

اسیب‌پذیری ساختمان‌های متداول شهری

در برابر زلزله

بررسی علل ساختاری و راهکارهای
تأثیرگذار

اکبر واثقی

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی
زلزله

6 خرداد 1404

انواع ساختمان‌های متداول شهری

- ساختمان‌های آجری
- عمدتاً در بافت قدیمی شهرها
- ساختمان‌های اسکلت فولادی
- سیستم بادبند، قاب خمشی، سیستم دوگانه
- ساختمان‌های اسکلت بتنی
- سیستم قاب خمشی، سیستم دوگانه

آسیب‌پذیری ساختمان‌های آجری



- ساختمان‌های آجری سنتی

- دیوارهای باربر بدون کلاف:

- دیوارها به صورت مجزا عمل می‌کنند و تحت نیروی جانبی زلزله ریزش می‌کنند



- عدم اتصال سقف به دیوارها:

- سقف‌های طاق ضربی بدون اتصال به دیوارها، باعث

سقوط سقف می‌شود

آسیب‌پذیری ساختمان‌های آجری



- ساختمان‌های آجری
کلافدار

- بعد از ویرایش اول
استاندارد 2800 در
سال 1367



- کلاف‌های افقی و قائم
با ضوابط تجویزی

- عمدتاً در شهرهای کوچک
و روستاها

آسیب‌پذیری ساختمان‌های بتنی قاب خمشی



- اکثریت ساختمان‌ها در شهرهای بزرگ
- اتصالات ضعیف تیر به ستون
- ستون‌های ضعیف با آرماتورگذاری ناکافی
- مصالح نامرغوب (بتن با مقاومت کم، فولاد غیر استاندارد)
- تغییر شکل‌های غیرخطی شدید در طبقات
- خسارت شدید در زلزله‌های گذشته

آسیب پذیری ساختمان های فولادی متداول



- عدم طراحی ظرفیتی اتصالات

- اتصالات جوشی نامرغوب



- شکست اتصالات

- کمانش ستونها

- خسارت شدید در

آسیب‌پذیری ساختمان‌ها با سیستم دوگانه

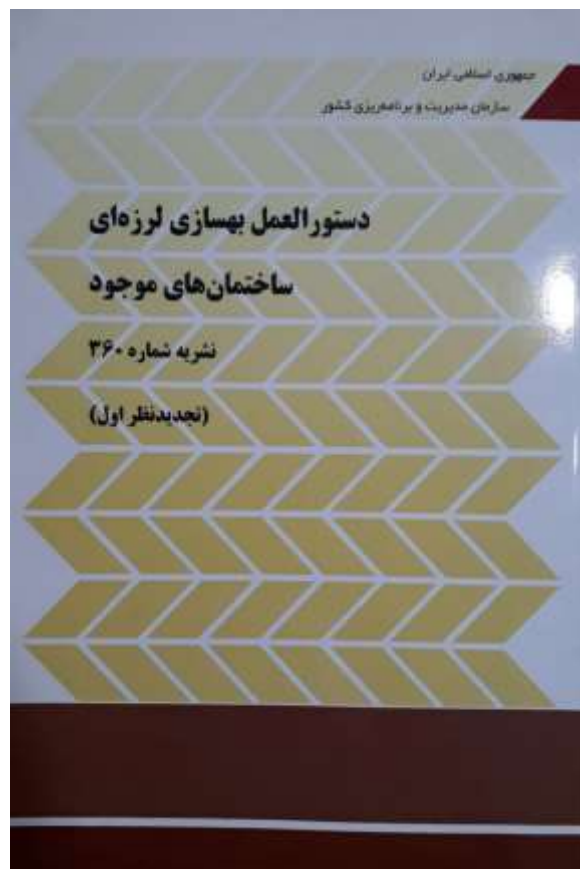
- تعداد محدود - عمدتاً ساختمانهای میان‌مرتبه و بلندمرتبه
- تغییر شکل‌های غیرخطی محدود در طبقات
- عملکرد مناسب در زلزله‌های گذشته

آسیب‌پذیری ساختمان‌های متداول در تهران

نوع سازه	منطقه‌های شاخص	محدوده طبقات	درصد شیوع	آسیب‌پذیری لرزه‌ای
آجری سنتی	بافت قدیمی	۱-۳ طبقه	20%	بسیار بالا
بتنی قاب خمشی	پراکنده	۴-۱۰ طبقه	50%	بالا - بسیار بالا
فولادی - متداول	پراکنده	3-6 طبقه	6%	بسیار بالا
فولادی - ویژه	شمال تهران	۵-۱۲ طبقه	3%	متوسط
سیستم دوگانه	شمال تهران	۱۰+ طبقه	8%	متوسط

آسیب‌پذیری لرزه‌ای حدود 75% ساختمان‌ها در تهران با

بهسازی و مقاوم سازی ساختمان های موجود



- ویرایش اول: سال 1380
- ساختمان های دولتی و عمومی
 - حدود 30% مدارس، بیمارستان ها و ساختمان های اداری مهم تا کنون مقاوم سازی شده اند.
- ساختمان های مسکونی و خصوصی:
 - بیش از 95% از کل ساختمانها
 - عدم اقبال عمومی
- عملکرد ناموفق
 - با توجه آمار تلفات و خسارات زلزله سرپل ذهاب در سال 1396

راهکارهای متداول



- ساختمان‌های بنایی:
- نصب مش فولادی و شاتکریت دیوارها.
- اضافه کردن کلاف‌های بتنی دور دیوارها.



- ساختمان‌های فولادی:
- تقویت اتصالات با صفحات فولادی.
- نصب بادبند کمانش‌تاب



- ساختمان‌های بتنی:
- تقویت ستون‌ها با ژاکت فلزی یا بتنی.
- اضافه کردن دیوارهای

تجربه ژاپن در مقاوم سازی ساختمانهای موجود

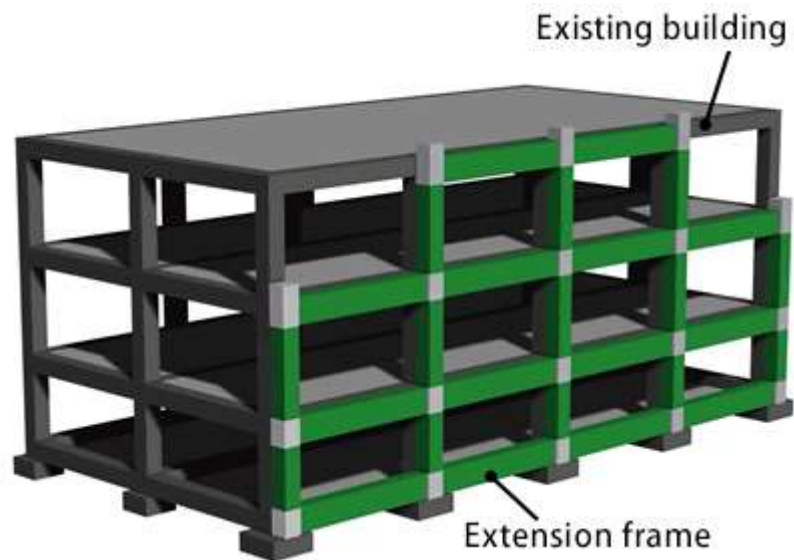
- پیشینه مقاوم سازی در ژاپن
- زلزله کوبه (۱۹۹۵) با بزرگی ۶٫۹ → تخریب ۲۰۰,۰۰۰ ساختمان و ۶,۴۳۴ کشته
- الزام مقاوم سازی برای مدارس، بیمارستان ها و ساختمان های عمومی از سال ۱۹۹۵.
- قانون مقاوم سازی اجباری (۲۰۱۳)
- ساختمان های ساخته شده قبل از ۱۹۸۱ (ساختمان های عمومی تا ۲۰۲۰، ساختمان های خصوصی تا ۲۰۲۵).
- کمک های مالی دولت
- یارانه ۵۰٪ هزینه مقاوم سازی برای ساختمان های مسکونی.
- وام های کم بهره با بازپرداخت ۲۰ ساله
- معافیت های مالیاتی

تجربه ژاپن در مقاوم سازی ساختمانهای موجود

- استراتژی های کلیدی
 - قوانین سختگیرانه (مقاوم سازی اجباری)
 - مشوق های مالی
 - روش های نوین و کاربردی مقاوم سازی با تاکید بر **تداوم کاربری حین اجرا**
 - فرهنگ عمومی (آموزش همگانی)
- نتایج عملی
 - نرخ مقاوم سازی: ۷۰٪ ساختمان های عمومی و ۴۰٪ ساختمان های خصوصی تا ۲۰۲۳
 - کاهش ۸۰٪ تلفات در زلزله های پس از ۲۰۱۱ (مقایسه با کوبه ۱۹۹۵).

روشهای نوین و کاربردی مقاوم سازی

جدید بتن مسلح به نمای خارجی ساختمان موجود



حداقل اختلال در کاربری ساختمان - امکان استفاده از





افزایش میرایی با نصب مهاربند های کما



استفاده از تجربیات ژاپن در ایران

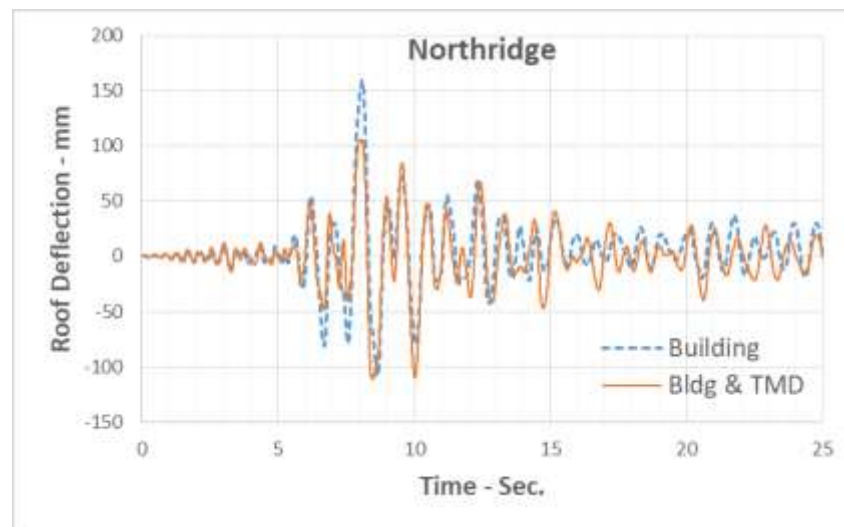
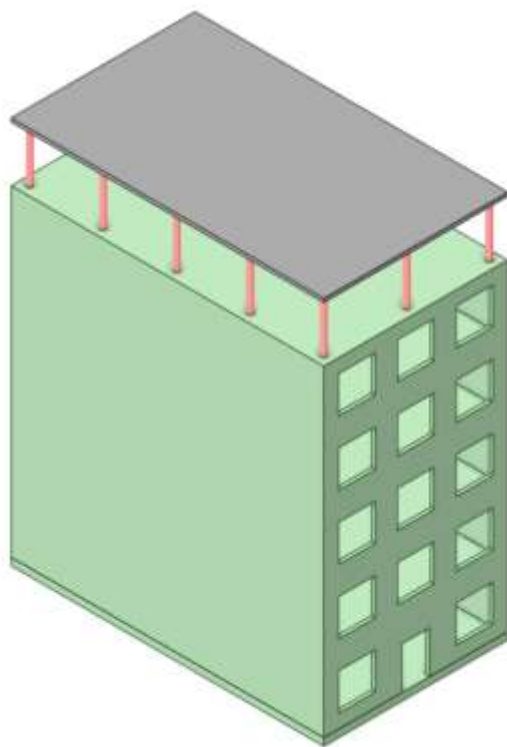
- توسعه روشهای مقرون به صرفه با تاکید بر تداوم کاربری حین اجرا
- مشوقهای مالی (معافیتهای مالیاتی، وامهای کم بهره و)
- آموزش عمومی با هدف ترغیب مالکین به مقاوم سازی
- تصویب قانون مقاوم سازی اجباری با جریمه های مؤثر - در مرحله آخر

جداساز لرزه ای ساختمانهای دارای پیلوت



- تداوم سکونت حین اجرا
- هزینه: حدود 8% ارزش ساختمان 4 طبقه
- ارزش افزوده ساختمان

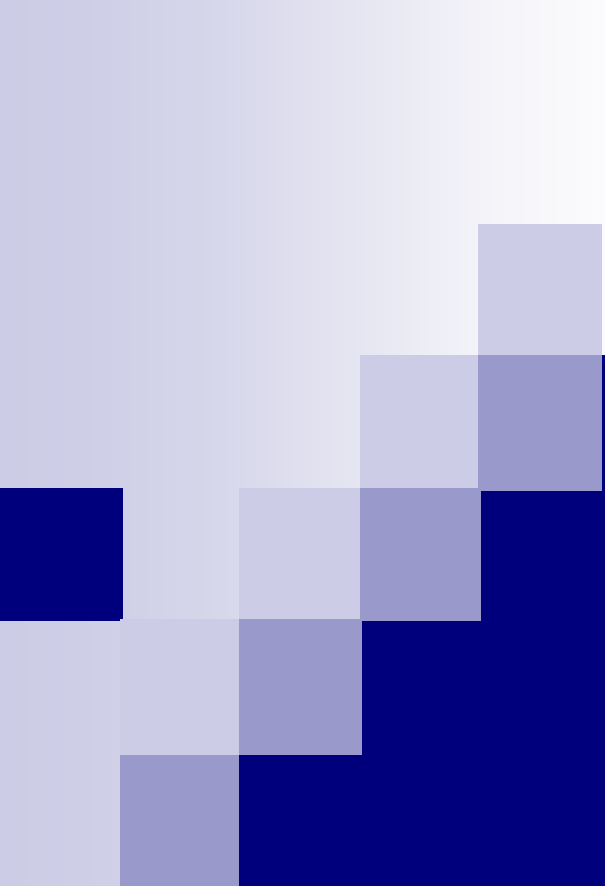
اضافه اشکوب TMD برای ساختمانهای متداول مسکونی



- جذب انرژی لرزه‌ای با ارتعاش نسبتاً شدید ولی کنترل شده
- کاهش قابل توجه تقاضای لرزه‌ای ساختمان
- تداوم سکونت حین اجرا
- ارزش افزوده ساختمان

جمع‌بندی

- ساختمانهای موجود در شهرهای کشور در برابر زلزله بسیار آسیب‌پذیر هستند.
- با توجه آمار تلفات و خسارات زلزله سرپل ذهاب، عملکرد برنامه مقاوم‌سازی در کشور موفق نبوده است.
- می‌توان با ترکیب روش‌های کاربردی مقاوم‌سازی، مشوق‌های مالی، آموزش همگانی و مشارکت مردمی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها را کاهش داد.



با سپاس از توجه شما