

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جدول شناسنامه اثر	
کد آموزش	۳۱۳-۰۰۴-۰۰۵
عنوان اثر	آموزش نرم افزار ایتبس (Etabs v21) - آموزش پانزدهم
تالیف	گروه مهندسی سیویل ژئوتک (civilgeotech)
نویسنده	مهندس سید محمد صادق آل محمد
آدرس سایت	https://civilgeotech.ir/
ایمیل	info@civilgeotech.ir
نوع	فایل pdf
تعداد کل صفحات	۱۸ صفحه
فرهیخته گرامی: بازنشر این فایل باعث تضییع حقوق مادی و معنوی سایت سیویل ژئوتک خواهد شد و کپی بخش یا تمام این اثر شرعا و قانونا حرام و ممنوع است. لطفا فایل این آموزش را از سایت اصلی ما دریافت کنید.	

CIVILGEOTECH

فهرست مطالب

آموزش نرم افزار ایتبس (Etabs v21).....	۲
۱- آموزش پانزدهم: بارگذاری در نرم افزار Etabs	۲
۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند.....	۲
۱-۲- بارگذاری در مبحث ۶	۲
۱-۲-۱- بار مرده	۲
۱-۲-۲- بار زنده	۳
۱-۲-۳- بار برف	۶
۱-۳- ساخت الگوی بار	۸
۱-۳-۱- الگوی بار ثقلی	۸
۱-۳-۲- الگوی بار جانبی	۹
۱-۳-۳- الگوی بار اصلاح جرم لرزه ای	۱۲
۱-۳-۴- الگوی بار ناشی از نواقص هندسی	۱۲
۱-۴- ترکیبات بارگذاری	۱۳
۱-۵- بارگذاری اعضای سازه	۱۵
۲- مراجع	۱۷

CIVILGEOTECH



آموزش نرم افزار ایتبس (Etabs v21)

۱- آموزش پانزدهم: بارگذاری در نرم افزار Etabs

۱-۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

در این آموزش مباحث موجود در مبحث ۶ مقررات ملی و استاندارد ۲۸۰۰، انواع الگوهای بارگذاری، الگوهای بارگذاری تحلیل، ترکیب بارهای طراحی و نحوه اعمال بار به اعضا صفحه ای و خطی بررسی شده است.

۱-۲- بارگذاری در مبحث ۶

در این آموزش مواردی که در مبحث ۶ پرکاربردتر می باشد آورده شده است و با توجه به اینکه در هر پروژه شرایط بارگذاری متفاوت می باشد نیاز است تا این مبحث به طور کامل بررسی شود و در هر پروژه بندهای مربوطه را بکار برد. بنابراین در این آموزش فرصت شرح این موارد نمی باشد و تنها به صورت خلاصه و عنوانی موارد پر کاربرد ذکر شده است.

۱-۲-۱ بار مرده

در بند ۱-۳-۶ آورده شده است که بار مرده شامل چه مواردی می باشد. همچنین وزن اجزای ساختمان نیز باید براساس بند ۳-۲-۶ باشد و می توان جرم مخصوص مواد مختلف را از پیوست ۲-۶ برداشت نمود. در آموزش تعریف مصالح برای وارد کردن وزن مخصوص بتن و فولاد به این پیوست مراجعه کردیم حال برای سایر اجزاء سازه براساس دیتل های آن می توان جرم مخصوص هر مورد را محاسبه نمود.

۱-۳-۶ کلیات

بارهای مرده عبارتند از وزن اجزای دائمی ساختمان ها مانند: تیر و ستون ها، دیوارها، کف ها، بام، سقف، راه پله، نازک کاری، پوشش ها و دیگر بخش های سهیم در اجزاء سازه ای و معماری. همچنین وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت شامل وزن جراثقال ثابت نیز در ردیف این بارها محسوب می شود.

۲-۳-۶ وزن اجزای ساختمان و مصالح مصرفی

در محاسبه بارهای مرده، باید وزن واقعی مصالح مصرفی و اجزای ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. برای انجام محاسبه، در صورت عدم وجود اطلاعات معتبر، جرم واحد حجم یا جرم واحد سطح اجزای ساختمانی، باید به شرح مندرج در جداول ارائه شده در پیوست شماره ۲-۶ در نظر گرفته شوند.



ضوابط بارگذاری تیغه‌ها و دیوارها نیز در بند ۳-۳-۶ آورده شده است. که بسته به وزن دیوار حالات مختلف بارگذاری وجود دارد که شرح آن در این بند آورده شده است.

۳-۳-۶ وزن تیغه‌ها و دیوارها

کلیه تیغه‌ها و دیوارها با وزن هر مترمربع سطح بیش از یک کیلونیوتن بر مترمربع به عنوان بار مرده در محاسبات منظور می‌شوند. در صورتی که هر مترمربع تیغه یا دیوار بین ۱ تا ۲ کیلونیوتن بر مترمربع باشد، بار معادل تیغه را می‌توان به صورت بارگسترده یکنواخت بر مساحت کف اعمال نمود. وزن معادل بار مرده تیغه‌ها که بر مساحت هر فضا اعمال می‌شود از تقسیم وزن کل تیغه‌ها بر مساحت فضای موردنظر به دست می‌آید. اما در هر صورت نباید کمتر از یک کیلونیوتن بر مترمربع منظور شود. چنانچه وزن تیغه یا دیوار بیشتر از ۲ کیلونیوتن بر مترمربع باشد لازم است بار مرده تیغه یا دیوار در محل واقعی خود اعمال شود. وزن سایر جداکننده‌های سبک مطابق ضوابط بند ۲-۲-۵-۶ در محاسبات منظور می‌شود.

۱-۲-۲-۲ بار زنده

بند ۱-۵-۶ تعاریف بار زنده، بار زنده بام و بار حین ساخت را آورده است.

۱-۵-۶ تعاریف

بار زنده: باری غیردائمی است که در حین بهره‌برداری از ساختمان یا سایر سازه‌ها به آن‌ها وارد شود. بار زنده شامل بارهای حین ساخت نمی‌شود.

بار زنده بام: باری غیردائمی است بر روی بام که در حین بهره‌برداری یا انجام تعمیرات به آن وارد شده یا توسط اشیاء متحرکی چون گلدان و لوازم دیگر که ارتباطی با استفاده از ساختمان در طول عمر بهره‌برداری آن ندارند، به آن اعمال شود. این بار شامل بارهای حین ساخت یا بارهای محیطی مانند برف و باران نمی‌شود.

بار حین ساخت: باری است که در ضمن انجام عملیات ساختمانی به طور موقت به ساختمان وارد می‌شود. مقدار این بار باید هماهنگ با فرایند اجرای ساختمان به طور مناسبی در طراحی و اجرا مورد نظر قرار گیرد.

در بند ۵-۲-۶ بار زنده گسترده یکنواخت کف‌ها و بام‌ها، در مورد بار زنده طراحی شرح داده است و در جدول ۱-۵-۶ حداقل بار زنده گسترده یکنواخت و بار زنده متمرکز کف‌ها آورده شده است.

۲-۵-۶ بار زنده گسترده یکنواخت کف‌ها و بام‌ها

۱-۲-۵-۶ بار زنده طراحی

بار زنده‌ای که در طراحی ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها به کار می‌رود، باید بیشترین بار مورد انتظار برای کاربری موردنظر بوده و در هیچ حالتی از حداقل بار زنده گسترده یکنواخت، L_0 ، داده شده در جدول ۱-۵-۶ یا در نظر گرفتن میزان کاهش‌های مجاز کمتر نباشد.



بار پارتیشن‌ها (جداکننده‌ها) به کمک بند ۶-۵-۲ قابل محاسبه است.

۶-۵-۲ ضوابط مربوط به جداکننده‌ها

در ساختمان‌های اداری یا سایر ساختمان‌هایی که در آن‌ها احتمال استفاده از جداکننده‌های داخلی با وزن هر مترمربع ۱ کیلونیوتون بر مترمربع، با یا بدون جابجایی موقعیت آن‌ها وجود دارد، باید وزن آن‌ها بدون توجه به اینکه در نقشه‌ها نشان داده شده یا نشده باشند، منظور گردند.

در ساختمان‌هایی که جداکننده‌های سبک، نظیر دیوارهای ساندویچی و ورق گچی با وزن هر مترمربع سطح کمتر از ۰/۴ کیلونیوتون بر مترمربع دیوار به کار برده می‌شوند، بار گسترده معادل وارد بر کف را باید حداقل ۰/۵ کیلونیوتون بر مترمربع در نظر گرفت. در سایر موارد، بار گسترده معادل وزن جداکننده‌ها و تیغه‌ها بر کف را نباید کمتر از ۱ کیلونیوتون بر مترمربع منظور نمود. بار گسترده معادل جداکننده‌ها در محاسبات جزو بار زنده محسوب می‌گردند اما در تعیین نیروی زلزله این بارها باید در محاسبه وزن مؤثر لرزه‌ای به بار مرده اضافه شوند.

استثناء: اگر حداقل بار زنده، L_0 ، از ۴ کیلونیوتون بر مترمربع بیشتر باشد، نیازی به در نظر گرفتن بار زنده جدا کننده‌ها نیست.

برای کاهش بارهای زنده طبقات می‌توان به بند ۶-۵-۵ مراجعه نمود. همچنین برای نامناسب‌ترین وضع بارگذاری در تیرهای یکسره و در قاب‌های نامعین با شرایط مشخص شده در آیین نامه می‌توان به بند ۶-۵-۳ مراجعه نمود.

۶-۵-۵ کاهش بارهای زنده طبقات

مقادیر حداقل بارهای زنده گسترده (L_0) طبقات را که در جدول ۶-۵-۱ داده شده، می‌توان بر طبق ملاحظات بندهای ۶-۵-۵-۱ الی ۶-۵-۵-۵ برای محاسبه بار زنده طراحی (L) کاهش داد.

ضوابط مربوط به کاهش بار زنده بام‌ها در بند ۶-۵-۶ ارائه شده است.

۶-۵-۳ نامناسب‌ترین وضع بارگذاری

در تیرهای یکسره و در قاب‌های نامعین در مواردی که مقدار بار زنده بیشتر از ۴ کیلونیوتون بر مترمربع یا بیشتر از یک‌ونیم برابر بار مرده است، موقعیت قرارگیری بار زنده در دهانه‌های مختلف باید طوری انتخاب شود که بیشترین اثر مورد نظر را در عضو سازه‌ای ایجاد نماید. برای این منظور کافی است علاوه بر حالت قرار دادن بار زنده در تمام دهانه‌ها، حالت‌های بارگذاری زیر نیز در نظر گرفته شوند:

الف- قرار دادن بار زنده در دو دهانه مجاور هم

ب- قرار دادن بار زنده در دهانه‌های یک در میان



برای کاهش بارهای زنده سنگین و محل اجتماع و ازدحام می‌توان به دو بند زیر مراجعه نمود. همچنین بند ۶-۵-۳ موارد مربوط به نحوه طراحی بار زنده متمرکز کفا و بام‌ها را شرح داده است.

۶-۵-۵-۲ بارهای زنده سنگین

کاهش بارهای زنده دارای مقدار بیش از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع مجاز نمی‌باشد.

استثناء: کاهش بارهای زنده اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند، به میزان ۲۰٪ مجاز می‌باشد.

۶-۵-۵-۴ محل اجتماع و ازدحام

کاهش بار زنده محل‌های اجتماع و ازدحام مجاز نمی‌باشد.

۶-۵-۳ بار زنده متمرکز کفا و بام‌ها

کفا، بام‌ها و سایر سطوح مشابه باید به نوعی طراحی شوند که بتوانند جدا از بارهای زنده گسترده یکنواخت، طبق مفاد بخش ۶-۵-۲، بارهای متمرکز داده شده در جدول ۶-۵-۱ را نیز چنانچه منجر به آثار بزرگتری شوند به نحوی ایمن تحمل نمایند. در صورت مشخص نبودن ابعاد بار متمرکز، بار وارده باید به صورت یکنواخت بر روی سطحی به ابعاد 750×750 میلی‌متر توزیع شده و محل آن طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر ناشی از بارگذاری را در اعضا ایجاد نماید.

برای کاهش بارهای زنده گسترده یکنواخت از بند زیر استفاده می‌شود.

۶-۵-۵-۱ کاهش در بارهای زنده گسترده یکنواخت

بار زنده گسترده اعضایی را که برای آنها، مقدار $K_{LL} A_T$ برابر با ۳۷ مترمربع یا بیشتر باشد، می‌توان با در نظر گرفتن محدودیت‌های بندهای ۶-۵-۲ تا ۶-۵-۵، طبق رابطه (۶-۵-۱) کاهش داد:

$$L = L_0 \left[0.25 + \frac{4/57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right] \quad (6-5-1)$$

که در آن:

L : بار زنده طراحی کاهش یافته در هر مترمربع، وارد شده بر عضو

L_0 : حداقل بار زنده گسترده یکنواخت در هر مترمربع، وارد شده بر عضو (از جدول ۶-۵-۱)

K_{LL} : ضریب موقعیت عضو (از جدول ۶-۵-۲)

A_T : سطح بارگیر (مترمربع)

L برای اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می‌کنند نباید از $L_0/5$ و برای اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند از $L_0/4$ کمتر باشد.



موارد مربوط به کاهش بار زنده محل عبور یا پارک خودرو و بارهای زنده بام در زیر آمده است.

۳-۵-۵-۶ محل عبور یا پارک خودروهای سواری

کاهش بارهای زنده محل عبور یا پارک خودروهای سواری مجاز نمی‌باشد.

استثنا: کاهش بارهای زنده اعضایی که بار ۲ طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند، به میزان ۲۰٪ مجاز می‌باشد.

۶-۵-۶ کاهش بارهای زنده بام

حداقل بار زنده گسترده یکنواخت بام، L_0 ، در جدول ۱-۵-۶ را می‌توان برای محاسبه بار زنده طراحی بام (L_r) طبق ضوابط بندهای ۱-۶-۵-۶ و ۲-۶-۵-۶ کاهش داد.

۱-۳-۲-۳- بار برف

انواع بار برف و نحوه محاسبه بار برف بام در دو بند زیر آورده شده است.

۱-۷-۶ کلیات

ساختمان‌ها و سایر سازه‌های موضوع این مبحث باید برای بار برف طراحی شوند. برای این منظور پس از محاسبه بار برف بام، لازم است حالت‌های مختلف بارگذاری شامل بار برف متوازن و نامتوازن، برف بخشی، انباشتگی برف و برف لغزنده طبق الزامات این فصل در نظر گرفته شود.

۲-۷-۶ بار برف بام

بار برف بر روی بام، P_r ، با توجه به بار برف مبنا، شیب و دمای بام، برف‌گیری و اهمیت سازه برای هر مترمربع تصویر افقی سطح آن، از رابطه ۱-۷-۶ تعیین می‌شود:

$$P_r = I_s C_n C_h C_s P_s \quad (1-7-6)$$

که در آن:

P_s = بار برف مبنا طبق بخش ۳-۷-۶

I_s = ضریب اهمیت بار برف طبق جدول ۲-۱-۶

C_n = ضریب برف‌گیری طبق بخش ۴-۷-۶

C_h = ضریب شرایط دمایی طبق بخش ۵-۷-۶

C_s = ضریب شیب طبق بخش ۶-۷-۶

است



بار برف متوازن و نامتوازن نیز در بند زیر شرح داده شده است.

۶-۷-۷ بارگذاری های متوازن و نامتوازن

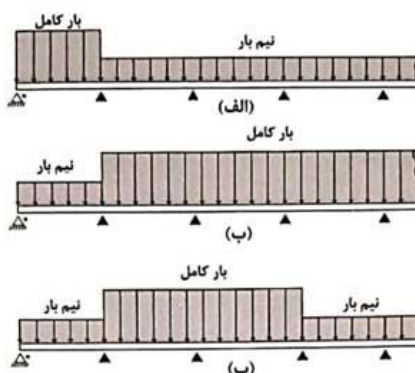
بارگذاری متوازن حالتی از بارگذاری برف بر روی بام ساختمان است که اثرات وزش باد یا نور خورشید، که باعث افزایش یا کاهش بار برف در بخش هایی از بام می شود را در نظر نمی گیرد. به واسطه وزش باد یا نور خورشید بر روی بام های شیب دار، امکان کاهش بارهای برف در وجوه رو به باد یا رو به خورشید و افزایش این بارها در نواحی پشت به باد وجود دارد. این موضوع موجب توزیع نامتوازن بار برف بر روی این نوع بام ها می شود. بنابراین علاوه بر بارگذاری متوازن برف، اثر بارگذاری نامتوازن برف نیز باید به طور جداگانه در نظر گرفته شود. در تعیین بار نامتوازن امکان وزش باد از تمام جوانب باید بررسی گردد. در نظر گرفتن حالت بار نامتوازن برف برای بام های تخت لازم نیست.

بار برف برای بام های دارای تیرهای ممتد چند دهانه با توجه به بند زیر در نظر گرفته می شود.

۶-۷-۸ نامناسب ترین وضع بارگذاری

برای بام های دارای تیرهای ممتد چند دهانه، مطابق شکل ۶-۷-۶ سه حالت زیر در نظر گرفته شود:

- بار کامل برف متوازن بر روی هر یک از دهانه های انتهایی و نیم بار برف متوازن بر روی سایر دهانه ها (شکل الف)
- نیم بار برف متوازن بر روی هر یک از دهانه های انتهایی و بار کامل برف متوازن بر روی سایر دهانه ها (شکل ب)
- تمام ترکیب های ممکن بار کامل برف متوازن بر روی دو دهانه مجاور و نیم بار برف متوازن بر روی سایر دهانه ها (شکل پ)

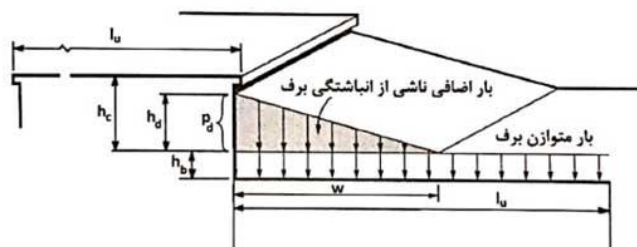




مباحث مربوط به انباشتگی برف در بام‌های پایین‌تر در بند ۶-۷-۹ و زیربندهای آن بحث شده است.

۹-۷-۶ انباشتگی برف در بام‌های پایین‌تر

برای مناطق ۴، ۵ و ۶ بار برف، بام باید برای تحمل بارهای انباشته‌شده برف ناشی از سایه و باد قسمت‌های بالاتر همان ساختمان یا بلندی‌ها و ساختمان‌های مجاور طراحی شود.



شکل ۸-۷-۶ نمایش برف انباشته شده بر بام پایین‌تر

بار برف لغزنده نیز در بند زیر آمده است. همچنین تقسیم بندی شهرهای کشور از نظر بار برف در جدول ۶-۱-۷ آورده شده است.

۱۱-۷-۶ برف لغزنده

در مناطق ۴، ۵ و ۶ بار برف، بار حاصل از لغزش برف از بام شیب‌دار بالاتر و ریختن آن به سقف پایین‌تر باید برای بام‌های لغزنده با شیب سقف بیشتر از دو درصد و برای سایر بام‌های با شیب سقف بیشتر از ۱۵ درصد در نظر گرفته شود. مقدار کل بار بر واحد طول در راستای لبه پایین بام

۳-۱- ساخت الگوی بار

در نرم افزار ایتبس برای ساخت الگوی بار باید از منوی Define گزینه Load patterns را کلیک کنیم. به طور کلی چهار نوع الگوی بار شامل الگوی بار ثقیلی، الگوی بار جانبی، الگوی بار اصلاح جرم لرزه ای و الگوی بار ناشی از نواقص هندسی داریم که در زیر هر یک را بررسی می‌کنیم.

۱-۳-۱ الگوی بار ثقیلی

اولین نوع الگوی بار ثقیلی، الگوی بار مرده (Dead - D) می‌باشد. از جمله بارهای مرده می‌توان به بار مرده ناشی از وزن اسکلت سازه، وزن المان‌های معماری (مانند نما و کف سازی) و وزن تاسیسات و تجهیزات ثابت (اگر تاسیسات خاص و سنگین وزن نباشد قابل چشم پوشی است). نام برد.

دومین نوع الگوی بار ثقیلی، الگوی بار زنده (Live - L) می‌باشد. از جمله بارهای زنده می‌توان به بار زنده کف طبقات، بار زنده کف بام و بار زنده تیغه بندی نام برد. بار زنده کف طبقات به دو دسته غیر قابل کاهش و قابل کاهش تقسیم می‌شود. بارهای زنده قابل کاهش در برخی ترکیب بارها ضریب ۱ و در برخی ترکیب بارها ضریب ۰/۵ دارند.

سومین نوع الگوی بار ثقیلی، الگوی بار برف (Snow-S) می‌باشد.



در جدول زیر انواع الگوهای بار متداول آورده شده است.

توضیحات	نوع الگوی بار	نام الگوی بار
بار مرده ساختمان	Dead	D
بار زنده غیر قابل کاهش	Live	Lnr
بار زنده قابل کاهش با ضریب ۱ در ترکیب بار	Reducible Live	Lr1
بار زنده قابل کاهش با ضریب ۰/۵ در ترکیب بار	Reducible Live	Lr0.5
بار زنده تیغه بندی	Live	LPart
بار زنده بام	Roof Live	LRoof
بار برف	Snow	S

۱-۳-۲- الگوی بار جانبی

در اینجا تنها الگوی بار جانبی زلزله (Earthquake – E) بررسی می‌شود. بار جانبی زلزله باید در دو جهت عمود بر هم به سازه وارد شود (EX و EY). بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ نیروی زلزله باید در هر جهت با خروج از مرکزیت اتفاقی به سازه وارد شود. هر جهت دو حالت خروج از مرکزیت مثبت (P) و منفی (N) دارد. برای کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات باید الگوهای بار دریافت را تعریف کرد. الگوی بار زلزله در جدول زیر آورده شده است.

توضیحات	نوع الگوی بار	نام الگوی بار
بار زلزله استاتیکی در جهت X	Seismic	EX
بار زلزله استاتیکی در جهت X با خروج از مرکزیت اتفاقی مثبت	Seismic	EXP
بار زلزله استاتیکی در جهت X با خروج از مرکزیت اتفاقی منفی	Seismic	EXN
کنترل دررفت در جهت X	Seismic (Drift)	EXDrift
بار زلزله استاتیکی در جهت Y	Seismic	EY
بار زلزله استاتیکی در جهت Y با خروج از مرکزیت اتفاقی مثبت	Seismic	EYP
بار زلزله استاتیکی در جهت Y با خروج از مرکزیت اتفاقی منفی	Seismic	EYN
کنترل دررفت در جهت Y	Seismic (Drift)	EYDrift

در نرم‌افزار زمانی که می‌خواهیم الگوهای بار را وارد کنیم ضریب زلزله (C) را نیز باید داشته باشیم. برای محاسبه ضریب زلزله از استاندارد ۲۸۰۰ استفاده می‌شود. ابتدا به بند ۱-۶ از استاندارد ۲۸۰۰ (گروه بندی ساختمان‌ها بر اساس اهمیت) مراجعه می‌کنیم. به طور مثال در اینجا ما فرض می‌کنیم یک ساختمان مسکونی داریم. برای سایر حالات به استاندارد ۲۸۰۰ مراجعه شود. حال به جدول ۳-۳ مراجعه می‌کنیم و ضریب اهمیت ساختمان براساس گروه بندی ساختمان‌ها برداشت می‌شود. در اینجا $I=1$ خواهد بود.

گروه ۳- ساختمان‌های «با اهمیت متوسط»

این گروه ساختمان‌ها شامل کلیه ساختمان‌های مشمول این آیین‌نامه، بجز ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه دیگر می‌باشند، مانند ساختمان‌های مسکونی و اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های چندطبقه، انبارها، کارگاه‌ها، ساختمان‌های صنعتی

جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان

طبقه بندی ساختمان	ضریب اهمیت
گروه ۱	۱/۴
گروه ۲	۱/۲
گروه ۳	۱/۰
گروه ۴	۰/۸



در پیوست ۱ استاندارد ۲۸۰۰ درجه بندی خطر نسبی زلزله در شهرهای ایران را آورده است. به طور مثال در اینجا فرض می‌کنیم سازه قرار است در شیراز ساخته شود. با توجه به اطلاعات این پوست حال به جدول ۱-۲ مراجعه کرده و نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل برداشت می‌شود. در اینجا $A=0.3$ می‌باشد.

پیوست ۱

درجه‌بندی خطر نسبی زلزله در شهرها و نقاط مهم ایران

ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۴۰	شیراز	فارس			*

جدول ۱-۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه‌خیزی مختلف

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

حال برای محاسبه زمان تناوب اصلی نوسان به بند ۳-۳-۳ مراجعه می‌کنیم. در اینجا فرض بر این است که قاب فولادی داریم که جداگرها مانعی برای حرکت قاب نیستند و در یک جهت قاب خمشی و در یک جهت قاب مهاربندی داریم.

$$T_{ax} = 0.08 * 12^{0.75} = 0.516s$$

$$T_{ay} = 0.05 * 12^{0.75} = 0.322s$$

زمان تناوب محاسباتی

$$T_x = 1.25 * 0.516 = 0.645s$$

$$T_y = 1.25 * 0.322 = 0.403s$$

۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

۱-۳-۳-۳ ساختمان‌های متعارف

الف- برای ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی

۱- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد ننمایند:

- در قاب‌های فولادی

$$T = 0.08H^{0.75}$$

(۳-۳)

پ- برای ساختمان‌های با سایر سیستم‌های مندرج در جدول (۳-۵)، به غیر از سیستم

کنسولی، با یا بدون وجود جداگرهای میانقابی:

$$T = 0.05H^{0.75}$$

(۵-۳)

با کمک جدول ۲-۲ پارامترهای مربوطه را برداشت می‌کنیم. در اینجا فرض کرده‌ایم زمین نوع III باشد.

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

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



حال به کمک دو بند زیر و اطلاعاتی که تا کنون محاسبه کرده ایم مقدار ضریب اصلاح طیف و ضریب بازتاب ساختمان محاسبه می شود.

۲-۳-۲ ضریب اصلاح طیف، N ، به شرح زیر تعیین می شود:

الف- برای پهنه های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \\ N &= 1.7 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned} \quad (3-2)$$

۳-۲ ضریب بازتاب ساختمان، B

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

$$B = B_1 N \quad (1-2)$$

در این رابطه B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

۱-۳-۲ ضریب شکل طیف، B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگنمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه خیزی منطقه مشخص می شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل های (۱-۲) الف و (۱-۲) ب تعیین می گردد.

$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (2-2)$$

$$T_x = 0.645s < T_s = 0.7$$

$$T_y = 0.403s < T_s = 0.7$$

$$N = 1$$

$$T_0 = 0.15 < T_x = 0.645s < T_s = 0.7$$

$$T_0 = 0.15 < T_y = 0.403s < T_s = 0.7$$

$$B_1 = S + 1 = 1.75 + 1 = 2.75$$

$$B_x = B_y = 1 * 2.75 = 2.75$$

حال با جدول ۳-۴ مقدار ضریب رفتار ساختمان را برداشت می کنیم. در حالت این مثال در جهت x قاب خمشی متوسط فولادی داریم بنابراین $R_u = 5$ می باشد. و در جهت y قاب ساده فولادی با مهاربند همگرای معمولی داریم بنابراین $R_u = 3.5$ می باشد.

حال مقدار ضریب زلزله محاسبه می شود.

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

$$C_x = \frac{1 * 2.75 * 0.3}{5} = 0.165$$

$$C_y = \frac{1 * 2.75 * 0.3}{3.5} = 0.236$$

پارامتر دیگری که برای تعریف الگوی بار زلزله نیاز داریم، توزیع برش پایه در ارتفاع (K) می‌باشد. این پارامتر با کمک بند ۳-۳-۶ محاسبه می‌شود.

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

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

$$K = 0.5T + 0.75 \quad 0.5 \leq T \leq 2.5 \text{ Sec} \quad (7-3)$$

مقدار K برای مقادیر T کوچک‌تر از ۰/۵ ثانیه و بزرگ‌تر از ۲/۵ ثانیه باید به ترتیب برابر با ۱/۰ و ۲/۰ در نظر گرفته شود.

$$T_x = 0.645s \geq 0.5 \rightarrow K_x = 0.5 * 0.645 + 0.75 = 1.063$$

$$T_y = 0.403s < 0.5 \rightarrow K_y = 1$$

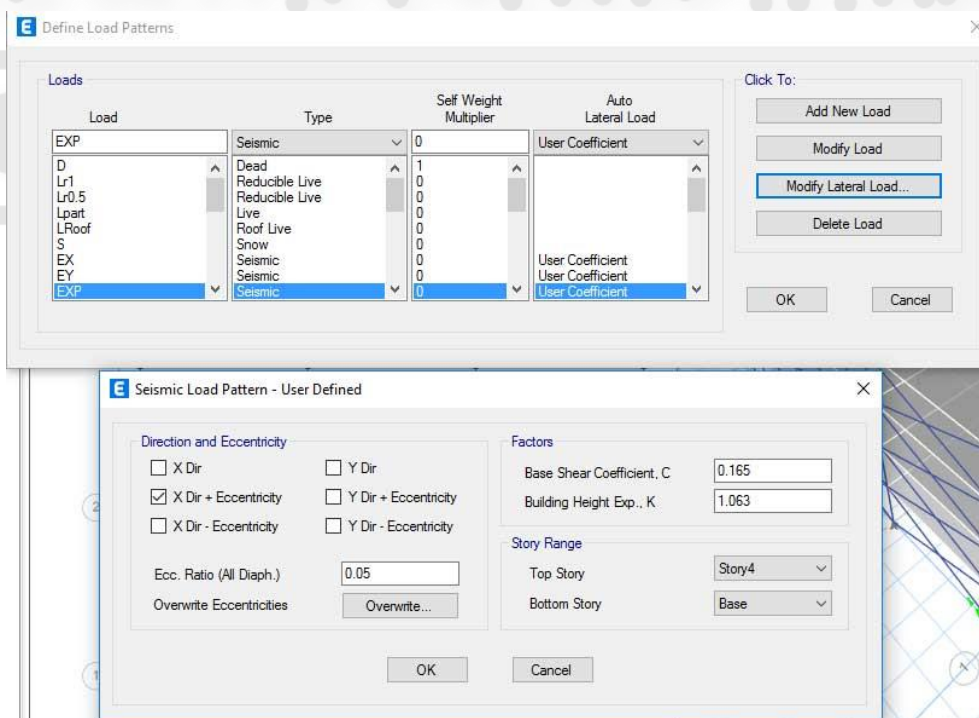
۳-۳-۱ الگوی بار اصلاح جرم لرزه ای

در استاندارد ۲۸۰۰ نصف بار دیوار پیرامونی در بالا و پایین یک طبقه در محاسبه وزن موثر لرزه‌ای در نظر گرفته می‌شود. در ایتبس بار دیوارهای پیرامونی بر اساس کل ارتفاع طبقه به سازه اعمال می‌شود. بنابراین برای اصلاح این اختلاف رویکرد الگوی بار Mass تعریف می‌شود.

۴-۳-۱ الگوی بار ناشی از نواقص هندسی

بر اساس مبحث ۱۰ برای در نظر گرفتن نواقص هندسی و خطاهای اجرایی باید یک بار جانبی که در واقعیت وجود ندارد به سازه اعمال نمود (N - Notional Load). مقدار این بارها، با ضریب ۰/۰۰۲ بارهای ثقیلی است.

حال الگوهای باری که صحبت شد را در نرم‌افزار وارد می‌کنیم. همانطور که گفته شد در نرم‌افزار ایتبس برای ساخت الگوی بار باید از منوی Define Load patterns را کلیک کنیم. پنجره مربوطه باز می‌شود و می‌توان الگوهای بار را بر اساس جداولی که آماده کردیم در نرم‌افزار وارد نمود. نحوه وارد کردن این الگوهای بار در ویدیو شرح داده شده است.



۱-۴- ترکیبات بارگذاری

بند زیر از مبحث ۶ مقررات ملی، ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت آورده شده است.

۲-۳-۲-۶ ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

در طراحی به روش ضرائب بار و مقاومت، سازه‌ها، اعضا و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آن‌ها، بزرگتر یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشد:

1) $1/4D$

$$2) \quad 1/2 D + 1/6 L + 1/5 (L_T \cup S \cup R)$$

$$3) \frac{1}{2} D + \frac{1}{6} (L_T \cup S \cup R) + [L \cup \cdot / 5 (\frac{1}{6} W)]$$

$$f) 1/2D + 1/6W + L + 1/5(L_r \cup S \cup R)$$

$$\Delta) 1/2 D + E + L + \dots / 2 S$$

$$f) \cdot 1/9 D + 1/6 W$$

$$\gamma) \cdot /9D+E$$

۶-۲-۲ علایم اختصاری

علایم به کار رفته در روابط این فصل عبارتند از:

A₁: بار یا اثر ناشی از حادثه غیرعادی

D: پار مردہ

D_i : وزن یخ

E: بار زلزله طرح

E_{ser} : بار زلزله سطح بهره‌برداری

F: بار ناشی از سیال با فشار و ارتفاع حداکثر مشخص

 F_a : بار سیل

H: پاره‌ناشی از فشار جانبی خاک و فشار آب زیرزمینی یا فشار مواد انباشته

L: بار زنده طبقات به جز بام

L_0 : حداقل بار زنده گسترده یکنواخت

L_r : بار زنده بام

R: بار باران

S: یار یوف

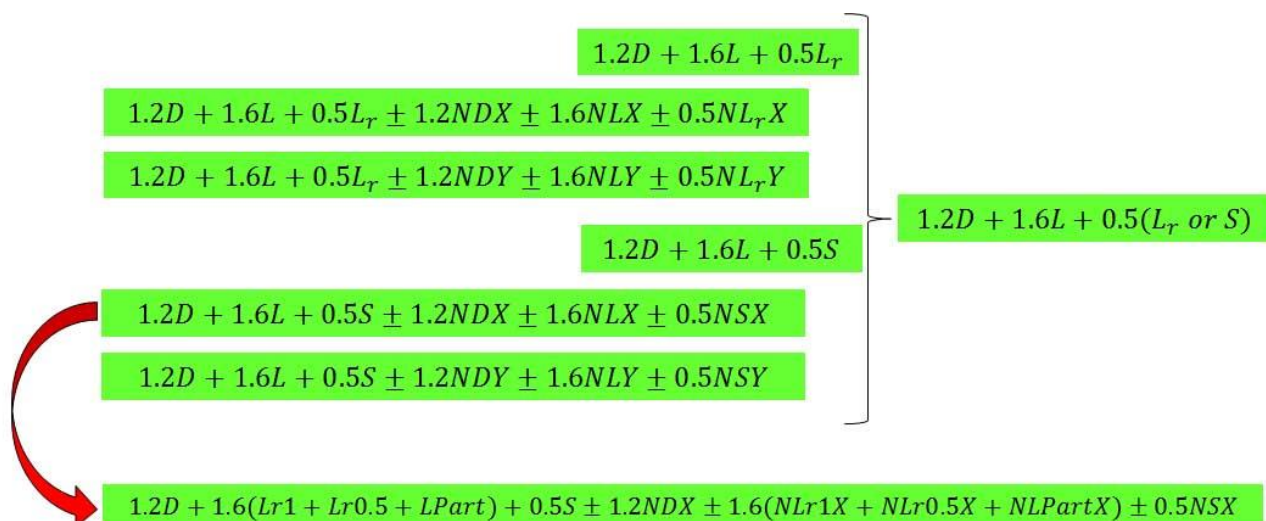
T: بار خودکرندی از قبیل اثرات تغییرات دما، نشست پایه‌ها و وارفتگی

W: بار باد

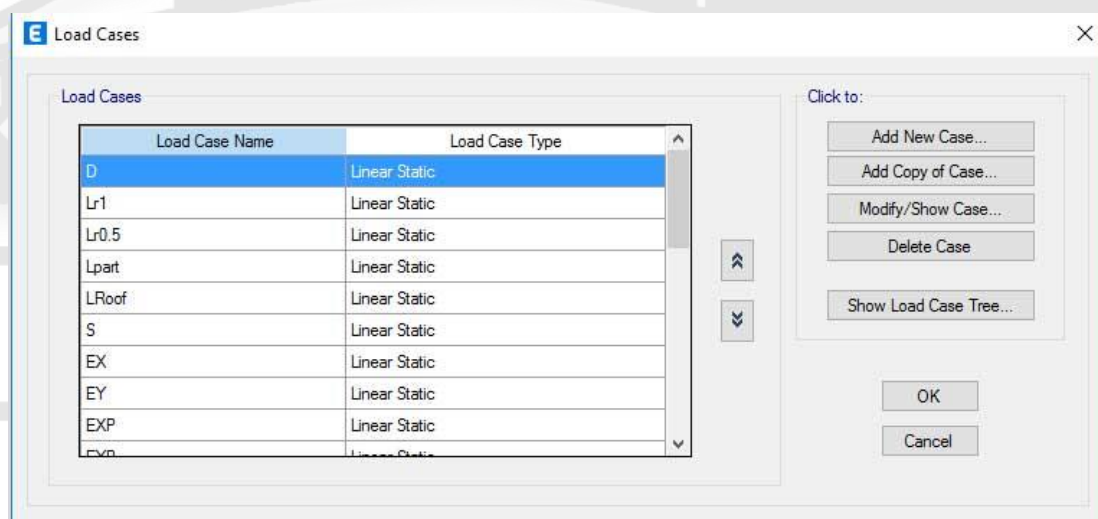
W_i : بار باد وارد بر اعضا با وجود یخ

W_{ser} : بار باد سطح بهره‌برداری

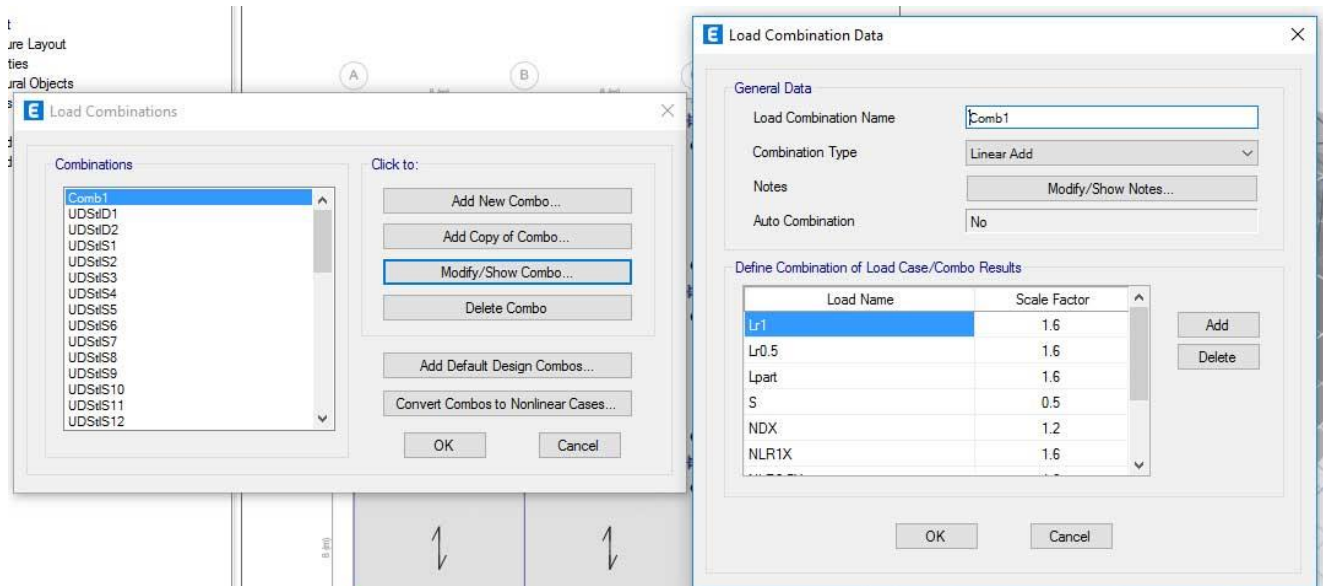
در بحث ترکیب بارها نیز بحث گسترده می‌شود زیرا هر یک از ترکیبات بار را باید بسط (گسترش) داد و بسته به نوع سازه، نوع و تعداد بارها و تعداد ترکیبات بارگذاری تعداد زیادی ترکیب بار برای مدلسازی به وجود خواهد آمد. به طور مثال سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس فایل را آماده کرده است که در این فایل برای سازه‌های مختلف و شرایط مختلف تحلیل و بارها ترکیبات بارگذاری را آورده است. این فایل را در کتابخانه می‌توانید دانلود کنید. به طور مثال بسط یکی از ترکیبات بار با توجه به شرایط مثالی که داریم در زیر آورده شده است.



قبل از تعریف ترکیبات بار در نرم افزار ابتدا به منوی Define و گزینه Load Cases می‌رویم. در پنجره باز شده براساس بارهایی که در نرم‌افزار ایجاد کردیم برای حالت‌های تحلیل موارد مربوطه ایجاد شده است. در این مثال از تحلیل الاستیک خطی استفاده می‌شود.



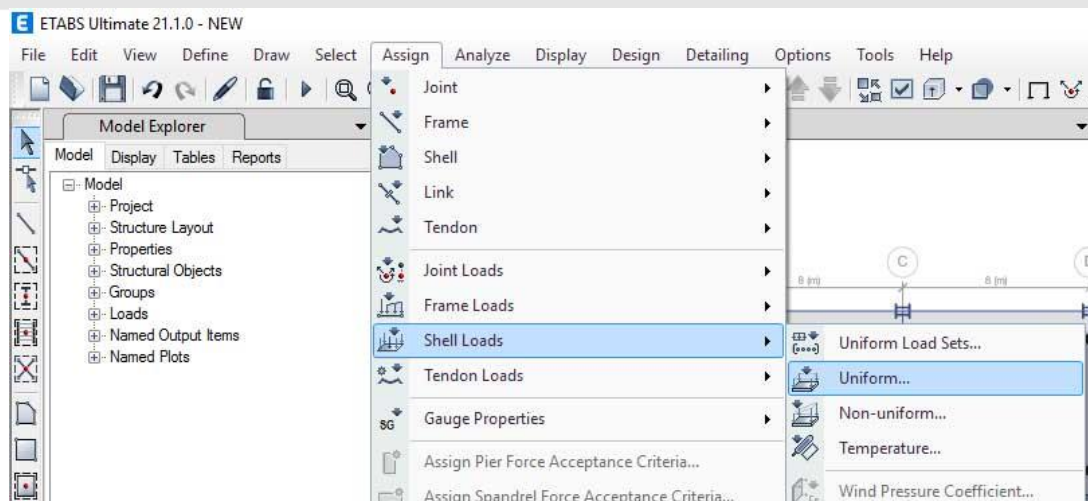
حال برای تعریف ترکیبات بار به منوی Define و گزینه Load Combination می‌رویم. به طور مثال همان بسط ترکیب باری که صحبت شد، در ویدیو نحوه وارد کردن آن در نرم افزار شرح داده شده است اما در این مثال از ترکیب بارهایی که خود نرم افزار به طور اتوماتیک ایجاد می‌کند، استفاده می‌شود. ترکیب بارهای پیش فرض با دکمه Add Default Design Combos ایجاد می‌شود.



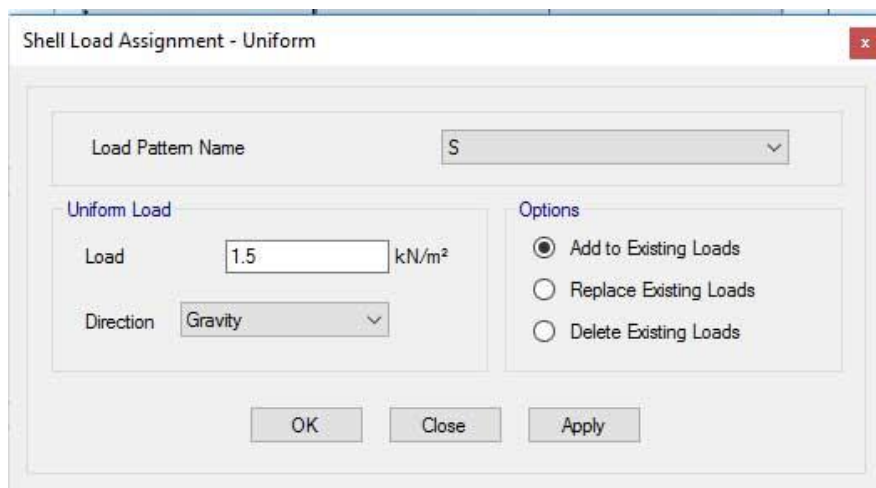
۱-۵- بارگذاری اعضای سازه

برای بارگذاری بار مرده مربوط به هر یک از اعضا، براساس دیتیل‌های اجزای سازه باید مقدار بار مورد نظر را محاسبه نمود و براساس آن مقدار محاسبه شده را در نرم افزار وارد کرد. برای محاسبه بارهای مرده سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس فایل را آماده کرده است که در این فایل برای دیتیل‌های مختلف مقادیر بار محاسبه شده است. این فایل را از کتابخانه می‌توانید دانلود کنید. همچنین به کمک اکسل نیز براساس دیتیل‌های اجرایی می‌توانید مقدار بار مرده مورد نظر را محاسبه کنید. در نهایت شما یک جدول دارید که بارهای زنده، مرده و برف را براساس روابط و بندهای مبحث ۶ محاسبه کرده‌اید.

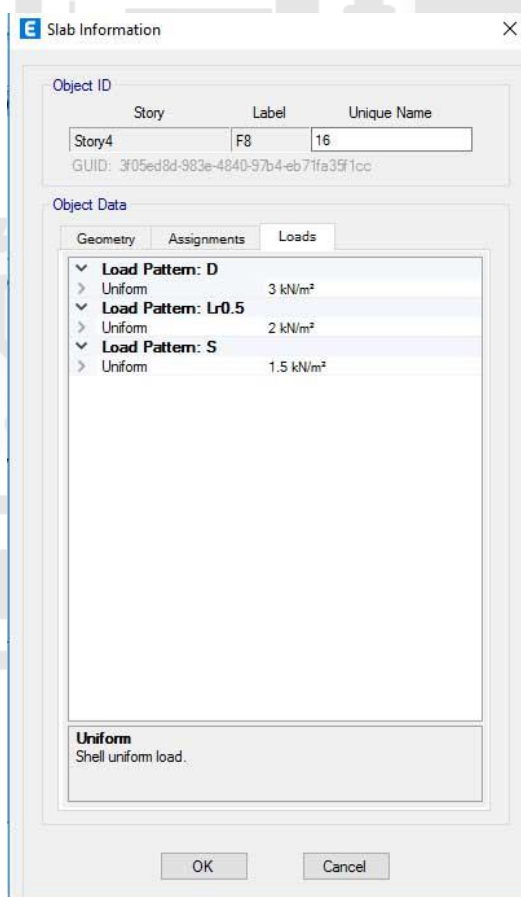
به طور مثال می‌خواهیم در طبقه بام بارگذاری برف را انجام دهیم. ابتدا کل کف‌های بام را انتخاب می‌کنیم سپس از منوی Assign گزینه Shell Load زیر منوی Uniform را انتخاب کرده وارد پنجره آن می‌شویم. اگر واحدهای شما با واحدهایی که برای هر بار محاسبه کرده‌اید متفاوت بود می‌توانید واحدها را تغییر دهید. برای دسترسی به تنظیمات واحد در آموزش محیط کار نرم‌افزار ایتبس صحبت شده است. همچنین برای انتخاب اعضا نیز در آموزش تنظیمات مشاهده مدل و انتخاب اعضا صحبت شده است.



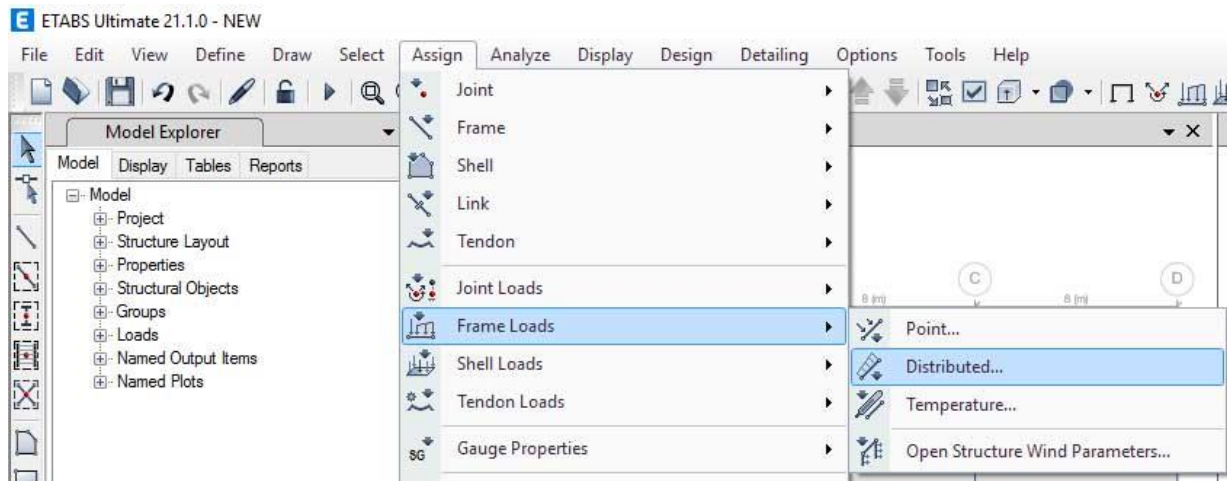
مقدار ۱/۵ کیلونیوتن بر متر مربع را به عنوان بار برف به صورت بار ثقیلی به سقف اعمال می‌کنیم.



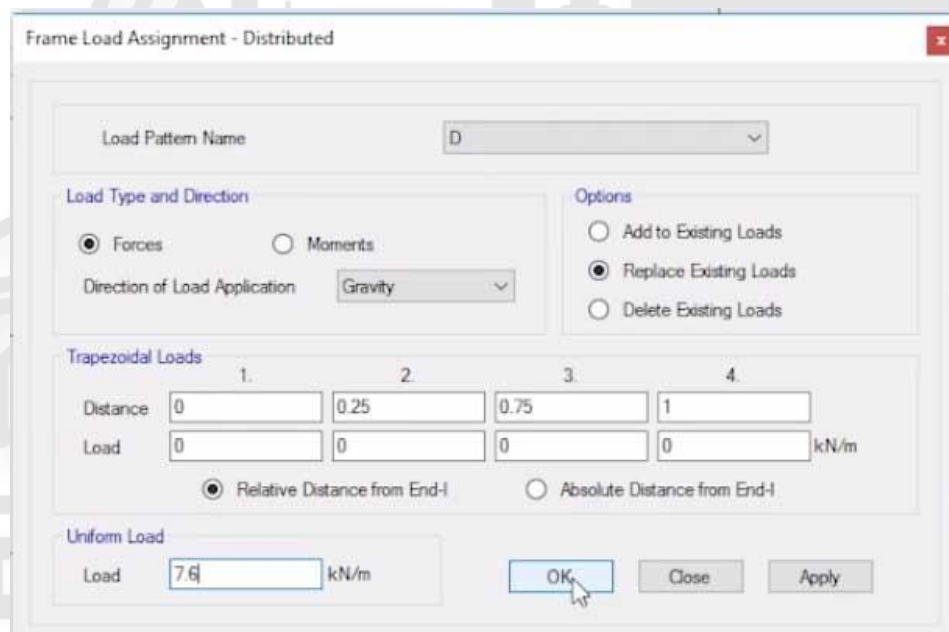
برای چک کردن مقدار بار نیز کافی است تا روی عضو مورد نظر راست کلیک کنیم در پنجره باز شده در تب Load مقدار بارهای اعمال شده مشخص می‌باشد.



حال به طور مثال می‌خواهیم بار مرده را به تیرهای کناری در طبقات اعمال کنیم. ابتدا تیرهای مد نظر را انتخاب می‌کنیم سپس از منوی Assign گزینه Frame Load زیر منوی Distributed را انتخاب کرده وارد پنجره آن می‌شویم.



حال مقدار $7/6$ کیلونیوتن بر متر به عنوان بار گسترده ثابت مرده به صورت ثقیلی به تیرهای مورد نظر وارد می‌کنیم.



۲- مراجع

- آیین نامه بتن آمریکا ACI 318-19
- آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم سال ۱۳۹۳
- آیین نامه فولاد آمریکا AISC 360-16 و AISC 360-22
- مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان های فولادی) ویرایش پنجم سال ۱۴۰۱
- مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) ویرایش چهارم سال ۱۳۹۸
- مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه) ویرایش پنجم سال ۱۳۹۹