



۴

راهنمای جامع طراحی ساختمان

شرح تصویری مفاهیم طراحی
ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله
با تاکید بر سازه‌های بتن مسلح



تألیف:

دکتر بهمن سبحانی

(دکتری عمران - سازه)

مهندس عفت اسماعیل زاده شهری

(کارشناس ارشد سازه)



| | |
|----------------------|--|
| سرشناسه: | سبحانی، بهمن، ۱۳۶۰ - |
| عنوان و نام پدیدآور: | راهنمای جامع طراحی ساختمان ۴: شرح تصویری مفاهیم طراحی ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله با تاکید بر سازه‌های بتن مسلح/ تالیف بهمن سبحانی، عفت اسماعیل‌زاده‌شهری. |
| مشخصات نشر: | تهران: نوآور، ۱۴۰۰. |
| مشخصات ظاهری: | ۲۰۴ ص. |
| شابک: | ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۵۹۷-۲ |
| وضعیت فهرست نویسی: | فیپا |
| یادداشت: | کتابنامه: ص. ۲۰۴. |
| عنوان دیگر: | شرح تصویری مفاهیم طراحی ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله با تاکید بر سازه‌های بتن مسلح. |
| موضوع: | ساختمان‌سازی با بتن مسلح - طرح و نقشه - Reinforced concrete construction -- Design and plans |
| موضوع: | ساختمان‌های ضد زلزله - Earthquake resistant design |
| موضوع: | ساختمان‌های بتنی - طراحی و ساخت - Concrete construction -- Design and construction |
| موضوع: | معماری خانگی - طرح و نقشه - Architecture, Domestic -- Designs and plans |
| موضوع: | معماری - طراحی - Architectural design |
| شناسه افزوده: | اسماعیل‌زاده شهری، عفت، ۱۳۵۸ - |
| رده بندی کنگره: | ۲/۶۸۳TA |
| رده بندی دیویی: | ۱۸۳۴/۶۲۴ |
| شماره کتابشناسی ملی: | ۸۵۱۵۷۶۱ |

راهنمای جامع طراحی ساختمان (۴)
شرح تصویری مفاهیم طراحی ساختمان‌های مقاوم
در برابر زلزله با تاکید بر سازه‌های بتن مسلح

تألیف: دکتر بهمن سبحانی، مهندس عفت اسماعیل‌زاده شهری
ناشر: نوآور
مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا
شمارگان: ۵۰۰ نسخه
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۵۹۷-۲



نشر نوآور

مرکز بخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای
ژاندارمری 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.

لطفاً جهت دریافت الحاقات و اصلاحات احتمالی این کتاب به سایت انتشارات نوآور مراجعه فرمایید.
www.noavarpub.com telegram://telegram.me/noavarpub https://www.instagram.com/noavarpub/

۶ مقدمه

۹ فصل اول: ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله

- ۹-۱-۱ عکس العمل دینامیکی ساختمانها - نیروی باد و زلزله
- ۹-۲-۱ جنبه‌های اساسی طراحی لرزه‌ای
- ۱۰-۳-۱ چهار ویژگی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله
- ۱۲-۳-۱-۱ مشخصات ساختمان‌ها
- ۱۴-۳-۱-۱ پیکربندی لرزه‌ای سازه
- ۱۴-۳-۱-۲ سختی، مقاومت و شکل‌پذیری سازه
- ۱۶-۳-۱-۲ این چهار پارامتر چه ویژگی‌هایی دارند؟
- ۱۶-۳-۱-۳ این چهار ویژگی چگونه کنترل می‌شوند؟
- ۱۸-۳-۱-۲ چگونه به این چهار ویژگی دست پیدا کنیم؟
- ۱۸-۳-۱-۳ نیاز لرزه‌ای در مقابل ظرفیت لرزه‌ای
- ۱۹-۳-۱-۴ طراحی مبتنی بر روش نیرو و روش تغییر مکان

۲۳ فصل دوم: تقاضای لرزه‌ای در ساختمان‌ها

- ۲۳-۱-۲ نیروی طراحی لرزه‌ای
- ۲۳-۲-۲ پارامترهای دینامیکی ساختمان‌ها
- ۲۴-۲-۲ دوره تناوب طبیعی
- ۲۵-۲-۲-۱ دوره تناوب طبیعی اصلی در ساختمان
- ۲۶-۲-۲-۲ عوامل موثر در دوره تناوب طبیعی
- ۳۵-۲-۲-۲ اشکال مُدی
- ۳۶-۲-۲-۲ اشکال مُدی اصلی تحت نوسان (ارتعاش)
- ۳۸-۲-۲-۲ عوامل تاثیر گذار بر اشکال مُدی نوسان
- ۴۴-۲-۲ میرایی (Damping)
- ۴۶-۳-۲ پارامترهای حرکت (جنبش) زمین
- ۴۶-۳-۲-۱ شتاب نگاشت‌ها
- ۴۸-۳-۲-۲ طیف پاسخ برای حرکات زمین
- ۵۱-۳-۲-۲ طیف پاسخ شتاب برای حرکات زمین

۵۳ فصل سوم: ظرفیت لرزه‌ای ساختمان - رفتار الاستیک

- ۹-۱-۱ عکس العمل دینامیکی ساختمانها - نیروی باد و زلزله
- ۹-۲-۱ جنبه‌های اساسی طراحی لرزه‌ای
- ۱۰-۳-۱ چهار ویژگی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله
- ۱۲-۳-۱-۱ مشخصات ساختمان‌ها
- ۱۴-۳-۱-۱ پیکربندی لرزه‌ای سازه
- ۱۴-۳-۱-۲ سختی، مقاومت و شکل‌پذیری سازه
- ۱۶-۳-۱-۲ این چهار پارامتر چه ویژگی‌هایی دارند؟
- ۱۶-۳-۱-۳ این چهار ویژگی چگونه کنترل می‌شوند؟
- ۱۸-۳-۱-۲ چگونه به این چهار ویژگی دست پیدا کنیم؟
- ۱۸-۳-۱-۳ نیاز لرزه‌ای در مقابل ظرفیت لرزه‌ای



- ۲۱-۳-۱ طراحی مبتنی بر روش نیرو و روش تغییر مکان ۲۱
- ۱-۲ نیروی طراحی لرزه‌ای ۲۲
- ۲-۲ پارامترهای دینامیکی ساختمان ها ۲۳
- ۱-۲-۲ دوره تناوب طبیعی ۲۴
- ۱-۱-۲-۲ دوره تناوب طبیعی اصلی در ساختمان ۲۵
- ۲-۱-۲-۲ عوامل موثر در دوره تناوب طبیعی ۲۶
- ۲-۲-۲ اشکال مُدی ۳۵
- ۱-۲-۲-۲ اشکال مُدی اصلی تحت نوسان (ارتعاش) ۳۶
- ۲-۲-۲-۲ عوامل تاثیر گذار بر اشکال مُدی نوسان ۳۸
- ۳-۲-۲ میرایی (Damping) ۴۴
- ۳-۲ پارامترهای حرکت (جنبش) زمین ۴۶
- ۱-۳-۲ شتاب نگاشت ها ۴۶
- ۲-۳-۲ طیف پاسخ برای حرکات زمین ۴۸
- ۱-۲-۳-۲ طیف پاسخ شتاب برای حرکات زمین ۵۱

۵۰ فصل چهارم: ظرفیت لرزه‌ای ساختمان - رفتار غیر الاستیک

- ۱-۴ رفتار غیر الاستیک ۱۴۶
- ۲-۴ مقاومت جانبی ساختمان ۱۴۶
- ۱-۲-۴ سلسله مراتب مقاومت جانبی سازه ۱۴۷
- ۱-۱-۲-۴ اتصالات تیر به ستون در سازه‌های قاب خمشی بتن مسلح ۱۵۱
- ۲-۲-۴ حجم اعضای سازه‌ای در پلان ۱۵۶
- ۳-۲-۴ عدم تقارن مقاومت اعضای سازه‌ای در پلان ۱۵۸
- ۴-۲-۴ عدم پیوستگی مقاومت اعضای سازه‌ای در ارتفاع ساختمان ۱۶۱
- ۱-۴-۲-۴ طبقه یا طبقات باز، طبقه نرم، طبقه ضعیف در ساختمان ها ۱۶۳
- ۲-۴-۲-۴ ناپیوستگی امتداد دیوار بتن مسلح سازه‌ای در ارتفاع ساختمان ۱۶۵
- ۳-۴-۲-۴ اثر ستون کوتاه در رفتار لرزه‌ای ساختمان ۱۶۸
- ۳-۴ شکل پذیری ۱۷۲
- ۱-۳-۴ تعاریف شکل پذیری ۱۷۳
- ۱-۱-۳-۴ عوامل مشارکت شکل پذیری در ساختمان‌های بتن مسلح ۱۷۳
- ۲-۱-۳-۴ دستیابی به شکل پذیری مناسب در ساختمان‌های بتن آرمه ۱۸۱
- ۳-۱-۳-۴ ارزیابی شکل پذیری موجود در ساختمانها ۱۸۱
- ۲-۳-۴ مقاومت ایجاد شده در ساختمان و نیاز کلی شکل پذیری در آن ۱۸۶
- ۳-۳-۴ طراحی ساختمانها بر اساس ظرفیت ۱۸۸
- ۱-۳-۳-۴ بارگذاری در اثر تغییر مکان ۱۸۸
- ۲-۳-۳-۴ مفهوم طراحی ظرفیتی (طراحی بر اساس ظرفیت) ۱۹۰
- ۴-۳-۴ توزیع خرابی (خسارت) در ساختمان ۱۹۳
- ۱-۴-۳-۴ ساختمان‌های با طبقه باز (طبقه همکف بدون دیوار پر کننده) ۱۹۴
- ۲-۴-۳-۴ طراحی تیر ضعیف-ستون قوی (SCWB) ۱۹۷
- ۳-۴-۳-۴ نیاز شکل پذیری بیش از اندازه در ضربه دو ساختمان (ساختمان‌های مجاور مشابه هستند) ۲۰۰
- ۴-۴ مدلسازی ساختمانها ۲۰۲
- منابع و ماخذ ۲۰۴

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 مبرا 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 ویرایش شده 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، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح شده 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

info@noavarpub.com

لرزه‌خیزی کشور ایران در مسیر کمربند زلزله آلپ - هیمالیا، و نیز وجود گسل‌های فراوان و رخدادهای زمین لرزه در سال‌های دور و نیز در ده‌های اخیر، بیانگر این واقعیت است که بیشتر مناطق کشور ایران در معرض جدی خطر وقوع زمین لرزه قرار دارند.

با توجه به پیشرفت روز افزون در علم مهندسی زلزله، و نیز با توجه به شرایط منطقه‌ای ایران و مصالح مورد استفاده در ساخت ساختمانها، نیاز به طراحی لرزه‌ای ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله بیش از پیش مورد نیاز است. از این رو نویسنده با توجه به رسالت علمی خویش، تصمیم به تدوین و انتشار کتابی با عنوان "شرح تصویری مفاهیم طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله (طراحی لرزه‌ای)" نمود. این کتاب در واقع برگرفته از کتاب مفاهیم عمده در طراحی لرزه‌ای ساختمانهای بتن‌آرمه، منتشر شده توسط مرکز زلزله‌شناسی کشور هند می‌باشد که با تغییرات عمده توسط نویسنده حاضر به خوانندگان ارائه می‌شود. تاکید عمده این کتاب برای سازه‌های بتن‌آرمه باشد.

در متن کتاب حاضر به فراخور نوع موضوع، از استانداردهای داخلی از جمله استاندارد ۲۸۰۰، مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۹۹ و نیز از آئین نامه‌های بین‌المللی شامل آئین‌نامه بتن آمریکا (ACI 318-19)، آئین‌نامه بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود آمریکا (ASCE 41-16) استفاده شده است.

این کتاب مشتمل بر چهار فصل می‌باشد که هر یک از فصول به موضوعات زیر را در بر می‌گیرد:

فصل اول به مفاهیم عکس‌العمل‌های دینامیکی و تفاوت بارهای زلزله و بار باد می‌پردازد. در ادامه فصل به ویژگی‌های ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله و مشخصات پیکربندی لرزه‌ای آن، سختی، مقاومت و شکل‌پذیری و در نهایت به تعریف نیاز لرزه‌ای سازه‌ها و روش‌های طراحی مبتنی بر روش تغییر مکان و روش نیرویی پرداخته شده است.

فصل دوم به پارامترهای مربوط به نیروهای لرزه‌ای، پارامترهای دینامیکی ساختمانها، اشکال مَدی، طیف پاسخ و طیف شتاب زمین لرزه می‌پردازد.

در فصل سوم به رفتار الاستیک ساختمان برای ظرفیت لرزه‌ای آن، عوامل موثر و نیز اشکال مَدی در حالت رفتار الاستیک سازه پرداخته می‌شود.

در فصل آخر (فصل چهارم) رفتار غیر الاستیک (پلاستیک) برای ظرفیت لرزه‌ای ساختمانها پرداخته شده است و در ادامه همین فصول به مطالب مرتبط با شکل‌پذیری، طراحی براساس ظرفیت، طراحی تیر ضعیف- ستون قوی، اثر برخورد دو ساختمان در مجاور همدیگر و مدلسازی سازه می‌پردازد.

در تمامی مدلسازی انجام شده در این کتاب از نرم‌افزارهایی همچون SAP, ETABS, 3D PERFORM و NONLINE بهره برده شده است.

امید است کتاب حاضر سهم هر چند کوچک در حوزه اعتلای دانش مهندسی عمران (بوژیژه

مباحث لرزه‌ای) برای آموزش دانشجویان مهندسی عمران و معماری، مهندسین طراح و ناظر در حوزه نظام مهندسی و کنترل ساختمان فراهم آورد.

با وجود سعی فراوان در تهیه این کتاب و حساسیت‌های زیاد در خصوص انتخاب تصاویر مرتبط، از همه صاحب‌نظران، اساتید، دانشجویان، مجریان و مهندسین حوزه ساخت و ساز تقاضا می‌گردد تا با راهنمایی‌های خود، نواقص و کمبودهای موجود در کتاب حاضر را به مولفین کتاب از طریق انتشارات متخصصان آینده اعلام فرمایند، تا انشالله در چاپ‌های بعدی نقایص موجود در کتاب برطرف گردد. نویسندگان این اثر در پایان بر خود لازم می‌دانند که از زحمات مدیریت محترم انتشارات و همکاران محترمشان، نهایت سپاسگزاری را داشته باشد.

مولفین

Noavar33@yahoo.com

لطفاً جهت دریافت اصلاحات یا الحاقات احتمالی این کتاب
به سایت انتشارات نوآور (آدرس زیر) مراجعه فرمایید.

Website: **Noavarpub.com**

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 منحصراً 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 این چنین، 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 هر گونه 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.

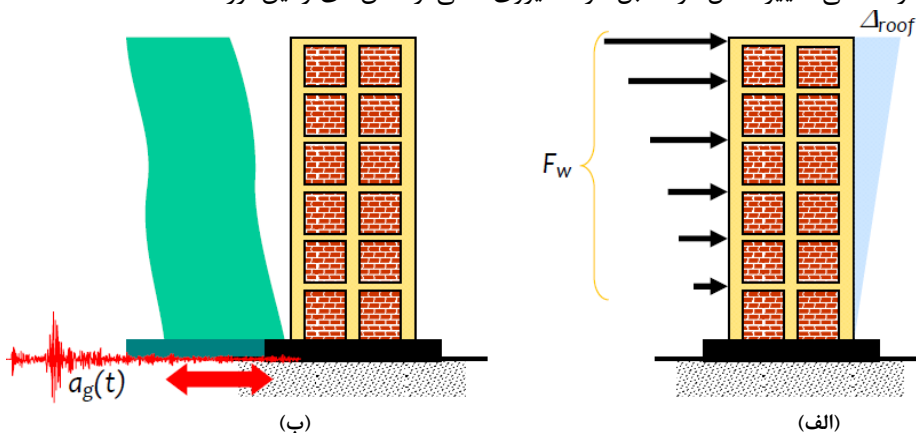
انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و (تلگرام انتشارات) و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت www.noavarpub.com به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

فصل اول

ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله

۱-۱. عکس‌العمل دینامیکی ساختمانها - نیروی باد و زلزله

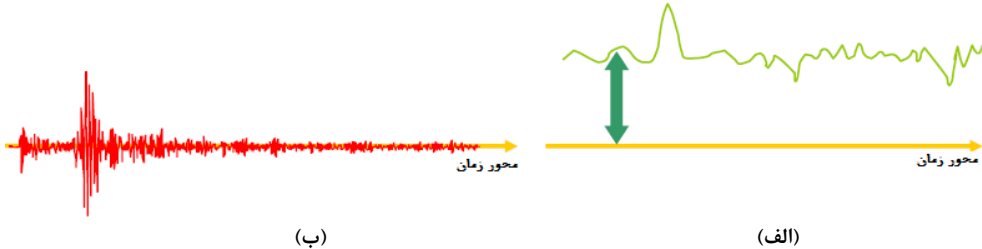
عکس‌العمل‌های دینامیکی در ساختمان در اثر نیروهای ناشی از باد و زمین لرزه ایجاد می‌شود. اما، طراحی ساختمان‌ها برای نیروهای باد و اثرات زلزله کاملاً با هم متفاوت است. فلسفه شهودی طراحی سازه از مفهوم نیرو استفاده می‌کند. نیرو در طراحی ساختمان در برابر باد و در قسمتی از وجه بیرونی ساختمان که تحت فشار خارجی قرار دارد برای طراحی استفاده می‌گردد. این نوع بارگذاری از نوع نیرو می‌باشد. با این حال، در طراحی ساختمان در برابر زلزله، ساختمان در قاعده خود یا در محل اتصال به زمین (فونداسیون) تحت حرکت تصادفی ناشی از زمین لرزه قرار می‌گیرد (شکل ۱-۱)، که باعث ایجاد نیروهای اینرسی در ساختمان شده و در نتیجه آن باعث ایجاد تنش می‌گردد. این نوع بارگذاری از نوع جابجایی یا تغییر مکان می‌باشد. روش دیگر برای بیان تفاوت نیروی باد و زلزله، استفاده از منحنی تغییر شکل بار - در مقابل نیرو (محور عمودی) در بارگذاری نوع نیرویی که ناشی فشار باد است و نیز استفاده از منحنی تغییر شکل در مقابل اثرات نیروی ناشی از تکان‌های زمین لرزه است.



شکل ۱-۱ - تفاوت مفهوم طراحی ساختمانها تحت اثرات طبیعی ناشی از: الف) فشار باد در قسمت وجه بیرونی ساختمان و ب) تکان‌های ناشی از زلزله در پایه ساختمان.

نیروی باد در ساختمان به عنوان یک مولفه با مقدار میانگین غیر صفر و دارای مقدار نوسانی نسبتاً کوچکی است (شکل ۱-۲). بنابراین ساختمان‌های تحت نیروهای باد ممکن است تحت نوسانات تنش کمتری قرار بگیرند، مگر در حالتی که جهت باد معکوس شود که این مورد نیز فقط در طولانی مدت اتفاق می‌افتد. از طرف دیگر، حرکت زمین در هنگام زلزله به صورت سیکلی یا تناوبی در مورد موقعیت

محل مرکز جرم سازه اتفاق می‌افتد. بنابراین، تنش‌های ایجاد شده در ساختمان به دلیل اثرات لرزه‌ای در مدت زمان اندک زلزله، کاملاً معکوس و به صورت رفت و برگشتی ایجاد می‌شوند.

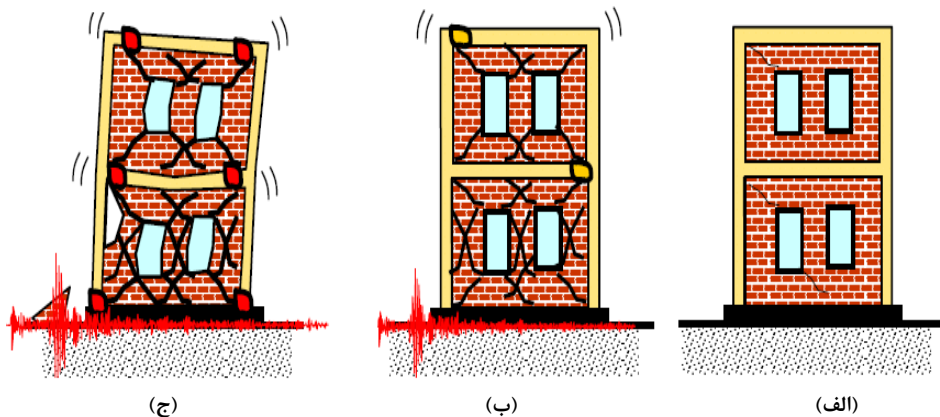


شکل ۱-۲- ماهیت تغییرات زمان بر طراحی ناشی از الف) فشار باد در قسمت وجه بیرونی ساختمان و ب) تکان‌های ناشی از زلزله.

۲-۱. جنبه‌های اساسی طراحی لرزه‌ای

علاوه بر جرم ساختمان، سختی نیز در طراحی لرزه‌ای کنترل می‌گردد، زیرا زلزله باعث ایجاد نیروهای اینرسی متناسب با جرم ساختمان می‌شود. طراحی ساختمانها برای رفتارهای الاستیک در هنگام زلزله بدون آسیب ناشی از آن ممکن است از نظر اقتصادی غیرقابل اجرا باشد. در نتیجه ممکن است لازم باشد که سازه آسیب ببیند و در نهایت انرژی ورودی به آن را هنگام زلزله توزیع کند. بنابراین، فلسفه قدیمی طراحی مقاوم در برابر زلزله ایجاد می‌کند که ساختمانهای معمولی و عادی باید بتوانند در برابر زلزله مطابق پارامترهای زیر مقاومت کنند (شکل ۱-۳):

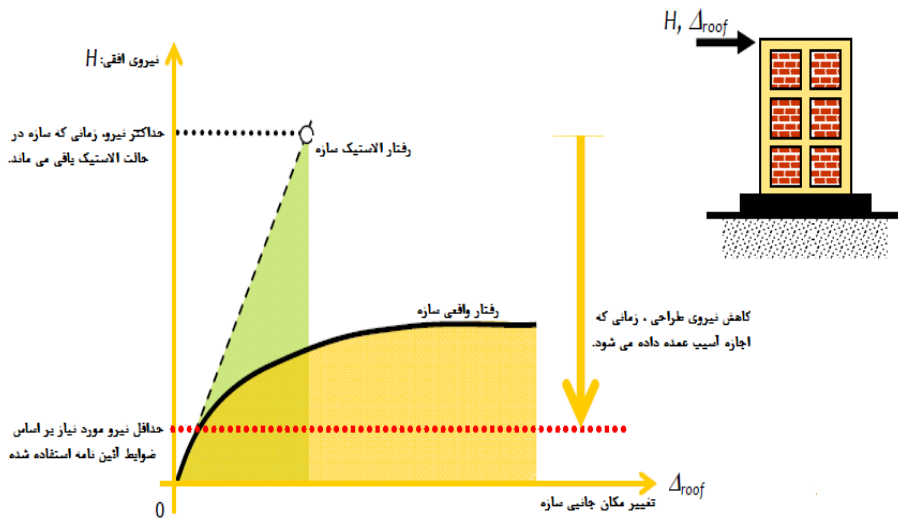
- الف) تحت تکان‌های کم هیچ گونه خرابی در المان‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای ایجاد نگردد.
- ب) تحت تکان‌های متوسط آسیب سازه‌ای کم و آسیب غیر سازه‌ای عمده ایجاد گردد.
- ج) تحت تکان‌های شدید المان‌های سازه‌ای آسیب ببینند ولی پایداری سازه حفظ گردد و واژگونی در المان‌های سازه و ساختمان نباید اتفاق بیافتد.



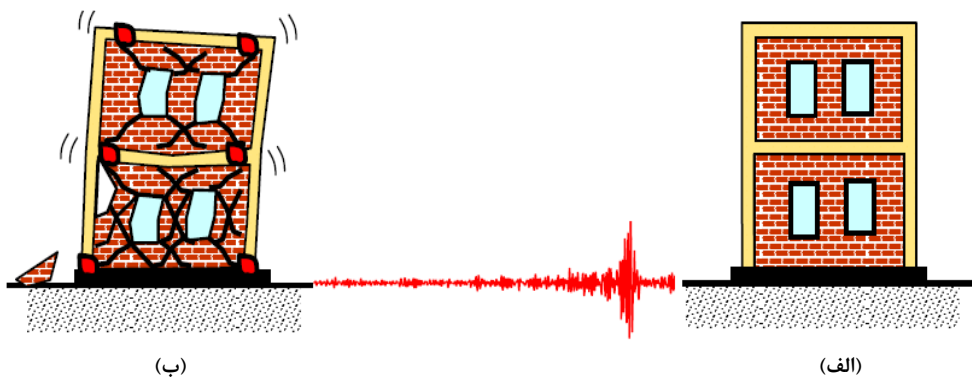
شکل ۱-۳- فلسفه طراحی ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله تحت تکان‌های: الف) کم، ب) متوسط و ج) شدید.

بنابراین، ساختمانها فقط برای کسری (حدود ۱۴ تا ۱۸ درصد) از نیروهایی که تجربه می‌کنند، طراحی می‌شوند. اگر در حین لرزش قوی زمین انتظار رفتار الاستیک از سازه داشته باشید (همانند شکل ۱-۴) در نتیجه اجازه آسیب مطابق شکل ۱-۵ به سازه داده می‌شود.

برای جلوگیری از آسیب سازه‌ای تحت تکان‌های جزئی، لازم است از سختی اولیه کافی در سازه اطمینان حاصل شود. در این صورت طراحی لرزه‌ای با کاهش هزینه و خسارت قابل قبول باعث قابلیت سکونت و ماندگاری پروژه خواهد شد. این توازن دقیق بر اساس تحقیقات گسترده و مطالعات دقیق ارزیابی خسارت پس از زلزله حاصل می‌شود. تعداد زیادی از این اطلاعات براساس ضوابط دقیق طراحی لرزه‌ای ارائه شده است. در مقابل، آسیب‌های سازه‌ای تحت نیروهای باد قابل قبول نیست. از این رو، طراحی در برابر اثرات ناشی از زلزله به عنوان طرح مقاوم در برابر زلزله^۱ و نه طرح ضد زلزله^۲ نامیده می‌شود.



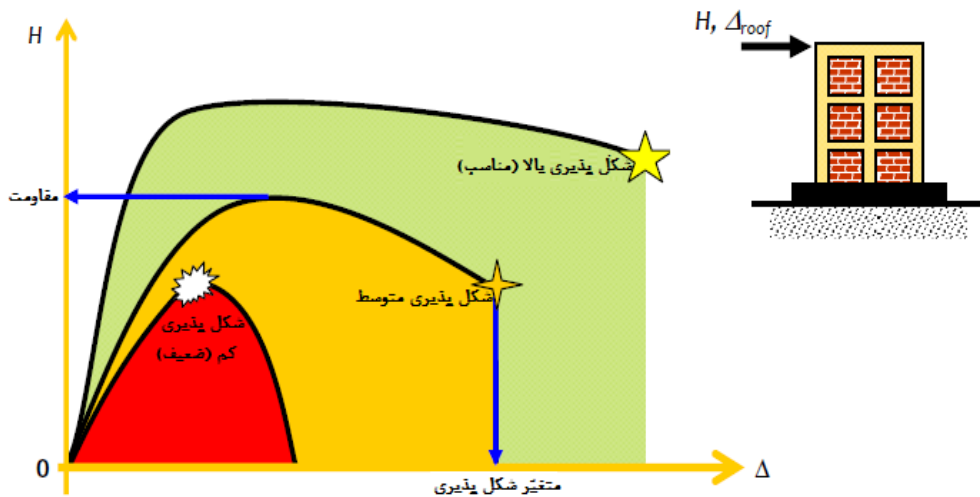
شکل ۱-۴ - استراتژی طراحی لرزه‌ای: محاسبه حداکثر نیروی الاستیک و اعمال ضریب کاهش جهت محاسبه نیروی طراحی.



شکل ۱-۵ - ساختمان مقاوم در برابر زلزله و خرابی مورد انتظار تحت زلزله: (الف) بدون آسیب سازه‌ای (ب) آسیب سازه‌ای.

1. Earthquake-Resistant Design
2. Earthquake-Proof Design

طراحی لرزه‌ای فقط برای کسری از سطح نیروهای لرزه‌ای الاستیک امکان‌پذیر است، فقط در صورتی که ساختمان بتواند با خسارت سازه‌ای بدون فروریختن و از بین رفتن، مقاومت در برابر تغییر شکل زیاد داشته باشد در این صورت به این حالت خاصیت شکل‌پذیری (Ductility) گفته می‌شود (شکل ۱-۶). طراحی سازه‌ها تحت مقاومت جانبی معین و سختی اولیه و تناسب بین اندازه و مصالح اعضا نسبتاً ساده است. اما، بیشتر دستیابی به شکل‌پذیری کافی مدنظر است و برای شناسایی روش‌های مناسب با جزئیات مرتبط با آن، نیاز به انجام آزمایش‌های گسترده روی نمونه در مقیاس واقعی دارد.

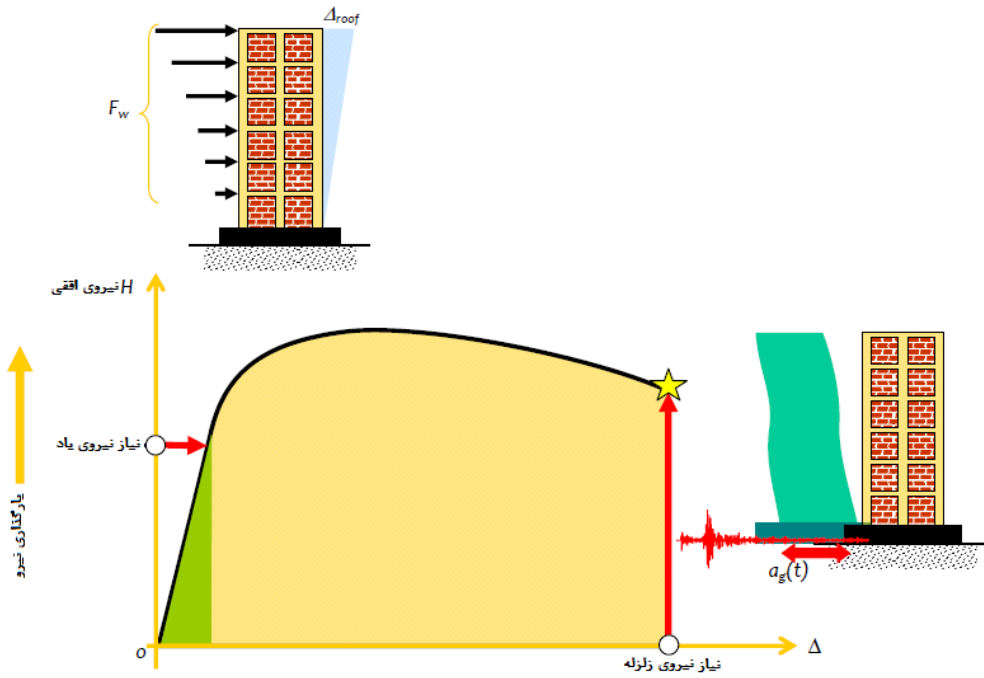


شکل ۱-۶- طبقه‌بندی انواع شکل‌پذیری در ساختمانها بر اساس مکانیزم شکست.

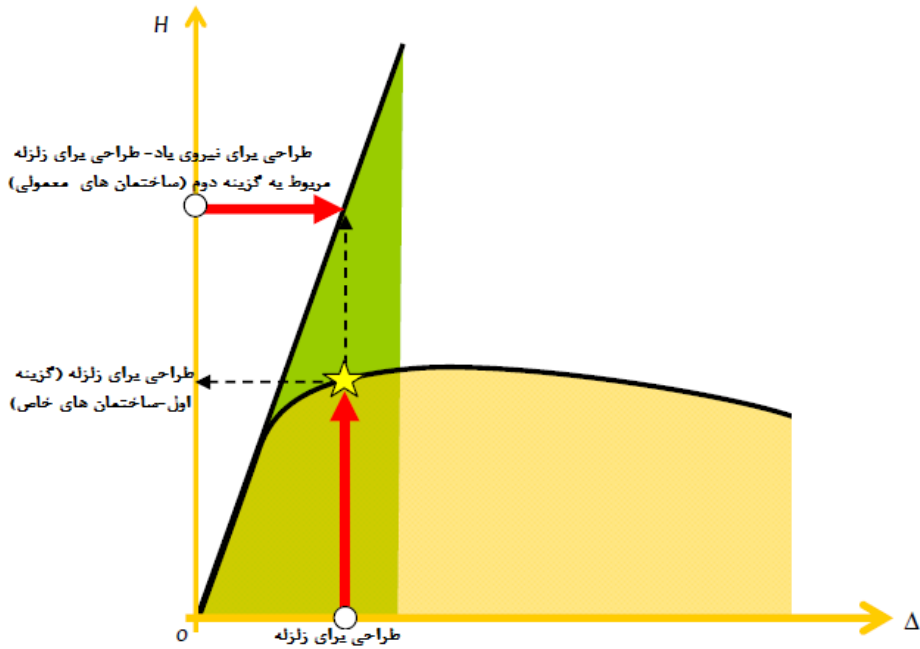
به طور خلاصه، بار ناشی از لرزش زمین در زیر ساختمان از نوع جابجایی و توسط باد و سایر بارها از نوع نیرو است. ساختمانها در اثر تکان‌های زمین لرزه و در نتیجه آن جابجایی تحمیل شده به پایه ساختمان باید در برابر تغییر مکان نسبی مشخصی مقاومت کنند، در عوض ساختمانهایی که تحت تاثیر باد و سایر مخاطرات قرار می‌گیرند مستلزم مقاومت در سطح مشخصی از نیروی وارده بر آن می‌باشند. (شکل ۱-۷-الف را ملاحظه کنید). بنابراین حداکثر نیروی وارد به یک ساختمان را می‌توان با دقت تخمین زد، اما حداکثر جابجایی اعمال شده در زیر ساختمان دقیقاً مشخص نیست. برای اینکه یک ساختمان در طراحی تحت اثر باد در حداکثر جابجایی خود پایدار باشد فقط نیازمند رفتار الاستیک در کل دامنه جابجایی خود می‌باشد. اما در طراحی زلزله برای این گونه ساختمانها دو گزینه وجود دارد: طراحی ساختمان در حالت الاستیک باقی بماند یا اینکه تحت تاثیر رفتار غیر الاستیک قرار بگیرد. گزینه دوم در ساختمانهای متداول، و گزینه اول در ساختمانهای خاص، مانند ساختمانهای حیاتی و نیروگاههای هسته‌ای پذیرفته شده است.

۱-۳. چهار ویژگی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله

برای اینکه یک ساختمان در هنگام زلزله عملکرد مطلوبی داشته باشد، باید از فلسفه طراحی مقاوم در برابر زلزله که در بخش ۱-۲ بیان شد، برخوردار باشد.



شکل ۱-۷-الف- تغییرات مربوط به تغییر مکان برای سازه‌های از نوع نیرویی تحت تاثیر نیروی باد و مشابه آن.



شکل ۱-۷-ب- تغییرات مربوط به تغییر مکان برای سازه‌های از نوع تغییر مکانی و تحت تکان‌های ناشی از زلزله.