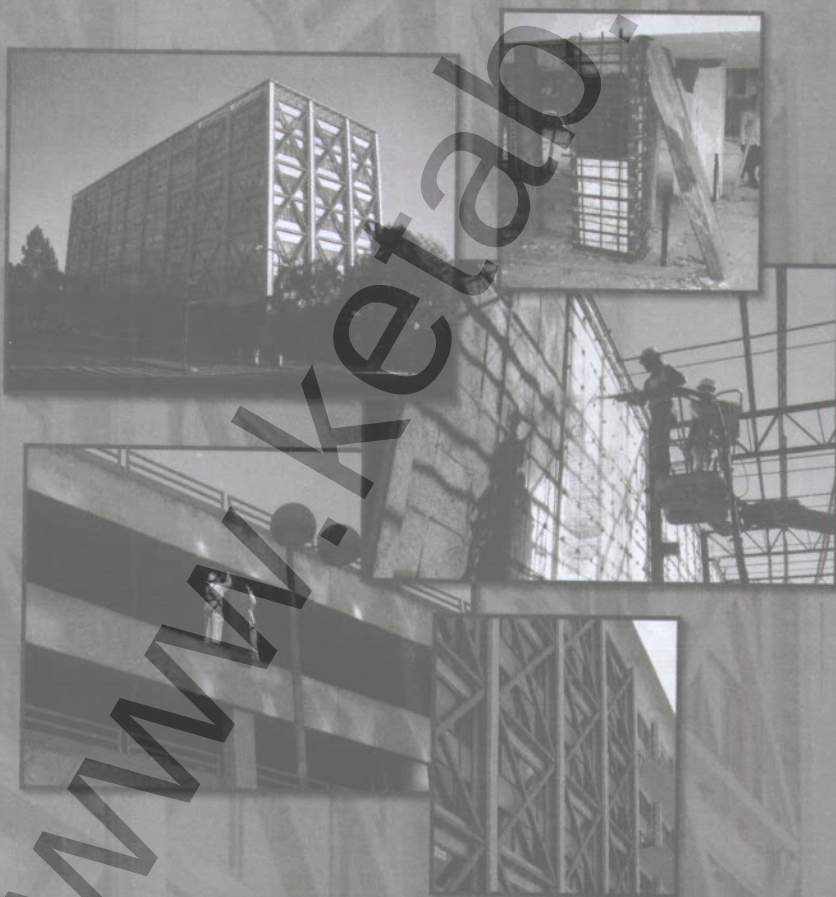


اصول مقاوم سازی ساختمان‌ها



تألیف: سید مهدی تنکابنی پور

کارشناس ارشد زلزله از دانشگاه صنعتی شریف

بامعماری طرح تأسیسات ژیرینایی و ساختمانی شرکت ملی گاز ایران

به همراه:

CD حاوی آزمون‌های نظام مهندسی،

آیین‌نامه‌ها، نرم‌افزارها و دوره‌های آموزشی عمرانی





ناشر سری کتاب‌های فنی و مهندسی

انتشارات آزاده

● اصول مقاوم‌سازی ساختمان‌ها

- تألیف: سید مهدی تنکابنی پور / کارشناس ارشد زلزله از دانشگاه صنعتی شریف
- حروفچینی و صفحه‌آرایی: انتشارات آزاده / صدیقه سمیدی، مریم آجرلو، مریم محمدی
- لیتوگرافی: مؤسسه امید
- چاپخانه: اصلانی
- صحافی: آزاده
- شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه
- نوبت چاپ اول، آذرماه ۱۳۸۴، تهران
- ناشر: انتشارات آزاده
- بهاء به همراه CD: ۲۸۰۰۰ ریال
- شابک: ۹۶۴-۵۰۱-۰۴۸-۹

مسئولیت مطالب کتاب به عهده مؤلف و حق چاپ و نشر محفوظ و متعلق به ناشر است.

مرکز پخش: انتشارات آزاده - خیابان انقلاب، مقابل دانشگاه تهران، جنب بانک ملت، پاساژ بلاک ۱۳۳۸، طبقه زیرهمکف -
کد پستی ۱۳۱۴۷ تلفن: ۶۶۴۱۳۳۷۴ - ۶۶۴۱۵۷۵۳ دورنویس: ۶۶۴۱۴۵۱۰

تنکابنی پور، مهدی

اصول مقاوم‌سازی ساختمانها / تألیف مهدی تنکابنی پور. -- تهران: آزاده، ۱۳۸۴.
۱۵۲ ص.: مصور + یک عدد لوح فشرده.

ISBN 964-501-048-9 ریال: ۲۸۰۰۰

فهرستویسی براساس اطلاعات فیا.
واژه نامه.

۱. ساختمانها -- اثر زلزله. ۲. مصالح ساختمانی -- اثر زلزله. ۳. سازه -- پایداری. ۴. زلزله -- پیشگیری. الف. عنوان.
TH ۱۰۹۵ / ت ۹ الف ۶
۶۹۳/۸۵۲

کتابخانه ملی ایران

م ۸۲-۳۳۵۲۲

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱۱
فصل اول: آسیب پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها.....	۱۳
۱-۱ مشخصات عمومی سازه‌ها.....	۱۳
۱-۱-۱ مقاومت.....	۱۴
۱-۱-۲ سختی.....	۱۴
۱-۱-۳ شکل پذیری.....	۱۴
۱-۱-۴ میرایی.....	۱۵
۲-۱ ضعف‌های طراحی و ساخت.....	۱۵
۱-۲-۱ کمبود مسیر مستقیم نیرو.....	۱۵
۲-۲-۱ بی‌نظمی.....	۱۶
۱-۲-۲-۱ بی‌نظمی در ارتفاع.....	۱۷
۲-۲-۲-۱ روش‌های بهسازی لرزه‌ای برای بی‌نظمی در ارتفاع.....	۲۰
۳-۲-۲-۱ بی‌نظمی در پلان.....	۲۱
۴-۲-۲-۱ روش‌های بهسازی لرزه‌ای برای بی‌نظمی در پلان.....	۲۲
۵-۲-۲-۱ کاهش بی‌نظمی و تحلیل مجدد.....	۲۳
۳-۲-۱ کمبود مسیر اضافی انتقال نیرو.....	۲۴
۱-۳-۲-۱ شرح مسأله.....	۲۴
۲-۳-۲-۱ روش‌های بهسازی لرزه‌ای برای کمبود مسیر اضافی انتقال نیرو.....	۲۴
۴-۲-۱ ساختمان‌های مجاور.....	۲۴
۱-۴-۲-۱ شرح مسأله.....	۲۴
۲-۴-۲-۱ روش بهسازی لرزه‌ای برای کاهش ضربه دو ساختمان مجاور.....	۲۶
۳-۱ مصالح ساختمانی.....	۲۶
۱-۳-۱ شرح مسأله.....	۲۶
۱-۱-۳-۱ مصالح بتّایی غیر مسلّح.....	۲۶
۲-۱-۳-۱ بتن غیر مسلّح.....	۲۶
۴-۱-۳-۱ بتن مسلّح یا مصالح بتّایی مسلّح.....	۲۶
۴-۱-۳-۱ فولاد ساختمانی.....	۲۷
۲-۳-۱ روش‌های بهسازی لرزه‌ای برای مصالح آسیب‌دیده.....	۲۷

فصل دوم: مقاوم سازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود	۲۹
۱-۲ اجزای قائم باربر جانبی - قاب‌های خمشی	۳۱
۱-۱-۲ قاب‌های خمشی فولادی	۳۱
۱-۱-۱-۲ معایب	۳۱
۲-۱-۱-۲ روش‌های تقویت مقاومت برشی و خمشی تیرها، ستون‌ها و اتصالات آنها	۳۳
۳-۱-۱-۲ روش‌های تقویت چشمه اتصال	۳۸
۴-۱-۱-۲ روش‌های کاهش تغییر مکان نسبی طبقات	۳۹
۲-۱-۲ قاب‌های خمشی بتن مسلح	۳۹
۱-۲-۱-۲ معایب	۳۹
۲-۲-۱-۲ روش‌های تقویت قاب‌های خمشی بتن مسلح	۴۰
۳-۱-۲ قاب‌های خمشی با میان‌قاب	۴۷
۱-۳-۱-۲ معایب	۴۷
۲-۳-۱-۲ روش‌های بهسازی میان قاب‌ها در قاب‌های خمشی	۵۰
۴-۱-۲ قاب‌های خمشی بتن مسلح پیش‌ساخته	۵۱
۱-۴-۱-۲ معایب	۵۱
۲-۴-۱-۲ روش‌های مقاوم‌سازی قاب‌های خمشی بتن مسلح پیش‌ساخته	۵۱
۲-۲ اجزای قائم باربر جانبی - دیوارهای برشی	۵۲
۱-۲-۲ دیوار برشی بتن مسلح	۵۲
۱-۱-۲-۲ معایب	۵۲
۲-۱-۲-۲ روش‌های تقویت مقاومت برشی	۵۴
۳-۱-۲-۲ روش‌های تقویت مقاومت خمشی	۵۷
۴-۱-۲-۲ روش‌های تقویت تیرهای همبند	۵۷
۲-۲-۲ دیوارهای برشی پیش‌ساخته	۵۸
۱-۲-۲-۲ معایب	۵۸
۲-۲-۲-۲ روش‌های تقویت برای کمبود مقاومت برشی و خمشی در پانل‌های دیوار	۵۸
۳-۲-۲-۲ روش تقویت برای کمبود مقاومت بین پانل‌های دیوار	۵۸
۴-۲-۲-۲ روش تقویت برای کمبود مقاومت خمشی خارج از صفحه	۵۸
۵-۲-۲-۲ روش تقویت برای کمبود مقاومت برشی و خمشی تیرهای همبند	۵۹
۳-۲-۲ دیوارهای برشی بتّایی غیر مسلح در ساختمان‌های بتّایی و نیم اسکلت	۵۹
۱-۳-۲-۲ معایب	۶۰

- ۳-۳-۲-۲ روش های تقویت دیوارهای برشی بنایی غیرمسلح ۶۱
- ۳-۲ اجزای قائم باربر جانبی - قاب های مهاربندی شده ۷۲
- ۱-۳-۲ قاب های با مهاربندی هم محور ۷۳
- ۱-۱-۳-۲ معایب ۷۳
- ۲-۱-۳-۲ روش های تقویت مقاومت مهاربند ۷۴
- ۳-۱-۳-۲ روش های تقویت اتصال مهاربند ۷۶
- ۴-۱-۳-۲ روش های تقویت مقاومت محوری تیرها و ستون های سیستم مهاربندی ... ۷۶
- ۲-۳-۲ میله یا سایر اعضای مهاربندی که فقط در کشش عمل می کنند ۷۷
- ۱-۲-۳-۲ معایب ۷۷
- ۲-۲-۳-۲ روش های تقویت مقاومت کششی ۷۷
- ۳-۲-۳-۲ روش های تقویت مقاومت محوری تیرها و ستون ها ۷۸
- ۳-۳-۲ مهاربندی های برون محور ۷۸
- ۱-۳-۳-۲ معایب ۷۸
- ۲-۳-۳-۲ روش های تقویت قاب های با مهاربندی برون محور ۷۹
- ۴-۳-۲ قاب های با اتصالات خورجینی ۷۹
- ۱-۴-۳-۲ معایب ۸۰
- ۲-۴-۳-۲ روش های تقویت قاب های دارای اتصالات خورجینی ۸۱
- ۴-۲ اضافه کردن اجزای قائم باربر جانبی جدید ۸۳
- ۱-۴-۲ سازگاری نسبی ۸۴
- ۵-۲ دیافراگم ها ۸۴
- ۱-۵-۲ دیافراگم های بتنی ۸۵
- ۱-۱-۵-۲ معایب ۸۵
- ۲-۱-۵-۲ روش های تقویت کمبود مقاومت برشی در صفحه دیافراگم ۸۵
- ۳-۱-۵-۲ روش های تقویت برای تنش های برشی اضافی در محل بازشوها ۸۶
- ۲-۵-۲ دیافراگم های بتنی پیش ساخته ۸۸
- ۱-۲-۵-۲ معایب ۸۸
- ۲-۲-۵-۲ روش های تقویت مقاومت برشی اتصال ۸۸
- ۳-۲-۵-۲ روش های تقویت دیافراگم برای تنش های برشی اضافی در محل بازشوها .. ۹۰
- ۳-۵-۲ دیافراگم های تیرچه بلوک ۹۰
- ۱-۳-۵-۲ معایب ۹۰

- ۲-۵-۳ روش های تقویت سقف تیرچه بلوک ۹۰
- ۲-۵-۴ دیافراگم های طاق ضربی ۹۱
- ۲-۵-۴-۱ معایب ۹۱
- ۲-۵-۴-۲ روش های تقویت سقف های طاق ضربی ۹۱
- ۲-۶ پی ها ۹۳
- ۲-۶-۱ پی های نواری یا پی های زیر دیوار ۹۳
- ۲-۶-۱-۱ معایب ۹۳
- ۲-۶-۱-۲ روش های تقویت برای فشار زیاد خاک زیر پی ۹۳
- ۲-۶-۱-۳ روش های تقویت برای شرایط بلندشدگی پی ۹۷
- ۲-۶-۲ پی های تکی ۹۸
- ۲-۶-۲-۱ معایب ۹۸
- ۲-۶-۲-۲ روش های تقویت برای فشار زیاد خاک زیر پی ۹۸
- ۲-۶-۲-۳ روش های تقویت برای حالت بلندشدگی پی ۹۹
- ۲-۶-۲-۴ روش های تقویت برای کمبود فشار جانبی مقاوم خاک ۱۰۰
- ۲-۶-۳ شمع ها ۱۰۰
- ۲-۶-۳-۱ معایب ۱۰۰
- ۲-۶-۳-۲ روش های تقویت برای حالت بارهای کششی یا فشاری بیش از مقاومت شمع ۱۰۰
- ۲-۶-۳-۳ روش های تقویت برای حالت نیروهای جانبی بیش از مقاومت شمع ۱۰۳
- ۲-۶-۴ پی های گسترده ۱۰۳
- ۲-۶-۴-۱ معایب ۱۰۳
- ۲-۶-۴-۲ روش تقویت برای کمبود مقاومت خمشی پی ۱۰۳
- ۲-۶-۴-۳ روش تقویت برای کمبود فشار مقاوم خاک ۱۰۳
- ۷-۲ اتصال اجزای قائم باربر جانبی به پی ۱۰۴
- ۷-۲-۱ اتصالات دیوارهای برشی پیش ساخته به پی ۱۰۴
- ۷-۲-۱-۱ معایب ۱۰۴
- ۷-۲-۱-۲ روش های تقویت مقاومت برشی ۱۰۴
- ۷-۲-۱-۳ روش های تقویت برای بلند شدگی دیوار برشی از پی ۱۰۵
- ۷-۲-۲ اتصالات قاب های مهاربندی شده به پی ۱۰۵
- ۷-۲-۲-۱ معایب ۱۰۵
- ۷-۲-۲-۲ روش های تقویت مقاومت برشی ۱۰۵

۳-۷-۲	روش های تقویت برای بلندشدگی قاب از روی پی.....	۱۰۶
۳-۷-۲	اتصالات قاب های خمشی فولادی به پی.....	۱۰۶
۱-۳-۷-۲	معایب.....	۱۰۶
۲-۳-۷-۲	روش های تقویت برای مقاومت برشی و خمشی و مقاومت در برابر بلندشدگی ..	۱۰۶
۸-۲	اضافه کردن سیستم الحاقی جدید.....	۱۰۷
۱-۸-۲	سیستم قاب مهاربندی شده الحاقی.....	۱۰۷
۹-۲	بهسازی لرزه ای اجزای غیرسازه ای.....	۱۰۸
۱-۹-۲	اجزای الحاقی.....	۱۰۸
۲-۹-۲	نماهای سنگی و آجری.....	۱۰۹
۳-۹-۲	دیوارهای داخلی.....	۱۱۰
فصل سوم: کاهش نیروهای وارد به ساختمان های موجود در زلزله.....		
۱-۳	کاهش وزن ساختمان.....	۱۱۳
۲-۳	افزایش پریود اصلی و قابلیت اتلاف انرژی سیستم سازه ای.....	۱۱۴
۳-۳	روش های نوین کاهش نیروهای زلزله وارد به ساختمان ها.....	۱۱۵
۱-۳-۳	جداسازی لرزه ای سازه.....	۱۱۶
۱-۱-۳-۳	تکیه گاه لاستیکی.....	۱۱۷
۲-۱-۳-۳	تکیه گاه آونگ اصطکاکی.....	۱۱۹
۲-۳-۳	اضافه کردن میرایی سازه.....	۱۲۱
۱-۲-۳-۳	میراگرهای ویسکوز.....	۱۲۲
۲-۲-۳-۳	میراگرهای اصطکاکی.....	۱۲۳
۳-۲-۳-۳	میراگرهای هیستریزس.....	۱۲۴
پیوست ۱- مثالی از بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود.....		
واژه نامه.....		
فهرست نرم افزارهای موجود در لوح فشرده ضمیمه کتاب.....		
منابع.....		

پیش‌گفتار

«وَاللّٰهُ جَعَلَ لَكُم مِّنْ بُيُوتِكُمْ مَسْكَناً» خداوند خانه‌های شما را محل آسایش شما قرار داده است.
«سوره مبارکه نحل آیه ۸۰»

کشور ایران، با قرار داشتن در کمربند لرزه‌خیز آلپ - هیمالیا، از نظر خطر زمین‌لرزه، از جمله کشورهای آسیب‌پذیر جهان به شمار می‌آید. زلزله‌های بزرگی که خصوصاً در سالیان اخیر رخ داده (زرزند ۱۳۸۳، بم ۱۳۸۲، آوج ۱۳۸۱، منجیل ۱۳۶۹ و ...) خود، گواه این مطلب است. از این‌رو مقاومت‌سازی ساختمان‌های موجود در کشور ما، که بیشتر آنها فاقد مقاومت لرزه‌ای کافی می‌باشند، در کاهش تلفات جانی و خسارات مالی در زلزله‌های آتی نقشی تعیین‌کننده دارد.

در این کتاب، مفاهیم آسیب‌پذیری لرزه‌ای و روش‌های عملی مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود، در سه فصل تشریح شده است. در فصل اول، مشخصات عمومی سازه‌ها، مانند مقاومت، سختی، شکل‌پذیری و میرایی و ضعف‌های لرزه‌ای ساختمان‌های موجود مانند انواع بی‌نظمی، کمبود مسیر مستقیم انتقال نیرو، ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر و مصالح ساختمانی آسیب‌دیده و روش‌های بهسازی لرزه‌ای این ضعف‌ها مطرح شده است.

در فصل دوم روش‌های عملی مقاوم‌سازی سه جزء عمده مقاومت در برابر بارهای جانبی، یعنی اجزای قائم باربر جانبی، دیافراگم‌ها و شالوده‌ها و مزایا و معایب مربوط به هر روش بیان شده است. در این فصل مقاوم‌سازی لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی و بتنی، دیوارهای برشی، ساختمان‌های نیم اسکلت، قاب‌های مهاربندی شده هم‌محور و برون‌محور، قاب‌های دارای اتصالات خورجینی، دیافراگم‌ها (شامل سقف‌های طاق ضربی، تیرچه بلوک و دال‌های بتنی)، شالوده‌ها (شامل شالوده‌های منفرد، نواری، گسترده و شمع‌ها) و اجزای غیرسازه‌ای (مانند نماها، اجزای الحاقی و دیوارهای داخلی) تشریح شده است.

در فصل سوم، روش‌های مقاوم‌سازی ساختمان‌ها، بر اساس کاهش نیروهای لرزه‌ای وارد به آنها و روش‌های جداسازی لرزه‌ای و اضافه کردن میرایی سازه، مورد بررسی قرار گرفته است.

در پیوست ۱ مثالی از مقاوم سازی ساختمان‌های موجود شرح داده شده و در پایان کتاب واژه‌نامه تخصصی مهندسی زلزله آمده است.

به همراه این کتاب یک عدد CD حاوی مطالب و نرم افزارهای ارزشمند مهندسی عمران، پیوست است که فهرست مطالب موجود در آن در انتهای کتاب آمده است.

در پایان، بر خود لازم می‌دانم از آقای مهندس غلامرضا کیوانی مجری محترم طرح‌های تأسیسات زیربنایی و ساختمانی شرکت ملی گاز ایران که بدون حمایت و راهنمایی‌های ایشان، تألیف این کتاب میسر نبوده و همچنین از دوستان عزیزم آقایان دکتر امید امیدی و مهندس جعفر حکیم الهی که مرا در بازخوانی کتاب یاری داده‌اند و به طور خاص از دوست عزیزم آقای دکتر نادر فنائی که همواره یاور من بوده‌اند و از آقای مهندس محسن نیک‌بخت بابت ویراستاری این کتاب که با حوصله و دقت آن را انجام دادند و از مسئولین انتشارات آزاده آقای جعفر بدوستانی و به خصوص آقای مهدی مرتضوی تبریزی برای مساعدت‌ها و پیگیری‌های مستمر ایشان تشکر و قدردانی کرده و از خداوند متعال توفیق این عزیزان را مسألت دارم.

بی‌شک کتاب حاضر بدون اشکال نیست، بنابراین هرگونه پیشنهادی برای اصلاح مطالب کتاب، که به نشانی ناشر و یا پست الکترونیکی مؤلف Tonekabonipur@yahoo.com ارسال شود با استقبال مؤلف روبرو خواهد شد.

سید مهدی تنکابنی‌پور

پاییز ۱۳۸۴