عصرانه ای بـا طعم
مهندسی سازه

مبانی مدلسازی سازه های بتنی با Etabs2015 (۱)

مدرس و نگارنده:

احسان شادمند

کارشناس ارشد سازه

www.shadmand.org
ehsan_shadmand@yahoo.com

مقدمه:

از جمله توانایی های مورد انتظار از یک مهندس عمران به خصوص افـرادی کـه در زمینـه ساختمان فعالیت دارند توانایی طراحی سازه است. امروزه با گسترش کاربرد رایانه به منظور سرعت بخشیدن در انجام محاسبات، تسلط به نرم افزار های طراحی اهمیت ویـژه ای پیـدا کرده است. ولی نکته بسیار مهمی که در این مقوله مـی بایسـتی مـورد توجـه قـرار گیـرد استفاده از این نرم افزارها به صورت اصولی و منطبق با آیین نامه های طراحی است.

در سری کلاس های عصرانه‌سازه‌ای سعی بر این است که مباحث مختلـف سـازه در درس-های مختلف خدمت مهندسین ارائه گردد. بیشترین مباحثی که در این دوره هـا مـد نظـر است شامل نرم افزارهای کاربردی طراحی سـازه ازجملـه Etabs، Safe و Sap2000، آیـین نامه های داخلی و بین المللی، مبانی طراحی سازه و ... می باشد. به منظور ارتباط با بنـده، آشنایی با جزییات کلاس‌ها و هر گونه انتقاد و پیشنهاد می توانید از طریق یکی از راه های زیر با من تماس بگیرید.

احسان شادمند

۲۵ مهر ۱۳۹۵

تماس: ۰۹۱۷-۱۸۶-۴۵۱۶

تلگرام: @e_shadmand

ایمیل: ehsan_shadmand@yahoo.com

وب سایت: www.shadmand.org

لینک کانال عصرانه‌سازه‌ای:

@asraneh_saze

لینک گروه تلگرامی عصرانه‌سازه‌ای:

https://telegram.me/joinchat/CTJy6UAzNHGuxSdrj9EZNg

فهرست مطالب

فصل ۱- آشنایی با نرم افزار Etabs ۴
۱-۱- مفهوم ورژن نرم افزار ۴
۱-۲- معرفی محیط نرم افزار ۴
۱-۳- قابلیت های نرم افزار به منظور صرفه جویی در زمان ۷
۱-۴- روند مدلسازی سازه در نرم افزار ETABS ۷
۱-۵- آغاز مدلسازی ۸
فصل ۲- طراحی سازه های بتنی ۱۱
۲-۱- معرفی مصالح بتنی در نرم افزار ۱۱
۲-۲- معرفی مشخصات مکانیکی آرماتور در نرم افزار ۱۴
۲-۳- معرفی مقاطع بتنی در نرم افزار ۱۷
۲-۴- جزییات آیین نامه ای مقاطع بتنی ۲۰
۲-۵- معرفی مقاطع صفحهای در نرم افزار ۲۴
۲-۶- الزامات سقف ها ۲۶
۲-۷- معرفی آرماتور ۲۹

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: نمایی از نرم افزار Etabs ۵
شکل ۱-۲: پنجره های نمایش نرم افزار Etabs ۵
شکل ۱-۳: تنظیمات اولیه مدل ۸
شکل ۱-۴: تنظیمات خطوط شبکه و طبقات ۹
شکل ۱-۵: نامگذاری خطوط شبکه ۹
شکل ۱-۶: جزییات تنظیم خطوط شبکه ۱۰
شکل ۱-۷: جزییات تنظیم ارتفاعی و نامگذاری طبقات ۱۰
شکل ۲-۱: معرفی مشخصات مکانیکی بتن در نرم افزار Etabs ۱۱
شکل ۲-۲: معرفی مشخصات مکانیکی آرماتور در نرم افزار Etabs ۱۴
شکل ۲-۳: آرماتور AII و AIII ۱۵
شکل ۲-۴مسیر معرفی مقاطع خطی در نرمافزار ۱۷
شکل ۲-۵: پنجرهFrame Properties ۱۸
شکل ۲-۶: معرفی مقطع ستون در نرم افزار ۱۹
شکل ۲-۷: جزییات آرماتورگذاری ستون در نرم افزار ۱۹
شکل ۲-۸: فایل صفحه گسترده کنترل آرماتور گذاری ستون مستطیلی و دایره ای..... ۲۰
شکل ۲-۹: مسیر معرفی المان های صفحه ای در نرم افزار..... ۲۴
شکل ۲-۱۰:پنجره Deck Properties ۲۴
شکل ۲-۱۱: پنجره Deck Property Data ۲۵
شکل ۲-۱۲: پنجره Slab Properties ۲۵
شکل ۲-۱۳: پنجره Slab Property Data ۲۶
شکل ۲-۱۴: معرفی آرماتور در نرم افزار ۲۹

فهرست جداول

جدول ۱-۱: معرفی منو های نرم افزار ۶

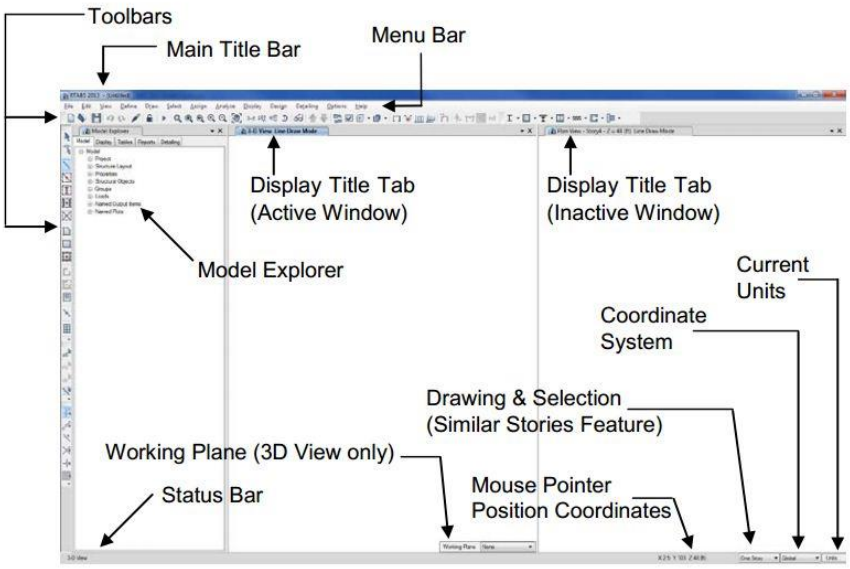
فصل ۱- آشنایی با نرم افزار Etabs

۱-۱- مفهوم ورژن نرم افزار

هر ورژن از نرم‌افزار با یک عدد مشخص می‌گردد که هر کدام از اعداد بیانگر یک مفهـوم مـی-باشد. به عنوان مثال 15.2.2
مفهوم این اعداد از چپ به راست بدین صورت است.
اولین رقم: اختلاف فاحش در نرم افزار
دومین رقم: اصلاحات هر ویرایش
سومین رقم: تغییرات داخلی نرم افزار که توسط کاربر قابل تشخیص نیست.

۱-۲- معرفی محیط نرم‌افزار

این نرم افزار دارای ۱۴ منو می‌باشد که عبارتند از:
File, Edit, View, Define, Draw, Select, Assign, Analyze, Display, Design, Detailing, Options, Tools, Help
در شکل ۱-۱نمایی از نرم‌افزار Etabs نمایش داده شده است.

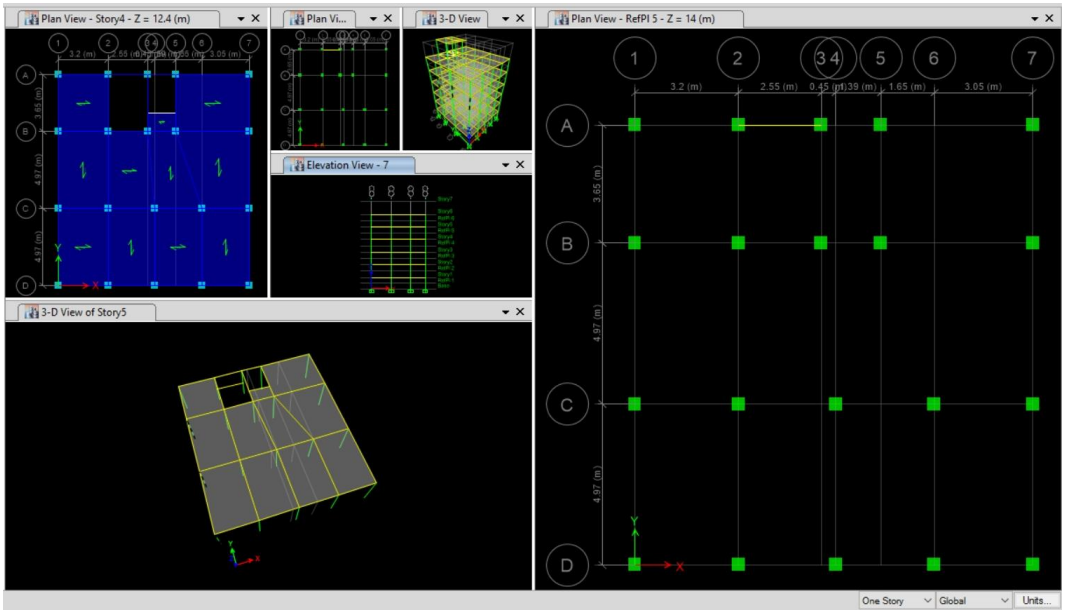


شکل ۱-۱: نمایی از نرم افزار Etabs

تمامی دستورات موجود در این نرم‌افزار در این منو ها قرار دارند. در قسمت پایین منوها نوار ابزارهایی به صورت افقی قرار دارند، این نوار ابزارها گزیده‌ای از دستورات پر کاربرد نرم‌افزار Etabs است.

چند نکته در مورد پنجره‌های نمایش:

- ✓ به صورت پیش فرض دو پنجره برای نمایش نما های مختلف مدل وجو دارد. تعداد این پنجره ها را می‌توان به دلخواه افزایش داد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲: پنجره های نمایش نرم افزار Etabs

- ✓ هر پنجره دارای نواری است که خلاصه‌ای از وضعیت پنجره را نشان می‌دهد.
- ✓ برای فعال کردن هر پنجره کافی است بر روی آن کلیک شود.
- ✓ رنگ نوار بالای پنجره فعال نسبت به سایر پنجره‌ها پر رنگ تر است.

در جدول ۱-۱: معرفی منو های نرم افزارجدول ۱-۱ به طور خلاصه منوهای نرم افـزار معرفـی شده اند.

جدول ۱-۱: معرفی منو های نرم افزار

ردیف	منو	معرفی
۱	FILE	از این منو به منظور ایجاد یک مدل جدید، باز کردن مدل‌های ساخته شده از قبل و موجود، ذخیره سازی، تهیه فایل خروجی به سایر نرم‌افزارها و گرفتن خروجی نتایج استفاده می‌گردد.
۲	EDITE	از این منو برای ایجاد تغییرات در مدل اصلی استفاده می گردد برخی از مهمترین دستورات این منو عبارتند از: COPY, PASTE, CUT, DELETE, REPLICATE, EXTRDUDE
۳	VIEW	به منظور تنظیم نحوه نمایش مدل استفاده می گردد. با ابزار های موجود در این منو راحتتر می توان مدل را بررسی نمود
۴	DEFINE	به منظور معرفی خصوصیات مصالح، مقاطع خطی و صفحه‌ای، بارها، ترکیبات بارها، جرم و .... به کار گرفته می‌شود
۵	DRAW	ابزار های ترسیمی
۶	SELECT	تسهیل در انتخاب اجزا مدل
۷	ASSIGN	تخصیص خصوصیات و بار به مدل
۸	ANALYZE	انجام آنالیز برای محاسبه مقدار عکس العمل ها، نیروهای داخلی و جابجایی ها
۹	DISPLAY	نمایش نتایج تحلیل به صورت گرافیکی و جدول نمایش بارهای اعمالی به صورت گرافیکی
۱۰	DESIGN	تنظیمات طراحی اعضا و انجام روند طراحی
۱۱	DETAILING	تهیه دتیل ها سازه ای در فرمت DWG , DXF
۱۲	OPTIONS	امکانات مختلفی از جمله تنظیمات نمایش رنگ‌ها، گرافیک، میزان تلورانس، تعداد پنجره های نمایش
۱۳	TOOLS	افزودن افزونه

۱۴	HELP	راهنمای نرم افزار،

۱-۳- قابلیت های نرم‌افزار به منظور صرفه جویی در زمان

در نرم‌افزار قابلیت های وجود دارد که به کاربر کمک می کند مدل خود را در زمان کمتری بسازد. برخی از این قابلیت ها به شرح زیر است:

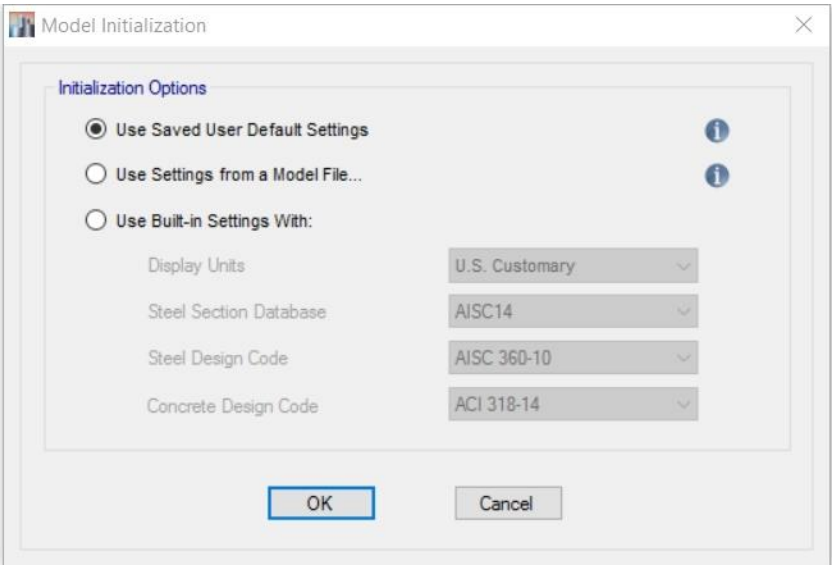
- Similar Stories
- Snap To
- Auto Select Sections
- Vertical Load Transfer
- Wall Stacks
- Towers
- Model Explore

۱-۴- روند مدلسازی سازه در نرم‌افزار ETABS

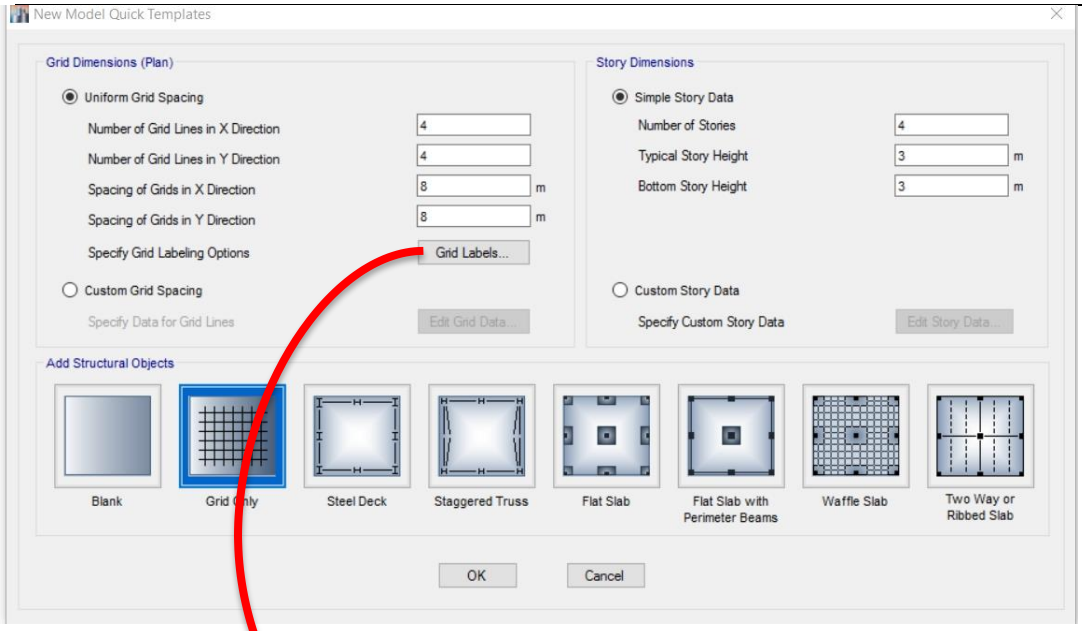
1. Select the Base Units and Design Codes
2. Set up Grid Lines
3. Define Story Levels
4. Define Section Properties
5. Draw Structural Objects

6. Select Objects
7. Assign Properties
8. Define Load Patterns
9. Assign Loads
10. Define Load Cases
11. Edit the Model Geometry
12. View the Model
13. Analyze the Model
14. Display Results for Checking
15. Design the Model
16. Generate Detail Documents
17. Output Results and Reports
18. Save the Model

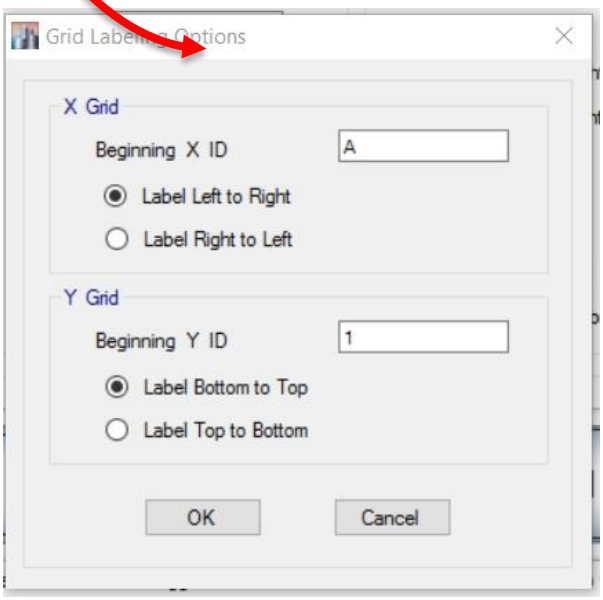
۱-۵- آغاز مدلسازی



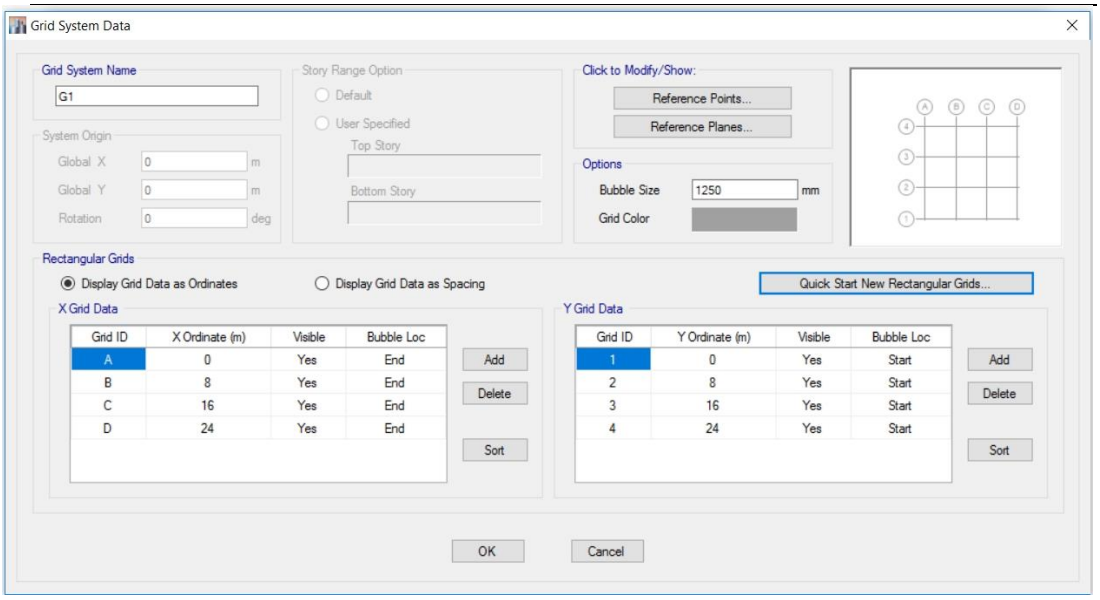
شکل ۱-۳: تنظیمات اولیه مدل



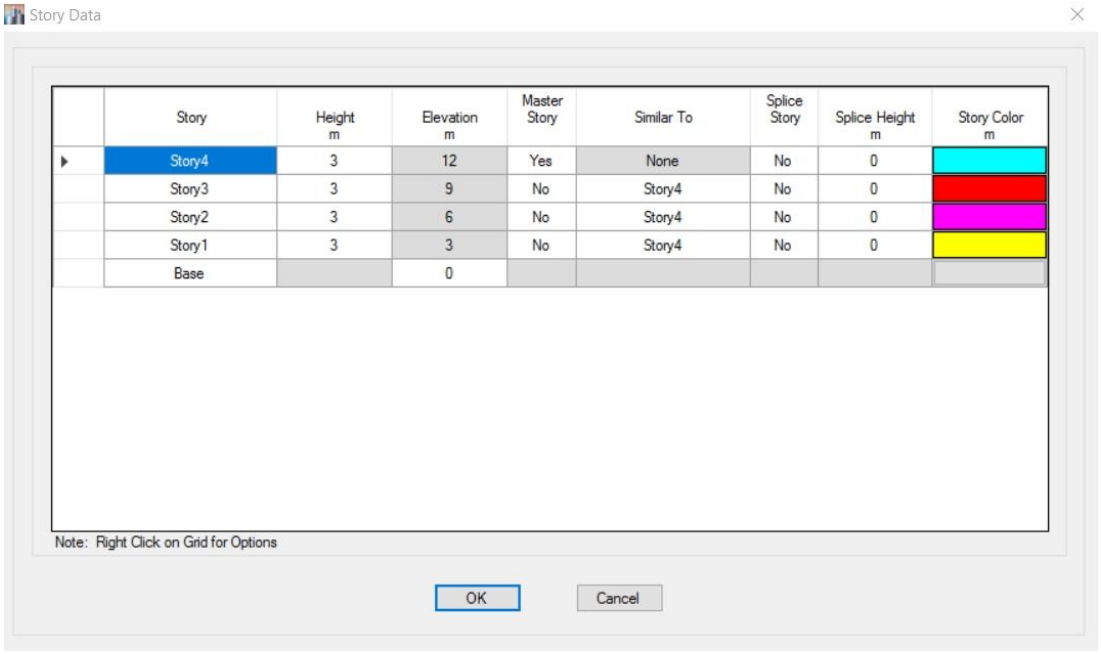
شکل ۱-۴: تنظیمات خطوط شبکه و طبقات



شکل ۱-۵: نامگذاری خطوط شبکه



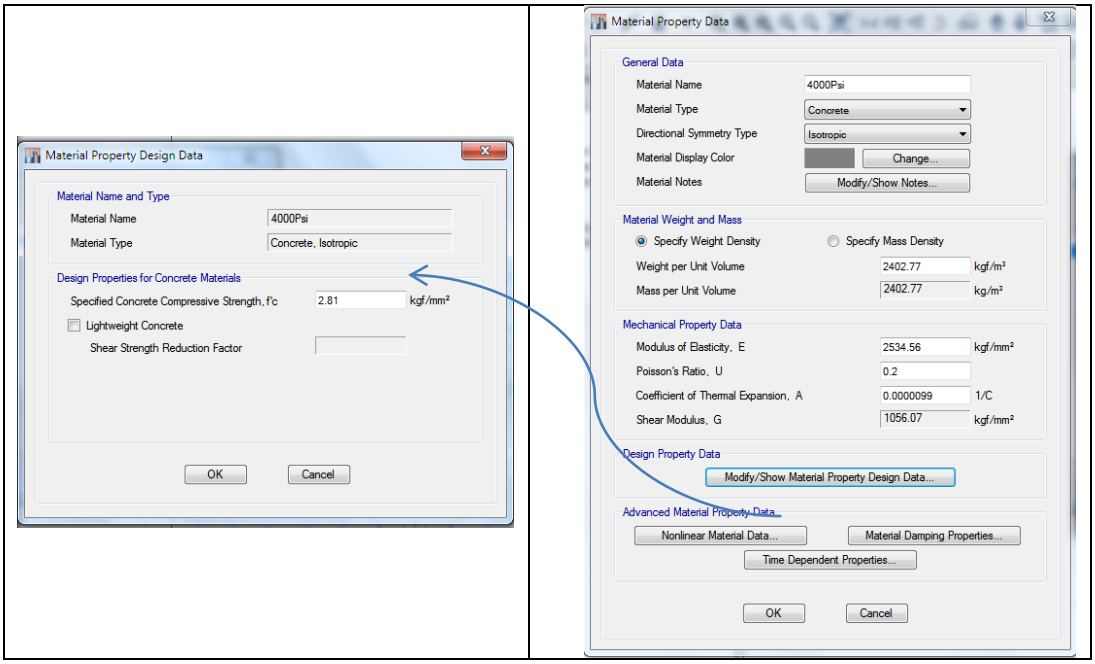
شکل ۱-۶: جزییات تنظیم خطوط شبکه



شکل ۱-۷: جزییات تنظیم ارتفاعی و نامگذاری طبقات

فصل ۲- طراحی سازه های بتنی

۲-۱- معرفی مصالح بتنی در نرم‌افزار



شکل ۲-۱: معرفی مشخصات مکانیکی بتن در نرم افزار Etabs

۹-۱۳-۷-۱ مقادیر مدول الاستیسیته بتن با جرم مخصوص (γ_c) بین ۱۵ تا ۲۵ kN/m^3، از رابطه (۹-۱۳-۱) تعیین می‌گردد:

$$E_c = (۳۳۰۰\sqrt{f_c} + ۶۹۰۰)(\frac{\gamma_c}{۲۳})^{۱/۵} \qquad (۹-۱۳-۱)$$

8.5 — Modulus of elasticity

8.5.1 — Modulus of elasticity, E_c, for concrete shall be permitted to be taken as $w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$ (in MPa) for values of w_c between 1440 and 2560 kg/m^3. For normalweight concrete, E_c shall be permitted to be taken as $4700 \sqrt{f'_c}$.

۹-۱۳-۷-۳ ضریب انبساط حرارتی بتن معادل $(1/°C)$ 10^{-5} در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۳-۷-۴ ضریب پواسون به ترتیب برابر با ۰/۱۵ برای بتن معمولی و ۰/۲ برای بتن با مقاومت بالا و ۰/۳ برای فولاد است.

Poisson's Ratio

As a concrete cylinder is subjected to compressive loads, it not only shortens in length but also expands laterally. The ratio of this lateral expansion to the longitudinal shortening is referred to as *Poisson's ratio*. Its value varies from about 0.11 for the higher-strength concretes to as high as 0.21 for the weaker-grade concretes, with average values of about 0.16. There does not seem to be any direct relationship between the value of the ratio and the values of items such as the water–cement ratio, amount of curing, aggregate size, and so on.

۹-۹-۲ بتن پرمقاومت

۹-۹-۲-۱ مشخصات کلی

بتن‌هایی که مقاومت فشاری مشخصه آنها بیشتر از ۵۰ مگاپاسکال است، بتن پرمقاومت محسوب می‌شوند. رفتار بتن‌های پرمقاومت ترد است، بنابراین برای تغییر رفتار این نوع بتن‌ها به شکل‌پذیر که ضرورت عملکرد مناسب آنها در مقابل بار زلزله است، باید الزامات مربوط این مبحث اعمال شوند.

۹-۱۳-۷-۵ برای ساختمان‌های بتن‌آرمه، بتن رده $C۲۰$ و بالاتر و برای ساختمان‌های بتن پیش تنیده، بتن رده $C۳۰$ و بالاتر به عنوان مبنای طراحی در نظر گرفته می‌شود.

۹-۲۳-۲-۳-۱ بتن مورد استفاده در اجزای مقاوم در برابر زلزله برای ساختمان‌های با شکل پذیری زیاد باید از رده $C۲۵$ و یا بالاتر و برای ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط از رده $C۲۰$ و یا بالاتر باشد.

۹-۵-۰ علائم اختصاری

f_c = مقاومت فشاری مشخصه بتن، بر اساس آزمونه‌های استوانه‌ای، مگاپاسکال

۹-۵-۱-۳ نمونه استوانه‌ای استاندارد به ابعاد ۳۰۰ × ۱۵۰ میلیمتر می‌باشد. در صورت استفاده از آزمونه‌های مکعبی باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمونه‌های استوانه‌ای تبدیل شود. برای تبدیل

۹-۱۳-۷-۸ ضریب λ که جهت اعمال شرایط استفاده از بتن سبک می‌باشد، به شرح زیر تعیین می‌گردد:

الف) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) سبک و سنگدانه‌های درشت (شن) سبک:

$\lambda = ۰/۷۵$

ب) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) سبک و سنگدانه‌های درشت (شن) معمولی:

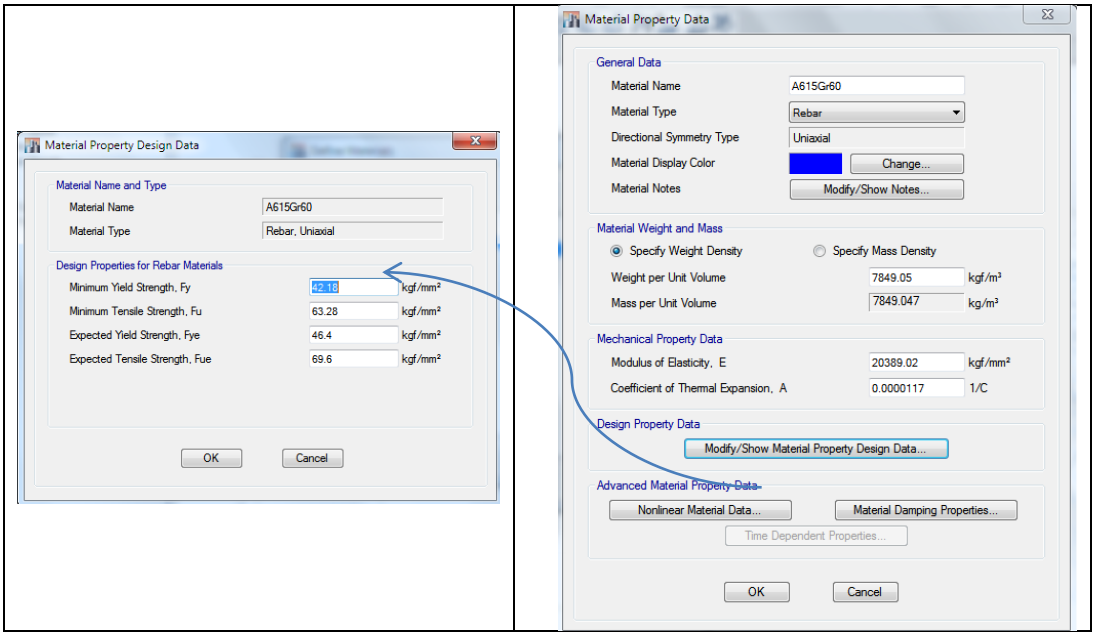
$\lambda = ۰/۷۵$ تا $۰/۸۵$

مقدار دقیق λ با درون‌یابی خطی بر حسب درصد حجمی جایگزینی سنگدانه‌های ریز تعیین می‌شود.

پ) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) معمولی و سنگدانه‌های درشت (شن) سبک:

$\lambda = ۰/۸۵$ تا ۱

۲-۲- معرفی مشخصات مکانیکی آرماتور در نرم‌افزار



شکل ۲-۲: معرفی مشخصات مکانیکی آرماتور در نرم افزار Etabs

۹-۱۳-۷-۲ در تحلیل خطی مقدار $E_S = ۲\times۱۰^{۵}$ مگاپاسکال منظور می‌شود.

۹-۱۳-۷-۶ رده میلگردهای به کار برده در قاب‌ها و اجزای لبه‌ای دیوارهای مقاوم در برابر زلزله و همچنین فولادهای دورپیچ ستونها و فولادهای عرضی پیچشی و برشی و برش اصطکاکی نباید بالاتر از رده $S۴۰۰$ باشند.

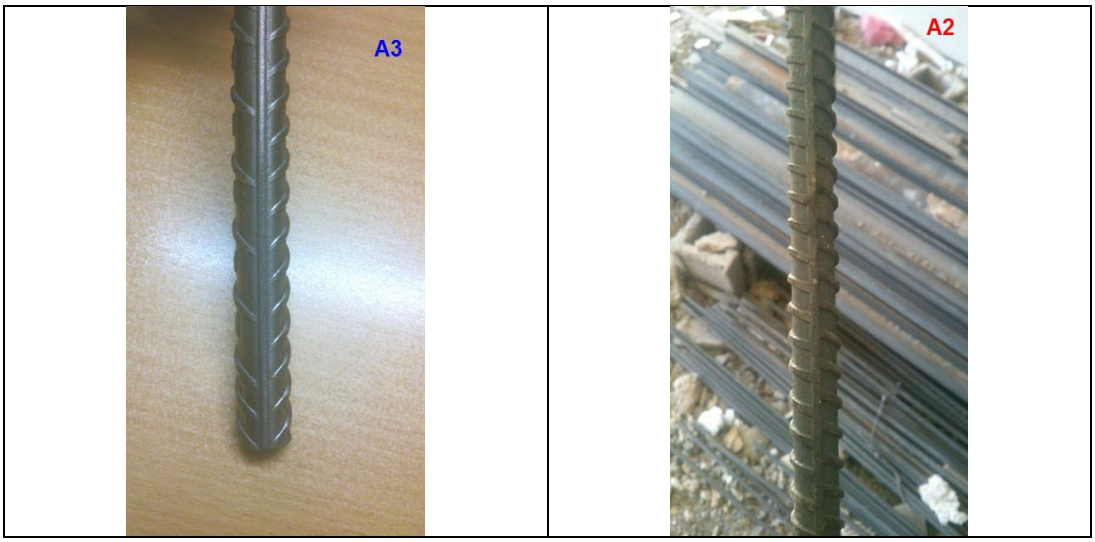
۹-۱۳-۷-۷ استفاده از میلگردهای ساده به عنوان میلگرد سازه‌ای فقط در دور پیچ‌ها مجاز می‌باشد.

جدول ۹-۴-۱ رده‌بندی مکانیکی میلگردهای فولادی

رده	علامت مشخصه در استانداردهای ملّی ایران	f_{su} (N/mm^2)	f_{yk} (N/mm^2)	طبقه بندی از نظر شکل رویه	رده از نظر سختی
S۲۴۰	س ۲۴۰	۳۶۰	۲۴۰	ساده	نرم
S۳۴۰	آج ۳۴۰	۵۰۰	۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت
S۴۰۰	آج ۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰	آجدار جناقی	نیم سخت
S۵۰۰	آج ۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰	آجدار مرکب	سخت

f_{yk} = مقاومت مشخصه میلگردهای فولادی

f_{su} = تنشی که تنش نهایی حداکثر



شکل ۲-۳: آرماتور AII و AIII

۹-۲۳-۴-۴-۱-۲ نیروی برشی نهایی موثر به اتصال، V_u، باید بر اساس تنش کششی برابر $1/47 f_{yd}$ که ممکن است در میلگردهای کششی تیرهای دو سمت اتصال و نیز برش موجود در ستون‌های بالا و پایین اتصال پدید آید، محاسبه گردد. برای تعیین این مقادیر فرض می‌شود در تیرهای دو سمت اتصال مفصل‌های پلاستیک با ظرفیت‌های خمشی مثبت یا منفی، برابر با لنگرهای خمشی مقاوم محتمل، M_{pr}، در مقاطع بر اتصال تشکیل شده باشند. جهت‌های این لنگرها باید به صورتی در نظر گرفته شوند که بیشترین برش در اتصال ایجاد شود.

M_{pr} = probable flexural strength of members, with or without axial load, determined using the properties of the member at the joint faces assuming a tensile stress in the longitudinal bars of at least $1.25f_y$ and a strength reduction factor, ϕ, of 1.0, N·mm, Chapter 21

$$1.47 f_{yd} = 1.47 \times 0.85 \times f_y = 1.25 f_y$$

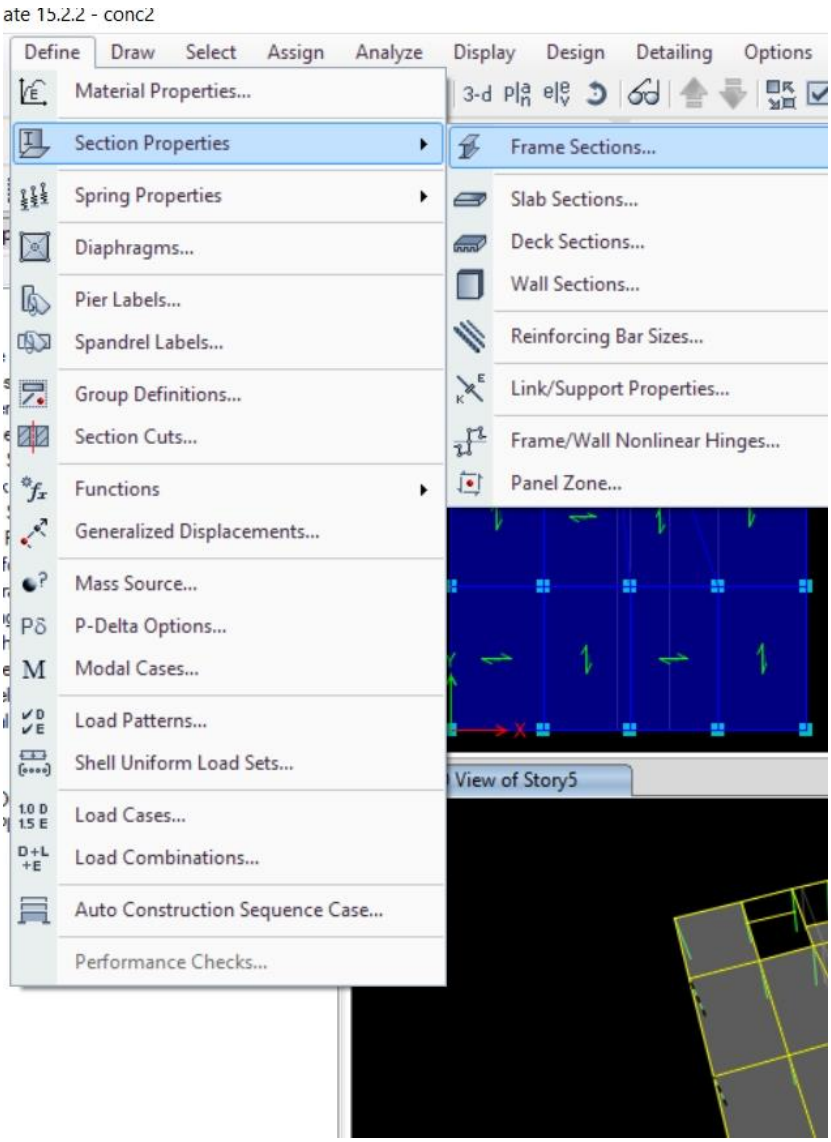
f_c = مقاومت فشاری مشخصه بتن، مگاپاسکال

f_{cd} = مقاومت محاسباتی بتن که برابر است با $\varphi_c f_c$، مگاپاسکال

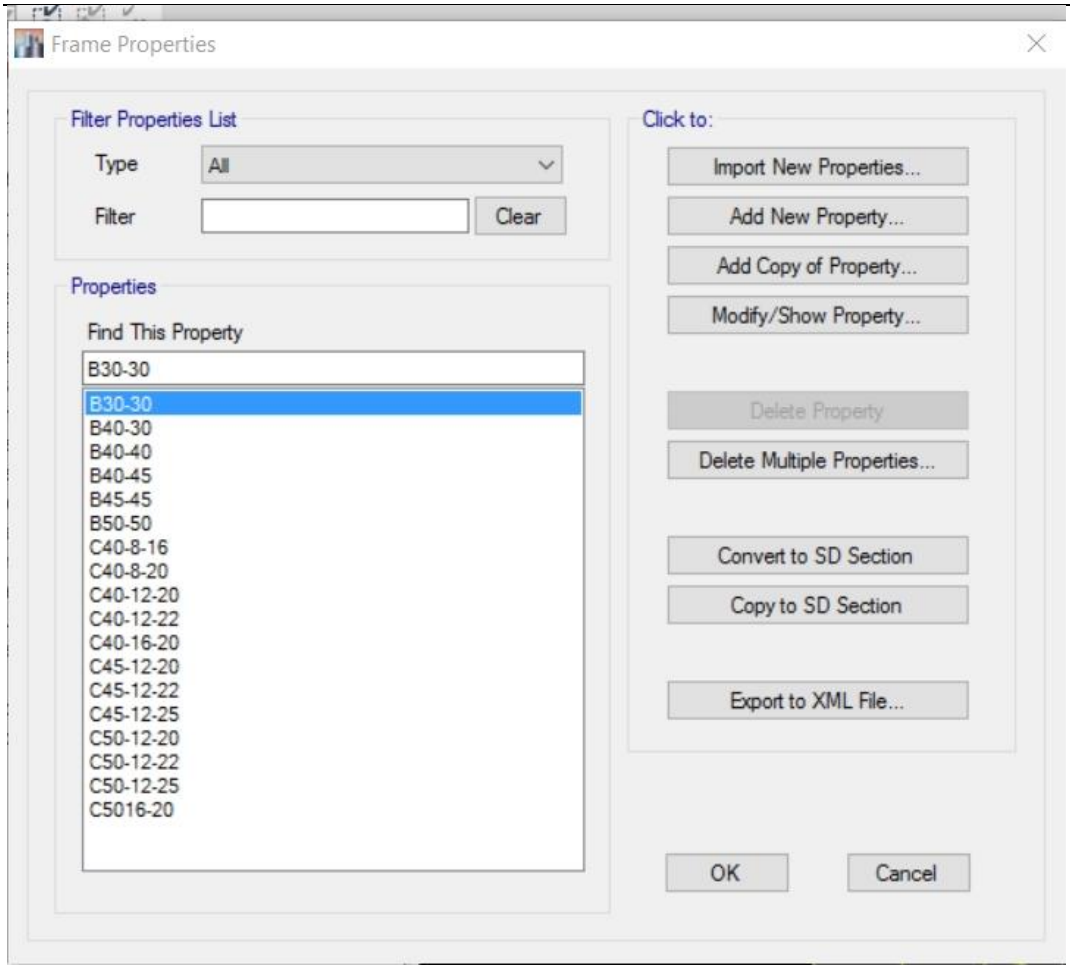
f_y = مقاومت مشخصه فولاد (f_{yk})، مگاپاسکال، که برای تسهیل کار در این فصل حرف k در زیرنویس حذف شده است.

f_{yd} = مقاومت محاسباتی فولاد که برابر است با $\varphi_s f_y$، مگاپاسکال

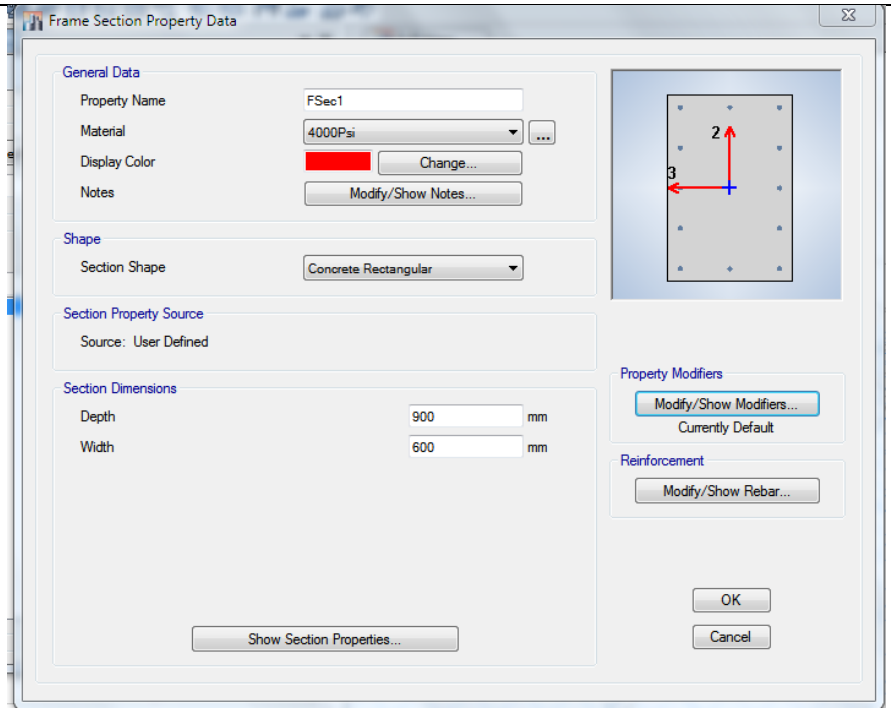
۲-۳- معرفی مقاطع بتنی در نرم‌افزار



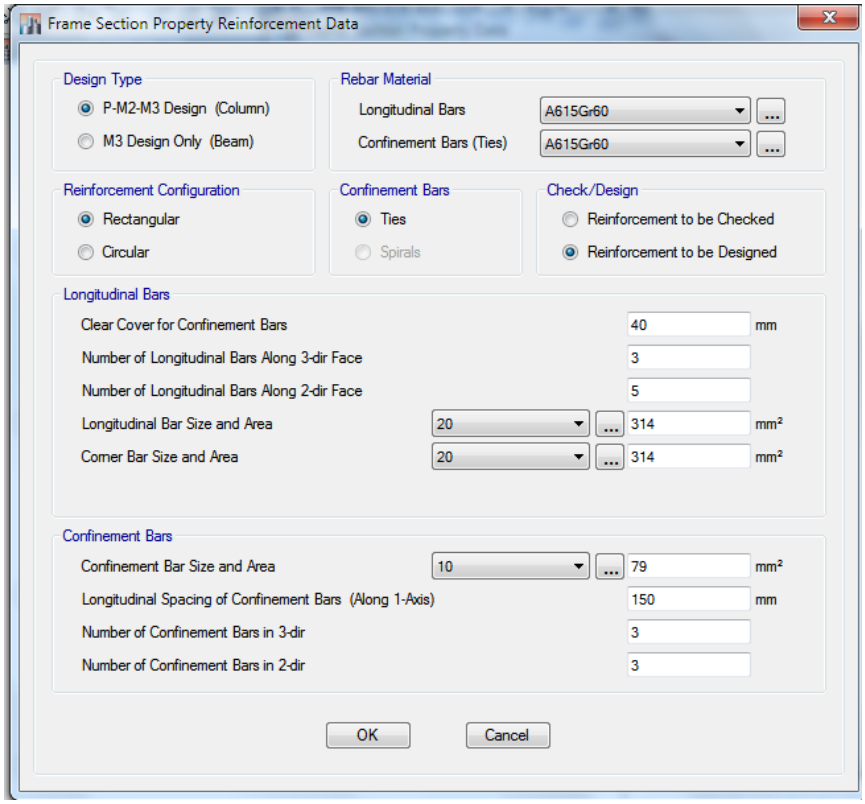
شکل ۲-۴مسیر معرفی مقاطع خطی در نرم‌افزار



شکل ۲-۵: پنجره Frame Properties

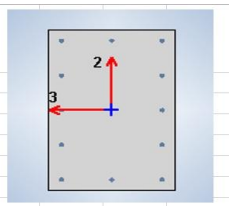


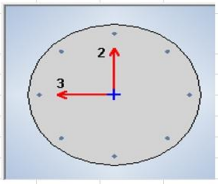
شکل ۲-۶: معرفی مقطع ستون در نرم افزار



شکل ۲-۷: جزییات آرماتورگذاری ستون در نرم افزار

عصرانه‌سازه‌ای						@asraneh_saze			
REBAR CONTROL FOR RECTANGULAR COLUMN									
DEPTH	450	mm	AS	5027	mm^2				
WIDTH	450	mm	Ag	202500	mm^2				
CLEAR COVER	50	mm	Pr	2.48	%				
BAR	20		c/c in 3	78.5	mm	max c/c	200	mm	OK
CORNER BAR	20		c/c in 2	78.5	mm	max c/c	200	mm	OK
SHEAR BAR	8		clear S in 3	58.5	mm	max clear S	40	mm	OK
NUMBER IN 3	5		clear S in2	58.5	mm	max clear S	40	mm	OK
NUMBER IN 2	5								
REBAR CONTROL FOR CIRCLE COLUMN									
DIAMETER	800	mm	AS	6912	mm^2				
CLEAR COVER	50	mm	Ag	502655	mm^2				
BAR	20	mm	Pr	1.38	%				
SHEAR BAR	6		c/c	95	mm	max c/c	200	mm	OK
NUMBER BAR	22		clear S	85	mm	max clear S	40	mm	OK
BY EHSAN SHADMAND									
www.shadmand.org									





شکل ۲-۸: فایل صفحه گسترده کنترل آرماتور گذاری ستون مستطیلی و دایره ای

۲-۴- جزییات آیین نامه ای مقاطع بتنی

جدول۹-۶-۶ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر) در شرایط محیطی بند ۹-۶-۴

نوع قطعه	نوع شرایط محیطی			
	متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق‌العاده شدید
تیرها و ستون‌ها	۴۵	۵۰	۷۵	۷۵
دال ها و تیرچه‌ها	۳۰	۳۰	۶۰	۶۰
دیوار ها وپوسته‌ها	۲۵	۳۰	۵۵	۵۵
شالوده‌ها	۵۰	۶۰	۹۰	۹۰

۹-۱۴-۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)

۹-۱۴-۹-۱ در قطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ و بیشتر از ۰/۰۶ سطح مقطع کل باشد. محدودیت مقدار حداکثر باید در محل وصله‌های پوششی میلگردها نیز رعایت شود. درصورت استفاده از فولاد S۴۰۰ در آرماتورهای طولی مقدار حداکثر در خارج از محل وصله‌ها به ۰/۰۴۵ سطح مقطع کل محدود می‌گردد.

اصلاحیه مبحث نهم در خصوص مقدار حداکثر آرماتور های طولی

۱۰	صفحه ۲۰۱ بند ۹-۱۴-۹-۱	۹-۱۴-۹-۱ درقطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ وبیشتر از ۰/۰۶ سطح مقطع کل باشد. درصورت استفاده ازفولاد S۴۰۰ در آرماتورهای طولی مقدار حداکثر در خارج از محل وصله‌ها به ۰/۰۴۵ سطح مقطع کل محدود می‌گردد.	۹-۱۴-۹-۱ درقطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ وبیشتر از ۰/۰۸ سطح مقطع کل باشد.
۱۵	صفحه ۳۲۴ بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۱ **شکل پذیری متوسط**	۹-۲۳-۳-۲-۲-۱ در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از چهار و نیم درصد در نظر گرفته شود. مقدار آرماتور در محل وصله‌ها باید حداکثر برابر شش درصددر نظر گرفته شود. در مواردی‌که‌آرماتور طولی‌از نوع فولاد S۴۰۰ است نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر سه درصد محدود می‌شود.	۹-۲۳-۳-۲-۲-۱ در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از هشت درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود.
۱۷	صفحه ۳۳۰ بند ۹-۲۳-۴-۲-۲-۱ **شکل پذیری ویژه**	۹-۲۳-۴-۲-۲-۱در این اعضاء نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود. در مواردی که آرماتور طولی‌از نوع فولاد S۴۰۰ است، نسبت‌آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر چهار و نیم درصد محدود می‌شود.	-۲۳-۴-۲-۲-۱در این اعضاء نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود.

۹-۱۴-۹-۲ حداقل تعداد میلگردهای طولی در قطعات فشاری به شرح زیر است:

الف- میلگردهای داخل تنگ‌های مدور یا مستطیلی، چهار عدد

ب- میلگردهای داخل تنگ‌های مثلثی، سه عدد

پ- میلگردهای داخل دورپیچ، شش عدد، مطابق بند ۹-۱۴-۹-۳ .

۹-۱۴-۱۱-۱-۱ فاصله آزاد بین هر دو میلگرد موازی واقع در یک سفره نباید از هیچیک از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف) قطر میلگرد بزرگتر

ب) ۲۵ میلی‌متر

پ) ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه بتن

۹-۱۴-۱۱-۱-۲ در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۱-۴ دراعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا دورپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از ۱/۵ برابر قطر بزرگترین میلگرد و نه از ۴۰ میلی‌متر، کمتر باشد.

۹-۱۳-۸-۴ اثر ترک‌خوردگی

در تحلیل سازه باید سختی خمشی و پیچشی اعضای ترک خورده به نحو مناسب محاسبه و منظور گردد. اثر ترک‌خوردگی با توجه به تغییر شکل‌های محوری و خمشی و آثار دراز مدت باید محاسبه شود. در غیاب محاسبات دقیق برای منظور کردن اثر ترک‌خوردگی می‌توان:

- در قاب‌های مهار نشده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۰/۳۵ و ۰/۷ برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.
- در قاب‌های مهار شده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۰/۵ و ۱ برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.

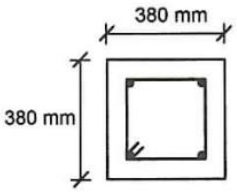
Table 6.6.3.1.1(a)—Moment of inertia and cross-sectional area permitted for elastic analysis at factored load level

Member and condition		Moment of Inertia	Cross-sectional area
Columns		$0.70I_g$	$1.0A_g$
Walls	Uncracked	$0.70I_g$	
	Cracked	$0.35I_g$	
Beams		$0.35I_g$	
Flat plates and flat slabs		$0.25I_g$	

10.10.4.1 — It shall be permitted to use the following properties for the members in the structure:

(a) Modulus of elasticity	E_c from 8.5.1
(b) Moments of inertia, I	
Compression members:	
Columns	$0.70I_g$
Walls—Uncracked	$0.70I_g$
—Cracked	$0.35I_g$
Flexural members:	
Beams	$0.35I_g$
Flat plates and flat slabs	$0.25I_g$
(c) Area	$1.0A_g$

۲۸- در مورد ستون (عضو تحت فشار و خمش) با مقطع 380×380 mm با آرماتور طولی 4Φ25 و تنگ $\Phi 10 @ 150\ mm\ c/c$ و پوشش بتن 40 mm گزینه صحیح را انتخاب کنید؟



۱) چنانچه قطر تنگ از Φ10 به Φ12 تغییر یابد آرماتورگذاری قابل قبول تلقی می‌گردد.

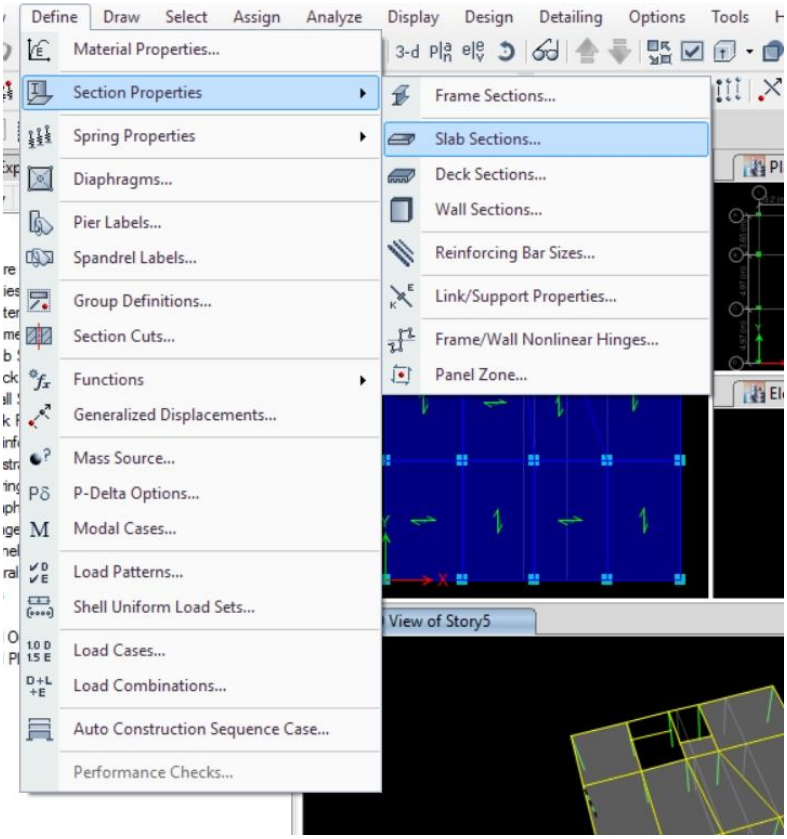
۲) آرماتورگذاری عضو مورد نظر قابل قبول نیست.

۳) آرماتورگذاری عضو موردنظر قابل قبول است.

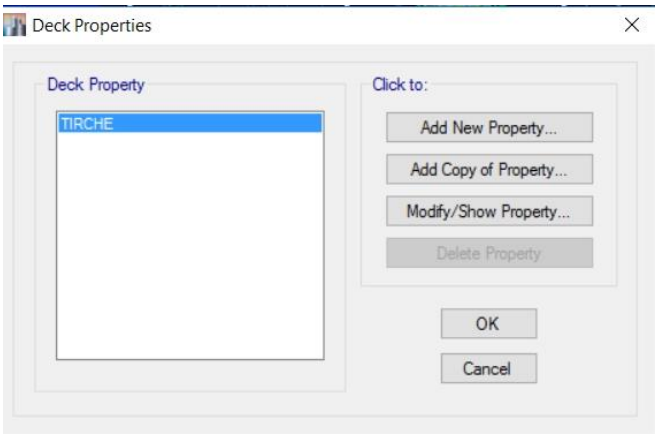
۴) چنانچه آرماتورهای طولی از 4Φ25 به 4Φ30 تغییر یابد آرماتورگذاری قابل قبول می‌گردد.

محاسبات آبان ۹۳

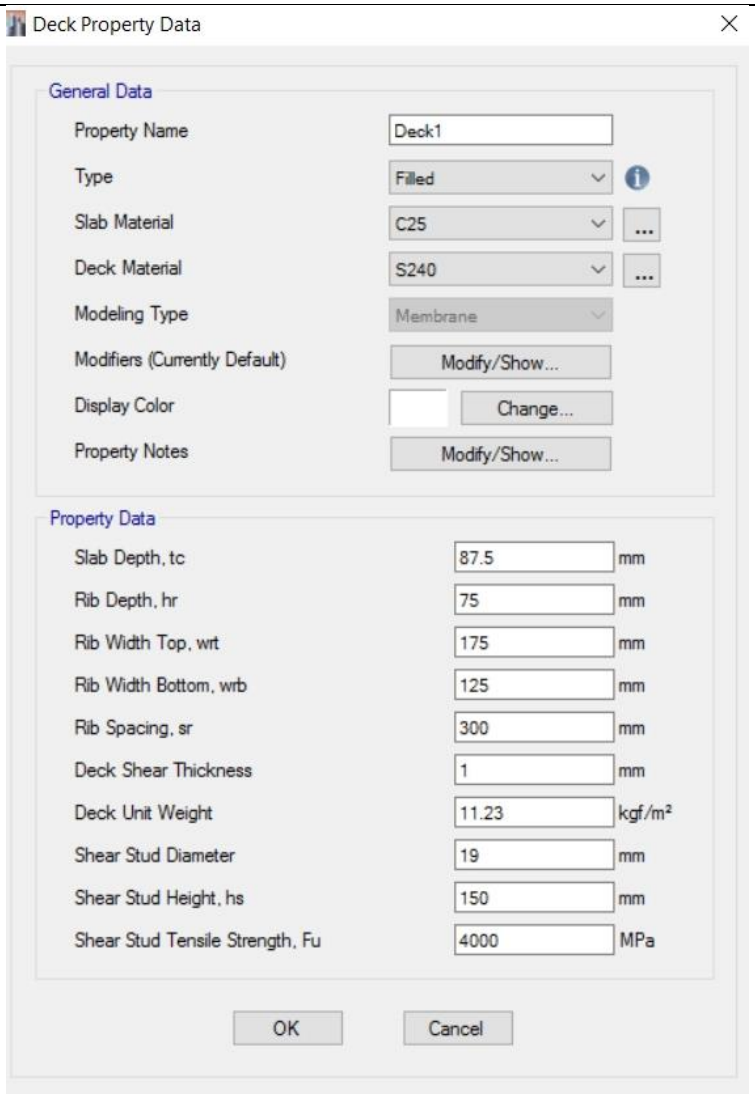
۲-۵- معرفی مقاطع صفحه‌ای در نرم‌افزار



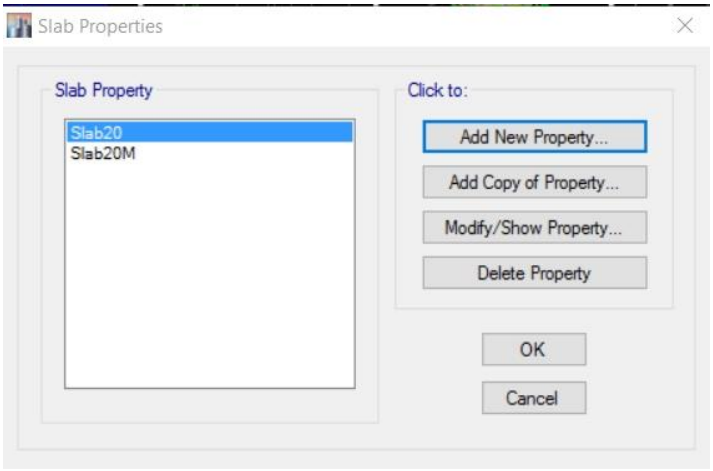
شکل ۲-۹: مسیر معرفی المان های صفحه ای در نرم افزار



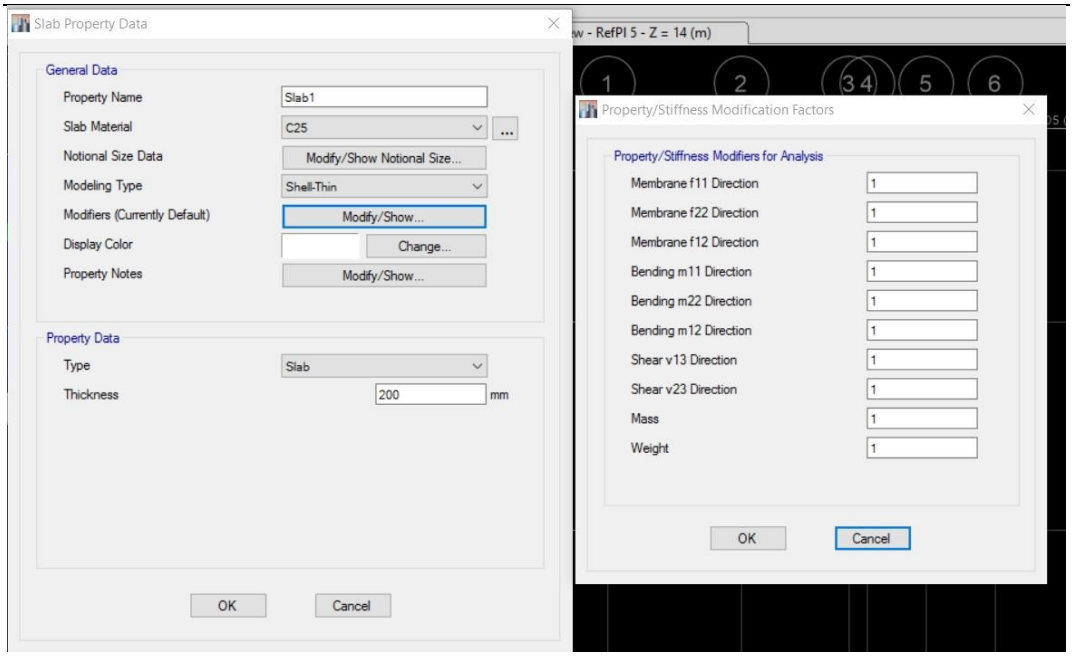
شکل ۲-۱۰:پنجره Deck Properties



شکل ۲-۱۱: پنجره Deck Property Data



شکل ۲-۱۲: پنجره Slab Properties



شکل ۲-۱۳: پنجره Slab Property Data

۲-۶- الزامات سقف ها

۹-۱۴-۶-۲-۱ سیستم تیرچه‌های بتنی، مرکب از تیرچه‌های با فواصل تقریباً مساوی در یک امتداد و یا دو امتداد عمود بر هم و یک دال فوقانی، که در آنها محدودیت‌های زیر رعایت شده باشند، می‌توانند به صورت مجموعه طبق ضوابط دال‌ها طراحی شوند:

الف) عرض تیرچه نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

ب) فاصله آزاد بین تیرچه‌ها نباید بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متر باشد.

۹-۱۴-۶-۲-۲ سیستم تیرچه‌های بتنی که مشمول ضوابط بند ۹-۱۴-۶-۲-۱ نمی‌شوند باید به صورت سیستم تیر و دال طراحی شود.

۹-۱۴-۶-۲-۳ درسیستم‌هایی که از اجزای پرکننده دائمی، مانند بلوک‌های سفالی و یا بلوک‌های بتنی، در فواصل بین تیرچه‌ها استفاده می‌شود و مقاومت فشاری مصالح این اجزا حداقل برابر با مقاومت مشخصه بتن تیرچه‌ها است، می‌توان از مقاومت جدارهایی از این اجزا که در تماس با تیرچه‌ها هستند در محاسبه مقاومت برشی و مقاومت خمشی منفی تیرچه‌ها استفاده کرد. از مقاومت سایر قسمت‌های اجزای پرکننده در مقاومت سیستم صرفنظر می‌شود. در این سیستم‌ها محدودیت‌های (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف) ضخامت دال روی اجزای پرکننده نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۴۰ میلی‌متر کمتر اختیار شود.

ب) در سیستم تیرچه‌های یک طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی عمود بر امتداد تیرچه‌ها و مطابق بند ۹-۱۸-۴ قرار داد. در سیستم تیرچه‌های دو طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی در دو امتداد عمود بر هم و مطابق بند ۹-۱۸-۴ پیش‌بینی کرد.

۹-۱۴-۶-۲-۴ در سیستم‌هایی که از قالب موقت استفاده می‌شود و یا اجزای پرکننده مشمول ضابطه بند ۹-۱۴-۶-۲-۳ نمی‌شوند، محدودیت‌های زیر باید رعایت شوند:

الف) ضخامت دال فوقانی نباید از یک‌دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۵۰ میلی متر کمتر اختیار شود.

ب) در دال فوقانی باید میلگردهایی عمود بر تیرچه‌ها که بر اساس ضوابط مربوط به خمش و با در نظر گرفتن بارهای متمرکز، درصورت موجود بودن، طراحی شده‌اند، پیش‌بینی کرد. مقدار این آرماتورها نباید کمتر از مقدار مندرج در بند ۹-۱۸-۴ اختیار شود.

۹-۱۴-۶-۲-۵ مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن در تیرچه‌ها را می‌توان به اندازه ده درصد بیشتر از مقدار گفته شده در فصل پانزدهم در نظر گرفت. مقاومت برشی تیرچه‌ها را می‌توان با استفاده از آرماتور برشی و یا زیاد کردن عرض تیرچه‌ها افزایش داد.

جدول۹-۱۷-۲ حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یکطرفه

عضو	با تکیه‌گاه‌های ساده	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا دال‌های یکطرفه پشت بنددار	$\frac{l}{۱۶}$	$\frac{l}{۱۸/۵}$	$\frac{l}{۲۱}$	$\frac{l}{۸}$
دال‌های یکطرفه توپر یا سقف‌های تیرچه و بلوک	$\frac{l}{۲۰}$	$\frac{l}{۲۴}$	$\frac{l}{۲۸}$	$\frac{l}{۱۰}$

تبصره- جدول فوق برای فولاد طولی نوع $S۴۰۰$ تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقادیر جدول باید در ضریب $(۰/۴+\frac{f_y}{۷۰۰})$ ضرب شوند.

TABLE 9.5(a) — MINIMUM THICKNESS OF NONPRESTRESSED BEAMS OR ONE-WAY SLABS UNLESS DEFLECTIONS ARE CALCULATED

	Minimum thickness, *h*			
	Simply supported	One end continuous	Both ends continuous	Cantilever
Member	Members not supporting or attached to partitions or other construction likely to be damaged by large deflections			
Solid one-way slabs	**ℓ/20**	**ℓ/24**	**ℓ/28**	**ℓ/10**
Beams or ribbed one-way slabs	**ℓ/16**	**ℓ/18.5**	**ℓ/21**	**ℓ/8**

Notes:
Values given shall be used directly for members with normalweight concrete and Grade 60 reinforcement. For other conditions, the values shall be modified as follows:
a) For lightweight concrete having equilibrium density, w_c, in the range of 90 to 115 lb/ft^3, the values shall be multiplied by $(1.65 - 0.005w_c)$ but not less than 1.09.
b) For f_y other than 60,000 psi, the values shall be multiplied by $(0.4 + f_y/100{,}000)$.

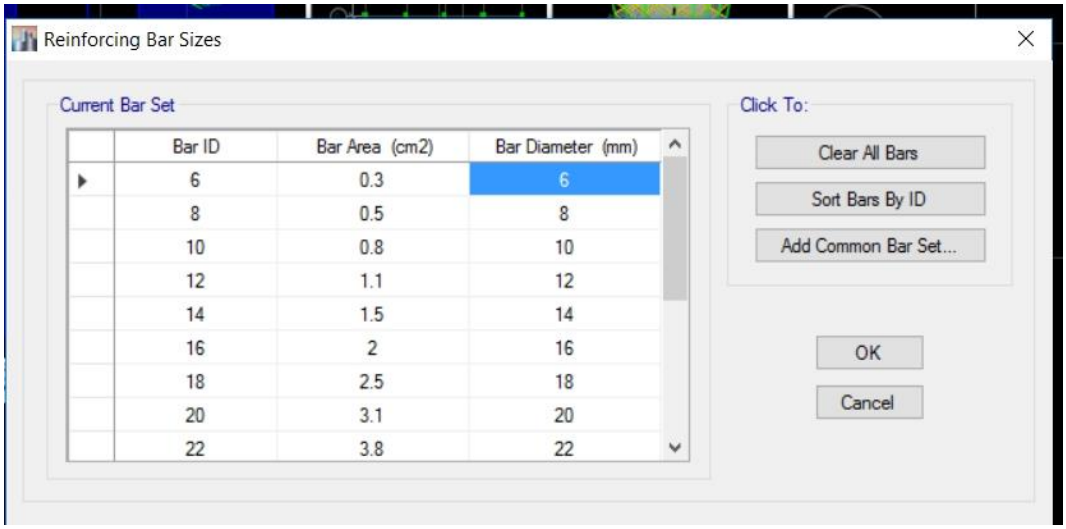
جدول۹-۱۷-۳ حداقل ضخامت دال‌های دوطرفه بدون تیر میانی

نوع فولاد	بدون کتیبه			با کتیبه		
	چشمه‌های بیرونی		چشمه های درونی	چشمه‌های بیرونی		چشمه‌های درونی
	بدون تیر لبه	با تیر لبه		بدون تیر لبه	با تیر لبه	
S۳۴۰	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۴۰}$	$\frac{l_n}{۴۰}$
S۴۰۰	$\frac{l_n}{۳۰}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$

تبصره۱- کتیبه‌ها یا سرستون‌های عنوان شده در این جدول باید مطابق تعریف بند ۹-۱۸-۳-۴ باشند.

تبصره۲- تیرهای لبه باید دارای نسبت سختی، α برابر با حداقل ۰/۸ باشند.

۲-۷- معرفی آرماتور



شکل ۲-۱۴: معرفی آرماتور در نرم افزار