تفسیر استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم

(به‌همراه نکات کاربردی در نرم‌افزار ETABS)

تهیه کننده:

علیرضا المکچی

(طراح و محاسب سازه)

کاری از گروه آموزشی CivillAE

مقدمه

استاندارد ۲۸۰۰ یکی از ارکان اساسی طراحی و کنترل‌های لرزه‌ای سازه‌ها در کشور محسوب شده و درک مفهومی و کاربردی از این استاندارد کمک ویژه‌ای به مهندسی در زمین طراحی ایمن سازه‌ها، طراحی بهینه سازه‌ها، آشنایی با مقدمات طراحی عملکردی سازه‌ها خواهد کرد. از این‌رو مطالعه این کتاب به تمامی مهندسین عمران مخصوصاً طراحان سازه توصیه شده و همچنین با مطالعه صحیح و درک درست از مفاهیم این آئین‌نامه احتمال موفقیت در آزمون محاسبات نظام مهندسی نیز برای داوطلبان این آزمون بیشتر از پیش خواهد بود. ویرایش پنجم استاندارد ۲۸۰۰ آخرین نسخه منتشر شده از سوی دفتر مقررات ملی ساختمان بوده که از تیر ماه سال ۱۴۰۵ لازم‌الاجرا می‌باشد و در این نوشتار سعی در تفسیر مناسب این استاندارد به‌همراه ارائه نکات نرم‌افزاری آن بوده‌ایم که به تفکیک فصول استاندارد توضیحات و نکات لازمه ارائه خواهد شد. بدیهی است این نوشتار عاری از هر گونه اشتباه نبوده و امیدواریم با مطالعه این نوشتار اشکالات نگارشی، فنی و حتی پیشنهادات لازمه خود را در این زمینه به نویسنده ارائه نموده تا با رفع این مشکلات نوشتار حاضر ترفیع یابد. پیشاپیش از اختصاص وقت گران‌بهای خود برای این نوشتار صمیمانه سپاسگذارم و امید است این نوشتار سبب ارتقای کیفیت فنی مهندسین طراح و درک صحیح از ضوابط این استاندارد و پیاده‌سازی آنها در نرم‌افزار ETABS شود.

ارادتمند شما

علیرضا المکچی

فصل اول – کلیات

اهداف (بند ۱–۱)

این استاندارد گروه‌بندی ساختمان‌ها از نظر اهمیت را به ۴ دسته؛ اهمیت کم، اهمیت متوسط، اهمیت زیاد و اهمیت خیلی زیاد تقسیم‌بندی نموده است که اهداف زیر برای طراحی آنها ارائه شده است:

۱) ساختمان‌های با اهمیت کم تحت اثر زلزله طرح فرو نریزد.

۲) ساختمان‌های با اهمیت متوسط تحت اثر زلزله طرح ایمنی جانی ساکنان را تامین و تحت اثر زلزله بیشینه نیز احتمال فروریزش مورد نظر کمی داشته باشد.

۳) ساختمان‌های با اهمیت زیاد تحت اثر زلزله طرح ایمنی جانی ساکنان را تامین و آسیب‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای زیادی را متحمل نشود و همچنین تحت اثر زلزله بیشینه مورد نظر نیز احتمال فروریزش کمی داشته باشد.

۴) ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد عملکرد بی‌وقفه داشته و سطح بهره‌برداری خود را تحت زلزله طرح حفظ نموده و تحت زلزله بیشینه مورد نظر نیز ایمنی جانی ساکنان را تامین و احتمال فروریزش ناچیزی داشته باشد.

۵) ساختمان با اهمیت خیلی زیاد و زیاد، ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر یا ۱۵ طبقه تحت زلزله بهره‌برداری، عملکرد بی‌وقفه خود را حفظ نمایند.

☑ به دوستان علاقمند به مبحث طراحی عملکردی توصیه می‌شود مطالعاتی در زمینه سطوح عملکردی اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای مطابق نشریه ۳۶۰، ASCE، FEMA و سایر نشریات و دستورالعمل‌های معتبر داشته باشند.

زلزله‌های مبنای طراحی (بند ۱-۲)

از نظر دسته‌بندی زلزله‌های طراحی ۳ نوع دسته‌بندی در این ویرایش مد نظر قرار گرفته است که عبارتنداز:

۱) **زلزله بیشینه مورد نظر (MCE[1])**: شدیدترین سطح حرکت زمین که در این آئین‌نامه منظور شده است می‌باشد و دارای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال بوده و احتمال رخداد آن در طول عمر سازه بسیار کم می‌باشد.

☑ لازم به توضیح است در ASCE7-22 این زلزله شامل دو بخش MCE_G و MCE_R بوده که به ترتیب شتاب اوج زمین میانگین هندسی زلزله حداکثر محتمل و شتاب پاسخ حرکت زمین زلزله حداکثر محتمل هدف‌گذاری‌شده بر اساس ریسک نامیده می‌شود. تفاوت اصلی بین MCE_G و MCE_R این است که؛ MCE_G بر اساس میانگین هندسی مؤلفه‌های حرکت زمین محاسبه می‌شود و تعدیل ریسک در آن اعمال نمی‌شود. MCE_R علاوه بر در نظر گرفتن جهت بحرانی حرکت زمین، با هدف دستیابی به سطح ریسک یکنواخت در طراحی سازه‌ها، برای ریسک هدف‌گذاری‌شده نیز تعدیل می‌شود و مبنای اصلی طراحی لرزه‌ای در استانداردهای جدید ASCE 7 است.

۲) **زلزله طرح (DE[2])**: مقدار این زلزله برابر دو سوم زلزله MCE خواهد بود ($\frac{2}{3}$MCE).

۳) **زلزله بهره‌برداری (SLE[3])**: مقدار این زلزله برابر یک نهم زلزله MCE خواهد بود ($\frac{1}{9}$MCE). در مراجع مختلف به زلزله‌ای می‌باشد با شدت نسبتاً کم که سازه پس از آن بدون نیاز به تعمیرات اساسی قابل بهره‌برداری باقی بماند.

[1] Maximum Considered Earthquake
[2] Design Earthquake
[3] Service-Level Earthquake

حدود کاربرد (بند ۱–۳)

این استاندارد برای طراحی و اجرای سازه‌های بتن‌آرمه، فولادی و بنایی هستند و علاوه بر ضوابط موجود در این استاندارد بایستی طراحی سازه‌های مذکور با آئین‌نامه‌های مختص آن اعم از داخلی و بین‌المللی نیز ضروری خواهد بود و سازه‌های زیر شامل حدود این استاندارد نخواهند بود:

- ساختمان‌های بنایی کلافدار
- سازه‌های خاص: پل، تونل، اسکله، نیروگاه‌های مختلف و سایر موارد مشابه

☑ لازم به توضیح است برای طراحی سازه‌های مذکور بایستی از آئین‌نامه‌ها و نشریات موجود برای آنها استفاده شده و در صورت نیاز از منابع بین‌المللی در این زمینه استفاده گردد.

گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب اهمیت (بند ۱–۴)

از نظر اهمیت و کاربری ساختمان این استاندارد ۴ دسته اهمیت برای ساختمان‌ها لحاظ نموده که این دسته به‌صورت ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱) ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد

این استاندارد ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد را در دو دسته ساختمان‌های ضروری و ساختمان‌های خطرزا تقسیم‌بندی شده است، این تقسیم‌بندی بصورت زیر خواهد بود:

الف) ساختمان‌های ضروری: مشخصه اصلی این دسته ساختمان‌ها عملکرد بی‌وقفه آنها پس از وقوع زلزله می‌باشد زیرا با توقف در بهره‌برداری این ساختمان‌ها شاهد افزایش تلفات و خسارات خواهیم بود، در این دسته ساختمان‌هایی نظیر، بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مراکز و تأسیسات آبرسانی، ساختمان‌های نیروگاه‌ها و تأسیسات برق‌رسانی که نقش مستقیم در تولید برق داشته یا خرابی آنها موجب اخلال یا توقف تولید برق می‌شود، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات

نظامی و انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و به‌طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آنها در نجات و امداد مؤثر می‌باشد.

ب) ساختمان‌های خطرزا: ساختمان‌هایی که خرابی آنها سبب انتشار گسترده مواد سمی و مضر در کوتاه مدت می‌شود، مانند کارخانه‌های تولید کننده مواد شیمیایی خاص، مراکز گازرسانی و نیروگاه‌های هسته‌ای.

۲) ساختمان‌های با اهمیت زیاد

این استاندارد ساختمان‌های با اهمیت زیاد را در سه دسته ساختمان‌های پر جمعیت و ساختمان‌های با ارزش ملی و عمومی و ساختمان‌های صنعتی مضر برای محیط زیست تقسیم‌بندی شده است، این تقسیم‌بندی بصورت زیر خواهد بود:

الف) ساختمان‌های پر جمعیت: همانطورکه مشخص می‌باشد این ساختمان‌ها در صورت آسیب تلفات جانی زیادی در پی داشته از این رو ساختمان‌هایی نظیر: مدارس، استادیوم‌ها، سینما، مساجد، سالن‌های اجتماعات بزرگ، ترمینال مسافربری و ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۵۰ متر یا بیش از ۱۵ طبقه از تراز پایه و یا ساختمان‌هایی که دارای فضای سرپوشیده یکپارچه که مل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر در زیر یک سقف باشد.

ب) ساختمان‌های بار ارزش ملی و عمومی: ساختمان‌هایی که جزء ثروت ملی محسوب می‌شوند مانند موزه‌ها و یا ساختمان‌هایی که در آنها اسناد ارزشمند نظیر بانک‌ها، مدارک ملی و موارد شبیه آن در آنها نگهداری می‌شوند.

پ) ساختمان‌های صنعتی مضر برای محیط زیست: ساختمان‌های صنعتی که انتشار مواد آنها سبب آلودگی محیط زیست شده و یا سبب آتش‌سوزی‌های وسیع شوند مانند پالایشگاه و انبار سوخت (مخازن نگهداری سوخت).

۳) ساختمان‌های با اهمیت متوسط

ساختمان‌هایی که به‌طور کلی در دسته ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد، زیاد و کم قرار نگیرند جزء این دسته محسوب خواهند شد مانند: ساختمان‌های مسکونی، اداری، تجاری، پارکینگ، هتل، انبارها، کارگاه‌ها و سوله‌های صنعتی.

- ☑ نکته بسیار مهم در انتخاب ساختمان‌های با اهمیت متوسط دقت در مورد جمعیت ساختمان نیز می‌باشد، به‌عنوان مثال اگر هتل دارای لابی یا سالن اجتماعی بزرگی بوده یا با تعداد واحدهای زیاد و جمعیت زیاد در ساختمان باشد بهتر است بنا به توصیه اکثر مهندسین اهمیت این نوع ساختمان‌ها در دسته زیاد در نظر گرفته شود.

۴) ساختمان‌های با اهمیت کم

این استاندارد ساختمان‌های با اهمیت زیاد را در دو دسته ساختمان‌های با خسارت کم و ساختمان‌های موقت تقسیم‌بندی شده است، این تقسیم‌بندی بصورت زیر خواهد بود:

الف) ساختمان‌های با خسارت کم: ساختمان‌های احتمال خسارات و تلفات کمی دارند، مانند: انبارهای کشاورزی و دامداری‌ها.

ب) ساختمان‌های موقت: ساختمان‌های موقتی که مدت بهره‌برداری از آنها کمتر از ۲ سال است.

- ☑ بنا به توصیه اکثر مهندسین ساختمان‌های با اهمیت متوسط را در جهت اطمینان بیشتر و طراحی لرزه‌ای مناسب‌تر می‌توان در دسته ساختمان‌های با اهمیت متوسط فرض نمود.
- ☑ لازم به توضیح است تقسیم‌بندی ساختمان‌ها از نظر اهمیت در آئین‌نامه ASCE 7-22 نیز به ۴ دسته تقسیم شده اما تعاریف آنها کمی با این استاندارد متفاوت بوده و دارای مقادیر ضریب اهمیت متفاوتی نیز به نسبت استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۵ می‌باشد.

حال با دانستن دسته‌بندی اهمیت‌های ساختمان با توجه به نوع کاربری آنها در جدول (۱-۱) می‌توان ضریب اهمیت ساختمان برای زلزله (I_e) را مشخص نمود.

جدول (۱-۱) ضریب اهمیت ساختمان در برابر زلزله

طبقه‌بندی ساختمان	ضریب اهمیت
گروه ۱	۱/۴
گروه ۲	۱/۲
گروه ۳	۱/۰
گروه ۴	۰/۸

- گروه ۱: ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد
- گروه ۲: ساختمان‌های با اهمیت زیاد
- گروه ۳: ساختمان‌های با اهمیت متوسط
- گروه ۴: ساختمان‌های با اهمیت کم

موارد کاربرد ضریب اهمیت:

- محاسبه ضریب زلزله
- تعیین گروه لرزه‌ای ساختمان
- اصلاح مقادیر بازتاب و تعیین مقادیر طراحی در تحلیل طیفی
- محاسبه تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (دریفت)
- محاسبه درز انقطاع
- تعیین نیروی جانبی دیافراگم
- طراحی دیوارهای سازه‌ای
- کنترل زلزله بهره‌برداری
- سایر موارد

ملاحظات معماری (بند ۱-۶)

استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم ملاحظات معماری مشخصی را به منظور کاهش آسیب‌های غیر سازه‌ای و سازه‌ای پیشنهاد نموده است که مهمترین آنها به‌صورت زیر می‌باشد:

۱) رعایت فاصله درز انقطاع

میزان درز انقطاع برای ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر از ۵ طبقه و ارتفاع کمتر از ۱۸ متر برابر ۰/۰۰۵ ارتفاع آن از روی تراز پایه و در ساختمان‌های با تعداد طبقات بیشتر از ۵ و یا ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد با هر تعداد طبقه مطابق ضوابط مربوط تغییر مکان جانبی تحت زلزله طرح تعیین خواهد شد. بدیهی درز انقطاع با مصالح کم مقاومت پر خواهد شد.

۲) سادگی پلان

با توجه به مطالعات فراوان صورت گرفته بر روی رفتار لرزه‌ای سازه‌ها اثبات شده است که سازه‌های دارای پلان منظور و سیستم منظم در ارتفاع عملکرد لرزه‌ای مناسب‌تری در مقایسه با سازه‌های نامنظم در پلان یا با تغییر ناگهانی در ارتفاع هستند، بدین ترتیب تا حد امکان پلان ساختمان متقارن وبدون پس‌رفتگی و پیش‌آمدگی و بدون تغییر ناگهانی در ارتفاع توسط این استاندارد توصیه گردیده است.

☑ به منظور مطالعه در این زمینه و مقایسه رفتار سازه‌های منظم و نامنظم کتاب (Some Concepts in Earthquake Behaviour of Buildings) نوشته شده توسط Murty و همکاران به دوستان و همکاران گرامی توصیه می‌گردد.

۳) عدم احداث طره‌های بلندتر از ۲ متر

۴) عدم احداث بازشوها بزرگ و مجاور هم در کف طبقه

۵) عدم قرارگیری اجسام سنگین در بر روی طره‌ها و المان‌های لاغر و دهانه‌های بلند

۶) سبک‌سازی اجزای غیر سازه‌ای

یکی از موارد بسیار مهم در طراحی سازه‌های ایمن و مناسب از نظر عملکرد لرزه‌ای سبک نمودن وزن اجزای غیر سازه‌ای است که با انجام این کار هم رفتار لرزه‌ای سازه بهبود چشمگیری داشته هم سبب بهینه‌سازی فولاد، بتن و آرماتور مصرفی در طراحی خواهد شد. برای دستیابی به این هدف می‌توان برای دیوارهای غیر سازه‌ای از بلوک‌های سبک نظیر لیکا، هبلکس و سایر موارد استفاده نموده و برای نماسازی و کف‌سازی نیز مشابه دیوارها از المان‌های سبک بهره برد.

۷) عدم ایجاد اختلاف تراز در طبقات

ایجاد اختلاف در تراز طبقات ممکن است سبب ایجاد نامنظمی در سازه به‌علت اختلاف در دیافرگم‌های کف شود بدین منظور تا حد امکان این استاندارد عدم ایجاد اختلاف در تراز را توصیه نموده است.

۸) عدم تغییر در مساحت طبقات

تغییر در مساحت زیربنای طبقات ممکن است سبب اختلاف جرم طبقات قابل توجهی شده و رفتار سازه را به شدت تحت تاثیر قرار داده و ساختمان را در برابر زلزله آسیب‌پذیرتر نماید.

۹) استفاده از دهانه‌های مناسب برای جانمایی دیوار برشی و مهاربندی (حداقل دو دهانه)

جمع‌بندی فصل اول

این فصل بیشتر بر روی کلیات استاندارد تاکید داشته و موارد کاربردی نرم‌افزاری در این فصل به‌صورت مستقیم نخواهیم داشت و در فصول بعدی موارد مورد نیاز در ETABS نیز مورد بررسی کامل قرار خواهد گرفت.

*** این نوشتار فقط بخش اول از تفسیر استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم بوده که در ادامه بخش‌های بعدی نیز در کانال‌های زیر ارائه خواهد گردید. تشکر از وقتی که برای مطالعه این نوشتار اختصاص دادید***

کانال آموزش‌های مهندسی عمران	@CivillAE
کانال بانک فیلم‌ها و دوره‌های مهندسی عمران	@CivillAE_Movies
کانال بانک فایل‌های کاربردی مهندسی عمران	@CivillAE_Tools

مهندس علیرضا المکچی
دوره طراحی سازه های
بتنی و فولادی
با نرم افزارهای
ETABS
SAFE
دوره طراحی سازه های بتنی
دوره طراحی سازه های فولادی
دوره تکمیلی طراحی سازه های بتنی
دوره تکمیلی طراحی سازه های فولادی
بصورت حضوری و آنلاین
برای اطلاع از جزئیات، نحوه ثبت نام و برگزاری دوره ها با ما در تماس باشید.
CivillAE
CivillAE
0914 73 55 264
0933 97 99 632
تبریز،میدان شهید بهشتی(منصور سابق)،مجتمع تجاری اطلس،طبقه اول،پلاک ٦