سامانه وبینار

راهی امن برای یک ارتباط با کیفیت

ارتباط تصویری – ویدئو کنفرانس – کلاس انلاین – همایش انلاین

056 – 34 43 4848 داخلی ۲۱۵

خراسان جنوبی – بیرجند – خیابان مدرس – مدرس ۲۳ –
پارک علم و فناوری – شرکت همایش مهرایان پایتخت

Htttps://req.linkmeeting.net

سیویلرن

مرجع تخصصی آموزشهای نوین
طراحی و محاسبات ساختمان

با همکاری

گروه مهندسی سبزسازه

متفاوت ترین رسانه مهندسی عمران

برگزار می کند

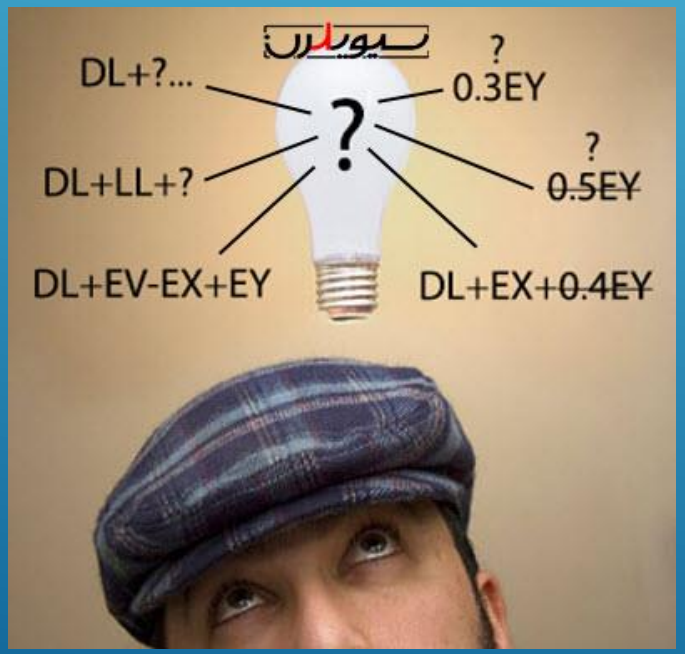
www.Civilearn.com
www.SabzSaze.com

ورکشاپ آموزشی رایگان

ساخت انواع ترکیبات بار طراحی ساختمان

مدرس : مهندس اتیلا امینی

گروه آموزشی سیویلرن



اصولاً چرا باید بارها را با هم ترکیب کنیم . . . ؟

اساساً بارها چه نیازی به ضرائب دارند . . . ؟

اصلاً ترکیب بار چیست ؟

چگونه این ترکیبات بار را بسازیم . . . ؟

دلیل تعدد ترکیبات بار چیست؟!

نقش آئین نامه ها در ساخت ترکیبات بار دقیقاً چیست . . . ؟!

همانطور که همه می دانیم ؛ بارهای وارد بر ساختمان بصورت کلی ، شامل سه گروه زیر است :

بارهای ثقلی

بار مرده[1] (وزن اجزای دائمی ساختمان (اسکلت سازه) ؛ کف سازی ؛ دیوارهای داخلی و خارجی ؛ وزن تجهیزات و تاسیسات ثابت و . . .)

بار زنده[2] (بارهای غیردائمی که در هنگام بهره برداری و استفاده از ساختمان بر سازه وارد میگردد. به مانند وزن اشخاص و اشیائی که در داخل ساختمان به حرکت درمی آیند)

بارهای ناشی از طبیعت[3]

بارهایی که در شرایطی خاص به ساختمان وارد میشوند

- بار زلزله
- بار باد
- بار برف
- بار ناشی از فشار خاک
- بار ناشی از تجمع آب باران
- بار ناشی از فشار آبهای زیرزمینی
- بار ناشی از تغییرات دما

1. (Dead Load) 2. (Live Load) 3. (Environmental Load)

بارهای مرده ؛ بارهایی هستند که از لحاظ مقدار و محل تاثیر در طول عمر سازه ثابت می باشند. معمولاَ قسمت اعظم بارهای مرده ؛ وزن خود سازه است. لذا بارهای مرده را معمولاً می توان با دقت قابل قبولی با توجه به ابعاد اجزای سازه و همچنین جزئیات معماری محاسبه نمود.

بارهای زنده ؛ بارهای وظیفه ای سازه می باشند ه مقدار و محل اثر آنها می تواند در طول عمر سازه متغیر باشد. لازم است بدانید که مقدار و نحوه توزیع بارهای زنده در یك لحظه معین ؛ نامشخص است و حتی شدت حداکثر آنها نیز در طول عمر ساختمان با دقت خوبی معلوم نمی باشد.

همانند بارهای زنده ؛ عدم قطعیت های زیادی نیز در مورد مقدار و نحوه توزیع بارهای ناشی از عوامل طبیعی وجود دارد.

بنابراین از آنجائی که شدت باری که در طول عمر ساختمان بر آن وارد می شود نا مشخص است ؛ بار را می توان به عنوان یك کمیت اتفاقی در نظر گرفت. مقدار کمیت اتفاقی به طور قطع و یقین معلوم نخواهد بود و فقط به کمك علم آمار و احتمالات می توان مشخص نمود ؛ احتمال این که مقدار کمیت اتفاقی در محدوده خاصی قرار بگیرد ؛ چقدر است ؟!

مقادیر تعیین شده برای بارها توسط آئین نامه ها و مراجع معتبر ؛ مقدار متوسط این بارها نیستند و نزدیکتر به مقادیر حداکثر می باشند.

انواع بارهای وارد بر ساختمان های متعارف و متداول :

بار مرده : باری مطابق با اجزای بکار رفته در ساختمان (مثل بار کفها ، دیوارها و . . .)

بار زنده : باری مطابق با مقادیر تعیین شده در مبحث ششم ، براساس کاربری ساختمان

بار زنده بام : بار زنده ای مطابق با مقدار توصیه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

بار برف : باری مطابق با محاسبات و ضوابط تعیین شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ، براساس شرایط و موقعیت ساختمان

بار باران : باری مطابق با آمار موجود در منطقه و مطالعات هیدرولوژیکی و مهندسی آب مورد تائید مراجع ذیصلاح و مراکز دارای صلاحیت قانونی نظیر سازمان هواشناسی کشور

بار یخ : بار ناشی از یخ زدگی باران و برف برای طراحی اجزای حساس به یخ به مانند سازه های مشبک ؛ لوله ها ؛ کابل ها ؛ نرده ؛ پله و . . .

بار باد : بار ناشی از اثر باد بر ساختمانها و سازه ها و کلیه اجزای آنها ؛ بر اساس ضوابط مندرج در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

بار سیل : باری مطابق با آمار موجود در منطقه ؛ تاریخچه خسارات سیل در نزدیکی محل و مطالعات هیدرولوژیکی و مهندسی آب ؛ مورد تائید مراجع ذیصلاح و مراکز دارای صلاحیت قانونی نظیر سازمان هواشناسی کشور

بار جانبی فشار خاك یا آب : بار ناشی از فشارهای جانبی خاك یا آبهای زیرزمینی وارد بر سازه ها و اجزای سازه ای زیر سطح زمین ؛ بر اساس مطالعات ژئوتکنیك صورت گرفته توسط افراد ذیصلاح و در غیر اینصورت باری معادل با مقادیر حداقل توصیه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

بارهای خودکرنشی (تغییرات دما و نشست پایه ها) : بارهایی ناشی از اثرات تغییر دمای محیط و یا تغییرمکان پایه ها و پی های ساختمان ؛ بر روی کلیه اجزای سازه ای

توجه

هر یك از بارهای اشاره شده ؛ بسته به نوع ساختمان و کاربری آن و همچنین موقعیت و شرایط سازه ؛ ممکن است در ساختمانی حضور نداشته باشند. ولی آنچه بدیهی است ؛ حضور مشترك بارهای مرده و زنده و یکی از انواع بارهای جانبی زلزله یا باد ؛ در تمامی ساختمان ها خواهد بود.

؟

مفهوم ترکیب بار

مقصود از طراحی ساختمان

ایمنی[1] ساختمان در برابر خرابی ها
خدمت پذیری[2] ساختمان در هنگام بهره برداری از آن

خدمت پذیری یك ساختمان یعنی :

عدم تجاوز تغییرشکل ها از مقادیر مجاز
حداقل لرزش در ساختمان
عدم ازدیاد عرض ترك از مقادیر مجاز (در ساختمانهای بتنی)

ایمنی یك ساختمان یعنی :

کفایت مقاومت سازه در مقابل تمام بارهایی که احتمال وقوع آنها بر سازه می رود

آیا برای یك طراحی اصولی ؛ که هم ایمنی و هم خدمت پذیری را شامل گردد ؛ میتوان تنها به اعمال جداگانه بارها ، بصورت تك به تك بر ساختمان ، اکتفا کرد؟

1. (Safety) 2. (Serviceability)

آیا به نظر شما اثر بارها بر روی ساختمان بصورت جداگانه (تك به تك) بحرانی تر است و یا اثر همزمان چندین بار ؟!

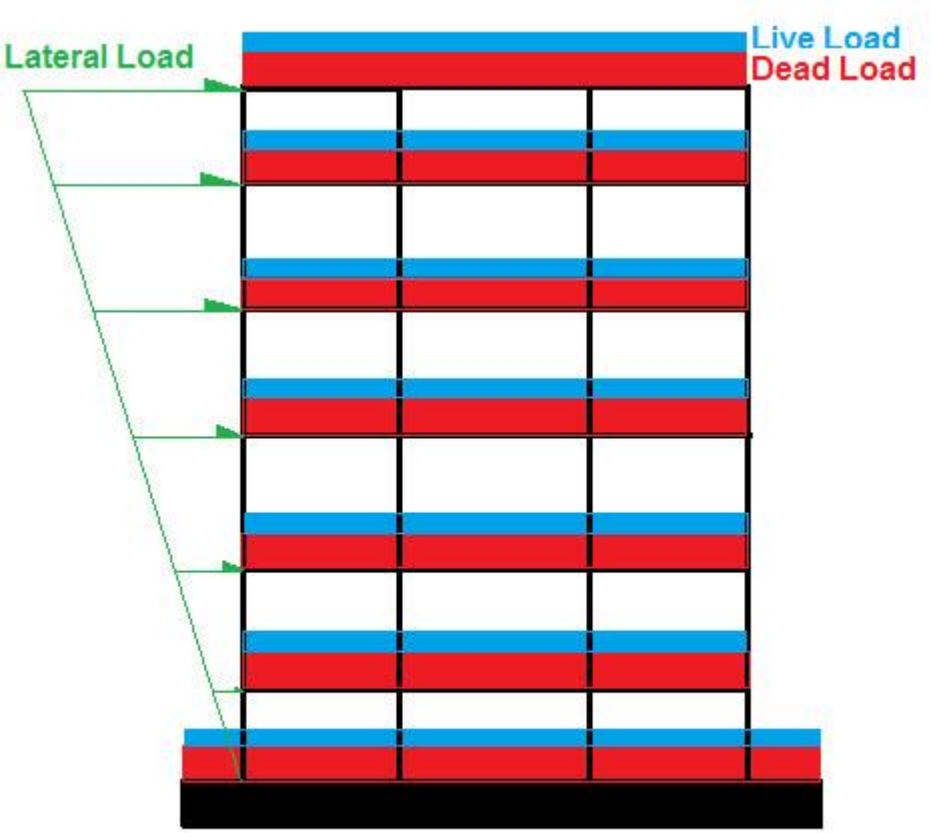
بارهای موجود را باید چگونه به ساختمان وارد نمود؟

اثر همزمان چه بارهایی را باید در ساختمان در نظر داشت؟

دقت داشته باشید : **برای دیدن اثر همزمان بارها بر روی ساختمان ؛ بارها را با هم ترکیب می کنیم.**

به دلیل ماهیت اتفاقی بودن بارها و عدم قطعیت های بسیار در رفتار سازه ؛ توزیع بارها و . . . برقراری یك حاشیه اطمینان از ضروریات طراحی است. انتخاب یك حاشیه اطمینان (ضریب اطمینان) مناسب ؛ باید به نحوی صورت گیرد که توازنی بین اقتصاد و ایمنی سازه به وجود آید.
خوشبختانه با بهبود وضعیت اجرا و شناخت بهتر مصالح و رفتار سازه ها ؛ می توان ضریب اطمینان را کاهش داده و در جهت اقتصاد طرح قدم برداشت.

حاشیه اطمینان در طراحی ؛ در ترکیبات بار نیز لحاظ میشود



اعمال همزمان بارهای ثقلی و جانبی بر ساختمان

یك نمونه ترکیب بار پرکاربرد

معمولا بارهای مرده ؛ زنده و زلزله را با هم در نظر میگیریم. چرا که اثر همزمان این بارها کاملاً بدیهی است

Dead Load + Live Load + Earthquake Load

ترکیب بار ثقلی و جانبی

سوالات متداول

چگونه بایستی بارها را با هم ترکیب کنیم؟

به عبارتی اثر همزمان چه بارهایی را باید در طراحی ساختمان در نظر داشته باشیم؟

آیا تنها یك ترکیب بار کافیست ؟ یا که نیاز به چندین نوع ترکیب بار داریم؟

نقش آئین نامه ها در نحوه ترکیب کردن بارهای مختلف ساختمان چیست؟

آیا برای ترکیب کردن بارها ؛ نیاز به الگوی خاصی داریم؟

اگر چندین ترکیب بار داشته باشیم ؛ ساختمان برای کدامیك طرح میشود؟

چه نیازی به ساخت و اعمال تعداد زیادی از ترکیبات بار است؟

و . . . !؟

برای پاسخ به تمامی پرسش ها و آموزش ساخت کلیه ترکیبات بار طراحی ساختمان ؛ مطابق با آخرین آئین نامه های موجود در کشور ؛ از روش گام به گام ساخت ترکیبات بار طراحی که پیش از این هم در جزوات بتنی مدرس آورده شده بود ؛ استفاده می گردد.

روش گام به گام ساخت ترکیبات بار طراحی ساختمان

بخش اول

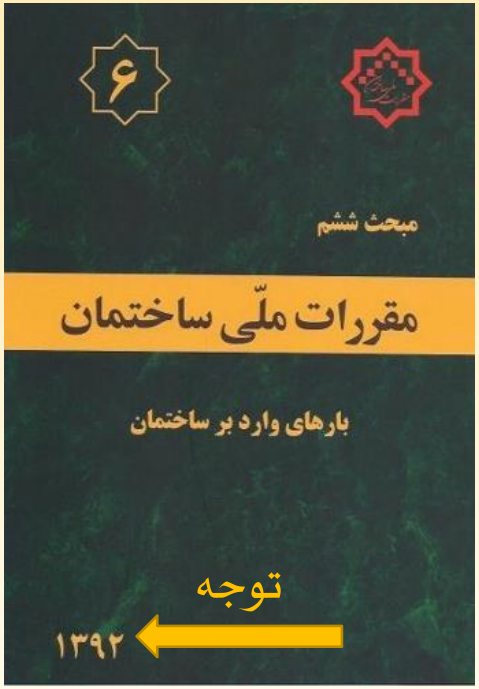
ساخت ترکیبات بار طراحی ساختمان های بتن آرمه

در این بخش ساخت کلیه ترکیب بارهای لازم به منظور طراحی ساختمان های بتن آرمه بر اساس دو آئین نامه متداول در کشور ؛ آئین نامه بتن آمریکا (ACI-318-08) و آئین نامه بتن کانادا (CSA –A23.3-04) آموزش داده خواهد شد.

گام اول

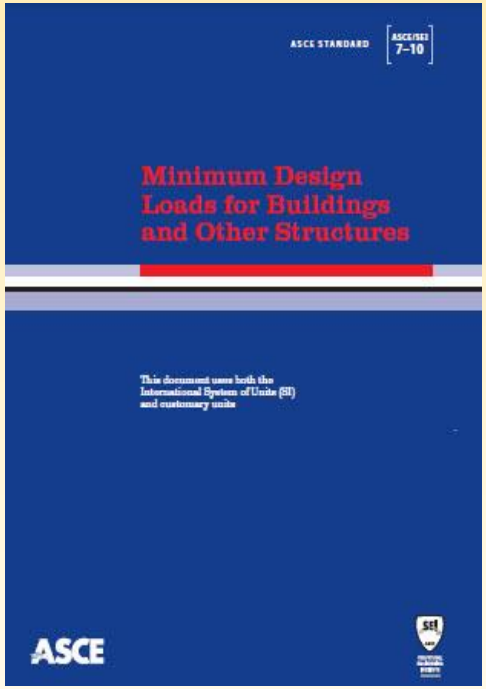
آشنایی با دستورالعمل های ساخت ترکیبات بار طراحی ساختمان

تنها مرجع معتبر ساخت انواع ترکیبات بار طراحی برای ساختمان های بتن آرمه و فولادی ؛ **مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (ویرایش سال ۹۲)** است.



مرجع اصلی مبحث ششم

آیین نامه بارگذاری آمریکا
ASCE 7-10



توجه

فصل دوم از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ؛ به ترکیبات بار طراحی اختصاص دارد.

در این فصل از مبحث ششم ؛ کلیه ترکیبات بار بر اساس روشهای مختلف طراحی برای ساختمان های بتن آرمه و فولادی آورده شده است.

نکته

ترکیبات باری که در مبحث ششم متناسب با روش های مختلف طراحی سازه ها آورده شده است ؛ جنبه عمومی دارد. لذا برای استفاده از آنها برای طراحی ساختمان های متعارف و متداول ، باید برخی از ترکیبات بار را با توجه به مواردی که در بخشهای آتی گفته خواهد شد ؛ حذف کرد.

پیش از مطالعه ترکیبات بار موجود در این فصل ؛ لازم است ابتدا با اختصارات بارهای وارد بر ساختمان که در این فصل از آنها استفاده شده است ؛ آشنا شوید.

معرفی اختصارات استفاده شده در مبحث ششم ؛ برای هریک از بارهای وارد بر ساختمان

اختصار	شرح
D	بار مرده
Di	وزن یخ
E	بار زلزله طرح
F	بار ناشی از سیال
Fa	بار سیل
H	بار ناشی از فشار خاک ؛ فشار آب زیرزمینی و یا فشار مواد انباشته شده
L	بار زنده طبقات ساختمان به جز بار زنده بام

ادامه معرفی اختصارات استفاده شده در مبحث ششم

اختصار	شرح
Lr	بار زنده بام
L0	حداقل بار زنده گسترده یکنواخت بر اساس نوع کاربری ساختمان
S	بار برف
T	بار خود کرنشی از قبیل اثر تغییرات دما و یا نشست پایه ها
W	بار باد
Wi	بار باد وارد بر یخ
R	بار باران

گام دوم

آشنایی با ترکیب بارهای پایه ای و عمومی ؛ تعیین شده در مبحث ششم

همانطور که قبلاً هم گفته شد ؛ در فصل دوم مبحث ششم مقررات ملی ؛ برای هر یك از روشهای طراحی سازه های بتنی آرمه و فولادی ؛ ترکیبات بار پایه ای و عمومی ارائه شده است.

روش طراحی آئین نامه ها ؛ طراحی در حالات حدی است. بدین صورت که سازه طوری طراحی میگردد که با ایمنی مشخصی ؛ تحت هیچ یك از شرایط بارگذاری ؛ به هیچ یك از حالت های حدی نرسد.

حالتهای حدی ؛ حالاتی هستند که عضو تا رسیدن به آنها وظایف خود را به طور کامل انجام می دهد ؛ لیکن پس از رسیدن به هر یك از آنها ؛ قادر به انجام وظایف خود در آن حالت نخواهد بود.

دو حالت حدی مهم در طراحی :

- حالات حدی نهایی
- حالات حدی بهره برداری

❑ حالات حدی نهایی :

به حالاتی اطلاق می شود که حداکثر ظرفیت باربری عضو فرا رسیده است.

عمده ترین و محتمل ترین حالات حدی نهایی

- ایجاد گسیختگی و یا تبدیل تمام یا بخشی از ساختمان به مکانیزم
- از بین رفتن تعادل استاتیکی تمام یا بخشی از ساختمان
- کمانش یا از دست رفتن پایداری تمام یا بخشی از ساختمان

❑ حالات حدی بهره برداری :

وضعیتی است که معیارهای بهره برداری مثل تغییرشکل ؛ لرزش ؛ ترک ؛ و پایایی به حداکثر مقدار قابل قبول رسیده باشد.

بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ؛ روش طراحی ساختمان های بتن مسلح در کشور ؛ حالت حدی نهایی است. لازم است بدانید که مبنای طراحی کشورهای اروپایی و همچنین کشور کانادا نیز ؛ همین روش می باشد.

❑ طراحی در حالت حدی نهایی :

طراحی در حالت حدی نهایی یك روش مبتنی بر احتمالات است. بدین صورت که در این روش میتوان با کاهش مقاومت سازه (R) و همچنین افزایش اثرات بار وارد بر آن (S) ؛ با اطمینان از اینکه $R \geq S$ است ، احتمال شکست یك سازه را کاهش داد. به رابطه زیر دقت کنید!

$$\emptyset R \geq \alpha S$$

$\emptyset$: ضریب مقاومت (به نام ضریب کاهش ظرفیت یا ضریب عملکرد نیز خوانده میشود.)

α : ضریب بار (به نام ضریب اضافه بار یا تشدید بار هم معروف است)

در روش حالت حدی نهایی ؛ طراحی عضو چنان صورت می گیرد که مقاومت نهایی یا حداکثر ظرفیت باربری عضو در مقطع دلخواه ؛ بزرگتر یا مساوی نیروهای داخلی (تلاشهای) موجود در آن مقطع تحت اثر بارهای نهایی وارد بر عضو باشد.

❑ کنترل در حالت حدی بهره برداری :

حالت حدی بهره برداری شامل دو حالت حدی تغییرشکل و ترک خوردگی است. در این حالت حدی ، کنترل می شود که تغییرشکل و عرض ترک ایجاد شده در هر عضو تحت اثر بارهای بهره برداری ؛ کوچکتر از مقادیر مجاز باشد.

❑ مقادیر ضرایب کاهش مقاومت

برای بتن درجا	$\emptyset c = 0.65$
برای فولاد مسلح کننده	$\emptyset s = 0.85$
برای بتن پیش ساخته	$\emptyset c = 0.7$
برای فولاد ساختمانی	$\emptyset c = 0.9$
برای تندان های پیش تنیدگی	$\emptyset c = 0.9$

مقادیر ضرایب تشدید بار

مقادیر ضرائب تشدید بار ؛ بسته به آنکه میزان عدم قطعیت در برآورد بار چه اندازه است ؛ برای بارهای مختلف متفاوت اند. ضرائب تشدید بارهای مختلف در ترکیبات بار عنوان شده در میحث ششم برای طراحی به روش حالت حدی نهایی آورده شده است. ترکیبات بار زیر را ملاحظه کنید!

۱) ۱٫۲۵D+۱٫۵L+۱٫۵(Lr یا S یا R)

۲) D+۱٫۲L+۱٫۲(Lr یا S یا R)+۱٫۲(W یا ۰٫۷E)

۳) ۰٫۸۵D+۱٫۲(W یا ۰٫۷E)

۴) ۱٫۲۵D+۱٫۵L+۱٫۵(Lr یا S یا R) +۱٫۵(H یا ۰٫۸۴F)

۵) ۰٫۸۵D+۱٫۵(H یا ۰٫۸۴F)

۶) D+۱٫۲L+۱٫۲(Lr یا S)+T

۷) ۱٫۲۵D+۱٫۵T

ترکیبات بار عمومی در طراحی به روش حالت حدی نهایی

ارائه شده در مبحث ششم

گام سوم

انتخاب ترکیبات بار مورد نیاز از میان ترکیبات بار عمومی

از آنجائیکه کلیه ترکیبات بار در مبحث ششم بصورت عمومی ارائه شده است ؛ بایستی بر اساس نوع سازه و کاربری ساختمان و اینکه در ساختمان مورد طراحی ؛ احتمال اعمال چه بارهایی وجود دارد ؛ ترکیب بارهای مورد نیازمان را انتخاب کنیم. پس در ادامه به بررسی تك تك ترکیبات بار خواهیم پرداخت.

اولین پرسشی که باید از خود بکنیم : در ساختمان های متعارف و متداول شهری ؛ معمولاً احتمال وارد شدن چه بارهایی بر سازه می رود؟!

مهمترین و اصلی ترین بارها در هر سازه ؛ بارهای مرده و زنده است. این بارها در تمامی ساختمان ها وجود دارند. در ترکیبات بار عمومی ؛ بار زنده بام ؛ از دیگر بارهای زنده موجود در سازه متمایز شده است.

از دیگر بارهایی که احتمال وجود آنها در بام ساختمان های متعارف بسیار است ؛ بار برف و باران است. بار زنده بام ؛ بار باران و بار برف هرسه در یك ترم از ترکیب بار آورده شده اند. به عبارتی مبحث ششم از بین این سه بار ؛ بحرانی ترین بار را در نظر می گیرد.

اولین ترکیب بار را ملاحظه کنید !

1) 1.25D + 1.5L + 1.5 (Lr یا S یا R)

از آنجائیکه این ترکیب بار ؛ کلیه بارهای ثقلی موجود در ساختمان را درنظر می گیرد ؛ به ترکیب بار ثقلی معروف است.

در ترم سوم این ترکیب بار ؛ سه حالت بار زنده بام ؛ برف و باران وجود دارد. آئین نامه با قرار دادن واژه (یا) در مابین این سه حالت بار ؛ به محاسب اعلام می کند بحرانی ترین حالت بار را در ترم سوم در نظر بگیرد!

ترکیب بار فوق (اول) انتخاب می شود

دومین ترکیب بار را ملاحظه کنید !

2) D + 1.2L + 1.2 (Lr یا S یا R) + 1.2 (W یا 0.7E)

در این ترکیب بار ضرائب تغییر کرده و همچنین ترم چهارمی به ترکیب بار اضافه شده است. در ترم چهارم دو بار جانبی باد و زلزله آورده شده است. با آمدن واژه (یا) ؛ بایستی یکی از دو بار زلزله و باد ؛ در ترکیب بار قرار گیرد. از آنجائیکه در ساختمان های متعارف به دلیل وزن زیاد سازه ؛ همواره بار زلزله بحرانی تر است ؛ لذا حالت بار باد را در نظر نخواهیم گرفت.

ترکیب بار دوم نیز انتخاب می شود

سومین ترکیب بار را ملاحظه کنید !

3) 0.85D + 1.2 (W یا 0.7E)

در این ترکیب بار نیز مجدداً ضرائب تغییر کرده است. نکته قابل توجه در این ترکیب بار حذف حالت بارهای زنده می باشد. ترم دوم این ترکیب بار ؛ به بارهای جانبی تعلق دارد. بنا به دلیلی که در اسلاید قبل گفته شد ؛ در اینجا نیز در ترم دوم ؛ تنها حالت بار زلزله در نظر گرفته خواهد شد.

ترکیب بار سوم نیز انتخاب می شود

چهارمین ترکیب بار را ملاحظه کنید !

4) 1.25D + 1.5L + 1.5 (Lr یا S یا R) + 1.5 (H یا 0.84F)

اگر در این ترکیب بار کمی دقت کنید خواهید دید که این ترکیب بار همان ترکیب بار اول است. با فرق اینکه ترم چهارمی نیز بدان اضافه شده است. با توجه به اختصارات معرفی شده از طرف مبحث ششم ؛ ترم چهارم این ترکیب بار ؛ به بارهای فشار خاك (H) و سیال (F) اشاره دارد.لذا از آنجائیکه در اغلب ساختمان های متعارف احتمال وارد شدن این قبیل بارها کم است ، در بسیاری از پروژه ها میتوان ترکیب بار فوق را به دلیل تکراری بودن در نظر نگرفت.

ترکیب بار چهارم انتخاب نمی شود

پنجمین ترکیب بار را ملاحظه کنید !

5) 0.85D + 1.5 (H یا 0.84F)

حالت بارهای فشار خاك و سیال در ترکیب بار پنجم نیز آورده شده است. چنانچه این بارها را در ساختمانی نداشته باشیم ؛ بطور کلی می توانیم این ترکیب بار را در طراحی سازه ؛ در نظر نگیریم.

ترکیب بار پنجم نیز انتخاب نمی شود

ششمین ترکیب بار را ملاحظه کنید !

6) D + 1.2L + 1.2 (Lr یا S) + T

در ترکیب بار ششم ؛ ترم آخر به بار خودکرنشی (بار حرارتی) اشاره می کند. با توجه به اینکه در اکثر پروژه های متعارف احتمال اعمال این بار وجود ندارد ؛ لذا به دلیل یکسان بودن این ترکیب بار با ترکیب بار دوم ؛ این ترکیب بار نیز در طراحی سازه کاربردی نخواهد داشت. مگر اینکه بار حرارتی موجود باشد!

ترکیب بار ششم نیز انتخاب نمی گردد

هفتمین ترکیب بار را ملاحظه کنید !

7) 1.25D + 1.5T

با در نظر نگرفتن بار حرارتی ؛ بدیهی است که این ترکیب بار نیز در طراحی جایی نخواهد داشت.

ترکیب بار هفتم نیز انتخاب نمی شود

جمع بندی :

با توجه به اینکه بارهای فشار خاك ؛ سیال و حرارتی به اکثر ساختمان های متعارف و متداول بتنی وارد نمی گردد ؛ بنابراین ترکیب بارهایی که در طراحی این سازه ها کاربرد دارد به شرح ذیل خواهد بود.

ترکیب بار ثقلی

1) 1.25D + 1.5L + 1.5 (Lr یا S یا R)

ترکیب بار سنگین لرزه ای

2) D + 1.2L + 1.2 (Lr یا S یا R) + 1.2 (W یا 0.7E)

ترکیب بار سبك لرزه ای

3) 0.85D + 1.2 (W یا 0.7E)

ترکیبات بار ؛ در ساختمان های بتنی دارای زیرزمین :

چنانچه قصد طراحی ساختمان دارای زیرزمین را داشته باشیم ؛ به دلیل وجود دیوارهای حائل در پیرامون زیرزمین ساختمان ؛ بار فشار خاك نیز یکی از حالت بارهایی است که باید در ترکیبات بار طراحی در نظر گرفته شود. در این حالت ترکیبات بار انتخابی از مبحث ششم به شرح ذیل خواهد بود.

1) 1.25D + 1.5L + 1.5 (Lr یا S یا R)

2) D + 1.2L + 1.2 (Lr یا S یا R) + 1.2 (W یا 0.7E)

3) 0.85D + 1.2 (W یا 0.7E)

4) 1.25D + 1.5L + 1.5 (Lr یا S یا R) + 1.5 (H یا 0.84F)

5) 0.85D + 1.5 (H یا 0.84F)

توجه

چنانچه در طراحی یك ساختمان بتنی حالت بارهای فشار خاك و حرارتی موجود باشد ؛ برای ساخت ترکیبات بار طراحی ؛ بایستی هر هفت ترکیب بار ارائه شده در مبحث ششم را انتخاب نمود.

گام چهارم

معرفی حالات بار مورد نیاز به نرم افزار ؛ بر اساس ضوابط مبحث ششم

حالات باری که احتمال اعمال شدن آنها بر سازه می رود ؛ باید به نرم افزار معرفی شوند. همانطور که می دانیم این حالات بار شامل بارهای مرده ؛ زنده ؛ زلزله و در برخی ساختمان ها شامل حالات بار فشار خاك و بار حرارتی نیز می باشد.

ولی این تمام حالات بار نیست! برای رعایت برخی از ضوابط موجود در مبحث ششم و همچنین به جهت ساخت ترکیبات بار صحیح ؛ آنطور که مد نظر مبحث ششم است ؛ باید حالات بار دیگری نیز به برنامه معرفی نمائیم.

در گام چهارم ؛ تمامی حالات بار مورد نیاز را تعیین کرده و به نرم افزار ایتبس معرفی می کنیم.

انواع حالات بار زنده
- بار زنده غیرقابل کاهش
- بار زنده کاهش پذیر
- بار زنده بام
- بار زنده مربوط به دیوارهای داخلی (پارتیشن ها)

کاهش سربار زنده : یکی از ضوابط آئین نامه هاست که با کاهش مقدار حداقل بارهای زنده گسترده در ساختمان ؛ تحت یکسری شرایط و ضوابط خاص ؛ باعث اقتصادی تر شدن طرح سازه ها می شود.

بخش ٦- ٥ -٧ مبحث ششم ویرایش سال ۹۲ ؛ به کاهش بارهای زنده پرداخته است.

مبحث ششم علاوه بر پیشنهاد کاهش بار زنده طبقات ؛ در برخی موارد و در برخی از طبقات و بارهای زنده ؛ کاهش بار زنده را مجاز نمی داند. برای آگاهی از ملاحظات کاهش سربار زنده در ساختمان ؛ بندهای ٦-٥-٧-٢ الی ٦-٥-٧-٦ را مطالعه نمائید.

بارهای زنده ایی که بر اساس مبحث ششم ؛ کاهش آنها ممنوع است :

بارهای زنده سنگین (بارهای زنده بیشتر از ۵۰۰ کیلوگرم بر مترمربع)

بار زنده محل های عبور و مرور یا پارك خودروهای سواری

بار زنده محل های ازدحام و اجتماع

بارهای زنده بام مطابق با بند ٦-٥-٨ میتوانند کاهش یابند.

توجه

از آنجائیکه ویرایش جدید مبحث ششم برگرفته از آئین نامه بارگذاری آمریکا ASCE7-10 است ؛ لذا اعمال کاهش بارهای زنده بصورت خودکار توسط برنامه ایتبس امکانپذیر است. تنها مشکلی که در این میان باقیست ؛ عدم وجود آیین نامه ASCE7 ویرایش سال ۲۰۱۰ در نسخه ۹.۷.٤ برنامه ایتبس است. بدیهی است چنانچه قصد اعمال کاهش سربار زنده بصورت خودکار را داشته باشیم بایستی از نسخه های جدید ایتبس استفاده کنیم. به مانند Etabs2015 & 2013

مطابق مبحث ششم ؛ برخی از بارهای زنده می توانند

کاهش یابند و برخی دیگر خیر!

لذا بایستی برای هر دو حالت ؛ دو الگوی بار تعریف نمود.

بار زنده بام : **چرا باید بار زنده بام از بار زنده دیگر طبقات متمایز گردد ؟!**

در مبحث ششم آورده شده است :

- برای کاربری‌هایی که بار L_o آن‌ها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء بام، کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی، ضریب بار مربوط به L را می‌توان برابر با ۰٫۶ برای ترکیب بار شماره ۲، و ۰٫۷۵ برای ترکیب بار شماره ۴ منظور نمود.

بنابراین چنانچه بارزنده بام از دیگر بارها جدا باشد ؛ میتوان ضریب مابقی بارهای زنده را طبق توصیه فوق به نصف تقلیل داد

بار زنده دیوارهای داخلی (پارتیشن ها) :

اولاً چرا باید بار دیوارهای داخلی طبقات ؛ به عنوان بار زنده تعریف شود؟

دوماً چرا بایستی بار آنها را از دیگر بارهای زنده متمایز نمود ؟

بار دیوارهای داخلی تا قبل از ویرایش سال ۹۲ مبحث ششم ؛ جزء بارهای مرده محسوب می شد. ولی با تحقیقاتی که در سالهای گذشته صورت گرفت ؛ به دلیل جابجایی دیوارهای جداکننده داخلی در سالهای پس از بهره برداری ساختمان : بار آنها را در دسته بارهای زنده قرار دادند.

همه میدانیم در محاسبه بار زلزله تنها ۲۰ درصد از بارهای زنده مشارکت دارند. این در حالی است که دیوارهای داخلی موجود در ساختمان بخشی از وزن سازه را تشکیل می دهند و در حقیقت ماهیت آنها بار مرده است. لذا در محاسبه وزن موثر لرزه ای (W) باستی تمامی بار دیوارها در محاسبات منظور شود.

بنابراین بایستی برای بار زنده دیوارهای پارتیشن ؛ یك الگوی بار جداگانه تعریف نمود تا بتوان در بخش محاسبات وزن موثر لرزه ای ؛ برخلاف دیگر بارهای زنده که دارای ضریب ۰/۲ هستند ؛ برای آنها ضریب یك را در نظر گرفت.

جمع بندی : انواع بارهای زنده ای که باید به برنامه معرفی شوند عبارتند از :

RLL	Reducibile Live Load	بار زنده کاهش پذیر
LL	Live Load	بار زنده غیرقابل کاهش پذیر
RL	Roof Load	بار زنده بام
PL	Partition Load	بار زنده پارتیشن ها

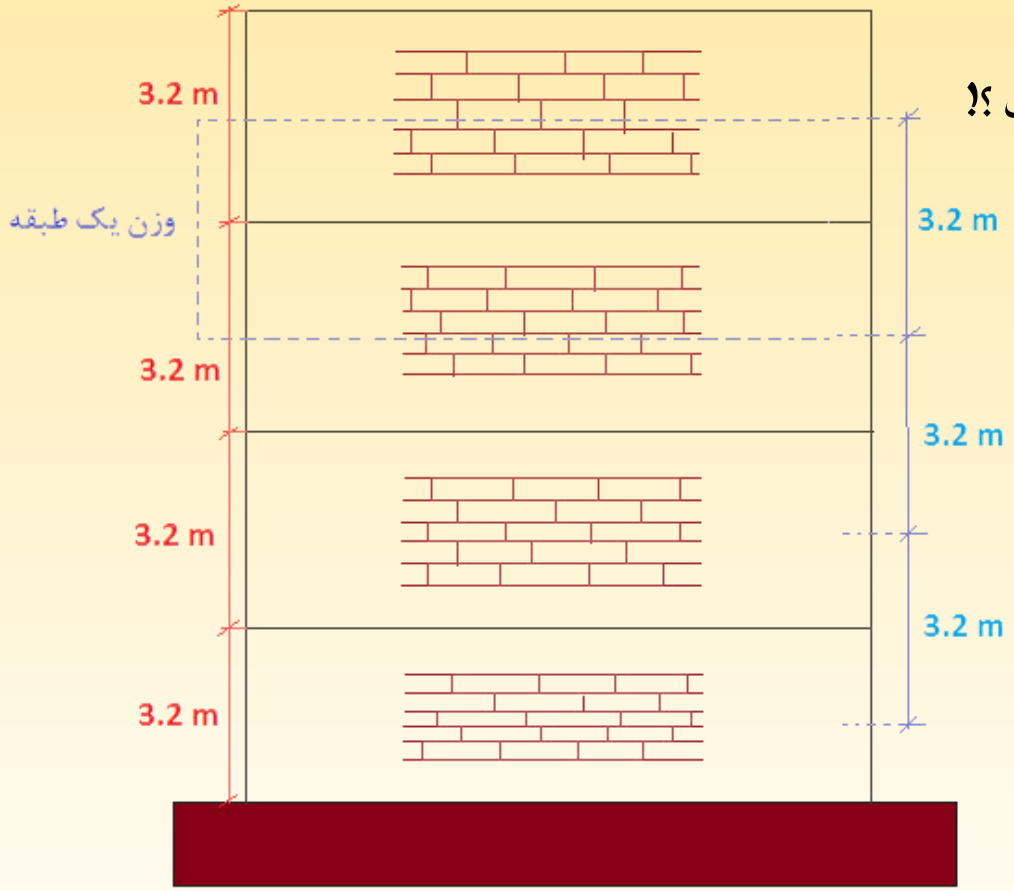
توجه

همانطور که در بالا می بینید ؛ چهار نوع بار زنده داریم. دقت داشته باشید در هنگام ساخت ترکیبات بار ؛ هرجا که بار زنده داشتید . این چهار حالت بار فوق را جایگزین کنید. به فرض مثال خواهیم داشت :

$$1.25DL + 1.5LL \longrightarrow 1.25DL + 1.5(RLL , LL , RL , PL)$$

یکی دیگر از بارهایی که باید به برنامه معرفی شود بار اصلاح جرم سازه است.

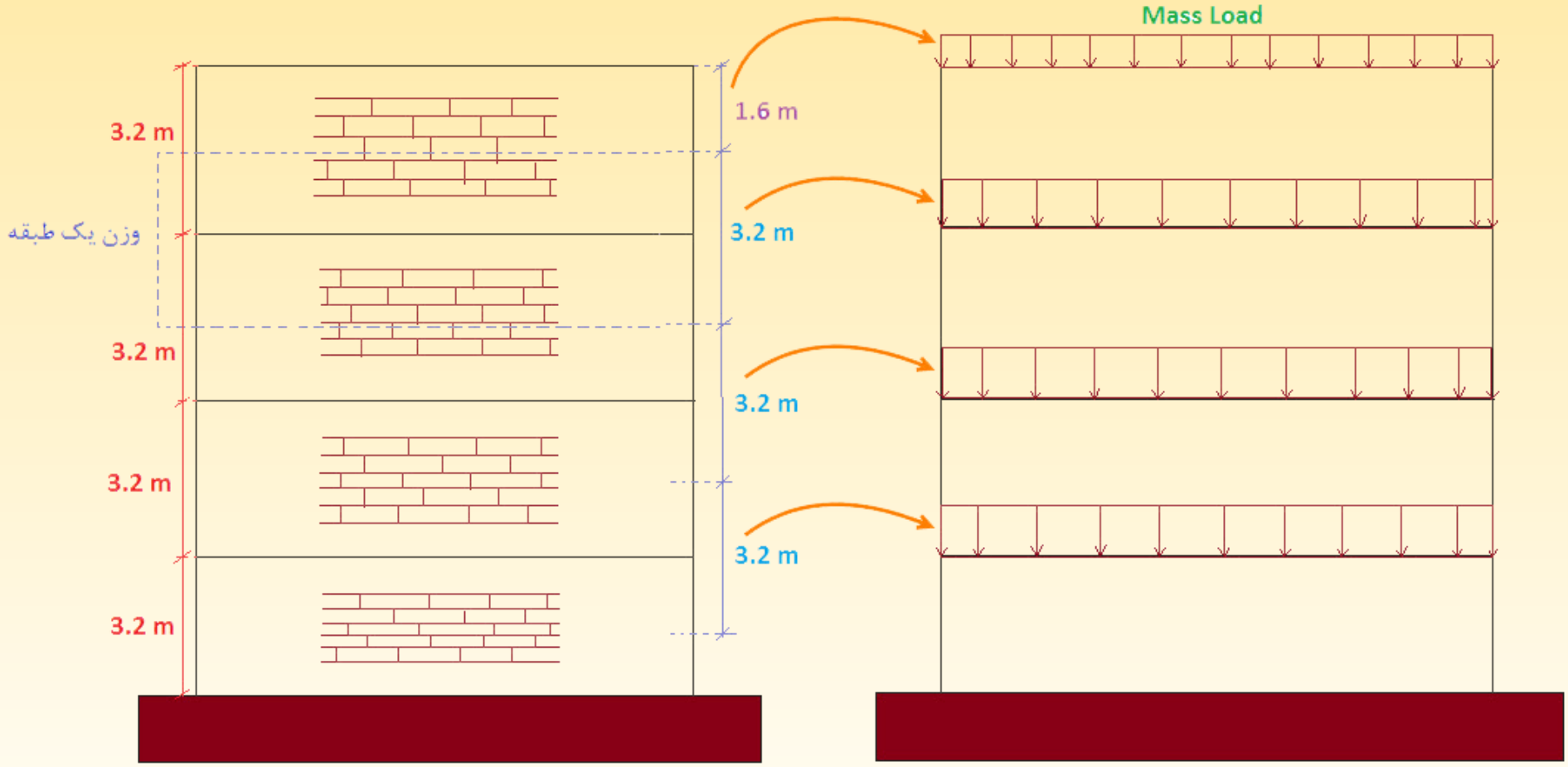
معمولاً نام این بار را MASS یا WALL یا QWALL می گذارند



اما این بار MASS یا WALL یا QWALL چیست ؟!

همانطور که همه میدانیم درمحاسبات بار زلزله ؛ وزن موثر لرزه ای (W) شامل بارمرده و درصدی از بار زنده می باشد. در محاسبه بار مرده (مجموع وزن طبقات) ؛ برای تعیین وزن هر طبقه ، علاوه بر وزن کف ، وزن نصف دیوارها و ستون های طبقه نیز محاسبه می شوند

از آنجائیکه دیوارهای پیرامونی در مدل رایانه ای ترسیم نمی شوند و به جای آنها ؛ بار آنها بر روی تیرهای پیرامونی اعمال می شود ؛ بار نصفه بالایی دیوارهای طبقه آخر ساختمان نیز تحت عنوان بار **Mass** بر روی تیرهای پیرامونی موجود در تراز بام اعمال می گردد.



همانطور که از نام بار **Mass** مشخص است ؛ این بار به جهت اصلاح جرم (وزن) لرزه ای ساختمان بکار میرود. در حقیقت با ااعمال این بار به تیرهای پیرامونی تراز بام : وزن طبقه بام به درستی توسط برنامه محاسبه می شود.

توجه

به دلیل اینکه بار **Mass** تنها به جهت اصلاح وزن لرزه ای ساختمان اعمال میگردد ؛ **نباید این حالت بار را در ترکیبات بار دخالت داد.** تنها جایی که در برنامه ایتبس از بار **Mass** استفاده می شود : بخش **Mass Suorce** (منشاء جرم) خواهد بود.[1]

بارهایی که باید در بخش Mass Suorce ایتبس وارد شوند تا برنامه به درستی و مطابق با مبحث ششم وزن موثر لرزه ای را محاسبه نماید.

نام الگو بار	ضریب اثر در وزن لرزه ای
DL	1
LL	0.2
RL	0.2
RLL	0.2
PL	1
Mass	1

بار پارتیشن ها باید با ضریب یک وارد شود. چرا که بار تمامی دیوارهای داخلی برخلاف دیگر بارهای زنده ؛ در هنگام زلزله حضور دارند

۱) برای اطلاعات بیشتر به ایبوک طراحی ساختمانهای بتن آرمه از همین نگارنده مراجعه شود.

معرفی بار فشار خاك در صورت وجود دیوارهای حائل به برنامه

معمولاً این الگوی بار را با نام SOIL به برنامه معرفی می کنند

توجه

در صورت وجود دیوارهای حائل در ساختمان علاوه بر معرفی بار فشار ناشی از خاك پشت دیوارها ؛ بایستی دو حالت بار زلزله موثر بر دیوارهای حائل ؛ در دو جهت متعامد نیز به برنامه معرفی شوند. در این خصوص در بخش های آتی صحبت خواهد شد.

گام پنجم

بازنویسی ترکیبات بار انتخاب شده بر اساس حالت بارهای معرفی شده

در گام های قبل ترکیبات بار مورد نیاز از میان ترکیب بارهای عمومی که در مبحث ششم ارائه شده اند ، انتخاب شد. همچنین بر اساس مبحث ششم حالت های مختلف بارهای مورد نیاز برای طراحی ساختمان های بتنی به برنامه ایتبس معرفی گشت. حال در این گام قصد داریم ترکیبات بار انتخابی را با حالت بارهای تعریف شده مجدداً بازنویسی کنیم.

ترکیبات بار انتخابی از مبحث ششم

1) 1.25D + 1.5L + 1.5 (Lr یا S یا R)
2) D + 1.2L + 1.2 (Lr یا S یا R) + 1.2 (W یا 0.7E)
3) 0.85D + 1.2 (W یا 0.7E)

حالات بار معرفی شده به برنامه ایتبس

DL , RLL , RL , PL , LL , E

بازنویسی ترکیبات بار طراحی ساختمان های بتنی مطابق با روش حدی نهایی

1) 1.25 DL + 1.5 (LL , RLL , PL , RL)
2) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 E
3) 0.85 DL + 0.84 E

1.2×0.7

توجه

در ترکیب بار دوم ؛ ضریب دو حالت از بارهای زنده برابر ۰/٦ داده شده است. این در حالی است که در ترکیبات انتخابی از مبحث ششم ضریب بارهای زنده و بار زنده بام برابر ۱/۲ داده شده است. دلیل این کار توصیه ای است که در پائین ترکیبات بار موجود در مبحث ششم آمده است.

- برای کاربری‌هایی که بار L_o آن‌ها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء بام، کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی، ضریب بار مربوط به L را می‌توان برابر با ۰٫۶ برای ترکیب بار شماره ۲، و ۰٫۷۵ برای ترکیب بار شماره ۴ منظور نمود.

گام ششم

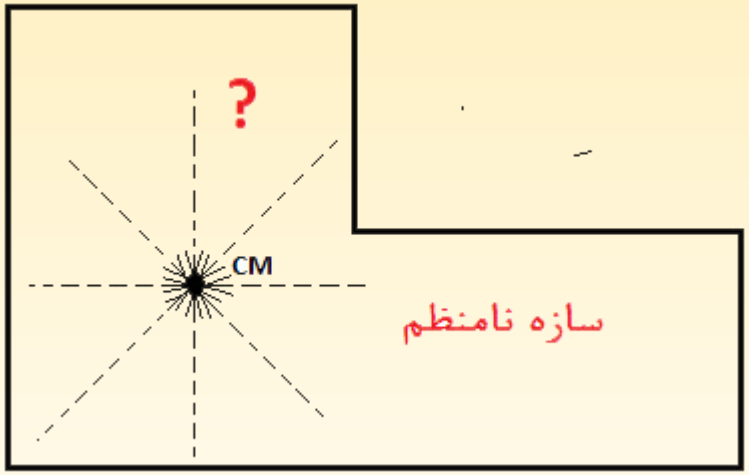
بسط ترکیبات بار برای بارهای زلزله مطابق با ضوابط استاندارد ۲۸۰۰

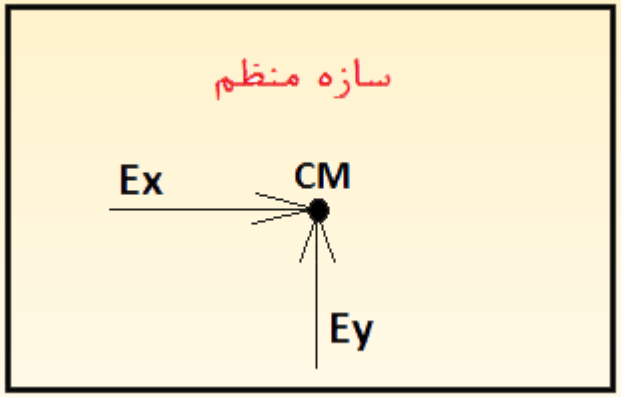
ترکیبات باری که تا بدین جا انتخاب و بازنویسی کردیم ، تنها برای انواع حالت بارهای ثقلی ارائه شده است. بار زلزله موجود در ترکیبات بار فوق به دلیل ماهیت خود بار زلزله و همچنین ضوابط آئین نامه زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) بایستی بسط داده شوند. همانطور که در گام های قبل انواع حالات بار زنده را به برنامه معرفی نمودیم ؛ در این گام نیز قصد داریم بار زلزله (E) را به حالتهای مختلف موجود تقسیم کرده و براساس ضوابط موجود ، آنها را در ترکیبات بار انتخابی مان ؛ بیاوریم.

نحوه اعمال نیروی زلزله به ساختمان ها :

آئین نامه های زلزله برای اعمال نیروی زلزله به ساختمان ؛ آنها را به دو دسته ؛ ساختمانهای منظم و نامنظم تقسیم بندی می کنند.

اگر ساختمان منظم باشد ؛ تنها کافیست نیروی زلزله در دو جهت افقی متعامد برهم در نظر گرفته شده و به ساختمان اعمال شود. چنانچه سازه نامنظم باشد ؛ آنگاه تعیین بحرانی ترین جهت اعمال برای نیروی زلزله ضروری است. آئین نامه ها راهکارهایی برای تعیین بحرانی ترین جهت اعمال نیروی زلزله به ساختمان ارائه کرده اند که در بخش های بعدی صحبت خواهد شد.





استاندارد ۲۸۰۰ در این رابطه عنوان کرده است :

۴-۱-۳ ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم دربرابر نیروی زلزله محاسبه شود. به‌طور کلی می‌توان محاسبه در هر یک از این دو امتداد را جز در موارد زیر به‌طور مجزا و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام داد.

الف- ساختمان‌های نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون‌هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند. در این موارد چنانچه بارمحوری ناشی از اثر زلزله در ستون، در هریک از دو امتداد مورد نظر، کمتر از ۲۰ درصد ظرفیت بار محوری ستون باشد، این ضابطه را می‌توان نادیده گرفت.

بر اساس بند فوق نتیجه خواهیم گرفت که در ساختمان های منظم ؛ نیروی زلزله را باید در دوراستای متعامد برهم در نظر بگیریم.

لذا در برنامه ایتبس برای نیروی زلزله باید ؛ دو حالت بار ؛ یکی در راستای جهت X و دیگری در راستای جهت Y ؛ تعریف نمائیم.

همچنین در بند دیگری آمده است :

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.

از بند فوق نیز نتیجه میشود که هر یك از حالات نیروی زلزله (Ex , Ey) باید در هر راستا بصورت رفت و برگشت در نظر گرفته شود. به عبارتی این نیروها بایستی در ترکیبات بار ؛ یك بار مثبت و یك بار منفی آورده شود.

لذا در ادامه خواهیم داشت :

1) 1.25 DL + 1.5 (LL , RLL , PL , RL)
2) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex
3) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex
4) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey
5) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey
6) 0.85 DL + 0.84 Ex
7) 0.85 DL - 0.84 Ex
8) 0.85 DL + 0.84 Ey
9) 0.85 DL - 0.84 Ey

علاوه بر در نظر گرفتن نیروی زلزله در هر دو راستای متعامد ساختمان (یعنی Ex و Ey) : باید چندین حالت بار زلزله دیگر نیز ؛ مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ؛ در نظر گرفت.

در این بند آمده است :

۳-۳-۷-۳ برون‌مرکزی اتفاقی در تراز هر طبقه، e_{aj}، به منظور به حساب آوردن احتمال تغییرات اتفاقی توزیع جرم و سختی از یک سو و نیروی ناشی از مؤلفه پیچشی زلزله از سوی دیگر، در نظر گرفته می‌شود. این برون‌مرکزی باید در هر دو جهت و حداقل برابر با ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه، در امتداد عمود بر نیروی جانبی اختیار شود.

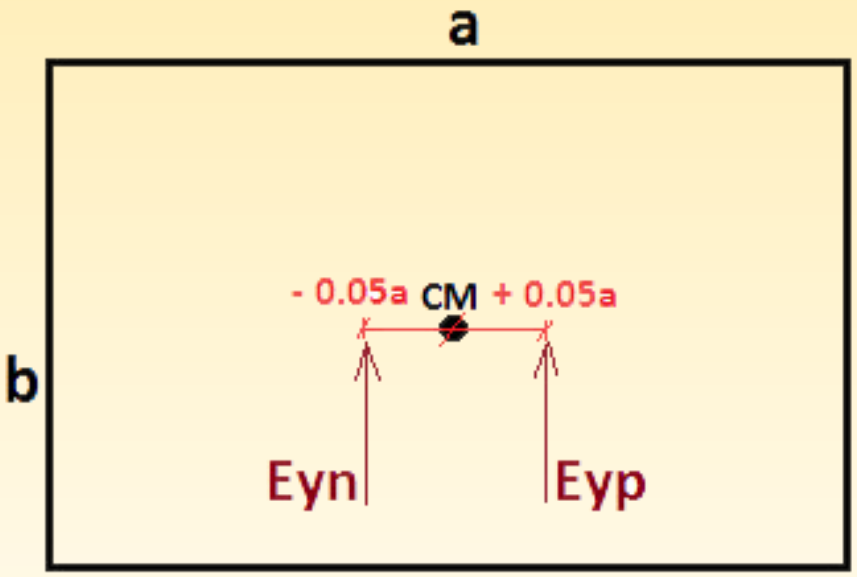
بر اساس بند فوق باید چهار حالت بار دیگر نیز برای بار زلزله متصور شویم.

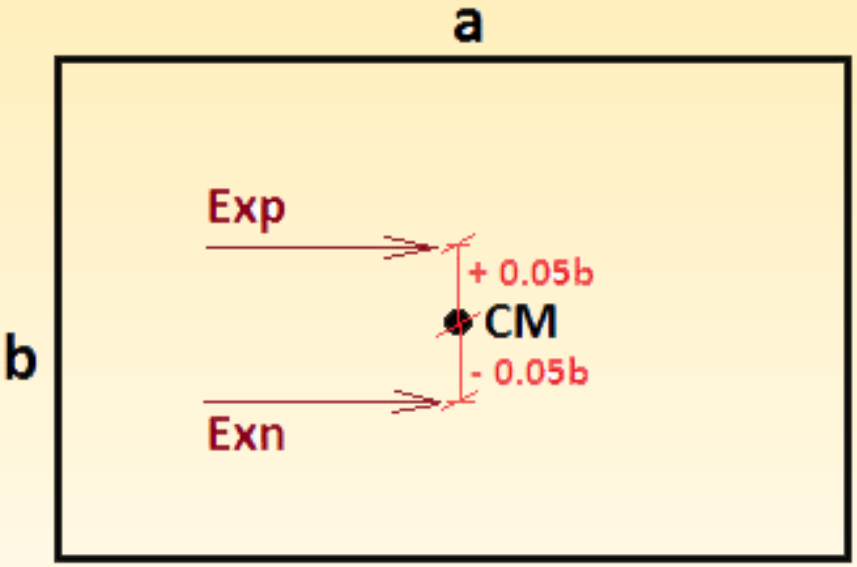
لذا در برنامه ایتبس برای نیروی زلزله باید علاوه بر دو حالت بار Ex و Ey ؛ چهار حالت بار دیگر نیز ؛ دو حالت در راستای جهت X و دوحالت دیگر در راستای جهت Y ؛ تعریف نمائیم.

این چهار حالت بار زلزله معرف نیروی زلزله دارای خروج از مرکزیت اتفاقی است که بایستی مطابق با بند فوق در هر دو راستا و بصورت مثبت و منفی و حداقل برابر ۵ درصد بُعد ساختمان در آن طبقه ، در امتداد عمود بر نیروی زلزله ؛ به برنامه ایتبس معرفی گردد.

این چهار حالت بار، شامل حالات بار زیر است :

- **Exp** [1] نیروی زلزله در جهت X ، با خروج از مرکزیت مثبت در راستای Y
- **Exn** [2] نیروی زلزله در جهت X ، با خروج از مرکزیت منفی در راستای Y
- **Eyp** نیروی زلزله در جهت Y ، با خروج از مرکزیت مثبت در راستای X
- **Eyn** نیروی زلزله در جهت Y ، با خروج از مرکزیت منفی در راستای X





1. Positive 2. Negative

با توجه به چهار حالت بار فوق ؛ ترکیبات بار زیر را خواهیم داشت :

1) 1.25 DL + 1.5 (LL , RLL , PL , RL)
2) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex
3) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex
4) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exp
5) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exp
6) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exn
7) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exn
8) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey
9) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey
10) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyp
11) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyp
12) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyn
13) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyn
14) 0.85 DL + 0.84 Ex
15) 0.85 DL - 0.84 Ex
16) 0.85 DL + 0.84 Exp
17) 0.85 DL - 0.84 Exp
18) 0.85 DL + 0.84 Exn
19) 0.85 DL - 0.84 Exn
20) 0.85 DL + 0.84 Ey
21) 0.85 DL - 0.84 Ey
22) 0.85 DL + 0.84 Eyp
23) 0.85 DL - 0.84 Eyp
24) 0.85 DL + 0.84 Eyn
25) 0.85 DL - 0.84 Eyn

این ۲۵ عدد ترکیب بار به جهت طراحی ساختمان های بتنی منظم که بدون زیرزمین و دیوار حائل هستند ؛ کاربرد دارد.

حال چنانچه ساختمان دارای زیرزمین و دیوار حائل باشد ؛ ترکیبات بار انتخابی اولیه بیشتر است. در این حالت تنها کافیست به ۲۵ عدد ترکیب باری که در اسلاید قبل ملاحظه کردید ؛ ۲ ترکیب بار دیگر اضافه نمائید. یعنی برای طراحی ساختمان های بتنی دارای دیوار حائل ؛ در مجموع ۲۷ ترکیب بار خواهید داشت.

ترکیبات بار از مبحث ششم

1) 1.25D + 1.5L + 1.5 (Lr یا S یا R) + 1.5 (H یا 0.84F)

2) 0.85D + 1.5 (H یا 0.84F)

دو ترکیب باری که باید به ترکیب بارهای قبل اضافه شود

1) 1.25D + 0.75 (RLL , PL) + 1.5 (RL , LL) + 1.5 Soil

2) 0.85D + 1.5 Soil

- برای کاربری‌هایی که بار L_o آن‌ها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء بام، کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی، ضریب بار مربوط به L را می‌توان برابر با ۰٫۶ برای ترکیب بار شماره ۲، و ۰٫۷۵ برای ترکیب بار شماره ۴ منظور نمود.

توجه

اگر بار حرارتی نیز در ساختمان موجود باشد ؛ ۲ ترکیب بار دیگر که دارای حالت بار خود کرنشی است نیز به ترکیبات فوق اضافه میگردد. این ترکیبات بار در بخش های قبل آورده شده است.

در ساختمان هایی که نامنظم هستند ؛ استاندارد ۲۸۰۰ نحوه اعمال نیروی زلزله به ساختمان را بدین صورت عنوان کرده است :

۳-۱-۴ ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم دربرابر نیروی زلزله محاسبه شود. به‌طور کلی می‌توان محاسبه در هر یک از این دو امتداد را جز در موارد زیر به‌طور مجزا و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام داد.

الف- ساختمان‌های نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون‌هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند. در این موارد چنانچه بارمحوری ناشی از اثر زلزله در ستون، در هریک از دو امتداد مورد نظر، کمتر از ۲۰ درصد ظرفیت بار محوری ستون باشد، این ضابطه را می‌توان نادیده گرفت.

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

استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای ساختمان های نامنظم مقرر کرده است که نیروی زلزله هر جهت باید با ۳۰ درصد نیروی زلزله جهت متعامد بطور همزمان به ساختمان وارد شود. این راهکار آئین نامه ؛ جایگزینی است برای اعمال نیروی زلزله در بحرانی ترین جهت. قابل ذکر است که تعیین بحرانی ترین جهت برای اعمال نیروی زلزله به ساختمانهای نامنظم ؛ کار دشواری می باشد.

دقت داشته باشید بنا به توصیه استاندارد ۲۸۰۰ ؛ چنانچه به جهت طراحی سازه ، نیروی زلزله دارای برون مرکزی نیز در نظر گرفتید ؛ میتوانید از اعمال نیروی زلزله دارای برون مرکزیت بصورت ۳۰ درصد چشم پوشی کنید. به بیان ساده تر اینکه در ساخت ترکیبات بار ؛ نیازی نیست در قسمت ۳۰ درصد نیروی زلزله ، حالات باری از زلزله را قرار دهید که دارای خروج از مرکزیت هستند! یعنی الگوهای Exp , Exn , Eyp , Eyn در بخش ۳۰ درصد قرار نمی گیرند.

مثال

0.85 DL + 0.84 Ex + 0.252 Ey

0.3×0.84

نیازی به تعریف این ترکیب بار نیست. چرا که در بخش ۳۰ درصد ؛ حالت بار زلزله دارای برون از مرکزیت آورده شده است.

0.85 DL + 0.84 Ex + 0.252 Eyp

0.3×0.84

با توجه به توضیحات قبل ؛ ترکیبات بار مورد نیاز برای طراحی ساختمان های بتنی نامنظم به شرح ذیل خواهد بود :

1) 1.25 DL + 1.5 (LL , RLL , PL , RL)

2) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex + 0.252 Ey
3) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex - 0.252 Ey
4) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex + 0.252 Ey
5) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex - 0.252 Ey

6) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exp + 0.252 Ey
7) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exp - 0.252 Ey
8) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exp + 0.252 Ey
9) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exp - 0.252 Ey

10) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exn + 0.252 Ey
11) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exn - 0.252 Ey
12) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exn + 0.252 Ey
13) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exn - 0.252 Ey

14) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey + 0.252 Ex
15) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey - 0.252 Ex
16) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey + 0.252 Ex
17) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey - 0.252 Ex

18) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyp + 0.252 Ex
19) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyp - 0.252 Ex
20) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyp + 0.252 Ex
21) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyp - 0.252 Ex

22) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyn + 0.252 Ex
23) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyn - 0.252 Ex
24) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyn + 0.252 Ex
25) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyn - 0.252 Ex

26) 0.85 DL + 0.84 Ex + 0.252 Ey
27) 0.85 DL + 0.84 Ex - 0.252 Ey
28) 0.85 DL - 0.84 Ex + 0.252 Ey
29) 0.85 DL - 0.84 Ex - 0.252 Ey

30) 0.85 DL + 0.84 Exp + 0.252 Ey
31) 0.85 DL + 0.84 Exp - 0.252 Ey
32) 0.85 DL - 0.84 Exp + 0.252 Ey
33) 0.85 DL - 0.84 Exp - 0.252 Ey

34) 0.85 DL + 0.84 Exn + 0.252 Ey
35) 0.85 DL + 0.84 Exn - 0.252 Ey
36) 0.85 DL - 0.84 Exn + 0.252 Ey
37) 0.85 DL - 0.84 Exn - 0.252 Ey

38) 0.85 DL + 0.84 Ey + 0.252 Ex
39) 0.85 DL + 0.84 Ey - 0.252 Ex
40) 0.85 DL - 0.84 Ey + 0.252 Ex
41) 0.85 DL - 0.84 Ey - 0.252 Ex

42) 0.85 DL + 0.84 Eyp + 0.252 Ex
43) 0.85 DL + 0.84 Eyp - 0.252 Ex
44) 0.85 DL - 0.84 Eyp + 0.252 Ex
45) 0.85 DL - 0.84 Eyp - 0.252 Ex

46) 0.85 DL + 0.84 Eyn + 0.252 Ex
47) 0.85 DL + 0.84 Eyn - 0.252 Ex
48) 0.85 DL - 0.84 Eyn + 0.252 Ex
49) 0.85 DL - 0.84 Eyn - 0.252 Ex

در صورت وجود دیوارهای حائل (بار فشار خاك) دو ترکیب بار زیر نیز به مجموعه ترکیب بار فوق اضافه میگردد :

1) 1.25D + 0.75 (RLL , PL) + 1.5 (RL , LL) + 1.5 Soil
2) 0.85D + 1.5 Soil

توجه

علاوه بر اینکه در طراحی ساختمان های نامنظم از ترکیبات بار ۱۰۰ – ۳۰ استفاده میشود ؛ استاندارد ۲۸۰۰ در حالت دیگری نیز استفاده از ترکیبات بار فوق را الزامی می داند.

الف- ساختمان‌های نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون‌هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند. در این موارد چنانچه بارمحوری ناشی از اثر زلزله در ستون، در هریک از دو امتداد مورد نظر، کمتر از ۲۰ درصد ظرفیت بار محوری ستون باشد، این ضابطه را می‌توان نادیده گرفت.

با توجه به بخش (ب) ؛ در ساختمان هایی که ستونهای آنها در محل تقاطع دو یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارد ؛ استفاده از ترکیبات بار ۱۰۰ – ۳۰ الزامی است. البته استاندارد ۲۸۰۰ در ادامه شرط عدم استفاده از این ترکیب بارها را عنوان کرده است.

بنابراین در طراحی کلیه ساختمان های بتنی دارای سیستم قاب خمشی ؛ بر اساس بخش (ب) یاد شده در فوق و همچنین نظر اساتید و کارشناسان ؛ بایستی همواره از ترکیب بارهای ۱۰۰ – ۳۰ استفاده نمود.

گام هفتم

اعمال موارد خاص در ترکیبات بار مطابق با ضوابط استاندارد ۲۸۰۰

استاندارد ۲۸۰۰ علاوه بر اعمال بارهای زلزله در ساختمان مطابق با شرایطی که ملاحظه کردید ؛ موارد دیگری را نیز در طراحی ساختمان توصیه می کند. این موارد عبارتند از :

اعمال مولفه قائم نیروی زلزله (Ev یا Ez)

اعمال ضریب نامعینی (ρ) در طراحی ساختمان

اعمال ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) به جهت اعمال نیروی زلزله تشدید یافته

تعیین و اعمال هریك از ضرایب فوق بر اساس شرایط و ضوابطی است که در استاندارد ۲۸۰۰ عنوان شده است. در ادامه به نحوه تعیین این ضرائب و چگونگی اعمال هر یك ار آنها در ترکیبات بار خواهیم پرداخت .

مولفه قائم نیروی زلزله :

همانطور که همگان می دانیم : نیروی زلزله علاوه بر داشتن دو مولفه در دو راستای متعامد که بصورت افقی و جانبی به ساختمان اعمال می شوند ؛ دارای مولفه دیگری بنام مولفه قائم نیز می باشد.

تحقیقات نشان داده است که اثر مولفه قائم شتاب زلزله نسبت به مولفه های افقی آن ؛ بسیار کمتر است. لذا در طراحی ساختمان های متعارف معمولاً از اثر آن صرف نظر می شود و سازه تنها برای اثر مولفه های افقی شتاب زلزله طرح می گیردد.

بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ مولفه قائم نیروی زلزله بایستی در برخی از شرایط محاسبه و به ساختمان اعمال گردد. مطابق با این استاندارد مقدار مولفه قائم نیروی زلزله از رابطه زیر محاسبه میگردد :

$$Fv = 0.6AIWp$$

مقدار نیروی مولفه قائم زلزله

A : نسبت شتاب مبنای طرح

I : ضریب اهمیت ساختمان

Wp : وزن موثر در مولفه قائم زلزله

۳-۳-۹ نیروی قائم ناشی از زلزله

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

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

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

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

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

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

$$F_V=0.6\ AIW_P \qquad (۳-۱۰)$$

در این رابطه:

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

W_P: در مورد بند الف بالا بار مرده و در مورد سایر بندها بار مرده به اضافه کل سربار است.

نیروی قائم زلزله باید در هر دو جهت رو به بالا و روبه پایین، جداگانه به سازه اعمال شود. در نظر گرفتن نیروی قائم در جهت رو به بالا در طراحی پی ساختمان ضروری نیست.

بر اساس بند ۳-۳-۹ استاندارد ۲۸۰۰ ؛ محاسبه و اعمال نیروی قائم ناشی از زلزله برای موارد چهارگانه زیر الزام شده است :

۱) کل سازه ساختمان های موجود در مناطق با خطر لرزه خیزی خیلی زیاد

۲) تیرهای با دهانه بیش از ۱۵ متر همراه با ستون ها و دیوارهای تکیه گاهی آنها

۳) تیرهای حامل بارقائم متمرکز قابل توجه در مقایسه با دیگر بارهای موجود

٤) بالکن ها ؛ کنسول ها و کلیه پیش آمدگی های بصورت طره

توجه

استاندارد ۲۸۰۰ توصیه میکند در بالکن ها و پیش آمدگی های بصورت طره ؛ نیروی قائم زلزله هم رو به بالا و هم رو به پایین در نظر گرفته شود. همچنین چنانچه نیروی های ثقلی مرده و زنده باعث کاهش اثر بار قائم شود ؛ بایستی از این بارها صرف نظر گردد.

دقت داشته باشید : با توجه به ثقلی بودن بارهای مرده و زنده ؛ این حالت زمانی رخ خواهد داد که نیروی قائم زلزله رو به بالا اعمال گردد.

توجه

وزن موثر در محاسبه نیروی قائم زلزله یعنی Wp ؛ برای کل سازه ساختمان های موجود در مناطق لرزه خیز خیلی زیاد ؛ تنها شامل بارهای مرده است. این در حالی است که وزن موثر لرزه ای برای محاسبه نیروی قائم زلزله ، برای دیگر حالات گفته شده در اسلاید قبل ؛ شامل بارهای مرده و کل سربارهای زنده خواهد بود.

بنابراین برای محاسبه نیروی قائم زلزله خواهیم داشت :

برای بالکن ها و پیش آمدگی ها

$$Fv = 0.6AIWp = 0.6AI\ (DL+LL)$$

برای کل سازه ساختمان های موجود در مناطق لرزه خیز خیلی زیاد

$$Fv = 0.6AIWp = 0.6AI\ (DL)$$

نحوه در نظرگرفتن نیروی قائم ناشی از زلزله در طراحی ساختمان :

همانطور که قبل از این هم اشاره کردیم ؛ باید علاوه بر اعمال نیروی زلزله افقی در دو جهت متعامد ؛ نیروی قائم ناشی از زلزله را نیز به ساختمان اعمال کنیم. استاندارد ۲۸۰۰ درباره اعمال این نیرو در بند ۳-۳-۹-۳ چنین عنوان کرده است :

> ۳-۳-۹-۳ نیروهای قائم و افقی زلزله باید همزمان با بارهای مرده و زنده ترکیب شده و در طراحی اعضای سازه به‌کار رود. در این ترکیب ضوابط بند (۳-۱-۴) باید رعایت شود و سازه باید برای بیشینه اثر این ترکیبات طراحی گردد.

بنابراین مطابق با بند فوق بایستی نیروی قائم زلزله نیز در ترکیبات بار آورده شود

توجه

در نظر گرفتن نیروی قائم زلزله در ترکیبات بار ، بسته به حالتی که به منظور آن نیروی قائم زلزله اعمال میشود ؛ متفاوت است. به بیان دیگر باید دقت کرد که نیروی قائم زلزله به منظور کدام یك از حالات چهارگانه اشاره شده در اسلایدهای قبل ، در نظر گرفته شده و اعمال میگردد.

برای در نظر گرفتن نیروی قائم زلزله در ترکیبات بار ؛ دو حالت وجود دارد :

۱) حالتی که هدف ؛ اعمال نیروی قائم زلزله به کل سازه ساختمان است. به مانند ساختمان های واقع در مناطق با لرزه خیزی خیلی زیاد

۲) حالتی که هدف ؛ اعمال نیروی قائم زلزله به المانی خاص از ساختمان است. به مانند بالکن یا تیر با دهانه بیش از ۱۵ متر و . . .

حالت اول :

در این حالت که قصد ؛ اعمال نیروی قائم زلزله به کلیه المان های ساختمان است باید از یك راهکار محاسباتی استفاده کنیم.
چرا که محاسبه نیروی قائم زلزله بصورت جداگانه (0.6AIWp) و اعمال آن به صورت دستی به کلیه المان های یك ساختمان ؛ کاری دشوار و در برخی موارد بسیار طاقت فرسا خواهد بود.

اکنون به دنبال راهکاری هستیم تا این فرآیند را ساده کند.
به رابطه مقدار نیروی قائم زلزله توجه کنید

در این حالت که نیروی قائم زلزله به کل سازه اعمال میشود ؛ **تنها بار مرده** در نظر گرفته خواهد شد.

$$Fv = 0.6AIWp = 0.6AI\,(DL)$$

حال اگر بخواهیم به تمامی المانهای سازه ، نیروی قائم زلزله را اعمال کنیم ؛ بایستی ابتدا یك حالت بار به نام Ev یا Ez در برنامه تعریف کرده و سپس برای هر المان با توجه به وزن آن (بار مرده) ؛ مقدار نیروی قائم زلزله را از رابطه مورد نظر (0.6AIWp) بدست آورده و به آن المان اعمال نمائیم.
همانطور که در قبل هم اشاره شد ، این فرآیند بایستی برای تك تك المانهای سازه صورت گیرد. این در حالیست که وزن هریك از اعضاء سازه دارای مقادیر متفاوتی است و محاسبه و اعمال دستی آنها به تك تك اعضاء ؛ اقدامی بسیار دشوار و گاهاً غیرممکن است.
سپس از آنجائیکه استاندارد ۲۸۰۰ قید کرده است که نیروی قائم زلزله بایستی بطور همزمان با مولفه های افقی زلزله ترکیب شود ؛ بطور نمونه باید ترکیب بار سنگین زیر را در نظر داشته باشیم.

DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez

با توجه به رابطه نیروی قائم زلزله ؛ ترکیب بار فوق را میتوانیم بصورت زیر بازنویسی کنیم :

→ DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84(0.6AIWp)

→ DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84(0.6AI (DL))

همانطور که در ترکیب بار فوق ملاحظه می کنید ؛ دو ترم از عبارت فوق دارای متغیر (حالت بار) یکسان می باشد. منظور ترم اول ، بار مرده با ضریب یك و ترم آخر ، باز هم بار مرده ولی اینبار با ضریب 0.84(0.6AI) است. با فاکتورگیری از بار مرده (DL) خواهیم داشت :

$$\mathbf{DL + 0.84[0.6AI(DL)]} + 0.6\,(RLL\,,\,PL) + 1.2\,(LL\,,\,RL) + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey$$

$$\mathbf{(1 + 0.84(0.6AI))\,DL} + 0.6\,(RLL\,,\,PL) + 1.2\,(LL\,,\,RL) + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey$$

مشاهده می کنید که ضریب بار مرده از مقدار یك به مقدار [1 + 0.84(0.6AI)] افزایش یافت.بدیهی است با تعیین پارامترهای A و I ؛ خواهیم توانست به یك ضریب ثابت برای حالت بار مرده دست پیدا کنیم.

از آنجائیکه در این حالت ، پارامتر A همیشه برابر مقدار ۰/۳۵ است ؛ لذا تنها متغیر ، ضریب اهمیت سازه می باشد. پس با توجه به اهمیت ساختمان مورد طراحی ؛ میتوان ترکیب بار را بازنویسی نمود. با فرض ضریب اهمیت برابر یك (کاربری مسکونی) خواهیم داشت:

$1+0.1764=1.1764 \cong 1.1765$

$$\mathbf{[1 + 0.84(0.6 \times 0.35 \times 1\ )]}\,DL + 0.6\,(RLL\,,\,PL) + 1.2\,(LL\,,\,RL) + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey$$

$$\mathbf{1.1765\,(DL) + 0.6\,(RLL\,,\,PL) + 1.2\,(LL\,,\,RL) + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey}$$

همچنین برای ترکیب بار سبک نیز داریم : $0.85\,DL + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey - 0.84\,Ez$

$$0.85\,DL + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey - 0.84\,[0.6AI\,(DL)]$$

$$0.85\,DL - 0.84[0.6AI\,(DL)] + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey$$

$$(0.85 - 0.84(0.6AI))\,DL + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey$$

$$(0.85 - 0.84(0.6 \times 0.35 \times 1))\,DL + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey$$

$$(0.85 - 0.1765)\,DL + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey$$

$$\mathbf{0.6735DL + 0.84\,Ex + 0.252\,Ey}$$

توجه

دقت داشته باشید به جهت رویکرد پدیده آپلیفت در ترکیب بار لرزه ای سبک ؛ ضریب 0.84(0.6AI) از ضریب 0.85 کسر میگردد ، تا همچنان بار مرده در این ترکیب بار از آنچه که هست کمتر در نظر گرفته شود و کشش های ناشی از نیروی زلزله بحرانی تر گشته و سازه برای این کشش ها طراحی شود.

حالت دوم :

در این حالت که قصد ؛ اعمال نیروی قائم زلزله به برخی از المان های ساختمان است ؛ میتوان نیروی قائم زلزله را بصورت جداگانه (0.6AIWp) محاسبه کرده و تحت نام Ez به المان مورد نظراعمال نمود.
سپس در تمامی ترکیبات بار لرزه ای ، ترم بار قائم زلزله به همراه بارهای افقی زلزله در دو جهت متعامد نیز ؛ آورده میشود. به طور نمونه ترکیب بار لرزه ای سنگین بصورت زیر نوشته خواهد شد :

1) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex + 0.252 Ey **+ 0.84 Ez**
2) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex - 0.252 Ey **+ 0.84 Ez**
3) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex + 0.252 Ey **+ 0.84 Ez**
4) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex - 0.252 Ey **+ 0.84 Ez**

نکته

نیروی قائم زلزله ؛ در ترکیب بار لرزه ای سنگین و سبک بصورت مثبت آورده می شود

یك ترکیب بار منحصر بفرد

استاندارد ۲۸۰۰ عنوان کرده است :

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

همانطور که در بند ۳-۳-۹-۲ ملاحظه می فرمایید ؛ نیروی قائم زلزله در بالکن ها و پیش آمدگی ها ، بایستی بصورت رو به بالا (منفی) و رو به پایین (مثبت) در نظر گرفته شود. ولی در ادامه عنوان شده است : چنانچه بارهای ثقلی (بارهای مرده و زنده) موجود باعث کاهش نیروی قائم زلزله شوند ؛ بایستی بارهای ثقلی را در نظر نگرفت.

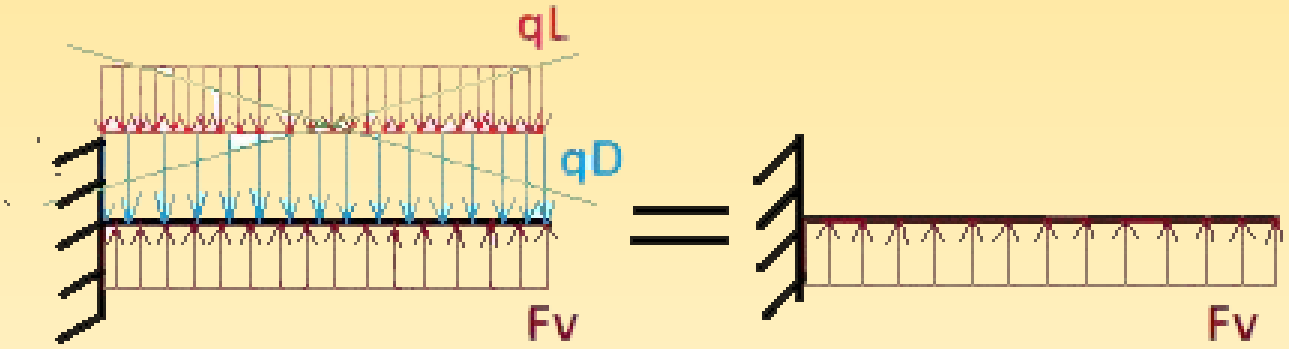
این حالت زمانی اتفاق می افتد که نیروی قائم زلزله رو به بالا (یعنی با علامت منفی) باشد. چرا که بارهای ثقلی همواره رو به پایین (یعنی با علامت مثبت) هستند و موجب کاهش بارقائم زلزله میگردند. لذا در چنین حالتی باید بارهای ثقلی را حذف کرد و تنها بار قائم زلزله را در نظر گرفت.

در نتیجه علاوه بر ترکیبات بار اسلاید قبل ؛ یك ترکیب بار منحصر بفرد ، بصورت زیر باید به ترکیبات بار طراحی افزوده شود :

اسلاید بعد

در ترکیب بار روبرو تنها بار قائم زلزله به طرف بالا (منفی) وجود دارد و حالت بارهای مرده و زنده حذف شده اند تا اثر نیروی قائم زلزله بحرانی گردد.

5) - Ez



توجه دقت داشته باشید برای محاسبه نیروی قائم زلزله در بالکن ها و پیش آمدگی ها و یا تیرها . . . وزن موثر لرزه ای برابر **کل بار مرده و زنده** خواهد بود.

$$Fv = 0.6AIWp = 0.6AI\ (DL+LL)$$

نکته بار قائم زلزله **Fv** از نظر هندسی ؛ دقیقاً متناظر با بار ثقلی موجود در المان ، وارد میگردد. به فرض مثال بار قائم زلزله بر روی یك بالکن طره ؛ بصورت گسترده سطحی اعمال می شود. چرا که بارهای مرده و زنده بالکن نیز بصورت سطحی هستند. ولی اگر بر روی تیر لبه بالکن یك بارمرده خطی دیوار یا دیوارك قرار داشته باشد ، یك بار قائم زلزله خطی نیز بر روی تیر لبه بالکن اعمال خواهد شد.

جمع بندی

برای طراحی یك ساختمان متعارف بتن[1] آرمه قاب[2] خمشی متوسط ؛ دارای تراس[3] های طره ؛ واقع در منطقه ای با لرزه خیزی[4] خیلی زیاد ؛ بدون زیرزمین و دیوارهای حائل[5] ؛ به روش حدی نهایی[6] ؛ بایستی ترکیبات بار زیر در نظر گرفته شود.

هر یک از عبارات ۱،۲،۳،۴،۵،۶ ؛ عواملی تاثیر گذار بر انتخاب ترکیبات بار طراحی هستند.
پس در بررسی ساختمان مورد طراحی دقت کنید!

---

1) 1.25 DL + 1.5 (LL , RLL , PL , RL)

2) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez
3) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex - 0.252 Ey + 0.84 Ez
4) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez
5) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex - 0.252 Ey + 0.84 Ez

6) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exp + 0.252 Ey + 0.84 Ez
7) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exp - 0.252 Ey + 0.84 Ez
8) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exp + 0.252 Ey + 0.84 Ez
9) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exp - 0.252 Ey + 0.84 Ez

10) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exn + 0.252 Ey + 0.84 Ez
11) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exn - 0.252 Ey + 0.84 Ez
12) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exn + 0.252 Ey + 0.84 Ez
13) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exn - 0.252 Ey + 0.84 Ez

14) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez
15) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez
16) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez
17) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez

18) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyp + 0.252 Ex + 0.84 Ez
19) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyp - 0.252 Ex + 0.84 Ez
20) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyp + 0.252 Ex + 0.84 Ez
21) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyp - 0.252 Ex + 0.84 Ez

22) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez
23) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez
24) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez
25) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez

26) 0.6735 DL + 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez
27) 0.6735 DL + 0.84 Ex - 0.252 Ey + 0.84 Ez
28) 0.6735 DL - 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez
29) 0.6735 DL - 0.84 Ex - 0.252 Ey + 0.84 Ez

30) 0.6735 DL + 0.84 Exp + 0.252 Ey + 0.84 Ez
31) 0.6735 DL + 0.84 Exp - 0.252 Ey + 0.84 Ez
32) 0.6735 DL - 0.84 Exp + 0.252 Ey + 0.84 Ez
33) 0.6735 DL - 0.84 Exp - 0.252 Ey + 0.84 Ez

34) 0.6735 DL + 0.84 Exn + 0.252 Ey + 0.84 Ez
35) 0.6735 DL + 0.84 Exn - 0.252 Ey + 0.84 Ez
36) 0.6735 DL - 0.84 Exn + 0.252 Ey + 0.84 Ez
37) 0.6735 DL - 0.84 Exn - 0.252 Ey + 0.84 Ez

38) 0.6735 DL + 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez
39) 0.6735 DL + 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez
40) 0.6735 DL - 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez
41) 0.6735 DL - 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez

42) 0.6735 DL + 0.84 Eyp + 0.252 Ex + 0.84 Ez
43) 0.6735 DL + 0.84 Eyp - 0.252 Ex + 0.84 Ez
44) 0.6735 DL - 0.84 Eyp + 0.252 Ex + 0.84 Ez
45) 0.6735 DL - 0.84 Eyp - 0.252 Ex + 0.84 Ez

46) 0.6735 DL + 0.84 Eyn + 0.252 Ex + 0.84 Ez
47) 0.6735 DL + 0.84 Eyn - 0.252 Ex + 0.84 Ez
48) 0.6735 DL - 0.84 Eyn + 0.252 Ex + 0.84 Ez
49) 0.6735 DL - 0.84 Eyn - 0.252 Ex + 0.84 Ez

50) - 0.84 Ez

سوال

می دانید که ساختمان هایی که در مناطق لرزه خیزی خیلی زیاد هستند ؛ مولفه قائم زلزله به کل سازه آنها اعمال می گردد. حال اگر این ساختمانها دارای بالکن یا پیش آمدگی باشند ؛ آیا باید نیروی قائم زلزله به بالکن ها و پیش آمدگی ها مجدداً اعمال شود؟! و یا به دلیل اینکه مولفه قائم زلزله یکبار به کل سازه وارد شده است دیگر لزومی به اعمال مجدد مولفه قائم به بالکن ها و پیش آمدگی ها نیست؟!

در پاسخ به این سوال دو دیدگاه وجود دارد :

۱) دیدگاه اول این است که می گویند چون یکبار مولفه قائم زلزله به کل سازه و از جمله بالکن ها و پیش آمدگی ها اعمال شده است و از آنجائیکه در محاسبه بار قائم زلزله برای کل سازه فقط بار مرده محاسبه شده است ؛ بایستی یکبار دیگر بار قائم زلزله به بالکن ها اعمال گردد. ولی بار قایم زلزله ای که تنها بار زنده در محاسبه آن دخالت داشته است و نه مرده و زنده! چرا که بار مرده در مرتبه اول که بار قائم زلزله به کل سازه وارد شده است ؛ اعمال گشته است. لذا تنها به اعمال بار قائم زلزله ناشی از بار زنده برای بالکن ها و پیش آمدگی ها نیاز است.

۲) در دیدگاه دوم برخی از مهندسان معتقدند که بار قائم زلزله بایستی مجدداً به بالکن ها و پیش آمدگی ها اعمال گردد. آنهم بار قائم زلزله ای که ناشی از هر دو بار مرده و زنده است. در این حالت یك ایراد وارد است .!

بار قائم زلزله ناشی از بار مرده ؛ دو مرتبه به بالکن ها اعمال می گردد.

در توجیه این ایراد ؛ مهندسین معتقد به این حالت می گویند: از آنجائیکه در ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ ضریب محاسبه بار قائم زلزله برای بالکن ها و پیش آمدگی ها دو برابر لحاظ میشد. لذا در ویرایش چهارم هم باید بار قائم زلزله وارد بر بالکن ها ؛ دو مرتبه وارد گردد. یعنی یکبار به کل سازه و یکبار دیگر تنها به بالکن ها و پیش آمدگی ها.

البته در این حالت بار قائم زلزله ناشی از بار زنده دو مرتبه به بالکن ها اعمال نمی شود ؛ چرا که در محاسبه بار قائم زلزله وارد بر کل سازه ؛ تنها بار مرده دخالت دارد. این در حالیست که در محاسبه بار قائم زلزله وارد بر بالکن ها ؛ هر دو بار مرده و زنده دخیل هستند.

نتیجه ای که از دو دیدگاه فوق می توان برداشت کرد ؛ این است که بار قائم زلزله در ساختمان های واقع در مناطق لرزه خیز خیلی زیاد به مانند تهران ؛ باید یکبار به کل سازه و یکبار به بالکن ها و پیش آدگی ها وارد گردد. حال اینکه بار قائم زلزله ناشی از بار مرده دو مرتبه اعمال شود و یا اینکه به مانند بار قائم زلزله ناشی از بار زنده یك مرتبه اعمال گردد ؛ تصمیمی است که باید ؛ با استدلال و منطق مهندسی خودتان لحاظ کنید

ضریب نامعینی سازه :

تحقیقات نشان داده است که سازه های با درجه نامعینی بیشتر ؛ تحمل بیشتری در برابر زلزله دارند. به عبارتی در یك راستای مشخص از یك سازه ؛ اگر تعداد المان های باربر جانبی به اندازه کافی نباشد ؛ سازه در آن راستا برای تحمل نیروی زلزله و همچنین تامین شکل پذیری مناسب دچار مشکل خواهد بود.

آئین نامه های لرزه ای دنیا اثر نامعینی سازه را ، با اعمال یك ضریب ؛ بنام **ضریب نامعینی سازه** در محاسبات اعمال می کنند. این ضریب را با ρ نشان می دهند.
چنانچه سازه دارای درجه نامعینی کافی باشد مقدار این ضریب برابر **یك** و چنانچه سازه دارای درجه نامعینی کافی و مناسب نباشد ؛ مقدار آن برابر **1.2** خواهد بود. به عبارتی آیین نامه های لرزه ای از جمله استاندارد ۲۸۰۰ ؛ سازه ای که دارای نامعینی کافی نیست را با برش پایه بیشتری طراحی می کنند.

در این ورکشاپ قصد نداریم به نحوه کنترل و چگونگی تعیین ضریب نامعینی سازه بپردازیم. در اینجا تنها قصد داریم ببینم که ضریب نامعینی سازه را باید در کجا و به چه صورتی وارد محاسبات و طراحی ساختمان کنیم ؟!

سوال

چگونه ضریب نامعینی را وارد محاسبات کنیم؟

آیا ضریب نامعینی را در مقدار برش پایه تاثیر دهیم ؟ و یا آنرا در ترکیبات بار طراحی قرار داده و بار زلزله را افزایش دهیم ؟

اگر استاندارد ۲۸۰۰ را به دقت مطالعه کنیم جواب سوال فوق را خواهیم یافت. استاندارد ۲۸۰۰ در بند ۳-۳-۲-۳ عنوان کرده است :

۳-۳-۲-۳ ساختمان‌ها و یا اجزای زیر مشمول محدودیت‌های مربوط به ضریب نامعینی نمی‌شوند و ρ در آنها باید برابربا ۱/۰ منظور شود:

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

ب- محاسبه تغییر مکان جانبی ساختمان

پ- محاسبه اثر $P-\Delta$

ت- تعیین نیروی جانبی در اجزای غیرسازه‌ای

ث- تعیین نیروی جانبی در سازه‌های غیرساختمانی غیر مشابه ساختمان

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

چ- در کلیه اعضایی که مشمول طراحی برای زلزله تشدیدیافته می‌شوند و نیروی زلزله در آنها در ضریب اضافه مقاومت Ω_0 ضرب می‌شود.

همانگونه که در بند اشاره شده ملاحظه کردید ؛ ضریب نامعینی سازه در برخی از موارد نباید اثر داده شود. به عبارتی در مواردی که در لیست بالا آمده است ؛ مقدار ضریب ρ باید برابر یك منظور گردد.
لذا کاملاً بدیهی است که اگر ضریب نامعینی را در برش پایه سازه اثر بدهیم (یعنی مقدار ضریب ρ را در مقدار برش پایه ساختمان ضرب کنیم) ؛ در محاسبه و کنترل بخشهایی به مانند کنترل تغییرمکان جانبی ساختمان (دریفت) ؛ بر خلاف استاندارد ۲۸۰۰ عمل کرده ایم.

در نتیجه بهتر است ضریب نامعینی ρ در ترکیبات بار طراحی ساختمان منظور شود تا این ضریب تنها در طراحی ساختمان اثر داده شود و در محاسبه و کنترل موارد دیگر (موارد لیست بالا) ، دخالت داده نشود.

از آنجائیکه ضریب نامعینی سازه باید بطور جداگانه در هر یك از دو راستای اصلی ساختمان محاسبه و اعمال شود ؛ بدیهی است که باید برای هر حالت نیروی زلزله در هر سمت ، یك ضریب نامعینی در نظر بگیریم و در ترکیبات بار وارد کنیم.

به زبان ساده تر برای اثر دادن ضریب نامعینی در محاسبات و طراحی ساختمان تنها کافیست ؛ برای هر یك از حالات بار زلزله یك ضریب نامعینی در نظر بگیریم. به طور نمونه به ترکیب بار لرزه ای سنگین زیر دقت کنید.!

$$DL + 0.6\,(RLL\ ,\ PL) + 1.2\,(LL\ ,\ RL) + 0.84\ \rho x\ Ex + 0.252\ \rho y\ Ey$$

در طراحی ساختمان برای هر یك از راستاهای اصلی سازه (X و Y) مقدار ضریب نامعینی بر اساس ضوابط گفته شده در استاندارد ۲۸۰۰ ؛ محاسبه و تعیین شده و بصورت ترکیب بار فوق ؛ برای هر راستا بطور جداگانه در طراحی اعمال خواهد شد.

توجه | **ضریب نامعینی سازه برای نیروی قائم زلزله در نظر گرفته نخواهد شد.**

ترکیبات بار طراحی با اعمال ضریب نامعینی سازه برای یك ساختمان بتن آرمه قاب خمشی متوسط در منطقه ای به غیر از لرزه خیزی خیلی زیاد ؛ بر اساس روش حدی نهایی (مبحث ششم) بدون بالکن و پیش آمدگی و زیرزمین و دیوارحائل ؛ بصورت زیر خواهد بود.

1) 1.25 DL + 1.5 (LL , RLL , PL , RL)

2) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρx Ex + 0.252 ρy Ey
3) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρx Ex - 0.252 ρy Ey
4) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρx Ex + 0.252 ρy Ey
5) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρx Ex - 0.252 ρy Ey

6) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρx Exp + 0.252 ρy Ey
7) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρx Exp - 0.252 ρy Ey
8) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρx Exp + 0.252 ρy Ey
9) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρx Exp - 0.252 ρy Ey

10) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρx Exn + 0.252 ρy Ey
11) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρx Exn - 0.252 ρy Ey
12) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρx Exn + 0.252 ρy Ey
13) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρx Exn - 0.252 ρy Ey

14) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρy Ey + 0.252 ρx Ex
15) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρy Ey - 0.252 ρx Ex
16) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρy Ey + 0.252 ρx Ex
17) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρy Ey - 0.252 ρx Ex

18) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρy Eyp + 0.252 ρx Ex
19) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρy Eyp - 0.252 ρx Ex
20) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρy Eyp + 0.252 ρx Ex
21) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρy Eyp - 0.252 ρx Ex

22) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρy Ey + 0.252 ρx Ex
23) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 ρy Ey - 0.252 ρx Ex
24) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρy Ey + 0.252 ρx Ex
25) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 ρy Ey - 0.252 ρx Ex

26) 0.85 DL + 0.84 ρx Ex + 0.252 ρy Ey
27) 0.85 DL + 0.84 ρx Ex - 0.252 ρy Ey
28) 0.85 DL - 0.84 ρx Ex + 0.252 ρy Ey
29) 0.85 DL - 0.84 ρx Ex - 0.252 ρy Ey

30) 0.85 DL + 0.84 ρx Exp + 0.252 ρy Ey
31) 0.85 DL + 0.84 ρx Exp - 0.252 ρy Ey
32) 0.85 DL - 0.84 ρx Exp + 0.252 ρy Ey
33) 0.85 DL - 0.84 ρx Exp - 0.252 ρy Ey

34) 0.85 DL + 0.84 ρx Exn + 0.252 ρy Ey
35) 0.85 DL + 0.84 ρx Exn - 0.252 ρy Ey
36) 0.85 DL - 0.84 ρx Exn + 0.252 ρy Ey
37) 0.85 DL - 0.84 ρx Exn - 0.252 ρy Ey

38) 0.85 DL + 0.84 ρy Ey + 0.252 ρx Ex
39) 0.85 DL + 0.84 ρy Ey - 0.252 ρx Ex
40) 0.85 DL - 0.84 ρy Ey + 0.252 ρx Ex
41) 0.85 DL - 0.84 ρy Ey - 0.252 ρx Ex

42) 0.85 DL + 0.84 ρy Eyp + 0.252 ρx Ex
43) 0.85 DL + 0.84 ρy Eyp - 0.252 ρx Ex
44) 0.85 DL - 0.84 ρy Eyp + 0.252 ρx Ex
45) 0.85 DL - 0.84 ρy Eyp - 0.252 ρx Ex

46) 0.85 DL + 0.84 ρy Eyn + 0.252 ρx Ex
47) 0.85 DL + 0.84 ρy Eyn - 0.252 ρx Ex
48) 0.85 DL - 0.84 ρy Eyn + 0.252 ρx Ex
49) 0.85 DL - 0.84 ρy Eyn - 0.252 ρx Ex

ضریب اضافه مقاومت سازه :

همانطور که همه ما میدانیم اضافه مقاومت یکی از پارامترهایی است که در ضریب رفتار سازه اعمال شده است. به عبارتی ضریب اضافه مقاومت باعث بزرگتر شدن ضریب رفتار سازه می شود. لذا سازه برای مقدار زلزله کمتری طراحی میگردد.
حال در برخی از المان ها بنا به دلایل و شرایطی ؛ نباید این اضافه مقاومت المان در نظر گرفته شود. یعنی برای طراحی المان مذکور به ضریب رفتاری نیاز است که در آن ضریب اضافه مقاومت لحاظ نشده باشد. **اکنون سوالی مطرح می گردد :**

آیا میتوان در یك سازه واحد ؛ برای طراحی برخی از المانها در برابر نیروی زلزله ؛ از ضریب رفتار متفاوتی استفاده نمود ؟!

بدیهی است که پاسخ سوال فوق منفی است.

لذا برای اینکه بتوانیم برخی از المانها را برای نیروی زلزله بیشتری طراحی کنیم ؛ به جای کاهش ضریب رفتار سازه (استفاده از یك ضریب رفتار متفاوت) ؛ ضریب حالت بار زلزله در ترکیبات بار را افزایش می دهیم.
این افزایش بار زلزله ، توسط پارامتری به نام Ω_0 صورت می گیرد. بنابراین برای المانهایی که مطابق با آیین نامه های لرزه ای باید برای نیروی زلزله تشدید یافته طراحی شوند ؛ بایستی یکسری ترکیب بار جدید تنظیم نمود که در آن نیروی زلزله در مقدار پارامتر Ω_0 ضرب شده باشد.

مقادیر ضرایب اضافه مقاومت Ω_0 ؛ برای انواع سیستم های باربر مختلف از جدول ۳-٤ استاندارد ۲۸۰۰ قابل دسترسی است. در جدول زیر مقدار Ω_0 را برای چند سیستم باربر متداول ملاحظه می کنید.

نوع سیستم باربر	مقدار ضریب اضافه مقاومت
قاب ساده با مهاربند فولادی	۲
سیستم دوگانه	۲/٥
قاب خمشی بتنی و فولادی	۳

توجه

موارد کاربرد ضریب اضافه مقاومت بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث دهم تعیین می شود. دقت داشته باشید ؛ مواردی که در استاندارد ۲۸۰۰ قید شده است برای کلیه ساختمان ها عمومیت دارد. به عبارتی نکات استاندارد ۲۸۰۰ بایستی در ساختمان های بتنی نیز بکار گرفته شوند. این درحالی است که در مبحث دهم مقررات ملی مواردی آورده شده است که تنها در طراحی ساختمان های فولادی باید مد نظر قرار داده شوند.

نکات

از آنجائیکه ممکن است در یك ساختمان در امتداد دو جهت اصلی سازه از دو سیستم باربر مختلف استفاده شود ؛ لذا پارامتر Ω_0 را باید برای نیروی زلزله در هر دو راستای متعامد سازه در نظر گرفت.

هنگامی که المانی بایستی برای نیروی زلزله تشدید یافته طراحی شود : دیگر نیازی نیست ضریب نامعینی سازه نیز در نظر گرفته شود. به عبارتی در زمان استفاده از ضریب اضافه مقاومت در ترکیبات بار ؛ دیگر از ضریب نامعینی سازه استفاده نخواهد شد.

ضریب اضافه مقاومت به مولفه قائم نیروی زلزله اعمال نمی گردد.

در ادامه ترکیبات بار طراحی ساختمان بتنی قاب خمشی متوسط ؛ بدون بالکن و پیش آمدگی و زیرزمین و همچنین خارج از منطقه با لرزه خیزی خیلی زیاد آورده شده است.

1) 1.25 DL + 1.5 (LL , RLL , PL , RL)

2) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Ex + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

3) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Ex - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

4) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Ex + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

5) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Ex - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

6) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exp + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

7) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exp - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

8) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exp + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

9) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exp - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

10) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exn + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

11) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exn - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

12) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exn + 0.252 $\Omega_{\circ y}$Ey

13) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exn - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

14) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
15) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
16) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
17) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex

18) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Eyp + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
19) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Eyp - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
20) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Eyp + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
21) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Eyp - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex

22) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
23) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
24) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
25) DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex

26) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Ex + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
27) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Ex - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
28) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Ex + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
29) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Ex - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

30) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exp + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
31) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exp - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
32) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exp + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
33) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exp - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

34) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exn + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
35) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exn - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
36) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exn + 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey
37) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ x}$ Exn - 0.252 $\Omega_{\circ y}$ Ey

38) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
39) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
40) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
41) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Ey - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex

42) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Eyp + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
43) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Eyp - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
44) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Eyp + 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex
45) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ y}$ Eyp - 0.252 $\Omega_{\circ x}$ Ex

46) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ}y$ Eyn + 0.252 $\Omega_{\circ}x$ Ex
47) 0.85 DL + 0.84 $\Omega_{\circ}y$ Eyn - 0.252 $\Omega_{\circ}x$ Ex
48) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ}y$ Eyn + 0.252 $\Omega_{\circ}x$ Ex
49) 0.85 DL - 0.84 $\Omega_{\circ}y$ Eyn - 0.252 $\Omega_{\circ}x$ Ex

تا بدین جا تمامی حالات مختلف ترکیبات بار و همچنین ضوابط و مقررات آیین نامه ها را با هم مرور کردیم و نحوه به کارگیری و رعایت ضوابط گوناگون را آموختیم.
حال بایستی در گام بعدی به یك جمع بندی رسیده و ترکیبات بار طراحی یك ساختمان بتن آرمه به روش حدی نهایی را بصورت کلی تدوین کرده و در فایل بستر (الگو) نرم افزار ایتبس خود وارد نماییم.

۱) ۱٫۲۵D+۱٫۵L+۱٫۵(Lr یا S یا R)
۲) D+۱٫۲L+۱٫۲(Lr یا S یا R)+۱٫۲(W یا ۰٫۷E)
۳) ۰٫۸۵D+۱٫۲(W یا ۰٫۷E)
۴) ۱٫۲۵D+۱٫۵L+۱٫۵(Lr یا S یا R) +۱٫۵(H یا ۰٫۸۴F)
۵) ۰٫۸۵D+۱٫۵(H یا ۰٫۸۴F)
۶) D+۱٫۲L+۱٫۲(Lr یا S)+T
۷) ۱٫۲۵D+۱٫۵T

برای طراحی یك ساختمان بتن آرمه بر مبنای روش حالت حدی نهایی میتوان از ترکیبات بار زیر استفاده نمود.

فرضیات : $\rho = 1$ ، $A = 0.35$ ، *Code in Etabs = CSA A23.3-04*

برای تدوین ترکیبات بار طراحی بصورت جامع ؛ بارهای فشار خاك و حرارت نیز در نظر گرفته شده است. به عبارتی برای ساخت ترکیبات بار طراحی بصورت جامع ؛ از ۷ الگو ترکیب بار در مبحث ششم استفاده می کنیم.

---

1) 1.25 DL + 1.5 (LL , RLL , PL , RL)

2) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez

3) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ex - 0.252 Ey + 0.84 Ez

4) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez

5) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ex - 0.252 Ey + 0.84 Ez

6) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exp + 0.252 Ey + 0.84 Ez

7) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exp - 0.252 Ey + 0.84 Ez

8) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exp + 0.252 Ey + 0.84 Ez

9) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exp - 0.252 Ey + 0.84 Ez

10) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exn + 0.252 Ey + 0.84 Ez

11) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Exn - 0.252 Ey + 0.84 Ez

12) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exn + 0.252 Ey + 0.84 Ez

13) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Exn - 0.252 Ey + 0.84 Ez

14) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez

15) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez

16) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez

17) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez

18) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyp + 0.252 Ex + 0.84 Ez

19) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyp - 0.252 Ex + 0.84 Ez

20) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyp + 0.252 Ex + 0.84 Ez

21) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyp - 0.252 Ex + 0.84 Ez

22) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyn + 0.252 Ex + 0.84 Ez

23) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) + 0.84 Eyn - 0.252 Ex + 0.84 Ez

24) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyn + 0.252 Ex + 0.84 Ez

25) 1.1765 DL + 0.6 (RLL , PL) + 1.2 (LL , RL) - 0.84 Eyn - 0.252 Ex + 0.84 Ez

26) 0.6735 DL + 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez

27) 0.6735 DL + 0.84 Ex - 0.252 Ey + 0.84 Ez

28) 0.6735 DL - 0.84 Ex + 0.252 Ey + 0.84 Ez

29) 0.6735 DL - 0.84 Ex - 0.252 Ey + 0.84 Ez

30) 0.6735 DL + 0.84 Exp + 0.252 Ey + 0.84 Ez

31) 0.6735 DL + 0.84 Exp - 0.252 Ey + 0.84 Ez

32) 0.6735 DL - 0.84 Exp + 0.252 Ey + 0.84 Ez

33) 0.6735 DL - 0.84 Exp - 0.252 Ey + 0.84 Ez

34) 0.6735 DL + 0.84 Exn + 0.252 Ey + 0.84 Ez

35) 0.6735 DL + 0.84 Exn - 0.252 Ey + 0.84 Ez

36) 0.6735 DL - 0.84 Exn + 0.252 Ey + 0.84 Ez

37) 0.6735 DL - 0.84 Exn - 0.252 Ey + 0.84 Ez

38) 0.6735 DL + 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez

39) 0.6735 DL + 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez

40) 0.6735 DL - 0.84 Ey + 0.252 Ex + 0.84 Ez

41) 0.6735 DL - 0.84 Ey - 0.252 Ex + 0.84 Ez

42) 0.6735 DL + 0.84 Eyp + 0.252 Ex + 0.84 Ez

43) 0.6735 DL + 0.84 Eyp - 0.252 Ex + 0.84 Ez

44) 0.6735 DL - 0.84 Eyp + 0.252 Ex + 0.84 Ez

45) 0.6735 DL - 0.84 Eyp - 0.252 Ex + 0.84 Ez

46) 0.6735 DL + 0.84 Eyn + 0.252 Ex + 0.84 Ez

47) 0.6735 DL + 0.84 Eyn - 0.252 Ex + 0.84 Ez

48) 0.6735 DL - 0.84 Eyn + 0.252 Ex + 0.84 Ez

49) 0.6735 DL - 0.84 Eyn - 0.252 Ex + 0.84 Ez

50) - 0.6735 Ez

چهار ترکیب بار دیگر برای بارهای حرارتی و فشار خاک بصورت زیر نیز اضافه میگردد :

51) 1.25 DL + 0.75 (RLL , PL) + 1.5 (LL , RL) + 1.5 Soil

52) 0.85 DL + 1.5 Soil

53) DL + 1.2 (LL , RLL , PL , RL) + T

54) 1.25 DL + T

توجه

دقت کنید ترکیبات بار طراحی فوق برای ساختمان هایی است که در مناطق لرزه خیز با خطر نسبی خیلی زیاد قرار دارند. به مانند شهر تهران !
چنانچه قصد طراحی ساختمان در خارج از مناطق لرزه خیز با خطر نسبی خیلی زیاد را دارید ؛ بایستی ضریب بار مرده در ترکیب بارهای لرزه ای سنگین و سبک را به ترتیب برابر **1** و **0.85** درج نمائید.
همچنین دقت کنید ضرائب بار مرده در ترکیب بارهای لرزه ای برای ساختمان مسکونی (**یعنی I=1**) محاسبه شده است. برای ساختمان هایی با کاربری های متفاوت بایستی برای بار مرده از ضرائب **1+0.84(0.6AI)** و **0.85-0.84(0.6AI)** به ترتیب در ترکیب بارهای لرزه ای سنگین و ترکیب بارهای لرزه ای سبک استفاده کنید.

پایان ترکیبات بار طراحی سازه بتن آرمه به روش حالت حدی نهایی

بخش اول
قسمت دوم

ساخت ترکیبات بار طراحی ساختمان های بتن آرمه به روش مقاومت نهایی بر اساس آئین نامه آمریکا ACI318-08

در قسمت اول با روش طراحی حالات حدی بر اساس آئین نامه کانادا آشنا شدیم. اکنون در دومین قسمت قصد داریم ترکیبات بار طراحی ساختمان بتنی را بر اساس آئین نامه آمریکا یعنی ACI318 ویرایش سال ۲۰۰۸ تدوین کنیم.

روش طراحی آئین نامه آمریکا (ACI318) مبتنی بر روش مقاومت نهایی است.پیش از آنکه به روند ساخت ترکیبات بار طراحی بپردازیم بهتر است ابتدا با روش طراحی مقاومت نهایی و تفاوت آن با روش حالات حدی آشنا شویم.

سوال ؟

روش طراحی مقاومت نهایی چیست ؟
و چه تفاوتی با روش طراحی حالات حدی دارد ؟

روش طراحی بر مبنای حالات حدی ؛ روشی است که در آن بر اساس یکسری حدود مشخص (حالات حدی) ؛ سازه طراحی می گردد. بطوریکه اگر چنانچه کل سازه یا بخشی از آن از این حدود تجاوز کنند ؛ عملکرد سازه مختل خواهد شد.

همانطور که در قسمت اول نیز اشاره شد ؛ این حالات حدی بر نوع است :

- **حالات حدی نهایی :**
  - ایجاد گسیختگی و یا تبدیل تمام یا بخشی از ساختمان به مکانیزم
  - از بین رفتن تعادل استاتیکی تمام یا بخشی از ساختمان
  - کمانش یا از دست رفتن پایداری تمام یا بخشی از ساختمان
- **حالات حدی بهره برداری :**
  - تغییرشکل
  - ترک خوردگی
  - لرزش (ارتعاش)
  - پایایی

روش طراحی بر مبنای حالات حدی و مقاومت نهایی دو روش مجزا از هم نیستند!

در حقیقت روش طراحی مقاومت نهایی جزئی از روش حالات حدی است.

از یك دیدگاه میتوانیم حالات حدی را یك فلسفه طراحی بدانیم که در آن سازه و اعضای آن بر اساس حالات های حدی نهایی (مقاومت) طراحی می شوند و سپس برای حالات حدی بهره برداری (تغییرشکل؛ترك؛لرزش) کنترل می شوند.

آئین نامه کانادا و آمریکا هر دو بر مبنای روش حالات حدی نوشته شده اند. ولی تفاوتی بین آنهاست!

تفاوت در دو آئین نامه کانادا و آمریکا تنها مختص به حالات حدی نهایی است. به عبارتی حالات حدی بهره برداری در هر دو آیین نامه به یك روش کنترل میگردد و اختلاف در طراحی سازه در حالات حدی نهایی مقاومت است.

پس حالات حدی نهایی برای مقاومت ؛ روش طراحی است و
حالات حدی بهره برداری ؛ روشی کنترلی است.

با توجه به جمله مذکور در اسلاید قبل ؛ بحثی در کنترل سازه در حالات حدی بهره برداری نداریم. آنچه که باید بدان توجه نمود روش طراحی سازه ها برای مقاومت و یا همان ظرفیت باربری سازه هاست!
طراحی سازه ها بر اساس طرفیت باربری و یا مقاومت بر دو نوع است :

- روش تنش مجاز و مقاومت مجاز (ASD)[1] :

در این روش بارهای طراحی همان بارهای بهره برداری هستند. یعنی هیچ گونه ضریبی به بارها اعمال نمی گردد. در طرف دیگر ؛ تنش تسلیم المان (و یا مقاومت المان) بر یك ضریب اطمینان تقسیم میشود که به آن تنش مجاز (یا مقاومت مجاز) می گویند. حال تنش مجاز باید برابر یا کمتر از بار بهره برداری باشد.

$$\gamma L \leq \varphi S \longrightarrow L \leq \frac{\varphi}{\gamma} S$$

بار بهره برداری

$\gamma > 1$ ؛ $\varphi < 1$

ضریب اطمینان کوچکتر از یك $F.S = \left(\frac{\varphi}{\gamma}\right)$

تنش تسلیم $F_{all} = \frac{Fy}{F.S}$ تنش مجاز

1. Allowable Stress Design
   Allowable Strength Design

❑ روش ضرائب بار و مقاومت (LRFD)[2]:

در این روش بارهای طراحی دارای ضرایب بزرگتر از یك هستند و در طرف دیگر مقاومت المان دارای ضریب کوچکتر از یك است. از این رو به این روش طراحی ؛ روش ضرائب بار و مقاومت می گویند.

جالب است بدانید روش مقاومت نهایی حالتی از روش LRFD است.

آئین نامه کانادا و آمریکا هر دو در طراحی سازه هایشان برای مقاومت ؛ از روش LRFD استفاده میکنند. ولی این دو آئین نامه در اعمال ضرائب کاهش مقاومت به نحو متفاوتی عمل می کنند. بدین صورت که آئین نامه کانادا برای کاهش مقاومت از ضرائب جزء و آئین نامه آمریکا از ضرائب کل بهره می برند.

به عبارت دیگر آئین نامه کانادا به جهت اعمال کاهش مقاومت سازه ؛ ضرائب کاهش را در متریال و جنس المانها تاثیر می دهند. این در حالی است که آئین نامه آمریکا ضرائب کاهش را در مقاومت اسمی المانها اعمال می کنند.

2. Load & Resistance Factor design

همانطور که در قسمت اول این ورکشاپ نیز اشاره کردیم ؛ آئین نامه کانادا ضرائب کاهش مقاومت را بر اساس نوع متریال ؛ برای بتن درجا 0.65 و برای فولاد مسلح 0.85 در نظر می گیرد.
این در حالیست که آئین نامه آمریکا ضرائب کاهش مقاومت را بر اساس نوع مقاومت مقطع المان (مقاومت خمشی ؛ مقاومت برشی ؛ مقاومت پیچشی و مقاومت فشاری مقطع) در محاسباتش منظور می کند.

در آئین نامه کانادا (طراحی بر اساس حالات حدی نهایی) داریم :

$Su \leq Sr$

- Su: تلاش (لنگر یا نیرو) موجود در المان
- Sr: مقاومت نهایی المان

$\varphi_c = 0.65$

$\varphi_s = 0.85$

$Mu \leq Mr$

$Vu \leq Vr$

$Tu \leq Tr$

$Pu \leq Pr$

- $Mu \leq Mr$: مقاومت نهایی خمشی ؛ برشی ؛ پیچشی و فشاری مقطع المان
- $Pu \leq Pr$: لنگر خمشی ؛ نیروی برشی ؛ لنگر پیچشی ؛ نیروی محوری فشاری موجود در المان

در آئین نامه کانادا می بینیم که ضرائب کاهش مقاومت بصورت جزئی هستند و در روابط محاسبه مقاومت خمشی ؛ برشی ؛ پیچشی و فشاری مقطع برای بتن و فولاد لحاظ می شوند و در نهایت مقاومت های نهایی المان بدست می آیند.

در آئین نامه آمریکا (طراحی بر اساس مقاومت نهایی) داریم :

مقاومت مورد نیاز ≥ مقاومت طراحی

مقاومت اسمی × ضریب کاهش مقاومت ($\emptyset$) = مقاومت طراحی

$$\emptyset Mn \geq Mu$$

$$\emptyset Vn \geq Vu$$

$$\emptyset Tn \geq Tu$$

$$\emptyset Pn \geq Pu$$

لنگر خمشی نهایی ؛ نیروی برشی نهایی ؛ لنگر پیچشی نهایی ؛ نیروی محوری نهایی بدست آمده تحت بارهای ضریبدار

مقاومت اسمی خمشی ؛ مقاومت اسمی برشی ؛ مقاومت اسمی پیچشی ؛ مقاومت اسمی فشاری مقطع

همانطور که در اسلاید قبل مشاهده کردید ؛ در آئین نامه آمریکا ضرائب کاهش مقاومت بصورت کلی در محاسبات منظور می شوند. به عبارتی پس از محاسبه مقاومت مقطع ، ضریب کاهش مقاومت در مقاومت بدست آمده (مقاومت اسمی) اثر داده می شود.

برای درك بهتر مطلب مثال زیر را با دقت مشاهده کنید. در این مثال رابطه مقاومت خمشی در دو روش حالت حدی نهایی و مقاومت نهایی آورده شده است.

$$Mn = \rho\, fy\, bd^2\,(1 - 0.59\,\rho\,\frac{fy}{f'_c}) \longrightarrow \boxed{\emptyset Mn}$$

روش طراحی بر مبنای مقاومت نهایی
آئین نامه آمریکا ACI318

$$\boxed{Mr} = \rho\,\varphi_s\, fy\, bd^2\,(1 - 0.59\,\rho\,\frac{\varphi_s\, fy}{\varphi_c f'_c}) \longrightarrow$$

روش طراحی بر مبنای حالت حدی نهایی
آئین نامه کانادا CSA و آئین نامه بتن ایران (آبا)

نتیجه :

روش طراحی آئین نامه آمریکا ACI ؛ یعنی روش طراحی مقامت نهایی ؛ در حقیقت همان روش حالات حدی است. تنها تفاوت این آئین نامه در طراحی سازه ها برای مقاومت ؛ نحوه استفاده از ضرائب کاهش مقاومت است. البته باید دقت داشت که تفاوت دیگر دو آئین نامه آمریکا و کانادا در مقادیر ضرائب افزایش بار و کاهش مقاومت است.

www.Instagram.com/Civilearn_Group

www.Facebook.com/Civilearn

www.Telegram.me/Civilearn

سپاس و تشکر از توجه شما عزیزان

گروه مهندسی-آموزشی سیویلرن همراه با
گروه مهندسی سبزسازه
بهترین ها را برای شما عزیزان آرزو دارد . . . . !

پایان

با تشکر مهندس اتیلا امینی
+۹۸ ۹۱۲ ۸۸ ۷۶ ۱۰۰

www.Civilearn.com
www.SabzSaze.com