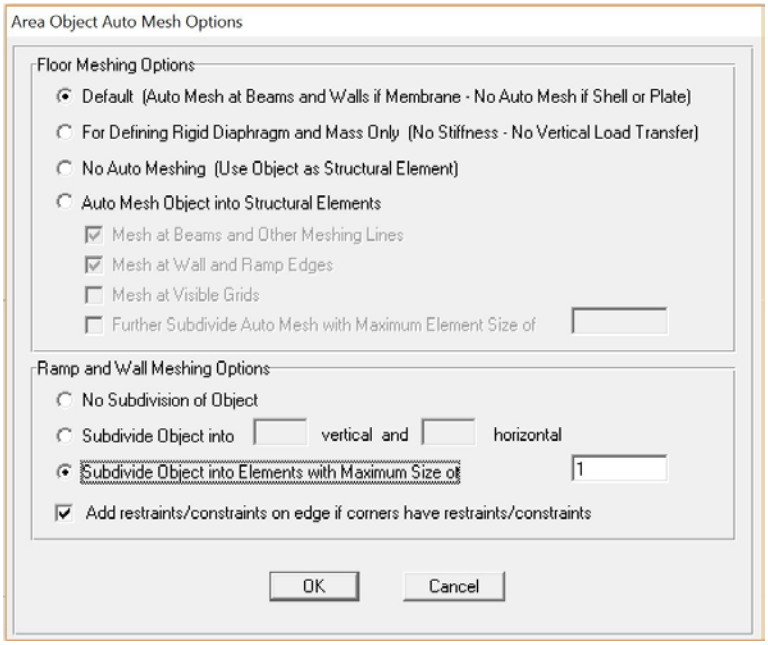
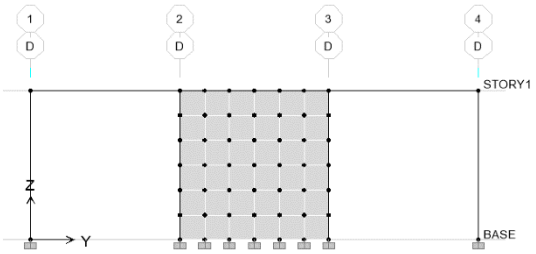
« پیوست یک »

روش گام به گام مدل‌سازی دیوارهای بال‌دار (دمبلی شکل) در نرم‌افزار ETABS

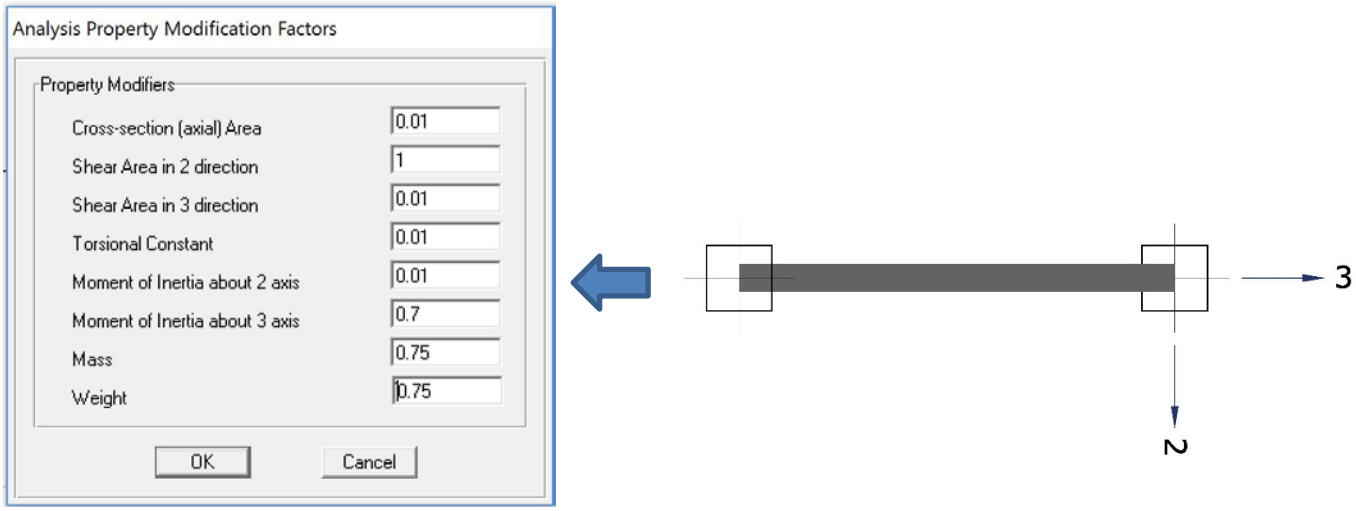
- **گام اول**: المان‌های خطی (Frame) در طرفین دیوار و المان پوسته‌ای (Shell) در حدفاصل آنها بعنوان دیوار برشی با مشخصات مربوطه در مدل سازه‌ای ترسیم می‌گردند. توضیح اینکه در این روش مدل‌سازی **دو عدد** عضو ستونی در طرفین دیوار الزامی بوده، لیکن ابعاد آن‌ها با توجه به نظر طراح سازه تعیین می‌گردد. همچنین به منظور حصول دقت کافی در آنالیز، المان‌های پوسته‌ای دیوار می‌باید با استفاده از گزینه Assign > Shell/Area > Area Object Mesh ... Options به قطعات کوچکتری تقسیم‌بندی (Mesh) شوند. لازم بذکر است، تقسیم‌بندی باید به‌گونه‌ای اعمال شود که قطعات کوچکتر ایجاد شده بصورت مربعی یا نزدیک به مربع با ابعاد حداکثر یک متر باشند.

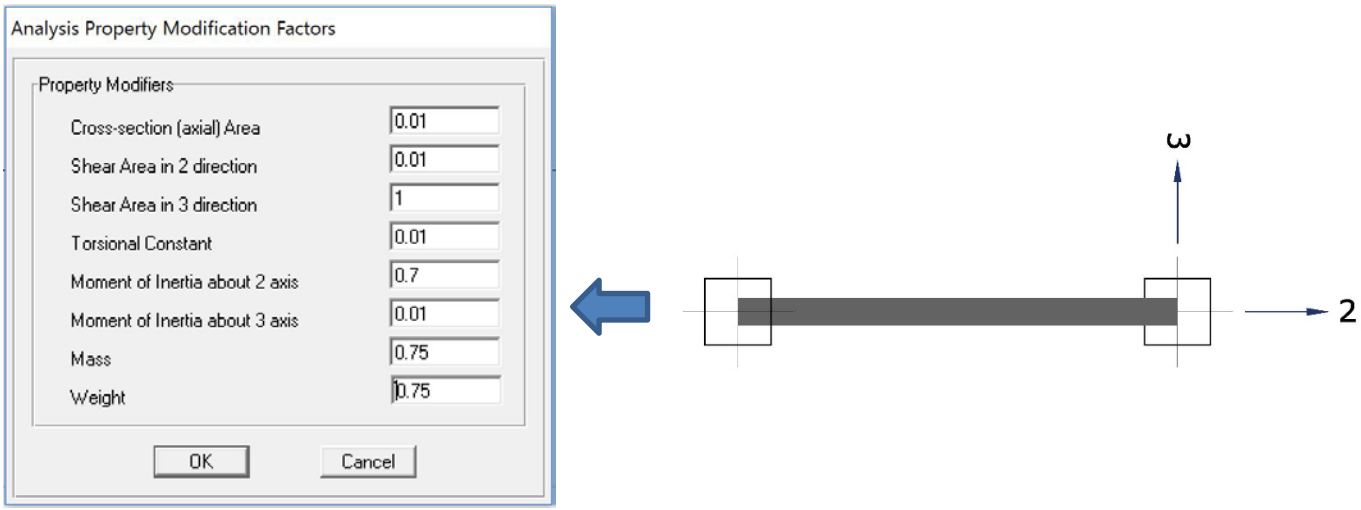




- **گام دوم**: با استفاده از گزینه: Assign > Frame/Line > Frame Property Modifiers ... ضرایب بسیار کوچکی به مشخصات مقطع ستون‌های مزبور در جهت درون صفحه دیوار اعمال می‌گردد. بطوریکه سختی آن‌ها در جهت درون صفحه دیوار از مدل سازه‌ای حذف شود. لازم بذکر است ضریب اصلاح سختی خمشی این ستون‌ها در جهت عمود به صفحه دیوار (بسته به زاویه استقرار ستون حول محور محلی ۲ یا ۳) برابر ۰/۷۰ و همچنین ضریب اصلاح سختی برشی این ستون‌ها در جهت عمود به صفحه دیوار (بسته به زاویه استقرار ستون در امتداد محور محلی ۲ یا ۳) بدون تغییر برابر

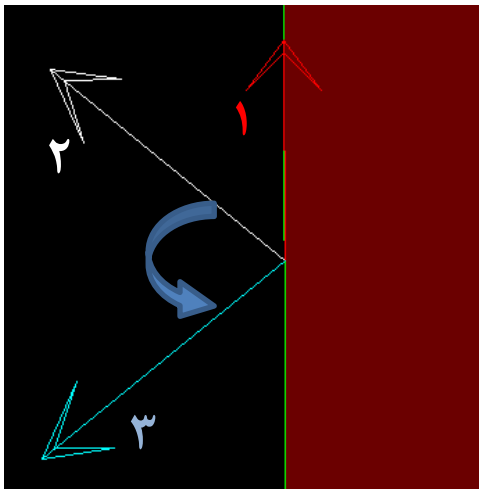
۱/۰ بوده و ضرایب جرم و وزن آن‌ها با تقسیم مساحت آن بخش از ستون که با دیوار همپوشانی ندارد بر مساحت سطح مقطع ستون بدست می‌آید.



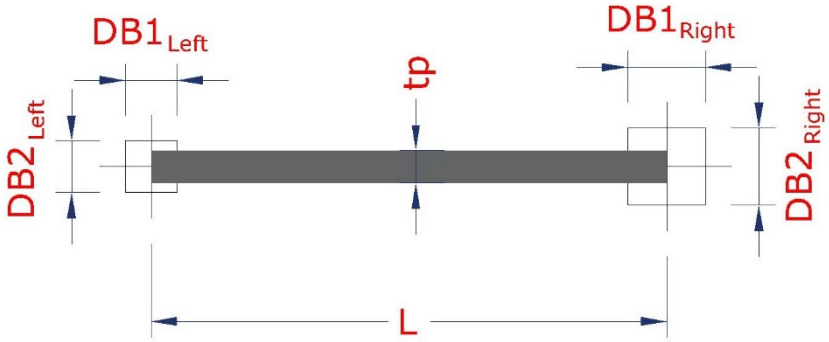


به منظور ایجاد وحدت رویه، اعمال ضرایب اصلاح کلیه اعضا (به استثنای Mass و Weight) صرفاً می‌باید از طریق منوی Assign انجام گیرد، و استفاده از منوی Define به دلیل امکان بروز اشتباه هنگام انجام و بازبینی محاسبات سازه، قابل قبول نخواهد بود.

- *تبصره یک:* برای تشخیص محورهای محلی می توان ابتدا از منوی View>Set Buildings View Options گزینه Line Local Axes را فعال کرد. محور محلی ۱ (قرمز رنگ) همواره در راستای المان ستون و به سمت بالا می باشد. بر اساس قانون دست راست و قرار گرفتن شصت دست در راستای محور ۱ می توان راستای محورهای محلی ۲ و ۳ را تشخیص داد.



گام سوم: با توجه به اینکه در گام قبلی اثر ستون‌های طرفین دیوار از مدل سازه‌ای حذف گردید، هنگام محاسبه سختی اعضا توسط نرم‌افزار، صرفاً مقطع مستطیلی دیوار ترسیم شده در مدل در نظر گرفته می‌شود که با واقعیت (حالت دمبلی شکل که مد نظر است) همخوانی ندارد. لذا در این مرحله سختی محوری ناشی از خمش و سختی برشی دیوار می‌باید با ضریبی بزرگتر از یک (حاصل نسبت سختی مقطع دمبلی شکل به سختی مقطع مستطیلی) به ترتیب زیر اصلاح گردند:



❖ ممان اینرسی دیوار در مدل سازه‌ای:

$$I_{Model} = \frac{1}{12} \times t_p \times L^3$$

❖ ممان اینرسی واقعی دیوار (مجموعه دیوار و ستون‌های طرفین):

$$I_{Real} = \left[\frac{1}{12} \times DB2_{left} \times DB1_{left}{}^{3} + DB2_{left} \times DB1_{left} \times (\frac{L}{2})^2\right] + \left[\frac{1}{12} \times DB2_{right} \times DB1_{right}{}^{3} + DB2_{right} \times DB1_{right} \times (\frac{L}{2})^2\right] + (\frac{1}{12} \times t_p \times (L - \frac{DB1_{left}}{2} - \frac{DB1_{right}}{2})^3)$$

ضریب اصلاح سختی محوری ناشی از خمش دیوار (در حالت ترک خورده و ترک نخورده):

$$f_{22}\ \textbf{modifier:} \begin{cases} \textbf{Cracked} \rightarrow 0.35 \times \dfrac{I_{Real}}{I_{Model}} \\ \textbf{Uncracked} \rightarrow 0.7 \times \dfrac{I_{Real}}{I_{Model}} \end{cases}$$

❖ سطح مقطع برشی دیوار در مدل سازه‌ای:

$$Av_{Model} = t_p \times L$$

❖ سطح مقطع واقعی دیوار (مجموعه دیوار و ستون‌های طرفین):

$$Av_{Real} = tp \times (L + \frac{1}{2}(DB1_{Right} + DB1_{Left}))$$

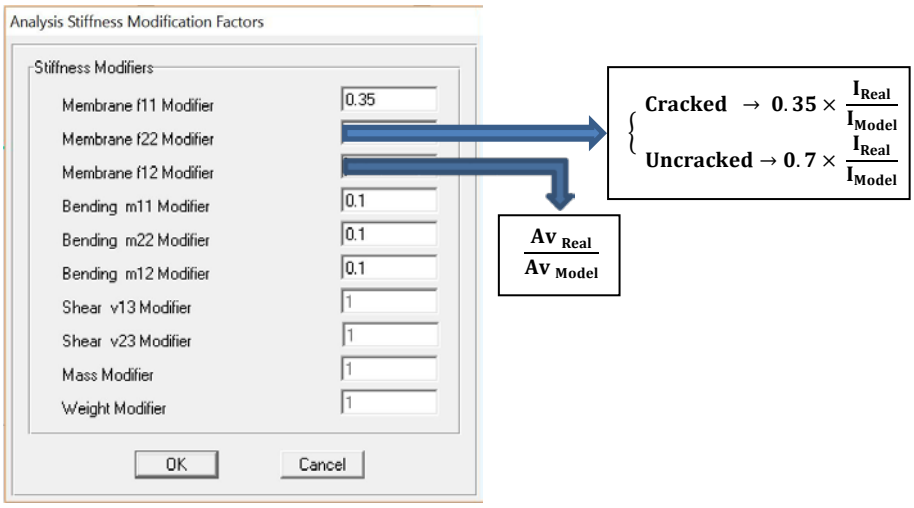
❖ **ضریب اصلاح سختی برشی دیوار:**

$$f_{12}\ \textbf{modifier:} \quad \frac{Av_{Real}}{Av_{Model}}$$

▪ *تبصره دو:* در خصوص دیوارهای U شکل و L شکل، ضرایب اصلاح برای هر قطعه از دیوار به تفکیک و بدون توجه به وجود دیوار متعامد عیناً به روش فوق تعیین می‌گردد. لازم بذکر است، ستون واقع در محل تلاقی دو دیوار متعامد را

می‌توان بطور همزمان در تعیین ضرایب اصلاح سختی برای هر دو دیوار مشارکت داد، لیکن سختی ستون مزبور باید بطور همزمان هر دو راستا کاهش داده شود.

- **گام چهارم**: با استفاده از گزینه: Assign > Shell/Area > Shell Stiffnes Modifiers ... ضرایب بدست آمده از مرحله قبل مطابق شکل زیر به مشخصات دیوار مزبور اعمال می‌گردد. لازم بذکر است، با توجه به عدم امکان محصور نمودن بتن در سراسر طول دیوار، سختی‌های خمشی خارج از صفحه دیوار (m۱۱ و m۲۲ و m۱۲) همواره با ضریب 0.1 کاهش داده می‌شوند. همچنین سختی محوری (f۱۱) همواره با ضریب 0.35 باید کاهش یابد، هرچند تاثیر آن صرفاً در دیوارهای دارای بازشو قابل توجه است.



- *تبصره سه:* طراحی ستون‌های طرفین دیوار مشابه با سایر ستون‌های سازه و برای تحمل عکس‌العمل تکیه‌گاهی تیرهای متکی به آن‌ها در فایل اصلی و ۲۵٪ الزامی می باشد.

- *تبصره چهار:* در صورتیکه در نرم‌افزار ETABS ۲۰۱۶ و با استفاده از گزینه Draw > Draw Wall Stacks دیوار بصورت بال‌دار تعریف و ترسیم گردد، نیازی به اعمال ضرایب اصلاح یاد شده در f۱۲ و f۲۲ نمی‌باشد. لذا ضریب اصلاح f۱۲ همواره برابر یک بوده و ضریب اصلاح f۲۲ در صورتیکه دیوار ترک‌خورده باشد 0.35 و در غیر اینصورت 0.70 می‌باشد. ضمناً سایر ضرایب m۱۱ و m۲۲ و m۱۲ و f۱۱ مشابه توضیحات ارائه شده در گام چهارم می‌باشد

- **گام پنجم**: برای تشخیص دیوارهای ترک خورده و ترک نخورده می‌باید به ترتیب زیر عمل شود:

در اولین آنالیز بصورت پیش فرض کلیه دیوارها می‌باید ترک نخورده (با ضریب سختی ۰/۷) در نظر گرفته شوند. حال با استفاده از گزینه: Diplay > Show Member Force/Stress Diagram > Shell Stresses/Forces از بخش Component Type گزینه Stresses باید انتخاب شود. سپس از بخش Component با انتخاب گزینه S۲۲ ، تنش ایجاد شده در تک تک دیوارها (در کلیه ترکیبات بارگذاری لرزه‌ای (Envelope(Ecomb) مشاهده شده و با مدول گسیختگی ($fr = ۲ \sqrt{f'c}$) مقایسه می‌گردد. بدین ترتیب با تشخیص دیوارهای ترک خورده و اعمال ضریب سختی ۰/۳۵ به آنها، سازه می‌باید مجدداً تحلیل شده، و دوباره تنش دیوارها کنترل گردد. مراحل بالا می‌باید بصورت سعی و خطا تا زمان همگرایی شرایط مورد نظر ادامه یابد.

نکات ویژه مدل‌سازی سازه، برای بررسی الزامات سیستم‌های دوگانه

الف: بررسی قاب‌های خمشی برای تحمل ۲۵ درصد نیروهای جانبی بصورت مستقل:

- **الف-۱**: با استفاده از گزینه: Define > Wall/Slab/Deck Sections > Set Modifiers... به ضرایب f۱۲ و m۱۲ عددی نزدیک به صفر (نظیر ۰/۰۰۰۱) و به ضرایب m۱۱ و m۲۲ می‌باید عددی کوچک (نظیر ۰/۰۱) اختصاص داده شده، و سایر موارد (f۱۱ و f۲۲) که قبلاً در منوی Assign اعمال گردیده‌اند، مشابه آنچه در تحلیل اصلی (فایل ۱۰۰٪) تعریف شده، بدون تغییر باقی می‌مانند.

- **الف-۲**: ضرایب اصلاح ستون‌های متصل به دیوار عیناً مشابه آنچه در تحلیل اصلی (فایل ۱۰۰٪) تعریف شده، بدون تغییر باید اعمال گردند. توضیح اینکه ستون‌های متصل به دیوار (در این مرحله و هم در تحلیل اصلی (فایل ۱۰۰٪)) می‌باید مشابه سایر ستون‌ها طراحی شده و کفایت ظرفیتشان برای تحمل عکس‌العمل تکیه‌گاهی تیرهای متکی بر آن‌ها (در راستای متعامد به دیوار) تحت کلیه ترکیبات بارگذاری ثقلی و لرزه ای کنترل گردد.

- **الف-۳**: مقدار ضریب زلزله ساختمان باید با ضریب ۰/۲۵ به سازه اعمال شده، و قاب‌ها (تیرها و ستون‌ها) طراحی گردند. نکته مهم در این مرحله از آنالیز این است که بدلیل غیر واقعی بودن مدل سازه‌ای تعریف شده، حتی در صورت الزام به استفاده از روش تحلیل دینامیکی در مدل اصلی، صرفاً باید از روش تحلیل استاتیکی بهره‌گیری گردد. در چنین مواردی می‌توان با استفاده از نتایج آنالیز دینامیکی نیروی جانبی هر طبقه (حاصل از اختلاف برش طبقات بالا و پایین) را برآورد، و با استفاده از گزینه Define > Static Load Case > User Loads و البته با ضریب ۰/۲۵ به سازه اعمال نمود، یا از توزیع برش به‌دست آمده از تحلیل استاتیکی معادل استفاده کرد.
- *تبصره پنج:* برای جلوگیری از بوجود آمدن پیام های خطا (warning) در فایل ۲۵٪ می توان مش بندی دیوار را در فایل ۲۵ درصد غیر فعال کرد.

ب: بررسی دیوارهای برشی برای تحمل ۵۰ درصد نیروهای جانبی بصورت مستقل:

- **ب-۱**: ضرایب اصلاح f۱۱ و f۲۲ و f۱۲ و m۱۱ و m۲۲ و m۱۲ مربوط به دیوارها عیناً مشابه آنچه در تحلیل اصلی (فایل ۱۰۰٪) تعریف شده، بدون تغییر باید اعمال گردند.

- **ب-۲**: ضرایب اصلاح ستون‌های متصل به دیوار نیز عیناً مشابه آنچه در تحلیل اصلی (فایل ۱۰۰٪) تعریف شده، بدون تغییر باید اعمال گردند.

- **ب-۳**: با استفاده از گزینه: Assign > Frame/Line > Frame Releases تکیه‌گاه کلیه تیرهای غیر طره متصل به ستون می‌باید بصورت مفصلی اختصاص داده شود.

- **ب-۴**: با استفاده از گزینه: Assign > Joint/Point > Restraints (Supports) . . . تکیه‌گاه کلیه ستون‌های غیر متصل به دیوارها می‌باید بصورت مفصلی اختصاص داده شود.

- **ب-۵**: مقدار ضریب زلزله ساختمان باید با ضریب ۰/۵۰ به سازه اعمال شده، و دیوارها طراحی گردند. نکته مهم در این مرحله از آنالیز این است که بدلیل غیر واقعی بودن مدل سازه‌ای تعریف شده، حتی در صورت الزام به استفاده از روش تحلیل دینامیکی در مدل اصلی، صرفاً باید از روش تحلیل استاتیکی بهره‌گیری گردد. در چنین مواردی می‌توان با استفاده از نتایج آنالیز دینامیکی نیروی جانبی هر طبقه (حاصل از اختلاف برش طبقات بالا و پایین) را برآورد، و با استفاده از گزینه Define > Static Load Case > User Loads و البته با ضریب ۰/۵۰ به سازه اعمال نمود، یا از توزیع برش به‌دست آمده از تحلیل استاتیکی معادل استفاده کرد.