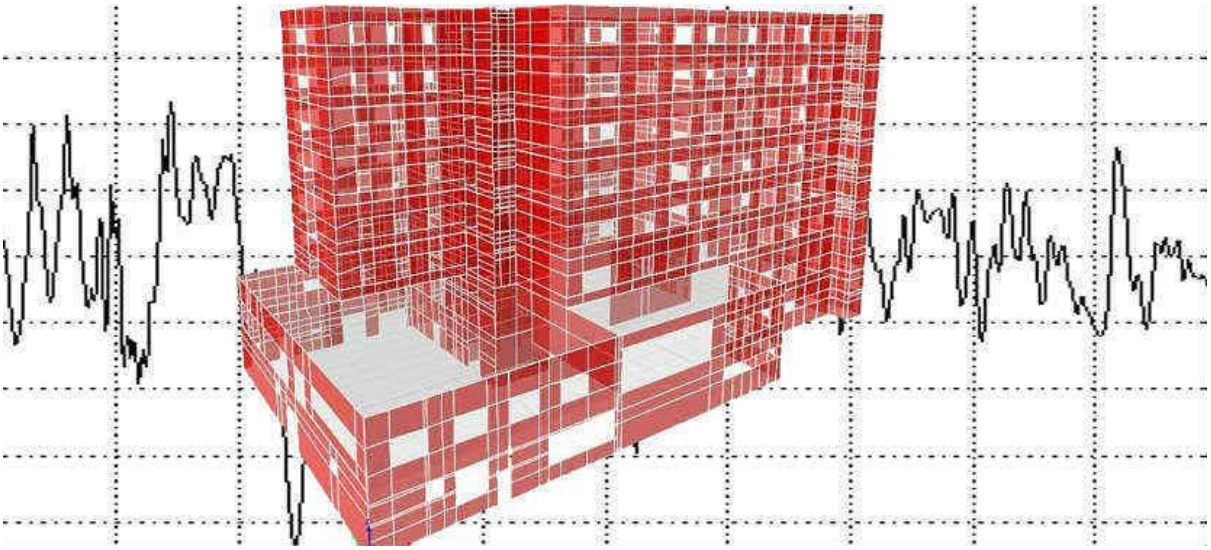
تحلیل گام به گام بارهای لرزه‌ای بر اساس ASCE ۷-۱۰ / IBC ۲۰۱۲



امیدوارم که این مقاله برای همه دانشجویان مهندسی و همه‌ی تازه فارغ‌التحصیلانی که به دنبال پیش رفت در مدل‌سازی و مهندسی سازه‌ای هستند، مفید باشد.

من به شدت توصیه می‌کنم که همه مهندسان، چه هنوز دانشجو باشند و چه فارغ‌التحصیل شده باشند، مستقیماً به سمت نرم‌افزارهای مدل‌سازی نروند. من اعتقاد دارم که برای هر مهندس درک علم، فرمول‌ها، مقررات استاندارد و روح مهندسی بسیار مهم است. متأسفانه مهندسان عمیقاً در نرم‌افزارهای مدل‌سازی مهندسی فرورفته و در مورد جزئیات مدل‌سازی به دلیل نداشتن درک شفاف از هدف تحلیل یا نحوه استفاده مناسب از این نرم‌افزارها سردرگم می‌شوند. من فکر می‌کنم که هر مهندسی می‌تواند یک ساختمان، پل، راه و... را مدل‌سازی کند ولی هر مدلی صحیح نیست. در نتیجه اکثر مدل‌ها نیاز به تکرار و اصلاحات دارد تا با مقررات مرجع و استاندارد سازگار شود. ما به هنر مدل‌سازی و تحلیل به خصوص برای نرم‌افزار CSI هم خواهیم پرداخت، اما بعد از مرحله ارائه اطلاعات نظری مناسب.

در صورتی که شما مقاله‌های قبلی مربوط به این زمینه را مطالعه نکرده‌اید، ممکن است مطالعه این مقاله‌ها قبل از ادامه خواندن این مقاله برای شما مفید باشد:

- زلزله‌ها چگونه ایجاد می‌شوند ؟
- اثرات لرزه‌ای بر ساختمان‌ها چه هستند ؟
- ویژگی‌های معماری چه تاثیری بر ساختمان‌ها در طول زلزله‌ها دارند ؟
- چگونه ساختمان‌ها در طول زلزله‌ها خم می‌شوند ؟
- چگونه ساختمان را برای عملکرد لرزه‌ای خوب انعطاف‌پذیر کنیم ؟
- تأثیر انعطاف‌پذیری ساختمان بر پاسخ آن به زلزله چیست ؟
- زلزله چه تاثیراتی بر ساختمان‌های بتن مسلح می‌گذارد ؟
- تیرها در ساختمان‌های بتن مسلح چگونه در برابر زلزله مقاومت می‌کنند ؟
- ستون‌ها در ساختمان‌های بتن مسلح چگونه در برابر زلزله مقاومت می‌کنند ؟

- اتصالات تیر به ستون چگونه در ساختمان‌های بتن مسلح در برابر زلزله مقاومت می‌کنند ؟
- چرا طبقات همکف باز در برابر زلزله آسیب‌پذیر هستند ؟
- چرا ساختمان‌های با دیوارهای برشی در نواحی لرزه‌خیز ترجیح داده می‌شوند ؟
- چگونه اثرات زلزله بر ساختمان‌ها را کاهش دهیم ؟

حالا بیایید به سراغ بحث مورد نظر در این مقاله برویم. طبق IBC ۲۰۱۲ بخش ۱۶۱۳,۱:

«هر سازه یا بخشی از آن شامل اجزای غیر سازه‌ای که به سازه متصل شده‌اند و تکیه‌گاه‌ها و اتصالات آن، باید به صورتی طراحی و ساخته شود که مطابق ASCE ۷، بخش ۱۴ و ضمیمه ۱۱A، در مقابل اثرات حرکات زلزله مقاومت کنند. نوع طراحی لرزه‌ای برای یک سازه می‌تواند مطابق با بخش ۱۶۱۳ یا ASCE ۷ تعیین شود.»

اما استثنائاتی داریم که در ادامه آن‌ها را به صورت خلاصه می‌آوریم:

۱- خانه‌های مجزای با یک یا دو خانواده که نوع طراحی لرزه‌ای آن‌ها A، B یا C اختصاص داده شده‌اند، یا در محلی قرار گرفته‌اند که شتاب پاسخ طیفی کوتاه مدت ثبت شده در آن‌ها کمتر از ۰,۴g است.
۲- سیستم‌های مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای ساختمان‌های قاب چوبی که مطابق مقررات بخش ۲۳۰۸ هستند لازم نیست که طبق این بخش تحلیل شوند.
۳- سازه‌های انبار کشاورزی که تنها برای اسکان ضمنی انسان در نظر گرفته شده است.
۴- سازه‌هایی که نیاز به ملاحظات خاص مشخصات پاسخ و محیطی احتیاج دارند که در این آیین نامه یا ASCE ۷ نیامده است و مقررات دیگری برای آن‌ها ارائه شده است، مانند پل‌های وسایل نقلیه، برج‌های انتقال برق، سازه‌های هیدرولیکی، خطوط مدفون و....

فرآیند تحلیل:

۱- تعیین زلزله بیشینه در نظر گرفته شده و شتاب‌های پاسخ طیفی طراحی:

- تعیین شتاب‌های پاسخ طیفی زلزله بیشینه در نظر گرفته شده اندازه گیری شده برای دوره زمانی کوتاه (۰,۲ ثانیه) و S۱ برای دوره زمانی طولانی (۱,۰ ثانیه) با استفاده از نقشه‌های شتاب طیفی در شکل‌های (۱)۱۶۱۳,۳,۱ تا (۶)۱۶۱۳,۳,۱ در IBC.

هر گاه S۱ کمتر یا مساوی ۰,۰۴ و Ss کوچک‌تر یا مساوی با ۰,۱۵ باشد، سازه می‌تواند در دسته طراحی لرزه‌ای A قرار بگیرد.

- دسته بندی محل را با استفاده از مشخصات خاک تعیین کنید. دسته محل باید با از بین دسته‌های A، B، C، D، E یا F با توجه به فصل ۲۰ از ASCE ۷ تعیین شود. هر گاه مشخصات خاک با جزئیات کافی در دسترس نباشد تا دسته محل را تعیین کنیم، دسته محل D باید مورد استفاده قرار گیرد.

دسته خاک	$\overline{v_s}$	$\overline{N}$ یا $\overline{N_{ch}}$	$\overline{S_s}$
A. سنگ سخت	بزرگ‌تر از ۵۰۰۰ فوت بر ثانیه	NA	NA
B. سنگ	۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ فوت بر ثانیه	NA	NA
C. خاک خیلی متراکم و سنگ نرم	بین ۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰ فوت بر ثانیه	بزرگ‌تر از ۵۰	بزرگ‌تر از ۲۰۰۰ psf
D. خاک سفت	بین ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ فوت بر ثانیه	بین ۱۵ تا ۵۰	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ psf
E. خاک رس نرم **هر پروفیلی با بیش از ۱۰ فوت از خاک که دارای مشخصات زیر باشد:** – **حد خمیری ۲۰ < PI** – **مقدار رطوبت ٪۴۰<w** – **مقاومت برشی زهکشی نشده کمتر از ۵۰۰ psf**	کمتر از ۶۰۰ فوت بر ثانیه	کمتر از ۱۵	کمتر از ۱۰۰۰ psf
f. خاک‌هایی که نیاز به تحلیل پاسخ محل با توجه به بخش ۲۱,۱ دارند	بخش ۲۰,۳,۱ را ببینید		

جدول ۱-۲۰,۳ دسته‌های محل

حداکثر شتاب‌های پاسخ طیفی زلزله در نظر گرفته شده متناظر با اثرات دسته محل، SMS در بازه‌ی زمانی کوتاه و SM۱ در دوره زمانی بلند را بر اساس IBC ۱۶۱۳,۳,۳ تعیین کنید.

$SMS = Fa * Ss$

$SM۱ = Fv * S۱$

که در آن:

Fa = ضریب محل تعریف شده در IBC جدول ۱۶۱۳,۳,۳(۱)

Fv = ضریب محل تعریف شده در IBC جدول ۱۶۱۳,۳,۲(۲)

دسته محل	شتاب پاسخ طیفی اندازه‌گیری شده در دوره زمانی کوتاه				
	$S_s \leq ۰.۲۵$	$S_s = ۰.۵۰$	$S_s = ۰.۷۵$	$S_s = ۱.۰۰$	$S_s \geq ۱.۲۵$
A	۰,۸	۰,۸	۰,۸	۰,۸	۰,۸
B	۱,۰	۱,۰	۱,۰	۱,۰	۱,۰
C	۱,۷	۱,۶	۱,۵	۱,۴	۱,۳
D	۲,۴	۲,۰	۱,۸	۱,۶	۱,۵
E	۳,۵	۳,۲	۲,۸	۲,۴	۲,۴
F	به b توجه کنید	به b توجه کنید	به b توجه کنید	به b توجه کنید	به b توجه کنید

a. برای مقادیر بین این مقادیر از درون‌یابی خطی شتاب پاسخ طیفی نگاشت شده در زمان کوتاه استفاده کنید b. مقادیر باید مطابق بخش ۱۱,۴,۷ از ASCE ۷ تعیین شوند.

جدول (۱)۱۶۱۳,۳,۳ – مقادیر ضرایب سایت

- شتاب‌های پاسخ طیفی طراحی مستهلک شده‌ی ۵٪، SDS در زمان کوتاه و SD۱ در زمان بلند را مطابق با IBC ۱۶۱۳,۳,۴ تعیین کنید.

$SDS = (۲/۳)SMS$

$SD۱ = (۲/۳)SM۱$

که در این روابط:

SMS = حداکثر شتاب‌های پاسخ طیفی زلزله در نظر گرفته شده برای زمان کوتاه به صورتی که در بخش ۱۶۱۳,۳,۳ تعیین شده است.

SM۱ = حداکثر شتاب‌های پاسخ طیفی زلزله در نظر گرفته شده برای زمان بلند به صورتی که در بخش ۱۶۱۳,۳,۳ تعیین شده است.

۲- تعیین دسته طراحی لرزه‌ای و ضریب اهمیت

دسته‌های خطر ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها در IBC جدول نشان داده شده‌اند. ضرایب اهمیت، Ie، در جدول ۲-۱,۵ از ۷-۱۰ ASCE نشان داده شده‌اند. سازه‌هایی که در دسته‌های خطر ۱، ۲ و ۳ دسته بندی شده‌اند که در محل‌هایی قرار دارند که پارامتر شتاب پاسخ طیفی در دوره یک ثانیه‌ای، S۱ در آن‌ها بزرگ‌تر یا مساوی با ۰,۷۵ است و باید در دسته طراحی لرزه‌ای E قرار بگیرند.

سازه‌هایی که در دسته خطر ۴ قرار دارند که در محل‌هایی قرار دارند که پارامتر شتاب پاسخ طیفی در دوره یک ثانیه در آن‌ها بزرگ‌تر یا مساوی با ۰,۷۵ است، باید در دسته طراحی لرزه‌ای F قرار بگیرند.

تمام سازه‌های دیگر باید بر اساس دسته خطر خود و پارامترهای شتاب پاسخ طیفی طراحی، SDS و SD۱، که طبق بخش ۱۶۱۳,۳,۴ یا فرآیندهای مخصوص سایت ۷ ASCE تعیین شده است، به یک دسته طراحی لرزه‌ای اختصاص داده شوند.

هر ساختمان و سازه باید صرف‌نظر از دوره پایه لرزش سازه، به شدیدترین دسته طراحی لرزه‌ای طبق جدول ۱۶۱۳,۳,۵(۱) یا ۱۶۱۳,۵,۵(۲) اختصاص داده شود.

دسته‌بندی خطر	ماهیت سکونت
۱	ساختمان‌ها و دیگر سازه‌هایی که خطر کمی برای زندگی انسان در صورت شکست داشته و شامل موارد زیر می‌باشد (ولی محدود به این‌ها نیست): • امکانات کشاورزی • امکانات موقتی • امکانات انبار خرد
۲	ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها به جز سازه‌هایی که در دسته‌های ۱ و ۳ و ۴ لیست شده‌اند.
۳	ساختمان‌ها و دیگر سازه‌هایی که در صورت فروریختن آسیب اساسی به زندگی انسان می‌زند و شامل موارد زیر می‌باشد (ولی محدود به این‌ها نمی‌شود): • ساختمان‌ها و دیگر سازه‌هایی که سکونت اصلی آن‌ها عمومی بوده و بار سکونت آن‌ها بیش از ۳۰۰ است. • ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها شامل مدرسه‌ی ابتدایی، مدرسه راهنمایی یا ساختمان‌های مراقبت روزانه با بار سکونت بیش از ۲۵۰. • ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها شامل ساختمان‌های آموزش بزرگ‌سالان مانند دانشکده‌ها و دانشگاه‌ها، با بار سکونت بیش از ۵۰۰. • سکونت‌های گروه ۲-۱ با بار سکونت ۵۰ یا بیش‌تر که فاقد تجهیزات عملیات اورژانسی یا عمل هستند. • سکونت‌های گروه ۳-۱. • هر ساختمان دیگری با بار سکونت بیش از ۵۰۰۰. • ایستگاه‌های تولید نیرو، تجهیزات تصفیه‌ی آب، تجهیزات تصفیه‌ی فاضلاب و دیگر تجهیزات خدمات عمومی که در دسته خطر ۴ قرار نگرفته‌اند. • ساختمان‌ها و دیگر سازه‌هایی که در دسته خطر ۴ قرار نگرفته و حاوی مقادیری از مواد سمی یا منفجره هستند که: بیش‌تر از حداکثر مقادیر مجاز در حجم کنترلی هستند که در جدول ۳۰۷,۱(۱) یا ۳۰۷,۱(۲) یا در حجم کنترل فضای باز در استاندارد آتش بین‌المللی مشخص شده است ؛ و در صورت منتشر شدن برای مردم خطرناک هستند.
۴	ساختمان‌ها و دیگر سازه‌هایی که به عنوان امکانات ضروری طراحی شده‌اند، که شامل موارد زیر ولی نه محدود به آن‌ها هستند:

	• ساختمان‌های گروه ۲-۱ که دارای تجهیزات عملیات اورژانسی و عمل هستند. • ایستگاه‌های آتش‌نشانی، نجات، آمبولانس و پلیس و گاراژهای وسایل اورژانسی. • جان‌پناه‌های طراحی شده برای زلزله، گردباد و دیگر شرایط اضطراری. • مراکز آمادگی، ارتباط و عملیات اورژانسی و دیگر تجهیزات لازم برای پاسخ در شرایط اضطراری. • ایستگاه‌های تولید برق و دیگر تجهیزات عمومی که به عنوان پشتیبانی برای سازه‌های دسته خطر ۴ لازم است. • ساختمان‌ها و دیگر سازه‌های حاوی مواد بسیار سمی که: مقدار آن از مقادیر مجاز در حجم کنترلی که در جدول (۲)۳۰۷,۱ یا در حجم کنترل فضای باز استاندارد آتش‌نشانی بین‌المللی تجاوز کند و برای آسیب رساندن به مردم در صورت انتشار کافی باشد. • برج‌های کنترل هوایی، مراکز کنترل ترافیک هوایی و سوله‌های هواپیمای اضطراری. • ساختمان‌ها و دیگر سازه‌هایی که عملکردهای دفاع ملی بحرانی دارند. • تجهیزات ذخیره‌ی آب و سازه‌های پمپ لازم برای نگه‌داشتن فشار آب برای خاموش کردن آتش.

a. برای محاسبه‌ی بار سکونت، برای سکونت‌هایی که در جدول ۱۰۰۴,۱,۲ در آن‌ها نیاز به استفاده از مساحت طبقه کل است، می‌توانیم برای محاسبه‌ی بار سکونت کل از مساحت طبقه خالص استفاده کنیم.

b. هر جا که مسئول ساختمان بخواهد می‌توان ساختمان‌ها یا سازه‌های دیگر با دسته خطر ۳ و ۴ به دلیل وجود مواد سمی یا منفجره را به دسته خطر ۲ کاهش داد. می‌توان این کار را با ارائه‌ی ارزیابی خطر با استفاده از ASCE 7 بخش ۱,۵,۳ و نشان دادن این که انتشار مود به شدت سمی یا مواد منفجره برای ایجاد خطر برای عموم مردم کافی نیست انجام داد.

جدول ۱۶۰۴,۵

دسته بندی خطر ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها

دسته خطر از جدول ۱,۵-۱	ضریب اهمیت برف I_s	ضریب اهمیت یخ – ضخامت، I_i	ضریب اهمیت یخ – باد، I_w	ضریب اهمیت لرزه‌ای، I_e
۱	۰,۸۰	۰,۸۰	۱,۰۰	۱,۰۰
۲	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰
۳	۱,۱۰	۱,۲۵	۱,۰۰	۱,۲۵
۴	۱,۲۰	۱,۲۵	۱,۰۰	۱,۵۰

ضریب اهمیت اجزا، I_P ،که برای بارهای زلزله قابل کاربرد است در مقادیر این جدول تأثیر داده نشده‌اند ،زیرا به اهمیت خود عضو وابسته است و نه اهمیت کل ساختمان یا کاربری آن.به بخش ۱۳,۱,۳ مراجعه کنید.جدول ۱,۵-۲ – ضریب اهمیت بر حسب دسته خطر ساختمان‌ها یا دیگر سازه‌ها برای بارهای برف، یخ و زلزله

مقادیر S_{D1}	دسته خطر		
	۱ یا ۲	۳	۴
$S_{DS} < ۰.۰۶۷g$	A	A	A
$۰.۰۶۷g \leq S_{DS} \leq ۰.۳۳g$	B	B	C
$۰.۱۳۳g \leq S_{DS} \leq ۰.۲۰g$	C	C	D
$۰.۲g \leq S_{DS}$	D	D	D

جدول (۱)۱۶۱۳,۳,۵

دسته طراحی لرزه‌ای بر اساس شتاب‌های پاسخ کوتاه مدت (۰,۲ ثانیه)

مقادیر S_{D1}	دسته خطر		
	۱ یا ۲	۳	۴
$S_{D1} < ۰.۰۶۷g$	A	A	A
$۰.۰۶۷g \leq S_{D1} \leq ۰.۳۳g$	B	B	C
$۰.۱۳۳g \leq S_{D1} \leq ۰.۲۰g$	C	C	D
$۰.۲g \leq S_{D1}$	D	D	D

جدول (۲)۱۶۱۳,۳,۵

دسته طراحی لرزه‌ای بر اساس شتاب پاسخ دوره ۱ ثانیه‌ای

۳- تعیین برش پایه لرزه‌ای

تحلیل سازه‌ای باید شامل یکی از انواع مجاز در جدول ۱-۱۲,۶ از ASCE 7-10، بر اساس دسته طراحی لرزه‌ای سازه، سیستم سازه‌ای، مشخصات دینامیکی و نظم باشد، یا با تائید مقاماتی که اختیار آن را دارند یک فرآیند قابل قبول عمومی را می‌توان استفاده کرد. فرآیند تحلیل انتخاب شده باید مطابق مقررات بخش متناظر ارجاع داده شده در جدول ۱-۱۲,۶ انجام شود.

دسته طراحی لرزه‌ای	مشخصات سازه‌ای	تحلیل نیروی جانبی معادل، بخش ۱۲,۸	تحلیل طیف پاسخ مودی، بخش ۱۲,۹	فرآیند تاریخچه‌ی پاسخ لرزه‌ای، بخش ۱۶
C ،B	تمام سازه‌ها	P	P	P
D, E, F	دسته خطر ۱ یا ۲، ساختمان‌هایی که از دو طبقه بالای پی تجاوز نکند.	P	P	P
	سازه‌های با ساختمان قاب سبک	P	P	P
	سازه‌های بدون بی‌نظمی که ارتفاع سازه‌ای آن از ۱۶۰ فوت بیش‌تر نشود.	P	P	P
	سازه‌هایی با ارتفاع سازه‌ای بیش از ۱۶۰ فوت که هیچ بی‌نظمی سازه‌ای نداشته و در آن $T < 3.5\ T_S$ است.	P	P	P
	سازه‌هایی که ارتفاع سازه‌ای آن کمتر از ۱۶۰ فوت بوده و تنها بی‌نظمی‌های افقی نوع ۲، ۳، ۴ یا ۵ در جدول ۱-۱۲,۳ یا بی‌نظمی‌های عمودی نوع ۴، 5a یا 5b در جدول ۲-۱۲,۳ را داشته باشد.	P	P	P
	تمام سازه‌های دیگر	NP	P	P

P: مجاز، NP: غیرمجاز، $T_s = S_{D1}/S_{DS}$

جدول ۱-۱۲,۶

نوع	شرح	بخش مرجع	کاربرد دسته طراحی لرزه‌ای
1a	بی‌نظمی سختی – طبقه نرم: بی‌نظمی سختی – طبقه نرم زمانی وجود دارد که یک طبقه که در آن سختی جانبی کمتر از ۷۰٪ از سختی خمشی در طبقه بالاتر یا کمتر از ۸۰٪ از سختی میانگین سه طبقه بالاتر است، داشته باشیم.	جدول ۱-۱۲,۶	D, E, F
1b	بی‌نظمی سختی – طبقه به شدت نرم: بی‌نظمی سختی – طبقه به شدت نرم زمانی وجود دارد که طبقه‌ای با سختی جانبی کمتر از ۶۰٪ سختی جانبی طبقه بالای آن و یا کمتر از ۷۰٪ میانگین سختی سه طبقه بالایی آن باشد.	۱۲,۳,۳,۱ جدول ۱-۱۲,۶	E و F F و E ،D
۲	بی‌نظمی وزنی (جرمی): بی‌نظمی وزنی (جرمی) زمانی وجود دارد که جرم مؤثر هر طبقه بیش‌تر از ۱۵۰٪ از جرم مؤثر یک طبقه مجاور آن باشد. یک سقف که سبک‌تر از طبقه پایین‌تر است نباید در نظر گرفته شود.	جدول ۱-۱۲,۶	F و E ،D
۳	بی‌نظمی هندسی عمودی: بی‌نظمی هندسی عمودی زمانی وجود دارد که بعد افقی سیستم مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای در هر طبقه بیش‌تر از ۱۳۰٪ این بعد در طبقه مجاور باشد.	جدول ۱-۱۲,۶	F و E ،D
۴	بی‌نظمی ناپیوستگی داخل صفحه در المان مقاوم در برابر نیروی جانبی عمودی: بی‌نظمی ناپیوستگی داخل صفحه در المان مقاوم در برابر نیروی جانبی عمودی زمانی وجود دارد که جابه‌جایی داخل صفحه‌ی عضو مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای عمودی وجود داشته باشد که باعث واژگونی تیر، ستون، خرپا یا دال می‌شود.	۱۲,۳,۳,۳ ۱۲,۳,۳,۴ جدول ۱-۱۲,۶	F و E ،D ،C ،B F و E ،D F و E ،D

۵a	ناپیوستگی در مقاومت جانبی – بی‌نظمی طبقه ضعیف: ناپیوستگی در مقاومت جانبی – بی‌نظمی طبقه ضعیف زمانی تعریف می‌شود که مقاومت جانبی طبقه کمتر از ۸۰٪ مقاومت جانبی طبقه بالاتر باشد. مقاومت جانبی طبقه مجموع مقاومت‌های جانبی تمام اجزای مقاوم در برابر لرزش است که در جهت مورد نظر برش طبقه روی آن‌ها تقسیم می‌شود.	۱۲,۳,۳,۱ جدول ۱۲,۶-۱	E و F D، E و F
۵b	ناپیوستگی در مقاومت جانبی – بی‌نظمی طبقه خیلی ضعیف: ناپیوستگی در مقاومت جانبی – بی‌نظمی طبقه خیلی ضعیف زمانی تعریف می‌شود که مقاومت جانبی طبقه کمتر از ۶۵٪ مقاومت جانبی طبقه بالایی باشد. مقاومت طبقه مقاومت نهایی تمام اجزای مقاوم در برابر لرزه‌ای است که برش طبقه در جهت مورد نظر بین آن‌ها تقسیم می‌شود.	۱۲,۳,۳,۱ ۱۲,۳,۳,۲ جدول ۱۲,۶-۱	D، E و F B و C D، E و F

جدول ۱۲,۳-۲ – بی‌نظمی‌های سازه‌ای عمودی

نوع	شرح	بخش مرجع	کاربرد دسته طراحی لرزه‌ای
۱a	بی‌نظمی پیچشی: بی‌نظمی پیچشی زمانی وجود دارد که حداکثر جابه‌جایی طبقه که با پیچش ناگهانی با $A_S = ۱.۰$ محاسبه می‌شود ،در یک انتهای سازه عمود بر یک محور بیشتر از ۱,۲ برابر میانگین جابه‌جایی طبقه در دو انتهای سازه باشد. مقررات بی‌نظمی پیچشی در بخش‌های مرجع تنها به سازه‌هایی اعمال می‌شود که در آن‌ها دیافراگم‌ها صلب یا نیمه صلب باشند.	۱۲,۳,۳,۴ ۱۲,۷,۳ ۱۲,۸,۴,۳ ۱۲,۱۲,۱ جدول ۱۲,۶-۱ بخش ۱۶,۲,۲	D, E, F B, C, D, E, F C, D, E, F C, D, E, F D, E, F B, C, D, E, F
۱b	بی‌نظمی پیچشی شدید: بی‌نظمی پیچشی شدید زمانی وجود دارد که حداکثر جابه‌جایی طبقه که با پیچش ناگهانی با $A_S = ۱.۰$ محاسبه می‌شود ،در یک انتهای سازه عمود بر یک محور بیشتر از ۱,۴ برابر میانگین جابه‌جایی طبقه در دو انتهای سازه باشد. مقررات بی‌نظمی پیچشی شدید در بخش‌های مرجع تنها به سازه‌هایی اعمال می‌شود که در آن‌ها دیافراگم‌ها صلب یا نیمه صلب باشند.	۱۲,۳,۳,۴ ۱۲,۷,۳ ۱۲,۸,۴,۳ ۱۲,۱۲,۱ جدول ۱۲,۶-۱ بخش ۱۶,۲,۲	E, F D B, C, D C, D C, D D B, C,D
۲	بی‌نظمی گوشه‌ی فرورفته: بی‌نظمی گوشه فرورفته زمانی تعریف می‌شود که هر دو تصویر پلان سازه بعد از گوشه‌ی فرورفته بزرگ‌تر از ۱۵٪ بعد پلان سازه در جهت داده شده باشد.	۱۲,۳,۳,۴ جدول ۱۲,۶-۱	D, E, F D, E, F
۳	بی‌نظمی ناپیوستگی دیافراگم: بی‌نظمی ناپیوستگی دیافراگم زمانی تعریف می‌شود که دیافراگم با یک ناپیوستگی ناگهانی یا تغییر در سختی داشته باشیم که می‌تواند شامل بریدگی یا سطح باز بزرگ‌تر از ۵۰٪ مساحت دیافراگم محصور کل یا تغییر در سختی مؤثر دیافراگم بیش از ۵۰٪ نسبت به دیگر طبقه مجاور آن باشد.	۱۲,۳,۳,۴ جدول ۱۲,۶-۱	D, E, F D, E, F
۴	بی‌نظمی جابه‌جایی خارج از صفحه: بی‌نظمی جابه‌جایی خارج از صفحه زمانی تعریف می‌شود که ناپیوستگی در مسیر مقاومت در برابر نیروی جانبی وجود داشته باشد، مانند یک جابه‌جایی خارج از صفحه در حداقل یک عضو عمودی.	۱۲,۳,۳,۳ ۱۲,۳,۳,۴ ۱۲,۷,۳ جدول ۱۲,۶-۱ بخش ۱۶,۲,۲	B, C, D, E, F D, E, F B, C, D, E, F D, E, F B, C, D, E, F
۵	بی‌نظمی سیستم غیر موازی: بی‌نظمی سیستم غیر موازی زمانی تعریف می‌شود که اجزای مقاوم در برابر نیروی جانبی افقی موازی با محور متعامد عمده‌ی سیستم مقاوم در برابر لرزه نباشند.	۱۲,۵,۳ ۱۲,۷,۳ جدول ۱۲,۶-۱ بخش ۱۶,۲,۲	C, D, E, F B, C, D, E, F D, E, F B, C, D, E, F

جدول ۱۲,۳-۱ بی‌نظمی‌های سازه‌ای افقی

۳,۱ – تحلیل نیروی جانبی معادل

باید از بخش ۱۲,۸ از ۷ ASCE استفاده کنیم.

- برش پایه لرزه‌ای V در یک جهت معین مطابق با معادله زیر محاسبه می‌شود:

V= Cs * W

که در این رابطه W جرم لرزه‌ای مؤثر است.

- وزن لرزه‌ای مؤثر W یک سازه باید شامل وزن مرده روی پی و دیگر بارهای روی پی که در زیر آورده شده است باشد:

۱- در سطوح استفاده شده به عنوان انبار، حداقل ۲۵ درصد از بار زنده‌ی کف باید محاسبه شود.

استثنا:

الف. هر جا که اضافه کردن بار انبار بیش از ۵٪ به جرم مؤثر لرزه‌ای در آن طبقه اضافه کند، لازم نیست که در وزن مؤثر لرزه‌ای تأثیر داده شود.

ب. بار زنده‌ی طبقه در گاراژهای عمومی و سازه‌های پارکینگ باز لازم نیست که تأثیر داده شود.

۲- در جایی که پیش‌بینی پارتیشن در طراحی بار طبقه مورد نیاز باشد، وزن دقیق پارتیشن یا حداقل وزن ۰,۴۸ KN/m۲ در سطح طبقه، هر کدام که بزرگ‌تر بود باید در نظر گرفته شود.

۳- وزن بهره‌برداری کل تجهیزات دائمی.

- Cs = SDS / (R/Ie)

Cs = ضریب پاسخ لرزه‌ای

R = فاکتور اصلاح پاسخ، که در جدول ۱۲,۲-۱ از ۱۰-۷ ASCE داده شده است.

eI = ضریب اهمیت

- مقدار Cs نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

T < TL برای Cs = SD۱ / [T*(R/Ie)]

T>TL برای Cs = (SD۱*TL) / [T*T*(R/Ie)]

- مقدار Cs نباید از مقدار زیر کمتر باشد:

Cs = ۰,۰۴۴ * SDS * Ie >= ۰,۰۱

- برای سازه‌هایی که در محلی قرار گرفته‌اند که در آن S۱ مساوی یا بزرگ‌تر از ۰,۶g است، Cs نباید کمتر از مقدار زیر باشد:

Cs = (*S۱) / (R/Ie)

که در این رابطه:

T = دوره پایه سازه

TL = دوره گذار طولانی مدت، (که در شکل از ۱۰-۷ ASCE داده شده است)، که دوره گذار بین بخش‌های کنترل شده توسط سرعت و جابه‌جایی طیف طراحی هستند (حدود ثانیه برای نوار غزه).

- مقدار تقریبی Ta را می‌توان از رابطه‌ی زیر به دست آورد:

Ta = Ct * hn^x

که در این رابطه:

hn = ارتفاع ساختمان بالای پی به متر

Ct = ضریب دوره ساختمان که در جدول ۲-۱۲٫۸ داده شده است.

x = ثابت داده شده در جدول ۲-۱۲٫۸

نوع سازه	C_t	x
سیستم‌های قاب خمشی که در آن قاب در برابر ۱۰۰ درصد نیروی لرزه‌ای مورد نیاز مقاومت می‌کند و به وسیله اعضایی که صلب‌تر هستند و از تغییر شکل قاب تحت بارهای لرزه‌ای که بر آن وارد می‌شود جلوگیری می‌کنند به هم متصل نشده‌اند		
قاب خمشی فولادی	۰٫۰۲۸ (۰٫۰۷۲۴)	۰٫۸
قاب خمشی بتنی	۰٫۰۱۶ (۰٫۰۴۶۶)	۰٫۹
قاب فولادی مهاربندی شده خارج از محور مطابق جدول ۱-۱۲٫۲ خطوط B۱ یا D۱	۰٫۰۳ (۰٫۰۷۳۱)	۰٫۷۵
قاب‌های فولادی مهاربندی شده کمانش محدود شده	۰٫۰۳ (۰٫۰۷۳۱)	۰٫۷۵
تمام دیگر سیستم‌های سازه‌ای	۰٫۰۲ (۰٫۰۴۸۸)	۰٫۷۵

معادل‌های متریک در داخل پرانتز نشان داده شده‌اند.

جدول ۲-۱۲٫۸ مقادیر پارامترهای دوره تخمینی C_t و x

دوره پایه محاسبه شده T، نمی‌تواند از حاصل ضریب Cu در جدول ۱-۱۲٫۸ ضربدر دوره پایه تخمینی Ta تجاوز کند.

پاسخ طیفی طراحی، SD۱	ضریب C_u
≥ 0.4	۱٫۴
۰٫۳	۱٫۴
۰٫۲	۱٫۵
۰٫۱۵	۱٫۶
≤ ۰.۱	۱٫۷

جدول ۱-۱۲٫۸: ضریب حد بالایی در دوره محاسبه‌شده

در حالاتی که در آن‌ها قاب‌های خمشی از دوازده طبقه بیش‌تر نداشته باشد و حداقل ارتفاع طبقه آن‌ها ۳ متر باشد، دوره تقریبی بر حسب ثانیه را می‌توان از رابطه‌ی زیر به دست آورد:

Ta = ۰٫۱*N

که در آن N تعداد طبقات بالای پی است.

حال به سراغ بخش دوم از مقاله می‌رویم:

قبل از ادامه خواندن این مقاله، مطالعه پست‌های زیر می‌تواند برای شما مفید باشد:

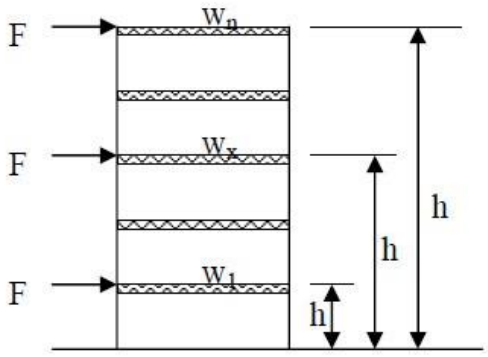
- مقررات لرزه‌ای IBC / ASCE ۷ برای سازه‌های دسته طراحی لرزه‌ای A
- کنترل جابه‌جایی تحت بارهای باد و لرزه‌ای در ASCE ۷
- چه هنگام باید یک نیم‌طبقه ا به عنوان یک طبقه در طراحی لرزه‌ای در نظر گرفت ؟
- بار زنده در سازه‌های پارکینگ: کاهش دادن یا کاهش ندادن
- دیافراگم صلب یا انعطاف‌پذیر ؟
- چرا ضرایب بارهای جانبی در ترکیب‌های بار ASD با هم تفاوت دارد ؟

حالا به ادامه مقاله می‌پردازیم:

۳٫۲- توزیع عمودی بارهای لرزه‌ای

$$F_x = C_{vx} V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^{\,k}}{\sum_{i=1}^{n} w_i h^k{}_i}$$



که در این عبارات:

Fx = نیروی جانبی در طبقه x

Cvx = ضریب توزیع عمودی

V = نیروی جانبی طراحی کل یا برش در پایه ساختمان

Wx و Wi = بخشی از W که به طبقه x و i اختصاص داده شده است.

Hx و hi = ارتفاع‌های طبقات x و i

K = یک توان توزیع که به صورت زیر با دوره ساختمان رابطه دارد:

k = ۱ برای ساختمان‌هایی که در آن‌ها T مساوی یا کمتر از ۰,۵ ثانیه است.

K = ۲ برای ساختمان‌هایی که در آن‌ها T بزرگ‌تر یا مساوی با ۲,۵ ثانیه است.

درون‌یابی بین k = ۱ و k = ۲ برای ساختمان‌هایی با T بین ۰,۵ تا ۲,۵ مقدار این عامل را تعیین می‌کند.

۳,۳- توزیع افقی نیروها و پیچش

برش Vx را به صورت افقی توزیع کنید:

$$V_x = \sum_{i=1}^{x} F_i$$

که در این فرمول:

Fi = بخشی از برش پایه لرزه‌ای، V، که در طبقه i ام وارد می‌شود.

پیچش تصادفی، Mta

Mta = Vx * (۰,۰۵B)

پیچش کل، MT: MT = Mt + Mta

۳,۴- جابه‌جایی طبقه

جابه‌جایی طبقه، Δ، به عنوان اختلاف بین تغییر شکل مرکز جرم در بالا و پایین طبقه‌ای که در نظر گرفته‌ایم تعریف می‌شود.

$$\delta_x = \frac{C_d \, \delta_{xe}}{I_e}$$

.

که در این رابطه:

Cd = ضریب تشدید تغییر شکل، که در جدول ۱-۱۲,۲ داده شده است.

δxe = تغییر شکل تعیین شده با تحلیل پلاستیک

سیستم مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای	بخش از ASCE ۷ که در آن مقررات جزئی مشخص شده‌اند	ضریب اصلاح پاسخ R	فاکتور مقاومت اضافی Ω_0	فاکتور تشدید تغییر شکل C_d	محدودیت‌های سیستم سازه‌ای شامل محدودیت‌های ارتفاع سازه‌ای دسته طراحی لرزه‌ای				
					B	C	D	E	F
الف. سیستم‌های دیوار حمال									
۱. دیوارهای برشی بتنی مسلح ویژه	۱۴,۲	۵	۲,۵	۵	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۰۰
۲. دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	۱۴,۲	۴	۲,۵	۴	NL	NL	NP	NP	NP
۳. دیوارهای برشی بتنی ساده با جزئیات زیاد	۱۴,۲	۲	۲,۵	۲	NL	NP	NP	NP	NP
۴. دیوار برشی بتنی ساده‌ی معمولی	۱۴,۲	۱,۵	۲,۵	۱,۵	NL	NP	NP	NP	NP
۵. دیوارهای برشی پیش‌ساخته‌ی متوسط	۱۴,۲	۴	۲,۵	۴	NL	NL	۴۰	۴۰	۴۰
۶. دیوارهای برشی پیش‌ساخته‌ی معمولی	۱۴,۲	۳	۲,۵	۳	NL	NP	NP	NP	NP
۷. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح ویژه	۱۴,۴	۵	۲,۵	۳,۵	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۰۰
۸. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح متوسط	۱۴,۴	۳,۵	۲,۵	۲,۵	NL	NL	NP	NP	NP
۹. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح معمولی	۱۴,۴	۲	۲,۵	۱,۷۵	NL	۱۶۰	NP	NP	NP
۱۰. دیوارهای برشی مصالح بنایی ساده با جزئیات زیاد	۱۴,۴	۲	۲,۵	۱,۷۵	NL	NP	NP	NP	NP
۱۱. دیوارهای برشی مصالح بنایی ساده معمولی	۱۴,۴	۱,۵	۲,۵	۱,۲۵	NL	NP	NP	NP	NP
۱۲. دیوارهای برشی مصالح بنایی پیش تنیده	۱۴,۴	۱,۵	۲,۵	۱,۷۵	NL	NP	NP	NP	NP
۱۳. دیوار برشی مصالح بنایی AAC مسلح معمولی	۱۴,۴	۲	۲,۵	۲	NL	۳۵	NP	NP	NP
۱۴. دیوارهای برشی مصالح بنایی AAC ساده معمولی	۱۴,۴	۱,۵	۲,۵	۱,۵	NL	NP	NP	NP	NP
۱۵. دیوارهای سبک وزن (چوبی) در غلاف پانل‌های سازه‌ای چوبی که دارای مقاومت برشی هستند یا صفحات فولادی	۱۴,۱ و ۱۴,۵	۶,۵	۳	۴	NL	NL	۶۵	۶۵	۶۵
۱۶. دیوارهای قاب سبک (فولاد سرد شکل داده شده) در غلافی از پانل‌های	۱۴,۱	۶,۵	۳	۴	NL	NL	۶۵	۶۵	۶۵

چوبی سازه‌ای دارای مقاومت برشی یا صفحات فولادی								
۱۷. دیوارهای قاب سبک با پانل‌های برشی از دیگر مصالح	۱۴,۱ و ۱۴,۵	۲	۲,۵	۲	NL	NL	۳۵	NP	NP
۱۸. دیوار قاب سبک (فولادی سرد شکل داده شده) با استفاده از مهاربندی‌های تسمه‌ای	۱۴,۱	۴	۲	۳,۵	NL	NL	۶۵	۶۵	۶۵
ب. سیستم‌های قاب ساختمانی									
۱. قاب‌های با مهاربند واگرای فولادی	۱۴,۱	۸	۲	۴	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۰۰
۲. قاب‌های با مهاربندی فولادی ویژه واگرا	۱۴,۱	۶	۲	۵	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۰۰
۳. قاب‌های مهاربندی فولادی معمولی واگرا	۱۴,۱	۳,۲۵	۲	۳,۲۵	NL	NL	۳۵	۳۵	NP
۴. دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	۱۴,۲	۶	۲,۵	۵	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
۵. دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	۱۴,۲	۵	۲,۵	۴,۵	NL	NL	NP	NP	NP
۶. دیوارهای برشی بتنی ساده‌ی با جزئیات زیاد	۱۴,۲ و ۱۴,۲,۲,۸	۲	۲,۵	۲	NL	NP	NP	NP	NP
۷. دیوارهای برشی بتنی ساده‌ی معمولی	۱۴,۲	۱,۵	۲,۵	۱,۵	NL	NP	NP	NP	NP
۸. دیوارهای برشی پیش‌ساخته‌ی متوسط	۱۴,۲	۵	۲,۵	۴,۵	NL	NL	۴۰	۴۰	۴۰
۹. دیوارهای برشی پیش ساخته‌ی معمولی	۱۴,۲	۴	۲,۵	۴,۵	NL	NP	NP	NP	NP
۱۰. قاب‌های با مهاربندی واگرا کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴,۳	۸	۲,۵	۴	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
۱۱. قاب‌های با مهاربندی واگرا ویژه‌ی کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴,۳	۵	۲	۴,۵	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
۱۲. قاب‌های با مهاربندی معمولی کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴,۳	۳	۲	۳	NL	NL	NP	NP	NP
۱۳. دیوارهای برشی ورقه‌ای کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴,۳	۶,۵	۲,۵	۵,۵	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
۱۴. دیوارهای برشی ویژه‌ی کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴,۳	۶	۲,۵	۵	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
۱۵. دیوارهای برشی معمولی کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴,۳	۵	۲,۵	۴	NL	NL	NP	NP	NP
۱۶. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح ویژه	۱۴,۴	۵,۵	۲,۵	۴	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
۱۷. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح متوسط	۱۴,۴	۴	۲,۵	۴	NL	NL	NP	NP	NP
۱۸. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح معمولی	۱۴,۴	۲	۲,۵	۲	NL	۱۶۰	NP	NP	NP
۱۹. دیوارهای برشی مصالح بنایی ساده‌ی با جزئیات زیاد	۱۴,۴	۲	۲,۵	۲	NL	NP	NP	NP	NP
۲۰. دیوارهای برشی مصالح بنایی ساده‌ی معمولی	۱۴,۴	۱,۵	۲,۵	۱,۲۵	NL	NP	NP	NP	NP
۲۱. دیوارهای برشی مصالح بنایی پیش-تنیده	۱۴,۴	۱,۵	۲,۵	۱,۷۵	NL	NP	NP	NP	NP
۲۲. دیوارهای قاب سبک (چوبی) در غلاف پانل‌های چوبی با درجه بندی مقاوم در برابر برش	۱۴,۵	۷	۲,۵	۴,۵	NL	NL	۶۵	۶۵	۶۵
۲۳. دیوارهای قاب سبک (فولاد سرد شکل داده شده) در غلاف پانل‌های	۱۴,۱	۷	۲,۵	۴,۵	NL	NL	۶۵	۶۵	۶۵

چوبی با درجه بندی مقاوم در برابر برش یا ورقه‌های فولادی									
۲۴. دیوار قاب سبک با پانل‌های برشی از تمام مصالح دیگر	۱۴،۱ و ۱۴،۵	۲،۵	۲،۵	۲،۵	NL	NL	۳۵	NP	NP
۲۵. قاب‌های مهاربندی شده‌ی فولادی با محدودیت کمانش	۱۴،۱	۸	۲،۵	۵	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
۲۶. دیوارهای برشی ویژه‌ی فولادی	۱۴،۱	۷	۲	۶	NL	NL	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰
پ. سیستم‌های قاب خمشی									
۱. قاب‌های فولادی خمشی ویژه	۱۴،۱ و ۱۲،۲،۵،۵	۸	۳	۵،۵	NL	NL	NL	NL	NL
۲. قاب‌های فولادی خمشی ویژه‌ی خرپایی	۱۴،۱	۷	۳	۵،۵	NL	NL	۱۶۰	۱۰۰	NP
۳. قاب‌های فولادی خمشی متوسط	۱۲،۲،۵،۶ و ۱۴،۱	۴،۵	۳	۴	NL	NL	۳۵	NP	NP
۴. قاب‌های فولادی خمشی معمولی	۱۲،۲..۶ و ۱۴،۱	۳،۵	۳	۳	NL	NL	NP	NP	NP
۵. قاب‌های خمشی بتن مسلح ویژه	۱۲،۲،۵،۵ و ۱۴،۲	۸	۳	۵،۵	NL	NL	NL	NL	NL
۶. قاب‌های خمشی بتن مسلح متوسط	۱۴،۲	۵	۳	۴،۵	NL	NL	NP	NP	NP
۷. قاب‌های خمشی بتن مسلح معمولی	۱۴،۲	۳	۳	۲،۵	NL	NP	NP	NP	NP
۸. قاب‌های خمشی ویژه‌ی کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۲،۲،۵،۵ و ۱۴،۳	۸	۳	۵،۵	NL	NL	NL	NL	NL
۹. قاب‌های خمشی متوسط کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴،۳	۵	۳	۴،۵	NL	NL	NP	NP	NP
۱۰. قاب‌های خمشی تقریباً مقید کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴،۳	۶	۳	۵،۵	۱۶۰	۱۶۰	۱۰۰	NP	NP
۱۱. قاب‌های خمشی معمولی کامپوزیت فولادی و بتنی	۱۴،۳	۳	۳	۲،۵	NL	NP	NP	NP	NP
۱۲. قاب‌های خمشی پیچی ویژه‌ی فولادی سرد نورد شده	۱۴،۱	۳،۵	۳	۳،۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
ت. سیستم‌های دوگانه با قاب‌های خمشی ویژه با قابلیت مقاومت در برابر حداقل ۲۵٪ نیروهای لرزه‌ای شرح داده شده									
۱. قاب‌های مهاربندی شده‌ی واگرای فولادی	۱۴،۱	۸	۲،۵	۴	NL	NL	NL	NL	NL
۲. قاب‌های مهاربندی‌شده‌ی واگرای فولادی ویژه	۱۴،۱	۷	۲،۵	۵،۵	NL	NL	NL	NL	NL
۳. دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	۱۴،۲	۷	۲،۵	۵،۵	NL	NL	NL	NL	NL
۴. دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	۱۴،۲	۶	۲،۵	۴	NL	NL	NP	NP	NP
۵. قاب‌های مرکب فولادی و بتنی با مهاربندی واگرا	۱۴،۳	۸	۲،۵	۴	NL	NL	NL	NL	NL
۶. قاب‌های مرکب فولادی و بتنی ویژه با مهاربندی واگرا	۱۴،۳	۶	۲،۵	۵	NL	NL	NL	NL	NL
۷. دیوارهای برشی ورقه مرکب فولادی و بتنی	۱۴،۳	۷،۵	۲،۵	۶	NL	NL	NL	NL	NL
۸. دیوارهای برشی ویژه‌ی مرکب فولادی و بتنی	۱۴،۳	۷	۲،۵	۶	NL	NL	NL	NL	NL
۹. دیوارهای برشی معمولی مرکب فولادی و بتنی	۱۴،۳	۶	۲،۵	۵	NL	NL	NP	NP	NP
۱۰. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح ویژه	۱۴،۴	۵،۵	۳	۵	NL	NL	NL	NL	NL
۱۱. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح متوسط	۱۴،۴	۴	۳	۳،۵	NL	NL	NP	NP	NP
۱۲. قاب‌های مهاربندی شده‌ی فولادی با کمانش محدود شده	۱۴،۱	۸	۲،۵	۵	NL	NL	NL	NL	NL
۱۳. دیوارهای برشی ورق فولادی ویژه	۱۴،۱	۸	۲،۵	۶،۵	NL	NL	NL	NL	NL
ث. سیستم دوگانه با قاب‌های خمشی متوسط با قابلیت جذب حداقل ۲۵٪ از نیروهای لرزه‌ای شرح داده شده									

۱. قاب‌های فولادی ویژه با مهاربندهای واگرا	۱۴,۱	۶	۲,۵	۵	NL	NL	۳۵	NP	NP
۲. دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	۱۴,۲	۶,۵	۲,۵	۵	NL	NL	۱۶۰	۱۰۰	۱۰۰
۳. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح معمولی	۱۴,۴	۳	۳	۲,۵	NL	۱۶۰	NP	NP	NP
۴. دیوارهای برشی مصالح بنایی مسلح متوسط	۱۴,۴	۳,۵	۳	۳	NL	NL	NP	NP	NP
۵. قاب‌های مرکب فولادی و بتنی ویژه با مهاربندهای واگرا	۱۴,۳	۵,۵	۲,۵	۴,۵	NL	NL	۱۶۰	۱۰۰	NP
۶. قاب‌های مرکب فولادی و بتنی معمولی با مهاربندهای واگرا	۱۴,۳	۳,۵	۲,۵	۳	NL	NL	NP	NP	NP
۷. دیوارهای برشی معمولی مرکب فولادی و بتنی	۱۴,۳	۵	۳	۴,۵	NL	NL	NP	NP	NP
۸. دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	۱۴,۲	۵,۵	۲,۵	۴,۵	NL	NL	NP	NP	NP
ج. سیستم تعاملی قاب – دیوار برشی با قاب‌های خمشی بتن مسلح معمولی و دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	۱۲,۲,۵,۸ و ۱۴,۲	۴,۵	۲,۵	۴	NL	NP	NP	NP	NP
چ. سیستم‌های ستون‌های طره‌ای طراحی شده برای تبعیت از مقررات:									
۱. سیستم‌های ستون طره‌ای ویژه‌ی فولادی	۱۴,۱	۲,۵	۱,۲۵	۲,۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
۲. سیستم‌های ستون طره‌ای معمولی فولادی	۱۴,۱	۱,۲۵	۱,۲۵	۱,۲۵	۳۵	۳۵	NP	NP	NP
۳. قاب‌های خمشی بتن مسلح ویژه	۱۲,۲,۵,۵ و ۱۴,۲	۲,۵	۱,۲۵	۲,۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
۴. قاب‌های خمشی بتن مسلح متوسط	۱۴,۲	۱,۵	۱,۲۵	۱,۵	۳۵	۳۵	NP	NP	NP
۵. قاب‌های خمشی بتن مسلح معمولی	۱۴,۲	۱	۱,۲۵	۱	۳۵	NP	NP	NP	NP
۶. قاب‌های چوبی	۱۴,۵	۱,۵	۱,۵	۱,۵	۳۵	۳۵	۳۵	NP	NP
ح. سیستم‌های فولادی که مشخصاً برای مقاومت لرزه‌ای طراحی نشده‌اند، به جز سیستم‌های ستون طره‌ای	۱۴,۱	۳	۳	۳	NL	NL	NP	NP	NP

a: ضریب اصلاح پاسخ R، برای استفاده با توجه به استاندارد.به یاد داشته باشید که R نیروها را به یک سطح مقاومت کاهش می‌دهد، نه به یک سطح تنش مجاز.

b: عامل تشدید تغییر شکل، C_d برای استفاده در بخش‌های ۱۲,۸,۶ و ۱۲,۹,۲.

c: NL: عدم وجود محدودیت و NP: مجاز نیست. برای واحدهای متریک از ۳۰,۵ متر به جای ۱۰۰ فوت و از ۴۸,۸ متر برای ۱۶۰ فوت استفاده کنید.

d: بخش ۱۲,۲,۵,۴ را برای توضیح درباره‌ی سیستم‌های مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای که به ارتفاع سازه‌ای ۲۴۰ فوت (۷۳,۲ متر) یا کمتر محدود می‌شوند ببینید.

e: بخش ۱۲,۲,۵,۴ را برای سیستم‌های مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای محدود به ارتفاع سازه‌ای ۱۶۰ فوت (۴۸,۸ متر) ببینید.

f: قاب خمشی معمولی برای استفاده به جای قاب خمشی متوسط در دسته‌های طراحی لرزه‌ای B و C مجاز است.

g: هر گاه فاکتور مقاومت اضافی بیشتر یا مساوی با ۲,۵ باشد می‌توان آن را به مقدار ۰,۵ واحد برای سازه‌های با دیافراگم انعطاف‌پذیر کاهش داد.

h: بخش ۱۲,۲,۵,۷ را برای دیدن محدودیت‌های ساختمان‌های اختصاص داده شده به دسته‌های طراحی لرزه‌ای D، E و F ببینید.

i: بخش ۱۲,۲,۵,۶ را برای دیدن محدودیت‌های سازه‌هایی که به دسته‌های طراحی لرزه‌ای D، E و F اختصاص داده شده‌اند ببینید.

J: قاب‌های مهاربندی شده‌ی فولادی با مهاربند همگرا برای ساختمان‌های یک طبقه با ارتفاع سازه‌ای حداکثر ۶۰ فوت (۱۸,۳ متر) زمانی که بار مرده بام از ۲۰psf بیشتر نباشد مجاز هستند.

k: برای ساختمان‌های انبار یک طبقه افزایش ارتفاع سازه‌ای به اندازه‌ی ۴۵ فوت (۱۳,۷ متر) مجاز است.

l: در بخش ۲,۲ از ACI ۳۱۸ دیوار برشی به عنوان یک دیوار سازه‌ای تعریف شده است.

m: در بخش ۲,۲ از ACI ۳۱۸، تعریف دیوار سازه‌ای ویژه شامل سازه‌های پیش‌ساخته و درجا می‌باشد.

n: در بخش ۲,۲ از ACI ۳۱۸ تعریف قاب خمشی ویژه شامل ساختمان‌های درجا و پیش‌ساخته می‌باشد.

o: به جای آن می‌توان اثر بار لرزه‌ای با مقاومت زیاد را بر اساس مقاومت مورد انتظار تعیین شده طبق AISI S۱۱۰ محاسبه کرد.

p: قاب‌های خمشی پیچ و مهره‌ای ویژه با فولاد سرد نورد شده باید طبق AISI S۱۱۰ به یک به یک طبقه در ارتفاع محدود شود.

جدول ۱-۱۲,۲ ضرایب و فاکتورهای طراحی برای سیستم‌های مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای

۴- ترکیب‌ها و اثرات بار لرزه‌ای

۴-۱ اثر بار لرزه‌ای

برای این ترکیب‌ها از E = ρ QE + ۰,۲ SDS*D استفاده کنید:

5. $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
5. $D + (0.6W \text{ or } 0.7E)$
6a. $D + 0.75L + 0.75(0.6W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
6b. $D + 0.75L + 0.75(0.7E) + 0.75S$

برای این ترکیب‌ها از E = ρ QE - ۰,۲ SDS*D استفاده کنید:

7. $0.9D + 1.0E$
8. $0.6D + 0.7E$

اثر بار لرزه‌ای عمودی، مجازیم که وقتی SDS مساوی یا کمتر از ۰,۱۲۵ باشد، SDS را برابر با صفر در نظر بگیریم.

۴-۲ اثر بار با فاکتور مقاومت اضافی

$$۵.\ (۱.۲ + ۰.۲S_{DS})\ D + \Omega_0 Q_E + L + ۰.۲S$$

$$۷.\ (۰.۹ - ۰.۲S_{DS})D + \Omega_0 Q_E + ۱.۶H$$

نکات:

۱. ضریب بار L در ترکیب ۵ برای تمام سکونت‌هایی که در آن‌ها L_0 در جدول ۱-۴ کمتر یا مساوی با ۱۰۰ psf (۴,۷۹ kN/m۲) است، به جز گاراژها یا سطح‌هایی که به عنوان اجتماعات عمومی استفاده می‌شود، مجاز است که برابر با ۰,۵ در نظر گرفته شود.

۲. ضریب بار H در ترکیب ۷، در صورتی که عکس‌العمل سازه به H مخالف عکس‌العمل آن در مقابل E باشد، می‌تواند صفر در نظر گرفته شود. هنگامی که فشار جانبی زمین در مقابل عکس‌العمل‌های سازه در مقابل دیگر نیروها مقاومت می‌کند، نباید در H آورده شود، ولی می‌تواند در مقاومت طراحی در نظر گرفته شود.

۳-۴ افزونگی

- مقدار ρ را در موارد زیر می‌توان برابر با ۱,۰ در نظر گرفت:
  ۱. سازه‌هایی که به دسته طراحی لرزه‌ای B یا C اختصاص داده شده‌اند.
  ۲. محاسبات جابه‌جایی و اثرات P – دلتا.
  ۳. طراحی اجزای جمع کننده.
  ۴. طراحی اعضا و اتصالاتی که در آن‌ها اثرات بار لرزه‌ای شامل فاکتور مقاومت اضافی برای طراحی لازم است.
  ۵. بارهای دیافراگم.
- برای سازه‌های اختصاص داده شده به دسته طراحی لرزه‌ای D، E و F، ρ می‌تواند برابر با ۱,۳ باشد، مگر اینکه یکی از شرایط زیر برقرار باشد که در این صورت مقدار آن را برابر با ۱,۰ در نظر می‌گیریم:

الف) هر طبقه که در مقابل بیش از ۳۵ درصد از برش پایه در جهت دلخواه مقاومت کند از جدول ۱۲,۳-۳ تبعیت کند.

ب) سازه‌هایی که در پلان خود در تمام طبقات منظم بوده و حداقل در آن‌ها سیستم‌های مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای در هر طبقه که بیش از ۳۵ درصد از برش پایه را تحمل می‌کند، حداقل دارای دو دهانه مقاوم در برابر نیروی لرزه‌ای در هر طرف از سازه در هر جهت متعامد باشد. تعداد دهانه‌ها برای یک دیوار برشی می‌تواند به صورت طول دیوار برشی تقسیم بر ارتفاع طبقه یا دو برابر طول دیوار برشی تقسیم بر ارتفاع طبقه، hsx، برای ساختمان‌های با قاب سبک محاسبه شود.

مثال طراحی:

برای یک محل ساختمان داده شده، حداکثر شتاب‌های پاسخ طیفی زلزله در نظر گرفته شده Ss در دوره‌های کوتاه، و S۱ در دوره یک ثانیه‌ای، در نقشه‌های فصل ۲۲ در شکل‌های ۱-۲۲ تا ۶-۲۲ داده شده است. این مثال فرآیند عمومی تعیین پارامترهای شتاب پاسخ طیفی طراحی SDS و SD۱ از روی مقادیر SS و S۱ را روشن می‌کند. پارامترهای SDS و SD۱ برای محاسبه‌ی طیف پاسخ طراحی در بخش ۱۱,۴,۵ و برش پایه طراحی در بخش ۱۲,۸ استفاده می‌شوند. راحت‌ترین و دقیق‌ترین راه برای به دست آوردن مقادیر طیفی استفاده از نقشه‌های طراحی لرزه‌ای ایالات متحده است. نرم‌افزار USGS می‌تواند مقادیر پارامترهای SS و S۱ را بر اساس آدرس یا طول و عرض جغرافیایی محل به دست بیاورد.

یک محل ساخت در کالیفرنیا در ۳۸,۱۲۳ درجه شمالی (عرض ۳۸,۱۲۳) و ۱۲۲۱,۱۲۳ درجه غربی (طول ۱۲۱,۱۲۳-) قرار گرفته است. پروفیل خاک در محل سایت دسته D است.

ما موارد زیر را تعیین خواهیم کرد:

۱. پارامترهای شتاب پاسخ طیفی Ss و S۱ بیشینه‌ی زلزله در نظر گرفته شده اندازه‌گیری شده (MCER).
۲. ضرایب سایت Fa و Fv و پارامترهای SMS و SM۱ شتاب پاسخ طیفی MCER برای اثرات دسته سایت.
۳. پارامترهای SDS و SD۱ شتاب پاسخ طیفی طراحی.

۱- پارامترهای Ss و S۱ شتاب پاسخ طیفی MCER اندازه‌گیری شده

برای محل داده شده نقشه‌های طراحی لرزه‌ای ایالات متحده مقادیر زیر را ارائه می‌دهد:

Ss = ۰,۶۳۴g

S۱ = ۰,۲۷۲g

۲- ضرایب سایت Fa و Fv و پارامترهای SMS و SM۱ شتاب پاسخ طیفی MCER

برای دسته سایت D که داده شده است و مقادیر SS و S۱ تعیین شده، ضرایب سایت عبارت‌اند از:

Fa = ۱,۲۹۳ جدول ۱۱,۴-۱

Fv = ۱,۸۵۶ جدول ۱۱,۴-۲

پارامترهای شتاب پاسخ طیفی MCER به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

SMS = Fa * SS = ۱,۲۹۲(۰,۶۳۴g) = ۰,۸۱۹g از معادله ۱۱,۴-۱

SM۱ = Fv * S۱ = ۱,۸۵۷(۰,۲۷۲g) = ۰,۵۰۵g از معادله ۱۱,۴-۲

۳- پارامترهای شتاب پاسخ طیفی طراحی SDS و SD۱

SDS = (۲/۳) SMS = (۲/۳) * (۰,۸۱۹g) = ۰,۵۴۶g از معادله ۱۱,۴-۳

SD۱ = (۲/۳) SM۱ = (۲/۳) (۰,۵۰۵g) = ۰,۳۳۷g از معادله ۱۱,۴-۴

نرم‌افزار USGS « نقشه‌های طراحی لرزه‌ای ایالات متحده» نیاز به تعیین دسته خطر دارد، با این وجود این دسته برای تعیین SDS و SD۱ ضروری نیست.

مترجم: علی اکبر خلیلی

منبع:

http://kickmybrain.com/step-by-step-analysis-procedure-of-seismic-loads-based-on-ibc۲۰۱۲asce-۷/۱۰

http://kickmybrain.com/part-۲-step-by-step-analysis-procedure-of-seismic-loads-based-on-ibc۲۰۱۲asce/۱۰-۷