



تحلیل غیرخطی (پوش اور)

NONLINER STATIC PROCEDURE (pushover)

موضوع پروژه: روش انجام تحلیل پوش اور در نرم افزار SAP

استاد راهنما: جناب آقای دکتر کورھلی

تهیه و تنظیم کننده: سجاد جعفریان

دانشجوی ارشد مهندسی عمران - گرایش سازه

فهرست

- روش های طراحی
- سطوح عملکردی
- انواع روش های تحلیل سازه ها
- تحلیل غیرخطی
- تحلیل پوش اور و دلایل استفاده
- مفاهیم مطرح شده در این تحلیل (رابطه نیرو- تغییرمکان، الگوی بارگذاری، مفصل پلاستیک، نقطه عملکردی)
- انجام تحلیل در نرم افزار
- کاربردهای منحنی پوش اور
- معایب تحلیل پوش اور

مقدمه

رفتار یه سازه هنگام مواجهه با یک سطح از زلزله چگونه است؟
ظرفیت یه سازه چقدر است؟

برای پاسخ به این گونه سوالات، سازه باید تحت تحلیل های غیرخطی قرار گیرد و تحلیل استاتیکی معادل اطلاعاتی نمی تواند به این سوالات پاسخ دهد.

طراحی براساس نیرو

تعیین شتاب الاستیک براساس پریود تخمین زده سازه

اصلاح طیف شتاب براساس ضریب رفتار

طراحی براساس نیروی محاسبه شده از طیف اصلاح شده

چک کردن جابه جایی پس از برقراری الزامات نیرویی

ایرادات:

✓ ثابت فرض کردن سختی سازه و مستقل بودن نسبت به مقاومت اعضا

✓ توزیع نیرو میان اعضا براساس سختی اولیه

✓ عدم در نظر گرفتن نوع مکانیزم شدن سازه و رفتار غیرخطی آن

✓ در نظر نگرفتن اثر هندسه سازه بر ظرفیت شکل پذیری

✓ ثابت فرض کردن ضریب رفتار برای سیستم های سازه ای یکسان

طراحی براساس جابه جایی (طراحی عملکردی)

طراحی براساس جابه جایی هدف و سطوح عملکردی

در نظر گرفتن رفتار غیرخطی سازه در هنگام طراحی

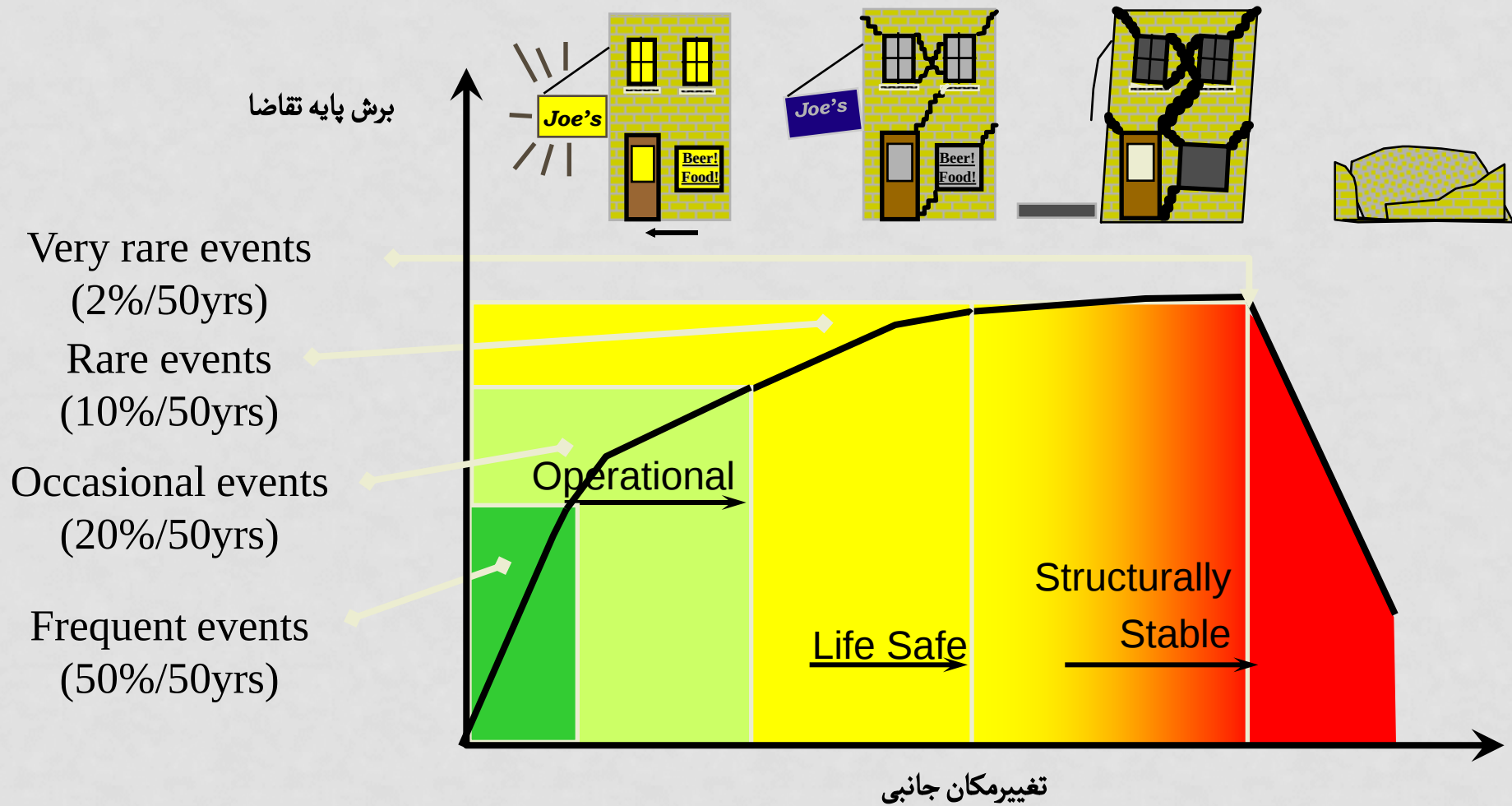
امکان محاسبه میزان خسارت وارد بر سازه

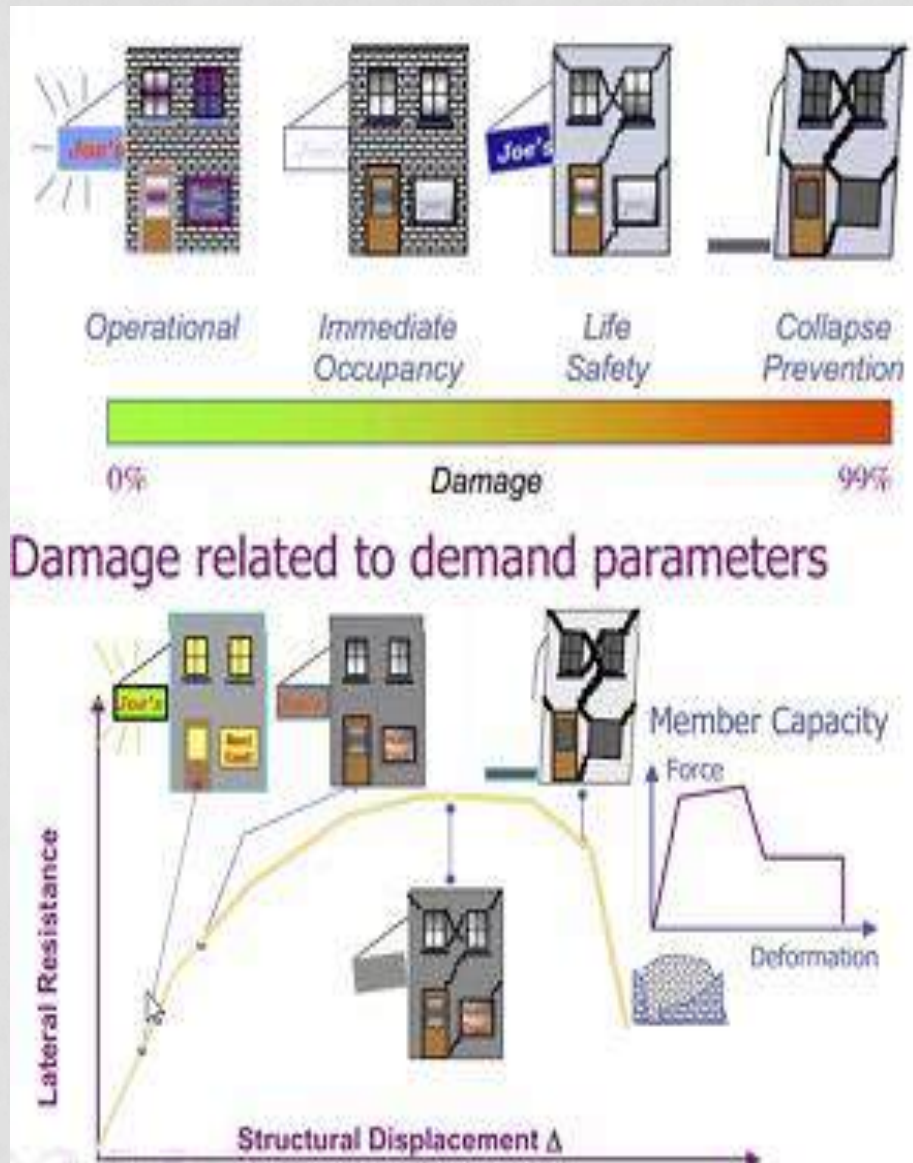
توجه به اثر سختی سازه در محاسبه پریود

قابلیت تعریف سطوح مختلف عملکردی و طراحی برای این عملکردها

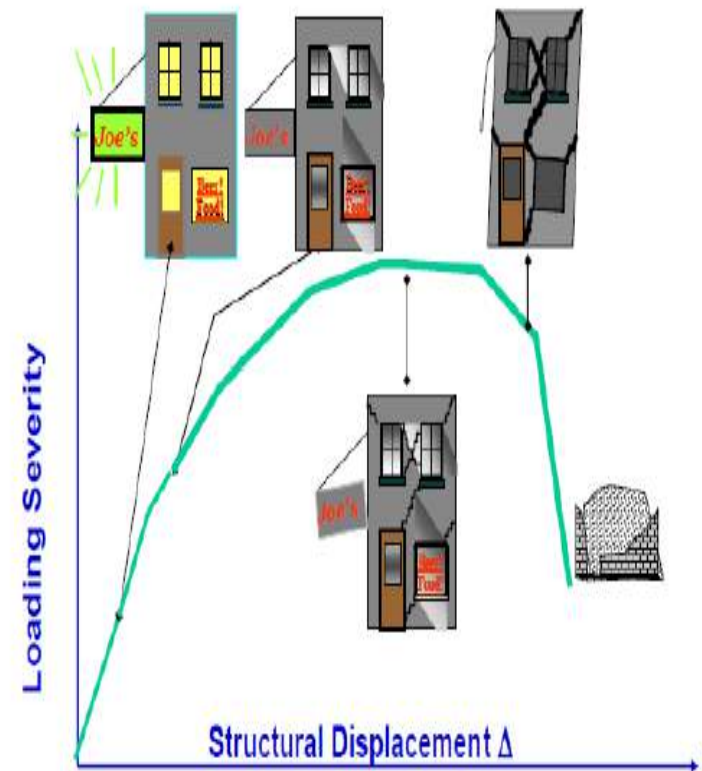
در نظر گرفتن نحوه مکانیزم شدن سازه در طراحی آن

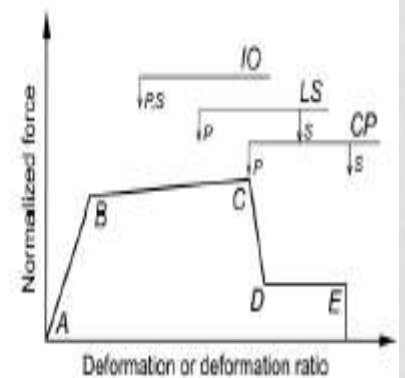
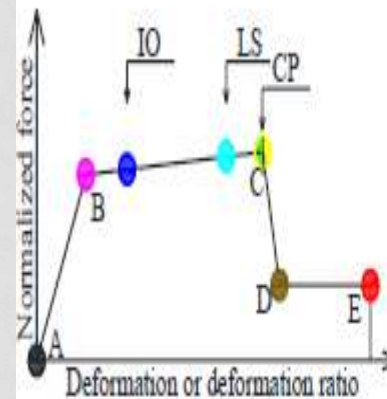
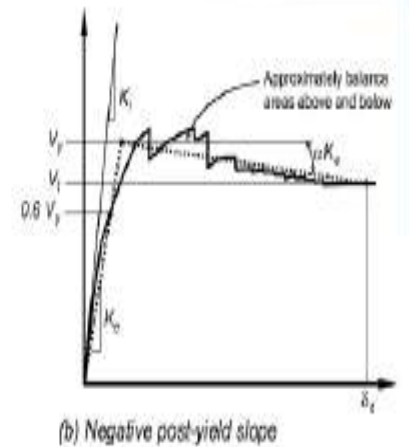
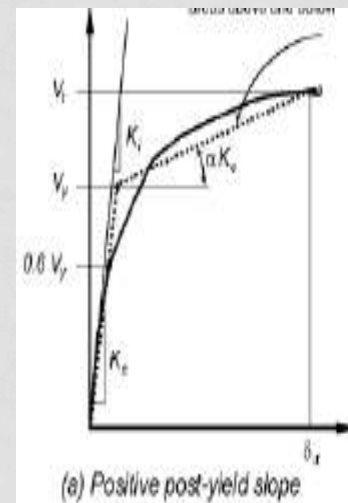
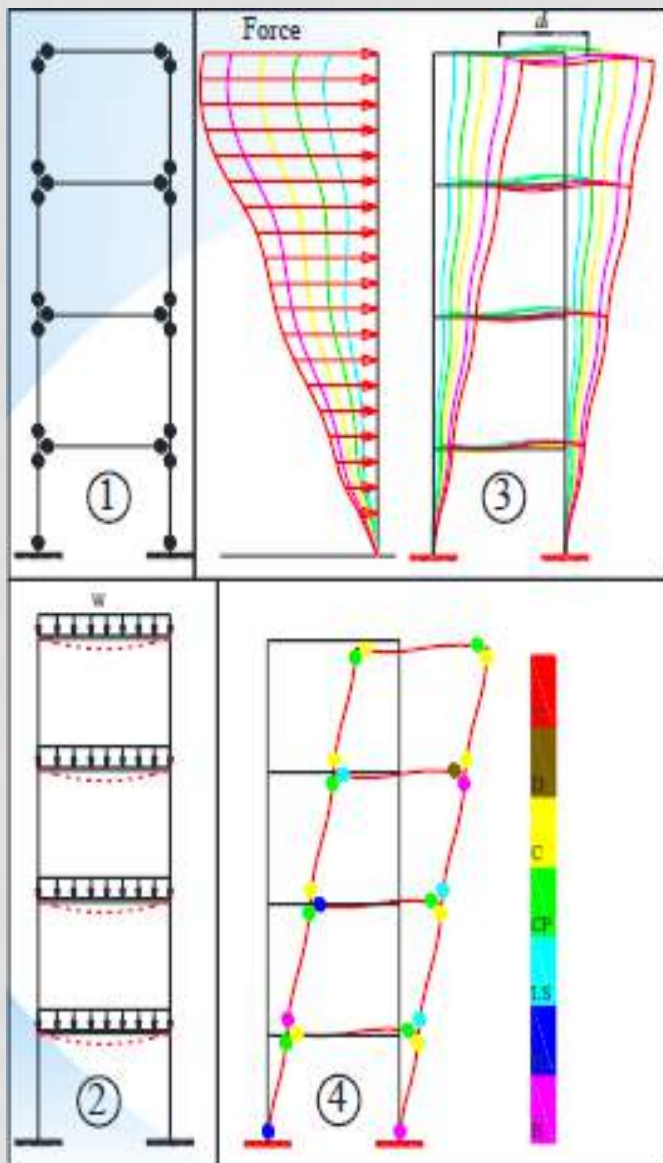
سطوح عملکردی





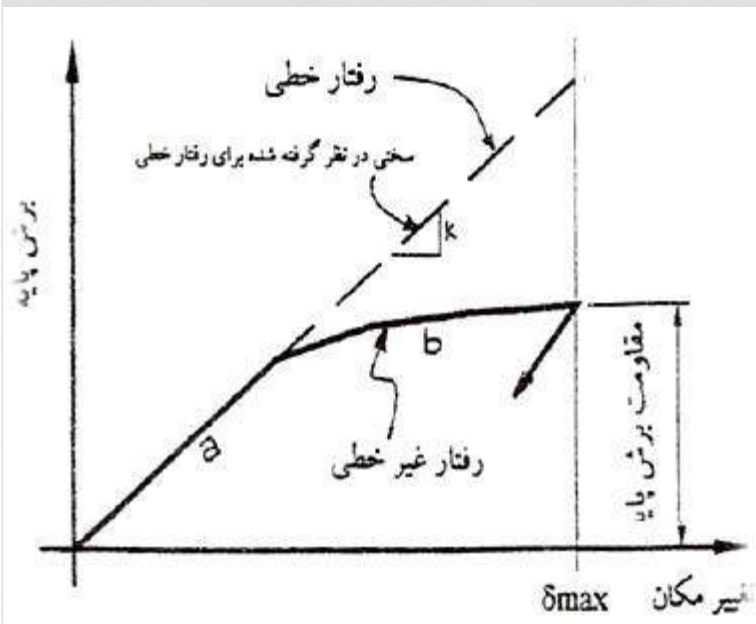
Global Response and Performance





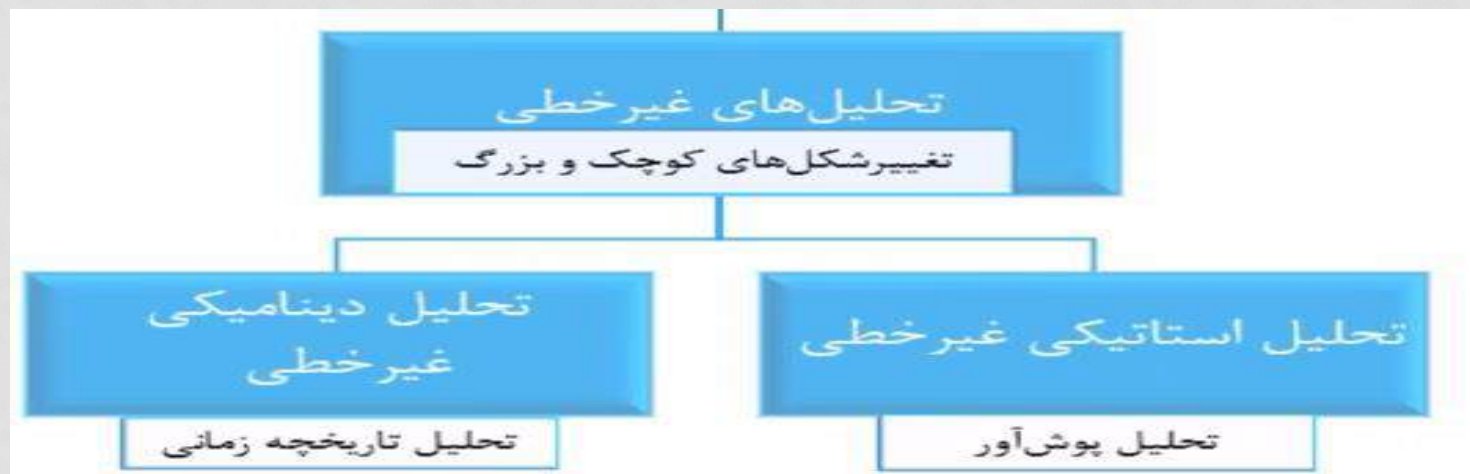
انواع روشهای تحلیل سازه ها

- ۱- تحلیل استاتیکی خطی
- ۲- تحلیل دینامیکی خطی
- ۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش آور)
- ۴- تحلیل دینامیکی غیرخطی



تحلیل غیرخطی

- منظور از تحلیل غیرخطی، تحلیل سازه با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی اجزاء آن به دلیل رفتار غیر خطی مصالح، ترک خوردگی و اثرات غیرخطی هندسی می باشد. در طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد، سازه برای سطوح مختلف عملکرد مورد انتظار، مرتبط با سطوح مختلف خطر زلزله طراحی می گردد. برای رسیدن به این هدف، ناگزیر باید از تحلیل های غیر خطی استفاده شود. در حال حاضر این روش در آیین نامه ها متعددی توصیه شده است. دو نوع اصلی تحلیل غیرخطی، تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی و تحلیل استاتیکی غیر خطی (تحلیل بار افزون) است.



تحليل غير خطي

- به طور كلي روش آناليز ديناميكي غير خطي در مقايسه با روش استاتيكي غير خطي به علت اجتناب از تقريب هاي موجود براي ساده سازي مدل سازه اي دقت بشترى دارد. اما با توجه به حجم زياد اطلاعات ورودى مورد نياز (شتاب نداشت حركت زمين، رفتار هيستريزيس اعضاي سازه و ...) و زمان بر بودن اين آناليز براي سازه ها با المان هاي زياد انجام چنين محاسبات زياد و پيچيده به علت محدوديت هاي نرم افزارها و سخت افزارهاي موجود و حساس بودن اين روش، تنها براي كارهاي تحقيقاتي و يا طراحي سازه هاي خاص مناسب مي باشد.

تحلیل پوش آور (بار افزون)

تحلیل پوش آور یکی از ۴ نوع تحلیل بیان شده در آیین نامه FEMA 356 است. از این تحلیل به طور گسترده برای طراحی براساس عملکرد سازه ها استفاده می گردد. در این تحلیل، بار جانبی بصورت یک الگوی خاص مثلاً یکنواخت، به صورت تدریجی افزایش می یابد و در هر گام اعمال بار به سازه، با تحلیل سازه مقدار نیرو و تغییر مکان ها بدست آمده و سختی نیز به دلیل تشکیل ترک، کمانش و یا مفاصل پلاستیک و رفتار غیرخطی سازه کاهش می یابد. بارگذاری تا رسیدن تغییر مکان بام به تغییر مکان هدف ادامه می یابد.

چرا از تحلیل پوش آور استفاده می شود؟

- طراحی برای زلزله براساس رفتار غیرخطی است.
- درک بهتر رفتار سازه و شناسایی اعضای ضعیف و بهسازی سازه
- این روش نسبتا ساده برای تحلیل سازه های پیچیده و پیش بینی نیرو و تغییرشکل های مورد نیاز آنها در سطوح مختلف عملکردی مناسب است.
- سرعت بالای تحلیل و سادگی تفسیر نتایج نسبت به تحلیل دینامیکی غیرخطی

مفاهیم مطرح شده در تحلیل پوش آور

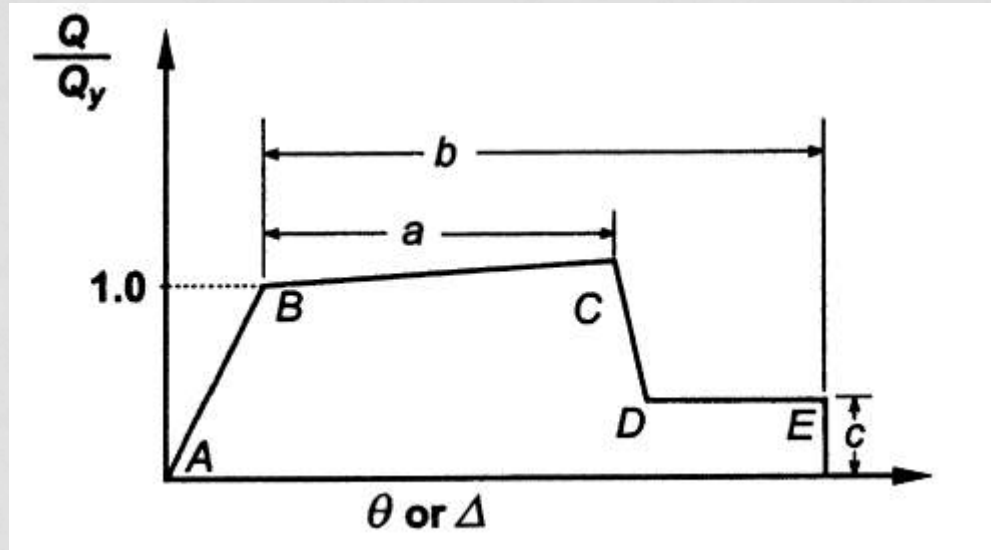
✓ رابطه نیرو-تغییر مکان

✓ الگوی بارگذاری

✓ مفصل پلاستیک

✓ نقطه عملکردی

رابطه نیرو-تغییر مکان

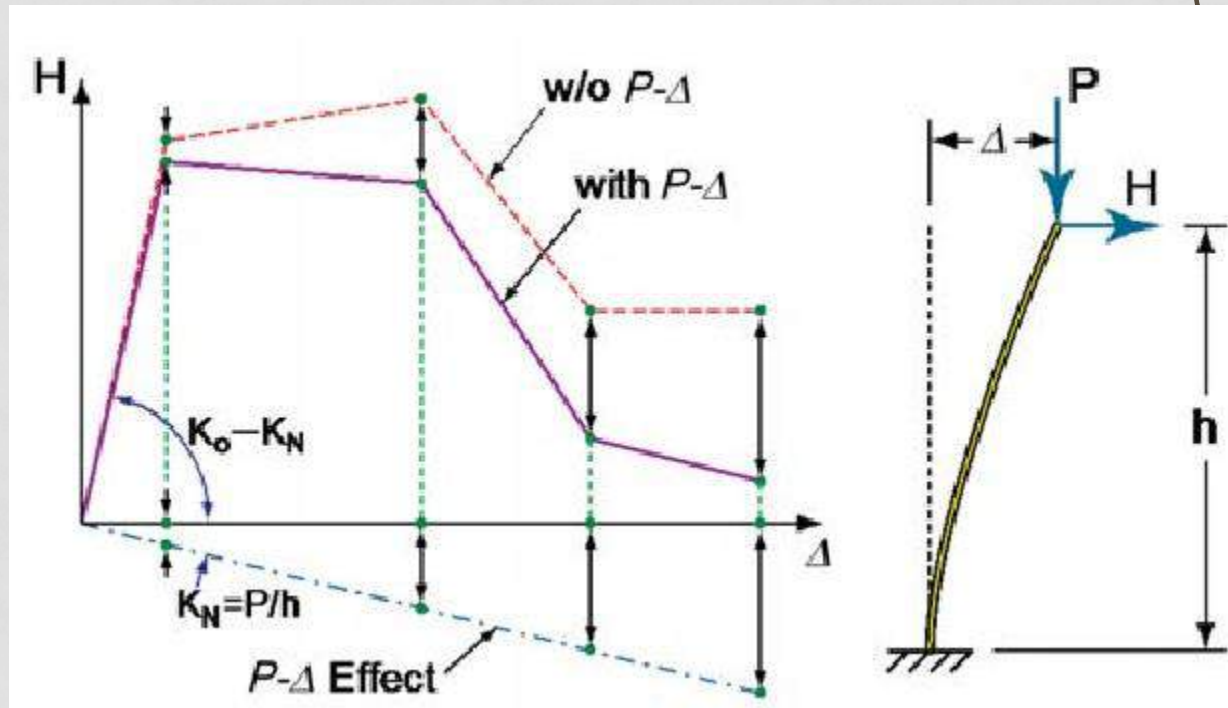


$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_b}{6EI_b}$$

معیارهای پذیرش					پارامترهای مدل سازی			جزء / تلاش
زاویه ی چرخش خمیری، رادیان					نسبت تنش پس ماند	زاویه ی چرخش خمیری، رادیان		
اعضای غیر اصلی		اعضای اصلی ^{۱۴}		کلیدی اعضا				
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a	
تیرها - در خمش								
$11 \theta_y$	$9 \theta_y$	$8 \theta_y$	$6 \theta_y$	θ_y	0.6	$11 \theta_y$	$9 \theta_y$	الف: $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_{ye}}}$ و $\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{420}{\sqrt{F_{ye}}}$

رابطه نیرو-تغییر مکان

(۳-۲-۵-)



الگوی بارگذاری

بارگذاری ثقلی:

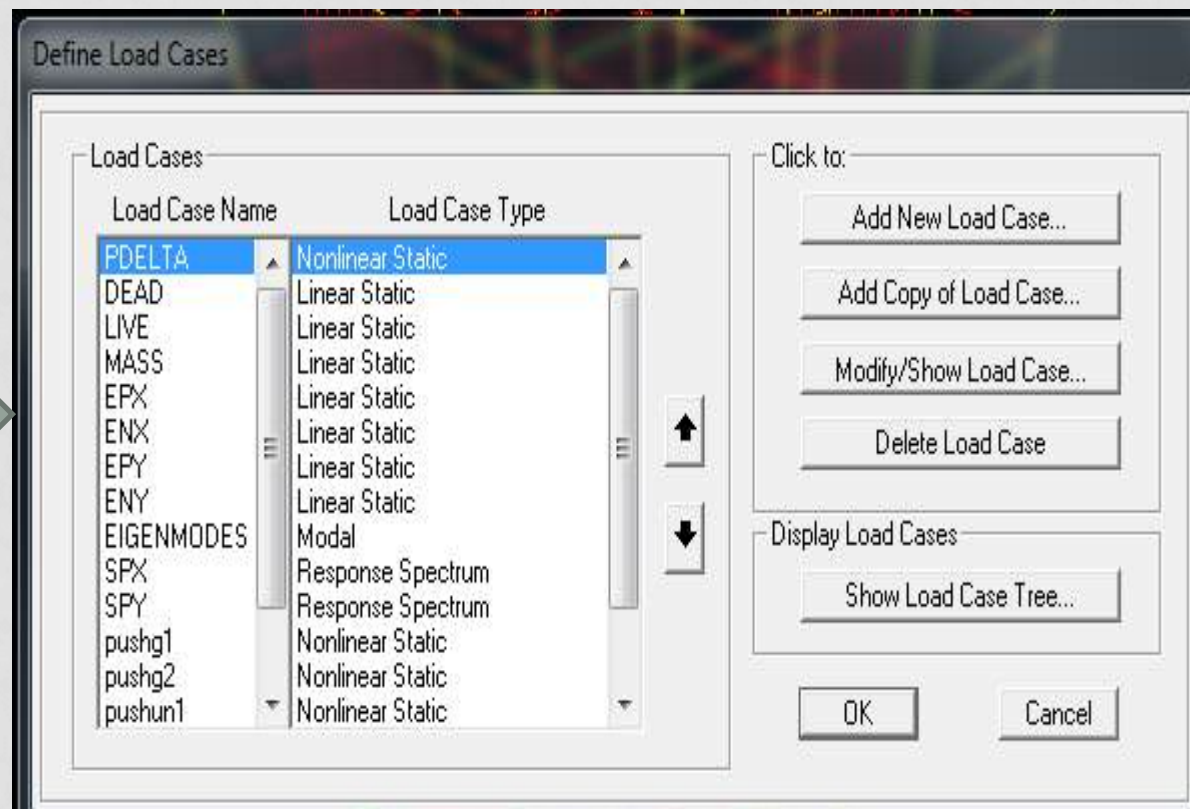
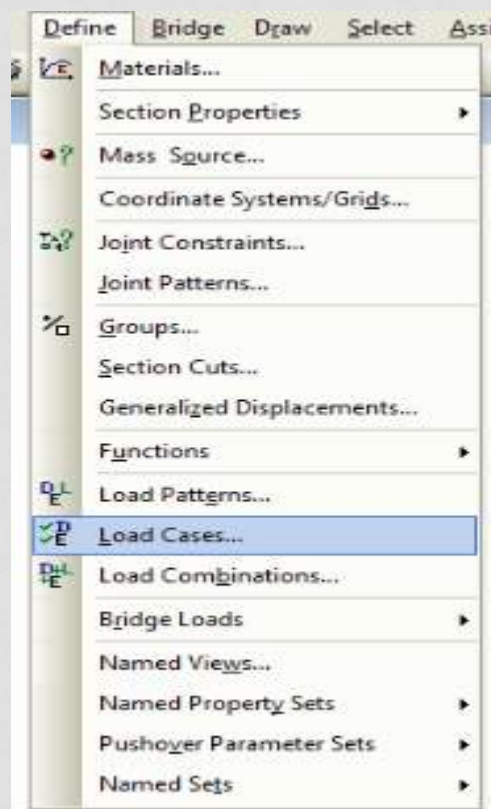
۲ نوع بارگذاری ثقلی در این تحلیل در نظر گرفته می شود (۳-۲-۸-):

۱. $L=0.25((pushG1=1.1$ D+L) بار زنده کاهش نیافته)

۲. $pushG2=0.9D$ (uplift)

این ۲ نوع بارگذاری به صورت نیرو کنترل (Full Load) و استاتیکی غیرخطی (NonLinear) و با در نظر گرفتن اثرات P-Delta به منظور در نظر گرفتن اثر کاهش سختی تعریف می گردند.

الگوی بارگذاری



بارگذاری ثقلی ۱

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHG1

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.1
Load Pattern	DEAD	1.1
Load Pattern	LIVE	1.1

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Full Load

Modify/Show...

Results Saved

Final State Only

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

Analysis Type

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters

☐ None

☒ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

OK

Cancel

بارگذاری ثقلی ۲

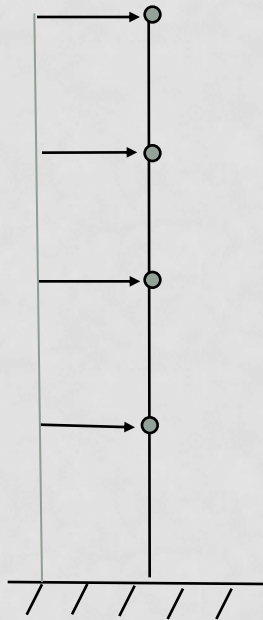
Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name PUSHG2 Set Def Name		Notes Modify/Show...	Load Case Type Static Design...
Initial Conditions ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case Important Note: Loads from this previous case are included in the current case		Analysis Type ☐ Linear ☒ Nonlinear ☐ Nonlinear Staged Construction	
Modal Load Case All Modal Loads Applied Use Modes from Case EIGENMODES		Geometric Nonlinearity Parameters ☐ None ☒ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements	
Loads Applied			
Load Type	Load Name	Scale Factor	
Load Pattern	DEAD	0.9	Add Modify Delete
Load Pattern	DEAD	0.9	
Other Parameters			
Load Application	Full Load	Modify/Show...	OK Cancel
Results Saved	Final State Only	Modify/Show...	
Nonlinear Parameters	Default	Modify/Show...	

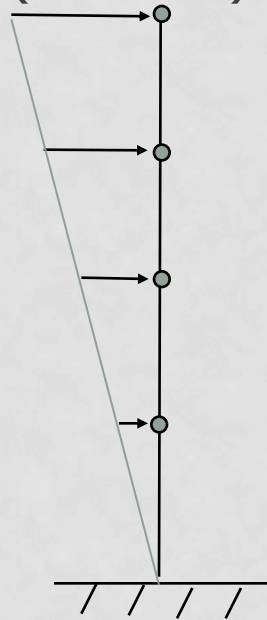
الگوی بارگذاری

الگوی بارگذاری جانبی:

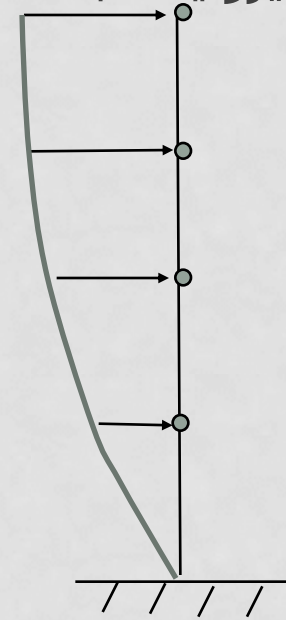
در حالت ۲ بعدی: ۱۰۰ درصد نیرو یا جابه جایی در امتداد مورد نظر با ۳۰ درصد نیرو یا جابه جایی متعامد (۱-۷-۲-۳)



یکنواخت



مثلی معکوس



شکل مود اول

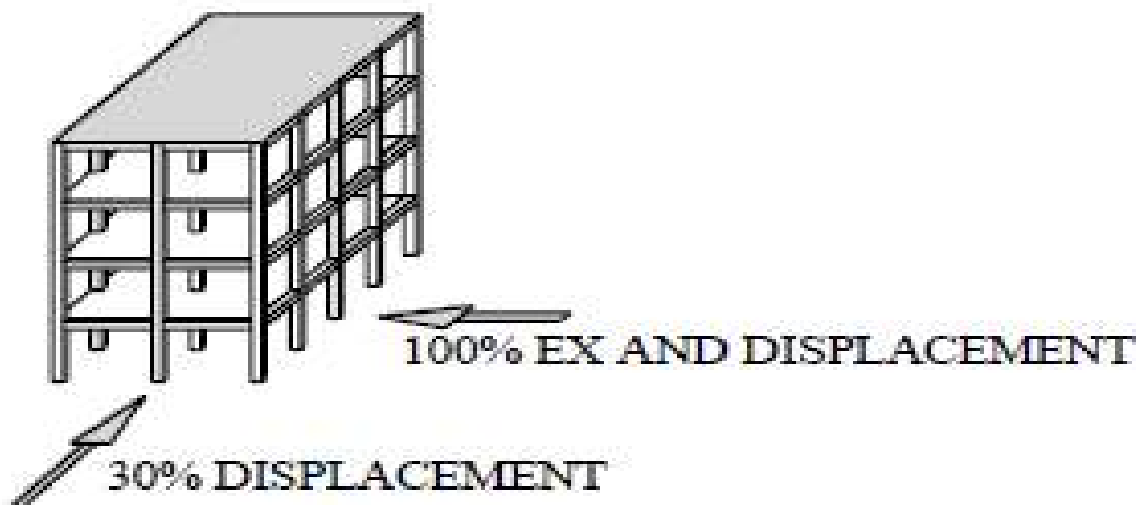
الگوی بارگذاری

مراحل اعمال بارگذاری (۳-۲-۷-۱-ب.نشریه ۳۶۰):

۱- اعمال بار قائم

۲- اعمال الگوی بارگذاری جانبی در امتداد متعامد و رانش تا ۳۰ درصد تغییر مکان هدف

۳- اعمال الگوی بارگذاری جانبی در امتداد مورد نظر و رانش تا ۱۰۰ درصد تغییر مکان هدف



1

مراحل الگوی بارگذاری جانبی یکنواخت به ترتیب شماره

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UY	-1.
Accel	UY	-1.

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

☐ None

☒ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Other Parameters:

Load Application:

Results Saved:

Nonlinear Parameters:

این دو مرحله A, B باید در تمامی بارگذاریهای جانبی تکمیل گردد

The image shows two overlapping dialog boxes from the ANSYS Workbench software. The background box is the 'Nonlinear Static Analysis' dialog, and the foreground box is the 'Results Saved for Nonlinear Static Load Cases' dialog. Handwritten annotations in red and blue ink are present on the first dialog, and red arrows point from the first dialog to the second.

Nonlinear Static Analysis Dialog (Left):

- Load Application Control:** ☒ Displacement Control. Handwritten red text: $0.02 \times H$.
- Control Displacement:** ☒ Use Monitored Displacement.
- Load to a Monitored Displacement Magnitude of:** 1.428 (highlighted with a red box).
- Monitored Displacement:** ☒ DOF U1 at Joint 19 (both U1 and 19 are highlighted with blue boxes).
- Other Parameters:** Load Application: Displ Control; Results Saved: Multiple States; Nonlinear Parameters: Default.

Results Saved for Nonlinear Static Load Cases Dialog (Right):

- Load Case Type:** Static.
- Analysis Type:** ☒ Nonlinear.
- Results Saved:** ☒ Multiple States.
- For Each Stage:** Minimum Number of Saved States: 10; Maximum Number of Saved States: 100.
- ☒ Save positive Displacement Increments Only.

Handwritten Annotations:

- A:** A circled letter 'A' in the top left corner of the first dialog.
- B:** A circled letter 'B' in the top right corner of the second dialog.
- Blue Arrows:** One points from the '1.428' field to the '0.02 x H' text. Another points from the '19' field to the word 'BANN'.
- Red Arrows:** One points from the 'Displ Control' button to the 'Multiple States' button in the 'Other Parameters' section. Another points from the 'Multiple States' button to the 'Results Saved' section of the second dialog.

2

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHUN1X0.3

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

PUSHG1

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	-1.
Accel	UX	-1.

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

3

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHUN2Y0.3

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

PUSHG2

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UY	-1.
Accel	UY	-1.

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

4

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

Geometric Nonlinearity Parameters:

☐ None

☒ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	-1.
Accel	UX	-1.

Other Parameters:

Load Application:

Results Saved:

Nonlinear Parameters:

5

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

Geometric Nonlinearity Parameters:

☐ None

☒ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	-1.
Accel	UX	-1.

Other Parameters:

Load Application:

Results Saved:

Nonlinear Parameters:

6

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHUN1Y

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

PUSHUN1X0

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UY	-1.
Accel	UY	-1.

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

7

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHUN2X

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

PUSHUN2Y0

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	-1.
Accel	UX	-1.

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHUNZY

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case PUSHUNZY0.

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

EIGENMODES

Geometric Nonlinearity Parameters

☐ None☒ P-Delta☐ P-Delta plus Large Displacements

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UY	-1.
Accel	UY	-1.

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

1

الگوی بارگذاری جانبی مثلی معکوس به ترتیب شماره

2

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: PUSHTRIY0.3 Set Def Name Modify/Show... Notes

Load Case Type: Static Design...

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case: PUSHG1

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case: EIGENMODES

Geometric Nonlinearity Parameters:

☐ None

☒ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EY	-1.
Load Pattern	EY	-1.

Add Modify Delete

Other Parameters:

Load Application: Displ Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

OK Cancel

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: PUSGTRI0.3 Set Def Name Modify/Show... Notes

Load Case Type: Static Design...

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case: PUSHG1

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

☐ Linear

☒ Nonlinear

☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case: EIGENMODES

Geometric Nonlinearity Parameters:

☐ None

☒ P-Delta

☐ P-Delta plus Large Displacements

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EX	-1.
Load Pattern	EX	-1.

Add Modify Delete

Other Parameters:

Load Application: Displ Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

OK Cancel

3

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHTR2Y0.3

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

PUSHG2

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EY	-1
Load Pattern	EY	-1

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

4

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHTR2Y0.3

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

PUSHG2

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case

EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EX	-1.
Load Pattern	EX	-1.

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

5

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name PUSHTR1X Set Def Name	Notes Modify/Show...	Load Case Type Static Design...									
Initial Conditions ☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State ☒ Continue from State at End of Nonlinear Case PUSHTR1Y0. Important Note: Loads from this previous case are included in the current case		Analysis Type ☐ Linear ☒ Nonlinear ☐ Nonlinear Staged Construction									
Modal Load Case All Modal Loads Applied Use Modes from Case EIGENMODES		Geometric Nonlinearity Parameters ☐ None ☒ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements									
Loads Applied <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>EX</td> <td>-1.</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>EX</td> <td>-1.</td> </tr> </tbody> </table> Add Modify Delete			Load Type	Load Name	Scale Factor	Load Pattern	EX	-1.	Load Pattern	EX	-1.
Load Type	Load Name	Scale Factor									
Load Pattern	EX	-1.									
Load Pattern	EX	-1.									
Other Parameters <table border="1"> <tr> <td>Load Application</td> <td>Displ Control</td> <td>Modify/Show...</td> </tr> <tr> <td>Results Saved</td> <td>Multiple States</td> <td>Modify/Show...</td> </tr> <tr> <td>Nonlinear Parameters</td> <td>Default</td> <td>Modify/Show...</td> </tr> </table> OK Cancel			Load Application	Displ Control	Modify/Show...	Results Saved	Multiple States	Modify/Show...	Nonlinear Parameters	Default	Modify/Show...
Load Application	Displ Control	Modify/Show...									
Results Saved	Multiple States	Modify/Show...									
Nonlinear Parameters	Default	Modify/Show...									

6

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name PUSHTR1Y Set Def Name	Notes Modify/Show...	Load Case Type Static Design...									
Initial Conditions ☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State ☒ Continue from State at End of Nonlinear Case PUSGTR1X0. Important Note: Loads from this previous case are included in the current case		Analysis Type ☐ Linear ☒ Nonlinear ☐ Nonlinear Staged Construction									
Modal Load Case All Modal Loads Applied Use Modes from Case EIGENMODES		Geometric Nonlinearity Parameters ☐ None ☒ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements									
Loads Applied <table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>EY</td> <td>-1.</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>EY</td> <td>-1.</td> </tr> </tbody> </table> Add Modify Delete			Load Type	Load Name	Scale Factor	Load Pattern	EY	-1.	Load Pattern	EY	-1.
Load Type	Load Name	Scale Factor									
Load Pattern	EY	-1.									
Load Pattern	EY	-1.									
Other Parameters <table border="1"> <tr> <td>Load Application</td> <td>Displ Control</td> <td>Modify/Show...</td> </tr> <tr> <td>Results Saved</td> <td>Multiple States</td> <td>Modify/Show...</td> </tr> <tr> <td>Nonlinear Parameters</td> <td>Default</td> <td>Modify/Show...</td> </tr> </table> OK Cancel			Load Application	Displ Control	Modify/Show...	Results Saved	Multiple States	Modify/Show...	Nonlinear Parameters	Default	Modify/Show...
Load Application	Displ Control	Modify/Show...									
Results Saved	Multiple States	Modify/Show...									
Nonlinear Parameters	Default	Modify/Show...									

7

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHTRZX

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case PUSHTRZY0.

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EX	-1.
Load Pattern	EX	-1.

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

Modify/Show...

OK

Cancel

8

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name

PUSHTRZY

Set Def Name

Notes

Modify/Show...

Load Case Type

Static

Design...

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State☒ Continue from State at End of Nonlinear Case PUSHTRZX0.

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type

☐ Linear☒ Nonlinear☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case

All Modal Loads Applied Use Modes from Case EIGENMODES

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	EY	-1.
Load Pattern	EY	-1.

Add

Modify

Delete

Other Parameters

Load Application

Displ Control

Modify/Show...

Results Saved

Multiple States

Modify/Show...

Nonlinear Parameters

Default

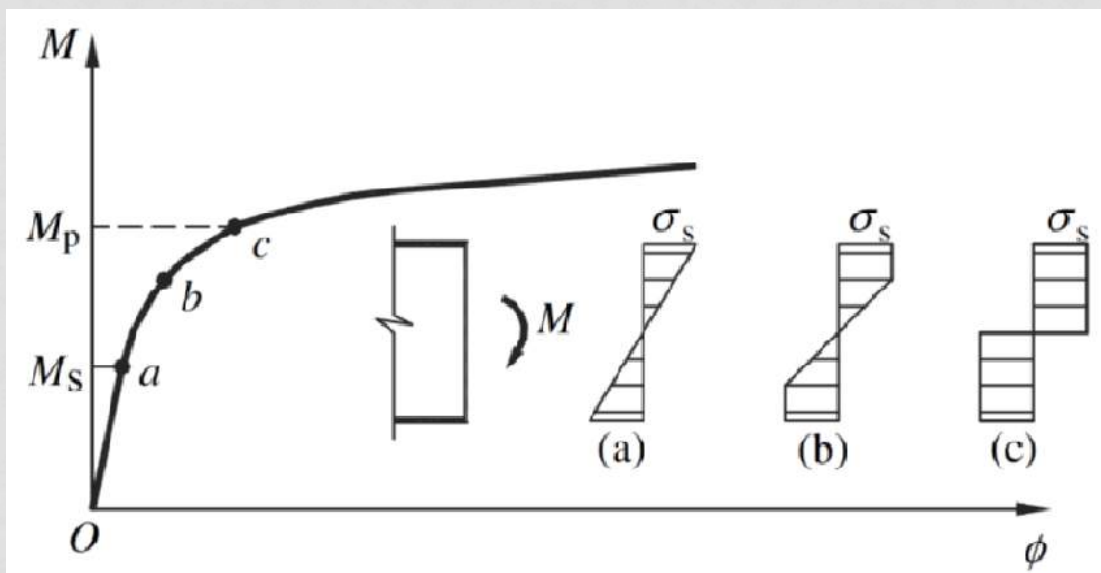
Modify/Show...

OK

Cancel

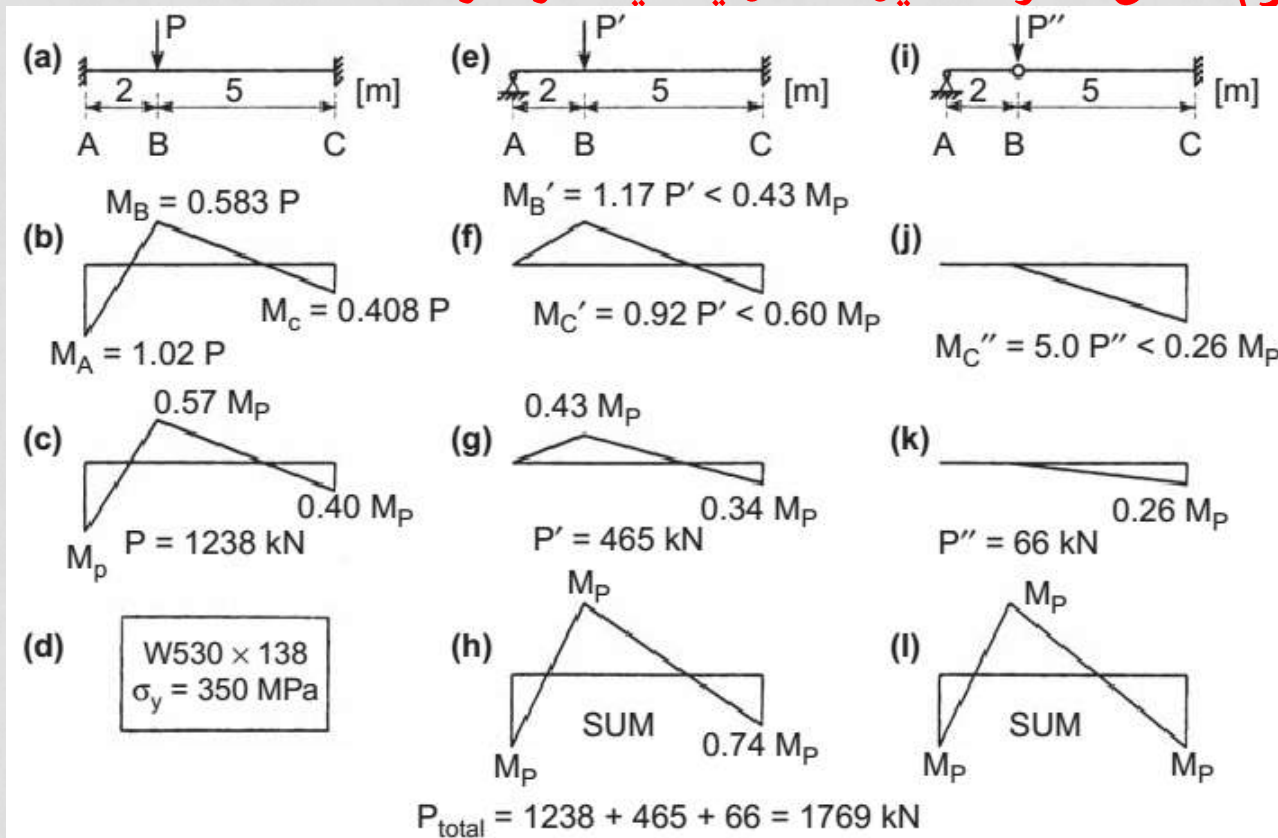
مفصل پلاستیک (PLASTIC HINGE)

در اثر افزایش ممان یا برش مقطع کاملاً به تسلیم رسیده و دیگری ممان یا نیرویی تحمل نمی کند و همانند مفصل معمولی عمل میکند.



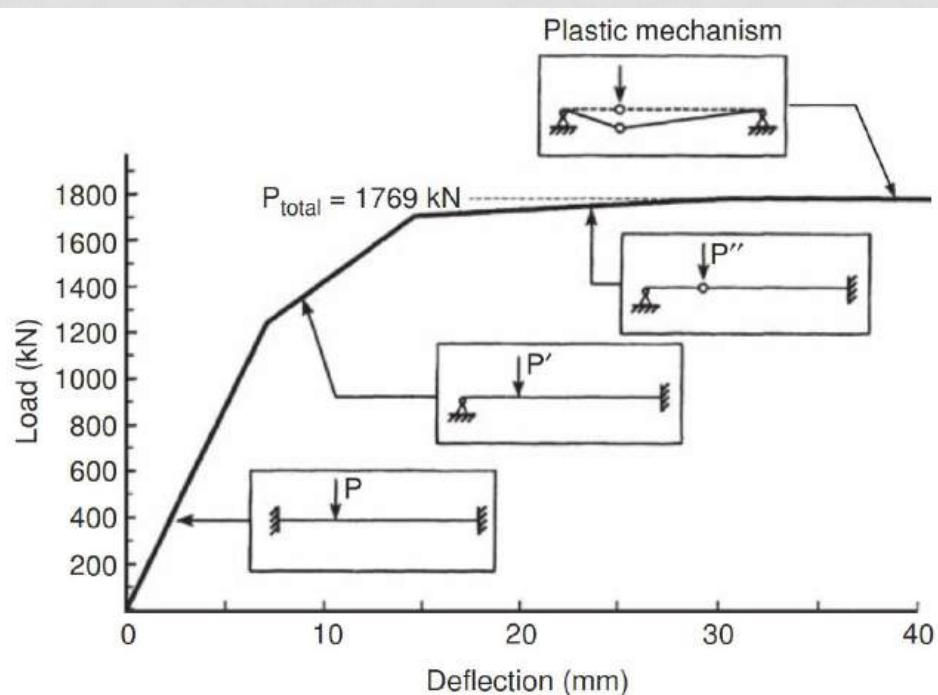
مفصل پلاستیک (PLASTIC HINGE)

مکانیزم شدن: نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه



مفصل پلاستیک (PLASTIC HINGE)

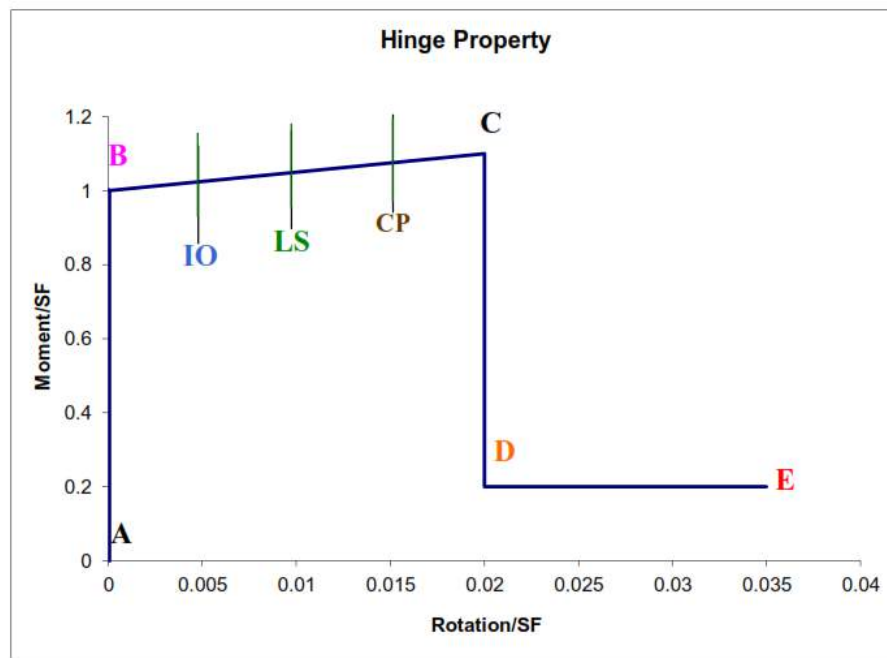
مکانیزم شدن: نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه



مفصل پلاستیک (PLASTIC HINGE)

مشخصات مفصل پلاستیک

با استفاده از نشریه ۳۶۰ و رابطه نیرو-تغییر مکان مشخصات وارد نرم افزار می شود یا با انتخاب حالت Auto نرم افزار این مشخصات را



B - Yield State

IO – immediate Occupancy

LS – Life Safety

CP – Collapse Prevention

C – Ultimate State

● مفصل پلاستیک:

● ۱- Auto: مقاطع | شکل، نبشی، دویل نبشی، ناودانی، دایره ای، باکس

● ۲- به صورت دستی

$\left. \begin{array}{l} \frac{P}{P_d} < 0.2 \text{ (۱)} \\ \frac{P}{P_{cl}} < 0.5 \text{ (۲)} \\ \frac{P}{P_{cl}} < 0.5 \text{ (۳)} \end{array} \right\} \text{ ستون } \left. \begin{array}{l} M_3 \\ v_2 \end{array} \right\} \text{ تیر}$
 رفتار مشابه تیر
 اندیش تیر در مان
 رفتار نیروی (تیر)
 باربندها
 محدوداً در وسط عضو
 Axial P
 P-M2-M3
 P-M3
 رفتار نیروی



Table C2-1 Examples of Possible Deformation-Controlled and Force-Controlled Actions

Component	Deformation-Controlled Action	Force-Controlled Action
Moment Frames • Beams • Columns • Joints	Moment (M) M —	Shear (V) Axial load (P), V V ²
Shear Walls	M, V	P
Braced Frames • Braces • Beams • Columns • Shear Link	P — — V	— P P P, M
Connections	P, V, M ³	P, V, M
Diaphragms	M, V ²	P, V, M

1. Shear may be a deformation-controlled action in steel moment frame construction.
2. If the diaphragm carries lateral loads from vertical seismic resisting elements above the diaphragm level, then M and V shall be considered force-controlled actions.
3. Axial, shear, and moment may be deformation-controlled actions for certain steel and wood connections.

وارد کردن مفاصل پلاستیک به صورت اتوماتیک

Frame Hinge Assignments

Existing Assignments

Warning: Assignments may already exist on some selected line objects.

☐ Add Specified Assigns To Existing Assigns

☒ Replace Existing Assigns With Specified Assigns

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	.98
Auto M3	.05
Auto M3	.95
Auto P-M2-M3	.02
Auto P-M2-M3	.98

Add

Modify

Delete

Auto Hinge Assignment Data

Type: From Tables In FEMA 356

Table: Table 6-8 (Concrete Columns - Flexure) Item i

DOF: P-M2-M3

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data

OK

Cancel

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type

From Tables In FEMA 356

Select a FEMA356 Table

Table 5-6 (Steel Beams - Flexure)

Component Type

☒ Primary

☐ Secondary

Degree of Freedom

☐ M2

☒ M3

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity

☐ Drops Load After Point E

☒ Is Extrapolated After Point E

M3

OK

Cancel

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type

From Tables In FEMA 356

Select a FEMA356 Table

Table 5-6 (Steel Columns - Flexure)

Component Type

☒ Primary

☐ Secondary

Degree of Freedom

☐ M2

☐ M3

☐ M2-M3

☐ P-M2

☐ P-M3

☒ P-M2-M3

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity

☐ Drops Load After Point E

☒ Is Extrapolated After Point E

Force Controlled Hinge Load Carrying Capacity

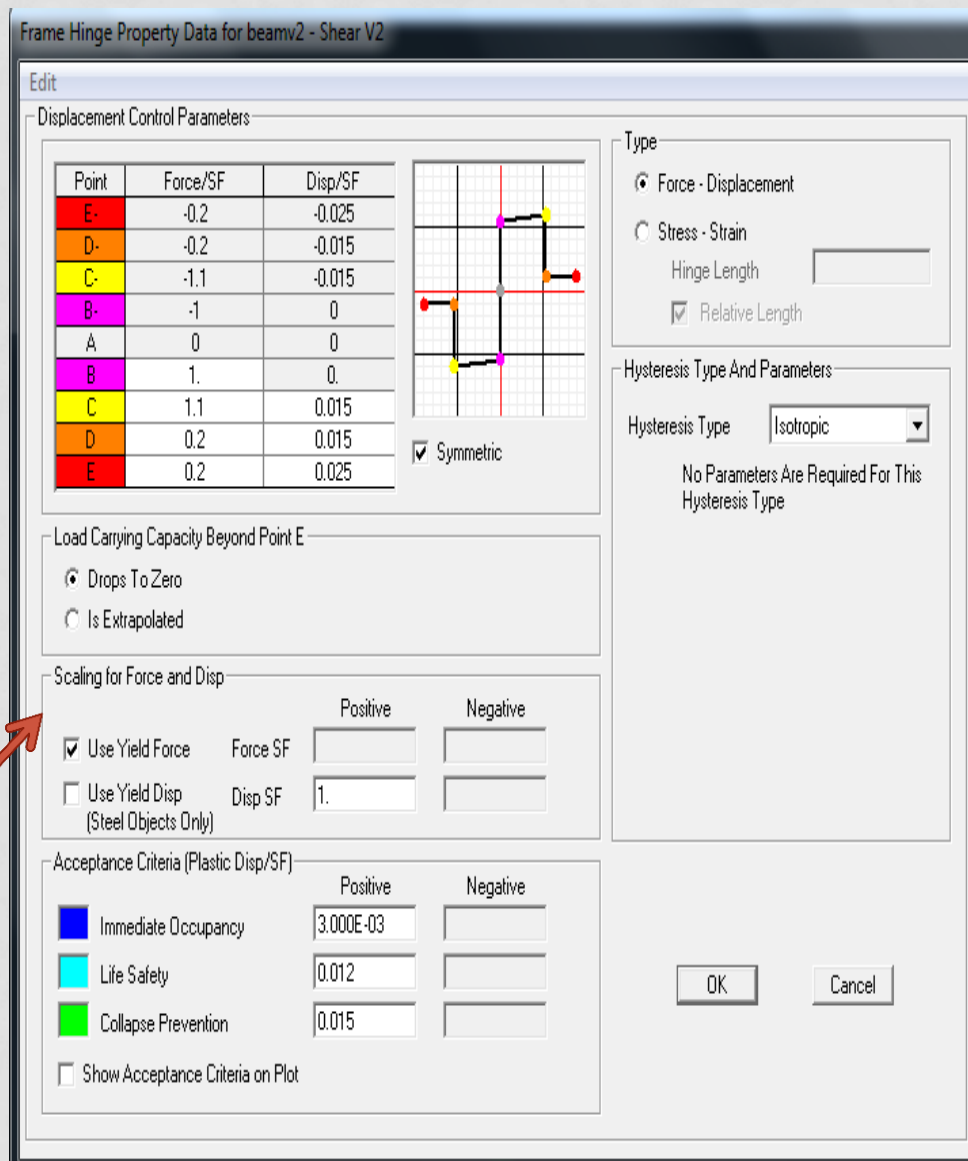
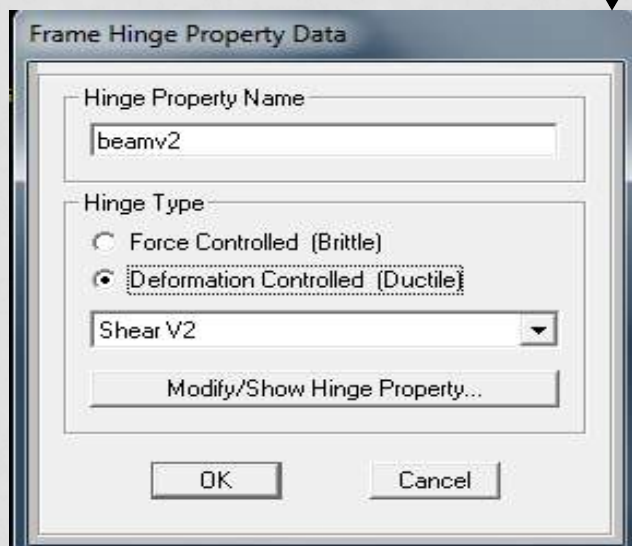
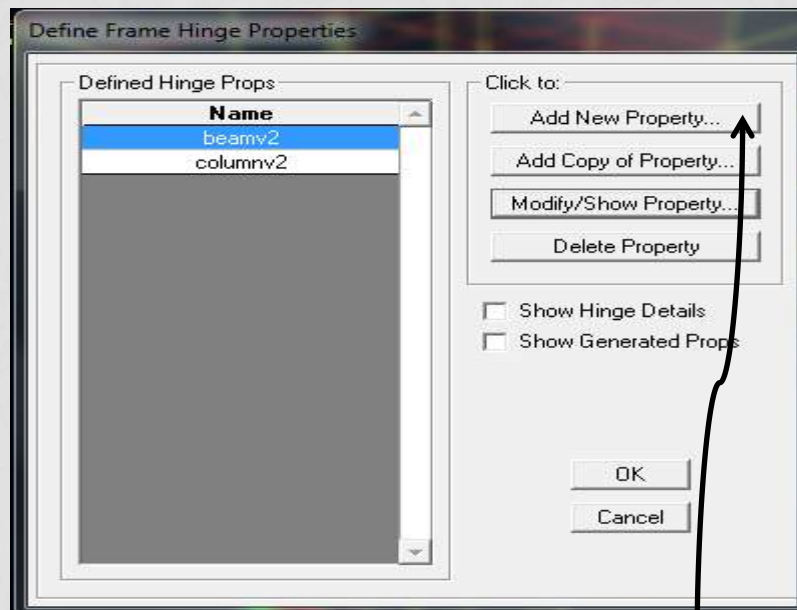
☐ Hinge Drops Load When Max Force Is Reached

P-M2-M3

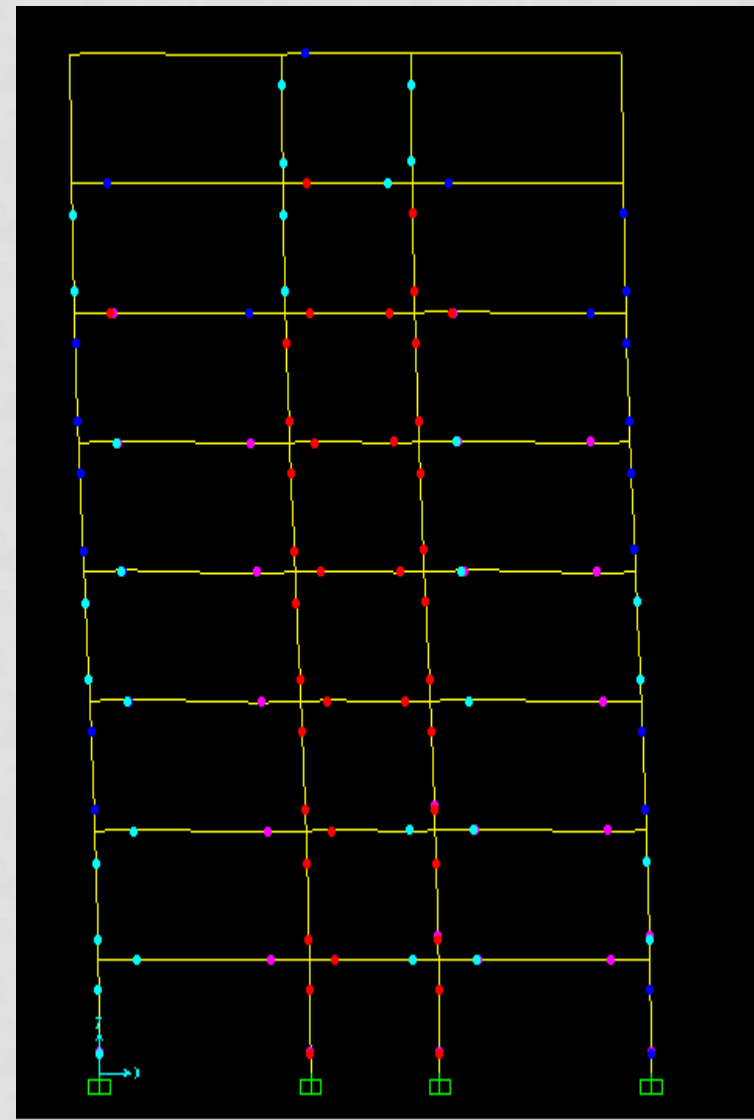
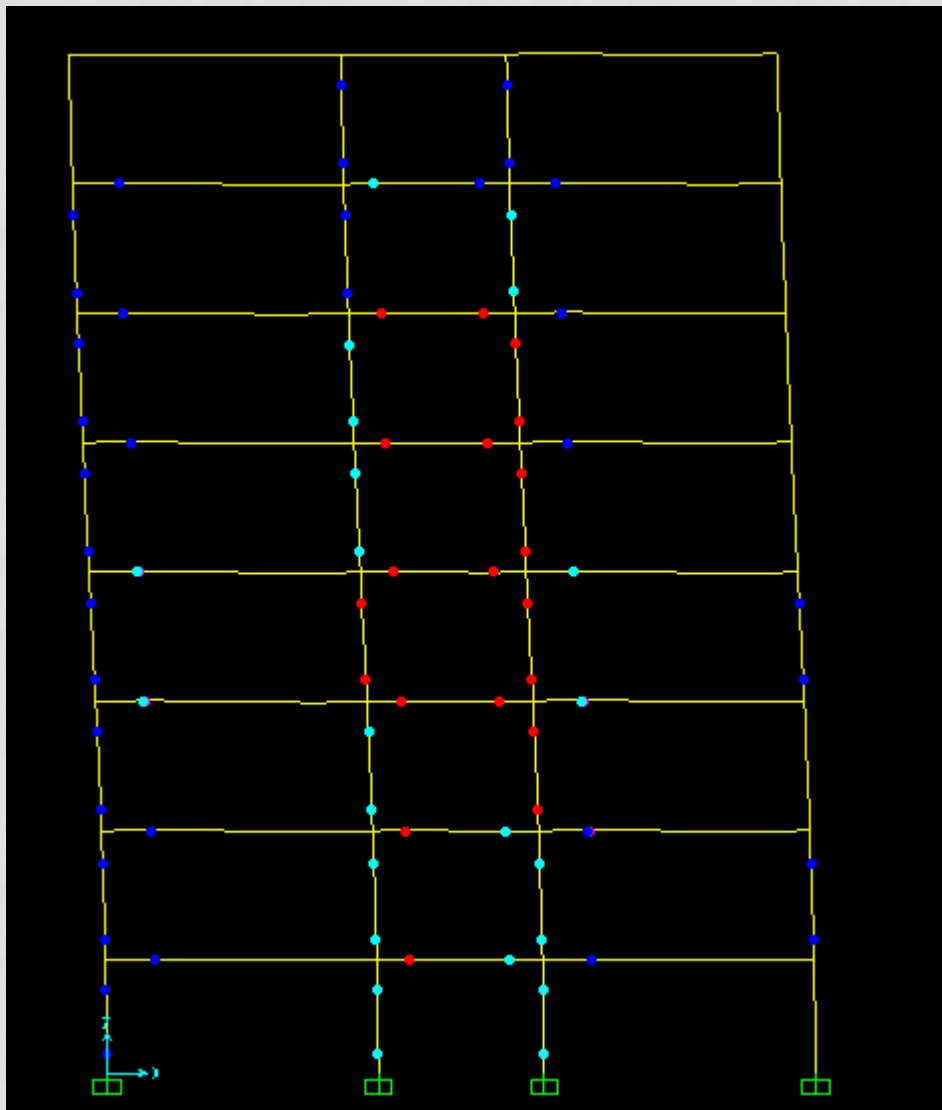
OK

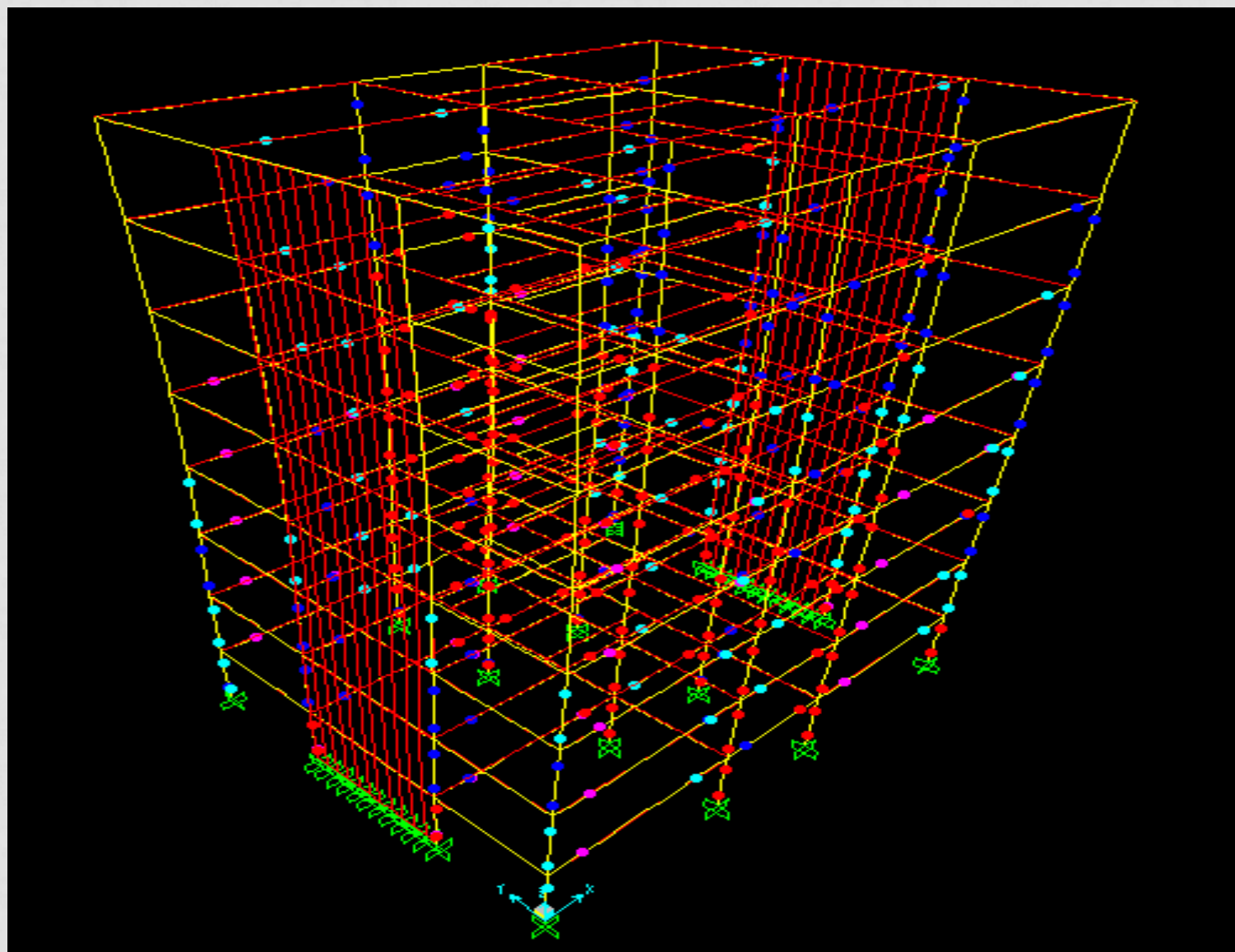
Cancel

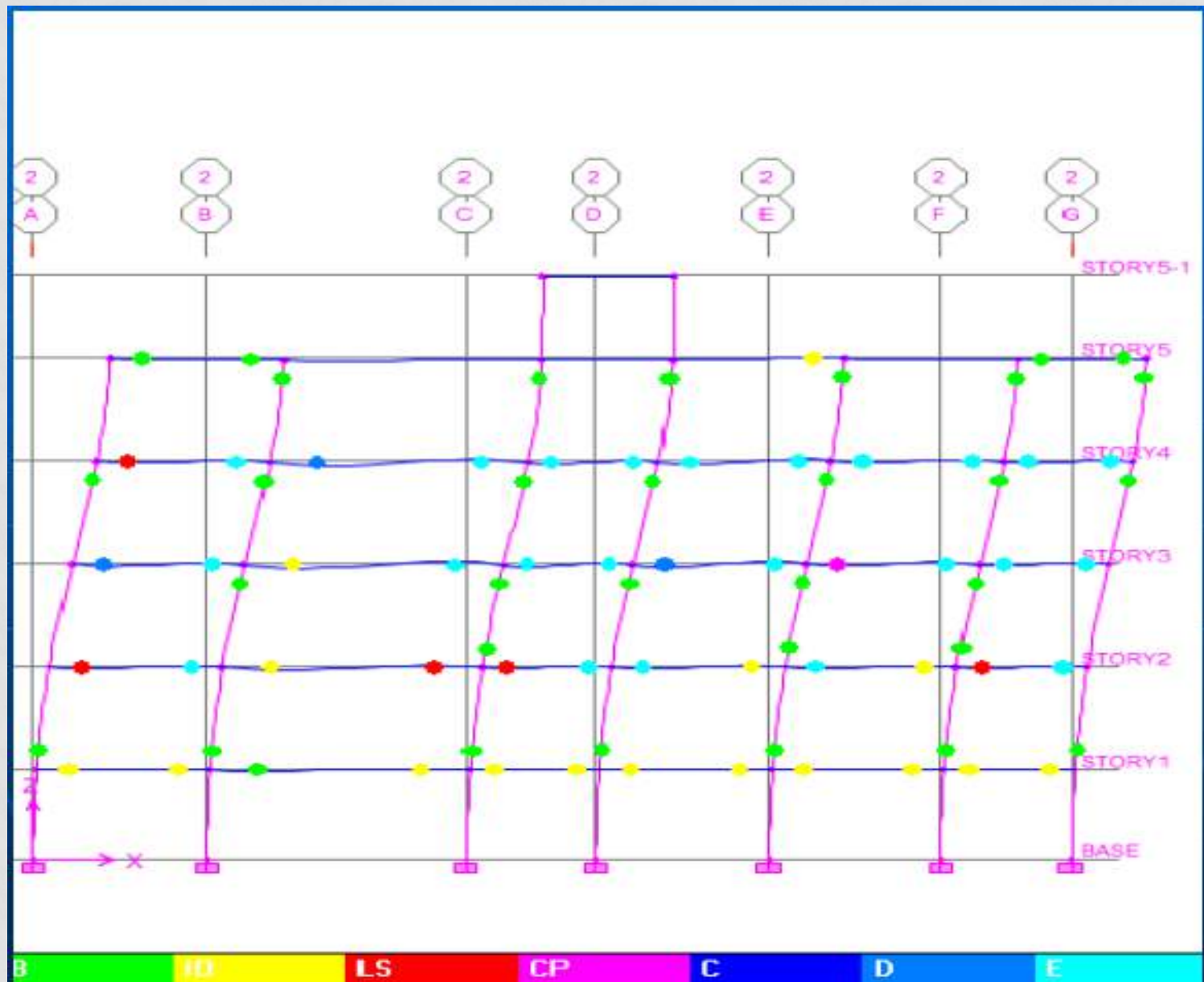
واردکردن مفاصل پلاستیک به صورت دستی

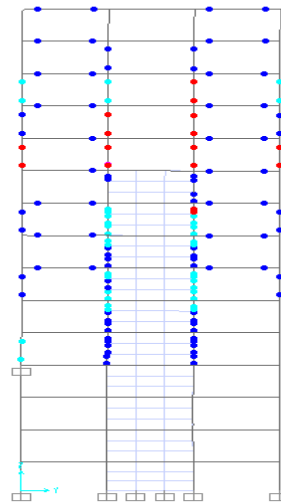
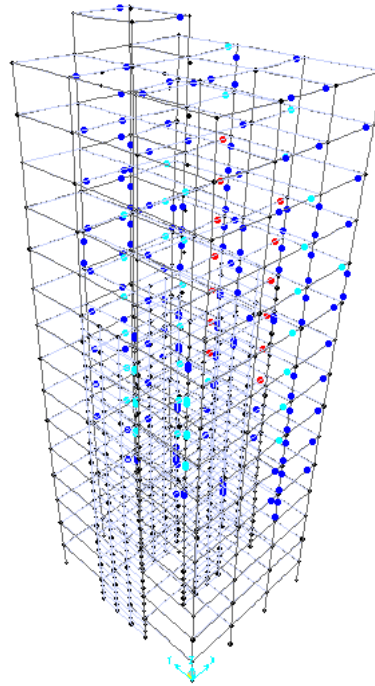


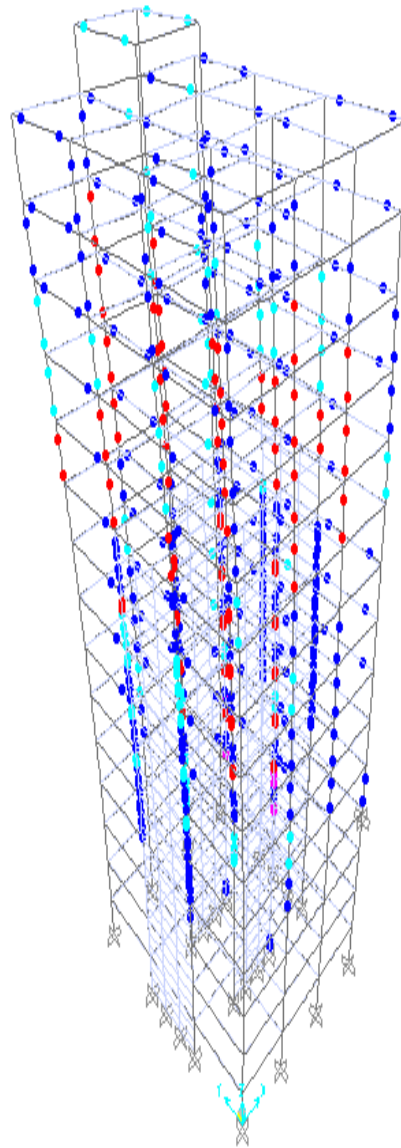
محل تشکیل مفاصل پلاستیک در تیر و ستون











B

ID

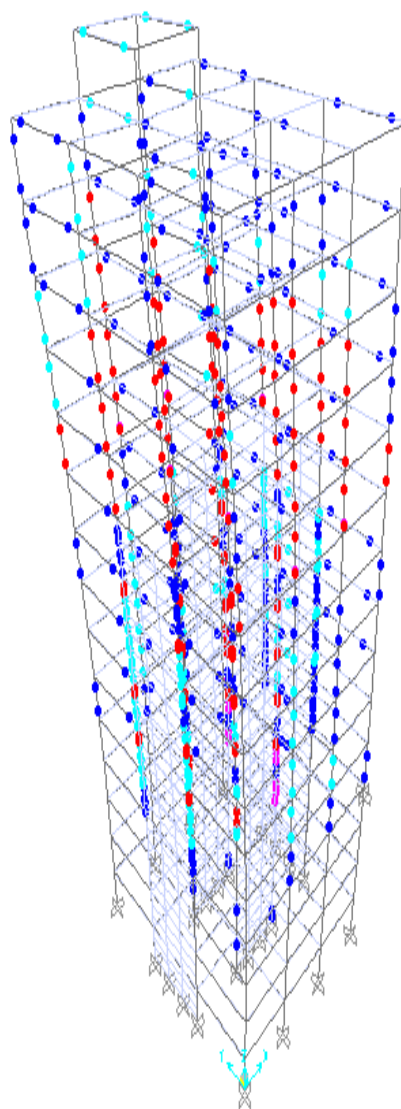
LS

CP

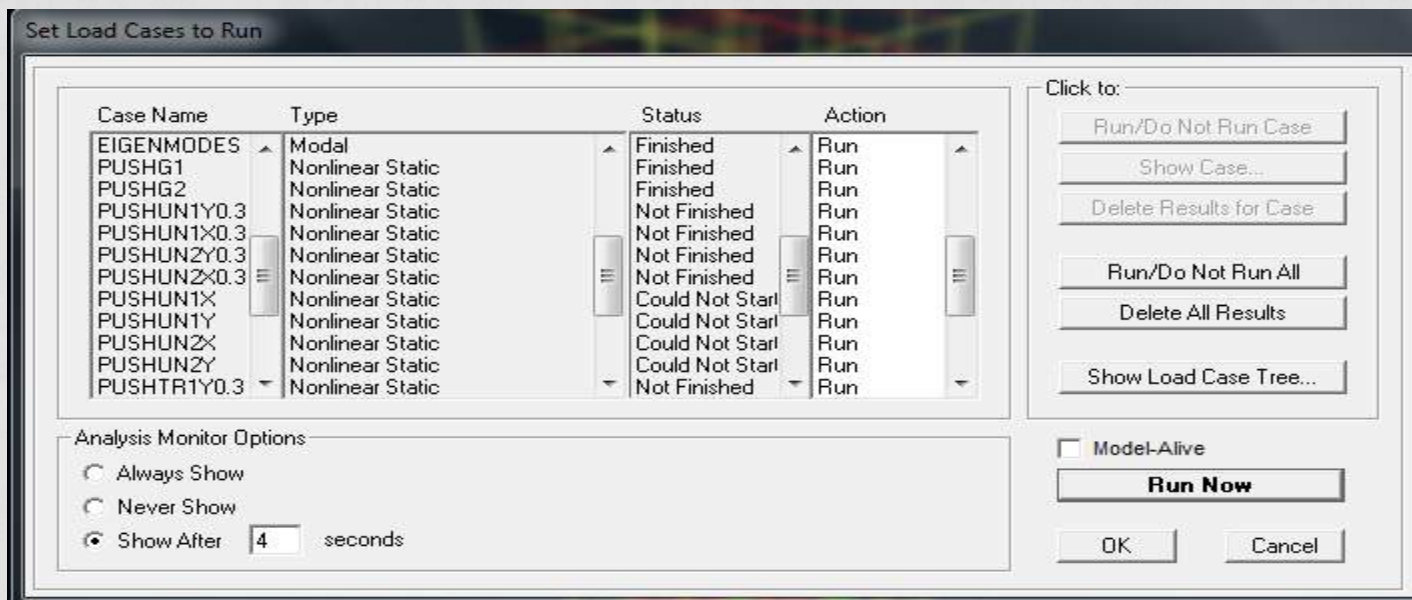
C

D

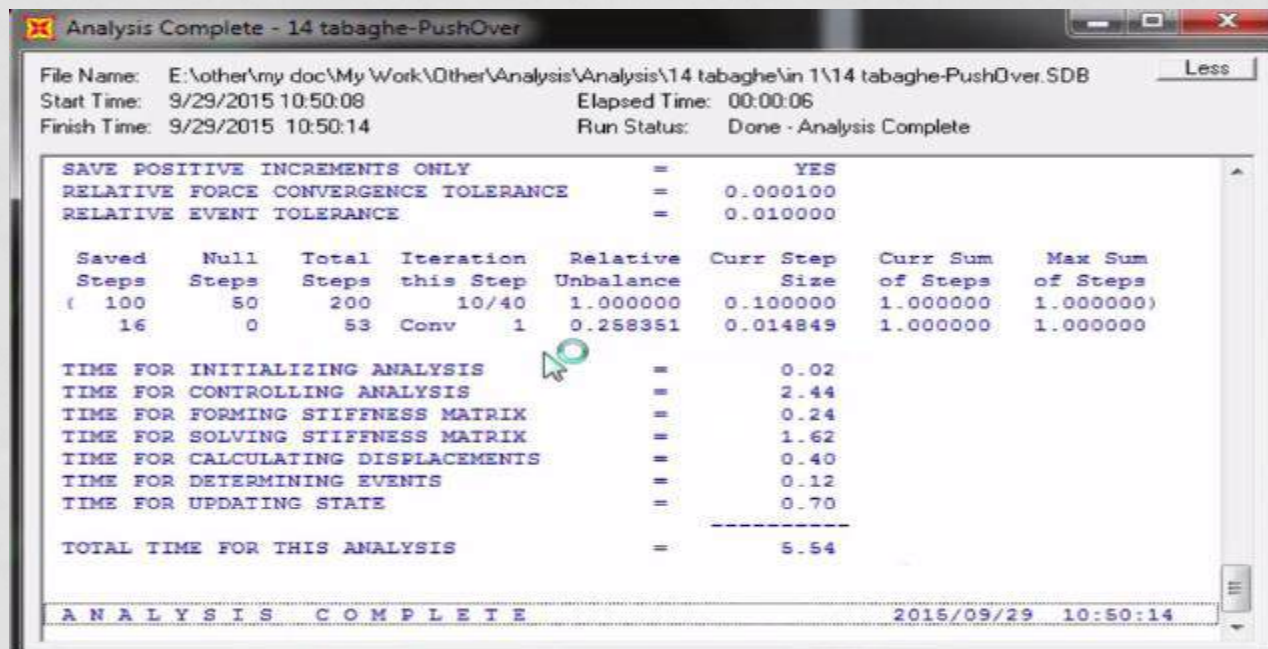
E



تحليل سازه



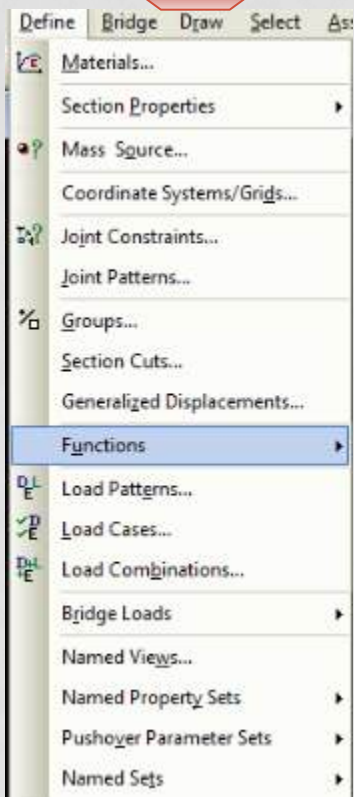
نتایج تحلیل سازه



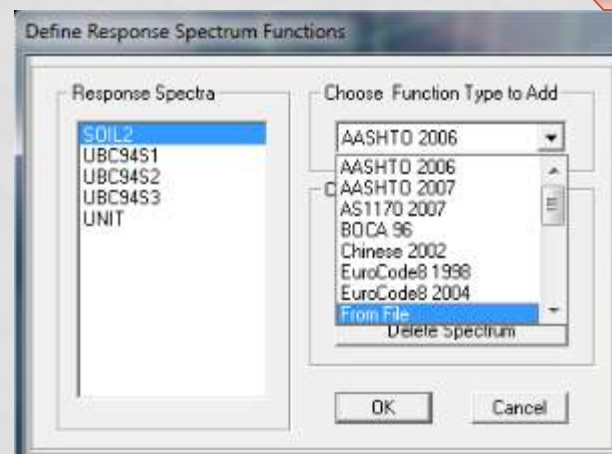
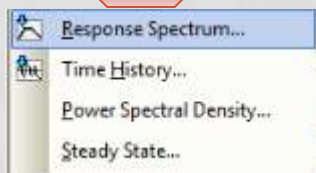
نحوه وارد کردن طیف پاسخ خاک آیین نامه ۲۸۰۰

3

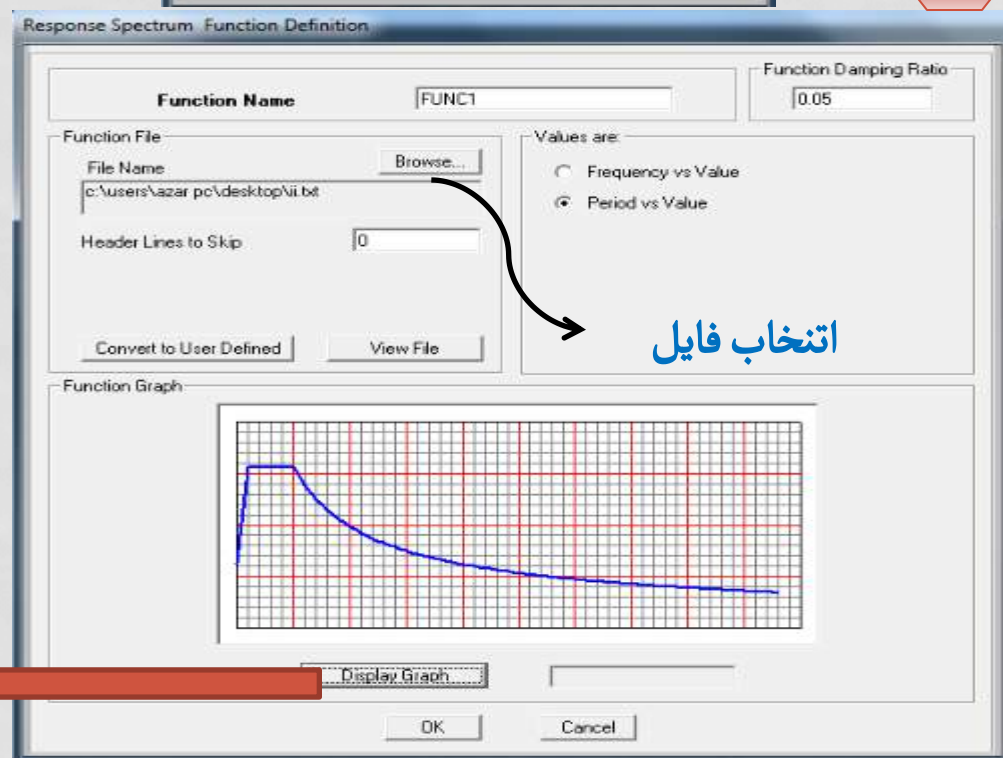
1



2



4



انتخاب فایل

ترسیم نمودار در نرم افزار

نقطه عملکردی (PERFORMANCE POINT)

روشهای تعیین نقطه عملکردی:

۱- روشهای اصلاح جابه جایی الاستیک:

✓ روش FEMA 273: استفاده از یک رابطه و تصحیح جابه جایی الاستیک با یکسری ضرایب

✓ روش اصلاح شده ضرایب جابه جایی FEMA 440

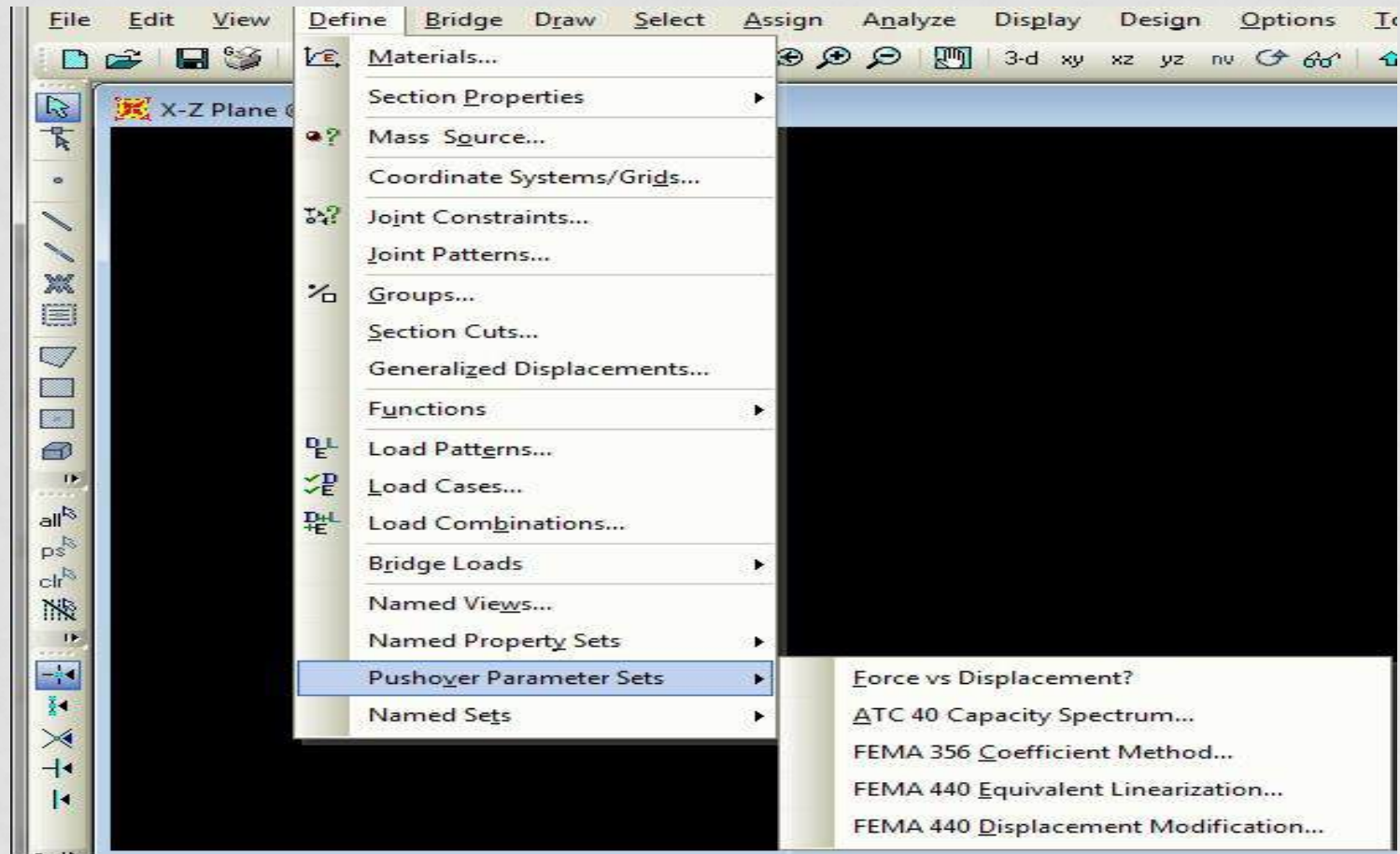
✓ روش FEMA 356: مشابه روش نشریه ۳۶۰ (دستور العمل بهسازی)

۲- روشهای طیف ظرفیت:

✓ روش خطی سازی معادل طبق دستورالعمل FEMA 440

✓ روش ATC-40: استفاده از منحنی پوش آور و طیف تقاضا

نقطه عملکردی (PERFORMANCE POINT)



Parameters For FEMA 356 Coefficient Method

Pushover Parameters Name

Name

F356P02

Units

Kgf, m, C

Demand Spectrum Definition

Effective Viscous Damping ($0 < \text{Damp} < 1$)

0.05

☒ Defined Function

SOIL2

Scale Factor

.35*9.81

Characteristic Period of Resp Spec, T_s

.5

☐ FEMA 356 General Response Spectrum

Mapped Spectral Accel at Short Period, S_s

Mapped Spectral Accel at 1 Sec Period, S_1

Site Class

Selected Coefficients

☐ User Value for C_2

☐ User Value for C_3

☐ User Value for C_m

Items Visible On Plot

☒ Show Capacity Curve

Color



☒ Show Idealized Bilinear Force-Displ Curve

Color



Reset Default Colors

Update Plot

Set Axis Labels and Range...

OK

Cancel

Parameters For FEMA 440 Equivalent Linearization

Pushover Parameters Name

Name

F440POEL1

Units

Kgf, m, C

Plot Axes

☒ $S_a - S_d$

☐ $S_a - T$

☐ $S_d - T$

Axis Labels and Range

Set Axis Data...

Demand Spectrum Definition

☐ Function

SF

☒ User Coeffs

C_a

0.4

C_v

0.4

☐ Include Soil-Structure Interaction Effects

Modify/Show SSL...

Damping and Period Parameters

Inherent + Additional Damping

0.05

☐ User Defined Effective Damping, B_{eff}

Modify/Show...

☐ User Defined Effective Period, T_{eff}

Modify/Show...

Items Visible On Plot

☒ Show Capacity Curve

Color



☒ Show Family of Demand Spectra (MADRS)

Color



Ductility Ratios

1.

1.5

2.

2.5

☒ Show Single Demand Spectrum (MADRS)
(Variable Damping)

Color



☒ Show Constant Period Lines at

Color



0.5

1.

1.5

2.

Reset Default Colors

Update Plot

OK

Cancel

نقطه عملکردی (FEMA 356)

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

C_0 = ضریب برای ارتباط دادن جابه جایی سیستم یک درجه آزادی به چند درجه آزادی

C_1 = ضریب برای ارتباط دادن حداکثر جابجایی غیرالاستیک به جابجایی های محاسبه شده با فرض رفتار الاستیک سازه

C_2 = ضریب برای در نظر گرفتن اثر چرخه های هیستریزیس

C_3 = ضریب برای در نظر گرفتن اثر P-Delta

Calculated Items

Edit

Units: Kgf, m, C

Item	Value
C0	1.2564
C1	1.
C2	1.
C3	1.
Sa	0.586
Te	1.0921
Ti	1.0921
Ki	4738812.
Ke	4738812.
Alpha	0.1088
R	3.4169
Vy	434907.7
Weight	2535780.7
Cm	1.



استخراج شده از نرم افزار SAP

نقطه عملکردی (FEMA 356)

C_0 براساس نوع سازه از جدول، بین ۱ تا ۱,۵

$$C_1 = 1 \quad T_e \geq T$$

$$C_1 = [1 + (R-1)T_0/T_e]/R \quad T_e < T$$

R نسبت مقاومت نیاز الاستیک به مقاومت تسلیم

C_2 براساس نوع سازه و پریود موثر و سطح عملکردی از جدول، بین ۱ تا ۱,۵

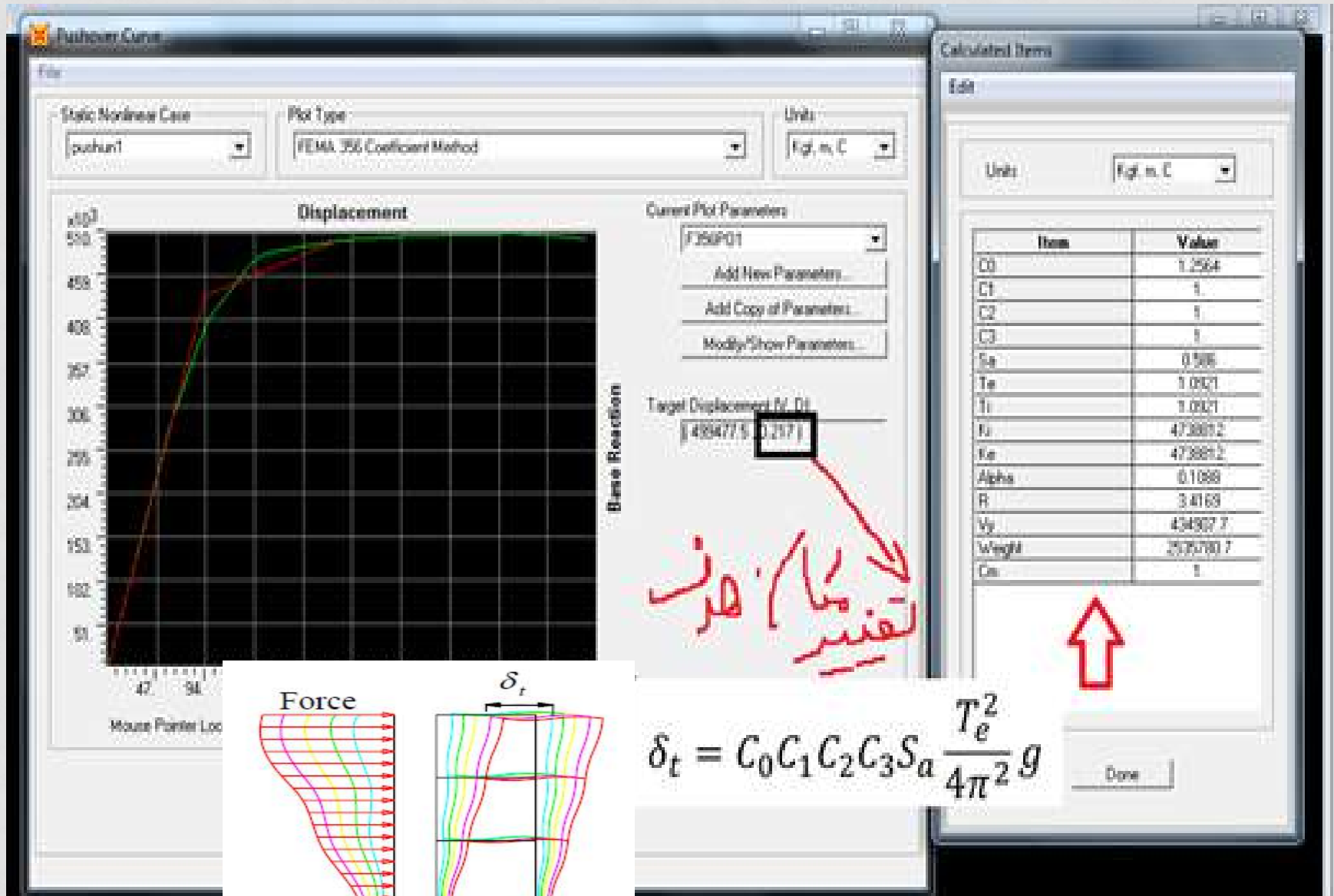
$$C_3 = 1 \quad \alpha > 0$$

$$C_3 = 1 + [|\alpha| (R-1)^{3/2}]/T_e \quad \alpha < 0$$

α نسبت سختی پس از تسلیم به سختی اولیه

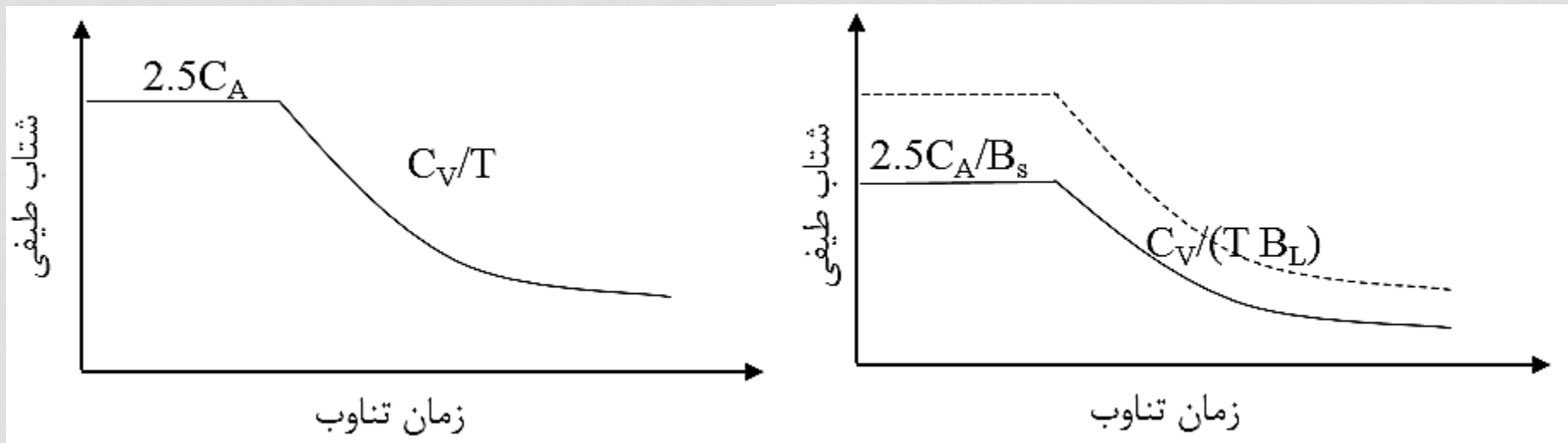
مشابه این روش در نشریه ۳۶۰ وجود دارد. (۳-۴-۳-۲-)

نمودار پوش اوردر SAP



نقطه عملکردی (ATC-40)

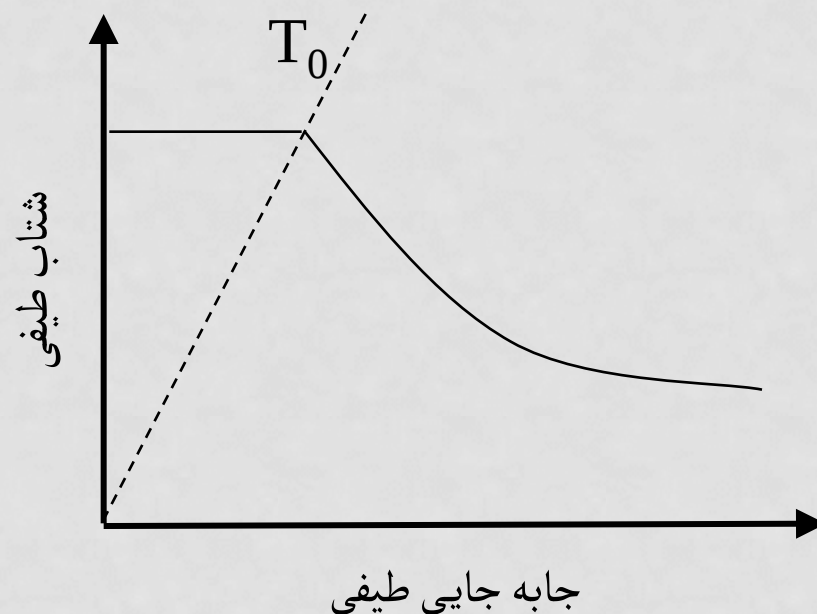
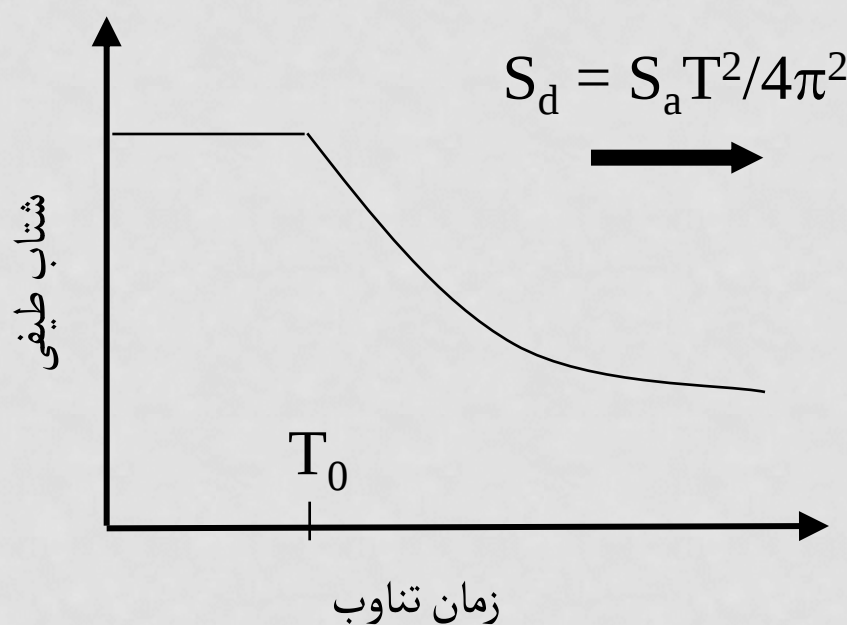
طیف کاهش یافته (میرایی موثر)



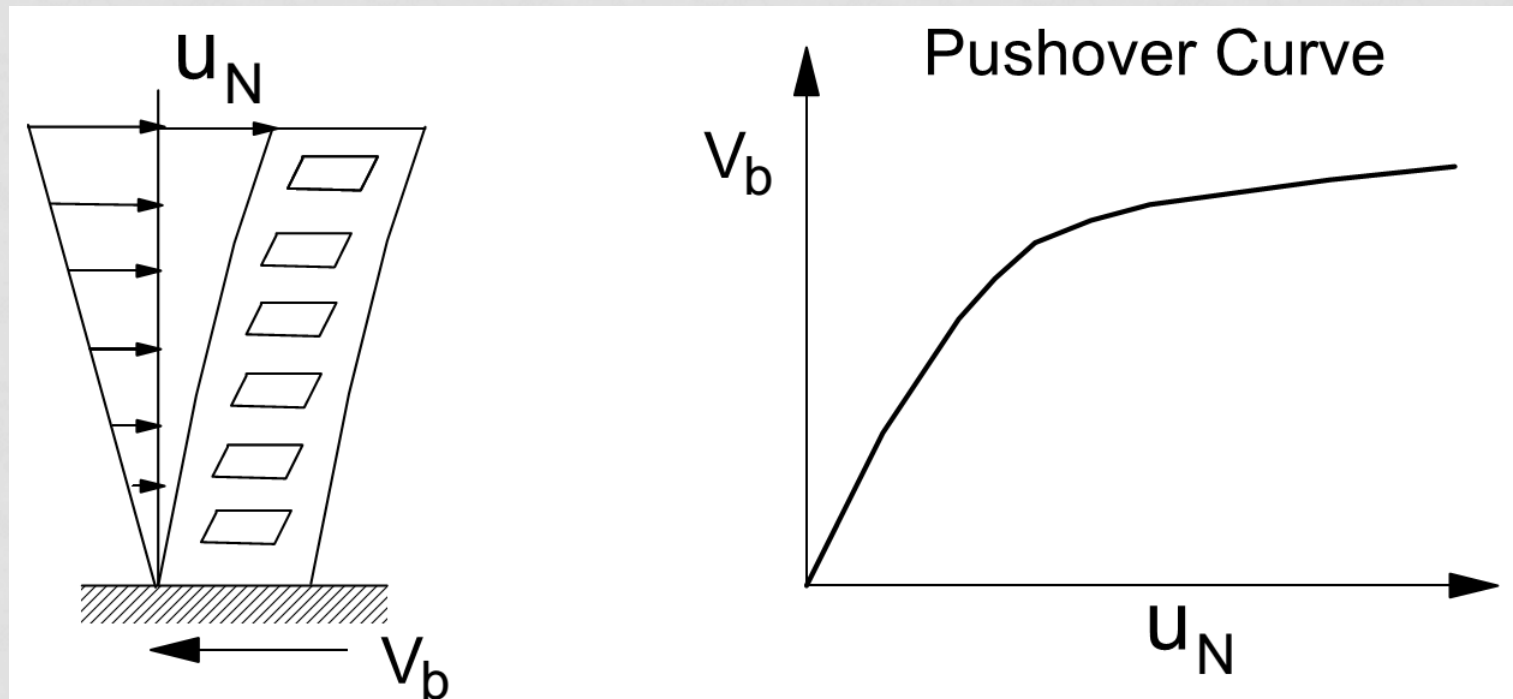
نقطه عملکردی (ATC-40)

طیف تقاضا

طیف پاسخ شتاب-جابه جایی

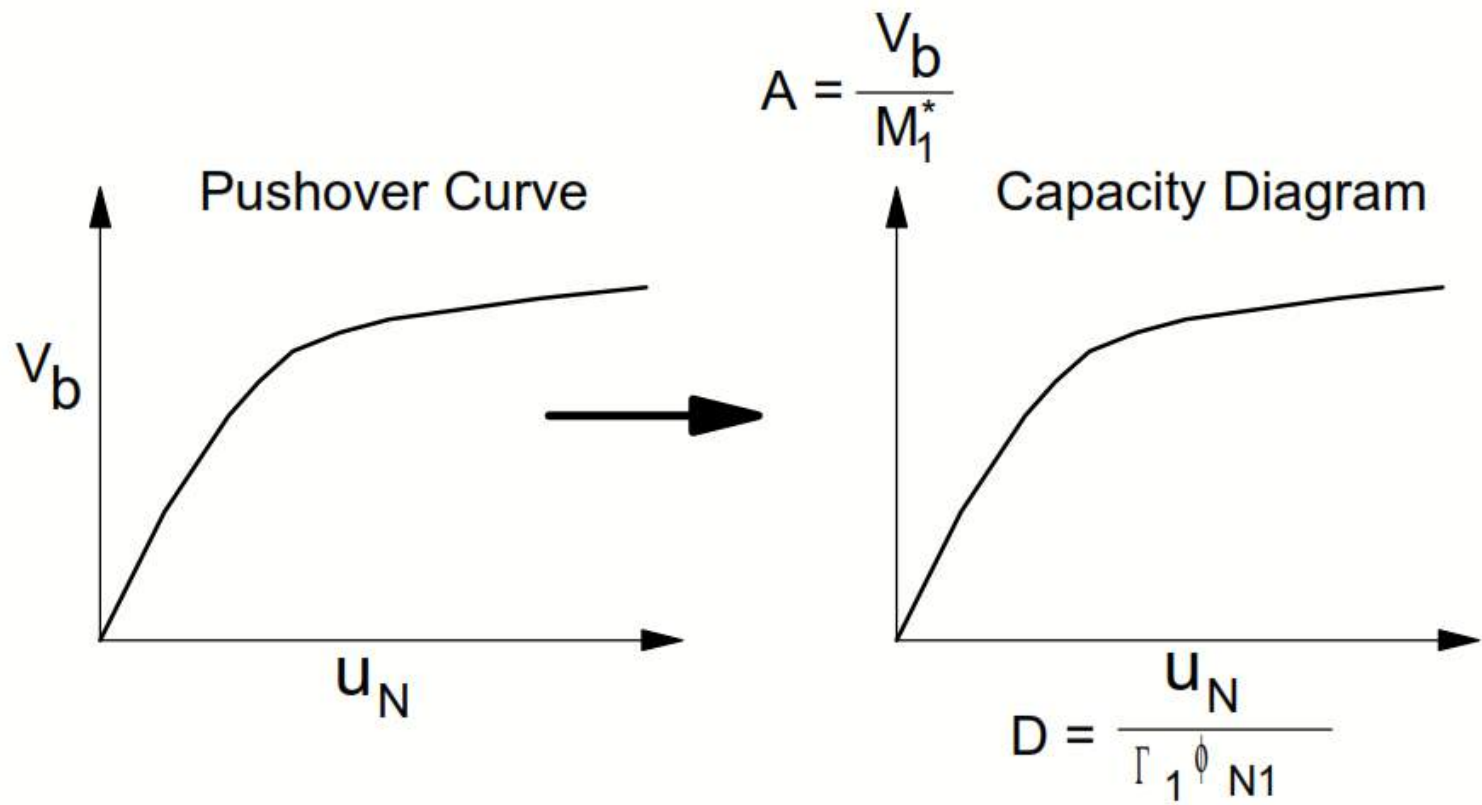


نقطه عملکردی (ATC-40)

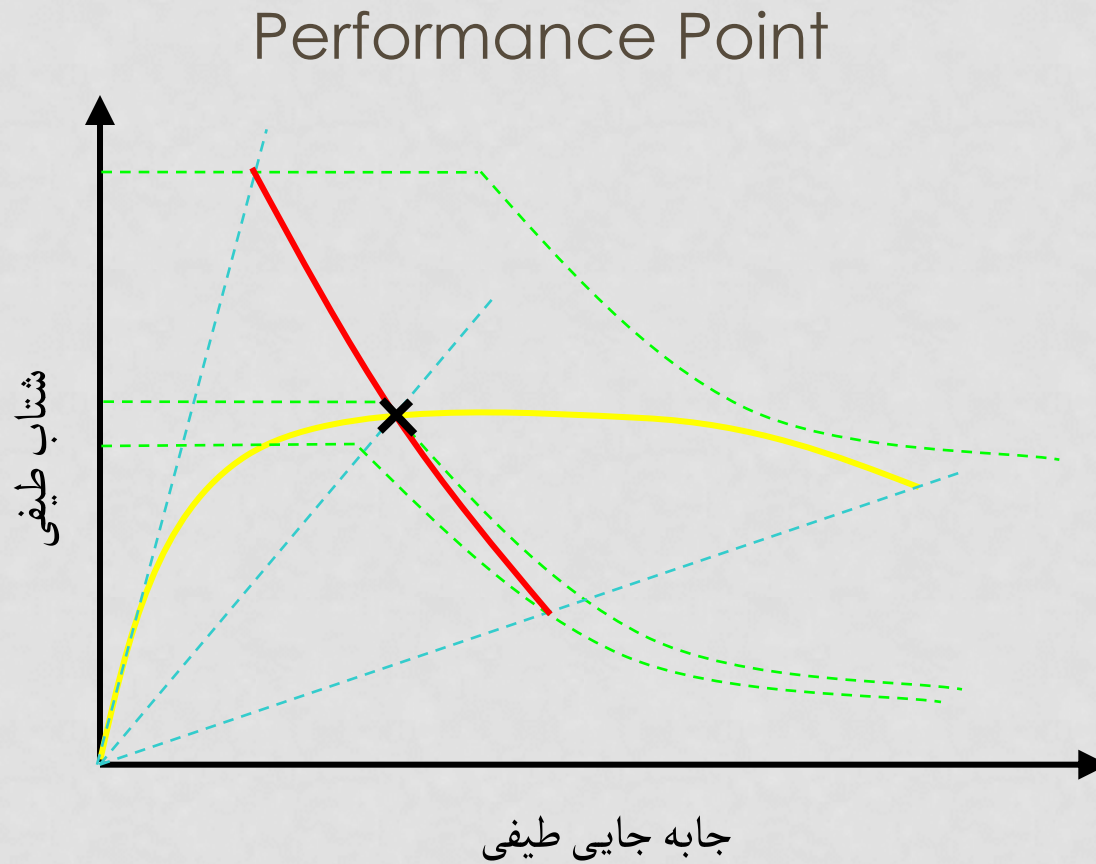


نقطه عملکردی (ATC-40)

طیف ظرفیت



نقطه عملکردی (ATC-40)

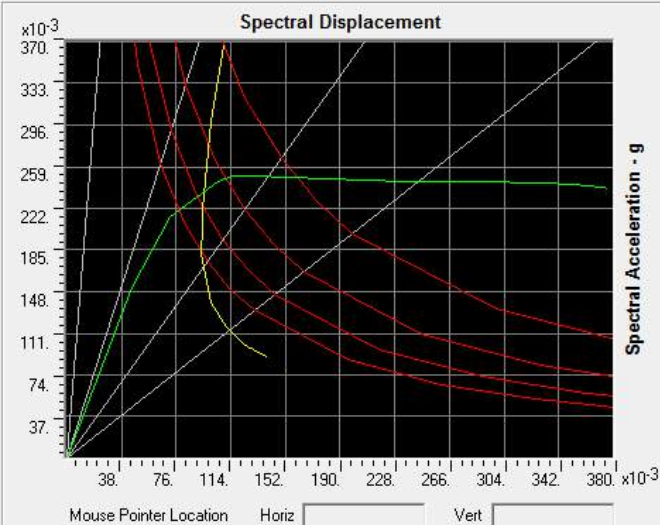


Static Nonlinear Case

pushun1

Plot Type

ATC-40 Capacity Spectrum



OK

Cancel

Pushover Parameters Name

Name

A40P01

Units

Kg, m, C

Plot Axes

☒ Sa - Sd☐ Sa - T☐ Sd - T

Axis Labels and Range

Set Axis Data...

Demand Spectrum Definition

☒ Function

UNIT

SF

1.

☐ User Coeffs

Ca

Cv

Damping Parameters Definition

Inherent + Additional Damping

0.05

Structural Behavior Type

☒ A☐ B☐ C☐ User

Modify/Show...

Items Visible On Plot

☒ Show Capacity Curve

Color

Green

☒ Show Family of Demand Spectra

Color

Red

Damping Ratios

0.05

0.1

0.15

0.2

☒ Show Single Demand Spectrum (ADRS)
(Variable Damping)

Color

Yellow

☒ Show Constant Period Lines at

Color

Gray

0.5

1.

1.5

2.

Reset Default Colors

Update Plot

OK

Cancel

X0.000 Y0.000 Z0.000

GLOBAL

Kg, m, C

EN

11:51

20/12/2010

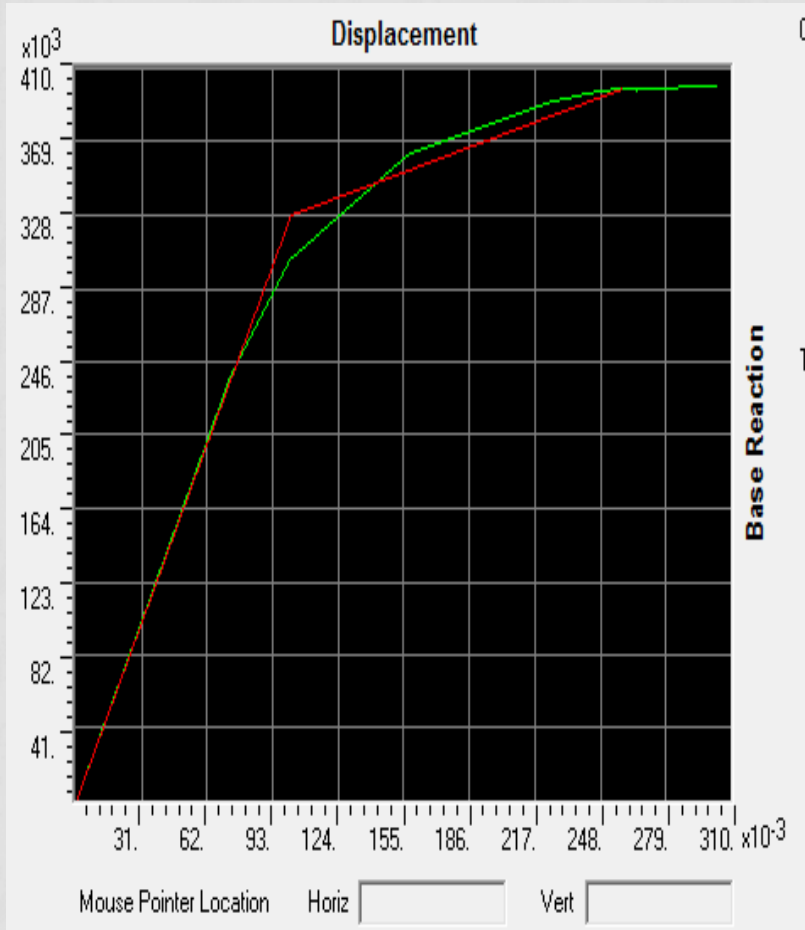
مراحل تحلیل پوش آور

- ✓ ساخت مدل و انجام تحلیل خطی و طراحی سازه
- ✓ تعریف بارگذاری ثقلی
- ✓ تعریف الگوی بارگذاری جانبی
- ✓ تعریف مفاصل پلاستیک
- ✓ اختصاص مفاصل پلاستیک
- ✓ وارد کردن پارامترهای تعیین نقطه عملکردی
- ✓ انجام تحلیل پوش آور
- ✓ بررسی نقطه عملکردی، مفاصل پلاستیک و معیارهای پذیرش

کنترل های پس از تحلیل پوش آور:

- ۱- توزیع یکنواخت مفاصل پلاستیک
- ۲- رعایت ضوابط لرزه ای در ترتیب تشکیل مفاصل (اول لینک بعد مهاربند بعد تیر بعد ستون)
- ۳- عدم وجود افت ناگهانی در منحنی پوش آور
- ۴- تغییر شکل مفاصل در سطح عملکردی مورد نظر
- ۵- کنترل دریفت

کاربرد منحنی پوش آور



✓ ساخت منحنی ظرفیت

✓ ساخت منحنی تقاضا

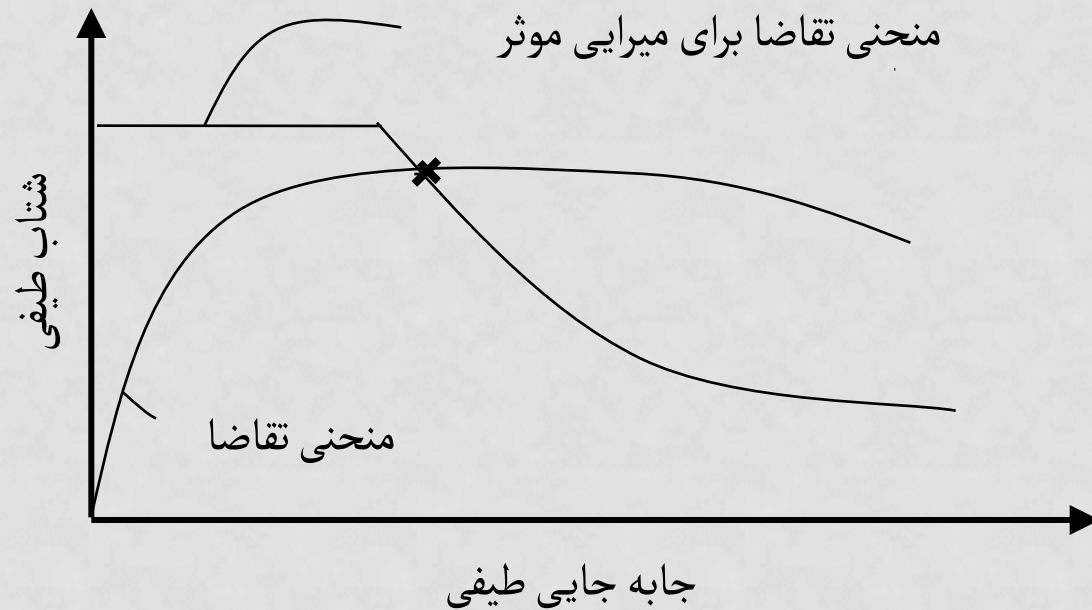
✓ تخمین دمپینگ معادل سازه

✓ تعیین نقطه عملکردی

✓ بررسی معیارهای پذیرش

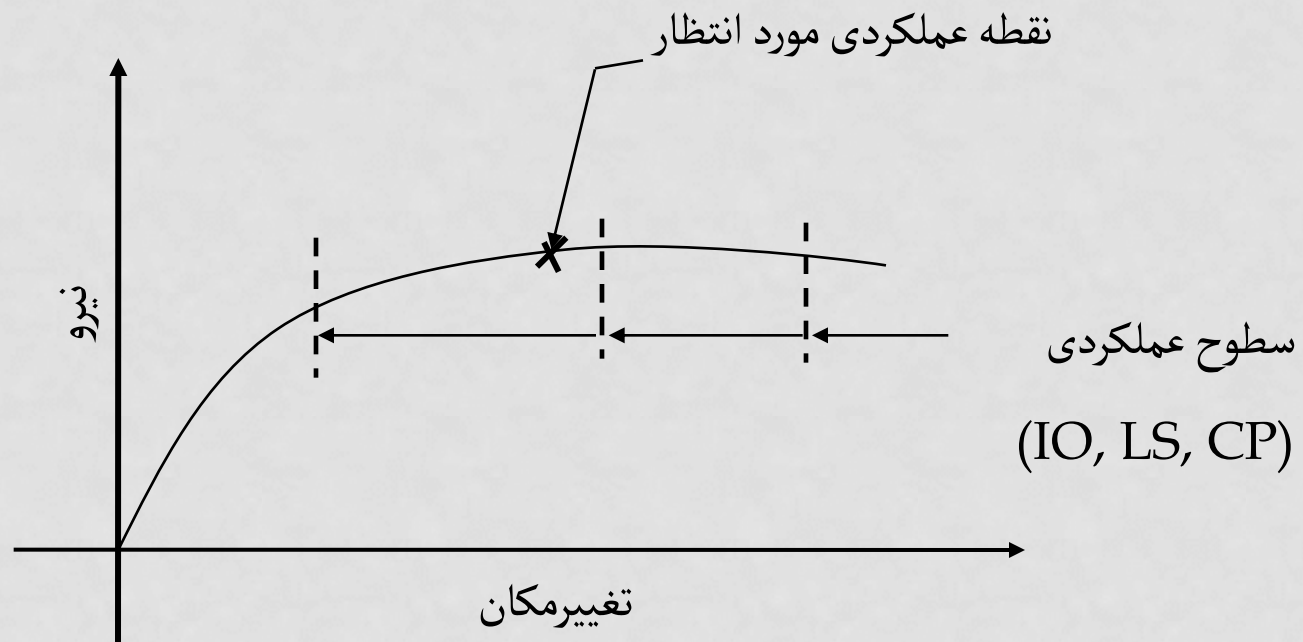
کاربرد منحنی پوش آور

نقطه عملکردی (ATC-40)



کاربرد منحنی پوش آور

بررسی معیارهای پذیرش



معایب تحلیل پوش آور

۱- این روش زمانی که مودهای بالاتر اثرگذار باشند دقت خوبی ندارد.

۲- رفتار رفت و برگشتی به درستی در نظرگرفته نمی شود.

۳- مقادیر تجمعی پاسخ را نمی توان بدست آورد. مانند انرژی تلف شده در زمان تسلیم

مراجع

Seismic Design Aids for Nonlinear Pushover Analysis of Reinforced Concrete and Steel Bridges, 2011, Jeffrey Ger, Franklin Y. Cheng

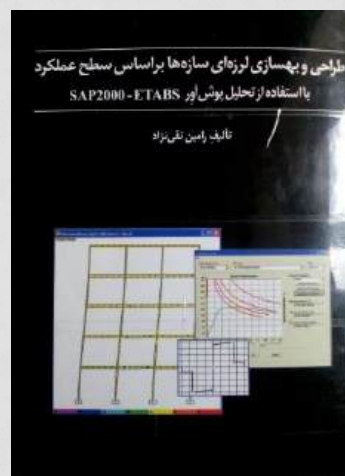
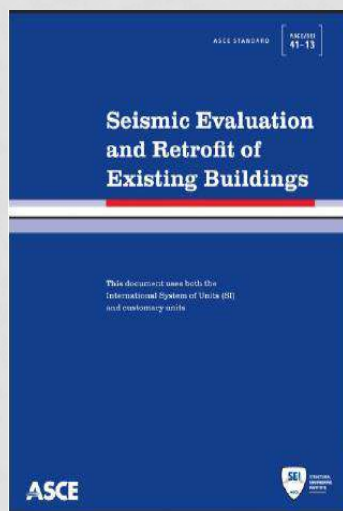
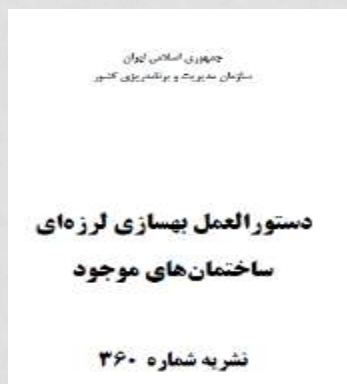
آیین نامه FEMA 356، FEMA 273، FEMA 440 و ATC-40

نشریه ۳۶۰ (دستورالعمل بهسازی)

کتاب بهسازی لرزه ای، احسان پاک نیت

کتاب تحلیل غیرخطی سازه ها، محمدرضا تابش پور

کتاب مهندسی طراحی و بهسازی لرزه ای سازه ها براساس سطح عملکرد، رامین تقی نژاد

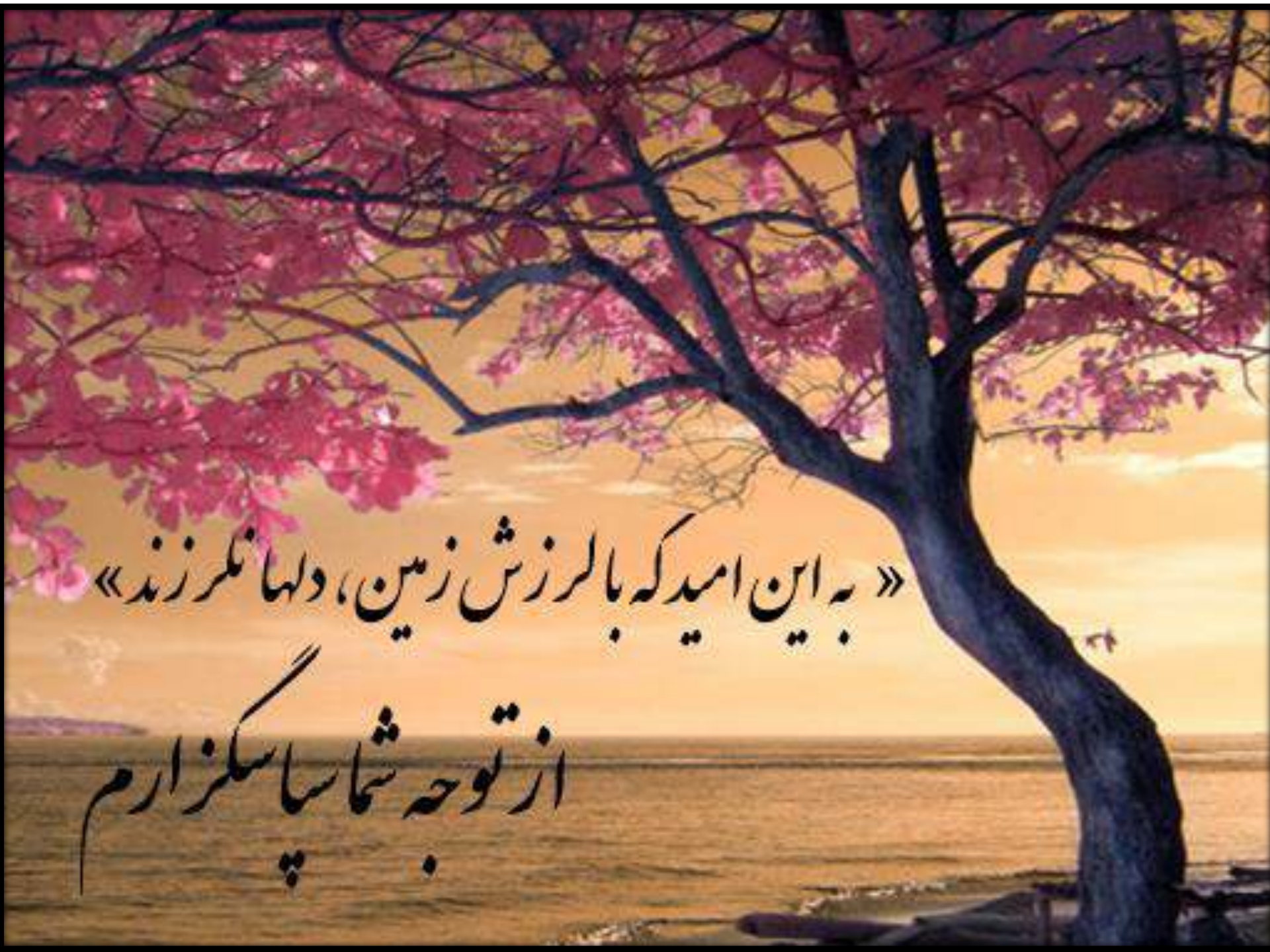


تقدیر و تشکر

برخود وظیفه میدانم پس از سپاس و تشکر از ایزد پاک و یگانه هستی بخش جهان. از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر کورھلی که به عنوان استاد راهنمای این پروژه زحمت هدایت و راهنمایی اینجانب را در طی این پروژه بر عهده داشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

SAJADJAFAREAN@YAHOO.COM

شماره تماس: 09353801790



« به این امید که بالرزش زمین، دلها نلرزند »

از توحه شما سپاسگزارم