



تفسیر استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم

(به همراه نکات کاربردی در نرم افزار 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 مطالعه 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 عبارتند از:

(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 هدف‌گذاری شده بر اساس ریسک نامیده می‌شود. تفاوت اصلی بین MCE_R و MCE_G 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 هدف‌گذاری شده 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 خطرناک 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 اختلال 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: همانطور که 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 مهندسين 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 مهندسين 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 به صورت 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 منظم 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 و بدون 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 دیافراگم‌های 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.



فصل دوم - حرکت زمین

تعریف (بند ۲-۱)

برای تحلیل در برابر زلزله بایستی از زلزله طرح مطابق تعریف انجام گرفته در فصل اول استفاده کرد. حال این حرکت زمین را می‌توان با طیف بازتاب شتاب^۱ و تاریخچه زمانی شتاب^۲ وارد نمود. برای طیف بازتاب شتاب می‌توان از طیف طرح استاندارد و یا طیف طرح ویژه ساختگاه بسته به شرایط مورد نیاز استفاده کرد که در ادامه به آن خواهیم پرداخت. برای محاسبه زلزله طرح در هر یک از روش‌های مذکور شتاب طیفی بیشینه مورد نظر بایستی با میرایی ۰.۵ بر روی سنگ بستر در زمان‌های تناوب کوتاه^۳ (S_s) و یک ثانیه (S_1)، شکل طیف پاسخ طراح استاندارد (S_a) تعیین و محاسبه خواهد شد.

طیف بازتاب شتاب: نموداری که بیشینه پاسخ شتاب (S_a) یک سیستم تک‌درجه آزادی با میرایی ۰.۵ را بر حسب دوره تناوب (T) تحت یک حرکت زمین مشخص نشان می‌دهد. در طراحی لرزه‌ای ASCE 7-22، این طیف برای تعیین تقاضای لرزه‌ای سازه استفاده می‌شود و به صورت طیف پاسخ طرح^۵ ارائه می‌شود. این طیف، مقادیر شتاب طیفی مورد نیاز برای تحلیل و طراحی سازه را در دوره‌های مختلف فراهم می‌کند.

تاریخچه زمانی شتاب: ثبت یا نمایش تغییرات شتاب زمین (یا شتاب یک نقطه از سازه) بر حسب زمان در طول یک رویداد لرزه‌ای. این داده معمولاً به صورت مجموعه‌ای از مقادیر شتاب در فواصل زمانی مشخص (Δt) ارائه می‌شود و ورودی اصلی تحلیل تاریخچه زمانی است. در استاندارد ASCE 7-22 بیشتر از اصطلاح Ground Motion Record در مباحث مربوط به تحلیل تاریخچه زمانی استفاده می‌شود.

¹ Acceleration Response Spectrum

² Acceleration Time History

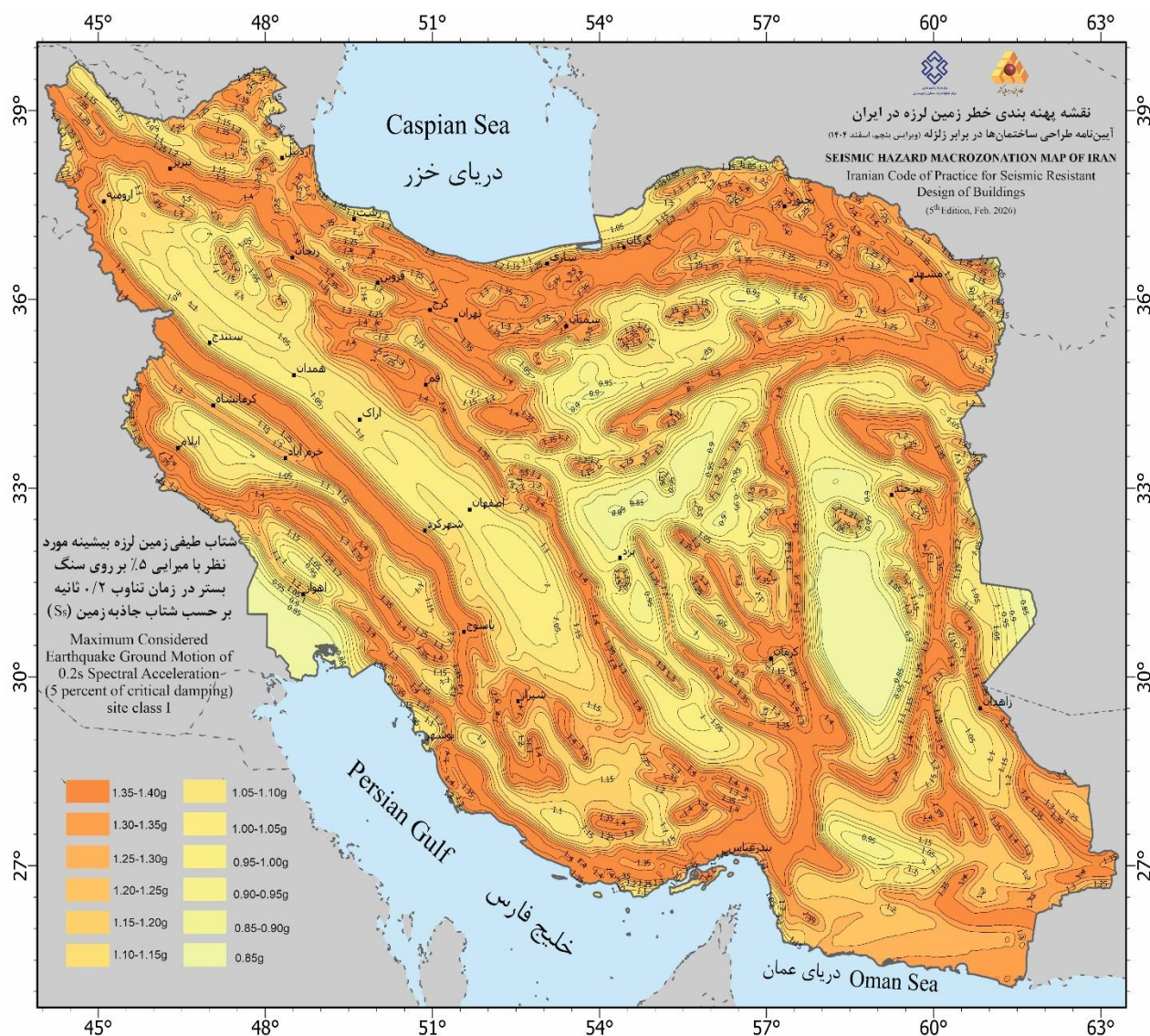
^۳ زمان تناوب کوتاه متناظر با دوره تناوب ۰/۲ ثانیه است.

⁴ Spectral Acceleration

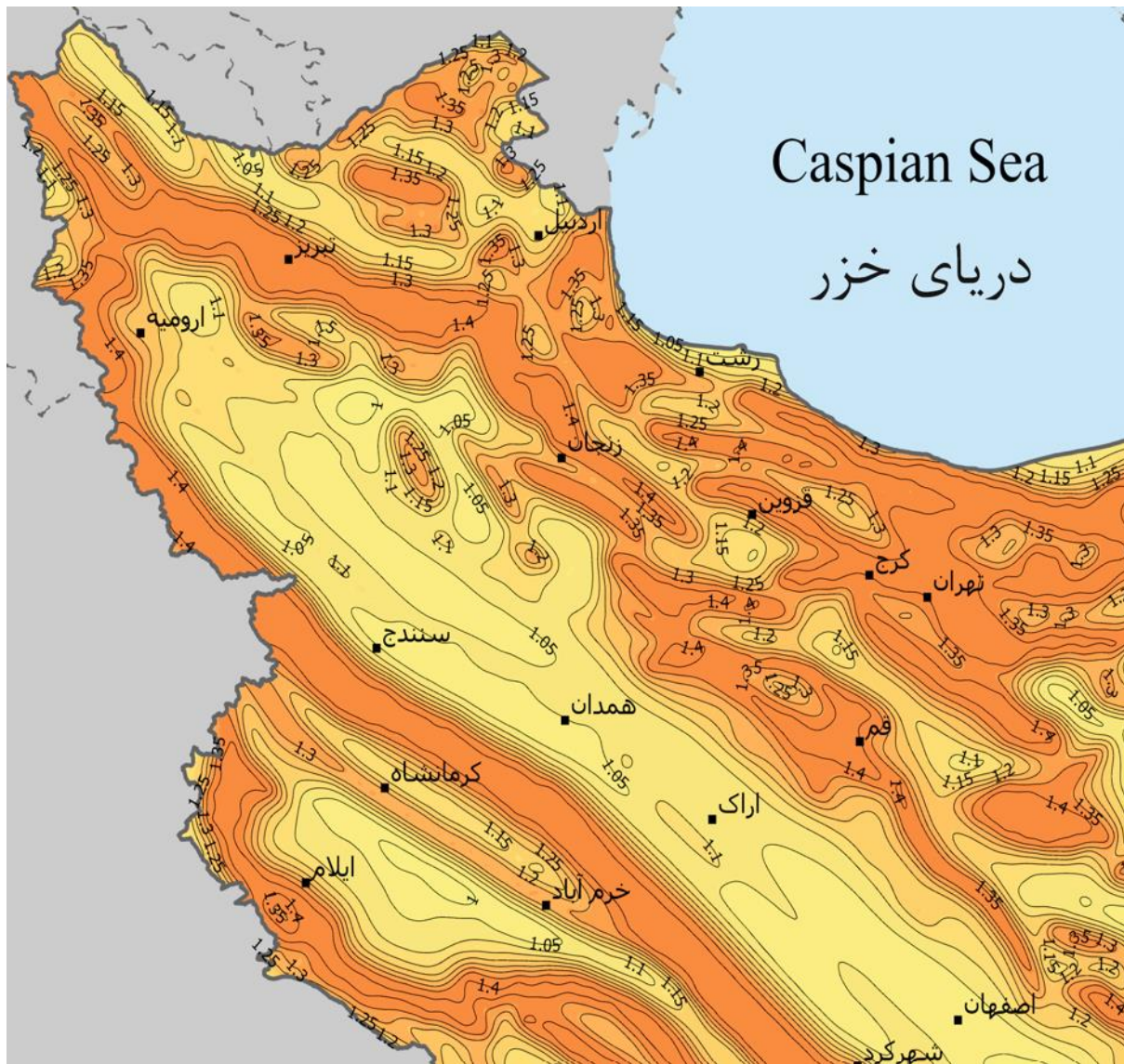
⁵ Design Response Spectrum

مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه مورد نظر S_s و S_1 (بند ۲-۲)

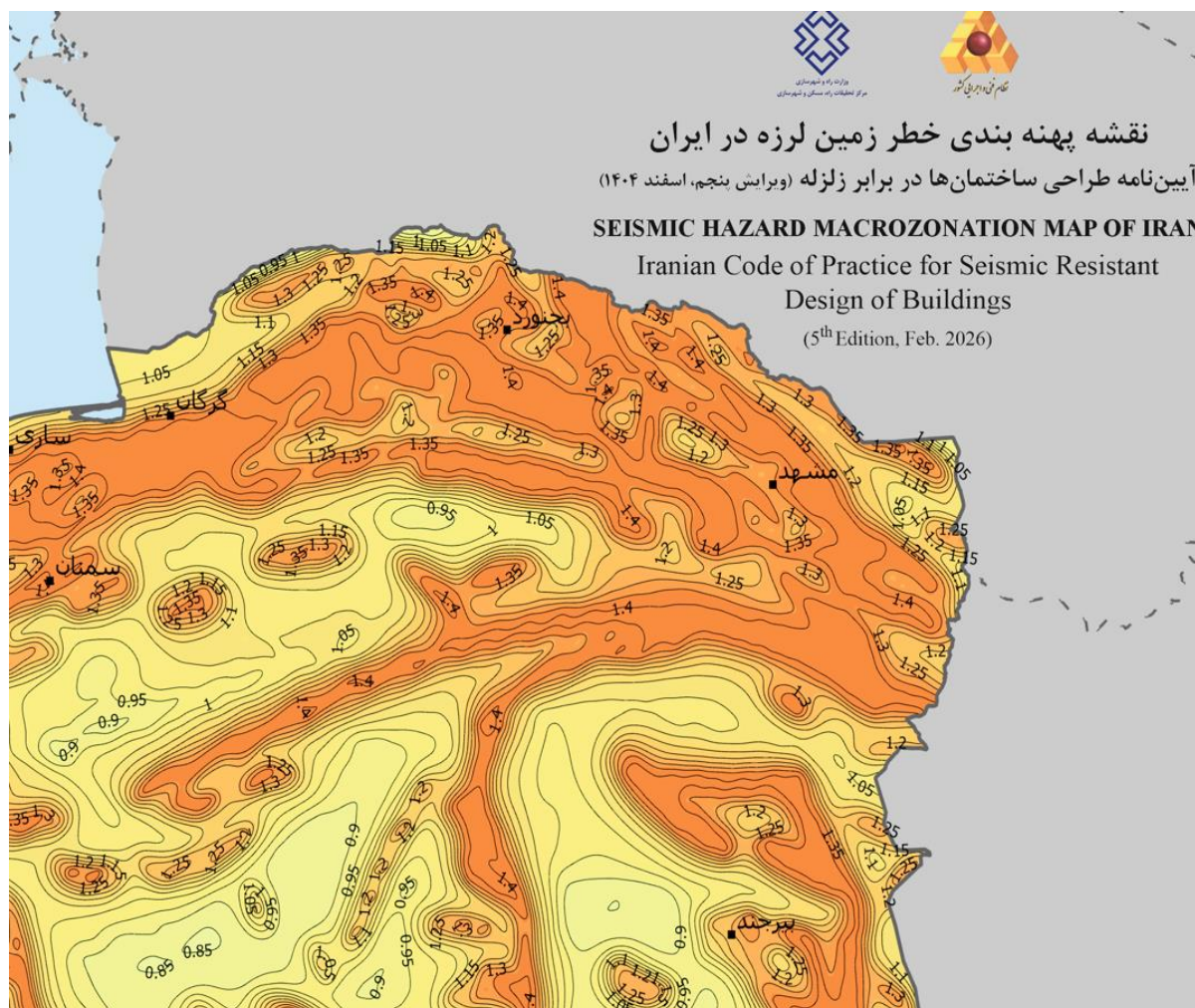
مقادیر شتاب طیفی با فرض میرایی ۵٪ بر روی سنگ بستر در زمان تناوب کوتاه ۰/۲ ثانیه (S_s) و یک ثانیه (S_1) از نقشه‌های شتاب طیفی استخراج خواهد شد و با توجه به اینکه نقشه‌ها بعضاً اعدادی نزدیک به هم داشته است بنابراین بایستی در انتخاب این مقادیر دقت کافی به عمل آید. (حال در این زمینه همکاران محترم نرم‌افزارها و اکسل‌های مختلفی را تهیه کرده‌اند که این مورد به دقت تعیین می‌شود)



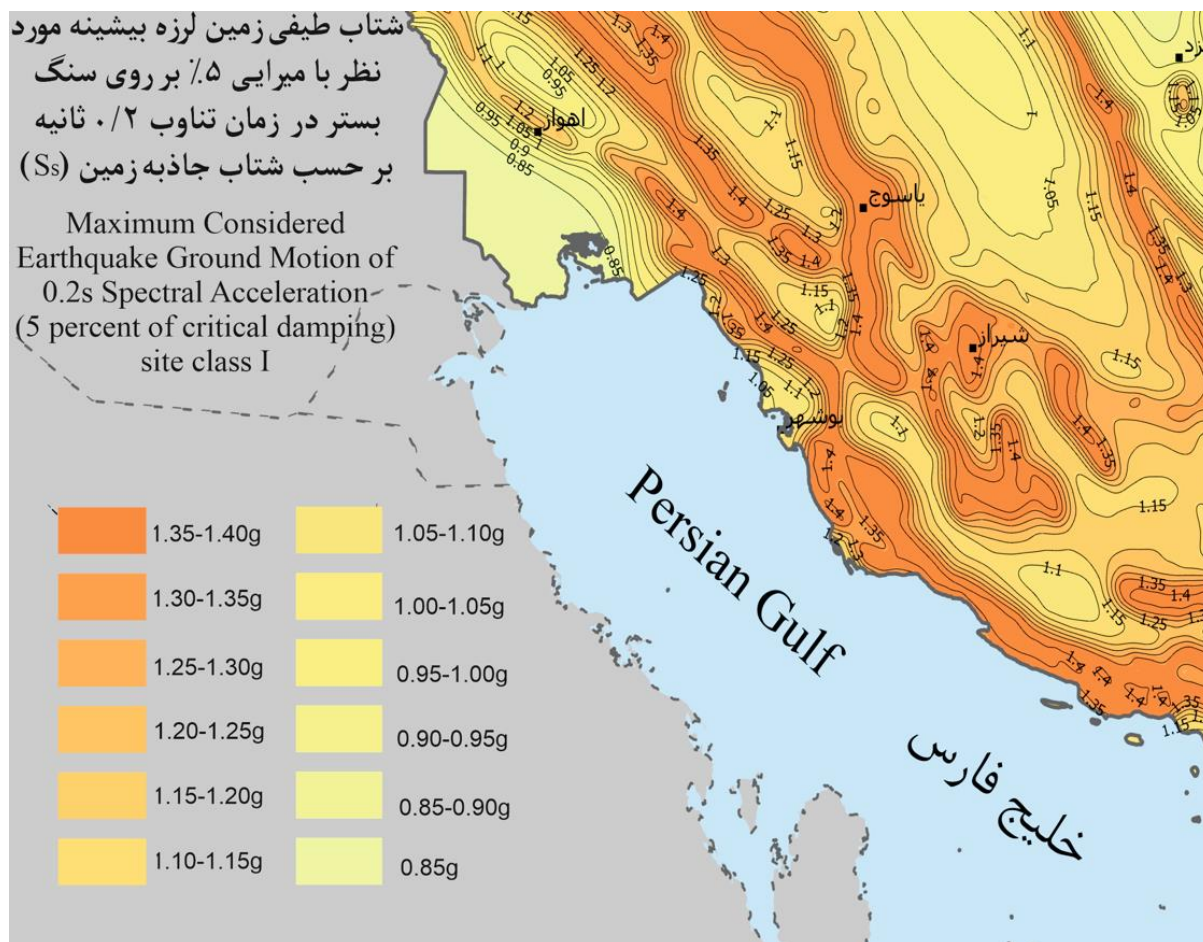
شکل (۱-۲) نقشه شتاب طیفی در ۰/۲ ثانیه



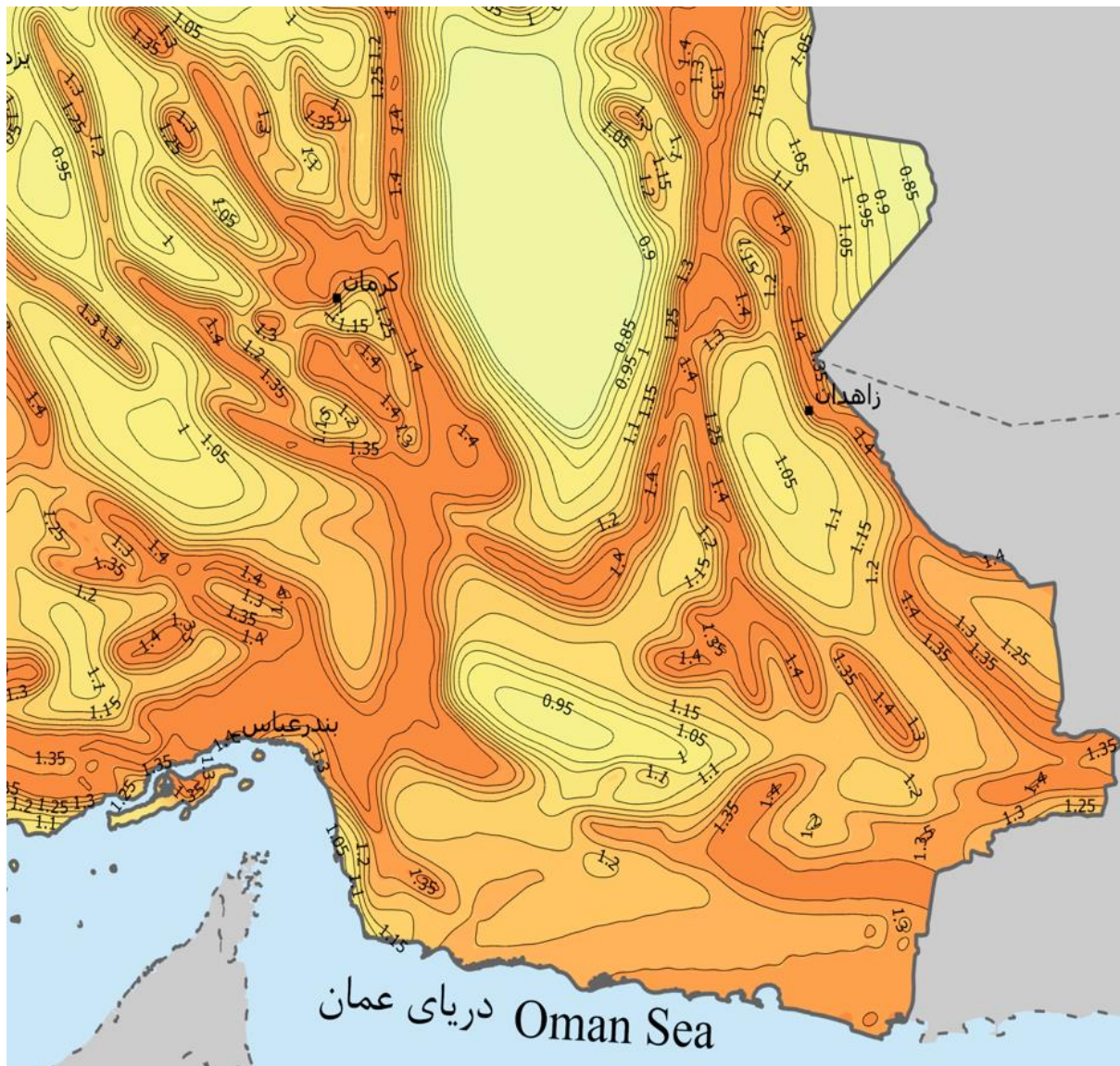
شکل (۲-۲) نقشه شتاب طیفی در ۰/۲ ثانیه شمال غرب کشور



شکل (۳-۲) نقشه شتاب طیفی در ۰/۲ ثانیه شمال شرق کشور



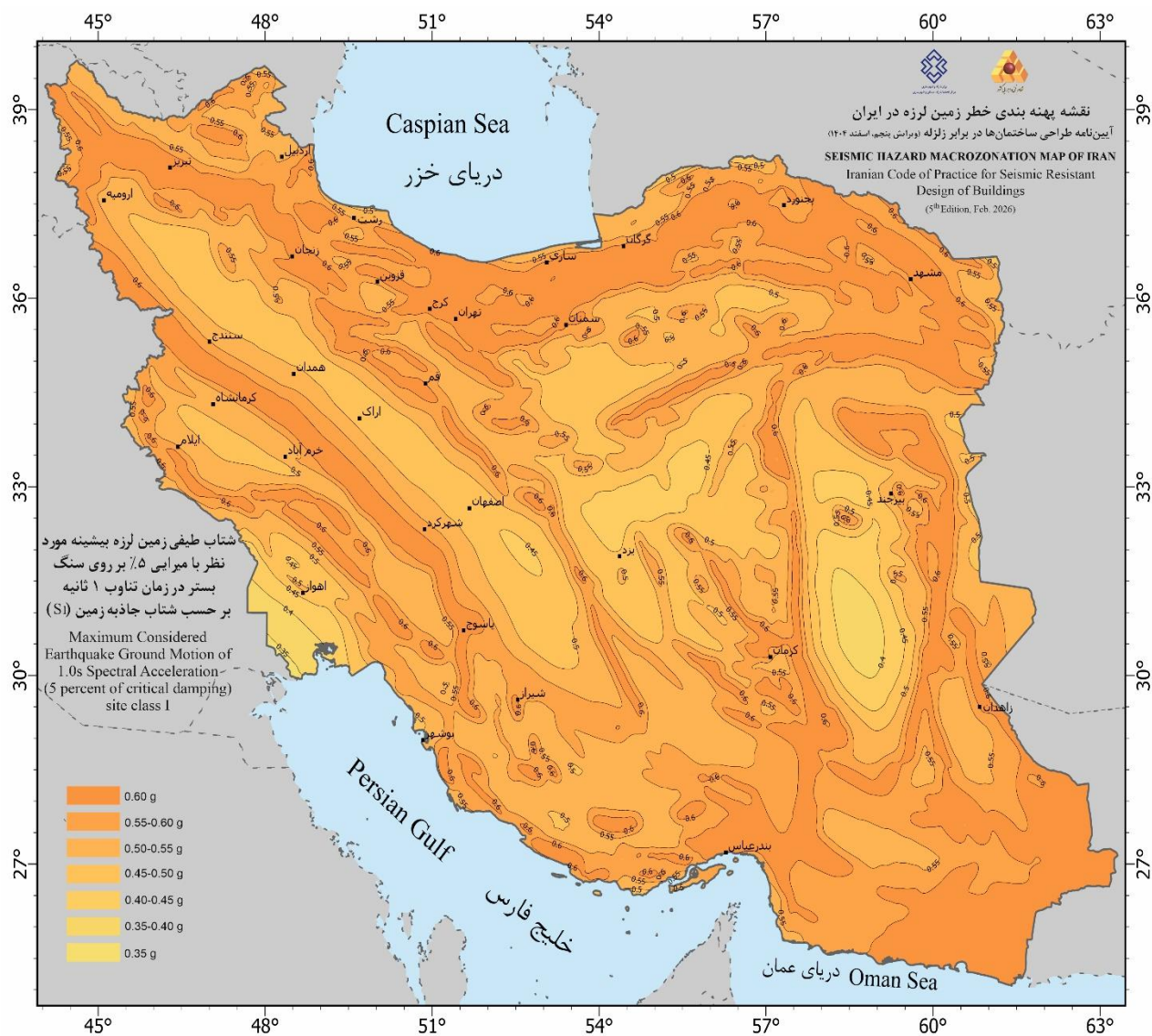
شکل (۲-۴) نقشه شتاب طیفی در ۰/۲ ثانیه جنوب غرب کشور



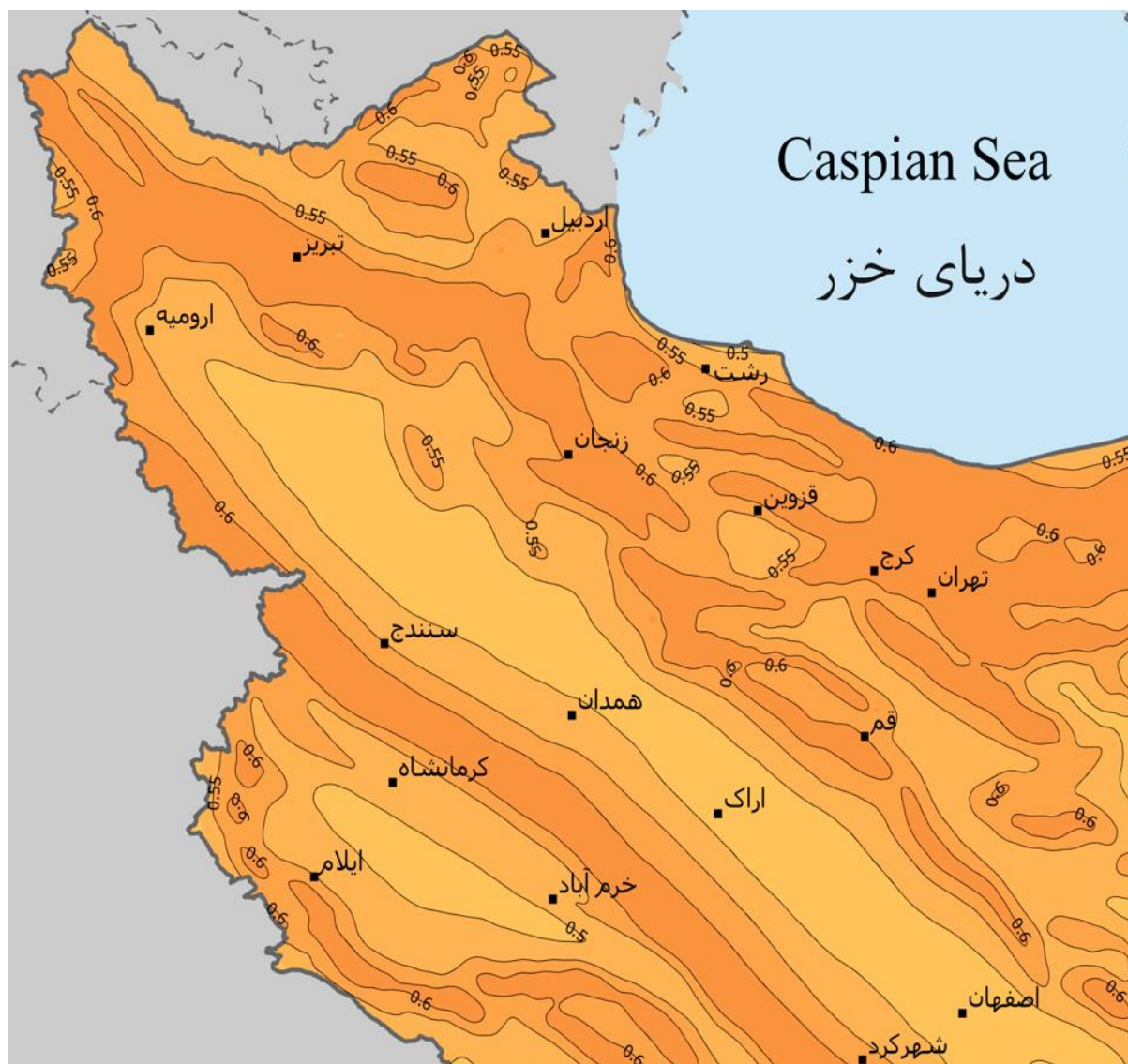
شکل (۲-۵) نقشه شتاب طیفی در ۰/۲ ثانیه جنوب شرق کشور

مثال برای مقدار S_s برخی شهرها

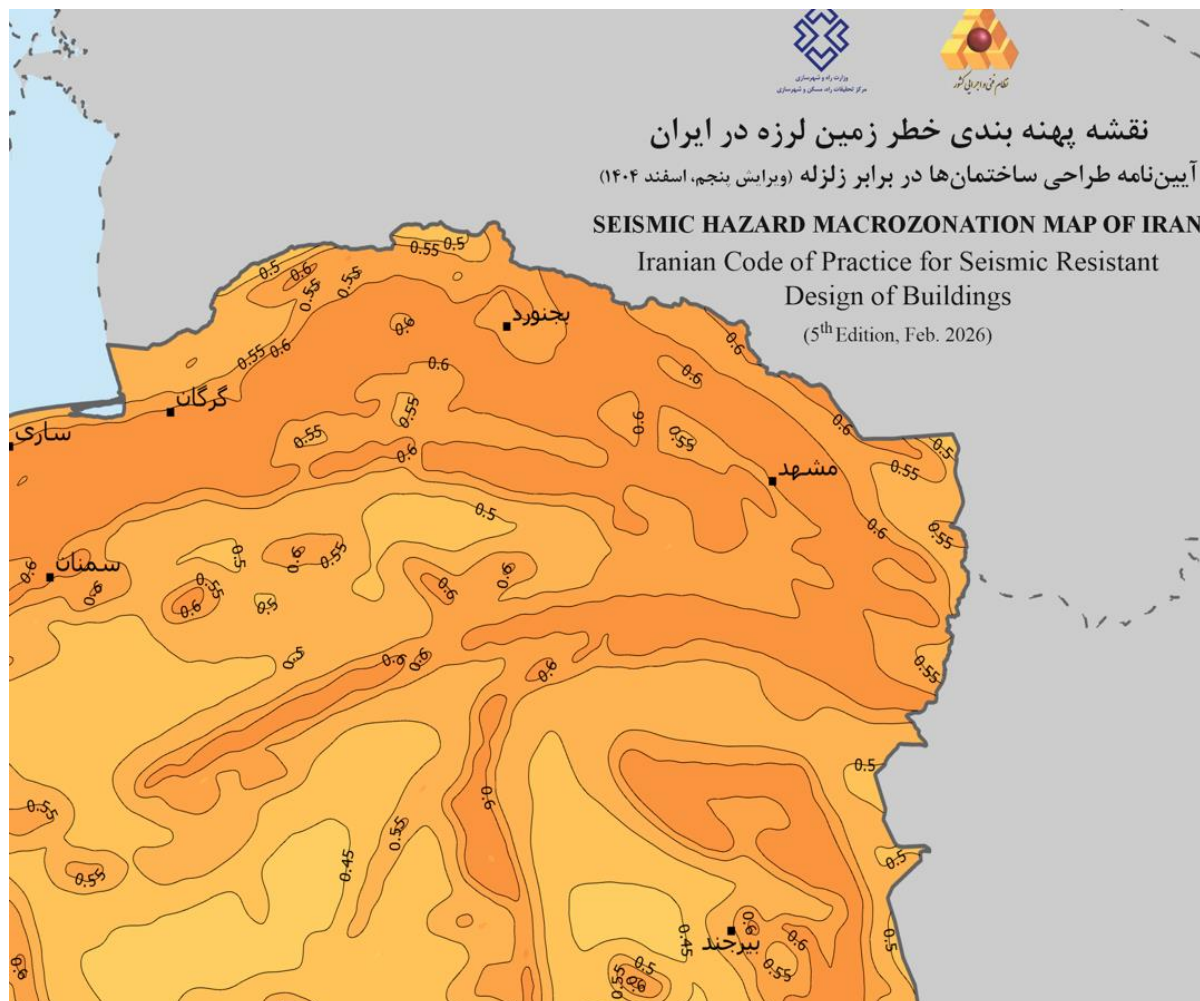
شهر	مقدار S _s	شهر	مقدار S _s	شهر	مقدار S _s	شهر	مقدار S _s
تبریز	۱/۴	اصفهان	۱/۰۲	اردبیل	۱/۱۵	سمنان	۱/۴
تهران	۱/۴	ارومیه	۱/۲۵	رشت	۱/۱	زنجان	۱/۴
مشهد	۱/۳۵	بندعباس	۱/۴	اهواز	۱/۱	قزوین	۱/۴
شیراز	۱/۴	یزد	۰/۹۵	گرگان	۱/۳۵	کرج	۱/۴



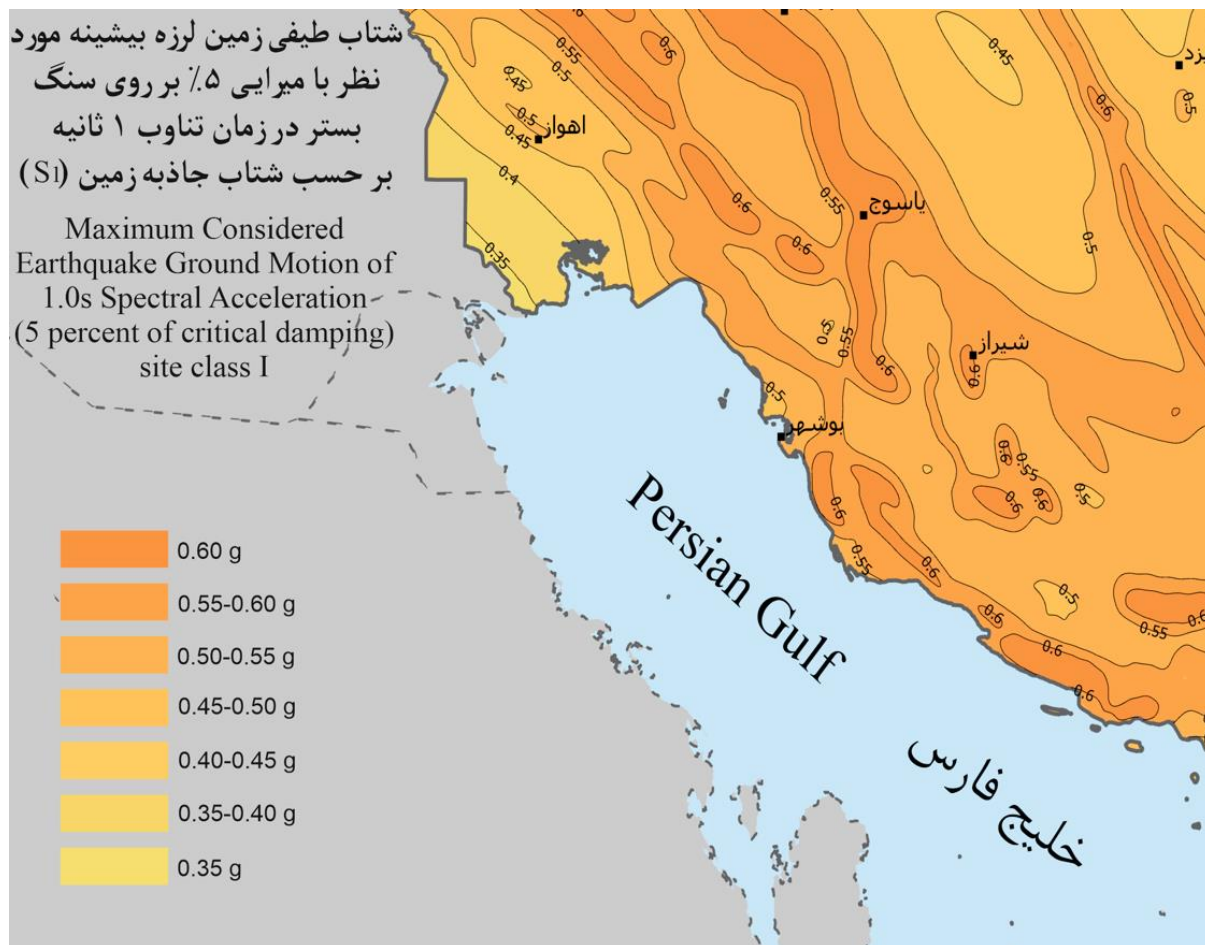
شکل (۲-۶) نقشه شتاب طیفی در ۱ ثانیه



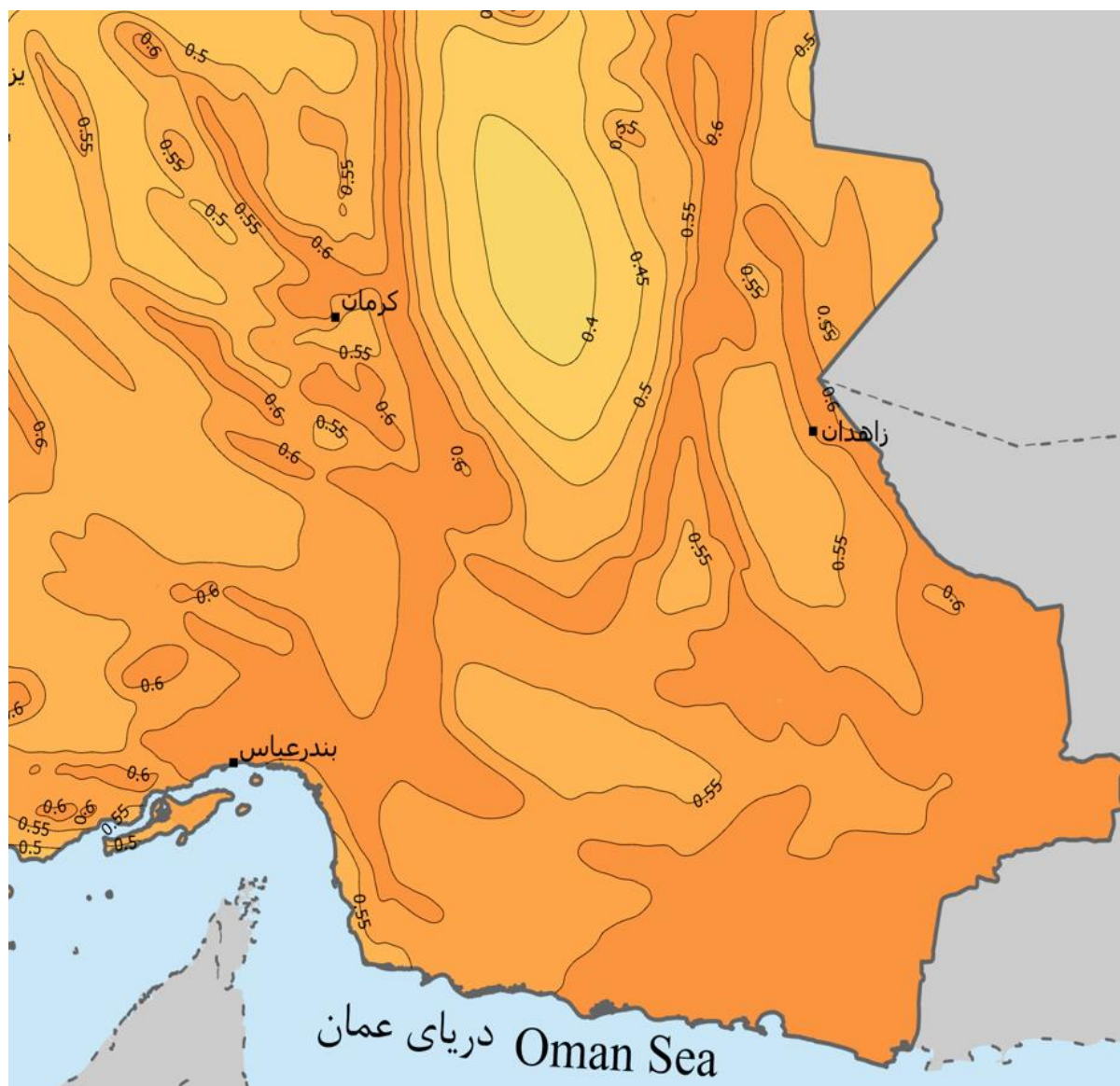
شکل (۷-۲) نقشه شتاب طیفی در ۱ ثانیه شمال غرب کشور



شکل (۸-۲) نقشه شتاب طیفی در ۱ ثانیه شمال شرق کشور



شکل (۹-۲) نقشه شتاب طیفی در ۱ ثانیه جنوب غرب کشور



شکل (۲-۱۰) نقشه شتاب طیفی در ۱ ثانیه جنوب شرق کشور

مثال برای مقدار S_1 برخی شهرها

شهر	مقدار S_s	شهر	مقدار S_s	شهر	مقدار S_s	شهر	مقدار S_s
تبریز	۰/۶	اصفهان	۰/۴۷	اردبیل	۰/۵۵	سمنان	۰/۶
تهران	۰/۶	ارومیه	۰/۵۵	رشت	۰/۵۵	زنجان	۰/۶
مشهد	۰/۶	بندرعباس	۰/۶	اهواز	۰/۵	قزوین	۰/۶
شیراز	۰/۶	یزد	۰/۴۸	گرگان	۰/۶	کرج	۰/۶



مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه مورد نظر در سطح زمین S_{MS} و S_{M1} (بند ۲-۳)

مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه مورد نظر با میرایی ۵٪ بر روی زمین ساختگاه در زمان تناوب کوتاه

۰/۲ ثانیه (S_{MS}) و در زمان تناوب ۱ ثانیه (S_{M1})، با استفاده از روابط زیر محاسبه خواهد شد:

$$S_{MS} = F_S S_S \quad (۱-۲-الف)$$

$$S_{M1} = F_1 S_1 \quad (۱-۲-ب)$$

مقادیر S_S و S_1 در بخش قبلی توضیح داده شد و در این بخش نیاز است مقادیر F_S و F_1 را محاسبه

نمائیم که این مقادیر برحسب نوع زمین و مقادیر S_S و S_1 تعیین خواهد شد که در جداول (۱-۲) و (۲-۲)

مقادیر F_S و F_1 نشان داده شده است.

جدول ۱-۲ ضریب تاثیر نوع ساختگاه در بازه زمان تناوب کوتاه (F_S)

نوع زمین	مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه مورد نظر برای زمان تناوب های کوتاه*				
	$S_S \geq 1.5$	$S_S = 1.25$	$S_S = 1.0$	$S_S = 0.75$	$S_S = 0.5$
I**	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰
II	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۲
III	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۳
IV	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۶
V	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۴	۱٫۶
VI	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه

* برای مقادیر میانی S_S از درون یابی خطی استفاده شود.

** برای زمین نوع یک، در صورتی که سرعت موج برشی با استفاده از آزمایش های ژئوفیزیکی درون چاهی مطمئن حداقل ۳ اندازه گیری تعیین شده است، می توان ضرایب ۰٫۹ را جایگزین کرد.



جدول ۲-۲ ضریب تاثیر نوع ساختگاه در زمان تناوب یک ثانیه (F_1)

نوع زمین	مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه مورد نظر برای زمان تناوب ۱ ثانیه*				
	$S_1 \geq 0.6$	$S_1 = 0.5$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.2$
I**	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰
II	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۵
III	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۲
IV	۲٫۸	۲٫۸	۳٫۲	۳٫۳	۳٫۳
V	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۲
VI	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه

* برای مقادیر میانی S_1 از درون یابی خطی استفاده شود.

** برای زمین نوع یک، در صورتی که سرعت موج برشی با استفاده از آزمایش‌های ژئوفیزیکی درون چاهی مطمئن (حداقل ۳ اندازه‌گیری) تعیین شده است، می‌توان ضریب ۰٫۹ را جایگزین کرد.

☑ همانطور که می‌دانیم نوع زمین توسط آزمایشگاه ژئوتکنیک ارائه شده و با در دست داشتن نوع

خاک و مقادیر S_s و S_1 می‌توان مقادیر F_s و F_1 را محاسبه نمود. این مقادیر در محاسبه

پارامترهای مختلف از جمله ضریب زلزله و تهیه طیف طرح استاندارد و طیف طرح ویژه ساختگاه

و سایر موارد کاربرد خواهد داشت.

شتاب حداکثر زلزله بیشینه مورد نظر در سطح زمین، $PGAs^1$ (بند ۲-۳-۱)

این پارامتر در استاندارد ASCE 7-22 به نام شتاب حداکثر زمین اصلاح شده برای اثر سایت (خاک)

معروف بوده و در محاسبات ژئوتکنیکی نظیر ارزیابی روانگرایی خاک، تحلیل خطرات ژئوتکنیکی، بررسی

گسترش جانبی خاک، طراحی برخی دیوارهای حائل و سازه‌های خاکی و مطالعات اندرکنش خاک و سازه

کاربرد دارد. بنابراین $PGAs$ معادل PGA پس از اعمال اثر خاک است و جزء پارامترهای اصلی محاسبه برش

پایه ساختمان نبوده بنابراین در مواقع مذکور مورد نیاز محاسبه خواهد شد.

$$PGA_S = PGA * F_{PGA} \quad (۲-۱پ)$$

¹ Site-Modified Peak Ground Acceleration



در این رابطه PGA مقدار بیشینه شتاب در سنگ بستر بوده و برابر $0.4S_s$ می‌باشد و F_{PGA} ضریب اصلاح شتاب برای اثرات ساختگاهی بوده که در جدول (۳-۲) مقادیر آن ارائه گردیده است.

جدول ۳-۲ ضریب تاثیر نوع ساختگاه بر شتاب بیشینه زمین (F_{PGA})

نوع زمین	مقادیر شتاب بیشینه در سنگ بستر (PGA) *				
	$PGA \geq 0.6$	$PGA = 0.5$	$PGA = 0.4$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.2$
I**	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰
II	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۲
III	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۱	۱٫۳	۱٫۴
IV	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۶	۱٫۶
V	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۶	۱٫۶
VI	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه

* برای مقادیر میانی PGA از درون‌یابی خطی استفاده شود.

** برای زمین نوع یک، در صورتی که سرعت موج برشی با استفاده از آزمایش‌های ژئوفیزیکی درون‌چاهی مطمئن (حداقل ۳ اندازه‌گیری) تعیین شده است، می‌توان ضرایب ۰٫۹ را جایگزین کرد.

مقادیر شتاب طیفی زلزله طرح، S_{DS} و S_{D1} (بند ۲-۴)

مقادیر شتاب طیفی زلزله طرح در زمان تناوب‌های کوتاه، S_{DS} و S_{D1} از روابط زیر محاسبه خواهد شد:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (الف-۲-۲)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (ب-۲-۲)$$

طیف طرح استاندارد، S_a (بند ۲-۵)

یکی از پارامترهای اساسی در بررسی سازه تحت حرکت زمین S_a بوده که با محاسبه این پارامتر می‌توان طیف طرح استاندارد را ترسیم نمود که شماتیک این نمودار در شکل (۲-۱۱) نشان داده شده است و در روابط (۲-۳-الف) تا (۲-۳-ت) محاسبه مقادیر این پارامتر در بازه زمان تناوب‌های مختلف آورده شده است.



$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad 0 \leq T \leq T_0 \quad (2-3-الف)$$

$$S_a = S_{DS} \quad T_0 \leq T \leq T_s \quad (2-3-ب)$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad T_L \geq T > T_s \quad (2-3-پ)$$

$$S_a = S_{D1} \left(\frac{T_L}{T^2} \right) \quad T > T_L \quad (2-3-ت)$$

پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه S_a در روابط فوق به شرح زیر خواهد بود:

T : دوره تناوب اصلی ساختمان؛ این پارامتر یکی از اصلی‌ترین موارد در محاسبات لرزه ساختمان بوده

که به دوره رفت و برگشت سازه در هنگام زلزله به صورت ساده، دوره تناوب می‌گویند. نحوه محاسبه این پارامتر در فصل سوم تشریح خواهد شد.

T_0 : یکی از دوره‌های انتقال طیف پاسخ طرح است و مطابق شکل (۲-۱۱) دوره‌ای است که در آن

طیف پاسخ طرح از ناحیه افزایش خطی وارد ناحیه شتاب ثابت می‌شود. در نهایت می‌توان گفت دوره طبیعی سازه نیست؛ بلکه یک پارامتر هندسی طیف پاسخ طرح است که شکل بخش کوتاه‌دوره طیف را تعیین می‌کند

$$\text{و مقدار آن برابر است با: } T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_s : یکی از مهم‌ترین پارامترهای طیف پاسخ طرح است و به عنوان دوره انتقال بین ناحیه شتاب ثابت

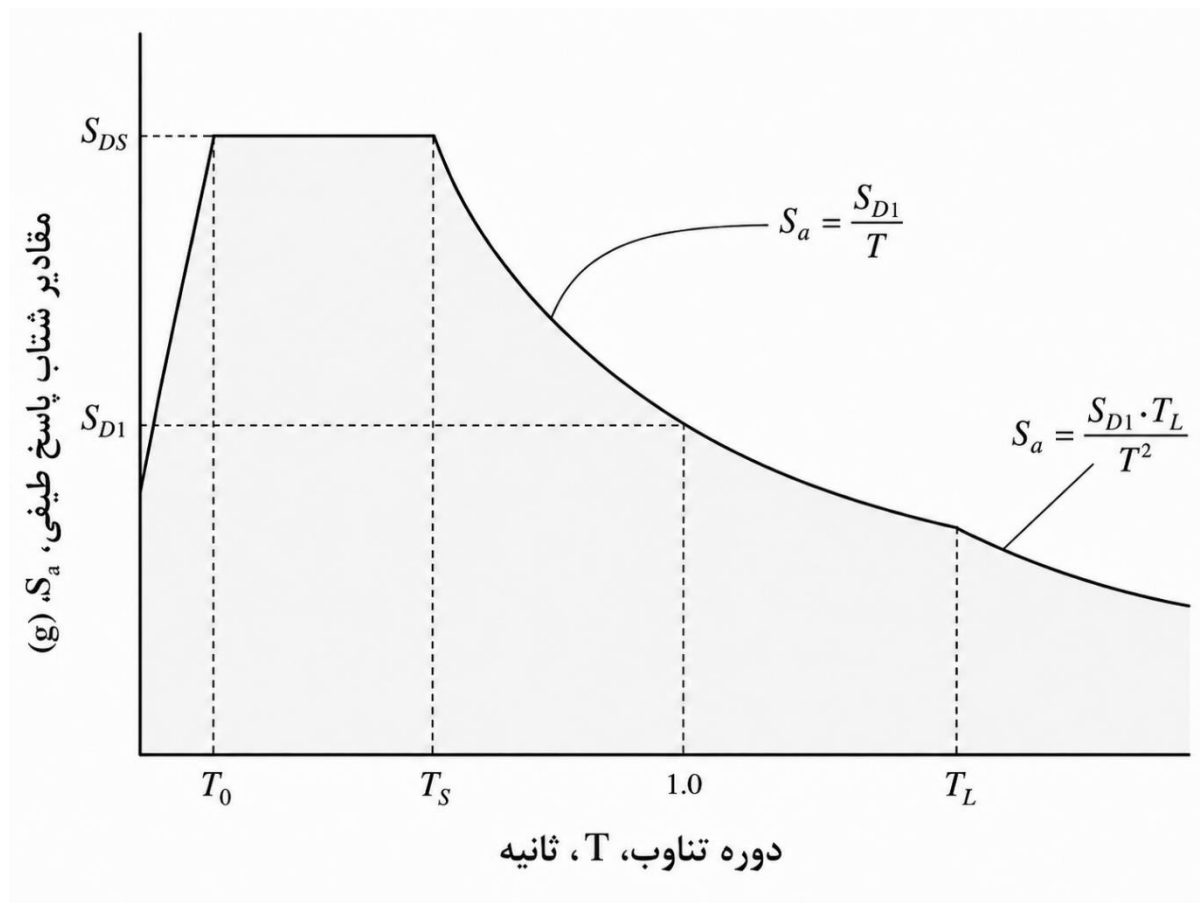
و ناحیه کاهش در طیف تا زمان ۱ ثانیه می‌باشد و به طور کلی دوره‌ای است که در آن طیف پاسخ طرح از

$$\text{ناحیه شتاب ثابت وارد ناحیه سرعت ثابت می‌شود و مقدار آن برابر است با: } T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

همانطور که در قسمت‌های قبلی نیز معرفی گردید S_{DS} و S_{D1} به ترتیب مقادیر شتاب طیفی طرح در

زمان تناوب کوتاه ۰/۲ ثانیه و زمان تناوب ۱ ثانیه بوده که با نسبت میرایی ۵٪ بر حسب شتاب ثقل زمین تعیین می‌شود.

T_L : این دوره تناوب در اصل دوره انتقال بلند مدت نام دارد که اهمیت آن بیشتر در سازه‌های بلند مرتبه نمود پیدا کرده و مقدار آن از نقشه‌های معرفی شده در ASCE 7-22 گرفته می‌شود و در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم نیز مقدار آن برابر ۶ ثانیه معرفی شده است.



شکل (۲-۱۱) طیف طرح استاندارد

طیف زلزله بیشینه مورد نظر، S_{aM} (بند ۲-۵-۱)

این طیف، مقادیر شتاب طیفی الاستیک را برای زلزله‌ای نشان می‌دهد که به‌عنوان حداکثر زلزله موردنظر برای طراحی (MCE_R) در نظر گرفته شده است. این طیف بر اساس خطر لرزه‌ای منطقه و شرایط خاک محل تعیین می‌شود. مطابق این استاندارد در صورت نیاز به طیف زلزله بیشینه موردنظر، مقدار آن برابر



۱/۵ برابر طیف طرح در نظر گرفته می‌شود، مگر اینکه طیف ویژه ساختگاه از تحلیل خطر و پاسخ ساختگاه به دست آمده باشد.

طیف طرح قائم استاندارد^۱ (بند ۲-۵-۲)

طیفی است که تغییرات شتاب طیفی قائم طرح را بر حسب دوره تناوب نشان می‌دهد و مبنای اعمال اثرات قائم زلزله در تحلیل و طراحی است. این طیف با استفاده از پارامترهای خطر لرزه‌ای و روابط ارائه شده در ویرایش پنجم استاندارد ۲۸۰۰ تعیین می‌شود. این طیف بیشتر، برای بررسی اثرات مؤلفه قائم زلزله، مانند افزایش یا کاهش نیروهای محوری، تغییر لنگر خمشی تیرها، اثر بر کنسول‌ها و اعضای با دهانه بلند و سایر موارد مشابه به کار می‌رود. محاسبه این پارامتر در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم در سه بازه زمانی (زمان تناوب قائم) مطابق روابط زیر محاسبه خواهد شد:

زمان تناوب قائم (T_v): دوره طبیعی ارتعاش سازه در جهت قائم است؛ یعنی زمانی که سازه یا یک عضو سازه‌ای در اثر بار قائم (مانند مؤلفه قائم زلزله) به ارتعاش درمی‌آید. برخلاف دوره تناوب افقی (T) که معمولاً مربوط به حرکت جانبی کل ساختمان است، T_v معمولاً به سختی و جرم اعضای نظیر تیرهای بلند، دال‌های بلند، کنسول‌ها و سایر المان‌هایی که دارای ارتعاش بالایی هستند، بستگی دارد.

☑ نکته بسیار در مورد زمان تناوب قائم مربوط به نحوه محاسبه آن بوده و همانطور که گفته شد محاسبه این پارامتر به جرم و سختی المان‌ها بستگی خواهد داشت، از طرفی با توجه به تعدد المان‌ها در یک ساختمان متعارف محاسبه این پارامترها به صورت دستی تقریباً امری غیر ممکن خواهد بود و برای محاسبه این مورد نیاز به تحلیل مودال در ETABS بوده تا مقدار زمان تناوب قائم سازه استخراج گردد.

^۱ Standard Vertical Design Spectrum



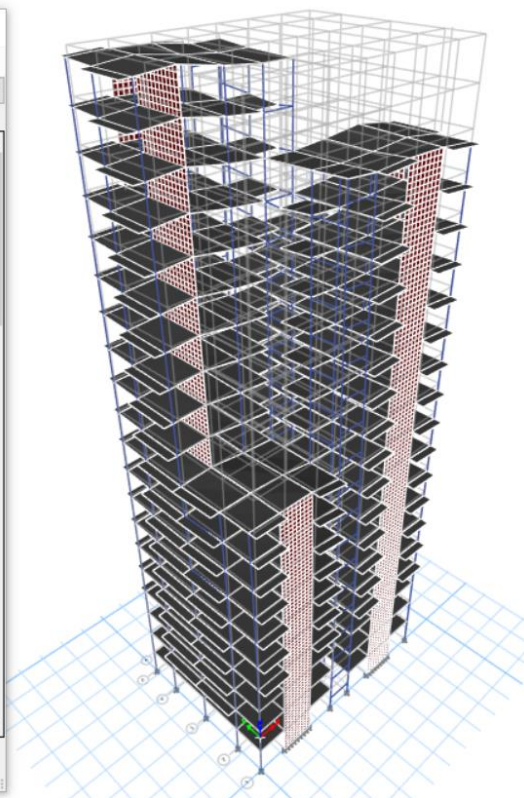
☑ با توجه به سختی قائم بسیار زیاد المان‌ها در ساختمان‌های متعارف در هنگام برداشت زمان

تناوب سازه درصد مشارکت جرمی ساختمان در جهت قائم (UZ) معمولاً صفر خواهد بود، در

شکل (۲-۱۲) خروجی مودال یک سازه ۲۰ طبقه بتنی با دیوار برشی به‌عنوان مثال نشان داده

شده است:

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ
Modal	1	2.117	0.6137	0.0004	0
Modal	2	1.62	0.0001	0.4503	0
Modal	3	1.356	0.0024	0.1184	0
Modal	4	0.75	0.1737	0.0004	0
Modal	5	0.587	0.0006	0.139	0
Modal	6	0.458	0.005	0.0038	0
Modal	7	0.407	0.0263	0.0553	0
Modal	8	0.337	0.0442	0.0229	0
Modal	9	0.252	0.0004	0.0507	0
Modal	10	0.226	0.032	0.0056	0
Modal	11	0.188	0.0142	0.0166	0
Modal	12	0.151	0.0012	0.0441	0
Modal	13	0.145	0.0022	0.0009	0
Modal	14	0.144	0.0126	8.613E-07	0
Modal	15	0.118	0.0098	0.0095	0
Modal	16	0.108	0.0092	0.0116	0
Modal	17	0.099	0.0019	0.0065	0
Modal	18	0.086	0.0128	0.0002	0



شکل (۲-۱۲) خروجی مودال سازه ۲۰ طبقه در ETABS

همانطور که در شکل فوق نشان داده شده است میزان مشارکت قائم زلزله (UZ) تا مد شماره ۱۸م برابر

صفر بوده و از آنجاییکه برای سازه ۲۰ طبقه تعداد مد نوسان تعریف شده برابر ۶۰ می‌باشد در ادامه در جدول

زیر نتایج مودال برای تمامی مد‌ها ارائه گردیده است که مشاهده می‌شود برای تمامی مد‌های نوسان مقدار

UZ برابر صفر می‌باشد:



TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ
		sec			
Modal	1	2.117	0.6137	0.0004	0
Modal	2	1.62	0.0001	0.4503	0
Modal	3	1.356	0.0024	0.1184	0
Modal	4	0.75	0.1737	0.0004	0
Modal	5	0.587	0.0006	0.139	0
Modal	6	0.458	0.005	0.0038	0
Modal	7	0.407	0.0263	0.0553	0
Modal	8	0.337	0.0442	0.0229	0
Modal	9	0.252	0.0004	0.0507	0
Modal	10	0.226	0.032	0.0056	0
Modal	11	0.188	0.0142	0.0166	0
Modal	12	0.151	0.0012	0.0441	0
Modal	13	0.145	0.0022	0.0009	0
Modal	14	0.144	0.0126	8.613E-07	0
Modal	15	0.118	0.0098	0.0095	0
Modal	16	0.108	0.0092	0.0116	0
Modal	17	0.099	0.0019	0.0065	0
Modal	18	0.086	0.0128	0.0002	0
Modal	19	0.078	0.0002	0.0193	0
Modal	20	0.073	0.0002	0.0044	0
Modal	21	0.069	0.0091	0.000002019	0
Modal	22	0.067	0.002	0	0
Modal	23	0.066	0.0001	0.0002	0
Modal	24	0.065	0.00004393	0.0001	0
Modal	25	0.063	0.0005	0.0001	0
Modal	26	0.062	0.0008	0.0004	0
Modal	27	0.06	0.0003	0.0084	0
Modal	28	0.059	0.00000586	0.0027	0
Modal	29	0.057	0.003	0.0002	0
Modal	30	0.056	0	0.0004	0
Modal	31	0.055	0.001	0.00003779	0
Modal	32	0.054	0.0016	0.0000482	0
Modal	33	0.052	0.0009	0.00001903	0
Modal	34	0.05	0.000009034	0.0001	0
Modal	35	0.049	0.0005	0.0086	0
Modal	36	0.048	0.005	0.0009	0
Modal	37	0.046	0.0001	0.0000134	0
Modal	38	0.045	0.0001	0.0001	0
Modal	39	0.042	0.001	0.0035	0
Modal	40	0.042	0.0022	0.0011	0
Modal	41	0.039	0.0007	0.00004547	0
Modal	42	0.037	0.0027	0.000007596	0



Modal	43	0.037	0.00003331	0.0045	0
Modal	44	0.034	0.0008	0.0003	0
Modal	45	0.033	0.0002	0.0005	0
Modal	46	0.033	0.0003	0.0011	0
Modal	47	0.032	0.001	0.0007	0
Modal	48	0.031	0.0011	0.0001	0
Modal	49	0.03	0.000002796	0.0016	0
Modal	50	0.029	0.0002	0.0004	0
Modal	51	0.029	0.0003	0.0003	0
Modal	52	0.028	0.0006	0.0001	0
Modal	53	0.027	0.0001	0.0008	0
Modal	54	0.027	0.0002	0.00001215	0
Modal	55	0.026	0.00002142	0.0001	0
Modal	56	0.026	0.00002031	0.0009	0
Modal	57	0.025	0.0003	0.00004317	0
Modal	58	0.025	0.000004775	0.0004	0
Modal	59	0.024	0.0004	9.163E-07	0
Modal	60	0.024	0	0.0002	0

☒ برای به دست آوردن زمان تناوب قائم ۳ راهکار زیر در این زمینه پیشنهاد می‌شود:

(۱) افزایش تعداد مدهای نوسان

این راهکار در ساختمان‌های بسیار کمی کارساز بوده از این رو بایستی از سایر راهکارها استفاده نمود.

(۲) استفاده از دیافراگم نیمه‌صلب به جای دیافراگم صلب

این راهکار نیز مشابه راهکار اول در سازه‌هایی که سختی قائم آنها قابل توجه بود اثرگذار نبوده و شاهد میزان مشارکت قائم صفر خواهیم بود.

(۳) استفاده از مشارکت بارهای قائم در تعریف وزن موثر لرزه‌ای

این راهکار در تمامی حالات جوابگو بوده و شما با تنظیم مشارکت بارهای قائم در Mass Source در ETABS می‌توانید میزان مشارکت قائم سازه را مشاهده نمایید که در ادامه نحوه تنظیم آن نشان داده شده است:



Mass Source Data

Mass Source Name: W

Mass Source

☐ Element Self Mass

☐ Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

☐ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:

This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:

This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
DEAD	1
DEAD	1
LIVE	0.2
Snow	0.2
Mass	1

Mass Options

☒ Include Lateral Mass

☒ Include Vertical Mass

☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

شکل (۲-۱۳) تنظیم مشارکت بارهای قائم در وزن موثر لرزه‌ای در ETABS

حال با تحلیل سازه و برداشت نتایج مودال سازه می‌توان زمان تناوب قائم سازه را به دست آورد:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ
		sec			
Modal	1	2.118	0.6128	0.0004	0
Modal	2	1.622	0.0001	0.4492	0.00002603
Modal	3	1.358	0.0024	0.1172	0.00001821
Modal	4	0.752	0.1737	0.0004	5.473E-07
Modal	5	0.59	0.0006	0.1379	0.00003977
Modal	6	0.459	0.0048	0.0044	0.00000878
Modal	7	0.41	0.0261	0.0555	0.0001
Modal	8	0.339	0.0444	0.0225	0.000005298
Modal	9	0.254	0.0003	0.0507	0.0004
Modal	10	0.228	0.0314	0.0058	0.0006
Modal	11	0.202	0.0001	0	0.3496
Modal	12	0.191	0.0146	0.0164	0.000001312
Modal	13	0.182	0.00002743	0.0003	0
Modal	14	0.173	0.0002	0.0018	0.0887
Modal	15	0.168	0.00001101	0.00001744	0.12
Modal	16	0.164	0.000002283	0.0005	0.0251
Modal	17	0.154	0.0008	0.0378	0.0022
Modal	18	0.152	0.0003	0.0004	0.0005
Modal	19	0.149	0.00004024	0.001	0.000005837
Modal	20	0.148	0.0004	0.00003123	0.0001
Modal	21	0.146	0.0083	0.0024	0.0004
Modal	22	0.145	0.0061	0.0004	0.0006



Modal	23	0.14	0.0001	0.000001104	0.0026
Modal	24	0.137	0.000008797	0.0003	0.0204
Modal	25	0.135	0.00003386	0.0001	0.0351
Modal	26	0.131	0	0.00002003	0.0057
Modal	27	0.131	0	0.0000067	0.0002
Modal	28	0.126	0	0.00001871	0.0009
Modal	29	0.125	0.00002664	0.00004607	0.0061
Modal	30	0.12	0.0093	0.0099	0.0002
Modal	31	0.118	0	0.000009486	0.0077
Modal	32	0.117	0.00002929	0.00001386	0.0197
Modal	33	0.114	0.000002917	0.000005348	0.0007
Modal	34	0.11	0.0069	0.0074	0.0045
Modal	35	0.109	0.0025	0.0039	0.0097
Modal	36	0.107	0.00003059	0.000005607	0.0055
Modal	37	0.106	0.000001974	0.0001	0.0001
Modal	38	0.105	0.000004092	0.0004	0.0161
Modal	39	0.104	0.00002572	0.0001	0.0127
Modal	40	0.102	0.0002	0.0009	0.0096
Modal	41	0.101	0.0018	0.0052	0.0022
Modal	42	0.098	0.000001815	0.0001	0.003
Modal	43	0.098	0.000005017	0	0.0103
Modal	44	0.096	0.000002355	0.000006449	0.0009
Modal	45	0.092	0.000001411	0.000002594	0.0006
Modal	46	0.092	8.066E-07	0.000003551	0.0008
Modal	47	0.087	0.0128	0.0002	0.00004188
Modal	48	0.086	0.00003809	0.00001448	0.0368
Modal	49	0.084	0.000001338	0.0001	0.0061
Modal	50	0.081	0.00000768	0.00002165	0.001
Modal	51	0.081	0.000001593	0.00000145	0.0073
Modal	52	0.08	0.00002335	0.0002	0.0035
Modal	53	0.079	0.0003	0.0185	0.0004
Modal	54	0.078	0.000002771	0.000002025	0.0008
Modal	55	0.075	0.000006401	0.00004625	0.0003
Modal	56	0.074	0.0002	0.0039	0.0001
Modal	57	0.074	0.00003111	0.0009	0.0013
Modal	58	0.074	0	0.00004738	0.0054
Modal	59	0.073	0	0.000001216	0.0072
Modal	60	0.071	0	0.000001953	0.0003

در ستون آخر میزان مشارکت جرمی در جهت قائم قابل مشاهده می باشد که بیشترین میزان مشارکت

در مد شماره ۱۱ به میزان ۰/۳۴۹۶ بوده که زمان تناوب آن نیز برابر ۰/۲۰۲ ثانیه خواهد بود.

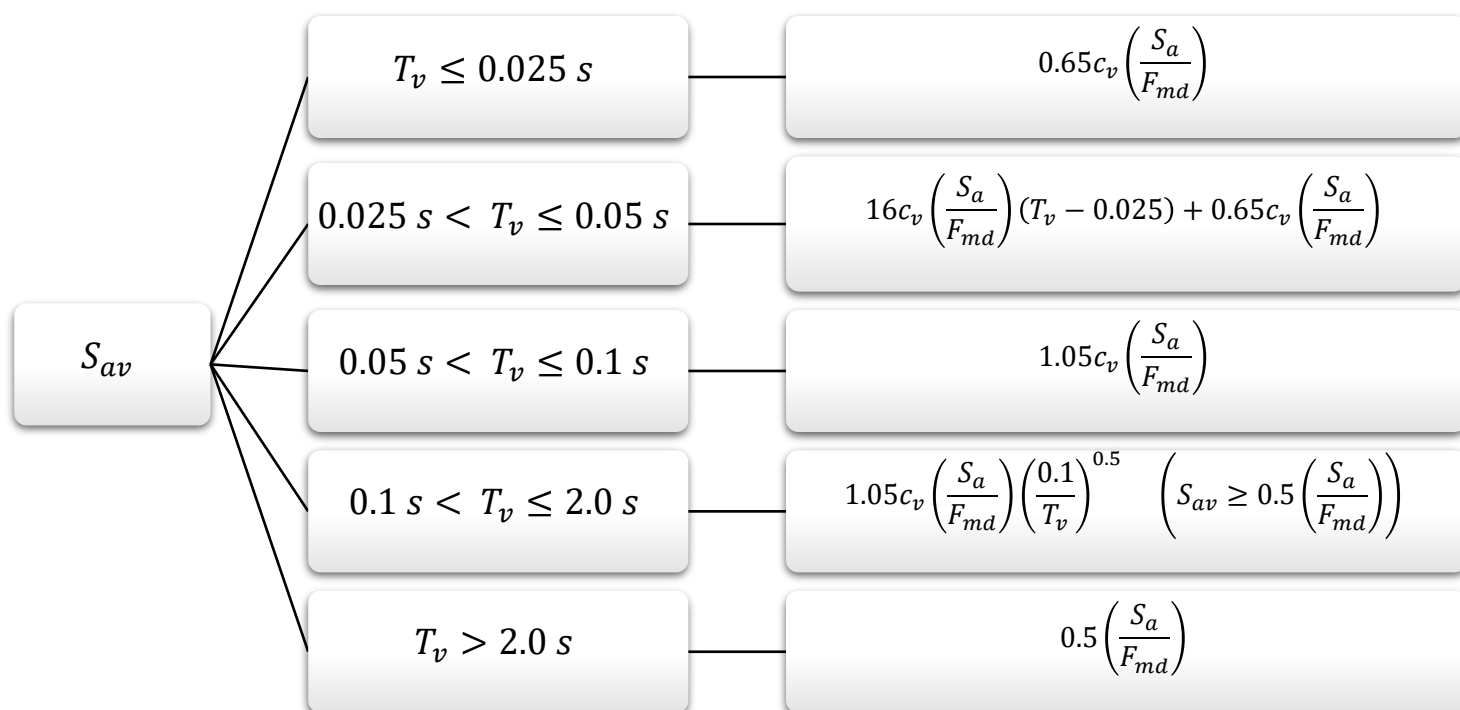


✓ اکیداً توصیه می‌شود این روند فقط برای روند برداشت زمان تناوب قائم سازه کاربرد داشته و

در هنگام برداشت زمان تناوب افقی و طراحی سازه و سایر کنترل‌ها تیک مربوط به میزان

مشارکت بارهای قائم در وزن موثر لرزه‌ای برداشته خواهد شد.

حال بعد از به دست آوردن زمان تناوب قائم سازه می‌توان مقدار آن را در ۵ دسته زیر محاسبه نمود:



شکل (۲-۱۴) نحوه محاسبه مقدار S_{av}

در روابط لازمه برای محاسبه طیف طرح قائم پارامترهای C_v ضریب اثرات ساختگاه که از جدول

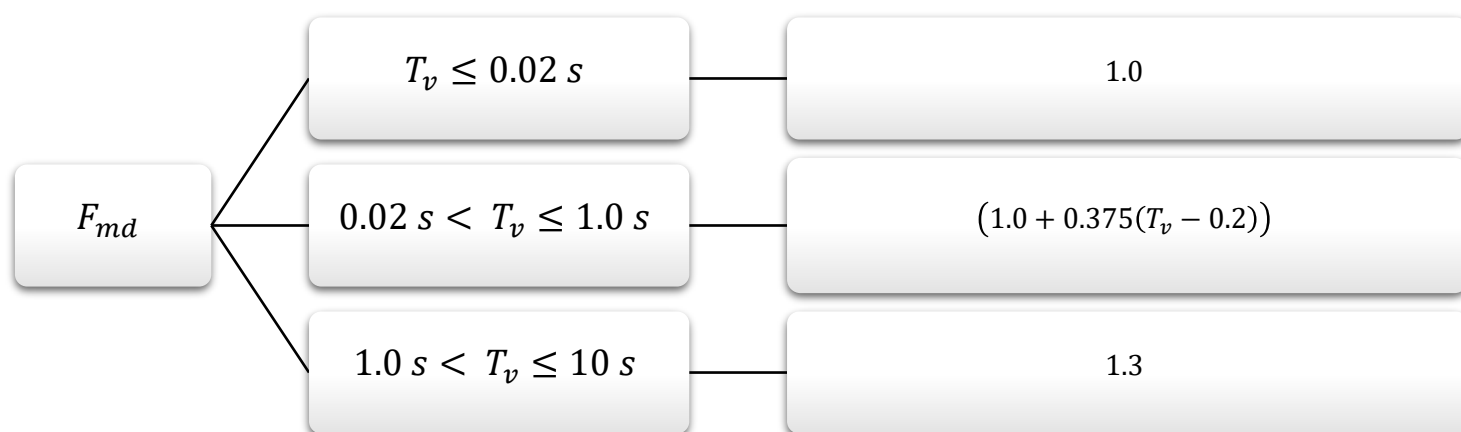
(۲-۴) محاسبه و F_{md} ضریب تبدیل میانگین هندسی مختصه طیفی به مقدار حداکثر بوده که ادامه

نحوه محاسبه آن آورده شده است.



جدول ۲-۴ مقادیر ضریب قائم C_v بر حسب نوع زمین

S_{MS} (بر حسب شتاب ثقل)	I	II	III	IV	V
≥ 2.0	۱.۱	۱.۳	۱.۴	۱.۵	۱.۴
$= 1.0$	۱.۰	۱.۱	۱.۲	۱.۳	۱.۲
$= 0.6$	۰.۹۵	۱.۰	۱.۰۵	۱.۱	۱.۰۵
$= 0.3$	۰.۸	۰.۸	۰.۸۵	۰.۹	۰.۸۵
≤ 0.2	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۷	۰.۷



شکل (۲-۱۵) نحوه محاسبه مقدار F_{md}

تبصره ۱: محاسبه S_{av} بر حسب مطالعه ویژه ساختگاه مجاز بوده اما مقدار آن نباید از ۰.۸۰٪ مقادیر

محاسبه شده در روابط ارائه شده کمتر در نظر گرفته شود.

تبصره ۲: در صورت نیاز به طیف قائم بیشینه می‌توان از ۱/۵ برابر طیف طرح قائم استفاده نمود.

☑ طیف طرح قائم بیشینه برای همه ساختمان‌ها استفاده نمی‌شود، بلکه در مواردی به کار می‌رود که اثر

مؤلفه قائم زلزله اهمیت دارد (مانند: کنسول‌های بلند، طراحی سازه‌های خاص با اهمیت خیلی زیاد،

سقف‌های با دهانه بلند و موارد مشابه).



طبقه‌بندی نوع زمین (بند ۲-۶)

یکی از تفاوت‌های اساسی استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم به نسبت ویرایش چهارم، طبقه‌بندی نوع زمین می‌باشد که در استاندارد ویرایش پنجم ۶ نوع زمین برای ساختگاه‌ها مشخص گردیده است که بدین ترتیب با در دست داشتن سرعت موج برشی متوسط مطابق رابطه (۲-۱۲) استاندارد نوع زمین نیز مطابق جدول (۲-۵) تعیین شده و در اختیار محاسب سازه قرار می‌گیرد.

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n (d_i / v_{si})} \quad (2-12)$$

d_i : ضخامت هر لایه

V_{si} : سرعت موج برشی هر لایه

n : تعداد لایه‌ها تا عمق ۳۰ متری از تراز پایه ($\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ m}$)

$\bar{N}_{1(60)}$: میانگین تعداد ضربات اصلاح‌شده آزمایش نفوذ استاندارد در لایه‌های مختلف خاک تا عمق

۳۰ متری

C_u : میانگین مقاومت برشی زهکشی‌نشده در خاک‌های چسبنده اشباع در لایه‌های مختلف خاک تا

عمق ۳۰ متری



جدول ۲-۵ طبقه‌بندی نوع زمین

نوع زمین	توصیف لایه‌بندی زمین	پارامترها		
		$\bar{C}_u$ (kPa)	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{V}_s$ (m/s)
I	سنگ و شبه سنگ، با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا تراز پایه	-	-	>750
II	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت	>250	>50	$375-750$
III	خاک متراکم یا نسبتاً متراکم، شامل شن و ماسه متراکم تا نسبتاً متراکم یا رس سخت	$70-250$	$15-50$	$175-375$
IV	خاک متوسط تا نرم، شامل خاک غیرچسبنده با تراکم متوسط تا سست، یا خاک چسبنده سفت تا نرم	$20-70$	<15	$100-175^*$
V	پروفیل خاک متشکل از لایه‌های آبرفتی با سرعت موج برشی $\bar{V}_s$ در محدوده خاک‌های گروه III و IV و ضخامت بین ۵ متر تا ۲۰ متر، بر روی لایه سخت با سرعت موج برشی بزرگتر از ۷۵۰ متر بر ثانیه با حداقل ۳ برابر میانگین سرعت موج برشی لایه فوقانی	---	---	---
VI	نهشته‌های متشکل از حداقل ۱۰ متر خاک‌های رسی همراه با لای نرم و دارای اندیس خمیری بیش از ۴۰ و رطوبت زیاد	$10-20^*$	-	$<100^*$

* اعداد فوق برای راهنمایی کلی است و در عمل ممکن است مرز دو طبقه IV و VI کمی متفاوت باشد.

☑ نکات خاص نوع زمین:

- در مواردی که در انطباق نوع زمین محل ساختگاه با انواع مندرج در جدول فوق تردیدی وجود داشته باشد، باید نوع زمینی که شتاب طیفی بزرگتری به‌دست می‌دهد، انتخاب گردد.
- در مواردی که اثرات بزرگنمایی توپوگرافی قابل توجه است و یا زمین بر روی شیب قرار گرفته است، تصحیحات لازم طبق بند (۶-۴-۲-۱) فصل الزامات ژئوتکنیکی اعمال شود.



۳) در کلیه ساختگاه‌ها چنانچه عواملی وجود داشته باشد که منجر به ناپایداری زمین گردد (مانند نهشته‌های متشکل از خاک‌های قابل روانگرایی، رس‌های حساس و هر پروفیل خاک دیگری که در طبقه‌بندی‌های نوع زمین I تا IV جدول فوق قرار نگیرد) لازم است کنترل‌های مطرح شده در فصل الزامات ژئوتکنیکی مد نظر قرار گیرد و در صورت لزوم طیف ویژه ساختگاه تهیه شود.

گروه طراحی لرزه‌ای (بند ۲-۷)

یکی از اساسی‌ترین بخش‌های مربوط به محاسبات لرزه‌ای در این استاندارد تعیین گروه طراحی لرزه‌ای ساختمان (SDC)^۱ بوده که بسیاری از موارد محاسباتی نیازمند تعیین گروه طراحی لرزه‌ای خواهد بود. تعیین گروه طراحی لرزه‌ای بر اساس ضریب اهمیت ساختمان و لرزه‌خیزی منطقه مطابق جدول (۲-۶) در سه دسته گروه طراحی لرزه‌ای ۱ (SDC-1)، گروه طراحی لرزه‌ای ۲ (SDC-2) و گروه طراحی لرزه‌ای ۳ (SDC-3) تقسیم‌بندی می‌شوند.

جدول ۲-۶ گروه‌بندی طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها

شرایط	اهمیت خیلی زیاد	اهمیت زیاد	اهمیت متوسط و کم
$I_e \cdot S_{D1} \leq 0.40$ و $I_e \cdot S_{DS} \leq 0.75$	SDC-3	SDC-2	SDC-1
$I_e \cdot S_{D1} > 0.40$ یا $I_e \cdot S_{DS} > 0.75$ و $I_e \cdot S_1 \leq 0.6$	SDC-3	SDC-2	SDC-2
$I_e \cdot S_1 > 0.6$	SDC-3	SDC-3	SDC-3

☑ ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد همیشه گروه طراحی لرزه‌ای ۳ (SDC-3) خواهند بود.

☑ ساختمان‌های با اهمیت زیاد گروه طراحی لرزه‌ای ۲ (SDC-2) خواهند بود به استثناء مواردی

که $(I_e \cdot S_1 > 0.6)$ باشد.

¹ Seismic Design Category



✓ ساختمان‌های با اهمیت متوسط و کم امکان قرار گرفتن در هر سه دسته طراحی لرزه‌ای را

بسته به شرایط خواهند داشت که در زیر به صورت خلاصه بیان گردیده است:

❖ شرایط گروه طراحی لرزه‌ای ۱ (SDC-1) در ساختمان‌های با اهمیت متوسط و کم

$$SDC - 1 \rightarrow \begin{cases} I_e \cdot S_{D1} \leq 0.4 \\ \text{و} \\ I_e \cdot S_{DS} \leq 0.75 \end{cases}$$

❖ شرایط گروه طراحی لرزه‌ای ۲ (SDC-2) در ساختمان‌های با اهمیت متوسط و کم

$$SDC - 2 \rightarrow \begin{cases} I_e \cdot S_{D1} > 0.4 \quad \text{یا} \quad I_e \cdot S_{DS} > 0.75 \\ \text{و} \\ I_e \cdot S_1 \leq 0.6 \end{cases}$$

❖ شرایط گروه طراحی لرزه‌ای ۳ (SDC-3) در ساختمان‌های با اهمیت متوسط و کم

$$SDC - 3 \rightarrow I_e \cdot S_1 > 0.6$$

طیف ویژه ساختگاه (بند ۲-۸)

طیف پاسخ شتابی که با در نظر گرفتن خطر لرزه‌ای محل، شرایط زمین‌شناسی، مشخصات ژئوتکنیکی و اثر پاسخ ساختگاه تهیه می‌شود و در صورت لزوم جایگزین طیف طرح استاندارد می‌شود. طیف ویژه ساختگاه با بررسی مشخصات زلزله‌های منطقه و با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی، زلزله‌شناختی، میزان خطرپذیری و مشخصات خاک در لایه‌های مختلف ساختگاه و با به کارگیری نسبت میرایی ۵٪ تعیین می‌گردد. نتایج این بررسی‌ها، شامل مستندات مرتبط با لرزه زمین‌ساخت و نرخ لغزش گسل‌ها، کاتالوگ لرزه‌ای، انتخاب روابط تخمین جنبش زمین (افقی و قائم)، تفکیک خطر لرزه‌ای و انتخاب شتابنگاشت‌های مناسب برای تحلیل پاسخ ساختگاه و تحلیل تاریخچه‌زمانی سازه، مدل آبرفت و روش تحلیل آن، تحلیل حساسیت و درخت منطق بکار رفته و سایر موارد مرتبط باید در قالب یک گزارش فنی "قابل ارزیابی و داوری مستقل" ارائه شود.



✓ به مجموع کارهای صورت گرفته در قسمت فوق می توان گفت تحلیل خطر ساختگاه بایستی صورت گرفته و نکات و پارامترهای مربوطه در تهیه طیف ویژه ساختگاه لحاظ گردد، از این رو در صورت علاقه به کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه توصیه می گردد کتب مربوط تحلیل خطر لرزه ای و مبانی لرزه شناسی مطالعه شود.

نکات مهم مربوط به طیف ویژه ساختگاه

(۱) در صورتیکه نوع ساختمان و سطح زلزله مورد نظر نسبت میرائی متفاوتی را ایجاب کند، می توان آن را مبنای تهیه طیف قرار داد. در توضیح این بند از استاندارد می توان گفت معمولاً با افزایش نسبت میرایی شاهد کاش پاسخ لرزه ای سازه خواهیم بود و طبیعتاً ارزیابی و محاسبه این نسبت میرایی کاری نسبتاً دشوار بوده و در سیستم های لرزه ای متداول دستیابی به نسبت های میرایی بالاتر احتمالاً امکان پذیر نخواهد بود و در سازه های مجهز به میراگر و یا سازه های دارای سیستم خاص لرزه ای که بیشتر در سازه های بلند استفاده می شود امکان دستیابی به نسبت میرایی بالاتر میسر خواهد بود.

(۲) طیف قائم در صورت نیاز بایستی با استفاده از روابط تخمین مولفه قائم جنبش زمین یا تبدیل طیف افقی با ضرایب مناسب با به کارگیری نتایج تفکیک خطر لرزه ای افقی، تهیه شود.

(۳) طیف ویژه ساختگاه در چارچوب تحلیل خطر احتمالاتی (PSHA)^۱ به دو روش قابل تهیه است: الف) استفاده مستقیم از روابط کاهندگی در سطح زمین.

ب) استفاده از روابط کاهندگی در سنگ بستر همراه با تحلیل پاسخ ساختگاه.

(۴) برای ساختگاه های نوع IV تا VI که انجام مطالعات ویژه ساختگاه الزامی است، فقط روش (ب) مجاز است.

^۱ Probabilistic Seismic Hazard Analysis



(۵) روابط متداول کاهندگی معمولاً بر اساس میانگین هندسی دو مؤلفه افقی ارائه می‌شوند.

(۶) برای تبدیل این طیف به راستای بیشینه بارگذاری، ضرایب تبدیل اعمال می‌شود، این ضریب برای زمان تناوب کمتر از 0.2 ثانیه برابر $1/0$ و برای زمان تناوب 1 ثانیه و بیشتر برابر $1/3$ است و برای زمان تناوب‌های بین آنها، درون‌یابی خطی انجام می‌شود. در صورت انجام تحلیل پاسخ ساختگاه، این ضرایب باید به طیف سنگ بستر اعمال شوند.

(۷) در صورت انجام تحلیل ویژه ساختگاه، طیف زلزله بیشینه مورد نظر (S_{aM})، با دوره بازگشت 2475 سال (احتمال فراگذشت 2 درصد در پنجاه سال) محاسبه می‌شود. کران بالای این طیف نیز مقادیر طیف تعیینی است. طیف طرح ویژه ساختگاه، دو سوم طیف زلزله بیشینه مورد نظر است

$$(S_a = \frac{2}{3} S_{aM})$$

(۸) طیف تعیینی در استاندارد 2800 ویرایش پنجم، صدک 84 (میانگین به علاوه یک انحراف معیار) شدیدترین زلزله تعیینی است که با استفاده از روابط تخمین جنبش زمین و در جهت بیشینه بارگذاری محاسبه می‌شود. در صورت وجود اثرات حوزه نزدیک گسل، این اثرات نیز باید در محاسبات لحاظ شده و پوش بحرانی‌ترین حالت‌ها ملاک قرار گیرد. زلزله تعیینی برای تمامی گسل‌هایی که حداقل 10 درصد سهم در خطر لرزه‌ای ساختگاه دارند محاسبه می‌شود و میانگین بزرگای حاصل از تفکیک خطر لرزه‌ای در دوره بازگشت 2475 سال، مبنای تعیین زلزله تعیینی هر گسل است.

✓ یکی از نکات برجسته در این بند از استاندارد، اشاره به حوزه نزدیک گسل می‌باشد که در ویرایش پنجم استاندارد 2800 بدان پرداخته شده و در بند $(2-8-4)$ نیز ساختگاه‌های واقع در این حوزه را معرفی نموده است.



۹) اگر بزرگترین مقدار پاسخ طیفی (قله طیف) حاصل از زمین لرزه تعیینی (بر حسب شتاب ثقل) کمتر از $1/5F_s$ باشد، لازم است همه مقادیر طیفی آن در ضریبی یکسان به نحوی مقیاس شود که مقدار این بزرگترین پاسخ برابر $1/5F_s$ شود. برای زمین‌های نوع I، II، III و V مقدار F_s با توجه به جدول (۱-۲) با فرض $S_s=1.5$ می‌توان تعیین کرد. برای زمین نوع IV نیز این ضریب برابر $1/0$ خواهد بود. (تبصره: در صورتی که بزرگترین مقدار پاسخ طیفی (قله طیف) حاصل از تحلیل خطر احتمالاتی در دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال کمتر از $1/2F_s$ باشد به محاسبه جنبش حاصل از زمین‌لرزه تعیینی نیاز نیست. برای زمین‌های نوع I، II، III و V مقدار F_s با توجه به جدول (۱-۲) با فرض $S_s=1.5$ می‌توان تعیین کرد. برای زمین نوع IV نیز این ضریب برابر $1/0$ خواهد بود.

موارد ضرورت تهیه طیف ویژه ساختگاه (بند ۲-۸-۱)

استفاده از طیف ویژه ساختگاه محدودیتی نداشته اما استفاده مولفه افقی آن در موارد زیر الزامی است:

- ۱) ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد در حوزه نزدیک گسل
- ۲) در کلیه ساختگاه‌هایی که عواملی منجر به ناپایداری زمین گردد وجود داشته باشد (مطابق بند (۲-۶-۴))
- ۳) ساختمان‌هایی که مشمول استفاده از روش تحلیل دینامیکی مطابق بند (۳-۸) شده و یکی از شرایط زیر در آنها وجود داشته باشد:

الف) ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۱۵۰ متر از تراز پایه و یا دارای زمان تناوب اصلی بیش از $3/5$ ثانیه

ب) ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد دارای نوع زمین غیر از I، II و III

پ) ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۵۰ متر دارای نوع زمین غیر از I، II و III

ت) ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۵۰ متر دارای نوع زمین II و III با ضخامت لایه خاک بیش از ۶۰

متر



✓ مفاهیمی همچون تراز پایه، تحلیل دینامیکی، زمان تناوب و ... در فصل سوم به صورت کامل تشریح خواهد گردید.

حد پایین طیف ویژه ساختگاه (بند ۲-۸-۲)

مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه (مولفه افقی و قائم) در هیچ زمان تناوبی، نباید کمتر از ۸۰ درصد مقادیر نظیر طیف طرح استاندارد باشد. همچنین مقادیر طیف زلزله بیشینه مورد نظر در صورت نیاز، نباید کمتر از ۸۰ درصد مقادیر نظیر طیف زلزله بیشینه مورد نظر (بند ۲-۵-۱) در نظر گرفته شود. در این مقایسه باید از ضرایب زیر استفاده شود:

الف) در نوع زمین I و II، ضرایب F_s و F_1 با جداول (۲-۱) و (۲-۲) تعیین شود.

ب) در نوع زمین III و V، ضریب F_s با جدول (۲-۱) و ضریب F_1 برابر $2/5$ در نظر گرفته شود.

پ) در نوع زمین IV و VI، ضریب F_s در مواقعی که $S_s < 1.0$ باشد از جدول (۲-۱) تعیین و زمانی که بزرگتر از $S_s \geq 1.0$ باشد برابر $1/0$ در نظر گرفته شود و F_1 برابر $4/0$ در نظر گرفته شود.

مقادیر شتاب طیفی در صورت استفاده از طیف ویژه ساختگاه (بند ۲-۸-۳)

الف) برای شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه (S_{DS})، ۹۰٪ بیشترین مقدار شتاب طیف ویژه بین زمان تناوب $0/2$ تا $0/5$ ثانیه خواهد بود.

ب) برای شتاب طیفی در زمان تناوب یک ثانیه (S_{D1})، برابر بزرگترین مقدار نظیر شتاب طیف ویژه در زمان تناوب یک ثانیه و مجموعه حاصل ضربهای $(0.9T \times S_a)$ در دامنه زمان تناوب ۱ تا ۵ ثانیه برای ساختگاههای با سرعت موج برشی متوسط کمتر یا مساوی ۴۵۰ متر بر ثانیه ($\bar{V}_s \leq 450 \text{ m/s}$) و دامنه زمان تناوب ۱ تا ۲ ثانیه برای ساختگاههای با سرعت موج برشی متوسط بزرگتر از ۴۵۰ متر بر ثانیه ($\bar{V}_s > 450 \text{ m/s}$) در نظر گرفته می شود.



پ) مقادیر S_{MS} و S_{M1} مقادیر شتاب طیفی، نظیر زلزله بیشینه مورد نظر، به ترتیب در زمان تناوب کوتاه و یک ثانیه در سطح زمین، $1/5$ برابر مقادیر نظیر طراحی است.

ت) مقدار S_1 نیز که در پیوست (۱) استاندارد ارائه شده است در رابطه (۳-۵) فصل سوم در مبحث محاسبه حداقل ضریب زلزله، رابطه (۵-۲) فصل پنجم در مبحث حداقل ضریب زلزله سازه‌های غیر ساختمانی و ضابطه بند (۳-۱۲-۴) در مبحث رعایت حداقل برش پایه در محاسبه تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (دریفت) استفاده خواهد گردید.

ساختمان‌های واقع در حوزه نزدیک گسل (بند ۲-۸-۴)

زلزله‌های نزدیک گسل^۱ به زمین‌لرزه‌هایی گفته می‌شود که ساختمان در فاصله کمی از گسل مسبب زلزله قرار دارد و در نتیجه، ویژگی‌های خاصی در جنبش زمین مشاهده می‌شود. این زلزله‌ها معمولاً با پالس‌های شدید سرعت، جهت‌پذیری^۲ و در برخی موارد همراه با لغزش دائمی^۳ زمین همراه هستند که می‌توانند تقاضای لرزه‌ای سازه را به‌طور قابل توجهی افزایش دهند. به همین دلیل، آیین‌نامه‌های نوین از جمله ASCE 7-22 و استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش پنجم برای ساختمان‌های واقع در حوزه نزدیک گسل، ضوابط و الزامات ویژه‌ای را برای تعیین طیف طرح و ارزیابی پاسخ لرزه‌ای در نظر گرفته‌اند. از نظر استاندارد ساختمان‌هایی که شرایط زیر را داشته باشند ساختمان نزدیک گسل گفته خواهد شد:

الف) فاصله ۱۰ کیلومتر از تصویر افقی گسل‌های فعال شناخته شده با نرخ لغزش بیش از ۱ میلیمتر بر سال و توان ایجاد زلزله با بزرگای ۷ و بالاتر؛

ب) فاصله ۵ کیلومتر از تصویر گسل‌های فعال شناخته شده با نرخ لغزش بیش از ۱ میلیمتر بر سال با توان ایجاد زلزله با بزرگای ۶ و بالاتر.

¹ Near-Fault Earthquakes

² Directivity

³ Fling Step



تحلیل پاسخ ساختگاه (بند ۲-۸-۵)

در مواردی که انجام تحلیل پاسخ ساختگاه ضروری باشد، باید یک مدل ژئوتکنیکی دقیق از لایه‌های خاک تا حداقل ۳۰ متر یا عمق سنگ بستر لرزه‌ای (هر کدام کمتر باشد) تهیه شود. برای تحلیل، حداقل هفت شتاب‌نگاشت متناسب با طیف سنگ بستر و سازگار با نتایج تفکیک خطر لرزه‌ای انتخاب یا شبیه‌سازی می‌شوند. همچنین، حرکت محاسبه‌شده در سطح زمین باید اثر عدم قطعیت مشخصات خاک، عمق مدل ژئوتکنیکی، توپوگرافی زمین و رکوردهای ورودی را به‌طور مناسب در بر گیرد تا نتایج تحلیل از دقت و قابلیت اطمینان کافی برخوردار باشند.

انتخاب تاریخچه زمانی شتاب، شتاب‌نگاشت (بند ۲-۹)

این بند به منظور انجام تحلیل تاریخچه زمانی (خطی و غیر خطی) تنظیم گردیده است و عمده مباحث گفته شده برای طیف ویژه ساختگاه نیز در این مورد کاربرد خواهد داشت. این بخش نکات تئوری و نرم‌افزاری زیادی در بر داشته و در فصلی مجزا در این نوشتار شامل مباحث تئوری، ضوابط آئین‌نامه، استخراج شتاب‌نگاشت و نرم‌افزاری شامل نکات نرم‌افزار Seismoginal، اکسل و ETABS خواهد بود. از این‌رو تفسیر این بخش از استاندارد در بخشی مجزا به‌همراه نکات گفته شده و نحوه انجام آن در نرم‌افزار ارائه خواهد گردید.

جمع‌بندی فصل دوم

این فصل بیشتر بر روی ساختگاه و محاسبه طیف شتاب 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.



مثال برای محاسبه شتاب طیفی و ترسیم طیف

مطلوبست ضرایب شتاب طیفی، تعیین گروه طراحی لرزه‌ای برای سازه‌ای با مشخصات ذیل:

- شهر: تبریز
- کاربری: مسکونی
- سیستم سازه: قاب خمشی بتن آرمه ۶ طبقه
- نوع زمین: نوع III
- زمان تناوب سازه: ۰/۷ ثانیه

حل: مطابق گام‌بندی زیر اقدام به حل مساله خواهیم نمود؛

الف) تعیین درجه اهمیت سازه:

کاربری ساختمان از نوع مسکونی بوده و جزء گروه سوم یعنی ساختمان با اهمیت متوسط محسوب شده و $I_e=1.0$ خواهد بود.

ب) تعیین مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه S_s و S_1 :

مطابق نقشه شتاب طیفی ارائه شده مقدار S_s و S_1 برای شهر تبریز به ترتیب برابر ۱/۴ و ۰/۶ خواهد بود.

پ) مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه مورد نظر در سطح زمین S_{MS} و S_{M1} :

$$S_{MS} = F_S S_s = 1.0 \times 1.4 = 1.4$$

$$S_{M1} = F_1 S_1 = 2.1 \times 0.6 = 1.26$$



جدول ۱-۲ ضریب تاثیر نوع ساختگاه در بازه زمان تناوب کوتاه (F_S)

نوع زمین	مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه مورد نظر برای زمان تناوب های کوتاه*				
	$S_s \geq 1.5$	$S_s = 1.25$	$S_s = 1.0$	$S_s = 0.75$	$S_s = 0.5$
I**	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰
II	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۲
III	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۳
IV	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۶
V	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۴	۱٫۶
VI	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه

* برای مقادیر میانی S_s از درون یابی خطی استفاده شود.

** برای زمین نوع یک، در صورتی که سرعت موج برشی با استفاده از آزمایش های ژئوفیزیکی درون چاهی مطمئن (حداقل ۳ اندازه گیری) تعیین شده است، می توان ضرایب ۰٫۹ را جایگزین کرد.

$$F_S = 1.0$$

جدول ۲-۲ ضریب تاثیر نوع ساختگاه در زمان تناوب یک ثانیه (F_1)

نوع زمین	مقادیر شتاب طیفی زلزله بیشینه مورد نظر برای زمان تناوب ۱ ثانیه*				
	$S_1 \geq 0.6$	$S_1 = 0.5$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.2$
I**	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۰
II	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۵
III	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۲
IV	۲٫۸	۲٫۸	۳٫۲	۳٫۳	۳٫۳
V	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۱	۲٫۲
VI	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه	طیف ویژه

* برای مقادیر میانی S_1 از درون یابی خطی استفاده شود.

** برای زمین نوع یک، در صورتی که سرعت موج برشی با استفاده از آزمایش های ژئوفیزیکی درون چاهی مطمئن (حداقل ۳ اندازه گیری) تعیین شده است، می توان ضریب ۰٫۹ را جایگزین کرد.

$$F_1 = 0.6$$



پ) مقادیر شتاب طیفی زلزله طرح SMS و SM1:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1.4 = 0.933$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 1.26 = 0.84$$

ت) محاسبه S_a :

با توجه به اینکه نوع زمین III بوده پارامترهای مربوط به خاک برابر است با:

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \times \frac{0.84}{0.933} = 0.18$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.84}{0.933} = 0.9$$

با توجه به مشخصات پروژه زمان تناوب سازه ۰/۷ ثانیه فرض گردیده و بنا به محاسبات T_0 و T_s خواهیم

داشت:

$$S_a = S_{DS} \quad T_0 \leq T \leq T_s \rightarrow S_a = 0.933$$

ث) تعیین گروه طراحی لرزه‌ای:

با توجه به اینکه سازه دارای اهمیت متوسط بوده در سه دسته طراحی لرزه‌ای می‌تواند قرار گیرد

حال با بررسی شرایط گفته شده در جدول (۲-۶) به تعیین گروه طراحی لرزه‌ای خواهیم پرداخت:



جدول ۲-۶ گروه بندی طراحی لرزه ای ساختمان ها

اهمیت متوسط و کم	اهمیت زیاد	اهمیت خیلی زیاد	شرایط
SDC-1	SDC-2	SDC-3	$I_e \cdot S_{D1} \leq 0.40$ و $I_e \cdot S_{DS} \leq 0.75$
SDC-2	SDC-2	SDC-3	$I_e \cdot S_{D1} > 0.40$ یا $I_e \cdot S_{DS} > 0.75$ و $I_e \cdot S_1 \leq 0.6$
SDC-3	SDC-3	SDC-3	$I_e \cdot S_1 > 0.6$

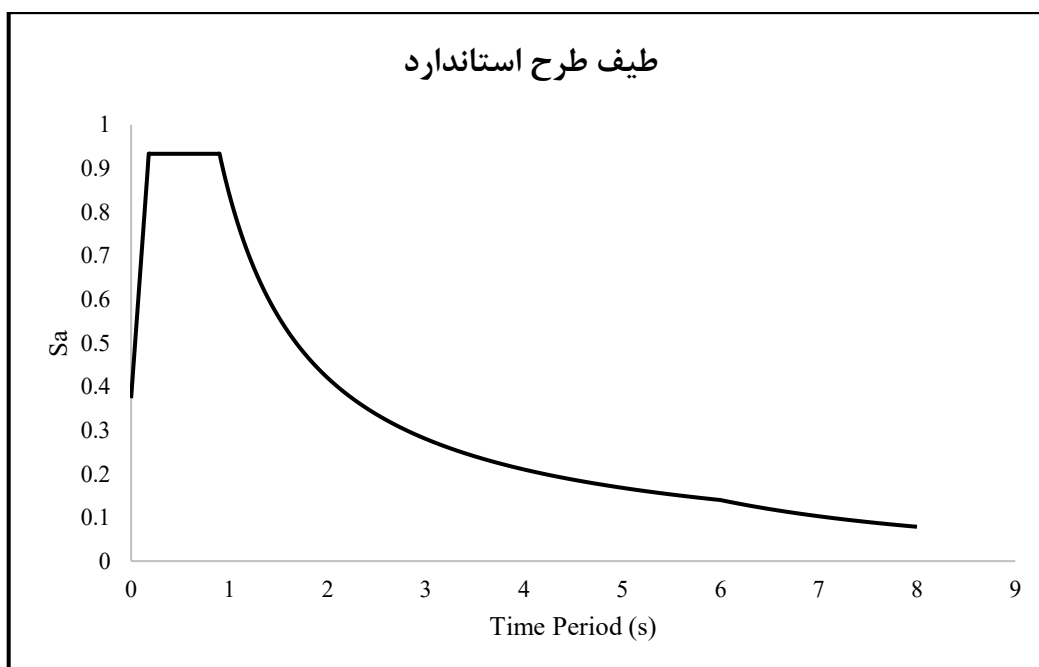
$$I_e \cdot S_{D1} = 1.0 \times 0.84 = 0.84 > 0.4$$

$$I_e \cdot S_{DS} = 1.0 \times 0.933 = 0.933 > 0.75$$

$$I_e \cdot S_1 = 1.0 \times 0.6 = 0.6 \geq 0.6$$

بنابراین گروه طراحی لرزه ای ساختمان گروه دوم (SDC-2) خواهد بود.

ج) ترسیم طیف طرح استاندارد:





* این نوشتار شامل تفسیر فصل اول و دوم 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*

[@CivillAE](#)

کانال آموزش‌های مهندسی عمران

[@CivillAE_Movies](#)

کانال بانک فیلم‌ها و دوره‌های مهندسی عمران

[@CivillAE_Tools](#)

کانال بانک فایل‌های کاربردی مهندسی عمران



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



تهران، میدان شهید بهشتی (منصور سابق)، مجتمع تجاری اطلس، طبقه اول، پلاک ۶