

تهیه منحنی شکنندگی لرزه‌ای ساختمان‌های بتن آرمه مدارس استان اصفهان

Development of Seismic Fragility Curves for Reinforced Concrete School Buildings in Isfahan

سید محمد متولی امامی^۱، علی حیدری بنی^۲

^۱استادیار مهندسی زلزله، دانشکده عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران sm.emami@pci.iaun.ac.ir

^۲کارشناس ارشد مهندسی زلزله، دانشکده عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

اهداف تحقیق

هدف اصلی:

در این تحقیق تعدادی از مدارس موجود در سطح استان اصفهان برای سطوح عملکردی مختلف مورد ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای و احتمال خرابی ساختمان‌های مدارس استان اصفهان با مقایسه منحنی‌های شکنندگی بررسی شد.

اهداف کاربردی:

در راستای شعار SEE9 (زلزله و کلان‌شهرها) و با توجه به موضوع مورد مطالعه که به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمانهای مدارس استان اصفهان پرداخته‌است، بی‌شک اداره کل نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس استان اصفهان و نهادهای مرتبط، مهمترین بهره‌ور نتایج حاصل از این تحقیق می‌باشند.



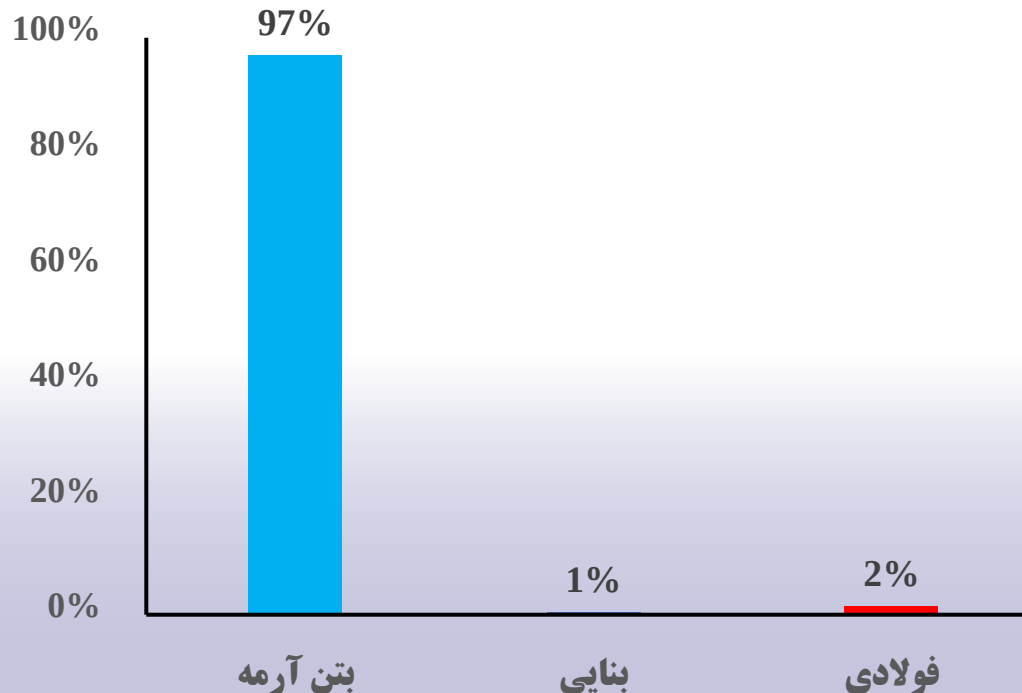
جمع‌آوری آمار و اطلاعات

دریافت آمار و اطلاعات حدود ۱۰۰۰ کد فضای آموزشی استان

کاربری تپ	کاربری جاری	کاربری جاری	کاربری جاری	نوع مصالح	نوع اسکلت	مصالح دیوار	مصالح دیوار	مصالح دیوار	مصالح دیوار	سازه سقف	پوشش	سیستم مقاوم	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
ساختمان	ساختمان	ساختمان	ساختمان	بنائی		باربر داخلی	خارجی	خارجی	غیر باربر داخلی	غیر باربر خارجی	سقف	جانبی		
غیر آموزشی	غیر آموزشی	غیر آموزشی	غیر آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3265227	5167928
-	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی	تیر بتنی؛ تیرچه	بلوک پلی	قاب خمشی	3265624	5170041
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی	تیر بتنی؛ تیرچه	بلوک سیمانی	دیوار برشی	3264715	5169313
جانبی	جانبی	سرویس بهداشتی - 18	سرویس بهداشتی - 18		بتونی								3265835	5171774
غیر آموزشی	غیر آموزشی	کارگاه	کارگاه	نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3265835	5171774
غیر آموزشی	غیر آموزشی	نمازخانه	نمازخانه	نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3264835	5172509
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				آجری؛ بلوک سفالی	آجری؛ بلوک سفالی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3263178	5168710
-	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3263570	5157807
-	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	بلوک سفالی	تیر بتنی؛ تیرچه	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3262965	5169173
-	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی	تیر بتنی؛ تیرچه	ورق موج‌دار	دیوار برشی	3264685	5167874
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی		قاب خمشی؛ دیوار بر		3264560	5169444
غیر آموزشی	غیر آموزشی	سالن چند منظوره؛ نماز نورای	سالن چند منظوره؛ نماز نورای		بتونی	آجری	آجری	آجری	بلوک سفالی		قاب خمشی		3263985	5171370
جانبی	جانبی	سرویس بهداشتی - 17	سرویس بهداشتی - 17	نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	بلوک سفالی		قاب خمشی		3264477	5167514
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3265191	5167405
-	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3264628	5173413
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	آجری؛ بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	ترکیبی	3264897	5167479
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	منفرد؛ نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	آجری	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3254825	5168477
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	منفرد؛ نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	آجری	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	ترکیبی	3263063	5166100
-	غیر آموزشی	سالن اجتماعات	سالن اجتماعات	منفرد؛ نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	آجری	خرابا فلزی	ورق موج‌دار	قاب خمشی	3263063	5166100
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3263076	5167764
-	غیر آموزشی	نمازخانه	نمازخانه	منفرد؛ نورای	بتونی				آجری؛ بلوک سفالی	تیرچه بتنی	بلوک سیمانی	قاب خمشی	3263076	5167764
-	غیر آموزشی	نمازخانه	نمازخانه	نورای	بتونی	آجری	آجری	آجری	تیر بتنی؛ تیرچه	بلوک سیمانی	قاب خمشی		3263385	5157627
آموزشی	آموزشی	آموزشی	آموزشی	نورای	بتونی				بلوک سفالی			قاب خمشی	3268067	5172466

فراوانی و نحوه تیب‌بندی ساختمان‌های بتن‌آرمه مدارس استان اصفهان

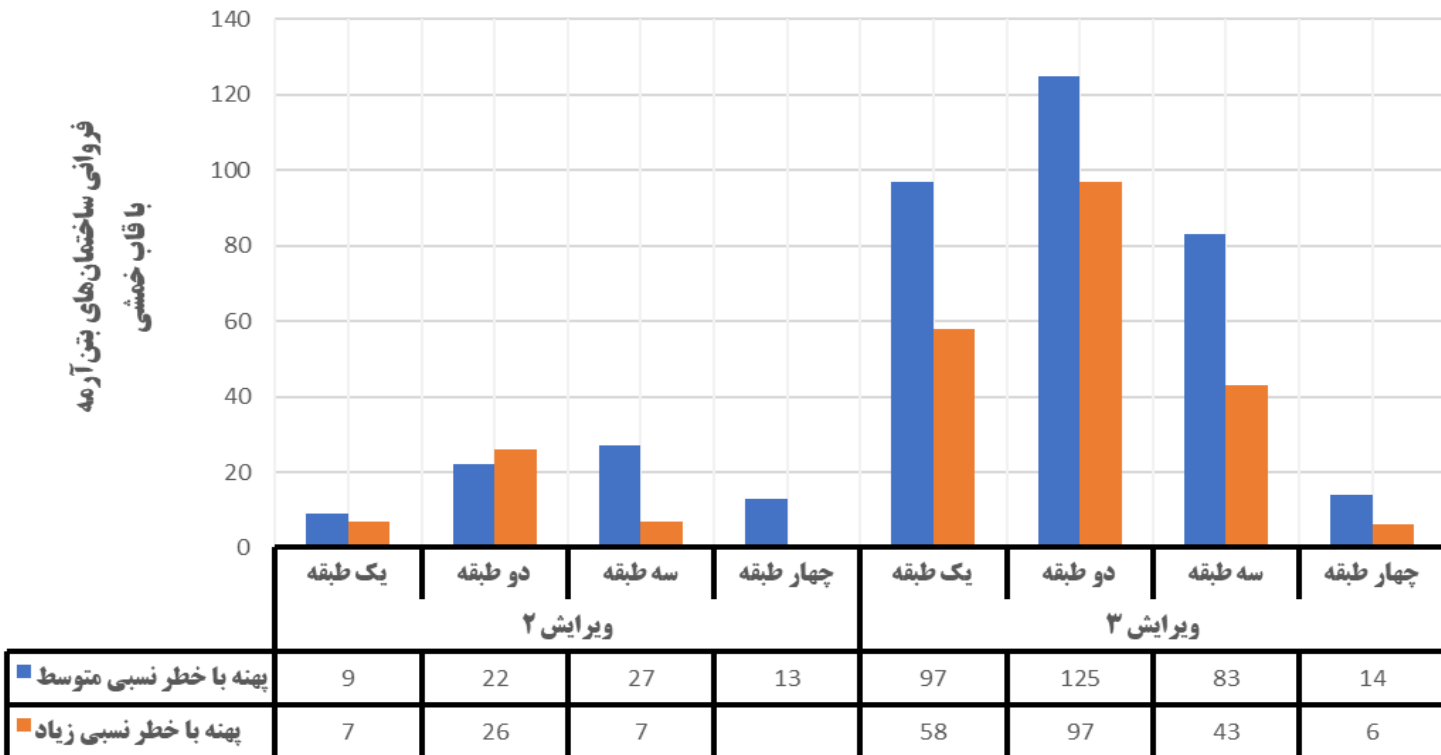
در این تحقیق با تمرکز بر روی ساختمان‌های بتن‌آرمه مدارس استان اصفهان، ابتدا فراوانی نوع سیستم مقاوم جانبی استفاده شده در ساختمان‌های بتن‌آرمه مدارس بر اساس آرشیو اطلاعات سازمان نوسازی مدارس کل استان اصفهان تعیین شد.



نمودار فراوانی تقریبی انواع سازه‌های مدارس استان اصفهان از سال ۱۳۸۰-۱۴۰۲

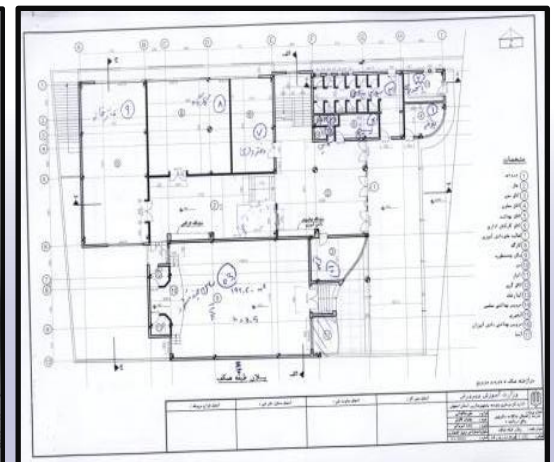
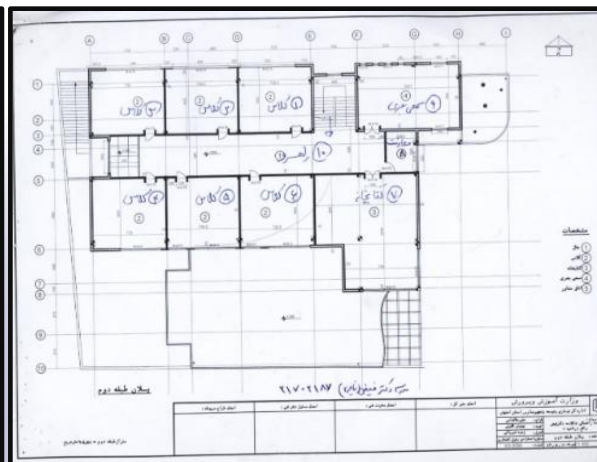
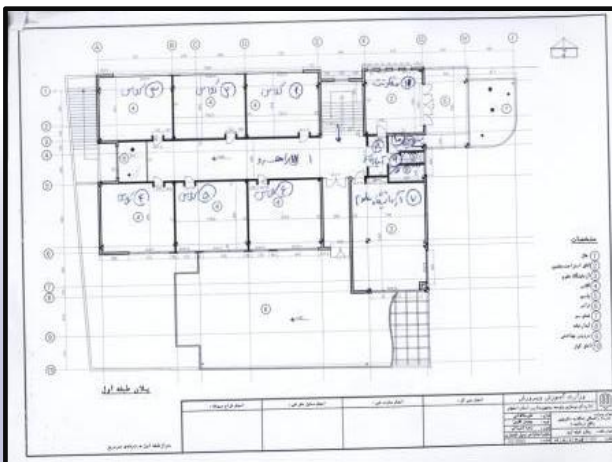
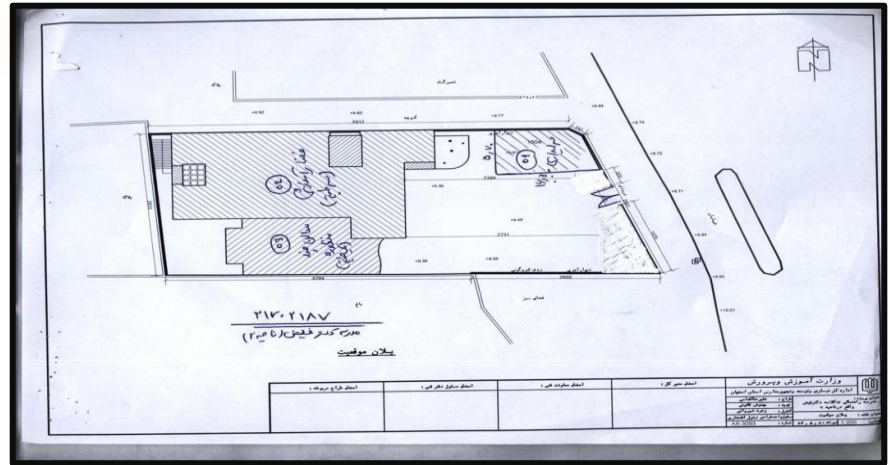
فراوانی و نحوه تیپ‌بندی ساختمان‌های بتن‌آرمه مدارس استان اصفهان

سیستم مقاوم جانبی از نوع قاب خمشی با ۸۷ درصد، بیشترین میزان فراوانی در سطح مدارس بتن‌آرمه استان را دارا می‌باشد. دیگر سیستم‌های مقاوم جانبی به صورت موردی و در تعداد اندکی فضای آموزشی یا رفاهی، اداری خاص اجرا و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این مطالعه با توجه به فراوانی سیستم قاب خمشی بتن‌آرمه که بخش عظیمی از جامعه آماری را در بر گرفته و می‌توان از آن به عنوان الگوی قالب پر تکرار یاد کرد، مورد مطالعه قرار گرفت.



نمودار فراوانی انواع ساختمان‌های بتن‌آرمه مدارس استان اصفهان به لحاظ ویرایش آیین نامه خطر نسبی زلزله و تعداد طبقات

مشخصات مدارس مورد بررسی



شکل نما به همراه نمونه‌ای از پلان معماری مدارس مورد مطالعه

جدول : مشخصات ساختمانهای مدارس مورد بررسی برای هر تیپ

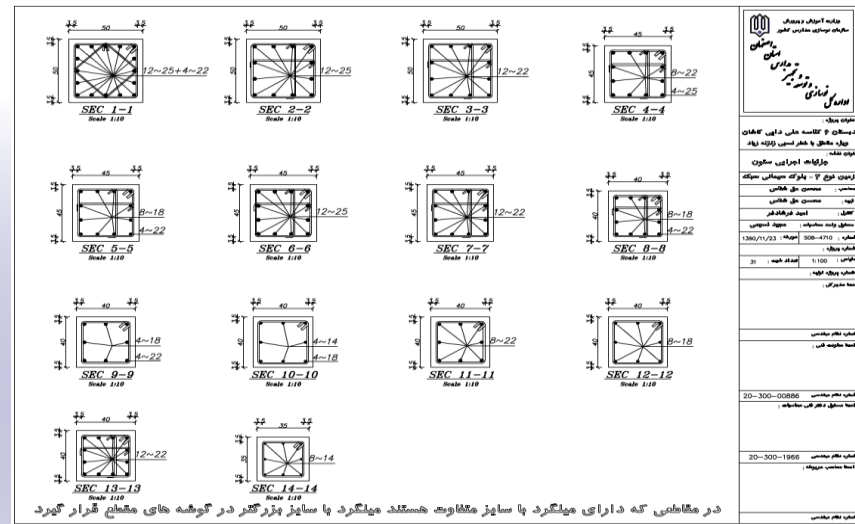
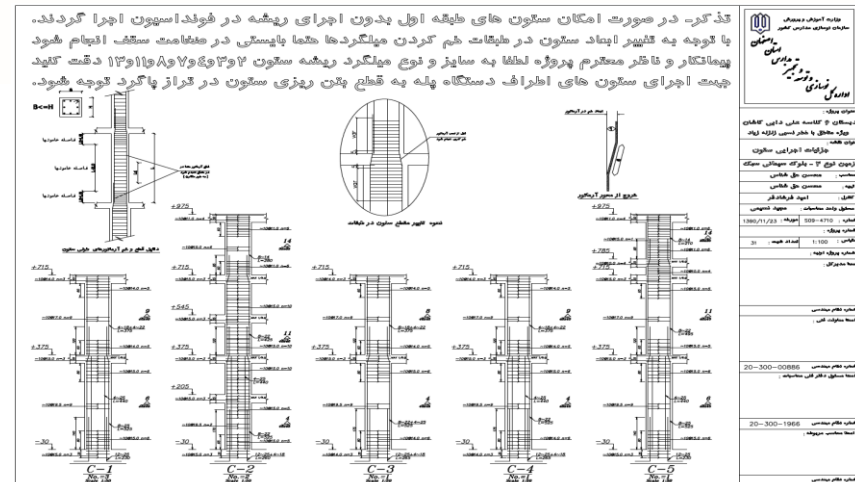
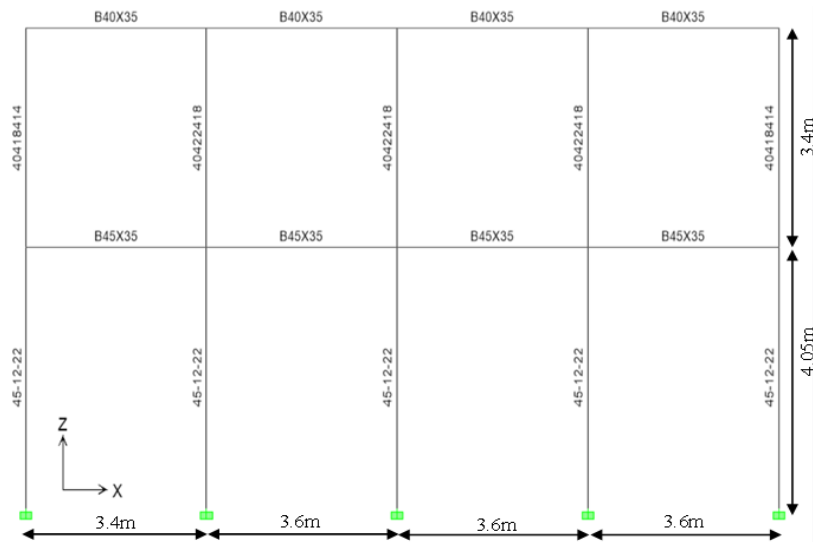
شماره ردیف	شماره تیپ	ویرایش آیین‌نامه	خطر نسبی زلزله بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰	ارتفاع (متر)	تعداد طبقه	نامنظمی در ارتفاع و پلان	نام پروژه	نوع سقف	نوع کاربری	تیپ خاک
۱	I	۲	متوسط	۷,۴۵	۲	ندارد	مدرسه ابتدایی شهید اکرمی گوگد گلپایگان	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۲	II	۲	زیاد	۷,۴۵	۲	ندارد	دبستان ۶ کلاسه علی دایی واقع در کاشان	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۳	III	۲	متوسط	۱۱,۱۵	۳	ندارد	دبیرستان ۱۲ کلاسه تیپ	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۴	IV	۲	زیاد	۱۱	۳	ندارد	دبستان ۱۰ کلاسه تیپ شاهین شهر	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۵	V	۲	متوسط	۱۳,۹۵	۴	ندارد	هنرستان کاردانش واقع در نجف آباد	تیربتنی	آموزشی	III
۶	VI	۳	متوسط	۳,۹	۱	ندارد	دبستان ۳ کلاسه رسول جم ۱	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۷	VII	۳	زیاد	۴,۱	۱	ندارد	مدرسه ۳ کلاسه متوسطه حاج عباسعلی کرمی واقع در دهاقان	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۸	VIII	۳	متوسط	۸,۴	۲	ندارد	مدرسه ۶ کلاسه حاج آقا جاری در روستای اصغر آباد خمینی شهر	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۹	IX	۳	متوسط	۷,۴	۲	ندارد	دبستان ۹ کلاسه صامیه شماره ۱۰ واقع در شهرک قدس فلاورجان	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۱۰	X	۳	زیاد	۸,۴۵	۲	ندارد	ساختمان شماره ۲ هنرستان کار دانش آیت الله خامنه ای واقع در داران	تیربتنی	آموزشی	III
۱۱	XI	۳	متوسط	۱۰,۸	۳	ندارد	مدرسه راهنمایی ۱۲ کلاسه دکتر فیض واقع در ناحیه ۲ اصفهان	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III
۱۲	XII	۳	زیاد	۱۱	۳	ندارد	دبیرستان ۱۲ کلاسه حکیم فرزانه واقع در شهررضا	تیربتنی	آموزشی	III
۱۳	XIII	۳	متوسط	۱۴,۲	۴	ندارد	دبیرستان ۱۸ کلاسه شهید احسانی واقع در ناحیه ۳	تیربتنی	آموزشی	III
۱۴	IVX	۳	زیاد	۱۴,۴	۴	ندارد	دبیرستان ۱۲ کلاسه بنت الهدی واقع در شهررضا	تیرچه‌بتنی	آموزشی	III



مشخصات هندسی، مصالح و نحوه بارگذاری قاب‌های مورد مطالعه

جدول مشخصات بارگذاری مصالح قاب تیپ II

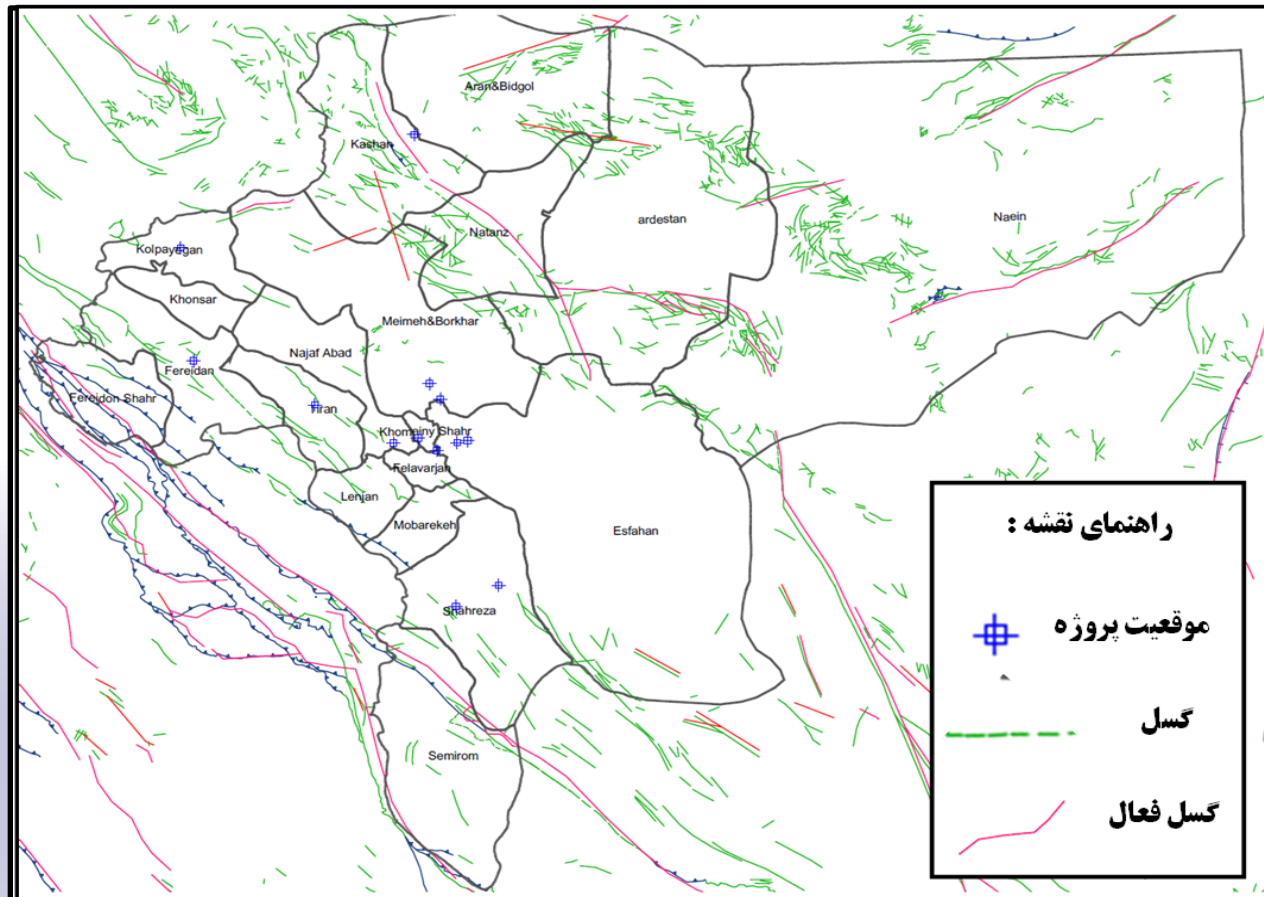
$DL=690 \text{ kg/m}^2$	بار مرده
$LL=350 \text{ kg/m}^2$	بار زنده
$DLR=630 \text{ kg/m}^2$	بار مرده بام
$LLR=150 \text{ kg/m}^2$	بار زنده بام
$fc=210 \text{ kg/cm}^2$	مقاومت مشخصه بتن
$F_y=4000 \text{ kg/cm}^2$	تنش جاری شدگی
$E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$	ضریب ارتجاعی



معاون مدیر: ...
رئیس هیئت مدیره: ...
مدیر عامل: ...
مدیر فنی: ...
مدیر مالی: ...
مدیر منابع انسانی: ...
مدیر بازاریابی: ...
مدیر حقوقی: ...
مدیر ارتباطات: ...
مدیر امور بین‌المللی: ...
مدیر امور محاسبی: ...
مدیر امور اداری: ...
مدیر امور خدمات: ...
مدیر امور ترابری: ...
مدیر امور ایمنی: ...
مدیر امور بهداشت: ...
مدیر امور تغذیه: ...
مدیر امور ورزش: ...
مدیر امور تفریح: ...
مدیر امور هنر: ...
مدیر امور رسانه: ...
مدیر امور تبلیغات: ...
مدیر امور چاپ و نشر: ...
مدیر امور طراحی: ...
مدیر امور معماری: ...
مدیر امور سازه: ...
مدیر امور مکانیک: ...
مدیر امور برق: ...
مدیر امور آب و هوا: ...
مدیر امور گاز: ...
مدیر امور نفت: ...
مدیر امور صنایع: ...
مدیر امور خدمات: ...
مدیر امور ترابری: ...
مدیر امور ایمنی: ...
مدیر امور بهداشت: ...
مدیر امور تغذیه: ...
مدیر امور ورزش: ...
مدیر امور تفریح: ...
مدیر امور هنر: ...
مدیر امور رسانه: ...
مدیر امور تبلیغات: ...
مدیر امور چاپ و نشر: ...
مدیر امور طراحی: ...
مدیر امور معماری: ...
مدیر امور سازه: ...
مدیر امور مکانیک: ...
مدیر امور برق: ...
مدیر امور آب و هوا: ...
مدیر امور گاز: ...
مدیر امور نفت: ...
مدیر امور صنایع: ...

معیارهای انتخاب رکوردهای زلزله

۱ بزرگا ۲ PGA ۳ سرعت موج برشی ۴ نوع (تیپ) خاک



زلزله و کلان‌شهرها؛ با تأکید بر زلزله تهران Earthquakes and Megacities; with Focus on Tehran

جدول خلاصه‌ای از اطلاعات شتاب نگاشت‌های حوزه دور از گسل

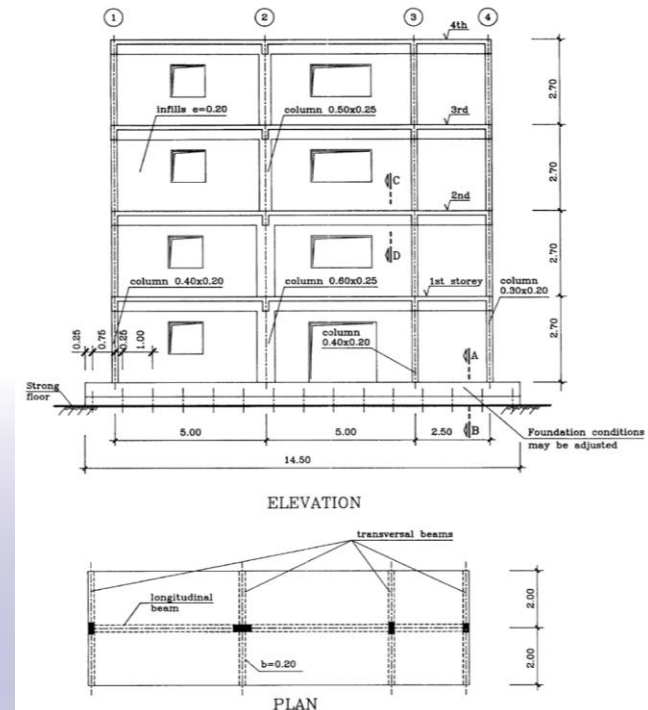
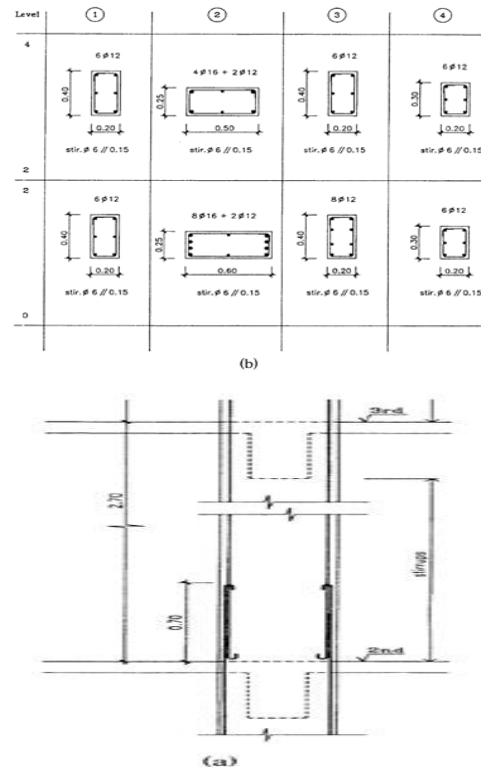
No	Earthquake name	Year	Magnitude	PGA (g)	PGV (cm/s)	Mechanism	Rjb (km)	Type	Rrup (km)	Vs30 (m/sec)	NEHRP Class	site condition 2800
1	"Whittier Narrows-01"	1987	5.99	0.2271	17.065	Reverse Oblique	21.41	Far-Field	25.86	316.02	D	III
2	"Whittier Narrows-01"	1987	5.99	0.3975	18.623	Reverse Oblique	18.23	Far-Field	23.29	301	D	III
3	"Northern Calif-03"	1954	6.5	0.2033	26.209	strike slip	26.72	Far-Field	27.02	219.31	D	III
4	"Coalinga-01"	1983	6.36	0.2739	28.144	Reverse	28.11	Far-Field	29.48	246.07	D	III
5	"Chi-Chi_ Taiwan-03"	1999	6.2	0.348	27.285	Reverse	25.17	Far-Field	26.05	305.85	D	III
6	"Joshua Tree_ CA "	1992	6.1	0.407	53.07	strike slip	25.04	Far-Field	25.53	292.12	D	III
7	"Superstition Hills-02"	1987	6.54	0.475	41.169	strike slip	11.16	Far-Field	11.16	316.64	D	III
8	"San Fernando"	1971	6.61	0.2247	21.718	Reverse	22.77	Far-Field	22.77	316.46	D	III
9	"Superstition Hills-02"	1987	6.54	0.3573	48.07	strike slip	18.2	Far-Field	18.2	192.05	D	III
10	"Imperial Valley-06"	1979	6.53	0.2356	26.324	strike slip	22.03	Far-Field	22.03	242.05	D	III
11	"Kobe_ Japan"	1995	6.9	0.225	31.327	strike slip	19.14	Far-Field	19.15	256	D	III
12	"Northridge-01"	1994	6.69	0.2313	18.218	Reverse	19.73	Far-Field	24.03	316.46	D	III
13	"Northridge-01"	1994	6.69	0.2445	24.38	Reverse	25.66	Far-Field	27.26	329.06	D	III
14	"Spitak_ Armenia"	1988	6.77	0.2003	28.355	Reverse Oblique	23.99	Far-Field	23.99	343.53	D	III
15	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	6.8	0.2529	43.888	Reverse	20.71	Far-Field	22.18	342.74	D	III
16	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	6.8	0.2739	40.411	Reverse	25.68	Far-Field	27.9	294.71	D	III
17	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	6.8	0.3228	29.006	Reverse	15.89	Far-Field	23.18	278.12	D	III
18	"Loma Prieta"	1989	6.93	0.3699	62.998	Reverse Oblique	27.67	Far-Field	27.93	282.14	D	III
19	"Loma Prieta"	1989	6.93	0.2462	38.903	Reverse Oblique	27.33	Far-Field	27.6	198.77	D	III
20	"Loma Prieta"	1989	6.93	0.2689	44.246	Reverse Oblique	24.52	Far-Field	24.82	215.54	D	III
21	"Kobe_ Japan"	1995	6.9	0.2309	24.776	strike slip	24.85	Far-Field	24.85	256	D	III
22	"Kobe_ Japan"	1995	6.9	0.3242	26.873	strike slip	22.5	Far-Field	22.5	312	D	III

جدول اطلاعات شتاب نگاشت‌های حوزه نزدیک گسل براساس پایگاه اطلاعات PEER

No	Earthquake Name	Year	Magnitude	PGA (g)	PGV (cm/s)	Mechanism	Rjb (km)	Type	Rrup (km)	Vs30 (m/sec)	NEHRP Class	site condition 2800
1	"Coyote Lake"	1979	5.74	0.25	31.9328	strike slip	8.47	Near-Field	9.02	270.8	D	III
2	"Mammoth Lakes-06"	1980	5.94	0.3764	17.722	strike slip	6.45	Near-Field	12.39	373.2	D	III
3	"Westmorland"	1981	5.9	0.3771	44.14229	strike slip	6.18	Near-Field	6.5	193.7	D	III
4	"Coalinga-05"	1983	5.77	0.5191	29.59403	Reverse	7.02	Near-Field	10.78	286.4	D	III
5	"Chalfant Valley-01"	1986	5.77	0.2719	23.529	strike slip	6.07	Near-Field	6.39	316.2	D	III
6	"Parkfield"	1966	6.19	0.4438	25.0507	strike slip	9.58	Near-Field	9.58	289.6	D	III
7	"Coalinga-01"	1983	6.36	0.3003	39.4	Reverse	7.69	Near-Field	8.41	257.4	D	III
8	"Christchurch_ New Zealand"	2011	6.2	0.3178	74.85241	Reverse	5.58	Near-Field	5.6	207	D	III
9	"Parkfield-02_ CA"	2004	6	0.2509	18.3987	strike slip	6.27	Near-Field	6.87	236.6	D	III
10	"Parkfield-02_ CA"	2004	6	0.3777	17.22994	strike slip	8.16	Near-Field	8.66	251.6	D	III
11	"Parkfield-02_ CA"	2004	6	0.5759	42.33	strike slip	8.45	Near-Field	8.81	246.1	D	III
12	"Parkfield-02_ CA"	2004	6	0.3081	23.774	strike slip	8.65	Near-Field	9.14	341.7	D	III

صحت‌سنجی مدل

در این تحقیق مدلسازی قابهای مورد پژوهش در نرم‌افزار OpenSEES با استفاده از پژوهش آزمایشگاهی صورت گرفته توسط پینتو و همکاران برای مرکز تحقیقات مشترک اروپا و تحقیق پینهو و النشایی صحت‌سنجی انجام شده‌است.



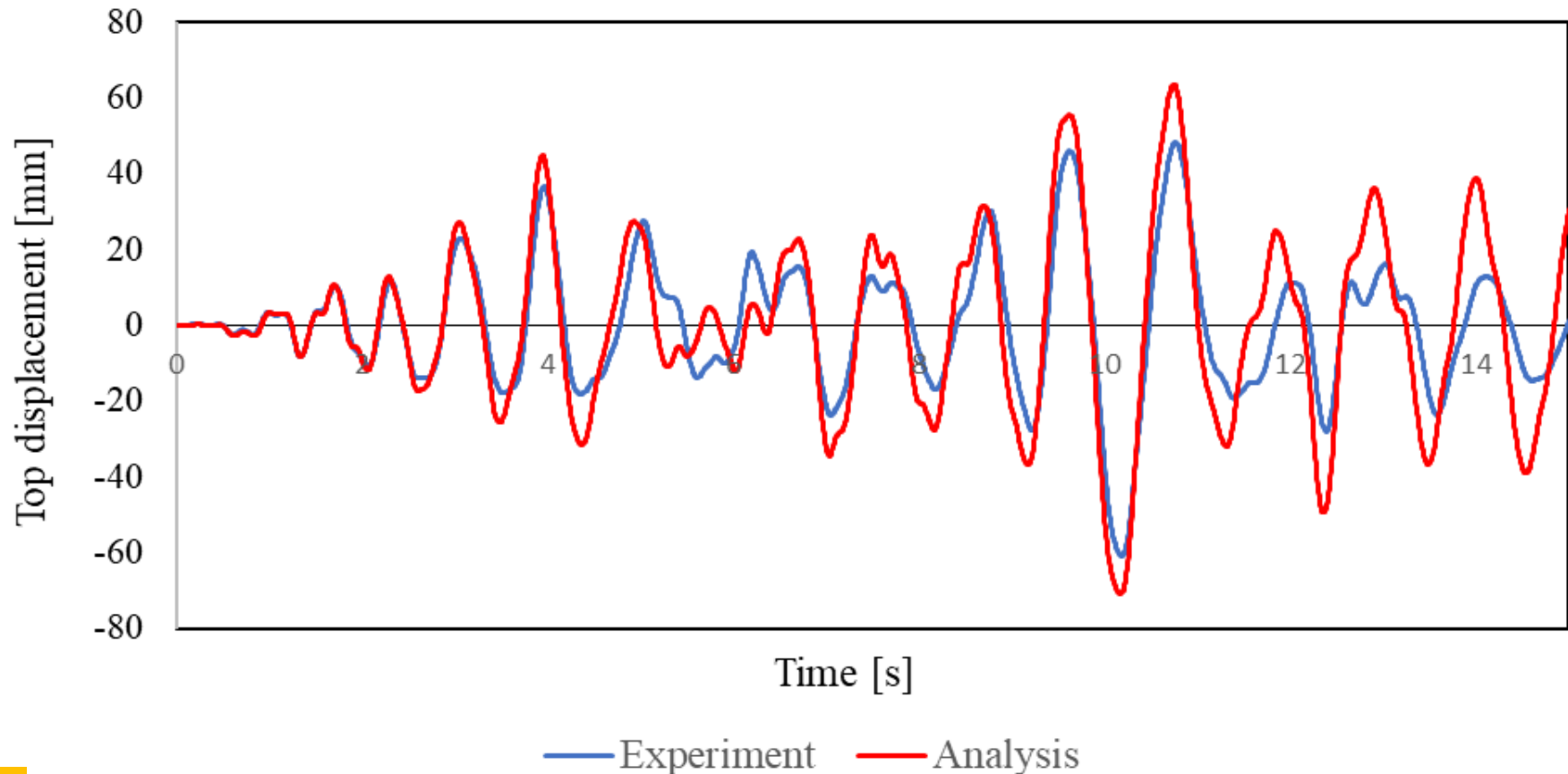
تصویر نمای قاب بتنی احداث شده در آزمایشگاه

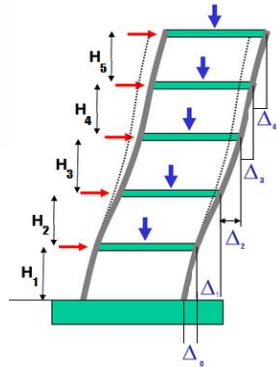
شکل جزئیات آرماتورگذاری ستون‌های
قاب بتن آرمه ۴ طبقه

شکل مشخصات هندسی قاب بتن آرمه ۴ طبقه در
نمای پلان و ارتفاع از اسکلت بتنی

صحت‌سنجی مدل

displacement-time (475yrr)





$$\max\left(\frac{\Delta_0}{H_1}, \frac{\Delta_1}{H_2}, \frac{\Delta_2}{H_3}, \frac{\Delta_3}{H_4}, \frac{\Delta_4}{H_5}\right)$$

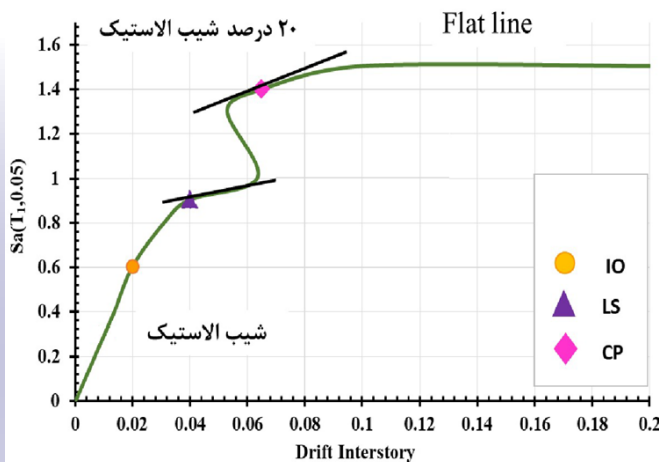
نسبت دریافت بین طبقه‌ای بیشینه : شاخص خسارت (DM)

وابستگی به طیف پاسخ زمین

جامعه آماری منظم‌تری از داده‌های تحلیل

شاخص لرزه‌ای (IM) : شتاب طیفی متناظر با مود اول $S_a(T_1, 5\%)$

معیار فروریزش و شتاب فروریزش



۱- رسیدن به دریافت بین طبقاتی سطح فروریزش تعریف شده در FEMA356

۲- کاهش شیب نمودار IDA به ۲۰ درصد شیب اولیه نمودار یا شیب الاستیک نمودار IDA

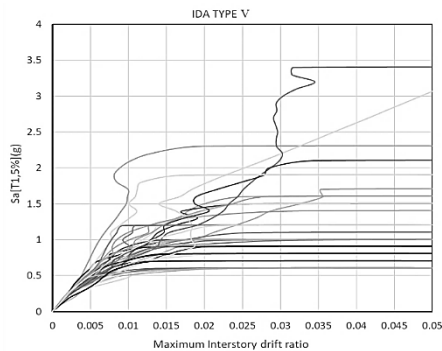
۳. عدم همگرایی در آنالیز یا به تعبیری ناپایداری دینامیکی

فرا تر رفتن حداکثر تغییر مکان نسبی بین طبقه‌ای از مقدار ۰/۱

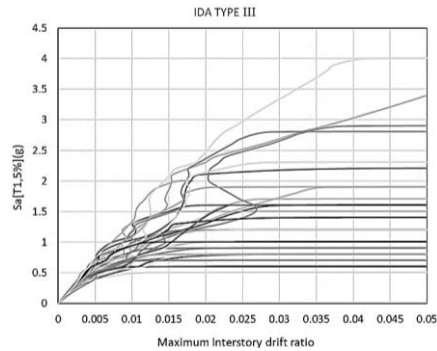
تحلیل دینامیکی غیر خطی فزاینده و ترسیم منحنی‌های (IDA)

ویرایش ۲ استاندارد ۲۸۰۰

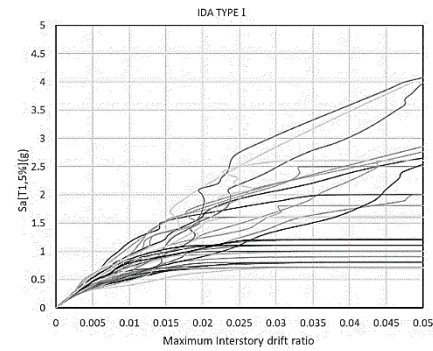
چهار طبقه



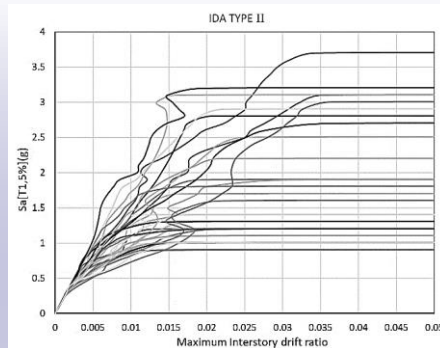
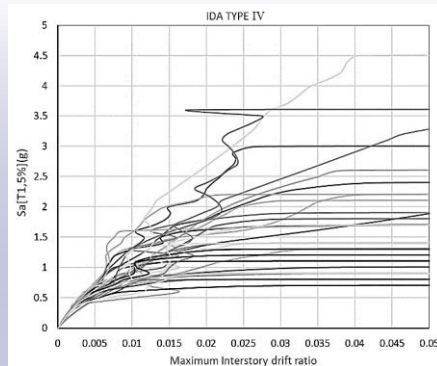
سه طبقه



دو طبقه



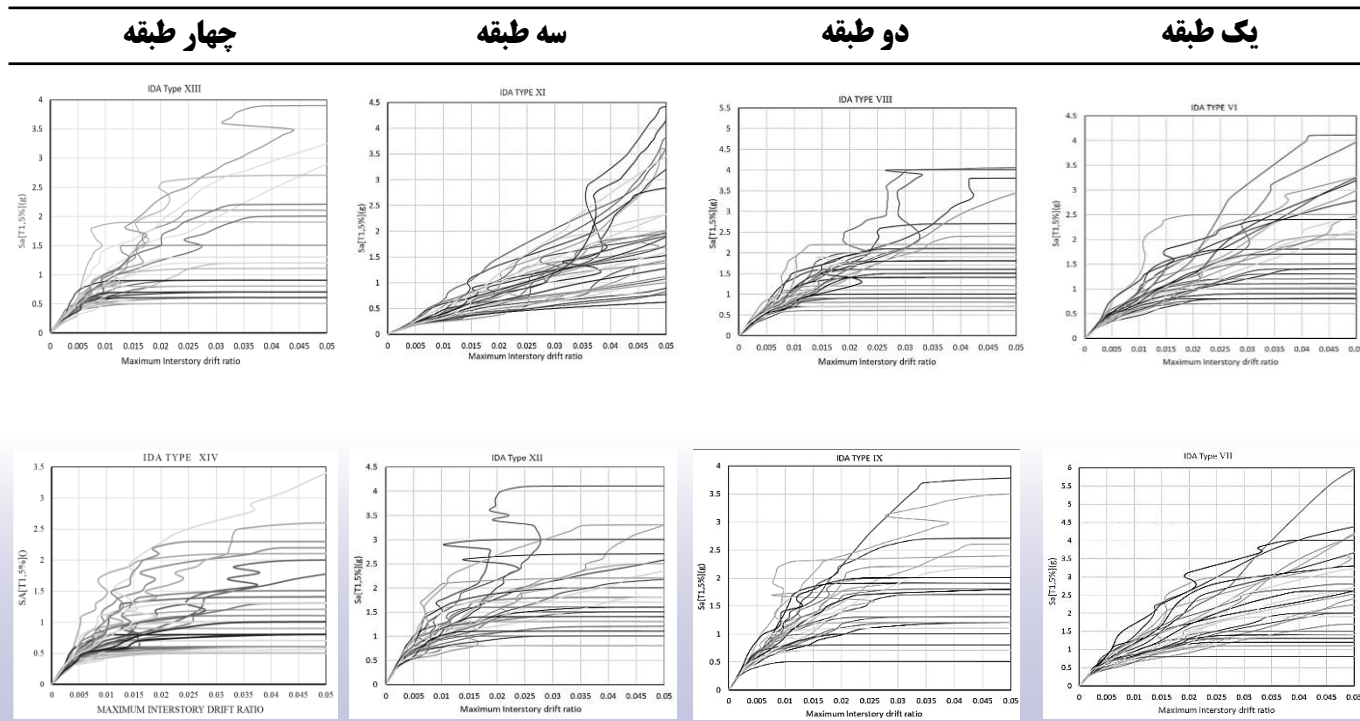
خطر نسبی زلزله متوسط



خطر نسبی زلزله زیاد

تحلیل دینامیکی غیر خطی فراینده و ترسیم منحنی‌های (IDA)

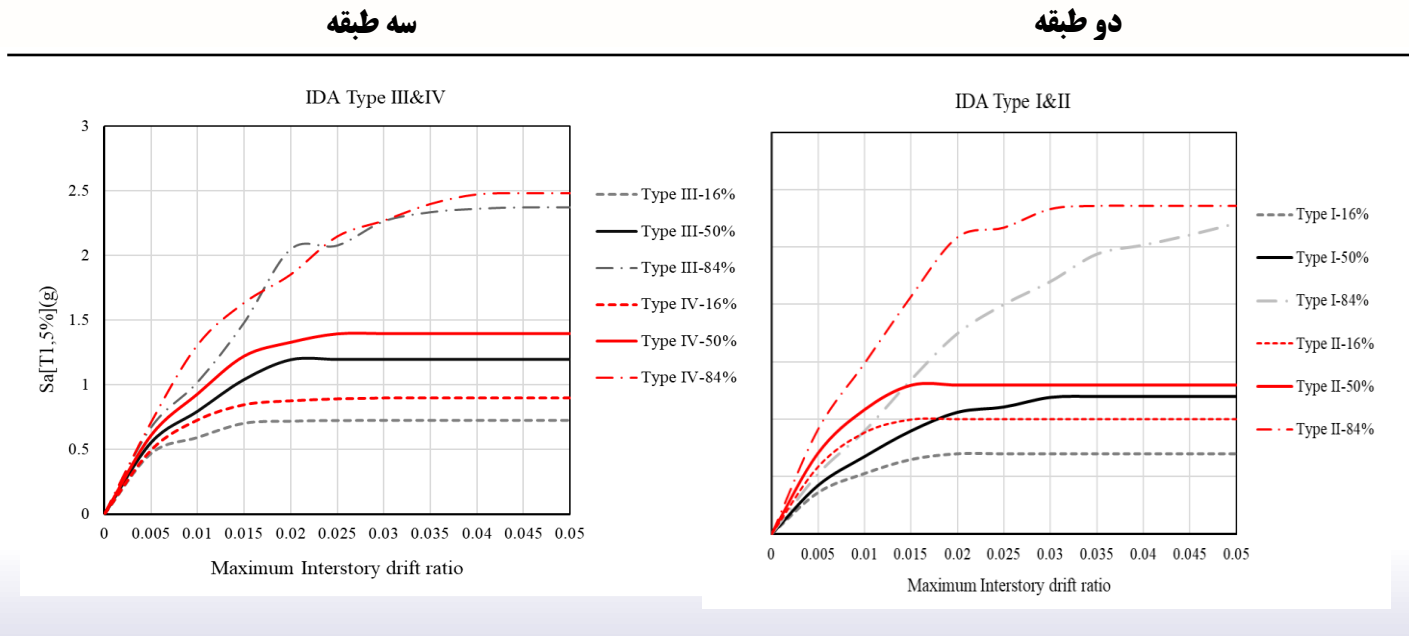
ویرایش ۳ استاندارد ۲۸۰۰



خطر نسبی زلزله متوسط

خطر نسبی زلزله زیاد

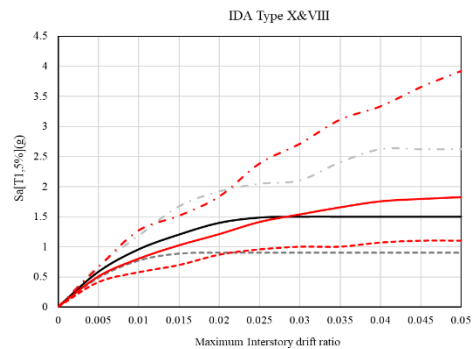
مقایسه منحنی‌های IDA به لحاظ خطر نسبی زلزله



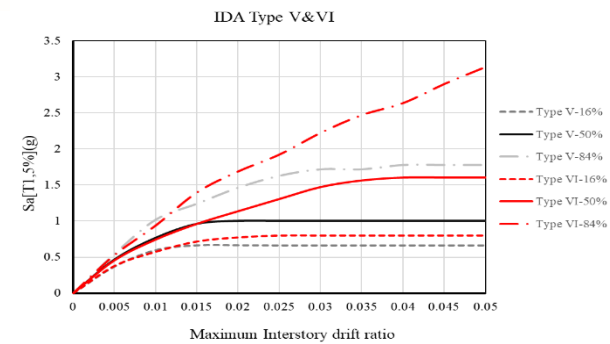
ویرایش ۲ استاندارد ۲۸۰۰

همانطور که در شکل‌های بالا مشاهده می‌شود برای ساختمانهای با تعداد طبقه و ویرایش یکسان استاندارد ۲۸۰۰ منحنی‌های صدک‌های ۱۶٪، ۵۰٪ و ۸۴٪ قاب‌های موجود در منطقه با خطر نسبی متوسط نسبت به منحنی‌های قابهای که در منطقه با خطر نسبی زیاد قرار دارند زودتر وارد ناحیه غیرخطی می‌شوند و در شتابهای کمتری دچار فروریزش شده‌اند.

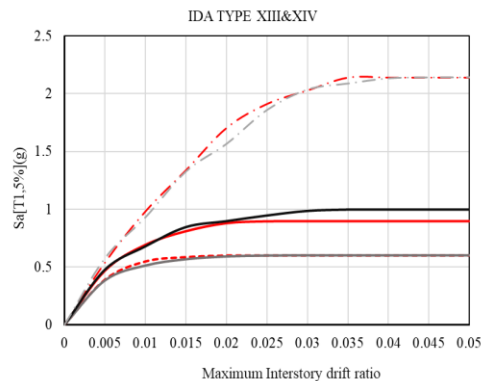
مقایسه منحنی‌های IDA به لحاظ خطر نسبی زلزله



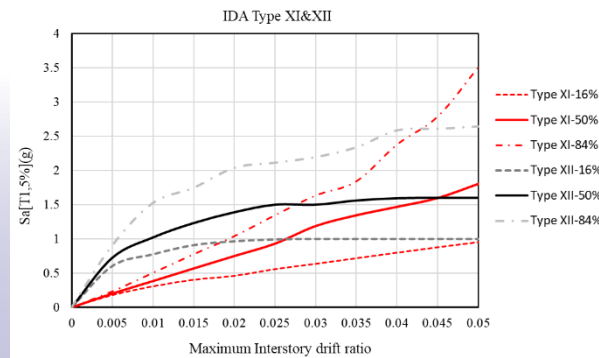
دو طبقه



یک طبقه



چهار طبقه

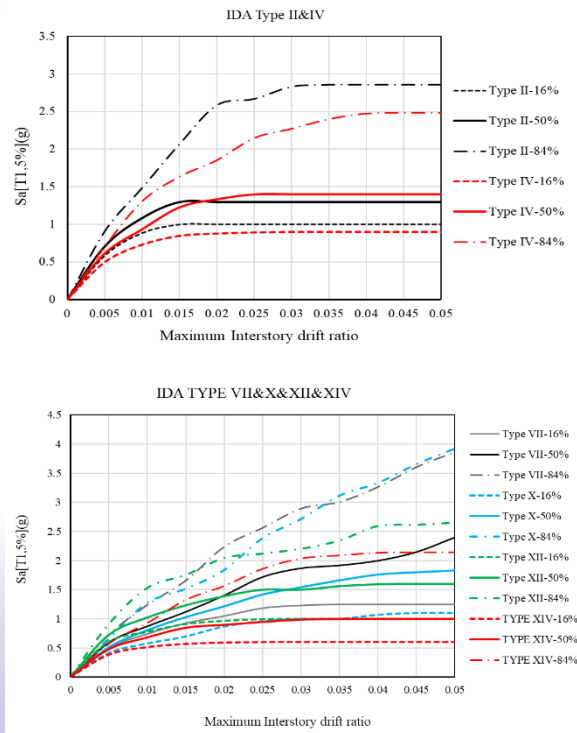


سه طبقه

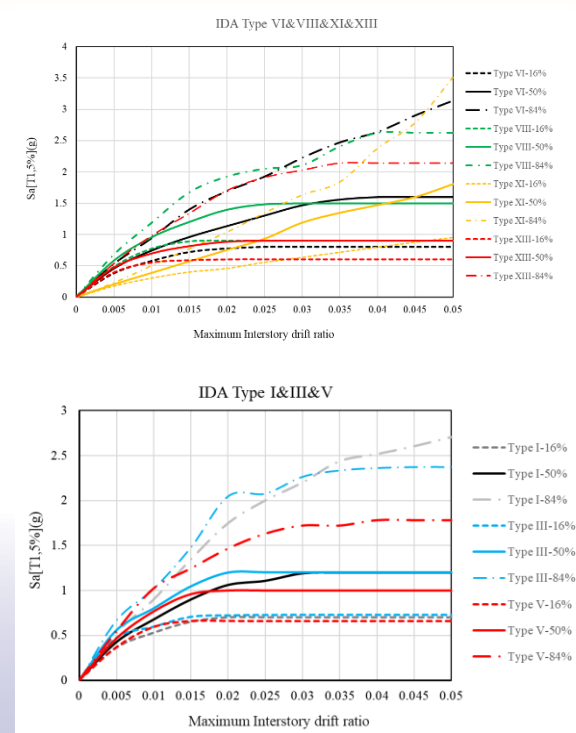
ویرایش ۳ استاندارد ۲۸۰۰

مقایسه منحنی‌های IDA به لحاظ تعداد طبقه (ارتفاع)

خطر نسبی زلزله زیاد



خطر نسبی زلزله متوسط



ویرایش ۲ استاندارد ۲۸۰۰

ویرایش ۳ استاندارد ۲۸۰۰

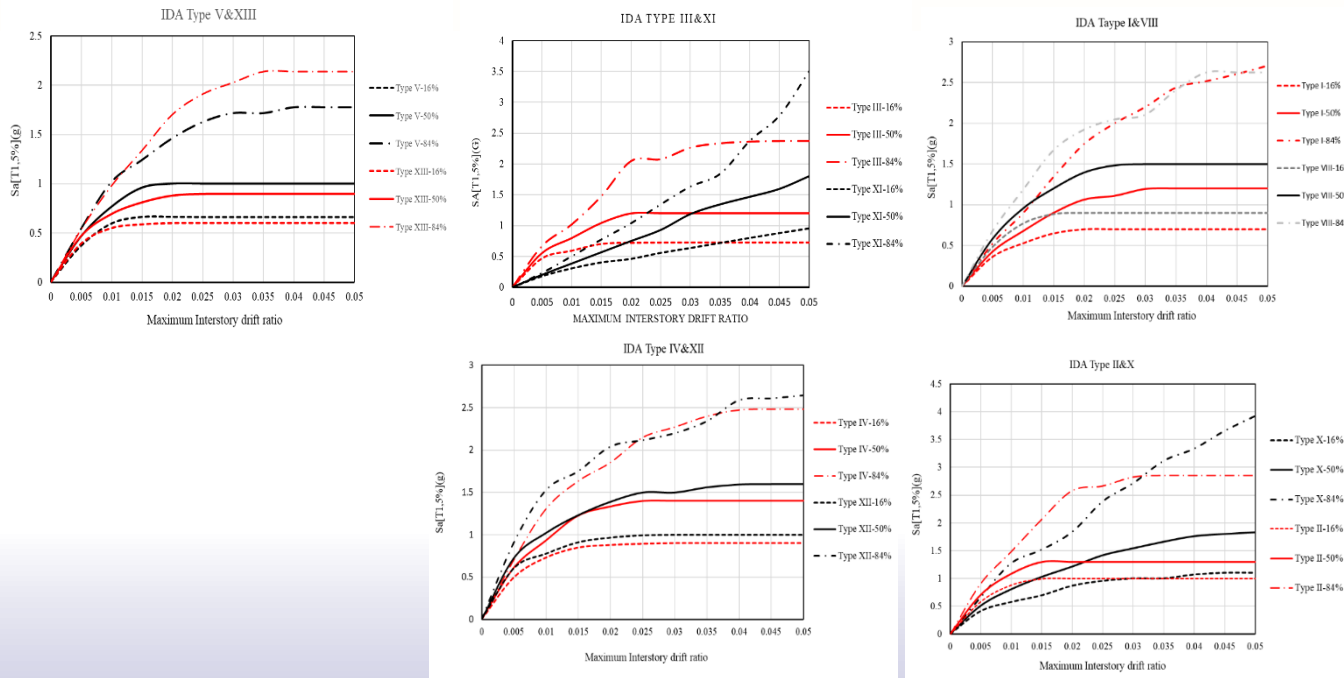
نتیجه‌گیری: با افزایش ارتفاع، سازه زودتر وارد ناحیه غیرخطی شده و ظرفیت سازه کاهش می‌یابد همچنین برای ساختمانهای با خطر نسبی و ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ یکسان، با افزایش ارتفاع ساختمان منحنی‌های IDA در شتابهای کمتری دچار فروریزش شده‌اند.

مقایسه منحنی‌های IDA به لحاظ ویرایش آیین طراحی ساختمان در برابر زلزله

چهار طبقه

سه طبقه

دو طبقه



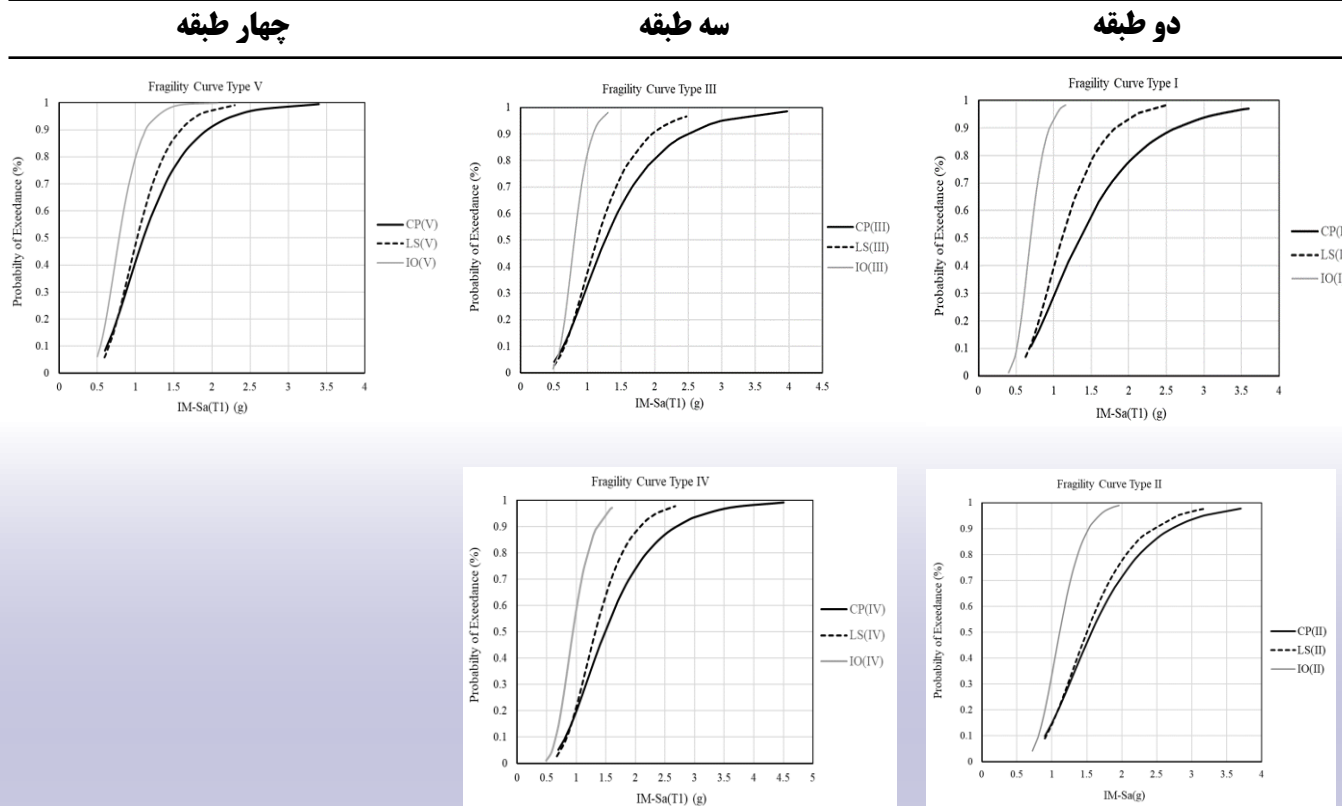
خطر نسبی زلزله متوسط

خطر نسبی زلزله زیاد

نتیجه‌گیری به طور کلی برای ساختمانهای با تعداد طبقه و خطر لرزه خیزی مشابه منحنی‌های IDA صدکهای ۱۶٪، ۵۰٪ و ۸۴٪ قاب‌های طراحی شده با ویرایش دوم نسبت به منحنی‌های IDA قابهای طراحی شده با ویرایش سوم در شتابهای کمتری دچار فروریزش شده‌اند. اکثراً سازه‌های طراحی شده با ویرایش سوم دیرتر وارد ناحیه غیرخطی شده و ظرفیت سازه کاهش می‌یابد.

تهیه منحنی‌های شکنندگی (Fragility Curve) لرزه‌ای برای قاب‌های مورد مطالعه

ویرایش ۲ استاندارد ۲۸۰۰

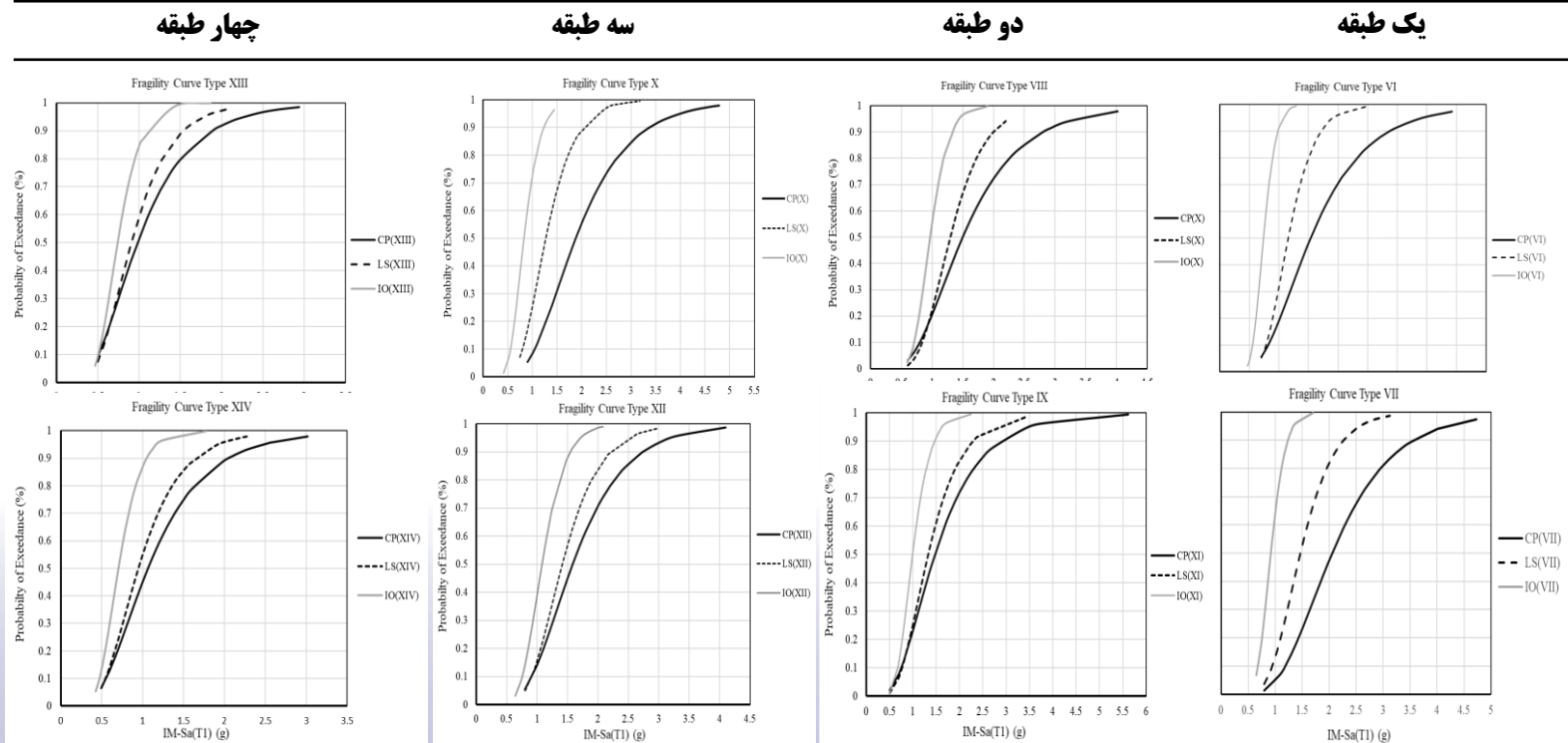


خطر نسبی زلزله متوسط

خطر نسبی زلزله زیاد

تهیه منحنی‌های شکنندگی (Fragility Curve) لرزه‌ای برای قاب‌های مورد مطالعه

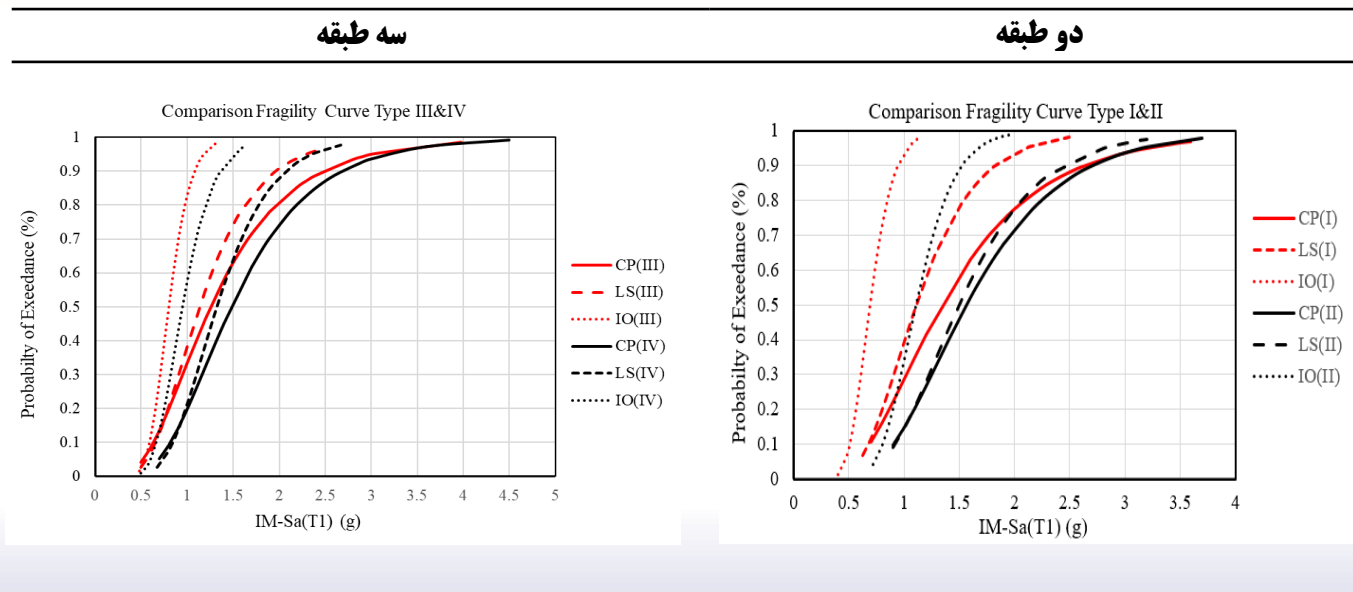
ویرایش ۳ استاندارد ۲۸۰۰



خطر نسبی زلزله متوسط

خطر نسبی زلزله زیاد

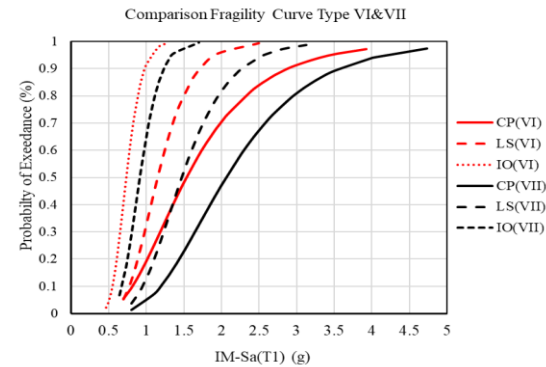
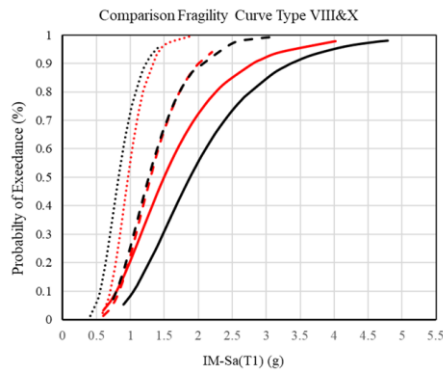
مقایسه منحنی‌های شکنندگی لرزه‌ای مدارس منتخب هر تیپ بر اساس خطر نسبی زلزله



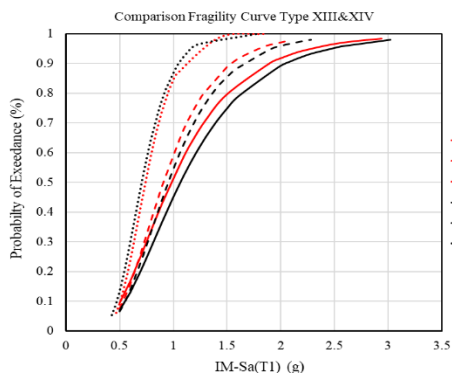
ویرایش ۲ استاندارد ۲۸۰۰

با توجه به شکل بالا ملاحظه می‌شود که با افزایش خطر نسبی، منحنی شکنندگی به سمت سطوح بالاتر شدت تمایل پیدا می‌کند. یا به عبارتی به ازای یک شدت مشخص احتمال فراگذشت از عملکرد مورد انتظار با افزایش خطر نسبی کاهش می‌یابد که این امر به معنای کاهش میزان آسیب پذیری لرزه‌ای با افزایش خطر نسبی زلزله می‌باشد.

مقایسه منحنی‌های شکنندگی لرزه‌ای مدارس منتخب هر تیپ بر اساس خطر نسبی زلزله

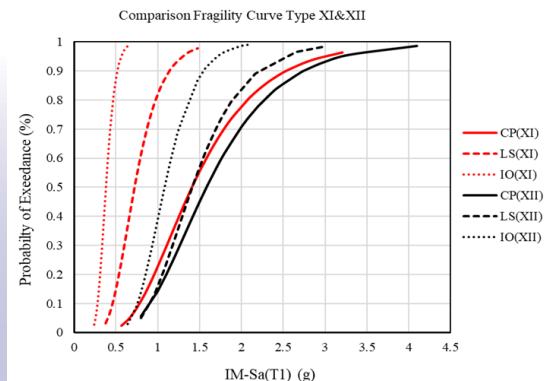


دو طبقه



چهار طبقه

یک طبقه

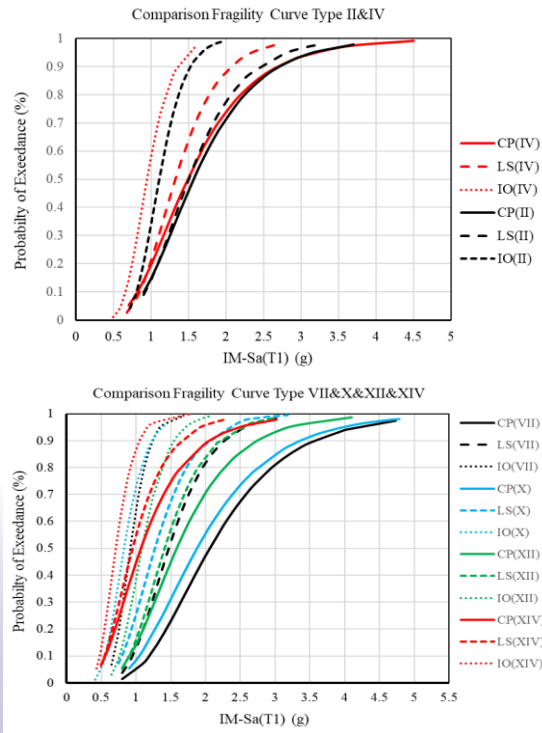


سه طبقه

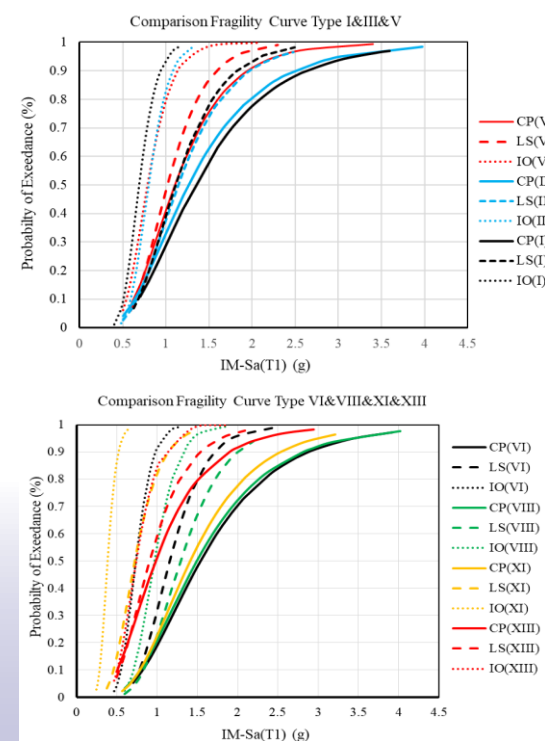
ویرایش ۳ استاندارد ۲۸۰۰

مقایسه منحنی‌های شکنندگی لرزه‌ای مدارس منتخب هر تیپ بر اساس تعداد طبقه (ارتفاع)

خطر نسبی زلزله زیاد



خطر نسبی زلزله متوسط

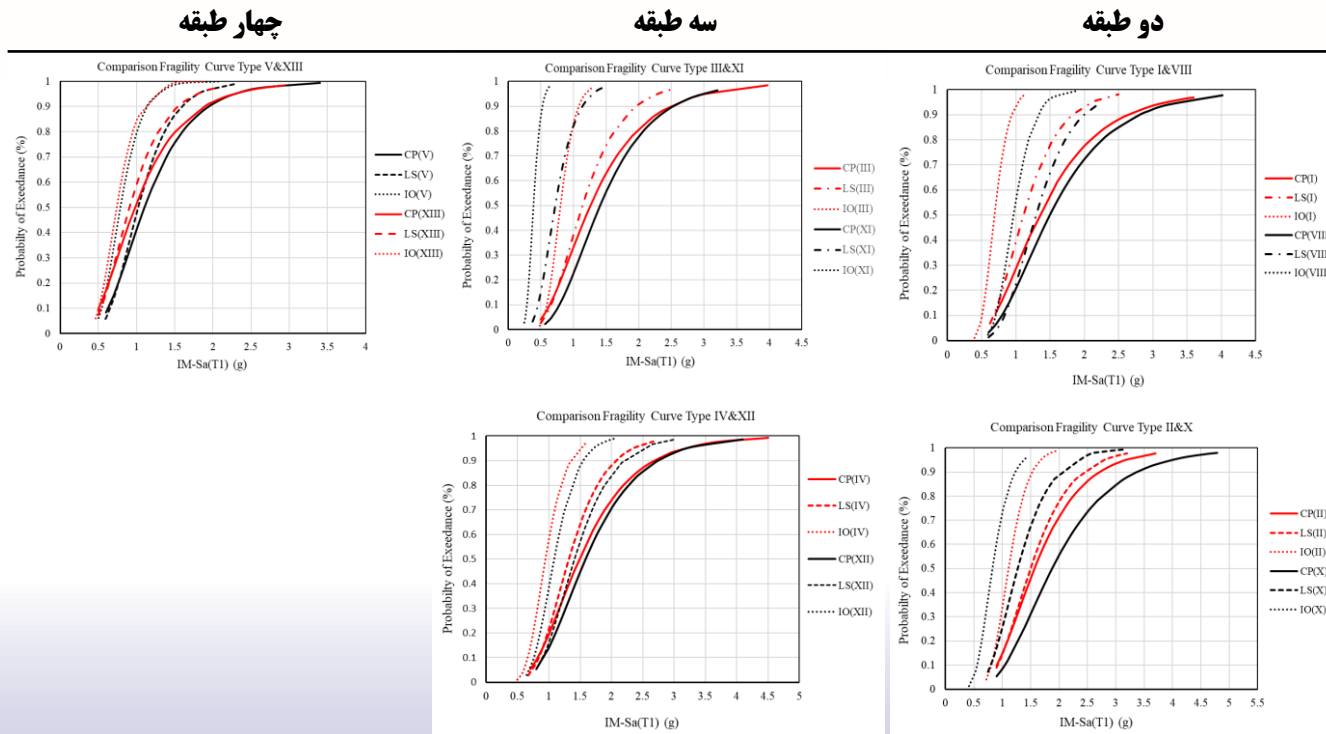


ویرایش ۲ استاندارد ۲۸۰۰

ویرایش ۳ استاندارد ۲۸۰۰

نتیجه گیری : با افزایش تعداد طبقات، منحنی شکنندگی به سمت سطوح پایینتر شدت تمایل پیدا می‌کند. یا به عبارتی به ازای یک شدت مشخص احتمال فراگذشت از عملکرد مورد انتظار با افزایش تعداد طبقه افزایش می‌یابد و به عبارت دیگر افزایش میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای با افزایش تعداد طبقات می‌باشد.

مقایسه منحنی‌های شکنندگی لرزه‌ای مدارس منتخب هر تپ بر اساس ویرایش آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله



خطر نسبی زلزله متوسط

خطر نسبی زلزله زیاد

نتیجه‌گیری: برای آیین‌نامه‌های قدیمی، منحنی شکنندگی به سمت سطوح پایین‌تر شدت تمایل پیدا می‌کند. یا به عبارتی به ازای یک شدت مشخص احتمال فراگذشت از عملکرد مورد انتظار برای دستورالعمل ویرایش ۲ افزایش می‌یابد این امر به معنای افزایش میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای مدارس برای آیین‌نامه‌های قدیمی می‌باشد.

خلاصه نتایج

احتمال فرا گذشت هر یک از قاب‌های مورد مطالعه به ازای شتاب طیفی مود اول تحت اثر زلزله‌های دور از گسل و نزدیک گسل به صورت جدول در کنار سایر معیارهای طبقه بندی ساختمان‌ها ارائه شده‌است.

شماره تیپ	ویرایش استاندارد ۲۸۰۰	خطرنسبی زلزله بر اساس آیین نامه	تعداد طبقه	ارتفاع H(m)	ایمنی جانی	احتمال فراگذشت از سطح عملکرد
۱	I	۲	متوسط	۲	۷.۴۵	۹۵٪ / ۵۸٪ / ۴۳٪
۲	II	۲	زیاد	۲	۷.۴۵	۳۴٪ / ۱۷٪ / ۱۸٪
۳	III	۲	متوسط	۳	۱۱.۱۵	۹۴٪ / ۵۴٪ / ۵۰٪
۴	IV	۲	زیاد	۳	۱۱	۷۰٪ / ۳۳٪ / ۲۶٪
۵	V	۲	متوسط	۴	۱۳.۹۵	۸۲٪ / ۵۶٪ / ۵۱٪
۶	VI	۳	متوسط	۱	۳.۹	۹۶٪ / ۴۱٪ / ۲۵٪
۷	VII	۳	زیاد	۱	۴.۱	۷۴٪ / ۱۶٪ / ۰٪
۸	VIII	۳	متوسط	۲	۸.۴	۵۵٪ / ۲۴٪ / ۲۳٪
۹	IX	۳	متوسط	۲	۷.۴	۵۷٪ / ۳۰٪ / ۲۶٪
۱۰	X	۳	زیاد	۲	۸.۴۵	۸۴٪ / ۳۳٪ / ۱۱٪
۱۱	XI	۳	متوسط	۳	۱۰.۸	۱۰۰٪ / ۸۵٪ / ۲۵٪
۱۲	XII	۳	زیاد	۳	۱۱	۴۶٪ / ۲۵٪ / ۱۰٪
۱۳	XIII	۳	متوسط	۴	۱۴.۲	۸۷٪ / ۸۳٪ / ۶۸٪
۱۴	XIV	۳	زیاد	۴	۱۴.۴	۸۸٪ / ۷۲٪ / ۶۴٪

نتایج

با مقایسه و ارزیابی نتایج بدست در این تحقیق به صورت کلی می‌توان نتایج زیر را بیان نمود.

- ✓ با مشاهده دسته منحنی‌های IDA میتوان به دیدگاه کلی از رفتار سازه، از حد الاستیک کامل تا خرابی کامل دست یافت. در مقایسه رفتار سازه با ارتفاع‌های متفاوت، می‌توان گفت که با افزایش ارتفاع، سازه زودتر وارد ناحیه غیر خطی می‌شود.
- ✓ آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های قاب خمشی بتنی طراحی شده بر مبنای ویرایش‌های جدیدتر استاندارد ۲۸۰۰ کاهش یافته‌است.
- ✓ آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های طراحی شده برای مناطق با خطر لرزه‌ای متوسط بیشتر از ساختمان‌های مشابه برای مناطق با خطر لرزه‌ای زیاد است.
- ✓ لازم به ذکر است به دلیل اینکه نتایج به دست آمده، حاصل از تحلیل دینامیکی فزاینده مدل سازه‌ای ساخته شده از روی نقشه‌های اجرایی ساختمانهای مورد مطالعه می‌باشند، عوامل متعددی همچون طراحی فراتر از حد و بیشتر در نظر گرفتن ابعاد اجزای سازه‌ای نظیر تیر و ستون در مقایسه به ضوابط طراحی و تفاوت ضرایب طراحی در ویرایش‌های مختلف باعث بروز رفتار لرزه‌ای متفاوتی نسبت به عملکرد مورد انتظار از آن شده‌است.



نتایج

با مقایسه و ارزیابی نتایج بدست در فصل قبلی به صورت کلی نتایج زیر را بیان نمود. با مقایسه و ارزیابی نتایج بدست به صورت کلی نتایج زیر را بیان نمود.

✓ با مشاهده دسته منحنی‌های IDA میتوان به دیدگاه کلی از رفتار سازه، از حد الاستیک کامل تا خرابی کامل دست یافت. در مقایسه رفتار سازه با ارتفاع‌های متفاوت، می‌توان گفت که با افزایش ارتفاع، سازه زودتر وارد ناحیه غیر خطی می‌شود.

✓ به طور کلی با افزایش تعداد طبقات، منحنی شکنندگی به سمت سطوح پایین‌تر شدت تمایل پیدا می‌کند. این امر به معنای افزایش میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای با افزایش تعداد طبقات می‌باشد. در مقایسه رفتار سازه با ارتفاع‌های متفاوت، می‌توان گفت که با افزایش ارتفاع، سازه زودتر وارد ناحیه غیرخطی شده و ظرفیت سازه کاهش می‌یابد.

✓ آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های قاب خمشی بتنی طراحی شده بر مبنای ویرایش‌های جدیدتر استاندارد ۲۸۰۰ کاهش یافته‌است

✓ آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های طراحی شده برای مناطق با خطر لرزه‌ای متوسط بیشتر از ساختمان‌های مشابه برای مناطق با خطر لرزه‌ای زیاد است.



نتایج کاربردی

به طور کلی مدارس آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های قاب خمشی بتنی ۴ طبقه به دلیل ارتفاع زیاد (قابلاً بیش از ۱۴ متر) بیشتر از سایر مدارس می‌باشد.

۱ مدارس چهار طبقه واقع در مناطق با خطر نسبی متوسط که بر اساس ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ طراحی و اجرا شده‌اند (تیپ XIII) نسبت به دیگر مدارس مورد مطالعه در این تحقیق آسیب‌پذیر است و از اولویت بالاتری جهت برنامه‌ریزی برای مقاوم‌سازی برخوردار است.

۲ با توجه به مقایسه‌های صورت گرفته و پس از مدارس چهار طبقه به ترتیب مدارس سه طبقه واقع در نواحی با خطر نسبی متوسط و زیاد که براساس ویرایش دوم استاندارد ۲۸۰۰ طراحی و اجرا شده‌اند از میزان آسیب‌پذیری بیشتری برخوردارند.

۳ با توجه به منحنی شکنندگی بدست آمده برای مدارس یک طبقه می‌توان گفت به ترتیب مدارس یک طبقه طراحی شده با ویرایش سوم خطر نسبی زیاد و متوسط از اولویت‌های پایین‌تری برخوردارند.

با تشکر از توجه شما

سؤال؟

A lesson of life:

Claim × knowledge = constant!

با تشکر از حسن توجه شما

