

1-1 نرم افزار ETABS دارای سه بخش است :

(1) مدلسازی (2) تحلیل (3) طراحی

1-1 (مدلسازی :

در مدلسازی از بین تمام المان‌هایی که در سازه داریم دو نوع المان در ETABS قابل تحلیل است :

الف (المان منشوری شکل ب (المان پوسته‌ای

نکته : المان‌های سه بعدی در SAP قابل تعریف است .

1-الف (المان منشوری شکل : یک بعدش نسبت به دو بعد دیگر بسیار بزرگ است و اکثراً در ساختمان‌ها به

کار می رود. در نرم افزار ETABS 9.7 المان منشوری شکل بصورت خطی بوده اما در ETABS 2013 و

ETABS 2015 المان را می توان غیر خطی (المان فوسی) نیز تعریف و تحلیل نمود .

نکته : در المان منشوری شکل رفتار خطی است و بخشی از رفتار غیرخطی را نیز می پذیرد .

نکته : در المان‌های منشوری شکل مقطع را به هر شکلی می توان در نظر گرفت .

1-ب (المان پوسته‌ای : المانی است که دو بعدش نسبت به یک بعدش بزرگتر است که بصورت منحنی - مسطح

مقطع ثابت و متغیر می باشد .

نکته : تفاوت المان منشوری شکل و پوسته‌ای در رفتار آنهاست .

نکته : رفتارهای اصلاحات که در ETABS مطرح است بصورت زیر می باشد :

- رفتار خمشی : نیرو فقط در داخل صفحه وارد می شود و تغییر شکل در صفحه خودش انجام می گیرد.

- رفتار خمشی : این رفتار به حالت نمود بر صفحه (Bending) و داخل صفحه (Membrane) و حالت هم نمود بر صفحه هم داخل صفحه (Shell) می باشد.

نکته : در پی ساختمان رفتار خمشی مطرح می باشد.

نکته : در المان پوسته ای بار سطحی بصورت یکنواخت وارد می شود و فقط حرارت بصورت یکنواخت قابل تعریف است.

۲-۱) تحلیل :

چهار نوع تحلیل در ETABS خواهیم داشت که عبارتند از :

۲ - الف (تحلیل استاتیکی خطی ۲ - ب) تحلیل استاتیکی غیرخطی

۲ - ج (تحلیل دینامیکی خطی ۲ - د) تحلیل دینامیکی غیرخطی

۲ - الف (تحلیل استاتیکی خطی : ساده ترین و اساسی ترین نوع تحلیل بوده که در آن رفتار مصالح و هندسه سازه خطی است و در این نوع تحلیل سازه می تواند تحت انواع بارها تحلیل شود و اصل جمع آثار قوا در این نوع تحلیل برقرار است.

۲ - ب (تحلیل استاتیکی غیرخطی : می توان المان هایی که رفتار غیرخطی دارند (نظیر کابلها) را تحلیل نمود.

۲ - ج (تحلیل دینامیکی خطی : در این تحلیل بارها در حال حرکت بوده اما رفتار مصالح و سازه خطی است و به سه نوع زیر می باشد :

۱. تحلیل مودال

۲. تحلیل طیفی یا شبه دینامیکی

۳. تحلیل تاریخچه زمانی

۲- د) تحلیل دینامیکی غیرخطی: پیچیدهترین حالت تحلیل بوده و کاربرد کمتری دارد.

۱-۳) طراحی:

در نرم افزار ETABS مقاطع را خودمان وارد می‌کنیم و نرم افزار آنها را چک خواهد نمود و المان‌های زیر را

می‌تواند طراحی نماید:

- المان‌های بتنی

- المان‌های فولادی

- تیرچه های فولادی در خرپا

- تیرهای مختلط (سقفهای عرشه فولادی و ...)

نکته: از المان‌های پوسته‌ای ETABS فقط می‌تواند دیوار برشی را طراحی کند و بقیه المان‌ها نظیر ریب - تال

بتنی و ... را می‌توان در نرم افزار SAFE طراحی نمود.

۱- برخی از توانایی‌های نرم افزار ETABS:

- استفاده از اطلاعات فایل‌های از پیش تعریف شده برای ایجاد فایل جدید

- مدل‌سازی سازه یا سرعت بیشتر به سبب وجود ابزارهای جدید نقشه‌کشی

- تعیین نوع سیستم سازه‌ای

- استفاده از عملیات مشابه‌سازی برای بالا بردن سرعت انجام کار

- استفاده از نماهای توسعه یافته جهت ایجاد برش‌های خاص در سازه

- تعریف نوع سقف بکاربرده شده در سازه
- استفاده از آیین‌نامه‌های معتبر دنیا جهت بارگذاری نیروی جانی باد و زلزله
- اعمال درصدی از بار زنده در محاسبه وزن سازه به منظور بارگذاری زلزله
- طراحی همزمان دیوار برشی به همراه قالب
- اعمال بارهای مرده و زنده روی سقف و توزیع آنها بر اساس عرض بارگیر دهانه‌ها
- طراحی سازه‌های مرکب (کامپوزیت)
- ارائه خروجی نیروها به منظور کار با نرم افزار SAFE
- استفاده از نرم افزار جانی Section Designer جهت تعریف مقاطع مختلف

۱-۲ مراحل کلی کار ETABS :

- رسم مدل و هندسه سازه
- تعریف خواص مصالح مصرفی
- تعریف سطح مقطع المان‌ها
- تعریف حالات بارگذاری
- تعیین ترکیبات بارگذاری
- تعیین درصد بار زنده جهت محاسبه وزن سازه به خاطر نیروی زلزله
- تعیین و اعمال قبدهای تکیه گاهی
- تعیین دیافراگم صلب در طبقات

- اختصاص سطح مقطع به المان ها

- اعمال بارگذاری

- تحلیل سازه

- کنترل خروجی های سازه

- طراحی سازه

۲-۲ نقشه های ساختمانی :

- نقشه های معماری شامل پلان موقعیت ، طبقات ، نماها ، برش و ...

- نقشه های سازه ای شامل پلان ستون گذاری ، فونداسیون ، تیر ریزی و ...

- نقشه های تاسیسات مکانیکی شامل نقشه های لوله کشی آب سرد و گرم ، فاضلاب ، تهویه و ...

- نقشه های تاسیسات الکتریکی شامل نقشه های سیم کشی برق ، روشنایی و ...

۲- شروع ساخت مدل سازه بتنی در نرم افزار :

پس از باز کردن نرم افزار با کلیک بر روی آیکون  و یا از مسیر زیر شروع به ساخت مدل می کنیم که شکل (۱) تنظیمات لازم برای ایجاد یک فایل جدید را نشان می دهد :

۱-۲ مسیر : **File > New Model**



شکل (۱) : تنظیمات لازم برای ایجاد یک فایل جدید

Use Saved User Default Settings

گزینه اول () : این گزینه مربوط به زمانی است که بخواهیم از تنظیمات پیش فرض برنامه استفاده کنیم .

گزینه دوم (Use Settings from a Model File...) : این گزینه مربوط به زمانی است که قبلاً با نرم افزار پروژه

هایی مدل شده و بخواهیم از تنظیمات آنها استفاده کنیم .

گزینه سوم (Use Built-in Settings With) ، این گزینه مربوط به زمانی است که بخواهیم خودمان تنظیمات را وارد کنیم .

اگر برای اولین بار شروع به ساخت مدل می کنیم بهتر است گزینه سوم را انتخاب کنیم که در شکل (۲) به همراه توضیحات آنها آورده شده است :



شکل (۲) : تنظیمات مدلسازی اولیه

- در قسمت اول که مربوط به انتخاب واحد است واحد مورد نظر را سیستم واحد متریک (Metric MKS) انتخاب می کنیم.

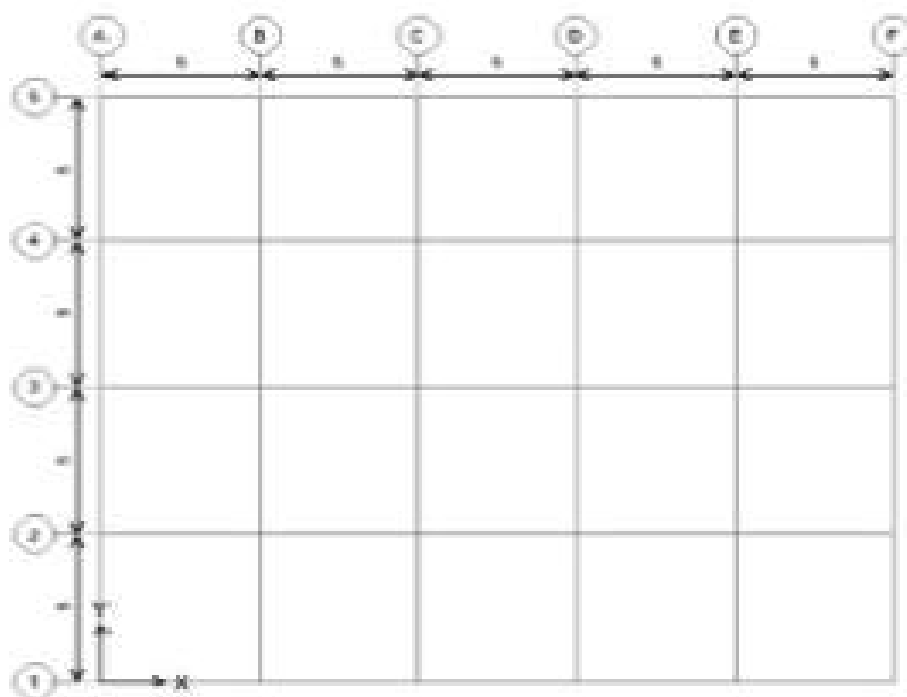
- در قسمت چهارم که انتخاب آیین نامه بتن می باشد گزینه ACI 318-14 را انتخاب می کنیم . (آیین نامه مذکور شباهت زیادی به مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲ ندارد اما با توجه به حرف مهندسی رایج این گزینه را انتخاب می کنیم) .

نکته : در این قسمت گزینه CSA A23.3-14 نیز وجود دارد که مربوط به کانادا می باشد و شباهت زیادی به مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲ دارد اما به دلیل گفته شده آن را انتخاب نمی کنیم .

توجه : علامت‌های در کنار گزینه ها مربوط به راهنمای آنهاست .

۲-۲ خطوط کمکی یا Grid Lines :

Grid Lines خطوط کمکی برای ساخت هندسه مدل سازه می باشند و با توجه به موقعیت ستون گذاری و پلان معماری هر سازه متفاوت می باشد و معمولاً برابر خطوط آکس بندی ستونها و تیرهای اطراف رادیه و انتهای طردها می باشد که در شکل (۳) نمایش داده شده است :



شکل (۳) پلان آکس بندی سازه

نکته : شرایط لازم برای ستون گذاری سازه به سه دسته زیر تقسیم می شوند :

۱) توصیه های معماری ۲) ضوابط شهرداری و تامین پارکینگ ۳) توصیه های سازه ای

✓ توصیه های معماری :

- برای اضلاع جانبی ساختمان که در قسمت نما قرار ندارند جانمایی ستونها با محدودیت خاصی همراه نیست اما زمانی که در قسمت نما قرار دارند بهتر است تناخلی یا پنجره ها و ورودی ها نداشته باشند .
- سعی شود تا حد امکان در داخل اتاق ها ، سالن ها و آشیزخانه ستون تعبیه نشود .

- در قسمت های داخلی ساختمان از گوشه قضاها و امتداد تیرچه بندی ها استفاده شود تا قسمت بزرگی از ستونها داخل دیوار مخفی شود .

- در راهروها ، راه پله ها و آسانسور بایستی فضای مفید را در نظر گرفت که با ستون گذاری نامناسب از بین نرود.

- بایستی ستون بصورت پیوسته در طبقات اجرا شود ؛ در صورت قطع شدن ستون در طبقات ممکن است سبب ایجاد نامنظمی در ارتفاع شود .

✓ ضوابط شهرداری :

- فضای مورد نیاز برای پارک یک خودرو ، مستطیلی به طول ۵ متر و عرض خالص* ۲.۵ متر می باشد .

- فضای مورد نیاز برای پارک دو خودرو مجاور هم ، مستطیلی به طول ۵ متر و عرض خالص* ۴.۵ متر می باشد .

- فضای مورد نیاز برای پارک سه خودرو مجاور هم ، مستطیلی به طول ۵ متر و عرض خالص* ۷.۵ متر می باشد .

- حداقل فضای مورد نیاز برای موتور خودرو فضایی به ابعاد ۵ x ۵ می باشد .

- حداقل ابعاد درب ورودی به عرض ۳ متر و ارتفاع ۲.۲ متر می باشد .

• عرض خالص : پر تا پر ستون .

✓ توصیه های سازه ای :

- تعداد ستونها بایستی بصورت معقولانه ای باشد ؛ اگر تعداد زیاد باشد هم مقدار مصالح مورد نیاز بالا رفته

هم زمان اجرا بیشتر می شود و همچنین می تواند فضاهای معماری را اشغال کند و در کل غیر اقتصادی است

و اگر تعداد از حد مناسب کمتر باشد ایستاد ستونها بیشتر شده و می تواند غیراقتصادی باشد و با کمتر کردن درجه نامعینی سازه قابلیت اعتماد به پایداری سازه کمتر می گردد.

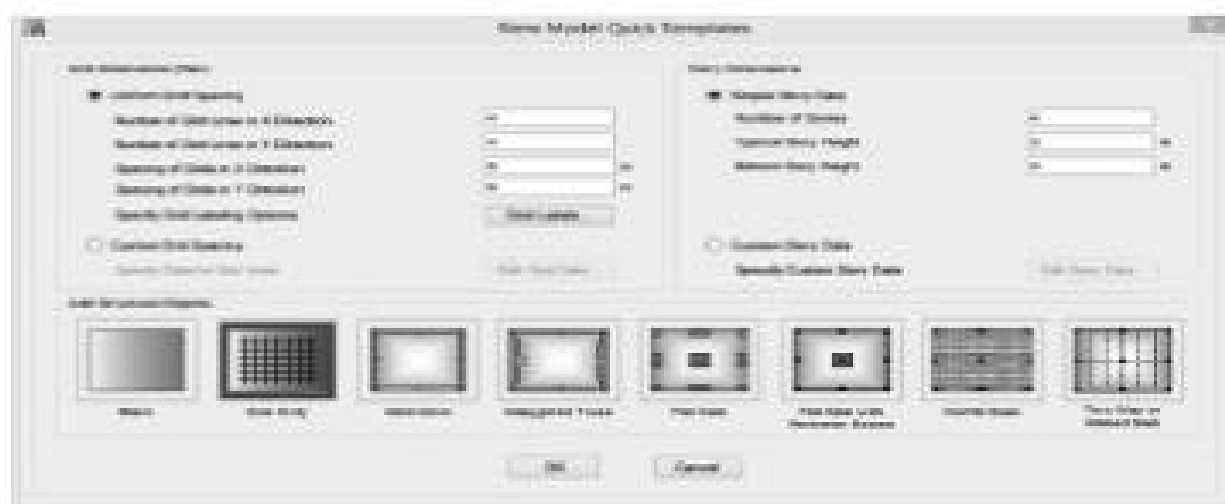
- فاصله ستونها نباید خیلی کم باشد (معمولاً نباید کمتر از ۲.۵ متر یا ۳ متر باشد) ؛ در اینصورت می تواند دچار شکست برشی شود اما اگر فاصله زیاد باشد پوشش دادن سقف مورد نیاز مشکل و بعضاً غیرممکن خواهد بود .

- تقارن ستونها بایستی رعایت شود ؛ در صورت عدم رعایت آن با فاصلهای که بین مرکز جرم و مرکز سختی سازه بوجود می آید باعث پیچش در سازه خواهد شد که نامناسب می باشد .

- ستونها هم محور باشند ؛ در صورت رعایت این نکته بسیاری از مشکلات اجرایی از جمله مشکلات ناشی از اتصالات حل خواهد شد .

۲-۲ تعریف مشخصات خطوط کمکی مدلسازی (Grid)

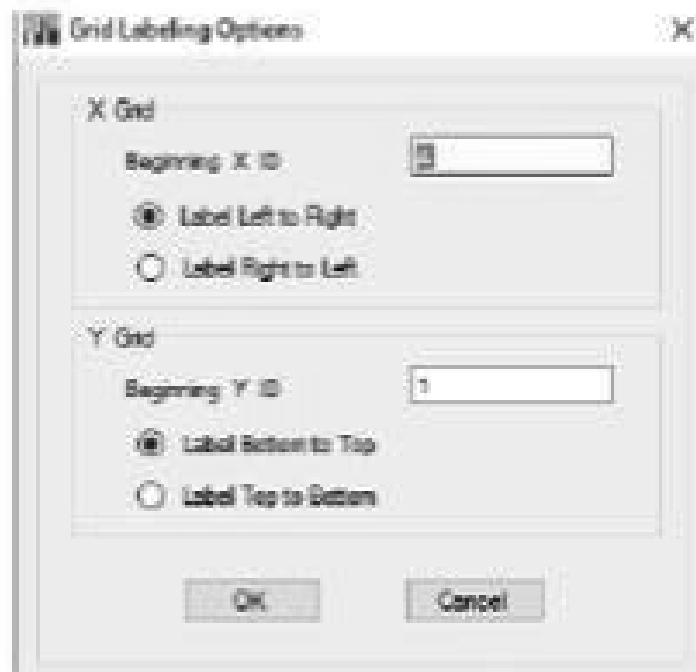
پس از Ok کردن صفحه مربوط به تنظیمات واحد و این نامه ها صفحه زیر ظاهر خواهد شد که در شکل (۲) آورده شده است :



شکل ۲: تعریف مشخصات خطوط کمکی مدلسازی (Grids)

قیمت (Uniform Grid Spacing) :

- قسمت اول مربوط به Grid Lines راستای X می باشد (تعداد محورهای موازی محور Y) .
- قسمت دوم مربوط به Grid Lines راستای Y می باشد (تعداد محورهای موازی محور X) .
- قسمت سوم و چهارم مربوط به فواصل Grid Lines در دو راستای X و Y می باشد. وزمانی کاربرد دارد که همه فواصل محورها از هم برابر باشد .
- با کلیک بروی گزینه Grid Labels صفحه زیر ظاهر خواهد شد



شکل ۵: تنظیمات مربوط به نامگذاری محورها

- قسمت بالای صفحه نشان می دهد که محورهای راستای X از چپ به راست یا از راست به چپ شروع شوند .
- قسمت پایین صفحه نشان می دهد که محورهای راستای Y از پایین به بالا یا از بالا به پایین شروع شوند .

قسمت (Custom Grid Spacing)

یا کلیک بر روی گزینه Edit Grid Data صفحه زیر ظاهر می شود :



شکل ۴: تنظیم اندازه ها و مشخصات خطوط کمکی راستای X و Y

بخش (Grid System Name)

این بخش مربوط به نام سیستم Grid می باشد که بطور دلخواه می توانیم آنرا تغییر دهیم .

بخش (Rectangular Grids) :

این بخش مربوط به تعیین فاصله محورها می باشد که با توجه به توضیحات و شکل زیر خواهیم داشت :

- در این بخش اگر گزینه (Display Grid Data as Ordinate) را انتخاب کنیم فواصل را از نقطه مورد نظر تا

مبدأ (نقطه اول یا آکس اول) نشان می دهد .

- در این بخش اگر گزینه Display Grid Data as Spacing را انتخاب کنیم قاصه محورها از هم را نشان می دهد که ما این گزینه را انتخاب می کنیم .

Grid ID	X Spacing (m)	Visible	Bubble Loc.
A	8	Yes	End
B	8	Yes	End
C	8	Yes	End
D	0	Yes	End

Grid ID	Y Spacing (m)	Visible	Bubble Loc.
1	8	Yes	Start
2	8	Yes	Start
3	8	Yes	Start
4	0	Yes	Start

X Grid

Y Grid

به ترتیب از چپ به راست نام Grid ، قاصه محورها از هم ، قابل رویت یا مخفی بودن محور و در آخر محل قرار گیری جایی است که نام Grid در داخل قرار می گیرد و می تواند در انتها یا ابتدا باشد .

بخش Simple Story Data :

این بخش مربوط به ابعاد و تعداد طبقات می باشد .

قسمت اول مربوط به تعداد طبقات می باشد و قسمت دوم ارتفاع طبقات تیب بوده و قسمت سوم ارتفاع پایین ترین طبقه را نشان می دهد .

Simple Story Data

Number of Stories

Typical Story Height m

Bottom Story Height m

نکته : منظور از تعداد طبقات ، طبقات سازه ای است که مدل خواهند شد

نکته : بر اساس این نامه ۲۸۰۰ خرشته زمانی طبقه سازه ای محسوب می شود که وزن آن بیشتر از ۲۵ درصد وزن پلم باشد .

تکته : در تعیین تعداد طبقات خریشته را به علاوه تعداد طبقات سازه‌ای وارد می‌کنیم . (ارتفاع خریشته را در قسمت Custom Story Data اصلاح خواهیم کرد) .

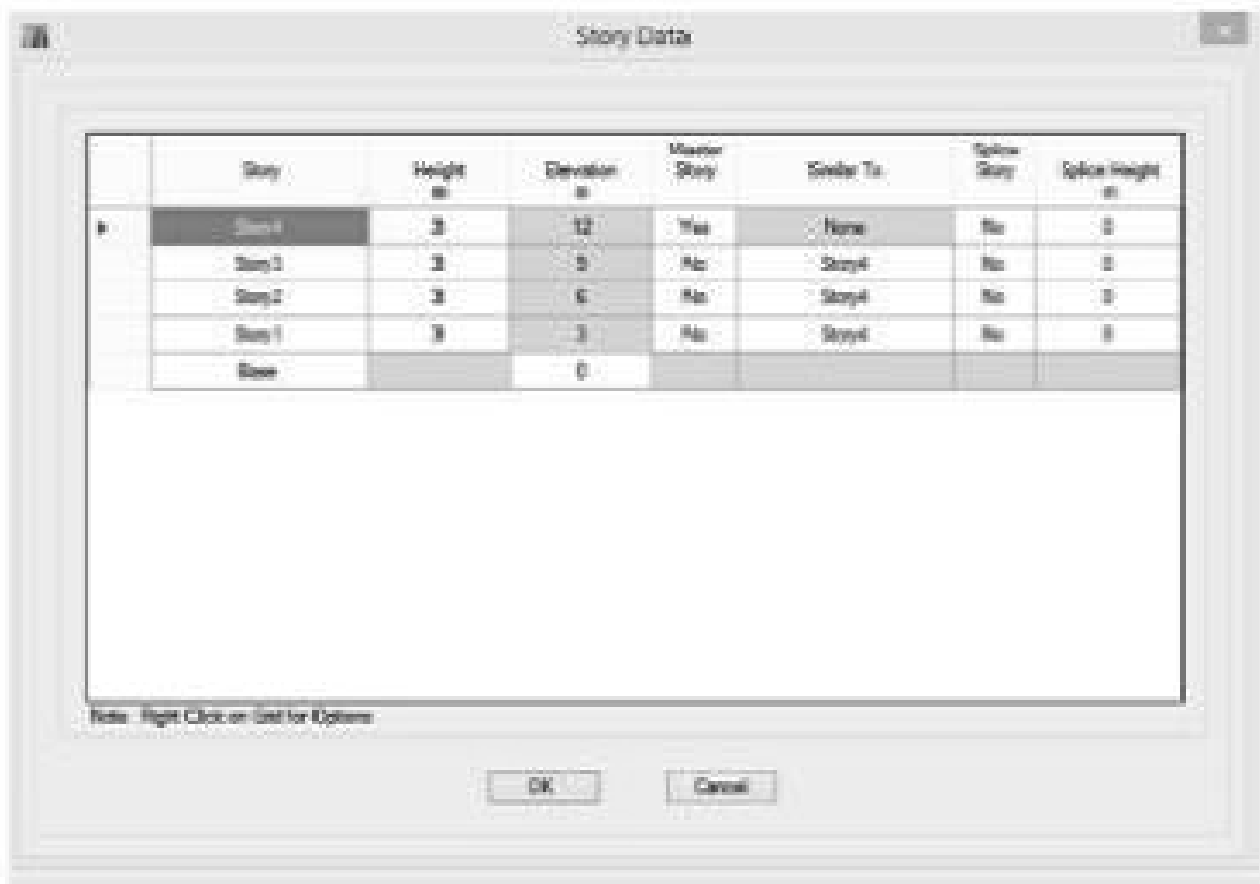
تکته : ارتفاع طبقات تیب و پایین ترین طبقه بصورت زیر محاسبه می‌شود :

ارتفاع طبقات تیب = ارتفاع سقف پایین + نصف ضخامت سقف بالا + ارتفاع خالص طبقه = ارتفاع طبقات تیب

کل کف سازی پایین + نصف ضخامت سقف بالا + ارتفاع خالص طبقه = ارتفاع پایین ترین طبقه

قسمت (Custom Story Data) :

با کلیک بر روی گزینه Edit Story Data پنجره زیر باز شده و تنظیمات را بصورت زیر انجام می‌دهیم :



شکل ۴: تنظیم ارتفاع و مشخصات مربوط به طبقات سازه

- در ستون اول می توانیم نام طبقات را تغییر دهیم .

- در ستون دوم می توانیم ارتفاع طبقات را تغییر دهیم .

- در ستون سوم تراز طبقات را مشخص می نماییم .

- در ستون چهارم می توانیم یک طبقه را به عنوان Master Story (سقف مینا) انتخاب کنیم .

- در ستون پنجم می توانیم طبقات را به طبقه ای که آنرا Master Story انتخاب کرده ایم شبیه کنیم تا هر

مشخصه ای نظیر بارگذاری ، ترسیم تیر و ... که در طبقه Master انجام می دهیم به طبقات مشابه نیز اعمال

شود .

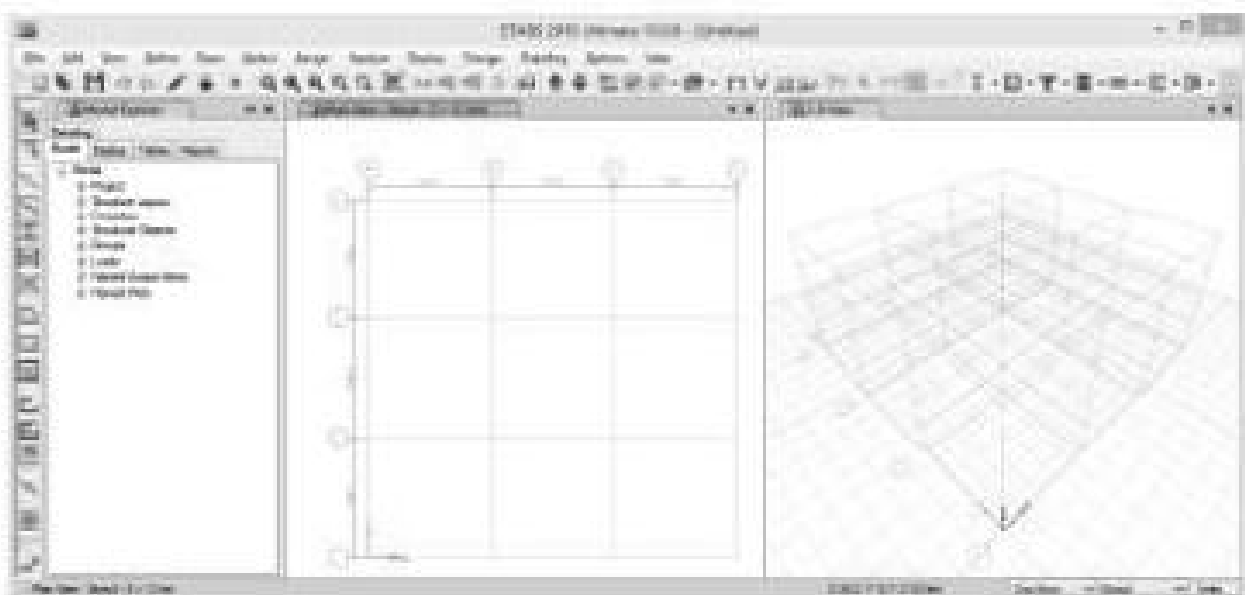
- ستون ششم و هفتم مربوط به وصله های طبقات و ارتفاع آنها می باشد .

نکته : تنظیمات گفته شده بعد از مدل شدن در قسمت Edit می تواند اصلاح گردند .

در مرحله آخر وقتی همه این تنظیمات را انجام دادیم با انتخاب گزینه Grid Only و OE کردن در قسمت

Add Structural Objects در شکل ۴ سازه مدل شده در محیط ETABS نشان داده می شود که در شکل (

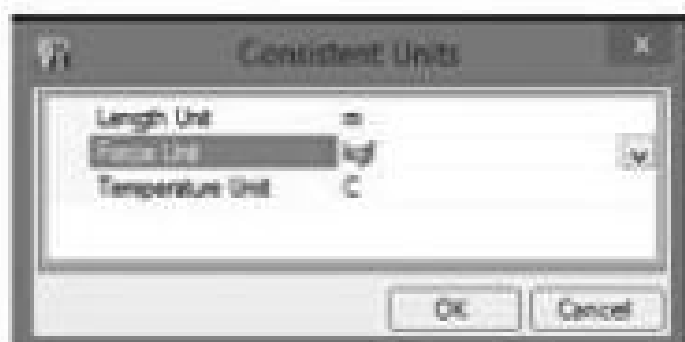
A) در زیر آورده شده است :



شکل ۸ نمایش محیط کار در نرم افزار

۳-۳ تنظیم واحدها در نرم افزار :

برای تنظیم واحدها در محیط ETABS بر روی گزینه Unit در گوشه پایین سمت راست کلیک کرده و با انتخاب Consistent Units واحدهای مورد نظر را بصورت زیر که در شکل (۶) آورده شده است تغییر می دهیم : (واحد طول : m ، واحد نیرو : کیلو نیوتن و واحد دما : درجه سانتیگراد)

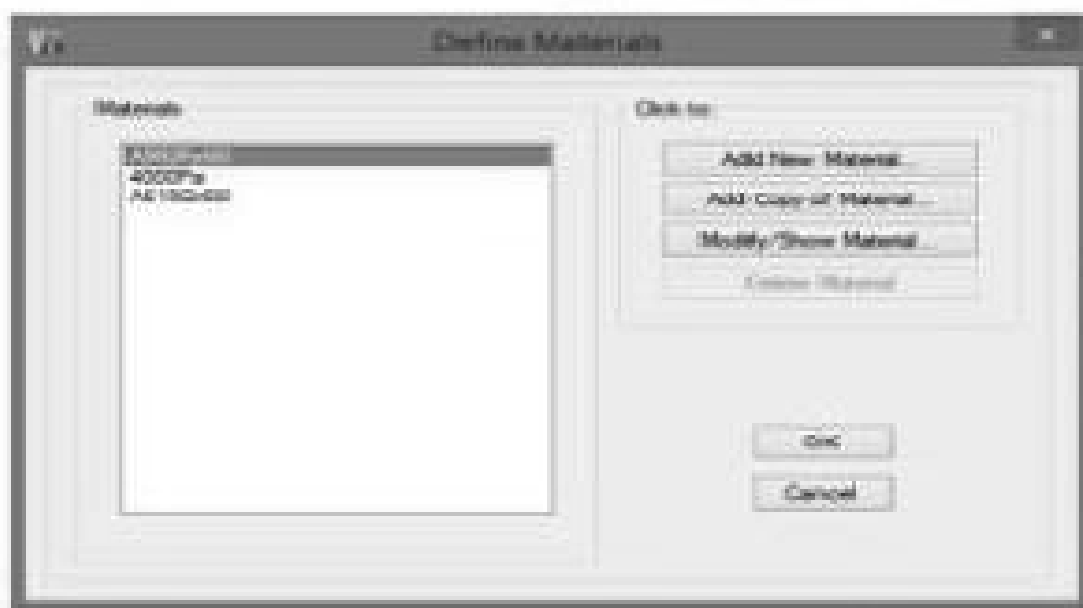


شکل ۶: تنظیم واحدها

۳-۴ مشخصات مصالح بتنی :

اطلاعات مربوط به مصالح مصرفی پروژه در نرم افزار بااستی از منوی Define و از مسیر زیر تعریف می گردد

مسیر : Define > Material Properties



شکل ۷: تعریف مشخصات مصالح

بر اساس شکل (۱-۱) 4000Psi مشخصات بتنی با مقاومت فشاری معادل 28 مگا پاسکال می‌باشد و A615-Gr60 مشخصات میلگردهای طولی در سازه‌های بتنی است.

۱-۴-۳ مشخصات مصالح بتنی:

بجای اضافه نمودن مصالح جدید همان بتن با مشخصات 4000Psi را اصلاح خواهیم کرد. به همین منظور با کلیک بر روی گزینه **Modify / Show Material** که در شکل (۱۱) آورده شده است، مشخصات آنرا ویرایش خواهد شد.



شکل (۱۱): تعریف مشخصات مصالح بتنی

این پنجره به ۵ بخش زیر تقسیم می‌شود که به توضیح هر یک می‌پردازیم:

✓ قسمت اول (General Data) :

General Data

Material Name	C21
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

توضیحات :

- نام مصالح : در اینجا ما اترا C21 نامیدیم یعنی بتن با مقاومت فشاری ۲۱ مگا پاسکال .
- نوع مصالح : نوع مصالح را بتنی انتخاب کردیم .
- نوع جهت تقارن مصالح : اترا Isotropic یعنی در جهات مختلف مشخصات مکانیکی یکسانی دارند .
- دو گزینه آخر که مربوط به رنگ و نوشته مصالح می باشد بصورت پیش فرض باقی می گذاریم .

✓ قسمت (Material Weight And Mass) :

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume	2400	kg/m ³
Mass per Unit Volume	244.732	kg/m ³

توضیحات :

- از بین دو گزینه بالا که گزینه سمت چپ وزن مخصوص و گزینه سمت راست جرم مخصوص می باشد ما وزن مخصوص را انتخاب می کنیم و جرم مخصوص را خود نرم افزار به ما می دهد . (اگر گزینه جرم مخصوص را انتخاب کنیم در انصورت بایستی مقدار جرم مخصوص را وارد کنیم) .

- مقدار وزن مخصوص را با توجه به جدول پوست ۶ - ۱ صحت ششم مقررات ملی ساختمان برابر ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر می گیریم -

۳) قسمت (Mechanical Property Data) :

Mechanical Property Data		
Modulus of Elasticity, E	2.495E+9	kgf/cm ²
Poisson's Ratio, U	0.15	
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.00001	1/C
Shear Modulus, G	108472629	kgf/cm ²

توضیحات :

- بخش اول جدول الاستیسیته بتن می باشد که طبق بند ۹-۱۳-۷-۱ از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$E_c = (3300 \sqrt{f_c} + 6900) \left(\frac{f_c}{21}\right)^{1.5}$$

f_c - مقاومت فشاری بتن

f - جرم مخصوص بتن

اگر مقاومت مشخصه بتن را ۲۱ مگا پاسکال در نظر بگیریم جدول الاستیسیته برابر مقدار زیر خواهد بود :

$$E_c = (3300 \sqrt{21} + 6900) \left(\frac{21}{21}\right)^{1.5} = 24956.57 \text{ MPa} = 2.495E+9 \text{ Kgf/cm}^2$$

- بخش دوم مربوط به ضریب پواسون بتن می باشد که طبق بند ۹-۱۳-۷-۲ صحت نهم مقررات ملی ساختمان برابر 0.15 می باشد .

- بخش سوم مربوط به ضریب انبساط حرارتی می باشد که طبق بند ۹-۱۳-۷-۳ صحت نهم مقررات ملی ساختمان (1/C) 10^{-5} در نظر گرفته خواهد شد .