۸- فلسفه طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها در چیست؟

مشکلات زلزله

شدت زمین‌لرزه در یک مکان مشخص می‌تواند خفیف، میانه یا شدید باشد. در رابطه با دوره بازگشت و تکرر این زلزله‌ها می‌توان به صورت نسبی بحث کرد، به طوری که زلزله‌های خفیف دارای بیشترین تکرر، زلزله‌های میانه به صورت متوسط و زلزله‌های شدید کمترین تکرر را دارا می‌باشند. مطابق با جدول ۱، به طور متوسط سالیانه ۸۰۰ زلزله با شدت ۵/۹-۵ رخ می‌دهد این درحالی است که زلزله‌های با شدت ۷/۹-۷ به صورت متوسط تنها ۱۸ بار رخ می‌دهند.

جدول ۱: تکرر زلزله‌های با شدت‌های مختلف در سراسر دنیا

Group	Magnitude	Annual Average Number
Great	8 and higher	1
Major	7 – 7.9	18
Strong	6 – 6.9	120
Moderate	5 – 5.9	800
Light	4 – 4.9	6,200 (estimated)
Minor	3 – 3.9	49,000 (estimated)
Very Minor	< 3.0	M2-3: ~1,000/day; M1-2: ~8,000/day

مطابق با آئین‌نامه‌های روز دنیا، طراحی ساختمان‌ها بایستی برای زلزله‌های نادر (احتمال رخداد پایین) انجام شود، زلزله‌هایی که دوره بازگشت (میانگین زمان وقوع زلزله‌ای با بزرگای مشخص در محدوده مورد مطالعه) آنها ۴۷۵ یا ۲۴۷۵ سال می‌باشد، با این حال نهایت عمر مفید یک ساختمان ۵۰ یا ۱۰۰ سال می‌باشد. در زیر به معرفی اجمالی سطوح خطر لرزه‌ای می‌پردازیم:

زلزله سطح خطر ۱

این سطح خطر براساس ۱۰٪ احتمال وقوع زلزله در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان می‌باشد که معادل دوره بازگشت ۴۷۵ سال می‌باشد.

$q = 10\% = 0.1 \quad , \quad n = 50 years$

Annual Probability=P

$$P = 1-(1-q)^{1/n} = 1-(1-0.1)^{1/50} = 0.002105$$

$$T_R = \frac{1}{P} = \frac{1}{0.002505} = 475 years$$

طیف شتاب ارائه شده در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ براساس همین زلزله سطح خطر ۱ (۱۰٪ احتمال وقوع در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان) می‌باشد (به زلزله نظیر با سطح خطر ۱ زلزله طراحی نیز می‌گویند Design Base Earthquake)

زلزله سطح خطر ۲

این سطح خطر براساس ۲٪ احتمال وقوع در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان می‌باشد که معادل با دروه بازگشت ۲۴۷۵ سال می‌باشد.

$q = 2\% = 0.02 \quad , \quad n = 50 years$

Annual Probability=P

$$P = 1-(1-q)^{1/n} = 1-(1-0.02)^{1/50} = 0.0000404$$

$$T_R = \frac{1}{P} = \frac{1}{0.0000404} = 2475 years$$

ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ طیف شتاب زلزله سطح خطر ۲ را دارا نمی‌باشد بنابراین جهت به دست آوردن طیف شتاب زلزله سطح خطر ۲ در صورت نبود نقشه‌های پهنه‌بندی شتاب معتبر، بایستی با انجام مطالعات لازم و تحلیل خطر ساختگاه، میزان شتاب طراحی مورد نظر برآورد گردد (به زلزله نظیر با سطح خطر ۲ حداکثر زلزله محتمل نیز می‌گویند Maximum Probable Earthquake).

این در حالی است که نشریه ۳۶۰ ویرایش سال ۱۳۹۲، طیف سطح خطر ۲ را با ۱/۵ برابر کردن سطح خطر ۱ به دست می‌آورد.

حال این سوال پیش می‌آید که برای یک ساختمان با عمر مفید ۵۰ یا ۱۰۰ سال، آیا منطقی خواهد بود که زلزله طراحی دارای دوره بازگشت ۴۷۵ یا ۲۴۷۵ سال باشد؟ چون طراحی ساختمان برای زلزله‌های قوی‌تر هزینه‌های بیشتری خواهد داشت. با توجه به مباحث مطرح شده این تناقض به وجود می‌آید که آیا بایستی ساختمان ضد زلزله طرح شود و هیچ‌گونه آسیبی در زلزله‌های نادر نداشته باشد؟ یا اینکه در طراحی یک ساختمان اثرات ناشی از زلزله چندان اهمیت نداشته و نبایستی وارد محاسبات شود؟ پر واضح است که رویکرد اول کاملا غیراقتصادی بوده و رویکرد دوم می‌تواند بسیار فاجعه بار باشد. بنابراین فلسفه اصلی طراحی بایستی مابین این دو حالت حدی قرار گیرد.

ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله

هدف مهندسی زلزله ساخت ساختمان‌های قوی و ضد زلزله نیست که در زلزله‌های نادر و شدید کوچکترین آسیب هم نداشته باشند، هزینه ساخت این‌گونه ساختمان‌ها برای اکثریت قریب به اتفاق کاربری‌ها هیچگونه توجیه اقتصادی نخواهد داشت. در عوض توجه مهندسین به ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله می‌باشد، ساختمان‌هایی که در برابر اثرات ناشی از زلزله مقاومت می‌کنند و حتی با وجود آسیب‌ها و خسارات جدی، دچار فروریزش و انهدام نمی‌گردند. بنابراین در ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله ایمنی ساکنین، محتویات و تاسیسات مکانیکی و برقی تامین شده و از انهدام و فاجعه‌های محتمل جلوگیری می‌شود. این موضوع مهمترین هدف استانداردهای بین‌المللی در طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها می‌باشد.

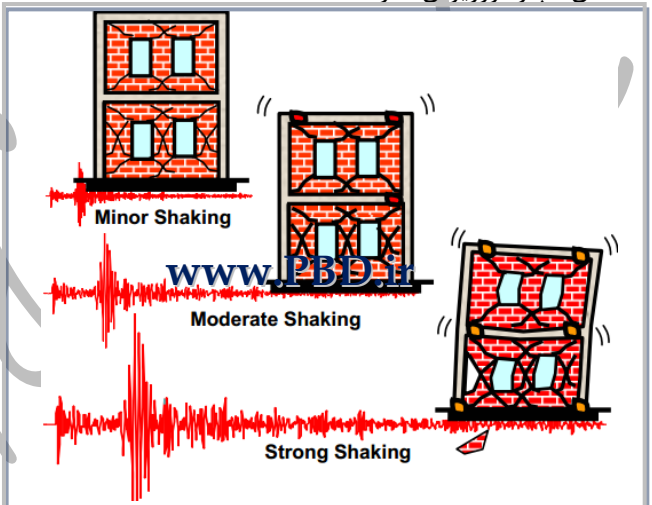
فلسفه طراحی لرزه‌ای

فلسفه طراحی لرزه‌ای را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد (شکل ۱):

۱-المان‌های سازه‌ای اصلی تحت زلزله‌های خفیف نبایستی متحمل هرگونه آسیب و خسارتی شوند، هرچند بخش‌های غیرسازه‌ای و تاسیسات می‌توانند دچار آسیب‌های قابل تعمیر شوند.

۲-تحت زلزله‌های متوسط ممکن است اعضای اصلی سازه‌ای متحمل آسیب‌های قابل ترمیم گردند اما در حالی که ممکن که خسارات بخش غیرسازه‌ای به گونه‌ای باشد که نیاز به تعویض داشته باشند و نه تعمیر!

۳-تحت زلزله‌های شدید ممکن است اعضای اصلی سازه‌ای متحمل خسارات عمده و بعضا غیر قابل ترمیم شوند ولی در هر صورت ساختمان دچار فروریزش نخواهد شد.



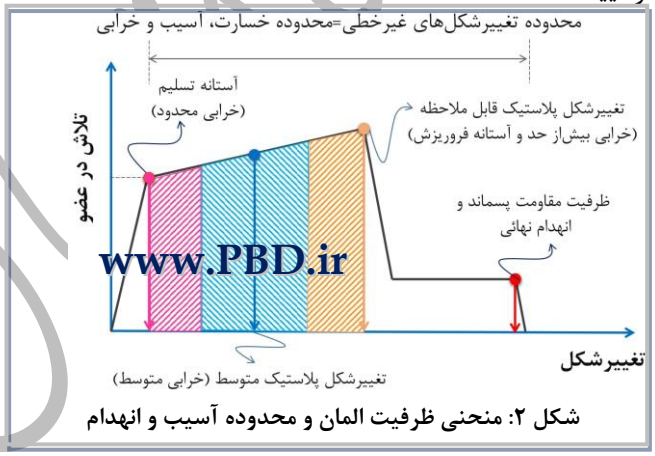
شکل ۱ :آسیب‌های قابل تعمیر در زلزله‌های خفیف و خرابی‌های آستانه فروریزش در زلزله شدید

بنابراین پس از یک زلزله خفیف، بعد از مدت زمان بسیار کوتاهی دوباره سروریس‌دهی ساختمان مقدور بوده و هزینه تعمیر بسیار اندک خواهد بود. پس از زلزله‌های متوسط بایستی ترمیم برروی اعضای اصلی سازه‌ای انجام شود تا قابلیت استفاده دوباره از ساختمان امکان‌پذیر باشد. این در حالی است که تحت زلزله‌های شدید المان‌های سازه‌ای دچار آسیب‌های عمده‌ای می‌شوند و ساختمان برای آینده قابل استفاده نخواهد بود با وجود این آسیب‌ها ساختمان دچار فروریزش نشده و امکان تخلیه افراد و دستیابی به اموال و لوازم نیز وجود خواهد داشت. لازم به ذکر است که اثرات آسیب‌ها و خسارات‌های مذکور همگی در فلسفه طراحی پوشش داده می‌شوند. به عنوان مثال ساختمان‌های مهم نظیر بیمارستان و ایستگاه آتش‌نشانی، بعد از زلزله، در ارائه سرویس و نجات آسیب‌دیدگان نقش بسیار مهم و کلیدی را بازی می‌کنند و بایستی بعد از لزله به صورت بی‌وقفه قابل استفاده باشند. طراحی این ساختمان‌ها بایستی برای سطوح انرژی بالاتری صورت گیرد تا آسیب و خسارات وارده بسیار ناچیز باشد.

شکست سازه‌هایی نظیر سد و ایجاد سیل در پایین دست آن، خود باعث ایجاد فاجعه دوم خواهد بود. بنابراین سدها (و به صورت مشابه تاسیسات هسته‌ای) بایستی برای شدیدترین زلزله ممکن طراحی گردند. برای درک بیشتر مطلب در ارتباط با فلسفه طراحی لرزه‌ای جمله زیر از دکتر تابش‌پور (استاد دانشگاه صنعتی شریف) نقل و قول می‌گردد "زلزله ساختمان‌های ضعیف را تخریب می‌کند، تخریب این سازه‌ها باعث مرگ انسان‌ها می‌شود. از نظر فلسفی می‌توان گفت علت اصلی همان زلزله است چون اگر رخ نمی‌داد، کسی از بین نمی‌رفت! در حالی که زلزله ساختمان‌های مقاوم را تخریب نمی‌کند، به علت سالم ماندن این سازه‌ها کسی تلف نمی‌شود. از نظر فلسفی می‌توان گفت، اینجا مقاوم بودن سازه است که جان انسان‌ها را حفظ کرده است. پس اگر ساختمان، ضعیف باشد، زلزله عامل اصلی مرگ است و اگر ساختمان قوی باشد، ساختمان عامل نجات است. پس عملکرد سلبی یا ایجابی ساختمان مشروط است به این که قوی باشد یا ضعیف. ساختمان ضعیف، سلبی عمل کرده و ساختمان قوی، ایجابی عمل می‌کند."

جایگاه مفاهیمی نظیر آسیب، خسارت، خرابی و فروریزش، انهدام، گسیختگی در مهندسی زلزله

ورود به حوزه غیرخطی و تحمل تغییرشکل‌های فراراتجاعی در مهندسی زلزله با اصطلاحاتی نظیر آسیب، خسارت و خرابی شناخته می‌شود به طوری که سازه‌های مقاوم در برابر زلزله به گونه‌ای طراحی می‌گردند تا با ورود تعداد قابل توجهی از المان‌ها به حوزه فرا ارتجاعی استهلاک انرژی زلزله میسر گردد در نتیجه با تشکیل مفاصل پلاستیک و آسیب‌های ذکر شده، ضریب رفتار فرضی در ابتدای طراحی برای شکل‌پذیری تحقق می‌یابد و ساختمان در اتلاف انرژی زلزله به خوبی به وظیفه خود عمل می‌کند. این درحالی است که اگر مقدار آسیب، در یک المان از ظرفیت تغییرشکلی آن عضو فراتر رود در این صورت شاهد گسیختگی، فروریزش و انهدام آن المان خواهیم بود که این زوال مقاومتی باعث افت شکل‌پذیری و توان اتلاف انرژی سیستم می‌گردد. برای درک بهتر به شکل ۲ مراجعه بفرمایید.



شکل ۲: منحنی ظرفیت المان و محدوده آسیب و انهدام

خسارت در ساختمان (اجتناب‌ناپذیر)

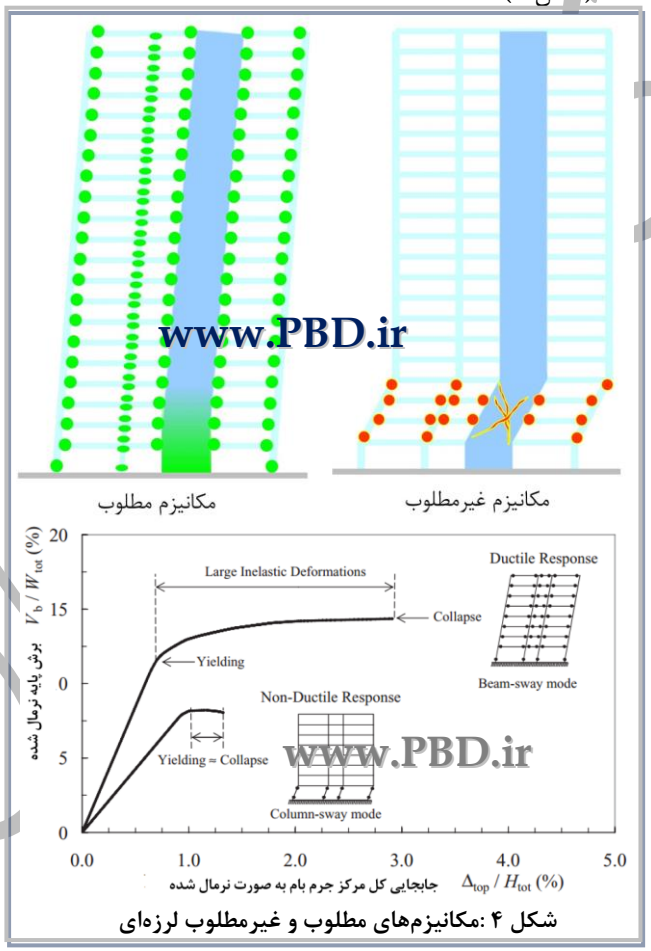
طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله، شامل کنترل آسیب‌ها و خسارات در یک حد قابل قبول و با صرف یک هزینه معقول می‌باشد. برخلاف باور عمومی که هرگونه ترک و آسیب در ساختمان را به معنی غیرایمن بودن ساختمان تلقی می‌کنند مهندسین در طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله می‌دانند که م تحمل شدن برخی از آسیب‌ها و خسارات غیرقابل اجتناب است. وظیفه یک مهندس سازه حرفه‌ای، کنترل این آسیب‌ها، خسارات و خرابی در سطح عملکرد ساختمان و جلوگیری از انهدام، فروریزش و گسیختگی‌های زودهنگام و ترد می‌باشد. در طی زلزله انواع مختلفی از آسیب‌ها (عمدتا ترک‌های نمایان در سازه‌های بتنی و بنایی) در ساختمان‌ها رخ می‌دهد. برخی از این ترک‌ها قابل قبول بوده (هم از نظر اندازه ترک و هم از نظر محل ترک) و برخی دیگر غیرقابل قبول می‌باشند. به عنوان مثال در سازه‌های بتن‌آرمه با میان‌قاب‌های بنایی مابین ستون‌ها، ترک‌های قائم بین دیوار و ستون‌ها قابل قبول بوده ولی ترک‌های قطری تشکیل شده در خود ستون‌ها غیرقابل قبول می‌باشد (شکل ۳).

شکل ۳ : ترک مورب خسارت غیرمطلوبی است که باربری ثقلی ساختمان را مختل می‌کند

در یک زلزله شدید تقاضای لرزه‌ای مساوی با توالی تشکیل مفاصل پلاستیک و اتلاف انرژی مطلوب می‌باشد. تحت یک زلزله شدید اعضایی که به هنگام طراحی دارای DCR نزدیک به یک می‌باشند دارای سطح تنش بیشتری نسبت بقیه اعضا بوده و زودتر تسلیم می‌شوند. درحالی که به دلیل بالا بودن تقاضای لرزه‌ای هنوز نیاز به تسلیم بیشتر بوده و توسعه خرابی و آسیب به بقیه المان‌ها نیز وجود دارد در این توسعه خرابی‌ها، دو حالت وجود دارد که ممکن است رخ دهد:

۱-این حالت مطلوب بوده و به نفع طرح لرزه‌ای است. بعد از تسلیم المان‌هایی که DCR نزدیک به یک داشتند با افزایش سطح انرژی وارد به سیستم و به تبع آن با افزایش سطح تقاضای تسلیم، دیگر اعضا هم به تناوب تسلیم می‌شوند و اتلاف انرژی به عهده تعداد قابل توجهی از المان‌های باربر می‌باشد که هر یک با تغییرشکل خمیری محدود هدف طراحی را برآورد می‌کنند.

۲-اگر بعد از تسلیم اعضای با DCR نزدیک به یک، دیگر اعضا به دلیل اضافه مقاومتی که دارند تسلیم نشوند در این صورت همان اعضای تسلیم شده در مرحله اول بایستی وظیفه اتلاف انرژی را تا انتهای باربری زلزله به عهده گیرند، لذا تغییرشکل خمیری در این اعضا افزوده شده و سطح عملکرد هر کدام از این المان‌ها نقض خواهد شد و در صورت افزایش بیش از اندازه تغییرشکل‌های خمیری حتی ممکن است المان‌های مورد نظر دچار فروریزش شوند. بنابراین طرحی مطلوب می‌باشد که در آن خسارت و آسیب در کل سازه به صورت یکنواخت پخش شود تا علاوه بر استفاده حداکثر از ظرفیت مقاومتی و تغییرشکلی سازه، استفاده از توان اتلاف انرژی سیستم نیز به بیشترین مقدار خود برسد. ولی در صورتی که خرابی‌ها به صورت موضعی و متمرکز باشد در این صورت شکل‌پذیری سیستم به صورت قابل ملاحظه‌ای محدود گشته و امکان استفاده از حداکثر مقاومت سیستم وجود نخواهد داشت(شکل ۴)



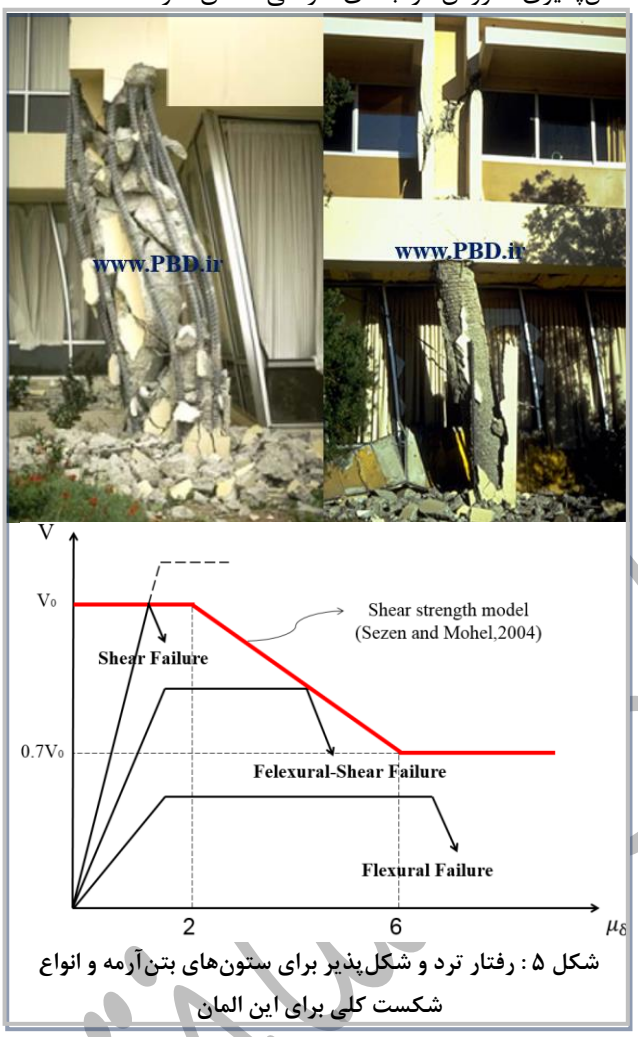
شکل ۴ :مکانیزم‌های مطلوب و غیرمطلوب لرزه‌ای

با توجه به توضیحات ارائه شده، هدف اصلی طراحی لرزه‌ای رسیدن به خسارات در موقعیت‌های تعیین شده با مقدار تغییرشکل‌های قابل قبول می‌باشد. این دیدگاه در طراحی لرزه‌ای شبیه به فیوزهای الکتریکی در ساختمان‌ها می‌باشد که برای محافظت از کل سیستم تاسیسات برقی ساختمان، المان‌هایی به نام فیوز خود را فدا می‌کنند تا بقیه از گزند خسارت در امان بمانند، این فیوزها بعد آسیب به راحتی قابل تعویض و جایگزینی می‌باشند. به همین ترتیب برای جلوگیری از فروریزش کلی ساختمان، نیازمند المان‌های از قبل تعیین شده‌ای هستیم تا با تحمل مقداری آسیب و خرابی مشخص، از فروریزش و انهدام کل سیستم جلوگیری کنند.

بنابراین مهندسین از طریق طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله در تلاش‌اند تا در ابتدا محل‌های آسیب احتمالی را شناسایی کنند و از طریق ارائه جزئیات اجرایی و محاسباتی در این موقعیت‌ها، تضمین کننده رفتار شکل‌پذیر این قسمت‌ها شوند. آئین‌نامه‌ها از این محل‌ها آسیب به عنوان ناحیه حفاظت شده یاد می‌کنند. ناحیه حفاظت شده در یک عضو از سازه، به ناحیه‌ای اطلاق می‌گردد که انتظار می‌رود در آن موقعیت، مفصل پلاستیک تشکیل شود. نظر به حساسیت و اهمیت این ناحیه در حرکات سیکلی سازه، این محل باید از هرگونه عملیاتی که شرایط ایجاد و تجربه تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی پایدار را مختل کنند زدوده شود. ناحیه حفاظت شده به ناحیه شکل‌پذیر عضو نیز موسوم بوده و مربوط به عضو فیوز در سیستم باربر جانبی می‌باشد، این ناحیه در تیرهای قاب خمشی در دو انتهای تیر، فاصله بین بر ستون تا نصف عمق تیر از محل تشکیل مفصل پلاستیک به سمت داخل دهانه در نظر گرفته می‌شود. همچنین ناحیه حفاظت شده در مهاربندهای همگرای ویژه در دو انتها و وسط عضو مهاربند و در قاب‌های مهاربند واگرا در تمامی طول تیر پیوند می‌باشد. بایستی توجه داشت که هرگونه دخل و تصرف ولو در جهت افزایش ابعاد مقطع، به کارگیری مصالح با مقاومت بیشتر و وسایل کمکی نصب، جوش‌های موضعی و ایجاد وصله برای اعضای جابجایی کنترل، ممنوع می‌باشد.

شکل‌پذیری

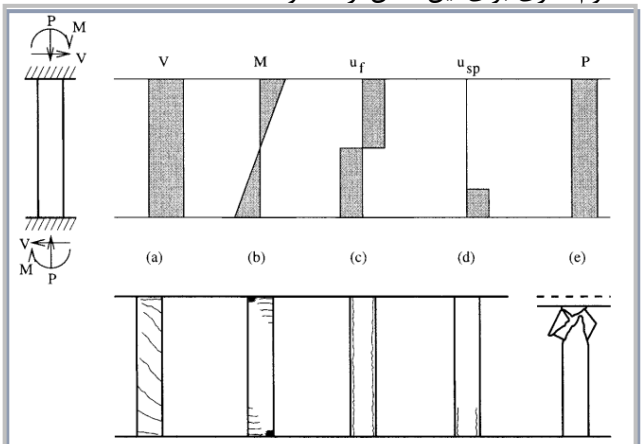
در این بخش به اشکال قابل قبول انواع خسارت و رفتار لرزه‌ای مطلوب ساختمان می‌پردازیم. برای این کار ابتدا به بررسی رفتار مصالح مختلف می‌پردازیم. به عنوان مثال یک تکه گچ برای نوشتن روی تخته سیاه و یک سنجاق فلزی را در نظر بگیرید پر واضح است که گچ به راحتی می‌شکند ولی سنجاق فلزی اجازه می‌دهد تا آن را تحت خمش مثبت و منفی قرار دهیم. در مهندسی زلزله به رفتاری شبیه به رفتار سنجاق فلزی که مقدار قابل توجهی از تغییرشکل‌های خمیری مثبت و منفی را متحمل می‌گردد رفتار شکل‌پذیر و به رفتارهای شکننده شبیه به رفتار گچ، رفتارهای ترد گفته می‌شود. المان‌های لرزه‌بر در ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله حتما بایستی از مصالح شکل‌پذیر ساخته شوند، این ساختمان‌ها قابلیت تحمل تغییرشکل‌های فرارتجاعی قابل ملاحظه در طی باربری لرزه‌ای را بدون هیچگونه فروریزش و انهدام دارا می‌باشند(شکل ۴). شکل‌پذیری یکی از معیارهای مهم طراحی است که در عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌ها تعیین کننده می‌باشد. برای شکل‌پذیر بودن یک ساختمان بایستی تک تک المان‌های لرزه‌بر آن شکل‌پذیر باشند در صورت وجود حتی یک المان با رفتار ترد، ممکن است در روند باربری لرزه‌ای و اتلاف انرژی سیستم اختلال ایجاد شده و شکل‌پذیری مفروض در ابتدای طراحی محقق نگردد.



شکل ۵ : رفتار ترد و شکل‌پذیر برای ستون‌های بتن‌آرمه و انواع شکست کلی برای این المان

ستون‌ها به عنوان پایه‌های باربر ثقلی ساختمان المان‌های مهمی می‌باشند، که عدم خسارت و آسیب آنها در روند باربری لرزه‌ای عملا تضمین کننده تحقق اتلاف انرژی مطلوب طراحی خواهد بود. در حالی که شکست برشی-محوری یک یا چند ستون در این فرآیند نه تنها شکل‌پذیری مورد تقاضا را برآورده نمی‌کند، بلکه احتمالا فروریزش کلی ساختمان را نیز منجر می‌گردد. بنابراین بایستی ستون‌ها بدون خسارت عمده قادر به تحمل تغییرشکل‌ها تحمیلی باشند تا تیرها، بادبندها و یا تیر پیوند به راحتی قابلیت استهلاک انرژی برایشان فراهم گردد. با توجه به توضیحات ارائه شده، استانداردهای بین‌المللی اجاره آسیب و خسارت در تلاش بار محوری فشاری را به ستون‌های بتنی و فولادی نداده و با افزایش بارمحوری فشاری در ستون‌ها به صورت قابل ملاحظه ظرفیت اتلاف انرژی این المان را محدود می‌سازند.

نیروهایی که عملاً از زلزله‌های شدید بر سازه‌ها وارد می‌شوند بسیار بزرگتر از ارقامی است که آیین‌نامه به صورت استاتیکی معادل برای تحلیل و طراحی مشخص می‌کنند و طرح سازه‌ها با تکیه بر رفتار الاستیک در زلزله، به جز در بعضی سازه‌های خاص توجیه اقتصادی نداشته و مقاطع حاصله بسیار بزرگ خواهند شد. به همین دلیل منظور نمودن مفهوم شکل‌پذیری در مشخصات طرح و محاسبه اهمیت پیدا می‌کند. عامل شکل‌پذیری نوعی ظرفیت ذخیره و استعداد جذب انرژی است که لازمه‌ی آن قابلیت تغییر شکل‌های بزرگ در سازه بدون افت اساسی در مقاومت و یا خرابی می‌باشد. عملکرد سازه در این شرایط به مقدار شکل‌پذیری اعضا در مقاطع بحرانی بستگی دارد. بدین منظور، سازه در مقاطع بحرانی باید قابلیت دوران پلاستیک را داشته باشد. ساختمان‌های بتن‌آرمه، گروه بزرگی از سازه‌های یاد شده را در دنیا و همچنین در ایران شامل می‌شود؛ که در اثر زلزله، آسیب‌های مختلفی را تجربه کرده‌اند. عمدتا این ساختمان‌ها به دلیل ضعف موجود در ستون‌هایشان دچار خرابی شده و کاربریشان دچار اختلال می‌گردد. که البته بسیاری از این سازه‌ها نیز به دلیل ظرفیت بالا در بازتوزیع بارهای ثقلی و جانبی حتی با شکست برشی-محوری بیشتر ستون‌ها نیز پایداری خود را از دست نداده و همچنان ایستاده و قائم می‌باشند. فهم اینگونه ظرفیت بالا و درک رفتار المان‌های موجود در اثر این انهدام‌ها نیازمند اطلاعات تئوریک و نرم افزاری دقیق در این رابطه می‌باشد. به عنوان مثال برای بررسی رفتاری یک ستون بتن‌آرمه بایستی مد شکست این المان شناسایی شده تا به اندازه ظرفیت مقاومتی و تغییرشکلی آن در محاسبات عمل شود و در غیر این صورت در صورت نیاز طرح مقاوم سازی برای این المان ارائه شود.



شکل ۶:تلاش‌های ایجاد شده در یک ستون بتن‌آرمه تحت باربری لرزه‌ای به همراه خسارات ناشی از هرکدام از تلاش‌های مورد نظر

بنابراین بایستی سوالات زیر به صورت کامل بررسی شوند:

۱- تحت زلزله چه تلاش‌هایی در المان‌های باربر لرزه‌ای ایجاد می‌گردد؟

۲- این تلاش‌ها دارای چه نوع رفتاری می‌باشند؟(ترد یا شکل‌پذیر)

۳- منحنی ظرفیت تلاش‌های دارای رفتار شکل‌پذیر چیست؟

منابع:

1- Naeim,F., Ed., (2001), *The Seismic Design Handbook*, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA

2- www.bmtpc.org

3- www.nicee.org

۴- تسنیمی، عباسعلی،"رفتار و طرح لرزه‌ای ساختمان‌های بتن مسلح (آبا+۲۸۰۰)"مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، جلد اول،۱۳۸۰

۵- عادلی، حجت‌الله،" مهندسی زلزله" دانشگاه تهران، جلد اول، ۱۳۵۹

۶- آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله"استاندارد ۲۸۰۰۰"(نشریه شماره ض-۲۵۳)، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳.

ترجمه و تالیف:

جواد قدرتی

کارشناس ارشد زلزله از دانشگاه صنعتی شریف

پل‌های ارتباطی با نویسنده:

WebSite: www.PBD.ir
Mob: 09124097177
Telegram: https://t.me/PBDEng/
Instagram: https://www.instagram.com/PBD_ir/
Email: J.yengejeh@yahoo.com

کانال تلگرام طراح حرفه‌ای ساختمان
https://t.me/PBD_ir

طراح حرفه‌ای ساختمان در موضوعات زیر به جامعه مهندسی کشور ارائه خدمت می‌کند:

۱- نکات مهم سازه‌ای که اغلب مهندسین در رابطه با مفاهیم آنها اطلاعات ناکافی و یا بعضا اطلاعات اشتباهی دارند.

۲- نکات مهمی که بر خلاف استانداردهای بین‌المللی در آئین‌نامه‌های داخلی فعلی پوشش داده نشده است.

۳- نکات مهم و مفاهیم اساسی سازه‌ای که برای مدل‌سازی بندهای آئین‌نامه در نرم‌افزار ضروری است.

۴- نکات مهمی که نرم‌افزارهای طراحی قابلیت انجام آن را نداشته و بایستی دستی کنترل شوند.

۵- نکات مهم طراحی که برای عملیاتی شدن و اجرایی شدن طرح بایستی در نظر گرفته شود.

۶- نکات مهمی که اغلب در آئین‌نامه و استانداردها گنگ و نامعلوم می‌باشد.

مهندسین و اساتید عزیز منتظر انتقادات، نظرات و پیشنهاداتتان هستیم.

نکات تکمیلی را از سایت طراح حرفه‌ای ساختمان پیگیری کنید:

www.PBD.ir