به صورت دستی پاشیده می‌شود. بعد از انجام لایه اول پاشش باید نبشی مهار خارج صفحه دیوار در بالا و پایین دیوار اجرا شده و لایه نهایی نازک‌کاری دیوار بر روی نبشی اجرا شود (توجه شود که نباید پاشش بر روی نبشی اجرا شود و از حرکت داخل صفحه دیوار جلوگیری نماید). در صورت وجود حداقل ۵۰ میلی‌متر کف‌سازی که پایین دیوار در داخل آن قرار گیرد نیازی به اجرای نبشی پایینی نمی‌باشد. در این روش، در صورتی که نازک‌کاری روی دیوار از جنس سیمان انتخاب شده باشد، الیاف شیشه مقاوم به قلیا (AR-Glass) با مقاومت تسلیم بیش از ۱۰۰۰ MPa مناسب بوده و در صورتی که نازک‌کاری از جنس گچ منظور شده باشد، استفاده از الیاف شیشه E-Glass نیز با همان مقاومت تسلیم مجاز می‌باشد (شکل‌های پ۶-۱۹ و پ۶-۲۰). در هر دو صورت، مقدار الیاف مورد نیاز با توجه به مشخصات آنها در حالت استفاده به صورت نواری حداقل  $100 \text{ gr/m}^2$  و در حالت استفاده به صورت سرتاسری  $50 \text{ gr/m}^2$  (در هر سمت دیوار) می‌باشد. از شبکه الیاف کربن با مقاومت تسلیم بیش از ۳۰۰۰ MPa نیز می‌توان به عنوان جایگزین الیاف شیشه استفاده نمود. این روش با توجه به حذف وادارها می‌تواند نسبت به سایر روش‌ها از هزینه کمتری برخوردار بوده و برای ساختمان‌های موجود نیز قابل کاربرد می‌باشد.



شکل پ۶-۱۹- مسلح کردن دیوارها با استفاده از نوارهای شبکه الیاف شیشه یا کربن



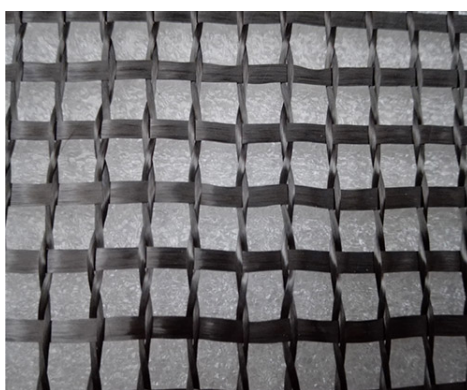


شکل پ ۶-۲۰- جزئیات مسلح سازی دیوار با شبکه الیاف

شبکه الیاف یک ساختار شبکه‌ای متشکل از نخ‌های متعدد است که به یکدیگر متصل شده‌اند. شبکه الیاف می‌تواند دارای ساختار یک جهته یا دو جهته باشد. ساختار یک جهته به معنای این است که نخ‌ها در یک راستا از مقاومت کششی مناسبی برخوردار هستند اما در جهت دیگر مقاومت کمتری داشته و نخ‌های ضعیف‌تر تنها برای اتصال و

کنار هم نگهداشتن نخ‌های قوی‌تر استفاده شده‌اند؛ لذا در طراحی و کاربرد باید جهت قوی ملاک باربری باشد. در مش دو طرفه در هر دو جهت نخ‌ها از مقاومت کششی بالایی برخوردار می‌باشند. فاصله بین چشمه‌ها (یک نخ تا نخ مجاور) در ساختار شبکه‌ای بنا به طراحی می‌تواند متفاوت باشد. اما این فاصله نباید از ۵ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین حداکثر اندازه سنگدانه مورد استفاده در ملات، برای اتصال شبکه الیافی باید از نصف فاصله باز بین چشمه‌ها بیشتر نباشد.

ژئوگریدهایی که ساختار شبکه‌ای پلیمری داشته و از نخ و الیاف تشکیل نشده‌اند و همچنین پارچه الیافی که عموماً در ساختارهای کامپوزیت FRP مورد استفاده قرار می‌گیرد، نباید به عنوان شبکه الیافی مورد استفاده قرار گیرند. شکل پ-۶-۲۱ نمونه‌ای از شبکه‌های الیافی را نمایش می‌دهد.



شکل پ-۶-۲۱- نمونه‌ای از شبکه الیافی

لازم به ذکر است الیاف شیشه مورد استفاده در محیط سیمانی حتماً باید از الیاف شیشه مقاوم به قلیا باشند، به علت اینکه در محیط سیمانی (با  $\text{pH} > 12.5$ )، الیاف شیشه تحت تأثیر قلیایی محیط پیرامون خود قرار می‌گیرند و کاهش مقاومت پیدا می‌کنند. در نهایت فرآیند خوردگی در محلول قلیایی با گذشت زمان می‌تواند تا تخریب کامل شبکه ادامه پیدا کند و به این ترتیب طول عمر الیاف لایه تقویت کاهش می‌یابد. کاهش مقدار قلیای سیمان و ایجاد یک لایه سد محافظتی روی الیاف در برابر اثرات شیمیایی محیط، هرچند راهکارهای موثری در بهبود خوردگی الیاف شیشه می‌باشند اما کافی نیست و حتماً لازم است از الیاف شیشه مقاوم به قلیا استفاده نمود. الیاف شیشه مقاوم به قلیا باید دارای حداقل ۱۶ درصد زیرکونیا ( $\text{ZrO}_2$ ) باشد.

تعیین سطح مقطع نخ، دانسیته، مقاومت کششی و مدول الاستیسیته، تعیین درصد زیرکونیا در الیاف و آزمون مقاومت به قلیا از جمله آزمون‌های ضروری برای شناخت ویژگی‌های مش شیشه می‌باشند. تعیین سطح مقطع نخ، دانسیته، مقاومت کششی و مدول الاستیسیته، تعیین درصد کربن یا گرفتن طیف مادون قرمز FTIR از نمونه از جمله آزمون‌های ضروری برای شناخت ویژگی‌های مش کربنی می‌باشند.

#### پ ۶-۱-۴-۲-۱۱-۲- مسلح کردن دیوار با FRP

یک روش دیگر برای پایدارسازی دیوار در جهت خارج از صفحه، استفاده از نوارهای قائم FRP می‌باشد. جزییات این روش در نشریه ض-۶۹۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ارائه شده است و جزییات اتصال آن به تیر و ستون مشابه بند ۱-۴-۲-۱۱-۱ می‌باشد. این روش با توجه به هزینه بالاتر FRP ممکن است در بسیاری از حالات غیر اقتصادی شود.

#### پ ۶-۱-۴-۲-۱۲- جلوگیری از آسیب به سازه‌های بتنی در حین اجرای اتصالات مهار دیوارها

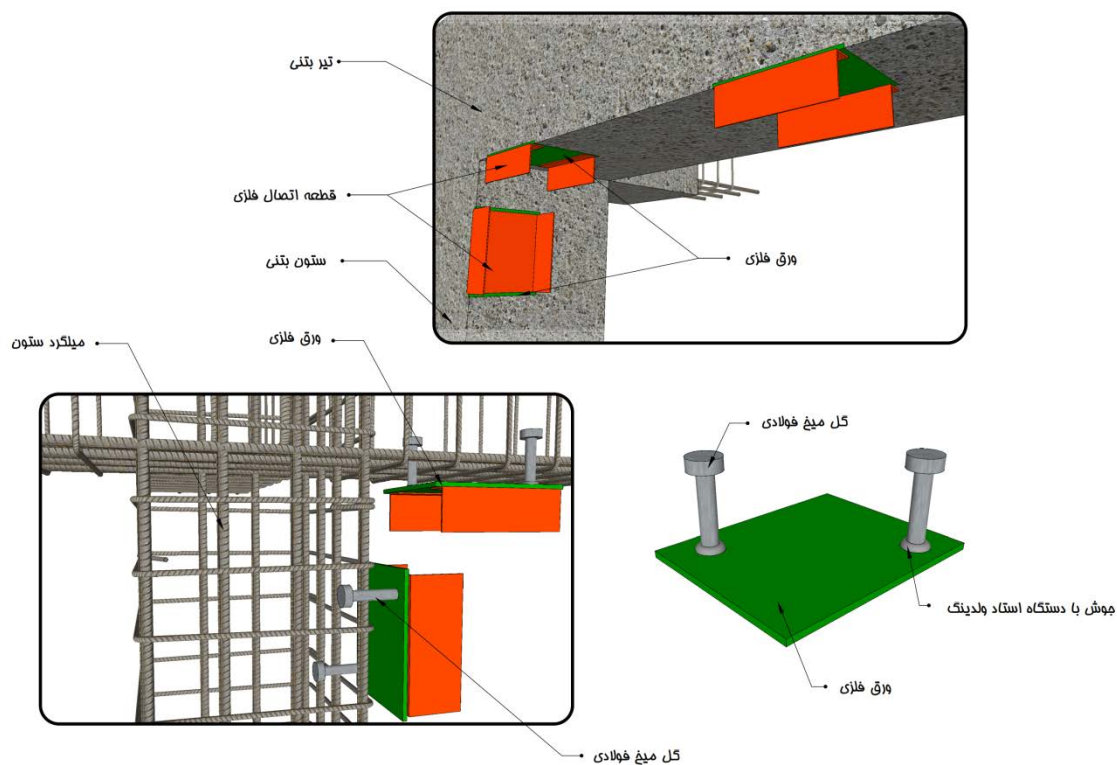
کلیه اتصالات به سازه‌های بتنی یا با استفاده از میخ و پیچ انجام می‌شود و یا در هنگام اجرای اسکلت سازه بتنی صفحات دارای گل‌میخ یا میلگرد جوش شده دارای خم انتهایی در مکان‌ها و مقاطع مورد نظر جایگذاری می‌شوند (شکل پ ۶-۲۲).

محل میخ یا پیچ در لبه قطعات باید به فاصله‌ای از لبه اجرا شود که موجب قله‌کن شدن پوشش بتنی اعضای سازه نشود.

استفاده از میخ‌های کاشت به صورت ضربه ای ممنوع می‌باشد و می‌توان از روش کاشت چرخشی استفاده نمود.

الزاماً زاویه نصب پیچ یا میخ در اجرای اتصالات بر سطوح اعضای سازه به صورت قائم می‌باشد.

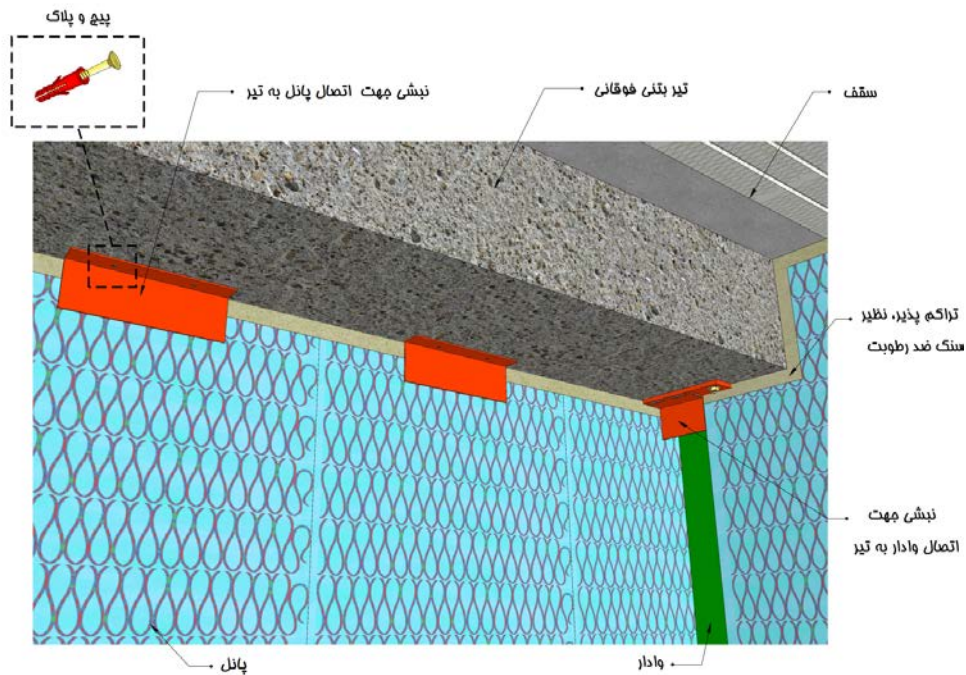
پیشنهاد می‌شود محل قرارگیری پیچ و یا میخ بر روی قطعات اتصال توسط مته مناسب و با یک شماره کمتر، از قبل سوراخ شود.



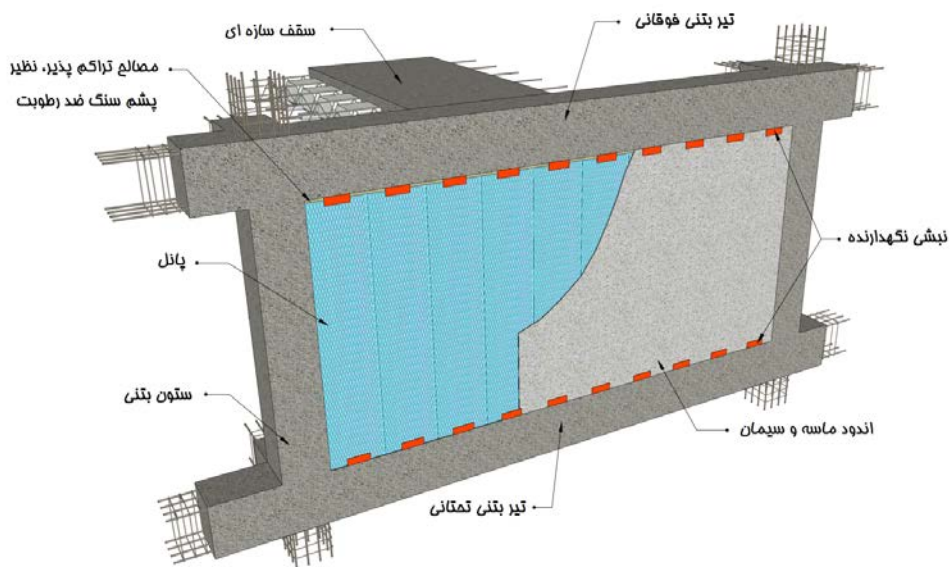
شکل پ ۶-۲۲- جزییات نحوه قرار گرفتن صفحات انتظار جهت اتصال مهار دیوار در تیر و ستون بتنی

### پ ۶-۱-۴-۲-۱۳- دیوارهای پانلی

در دیوار پانلی ساختار پانل باید به گونه‌ای باشد که قابلیت تحمل بارهای لرزه‌ای، باد و ضربه را با عملکرد و رفتار یک طرفه در راستای قائم داشته باشد. در این حالت پانل فقط باید در جهت خارج از صفحه در بالا و پایین دیوار به وسیله نبشی مهار شود (شکل پ ۶-۲۳). در صورتی که پایین پانل در حداقل ۵۰ میلی‌متر کف‌سازی قرار گیرد یا برای پایین پانل در سقف ریشه اجرا شده باشد نیازی به اجرایی نبشی در پایین پانل نمی‌باشد (شکل پ ۶-۲۴). در این حالت نبشی‌های مهار به سقف که پس از اجرای دیوار نصب می‌شود باید به سمت خارج دیوار باشد و سایر جزئیات نیز می‌تواند مشابه دیوارهای بلوکی اجرا شود.



شکل پ ۶-۲۳- جزئیات نحوه مهار دیوار پانلی در قسمت فوقانی



شکل پ ۶-۲۴- مهار خارج از صفحه قسمت فوقانی دیوار دارای ریشه کاشت در پایین دیوار توسط نبشی یا ناودانی

## پ ۱-۴-۳- نماهای داخلی

نماهای داخلی، حساس به جابجایی محسوب می‌شود. این اجزاء می‌توانند دچار ترک‌های داخل صفحه و جداسازی از دیوار شوند. همچنین ممکن است بر اثر شتاب، مستقیماً دچار تغییر مکان یا جداسازی خارج صفحه‌ای شوند. در صورتی که این اجزاء به طور مستقیم روی دیوارهای برشی یا اعضای سازه‌ای که تحت جابجایی بزرگ قرار می‌گیرند، نصب شوند، در زلزله آسیب‌پذیر خواهند بود. در صورت رعایت الزامات جداسازی دیوار، نیازی به کنترل لرزه‌ای در جهت داخل صفحه برای نماهای داخلی اجرا شده بر روی این دیوارها نمی‌باشد.

## پ ۱-۴-۴- نماهای خارجی

### پ ۱-۴-۴-۱- نماهای چسبانده شده

این نوع نما شامل نماهای سنگی، آجری و سرامیکی چسبانده شده، انواع نماهای سیمانی مسلح شده با مش الیاف یا توری های فلزی، و نماهای مشابه آنها می‌باشد.

در نماهای چسبانده شده، اتصال و مهار پشت بندی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای افقی محاسبه شده طبق فصل چهارم این استاندارد باشند.

با توجه به اینکه نماهای چسبانده شده حساس به جابجایی محسوب می‌شوند، ممکن است در اثر تغییر شکل لایه زیرین ترک خورده یا از جای خود بیرون رانده شود. در صورتی که این اجزاء به طور مستقیم روی دیوارهای برشی یا اعضای سازه‌ای که تحت جابجایی بزرگ قرار می‌گیرند نصب شوند، در زلزله آسیب‌پذیر خواهند بود.

در نماهای چسبانده شده خرابی داخل صفحه نما معمولاً بر اثر تغییر شکل سازه دربرگیرنده دیواری که نما بر روی آن چسبانده شده است رخ می‌دهد، که باعث به وجود آمدن ترک و گسترش آن می‌شود. خرابی خارج از صفحه که به صورت بیرون افتادن نما رخ می‌دهد، مستقیماً به دلیل شتاب می‌باشد. بدین منظور باید با استفاده از جزئیات ارائه شده در این پیوست، اتصال دیوار پشتیبان به سازه محیطی (بند پ ۱-۴-۳) را جدا نمود. این جداسازی باید به نحوی صورت گیرد که با اتصال نما به دیوار، امکان حرکت آن با دیوار فراهم شود و در محل‌هایی که پوشش نما از ستون‌ها عبور می‌کند باید توسط مصالح پرکننده نظیر پشم سنگ از چسبیدن نما به ستون‌ها جلوگیری شود (شکل پ ۲۵-۶). همچنین اجرای نما باید به گونه‌ای باشد که در تراز طبقات (تیر یا دال) در نما درز انقطاع اجرا شود.

در صورتیکه که دیوار از مصالحی ساخته شود که بتواند ضوابط مباحث مقررات ملی در بحث عایق حرارتی را برآورده کند نیازی به اجرای عایق حرارتی جداگانه بر روی دیوار نیست. در غیر این صورت باید جزئیات عایق بندی پوسته خارجی شامل مجموعه دیوار و نما طبق مباحث مقررات ملی رعایت گردد. در این حالت باید نما به نحو مناسبی به دیوار پشت متصل شود.

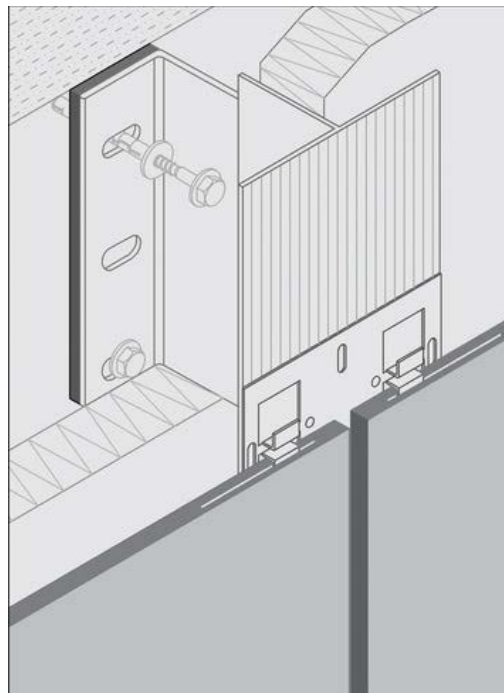
نمونه‌ای از جزئیات اجرایی نما چسبانده شده در شکل پ ۲۶-۶ ارائه شده است. جزئیات اجرایی نماها به صورت مشروح در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه ارائه شده است.



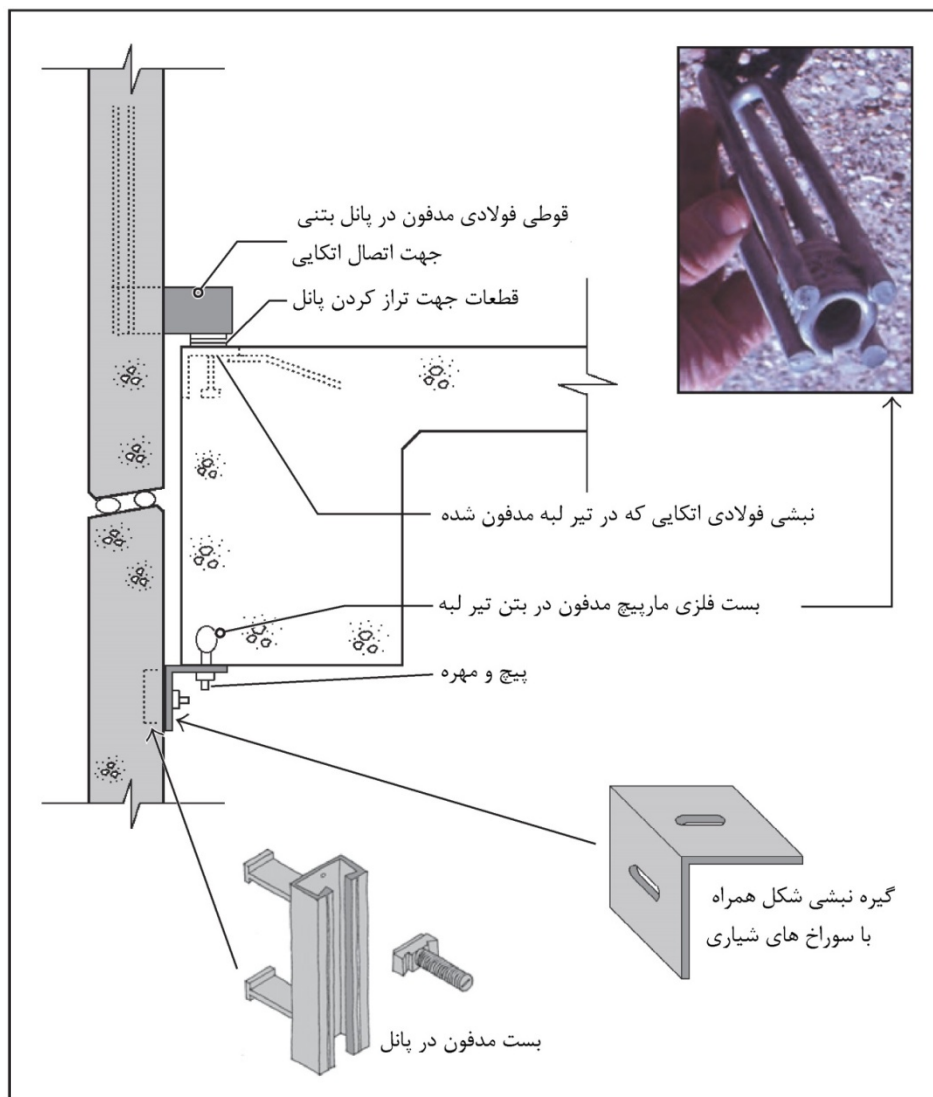
#### پ-۱-۴-۴-۲-نماهای مهار شده

نماهای مهار شده شامل نماهای آجری و سنگی مهارشده، نماهای سرامیکی خشک، نمای کامپوزیت، نمای شیشه‌ای و نماهای بتنی پیش ساخته و انواع تخته‌های سیمانی مسلح شده به الیاف می‌شود. در نمای مهارشده اتصالات باید بارهای ثقلی ناشی از وزن نما به همراه بارهای لرزه‌ای ناشی از شتاب افقی داخل صفحه، خارج صفحه و قائم زلزله را تحمل نمایند.

در ساختمان‌های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد با توجه به هدف کاربرد نماهای مهار شده، توصیه می‌شود سازه به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به  $0.01$  ارتفاع طبقه محدود شود یا قاب نگهدارنده نما در تراز سقف طبقات در جهت داخل صفحه مانند شکل پ-۶-۲۷ با اتصالات لوبیایی از سازه جداسازی شود. در ساختمان‌های با اهمیت متوسط دارای نماهای مهار شده، توصیه می‌شود سازه به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به  $0.02$  ارتفاع طبقه محدود شود یا قاب نگهدارنده نما در تراز سقف طبقات در جهت داخل صفحه مانند شکل پ-۶-۲۷ با اتصالات لوبیایی از سازه جداسازی شود. جزییات اجرایی این نماها در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه ارائه شده است.



الف- نمونه اجرای اتصال لوبیایی به تیر در اجرای خشک نمای سرامیکی

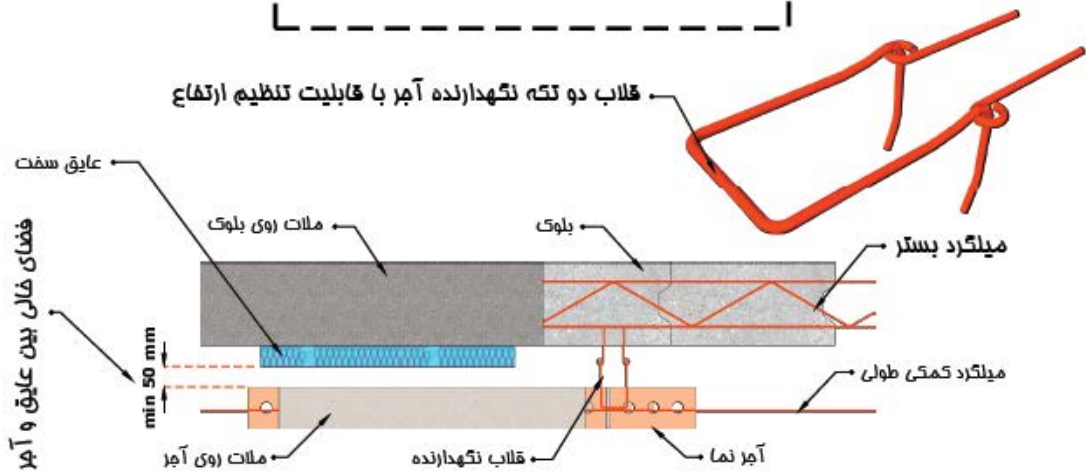
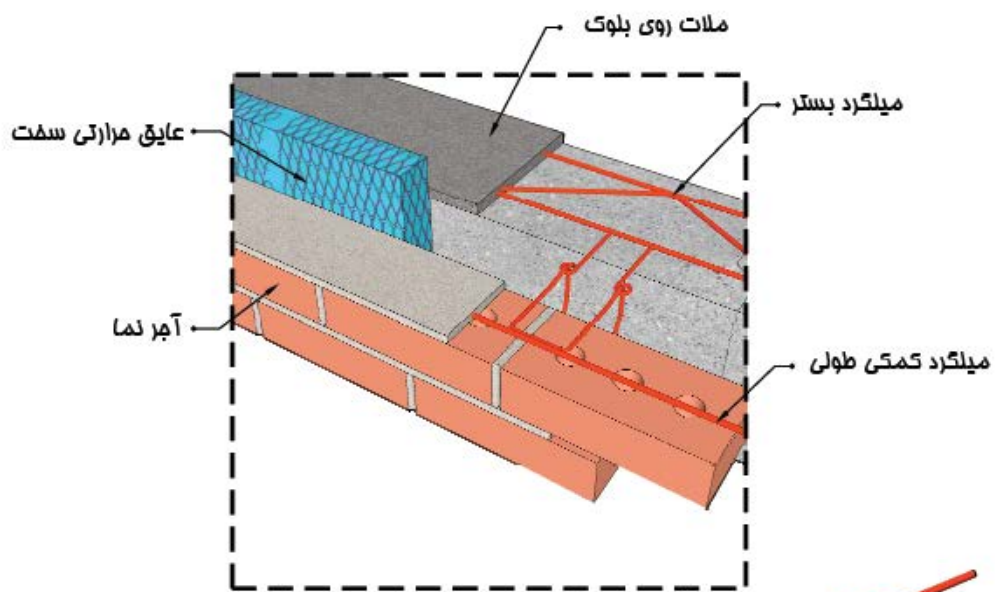
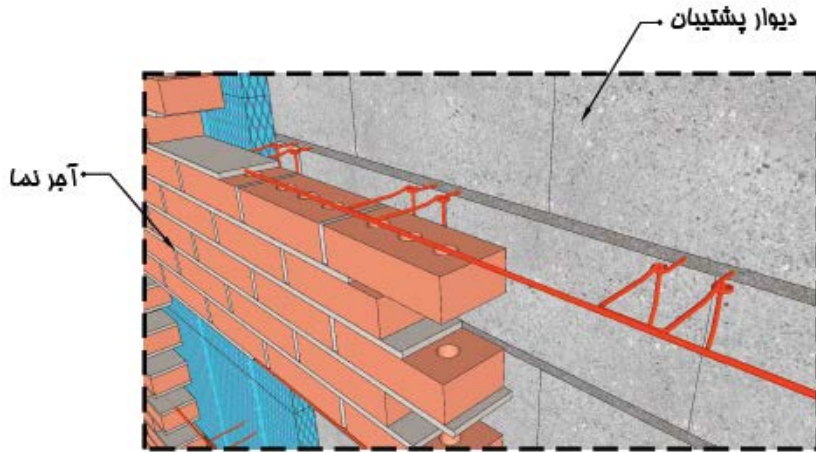


ب- نمونه اجرای اتصال لوبیایی به تیر در پانل بتنی پیش ساخته

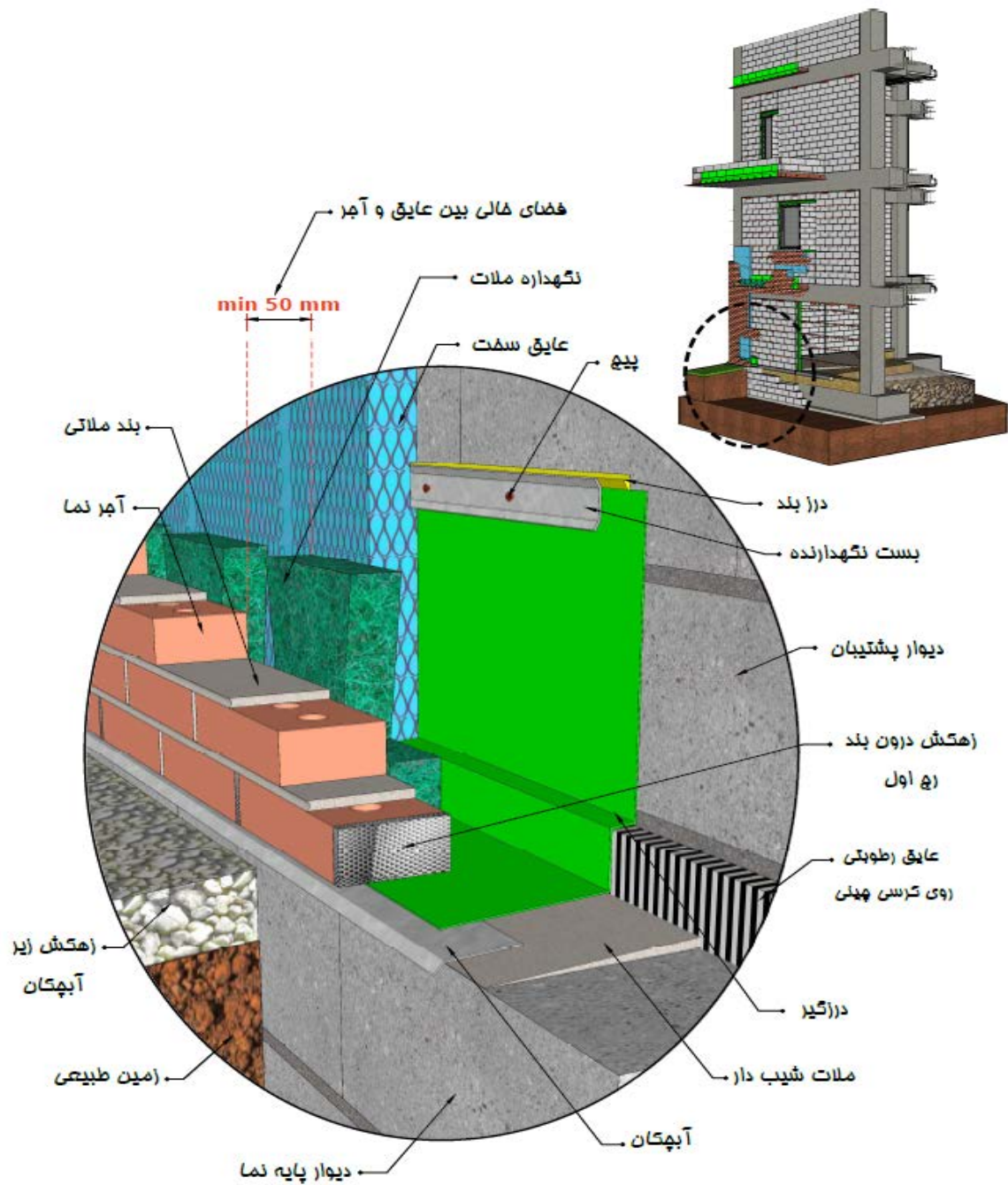
شکل پ ۶-۲۷- نمونه‌هایی از اجرای اتصال لوبیایی در محل اتصال به تیر طبقه جهت جداسازی نما از جابجایی داخل صفحه قاب سازه‌ای

در نماهای آجری، نما باید در ترازى که دیوار خارجی مسلح شده است با بست به دیوار پشت مهار شود. در همان تراز باید یک عدد میلگرد در لایه نما نیز (مطابق شکل پ ۶-۲۸) قرار داده شود. جزئیات اجرای این نما به همراه دیگر الزامات اجرایی در شکل پ ۶-۲۹ نشان داده شده است. جزئیات مشروح در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه ارائه شده است.



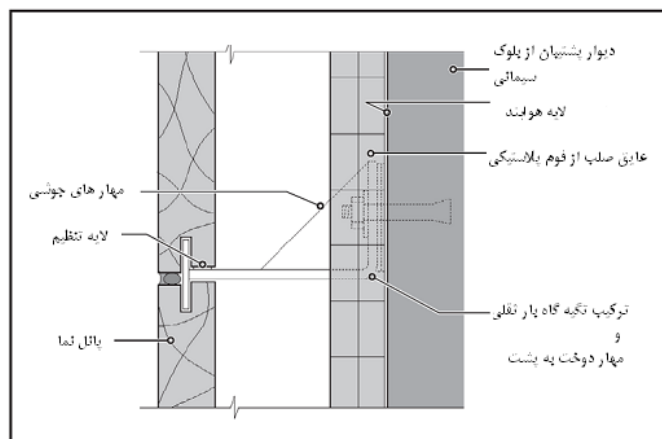


شکل پ-۲۸-۶- نحوه مهار نمای آجری به دیوار پشت

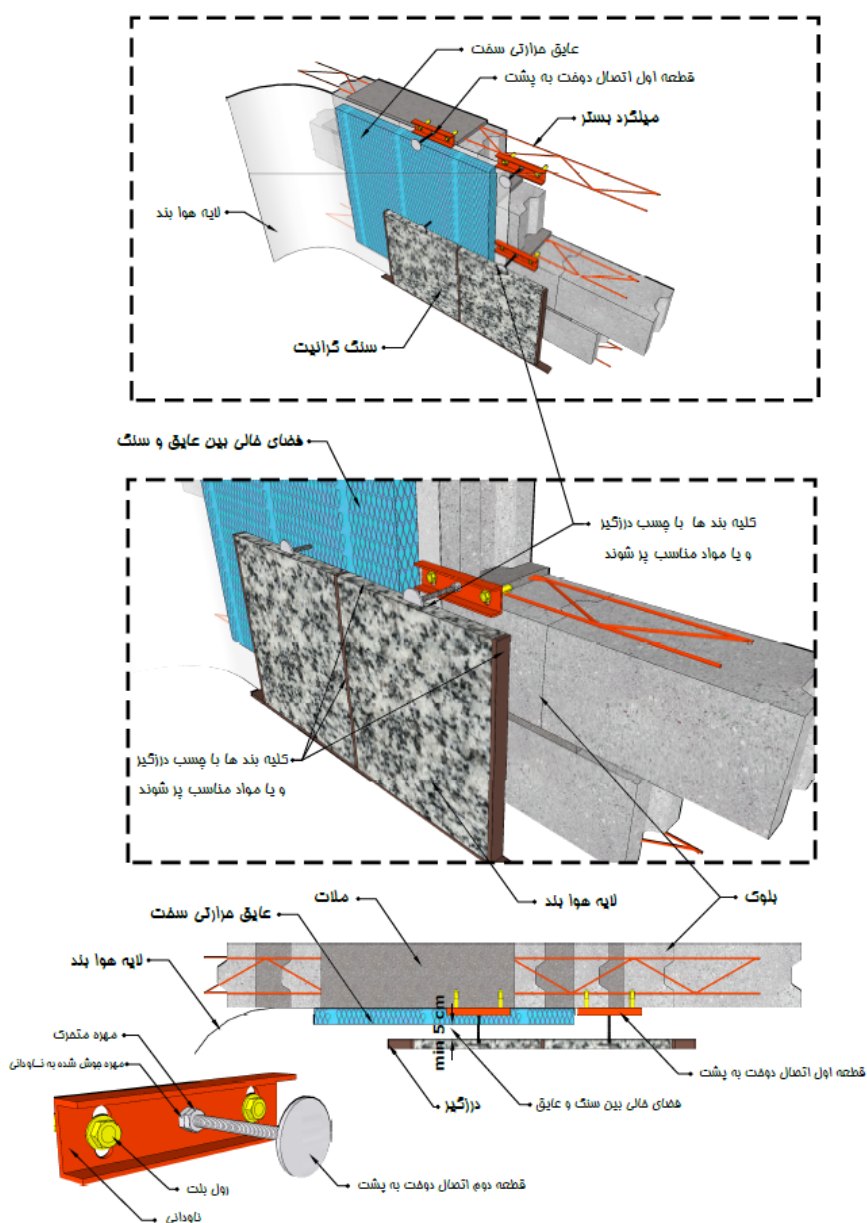


شکل پ ۶-۲۹-جزئیات اجرای نمای آجری

در نماهای سنگی نیز با اجرای بست در شکاف سنگ می‌توان آن را به نحو مناسبی به دیوار خارجی ساختمان متصل نمود. شکل پ ۶-۳۰ نمونه‌هایی از این بست‌ها و جزئیات اجرایی نما و عایق‌کاری و درزبندی‌های آن را (در صورت نیاز) نشان می‌دهد.



الف نمونه ای از اتصال دوخت به پشت نمای سنگی به دیوار



ب- نمونه ای از اجرای دوخت به پشت نمای سنگی به دیوار در محل مسلح سازی دیوار  
 شکل پ ۶-۳۰- نمونه‌هایی از اجرای دوخت به پشت نمای سنگی به دیوار و جزئیات اجرایی آن

## پ ۶-۱-۴-۵- سقف کاذب

سقف‌های کاذب از لحاظ نحوه اتصال به سقف به چهار گروه کلی تقسیم می‌شوند:  
دسته الف: پوشش سقف‌های بتنی یا فلزی با مصالحی که توسط اتصالات مکانیکی و یا چسب به آنها متصل می‌شوند؛

دسته ب: صفحات آویخته از قبیل گچی، فلزی یا چوبی (با فاصله کمتر از ۶۰ سانتی‌متر از سقف) که توسط اعضای به نگهدارنده‌های چوبی یا فلزی متصل می‌شوند؛

دسته پ: صفحات آویخته از قبیل گچی، فلزی یا چوبی (با فاصله بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر از سقف) و همچنین سقف‌های کاذب تشکیل شده از توری‌های فلزی به همراه روکش گچی (رابیتس)؛  
دسته ت: سقف‌های کاذب یکپارچه دارای سازه مستقل نگهدارنده (T-bars) به همراه تجهیزات روشنایی و مکانیکی.

## پ ۶-۱-۴-۵-۱- نکاتی که باید در طراحی لرزه‌ای سقف‌های کاذب رعایت گردد:

- در زیر بالکن‌های طره یا سایه‌بان‌هایی که دچار شتاب قائم بالایی به هنگام زلزله می‌شوند، لازم است که فاصله آویزهای سقف کاذب نسبت به یکدیگر کاهش یابد.  
- ارائه جزئیات لرزه‌ای برای سقف‌های کاذب با مساحت کمتر از ۱۳ مترمربع که توسط دیوارها به صورت جانبی در سازه مهار شده‌اند لازم نیست.

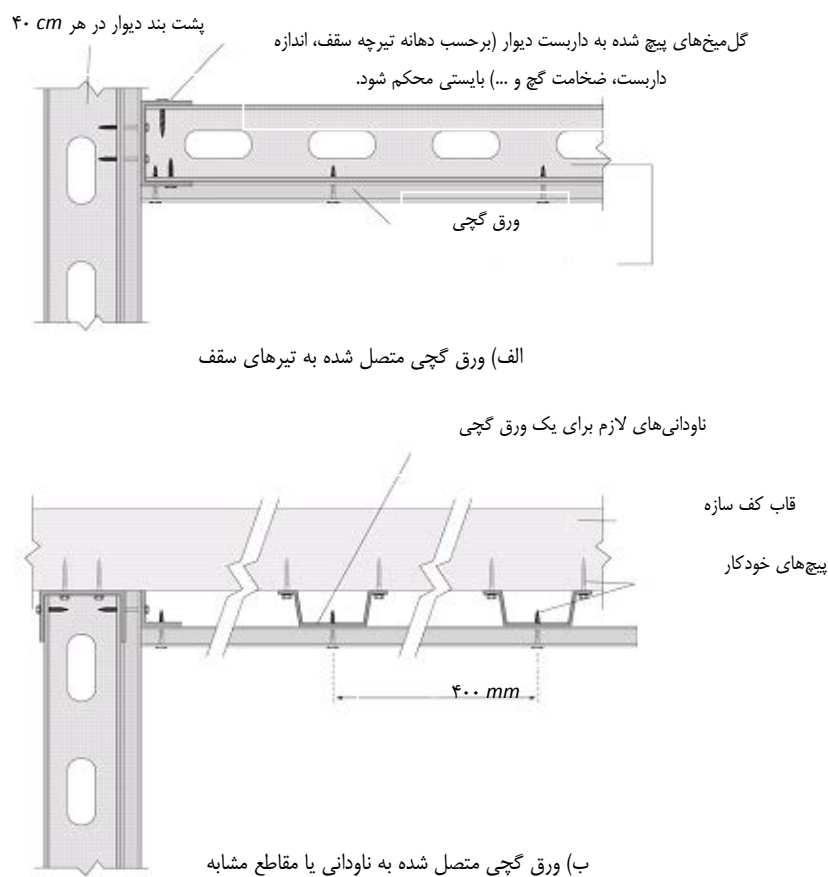
- ممکن است جزئیات لرزه‌ای خاصی برای سقف‌های سنگین دیگر مانند گچ، چوب و یا پانل‌های فلزی یا برای سقف لایه گچی در ارتفاع‌های مختلف مورد نیاز باشد. برای این موارد، جزئیات به صورت مشابه با آن چه برای سقف‌های عایق صوت استفاده می‌شود بوده ولی برای حفظ ایمنی، از مهاربندی بیشتری استفاده می‌شود. مهاربندی لرزه‌ای برای سقف‌های سنگین آویخته به صورت معمول شامل یک میله فشاری قائم و مهارهای سیمی کششی قطری می‌باشد. در برخی موارد می‌توان به جای مهاربندی سیمی و میله‌های فشاری از اعضای خمشی (معمولاً از فولاد سرد نورد) استفاده کرد (شکل پ ۶-۳۱).



شکل پ ۶-۳۱- سقف لایه گچی با مهار جانبی در فواصل ۱٫۸ تا ۲٫۴ متری

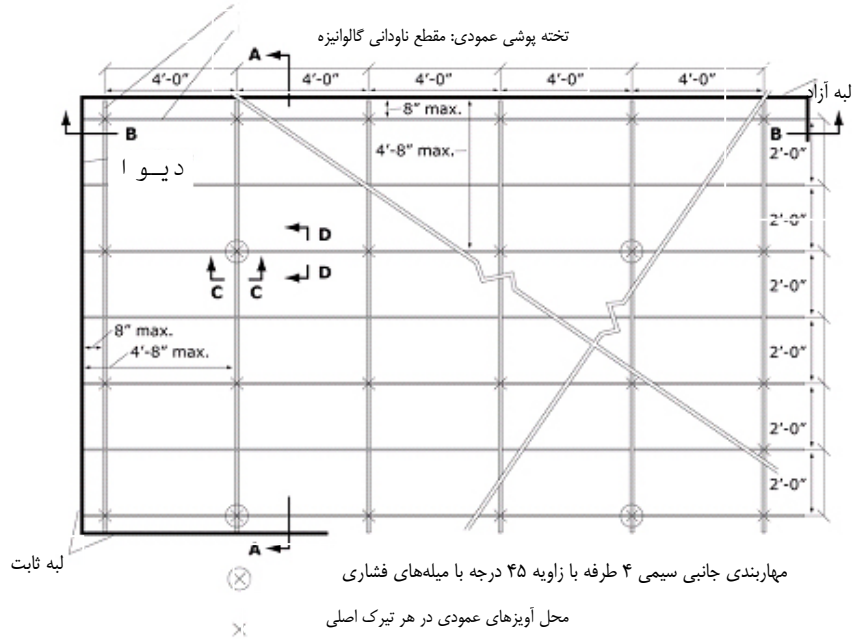
**الف-ساختمان‌های با اهمیت متوسط:** سقف‌های کاذب گروه‌های الف، ب و ت نیازی به طرح لرزه‌ای ندارند. سقف‌های کاذب گروه پ، باید قادر به پذیرش تغییرشکل‌های نسبی محاسبه شده طبق بند پ۶-۱-۳ باشند.

**ب- ساختمان‌های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد:** سقف‌های کاذب گروه‌های الف و ب و د باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای محاسبه شده طبق بند پ۶-۱-۳ باشند. سقف‌های کاذب گروه ج، باید قادر به پذیرش نیروهای طراحی لرزه‌ای و تغییرشکل‌های نسبی محاسبه شده طبق بند پ۶-۱-۳ باشند. شکل پ۶-۳۲ جزئیات مهار لرزه‌ای سقف‌های کاذب نوع الف را نمایش می‌دهد. همچنین در شکل‌های پ۶-۳۳ و پ۶-۳۴ نحوه مهار سقف‌های کاذب نوع ب و پ و جزئیات آن ارائه شده است.

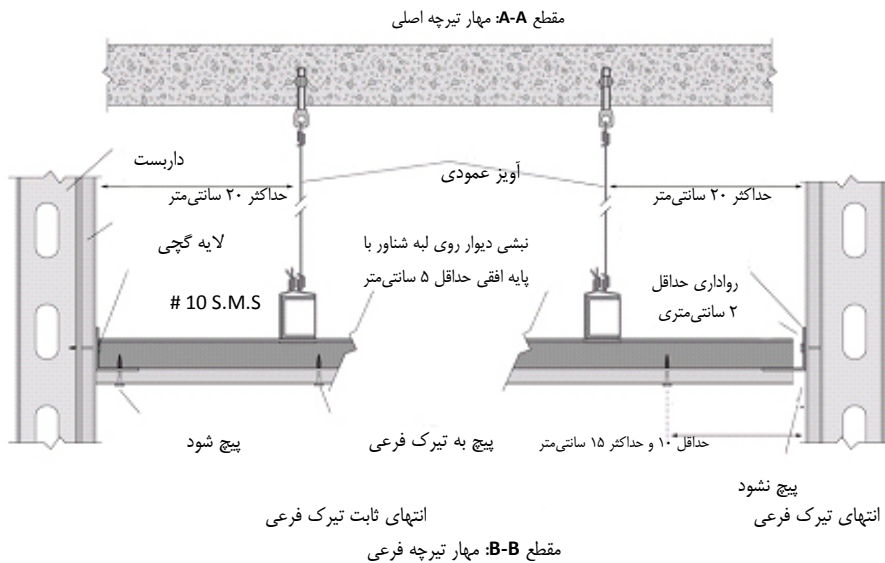
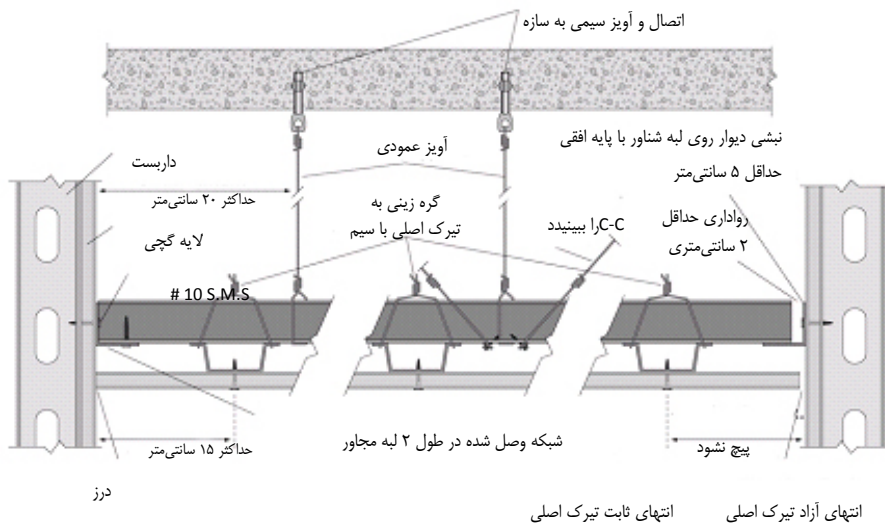


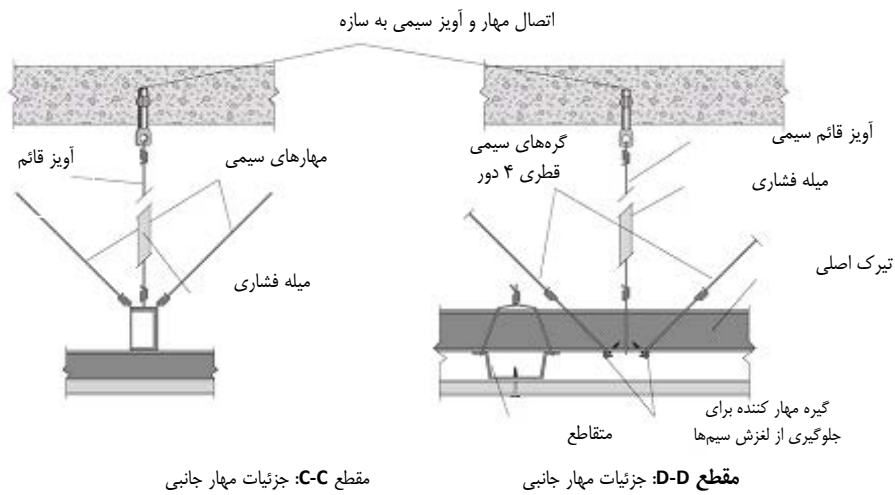
شکل پ۶-۳۲-سقف پانل گچی مستقیم وصل شده به سازه نمونه‌هایی از سقف‌های کاذب نوع الف

شبكة سقف، لغزنده اصلی، ناودانی نوردرگرم شده



شکل پ-۳۳-۶- پلان مهاربندی عرضی برای شبکه سقف سنگین معلق (جزئیات مقاطع نر شکل پ-۶-۲۹ ارائه شده است)

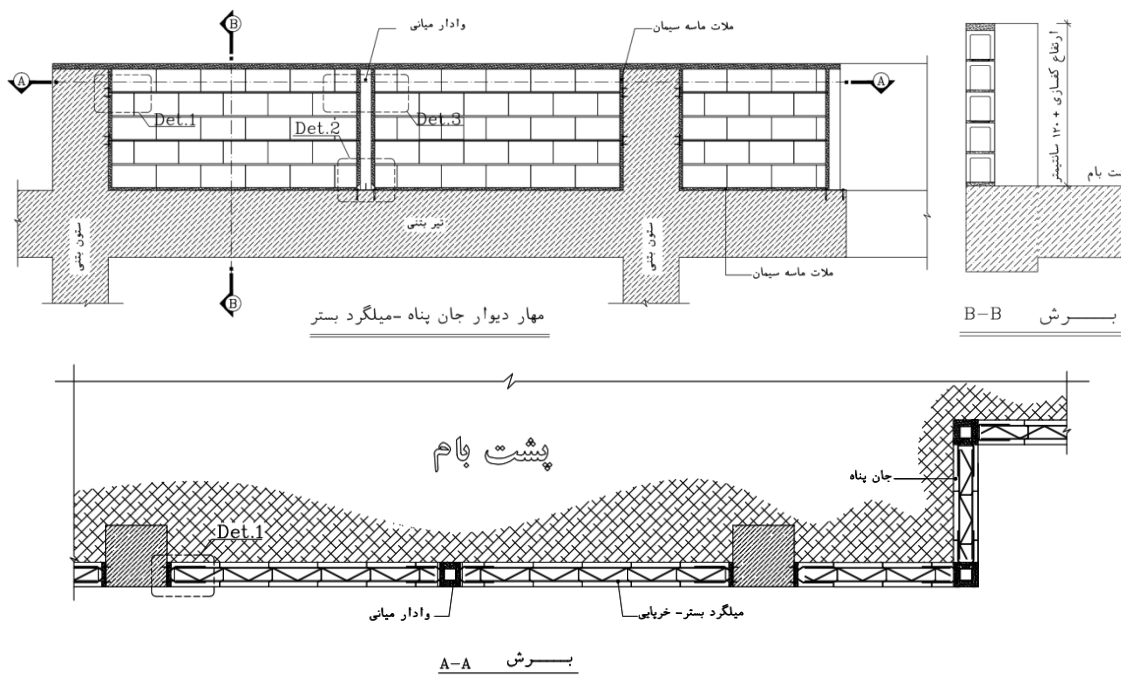


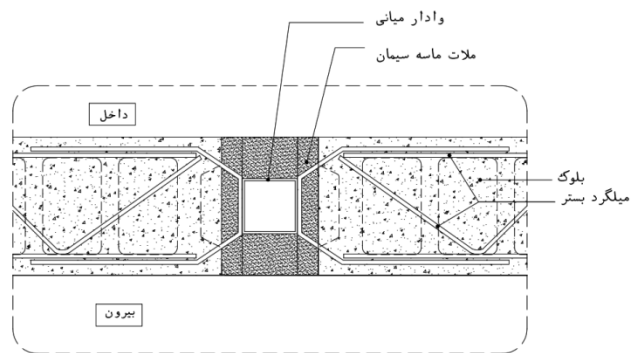
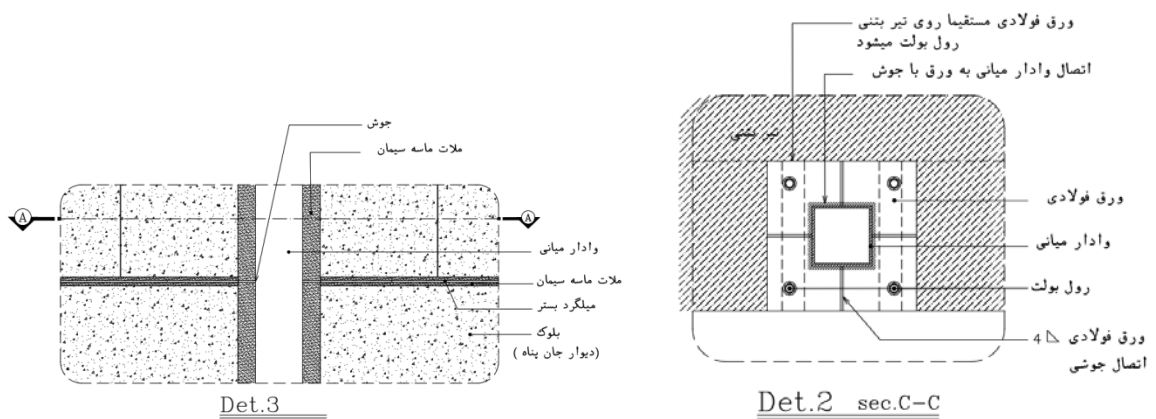
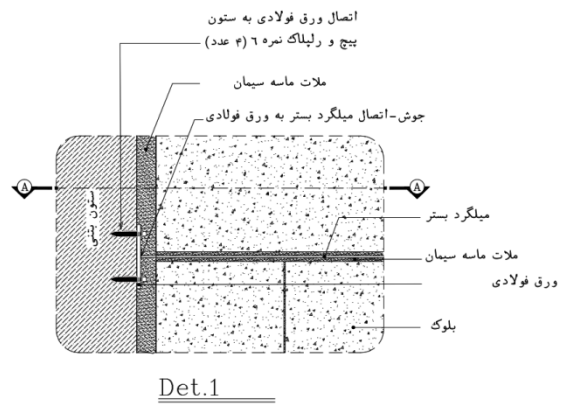
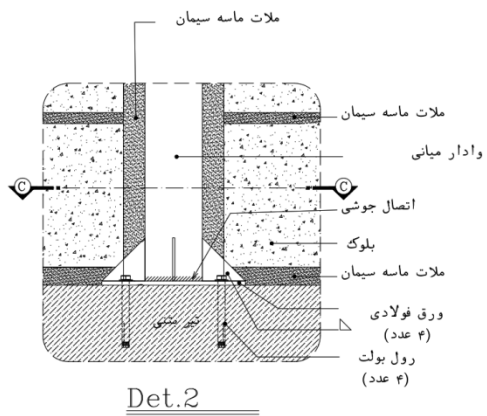


شکل پ-۳۴- جزئیات مهاربندی جانبی برای سقف پانل گچی معلق مقاطع نشان داده شده در شکل پ-۲۸-۶

### پ-۶-۱-۴-۶- جان پناه‌ها

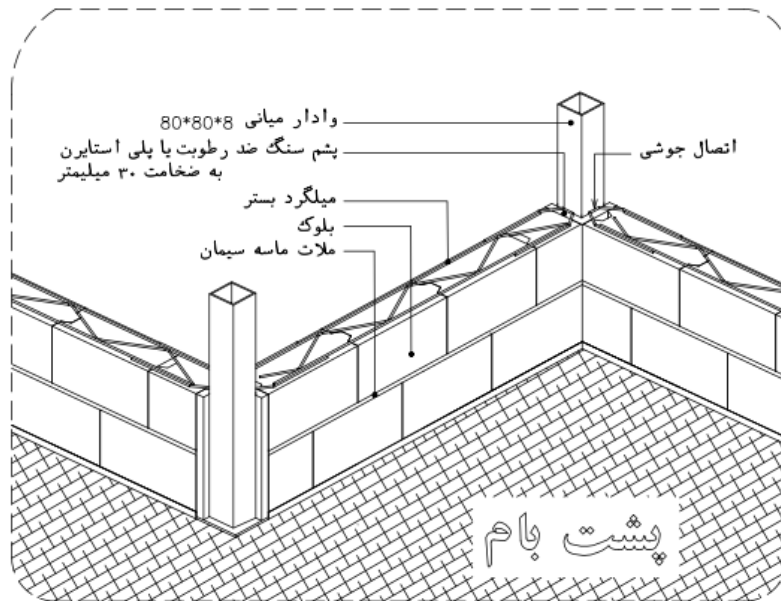
با توجه به ضوابط سازمان آتش‌نشانی حداقل ارتفاع جان‌پناه‌ها ۱/۲ متر توصیه می‌شود. در این حالت مناسب است که ستون‌های پیرامونی بام، تا ارتفاع ۱/۳۵ متر بر روی بام ادامه پیدا کنند. این ارتفاع برای مهار لرزه‌ای جان‌پناه می‌باشد (شکل پ-۳۵-۶). در فاصله بین ستون‌ها در صورت نیاز با اجرای وادار طبق جزئیات ارائه شده، طول آزاد دیوار کوتاه شده و دیوار جان‌پناه بین وادارها باید به نحو مناسبی مشابه جزئیات ارائه شده در شکل پ-۳۶-۶ یا روش‌های مشابه جهت تحمل بارهای خارج صفحه مسلح شود.





شکل پ ۳۵-۶- نحوه مهار جان پناه غیر مسلح بنائی

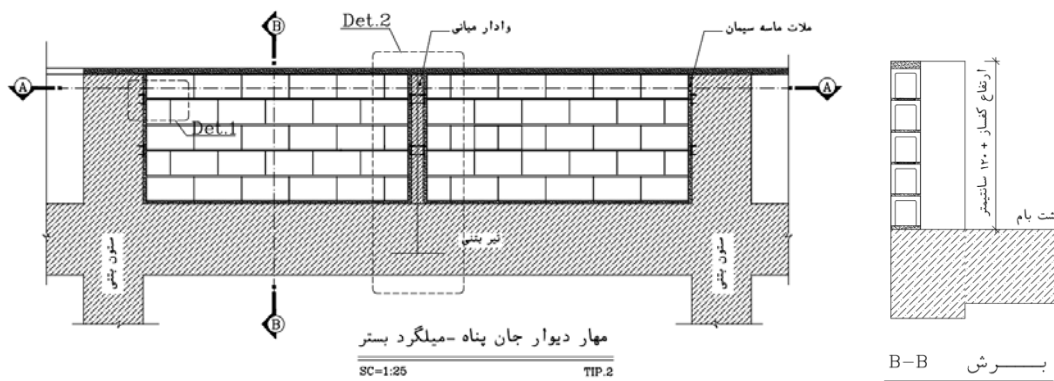


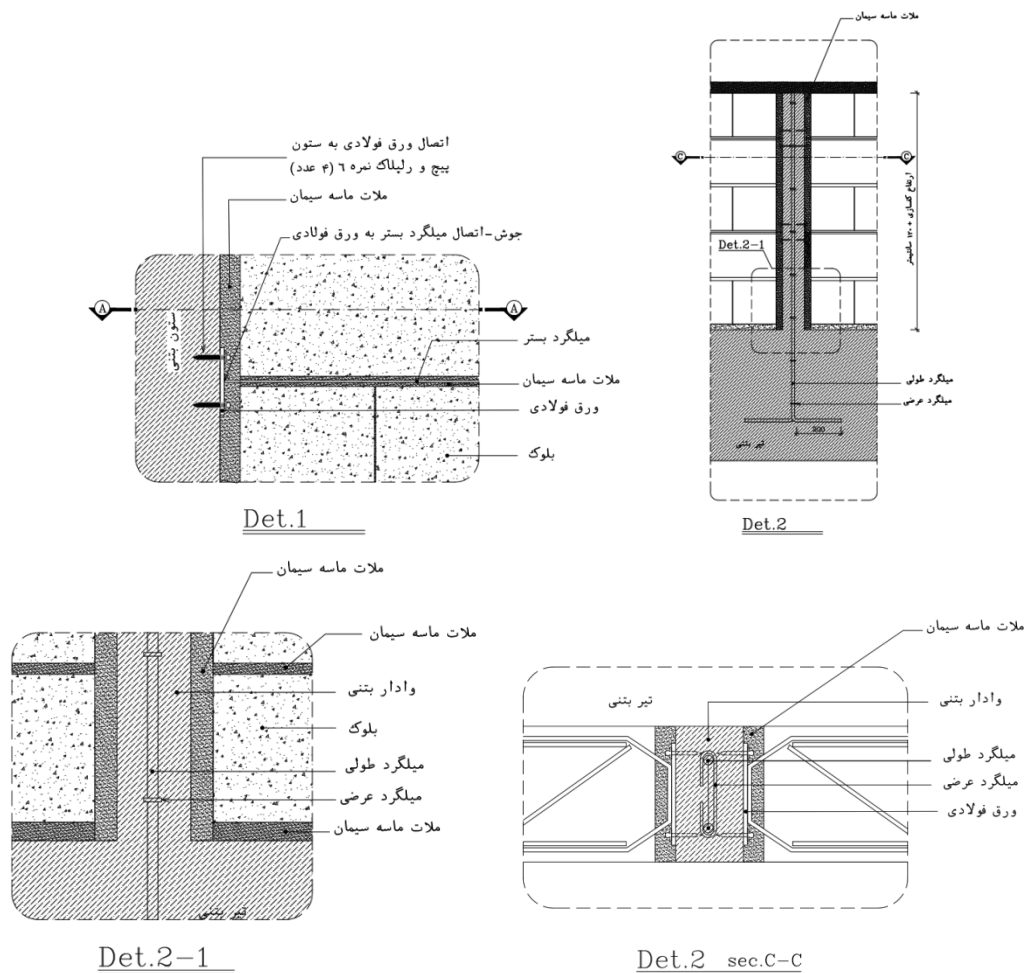


### Perspective

شکل پ ۶-۳۶- مهارجان پناه بنائی توسط وادار فلزی

یک روش دیگر برای مهار لرزه‌ای جان پناه استفاده از میلگردهای مسلح کننده قرار گرفته در دیوار و مهار شده در دال سقف (وادار بتنی) در فواصل ۱ متر مانند شکل پ ۶-۳۷ می باشد.





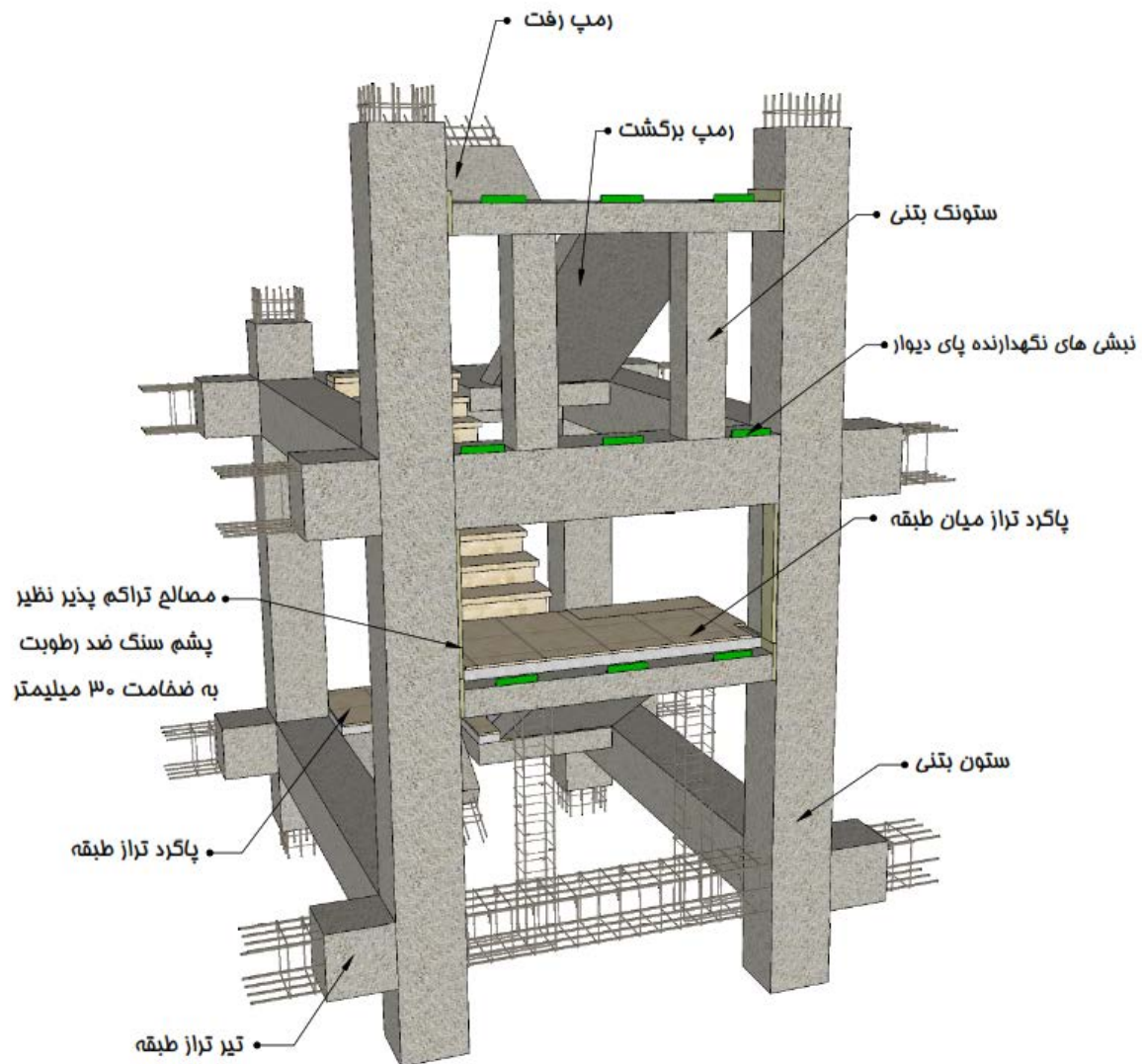
شکل پ ۶-۳۷- جزئیات اجرایی اتصال جان پناه با وادار بتنی

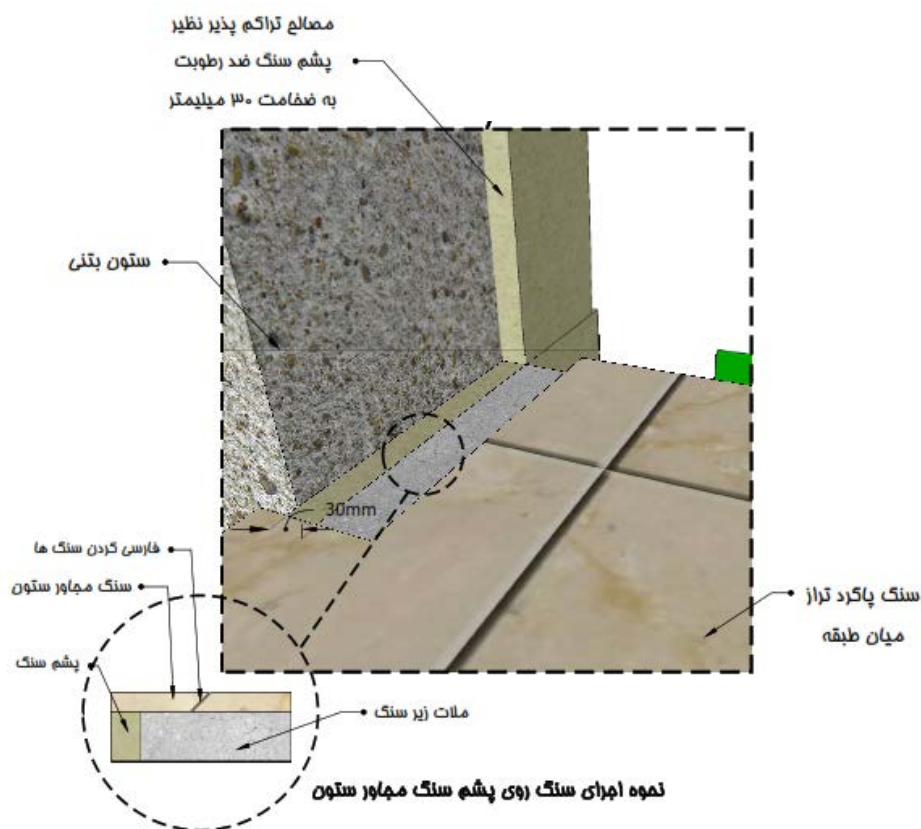
### پ ۶-۱-۴-۷- راه پله‌ها

پله‌ها برای تخلیه ساکنان پس از وقوع زلزله مورد نیاز بوده و حفظ عملکرد آنها پس از زلزله از اولویت بالایی برخوردار می‌باشد. پله‌ها به دو گروه پله‌هایی که جزئی از سازه اصلی ساختمان می‌باشد و پله‌های فرار که جزئی از سازه اصلی ساختمان نمی‌باشد تقسیم می‌شوند.

در پله‌هایی که جزئی از سازه اصلی ساختمان می‌باشند، در صورت اتصال راه پله‌ها به قاب سازه‌ای باید اثر آن در باربری لرزه‌ای و نیروهایی که به تیر و ستون اطراف آن بر اثر این باربری وارد می‌شود لحاظ شود. در این حالت لازم است اجزای راه پله شامل شمشیری‌ها، دال بتنی پله و پاگردها مدل‌سازی شوند. در این خصوص لازم است یکبار سازه بدون لحاظ نمودن سختی اجزای پله، مدل و طراحی شود تا سیستم باربرجانبی سازه به تنهایی قادر به تحمل کل نیروی زلزله طرح باشد و یکبار هم با مدل کردن اجزای پله و در نظر گرفتن تأثیر سختی آن، سازه مورد بررسی مجدد قرار گرفته و اجزای پله نیز تحت نیروهای ایجاد شده در آنها طراحی شوند. باید توجه شود در سازه‌های بتنی اجرای تیر و اتصال دال راه پله در تراز پاگرد میان طبقه باعث ایجاد ستون کوتاه در ستون‌های مجاور راه پله می‌شود. جهت جلوگیری از تشکیل ستون کوتاه می‌توان بجای اجرای تیر نیم طبقه، آن را در همان تراز طبقه اجرا نمود و بر روی آن دو ستونک اجرا کرد. سپس بر روی این ستونک‌ها تیری اجرا می‌شود که به ستون‌های اطراف

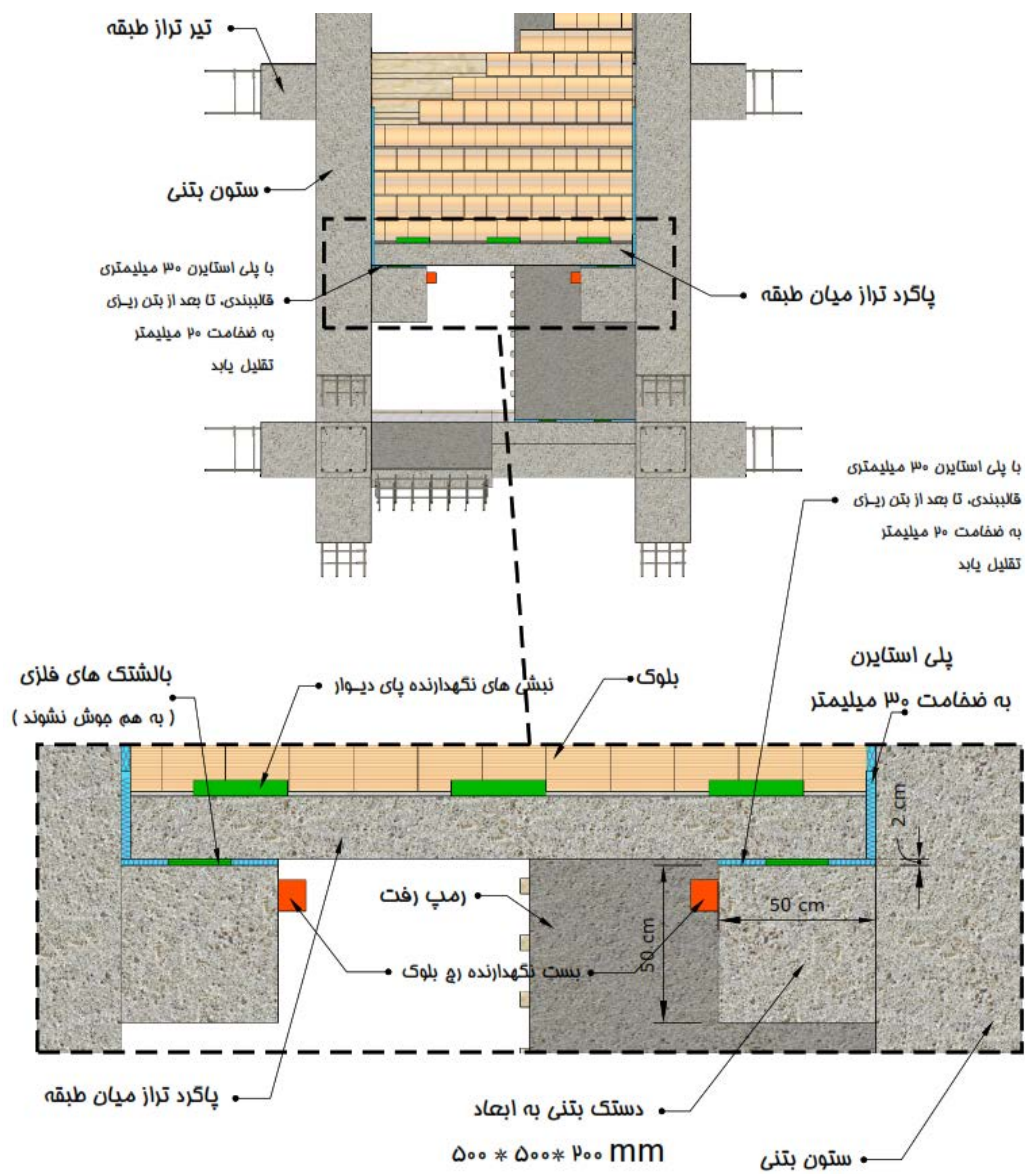
متصل نبوده و انتهای آن با ستون‌های اطراف فاصله ای حداقل به اندازه ۰٫۰۱ ارتفاع طبقه دارد. نهایتاً دال پله و پاگردها در تراز نیم طبقه به این تیر قرار گرفته بر روی ستونک‌ها متصل می‌شوند. لازم به ذکر است تیر نشیمن قرار گرفته در تراز طبقه که ستونک‌ها بر روی آن قرار دارند بایستی تحت پیچش ایجاد شده ناشی از بارهای ثقلی و لرزه‌ای طراحی شود. اعمال ضریب کاهش سختی پیچشی بر روی این تیر مجاز نیست (شکل پ ۶-۳۸).



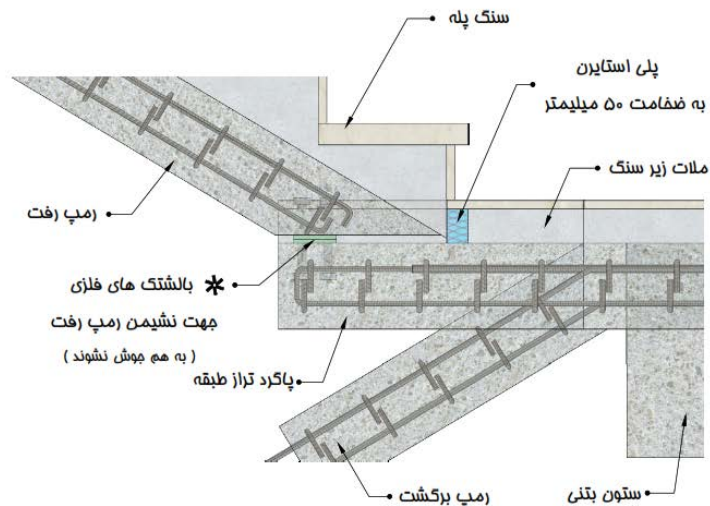
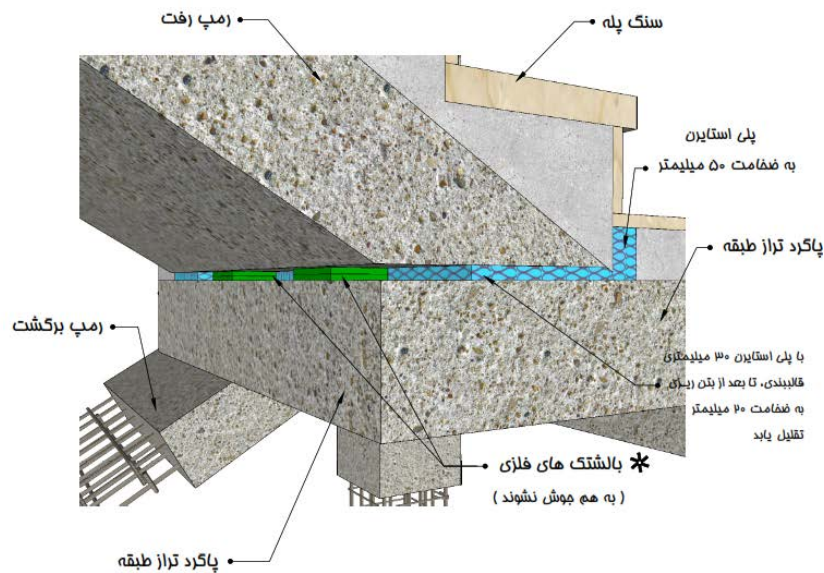


شکل پ ۳۸-۶- اجرای پاگرد راه پله بر روی ستونک جهت جلوگیری از ایجاد ستون کوتاه

یک روش دیگر برای کاهش اندرکنش پله و سازه، جداسازی آن مطابق جزئیات ارائه شده در شکل‌های پ ۳۹-۶ و پ ۴۰-۶ در تراز پاگرد میان طبقه و تراز پاگرد پایین هر طبقه می‌باشد. براساس این جزئیات از ایجاد ستون کوتاه در ستون‌های مجاور راه پله و آسیب به دال راه پله به علت جذب نیروی جانبی توسط راه پله جلوگیری می‌شود (حداقل پهنای دستک بتنی برابر ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد). رمپ راه پله فقط در تراز پاگرد طبقه از طریق بالشتک فلزی بر روی دال پاگرد می‌نشینند و اتصال رمپ و دال پاگرد در تراز میان طبقه به صورت پیوسته اجرا می‌شود. این بالشتک‌های فلزی باید در داخل هسته بتنی مهار شده باشند.



شکل پ ۶-۳۹- جزئیات اجرایی جداسازی نشیمن پاگرد راه پله در تراز نیم طبقه



\* در صورتیکه عرض رمپ پله بیشتر از ۱۲۰۰ میلیمتر باشد، تعداد بالشتک های فلزی در سه ردیف اجرا می شوند

شکل پ ۶-۴۰- جزئیات اجرایی جداسازی نشیمن پاگرد راه پله در تراز طبقه

- در پله های سبک، اتصالاتی با سوراخ های لوبیایی برای جداسازی پله از کف های متصل و جلوگیری از خرابی ناشی از گریز بین طبقه ای مفید می باشند.

- تأمین خروجی های ایمن عاملی بسیار مهم برای ایمنی راه پله ها در برابر زلزله است. اگر نرده پله ها با مصالح ترد مانند مصالح بنایی غیر مسلح، سفال کاری مجوف و ... ساخته شده باشد، می بایست دارای درزهای اجرایی لازم بوده تا از آوار و خطرات ناشی از سقوط مصالح در پله ها جلوگیری شود. لوله ها، چراغ ها، چراغ های اضطراری یا کانال ها باید دارای مهاربند باشند تا از خطر سقوط و ایجاد آوار در پله ها جلوگیری شود.

## پ ۶-۲- در نظر گیری اثر میانقابی دیوار در ساختمان

### پ ۶-۲-۱- مقدمه

طبق بند ۱-۵-۸ این استاندارد، دیوارهای داخلی و نماها باید طوری اجرا شوند که تا حد امکان مانعی برای حرکت اجزای سازه‌ای در زمان زلزله ایجاد نکنند. بخش اول این پیوست راهکارهایی در این زمینه ارائه داده است. در صورتی که دیوارها از قاب‌های پیرامونی خود جدا نشوند لازم است اثر اندرکنش این اعضا با سیستم سازه‌ای در تحلیل و طراحی سازه لحاظ شود که در این بخش راهکارهایی برای این منظور ارائه شده است. میانقاب به دیواری اطلاق می‌شود که به طور کامل دهانه‌ای از یک قاب فولادی یا بتنی را پوشانده و توسط تیرها و ستون‌ها احاطه شده است. قاب میان‌پر شامل میانقاب و قاب پیرامونی آن می‌باشد که باید ضوابط این بخش را اقلان نماید.

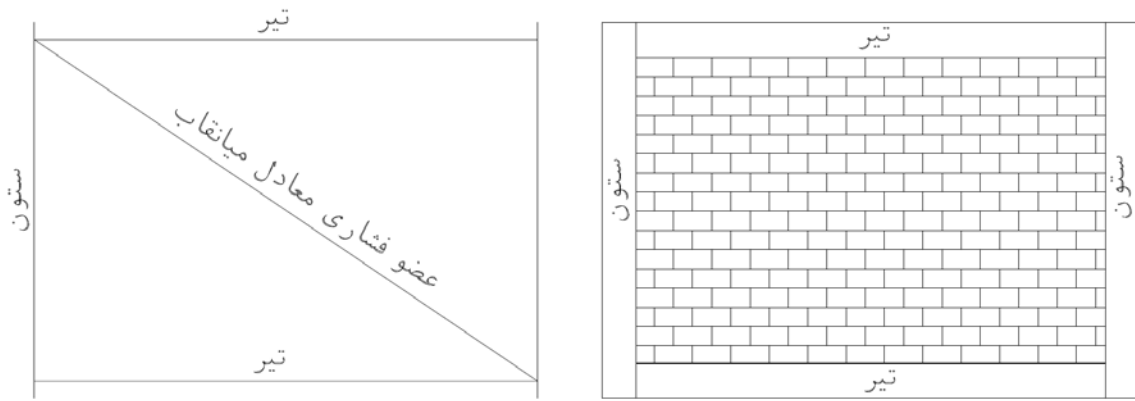
حداکثر تعداد طبقات ساختمانی که در آن می‌توان بر اساس ضوابط این پیوست از میانقاب برای تامین مقاومت جانبی استفاده نمود، چهار طبقه است. سازه این ساختمان‌ها، به تنهایی و بدون احتساب میانقاب‌ها، باید قادر به تحمل بارهای ثقلی باشد. اثر وجود میانقاب در بروز نامنظمی در سازه باید بررسی و در طراحی سازه لحاظ شود. ضمناً ضوابط این بخش در مورد ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد قابل استفاده نیست. سازه‌هایی که با ضوابط این بخش تحلیل و طراحی می‌شوند باید به تنهایی و بدون در نظرگیری اثر میانقاب‌ها نیز جوابگوی بارهای وارده شامل بار زلزله باشند، مگر اینکه در نقشه‌های سازه‌ای، میانقاب‌ها به عنوان اجزای سازه‌ای معرفی شده و در دستورالعمل‌های نگهداری ساختمان قید شود که امکان تغییر، جابجایی یا تخریب آنها بدون انجام تحلیل و ارزیابی‌های مجدد وجود ندارد.

### پ ۶-۲-۲- دیوارهای مشمول این بخش

میانقاب‌های مصالح بنایی که در این بخش مدنظر است شامل دیوارهای آجری توپر و سوراخدار یا ساخته شده از بلوک سیمانی می‌باشند. دیوارهای ساخته شده از مصالح بنایی فوق و تقویت شده با لایه بتن پاشی (شاتکریت) در یک یا هر دو وجه آنها نیز مشمول این بخش می‌شود. ضوابط این پیوست، شامل دیوارهای ساخته شده از آجر مجوف (بلوک سفالی مجوف)، سنگ، شیشه یا جنس‌های دیگر نمی‌شود.

### پ ۶-۲-۳- مدلسازی میانقاب مصالح بنایی در جهت درون صفحه

در صورت وجود شرایط بند پ ۶-۲-۴، برای مدلسازی میانقاب‌های مصالح بنایی در جهت درون صفحه می‌توان از مدل عضو قطری فشاری معادل استفاده نمود. برای این منظور به جای میانقاب از یک عضو قطری استفاده می‌شود که ضریب ارتجاعی و ضخامت آن با دیوار یکسان است و عرض آن از رابطه (پ ۶-۱) به دست می‌آید (شکل پ ۶-۴۱). این عضو قطری، تنها در فشار عمل می‌نماید و در کشش حذف می‌شود.



ب) مدل قاب میانپیر

الف) دیوار با عملکرد میانقاب

شکل پ ۶-۴۱- عضو معادل میانقاب

### پ ۶-۲-۳-۱- سختی

سختی ارتجاعی درون صفحه یک پانل از میانقاب مصالح بنایی غیرمسلح را می‌توان با بکارگیری یک عضو قطری فشاری معادل به عرض  $a$  طبق رابطه (پ ۶-۱) به حساب آورد. ضخامت و ضریب ارتجاعی این عضو، با میانقاب مورد نظر یکسان می‌باشد. عرض  $a$  (برحسب میلی‌متر) عبارت است از:

$$a = 0.175 R (\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (\text{پ ۶-۱})$$

که در آن:

$$\lambda_1 = \left[ \frac{E_m t_{inf} \sin 2\theta}{4 E_f I_{col} h_{inf}} \right]^{0.25} \quad (\text{پ ۶-۲})$$

و نیز:

$$h_{col} = \text{ارتفاع ستون (برحسب mm)};$$

$$h_{inf} = \text{ارتفاع پانل میانقاب (برحسب mm)};$$

$$E_f = \text{ضریب ارتجاعی مصالح قاب (برحسب MPa)};$$

$E_m =$  ضریب ارتجاعی مصالح میانقاب (برحسب MPa); ضریب ارتجاعی مصالح ساخته شده از واحدهای بنایی معادل ۵۵۰ برابر مقدار مقاومت فشاری ( $f'_m$ ) آنها در نظر گرفته می‌شود. برای سایر مصالح باید به آیین‌نامه‌های مرتبط با آنها و برای میانقاب بتن پاشی شده، به روابط موجود در فصل ۷ ضابطه ۳۹۸ سازمان برنامه و بودجه کشور مراجعه نمود.

$f'_m =$  مقاومت فشاری مصالح بنایی میانقاب (برحسب MPa); مقدار مقاومت فشاری مصالح بنایی میانقاب را می‌توان در طراحی بر اساس مراجع معتبر فرض کرد. این فرض باید در اجرا کنترل شود. برای کنترل این فرض، مقدار مقاومت فشاری اندازه‌گیری شده نباید از  $0.9$  مقدار مفروض در مرحله طراحی کمتر و از  $1.5$  برابر آن بیشتر باشد. برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری مصالح بنایی میانقاب ( $f'_m$ ) می‌توان حداقل سه نمونه منشوری از همان مصالح دیوار را که دارای حداقل ارتفاع  $400$  میلی‌متر و نسبت ارتفاع به ضخامت بیش از  $2$



است، ساخت و آزمایش کرد. متوسط مقاومت این سه نمونه برابر مقاومت فشاری مصالح بنایی میانقاب فرض می‌شود. در صورتی که دیوار از واحدهای بنایی تشکیل شده باشد، نمونه منشوری باید دارای حداقل سه ردیف واحد بنایی باشد. اگر ضریب تغییرات (C.O.V) نتایج بیش از ۲۵٪ باشد، باید تعداد آزمایش‌ها حداکثر تا دو برابر افزایش یابد. برای تعیین مقاومت فشاری مصالح بنایی میانقاب، می‌توان از سایر روش‌های معرفی شده در نشریه ۳۷۴، ضابطه ۷۴۰ و ضابطه ۳۹۸ سازمان برنامه و بودجه کشور نیز استفاده کرد. در هر حال، مقدار  $f'_m$  نباید از ۳/۵ مگاپاسکال کمتر باشد، در غیر اینصورت یا باید این مقدار مقاومت را با تقویت میانقاب تامین نمود یا اثر میانقابی این دیوار در نظر گرفته نشود و طبق بخش اول این پیوست از قاب پیرامونی جداسازی شود.

$I_{col}$  = لنگر اینرسی ستون (برحسب  $\text{mm}^4$ )؛ در صورتی که ستون‌های پیرامونی میانقاب متفاوت باشند می‌توان از متوسط لنگر اینرسی آنها به جای این کمیت استفاده نمود.

$$r_{inf} = \text{طول قطری پانل میانقاب (برحسب mm)};$$

$$\theta = \text{زاویه‌ای که تانژانت آن برابر ضریب تناسب میانقاب (نسبت ارتفاع به طول) می‌باشد};$$

$$\lambda_1 = \text{ضریبی که برای محاسبه عرض معادل عضو فشاری پانل به کار می‌رود}.$$

$R$  = ضریب کاهشده نوع اتصال قاب؛ در صورتی که اتصالات قاب گیردار باشد مقدار آن ۱/۰ و در غیر این صورت برابر ۰/۹ در نظر گرفته می‌شود.

$t_{inf}$  = ضخامت آن قسمتی از دیوار (برحسب mm) است که در تماس مستقیم و کامل با اعضای قاب باشد. برای دیوارهایی که در محاسبات سختی و مقاومت به حساب می‌آیند باید تمهیدات لازم در هر یک از کنگرها (در حداقل ۱/۵ برابر عرض معادل محاسبه شده با رابطه پ ۶-۱) برای تماس مستقیم دیوار با تیر و ستون پیرامونی فراهم شده باشد. در غیر این صورت در محاسبه ظرفیت میانقاب تنها قسمتی از دیوار که در تماس مستقیم با اعضای قاب می‌باشد منظور می‌شود ولی در کنترل تیر و ستون باید بیشترین ضخامت از دیوار که با تیر یا ستون در تماس است، در نظر گرفته شود. برای دیوارهایی که ضخامت‌شان در جاهای مختلف، متفاوت است، مانند دیوارهایی که بخش پایینی آنها سنگ‌کاری شده، برای محاسبه مقاومت طراحی (موضوع بند پ ۶-۲-۵-۲)، کمترین ضخامت و برای محاسبه مقاومت نهایی قطری محتمل (موضوع بند پ ۶-۲-۳-۲)، میانگین ضخامت دیوار ملاک عمل قرار می‌گیرد.

### پ ۶-۲-۳-۲- مقاومت نهایی قطری محتمل

مقاومت نهایی قطری محتمل میانقاب،  $F_u$ ، که برای کنترل اعضا و اتصالات قاب (بندهای پ ۶-۲-۴-۲ و پ ۶-۲-۴-۳) به کار می‌رود از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F_u = a R t_{inf} f'_m \quad (\text{پ ۶-۳})$$

که در آن  $a$  عرض عضو فشاری معادل و  $f'_m$ ،  $R$  و  $t_{inf}$  به ترتیب مقاومت فشاری مصالح میانقاب، ضریب کاهشده نوع اتصال قاب و ضخامت میانقاب می‌باشند که ذیل رابطه (پ ۶-۱) تعریف شده‌اند.

#### پ ۶-۲-۴- شرایط لازم برای عملکرد میانقابی دیوار

اعضا و اتصالات قاب محیطی یک میانقاب باید برای اثرات اندرکنش قاب و میانقاب کفایت داشته باشند. این اثرات شامل نیروهای منتقل شده از میانقاب به تیر، ستون و اتصال‌های قاب می‌باشند. در صورتی که هر یک از شرایط این بند برای قاب دارای دیوار برآورده نشود، دیوار آن را نمی‌توان به عنوان میانقاب در نظر گرفت و باید به صورت جدا شده از قاب اجرا شود.

دیوار موجود در دهانه مهاربندی باید به گونه‌ای باشد که مهاربند بتواند آزادانه عمل نماید. در چنین دهانه‌هایی، نمی‌توان اثر میانقابی دیوار را در نظر گرفت و باید آنها را به صورت جدا شده از قاب اجرا نمود.

#### پ ۶-۲-۴-۱- شرایط دیوار برای بروز عملکرد میانقابی

تنها دیوارهایی می‌توانند به عنوان میانقاب در نظر گرفته شوند که دارای همه شرایط زیر باشند (شرایط مربوط به اجرا باید در نقشه‌های اجرایی ذکر شوند):

۱. دارای مقاومت عمود بر صفحه کافی مذکور در بند پ ۶-۲-۶ باشند.
۲. برای دیوارهای ساخته شده از واحدهای بنایی، دیوارچینی باید به صورت هشت گیر انجام شده باشد به گونه‌ای که هر آجر بالایی حداقل ۰/۲۵ آجر پایینی را پوشش داده باشد. ضمن اینکه درزهای قائم آن نیز مانند درزهای افقی باید دارای ملات ماسه سیمان باشند.
۳. درزی بین دیوار و اعضای قاب وجود نداشته باشد و دیوار به طور کامل در تماس با تیر و ستون باشد. در صورت وجود درز بین دیوار و تیر فوقانی می‌توان آن را با ملات انبساط‌پذیر پر کرد. بر خلاف روش مرسوم اجرای دیوار، برای از بین بردن اثر درز فوقانی نمی‌توان از آجرهایی که در رج آخر به صورت مایل چیده شده اند استفاده کرد. مگر اینکه تمام فضاهای خالی باقیمانده، به خصوص فضای خالی بین آجر مورب و کنج قاب، با بتن یا مصالحی که مقاومت فشاری آن مساوی یا بیشتر از آجر است پر شود.
۴. دیوار باید کاملاً شاقول اجرا شده و فاقد شکم دادگی یا کج شدگی باشد.
۵. ساختمان دارای دیافراگم صلب باشد.
۶. ارتفاع دیوار نباید از ۴ متر و طول آن از ۶ متر بیشتر باشد.
۷. تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی طرح قاب میان‌پر (با در نظرگیری اثر میانقاب‌ها در تحلیل)، که از رابطه ۳-۱۱ این استاندارد به دست می‌آید، در ساختمان‌های با اهمیت زیاد، متوسط و کم نباید به ترتیب از ۰/۰۸، ۰/۰۱ و ۰/۱۵ برابر ارتفاع طبقه بیشتر باشد.

#### پ ۶-۲-۴-۲- شرایط اعضای قاب پیرامونی دیوار

علاوه بر خود دیوار، اعضا قاب پیرامونی دیوار نیز باید دارای شرایطی باشند تا بتوان آن دیوار را به عنوان میانقاب در نظر گرفت. ستون و تیر مجاور میانقاب، به ترتیب باید قادر به تحمل نیروهای بیان شده در بند پ ۶-۲-۴-۲-۱ و پ ۶-۲-۴-۲-۲ به عنوان بار ایجاد شده در زلزله در ترکیب با سایر بارهای وارد به سازه باشند. در این بررسی باید اثر نیروهای زلزله در هر دو جهت متقابل در نظر گرفته شوند.

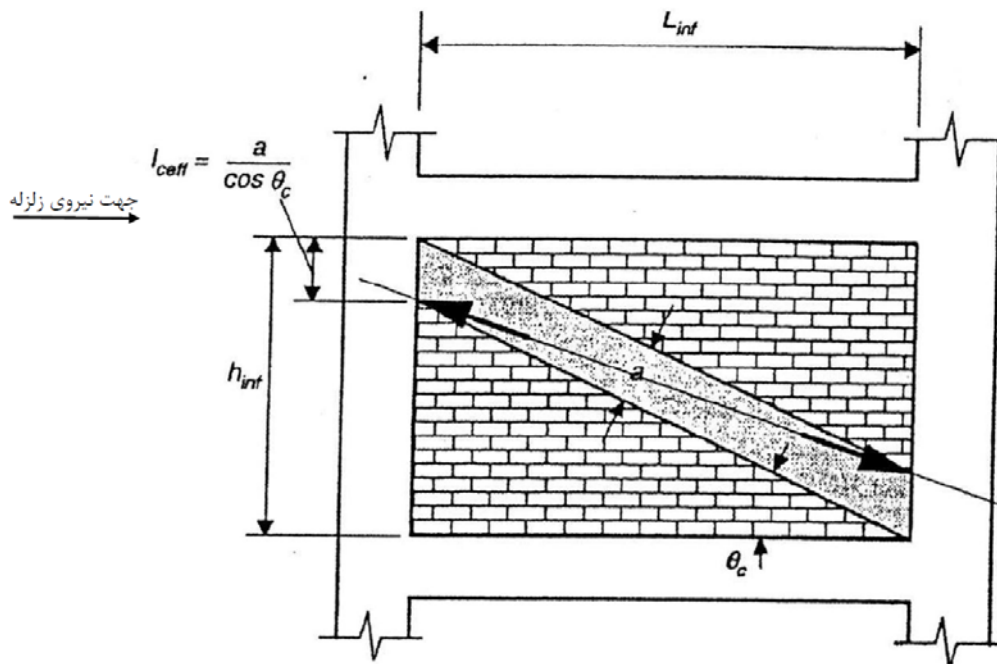
پ ۶-۲-۴-۱ - مقاومت لازم برای ستون‌های مجاور پانل میانقاب

مقاومت‌های خمشی و برشی ستون‌های مجاور یک پانل میانقاب باید برای تحمل نیروهای حاصل از حالتی که در آن نیروی افقی برابر  $F_u \cos \theta$  در فاصله  $l_{ceff}$  از بالا یا پایین پانل میانقاب مطابق شکل پ ۶-۴۲ به ستون اعمال شده است، کافی باشد. در این شرایط،  $F_u$  از رابطه (پ ۶-۳) و  $l_{ceff}$  از رابطه (پ ۶-۴) بدست می‌آید و  $\theta$  زاویه قطر میانقاب با افق می‌باشد. این ستون‌ها باید تحمل بارهای کششی و فشاری ناشی از اعمال نیروی  $F_u \sin \theta$  را نیز داشته باشد.

$$l_{ceff} = \frac{a}{\cos \theta_c} \quad (\text{پ ۶-۴})$$

در این رابطه،  $a$  عرض عضو فشاری معادل میانقاب می‌باشد که از رابطه (پ ۶-۱) به دست می‌آید و  $\theta_c$  نیز، از رابطه (پ ۶-۵) محاسبه می‌شود که در آن  $L_{inf}$  طول میانقاب و  $\theta$  زاویه قطر میانقاب با افق می‌باشد.

$$\theta_c = \theta - \sin^{-1} \left( \frac{a \cos \theta}{L_{inf}} \right) \quad (\text{پ ۶-۵})$$



شکل پ ۶-۴۲ - نیروی وارد به ستون از طرف میانقاب

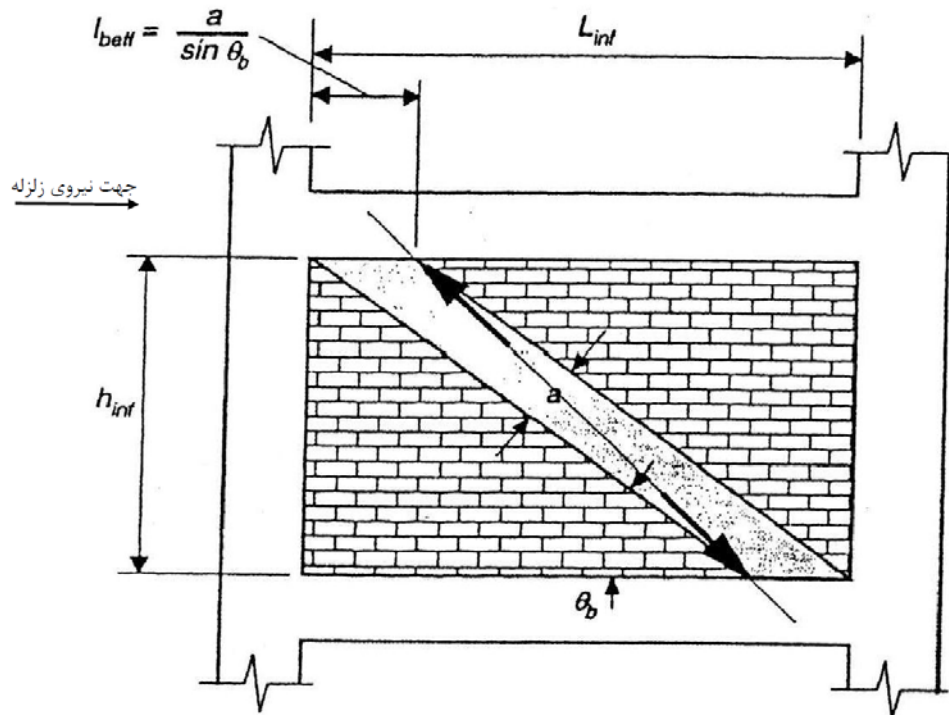
پ ۶-۲-۴-۲ - مقاومت لازم برای تیرهای مجاور پانل میانقاب

مقاومت‌های خمشی و برشی تیرهای قاب پیرامونی یک میانقاب باید برابر با نیروهای حاصل از حالتی که در آن، نیروی قائم  $F_u \sin \theta$  در فاصله  $l_{beff}$  از دو طرف میانقاب، مطابق شکل پ ۶-۴۳، به تیر اعمال شده است و در آن  $F_u$  از رابطه (پ ۶-۳) و  $l_{beff}$  از رابطه (پ ۶-۶) بدست می‌آید:

$$l_{beff} = \frac{a}{\sin \theta_b} \quad (\text{پ ۶-۶})$$

مقدار  $\theta_b$  را می‌توان از رابطه (پ ۶-۷) محاسبه کرد:

$$\theta_b = \theta + \sin^{-1} \left( \frac{a \cos \theta}{L_{inf}} \right) \quad (\text{پ ۶-۷})$$



شکل پ ۶-۴۳- نیروی وارد به تیر از طرف میانقاب

#### پ ۶-۲-۴-۲-۳- اثرات موضعی میانقاب بر اعضای قاب

اثرات موضعی ناشی از عملکرد میانقابی دیوار بر اعضای قاب نباید باعث خرابی موضعی در آنها شود (مانند خمیدگی بال‌های مقاطع فولادی I شکل، کمانش جان و غیره). برای این منظور، نیروی حاصل از روابط (پ ۶-۸) و (پ ۶-۹) به ترتیب برای ستون و تیر محاسبه می‌شود:

$$F_{col} = \frac{F_u (\cos \theta - \mu \sin \theta)}{(1 - \mu^2)} \quad (\text{پ ۶-۸})$$

$$F_{beam} = \frac{F_u (\sin \theta - \mu \cos \theta)}{(1 - \mu^2)} \quad (\text{پ ۶-۹})$$

که در آن  $\mu$  ضریب اصطکاک بین مصالح میانقاب و مصالح قاب است که در صورت عدم وجود اطلاعات دقیق می‌توان آن را برای قاب فولادی برابر ۰/۳ و برای قاب بتنی برابر ۰/۵ در نظر گرفت. توزیع تنش قائم از نیروهای حاصل از این روابط را می‌توان به صورت مثلثی (تنش حداکثر در کنج) در طولی به اندازه  $l_{eff}$  (از رابطه پ ۶-۴) بر روی ستون و  $l_{beff}$  (از رابطه پ ۶-۶) بر روی تیر در نظر گرفت.

اگر دیوار در محور قاب قرار نداشته باشد، اثر خروج از محوریت آن نیز باید به صورت پیچش روی قاب در نظر گرفته شود.

#### پ ۶-۲-۴-۳- اتصالات قاب

اتصال تیر به ستون قاب باید قادر به تحمل نیروی برشی  $F_u \sin \theta$  در ترکیب با سایر بارهای موجود در سازه باشد.

#### پ ۶-۲-۵- تحلیل سازه و محاسبه نیروی حاصل از عملکرد میانقابی دیوار

در تحلیل سازه، هر میانقاب به صورت یک عضو قطری فشاری با مشخصاتی که در بند پ ۶-۲-۳-۱ بیان شده مدل می‌شود.

ستون‌های پیرامونی میانقاب حتی در قاب‌های دارای اتصال مفصلی تیر به ستون، جزو اعضای لرزه بر ساختمان محسوب می‌شوند و در تحلیل سازه باید در بررسی بند ۳-۱-۴ این استاندارد، در مورد اعمال همزمان مولفه جهت متعامد زلزله، مد نظر قرار گیرند.

#### پ ۶-۲-۵-۱- ضرائب لرزه ای سازه دارای میانقاب

مقدار کمیت‌های  $R_u$ ،  $C_d$  و  $\Omega_0$  برای سازه دارای میانقاب بر اساس جدول ۳-۴ این استاندارد (مشابه سیستم قاب ساختمانی دارای دیوار برشی مصالح بنایی مسلح)، به ترتیب برابر ۳، ۲/۵ و ۲/۵ در نظر گرفته می‌شود.

#### پ ۶-۲-۵-۲- کنترل مقاومت میانقاب

در طراحی سازه به روش ضرائب بار و مقاومت، نیروی عضو قطری فشاری میانقاب که از تحلیل با ترکیبات بار شامل زلزله به دست می‌آید نباید از مقاومت طراحی آن که برابر  $0.4F_u$  در نظر گرفته می‌شود، بیشتر باشد.

#### پ ۶-۲-۵-۳- قطع میانقاب در ارتفاع ساختمان

در صورتی که در یک دهانه، میانقاب در یکی از طبقات وجود نداشته باشد، دیوارهای آن دهانه در طبقات بالا را نمی‌توان میانقاب فرض کرد و باید آنها را بر اساس بخش اول این پیوست، از قاب پیرامونی جدا نمود.

#### پ ۶-۲-۶- ارزیابی دیوارهای مصالح بنایی در جهت خارج از صفحه

همه میانقاب‌ها و اجزا و اتصالات آن باید دارای مقاومت کافی برای تحمل نیروهای خارج از صفحه دیوار باشند. نیروی زلزله وارد به میانقاب در جهت عمود بر صفحه، مشابه دیوارهای جدا شده و بر اساس فصل ۴ این استاندارد محاسبه می‌گردد.

برای تامین مقاومت در جهت عمود بر صفحه می‌توان از روش‌های معرفی شده در بخش نخست این پیوست برای دیوارهای جدا شده از قاب، استفاده نمود. البته اجزاء اضافه شده به میانقاب (بر خلاف دیوار جدا شده)، باید کاملاً به دیوار متصل بوده و فاصله‌ای بین آنها و دیوار وجود نداشته باشد. لایه پوشش بتن آرمه (شاتکریت) نیز می‌تواند مورد

استفاده قرار گیرد. بدین منظور می‌توان ضوابط بخش ۷-۱ ضابطه ۳۹۸ سازمان برنامه و بودجه کشور را مد نظر قرار داد.

در مدل تحلیلی سازه، باید از سختی عمود بر صفحه میانقاب صرف‌نظر نمود.

### پ ۶-۲-۷- میانقاب‌های دارای بازشو

میانقاب دارای بازشو باید تا حد امکان به صورت جدا شده از قاب اجرا شود. تنها در مواردی که همه شرایط زیر فراهم باشد، دیوار را می‌توان میانقاب فرض کرد:

۱. طول و ارتفاع بازشو به ترتیب از یک سوم طول و یک سوم ارتفاع دیوار کمتر باشد.

۲. فاصله افقی و قائم بازشو از تیر و ستون به ترتیب از ۲۰٪ طول و ۲۰٪ ارتفاع دیوار بیشتر باشد.

۳. بازشو دارای قاب فولادی که به چارچوب پنجره متصل می‌شود باشد.

در این حالت لازم است سختی و مقاومت طراحی میانقاب به مقدار ۲۰٪ کاهش یابد. در صورتی که دیوار دارای دو یا چند بازشو باشد، برای ابعاد بازشوی معادل، اندازه کوچکترین مستطیلی که همه بازشوها را در بر می‌گیرد در نظر گرفته می‌شود. در دیوارهای دارای بازشو نیز مانند سایر دیوارها، تامین مقاومت کافی در جهت خارج از صفحه الزامی است.

### پ ۶-۲-۸- میانقاب‌های نوین

بر اساس تحقیقات علمی، انواع جدیدی از میانقاب معرفی شده‌اند که در جهت صفحه خود، رفتاری شکل‌پذیر داشته و در جهت عمود بر صفحه نیز کاملاً پایدار هستند. در صورت استفاده از چنین میانقاب‌هایی، لازم است برای مدل‌سازی آن‌ها در سازه، کنترل کفایت اعضا و اتصالات قاب پیرامونی و همچنین برای تعیین مقدار مقاومت طراحی و سایر کمیات مورد نیاز، بر اساس ضوابط معتبر عمل شود.

در صورت استفاده از میانقاب دارای فیوز لغزان، می‌توان از بخش ۷-۲ ضابطه ۳۹۸ سازمان برنامه و بودجه کشور استفاده و مقاومت طراحی (مذکور در بند پ ۶-۲-۵) آن را برابر با  $F_{II}$  فرض نمود.