



بد صورت
مجازی

کارگاه آموزشی

بررسی صلاحیت ارزیابی
طرح و اجرای بهسازی

۵۲۴ و ۳۶۰

۲۸ تیر

از ساعت ۱۵ الی ۲۰

ویژه مهندسین عمران

دارای امتیاز نظام ارجاع کار

شروع ثبت نام از ساعت ۹ صبح روز یکشنبه ۲۷ تیر

شیوه ثبت نام:

- ۱ - ابتدا از طریق وبسایت www.MazandNezam.org وارد کارتابل نرم افزار جامع خود شوید.
- ۲ - سپس از منوی سمت راست با کلیک بر روی گزینه همایش های مهندسی ثبت نام کنید.

توجه داشته باشید که در هنگام ثبت نام در کارگاه ها میزان سقف امتیاز ارجاع معصوب هیات مدیره راعایت فرمایید

<https://chat.whatsapp.com/EX4Q0CKJlpz3HR0yLJzZjs>



مدرس:

مهندس جواد قدرتی ینگجه

طراح تخصصی بهسازی لرزه ای و طراحی براساس عملکرد

عضو کارگروه تخصصی طراحی و بهسازی لرزه ای

سازمان نظام مهندسی استان تهران

لینک آدرس

گروه واتسپ کارگاه:



بررسی

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

(دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود-نشریه ۳۶۰ - سال ۱۳۹۲)
(راهنمای روش ها و شیوه های بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود و جزئیات اجرایی- نشریه ۵۲۴ - سال ۱۳۸۹)

جواد قدرتی ینگجه

کارشناس ارشد زلزله از دانشگاه صنعتی شریف

عضو کارگروه طراحی و بهسازی سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران

۲۸ تیرماه ۱۴۰۰



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

برای دریافت اطلاعات بیشتر در زمینه طراحی عملکردی، تحلیل‌های غیرخطی و بهسازی لرزه‌ای می‌توانید به لینک‌های زیر مراجعه کنید:

www.PBD.ir

وبسایت PBD :

www.instagram.com/PBD_ir

صفحه اینستاگرام PBD :

www.t.me/PBD_ir

کانال تلگرام PBD :

آیدی تلگرامی : @PBDEng

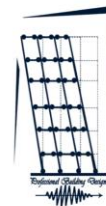
ایمیل : J.yengejeh@yahoo.com



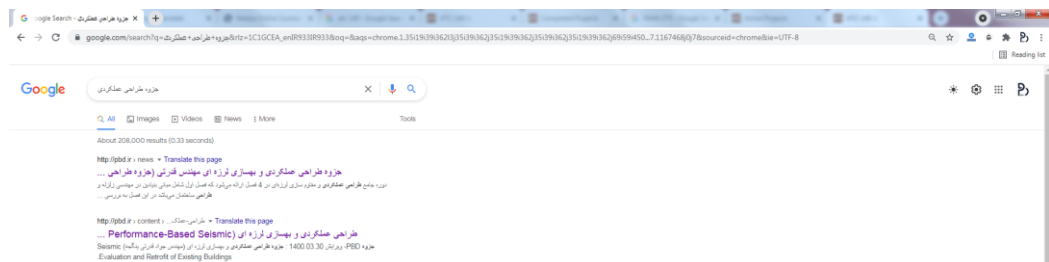
Performance-Based Seismic Design
Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings



Instructor:
Javad Ghodrati Yengejeh



جزوه طراحی عملکردی و بهسازی لرزه‌ای



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



رئوس مطالب:

- ۱- چرا صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی؟
- ۲- اطلاعیه برگزاری آزمون‌های ورود به حرفه در صلاحیت‌های جدید
- ۳- تخمین حدودی از بودجه بندی فصول مختلف از نشریه ۳۶۰ و نشریه ۵۲۴
- ۴- مفهوم طراحی و روند ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی
- ۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها
- ۶- مخاطبین ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی
- ۷- حل مثال‌های بنیادین

۱- چرا صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی؟

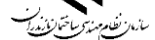




۱- چرا صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی؟



۲- اطلاعیه برگزاری آزمون‌های ورود به حرفه در صلاحیت‌های جدید



به اطلاع کلیه متقاضیان آزمون‌های ورود به حرفه می‌رساند، به استناد ماده ۴ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان وزارت راه و شهرسازی می‌تواند اشتغال اشخاص حقیقی و حقوقی به آن دسته از امور فنی در بخش‌های ساختمان و شهرسازی را که اعلام می‌کند، مستلزم داشتن صلاحیت حرفه‌ای نماید. برخی از این صلاحیت‌ها از قبیل طراحی، محاسبه، نظارت، اجرا، بهره‌برداری، نگهداری و غیره در ماده ۴ آئین‌نامه اجرایی قانون مذکور به آنها اشاره شده و از گذشته شرایط و ترتیب صدور، تمدید و ارتقاء آنها نیز تعیین شده است.

در شرایط فعلی با توجه به پیشرفت فن‌آوری در جامعه و نیاز صنعت ساختمان برای بکارگیری صلاحیت‌های تخصصی جدید از مرحله طراحی تا نگهداری و تخریب ساختمان به خصوص در ساختمان‌های بزرگ مقیاس، معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی در نظر دارد با وضع ضوابط و تعیین دامنه شمول برای هر یک از صلاحیت‌های تخصصی و از طریق برگزاری آزمون‌های سراسری و دوره‌های آموزشی نسبت به اعطای صلاحیت‌های جدید به مهندسان اقدام نماید.

از این رو پیرو برنامه‌ریزی‌های انجام شده مقرر گردیده در دوره‌ی اخیر از آزمون‌های ورود به حرفه برای رشته‌های تاسیسات مکانیکی و برقی آزمون صلاحیت «اجرا» و برای رشته عمران آزمون صلاحیت‌های «طرح و اجرای گود، پی و سازه نگهبان» و «ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی» برگزار گردد.

بدیهی است حدود صلاحیت و شرح فعالیت این صلاحیت‌ها متعاقباً اعلام خواهد شد و داوطلبان می‌توانند در صورت تمایل برای اخذ این صلاحیت‌ها در آزمون‌های مربوطه شرکت نمایند. لازم بذکر است داوطلبان برای اخذ این صلاحیت می‌بایست علاوه بر قبولی در آزمون‌های مذکور در دوره‌های آموزشی مصوب نیز شرکت نمایند.



سازمان نظام مهندسی ساختمان ایران

۲- اطلاعیه برگزاری آزمون‌های ورود به حرفه در صلاحیت‌های جدید

آزمون ورود به حرفه مهندسان برای اخذ پروانه اشتغال به کار مهندسی در رشته عمران صلاحیتهای «طرح و اجرای گود، پی و سازه نگهبان» و «ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی» برای متقاضیان دارای شرایط زیر برگزار می‌گردد:

۱- دارای مدرک **کارشناسی ارشد یا دکتری** رشته عمران در **گرایش خاک و پی**

۲- دارای پروانه اشتغال به کار مهندسی در **صلاحیت‌های نظارت یا اجرای پایه یک**

۳- دارای پروانه اشتغال به کار مهندسی در **صلاحیت محاسبات پایه دو**

۴- حدنصاب قبولی در آزمون ورود به حرفه مهندسان این صلاحیت **۶۰٪** می‌باشد.

شروط لازم برای اخذ صلاحیت
«طرح و اجرای گود، پی و سازه نگهبان»

۱- دارای مدرک **کارشناسی ارشد یا دکتری** رشته عمران در **گرایش سازه یا زلزله**

۲- دارای پروانه اشتغال به کار مهندسی در **صلاحیت‌های نظارت یا اجرای پایه یک**

۳- دارای پروانه اشتغال به کار مهندسی در **صلاحیت محاسبات پایه دو**

۴- حدنصاب قبولی در آزمون ورود به حرفه مهندسان این صلاحیت **۶۰٪** می‌باشد.

شروط لازم برای اخذ صلاحیت
«ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی»

۲- اطلاعیه برگزاری آزمون‌های ورود به حرفه در صلاحیت‌های جدید



سازمان نظام مهندسی ساختمان ایران

۳- اعتبار قبولی آزمون‌ها:

اعتبار قبولی در کلیه آزمون‌های مهندسی حداکثر به مدت **۳ سال** از تاریخ آزمون می‌باشد لذا ضروری است قبول شدگان در آزمون مذکور در مهلت تعیین شده نسبت به اخذ پروانه اشتغال بکار مهندسی خود اقدام نمایند.

تذکر - قبولی آزمون کسانی که در زمان ثبت نام فاقد شرایط لازم برای دریافت پروانه باشند کان لم یکن تلقی می‌گردد.

وزارت راه و شهرسازی

سازمان نظام مهندسی ساختمان ایران

دستورالعمل ثبت نام آزمون‌های
ورود به حرفه مهندسان

مورخ ۲۹، ۳۰ و ۳۱ اردیبهشت ماه ۱۴۰۰

جهت اخذ پروانه اشتغال به کار

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
اسفندماه ۹۹



سازمان نظام‌های ساختمانی ایران

مواد آزمون:

۲-اطلاعیه برگزاری آزمون‌های ورود به حرفه در صلاحیت‌های جدید

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود	راهنمای روش‌ها و شیوه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و جزئیات اجرایی	راهنمای روش‌ها و شیوه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود- شماره ۳۶۰- سال ۱۳۹۲
نشریه شماره ۳۶۰ (تجدید نظر اول)	نشریه شماره ۵۲۴	نشریه شماره ۵۲۴- سال ۱۳۸۹
معاونت نظارت راهبردی امور نظام فنی nerozfanni.ir	معاونت نظارت راهبردی دکتر نظام فنی اجرایی nerozfanni.ir	معاونت نظارت راهبردی دکتر نظام فنی اجرایی nerozfanni.ir
۱۳۹۲	۱۳۸۹	۱۳۹۲

تذکر ۱: داشتن تسلط کافی بر مواد آزمون رشته عمران محاسبات شامل موارد زیر الزامی است.

- مبحث ششم (بارهای وارد بر ساختمان) - ۱۳۹۸
- مبحث هفتم (پی و پی‌سازی) - ۱۳۹۲
- مبحث هشتم (طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی) - ۱۳۹۲
- مبحث نهم (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه) - ۱۳۹۹
- مبحث دهم (طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی) - ۱۳۹۲ و غلط‌نامه مربوطه
- آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) ویرایش چهارم و اصلاحیه مربوطه،
- استاتیک، مقاومت مصالح، تحلیل سازه‌ها، مکانیک خاک، گودبرداری، پی‌سازی و سازه‌های نگهبان.

تذکر ۲: منظور از مباحث، مباحث مقررات ملی ساختمان است.

تذکر ۳: در صورت تناقض بین مباحث مقررات ملی ساختمان و سایر مدارک فنی و یا کتاب‌های راهنمای مباحث، مباحث مقررات ملی ساختمان ملاک عمل خواهد بود.

تذکر ۴: به‌غیر از ویرایش‌های یادشده در مباحث مقررات ملی ساختمان اشاره‌شده در فوق، برای سایر مدارک و منابع فنی اعلام‌شده آخرین نسخه معتبر ملاک عمل خواهد بود.

تذکر ۵: به همراه داشتن جداول پروفیل‌های ساختمانی در جلسه آزمون الزامی است.

تذکر ۶: در صورت وجود راهنما برای مباحث مقررات ملی ساختمان اشاره‌شده در موارد فوق، این راهنما هم جز مواد آزمون محسوب می‌شود.

تذکر ۷: در صورتی که در مواد آزمون به آیین‌نامه بتن ایران «آبا» اشاره شده باشد، ضوابط و مقررات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه) ویرایش ۱۳۹۹ ملاک عمل خواهد بود.

۳-تخمین حدودی از بودجه بندی فصول مختلف از نشریه ۳۶۰ و نشریه ۵۲۴



سازمان نظام‌های ساختمانی ایران

فصل اول : مقدمات بهسازی لرزه‌ای	
فصل دوم : گردآوری مدارک و اطلاعات، شناخت وضع موجود	
فصل سوم : روش‌های تحلیل	مبحث ۶ و استاندارد ۲۸۰۰
فصل چهارم : ساختگاه و پی	مبحث ۷
فصل پنجم : سازه‌ها و اجزای فولادی	مبحث ۱۰
فصل ششم : سازه‌ها و اجزای بتنی	مبحث ۹
فصل هفتم : ساختمان‌ها و اجزای مصالح بنایی	مبحث ۸
فصل هشتم : دیافراگم‌ها و میان‌قاب‌ها	استاندارد ۲۸۰۰
فصل نهم : بهسازی اجزای غیرسازه‌ای	استاندارد ۲۸۰۰
فصل دهم : سامانه‌های جداساز لرزه‌ای و اتلاف انرژی	
فصل یازدهم : بهسازی ساده	

فهرست مطالب
نشریه ۳۶۰
(۱۳۹۲)



۳- تخمین حدودی از بودجه بندی فصول مختلف از نشریه ۳۶۰ و نشریه ۵۲۴

بخش اول : معرفی	فصل اول : راهبردهای بهسازی
بخش دوم: بهسازی موضعی	فصل دوم : راهکارهای اصلاح موضعی اجز
	کاشت پیچ و میلگرد راهکارهای بهسازی شالوده و پی راهکارهای بهسازی دال
	راهکارهای بهسازی تیرها راهکارهای بهسازی ستون راهکارهای بهسازی اتصالات
بخش سوم: بهسازی سیستم	فصل سوم : حذف و یا کاهش نامنظمی در سازه
	طبقه نرم ستون کوتاه نامنظمی پیچشی فرورفتگی
	فصل چهارم : افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه
	اضافه کردن مهاربندها اضافه کردن قابهای خمشی اضافه کردن دیوار برشی و میان قاب
	فصل پنجم : کاهش جرم ساختمان
	فصل ششم : جداساز لرزه‌ای در بهسازی سازه‌ها
	فصل هفتم : میراگر در بهسازی سازه‌ها
	فصل هشتم : بهسازی ساختمان‌های بنایی
	فصل نهم : بهسازی ساختمان‌های روستایی
	فصل دهم : بهسازی لرزه‌ای ناسازه‌ها

فهرست
مطالب
نشریه
۵۲۴
(۱۳۸۹)

۳- تخمین حدودی از بودجه بندی فصول مختلف از نشریه ۳۶۰ و نشریه ۵۲۴



سهم سوالات مبحث نهم، مبحث دهم و استاندارد ۲۸۰۰ در ۱۰ آزمون اخیر محاسبات

جدول بودجه بندی آزمون محاسبات عمران - پایه ۳											
منابع آزمون	فردار ۹۳	آبان ۹۳	مرداد ۹۴	بهمن ۹۴	شهریور ۹۵	اسفند ۹۵	مهر ۹۶	اردیبهشت ۹۷	بهمن ۹۷	مهر ۹۸	میانگین %
مبحث ۶	۷	۷	۳	۳	۳	۷	۷	۵	۵	۷	۹
مبحث ۷	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۸
مبحث ۸	۴	۴	۴	۵	۴	۲	۴	۴	۴	۴	۴.۵
مبحث ۹	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۹	۱۹	۱۷	۱۷	۱۶	۲۹.۷
مبحث ۱۰	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۶	۱۷	۱۴	۱۶	۱۵	۱۶	۲۵.۷
استاندارد ۲۸۰۰	۷	۷	۱۱	۱۰	۱۰	۶	۷	۹	۱۰	۸	۱۴.۲
تخلیل سازه	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۷

۷۰٪ = ۲۹.۷ + ۲۵.۷ + ۱۴.۲ : میانگین سهم سوالات استاندارد ۲۸۰۰، مبحث ۹ و ۱۰

۳- تخمین حدودی از بودجه بندی فصول مختلف از نشریه ۳۶۰ و نشریه ۵۲۴



سهم سوالات مربوط به روش‌های
تحلیل، سازه‌های بتنی و سازه‌های
فولادی (نشریه ۳۶۰ و ۵۲۴)

⇒ ۷۰٪ کل سوالات

دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰ (تدوین نظر اول))	
مقدمات بهسازی لرزه‌ای	فصل ۱
گردآوری مدارک و اطلاعات، شناخت وضع موجود	فصل ۲
روش‌های تحلیل	فصل ۳
ساختمان‌ها و پی	فصل ۴
سازه‌ها و اجزای فولادی	فصل ۵
سازه‌ها و اجزای بتنی	فصل ۶
ساختمان‌ها و اجزای مصالح بنایی	فصل ۷
دیافراگم‌ها و میان‌قاب‌ها	فصل ۸
بهسازی اجزای غیرسازه‌ای	فصل ۹
سامانه‌های جداساز لرزه‌ای و اتلاف انرژی	فصل ۱۰
بهسازی ساده	فصل ۱۱

۴- مفهوم طراحی و روند ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



بهسازی لرزه‌ای (Seismic Rehabilitation)

ایجاد قابلیت انجام وظیفه یا وظایفی در ساختمان است که آن ساختمان در وضع موجود قادر به انجام تمام و کمال آن وظیفه یا وظایف نمی‌باشد. این عدم توانایی‌های ساختمان تنها از دو دلیل مهم ناشی می‌شود:

۱- عدم تحقق فرضیات و حداقل‌های طراحی در ساختمان موجود : Retrofitting

اگر بهسازی ساختمان به منظور برگرداندن عملکرد فرض طراحی و یا جبران زوال، فرسایش و خسارات موجود باشد به آن اعاده وضع یا اعاده کیفیت می‌گویند.

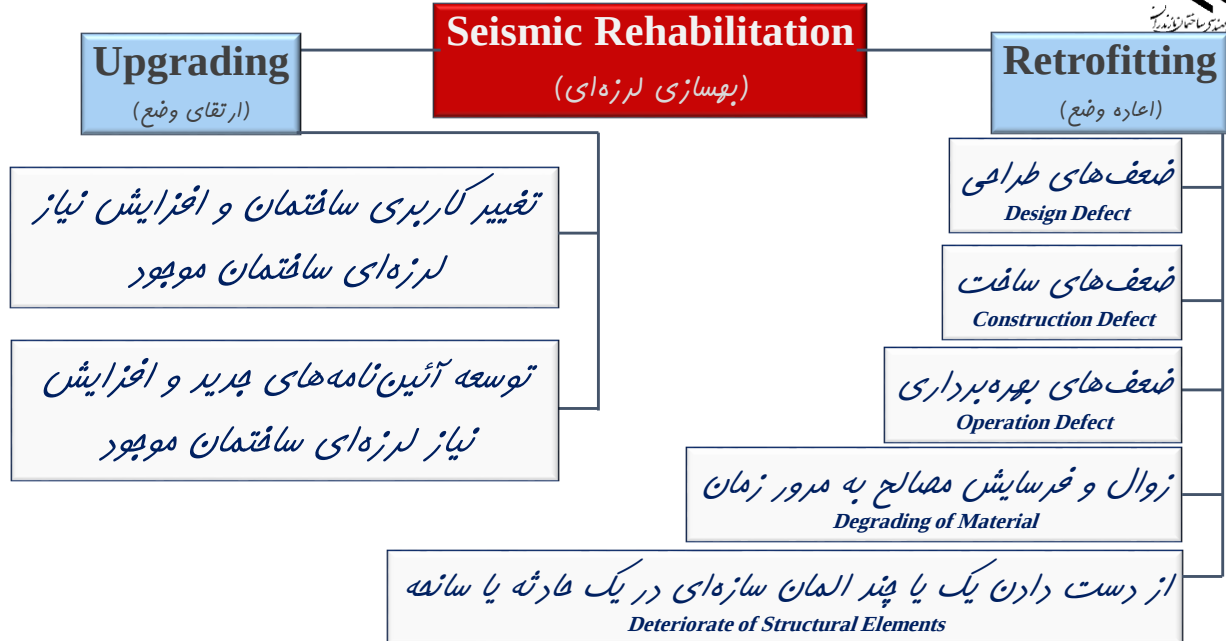
۲- افزایش نیاز لرزه‌ای و سنگین‌تر شدن وظایف در ساختمان موجود : Upgrading

اگر بهسازی ساختمان به منظور پاسخ‌گویی سازه به افزایش نیاز لرزه‌ای یا سنگین‌تر شدن وظایف ساختمان باشد به آن ارتقای وضع یا ارتقای کیفیت می‌گویند.

۴- مفهوم طراحی و روند ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



مركز پژوهش‌های لرزه‌شناختي و مركز پژوهش‌های مهندسی زلزله



۴- مفهوم طراحی و روند ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



مركز پژوهش‌های لرزه‌شناختي و مركز پژوهش‌های مهندسی زلزله



۴- مفهوم طراحی و روند ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



عمده دلایلی که باعث می‌شود ستون‌های بتن‌آرمه به مراتب **زودتر** از تیرهای بتنی آسیب ببینند:

- ۱- کنترل بی‌مهابای دریافت سازه از طریق عمق تیرها و در نهایت تشکیل طبقه نرم-ضعیف
- ۲- عدم مهار مناسب آرماتورهای طولی ستون و کم‌انرژی زود هنگام آنها (مقاومت واقعی کمتر از مقدار محاسباتی)
- ۳- عدم اعمال ضریب ناحیه صلب انتهایی (RZF) مطابق با ضوابط آیین نامه (این ضریب در اکثر مواقع صفر می‌باشد)
- ۴- بتن ریزی دستی ستون‌ها (کیفیت نامناسب بتن باعث علاوه بر کاهش مقاومت خمشی و برشی ستون، باعث ضعف در وصله پوششی نیز خواهد شد)
- ۵- عدم کنترل نسبت مقاومت تیر و ستون براساس آرماتورهای طولی واقعی در تیرها (تیرقوی -ستون ضعیف)
- ۶- عدم کنترل و طراحی برش اصطکاکی در محل درزهای ساخت (وجود یک سطح افقی ضعیف در ستون)
- ۷- عدم اجرای قلاب ستون‌ها به سمت داخل (قلاب به سمت بیرون هسته، مقاومت محاسباتی ستون را تا بیش از ۵۰٪ کاهش خواهد می‌دهد)
- ۸- وجود خروج از مرکزیت در ستون‌های پیرامونی به دلیل هم‌پا کردن ستون‌ها از وجه بیرونی سازه (این مورد در محاسبات لحاظ نمی‌شود)

مفهوم طراحی (Design Concept)

"مفهوم طراحی" یک مقوله بسیار مهم و تعیین‌کننده‌ای است که با تشریح نیازهای طراحی، روند سیستماتیک را برای طراحی استاندارد سازه مشخص می‌کند.



۳- چالش‌های طراحی (Design Challenges)

- ۱-۳- توجیه معماری
- ۲-۳- توجیه اجرایی
- ۳-۳- توجیه اقتصادی
- ۳-۳- توجیه عملکردی

۲- معیارهای طراحی (Design Criteria)

- ۱-۲- مقاومت
- ۲-۲- سفتی
- ۳-۲- پایداری
- ۳-۲- شکل‌پذیری
- ۳-۲- بهره‌برداری

۱- رویکردهای طراحی (Design Approach)

- ۱-۱- طراحی براساس مقاومت
- ۲-۱- طراحی براساس تغییرشکل

فرایند ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

مرحله ۱ :

ارزیابی آسیب‌پذیری

۱-۱- مطالعات اولیه (ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری)

۱-۲- مطالعات تفصیلی (ارزیابی کمی آسیب‌پذیری)

مرحله ۲ :

تهیه طرح بهسازی و
مقدمات اجرای طرح

۱-۲- تهیه طرح مقدماتی

ارائه راهنماهای بهسازی

۲-۲- تهیه طرح نهائی

ارائه نقشه‌های اجرایی، مشخصات فنی و تحلیل اقتصادی طرح

مرحله ۳ :

اجرای طرح بهسازی

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



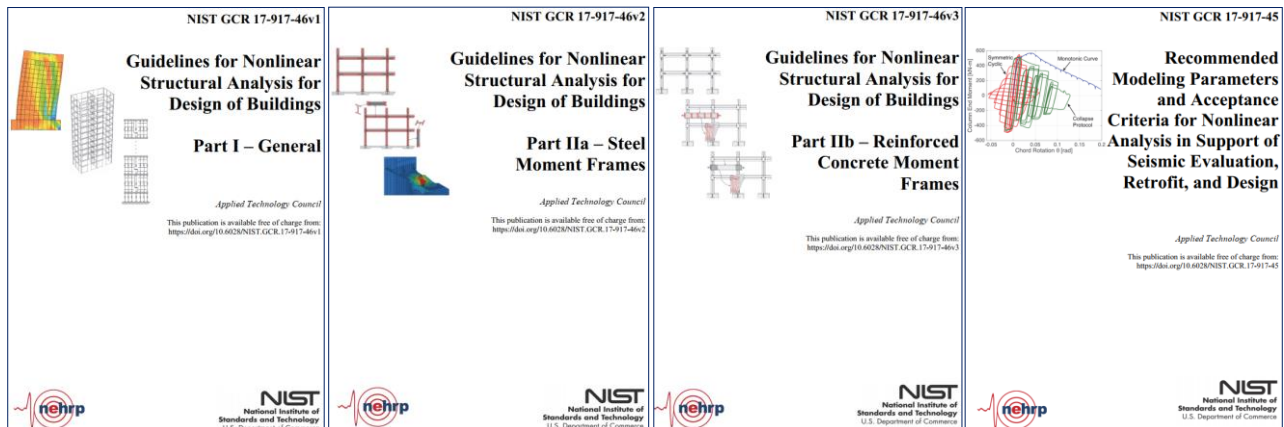
۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



NIST.GCR.17-917-46v1, NIST.GCR.17-917-46v2, NIST.GCR.17-917-46v3, NIST.GCR.17-917-45



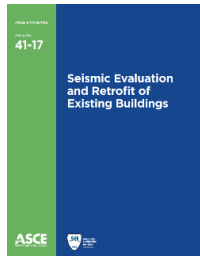
April 2017

April 2017

April 2017

April 2017

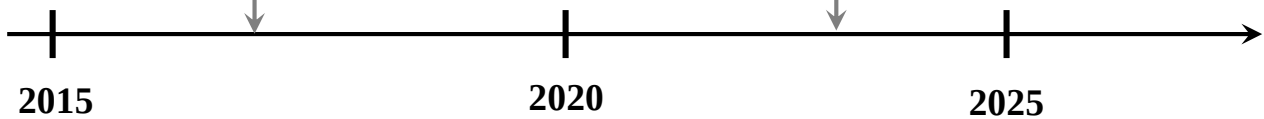
۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



ASCE41-17

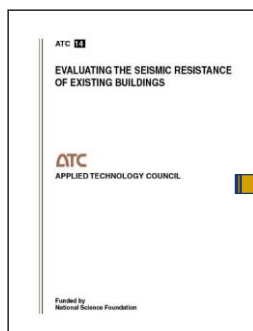
ASCE41-23

Is creating...

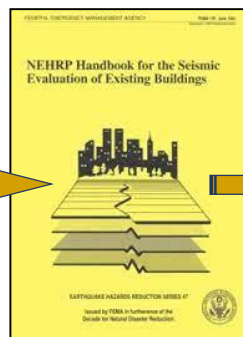


The ASCE/SEI 41 Committee is in the process of creating the **ASCE 41-23** version of the standard "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings."

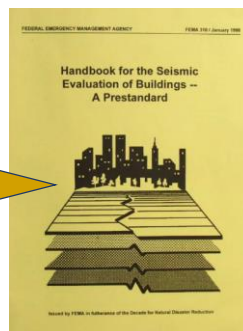
Evolution of the development of ASCE/SEI 31



ATC 14



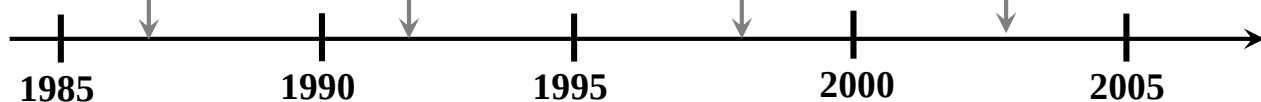
FEMA 178



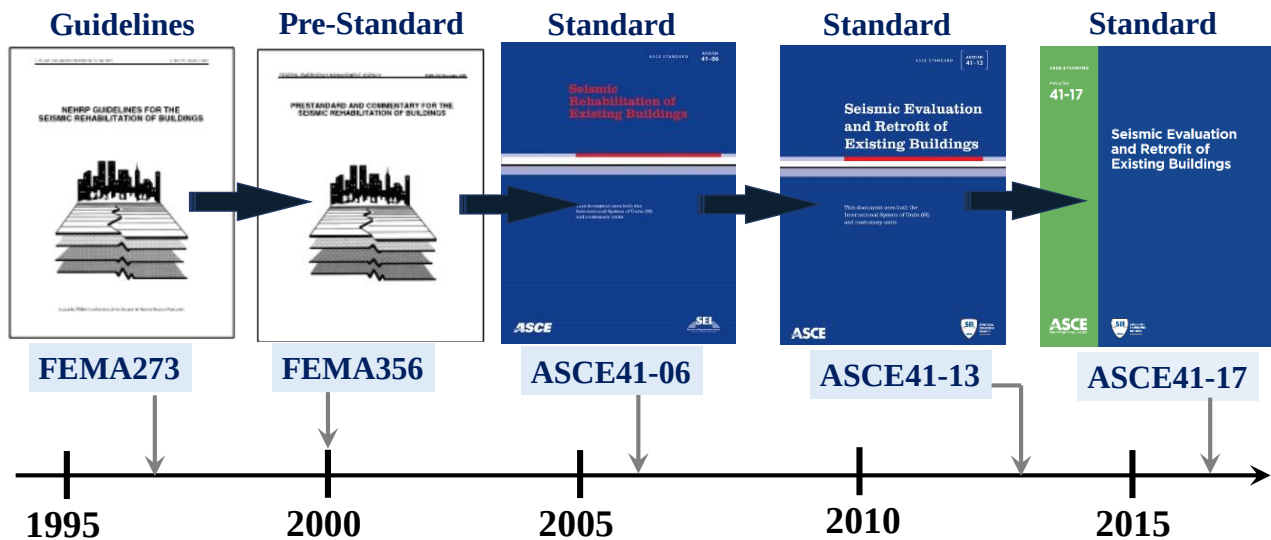
FEMA 310



ASCE 31-03



Evolution of the development of ASCE/SEI 41



۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



➤ 1886 Charleston, SC

- Magnitude estimated 6.9-7.3
- 60 Deaths and damaged 2,000 buildings
- ~\$5.5M in damages (~\$150M in 2017)



➤ 1925 Santa Barbara, CA

- Magnitude estimated 6.5-6.8
- 13 Deaths and Destroyed City Center
- ~\$8M in damages (~\$111M in 2017)



➤ **1933 Long Beach, CA**

- Magnitude estimated 6.4
- 120 Deaths (mostly by falling debris)
- ~\$40M in damages (~\$750M in 2017)



Vehicle
Covered by
Debris

➤ **1971 San Fernando, CA**

- Magnitude estimated 6.5
- 58 Deaths
- ~\$500M in damages (~\$3B in 2017)



Partial
Collapse of
Hospital

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی

 **N****e****t****i****o****n****a****l****E****a****r****t****h****q****u****a****k****e****H****a****z****a****r****d****s****R****e****d****u****c****t****i****o****n****P****r****o****g****r****a****m** (**NEHRP**)

- NEHRP, first authorized by Congress in 1977, coordinates the earthquake-related activities of the Federal Government.
- GOAL: Mitigate earthquake losses in the U.S. through basic and directed research and implement activities in the fields of earthquake science and engineering
 - The four NEHRP federal agencies:



FEMA ➤ **FEMA** – Federal Emergency Management Agency



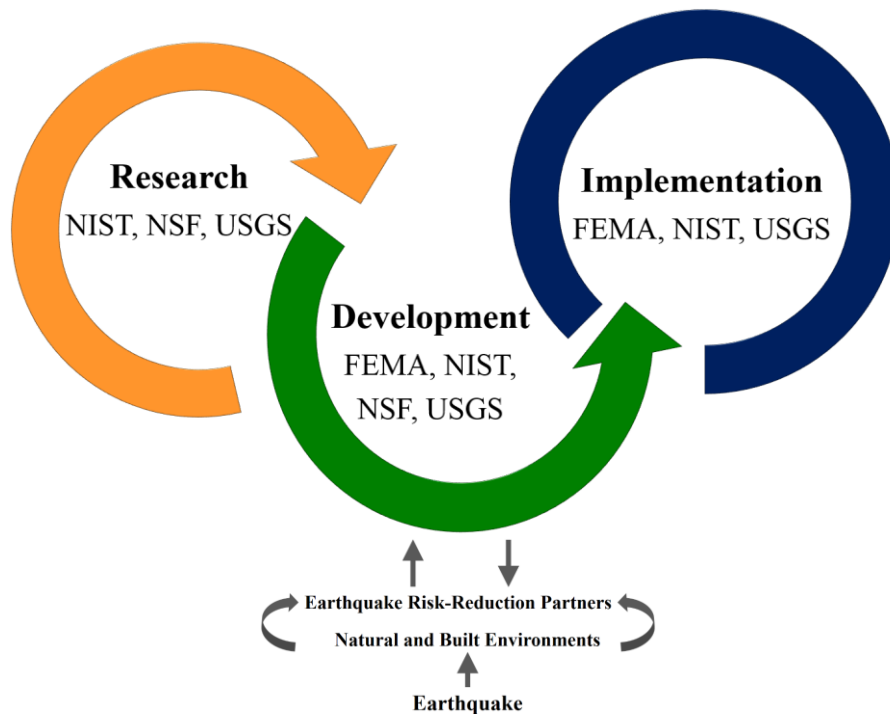
NIST ➤ **NIST** – National Institute of Standards and Technology (LEAD Agency)



➤ **NSF** – National Science Foundation



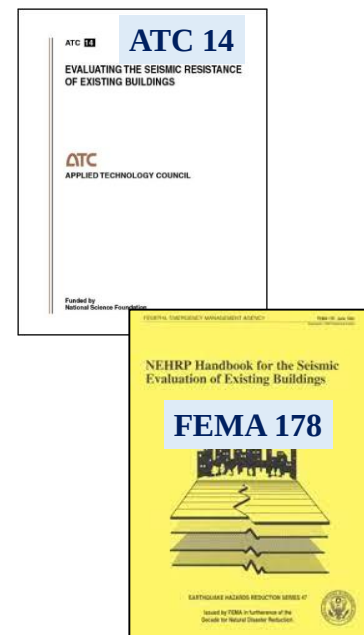
➤ **USGS** – US Geological Survey



ATC 14 EVALUATING THE SEISMIC RESISTANCE OF EXISTING BUILDINGS

- Applied Technology Council (ATC) published one of the first set of *Guidelines for the “Seismic Evaluation of Existing Buildings”*, ATC-14 (1987)
 - First Attempt creating Seismic Evaluation Tool
 - Later modified and published as ATC-22 (1989)

- FEMA 178 NEHRP Handbook For The Seismic Evaluation Of Existing Buildings (1992)
 - Development of Checklists



➤ **1989 Loma Prieta, CA**

- Magnitude estimated 6.9
- 63 Deaths and nearly 4,000 Injuries
- ~\$12B in damages (in 2017 money)



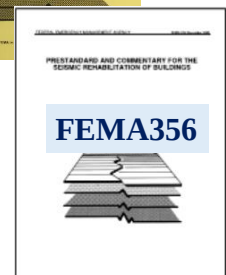
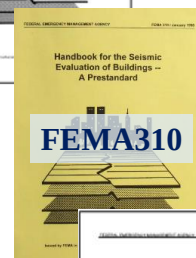
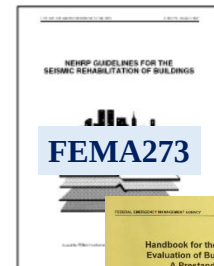
➤ **1994 Northridge, CA**

- Magnitude estimated 6.7
- 57 Deaths and nearly 8,700 Injuries
- Up to ~\$70B (in 2017 money)



HANDBOOKS AND REFERENCES

- In the 1990's, FEMA sought to update FEMA 178 methodology from recent events such as the 1989 Loma Prieta and the 1994 Northridge earthquakes (as well as from the development of performance based design procedures)
- FEMA 273 and 274 NEHRP Guidelines and Commentary For The Seismic **Rehabilitation** Of Buildings (1997)
- FEMA published a revised guideline, designated FEMA 310 (January 1998) entitled Handbook for the Seismic **Evaluation** of Buildings – A Prestandard.
- FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic **Rehabilitation** of Buildings (2000)



The title of this document, FEMA 356 Prestandard and Commentary for the [Seismic Rehabilitation](#) of Buildings, incorporates a word that not all users may be familiar with. That word—**prestandard**—has a special meaning within the ASCE Standards Program in that it signifies **the document has been accepted for use as the start of the formal standard development process**, however, the document has yet to be fully processed as a voluntary consensus standard.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY

FEMA 356/November 2000

PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS

FEMA356

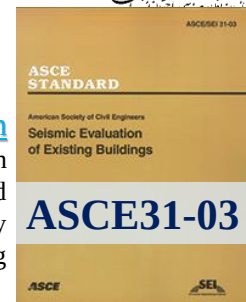


5-Development of Seismic [Evaluation](#) and [Retrofit](#) Procedures



➤ ASCE 31-03 – *Seismic [Evaluation](#) of Existing Buildings*

- ASCE/SEI 31-03 is intended to replace **FEMA 310**, Handbook for [Seismic Evaluation](#) of Buildings — A Prestandard (1998). This Standard was written to: reflect advancements in technology; incorporate the experience of design professionals; incorporate lessons learned during recent earthquakes; be compatible with **FEMA 356**, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (2000); be suitable for adoption in building codes and contracts; be nationally applicable; and provide evaluation techniques.



- Life Safety and Immediate Occupancy Performance Levels.
- Includes evaluation procedures for geotechnical, foundation hazards, and nonstructural components in the building.
- ASCE/SEI 31 defines a three-tiered process in which each successive tier involves more detailed evaluation and increased engineering effort. The additional effort in each tier is intended to achieve greater confidence in the identification and confirmation of seismic deficiencies. The ASCE/SEI 31 evaluation procedure comprises three phases:

▪ Tier 1 - Screening Phase

The basis of the methodology is a checklist procedure utilizing a series of checklists to identify building characteristics that have exhibited poor performance in past earthquakes. Checklists include the basic and supplemental structural checklists, the basic, intermediate, and supplemental nonstructural checklists, and the geologic site hazard and foundation checklists. Selection of appropriate checklists depends on the common building type designation, level of seismicity, and desired level of performance. The checklists contain statements that are used to define the scope of the evaluation and identify potential deficiencies that can be investigated in more detail.

▪ Tier 3 - Detailed Evaluation

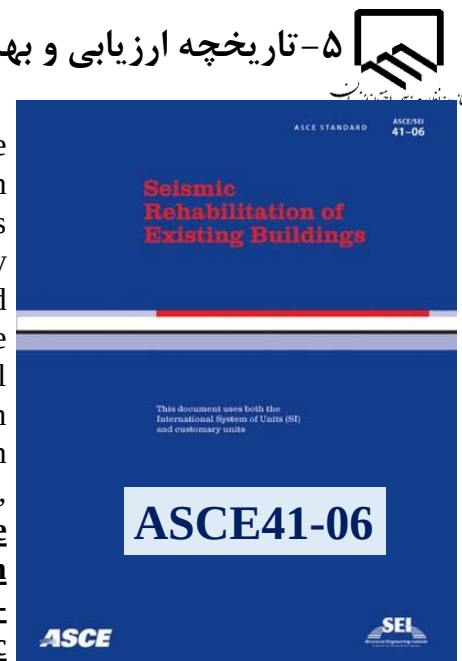
If a building does not comply with one or more checklist statements in Tier 1, the condition can be investigated further to confirm or eliminate the deficiency. The Tier 2 Evaluation Phase is conducted using linear static or linear dynamic force-based calculations on a deficiency-only or full-building basis.

▪ Tier 2 - Evaluation Phase

If deficiencies are not eliminated in the Tier 2 Evaluation Phase, they can be investigated further using nonlinear static or nonlinear dynamic analyses. The Tier 3 Detailed Evaluation Phase is based on the procedures and criteria contained in ASCE/SEI 41, although the use of reduced criteria (75% of the specified demand) is permitted for this evaluation.

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها

Seismic Rehabilitation of Existing Buildings presents the latest generation of performance-based seismic rehabilitation methodology. This new national consensus standard was developed from the FEMA 356, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. This Standard represents state-of-the-art knowledge in earthquake engineering and is a valuable tool for the structural engineering profession to improve building performance in future earthquakes. It includes significant improvements in current understanding of building behavior in earthquakes, such as: improved C-coefficients for calculation of the pseudo-lateral force and target displacement based on recommendations in FEMA 440; comprehensive soil-structure interaction provisions, including kinematic effects and foundation damping effects;



revised acceptance criteria for steel moment frames to reflect final conclusions of the SAC Joint Venture research; expanded acceptance criteria for concentrically braced frames defined as a function of brace slenderness, compactness, and level of connection detailing; and updated nonstructural provisions to be consistent with current NEHRP Provisions for new buildings.

ASCE/SEI Standard 41-06 is a valuable tool for structural engineers and the public for improving seismic performance of existing buildings.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY FEMA 356/November 2000

PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS

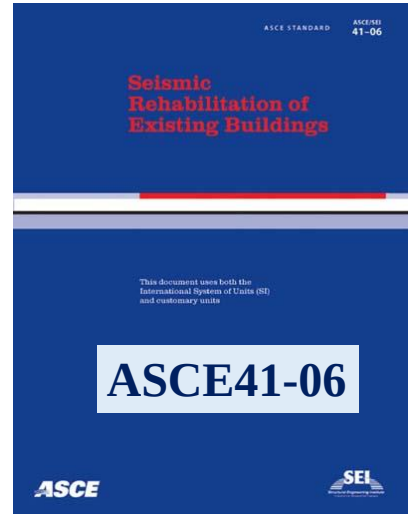
FEMA356



+



⇒



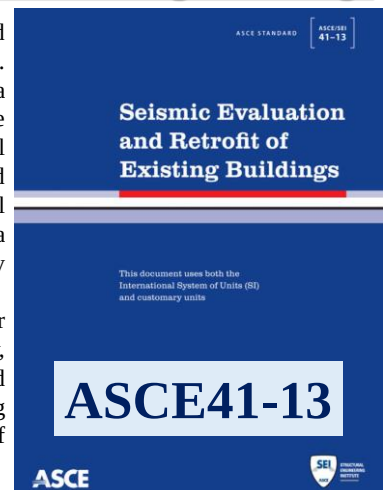
۵-تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی

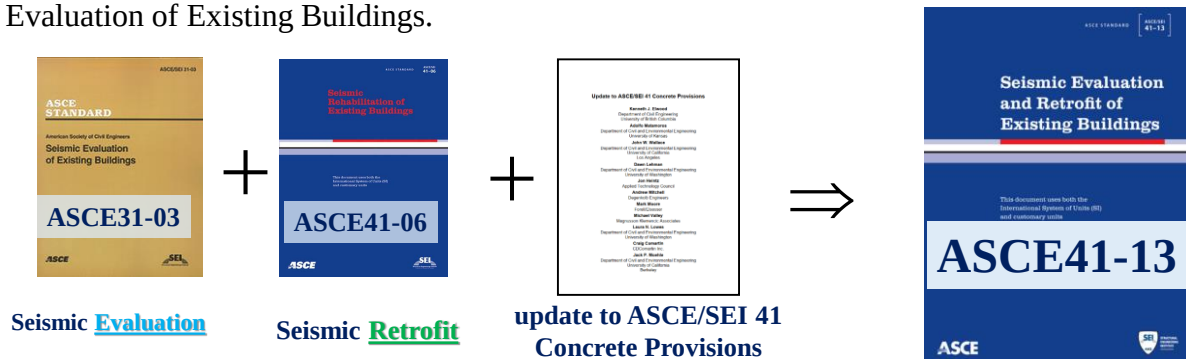
Seismic Evaluation and Retrofit Rehabilitation of Existing Buildings

describes deficiency-based and systematic procedures that use performance-based principles to evaluate and retrofit existing buildings to withstand the effects of earthquakes. This next-generation standard combines the evaluation and retrofit process and puts forth a three-tiered process for seismic evaluation according to a range of building performance levels—from collapse prevention to operational—that marry targeted structural performance with the performance of nonstructural elements. The deficiency-based procedures allow the evaluation and retrofit effort to focus on specific potential deficiencies deemed, on the basis of past earthquake observations, to be of concern for a permissible set of building types and heights. The systematic procedure, applicable to any building, sets forth a methodology to evaluate the entire building in a rigorous manner. Analysis procedures and acceptance criteria are established and requirements put forth for foundations and geologic site hazards; components made of steel, concrete, masonry, wood, and cold-formed steel; architectural mechanical and electrical components and systems; and seismic isolation and energy dissipation systems. In addition, screening checklists are provided for a variety of building types and seismicity levels in support of the Tier 1 process.



ASCE 41-13: Seismic Evaluation and Retrofit Rehabilitation of Existing Buildings

The committee chose to combine the standards into one document and coordinate the evaluation and retrofit procedures. This standard updates and replaces the previous Standard ASCE/SEI 41-06, Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, as well as Standard ASCE/SEI 31-03, Seismic Evaluation of Existing Buildings.

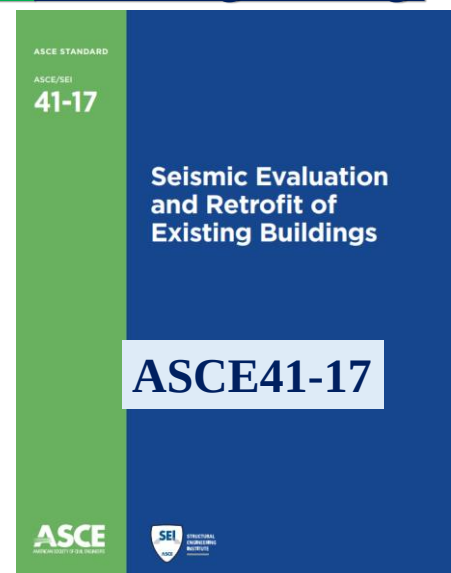


- Three-tiered process for seismic evaluation
 - Tier 1 Screening
 - Tier 2 Deficiency-Based Evaluation and Retrofit
 - Tier 3 Systematic Evaluation and Retrofit
- First time Evaluation and Rehabilitation codes of Existing Buildings were combined.
- Utilizes ASCE 7-10.

۵-تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها

ASCE41-17: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings

Standard ASCE/SEI 41-17, describes deficiency-based and systematic procedures that use performance-based principles to evaluate and retrofit existing buildings to withstand the effects of earthquakes. The standard presents a three-tiered process for seismic evaluation according to a range of building performance levels by connecting targeted structural performance and the performance of nonstructural components with seismic hazard levels. The deficiency-based procedures allow evaluation and retrofit efforts to focus on specific potential deficiencies deemed to be of concern for a specified set of building types and heights. The systematic procedure, applicable to any building, sets forth a methodology to evaluate the entire building in a rigorous manner. This standard establishes analysis procedures and acceptance criteria, and specifies requirements for foundations and geologic site hazards; components made of steel, concrete, masonry, wood, and cold-formed steel; architectural, mechanical, and electrical components and systems; and seismic isolation and energy dissipation systems.



Checklists are provided for a variety of building types and seismicity levels in support of the Tier 1 screening process. This new edition, which updates and replaces previous editions of ASCE 41, introduces revisions to the basic performance objectives for existing buildings and to the evaluation of force-controlled actions. It revises the nonlinear dynamic procedure and changes provisions for steel and concrete columns, as well provisions as for unreinforced masonry. Standard ASCE/SEI 41-17 is a primary reference for structural engineers addressing the seismic resilience of existing buildings and for building code officials reviewing such work; it also will be of interest to architects, construction managers, academic researchers, and building owners.

- Updated from ASCE 41-13
- Significant changes were included for the Basic Performance Objectives, seismic hazard used in Tier 1 and Tier 2, treatment of force-controlled components, nonlinear analysis provisions, nonstructural performance levels, demands on out-of-plane wall forces, modeling parameters and acceptance criteria of steel and concrete columns, and anchor testing.
- Utilizes ASCE 7-16

۵-تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



An ACI Standard

Standard Requirements
for Seismic Evaluation
and Retrofit of Existing
Concrete Buildings
(ACI 369.1M-17) and
Commentary

Reported by ACI Committee 369

ACI 369.1M-17

PREFACE

This standard provides retrofit and rehabilitation criteria for reinforced concrete buildings based on results from the most recent research on the seismic performance of existing concrete buildings. The intent of this standard is to provide a continuously updated resource document for modifications to Chapter 10 of ASCE 41-17, similar to how the National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) Recommended Seismic Provisions produced by the Federal Emergency Management Agency (FEMA) (FEMA 450) have served as source documents for the International Building Code (IBC) and its predecessor building codes. Specifically, this version of ACI 369.1M serves as the basis for Chapter 10, "Concrete," of ASCE 41-17.

ACI 369.1M-17 was adopted September 22, 2017, and published February 2018. Copyright © 2018, American Concrete Institute.

All rights reserved including rights of reproduction and use in any form or by any means, including the making of copies by any photo process, or by electronic or mechanical device, printed, written, or oral, or recording for sound or visual reproduction or for use in any knowledge or retrieval system or device, unless permission in writing is obtained from the copyright proprietors.

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



ACI 369R-11

Guide for Seismic Rehabilitation of Existing Concrete Frame Buildings and Commentary

Reported by ACI Committee 369

This guide, which was developed based on the format and content of ASCE/SEI 41-06, Chapter 6.0, "Concrete," describes methods for estimating the seismic performance of both existing and new concrete components in an existing building. The guide is intended to be used with the analysis procedures and Rehabilitation Objectives established in ASCE/SEI 41-06 for the Systematic Rehabilitation Method. The guide provides recommendations for modeling parameters and acceptance criteria for linear and nonlinear analysis of beams, columns, joints, and slab-column connections of concrete buildings and the procedures for obtaining material properties necessary for seismic rehabilitation design.

ACI 369R-11 was adopted and published February 2011.

Copyright © 2011, American Concrete Institute.

All rights reserved including rights of reproduction and use in any form or by any means, including the making of copies by any photo process, or by electronic or mechanical device, printed, written, or oral, or recording for sound or visual reproduction or for use in any knowledge or retrieval system or device, unless permission in writing is obtained from the copyright proprietors.



American Concrete Institute®

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



AISC 342-XX

Seismic Provisions for Evaluation and Retrofit of Existing Structural Steel Buildings

PUBLIC REVIEW DRAFT dated April 29, 2020

(Not yet) Approved by the AISC Committee on Specifications



AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION
130 East Randolph Street, Suite 2000, Chicago, Illinois 60601
www.aisc.org

2020 Seismic Provisions for Evaluation and Retrofit of Existing Structural Steel Buildings
Draft dated April 29, 2020
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

PREFACE

(This Preface is not part of ANSI/AISC 342-22, *Seismic Provisions for Evaluation and Retrofit of Existing Structural Steel Buildings*, it is included for informational purposes only.)

These Provisions are based upon past successful usage and advances in the state of knowledge relative to the retrofit of structures subjected to seismic loads. Where required by ASCE/SEI 41, these Provisions are intended to be used in conjunction with the *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, ANSI/AISC 341.

The Provisions are ANSI-approved and have been developed as a consensus document using ANSI-accredited procedures to provide a uniform practice for the seismic retrofit of steel-framed buildings, and also those buildings that may include composite, cast iron, and wrought iron elements. The intention is to provide design criteria to be used in conjunction with ASCE/SEI 41. It is intended that ASCE/SEI 41 adopt these Provisions to replace Chapter 9 of that standard. The intention is also to provide design criteria for routine use and not to provide specific criteria for infrequently encountered problems, which occur in the full range of structural design.

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



پیوست ۲

راهنمای انجام تحلیل‌های غیر خطی

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



جمهوری اسلامی ایران معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور امور نظام فنی nezamfanni.ir ۱۳۹۲	جمهوری اسلامی ایران سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی امور نظام فنی و اجرایی Nezamfanni.ir ۱۳۹۶	جمهوری اسلامی ایران سازمان برنامه و بودجه کشور معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی امور نظام فنی و اجرایی Nezamfanni.ir ۱۳۹۶	جمهوری اسلامی ایران معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور امور نظام فنی nezamfanni.ir ۱۳۹۲
تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (ویرایش اول) نشریه شماره ۳۶۱	تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود نشریه شماره ۳۶۰	تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود شابیه شماره ۳۶۱ (تجدید نظر اول)	دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود نشریه شماره ۳۶۰ (تجدید نظر اول)

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



جمهوری اسلامی ایران سازمان برنامه و بودجه کشور دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی متداول موجود ضابطه شماره ۷۴۲ معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی امور نظام فنی و اجرایی Necanfanni.ir www.bhrc.ac.ir ۱۳۹۶	جمهوری اسلامی ایران سازمان برنامه و بودجه کشور دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی متداول موجود ضابطه شماره ۷۴۱ معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی امور نظام فنی و اجرایی Necanfanni.ir www.bhrc.ac.ir ۱۳۹۶	جمهوری اسلامی ایران سازمان برنامه و بودجه کشور دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های آجری متداول موجود ضابطه شماره ۷۴۰ معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی امور نظام فنی و اجرایی Necanfanni.ir www.bhrc.ac.ir ۱۳۹۶	جمهوری اسلامی ایران معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور راهنمای روش‌ها و شیوه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و جزئیات اجرایی نشریه شماره ۵۲۴ معاونت نظارت راهبردی دفتر نظام فنی اجرایی necanfanni.ir ۱۳۸۹
--	--	--	---

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل طراحی لرزه‌ای سازه و اجزای غیرسازه‌ای بیمارستان‌ها بر اساس عملکرد

ضابطه شماره ۸۱۶

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی
وزارت راه و شهرسازی
معاونت فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
http://bhrc.ac.ir
Necanfanni.ir
سازمان محتری ساختمان‌ها و تأسیسات دولتی و عمومی
معاونت برنامه‌ریزی و مهندسی
www.cbhl.gov.ir

۱۳۹۹

۵- تاریخچه ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و استانداردها



دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰) برگرفته از کدام یک از دستورالعمل‌ها یا استانداردها می‌باشد؟

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY FEMA 356/November 2000

PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE
SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS



FEMA356

ASCE STANDARD ASCE/SEI 41-06

American Society of Civil Engineers
**Seismic Rehabilitation
of Existing Buildings**
This document uses both the International System of Units (SI) and customary units.

ASCE

Published by the American Society of Civil Engineers

SEI

ASCE41-06

ASCE STANDARD ASCE/SEI 41-13

American Society of Civil Engineers
**Seismic Evaluation and
Retrofit of Existing
Buildings**
This document uses both the International System of Units (SI) and customary units.

ASCE

Published by the American Society of Civil Engineers

SEI

ASCE41-13

۶- مخاطبین ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



با توجه به موارد تشریح شده، مقایسه "ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی" چه کسانی هستند؟

طراحان و مجریان که در حوزه بهسازی فعالیت می‌کنند.

طراحان و مجرانی که تجربه بهسازی ندارند.

متولیان سافت و ساز

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



په تعداد از گزاره‌های زیر صحیح می‌باشد؟

تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در تیرهای فولادی خمشی "تغییر شکل کنترل" می‌باشد.
 تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در دیوارهای برشی بتن آرمه "تغییر شکل کنترل" می‌باشد.
 تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در تیر فولادی دهانه مهاربندی شورون "تغییر شکل کنترل" می‌باشد.
 تلاش نیروی برشی (V) در گره اتصال تیر به ستون سازه‌های فولادی "تغییر شکل کنترل" می‌باشد.

- ۱- یک گزاره صحیح است.
- ۲- دو گزاره صحیح است.
- ۳- سه گزاره صحیح است.
- ۴- چهار گزاره صحیح است.

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

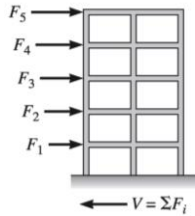


رکن اساسی در استانداردهای طراحی ساختمان در برابر زلزله، چیست؟





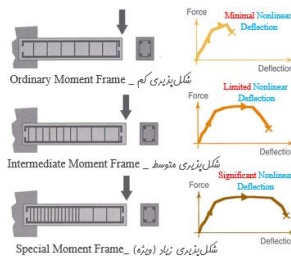
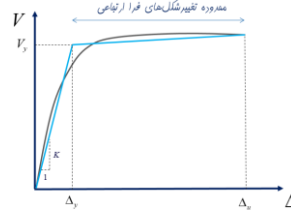
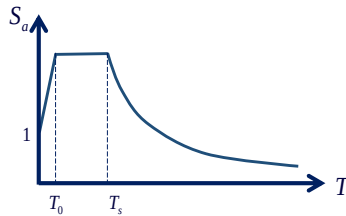
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



$$V = \frac{ABI}{R} \cdot W$$

رکن اساسی در استانداردهای طراحی ساختمان در برابر زلزله، چیست؟

$$F_i = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \times [V = C \cdot W]$$



- ✓ مقاومت و سختی
- ✓ نیروی زلزله
- ✓ شتاب مبنای طرح A
- ✓ ضریب بازتاب B
- ✓ ضریب رفتار R
- ✓ ضریب اهمیت I
- ✓ طیف شتاب طراحی در ۲۸۰۰
- ✓ طراحی لرزه‌ای
- ✓

?

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



رکن اساسی در استانداردهای طراحی ساختمان در برابر زلزله، چیست؟

- ✓ ضریب رفتار R
- ✓ طراحی لرزه‌ای

علت به وجود آمدن پارامتری به نام ضریب رفتار و به تبع آن به وجود آمدن طراحی لرزه‌ای سازه‌ها، در چیست؟

مفصل پلاستیک

مفصل پلاستیک از دو بخش مفصل و پلاستیک تشکیل شده است
مفصل و پلاستیک هر کدام به چه مفهومی می‌باشد؟



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

رکن اساسی در استانداردهای طراحی ساختمان در برابر زلزله، چیست؟

مفصل پلاستیک:

مقطعی است که تحت تلاش ایبار شده در آن، به هر تسلیم رسیده باشد و در آن انتظار تغییر شکل های فرا ارتجاعی را داشته باشیم.

مفصل پلاستیک در مقطع فولادی:

در مقطع فولادی مفصل پلاستیک مقطعی است که وابسته به نوع تلاش ایبار شده در مقطع، بخشی یا کل اجزای مقطع تسلیم شوند.

مفصل پلاستیک در مقطع بتن آرمه:

در مقطع بتن آرمه مفصل پلاستیک مقطعی است آرماتورهای کششی در آن مقطع جاری شوند.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

رکن اساسی در استانداردهای طراحی ساختمان در برابر زلزله، چیست؟

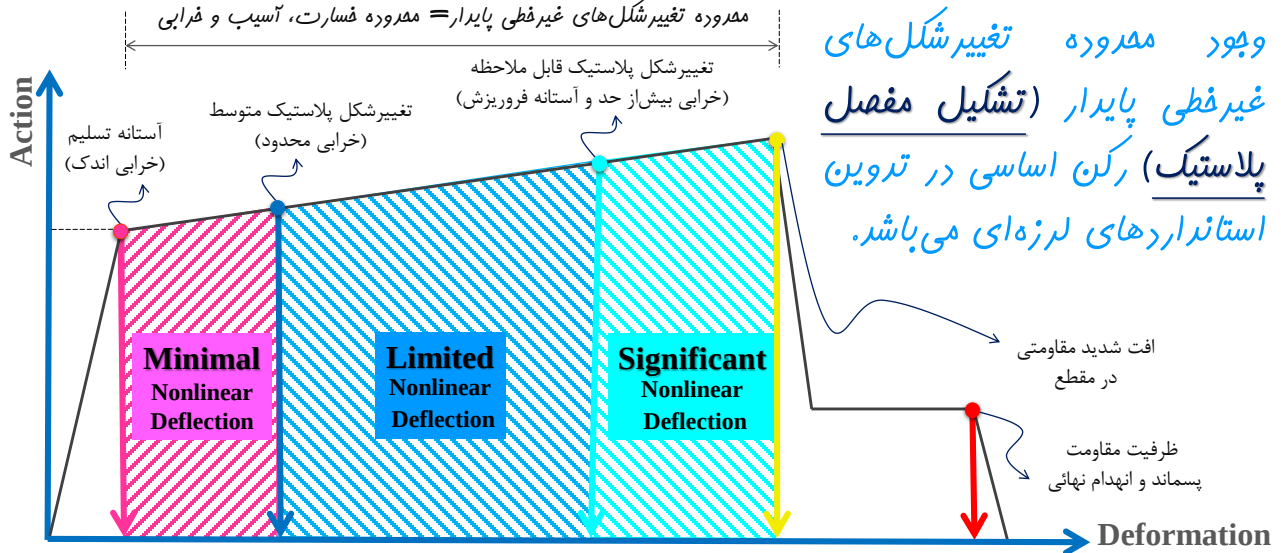
مفصل پلاستیک:

پس از تسلیم، عضو قادر به تحمل تغییر شکل های فرا ارتجاعی محدود تا بعضاً گسترده می باشد، که نهایتاً پس از تحمل یک میزان تغییر شکل فرا ارتجاعی معلوم، دچار زوال مقاومتی و یا افت شدید مقاومتی گشته، باربری خود را از دست داده و بعضاً دچار فرو ریزش می شود، به محدوده رفتاری و عملکردی پس از تسلیم تا افت شدید مقاومت، اصطلاحاً محدوده مقاومت فرا ارتجاعی، ظرفیت پس از تسلیم یا محدوده تغییر شکل های فرا ارتجاعی پایدار گفته می شود.

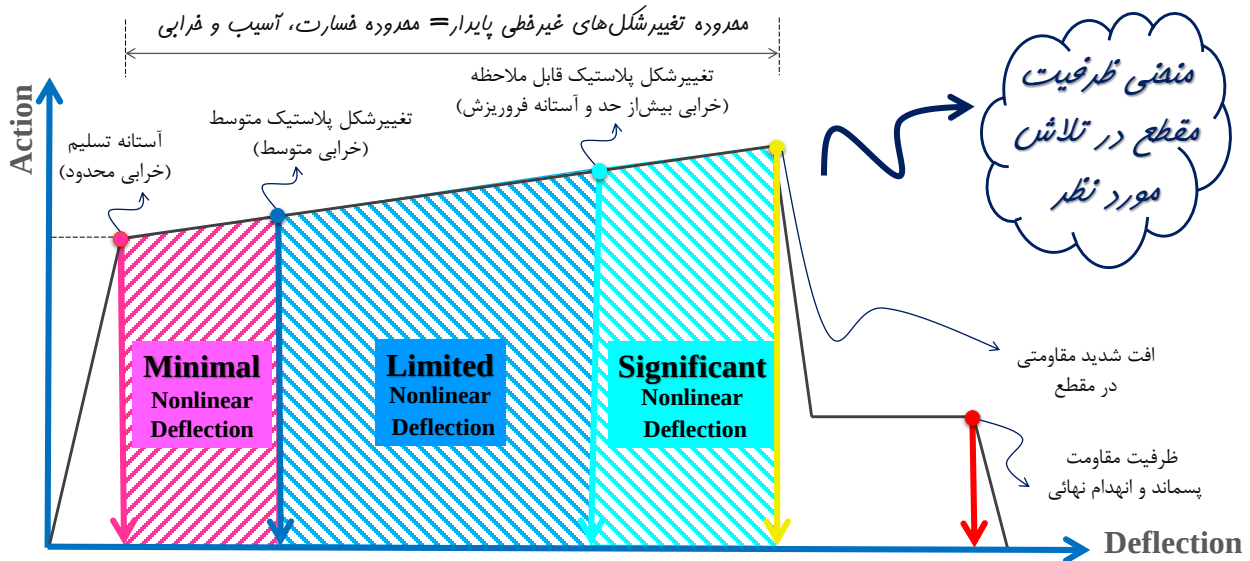
وجود این ناحیه مهمترین مبنای تدوین ضوابط استانداردهای زلزله می باشد.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی منفی ظرفیت در مولفه‌های سازه‌ای



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی منفی ظرفیت در مولفه‌های سازه‌ای





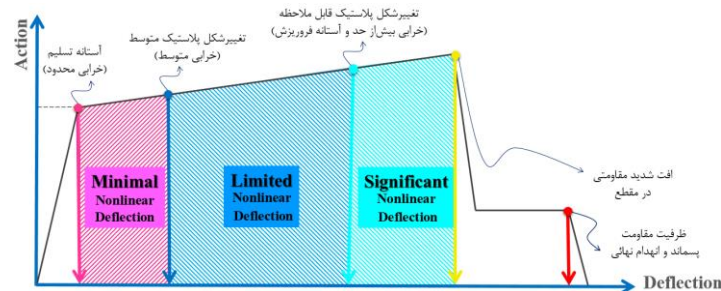
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی منحنی ظرفیت در مولفه‌های سازه‌ای

شیب ناهیه تسلیم در المان‌های مختلف و تلاش‌های مختلف متفاوت می‌باشد و به پارامترهای بسیار زیادی وابسته است. لیکن براساس ASCE41-13 و نشریه ۳۶۰ برای مقاطع بتن‌آرمه ۱۰٪ و برای مقاطع فولادی ۳٪ شیب ناهیه الاستیک لحاظ می‌گردد.

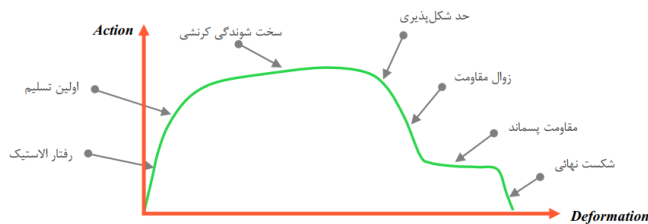
-محدوده ظرفیت فرا ارتعاشی مهمترین رکن تدوین استانداردهای لرزه‌ای است.

-بعد از تسلیم مقطع، المان دچار فروریزش، گسیفتگی و انهدام نمی‌شود.

-تمامی تعاریف شکل‌پذیری، میرایی و ظرفیت استهلاک انرژی همگی از منحنی ظرفیت بررسی شده در شکل زیر نتیجه می‌شوند.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی نکات مهم در منحنی نیرو - تغییر شکل مولفه‌های سازه‌ای



شکل (۱-۱) منحنی ظرفیت مولفه‌های سازه‌ای معمول

۱- منحنی ظرفیت در مولفه‌های سازه‌ای

۲- آسیب، فسارت و فرای

۳- فروریزش، گسیفتگی و انهدام

۴- انواع شکل‌های مختلف برای منحنی ظرفیت

۵- مقاومت و سفتی در منحنی ظرفیت

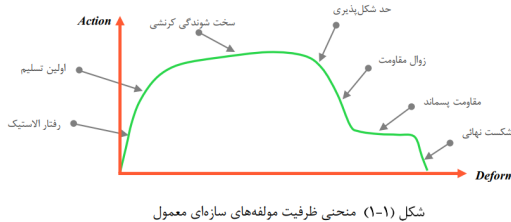
۶- اتلاف انرژی در منحنی ظرفیت

۷- شکل‌پذیری در منحنی ظرفیت



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

۱- منفی ظرفیت در مولفه‌های سازه‌ای



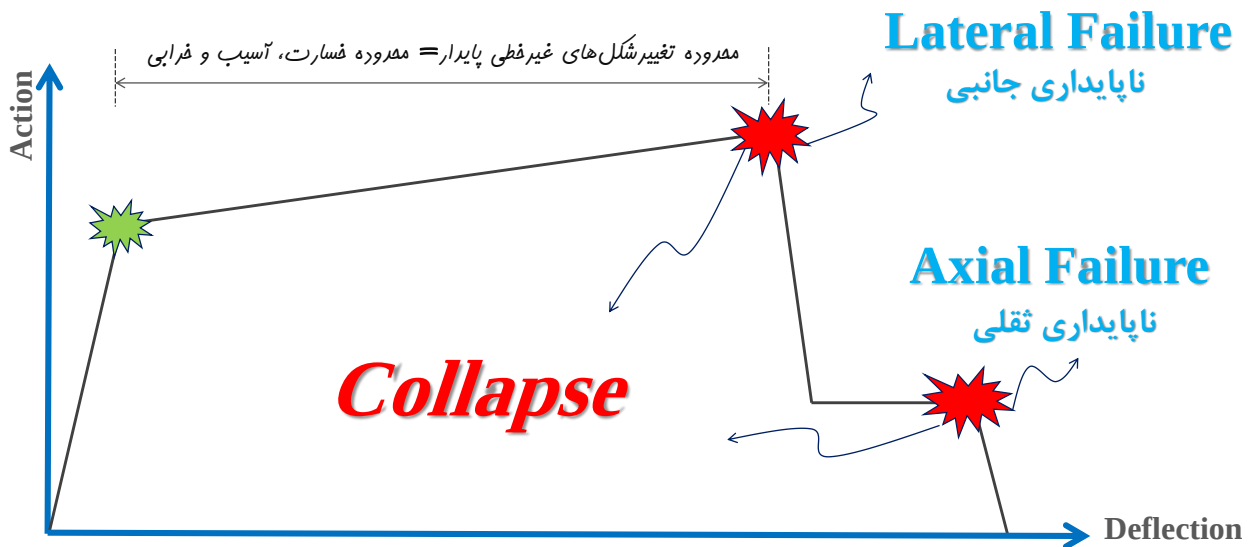
المان‌های سازه‌ای در مقاطع مختلف متحمل نیروها و لنگرهای داخلی متنوعی نظیر نیرو محوری، نیروی برشی، لنگر فمشی و لنگر پیچشی می‌باشند که از طریق مکانیک جامدات هر کدام از این نیروها و لنگرها را می‌توان به تنش‌های محوری و برشی متناظر تبدیل کرد. در مهندسی زلزله به این نیرو، لنگر و تنش‌های داخلی ایبار شده لفظ تلاش (Action) اطلاق می‌گردد.

بنابراین تلاش‌های داخلی می‌توانند هم از جنس نیرو و لنگر باشند و هم از جنس تنش باشند. هر کدام از تلاش‌های ذکر شده باعث ایبار تغییر شکل‌های (Deformation) متناظر در مقطع فوهندر شد، به عنوان مثال تلاش نیروی محوری فشاری باعث کاهش طول، تلاش لنگر فمشی باعث دوران، تلاش برش باعث اعوجاج و ... فوهندر شد. در نموداری که محور قائم آن تلاش و محور افقی آن تغییر شکل ناشی از آن تلاش باشد به منفی حاصله از آن نمودار **منفی ظرفیت مقطع برای آن تلاش** گفته می‌شود. منفی ظرفیت به فرم نیرو-تغییر مکان برای کل سازه نیز تعریف می‌شود که مشغلاً وابسته منفی ظرفیت مولفه‌های سازه‌ای فوهندر بود.

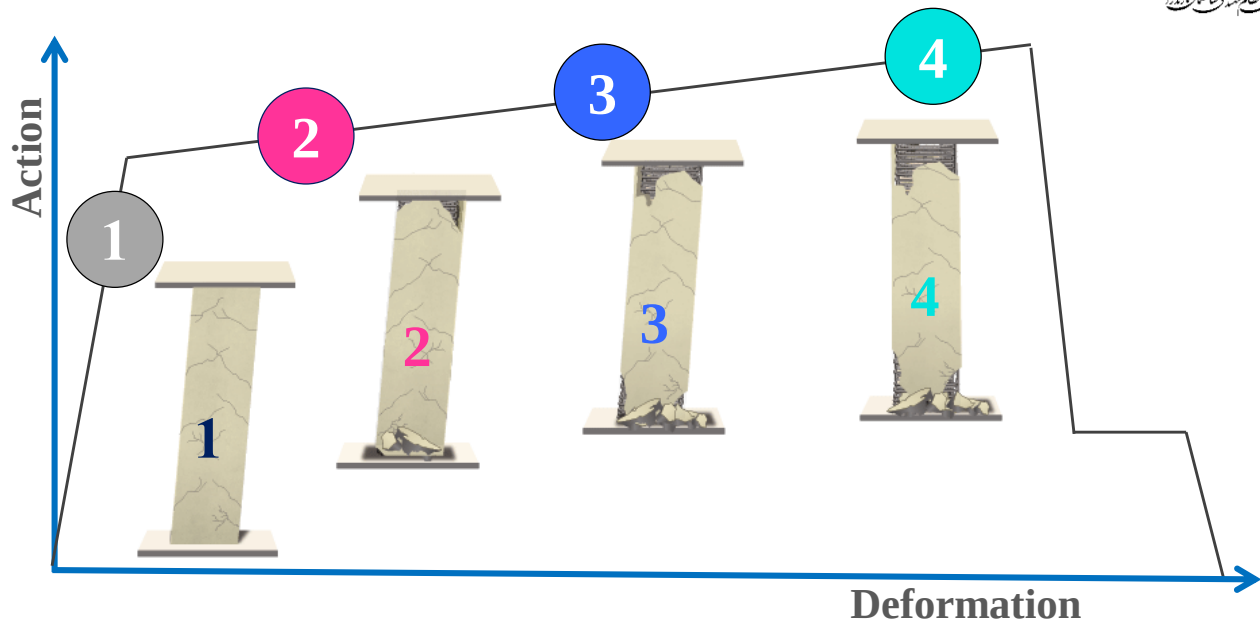


صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

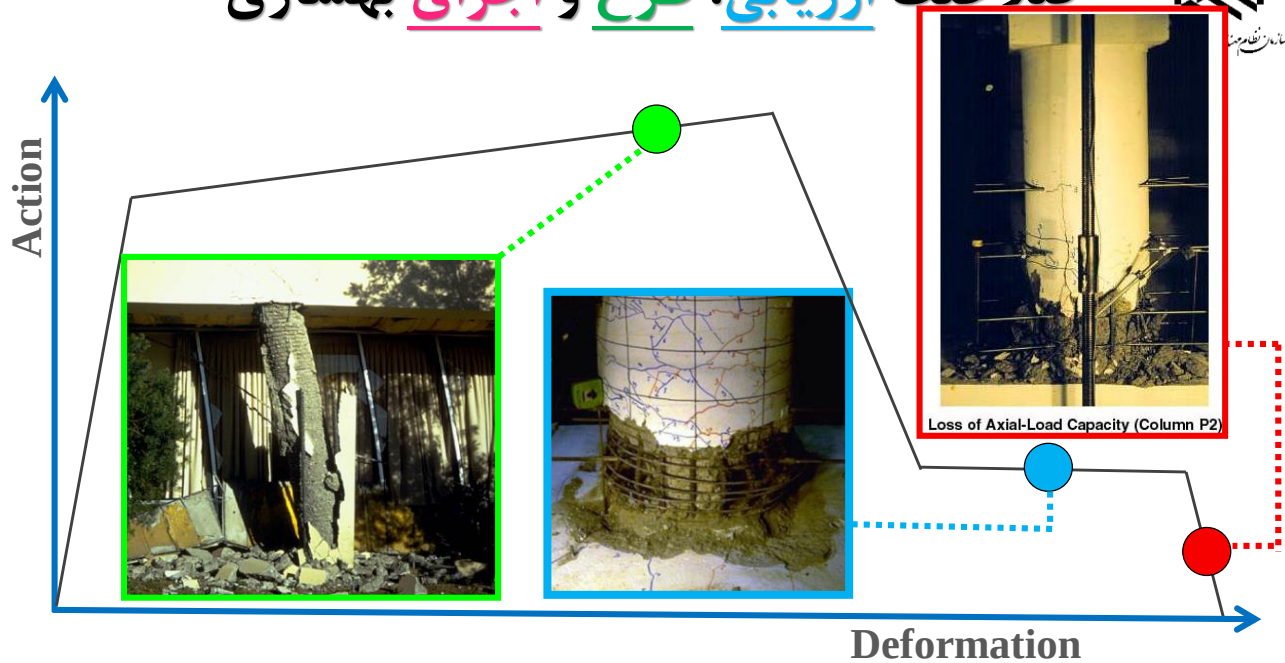
۲- آسیب، فسارات و فرای - فروریزش، گسیفتگی و انهدام



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

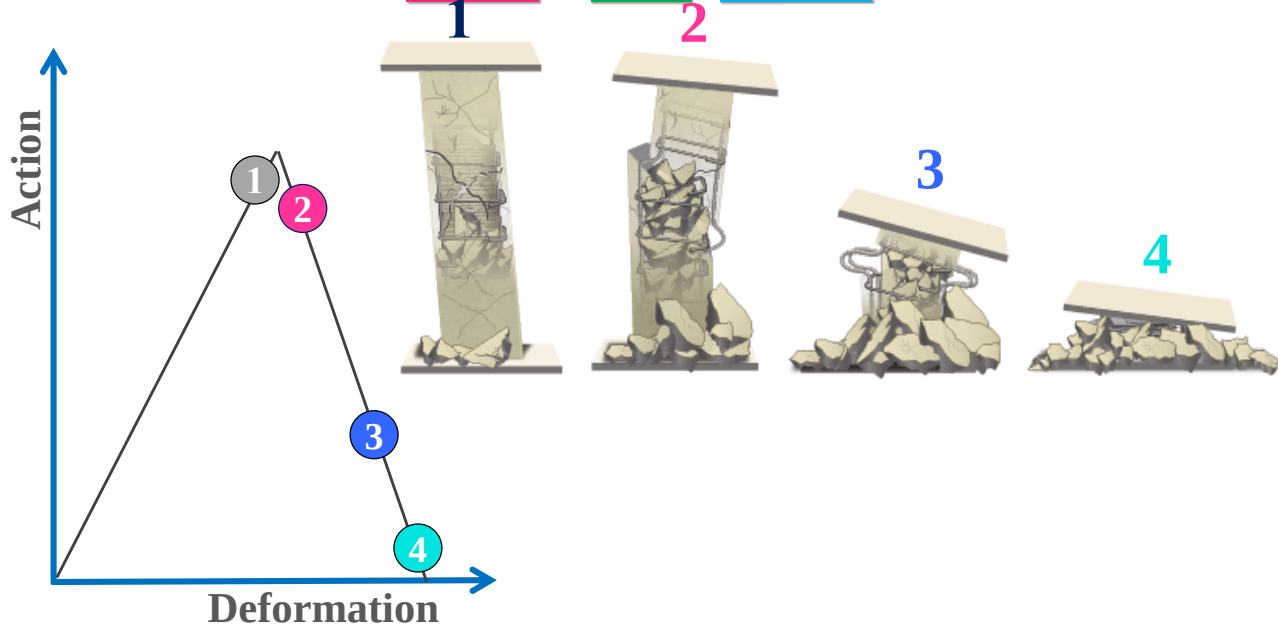


صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی





صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



انواع تلاش‌ها در مهندسی زلزله

۱- تلاش‌های کنترل شونده توسط نیرو (FC) (Force Control)

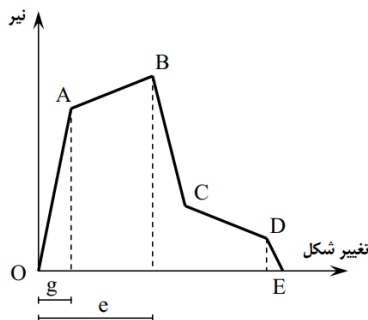
۲- تلاش‌های کنترل شونده توسط تغییر شکل (DC) (Displacement Control)

در روند طراحی براساس تحلیل‌های خطی (ضوابط تبویزی استاندارد ۲۸۰۰)، کنترل شکل‌پذیری سازه از طریق ضوابط طراحی لرزه‌ای انجام می‌گردد. در واقع ضوابطی که توسط مبحث ۹ و ۱۰ ارائه می‌شوند براساس همین مفاهیم تلاش‌های DC و FC می‌باشند، هرچند که در این مباحث اشاره مستقیمی به نوع تلاش‌های مقتلف نمی‌شود.



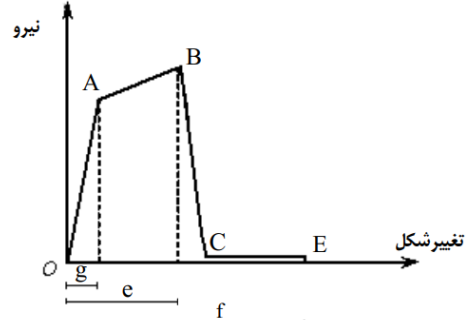
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی انواع تلاش‌ها در مهندسی زلزله

المان با جزئیات لرزه‌ای
مطلوب و دارای رفتار
پسماندر



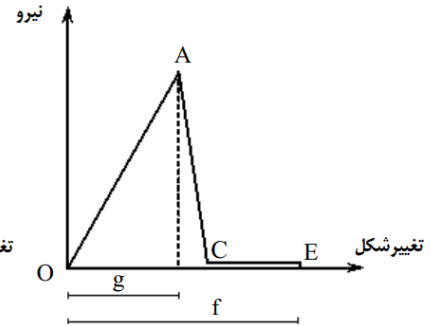
شکل (۱-۳): منحنی رفتار جزء شکل‌پذیر

المان با جزئیات لرزه‌ای
متوسط و بدون رفتار
پسماندر



شکل (۲-۳): منحنی رفتار جزء نیمه‌شکل‌پذیر

المان با جزئیات لرزه‌ای
ضعیف و نامطلوب

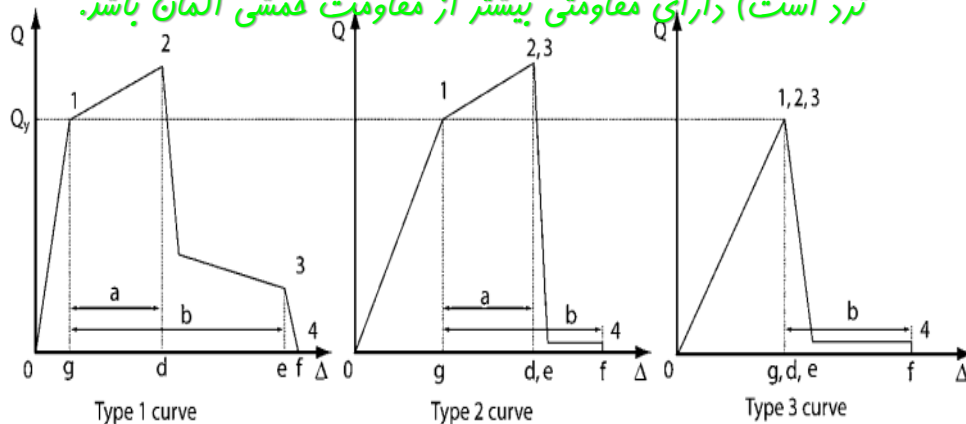


شکل (۳-۳): منحنی رفتار جزء شکننده

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی انواع تلاش‌ها در مهندسی زلزله



وابسته به جزئیات لرزه‌ای، تلاش فمشی در تیرهای بتن‌آرمه می‌تواند به یکی از حالات زیر باشد.
برای رسیدن به رفتار فمشی مطلوب (شکل سمت چپ)، باید عملکرد برشی المان (که از نوع رفتار ترد است) دارای مقاومتی بیشتر از مقاومت فمشی المان باشد.

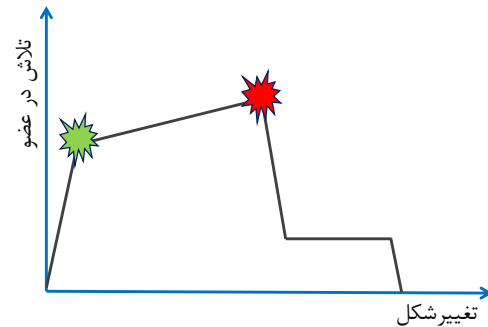
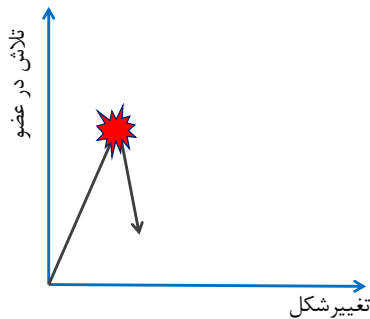




صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

انواع تلاش‌ها در مهندسی زلزله

وابسته به جزئیات لرزه‌ای، تلاش فمشی در تیرهای بتن‌آرمه می‌تواند به یکی از حالات زیر باشد.
برای رسیدن به رفتار فمشی مطلوب (شکل سمت چپ)، باید عملکرد برشی المان گره از نوع رفتار ترد است) دارای مقاومتی بیشتر از مقاومت فمشی المان باشد.

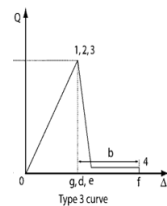


صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



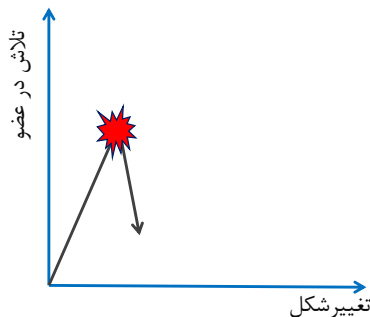
انواع تلاش‌ها در مهندسی زلزله

۱- تلاش‌های کنترل شونده توسط نیرو (FC)



ذاتاً ترد (خرابی ترد و شکننده)

حکماً ترد (۱- خرابی فاجعه بار ۲- عدم تحقق شکل‌پذیری آئین‌نامه)



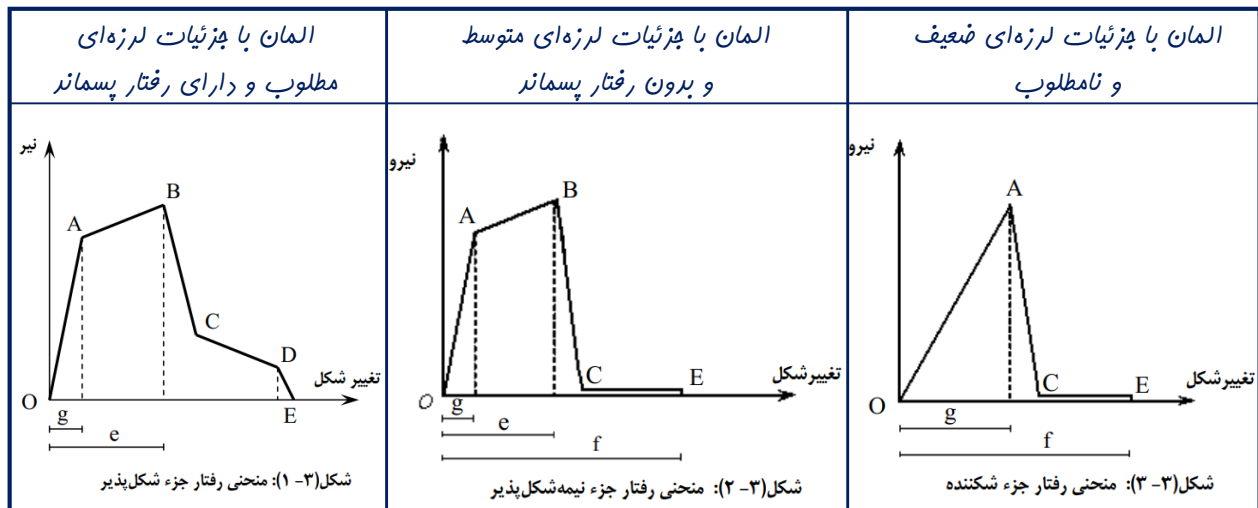
- ✓ به دلیل عدم جاری شدن تلاش مورد نظر این رفتار مفصل پلاستیک نمی‌باشد.
- ✓ این تلاش وارد ناحیه پلاستیک نمی‌شود و کنترل رفتار براساس نیرو می‌باشد.
- ✓ در این المان‌ها تلاش مورد نظر نیابستی به مقدار نهائی برسد.
- ✓ برای این تلاش‌ها هیچ‌گونه پارامتر مدل‌سازی در آئین‌نامه ارائه نمی‌شود.

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

شکل پذیری المان سازه‌ای



به دلیل آنکه در روند تحلیل‌های غیرخطی فبری از طراحی لرزه‌ای مرسوم نمی‌باشد لذا بایستی رفتار یک المان در تلاش‌های مختلف به صورت دقیق شبیه سازی گردد. نشریه ۳۶۰ و استاندارد ASCE41-17 از طریق تعریف تلاش‌های FC و DC، رفتار غیرخطی مقاطع و المان‌ها را معرفی می‌کنند.





صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

ASCE41-17

نشریه ۳۶۰ (چاپ سال ۱۳۹۲)

Table C7-1. Examples of Possible Deformation-Controlled and Force-Controlled Actions

Component	Deformation-Controlled Action	Force-Controlled Action
Moment Frames		
• Beams	Moment (M)	Shear (V)
• Columns	—	Axial load (P), V
• Joints	—	V ^a
Shear walls	M, V	P
Braced Frames		
• Braces	P	—
• Beams	—	P
• Columns	—	P
• Shear link	V	P, M
Connections	P, V, M ^b	P, V, M
Diaphragms	M, V ^c	P, V, M

^a Shear may be a deformation-controlled action in steel moment frame construction.

^b Axial, shear, and moment may be deformation-controlled actions for certain steel and wood connections.

^c If the diaphragm carries lateral loads from vertical-force-resisting elements above the diaphragm level, then M and V shall be considered force-controlled actions.

جدول (۳-۱): نمونه‌هایی از تلاش‌های نیرو کنترل و تغییر شکل 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) ^۲	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.



تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در تیرهای فولادی خمشی "تغییر شکل کنترل" می باشد.

مطابق با جدول (۳-۱) از نشریه ۳۶۰ و جدول C7-1 از استاندارد ASCE41-17 این گزاره صحیح می باشد.

تلاش لنگر خمشی در تیرهای فولادی "تغییر شکل کنترل" می باشد. چون مصالح فولادی در رفتار خمشی به صورت ذاتی شکل پذیر بوده و استاندارد ASCE41-17 و نشریه ۳۶۰ اجازه استفاده از این شکل پذیری را صادر می کند. تلاش لنگر خمشی (M) از نوع DC بوده و در فصل ۵ از نشریه ۳۶۰، رفتار غیرخطی تیرهای فولادی در خمش به صورت زیر ارائه می شود.

جدول (۳-۵): پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش در روش های غیر خطی اجزای سازه ای نو

معیارهای پذیرش				پارامترهای مدل سازی			جزء / تلاش	
زاویه ی چرخش خمیری، رادیان				نسبت تنش پس ماند				
اعضای	اعضای اصلی ^{۱۲}	اعضای	IO	c	b	a	تیرها - در خمش ^{۱۵}	
CP	LS	CP	LS					
۱۱ θ _y	۹ θ _y	۸ θ _y	۶ θ _y	θ _y	۰/۶	۱۱ θ _y	۹ θ _y	$\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \text{ یا } \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}}$
۴ θ _y	۳ θ _y	۳ θ _y	۲ θ _y	۰/۲۵ θ _y	۰/۲	۶ θ _y	۴ θ _y	$3.75 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \text{ یا } 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.75 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}}$
با استفاده از درونی خطی و کوچک ترین مقدار حاصل							مقادیر داده شده در ردیف اول و	



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

ASCE41-17

نشریه ۳۶۰ (چاپ سال ۱۳۹۲)

Table C7-1. Examples of Possible Deformation-Controlled and Force-Controlled Actions

Component	Deformation-Controlled Action	Force-Controlled Action
Moment Frames	Moment (M)	Shear (V)
• Beams	—	Axial load (P), V
• Columns	—	V ^a
• Joints	—	P
Shear walls	M, V	P
Braced Frames		
• Braces	P	—
• Beams	—	P
• Columns	—	P
• Shear link	V	P, M
Connections	P, V, M ^b	P, V, M
Diaphragms	M, V ^c	P, V, M

^a Shear may be a deformation-controlled action in steel moment frame construction.

^b Axial, shear, and moment may be deformation-controlled actions for certain steel and wood connections.

^c If the diaphragm carries lateral loads from vertical-force-resisting elements above the diaphragm level, then M and V shall be considered force-controlled actions.

جدول (۳-۱): نمونه‌هایی از تلاش‌های نیرو کنترل و تغییر شکل 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) ^۲	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.



تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در تیرهای فولادی خمشی "تغییر شکل کنترل" می باشد.

مطابق با جدول (۳-۱) از نشریه ۳۶۰ و جدول C7-1 از استاندارد ASCE41-17 این گزاره صحیح می باشد.

تلاش نیروی برشی در تیرهای فولادی "تغییر شکل کنترل" می باشد. چون مصالح فولادی در رفتار برشی به صورت ذاتی شکل پذیر بوده و استاندارد ASCE41-17 و نشریه ۳۶۰ اجازه استفاده از این شکل پذیری را صادر می کند. تلاش برشی (V) از نوع DC بوده و در فصل ۵ از نشریه ۳۶۰ رفتار غیرخطی تیرهای فولادی (لینک تیر پیوند در سیستم های EBF) در برش به صورت زیر ارائه می شود.

ادامه جدول (۳-۵): پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش در روش های غیرخطی - اجزای سازه فولادی

معیارهای پذیرش				پارامترهای مدل سازی				جزء / تلاش
زاویه ی چرخش خمیری، رادیان				نسبت تنش				
اعضای غیر اصلی		اعضای اصلی ^{۱۴}		کلیدی اعضا		پس ماند رادیان		
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a	
تیر پیوند EBF ^{۱۱} و ۱۲								
-/۱۶	-/۱۴	-/۱۴	-/۱۱	-/۰.۰۵	-/۸	-/۱۷	-/۱۵	$e \leq \frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}}$
مشابه با مقادیر در تیرها								$e \geq \frac{2.6M_{CE}}{V_{CE}}$
با استفاده از درون یابی خطی محاسبه می شود.								$\frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}} < e < \frac{2.6M_{CE}}{V_{CE}}$

رفتار غیرخطی تیر پیوند کوتاه (تیر برشی)

ASCE41-17

جدول (۳-۱): نمونه‌هایی از تلاش‌های نیروک‌کنترل و تغییر شکل 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		
مهاربندها	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) [†]	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)
۵- دیافراگم ها	لنگر خمشی (M) و برش (V) [†]	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)

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

[illegible]

نشریه ۳۶۰ (چاپ سال ۱۳۹۲)

جدول (۳-۱): نمونه‌هایی از تلاش‌های نیروکترل و تغییر شکل 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		
مهاربندها	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) [†]	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)
۵- دیافراگم ها	لنگر خمشی (M) و برش (V) [†]	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)

c If the diaphragm carries lateral loads from vertical-force-resisting elements above the diaphragm level, then M and V shall be considered force-controlled actions.

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

شکل (۶-۱): رابطه‌ی عمومی یار- تغییر شکل کلی برای قطعات بتنی

و اجزای آن

جدول (۶-۱۸)؛ پارامترها مدل سازی و معیارهای پذیرش برای روش های غیر خطی - اعضای کنترل شونده یا برش

پارامترهای مدل سازی						معیارهای پذیرش						شرایط	
تغییر مکان نسبی کل (%) با زاویه ای دوران خمیری، رادین						نسبت مقاومت		تغییر مکان نسبی کل (%) با زاویه ای دوران خمیری، رادین θ_{ϕ}					
سطح عملکرد													
نوع عضو													
اصلی			غیر اصلی										
CP	LS		CP	LS	IO	f	c	g	E	d			
۲/۰	۱/۵	۱/۰	۰/۷۵	۰/۴	۰/۶	۰/۲	۰/۳	۲/۰		۱/۰	$[A_s - A'_s] f_{yt} + P \leq q$	الف) - دیوارچه ای برشی یا قطعات دیوار ^۳	
											$I_{ue} = I_{el}$		
											$[A_s - A'_s] f_y$		

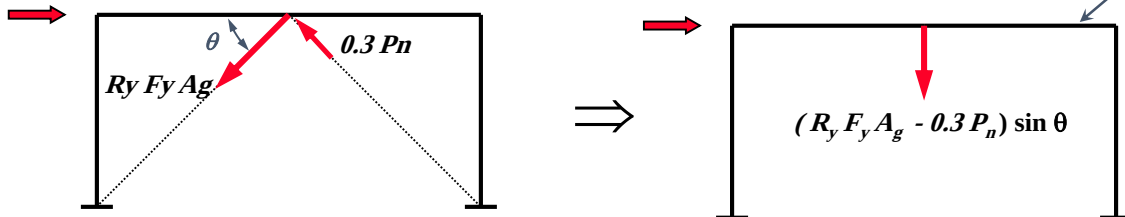
تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در تیر فولادی دهانه مهاربندی شورون "تغییر شکل کنترل" می باشد. ❌

Note

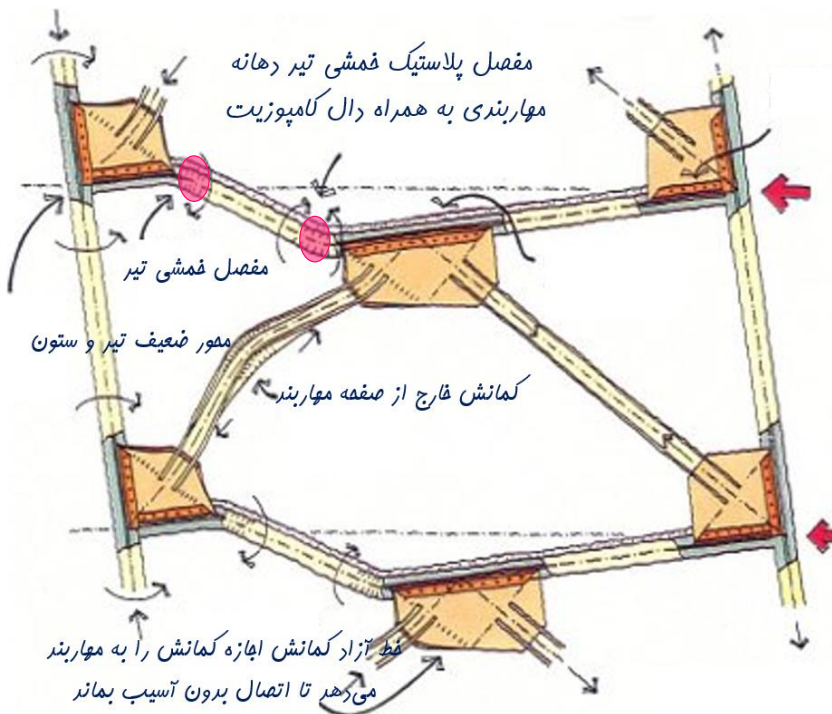
Based on elastic frame analysis:

Moment in beam $\cong 0$

Compute moment in beam resulting from application of concentrated load at midspan of $(R_y F_y A_g + 0.3 P_n) \sin \theta$ and add moment due to gravity load



شرط رسیدن به اتلاف انرژی بهینه و مطلوب استانداردهای لرزه‌ای، تحقق توالی خرابی مطلوب می باشد. به صورتی که با تشکیل رفتار غیرخطی در تلاش‌های DC، تلاش‌های FC کاملاً در محدوده الاستیک قرار گیرد. تلاش‌های FC الزاماً ترد و شکننده نمی باشند بلکه بعضاً ممکن است با وجود شکل پذیر بودن رفتار ذاتی تلاش، حکم آئین نامه آن را به صورت ترد و شکننده فرض کند. بنابراین می توان گفت که تلاش‌های FC به دو دسته ذاتاً ترد و حکماً ترد دسته بندی می شوند. خمش، برش کشش و فشار در تیر دهانه مهاربندی شورون در آئین نامه به صورت حکماً ترد معرفی می شود. در صورت غیرخطی شدن تلاش‌های حکماً ترد شکل پذیری فرض آئین نامه متفق نخواهد شد.



با تشکیل مفاصل پلاستیک در تیر دهانه مهاربند شورون، عملکرد لرزه‌ای این سیستم مثل فواید شد و امکان استفاده از شکل پذیری مهاربند کششی میسر نخواهد شد. تیر دهانه مهاربند شورون، رفتار ترد و شکننده ای ندارد، لیکن با خفی ماندن این المان امکان اتلاف انرژی سیستم بسیار بیشتر خواهد شد. بنابراین تلاش لنگر خمشی و تلاش نیروی برشی در این المان "نیرو کنترل" می باشد.

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



ASCE41-17

نشریه ۳۶۰ (پای سال ۱۳۹۲)

Table C7-1. Examples of Possible Deformation-Controlled and Force-Controlled Actions

Component	Deformation-Controlled Action	Force-Controlled Action
Moment Frames		
• Beams	Moment (M)	Shear (V)
• Columns	—	Axial load (P), V
• Joints	—	V ^a
Shear walls	M, V	P
Braced Frames		
• Braces	P	—
• Beams	—	P
• Columns	—	P
• Shear link	V	P, M
Connections	P, V, M ^b	P, V, M
Diaphragms	M, V ^c	P, V, M

^a Shear may be a deformation-controlled action in steel moment frame construction.

^b Axial, shear, and moment may be deformation-controlled actions for certain steel and wood connections.

^c If the diaphragm carries lateral loads from vertical-force-resisting elements above the diaphragm level, then M and V shall be considered force-controlled actions.

جدول (۳-۱): نمونه‌هایی از تلاش‌های نیرو کنترل و تغییر شکل کنترل

جزء	تغییر شکل کنترل	نیرو کنترل
۱- قاب های خمشی		
تیر ها	لنگر خمشی (M)	برش (V)
ستون ها	---	نیروی محوری (P) و برش (V)
اتصالات	---	برش (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- اجرای اتصالات	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)
۵- دیوار ها	لنگر خمشی (M) و برش (V)	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.

تلاش نیروی برشی (V) در گره اتصال تیر به ستون سازه های فولادی "تغییر شکل کنترل" می باشد. ✓

م- سازه ها و اجزای قوه

ادامه جدول (۳-۵): پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش در روش های غیرخطی- اجزای سازه های فولادی

معیارهای پذیرش				پارامترهای مدل سازی				جزء / تلاش
زاویه ی چرخش خمیری، رادیان				نسبت تنش پس ماند	زاویه ی چرخش خمیری، رادیان			
اعضای اصلی ^{۱۴}		کلیه اعضا						
CP	LS		CP		LS	IO	c	
$12 \theta_y$	$12 \theta_y$	$11 \theta_y$	$8 \theta_y$	θ_y	۱/۰	$12 \theta_y$	$12 \theta_y$	چشمه ی اتصال
اتصالات صلب ^۷								
-۰/۰۴۳	-۰/۰۲۲۳	-۰/۰۲۸۴	-۰/۰۲۲۷	-۰/۰۲۶	-۰/۲	-۰/۰۴۳	-۰/۰۵۱	رذیف ۱ از جدول (۱-۵) ^۸
-۰/۰۰۰۲۴d	-۰/۰۰۰۱۸d	-۰/۰۰۰۱۶d	-۰/۰۰۰۳۲۸d	-۰/۰۰۰۲۶d	-۰/۲	-۰/۰۰۰۲۴d	-۰/۰۰۰۵۱d	
-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۷۰	-۰/۰۲۲۸	-۰/۰۱۷۲	-۰/۰۱۳	-۰/۲	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۶	رذیف ۲ از جدول (۱-۵) ^۹
-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۸۰	-۰/۰۱۵۲	-۰/۰۱۱۹	-۰/۰۰۹	-۰/۲	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۸	
-۰/۰۴۲	-۰/۰۴۲	-۰/۰۴۶۶	-۰/۰۳۱۹	-۰/۰۲۸	۱	-۰/۰۵۶	-۰/۰۵۶	رذیف ۳ از جدول (۱-۵) ^{۱۰}
-۰/۰۳۳d	-۰/۰۳۳d	-۰/۰۰۰۲۵d	-۰/۰۰۰۲۵d	-۰/۰۰۰۲۲d	۱	-۰/۰۰۰۴۳d	-۰/۰۰۰۴۳d	
-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	رذیف ۴ از جدول (۱-۵) ^{۱۱}
-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۱	

رفتار غیرخطی چشمه اتصال بر اساس نتیجه ۳۶ به صورت مقابل است.

رفتار غیرخطی چشمه اتصال بر اساس نشریه ۳۶۰ به صورت مقابل است.

این رفتار در استاندارد ASCE41-17 دچار تغییرات عمده ای شده است.

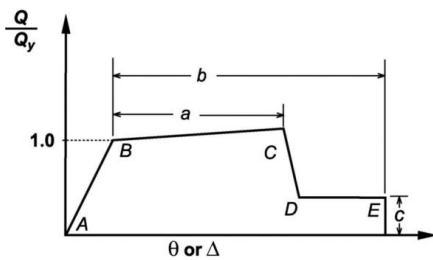
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



ASCE41-17

Table 9-7.2. Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Structural Steel Components Other Than Beams and Columns—Flexural and Shear Actions

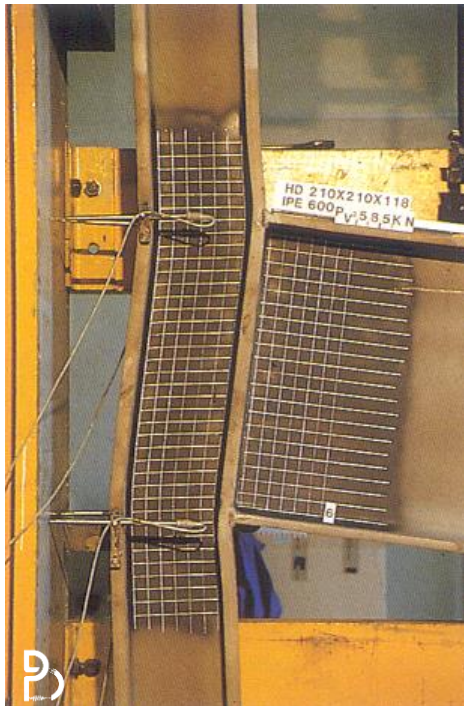
Component or Action	Modeling Parameters			Acceptance Criteria		
	Plastic Rotation Angle, Radians		Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle, Radians		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	IO	LS	CP
Column Panel Zones—Shear						
For $ P /P_{ye} < 0.4$	$12\gamma_y$	$12\gamma_y$	1.0	$1\gamma_y$	$12\gamma_y$	$12\gamma_y$
For $ P /P_{ye} \geq 0.4$	$20(1 - P /P_{ye})\gamma_y$	$20(1 - P /P_{ye})\gamma_y$	$5/3(1 - P /P_{ye})$	$5/3(1 - P /P_{ye})\gamma_y$	$20(1 - P /P_{ye})\gamma_y$	$20(1 - P /P_{ye})\gamma_y$



$$\text{Panel Zones: } V_{CE} = V_{ye} = \begin{cases} \text{for } \frac{|P|}{P_{ye}} \leq 0.4 & 0.55F_{ye}d_c t_p \\ \text{for } \frac{|P|}{P_{ye}} > 0.4 & 0.55F_{ye}d_c t_p \left(1.4 - \frac{|P|}{P_{ye}}\right) \end{cases} \quad (9-8)$$

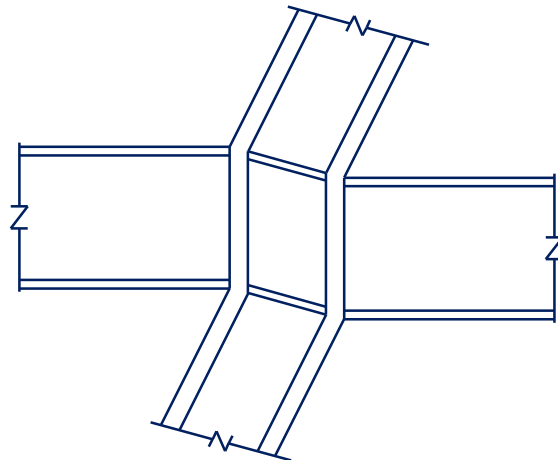
d_c = Column depth; and

t_p = Total thickness of panel zone, including any doubler plates.



Plastic Hinges In Column Panel Zones

$$\text{Panel Zones: } \theta_y \equiv \gamma_y = \frac{F_{ye}}{G\sqrt{3}} \sqrt{1 - \left(\frac{|P|}{P_{ye}}\right)^2}$$



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



په تعداد از گزاره‌های زیر صحیح می‌باشد؟



- ✓ تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در تیرهای فولادی خمشی "تغییر شکل کنترل" می‌باشد.
- ✓ تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در دیوارهای برشی بتن‌آرمه "تغییر شکل کنترل" می‌باشد.
- ✗ تلاش لنگر خمشی (M) و نیروی برشی (V) در تیر فولادی دهانه مهاربندی شورون "تغییر شکل کنترل" می‌باشد.
- ✓ تلاش نیروی برشی (V) در گره اتصال تیر به ستون سازه‌های فولادی "تغییر شکل کنترل" می‌باشد.

۱- یک گزاره صحیح است.

۲- دو گزاره صحیح است.

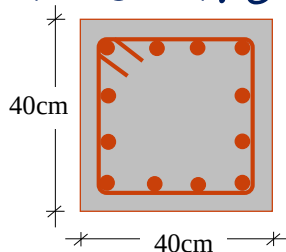
✓ ۳- سه گزاره صحیح است.

۴- چهار گزاره صحیح است.

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



مقطع زیر مربوط به ستون یک سافتمان مسکونی وضع موجود است. ضریب کاهش **سفتی خمشی** این ستون در تحلیل استاتیکی غیرفقطی براساس نشریه



$$f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2}$$

۳۶۰ مقدار است؟

- بار زنده واقعی موجود در سافتمان 90 کیلوگرم بر متر مربع ارزیابی می‌شود.

- با اعمال بار مرده سافتمان و بار زنده 200 کیلوگرم بر متر مربع به مدل نرم افزاری و تحلیل سازه تحت ترکیب بار ثقلی D+L مقدار بار محوری ستون برابر با 81.25 تن و براساس ترکیب بار D بار محوری ستون برابر با 56.25 تن مناسبه شده است.

- با اعمال بار ثقلی مر بالا و پایین به صورت جداگانه (براساس نشریه ۳۶۰) و انجام تحلیل استاتیکی غیرفقطی نشریه ۳۶۰، نیروی محوری ستون به ترتیب 122 و 78 تن مناسبه شده است.

۱- برای هر بالا و پایین اثرات بار ثقیل ضریب کاهش سفتی خمشی برابر با 0.7 می باشد.

۲- برای هر بالای اثرات بار ثقیل، ضریب کاهش سفتی خمشی برابر 0.405 و برای هر پایین اثرات بار ثقیل برابر با 0.30

۳- برای هر بالای اثرات بار ثقیل، ضریب کاهش سفتی خمشی برابر 0.466 و برای هر پایین اثرات بار ثقیل برابر با 0.30

۴- برای هر بالای اثرات بار ثقیل، ضریب کاهش سفتی خمشی برابر 0.421 و برای هر پایین اثرات بار ثقیل برابر با 0.35

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی ترک خوردگی در تحلیل های فطی و غیر فطی



تحلیل غیر فطی پوش آور را می توان به روش مفصل
پلاستیک و روش فایبر انجام داد. آیا در صورت
استفاده از تحلیل غیر فطی، کماکان بایستی از ضرائب
ترک خوردگی (کاهش سفتی؟؟!!) استفاده کرد؟ یا اینکه
فرد تحلیل غیر فطی ترک خوردگی را به دقیق ترین
شکل ممکن انجام می دهد؟

در روش فایبر بایستی ضریب ترک خوردگی لحاظ شود؟

در این روش رفتار فطی براساس، رفتار فطی مصالح مناسبه شده و ترک خوردگی به دقیق ترین شکل ممکن توسط خود نرم افزار شبیه سازی می شود. بنابراین نیازی به اعمال ضرائب ترک خوردگی نیست.

در روش مفصل پلاستیک بایستی ضریب ترک خوردگی لحاظ شود؟

در این روش رفتار فطی براساس مشخصات المان Frame ترسیم شده شبیه سازی می شود، بنابراین بایستی ضرائب ترک خوردگی توسط خود کاربر به المان های مربوطه اختصاص داده شود.

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



در تحلیل های غیر فطی تماماً بایستی کاهش سفتی المان های بتنی، شبیه سازی شود.
سوال مفهومی و تعیین کننده در فروچی های تحلیل غیر فطی

؟ - ضرائب کاهش سفتی استاندارد ACI318-19

؟ - ضرائب کاهش سفتی استاندارد ASCE41-17

- طراحی عملکردی

- بهسازی لرزه ای

تحلیل
غیر فطی

✓ ضرائب کاهش سفتی در استاندارد ASCE41-17

۱- تحلیل فطی براساس ضوابط تهبویزی استاندارد ۲۸۰۰ و طراهی براساس ضوابط مبعث
نوم مقررات ملی (۱۳۹۹) یا طراهی براساس **ACI318-19**

مسابات سفتی موثر در روش تقریبی و دقیق براساس استاندارد ACI318-19 براساس روش دو فطی می باشد.

۲-۱- تحلیل غیرفطی به روش **Plastic Hinge**

پیوست دوم استاندارد ۲۸۰۰، نشریه ۳۶۰ و **ASCE41-17**

مسابات سفتی موثر براساس استاندارد ASCE41-17 براساس روش دو فطی می باشد.

۲- تحلیل غیرفطی

۲-۲- تحلیل غیرفطی به روش **Fiber**

پیوست دوم استاندارد ۲۸۰۰، نشریه ۳۶۰ و **ASCE41-17**

روش فایبر به صورت هوشمند توانایی مناسبه ترک خوردگی بتن را دارد بنابراین در این روش نیازی به اصلاح سفتی به دلیل ترک خوردگی بتن وجود ندارد. لیکن بایستی لغزش آرماتورهای کششی به نحو مناسبی در مسابات لحاظ گردد تا کاهش سفتی المان به دلیل لغزش نیز مناسبه شود.

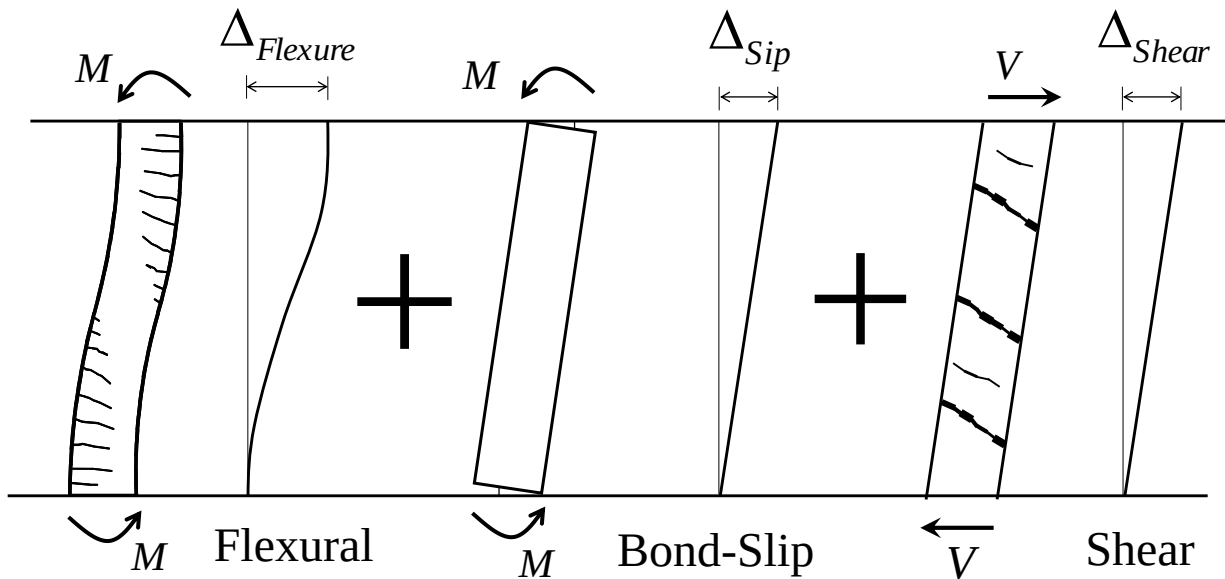
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



Effective stiffness in Fiber-Type Component Models

Total Deformations = Flexural Deformations + Bond-Slip Deformations + Shear Deformations

$$\Delta_T = \Delta_{Flexure} + \Delta_{Sip} + \Delta_{Shear}$$

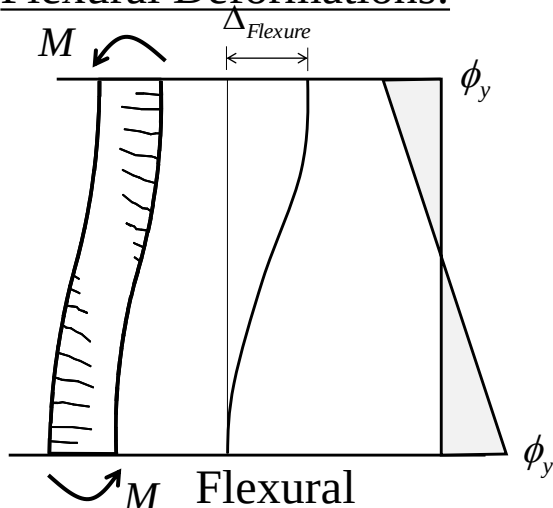


صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



Effective stiffness in Fiber-Type Component Models

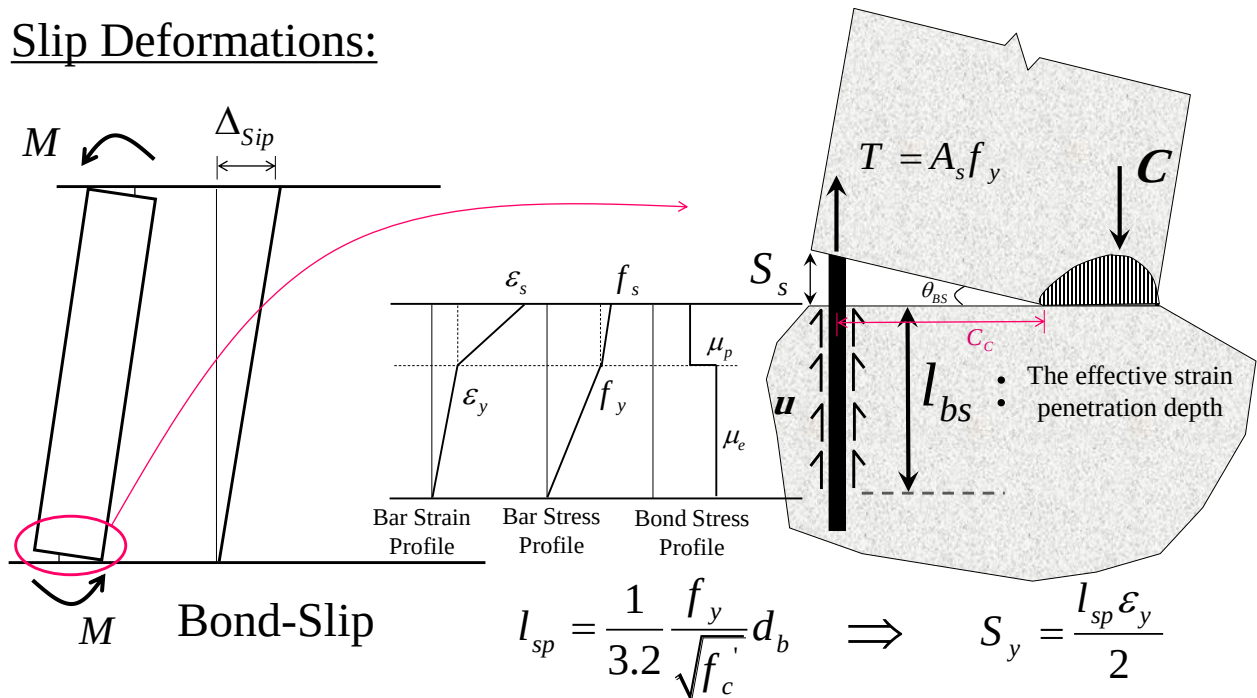
Flexural Deformations:



$$\Delta_{flex} = \frac{L^2}{6} \phi_y$$

**Does not account
for end rotations
due to bar slip!**

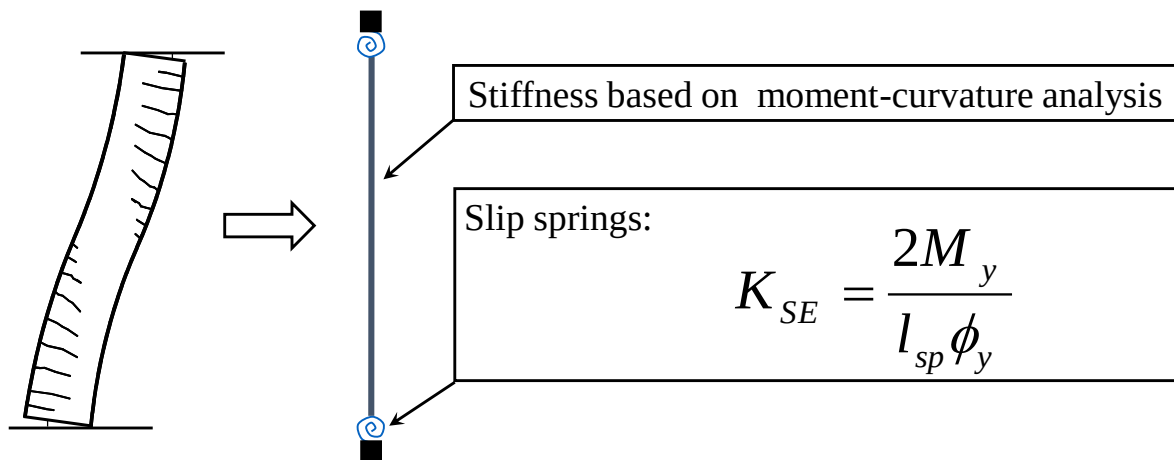
Slip Deformations:



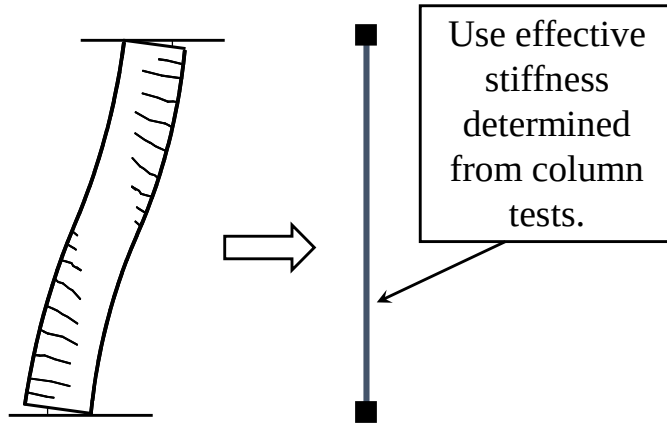
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی Effective stiffness in Fiber-Type Component Models

Modeling options:

Option 1 (with slip springs)



Option 2 (without slip springs)



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی Stiffness Properties for Linear and Nonlinear Analysis ACI 318-19



Table 6.6.3.1.1(a)—Moments of inertia and cross-sectional areas permitted for **elastic analysis** at factored load level

Member and condition	Moment of inertia	Cross-sectional area for axial deformations	Cross-sectional area for shear deformations
Columns	$0.70I_g$	$1.0A_g$	$b_v h$
Walls	Uncracked $0.70I_g$		
	Cracked $0.35I_g$		
Beams	$0.35I_g$		
Flat plates and flat slabs	$0.25I_g$		

Table 6.6.3.1.1(b)—Alternative moments of inertia for **elastic analysis** at factored load

Member	Alternative value of I for elastic analysis		
	Minimum	I	Maximum
Columns and walls	$0.35I_g$	$\left(0.80 + 25 \frac{A_w}{A_g}\right) \left(1 - \frac{M_u}{P_u h} - 0.5 \frac{P_u}{P_o}\right) I_g$	$0.875I_g$
Beams, flat plates, and flat slabs	$0.25I_g$	$(0.10 + 25p) \left(1.2 - 0.2 \frac{b_w}{d}\right) I_g$	$0.5I_g$

Notes: For continuous flexural members, I shall be permitted to be taken as the average of values obtained for the critical positive and negative moment sections. P_u and M_u shall be calculated from the load combination under consideration, or the combination of P_u and M_u that produces the least value of I .



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی سفتی المان‌های بتن آرمه در تحلیل‌های فنی و غیرفنی

۳-۶- سیستم‌های سازه‌ای

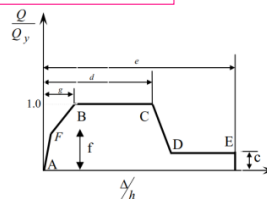
در دو بخش (۳-۶) و (۴-۶) ضوابط مربوط به مدل‌سازی و ارزیابی و بهسازی سیستم‌های سازه‌ای بتنی و اجزای سازه‌ای بتنی ارائه می‌شوند. سیستم‌های سازه‌ای که موضوع بخش حاضر می‌باشند به چهار دسته کلی قاب‌های خمشی بتنی، قاب‌های بتنی پیش‌ساخته، قاب‌های بتنی یا میان‌قاب و قاب‌های بتنی مهاربندی شده تقسیم شده‌اند که در بندهای (۱-۳-۶) تا (۴-۳-۶) ضوابط هر سیستم مشخص شده است. ضوابط ویژه دیافراگم‌های بتنی در فصل هشتم این دستورالعمل آمده است.

۴-۶- اجزای سازه‌ای بتنی

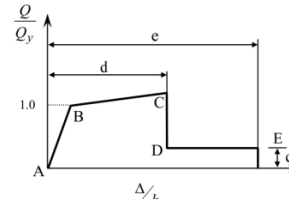
اجزای سازه‌ای بتنی شامل دیوارهای برشی، دیافراگم‌ها و بی‌ها بتنی در این قسمت بررسی می‌شوند. در بند (۱-۴-۶) دیوارهای برشی بتنی و در بند (۲-۴-۶) دیوارهای برشی بتنی پیش‌ساخته بررسی خواهند شد. ضوابط مربوط به سازه بی‌های بتنی نیز در بند (۳-۴-۶) ارائه شده است. ضوابط مربوط به دیافراگم‌ها در دو قسمت دیافراگم‌های بتنی درجا و دیافراگم‌های بتنی پیش‌ساخته در فصل ۸ ارائه شده است.

۲-۲-۱-۲-۶ روش‌های غیرخطی

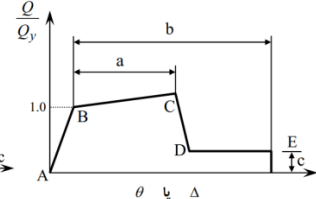
در روش‌های تحلیل غیرخطی (مطابق روش‌های فصل ۳) باید پاسخ بار-تغییر شکل قطعه به‌صورت روابط غیرخطی ملحوظ شوند، اگر پاسخ قطعه وارد حوزه غیرخطی نشود، استفاده از روابط خطی مجاز است. روابط نیرو-تغییر شکل غیرخطی باید مطابق مقادیر ارائه‌شده در بخش‌های (۳-۶) و (۴-۶) یا برپایه مدارک آزمایشگاهی معتبر تعیین شوند. برای روش‌های استاتیکی غیرخطی، می‌توان از رابطه کلی نیرو-تغییر شکل که در شکل (۱-۶) نشان داده شده است یا منحنی‌های دیگری که رفتار را تحت افزایش یکنواخت تغییر شکل نشان می‌دهند، استفاده کرد. برای روش دینامیکی غیرخطی، روابط نیرو-تغییر شکل باید رفتار را تحت افزایش یکنواخت تغییر شکل و همچنین تحت چندین چرخه تغییر شکل مطابق بند (۲-۲-۶) نشان دهند.



(ب) نسبت تغییر شکل



(ب) نسبت تغییر شکل



(الف) تغییر شکل

شکل (۱-۶): رابطه‌ی عمومی بار-تغییر شکل کلی برای قطعات بتنی

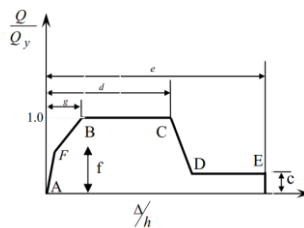
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



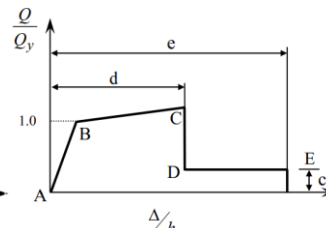
در دیاگرام یکنواخت بار-تغییر شکل در شکل (۱-۶)، خط AB نمایشگر رفتار خطی عضو در مرحله نخست بارگذاری است که از نقطه A شروع شده و تا نقطه B، نقطه تسلیم مؤثر عضو، گسترش می‌یابد. شیب خط AB براساس ضابطه بند (۱-۲-۲-۶-۱) تعیین می‌گردد. خط BC نمایشگر رفتار عضو با سختی کاهش یافته بعد از نقطه تسلیم است که شیب آن را، در صورت عدم وجود نتایج تحلیلی یا شواهد آزمایشگاهی و با صرف‌نظر کردن از اثرات بارهای ثقلی می‌توان بین صفر تا ده درصد شیب AB در نظر گرفت. خط CD نمایشگر کاهش ناگهانی مقاومت در برابر بار است و DE نمایشگر ادامه تغییر شکل‌ها، با این مقاومت کاهش یافته است.

در مواردی که معلوم باشد مقدار پاسخ از نقطه C نخواهد گذشت، به جای مراحل A تا E می‌توان از مراحل خلاصه شده A تا C استفاده نمود.

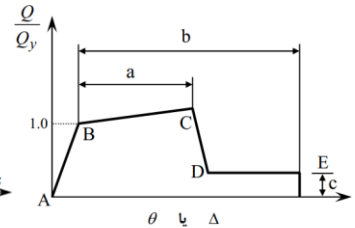
مقادیر پارامترهای نشان داده شده در این شکل بستگی به مشخصات سازه‌ای قطعه دارد و جزئیات آن‌ها در بخش‌های (۳-۶) تا (۴-۶) آورده شده‌اند. استفاده از سایر روابط نیرو-تغییر شکل نیز مجاز است اگر توسط شواهد آزمایشگاهی یا تحلیلی معتبر تأیید شوند.



(ب) نسبت تغییر شکل



(ب) نسبت تغییر شکل



(الف) تغییر شکل

شکل (۱-۶): رابطه‌ی عمومی بار-تغییر شکل کلی برای قطعات بتنی



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

در دیاگرام یکنوای بار - تغییر شکل در شکل (۱-۶)، خط AB نمایشگر رفتار خطی عضو در مرحله نخست بارگذاری است که از نقطه A شروع شده و تا نقطه B، نقطه تسلیم مؤثر عضو، گسترش می‌یابد. شیب خط AB براساس ضابطه بند (۱-۲-۱-۲-۶) تعیین می‌گردد. خط BC نمایشگر رفتار عضو با سختی کاهش یافته بعد از نقطه تسلیم است که شیب آن را، در صورت عدم وجود نتایج تحلیلی یا شواهد آزمایشگاهی و با صرف‌نظر کردن از اثرات بارهای ثقلی می‌توان بین صفر تا ده درصد شیب AB در نظر گرفت.

۱-۲-۱-۲-۶ روش‌های خطی

در روش‌های تحلیل خطی (مطابق روش‌های فصل ۳)، سختی مؤثر یک قطعه در هر تلاش برابر با سختی وتری نقطه تسلیم آن جز در نظر گرفته می‌شود. سختی وتری شیب خطی است که در منحنی نیرو - تغییر مکان، مبدا را به نقطه تسلیم وصل می‌نماید. در مواردی که نتوان سختی را با این روش تعیین کرد می‌توان مقادیر جدول (۱-۶) را در محاسبات به کار برد.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

سفتی المان‌های بتن‌آرمه در تحلیل‌های فطی و غیرفطی

جدول (۱-۶): مقادیر سختی‌های مؤثر در روش‌های خطی

عضو	سختی محوری	سختی برشی ^۱	سختی خمشی ^۲
تیر غیرپیش‌تنیده	—	$G A_w$	$0.3 E_c I_g$
تیر پیش‌تنیده	—	$G A_w$	$E_c I_g$
ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی بزرگ‌تر از $0.5 A_g f_c$ ^۳	$E_c A_g$	$G A_w$	$0.7 E_c I_g$
ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی کمتر از $0.14 A_g f_c$ یا بار کششی ^۳	$E_c A_g$ فشار $E_s A_s$ کشش	$G A_w$	$0.3 E_c I_g$
اتصالات تیر به ستون	$E_c A_g$	بند (۱-۲-۲-۱-۳-۶)	
دیوار بدون ترک (پس از احراز در بازرسی)	$E_c A_g$	$G A_w$	$0.8 E_c I_g$
دیوار با ترک	$E_c A_g$	$G A_w$	$0.5 E_c I_g$
دال تخت غیرپیش‌تنیده	—	$G A_w$	$0.33 E_c I_g$
دال تخت پیش‌تنیده	—	$G A_w$	$0.5 E_c I_g$

۱- در سختی 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. محاسبه I_g باید با در نظر گرفتن پهنای مؤثر مطابق بند (۱-۲-۳-۶) 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.

براساس بند ۲-۲-۱-۲-۶ در نشریه ۳۶۰ (روند تحلیل غیرفطی) مناسبه ضرائب کاهش سفتی به بند ۱-۲-۶-۱-۲ می‌شود. مطابق با روش‌های فطی نیز، ضرائب کاهش سفتی براساس جدول ۱-۶ لحاظ شود.

مماسبه سفتی مؤثر المان‌های بتن‌آرمه در تحلیل غیرخطی به روش مفاصل پلاستیک نشریه ۳۶۰

۶-۲-۱-۲-۲- روش‌های غیرخطی

براساس بند ۶-۲-۱-۲-۲ در نشریه ۳۶۰ (روند تحلیل غیرخطی) مماسبه ضرائب کاهش سفتی به بند ۶-۲-۱-۲-۱ (روند تحلیل خطی) ارجاع داده می‌شود. مطابق با روش‌های خطی نیز، ضرائب کاهش سفتی براساس جدول ۱-۶ لحاظ شود.

۶-۲-۱-۲-۱- روش‌های خطی

براساس بند ۶-۲-۱-۲-۱ در نشریه ۳۶۰ (روند تحلیل خطی) ضرائب کاهش سفتی بایستی مطابق با جدول ۱-۶ لحاظ شود.

جدول (۱-۶): مقادیر سختی‌های مؤثر در روش‌های خطی

عضو	سختی محوری	سختی برشی ^۱	سختی خمشی ^۲
تیر غیرپیش‌تنیده	—	GA_w	$0.3E_c I_g$
تیر پیش‌تنیده	—	GA_w	$E_c I_g$
ستون با 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 با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی کم‌تر از $0.1A_g f_c$ یا بار کششی ^۲	$E_c A_g$ فشار $E_s A_s$ کشش	GA_w	$0.3E_c I_g$
اتصالات تیر به ستون	$E_c A_g$	بند (۶-۳-۱-۲-۱)	
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	$0.5E_c I_g$



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی سفتی المان‌های بتن‌آرمه در تحلیل‌های فنی و غیرفنی

10.3 GENERAL ASSUMPTIONS AND REQUIREMENTS

10.3.1 Modeling and Design

10.3.1.2 Stiffness. Component stiffnesses shall be calculated considering shear, flexure, axial behavior, and reinforcement slip deformations. Stress state of the component, cracking extent caused by volumetric changes from temperature and shrinkage, and deformation levels under gravity loads and seismic forces shall be considered. Gravity-load effects considered for effective stiffnesses of components shall be determined using Eq. (7-3).

10.3.1.2.1 Linear Procedures. Where design actions are determined using the linear procedures of Chapter 7, component effective stiffnesses shall correspond to the secant value to the yield point of the component. Alternate stiffnesses shall be permitted where it is demonstrated by analysis to be appropriate for the design loading. Alternatively, effective stiffness values in Table 10-5 shall be permitted.

Table 10-5. Effective Stiffness Values

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed ^a	$0.3E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	—
Beams—prestressed ^a	E_cI_g	$0.4E_cA_w$	—
Columns with compression caused by design gravity loads $\geq 0.5A_gf_{ce}$ ^b	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g
Columns with compression caused by design gravity loads $\leq 0.1A_gf_{ce}$ or with tension ^b	$0.3E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g (compression) E_cA_g (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.1	—	E_cA_g
Flat slabs—nonprestressed	Refer to Section 10.4.2.1	$0.4E_cA_g$	—
Flat slabs—prestressed	Refer to Section 10.4.2.2	$0.4E_cA_g$	—
Walls—cracked ^c	$0.35E_cA_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g (compression) E_cA_g (tension)

^a For 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.
^b For columns with axial compression falling between the limits provided, flexural rigidity shall be determined by linear interpolation. If interpolation is not performed, the more conservative effective stiffnesses shall be used. An imposed axial load N_{UG} is permitted to be used for stiffness evaluations.
^c See Section 10.7.2.2.

بر اساس بند ۱۰-۳-۱-۲ در ASCE41-17 (روند
تحلیل فنی) ضرایب کاهش سفتی بایستی مطابق با
جدول ۱۰-۵ لحاظ شود.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی سفتی المان‌های بتن‌آرمه در تحلیل‌های فنی و غیرفنی

10.3 GENERAL ASSUMPTIONS AND REQUIREMENTS

10.3.1 Modeling and Design

10.3.1.2.2 Nonlinear Procedures. Where design actions are determined using the nonlinear procedures of Chapter 7, component load-deformation response shall be represented by nonlinear load-deformation relations. Linear relations shall be permitted where nonlinear response does not occur in the component. The nonlinear load-deformation relation shall be based on experimental evidence or taken from quantities specified in Sections 10.4 through 10.12. For the nonlinear static procedure (NSP), the generalized load-deformation relation shown in Fig. 10-1 or other curves defining behavior under monotonically increasing deformation shall be permitted. For the nonlinear dynamic procedure (NDP), load-deformation relations shall define behavior under monotonically increasing lateral deformation and under multiple reversed deformation cycles as specified in Section 10.3.2.1.

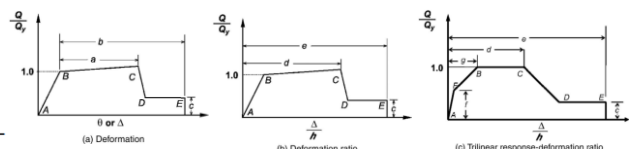


Figure 10-1 Generalized Force-Deformation Relation for Concrete Elements or Components



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی سفتی المان‌های بتن‌آرمه در تحلیل‌های فنی و غیرفنی

10.3 GENERAL ASSUMPTIONS AND REQUIREMENTS

10.3.1 Modeling and Design

10.3.1.2.2 Nonlinear Procedures

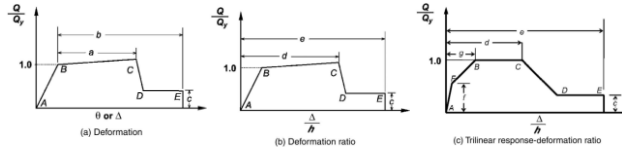


Figure 10-1. Generalized Force-Deformation Relation for Concrete Elements or Components

10.3.1.2.2 Nonlinear Procedures

The generalized load-deformation relation shown in Fig. 10-1 shall be described by linear response from A (unloaded component) to an effective yield B, then a linear response at reduced stiffness from point B to C, then sudden reduction in seismic force resistance to point D, then response at reduced resistance to E, and final loss of resistance thereafter. The slope from point A to B shall be determined according to Section 10.3.1.2.1. The slope from point B to C, ignoring effects of gravity loads acting through lateral displacements, shall be taken as between zero and 10% of the initial slope, unless an alternate slope is justified by experiment or analysis. Point C shall have an ordinate equal to the strength of the component and an abscissa equal to the deformation at which significant strength degradation begins. Representation of the load-deformation relation by points A, B, and C only (rather than all points A-E) shall be permitted if the calculated response does not exceed point C. Numerical values for the points identified in Fig. 10-1 shall be as specified in Sections 10.4.2.2.2 for beams, columns, and joints; 10.4.3.2.2 for post-tensioned beams; 10.4.4.2.2 for slab-column connections; and 10.7.2.2 for structural walls, wall segments, and coupling beams. Other load-deformation relations shall be permitted if justified by experimental evidence or analysis.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی سفتی المان‌های بتن‌آرمه در تحلیل‌های فنی و غیرفنی

10.3 GENERAL ASSUMPTIONS AND REQUIREMENTS

10.3.1 Modeling and Design

10.3.1.2.2 Nonlinear Procedures

10.3.1.2.1 Linear Procedures

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 loads by design gravity loads $\geq 0.5A_g f_{c,c}$ ^b	$0.7E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Columns with compression loads by design gravity loads $\leq 0.1A_g f_{c,c}$ or with tension ^c	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_c A_g$ (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 ^d	$0.35E_c A_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_c A_g$ (tension)

^a For 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.

^b For columns with axial compression falling between the limits provided, flexural rigidity shall be determined by linear interpolation. If interpolation is not performed, the more conservative effective stiffnesses shall be used. An imposed axial load N_{UG} is permitted to be used for stiffness evaluations.

^c See Section 10.7.2.2.

10.3.1.2.2 Nonlinear Procedures

The generalized load-deformation relation shown in Fig. 10-1 shall be described by linear response from A (unloaded component) to an effective yield B, then a linear response at reduced stiffness from point B to C, then sudden reduction in seismic force resistance to point D, then response at reduced resistance to E, and final loss of resistance thereafter. The slope from point A to B shall be determined according to Section 10.3.1.2.1. The slope from point B to C, ignoring effects of gravity loads acting through lateral displacements, shall be taken as between zero and 10% of the initial slope, unless an alternate slope is justified by experiment or analysis. Point C shall have an ordinate equal to

براساس بند ۱۰-۳-۱-۲-۲ در ASCE41-17 (روند تحلیل غیرفنی) مناسبه ضرائب کاهش سفتی به بند ۱۰-۳-۱-۲-۱ (روند تحلیل فنی) ارجاع داده می‌شود. مطابق با روش‌های فنی نیز، ضرائب کاهش سفتی براساس جدول ۱۰-۵ لحاظ شود.

مسابه سفتی موثر المان‌های بتن‌آرمه در تحلیل غیرخطی به روش مفاصل پلاستیک **ASCE41-17**

10.3.1.2.1 Linear Procedures

براساس بند ۱۰-۳-۱-۲-۱ در **ASCE41-17** (روند تحلیل خطی) ضرائب کاهش سفتی بایستی مطابق با جدول ۵-۱۰ لحاظ شود.

10.3.1.2.2 Nonlinear Procedures

براساس بند ۱۰-۳-۱-۲-۲ در **ASCE41-17** (روند تحلیل غیرخطی) مسابه ضرائب کاهش سفتی به بند ۱۰-۳-۱-۲-۱ (روند تحلیل خطی) ارجاع داده می‌شود. مطابق با روش‌های خطی نیز، ضرائب کاهش سفتی براساس جدول ۵-۱۰ لحاظ شود.

Table 10-5. Effective Stiffness Values

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed ^a	$0.3E_cE I_g$	$0.4E_cEA_w$	—
Beams—prestressed ^a	$E_cE I_g$	$0.4E_cEA_w$	—
Columns with compression caused by design gravity loads $\geq 0.5A_gf'_{cE}$ ^b	$0.7E_cE I_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g
Columns with compression caused by design gravity loads $\leq 0.1A_gf'_{cE}$ or with tension ^b	$0.3E_cE I_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g (compression) E_sEA_s (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.2.1		E_cEA_g
Flat slabs—nonprestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cEA_g$	—
Flat slabs—prestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cEA_g$	—
Walls—cracked ^c	$0.35E_cEA_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g (compression) E_sEA_s (tension)

^a For 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.

^b For columns with axial compression falling between the limits provided, flexural rigidity shall be determined by linear interpolation. If interpolation is not performed, the more conservative effective stiffnesses shall be used. An imposed axial load N_{UG} is permitted to be used for stiffness evaluations.

^c See Section 10.7.2.2.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

پیوست دوم استاندارد ۲۸۰۰

۲- مشخصات غیرخطی اعضای سازه

۱-۲ مشخصات غیرخطی اعضای سازه در مدلسازی باید به لحاظ مقاومت، سختی و شکل پذیری با داده‌های آزمایشگاهی و یا مدل‌های تحلیلی معتبر سازگار باشد.

۲-۲ رابطه نیرو-تغییر شکل اعضا را می‌توان حداقل به صورت دو خطی در نظر گرفت. سختی ارتجاعی در ساختمان‌های بتن‌آرمه و بنایی براساس مقاطع ترک‌خورده در نظر گرفته می‌شود. در اعضای شکل‌پذیر که انتظار می‌رود رفتار غیرخطی داشته باشند، سختی ارتجاعی در مدلسازی دو خطی، سختی سکانت تا نقطه جاری شدن محسوب می‌شود. در منحنی رفتاری اعضا می‌توان سختی بعد از جاری شدن را صفر اختیار نمود. استفاده از رابطه سه خطی نیرو-تغییر شکل که اثر سختی قبل و بعد از ترک‌خوردگی را در نظر می‌گیرد مجاز می‌باشد. استفاده از روابط داده شده در "دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود" (نشریه ۳۶۰) نیز مجاز است.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

معیارهای پذیرش تحلیل پاش آور براساس پیوست دوم استاندارد ۲۸۰۰

۳-۱۲-۲ حداکثر تغییر مکان نسبی سازه در تغییر مکان هدف نباید بیشتر از ۱۲۰٪ مقادیر مجاز معرفی شده در بند (۳-۵-۲) این استاندارد باشد.

۳-۵-۲ مقدار Δ_M که با منظور کردن اثر $P-\Delta$ در محاسبه Δ_M به دست می‌آید نباید از مقدار مجاز Δ_a زیر تجاوز نماید.

$$\Delta_a = 0.025h$$

- در ساختمان‌های تا ۵ طبقه

$$\Delta_a = 0.020h$$

- در سایر ساختمان‌ها

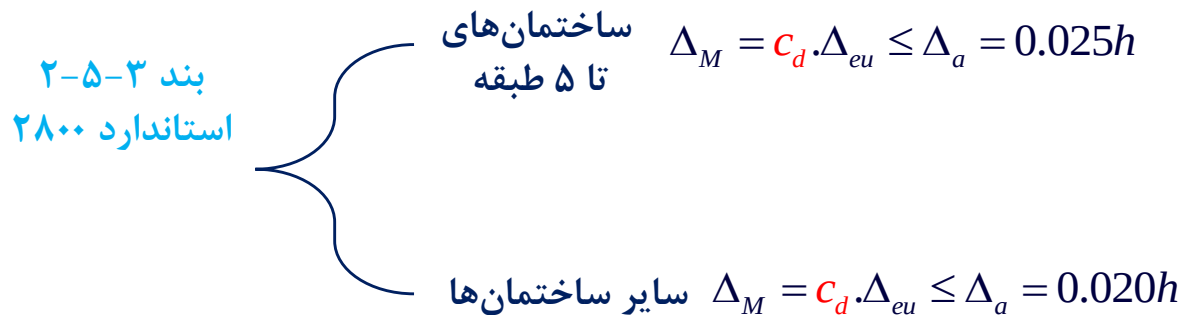
در این روابط h ارتفاع طبقه است.



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

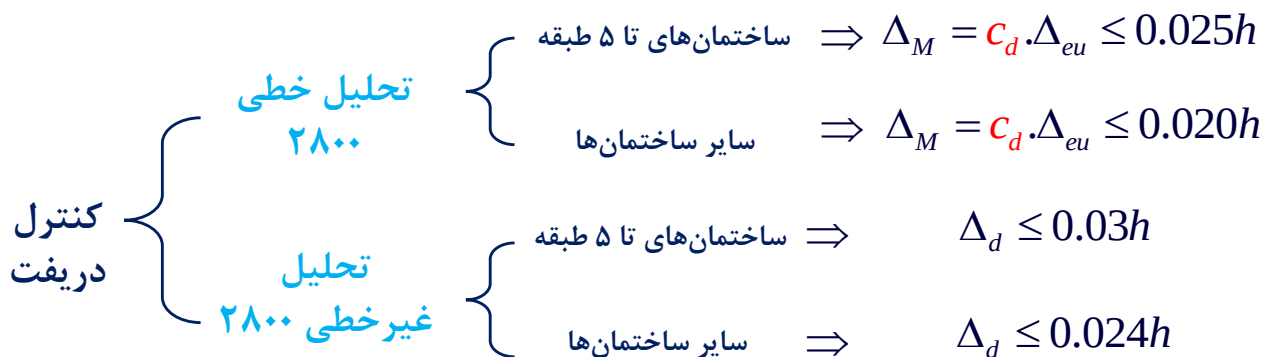
معیارهای پذیرش تحلیل پوش آور براساس پیوست دوم استاندارد ۲۸۰۰

۲-۱۲-۳ حداکثر تغییرمکان نسبی سازه در تغییرمکان هدف نباید بیشتر از ۱۲۰٪ مقادیر مجاز معرفی شده در بند (۲-۵-۳) این استاندارد باشد.



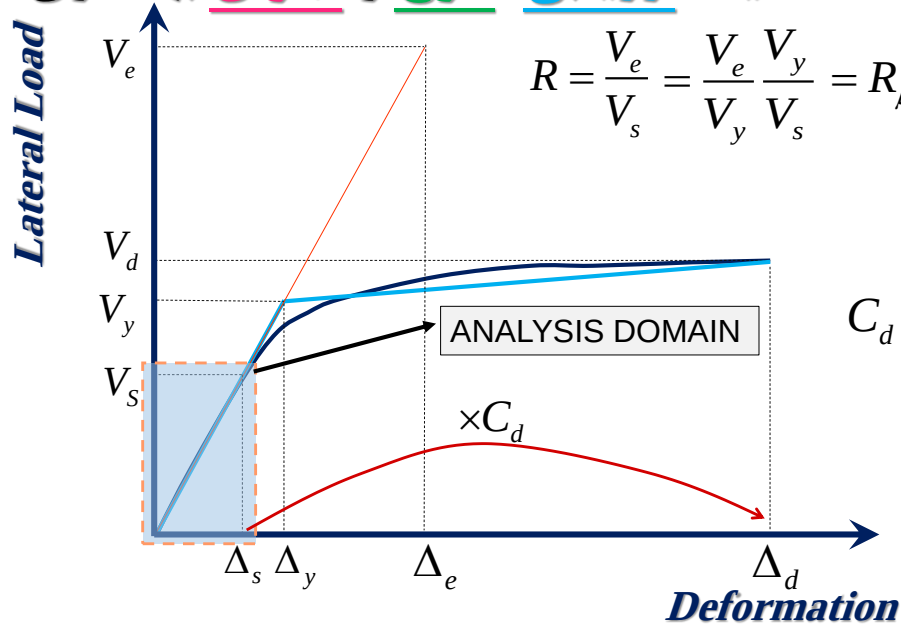
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

معیارهای پذیرش تحلیل پوش آور براساس پیوست دوم استاندارد ۲۸۰۰

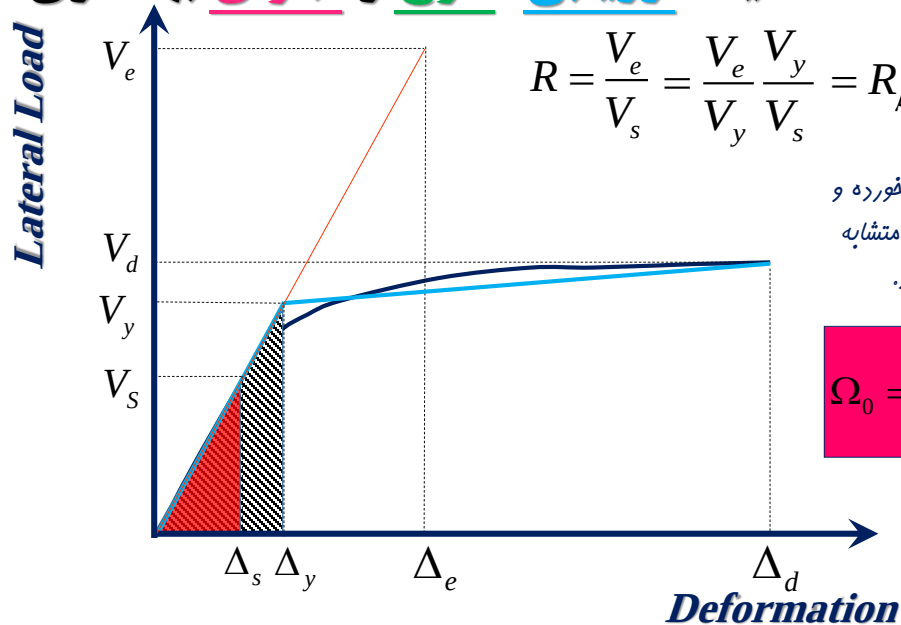


به دلیل استفاده از مدلسازی و تحلیل دقیقتر (پوش آور)
آئین‌نامه در کنترل دریفت غیرخطی ۲۰٪ تخفیف قائل می‌شود.

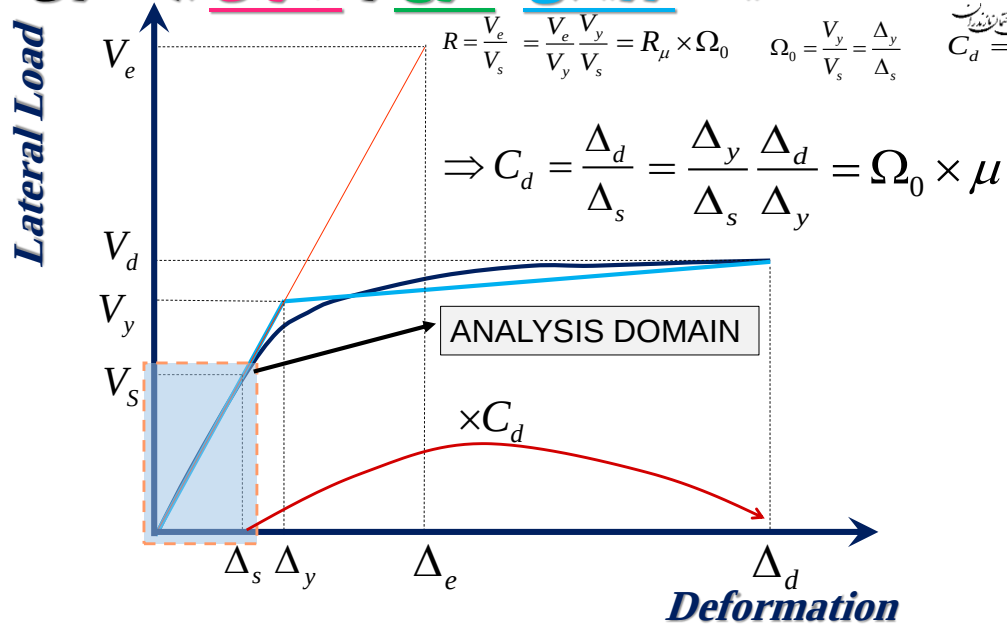
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



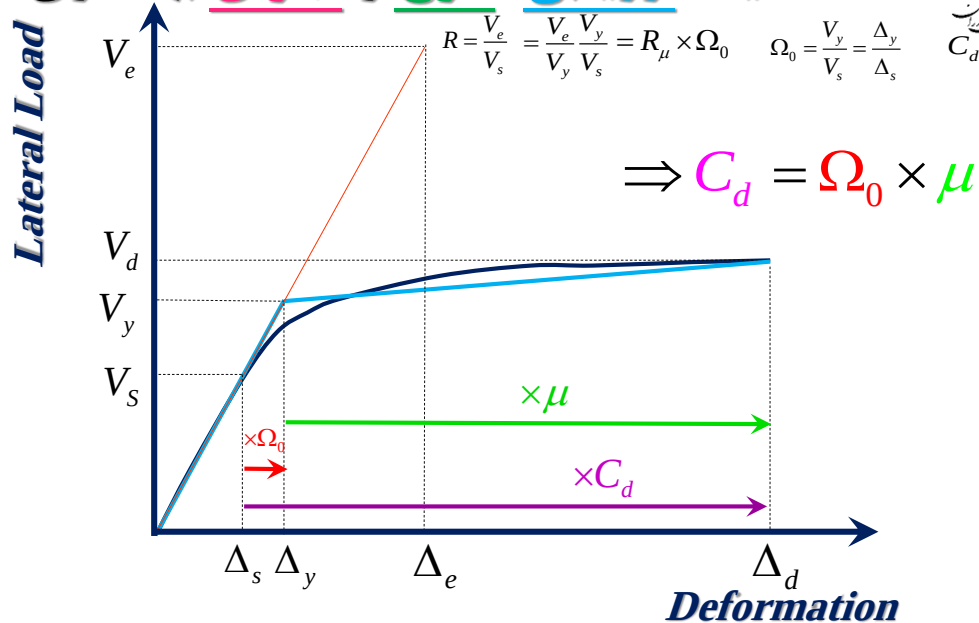
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

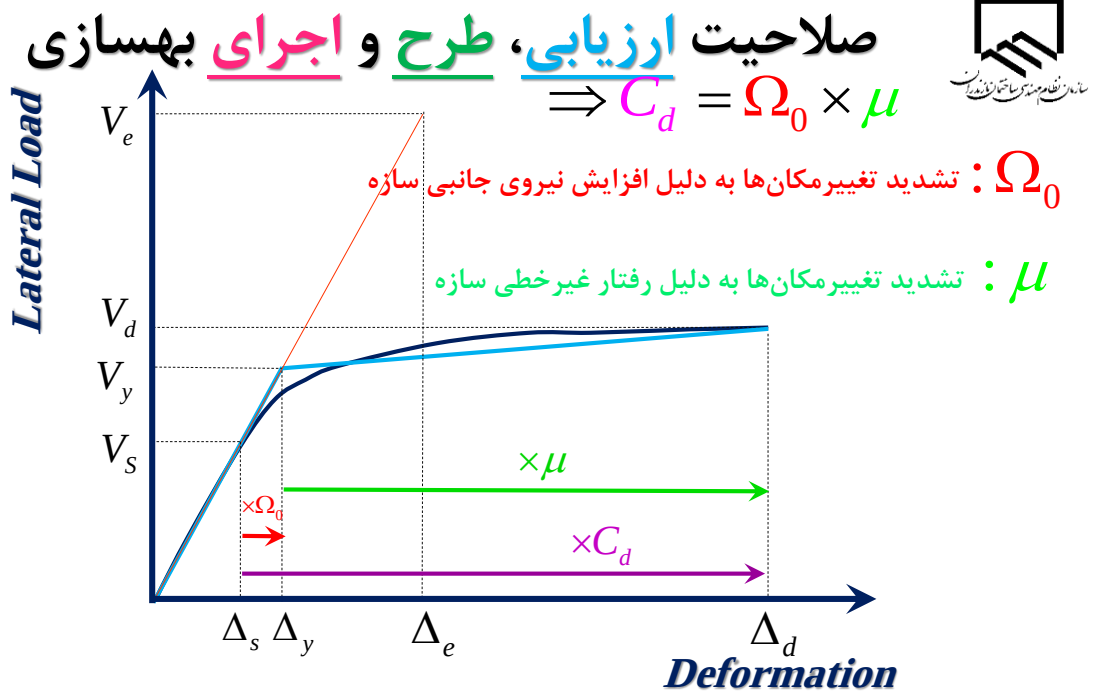


صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی





صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

ACI 318-19

Table 6.6.3.1.1(a)—Moments of inertia and cross-sectional areas permitted for elastic analysis at factored load level

Member and condition	Moment of inertia	Cross-sectional area for axial deformations	Cross-sectional area for shear deformations
Columns	$0.70I_g$	$1.0A_g$	$b_v h$
Walls	Uncracked $0.70I_g$		
	Cracked $0.35I_g$		
Beams	$0.35I_g$		
Flat plates and flat slabs	$0.25I_g$		

Table 6.6.3.1.1(b)—Alternative moments of inertia for elastic analysis at factored load

Member	Alternative value of I for elastic analysis		
	Minimum	I	Maximum
Columns and walls	$0.35I_g$	$\left(0.80 + 25 \frac{A_w}{A_g}\right) \left(1 - \frac{M_u}{P_u h} - 0.5 \frac{P_u}{P_o}\right) I_g$	$0.875I_g$
Beams, flat plates, and flat slabs	$0.25I_g$	$(0.10 + 25p) \left(1.2 - 0.2 \frac{b_w}{d}\right) I_g$	$0.5I_g$

Notes: For continuous flexural members, I shall be permitted to be taken as the average of values obtained for the critical positive and negative moment sections. P_u and M_u shall be calculated from the load combination under consideration, or the combination of P_u and M_u that produces the least value of I .

ASCE41-13

Table 10-5. Effective Stiffness Values

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed ^a	$0.3E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	—
Beams—prestressed ^a	E_cI_g	$0.4E_cA_w$	—
Columns with compression caused by design gravity loads $\geq 0.5A_gf'_c$	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g
Columns with compression caused by design gravity loads $\leq 0.1A_gf'_c$ or with tension	$0.3E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g (compression) E_sA_s (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.2.1		E_cA_g
Flat slabs—nonprestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cA_g$	—
Flat slabs—prestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cA_g$	—
Walls-cracked ^b	$0.5E_cA_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g (compression) E_sA_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.

ASCE41-13

10.3.1.2 Stiffness Component stiffnesses shall be calculated considering shear, flexure, axial behavior, and reinforcement slip deformations. Stress state of the component, cracking extent caused by volumetric changes from temperature and shrinkage, and deformation levels under gravity loads and seismic forces shall be considered.

C10.3.1.2 Stiffness For columns with low axial loads (below approximately $0.1A_gf'_c$), deformations caused by bar slip can account for as much as 50% of the total deformations at yield. The design professional is referred to Elwood and Eberhard (2009) for further guidance regarding calculation of the effective stiffness of reinforced concrete columns that include the effects of flexure, shear, and bar slip.

ACI STRUCTURAL JOURNAL

TECHNICAL PAPER

Title no. 106-S45

Effective Stiffness of Reinforced Concrete Columns

by Kenneth J. Elwood and Marc O. Eberhard

ASCE41-17

Table 10-5. Effective Stiffness Values

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed ^a	$0.3E_cEI_g$	$0.4E_cEA_w$	—
Beams—prestressed ^a	E_cEI_g	$0.4E_cEA_w$	—
Columns with compression caused by design gravity loads $\geq 0.5A_gf'_c$ ^b	$0.7E_cEI_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g
Columns with compression caused by design gravity loads $\leq 0.1A_gf'_c$ or with tension ^b	$0.3E_cEI_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g (compression) E_sEA_s (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.2.1		E_cEA_g
Flat slabs—nonprestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cEA_g$	—
Flat slabs—prestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cEA_g$	—
Walls—cracked ^c	$0.35E_cEA_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g (compression) E_sEA_s (tension)

^a For 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.

^b For columns with axial compression falling between the limits provided, flexural rigidity shall be determined by linear interpolation. If interpolation is not performed, the more conservative effective stiffnesses shall be used. An imposed axial load N_{UG} is permitted to be used for stiffness evaluations.

^c See Section 10.7.2.2.

N_{UG} = Member design axial force evaluated based on Eq. (7-3) of ASCE 41; set to zero for tension force in Eq. (10-3)

$$Q_G = Q_D + Q_L + Q_S \quad (7-3)$$

Q_D = Action caused by dead loads;

Q_L = Action caused by live load, equal to 25% of the unreduced live load obtained in accordance with ASCE 7 but not less than the actual live load; and

Q_S = Action caused by effective snow load.

ASCE41-17

10.3.1.2 Stiffness. Component stiffnesses shall be calculated considering shear, flexure, axial behavior, and reinforcement slip deformations. Stress state of the component, cracking extent caused by volumetric changes from temperature and shrinkage, and deformation levels under gravity loads and seismic forces shall be considered. Gravity-load effects considered for effective stiffnesses of components shall be determined using Eq. (7-3).

$$Q_G = Q_D + Q_L + Q_S \quad (7-3)$$

Q_D = Action caused by dead loads;

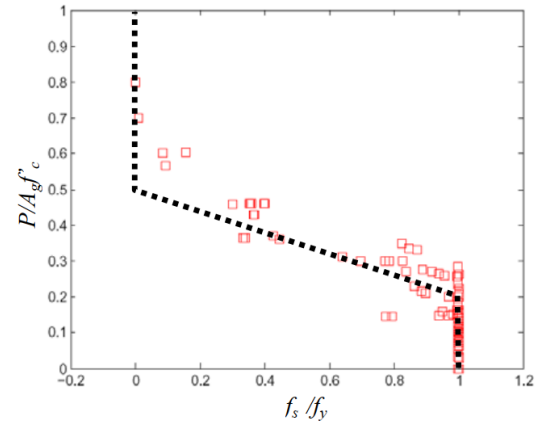
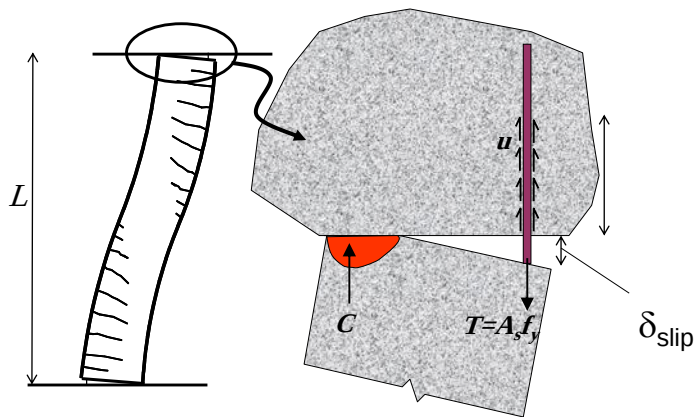
Q_L = Action caused by live load, equal to 25% of the unreduced live load obtained in accordance with ASCE 7 but not less than the actual live load; and

Q_S = Action caused by effective snow load.

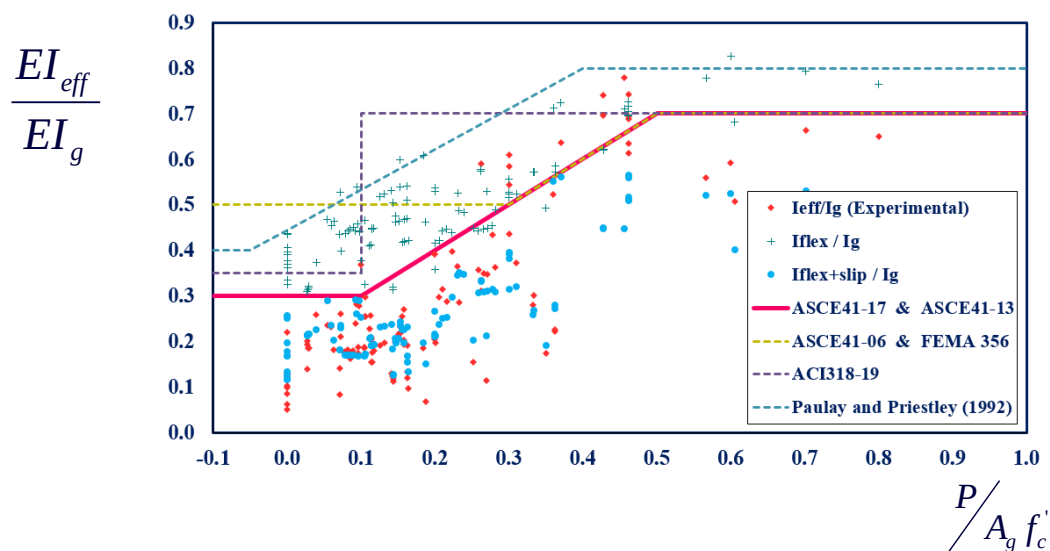
C10.3.1.2 Stiffness. For columns with low axial loads (below approximately $0.1A_gf'_c$), deformations caused by bar slip can account for as much as 50% of the total deformations at yield. Further guidance regarding calculation of the effective stiffness of reinforced concrete columns that include the effects of flexure, shear, and bar slip can be found in Elwood and Eberhard (2009).

Flexure-controlled wall stiffness can vary from approximately $0.15E_cEI_g$ to $0.5E_cEI_g$, depending on wall reinforcement and axial load. A method for calculating wall stiffness that provides compatibility with fiber section analysis is offered in C10.7.2.2.

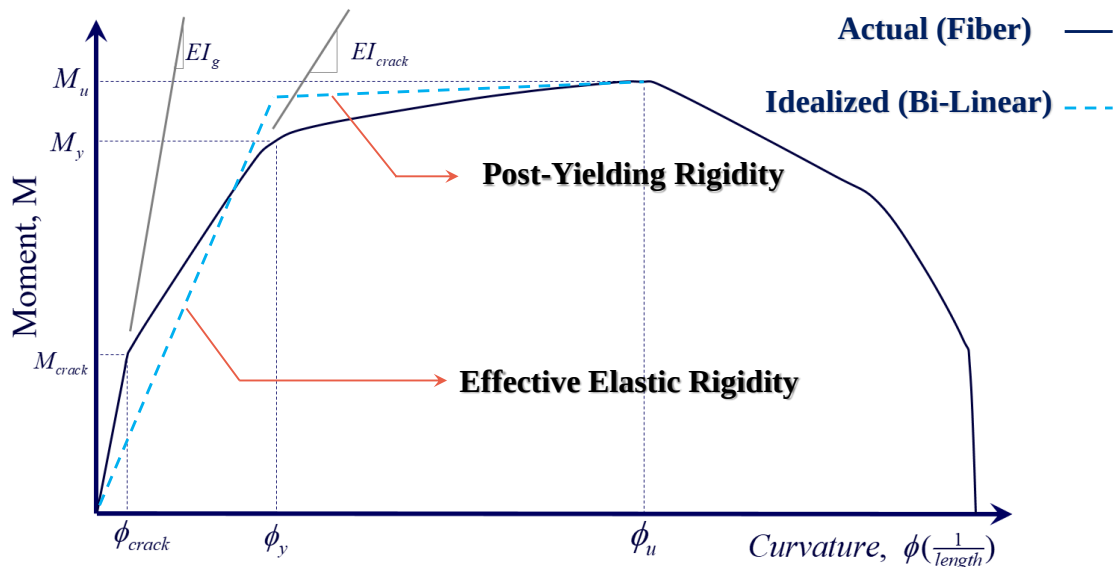
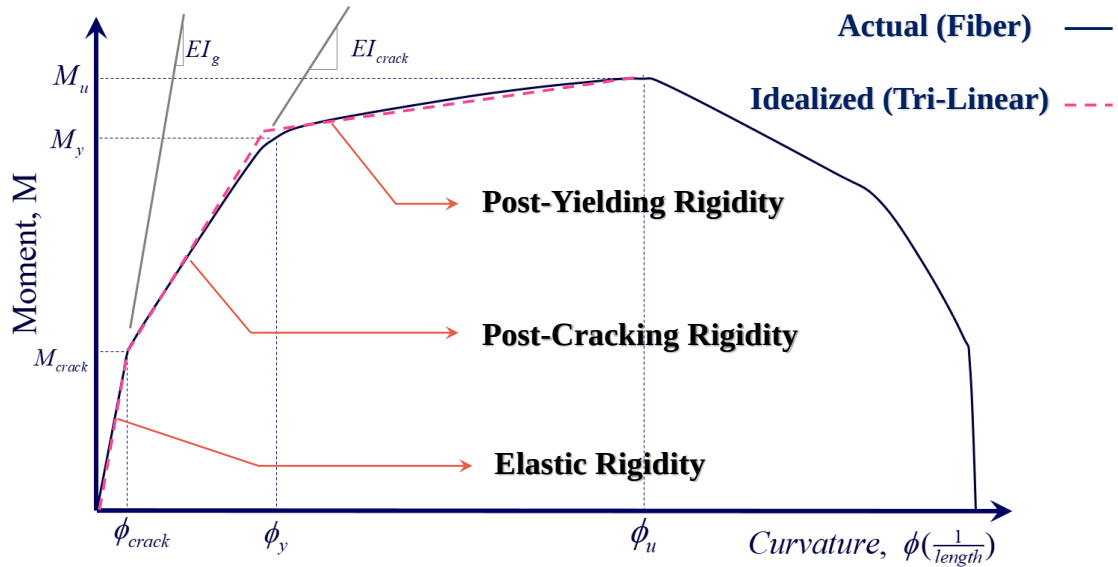
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



ضوابط موجود برای محاسبات سفتی در المان‌های بتن‌آرمه براساس **سفتی موثر** می‌باشد بنابراین در روش سفتی موثر، مستقل از نوع تحلیل (خطی یا غیرخطی-PH) ضرائب کاهش سفتی بایستی اعمال شود.

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



سفتی خمشی ستون‌های بتن‌آرمه، براساس استاندارد ASCE41-17 وابسته به مقدار بار محوری می‌باشد. با افزایش بار محوری فشاری مقدار سفتی خمشی افزوده می‌شود (پرا؟).

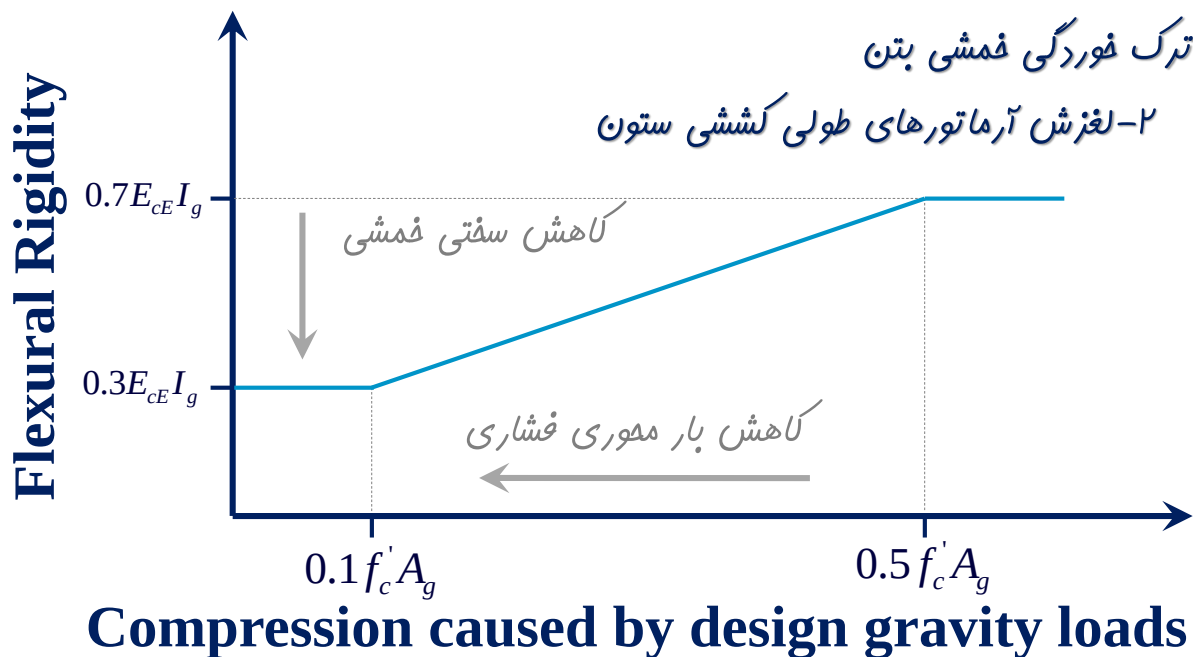
Table 10-5. Effective Stiffness Values

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
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	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_s A_s$ (tension)

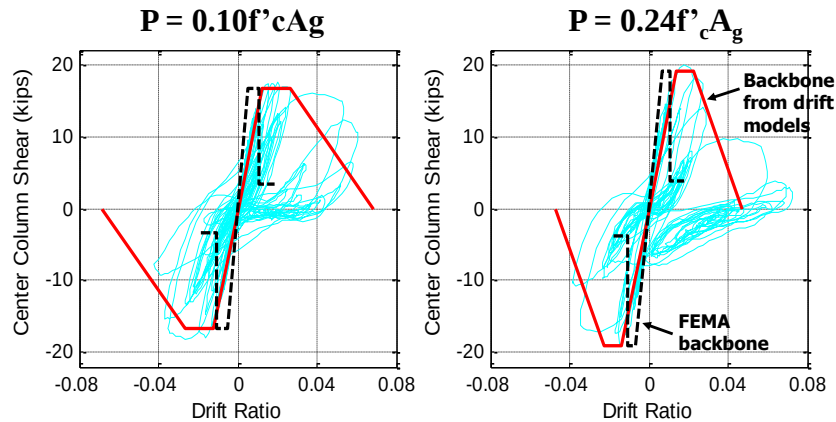
بار محوری فشاری به دلایل زیر در سفتی خمشی ستون تاثیر گذار است:

۱- ترک خوردگی خمشی بتن

۲- لغزش آرماتورهای طولی کششی ستون

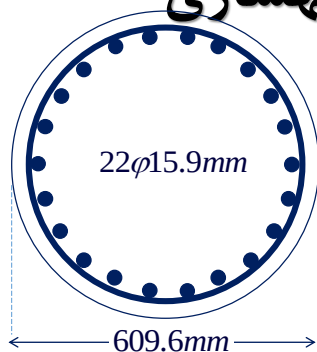


صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



Elwood and Moehle, 2003

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



$$P = 0.072 A_g f'_c$$

Test Specimen	D (mm)	Length (mm)	Axial Load (kN)	f'_c (MPa)
415	609.6	2438.4	653.86	31
815	609.6	4876.8	653.86	31
1015	609.6	6096	653.86	31

Longitudinal Steel

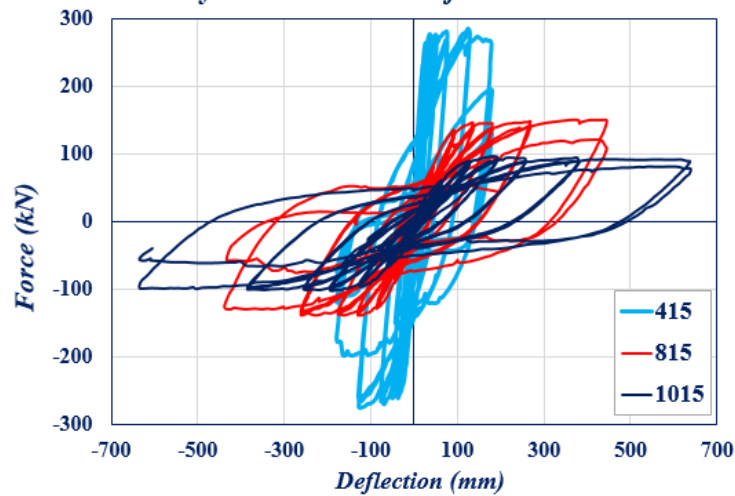
ϕ (mm)	No. of Bars	f_{yt} (MPa)	f_{ul} (MPa)	ρ_l (%)
15.9	22	462	630	1.49
15.9	22	462	630	1.49
15.9	22	462	630	1.49

Transverse Steel

ϕ (mm)	s (mm)	Cover to Center of Hoop (mm)	f_{yt} (MPa)	ρ_t (%)
6.4	31.8	22.2	606.8	0.732
6.4	31.8	22.2	606.8	0.732
6.4	31.8	22.2	606.8	0.732

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

Hysteretic Behaviour of RC Column



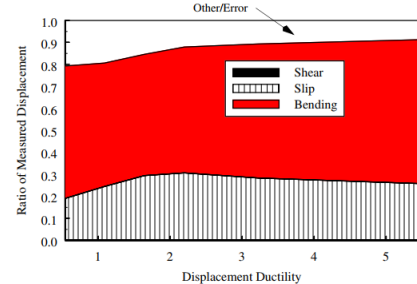
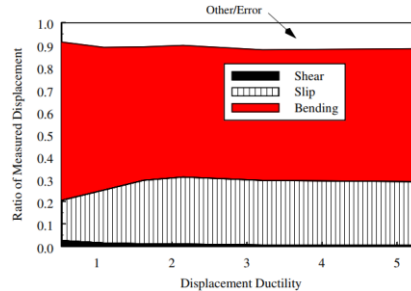
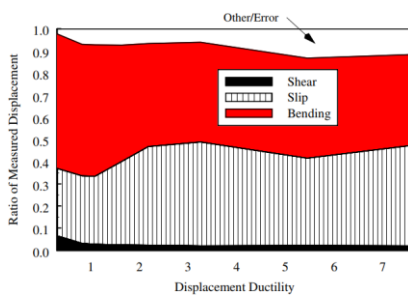
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



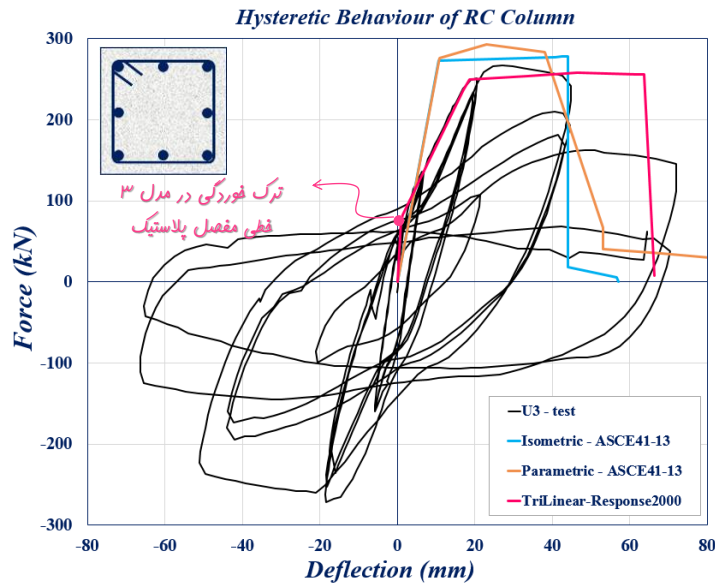
Column 415

Column 815

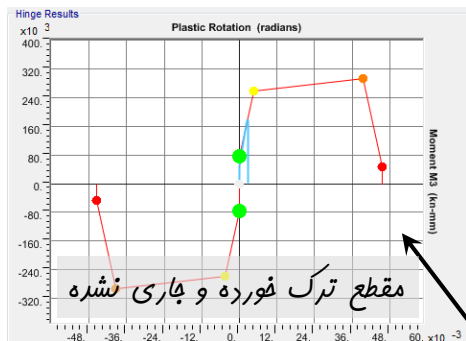
Column 1015



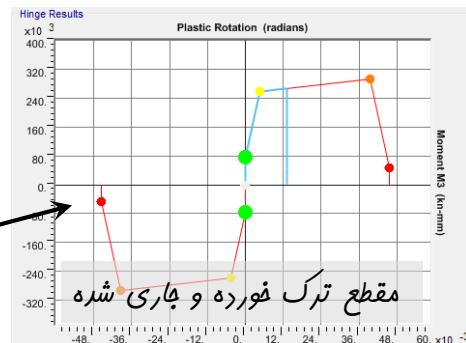
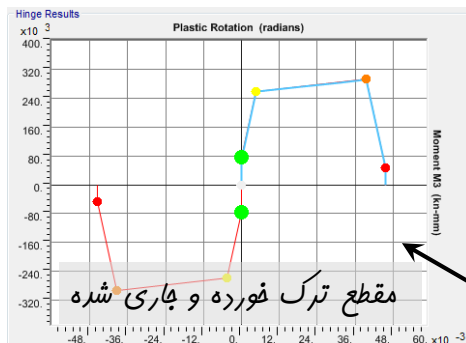
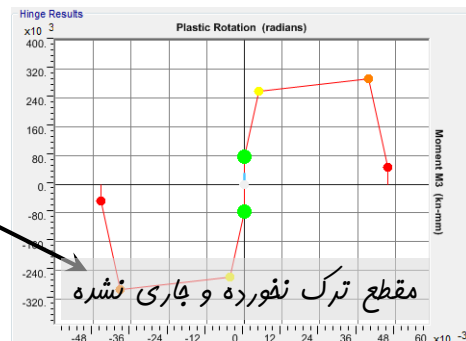
صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

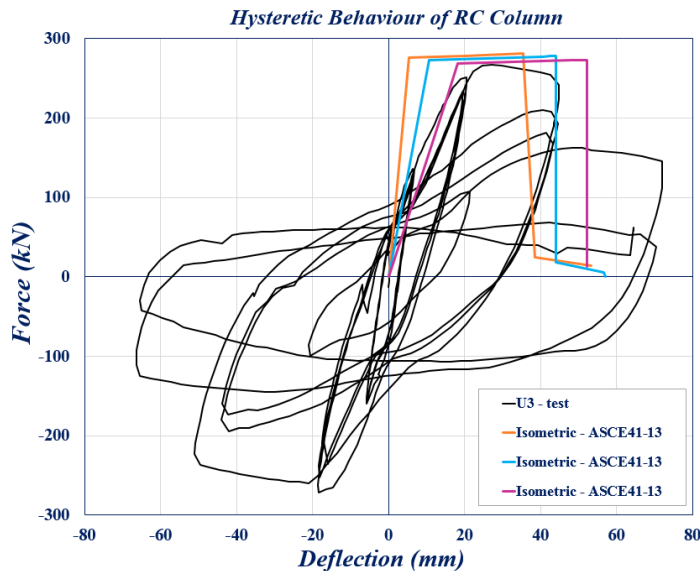


Ozcebe and Saatcioglu, 1987



Pt Obj: 3
Pt Elm: 3
U1 = 150
U2 = 0
U3 = -1646
R1 = 0
R2 = .15738
R3 = 0





-ستون با ضریب کاهش سفتی 0.7

-ستون با ضریب کاهش سفتی 0.341

-ستون با ضریب کاهش سفتی 0.2

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



Stiffness Properties for Linear and Nonlinear Analysis

نشریه ۳۶۰-۱۳۹۲

۶-۲-۱-۲- سختی

سختی اجزای سازه‌ای باید با کمک روش‌های متداول معتبر (تحلیلی یا آزمایشگاهی)، با در نظر گرفتن تغییر شکل‌های ناشی از رفتار محوری، خمشی، برشی و نیز پیوستگی بتن و آرماتور در آن‌ها تعیین شود. در تعیین سختی‌ها باید به وضعیت تنش در اجزاء، تراز تغییر شکل‌ها زیر اثر بارهای ثقلی و نیز میزان ترک‌خوردگی ناشی از تغییرات دما و وارفتگی بتن توجه داشت. در مواردی که نتوان سختی اجزاء را با روش‌های تحلیلی یا آزمایشگاهی به‌طور دقیق‌تر تعیین نمود، می‌توان از ضوابط زیر برای

تحلیل در روش‌های خطی یا غیرخطی استفاده نمود.

۶-۲-۱-۲- روش‌های خطی

در روش‌های تحلیل خطی (مطابق روش‌های فصل ۳)، سختی مؤثر یک قطعه در هر تلاش برابر با سختی وتري نقطه تسلیم آن جز در نظر گرفته می‌شود. سختی وتري شیب خطی است که در منحنی نیرو - تغییر مکان، مبدا را به نقطه تسلیم وصل می‌نماید.

در مواردی که نتوان سختی را با این روش تعیین کرد می‌توان مقادیر جدول (۶-۱) را در محاسبات به کار برد.

۶-۲-۱-۲-۲- روش های غیر خطی

در دیاگرام یکنوای بار - تغییر شکل در شکل (۶-۱)، خط AB، نمایشگر رفتار خطی عضو در مرحله نخست بارگذاری است که از نقطه A شروع شده و تا نقطه B، نقطه تسلیم مؤثر عضو، گسترش می یابد. شیب خط AB براساس ضابطه بند (۶-۲-۱-۲-۲) تعیین می گردد. خط BC نمایشگر رفتار عضو با سختی کاهش یافته بعد از نقطه تسلیم است که شیب آن را، در صورت عدم وجود نتایج تحلیلی یا شواهد آزمایشگاهی و با صرف نظر کردن از اثرات بارهای ثقلی می توان بین صفر تا ده درصد شیب AB در نظر گرفت.

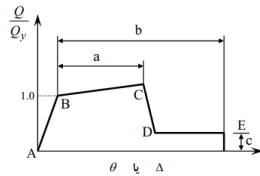
جدول (۶-۱): مقادیر سختی های مؤثر در روش های خطی

عضو	سختی محوری	سختی برشی ^۱	سختی خمشی ^۲
تیر غیرپیش تنیده	—	GA_w	$0.3E_c I_g$
تیر پیش تنیده	—	GA_w	$E_c I_g$
ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی بزرگتر از $0.5A_g f_c$	$E_c A_g$	GA_w	$0.7E_c I_g$
ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار ثقلی طراحی کمتر از $0.1A_g f_c$ یا بار کششی ^۳	$E_c A_g$	GA_w	$0.3E_c I_g$
اتصالات تیر به ستون	$E_c A_g$	بند (۶-۲-۱-۲-۳-۶)	—
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 تحت غیرپیش تنیده	—	GA_w	$0.33E_c I_g$
دال تحت پیش تنیده	—	GA_w	$0.5E_c I_g$

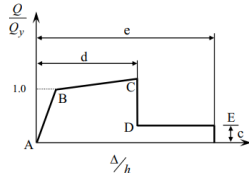
۱- در سختی برشی مقدار G مدول برشی بتن است که در صورت عدم وجود شواهد آزمایشگاهی می توان مقدار آن را برابر $4E_c/3$ در نظر گرفت.

۲- مقدار I_g برای تیرهای T شکل را می توان دو برابر مقدار I_g برای جان آن ها در نظر گرفت. محاسبه ی I_g باید با در نظر گرفتن پهنای مؤثر مطابق بند (۶-۲-۱-۲-۳) انجام شود.

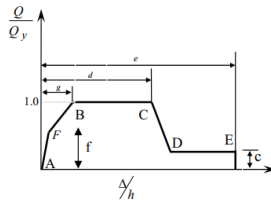
۳- برای ستون های با بار محوری مابین حدود داده شده در جدول می توان از درون یابی خطی استفاده کرد یا مقدار محافظه کارانه تر را اختیار کرد.



(الف) تغییر شکل



(ب) نسبت تغییر شکل



(پ) نسبت تغییر شکل

شکل (۶-۱): رابطه ی عمومی بار - تغییر شکل کلی برای قطعات بتنی

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

نشریه ۳۶۰ - ۱۳۹۲

۳-۲-۸- ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی

در ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی، حد بالا و پایین اثرات بار ثقلی، Q_G ، باید از روابط زیر محاسبه شود:

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L] \quad (۱-۳)$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (۲-۳)$$

که در آن Q_D بار مرده و Q_L معادل ۲۵٪ بار زنده طراحی کاهش نیافته است که نباید از بار زنده واقعی موجود در هنگام ارزیابی

$$Q_L = \text{Max}(0.25L_{\text{Design}}, L_{\text{Evaluation}}) \quad \text{کمتر باشد.}$$

$$L_{\text{Design}} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\Rightarrow Q_L = \text{Max}(0.25 \times 200, 90) = \text{Max}(50, 90) = 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$L_{\text{Evaluation}} = 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\begin{cases} P_{D+L} = 81.25 \text{ ton} \\ P_D = 56.25 \text{ ton} \end{cases} \Rightarrow P_L = 81.25 - 56.25 = 25 \text{ ton}$$

$$\begin{array}{l} \text{بار زنده واقعی موجود در} \\ \text{سافتمان به هنگام ارزیابی} \end{array} \Rightarrow 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{بار محوری ستون بر اساس} \\ \text{بار زنده واقعی به هنگام ارزیابی} \end{array} \Rightarrow P_{Q_L} = 25 \times \frac{90}{200} = 11.25 \text{ ton}$$

$$\begin{cases} Q_{G1} = 1.1(Q_D + Q_L) \\ Q_{G2} = 0.9Q_D \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P_{G1} = 1.1 \times (56.25 + 11.25) = 74.25 \text{ ton} \\ P_{G2} = 0.9 \times 56.25 = 50.625 \text{ ton} \end{cases}$$

$$A_g f_c' = 40^2 \times 210 = 336 \text{ t} \Rightarrow \begin{cases} \frac{P_{G1}}{A_g f_c'} = \frac{74.25}{336} = 0.221 & \text{نسبت بار محوری ستون} \\ & \text{در حد بالای اثرات ثقلی} \\ \frac{P_{G2}}{A_g f_c'} = \frac{50.625}{336} = 0.150 & \text{نسبت بار محوری ستون} \\ & \text{در حد پایین اثرات ثقلی} \end{cases}$$

جدول (۶-۱): مقادیر سختی‌های مؤثر در روش‌های خطی

عضو	سختی محوری	سختی برشی ^۱	سختی خمشی ^۲
تیر غیرپیش‌تنیده	—	GA_w	$0.3E_c I_g$
تیر پیش‌تنیده	—	GA_w	$E_c I_g$
ستون با بار محوری 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 با 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 (۶-۱-۳-۲-۲-۱)	
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 سختی 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 (۶-۲-۱-۳) انجام شود.

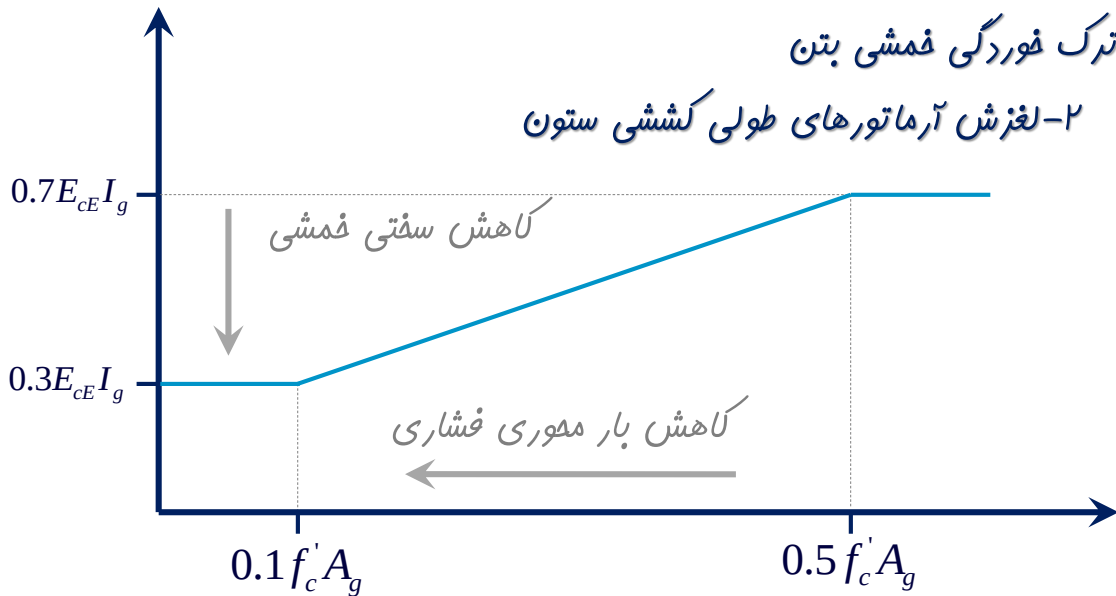
۳- برای ستون‌های با بار محوری مابین حدود داده‌شده در جدول می‌توان از درون‌یابی خطی استفاده کرد یا مقدار محافظه کارانه تر را اختیار کرد.

بار محوری فشاری به دلایل زیر در سفتی خمشی ستون تاثیر گذار است:

۱- ترک خوردگی خمشی بتن

۲- لغزش آرماتورهاى طولی کششی ستون

Flexural Rigidity

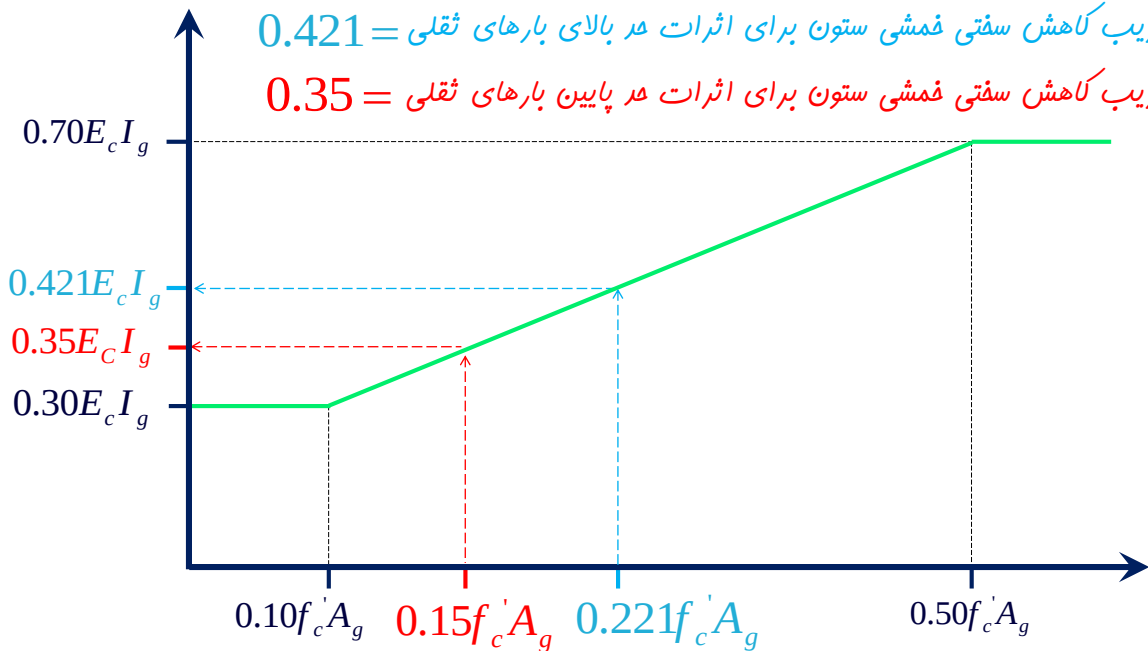


Compression caused by design gravity loads

ضریب کاهش سفتی خمشی ستون برای اثرات در بالای بارهای ثقلی = 0.421

ضریب کاهش سفتی خمشی ستون برای اثرات در پایین بارهای ثقلی = 0.35

Flexural Rigidity



بار محوری فشاری ستون ناشی از بار ثقلی طراحی

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



سفتی خمشی ستون‌های بتن‌آرمه، براساس استاندارد ASCE41-17 و ASCE41-17 وابسته به مقدار بار محوری می‌باشد. با افزایش بار محوری فشاری مقدار سفتی خمشی افزوده می‌شود (چرا؟).

ASCE41-13

Table 10-5. Effective Stiffness Values

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

^a For 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.

^c See Section 10.7.2.2.

ASCE41-17

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 ^b	$E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
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 ^c	$0.3E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_c A_g$ (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.2.1	—	$E_s A_s$
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 ^c	$0.35E_c A_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$ (compression) $E_c A_g$ (tension)

^a For 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.

^b For columns with axial compression falling between the limits provided, flexural rigidity shall be determined by linear interpolation. If interpolation is not performed, the more conservative effective stiffnesses shall be used. An imposed axial load N_{UG} is permitted to be used for stiffness evaluations.

^c See Section 10.7.2.2.

10.3.1.2 Stiffness Component stiffnesses shall be calculated considering shear, flexure, axial behavior, and reinforcement slip deformations. Stress state of the component, cracking extent caused by volumetric changes from temperature and shrinkage, and deformation levels under gravity loads and seismic forces shall be considered.

C10.3.1.2 Stiffness For columns with low axial loads (below approximately $0.1A_g f'_c$), deformations caused by bar slip can account for as much as 50% of the total deformations at yield. The design professional is referred to Elwood and Eberhard (2009) for further guidance regarding calculation of the effective stiffness of reinforced concrete columns that include the effects of flexure, shear, and bar slip.

10.3.1.2 Stiffness. Component stiffnesses shall be calculated considering shear, flexure, axial behavior, and reinforcement slip deformations. Stress state of the component, cracking extent caused by volumetric changes from temperature and shrinkage, and deformation levels under gravity loads and seismic forces shall be considered. Gravity-load effects considered for effective stiffnesses of components shall be determined using Ea. (7-3).

$$Q_G = Q_D + Q_L + Q_S \quad (7-3)$$

Q_D = Action caused by dead loads;

Q_L = Action caused by live load, equal to 25% of the unreduced live load obtained in accordance with ASCE 7 but not less than the actual live load; and

Q_S = Action caused by effective snow load.

C10.3.1.2 Stiffness. For columns with low axial loads (below approximately $0.1A_g f'_c$), deformations caused by bar slip can account for as much as 50% of the total deformations at yield. Further guidance regarding calculation of the effective stiffness of reinforced concrete columns that include the effects of flexure, shear, and bar slip can be found in Elwood and Eberhard (2009).

Flexure-controlled wall stiffness can vary from approximately $0.15E_c I_g$ to $0.5E_c I_g$, depending on wall reinforcement and axial load. A method for calculating wall stiffness that provides compatibility with fiber section analysis is offered in C10.7.2.2.

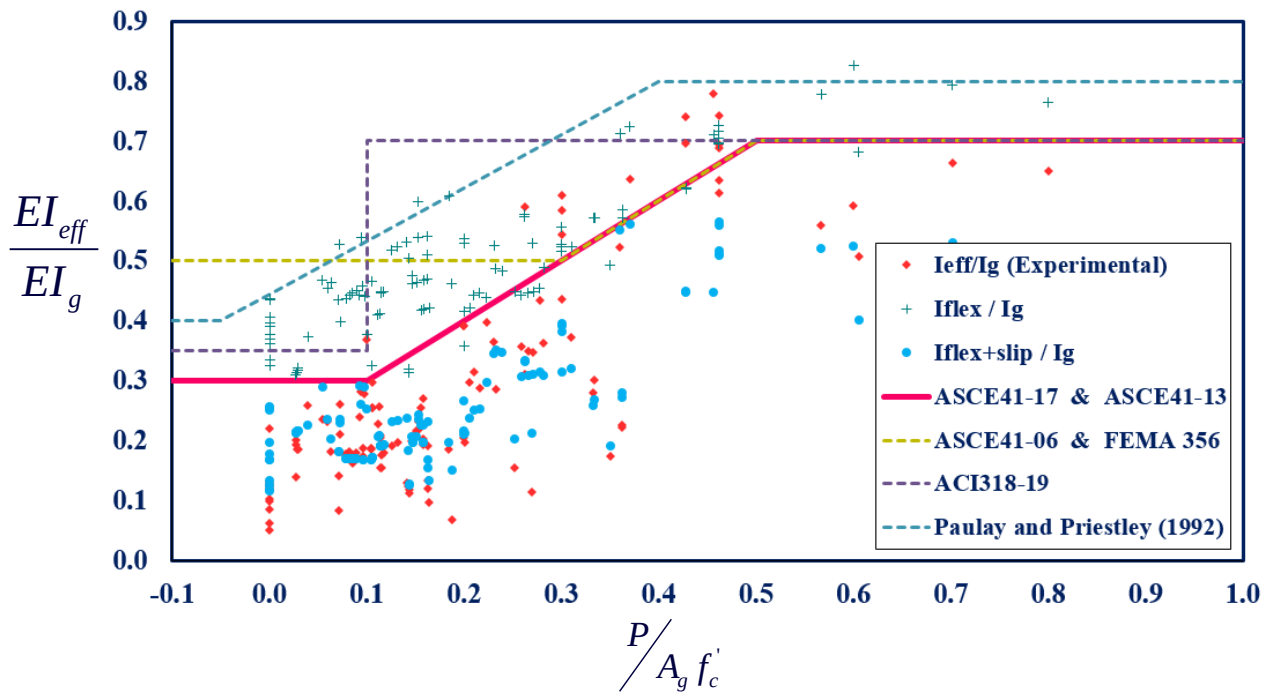
ACI STRUCTURAL JOURNAL

TECHNICAL PAPER

Title no. 106-S45

Effective Stiffness of Reinforced Concrete Columns

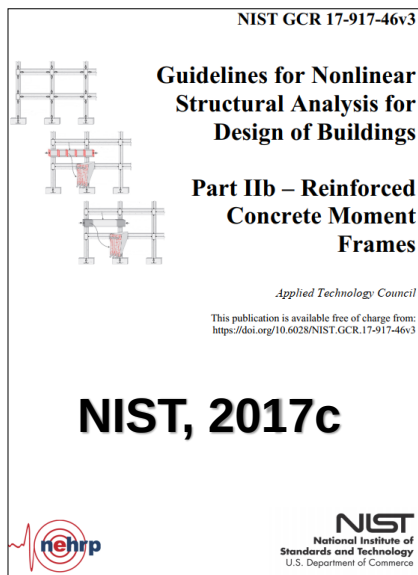
by Kenneth J. Elwood and Marc O. Eberhard



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



Effective stiffness in Fiber-Type Component Models

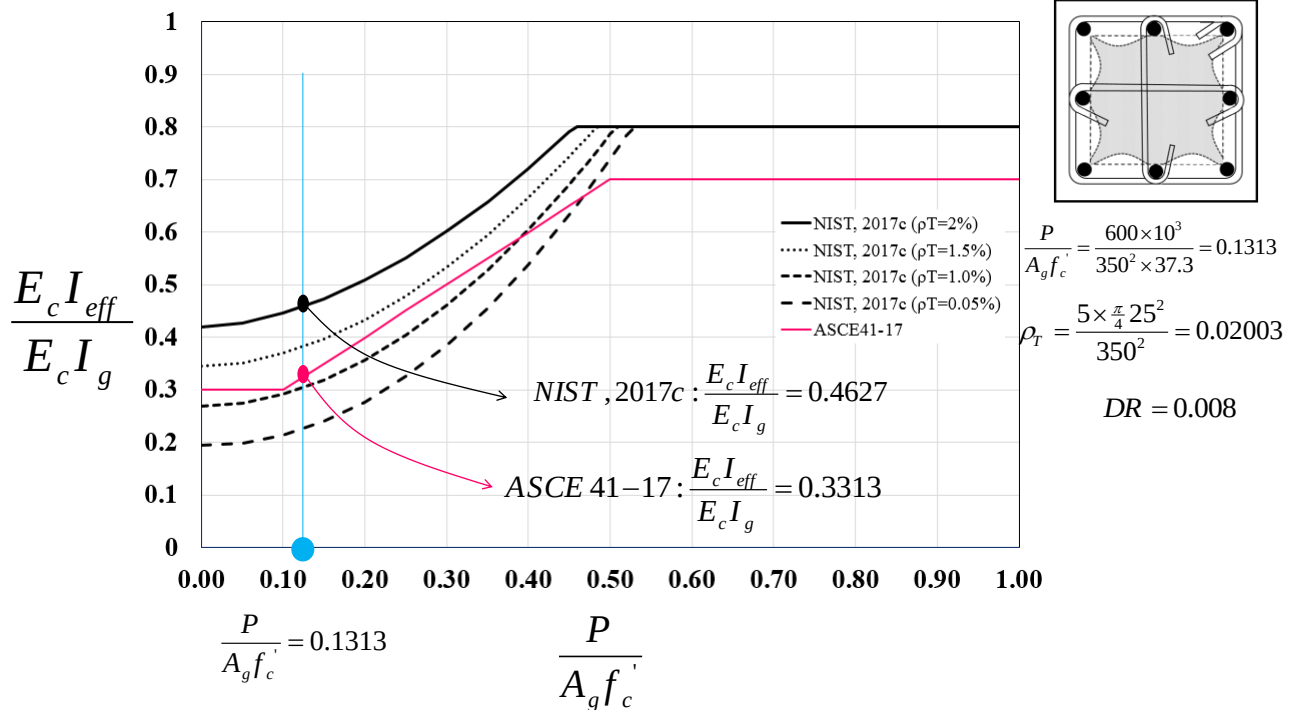


NIST GCR 17-917-46v3 در رابطه کاهش سختی ستون‌های بتن‌آرمه که در معرفی شده است، براساس تحقیقات انجام شده توسط Kwon (2016) بوده و علاوه بر نسبت بارمحوری ستون‌ها، به میزان تغییر شکل نسبی و نسبت آرماتورهای کششی نیز وابسته می‌باشد. این رابطه به احتمال بسیار زیاد وارد [ASCE41-23](#) خواهد شد.

$$\frac{E_c I_{eff}}{E_c I_g} = 0.003DR^{-0.65} + \gamma \leq 0.8$$

$$\gamma = (-50\rho_T + 2.5)\left(\frac{P}{A_g f'_c}\right)^{(-20\rho_T + 2.15)} + (15\rho_T + 0.05)$$

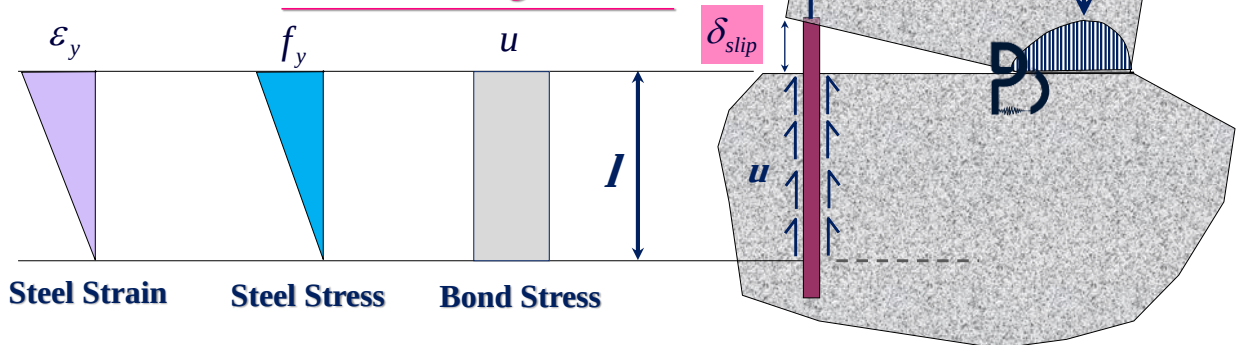
ρ_T : longitudinal tension reinforcement ratio defined as the area of longitudinal bars in tension divided by the gross section area, which can be taken as the section overall height multiplied by the section web width



صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی RC Column Stiffness



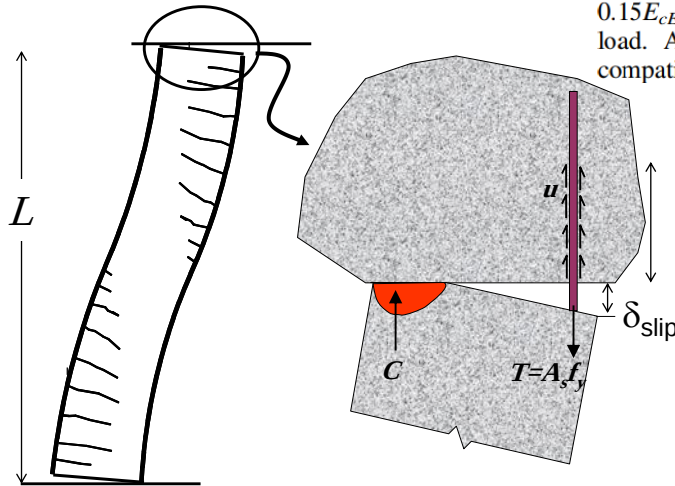
مطابق با شکل، لغزش آرماتورهای طولی ستون باعث به وجود آمدن دورانی مازاد بر دورانهای خمشی خواهد شد. لذا تغییر شکل جانبی ستون بیشتر خواهد شد. به عبارت بهتر لغزش آرماتورهای طولی، باعث کاهش سفتی موثر ستونهای بتنی می شود.



ASCE41-17

C10.3.1.2 Stiffness. For columns with low axial loads (below approximately $0.1A_g f'_c$), deformations caused by bar slip can account for as much as 50% of the total deformations at yield. Further guidance regarding calculation of the effective stiffness of reinforced concrete columns that include the effects of flexure, shear, and bar slip can be found in Elwood and Eberhard (2009).

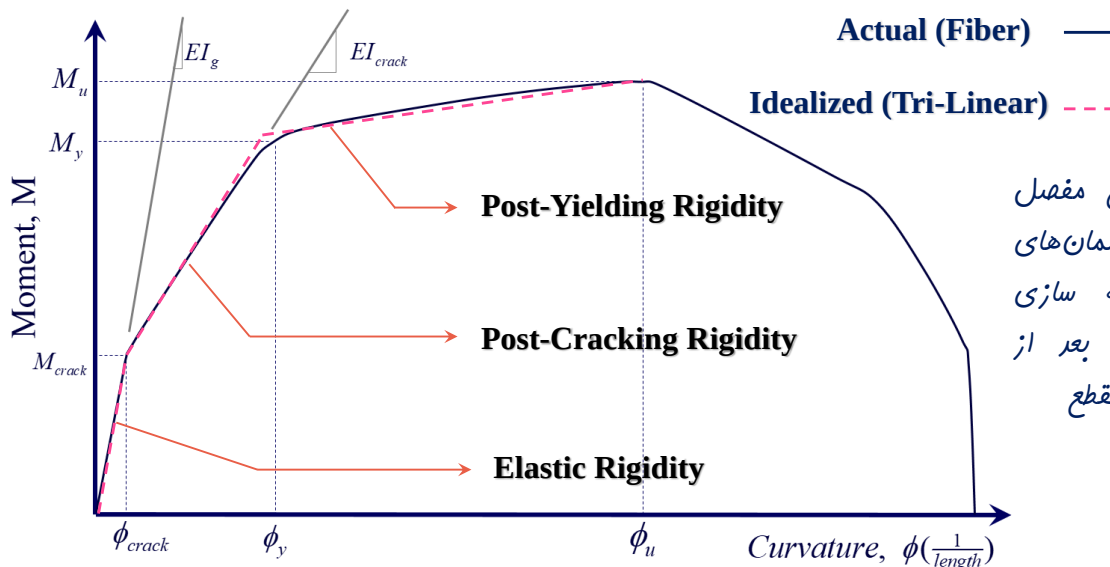
Flexure-controlled wall stiffness can vary from approximately $0.15E_c E I_g$ to $0.5E_c E I_g$, depending on wall reinforcement and axial load. A method for calculating wall stiffness that provides compatibility with fiber section analysis is offered in C10.7.2.2.



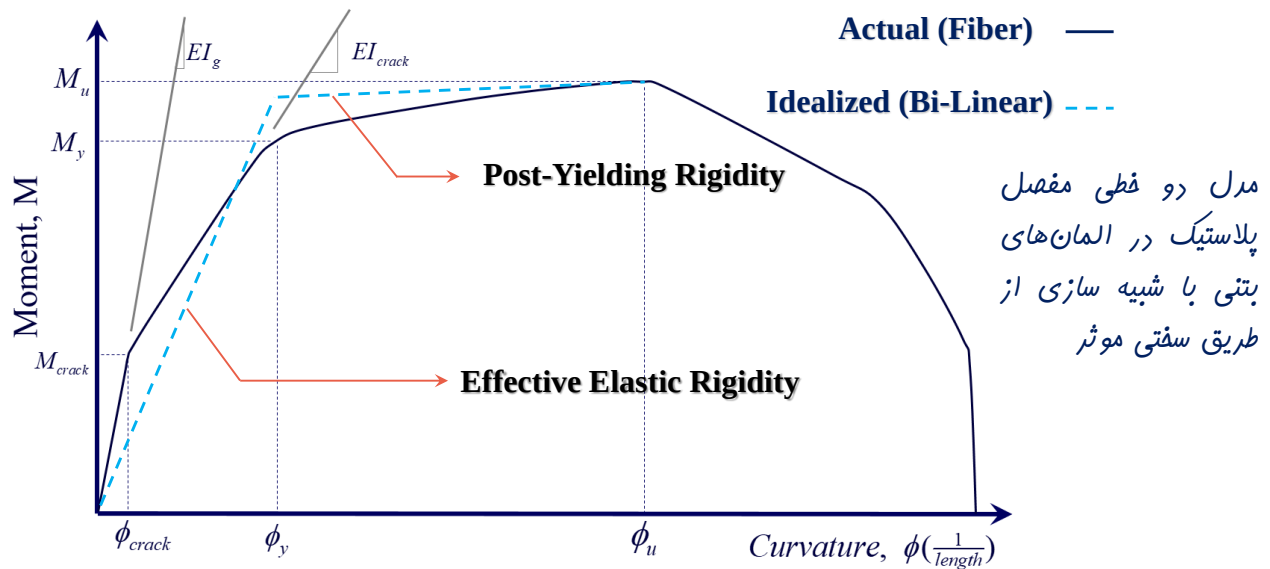
مطابق با این بند از بخش تفسیر استاندارد ASCE41-17 برای ستون‌های با نسبت بار محوری پایین، حدود ۵۰٪ از تغییر شکل کلی ستون مربوط به لغزش آرماتورها و طولی ستون خواهد بود. بنابراین استانداردها برای پشتیبانی این جابجایی زیاد به دلیل لغزش آرماتورها و طولی، مجبور به کاهش قابل ملاحظه در سفتی خمشی ستون هستند.

صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

Stiffness Properties for Linear and Nonlinear Analysis



مدل سه خطی مفصل پلاستیک در المان‌های بتنی با شبیه سازی رفتار قبل و بعد از ترک خوردگی مقطع



ضوابط موجود برای محاسبات سفتی در المانهای بتن آرمه براساس سفتی موثر می باشد بنابراین در روش سفتی موثر، مستقل از نوع تحلیل (خطی یا غیرخطی) ضرائب کاهش سفتی بایستی اعمال شود.

۱- برای هر بالا و پایین اثرات بار ثقیل ضریب کاهش سفتی خمشی برابر با 0.7 می باشد. ❌

۲- برای هر بالای اثرات بار ثقیل، ضریب کاهش سفتی خمشی برابر 0.405 و برای هر پایین اثرات بار ثقیل برابر با 0.30 ❌

۳- برای هر بالای اثرات بار ثقیل، ضریب کاهش سفتی خمشی برابر 0.466 و برای هر پایین اثرات بار ثقیل برابر با 0.30 ❌

۴- برای هر بالای اثرات بار ثقیل، ضریب کاهش سفتی خمشی برابر 0.421 و برای هر پایین اثرات بار ثقیل برابر با 0.35 ✅