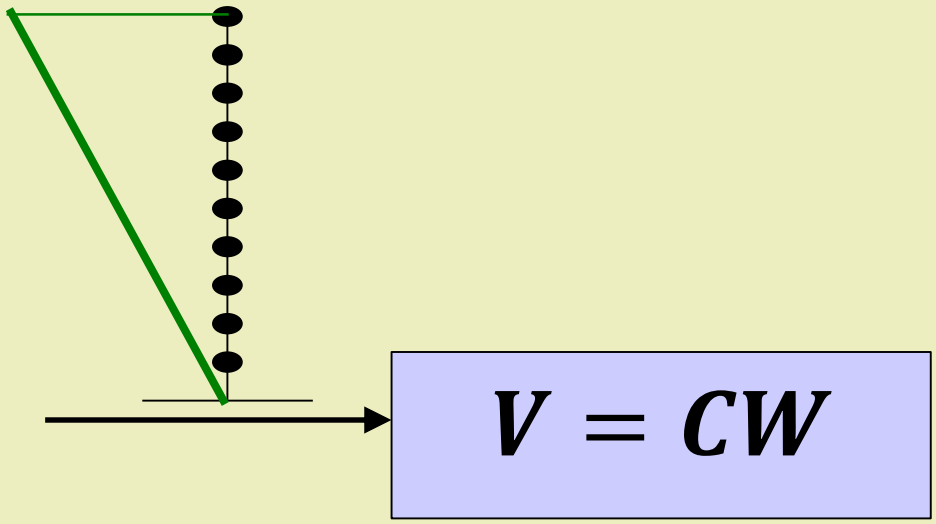
دوره فشرده طراحی عملکردی

نیروی زلزله

نیروی زلزله چیست؟: نیروی استاندارد

- ۱۹۶۰-۱۹۰۸/ ضریب زلزله C / توزیع مثلثی
- ضریب زلزله تابعی از زمان تناوب، لرزه خیزی منطقه، نوع خاک



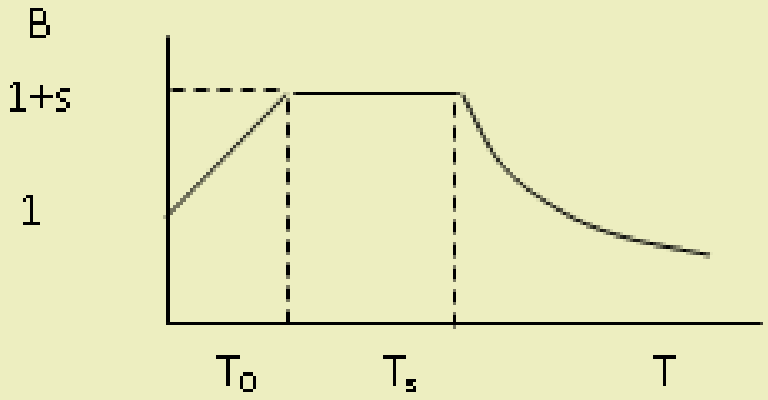
نیروی زلزله استاندارد

تحولات بعدی

$$C = \frac{ABI}{R} \geq 0.1A$$

$$F_i = \frac{w_i h_i}{\sum_{j=1}^{n} w_j h_j}(V - F_t)$$

$$F_t = 0.07T.V \leq 0.25V$$



موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

برخی سوالات و ابهامات

- طبق ضوابط آیین نامه نیروی ارتجاعی زلزله چیست؟
- این نیرو چه ارتباط آماری با زلزله های گذشته و آینده دارد؟ پوش؟ میانگین؟
- دقت طیف آیین نامه چقدر است؟
- چنانچه سازه تحت یک زلزله مشخص قرار گیرد:
- آیا نیروی ایجاد شده در طبقات (نیروی ماند) مطابق آیین نامه است؟
- آیا نیروی ایجاد شده در اجزای سازه با مقادیری که از تحلیل متعارف (سپ یا ایتبز) بدست می آید یکی است؟

مثال. ارتعاش قاب تحت زلزله

- ارتعاش قاب ۴ طبقه در فایل: 1 deformed shapes
- شتاب پی، برش و جابجایی طبقات: 2 combined responses
- پاسخ بام: 3 Roof disp timehistory
- پاسخ اوج: 4 peak responses

تحلیل غیر خطی

- یک قاب فولادی ۴ طبقه تحت سه سطح خطر تحلیل دینامیکی غیرخطی شده است:
- ۱. زلزله ۵۰ ساله
- ۲. زلزله ۴۷۵ ساله
- ۳. زلزله ۲۴۷۵ ساله
- شتابنگاشتها منطبق با طیف آیین نامه ۲۸۰۰ ساخته شده اند. جزییات سازه در اسلاید بعدی آمده است.

طراحی اولیه (آیین نامه ۲۸۰۰)

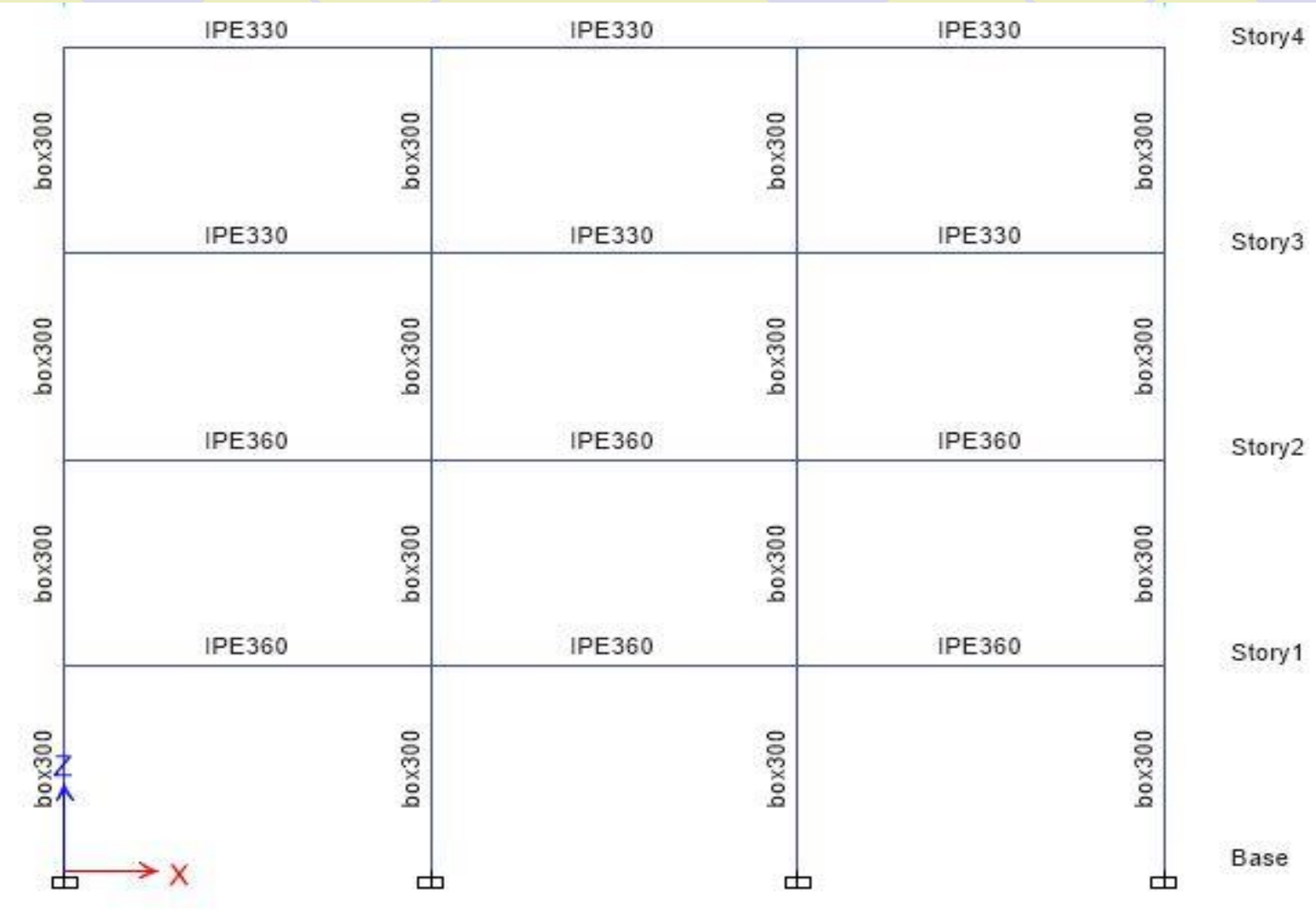
- قاب خمشی فولادی
- قاب خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط در تهران که طرح آن بر اساس ویرایش ۴ آیین نامه ۲۸۰۰ انجام شده است (با نرم افزار ایتبز).
- فرضیات: محل بنا در تهران، خاک نوع ۳، دهانه ها ۵ متر، ارتفاع همه طبقات ۳ متر، بار مرده و زنده طبقات به ترتیب برابر ۴ و ۱ تن بر متر. ضریب رفتار ۵، ضریب B برابر ۲.۸۳، وزن لرزه ای هر طبقه برابر ۶۳ تن و وزن لرزه ای کل برابر ۲۵۲ تن. برش پایه برابر است با

$$V = \frac{ABI}{R}W = \frac{0.35\times2.83\times1}{5}(252) = 50$$

- با استفاده از نرم افزار اینتبز طرح و در نظر گرفتن نیمرخ IPE برای تیرها و قوطی برای ستونها طرح زیر بدست آمد (اسلاید بعدی)

موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

مشخصات مقاطع



نتایج تحلیل دینامیکی

- ۱. تصویر ارتعاش دینامیکی در سه سطح خطر
- رک به فایل 1 deformed shapes
- ۲. تصویر تغییرات زمانی شتاب، گریز و برش طبقات
- رک به فایل 2 combined responses
- ۳. ارتعاش بام رک به 3 Roof disp timehistory
- ۴. لحظه و مقادیر اوج نیروی اینرسی، برش و گریز طبقات در زلزله ۴۷۵ ساله
- رک به فایل 4 peak responses

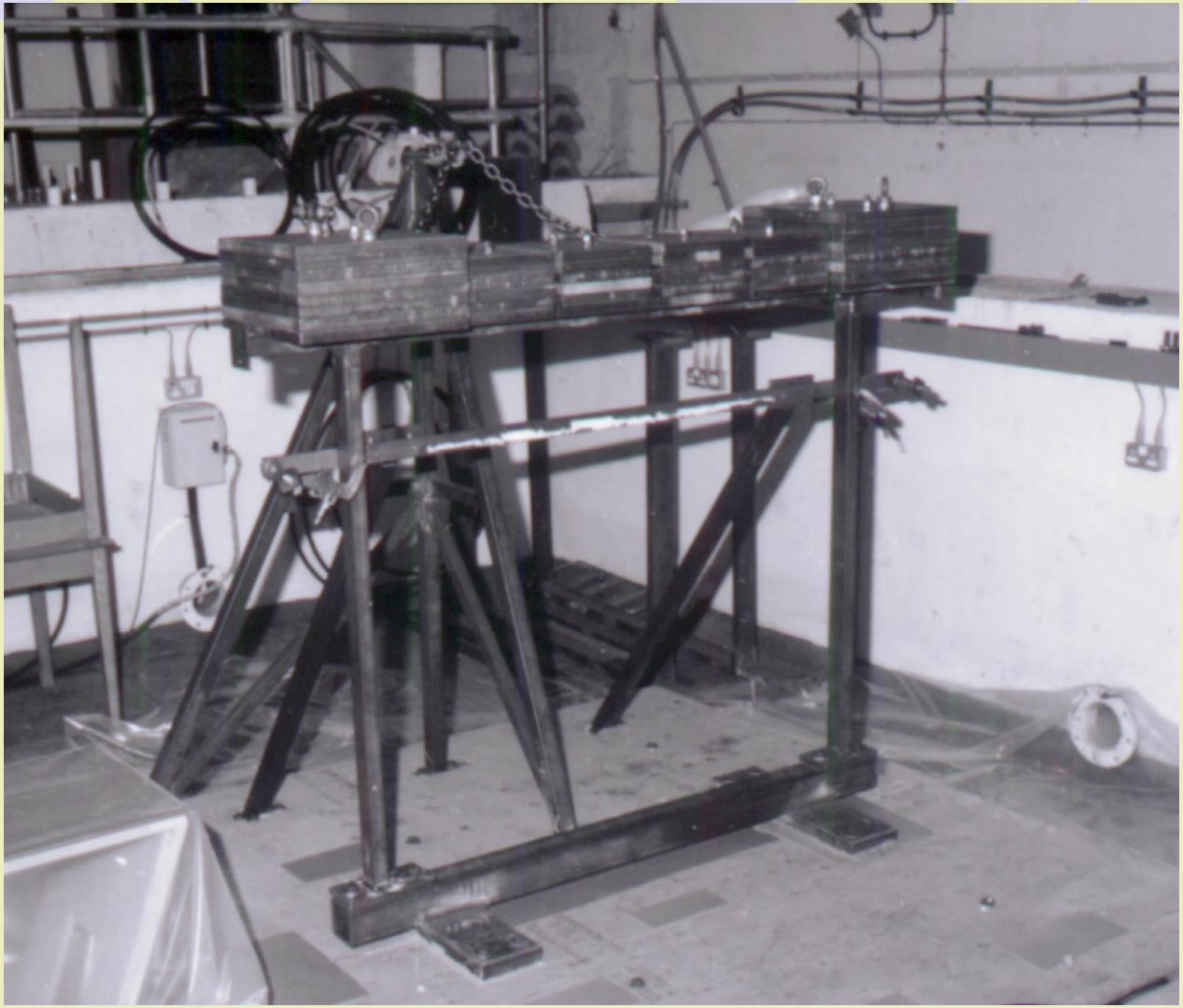
نیروی زلزله چیست؟

پاسخ به زلزله ۴۷۵ ساله

based on maximum story shears				based on maximum story inertia forces				based on maximum story drifts			
t(s)= 6/44	m/s2	کیلو نیوتن	درصد	6/27	m/s2	کیلو نیوتن	درصد	6/51	m/s2	کیلو نیوتن	درصد
story	برش طبقه	شتاب	نیروی اینرسی	گریز طبقه	برش طبقه	شتاب	نیروی اینرسی	گریز طبقه	برش طبقه	شتاب	نیروی اینرسی	گریز طبقه
4	541/563	8/32	524/16	1/4337	208/008	3/3729	212/4927	0/6885	445/4223	6/7714	426/5982	1/4818
3	851/1916	4/7564	299/6532	2/0396	396/3935	3/5006	220/5378	1/0966	794/1051	5/4688	344/5344	2/2799
2	1008/2695	2/4193	152/4159	2/4913	710/2168	5/3681	338/1903	1/549	1008/477	3/414	215/082	2/7219
1	1123/0197	1/749	110/187	2/1556	1032/191	5/0251	316/5813	1/2756	1177/699	2/4138	152/0694	2/1916
t(s)= 6/56				6/32				6/55				
4	369/3865	5/5346	348/6798	1/3546	111/5877	2/0199	127/2537	0/629	381/4718	5/7332	361/1916	1/3791
3	783/6076	6/2241	392/1183	2/2676	524/0896	6/7186	423/2718	1/3772	790/4393	6/2462	393/5106	2/2834
2	1070/2137	4/3514	274/1382	2/8091	959/8995	6/7516	425/3508	2/1079	1066/73	4/2666	268/7958	2/8103
1	1130/5123	0/9248	58/2624	2/1793	1141/475	2/4895	156/8385	1/6796	1135/368	1/0048	63/3024	2/1834
t(s)= 8/26				6/33				6/53				
4	537/4033	8/1694	514/6722	1/5709	115/2699	2/1438	135/0594	0/655	411/8838	6/1984	390/4992	1/432
3	851/9641	4/8186	303/5718	2/1202	547/9173	6/8759	433/1817	1/4405	796/7312	5/968	375/984	2/2954
2	1008/689	2/4097	151/8111	2/1292	982/2285	6/7213	423/4419	2/1857	1043/232	3/8604	243/2052	2/7818
1	1124/2263	1/7354	109/3302	1/2391	1147/584	2/276	143/388	1/7465	1152/653	1/5108	95/1804	2/1887
t(s)= 8/25				8/24				8/25				
4	541/563	8/32	524/16	1/5766	540/5736	8/3749	527/6187	1/5706	541/563	8/32	524/16	1/5766
3	851/1916	4/7564	299/6532	2/1175	849/4657	4/7292	297/9396	2/107	851/1916	4/7564	299/6532	2/1175
2	1008/2695	2/4193	152/4159	2/1203	1009/059	2/4484	154/2492	2/1092	1008/27	2/4193	152/4159	2/1203
1	1123/0197	1/749	110/187	1/2256	1121/407	1/7548	110/5524	1/21	1123/02	1/749	110/187	1/2256

موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

نیروی زلزله در بازه غیرارتجاعی



نیروی زلزله در بازه غیرارتجاعی

قاب	جرم کیلوگرم	سختی kg/cm	زمان تناوب ثانیه	مقاومت کیلوگرم	میرایی
F1	۹۰۰	۱۷۱	۰/۴۶	۶۰۰	کمتر از ۱٪
F2	۹۰۰	۲۳۸	۰/۳۹	۲۲۰۰	کمتر از ۱٪
F3	۹۰۰	۶۹۸۰	۰/۰۷۲	۲۸۰۰	کمتر از ۱٪

نیروی زلزله در بازه غیرارتجاعی

قاب	جرم کیلوگرم	سختی kg/cm	زمان تناوب ثانیه	مقاومت کیلوگرم	میرایی
F1	۹۰۰	۱۷۱	۰/۴۶	۶۰۰	کمتر از ۱٪
F2	۹۰۰	۲۳۸	۰/۳۹	۲۲۰۰	کمتر از ۱٪
F3	۹۰۰	۶۹۸۰	۰/۰۷۲	۲۸۰۰	کمتر از ۱٪

پاسخ ارتجاعی قابها

زلزله	شتاب اوج زلزله g	F_1		F_2		F_3	
		شتاب پاسخ g	نیروی زلزله kg	شتاب پاسخ g	نیروی زلزله kg	شتاب پاسخ g	نیروی زلزله kg
مونتنگرو[1]	۰/۴۶	۲/۹۲	۲۶۲۸	۱/۶۰	۱۴۴۴	۰/۴۲	۳۷۶
طبس[2]	۰/۹۳	۲/۰۸	۱۸۷۲	۲/۴۸	۲۲۳۳	۰/۸۴	۷۵۳
پارک‌فیلد	۰/۵۲	۱/۴۸	۱۳۳۲	۱/۱۲	۱۰۲۰	۰/۵۷	۵۱۲
گازلی[4]	۰/۷۶	۱/۱۲	۱۰۰۸	۲/۲۰	۱۹۸۸	–	–
ال‌سنترو[5]	۰/۳۴	۱/۴۰	۱۲۶۰	۰/۷۲	۶۶۰	–	–

برداشت و جمع بندی از آزمایش میز زلزله

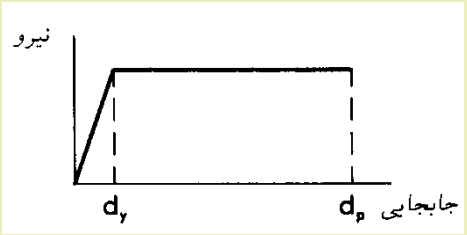
- پراکندگی و عدم قطعیت نیروی زلزله در بازه ارتجاعی
- فزونی چشمگیر نیروهای زلزله بر مقادیر آیین‌نامه‌ای
- ورود ناخواسته به بازه غیرارتجاعی

پاسخ ارتجاعی قابها

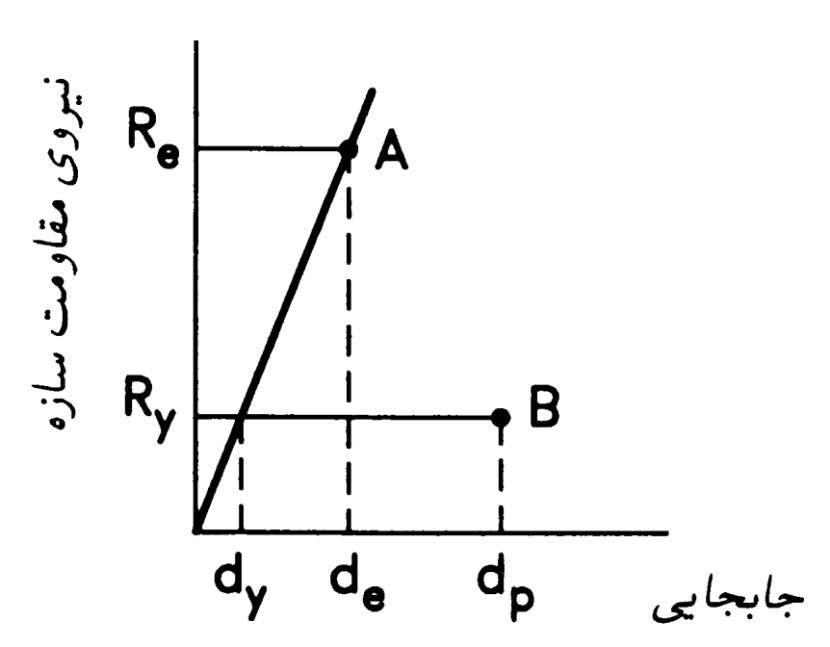
زلزله	شتاب اوج زلزله g	F_1		F_2		F_3	
		شتاب پاسخ g	نیروی زلزله kg	شتاب پاسخ g	نیروی زلزله kg	شتاب پاسخ g	نیروی زلزله kg
مونتنگرو[1]	۰/۴۶	۲/۹۲	۲۶۲۸	۱/۶۰	۱۴۴۴	۰/۴۲	۳۷۶
طبس[2]	۰/۹۳	۲/۰۸	۱۸۷۲	۲/۴۸	۲۲۳۳	۰/۸۴	۷۵۳
پارک‌فیلد	۰/۵۲	۱/۴۸	۱۳۳۲	۱/۱۲	۱۰۲۰	۰/۵۷	۵۱۲
گازلی[4]	۰/۷۶	۱/۱۲	۱۰۰۸	۲/۲۰	۱۹۸۸	–	–
ال‌سنترو[5]	۰/۳۴	۱/۴۰	۱۲۶۰	۰/۷۲	۶۶۰	–	–

نیروی زلزله در بازه غیرارتجاعی

زلـــزلـه	R_e(kg)	d_e(mm)	R_y(kg)	d_y	d_p	d_p/d_e
مونتنگرو-یوگسلاوی ۱۹۷۹	۲۶۵۰	۱۵۱	۶۰۰	۳۴/۳	۵۰	۰/۳۳
طبس - ایران ۱۹۷۸	۱۸۸۰	۱۰۷	۶۰۰	۳۴/۳	۵۴	۰/۵۰
پارک‌فیلد - آمریکا ۱۹۶۶	۱۳۴۰	۷۶/۴	۶۰۰	۳۴/۳	۶۲/۲	۰/۸۱
گازلی - شوروی ۱۹۷۶	۱۰۰۸	۵۷/۶	۶۰۰	۳۴/۳	۷۱/۸	۱/۲۵
ال‌سنترو - آمریکا ۱۹۴۰	۱۲۲۴	۷۰	۶۰۰	۳۴/۳	۷۲	۱/۰۳



- ورود ناخواسته با بازه غیرارتجاعی
- جابجایی تسلیم/ جابجایی خمیری



- بروز سازکار تسلیم
- عدم فروریزی

- زمینه پیدایش ضریب رفتار

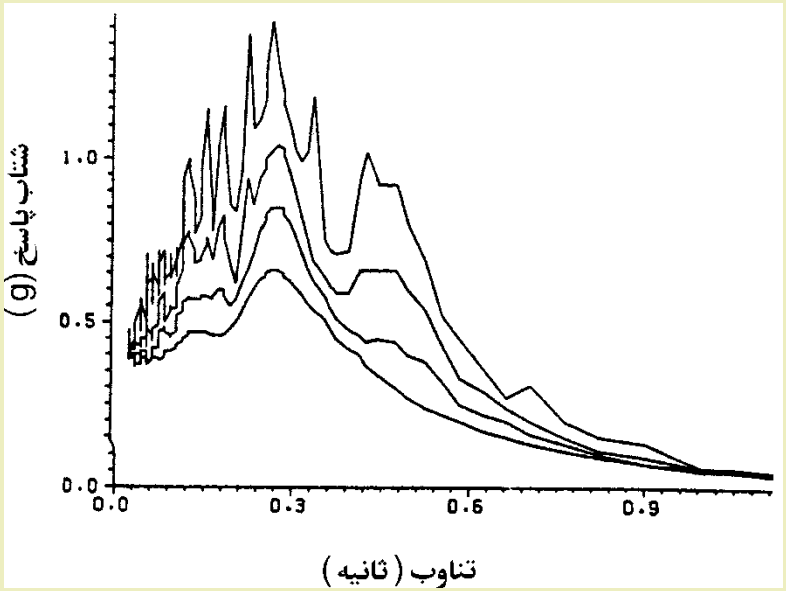
روش تغییرشکل

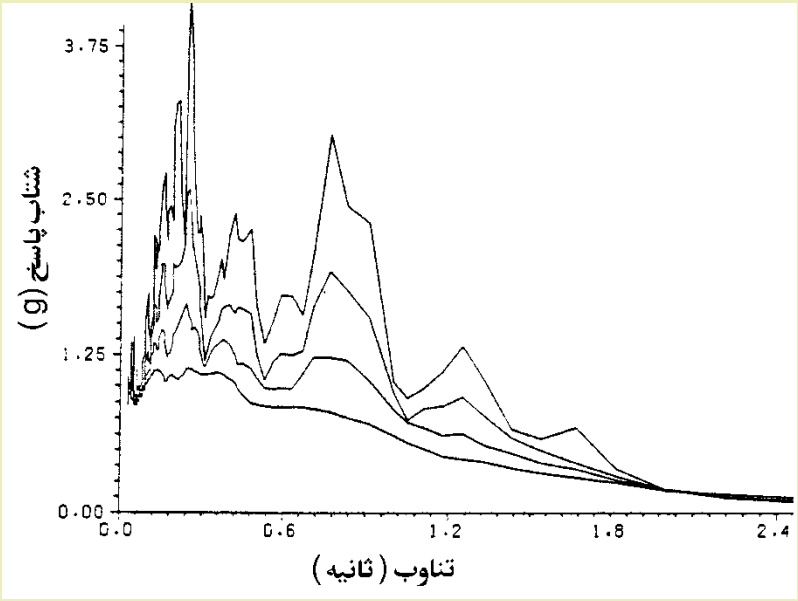
- ایده اولیه ضریب زلزله/ ۱۹۰۸ زلزله مسینا رجیو
- تحولات بعدی ضریب زلزله/ سیاک ۱۹۵۹

$$C = \frac{0.05}{\sqrt{T}}$$

- زمینه های پیدایش روش تغییرشکل
  - نصب دستگاههای شتابنگار دهه ۳۰/ قرن بیستم
  - ثبت و پردازش شتابنگاشتهای مختلف/ السنترو ۱۹۴۰
  - مشخص شدن فزونی نیروی زلزله بر آیین نامه

روش تغییر شکل

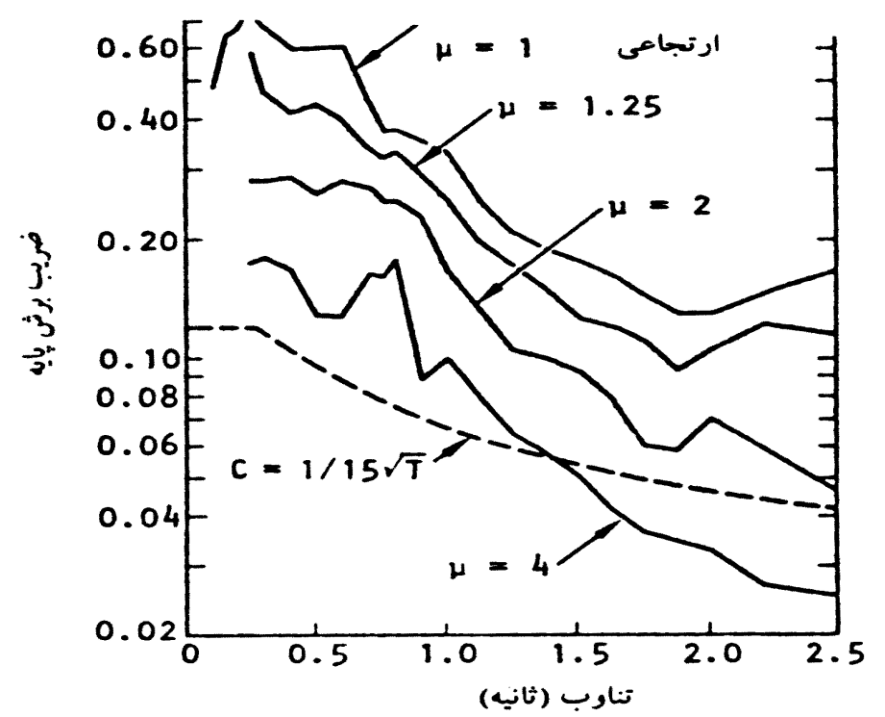




موسسه آموزش و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

راهکارهای رفع تناقض در چارچوب روش مقاومت

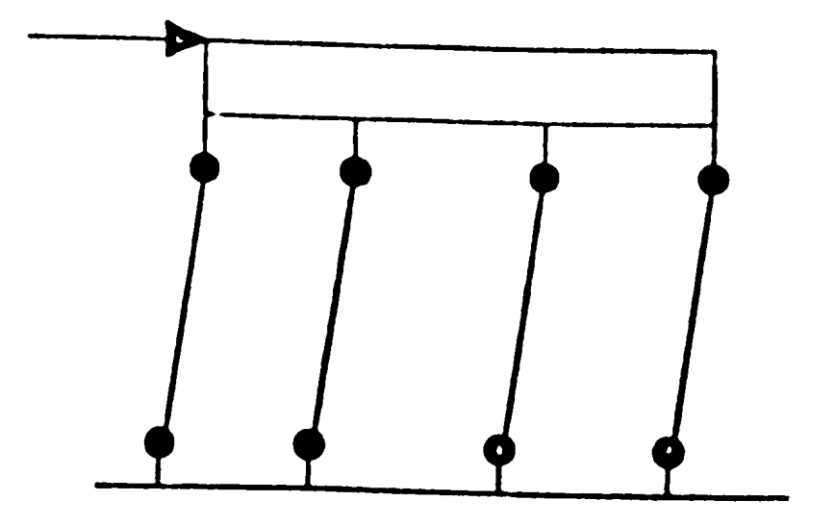
- طرح ایده استفاده از طیف غیرارتجاعی
- طرح ایده استفاده از ضریب رفتار



$$R = \frac{R_e}{R_y}$$

ایرادهای روش مقاومت: نقض پایه بنیادی

- ۱. نقض پایه بنیادی روش مقاومت: با قبول تسلیم و ضریب اطمینان مساوی یک، عملا از چارچوب اعتبار روش مقاومت خارج میشود و طراحی نمیتواند در این چارچوب انجام شود در حالی که در آیین نامه های حاضر، پس از کاهش نیروی زلزله توسط ضریب رفتار و قبول تسلیم، سازه در چارچوب مقاومت طراحی میشود و این با فلسفه حاکم بر روش مقاومت در تضاد است.



ایرادهای روش مقاومت: دور باطل

- ۲. با کاهش نیروی طراحی، عملا نیروی ایجاد شده در سازه برابر مقاومت سازه خواهد بود. بدین ترتیب، از یک طرف برای تعیین مقاومت سازه باید نیروی زلزله را تعیین کنیم و از سوی دیگر نیروی زلزله برابر مقاومت سازه است. این یک **دور باطل** است و از نظر فلسفه طراحی دارای اشکال اساسی است
- ۳. ضریب رفتار ارائه شده در آیین نامه عددی تخیلی است که صرفا برای برقراری رابطه زیر خلق شده است:

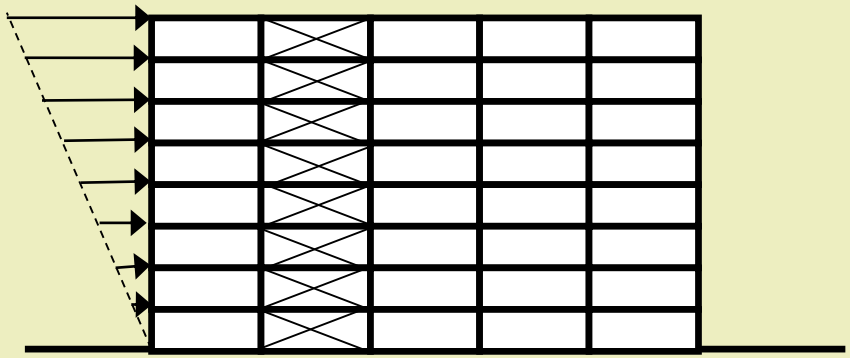
→ نیروی بدست آمده از طیف ارتجاعی طرح

→ نیروی زلزله در آیین نامه های قدیمی

موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

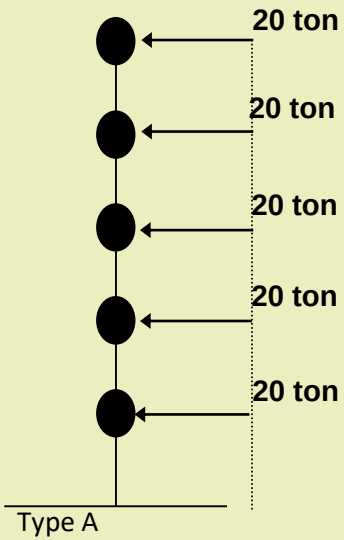
ایرادهای روش مقاومت: ناپدید شدن بی سر و صدای معیار ارزیابی؟!

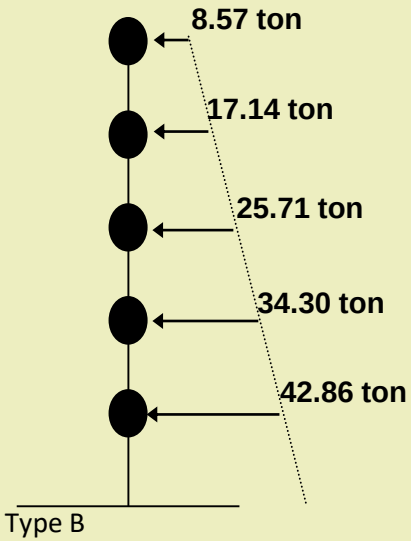
- معیار اصلی ارزیابی در روش مقاومت شرط داشتن مقاومت است، و با توجه به تسلیم سازه در زلزله عملا این معیار ارضا نمیشود و معیار دیگری هم به عنوان جایگزین معرفی نشده است بدین ترتیب آیین نامه در شکل فعلی خود امکان پاسخگویی به موارد زیر را ندارد:
  - ۱. معلوم نیست طراحی تحت نیروی آیین نامه چه سطحی از پایداری را تضمین میکند؟!
  - ۲. همچنین نمیتوان گفت فقدان مقاومت کافی در برابر نیروی آیین نامه به معنی ناپایداری لرزه ای است؟!

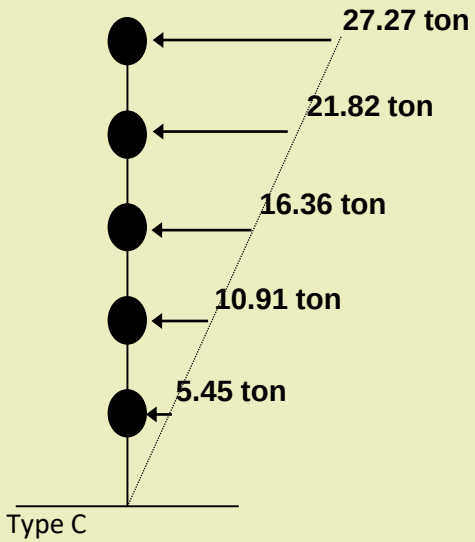


بلا تکلیفی در روش مقاومت

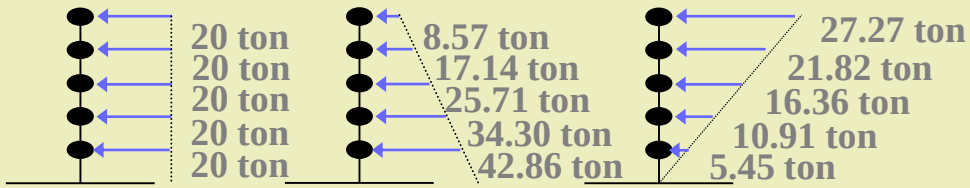
کدامیک نیروی صحیح است؟







پاسخ صحیح: هر سه؟!



Type A **Type B** **Type C**