

فرادرس

فراتر از یک کلاس درس
www.faradars.org

تحلیل و طراحی سه بعدی استاتیکی ودینامیکی سازه با روش المان محدود

مدرس:

سید فرزاد مدرسی زاده

کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه

دانشگاه سیستان و بلوچستان

SAP2000

نرم افزاری جامع برای مدل سازی به روش المان محدود، شامل تحلیل های
استاتیکی، دینامیکی و تحلیل غیر خطی و طراحی سازه

FaraDars.org

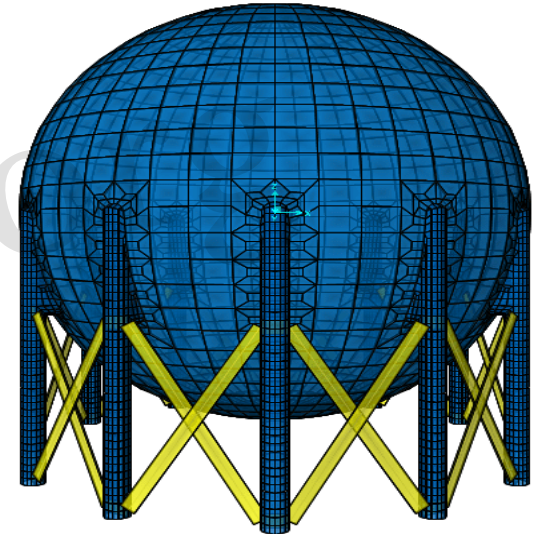
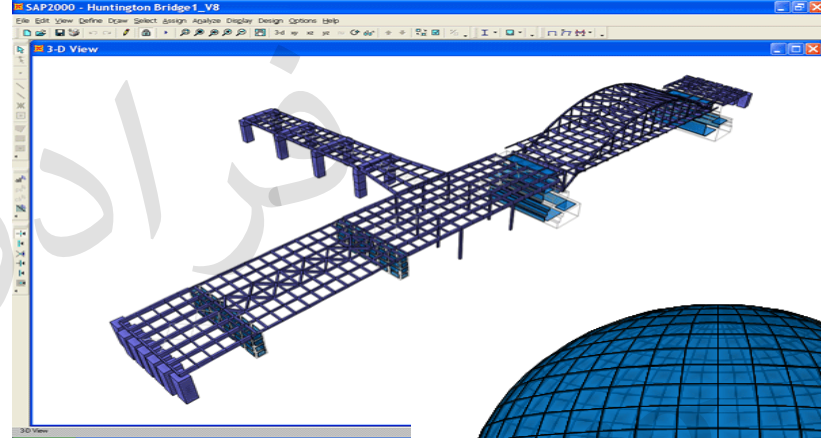
ویژگی های کلیدی

Introduction

► نرم افزاری قدرتمند و یکپارچه
جهت تحلیل و طراحی سازه

► رابط گرافیکی کاملاً تعاملی با کاربر
برای مدل کردن سریع

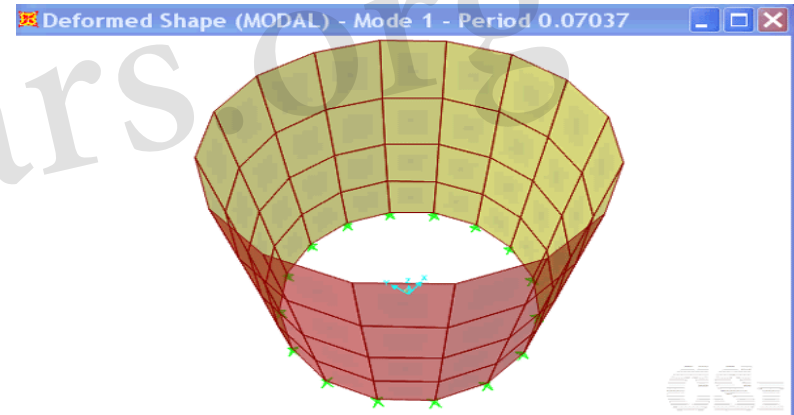
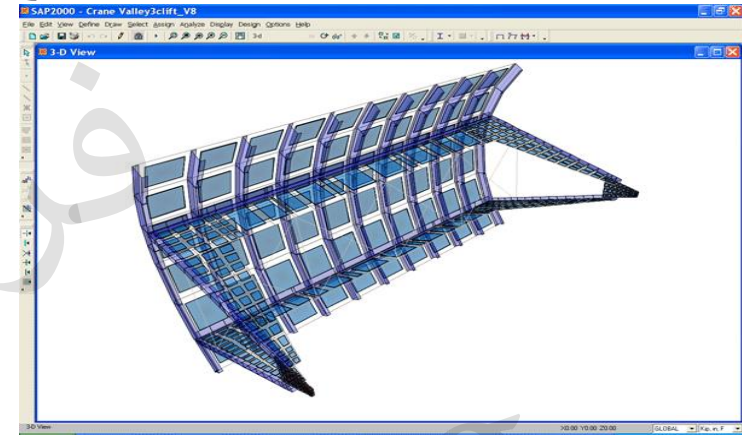
► توانایی ترسیم انواع المان ها شامل:
قاب، پوسته، المان های صلب و
المان های غیر خطی، مفاصل، خرپا
و ...



Introduction

ویژگی های کلیدی

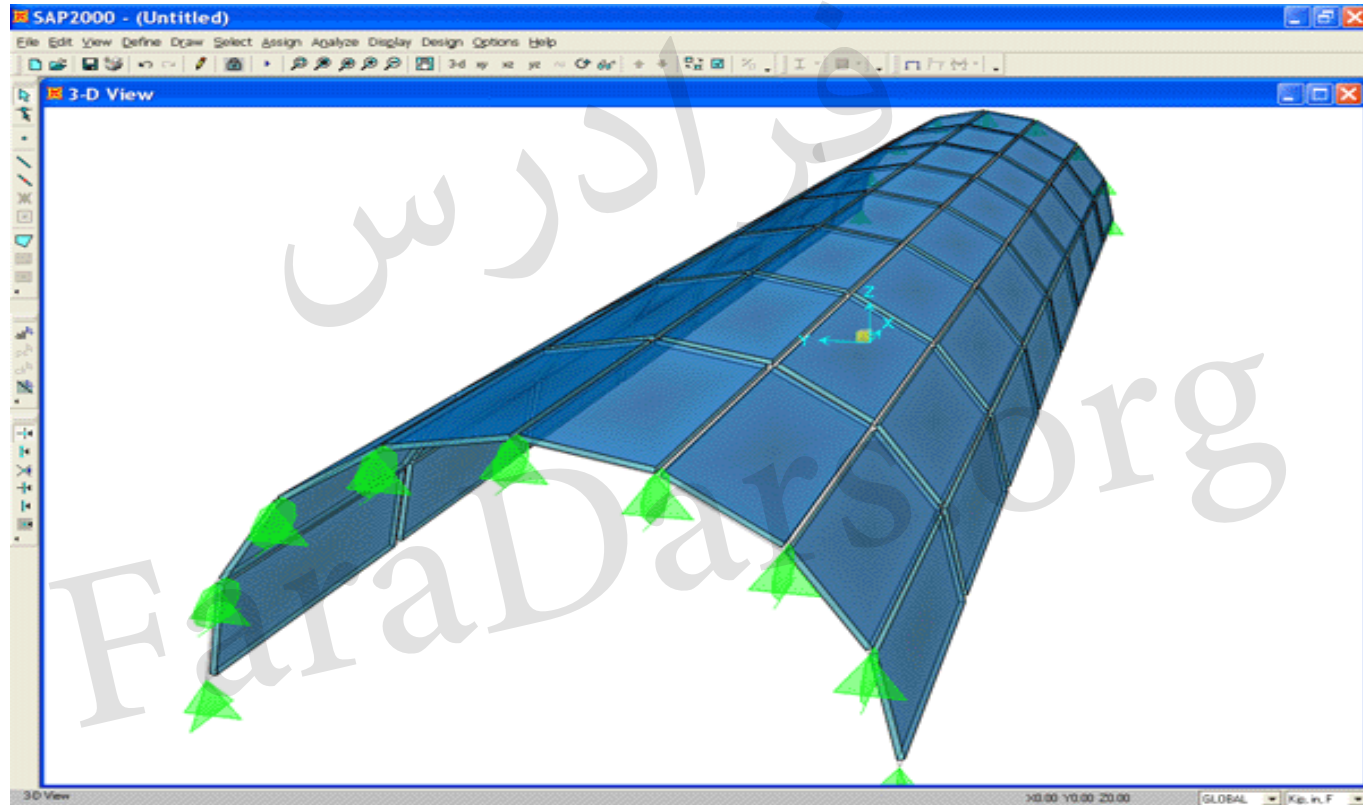
- ▶ وجود گزینه های تجزیه و تحلیل های گسترده شامل:
استاتیکی خطی، دینامیکی خطی، دینامیکی غیر خطی
- ▶ امکان طراحی اتوماتیک از اعضای بتنی و فولادی
منطبق بر کدهای مختلف بین المللی
- ▶ ارائه خروجی در فرمت های کامل و ارائه گزارش های
سفارشی
- ▶ امکان ارائه ورودی و خروجی مرتبط با اتوکد



Interactive Model Creation Fully Graphical Interface

Interactive Modeling

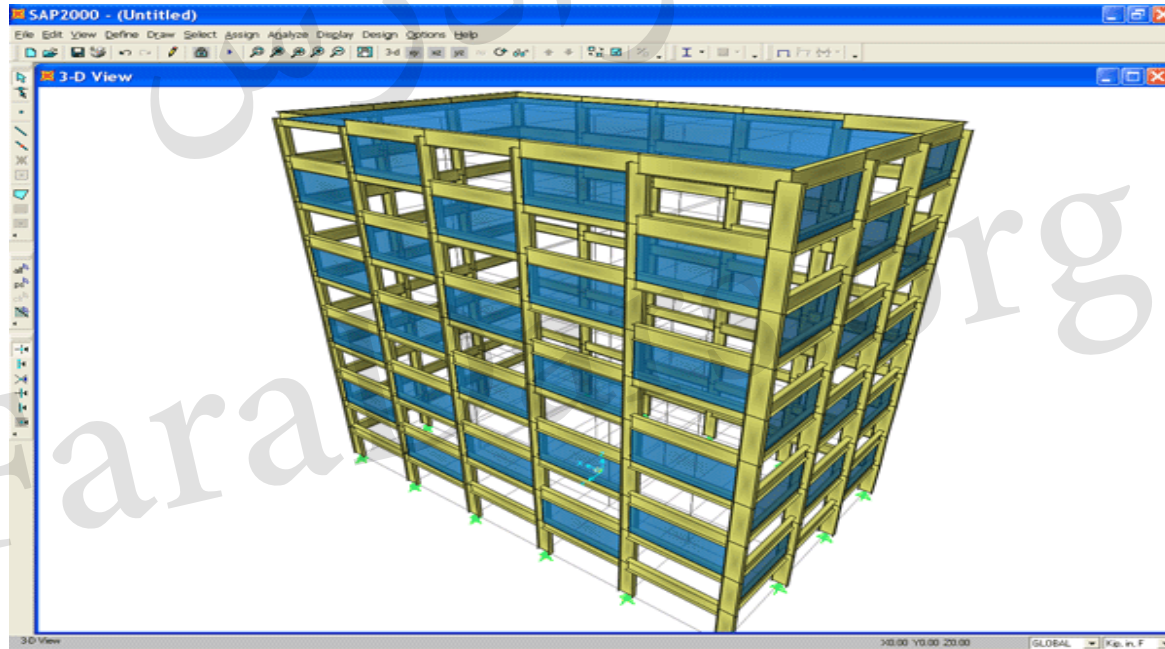
قابلیت های قدرتمند مدل سازی



Interactive Modeling

انجام کار در چندین صفحه نمایش

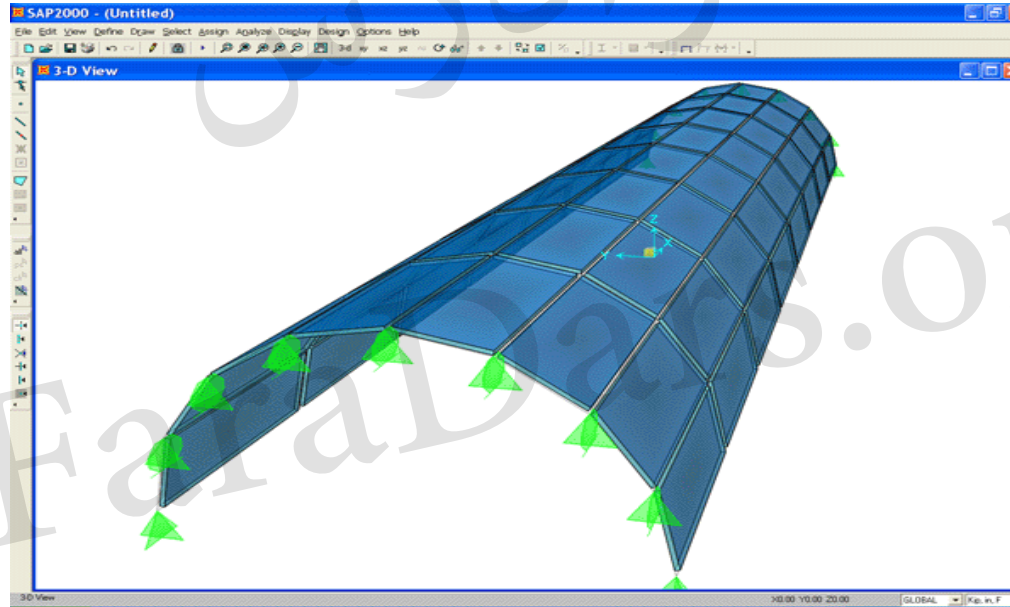
تولید مدل های 3D پیچیده با استفاده از پلان، ارتفاع و نمایش های گوناگون



Interactive Modeling

ساختار پارامتری

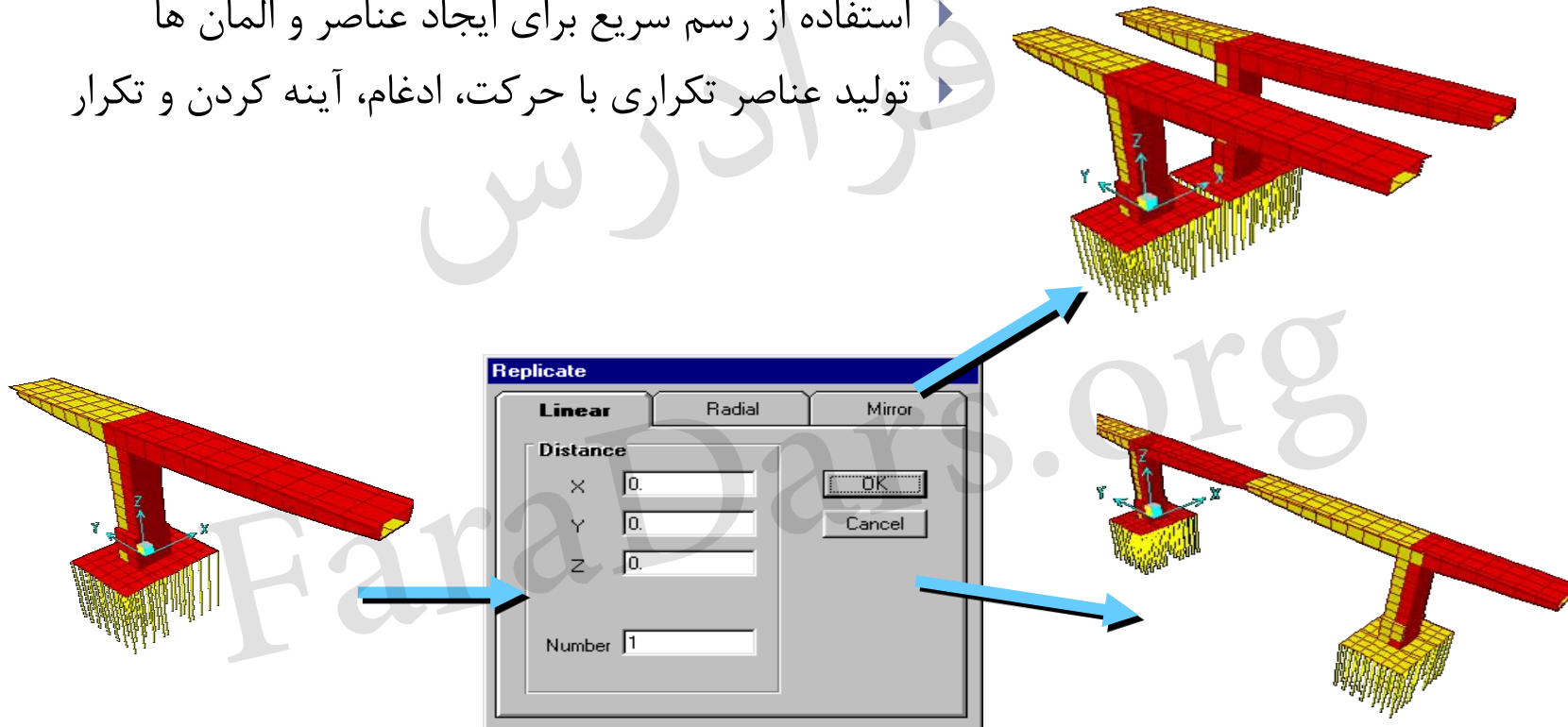
- استفاده از قالب ها و ساختارهای پارامتری برای تولید سریع مدل های معمولی و مرسوم



Interactive Modeling

ابزار ویرایش قدرتمند

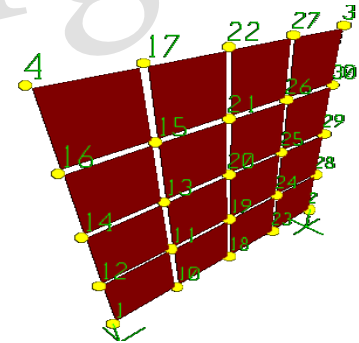
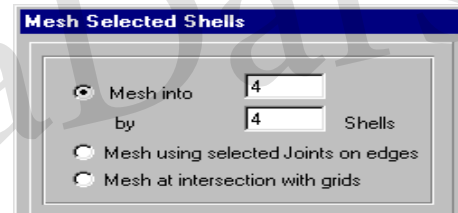
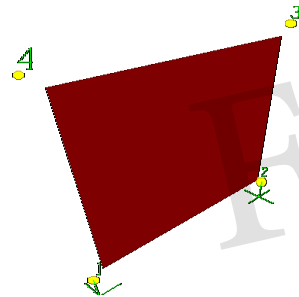
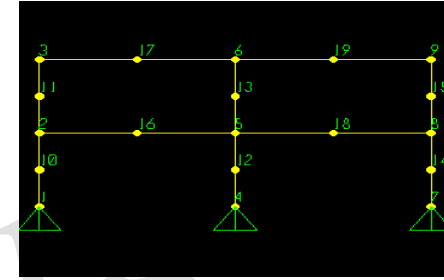
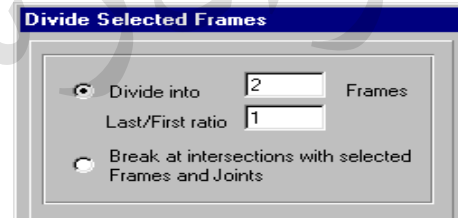
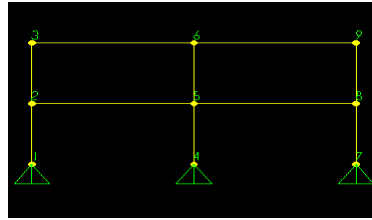
- استفاده از رسم سریع برای ایجاد عناصر و المان ها
- تولید عناصر تکراری با حرکت، ادغام، آینه کردن و تکرار



Interactive Modeling

ابزار ویرایش قدرتمند

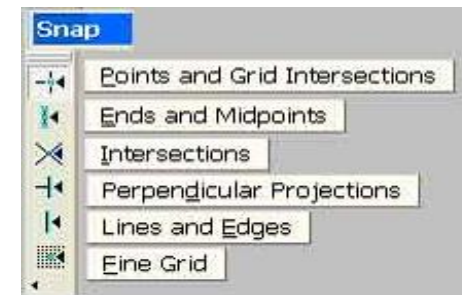
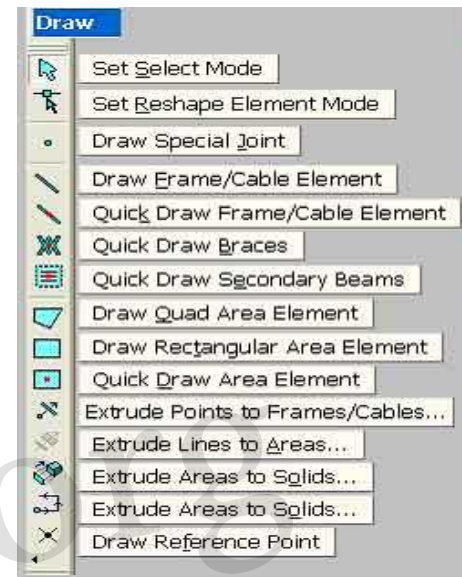
► تقسیم مناسب و درگیر کردن عناصر



Interactive Modeling

ابزار ویرایش قدرتمند

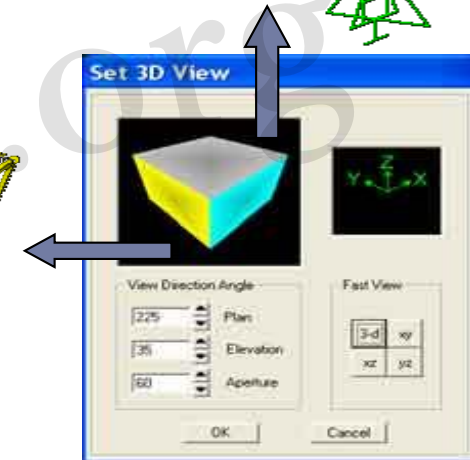
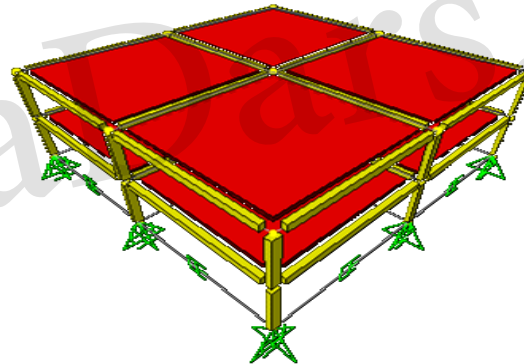
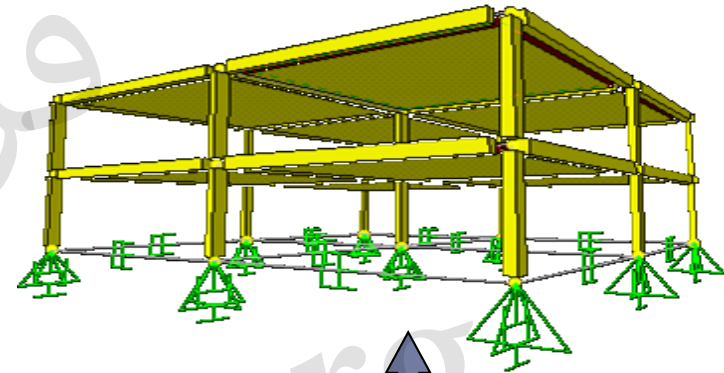
- ▶ دسته بندی قدرتمند، انتخاب ابزارهای صفحه نمایش
- ▶ تخصیص خواص مواد، بارگذاری و پشتیبانی بر روی صفحه نمایش
- ▶ نمایش شکل واقعی مقاطع
- ▶ کپی / چسباندن به و از صفحات گسترده
- ▶ سطوح نامحدود واگرد و از نو(قبل و بعدی)



Interactive Modeling

گزینه های نمایش آسان

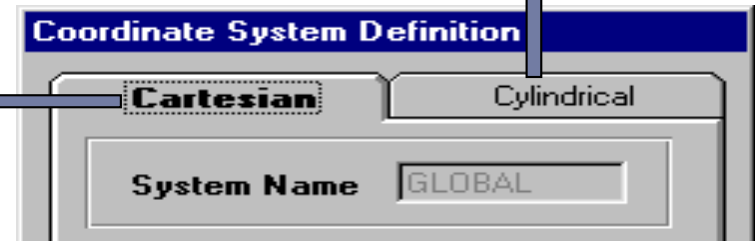
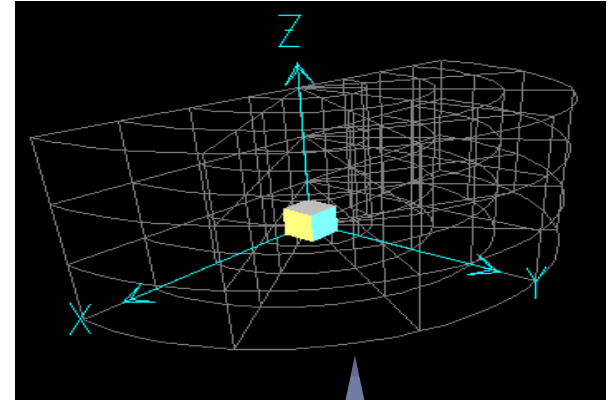
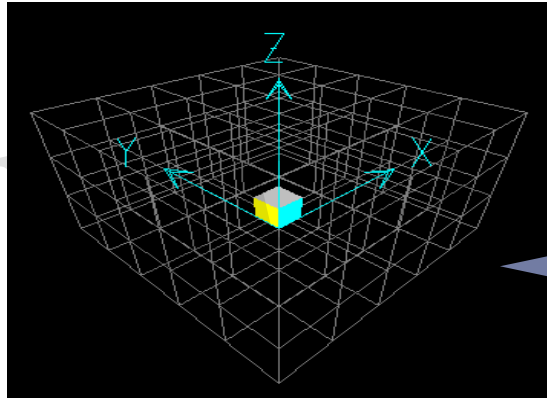
- ▶ نمایش ها متعامد و نماهای چندگانه
- ▶ زوم و حرکت
- ▶ زاویه دید استاندارد
- ▶ نماهای تعریف شده و یا نام گذاری شده توسط کاربر



Interactive Modeling

راهنما و شبکه بندی ها

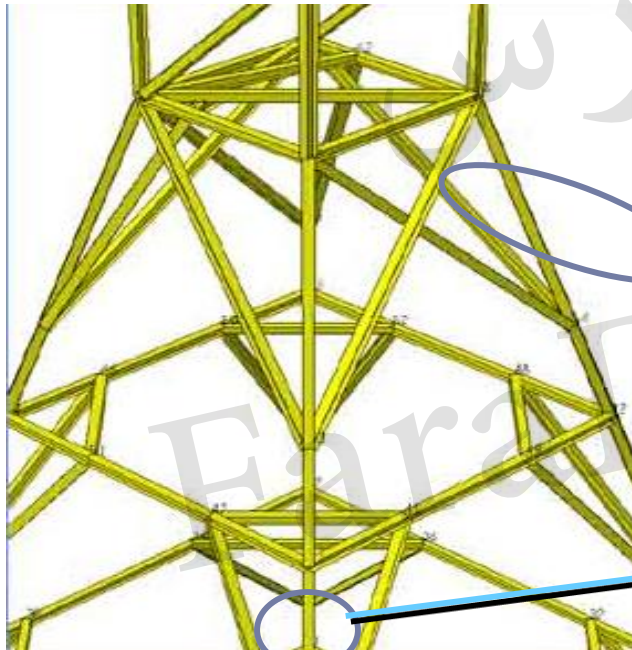
- ▶ ایجاد ابعاد دقیق با دستورالعمل ها و قالب های آماده
- ▶ مختصات مستطیلی متعدد و استوانه ای هماهنگ با سیستم ها یا شبکه انعطاف پذیر



Interactive Modeling

اطلاعات

▶ کلیک بر روی دکمه راست برای اطلاعات المان ها و عناصر انتخاب شده



Frame Information			
Identification			
Frame	20	Start Joint	3
Element Length	30.	End Joint	12
Specifications			

Joint Information			
Identification and Location			
Joint	1	X	-30.
Attached to 4 Elements		Y	-30.
		Z	0.

Frame Elements

Beams, Columns, Trusses, Links

المان ها قابی

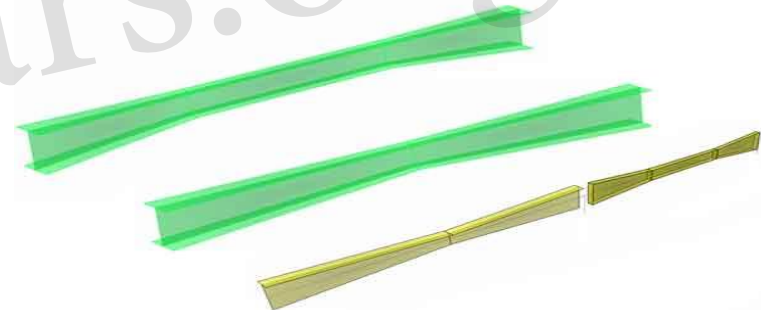
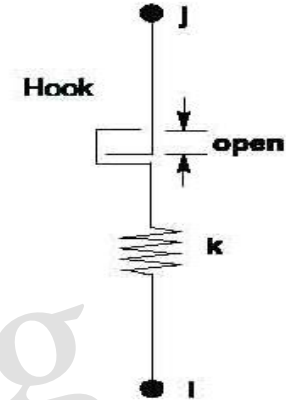
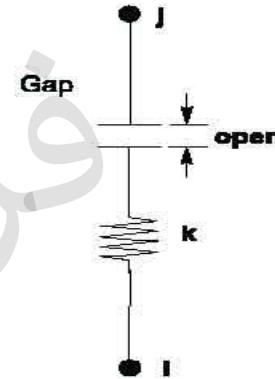
▶ عناصر قاب های ساده شامل:

- تیر ، ستون
- خرپا، مهاربند، و غیره

▶ المان غیر خطی :

- قلاب، میراگر
- عایق های پایه
- اصطکاک

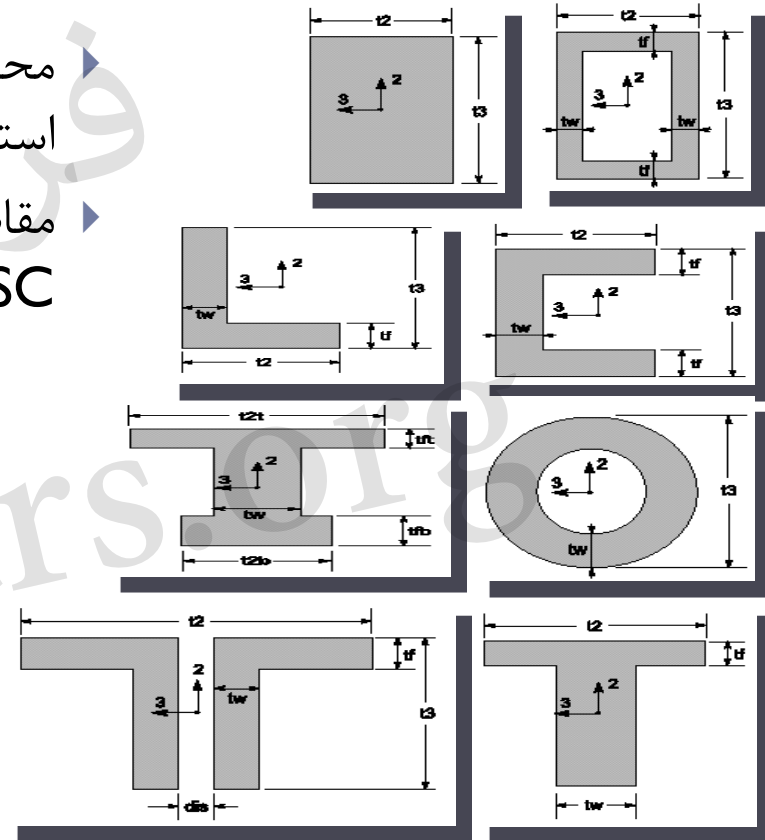
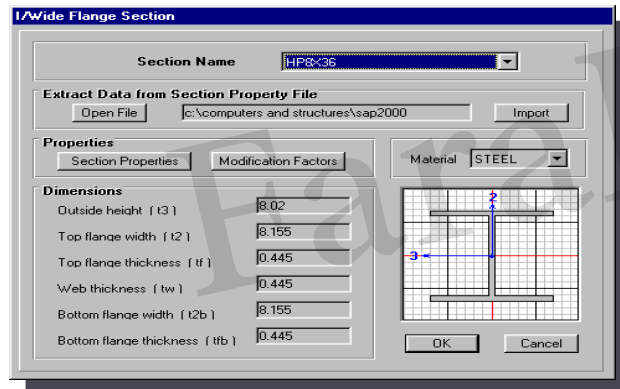
▶ المان های لولاهای پلاستیکی



Frame Elements

المان های مقاطع عرضی قاب

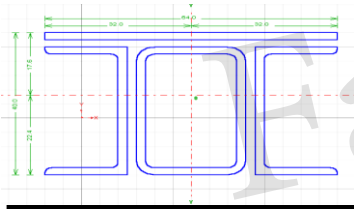
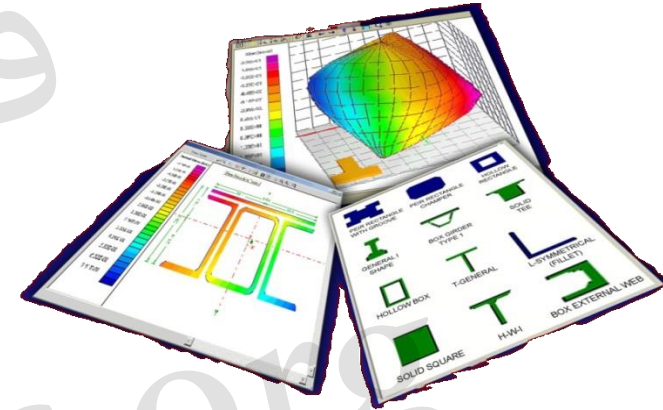
- محاسبه خودکار خواص هندسی مقطع برای اشکال استاندارد
- مقاطع فولادی ساخته شده برای استانداردهای AISC، CISC، BS و غیره



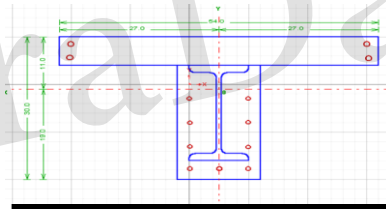
اتصال به “CSI Section Designer”

Frame Elements

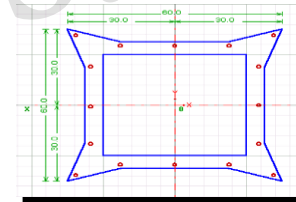
بخش طراحی CSI:
نرم افزار بسیار تعاملی و جامع برای ساخت و ساز اشکال ساختمانی
و مقاطع در بتن، فولاد و مواد کامپوزیت برای عناصر قاب ها



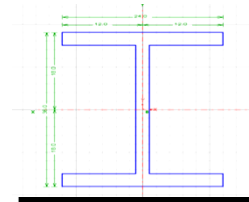
Built-up Steel



Composite Sections



Reinforced Concrete

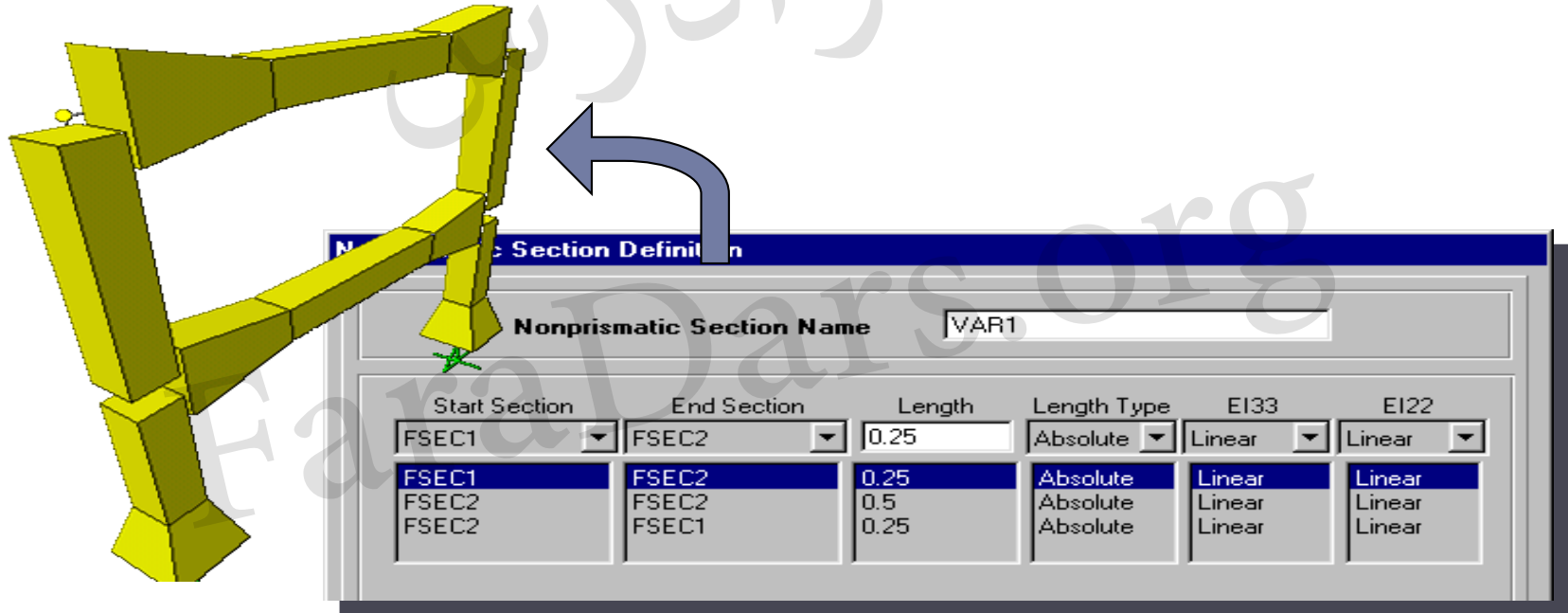


Simple Steel

Frame Elements

المان ها غیر منشوری قاب

► تعریف بخش غیر منشوری در طول یک المان برای مدل کردن تیرهای دارای مقاطع متغیر

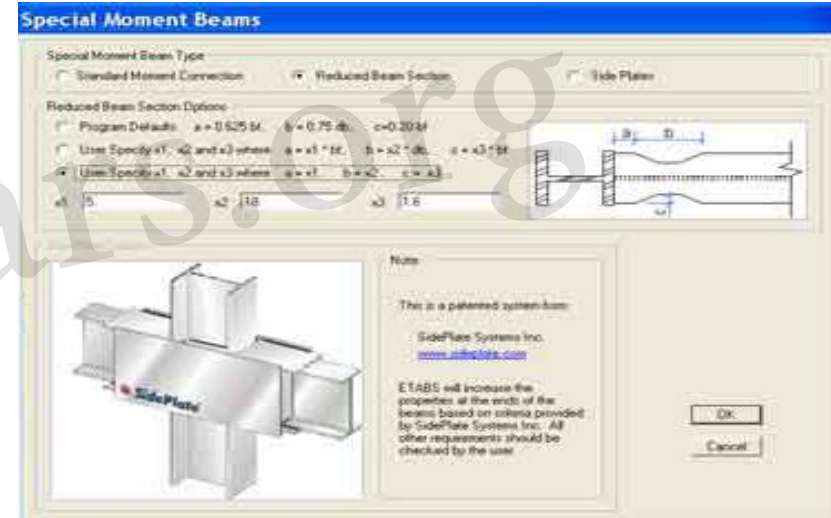
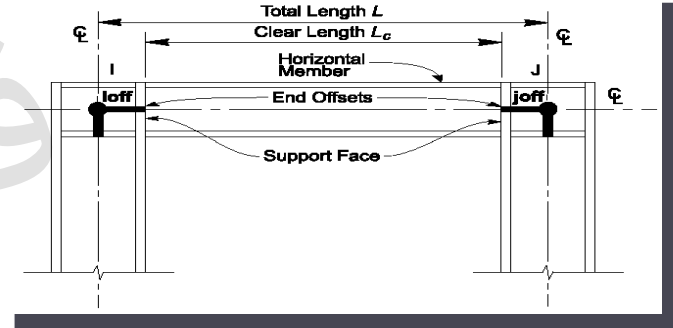


Frame Elements

صلب کردن انتهای المان ها

صلب کردن اتصالات انتهایی برای مدل سازی مفاصل بزرگ

بررسی و تخصیص نقاط ابتدا و انتها به صورت خودکار



Frame Elements

انتهای آزاد

► مدل کردن اتصالات توسط

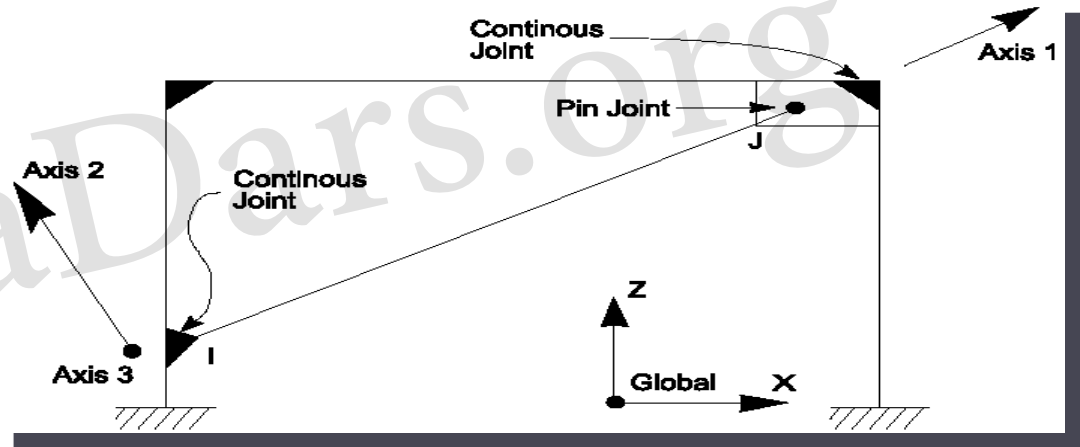
اصل کلی "تیره طره"

□ محوری

□ برشی

□ پیچش

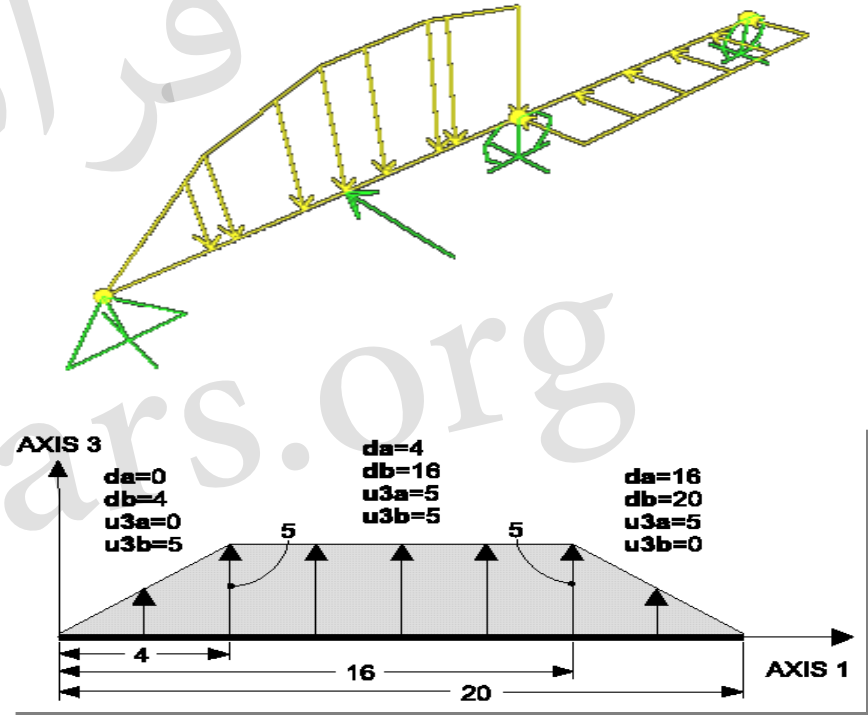
□ خمشی



Frame Elements

گزینه های انواع بار برای المان های قاب

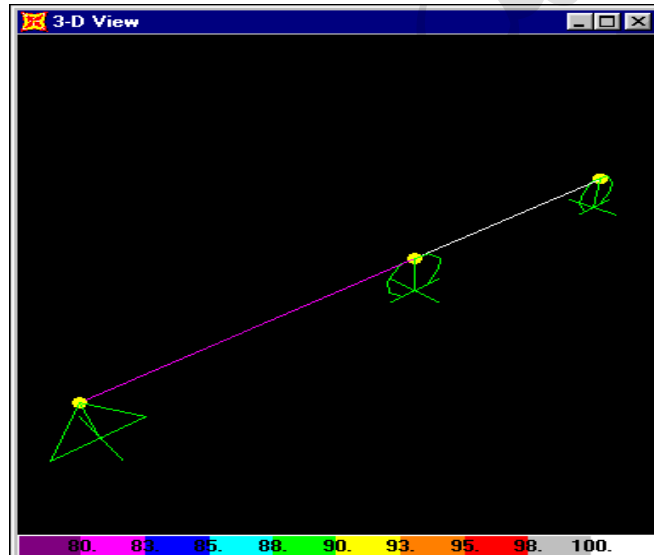
- ▶ بار گرانشی
- ▶ بار نقطه ای
- ▶ بار یکنواخت
- ▶ بار دوزنقه
- ▶ بار تحکیمی
- ▶ بار ناشی از تغییرات دما
- ▶ بارهای اعمال در هر جهت و هر محور



Frame Elements

گرادیان دما

- ▶ قسمت کاربردی هر المان در هر جهت
- ▶ اعمال شدن به گره ها و گروه های المانی تعیین شده



Frame Temperature Loading

Load Case Name: TEMP

Type:

- ☒ Temperature
- ☐ Temperature Gradient 2-2
- ☐ Temperature Gradient 3-3

Options:

- ☒ Add to existing loads
- ☐ Replace existing loads
- ☐ Delete existing loads

Temperature:

- ☒ By Element
Temperature: 100.
- ☐ By Joint Pattern
Pattern: [dropdown]
Multiplier: [text box]

OK Cancel

Frame Elements

مدیریت نیروهای کابل ها

▶ بارگذاری به دلیل تنش های تحکیم یافته می تواند به المان های قاب مثلا کابل در الگوها و انواع مختلف بارها اعمال شود.

Frame Prestressing Patterns

Cable Tension

Cable Eccentricities

Start (+2 direction)

Middle (-2 direction)

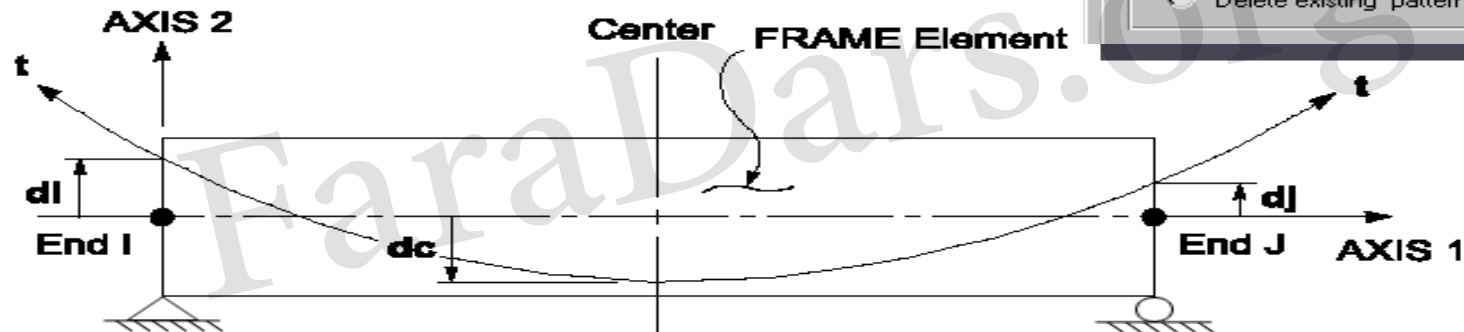
End (+2 direction)

Options

☒ Add to existing pattern

☐ Replace existing pattern

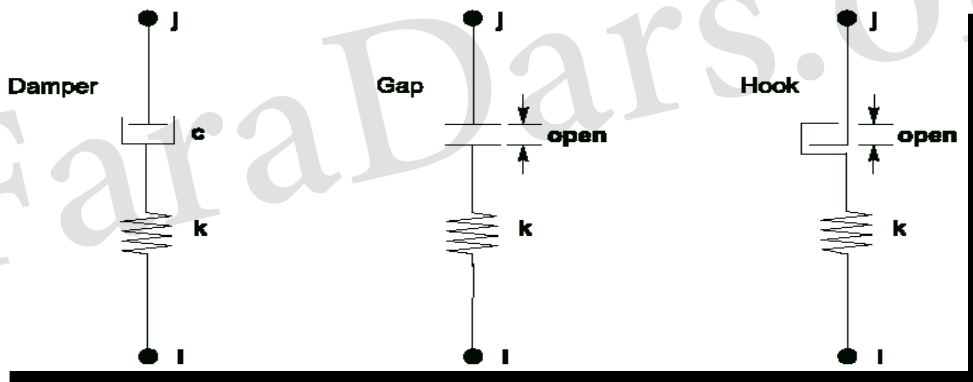
☐ Delete existing pattern



Frame Elements

اتصال المان های غیر خطی

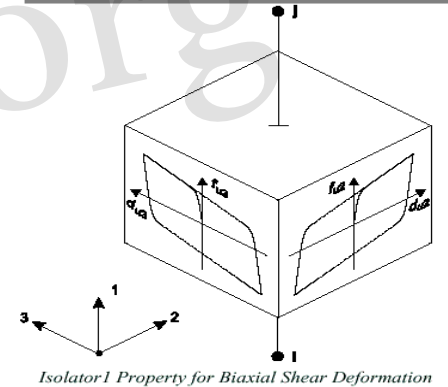
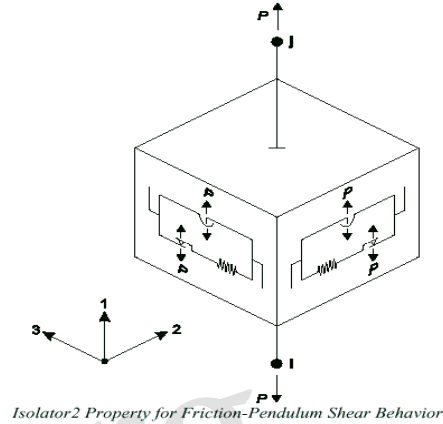
- ▶ استفاده از گزینه تجزیه و تحلیل تاریخچه زمانی دینامیکی
- ▶ اتصال ممکن است بین هر دو مفصل و یا یکی از مفصل ها به زمین قرار باشد
- ▶ میراگر ویسکوز را با توان غیر خطی بر سرعت
- ▶ گپ (فشرده سازی به تنهایی)
- ▶ هوک (تنش به تنهایی)



Frame Elements

اتصال المان های غیر خطی

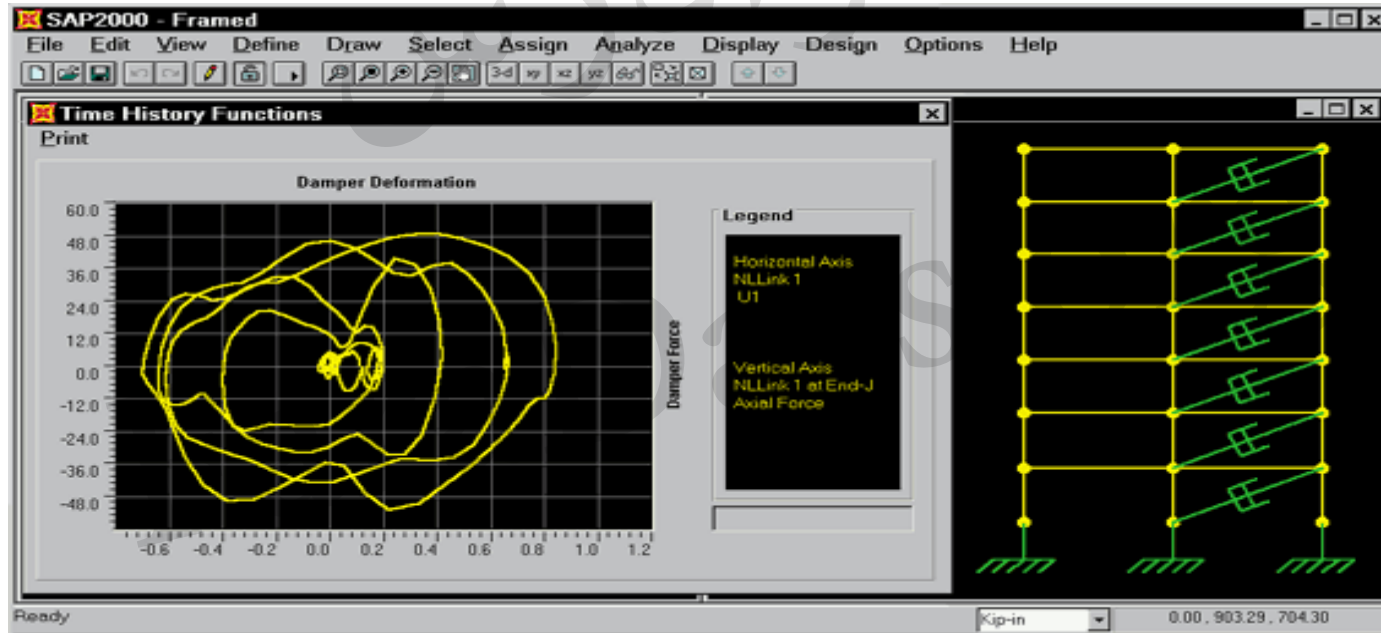
- ▶ شکل پذیری تک محوره (تمام ۶ درجه آزادی)
- ▶ عایق پایه با رفتار شکل پذیری دو محوره
- ▶ عایق پایه با اصطکاک و / یا رفتار آونگ
- ▶ گزینه فایل **AVI** برای ایجاد نمایش رفتار تغییر شکل های غیر خطی



Frame Elements

اتصال المان های غیر خطی

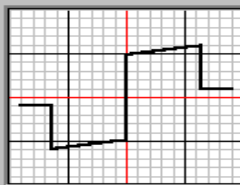
- بررسی و نمایش نیروها در قطعه تغییر شکل یافته برای سیستم های غیر خطی
- برای مطالعات اتلاف انرژی



المان های مفصلی پلاستیک

- ▶ استفاده از فنر، اتصالات
- ▶ رفتار محوری، خمشی، برشی و پیچشی
- ▶ نیروی محوری / اندرکنش لنگر دو محوره
- ▶ رفتارهای غیرخطی شامل نرم شدن
- ▶ جدول و نمایش گرافیکی از وضعیت مفاصل

Point	Force/SF	Disp/SF
E-	-1.2	-8
D-	-1.2	-6
C-	-1.25	-6
B-	-1	-1
A	0	0
B	1	1
C	1.25	6
D	0.2	6
E	0.2	0



☒ Hinge is Rigid Plastic
☒ Symmetric

Scaling for Force and Disp

	Positive	Negative
☒ Use Yield Force	Force SF	
☒ Use Yield Disp	Disp SF	

Acceptance Criteria (Plastic Disp/SF)

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	2.	
Life Safety	4.	
Collapse Prevention	6.	

Type

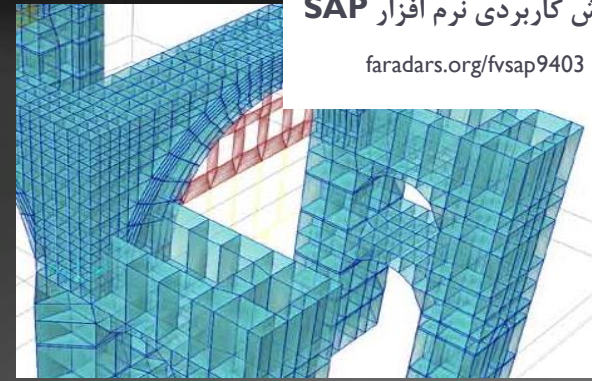
☒ Force - Displacement

☐ Stress - Strain

Hinge Length

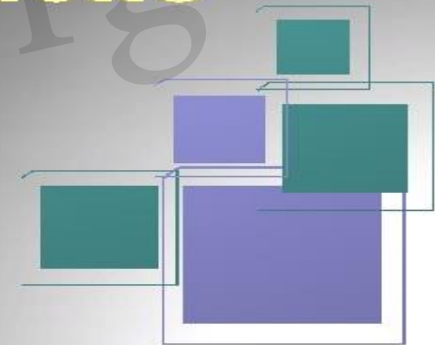
☐ Relative Length

OK Cancel



Shells & Solids

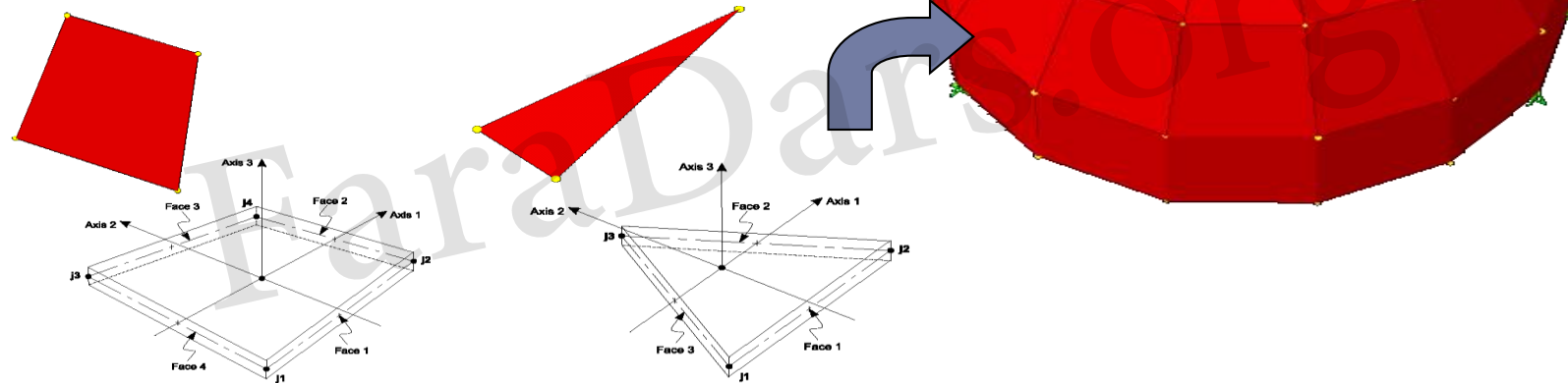
Model Slabs, Walls, Shells



Shell Elements

المان های پوسته ای

- ▶ اشکال چهار ضلعی عمومی یا عناصر مثلثی
- ▶ مواد همگن، محور اصلی عمودی و مواد ناهمگن



Shell Elements

المان های پوسته ای

- ▶ شش درجه آزادی در هر مفصل
- ▶ پوسته، صفحه یا غشاء
- ▶ پوسته های ضخیم

Shell Sections

Section Name: SSEC2

Material

Material Name: CONC

Material Angle: 0

Thickness

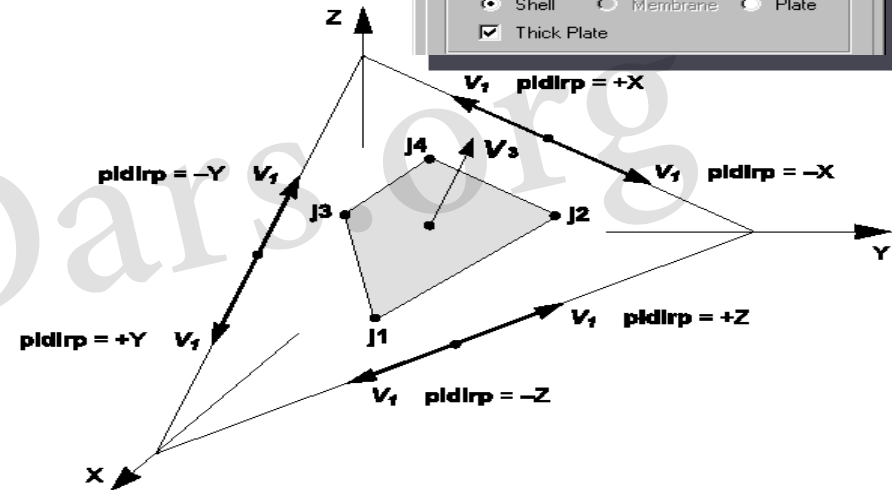
Membrane: 1

Bending: 1

Type

☒ Shell ☐ Membrane ☐ Plate

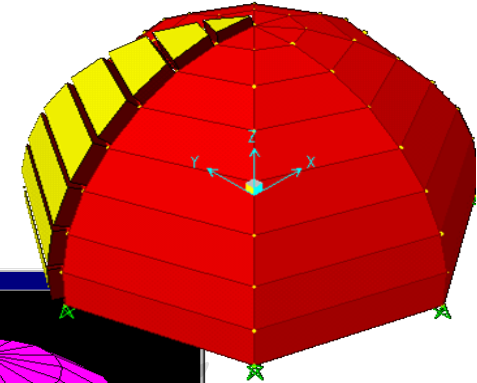
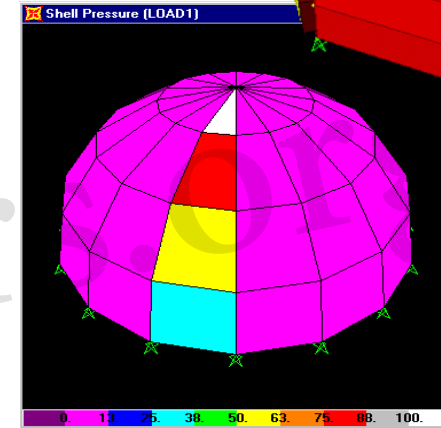
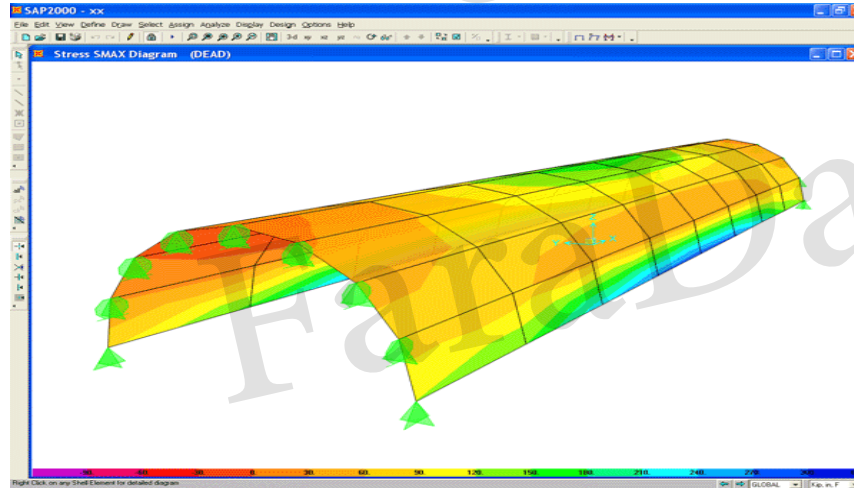
☒ Thick Plate



Shell Elements

المان های پوسته ای

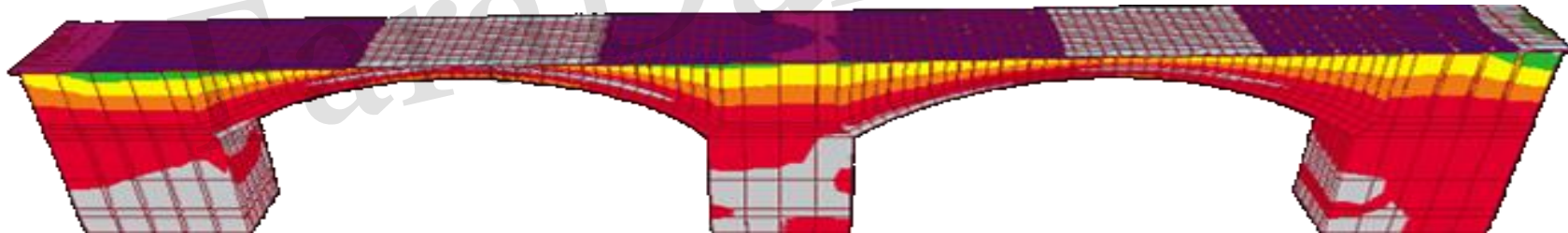
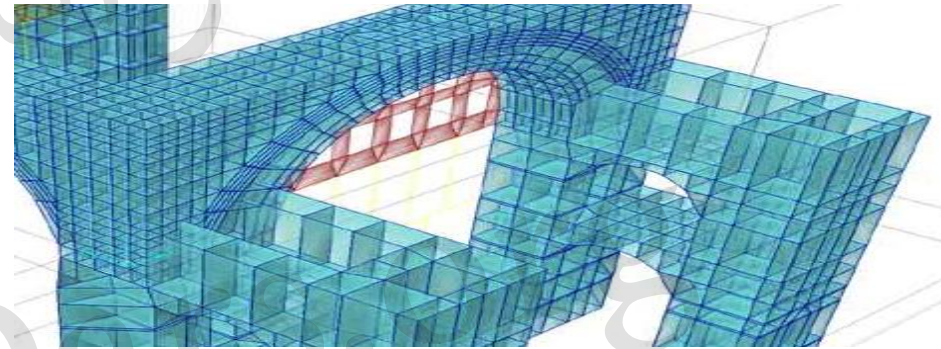
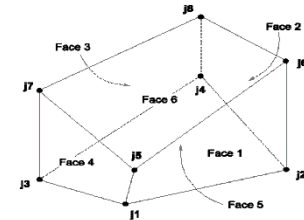
- نیروی گرانشی و بارگذاری های یکنواخت
- بارگذاری تحت فشار
- نیروهای وابسته به دما و بارگذاری گرادیان حرارتی

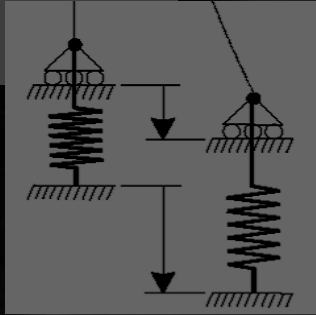
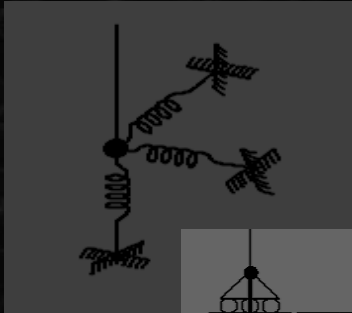


Solid Elements

المان های سخت و صلب

- ▶ عناصر سه بعدی آجر با ۸ گره
- ▶ مواد آنیستروپیک
- ▶ نیروهای گرانش و حرارت، نیروهای صفحه ای و بارگذاری مایل





Supports, Constraints, Restraints

FaraDars.org

Supports & Restraints

مفاصل تکیه گاهی

- ▶ اتصالات فنر
- ▶ فنرهای معمولی و مایل
- ▶ تعریف انواع فنرهای سخت کننده (برای مدل سازی شالوده)

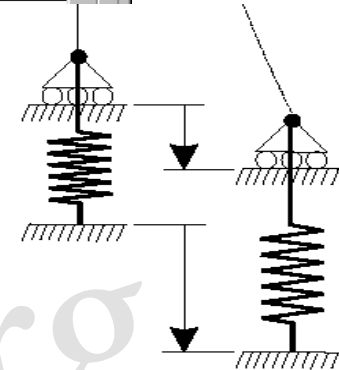
Joint Springs

Spring Stiffness in Local Direction

Translation 1	0.
Translation 2	0.
Translation 3	50.
Rotation about 1	0.
Rotation about 2	0.
Rotation about 3	0.

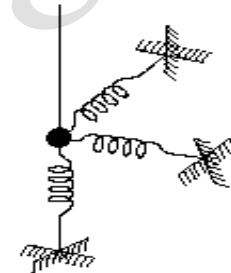
Options

☒ Add to existing springs
☐ Replace existing springs
☐ Delete existing springs



Upper Stiffness Matrix

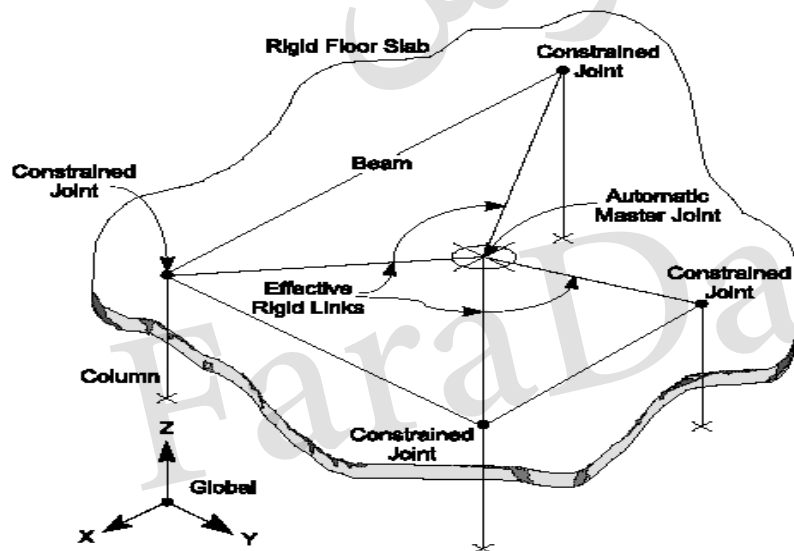
	u1	u2	u3	r1	r2	r3
u1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
u2	0.	0.	0.	0.	0.	0.
u3	0.	0.	50.	0.	0.	0.
r1	0.	0.	0.	0.	0.	0.
r2	0.	0.	0.	0.	0.	0.
r3	0.	0.	0.	0.	0.	0.



Supports & Restraints

مفاصل تکیه گاهی

گزینه های انواع قیدهای مفصل شامل: اجسام سخت، دیافراگم، میله و جوش



Weld Constraint

Constraint Name: WELD1

Weld Tolerance: 1. **Weld**

Rod Constraint

Constraint Name: ROD1

Constraint Axis:

☐ X Axis ☒ Auto

☐ Y Axis

☐ Z Axis **Rod**

Diaphragm Constraint

Constraint Name: DIAPH1

Constraint Axis:

☐ X Axis ☐ Auto

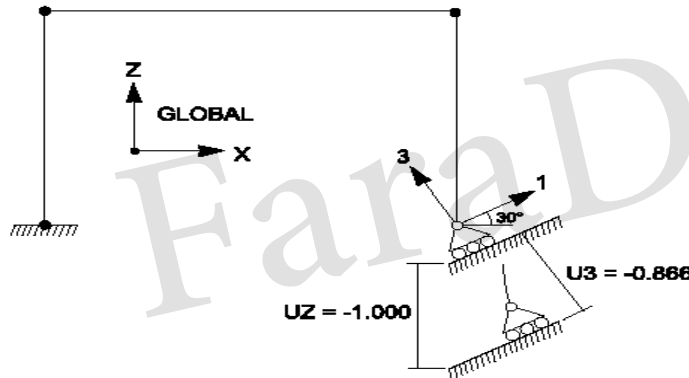
☐ Y Axis

☒ Z Axis **Diaphragm**

Supports & Restraints

نیروها و تغییر مکان های مفاصل

- نیروی اعمال شده و جابجایی اعمال شده
- پشتیبانی از مفاصل شیبدار و استفاده از مختصات محلی برای مفصل ها



Joint Forces

Load Case Name: **LOAD1**

Loads	Options
Force Global X	☒ Add to existing loads
Force Global Y	☐ Replace existing loads
Force Global Z	☐ Delete existing loads
Moment Global XX	
Moment Global YY	
Moment Global ZZ	

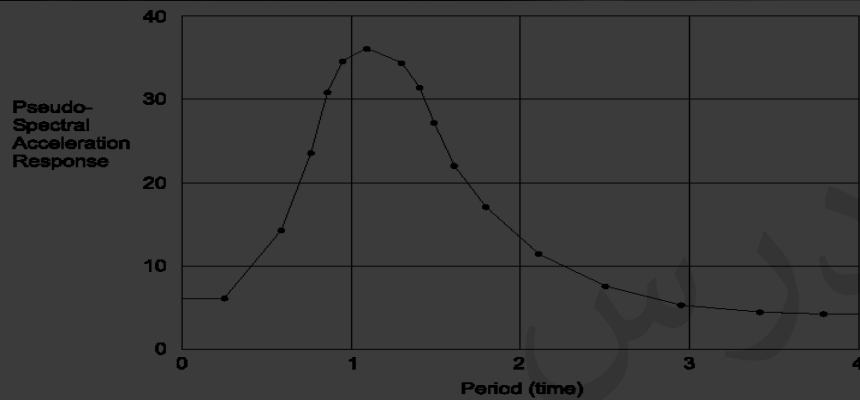
OK Cancel

Ground Displacements

Load Case Name: **DL**

Displacements	Options
Translation X	☒ Add to existing loads
Translation Y	☐ Replace existing loads
Translation Z	☐ Delete existing loads
Rotation about XX	
Rotation about YY	
Rotation about ZZ	

OK Cancel



Analysis Options

$$[K - \Omega^2 M]\Phi = 0$$

$$Ku(t) + M\ddot{u}(t) = r(t) = p\cos(\omega t)$$

Analysis Options

قابلیت های گسترده تجزیه و تحلیل

- ▶ تجزیه و تحلیل طیف پاسخ دینامیکی و استاتیکی
- ▶ تجزیه و تحلیل دلتا-P برای هر دو تجزیه و تحلیل استاتیکی و یا دینامیکی
- ▶ بهینه سازی خودکار و سریع مشخصات
- ▶ تحلیل غیر خطی پوش آور

FaraDars.org

Analysis Options

تحلیل دینامیکی کلی

- ▶ تجزیه و تحلیل مقادیر ویژه با یک الگوریتم تکرار
- ▶ تجزیه و تحلیل ریتز برای ارزیابی سریع حالت‌های غالب
- ▶ تحلیل حالت هارمونیک

Dynamic Analysis Parameters

Number of Modes

Type of Analysis

☒ Eigenvectors ☐ Ritz Vectors

EigenValue Parameters

Frequency Shift (Center)

Cutoff Frequency (Radius)

Relative tolerance

☐ Include Residual-Mass Modes

Starting Ritz Vectors

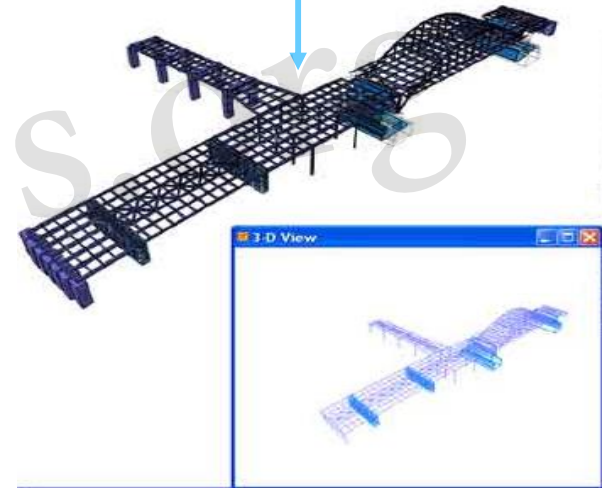
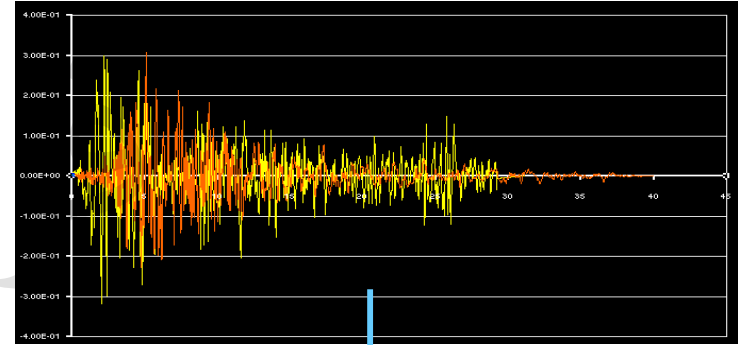
List of Loads Ritz Load Vectors

$$Ku(t) + M\ddot{u}(t) = r(t) = p\cos(\omega t) \quad [K - \Omega^2 M]\Phi = 0$$

Analysis Options

آنالیز تاریخچه زمانی

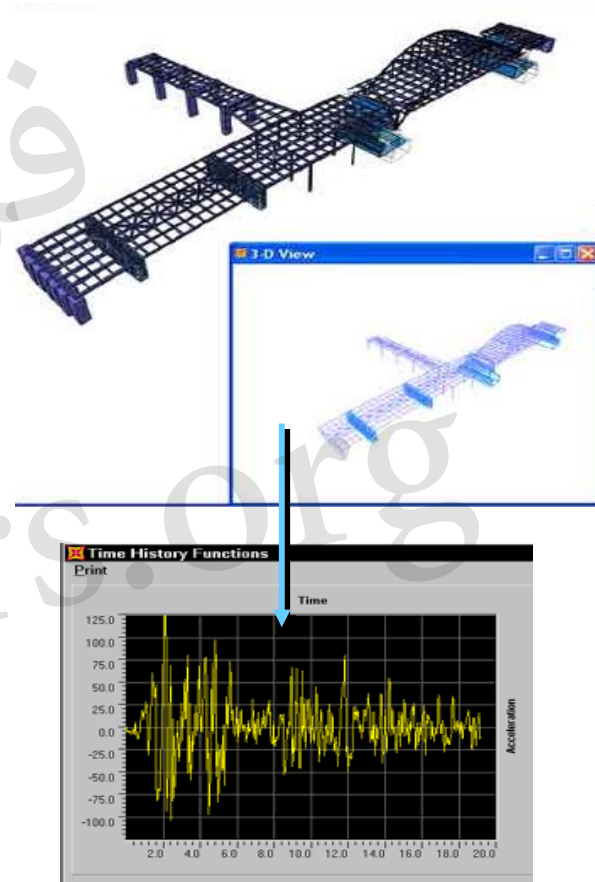
- ▶ شتاب زمین و تحریک پایه چندگانه
- ▶ ارائه تاریخچه زمانی در فایل ویدیویی AVI
- ▶ نتایج را می توان با بارهای دیگر ادغام کرد و یا طراحی فولادی و بتنی را گام به گام کرد



Analysis Options

آنالیز تاریخچه زمانی

- ▶ نمایش گرافیکی از تاریخچه زمانی گره ها و عناصر
- ▶ ارائه توابع وابسته به زمان و متغیرهای دیگر
- ▶ ایجاد منحنی طیف پاسخ شتاب برای هر یک از اجزای مفصل



Analysis Options

تحلیل طیف پاسخ

- حالات طیف های پاسخ متعدد در اجرا یک عضو
- ترکیب مودال توسط SRSS، CQC و یا از روش گویتا

- ترکیبات جهت دار توسط
ABS و یا از روش SRSS

Response Spectrum Case Data

Spectrum Case Name:

Excitation angle:

Modal Combination

☒ CQC ☐ SRSS ☐ ABS ☐ GMC

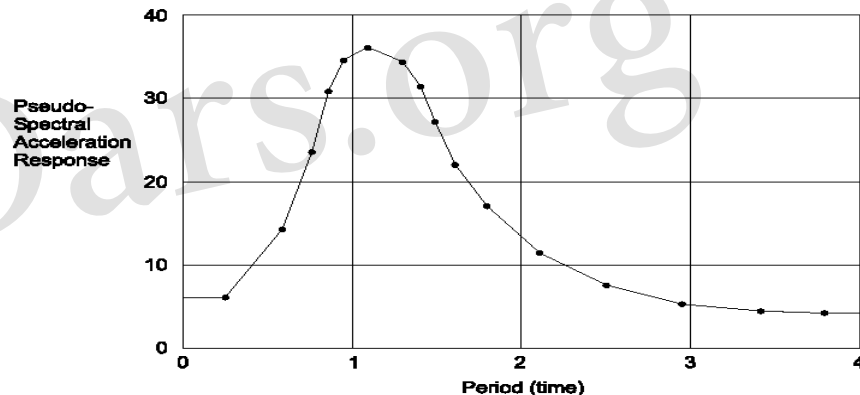
Damping:

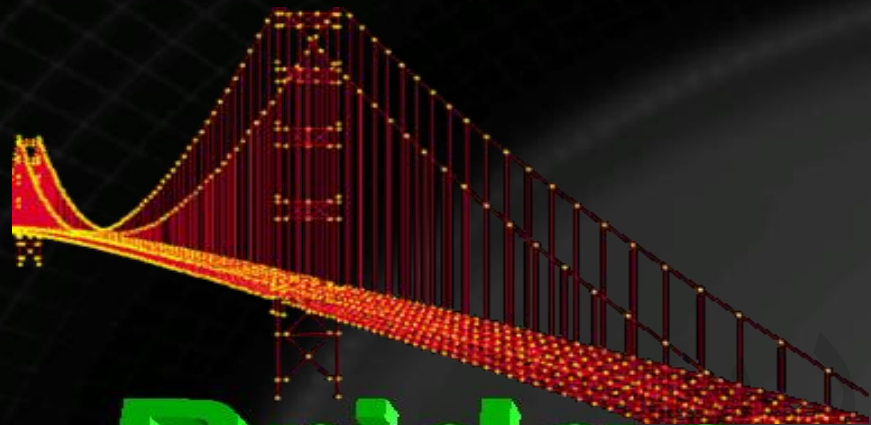
F1: F2:

Directional Combination

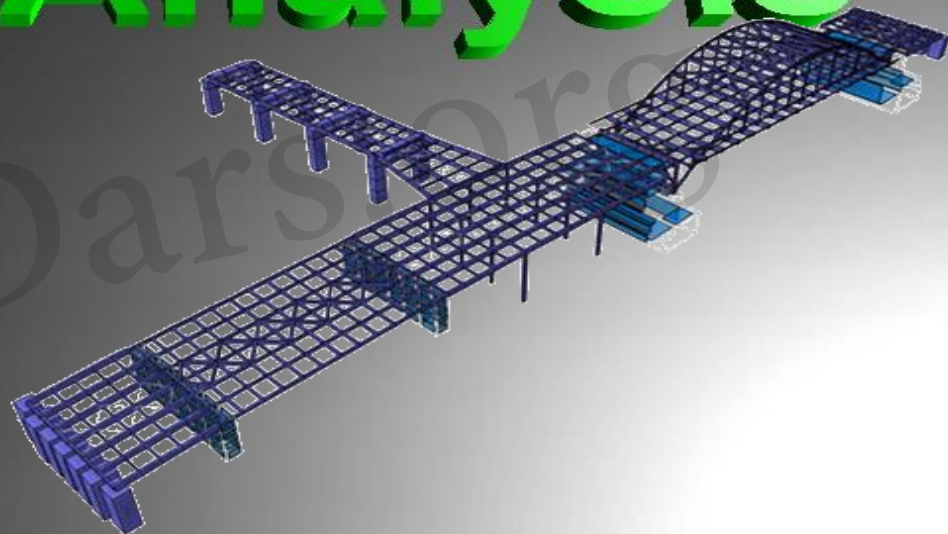
☒ SRSS ☐ ABS

Scale Factor:





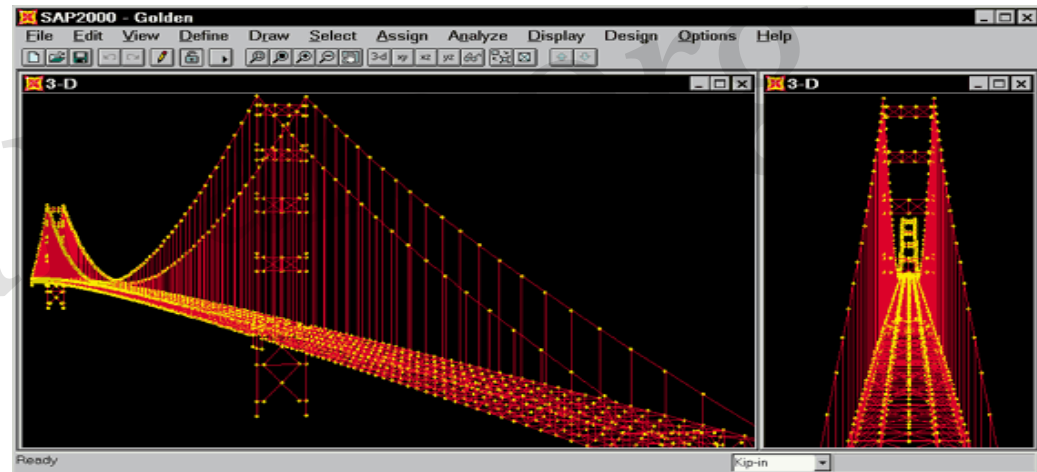
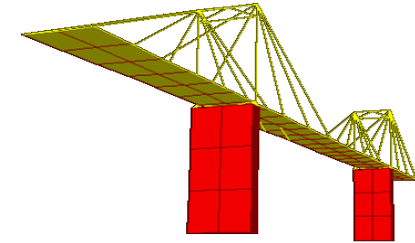
Bridge Analysis



Bridge Analysis

آنالیز پل

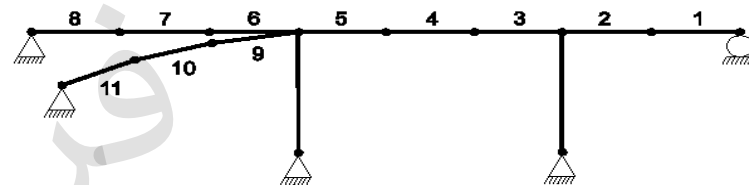
- ▶ تجزیه و تحلیل بار متحرک
- ▶ ایجاد خطوط نفوذ و نیروهای ترکیبی
- ▶ بارگذاری وسیله نقلیه بر اساس AASHTO
- ▶ انواع بارهای کامیون، خط قطار تعریف شده توسط کاربر



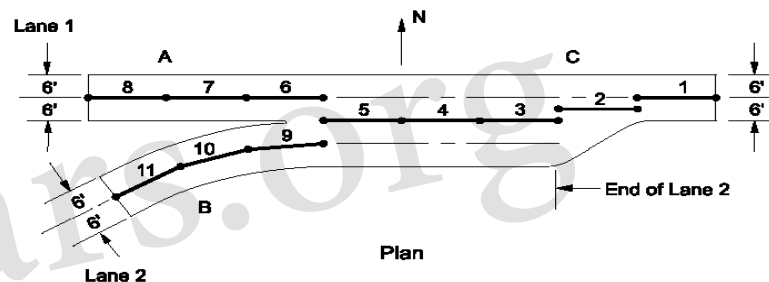
Bridge Analysis

آنالیز پل

- تعیین حداقل و حداکثر جابجایی و واکنش
- قابلیت توزیع هندسی خطوط پیچیده



South Elevation

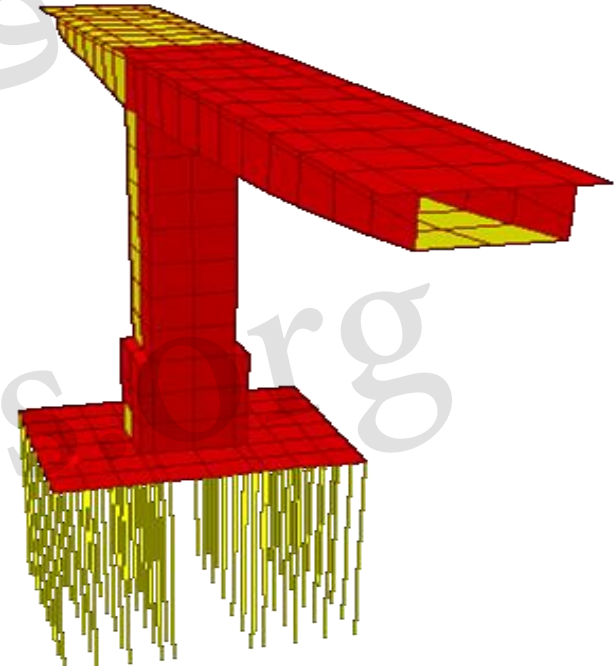


Plan

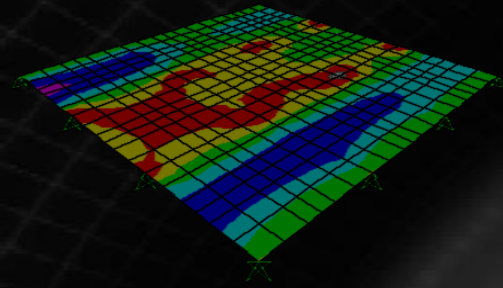
Bridge Analysis

آنالیز پل

- ▶ نرم افزار تمام جایگشت های ممکن از بارهای ترافیکی را به صورت خودکار محاسبه می کند
- ▶ مطابقت میان اجزای پاسخ را فراهم می کند
- ▶ نتایج می توانند با بارهای دیگر هم پوشانی شود و یا اجزای مربوطه برای طراحی فولادی و بتنی در نظر گرفته شوند.



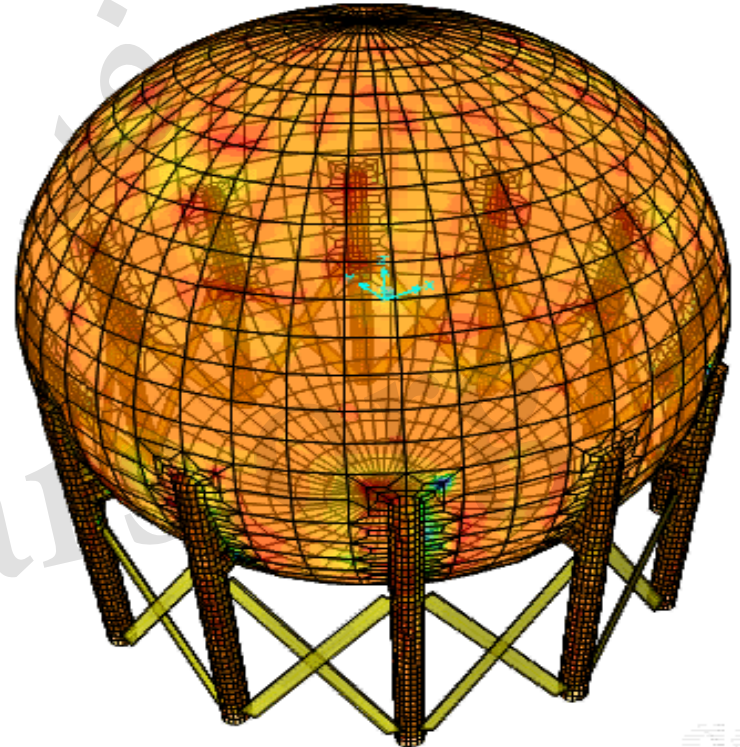
Viewing Results



Viewing Results

توانایی مشاهده نتایج

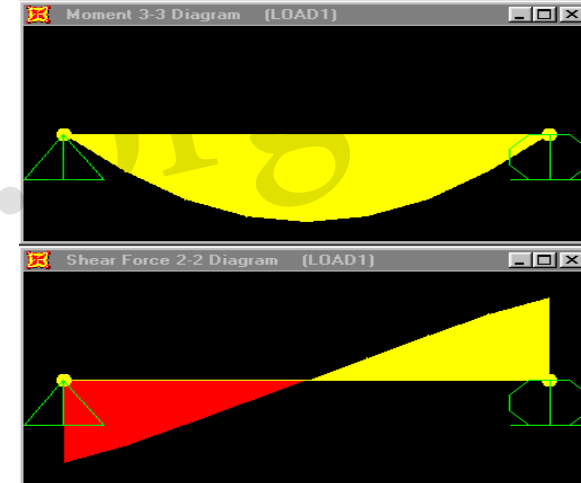
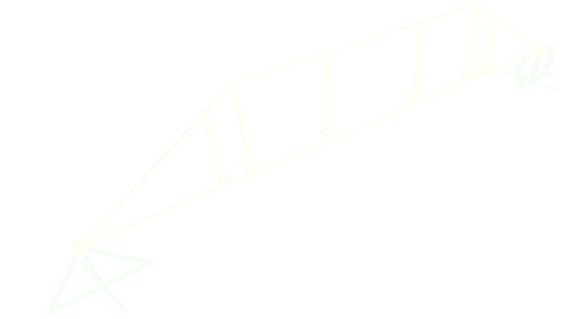
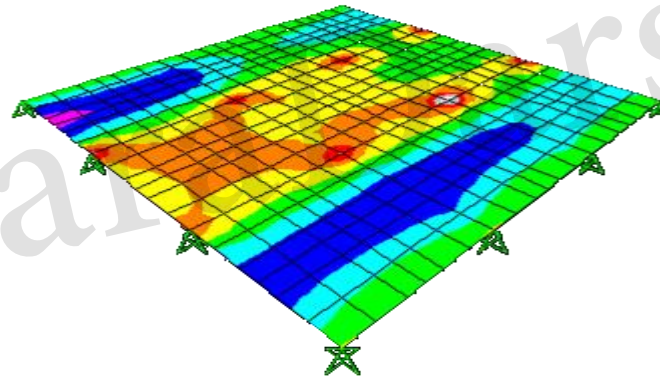
- ▶ دیدن نتایج با نمایشگرهای گرافیکی 3D
- ▶ از حالات هندسی الاستیک و پلاستیک
- ▶ مدل
- ▶ تغییر شکل استاتیکی شکل ها و حالت های مختلف اشکال
- ▶ ترکیبات بار استاتیکی و دینامیکی و ترکیبی



Viewing Results

توانایی مشاهده نتایج

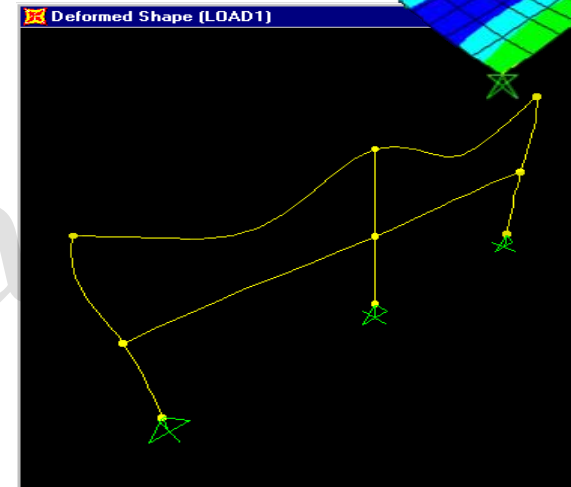
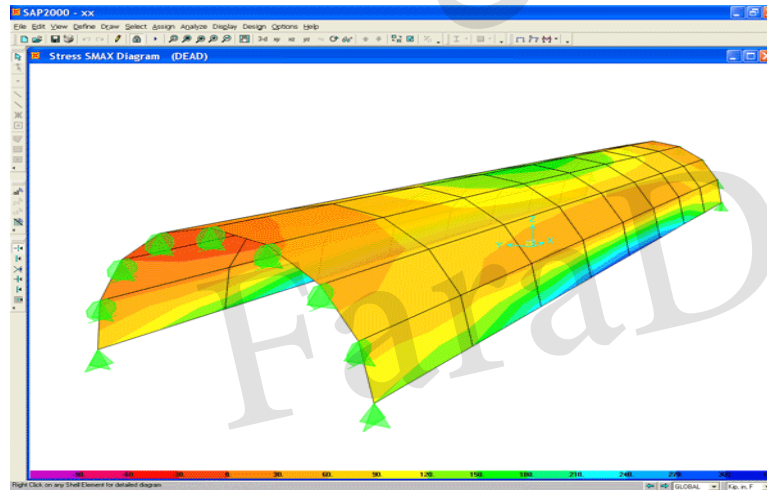
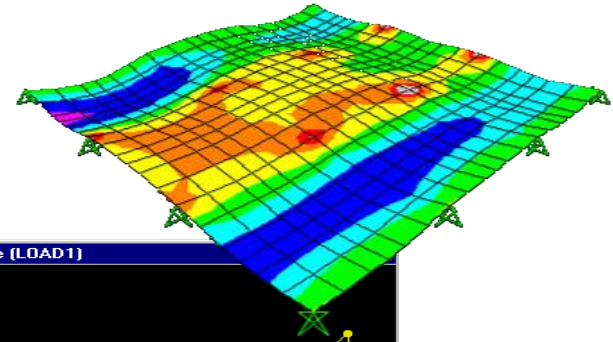
- ▶ مشاهده نمودار بارگذاری
- ▶ نمودار خمش و نیروی برشی
- ▶ خطوط تراز تنش



Viewing Results

توانایی مشاهده نتایج

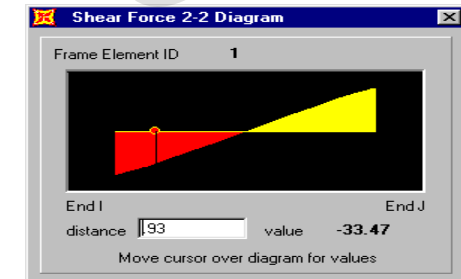
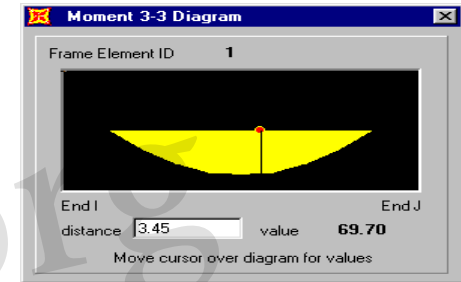
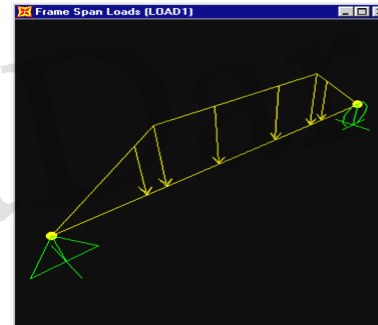
- ▶ انیمیشن از تغییر شکل ها و حالت های مختلف شکل سازه
- ▶ انیمیشن خطوط تراز تنش

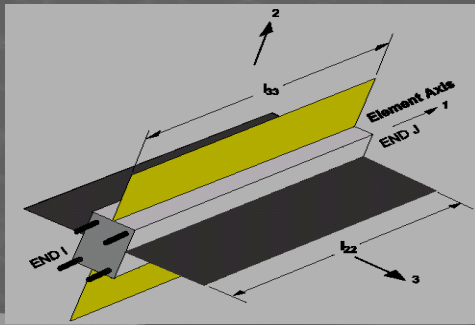


Viewing Results

توانایی مشاهده نتایج

- خروجی گرافیکی جزئیات و جدول بندی لحظه ای برای مفاصل خاص و یا المان ها با فشار دادن دکمه راست کلیک
- پنجره های متعدد برای نمایش دادن پارامترهای مختلف





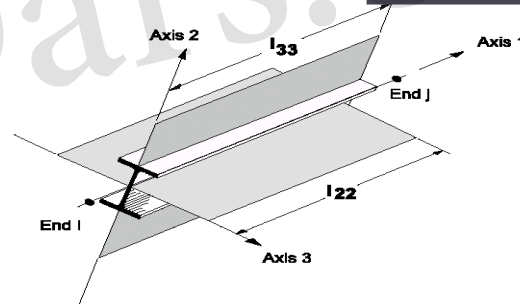
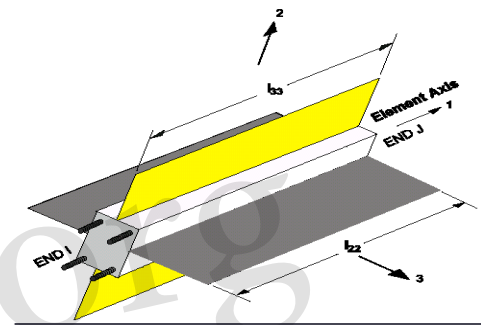
Member Design

Faradars.org

Member Design

طراحی اعضا

- ▶ نمایش گرافیکی اندرکنش اعضای فولادی و بتنی قاب
- ▶ طراحی برای بارهای استاتیکی و دینامیکی
- ▶ گروه بندی اعضا برای طراحی های دسته بندی شده
- ▶ طراحی الاستیک و پلاستیک

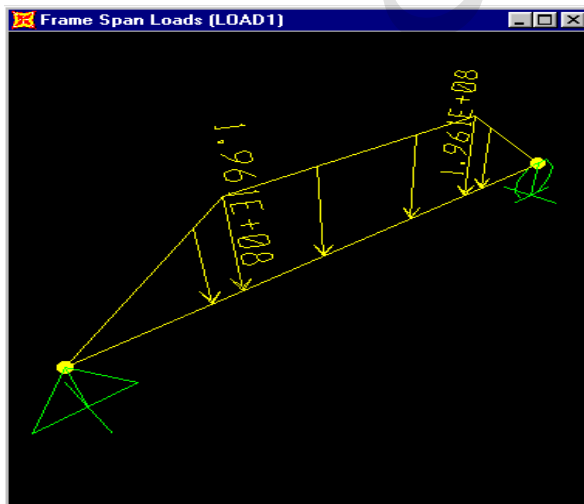


Member Design

خروجی طراحی ها

► نمایش اطلاعات دقیق طراحی بر روی صفحه با فشار دادن دکمه راست کلیک

Concrete Design Information				
Frame ID	1			
Section ID	FSEC1			
			Details	ReDesign
COMBO ID	STATION LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR STEEL
DCON1	0.00	0.000	0.000	0.000
DCON1	1.50	0/S #0	0/S #2	0.000
DCON1	3.00	0/S #0	0/S #2	0.000
DCON1	4.50	0/S #0	0/S #2	0.000
DCON1	6.00	0.000	0.000	0.000
DCON2	0.00	0.000	0.000	0.000

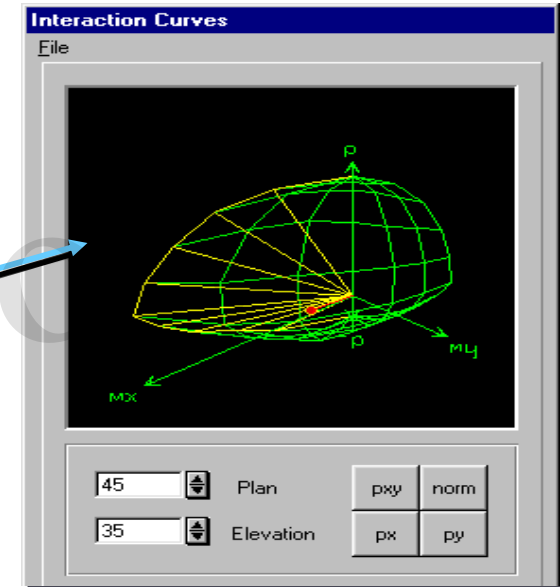
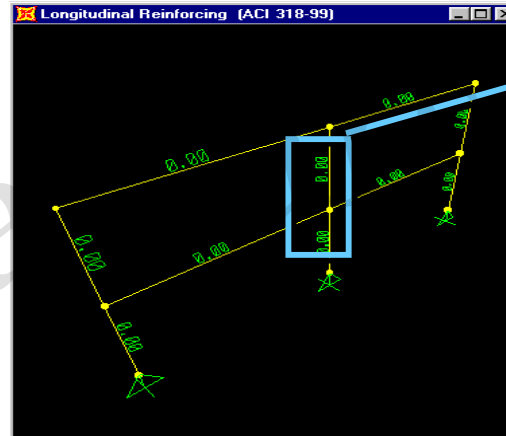


Concrete Design Information ACI 318-99				
File				
ACI 318-99	BEAM SECTION DESIGN	Type: Sway Special	Units: N-m	
Frame ID	1			
Station Loc	3.000			
Section ID	FSEC1			
Combo ID	DCON2			
L=6.000	D=0.500	b _f =0.300	d _s =0.000	d _{ct} =0.050
E=2.482E+10	F _y =413685473	F _c =27579031.56	F _{cs} =27579031.56	d _{cb} =0.050
DESIGN MOMENTS, M3	Positive Moment	Negative Moment	Special +Moment	Special -Moment
	1132690317	0.000	0.000	0.000
FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	8.060	8.060	0.000	0.000
Bottom (-2 Axis)	0/S #2	0/S #2	0/S #2	4.500E-04
SHEAR REINFORCEMENT FOR SHEAR, U2	Design Rebar	Shear U _u	Shear phi*U _c	Shear phi*U _s
	0.000	0.000	0.000	0.000
0/S #2 Reinforcing required exceeds maximum allowed				

Member Design

طراحی اعضای بتنی

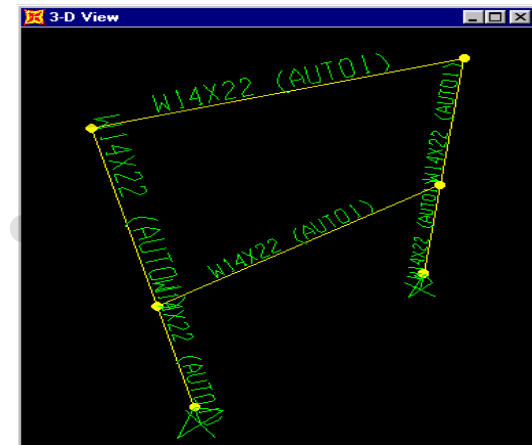
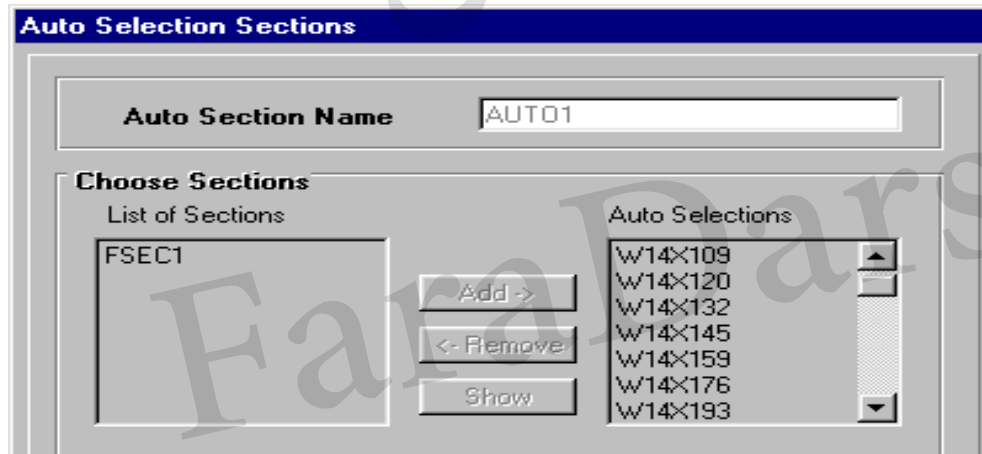
- ▶ پشتیبانی از آیین نامه های ACI، AASHTO، بریتانیا کانادا نیوزیلند و Eurocode2،
- ▶ نمودار برای لنگر دو محوره و نیروها و لنگرهای محوری و عمودی



Member Design

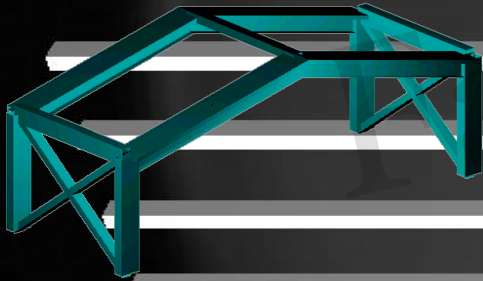
طراحی اعضای فولادی

- ▶ پشتیبانی از آیین نامه های AISC، ASD و LRFD، AASHTO، بریتانیا، کانادا، نیوزیلند و Eurocode3
- ▶ انتخاب اعضای مختلف فولادی و بهینه سازی



New Productivity Tools

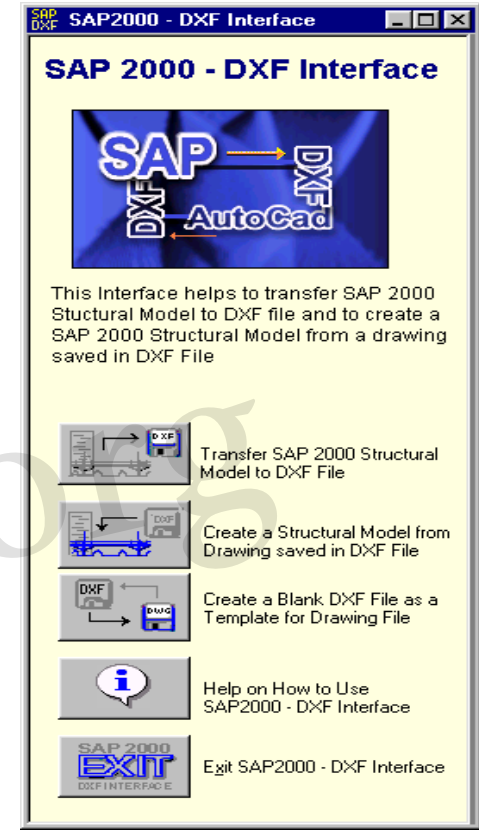
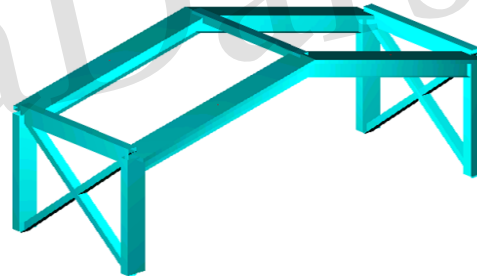
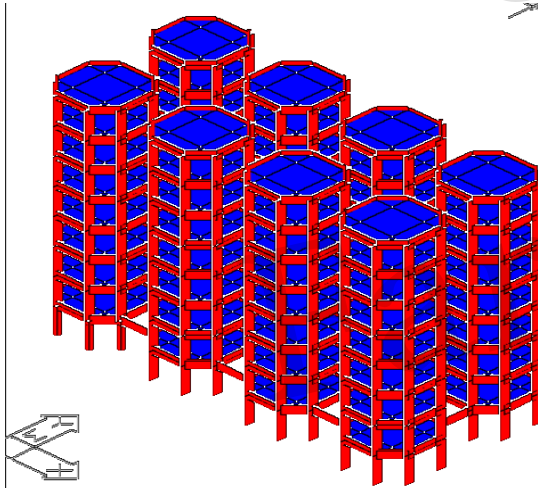
DXF Interface and Reporter



New Tools

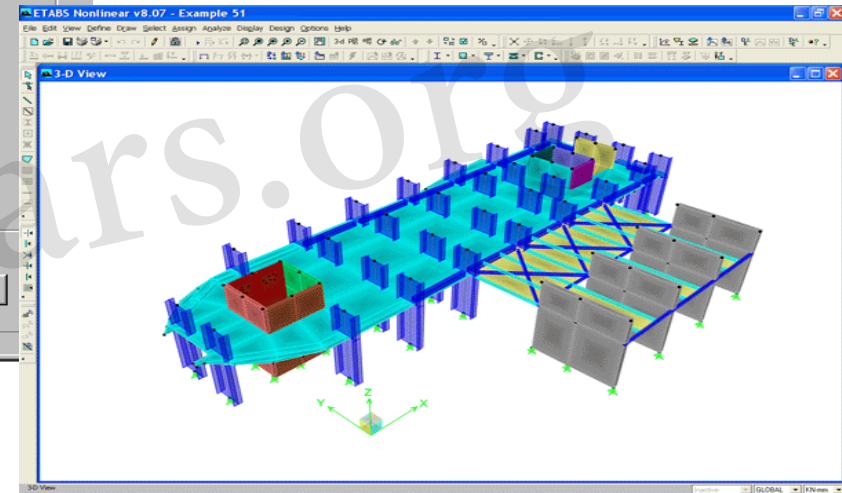
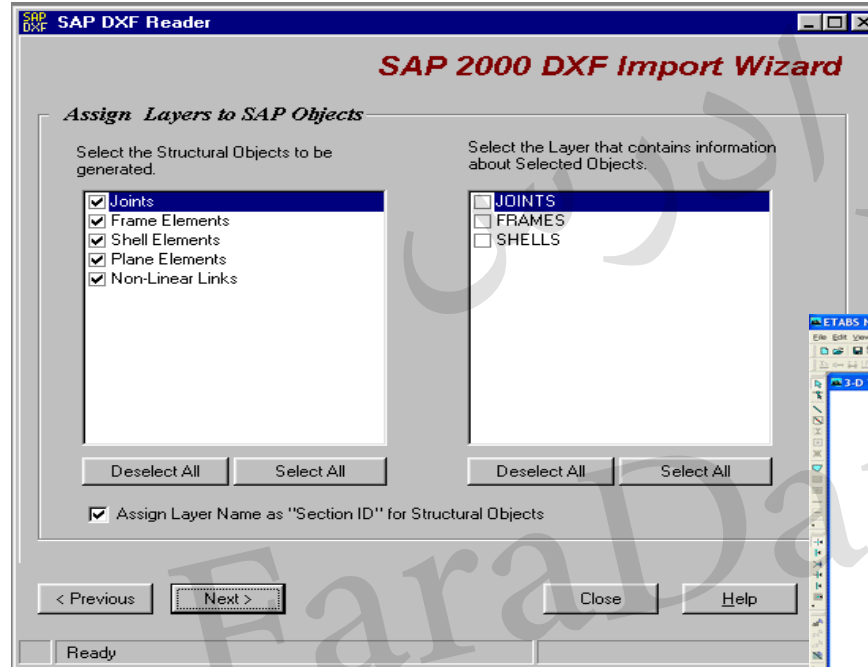
انتقال مدل ساخته شده به نرم افزار اتوکد

- ▶ کنترل کاملی از ویژگی های منتقل شده
- ▶ تولید قاب های مفتولی یا مدل کردن بصورت کاملا صلب



New Tools

ورود مدل ساخته شده از نرم افزار اتوکد



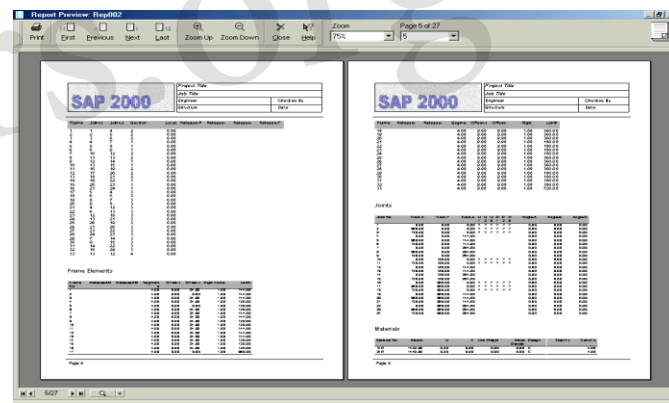
New Tools

گزارشات خروجی از نرم افزار SAP

- ایجاد گزارش ها و فرمت های کاملا سفارشی برای موارد انتخاب شده از جمله متن، جداول و گرافیک

خروجی را می توانند:

- پیش نمایش داده و بر روی صفحه نمایش دیده شوند
- بر روی کاغذ چاپ شوند
- در فایل های RTF ذخیره شوند
- در فرمت HTML برای مشاهده در مرورگرهای وب را ذخیره گردند



این اسلاید ها بر مبنای نکات مطرح شده در فرادرس
«مجموعه فرادرس های آموزش کاربردی نرم افزار SAP»
تهیه شده است.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این آموزش به لینک زیر مراجعه نمایید.

faradars.org/fvsap9403