مقدمه

ضمن آروزی موفقیت برای تمامی مهندسین گرامی، جزوه حاضر مراحل طراحی سازه های بتنی و فولادی را به صورت تصویری تشریح می کند. در رابطه با مطالب آن موارد زیر قابل ذکر است:

۱- جزوه بر اساس **ویرایش ۹۲ مبحث ششم، نهم و دهم** می باشد.

۲- تمامی محاسبات بر اساس **ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰** می باشد.

۳- نحوه تنظیمات آیین نامه ای هم برای ETABS9 و هم برای ETABS 2015 ارائه شده است. منتها تشریح کامل مفاهیم و مراجع آیین نامه ای در فصل مربوط به ETABS2015 ارائه شده است.

۴- از هر گونه نظر و یا انتقاد از مطالب داخل جزوه استقبال می کنم. نظرات خود را می توانید از طریق سایت www.hoseinzadeh.net و یا ایمیل hoseinzadeh.m@tabrizu.ac.ir و hoseinzadeh.m@gmail.com ارسال نمایید.

۵- به امید خدا جزوه با گذر زمان به روز خواهد شد. تاریخ آخرین ویرایش جزوه در بالای صفحات مشخص شده است.

۶- از اساتید و مهندسان عزیزدر خواست می کنم نظرات خود را در رابطه با مطالب جزوه، به ویژه مطالبی که مورد اختلاف مهندسین می باشد برایم ارسال نمایند تا در ویرایشهای بعدی اصلاح کنم و یا توضیحات تکمیلی اضافه کنم. بسیاری از مطالب جزوه حاصل همفکری با مهندسین گرامی از نقاط مختلف کشور می باشد که جا دارد از همگی تشکر نمایم.

ویرایش اول: ۱۳۹۳/۳/۱۱

مسعود حسین زاده اصل

تغییرات جدید ویرایش پاییز نسبت به ویرایش تابستان

- طراحی دستی اتصال گیردار با ورق روسری و زیرسری در سازه با قاب خمشی فولادی اضافه گردید
- اصلاح تصاویر بر اساس ETABS 2016
- طراحی دستی سقف تیرچه بلوک اضافه گردید
- نحوه تعیین ستونهایی که نیروی محوری ناشی از زلزله در انها کمتر از ۲۰ درصد ظرفیت است (جهت عدم اعمال ضابطه ۱۰۰-۳۰) اضافه گردید
- تکمیل بخش تعیین نامنظمی سازه
- تکمیل بخش درز انقطاع
- ویرایش فصل محاسبه ضریب نامعینی
- اصلاح نحوه محاسبه خیز در دالها
- اصلاح ایرادات نگارشی

فایلهای کمکی ETABS و EXCEL

فایلهای زیر در وبسایت شخصی، در قسمت جزوات شخصی قابل دانلود هستند:

۱- ETABS9-ACI99-0.3-RHO1.edb
۲- ETABS9-ACI99-0.3-RHO1.2.edb
۳- ETABS9-ACI99-0.35-RHO1.edb
۴- ETABS9-ACI99-0.35-RHO1.2.edb

۵- ETABS9-ACI2008-A0.3-RHO1.edb
۶- ETABS9-ACI2008-A0.3-RHO1.2.edb
۷- ETABS9-ACI2008-A0.35-RHO1.edb
۸- ETABS9-ACI2008-A0.35-RHO1.2.edb

۹- ETABS9-ASD-89-0.3-RHO1.edb
۱۰- ETABS9-ASD-89-0.3-RHO1.2.edb
۱۱- ETABS9-ASD-89-0.35-RHO1.edb
۱۲- ETABS9-ASD-89-0.35-RHO1.2.edb

۱۳- ETABS2015-STATIC-0.3-RHO1.edb
۱۴- ETABS2015- STATIC -0.3-RHO1.2.edb
۱۵- ETABS2015- STATIC -0.35-RHO1.edb
۱۶- ETABS2015- STATIC -0.35-RHO1.2.edb

۱۷- ETABS2015-DYN1-0.3-RHO1.edb
۱۸- ETABS2015- DYN1-0.3-RHO1.2.edb
۱۹- ETABS2015- DYN1-0.35-RHO1.edb
۲۰- ETABS2015- DYN1-0.35-RHO1.2.edb

۲۱- ETABS2015-DYN2-0.3-RHO1.edb
۲۲- ETABS2015- DYN2-0.3-RHO1.2.edb
۲۳- ETABS2015- DYN2-0.35-RHO1.edb
۲۴- ETABS2015- DYN2-0.35-RHO1.2.edb

۲۵- 2800R4.xls

فایلهای فوق در یک فایل فشرده شده از آدرس زیر قابل دانلود هستند:

www.hoseinzadeh.net/hoseinzadeh.htm

- فایلهای ۱ تا ۸ تنها برای سازه های بتنی تنظیم شده اند (در ETABS9.7.4)

- فایلهای ۹ تا ۱۲ تنها برای سازه های فولادی بر اساس روش تنش مجاز تنظیم شده اند (در ETABS9.7.4).

- در فایلهای ۱۳ تا ۲۴ تنظیمات لازم برای سازه های بتنی (بر اساس ACI-318-2014) و نیزسازه های فولادی (بر اساس AISC-360-201) انجام شده و ترکیبات بار هر دو تعریف شده است. هر دو ترکیب بار شامل تحلیل استاتیکی و دینامیکی منظور شده است.

- در فایلهای ۱۳ تا ۲۴ همچنین ترکیب بارهای کنترل تنش خاک نیز بر اساس مبحث ششم ویرایش ۹۲ قرار داده شده است تا پس از اتمام مدل و export کردن آن به SAFE نیازی به تعریف دستی ترکیبات بار کنترل تنش خاک نباشد.
- فایل EXCELL شامل ۳ بخش است:
  ۱- محاسبه نیروی زلزله بر اساس ویرایش ۴ استاندارد ۲۸۰۰
  ۲- محاسبه تابع طیف بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ (جهت انجام آنالیز دینامیکی)
  ۳- محاسبه زلزله بر اساس ویرایش ۳ استاندارد ۲۸۰۰

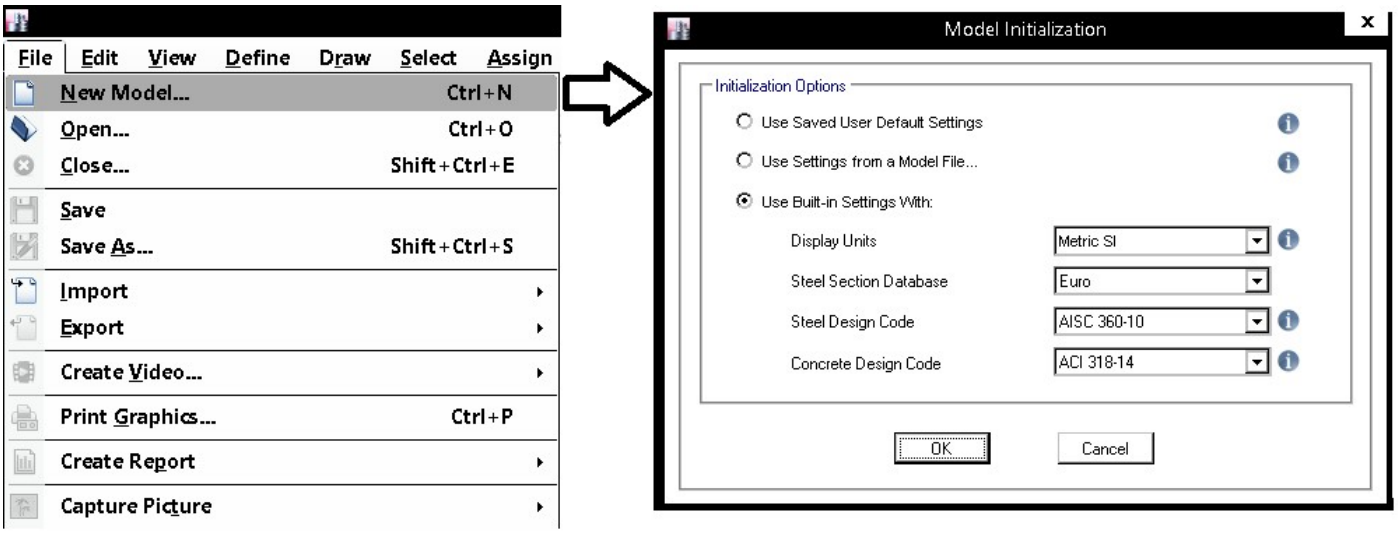
۳-۱ تعاریف اولیه

۳-۱-۱ ایجاد مدل جدید

گزینه اول: یک فایل کامل (شامل تعاریف اولیه) را با نام default.edb در پوشه زیر کپی کنید:
C:\Program Files\Computers and Structures\ETABS 2015\default.edb
در این صورت با انتخاب گزینه اول، مدل جدید دارای همان تعاریف و پیش فرضهای فایل default.edb خواهد بود.

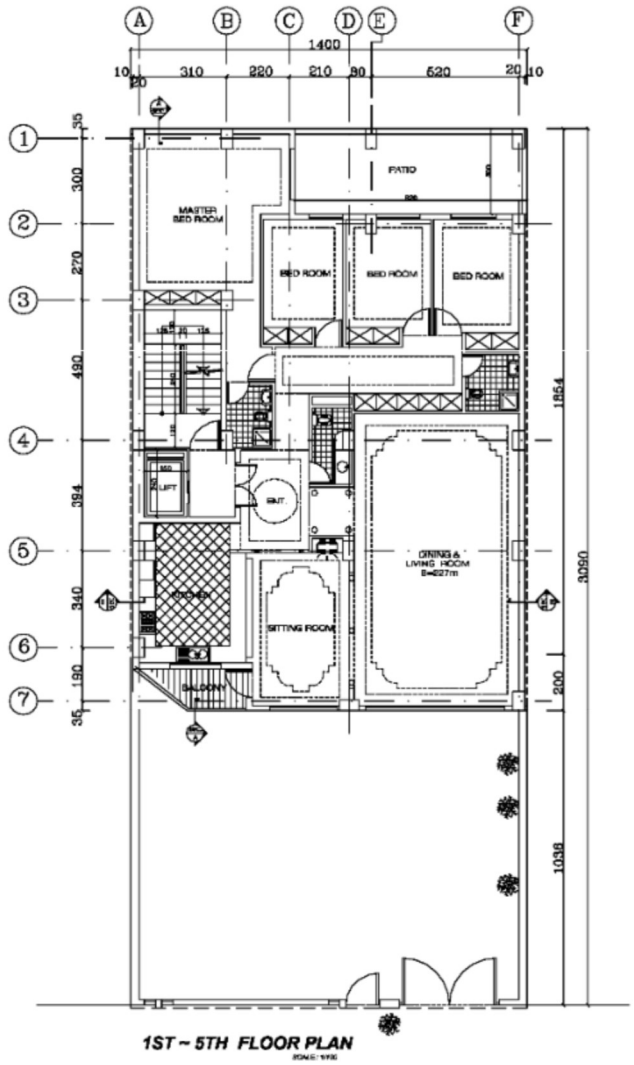
گزینه دوم: فایل پیش فرض اولیه توسط کاربر انتخاب می شود.
گزینه سوم: هیچ تنظیم و یا تعریف اولیه ای نخواهد بود و کاربر تمامی تعاریف را از ابتدا تنظیم می کند.

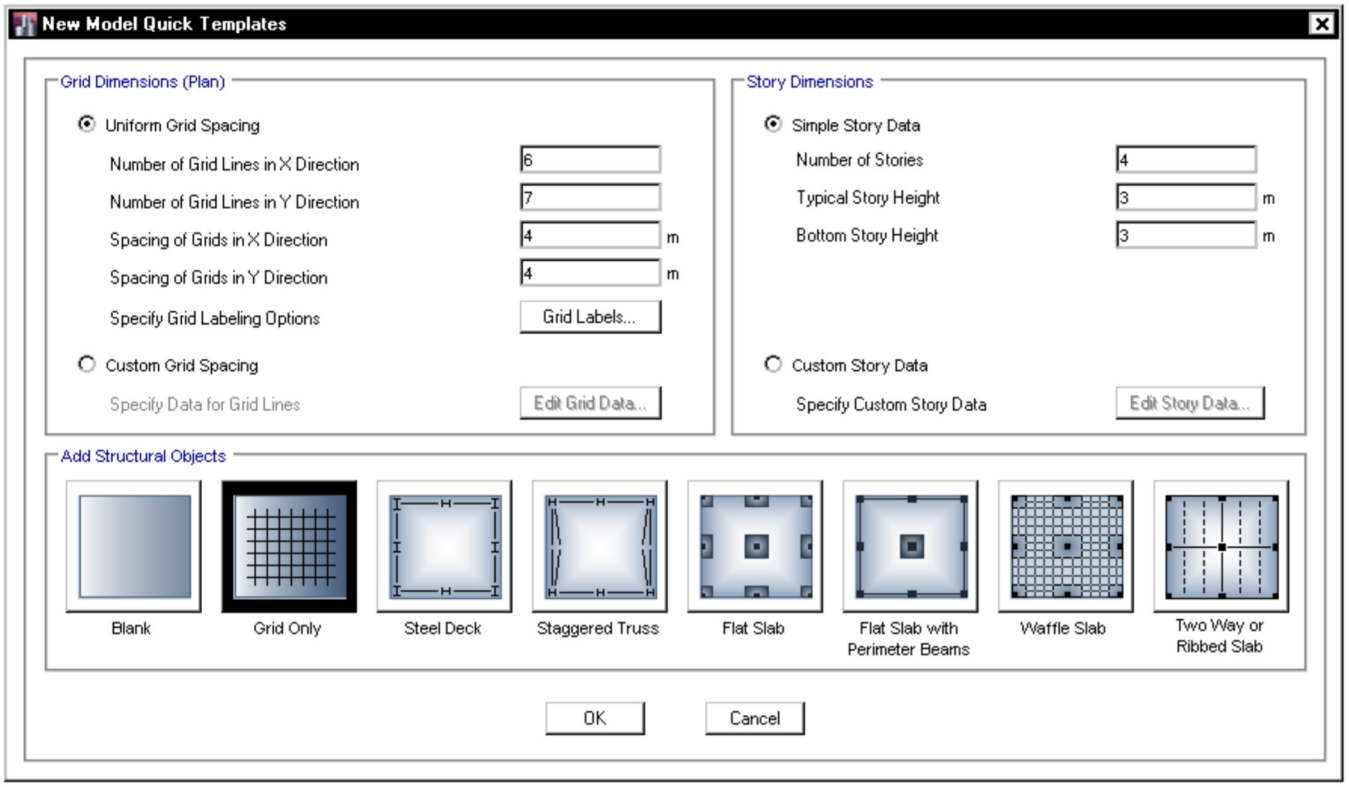
- در قسمت Steel Section Datatbase جدول اشتایل انتخاب می شود که مقاطع فولاد ایرانی همگی برگرفته از Euro می باشند
- آیین نامه فولاد ایران (مبحث ۱۰) برگرفته از آیین نامه فولاد آمریکا سال ۲۰۱۰ می باشد و باید AISC 360-10 انتخاب شود
- گرچه آیین نامه بتن ایران (مبحث نهم) مشابهتی با آیین نامه بتن آمریکا (ACI) ندارد، منتها بنا به عرف رایج بین مهندسین ایرانی، برای طراحی بتن از ACI استفاده می شود.

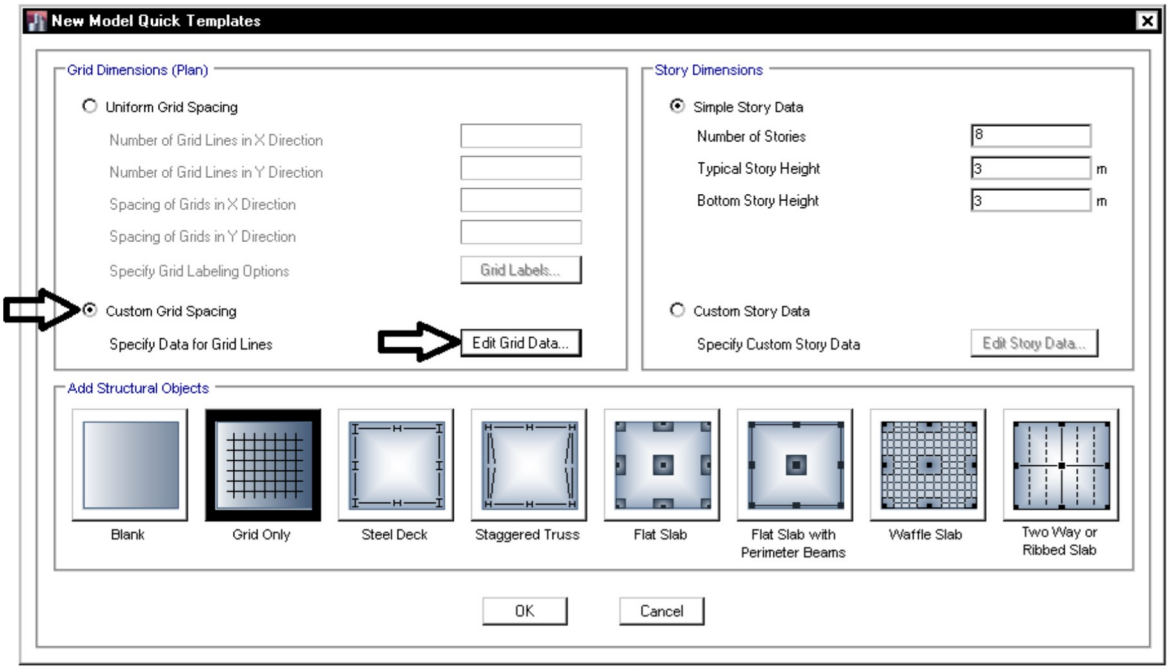


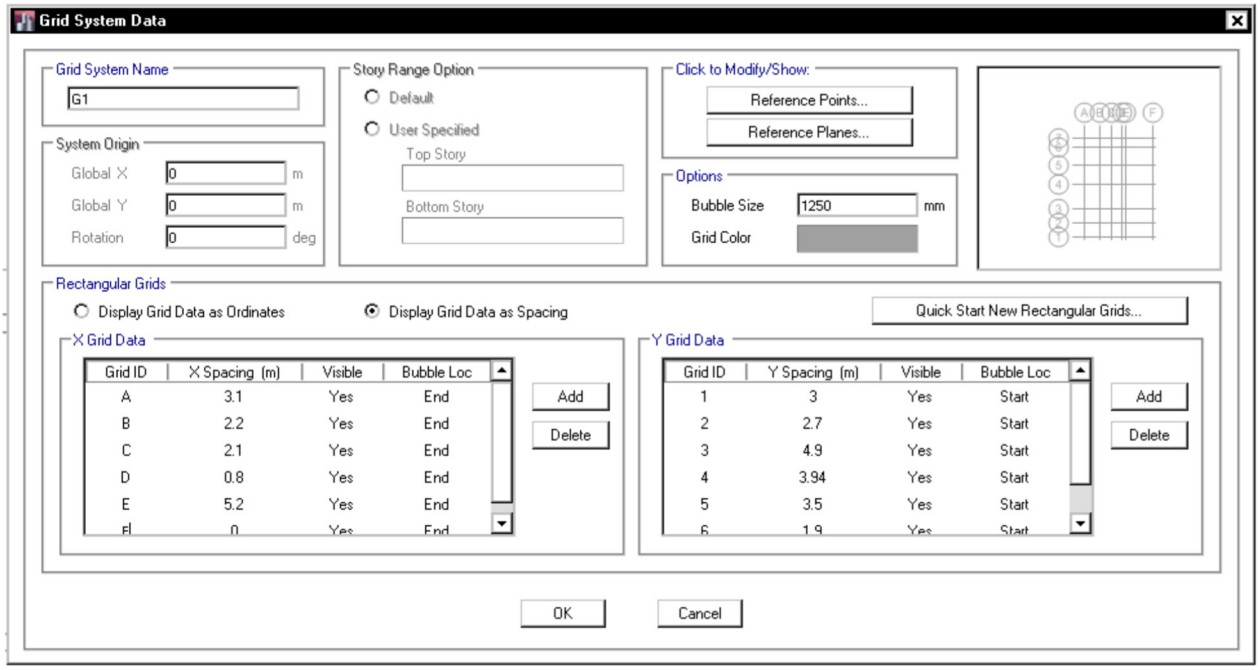
خطوط راهنما (Grid Lines):

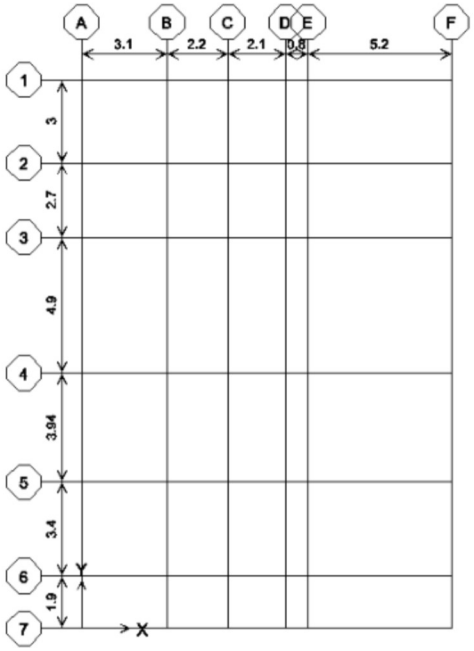
این خطوط در حکم همان آکس ها در نقشه ها می باشند که عموما برای نشان دادن محل قرار گیری ستونها استفاده می شود.

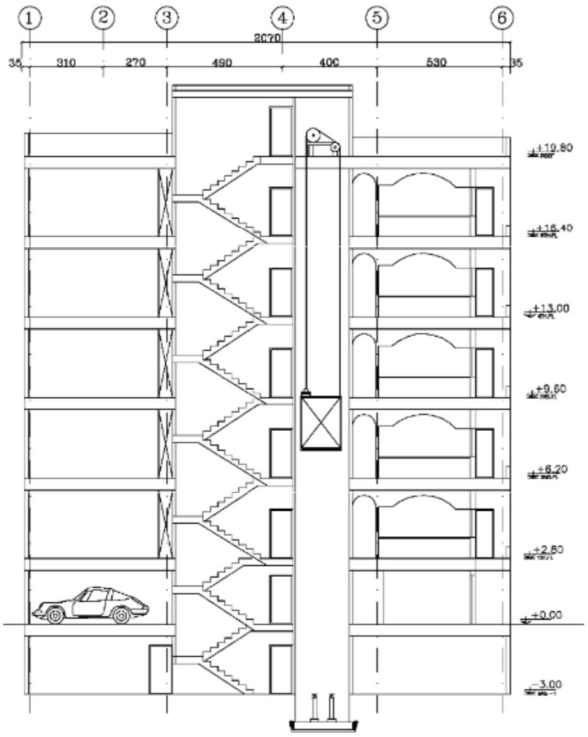


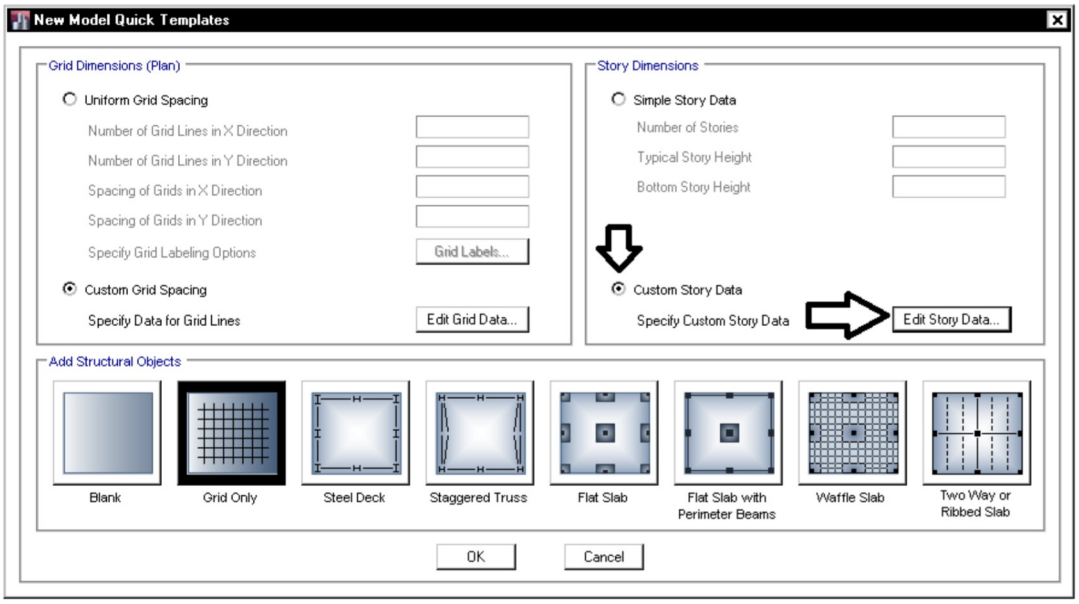


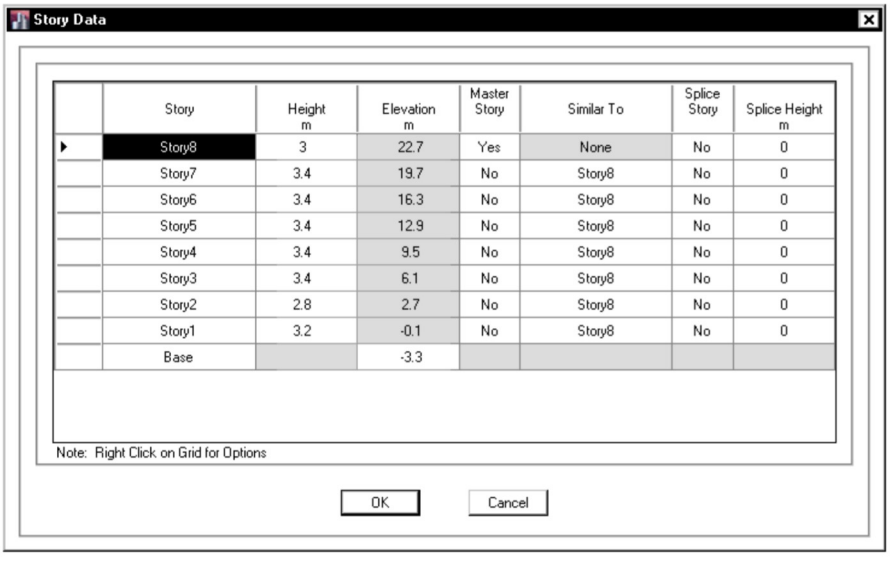

New Model Quick Templates
Grid Dimensions (Plan)
Uniform Grid Spacing
Number of Grid Lines in X Direction
Number of Grid Lines in Y Direction
Spacing of Grids in X Direction
Spacing of Grids in Y Direction
Specify Grid Labeling Options
Grid Labels...
Custom Grid Spacing
Specify Data for Grid Lines
Edit Grid Data...
Story Dimensions
Simple Story Data
Number of Stories
8
Typical Story Height
3
m
Bottom Story Height
3
m
Custom Story Data
Specify Custom Story Data
Edit Story Data...
Add Structural Objects
Blank
Grid Only
Steel Deck
Staggered Truss
Flat Slab
Flat Slab with Perimeter Beams
Waffle Slab
Two Way or Ribbed Slab
OK
Cancel

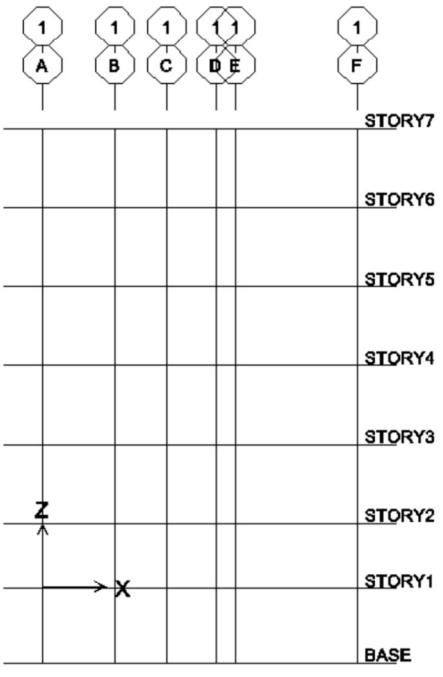

Grid System Data
Grid System Name
G1
System Origin
Global X
0
m
Global Y
0
m
Rotation
0
deg
Story Range Option
Default
User Specified
Top Story
Bottom Story
Click to Modify/Show:
Reference Points...
Reference Planes...
Options
Bubble Size
1250
mm
Grid Color
Rectangular Grids
Display Grid Data as Ordinates
Display Grid Data as Spacing
Quick Start New Rectangular Grids...
X Grid Data
Grid ID | X Spacing (m) | Visible | Bubble Loc
A 3.1 Yes End
B 2.2 Yes End
C 2.1 Yes End
D 0.8 Yes End
E 5.2 Yes End
Add
Delete
Y Grid Data
Grid ID | Y Spacing (m) | Visible | Bubble Loc
1 3 Yes Start
2 2.7 Yes Start
3 4.9 Yes Start
4 3.94 Yes Start
5 3.5 Yes Start
Add
Delete
OK
Cancel


A
B
C
D
E
F
3.1
2.2
2.1
0.8
5.2
1
2
3
4
5
6
7
3
2.7
4.9
3.94
3.4
1.9
Y
X


1
2
3
4
5
6
2070
35
310
270
490
400
530
35
+19.80
+16.40
+13.00
+9.60
+6.20
+2.80
±0.00
-3.00


New Model Quick Templates
Grid Dimensions (Plan)
Uniform Grid Spacing
Number of Grid Lines in X Direction
Number of Grid Lines in Y Direction
Spacing of Grids in X Direction
Spacing of Grids in Y Direction
Specify Grid Labeling Options
Grid Labels...
Custom Grid Spacing
Specify Data for Grid Lines
Edit Grid Data...
Story Dimensions
Simple Story Data
Number of Stories
Typical Story Height
Bottom Story Height
Custom Story Data
Specify Custom Story Data
Edit Story Data...
Add Structural Objects
Blank
Grid Only
Steel Deck
Staggered Truss
Flat Slab
Flat Slab with Perimeter Beams
Waffle Slab
Two Way or Ribbed Slab
OK
Cancel


Story Data
Story
Height m
Elevation m
Master Story
Similar To
Splice Story
Splice Height m
Story8 3 22.7 Yes None No 0
Story7 3.4 19.7 No Story8 No 0
Story6 3.4 16.3 No Story8 No 0
Story5 3.4 12.9 No Story8 No 0
Story4 3.4 9.5 No Story8 No 0
Story3 3.4 6.1 No Story8 No 0
Story2 2.8 2.7 No Story8 No 0
Story1 3.2 -0.1 No Story8 No 0
Base -3.3
Note: Right Click on Grid for Options
OK
Cancel

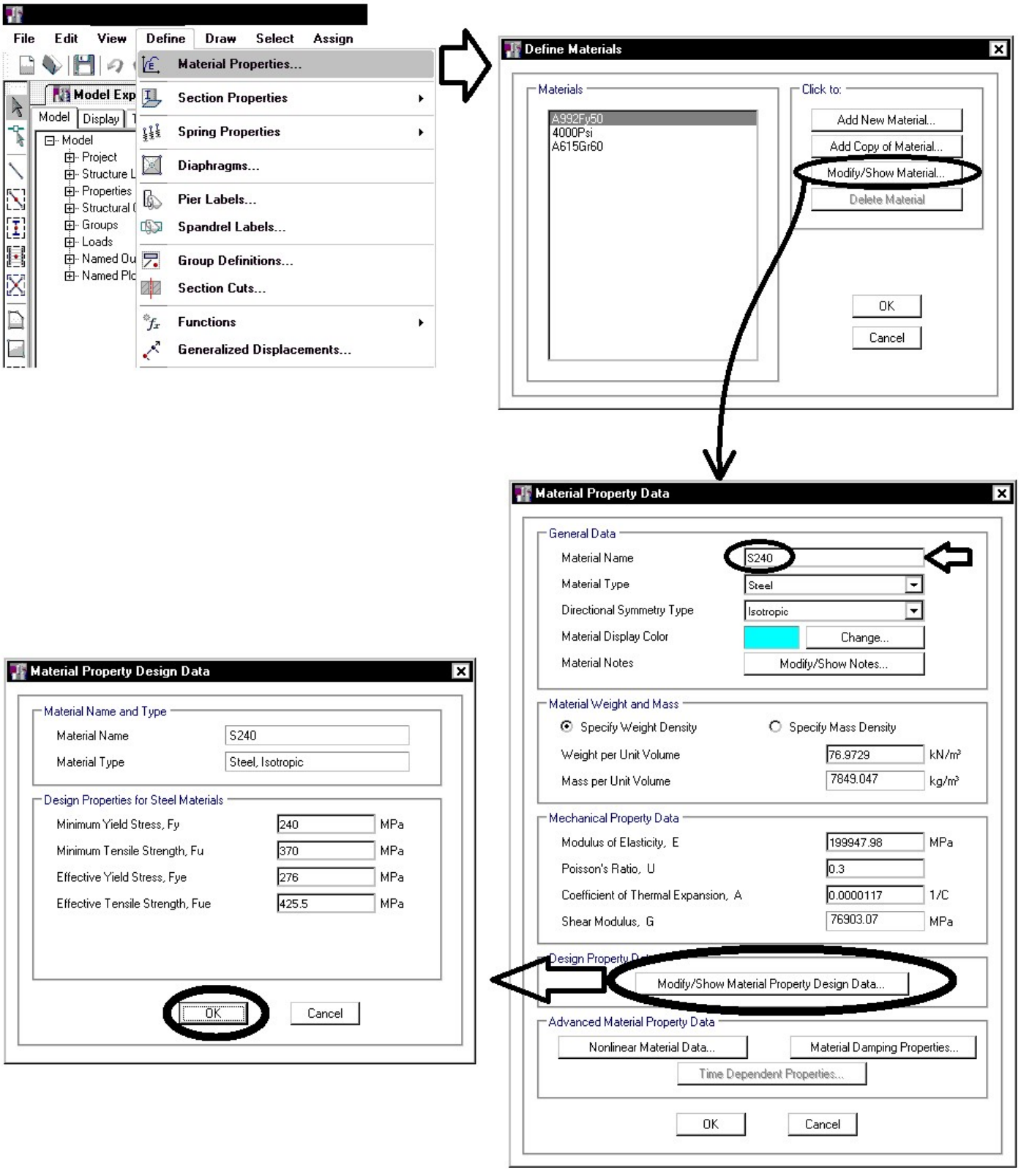

1 A
1 B
1 C
1 D
1 E
1 F
STORY7
STORY6
STORY5
STORY4
STORY3
STORY2
STORY1
BASE
Z
X

۳-۱-۲ تعریف مشخصات مصالح

در شکل زیر A992Fy50 فولاد رایج در آمریکا می باشد و 4000Psi بتن با مقاومت 28MPa می باشد. A615Gr60 نیز میلگرد طولی سازه های بتنی می باشد. A416Gr270 کابل پیش تنیده می باشد. به جای تعریف مواد جدید بهتر است material موجود در لیست را ویرایش کنیم.

۳-۱-۲-۱ تنظیم مشخصات فولاد

فولاد ساختمانی رایج در ایران S240 می باشد که مشخصات آن باید به صورت زیر وارد شود



تنش تسلیم مورد انتظار یا موثر (Effective Yield Stress)

۱۰-۳-۲-۳ ضریب R_y تولیدات فولاد

طبق تعریف، ضریب R_y عبارت است از نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین‌شده، که به منظور در نظرگرفتن افزایش مقاومت مورد نیاز باید در محاسبات مدنظر قرار گیرد. کاربرد ضریب R_y در محاسبات لرزه‌ای سازه‌های با شکل‌پذیری مختلف در بخش‌های مربوطه ارائه شده است. مقدار ضریب R_y از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود.

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y} \qquad (۱-۲-۳-۱۰)$$

که در آن:

F_y = تنش تسلیم تعیین شدهٔ فولاد

F_{ye} = تنش تسلیم مورد انتظار فولاد

ضریب R_y اساساً برای انواع تولیدات فولاد متفاوت بوده و به عوامل متعددی نظیر شکل مقاطع، افزودنی‌های به کار رفته در طی روند تولید فولاد در کارخانجات بستگی دارد. مطابق مقررات این مبحث ضریب R_y باید به شرح جدول ۱۰-۳-۲-۱ در نظر گرفته شود.

جدول ۱۰-۳-۲-۱ مقادیر R_y برای انواع تولیدات فولاد

نوع محصول	R_y
مقاطع لوله‌ای و قوطی‌شکل نوردشده	۱/۲۵
سایر مقاطع نوردشده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری	۱/۲۰
مقاطع ساخته‌شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها	۱/۱۵

- برای تیرورقها و ستونها و بادبندهای ساخته شده از ورق:

$$F_{ye} = 1.15 \times F_y = 1.25 \times 240 = 276\ MPa$$

- برای مقاطع نورد شده مانند ستونهای متشکل از جفت IPE، بادبندهای ساخته شده از نبشی و یا ناودانی:

$$F_{ye} = 1.25 \times F_y = 1.2 \times 240 = 288\ MPa$$

F_{ye} در چه مواردی استفاده میشود؟

بیشتر در طراحی اتصالات فولادی استفاده میشود. برای مثال ایتبس قادر است نیروی طراحی اتصال مهاربند ها را بر اساس ضوابط آیین نامه محاسبه و اعلام کند. هنگام محاسبه نیروی طراحی مهاربند از F_{ye} که در تعریف مصالح تعیین می شود استفاده می کند. برای مثال بند زیر را داریم:

۱۰-۳-۱۰-۳ اتصالات مهاربندی‌ها

مقاومت مورد نیاز اتصالات مهاربندی‌ها در قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ همگرای معمولی نباید از یکی از دو مقدار (الف) و (ب) این بند کمتر در نظر گرفته شود.

الف) مقاومت کششی مورد انتظار اعضای مهاربندی برابر $R_y F_y A_g$ که در آن R_y نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم فولاد مهاربند، F_y تنش تسلیم فولاد مهاربند و A_g سطح مقطع کلی عضو مهاربندی است.

ب) بیشترین نیروی محوری حاصل از ترکیبات بار زلزلهٔ تشدیدیافته در مهاربندی‌ها.

سوال: در سازه های فولادی معمولا در یک پروژه هم مقاطع نورد شده استفاده می شود و هم مقاطع ساخته شده از ورق. در این صورت F_{ye} را بر چه اساسی وارد کنیم (بر اساس Ry=1.15 و یا Ry=1.2)؟

پاسخ:

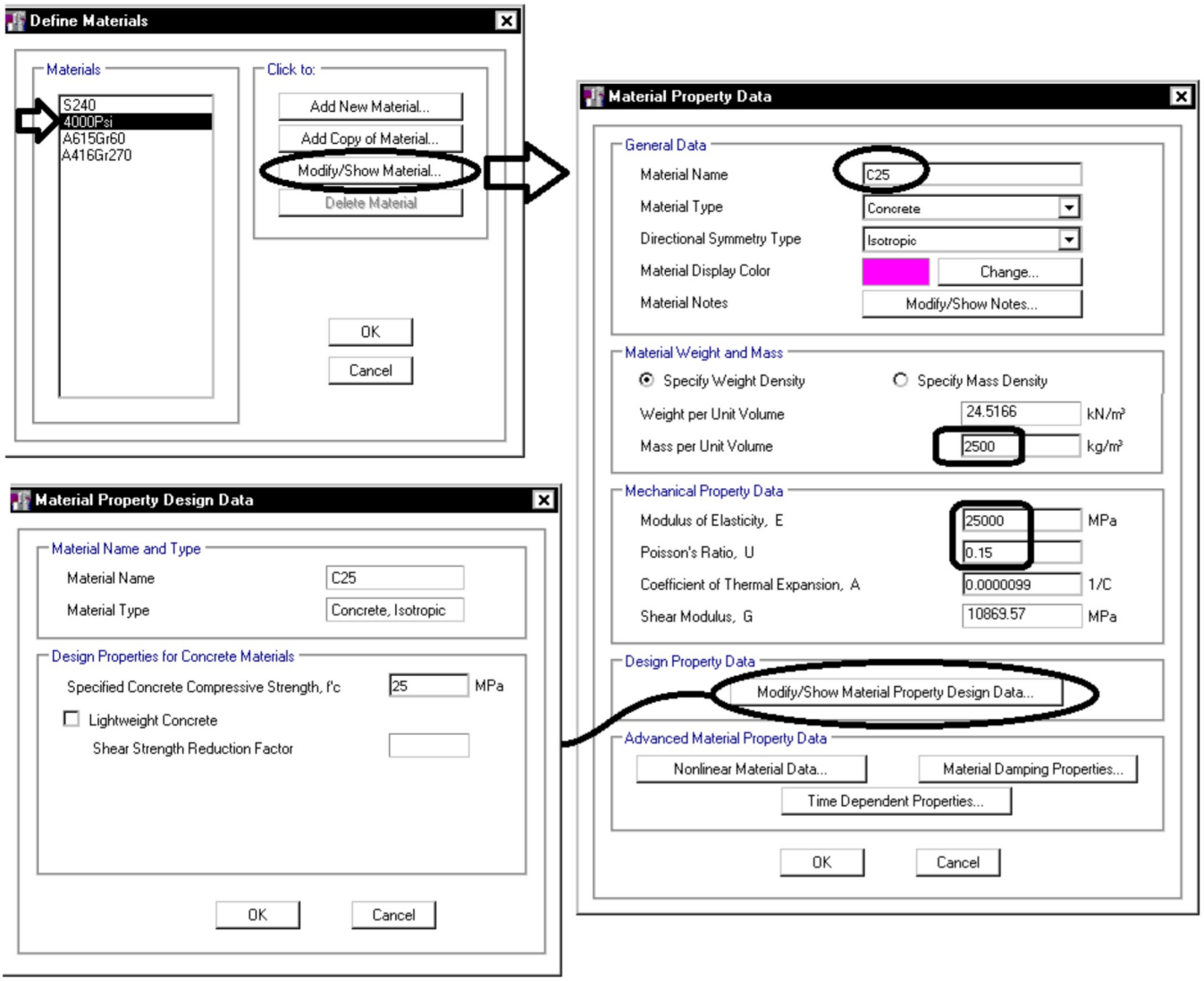
راه کار اول:

می توان دو material مختلف با مشخصات متفاوت تعریف نمود

راه کار دوم:

همه مقاطع از یک نوع material (مثلا با Ry=1.15) تعریف شوند ولی در عوض از طریق overwrite تمامی مقاطع نورد شده را انتخاب کرده و Ry انها را به 1.2 تغییر داد.

۳-۱-۲-۲ تنظیم مشخصات بتن



وزن واحد حجم بتن بدون میلگرد $2400\frac{kg}{m^3}$ می باشد. ولی وزن بتن آرمه (همراه با میلگرد) برابر $2500\frac{kg}{m^3}$ منظور می شود

مدول الاستیسیته بتن:

سه رابطه متفاوت برای محاسبه مدول الاستیسیته بتن داریم:

۱- رابطه تقریب ACI318-2014: $E_c = 4700\sqrt{f_c'}\ MPa$

۲- رابطه دقیق ACI318-2014: $E_c = W_c^{1.5} \times 0.043\sqrt{f_c'} \xrightarrow{W_c=2400\frac{kg}{m^3}\ \text{بافرض}} 5056\sqrt{f_c'}\ MPa$

۳- رابطه مبحث نهم: $E = \left(3300\sqrt{f_c'} + 6900\right)\left(\frac{\gamma_c}{23}\right)^{1.5} \xrightarrow{\gamma_c=24\ \frac{kN}{m^3}\ \text{بافرض}} = 3517\sqrt{f_c'} + 7355\ MPa$

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 مشخصات مصالح

۹-۱۳-۷-۱ مقدار ضریب ارتجاعی بتن با جرم مخصوص (γ_c) بین ۱۵ تا ۲۵ kN/m^3 از رابطه (۹-۱۳-۱) تعیین می‌گردد:

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

مثال: برای $f_c' = 25MPa$ و وزن مخصوص $W_c = 2400\frac{kg}{m^3}$ مقادیر مدول الاستیسیته بتن با سه رابطه بحث شده به صورت زیر بدست می آید:

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} = 23500MPa$$

$$E_c = W_c^{1.5} \times 0.043\sqrt{f_c'} = 25279\ MPa$$

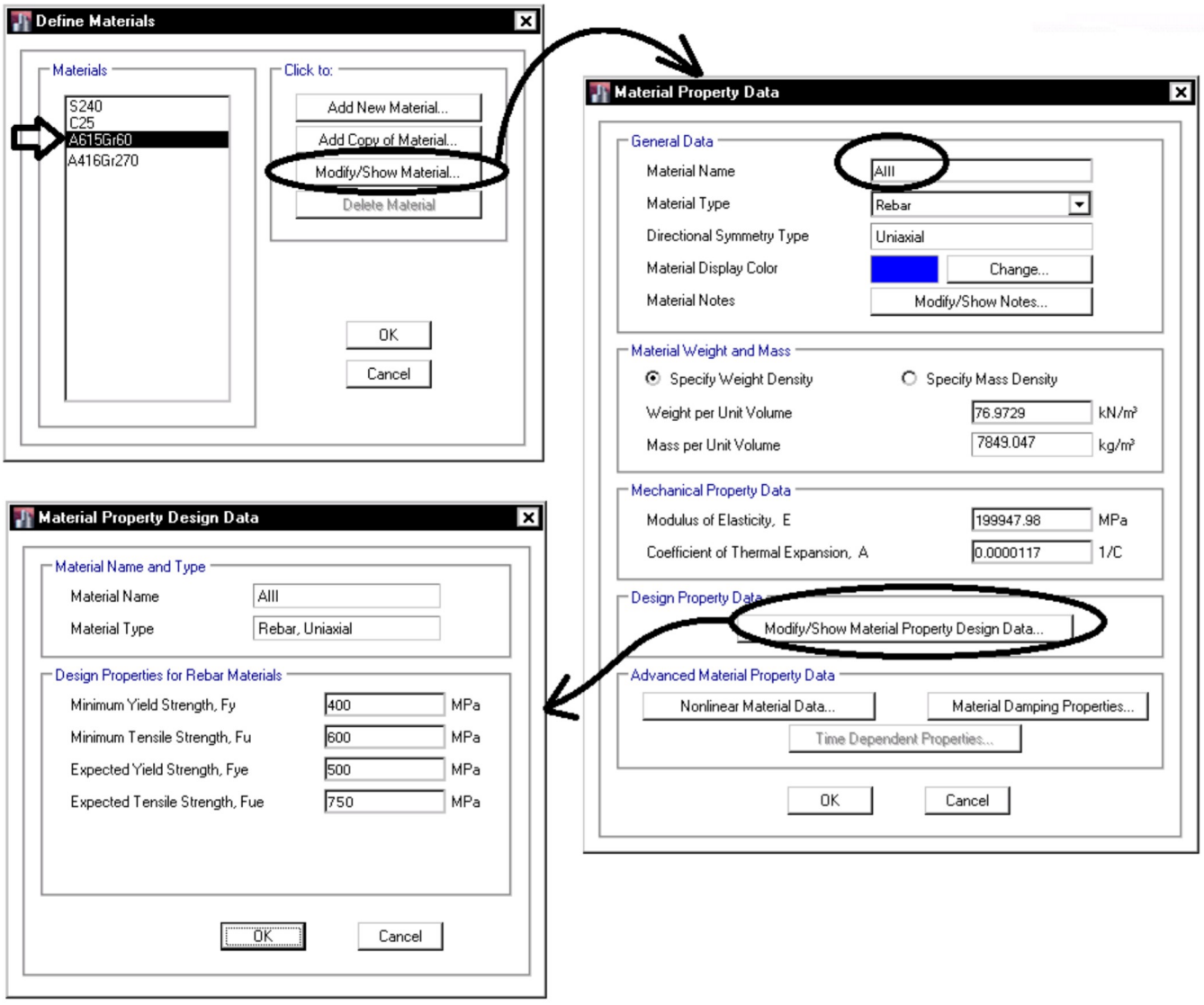
$$E = \left(3300\sqrt{f_c'} + 6900\right)\left(\frac{\gamma_c}{23}\right)^{1.5} = 24942 \approx 25000\ MPa$$

اهمیت مدول الاستیسیته و تاثیر آن بر دوره تناوب،نیروی زلزله و دریفت سازه:

- با افزایش مدول الاستیسیته سختی سازه افزایش یافته و دوره تناوب سازه کاهش می یابد
- همچنین به علت افزایش سختی سازه، دریفت (جابجایی جانبی سازه) کاهش می یابد.

۳-۱-۲-۳ تعریف مشخصات میلگردها

دو نوع میلگرد رایج در ایران میلگردهای AII و AIII هستند. از میلگرد AIII (Fy=400MPa, Fu=600MPa) معمولا برای میلگرد طولی اعضا استفاده میشود. از میلگرد AII (Fy=300MPa, Fu=500MPa) معمولا برای میلگرد عرضی اعضا استفاده میشود



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

۹-۲۳-۱-۲-۹ لنگر خمشی مقاوم محتمل

لنگر خمشی مقاوم محتمل مساوی است با لنگر خمشی مقاوم با فرض $f_s = ۱/۲۵ f_y$، و $\phi_c = \phi_s = ۱$ (f_s، مقاومت میلگردهای فولادی می‌باشد).

۹-۲۳-۴-۴ اتصالات تیر به ستون در قاب‌ها

۹-۲۳-۴-۴-۱ ضوابط کلی طراحی

۹-۲۳-۴-۴-۱-۱ طراحی اتصالات تیرها به ستون‌ها در قاب‌ها برای برش باید براساس رابطه (۹-۱۵-۱) صورت گیرد. مقادیر V_u و V_r در این رابطه باید طبق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۴-۱-۲ و ۹-۲۳-۴-۴-۱-۳ تعیین شوند.

۹-۲۳-۴-۴-۱-۲ نیروی برشی نهایی موثر به اتصال، V_u، باید بر اساس تنش کششی برابر $۱/۴۷ f_{yd}$ 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.

=1.47*0.85 Fy=1.25*Fy

- با توجه به متن آیین نامه در میلگردها داریم: $F_{ye} = 1.25F_y$