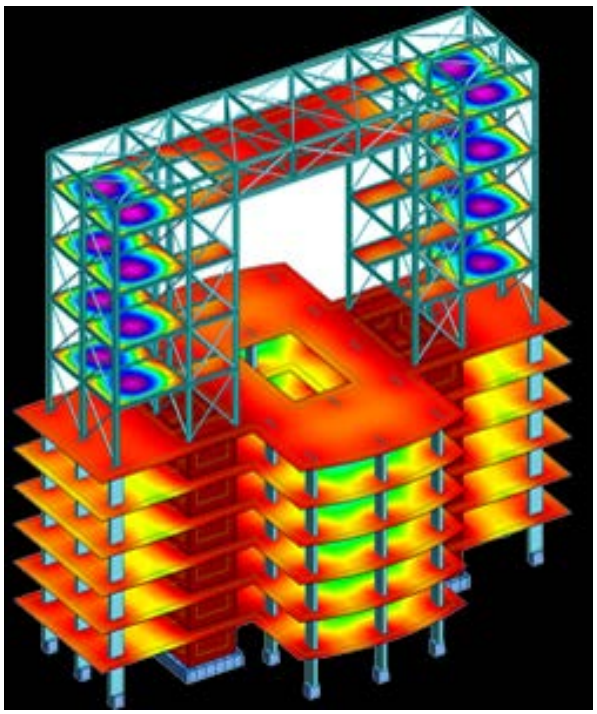
تحلیل ساختمان

Structural Analysis



هدف:

بررسی پایداری ، ناپایداری ، معینی و نامعینی

تعیین عکس العمل های اتکائی

تعیین قوه های داخلی و رسم اپیور آنها

محاسبه ی تغییر شکل ساختمان

Zia Fazily
Zia.fazily@gmail.com

تحلیل ساختمان

تحلیل ساختمان علمی است که در آن رفتار ساختمان از نقطه ای که بار به آن وارد می گردد تا لحظه ای که بار به تکیه گاه ها منتقل می گردد مورد مطالعه قرار می گیرد.

وقتی که ساختمان ای را مورد تحلیل قرار می دهیم به دنبال اهداف زیر می باشیم.

بررسی پایداری ، ناپایداری ، معینی و نامعینی

تعیین عکس العمل های اتکائي

تعیین قوه های داخلی و رسم اپیور آنها

محاسبه ی تغییر شکل ساختمان

انواع روشهاي تحلیل ساختمان ها به قرار زیر است:

۱. تحلیل استاتیکی که خود به دو بخش تحلیل هاي استاتیکی خطی و استاتیکی غیرخطی تقسیم میشود.

۲. تحلیل هاي دینامیکی که خود به دو بخش تحلیل دینامیکی خطی و دینامیکی غیرخطی تقسیم میشود.

روش هاي مذکور میتوان قرار ذیل نیز معرفی کرد:

- 1تحلیل استاتیکی خطی ۲ - تحلیل دینامیکی خطی ۳ - تحلیل استاتیکی غیرخطی ٤- تحلیل دینامیکی غیرخطی

سوال:

فرق تحلیل استاتیکی و دینامیکی در چیست؟

۱. تحلیل هاي استاتیکی برعکس تحلیل دینامیکی مستقل از زمان بوده و در آن زمان دخیل نیست ولی در تحلیل دینامیکی با زمان سر و کار داریم.

۲. تحلیل استاتیکی بسیار ساده و سریع تر از تحلیل دینامیکی می باشد.

۳. از همه مهمتر قضاوت و نتیجه گرفتن از روي نتایج تحلیل هاي استاتیکی بسیار ساده تر از تحلیل هاي دینامیکی است.

۴. تحلیل استاتیکی براي دیزاین ساختمان هاي جدید (طراحی از ابتدا) به وفوور استفاده میشود. همچنین از هزینه کمتري برخوردار است.

۵. تحلیل دینامیکی براي کنترل ساختمان موجود یا حتی یک المان از ساختمان مانند یک دیوار برشی یا یک چوکات از یک ساختمان مناسب تر است.

۶. در تحلیل دینامیکی (با توجه به معادله حرکت یک سیستم) پارامتر تعدیل ویا استکاک در برابر نوسانات به شکل دقیقتر وارد مسائل می شود.

روش های خطی تحلیل ساختمان ها

روش های خطی از انواع روش های تحلیل ساختمان ها است که شامل دو روش تحلیل استاتیکی معادل و تحلیل دینامیکی می باشد که خود تحلیل دینامیکی به دو بخش تحلیل دینامیکی طیفی و تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی تقسیم می شود.

روش تحلیل استاتیکی معادل

در این روش از روش های تحلیل ساختمان ، قوه ی جانبی زلزله تعیین شده و به صورت استاتیکی به ساختمان اعمال می گردد.

فواید:

- آسان و بسیار کم هزینه
- مدل دینامیکی ساختمان لازم نیست
- تنها روش برای طراحی اولیه ساختمان ها است
- مناسب برای ساختمانهای منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر
- مناسب برای ساختمانهای غیر منظم کمتر از ۵ طبقه یا ۱۸ متر ارتفاع

نقاط ضعف:

- ارتفاع
- دقت کم چون مقادیر سختی، کتله و ... در نظر گرفته نمی شود.
- رفتار دقیق ساختمان محاسبه نشده است و پاسخ بزرگتر از پاسخ واقعی است.
- غیر اقتصادی بودن روش

این روش را در ادامه (بعد از تکمیل روش های کلی تحلیل ساختمان) به تفصیل تشریح خواهم کرد. چون برای تعمیرات با پلان منظم و کم منزل از این روش بیشتر استفاده شده و در افغانستان محاسبه و سنجش ساختمان ها با این روش بیشتر مروج است.

روش های تحلیل دینامیکی خطی

الف) روش تحلیل دینامیکی طیفی (RESPONSE SPECTRUM)

در این روش از روش های تحلیل ساختمان ، ابتدا تحلیل مقادیر ویژه بر روی مدل ساختمان که بر اساس رفتار خطی تهیه شده است، انجام شده و مشخطات مدهای طبیعی ان تعیین می گردند.

این روش بااستفاده از چند مود ارتعاشی ساختمان و تعریف ویژگی های زلزله به صورت طیف طرح و نهایتاً ترکیب پاسخ مربوط به مودهای ارتعاشی انجام می گیرد.

فواید:

- قابل اعتماد برای طراحی چون بستگی به یک زلزله خاص ندارد.
- روش مناسب با دقت خوب برای تحلیل رفتار الاستیک خطی
- آسان و کم هزینه

نقاط ضعف:

برای طراحی اولیه ساختمان مناسب نیست زیرا مدل ساختمان و خواص آن در مراحل اولیه طرح مشخص نمی باشد و بنابراین برای بررسی ساختمان طرح شده مناسب است.

ب) روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی (TIME-HISTORY)

در این روش ساختمان تحت بارگذاری تاریخچه زمانی تعجیل زلزله قرار می گیرد و ساختمان به طور کامل تحلیل و پاسخ به صورت تاریخچه زمانی تعیین می گردد.

فواید:

- دقیق ترین روش محاسبه و بررسی رفتار ساختمان طرح شده برای یک زلزله یا زلزله های خاص
- مناسب برای بررسی رفتار و تحلیل بند ها، ساختمان های غیرخطی و...

نقاط ضعف:

- برای طراحی اولیه ساختمان مناسب نیست زیرا برای تحلیل ساختمان نیاز به مدل ساختمان و خواص آن می باشد.

- چون تمامی زلزله ها ویژگی های یکسان ندارند، طرح یک ساختمان برای یک زلزله خاص مبنای صحیحی ندارد و لذا روش برای طراحی قابل اعتماد نیست. چون پاسخ برای هر زلزله فرق می کند.
- پرهزینه و وقت گیر.

نتیجه:

روش تحلیل دینامیکی طیفی منطقی ترین و مناسب ترین روش برای تحلیل و دیزاین به نظر می رسد زیرا هم محاسبات قابل اعتماد و هم روش آسان و کم هزینه است.

روش های غیر خطی تحلیل ساختمان ها

تحلیل استاتیکی غیر خطی

منظور از تحلیل غیرخطی، تحلیل ساختمان ها با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی اجزاء آن به دلیل رفتار غیرخطی مصالح و پیدایش درز ها در عناصر ساختمانی میباشد. مطالعات اخیر نشان میدهد که منطقی ترین روش ارزیابی و مقاوم سازی لرزه ای ساختمان های موجود و طراحی ساختمان های جدید، روشهای تحلیل غیرخطی میباشند. هدف از کاربرد این روشها پیشبینی رفتار ساختمان در زلزله های آینده میباشد. اهمیت این روشها با توسعه علم انجنیری بر پایه عملکرد به عنوان روشی برای طراحی و ارزیابی لرزه ای افزایش یافت. انلایز غیر خطی که به آن تحلیل (پوش آور) نیز میگویند, یک تحلیل استاتیکی غیرخطی تحت اثر بارهای جانبی فزاینده است. هدف از تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده، برآورد رفتار مورد انتظار یک سیستم ساختمانی به کمک تخمین مقاومت و تغییر شکل مورد نیاز، به وسیله انجام یک تحلیل استاتیکی غیرخطی با در نظر گرفتن زلزله های طراحی و پس از آن مقایسه مقادیر مورد نیاز با ظرفیت های موجود در سطح رفتاری یا عملکردی مورد نظر است. این برآورد بر اساس شناسایی پارامترهای مهم رفتاری شامل تغییر مکان جانبی، تغییرشکل های نسبی اعضاء و اتصالات و... خواهد بود. روش های تحلیل ساختمان ها که در طراحی بر اساس عملکرد و بهسازی لرزه ای ساختمان ها مطرح می شوند، عمدتا بر مبنای تحلیل استاتیکی غیرخطی می باشند. دلیل استفاده از این نوع تحلیل، سرعت بالای انجام آن، سادگی تفسیر نتایج و دقت قابل قبول آن میباشد. این در حالی است که تحلیل های پیچیده بجز در موارد خیلی خاص و یا با فرض وجود اطلاعات کافی برای نشان دادن رفتار صحیح سیکلی بار، تغییر شکل اعضای ساختمانی از نظر اقتصادی توجیه پذیر نمی باشد.

این روش که از روش های تحلیل ساختمان است، به صورت یک سری تحلیل گام به گام می باشد. در هر گام از این تحلیل، کاهش سختی اعضاء در اثر ایجاد مفاصل پلاستیک بر اثر بارگذاری بر تحلیل گام بعدی در نظر گرفته می شود. در این روش بار جانبی ناشی از زلزله با یک الگوی بار مشخص، استاتیک و به تدریج به صورت فزاینده به ساختمان وارد می شود تا آنجا که تغییر مکان نقطه کنترل (مرکز کتله طبقه بام) تحت بار جانبی به مقدار مشخصی که تغییر مکان هدف ویا

مرکز ثقل نامیده می شود، برسد و یا اینکه ساختمان فرو بریزد. سپس تغییر شکل ها و قوه های ایجاد شده در اعضاء با معیارهای پذیرش آنها در سطوح عملکردی مختلف مقایسه و سطح عملکرد ساختمان و اجزای ساختمانی تعیین می شود. در واقع تغییر مکان هدف ویا مرکز ثقل نشان دهنده تقاضای تغییر مکانی زلزله مورد انتظار می باشد.

تحلیل دینامیکی غیر خطی

در روش تحلیل دینامیکی غیر خطی ، پاسخ ساختمان با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی مصالح و رفتار غیر خطی هندسی ساختمان محاسبه می شود . در این روش فرض بر این است که ماتریس سختی و اصطکاک از یک گام به گام بعد می تواند تغییر کند، اما در طول هر گام زمانی ثابت است و پاسخ مدل تحت تعجیل زلزله به روشهای عددی و برای هر گام زمانی محاسبه می شود. روش تحلیل دینامیکی غیرخطی که دقیقترین روش تحلیلی موجود است. این روش به صورت مودال و انتگرال گیری مستقیم قابل انجام است. روش مودال تنها در ساختمان های خطی یا در ساختمان های با رفتار غیرخطی محدود استفاده میشود. روش انتگرال گیری مستقیم به صورت گام به گام و در قالب روشهای عددی ارائه می شود.

تفاوت تحلیل خطی و غیر خطی در تحلیل ساختمان ها

سختی اصلی ترین تفاوت بین تحلیل خطی و غیر خطی می باشد. سختی یکی از مشخصه های عضو یا ساختمان می باشد که رفتار آن را نسبت به بار های وارده مشخص می کند.

مراحل تحلیل ساختمان

- ترسیم شیمای سنجشی
- وارد نمودن بارها
- دریافت عکس العمل های اتکائی
- محاسبه قوه های داخلی (قوه محوری, قوه عرضی و مومنت انحنائی)
- محاسبه تشنجات داخلی
- ارزیابی بهره برداری , کاربردی و ایمنی ساختمان

روش تحلیل استاتیکی معادل

در اکثر کود ها روش استاتیکی معادل به عنوان اصلی ترین روش بارگذاری لرزه ای مطرح است. ارکان اصلی این روش عبارتند از:

۱. تعیین دوره تناوب ساختمان
۲. تعیین برش پایه
۳. توزیع برش پایه در ارتفاع ساختمان
٤. وارسی ها

این روش بارگذاری قوه زلزله را معادل یک قوه افقی می پندارد. بنابراین ابتدا قوه برش پایه براساس دوره تناوب ساختمان محاسبه سپس در ارتفاع ساختمان توزیع میشود، آنگاه سهم عناصر ساختمانی به نسبت سختی مشخص میگردد و اعضای ساختمان براساس قوه حاصله دیزاین میگردند. در این میان بررسی های مختلفی مانند کنترل جابجایی، پیچش و مانند اینها صورت میگیرد.

در این روش قوه ای جانبی زلزله به صورت استاتیکی در امتدادها و جهات مختلف بر به ساختمان اعمال می گردد و ساختمان با فرض رفتار خطی تحلیل می شود.

قوه ای برشی پایه ،v

حداقل قوه ای برشی اساس یا مجموع قوه های جانبی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$V = CW$$

در این رابطه:

V: قوه ای برشی در تراز پایه

W: وزن مؤثر لرزه ای ، شامل تمام بار مرده و وزن تأسیسات ثابت به اضافه فیصدی از بار زنده و بار برف.

C: ضریب زلزله که از رابطه زیر به دست می آید:

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

که در آن:

A: نسبت تعجیل مبنای طرح

B: ضریب بازتاب ساختمان

I: ضریب اهمیت ساختمان

Ru: ضریب رفتار ساختمان

نسبت تعجیل مبنای طرح ،A

نسبت تعجیل مبنای طرح در مناطق مختلف کشور ، بر اساس خطر زلزله خیزی آنها طبق جدول زیر مشخص شده است.

جدول نسبت تعجیل مبنای طرح در مناطق با زلزله خیزی مختلف منطقه

منطقه	توصیف	نسبت تعجیل مبنای طرح
۱	با خطر نسبی خیلی زیاد	۰,۳۵
۲	با خطر نسبی زیاد	۰,۳۰
۳	با خطر نسبی متوسط	۰,۲۵
٤	با خطر نسبی کم	۰,۲۰

ضریب بازتاب ساختمان ،B

مفهوم ضریب بازتاب ساختمان:

درهنگام وقوع زمین لرزه سنگ بستر با تعجیل حرکت خواهدکرد واین تعجیل ازلابه لای خاک های بالای سنگ بستر عبورکرده و به ساختمان میرسد .بنابراین درپیدا کردن قوه ای اعمالی درساختمان از جانب زمین لرزه تعجیل انتقال یافته به ساختمان اهمیت دارد .پس می توان گفت خاک نقش اساسی در نحوه انتقال تعجیل سنگ بستر به ساختمان دارد . بنابراین ضریب بازتاب که نسبت تعجیل ساختمان به تعجیل سنگ بستر است به نوع خاک اساس وابسته است .چون همچنان که گفته شد خاک اساس درنحوه انتقال تعجیل ازسنگ بستر به ساختمان نقش بسزایی داردکه می تواندباعث تشدید یا استهلاک تعجیل انتقالی به ساختمان باشد.

مهم ترین عوامل تاثیرگذار در روی ضریب بازتاب ساختمان و در نتیجه تعجیل ساختمان:

نوع خاک: امواج زلزله برای رسیدن به ساختمان بایدازلایه های خاک عبورکنندکه براساس- مشخصات ومفاهیم ژئوتکنیک لرزه ای ویژگی های موجوددرخاک می تواندتعجیل انتقالی به ساختمان را نسبت به تعجیل بسترسنگی تغییردهد.

ویژگی های ساختمان: سختی ساختمان برروی نحوه ارتعاش وتعجیل ساختمان اثرگذاراست .به عنوان مثال- ساختمان های بلند درمقایسه با ساختمان های کوتاه زمان تناوب بیشتری درنوسان دارند.که این موضوع می تواند باعث تغییر و تفاوت در تعجیل این ساختمانها باشد.

طبقه بندی انواع خاک: خاکهای موجود درکشور که در محیط های ساخت وساز وجودارد که به اصطلاح اساس شناخته شده اند به 4 دسته تقسیم میشوند. تقسیم بندیها به گونه ای است که هر نوع خاک برای محدوده ای ازسرعت موج برشی خاک تعریف شده است.

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

$$B = B1\ N$$

در رابطه بالا B1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

B1، با در نظرگرفتن بزرگ نمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان زلزله خیزی منطقه مشخص می شود .این ضریب با استفاده از روابط زیر تعیین می شود.

$$B1 = S0 + (S - S0 + 1)\ (T/T0) \qquad 0<T<T0$$

$$B1 = S + 1 \qquad T0<T<TS$$

$$B1 = (S + 1)\ (TS/T) \qquad T>TS$$

در این روابط:

T: زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است

0T, ST, S, 0S: پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر زلزله خیزی منطقه وابسته اند .مقادیر این پارامترها در جدول زیر و انواع زمین ها در رابطه بعدی مشخص شده اند.

جدول پارامترهای مربوط به روابط فوق

نوع زمین	To	Ts	حوضه خطر نسبی کم و متوسط		حوضه خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد	
			S	So	S	So
I	0.1	0.4	1.5	1	1.5	1
II	0.1	0.5	1.5	1	1.5	1
III	0.15	0.7	1.75	1.1	1.75	1.1
IV	0.15	1.0	2.25	1.3	1.75	1.1

ضریب اصلاح طیف، N ، به شرح زیر تعیین میشود:

ضریب اصلاح طیف (N) :

باتوجه به تقسیم بندی ناحیه های دارای نشست های زمین و درزهای موجود در سخره های محل ثابت می شودکه حوزه های نزدیک اینگونه محلات نسبت به حوزه های دور از این محلات از آسیب پذیری بیشتری برخوردارند. لذاپاسخ ساختمان های نزدیک نسبت به حوزه دور بیشترخواهدبود. ازاین رو میتوان گفت ساختمان ای که درحوزه نزدیک این

محلات (گسل) واقع شده است بایستی ازشرایط سخت گیرانه تری نسبت به حوزه دور از گسل برخوردار باش. مطالعات نشان میدهدکه درحوزه نزدیک گسل نیزساختمان ها بازمان تناوب بیشتر(ساختمان های بلندتر)نسبت به ساختمان های کوتاه ترآسیب پذیرترند .ازاین رو مقدارضریب بازتاب را بوسیله ی ضریبی بنام N برای حوزه های نزدیک گسل اصلاح شده است .درحقیقت با اعمال این ضریب ساختمان های نزدیک گسل دارای ضریب بازتاب بیشتری نسبت به ساختمان های دور از گسل خواهند داشت.

اگر بخواهیم بصیرت وآگاهی ازحوزه نزدیک داشته باشیم میتوانیم بگوییم که درحوزه نزدیک گسل نوعی قوه ای اعمال به ساختمان ازطرف زمین لرزه ضربه گونه است پس ساختمان دراین حالت فرصت کمتری برای نشان دادن پاسخ مناسب درمچوکاتل زلزله خواهدداشت. پس عملا از پتانشیل های مقاومتی ساختمان که عامل استواری ساختمان ها می باشند , کاسته خواهد شد وساختمان مستعد آسیب پذیری خواهد بود.

الف)برای حوضه های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

N = 1	T<TS
N = 0.74 -TS (T – TS) +1	TS<T<4sec
N = 1.7	T<4sec

ب)برای حوضه های با خطر نسبی متوسط و کم

N = 1	T<TS
N = 0.44 -TS (T – TS) +1	TS<T<4sec
N = 1.4	T<4sec

زمان تناوب اصلی نوسان ،T

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

الف برای ساختمان های با سیستم چوکات انحنائي

1چنانچه جداگرهای میان چوکات مانند بادبند ویا دیوار ها مانعی برای حرکت چوکات ها ایجاد ننمایند:

در چوکات های فولادی :

$$T = 0.08\, H^{\frac{3}{4}}$$

در چوکات های آهن کانکریتی:

$$\mathrm{T} = 0.08\, H^{0.9}$$

2 چنانچه جداگرهای میان چوکات مانعی برای حرکت چوکات ها ایجاد نمایند:
مقدار T برابر با 80 درصد مقادیر عنوان شده در بالا در نظر گرفته می شوند.

ب در چوکات های دارای سیستم مختلط

$$T = 0.08\, H^{\frac{3}{4}}$$

ج برای سایر سیستم های ساختمانی به غیر از سیستم کنسولی ، در تمام موارد وجود و یا عدم وجود جداگرهای میانچوکاتی

$$T = 0.05\, H^{\frac{3}{4}}$$

در روابط فوق ، H ، ارتفاع ساختمان بر حسب متر ، از تراز پایه است و در محاسبه آن ارتفاع خرپشته ، درصورتیکه وزن آن بیشتر از 25 درصد وزن بام باشد ، نیز باید منظور گردد .درمورد بام های شیب دار ، H بر اساس ارتفاع متوسط بام از تراز پایه محاسبه می شود.

ترازپایه:

ترازی است که قوه ای زلزله از آن تراز به ساختمان وارد میشود لذا حرکت قسمت های پایینتر از تراز مبنا دربرابرقوه ای زلزله صلب خواهدبود. بنابراین می توان گفت قوه ای زلزله ازروی تراز مبنا به ساختمان انتقال یافته و در ارتفاع ساختمان پخش می شود بنابراین برای پیداکردن تراز مبنا بایستی حرکت جانبی ساختمان موردبررسی قرارگیرد تا قسمت منعطف وصلب ساختمان مشخص شده و تراز مبنا تعیین گردد.

دراکثرحالاتی که ساختمان برروی تهداب قراردارد حرکت انعطافی ساختمان ازبالای تهداب شروع خواهدشد. یعنی قسمت بالایی تهداب منعطف و از آن ترازبه پایین حرکت صلب خواهد داشت .لذادرچنین حالاتی تراز مبنا روی تهداب خواهدبود .درصورتی که درساختمان ای مقداری از ارتفاع بالای تهداب ازساختمان به وسیله دیوار کانکریتی در اطراف ساختمان مقید شده باشد این قسمت حرکت صلب ویکنواختی با تهداب خواهد داشت .لذا درچنین مواقعی تراز مبنا به بالای این ارتفاع محدود خواهد شد .به عنوان مثال اگر در یک ساختمانی 8 طبقه در 2 طبقه اول پیرامون خود به صورت پیوسته دیواربرشی باشد تراز مبنا بالای طبقه دوم و ابتدای طبقه سوم خواهد بود.

مفهوم میان چوکات:

هرعاملی که مانعی درمچوکاتل حرکت چوکات باشد میان چوکات خواهدبود .درساختمان های تعمیرات اکثرا میان چوکات ها دیوار های داخل چوکات هستند .میان چوکات هادرصورت اتصال چوکات باعث افزایش سختی جانبی چوکات می شود.

درصورتی که بخواهیم دیوار ها مانع حرکت نشوند یا اصطلاحا میان چوکات محسوب نشوند بایستی ازستون های اطراف خودمقداری فاصله داشته باشند.

فاصله مابین دیوار ستون و چوکات:

فاصله دیوار و چوکات برای اینکه دیوار مانع حرکت چوکات نشود بایستی برابربا حداکثرجابجایی نسبی طبقه باشد.

نکته:

درصورتی که دیوار مانع حرکت چوکات شود (میان چوکات باشد)بایستی در دیزاین چوکات عکس العمل ما بین دیوار و چوکات (اثر چوکات ودیوار برروی هم)درنظرگرفته شود که این کار مشکل است.

تبصره : 1 بجای استفاده از روابط تجربی یاد شده می توان زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان ، T ، را با استفاده از روش تحلیل مناسب با در نظر گرفتن خصوصیات ساختمان محاسبه نمود، ولی مقدار ان نباید از 1.25 برابر زمان تناوب به دست آمده از رابطه تجربی بیشتر اختیار شود.

تبصره : 2 در مورد ساختمان های خاصی که ویژگی های دینامیکی آنها با ساختمان های معمولی متفاوت بوده و نتایج روابط تجربی یاده شده محل تردید باشد ، زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان ، T ، باید با استفاده از روش تحلیلی مناسب و با در نظر گرفتن اثرات کلیه اجزای ساختمانی و اجزای غیر ساختمانی تأثیرگذار از قبیل جداگرهای میانچوکاتی محاسبه شود، درصورتیکه اثرات اجزای غیرساختمانی در مدل تحلیلی درنظر گرفته نشود ، زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان ،T ، را باید 80 درصد زمان تناوب تحلیلی در نظر گرفت.

تبصره 3 در محاسبه زمان تناوب اصلی ساختمان های کانکریتی ، بمنظور در نظر گرفتن سختی مؤثر در اثر ترک-خوردگی کانکریت ، لازم است مومنت انرشیای مقاطع قطعات برای گادرها Ig 0.5 و برای ستون ها و دیوارها Ig منظور شود. Ig مومنت انرشیا مقطع کل عضو بدون درنظر گرفتن فولاد است .

نکته:

زمان تناوب تجربی گفته شده برای تحلیل اولیه ساختمان است تا سختی اولیه ساختمان مشخص گردد؛ لذا در هنگام دیزاین ساختمانها بایستی از زمان تناوب واقعی استفاده شود .زمان تناوب واقعی ساختمان براساس استندرد ها بصورت زیرخواهد بود.

زمان تناوب واقعی ساختمان =1.25 min (زمان تناوب تجربی, یا زمان تناوب تحلیلی)

زمان تناوب تحلیلی :از تحلیل واقعی دینامیکی ساختمان به وسیله etabs یا sap بدست می آید.

ضریب اهمیت ساختمان ، I

ضریب اهمیت ساختمان با توجه به طبقه بندی آنها ، به شرح یاد شده تعیین می گردد:

جدول ضریب اهمیت ساختمان

طبقه بندی ساختمان	ضریب اهمیت
گروه ۱	۱,٤
گروه ۲	۱,۳
گروه ۳	۱,۰
گروه ٤	۰,۸

ضریب رفتار ساختمان Ru

ضریب رفتار ساختمان دربرگیرنده عواملی از قبیل شکل پذیری ، درجه نامعینی و اضافه مقاومت موجود در ساختمان است .این ضریب با توجه به نوع سیستم بارگذاری ساختمان تعیین می گردد .مقادیر Ru در جداول برای ساختمان هایی که بر اساس مقاومت نهائی ویا حالت حدی دیزاین می شوند ، تنظیم شده است .برای ساختمان هایی که بر اساس روش تشنجات های مجاز دیزاین می شوند مقدار قوه ای جانبی زلزله باید در ضریب کاهشی ضرب شود .ترکیب قوه های زلزله با سایر بارها در روش های مختلف باید بر اساس مقررات و استاندارد های معلوم انجام شود.

ترکیب سیستم ها در پلان

در ساختمان هایی که از دو سیستم ساختمانی مختلف برای تحمل بار جانبی ، در دو امتداد در پلان استفاده شده باشد ، برای هر سیستم باید ضریب رفتار وضرایب Cd و Ωo مربوط به آن سیستم در نظر گرفته شود .تنها در مواردی که در یک امتداد از سیستم دیوارهای باربر استفاده شده باشد ، مقادیر ضریب رفتار در امتداد دیگر نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوارهای باربر اختیار گردد.

ترکیب سیستم ها در ارتفاع

در ساختمان هایی که از دو سیستم ساختمانی مختلف برای تحمل بار جانبی در یک امتداد در ارتفاع ساختمان استفاده شده باشد ، برای تعیین قوه ای جانبی زلزله باید از روش دیگری که در کود ها ذکر شده است مورد استفاده قرار گیرد . اما کوشش گردد از بکارگیری سیستم های مختلف ساختمانی در امتدادهای مختلف در پلان و در ارتفاع به حد توان خود داری شود.

جدول مقادر رفتار ساختمان Ru همراه با حد اکثر ارتفاع مجاز ساختمان Hm

سیستم ساختمان	سیستم مقاوم در برابر قوه های زلزله	Ru	Ωo	Cd	Hm (متر)
سیستم دیوار های بردارنده	1 یوارهای برشی آهنکانکریتی خاص	5	2.5	5	50
	2 دیوارهای برشی آهنکانکریتی متوسط	4	2.5	4	50
	3 دیوارهای برشی آهنکانکریتی معمولی	3.5	2.5	3.5	-
	4 دیوارهای برشی با مصالح ساختمانی تقویه شده	3	2.5	3	15
	5 دیوار متشکل از چوکات سبک فولادی و مهار تسمه ای فولادی	4	2	3.5	15
	6 دیوار متشکل از چوکات سبک فولادی و صفحات پوشش فولادی	5.5	3	4	15
	7 دیوارهای کانکریتی ساندویچ پنیل سه بعدی	3	2	3	10
سیستم چوکات ساختمانی	1 یوارهای برشی آهنکانکریتی خاص	6	2.5	5	50
	2 دیوارهای برشی آهنکانکریتی متوسط	5	2.5	4	50
	3 دیوارهای برشی آهنکانکریتی معمولی	4	2.5	3	-
	4 دیوار های بریشی با مصالح تقویه شده ساختمانی	3	2.5	2.5	15
	5 مهاربندی واگرای خاص فولادی	7	2	4	50
	6 مهاربندی انحنائي	7	2	5.5	50
	7 مهاربندی همگرای معمولی فولادی	3.5	2	3.5	15
	8 مهاربندی همگرای خاص فولادی	5.5	2	5	50

سیستم چوکات انحنائی	1 چوکات انحنائي آهنکانکریتی خاص	7.5	3	5.5	200
	2 چوکات انحنائي آهنکانکریتی متوسط	5	3	4.5	50
	3 چوکات انحنائي آهنکانکریتی معمولی	3	3	2.5	-
	4 چوکات انحنائي فولادی ویژه	7.5	3	5.5	200
	5 چوکات انحنائي فولادی متوسط	5	3	4	50
	6 چوکات انحنائي فولادی معمولی	3.5	3	3	-
سیستم دوگانه ویا ترکیبی	1 چوکات انحنائي ویژه (فولادی یا کانکریت)دیوارهای برشی آهنکانکریتی ویژه	7.5	2.5	5.5	200
	2 چوکات انحنائي آهنکانکریتی متوسط + دیوار بریشی آهنکانکریتی ویژه	6.5	2.5	5	70
	3 چوکات انحنائي آهنکانکریتی متوسط+ دیوار بریشی آهنکانکریتی متوسط	6	2.5	4.5	50
	4 چوکات انحنائي فولادی متوسط+ دیوار بریشی آهنکانکریتی متوسط	6	2.5	4.5	50
	5 چوکات انحنائي فولادی ویژه +مهاربندی واگرای ویژه فولادی	7.5	2.5	4	200
	6 چوکات انحنائي فولادی متوسط +مهاربندی واگرای ویژه فولادی	6	2.5	5	70
	7 چوکات انحنائي فولادی ویژه +مهاربندی همگرای ویژه فولادی	7	2.5	5.5	200
	8 چوکات انحنائي فولادی متوسط +مهاربندی همگرای ویژه فولادی	6	2.5	5	70
سیستم کنسولی	1 ساختمان های فولادی یا کانکریتی خاص	2	1.5	2	10

برش پایه V در هیچ حالتی نباید کمتر از مقدار داده شده در رابطه زیر در نظر گرفته شود:

$$V_{min} = 0.14\ AIW$$

جدول فیصدی میزان مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه قوه های جانبی زلزله

محل بار زنده	فیصدی میزان بار زنده
بام های ساختمان ها در مناطق با برف زیاد ، سنگین و فوق سنگین	20
بام های ساختمان ها در سایر مناطق	-
ساختمان های مسکونی ، اداری ، هوتل ها و پارکینگ ها	20
شفاخانه ها، مدارس ، فروشگاه ها ، ساختمان های محل اجتماع یا ازدحام	20
کتابخانه ها و انبارها(با توجه به نوع کاربری)	حد اقل 40
مخازن آب و یا سایر مایعات	100

ضریب و نامعینی ساختمان ρ

در ساختمان های با ارتفاع بیش از 3 طبقه یا ارتفاع 10 متر از تراز پایه ، قوه ای برشی پایه در هر یک از امتدادهای اصلی ساختمان باید در ضریب نامعینی ρ مربوط به آن امتداد ضرب شود.

جدول ضوابط استفاده از ρ برابر 1 برای مواردی که بیش از % 35 قوه ای برش پایه در طبقه ای از ساختمان ایجاد می شود

نوع سیستم مقاوم در برابر قوه های جانبی	ضوابط
چوکات ساده مهار بندی شده	حذف یک مهاربند یا اتصال آن منجر به از دست رفتن بیش از 33%مقاومت برشی طبقه نشود و ضمنا باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان مذکور در نگردد.
چوکات انحنائي	از دست رفتن مقاومت انحنائي در اتصالات دو انتهای یک گادر منجر به از دست رفتن بیش از % 33 مقاومت برشی طبقه نشود و ضمنا باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان مذکور نگردد.
دیوار برشی	حذف یک وایه دیوار برشی منجر به از دست رفتن بیش از 33% مقاومت برشی طبقه نشود و ضمنا باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان مذکور نگردد.

تبصره : 1 در ساختمان های دارای سیستم دوگانه مقاوم در برابر قوه های جانبی ، ضریب نامعینی برابر 1 در نظر گرفته می شود.

تبصره : **2** در محاسبات مربوط به تغییر مکان نسبی طبقات ، ضریب نامعینی برابر 1 در نظر گرفته می شود.

توزیع قوه ای جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

قوه ای برشی پایه V ، که طبق فورمول ها محاسبه شده است ، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می گرد:

$$\mathrm{Fi} = \frac{\mathrm{W}_i \, {h_i}^k}{\sum_j^n \mathrm{W}_i \, {h_i}^k} \mathrm{V}$$

در این رابطه:

Fi: قوه ای جانبی در تراز طبقهi

Wl: وزن طبقه i شامل وزن سقف و قسمتی از سربار آن مطابق جدول و نصف وزن دیوارها و ستونهایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته اند.

Hi: ارتفاع تراز i ، ارتفاع سقف i ، از تراز پایه

n: تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

k: برابر 0.5T + 0.75، این عدد برای ساختمان های با زمان تناوب اصلی کمتر از 0.5 ثانیه برابر 1 و برای ساختمان های با زمان تناوب اصلی بزرگتر از 2.5 ثانیه برابر 2 انتخاب می شود T .در این رابطه همان زمان تناوب اصلی ساختمان است که بر طبق محاسبه در تعیین ضریب B مورد استفاده قرار گرفته است.

تبصره : در صورتیکه وزن خرپشته ساختمان بیشتر از 25 درصد وزن بام باشد ، خرپشته به عنوان یک طبقه مستقل محسوب می شود .در غیر اینصورت خرپشته به عنوان بخشی از بام در نظر گرفته می شود.