

۱۵۳. ۱۵۷



طراحی سازه‌های فولادی در برابر زلزله



مؤلفان:

دکتر محمد قاسم وتر

عضو هیأت علمی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

دکتر علی قمری

عضو هیأت علمی دانشگاه علوم و توسعه پایدار آریا



سرشناسه:	وتر، محمدقاسم، ۱۳۳۸ -
عنوان و نام پدیدآور:	طراحی سازه‌های فولادی در برابر زلزله/ مولفین محمدقاسم وتر، علی قمری.
مشخصات نشر:	تهران: نوآور، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری:	۳۲۸ ص: مصور (رنگی)، جدول، نمودار.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۵۴-۱
وضعیت فهرست نویسی:	فیبا
موضوع:	سازه‌های فولادی -- طرح و ساختمان
موضوع:	Steel structures -- Design and construction*
موضوع:	سازه‌های فولادی -- اثر زلزله
موضوع:	Earthquake effects -- Steel structures*
موضوع:	ساختمان‌های ضد زلزله
موضوع:	Earthquake resistant design
ناشر:	قمری، علی، ۱۳۶۳ -
رده‌بندی کنگره:	۱۳۹۶ ط۴ و ۲۶۸۴/۴
بندی دیویی:	۱۸۲۱/۶۲۴
شماره کتابخانه ملی:	۴۷۵۶۱۴۷

طراحی سازه‌های فولادی در برابر زلزله



نشر نوآور

مؤلفان: دکتر محمد قاسم وتر، دکتر علی قمری

ناشر: نوآور

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۶

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۵۴-۱

قیمت: ۲۴۰۰۰ تومان

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای
ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸
طبقه دوم، واحد ۶ 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.

فهرست مطالب

۸۴.....	تغییر مکان جانبی.....	۵.....	مقدمه.....
۸۷.....	درز انقطاع.....	۷.....	پیچگفتار.....
۸۹.....	محاسبه لنگر در ستونهای معمولی.....		
۹۰.....	ستون کوتاه.....	۹.....	بخش اول / رفتار دینامیکی سازه‌ها.....
۹۴.....	فصل پنجم: ناسازه‌ها و قطعات الحاقی.....	۱۰.....	فصل اول: مبانی دینامیک سازه و مهندسی زلزله.....
۹۴.....	کلیات.....	۱۰.....	منحنی شتاب زمین.....
۹۷.....	بدنه پائل.....	۱۱.....	شتاب حداکثر زمین.....
۱۰۰.....	فصل ششم: تحلیل استاتیکی معادل.....	۱۲.....	طیف پاسخ.....
۱۰۰.....	کلیات.....	۱۲.....	دستگاه‌های یک درجه آزادی.....
۱۰۳.....	توزیع نیروی جانبی در ارتفاع ساختمان.....	۱۳.....	ارتعاش آزاد بدون میرایی.....
۱۰۴.....	محاسبه مرکز جرم و مرکز سختی.....	۱۷.....	ارتعاش آزاد با میرایی.....
۱۰۵.....	توزیع نیروها در پلان ساختمان.....	۲۰.....	پاسخ سیستم به بارهای تصحیمی (ارتعاش اجباری).....
۱۱۰.....	مرکز سختی.....	۲۳.....	تغییر مکان در اثر بارگذاری اجباری بدون میرایی.....
۱۱۱.....	محاسبه برش پایه.....	۲۴.....	تغییر مکان در اثر بارگذاری اجباری با میرایی.....
		۲۶.....	پاسخ سیستم.....
۱۱۷.....	بخش سوم / طراحی لرزه‌ای سازه‌های فولادی.....	۲۸.....	طیف طرح.....
	فصل هفتم: مقدمه‌ای بر طراحی سازه‌های فولادی به روش	۳۱.....	اختلاف بین طیف طرح و طیف پاسخ.....
۱۱۸.....	حالات حدی براساس مقررات ملی ساختمان.....	۳۳.....	حوزه دور و نزدیک گسل.....
۱۱۸.....	روش حالات حدی.....	۳۳.....	چند رابطه تجربی.....
۱۱۹.....	طراحی در حالات حدی نهایی.....	۳۵.....	رابطه بین انرژی زلزله و بزرگی زلزله.....
۱۲۰.....	مقاومت کششی طرح.....	۳۵.....	رابطه بین طول گسیختگی گسل و بزرگای زلزله.....
۱۲۰.....	طراحی اعضا فشاری.....	۳۵.....	رابطه بین بزرگای زلزله و شتاب حداکثر زلزله.....
۱۲۱.....	طراحی اعضا فشاری بر اساس میخث دهم.....	۳۶.....	تحلیل طیفی ارتعاشی سیستم‌های چند درجه آزاد.....
۱۲۲.....	الف) تنش فشاری ناشی از کمناش خمشی.....	۳۶.....	روش ترکیب مودها.....
	ب) تنش فشاری ناشی از کمناش پیچشی و کمناش خمشی -	۳۹.....	ترکیب مودها.....
۱۲۲.....	پیچشی.....	۴۱.....	محاسبه مودهای ارتعاشی.....
۱۲۲.....	اعضا خمشی.....	۴۱.....	ضریب مشارکت مودی.....
۱۲۳.....	رفتار پیرامونی تیرها.....	۴۱.....	محاسبه شتاب طیفی.....
۱۲۴.....	کنترل مومنتی تیرها.....	۴۳.....	نکاتی در خصوص مدهای ارتعاشی سازه.....
۱۲۵.....	مقاومت خمشی تیرها بر اساس مقررات ملی ساختمان.....	۴۴.....	پاسخ غیرالاستیک (غیرارتعاشی) و کاهش نیروهای طراحی.....
۱۲۵.....	نیمرخ‌های ۱- شکل فشرده متقارن و ناودانی حول محور قوی.....	۴۷.....	اهمیت ضریب شکل‌پذیری.....
۱۲۷.....	مقاومت خمشی متقاطع ۲- شکل و ناودانی حول محور ضعیف.....	۴۹.....	طراحی در برابر زلزله براساس آئین‌نامه‌های زلزله.....
۱۲۷.....	مقاومت خمشی مقاطع ۳- شکل و ناودانی حول محور ضعیف.....	۵۱.....	مفاهیم ضریب عملکرد (ضریب رفتار) سازه.....
۱۲۸.....	کنترل برش در تیرها.....	۵۱.....	محاسبه ضریب رفتار به روش یوانگ.....
۱۲۸.....	کنترل تیر در حالت حدی به روش یوانگ.....	۵۲.....	عوامل موثر بر ضریب رفتار.....
۱۲۹.....	الف) کنترل تغییر شکل‌ها.....	۵۲.....	ضریب اضافه مقاومت.....
۱۲۹.....	ب) کنترل ارتعاش.....	۵۳.....	ضریب کاهش در اثر شکل‌پذیری.....
۱۳۰.....	اعضا تحت اثر ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی.....	۵۴.....	فرمول بندی ضریب رفتار.....
۱۳۰.....	لنگر ضریب بزرگمایی (هم مکانی لنگر و تغییر مکان).....	۵۵.....	تحلیل غیرخطی سازه.....
۱۳۰.....	طراحی تیر-ستون بر اساس میخث دهم.....	۵۵.....	محاسبه سازه‌ها به روش استاتیکی معادل بر اساس آئین‌نامه ۲۸۰۰.....
۱۳۱.....	طبقات مهار شده.....		
۱۳۱.....	طبقات مهار نشده.....	۵۷.....	بخش دوم / تحلیل استاتیکی سازه‌ها در برابر زلزله.....
۱۳۲.....	آثار $P-\Delta$	۵۸.....	فصل دوم: نامنظمی ساختمان.....
۱۳۲.....	کنترل نسبت ظرفیت‌ها.....	۵۸.....	مقدمه‌ای بر نامنظمی ساختمان.....
۱۳۴.....	فصل هشتم: قاب‌های مهاربندی شده همگرا.....	۵۸.....	نامنظمی در ارتفاع.....
۱۳۴.....	انواع مهاربندها همگرا.....	۶۷.....	نامنظمی در پلان.....
۱۳۹.....	رفتار مهاربندهای همگرا.....	۷۶.....	محدودیت‌های ساختمان‌های نامنظم.....
۱۴۰.....	مدهای خرابی مهاربندهای همگرا.....	۷۸.....	فصل سوم: درجه نامعینی/قابلیت اعتماد.....
۱۴۱.....	رفتار عضو (قطری) مهاربند همگرا تحت بارهای رفت و برگشتی.....	۷۸.....	کلیات.....
۱۴۳.....	اضافه مقاومت عضو قطری در اولین کمناش.....	۸۰.....	کاربردهای ضریب نامعین P
۱۵۲.....	طراحی ورق اتصال.....	۸۴.....	فصل چهارم: تغییر مکان و تغییر شکل‌ها.....

۲۲۳.....	معیار سختی.....	۱۵۳.....	کنترل عرض ویتمور Whitmore.....
۲۲۵.....	رفتار لرزه‌ای.....	۱۵۵.....	کنترل کمانش ورق اتصال.....
۲۲۶.....	ناحیه چشمه اتصال.....	۱۵۶.....	کنترل کمانش لبه آزاد.....
۲۲۷.....	اتصال خمشی قبل از زلزله ۱۹۹۴ نورتریج.....	۱۵۷.....	طراحی جوش ورق اتصال به تیر و ستون.....
۲۳۱.....	طبقه‌بندی اتصالات بر اساس مقررات ملی ساختمان.....	۱۵۸.....	کنترل گسیختگی قالبی.....
۲۳۸.....	طراحی اتصالات خمشی ویژه.....	۱۵۸.....	کنترل مقاومت کششی مهاربند.....
۲۳۸.....	طراحی برای خمش و برش.....	۱۶۰.....	جزئیات اجرایی ورق اتصال.....
۲۳۹.....	چشمه اتصال.....	۱۶۵.....	محدودیت لاغری.....
۲۴۰.....	کنترل تیر ضعیف-ستون قوی.....	۱۶۶.....	کمانش موضعی.....
۲۴۱.....	ورق‌های پیوستگی.....	۱۶۸.....	اتصال مهاربند به بیس پلیت.....
۲۴۱.....	مثال طراحی.....	۱۶۹.....	مثال‌های طراحی مهاربند همگرا V شکل.....
۲۴۴.....	کنترل فشردگی مقطع.....	۱۶۹.....	کنترل معیار سختی.....
۲۴۵.....	کنترل فشردگی جان.....	۱۷۱.....	کنترل معیار مقاومت.....
۲۴۵.....	بررسی اتکا جانبی.....	۱۷۳.....	نیروی ایجاد شده ر ستون ناشی از بار جانبی.....
۲۴۹.....	کنترل چشمه اتصال.....	۱۷۴.....	کنترل تیر طبقه.....
۲۵۰.....	ورق‌های پیوستگی.....	۱۷۵.....	طراحی ستون.....
۲۵۱.....	قاب خمشی با اتصالات درختی.....	۱۷۷.....	طراحی اتصالات.....
۲۵۳.....	اتصالات خمشی ویژه برای بهسازی لرزه‌ای.....	۱۷۷.....	طراحی مهاربند همگرا ضربه‌گیر.....
۲۵۳.....	اتصال جوشی Haunch.....	۱۸۰.....	کنترل خیز (افتادگی) تیر.....
۲۵۳.....	اتصال پیچی برکت.....	۱۸۱.....	کنترل ارتعاش.....
۲۵۴.....	اتصال تیر به ستون باکس.....	۱۸۱.....	طراحی تیر بام.....
۲۵۵.....	قاب خمشی خرابی.....	۱۸۱.....	طراحی ستون.....
۲۶۰.....	فصل یازدهم: دیوارهای برشی فولادی.....	۱۸۲.....	طراحی ستون برای نیروهای اعمالی.....
۲۶۰.....	معرفی.....	۱۸۲.....	طراحی اتصالات.....
۲۶۰.....	مزایای دیوار برشی فولادی.....	۱۸۲.....	طراحی ورق اتصال مهاربند به تیر و ستون.....
۲۶۱.....	مکانیزم‌های رفتار.....	۱۸۷.....	اتصال ورق میانی قطری‌های مهاربند.....
۲۶۴.....	رابط طراحی.....	۱۸۸.....	کنترل تنش ویتمور.....
۲۶۴.....	طراحی اولیه.....	۱۹۰.....	فصل نهم: قاب‌های مهاربندی شده واگرا
۲۶۷.....	طراحی نهایی.....	۱۹۰.....	معرفی: قاب‌های مهاربندی شده واگرا (EBF).....
۲۶۷.....	مثال طراحی.....	۱۹۱.....	توسعه آیین‌نامه‌ها.....
۲۷۸.....	طراحی.....	۱۹۲.....	اجزای مهاربند‌های واگرا.....
۲۸۶.....	فصل دوازدهم: مهاربند کمانش تاب (BRB).....	۱۹۳.....	رفتار برشی و خمشی تیر پیوند.....
۲۸۶.....	مهاربند کمانش تاب (BRB).....	۱۹۷.....	طراحی سخت‌کننده‌ها.....
۲۸۸.....	مد خرابی ترد.....	۲۰۱.....	طراحی مهاربند و اجزای آن بر اساس مقررات ملی.....
۲۸۸.....	پوشش فلزی.....	۲۰۱.....	طراحی تیر پیوند.....
۲۸۹.....	ضوابط طراحی.....	۲۰۲.....	طراحی ستون.....
۲۹۳.....	فصل سیزدهم: میراگرهای فلزی.....	۲۰۳.....	تأثیر نیروی محوری.....
۲۹۳.....	مفهوم فیز سازه‌ای.....	۲۰۴.....	محدودیت تیرها، ستون‌ها و مهاربندی‌ها.....
۲۹۴.....	سازه‌های قدیمی.....	۲۰۴.....	مثال طراحی.....
۲۹۶.....	ورق‌های مثلثی تحت خمش.....	۲۰۵.....	طراحی اعضا.....
۳۰۰.....	طراحی میراگر.....	۲۰۵.....	الف) مقاومت لینک برشی.....
۳۰۴.....	میراگرهای برشی.....	۲۰۷.....	ب) مقاومت تیر پیوند.....
۳۰۵.....	میراگرهای لغزشی.....	۲۰۹.....	سخت‌کننده میانی.....
۳۰۵.....	میراگر SSD.....	۲۱۵.....	مهاربند واگرا با لینک قائم برشی.....
۳۰۷.....	میراگر لغزشی در قاب خمشی.....	۲۱۸.....	ضوابط طراحی.....
۳۰۷.....	طراحی میراگر.....	۲۱۸.....	الف) سختی.....
۳۰۹.....	حلقه شکل پذیر.....	۲۱۹.....	محدودیت تغییر مکان جانبی سیستم.....
۳۱۱.....	میراگرهای اصطکاکی.....	۲۱۹.....	ب) کنترل دوران تیر پیوند.....
۳۱۵.....	ب- میراگر اصطکاکی PALL.....	۲۲۰.....	پ) فواصل سخت‌کننده‌ها.....
۳۱۸.....	د- میراگر اصطکاکی دورانی.....	۲۲۰.....	ج) طراحی لینک قائم برشی.....
۳۱۹.....	حالت‌های خاص.....	۲۲۳.....	فصل دهم: قاب‌های خمشی فولادی.....
۳۲۱.....	میراگرهای اصطکاکی در قاب خمشی.....	۲۲۳.....	رفتار قاب‌های خمشی.....
۳۲۳.....	پیوست.....		

با گسترش و توسعه علوم رایانه، تحقیقات و یافته‌های علمی در زمینه مهندسی زلزله و طراحی لرزه‌ای پیشرفت چشمگیری داشته است. در این راستا آئین‌نامه‌های زلزله در نقاط مختلف دنیا جهت بهبود رفتار لرزه‌ای سازه‌ها حداقل ضوابط را جهت تحقق امر به صورت کلی پیشنهاد نموده‌اند. لذا استفاده از آئین‌نامه‌ها بایستی با آگاهی و دانش کافی صورت گیرد. تاکنون در این زمینه کتب متعددی منتشر شده که مخاطبان جهت یادگیری، رفع ابهام، درک مطالب و... به آنها رجوع می‌نمایند که اغلب روندها محاسبات را بصورت استفاده از چند رابطه هدایت کرده و توجه خاصی به فلسفه استفاده از آن روابط ننموده‌اند. متأسفانه مساله درک مفاهیم و فلسفه روابط اغلب از نظرها دور می‌ماند و مهندسان با جایگزینی اعداد در روابط و استفاده از چند عملگر ریاضی بسنده می‌کنند که ارزش واقعی هر حراج را زیر سوال می‌برد. از طرفی بسیاری از مراجع نیز به حدی مطالب را سنگین ارائه نموده که باعث سردرگمی و گمراهی علاقمندان می‌شوند. لذا نگارندگان را بر آن داشت تا کتابی با ذکر مطالب بسیار ساده، کاربردی و عملی با مفاهیم ارزشمند ارائه کنند، شاید گاهی هر یک از اینها در جهت اعتلای رشد علمی مملکت باشد. مسائل کتاب با وسواس خاصی انتخاب شد که جوابگوی نیاز مهندسان، محققان، دانشجویان در مقاطع مختلف تحصیلی باشد. بسیاری از مطالب کتاب از متن Seismic Design Manual در کالیفرنیا انتخاب شده و به آئین‌نامه زلزله ایران نیاز شده است. سعی بر آن بوده تا از ذکر مطالبی که نویسندگان در آن تجربه کافی ندارند پرهیز گردد. لذا این کتاب حاصل سال‌ها تجربه علمی، اجرایی، پژوهشی و آموزشی است. انتظار می‌رود خوانندگان محترم مطالب را با ترتیب موجود مطالعه نمایند.

در این جلد از کتاب سعی شده است به تحلیل و طراحی لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی مقاوم در برابر زلزله پرداخته شود که می‌تواند مکمل روش طراحی ساختمان‌های فولادی دوره کارشناسی باشد. به امید الهی، در اولین فرصت ممکن طراحی لرزه‌ای ساختمانهای بتنی مقاوم در برابر زلزله هم به زیور طبع آراسته شود. در پایان خالصه‌ای است ابهامات و اشکالات را به نشانی Info@noavarpub.com ارسال بفرمائید.

محمد قاسم وتر، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
علی قمری، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد

هدف آیین‌نامه‌های زلزله دنیا طراحی و ساخت بنایی ضد زلزله نیست، بلکه

ساختمانی مقاوم در برابر زلزله است، بطوریکه در یک زلزله شدید ساختمان فرونریزد و ایمنی جانی ساکنین به عنوان یک سطح عملکردی فراهم شود. در این میان آنچه که از دید مهندسين جوان و کارفرمایان پنهان می‌ماند، این است که فراهم کردن سطوح دیگر عملکردی مانند عدم خسارت یا محدود کردن خسارتها یا استفاده بی‌وقفه از وظایف مهندس بر اساس آئین‌نامه ۲۸۰۰ نیست. زیرا بر اساس ۲۸۰۰، ساختمان باید بتواند در زلزله‌هایی که در عمر مفید ساختمان بیش از یکبار اتفاق می‌افتد (احتمال وقوعشان در ۵۰ سال عمر ساختمان بیش از ۹۹/۵ درصد) بدون آسیبهای غیر سازه‌ای و سازه‌ای به سرویس‌دهی خود ادامه دهد و در برابر زلزله طرح و یا شدیدتر (با احتمال وقوع ۱۰٪ یا کمتر)، حتی با آسیبهای بزرگ سازه‌ای بدون فرو ریزش به منظور حفظ ایمنی جانی ساکنین مقاومت نماید.

یادآوری می‌شود که اساس تحلیل مورد استفاده در طراحی متداول (طراحی بر اساس ظرفیت نیرو) ساختمانها در برابر زلزله خطی می‌باشد و این خود نقص بزرگی در مورد امری غیر خطی است. چرا که ساختمان برای زلزله‌های طرح و یا حتی کوچک تر از زلزله طرح می‌تواند در دنیا غیر خطی شود. در فاز غیر خطی ارزیابی ظرفیت یا نیرو ملاک مشخص و قابل قبولی نیست، از بهترین ملاکهای ارزیابی جابجایی یا تغییر شکلهای فاز غیر خطی می‌باشد. شاید به سبب این دلیل است که هدف عملکردی طراحی بر اساس آئین‌نامه ۲۸۰۰ قابل ارزیابی نیست.

بدنه اصلی کتاب جهت مهندسين طراح و دانشجویان تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری) آماده شده است. ولی این بدان معنی نیست که مهندسين و دانشجویان حاذق دیگری نتوانند از محتویات کتاب بهره مند شوند. به منظور کاربرد این کتاب در هر چه بیشتر کتاب و درک هر چه بهتر و بیشتر مهندسين و دانشجویان، علاوه بر مباحث معماری، سعی شده است در چارچوب حل مساله، مقدمه‌ای کوتاه از رفتار دینامیک ساختمان و تشریح ساده معضلات تاثیرگذار زلزله در طراحی لرزه‌ای ساختمانها ارائه شده است.

از طرفی متن کتاب بر اساس بالاترین استانداردهای دروس مشترک در آمریکا و اروپا و تدریس مکرر آن ارائه شده، و از طرف دیگر از آخرین نتایج تحقیقات انجام شده توسط اینجانب برای کمیسیون زلزله اروپا و در چارچوب آئین‌نامه زلزله مربوطه (EC8) استفاده شده است. در این میان آقای علی قمری دانش پژوه دکتری مهندسی سازه بیشترین نقش را در تشویق اینجانب در جهت تألیف این مجموعه و پیاده کردن متون درسی داشته‌اند. و همچنین از سرکار خاتم دکتر لیلا حسین زاده بابت مطالعه بخش اول و ارائه سازنده قدردانی می‌شود.

در چاپ حاضر برخی اشکالات تأییدی اصلاح شده و مطالب آن بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم تنظیم گردیده و همچنین یک فصل در خصوص میراگرهای فولادی اضافه شده است.

محمد قاسم وتر