



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

فلسفه طراحی لرزه‌های بر اساس عملکرد

تألیف:

دکتر موسی محمودی صاحبی

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

سر شناسنامه : محمودی صاحبی، موسی، ۱۳۴۲-
 عنوان و نام پدید آور : فلسفه طراحی لرزه‌ای براساس عملکرد/ تألیف موسی محمودی صاحبی
 مشخصات نشر : تهران؛ دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۸۸.
 مشخصات ظاهری : ۷۴ ص: جدول.
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۴۳-۶
 وضعیت فهرست نویسی : فیپا.
 یادداشت : کتابنامه: ۷۰-۷۴
 موضوع : زلزله -- مهندسی
 موضوع : ساختمان‌های ضد زلزله
 موضوع : سازه - طرح و محاسبه
 شناسنامه افزوده : دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی.
 رده بندی کنگره : ۱۳۸۸ ف ۳ م ۶/۶/۶ TA
 رده بندی دیویی : ۶۲۴/۱۷۶۲
 شماره کتابشناسی ملی : ۱۸۲۷۳۴۰



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان : فلسفه طراحی لرزه‌ای براساس عملکرد
 تألیف : موسی محمودی صاحبی
 چاپ دوم : تابستان ۱۳۹۲
 انتشارات : دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
 ویراستار : ص. سلمانی نژاد مهرآبادی
 لیتوگرافی: چاووش
 چاپ : شریف
 ناظر فنی : مهندس غلامرضا کارگریان مروستی
 شمارگان : ۵۰۰ جلد
 قیمت : ۷۰۰۰ تومان
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۴۳-۶
 ISBN: ۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۴۳-۶

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰

نمابر: ۲۲۹۷۰۰۰۳ پست الکترونیکی: publish@srttu.edu وب سایت <http://publish.srttu.edu>

فهرست

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

- 1-1- مقدمه 1
- 2-1- مشخصات اصلی ساختمان 4
- 3-1- مراحل مختلف طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد 4

فصل دوم: اهداف طراحی لرزه‌ای

- 1-2- مقدمه 7
- 2-2- سطوح مختلف زلزله 7
- 3-2- اهداف طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها 10
- 2-3-2-1- اهداف طراحی لرزه‌ای در استاندارد 2800 10
- 2-3-2-2- اهداف طراحی لرزه‌ای در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای 12
- 2-3-2-3-2-1- سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای 12
- 2-3-2-3-2-2- سطوح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای 13
- 2-3-2-3-2-3- سطوح عملکرد کل ساختمان 14
- 2-3-2-4- اهداف طراحی لرزه‌ای 15

فصل سوم: نیازهای لرزه‌ای ساختمان‌ها

- 1-3- مقدمه 17
- 2-3- نیازهای لرزه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله‌های ضعیف 18
- 3-2-3-1- نیاز سختی 19
- 3-2-3-2- نیاز مقاومت 20
- 3-3- نیازهای لرزه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله‌های متوسط، شدید و ماکزیمم 21
- 3-3-3-1- نیاز سختی 22
- 3-3-3-2- نیاز مقاومت 23

فصل چهارم: روش‌های تعیین مقادیر نیازهای لرزه‌ای

- 27 1-4- مقدمه
- 28 2-4- روش‌های مورد استفاده در برابر زلزله‌های ضعیف
- 29 1-2-4- تحلیل‌های مورد استفاده در استاندارد 2800
- 32 2-2-4- روش‌های مورد استفاده در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای
- 33 3-2-4- شباهت‌ها و تفاوت‌های استانداردهای 2800 و دستورالعمل بهسازی
- 34 3-4- روش‌های مورد استفاده در تعیین نیازها در برابر زلزله‌های قوی
- 35 1-3-4- تحلیل‌های مورد استفاده در استاندارد 2800
- 40 2-3-4- مزایا و معایب روش مورد استفاده در استاندارد 2800
- 42 3-3-4- روش‌های مورد استفاده در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها
- 44 1-3-3-4- نیروی ناشی از زلزله در تحلیل خطی
- 45 2-3-3-4- تفاوت روش‌های محاسبه‌ی نیروی زلزله در آیین نامه‌های رایج
- 49 3-3-3-4- اعمال نیروی زلزله در تحلیل غیر خطی

فصل پنجم: روش‌های تأمین نیازهای لرزه‌ای سازه‌ها

- 57 1-5- مقدمه
- 58 2-5- روش‌های تأمین نیازها در برابر زلزله‌های ضعیف
- 59 3-5- روش‌های تأمین نیازهای لرزه‌ای در برابر زلزله‌های قوی
- 60 1-3-5- تأمین نیازها در برابر زلزله‌های قوی در استاندارد 2800
- 62 2-3-5- تأمین نیازها در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای
- 62 1-2-3-5- روش تأمین نیازها در تحلیل خطی
- 63 2-2-3-5- اختلاف رویکردهای آیین نامه‌ها در تحلیل‌های خطی
- 65 3-2-3-5- روش تأمین نیازها در حالت غیر خطی
- 71 مراجع

فهرست شکل‌ها

صفحه

- شکل 1-1: نمودار طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد 5
- شکل 1-3: پاسخ کلی ساده شده‌ی یک ساختمان در برابر زلزله 18
- شکل 1-4: مقایسه‌ی پاسخ سازه در حالت‌های ارتجاعی و غیر ارتجاعی 36
- شکل 2-4: رفتار بار - تغییر شکل (لنگر - دوران) اعضا در چرخه‌های متوالی 45
- شکل 3-4: رفتار واقعی و ایده‌آل سازه در برابر زلزله 46
- شکل 4-4: رفتار یک عضو شکل‌پذیر 50
- شکل 5-4: رفتار یک عضو ترد 51
- شکل 6-4: رفتار سازه در تحلیل استاتیکی غیر خطی 52
- شکل 1-5: پاسخ کلی سازه تا نقطه‌ی تغییر مکان هدف 65
- شکل 2-5: منحنی لنگر - دوران اعضا، حاصل از تحلیل استاتیکی 66
- شکل 3-5: منحنی نیرو - تغییر شکل اعضا 67
- شکل 4-5: مقادیر مجاز تغییر شکل‌ها در حالت‌های مختلف عملکردی 68

فهرست جدول‌ها

صفحه

- جدول 4-1: مقادیر ضریب رفتار و ضریب بزرگ نمایی برای حالت‌های مختلف عملکردی 48
- جدول 4-2: مقادیر ضریب ویژه برای محاسبه‌ی تغییر مکان هدف 55

کلیات

۱-۱- مقدمه

شناخت فلسفه طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد، از جنبه‌های مختلف، دارای اهمیت است؛ زیرا اولاً به مهندس طراح کمک می‌کند، نسبت به آنچه در مراحل مختلف طراحی انجام می‌دهد، تسلط کافی داشته باشد و با علاقه، مراحل مختلف طراحی لرزه‌ای را پیگیری کند. ثانیاً، اگر شرایط جدیدی در مراحل طراحی به وجود آید که در آیین نامه‌های طراحی رایج به آن‌ها پرداخته نشده است؛ خود طراح می‌تواند با قضاوت مهندسی مشکلات به وجود آمده را حل کند. ثالثاً، شناخت طراح نسبت به آنچه انجام می‌دهد به او این امکان را می‌دهد تا در انتخاب پارامترها و روش‌ها دقیق‌تر عمل کند و احتمال اشتباهات کاهش یابد. نگارش این کتاب به خواننده کمک می‌کند تا شناخت بهتری نسبت به فلسفه طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها بر اساس عملکرد، پیدا کند.

"طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها بر اساس عملکرد" یعنی تعیین مشخصات اعضای ساختمان (شامل نوع مصالح، شکل مقاطع، ابعاد مقاطع و جزئیات اتصالات) بر اساس عملکردی که در برابر زلزله‌های مشخص از آن‌ها انتظار می‌رود. در اکثر آیین نامه‌های طراحی لرزه‌ای، ابتدا اهداف و عملکردهای مورد انتظار از ساختمان‌ها بیان می‌شود و در ادامه، ضوابطی ارائه می‌گردد که در صورت رعایت آن‌ها، ادعا می‌شود، این ساختمان‌ها می‌توانند اهداف بیان شده را برآورده نمایند. هرچه اهداف طراحی لرزه‌ای دقیق‌تر و شفاف‌تر بیان گردد و همچنین ضوابط پیشنهادی برای تأمین آن‌ها مناسب‌تر تعریف شود؛ قطعاً با اطمینان بیشتری می‌توان گفت که ساختمان‌های طراحی شده، اهداف مورد نظر و عملکردهای مورد انتظار را برآورده می‌کنند. ضوابط پیشنهادی، باید بر اساس رفتار واقعی ساختمان در هنگام زلزله ارائه شود و تمامی نیازهای اساسی ساختمان‌ها را در برگیرد. صرف کنترل بعضی از نیازهای لرزه ای سازه‌ها، نمی‌تواند نیل به اهداف واقعی را تضمین نماید. بدین ترتیب تمامی آیین نامه‌های طراحی لرزه‌ای که

در آن‌ها اهداف و روش‌های نیل به آن‌ها ارایه می‌شود، آیین‌نامه‌ی "طراحی بر اساس عملکرد" محسوب نمی‌شوند.

در یک آیین‌نامه‌ی طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد، موضوعات زیر باید به‌طور شفاف بیان گردد:

- بیان صریح و روشن اهداف طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها (چگونگی رفتار ساختمان‌ها در برابر زلزله‌های آتی)
- تعریف دقیق سطوح مختلف زلزله‌هایی که اهداف طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها برای آن‌ها تعریف می‌شود. (زلزله‌های ضعیف، متوسط، شدید و ماکزیمم)
- شناسایی نیازهای لرزه‌ای ساختمان‌ها به منظور برآورده نمودن اهداف طراحی لرزه‌ای در برابر سطوح مختلف زلزله (مقاومت، سختی و شکل‌پذیری)
- ارایه‌ی روش‌های مناسب و قابل قبول برای تعیین مقادیر نیازهای لرزه‌ای (تحلیل‌های استاتیکی و دینامیکی، خطی و غیر خطی)
- انتخاب راه‌های مناسب به منظور تأمین نیازهای لرزه‌ای محاسبه شده و یا اطمینان از وجود قابل قبول آن‌ها در ساختمان.

در آیین‌نامه‌ی طراحی لرزه‌ای ایران (استاندارد ۲۸۰۰)، ابتدا اهداف طراحی بیان می‌شود و در متن، یک سری ضوابط طراحی به منظور تحقق اهداف پیشنهادی ارایه می‌شود؛ اما در این استاندارد به یکی از اصلی‌ترین نیازهای لرزه‌ای سازه‌ها که همان شکل‌پذیری باشد، توجه چندانی نمی‌شود و طراحی صرفاً بر اساس عکس‌العمل‌های داخلی اعضا انجام می‌گیرد (طراحی بر اساس نیرو)، لذا نمی‌توان آن‌را یک آیین‌نامه‌ی طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد نامید. در حالی‌که دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰) یک آیین‌نامه‌ی طراحی بر اساس عملکرد است. زیرا اهداف طراحی در این دستورالعمل با صراحت بیشتری اعلام می‌شود و در تحقق اهداف طراحی، همه نیازهای لرزه‌ای ساختمان‌ها، مد نظر قرار گرفته و همچنین به رفتار واقعی سازه‌ها در هنگام زلزله، توجه خاصی صورت می‌گیرد.

در این کتاب سعی شده است، اهداف طراحی لرزه‌ای و ضوابط پیشنهادی برای تحقق آن‌ها، بررسی شود و برای مقایسه آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای، ضوابط ارایه شده در استاندارد ۲۸۰۰ (به‌عنوان نماینده‌ی آیین‌نامه‌های طراحی بر اساس نیرو) و دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای (به‌عنوان نماینده‌ی آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد) مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

در فصل دوم این کتاب، اهداف کلی طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها که در اکثر آیین‌نامه‌ها و استانداردها پذیرفته شده است ارایه می‌گردد. اهداف طراحی لرزه‌ای در استاندارد ۲۸۰۰ و نشریه‌ی ۳۶۰ با جزئیات بیشتری تشریح خواهد شد. از آن‌جا که اهداف طراحی لرزه‌ای با سطوح مختلف زلزله مرتبط است، لذا در همین فصل، سطوح مختلف زلزله نیز مورد بحث قرار می‌گیرد. مشخصات هر یک از سطوح زلزله به منظور تعیین مقادیر آن‌ها، از جمله موارد مورد اشاره در این فصل است.

فصل سوم به شناسایی نیازهای لرزه‌ای ساختمان‌ها اختصاص دارد. ساختمان‌ها برای برآورده کردن اهداف طراحی لرزه‌ای در برابر سطوح مختلف زلزله، به ملزوماتی نیاز دارند تا به کمک آن‌ها در برابر زلزله مقاومت کنند (با عملکرد مشخص). این نیازها در برابر سطوح مختلف زلزله متفاوت بوده ولی در نمای کلی از سه مورد مقاومت، سختی و شکل‌پذیری خارج نیستند. در این فصل مشخصات هر یک از نیازها، مورد بحث قرار می‌گیرد. هم‌چنین ارتباط نیازها با سطوح مختلف زلزله از جمله موارد مورد اشاره در این فصل است.

فصل چهارم در ارتباط با روش‌های مورد استفاده در محاسبه مقادیر نیازهای لرزه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله می‌باشد. از آن‌جا که تمامی نیازهای لرزه‌ای، به صورت کمی قابل تعریف هستند؛ لذا محاسبه‌ی آن‌ها در ساختمان‌ها، قابل انجام است. روش‌هایی که برای تعیین مقادیر نیازهای لرزه‌ای ساختمان‌ها استفاده می‌شود یکسان نیست. منظور از روش‌ها، همان تحلیل‌های استاتیکی، دینامیکی، خطی و غیر خطی هستند که در شرایط خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فصل به انواع تحلیل‌های مورد استفاده و نتایجی که از آن‌ها به‌دست می‌آید می‌پردازد.

فصل پنجم چگونگی تأمین نیازهای لرزه‌ای و یا کنترل وجود آن‌ها (کنترل ظرفیت) در ساختمان را بررسی می‌کند. معمولاً برای تأمین نیاز مقاومت از روش طراحی مستقیم و برای تأمین نیاز سختی و شکل‌پذیری از روش کنترل استفاده می‌شود.

۱-۲- مشخصات اصلی ساختمان

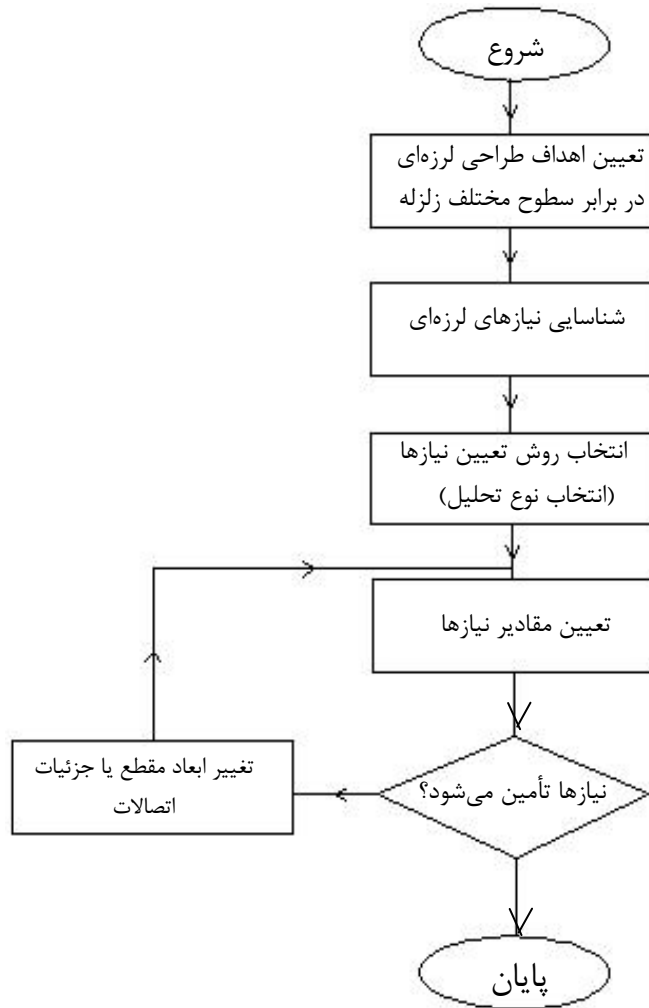
مشخصات اصلی هر ساختمان، عبارت است از سختی، مقاومت و شکل‌پذیری. سختی، عامل محدود کننده‌ی تغییر مکان جانبی است. مقاومت، میزان آسیب را در سازه کنترل می‌کند و وجود شکل‌پذیری برای جلوگیری از انهدام سازه، ضروری است. حداکثر مقدار این سه عامل در سازه با عنوان ظرفیت شناخته می‌شود. ظرفیت سختی، ظرفیت مقاومت و ظرفیت شکل‌پذیری به مشخصات مصالح، ابعاد و شکل مقاطع اعضا و نوع سازه بستگی دارد.

با افزایش ابعاد مقطع و یا افزایش مقاومت مصالح، می‌توان ظرفیت سختی و ظرفیت مقاومت سازه را افزایش داد. افزایش ظرفیت شکل‌پذیری، عمدتاً به وسیله‌ی جزئیات اجرایی در اعضا، امکان‌پذیر خواهد بود.

برای مقابله با زلزله، سطوح خاصی از مشخصه‌های فوق مورد نیاز است که به نیاز سختی، نیاز مقاومت و نیاز شکل‌پذیری معروف هستند. نیازهای فوق، عمدتاً به سطوح مختلف زلزله و سطح عملکرد مورد انتظار بستگی دارد.

۱-۳- مراحل مختلف طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد

در شکل ۱-۱ نمودار طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد نشان داده شده و مراحل مختلف طراحی ارایه گردیده است. مراحل مختلف ارایه شده در این نمودار، در این کتاب مورد بحث قرار می‌گیرد و فلسفه‌ی گام‌هایی که در این روش به کار گرفته می‌شود، تجزیه و تحلیل خواهد شد.



شکل ۱-۱: نمودار طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد

همانگونه که در نمودار شکل ۱-۱، مشاهده می‌شود طراحی بر اساس عملکرد از تعیین اهداف، شروع می‌شود و با تعیین ابعاد و اندازه‌ی اعضای سازه پایان می‌یابد. در طی مراحل طراحی، مشاهده می‌شود که چنانچه تأمین نیازها برقرار نشد، باید با افزایش ابعاد مقطع و یا اصلاح جزئیات اتصالات، ظرفیت مقاومت سازه را افزایش داد تا نیاز شکل‌پذیری سازه کاهش یابد. برای محاسبه‌ی نیاز جدید، تحلیل‌های سازه‌ای مجدد، ضروری است.

نیاز مقاومت و نیاز شکل‌پذیری، ارتباط معکوس دارند. ازدیاد ظرفیت مقاومت در یک سازه، نیاز به شکل‌پذیری را کاهش می‌دهد. برعکس این قضیه نیز صادق است. وجود ظرفیت شکل‌پذیری بالا، نیاز به مقاومت را کاهش می‌دهد.

ظرفیت سختی و ظرفیت مقاومت، ارتباط مستقیم دارند. ازدیاد مقاومت، معمولاً سبب ازدیاد سختی نیز خواهد شد. در صورتی که در مرحله‌ی انتهایی نیاز سختی برآورده نشود، معمولاً با افزایش مقطع، این نیاز تأمین می‌گردد. این عمل، علاوه بر تأمین نیاز سختی، ظرفیت مقاومت سازه را افزایش و نیاز به شکل‌پذیری را کاهش خواهد داد. به همین دلیل برای محاسبه‌ی نیازهای جدید، سازه دوباره باید مورد تحلیل قرار گیرد.

در این کتاب، قرار نیست که جزئیات روش طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد ارایه شود. بلکه هدف، تعریف کلی از طراحی بر اساس عملکرد و تشریح فلسفه‌ی بندهای مختلف آیین‌نامه‌ای است.

فصل دوم

اهداف طراحی لرزه‌ای

2-1- مقدمه

در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها، مشخص نمودن اهداف طراحی، ضروری است. ضوابط آیین نامه‌ها، متناسب با اهداف از پیش تعیین شده تدوین می‌شوند. با توجه به مشکلات ناشی از پیش‌بینی دقیق مقدار نیروی زلزله‌ی وارد بر ساختمان و هم‌چنین مسائل مربوط به طراحی اقتصادی، اهداف طراحی لرزه‌ای با اهداف طراحی غیر لرزه‌ای یا ساختمان‌ها، متفاوت خواهد بود. در طراحی ساختمان‌ها در برابر بارهای غیر لرزه‌ای یا متعارف (بار مرده، بار زنده، بار باد، بار برف و بارهای ناشی از شرایط محیطی)، جلوگیری از آسیب سازه‌ای و غیر سازه‌ای از اهداف اصلی طراحی به‌شمار می‌آید. در صورتی که در طراحی لرزه‌ای، این اهداف برای زلزله‌های قوی، غیر اقتصادی محسوب می‌شود؛ زیرا برای برآورده نمودن این هدف، هزینه‌ی اجرای سازه‌ها به‌طوری است که این انگیزه را کم‌رنگ خواهد کرد. بیان اهداف طراحی لرزه‌ای، دقیقاً به مشخصات بارگذاری لرزه‌ای بستگی دارد. با توجه به مشکلات موجود در پیش‌بینی دقیق بار لرزه‌ای، معمولاً در تعریف آن‌ها از علم احتمالات استفاده می‌شود و مقدار نیروی زلزله متناسب با شرایط لرزه‌خیزی و سابقه‌ی وقوع زلزله در منطقه، تعریف می‌گردد. به منظور بیان اهداف طراحی لرزه‌ای، ضروری است نخست به مشخصات زلزله و سطوح مختلف آن پرداخت تا با توجه به آن‌ها، اهداف طراحی لرزه‌ای، بهتر تعریف شود.

2-2- سطوح مختلف زلزله

در مباحث مربوط به طراحی لرزه‌ای، زلزله‌های هر منطقه لرزه‌خیز، عموماً به چهار دسته (سطح) تقسیم می‌شود. این تقسیم بندی بر اساس چگونگی اهداف طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها در برابر آن‌ها تعریف می‌گردد. در آیین نامه‌های طراحی لرزه‌ای، سطوح مختلف زلزله با اسامی مختلفی نام‌گذاری می‌شوند؛ ولی نام‌گذاری کلی آن‌ها به صورت زلزله‌ی ضعیف، زلزله‌ی

متوسط، زلزله‌ی شدید و زلزله‌ی ماکزیمم است. این طبقه بندی مربوط به زلزله‌هایی است که در یک منطقه‌ی خاص اتفاق می‌افتد و با نام‌گذاری مربوط به خطر لرزه‌خیزی مناطق مختلف (به عنوان مثال، طبقه بندی مناطق مختلف لرزه خیزی ایران در استاندارد 2800 با عناوین پهنه با خطر نسبی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) متفاوت است. در این قسمت تعاریف هر یک از سطوح مختلف زلزله، برای یک منطقه خاص، ارایه می‌شود:

الف - زلزله‌ی ضعیف، زلزله‌ای است که در طول عمر مفید ساختمان در یک منطقه‌ی خاص به دفعات اتفاق می‌افتد.

ب - زلزله‌ی متوسط به زلزله‌ای اطلاق می‌شود که در طول عمر مفید ساختمان در منطقه، گاهی اتفاق می‌افتد و یا حداقل یک‌بار به وقوع می‌پیوندد.

ج - به زلزله‌ای، زلزله‌ی شدید گفته می‌شود که به ندرت در طول عمر مفید ساختمان در یک منطقه‌ی مورد نظر، رخ می‌دهد.

د - زلزله‌ی ماکزیمم یا زلزله‌ی حداکثر، شدیدترین زلزله‌ای است که ممکن است در یک منطقه رخ دهد. مقدار این زلزله علاوه بر روش احتمالاتی با روش تعیینی نیز قابل محاسبه است.

در آیین‌نامه‌ی طراحی لرزه‌ای ایران (استاندارد 2800)، ویرایش سوم [1] برای هر منطقه، دو سطح زلزله تعریف می‌شود. زلزله‌ی ضعیف (زلزله‌ی بهره برداری) و زلزله‌ی شدید (زلزله‌ی طرح). زلزله‌ی ضعیف زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن در 50 سال عمر مفید ساختمان برابر $99/5$ درصد باشد. این زلزله دارای دوره‌ی بازگشت ده سال است و به زلزله‌ی ده ساله معروف است. از نظر این آیین‌نامه، زلزله‌ی شدید (زلزله‌ی طرح) زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن در 50 سال عمر مفید ساختمان برابر 10 درصد باشد. دوره‌ی بازگشت این زلزله برابر 475 سال است. این سطح زلزله به زلزله‌ی DBE (Design Base Earthquake) نیز معروف است. در استاندارد 2800 مقدار شتاب طراحی زلزله‌ی ضعیف، یک ششم شتاب زلزله‌ی طرح در نظر گرفته می‌شود.

در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود، نشریه‌ی [2]360 سطوح مختلفی از زلزله تعریف شده است که مهم‌ترین آن‌ها دو سطح زلزله‌ی شدید (سطح خطر-1) و زلزله‌ی ماکزیمم یا حداکثر (سطح خطر-2) است. زلزله‌ی سطح خطر-1 بر اساس ده درصد احتمال رویداد در 50 سال که معادل دوره‌ی بازگشت 475 سال است تعیین می‌شود و زلزله‌ی سطح خطر-2 بر اساس دو درصد احتمال رویداد در 50 سال

که معادل دوره‌ی بازگشت 2475 سال است، مشخص می‌گردد و به زلزله‌ی MPE (Maximum Probable Earthquake) معروف است. در این دستورالعمل، متناسب با نیازهای آیین نامه‌ای، سطوح مختلف دیگری از زلزله تعریف شده است که مشخصات آن با هماهنگی کارفرما و مشاور تعیین می‌شود.

در گزارش شماره‌ی SSC 96-01 شورای تکنولوژی کاربردی، ATC [3] سه سطح برای زلزله‌ی هر منطقه تعریف شده است که عبارتند از زلزله‌ی متوسط، زلزله‌ی شدید (طرح) و زلزله‌ی حداکثر (ماکزیمم). بر اساس این نشریه، زلزله‌ی متوسط، زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن در 50 سال عمر مفید ساختمان برابر 50 درصد باشد. دوره‌ی بازگشت این زلزله 70 سال است و به زلزله‌ی 70 ساله معروف است. زلزله‌ی شدید (طرح)، زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن در 50 سال عمر مفید ساختمان برابر ده درصد است که مشابه تعریف زلزله‌ی طرح در استاندارد 2800 و سطح خطر-1 در دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود است. زلزله‌ی حداکثر (ماکزیمم)، زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن در 50 سال برابر 5 درصد باشد. دوره‌ی بازگشت این زلزله برابر 1000 سال است. بر اساس این نشریه، در صورتی که مقدار شتاب مبنای زلزله طرح در اختیار باشد، می‌توان مقدار شتاب طراحی زلزله‌ی متوسط را نصف شتاب زلزله‌ی طرح و مقدار شتاب زلزله‌ی حداکثر را $1/25$ تا $1/5$ برابر شتاب زلزله‌ی طرح در نظر گرفت.

آیین نامه‌های طراحی لرزه‌ای دیگری از جمله آیین نامه‌ی طراحی لرزه‌ای کشور ژاپن (BSL)، آیین نامه‌ی نیروهای سه گانه‌ی ارتش آمریکا برای ساختمان‌های عمده (Tri-Services Manual)، آیین نامه‌ی لرزه‌ای کشور نیوزلند (NZS)، آیین نامه‌ی طراحی لرزه‌ای کشور چین (GBJ) و آیین نامه‌ی UBC تعاریف مشابهی برای زلزله‌های ضعیف، متوسط و شدید ارائه کرده‌اند [4].

2-3- اهداف طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها

برخلاف نام‌گذاری متفاوتی که در آیین نامه های طراحی لرزه‌ای برای سطوح مختلف زلزله انجام می‌شود، اهداف طراحی در برابر سطوح مختلف زلزله، تقریباً یکسان است. منظور از اهداف طراحی، عملکردهای مورد انتظار از ساختمان‌ها در برابر سطوح خاصی از زلزله است. ساختمان‌ها باید در برابر زلزله‌های معین، دارای عملکرد مشخصی به صورت زیر باشند [5]:

الف- در برابر زلزله‌های ضعیف (ارتعاشات خفیف زمین)، باید از وقوع خسارت‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای جلوگیری شود و بعد از وقوع، شرایط باید برای بهره‌برداری و سرویس دهی ساختمان، مهیا باشد (حد بهره‌برداری).

ب- در برابر زلزله‌های متوسط، باید از وقوع خسارت‌های سازه‌ای جلوگیری نمود و رخداد خسارت‌های غیر سازه‌ای را به حداقل رساند؛ به گونه‌ای که بعد از وقوع زلزله، سازه با تعمیرات لازم به شرایط بهره‌برداری برسد (حد تعمیر و مرمت).

ج- ساختمان‌ها باید در برابر زلزله‌های شدید به گونه‌ای مقاوم باشند که در آن‌ها، خرابی سازه‌ای و یا وارد شدن خسارات جدی حادث نشود؛ هرچند ممکن است بعد از وقوع این گونه زلزله‌ها، ساختمان دیگر قابل استفاده نباشد ولی وقوع خسارت جانی به هیچ وجه قابل قبول نیست (حد زیان قابل قبول یا حد ایمنی جانی).

د- اهداف طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها در برابر زلزله‌های ماکزیمم (یا حداکثر) به این صورت تعریف می‌شود که ساختمان در برابر این گونه زلزله‌ها از مرز پایداری کلی سازه خارج نگردد و منهدم نشود (حد پایداری یا حد انهدام).

2-3-1- اهداف طراحی لرزه‌ای در استاندارد 2800

در استاندارد 2800 [1]، دو سطح زلزله تعریف می‌شود و عملکردهای قابل قبول ساختمان‌ها در برابر این دو سطح زلزله به شرح زیر تعریف می‌شود: