

## معیار محاسبه نیروی زلزله برای ساختمان در آیین نامه ۲۸۰۰

علیرضا فاروقی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زلزله

[management@istains.com](mailto:management@istains.com)

### مقدمه:

ویرایش دوم آیین نامه ۲۸۰۰ در آذر ماه سال ۷۸ ارائه گردیده است. بعد از انتشار این ویرایش افراد متخصص و صاحب نظران زیادی در این مورد اظهار نظر کرده اند. موارد بسیاری اشاره شده و نکات زیادی نیز به نقد و بررسی گذاشته شده است. یکی از موارد موجود که متأسفانه در آیین نامه به درستی بیان نگردیده و کاربران آیین نامه را گمراه می کند بحث «سطوح عملکرد» و ملزومات آن است. در این مقاله سعی بر آن شده تا با بیان چند نکته به روشن تر شدن موضوع پرداخته تا مهندسان طراح با دید بازتری از آیین نامه استفاده کنند.

آنچنانکه می دانیم برآورد یا پیش بینی نیروی وارد بر سازه از سوی زمین در هنگام زلزله که به واقع به طور یک تغییر مکان ناگهانی و با سرعت زیاد به سازه اعمال می شود و اثر آن بر سازه به صورت یک نیروی ماند یا اینرسی پدیدار می شود به بررسی میزان خطر هر زلزله یا احتمال وقوع آن در یک بازه زمانی خاص و نیز میزان خطر پذیری سازه دارد. بر این اساس با تعریف سطوح مختلف خطر و نیز دوره های بازگشت هر زلزله که به صورت آماری و تحقیقاتی بدست می آید و همچنین عمر مفید متوسط سازه، سطوح خطر و یا احتمال وقوع زمین لرزه مشخص می شود. سپس با بیان انتظار ما از عملکرد یک سازه در هنگام وقوع زمین لرزه و نیز بعد از آن، سطوح عملکرد و پیش بینی ما از رفتار سازه نمایان شده، مبانی طرح و محاسبه نیروهای زلزله منتج خواهد گردید.

حال در اینجا به ذکر چند تعریف و سپس توضیح آنها خواهیم پرداخت:

## ۱- سطوح خطر زلزله (SEISMIC HAZRAD)

الف: سطح خطر ۱ (آیین نامه ۲۸۰۰) یعنی زلزله‌ای با خطر (یا احتمال وقوع) ۱۰٪ در ۵۰ سال (MPE) (دوره ۴۷۵ ساله)

ب: سطح خطر ۲ یعنی زلزله‌ای با خطر (یا احتمال وقوع) ۲٪ در ۵۰ سال (MCE) (دوره ۲۵۰۰ ساله)

روش محاسبه دوره بازگشت با احتساب درصد احتمال وقوع:

۴۷۵ سال دوره بازگشت زلزله در طول ۵۰ سال عمر سازه  $T = 475$   $\rightarrow 1 - e^{-50/T} = 10\%$  : احتمال وقوع زلزله

احتمال وقوع در طول ۵۰ سال  $50 * 0.0021 = 0.105 \sim 10\%$   $\rightarrow 1/475 = 0.0021$  (APE)

آنچنانکه مشخص شده فرض آیین نامه برای طراحی ایمن و «اقتصادی» سازه‌ها زلزله‌ای با دوره بازگشت ۴۷۵ (۵۰۰ سال) و احتمال وقوع ۱۰٪ در عمر مفید سازه (۵۰ سال) است.

## ۲- سطوح عملکرد (PERFORMANCE)

این سطوح عبارتند از:

### ۱-۲ خدمات رسانی بی وقفه (Operational (O)

(بدون وقفه در بهره برداری از ساختمان و تنها ایجاد خرابی‌های جزئی)

### ۲-۲ قابلیت استفاده بی وقفه (Immediate Occupancy (IO)

(ایجاد خرابی جزئی اما با حفظ قابلیت بهره برداری)

### ۳-۲ ایمنی جانی (Life Safety (LS)

(خسارتهای جانی وجود نداشته اما اعضای سازه ای آسیب می بیند)

## Collapse Prevention (CP)

## ۲-۴ آستانه فروریزش

(خرابی گسترده ساختمان؛ ولی بدون فروریختن کلی، خسارت جانی ممکن است وجود داشته باشد)

فرضیه آئین نامه ۲۸۰۰ برای محاسبه نیرو (خطر) زلزله، سطح خطر زلزله ۱ (۱۰٪ در ۵۰ سال) و همچنین سطح عملکرد سازه‌ها سه دسته‌ی IO برای سازه‌های با اهمیت زیاد، LS برای سازه‌های با اهمیت متوسط و CP برای سازه‌ای با اهمیت کم می‌باشد.

با این احتمال و برای زلزله‌ای با دوره بازگشت ۴۷۵ سال و سطح عملکرد LS شتاب زمین برای مناطق مختلف از ۰٫۳۵g تا ۰٫۲g در نظر گرفته شده است.

آیین نامه ۲۸۰۰ برای افزایش سطح عملکرد سازه‌ای با اهمیت زیاد به IO و یا کاهش آن برای سازه‌ای با اهمیت کم، ضریبی به نام **ضریب اهمیت** تعریف کرده است که به ترتیب برابر ۱٫۲ و ۰٫۸ می‌باشد که به عنوان مثال برای سازه‌های با اهمیت زیاد با ضرب این عدد در A و افزایش ۲۰٪ آن، به عبارتی کارایی این دسته از ساختمانها را بالاتر برده به طوری که در زلزله‌هایی که سازه‌های متوسط آسیب سازه‌ای می‌بینند این دسته از سازه‌ها تا حدی کمتر آسیب دیده و تا حدی عملکرد خود را حفظ کنند و یا به بیانی دیگر در زلزله‌های بزرگتری (1.2A) آسیب سازه‌ای بینند.

در اینجا ذکر یک مطلب مهم جلوه می‌کند:

در آیین نامه ۲۸۰۰ ذکر شده که در مناطق با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد برای سازه‌های **ضروری** از دسته اینیه با اهمیت زیاد باید از سیستم‌های ویژه با شکل‌پذیری زیاد استفاده کرد و در ادامه ضرایب رفتار این نوع سازه‌ها را اغلب بین ۲۰٪ تا ۵۰٪ بیشتر از ضرایب رفتار سازه‌های معمولی و متوسط معرفی می‌کند.

الف: هدف از اجبار در این مبحث تعیین شکل پذیری بالا برای استهلاک بیشتر و پایداری بالاتر سازه در برابر زلزله‌های بزرگتر بوده است تا چنانچه آنچه که اتفاق می‌افتد بیشتر و بزرگتر از محاسبات ما شود از خرابی و «تلفات و خسارات بالا» جلوگیری شود و همچنین رفتار سازه در طول یک زلزله مخرب و غیر قابل پیش بینی مطلوب بوده، در صورت عدم عملکرد برخی قسمت‌ها، سازه با شکل پذیری بالا باز هم مانع از خرابی زود هنگام سازه شود؛ ولی با برداشت غلط از ضریب رفتار این قبیل سازه‌ها ما با کاهش نیروی زلزله مواجه هستیم  $C=ABI/R$ . نتیجتاً نیروی زلزله طرح یک سازه مشابه با درجه اهمیت زیاد، کمتر از همان سازه با درجه اهمیت متوسط و یا حتی کم خواهد شد و ما با افزایش  $R$  به سازه القا کرده‌ایم که تنها  $1/R$  نیروی زلزله را با مقاومت و سختی جذب کرده (تحلیل و طراحی ابعاد بر مبنای این نیرو انجام می‌گیرد!) و  $(R-1)/R$  نیروی زلزله را با شکل پذیری و اضافه مقاومت و در حقیقت با تشکیل مفاصل پلاستیک متعدد و تغییر مکانهای غیر خطی بزرگ مستهلک کند.

در واقع نیروی زلزله دو سازه یکسان با شکل پذیری‌های متفاوت تقریباً با هم برابر است ولی در یک سازه شکل پذیر اکثر نیرو با شکل پذیری و رفتار غیر خطی مستهلک شده و در سازه دیگر با سختی، مقاومت در برابر زلزله صورت می‌پذیرد. به طور مثال برای یک سازه با  $R=10$  تنها ۱۰٪ نیروی زلزله برای تحلیل و طراحی ابعاد مقاطع اعضای سازه‌ای منظور می‌شود و فرض بعدی بر این قرار می‌گیرد که با رعایت موارد و شرایط شکل پذیری، سازه خواهد توانست (یا باید بتواند) ۹۰٪ نیروی زلزله را مستهلک کند! این عمل در یک سازه با سطوح عملکرد بالاتر از ایمنی جانی (LS) مغایر بوده و ضوابط شکل پذیری و کنترل‌های تغییر مکانها نیز اغلب ناکافی و نا کارآمد می‌نماید، چنانچه به طور مثال در یک سازه بیمارستانی که جدا از مسئله تلفات بالا عملاً سازه نیروی زلزله را با تغییر شکل و مکانیزم شدن بسیاری از اعضا متحمل شده است، نمی‌توان عملکرد بی وقفه را انتظار داشت.

ب: آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای جبران این نقیصه با استفاده از ضریب اهمیت ۱٫۲ برای سازه‌های با اهمیت زیاد سعی بر این داشته است تا سطوح عملکرد این سازه‌ها را تا سطح IO بالا برده و یا به عبارتی با افزایش نیروی زلزله و یا کاهش ۲۰ درصدی  $R$  توان سازه را در مقابله با زلزله بالا ببرد.

حال در اینجا باید اشاره کرد که دسته بندی سطوح عملکرد برخی مراکز و سازه‌ها که در آیین نامه ۲۸۰۰ از آنها به عنوان **بناهای ضروری** نام برده شده است و اهمیت آنها نه فقط به علت **تلفات جانی بالا** بوده که با بالا بردن نیروی زلزله آن از خرابی سریع و آسانتر آن جلوگیری کنیم، بلکه این مراکز باید بعد از حادثه تبدیل به **پایگاه‌های امداد و نجات** شوند.

از این رو، این دسته از سازه‌ها با مراکز تجمع مردم که در هنگام زلزله تخلیه شده و ارزش کاربری خود را از دست می‌دهند متفاوت هستند، لذا باید سطوح عملکرد این سازه‌ها تا سطح خدمات رسانی بی وقفه (O) Operational بالا برده شود. برای این منظور پیشنهاد می‌گردد یک ضریب **ضرورت** (از ۱٫۱ تا ۱٫۲) علاوه بر ضریب اهمیت سازه‌های با درجه اهمیت زیاد در نظر گرفته شود تا از میزان خرابی اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای کاسته شده قابلیت بهره برداری بی‌وقفه از این مراکز میسر شود.

به روش دیگر در این سازه‌ها باید قید لزوم استفاده از سازه‌های با شکل پذیری بالا، تنها در رعایت ضوابط شکل پذیری لحاظ گردد و برای منظور نمودن هر دو اثر ضریب اهمیت و ضریب **ضرورت**، از افزایش مقدار R از مثلاً متوسط به ویژه صرف نظر شود.