



تأملی بیشتر درباره نقش ضریب رفتار و ارتفاع مجاز در طراحی لرزه‌ای

حسن مقدم
دانشگاه شریف

راه طی شده

- نشریه ۵۱۹ و آیین نامه ۲۸۰۰
- نقش آیین نامه در کاهش چشمگیر تلفات و خسارات
- ویرایش ۵: تلاش بیوقفه کارگروه ها و کمیته ها
- نبود فرصت برای طرح مباحث اساسی
- اعتماد به آیین نامه امریکا



جدول 3. 1 آیین نامه: نقش تعیین کننده ضریب رفتار و ارتفاع مجاز

جدول ۳-۱ مقادیر پارامترهای لرزه‌ای (C_d و Ω_o , R_u) سیستم‌های مختلف مقاوم در برابر نیروی زلزله و حداکثر ارتفاع مجاز آن‌ها (H_m)

H_m (بر حسب متر)			C_d	Ω_o	R_u	سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی زلزله	سیستم سازه
SDC 2	SDC 2	SDC 1					
۵۰	۵۰	۵۰	۷	۲٫۵	۷	۱- دیوار برشی بتن‌آرمه همبند شکل‌پذیر [۱] و [۲]	ب- سیستم قاب ساختمانی
۵۰	۵۰	۵۰	۵	۲٫۵	۶	۲- دیوار برشی بتن‌آرمه ویژه [۲]	
غیرمجاز	غیرمجاز	۱۵	۳٫۵	۲٫۵	۴	۳- دیوار برشی بتن‌آرمه معمولی	
۱۰٫۵	۱۰٫۵	۱۵	۳	۲٫۵	۴	۴- دیوار برشی بنایی مسلح	
۵۰	۵۰	۵۰	۵	۲	۶	۵- قاب مهاربندی‌شده همگرای فولادی ویژه [۲]	
غیرمجاز	۱۰٫۵	۱۵	۳٫۵	۲	۳٫۵	۶- قاب مهاربندی‌شده همگرای فولادی معمولی	
۵۰	۵۰	۵۰	۴	۲	۷	۷- قاب مهاربندی‌شده واگرای فولادی با تیر پیوند برشی [۲]	
۴۰	۵۰	۵۰	۴	۲	۶	۸- قاب مهاربندی‌شده واگرای فولادی با تیر پیوند خمشی یا خمشی-برشی	
۱۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۵٫۵	۳	۷٫۵	۱- قاب خمشی بتن‌آرمه ویژه	پ- سیستم قاب خمشی
غیرمجاز	۱۵	۲۱	۴٫۵	۳	۴٫۵	۲- قاب خمشی بتن‌آرمه متوسط	
غیرمجاز	غیرمجاز	۱۰٫۵	۲٫۵	۳	۳	۳- قاب خمشی بتن‌آرمه معمولی	
۱۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۵٫۵	۳	۷٫۵	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	
غیرمجاز	۲۱	۲۸	۴٫۵	۳	۴٫۵	۵- قاب خمشی فولادی متوسط [۳]	
غیرمجاز	غیرمجاز	۱۰٫۵	۳	۳	۳٫۵	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۴]	
۳۵	۳۵	۵۰	۵٫۵	۳	۶٫۵	۷- قاب خمشی خرابایی فولادی ویژه	
۱۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۵٫۵	۳	۷٫۵	۸- قاب خمشی مختلط ویژه	

دیوار برشی معمولی
در تهران، مشهد،
تبریز، شیراز،
کرمانشاه، ... ممنوع

نیروی زلزله دیوار
برشی ویژه معمول
50% بیشتر از قاب
بتنی متوسط

تأثیر مقادیر جدول 1.3

- حذف سیستم برشی دیوار برشی معمولی در شهرها به علت ممنوعیت
- دشوار شدن بکارگیری دیوار برشی ویژه به دلیل نیروی زیاد و ضوابط سختگیرانه جدید برش
- بافت جدید شهرهای کشور: قاب بتنی متوسط

• پرسش:

- ضریب رفتار و ارتفاع مجاز برای سیستمهای مختلف چگونه تعیین شده است؟
- بویژه عملکرد ساختمانهای آتی که عمدتاً از قاب متوسط تشکیل شده اند در زلزله چه خواهد بود؟
- این مقادیر چگونه با عملکرد و پایداری لرزه ای مرتبطند؟
- تخطی از این ضوابط تا چه حد پایداری لرزه ای را به مخاطره می اندازد؟
- چرا دیوار برشی معمولی ممنوع شده؟ و چنانچه ضریب رفتار دیوار برشی معمولی ۱۵ (بجای ۳/۵) و تا ارتفاع ۱۵ متر مجاز باشد چه تاثیری بر تسهیل استفاده از دیوار برشی خواهد داشت؟

تضمین پایداری تا چه حد جدی است؟

۱-۱ هدف

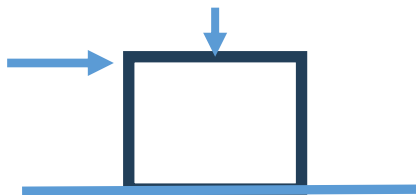
ساختمانها و ابنیه مشمول این آیین نامه بر حسب نوع کاربری به چهار گروه اهمیت تقسیم می‌شوند. هدف این آیین نامه تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای آنها، در برابر نیروها و تغییر مکانهای ناشی از زلزله است، به طوری که با رعایت آن انتظار می‌رود:

- ۱- ساختمان‌های با "اهمیت کم" تحت اثر زلزله طرح فرو نریزند.

- ۲- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" تحت اثر زلزله طرح، ایمنی جانی ساکنان را تامین نمایند و تحت اثر زلزله بیشینه مورد نظر، احتمال فروریزش آنها کم باشد.

• تضمین آیین نامه:

• آیا معیار پایداری اقناع شده؟



ضریب کاهش × مقاومت ≤ ضریب افزایش × نیروی وارده

تأثیر ضریب رفتار بر نقض معیار پایداری

- مقاومت سازه کمتر از نیروی زلزله؟ تکلیف معیار پایداری چه میشود؟
- با نقض معیار پایداری چگونه میتوان پایداری را تضمین کرد؟
- آیا ضریب رفتار بگونه ای تعیین شده است که پایداری را تامین کند؟ چگونه؟

~~ضریب کاهش × مقاومت ≤ ضریب افزایش × نیروی وارده~~

$$V_u = C.W$$
$$C = \frac{S_a}{\left(\frac{R_u}{I_e}\right)}$$

الاس سی ای 7-16 / تفسیر / ص 546
چگونگی تعیین ضریب رفتار

آیین نامه امریکا چه میگوید؟

- لازمه تعیین مقدار R قضاوت مبتنی بر:
 - عملکرد در زلزله واقعی
 - تحقیقات علمی
 - عملکرد انواع سازه در زلزله های گذشته
- چگونه از این قضاوت عدد بدست آمد؟

Specification of response modification coefficients, R , requires considerable judgment based on knowledge of actual earthquake performance and research studies. The coefficients and factors in Table 12.2-1 continue to be reviewed in light of recent research results. The values of R for the various systems were selected considering observed performance during past earthquakes, the toughness (ability to dissipate energy without serious degradation) of the system, and the amount of damping typically present in the system when it undergoes inelastic response. FEMA P-695 (2009b) has been developed with the purpose of establishing and documenting a methodology for quantifying seismic force-resisting system performance and response parameters for use in seismic design. Whereas R is a key parameter being addressed, related design parameters such as the overstrength factor, Ω_0 , and the deflection amplification factor, C_d , also are addressed. Collectively, these terms are referred to as “seismic design coefficients (or factors).” Future systems are likely to derive their seismic design coefficients (or factors) using this methodology, and existing system coefficients (or factors) also may be reviewed in light of this new procedure.

روش فم ا پی 695:
برای سیستمهای جدید سازه ای (بعد از 2016)
ممکن است ضرایب لرزه ای (ضریب رفتار و
..) را با استفاده از این روش بدست آورد و یا
ضرایب رفتار فعلی (تا 2016) را بازنگری کرد

ارتفاع مجاز: آیین نامه امریکا چه میگوید؟

- ارتفاع مجاز از دهه ۱۹۶۰ اعمال شد
- این مقادیر در ۷۰ سال گذشته مرتباً بر اساس نتایج مشاهدات و آزمایشها و با قضاوت سلیقه ای اعضای کمیته با رای کمیته ها تغییر کرده است

اس سی ای 7-16/
تفسیر/ ص 546
چگونگی تعیین ارتفاع
مجاز

Height limits have been specified in codes and standards for more than 50 years. The structural system limitations and limits on structural height, h_n , specified in Table 12.2-1, evolved from these initial limitations and were further modified by the collective expert judgment of the NEHRP Provisions Update Committee (PUC) and the ATC-3 project team (the forerunners of the PUC). They have continued to evolve over the past 30 years based on observations and testing, but the specific values are based on subjective judgment.

ارتفاع مجاز بر اساس سلیقه اعضای کمیته!

Subjective Judgment

Subjective judgment refers to an assessment or evaluation based on personal opinions, feelings, and individual perspectives rather than objective facts. It's influenced by an individual's

experiences, beliefs, and biases. The meaning of subjective judgment is relative and can vary significantly from person to person. Examples include opinions on taste, aesthetic preferences, and even legal interpretations that are influenced by a judge's individual assessment of a case. This

• تصمیم سلیقه ای چیست؟

یک چالش: تعیین ضریب رفتار و ارتفاع مجاز بر اساس قضاوت مهندسی

- درخواستی از همکاران ارجمندم در کارگروه تحلیل ویرایش ۵، همکاران دانشگاهی در سراسر کشور، کارشناسان عمران در سراسر کشور، مخاطبان گروه پرسش و گفتگو، و همه علاقمندان:

آیا بدون توجه به اعداد داده شده در گزارش اتی سی در سال 1978 (ویرایش اول آیین نامه 2800 در سال 1366) با تجزیه و تحلیل عملکرد سازه ها در زلزله های ایران و جهان و آزمایشهای انجام شده قبل از تاریخ مزبور اعضای یک کمیته چگونه میتوانند ضریب رفتار و ارتفاع مجاز را برای قاب بتنی و دیوار برشی معمولی با قضاوت مهندسی تعیین نمود؟
آیا شما شخصا این تجربه را داشته اید؟
آیا گزارش یا مقاله ای را سراغ دارید که چگونه که آس سی ای 7 میگوید با مشاهده عملکرد ساختمانها و آزمایشها نشان داده باشد اعداد اتی سی در سال 1978 چگونه بدست آمدند؟
از علاقمندان درخواست میشود پاسخ را برای بنده و یا برای گروه ارسال فرمایند

پرسش 102

پرسش ۱۰۲: ضریب رفتار

۱. ضرایب رفتار در جدول ۳-۱ پیشنهاد ویرایش پنجم چگونه محاسبه شده اند؟ و گزارش این محاسبات کجاست؟
۲. چنانچه در محاسبه ضریب رفتار بزرگتر از این مقادیر در نظر گرفته شود آیا سازه در زلزله فرو خواهد ریخت؟
۳. چرا ضریب رفتار دیوار بتنی معمولی $3/5$ و استفاده از آن در تهران برای ساختمانهای مسکونی ممنوع است اما قاب بتنی ویژه $7/5$ و تا ارتفاع ۲۰۰ متر مجاز است؟ و اصولا چرا برای دیواربتنی ضریب رفتار کوچکتری نسبت به قاب در نظر گرفته شده است؟ آیا گزارشی حاکی از تحلیلها، محاسبات، آزمایشها و مشاهدات میدانی منتج به این نتیجه گیری در دست است؟
۴. آیا اعتبار درستی این ضوابط بر پایه کدامیک از معیارهای پنجگانه است؟
 - الف. تحلیلهای نظری؟
 - ب. فرضیه های متکی به آزمایش؟
 - پ. درس از زلزله های گذشته؟
 - ت. قضاوت مهندسی؟
 - ث. اعتبار آیین نامه های مرجع؟
۵. آیا فرضیه ضریب رفتار واجد خصوصیت ابطال پذیری (راستی آزمایی است)؟ چگونه میتوان با انجام تحلیل یا آزمایش اعداد داده شده در جدول ۳-۱ را راستایی آزمایی کرد؟
۶. تعریف ضریب اطمینان در برابر بار زلزله چیست؟
۷. ضریب اطمینان سازه هایی که با ضرایب رفتار جدول ۳-۱ طرح شوند چند است؟ آیا ضریب اطمینان یکسانی برای همه سیستمهای مذکور در این جدول در نظر گرفته شده است؟
۸. آیا تغییرات ضریب رفتار در ویرایشهای مختلف آیین نامه بر اساس تحلیل، محاسبات و آزمایشهای خاصی صورت گرفته است؟ گزارش مربوطه کجاست؟
۹. چنانچه تغییرات ضریب رفتار به صورت قضاوت مهندسی بوده است، این قضاوت چگونه حاصل شده است؟ از مشاهده رفتار ساختمانها در زلزله؟ آزمایش؟ تحلیل نظری و مطالعات تحلیلی؟
۱۰. چگونه میتوان با انجام تحلیل و محاسبه ضریب رفتار را بدست آورد؟
۱۱. چگونه میتوان با انجام آزمایش ضریب رفتار را بدست آورد؟



پیش 1

اس سی ای 7-16 / تفسیر / ص 546
چگونگی تعیین ضریب رفتار

- ۱. ضرایب رفتار در جدول ۳-۱ پیشنهادی ویرایش پنجم چگونه محاسبه شده اند؟ و گزارش این محاسبات کجاست؟
- پاسخ:

- آیین نامه امریکا + سلیقه اعضای کمیته
- قضاوت مهندسی کمیته اتی سی 1978
- گزارشی در دست نیست

Specification of response modification coefficients, R , requires considerable judgment based on knowledge of actual earthquake performance and research studies. The coefficients and factors in Table 12.2-1 continue to be reviewed in light of recent research results. The values of R for the various systems were selected considering observed performance during past earthquakes, the toughness (ability to dissipate energy without serious degradation) of the system, and the amount of damping typically present in the system when it undergoes inelastic response. FEMA P-695

1.1 Background and Purpose

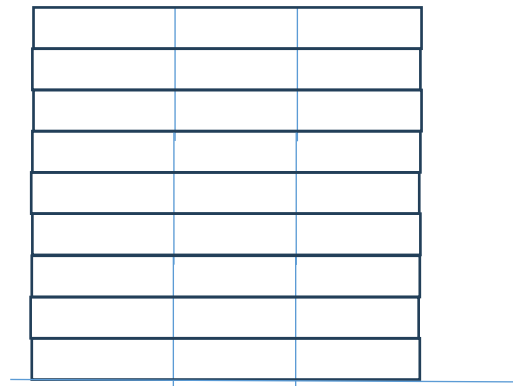
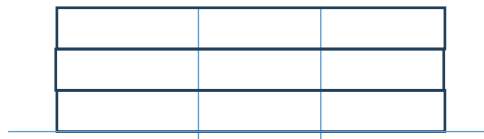
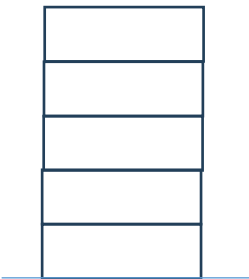
The Applied Technology Council (ATC) was commissioned by the Federal Emergency Management Agency (FEMA) under the ATC-63 Project to develop a methodology for quantitatively determining global seismic performance factors for use in seismic design.

نحوه تعیین ضرایب
رفتار/ به نقل از فیما
پی ۶۹۵ / سال ۲۰۰۹

Original R factors were based largely on judgment and qualitative comparisons with the known response capabilities of relatively few seismic-force-resisting systems in widespread use at the time. Many recently defined

قضاوت مهندسی

- یک مهندس عمران یا استاد دانشگاه در سال ۱۹۷۸ چگونه میتواند با قضاوت مهندسی ضریب رفتار را برای انواع سیستمهای سازه ای بدست آورد؟ ۱ طبقه، ۱۰۰ طبقه، دو دهانه، ده دهانه، فولادی، بتنی،!
- چرا ما به این قضاوت نمیرسیم؟



ضریب کاهش $\times$ مقاومت $\leq$ ضریب افزایش $\times$ نیروی وارده

پایداری؟

Table 12.2-1 continue to be reviewed in light of recent research results. The values of R for the various systems were selected considering observed performance during past earthquakes, the toughness (ability to dissipate energy without serious degradation) of the system, and the amount of damping typically present

- عدم اقناع معیار متعارف پایداری
- ضامن پایداری: تافنس (قابلیت جذب انرژی)
- تعریف ریاضی تافنس؟ چگونه تافنس انواع سیستمهای سازه‌ای حساب شدند؟
- چگونه تقاضای تافنس در زلزله‌های مختلف حساب شد؟



شکست پنکیکی در زلزله اخیر ترکیه و کرایست چرچ نیوزلند

کشف رمز از فحوای کلام آاس سی ای 7



- ضرایب رفتار در گزارش سال ۱۹۷۸ طوری تعیین شدند که:
- در این صورت باید داشته باشیم:

$$\text{ظرفیت تافنس} \times \emptyset \leq \text{تقاضای تافنس} \times \lambda$$

- ضرایب فی و لاندا چقدر فرض شدند؟
- ظرفیت تافنس برای سازه های گوناگون چطور حساب شد؟
- اثر تغییرات ضوابط طراحی بر ظرفیت تافنس چگونه باید حساب شود؟
- آیا ظرفیت تافنس به تعداد طبقات بستگی دارد؟
- تقاضای تافنس برای چگونه حساب میشود؟
- آیا تقاضای تافنس برای همه زلزله های یکسان است؟



مقدم حسن. (1403). آیین نامه های لرزه ای، گذشته، حال و چشم انداز آینده. فصلنامه علوم و مهندسی زلزله.
doi: 10.48303/bese.2024.2029271.1161.106-69.(3)11

bese.ir



سال یازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۷

• ریشه ضریب رفتار

DOI: 10.48303/bese.2024.2029271.1161

نوع مقاله: مروری

چکیده

آیین نامه های لرزه ای از ایده ساده ضریب زلزله آغاز و طی یک صد سال به شکل امروزی درآمدند. درک ضوابط پیچیده و به کارگیری درست آن در گرو شناخت مبانی نظری این ضوابط است اما متأسفانه در این باره کمتر بحث شده است. در این مقاله پیدایش و سیر تحولات آیین نامه های لرزه ای و چگونگی تعیین ضریب رفتار، طیف طرح، توزیع نیرو، و تکیه فزاینده بر تحلیل دینامیکی تشریح و دقت مفروضات آیین نامه بحث شده است. پرسش اساسی این است که ضوابط آیین نامه چگونه می تواند سازه را علیرغم فقدان مقاومت کافی ایمن سازد؟ کلید این معما در ضریب رفتار است که باید تغییر شکل ایجاد شده را در محدوده ظرفیت شکل پذیری نگاه دارد. رابطه ضریب رفتار با تغییر شکل لرزه ای، صعوبت تخمین ظرفیت شکل پذیری، چگونگی برآورد ضرایب رفتار فعلی، و مسئولیت آیین نامه های طراحی در ارائه روش محاسبه و تأمین شکل پذیری از محورهای اصلی این گفتار است و نشان داده شده کاهش شدید ظرفیت شکل پذیری در سازه های فولادی به خاطر بروز پدیده جهش

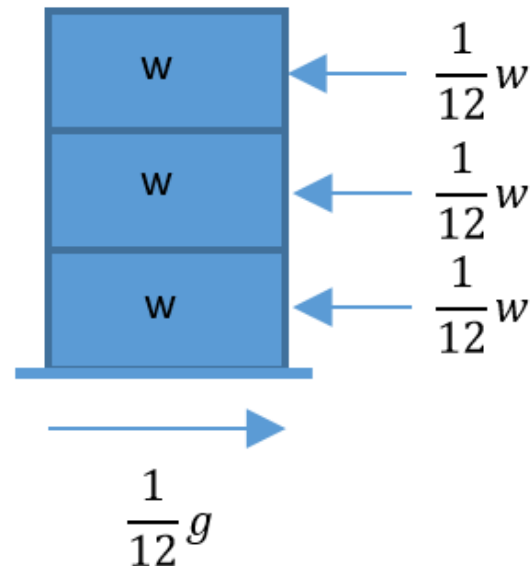
آیین نامه های لرزه ای، گذشته، حال و چشم انداز آینده

حسن مقدم

استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران،

پیدایش آیین نامه های لرزه ای

• نسل اول آیین نامه های لرزه ای: ایده پنتی سنگ بنا



$$V = CW$$

مدل صلب پنتی برای محاسبه نیروی زلزله

تاریخچه آیین نامه های لرزه ای

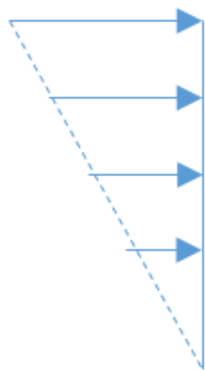
• شکل گیری آیین نامه های لرزه ای بر اساس ایده پنتی

ایده پنتی به تدریج در سایر کشورها پذیرفته شد و با تغییراتی مبنای محاسبه نیروی زلزله قرار گرفت. تا سال ۱۹۳۰ ایتالیا و ژاپن تنها کشورهای دارای آیین نامه زلزله بودند. در ژاپن سانو در سال ۱۹۱۶ مانند پنتی از مدل صلب استفاده کرد و ضریب زلزله را برابر ۰/۳ فرض کرد، اما برای اولین بار در سال ۱۹۲۴ در آیین نامه ساختمان ژاپن رسماً مقدار ضریب زلزله برابر ۰/۱ اعلام شد که در سال ۱۹۵۰ به ۰/۲ افزایش یافت. در سال ۱۹۸۱ و خیلی بعد از امریکا و سایر کشورها، اثر زمان تناوب بر ضریب زلزله وارد آیین نامه ژاپن شد. در امریکا در سال ۱۹۲۷ مدل پنتی در ضوابط یو بی سی وارد شد و ضریب زلزله بسته به نوع خاک بین ۷/۵ تا ۱۰ درصد در نظر گرفته شد. در سال ۱۹۴۳ در ضوابط شهر لس آنجلس برای اولین بار ضریب زلزله به صورت تابعی از تعداد طبقات ظاهر شد.

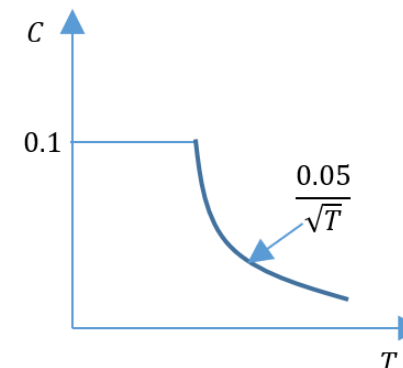
$$C = \frac{60}{(N + 4.5)(100)}$$

زمان تناوب، تشویق قاب، تنبیه دیوار برشی، توزیع مثلثی

در سال ۱۹۵۱ کمیته ای مرکب از اعضای انجمن مهندسان سازه شمال کالیفرنیا و انجمن مهندسان عمران امریکا گزارشی منتشر کرد که در آن توصیه شده نیروی زلزله به صورت تابعی از زمان تناوب در نظر گرفته شده و به صورت مثلثی در ارتفاع ساختمان توزیع گردد. این توصیه در سال ۱۹۵۶ به تصویب شهر لس آنجلس رسید. متعاقبا در سال ۱۹۵۹، در دستورالعمل سیاک ضریب زلزله علاوه بر زمان تناوب، اثر نوع سازه را برای اولین بار با ضریب K در نظر گرفت. این ضریب برای دیوار برشی برابر $1/33$ و قاب خمشی برابر $0/67$ بود.



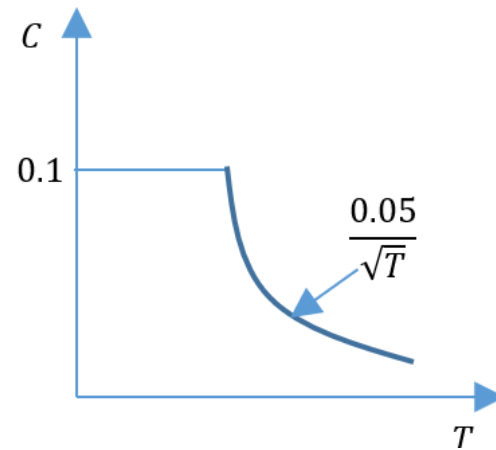
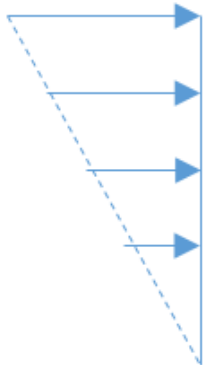
$$V = KCW$$



پرسش: مطالعات علمی پشتوانه ضوابط؟

$$V = KCW$$

- ضریب زلزله ۰.۱؟
- نمودار C ؟
- ضریب k ؟
- توزیع مثلثی؟





ضریب زلزله در نسل اول آیین نامه های امریکا ۱۹۲۷-۱۹۷۶

- 1906 San Francisco Rebuilt to 30 PSF Wind
- 1927 Uniform Building Code ($C=0.075$ to 0.10)
- 1933 Los Angeles City Code ($C=0.08$)
- 1943 Los Angeles City Code ($C=\frac{0.60}{N+4.5}$, $N \leq 13$ stories)
- 1952 ASCE-SEAONC ($C=\frac{K_1}{T}$, $k_1=0.015$ to 0.025)
- 1959 SEAOC ($V=KCW$, $C=\frac{0.05}{\sqrt[3]{T}}$)
- 1976 UBC $V=ZIKCSW$
- 1978 ATC-3 Tentative Recommendation

ابداع شتابنگار، اولین طیفهای زلزله

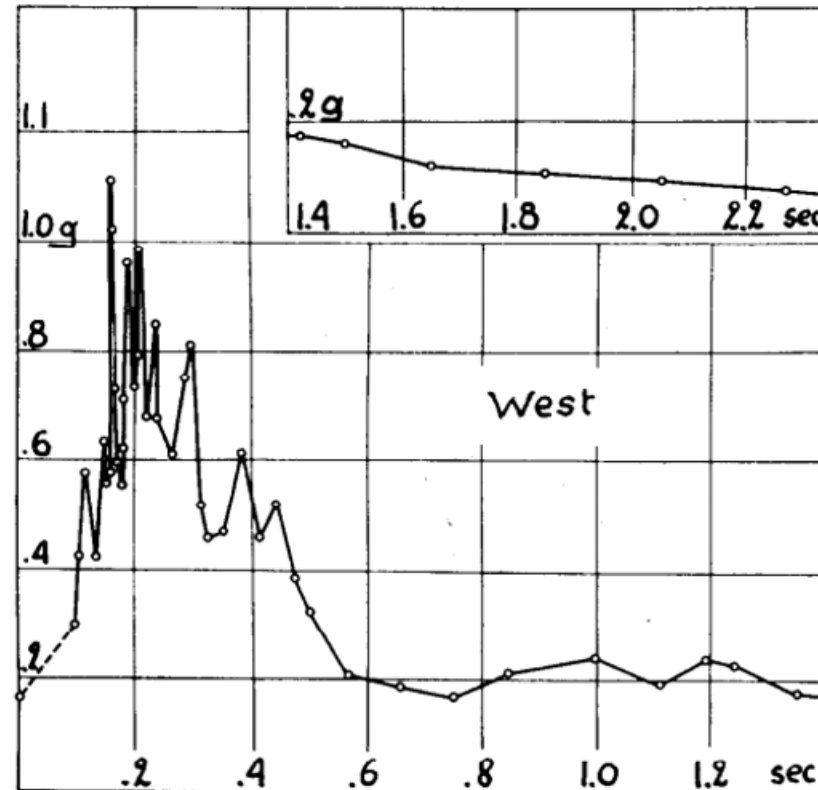
دستگاه لرزه نگار در اواخر قرن نوزدهم ساخته شد و خیلی زود شبکه های لرزه نگاری در ژاپن، ایالات متحده امریکا و سایر نقاط جهان بکار افتاد اما متاسفانه نیروی زلزله را نمیتوان از لرزه نگاشت استخراج نمود زیرا مطابق رابطه زیر، برای محاسبه پاسخ ارتعاش یک سازه نیاز به شتاب زمین $\ddot{v}_g(t)$ میباشد:

$$m\ddot{v}(t) + c\dot{v}(t) + kv(t) = -m\ddot{v}_g(t)$$

در سال ۱۹۳۱ در امریکا بودجه ای برای ساخت دستگاه شتابنگار تخصیص یافت و متعاقبا در سال ۱۹۳۲ دستگاه ساخته شد و شبکه شتابنگار در کالیفرنیا نصب و برای اولین بار در سال ۱۹۳۳ اولین شتابنگاشت ثبت شد (زلزله لانگ بیچ کالیفرنیا). بایوت موضوع پایان نامه دکترای خود را محاسبه طیف شتاب زلزله انتخاب نمود و اولین طیفهای زلزله را در سال ۱۹۴۱ طی مقاله ای منتشر نمود (Biot, 1941).

اولین طیف زلزله

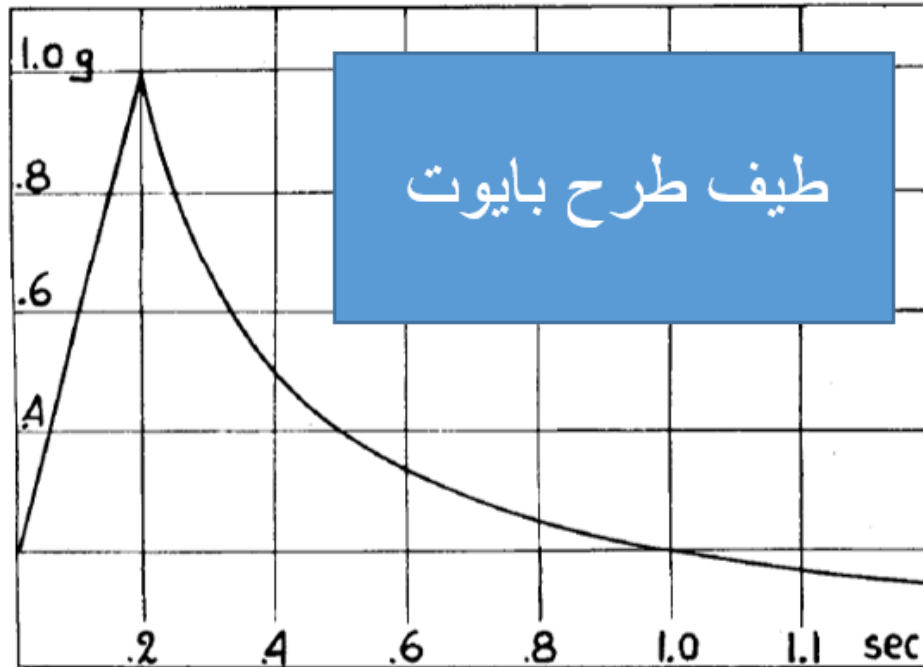
Biot, M. (1941). A mechanical analyzer for the prediction of earthquake stresses. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 31



اولین طیف زلزله در جهان، زلزله: هلنا مونتانا ۳۱ اکتبر ۱۹۳۵ (Biot, 1941)

اولین طیف طرح

۱۰



Biot, M. (1941). A mechanical analyzer for the prediction of earthquake stresses. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 31

معضل دهه 1960: نیروی زلزله بیش از مقاومت سازه!

- اولین شتابنگاشت
- اولین طیف طرح

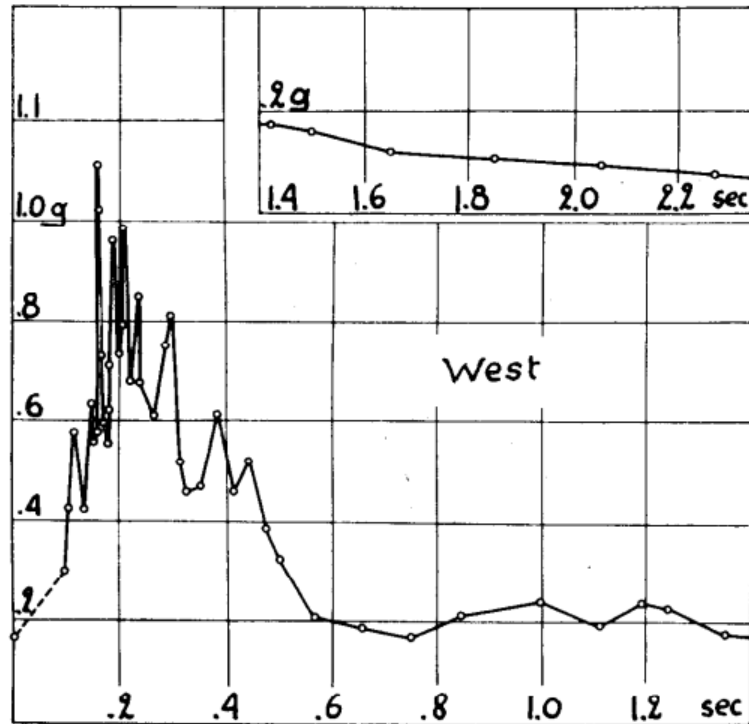
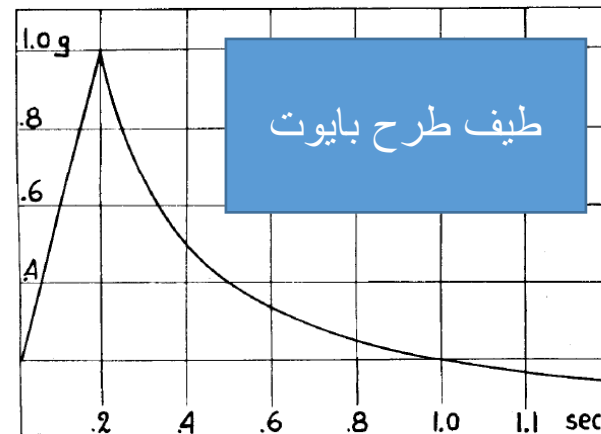


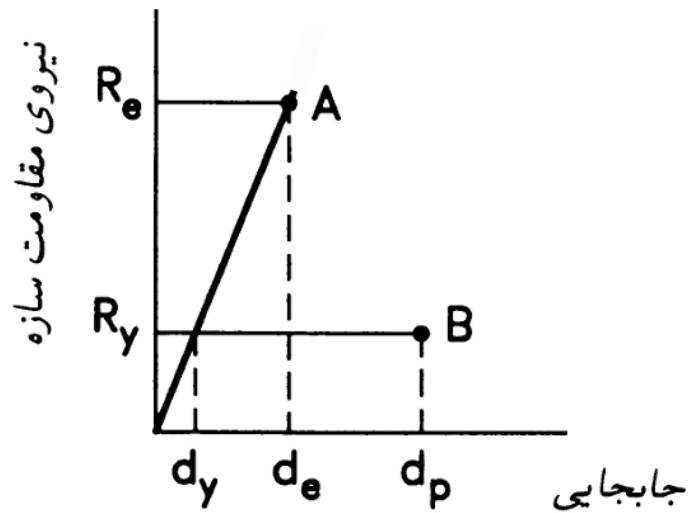
Fig. 4. Spectrum of E-W horizontal acceleration of the earthquake of Helena, Montana, October 31, 1935.



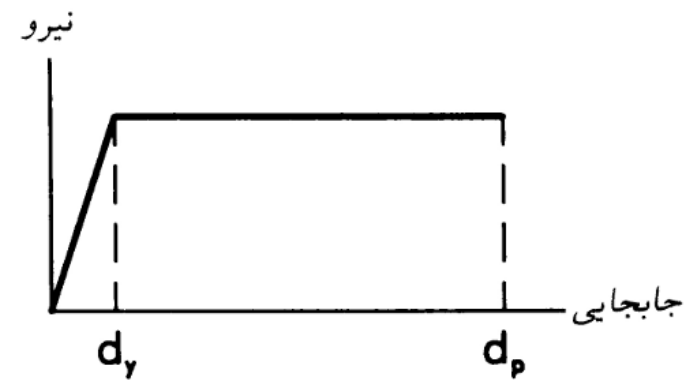
Biot M.A.(1941), A mechanical analyzer for the prediction of earthquake stresses. Bulletin of the Seismological Society of America.31:151-71.

تعریف و نقش شکل پذیری: نیومارک 1970

• چنانچه مقاومت سازه کمتر از نیروی زلزله باشد چه رخ میدهد؟ **تسلیم**



شکل ۱۷.۳ تأثیر کمبود مقاومت بر جابجایی لرزه‌ای



شکل ۱۶.۳ رفتار ارتجاعی خمیری کامل

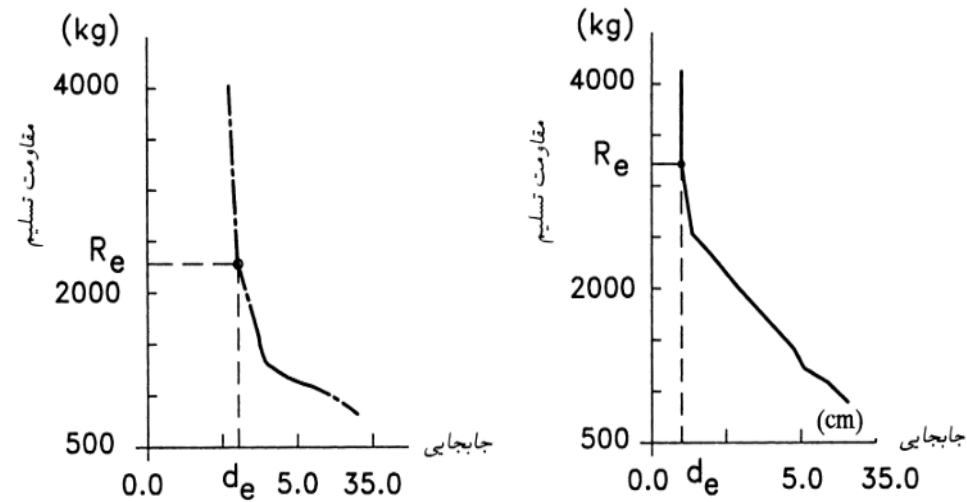
تعریف شکل پذیری و ضریب رفتار

۱

$$\mu = \frac{d_p}{d_y} = \frac{\text{جابجایی کل}}{\text{جابجایی تسلیم}}$$

$$R = \frac{R_e}{R_y} = \frac{\text{نیروی ارتجاعی زلزله}}{\text{مقاومت سازه}}$$

تأثیر کمبود مقاومت: تغییر شکل خمیری



الف. زلزله انکونا (Ancona) ۱۹۷۲ در ایتالیا ب. زلزله گازی (Gazli) ۱۹۷۶ در شوروی سابق

شکل ۱۸.۳ تأثیر کاهش مقاومت بر جابجایی لرزه‌ای (به نقل از مرجع (۸))

- نیروی زلزله برابر مقاومت سازه. چرا؟!
- مقاومت شرط لازم ایستایی نیست. چرا؟!
- مقاومت کمتر = تغییر شکل بیشتر
- با ضریب رفتار میتوان نیروی زلزله را تنظیم کرد. چگونه؟!
- آیا ضریب رفتار دلخواه است؟!
- رابطه شکل پذیری و ضریب رفتار؟



ضریب رفتار

• پایان این بخش

شاد باشید