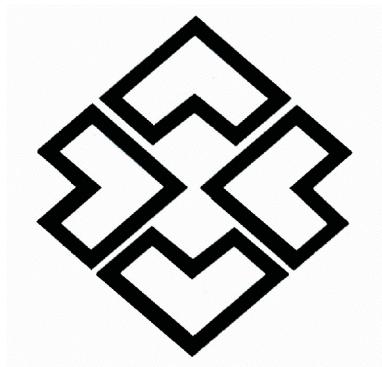




مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

**پیش نویس نهائی آئین نامه طراحی**

**ساختمان ها در برابر زلزله**

**استاندارد ۹۲۵-۲۸۰۰**

**(ویرایش ۴)**

**پیش نویس نهائی**

**آذر ماه ۱۳۹۲**

# فهرست مطالب

پیشگفتار

اعضای کمیته دائمی بازنگری آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله

فهرست مطالب

تعاریف

علائم

۱

ج

۱

## فصل اول - کلیات

۱

۱-۱ هدف

۱

۱-۲ زلزله های مبنای طراحی

۲

۱-۳ حدود کاربرد

۲

۱-۴ ملاحظات معماری

۳

۱-۵ ملاحظات کلی سازه ای

۴

۱-۶ گروه بندی ساختمانها بر حسب اهمیت

۶

۱-۷ گروه بندی ساختمانها بر حسب نظم کالبدی

۸

۱-۸ گروه بندی ساختمانها بر حسب سیستم سازه ای

## فصل دوم: حرکت زمین

۱۰

۲-۱ تعریف

۱۰

۲-۲ نسبت شتاب مبنای طرح، A

۱۱

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

۱۵

۲-۴ طبقه بندی نوع زمین

۱۶

۲-۵ حرکت زمین در زلزله طرح

۱۶

۲-۵-۱ طیف طرح استاندارد

۱۷

۲-۵-۲ طیف طرح ویژه ساختگاه

۱۷

۲-۵-۳ تاریخچه زمانی شتاب، شتاب نگاشت

|    |                                                              |
|----|--------------------------------------------------------------|
| ۱۹ | فصل سوم: محاسبه ساختمانها در برابر نیروی زلزله               |
| ۱۹ | ۱-۳ ملاحظات کلی                                              |
| ۲۰ | ۲-۳ روش‌های تحلیل سازه                                       |
| ۲۰ | روش‌های تحلیل خطی                                            |
| ۲۱ | روش‌های تحلیل غیرخطی                                         |
| ۲۱ | ۳-۳ روش تحلیل استاتیکی معادل                                 |
| ۲۱ | نیروی برشی پایه، $V$                                         |
| ۲۲ | ضریب نامعینی سازه، $\rho$                                    |
| ۲۳ | تراز پایه                                                    |
| ۲۴ | زمان تناوب اصلی نوسان، $T$                                   |
| ۲۵ | ضریب اهمیت ساختمان، $I$                                      |
| ۲۵ | ضریب رفتار ساختمان، $R$                                      |
| ۲۶ | ترکیب سیستم‌ها در پلان                                       |
| ۲۶ | ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع                                     |
| ۳۰ | توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان                    |
| ۳۲ | توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان                       |
| ۳۲ | محاسبه ساختمان در برابر واژگونی                              |
| ۳۲ | نیروی قائم ناشی از زلزله                                     |
| ۳۳ | ضریب اضافه مقاومت، $\Omega$ .                                |
| ۳۳ | اثرات اندرکنش خاک و سازه                                     |
| ۳۳ | ۴-۳ روش‌های تحلیل دینامیکی خطی                               |
| ۳۴ | روش تحلیل دینامیکی طیفی                                      |
| ۳۸ | روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی                             |
| ۴۳ | ۵-۳ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات                              |
| ۳۸ | ۶-۳ اثر $P-\Delta$                                           |
| ۳۹ | ۷-۳ مشخصات سازه از تراز پایه تا روی شالوده                   |
| ۳۹ | ۸-۳ دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها                               |
| ۴۹ | ۹-۳ افزایش بار طراحی در اعضای خاص                            |
| ۴۱ | ۱۰-۳ طراحی اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند |
| ۴۲ | ۱۱-۳ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره‌برداری               |
| ۴۲ | ۱۲-۳ ترکیب نیروی زلزله با سایر بارها                         |
| ۴۳ | ۱۳-۳ روش ساده شده تحلیل                                      |
| ۴۶ | فصل چهارم: ضوابط طراحی لرزه‌ای اعضای غیرسازه‌ای              |

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



## پیوست‌ها

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

## \* تعاریف

### اثر $\Delta$ -P : P-Delta Effect

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

### 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 ... آورده شده، استفاده می گردد.

### برش پایه: Base Shear

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

### برش طبقه: Story Shear

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

### تراز پایه: Base

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

### تغییر مکان نسبی طبقه: Story Drift

تغییر مکان جانبی یک کف نسبت به کف پائین آن.

### جمع کننده: Collector

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

### دیافراگم: Diaphragm

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

### دیوار برشی: Shear Wall

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

### روانگرایی: Liquefaction

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

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

### سیستم دیوارهای باربر: Bearing Wall System

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

### سیستم قاب ساختمانی: Building Frame System

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

### سیستم قاب خمشی Moment Frame System

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

### سیستم دوگانه یا ترکیبی: Dual System

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

### شکل پذیری: Ductility

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

### طبقه: Story

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

### طبقه نرم: Soft Story

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

### طبقه خیلی نرم: Extreme Soft Story

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

### طبقه ضعیف: Weak Story

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

### طبقه خیلی ضعیف: Extreme Weak Story

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

### قاب مهاربندی شده: Braced Frame

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

### قاب مهاربندی شده همگرا: Concentrically Braced Frame

قاب مهاربندی شده ای 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 می کند. در این قاب ها تیر ها علاوه بر فشار و کشش تحت خمش و برش قرار می گیرند.

### قاب مهاربندی شده واگرا: Eccentrically Braced Frame

قاب مهار بندی شده ای است که اعضای مورب، حداقل در یکی از دو انتها در امتداد عضو و در فاصله کمی با محور تیر تلاقی می کنند. اعضای مورب معمولاً تیر ها را قطع کرده و آنها را علاوه بر فشار و کشش تحت خمش و برش قرار می دهند.

مرکز سختی: Center of Rigidity

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

مقاومت: Strength

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

نسبت تغییر مکان طبقه: Story Drift Ratio

نسبت تغییر مکان نسبی طبقه به ارتفاع طبقه.

زلزله خیلی شدید:

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

زلزله شدید:

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

زلزله متوسط و خفیف:

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

## \* علائم

|                                                                          |                  |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|
| شتاب مبنای طرح                                                           | A                |
| ضریب بازتاب ساختمان                                                      | B                |
| ضریب بازتاب برای قطعات الحاقی                                            | B <sub>p</sub>   |
| ضریب زلزله                                                               | C                |
| ضریب بزرگنمایی تغییر مکان                                                | C <sub>d</sub>   |
| عرض ساختمان                                                              | D                |
| اندازه پیش آمدگی ساختمان در ساختمان های با مصالح بنائی مطابق شکل ۳ فصل ۳ | d                |
| ضخامت لایه i خاک                                                         | d <sub>i</sub>   |
| برون مرکزی اتفاقی طبقه j                                                 | e <sub>aj</sub>  |
| فاصله افقی مرکز سختی طبقه i و مرکز جرم تراز j                            | e <sub>ij</sub>  |
| ضریب مورد استفاده در محاسبه ضریب زلزله در روش ساده شده تحلیل             | F                |
| نیروی جانبی در تراز j                                                    | F <sub>j</sub>   |
| نیروی جانبی قطعه الحاقی                                                  | F <sub>p</sub>   |
| نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز i                                   | F <sub>pi</sub>  |
| نیروی جانبی اضافی در تراز بام                                            | F <sub>t</sub>   |
| مولفه نیروی قائم زلزله                                                   | F <sub>v</sub>   |
| شتاب ثقل                                                                 | g                |
| ارتفاع کل ساختمان نسبت به تراز پایه                                      | H                |
| حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان از تراز پایه                                  | H <sub>m</sub>   |
| ارتفاع تراز i از تراز پایه                                               | h <sub>i</sub>   |
| ضریب اهمیت ساختمان                                                       | I                |
| طول ساختمان                                                              | L                |
| اندازه پیش آمدگی ساختمان در ساختمانهای با مصالح بنائی مطابق شکل ۳ فصل ۳  | l                |
| لنگر پیچشی در طبقه i                                                     | M <sub>i</sub>   |
| تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا                                 | n                |
| ضریب رفتار سازه                                                          | R <sub>u</sub>   |
| عددی که بر حسب نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی تعیین می شود               | S                |
| زمان تناوب اصلی نوسان سازه در جهت مورد نظر                               | T                |
| عددی که بر حسب نوع زمین تعیین می شود                                     | T <sub>s</sub>   |
| عددی که بر حسب نوع زمین تعیین می شود                                     | T <sub>o</sub>   |
| کل نیروی جانبی طرح یا برش طرح در تراز پایه                               | V                |
| حداقل نیروی جانبی طرح یا برش طرح در تراز پایه                            | V <sub>min</sub> |

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

# فصل اول

## کلیات

### ۱-۱ هدف

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

۱- ساختمانها در زلزله‌های شدید، آسیب عمده سازه ای و غیر سازه ای نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد و در زلزله‌های خیلی شدید ایستائی خود را حفظ کنند و فروریزش نداشته باشند، علاوه بر آن:

الف: ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد»، در زلزله‌های شدید، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه ای و غیر سازه ای نداشته باشند، بطوری که استفاده بی وقفه از آنها امکان پذیر باشد و در زلزله های خیلی شدید آسیب های وارده مختصر و قابل مرمت سریع باشد.

ب: ساختمان‌های «با اهمیت زیاد»، در زلزله‌های شدید آسیب چندانی نبینند بطوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند و در زلزله‌های خیلی شدید، آسیب ها عمده نبوده و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.

۲- کلیه ساختمانهای بلند تر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمانهای با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در زلزله های متوسط آسیبی نبینند و قابلیت بهره برداری خود را حفظ نمایند.

برای تعاریف زلزله های با شدت های مختلف به صفحه (ت) و برای ساختمان های با اهمیت های مختلف به بند (۱-۶) مراجعه شود.

### ۱-۲ زلزله های مبنای طراحی

زلزله های مبنای طراحی در این آیین نامه به شرح زیر می باشند:

الف- زلزله طرح، که مبنای طراحی در زیر بند (۱) هدف آیین نامه است، زلزله ای است که احتمال فرا گذشت آن در ۵۰ سال ده درصد باشد. دوره بازگشت این زلزله ۴۷۵ سال پیش بینی می شود.

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

### ۱-۳ حدود کاربرد

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

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

الف- ساختمان‌های خاص مانند سدها، پل‌ها، اسکله‌ها و سازه‌های دریایی و نیروگاه‌های هسته‌ای. در طرح این ساختمان‌ها باید ضوابط ویژه‌ای که در آیین‌نامه‌های خاص آنها تعیین می‌شود، رعایت گردد. در این ضوابط ویژه، در هر حال شتاب مبنای طرح نباید کمتر از مقدار مندرج در این 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 ۲-۴-۱، بدون در نظر گرفتن ضرایب اهمیت I و رفتار  $R_H$ ، کمتر نباشد.

۱-۳-۳ ساختمان‌های آجری مسلح و ساختمان‌های بلوک سیمانی مسلح که در آن‌ها از مصالح بنایی برای تحمل فشار و از میلگردهای فولادی برای تحمل کشش استفاده می‌شود مشمول ضوابط و مقررات فصل سوم این 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 کلافدار، مندرج در فصل هفتم این آیین‌نامه، باید در مورد این ساختمان‌ها نیز رعایت گردد.

#### ۱-۴ ملاحظات معماری

۱-۴-۱- 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 تامین این منظور، در ساختمان‌های با هشت طبقه و کمتر، فاصله هر طبقه از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر پنج هزارم ارتفاع آن طبقه از روی تراز پایه باشد. در ساختمان‌های با بیشتر از هشت طبقه و یا ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه، عرض درز انقطاع باید با استفاده از ضابطه بند ۳-۵-۶ تعیین شود.



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

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

۴-۱-۳ از احداث طره‌های بزرگتر از ۱/۵ متر حتی المقدور احتراز شود.

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

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

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

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

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

#### ۵-۱ ملاحظات کلی سازه ای

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### ۱-۶ گروه بندی ساختمان‌ها بر حسب اهمیت

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

گروه ۱- ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد»

این گروه شامل دو دسته زیر است:

#### الف - ساختمان‌های ضروری:

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

#### ب- ساختمان‌های خطرزا:

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

#### گروه ۲- ساختمان‌های «با اهمیت زیاد»

این گروه شامل سه دسته زیر است:

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

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

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

#### گروه ۳- ساختمان‌های «با اهمیت متوسط»

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

#### گروه ۴- ساختمان‌های «با اهمیت کم»

این گروه شامل دو دسته زیر است:

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

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

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

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

#### ۷-۱-۱ نامنظمی در پلان

الف- نامنظمی هندسی: در مواردی که پیش رفتگی یا پس رفتگی هم زمان در دو جهت در یکی از گوشه های 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، بیشتر از ۲۰ درصد متوسط تغییر مکان نسبی در دو انتهای ساختمان در آن طبقه باشد.

در مواردی که این اختلاف بیشتر از ۴۰ درصد باشد، نامنظمی "شدید" پیچشی توصیف می شود.

نا منظمیهای پیچشی تنها در مواردی که دیافراگم های کف ها صلب و یا نیمه صلب هستند کاربرد پیدا می کند.  
پ- نامنظمی در دیافراگم: در مواردی که تغییر ناگهانی در مساحت دیافراگم، به میزان مجموع سطوح بازشوی بیشتر از ۵۰ درصد سطح طبقه، و یا تغییر ناگهانی در سختی دیافراگم، به میزان بیشتر از ۵۰ درصد سختی طبقات مجاور، وجود داشته باشد.

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

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

#### ۷-۱-۲ 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 جرم های طبقات مجاور تفاوت داشته باشد.

طبقات بام و خرپشته از این تعریف مستثنی هستند

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

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

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

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

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

تبصره ۱- احداث ساختمان‌های دارای نامنظمی در ارتفاع از نوع "طبقه خیلی ضعیف" در پهنه‌بندی لرزه‌ای با خطر نسبی متوسط و بالاتر ممنوع بوده و این نوع ساختمان‌ها در مناطق با لرزه‌خیزی کم نمی‌توانند بیش از سه طبقه و یا ۹ متر ارتفاع داشته باشند.

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

#### ۱-۸ گروه بندی ساختمان‌ها برحسب سیستم سازه‌ای

ساختمان‌ها برحسب سیستم سازه‌ای به شش گروه طبقه بندی می‌شوند:

##### ۱-۸-۱ سیستم دیوارهای باربر

نوعی سیستم سازه‌ای است که فاقد قاب‌های ساختمانی برای باربری قائم می‌باشد. در این سیستم دیوارهای باربر و یا قاب‌های مهاربندی شده عمده‌تأ بارهای قائم را تحمل نموده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز بوسیله دیوارهای باربر که بصورت دیوارهای برشی عمل می‌کنند و یا قاب‌های مهاربندی شده تامین می‌شود. قاب‌های مهاربندی شده در این سیستم به قاب‌های متشکل از تعدادی وادارهای فلزی با فواصل کم همراه با کش‌های افقی و مهاربندی‌ها گفته می‌شود که در مجموع برای تحمل بارهای ثقلی و جانبی بکار برده می‌شود.

#### ۱-۸-۲ سیستم قاب ساختمانی

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

#### ۱-۸-۳ سیستم قاب خمشی

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

#### ۱-۸-۴ سیستم دوگانه یا ترکیبی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن:

الف- بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های ساختمانی تحمل می‌شوند.

ب- مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط مجموعه‌ای از دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده همراه با مجموعه‌ای از قاب‌های خمشی تامین 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 مستقلاً باید قادر به تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروهای جانبی و دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده مستقلاً باید قادر به تحمل حداقل ۵۰ درصد نیروهای جانبی وارد به ساختمان باشند.

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

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

#### ۱-۸-۵ سیستم ستون کنسولی

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

#### ۱-۸-۶ سایر سیستم‌های سازه‌ای

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

غیر قابل استناد

## 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-الف باشد. اثرات حرکت زمین به یکی از صورت‌های «طیف بازتاب شتاب» و یا «تاریخچه زمانی شتاب» مشخص می‌شود. برای «طیف بازتاب شتاب» می‌توان از «طیف طرح استاندارد» و یا از «طیف طرح ویژه ساختگاه»، مطابق ضوابط بندهای ۱-۵-۲ و ۲-۵-۲، 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 در مناطق مختلف کشور، بر اساس میزان خطر لرزه خیزی آنها، به شرح جدول (۱-۲) تعیین می‌شود. مناطق چهار گانه عنوان شده در این جدول در پیوست (۱) مشخص شده است.

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

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

#### ۳-۲ ضریب بازتاب ساختمان، B



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

$$B = B_1 N \quad (۱-۲)$$

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

۲-۳-۱ 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 روی شکل‌های ۱-الف و ۱-ب تعیین می‌شود.

$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (۲-۲)$$

در این روابط:

$T$ : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. این زمان طبق بند ۳-۳-۳ تعیین می‌شود.

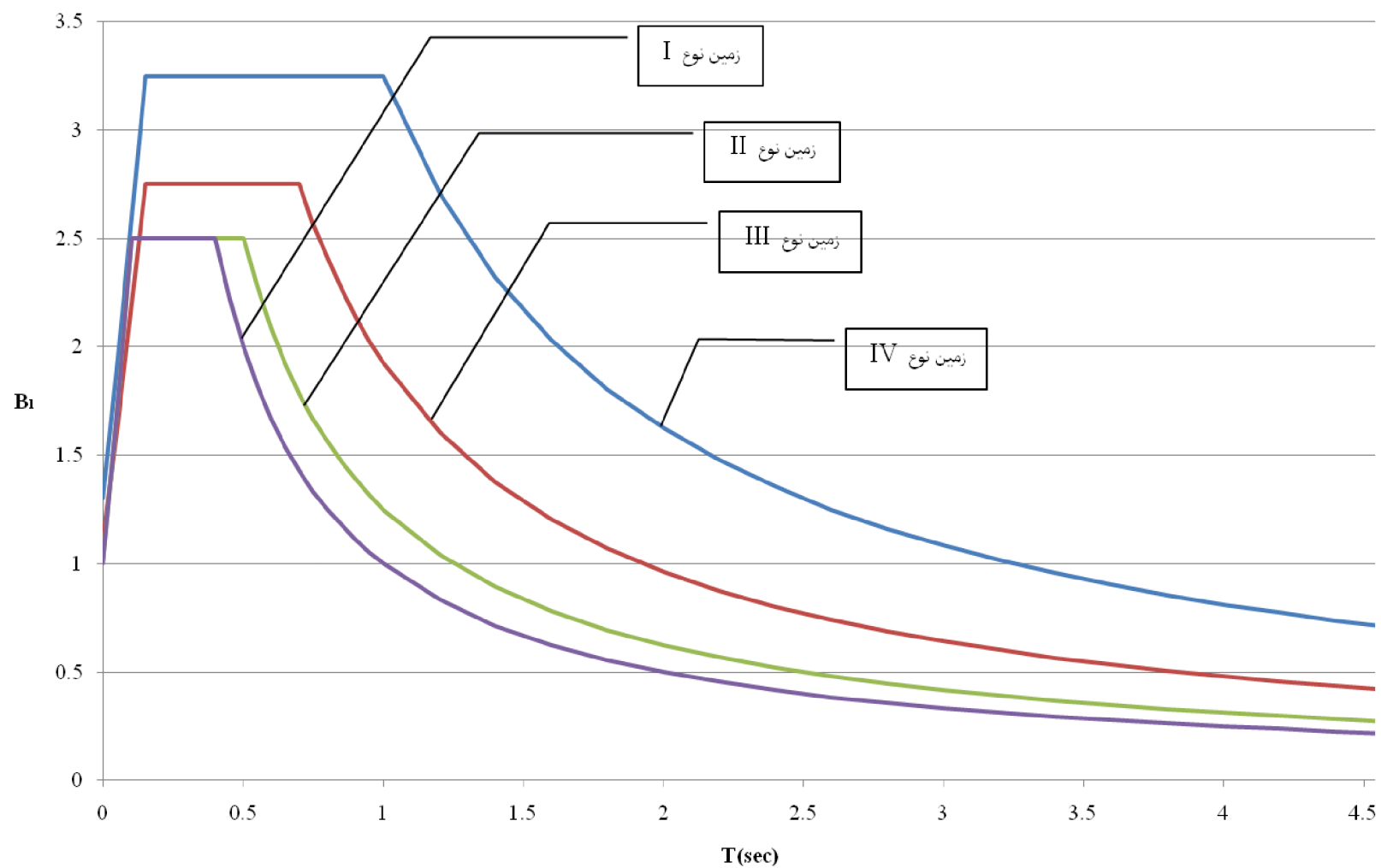
$T_0$ ،  $T_s$ ،  $S$  و  $S_0$ : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند. مقادیر این

پارامترها در جدول (۲-۲) و انواع زمین‌ها در بند ۴-۲ مشخص شده‌اند

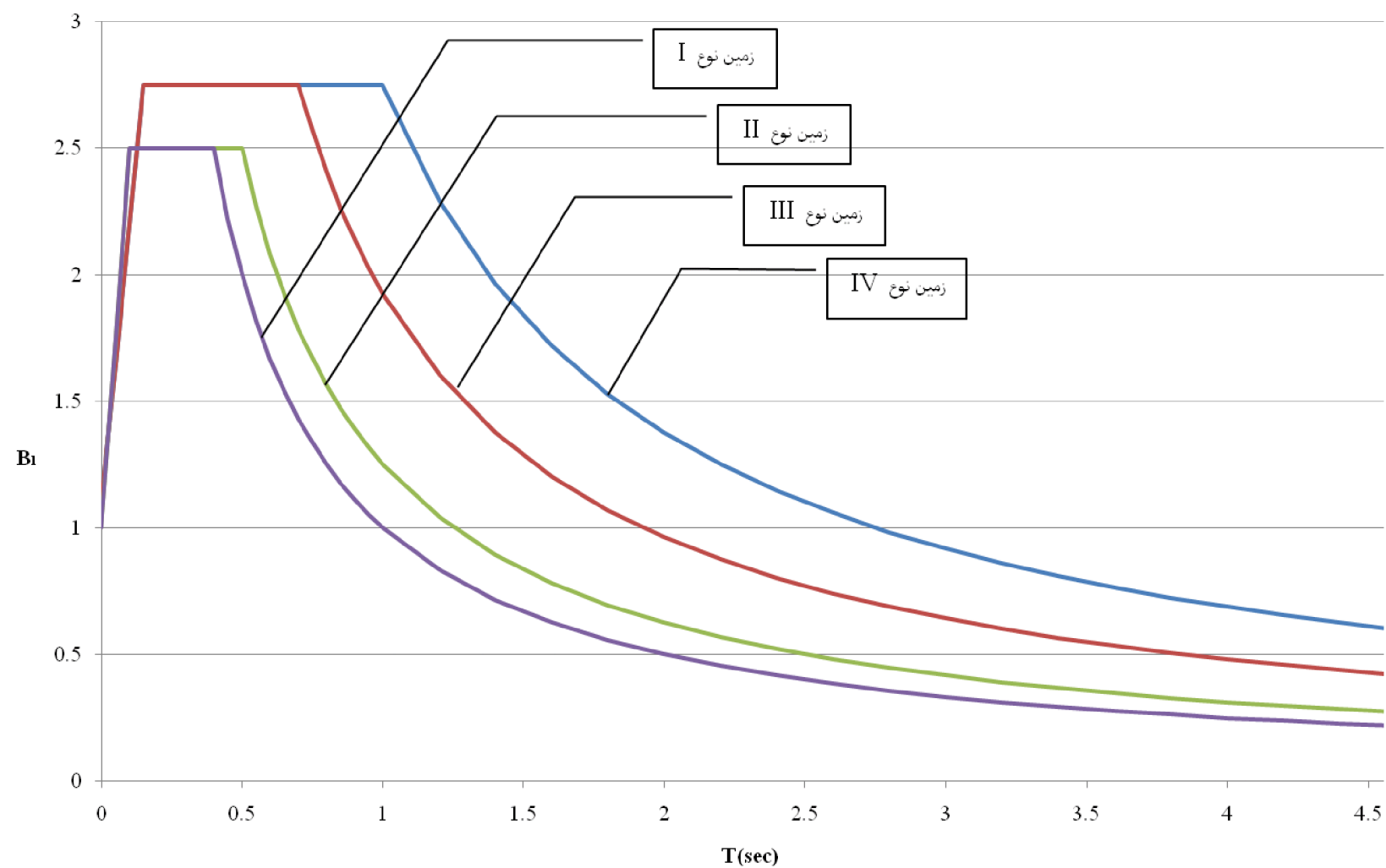
جدول (۲-۲): پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

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

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



شکل ۱-ب- ضریب شکل طیف برای انواع زمین‌های مندرج در بند (۲-۴) با خطر نسبی زیاد



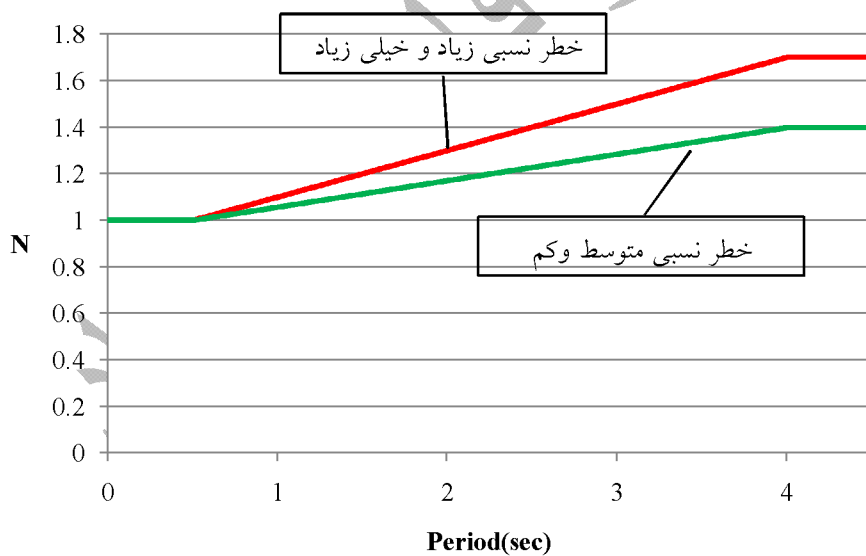
۲-۳-۲ ضریب اصلاح طیف،  $N$ ، برای پهنه های باخطر نسبی خیلی زیاد و زیاد از رابطه (۳-۲) و یا شکل

$$N = 1 \quad T < T_s \quad (2-2) \text{ تعیین می شود}$$

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

$$N = 1.7 \quad T > 4 \text{ sec}$$

۳-۳-۲ ضریب اصلاح طیف،  $N$ ، برای پهنه های باخطر نسبی متوسط و کم به میزان هشتاد درصد رابطه (۴-۲) و یا شکل (۲-۲) تعیین می شود.



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

## ۴-۲ طبقه بندی نوع زمین

زمین ساختگاهها از نظر نوع سنگ و خاک به شرح جدول (۴-۲) طبقه بندی می گردند:

جدول (۴-۲) طبقه بندی نوع زمین

| نوع زمین | توصیف لایه بندی زمین                                                                                                                                                                                                        | پارامترها         |                   |                   |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|          |                                                                                                                                                                                                                             | $\bar{v}_s (m/s)$ | $\bar{N}_{1(60)}$ | $\bar{C}_u (kPa)$ |
| I        | سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاکهای سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیفتر تا سطح زمین .                                                                                                   | $>750$            | -                 | -                 |
| II       | 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 بتدریج بهبودیابد. سنگ های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده | ۳۷۵-۷۵۰           | $>50$             | $>250$            |
| III      | خاک متراکم تا متوسط ، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر                                                                                                                                 | ۱۷۵-۳۷۵           | ۱۵-۵۰             | ۷۰-۲۵۰            |
| IV       | خاک متوسط تا نرم ، لایه های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم.                                                                                               | $<175$            | $<15$             | $<70$             |

تبصره ۱- 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)، می باشد مطالعات ویژه ساختگاهی الزامی است.

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

الزامی است. لیکن در صورت عدم دسترسی به طیف طرح ویژه ساختگاه، می توان از طیف زمین نوع IV استفاده کرد.

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

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

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

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

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

$\bar{N}_{1(60)}$  متوسط  $N_{1(60)}$  لایه های خاک تا عمق ۳۰ متری است که مشابه رابطه  $\bar{v}_s$  محاسبه می گردد. رعایت استانداردهای موجود کشور برای انجام آزمایش نفوذ استاندارد، ضروری است.  $\bar{c}_{II}$  متوسط مقاومت برشی زهکشی نشده  $c_{II}$  خاکهای چسبنده لایه های مختلف تا عمق ۳۰ متری می باشد که مشابه رابطه  $\bar{v}_s$  محاسبه می گردد.

هنگامی که جزئیات خصوصیات خاک به حد کافی برای تعیین نوع زمین محل شناخته شده نباشد و داده های ژئوتکنیکی خصوصیات 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، می توان زمین مورد نظر را نوع III از جدول (۴-۲) انتخاب کرد.

برای ساختگاه هایی که دارای خصوصیات غیر از زمین های نوع I تا VI هستند، بمنظور تعیین نیروی زلزله انجام مطالعات ویژه ساختگاهی الزامی است. برای این نوع ساختگاه ها، امکان ناپایداری خاک تحت نیروی زلزله نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.

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

## ۲-۵ حرکت زمین در زلزله طرح

### ۲-۵-۱ طیف طرح استاندارد

این طیف منعکس کننده اثر حرکت زمین برای زلزله طرح در آئین نامه است و از حاصلضرب مقادیر بازتاب ساختمان B در پارامترهای: نسبت شتاب مبنای A، ضریب اهمیت I و عکس ضریب رفتار  $1/R_u$  و با در نظر گرفتن محدودیت رابطه (۲-۳) بدست می آید. در تعیین این طیف نسبت میرایی ۵ درصد در نظر گرفته شده است.

### ۲-۵-۲ طیف طرح ویژه ساختگاه

این طیف با استفاده از مشخصات زلزله های منطقه ساختگاه و با توجه به ویژگیهای زمین شناسی، تکتونیکی، لرزه شناسی، میزان خطرپذیری و مشخصات خاک در لایه های مختلف ساختگاه، و با بکارگیری نسبت میرایی ۵ درصد تعیین می گردد. در صورتیکه نوع ساختمان و سطح زلزله مورد نظر نسبت میرایی متفاوتی را ایجاد کند، می توان آنرا 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. استفاده از هر یک از این طیف ها برای کلیه ساختمان ها اختیاری است. تنها در مورد ساختمان هایی که طبق بند ۲-۲-۳ مشمول استفاده از روش تحلیل دینامیکی می شوند و در آن ها یکی از شرایط زیر موجود است، بکارگیری طیف طرح ویژه ساختگاه الزامی است.

الف- ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» که بر روی زمین های غیر از گروه های I، II یا III جدول (۲-۴)، ساخته می شوند.

ب- ساختمان های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین های غیر از گروه های I، II یا III جدول (۲-۴)، ساخته می شوند.

پ- ساختمان های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین های نوع II و III، با ضخامت لایه خاک بیش از ۶۰ متر ساخته می شوند.

تبصره ۱- بکارگیری طیف طرح ویژه ساختگاه برای ساختمانهای با ارتفاع بیش از ۱۵۰ متر از تراز پایه ویا دارای زمان تناوب اصلی نوسان، T بیش از ۳/۵ ثانیه الزامی است.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



# فصل سوم

## محاسبه سازه ساختمانها در برابر زلزله

### ۳-۱ ملاحظات کلی

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

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

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

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

الف- ساختمان‌های نامنظم در پلان

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

در موارد الف و ب امتداد اعمال نیروی زلزله باید با زاویه مناسبی که حتی المقدور بیشترین اثر را ایجاد می‌کند، انتخاب شود. برای منظور نمودن بیشترین اثر زلزله، می‌توان صد درصد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن ترکیب کرد. در طراحی اجزاء، بحرانی‌ترین حالت ممکن از نظر علائم نیروهای داخلی حاصل از زلزله باید ملحوظ گردند.

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

تبصره ۲: در مواردی که ترکیب صد در صد نیروی زلزله هر امتداد با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته می شود، منظور کردن برون مرکزی اتفاقی، موضوع بند ۳-۳-۷، برای نیروی زلزله‌ای که در امتداد مربوط به ۳۰ درصد اعمال می شود، 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 می شود باید تا حد امکان نمایانگر وضعیت سازه به لحاظ توزیع جرم و سختی باشد. در این مدل باید علاوه بر کلیه اجزای مقاوم جانبی، اجزائی که مقاومت و سختی آنها تاثیر قابل ملاحظه‌ای در توزیع نیروها دارند، در نظر گرفته شوند. در این ارتباط در سازه های بتن مسلح رعایت اثر ترک خوردگی اجزاء در سختی آنها الزامی است. اثر ترک خوردگی در این سازه‌ها را می توان مطابق بند ۳-۶-۵ برای تعیین نیروهای داخلی و تغییر شکل‌ها در تحلیل سازه منظور کرد.

### ۳-۲ روش‌های تحلیل سازه

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

### ۳-۲-۲ روش‌های تحلیل خطی

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

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

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

### ۳-۲-۳ روش‌های تحلیل غیرخطی

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

### ۳-۳ روش تحلیل استاتیکی معادل

در این روش نیروی جانبی زلزله بر طبق ضوابط این بند تعیین شده و به صورت استاتیکی در امتدادها و جهات مختلف بر طبق بندهای ۳-۱-۴ و ۳-۱-۵، به سازه اعمال می‌گردد و سازه با فرض رفتار خطی تحلیل می‌شود.

#### ۳-۳-۱ نیروی برشی پایه، $V$

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

$$V = CW \quad (۱-۳)$$

در این رابطه:

$V$ : نیروی برشی در تراز پایه. این تراز در بند ۳-۳-۲ تعریف شده است.  
 $W$ : وزن موثر لرزه‌ای، شامل تمام بار مرده و وزن تاسیسات ثابت به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف که در جدول (۲-۳) مشخص شده است. بارهای زنده و برف برطبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته می‌شود.

$C$ : ضریب زلزله که از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

که در آن:

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

B: ضریب بازتاب ساختمان موضوع بند ۳-۲

I: ضریب اهمیت ساختمان موضوع بند ۳-۳-۴

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

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

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

جدول (۲-۳) درصد میزان مشارکت بارزنده 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                 |

### ۳-۳-۱-۱ ضریب نامعینی سازه $\rho$

در ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۳ طبقه یا ارتفاع ۱۰ متر از تراز پایه، نیروی برشی پایه در هر یک از امتدادهای اصلی ساختمان باید در ضریب نامعینی  $\rho$  مربوط به آن امتداد ضرب شود. این ضریب در صورتیکه شرایط بندهای الف یا ب زیر اقناع نشده باشد برابر ۱/۲ می‌باشد. در صورت اقناع یکی از شرایط زیر ضریب مذکور برابر ۱ اختیار می‌شود.

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

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

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

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

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

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

### ۳-۳-۲ تراز پایه

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

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

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

### ۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

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

الف- برای ساختمان های با سیستم قاب خمشی

- ۱- چنانچه جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب ها ایجاد ننمایند:
- در قاب های فولادی

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

- در قاب های بتن مسلح

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

- ۲- چنانچه جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب ها ایجاد نمایند:

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

ب- در قاب های دارای مهاربندی های واگرا، مقدار T از رابطه (۳-۴) محاسبه می شود.

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

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

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

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

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

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

### ۳-۳-۴ ضریب اهمیت ساختمان، $I$

ضریب اهمیت ساختمان با توجه به گروه طبقه بندی آنها، به شرح بند ۱-۶، مطابق جدول (۳-۴) تعیین می گردد:

جدول (۳-۴) ضریب اهمیت ساختمان

| طبقه بندی ساختمان | ضریب اهمیت |
|-------------------|------------|
| گروه ۱            | $1/4$      |
| گروه ۲            | $1/2$      |
| گروه ۳            | $1/0$      |
| گروه ۴            | $0/8$      |

### ۳-۳-۵ ضریب رفتار ساختمان، $R_u$

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

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

۳-۳-۵-۳ در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد برای ساختمان های با اهمیت «خیلی زیاد» فقط باید از سیستم هایی که عنوان «ویژه» دارند انتخاب 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 منحصرأ 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 منحصرأ 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 بتن مسلح که در آنها از سیستم تیرچه و بلوک برای پوشش سقف‌ها استفاده می‌گردد و ارتفاع تیرها برابر ضخامت سقف در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که ارتفاع تیرها کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد، سیستم سقف به منزله دال تخت محسوب شده و ساختمان مشمول بند ۳-۳-۵-۵ می‌شود.

۳-۳-۵-۷ قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی ساده بر طبق نشریه شماره ۳۲۴ سازمان مدیریت و برنامه ریزی همراه با دیوار برشی یا مهاربندی، در گروه سیستم قاب ساختمانی ساده قرار می‌گیرند. قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی گیردار بر طبق ضوابط آن نشریه، قاب خمشی فولادی متوسط محسوب می‌شوند، لیکن حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان‌هایی که در آنها تنها از قاب‌های خمشی دارای این نوع اتصالات استفاده می‌شود به ۳۰ متر تقلیل می‌یابد.

#### 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 باربر استفاده شده باشد، مقدار ضریب رفتار در امتداد دیگر نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوارهای باربر اختیار گردد.

#### ۳-۳-۵-۹ ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع

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



(۱) برای تعیین زمان تناوب اصلی کل سازه ضابطه بند ۳-۳-۳ با منظور کردن ارتفاع کل سازه، باید رعایت شود و در آن از رابطه تجربی که کمترین مقدار زمان تناوب اصلی را برای دو سیستم به کار برده شده به دست می‌دهد، استفاده گردد. محاسبات نیروی جانبی برای قسمت‌های مختلف به شرح زیر انجام می‌شود:

الف) در حالتی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی بیشتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر  $R_u$ ،  $C_d$  و  $\Omega_0$  قسمت فوقانی برای محاسبات هردو قسمت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ب) در حالتی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی کمتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر  $R_u$ ،  $C_d$  و  $\Omega_0$  قسمت فوقانی برای محاسبات این قسمت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لیکن برای محاسبات قسمت تحتانی مقادیر  $R_u$ ،  $C_d$  و  $\Omega_0$  مربوط به همین سیستم باید مورد استفاده قرار گیرد. در این حالت نیروهای عکس العمل ناشی از تحلیل قسمت فوقانی نیز که در نسبت  $R_u/\rho$  قسمت فوقانی به  $R_u/\rho$  قسمت تحتانی ضرب شده‌اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اعمال شود. این نسبت در هر حال نباید کوچکتر از یک باشد.

(۲) برای ساختمان‌هایی که سختی جانبی قسمت فوقانی آنها به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سختی جانبی قسمت تحتانی بوده و شرایط الف و ب زیر را نیز دارا باشند، می‌توان تحلیل را به صورت دو مرحله‌ای انجام داد.

الف) سختی متوسط طبقات تحتانی حداقل ده برابر سختی متوسط طبقات فوقانی باشد.

ب) زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه بیشتر از ۱/۱ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی، در حالتی که این قسمت به صورت یک سازه جداگانه با پای گیردار فرض شده باشد، نباشد.

در ساختمان‌هایی که دارای شرایط فوق باشند محاسبات نیروی جانبی به شرح زیر انجام می‌شود:

الف) سازه انعطاف‌پذیر قسمت فوقانی به طور مجزا و با تکیه‌گاه گیردار در نظر گرفته شده و نیروی جانبی آن با در منظور کردن ضرایب  $R_u$  و  $\rho$  مربوط به این قسمت محاسبه می‌گردد. مقادیر  $C_d$  و  $\Omega_0$  همین قسمت نیز در محاسبات منظور می‌شود.

ب) سازه سخت قسمت تحتانی به طور مجزا در نظر گرفته شده و نیروی جانبی آن با منظور کردن ضرایب  $R_u$  و  $\rho$  مربوط به این قسمت محاسبه می‌گردد. ضمناً نیروهای عکس العمل 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 اعمال شود. این نسبت در هر حال نباید کوچکتر از یک باشد. ضمناً مقادیر  $C_d$  و  $\Omega_0$  همین قسمت نیز در محاسبات مربوطه منظور می‌شود.

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

| سیستم سازه                | سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی                              | $R_u$ | $\Omega_0$ | $C_d$ | $H_m$<br>(متر) |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------|------------|-------|----------------|
| الف- سیستم دیوارهای باربر | ۱- دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه                                  | ۵     | ۲/۵        | ۵     | ۵۰             |
|                           | ۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط                                 | ۴     | ۲/۵        | ۴     | ۵۰             |
|                           | ۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی [۱]                            | ۳/۵   | ۲/۵        | ۳/۵   | -              |
|                           | ۴- دیوارهای برشی با مصالح بنائی مسلح                            | ۳     | ۲/۵        | ۳     | ۱۵             |
|                           | ۵- دیوار متشکل از قاب سبک فولادی سرد نورد و مهار تسمه‌ای فولادی | ۴     | ۲          | ۳/۵   | ۱۵             |
|                           | ۶- دیوار متشکل از قاب سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی   | ۵/۵   | ۳          | ۴     | ۱۵             |
|                           | ۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی                                   | ۳     | ۲          | ۳     | ۱۰             |
| ب- سیستم قاب ساختمانی     | ۱- دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه [۲]                              | ۶     | ۲/۵        | ۵     | ۵۰             |
|                           | ۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط                                 | ۵     | ۲/۵        | ۴     | ۵۰             |
|                           | ۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی [۱]                            | ۴     | ۲/۵        | ۳     | -              |
|                           | ۴- دیوارهای برشی با مصالح بنائی مسلح                            | ۳     | ۲/۵        | ۲     | ۱۵             |
|                           | ۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [۲] و [۳]                        | ۷     | ۲          | ۴     | ۵۰             |
|                           | ۶- مهاربندی کمانش تاب                                           | ۷     | ۲          | ۵/۵   | ۵۰             |
|                           | ۷- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [۲]                              | ۵/۵   | ۲          | ۵     | ۵۰             |
| پ- سیستم قاب خمشی         | ۱- قاب خمشی بتن مسلح ویژه [۴]                                   | ۷/۵   | ۳          | ۵/۵   | ۲۰۰            |
|                           | ۲- قاب خمشی بتن مسلح متوسط [۴]                                  | ۵     | ۳          | ۴/۵   | ۵۰             |
|                           | ۳- قاب خمشی بتن مسلح معمولی [۴] و [۱]                           | ۳     | ۳          | ۲/۵   | -              |
|                           | ۴- قاب خمشی فولادی ویژه                                         | ۷/۵   | ۳          | ۵/۵   | ۲۰۰            |
|                           | ۵- قاب خمشی فولادی متوسط                                        | ۵     | ۳          | ۴     | ۵۰             |
|                           | ۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱] و [۵]                             | ۳/۵   | ۳          | ۳     | -              |
| ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی | ۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی)+دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه   | ۷/۵   | ۲/۵        | ۵/۵   | ۲۰۰            |
|                           | ۲- قاب خمشی بتنی متوسط+ دیوار برشی بتن مسلح ویژه                | ۶/۵   | ۲/۵        | ۵     | ۷۰             |
|                           | ۳- قاب خمشی بتنی متوسط+دیوار برشی بتن مسلح متوسط                | ۶     | ۲/۵        | ۴/۵   | ۵۰             |
|                           | ۴- قاب خمشی فولادی متوسط+دیوار برشی بتن مسلح متوسط              | ۷/۵   | ۲/۵        | ۴     | ۲۰۰            |
|                           | ۵- قاب خمشی فولادی ویژه+مهاربندی واگرای ویژه فولادی             | ۶     | ۲/۵        | ۵     | ۷۰             |
|                           | ۶- قاب خمشی فولادی متوسط+مهاربندی واگرای ویژه فولادی            | ۷     | ۲/۵        | ۵/۵   | ۲۰۰            |
|                           | ۷- قاب خمشی فولادی ویژه+مهاربندی همگرای ویژه فولادی             | ۶     | ۲/۵        | ۵     | ۷۰             |
|                           | ۸- قاب خمشی فولادی متوسط+مهاربندی همگرای ویژه فولادی            |       |            |       |                |
| ث- سیستم کنسولی           | ۱- سازه های فولادی یا بتنی ویژه                                 | ۲     | ۱/۵        | ۲     | ۱۰             |

## یادداشت‌ها

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

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

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

ب- ساختمان نامنظم شدید پیچشی نباشد.

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

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

[۴] قاب های خمشی بتن مسلح معمولی، متوسط و ویژه به ترتیب همان قاب های خمشی با شکل پذیری کم، متوسط و زیاد در آیین نامه بتن ایران «آبا» اند، با این تفاوت که در قاب های خمشی متوسط فاصله تنگ ها از یکدیگر در ناحیه  $L_0$  ستون ها، نباید بیشتر از ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

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

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

نیروی برشی پایه  $V$ ، که طبق بند ۳-۳-۱ محاسبه شده است، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می گردد:

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

در این رابطه:

$F_i$ : نیروی جانبی در تراز طبقه  $i$

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

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

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

$k$ : برابر  $0.75 + 0.5T$ ، این عدد برای سازه های با زمان تناوب اصلی کمتر از ۰/۵ ثانیه برابر ۱ و برای سازه های با زمان تناوب اصلی بزرگتر از ۲/۵ ثانیه برابر ۲ انتخاب می شود.  $T$  در این رابطه همان زمان تناوب اصلی سازه است که بر طبق بند ۳-۳-۳ محاسبه شده و در تعیین ضریب  $B$  مورد استفاده قرار گرفته است.

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

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

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

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

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

در این رابطه:

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

$e_{aj}$ : برون مرکزی اتفاقی طبقه  $j$ ، این برون مرکزی طبق ضابطه بند ۷-۳-۳ محاسبه می‌شود.

$F_j$ : نیروی جانبی در تراز طبقه  $j$

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

۷-۳-۳-۳ 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 مولفه 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.

$$A_j = \left( \frac{\Delta_{\max}}{1/2 \Delta_{\text{ave}}} \right)^2 \quad 1 \leq A_j \leq 3 \quad (8-3)$$

در این رابطه:

$\Delta_{\max}$  = حداکثر تغییر مکان طبقه  $j$

$\Delta_{\text{ave}}$  = میانگین تغییر مکان دو انتهای ساختمان در طبقه  $j$

۳-۳-۴ در ساختمان‌های تا ۵ طبقه و یا کوتاه‌تر از هیجده 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 موثر لرزه‌ای ساختمان است که برای تعیین نیروی جانبی به کار رفته است و وزن شالوده و خاک روی آن به وزن موثر لرزه‌ای اضافه می‌شود. سازه ساختمان و پی آن باید به گونه ای طراحی شوند که توانایی تحمل اثرات لنگر واژگونی را داشته باشند.

### ۳-۳-۹ نیروی قائم ناشی از زلزله

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

الف- کل سازه ساختمان‌هایی که در 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.

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

د- بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌هایی که به صورت طره ساخته می‌شوند.

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

$$F_V = 0.6 A I W_P \quad (۳-۹)$$

در این رابطه:

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

$W_P$ : بار مرده به اضافه کل سربار آن

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

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

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

در برخی از موارد از جمله بند ۳-۹ این استاندارد و یا مواردی که در آیین نامه‌های طراحی سازه‌ها آمده است، ضروری است نیروی تشدید یافته ایجاد شده در اعضا ناشی از زلزله محاسبه شود. در این گونه موارد باید نیروی حاصل از تحلیل‌های خطی برای زلزله طرح، در ضریبی به نام ضریب اضافه مقاومت،  $\Omega_0$ ، ضرب شود. این ضریب وابسته به نوع سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی ساختمان بوده و در جدول (۳-۵) ارائه شده است.

#### ۳-۳-۱۱ اثرات اندرکنش خاک سازه

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

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

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

#### ۳-۴ روش‌های تحلیل دینامیکی خطی

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

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

### 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 می گردد. سپس حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به زمان تناوب آن مد از طیف طرح بدست آورده شده و با ترکیب آماری آن ها بازتاب کلی سازه تعیین می گردد. در این روش تحلیل، الزامات بندهای ۳-۴-۲ تا ۳-۴-۸ باید رعایت شود.

### ۳-۴-۲ تعداد مدهای نوسان

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

### ۳-۴-۳ ترکیب اثرات مدها

حداکثر بارتابهای دینامیکی سازه در هر مود، از قبیل نیروهای داخلی اعضا، تغییر مکان ها، نیروهای طبقات، برش های طبقات و عکس العمل پایه ها باید با استفاده از روش های آماری شناخته شده، مانند روش جذر مجموع مربعات و یا روش ترکیب مربعی کامل ترکیب گردد. در ساختمان های نامنظم در پلان و یا در ساختمان هایی که پیچش در آن ها حائز اهمیت است، روش ترکیب مدها باید در برگیرنده اندرکنش مدهای ارتعاشی نیز باشد. در این موارد می توان از روش ترکیب مربعی کامل استفاده نمود.

### ۳-۴-۴ اصلاح مقادیر بازتاب ها

در مواردی که برش پایه بدست 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 بازتاب های سازه متناسب با آن ها اصلاح گردد. برش پایه استاتیکی معادل عنوان شده در ردیف های زیر، مقدار برش پایه بر اساس رابطه (۳-۱) و با استفاده از مشخصات طیف استاندارد است.

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

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

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

### ۳-۴-۱-۵ اثرات پیچش

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

### ۳-۴-۱-۶ ترکیب اثر زلزله در امتدادهای مختلف

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

### ۳-۴-۱-۷ روش تحلیل در سیستم دوگانه و یا ترکیبی

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

### ۳-۴-۱-۸ اثرات اندر کنش خاک سازه

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

### 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 رفتار خطی انجام می‌شود. در این تحلیل نسبت میرایی را



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

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

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

۳-۴-۲-۳ ترکیب اثر زلزله در امتدادهای مختلف

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

۳-۴-۲-۴ 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  $V$  باشد، تلاش‌های اعضا،  $Q_{Ei}$  و جابجایی نسبی طبقات  $\Delta_i$ ، باید مجدداً در نسبت  $\frac{V}{V_i}$  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.

### ۳-۵ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

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

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

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

$$\Delta_M = c_d \cdot \Delta_e \quad (۳-۱۰)$$

در این رابطه :

$$\begin{aligned} \Delta_M &= \text{تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی طرح در طبقه} \\ \Delta_e &= \text{تغییر مکان جانبی نسبی طبقه حاصل از تحلیل خطی در زلزله طرح} \\ C_d &= \text{ضریب بزرگنمایی تغییر مکان} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta_a &= ۰/۰۲۵ \text{ برابر ارتفاع طبقه} & \text{برای ساختمان‌های تا ۵ طبقه} \\ \Delta_a &= ۰/۰۲ \text{ برابر ارتفاع طبقه} & \text{برای سایر ساختمان‌ها} \end{aligned}$$

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

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

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

۳-۵-۴ در زلزله سطح بهره برداری "تغییر مکان جانبی نسبی بهره برداری" که از تحلیل خطی سازه زیر اثر نیروی زلزله مذکور به دست می‌آید، نباید از ۰/۰۰۵ ارتفاع آن طبقه بیشتر باشد این محدودیت را در مواردی که نوع و نحوه به کارگیری مصالح و سیستم اتصال قطعات غیر سازه‌ای به گونه‌ای باشد که این قطعات بتوانند در برابر تغییر مکان جانبی بیشتر، بدون خسارات عمده، بر جا بمانند می‌توان تا ۰/۰۰۸ ارتفاع طبقه افزایش داد.

۳-۵-۵ در سازه‌های بتن مسلح در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طرح، ممان اینرسی مقطع ترک خورده قطعات را می‌توان، مطابق توصیه آیین‌نامه بتن ایران «آبا» برای تیرها  $I_{g0.35}$ ، برای ستون‌ها  $I_{g0.7}$ ، و برای دیوارها  $I_{g0.35}$  یا  $I_{g0.7}$  نسبت به میزان ترک خوردگی، منظور کرد. برای زلزله بهره برداری مقادیر این ممان اینرسی ها را می‌توان تا ۱/۵ برابر افزایش داد و از اثرات  $P-\Delta$  صرف‌نظر کرد.

۳-۵-۶ در ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه و یا در ساختمان‌های با بیشتر از هشت طبقه، عرض درز انقطاع بین ساختمان و ساختمان مجاور باید با استفاده از تغییر مکان جانبی غیر خطی طرح در طبقه (با در نظر گرفتن اثرات  $P-\Delta$ ) 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 ۷۰٪ مقدار تغییر مکان جانبی غیر خطی طرح در آن طبقه ساختمان باشد.

### ۳-۶ اثر $P-\Delta$

در کلیه سازه‌ها تاثیر بار محوری در عناصر قائم بر روی تغییر مکان های 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.

$$\theta_i = \left[ \frac{P\Delta_e}{Vh} \right]_i \quad (۳-۱۱)$$

در این رابطه:

$$\begin{aligned} P_i &= \text{مجموع بارهای مرده و زنده موجود در طبقه } i \text{ تا } n, \text{ طبقه آخر} \\ \Delta_{ei} &= \text{تغییر مکان جانبی نسبی اولیه در طبقه } i \text{ حاصل از تحلیل خطی} \\ V_i &= \text{مجموع نیروی برشی وارد در طبقه } i \\ h_i &= \text{ارتفاع طبقه } i \end{aligned}$$

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.

$$\theta_{max} = \frac{0.65}{C_d} \leq 0.25 \quad (۳-۱۲)$$

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 بدست آورد و یا می‌توان از روش‌های تقریبی عنوان شده در آئین‌نامه‌های 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 بکار برده می‌شوند باید تغییر مکان‌های جانبی نسبی افزایش یافته طبقات،  $\bar{\Delta}_{ei}$  باشند.

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

$$\bar{\Delta}_{ei} = \frac{\Delta_{ei}}{1 - \theta_i} \quad (۳-۱۳)$$

### 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 تحمل کننده بار اعضای باربر جانبی هستند که تا روی شالوده ادامه پیدا نمی‌کنند، 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 تغییر شکل‌های افقی که در آن‌ها ایجاد می‌شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند.

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

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

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

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

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

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

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

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

در این رابطه :

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

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

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

در رابطه فوق، حداقل مقدار  $F_{Pi}$  برابر با  $0.5 AIW_i$  است و حداکثر آن لازم نیست بیشتر از  $AIW_i$  در نظر گرفته شود. در صورتی که لازم باشد دیافراگم علاوه بر نیروی زلزله طبقه، نیروی جانبی اعضای قائمی را که در قسمت بالا و پایین دیافراگم بر روی یکدیگر واقع نشده‌اند، به یکدیگر منتقل نماید، مقدار این نیروها نیز باید به نیروی به دست آمده از رابطه (۱۴-۳) اضافه شود. در این حالت اثر ضریب نامعینی سازه طبق بند ۱-۳-۳-۱ برای محاسبه مقادیر این بخش از نیروها نیز باید در نظر گرفته شود.

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

ای که بر روی تکیه‌گاه‌های ارتجاعی قرار گرفته است، تعیین نمود. کنترل مقاومت دیافراگم‌های بتن مسلح براساس ضوابط آیین‌نامه بتن ایران «آبا» و دیافراگم‌های ساخته شده از مصالح دیگر براساس ضوابط آیین‌نامه-های مربوط تعیین می‌گردد.

۳-۸-۴ در مواردی که تعبیه اجزای جمع‌کننده (Collector) برای انتقال بار از دیافراگم‌ها به اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی ضروری باشد، طراحی این اجزا و اتصالات آنها باید با استفاده از ترکیبات بار با در نظر گرفتن ضریب مقاومت افزودن ( $\Omega_0$ ) انجام شود.

۳-۸-۵ در کلیه سازه‌های نامنظم در پلان به لحاظ شرایط (الف)، (پ) یا (ت) بند ۱-۷-۱ و یا نامنظم در ارتفاع به لحاظ شرط (پ) بند ۱-۷-۲ در پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و بالاتر، نیروی طراحی اتصالات دیافراگم به اجزاء قائم و اجزا جمع‌کننده باید به میزان ۲۵٪ افزایش یابد.

### ۳-۹ افزایش بار طراحی در اعضای خاص

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

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

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

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

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

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

### ۳-۱۱ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره برداری

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

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

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

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

۳-۱۱-۲ مشخصات حرکت زمین در زلزله سطح بهره برداری باید مشابه زلزله طرح، بند ۳-۳، در نظر گرفته شود، با این تفاوت که شتاب مبنای طرح A در آن به یک ششم مقدار خود کاهش داده شود. در مقابل ضریب رفتار R در محاسبه نیروی جانبی زلزله برابر با یک منظور می گردد. با این ترتیب در روش تحلیل استاتیکی معادل مقدار برش پایه در این سطح از رابطه زیر محاسبه می شود.

(۳-۱۶)

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

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

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

۳-۱۲-۱ در صورتی که طراحی سازه به روش تنش مجاز انجام شود، در ترکیب بارهای زلزله طرح با سایر بارها، بارهای جانبی و قائم زلزله باید در ضریب کاهشی  $0/7$  ضرب شوند.

در حالتی که بر طبق آیین نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثرات اضافه مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید 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 مولفه قائم زلزله نمی باشد.

۳-۱۲-۲ 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 در نظر گرفته شوند. در حالتی که بر طبق آیین نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثرات اضافه مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید در ضریب اضافه مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود و نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه مقاومت در مولفه قائم زلزله نمی باشد. در طراحی سازه های بتنی که بر اساس آیین نامه بتن ایران "آبا" طراحی می شوند، مقادیر بار زلزله باید در ضریب ۰/۸۵ ضرب شده و در ترکیبات بار مورد استفاده قرار گیرد.

### ۳-۱۳ روش ساده شده تحلیل و طراحی

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

۳-۱۳-۲ روش ساده شده تحلیل را تنها در مورد ساختمانهایی که تمام شرایط زیر را دارا باشند، می توان به کار برد.

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

ب- ارتفاع ساختمان از ۳ طبقه از تراز پایه بیشتر نباشد و نسبت طول به عرض آن در پلان از سه تجاوز ننماید.  
پ- سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی یکی از سیستمهای مندرج در ردیفهای الف یا ب جدول (۳-۵) این استاندارد باشد. در این ساختمانها تغییر سیستم سازه ای در ارتفاع بالاتر از تراز پایه نباید وجود داشته باشد.  
ت- دیافراگمهای سازه از نوع دال بتنی یکطرفه یا دو طرفه و یا تیرچه های فولادی یا بتنی به همراه دال بتنی باشد و مجموع سطوح باز شو در هر دیافراگم از ۲۰٪ سطح کل دیافراگم تجاوز نکند. بام ساختمان از این شرط مستثنی بوده و می تواند از نوع سبک یا شیب دار هم باشد.

ث- سیستم باربر جانبی یعنی دیوارهای برشی و یا دهانه های 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 محوره های مذکور با محوره های 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.



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

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

#### ۳-۱۳-۳-۱ نیروی برش پایه

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

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

$A$ ،  $I$  و  $R_u$  ضرایب تعریف شده در بند ۱-۳-۳ می‌باشند.  $B$ : ضریب بازتاب ساختمان است که در روش ساده شده برابر  $B=S+1$  در نظر گرفته می‌شود. ضریب  $S$  با توجه به نوع زمین و 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.

#### ۳-۱۳-۳-۲ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

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

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

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

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

با توجه به صلب بودن دیافراگم‌ها، نیروهای جانبی محاسبه شده طبق بند ۲-۳-۱۳-۳ در ترازهای مختلف در محل مرکز جرم طبقه به ساختمان اعمال شده و سازه تحلیل می‌شود. در این حالت نیروی برشی ایجاد شده در طبقات به همراه اثرات ناشی از پیچش ایجاد شده به علت برون مرکزی مراکز جرم و سختی، در هر طبقه به تناسب سختی بین عناصر مختلف سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی توزیع می‌گردد.

در مورد بام ساختمان‌هایی که از نوع سبک یا 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 مقاومت افزون برای کنترل اجزایی از سازه بر طبق ضوابط آیین‌نامه- ۲/۵ فرض می‌شود، و یا سازه مشمول بند ۳-۹ این استاندارد باشد، این ضریب در روش ساده شده برابر

۳-۱۳-۶ در روش ساده شده، 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، اثرات 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 اعضای غیرسازه‌ای

### ۴-۱ کلیات

#### ۴-۱-۱ محدوده کاربرد

در این فصل حداقل معیارهای طراحی لرزه‌ای برای اجزاء غیرسازه‌ای، شامل اجزاء معماری و تجهیزات و تأسیسات مکانیکی و برقی، که بطور دائم متکی و یا متصل به سازه می‌باشند، نگهدارنده و ادوات اتصال آنها ارائه می‌شود.

در صورتیکه وزن یک جزء غیر سازه‌ای بیشتر از ۲۵ درصد وزن مؤثر لرزه‌ای سازه باشد، مجموعه بصورت سازه غیرساختمانی منظور می‌شود و لازم است طراحی لرزه‌ای طبق فصل پنجم انجام گیرد. رعایت ضوابط این فصل برای تمام ساختمانها توصیه می‌شود ولی برای کلیه ساختمانهای با اهمیت خیلی زیاد ضروری و همچنین سایر ساختمانهای با تعداد طبقات هشت و بیشتر از تراز پایه الزامی می‌باشد. در مورد ساختمانهای با اهمیت متوسط با تعداد طبقات هفت و کمتر، در صورتیکه ضوابط این فصل رعایت نشود، لازم است تا ضوابط اجزای معماری مطابق فصل هفتم رعایت گردد.

#### ۴-۱-۲ ضریب اهمیت جزء

ضریب اهمیت جزء  $I_p$  برابر واحد اختیار می‌شود مگر در موارد زیر که برابر  $1/4$  خواهد بود:

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

۲- جزء نگهدارنده مواد خطرزا با امکان ایجاد مسمومیت زیاد و یا انفجار باشد.

۳- خدمت‌رسانی جزء برای تأمین عملکرد ایمنی جانی پس از زمین‌لرزه لازم باشد (از جمله سیستم آتش‌نشانی، پله فرار و نما که جزء سازه اصلی نباشد).

#### ۴-۱-۳ استثنایا

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

- الف- جرم جزء کمتر از ۱۰ kg باشد. در مورد خطوط تأسیساتی، جرم آن کمتر از ۱۰ kg/m باشد.
- ب- جزء در ارتفاع کمتر از ۱/۲ متری از کف طبقه استقرار داشته و جرم آن کمتر از ۲۰۰ kg باشد.

#### ۴-۱-۴ روش تنش مجاز

نیروی ارائه شده در بند ۴-۲-۱ در تراز مقاومت نهایی می‌باشد. در صورتیکه در طراحی از نیروی زلزله تراز روش مقاومت مجاز استفاده شود، در ترکیب بار شامل بار زلزله، نیروی حاصل از بند ۴-۲-۱ در ضریب ۰/۷ ضرب خواهد شد. در هر دو روش، جزء و یا سیستم مورد نظر باید جابجایی نسبی بند ۴-۲-۲ را پذیرا باشد.

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

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

#### ۴-۱-۶ گواهی لرزه‌ای برای تجهیزات خاص

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

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

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

##### ۴-۲-۱ نیروی زلزله طراحی

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

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

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

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

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

در روابط فوق:

$$F_p = \text{نیروی طرح لرزه‌ای}$$

$S_{DS} = A(S+1)$  = شتاب طیفی زمان تناوب کوتاه ( $0.2$  ثانیه). در صورت استفاده از طیف طرح استاندارد،  
خواهد بود.

$a_p$  = ضریب بزرگنمایی جزء طبق جدول (۱-۴) یا (۲-۴). در صورت تحلیل دینامیکی معتبر، مقدار حاصل از تحلیل را می توان برای ضریب بزرگنمایی جزء اختیار کرد ولی در هر حال مقدار آن نباید از یک کمتر باشد.  
 $I_p$ : ضریب اهمیت جزء طبق بند ۲-۱-۴ که ۱ یا  $1/4$  است.

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

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

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

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

نیروی  $F_p$  باید بطور مستقل حداقل در دو امتداد عمود برهم افقی در ترکیب با بارهای بهره‌برداری وارد به جزء به آن اعمال شود. برای سیستم‌های طره‌ای کنسولی قائم، نیروی  $F_p$  برای هر امتداد افقی لحاظ می‌شود. علاوه بر مولفه افقی، جزء باید برای نیروی قائم همزمان برابر با  $\pm 0.2 S_{DS} W_p$  نیز طراحی گردد. در این محاسبات، برای ضریب نامعینی،  $\rho$ ، مقدار واحد می‌تواند بکار برد و ضریب اضافه مقاومت اعمال نمی‌شود.  
بجای استفاده از رابطه (۱-۴) میتوان شتاب در هر تراز را با استفاده از تحلیل سازه با لحاظ ضریب رفتار یک برای آن تعیین و سپس نیروی افقی زلزله طراحی لرزه‌ای جزء را با استفاده از رابطه (۴-۴) محاسبه نمود.

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

که در آن  $a_i$  شتاب در تراز "i" حاصل از تحلیل طیفی سازه و  $A_j$  ضریب بزرگنمایی پیچشی طبق بند ۳-۳-۷ می باشد. حد بالا وحد پائین  $F_p$  طبق روابط (۲-۴) و (۳-۴) تعیین می شود.

#### ۴-۲-۲ تغییر مکان نسبی حاصل از زلزله

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

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

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{yA} \quad (۵-۴)$$

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

$$D_p = \frac{(h_x - h_y) \Delta_{aA}}{h_{sx}} \quad (۶-۴)$$

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

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{yB}| \quad (۷-۴)$$

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

$$D_p = \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aB}}{h_{sy}} \quad (۸-۴)$$

که در آن:

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

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

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

$\delta_{yB}$  = تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح 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

$h_{xx}$  = ارتفاع طبقه بکار رفته در تعریف تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه  $\Delta_a$

#### ۴-۲-۳ مهار اجزای غیر سازه‌ای

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

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

#### ۴-۲-۴ مهار در بتن یا مصالح بنایی

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

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

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

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

#### ۴-۲-۵ ادوات اتصال در کشش

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

#### ۴-۲-۶ گیره اصطکاکی

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

#### ۴-۳ اجزای معماری

#### ۴-۳-۱ کلیات

اجزای معماری، نگهدارنده‌ها و ادوات اتصال آنها باید ضوابط این بند را اقناع نمایند و برای نیروهای لرزه‌ای طبق بند ۴-۲-۱ طراحی شوند. ضرایب طراحی با توجه به جدول ۴-۱ انتخاب می‌شود. اجزای معماری که ممکن است مخاطرات جانی ایجاد نمایند، باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند تغییر مکان نسبی طبق بند ۴-۲-۲ را پذیرا شوند. طراحی اجزای معماری در قسمت طره‌ای ساختمان باید با در نظر گرفتن تغییر مکانهای قائم ناشی از چرخش اتصالات اجزای طره‌ای سازه انجام شود. تغییر شکل خارج از صفحه جزء یا سیستم غیر سازه‌ای تحت اثر نیروی لرزه‌ای نباید از ظرفیت قابلیت تغییر شکل آن بیشتر گردد.

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

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

#### ۴-۳-۲ قطعات دیوار غیرسازه‌ای خارجی و اتصالات آنها

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

- الف- اتصالات قطعات نما به سازه و همچنین درز بین قطعات باید به گونه‌ای باشند که بتوانند تغییر مکان نسبی لرزه‌ای،  $D_p$ ، طبق بند ۴-۲-۲ یا ۱۵ میلیمتر، هر کدام که بزرگتر است، را پذیرا باشند.
- ب- اتصالات باید حرکت نسبی در صفحه قطعه ناشی از تغییر مکان نسبی طبقه را پذیرا باشند. بدین منظور می‌توان از اتصالات لغزشی با استفاده از سوراخهای بادامی شکل یا بزرگتر از قطر پیچ، یا اتصالاتی که حرکت نسبی طبقات را از طریق خم شدن قطعات فولادی یا هر گونه اتصالی که ظرفیت لغزش یا ظرفیت شکل‌پذیری معادل آن را تأمین نماید، استفاده کرد.
- پ- ادوات اتصال باید دارای ظرفیت شکل‌پذیری و چرخش کافی باشند تا از شکست ترد بتن و یا جوش و اطراف آن جلوگیری شود.

- ت- تمام اجزاء اتصال، مانند پیچ، میخ، جوش و شاخک و همچنین بدنه قطعه اتصال دهنده باید برای نیروی،  $F_p$ ، مطابق بند ۴-۲-۱ با در نظر گرفتن مقادیر  $R_p$  و  $a_p$  طبق جدول (۴-۱) طراحی شوند. این نیروی طراحی در محل مرکز جرم قطعه دیوار متصل شونده در نظر گرفته می‌شود.
- ث- وقتی اتصال توسط تسمه‌هایی که در داخل بتن یا مصالح بنایی قرار می‌گیرند تأمین می‌شود این تسمه‌ها باید به میلگردهای داخل بتن یا مصالح بنایی متصل شوند و یا دور آنها قلاب گردند و یا به نحوی در



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

#### ۴-۳-۳ سقف کاذب

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

جدول (۴-۱) ضرایب اجزای معماری

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

|                                           |     |     |
|-------------------------------------------|-----|-----|
| ۱۲- سایر اجزای صلب (با انعطاف پذیری کم)   |     |     |
| - اجزای با شکل پذیری زیاد و اتصالات آنها  | ۱   | ۳/۵ |
| - اجزای با شکل پذیری متوسط و اتصالات آنها | ۱   | ۲/۵ |
| - اجزای با شکل پذیری کم و اتصالات آنها    | ۱   | ۱/۵ |
| ۱۳- سایر اجزای انعطاف پذیر                |     |     |
| - اجزای با شکل پذیری زیاد و اتصالات آنها  | ۲/۵ | ۳/۵ |
| - اجزای با شکل پذیری متوسط و اتصالات آنها | ۲/۵ | ۲/۵ |
| - اجزای با شکل پذیری کم و اتصالات آنها    | ۲/۵ | ۱/۵ |

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

الف - از مقاطع T مناسب برای شبکه استفاده شود

ب - عرض نشیمن نبشی محیطی (ورق فرم داده شده) حداقل ۵۰ میلیمتر از ورق خم شده استفاده شود. در هر امتداد متعامد افقی، یک انتهای شبکه به نبشی محیطی متصل و انتهای دیگر شبکه ۲۰ میلیمتر از دیوار فاصله داشته باشد و بر روی نبشی محیطی بنشیند بطوریکه بتواند روی آن بطور آزاد بلغزد.

پ - برای سطوح بیشتر از یکصد متر مربع، حرکت جانبی سقف کاذب به کمک مهار به سازه کنترل شود. سطوح بارگیر این مهارها باید تقریباً برابر باشد.

ت - برای سقفهای کاذب با سطح بیشتر از ۲۵۰ متر مربع پیش‌بینی درزهای انقطاع لرزه‌ای و یا جداسازی کامل سقف کاذب از طریق امتداد دادن تیغه‌ها تا زیر سقف اصلی لازم می‌باشد مگر آنکه با تحلیل سازه نشان داده شود که سیستم سقف کاذب توان باربری و پذیرش جابجایی‌های لرزه‌ای را دارد. همچنین نسبت طول به عرض هر قسمت نباید بیشتر از چهار باشد.

ث - برای محافظت افشانک آتش‌نشانی و نظایر آن، در مواردی که از مهاربندی صلب برای محدود کردن جابجایی سقف کاذب استفاده نشده باشد، لازم است در محل افشانک و نظایر آن حلقه‌ای با قطر حداقل ۵۰ میلیمتر بزرگتر تعبیه گردد تا سقف کاذب نسبت به آن بتواند آزادانه حرکت نماید.

ج - در صورت تغییر ارتفاع سقف کاذب در یک طبقه، مهاربندی هر بخش سقف کاذب باید بطور مطمئنی بصورت مستقل انجام شود.

د - سینی کابل باید بطور مستقل از سقف کاذب توسط سازه نگهداری شود.

#### ۴-۳-۴ کف کاذب (دسترسی)

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

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

#### ۴-۳-۵ تیغه جداکننده

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

#### ۴-۳-۶ شیشه در نما، تیغه و ویتترین

شیشه در نمای شیشه‌ای، تیغه و ویتترین باید بتواند رابطه (۴-۹) را اقلان نماید.

$$\Delta_f \geq 1.25 ID_p \quad (۴-۹)$$

که در آن:

$\Delta_f$  = تغییر مکان نسبی که در صورت فزونی از آن شیشه از تیغه، قاب و یا ویتترین به بیرون پرتاب می‌شود و مقدار آن توسط آزمایش و یا تحلیل توسط تولید کننده ارائه می‌شود.

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

$I$  = ضریب اهمیت سازه

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

استثناءها:

۱- در صورتیکه بین شیشه و قاب دور آن فضای خالی به قدر کافی وجود داشته باشد، به نحوی که تحت

تغییر مکان نسبی افقی طراحی، تماس فیزیکی بین آنها طبق رابطه (۴-۱۰) ایجاد نشود، نیازی به اقلان

رابطه (۴-۹) وجود ندارد.

$$D_c \geq 1.25D_p \quad (۴-۱۰)$$

که در آن:

$D_c$  = تغییر مکان نسبی افقی اندازه گیری شده در ارتفاع قطعه شیشه‌ای مورد نظر، که باعث ایجاد تماس اولیه

بین شیشه و قاب می‌شود. برای قاب‌های شیشه‌ای مستطیل شکل می‌توان از رابطه (۴-۱۱) استفاده نمود.

$$D_c = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1}\right) \quad (۴-۱۱)$$

که در آن:

$h_p$  = ارتفاع قطعه شیشه‌ای مستطیل شکل

$b_p$  = عرض قطعه شیشه‌ای مستطیل شکل

$c_1$  = میانگین فاصله آزاد لبه‌های قائم طرفین شیشه با قاب

$c_2$  = میانگین فاصله آزاد لبه‌های بالا و پایین شیشه با قاب

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

#### ۴-۴ اجزاء مکانیکی و برقی

##### ۴-۴-۱ کلیات

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

جدول ۴-۲ ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی

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

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

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

۱- کفایت سازه‌ای جزء تحت نیروهای طراحی هم‌زمان برابر با ۱/۴ برابر وزن آن در دو امتداد قائم و افقی تأمین شود. بار افقی باید در امتدادی که بحرانی‌ترین اثر را دارد اعمال شود.

۲- اتصال، امکان دوران ۳۶۰ درجه جزء را در صفحه افق فراهم سازد.

#### ۴-۴-۲ تجهیزات مکانیکی

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

۱- برای تجهیزات آسیب‌پذیر در ضربه، یا تجهیزاتی که از مصالح غیرشکل‌پذیر ساخته شده‌اند و یا در مواردی که شکل‌پذیری مصالح به علت شرایط عملکردی (نظیر کاربرد در دمای کم) کاهش می‌یابد، باید تمهیداتی برای حذف ضربه ناشی از زلزله در نظر گرفت.

- ۲- در مورد لوله‌ها و خطوط خدماتی متکی بر سازه‌های مجاور، لازم است امکان اعمال بار ناشی از اختلاف تغییرمکان تکیه‌گاهی، به تجهیزات مرتبط، بررسی شود.
- ۳- در لوله‌کشی یا کانال‌کشی سیستم‌های تهویه مطبوع، در سازه‌های جداسازی شده طراحی باید طوری انجام گیرد که این تأسیسات در مرز جدائی پذیرای تغییرمکان نسبی لرزه‌ای تعیین شده در بند ۲-۴-۲ باشند.

#### ۳-۴-۴ تجهیزات برقی

- تجهیزات برقی با  $I_p$  بزرگتر از ۱ باید برای نیروهای زلزله و جابجایی‌های نسبی بندهای ۱-۲-۴ و ۲-۲-۴ طرح شوند. این اجزاء باید الزامات اضافی زیر را نیز برآورده سازند:
- ۱- تمهیداتی برای حذف ضربه ناشی از زلزله بین تجهیزات، باید در نظر گرفته شود.
  - ۲- نیروهای وارده به تجهیزات، ناشی از اختلاف تغییرمکان نسبی تکیه‌گاه‌های خطوط خدماتی متصل به آنها که بر سازه‌های مجزا قرار دارند باید ملحوظ گردد.
  - ۳- برای جلوگیری از سقوط باتری‌هایی که روی پایه قرار دارند باید کمربند مناسبی پیش‌بینی شود. برای جلوگیری از صدمه زدن به سلول‌های باتری، جداکننده‌هایی بین کمربند و باتری باید تعبیه گردد. ظرفیت باربری جانبی پایه باتری نیز باید ارزیابی گردد.
  - ۴- سیم‌پیچ‌های داخلی ترانسفورمرهای نوع خشک باید بطور مطمئنی به سازه نگهدارنده در داخل ترانسفورمر متصل شود.
  - ۵- در پانل و تابلوی برقی، تجهیزات رایانه‌ای و سایر تجهیزاتی که دارای اجزای کشویی می‌باشند باید بست‌هایی برای مهار آن پیش‌بینی شود.
  - ۶- طراحی کابینت تابلوهای برقی باید براساس استانداردهای معتبر باشد. هرگونه تغییر و ایجاد بریدگی که توسط تولیدکننده انجام نشده باشد و باعث کاهش قابل ملاحظه مقاومت کابینت گردد باید بطور خاص ارزیابی شود.
  - ۷- برای لوله‌های برق، سینی‌های کابل یا تجهیزات توزیع برق در سازه‌های جداسازی شده‌ای که این خطوط از مرز جداسازی می‌گذرند، طراحی باید طوری انجام گیرد که پذیرای تغییرمکان نسبی لرزه‌ای تعیین شده در بند ۲-۴-۲ باشند.

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

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

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

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

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

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

۳- از مهارهای منبسط شونده (نظیر رول‌پلاک) نباید برای تجهیزات مکانیکی فاقد جداسازی ارتعاشی که دارای توان بیشتر از ۱۰ اسب بخار ( $7/45$  کیلو وات) باشند استفاده شود. استفاده از مهارهای منبسط شونده دارای کلید برشی در تکیه‌گاه مجاز می‌باشد.

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

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

۶- لوله و کابل برق با قطر بیشتر از 65mm و سینی کابل و سایر سیستم‌های انتقال برق که متصل به تابلو برق و یا سایر تجهیزات می‌باشند و در معرض تغییر مکان‌های نسبی ناشی از زلزله قرار دارند باید دارای اتصالات انعطاف‌پذیر بوده و یا برای نیرو و جابجایی نسبی بندهای ۱-۲-۴ و ۲-۲-۴ طراحی شوند. این طراحی در صورت وجود هر یک از دو شرط زیر لازم نمی‌باشد:

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

ب- مجموعه کابل‌ها و نگهدارنده آن توسط آویزهای با طول 400 mm یا کمتر نگهداری شود. آویز از نوع میله‌ای باید مجهز به اتصال مفصلی باشد.

#### ۴-۴-۵ خطوط تأسیساتی خدماتی

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

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

#### ۴-۴-۶ کانال تهویه

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

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

ب - سطح مقطع کانال کمتر از ۰/۶ متر مربع و با جرم هر متر آن کمتر از ۲۵ کیلوگرم باشد.

اجزائی که در مسیر کانال نصب می‌شوند (از قبیل فن، انتقال دهنده حرارت و تنظیم کننده رطوبت)، و جرم آنها بیشتر از ۳۵ کیلوگرم است باید بطور جداگانه برای وزن و نیروی جانبی با توجه به بند ۴-۲-۱ مهار شوند.

#### ۴-۴-۷ تأسیسات لوله‌کشی

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

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

ب - برای اتصالات رزوه شده در سیستم لوله‌کشی از مواد شکل‌پذیر، ۷۰ درصد مقاومت تسلیم مشخصه حداقل.

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

ت - برای اتصالات رزوه شده در سیستم لوله‌کشی از مواد غیر شکل‌پذیر، ۸ درصد مقاومت تسلیم کشش مشخصه حداقل.

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

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



- ۲- لوله‌ها و یا زین میله‌ای نگهدارنده آنها توسط آویز نگهداری شود. طول آویز تا روی لوله (اگر آویز به آن بسته شود) و یا زین مساوی و یا کمتر از ۴۰۰ میلیمتر باشد. اگر آویز بصورت کابل یا زنجیر نبوده و میله‌ای باشد باید مجهز به اتصال مفصلی باشد.
- ۳- سیستم لوله‌کشی دارای  $R_p$  حداقل ۴/۵ باشد. ضمناً طرح طوری انجام شود که امکان برخورد با لوله‌های بزرگتر و سایر اجزاء وجود نداشته باشد و یا در صورت امکان برخورد، پیش‌بینی لازم برای محافظت لوله بعمل آید. محدودیت‌های قطر لوله مشابه مورد یک فوق نیز باید رعایت شود.

#### ۴-۴-۸ ضوابط طراحی آسانسور و پله متحرک

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

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

#### ۴-۴-۹ سایر اجزاء مکانیکی و برقی

- اجزاء مکانیکی و برقی، شامل سیستم‌های توزیع باید موارد زیر را اکتفاء نمایند.
- ۱- اجزاء، نگهدارنده‌های آنها و ادوات اتصال باید ضوابط بندهای ۴-۲، ۴-۳، ۴-۴ و ۴-۴ را برآورده نمایند.
  - ۲- مقاومت طراحی اجزاء مکانیکی حاوی مواد خطرناک با  $(I_p=1.5)$ ، دیگهای بخار و مخازن تحت فشار برای نیروهای زلزله در ترکیب با سایر بارهای سرویس و اثرات محیطی، براساس روش تنش مجاز، باید با توجه به خواص مصالح به شرح زیر تعیین شود:
  - الف- برای اجزاء مکانیکی که از مصالح شکل پذیر ساخته شده‌اند، مانند فولاد، آلومینیوم، مس، ۹۰ درصد مقاومت مشخصه تسلیم حداقل.
  - ب- برای اتصالات رزوه شده در اجزای ساخته شده با مصالح شکل پذیر، ۷۰ درصد مقاومت مشخصه تسلیم حداقل.
  - ج- برای اجزاء مکانیکی که از مصالح غیر شکل پذیر ساخته شده‌اند (مثل پلاستیک، چدن یا سرامیک) ۱۰ درصد مقاومت مشخصه کششی حداقل.

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

غیر قابل استناد

## فصل پنجم

### ضوابط طراحی لرزه ای سازه های غیرساختمانی

#### ۵-۱- کلیات

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

۵-۱-۲- طراحی. طراحی سازه های غیرساختمانی باید منجر به تامین سختی و مقاومت کافی و شکل پذیری همساز با ضوابط مشخص شده در این فصل برای مقابله با آثار زلزله گردد. مقادیر شتاب مبنای طرح (A) مطابق بند ۲-۲، ضریب بازتاب ساختمان (B) مطابق بند ۲-۳ و ضریب اهمیت ساختمان (I) مطابق بند ۳-۳-۴ می باشند.

۵-۱-۳- انواع سازه های غیرساختمانی. سازه های غیرساختمانی از نظر مشابهت و یا عدم مشابهت سیستم سازه ای آن ها به ساختمان های متعارف به دو نوع زیر تقسیم می شوند:

- مشابه ساختمان

- غیرمشابه ساختمان شامل دو حالت متکی بر زمین و متکی بر سازه های دیگر

#### ۵-۲- سازه های غیرساختمانی متکی بر سازه های دیگر

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

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

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

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

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

۵-۲-۳- اجزاء معماری، تاسیسات مکانیکی و برقی متکی بر سازه غیرساختمانی باید بر اساس فصل چهارم طراحی شوند.

### ۵-۳- ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیرساختمانی

۵-۳-۱- انتخاب روش تحلیل سازه. روش تحلیل سازه های غیرساختمانی شامل "تحلیل استاتیکی معادل" و "تحلیل دینامیکی" می باشد. چنانچه زمان تناوب اصلی نوسان این نوع سازه ها از ۰/۵ ثانیه تجاوز نماید، به کارگیری یکی از روش های تحلیل دینامیکی در محاسبه نیروی جانبی الزامی است.

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

۱- انتخاب سیستم باربر جانبی:

الف- برای سازه های غیرساختمانی مشابه ساختمان، باید سیستمی از بین سیستم های نام برده شده در جدول (۵-۱) با در نظر گرفتن محدودیت های حاکم بر سیستم سازه و ارتفاع آن اختیار شود. برای برآورد نیروی برش پایه، نیروهای طراحی اجزا و تغییر مکان نسبی طبقات، باید مقادیر مناسب  $R_u$ ،  $\Omega_0$  و  $C_d$  از جدول (۵-۱) استخراج شوند. در صورت استفاده از سیستم سازه ای که در جدول (۵-۱) قید نشده باشد، مقادیر مناسب  $R_u$ ،  $\Omega_0$  و  $C_d$  از جدول (۵-۳) قابل استخراج می باشند.

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

| سیستم سازه                 | سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی                                                                                                                                           |                                |     |     | $H_m^1$ (متر) |              |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----|-----|---------------|--------------|
| سیستم قاب ساختمانی ساده    | مهاربندی همگرای ویژه فولادی<br>مهاربندی همگرای معمولی فولادی<br>مهاربندی همگرای معمولی فولادی (با افزایش ارتفاع مجاز)<br>مهاربندی همگرای معمولی فولادی (بدون محدودیت ارتفاع) |                                |     |     | ۵۰            |              |
|                            |                                                                                                                                                                              |                                |     |     | $15^2$        |              |
|                            |                                                                                                                                                                              |                                |     |     | ۵۰            |              |
|                            |                                                                                                                                                                              |                                |     |     | بدون محدودیت  |              |
| سیستم قاب خمشی             | فولادی                                                                                                                                                                       | ویژه                           | ۷٫۵ | ۳   | ۵٫۵           | ۲۰۰          |
|                            |                                                                                                                                                                              | متوسط                          | ۵   | ۳   | ۴             | $15^4$       |
|                            |                                                                                                                                                                              | متوسط (با افزایش ارتفاع مجاز)  | ۳   | ۲٫۵ | ۳             | ۵۰           |
|                            |                                                                                                                                                                              | متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)    | ۲   | ۱٫۵ | ۲             | بدون محدودیت |
|                            |                                                                                                                                                                              | معمولی                         | ۳٫۵ | ۳   | ۳             | *            |
|                            |                                                                                                                                                                              | معمولی (با افزایش ارتفاع مجاز) | ۲٫۵ | ۲   | ۲٫۵           | ۳۰           |
|                            |                                                                                                                                                                              | معمولی (بدون محدودیت ارتفاع)   | ۱   | ۱   | ۱             | بدون محدودیت |
|                            | بتن مسلح                                                                                                                                                                     | ویژه                           | ۷٫۵ | ۳   | ۵٫۵           | ۲۰۰          |
|                            |                                                                                                                                                                              | متوسط                          | ۵   | ۳   | ۴٫۵           | *            |
|                            |                                                                                                                                                                              | متوسط (با افزایش ارتفاع مجاز)  | ۳   | ۲   | ۲٫۵           | ۱۵           |
|                            |                                                                                                                                                                              | متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)    | ۱   | ۱   | ۱             | بدون محدودیت |
|                            |                                                                                                                                                                              | معمولی                         | ۳   | ۳   | ۲٫۵           | *            |
|                            |                                                                                                                                                                              | معمولی (با افزایش ارتفاع مجاز) | ۱   | ۱   | ۱             | ۱۵           |
|                            |                                                                                                                                                                              | بدون محدودیت                   | ۴   | ۲   | ۳٫۵           | بدون محدودیت |
| ففسه های خود ایستای فولادی |                                                                                                                                                                              |                                |     |     |               |              |

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

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

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

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

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

ب- برای سازه های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان باید سیستمی از بین سیستم های نام برده شده در جدول (۲-۵) با در نظر گرفتن محدودیت های حاکم بر سیستم و ارتفاع سازه اختیار شود. برای برآورد نیروی برش پایه، نیروهای طراحی اجزا و تغییر مکان نسبی طبقات، باید مقادیر مناسب  $R_u$ ،  $\Omega_0$  و  $C_d$  از جدول مذکور استخراج شوند.

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

| نوع سازه                        | جزئیات                                                                                                                                                                                                                            | $R_u$ | $\Omega_0$ | $C_d$ | $H_m^1$ (متر) |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|-------|---------------|
| بونکر، مخزن، ظرف یا کندوی هوایی | بر روی پایه های مهاربندی شده متقارن (غیر مشابه ساختمان)                                                                                                                                                                           | ۳     | ۲          | ۲٫۵   | ۵۰            |
|                                 | بر روی پایه های مهاربندی نشده یا مهاربندی شده نامتقارن (غیر مشابه ساختمان)                                                                                                                                                        | ۲     | ۲          | ۲٫۵   | ۳۰            |
| تیر، ستون، محدودیت              | ظرف افقی جوش شده                                                                                                                                                                                                                  | ۳     | ۲          | ۲٫۵   |               |
|                                 | دودکش و سیلوی بتنی درجا با دیواره پیوسته تا روی پی                                                                                                                                                                                | ۳     | ۲          | ۳     |               |
|                                 | تمام سازه های دیگر بتنی یا فولادی طره ای با جرم گسترده غیر از آنهایی که در این جدول ذکر شده اند، شامل سیلوها، دودکش ها و ظروف قائم بر روی پدستال منفرد یا متکی بر جداره تا روی زمین - جوش شده فولادی، بتنی مسلح یا بتنی پیش تنیده | ۳     | ۲          | ۲٫۵   |               |
|                                 | برج های خرابایی طره ای یا مهارشده توسط کابل - دودکش های مهار شده توسط کابل                                                                                                                                                        | ۳     | ۲          | ۲٫۵   |               |
|                                 | برج های خنک کن                                                                                                                                                                                                                    | ۳٫۵   | ۲          | ۳     |               |
|                                 | برج های مخابراتی                                                                                                                                                                                                                  | ۳     | ۱٫۵        | ۳     |               |
|                                 | دیگر - فولادی یا بتنی                                                                                                                                                                                                             | ۱٫۵   | ۱٫۵        | ۱٫۵   |               |
|                                 | سازه های خاص تفریحی و بناهای یادبود                                                                                                                                                                                               | ۲٫۵   | ۲٫۵        | ۲٫۵   |               |
|                                 | سازه هایی که رفتارشان مشابه پاندول وارونه است                                                                                                                                                                                     | ۲     | ۲          | ۲     |               |
|                                 | تابلو ها و علائم                                                                                                                                                                                                                  | ۳٫۵   | ۲          | ۳     |               |
|                                 | سایر سازه ها غیر از موارد فوق                                                                                                                                                                                                     | ۲٫۵   | ۲٫۵        | ۲٫۵   |               |

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

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

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

$$C \geq 0.09$$

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

$$C \geq 1.6 A_I / R_u$$

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

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

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

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

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

- برای طراحی میل مهار از چسبندگی و اصطکاک با بتن صرفنظر شده و تنها بر روی مهار مکانیکی انتهای آن اتکا شود. لذا استفاده از میلگرد مستقیم یا با خم استاندارد به تنهایی مجاز نمی باشد.
- لازم است ظرفیت مهار مکانیکی انتهایی میل مهار بیش از تنش تسلیم آن باشد.
- میل مهارهای کاشته شده در بتن تنها در صورتی مجاز است که آزمایش بارگذاری رفت و برگشتی بر روی آن در شرایطی که بتن ترک خورده است حاکی از تسلیم میل مهار قبل از بیرون آمدن آن باشد.



# فصل ششم

## الزامات ژئوتکنیکی

### ۶-۱ شناسایی نوع زمین

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

- مطالعه نقشه های زمین شناسی منطقه
- کسب اطلاعات فنی و پی سازی از وضعیت سازه های موجود،
- کسب اطلاعات ژئوتکنیکی از برش های موجود در لایه های خاک (چاه های خاکبرداریها و ترانشه های موجود)
- اخذ گزارش مطالعات ژئوتکنیکی مرتبط با دو ساختمان در طرفین زمین مورد نظر که با فاصله کمی از آن قرار گرفته اند.

- انجام مطالعات ژئوتکنیکی خاص در زمین مورد نظر، متناسب با اهمیت ساختمان و ارتفاع آن به هر حال کسب حداقل شناختی از لایه های زمین ضروری می باشد، لکن درجه شناخت مورد نیاز، متناسب با اهمیت ساختمان و شرایط ژئوتکنیکی محل تعیین می گردد.

برای ساختمان های با اهمیت کم و آن دسته از ساختمان های با اهمیت متوسط که تا ۴ سقف و یا حداکثر ۱۲ متر از روی شالوده ارتفاع دارند در صورتیکه سطح اشغال آنها از ۳۰۰ متر مربع تجاوز ننماید با مطالعه نقشه های زمین شناسی (چنانچه موجود باشد) و بررسی نحوه ساخت ساختمانهای مجاور و گزارش ژئوتکنیکی آنها، بررسی مقاطع موجود (مثل گودبرداریه یا برش موجود در پلهای نزدیک ساختمان مذکور) می توان در مورد لایه های خاک توسط یک متخصص با تجربه اظهار نظر نمود. بدیهی است در این مورد چنانچه شواهدی از وجود نوع زمین غیر از زمین های نوع I و II و III و IV (جدول ۲-۳) در محل وجود داشته باشد انجام مطالعات ژئوتکنیکی در زمین مورد نظر، الزامی می باشد.

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

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

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

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

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

## ۶-۲ ناپایداری های زمین ناشی از زلزله

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

### ۶-۲-۱ روانگرایی

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

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

الف- سابقه روانگرایی در آنها وجود داشته باشد.

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

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

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

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

ب- ماسه محتوی بیش از ۳۵ درصد لای و بطور 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- ارزیابی استعداد روانگرایی

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

$$F_l = \frac{CRR}{CSR} \quad (۱-۶)$$

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

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

#### ۶-۲-۱-۲- گسترش جانبی

در زمینه‌های مستعد روانگرایی که دارای شیب ملایم بوده و یا دارای یک وجه آزاد نظیر زمینه‌های منتهی به کانالهای زهکش، نهرها و رودخانه‌ها و یا ساحل دریا باشند، احتمال وقوع گسترش جانبی وجود دارد. گسترش جانبی می‌تواند موجب جابجائی‌های بزرگ در زمین گردد. جهت ارزیابی استعداد و مقدار جابجائی 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 بگونه‌ای 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 مربوطه باید در سه حالت زیر انجام شود و نتایجی که بزرگترین اثر را مشخص می‌کند در طراحی پی و سازه اعمال شود:

حالتی که فرض می‌شود گسترش جانبی اتفاق خواهد افتاد

حالتی که فرض می‌شود تنها روانگرایی اتفاق خواهد افتاد.

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

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

#### ۶-۲-۱-۳ روشهای کاهش خطرات ناشی از روانگرایی و گسترش جانبی

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

#### ۶-۲-۱-۳-۱ تمهیدات سازه‌ای

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

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

#### ۶-۲-۱-۳-۲ تمهیدات ژئوتکنیکی

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

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

#### ۶-۲-۱-۳-۳ تغییر محل ساختگاه

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

#### ۶-۲-۲-۲ زمین لغزش

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

۱- ریخت‌شناسی مناطق 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 خط الراس‌ها، لبه‌های پرتگاه و کناره‌های رودخانه و سواحل در معرض فرسایش و خاکی‌های متراکم نشده.

۳- وجود لایه‌های ضعیف در پنجه شیب‌ها.

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

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

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

#### ۶-۲-۱-۲ 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 ساده شده 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 شبه استاتیکی، نیروهای اینرسی لرزه‌ای طرح که بر توده خاک وارد می‌شوند، باید محاسبه گردند.

$$F_H = k_h W_s \quad (۲-۶)$$

$$k_h = 0.5A \quad (۳-۶)$$

A: نسبت شتاب مبناي 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 شبه استاتیکی، پارامترهای مقاومت برشی خاک در صورت نیاز باید با توجه به کاهش چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی در کرنشهای بزرگ و یا افزایش فشار آب حفره‌ای ناشی از زلزله انتخاب گردد. استفاده از پارامترهای مقاومتی کرنش بزرگ خاک برای ساختگاه‌هایی که 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، ودقت انتخاب ضریب زلزله موثر، ضریب اطمینان مناسب را انتخاب کند. چنانچه نتایج تحلیل پایداری شیب نشان دهنده ناپایداری باشد لازم است تا از روشهای مناسب و متداول پایدارسازی شیب‌ها استفاده شود.

#### ۶-۲-۳ فرونشست

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

صورت وجود چنین 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 کم عمق، معادن زیرزمینی، چاه‌ها و کوره های فاضلاب و نظایر آنها
- حفرات و غارهای زیرزمینی طبیعی
- حفرات بوجود آمده ناشی از آب شستگی دانه‌های خاک بر اثر ترکیدگی لوله های آب، نفوذ آبهای سطحی و نظایر آن

#### ۶-۲-۳-۱ شناسایی حفرات زیرسطحی

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

#### ۶-۲-۴ گسلش

۶-۲-۵ جابجائی ناشی از گسلش در سطح زمین میتواند موجب آسیب به سازه ها گردد، در پهنه‌های گسلی به ویژه گسل های اصلی، اجتناب از ساخت ساختمان به ویژه ساختمان های با اهمیت بسیار زیاد اکیداً توصیه می‌شود. از این رو لازم است که کلیه سازندگان بنا در این پهنه ها قبل از ساخت اقدام به انجام شناسایی گسلش سطحی کرده و در صورتی که زمین شناس، گسلش سطحی با جابه جایی عمده‌ای را تشخیص داد، ضوابط مربوط به پهنه های با جابه جایی عمده بر اساس این نامه های ملی یا بین المللی معتبر مصوب رعایت گردد.

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

در پهنه گسل‌های اصلی با جابجایی عمده، احداث ساختمان با اهمیت بسیار زیاد ممنوع بوده و در مابقی پهنه‌ها احداث آنها با انجام مطالعات و اعمال تمهیدات ویژه مجاز می باشد. همچنین در پهنه گسل‌های اصلی با جابجایی عمده احداث ساختمان با اهمیت زیاد صرفاً با انجام مطالعات ویژه و اعمال تمهیدات ویژه مجاز می باشد.

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

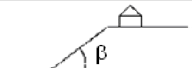
گسل های اصلی، گسل هایی هستند که طول آنها بیش از ده کیلومتر است.

در صورتیکه در پهنه های گسل های اصلی، در مواردی جا به جایی عمده وجود داشته باشد، این محدوده با نام پهنه با جابه جایی عمده تعریف می شود.

### ۳-۶ بزرگنمایی ناشی از توپوگرافی

افزایش نیروی طراحی لرزه ای در بررسی پایداری شیبها و طراحی سازه های واقع بر شیبها یا نزدیک آنها باید از طریق ضریب بزرگنمایی توپوگرافی ( $S_T$ ) برای شیبهای با ارتفاع بیش از ۳۰ متر و با زاویه میانگین بیش از  $15^\circ$  صورت گیرد. در تحلیل پایداری شیبها ضریب بزرگنمایی توپوگرافی در مقدار  $K_h$  ضرب می گردد. حداقل مقادیر ضریب بزرگنمایی توپوگرافی در پایداری شیبها و طراحی سازه های واقع بر یا نزدیک شیبها در جدول (۶-۲) ارائه گردیده است. این ضریب بزرگنمایی فقط در سطوح لغزشی که از ثلث فوقانی ارتفاع شیبها عبور می کنند اعمال میگردد.

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

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

$S_T$ : ضریب بزرگنمایی توپوگرافی

$\beta$ : میانگین زاویه شیب

$K_h$ : ضریب زلزله طرح

Free filed:

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

### ۴-۶ دیوار نگهبان خاک

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

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



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

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

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

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

غیر قابل استناد

## فصل هفتم

### ضوابط ساختمان های با مصالح بنایی کلافدار

#### ۷-۱- تعریف

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

ساختمان های بنایی غیر مسلح به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- ساختمان بنایی دارای کلاف های افقی و قائم

۲- ساختمان بنایی دارای میلگردهای انسجام بخش

#### ۷-۲- هندسه ساختمان

##### ۷-۲-۱- ارتفاع و تعداد طبقه های مجاز

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

۱- حداکثر تعداد طبقات ساختمان بنایی، بدون احتساب زیرزمین، دو طبقه است.

۲- تراز روی بام نسبت به متوسط تراز زمین مجاور نباید از ۸ متر تجاوز کند.

۳- ارتفاع طبقه، از روی کلاف افقی زیرین تا زیر سقف، نباید از ۴ متر بیشتر باشد.

۴- اگر ارتفاع طبقه از ۴ متر بیشتر باشد، علاوه بر کلاف بندی مطابق بند ۷-۹-۱، باید یک کلاف افقی اضافی

در ارتفاع حداکثر ۴ متر از روی کلاف زیرین دیوارها تعبیه شود. در صورت اخیر می توان ارتفاع طبقه را تا

حداکثر ۶ متر افزایش داد.

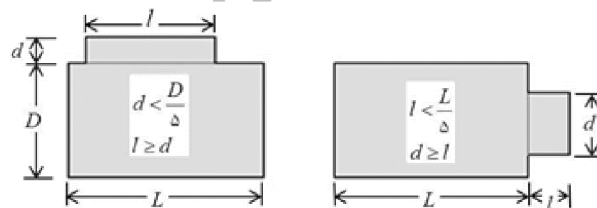
- ۵- زیرزمین طبقه‌ای است که تراز روی سقف آن نسبت به متوسط تراز زمین مجاور از ۱/۵ متر بیشتر نباشد. بعلاوه حداکثر مقدار اختلاف تراز سقف زیرزمین با تراز زمین در پایین‌دست ساختمان نباید از ۲ متر تجاوز کند، در غیر این صورت این طبقه نیز به عنوان یک طبقه منظور می‌شود.
- ۶- حداکثر تعداد طبقات زیرزمین یک طبقه است.

## ۷-۲-۲- پلان ساختمان

### ۷-۲-۲-۱- محدودیت‌های پلان

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

- ۱- پلان ساختمان نسبت به هر دو محور اصلی، قرینه یا نزدیک به قرینه باشد.
- ۲- طول ساختمان نباید از سه برابر عرض آن تجاوز کند.
- ۳- ابعاد پیش‌آمدگی در پلان ساختمان، بدون تعبیه درز انقطاع، به مقادیری که در شکل ۷-۱ مشخص شده است، محدود باشد.
- چنانچه در شکل (الف)  $l < L/5$  و یا در شکل (ب)  $d < D/5$  باشد، این قسمت‌ها پیش‌آمدگی تلقی نمی‌شود. در این صورت محدودیتی برای بعد دیگر وجود ندارد، مشروط بر آنکه قرینه بودن پلان ساختمان به طور نامناسبی تغییر نکند.



شکل ۷-۱: ابعاد پیش‌آمدگی در پلان ساختمان

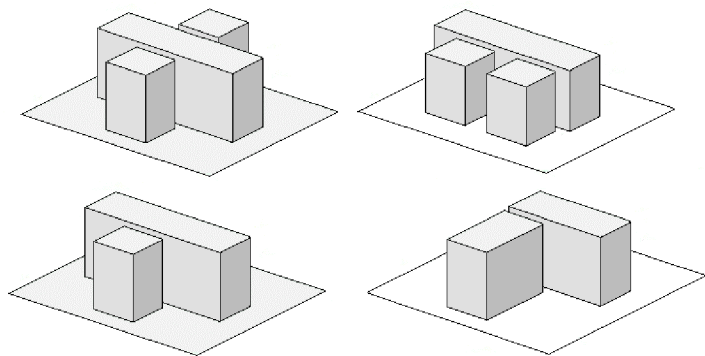
شکل ۷-۱: ابعاد پیش‌آمدگی در پلان ساختمان

### ۷-۲-۲-۲- درز انقطاع

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

۱- نسبت طول به عرض پلان ساختمان بیشتر از ۳ باشد.

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



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

### ۷-۲-۳- مقطع قائم ساختمان

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

۱- طول جلو آمده طره در بالکن‌های سه طرف باز از ۱/۲۰ متر و در بالکن‌های دو طرف باز از ۱/۵۰ متر بیشتر نباشد.

۲- این طره‌ها باید به خوبی در سقف طبقه مهار شوند.

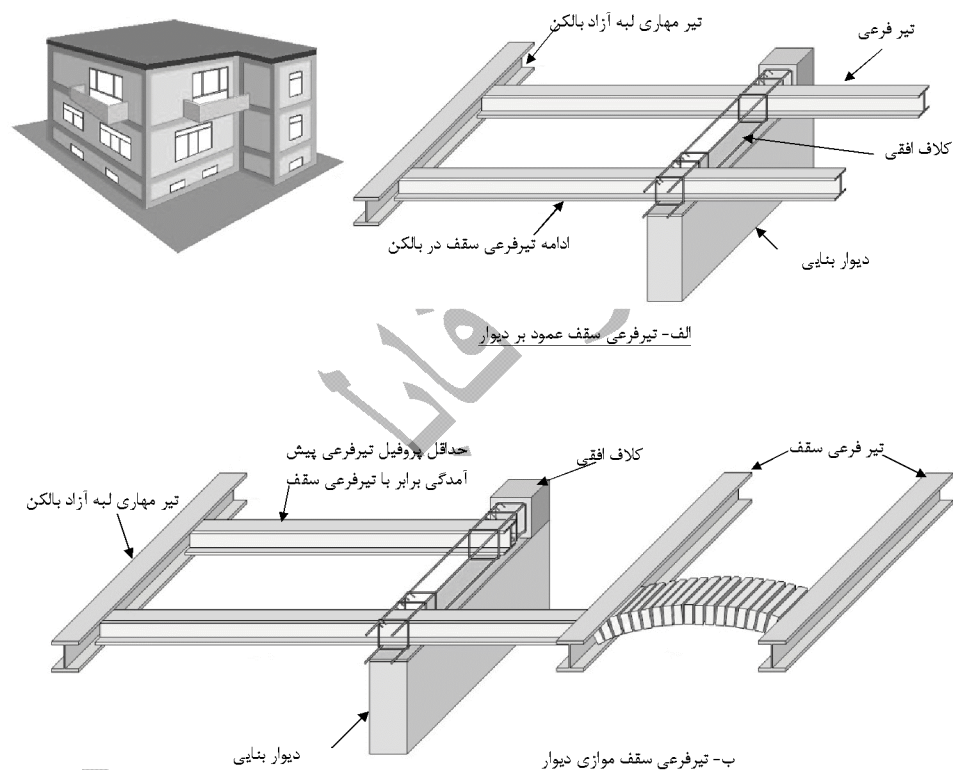
۳- پیش‌آمدگی ساختمان در مقطع قائم به طوری که طبقه بالا به صورت طره جلوتر از طبقه پایین باشد فقط در موارد زیر مجاز است:

الف- طول جلو آمده طره از یک متر بیشتر نباشد

ب- دیوارهای سازه‌ای قسمت پیش‌آمده نباید بار سقف یا دیوار فوقانی را تحمل کنند. چنانچه بارهای ثقلی ناشی از وزن دیوارهای قسمت پیش‌آمده، باید به ناگزیر توسط سقف یا کف پیش‌آمده منتقل شود، لازم است از طره‌هایی که به نحو مناسبی در کلاف‌های افقی همان تراز مهارشده‌اند برای تحمل این بارها استفاده شود (شکل ۷-۳).

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

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

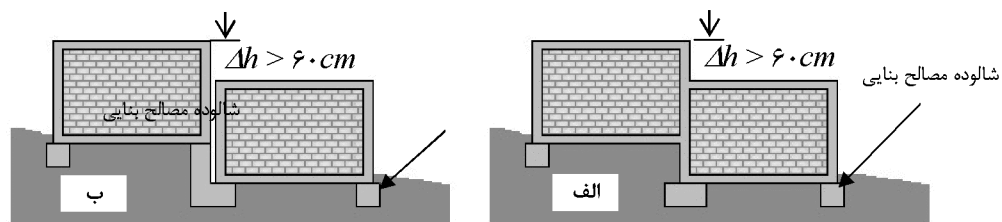


سقف بالکن و سقف طبقه باید با رعایت جزئیات اتصال یکپارچه شده و همزمان اجرا شوند

شکل ۷-۳: نمونه ای از نحوه مهار کردن تیر بالکن یا پیش آمدگی در کلاف افقی و سقف

### ۷-۲-۴- اختلاف تراز

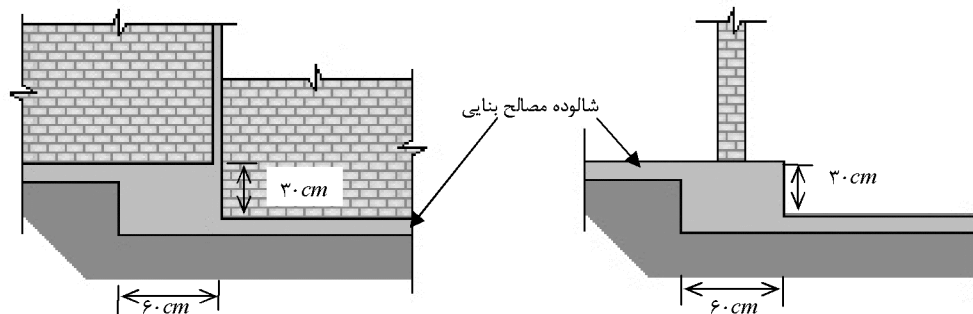
از اختلاف تراز در یک طبقه ساختمان باید حتی الامکان پرهیز شود. در صورت وجود اختلاف تراز بیش از ۶۰ سانتیمتر باید دیوارهای حد فاصل دو قسمتی که اختلاف تراز دارند با کلافبندی اضافی مناسب تقویت شوند و یا اینکه دو قسمت ساختمان به وسیله درز انقطاع از یکدیگر جدا شوند، (شکل ۷-۴). رعایت اندازه مجاز بازشوها در تمام دیوارها مطابق با بند ۷-۳ الزامی است. بین دو قسمت از درز انقطاع باید مطابق شکل ۷-۴ الف-۱ ناحیه فوقانی پر شود و ضوابط بازشوها در قسمت زیرین رعایت شود..



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

### ۷-۲-۵- شالوده‌ها

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



شکل ۷-۵: رعایت ضوابط مربوط به زمین دارای شیب طبیعی

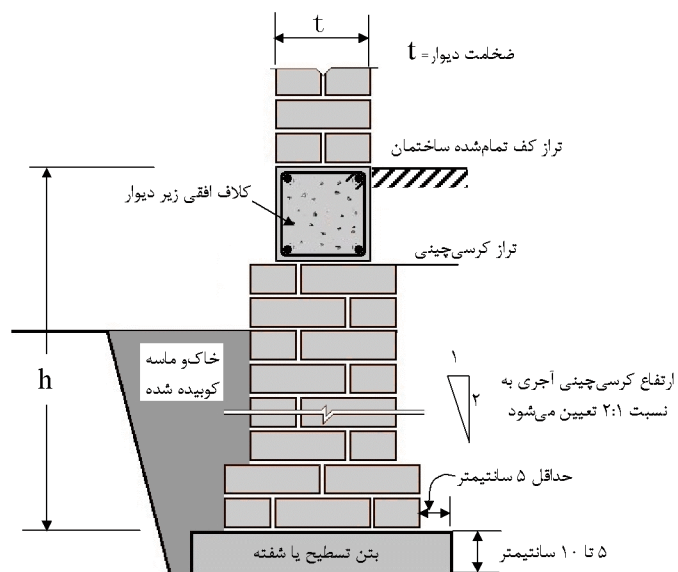
- اگر از کلاف‌های افقی به عنوان شالوده استفاده شود، باید کلاف‌های افقی بر روی کرسی‌چینی با مصالح بنایی مانند شکل‌های ۷-۶ و ۷-۷ اجرا شود. در این حالت رعایت موارد زیر الزامی است:
- ۱- عرض کرسی‌چینی زیر دیوار یا کلاف افقی نباید از ضخامت دیوار یا عرض کلاف افقی به اضافه ۱۰ سانتیمتر کمتر باشد.
  - ۲- عرض کرسی‌چینی بر روی بتن مگر یا شفته آهک تسطیح، نباید از مقادیر جدول ۱- کمتر باشد.

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

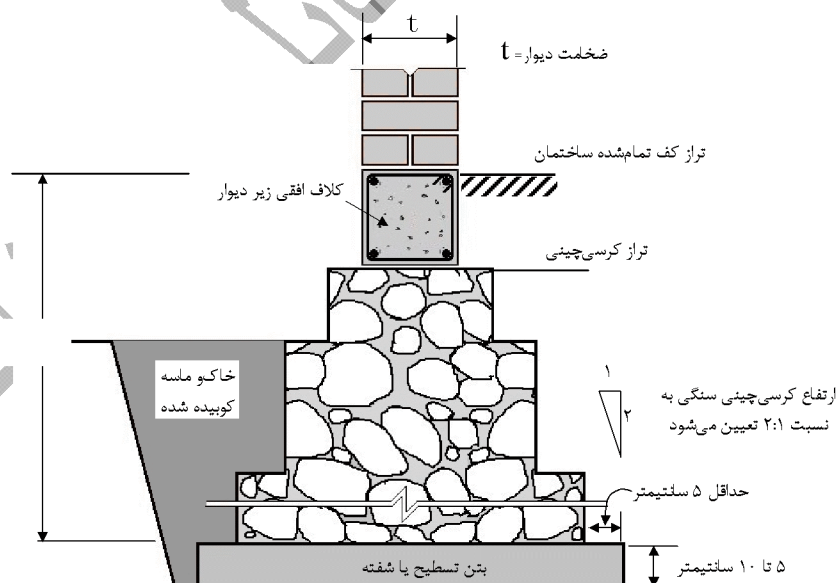
جدول ۱-۷: مقدار عرض کرسی چینی بر روی بتن تسطیح یا شفته آهک تسطیح

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

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

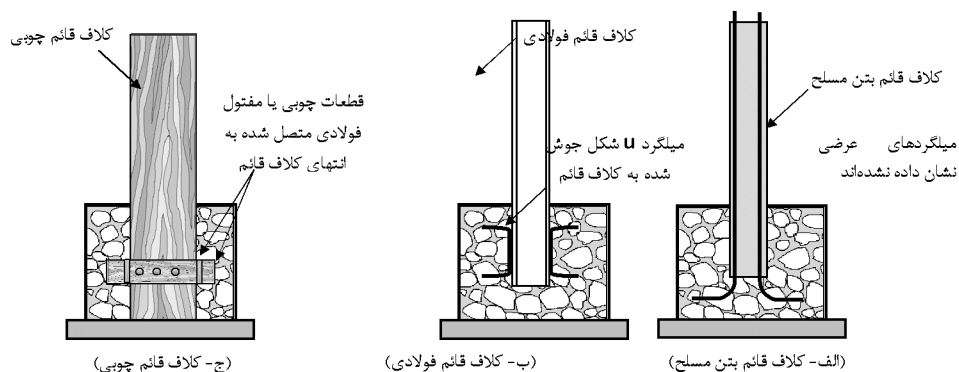


شکل ۶-۷: شالوده متشکل از مجموع کلاف افقی زیر دیوار و کرسی چینی آجری



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



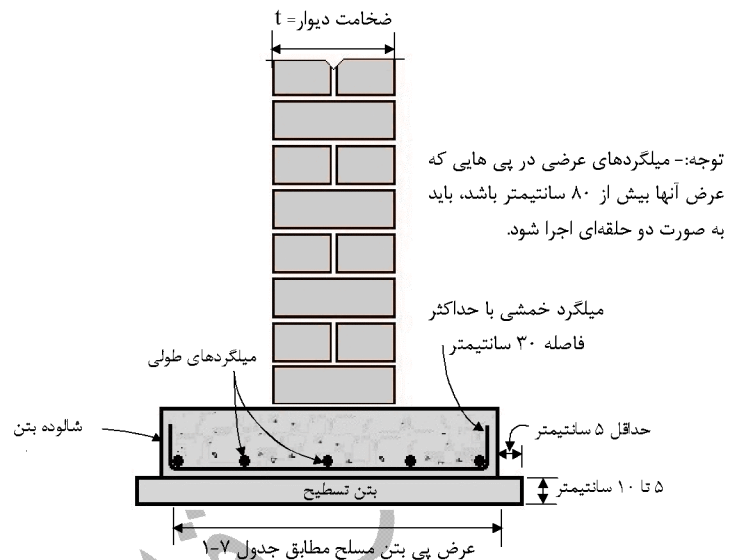


شکل ۷-۸: جزئیات مهار کلاف قائم در شالوده مصالح بنایی

- به جای استفاده از کلاف افقی با کرسی چینی مصالح بنایی می توان از شالوده بتن مسلح با رعایت شرایط مندرج در جدول ۷-۲ استفاده کرد. در این حالت رعایت موارد زیر الزامی است:
- ۱- مقاومت بتن مورد استفاده در شالوده باید حداقل ۲۰ مگاپاسکال باشد.
  - ۲- مقاومت میلگرد مورد استفاده در شالوده باید حداقل ۲۴۰ مگاپاسکال باشد.
  - ۳- فولاد عرضی باید به میزان فولاد خمشی در نظر گرفته شود.
  - ۴- بتن مگر زیر شالوده با ضخامت ۱۰ سانتیمتر بیشتر از عرض شالوده و حداقل ضخامت ۵ تا ۱۰ سانتیمتر باشد.

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

| تعداد طبقات                            |             |             | نوع خاک محل ساخت                                                              |
|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ۱                                      | ۲           | ۳           |                                                                               |
| فولاد خمشی مورد نیاز شالوده در هر سفره |             |             |                                                                               |
| $\Phi 10$ ۲                            | $\Phi 12$ ۲ | $\Phi 12$ ۳ | خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها در حدود ۲ تا ۲/۵ کیلوگرم برسانتیمتر مربع باشد.       |
| $\Phi 10$ ۳                            | $\Phi 12$ ۳ | $\Phi 12$ ۳ | خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها بیش از ۱/۵ و کمتر از ۲ کیلوگرم برسانتیمتر مربع باشد. |
| $\Phi 12$ ۳                            | $\Phi 12$ ۴ | $\Phi 12$ ۴ | خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها بیش از ۱ و کمتر از ۱/۵ کیلوگرم برسانتیمتر مربع باشد. |
| $\Phi 12$ ۳                            | $\Phi 14$ ۴ | $\Phi 14$ ۶ | خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها در حدود ۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد.             |



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

### ۷-۳- بازشو (در-پنجره-گنجه)

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

رعایت همه محدودیت های ذیل برای هر دیوار سازه ای (مطابق تعریف بند ۷-۴-۱) الزامی است:

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

ب) مجموع طول بازشوها نباید از یک دوم طول دیوار بیشتر باشد.

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

ت) فاصله افقی دو بازشو از دوسوم ارتفاع کوچکترین بازشو مجاور خود کمتر نبوده و از یک ششم مجموع طول آن دو بازشو نیز کمتر نباشد. در غیر این صورت، جرز بین دو بازشو جزئی از بازشو منظور می شود و نباید آنرا به عنوان دیوار سازه ای به حساب آورد و نعل درگاه روی بازشوها باید به صورت یکسره با دهانه ای برابر مجموع طول بازشوها به اضافه طول جرز بین آنها و ۲۰ سانتی متر اضافه در هر طرف منظور شود.

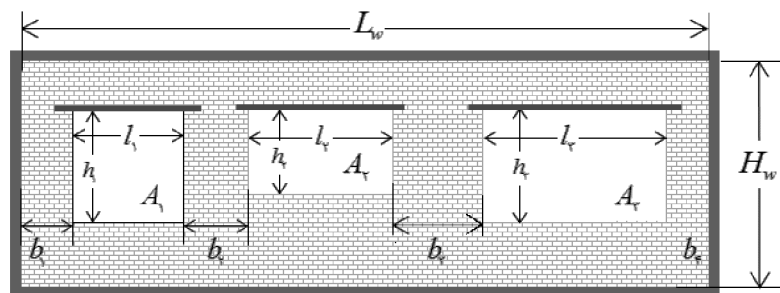
ج) هیچ یک از ابعاد بازشو نباید از ۲/۵ متر بیشتر باشد. در غیر این صورت باید طرفین بازشو را با تعبیه کلاف های قائم، که به کلاف های افقی بالا و پایین آن طبقه متصل می شوند، و همچنین با مهار نعل درگاه بازشو

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

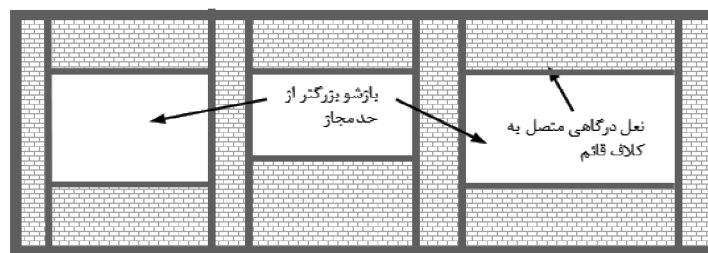
جدول ۳-۷: مشخصات کلاف‌های قائم در اطراف بازشوهای بزرگتر از ۲/۵ متر

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

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



در صورت عدم تحقق شرایط فوق



$$A_1 + A_2 + A_3 \leq \frac{1}{3} (L_w \times H_w)$$

$$l_1 + l_2 + l_3 \leq \frac{1}{2} L_w$$

$$b_1 \geq \frac{2}{3} h_1, \geq 75 \text{ cm}$$

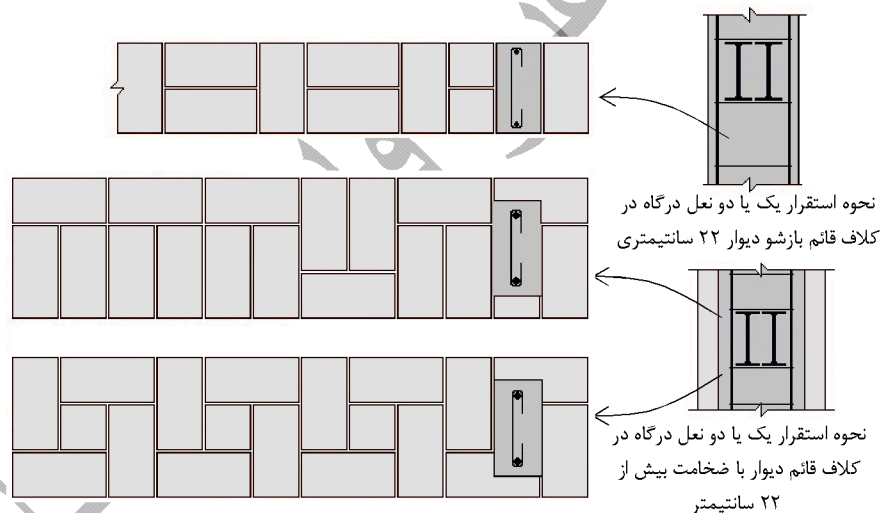
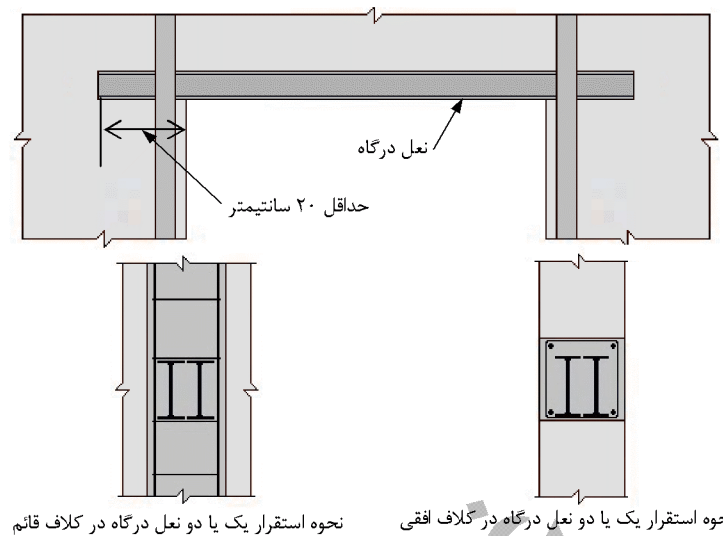
$$b_2 \geq \frac{2}{3} h_2, \geq \frac{1}{6} (l_2 + l_3)$$

$$h_2 \leq 2 / 5 m$$

$$b_3 \geq \frac{2}{3} h_3, \geq \frac{1}{6} (l_1 + l_2)$$

$$b_3 \geq \frac{2}{3} h_3, \geq 75 \text{ cm}$$

$$l_2 \leq 2 / 5 m$$



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

## ۷-۴- مصالح

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

## ۷-۵- انواع دیوار مصالح بنایی

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

### ۷-۵-۱- دیوارهای سازه‌ای

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

۱- حداکثر طول مجاز محصور بین دو کلاف قائم از کل طول هر دیوارسازه‌ای، نباید از ۵ متر یا ۳۰ برابر ضخامت آن بیشتر باشد.

۳- ارتفاع دیوارسازه‌ای برابر با ارتفاع طبقه مطابق با بند ۷-۲-۱ می‌باشد.

۴- مقدار دیوارهای سازه‌ای در هر طبقه و در هر امتداد برابر است با نسبت مساحت مقطع افقی دیوارها در امتداد مورد نظر به مساحت زیربنای آن طبقه. آن بخش از دیوار که در بالا و پایین بازشوها قرار دارد نباید در محاسبه مقدار دیوار منظور شود (شکل ۷-۱۲).

۵- حداقل نسبت ضخامت به ارتفاع دیوار سازه‌ای نباید از  $\frac{1}{15}$  کمتر باشد. در هر حال ضخامت دیوار سازه‌ای در طبقه اول و دوم نباید از ۲۲ سانتی‌متر و در زیر زمین از ۳۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

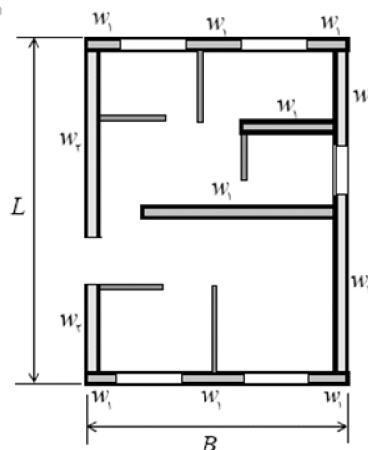
۶- مقدار دیوار سازه‌ای در هر طبقه و در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان نسبت به کل دیوارها در آن امتداد، نباید از مقادیر مندرج در جدول ۷-۳ و متناظر با خطر نسبی منطقه کمتر باشد.

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

| خطر نسبی مناطق      |          |         |                            |          |         | نوع و تعداد طبقات |                        |
|---------------------|----------|---------|----------------------------|----------|---------|-------------------|------------------------|
| خطر نسبی کم و متوسط |          |         | خطر نسبی زیاد و بسیار زیاد |          |         |                   |                        |
| طبقه دوم            | طبقه اول | زیرزمین | طبقه دوم                   | طبقه اول | زیرزمین |                   |                        |
| -                   | ۳٪       | ۵٪      | -                          | ۴٪       | ۶٪      | یک طبقه           | ساختمان آجری           |
| ۳٪                  | ۵٪       | ۶٪      | ۴٪                         | ۶٪       | ۸٪      | دو طبقه           |                        |
| -                   | ۵٪       | ۸٪      | -                          | ۶٪       | ۱۰٪     | یک طبقه           | ساختمان با بلوک سیمانی |
| ۵٪                  | ۸٪       | ۹٪      | ۶٪                         | ۱۰٪      | ۱۲٪     | دو طبقه           |                        |
| -                   | ۴٪       | ۵٪      | -                          | ۵٪       | ۶٪      | یک طبقه           | ساختمان سنگی           |
| ۴٪                  | ۶٪       | ۶٪      | ۵٪                         | ۸٪       | ۸٪      | دو طبقه           |                        |

## ۷-۵-۲- اجرای دیوار سازه‌ای

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



$$b_{mm} = \frac{1}{6}l$$

$$l \leq 6m \text{ یا } 40t$$

$$D_{wx} = \frac{\sum w_{1x}}{L \times B}$$

$$D_{wy} = \frac{\sum w_{2y}}{L \times B}$$

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

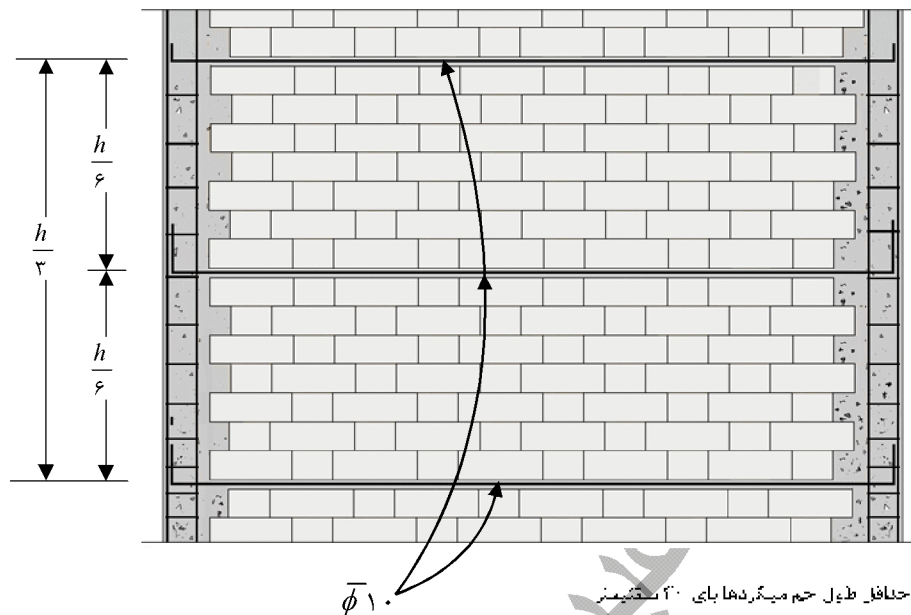
## ۷-۵-۲-۲- چیدن دیوار

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

## ۷-۵-۲-۳- میلگرد میانی

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

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



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

### ۷-۵-۳- دیوار غیرسازه‌ای

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

۱- حداکثر طول مجاز هر دیوار غیرسازه‌ای بین دو کلاف قائم، نباید از ۶ متر یا ۴۰ برابر ضخامت آن دیوار بیشتر باشد (شکل ۷-۱۴).

۲- حداقل نسبت ضخامت به ارتفاع دیوار غیرسازه‌ای نباید از  $\frac{1}{3}$  کمتر باشد. در صورت استفاده از آجر، حداقل ضخامت دیوار غیرسازه‌ای باید برابر با عرض آجر باشد.

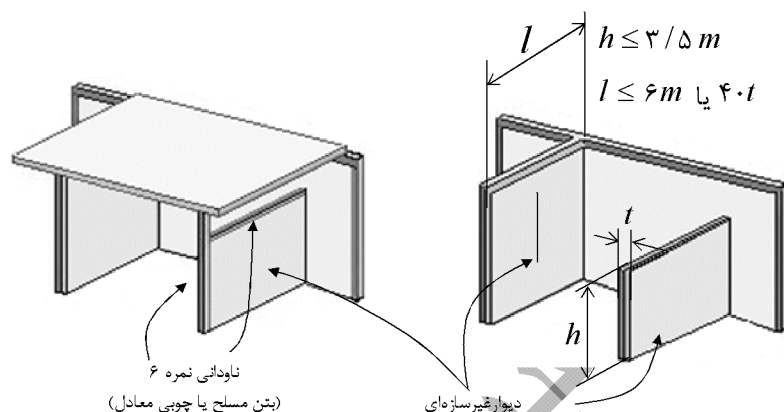
۲- حداکثر ارتفاع دیوار غیرسازه‌ای از تراز کف  $\frac{3}{5}$  متر است. در صورت تجاوز از این مقدار باید دیوار غیرسازه‌ای با تعبیه عناصر افقی و قائم مانند بند ۷ زیر به طور مناسبی مقید و محدود شود.

۳- دیوار غیرسازه‌ای که در تمام ارتفاع طبقه ادامه دارد باید کاملاً به زیر پوشش سقف مهار شود، یعنی رگ آخر تیغه با فشار و ملات کافی در زیر سقف جای داده (مهر) شود.

۴- لبه فوقانی (افقی) دیوار غیرسازه‌ای که در تمام ارتفاع ادامه ندارد باید با کلاف فولادی یا ناودانی نمره ۶ یا معادل مقطع بتن مسلح یا چوبی که به دیوارسازه‌ای یا کلاف‌های احاطه کننده دیوار غیرسازه‌ای متصل باشد، مقید شود (شکل ۷-۱۴).



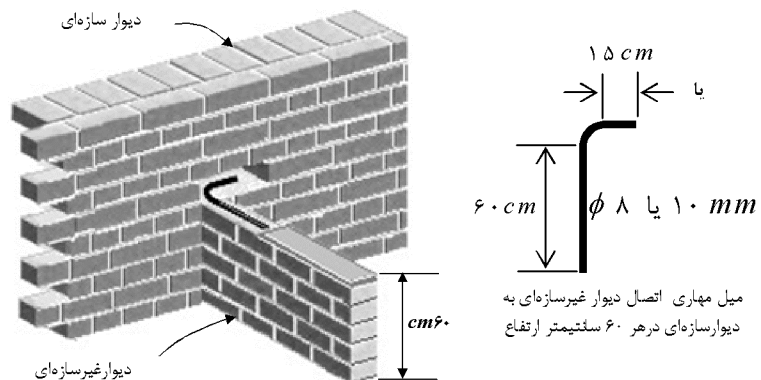
۵- در صورتیکه لبه قائم دیوار غیرسازه‌ای (تیغه) آزاد باشد، این لبه باید به یک تیغه دیگر، یا یک دیوار عمود بر آن، یا کلاف قائم و یا ستونک معادل یک ناودانی فولادی نمره ۶ یا مقطع بتن مسلح یا چوبی، با اتصال کافی تکیه داشته باشد.



شکل ۷-۱۴: جزئیات دیوارهای غیر سازه‌ای

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

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



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

#### ۷-۵-۴- جان پناه

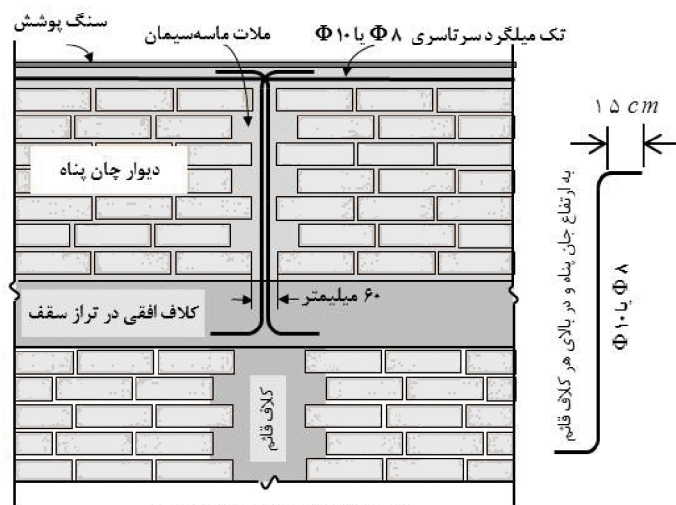
ارتفاع جان پناه اطراف بام و بالکن‌ها از کف تمام شده، در صورتی که ضخامت دیوار آن ۱۰ و یا ۲۰ سانتی‌متر باشد، نباید به ترتیب از ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر تجاوز کند و باید مطابق شکل ۷-۱۶ و در فواصل پنج‌متر از یکدیگر مهار شود. در صورتی که ارتفاع جان پناه از ۷۰ سانتی‌متر بیشتر باشد، باید کلاف‌های قائم تا بالای جان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

#### ۷-۵-۵- بادگیر

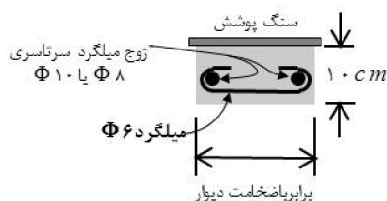
بادگیر ساخته شده با مصالح بنایی و اجزای مشابه نباید از کف بام، بلندتر از ۱/۵ متر باشد. در صورتی که ارتفاع بادگیر از این مقدار تجاوز کند باید به وسیله عناصر قائم فولادی یا بتن مسلح به نحو مناسبی تقویت و در کف بام گیردار شود.

#### ۷-۵-۶- دودکش

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



الف- ارتفاع چان پناه کمتر از ۷۰ سانتی متر



ب- کلاف افقی روی چان پناه ارتفاع چان پناه بیش از ۷۰ سانتی متر

شکل ۷-۱۶: جزئیات مهار چان پناه

## ۷-۶- کلاف بندی

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

## ۷-۶-۱ کلاف بندی افقی

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

### الف) تراز روی شالوده یا شالوده

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

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

### **ب) تراز روی دیوار در هر طبقه**

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

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

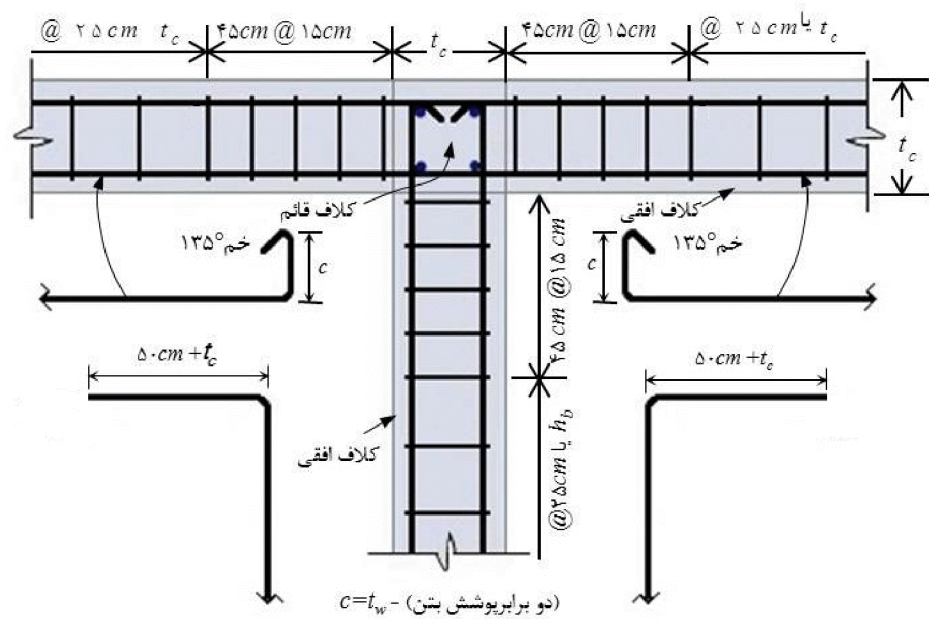
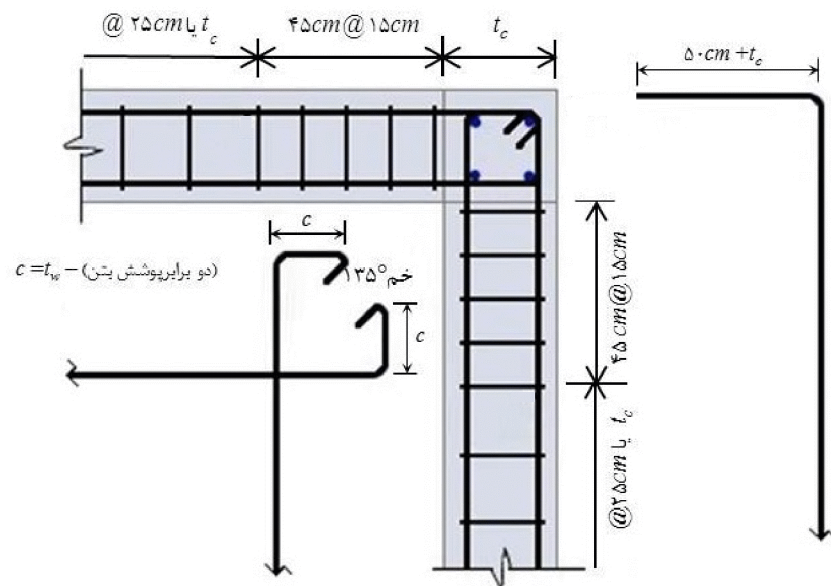
### **۷-۶-۱-۲- میلگرد کلاف افقی بتن مسلح**

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

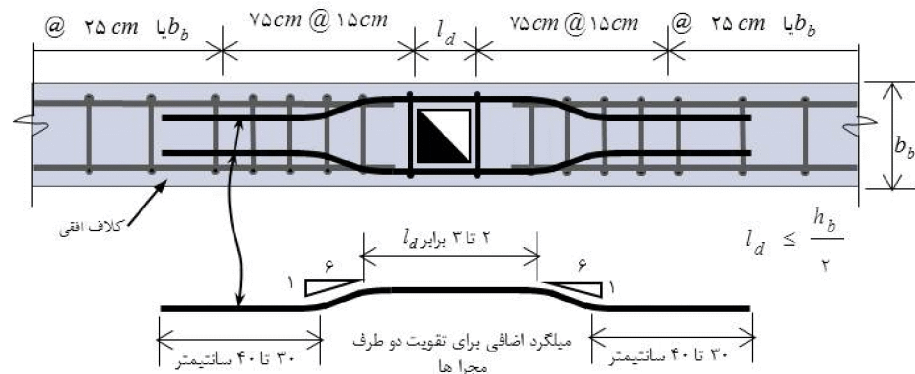
### ۷-۶-۱-۳- اتصال کلافهای افقی

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

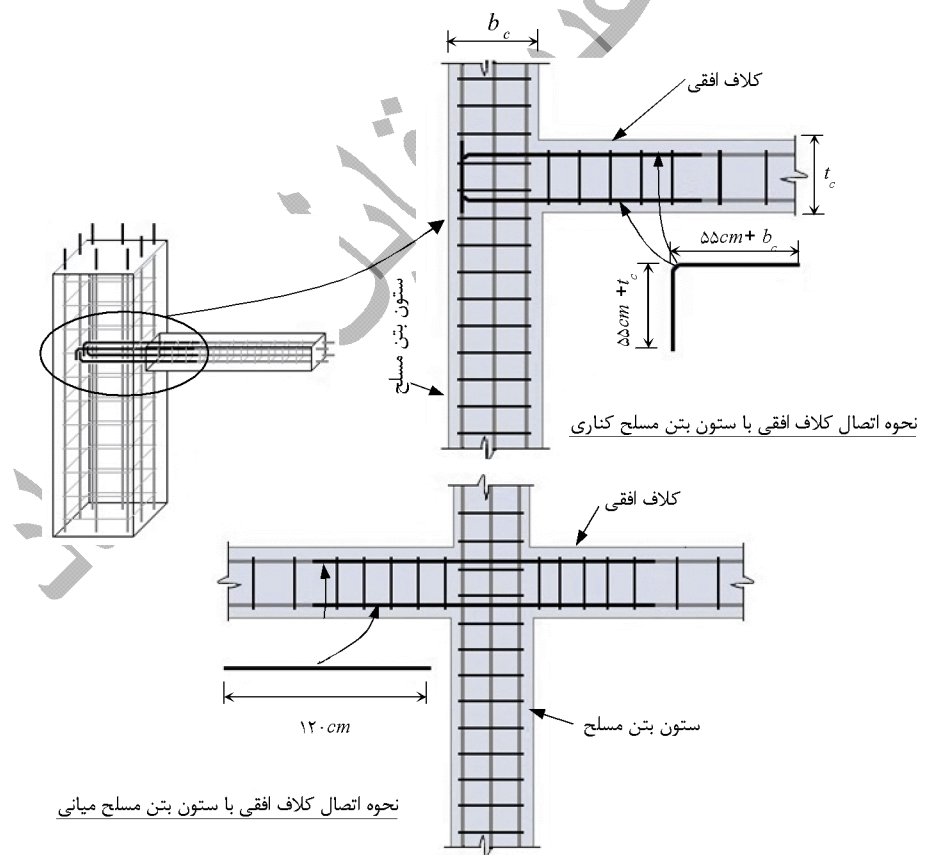
- ### ۷-۶-۱-۴- در صورتیکه ساختمان بنائی دارای ستونهای فولادی و یا بتن مسلح نیز باشد این ستونها باید بنحوی مناسب در بالا به عناصر سقف و یا کلاف روی دیوار و در پائین به کلاف زیر دیوار متصل شوند (شکل ۷-۱۹ و ۲۰-۷).



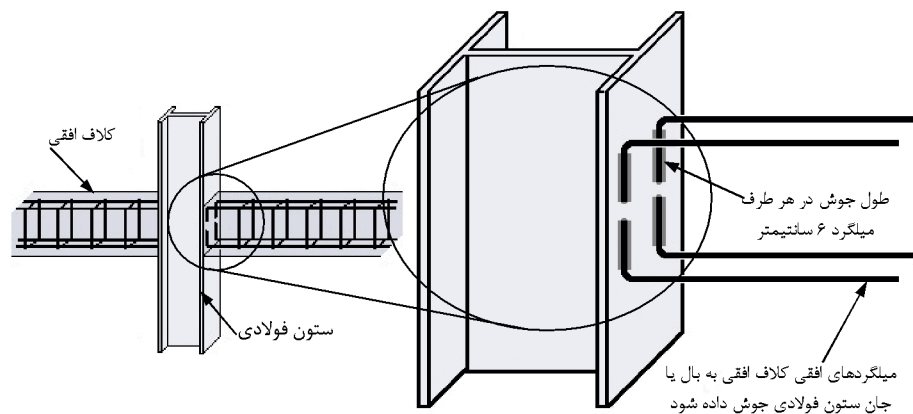
شکل ۷-۱۷: جزئیات میلگردگذاری برای اتصال دو کلاف افقی با کلاف قائم



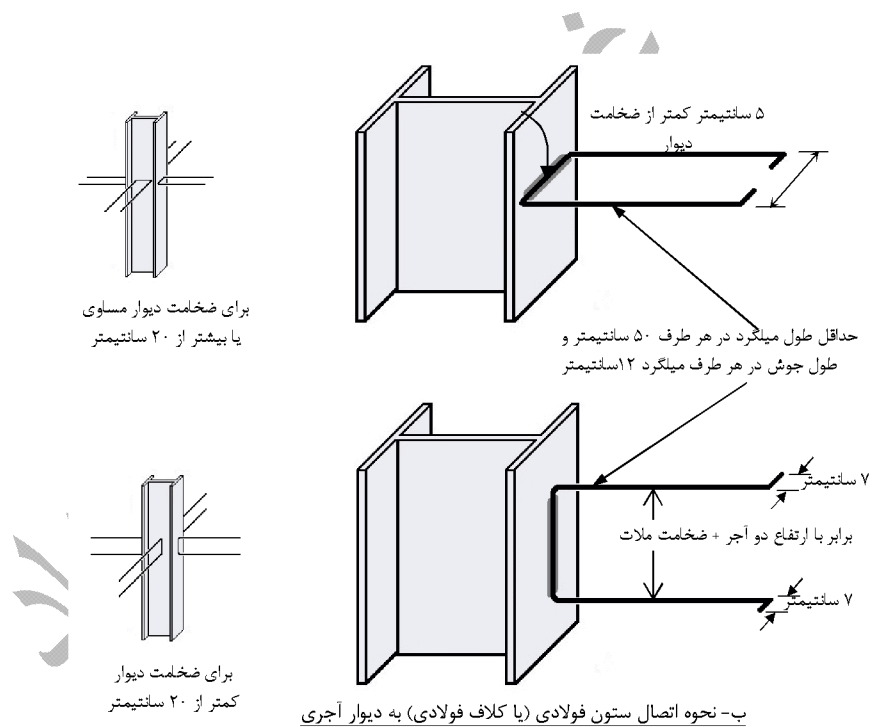
شکل ۷-۱۸: پلان جزئیات میلگردگذاری اطراف مجاری (دودکش و تهویه) عبور داده شده از کلاف افقی



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



الف- نحوه اتصال کلاف افقی به ستون فولادی



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



## ۷-۶-۲- کلاف بندی قائم

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

## ۷-۶-۲-۱- موقعیت کلاف های قائم

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

## ۷-۶-۲-۲- میلگرد کلاف قائم بتن مسلح

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

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

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

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

### ۷-۶-۲-۴- کلاف های قائم معادل

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

### ۷-۶-۲-۴-۱- کلاف های قائم فولادی

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

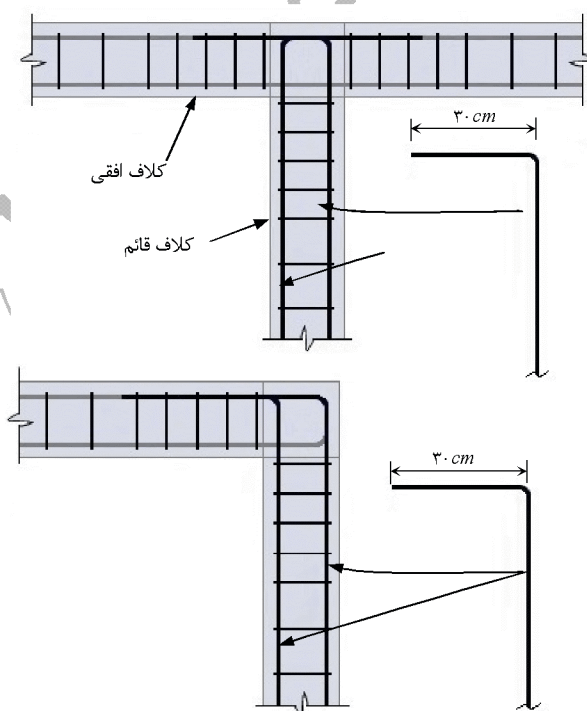
### ۷-۶-۲-۴-۲- کلاف های قائم چوبی

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

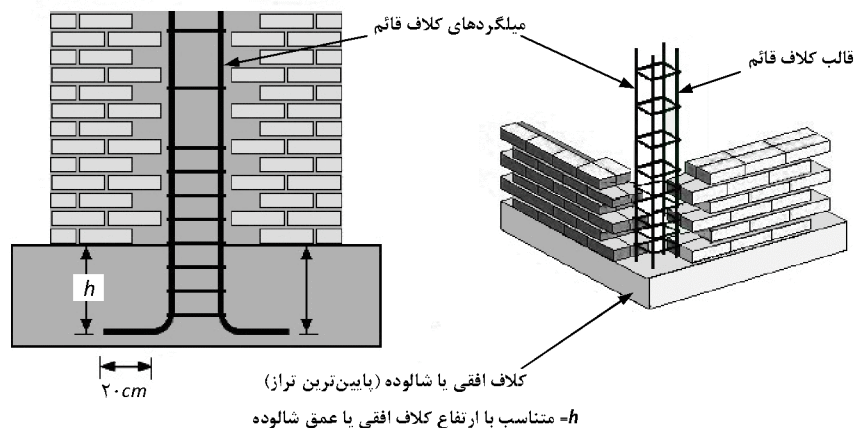
## ۷-۶-۲-۵- میلگرد گذاری معادل

به جای کلاف های قائم می توان میلگردهایی را مطابق با شرایط زیر و در محل های تعیین شده در دیوارهای سازه ای توزیع کرد (شکل ۷-۲۳):

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



شکل ۷-۲۱: جزئیات مهار کردن میلگرد اصلی کلاف قائم در کلاف افقی



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

#### ۷-۶-۲-۶- اتصال کلافهای قائم

- ۱- در هر تراز و در کلیه نقاط تقاطع، کلافهای قائم و افقی باید بیکدیگر متصل شوند تا ساختمان کلاف بندی شده مانند یک سامانه سه بعدی یکپارچه و بهم پیوسته عمل کند.
- ۲- کلافهای قائم و افقی باید در تمام نقاط تقاطع بیکدیگر متصل شوند به طوریکه میلگردهای طولی آنها در تمام طول نقاط تقاطع ادامه یابد.
- ۳- در نقاط تقاطع کلافهای افقی و قائم، وقتی کلاف قائم ادامه نمی یابد، میلگردهای اصلی کلاف قائم باید متناسب با عمق کلاف در داخل کلاف افقی مهار شود (شکل ۷-۲۲).
- ۴- در صورتیکه مجاری دودکش، تهویه، کانال کولر و نظایر آنها با کلاف قائم تلاقی کند، باید میلگردهای کلاف از دو طرف این مجاری عبور داده شود. بعلاوه قطر یا عرض این مجاری نباید از نصف عرض مقطع کلاف بیشتر باشد (شکل ۷-۲۴).

#### ۷-۶-۳- کلاف بندی دیوارهای مثلثی شکل

- اگر بر روی دیوارهای انتهایی ساختمان بنایی، که سقف آن خرپا یا شیروانی است، خرپا نباشد، باید قسمت مثلثی شکل این دیوارها با کلاف بندی به شرح زیر تقویت گردد (شکل ۷-۲۵):
- ۱- در قاعده قسمت مثلثی شکل دیوار انتهایی به محاذات کلاف زیر تکیه گاه خرپاها، کلاف افقی مطابق بند ۷-۶-۱ تعبیه و به یکدیگر متصل شود.
  - ۲- سطح فوقانی دیوار مثلثی شکل با کلاف پوشانده شود، بطوریکه سطح بالای کلاف موازی صفحه پوشش و سطح زیرین آن پلکانی باشد.
  - ۵- بین دو کلاف پائین و بالایی قسمت مثلثی شکل دیوار، کلاف های قائم حداکثر بفاصله ۵ متر مطابق بند ۷-۶-۲ تعبیه و در کلاف های تحتانی و فوقانی مهار شود.

## ۷-۷-۷ سقف

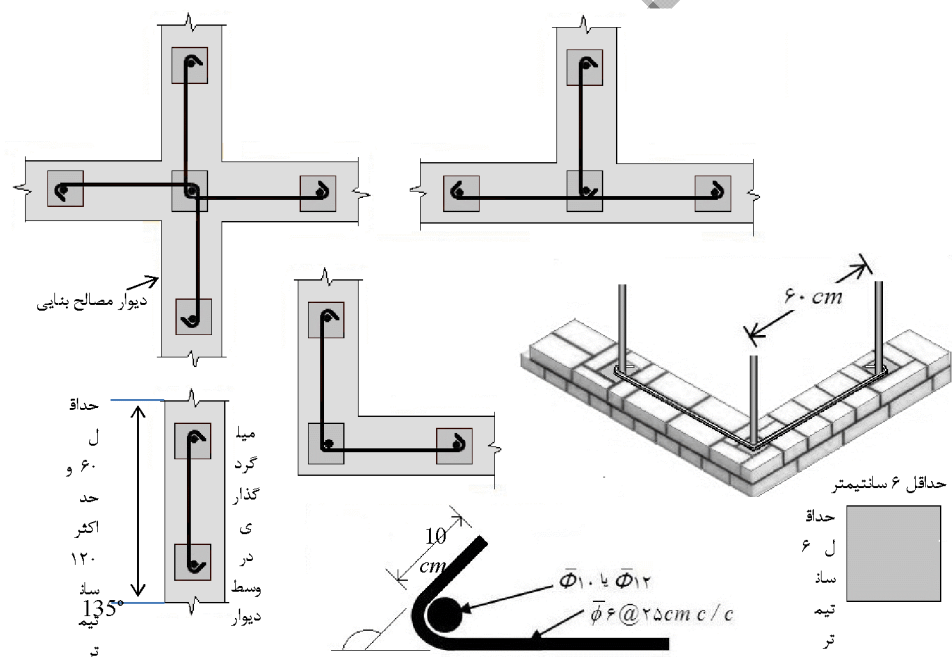
سقف ساختمان بنایی باید یکپارچه بوده و در برابر نیروهای ناشی از زلزله از تکیه گاه خود جدا نشود.

## ۷-۷-۱- انواع سقف

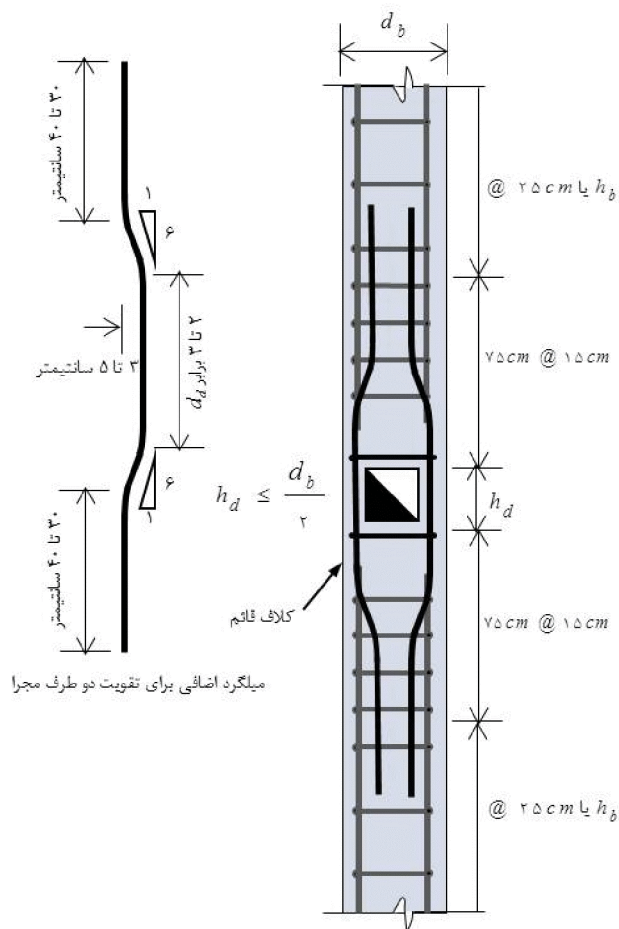
سقف های مجاز و متداول برای ساختمان بنایی می توانند به صورت تخت، شیبدار یا قوسی با استفاده از طاق ضربی، تیرچه بلوک و چوبی اجرا شود.

## ۷-۷-۲- مصالح سقف

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



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



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

### ۷-۳-۷ اتصال سقف به تکیه گاه

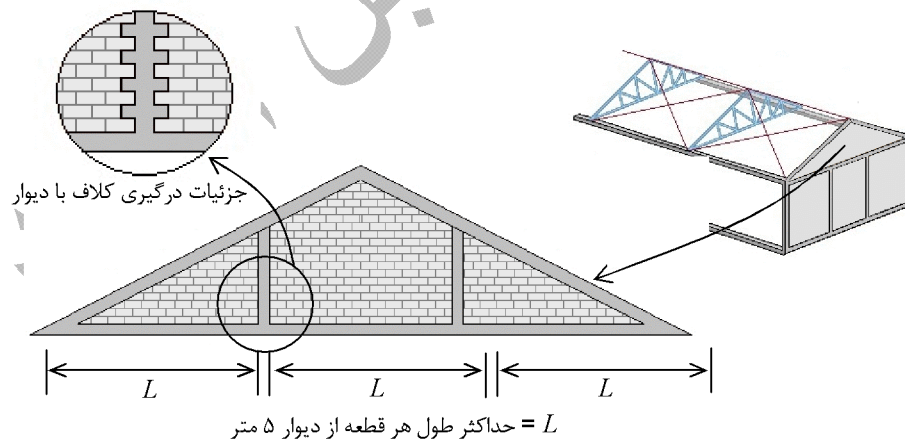
عناصر سقف (تیر و تیرچه اعم از فولادی، بتنی و چوبی) و یا دال بتنی باید در تکیه گاه‌ها بنحو مطمئنی به عناصر زیر سری (تیر حمال، کلاف افقی، جرزها و ستونها) متصل شوند تا نیروهای زلزله، بدون جابجا شدن سقف به دیوارها انتقال یابد. به این منظور رعایت ضوابط زیر الزامی است:

۱- اگر سقف به تیر حمال تکیه دارد باید اجزای اصلی سقف به تیر حمال به خوبی متصل شود و تیر حمال نیز به کلاف روی دیوار مهار شود.

۲- اگر سقف طاق ضربی بر روی دیوار قرار می گیرد، باید تیر آهن‌های سقف در داخل کلاف افقی به خوبی مهار شود. برای این منظور می توان به یکی از روش های زیر اقدام کرد (شکل ۷-۲۶):

الف) اگر کلاف افقی بتن مسلح باشد باید تیر آهن های سقف به صفحات فولادی، که از قبل روی کلاف و بوسیله میلگرد داخل آن مهار شده، متصل شوند.

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



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

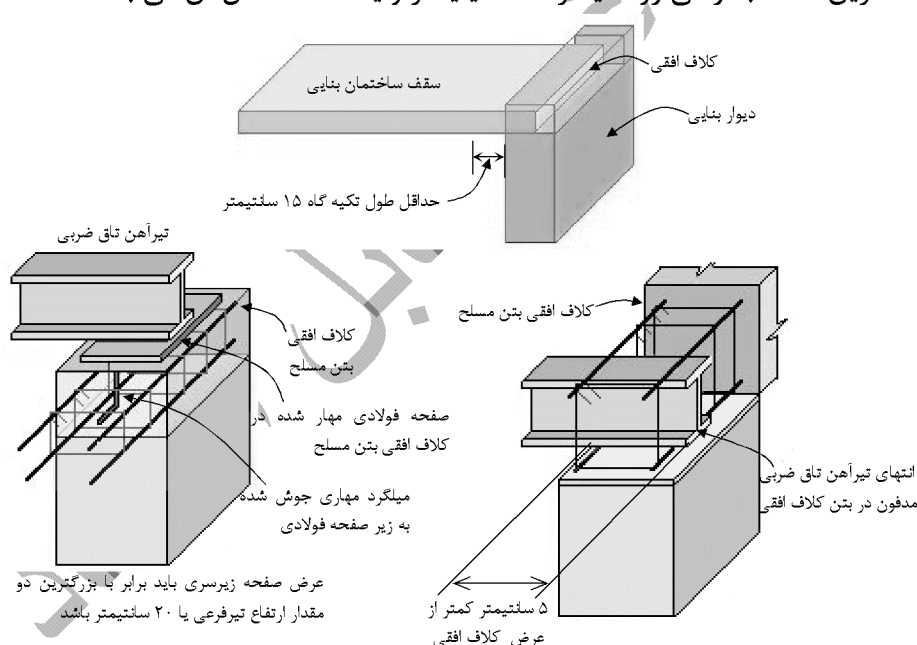
#### ۷-۷-۴- انسجام سقف

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

#### ۷-۷-۴-۱- سقف طاق ضربی

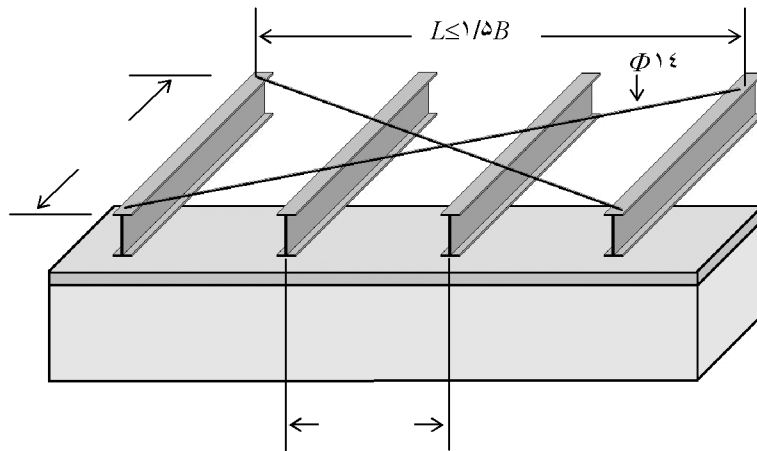
۱- فاصله بین تیر آهن ها از یک متر تجاوز نکند.

- ۲- تیر آهن‌ها باید بگونه‌ای مناسب به کلاف افقی، مطابق زیر بند ۲ از بند ۷-۳-۳، متصل گردند.
- ۳- تیر آهن‌ها باید بوسیله میلگرد و یا تسمه فولادی (در بالا یا پایین) بصورت ضربدری بیکدیگر بسته شوند بطوریکه اولاً طول مستطیل ضربدری شده بیش از ۱/۵ برابر عرض آن نباشد، ثانیاً مساحت تحت پوشش هر ضربدری از ۲۵ متر مربع تجاوز نکند (شکل ۷-۲۷).
- ۴- تکیه گاه مناسبی برای پاتاق آخرین دهانه طاق ضربی تعبیه شود. این تکیه گاه می تواند با قرار دادن یک پروفیل فولادی و اتصال آن با کلاف زیر خود و یا با جاسازی در کلاف بتنی تأمین شود. چنانچه این تکیه گاه فولادی باشد باید با میلگردها و یا تسمه های کاملاً کشیده و مستقیم در دو انتهای تیر و همچنین در فواصل کمتر از ۲ متر به آخرین تیر آهن سقف متصل گردد (شکل ۷-۲۸).
- ۵- حداقل سطح مقطع میلگرد و یا تسمه که برای مهاربندی ضربدری تیر آهن های سقف و یا استوار کردن آخرین دهانه بکار می رود میلگرد ۱۴ میلیمتر و یا تسمه معادل آن می باشد.

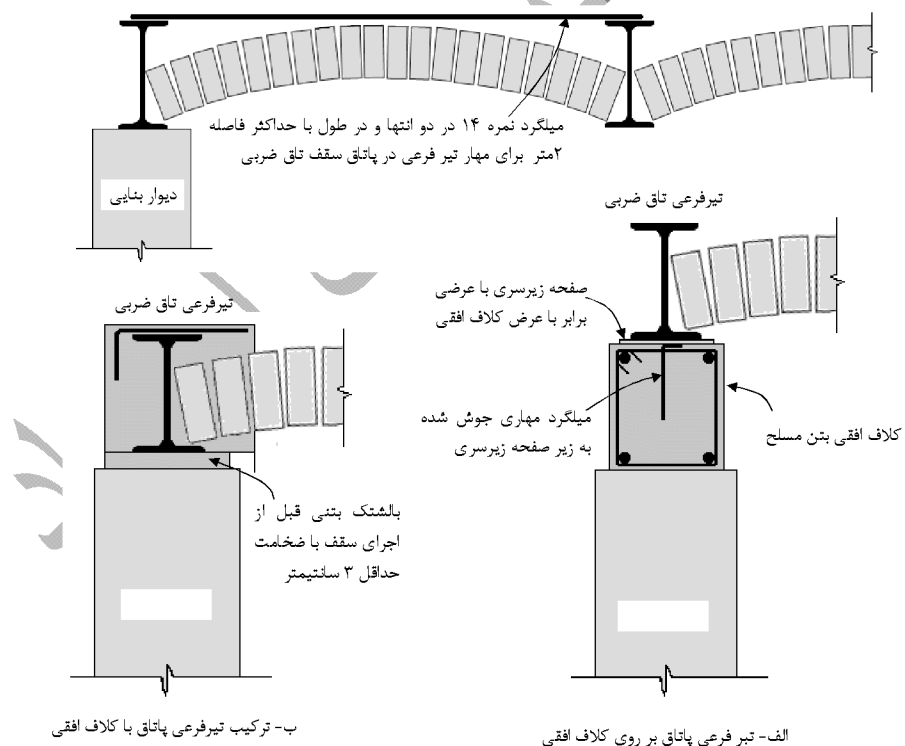


شکل ۷-۲۶: نمونه های اتصال تیر آهن سقف تاق ضربی به کلاف افقی بتن مسلح





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



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

## ۷-۴-۲- سقف تیرچه بلوک

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

ب) ضخامت بتن پوشش روی بلوکها باید حداقل ۵ سانتیمتر باشد و میلگرد مورد استفاده در بتن پوشش سقف حداقل به قطر ۶ میلیمتر به فواصل حداکثر ۲۵ سانتیمتر در جهت عمود بر تیر چه ها قرار داده شود.

پ) در صورت تجاوز دهانه تیرچه ها از ۴ متر، تیرچه ها بوسیله کلاف عرضی، که عرض مقطع آن حداقل ۱۰ سانتیمتر باشد، بهم متصل شوند. این کلاف باید دارای حداقل ۲ میلگرد آجدار سراسری به قطر ۱۰ میلیمتر، یکی در بالا و دیگری در پائین مقطع کلاف باشد (شکل ۷-۲۹).

ت) در صورت وجود طره در سقف، در بالای تیرچه بر روی تکیه گاه میلگردهائی حداقل به اندازه میلگردهای پائین به طول مهار ۱/۵ متر پیش بینی گردد.

### ۷-۷-۴-۳-خرپاها

در اجرای خرپاها رعایت موارد زیر الزامی است:

الف) با تعبیه مهاربندهای مورب (در صفحه قائم) و افقی مناسب، بین خرپاها انسجام سقف تامین شود (شکل ۷-۳۰).

ب) اضلاع مختلف خرپای چوبی در نقاط اتصال بیکدیگر بوسیله پیچ و مهره و یا اسکوپهای فولادی کاملاً بهم محکم شوند (میخ کردن ساده این اضلاع بیکدیگر کافی نیست).

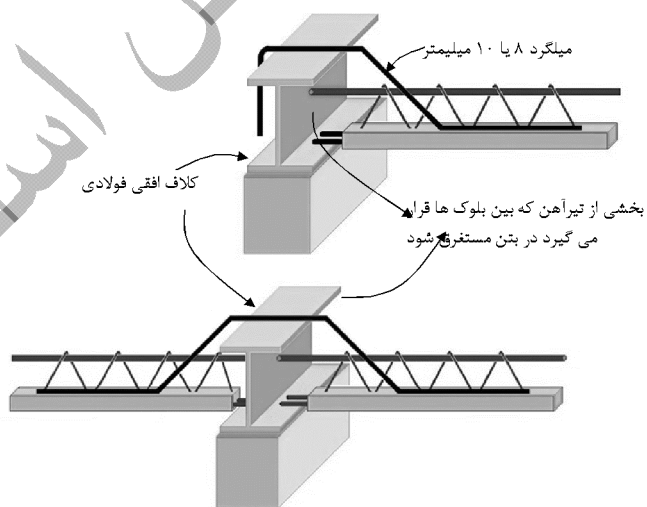
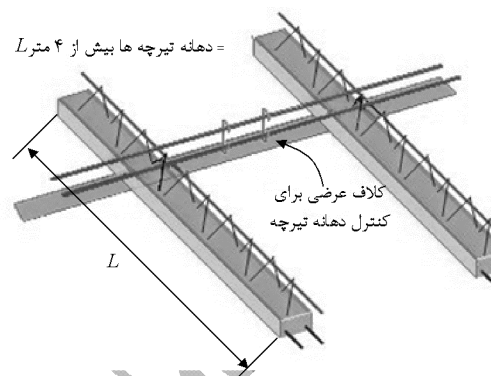
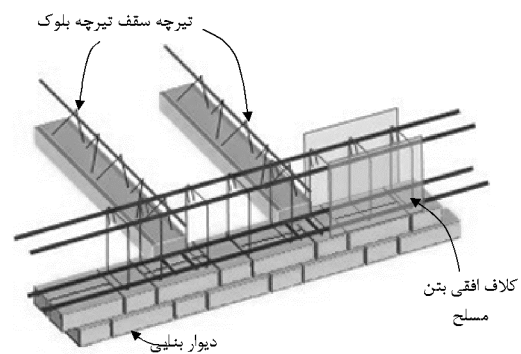
پ) در سقف های مسطح شیب دار چنانچه سقف بصورت خرپا نباشد عناصر مناسبی برای مقابله با رانش سقف تعبیه شود.

### ۷-۷-۵-سقف کاذب

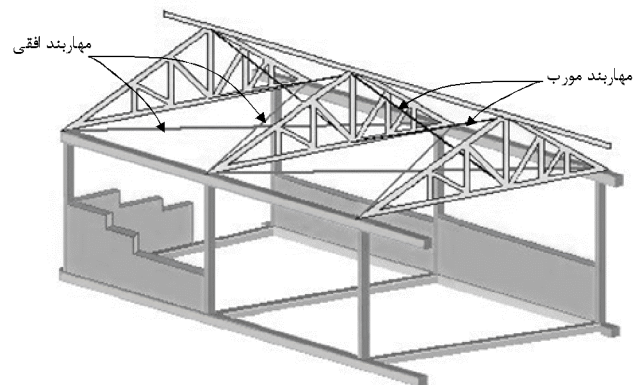
در اجرای سقف کاذب رعایت موارد زیر الزامی است:

۱- سقف کاذب باید حتی المقدور با مصالح سبک ساخته شود و قاب بندی آن پنحوی مناسب به سقف، اسکلت و یا کلاف بندی ساختمان متصل گردد تا ضربه تکانهای ناشی از زلزله موجب خرابی دیوارهای مجاور نشود.

۲- سقف های کاذب باید به نحو مناسبی به سازه اصلی ساختمان، سقف ها، کلافها و دیوارهای باربر، متصل شوند، بطوریکه علاوه بر وزن آنها نیروی جانبی ایجاد شده در آنها به نحو مناسبی، نظیر استفاده از مهاربند موضعی، به سازه اصلی منتقل گردد.



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

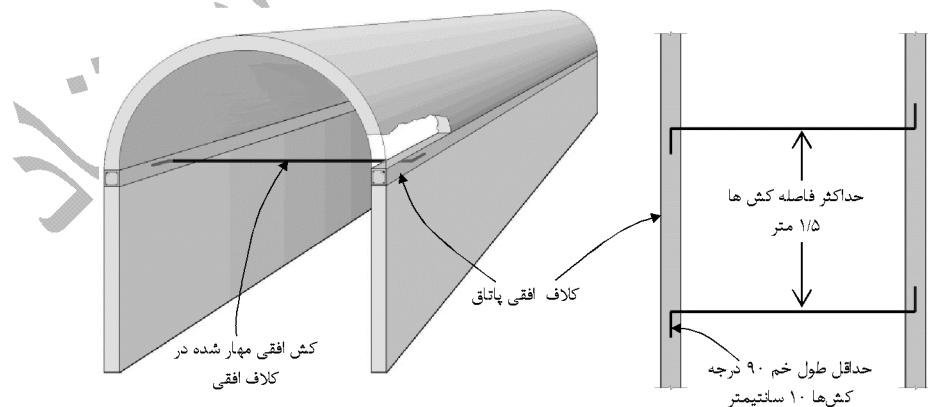


شکل ۷-۳۰: تعبیه مهاربندهای قائم و افقی در خرپاها

### ۷-۶-۷- سقف های قوسی

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

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



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

### ۷-۸- نماسازی

#### ۷-۸-۱- نمای آجری

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

### ۷-۸-۲- نمای سنگی

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

### ۷-۹- خرپشته

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

# پیوست ۱

درجه بندی خطر نسبی زلزله در شهرها و نقاط مهم ایران

| ردیف | مرکز جمعیتی   | استان               | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|---------------|---------------------|----------------|-------|------|------------|
|      |               |                     | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۱    | آب بر         | زنجان               |                |       |      | *          |
| ۲    | آب پخش        | بوشهر               |                |       | *    |            |
| ۳    | آباد          | بوشهر               |                |       | *    |            |
| ۴    | آبادان        | خوزستان             | *              |       |      |            |
| ۵    | آباده         | فارس                |                |       | *    |            |
| ۶    | آباده طشک     | فارس                |                | *     |      |            |
| ۷    | آبدان         | بوشهر               |                |       | *    |            |
| ۸    | آبدانان       | ایلام               |                | *     |      |            |
| ۹    | آبرم          | قزوین               |                |       | *    |            |
| ۱۰   | آبسرده        | تهران               |                |       |      | *          |
| ۱۱   | آبگرم         | قزوین               |                |       | *    |            |
| ۱۲   | آبی بیگلر     | اردبیل              |                |       | *    |            |
| ۱۳   | آبیک          | قزوین               |                |       |      | *          |
| ۱۴   | آجین          | همدان               |                |       | *    |            |
| ۱۵   | آذرشهر        | آذربایجان شرقی      |                |       | *    |            |
| ۱۶   | آران          | کرمانشاه            |                |       |      | *          |
| ۱۷   | آرمده         | کردستان             |                |       |      | *          |
| ۱۸   | آرو           | کهگیلویه و بویراحمد |                |       | *    |            |
| ۱۹   | آزادشهر       | گلستان              |                |       | *    |            |
| ۲۰   | آستارا        | گیلان               |                |       | *    |            |
| ۲۱   | آستانه        | سمنان               |                |       |      | *          |
| ۲۲   | آستانه اشرفیه | گیلان               |                |       | *    |            |
| ۲۳   | آسمان آباد    | ایلام               |                | *     |      |            |
| ۲۴   | آشتیان        | مرکزی               |                |       | *    |            |
| ۲۵   | آشخانه        | خراسان شمالی        |                |       | *    |            |
| ۲۶   | آغاجاری       | خوزستان             |                |       | *    |            |
| ۲۷   | آق بند        | گلستان              |                |       | *    |            |
| ۲۸   | آق قلا        | گلستان              |                |       | *    |            |

| ردیف | مرکز جمعیتی       | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------------|--------------------|----------------|-------|------|------------|
|      |                   |                    | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۲۹   | آقا بابا          | قزوین              | *              |       |      |            |
| ۳۰   | آلاشت             | مازندران           |                | *     |      |            |
| ۳۱   | آلولک             | قزوین              | *              |       |      |            |
| ۳۲   | آمل               | مازندران           |                | *     |      |            |
| ۳۳   | آمند              | آذربایجان شرقی     | *              |       |      |            |
| ۳۴   | آواجیق            | آذربایجان غربی     | *              |       |      |            |
| ۳۵   | آوج               | قزوین              |                | *     |      |            |
| ۳۶   | آورگان            | چهارمحال و بختیاری | *              |       |      |            |
| الف  |                   |                    |                |       |      |            |
| ۳۷   | ابارق             | کرمان              |                | *     |      |            |
| ۳۸   | ابر               | سمنان              |                | *     |      |            |
| ۳۹   | ابرسج             | سمنان              |                | *     |      |            |
| ۴۰   | ابرکوه            | یزد                |                | *     |      |            |
| ۴۱   | ابریشم            | اصفهان             |                | *     |      |            |
| ۴۲   | ابوزید آباد       | اصفهان             |                | *     |      |            |
| ۴۳   | ابوموسی (بوم سوز) | هرمزگان            |                | *     |      |            |
| ۴۴   | ابهرا             | زنجان              |                | *     |      |            |
| ۴۵   | ایبانه            | اصفهان             |                | *     |      |            |
| ۴۶   | احمدی             | هرمزگان            |                | *     |      |            |
| ۴۷   | اختیارآباد        | کرمان              | *              |       |      |            |
| ۴۸   | اراک              | مرکزی              |                | *     |      |            |
| ۴۹   | اران و بیدل       | اصفهان             |                | *     |      |            |
| ۵۰   | ارجمند            | تهران              | *              |       |      |            |
| ۵۱   | اردبیل            | اردبیل             |                | *     |      |            |
| ۵۲   | اردستان           | اصفهان             |                | *     |      |            |
| ۵۳   | اردکان            | یزد                |                | *     |      |            |
| ۵۴   | اردکان            | فارس               |                | *     |      |            |
| ۵۵   | اردل              | چهارمحال و بختیاری | *              |       |      |            |
| ۵۶   | ارزوئیه           | کرمان              |                | *     |      |            |



| ردیف | مرکز جمعیتی     | استان          | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-----------------|----------------|----------------|-------|------|------------|
|      |                 |                | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۵۷   | ارسنجان         | فارس           |                | *     |      |            |
| ۵۸   | ارکواز ملک شاهی | ایلام          |                | *     |      |            |
| ۵۹   | ارمغان خانه     | زنجان          |                |       | *    |            |
| ۶۰   | ارمنیجان        | کرمانشاه       |                |       |      | *          |
| ۶۱   | اروست           | مازندران       |                |       | *    |            |
| ۶۲   | ارومیه          | آذربایجان غربی |                |       | *    |            |
| ۶۳   | اروند کنار      | خوزستان        | *              |       |      |            |
| ۶۴   | ازنا            | لرستان         |                |       |      | *          |
| ۶۵   | ازندریان        | همدان          |                |       | *    |            |
| ۶۶   | استهبان         | فارس           |                |       | *    |            |
| ۶۷   | اسدآباد         | همدان          |                |       | *    |            |
| ۶۸   | اسدیه           | خراسان جنوبی   |                |       | *    |            |
| ۶۹   | اسطخ پشت        | مازندران       |                |       | *    |            |
| ۷۰   | اسفراین         | خراسان شمالی   |                |       | *    |            |
| ۷۱   | اسفرجان         | اصفهان         |                |       | *    |            |
| ۷۲   | اسفرورین        | قزوین          |                |       |      | *          |
| ۷۳   | اسفندان         | مرکزی          |                | *     |      |            |
| ۷۴   | اسکو            | آذربایجان شرقی |                |       | *    |            |
| ۷۵   | اسلام آباد      | فارس           |                |       | *    |            |
| ۷۶   | اسلام آباد      | اردبیل         |                |       | *    |            |
| ۷۷   | اسلام آباد      | کرمان          |                |       |      | *          |
| 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 |                |       | *    |            |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان          | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------|----------------|----------------|-------|------|------------|
|      |             |                | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۸۶   | اصفهان      | اصفهان         |                | *     |      |            |
| ۸۷   | اصفهان      | اردبیل         |                |       | *    |            |
| ۸۸   | افین        | خراسان جنوبی   |                |       |      | *          |
| ۸۹   | اقبالیه     | قزوین          |                |       |      | *          |
| ۹۰   | اقلید       | فارس           |                |       | *    |            |
| ۹۱   | الارد       | تهران          |                |       |      | *          |
| ۹۲   | الشر        | لرستان         |                |       | *    |            |
| ۹۳   | الوان       | خوزستان        |                | *     |      |            |
| ۹۴   | الوند       | قزوین          |                |       |      | *          |
| ۹۵   | الهای       | 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          |                |       | *    |            |
| ۱۰۵  | انارک       | اصفهان         |                | *     |      |            |
| ۱۰۶  | انبیاءآلوم  | گلستان         |                |       | *    |            |
| ۱۰۷  | اند آباد    | زنجان          |                |       | *    |            |
| ۱۰۸  | اندوهجرد    | کرمان          |                |       |      | *          |
| ۱۰۹  | اندیشه      | تهران          |                |       |      | *          |
| ۱۱۰  | اندیمشک     | خوزستان        |                |       | *    |            |
| ۱۱۱  | اودلو       | اردبیل         |                |       | *    |            |
| ۱۱۲  | اوز         | فارس           |                |       | *    |            |
| ۱۱۳  | اهر         | آذربایجان شرقی |                |       | *    |            |
| ۱۱۴  | اهر         | بوشهر          |                |       | *    |            |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان               | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------|---------------------|----------------|-------|------|------------|
|      |             |                     | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۱۱۵  | اهواز       | خوزستان             |                | *     |      |            |
| ۱۱۶  | ایچ         | فارس                |                |       | *    |            |
| ۱۱۷  | ایذه        | خوزستان             |                |       | *    |            |
| ۱۱۸  | ایران شهر   | سیستان و بلوچستان   |                |       | *    |            |
| ۱۱۹  | ایزد خواست  | فارس                |                |       | *    |            |
| ۱۲۰  | ایزد شهر    | مازندران            |                |       | *    |            |
| ۱۲۱  | ایسک        | خراسان جنوبی        |                |       |      | *          |
| ۱۲۲  | ایلام       | ایلام               |                | *     |      |            |
| ۱۲۳  | ایلخچی      | آذربایجان شرقی      |                |       | *    |            |
| ۱۲۴  | ایلخی       | آذربایجان شرقی      |                |       | *    |            |
| ۱۲۵  | ایمان شهر   | اصفهان              |                | *     |      |            |
| ۱۲۶  | اینچه برون  | گلستان              |                |       | *    |            |
| ۱۲۷  | ایوان       | ایلام               |                | *     |      |            |
| ۱۲۸  | ایوانکی     | سمنان               |                |       | *    |            |
| ب    |             |                     |                |       |      |            |
| ۱    | باب انار    | فارس                |                |       | *    |            |
| ۲    | باباحیدر    | چهارمحال و بختیار   |                |       |      | *          |
| ۳    | باباکلان    | کهگیلویه و بویراحمد |                |       | *    |            |
| ۴    | بابامنیر    | فارس                |                |       | *    |            |
| ۵    | بابتنگل     | کرمان               |                |       |      | *          |
| ۶    | بابل        | مازندران            |                |       | *    |            |
| ۷    | بابلسر      | مازندران            |                |       | *    |            |
| ۸    | باخزر       | خراسان رضوی         |                |       | *    |            |
| ۹    | بادرود      | اصفهان              |                | *     |      |            |
| ۱۰   | بازرگان     | آذربایجان غربی      |                |       |      | *          |
| ۱۱   | باسمنج      | آذربایجان شرقی      |                |       |      | *          |
| ۱۲   | باشت        | کهگیلویه و بویراحمد |                |       | *    |            |
| ۱۳   | باغ بهادران | اصفهان              |                |       | *    |            |
| ۱۴   | باغ ملک     | خوزستان             |                |       | *    |            |

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

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

| ردیف | مرکز جمعیتی       | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------------|--------------------|----------------|-------|------|------------|
|      |                   |                    | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۷۲   | بندر ترکمن        | گلستان             |                |       | *    |            |
| ۷۳   | بندر چارک         | هرمزگان            |                |       | *    |            |
| ۷۴   | بندر خمیر         | هرمزگان            |                |       | *    |            |
| ۷۵   | بندر دیر          | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۷۶   | بندر دیلم         | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۷۷   | بندر ریگ          | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۷۸   | بندر طاهری        | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۷۹   | بندر عسلویه       | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۸۰   | بندر کباشهر       | گیلان              |                |       | *    |            |
| ۸۱   | بندر گز           | گلستان             |                |       | *    |            |
| ۸۲   | بندر گناوه        | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۸۳   | بندر لنگه         | هرمزگان            |                |       | *    |            |
| ۸۴   | بندر ماهشهر       | خوزستان            | *              |       |      |            |
| ۸۵   | بندر مقام         | هرمزگان            |                |       | *    |            |
| ۸۶   | بنک               | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۸۷   | بنیاباد           | خراسان رضوی        |                |       | *    |            |
| ۸۸   | بوئین زهرا        | قزوین              |                |       | *    |            |
| ۸۹   | بوئین سفلی        | کردستان            |                |       | *    |            |
| ۹۰   | بوئین ومیاندشت    | اصفهان             |                |       | *    |            |
| ۹۱   | بوانات            | فارس               |                |       | *    |            |
| ۹۲   | بوشکان            | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۹۳   | بوشهر             | بوشهر              |                |       | *    |            |
| ۹۴   | بوغدا کندی        | زنجان              |                |       | *    |            |
| ۹۵   | بوکان             | آذربایجان غربی     |                | *     |      |            |
| ۹۶   | بوگر              | چهارمحال و بختیاری |                |       | *    |            |
| ۹۷   | بوم سوز (ابوموسی) | هرمزگان            |                | *     |      |            |
| ۹۸   | بومهن             | تهران              |                |       | *    |            |
| ۹۹   | بهاآباد           | کرمان              |                |       | *    |            |
| ۱۰۰  | بهاآباد           | یزد                |                |       | *    |            |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان               | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------|---------------------|----------------|-------|------|------------|
|      |             |                     | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۱۰۱  | بهداران     | یزد                 |                | *     |      |            |
| ۱۰۲  | بهار        | همدان               |                |       | *    |            |
| ۱۰۳  | بهار        | همدان               |                |       | *    |            |
| ۱۰۴  | بهاران شهر  | اصفهان              |                | *     |      |            |
| ۱۰۵  | بهارستان    | اصفهان              |                | *     |      |            |
| ۱۰۶  | بهمیان      | خوزستان             |                |       | *    |            |
| ۱۰۷  | بهرستان     | فارس                |                |       | *    |            |
| ۱۰۸  | بهشهر       | مازندران            |                |       | *    |            |
| ۱۰۹  | بهمئی       | کهگیلویه و بویراحمد |                |       | *    |            |
| ۱۱۰  | بهمن        | فارس                |                |       | *    |            |
| ۱۱۱  | بهنمیر      | مازندران            |                |       | *    |            |
| ۱۱۲  | بیارجمند    | سمنان               |                | *     |      |            |
| ۱۱۳  | بیاض        | کرمان               |                |       | *    |            |
| ۱۱۴  | بیجار       | کردستان             |                | *     |      |            |
| ۱۱۵  | بیدستان     | قزوین               |                |       |      | *          |
| ۱۱۶  | بیرجند      | خراسان              |                |       | *    |            |
| ۱۱۷  | بیرم        | فارس                |                |       | *    |            |
| ۱۱۸  | بیستون      | کرمانشاه            |                |       | *    |            |
| ۱۱۹  | بیشه دراز   | ایلام               |                | *     |      |            |
| ۱۲۰  | بيله سوار   | اردبیل              |                |       | *    |            |
| ب    |             |                     |                |       |      |            |
| ۱    | پاتاوه      | کهگیلویه و بویراحمد |                |       | *    |            |
| ۲    | پارس آباد   | اردبیل              |                |       | *    |            |
| ۳    | پارسیان     | هرمزگان             |                |       | *    |            |
| ۴    | پاریز       | کرمان               |                |       | *    |            |
| ۵    | پاکدشت      | تهران               |                |       | *    |            |
| ۶    | پاوه        | کرمانشاه            |                |       | *    |            |
| ۷    | پردیس       | تهران               |                |       |      | *          |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان             | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------|-------------------|----------------|-------|------|------------|
|      |             |                   | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۸    | پرندهک      | مرکزی             |                |       | *    |            |
| ۹    | پشت رود     | کرمان             |                |       | *    |            |
| ۱۰   | پل سفید     | مازندران          |                |       | *    |            |
| ۱۱   | پالان       | سیستان و بلوچستان |                |       | *    |            |
| ۱۲   | پلدختر      | لرستان            |                | *     |      |            |
| ۱۳   | پلدشت       | آذربایجان غربی    |                |       | *    |            |
| ۱۴   | پلور        | مازندران          |                |       |      | *          |
| ۱۵   | پول         | مازندران          |                |       | *    |            |
| ۱۶   | پهله        | ایلام             |                | *     |      |            |
| ۱۷   | پیرانشهر    | آذربایجان غربی    |                |       |      | *          |
| ۱۸   | پیربکران    | اصفهان            |                | *     |      |            |
| ۱۹   | پیشوا       | تهران             |                |       | *    |            |
| ۲۰   | پیشین       | سیستان و بلوچستان |                |       | *    |            |
| ت    |             |                   |                |       |      |            |
| ۱    | تازه آباد   | کرمانشاه          |                |       | *    |            |
| ۲    | تازه شهر    | آذربایجان غربی    |                |       |      | *          |
| ۳    | تازه کندی   | اردبیل            |                |       | *    |            |
| ۴    | تاکستان     | قزوین             |                |       | *    |            |
| ۵    | تالش        | گیلان             |                |       | *    |            |
| ۶    | تایباد      | خراسان رضوی       |                |       | *    |            |
| ۷    | تبریز       | آذربایجان شرقی    |                |       |      | *          |
| ۸    | تخت         | هرمزگان           |                |       | *    |            |
| ۹    | تربت جام    | خراسان رضوی       |                |       | *    |            |
| ۱۰   | تربت حیدریه | خراسان رضوی       |                |       | *    |            |
| ۱۱   | ترکمنچای    | آذربایجان شرقی    |                |       |      | *          |
| ۱۲   | ترود        | سمنان             |                |       | *    |            |
| ۱۳   | تسوج        | آذربایجان شرقی    |                |       |      | *          |
| ۱۴   | تشان        | خوزستان           |                |       | *    |            |
| ۱۵   | تفت         | یزد               |                | *     |      |            |



| ردیف | مرکز جمعیتی   | استان               | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|---------------|---------------------|----------------|-------|------|------------|
|      |               |                     | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۱۶   | تفرش          | مرکزی               |                |       | *    |            |
| ۱۷   | تکاب          | آذربایجان غربی      |                | *     |      |            |
| ۱۸   | تلگرد         | کهگیلویه و بویراحمد |                |       | *    |            |
| ۱۹   | تمبان         | هرمزگان             |                |       | *    |            |
| ۲۰   | تنب بزرگ      | هرمزگان             |                |       | *    |            |
| ۲۱   | تنب بزرگ      | هرمزگان             |                |       | *    |            |
| ۲۲   | تنب کوچک      | هرمزگان             |                |       | *    |            |
| ۲۳   | تنکابن        | مازندران            |                |       | *    |            |
| ۲۴   | تنگ ارم       | بوشهر               |                |       | *    |            |
| ۲۵   | توشک آبسرد    | لرستان              |                |       |      | *          |
| ۲۶   | تویسرکان      | همدان               |                |       | *    |            |
| ۲۷   | تویه          | سمنان               |                |       |      | *          |
| ۲۸   | تهران         | تهران               |                |       |      | *          |
| ۲۹   | تیران         | اصفهان              |                | *     |      |            |
| ۳۰   | تیغدر         | خراسان جنوبی        |                |       | *    |            |
| ۳۱   | تیکمه داش     | آذربایجان شرقی      |                |       |      | *          |
| ث    |               |                     |                |       |      |            |
| ۱    | ثلاث باباجانی | کرمانشاه            |                |       | *    |            |
| ج    |               |                     |                |       |      |            |
| ۱    | جاجرم         | خراسان شمالی        |                |       | *    |            |
| ۲    | جاسک          | هرمزگان             |                |       | *    |            |
| ۳    | جالق          | سیستان و بلوچستان   |                |       | *    |            |
| ۴    | جام           | سمنان               |                |       | *    |            |
| ۵    | جاورسیان      | مرکزی               |                | *     |      |            |
| ۶    | جعفرآباد      | اردبیل              |                |       | *    |            |
| ۷    | جعفریه        | قم                  |                |       | *    |            |
| ۸    | جغتای         | خراسان رضوی         |                |       | *    |            |
| ۹    | جفتان         | مرکزی               |                |       | *    |            |
| ۱۰   | جلفا          | آذربایجان شرقی      |                |       | *    |            |

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

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

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

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان          | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------|----------------|----------------|-------|------|------------|
|      |             |                | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| 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   | خنج         | فارس           |                |       | *    |            |
| ۳۲   | خنداب       | مرکزی          |                | *     |      |            |
| ۳۳   | خواجه       | آذربایجان شرقی |                |       | *    |            |
| ۳۴   | خواجه عسگر  | کرمان          |                |       | *    |            |
| ۳۵   | خواف        | خراسان رضوی    |                |       | *    |            |
| ۳۶   | خوانسار     | اصفهان         |                | *     |      |            |
| ۳۷   | خور         | اصفهان         |                | *     |      |            |
| ۳۸   | خور         | فارس           |                |       | *    |            |
| ۳۹   | خوراسان     | اصفهان         |                | *     |      |            |
| ۴۰   | خورزوق      | اصفهان         |                | *     |      |            |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان          | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------|----------------|----------------|-------|------|------------|
|      |             |                | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۴۱   | خورموج      | بوشهر          |                |       | *    |            |
| ۴۲   | خوسف        | خراسان جنوبی   |                | *     |      |            |
| ۴۳   | خوی         | آذربایجان غربی |                |       |      | *          |
| د    |             |                |                |       |      |            |
| 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   | دره‌بشت     | 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         |                |       |      | *          |
| ۲۱   | درونه       | خراسان         |                |       | *    |            |
| ۲۲   | درویش آباد  | خوزستان        |                | *     |      |            |
| ۲۳   | دره اسبر    | لرستان         |                |       |      | *          |
| ۲۴   | دره شهر     | ایلام          |                | *     |      |            |
| ۲۵   | دزآب        | خوزستان        |                |       | *    |            |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان               | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------|---------------------|----------------|-------|------|------------|
|      |             |                     | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| 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         |                |       | *    |            |
| ۴۷   | ده جلال     | زنجان               |                |       | *    |            |
| ۴۸   | دهاقان      | اصفهان              |                |       | *    |            |
| ۴۹   | دهبارز      | هرمزگان             |                |       | *    |            |
| ۵۰   | دهیج        | کرمان               |                | *     |      |            |
| ۵۱   | دهدز        | خوزستان             |                |       | *    |            |
| ۵۲   | دهدشت       | کهگیلویه و بویراحمد |                |       | *    |            |
| ۵۳   | دهشیر       | یزد                 |                |       | *    |            |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان    | خطر نسبی زلزله |       |      |            |
|------|-------------|----------|----------------|-------|------|------------|
|      |             |          | کم             | متوسط | زیاد | بسیار زیاد |
| ۵۴   | دهق         | اصفهان   |                | *     |      |            |
| ۵۵   | دهکاء       | گیلان    |                |       | *    |            |
| ۵۶   | دهگلان      | کردستان  |                |       | *    |            |
| ۵۷   | دهلان       | کردستان  |                |       | *    |            |
| ۵۸   | دهلران      | ایلام    |                | *     |      |            |
| ۵۹   | دیباچ       | سمنان    |                |       | *    |            |
| ۶۰   | دیزج        | سمنان    |                |       | *    |            |
| ۶۱   | دیزین       | تهران    |                |       |      | *          |
| ۶۲   | دیزیه       | اصفهان   |                |       | *    |            |
| ۶۳   | دیلمان      | گیلان    |                |       | *    |            |
| ۶۴   | دینور       | کرمانشاه |                |       |      | *          |
| ۶۵   | دیواندره    | کردستان  |                | *     |      |            |

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



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

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|-------------|--------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |             |                    | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| 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        |                |       | *    |           |
| ز    |             |                    |                |       |      |           |
| ۱    | زابل        | سیستان و بلوچستان  |                |       | *    |           |
| ۲    | زابلی       | سیستان و بلوچستان  |                |       | *    |           |
| ۳    | زار         | یزد                |                | *     |      |           |
| ۴    | زارم        | لرستان             |                |       | *    |           |
| ۵    | زاویه       | مرکزی              |                |       | *    |           |
| ۶    | زاهد شهر    | فارس               |                |       | *    |           |
| ۷    | زاهدان      | سیستان و بلوچستان  |                |       | *    |           |
| ۸    | زاینده رود  | اصفهان             |                |       | *    |           |

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

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|-------------|--------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |             |                    | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| 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   | سرپندان     | تهران              |                |       |      | *         |
| ۲۱   | سرپندر      | خوزستان            | *              |       |      |           |
| ۲۲   | سریشه       | 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            |                |       | *    |           |
| ۳۲   | سردشت       | آذربایجان غربی     |                |       |      | *         |
| ۳۳   | سردشت زیدون | خوزستان            |                |       | *    |           |
| ۳۴   | سرعین       | اردبیل             |                |       | *    |           |
| ۳۵   | سرگز احمدی  | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۳۶   | سرو         | آذربایجان غربی     |                |       | *    |           |
| ۳۷   | سروآباد     | کردستان            |                |       |      | *         |
| ۳۸   | سروستان     | فارس               |                |       | *    |           |
| ۳۹   | سروش آباد   | کردستان            |                | *     |      |           |
| ۴۰   | سعادت آباد  | کرمان              |                |       | *    |           |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|-------------|--------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |             |                    | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۴۱   | سعادت شهر   | فارس               |                | *     |      |           |
| ۴۲   | سعدآباد     | بوشهر              |                |       | *    |           |
| ۴۳   | سعیدآباد    | تهران              |                |       |      | *         |
| ۴۴   | سفید دشت    | چهارمحال و بختیاری |                |       | *    |           |
| ۴۵   | سفید شهر    | اصفهان             |                |       | *    |           |
| ۴۶   | سفیدابه     | سیستان و بلوچستان  |                |       | *    |           |
| ۴۷   | سقز         | کردستان            |                |       | *    |           |
| ۴۸   | سلامی       | خراسان رضوی        |                |       | *    |           |
| ۴۹   | سلطان آباد  | خوزستان            |                |       | *    |           |
| ۵۰   | سلطان آباد  | زنجان              |                |       | *    |           |
| ۵۱   | سلطان آباد  | خراسان رضوی        |                |       | *    |           |
| ۵۲   | سلطانیه     | زنجان              |                |       | *    |           |
| ۵۳   | سلفچگان     | قم                 |                |       | *    |           |
| ۵۴   | سلماس       | آذربایجان غربی     |                |       |      | *         |
| ۵۵   | سلمان شهر   | مازندران           |                |       | *    |           |
| ۵۶   | سمنان       | سمنان              |                |       | *    |           |
| ۵۷   | سمیرم       | اصفهان             |                |       | *    |           |
| ۵۸   | سنجان       | مرکزی              |                | *     |      |           |
| 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         | کهیلویه و بویراحمد |                |       | *    |           |

| ردیف | مرکز جمعیتی   | استان               | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|---------------|---------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |               |                     | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۷۱   | سولقان        | تهران               |                |       |      | *         |
| ۷۲   | سومار         | کرمانشاه            |                | *     |      |           |
| ۷۳   | سویره         | خوزستان             |                | *     |      |           |
| ۷۴   | سه قلعه       | خراسان جنوبی        |                |       | *    |           |
| ۷۵   | سیری          | هرمزگان             |                | *     |      |           |
| ۷۶   | سی سخت        | کهکیلویه 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               |                |       |      | *         |
| ۸۶   | سیردان        | قزوین               |                |       | *    |           |
| ۸۷   | سیس           | آذربایجان شرقی      |                |       |      | *         |
| ۸۸   | سیف آباد      | فارس                |                |       | *    |           |
| ۸۹   | سیلاب         | آذربایجان غربی      |                |       |      | *         |
| ۹۰   | سیلوانا       | آذربایجان غربی      |                |       | *    |           |
| ۹۱   | سیمین شهر     | گلستان              |                |       | *    |           |
| ۹۲   | سیوند         | فارس                |                | *     |      |           |
| ۹۳   | سیه چشمه      | آذربایجان غربی      |                |       |      | *         |
| ش    |               |                     |                |       |      |           |
| ۱    | شادگان        | خوزستان             | *              |       |      |           |
| ۲    | شازند         | مرکزی               |                | *     |      |           |
| ۳    | شال           | قزوین               |                |       |      | *         |
| ۴    | شاندیز        | خراسان رضوی         |                |       | *    |           |
| ۵    | شاه زید       | مازندران            |                |       | *    |           |
| ۶    | شاهدشهر       | تهران               |                |       |      | *         |
| ۷    | شاهدیه        | یزد                 |                | *     |      |           |

| ردیف | مرکز جمعیتی   | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|---------------|--------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |               |                    | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۸    | شاهرخت        | خراسان جنوبی       |                |       |      | *         |
| ۹    | شاهرود        | سمنان              |                |       | *    |           |
| ۱۰   | شاهین دژ      | آذربایجان غربی     |                | *     |      |           |
| ۱۱   | شاهین شهر     | اصفهان             |                |       | *    |           |
| ۱۲   | شاهیندژ       | آذربایجان غربی     |                | *     |      |           |
| ۱۳   | شیانکاره      | بوشهر              |                |       | *    |           |
| ۱۴   | شیستر         | آذربایجان شرقی     |                |       |      | *         |
| ۱۵   | شریان         | آذربایجان شرقی     |                |       |      | *         |
| ۱۶   | شرفخانه       | آذربایجان شرقی     |                |       |      | *         |
| ۱۷   | شریف آباد     | تهران              |                |       | *    |           |
| ۱۸   | ششده          | فارس               |                |       | *    |           |
| ۱۹   | شعبه          | خراسان رضوی        |                |       | *    |           |
| ۲۰   | شفت           | گیلان              |                |       | *    |           |
| ۲۱   | شلمان         | گیلان              |                |       | *    |           |
| ۲۲   | شلمزار        | چهارمحال و بختیاری |                |       |      | *         |
| ۲۳   | شمیل          | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۲۴   | شنبه          | بوشهر              |                |       | *    |           |
| ۲۵   | شندآباد       | آذربایجان شرقی     |                |       |      | *         |
| ۲۶   | شوش           | خوزستان            |                | *     |      |           |
| ۲۷   | شوشتر         | خوزستان            |                |       | *    |           |
| ۲۸   | شوط           | آذربایجان غربی     |                |       | *    |           |
| ۲۹   | شوقان         | خراسان شمالی       |                |       | *    |           |
| ۳۰   | شول           | بوشهر              |                |       | *    |           |
| ۳۱   | شول آباد      | لرستان             |                |       | *    |           |
| ۳۲   | شویشه         | کردستان            |                |       | *    |           |
| ۳۳   | شهداد         | کرمان              |                |       |      | *         |
| ۳۴   | شهر بابک      | کرمان              |                |       | *    |           |
| ۳۵   | شهر جدید پرند | تهران              |                |       | *    |           |
| ۳۶   | شهرضا         | اصفهان             |                |       | *    |           |

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



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

| ردیف | مرکز جمعیتی        | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|--------------------|--------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |                    |                    | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| غ    |                    |                    |                |       |      |           |
| ۱    | غنی آباد           | تهران              |                |       |      | *         |
| ۲    | غیاث آباد          | سمنان              |                |       | *    |           |
| ۳    | غیزانیه            | خوزستان            |                | *     |      |           |
| ف    |                    |                    |                |       |      |           |
| ۱    | فارسان             | چهارمحال و بختیاری |                |       |      | *         |
| ۲    | فارسیان            | گلستان             |                |       | *    |           |
| ۳    | فارغان             | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۴    | فارمد              | خراسان رضوی        |                |       | *    |           |
| ۵    | فاروج              | خراسان شمالی       |                |       |      | *         |
| ۶    | فارور بزرگ         | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۷    | فارور کوچک         | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۸    | فاریاب             | بوشهر              |                |       | *    |           |
| ۹    | فاریاب             | کرمان              |                |       | *    |           |
| ۱۰   | فاضل آباد          | گلستان             |                |       | *    |           |
| ۱۱   | فامنین             | همدان              |                | *     |      |           |
| ۱۲   | فتح آباد           | خراسان جنوبی       |                |       |      | *         |
| ۱۳   | فتح آباد           | فارس               |                |       | *    |           |
| ۱۴   | فداغ               | فارس               |                |       | *    |           |
| ۱۵   | فدک                | خراسان رضوی        |                |       | *    |           |
| ۱۶   | فراذنبه            | چهارمحال و بختیاری |                |       | *    |           |
| ۱۷   | فراشبد             | فارس               |                |       | *    |           |
| ۱۸   | فرخ شهر            | چهارمحال و بختیار  |                |       | *    |           |
| ۱۹   | فردوس              | خراسان جنوبی       |                |       |      | *         |
| ۲۰   | فردوسییه           | تهران              |                |       |      | *         |
| ۲۱   | فردیس              | تهران              |                |       |      | *         |
| ۲۲   | فرمهین             | مرکزی              |                | *     |      |           |
| ۲۳   | فرودگاه امام خمینی | تهران              |                | *     |      |           |
| ۲۴   | فرومد              | سمنان              |                | *     |      |           |
| ۲۵   | فرون آباد          | تهران              |                |       |      | *         |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان             | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|-------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |             |                   | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۲۶   | فرهادرد     | خراسان رضوی       |                |       | *    |           |
| ۲۷   | فریدون شهر  | اصفهان            |                |       | *    |           |
| ۲۸   | فریدون کنار | مازندران          |                |       | *    |           |
| ۲۹   | فریمان      | خراسان            |                |       | *    |           |
| ۳۰   | فسا         | فارس              |                |       | *    |           |
| ۳۱   | فشم         | تهران             |                |       |      | *         |
| ۳۲   | فالورجان    | اصفهان            |                | *     |      |           |
| ۳۳   | فnoch       | سیستان و بلوچستان |                |       | *    |           |
| ۳۴   | فورک        | فارس              |                |       | *    |           |
| ۳۵   | فولادشهر    | اصفهان            |                |       | *    |           |
| ۳۶   | فومن        | گیلان             |                |       | *    |           |
| ۳۷   | فهرج        | کرمان             |                | *     |      |           |
| ۳۸   | فیروزی      | آذربایجان غربی    |                |       |      | *         |
| ۳۹   | فیروزآباد   | اردبیل            |                |       |      | *         |
| ۴۰   | فیروزآباد   | فارس              |                |       | *    |           |
| ۴۱   | فیروزآباد   | مازندران          |                |       | *    |           |
| ۴۲   | فیروزان     | همدان             |                |       | *    |           |
| ۴۳   | فیروزکوه    | تهران             |                |       | *    |           |
| ۴۴   | فیروزه      | خراسان رضوی       |                |       | *    |           |
| ۴۵   | فیض آباد    | خراسان رضوی       |                |       | *    |           |
| ۴۶   | فین         | هرمزگان           |                |       | *    |           |
| ق    |             |                   |                |       |      |           |
| ۱    | قائم شهر    | مازندران          |                |       | *    |           |
| ۲    | قائمیه      | فارس              |                |       | *    |           |
| ۳    | قائن        | خراسان جنوبی      |                |       | *    |           |
| ۴    | قادر آباد   | فارس              |                | *     |      |           |
| ۵    | قاسم آباد   | خراسان رضوی       |                |       | *    |           |
| ۶    | قپان علیا   | گلستان            |                |       | *    |           |
| ۷    | قدس         | تهران             |                |       | *    |           |
| ۸    | قرچک        | تهران             |                |       | *    |           |
| ۹    | قروه        | کردستان           |                | *     |      |           |

| ردیف | مرکز جمعیتی   | استان             | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|---------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |               |                   | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۱۰   | قروه در جزین  | همدان             |                |       | *    |           |
| ۱۱   | قره آغاج      | آذربایجان شرقی    |                |       | *    |           |
| ۱۲   | قره ضیالالدین | آذربایجان غربی    |                |       | *    |           |
| ۱۳   | قره قشلاق     | آذربایجان غربی    |                |       |      | *         |
| ۱۴   | قرل حصار      | تهران             |                |       |      | *         |
| ۱۵   | قرلر          | گلستان            |                |       | *    |           |
| ۱۶   | قرلقان        | خراسان شمالی      |                |       |      | *         |
| ۱۷   | قزوین         | قزوین             |                |       |      | *         |
| ۱۸   | قسطین لار     | قزوین             |                |       |      | *         |
| ۱۹   | قشم           | هرمزگان           |                |       | *    |           |
| ۲۰   | قصر شیرین     | کرمانشاه          |                |       | *    |           |
| ۲۱   | قصر قمشه      | فارس              |                |       | *    |           |
| ۲۲   | قصر قند       | سیستان و بلوچستان |                |       | *    |           |
| ۲۳   | قطب آباد      | کرمان             |                |       | *    |           |
| ۲۴   | قطروئیه       | فارس              |                |       | *    |           |
| ۲۵   | قطور          | آذربایجان غربی    |                |       |      | *         |
| ۲۶   | قلعه تل       | خوزستان           |                |       | *    |           |
| ۲۷   | قلعه چنغان    | خوزستان           |                | *     |      |           |
| ۲۸   | قلعه خیابان   | خراسان رضوی       |                |       | *    |           |
| ۲۹   | قلعه شوکت     | سمنان             |                |       | *    |           |
| ۳۰   | قلعه گنج      | کرمان             |                |       | *    |           |
| ۳۱   | قلعه نو       | تهران             |                |       | *    |           |
| ۳۲   | قلعه نو خرقان | سمنان             |                |       | *    |           |
| ۳۳   | قم            | قم                |                |       | *    |           |
| ۳۴   | قمصر          | اصفهان            |                |       | *    |           |
| ۳۵   | قنوات         | قم                |                |       | *    |           |
| ۳۶   | قوچان         | خراسان رضوی       |                |       |      | *         |
| ۳۷   | قوشچی         | آذربایجان غربی    |                |       | *    |           |
| ۳۸   | قهاوند        | همدان             |                | *     |      |           |
| ۳۹   | قهدریجان      | اصفهان            |                | *     |      |           |

| ردیف | مرکز جمعیتی       | استان               | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|-------------------|---------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |                   |                     | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۴۰   | قهورد             | همدان               |                | *     |      |           |
| ۴۱   | قیدار             | زنجان               |                |       | *    |           |
| ۴۲   | قیر               | فارس                |                |       | *    |           |
| ۴۳   | قیروکارزین        | فارس                |                |       | *    |           |
| ک    |                   |                     |                |       |      |           |
| ۱    | کندر              | خراسان رضوی         |                |       | *    |           |
| ۲    | کنگاور            | کرمانشاه            |                |       |      | *         |
| ۳    | کیش               | هرمزگان             |                |       | *    |           |
| ۴    | کیانشهر           | کرمان               |                |       |      | *         |
| ۵    | کاخک              | خراسان رضوی         |                |       | *    |           |
| ۶    | کاریز             | خراسان رضوی         |                |       | *    |           |
| ۷    | کازرون            | فارس                |                |       | *    |           |
| ۸    | کاشان             | اصفهان              |                |       | *    |           |
| ۹    | کاشمر             | خراسان رضوی         |                |       | *    |           |
| ۱۰   | کاکان             | کهگیلویه و بویراحمد |                |       | *    |           |
| ۱۱   | کاکي              | بوشهر               |                |       | *    |           |
| ۱۲   | کامیاران          | کردستان             |                |       |      | *         |
| ۱۳   | کانی سور          | کردستان             |                |       |      | *         |
| ۱۴   | کیودر آهنگ        | همدان               |                | *     |      |           |
| ۱۵   | کتالم و سادات شهر | مازندران            |                |       | *    |           |
| ۱۶   | کدکن              | خراسان رضوی         |                |       | *    |           |
| ۱۷   | کرج               | تهران               |                |       |      | *         |
| ۱۸   | کردکوی            | گلستان              |                |       | *    |           |
| ۱۹   | کرکوند            | اصفهان              |                |       | *    |           |
| ۲۰   | کرمان             | کرمان               |                |       |      | *         |
| ۲۱   | کرمانشاه          | کرمانشاه            |                |       | *    |           |
| ۲۲   | کرنده             | کرمانشاه            |                |       | *    |           |
| ۲۳   | کرنده             | گلستان              |                |       | *    |           |
| ۲۴   | کره بس            | فارس                |                |       | *    |           |
| ۲۵   | کرهرود            | مرکزی               |                | *     |      |           |

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

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

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



| ردیف | مرکز جمعیتی | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|-------------|--------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |             |                    | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۳۰   | گنبد کاووس  | گلستان             |                |       | *    |           |
| ۳۱   | گنبدلی      | خراسان رضوی        |                |       | *    |           |
| ۳۲   | گندمان      | چهارمحال و بختیاری |                |       | *    |           |
| ۳۳   | گنگچین      | آذربایجان غربی     |                |       | *    |           |
| ۳۴   | گواتر       | سیستان و بلوچستان  |                |       | *    |           |
| ۳۵   | گورناگان    | سیستان و بلوچستان  |                |       | *    |           |
| ۳۶   | گوگان       | آذربایجان شرقی     |                |       | *    |           |
| ۳۷   | گوگد        | اصفهان             |                | *     |      |           |
| ۳۸   | گوهران      | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۳۹   | گویم        | فارس               |                |       | *    |           |
| ۴۰   | گهواره      | کرمانشاه           |                |       | *    |           |
| ۴۱   | گیان        | همدان              |                |       | *    |           |
| ۴۲   | گیسک        | کرمان              |                |       | *    |           |
| ۴۳   | گیفان       | خراسان شمالی       |                |       | *    |           |
| ۴۴   | گیلانغرب    | کرمانشاه           |                |       | *    |           |
| ۴۵   | گیلوان      | زنجان              |                |       | *    |           |
| ۴۶   | گیوی        | اردبیل             |                |       | *    |           |
| ل    |             |                    |                |       |      |           |
| ۱    | لائین نو    | خراسان رضوی        |                |       | *    |           |
| ۲    | لار         | فارس               |                |       | *    |           |
| ۳    | لارک        | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۴    | لاسجرد      | سمنان              |                |       | *    |           |
| ۵    | لالجین      | همدان              |                | *     |      |           |
| ۶    | لاله زار    | کرمان              |                |       | *    |           |
| ۷    | لالی        | خوزستان            |                |       | *    |           |
| ۸    | لامرد       | فارس               |                |       | *    |           |
| ۹    | لاوان       | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۱۰   | لاوان       | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۱۱   | لاهرود      | اردبیل             |                |       | *    |           |
| ۱۲   | لاهیجان     | گیلان              |                |       | *    |           |
| ۱۳   | لمایان      | اصفهان             |                | *     |      |           |

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

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

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

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان               | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|-------------|---------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |             |                     | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۸۳   | میلاجرد     | مرکزی               |                | *     |      |           |
| ۸۴   | میمند       | فارس                |                |       | *    |           |
| ۸۵   | میمند       | کهکیلویه و بویراحمد |                |       | *    |           |
| ۸۶   | میمون دره   | زنجان               |                |       | *    |           |
| ۸۷   | میمه        | اصفهان              |                | *     |      |           |
| ۸۸   | میناب       | هرمزگان             |                |       | *    |           |
| ۸۹   | مینودشت     | گلستان              |                |       | *    |           |
| ن    |             |                     |                |       |      |           |
| ۱    | نائین       | اصفهان              |                |       | *    |           |
| ۲    | ناحیه       | مازندران            |                |       |      | *         |
| ۳    | ناغان       | چهارمحال و بختیاری  |                |       |      | *         |
| ۴    | ناوه        | خراسان شمالی        |                |       |      | *         |
| ۵    | نای بند     | یزد                 |                |       | *    |           |
| ۶    | نایی سر     | کردستان             |                |       | *    |           |
| ۷    | نجف آباد    | اصفهان              |                | *     |      |           |
| ۸    | نجف شهر     | کرمان               |                | *     |      |           |
| ۹    | نخل تقی     | بوشهر               |                |       | *    |           |
| ۱۰   | نخل ناخدا   | هرمزگان             |                |       | *    |           |
| ۱۱   | نراق        | مرکزی               |                |       | *    |           |
| ۱۲   | نرگس زار    | فارس                |                |       | *    |           |
| ۱۳   | نسیم شهر    | تهران               |                |       |      | *         |
| 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      |                |       | *    |           |

| ردیف | مرکز جمعیتی   | استان             | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|---------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |               |                   | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۲۴   | نقده          | آذربایجان غربی    |                |       | *    |           |
| ۲۵   | نکاء          | مازندران          |                |       | *    |           |
| ۲۶   | نگین شهر      | گلستان            |                |       | *    |           |
| ۲۷   | نلاس          | آذربایجان غربی    |                |       |      | *         |
| ۲۸   | نمین          | اردبیل            |                |       | *    |           |
| ۲۹   | نو کنده       | گلستان            |                |       | *    |           |
| ۳۰   | نوبران        | مرکزی             |                |       | *    |           |
| ۳۱   | نودژ          | کرمان             |                |       | *    |           |
| ۳۲   | نوده          | خراسان رضوی       |                |       | *    |           |
| ۳۳   | نوذرآباد      | 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    |                |       | *    |           |
| ۴۱   | نوکان         | کرمانشاه          |                |       | *    |           |
| ۴۲   | نهایوند       | قزوین             |                |       | *    |           |
| ۴۳   | نهایوند       | همدان             |                |       |      | *         |
| ۴۴   | نهبندان       | خراسان جنوبی      |                |       | *    |           |
| ۴۵   | نهند          | آذربایجان شرقی    |                |       | *    |           |
| ۴۶   | نیارق         | اردبیل            |                |       | *    |           |
| ۴۷   | نیر           | اردبیل            |                |       | *    |           |
| ۴۸   | نیریز         | فارس              |                |       | *    |           |
| ۴۹   | نیشابور       | خراسان رضوی       |                |       | *    |           |
| ۵۰   | نیک شهر       | سیستان و بلوچستان |                |       | *    |           |
| ۵۱   | نیکوئی        | قزوین             |                |       | *    |           |
| ۵۲   | نیل شهر       | خراسان رضوی       |                |       | *    |           |
| ۵۳   | نیمور         | مرکزی             |                | *     |      |           |
| 9    |               |                   |                |       |      |           |

| ردیف | مرکز جمعیتی | استان              | خطر نسبی زلزله |       |      |           |
|------|-------------|--------------------|----------------|-------|------|-----------|
|      |             |                    | کم             | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۱    | واریش       | تهران              |                |       |      | *         |
| ۲    | وانا        | مازندران           |                |       |      | *         |
| ۳    | وحدتیه      | بوشهر              |                |       | *    |           |
| ۴    | وحیدیه      | تهران              |                |       |      | *         |
| ۵    | ورامین      | تهران              |                |       | *    |           |
| ۶    | ورزقان      | آذربایجان شرقی     |                |       | *    |           |
| ۷    | ورزنه       | اصفهان             |                | *     |      |           |
| ۸    | ورنامخواست  | اصفهان             |                |       | *    |           |
| ۹    | وشنوه       | قم                 |                |       | *    |           |
| ۱۰   | وندیک       | خراسان جنوبی       |                |       |      | *         |
| ۱۱   | وهن آباد    | تهران              |                |       | *    |           |
| ۱۲   | ویره        | تهران              |                |       |      | *         |
| ۱۳   | ویس         | خوزستان            |                | *     |      |           |
| ه    |             |                    |                |       |      |           |
| ۱    | هادیشهر     | آذربایجان شرقی     |                |       | *    |           |
| ۲    | هاشم آباد   | هرمزگان            |                |       | *    |           |
| ۳    | هجدک        | 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            |                |       | *    |           |

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



## پیوست ۲

راهنمای انجام تحلیلهای غیر خطی

## ۱- کلیات

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

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

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

تبصره: ترکیب بارهای ثقلی عبارت از  $L + 1/2D$  و  $0.9D$  می باشند که در آنها  $D$  بار مرده و  $L$  بار زنده است. بار زنده بر طبق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محاسبه می شود. ضمناً در مواردی که بارزنده گسترده کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع است، کاهش این بار تا ۵۰٪ مجاز است.

## ۲- مشخصات غیرخطی اعضای سازه

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

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

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

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

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

### ۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی

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

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

۳-۳- در این روش تأثیر زلزله باید در هر دو جهت مثبت و منفی در هر امتداد اصلی به ساختمان اعمال گردد و بحرانی ترین مقادیر تلاشها و تغییرشکلهای ایجاد شده ملاک طراحی و کنترل اعضا قرار گیرد. ۴-۳- در مورد ساختمانهای منظم می توان تحلیل را در هر امتداد اصلی افقی بطور مستقل انجام داد، مگر آن دسته از ساختمانها که باید ضوابط بند ۳-۵ در مورد آنها رعایت شود.

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

### ۳-۶- توزیعهای بار جانبی

- ۳-۶-۱. حداقل دو توزیع بار جانبی به شرح زیر در تحلیل باید اعمال گردد،
- الف- توزیع متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی با لحاظ آن تعداد مودهای ارتعاشی که حداقل ۹۰٪ جرم سازه در تحلیل مشارکت کند،
- ب- توزیع بار یکنواخت که عبارت است از توزیعی متناسب با جرم بدون توجه به ارتفاع هر طبقه.

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

### ۳-۷-۷- منحنی ظرفیت

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

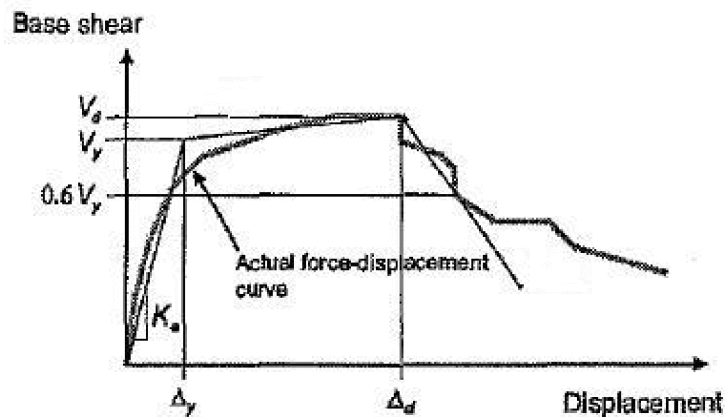
۳-۷-۲. مرکز جرم بام باید به عنوان محل نقطه کنترل اختیار گردد. بام خرپشته را نباید بعنوان نقطه کنترل در نظر گرفت.

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

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

خط دوم نماینده شیب مثبت بعد از جاری شدن سازه است که از نقطه ای به مختصات  $(\Delta_d)$  و  $(V_d)$  و نقطه ای روی خط اول چنان ترسیم می‌شود که سطح زیر مدل رفتار دو خطی برابر سطح زیر منحنی رفتار غیرخطی تا نقطه  $(\Delta_d)$  و  $(V_d)$  باشد.  $(\Delta_d)$  و  $(V_d)$  روی منحنی ظرفیت سازه در تغییرمکان هدف یا در تغییرمکان نظیر برش پایه حداکثر، هر کدام که کمتر باشد، قرار دارد.

خط سوم نماینده شیب منفی بعد از افت مقاومت است که از نقطه انتهایی شیب مثبت در منحنی ظرفیت  $(\Delta_d)$  و  $(V_d)$  و نقطه ای که در آن برش پایه به ۶۰٪ پایه جاری شدن موثر سازه نزول می‌کند می‌گذرد.



شکل N-۱: چند خطی کردن منحنی ظرفیت

۳-۸- زمان تناوب اصلی موثر ساختمان

زمان تناوب اصلی موثر ساختمان،  $T_e$  با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

که در آن  $T_i$  (بر حسب ثانیه) زمان تناوب اصلی ارتجاعی است، که با تحلیل مدل سازه با فرض رفتار خطی به دست می‌آید،  $K_i$  سختی جانبی ارتجاعی سازه (شیب خط مماس بر منحنی ظرفیت سازه در مبدا) در جهت موردنظر و  $K_e$  سختی جانبی موثر سازه در جهت موردنظر می‌باشد (شکل ۱).

۳-۹- ضریب اضافه مقاومت

ضریب اضافه مقاومت برابر نسبت برش پایه در هنگام تشکیل سازوکار خمیری کلی در سازه به برش پایه در هنگام تشکیل اولین مفصل پلاستیک می‌باشد. در روش تحلیل استاتیکی غیر خطی، برش پایه در هنگام تشکیل سازوکار خمیری کلی برابر برش پایه جاری شدن موثر سازه  $V_y$  فرض می‌شود. در این روش برای تعیین ضریب مقاومت افزون، باید کمترین ضریب حاصل از دو توزیع بار جانبی، اختیار شود.

۳-۱۰- تغییر مکان هدف

مقدار تغییر مکان هدف در نقطه کنترل باید با استفاده از روشهای معتبر محاسبه شود. این مقدار را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\delta_t = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

که در آن  $T_e$  زمان تناوب اصلی موثر ساختمان برای امتداد موردنظر،  $g$  شتاب ثقل و  $S_a$  شتاب طیفی در زمان تناوب اصلی موثر می‌باشد.

ضریب  $C_0$  با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C_0 = \phi_{1,r} \frac{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{1,i}}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{1,i}^2}$$

که در آن  $w_i$  و  $\phi_{1,i}$  به ترتیب وزن موثر لرزه ای و مولفه بردار شکل مد اول در تراز  $i$  می باشند.  $\phi_{1,r}$  نیز مولفه بردار شکل مد اول در تراز نقطه کنترل می باشد.

ضریب  $C_1$  از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$T_e \geq T_s \rightarrow C_1 = 1.0$$

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{1.0 + [R_d - 1] \frac{T_s}{T_e}}{R_d}$$

در این رابطه  $T_s$  پارامتر نوع زمین است که از جدول ۳ فصل ۲ این استاندارد به دست می آید و  $R_d$  نسبت مقاومت است که از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$R_d = \frac{S_a}{V_y/W}$$

در این رابطه  $S_a$  شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر  $T_e$  و  $W$  وزن موثر لرزه ای است. مقدار شتاب طیفی برای زلزله طرح برابر  $ABI$  برطبق فصل ۲ این استاندارد می باشد.

### ۱۱-۳- اثرات پیچش

در مورد ساختمانهای «انعطاف پذیر پیچشی» که پیچش در مود اول یا دوم آنها حاکم باشد، الگوهای متداول تحلیل استاتیکی غیرخطی می‌توانند موجب تخمین کمتر از واقع تغییرمکانها در سمت سخت (مقاوم) ساختمان گردند. در مورد چنین ساختمانهایی تغییرمکانهای سمت سخت (مقاوم) آنها باید در مقایسه با ساختمانهای متعادل پیچشی افزایش یابد. در صورتیکه از ضریب بزرگنمایی برای تغییرمکانهای سمت سخت (مقاوم) استفاده گردد، شرایط مورد نظر این بند را می‌توان ا قناع شده فرض نمود. این ضریب بزرگنمایی می‌تواند از تحلیل خطی دینامیکی طیفی مدل سه بعدی ساختمان به دست آید.

### ۱۲-۳- معیارهای پذیرش

۱۲-۳-۱. طراحی سازه باید بنحوی انجام شده باشد که مقاومت سازه در نقطه رسیدن به

تغییرمکانی معادل ۱۲۵ درصد تغییرمکان هدف، کمتر از برش پایه جاری شدن موثر سازه  $V_y$  نباشد.

۳-۱۲-۲. حداکثر تغییر مکان نسبی سازه در تغییر مکان هدف نباید بیشتر از ۱۲۰٪ مقادیر مجاز معرفی شده در بند ۲-۵-۳ این استاندارد باشد.

۳-۱۲-۳. کنترل مقاومت اعضا در خصوص تلاشهای کنترل شونده توسط تغییر شکل، با توجه به بازتابهای حاصل از تحلیل ضروری نیست. در مورد آن دسته از تلاشها که کنترل آنها با توجه به ضرایب مقاومت افزون در روشهای تحلیل خطی ضروری است، مقادیر تلاشهای حاصل از تحلیل غیر خطی در تغییر مکان هدف را باید بدون ضرب کردن در ضریب اضافه مقاومت مورد استفاده قرار داد. در صورتیکه این تلاشها از ظرفیت کرانه پایین آنها بیشتر نباشد، قابل قبول تلقی می گردد.

۳-۱۲-۴. ارزیابی کفایت ظرفیت اعضا و اتصالات در تحمل تغییرشکلها و نیروهای نیاز لرزه ای بر اساس نتایج مطالعات آزمایشگاهی برای مدل‌های مشابه آن اعضا و اتصالات انجام گردد. تغییر شکل عضوی که وظیفه تحمل بار ثقیلی را دارد نباید بیشتر از هر یک از مقادیر زیر باشد: الف) دو سوم تغییر شکلی که در آن عضو ظرفیت باربری ثقیلی را از دست می دهد، و ب) دو سوم تغییر شکلی که در آن مقاومت عضو به کمتر از ۷۰ درصد مقاومت حداکثر آن افت می کند. در مورد تغییر شکل عضوی که وظیفه باربری ثقیلی ندارد کفایت شرط ب) برآورده شود. بجای انجام مطالعات آزمایشگاهی می توان از روابط معیار پذیرش ایمنی جانی در نشریه ۳۶۰ نیز برای تعیین ظرفیت تغییر شکل اعضا استفاده نمود.

۳-۱۳-۱. اگر ضریب  $R_d$  از مقدار ضریب رفتار سازه تقسیم بر ضریب مقاومت افزون سازه (جدول ۶ این استاندارد)، بیشتر باشد سازه طراحی شده باید به تایید شخص حقیقی یا حقوقی مستقل با صلاحیت رسانده شود. در این بررسی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

الف - سازگاری مشخصات سازه با داده های به کار برده شده در مدل تحلیلی،

ب - سازگاری ظرفیت های اعضای سازه با نتایج به دست آمده از تحلیل.

#### ۴- تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی

۴-۱- در این روش، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان در تراز پایه و محاسبه پاسخ مدل ریاضی سازه که در برگیرنده رفتار فرا ارتجاعی آن است، انجام می شود. مدل مذکور باید با توجه به ضوابط بندهای ۱ و ۲ پیوست حاضر تهیه شده باشد. در این مدل تکیه گاه سازه می تواند صلب فرض شود. استفاده از فرضهای مناسب در خصوص سختی و ظرفیت باربری پی با توجه ویژگیهای خاک و در نظر گرفتن تکیه گاه انعطاف پذیر برای سازه نیز مجاز است.

۴-۲- شتاب‌نگاشتهایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا، در هنگام وقوع زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است

حداقل سه زوج شتاب نگاشت متعلق به مولفه‌های افقی سه زلزله مختلف ثبت شده که دارای ویژگیهای مذکور در بند ۲-۵-۳-۱ این استاندارد باشند، انتخاب گردند. در مواردی که تعداد مورد نیاز از زوج شتاب‌نگاشت‌های مناسب ثبت شده در دسترس نباشد، می‌توان از زوج شتاب‌نگاشت‌های شبیه‌سازی شده مناسب برای تکمیل تعداد آنها استفاده کرد. زوج شتاب‌نگاشت‌های انتخاب شده باید به روش مذکور در بند ۲-۵-۳-۲ این استاندارد به مقیاس درآورده شوند. لیکن در این محاسبات، طیف طرح باید طیف طرح استاندارد تعریف شده در بند ۲-۴-۱-۲ بدون اعمال عکس ضریب رفتار  $(1/R_u)$  در نظر گرفته شود.

#### ۳-۴- ترکیب اثر زلزله با بارهای ثقلی

در این تحلیل، اثر زلزله در دو امتداد افقی با استفاده از زوج شتاب نگاشت‌ها اعمال می‌شود. ضمناً لازم است در هنگام اثر زلزله بارهای ثقلی نیز مطابق بند ۱ پیوست حاضر به مدل سازه اعمال شود. اثرات  $P - \Delta$  نیز در انجام این تحلیل باید در نظر گرفته شود

تبصره: در مورد ساختمانهای منظمی که دارای یک یا چند ستون مشترک بین دو یا چند قاب سیستم باربر جانبی در جهات مختلف نباشند، می‌توان تحلیل را در هر امتداد اصلی افقی بطور مستقل انجام داد. در این حالت شتاب‌نگاشت‌های انتخاب شده باید شرایط مذکور در بند ۴-۲ را دارا باشند، لیکن در مقیاس نمودن آنها دیگر نیازی به تهیه طیف SRSS زوج مولفه‌ها نبوده و شتاب نگاشت‌های انتخابی باید با مقایسه طیف پاسخ آنها با طیف طرح مقیاس شوند.

#### ۴-۴- پارامترهای بازتاب سازه

در تحلیل تاریخیچه زمانی بازتاب نهایی سازه شامل تلاشهای ایجاد شده در اعضا، تغییر شکل اعضا و تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در هر لحظه برابر با حداکثر بازتاب‌های به دست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب‌نگاشت اعمالی به سازه می‌باشد.

در این روش تحلیل، در صورت استفاده از حداقل هفت زوج شتاب‌نگاشت می‌توان مقدار متوسط بازتاب‌های به دست آمده از آنها را به عنوان بازتاب نهایی تلقی کرد.

#### ۴-۴-۱. مقاومت اعضا

در این روش کنترل مقاومت اعضا در خصوص تلاشهای کنترل شونده توسط تغییر شکل، با توجه به بازتاب‌های حاصل از تحلیل ضروری نیست. در مورد آن دسته از تلاشها که کنترل آنها با توجه



به ضرایب اضافه مقاومت در روشهای تحلیل خطی ضروری است، مقادیر تلاشهای حاصل از در تحلیل غیر خطی را باید بدون ضرب کردن در ضریب اضافه مقاومت مورد استفاده قرار داد. صورتیکه این تلاشها از ظرفیت کرانه پایین آنها بیشتر نباشد، قابل قبول تلقی می گردد.

#### ۲-۴-۴. تغییر شکل اعضا

ارزیابی کفایت ظرفیت اعضا و اتصالات در تحمل تغییرشکلهای و نیروهای نیاز لرزه ای بر اساس نتایج مطالعات آزمایشگاهی برای مدلها ی مشابه آن اعضا و اتصالات انجام گردد. تغییر شکل عضوی که وظیفه تحمل بار ثقلی را دارد نباید بیشتر از هر یک از مقادیر زیر باشد: الف) دو سوم تغییرشکلی که در آن عضو ظرفیت باربری ثقلی را از دست می دهد، و ب) دو سوم تغییرشکلی که در آن مقاومت عضو به کمتر از ۷۰ درصد مقاومت حداکثر آن افت می کند. در مورد تغییر شکل عضوی که وظیفه باربری ثقلی ندارد کفایت شرط ب) برآورده شود. بجای انجام مطالعات آزمایشگاهی می توان از روابط معیار پذیرش ایمنی جانی در نشریه ۳۶۰ نیز برای تعیین ظرفیت تغییر شکل اعضا استفاده نمود.

#### ۳-۴-۴. تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

تغییر مکان جانبی نسبی طبقات حاصل از تحلیل غیر خطی نباید از ۱۲۰٪ مقدار مجاز معرفی شده در بند ۲-۵-۳ این استاندارد تجاوز نماید.

۴-۵- سازه طراحی شده بر اساس تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی باید به تایید شخص حقیقی یا حقوقی مستقل با صلاحیت رسانده شود. در این بررسی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

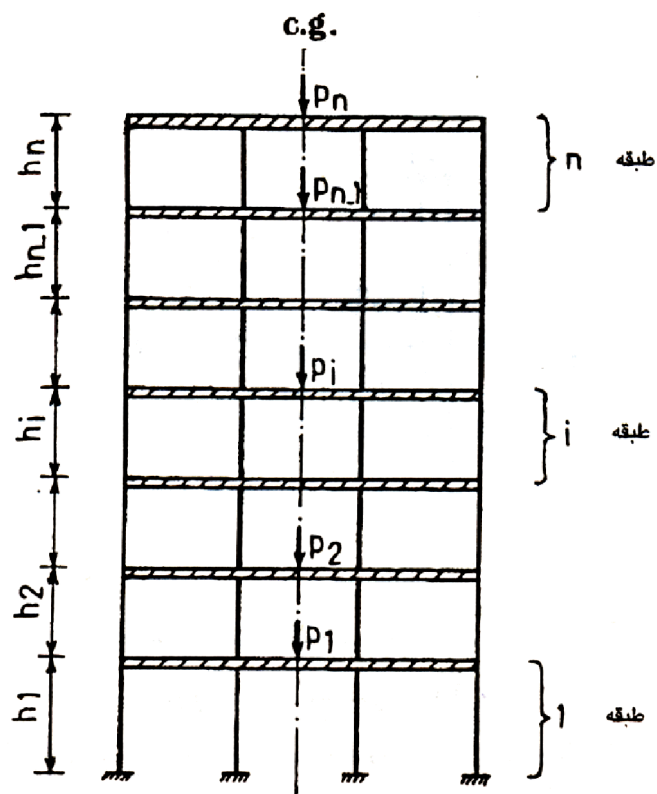
الف- شتابنگاشت های به کار گرفته شده در تحلیل،

ب- سازگاری مشخصات سازه با داده های به کار برده شده در مدل تحلیلی،

پ- سازگاری ظرفیت های اعضای سازه با نتایج به دست آمده از تحلیل.

# پیوست ۳

اثر  $P - \Delta$



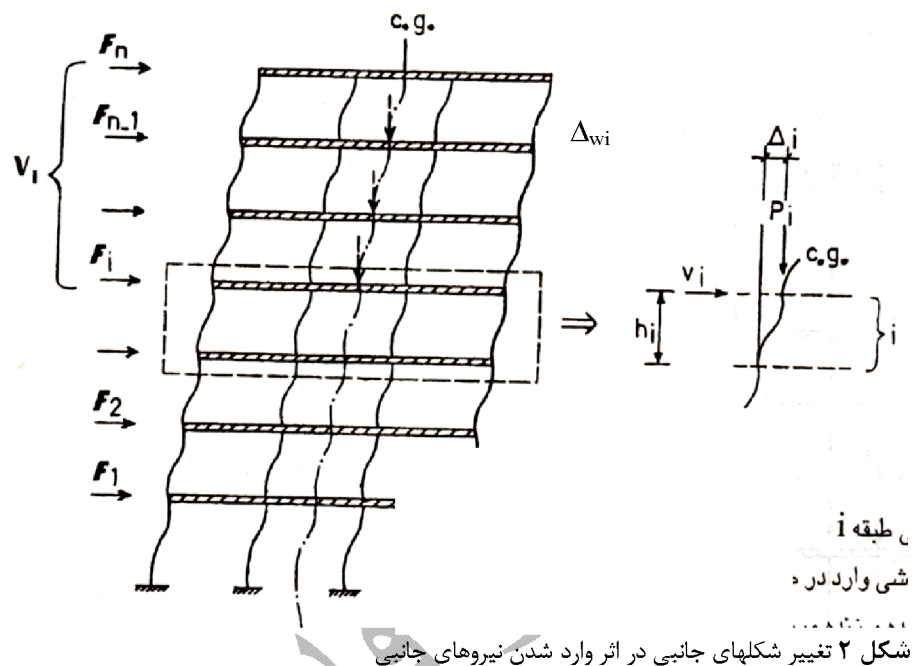
مرکز جرم = c.g.

مرکز جرم

شکل ۱ سازه چند طبقه تحت اثر بارهای قائم

## ۱- کلیات، تعاریف و مفاهیم:

اثرات  $P-\Delta$  در هر طبقه به دلیل برون محوری بارهای ثقلی طبقات بالای طبقه  $i$  (طبقه مورد نظر) که نیروی  $P_i$  (یا  $P$ ) نامیده می شود ایجاد می گردند. در صورتیکه تغییر مکان جانبی طبقه  $i$  در اثر نیروهای جانبی زلزله،  $\Delta$  باشد، به لنگر ایجاد شده در هر طبقه، لنگری که مقدار آن برابر با حاصلضرب  $P$  و  $\Delta$  است اضافه می گردد. شکل ۱ حالت تغییر شکل نیافته یک ساختمان  $n$  طبقه و شکل ۲ حالت تغییر شکل یافته همان ساختمان در اثر بارهای جانبی را نشان می دهد. در این پیوست اثرات  $P-\Delta$  در یک ساختمان متقارن مورد بررسی قرار می گیرد، هر چند تعمیم همین بحث می تواند ساختمان های غیر متقارن (همراه با پیچش) را نیز در بر گیرد.



$M_i$  = لنگر اولیه طبقه بر اثر برش وارد بر طبقه  $i$

$\Delta_{wi}$  = تغییر مکان نسبی اولیه طبقه  $i$

$V_i$  = مجموع نیروی برش وارد در طبقه  $i$

$P_i$  = مجموع بارهای مرده و زنده مربوط در طبقات  $i$  تا  $n$

$h_i$  = ارتفاع طبقه  $i$

$c.g.$  = مرکز جرم

لنگر ثانویه وارد به طبقه  $i$  بر اثر پدیده  $P-\Delta$  برابر است با:

$$\Delta M_i = P_i \Delta_{wi} \quad (1)$$

لنگر اولیه طبقه بر اثر برش وارد بر طبقه  $i$  برابر است با:

$$M_i = V_i h_i \quad (2)$$

برش اضافه در حالت رفتار ارتجاعی طبقه بر اثر  $P\Delta$  در طبقه  $i$  برابر است با:

$$\Delta V_i = \frac{\Delta M_i}{h_i} = \frac{P_i \Delta_{wi}}{h_i} \quad (3)$$

نسبت  $\Delta M_i$  ایجاد شده بر اثر  $P-\Delta$  به لنگر اولیه بر اثر برش،  $M_i$ ، شاخص پایداری طبقه نامیده شده و با علامت  $\theta_i$  نشان داده می شود:

$$\theta_i = \frac{\Delta M_i}{M_i} = \left( \frac{p \Delta_w}{Vh} \right)_i \quad (4)$$

اهمیت اثرات  $P-\Delta$  بر اساس مقدار شاخص پایداری تعیین می شود. اگر مقدار این شاخص از  $\theta_{max}$  مطابق رابطه زیر بیشتر باشد، سازه در طبقه مورد نظر ناپایدار محسوب شده و باید در طراحی آن تجدید نظر گردد.

$$\theta_{max} = \frac{0.65}{C_d} \leq 0.25 \quad (5)$$

در صورتیکه مقدار شاخص پایداری طبقه کمتر از ۱۰ درصد باشد، اثرات  $P-\Delta$  در طبقه مورد نظر قابل اهمیت نیست.

در صورتیکه  $0 < \theta_i < \theta_{max}$  باشد باید نیروها و تلاش های ثانویه محاسبه و طراحی اعضا از نظر پایداری با استفاده از رهنمودهای زیر کنترل گردد.

## ۲- محاسبه تغییر مکان نسبی و نیروی برشی معادل طبقه

مجموع لنگر در حالت رفتار ارتجاعی برابر است با:

$$M_i + \Delta M_i = M_i + P_i \Delta_{wi} = M_i (1 + \theta_i) \quad (6)$$

از طرف دیگر لنگر اضافی  $\Delta M_i$  خود ایجاد یک تغییر مکان اضافی در طبقه  $i$  می نماید که این تغییر مکان نیز بنوبه خود اثرات  $P-\Delta$  و در نتیجه لنگر اضافی جزئی تری را ایجاد می نماید. لنگر طبقه در نهایت برابر خواهد بود با:

$$M_{ip\Delta} = M_i (1 + \theta_i + \theta_i^2 + \theta_i^3 \dots) \quad (7)$$

با توجه به حد سری ها، مقدار حد سری داخل پرانتز برابر با  $\frac{1}{1-\theta_i}$  است و خواهیم داشت:

$$M_{ip\Delta} = M_i \left( \frac{1}{1-\theta_i} \right) \quad (8)$$

در سازه های تحت اثر زلزله، بدلیل رفتار غیر ارتجاعی سازه، تغییر مکان طبقات که از محاسبات ارتجاعی سازه در برابر بارهای جانبی زلزله مطابق ضوابط بندهای ۳-۳ و ۴-۳ آیین نامه بدست می آید، نمایانگر تغییر مکان جانبی غیرارتجاعی طبقه در یک زلزله شدید نمی باشد. تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی در این آیین نامه از رابطه (۹-ب) برآورد می شود:

$$\bar{\Delta}_{ei} = \frac{\bar{\Delta}_{ei}}{1 - \theta_i} \quad (9-الف)$$

$$\bar{\Delta}_{Mi} = C_d \bar{\Delta}_{ei} \quad (9-b)$$

بنابراین برای کنترل تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طرح طبقات، تغییر مکان بدست آمده از رابطه (9-b) با مقادیر مجاز، بند 3-6-3 آیین نامه مقایسه می گردد.

در محاسبه مقدار برش معادل طبقه با منظور نمودن اثرهای  $P-\Delta$ ، یعنی  $V_{ip\Delta}$ ، می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$V_{ip\Delta} = V_i \left( \frac{1}{1 - \theta_i} \right) \quad (10)$$

### 3- روش استفاده از برنامه های کامپیوتری

برنامه های کامپیوتری متعددی وجود دارند که در آنها اثرهای  $P-\Delta$  به شکلهای مختلف منظور می گردند. در هنگام استفاده از چنین برنامه هایی باید فرضیات و روش انجام آنالیز  $P-\Delta$  برای استفاده کننده کاملاً معلوم و مشخص باشد.

از طرف دیگر مقدار تغییر مکانهای جانبی نسبی غیرخطی طرح در برنامه های تحلیل خطی تعیین نمی گردد. بنابراین برای تعیین تغییر مکانهای جانبی نسبی غیرخطی طرح باید تغییر مکانهای حاصله از تحلیل خطی با در نظر گرفتن اثرات  $P-\Delta$  را نیز با ضریب  $C_d$  افزایش داد.

### 4- روش های طراحی اجزاء سازه ای

4-1 در صورتیکه در نیروها و تغییر مکانهای بدست آمده از آنالیز ارتجاعی سازه اثرات  $P-\Delta$  به نحوی که در این پیوست آمده است منظور شده باشد، تغییرات زیر باید در روابط طراحی این اجزا انجام شود:

الف- در سازه های بتن مسلح که در حالت حدی مقاومت طراحی می گردند و در طراحی ستونها از روش تشدید لنگرها استفاده شده است (آیین نامه بتن ایران)، مقدار لنگر بحرانی ستونها با جایگزین کردن عدد یک بجای  $\delta_s$  مطابق رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$M_c = \delta_b M_{rb} + M_{rs} \quad (11)$$

ب- در سازه های فولادی که با روش بار مجاز طراحی می گردند، در صورتیکه نسبت تنش محوری عضو فشاری

به تنش مجاز محوری  $\left( \frac{f_a}{F_a} \right)$  از 0/15 کمتر باشد به هیچ تغییری در ضوابط آیین نامه طراحی نیاز نیست.

در صورتیکه  $\frac{f_a}{F_a} > 0/15$  باشد روابط زیر باید کنترل گردند:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{F_{by}} \leq 1/0 \quad (12)$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1/0 \quad (13)$$

پ- در سازه های فولادی که در حالت حدی مقاومت، طراحی می گردند، باید مشابه بند ۴- الف عمل گردد.

۴-۲- در صورتیکه آنالیز  $P-\Delta$  با استفاده از نرم افزاریهای تحلیل کامپیوتری انجام شود، اثرات تغییرات تلاش ها در اثر  $P-\Delta$  در دو انتهای کلیه اعضاء (تیرها و ستونها و مهارهای جانبی) بصورت طبیعی منظور گردیده و کلیه گره ها دارای تعادل استاتیکی هستند، حال آنکه در صورت استفاده از روش های دستی ضروری است لنگرهای اضافی انتهای ستونها در اثر  $P-\Delta$  در هر گره بین تیرهای طرفین آن گره به نسبت سختی آنها توزیع گردد.

# پیوست ۴

دیافراگم ها

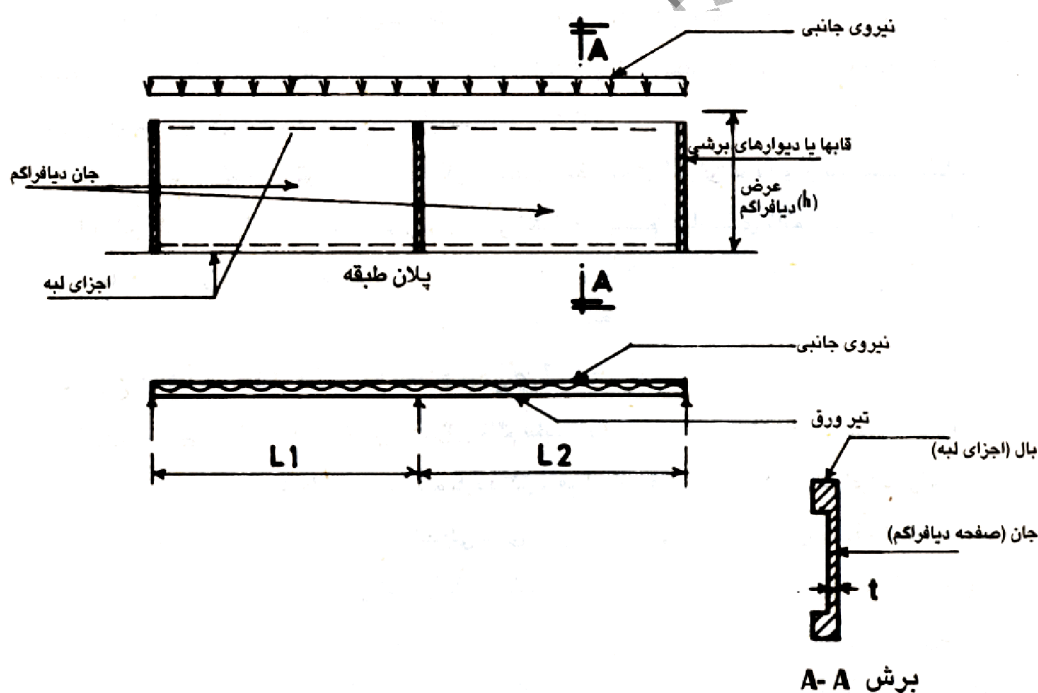
غیر قابل استناد



## ۱- تعریف و عملکرد

مجموعه سیستم مقاوم ساختمانها در برابر نیروهای جانبی معمولاً از دو قسمت اجزای قائم و اجزای افقی (یا تقریباً افقی) تشکیل می شود. اجزای افقی نیروهای افقی زلزله و باد را به اجزای قائم منتقل نموده و اجزای قائم نیز این نیروها را به شالوده ها و نهایتاً به زمین منتقل می نمایند. به اجزای افقی یا تقریباً افقی منتقل کننده نیروهای جانبی «دیافراگم افقی» و یا به طور اختصار «دیافراگم» گفته می شود. در ساختمانهای متعارف دیافراگم ها شامل کفها و سقفها (افقی و یا با شیب کم) می باشند. در چنین ساختمانهایی دیافراگم ها وظیفه باربری قائم (ثقلی) را بطور همزمان عهده دارند. در ساختمانهای صنعتی بطور کلی بادبندیهای افقی (یا تقریباً افقی) نقش انتقال نیروهای افقی به اجزای قائم (قابها) را عهده دار هستند و بنابراین دیافراگم محسوب می گردند.

برای سهولت دیافراگم را می توان مشابه یک تیر ورق تصور نمود که بر روی تکیه گاههایی که همان اجزای قائم باربر جانبی می باشند (قابها و دیوارهای برشی) واقع شده است (شکل ۱)



شکل (۱) نمونه ای از دیافراگم

جان تیر ورق همان صفحه افقی دیافراگم بوده و بالهای آن اجزای لبه دیافراگم را شامل می شوند. لیکن باید توجه داشت به واسطه بزرگی نسبت عرض دیافراگم ها (h) به دهانه آنها ( $L_1$  یا  $L_2$ ) معمولاً این اجزا بعنوان تیرهای عمیق (تیر تیغه) محسوب شده و دیگر فرض مستوی ماندن مقاطع هنگام خمش در آنها صادق نیست.

در تغییر شکل تیر تیغه باید علاوه بر اثرهای تغییر شکلهای خمشی، اثرهای تغییر شکلهای برشی نیز منظور گردد.

دیافراگم ها باید با توجه به فرضیات منظور شده در محاسبات کل سازه در برابر بارهای جانبی دارای سختی و صلبیت مناسب همراه با مقاومت کافی بوده و طوری با سایر قطعات سازه درگیر شده باشند که سازه و دیافراگم هنگام زلزله یکپارچه باقی بمانند.

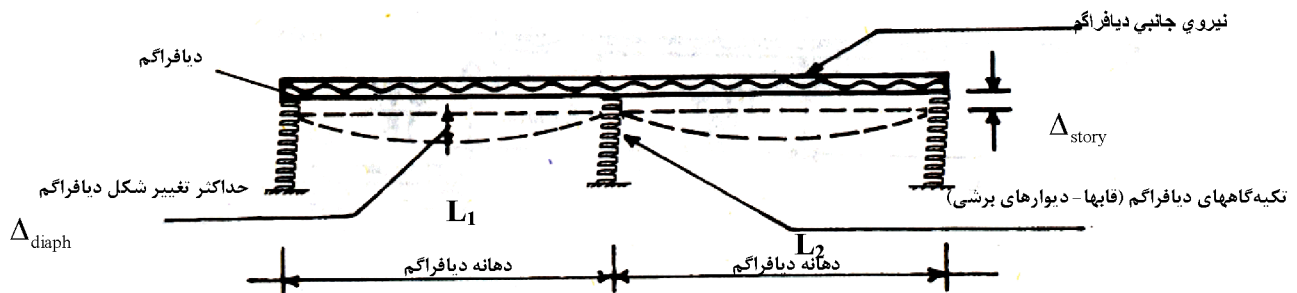
## ۲- انواع دیافراگم ها از نظر جنس و سیستم ساختمانی

دیافراگم ها ممکن است از کفهای ساخته شده از بتن آرمه در جا ریخته شده، شامل تیرچه بلوک (با بتن مسلح مناسب رویه)، ورقهای ساده یا موجدار فلزی، ورقهای موجدار فلزی با بتن آرمه رویه بصورت مرکب، کفهای چوبی، کفهای ساخته شده از قطعات بتن پیش ساخته همراه با بتن رویه، کفهای ساخته شده از قطعات بتن پیش ساخته با اتصالات خشک و یا تر با یکدیگر و بدون بتن رویه، طاق های ضربی (با مهاربندی) و غیره تشکیل شده باشند.

همچنین دیافراگم ها می توانند شامل مهاربندی های افقی که از اجزای فولادی و یا بتنی ساخته شده اند نیز باشند. طراحی سیستم مهاربندی افقی مشابه سیستم مهاربندی قائم بوده و از ضوابط آئین نامه های مربوط استفاده می گردد.

## ۳- انواع دیافراگم ها از نظر صلبیت و انعطاف پذیری

نیروی جانبی هر دیافراگم باید بین اجزای قائم سیستم باربری جانبی با توجه به سختی دیافراگم نسبت به سختی اجزای سازه ای قائم تقسیم گردد. در واقع اجزای قائم مانند تکیه گاههای دیافراگم (تیر ورق) عمل می نمایند. جامعترین روش تحلیلی برای تعیین نیروهای داخلی دیافراگم ها (تلاش ها) و توزیع مناسب نیروهای جانبی بین اجزای باربر قائم، مدل نمودن دیافراگم به صورت اجزای محدود (finite elements) همراه با اجزای تیر، ستون و دیوارهای برشی در یک مدل سه بعدی کلی می باشد. لیکن به منظور صرفه جوئی در وقت در دیافراگم های متعارفی که فاقد بازشوهای بزرگ و نزدیک بهم بوده و دارای پلان نسبتاً منظمی می باشند، مطلوب تر است که از روش های ساده شده استفاده شود. شکل (۲) وضعیت تغییر مکان و تغییر شکل کلی تیر تیغه (دیافراگم) و تکیه گاههای آن (قابها و دیوارهای برشی) را نشان می دهد.



شکل ۲

بر طبق بند ۳-۸-۱ این استاندارد دیافراگم‌ها با توجه به نسبت  $\frac{\Delta_{diaph}}{\Delta_{story}}$  به سه دسته نرم، نیمه صلب و صلب

تقسیم می‌شوند

تغییر مکان نسبی =  $\Delta_{story}$

حداکثر تغییر شکل دیافراگم =  $\Delta_{diaph}$

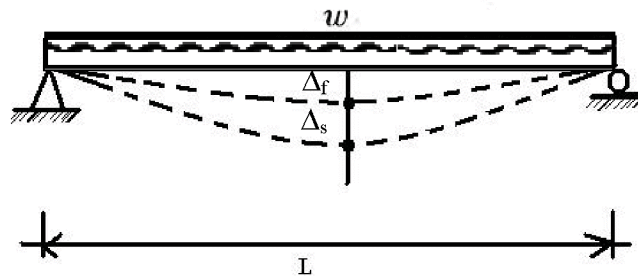
#### ۴- تغییر شکل دیافراگم‌ها

با توجه به اینکه متداولترین نوع دیافراگم در ایران دیافراگم‌های بتن مسلح می‌باشد، در ادامه روش تعیین صلبیت این گونه دیافراگم‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد تغییر شکل کلی هر دیافراگم ( $\Delta_{story}$ ) تحت اثر بارهای جانبی وارد بر آن از دو قسمت تغییر شکل خمشی ( $\Delta_f$ ) و تغییر شکل برشی ( $\Delta_s$ ) تشکیل می‌گردد.

$$\Delta_{story} = \Delta_f + \Delta_s$$

در تیرهای معمولی (غیر تیغه) مقدار تغییر شکل‌های برشی جزئی بوده و از آن صرف‌نظر می‌شود لیکن در تیر تیغه، مقدار تغییر شکل‌های برشی عمده بوده و باید منظور گردند. روش برآورد تغییر شکل‌های خمشی تیر تیغه، مشابه تیرهای معمولی است. مثلاً در تیرساده شکل (۳) مقدار حداکثر  $\Delta_f$  را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:



شکل (۳)

$$\Delta_f = \frac{5wL^4}{384EI}$$

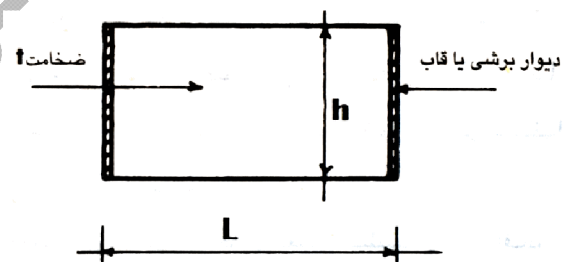
$w$  = بار گسترده یکنواخت

$E$  = مدول ارتجاعی ماده

$I$  = گشتاور ماند مقطع

در دیافراگم های با ضخامت ثابت برای محاسبه  $I$  معمولاً کل مقطع دیافراگم منظور می گردد. مثلاً در شکل (۴) مقدار  $I$  برابر است با:

$$I = \frac{th^3}{12}$$



شکل (۴)

تغییر شکل برشی دیافراگم ها ( $\Delta_s$ ) به شرطی که دیافراگم به صورت تیر تیغه ساده فرض شود از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta_s = \frac{\alpha w L^2}{8AG}$$

$\alpha$  = ضریب فرم

$A$  = سطح مقطع کل دیافراگم

$G$  = مدول برشی بتن

$w$  = بار جانبی یکنواخت

در رابطه فوق  $G$  برابر با  $0/4$  مقدار مدول ارتجاعی بتن بر اساس آیین‌نامه بتن ایران،  $t$  ضخامت دیافراگم و ضریب  $\alpha$  ضریبی است که برای دالهای بتنی برابر با  $1/50$  منظور می‌شود. در سایر انواع دیافراگم‌ها مانند دیافراگم‌های ساخته شده از ورقهای موجدار با بتن رویه یا دیافراگم‌های چوبی، هر چند اصول محاسبات تغییر شکل دیافراگم مطابق روش فوق است لیکن باید بر اساس اصول مکانیک جامدات و مقاومت مصالح و رعایت شرایط سازگاری، محاسبات تغییر شکل دیافراگم انجام شود.

#### ۵- نکاتی درباره تحلیل دیافراگم‌ها

در تحلیل دیافراگم‌های چند دهانه برای تعیین نوع دیافراگم از نظر صلبیت، راه حل محافظه کارانه، منظور نمودن کل دیافراگم به صورت چند دهانه ساده می‌باشد. بررسی اجمالی یک دیافراگم، بحرانی ترین دهانه‌های آن را به وضوح مشخص می‌نماید. کنترل صلبیت دیافراگم می‌تواند فقط برای دهانه‌های بحرانی دیافراگم‌های صلب و بر اساس بارگذاری مطابق بند (۳-۳-۶) انجام شود. در صورت صلب بودن دیافراگم در چند دهانه و عدم صلبیت آن در یک دهانه ممکن است نیاز به تحلیل جامع کل دیافراگم و سازه وجود داشته باشد. از طرف دیگر در صورتی که کل سازه با فرض دیافراگم صلب تحلیل شده باشد می‌توان مجموع دیافراگم را به صورت یک تیر ممتد چند دهانه بر روی تکیه گاههای صلب و با منظور نمودن سختی‌های خمشی (گشتاور ماند) متفاوت و سطوح مقطع برشی موثر متفاوت در دهانه‌های مختلف و قسمت‌های مختلف هر دو دهانه تحلیل نمود. بر این اساس تغییر مکانهای حداکثر دهانه‌های مختلف را با تغییر مکانهای مجاز هر طبقه مقایسه نموده و صلبیت دیافراگم را تأیید نمود. کنترل تغییر شکلهای هر دیافراگم باید در امتداد هر دو محور اصلی دیافراگم انجام گیرد.

از طرف دیگر برای تعیین تلاش‌های داخلی هر دیافراگم بعد از تعیین میزان صلبیت آن باید نیروهای طراحی مطابق بند (۳-۸-۲) آیین‌نامه ملاک عمل قرار گیرد. توزیع افقی نیروهای برشی بین تکیه گاههای دیافراگم (عناصر قائم بار بر جانبی) با رعایت بند (۳-۳-۷-۱) آیین‌نامه صورت می‌گیرد. در صورت صلبیت دیافراگم، این توزیع به نسبت سختی جانبی هر کدام از تکیه‌گاهها (دیوار برشی، قاب، مهاربند و ...) انجام می‌شود. برای تعیین نسبت سختی جانبی عناصر قائم می‌توان تغییر مکان واحدی را در سقف طبقه مورد نظر وارد کرده و در حالتی که کلیه طبقات زیرین بدون حرکت باشند از نسبت نیروهای برشی ایجاد شده در عناصر قائم بار بر جانبی آن طبقه استفاده کرد.

#### ۶- نکاتی درباره طراحی دیافراگم‌ها

ضخامت حداقل دیافراگم‌های بتنی و یا بتن رویه دیافراگم‌های ساخته شده از ورق و یا قطعات پیش ساخته نباید از ۵ سانتیمتر کمتر باشد. کنترل کفایت ضخامت باید با توجه به تلاش‌های داخلی دیافراگم و ضوابط آیین‌نامه بتن ایران انجام گردد. این کنترل به خصوص باید در کنار بازشوهای نسبتاً بزرگ با دقت خاص انجام

پذیرد. در صورت عدم کفایت بتن دیافراگم می توان آن را با سیستم مهاربندی فولادی مناسب نیز تقویت نمود. به طور کلی توصیه می گردد که میزان و تعداد بازشوها در دیافراگم ها به حداقل ممکن محدود گردد. کلیه اجزای متصل به دیافراگم (سازه ای یا غیر سازه ای) باید قادر به تحمل تغییر شکل دیافراگم در محل اتصال باشند.

همچنین اتصالات دیافراگم با دیوارهای برشی و یا قابهای خمشی باید به نحوی طراحی شوند که کل نیروهای وارده را تحمل نمایند.

کلیه نیروها و تلاش هایی که برای طراحی دیافراگم ها بکار می روند باید بر اساس نحوه بارگذاری مطابق بند (۳-۸) آیین نامه محاسبه شده باشند.

نیروی جانبی که باید برای طراحی دیافراگم منظور شود شامل نیروی اینرسی ایجاد شده در اثر وزن خود دیافراگم و همچنین وزن قطعات سازه ای و غیر سازه ای متصل به آن می باشد. علاوه بر آن دیافراگم ها باید نیروهای جانبی سازه های باربر جانبی را که در محل دیافراگم جابجا یا قطع شده اند تحمل نمایند.

# پیوست ۵

اندر کنش خاک و سازه

غیر قابل استناد

## کلیات

چنانچه در نظر باشد اثرات اندرکنش خاک و سازه در تحلیل سازه لحاظ شود پیوست حاضر می تواند به عنوان یک روش قابل قبول مورد استفاده قرارگیرد تا نیروهای ناشی از زلزله و تغییر فرمهای ایجاد شده در سازه محاسبه شود. روش حاضر زمانی می تواند مورد استفاده قرار گیرد که در هنگام مدلسازی و تحلیل سازه از فرض تکیه گاه ثابت استفاده شده باشد و سازه بر روی زمین های نوع I، II یا III قرار گرفته باشد. به عبارت دیگر چنانچه در مدلسازی سازه اثرات انعطاف پذیری پی به طور صریح با استفاده از روشهای معتبر مکانیک خاک لحاظ شده باشد، استفاده از روش حاضر مجاز نمی باشد.

### ۱- روش تحلیل استاتیکی معادل

#### ۱-۱- نیروی برشی پایه

نیروی برشی پایه،  $V$ ، محاسبه شده بر طبق بند ۳-۳-۱ این استاندارد در این روش تحلیل می تواند بر طبق رابطه زیر کاهش یابد و برابر  $V_e$  اختیار گردد

$$V_e = V - \Delta V \quad (۱)$$

در این رابطه مقدار کاهش نیروی برشی ( $\Delta V$ ) از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\Delta V = \left[ C - \bar{C} \left( \frac{0.05}{\beta_e} \right)^{0.4} \right] \bar{W} \leq 0.15W \quad (۲)$$

در رابطه فوق

$C$  = ضریب زلزله است که با استفاده از رابطه ۳-۱ این استاندارد و با فرض زمان تناوب  $T$  در حالت سازه دارای تکیه گاه ثابت محاسبه می شود.

$\bar{C}$  = ضریب زلزله که با استفاده از رابطه ۳-۱ این استاندارد و با فرض زمان تناوب موثر  $T_e$  محاسبه می شود.  $T_e$  بر طبق ضوابط بند ۱-۲ این پیوست محاسبه می شود.

$\beta_e$  = در صد میرایی بحرانی موثر برای سیستم سازه و پی که بر طبق ضوابط بند ۱-۳ این پیوست محاسبه می شود.

$\bar{W}$  = وزن موثر لرزه ای در محاسبات اندر کنش که برابر  $0.7W$  در نظر گرفته می شود. در مورد سازه هایی که فقط دارای یک جرم متمرکز در یک تراز هستند،  $\bar{W}$  برابر  $W$  می باشد.

#### ۱-۲- زمان تناوب موثر سازه

زمان تناوب اصلی موثر سازه با در نظر گرفتن اثرات انرکنش خاک و سازه،  $T_e$ ، از رابطه زیر به دست می

آید:



$$T_e = T \sqrt{1 + \frac{\bar{K}}{K_y} \left(1 + \frac{K_y \bar{h}^2}{K_\theta}\right)} \quad (3)$$

در این رابطه :

$T$  = زمان تناوب اصلی سازه در حالت تکیه گاه ثابت است که بر اساس بند ۳-۳-۶ آیین نامه محاسبه می شود.

$\bar{K}$  = سختی سازه در حالت تکیه گاه ثابت که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\bar{K} = 4\pi^2 \left( \frac{\bar{W}}{gT^2} \right) \quad (4)$$

$\bar{h}$  = ارتفاع موثر سازه که برابر ۰/۷ ارتفاع کل سازه در نظر گرفته می شود. در خصوص سازه هایی که فقط دارای یک جرم متمرکز در یک تراز هستند، ارتفاع موثر برابر ارتفاع سازه می باشد.

$K_\theta$  = سختی حرکت گهواره ای پی

$K_y$  = سختی حرکت جانبی پی

$g$  = شتاب ثقل

سختی های حرکت جانبی و گهواره ای پی  $K_y$  و  $K_\theta$  می باید بر اساس مشخصات خاک و اصول مهندسی پی محاسبه شود.

در حالتیکه سازه بر روی پی سطحی گسترده در نزدیکی سطح زمین قرار گرفته باشد و یا در عمقی مدفون باشد که تماس دیوارهای جانبی با خاک در هنگام زلزله طرح را نتوان موثر در نظر گرفت، به جای استفاده از رابطه ۳ می توان زمان تناوب را از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$T_e = T \sqrt{1 + \frac{25\alpha r_a \bar{h}}{V_s^2 T^2} \left(1 + \frac{1.12 r_a \bar{h}^2}{\alpha_\theta r_m^3}\right)} \quad (5)$$

در این رابطه:

$\alpha$  = شاخص نسبت جرم سازه به خاک است که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\alpha = \frac{\bar{W}}{\gamma A_0 \bar{h}}$$

$\gamma$  = متوسط وزن مخصوص خاک

$r_a$  و  $r_m$  = ابعاد مشخصه پی که به ترتیب زیر تعریف می شود:

$$r_a = \sqrt{\frac{A_0}{\pi}}$$

$$r_m = \sqrt[4]{\frac{4I_0}{\pi}}$$

$A_0$  = مساحت باربر پی

$I_0$  = ممان اینرسی سطح باربر پی حول محور افقی است که از مرکز سطح پی عبور کند و عمود بر امتدادی باشد که سازه در دست تحلیل است.

$\alpha_\theta$  = ضریب اصلاح سختی دینامیکی پی برای حرکت گهواره ای که از جدول ۵-۱ بدست می آید.  
جدول ۵-۱

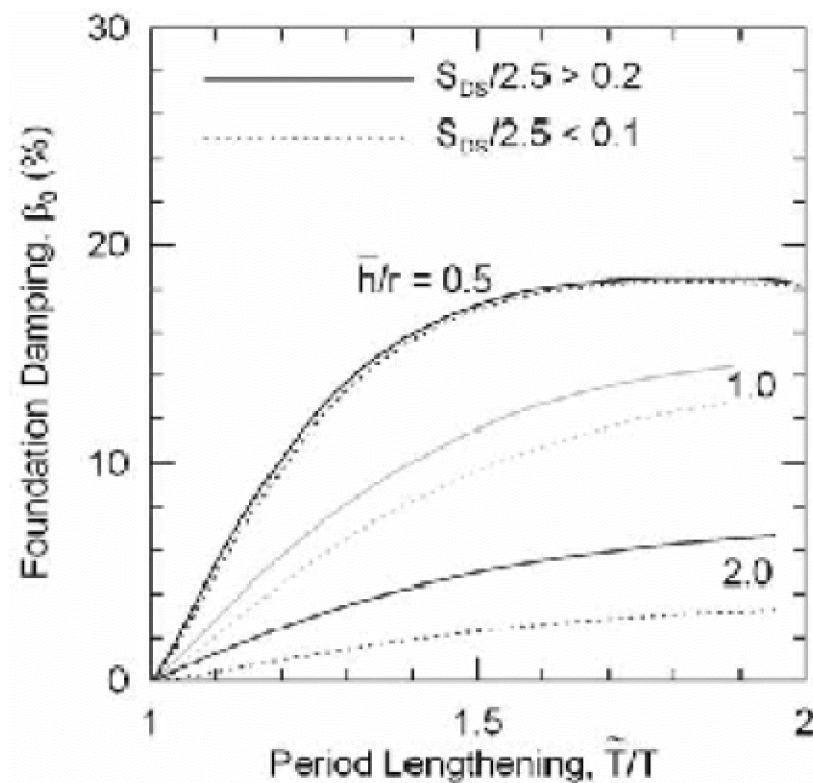
| نسبت $\alpha_\theta$ | نسبت $r_m/V_s T$ |
|----------------------|------------------|
| 1.0                  | < 0.05           |
| 0.85                 | 0.15             |
| 0.7                  | 0.35             |
| 0.6                  | 0.5              |

### ۳-۱- میرایی موثر

میرایی موثر سیستم سازه - پی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\beta_e = \beta_0 + \frac{0.05}{\left(\frac{T_e}{T}\right)^3} \quad (6)$$

در این رابطه  $\beta_0$  نسبت میرایی پی است که از شکل ۵-۱ به دست می آید:



ششک

شکل - 5- ۱. نسبت میرایی پی

در شکل 5- ۱.  $S_{DS}$  برابر حاصلضرب ضرایب  $A$  و  $(S+1)$  بخش ۲-۳ این استاندارد در نظر گرفته می شود. ضمناً  $r$  بعد مشخصه پی است که در حالتی که  $\frac{\bar{h}}{L_0} \leq 0.5$  باشد برابر  $r_a$  و در حالتی که  $\frac{\bar{h}}{L_0} \geq 1.0$  باشد برابر  $r_m$  می باشد ( $L_0$  طول شالوده در امتدادی است که سازه مورد تحلیل قرار می گیرد). برای مقادیر  $\frac{\bar{h}}{L_0}$  بین 0.5 و یک،  $r$  از طریق درون یا بی خطی به دست می آید).

استثنا: در مورد سازه هایی که بر روی پی های شمعی نقطه ای قرار گرفته اند یا آنها که خاک زیر پی متشکل از یک لایه خاک نرم است که بر روی یک خاک بسیار سخت تر قرار گرفته اند بطوریکه یک تغییر سختی ناگهانی در خاک وجود دارد، در حالتیکه  $\frac{4D_s}{V_s T_e} < 1$  باشد، در رابطه ۴ باید به جای  $\beta_0$  از پارامتر  $\beta'_0$  که از رابطه زیر به دست می آید استفاده شود ( $D_s$  ضخامت لایه خاک نرم است).

$$\beta'_0 = \left( \frac{4D_s}{V_s T_e} \right)^2 \beta_0$$

در هر حال مقدار محاسبه شده  $\beta_e$  نباید از 0.05 کمتر و از 0.2 بیشتر در نظر گرفته شود.

#### ۴-۱- توزیع نیروی جانبی در ارتفاع

نیروی برشی کاهش یافته با در نظر گرفتن اثرات اندر کنش خاک و سازه، باید به صورت مشابه با سازه با تکیه گاه ثابت و با استفاده از رابطه ۳-۶ این استاندارد در ارتفاع ساختمان توزیع شود.

#### ۵-۱- سایر اثرات اندرکنش خاک و سازه

مقادیر نیروی برشی، لنگر واژگونی و اثرات پیچش حول محور قائم ساختمان بر اساس نیروی برشی کاهش یافته که در این بخش ارائه شدند به صورت مشابه با ساختمانهای دارای تکیه گاه ثابت، محاسبه می شوند. تغییر مکان جانبی ساختمان در ترازهای مختلف با توجه به اثرات اندرکنش خاک و سازه باید از رابطه زیر محاسبه شود.

$$\bar{\delta}_x = \frac{V_e}{V} \left[ \frac{M_0 h_x}{K_\theta} + \delta_x \right] \quad (7)$$

در این رابطه:

$M_0$  = لنگر واژگونی در پایه ساختمان در حالت تکیه گاه ثابت

$h_x$  = ارتفاع تراز مورد نظر از تراز پایه

$\delta_x$  = تغییر مکان جانبی ساختمان که با اعمال نیروی برشی کاهش نیافته در حالت تکیه گاه ثابت به دست آمده است.

کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (بند ۳-۵- این استاندارد) و اثرات  $p - \Delta$  باید با توجه به تغییر مکان جانبی اصلاح شده به روش فوق انجام شود.

#### ۲- روش تحلیل دینامیکی طیفی

برای در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک سازه در تحلیل دینامیکی طیفی در هریک از امتدادهای اصلی افقی ساختمان موارد زیر باید رعایت شود.

۲-۱- مقادیر نیروی برشی پایه مودی

مقدار نیروی برشی پایه مود اول می تواند بر طبق رابطه ۸ کاهش یابد.

$$V_{e1} = V_1 - \Delta V_1 \quad (8)$$

مقدار  $\Delta V_1$  از رابطه ۲ با در نظر گرفتن وزن موثر لرزه ای مود اول،  $\bar{W}_1$ ، به جای  $\bar{W}$  به دست می آید برای استفاده از رابطه های ۲ و ۳، زمان تناوب مود اول سازه در همان امتداد اصلی افقی  $T_1$  ملاک عمل بوده و در محاسبه ارتفاع موثر  $\bar{h}$  از رابطه ۹ استفاده می شود:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^h W_i \varphi_{i1} h_i}{\sum_{i=1}^h W_i \varphi_{i1}} \quad (9)$$

در این رابطه :

$W_i$  = وزن طبقه  $i$

$h_i$  = ارتفاع تراز  $i$  از تراز پایه

$\varphi_{i1}$  = دامنه تغییر مکان جانبی تراز  $i$  در ارتعاش در مود اول که از درایه مربوطه در بردار شکل مود اول به دست می آید.

برای محاسبه نسبت میرایی موثر و ضریب  $\alpha$  نیز باید از مقادیر فوق الذکر  $\bar{W}$  و  $\bar{h}$  و  $T$  استفاده شود. کاهش در مقادیر نیروی برشی پایه سایر مود های ارتعاشی سازه مجاز نبوده و حدکثر مقدار کاهش نیروی برشی مود اول  $\Delta V_1$  نیز برابر  $0.3 V_1$  می باشد.

## ۲-۲- سایر اثرات مودی

مقادیر نیروی جانبی، نیروی برشی و لنگر واژگونی در طبقات مختلف بر اساس مقدار کاهش یافته نیروی برشی پایه در مود اول و به صورت مشابه با ساختمانهای دارای تکیه گاه ثابت محاسبه می شود. در مود های دیگر ارتعاشی، کاهش اعمال نمی شود. تغییر مکان جانبی ساختمان نیز در مود اول با توجه به اثرات اندرکنش خاک و سازه از طریق رابطه ۱۰ محاسبه می شود.

$$\bar{\delta}x_1 = \frac{V_{e1}}{V_1} \left[ \frac{M_{01} h_x}{K_\theta} + \delta_{x1} \right] \quad (10)$$

پارامتر های رابطه ۱۰ مشابه رابطه (۷) و با در نظر گرفتن پارامتر های متناظر با مود اول محاسبه می شود.

## ۲-۲- مقادیر مورد استفاده در طراحی

مقادیر نیروی برشی، لنگر، تغییر مکان جانبی و تغییر مکان جانبی نسبی مورد استفاده در طراحی باید با استفاده از ترکیب مناسب SRSS یا CQC پاسخ های مودهای مختلف محاسبه شود.