



## شرح و درس و تشریح کامل سؤالات

# آزمون‌های نظام مهندسی عمران ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی

نشریه ۳۶۰



مؤلف:  
دکتر مهدی روان‌بخشیان



سرشناسه:  
عنوان و نام پدیدآور:  
مشخصات نشر:  
مشخصات ظاهری:  
شابک:  
یادداشت:  
موضوع:  
موضوع:  
موضوع:  
رده بندی کنگره:  
رده بندی دیویی:  
شماره کتابشناسی ملی:  
اطلاعات رکورد کتابشناسی:

روانبخشیان، مهدی، ۱۳۶۳ -  
شرح و درس و تشریح کامل سوالات آزمون‌های نظام مهندسی عمران ارزیابی، طرح  
و اجرای بهسازی / مولف مهدی روانبخشیان.  
تهران : نوآور  
۴۰۰ ص.  
۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۶۱۶-۰  
کتابنامه: ص.۴۰۰.  
مهندسی عمران -- راهنمای آموزشی (عالی)  
(Civil engineering -- Study and teaching (Higher  
مهندسی عمران -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)  
(Civil engineering -- Examinations, questions, etc (Higher  
۱۵۹TA  
۰۷۶/۶۳۴  
۸۷۸۷۵۰۳  
فهرست بنیادی

شرح و درس و تشریح کامل سؤالات  
آزمون‌های نظام مهندسی عمران  
ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی



نشر نوآور

مؤلف: دکتر مهدی روانبخشیان  
ناشر: نوآور  
شمارگان: ۲۰۰ نسخه  
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۶۱۶-۰

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهیدای  
ژاندارمیری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸  
طبقه اول، واحد ۳ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و  
مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر  
نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل  
هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع  
انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا  
تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام  
است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

@Noavarpub



صفحه رسمی انتشارات نوآور در شبکه‌های اجتماعی

# فهرست مطالب

طیف استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران ..... ۶۸

طیف دستورالعمل بهسازی - نشریه ۳۶۰ ..... ۶۹

روش طیف حاصل از تحلیل ویژه ساختگاه ..... ۷۲

طیف خطر یکنواخت ..... ۷۲

لرزه خیزی ..... ۷۳

انتخاب رابطه کاهندگی ..... ۷۳

تحلیل خطر ..... ۷۴

تهیه طیف با خطر ثابت ویژه ساختگاه ..... ۷۴

تهیه طیف طرح آماری ویژه ساختگاه ..... ۷۵

اهداف بهسازی ..... ۷۸

بهسازی مینا ..... ۷۸

بهسازی مطلوب ..... ۷۸

بهسازی ویژه ..... ۷۸

بهسازی محدود ..... ۷۸

۴-۲ نگاهی مفهومی به روش‌های خطی مبتنی بر جابجایی  
نشریه ۳۶۰ ..... ۸۱

روش خطی مبتنی بر دستورالعمل بهسازی (نشریه ۳۶۰) ..... ۸۲

۵-۲ مفاهیم نیرو کنترل و تغییر شکل کنترل و ارتباط آن با تحلیل‌های  
خطی نشریه ۳۶۰ ..... ۸۹

نتایج بحث زنجیر پاولی ..... ۹۱

رفتار نیرو کنترل و جابجایی کنترل در نشریه ۳۶۰ ..... ۹۲

۶-۲ ضریب m برای اصلاح روابط معیار پذیرش المان‌های جابجایی  
کنترل در تحلیل‌های خطی ..... ۹۵

۷-۲ مفهوم ضریب DCR ..... ۹۷

## فصل سوم / فصل مصالح از دیدگاه دستورالعمل

**بهسازی در جهت بهسازی** ..... ۹۹

۱-۳ مقدمه ..... ۹۹

۲-۳ آزمایش‌های غیر مخرب ..... ۱۰۰

آزمایش‌های غیر مخرب در اعضا و اجزای فولادی ..... ۱۰۰

آزمایش غیر مخرب فولادی - بازرسی چشمی ..... ۱۰۰

آزمایش غیر مخرب فولادی - آزمایش آلتراسونیک ..... ۱۰۱

آزمایش غیر مخرب فولادی - آزمایش رادیوگرافی ..... ۱۰۳

آزمایش غیر مخرب فولادی - آزمایش ذرات مغناطیسی ..... ۱۰۳

آزمایش‌های غیر مخرب در اعضا و اجزای بتنی ..... ۱۰۴

آزمایش غیر مخرب بتنی - تست اسکن آرماتور ..... ۱۰۵

آزمایش غیر مخرب بتنی (نیمه مخرب) - بیرون کشیدن میله از  
بتن ..... ۱۰۶

رابطه بین مقاومت فشاری و مقاومت pull out ..... ۱۰۶

آزمایش غیر مخرب بتن - چکش اشمیت ..... ۱۰۷

آزمایش غیرمخرب بتنی - تست امواج آلتراسونیک - UPV ..... ۱۰۹

## مقدمه ..... ۷

## فصل اول / آشنایی با مفاهیم بنیادی مهندسی زلزله

۹ ..... ۹

۱-۱ مقدمه ..... ۹

۲-۱ مفهوم مفصل ..... ۹

۳-۱ مفهوم مفصل پلاستیک از نقطه نظر مقطعی ..... ۲۳

تعریف منحنی ظرفیت ..... ۲۴

۴-۱ مفهوم مفصل پلاستیک از نقطه نظر نموداری ..... ۲۴

۵-۱ مفهوم مکانیزم یا مکانیسم برای یک سازه ..... ۲۶

۶-۱ مفصل پلاستیک بتنی ..... ۲۹

۷-۱ مفصل پلاستیک فولادی ..... ۳۲

۸-۱ مزیت‌های تشکیل مفصل پلاستیک ..... ۳۳

۹-۱ انواع بارگذاری لرزه‌ای ..... ۳۴

بارگذاری استاتیکی یکنواخت یک طرفه و دو طرفه: ..... ۳۵

بارگذاری استاتیکی سیکلی یک طرفه و دو طرفه: ..... ۳۵

بارگذاری دینامیکی ..... ۳۶

۱۰-۱ اعمال بارگذاری سیکلی ..... ۳۷

۱۱-۱ تعریف منحنی هیستریزس ..... ۳۹

۱۲-۱ انواع منحنی هیستریزس ..... ۴۰

۱۳-۱ پدیده فشردگی و جمع شدگی در منحنی هیستریزس ..... ۴۳

۱۴-۱ تعریف منحنی ریشه‌ای یا ستون فقراتی ..... ۴۴

۱۵-۱ تاثیرپذیری پاسخ‌ها از نوع بارگذاری در تعریف مفصل ..... ۴۵

۱۶-۱ استخراج منحنی رفتار مفاصل پلاستیک نشریه ۳۶۰ ..... ۴۸

۱۷-۱ اتلاف انرژی ..... ۵۰

## فصل دوم / جزییات آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله و

## مقایسه آن با نشریه ۳۶۰ ..... ۵۳

۱-۲ مقدمه ..... ۵۳

۲-۲ نکات طراحی از دیدگاه ۲۸۰۰ ..... ۵۳

۳-۲ مفاهیم موجود در نشریه ۳۶۰ ..... ۵۷

مفهوم سطوح عملکرد ..... ۵۷

سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای ..... ۵۸

سطوح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای ..... ۶۰

مفهوم سطوح عملکرد کل ..... ۶۱

مفهوم سطوح خطر ..... ۶۷

سطح خطر انتخابی ..... ۶۷

روش‌های تعیین طیف طرح شتاب ..... ۶۸

روش طیف ثابت در تعیین منحنی طیف ..... ۶۸

- ۱۷۴..... نگاهى جامع
- ۳-۴ ۱۲ تعیین ظرفیت المان‌های نیرو کنترل و تغییر شکل کنترل
- ۱۷۶.....
- ۱۷۶..... مفهوم ظرفیت در المان‌های تغییر شکل کنترل
- ۱۷۷..... مفهوم ظرفیت در المان‌های نیرو کنترل
- ۴-۱۳ مراحل تعیین پارامتر DCR
- ۴-۱۴ محاسبه نسبت DCR، برای سیستم‌های مختلف سازه‌ای
- ۱۷۹.....
- سیستم قاب خمشی فولادی - المان تیر
- ۱۷۹..... سیستم قاب مهاربندی شده - المان تیر دهانه مهاربندی
- سیستم قاب مهاربندی شده - المان تیر در دهانه فاقد مهاربند
- همگرا
- سیستم قاب مهاربندی شده - المان مهاربند همگرا
- ۱۸۱..... المان ستون در سیستم قاب خمشی
- ۴-۱۵ محدوده کاربرد روش خطی در بهسازی سازه‌ها
- ۴-۱۶ معیارهای پذیرش
- ۱۹۲..... معیار پذیرش قاب خمشی - المان تیر
- ضریب m برای اصلاح روابط معیار پذیرش المان‌های جابجایی
- کنترل در تحلیل‌های خطی
- معیار پذیرش قاب خمشی - المان ستون
- معیار پذیرش ستون تحت فشار خالص
- معیار پذیرش ستون تحت اثر توام نیروی محوری فشاری و لنگر خمشی
- مقادیر m ستون یا مقطع مرکب بست دار
- معیار پذیرش ستون تحت کشش خالص
- تفسیر روابط معیار پذیرش برای ستون
- معیار پذیرش قاب با مهاربند همگرای فولادی
- معیار پذیرش مهاربند
- بررسی تغییرات ضریب m برای مهاربندها
- ۴-۱۷ بررسی ضوابط بند ۱۰-۳-۱۱-۳ مبث دهم در مورد اتصال مهاربندی‌ها
- معیار پذیرش تیرها در دهانه مهاربند همگرا
- معیار پذیرش ستون‌ها در دهانه مهاربند همگرا
- ۴-۱۸ قاب با مهاربند همگرای شورون (مهاربند هفتی - هشتی)
- ۲۲۵.....
- معیار پذیرش برای تیر در دهانه دارای مهاربند همگرای شورون
- ۲۲۵.....
- ۴-۱۹ قاب با مهاربند واگرا
- معیار پذیرش تیر پیوند
- مقاومت مورد انتظار تیر پیوند
- معیار پذیرش قاب با مهاربند واگرا
- ۴-۲۰ معیار پذیرش اتصالات
- مقدمه
- اجزای تشکیل دهنده اتصال صلب (اتصال گیردار)
- ۱۱۱..... آزمایش غیر مخرب بتنی - تست هافسل
- ۳-۱۱۳ آزمایش‌های مخرب
- مقدمه
- آزمایش مخرب اجزای فولادی
- سطوح اطلاعات
- جمع‌آوری مشخصات مصالح فولادی در سطح اطلاعات حداقل
- جمع‌آوری مشخصات مصالح فولادی در سطح اطلاعات متعارف
- جمع‌آوری مشخصات مصالح فولادی در سطح اطلاعات جامع
- آزمایش مخرب اجزای بتنی
- مقدمه
- آزمایش مخرب بتنی - مغزه‌گیری
- جمع‌آوری مشخصات مصالح بتنی و میلگردها در سطح اطلاعات حداقل
- جمع‌آوری مشخصات مصالح بتنی و آرماتورها در سطح اطلاعات متعارف
- جمع‌آوری مشخصات مصالح بتنی و آرماتور مصرفی در سطح اطلاعات جامع
- جمع‌آوری مشخصات مصالح بتنی و آرماتور مصرفی در سطح اطلاعات جامع
- اصلاح مقادیر مغزه‌گیری و تعیین مقاومت فشاری نهایی
- ۳-۴ تاثیر اطلاعات جمع‌آوری شده با ضریب آگاهی در روابط بهسازی
- ضوابط اضافی ضریب آگاهی - ضریب ۰/۷۵ اعمالی
- فصل چهارم / جاده بهسازی سازه‌ها**
- ۱-۴ مقدمه
- ۲-۴ تحلیل استاتیکی خطی اولیه
- ۳-۴ مدل سازی در بخش تحلیل استاتیکی اولیه
- ۴-۴ دیافراگم‌ها
- دیافراگم صلب و انعطاف‌پذیر
- ۵-۴ پیچش
- ملاحظات خاص پیچش مطابق دستورالعمل بهسازی و مجوز ۲ بعدی شدن مدل در جهت بهسازی
- ۴-۶ بار ثقلی در بهسازی
- ۴-۷ مولفه قائم زلزله در بهسازی لرزه‌ای
- گام‌های تعیین نیروی قائم زلزله در بهسازی
- ۴-۸ شناسایی اعضای اصلی و غیراصلی
- ۴-۹ ترکیب بار ثقلی و لرزه‌ای برای المان‌های نیرو کنترل و تغییر شکل کنترل
- ۴-۱۰ محدوده کاربرد روش خطی در بهسازی سازه‌ها
- ۴-۱۱ شناسایی المان‌های نیرو کنترل و تغییر شکل کنترل در

۳۰۴.....	۵-۹ مراحل انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی
۳۱۱.....	۵-۱۰ مسیر مشترک برای تعریف مفاصل پلاستیک
۳۱۱.....	۵-۱۱ تعریف مفصل پلاستیک برای قاب خمشی
۳۱۱.....	المان تیر - المان ستون
۳۲۰.....	۵-۱۲ مفاصل پلاستیک و مفاصل نیرویی برای ستون
۳۲۵.....	۵-۱۳ المان چشمه اتصال در تحلیل‌های غیر خطی
۳۲۶.....	اثبات رابطه چرخش خمیری چشمه اتصال
۳۲۷.....	بررسی معیار پذیرش در المان چشمه اتصال
۳۲۸.....	سخت‌شدگی کرنشی در چشمه اتصال
۳۲۸.....	۵-۱۴ المان مهاربند همگرا در تحلیل‌های غیر خطی - المان فشاری
۳۳۳.....	محاسبه $\Delta C$ و $PCE$ برای مهاربند فشاری
۳۳۳.....	تعیین پارامترهای مدل‌سازی
۳۳۵.....	المان مهاربند همگرا در تحلیل‌های غیر خطی - المان کششی
۳۳۶.....	ترسیم منحنی $F-\Delta$ مهاربند کششی
۳۳۷.....	تعیین پارامترهای مدل‌سازی مهاربند کششی:
۳۳۹.....	تعیین پارامترهای مدل‌سازی
۳۳۹.....	تعیین معیارهای پذیرش
<b>فصل ششم / تحلیل خطی و استاتیکی غیر خطی Pushover</b>	
۳۴۷.....	<b>سازه‌های بتنی</b>
۳۴۷.....	۱-۶ مقدمه
۳۴۷.....	۲-۶ بررسی مسائل خطی تیر بتن مسلح از نگاه دستورالعمل
۳۴۸.....	بهسازی
۳۴۸.....	جدول تعیین $m$ المان تیر بتنی
۳۴۸.....	۳-۶ بررسی معیار پذیرش در تیر بتن آرمه در تحلیل‌های خطی
۳۵۵.....	۴-۶ تعریف مفصل پلاستیک برای المان‌های تحت تلاش تغییر شکل کنترل در
۳۶۶.....	تحلیل‌های غیر خطی
۳۶۷.....	مسیر مشترک برای تعریف مفاصل پلاستیک
۳۶۸.....	تعریف مفصل پلاستیک برای قاب خمشی
۳۶۸.....	المان تیر بتنی
<b>سوالات آزمون نظام‌مهندسی بهسازی نشریه ۳۶۰-۳</b>	
۳۸۰.....	شهریور ۱۴۰۱.....
<b>سوالات آزمون نظام‌مهندسی بهسازی نشریه ۳۶۰-۳</b>	
۳۸۹.....	اردیبهشت ۱۴۰۲.....
۴۰۰.....	منابع و مآخذ

۲۵۱.....	ورق روسری و زیر سری
۲۵۳.....	ورق پیوستگی
۲۵۴.....	ورق مضاعف
۲۵۵.....	چشمه اتصال
۲۵۶.....	۴-۲۱ مدل‌سازی چشمه اتصال از نگاه دستورالعمل
۲۵۷.....	محاسبه سختی خمشی تیر برای کنترل چشمه اتصال
۲۵۹.....	توصیه دستورالعمل در مورد اتصال صلب
۲۶۰.....	۴-۲۲ اتصالات صلب پیشنهاد شده (آزمایش شده) توسط نشریه
۲۶۱.....	۳۶۰.....
۲۶۲.....	اتصالات نیمه صلب پیشنهادی شده
۲۶۴.....	معیار پذیرش اتصالات صلب
۲۶۴.....	تمایز رفتاری بین اتصال صلب نیرو کنترل و تغییر شکل کنترل
۲۶۴.....	معیار پذیرش تغییر شکل کنترل در اتصالات صلب
۲۶۷.....	بررسی شرایط چهارگانه اتصال برای کنترل ضریب $m$
۲۷۰.....	معیار پذیرش نیرو کنترل در اتصالات صلب
۲۷۱.....	۴-۲۳ معیار پذیرش چشمه اتصال در اتصال صلب
۲۷۵.....	۴-۲۴ توصیه نشریه ۳۶۰ در مورد اتصال نیمه صلب و شناسایی این اتصال
۲۷۸.....	مقاومت مورد انتظار در اتصالات نیمه صلب
۲۷۸.....	تعیین مقاومت مورد انتظار اتصال نیمه صلب با نبشی بالا و پایین
۲۸۱.....	بررسی معیارهای پذیرش در اتصالات نیمه صلب

### فصل پنجم / تحلیل استاتیکی غیر خطی مصالح فولاد

۲۸۲.....	۱-۵ مقدمه
۲۸۲.....	۲-۵ نقطه کنترل
۲۸۳.....	۳-۵ تغییر مکان هدف
۲۸۴.....	۴-۵ راهکارهای کاهش نیاز لرزه‌ای از دیدگاه نشریه ۵۲۴.....
۲۸۸.....	راهکارهای افزایش ظرفیت از دیدگاه نشریه ۵۲۶.....
۲۹۰.....	افزایش ظرفیت کلی سازه به واسطه افزایش سختی در سازه
۲۹۱.....	۵-۵ تعریف بهسازی و مقایسه آن با مقاوم‌سازی
۲۹۲.....	۵-۶ تغییر مکان هدف
۲۹۲.....	تغییر مکان هدف مطابق دستورالعمل بهسازی
۲۹۳.....	اثبات رابطه تغییر مکان هدف
۲۹۳.....	محاسبه تغییر مکان هدف در تحلیل پوش‌آور
۲۹۴.....	۵-۷ منحنی ظرفیت سازه
۲۹۴.....	مقدمه
۲۹۴.....	مدل رفتار چند خطی نیرو - تغییر مکان سازه
۲۹۵.....	محاسبه زمان تناوب اصلی موثر
۳۰۲.....	۵-۸ محدوده کاربرد روش تحلیل استاتیکی غیر خطی

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرماً از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



نشر نوآور

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

[info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com)

## خواننده فرهیخته و بزرگوار

در طی سالیان اخیر تحقیقات زیادی در زمینه مهندسی زلزله صورت گرفته است و باعث تحولات بنیادی در آیین‌نامه‌های کشور شده است. با توجه به اهمیت موضوع سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور زمینه تدوین دستورالعمل ملی جهت بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود را فراهم کرد که نتیجه آن نشریه ۳۶۰ است که روال ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها را برای سطوح مختلف عملکرد ارایه نموده است. در نشریه ۳۶۰ در مورد بسیاری از اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای خاص ایران معیارهای پذیرش و بهسازی مناسب عرضه شده و روش‌های جمع‌آوری اطلاعات سازگاری‌های لازم را با شرایط کشور یافته است.

دردانشگاه‌های کشور یکی از دروسی که در مقطع "کارشناسی ارشد" و "دکتری" رشته عمران در گرایش‌های سازه و به خصوص زلزله بسیار به آن اهمیت داده می‌شود، طراحی سازه‌ها بر اساس سطح عملکرد است. یک از صلاحیت‌هایی که به تازگی از سال ۱۴۰۰ به بعد، در میان صلاحیت‌های نظارت، محاسبات و اجرا در رشته مهندسی عمران از طرف سازمان مقررات ملی ساختمان، به صلاحیت‌ها اضافه شده است، صلاحیت ارزیابی، طرح و اجرای بهسازی سازه‌هاست. با توجه با اعلام سازمان مقررات ملی، منابع این آزمون دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰ سال ۱۳۹۲) می‌باشد. همان طوری که می‌دانید تاکنون مسائل نشریه ۳۶۰ در قالب نرم‌افزاری و یا مسئله‌هایی ساده مورد توجه قرار گرفته است. عدم وجود منبع مناسبی جهت بررسی مباحث نشریه در قالبی تست گونه، بنده را بر آن داشت که با تالیف کتاب حاضر به صورت تستی و آزمونی ویژه آزمون‌های نظام مهندسی بتوانم خدمتی دیگر به مهندسين و همکاران گرامی داشته باشم.

خداوند متعال را شاکرم که توفیق تالیف کتاب حاضر میسر گردید و امیدوار هستیم با دریافت نقطه نظرات دانشجویان مهندسان و متخصصان و اساتید محترم کاستی‌های کتاب برطرف شود. در پایان از مدیریت محترم انتشارات نوآور جناب آقای مهندس نصیرنیا کمال تشکر و قدردانی را دارم.

## مهدی روان بخشیان

Noavar33@yahoo.com

**رفع مسئولیت:** اطلاعات و مثال‌های ذکر شده در این کتاب در حالت تستی و به صورت اصول اولیه بهسازی سازه‌ها بوده است و در کارهای حرفه‌ای بایستی متناسب با شرایط واقعی و قضاوت مهندسی برای بهسازی سازه‌ها رفتار کرد

@Noavarpub\_com



صفحه رسمی انتشارات نوآور در اینستاگرام

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، آفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

**خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،**

**از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.**

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هرگونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱ (تلگرام انتشارات) و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس [info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com) و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com) به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضييع حقوق ناشر، پديدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.



## فصل اول

# آشنایی با مفاهیم بنیادی مهندسی زلزله

### ۱-۱ مقدمه

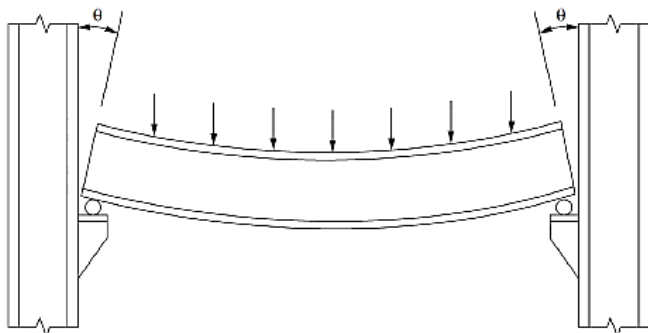
آشنایی با مفاهیم مهندسی، همواره یک اصل جدایی ناپذیر برای بررسی آیین نامه‌ها و نشریات در بین رشته‌های مهندسی به خصوص رشته مهندسی عمران می‌باشد. بنابر این برای درک بهتر مفاهیم نشریه دستورالعمل بهسازی ساختمان‌های موجود، فراگیری مفاهیم مهندسی زلزله می‌تواند کمک شایانی به درک بهتر مفاهیم نماید. منظور از مفاهیم مهندسی زلزله، پرداختن به مفاهیمی مثل تعریف "انواع مفاصل کاربردی در مهندسی عمران" مثل مفاصل مکانیکی و مفاصل پلاستیک در سازه‌ها، "تعریف مکانیزم در سازه"، "تعریف منحنی رفتاری هیستریزیس"، "تعریف منحنی backbone"، "فلسفه تشکیل نمودارهای ظرفیت" می‌باشد.

### ۱-۲ - مفهوم مفصل

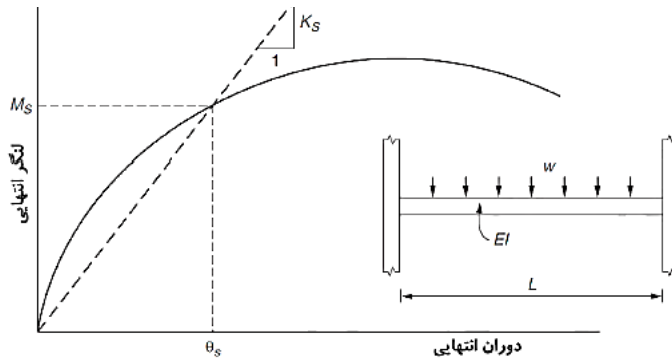
به طور کلی دو نوع مفصل در ساختار یک سازه می‌توان وجود داشته باشد و یا ایجاد گردد:

#### ۱ - مفصل الاستیک یا مفصل مکانیکی

مفصلی است که با ایجاد ساختاری که خود ما در عضو ایجاد می‌کنیم سبب می‌شویم آن نقطه از عضو، اجازه چرخش آزادانه داشته باشد و یا به عبارتی ساده‌تر مقدار لنگر خمشی داخلی در آن صفر و یا ناچیز باشد و فقط اجازه جدا شدن عضو به سازه داده نمی‌شود. در این اتصال بایستی امکان کافی برای دوران اتصال وجود داشته باشد. ایده اتصال مفصلی (و البته غیر عملی) قرار دادن تیر بر روی غلتک است. در این حالت به مانند شکل ۱-۱ تیرهای قرار داده شده بر روی غلتک، قابلیت تجربه دوران را ب راحتی دارند.



شکل ۱-۱ ایده اتصال مفصلی



شکل ۱-۲ منحنی لنگر - دوران

تحقیقات زیادی توسط افراد مختلف بر روی سختی دورانی اتصال انجام شده است. در شکل ۱-۲ منحنی لنگر دوران برای یک نمونه اتصال تیر به ستون نمایش داده شده است. مقدار سختی سکانتی اتصال برابر است با :

$$K_s = \frac{M_s}{\theta_s}$$

در رابطه اخیر مقدار  $M_s$ ، لنگر اتصال و دوران اتصال می‌باشند. در تفسیر AISC360، حدود زیر برای اتصالات گیردار، نیمه گیردار و مفصلی در نظر گرفته شده است که در روابط زیر،  $L$  طول تیر و  $EI$  سختی خمشی تیر می‌باشد.

$$K_s L / EI \leq 2$$

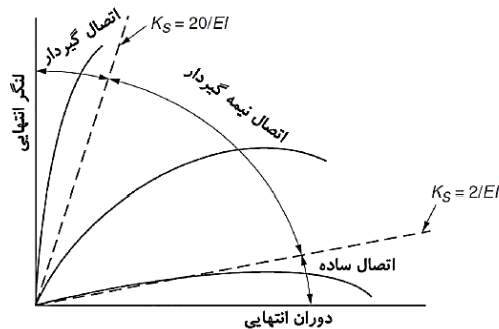
- در اتصال ساده ( مفصلی )

$$K_s L / EI \geq 20$$

- در اتصال گیردار

$$2 < K_s L / EI < 20$$

- در اتصال ساده ( مفصلی )



در شکل ۱-۳ حدود سختی برای انواع اتصالات گیردار، نیمه گیردار و مفصلی آورده شده است. در صورتی که اتصال تیر به ستون، قادر به انتقال لنگری کمتر از ۲۰ درصد لنگر پلاستیک تیر با زاویه دوران  $0.2 / 0$  رادیان باشد در رده اتصال ساده قرار می‌گیرد.

شکل ۱-۳ حدود سختی برای اتصالات فولادی

در سازه‌های فولادی، مفصل الاستیک را می‌توان در سه رده کلی دسته‌بندی کرد:

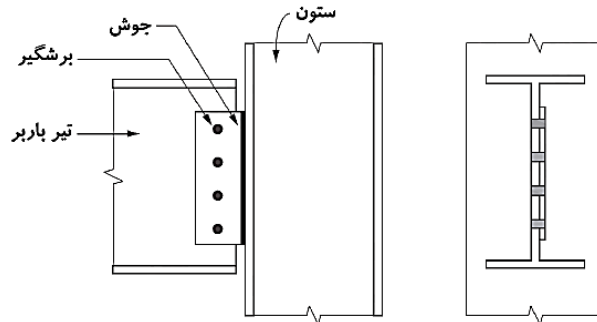
اتصال یک طرفه: مانند ورق برشگیر، نبشی تک و اتصال T شکل

اتصال دو طرفه: مانند اتصال با نبشی دو طرفه

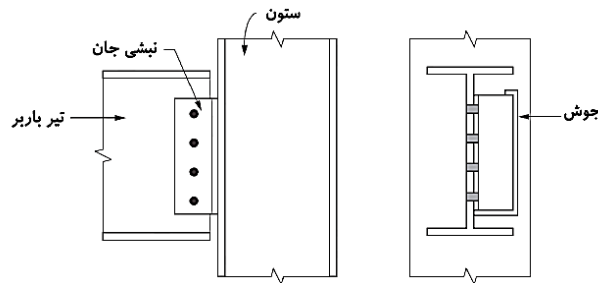
اتصال نشسته: اتصال نشسته تقویت شده و تقویت نشده

در شکل ۱-۴ یک نمونه از اتصال ساده با ورق برشی یکطرفه نشان داده شده است. در این نوع اتصال معمولاً ورق برشگیر در کارخانه به ستون جوش شده و بعد از نصب ستون‌ها در کارگاه، توسط یک ردیف پیچ به تیر متصل می‌شود تا اتصال تکمیل گردد. فاصله ۲ سانتیمتری تیر با ستون جهت

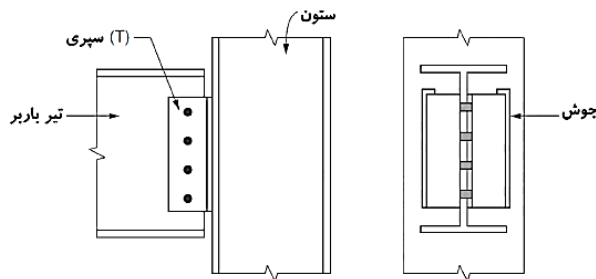
سهولت در اجرا در نظر گرفته شده است. در شکل ۵-۱ یک نمونه اتصال ساده با نبشی جان نشان داده شده است. که معمولاً در آن نبشی توسط جوش یا پیچ در کارخانه به ستون متصل شده است و در کارگاه توسط پیچ به تیر متصل می‌شود. مطابق شکل ۵-۱ برای اطمینان از رفتار مفصل گونه اتصال تنها قسمت پایین نبشی جوش داده می‌شود. لیکن در لبه بالایی بایستی از یک جوش برگشتی به میزان ۲ برابر بعد جوش استفاده شود. در صورتی که کل لبه بالایی نبشی جوش داده شود ممکن است مانع دوران آزاد در اتصال شود.



شکل ۴-۱ اتصال ساده با ورق برشی یکطرفه



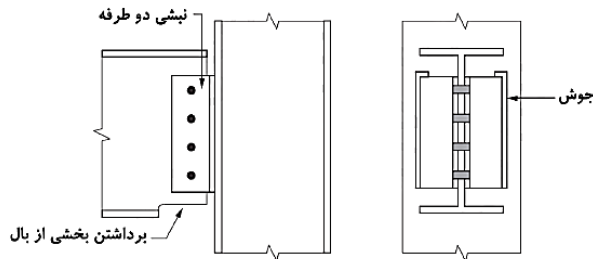
شکل ۵-۱ اتصال ساده با نبشی جان



شکل ۶-۱ اتصال ساده توسط سپری

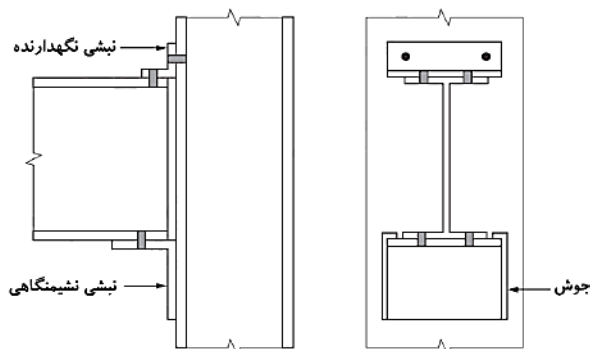
یک نمونه از اتصال T شکل، در شکل ۶-۱ نشان داده شده است. در این حالت از سپری برای اتصال استفاده شده است. این تیپ از اتصال برای حالتی که نیروی عکس‌العمل زیادی داشته باشیم مناسب است. در این نوع از اتصال برای جلوگیری از گیرداری اتصال تنها از جوش برگشتی در لبه بالایی اتصال

استفاده می‌شود. روشی دیگر برای حالتی که عکس العمل تکیه گاهی زیاد باشد، استفاده از نبشی دوطرفه می‌باشد. نبشی می‌تواند به صورت جوشی یا پیچی به تیر متصل شود. یک نمونه از این اتصال در شکل ۷-۱ آورده شده است.

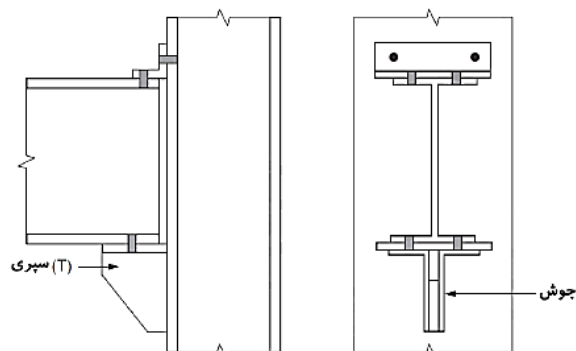


شکل ۷-۱ اتصال ساده با نبشی دو طرفه

در حالت اتصال نبشی دوطرفه، اتصال قادر به انتقال عکس العمل تکیه گاهی بالایی بوده و معمولاً نبشی‌ها در کارخانه به ستون جوش داده می‌شود و در کارگاه به تیر توسط جوش یا پیچ متصل می‌شوند در این حالت نیاز است برای امکان اجرایی بودن این عمل، بخشی از بال تیر برداشته شود. در شکل ۸-۱ یک نمونه اتصال ساده با نبشی نشیمن تقویت نشده نشان داده شده است.



شکل ۸-۱ اتصال ساده با نبشی نشیمن تقویت نشده

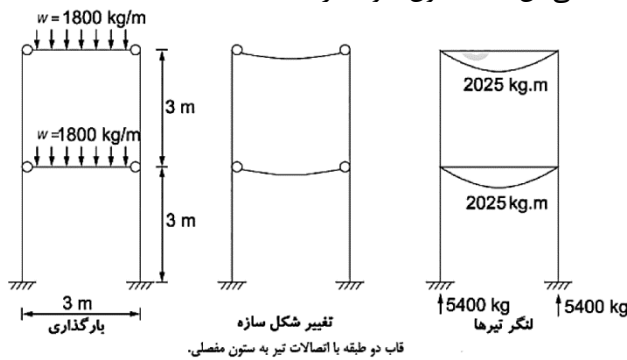


شکل ۹-۱ اتصال ساده با نبشی نشیمن تقویت شده

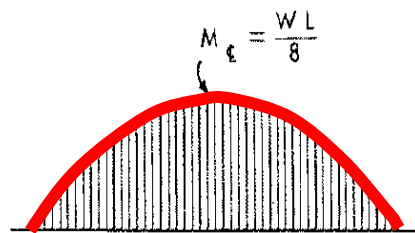
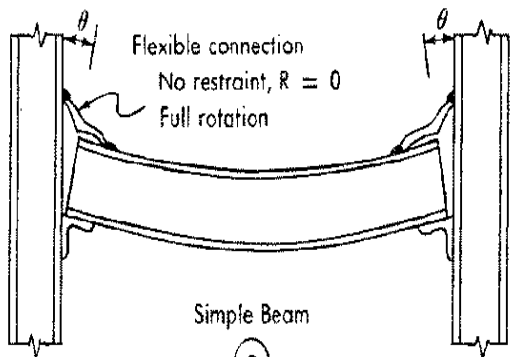
این اتصال برای انتقال عکس‌العمل‌های بالا مناسب نیست (مثلاً حدود ۱۵ تن) و تمام بارهای رسیده به این اتصال توسط نبشی پایین گرفته می‌شود و نبشی بالایی فقط نقش نگهدارنده و پایدارکننده اتصال را بر عهده دارد. در صورت وجود عکس‌العمل تکیه‌گاهی بالایی می‌توان از نبشی نشیمن تقویت شده به مانند شکل ۱-۹ استفاده کرد.

## مثال

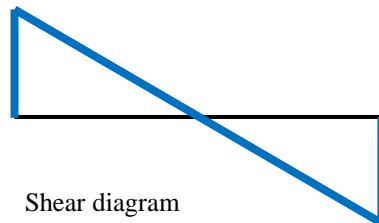
مطابق شکل زیر یک قاب دو طبقه فولادی با اتصال تیر به ستون مفصلی در نظر گرفته شده شود. شدت بار گسترده بر روی تیر ۱۸۰۰ کیلوگرم بر متر است. لنگر خمشی ایجاد شده در قاب را تعیین کنید؟ به علت آن که قاب دارای اتصالات ساده می‌باشد هیچ لنگری از تیر به ستون منتقل نمی‌شود و فقط عکس‌العمل تکیه‌گاهی آن‌ها به ستون خواهد رسید.



$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{1800 \times 3^2}{8} = 2025 \text{ kg.m}$$



Moment diagram



Shear diagram

شکل ۱-۱۰-۱ شکل دیاگرام لنگر و برش برای تیر با اتصال ساده