

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دوره آموزشی تحلیل غیر خطی استاتیکی

NONLINEAR **S**TATIC **P**ROCEDURE

(Pushover)

مرسل متقی

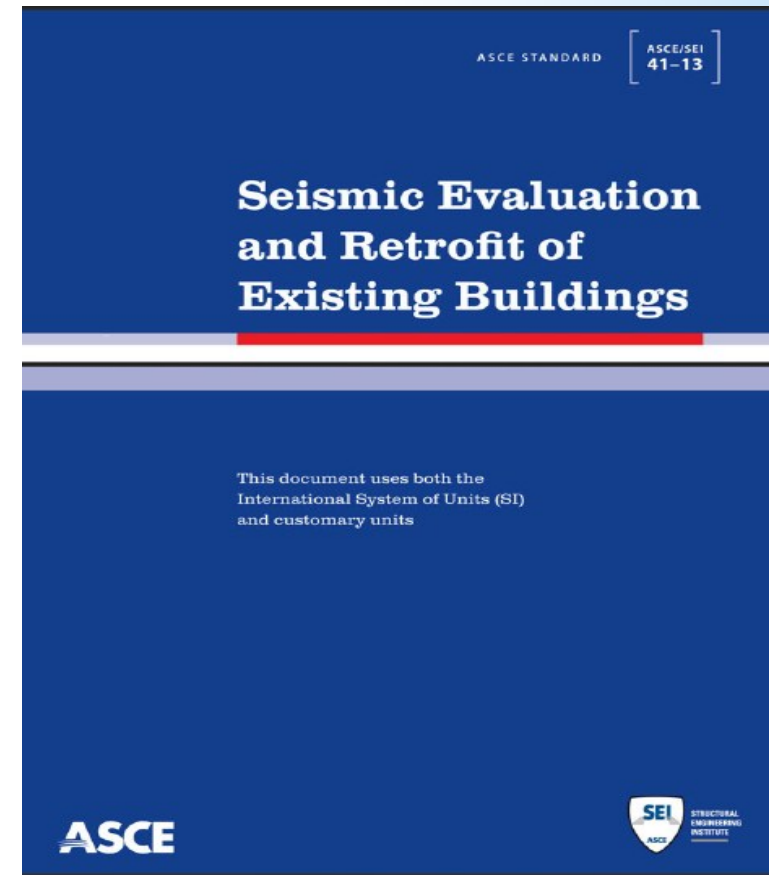
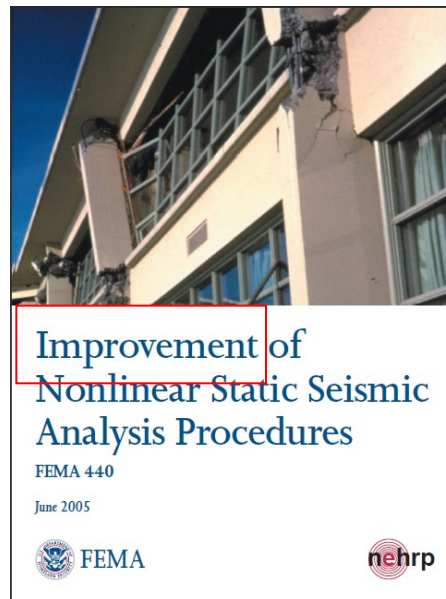
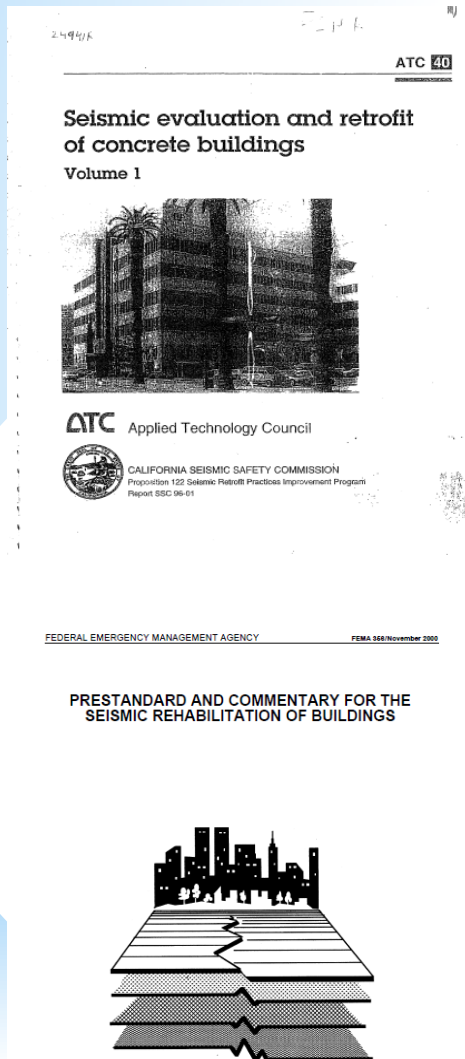
گروه تخصصی مهندسين اروميه

زمستان سال ۱۳۹۴

سرفصل مطالب

- معرفی مراجع و فلسفه تحلیل غیرخطی
- انواع روشهای تحلیل لرزه‌ای و ضرورت انجام Pushover
- بررسی تفاوت‌های تحلیل غیرخطی استاندارد ۲۸۰۰ و آیین‌نامه بهسازی، از نظر دیدگاه به سازه‌ها
- سطوح عملکرد و سطوح مختلف خطر زلزله
- مشخصات غیرخطی سازه‌ها و اعمال آن در نرم‌افزار
- آشنایی با روش انجام تحلیل غیرخطی استاتیکی (Pushover)
- مدل سازی غیرخطی (تعریف مفاصل پلاستیک)
- تعریف حالات بار ثقلی طبق استاندارد ۲۸۰۰ و اعمال آن در ETABS 2015 و تفاوت آن با آیین‌نامه بهسازی
- اثر P-delta در تحلیل غیرخطی استاتیکی
- تشریح الگوهای بار در استاندارد ۲۸۰۰ و مقایسه آن با آیین‌نامه ASCE41-13 و اعمال در نرم‌افزار
- تعریف زلزله متعامد در تحلیل استاتیکی غیرخطی و مقایسه آن با آیین‌نامه ASCE 41-13
- تعریف تغییرمکان هدف (Target Displacement) پارامترهای آن اعمال آن در نرم‌افزار
- منحنی ظرفیت سازه یا منحنی پوش‌آور و نحوه تعیین پارامترهای لرزه‌ای
- معیارهای پذیرش تحلیل استاتیکی غیرخطی

SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS



جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

نشریه شماره ۳۶۰

دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود

نشریه شماره ۳۶۰
(تجدید نظر اول)

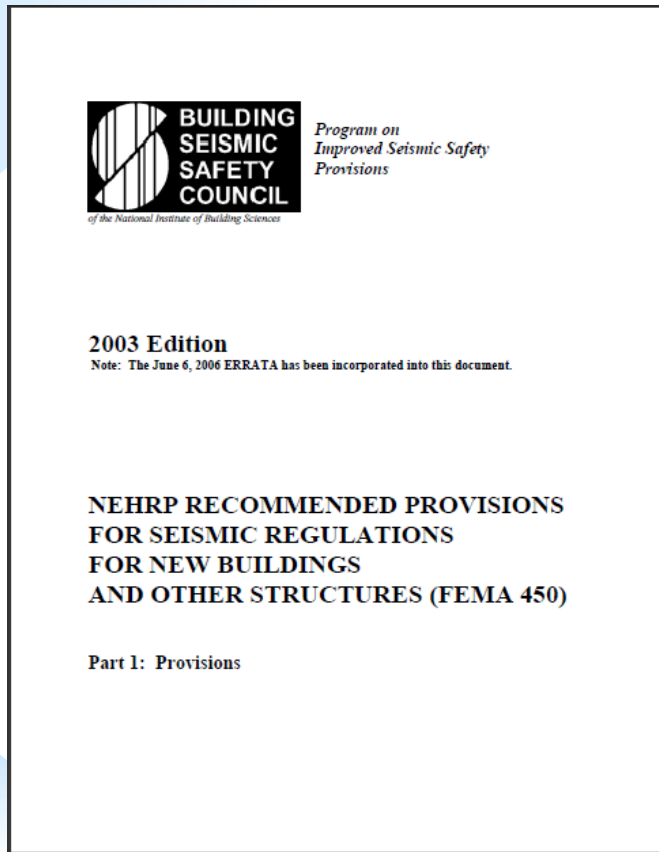
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
۱۳۸۵

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی
nezamfanni.ir

۱۳۹۲

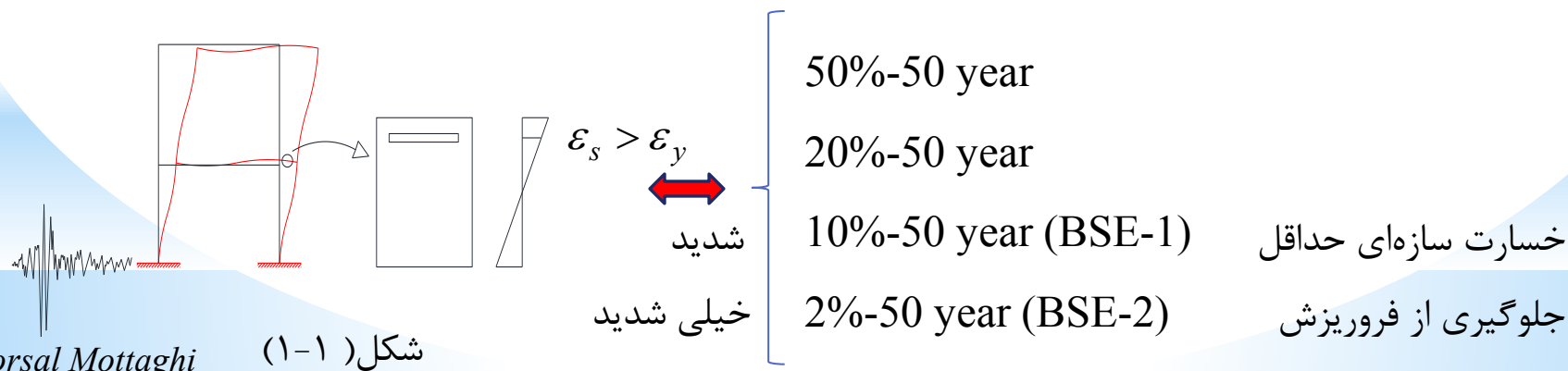
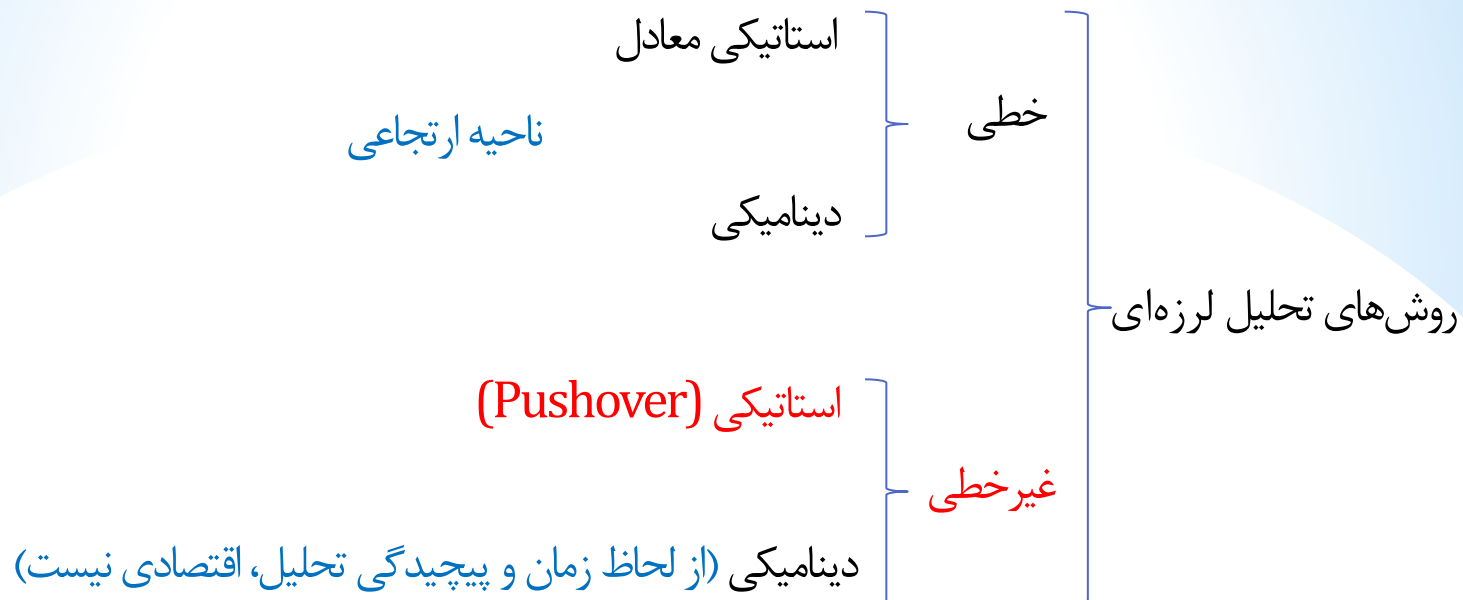
چه ساختمانهایی نیازی به بهسازی لرزه ای ندارند؟

SEISMIC REGULATIONS FOR NEW BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES

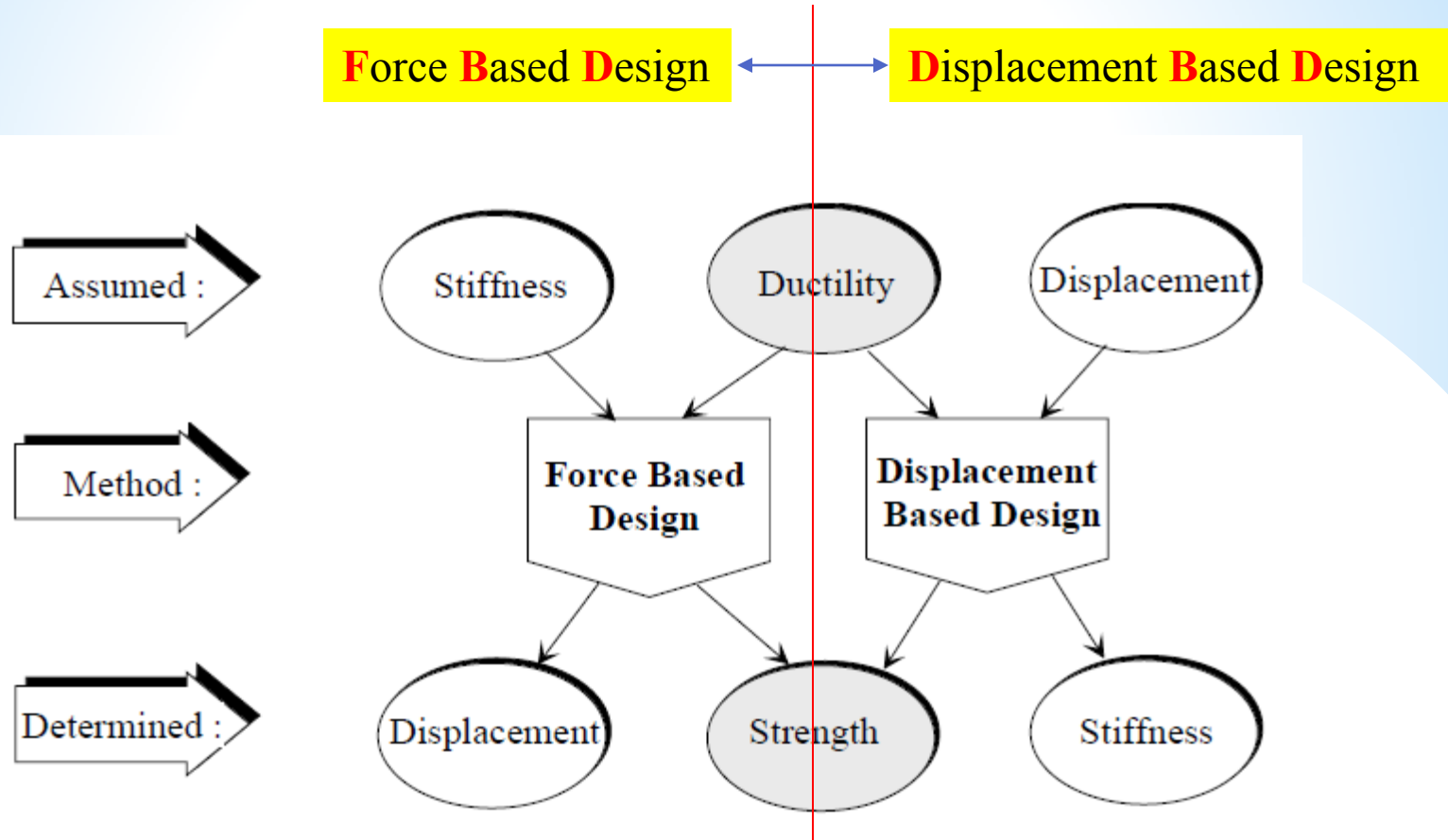


مگر آنکه **درجه ی اهمیت فعلی** آن ها **بیش** از میزان مفروض در طراحی اولیه ی آن ها بوده و یا **سطح خطر زلزله** موردنظر از سطح خطر موجود در طراحی اولیه مطابق آن استاندارد **بیشتر** باشد.

انواع روشهای تحلیل لرزه‌ای و ضرورت انجام Pushover



انواع روشهای تحلیل لرزه‌ای و ضرورت انجام Pushover



بررسی تفاوت‌های تحلیل غیرخطی استاندارد ۲۸۰۰ و آیین‌نامه بهسازی، از نظر دیدگاه به سازه‌ها

استاندارد ۲۸۰۰ ← ساختمانهای جدید طرح

اصلاح طرح با توجه به سطوح عملکرد سازه در صورت نیاز

آیین‌نامه بهسازی ← ساختمانهای موجود

بهسازی سازه در سطوح عملکردی مدنظر در مقابل زلزله های آینده در صورت نیاز

تعمیر و مرمت

سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه A-۱ (Operational Performance)

ساختمانی دارای سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۱ و قابلیت استفاده‌ی بی وقفه) و اجزای غیرسازه‌ای آن دارای سطح عملکرد A (خدمت رسانی بی وقفه) باشند.

سطح عملکرد قابلیت استفاده‌ی بی وقفه B-۱ (Immediate Occupancy Performance)

ساختمانی دارای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۱ و قابلیت استفاده‌ی بی وقفه) و اجزای غیرسازه‌ای آن دارای سطح عملکرد B (قابلیت استفاده بی وقفه) باشند.

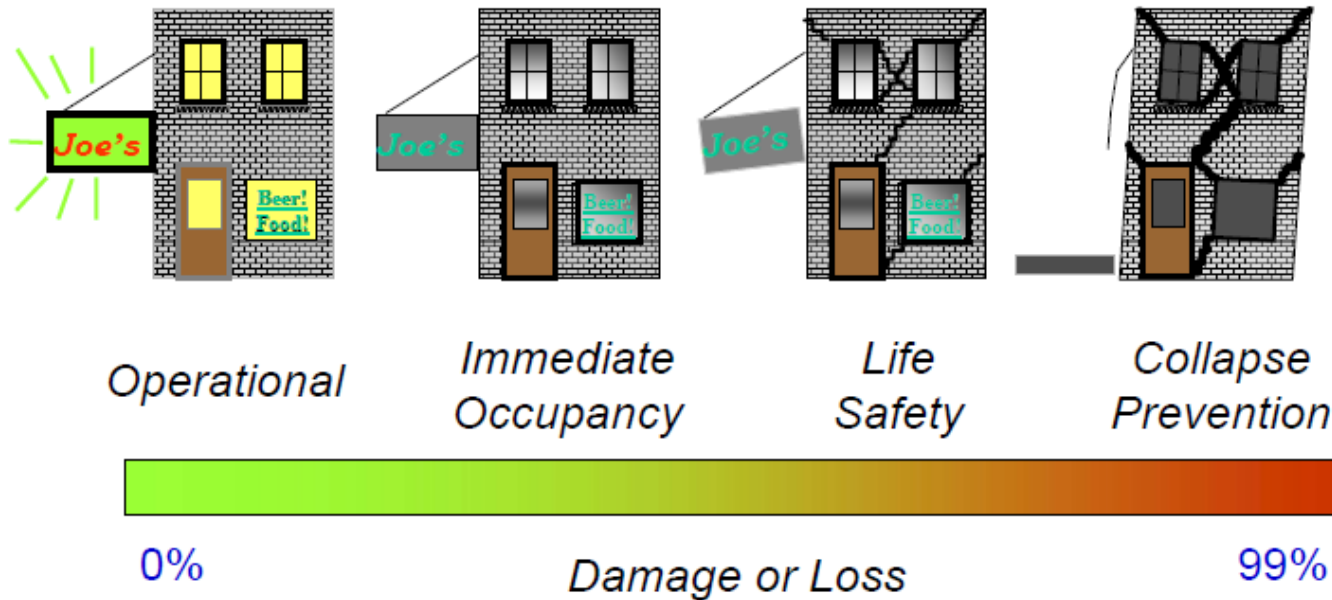
سطح عملکرد ایمنی جانی C-3 (Life Safety Performance)

ساختمانی دارای سطح عملکرد ایمنی جانی است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۳ (ایمنی جانی) و اجزای غیرسازه‌ای آن دارای سطح عملکرد C (ایمنی جانی) باشند.

سطح عملکرد آستانه‌ی فروریزش E-۵ (Collapse Prevention Performance)

ساختمانی دارای سطح عملکرد آستانه‌ی فروریزش است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۵ (آستانه‌ی فروریزش) باشند در این حالت محدودیتی برای سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای وجود ندارد (سطح عملکرد لحاظ نشده E).

“Standard” Structural Performance Levels

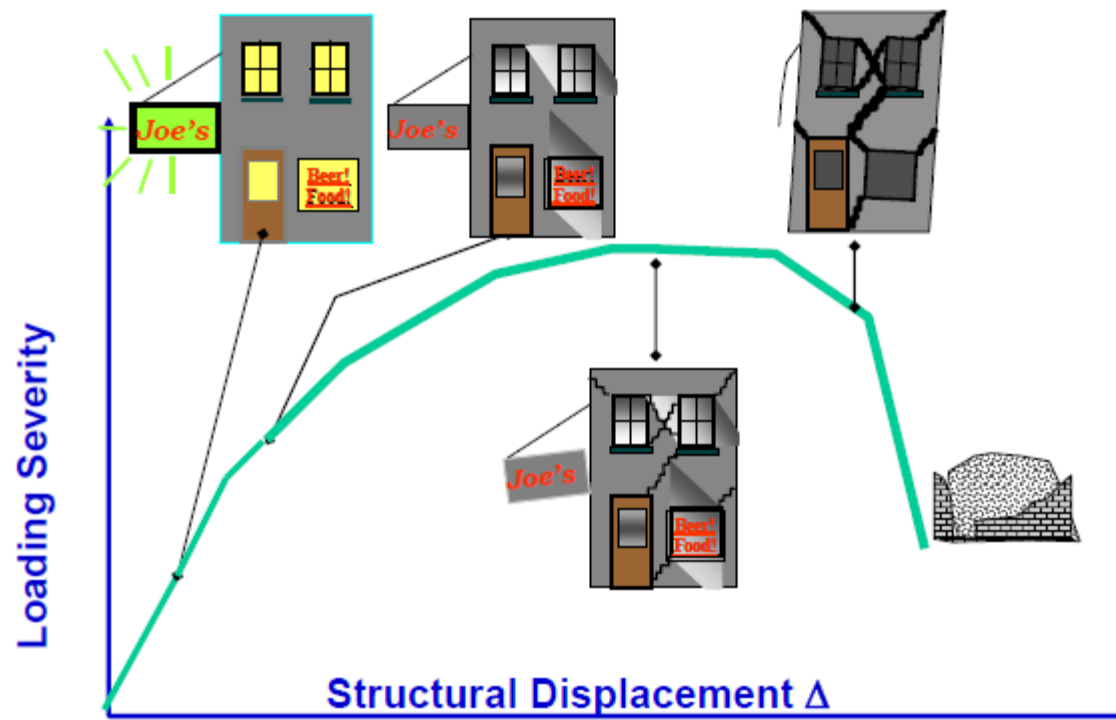


Minor cracking. Limited yielding possible at a few locations. Minor spalling of concrete cover.

Extensive damage to beams. Spalling of cover and shear cracking in ductile columns. Minor spalling in nonductile columns. Joint cracks.

Extensive cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.

Global Response and Performance



سطوح عملکرد و سطوح مختلف خطر زلزله

بعد از تعریف سطوح عملکرد ساختمان، حال سوال اینجاست که این سطوح عملکرد در برابر چه زلزله‌هایی ارزیابی شود؟ حرکت زمین در تحلیل‌های غیرخطی به صورت زلزله **سطح خطر-۱** و زلزله **سطح خطر-۲** تعریف می‌شود.

سطح خطر-۱: این سطح خطر بر اساس ۱۰٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال که معادل دوره‌ی بازگشت ۴۷۵ سال است، تعیین می‌شود که همان **زلزله طرح** است. **Basic Safety Earthquake 1 (BSE-1)**

سطح خطر-۲: این سطح خطر بر اساس ۲٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال که معادل دوره‌ی بازگشت ۲۴۷۵ سال است، تعیین می‌شود که با عنوان **بیشینه زلزله محتمل** بیان می‌شود. **Basic Safety Earthquake 2 (BSE-2)**

در این روش، طیف طرح ارتجاعی شتاب از حاصل ضرب مقادیر ضریب شتاب مبنای طرح A، ضریب بازتاب B و شتاب ثقل زمین g بدست می‌آید. طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ برای میرایی ۵٪ تعیین شده است.

میزان شتاب سطح خطر-۲
 $\frac{1}{5}$ برابر ضریب A استاندارد ۲۸۰۰ ← بهسازی مطلوب
 با انجام تحلیل خطر ویژه ساختگاه برای زلزله ← 2%/50 year

بهسازی مبنا ← **سطح خطر-۱**
سطح عملکرد ایمنی جانی ← **k** ← طرح استاندارد ۲۸۰۰

سطوح عملکرد و سطوح مختلف خطر زلزله

		Target Building Performance Levels			
		Operational Performance Level (1-A)	Immediate Occupancy Performance Level (1-B)	Life Safety Performance Level (3-C)	Collapse Prevention Performance Level (5-E)
Earthquake Hazard Level	50%/50 year	a	b	c	d
	20%/50 year	e	f	g	h
	BSE-1 (~10%/50 year)	i	j	k	l
	BSE-2 (~2%/50 year)	m	n	o	p

حداقل هدف بهسازی

ساختمان با اهمیت متوسط- بهسازی مبنا؛

ساختمان با اهمیت زیاد- بهسازی مطلوب؛

ساختمان با اهمیت خیلی زیاد- بهسازی ویژه (در مواردی که با توجه به شرایط این قبیل از

ساختمان ها و کاربری آن ها تامین هدف بهسازی ویژه امکان پذیر نباشد، در صورت هماهنگی با

کارفرما، انتخاب بهسازی مطلوب می تواند قابل قبول باشد).

$k =$

بهسازی مبنا

$k + p =$ Basic Safety Objective (BSO) بهسازی مطلوب

$k + p +$ any of $a, e, i, b, f, j,$ or $n =$ Enhanced Objectives بهسازی ویژه

o alone or n alone or m alone = Enhanced Objective بهسازی ویژه

k alone or p alone = Limited Objectives

$c, g, d, h, l =$ Limited Objectives بهسازی محدود

Structural Performance Levels and Illustrative Damage

Table C2-4. Structural Performance Levels and Illustrative Damage

Seismic-Force-Resisting System	Type	Structural Performance Levels		
		Collapse Prevention (S-5)	Life Safety (S-3)	Immediate Occupancy (S-1)
Concrete frames	Primary elements	Extensive cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.	Extensive damage to beams. Spalling of cover and shear cracking in ductile columns. Minor spalling in nonductile columns. Joint cracks.	Minor cracking. Limited yielding possible at a few locations. Minor spalling of concrete cover.
	Secondary elements	Extensive spalling in columns and beams. Limited column shortening. Severe joint damage. Some reinforcing buckled.	Major cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.	Minor spalling in a few places in ductile columns and beams. Flexural cracking in beams and columns. Shear cracking in joints.
	Drift	Transient drift sufficient to cause extensive nonstructural damage. Extensive permanent drift.	Transient drift sufficient to cause nonstructural damage. Noticeable permanent drift.	Transient drift that causes minor or no nonstructural damage. Negligible permanent drift.
Steel moment frames	Primary elements	Extensive distortion of beams and column panels. Many fractures at moment connections, but shear connections remain intact. A few elements might experience partial fracture.	Hinges form. Local buckling of some beam elements. Severe joint distortion; isolated moment connection fractures, but shear connections remain intact.	Minor local yielding at a few places. No fractures. Minor buckling or observable permanent distortion of members.
	Secondary elements	Same as for primary elements.	Extensive distortion of beams and column panels. Many fractures at moment connections, but shear connections remain intact.	Same as for primary elements.
	Drift	Transient drift sufficient to cause extensive nonstructural damage. Extensive permanent drift.	Transient drift sufficient to cause nonstructural damage. Noticeable permanent drift.	Transient drift that causes minor or no nonstructural damage. Negligible permanent drift.

Table C2-4. (Continued)

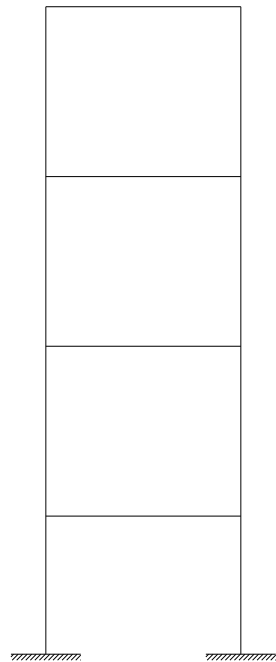
Seismic-Force-Resisting System	Type	Structural Performance Levels		
		Collapse Prevention (I-2)	Life Safety (2-3)	Immediate Occupancy (3-4)
Unreinforced masonry (noninfill) walls	Primary elements	Extensive cracking; face course and veneer might peel off. Noticeable in-plane and out-of-plane offsets.	Major cracking. Noticeable in-plane offsets of masonry and minor out-of-plane offsets.	Minor cracking of veneers. Minor spalling in veneers at a few corner openings. No observable out-of-plane offsets.
	Secondary elements	Nonbearing panels dislodge.	Same as for primary elements.	Same as for primary elements.
	Drift	Transient drift sufficient to cause extensive nonstructural damage. Extensive permanent drift.	Transient drift sufficient to cause nonstructural damage. Noticeable permanent drift.	Transient drift that causes minor or no nonstructural damage. Negligible permanent drift.
Reinforced masonry walls	Primary elements	Crushing; extensive cracking. Damage around openings and at corners. Some fallen units.	Major cracking distributed throughout wall. Some isolated crushing.	Minor cracking. No out-of-plane offsets.
	Secondary elements	Panels shattered and virtually disintegrated.	Crushing; extensive cracking; damage around openings and at corners; some fallen units.	Same as for primary elements.
	Drift	Transient drift sufficient to cause extensive nonstructural damage. Extensive permanent drift.	Transient drift sufficient to cause nonstructural damage. Noticeable permanent drift.	Transient drift that causes minor or no nonstructural damage. Negligible permanent drift.
Wood stud walls	Primary elements	Connections loose. Nails partially withdrawn. Some splitting of members and panels. Sheathing pulled away from studs.	Moderate loosening of connections and minor splitting of members.	Distributed minor hairline cracking of gypsum and plaster veneers, primarily at door and window openings.
	Secondary elements	Sheathing sheared off. Let-in braces fractured and buckled. Framing split and fractured.	Connections loose. Nails partially withdrawn. Some splitting of members and panels.	Same as for primary elements.
	Drift	Transient drift sufficient to cause extensive nonstructural damage. Extensive permanent drift.	Transient drift sufficient to cause nonstructural damage. Noticeable permanent drift.	Transient drift that causes minor or no nonstructural damage. Negligible permanent drift.
Precast concrete walls	Primary elements	Some wall connection failures but no wall elements dislodged.	Local crushing and spalling at wall connections, but no gross failure of connections.	Minor working and cracking at connections.
	Secondary elements	Same as for primary elements.	Some connection failures but no elements dislodged.	Same as for primary elements.
	Drift	Transient drift sufficient to cause extensive nonstructural damage. Extensive permanent drift.	Transient drift sufficient to cause nonstructural damage. Noticeable permanent drift.	Transient drift that causes minor or no nonstructural damage. Negligible permanent drift.
Foundations	General	Significant settlement and tilting of buildings with shallow foundations or buildings on liquefiable soils.	Localized settlement of buildings with shallow foundations.	Minor settlement and negligible tilting.
Diaphragms	Metal deck	Large distortion with buckling of some units and tearing of many welds and seam attachments.	Some localized failure of welded connections of deck to framing and between panels. Minor local buckling of deck.	Connections between deck units and framing intact. Minor distortions.
	Wood	Large permanent distortion with partial withdrawal of nails and extensive splitting of elements.	Some splitting at connections. Loosening of sheathing. Observable withdrawal of fasteners. Splitting of framing and sheathing.	No observable loosening or withdrawal of fasteners. No splitting of sheathing or framing.
	Cast-in-place concrete	Extensive cracking and observable offset across many cracks.	Extensive cracking. Local crushing and spalling.	Distributed cracking. Some minor cracks of larger size.
	Precast concrete	Connections between units fail. Units shift relative to each other. Crushing and spalling at joints.	Extensive cracking. Local crushing and spalling.	Some minor cracking along joints.

*For limiting damage to frame elements of infill frames, refer to the rows for concrete or steel frames.

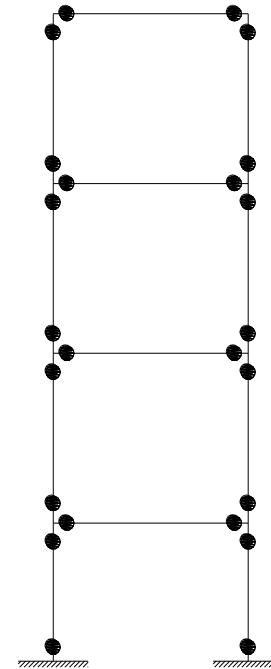
(Continued)

مشخصات غیرخطی سازه‌ها و اعمال آن در نرم‌افزار

براساس **بند ۱-۱ پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰**، برای انجام تحلیل غیرخطی باید **مدل** به کار گرفته شده در **تحلیل‌های خطی** با در نظر گرفتن مقاومت اعضا و رفتار فرا ارتجاعی آنها ارتقا یابد.



Linear Model



Nonlinear Model

مشخصات غیرخطی سازه‌ها و اعمال آن در نرم‌افزار

Table 6-5 Effective Stiffness Values

FEMA 356

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed	$0.5E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
Beams—prestressed	$E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
Columns with compression due to design gravity loads $\geq 0.5 A_g f_c$	$0.7E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Columns with compression due to design gravity loads $\leq 0.3 A_g f_c$ or with tension	$0.5E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_s A_s$
Walls—uncracked (on inspection)	$0.8E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Walls—cracked	$0.5E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Flat Slabs—nonprestressed	See Section 6.5.4.2	$0.4E_c A_g$	—
Flat Slabs—prestressed	See Section 6.5.4.2	$0.4E_c A_g$	—

سختی ارتجاعی در ساختمان‌های
بتن‌آرمه و بنایی براساس مقاطع
ترک خورده در نظر گرفته می‌شود.

ویرایش ۸۵

دستخشی خمشی	دستخشی برشی	دستخشی محوری	عضو
$\cdot/35 E_c I_g$	$\cdot/4 E_c A_w$	—	تیر غیرپیش‌تنیده
$E_c I_g$	$\cdot/4 E_c A_w$	—	تیر پیش‌تنیده
$\cdot/7 E_c I_g$	$\cdot/4 E_c A_w$	$E_c A_g$	ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی بزرگ‌تر از $\cdot/5 A_g f_c$
$\cdot/5 E_c I_g$	$\cdot/4 E_c A_w$	$E_s A_s$	ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی کم‌تر از $\cdot/3 A_g f_c$ یا بار کششی
$\cdot/7 E_c I_g$	$\cdot/4 E_c A_w$	$E_c A_g$	دیوار بدون ترک
$\cdot/35 E_c I_g$	$\cdot/4 E_c A_w$	$E_c A_g$	دیوار با ترک
$\cdot/35 E_c I_g$	$\cdot/4 E_c A_g$	—	دال تخت غیرپیش‌تنیده
$\cdot/35 E_c I_g$	$\cdot/4 E_c A_g$	—	دال تخت پیش‌تنیده

توضیح:

می‌توان مقدار I_g برای تیرهای T شکل را دو برابر مقدار I_g برای جان آن‌ها در نظر گرفت. در غیر این صورت محاسبه‌ی I_g باید با در نظر گرفتن پهنای موثر مطابق بند (۳-۱-۳-۶) انجام شود. در سختی برشی مقدار E_c $\cdot/4$ بیان‌گر مدول برشی بتن می‌باشد. برای ستون‌ها با بار محوری مابین حدود داده‌شده در جدول می‌توان از درون‌یابی خطی استفاده کرد یا مقدار بحرانی‌تر را اختیار کرد.

عضو سازه‌ای	ممان اینرسی مقطع ترک خورده
ستون	$\cdot/7 I_g$
تیر	$\cdot/35 I_g$
دیوار برشی	در حالت ترک خوردگی کم $\cdot/7 I_g$
	در حالت ترک خوردگی زیاد $\cdot/35 I_g$

مشخصات غیر خطی سازه‌ها و اعمال آن در نرم‌افزار

ویرایش ۹۲

$$G=0.4E$$

عضو	دستی محوری	دستی برشی ^۱	دستی خمشی ^۲
تیر غیرپیش‌تنیده	—	GA_w	$0.3E_c I_g$
تیر پیش‌تنیده	—	GA_w	$E_c I_g$
ستون یا بارمحوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی بزرگ‌تر از $0.5A_g f'_c$ ^۳	$E_c A_g$	GA_w	$0.7E_c I_g$
ستون یا بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی کم‌تر از $0.1A_g f'_c$ یا بار کششی ^۳	$E_c A_g$ فشار $E_s A_s$ کشش	GA_w	$0.3E_c I_g$
اتصالات تیر به ستون	$E_c A_g$	بند (۱-۲-۳-۴-۵-۶)	—
دیوار بدون ترک (پس از احراز در بازرسی)	$E_c A_g$	GA_w	$0.8E_c I_g$
دیوار با ترک	$E_c A_g$	GA_w	$0.5E_c I_g$
دال تخت غیرپیش‌تنیده	—	GA_w	$0.33E_c I_g$
دال تخت پیش‌تنیده	—	GA_w	$0.5E_c I_g$

۱- در دستی برشی مقدار G مدول برشی بتن است که در صورت عدم وجود شواهد آزمایشگاهی می‌توان مقدار آن را برابر $E_c/4$ در نظر گرفت.

۲- مقدار I_g برای تیرهای T شکل را می‌توان دو برابر مقدار I_g برای جان آن‌ها در نظر گرفت. محاسبه‌ی I_g باید با در نظر گرفتن پهنای مؤثر مطابق بند (۳-۱-۲-۳-۴) انجام شود.

۳- برای ستون‌های با بار محوری مابین حدود داده‌شده در جدول می‌توان از درون‌یابی خطی استفاده کرد یا مقدار محافظه کارانه تر را اختیار کرد.

ASCE/SEI 41-13

Table 10-5. Effective Stiffness Values

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed ^a	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
Beams—prestressed ^a	$E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
Columns with compression caused by design gravity loads $\geq 0.5A_g f'_c$	$0.7E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Columns with compression caused by design gravity loads $\leq 0.1A_g f'_c$ or with tension	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_s A_s$ (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.2.1	—	$E_c A_g$
Flat slabs—nonprestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_c A_g$	—
Flat slabs—prestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_c A_g$	—
Walls-cracked ^b	$0.5E_c A_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_s A_s$ (tension)

^aFor T-beams, I_g can be taken as twice the value of I_g of the web alone. Otherwise, I_g should be based on the effective width as defined in Section 10.3.1.3. For columns with axial compression falling between the limits provided, flexural rigidity should be determined by linear interpolation. If interpolation is not performed, the more conservative effective stiffnesses should be used.

^bSee Section 10.7.2.2.

مشخصات مصالح: MATERIAL PROPERTY

Factors to Translate Lower Bound Material Properties to Expected Strength

طبق بند ۲-۴ پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰، مقاومت اعضا براساس مقادیر مورد انتظار (میانگین) مشخصات مصالح محاسبه می‌شود. مشخصات میانگین مصالح با ضرب عدد **۱/۱۵** در مقادیر مقاومت مشخصه مصالح (کرانه پایین) به دست آیند.

$$\text{Lower-Bound Strength} \times \text{Factor} = \text{Expected strength}$$

NEW BUILDINGS

Factor=1.15

Existing Buildings

Steel

1- **Table 5-3 FEMA 356** **Factor= 1.1 or 1.05**
2- **Experimentally**

Concrete

FEMA 356

نشریه ۳۶۰

Table 6-4 Factors to Translate Lower Bound Material Properties to Expected Strength Material Properties

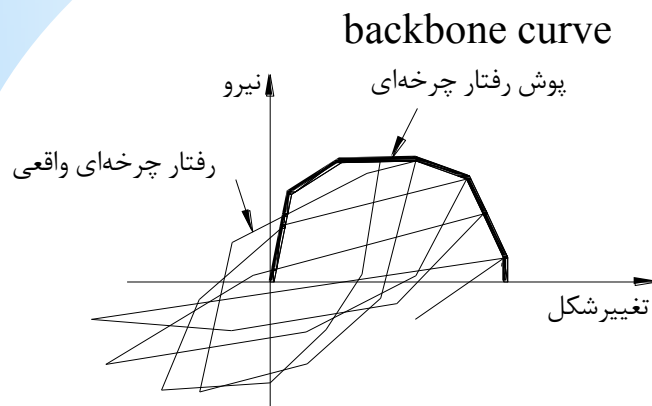
Material Property	Factor
Concrete Compressive Strength	1.50
Reinforcing Steel Tensile & Yield Strength	1.25
Connector Steel Yield Strength	1.50

جدول (۱-۶): ضرایب برای تبدیل مشخصات کرانه‌ی پایین به مشخصات مورد انتظار مصالح

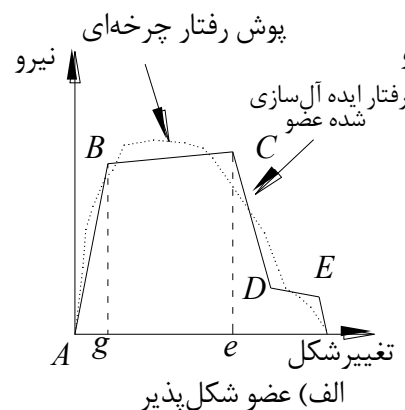
ضریب	مشخصات مصالح
۱/۲۵	مقاومت فشاری مشخصه‌ی بتن
۱/۱۵	تنش کششی و تسلیم میلگرد
۱/۲۵	تنش تسلیم دیگر مصالح فولادی به کاررفته جهت اتصال قطعات (مثل میل مهار)

رفتار اجزای سازه (منحنی نیرو - تغییر شکل) Force-Deformation Curve

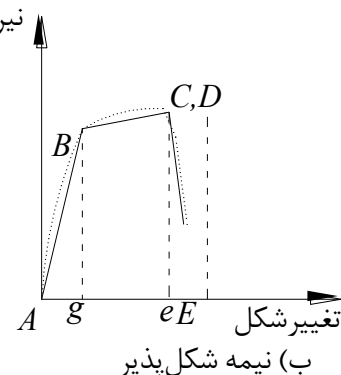
یکی از مهمترین و کلیدی‌ترین مراحل مدل‌سازی غیرخطی سازه، مدل‌سازی رفتار غیرخطی اجزای آن است. در شکل زیر نمودار چرخه‌ای عضوی که مورد آزمایش بارگذاری چرخه‌ای قرار گرفته نشان داده شده است. حال اگر **نقاط حداکثر** تغییر شکل هر چرخه را بهم وصل کنیم **منحنی پوش رفتار چرخه‌ای** سازه بدست خواهد آمد.



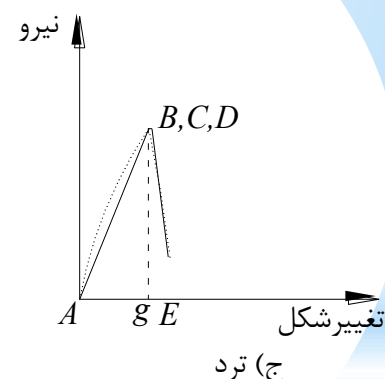
رفتار چرخه‌ای و پوش رفتار چرخه‌ای عضو سازه در آزمایش بارگذاری چرخه‌ای.



Deformation-Controlled



$\frac{e}{g} \geq 2$
Deformation-Controlled



Force-Controlled

انواع رفتار ایده‌آل شده اجزای سازه؛ کنترل شونده توسط تغییر شکل و کنترل شونده توسط نیرو.

مشخصات غیرخطی سازه‌ها و اعمال آن در نرم‌افزار

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
From Tables In ASCE 41-13

Select a Hinge Table
Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) item i

Degree of Freedom
☐ M2
☒ M3

V Value From
☒ Case/Combo DEAD
☐ User Value V2 tonf

Transverse Reinforcing
☒ Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio $(p - p') / p_{balanced}$
☒ From Current Design
☐ User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

$$V=1.2D+1.0E+L+0.2S$$

Table 10-7. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Beams

Conditions	Modeling Parameters ^a			Acceptance Criteria ^a		
	Plastic Rotations Angle (radians)	Residual Strength Ratio		Plastic Rotations Angle (radians)		
				Performance Level		
	a	b	c	IO	LS	CP
Condition i. Beams controlled by flexure ^b						
$\frac{p-p'}{p_{bal}}$						
Transverse reinforcement ^c						
$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$						
≤ 0.0	C	≤ 3 (0.25)	0.025	0.05	0.025	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6 (0.5)	0.02	0.04	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3 (0.25)	0.02	0.03	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6 (0.5)	0.015	0.02	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3 (0.25)	0.02	0.03	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6 (0.5)	0.01	0.015	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3 (0.25)	0.01	0.015	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6 (0.5)	0.005	0.01	0.005	0.01
Condition ii. Beams controlled by shear ^b						
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.0015	0.01
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.0015	0.005
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span ^b						
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.0015	0.01
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.0015	0.005
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint ^b						
			0.015	0.03	0.01	0.02

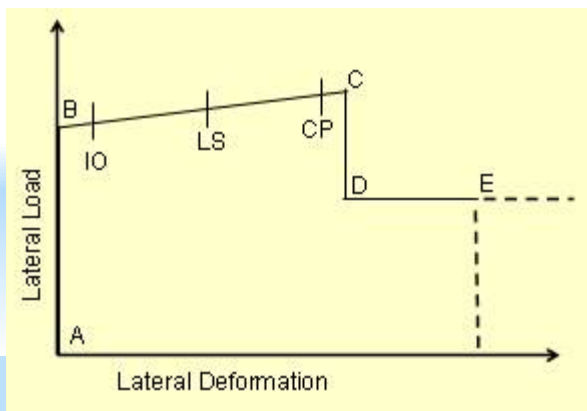
NOTE: f'_c in lb/in.² (MPa) units.

^aValues between those listed in the table should be determined by linear interpolation.

^bWhere more than one of conditions i, ii, iii, and iv occur for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.

^c"C" and "NC" are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement, respectively. Transverse reinforcement is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at $\leq d/3$, and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops (V_h) is at least 3/4 of the design shear. Otherwise, the transverse reinforcement is considered nonconforming.

^d V is the design shear force from NSP or NDP.



شرایط کاربرد تحلیل استاتیکی غیرخطی

طبق بند ۲-۳ پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰، از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی **در سازه‌هایی می‌توان استفاده نمود** که در آنها **اثر موده‌های بالا عمده نباشند**. برای تعیین این موضوع ضروری است سازه ساختمان **دو بار** با استفاده از روش **تحلیل دینامیکی طیفی** تحلیل شود.

۱- در بار اول **تنها مود اول** سازه در نظر گرفته شود.

۲- در بار دوم **تمام موده‌های نوسانی** که مجموع جرم موثر آنها حداقل **۹۰٪** جرم کل سازه است باید در نظر گرفته شود.

در صورتی که **نتایج تحلیل دوم** نشان دهد نیروی برشی **در طبقه‌ای بیش از ۳۰٪** از نیروی برشی حاصل از **تحلیل اول بزرگتر** است، این امر به معنی **عمده بودن اثر موده‌های بالای** سازه است.

FEMA 356, ASCE41-13 section 7.3.2.1

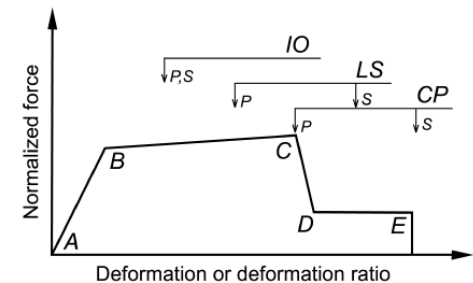
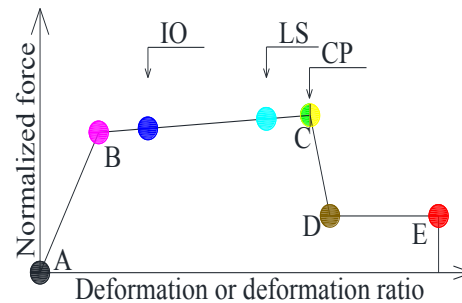
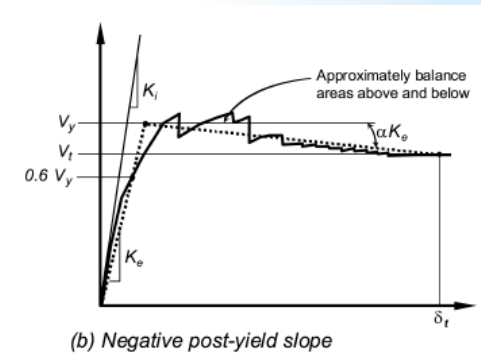
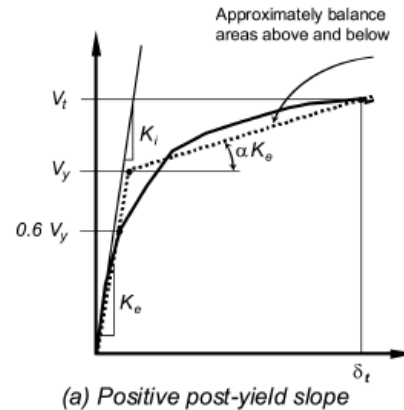
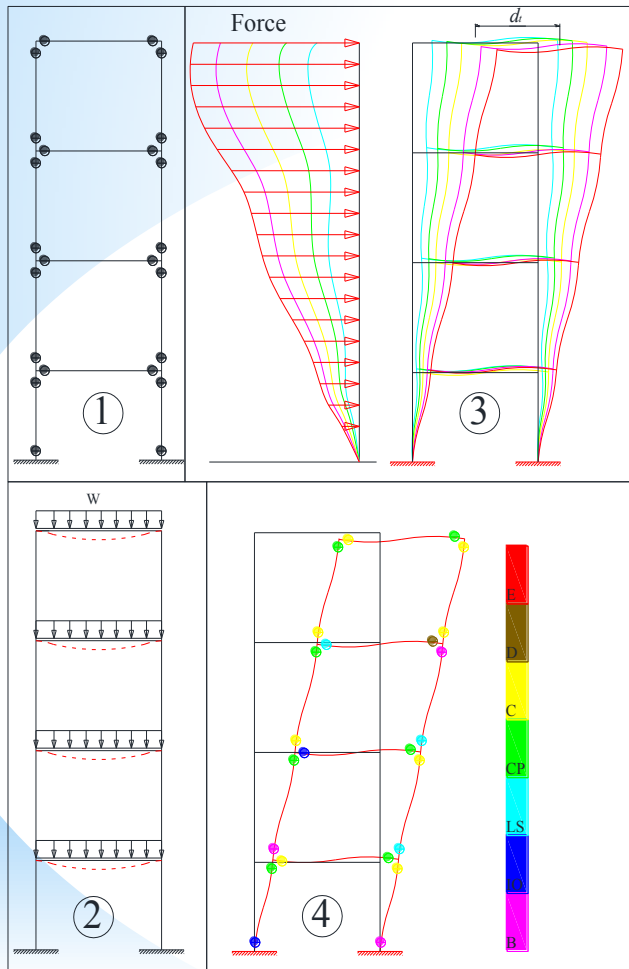
2.4.2.1 Nonlinear Static Procedure

The **NSP** shall be permitted for structures in **which higher mode effects are not significant**, as defined in this section. To **determine** if higher modes are significant, a **modal response spectrum analysis** shall be performed for the structure using sufficient **modes to capture 90% mass participation**. A **second response spectrum analysis** shall also be performed, **considering only the first mode** participation.

Higher mode effects shall be considered significant if the **shear in any story resulting from the modal analysis** considering modes required to obtain **90% mass participation exceeds 130%** of the corresponding **story shear considering only the first mode** response.

آشنایی با روش انجام تحلیل غیرخطی استاتیکی Pushover

تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌آور) روش ساده شده تقریبی ولی بنیادی در نظریه دینامیک سازه است. مراحل تحلیل پوش‌آور به صورت زیر است:



مراحل تحلیل پوش‌آور . منحنی پوش‌آور (منحنی ظرفیت).
مفاصل پلاستیک

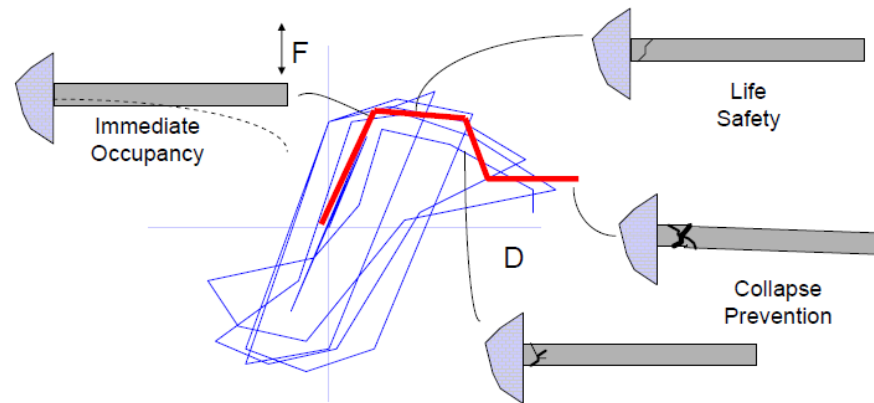
مدل سازی غیر خطی (تعریف مفاصل پلاستیک)

نوع رفتار مفاصل پلاستیک در انواع المانها و نوع تلاشهای المانها

Local (Component-based) Acceptance Criteria

Component	Deformation-Controlled Action	Force-Controlled Action
Moment Frames • Beams • Columns • Joints	Moment (M) M --	Shear (V) Axial load (P), V V ¹
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.



جدول (۳-۱): نمونه‌هایی از تلاش‌های نیروکنترل و تغییرشکل کنترل

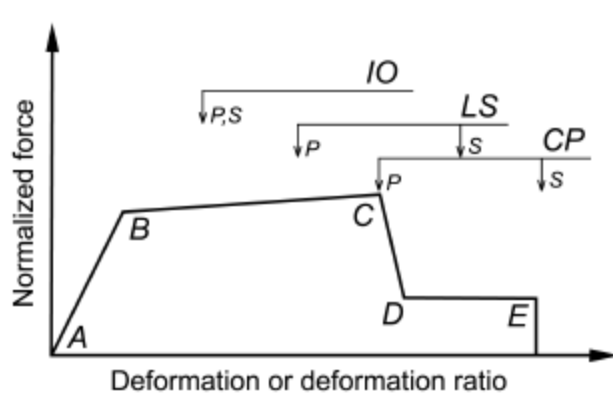
جزء	تغییر شکل کنترل	نیرو کنترل
۱- قاب های خمشی		
تیر ها	لنگر خمشی (M)	برش ^۱ (V)
ستون ها	---	نیروی محوری (P) و برش (V)
اتصالات	---	برش ^۱ (V)
۲- دیوار های برشی	لنگر خمشی (M) و برش (V)	نیروی محوری (P)
۳- قاب های مهاربندی شده		
مهاربند ها	نیروی محوری (P)	---
تیر ها	---	نیروی محوری (P)
ستون ها	---	نیروی محوری (P)
۴- اجزای اتصالات	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P) ^۲	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)
۵- دیافراگم ها	لنگر خمشی (M) و برش (V) ^۳	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)

۱- در قاب های خمشی فولادی، برش (V) تغییر شکل کنترل می باشد.

۲- در اتصالات فولادی، لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P) تغییر شکل کنترل می باشد.

۳- در صورتی که دیافراگم، نیروی جانبی اعضای باربر لرزه‌ای قائم موجود در تراز بالای خود را انتقال دهد، لنگر خمشی (M) و برش (V) نیرو کنترل می باشد.

مدل سازی غیرخطی (تعریف مفاصل پلاستیک)



(c) Component or element deformation acceptance criteria

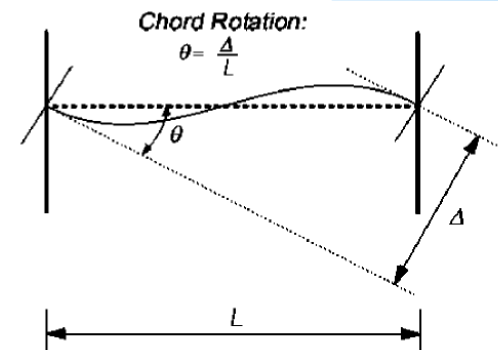
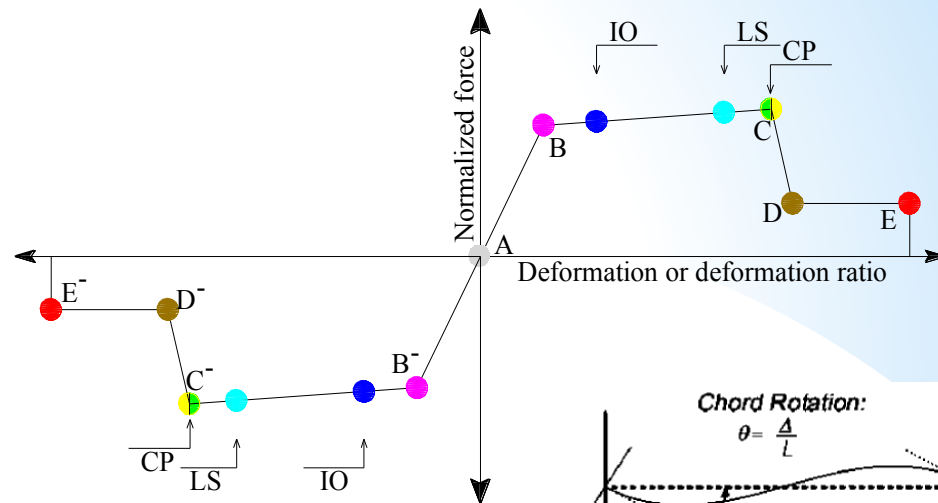


FIG. 10-6. Chord Rotation for Shear Wall Coupling Beams

Define menu > Section Properties >
Frame/Wall Nonlinear Hinge

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.025
D-	-0.2	-0.015
C-	-1.1	-0.015
B-	-1	0
A	0	0
B	1.	0.
C	1.1	0.015
D	0.2	0.015
E	0.2	0.025

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

Immediate Occupancy

Life Safety

Collapse Prevention

☒ Show Acceptance Criteria on Plot

Positive

3.000E-03

0.012

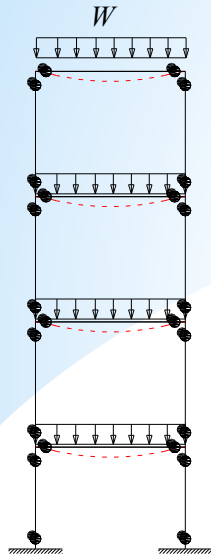
0.015

Negative

موقعیت نقاط بر روی منحنی رفتار مفاصل غیرخطی

و ضوابط پذیرش براساس نوع عملکرد.

Component Gravity Loads for Load Combinations



استاندارد ۲۸۰۰: D بار مرده و L بار زنده است. بار زنده بر طبق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محاسبه می شود. ضمناً در مواردی که بار زنده گسترده کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمربع است، کاهش این بار تا ۵۰٪ مجاز است.

D = Dead-load (action).

L = Effective live load (action), equal to **25%** of the **unreduced design live load**, but not less than the actual live load.

S = Effective snow load (action) contribution to W , specified in Section 3.3.1.3.1.

FEMA 356

NEW BUILDINGS

۲۸۰۰

1) **$1.2D + AL$**

2) **$0.9D$**

If $L \leq 400 \text{ kg/m}^2$

$A = 0.5$

If $L > 400 \text{ kg/m}^2$

$A = 1.0$

Existing Buildings

FEMA 356

ASCE41-13

نشریه ۸۵-۳۶۰

نشریه ۹۲-۳۶۰

1) **$1.1(D + BL + S)$**

2) **$0.9D$**

1) **$1.1(D + BL)$**

2) **$0.9D$**

$B_{min} = 0.25$

Define menu > Load Cases

Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
EY(ALL)	Linear Static
LIVE Red	Linear Static
LIVE Red 0.5	Linear Static
SNOW	Linear Static
SD	Linear Static
EX(drift)	Linear Static
EY(drift)	Linear Static
spec	Response Spectrum
1.2D+L	Nonlinear Static

Click to:

Add New Case...
Add Copy of Case...
Modify/Show Case...
Delete Case
Show Load Case Tree...

OK
Cancel

Load Case Data

General

Load Case Name: 1.2D+L
Load Case Type: Nonlinear Static
Exclude Objects in this Group: Not Applicable
Mass Source: Previous

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.2
Load Pattern	LIVE(FLOOR)	0.5
Load Pattern	LIVE(ROOF)	0.5
Load Pattern	LIVE(ceiling)	0.5

Add
Delete

Other Parameters

Modal Load Case: Modal
Geometric Nonlinearity Option: P-Delta plus Large Displacements
Load Application: Full Load
Results Saved: Final State Only
Nonlinear Parameters: Default

Modify/Show...
Modify/Show...
Modify/Show...

OK
Cancel

اثر P-delta در تحلیل غیرخطی استاتیکی

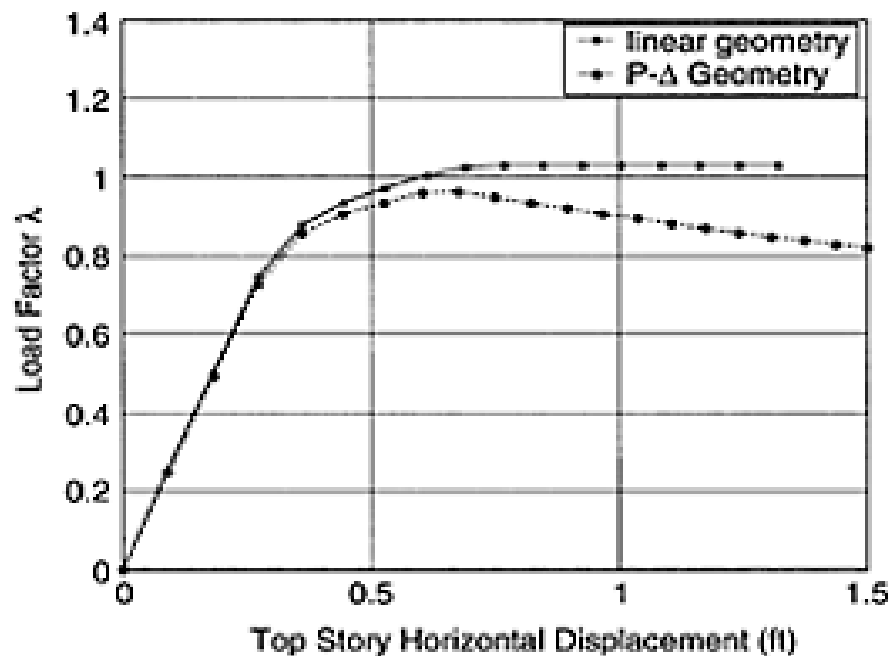
طبق بند ۳-۱ پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰، تحلیل استاتیکی غیرخطی یک سازه با اعمال بارهای ثقیل ثابت و بارهای جانبی رانشی انجام می شود. **اثر $P-\Delta$ نیز در انجام این تحلیل باید در نظر گرفته شود.**

از این روش می توان برای ارزیابی عملکرد سازه در

(1) تغییر مکان هدف

(2) محاسبه مقدار ضریب اضافه مقاومت سازه

استفاده کرد.



Lateral Load Distribution

طبق بند ۳-۶-۱ پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰، **حداقل دو نوع توزیع بار جانبی** به شرح زیر در تحلیل باید اعمال گردد:

الف- توزیع مناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی با لحاظ آن تعداد موده‌های ارتعاشی که

حداقل ۹۰٪ جرم سازه در تحلیل مشارکت کند. Response Spectrum Analysis

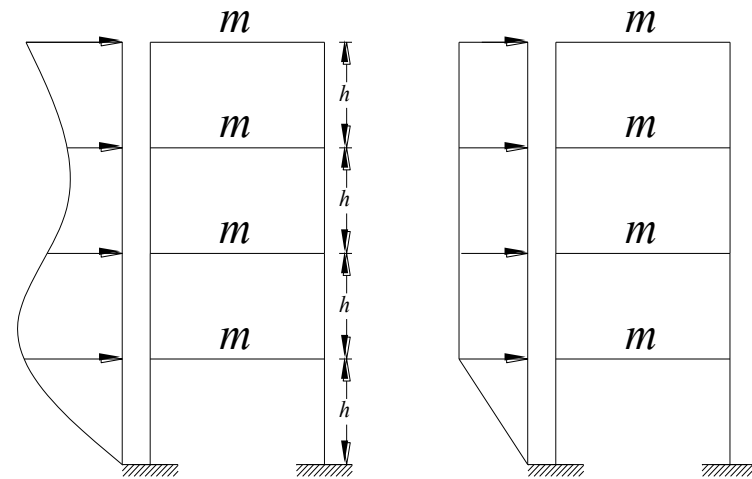
ب- توزیع بار یکنواخت که عبارت است از توزیعی متناسب با جرم بدون توجه به ارتفاع هر طبقه Uniform

ASCE/SEI 41-13

7.4.3.2.3 Lateral Load Distribution for NSP

Lateral loads shall be applied to the mathematical model in proportion to the distribution of mass in the plane of each floor diaphragm. The vertical distribution of these forces shall be **proportional** to the shape of the **fundamental mode** in the direction under consideration.

C7.4.3.2.3 **Research in FEMA 440 (2005)** has shown that multiple force patterns do little to improve the accuracy of nonlinear static procedures and that a single pattern based on the **first mode shape** is recommended.



response spectrum
analysis

Uniform

سازه در امتداد x در جهت مثبت x (حالت رفت) و هم در جهت منفی x (حالت برگشت) و در امتداد y در جهت مثبت y (حالت رفت) و هم در جهت منفی y (حالت برگشت) مورد

Model Explorer

Model Display Tables Reports Detailing

Tables

- Model
- Analysis
 - Options
 - Response Spectrum Functions
 - Load Cases
 - Load Combinations
 - Results
 - Displacements
 - Reactions
 - Modal Results
 - Modal Periods and Frequencies
 - Modal Participating Mass Ratios
 - Modal Load Participation Ratios
 - Modal Participation Factors
 - Modal Direction Factors
 - Structure Results
 - Frame Results
 - Shell Results
 - Energy/Virtual Work
- Design
- Table Sets

Plan View - STORY8 - Z = 24.4 (m) Hinges

3-D View - Displacements

Modal Participating Mass Ratios

11 of 12 Reload Apply

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
	Modal	1	1.355	0.6564	0.0004	0	0.6564	0.0004	0
	Modal	2	1.332	0.0005	0.6207	0	0.6568	0.6211	0
	Modal	3	1.128	4.383E-05	0.0358	0	0.6569	0.6569	0
	Modal	4	0.521	0.1513	3.421E-05	0	0.8082	0.6569	0
	Modal	5	0.509	4.535E-05	0.1445	0	0.8082	0.8015	0
	Modal	6	0.44	1.05E-05	0.0078	0	0.8082	0.8093	0
	Modal	7	0.287	0.0692	9.219E-06	0	0.8774	0.8093	0
	Modal	8	0.28	1.227E-05	0.0671	0	0.8774	0.8765	0
	Modal	9	0.247	6.294E-06	0.0019	0	0.8774	0.8784	0
	Modal	10	0.197	0.0351	0	0	0.9126	0.8784	0
	Modal	11	0.19	0	0.0371	0	0.9126	0.9155	0
	Modal	12	0.173	1.756E-06	1.569E-05	0	0.9126	0.9155	0

FEMA 356

1. A modal pattern selected from one of the following:

1.1. A vertical distribution proportional to the **values of C_v given in Equation (3-12).**

Use of this distribution shall be permitted only when more than **75%** of the **total mass** participates in the fundamental mode in the direction under consideration, and the uniform distribution is also used.

1.2. A vertical distribution proportional to the shape of the **fundamental mode** in the direction under consideration. Use of this distribution shall be permitted only when more than **75%** of the total mass participates in this mode.

1.3. A vertical distribution proportional to the **story shear distribution calculated by combining modal responses from a response spectrum analysis** of the building, including sufficient modes to capture at least 90% of the total building mass, and using the appropriate ground motion spectrum. This distribution shall be used when the period of the fundamental mode exceeds **1.0 second**.

2. A second pattern selected from one of the following:

2.1. A **uniform** distribution consisting of lateral forces at each level proportional to the **total mass at each level**.

2.2. An **adaptive load** distribution that changes as the structure is displaced. The adaptive load distribution shall be modified from the original load distribution using a procedure that considers the properties of the yielded structure.

نشریه ۳۶۰-۹۲

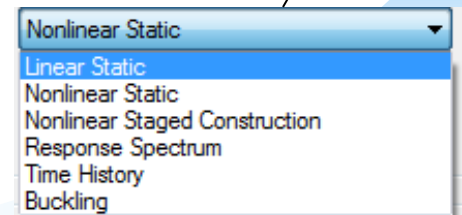
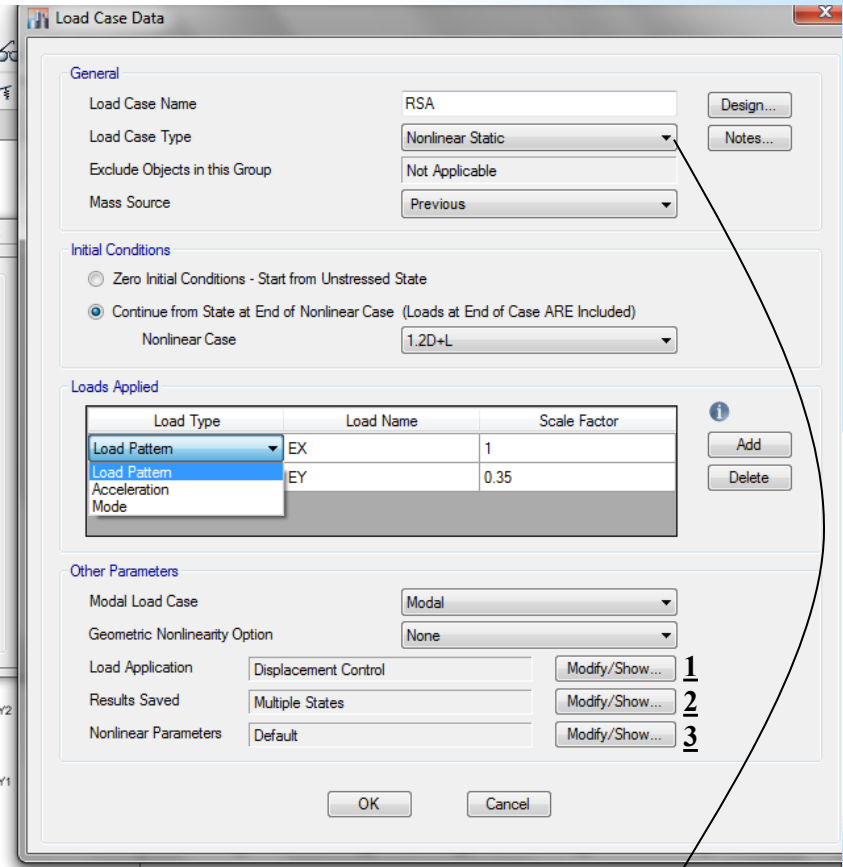
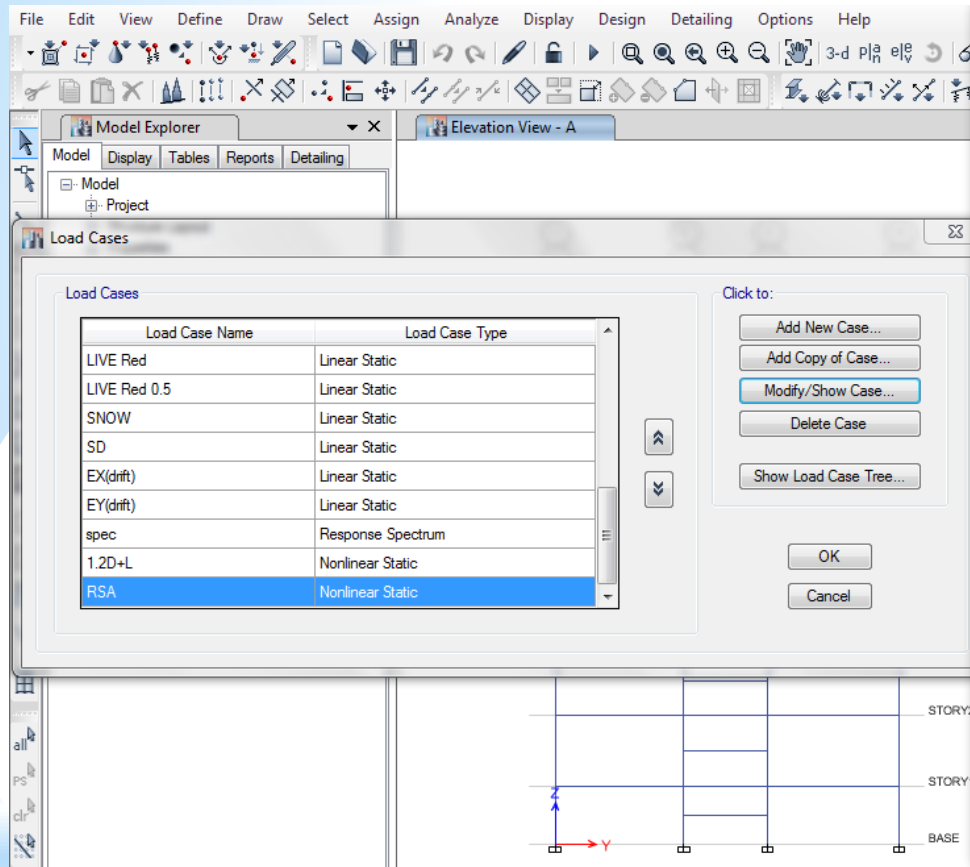
۳-۴-۳-۱-۳- توزیع بار جانبی

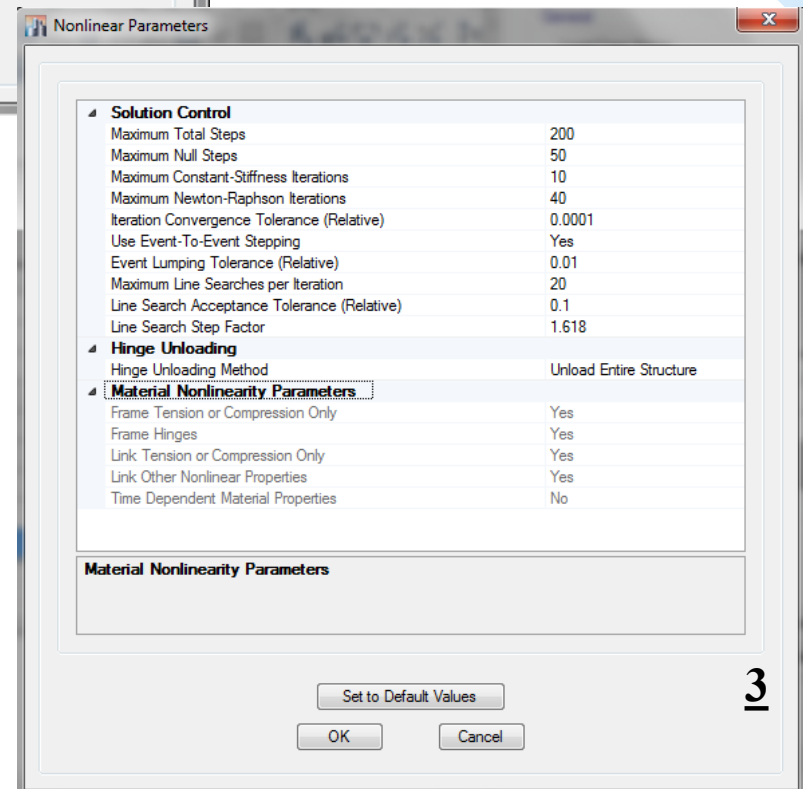
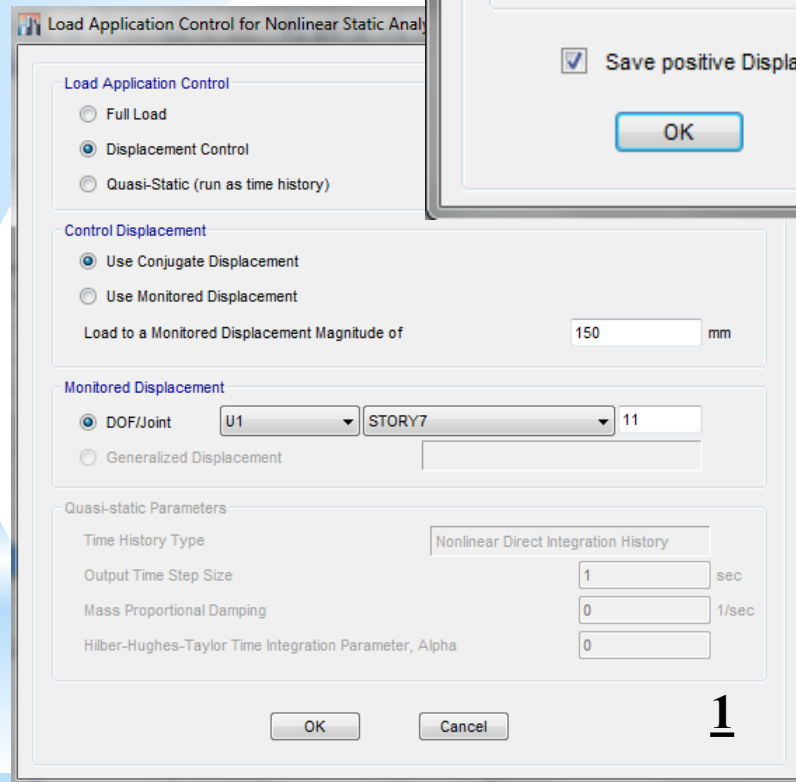
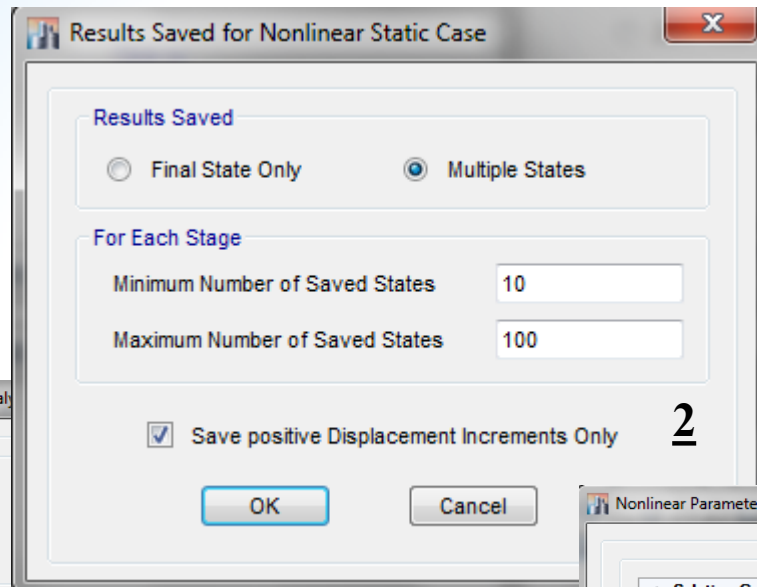
توزیع بار جانبی در مدل سازه باید تا حد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ خواهد داد، باشد و حالت‌های بحرانی تغییر شکل و نیروهای داخلی را در اعضا ایجاد نماید. توزیع بار جانبی باید متناسب با دو نوع توزیع زیر، به سازه اعمال شود.

۱- توزیع نوع اول: توزیع متناسب با شکل مود اول ارتعاش در جهت مورد نظر

۲- توزیع نوع دوم: توزیع یکنواخت که در آن بار جانبی متناسب با وزن هر طبقه محاسبه می‌شود.

در صورتیکه ساختمان بر اساس یکی از ویرایش‌های استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده باشد، اعمال توزیع بار جانبی نوع دوم (توزیع یکنواخت) ضرورتی ندارد.





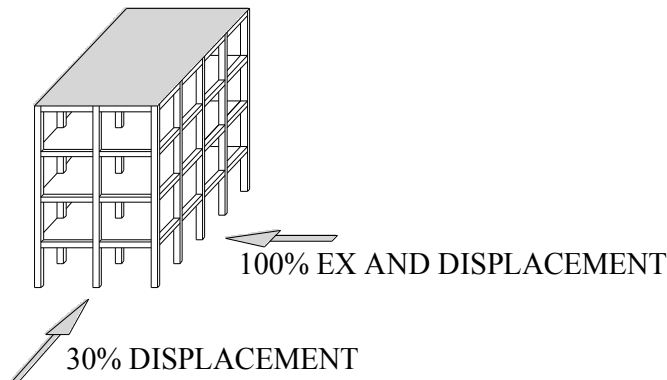
1

2

3

تعریف زلزله متعامد در تحلیل استاتیکی غیرخطی و مقایسه آن با آیین نامه ASCE 41-13

طبق بند ۳-۵ پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰، درمورد ساختمان‌های نامنظم باید از مدل‌های سه بعدی در تحلیل استفاده کرد. آثار دو مولفه افقی زلزله نیز باید ملحوظ گردد. برای در نظر گرفتن این آثار درمورد این ساختمان‌ها و نیز آن دسته از ساختمان‌های منظم که دارای یک یا چند ستون مشترک بین دو یا چند قاب سیستم باربر جانبی در جهات مختلف باشد، در تحلیل استاتیکی غیرخطی باید **در هر امتداد ۱۰۰٪ نیروها و تغییرمکان‌ها در جهت مورد بررسی به همراه نیروهای متناظر با ۳۰٪ تغییرمکان در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته شود.**



ASCE/SEI 41-13

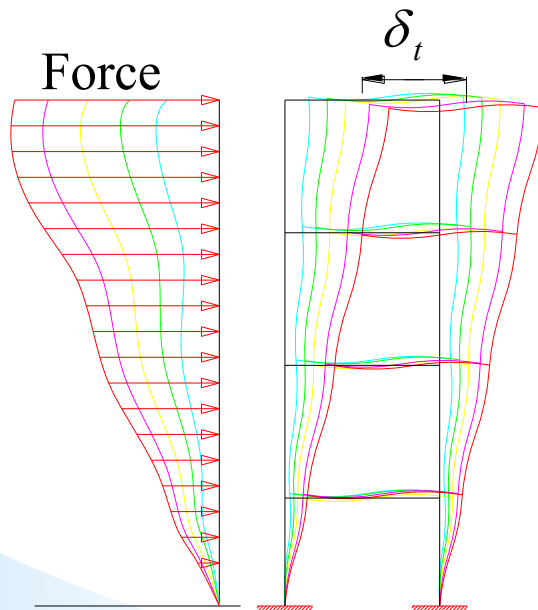
Where the NSP is used as the basis for analysis, elements and components of the building shall be analyzed for **(a) forces and deformations** associated with **100% of the target displacement** in the **X** direction only, **plus** the forces (**not deformations**) associated with 30% of the displacements in the **Y** direction only; and for (b) forces and deformations associated with 100% of the displacements in the **Y** direction only, plus the forces (**not deformations**) associated with 30% of the displacements in the **X** direction only.

تعریف تغییر مکان هدف (Target Displacement) پارامترهای آن و اعمال آن در نرم افزار

NEW BUILDINGS

FEMA 450 and STANDARD NO.2800

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



Existing Buildings

FEMA 356

نشریه 360-85

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

ASCE/SEI41-13

نشریه 360-92

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

تعریف تغییر مکان هدف (Target Displacement) پارامترهای آن و اعمال آن در نرم افزار

$$C_0 = \phi_{1,r} \frac{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{1,i}}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{1,i}^2} \quad C_0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \phi_i}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_i^2} \quad (A5.2-3) \quad \text{FEMA450}$$

مقادیر تقریبی ضریب اصلاحی C_0

تعداد طبقه	سازه برشی*	دیگر سازهها
	الگوی بار یکنواخت	هر نوع الگوی بار جانبی
۱	۱/۰	۱/۰
۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۲	۱/۴
۱۰ و بیشتر	۱/۲	۱/۵

ضریب C_0 اصلاح برای ارتباط تغییر مکان طیفی سیستم یک درجه آزادی SDOF به تغییر مکان بام سیستم چند درجه آزادی MDOF است با رابطه مقابل یا مقادیر جدول زیر محاسبه می شود:

w_i و $\phi_{1,i}$ به ترتیب وزن موثر لرزه ای و مولفه بردار شکل مد اول در تراز i می باشند.

$\phi_{1,r}$ نیز مولفه بردار شکل مد اول در تراز نقطه کنترل (تراز بام) می باشد.

مقدار ضریب C_0 را می توان بصورت تقریبی از مقادیر جدول زیر تعیین نمود:

NOTE: Linear **interpolation** shall be used to calculate intermediate values.

استاندارد ۲۸۰۰

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{1 + [R_d - 1] \frac{T_s}{T_e}}{R_d}$$

$$T_e \geq T_s \rightarrow C_1 = 1.0$$

$$R_d = \frac{S_a}{V_y / W}$$

$$S_a = A B I \rightarrow T_e$$

نشریه 360-92

$$C_1 = 1 + \frac{T_s - T}{2T_s - 0.2}$$

or

$$T_e \leq 0.2 \rightarrow C_1 = 1 + \frac{25(R_u - 1)}{a}$$

$$0.2 < T_e < 1 \rightarrow C_1 = 1 + \frac{R_u - 1}{a T_e^2}$$

$$T_e > 1 \rightarrow C_1 = 1$$

جدول (۳-۳): ضریب نوع زمین

نوع زمین	I	II	III و IV
a	130	90	60

$$R_u = R_d = V_{eu} / V_y$$

تعریف تغییرمکان هدف (Target Displacement) پارامترهای آن و اعمال آن در نرم افزار

C2: ضریب تصحیح برای اثرات کاهش سختی و مقاومت
اعضای سازه ای بر تغییرمکانها ناشی از زوال چرخهای؛

FEMA356(Table 3-3)

نشریه 360-92

$$T > 0.7 \rightarrow C_2 = 1$$

$$T < 0.7 \rightarrow C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R_u - 1}{T} \right)^2$$

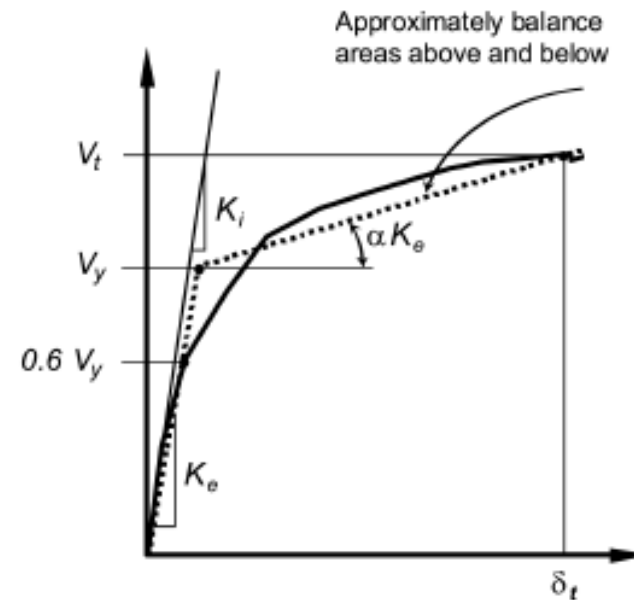
Period Determination for NSP

Effective Fundamental Period

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{k_i}{k_e}}$$

K_i = Elastic lateral stiffness

K_e = Effective lateral stiffness

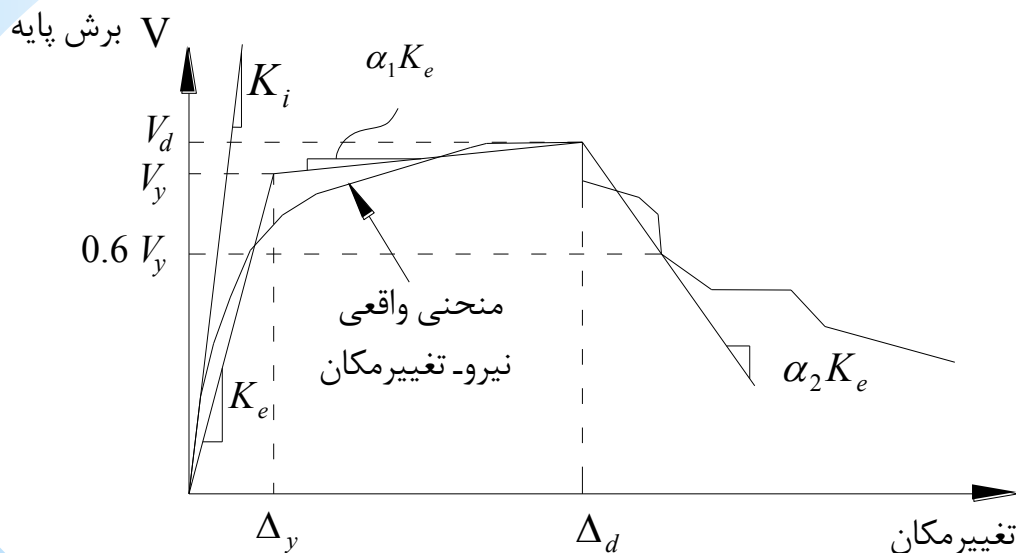


(a) Positive post-yield slope

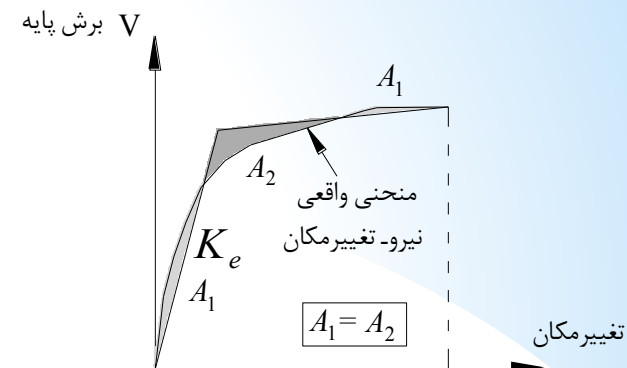
منحنی ظرفیت سازه یا منحنی پوش آور و نحوه تعیین پارامترهای لرزه‌ای

ASCE/SEI41-13

7.4.3.2.4 **Idealized Force–Displacement Curve for NSP** The nonlinear force–displacement relationship between **base shear** and **displacement** of the control node shall be **replaced** with an idealized relationship to calculate the effective lateral stiffness, K_e , and effective yield strength, V_y , of the building,



Idealized Force–Displacement Curves

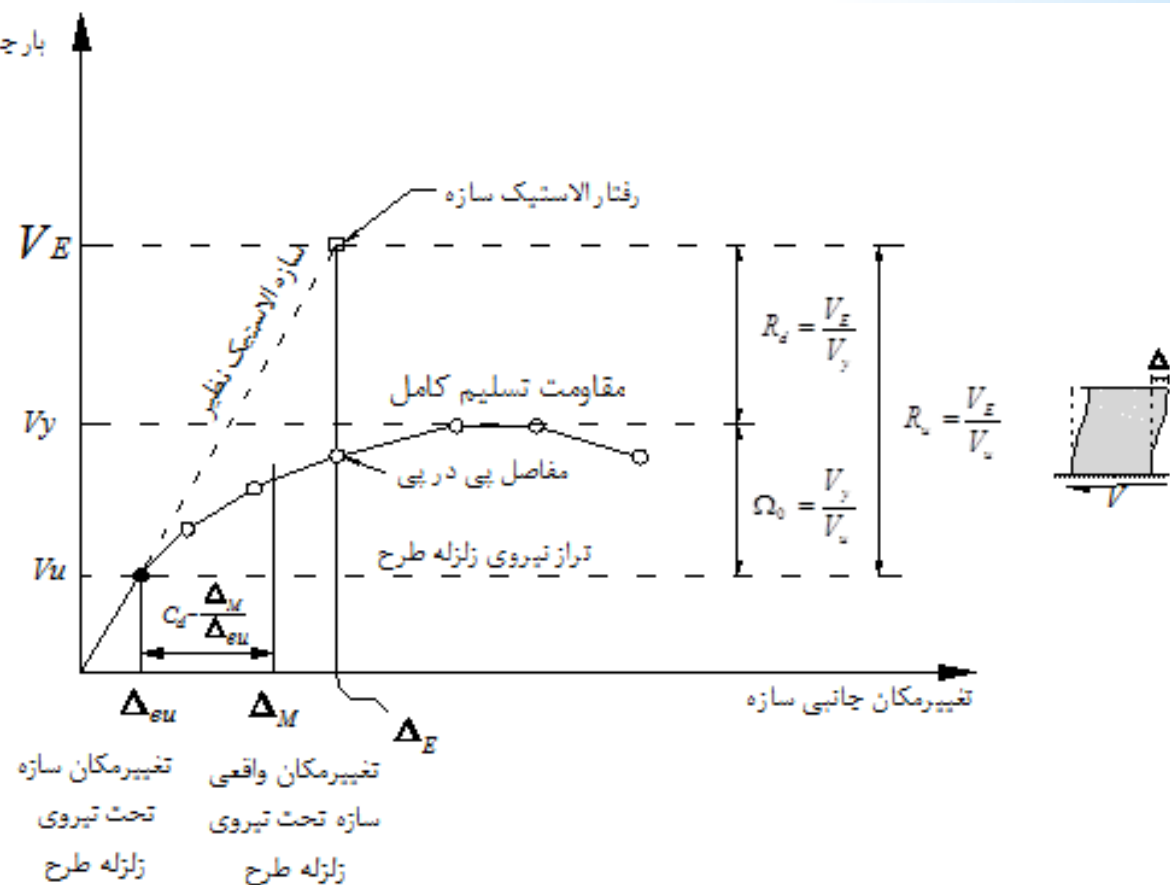


طبق بند ۳-۷-۱ پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰،
منحنی ظرفیت یعنی رابطه بین برش پایه و
تغییر مکان نقطه کنترل باید توسط روش تحلیل
استاتیکی غیر خطی از مقدار صفر تا تغییر مکانی
معادل **۱۵۰٪** تغییر مکان هدف تعیین گردد

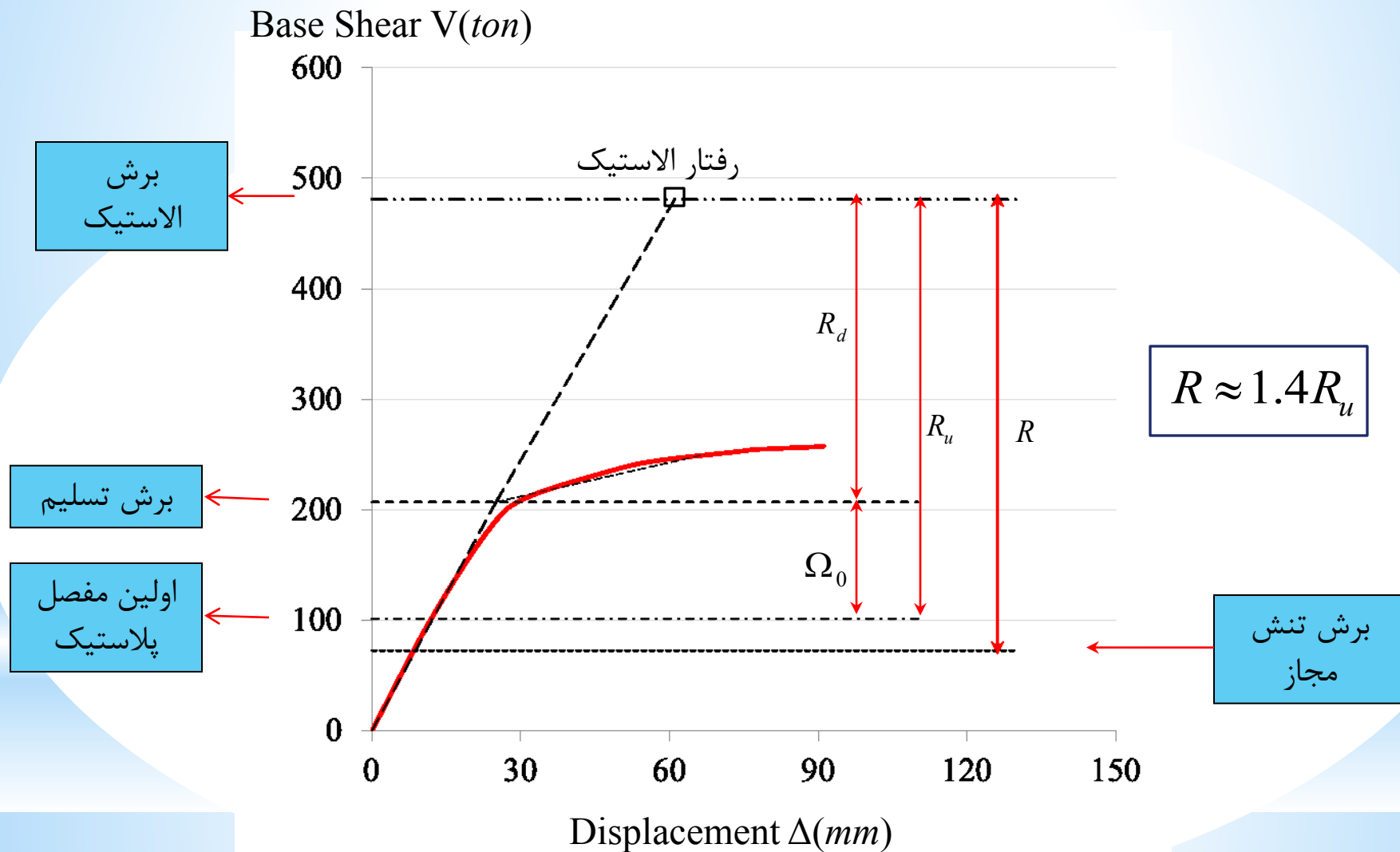
برش
الاستیک

برش تسلیم

اولین مفصل
پلاستیک

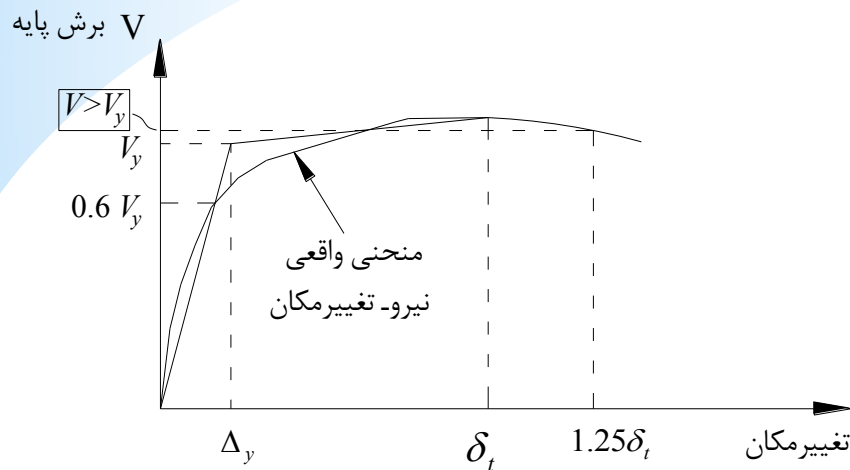


منحنی ظرفیت سازه یا منحنی پوش آور و نحوه تعیین پارامترهای لرزه‌ای



Acceptance Criteria

(1) $V(125\%\delta_t) > V_y$



(2) حداکثر تغییر مکان نسبی سازه در تغییر مکان هدف نباید بیشتر از ۱۲۰٪ مقادیر مجاز باشد

برای ساختمان‌های تا ۵ طبقه

$$\Delta_a = 1.2 \times 0.025h$$

برای سایر ساختمان‌های (بیشتر از ۵ طبقه)

$$\Delta_a = 1.2 \times 0.02h$$

FEMA 356

The base shear at the target displacement, V_t , shall not be less than 80% of the effective yield strength of the structure, V_y , defined in Section 3.3.3.2.4.

**Existing Buildings
Acceptance Criteria**



(3)

ASCE/SEI41-13

استاندارد ۲۸۰۰

7.5.3.2.1 *Acceptance Criteria for **Deformation-Controlled** Actions for **NSP** or NDP* Primary and secondary components shall have expected **deformation capacities not less than maximum deformation demands** calculated at target displacements.

7.5.3.2.2 *Acceptance Criteria for **Force-Controlled** Actions for NSP or NDP* Primary and secondary components shall have **lower-bound strengths not less than the maximum analysis forces**.

بند ۳-۱۲-۳ پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰، کنترل مقاومت اعضا درخصوص تلاش‌های **کنترل شونده توسط تغییرشکل**، با توجه به بازتاب‌های حاصل از تحلیل **ضروری نیست**.

درمورد آن دسته از تلاش‌ها که کنترل آنها با توجه به ضرایب اضافه مقاومت در روش‌های تحلیل خطی ضروری است (**کنترل نیرویی**)، مقادیر تلاش‌های حاصل از تحلیل غیرخطی در تغییرمکان هدف را باید بدون ضرب کردن در ضریب اضافه مقاومت مورد استفاده قرار داد. در صورتی که این **تلاش‌ها از ظرفیت کرانه پایین آنها بیشتر نباشد**، قابل قبول تلقی می‌گردد.

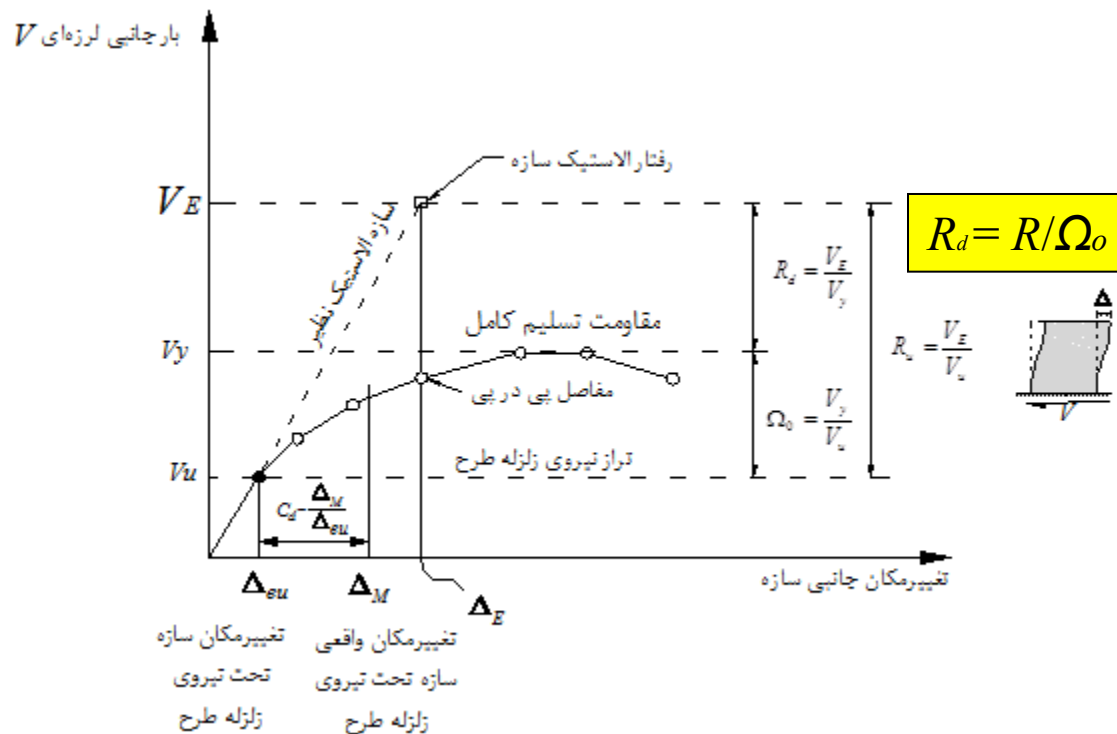
معیارهای پذیرش تحلیل استاتیکی غیرخطی

(4)

اگر ضریب R_d از مقدار ضریب رفتار سازه تقسیم بر ضریب اضافه مقاومت سازه بیشتر باشد، سازه طراحی شده باید به تأیید شخصی حقیقی یا حقوقی مستقل با صلاحیت رسانده شود. در این بررسی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

$$R_d > \frac{R_u}{\Omega_0}$$

الف- سازگاری مشخصات سازه با داده‌های به کار برده شده در مدل تحلیلی.
ب- سازگاری ظرفیت‌های اعضای سازه با نتایج به دست آمده از تحلیل.



با تشکر از توجه اساتید گرامی