

تحليل زلزله

مؤلف : انجنیر رحیم اللہ " ستانکزی "

علل وقوع زلزله چیست؟

از میان نظریه های مختلف که به عنوان عامل اصلی زلزله ارایه شده است نظریه حرکت صفحه ایی (**Plate Tectonic**) بیشتر از همه در میان زلزله شناسان معتبر است. اساس این نظریه بر این است که کره زمین مرکب از صفحه های است که میل به لغزش دارند این صفحه که لایه لایه روی هم قرار گرفته اند، پس از لغزش، زلزله را تولید میکنند.

تعریف اصطلاحات زلزله

- ▶ **گسل یا درز (Faults)** : گسل عبارت از سطح نا پیوسته غالباً مسطح که دو مجموعه سنگی را از هم جدا میکند. گسل معرف صفحه ای است که در طول آن حرکات زمین رخ میدهد و مبدا حرکت زمین در یک زلزله از آن ناشی میشود. صفحه همه یی گسل یا درز ها در سطح قشر زمین بریده نشده تا با چشم قابل دیدن باشند و بنابراین بعضی از گسل ها در سطح زمین اثری از خود ندارد.
- ▶ **کانون زلزله (Hypocenter or Focus)** : در هر نقطه از عمق گسل یا درز ممکن است زلزله رخ دهد. نقطه یی در عمق گسل که زلزله از آن ناشی شود بنام کانون زلزله یاد میشود. امواج از این نقطه به اطراف منتشر میشوند. اگر این گسیختگی که در عمق گسل یا درز رخ داده به سطح گسل برسد، باز شدن زمین در هنگام زلزله قابل رویت خواهد بود.
- ▶ **مرکز زلزله (Epicenter)** : نقطه است در سطح زمین که منطبق بالای کانون زلزله قرار دارد.
- ▶ **فاصله کانونی (Epicentral Distance)** : فاصله نقطه احساس زلزله از مرکز زلزله می باشد.

مناطق لرزه خیز جهان

- ▶ **امریکایی شمالی** : مهمترین گسل یا درز این منطقه گسل سان اندر یاس (**San Andreas Fault**) می باشد که در غرب امریکا و در ساحل اقیانوس آرام گسترده شده است. این گسل یا درز از کرانه های ساحل کالیفورنیا (**California**) عبور کرده و منشأ زلزله های فراوانی بوده است. زلزله **سانفرانسیسکو** (1906) ، آل سنترو (1940) و **پارک فیلد** (1966) در امتداد همین گسل یا درز بوده اند. این گسل تا اکنون در حدود 30 زلزله بزرگ را ایجاد کرده است.
- ▶ **امریکای مرکزی و جنوبی** : نواحی مرزی این نواحی با اوقیانوس آرام دارای لرزه خیزی بسیار بالایی است. زلزله های مخرب زیادی را این نواحی در قرن بیستم تجربه کرده اند. از جمله زلزله های **مکزیکوستی** (1957، 1973، 1987) ، **گواتیمالا** (1976) ، **پیرو** (1970) میتوان نام برد.
- ▶ **جاپان** : این کشور از لرزه خیزی بسیار بالای برخوردار است. در تمام این کشور و بخصوص در ناحیه شرقی که مرز با اوقیانوس آرام است، زلزله های زیاد و شدیدی رخ میدهد مانند **کانتو** (1923)

مناطق لرزه خیز جهان

- ▶ **جنوب اوقیانوس آرام** : زلزله های شدیدی که در منطقه رخ داده زلزله زلاند (1931) و (فیلیپین) می باشد.
- ▶ **آسیا** : در اطراف کوههای همالیا زلزله های مخربی با بزرگی حدود 8 ریشتر اتفاق افتاده است.
- ▶ در چین گسل های بزرگی وجود دارد که باعث ایجاد زلزله های شدیدی در این منطقه شده است. مانند زلزله کانسو (1920) ، تانگشتان (1967) می باشد.
- ▶ شرق هند بویژه منطقه آسام بسیار لرزه خیز است.
- ▶ مرز چین و هند (1950) 8.6 ریشتر که بزرگترین زلزله دنیا محسوب میگردد.
- ▶ **اروپا** : فقط بخشهای جنوبی و جنوبی شرقی این قاره از جمله ایتالیا، یونان، یوگوسلاوی، رومانی و ترکیه در معرض زلزله قرار دارند. در سایر کشور های اروپایی بخصوص بخش های شمال و شمال غربی یا اصلا زلزله رخ نداده یا حد اکثر بزرگی آن از 5 ریشتر تجاوز نکرده است.

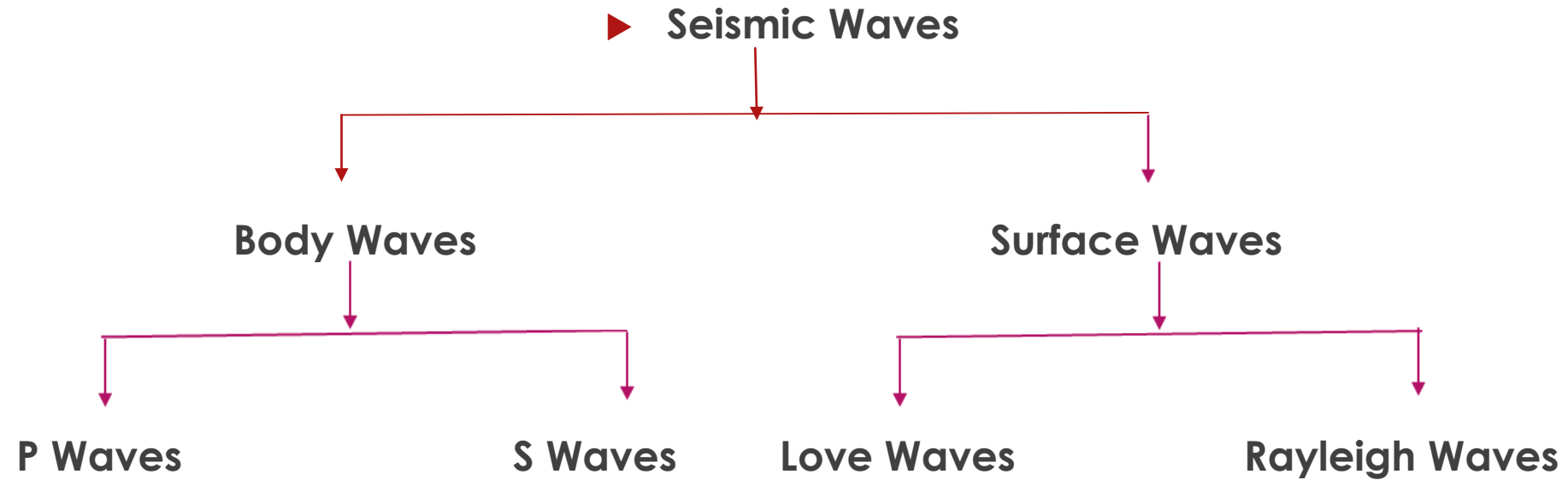
تکتونیک افغانستان

- ▶ در افغانستان گسل های فعال وجود دارد. که عبارت از **گسل چمن** ، **گسل هریرود** ، **گسل درواز** ، **گسل کنر** ، **گسل بدخشان مرکزی** ، و گسل های خورد دیگر که با گسل های بزرگ وصل شده است.
- ▶ **گسل چمن (Chaman Fault)** : بیشتر از 1000 کیلومتر طول دارد که از کوههای هندوکش شروع شده و به غرب پاکستان ممتد شده و باعث زلزله های بزرگ تاریخی در افغانستان شده است. از جمله زلزله سال 1505 میلادی که در نزدیک کابل به بزرگی 7.3 ریشتر واقع گردید که یک شکست بزرگ زمین به طول 40 – 60 کیلومتر را ایجاد کرد. گسل پغمان هم یک شاخه از این گسل است. نظر به تحقیقات لرزه شناسان سرعت لغزیدن گسل چمن در محدود 2-20 mm/yr میباشد، در حالیکه سرعت لغزش آن در انجام غربی آن که در پاکستان می باشد بیشتر از این است.
- ▶ **گسل هریرود (Hari Rud Fault)** : گسل هریرود به طول 730 کیلومتر میباشد که با گسل چمن در شمال کابل وصل شده است و از اینجا شروع شده و به طرف غرب تا سرحد ایران امتداد یافته است. نظر به تحقیقات لرزه شناسان سرعت لغزیدن این گسل در محدوده 2-3 mm/yr می باشد.

تکتونیک افغانستان

- ▶ **گسل بدخشان مرکزی (Central Badakhshan Fault)** : گسل بدخشان مرکزی در بدخشان واقع میباشد. نظر به تحقیقات لرزه شناسان سرعت لغزیدن این گسل در محدوده 12 mm/yr تخمین گردیده است.
- ▶ **گسل درواز (Darvaz Fault)** : گسل درواز به طول 380 کیلومتر میباشد که با گسل بدخشان مرکزی موازی میباشد. در بدخشان واقع میباشد و به تاجکستان داخل شده است.

امواج زلزله



امواج زلزله

- ▶ **امواج طولی (اولیه) یا امواج P :** طبیعت این امواج مانند امواج صوتی است که در راستای نوسان خود منتشر میشوند و همچنان هم از مواد جامد و هم از مواد مایع عبور میکنند و به طور متناوب باعث فشردن و کشیدن صخره ها میگردد. به علت اینکه طبیعت آن مانند امواج صوتی میباشد، زمانی که به سطح زمین میرسند قسمتی از آنها ممکن است به صورت امواج صوتی به داخل اتموسفیر منتشر شوند و اگر فرکانس این امواج در حد شنوایی گوش باشد ممکن است به وسیله حیوانات و انسانها قابل شنیدن باشد. سرعت آن از سرعت همه امواج دیگر زلزله بیشتر است. سرعت آن 107 برابر سرعت امواج عرضی میباشد. بناء اولین موجی است که به لرزه سنج میرسد. اثر این موج مانند یک غرش صوتی است که باعث تکان دادن و به صدا در آوردن پنجره میگردد.
- ▶ **امواج عرضی (ثانویه) یا امواج S :** ارتعاش این امواج عمود بر امتداد انتشار موج است. این امواج دارای سرعت کمتر است و بنابراین امواج S چند ثانیه پس از امواج P به لرزه سنج میرسد. از آنجا که موج S با ایجاد تغییر شکل های برشی در مواد حرکت میکند ، و چون مایعات قابلیت تغییر شکلهای برشی را ندارند، بنابراین موج S نمیتواند در قسمت های مایع زمین مانند اوقیانوسها عبور کند. موج S ایجاد حرکت های هم در جهت افق و هم در جهت قائم در سطح زمین میکند. این حرکات امواج است که در آسیب رساندن ساختمانها خیلی موثر است. همچنان دامنه نوسان موج S بسیار از موج P است.

امواج زلزله

- ▶ **امواج لاولو (Love Waves)** : خصوصیات این موج خیلی شبیه موج S است با این تفاوت که اثر قایم ندارد. این موج زمین را از پهلو به پهلو در یک صبحه افقی و موازی سطح زمین به ارتعاش در می آورد. اثر ناشی از امواج لاولو تکان افقی به تهداب ساختمان میباشد و از این رو خسارات ایجاد میکند. امواج سطحی کندتر از امواج حجمی است. اما امواج لاولو سریعتر از امواج ریلی حرکت میکنند.
- ▶ **امواج ریلی (Rayleigh Waves)** : امواج ریلی باعث حرکت دادن سنگها هم در جهت قایم و هم در جهت افقی در یک صفحه قایم بر امتداد انتشار امواج و فقط بر روی سطح مواد میباشد. با عبور این امواج ، قطعات روی صخره ها در یک مسیر بیضی حرکت میکنند.

تعیین مرکز زلزله به کمک مرکز لرزه سنج

چنانچه سرعت امواج طولی (P) بیشتر از امواج عرضی (S) است بنابراین موج طولی قبل از موج عرضی توسط زلزله نگار (Seismograph) ثبت میشود. از طرف دیگر دامنه ارتعاش امواج S بیشتر از امواج P میباشد. بناء با داشتن شدت لرزه نگاشت یک زلزله و سرعت امواج S و P میتوان فاصله زمانی امواج طولی و عرضی را از ایستگاه لرزه نگار (Seismograph) تعیین نمود.

شدت زلزله

تعیین اندازه زلزله توسط پارامترهای مختلف انجام میشود. شدت زلزله که به مقیاس میرکالی مشهور است، در سال 1904 توسط زلزله شناس ایتالیایی مرکالی (**Mercali**) پیشنهاد شد و بعدها اصلاح گردید و بنام مقیاس اصلاح شده **مرکالی** شناخته شد. این مقیاس شدت زلزله را به صورت تابعی از احساس و دریافت انسان و موجودات زنده از زلزله و نیز تاثیر بر ساختمان بیان میکند. مقیاس اصلاح شده مرکالی یک مقیاس دقیق انجیری برای شدت اندازه گیری شدت تکان زمین نمی باشد، بلکه یک مقیاس نظری برای اثرات ناشی از تکان زمین میباشد. این مقیاس شامل 12 درجه است و بطور گسترده پیشنهاد شده است. درجه اول آن توسط افراد حس نمیشود، بلکه فقط بوسیله دستگاههای اندازه گیری حساس ثبت میگردد و در درجه دوازدهم آن همه ساختمانها خراب میشوند و اشیا به هوا پرتاب میشوند. (بالای 8 ریشتر)

انواع مقیاس زلزله

- ▶ MSK – 1964
- ▶ مرکالی اصلاح شده توسط امریکا – MMI
- ▶ اروپا – EM598
- ▶ جاپان - JMA

مقیاس اصلاح شده مرکالی

مقیاس اصلاح شده مرکالی		
شدت زلزله	برآورد	توصیف زلزله
I	ناچیز (Insignificant)	غیر محسوس توسط افراد ولی قابل ثبت توسط لرزه نگار (Seismograph)
II	بسیار خفیف (Very Light)	محسوس توسط تعداد بسیار کمی از افراد به خصوص افراد ساکن در طبقه های فوقانی ساختمانها
III	خفیف (Light)	محسوس توسط تعداد کمی از افراد مانند ارتعاش حاصل از موتر با سرعت زیاد بوده. وجهت و مدت دوام آن در برخی موارد قابل تخمین است.
IV	متوسط (Moderate)	محسوس توسط تعداد کمی از افراد در فضای آزاد و توسط تعداد زیادی از افراد در خانه ها، ارتعاش ظروف، صدای شکستن و شکاف سقف و کف.
V	اندکی شدید	محسوس توسط همه افراد، بیدار شدن افراد خوابیده، به حرکت در آمدن میزها

مقیاس اصلاح شده مرکالی

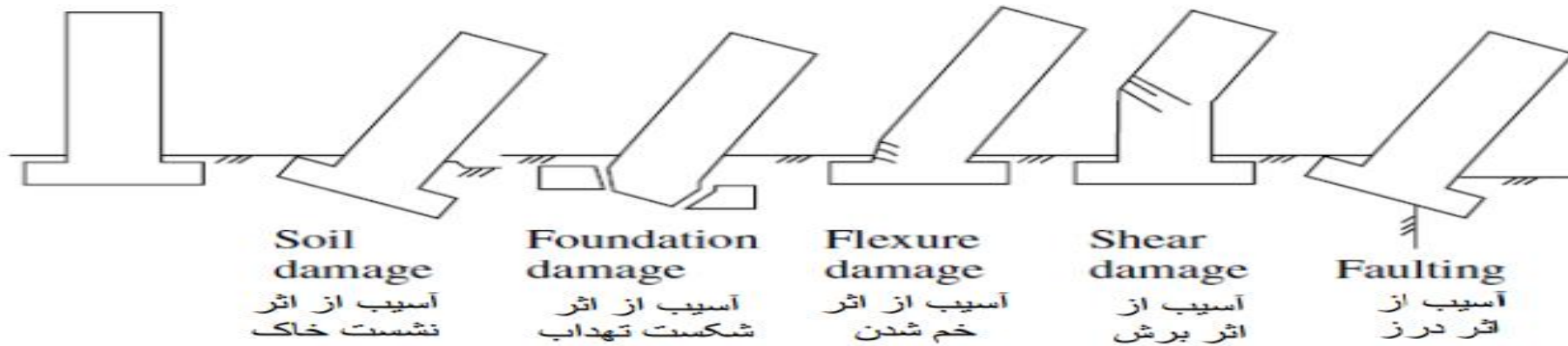
صندلی ها و تختها.	(SlightlyStrong)	
افراد هراسناک از خانه خارج می شوند، به صدا در آمدن زنگها، توقف پاندولها، شکافته شدن اندودها، شکسته شدن ظروف، به لرزه در آوردن ناقوسها و افتادن اندودهای گچی.	شدید (Strong)	VI
خسارت جزئی ساختمانها، ترک خوردگی دیوارها، فرو ریختن دود کشهای منفرد و سقوط مناره های مساجد و کلیساها که اجرای نامناسب دارند.	بسیار شدید (Very Strong)	VII
خسارتهای جدی، شکاف با پهنای زیاد در دیوارها، سقوط اکثر دود کشها، سقوط ناقوس کلیساها، سرنگونی مجسمه ها، ترک خوردگی در شیبهای تند و یا در زمین های مرطوب، سنگ ریزش در کوهستان.	مخرب (Destructive)	VIII
خانه های مستحکم آسیب می بیند، تعداد زیاد از آنها به صورت غیر مسکونی در آمده و برخی دیگر کم و بیش فرومی ریزند.	ویرانگر (Ruinous)	IX
اکثر خانه های سنگی یا سکلیتی همراه با تهداب خود منهدم میشوند، شگاف در دیوارهای آجری، ریلهای خط آهن به صورت جزئی خمیده میشود، پلها خسارت می بینند، لوله ها شکسته شده یا در یک دیگر فرو میروند، ایجاد شکاف و موج در خیابانها، بیرون ریختن آب رودخانه ها و دریاچه ها.	فاجعه بار (Disastrous)	X
انهدام کامل ساختمانهای سنگی، پلها و دیوارهای حائل، گسل یا درزهای وسیع در سطح زمین، لغزشهای بزرگ خاک.	بسیار فاجعه بار Disastrous in) (extreame	XI
انهدام کامل ساخته های دست بشر، تغییر در توپوگرافی، تشکیل گسل یا درزهای بزرگ، انفکاک افقی و برشی خاک، تغییر در مسیر رودخانه ها.	نابود گر (Catastrophic)	XII

نواقص شدت زلزله (Disadvantage of) (Earthquake Intensity

- ▶ زلزله های مشابه در محلهای متفاوت دارای درجه های شدت مختلفی میباشد. به طور نمونه رخ دادن زلزله یکسان در مناطق شهری و روستایی اثر های مختلفی بر روی سازه های موجود میگذارد و امکان دارد ساختمانهای روستایی به طور کامل تخریب شوند. (بناء شدت زلزله بالا میباشد) ولی سازه های مناسب شهری آسیب جدی نمی بینند. (بناء شدت زلزله پایین میباشد)
- ▶ شدت بدست آمده برای هر نقطه بستگی زیادی به قضاوتها دارد و نه تنها ممکن است تلقی یک محقق از کلماتی نظیر صدمه ، خرابی ، ویرانی ، انهدام و مانند آنها با دیگران متفاوت باشد. بلکه تلقی مصاحبه شوندگان و اهالی محل نیز همین طور با هم متفاوت میباشد. بویژه پس از زلزله ساکنین هر منطقه زلزله زده که احیانا سابقه ای از زلزله ها نداشته باشد. بسیار هراسان شده و در بازگو کردن حوادث مبالغه فراوان میکنند.
- ▶ شدت زلزله ارتباط مستقیم با شتابها حاصل از زلزله ندارد.

خسارات از اثر زلزله

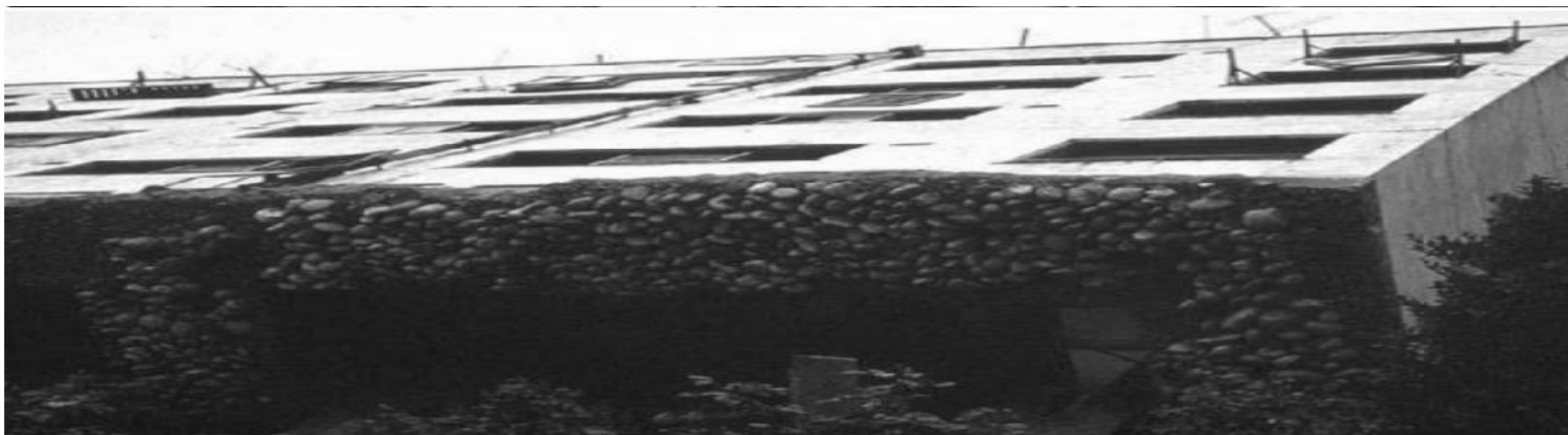
► **خسارات ساختمانی (Structural Damages) :** هر روز مناطق زلزله خیز شاهد زلزله های کوچک می باشد اما خسارات ساختمانی معمولا از اثر زلزله های کوچک با بزرگی کمتر از 5 ریشتر وارد نمیشود. اکثریت خسارات ساختمانی حین زلزله از اثر شکست خاک و یا از اثر تکان قوی واقع میگردد. همچنان از اثر گسیختگی یا پاره شدن سطح زمین ، فروریختن ساختمانهای بسیار آسیب پذیر خسارات واقع میگردد، لیکن این خسارات مرتبه دوم میباشد در جمله اولیه به حساب نمی آید.



خسارات از اثر مشکل خاک

(Damage as a Result of Problem Soils)

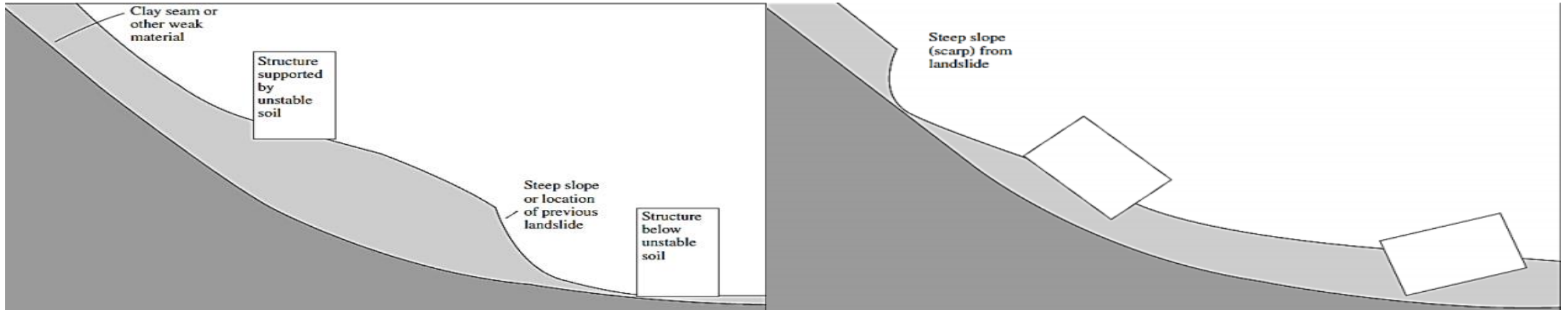
► **روانگرایی (Liquefaction) :** در صورتیکه یک لایه ریگ اشباع شده زیر اثر موجهای رفت و برگشتی زلزله قرار میگیرد، مقاومت برشی خاک کاهش میابد. و با رسیدن مقاومت برشی به صفر لایه ریگ همانند مایع عمل می کند و پدیده روانگرایی اتفاق می افتد. در اثر روانگرایی ، ساختمانها در تمام سطح یا بخشی از آنها دچار نشست میشوند و بعضی از آنها ممکن است سرنگون شود که در شکل های آینده نشان داده است . باید دانست که خطر پیش آمدن روانگرایی در همه مناطق وجود ندارد و این پدیده در شرایط خاص امکان ظهور دارد. از جمله لایه ریگ اشباع شده باید بیشتر از حدود 15 متر عمق یا ضخامت داشته باشد و از ذرات یکنواخت تشکیل شده باشد.



خسارات از اثر مشکل خاک

(Damage as a Result of Problem Soils)

► **لغزش زمین (Landslide)**: لغزش زمین پدیده دیگر میباشد که همراه با زمین لرزه میباشد. زمانی که کتله بزرگ از خاک بالای سطح مایل با میلان تند قرار داشته باشد در جریان زلزله مقاومت اصطکاکی زمین از اثر زلزله کم میشود و در نتیجه کتله بزرگ از خاک و ساختمان ها بالای آن همه به طرف پایین می آید که بنام لغزش زمین یاد میشود. عوامل دیگر آن روانگرایی و باران شدید نیز میباشد. در نتیجه لغزش زمین ساختمان های بالای کتله خاک و ساختمانهایی که در پایین دره میباشد هر دو آسیب می بینند مانند شکل زیر:



خسارات از اثر مشکل خاک

(Damage as a Result of Problem Soils)

► شکست تهاب (Foundation Failure) : آسیب های که از اثر زلزله به تهاب وارد میگردد در نتیجه ضعیف بودن مواد تهاب یا اتصال ساختمان با تهاب واقع میگردد که در تصویر زیر نشان داده شده است.



خسارات از اثر مشکل خاک

(Damage as a Result of Problem Soils)

► **خسارات از اثر طبقه نرم (Soft Story Failure):** طبقه از طبقات ساختمان اگر نسبت به دیگر طبقات آن داری سختی نسبتاً کم و نرم باشد مانند: پارکینگ ها، همکف و یا هر طبقه دیگر که در آن از دیوار ها استفاده نشود در زمان وقوع زلزله طبقه نرم مقاومت کرده نمیتواند و ساختمان بالای آن نشست میکند که در تصاویر نشان داده شده است.



خسارات از اثر مشکل خاک

(Damage as a Result of Problem Soils)

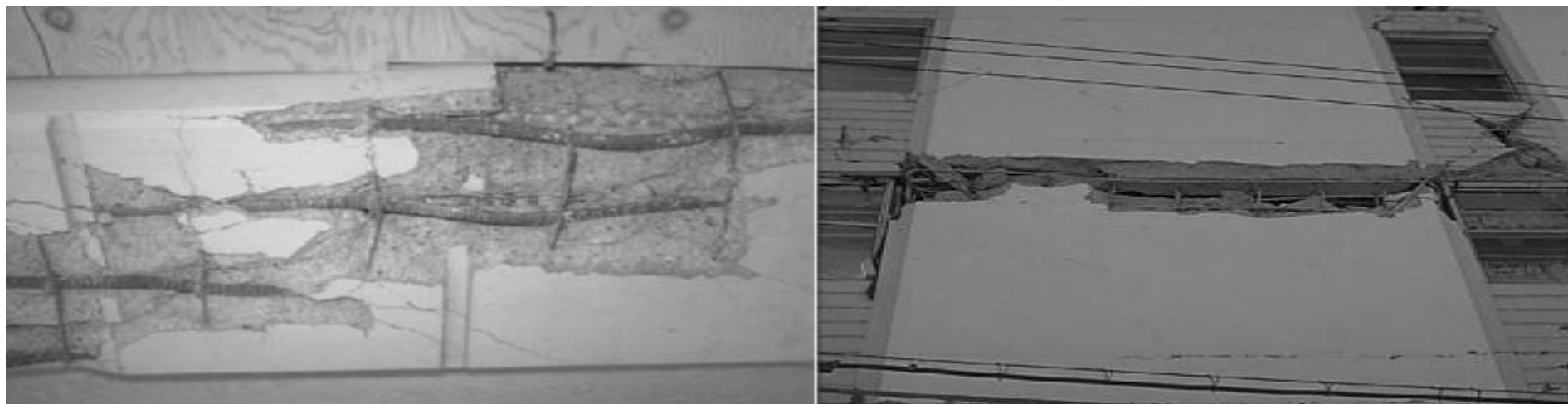
► **خسارات از اثر مومنت پیچشی (Failure Due to Torsional Moments)** : ساختمانهای که منحنی ، کج یا مورب و ساختمانهای دارای عین مرکزیت ، متحمل مومنت پیچشی در زلزله میشوند و در نتیجه خساره مند میشوند مانند ساختمان نو طبقه SRC در کوبه جاپان چنانچه در سه طرف آن دیوارهای برشی (Shear Wall) و در یک طرف پیشروی آن قاب خمشی (Moment Resisting Frame) بود بناء ساختمان مذکور دارای عین مرکزیت چشمگیر بود و از این خاطر در زلزله کوبه از اثر مومنت پیچشی فروریخت.



خسارات از اثر مشکل خاک

(Damage as a Result of Problem Soils)

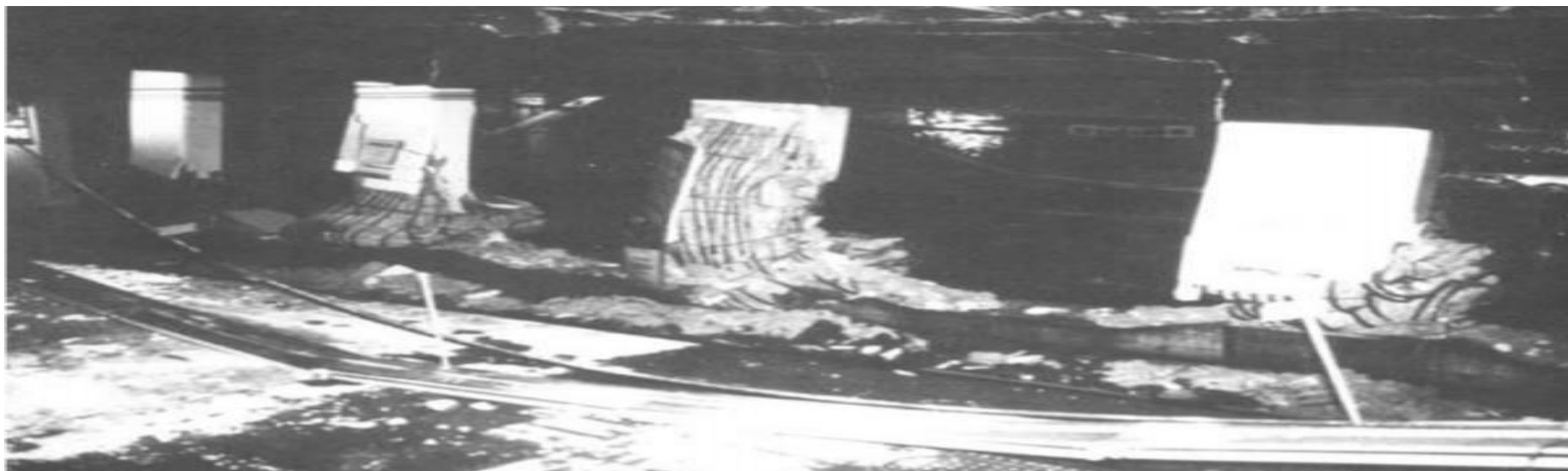
► **خسارات از اثر برش (Failure Due to Shear):** در اکثر ساختمانها برای مقاومت در برابر قوه افقی برشی از اثر زلزله خسارات در این نوع سیستم ها از درز های کوچک تا به شکست کامل امکان وقوع دارد. در شکلهای زیر یک ساختمان 14 طبقه کانکریتی که در اطراف آن دیوار های برشی کم ضخامت و بیم های کویله (Spandrel Beams) و همچنان در داخل و اطراف آن ستون ها و یک دیوار هستوی در داخل آن وجود داشت. از اثر زلزله 1964 خسارات زیادی را در دیوار های برشی خارجی از اثر قوه برشی متحمل گردید.



خسارات از اثر مشکل خاک

(Damage as a Result of Problem Soils)

► **خسارات از اثر مومنت خمشی (Flexural Failure):** در اکثر ساختمانها اعضای خمشی بخاطری دیزاین میگردد تا در جریان وقوع زلزله ساختمانها با تغییر شکل بیشتر و ایجاد مفصل های نرم (Plastic Hinges) انرژی زلزله را تلف کند و در نتیجه مقاومت در برابر قوه زلزله نماید. در صورتیکه اعضای خمشی درست طراحی و یا ساخته نشود در جریان وقوع زلزله متحمل خسارات گوناگون میگردد.



خسارات از اثر مشکل خاک (Damage as a Result of Problem Soils)

► **خسارات ناشی از اثر مشکلات در اتصالات (Connection Problems)** : خسارات بسیار مصیبت بار که در ساختمانها در جریان وقوع زلزله بوجود میاید از اثر شکست در اتصالات میباشد. این نوع خسارات در اتصالات بیم با ستونها در ساختمان های فولادی و آهن کانکریتی از اثر عدم اتصال درست واقع میگردد.



تعریف پارامترها برای طراحی زلزله

- ▶ **P-DELAT EFFECT** : اثر ثانوی بارهای قائم بر روی تلاش ها و تغییر مکان های اجزای قاب است که به علت تغییر شکل های ایجاد شده در سازه به وجود می آید.
- ▶ **برش پایه (Base Shear)** : مجموع نیروهای جانبی زلزله که در ساختمان ایجاد میشود. 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 میشود. این نیرو به صورت برش در طبقه به وجود می آید.
- ▶ **تراز پایه (Base)** : ترازى است که فرض میشود 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 پایین آن می باشد.

تعریف پارامترها برای طراحی زلزله

- ▶ **دیافراگم (Diaphragm)** : کف ها ، بامها و یا سیستم های مهاربندی یا تقریباً افقی هستند که بار جانبی زلزله را با عملکرد میان صفحه ای به سیستم های قائم باربر جانبی منتقل می کنند.
- ▶ **سختی طبقه (Story Stiffness)** : برابر با مجموع سختی جانبی اعضای باربر جانبی آن طبقه است. برای محاسبه این سختی می توان تغییر مکان جانبی واحدی را در سقف مورد نظر وارد کرد و کلیه طبقات زیرین را بدون حرکت در نظر گرفت.
- ▶ **شکل پذیری (Ductility)** : خصوصیتی از سازه است 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 نرم (Soft Story)** : طبقه ای است که سختی جانبی آن کمتر از 70 فیصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از 80 فیصد متوسط سختی های سه طبقه روی خود باشد.

تعریف پارامترها برای طراحی زلزله

- ▶ **طبقه خیلی نرم (Extreme Soft Story)** : طبقه ای است که سختی جانبی آن کمتر از 60 فیصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از 70 فیصد متوسط سختی های سه طبقه روی خود باشد.
- ▶ **طبقه ضعیف (Weak Story)** : طبقه ای است که مقاومت جانبی آن کمتر از 80 فیصد مقاومت جانبی طبقه روی آن باشد.
- ▶ **طبقه خیلی ضعیف (Extreme Weak Story)** : طبقه ای است که مقاومت جانبی آن کمتر از 65 فیصد مقاومت جانبی طبقه روی آن باشد.
- ▶ **مرکز سختی (Center of Rigidity)** : مرکز سختی طبقه، نقطه ای است که چنانچه محصله نیروی برشی طبقه در آن نقطه وارد شود، طبقه تنها تغییر شکل جانبی انتقابی داشته باشد و هیچگونه پیچش در آن مشاهده نشود.

تقسیم بندی ساختمان بر حسب اهمیت

- ▶ **اهمیت متوسط :** ساختمان های با اهمیت متوسط در اثر زلزله طرح آسیب عمده سازه ای و غیر سازه ای نبینند تلفات جانی در آنها حداقل باشد.
- ▶ **اهمیت زیاد :** ساختمان های با اهمیت زیاد در اثر زلزله طرح آسیب عمده نبینند به طوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.
- ▶ **اهمیت خیلی زیاد :** ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد در اثر زلزله طرح تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه ای و غیر سازه ای نداشته باشند به طوریکه بهره برداری از آنها امکان پذیر باشد
- ▶ کلیه ساختمان های بلندتر از 50 متر و یا بیشتر از 15 طبقه و نیز کلیه ساختمان های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره برداری آسیمی نبینند و قابلیت بهره برداری خود را حفظ نمایند.

تقسیم بندی ساختمان بر حسب اهمیت

▶ ساختمانهای با اهمیت خیلی زیاد شامل دو گروه زیر میشود.

1. **ساختمانهای ضروری** : این گروه شامل ساختمانهای است که قابل استفاده بودن آنها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره برداری از آنها غیر مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات میشود مثل : شفاخانه ، مراکز آتش نشانی ، مراکز و تاسیسات آبرسانی ، ساختمان های نیروگاه ها و تاسیسات برق رسانی ، برج های مراقبت فرودگاه ها ، مراکز مخابرات ، رادیو و تلویزیون ، تاسیسات نظامی و انتظامی ، مراکز کمک رسانی می باشد.
2. **ساختمان خطر زا** : این گروه شامل ساختمانها و تاسیساتی است که خرابی آنها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر در کوتاه مدت و درازمدت برای محیط زیست می شوند، مانند : کارخانه های تولید کننده مواد شیمیایی خاص.

تقسیم بندی ساختمان بر حسب اهمیت

▶ ساختمان های با اهمیت زیاد شامل سه گروه میشود :

1. ساختمان هایی که خرابی آنها موجب تلفات زیاد میشود مانند : مدارس ، مساجد ، استادیوم ، سینما ، سالن های اجتماعی و غیره.....
2. ساختمانهای که خرابی آنها سبب از دست رفتن ثروت ملی می گردد، مانند : موزه ها کتابخانه ها و بطور کلی مراکزی که در آنها اسناد و مدارک ملی و یا آثار با ارزش نگهداری میشود.
3. ساختمانها و تاسیسات صنعتی که خرابی آنها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش سوزی وسیع میشود مانند : انبارهای سوخت ، مراکز گازرسانی و پالایشگاه ها.

تقسیم بندی ساختمان بر حسب اهمیت

► ساختمان های با اهمیت متوسط :

این ساختمانها شامل کلیه ساختمانها بجز از ساختمانهای عنوان شده در سه گروه دیگر می باشند، مانند : ساختمان های مسکونی ، اداری و تجاری ، پارکینگ های چند طبقه ، انبار ها ، کارگاه ها ، ساختمان های صنعتی می باشند.

► ساختمان های با اهمیت کم به دو گروه تقسیم شده است :

1. ساختمانهای که خسارت نسبتاً کمی از خرابی آنها حادث میشود و احتمال بروز تلفات جانی انسانی در آنها بسیار کم است. مانند : انبار های کشاورزی و سالن های نگهداری دام.

2. ساختمان های موقتی که مدت بهره برداری از آنها کمتر از 2 سال است.

زلزله های مبنای طراحی

- ▶ **زلزله طرح** : زلزله است که احتمال فرا گذشت آن در 50 سال 10 فیصد باشد. دوره بازگشت این زلزله 475 سال است. در این نوع زلزله ایمنی جانی مد نظر است.
- ▶ **زلزله بهره برداری** : زلزله است که احتمال فرا گذشت آن در 50 سال 99.5 فیصد باشد. دوره بازگشت این زلزله حدود 10 سال است. در این نوع زلزله حفظ کاربری مد نظر است.
- ▶ **زلزله (MCE)** : زلزله است که احتمال فرا گذشت آن در 50 سال 2 فیصد باشد. دوره بازگشت این زلزله 2475 سال است. در این نوع زلزله عدم فروریزش مد نظر است.

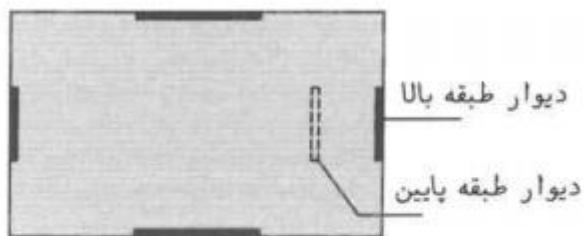
گروه بندی ساختمان ها برحسب نظم کالبدی

► در ساختمانها دو نوع نامنظمی دیده میشود.

1. **نامنظمی در پلان** : نامنظمی هندسی ، نامنظمی پیچشی ، نامنظمی در دیافراگم ، نامنظمی خارج از صفحه ، نامنظمی سیستم های غیر موازی

2. **نامنظمی در ارتفاع** : نامنظمی هنسی ، نامنظمی جرمی ، نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی ، نامنظمی مقاومت جانبی ، نامنظمی سختی جانبی

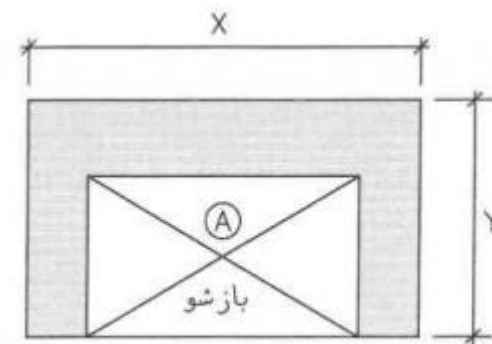
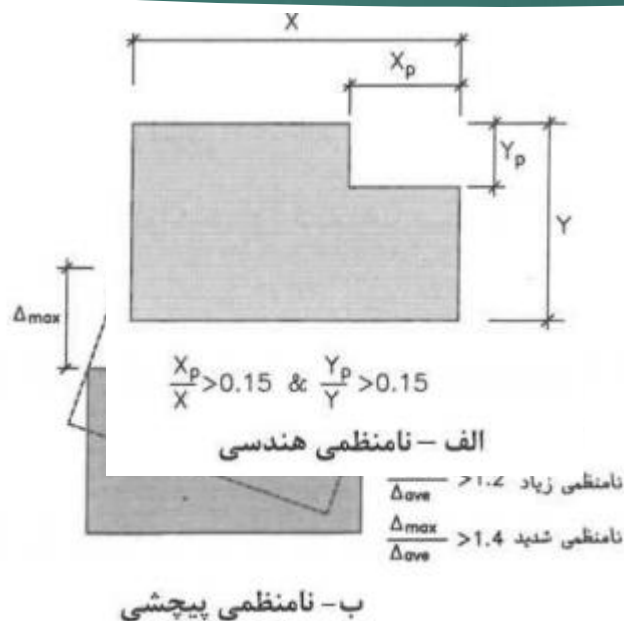
گروه بندی ساختمان ها بر حسب نظم کالبدی



ت - نامنظمی خارج از صفحه



ث - نامنظمی سیستم های غیر موازی

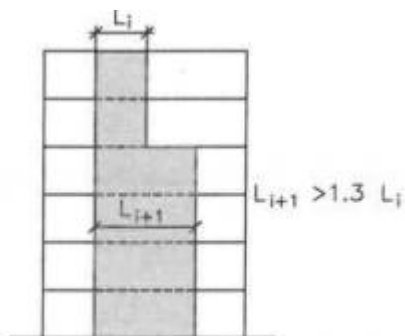


پ-۱ نامنظمی دیافراگم (در مساحت)
 $A > 0.5 \ X Y$

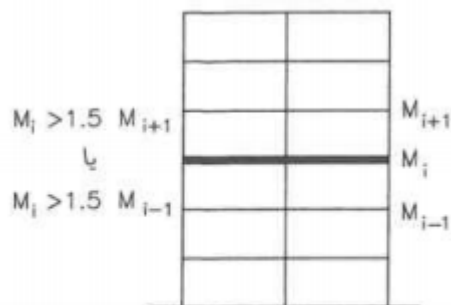


پ-۲ نامنظمی دیافراگم (در سختی)

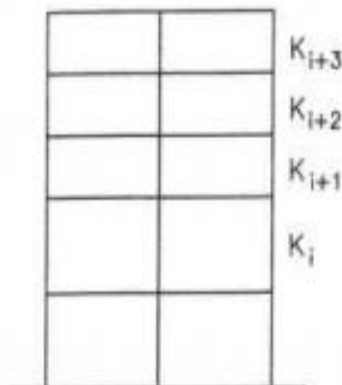
گروه بندی ساختمان ها برحسب نظم کالبدی



الف - نامنظمی هندسی



ب - نامنظمی جرمی

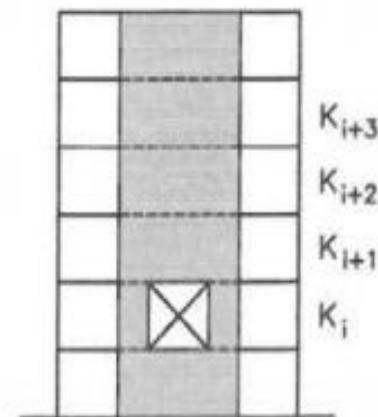
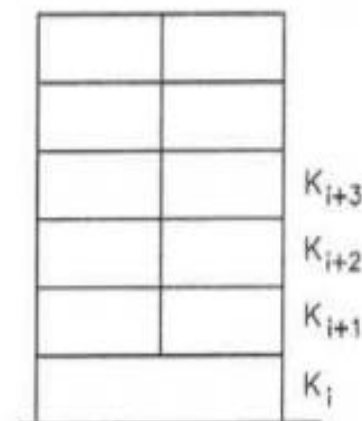


$$K_i < 0.7 K_{i+1}$$

یا

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

طبقه نرم

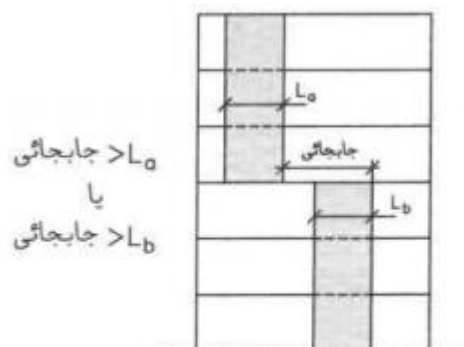


$$K_i < 0.6 K_{i+1}$$

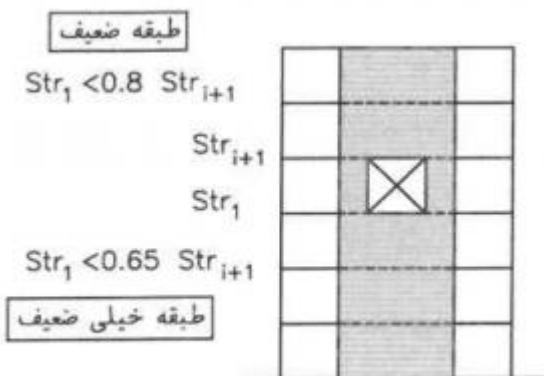
یا

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

طبقه خیلی نرم



پ - نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی



ت - نامنظمی مقاومت جانبی

ث - نامنظمی سختی جانبی

محدودیت در احداث ساختمانهای نامنظم

- ▶ احداث ساختمان های با نامنظمی "طبقه خیلی ضعیف" در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر مجاز نیست و در مناطق با خطر نسبی کم، ارتفاع آنها نمی تواند بیش از سه طبقه و یا 10 متر باشد.
- ▶ احداث ساختمان های با نامنظمی از نوع "طبقه خیلی نرم" و "شدید پیچشی" در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر، تنها بر روی زمین های از نوع اول ، دوم و سوم مجاز میباشد.

طبقه بندی نوع زمین

جدول ۲-۳ طبقه بندی نوع زمین

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

روشهای تحلیل زلزله



انتخاب روش تحلیل

منظور از تحلیل خطی، تحلیل سازه با در نظر گرفتن رفتار ارتجاعی خطی برای اجزای آن میباشد، چنانچه اثر P-Delta یا ترک خوردگی اجزاء بتنی یا بنایی مد نظر باشد این آثار در تحلیل خطی به صورت ساده شده وارد می گردد. مثلاً اثر P-Delta در تحلیل استاتیکی خطی به صورت اضافه بار جانبی و اثر ترک خوردگی صرفاً با کاهش مشخصات مقاطع اعضاء در مدل وارد میشود.

منظور از تحلیل غیر خطی، تحلیل سازه با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی اجزاء آن به دلیل رفتار غیر خطی مصالح، ترک خوردگی و اثرات غیر خطی هندسی میباشد.

هر یک از روشهای فوق را میتوان با توجه به **شرایط بخش (2-3)** برای تحلیل سازه تحت بار جانبی بکار گرفت. بطور کلی روشهای تحلیل خطی زمانی مناسب هستند که هنگام زلزله رفتار اجزاء سازه در محدوده خطی قرار داشته باشد و یا تعداد کمی از اجزاء از حد خطی خارج شوند، چنانچه نسبت نیروهای ناشی از زلزله به ظرفیت باربری اجزاء کوچکتر از 2 باشد اثر رفتار غیر خطی قابل توجه نبوده و میتوان از روشهای تحلیل خطی استفاده نمود.

انتخاب روش تحلیل

روشهای تحلیل استاتیکی زمانی مناسب هستند که پاسخ سازه هنگام زلزله عمدتاً ناشی از ارتعاش در مود اول باشد یا به عبارت دیگر اثر مود های بالاتر قابل توجه نباشد. هنگامی اثر مودهای بالاتر از مود اول قابل توجه نیست که ساختمان کوتاه و منظم باشد لذا برای ساختمانهای بلند و ساختمان های نامنظم لازم است از روش های تحلیل دینامیکی استفاده شود.

روش های تحلیل استاتیکی غیر خطی برای اکثر ساختمانها قابل استفاده است اما برای ساختمانهایی که اثر مودهای بالاتر از مود اول قابل توجه باشد، لازم است در کنار این روش از روش تحلیل دینامیکی خطی نیز استفاده شود.

روش تحلیل دینامیکی غیر خطی برای تمام ساختمانها قابل استفاده است. اما نظر به اینکه نتایج حاصل از این روش حساس به شتاب نگاشت انتخاب شده برای تحلیل و مدل رفتار غیر خطی مصالح و اجزاء سازه می باشد لازم است کنترل و تفسیر نتایج حاصل توسط افراد مجرب انجام گیرد.

شرایط بخش 2-3

در این دستورالعمل دو روش کلی برای ارزیابی سازه و روش بهسازی آن تعریف شده است. این دو روش عبارت از روش خطی و روش غیر خطی.

هر یک از دو روش میتواند به صورت استاتیکی یا دینامیکی انجام شود. قابل استفاده بودن هریک از روشهای فوق برای تحلیل مدل سازه بر حسب میزان دقت نتایج حاصل از آن تعیین میشود.

► محدوده کاربرد روش های خطی :

نتایج حاصل از روش های تحلیل خطی برای ساختمانهای بسیار نامنظم ممکن است دارای خطای زیادی باشد مگر آنکه رفتار ساختمان تحت بار های ناشی از زلزله طرح تقریباً ارتجاعی باشد. چنانچه محدودیت های اشاره شده در همین بند شامل سازه شود نتایج حاصل از تحلیل خطی خطای زیادی نداشته و قابل استفاده است.

نسبت قوه به ظرفیت اعضا (D.C.R) به عنوان معیاری برای رفتار غیر خطی سازه و بی نظمی ساختمان تعریف شده است. در صورتیکه (D.C.R) برای تمام اعضای کوچکتر یا مساوی یک باشد سازه کاملاً خطی رفتار کرده و استفاده از روشهای طی بدون خطای زیاد میسر است. با توجه به اینکه در تحلیلهای خطی نیروهای بدست آمده، نیروهای واقعی نیستند، لذا منظور از (D.C.R) نسبت قوه به ظرفیت میباشد.

شرایط بخش 2-3

► محدوده کاربرد روش های غیر خطی:

روش استاتیکی غیر خطی معمولاً دقیقتر از روش های خطی میباشد. اما در حالتی که رفتار اجزا سازه هیستریزیس کاهنده باشد خطای این روش افزایش می یابد. برای ساختمانهای بلند و ساختمانهای که در آنها اثر مود های بالا قابل توجه است در کنار این روش باید از روش تحلیل دینامیکی خطی که توزیع بار جانبی را به دقت بیشتری برآورد می کند استفاده شود.

پیکر بندی ساختمان

تجربه بدست آمده از زلزله های اخیر حاکی از آن است که ساختمانهای نامنظم نسبت به ساختمانهای منظم دارای رفتار نامناسب تری بوده اند، لذا یکی از اهداف بهسازی می تواند کاستن از نامنظمی ساختمان باشد. برای این منظور میتوان تغییر در سیستم باربری جانبی و یا توزیع جرم در ساختمان را در نظر گرفت.

اعضا غیر اصلی نیز میتواند موجب منظم یا نامنظم شدن ساختمان باشند. از آنجا که در هنگام زلزله مقاومت و سختی اجزای غیر اصلی به سرعت کاهش می یابد، لذا برای آن که یک ساختمان منظم محسوب گردد لازم است با وجود اعضای غیر اصلی یا بدون وجود آنها شرایط منظم بودن ساختمان تامین گردد.

پیچش در سازه

پیچش واقعی به دلیل عدم انطباق مرکز سختی (CR) و جرم سازه (CM) ایجاد می گردد. اما پیچش اتفاقی به دلایل زیر ممکن است بوجود آید:

1. **خطا در محاسبه مرکز سختی و مرکز جرم**
2. **جابجایی احتمالی بارهای زنده و تجهیزات در طول دوره بهره برداری از ساختمان**
3. **عدم در نظر گرفتن مولفه پیچشی ارتعاشات زمین در تحلیل**

چنانچه نسبت نیروی وارده به ظرفیت باربری جانبی اعضای سازه در نقاط مختلف متفاوت باشد اعضای ضعیف تر زودتر ترک خدوره یا تسلیم می شوند و سختی آنها کاهش می یابد. به این ترتیب مرکز سختی نیز جابجا می شود. این جابجایی می تواند در جهت افزایش و یا کاهش اثر پیچشی باشد اما از آنجا که به دلیل پیچش در اعضای دورتر از مرکز سختی، نیروی بیشتری ایجاد می گردد سختی این اعضا زودتر از بقیه اعضا کاهش می یابد و مرکز سختی از این اعضا دورتر شده و پیچش تشدید می گردد. از آنجا که در تحلیل خطی این پدیده مدل نمی شود، اثر آن با ضریب (A) مطابق بند زیر اعمال می گردد.

پیچش در سازه

در صورتیکه اعمال پیچش اتفاقی منجر به افزایش تغییر شکلها به میزان بیش از 10 درصد گردد اثر آن باید منظور شود. لذا چنانچه با توجه به اجزاء باربر جانبی سازه و سختی پیچشی به تجربه پیش بینی شود که اثر پیچش کمتر از 10 درصد خواهد بود میتوان از اعمال آن صرف نظر نمود.

بطور کلی برای تحلیل سازه استفاده از مدل‌های سه بعدی توصیه میشود، اما اگر به دلیلی از مدل دو بعدی استفاده شده باشد و در اثر پیچش، تغییر مکان نقطه ای از دیافراگم صلب بیش از 1.5 برابر تغییر مکان متوسط دیافراگم باشد، آثار پیچش قابل توجه بوده و نتایج حاصل از تحلیل معتبر نیست لذا لازم است در چنین شرایطی از مدل سه بعدی استفاده شود.

دیافراگم ها در سازه

دیافراگم کف ها نقش قابل توجهی در مسیر انتقال نیروهای جانبی به زمین دارند. دیافراگم ها انرژی وارد بر اجزاء طبقه را به سیستم باربر جانبی منتقل میکنند. همچنین اگر اعضای سیستم باربر جانبی در طبقات یا قابهای مختلف دارای سختی یا مقاومت متفاوت باشند دیافراگم کف تا حدودی این اختلاف را تعدیل می کند. نحوه تعیین میزان سختی و مقاومت دیافراگم ها برحسب آنکه از چه نوع مصالحی ساخته شود در بند های پایین ذکر می گردد.

1. دیافراگم های بتنی درجا: دیافراگم های درجا تاریخچه رفتاری نسبتا خوبی در زلزله های دنیا داشته اند هنگامیکه طرح هندسی آنها نامنظم نبوده و نسبت طول به عرض آنها نسبتا کوچک کمتر از 3 بوده است. سقف های نازک کانکریت روی بیم ها و بیم های فرعی یکطرفه ظرفیت برش دیافراگم کمی دارند که با افزایش نسبت طول به عرض آنها غیر مطمئن تر نیز می شوند.

2. یافراگم های بتنی پیش ساخته: دیافراگم های بتنی پیش ساخته شامل اجزای مختلفی هستند که در زمانهای مختلف و در مناطق جغرافیایی متفاوت بکار رفته اند. صنعت پیش ساخته اولین در اوایل 1950 شروع به کار تولید نمود.

دسته بندی دیافراگم ها

دیافراگم ها از نظر سختی در صفحه خود به سه دسته تقسیم می شوند.

1. **دیافراگم صلب (Rigid)** : اگر تحت بار جانبی، حداکثر تغییر شکل افقی دیافراگم کوچکتر از نصف تغییر مکان جانبی نسبی طبقه باشد یا به عبارت دیگر اگر $\frac{\Delta_d}{\Delta_{d-1} - \Delta_d} \leq \frac{1}{2}$ باشد دیافراگم صلب محسوب می شود.
2. **دیافراگم نیمه صلب (Semi Rigid)** : اگر دیافراگم نه صلب باشد و نه نرم، نیمه صلب محسوب میشود.
3. **دیافراگم نرم (Soft)** : اگر تحت بار جانبی، حداکثر تغییر شکل دیافراگم بزرگتر از دو برابر تغییر مکان جانبی نسبی طبقه باشد دیافراگم نرم محسوب می شود.

اثر (P- DELAT) محدوده خطی و غیر خطی

► هنگامی که سازه تحت بارهای جانبی تغییر شکل دهد، بارهای ثقلی می توانند این تغییر شکل را تشدید کنند به این اثر (P-DELAT) می گویند.

1. **اثرات (P-DELTA) در محدوده رفتار خطی مصالح :** در تحلیلهای خطی اثر (P-DELTA) در محدوده ی رفتار خطی مصالح پس از تحلیل و با اعمال ضریب تشدید روی نتایج تحلیل اعمال می گردد.

2. **اثرات (P-DELTA) در محدوده رفتار غیر خطی مصالح :** در حالتی که سختی اجزای سازه پس از تسلیم منفی باشد به دلیل کاهش سختی این اجزاء تغییر شکلهای تحت بار جانبی افزایش می یابد و اثرات (P-DELTA) تشدید می گردد.

این اثر در محدوده رفتار غیر خطی مصالح نامیده می شود و به موارد زیر بسته گی دارد:

اثر (P- DELAT) محدوده خطی و غیر خطی

1. نسبت شیب منحنی قوه تغییر مکان پس از تسلیم (α) به سختی موثر
2. زمان تناوب اصلی ساختمان
3. نسبت مقاومت
4. رابطه قوه جانبی – تغییر مکان برای هر طبقه
5. محتوای فرکانسی ارتعاشات زمین
6. طول زمان ارتعاش شدید زمین

واژگونی در سازه

نیروی جانبی ناشی از زلزله می تواند موجب واژگون شدن اجزاء یا کل ساختمان شود. در نقاطی که اجزاء سازه دارای اتصال کافی به یکدیگر می باشند، ظرفیت باربری اجزاء مانع از واژگونی می گردد. اما در نقاطی که بین اجزاء اتصال کافی وجود ندارد مانند اتصال سازه به خاک، مقابله با واژگونی باید توسط بارهای ثقلی به تنهایی یا در ترکیب با ظرفیت اجزاء و اتصالات آنها صورت گیرد. ظرفیت باربری اجزاء سازه مطابق این دستورالعمل برحسب آنکه کنترل شونده توسط تغییر مکان یا نیرو باشند تعیین می گردد. اما اگر مقابله با واژگونی توسط بارهای ثقلی به تنهایی تامین شود، در آن صورت مومنت واژگونی، کنترل شونده توسط قوه خواهد بود زیرا مومنت ناشی از بارهای ثقلی تابع تغییر مکان نبوده و ثابت است.

از طرف دیگر در این دستورالعمل نیروهای جانبی ناشی از زلزله برای تحلیل خطی سازه، با اعمال ضرایب تشدید ($C1, C2, C3$) چنان افزایش داده میشوند که تغییر مکانهای حاصل از تحلیل به مقادیر واقعی نزدیک شود به این ترتیب مومنت واژگونی محاسبه شده با استفاده از این نیرو ها بیش از مقدار واقعی خواهد بود.

روشهای تحلیل خطی

روش های تحلیل خطی را میتوان در کلیه ساختمانها با هر تعداد طبقه به کاربرد. تنها، روش استاتیکی معادل را می توان در ساختمان های سه طبقه و کوتاه تر، از تراز پایه و یا ساختمان های زیر به کار برد.

1. ساختمان های منظم با ارتفاع کمتر از 50 متر از تراز پایه

2. ساختمان های نامنظم با ارتفاع کمتر از 50 متر از تراز پایه که دارای :

▶ نامنظمی زیاد و شدید پیچشی در پلان نباشد

▶ نامنظمی جرمی، نرم و خیلی نرم در ارتفاع نباشد

روشهای تحلیل غیر خطی

تحلیل غیر خطی سازه ها در برابر زلزله به دو روش تحلیل استاتیکی غیر خطی و تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی قابل انجام می باشند. روش های تحلیل غیر خطی برای تخمین سازوکارها (مکانیزم ها) خمیری مورد انتظار، توزیع آسیب های وارده و ارزیابی عملکرد سازه قابل استفاده می باشند.

1. برای انجام تحلیل غیر خطی باید از مدل به کارگرفته شده در تحلیل های خطی با در نظر گرفتن مقاومت اعضا و رفتار فرا ارتجاعي آنها ارتقا یابد.

2. قبل از انجام تحلیل غیرخطی می باید بارثقلی مطابق با ضرایب ترکیب بار مربوطه به مدل سازه اعمال گردد.

تبصره: بارهای ثقلی عبارت از $(0.9DL \text{ AND } 1.2DL + L)$ می باشند که در آن (D, L) به ترتیب بار زنده و مرده است.

ضمناً در مواردی که بار زنده گسترده کمتر از 4 کیلونیوتن بر مترمربع است، کاهش این بار تا 50 فیصد مجاز است.

روش تحلیل استاتیکی خطی

در این روش، نیروی جانبی ناشی از زلزله به گونه ای انتخاب می شود که برش پایه حاصل از آن برابر نیروی برشی مطابق رابطه زیر شود. مقدار برش پایه در این روش چنان انتخاب شده است که حداکثر تغییر شکل سازه با آنچه که در زلزله سطح خطر مورد نظر پیشبینی میشود مطابقت داشته باشد. چنانچه تحت اثر بارهای وارد شده سازه به طور خطی رفتار کند نیروهای به دست آمده برای اعضای سازه نیز نزدیک به مقادیر پیشبینی شده هنگام زلزله خواهند بود. ولی اگر سازه رفتار غیر خطی داشته باشد نیروهای محاسبه شده از این طریق بیش از مقادیر حد جاری شدن مصالح خواهند شد. به همین دلیل هنگام بررسی معیارهای پذیرش نتایج از حاصل تحلیل خطی برای سازه های که هنگام زلزله رفتار غیر خطی دارند، اصلاح می شود.

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

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

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

$$V_u = CW$$

تعریف پارامتر فورمول استاتیکی خطی

► **نیروی برشی پایه (Vu)** : نیروی برشی در حد مقاومت (Strength) و حد تنش مجاز (Stress). برای تعیین این نیرو در حد تنش مجاز باید مقدار آن باید بر ضریب 1.4 تقسیم شود.

► **وزن موثر لرزه ای (W)** : شامل مجموع بارهای مرده و وزن تاسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف مطابق جدول بالا. بار زنده باید به صورت تخفیف نیافته، مطابق ضوابط ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

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

► **ضریب زلزله (C)**

► **نسبت تعجیل مبنای طرح (A)**

► **ضریب بازتاب ساختمان B()**

► **ضریب اهمیت ساختمان (I)**

► **ضریب رفتار ساختمان (Ru)**

نوت : بخاطر معلومات بیشتر در باره بارهای تخفیف نیافته به کتاب مقررات ملی ساختمان مبحث ششم سری بزنید.

مقدار برش پایه در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود. $V_{u min} = 0.12AIW$

جداول عمومی برای تحلیل استاتیکی خطی

H_m (متر)	C_d	Ω_0	R_u	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه	۵۰	۵	۲/۵	۶	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [۲]
۵۰	۵	۲/۵	۵	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	الف- سیستم دیوارهای باربر	۳۵	۴	۲/۵	۵	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط
۵۰	۴	۲/۵	۴	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط		-	۳	۲/۵	۴	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]
-	۳/۵	۲/۵	۳/۵	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]		۱۵	۲/۵	۲/۵	۳	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح
۱۵	۳	۲/۵	۳	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح		۵۰	۴	۲	۷	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [۲] و [۳]
۱۵	۳/۵	۲	۴	۵- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه‌ای فولادی		۵۰	۵	۲/۵	۷	۶- مهاربندی کمانش تاب
۱۵	۴	۳	۵/۵	۶- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی		۱۵	۳/۵	۲	۳/۵	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی
۱۰	۳	۲	۳	۷- دیوارهای بتن پاششی سه‌بعدی		۵۰	۵	۲	۵/۵	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [۲]

ب- سیستم قاب
ساختمانی

جداول عمومی برای تحلیل استاتیکی خطی

پ- سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۴]	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۴]	۵	۳	۴/۵	۳۵
	۳- قاب خمشی بتن آرمه 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]	۳/۵	۳	۳	-
ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۷/۵	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	۶/۵	۲/۵	۵	۷۰
	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
ث- سیستم کنسولی	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۷/۵	۲/۵	۴	۲۰۰
	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۶	۲/۵	۵	۷۰
	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۷	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۶	۲/۵	۵	۷۰
ث- سیستم کنسولی	۱- سازه‌های فولادی یا بتن آرمه ویژه	۲	۱/۵	۲	۱۰

توزیع ارتفاعی جانبی زلزله در ساختمان

در این رابطه:

F_{ui} : نیروی جانبی در تراز طبقه i

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

h_i : ارتفاع تراز سقف طبقه i از تراز پایه

n : تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u$$

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

$$K=0.5T+0.75$$

$$0.5 \leq T \leq 2.5 \text{ Sec}$$

(۳-۷)

روش های تحلیل دینامیکی خطی

روش های تحلیل دینامیکی خطی شامل تحلیل طیفی و تحلیل تاریخچه زمانی اند و در کاربرد آنها بند های پایین رعایت شوند. کلیه پارامترهای مربوط به حرکت زمین نظر جرم، نسبت تعجیل مبنا و غیره در این روش ها همان مقادیر عنوان شده در تحلیل استاتیکی معادل اند.

در این روش ها رعایت ضوابط مربوط به موضوعات زیر که در روش استاتیکی معادل عنوان شده است الزامی است:

1. ضریب نا معینی سازه (p)

2. محاسبه ساختمانها در برابر واژگونی

3. نیروی قایم زلزله

4. ضریب اضافه مقاومت (Ω_0)

5. عکس العمل خاک و سازه

ضریب نامعینی سازه

▶ ساختمان هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها در دو جهت عمود بر هم دارای نامعینی کافی نیستند، باید برای بار جانبی بیشتری طراحی شوند. در این ساختمان ها بار جانبی باید با ضریب (p) برابر با (1.2) افزایش یابد.

▶ ساختمان هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها دارای خصوصیات زیر هستند دارای نامعینی کافی بوده و در آنها ضریب (p) برابر به (1.0) منظور می شود

1. در ساختمان های منظم در پلان، در طبقاتی که برش در آنها از 35 درصد برش پایه تجاوز می کند، حداقل دو دهانه سیستم مقاوم جانبی در هر سمت مرکز جرم، در هر دو امتداد عمود بر هم، موجود باشد. در سیستم های دارای دیوار برشی تعداد دهانه ها از تقسیم طول دیوار بر ارتفاع آن در طبقه بدست می آید.

2. در سایر ساختمانها، در طبقاتی که میزان برش در آنها از 35 درصد برش پایه تجاوز می کند، چنانچه حذف جزیی از سیستم مقاوم جانبی، مطابق جدول پایین موجب کاهش مقاومت جانبی طبقه به میزان بیشتر از 33 درصد نشود و در طبقه نامنظمی شدید پیچشی مطابق بند (نامنظمی در پلان) ایجاد نگردد.

ضریب نامعینی سازه

ساختمانها و یا اجزای زیر مشمول محدودیت های مربوط به ضریب نامعینی نمی شوند و ضریب نامعینی در آنها باید برابر با (1.0) منظور شود:

1. ساختمان های با تعداد طبقات کمتر از 3 طبقه و یا کوتاه تر از 10 متر از تراز پایه
2. محاسبه تغییر مکان جانبی ساختمان
3. محاسبه اثر (P-DELTA)
4. تعیین قوه جانبی در اجزای غیر سازه ای
5. تعیین قوه جانبی در سازه های غیر ساختمانی غیر مشابه ساختمان
6. تعیین قوه ها در دیافراگم
7. در کلیه اعضایی که مشمول طراحی برای زلزله تشدید یافته می شوند و نیروی زلزله در آنها در ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) ضرب می شود

محدودیت های مربوط به ضریب نامعینی

جدول ۲-۳ محدودیت های مربوط به $\rho = 1.0$

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

نیرو قائم ناشی زلزله

نیرو قائم ناشی از زلزله که اثر مولفه قائم تعجیل زلزله در ساختمان است، در موارد زیر باید در محاسبات منظور شود.

1. کل سازه ساختمانهایی که در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده اند.
 2. بیم های که دهانه آنها بیشتر از 15 متر می باشد، همراه با ستون ها و دیوار های تکیه گاهی آنها.
 3. بیم های که بار قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به بیم را تحمل می کنند، همراه با ستون ها و دیوار های تکیه گاهی آنها. در صورتیکه بار متمرکز حداقل برابر با نصف بار وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می شود.
 4. بالکن ها و پیش آمدگی هایی که به صورت کانتیلیور ساخته می شوند.
- مقدار نیروهای قائم از رابطه زیر محاسبه می شود و در مورد بالکن ها و پیش آمدگی ها، این نیرو باید در هر دو جهت رو به بالا و رو به پایین و بدون منظور نمودن اثر کاهنده بار هیا ثقلی در نظر گرفته شود.

$$F_v = 0.6 A I W_p$$

ضریب اضافه مقاومت (Ω_0)

این ضریب در مواردی که بر اساس ضوابط آیین نامه های طراحی، عضوی از سازه باید برای نیروی زلزله تشدید یافته طراحی شود، بکار برده میشود. در این اعضا، اثرهای ناشی از بار زلزله باید در (Ω_0) ضرب گردند. مقدار (Ω_0) در سازه های با سیستم های باربری مختلف در جدول بالاتر ارایه شده است. این آثار در هر حال لزومی ندارد از حد اکثر آنچه اعضای متصل به عضو میتوانند به آن منتقل نمایند، در نظر گرفته شود.

در این موارد تغییرات لازم در استرس های مجاز و یا ضرایب بار نهایی در ترکیبات مختلف بارگذاری باید بر اساس ضوابط آیین نامه های طراحی صورت گیرد.

اثر عکس العمل خاک و سازه

در تحلیل سازه ها با روش های خطی، تکیه گاه سازه در تراز تهداب و خاک را می توان ثابت فرض کرد. لیکن چنانچه در نظر گرفتن انعطاف پذیری پی سازه مد نظر باشد، لازم است اثر اندرکنش سازه و خاک زیر آن در نظر گرفته شود. در این حالت این اثرها باید توجه به مشخصات تهداب و با استفاده از روش های معتبر مکانیک خاک در محاسبات منظور گردد.

برای سازه های واقع بر روی زمین های نوع I, II, III اثر عکس العمل سازه و خاک را میتوان به روش های مندرج در تحلیل در نظر گرفت.

در هر حالت شالوده سازه باید به گونه ای طراحی شود که بتواند نیروها و تغییر شکل های ایجاد شده را متناسب با فرضیات تحلیل تحمل نماید.

روش تحلیل طیفی

در این روش ابتدا تحلیل مقادیر ویژه بر روی مدل سازه که بر اساس رفتار خطی تهیه شده است، انجام شده و مشخصات مد های طبیعی نوسان آن تعیین می گردد. سپس حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به زمان تناوب آن مد از طیف طرح به دست آورده شده و با ترکیب آماری آنها بازتاب کلی سازه تعیین می گردد.

در این روش تحلیل الزامات بند های زیر باید رعایت شود.

1. تعداد مدهای نوسانی : در هر یک از امتداد عمودی ساختمان باید تمام مد های نوسانی که مجموع جرم های موثر در آنها بیشتر از 90 درصد جرم کل سازه است، در نظر گرفته شود.
2. ترکیب اثر مدها : حد اکثر بازتاب های 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 آنها حایز اهمیت است، روش ترکیب مدها در برگیرنده اندرکنش مدهای ارتعاشی نیز باشد. در انی موارد میتوان از روش ترکیب مربعی کامل استفاده نمود.

روش تحلیل طیفی

در مواردی که برش پایه به دست آمده از روش تحلیل طیفی کمتر از برش پایه تحلیل استاتیکی معادل باشد. مقدار برش طیفی باید به مقادیر زیر افزایش داده شده و بازتاب های سازه متناسب با آنها اصلاح گردد. برش پایه استاتیکی معادل عنوان شده در ردیف های زیر، مقدار برش پایه بر اساس رابطه بالا و با استفاده از مشخصات طیف استاندارد است.

1. در سازه های نامنظم، که نامنظمی در آنها از نوع "طبقه خیلی ضعیف" یا طبقه خیلی نرم یا پیچش 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 آنها 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.
2. در سازه های منظم، مقادیر بازتاب ها باید در 85 درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه دست آمده از تحلیل طیفی کمتر در نظر گرفته شود.

روش تحلیل تاریخچه زمانی

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 5 درصد منظور کرد، مگر آنکه بتوان نشان داد مقدار آنکه بتوان نشان داد مقدار دیگری برای سازه مناسب تر است. شتاب زمین بر اساس شتاب نگاشت هایی که با شرایط یاد شده در بند پایین تهیه شده اند، تعیین می شود.

هر زوج شتاب نگاشت عنوان شده در آن بند هم زمان در دو جهت عمود بر یکدیگر، در امتداد های اصلی سازه، به آن اثر داده می شوند و باز تاب های سازه به صورت تابعی از زمان تعیین می گردند. بازتاب نهایی سازه برابر با حداکثر بازتاب های به دست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب نگاشت مورد نظر می باشد.

در این روش تحلیل، میتوان به جای سه زوج شتاب نگاشت، هفت زوج شتاب نگاشت با مشخصات عنوان شده در آن بند را به کار گرفت و مقدار متوسط بیشینه بازتاب های به دست آمده از آنها را بازتاب نهایی تلقی کرد.

تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه، که اختلاف بین تغییر مکان های جانبی واقعی مراکز جرم کف های بالا و پایین آن طبقه است، نباید از مقدار مشخصی که در این بند تعیین شده، تجاوز نماید. این تغییر مکان تنها با استفاده از تحلیل غیر خطی سازه قابل محاسبه است، ولی میتوان آن را با تقریب خوبی از رابطه زیر به دست آورد:

$$\Delta_M = c_d \cdot \Delta_{eu}$$

Δ_M = تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی و یا تغییر مکان نسبی واقعی طبقه

$$C_d = \text{ضریب بزرگنمایی}$$

$$\Delta_{eu} = \text{تغییر مکان جانبی نسبی طبقه اثر زلزله}$$

مقدار Δ_M که با منظور کردن اثر (P-DELTA) در محاسبه به دست می آید نباید از مقدار مجاز پایین تجاوز نماید.

$$\Delta_a = 0.025h$$

- در ساختمان های تا ۵ طبقه

$$\Delta_a = 0.020h$$

- در سایر ساختمان ها

h = عبارت از ارتفاع طبقه میباشد.

مشخصات غیر خطی اعضای سازه

1. مشخصات غیر خطی اعضای سازه در مدلسازی باید به لحاظ مقاومت، سختی و شکل پذیری با داده های آزمایشگاهی و یا مدل های تحلیلی معتبر سازگار باشد.
2. رابطه قوه - تغییر شکل اعضا را میتوان حداقل به صورت دو خطی در نظر گرفت. سختی ارتجاعی در ساختمان های کانکریتی و بنایی بر اساس مقاطع ترک خورده در نظر گرفته میشود. در اعضا شکل پذیر که انتظار میرود رفتار غیر خطی داشته باشند، سختی ارتجاعی در مدلسازی دو خطی، سکانت تا نقطه جاری شدن محسوب می شود. در منحنی رفتاری اعضا میتوان سختی بعد از جاری شدن را صفر اختیار نمود. استفاده از رابطه سه خطی قوه - تغییر شکل که اثر سختی قبل و بعد از ترک خوردگی را در نظر می گیرد مجاز می باشد.
3. در اعضا که در آنها زوال مقاومت انتظار میرود، باید این رفتار در رابطه نیرو - تغییر شکل آن اعضا در نظر گرفته شود.
4. مقاومت اعضا بر اساس مقادیر مورد انتظار (میانگین) مشخصات مصالح محاسبه میشود. مشخصات میانگین مصالح با ضرب عدد 1.15 در مقادیر مقاومت مشخصه مصالح به دست می آیند.
5. در تعیین روابط قوه - تغییر شکل برای اعضا سازه اثر نیروهای محوری ناشی از بارهای ثقلی باید در نظر گرفته شوند.

تحلیل استاتیکی غیر خطی

1. تحلیل استاتیکی غیر خطی یک سازه با اعمال بارهای ثقلی ثابت و بارهای جانبی رانشی انجام میشود. اثر P-DELTA نیز در انجام این تحلیل باید در نظر گرفته شود. از این روش میتوان برای ارزیابی عملکرد سازه در تغییر مکان هدف و نیز محاسبه مقدار ضریب اضافه مقاومت سازه استفاده کرد.
2. از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در سازه های میتوان استفاده نمود که در آنها اثر 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 مود های نوسانی که مجموع جرم موثر آنها حداقل 90 فیصد جرم کل سازه است باید در نظر شود. در صورتیکه نتایج تحلیل دوم نشان دهد نیروی برشی در طبقه ای بیش از 30 فیصد از نیروی برشی حاصل از تحلیل اول بزرگتر است، این امر به معنی عمده بودن اثر مود های بالای سازه است.
3. در این روش تاثیر زلزله باید در هر دو جهت مثبت و منفی در هر امتداد اصلی به ساختمان اعمال گردد و بحرانی ترین مقادیر تلاش ها و تغییر شکل های ایجاد شده. ملاک طراحی و کنترل اعضا قرار گیرد.
4. در مورد ساختمان های منظم میتوان تحلیل را در هر امتداد اصلی افقی به طور مستقل انجام داد، مگر آن دسته از ساختمان ها که باید در بند اخیر رعایت شود.
5. در مورد ساختمان های نامنظم باید از مدل های سه بعدی در تحلیل استفاده کرد. آثار دو مولفه افقی و قائم همرا با 30-100 ها نیز باید ملحوظ گردد.

توزیع بار جانبی

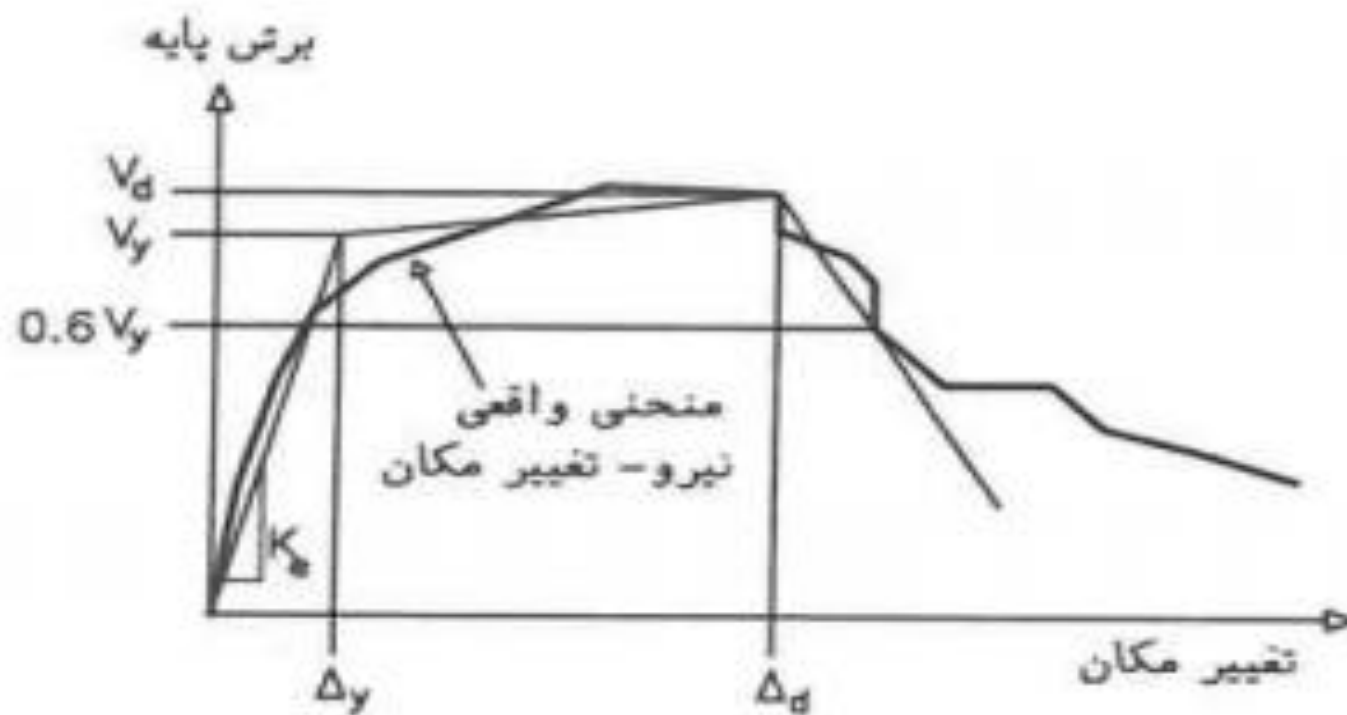
► حد اقل دو توزیع بار جانبی به شرح زیر در تحلیل باید اعمال گردد،

1. توزیع متناسب با نیروی های جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی با لحاظ آن تعداد مود های ارتعاشی که حد اقل 90 جرم سازه در تحلیل مشارکت کند.
2. توزیع بار یکنواخت که عبارت از توزیعی متناسب با جرم بدون توجه به ارتفاع هر طبقه، بار جانبی باید در محل جرم طبقه اعمال شود و در ساختمان های دارای دیافراگم های صلب این بارها میتواند در مرکز جرم کف ها اعمال شود. تاثیر خروج از مرکزیت اتفاقی نیز باید اعمال گردد.

منحنی ظرفیت

- ▶ منحنی ظرفیت یعنی رابطه بین برش پایه و تغییر مکان نقطه کنترل باید توسط روش تحلیل استاتیکی غیر خطی از مقدار صفر تا تغییر مکانی معادلی 150 فیصد تغییر مکان هدف تعیین گردد.
- ▶ مرکز جرم بام باید به عنوان محل نقطه کنترل اختیار گردد. بام خریشته را نباید به عنوان نقطه کنترل در نظر گرفت.
- ▶ منحنی ظرفیت باید تبدیل به منحنی چند خطی گردد تا برش پایه جاری شدن موثر سازه و تغییر مکان تعیین و از این مقادیر برای محاسبه زمان تناوب اصلی موثر استفاده شود.
- ▶ چند خطی کردن منحنی ظرفیت، به نحوی صورت می پذیرد که خط اول از نقطه شروع با شیبی برابر با سختی جانبی موثر رسم می گردد. سختی جانبی موثر برابر سختی سکانت محاسبه شده در برش پایه نظیر 60 فیصد برش پایه جاری شدن موثر سازه در منحنی ظرفیت است. برش پایه جاری شدن موثر سازه نباید از حد اکثر برش پایه در نقاط مختلف منحنی ظرفیت بیشتر باشد. خط دوم نماینده شیب مثبت بعد از جاری شدن سازه است. خط سوم نماینده شیب منفی بعد از افت مقاومت است که از نقطه انتهای شیب مثبت در منحنی ظرفیت و نقطه ای که در آن برش پایه به 60 پایه جاری شدن موثر سازه نزول می کند، می گذرد.

منحنی ظرفیت



زمان تناوب اصلی موثر ساختمان

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

زمان تناوب اصلی موثر ساختمان، با رابطه زیر محاسبه میشود

T_i = زمان تناوب اصلی ارتجاعي است (برحسب ثانيه)

K_i = سختی جانبی ارتجاعي سازه (شیب خط مماس بر منحنی ظرفیت سازه در مبدا در جهت مورد نظر)

K_e = سختی جانبی موثر سازه در جهت مورد نظر می باشد.

ضریب اضافه مقاومت و تغییر مکان هدف

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

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

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

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

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

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

$$R_d = \frac{S_a}{V_y / W}$$

تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی

▶ 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 میشود. مدل مذکور عمدتاً باید به ضوابط بند های که ذکر شد تهیه شده باشد. در این مدل تکیه گاه سازه میتواند صلب فرض شود. استفاده از فرض های مناسب در خصوص سختی و ظرفیت باربری تهداب با توجه به ویژگی های خاک و در نظر گرفتن تکیه گاه انعطاف پذیر برای سازه نیز مجاز است.

▶ 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 وقوع زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است حداقل سه زوج شتاب نگاشت متعلق به مولفه های افقی سه زلزله مختلف ثبت شده انتخاب گردند. در مواردی که تعداد نیاز از زوج شتاب نگاشت های مناسب تری در دسترس نباشد، میتوان از زوج شتاب نگاشت های شبیه سازی شده مناسب برای تکمیل تعداد از آنها استفاده کرد.

ترکیب اثر زلزله با بارهای ثقی و پارامترهای بازتاب سازه

در این تحلیل، اثر زلزله در دو امتداد افقی با استفاده از زوج شتاب نگاشت ها اعمال میشود. ضمناً لازم است در هنگام اثر زلزله بارهای ثقی مطابق بند های که در بالا ذکر شد به مدل سازه اعمال شود. اثر (P-DELTA) نیز در انجام این تحلیل باید در نظر گرفته شود.

در تحلیل تاریخچه زمانی بازتاب نهایی سازه شامل تلاش های ایجاد شده در اعضا، تغییر شکل اعضا تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در هر لحظه برابر با حد اکثر بازتاب های به دست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب نگاشت اعمالی به سازه می باشد.

در این روش تحلیل، در صورت استفاده از حداقل هفت زوج شتاب نگاشت میتوان مقدار متوسط بازتاب های به دست آمده از آنها را به عنوان بازتاب نهایی تلقی کرد.

مقاومت اعضا

در این روش کنترل مقاومت اعضا در خصوص تلاش های کنترل شونده توسط تغییر شکل، با توجه به بازتاب های حاصل از تحلیل ضروری نیست. در مورد آن دسته از تلاش ها که کنترل آنها با توجه به ضرایب اضافه مقاومت در روش های تحلیل خطی ضروری است، مقادیر تلاش های حاصل از تحلیل غیر خطی را باید بدون ضرب کردن در ضریب اضافه مقاومت بیشتر نباشد، قابل قبول تلقی می گردد.

تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در تحلیل دینامیکی غیر خطی

- ▶ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات حاصل از تحلیل غیر خطی نباید از 120 فیصد مقدار مجاز تجاوز نماید
- ▶ سازه طراحی شده بر اساس تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی باید به تایید شخص حقیقی یا حقوقی مستقل با صلاحیت رسانده شود. در این بررسی باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد.

1. شتاب نگاشت های به کارگرفته شده در تحلیل
2. سازگاری مشخصات سازه با داده های به کار برده شده در مدل تحلیلی
3. سازگاری ظرفیت های اعضای سازه با نتایج به دست آمده از تحلیل

برنامه کامپیوتری برای تحلیل های غیر خطی

مهندسين توسط برنامه هاي مختلفي تحليل هاي غير خطي ساختمان فولادي و كانكريتي را انجام مي دهند كه در زير چند نمونه آنها ذكر خواهم كرد.

1. **ETABS**
2. **SAP2000**
3. **ABACUS**
4. **OPENSEES**
5. **Prota Struture**

ختم کلام

این اسلاید که درباره زلزله ، انواع زلزله و روش های تحلیل زلزله نوشته شده است صرف یک آشنایی با تحلیل های زلزله می باشد. و دلیل نوشتن آن هم اینست که مهندسين که بار اول میخواهند در باره زلزله روش های تحلیل آن آگاهی یابند یک معلومات کلی داشته باشند.

و بخاطري معلومات بیشتر و اساسی تر بعضی کتاب ها را برایتان پیشنهاد می کنم که با خواندن این کتابها معلومات خود را زیادتیر کرده و در تحلیل های ساختمان از آن استفاده می کند.

از هر گونه نظر و یا انتقاد از مطالب داخل اسلاید استقبال می کنم. . شما میتوانید نظریات خود را از طریق ایمیل ذکر شده به من بفرستید.

Email: rahimullahkhalil2017@gmail.com