

# www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

ارائه كتابها و جزوات رايجان مهندسي عمران

بهترين و برترين مقالات روز عمران

انجمن هاي تفصلي مهندسي عمران

خوشگاه تفصلي مهندسي عمران



# طراحی یک نمونه شالوده بتنی در نرم افزار SAFE2000

«پی گسترده»

سیدالیا س هاشمیان

[S.Elyas\\_hashemian@yahoo.com](mailto:S.Elyas_hashemian@yahoo.com)

## نیمسال دوم (۹۴-۹۳)

### فهرست

۲	..... مقدمه	•
۳	..... تعریف پروژه	•
۳	..... بارگذاری ستون ها	✓
۴	..... پلان پی مورد بررسی	✓
۵	..... بارگذاری	•
۵	..... تعیین ضخامت پی	•
۷	..... بارگذاری سرویس	•
۷	..... تعیین خروج از محوریت	✓
۸	..... تعیین لنگر های برآیند	✓
۸	..... محاسبه تنش های گوشه های پی	•
۱۰	..... رسم دیاگرام نیروی برشی و لنگر خمشی	•
۱۲	..... محاسبه میلگرد های پی	•
۱۳	..... تحلیل نرم افزاری با نرم افزار SAFE 2000	•

## ● مقدمه

نرم افزار SAFE برای طراحی کف بتنی post-tension و سیستم های بنیادی بکار برده می شود. در نسخه جدید SAFE عناصر چند بعدی طبق مدلسازی و ابزارهای ترسیم تصاویر معرفی شده اند. این مجموعه با بهره گیری از استانداردهای موجود در حوزه عملیاتی بودن طرح و خلاقیت آن امکانات تازه ای برای کاربران فراهم می کند. این برنامه حوزه های مختلف فرایند طراحی مهندسی، از طرح کلی قالب بندی گرفته تا معرفی جزئیات کامل ترسیم در محیطی ساده و قابل درک به تصویر می کشد. اگر چه این نسخه از سری نرم افزارهای SAFE با نام دیگری معرفی نشده، اما ویژگیهای جدید آن در سطحی گسترده افزایش و در موارد بسیاری ارتقاء یافته است. این نسخه آمیزه ایی از یک برنامه مهندسی پر قدرت، بسیار کارآمد با کاربری آسان را برای کاربران ارائه می دهد. نرم افزار SAFE قابلیت ها و امکانات قابل فهم در حوزه سازه بتنی محکم ارائه می دهد و علاوه بر آن از ویژگیهای تنش ستون بهره مند است.

### قابلیت های کلیدی نرم افزار:

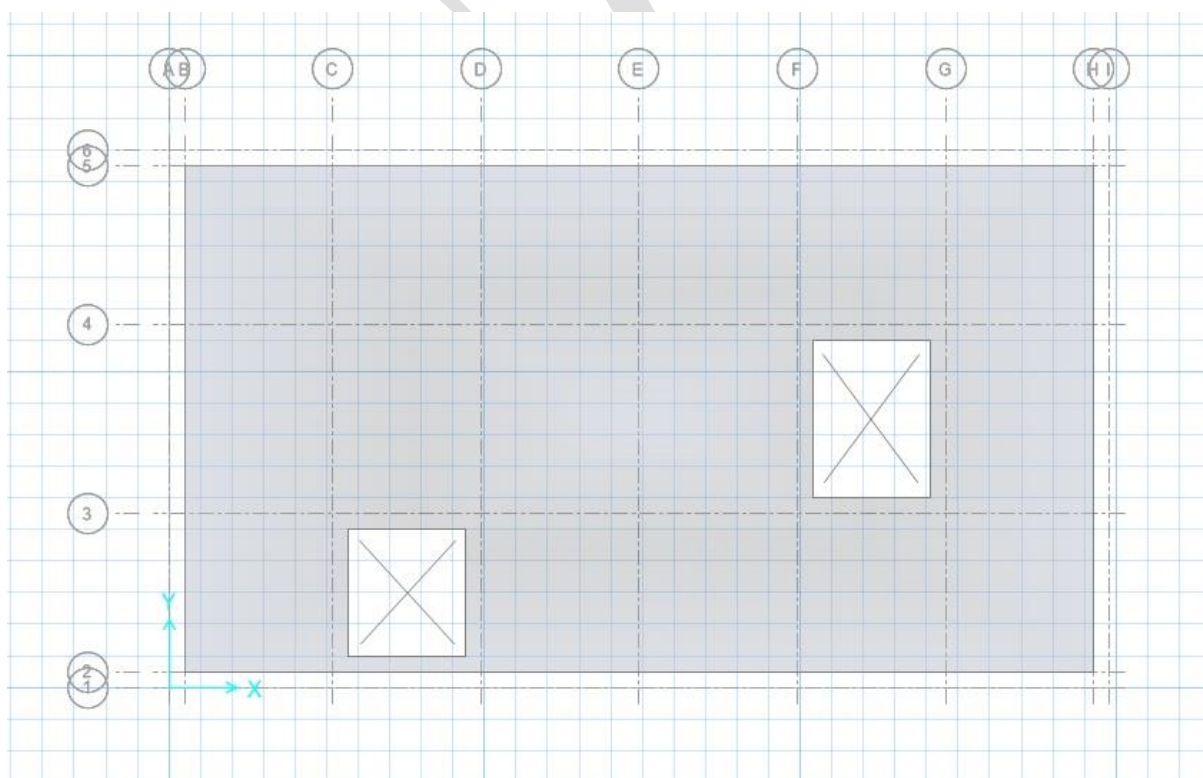
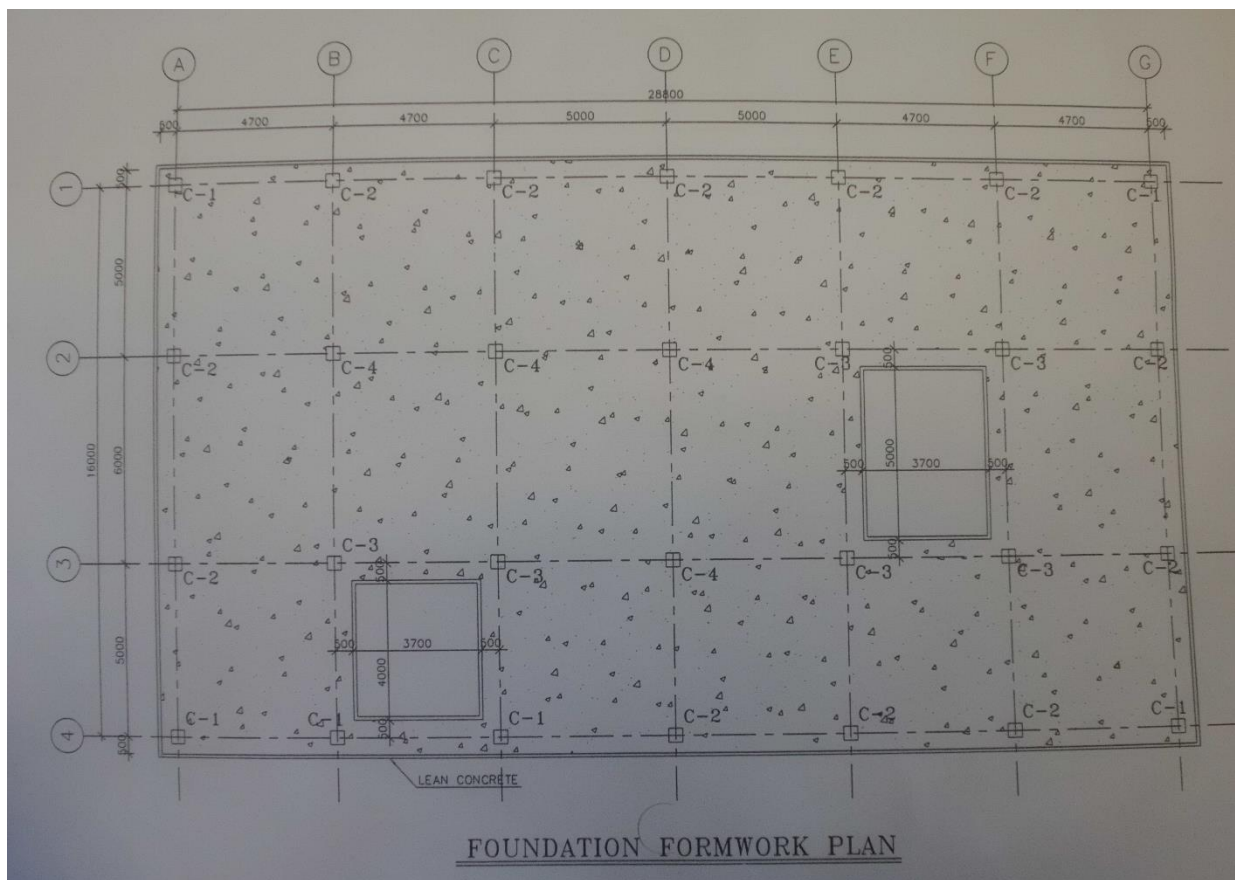
- ✓ تحلیل استاتیکی و دینامیکی
- ✓ تحلیل خطی و غیر خطی شامل تحلیل لرزه ای
- ✓ تحلیل بار متحرک کامیون و برای پلها
- ✓ تحلیل  $P-\Delta$
- ✓ المانهای سازه ای SHELL و FRAME شامل تیر ستون، خرپا و رفتار غشایی و پوسته ای
- ✓ المانهای غیر خطی فنر و اتصال (LINK and SPRING)
- ✓ سیستمهای مختصات چند گانه

• تعريف پروژه

✓ بارگذاري ستون ها

ستون C1								
P(KN)			M <sub>x</sub> (KN. m)			M <sub>y</sub> (KN. m)		
Dead	Live	Ex, y	Dead	Live	EX	Dead	Live	Ey
200	100	66.67	40	33.34	40	40	40	33.34
ستون C2								
P(KN)			M <sub>x</sub> (KN. m)			M <sub>y</sub> (KN. m)		
Dead	Live	Ex, y	Dead	Live	EX	Dead	Live	Ey
400	200	133.34	80	66.68	80	80	80	66.68
ستون C3								
P(KN)			M <sub>x</sub> (KN. m)			M <sub>y</sub> (KN. m)		
Dead	Live	Ex, y	Dead	Live	EX	Dead	Live	Ey
500	250	166.675	100	83.35	100	100	100	83.35
ستون C4								
P(KN)			M <sub>x</sub> (KN. m)			M <sub>y</sub> (KN. m)		
Dead	Live	Ex, y	Dead	Live	EX	Dead	Live	Ey
600	300	200	120	100	100	120	120	100

✓ پلان پی مورد بررسی



## • بارگذاري

ابتدا با استفاده از ترکيبات بارگذاري ارائه شد بار نهايي هر ستون را محاسبه مي نماييم.

$P_u (KN)$	$(A_b)D+1.2L+1.2E$	$1.4D+1.7L+0.5E (ACI)$
ستون ۱	$200 + 1.2 \times 100 + 1.2 \times 66.67 = 400$	$1.4 \times 200 + 1.7 \times 100 + 0.5 \times 66.67 = 483.4$
ستون ۲	$400 + 1.2 \times 200 + 1.2 \times 133.34 = 800$	$1.4 \times 400 + 1.7 \times 200 + 0.5 \times 133.34 = 966.67$
ستون ۳	$500 + 1.2 \times 250 + 1.2 \times 166.675 = 1000$	$1.4 \times 500 + 1.7 \times 250 + 0.5 \times 166.675 = 1208.33$
ستون ۴	$600 + 1.2 \times 300 + 1.2 \times 200 = 1200$	$1.4 \times 600 + 1.7 \times 300 + 0.5 \times 200 = 1450$

نتيجتا با بهره گيري از ترکيب بار بحراني به تحليل و طراحي پي ادامه مي دهيم.

## • تعيين ضخامت پي

براي محاسبه ضخامت پي بايد از روش کنترل برش تيري (يك طرفه) و يا برش پانچ (دو طرفه) استفاده نماييم، در روش برش يك طرفه، برش بحراني در مقطع بحراني  $d$  از پاي ستون رخ مي دهد و در برش دو طرفه اين مقطع در مقطع بحراني نصف  $d$  از طرفين ستون ميانى اتفاق مي افتد.

در اينجا جهت اطمینان بیشتر همان  $P_u$  را به عنوان برش بحراني هر دو روش استفاده ميکنيم.

	$P_u = [4 \times (b + d) \times d] \times 0.2 \times \varphi_c \times \sqrt{f_c}$	
	$P_u \leq \left( [2 \times 0.2 \times \varphi_c \times \sqrt{f_c}] \times 4 \times (b + d) \times d \right) + q_{su} \times (b + d)^2$	
	$U.R = \frac{\sum P_u}{\sum P_s} = 1.318$	$q_{su} = U.R \times q_a = 1.318 \times 200 = 263.6 \frac{KN}{m^2}$
ستون ۱	$483.4 = [4 \times (400 + d) \times d] \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21}$ $d = 309.62 \text{ mm}$	
	$483.4 \leq \left( [2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21}] \times 4 \times (400 + 309.62) \times 309.62 \right) \times 10^{-3} + 263.6 \times (0.4 + 0.30962)^2 = 1095$	
ستون ۲	$966.67 = [4 \times (450 + d) \times d] \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21}$ $d = 475 \text{ mm}$	
	$966.67 \leq \left( [2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21}] \times 4 \times (450 + 475) \times 475 \right) \times 10^{-3} + 263.6 \times (0.45 + 0.475)^2 = 2158$	
ستون ۳	$1208.33 = [4 \times (500 + d) \times d] \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21}$ $d = 532 \text{ mm}$	
	$1208.33 \leq \left( [2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21}] \times 4 \times (500 + 532) \times 532 \right) \times 10^{-3} + 263.6 \times (0.5 + 0.532)^2 = 2696$	
ستون ۴	$1450 = [4 \times (500 + d) \times d] \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21}$ $d = 600 \text{ mm}$	
	$1450 \leq \left( [2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{21}] \times 4 \times (500 + 600) \times 600 \right) \times 10^{-3} + 263.6 \times (0.5 + 0.6)^2 = 3222$	

پس بنابراین ضخامت پی را یکنواخت و ۶۰۰ میلیمتر در نظر میگیریم.



• بارگذاري سرويس

	$P_s(KN)$	$M_{sx}(KN.m)$	$M_{sy}(KN.m)$
ستون ۱	366.67	113.34	113.34
ستون ۲	733.34	226.68	226.68
ستون ۳	916.675	283.35	283.35
ستون ۴	1100	340	340
مجموع	3116.685	963.37	963.37

✓ تعيين خروج از محوريت

$$\bar{X} = \frac{\sum P_s x_i + M_{sy}}{\sum P_s}$$

$$\bar{X} = \frac{(2C_1 + 2C_2) \times 0.5 + (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) \times 5.2 + (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) \times 9.9 + (2C_2 + 2C_4) \times 14.9 + (2C_2 + 2C_3) \times 19.9 + (2C_2 + 2C_3) \times 24.6 + (2C_1 + 2C_2) \times 29.3 + \sum M_y}{(6C_1 + 12C_2 + 6C_3 + 4C_4)}$$

$$\bar{X} = \frac{314208.63 + 963.37}{20900} = 15.08 \text{ m}$$

$$e_x = \bar{X} - \frac{L}{2} = 15.08 - \frac{29.8}{2} = 0.18 \text{ m}$$

$$\dot{Y} = \frac{\sum P_s y_i + M_{sx}}{\sum P_s}$$

$$\dot{Y} = \frac{(4C_1 + 3C_2) \times 0.5 + (2C_2 + 4C_3 + C_4) \times 5.5 + (2C_2 + 2C_3 + 3C_4) \times 11.5}{(6C_1 + 12C_2 + 6C_3 + 4C_4)}$$

$$\frac{(2C_1 + 5C_2) \times 16.5 + \sum M_x}{(6C_1 + 12C_2 + 6C_3 + 4C_4)}$$

$$\dot{Y} = \frac{184628.63 + 963.37}{20900} = 8.88 \text{ m}$$

$$e_y = \dot{Y} - \frac{L}{2} = 8.88 - \frac{17}{2} = 0.38 \text{ m}$$

✓ تعیین لنگرهای برآیند

$$M_x = \sum P_i \times e_y = 20900 \times 0.38 = 7942 \text{ KN.m}$$

$$M_y = \sum P_i \times e_x = 20900 \times 0.18 = 3762 \text{ KN.m}$$

• محاسبه تنش های گوشه های پی

$$A_f = B \times L - A_{\text{opening}}$$

$$= 17 \times 29.8 - (3.7 \times 4) - (3.7 \times 5) = 473.3 \text{ m}^2$$

$$I_x = \frac{1}{12} LB^3 = \frac{1}{12} * 29.8 * 17^3 = 12201 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} BL^3 = \frac{1}{12} * 17 * 29.8^3 = 37490 \text{ m}^4$$

گوشه A-1:

$$q_{A-1} = \frac{\sum P_i}{A_f} + \frac{M_x \frac{B}{2}}{I_x} - \frac{M_y \frac{L}{2}}{I_y}$$

$$q_{A-1} = \frac{20900}{473.3} + \frac{7942 \times 8.5}{12201} - \frac{3762 \times 14.9}{37490} = 48.19 \text{ Kpa} \leq 200 \text{ Kpa} \quad o.k$$

گوشه G-1:

$$q_{G-1} = \frac{\sum P_i}{A_f} + \frac{M_x \frac{B}{2}}{I_x} + \frac{M_y \frac{L}{2}}{I_y}$$

$$q_{G-1} = \frac{20900}{473.3} + \frac{7942 \times 8.5}{12201} + \frac{3762 \times 14.9}{37490} = 51.2 \text{ Kpa} \leq 200 \text{ Kpa} \quad o.k$$

گوشه A-4:

$$q_{A-4} = \frac{\sum P_i}{A_f} - \frac{M_x \frac{B}{2}}{I_x} - \frac{M_y \frac{L}{2}}{I_y}$$

$$q_{A-4} = \frac{20900}{473.3} - \frac{7942 \times 8.5}{12201} - \frac{3762 \times 14.9}{37490} = 37.12 \text{ Kpa} \leq 200 \text{ Kpa} \quad o.k$$

گوشه G-4:

$$q_{G-4} = \frac{\sum P_i}{A_f} - \frac{M_x \frac{B}{2}}{I_x} + \frac{M_y \frac{L}{2}}{I_y}$$

$$q_{G-4} = \frac{20900}{473.3} - \frac{7942 \times 8.5}{12201} + \frac{3762 \times 14.9}{37490} = 40.3 \text{ Kpa} \leq 200 \text{ Kpa} \quad o.k$$

## • رسم دیاگرام نیروی برشی و لنگر خمشی

ابتدا نواری به عرض  $(\frac{4.7}{2} + 0.5 = 2.85)$  شامل محور A دارای ستون های C1 و C2 را جدا می نماییم.

$$\text{فشار متوسط خاک زیر پی} \quad q_{ave} = \frac{48.19+37.12}{2} = 42.655 \text{ Kpa}$$

$$\text{بار متوسط} = \frac{q_{ave} \times B_1 \times L + \sum Q_i}{2} = \frac{42.655 \times 2.85 \times 17 + 2200}{2} = 2133.31 \text{ KN}$$

$$\text{فشار توسط اصلاح شده} = 42.655 \times \left( \frac{2133.31}{42.655 \times 2.85 \times 17} \right) = 44.01 \text{ Kpa}$$

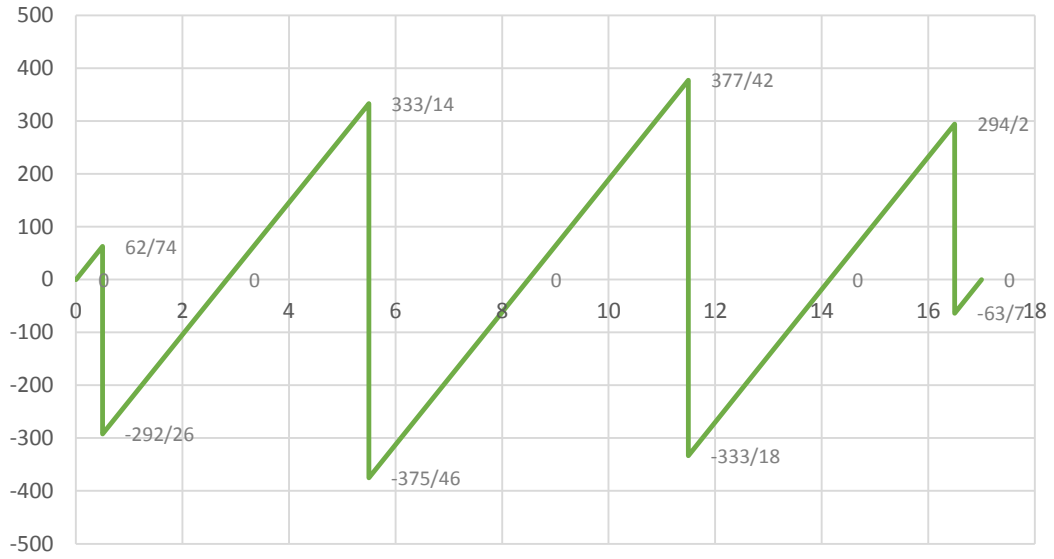
$$\text{ضریب اصلاح بار ستون ها} = \frac{2133.31}{2200} = 0.969$$

### بارهای اصلاح شده

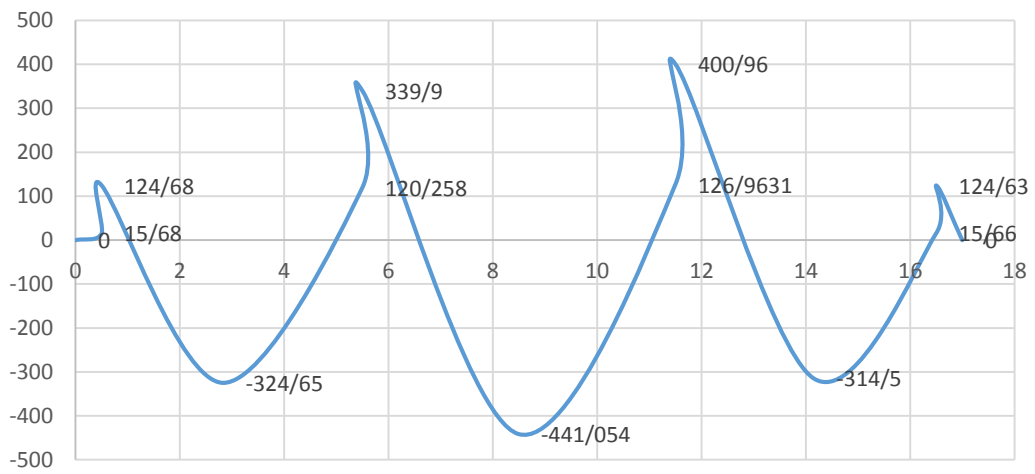
	$P_s (KN)$	$M_{sx} (KN.m)$	$M_{sy} (KN.m)$
ستون ۱	355	109.88	109.88
ستون ۲	710.6	219.65	219.65
ستون ۳	888.25	274.56	274.56
ستون ۴	1065.9	329.46	329.46

با استفاده از فشار اصلاح شده کف پی و بارهای اصلاح شده دیاگرام برش و لنگر ترسیم می شود.

دياگرام پرش



دياگرام لنگر



## • محاسبه میلگرد های پی

با استفاده از روابط زیر به صورت سعی و خطا میتوانیم میلگرد های سفره بالا و سفره پایین را طرح نماییم.

1	2	3
$A_s = \frac{M_u}{\phi_s f_y (0.85d)}$	$a = \frac{A_s \phi_s f_y}{0.85b(\phi_c f_c)}$	$A_s = \frac{M_u}{\phi_s f_y (d - 0.5a)}$

میلگرد مثبت پی:

$$M_u^+ = 400.96 \text{ KN.M}$$

$$A_s = \frac{400.96 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times (0.85 \times 550)} = 2522.55 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{2522.55 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 1000 (0.6 \times 21)} = 80.08 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{400.96 \times 10^6}{0.85 \times 400 (550 - 0.5 \times 80.08)} = 2312.52 \text{ mm}^2$$

میلگرد منفی پی:

$$M_u^- = 400.96 \text{ KN.M}$$

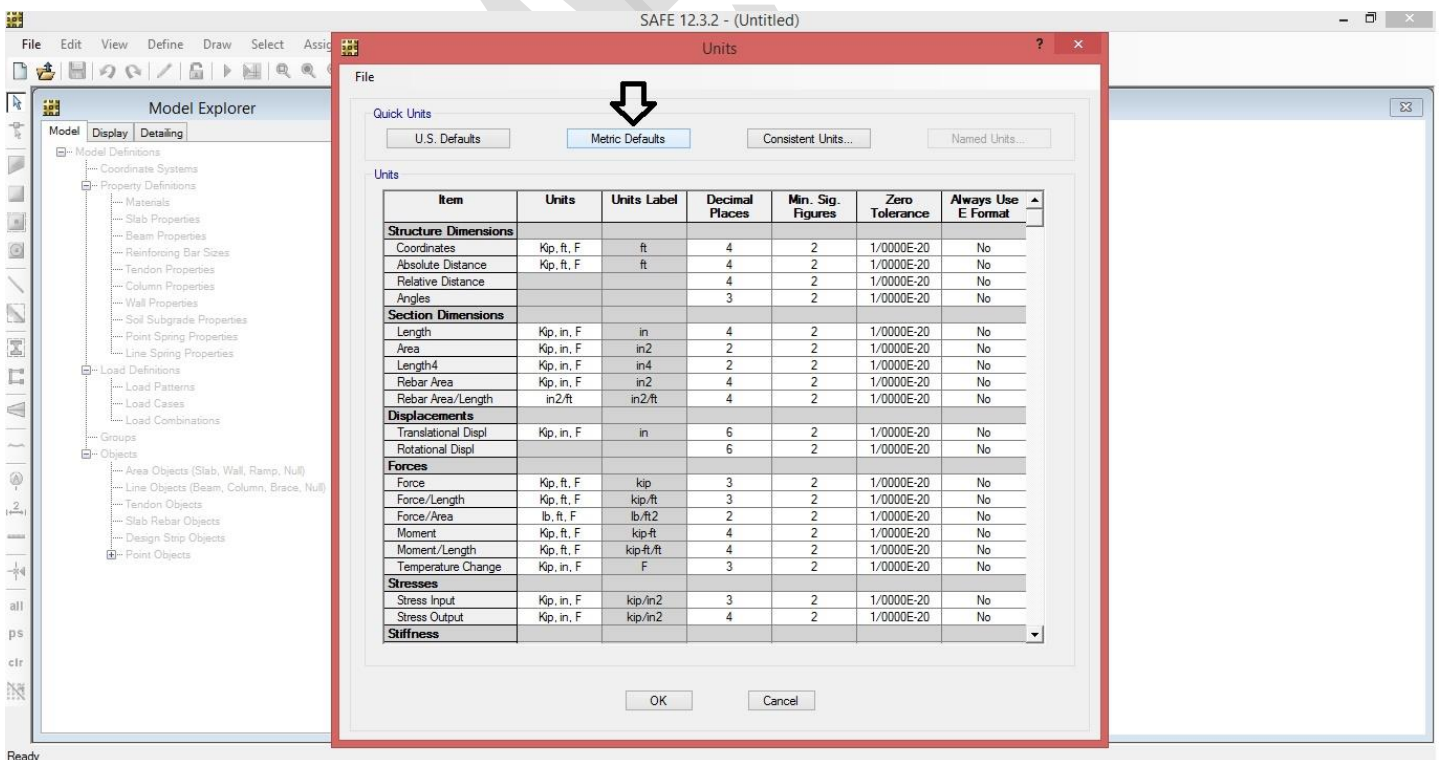
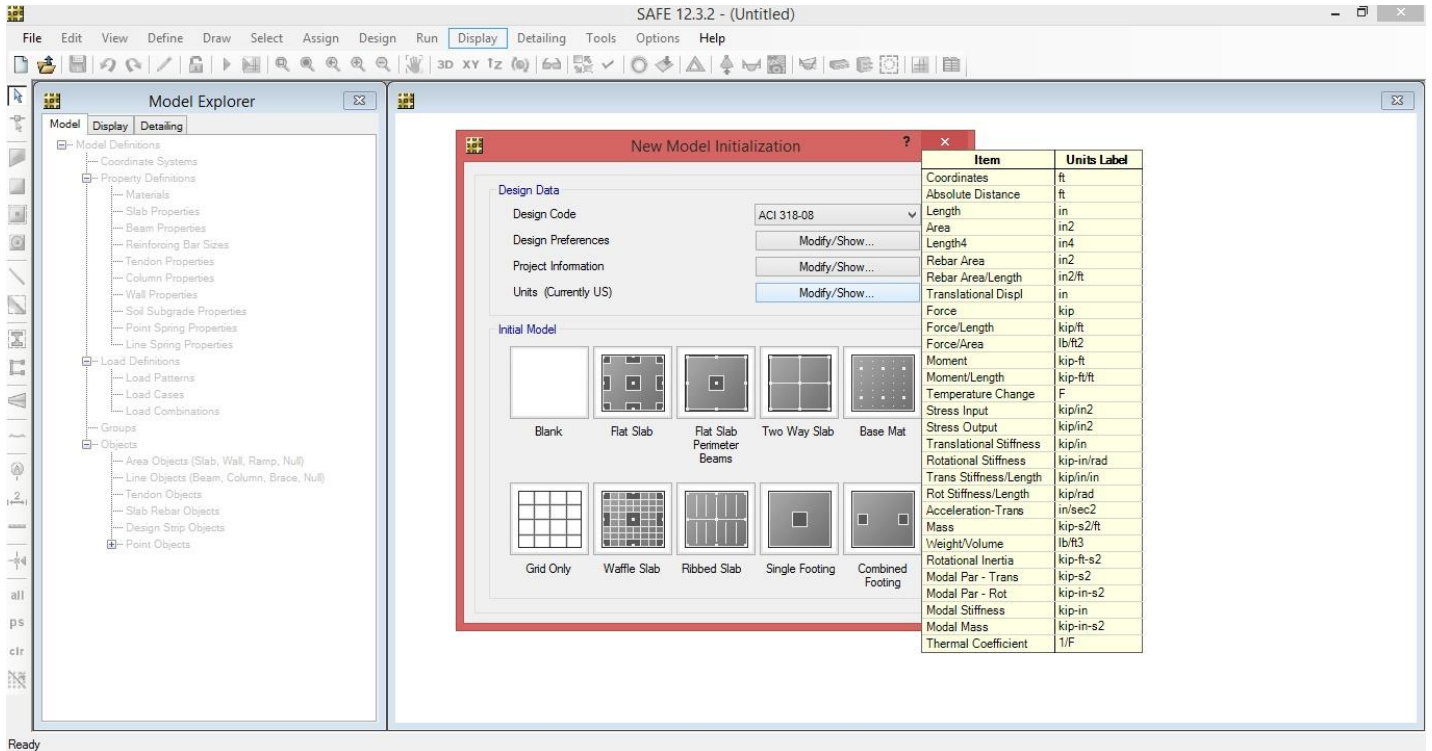
$$A_s = \frac{441.06 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times (0.85 \times 550)} = 2774.84 \text{ mm}^2$$

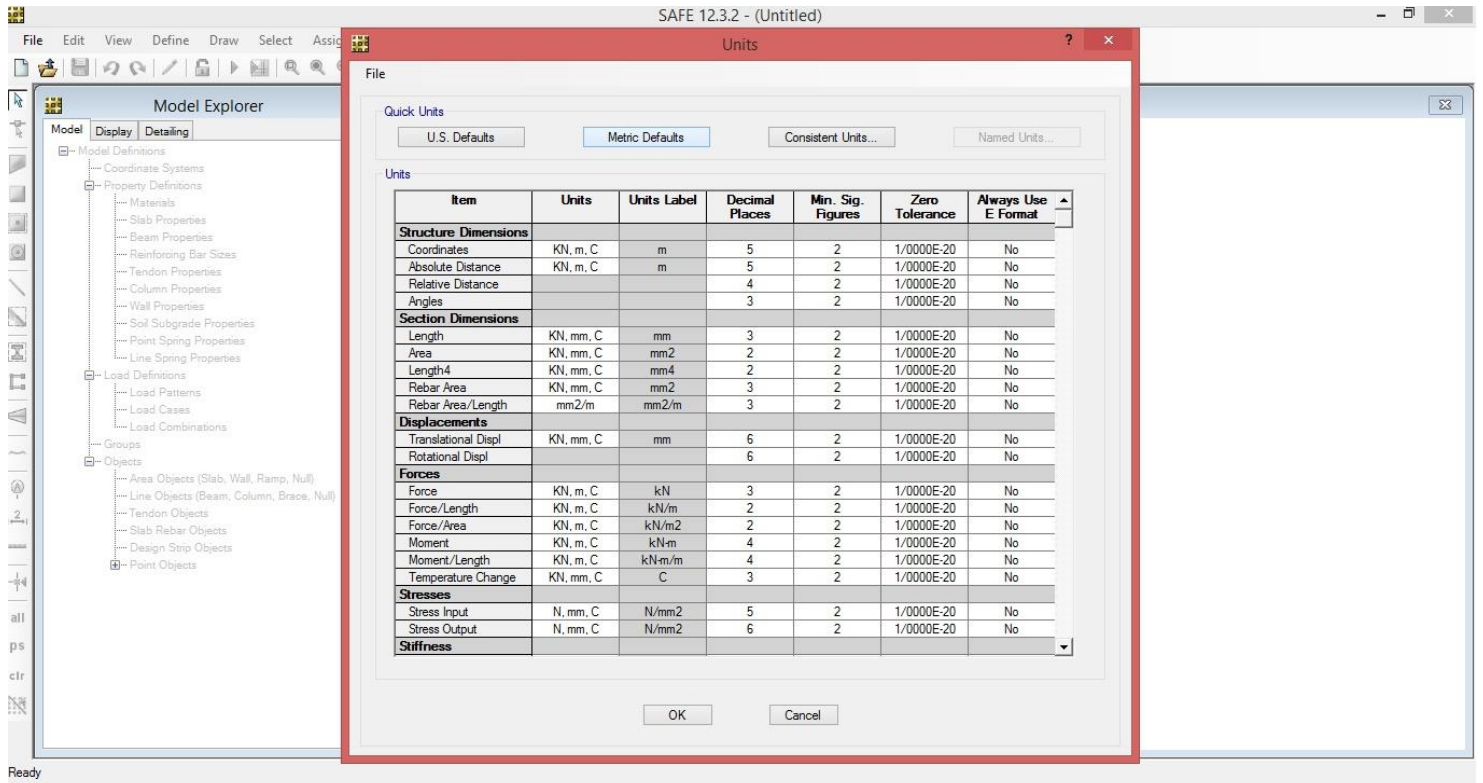
$$a = \frac{2774.84 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 1000 (0.6 \times 21)} = 88.08 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{441.06 \times 10^6}{0.85 \times 400 (550 - 0.5 \times 88.08)} = 2563.9 \text{ mm}^2$$

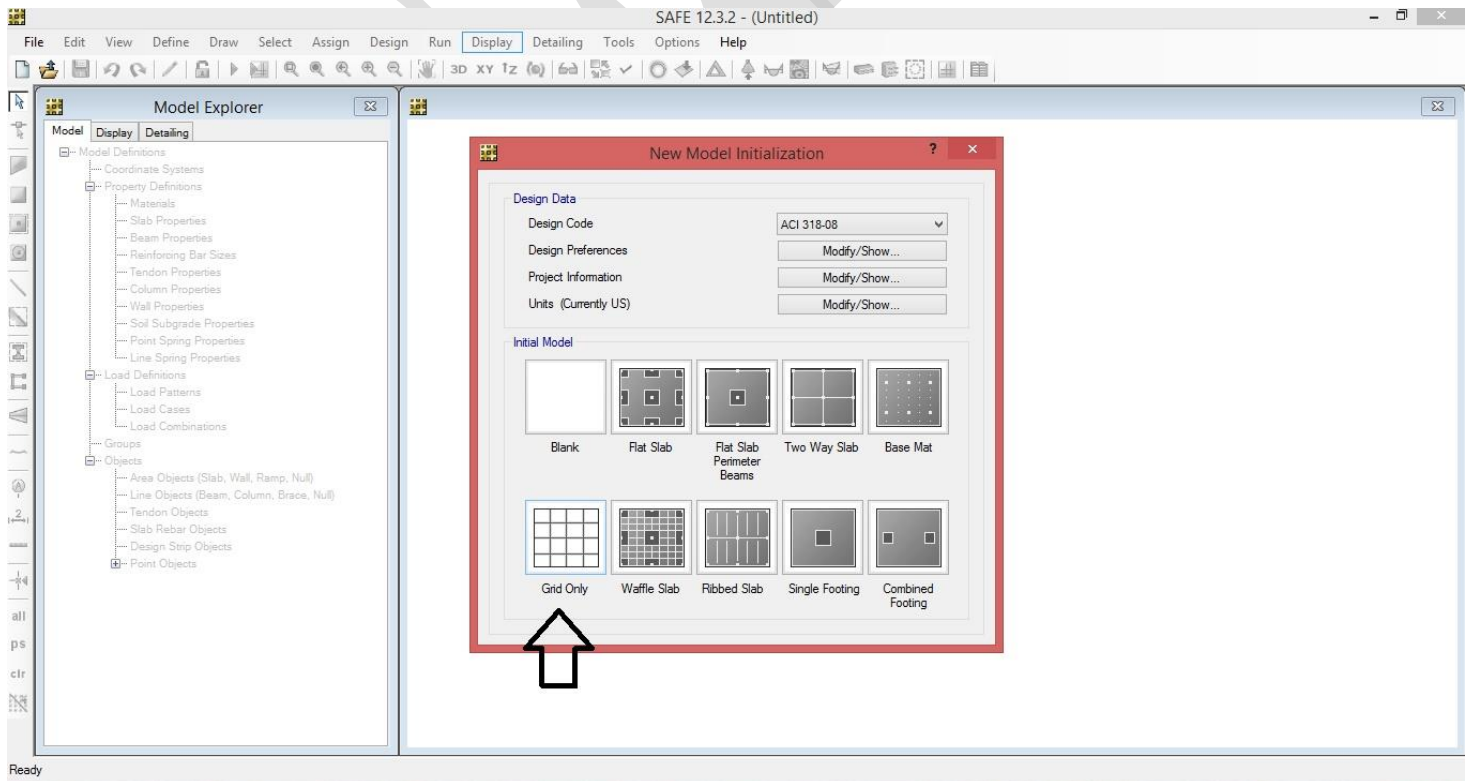
## • تحلیل نرم افزاری با نرم افزار SAFE 2000

✓ تعریف پروژه و انتخاب سیستم متریک



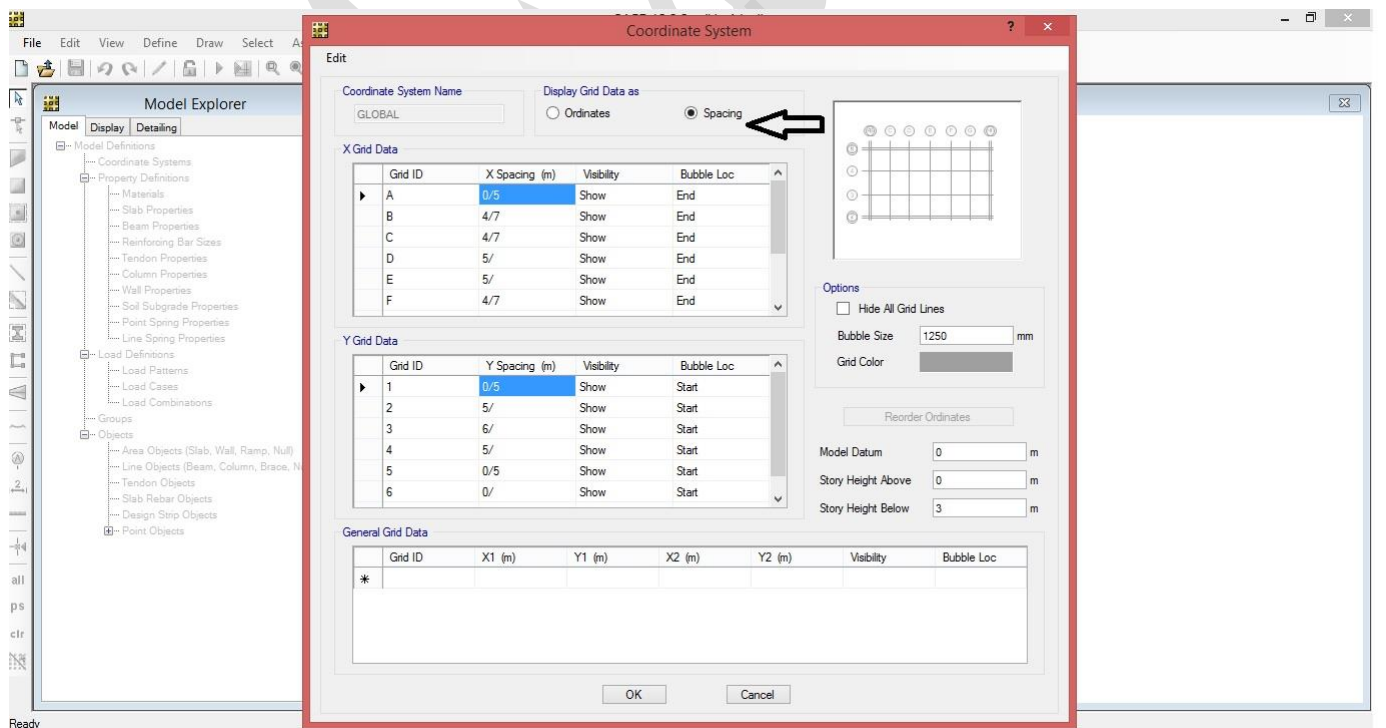
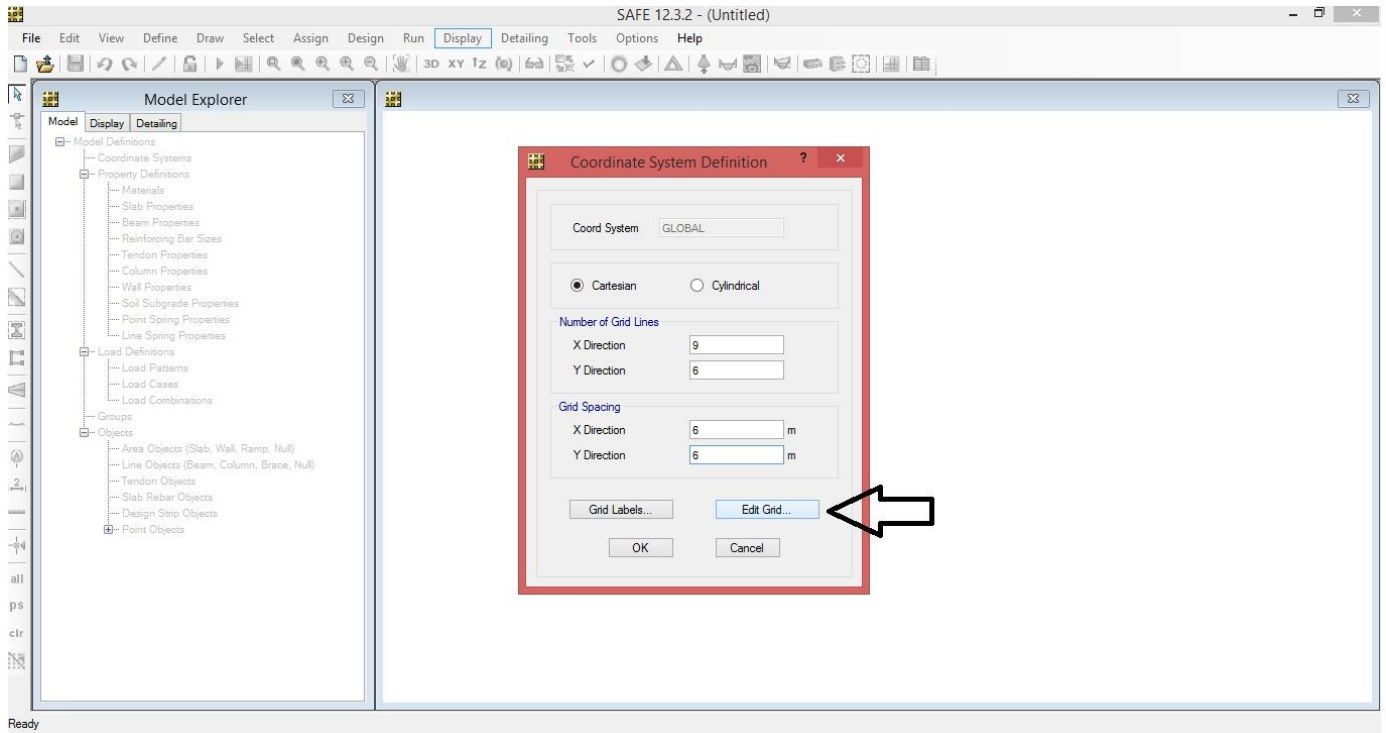


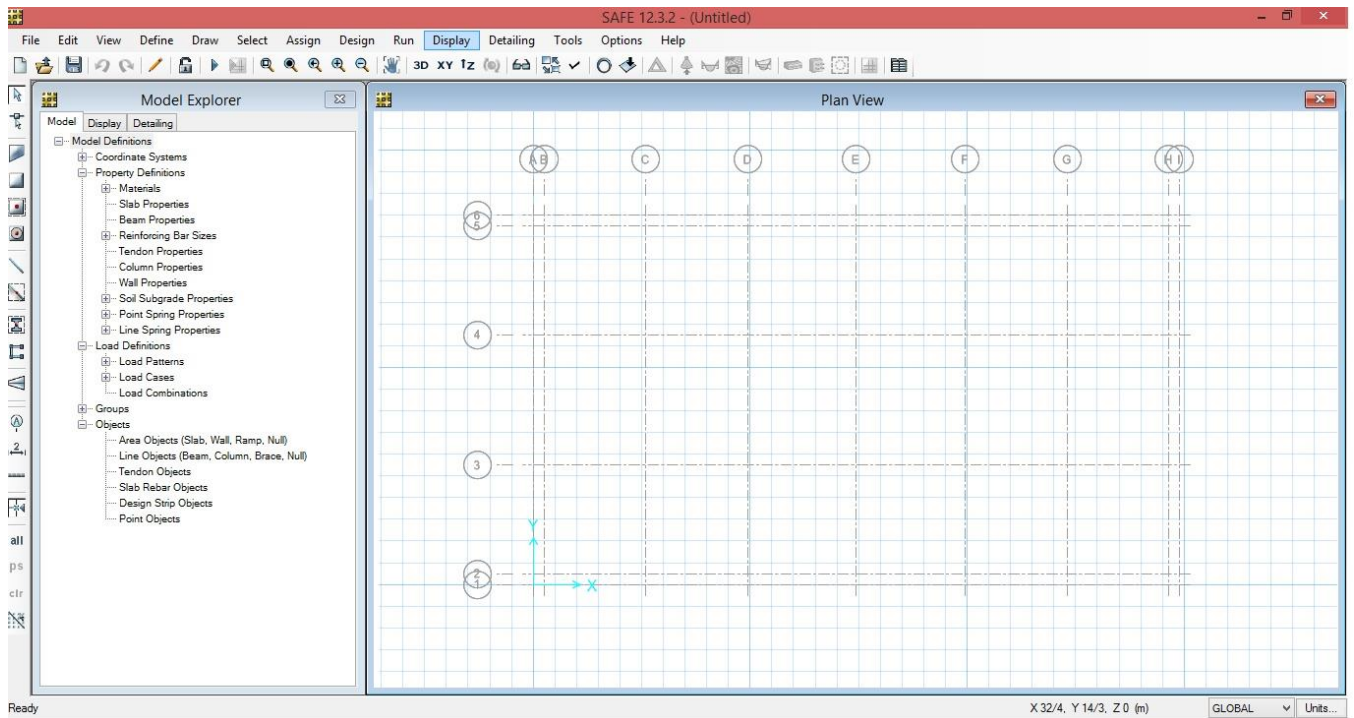
✓ تعریف پروژه از منوی Grid only



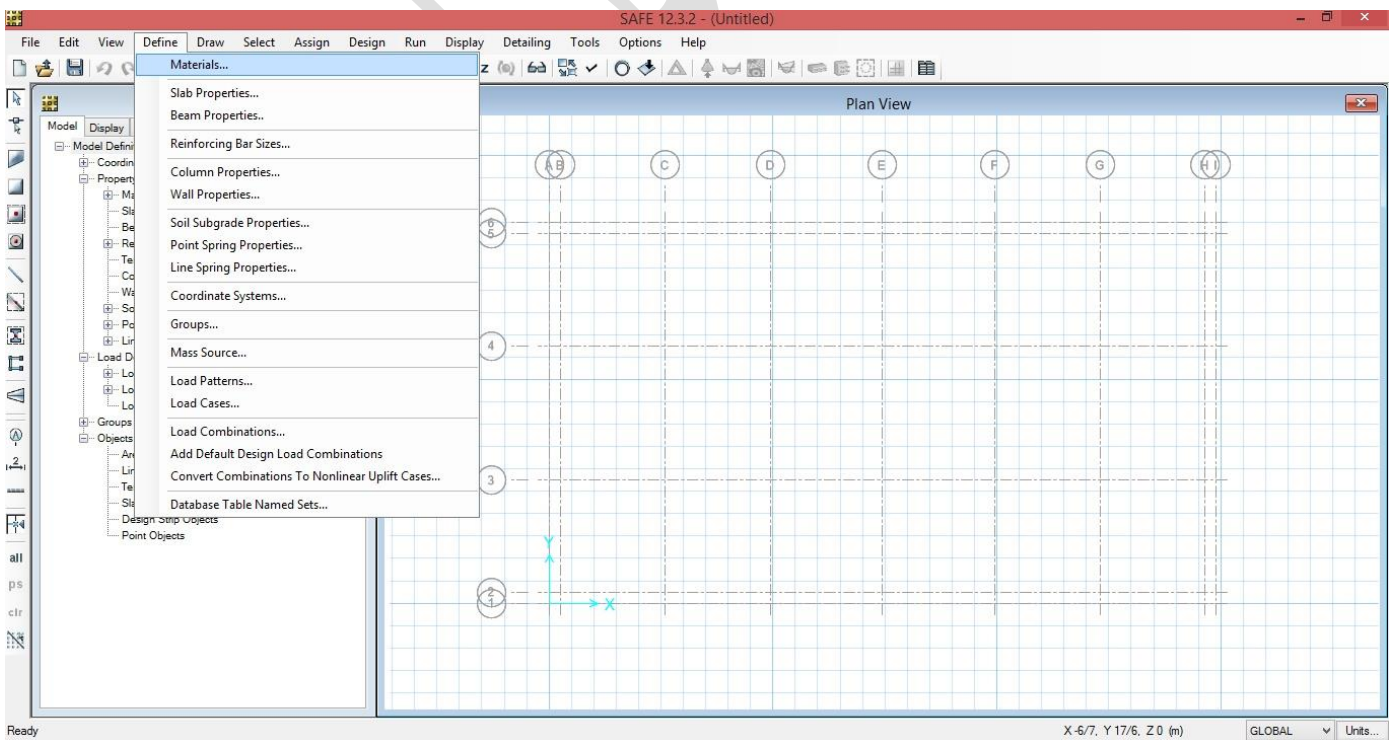


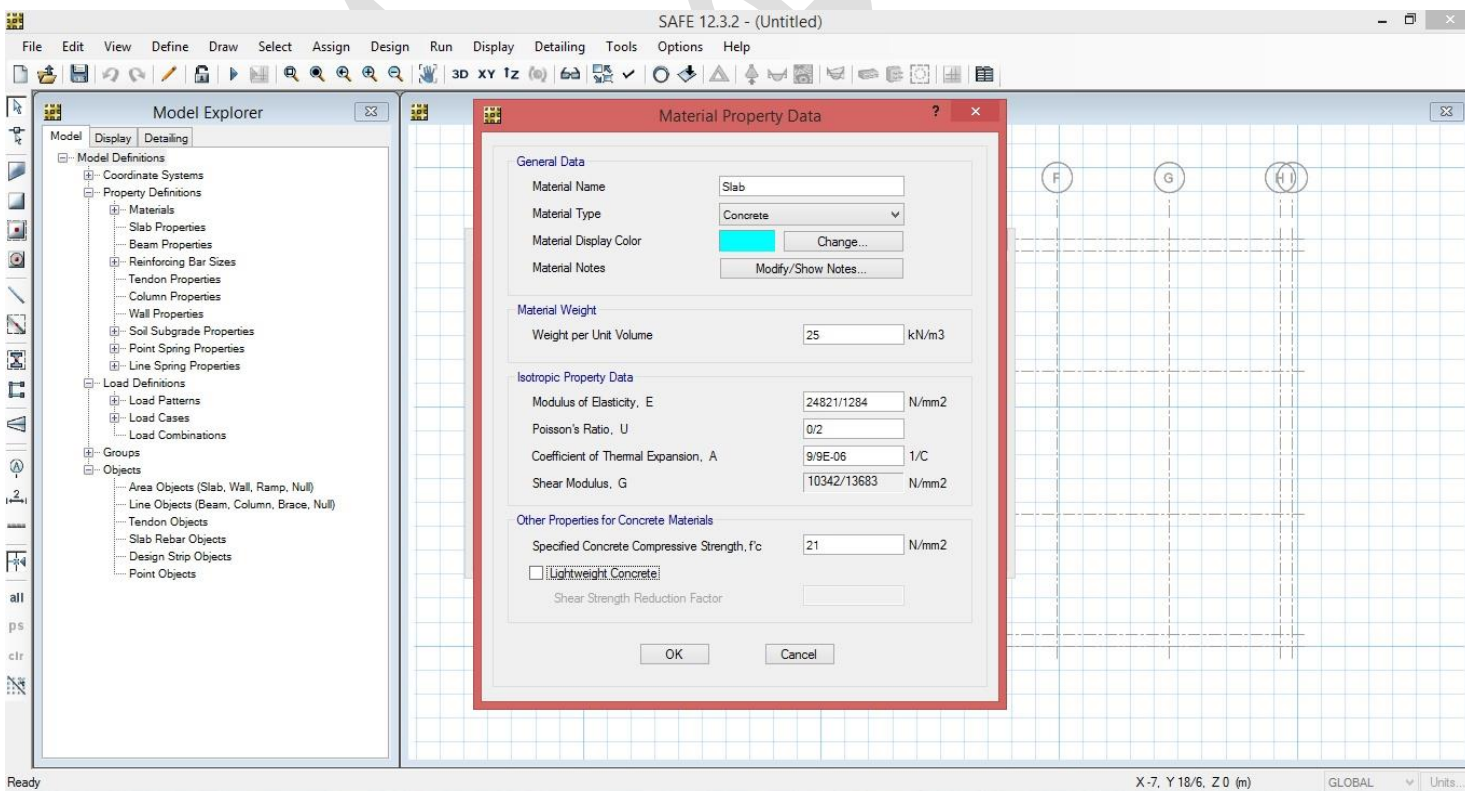
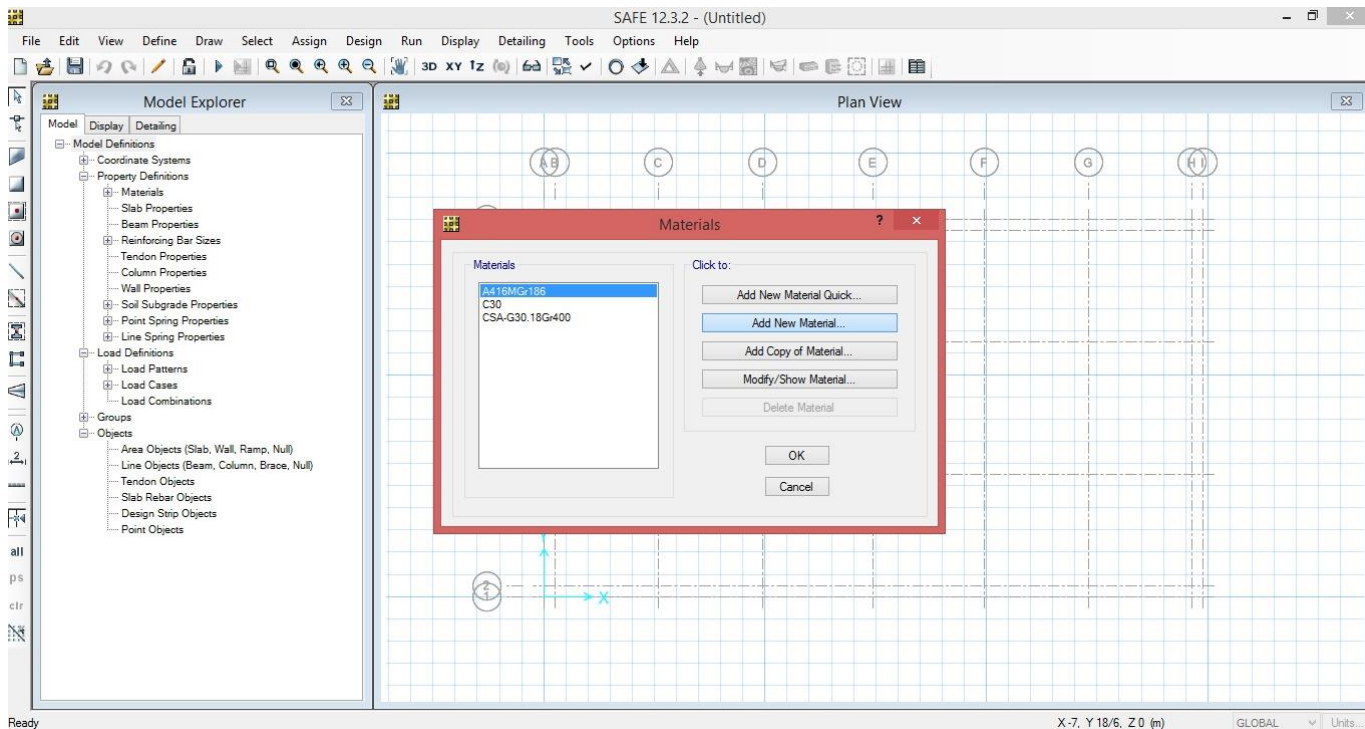
وارد کردن شبکه بندی و ابعاد آن و اصلاح آن ✓

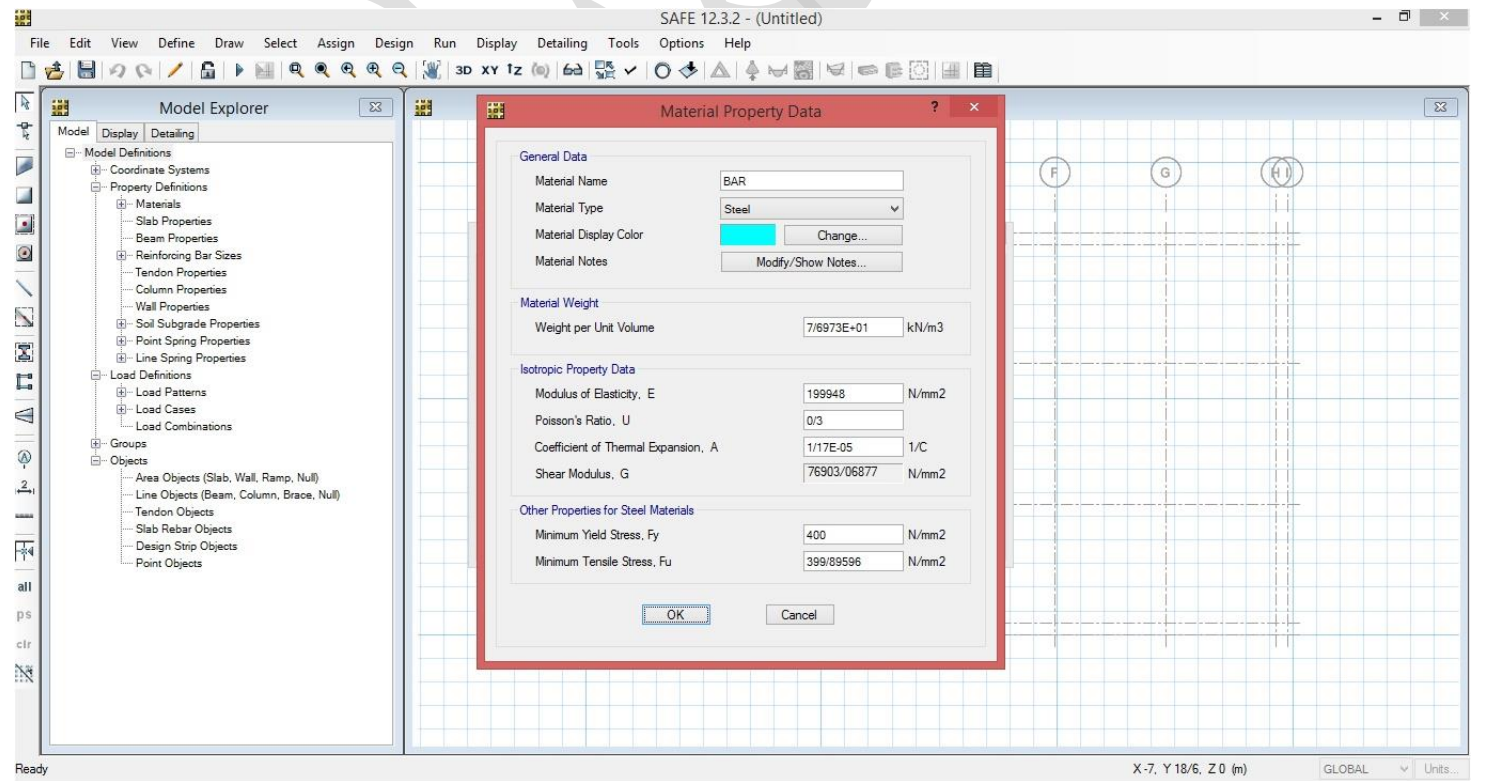
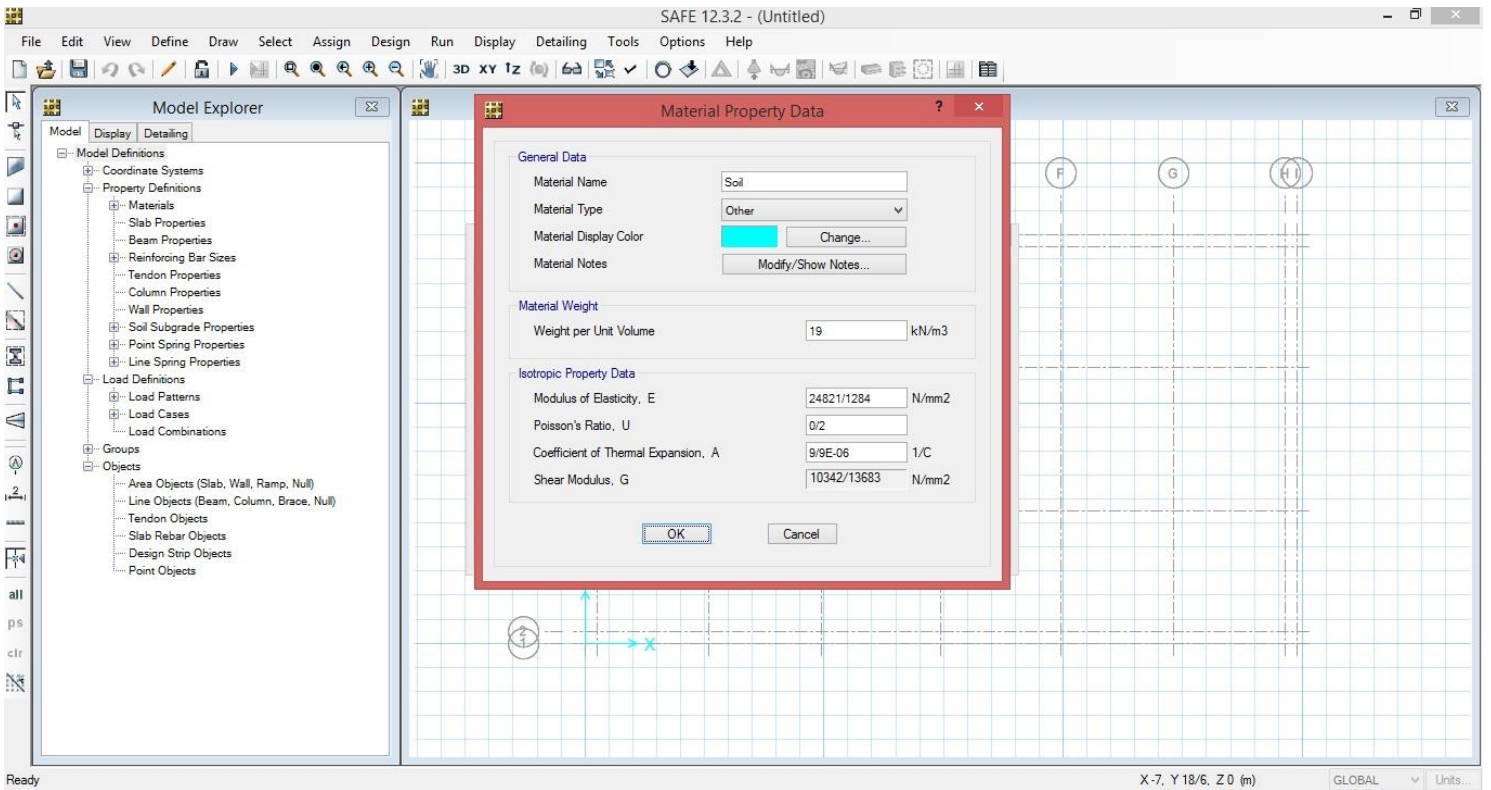




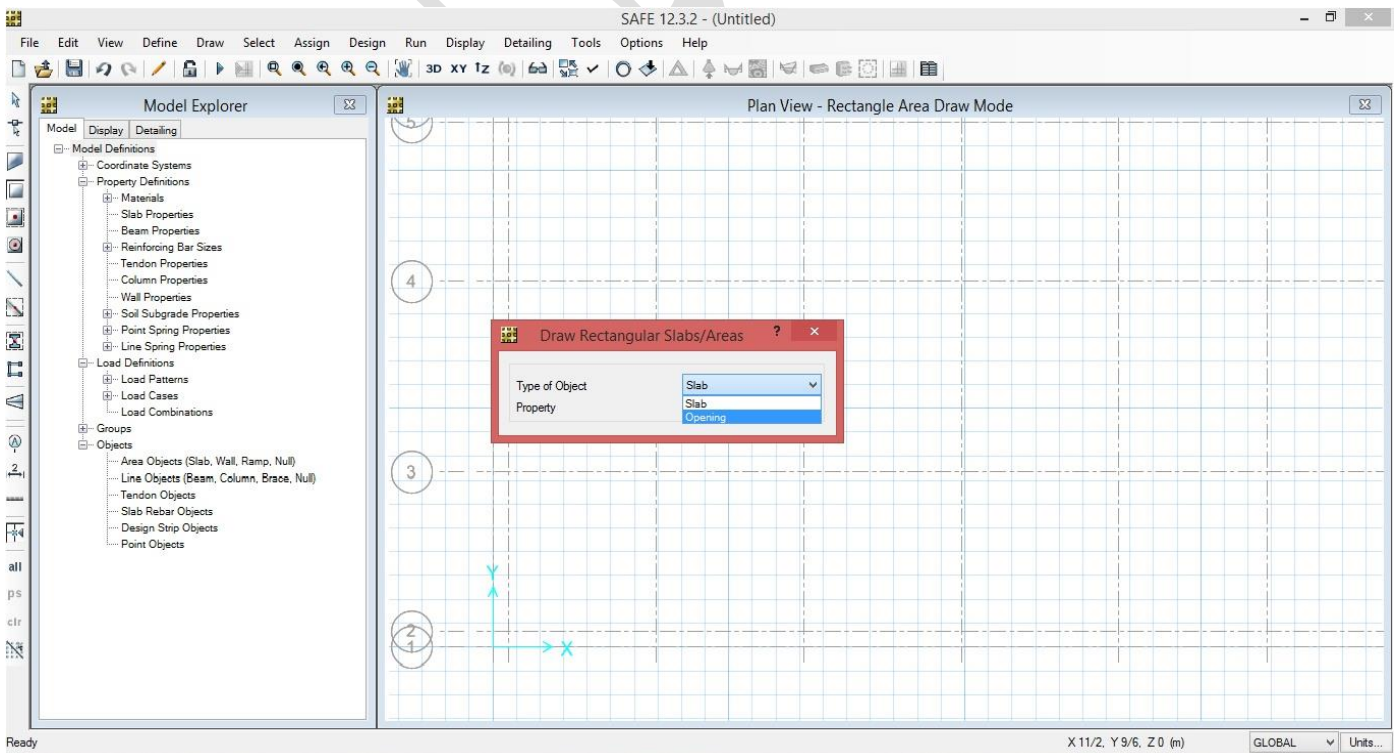
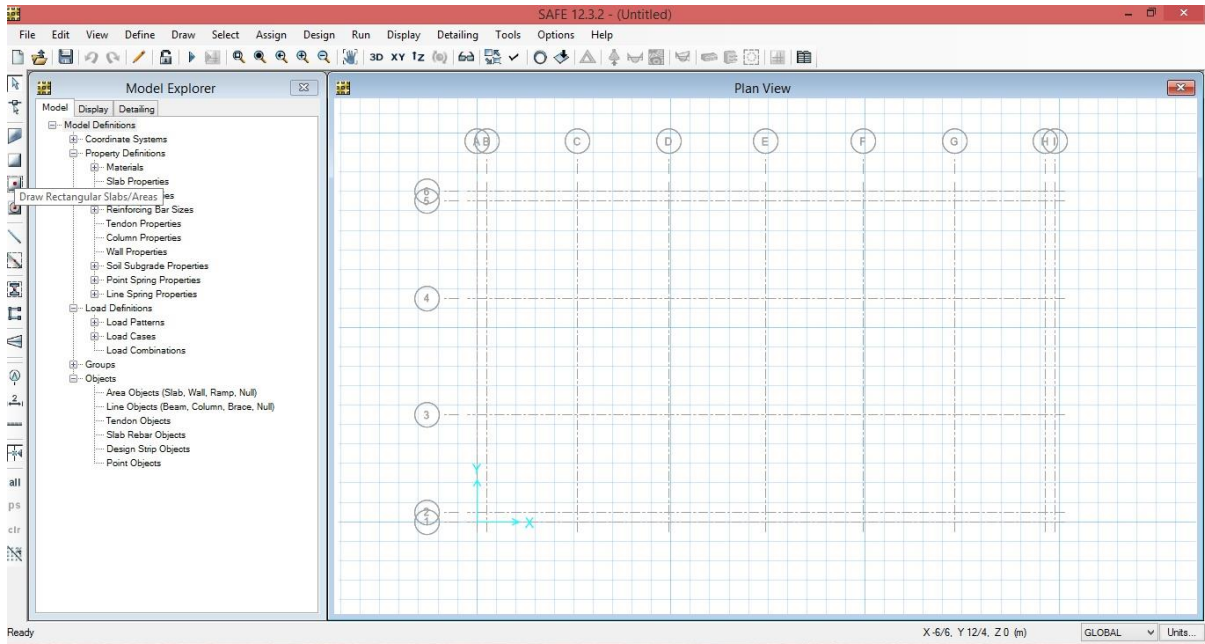
✓ تعریف مصالح مصرفی در پروژه

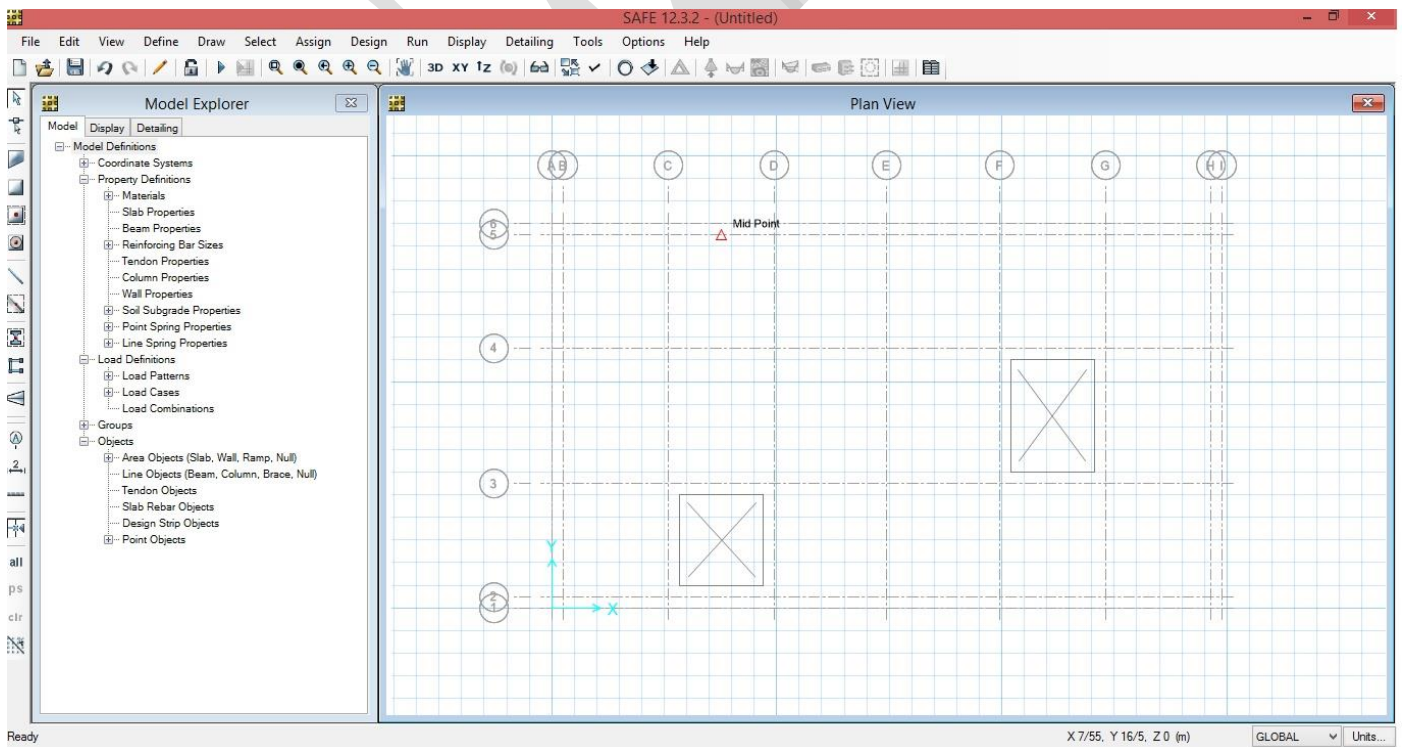
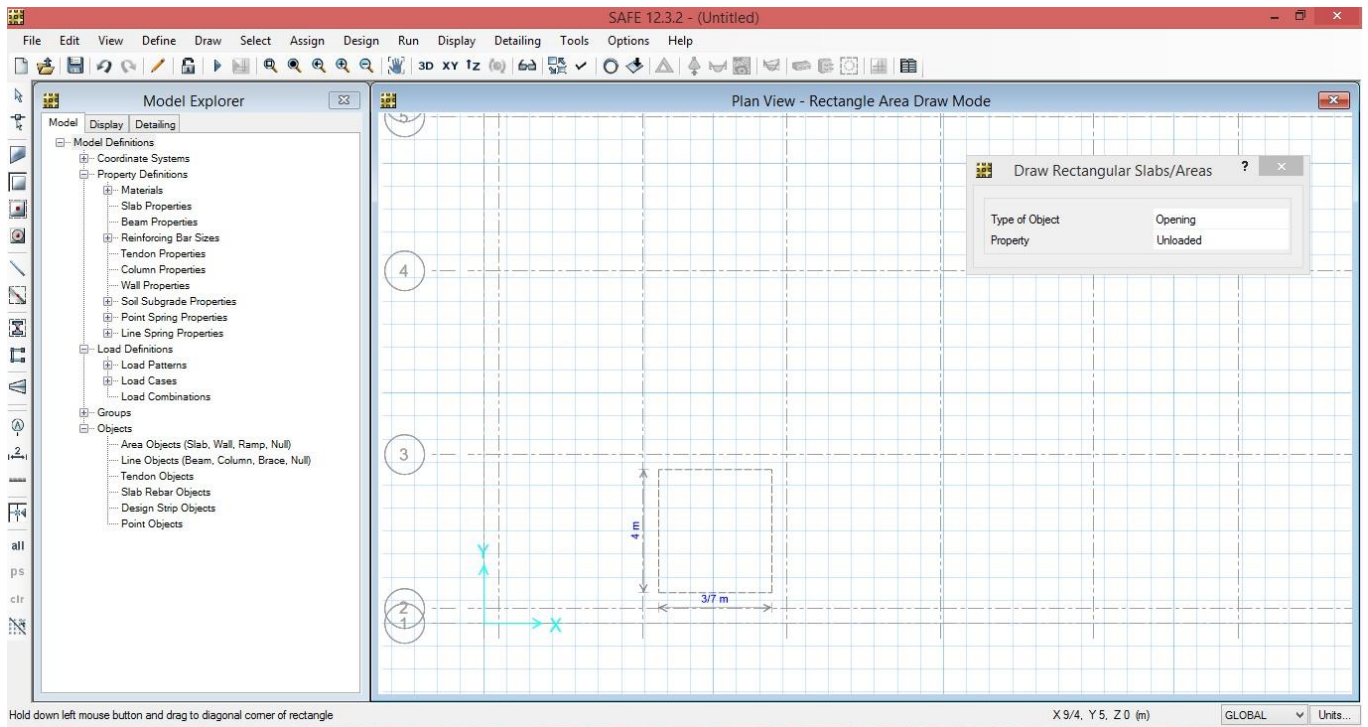




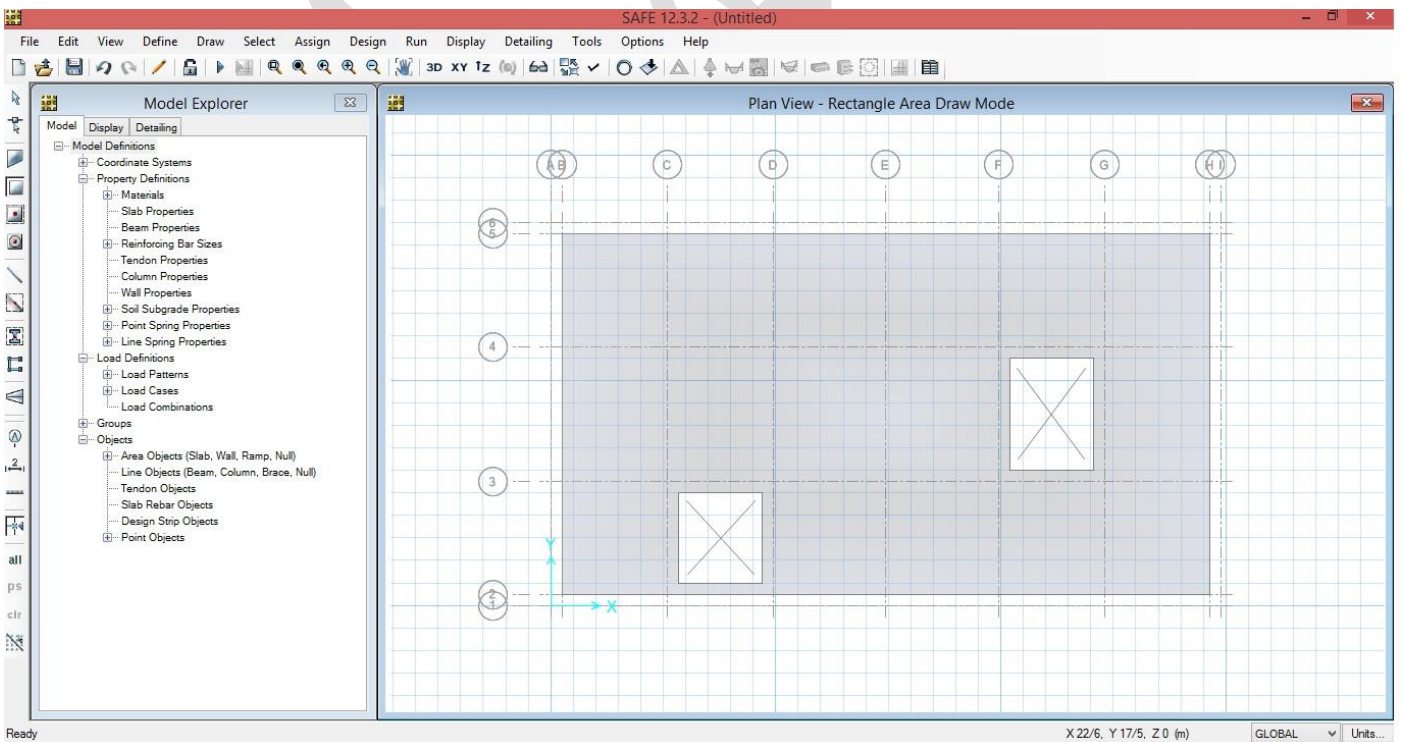
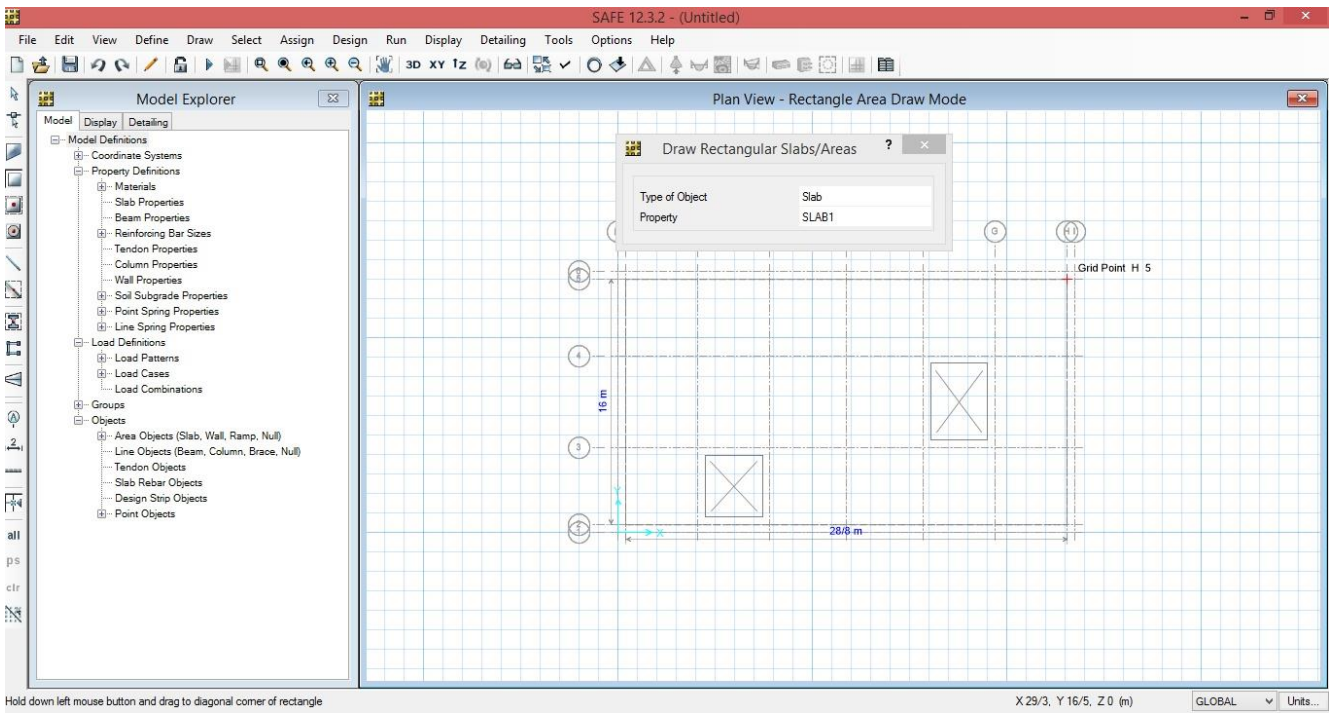


✓ ترسیم بازشوهای (Opening) پی با منوی Draw Rectangular Slabs/Areas

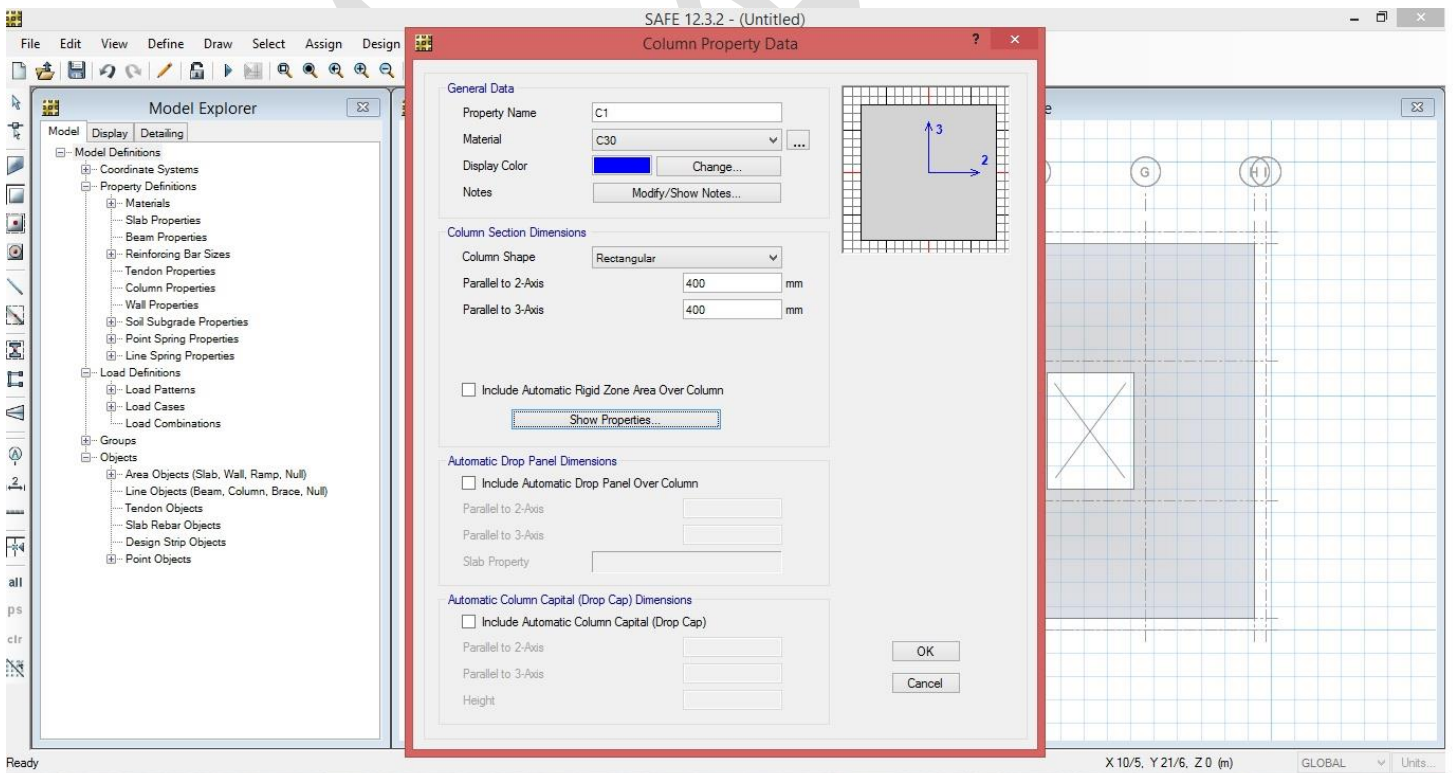
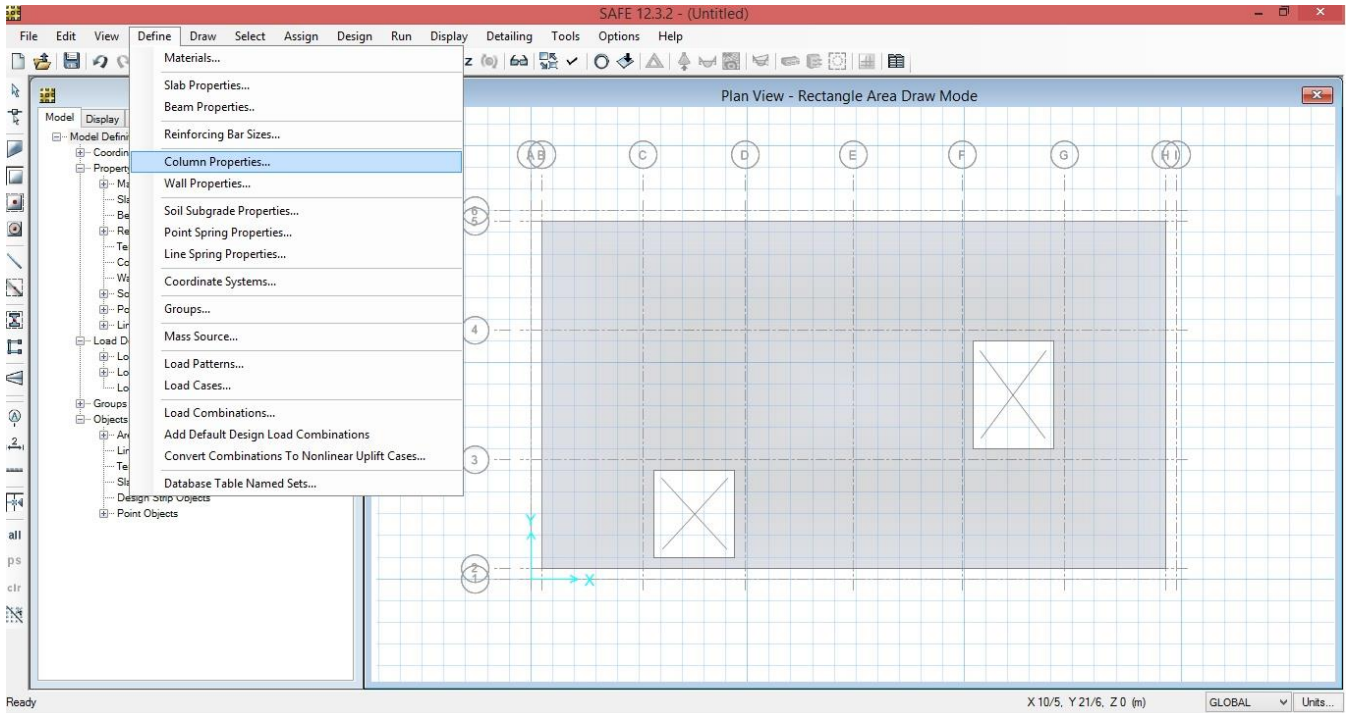




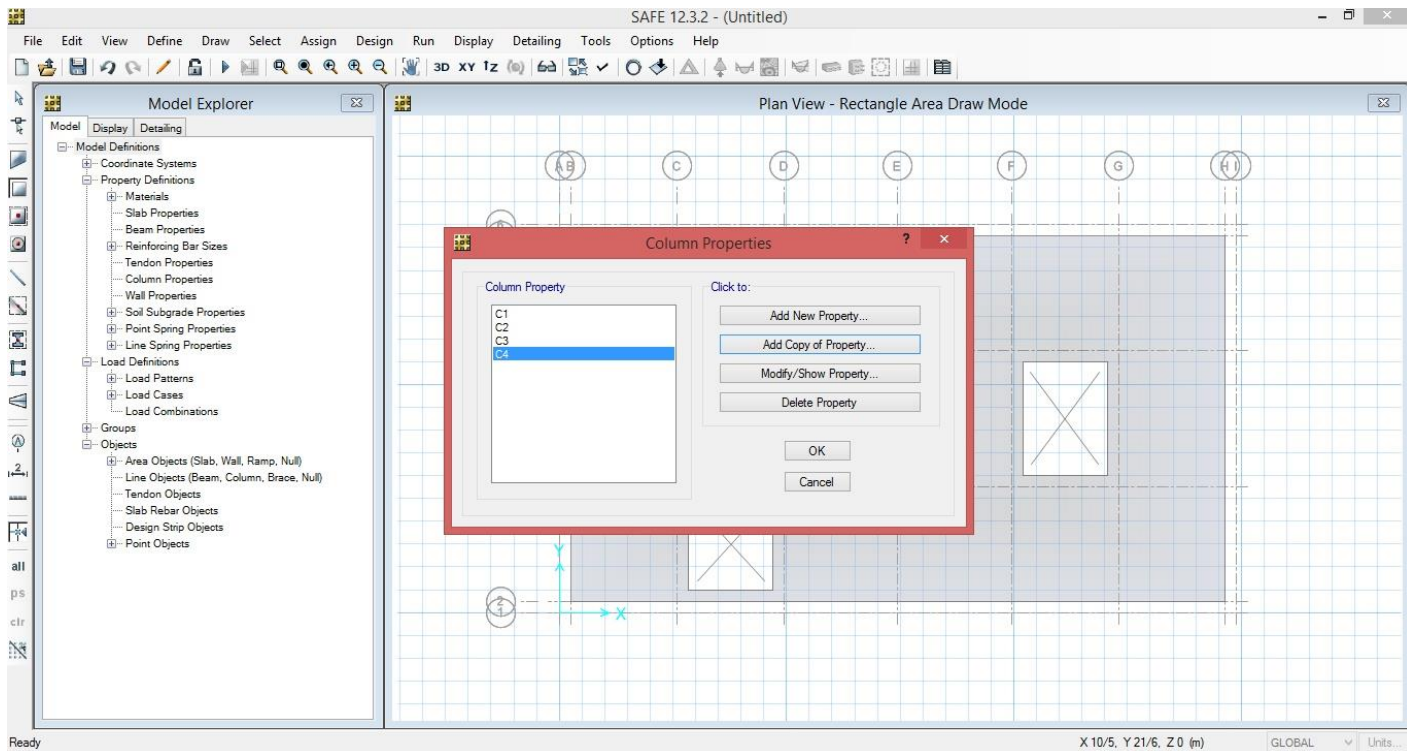
### ترسیم بی با منوی Draw Rectangular Slabs/Areas ✓



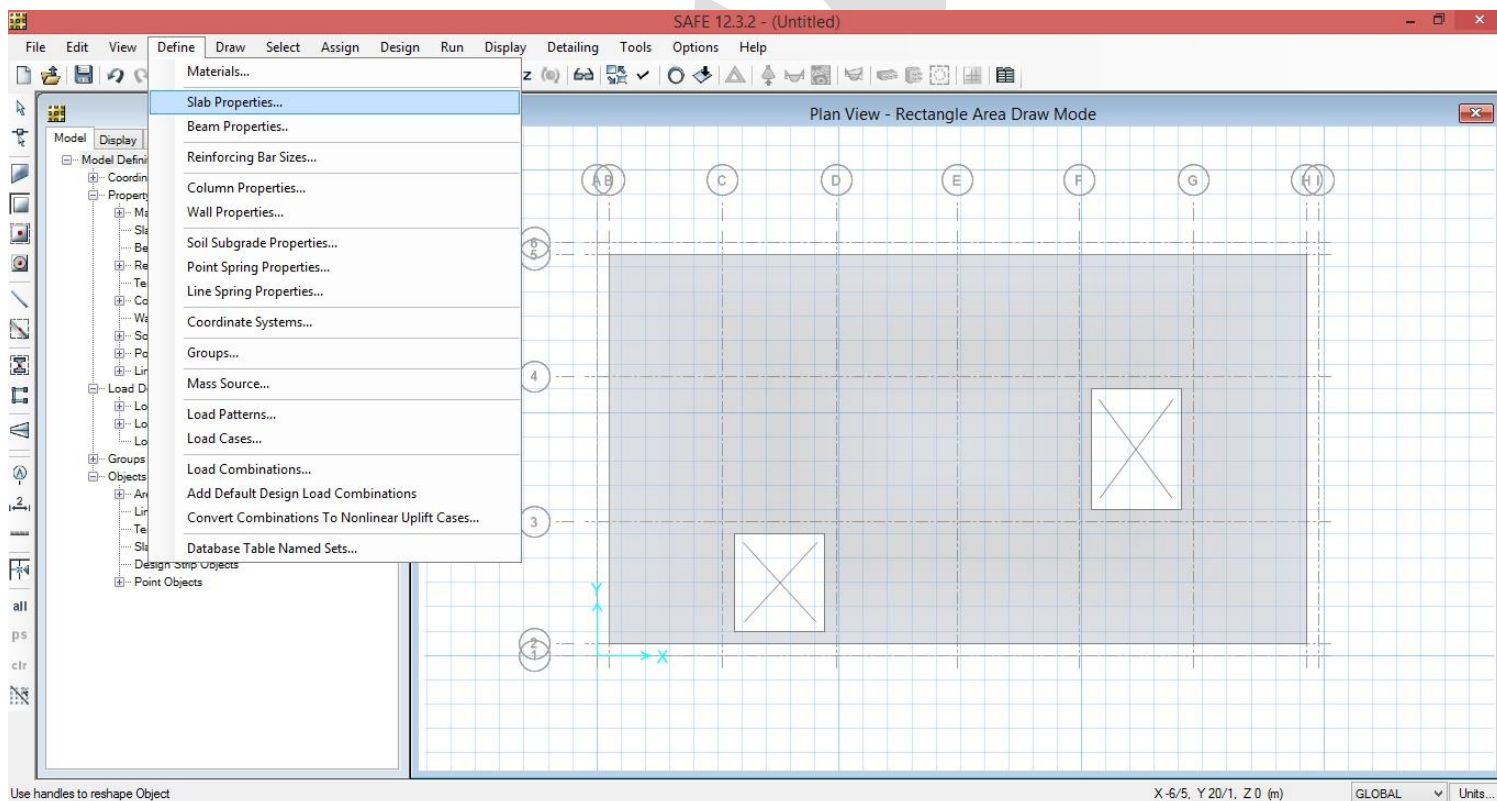
## ✓ تعریف مقاطع ستون ها

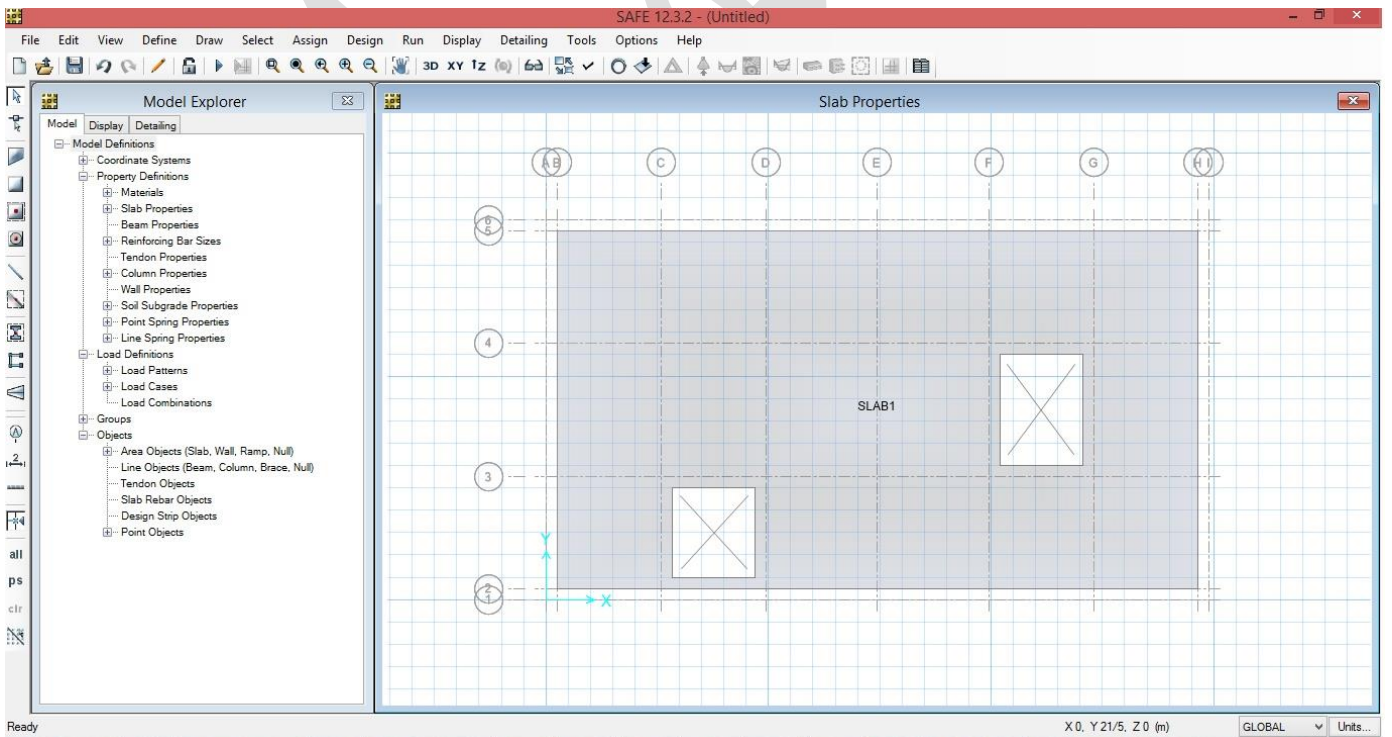
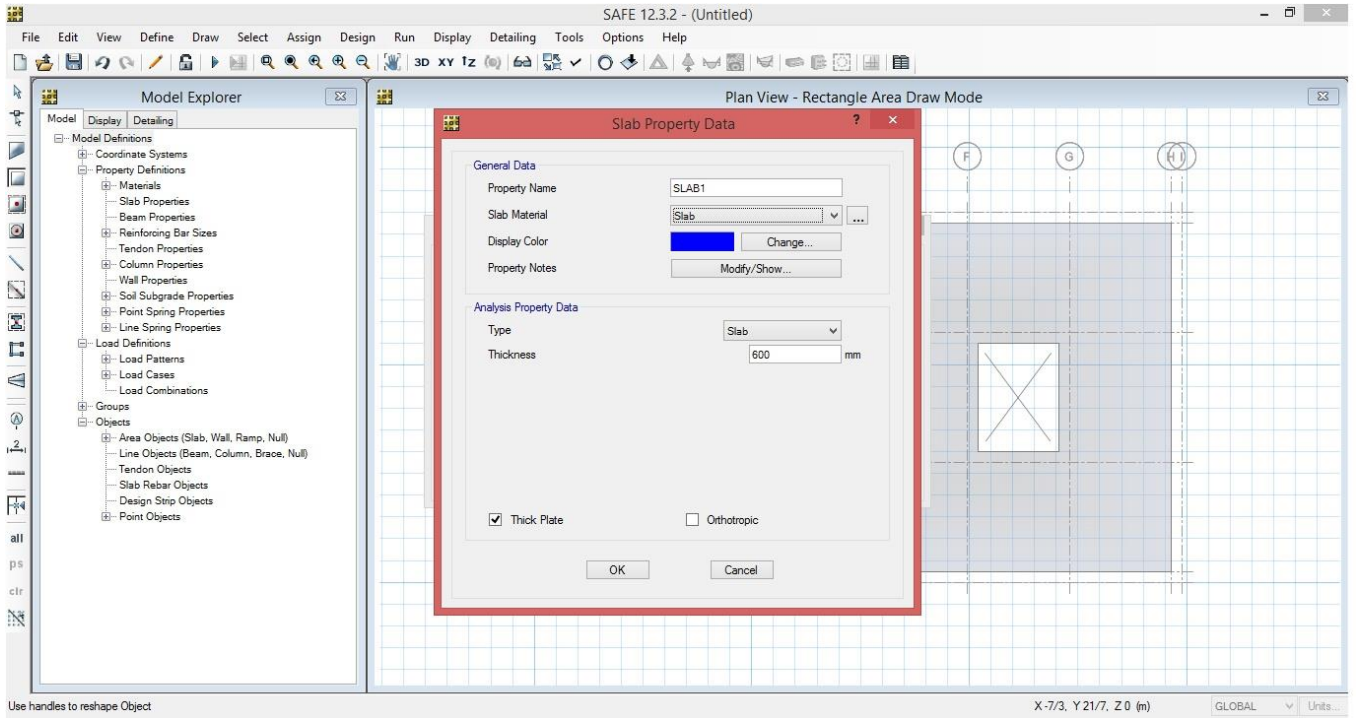




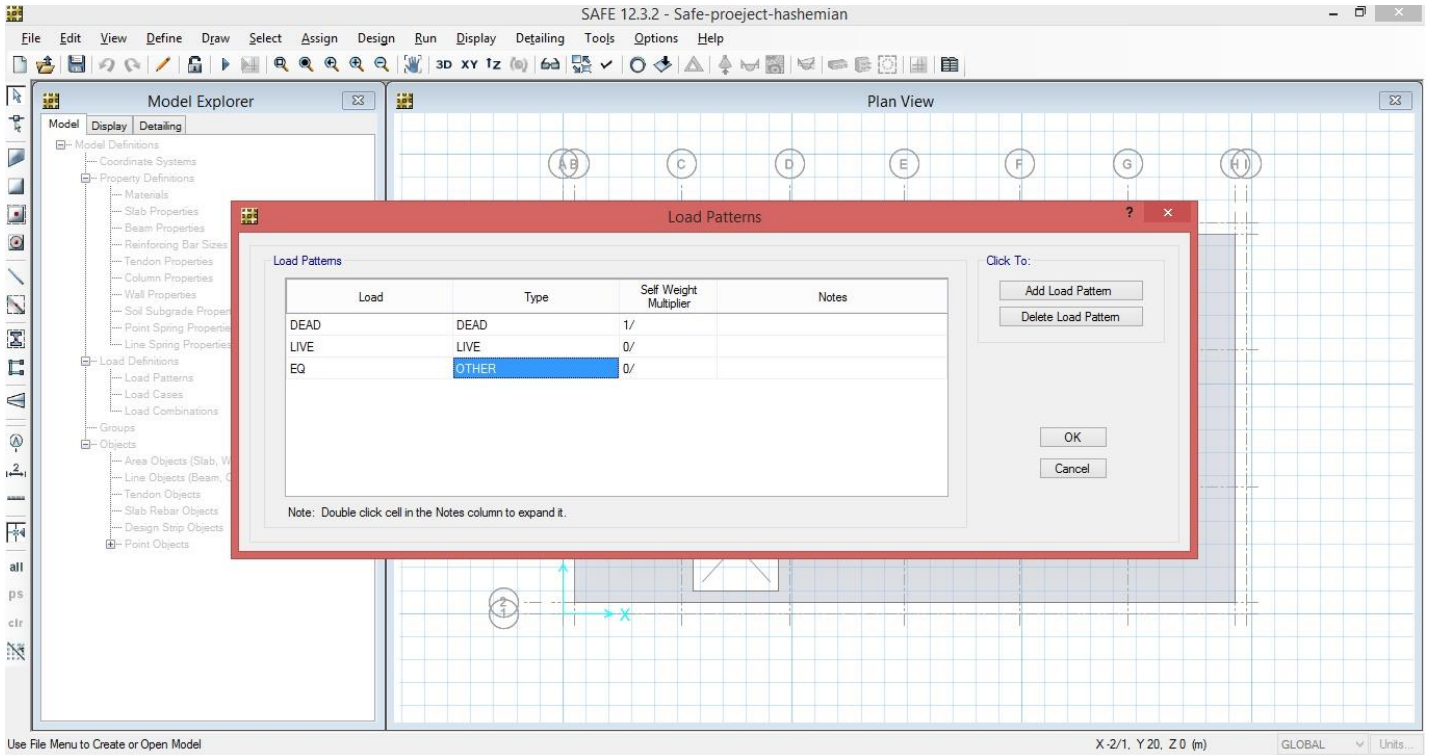


✓ تعريف مقطع پي

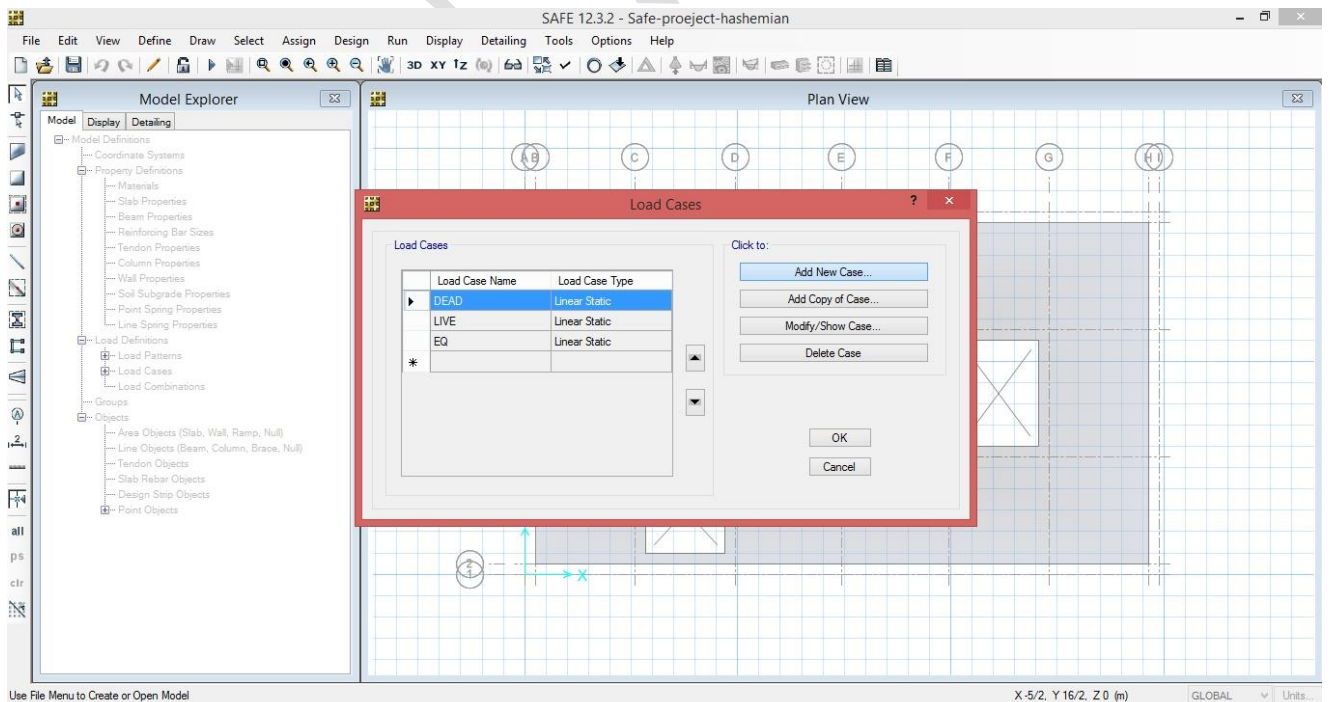


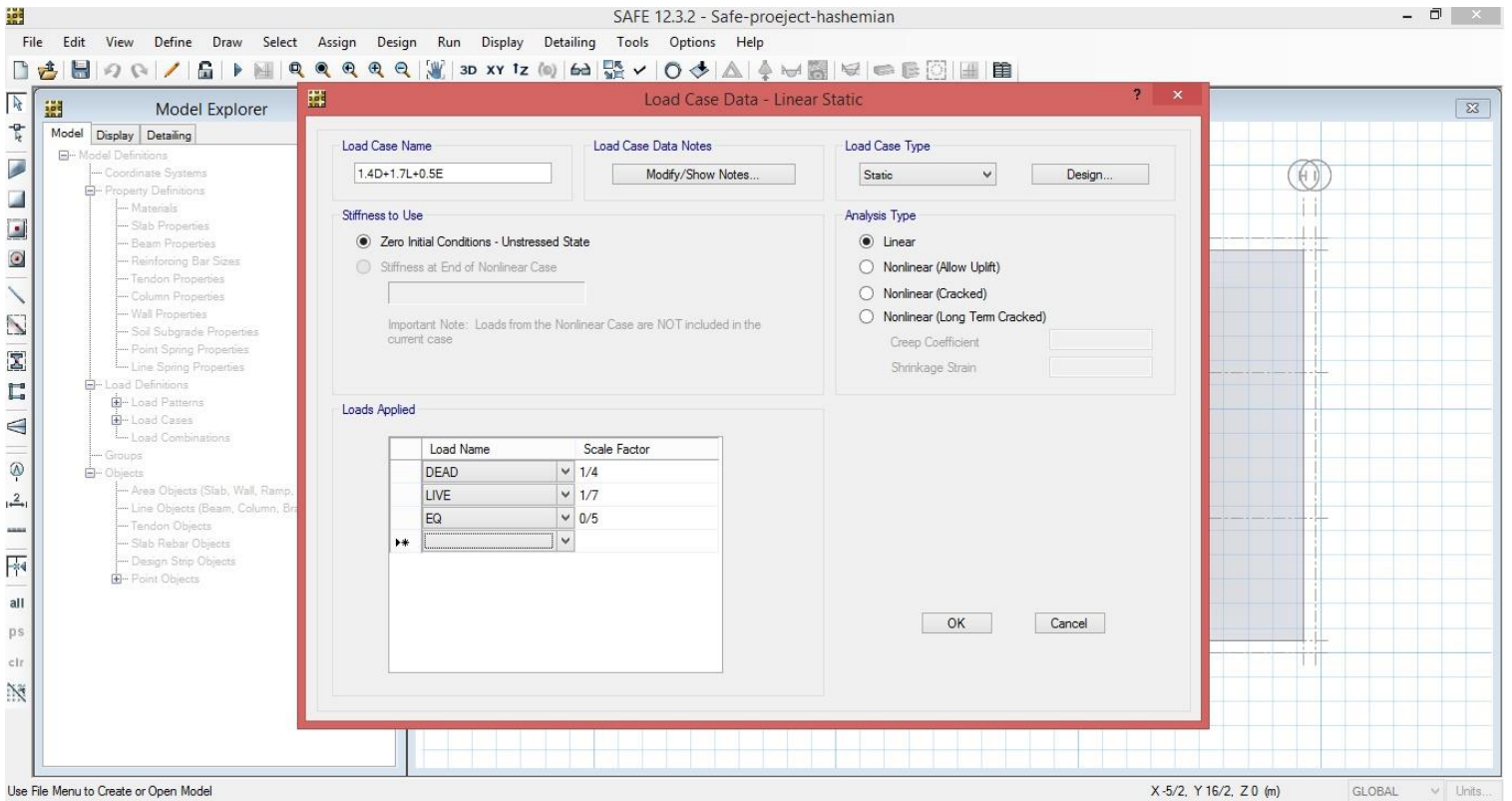


✓ تعريف الگو های بارگذاري.

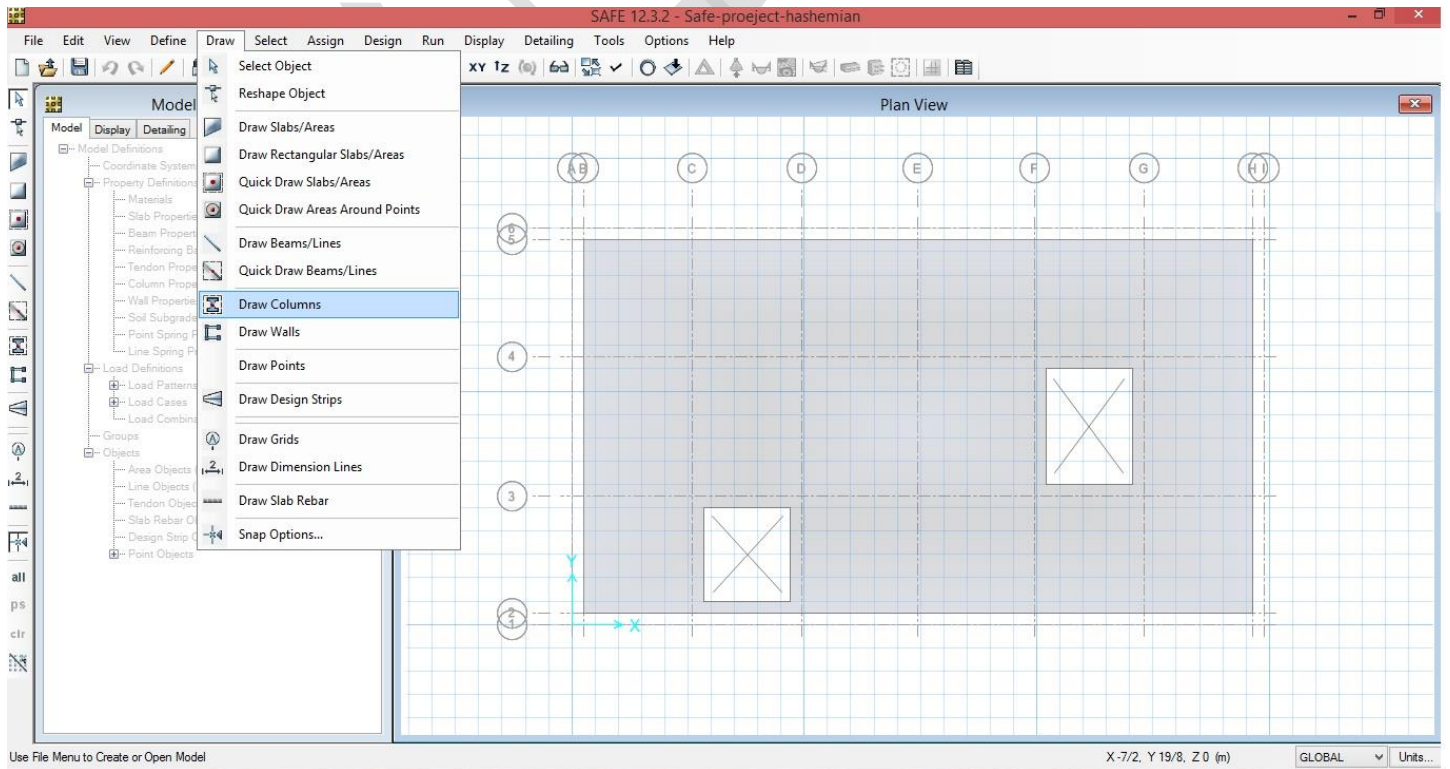


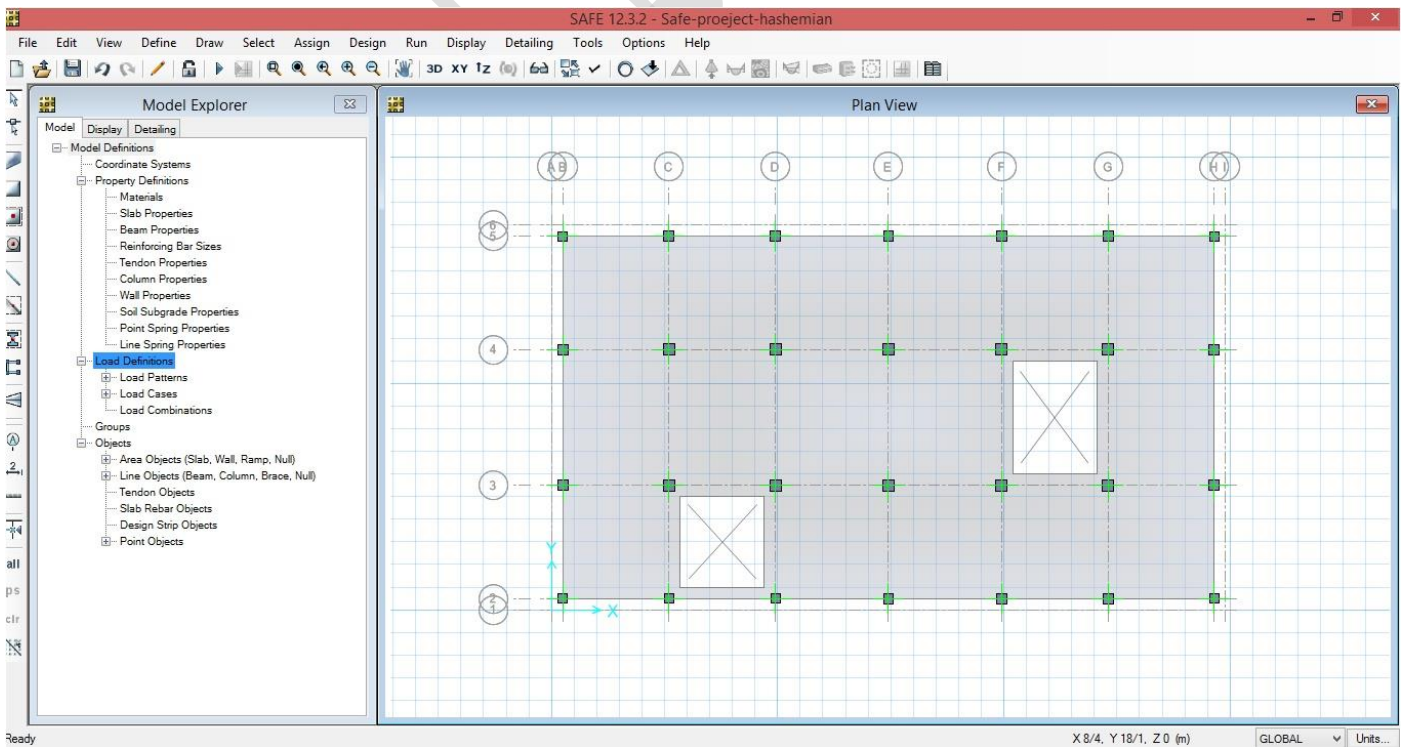
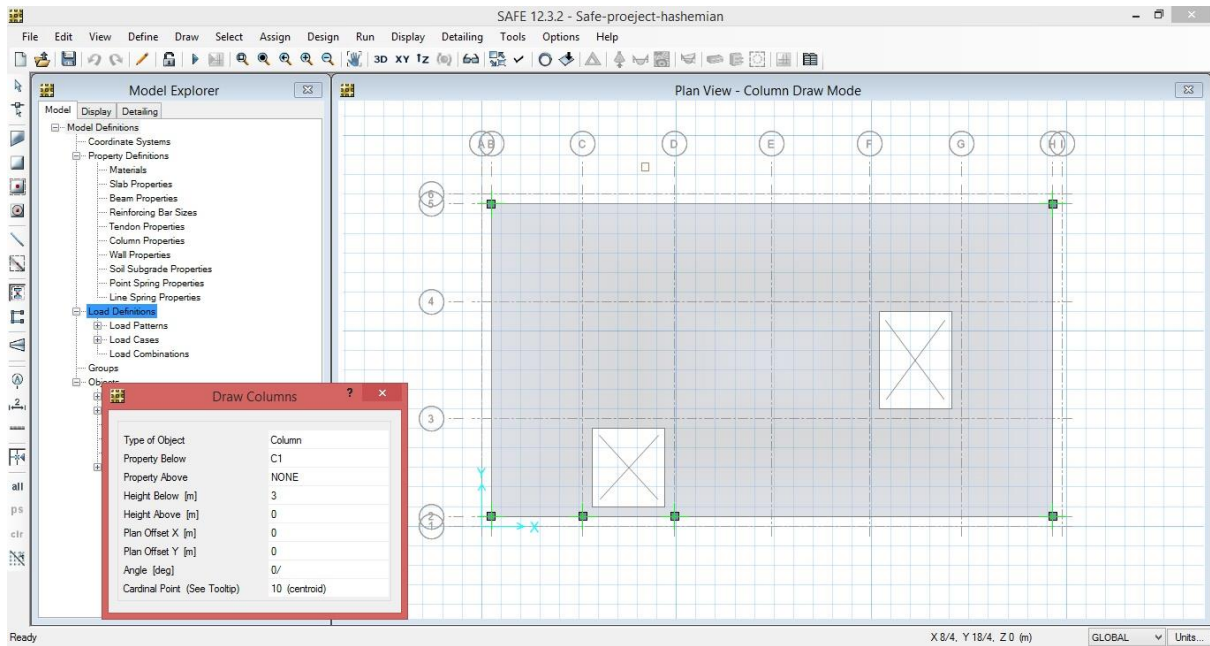
✓ تعريف تركيبات بارگذاري





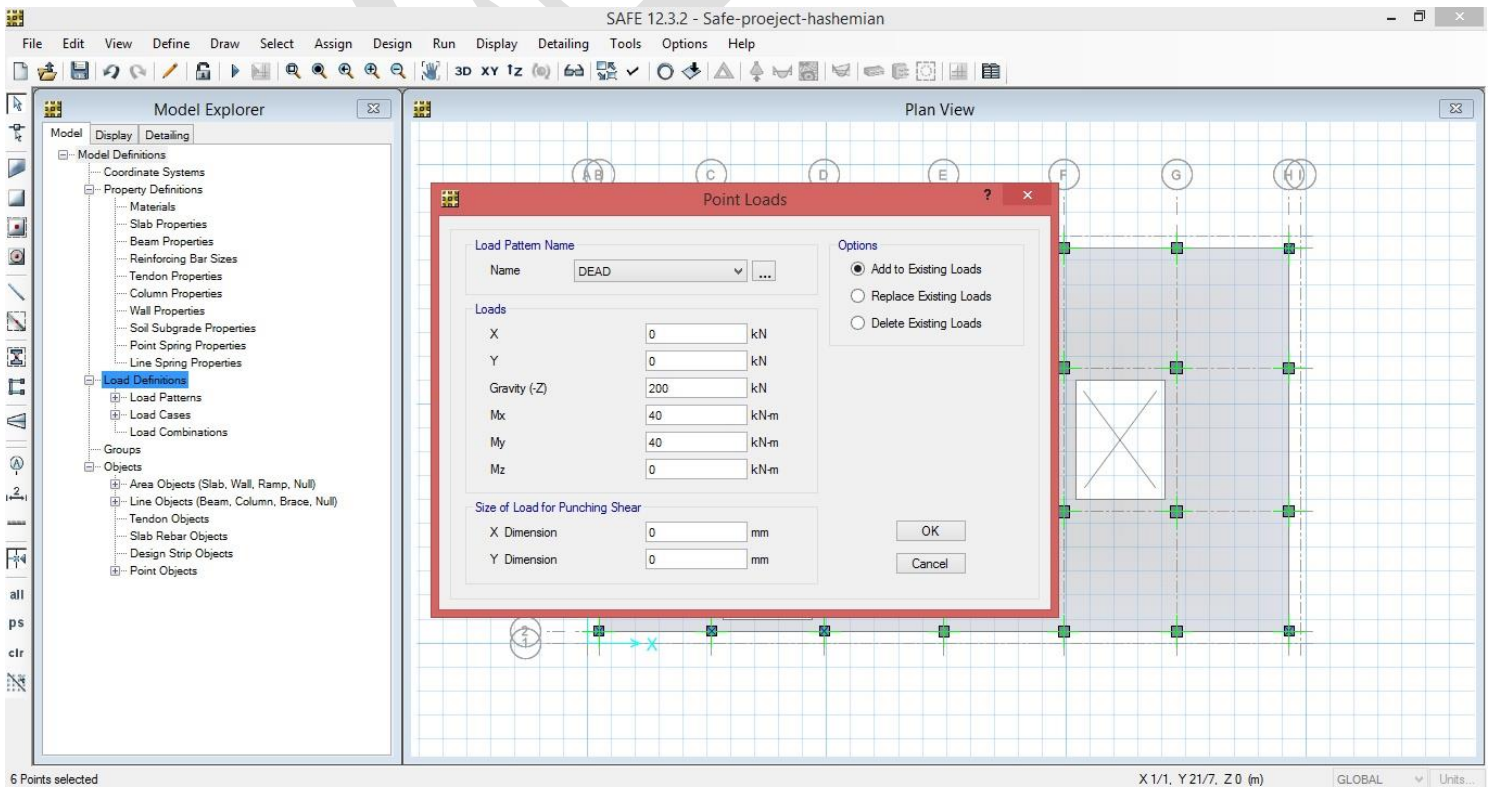
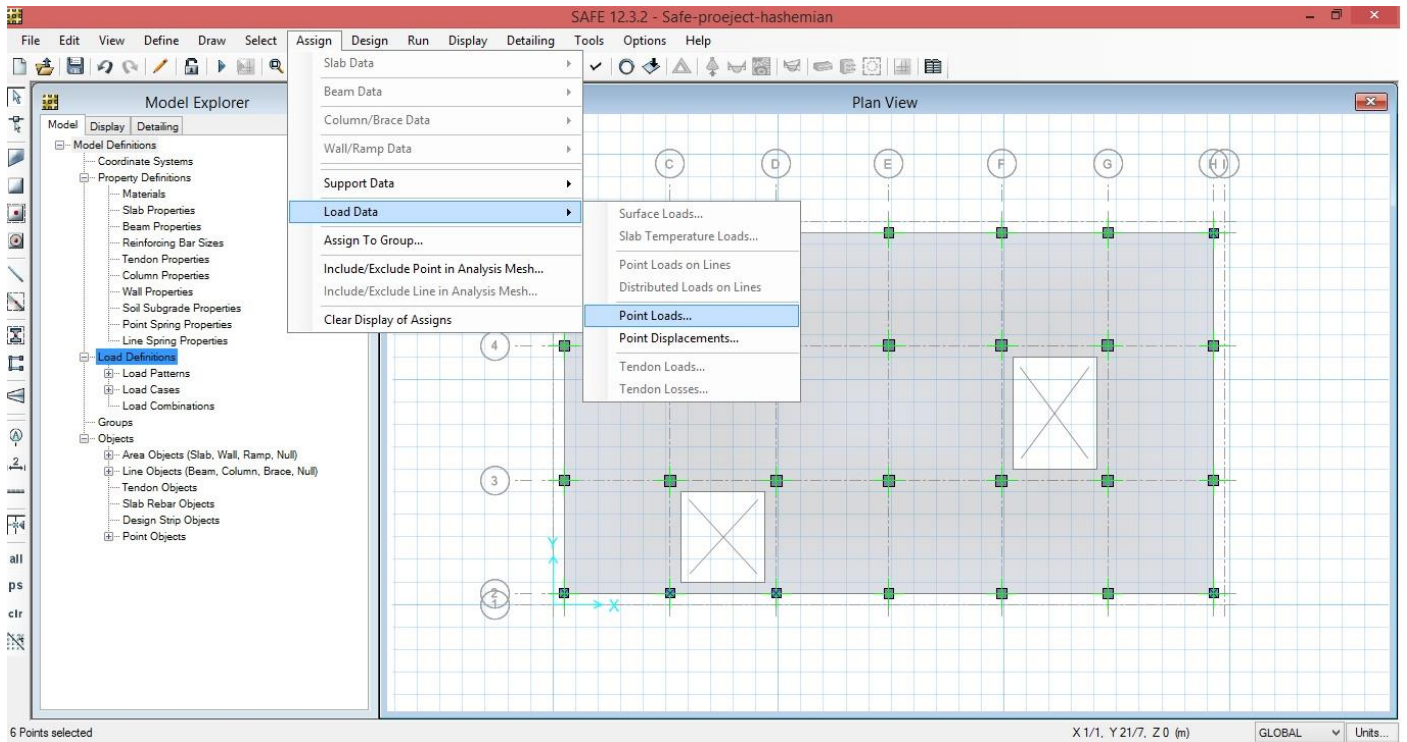
ترسیم ستون ها ✓

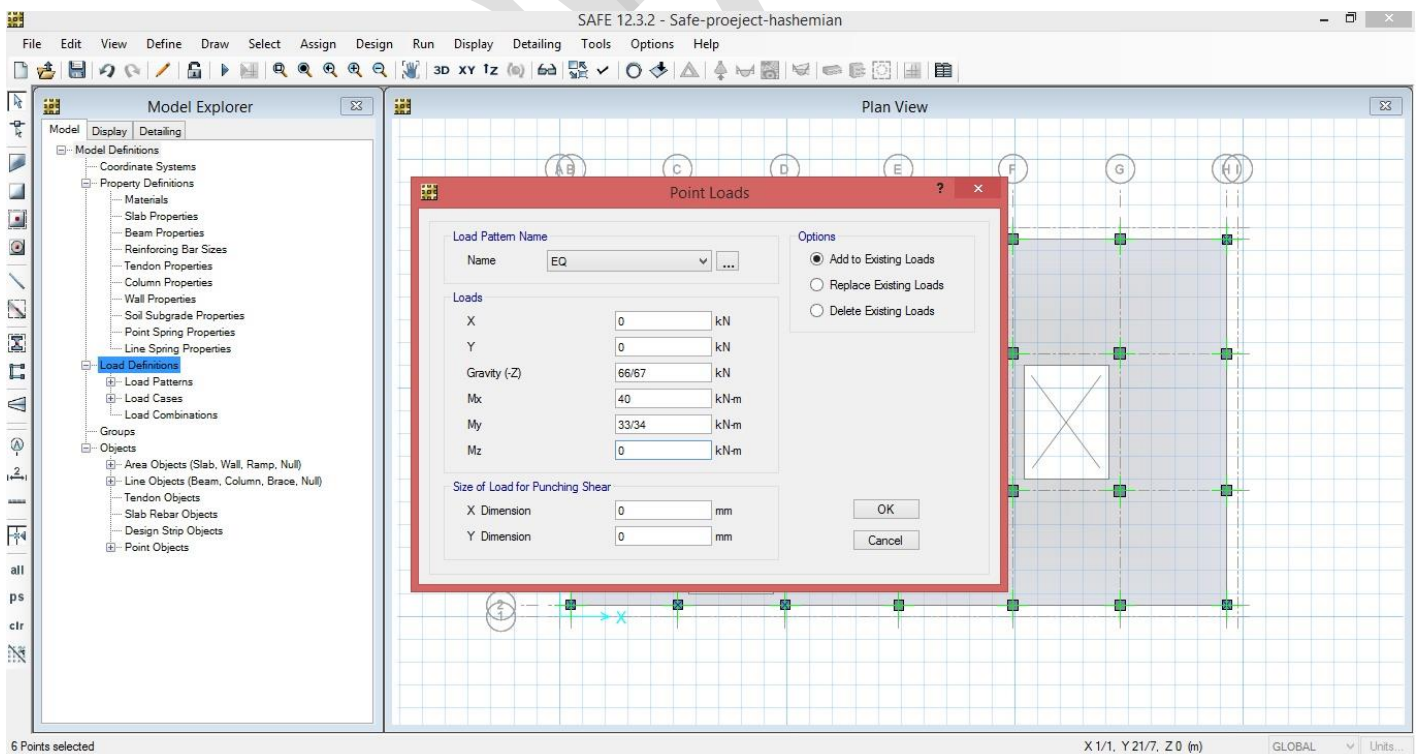
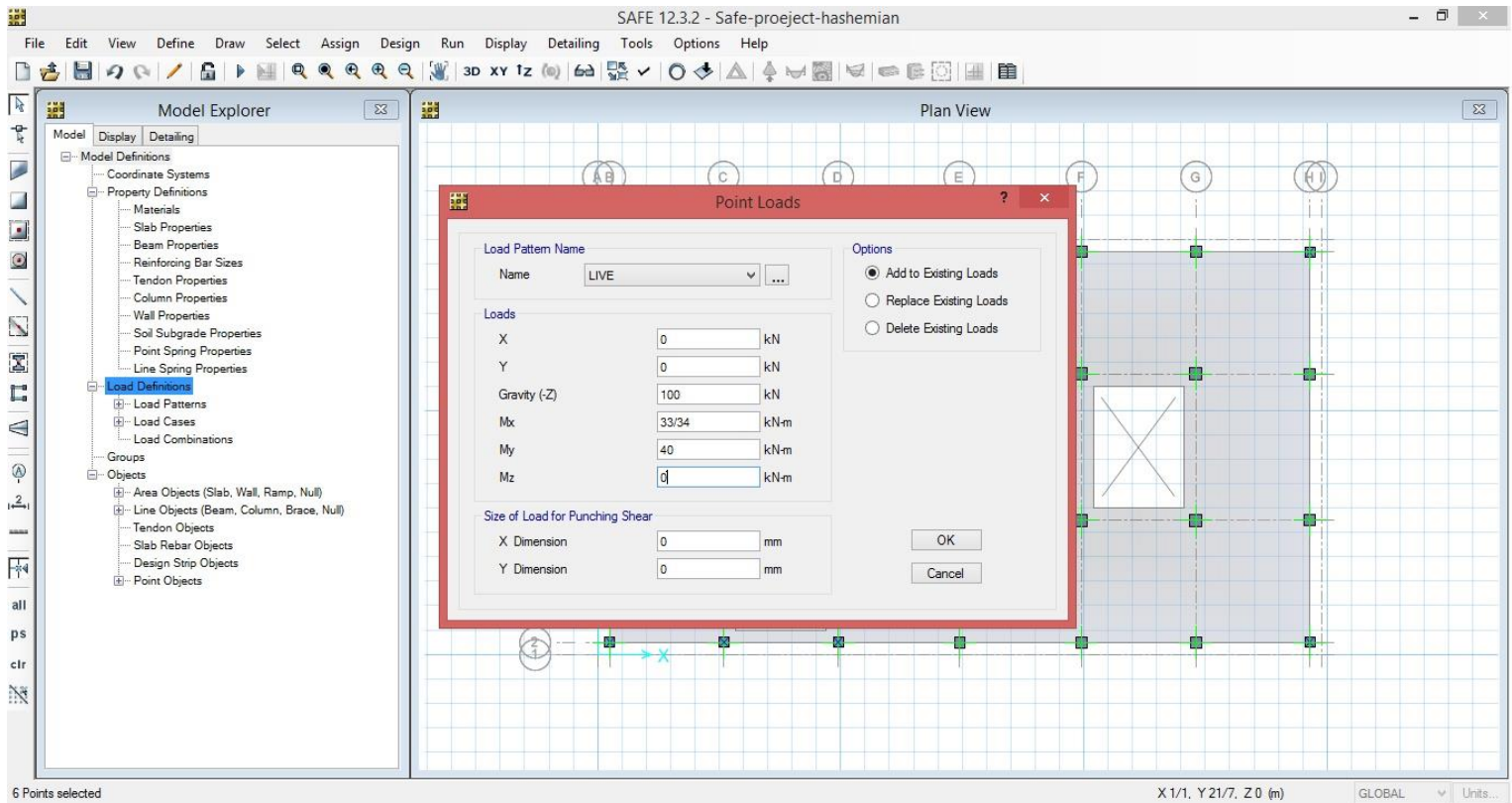


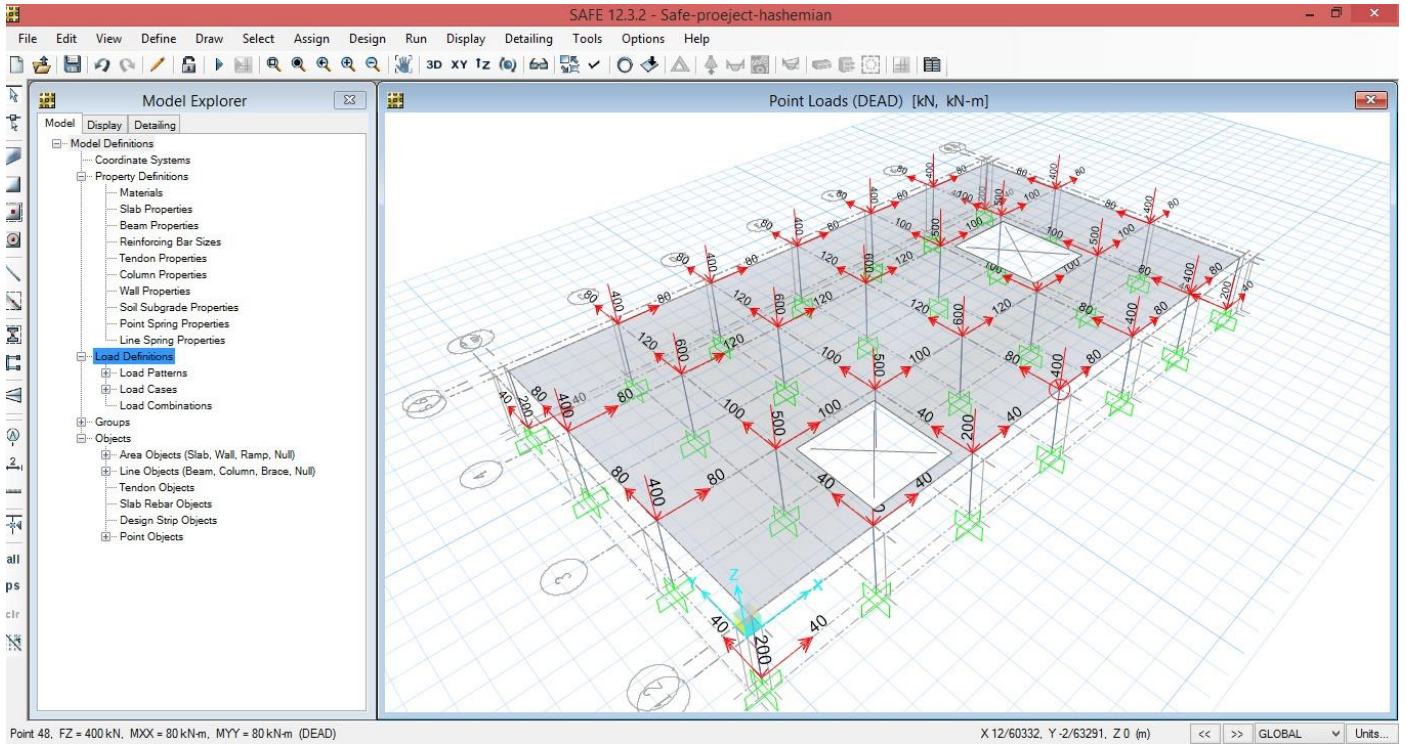


✓ تعریف بار ستون ها

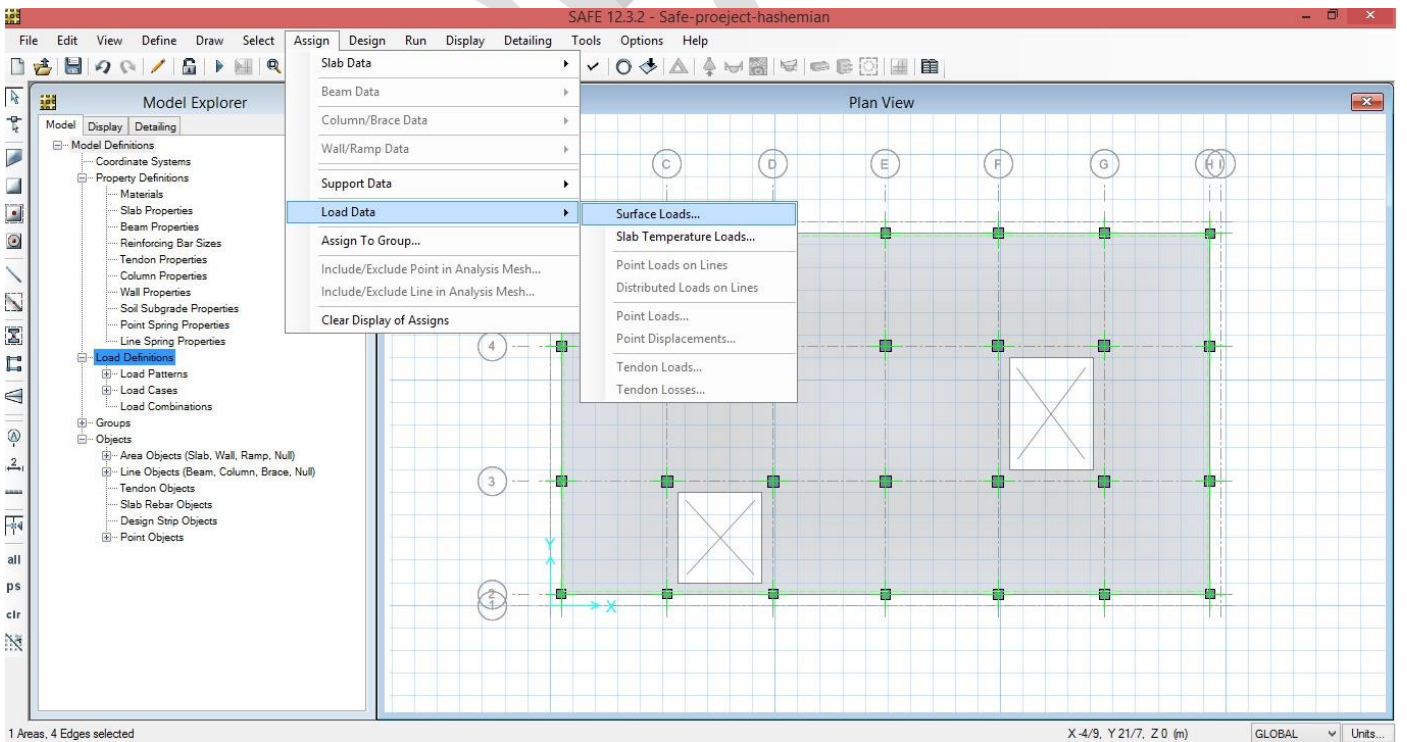
ابتدا ستون های مدنظر را انتخاب کرده و سپس بار ها را طبق تصاویر به آن الحاق می کنیم.







✓ تعریف بار خاک روی پی به عمق ۱,۲ متر





SAFE 12.3.2 - Safe-project-hashemian

File Edit View Define Draw Select Assign Design Run Display Detailing Tools Options Help

Model Explorer

- Model
  - Display
  - Detailing
- Model Definitions
  - Coordinate Systems
  - Property Definitions
    - Materials
    - Slab Properties
    - Beam Properties
    - Reinforcing Bar Sizes
    - Tendon Properties
    - Column Properties
    - Wall Properties
    - Soil Subgrade Properties
    - Point Spring Properties
    - Line Spring Properties
  - Load Definitions
    - Load Patterns
    - Load Cases
    - Load Combinations
  - Groups
  - Objects
    - Area Objects (Slab, Wall, Ramp, Null)
    - Line Objects (Beam, Column, Brace, Null)
    - Tendon Objects
    - Slab Rebar Objects
    - Design Strip Objects
    - Point Objects

Plan View

Surface Loads

Load Pattern Name

Name: DEAD

Options

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

Load Direction

Direction: Gravity

Uniform Loads

Uniform Load: 22/8 kN/m2

Nonuniform Loads

$w(x, y) = Ax + By + C = \text{Load at Pt } (x, y); x, y \text{ in Global}$

A: 0E+00 kN/m3

B: 0E+00 kN/m3

C: 0 kN/m2

OK

Cancel

1 Areas, 4 Edges selected

X 21/9, Y 21/8, Z 0 (m)

GLOBAL Units...

SAFE 12.3.2 - Safe-project-hashemian

File Edit View Define Draw Select Assign Design Run Display Detailing Tools Options Help

Model Explorer

- Model
  - Display
  - Detailing
- Model Definitions
  - Coordinate Systems
  - Property Definitions
    - Materials
    - Slab Properties
    - Beam Properties
    - Reinforcing Bar Sizes
    - Tendon Properties
    - Column Properties
    - Wall Properties
    - Soil Subgrade Properties
    - Point Spring Properties
    - Line Spring Properties
  - Load Definitions
    - Load Patterns
    - Load Cases
    - Load Combinations
  - Groups
  - Objects
    - Area Objects (Slab, Wall, Ramp, Null)
    - Line Objects (Beam, Column, Brace, Null)
    - Tendon Objects
    - Slab Rebar Objects
    - Design Strip Objects
    - Point Objects

Slab Surface Loading in Gravity Direction (DEAD) [kN/m2]

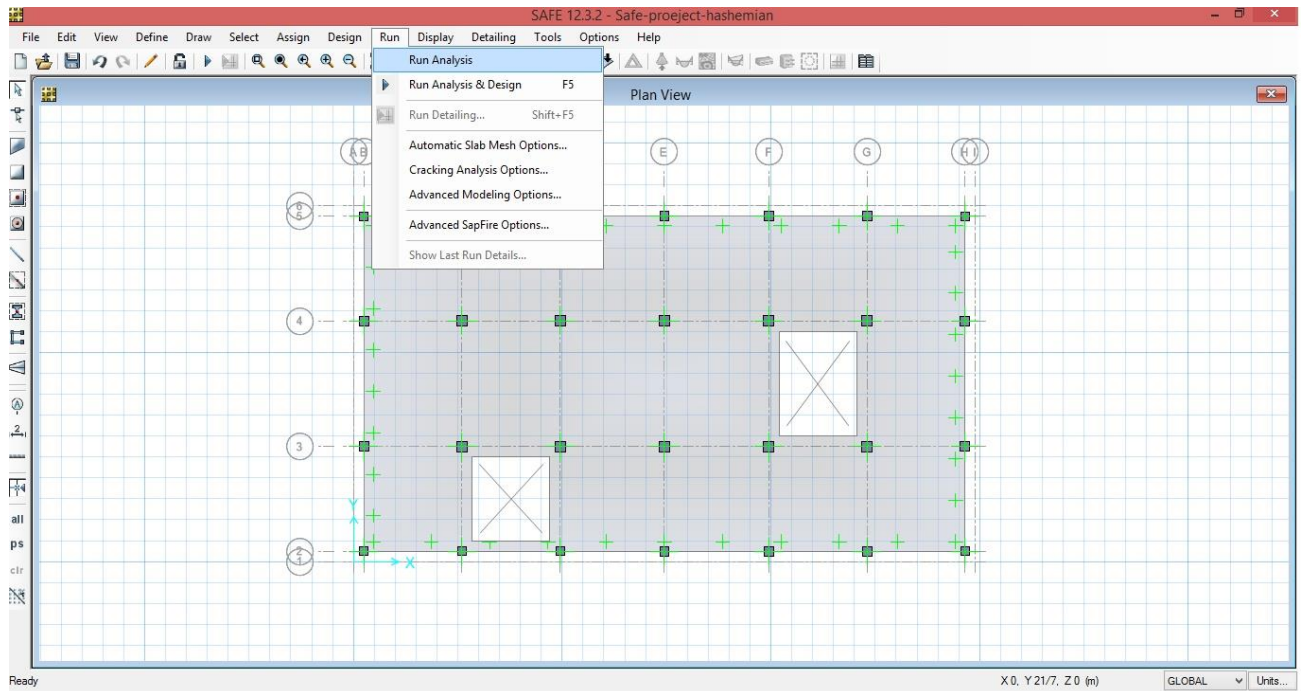
22/8

Max = 22/8 kN/m2; Min = 22/8 kN/m2

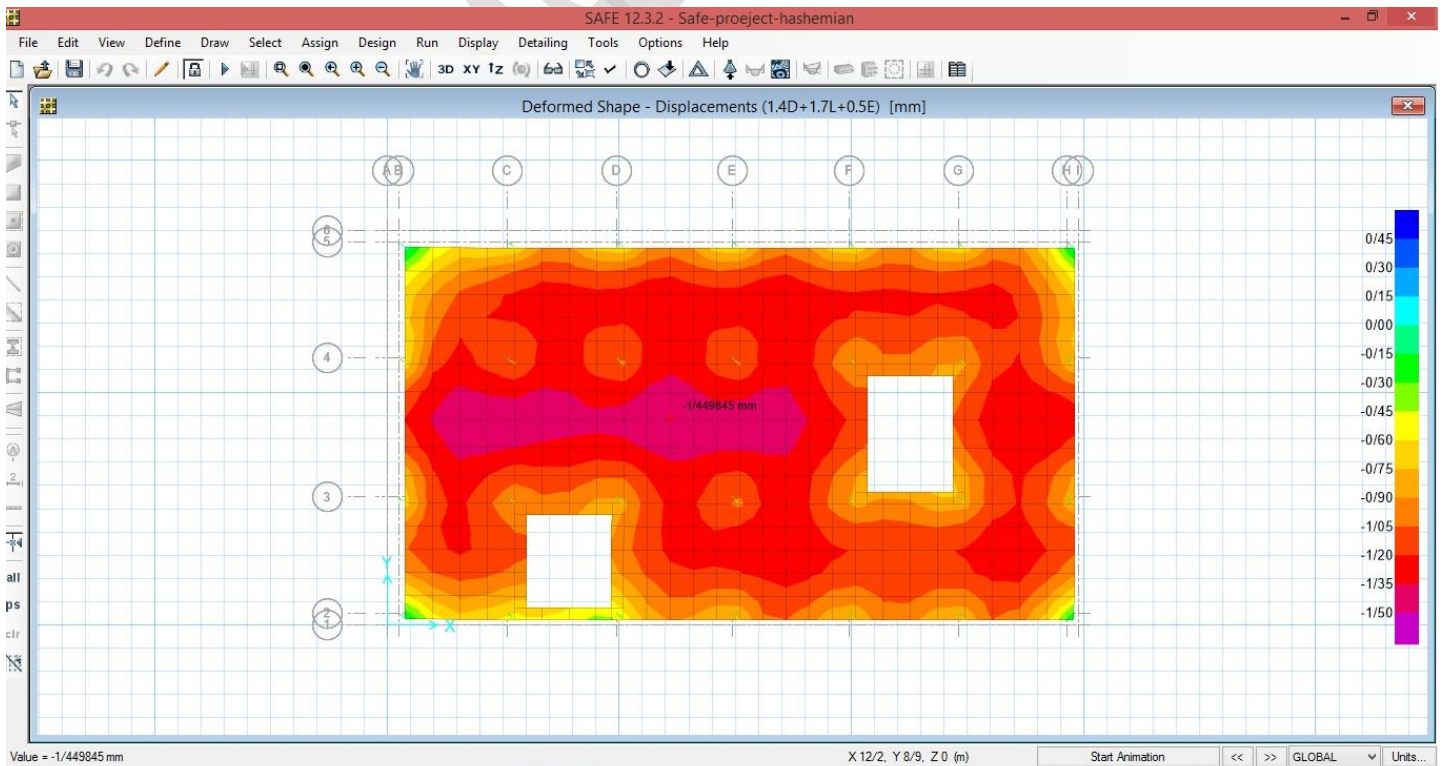
X 23/84918, Y 19/05776, Z 0 (m)

GLOBAL Units...

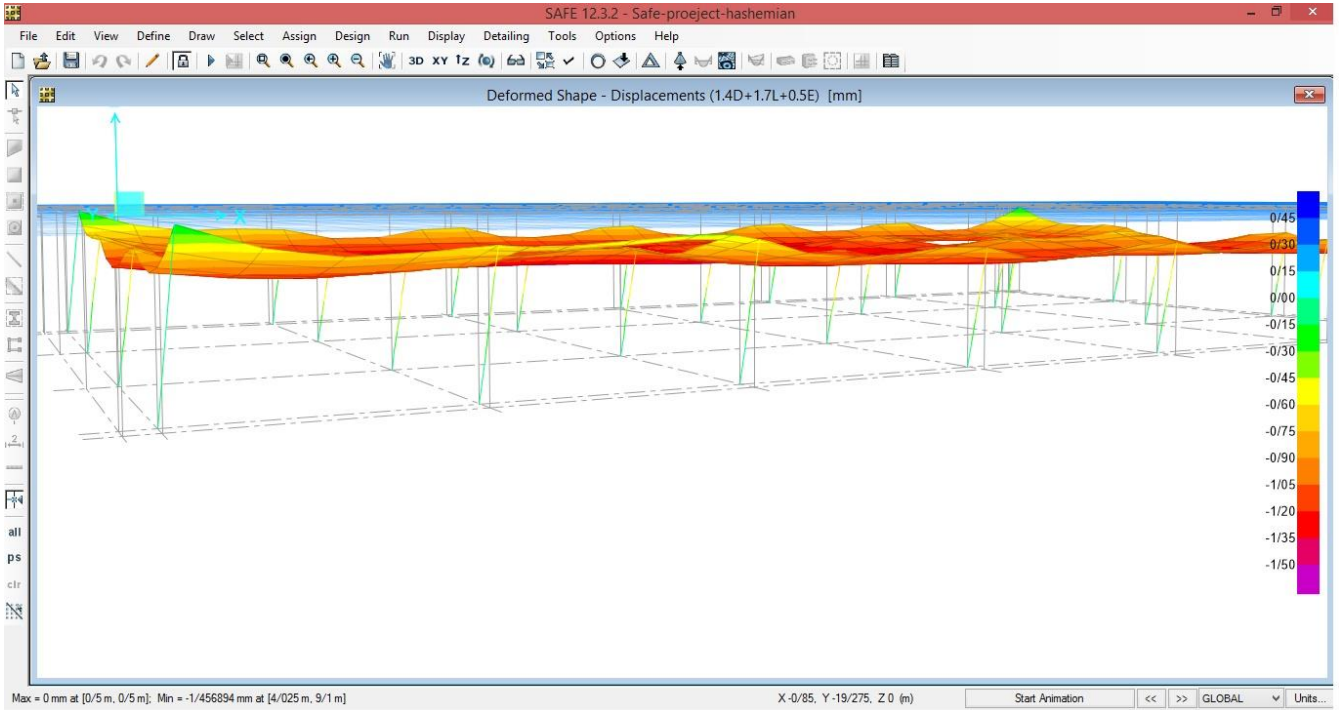
## ✓ Run – آنالیز مدل سازی



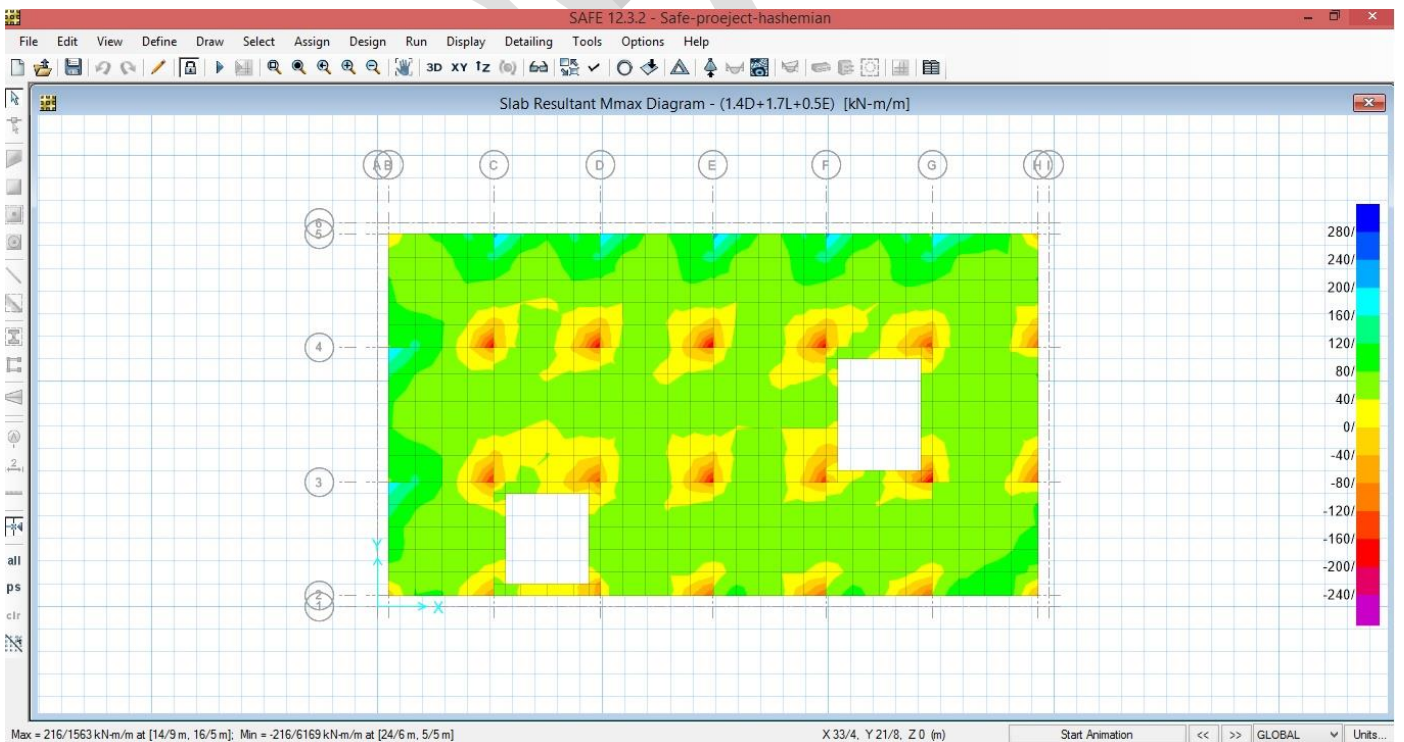
## ✓ نمودار نشست پی



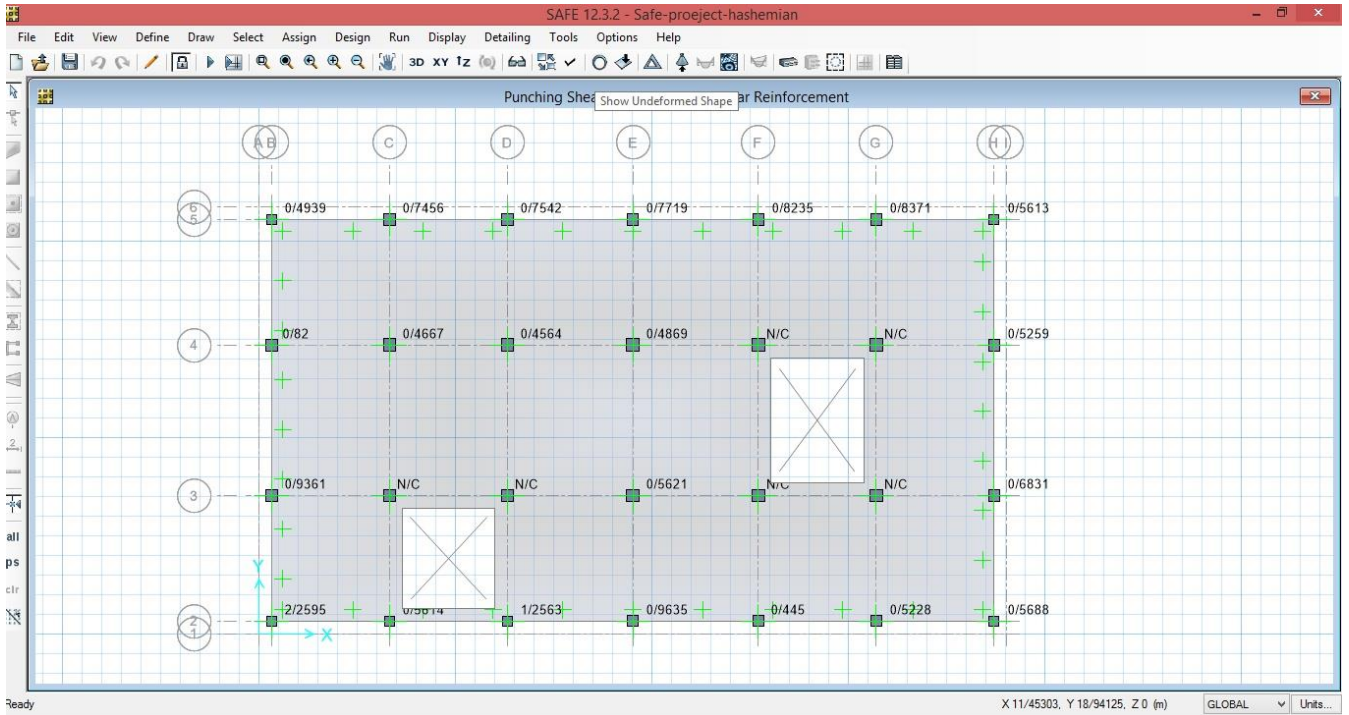
✓ نمودار نشست پی - سه بعدی



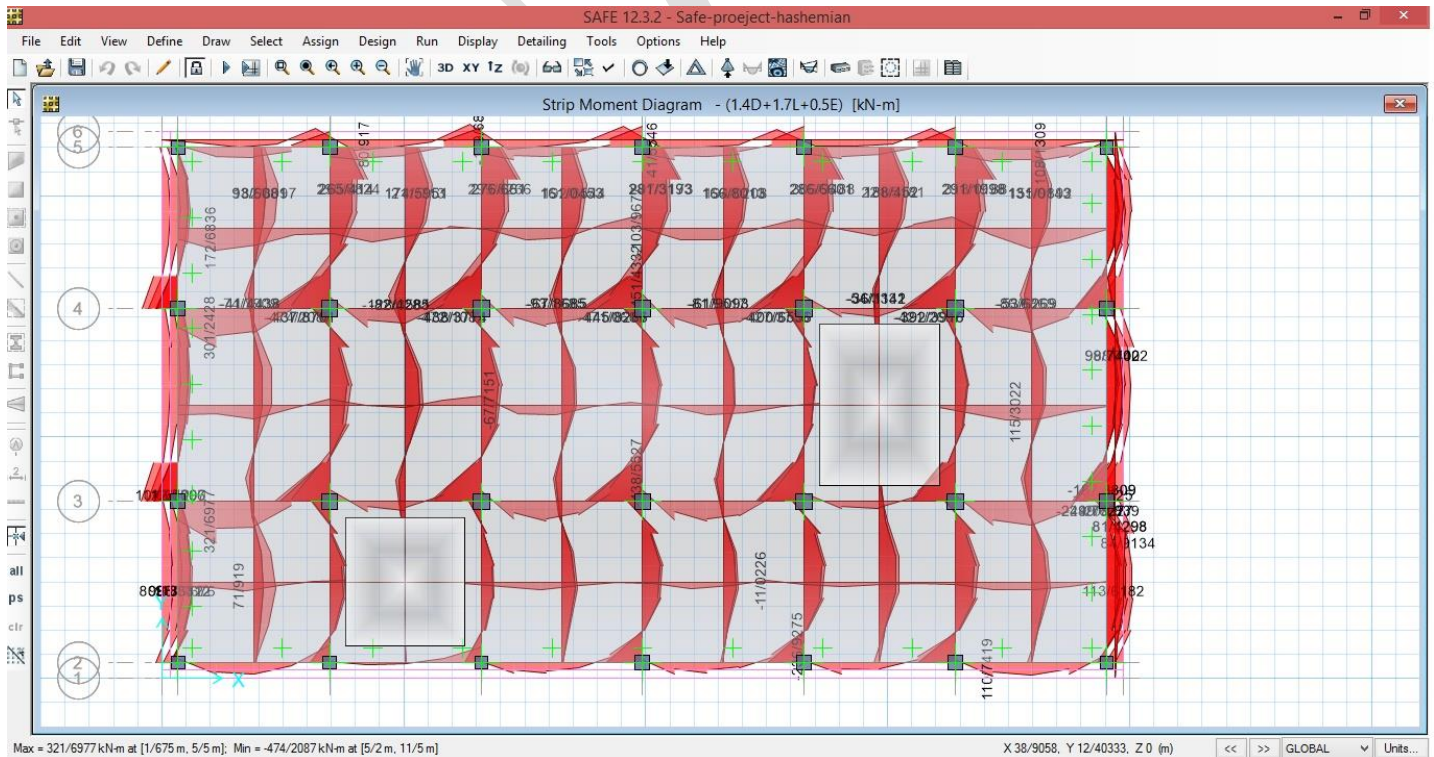
✓ نمودار لنگر



✓ نسبت برش پانچ



✓ دیاگرام لنگر نواری



✓ دیاگرام برش نواری

