

بررسی مفهوم زلزله تشدید یافته و نحوه طراحی اعضای بتن آرمه و فولادی برای آن

در بحث طراحی سازه ها، با دو نوع **ترکیب بار** مواجه هستیم. یک سری از ترکیب بارها عادی هستند. این ها همان ترکیب بارهایی می باشد که در طراحی **تمامی** اعضا و بخش های سازه باید کنترل شوند. دسته دوم ترکیب بارهای ویژه لرزه ای هستند. طراح باید در اعضای خاص و شرایط ویژه، علاوه بر ترکیب بارهای عادی، ترکیب بارهای ویژه لرزه ای را نیز کنترل نماید. اینکه چه اعضای خاص تلقی می شوند و چگونه باید در آن ها اثر **زلزله تشدید یافته** را منظور نمود مطالبی هستند که تا انتهای مقاله پاسخ آن ها را خواهیم یافت. همچنین خواهیم دانست که:

1. مفهوم زلزله تشدید یافته چیست؟
2. چه ارتباطی میان زلزله تشدید یافته و ترکیب بارهای ویژه لرزه ای وجود دارد؟
3. **ضریب اضافه مقاومت** چیست؟
4. نحوه طراحی اعضای بتن آرمه و فولادی برای زلزله تشدید یافته چگونه است؟
5. کنترل زلزله تشدید یافته در سازه های با دو سیستم باربر جانبی متفاوت در دو جهت به چه شکل است؟

یادآوری و تکمیل

نیروی افقی زلزله را در نظر بگیرید که به مرکز جرم طبقه وارد شده و با عملکرد **دیافراگم کف** به اعضای باربر جانبی منتقل می شود. نیروهای برشی زلزله در طبقات توسط اعضای باربر جانبی دریافت شده و باید به **فونداسیون** و نهایتاً زمین منتقل شوند. در مواردیکه این انتقال نیرو از سازه به زمین به طور منظم و بدون مشکل انجام شود، خیالمان راحت است. اما اگر در اجزایی که انتقال نیرو را بر عهده دارند مشکلی ایجاد شود، به این مفهوم است که در مسیر انتقال نیرو از طبقات سازه به پی و **زمین نامنظمی** رخ داده است. در صورت وجود نامنظمی در هر کجای مسیر انتقال نیرو، باید کنترل ها بر اساس **زلزله تشدید یافته** باشد.

گاهی حتی بدون وجود نامنظمی در مسیر انتقال نیرو، باید از **زلزله تشدید یافته** استفاده کنیم. سازه های بتن آرمه و فولادی هر یک بنا به وضعیت های موجود تحت ترکیب بارهای ویژه لرزه ای کنترل می شوند. به طور مثال ستون هایی که نیروی محوری آنها از یک حدی زیادتر باشد، طبق بند 10-3-6-1 مبحث دهم باید برای ترکیب بارهای لرزه ای نیز کنترل شوند. علت این کنترل مضاعف این است که ستون های فلزی تحت اثر فشار خالص شکل پذیری کمتری داشته و ضربه زلزله وارد بر آنها بیشتر خواهد بود.

موارد کاربرد زلزله تشدید یافته

1. مطابق ACI-318-14 در محاسبه **آرماتور عرضی ستون های بتن آرمه** از **زلزله تشدید یافته** استفاده می شود. یعنی در سازه های بتن آرمه، زلزله تشدید یافته برای کنترل برش موجود در ستون ها کاربرد دارد. توجه داشته باشید که در متن مبحث نهم مقررات ملی ساختمان از زلزله تشدید یافته استفاده نشده است.

2. در سازه های فولادی نیز همانطور که در بخش قبل بیان شد، کنترل زلزله تشدید یافته برای جلوگیری از کمانش است. یعنی در طراحی ستون ها، باید مقاومت محوری تحت زلزله تشدید یافته و بدون حضور خمش و برش کنترل شود.
- هم چنین طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، کف_ستون ها (Base Plate)، وصله ستون ها و وصله ی تیرها در اسکلت فولادی نیز باید برای زلزله ی تشدید یافته طراحی گردند.
3. در مواردی که شاهد نامنظمی در مسیرهای انتقال نیروی زلزله هستیم باید کنترل با زلزله تشدید یافته صورت گیرد. به طور مثال می توان به بندهای زیر در استاندارد 2800 اشاره نمود:

۳-۹ افزایش بار جانبی در اعضای خاص

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

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

تا این بخش از مقاله بارها از واژه **زلزله تشدید یافته** استفاده کرده ایم. در حال حاضر می دانیم که کدام اعضای سازه باید برای زلزله تشدید یافته کنترل شوند. اما...

اساساً این زلزله تشدید یافته با زلزله معمولی چه تفاوتی دارد؟

در پاسخ به سوال فوق، با یک تعریف ساده می توان گفت که زلزله تشدید یافته همان زلزله عادی است که با یک ضریب بزرگنمایی، تشدید شده است. این ضریب را با Ω_0 نشان می دهیم. به عبارت علمی تر برای ساختن ترکیب بارهای ویژه لرزه ای به ضریبی نیاز است که در زلزله طرح ضرب شود. یعنی داریم:

ترکیب بار زلزله تشدید یافته

$1.2D+L+E+0.2S ::$ ترکیب بار عادی

$$1.2D + L + \Omega_0 E + 0.2S:$$

با این کار به جای زلزله طرح (E) زلزله تشدید یافته ($\Omega_0 E$) در ترکیبات بار وارد می شود. مقدار این ضریب در سازه های مختلف متفاوت است. آیین نامه برای سیستم های باربر جانبی مختلف ضرایب Ω_0 را در جدول زیر آورده است.

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

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_u	H_m (متر)
الف- سیستم دیوارهای باربر	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۵	۲/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۴	۲/۵	۴	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۳/۵	۲/۵	۳/۵	-
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بتانی مسلح	۳	۲/۵	۳	۱۵
	۵- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه ای فولادی	۴	۲	۳/۵	۱۵
	۶- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	۵/۵	۳	۴	۱۵
	۷- دیوارهای بتن پاشی سببندی	۳	۲	۳	۱۰
ب- سیستم قاب ساختمانی	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [۲]	۶	۲/۵	۵	۵۰
	۴- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۵	۲/۵	۴	۳۵
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۴	۲/۵	۳	-
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بتانی مسلح	۳	۲/۵	۲/۵	۱۵
	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [۲] و [۳]	۷	۲	۴	۵۰
	۶- مهاربندی کمانش تاب	۷	۲/۵	۵	۵۰
	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵	۲	۳/۵	۱۵
	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [۲]	۵/۵	۲	۵	۵۰
پ- سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۴]	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۴]	۵	۳	۴/۵	۳۵
	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [۴] و [۱]	۳	۳	۲/۵	-
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	۲/۵	۳	۳	-
ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۷/۵	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	۶/۵	۲/۵	۵	۷۰
	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰

سایر بندهای آیین نامه ای مرتبط با زلزله تشدید یافته:

با توجه به تسلط نسبی بر موضوع زلزله تشدید یافته به سراغ بیان و تفسیر بندهای آیین نامه ای می رویم. روش های مورد تایید آیین نامه برای طراحی سازه، یکی تنش مجاز و دیگری طراحی بر اساس مقاومت است. استاندارد 2800 در شرایطی که از روش طراحی بر اساس مقاومت استفاده می کنیم بند زیر را بیان می نماید:

۳-۱۲-۲ در صورتی که طراحی سازه بر اساس مقاومت انجام شود، در ترکیب بارهای زلزله طرح با سایر بارها، بارهای جانبی و قائم زلزله باید با ضریب بار ۱/۰ در نظر گرفته شوند. در حالتی که بر طبق آیین‌نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثر اضافه‌مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید در ضریب اضافه‌مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود و نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه‌مقاومت در مؤلفه قائم زلزله نمی‌باشد.

در بند فوق منظور از جمله ”در ترکیب بارهای زلزله با سایر بارها، بارهای جانبی و قائم زلزله باید با ضریب بار 1 در نظر گرفته شوند.“ همان ترکیب بارهای عادی می‌باشد. همانطور که پیش‌تر هم گفته شد برای کلیه اعضا باید کنترل براساس ترکیب بارهای عادی صورت گیرد. در ادامه بند 3-12-2 به مواردی اشاره می‌کند که بایست کنترل اعضا بر اساس زلزله تشدید یافته صورت گیرد. در اینجا به دو نکته می‌توان اشاره کرد:

نکته 1. برای ایجاد ترکیب بارهای ویژه لرزه ای باید **بار جانبی طرح در ضریب اضافه‌مقاومت (Ω_0)** ضرب شود.

نکته 2. در کنترل سازه تحت ترکیب بارهای ویژه لرزه ای لازم نیست که **مؤلفه قائم زلزله** در ضریب اضافه‌مقاومت ضرب شود. به عبارت دیگر نیازی به تشدید اثر زلزله قائم وجود ندارد.

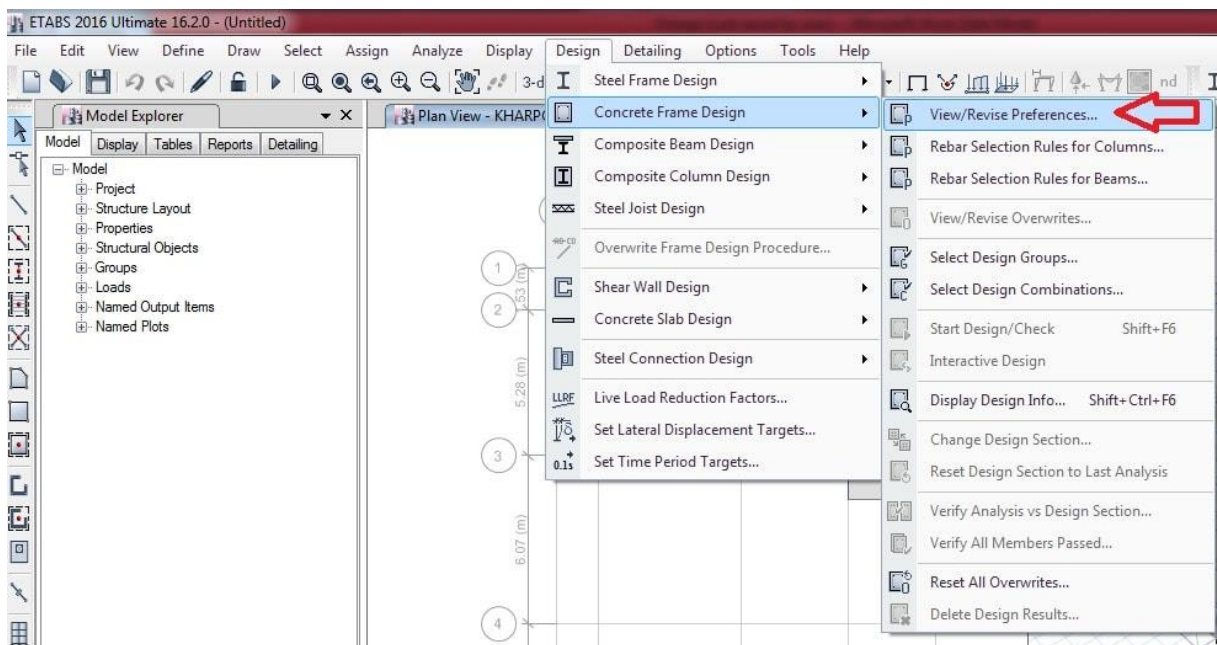
توصیه می‌شود برای تسلط هر چه بیشتر مقاله ”**بررسی فلسفه اعمال زلزله قائم در سازه ها و گام بندی تنظیمات نرم افزاری**“ مطالعه شود. بعد از بررسی مقاله زلزله قائم و مطالب این مقاله متوجه خواهید شد که چرا ما در نرم افزار ETABS زلزله قائم را از نوع other تعریف می‌کنیم.

مطالبی که بررسی کردیم شاید این احساس را به وجود بیاورند که کنترل زلزله تشدید یافته باید بسیار پیچیده باشد. اما توجه داشته باشید که در نرم افزارهای SAP , ETABS زلزله تشدید یافته در صورت تنظیم پارامترهای آن به طور خودکار کنترل می‌شود. ما نیز قصد داریم در ادامه ی این مقاله به صورت گام بندی شده، نحوه تنظیم پارامترهای طراحی را برای سازه های فولادی و بتن آرمه به تفکیک بررسی نماییم.

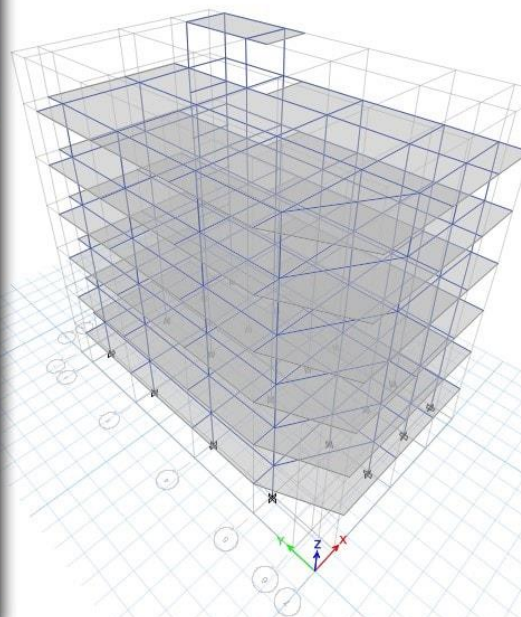
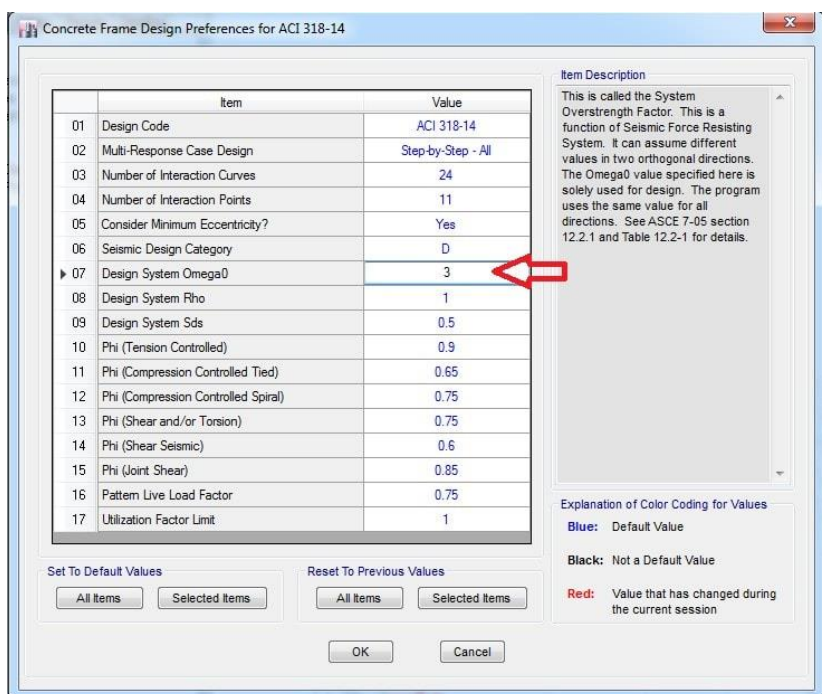
1. اعمال زلزله تشدید یافته در سازه های بتن آرمه

در طراحی لرزه ای سازه ها، مبحث نهم اشاره ای به اعمال زلزله تشدید یافته نکرده است. اما در ویرایش های 2011 و 2014 آیین نامه آمریکا کنترل زلزله تشدید یافته تعریف شده است. به گونه ای که حداکثر مقدار **برش در ستون ها**، با ترکیب بارهایی که در آنها اثر زلزله با Ω_0 تشدید شده است کنترل می‌شود.

در جهت محافظه کاری بیشتر اگر بر مبنای آیین نامه آمریکا عمل کنیم باید ضریب اضافه‌مقاومت در نرم افزار معرفی شود. با تعریف ضریب اضافه‌مقاومت در نرم افزار، زلزله تشدید یافته به صورت خودکار کنترل خواهد شد. نحوه کار را در قالب تصاویر زیر مشاهده می‌نمایید:



ویرایش آیین نامه طراحی سازه های بتن آرمه



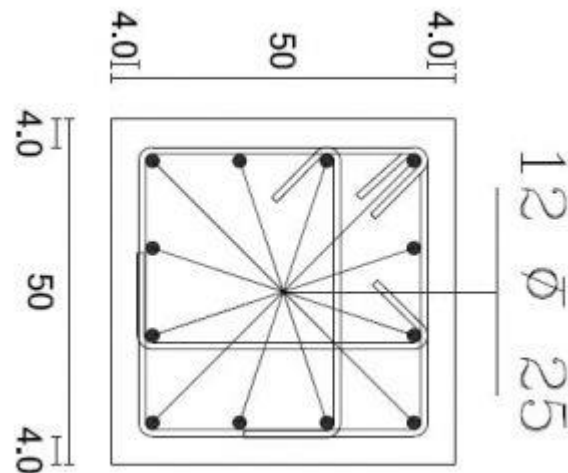
تغییر ضریب اضافه مقاومت پیش فرض نرم افزار

مقدار ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) را بر اساس جدول 3-4 استاندارد 2800 تعیین می نماییم. در مثال فوق چون سیستم باربر جانبی قاب خمشی بتن آرمه بود این ضریب برابر با 3 می باشد.

پرسش. با توجه به اینکه مبحث نهم اشاره ای به زلزله تشدید یافته در سازه های بتن آرمه نداشته است آیا این مساله باعث ایجاد ضعف در طراحی خواهد شد؟

در پاسخ به این سوال باید گفت : علم مهندسی سازه بیشتر از آن که آیین نامه محور باشد باید با قضاوت مهندسی همراه گردد.

با توجه به آیین نامه آمریکا در سازه های بتن آرمه، Ω_0 در محاسبه آرماتورهای برشی ستون ها کاربرد دارد و می دانیم که آرماتورهای برشی ستون ها به دو شکل **تنگ های بسته** و **دورپیچ** اجرا می شوند. هنگامی که از **تنگ های بسته** به عنوان آرماتورهای برشی استفاده می کنیم؛ باید گوشه بودن آرماتورهای طولی تامین شود. بنابراین معمولاً بیشتر از نیاز برشی ستون ها آرماتور عرضی قرار می گیرد. به تصویر زیر توجه نمایید:



کنترل گوشه بودن آرماتورهای طولی ستون بتنی.

لذا در کل می توان اینطور قضاوت کرد که، عدم اعمال Ω_0 مطابق نظر مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، اهمیت چندانی نخواهد داشت.

حال پس از درک نحوه ی اعمال ضریب اضافه مقاومت در طراحی سازه های بتنی، نوبت به یادگیری چگونگی اعمال زلزله تشدید یافته در سازه های فولادی می رسد...

2. اعمال زلزله تشدید یافته در سازه های فولادی

در سازه های فولادی یکی از مدهای خرابی بسیار خطرناک، کمانش ستون هاست. در این سازه ها مقاومت محوری ستون ها باید تحت ترکیب بارهای ویژه لرزه ای کنترل شوند. علت این کنترل مضاعف جلوگیری از رخداد کمانش می باشد.

بر خلاف سازه های بتن آرمه کنترل زلزله تشدید یافته در سازه های فولادی، هم در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و هم در آیین نامه AISC مطرح شده است. بند زیر از مبحث دهم به اعمال اثر زلزله تشدید یافته اشاره می کند:

۱۰-۳-۲-۴ ترکیبات بار زلزله تشدید یافته

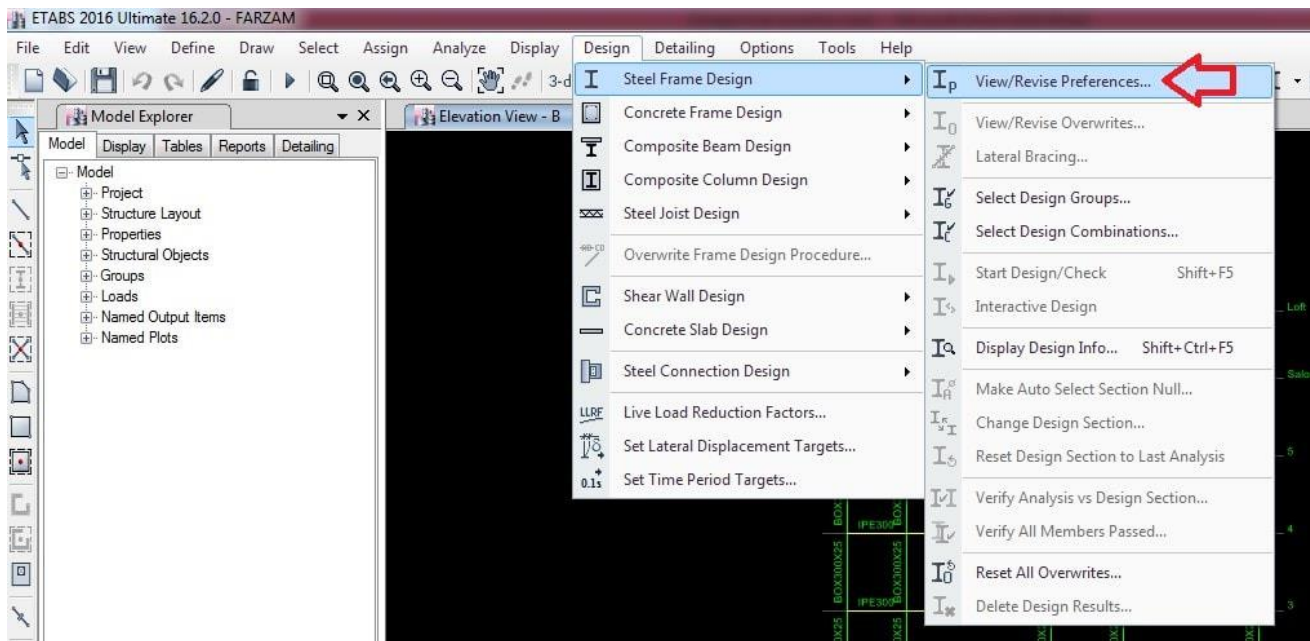
ترکیبات بار زلزله تشدید یافته با جایگزینی نیروهای زلزله طرح (E) با زلزله تشدید یافته ($\Omega_0 E$) در ترکیبات متعارف بارها به دست می‌آیند که در آن Ω_0 به ضریب اضافه مقاومت سیستم سازه‌ای موسوم است و به عوامل متعددی نظیر درجات نامعینی سازه، مقاومت‌های بالاتر از حد تعیین شده مصالح مصرفی، سخت شدن کرنش‌ها، جزئیات‌بندی اعضا، اثرات اجزای غیرسازه‌ای و ... بستگی دارد. مطابق این مبحث ضریب Ω_0 برای انواع سیستم‌های سازه‌ای فولادی باید به شرح جدول ۱۰-۳-۲-۲ در نظر گرفته شود.

جدول ۱۰-۳-۲-۲ ضریب اضافه مقاومت Ω_0 برای انواع سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای

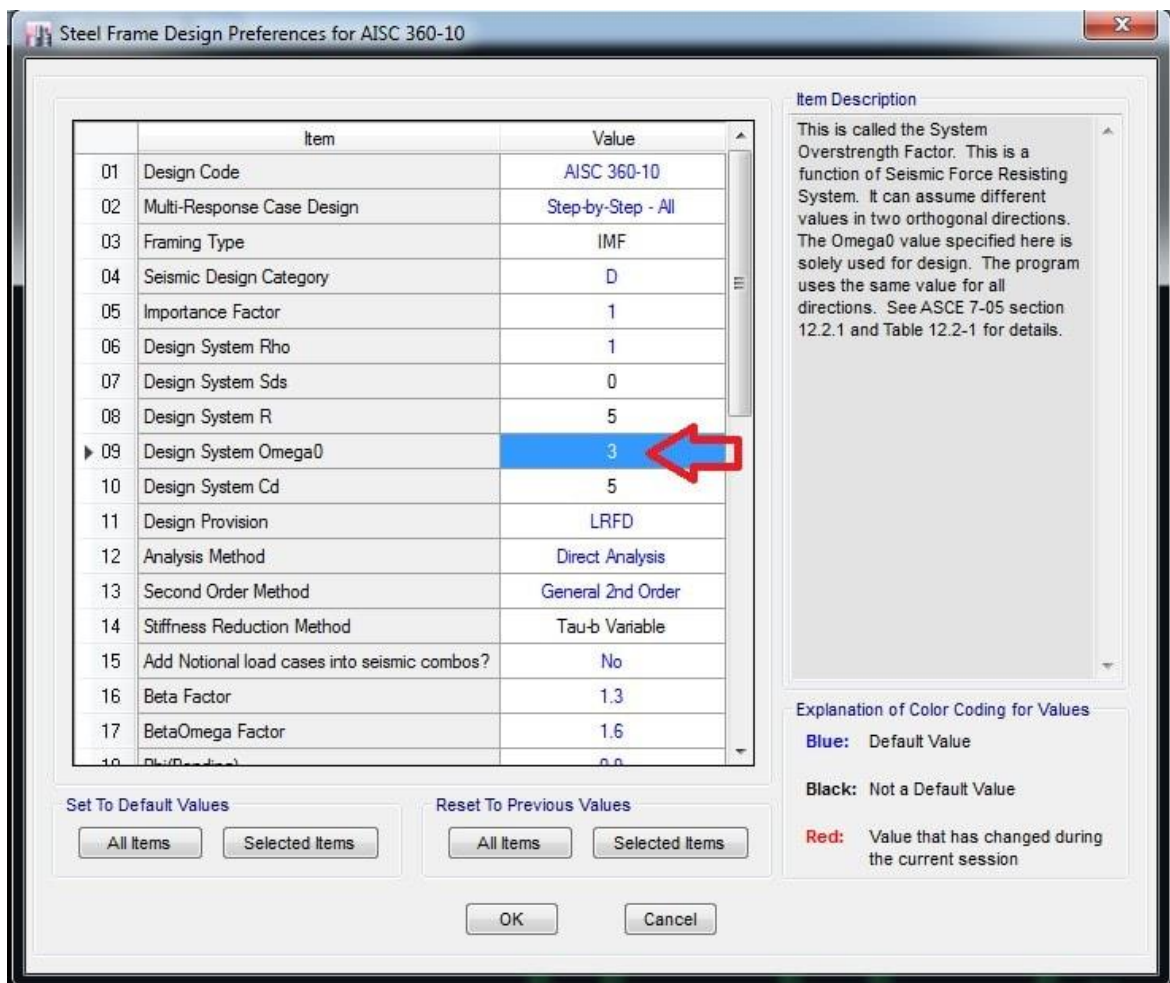
Ω_0	نوع سیستم باربر جانبی لرزه‌ای
۳	کلیه قاب‌های خمشی فولادی
۲	کلیه قاب‌های ساختمانی ساده توأم با مهاربندی هم‌محور و برون‌محور فولادی
۲/۵	کلیه سیستم‌های دوگانه یا ترکیبی

در سازه‌های فولادی نیز، مشابه سازه‌های بتنی، با اعمال صحیح ضریب اضافه مقاومت، نرم افزار به صورت خودکار اثر آن را در طراحی سازه منظور می‌کند. ضریب اضافه مقاومت در جدول فوق و نیز جدول ۳-۴ استاندارد ۲۸۰۰ قابل مشاهده است.

نحوه اعمال ضریب Ω_0 را در قالب تصاویر زیر مشاهده می‌کنید؛ روند کار کاملاً مشابه با سازه‌های بتن آرمه می‌باشد.



ویرایش آیین نامه طراحی سازه های فولادی



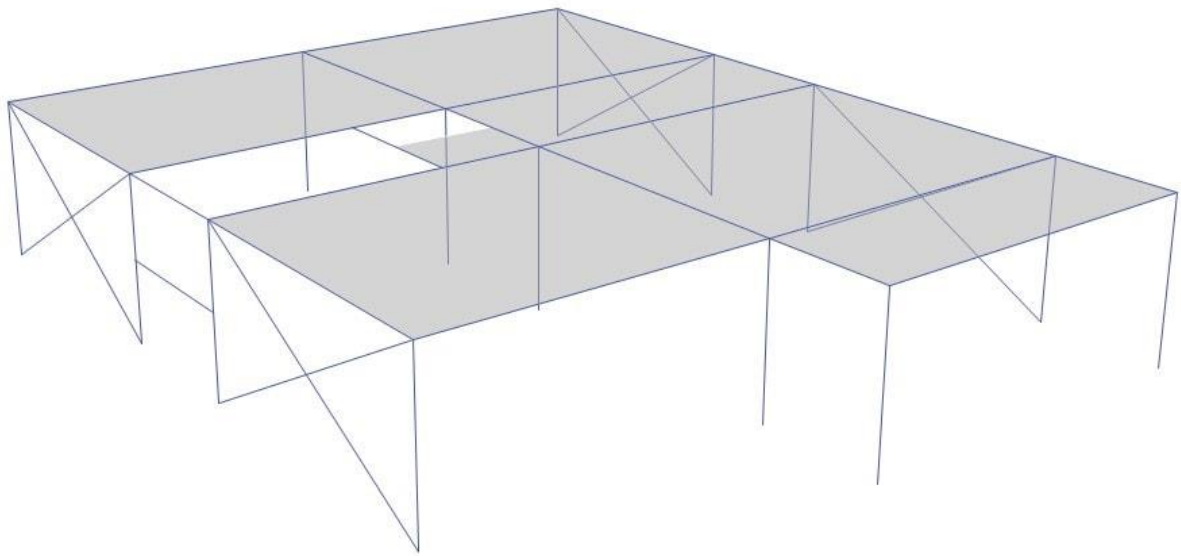
تغییر ضریب اضافه مقاومت پیش فرض نرم افزار

همانطور که مشاهده شد، روند کلی اعمال ضریب اضافه مقاومت در سازه های فولادی و بتنی بسیار ساده است.

اما در ادامه ی بحث، توجه شما را به دو نکته ی مهم و یک پرسش اساسی جلب می کنیم:

نکته 1. اگر سازه ما از نوع فولادی با سیستم باربر جانبی قاب ساده توام با مهاربندی باشد. نیروهای محوری فشاری زیادی در ستون های اطراف مهاربندها به وجود خواهد آمد. به همین دلیل ضریب اضافه مقاومت در طراحی ستون های مجاور مهاربند بسیار تاثیر گذار خواهد بود. پس در جانمایی مهاربندها در پلان حتماً به این موضوع توجه داشته باشیم تا ستون های ما غیر اقتصادی نشوند.

نکته 2. در سازه های فولادی بسیار معمول است که در یک جهت پلان سیستم باربر جانبی قاب ساده توام با مهاربندی و جهت دیگر قاب خمشی باشد. دلیل این کار مزاحمتی است که مهاربندها برای معماری پروژه ایجاد می کنند. توضیحات تکمیلی تر در این خصوص و راهکارهای مناسب را می توانید در مقاله **”بررسی الزامات طراحی مهاربند- های همگرای ویژه فولادی”** مطالعه نمایید (@sayrowork).



ضریب اضافه مقاومت متفاوت در دو جهت سازه

مطابق تصویر بالا، ستون های متصل به مهاربند در یک جهت با $\Omega_0=2$ و در جهت دیگر با $\Omega_0=3$ کنترل خواهند شد. این در حالیست که نرم افزار برای کل سازه تنها یک ضریب اضافه مقاومت در نظر می گیرد.

پرسش بسیار مهم. در مواردی که در یک جهت پلان سیستم باربر جانبی قاب ساده توام با مهاربندی و جهت دیگر قاب خمشی باشد، نحوه اعمال Ω_0 در نرم افزار به چه صورت خواهد بود؟

برخی از مهندسين در جهت محافظه کاری بیشتر و ساده شدن کار، $\Omega_0=3$ را به نرم افزار معرفی می کنند. با این عمل در واقع زلزله در هر دو جهت با ضریب بزرگتری تشدید می شود. اما طراحانی که سعی بر اقتصادی شدن طرح خود دارند، از روش دیگری استفاده می کنند که در ادامه آن را توضیح می دهیم:

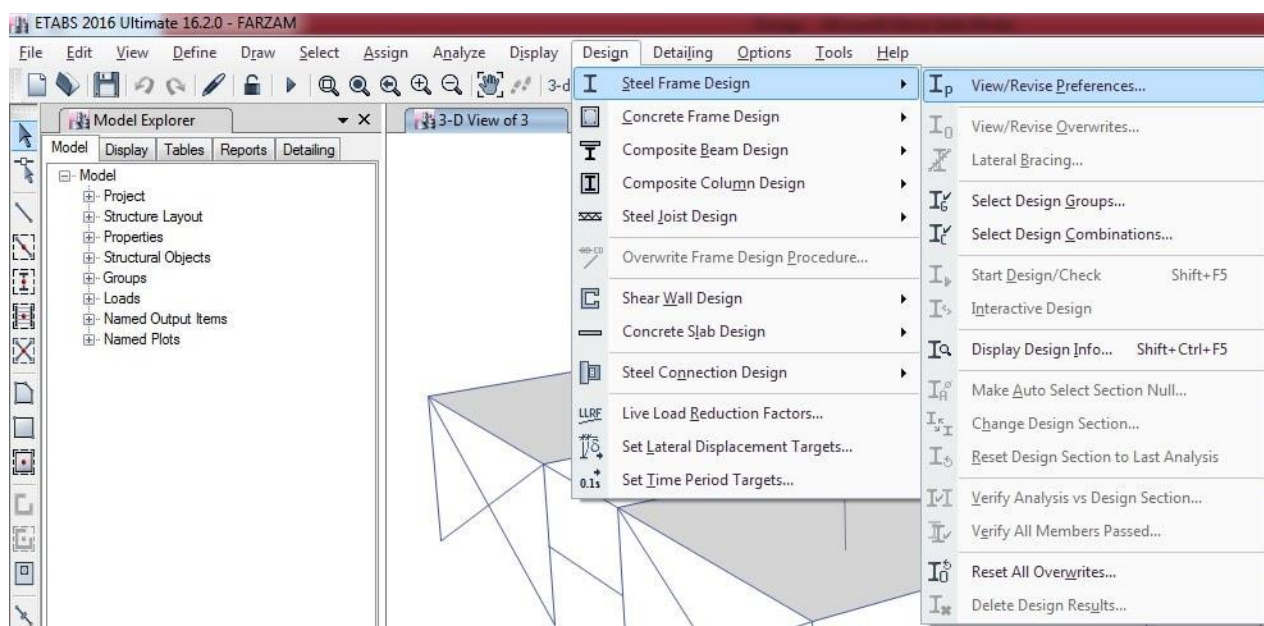
کنترل زلزله تشدید یافته در سازه های با دو سیستم باربر جانبی متفاوت

برای درک بهتر این قسمت، مطالب را در قالب یک مثال جامع و بصورت گام به گام آورده ایم:

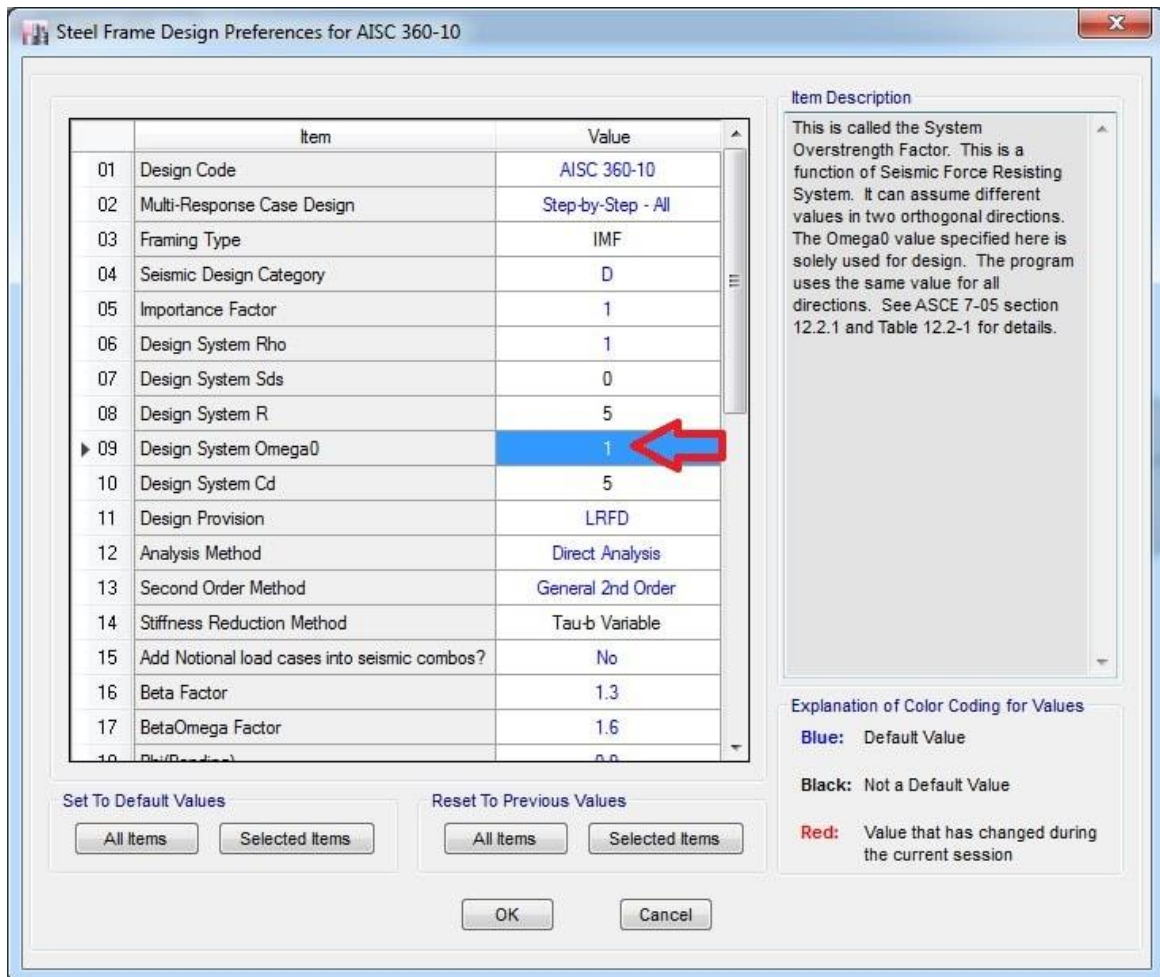
مثال. کنترل دقیق Ω_0 در ستون هایی که در یک جهت جزئی از قاب خمشی و در جهت دیگر جزئی از سیستم مهاربندی هستند.

گام 1. از فایل اصلی نرم افزار یک Save as تحت عنوان Omega تهیه می کنیم.

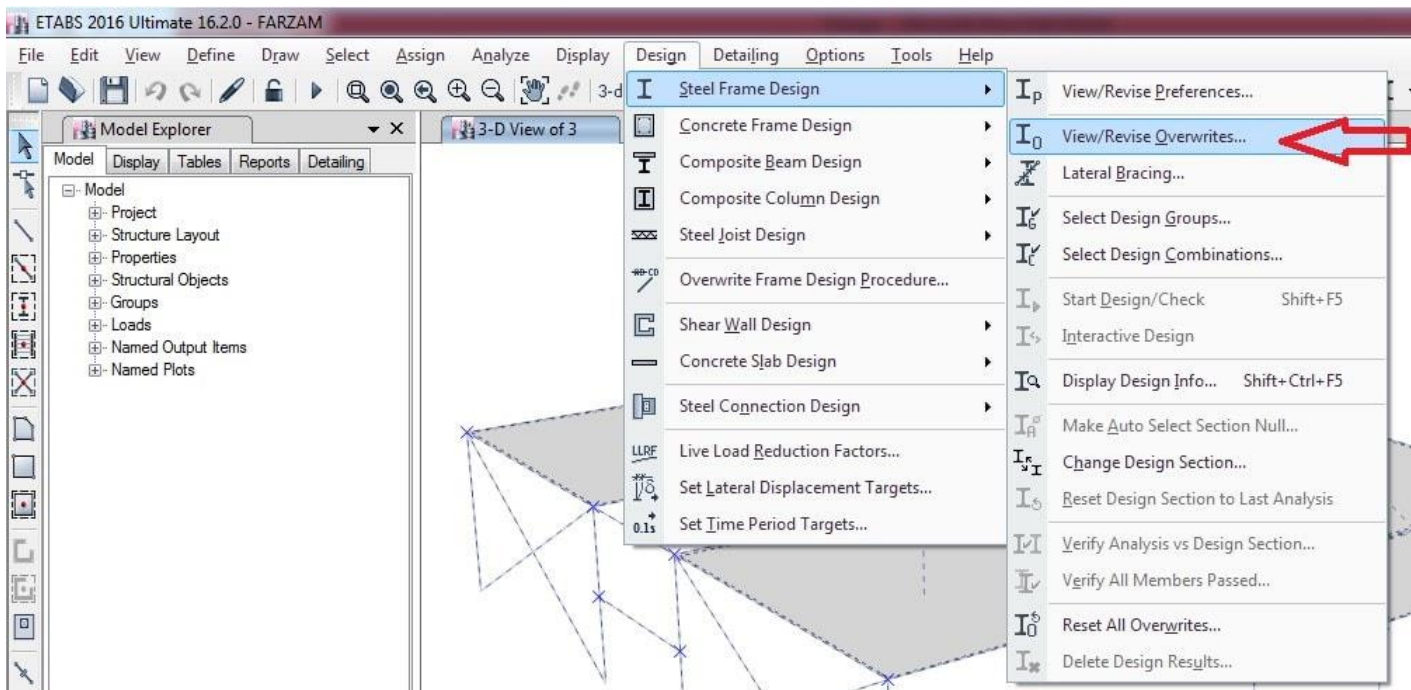
گام 2. در فایل جدید از منوهای زیر مقادیر Ω_0 را برابر یک قرار می دهیم.



ویرایش آیین نامه طراحی سازه های فولادی



$I = \frac{L_o}{K}$



Steel Frame Design Overwrite for AISC 360-10

	Item	Value
01	Current Design Section	Varies
02	Framing Type	IMF
03	Omega0	1
04	BRB Beta Factor	1.3
05	BRB Beta*Omega Factor	1.6
06	Perform RBS Capacity Design	Yes
07	Consider Deflection?	Yes
08	Deflection Check Type	Ratio
09	DL Limit, L /	0
10	Super DL+LL Limit, L /	0
11	Live Load Limit, L /	360
12	Total Limit, L /	240
13	Total-Camber Limit, L /	0
14	DL Limit, abs, mm	25.4
15	Super DL+LL Limit, abs, mm	Infinity
16	Live Load Limit, abs, mm	Varies
17	Total Limit, abs, mm	Varies
18	Total-Camber Limit, abs, mm	25.4

Item Description

Omega0 factor related to seismic force and ductility. Specifying 0 means the value is program determined. Program determined value means it is taken from the seismic load definition or general preferences.

Explanation of Color Coding for Values

Blue: All selected items are program determined

Black: Some selected items are user defined

Red: Value that has changed during the current session

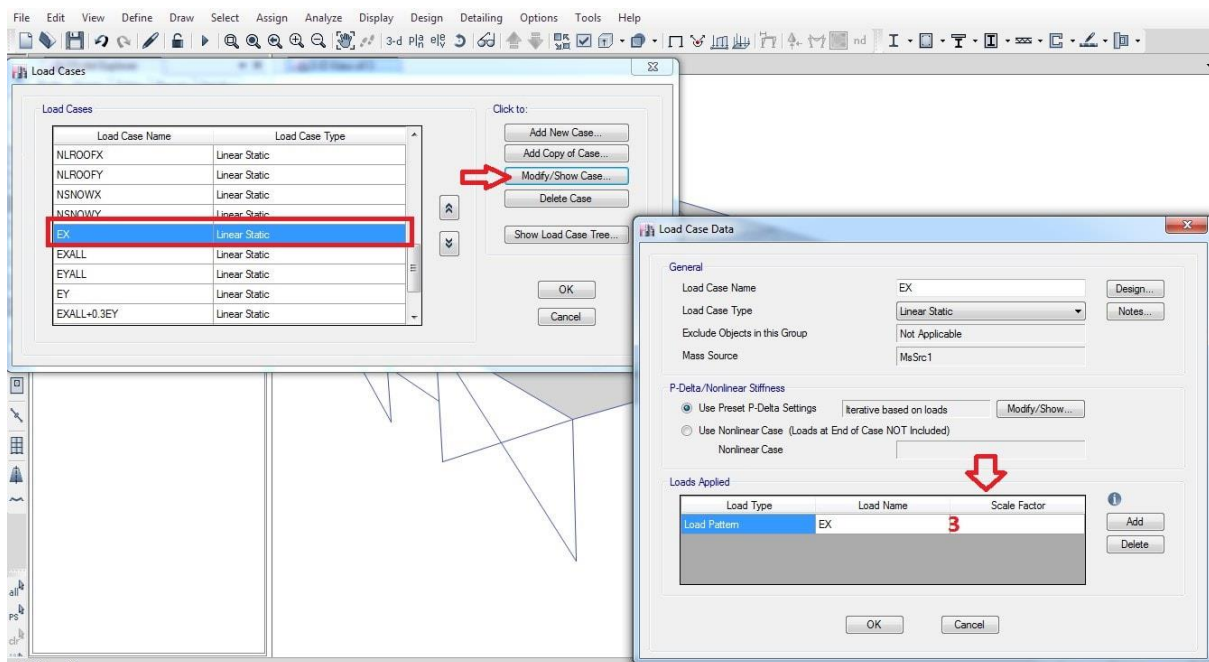
Set To Default Values: All Items, Selected Items

Reset To Previous Values: All Items, Selected Items

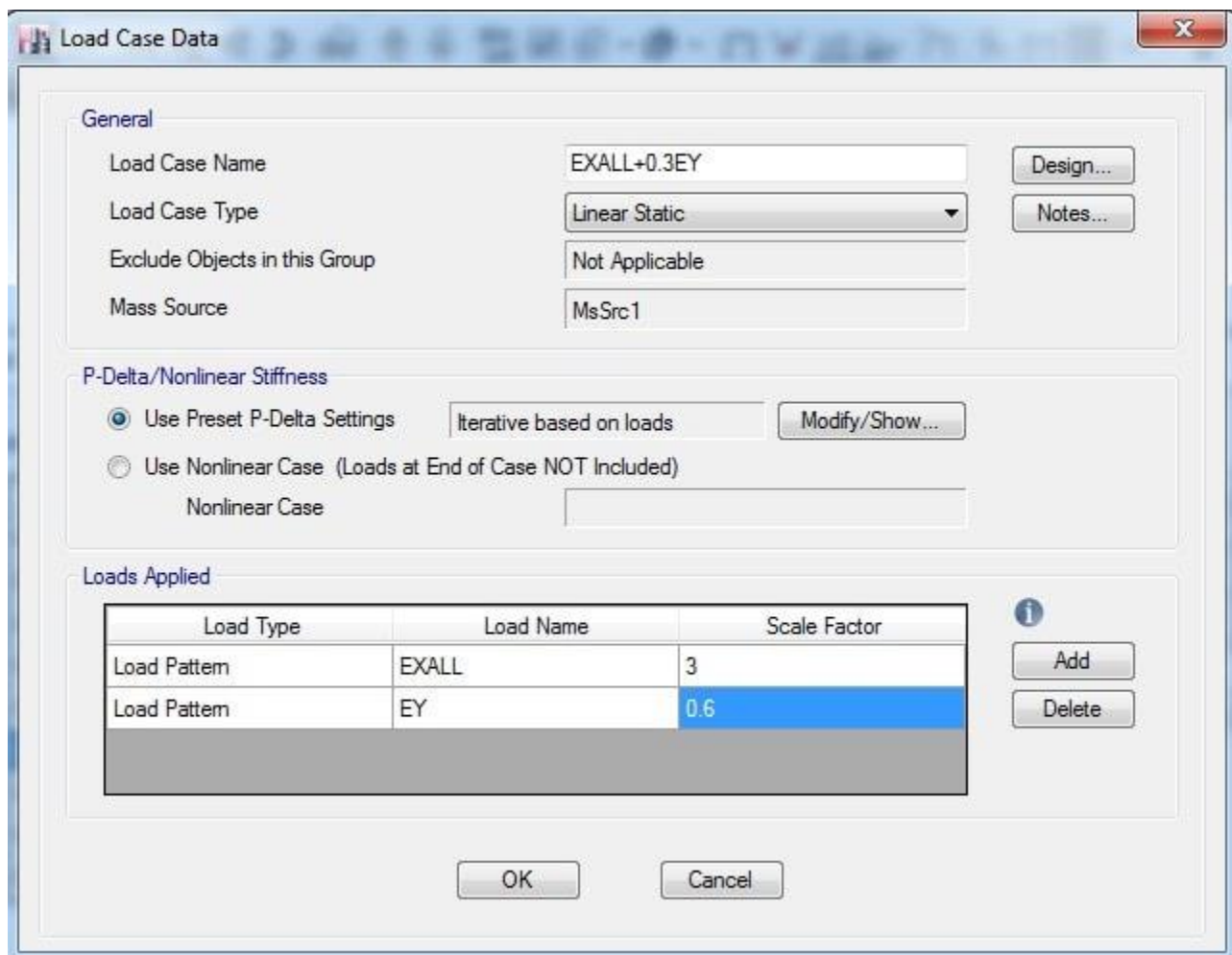
OK, Cancel

1/مگا

گام 3. در قسمت load case نیروهای زلزله را بسته به جهش 2 یا 3 برابر می کنیم. در سازه مثال ما چون جهت X قاب خمشی و جهت Y مهاربندی است تغییرات به صورت زیر خواهد بود.

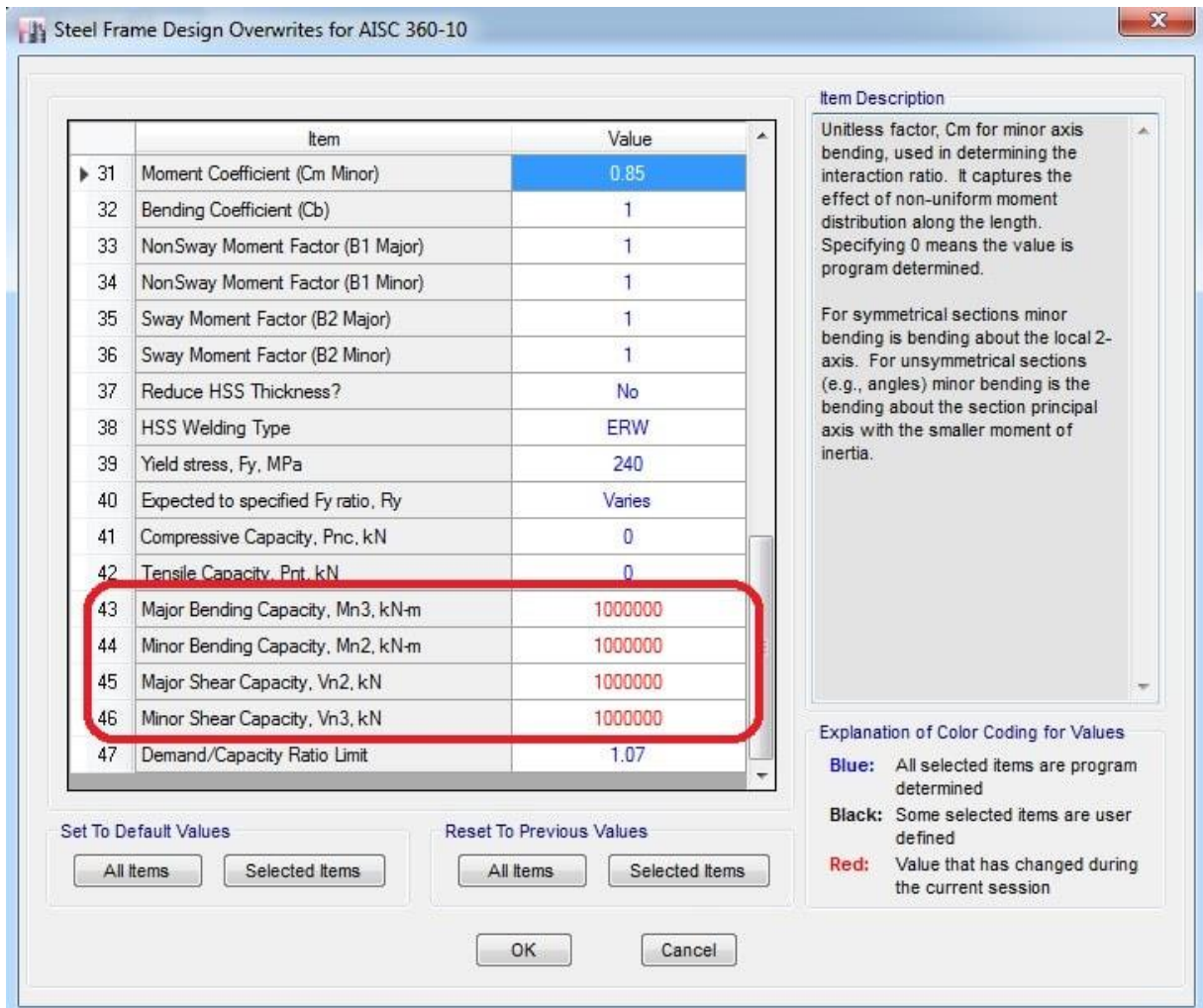


تغییرات در قسمت load case



در تصویر بالا توجه داشته باشید که زلزله 30 درصد متعامد در جهت Y با ضریب $\Omega_0=2$ تشدید می شود. زیرا در جهت Y سیستم مهاربندی داریم. ولی در جهت X به دلیل وجود قاب خمشی ضریب تشدید برابر 3 خواهد بود. به همین ترتیب تمامی بارهای لرزه ای به صورت دستی تشدید خواهد شد.

گام 4. تمامی ستون های سازه را انتخاب می کنیم و در قسمت View/Revise Overwrites موارد مشخص شده را تغییر می دهیم.



افزایش مقاومت خمشی و برشی ستون ها به یک عدد بسیار بسیار بزرگ

با این کار، نرم افزار مقاومت خمشی و برشی ستون ها را بسیار بسیار بزرگ در نظر می گیرد. در نتیجه عملاً مقاومت محوری ستون ها تحت زلزله های تشدید یافته کنترل می شود.

گام 5. سازه موجود را آنالیز و طراحی می کنیم. بایستی تمامی ستون ها جوابگوی نیروهای وارده باشند. به عبارت دیگر در ستون ها $ratio < 1.00$ باشد. در غیر اینصورت باید مقاومت محوری ستون ها افزایش یابد.

نتیجه گیری:

1. در بحث طراحی سازه ها، با دو نوع ترکیب بار مواجه هستیم. یک سری از ترکیب بارها عادی هستند. این ها همان ترکیب بارهایی می باشد که در طراحی **تمامی** اعضا و بخش های سازه باید کنترل شوند. دسته دوم ترکیب بارهای ویژه لرزه ای هستند.
 2. با یک تعریف ساده می توان گفت که زلزله تشدید یافته همان زلزله عادی است که با یک ضریب بزرگنمایی، تشدید شده است. این ضریب را با Ω_0 نشان می دهیم.
 3. در سازه های فولادی مقاومت محوری ستون ها باید تحت ترکیب بارهای ویژه لرزه ای کنترل شوند. علت این کنترل مضاعف این است که ستون های فلزی تحت اثر فشار خالص شکل پذیری کمتری داشته و ضربه زلزله وارد بر آنها بیشتر خواهد بود.
 4. در طراحی لرزه ای سازه ها، مبحث نهم اشاره ای به اعمال زلزله تشدید یافته نکرده است. اما در ویرایش های 2011 و 2014 آیین نامه آمریکا کنترل زلزله تشدید یافته تعریف شده است. به گونه ای که حداکثر مقدار **برش در ستون ها** با ترکیب بارهایی که در آن ها اثر زلزله با Ω_0 تشدید شده است کنترل می شود.
 5. در کنترل سازه تحت ترکیب بارهای ویژه لرزه ای لازم نیست که **مولفه قائم زلزله** در ضریب اضافه مقاومت ضرب شود.
 6. در سازه های با دو سیستم باربر جانبی در دو جهت متفاوت، ستون های متصل به مهاربند در یک جهت با $\Omega_0=3$ و در جهت دیگر با $\Omega_0=2$ کنترل خواهند شد. این در حالیکه نرم افزار برای کل سازه تنها یک ضریب اضافه مقاومت در نظر می گیرد. لذا بایست از روش های مناسبی برای اعمال ضریب اضافه مقاومت در چنین سازه هایی استفاده شود.
- در نهایت، شما با مطالعه این مقاله با یکی از مباحث چالش برانگیز محاسبات آشنا خواهید شد. نحوه کنترل سازه های مختلف تحت زلزله تشدید یافته و ترکیب بارهای ویژه لرزه ای از مواردیست که در این مقاله به آن پرداخته شده است.

Telegram.me/sayrowork

Instagram: @sayro.work