

دوره بهسازی لرزه ای

روشهای تحلیل و اصول بهسازی سازه های بتنی

عبدالرضا سروقد مقدم

پژوهشکده سازه پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
عضو هیئت مدیره انجمن مهندسی زلزله ایران



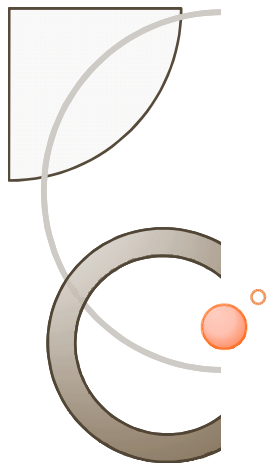
بهسازی و محدوده کاربرد آن

ساختمان جدید

ساختمان موجود

ساختمان صدمه دیده در زلزله





طراحی سازه ای

طراحی لرزه ای
بهسازی لرزه ای



ابهام در نیاز به بهسازی

تخریب و نوسازی در مقابل بهسازی و مقاوم سازی

مورد بیمارستان بندرعباس



ابهام در نیاز به بهسازی

تجربه نوسازی مدارس

تجربه بنیاد مسکن

نیاز به اصول بهسازی حتی اگر همه تخریب و
دوباره ساخته شوند ...



تاریخ بهسازی لرزه ای در ایران

● قبل از دستورالعمل بهسازی

● بهسازی سازه – اضافه اشکوب

● استفاده از استاندارد ۲۸۰۰

● روال تجربی

● بعد از دستورالعمل بهسازی



چرا دستورالعمل بهسازی؟

● آیا بهتر نیست از استاندارد ۲۸۰۰ برای بهسازی هم استفاده شود؟



کاربرد استاندارد ۲۸۰۰ در طراحی مقاوم لرزه ای

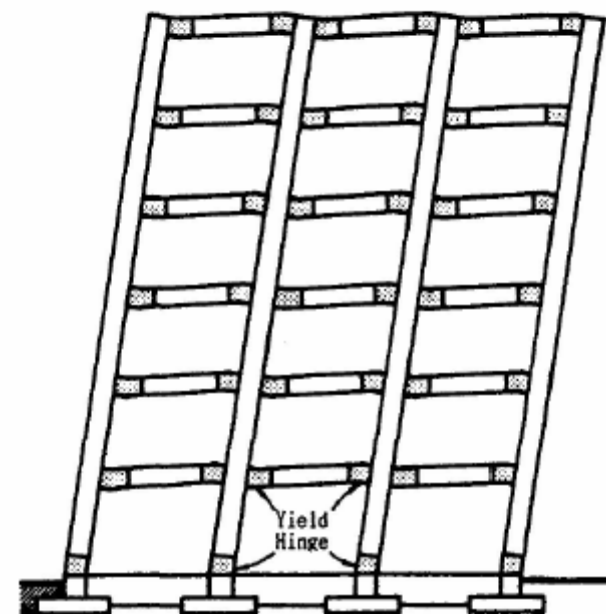
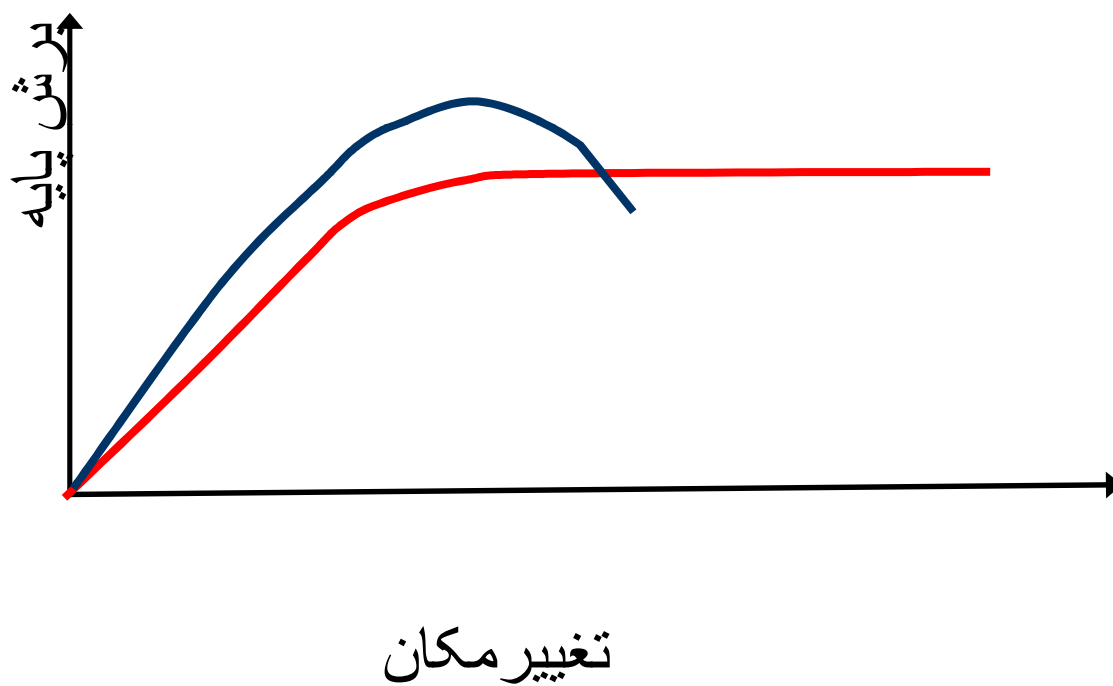
روند آئین نامه

۱ - ساختمان در زلزله طرح آسیب ببیند (ضریب رفتار R)

۲ - نحوه آسیب دیدن ساختمان کنترل شود (ضوابط شکل پذیری در آئین نامه های طراحی رعایت شود)



شکل پذیری (Ductility)



□ ۱-۵ ضوابط خاص برای سازه‌های مقاوم در مقابل زلزله

در این آیین‌نامه برای رفتار سازه‌های بتن آرمه در مقابل آثار ناشی از زلزله، سه حد شکل‌پذیری در نظر گرفته شده است:

الف- حد شکل‌پذیری کم

ب- حد شکل‌پذیری متوسط

پ- حد شکل‌پذیری زیاد

ضوابط و مقررات این آیین‌نامه حد شکل‌پذیری کم را در سازه‌های موضوع آیین‌نامه تامین می‌کند، ولی برای تامین حد شکل‌پذیری متوسط و زیاد، مراعات ضوابطی ویژه که در فصل "ملاحظات ویژه برای طراحی در برابر زلزله" ارائه شده‌اند، الزامی است.

۲-۲-۵. حدود شکل‌پذیری سازه

۲-۲-۵-۱. اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی زلزله باید برای یکی از سه حد شکل‌پذیری که در بندهای (۲-۲-۵-۲) تا (۲-۲-۵-۴) تعریف شده‌اند، طراحی شوند. ضوابط طراحی برای هر یک از این حدود در قسمت‌های (۲-۲-۳) تا (۲-۲-۵) تعیین شده‌اند.

۲-۲-۵-۲. حد شکل‌پذیری کم: این حد برای سازه‌هایی مناسب است که در آنها انتظار بوجود آمدن تغییر شکل زیاد نمی‌رود و تنها تضمین تدابیر خاص برای حفظ ایمنی آنها در برابر بارهای تکراری و رفت و برگشتی زلزله مورد نظر است.

۲-۲-۵-۳. حد شکل‌پذیری متوسط: این حد برای سازه‌هایی الزامی است که در آنها بازتاب سازه در برابر نیروهای زلزله وارد ناحیه غیر خطی می‌شود و مقاطع سازه باید آنچنان طراحی شوند که از ایمنی کافی در مقابل گسیختگی ترد برخوردار باشند.

۲۰-۴-۴-۲۰ برای مهار و وصله میلگردها رعایت جداول ۲۰-۴-۴-۲۰-۱ تا ۲۰-۴-۴-۲۰-۶ الزامی نیست. مهار و وصله میلگردها مطابق ضوابط فصل هجدهم صورت می‌گیرد.

۲۰-۴-۴-۲۰ اتصالات تیر به ستون در قاب‌ها

۲۰-۴-۴-۲۰-۱ در اتصالات تیرها به ستون‌ها، در طول ارتفاع تیر یا بال که بیشترین ارتفاع را دارد و به محل اتصال منتهی می‌شود، باید در امتداد عمود بر آرماتور طولی ستون آرماتور عرضی به مقدار حداقل برابر با مقادیر زیر پیش‌بینی شود:

الف- سطح مقطع آرماتور عرضی تهیه کمتر از مقدار محاسبه شده از رابطه (۲۰-۴-۲۰-۱) باشد.

ب- مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از در مجموع مقدار آرماتور عرضی در ناحیه A_c ستون، مشخص بند (۲۰-۴-۴-۲۰-۲) باشد. فاصله مفروضی بین ستون از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله مفروضی نظیر در ناحیه A_c خنجر شود.

۲۰-۴-۴-۲۰ ضوابط طراحی برای برش در اعضای قاب‌ها

۲۰-۴-۴-۲۰-۱ در اعضای تحت خشر و تحت فشار و تحت در قاب‌ها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه (۲۰-۴-۴-۲۰-۱) صورت گیرد. مقدار V_u در این رابطه مسأله بزرگترین دو مقدار زیر در نظر گرفته می‌شود:

الف- نیروی برشی ایجاد شده در عضو ب در نظر گرفتن تعامل استاتیکی بارهای قائم در صورت وجود، و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی از ب فرض آنکه در این مقاطع مفصل‌های پلاستیکی تشکیل شده‌اند. ظرفیت خشی مفصل‌های پلاستیکی-مشب یا منفی، باید برابر با لنگر خمشی مقاوم اسمی مقطع، M_u ، در نظر گرفته شود. در تعیین این لنگر، در اعضای تحت فشار و خشر، باید نامساعدترین نیروی

محدودی نهایی موجود در عضو که منتج به بیشترین لنگر خشی می‌شود، منظور گردد. جهت‌های این لنگرها باید چنان در نظر گرفته شوند که بیشترین نیروی برشی را در عضو ایجاد کنند.

ب- نیروی برشی بدست آمده از آن‌تیر سازه زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و نیروی جانبی زلزله با فرض آنکه نیروی زلزله موثر به سازه دو برابر مقدار تعیین شده در آیین‌نامه طراحی ساختمانی مقدم در برابر زلزله آیین‌نامه شده، $1.7A_u$ منظور شود.

۲۰-۴-۵ ضوابط سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد

۲۰-۴-۵-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها $(N_u < 0.15 \phi_c A_g)$

۲۰-۴-۵-۱-۱ محدودیت‌های خمشی

۲۰-۴-۵-۱-۲ در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های حدها زیر باید رعایت شوند:

الف- ارتفاع موثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب- عرض مقطع نباید کمتر از سه دهه ارتفاع آن باشد.

پ- عرض مقطع نباید:

- بیشتر از عرض ستون تک‌گوشی، در صفحه عمود بر محور طولی عنصر خمشی، و

اندازه سه چهارم ارتفاع عضو خمشی در هر طرف ستون،

- بیشتر از عرض ستون تک‌گوشی به اندازه یک چهارم به دیگر مقطع ستون در هر

طرف ستون،

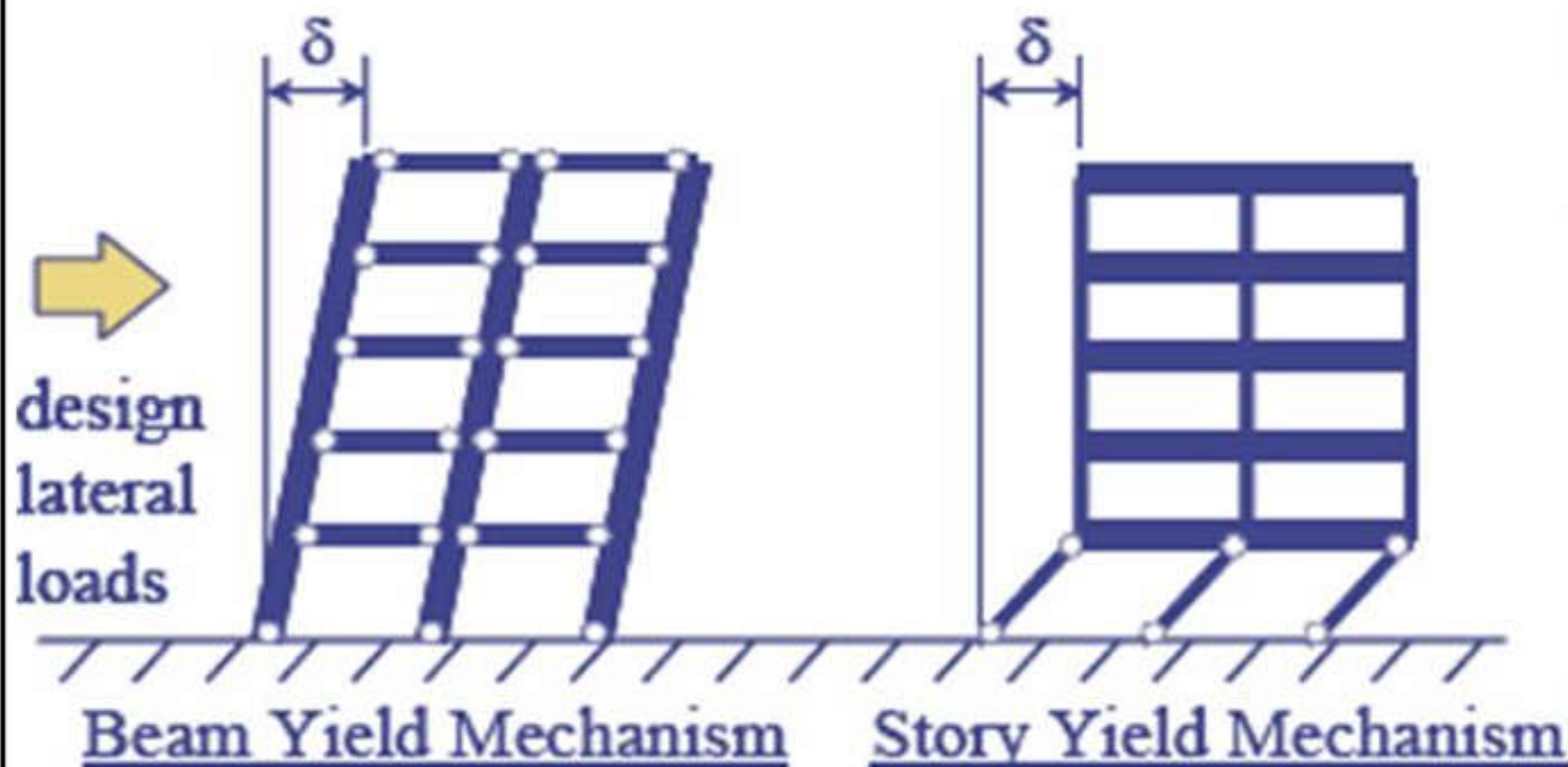
- کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر.

۲-۵-۵-۱ اعضای تحت خش و تحت فشار و خش در قابها

۲-۵-۵-۱-۱ در اعضای تحت خش و تحت فشار و خش در قابها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه (۱-۱۲) صورت گیرد. مقادیر V_u و V_r در این رابطه باید بر طبق ضوابط بندهای (۲-۵-۵-۱-۲) تا (۲-۵-۵-۱-۴) محاسبه شوند.

۲-۵-۵-۱-۲ نیروی برشی نهایی، V_u ، در اعضای خشی باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای قائم و لنگرهای خشی موجود در مقاطع انتهایی عضو با فرض آنکه در این مقاطع مفصل‌های پلاستیکی تشکیل شده‌اند، تعیین شود. ظرفیت خشی مفصل‌های پلاستیکی، مثبت یا منفی، باید برابر با لنگر خشی مقاوم ماکزیم

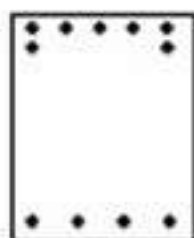
قابهای خمشی بتنی



قابهای خمشی بتنی: اثر محصورشدگی

No. 9 Grade 60 longitudinal bars, $f_s = 4$ ksi

No. 3 stirrups
@ 6 inches



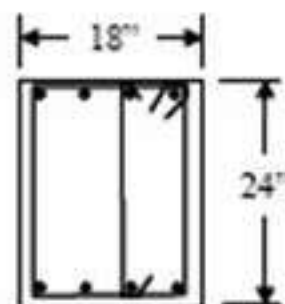
Beam 1u



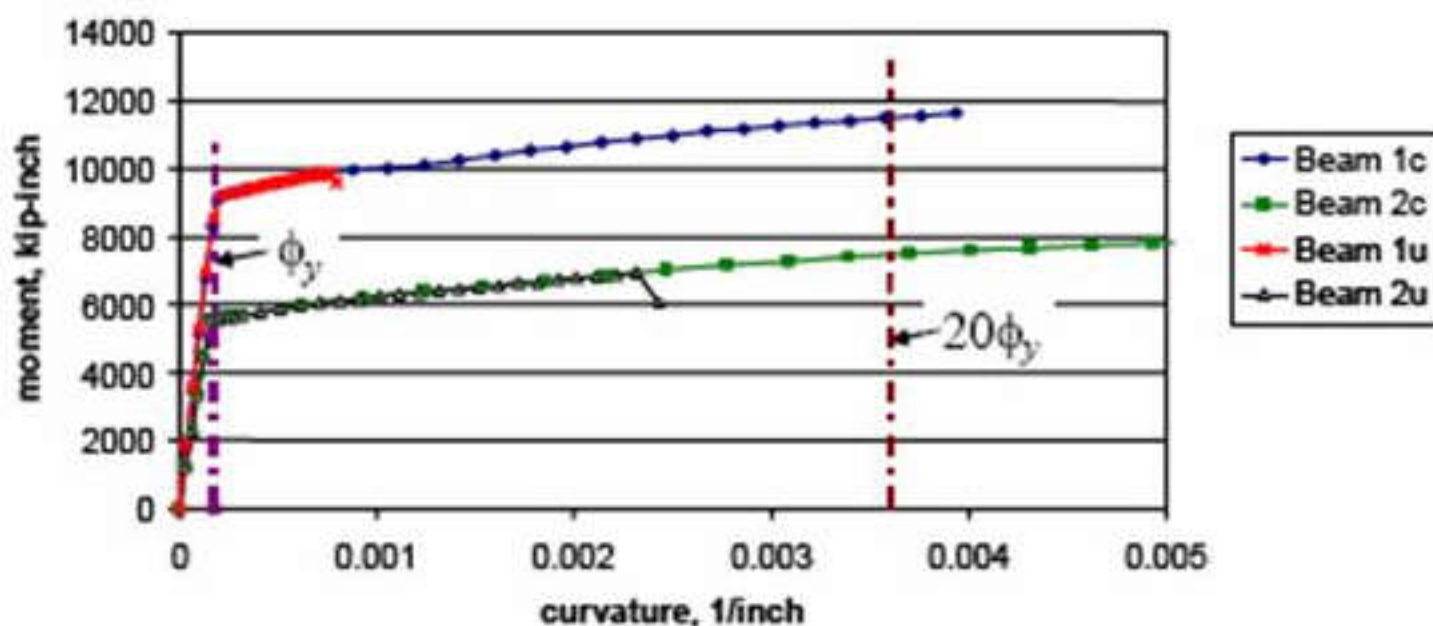
Beam 2u



Beam 1c



Beam 2c

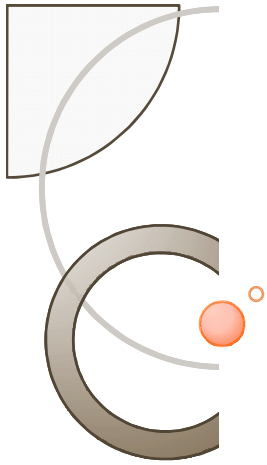


ابهام در زمینه دستورالعمل بهسازی

● اگر برای بهسازی از استاندارد ۲۸۰۰ استفاده شود، ضریب رفتار (R) یک ساختمان موجود چند اختیار شود؟

ضریب رفتار (R) با شرط جزییات خاص در ساختمان داده شده است. اگر برخی از آن جزییات رعایت نشده باشند چه مقداری اختیار شود؟





مراحل بهسازی

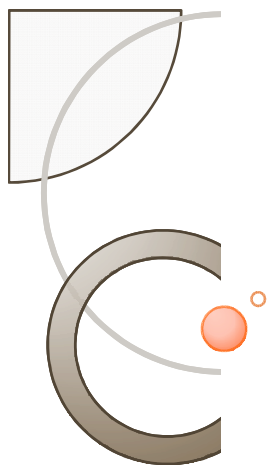


مروری بر روند ارزیابی و بهسازی لرزه ای

(جایگاه دستورالعمل در روند ارزیابی و بهسازی لرزه ای)

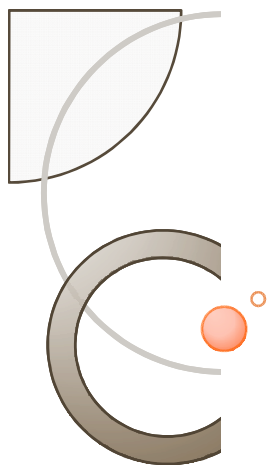
- گام ۱: ارزیابی آسیب پذیری
- گام ۲: گزینه های بهسازی
- گام ۳: جزئیات گزینه های بهسازی





برخی مشکلات انجام بهسازی در کشور





مشکل انجام بهسازی در کشور

- نقشه ساختمان
- هزینه کم برای مشاور منتج به هزینه زیاد اجرا
- مشاور هم باید شرایطی داشته باشد
- ...



یک مشکل اساسی: متخصصین بهسازی؟
وجود طیفی از بهترین افراد علمی هم از
نظر دانش هم تحقیق و هم کار حرفه ای

روال و جایگاه بکارگیری این سرمایه

عدم آشنایی با فلسفه دستورالعمل ضمن داشتن تجربه و دید اجرایی عالی

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ————— عبدالرضا سروقدمقدم





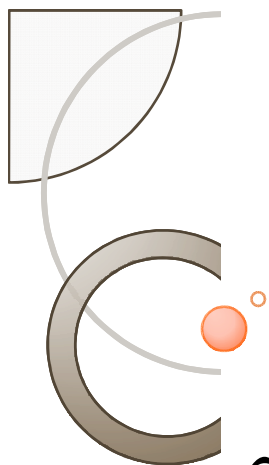
مراحل تکاملی روند مقاوم سازی لرزه ای ساختمان ها (۱)

- دوره آشنایی مهندسین با موضوع مقاوم سازی

انجام کار – طبق نشریه ۲۵۱ – طرح اقتصادی

درک ضرورت کار – انجام کار – عدم مصرف بودجه در جای دیگر



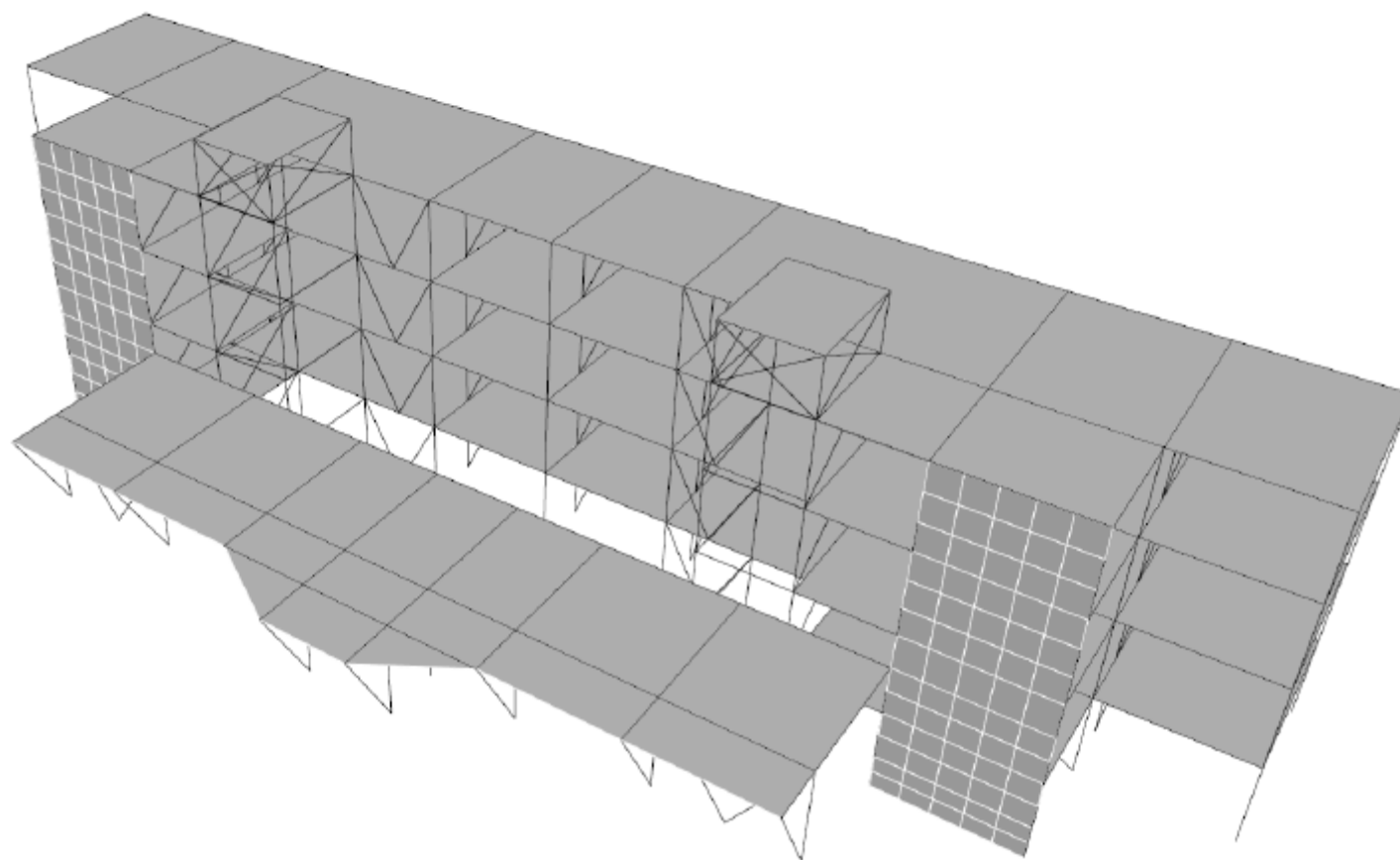


ارزیابی آسیب پذیری ساختمانها با دستورالعمل بهسازی لرزه ای

روال
نشریه ۲۵۱



مطالعات مقاوم سازی خوابگاه



بررسی ویژگی های سازه مطابق ویرایش سوم

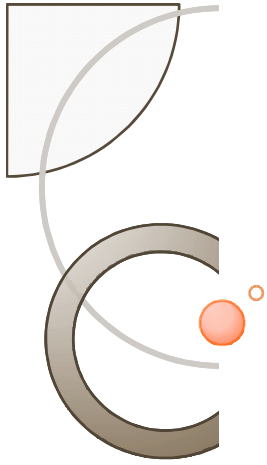
آیین نامه زلزله ایران

با توجه به وجود برخی ویژگی های نامطلوب براساس موارد فوق (تغییرات پلان در ارتفاع و نیز وجود طره های بزرگ) تمهیدات زیر اندیشیده شد:

- در کنار تحلیل استاتیکی معادل، تحلیل دینامیکی نیز انجام پذیرفت.
- با اجرای دستک های فشاری، عملکرد نامناسب طره ها بهبود یافت.

• سازه موجود فاقد یک سیستم باربر جانبی مناسب می باشد. در طرح تقویت پیشنهادی سازه، در کنار پیشنهاد سیستم باربر جانبی مناسب (در دوجبهت متعامد مستقل) تمامی موارد فوق لحاظ گردید.

• سیستم سازه ای منطبق بر قابهای ساده با مهاربند هم محور فولادی قرار می گیرد. بر این اساس با استفاده از جدول ۶ آیین نامه ۲۸۰۰، ضریب رفتار برابر ۶ بدست می آید.



تعداد ناکافی نقشه و مستندات



جدول فهرست نقشه‌های اجرایی ساختمان موزه

ردیف	شماره نقشه	عنوان نقشه
۱	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/00-Rev.(0)	توضیحات
۲	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/01-Rev.(0)	مشخصات تقویت دیوارهای بنایی بامش و ملات در زیرزمین
۳	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/02-Rev.(0)	مشخصات تقویت دیوارهای بنایی بامش و ملات در طبقه همکف
۴	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/03-Rev.(0)	مشخصات تقویت دیوارهای بنایی بامش و ملات در طبقه اول
۵	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/04-Rev.(0)	نحوه اتصال آرماتورهای افقی و عمودی شبکه فولادی در محل تقاطع بادبوار، سقف و پی و جزئیات قطعات اتصال در دیوارهای بنایی
۶	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/05-Rev.(0)	نحوه اتصال آرماتورهای افقی و عمودی شبکه فولادی در محل تقاطع بادبوار، سقف و پی
۷	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/06-Rev.(0)	پلان تکمیل کلاف بندی چوبی و ایجاد دیافراگم چوبی سقف طبقه اول
۸	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/07-Rev.(0)	پلان کلاف بندی چوبی در تراز پای قوس‌های دسته سبدهی موجود در زیرزمین
۹	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/08-Rev.(0)	بهسازی دیافراگم در سقف زیرزمین و انسجام سقف در راه پله ها
۱۰	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/09-Rev.(0)	بهسازی دیافراگم در سقف طبقه همکف و جزئیات بهسازی طاق ضربی موجود
۱۱	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/10-Rev.(0)	پلان و جزئیات تقویت پی
۱۲	RE-DWG-S(1)/K.A.U.1-2-2/11-Rev.(0)	اتصال برشی به دیوارهای بنایی با ضخامت ۲۰ سانتیمتر و جزئیات آجرچینی جدید در داخل طاقچه دیوار



مراحل تکاملی روند مقاوم سازی لرزه ای ساختمان ها (۲)

- دوره آشنایی مهندسین با موضوع مقاوم سازی
- دوره انجام کار بر اساس گردش کار ویژه مقاوم سازی (نه طبق روال پروژه ساختمان جدید)

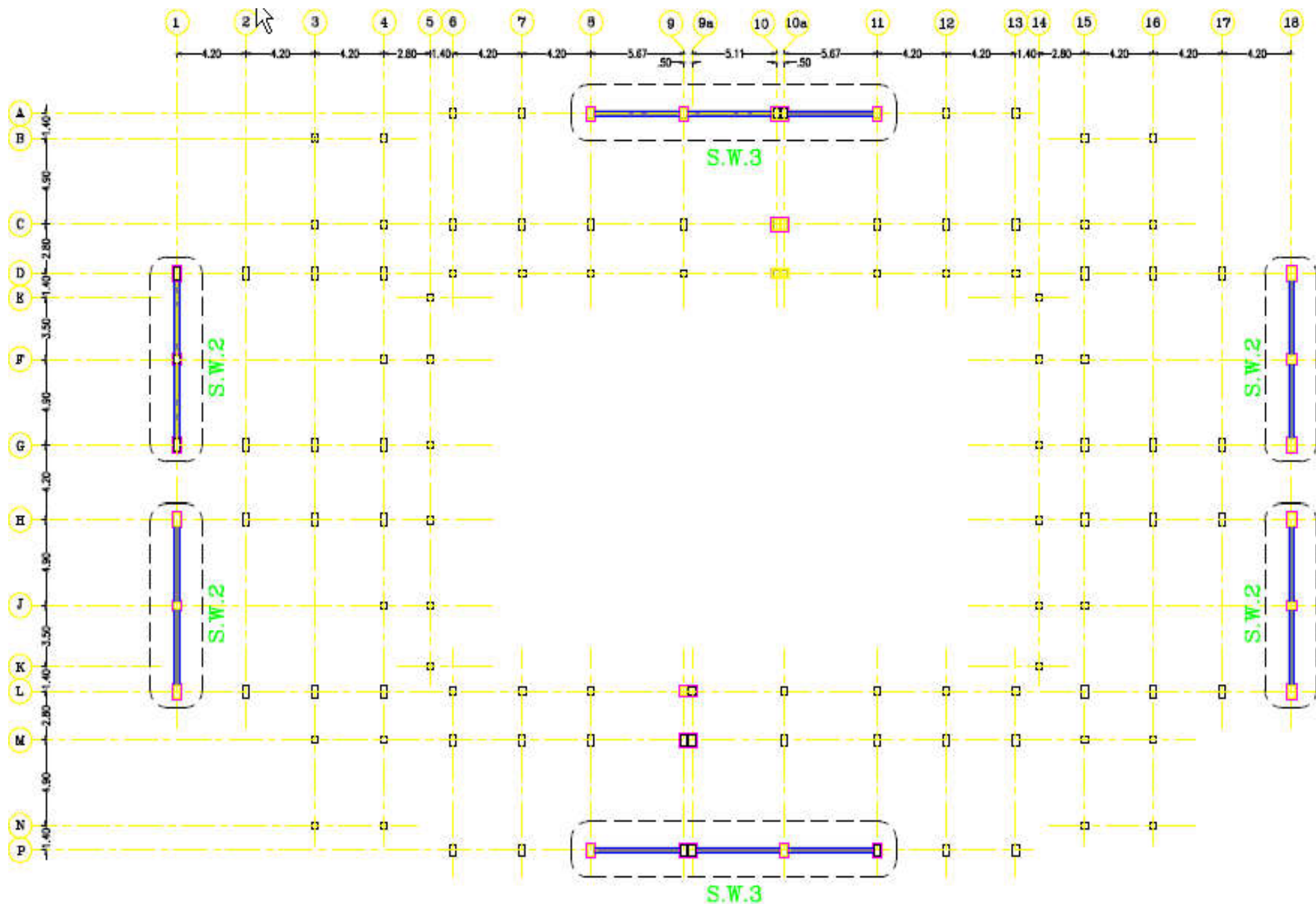
انجام کار - طبق نشریه ۲۵۱ - طرح اقتصادی

وحدت رویه - عدم کار سلیقه ای -

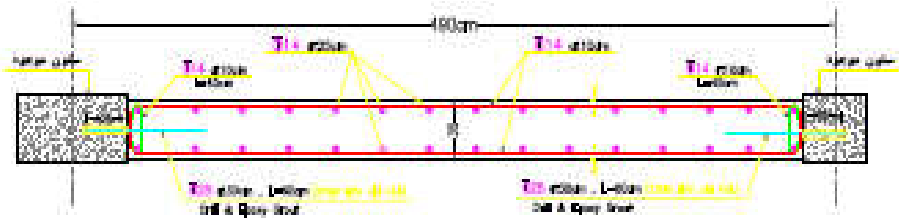






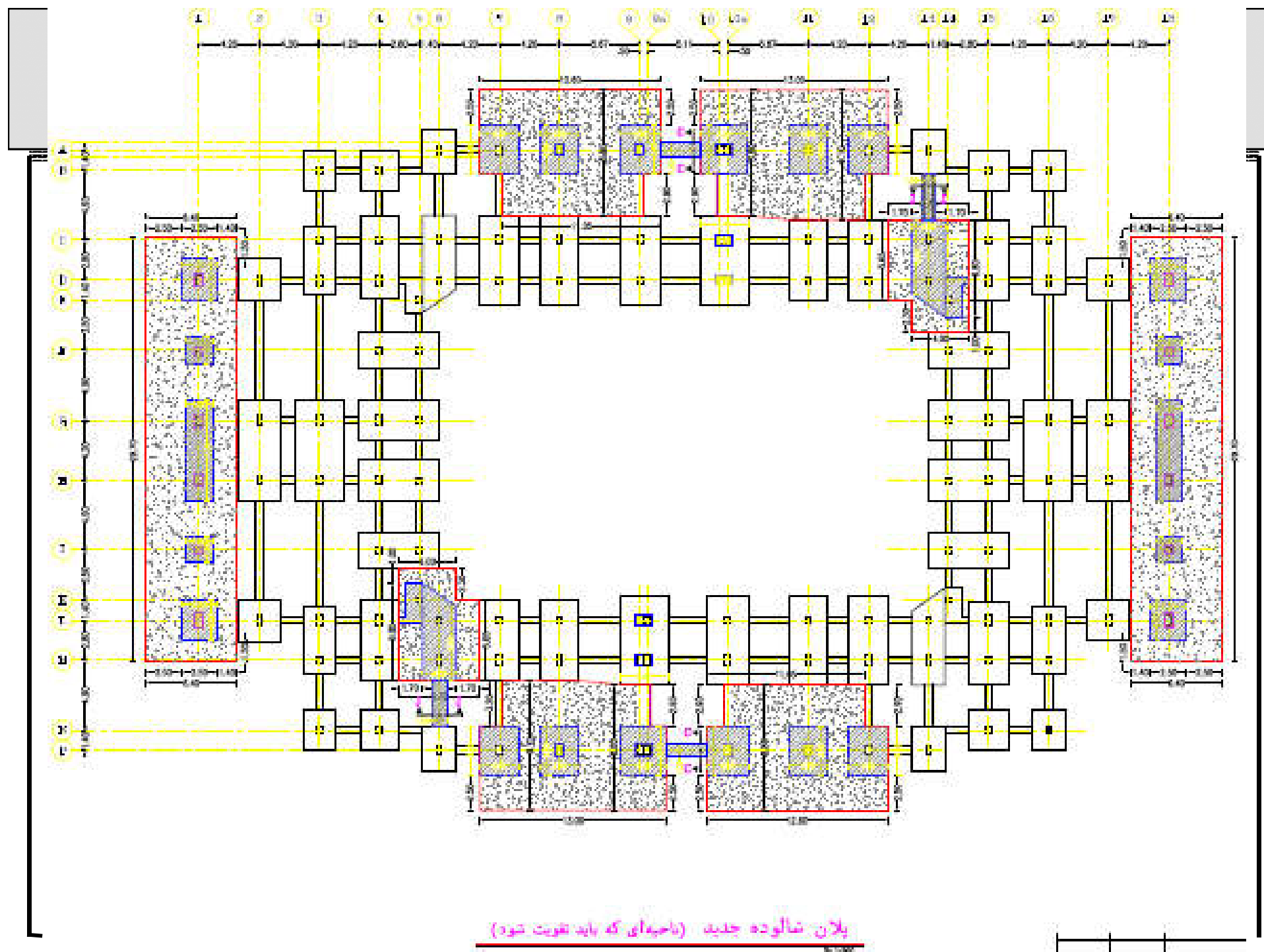


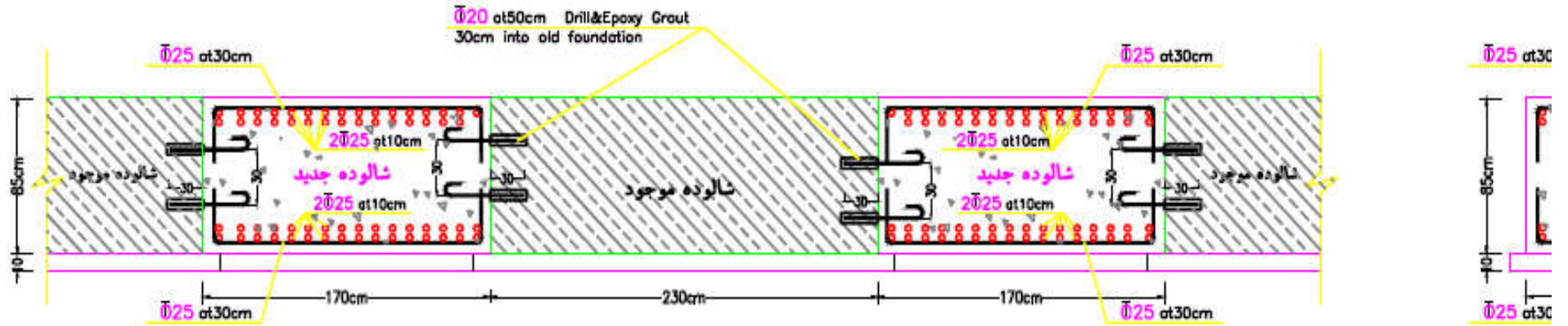
پلان جانمایی دیوارهای برشی جدید (طبقات همکف، اول و دوم)



SEC. 5a
 5a-1-23

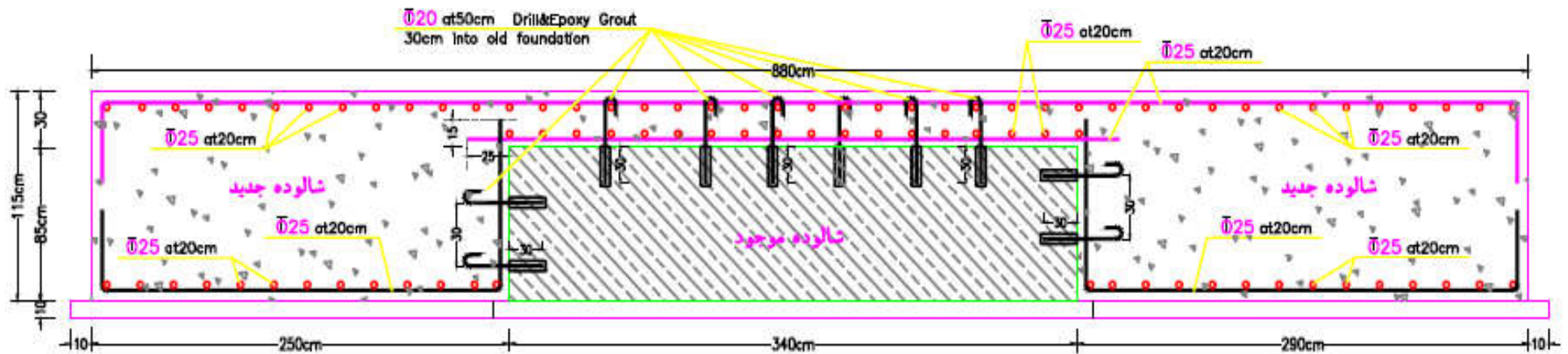
This section is not shown in all drawings. Call it away from the wall.

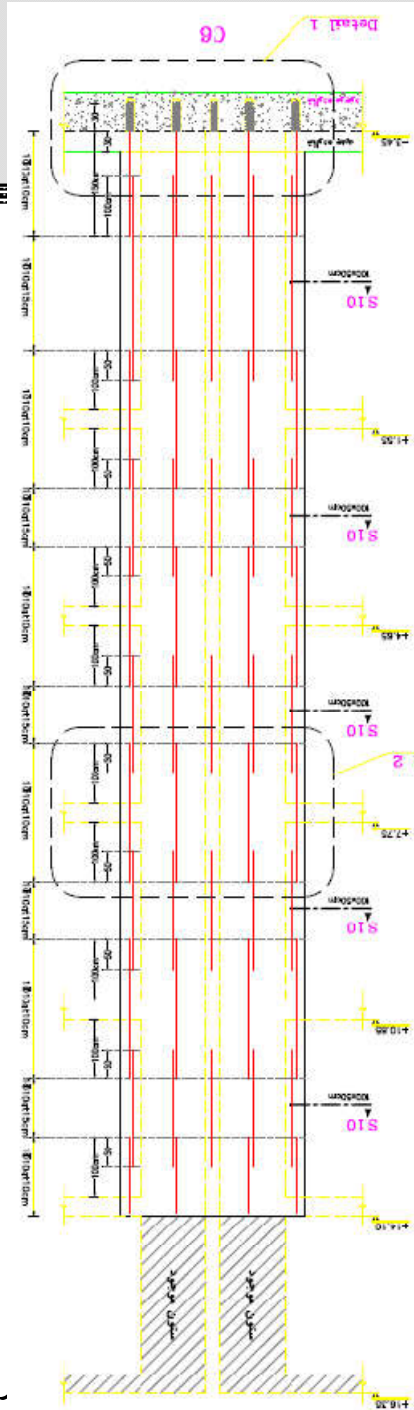
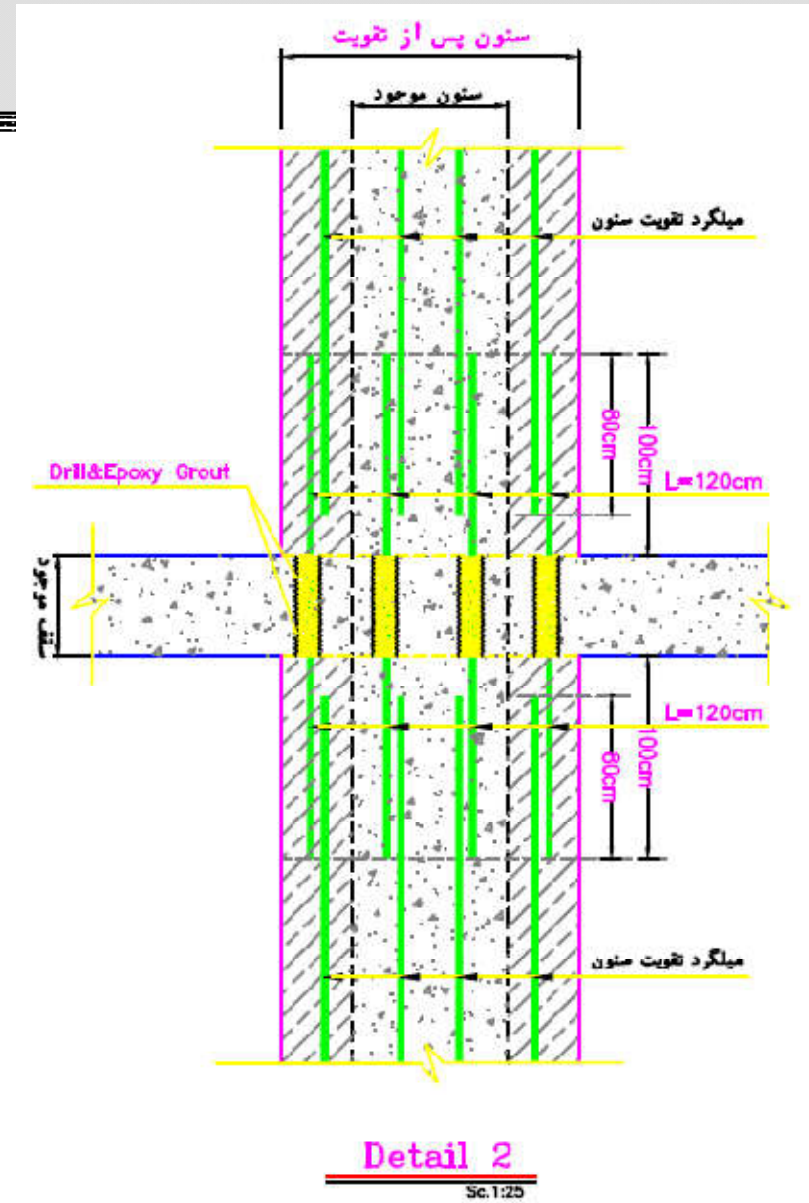




SEC. D-D (مقطع شالوده جدید)

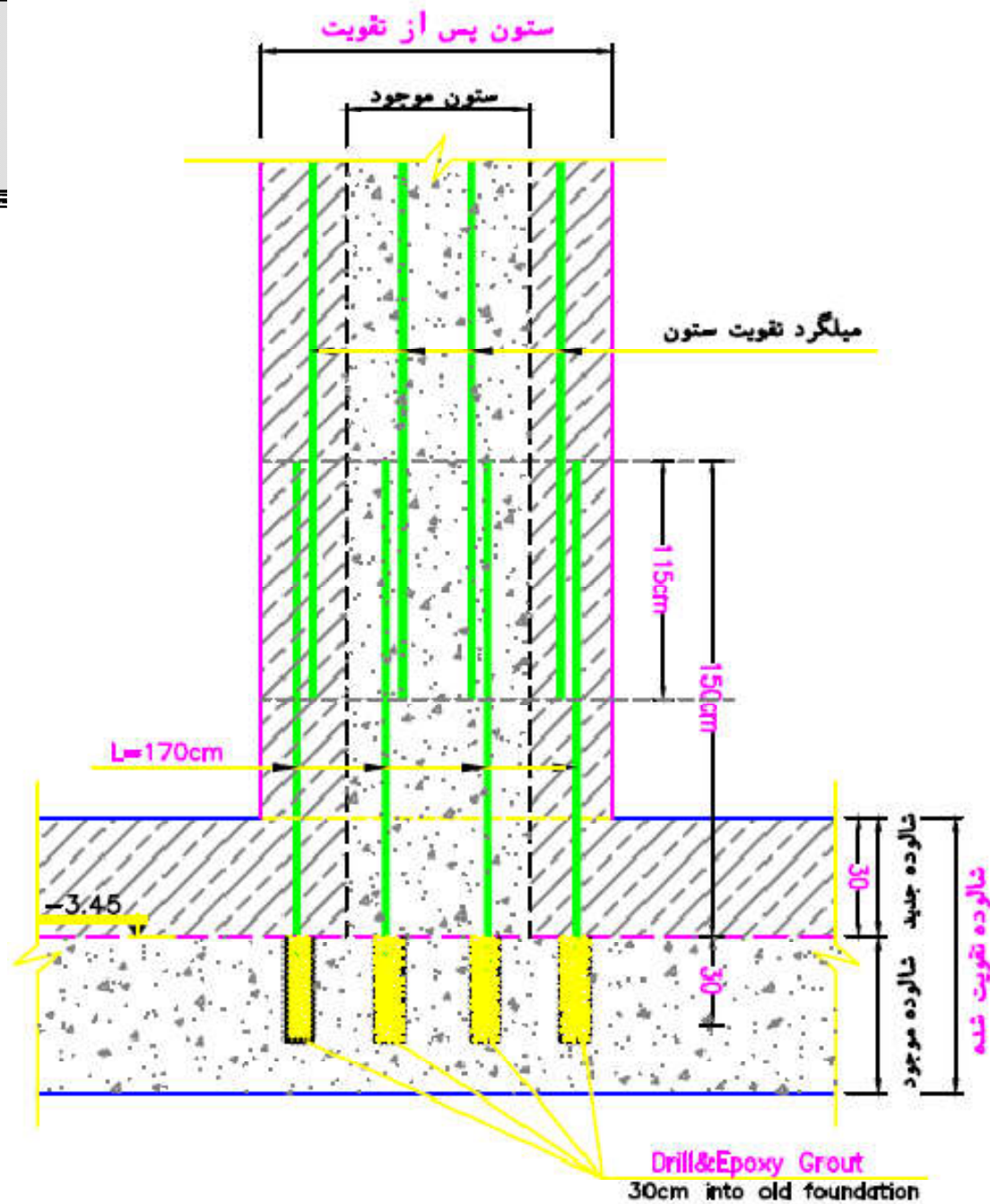
Sc.1:25

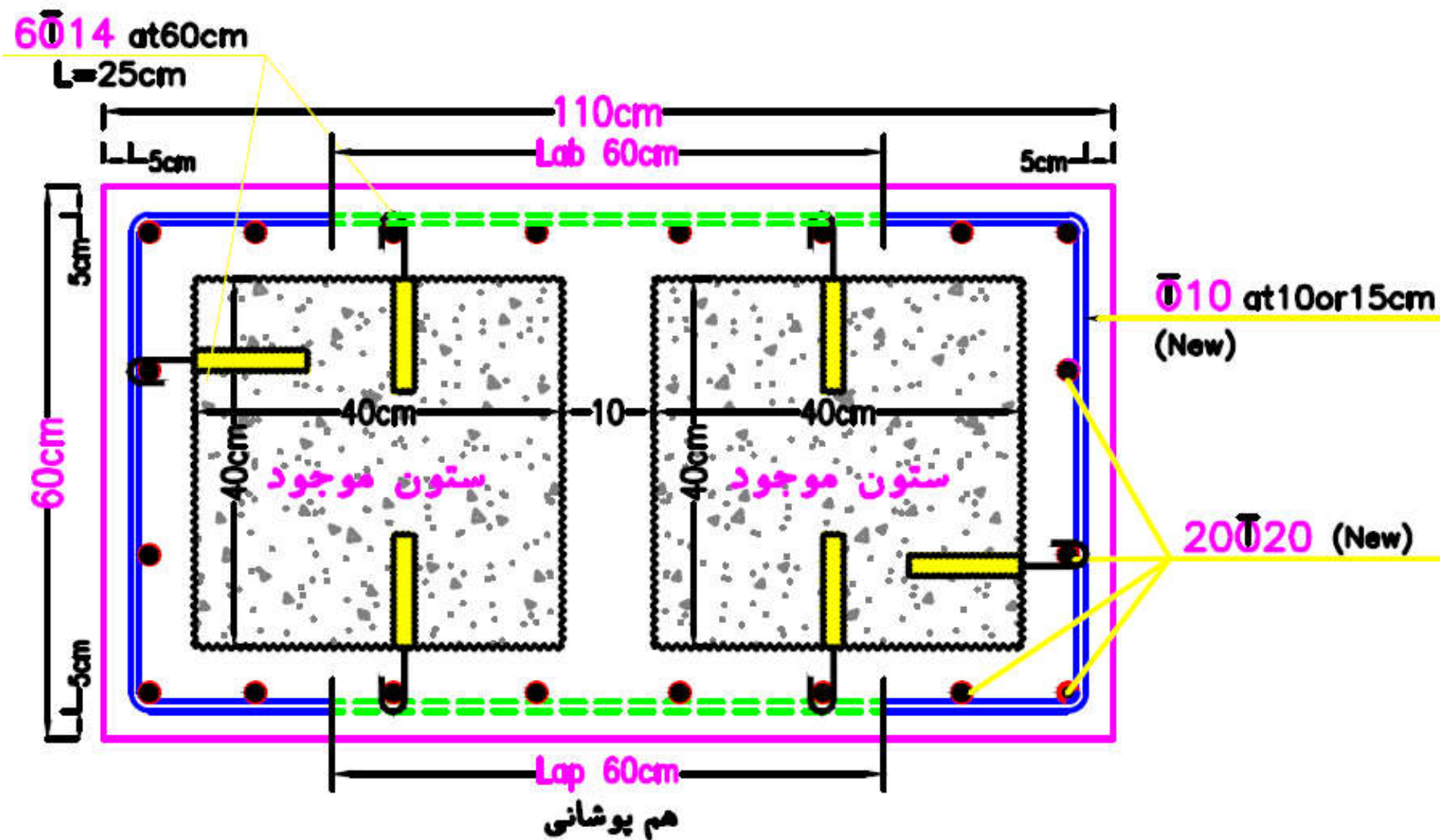




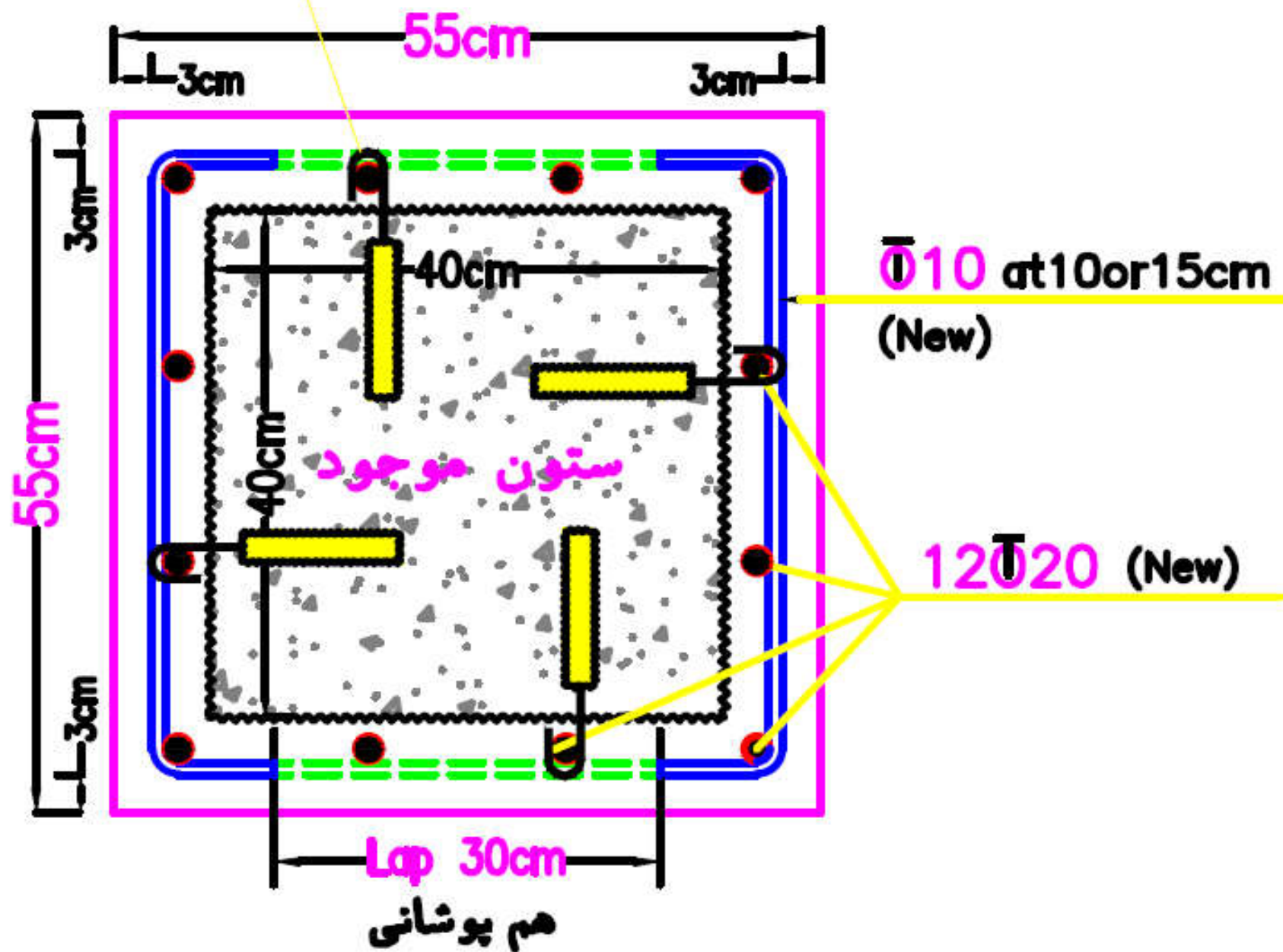
رضا سروقد مقدم

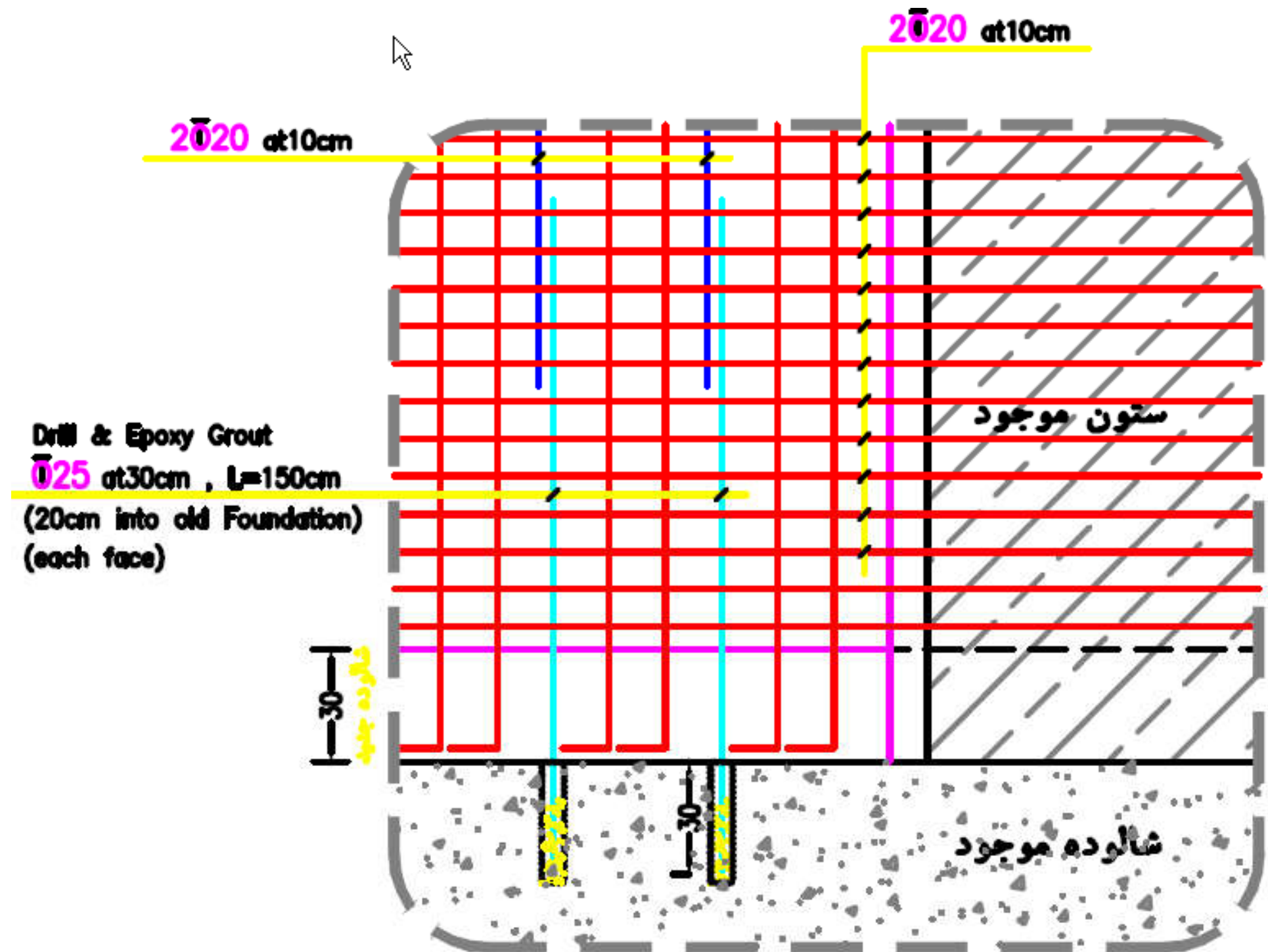
پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

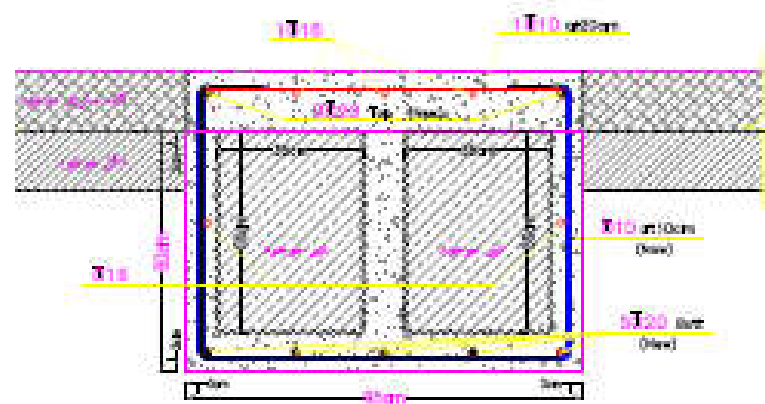
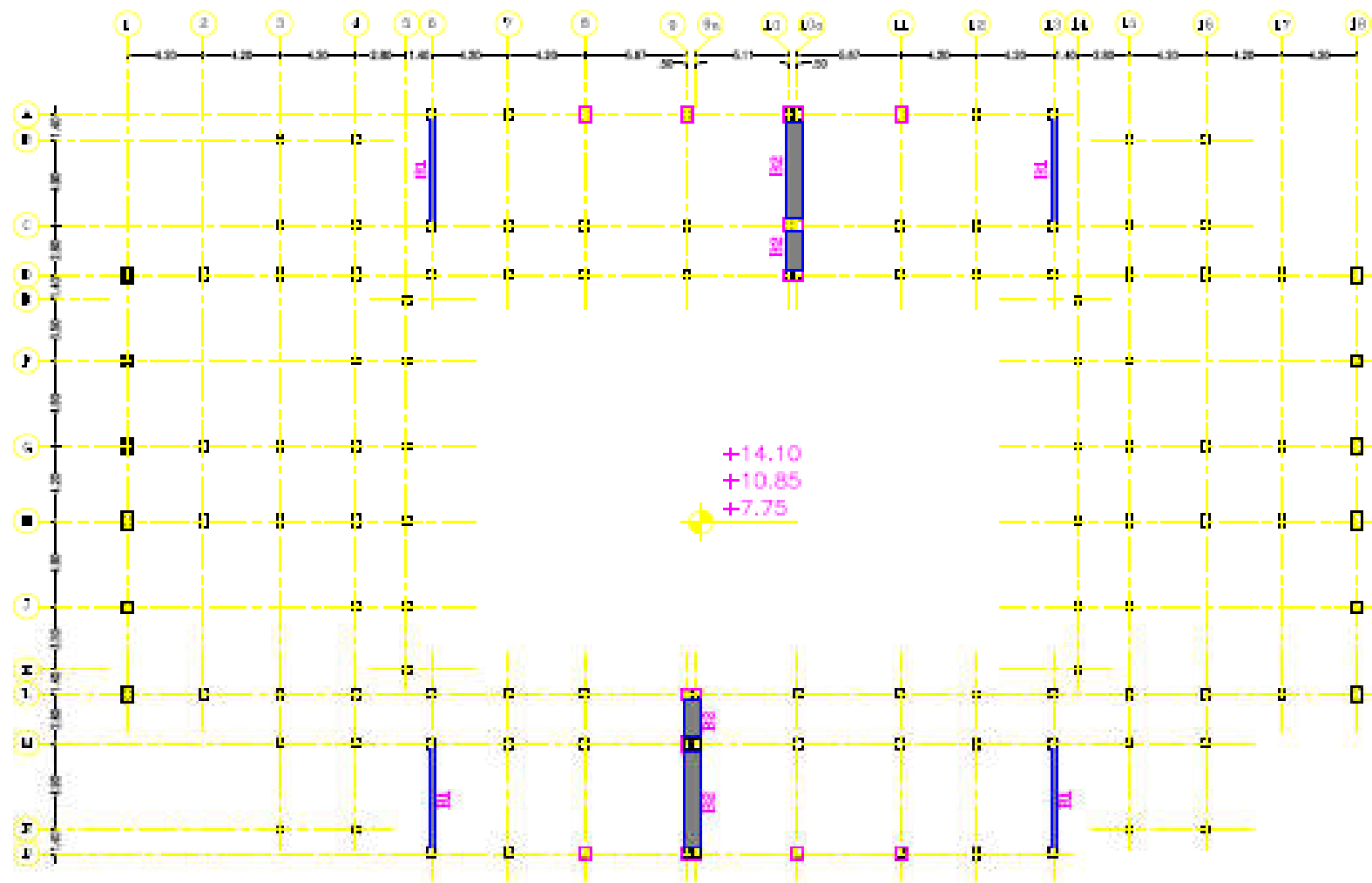




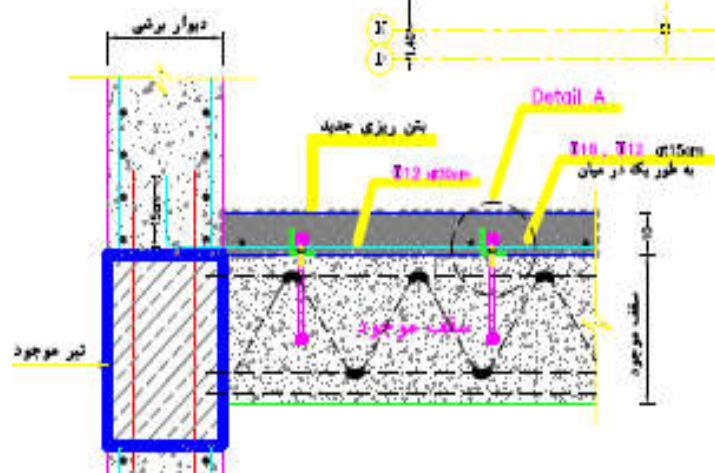
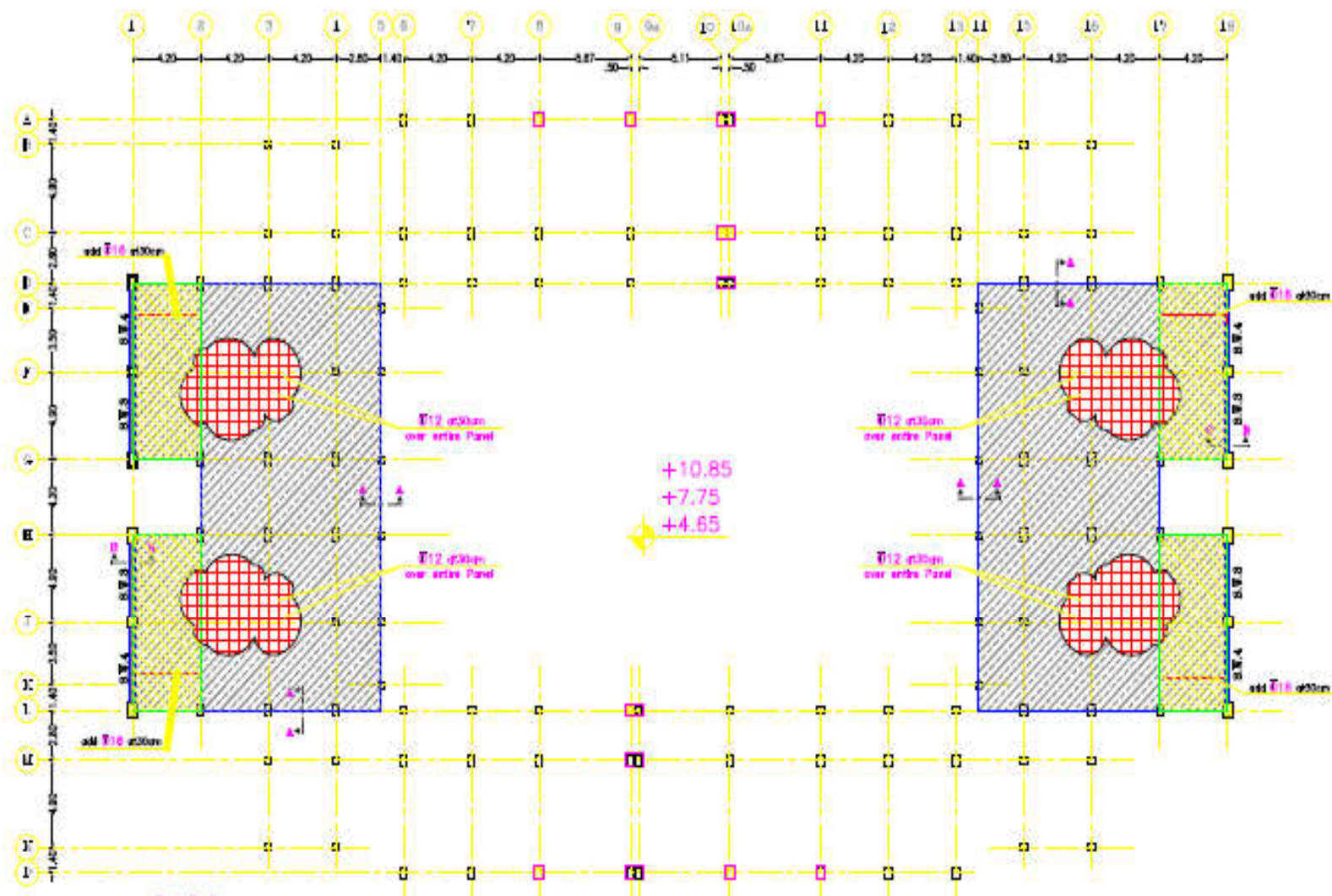
4 $\bar{\text{T}}14$ at 60cm
L=25cm





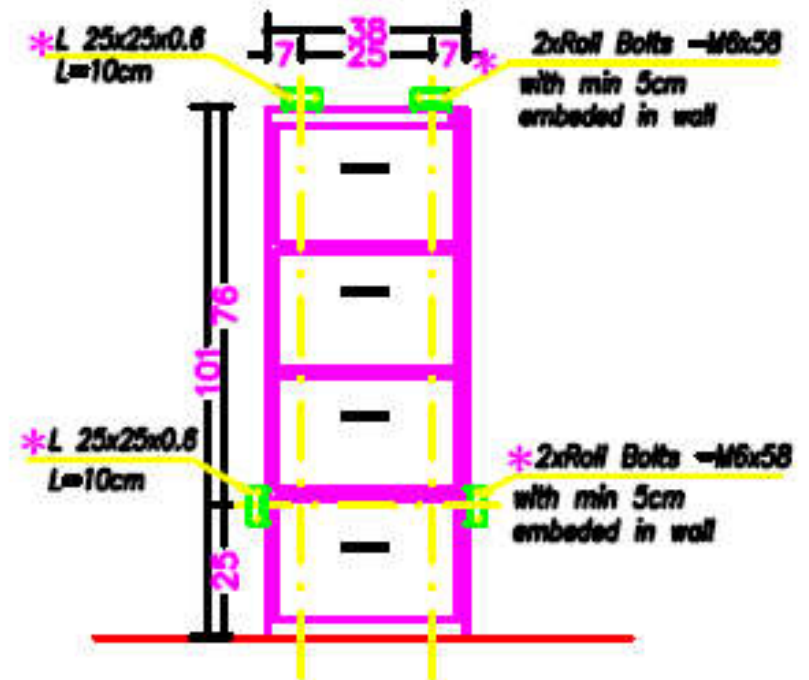
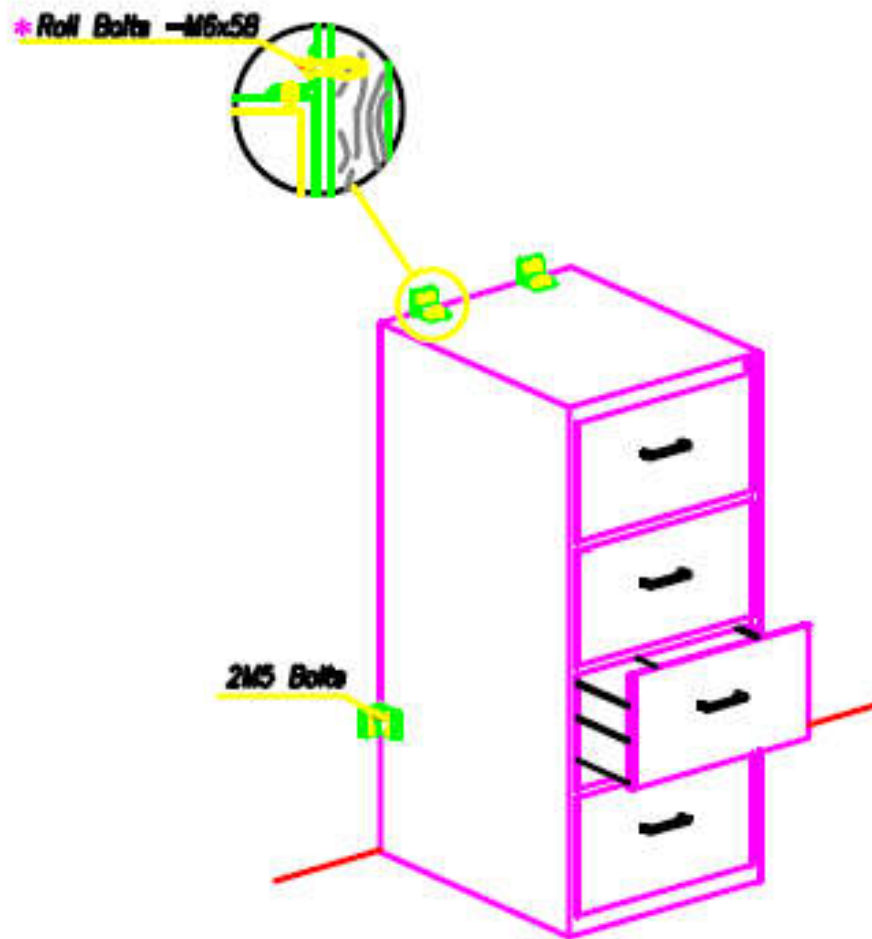


پلان جانبی تقویت تیرهای سقف (سقف اول، دوم و سوم)



پلان جانمایی تقویت دیافراگم و تیرهای سقف (سقف همکف اول و دوم)

SL1200



جزئیات تقویت فایل‌های اداری

SC 1:20

UNIT : Cm.



مراحل تکاملی روند مقاوم سازی لرزه ای ساختمان ها (۳)

- دوره آشنایی مهندسین با موضوع مقاوم سازی
- دوره انجام کار بر اساس گردش کار ویژه مقاوم سازی (نه طبق روال پروژه ساختمان جدید)
- دوره توجه به مبانی مهندسی ارزش در مقاوم سازی

انجام کار - طبق نشریه ۲۵۱ - طرح اقتصادی

زمانبندی - طرح بهینه -

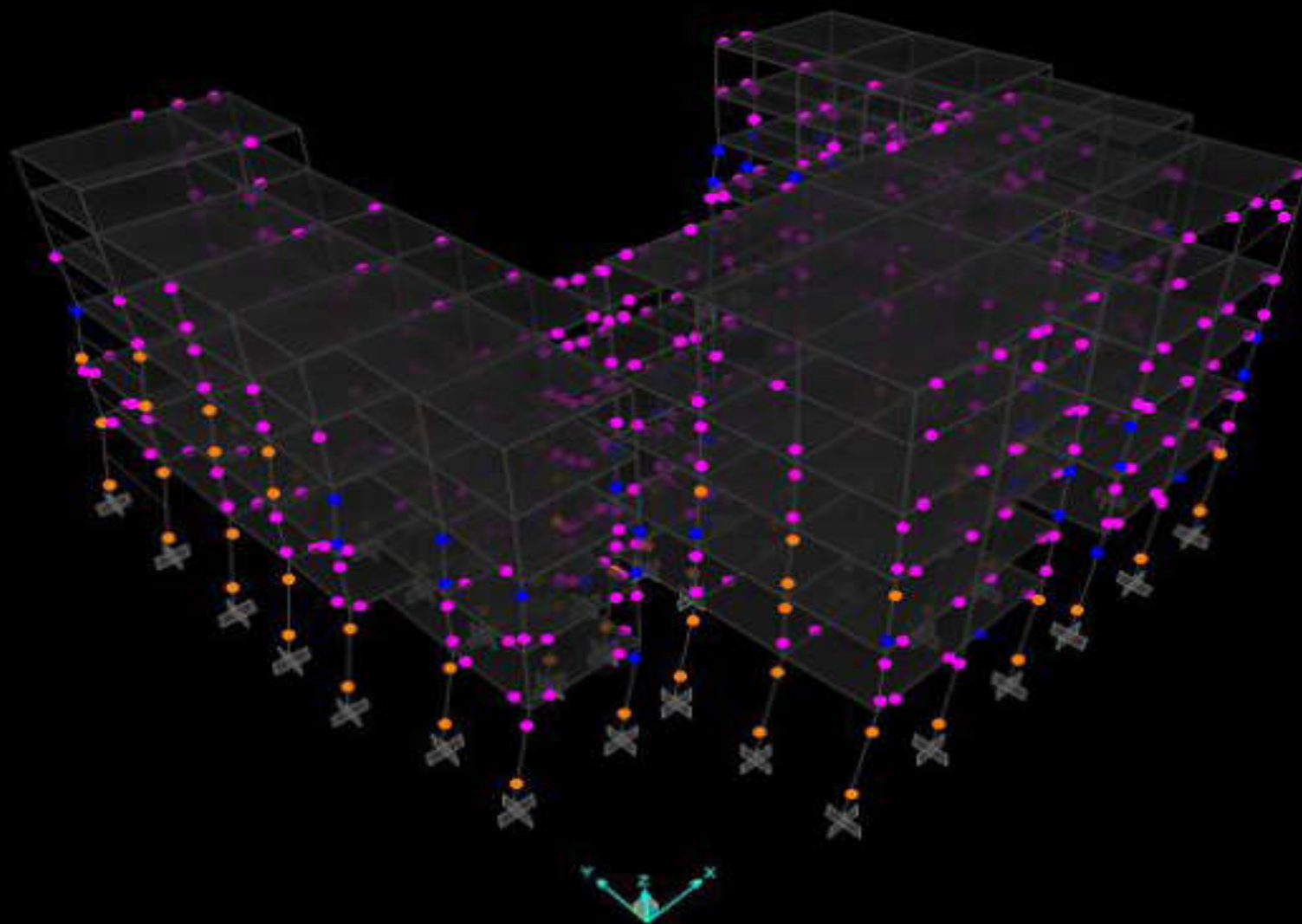


اقتصادی تر کردن بهسازی

یافتن گزینه بهسازی مناسب

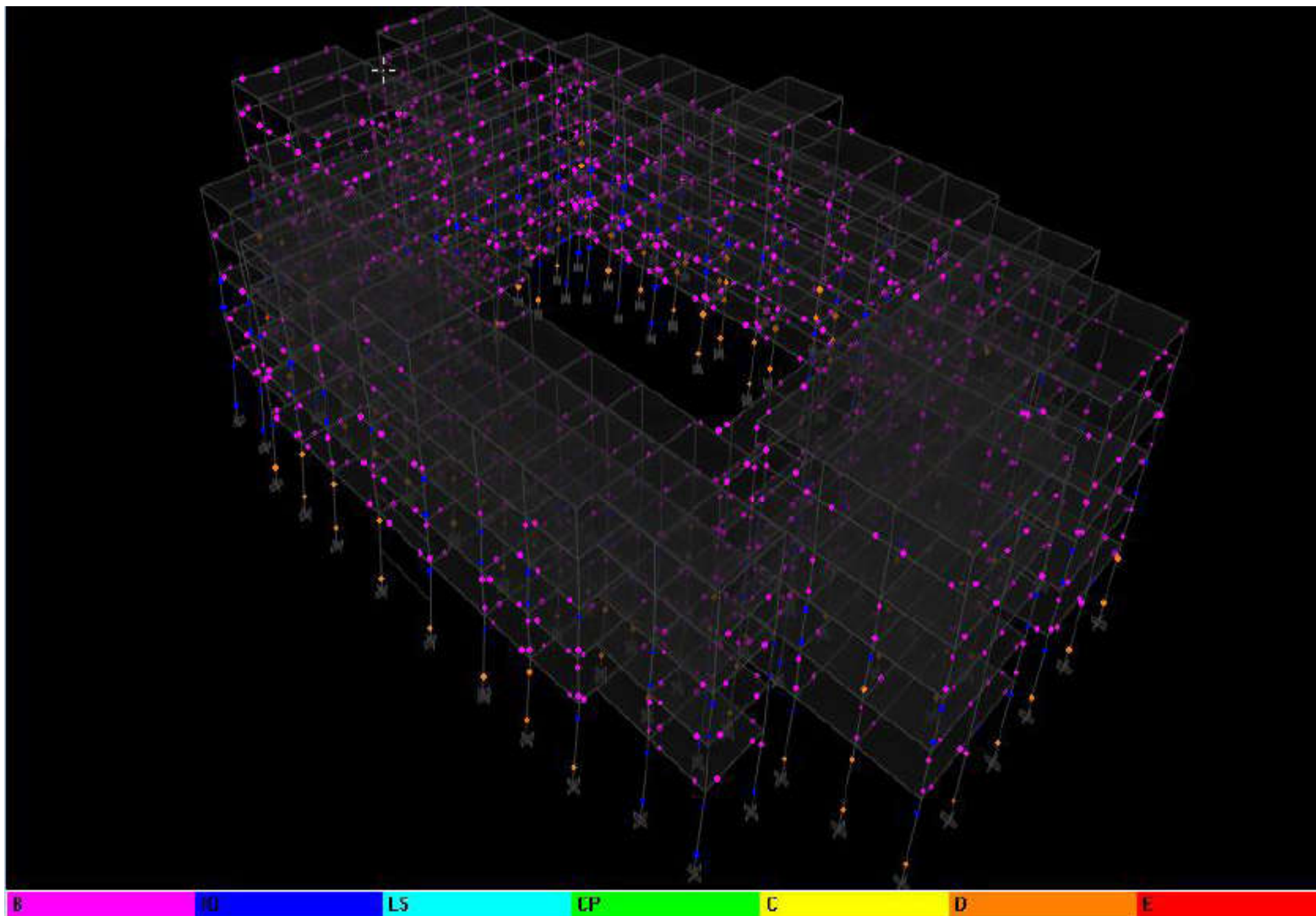
استفاده از روش تحلیل مناسب

...

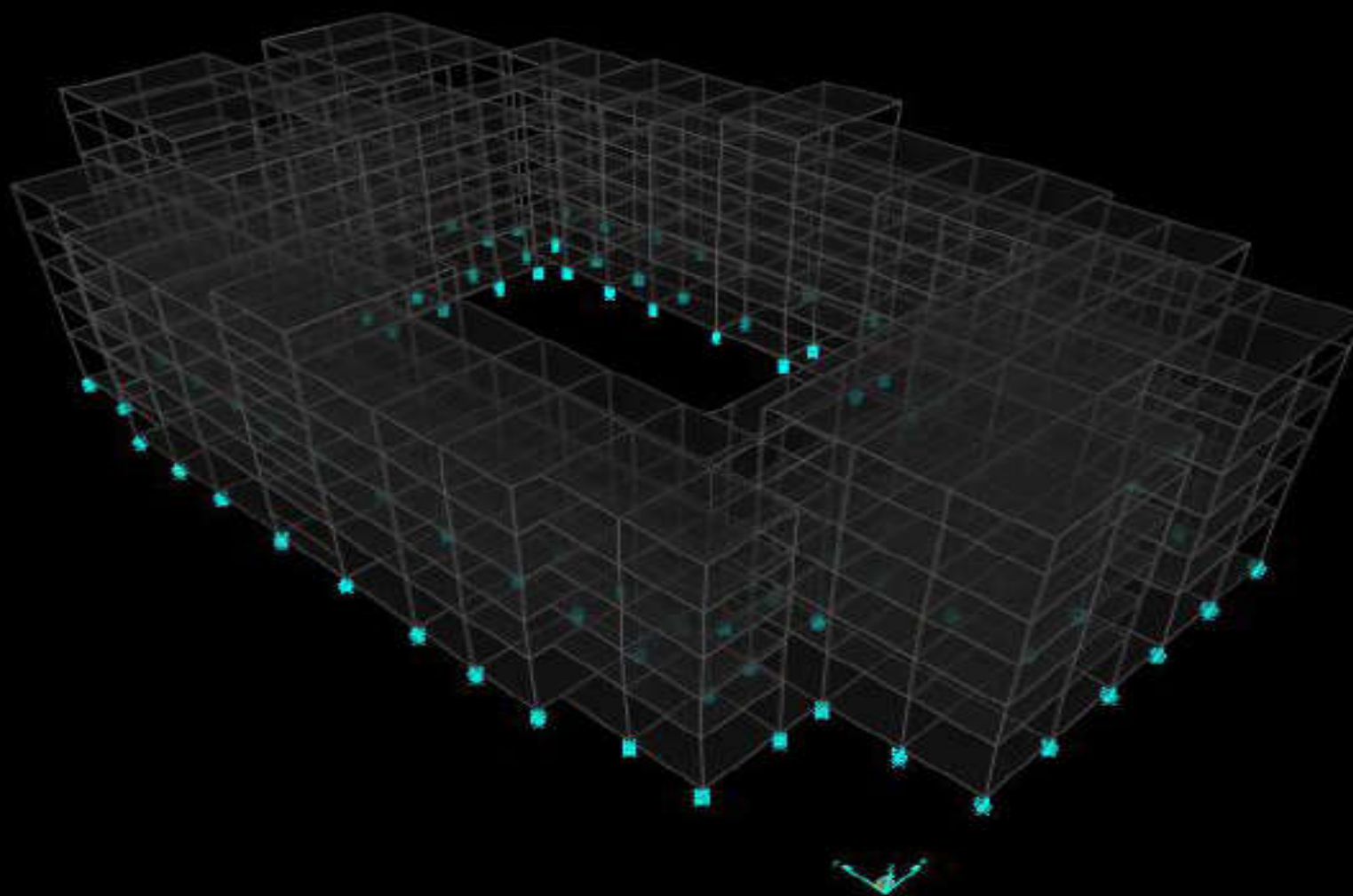


B D LS CP C D E

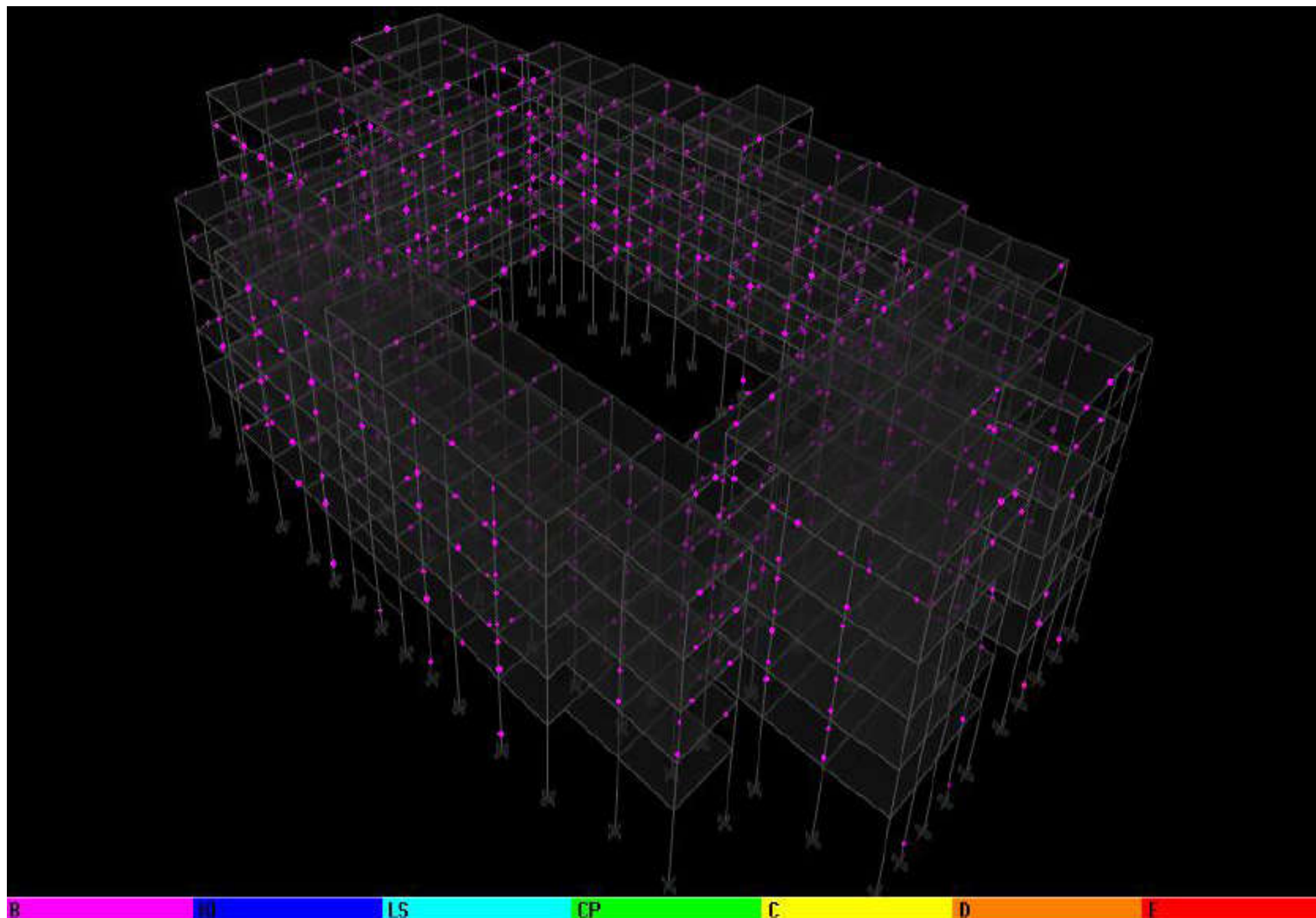
ساختمان اولیه تحت زلزله loma prietta



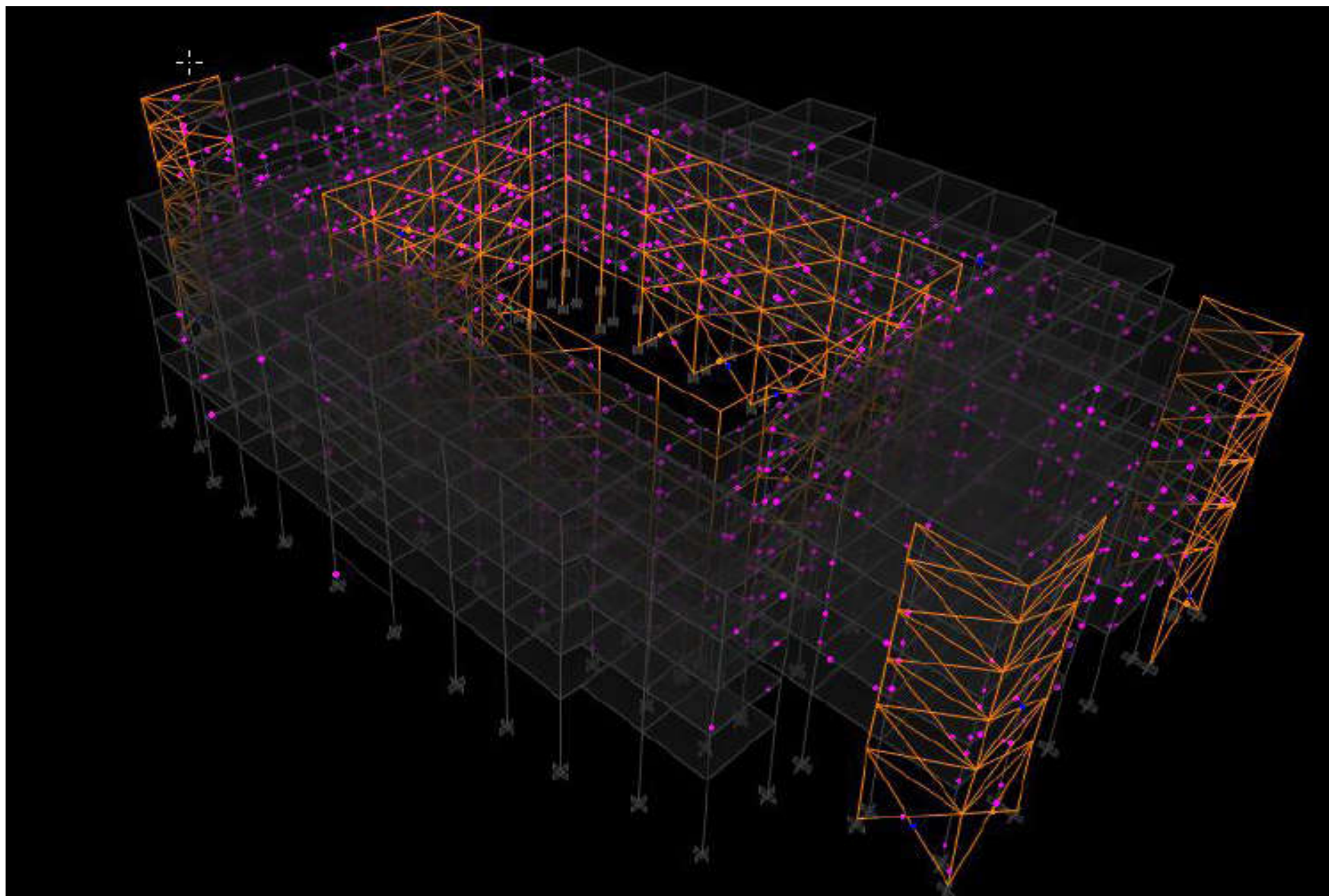
ساختمان متصل شده تحت زلزله loma prietta



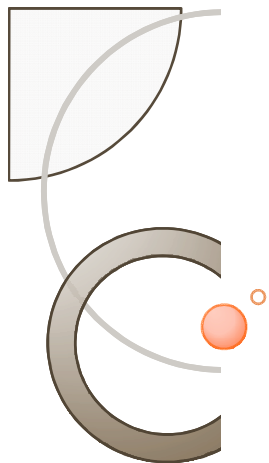
ساختمان مقاوم سازی شده به روش جداساز لرزه ای تحت زلزله لوما پریتا



ساختمان مقاوم سازی شده به روش دیوار برشی پیرامونی تحت زلزله لوما پریتا



ساختمان مقاوم سازی شده به روش قاب پیرامونی تحت زلزله لوما پریتا



مطالعات تکمیلی

- حداقل ۵۰ درصد کاهش هزینه اگر تاسیسات صدمه نخورند

- حدود ۶۰ کاهش هزینه اگر سقف ها صلب نشوند

- گزینه اصلاح شده دیوار برشی
- گزینه با فناوری نوین



سازمان مجری طرحهای دولتی

مورد بیمارستان بندرعباس

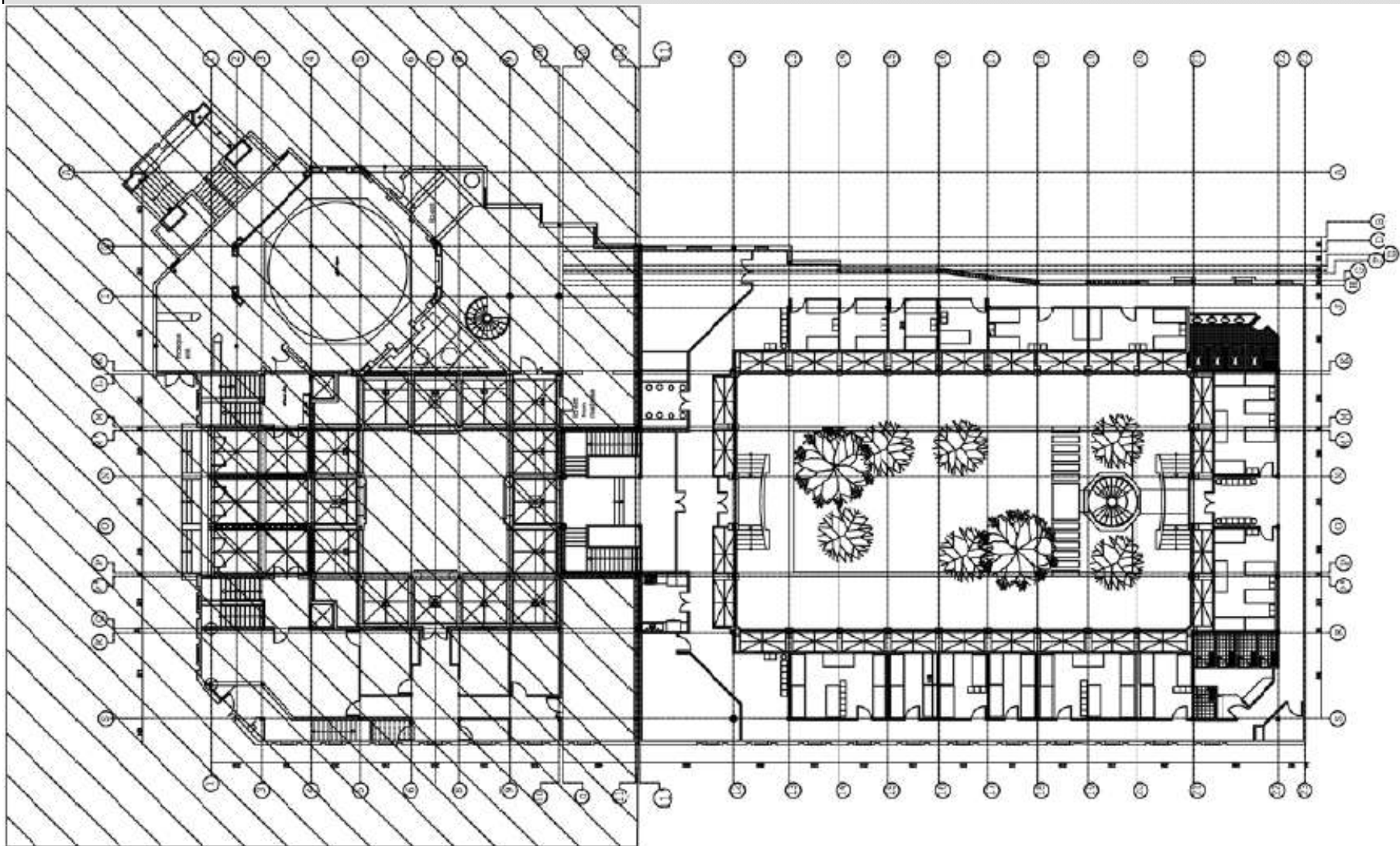
- شرایط ساختمان
- انتخاب هدف بهسازی
- انتخاب گزینه بهسازی
- ...



شهرداری تهران

مورد حوزه علمیه امام محمد تقی (ع)



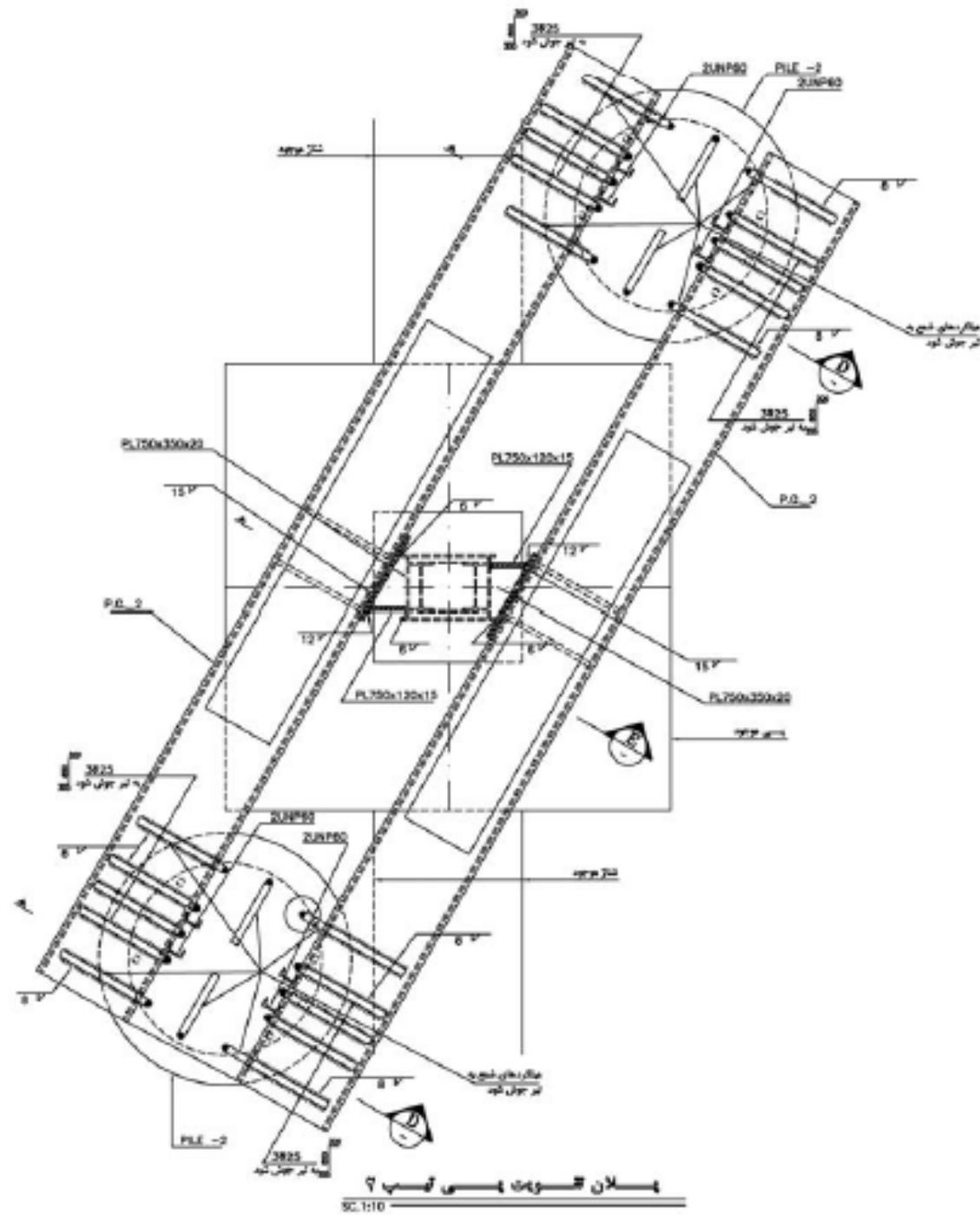


شکل ۲: پلان معماری طبقه اول

جدول ۲ بارگذاری لرزه ای ساختمان

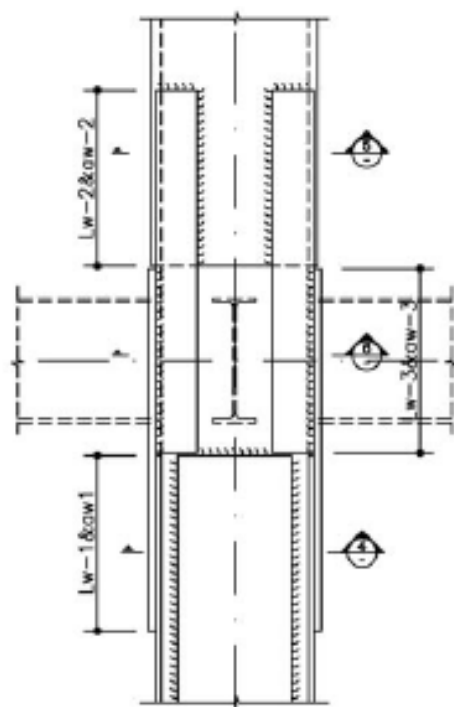
ضریب بار زنده	factor	0.2
ارتفاع کل	H	10.55
پریود ساختمان	T	0.36
پریود خاک	T ₀	0.7
ضریب بازتاب	B	2.75
شتاب مینای طرح	A	0.35
ضریب اهمیت	I	1.2
شکل پذیری	R	6
ضریب برش پایه	C	0.1925
وزن مرده	W _D	2667.918
سهم بار زنده	W _L	513
وزن لرزه ای	W _E	2770.518
برش پایه	V	533.32

طبقه	W _D	W _L	W _E	ارتفاع هر طبقه h	ارتفاع از تراز زمین H	W _E .H	F _i	M
اول	192.0	32	198.4	3	3	595.20	16.41	49.24
دوم	863.4	161	895.6	1	4	3582.59	98.80	395.20
سوم	810.3	158	841.9	3.55	7.55	6355.97	175.28	1323.39
بام	802.2	162	834.6	3	10.55	8805.24	242.83	2561.84
جمع	2667.9	513	2770.52	10.55		19339.00	533.32	4329.66

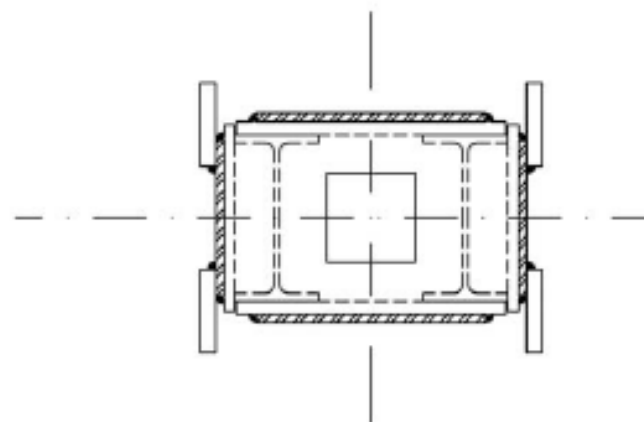


۱ سروقدمقدم

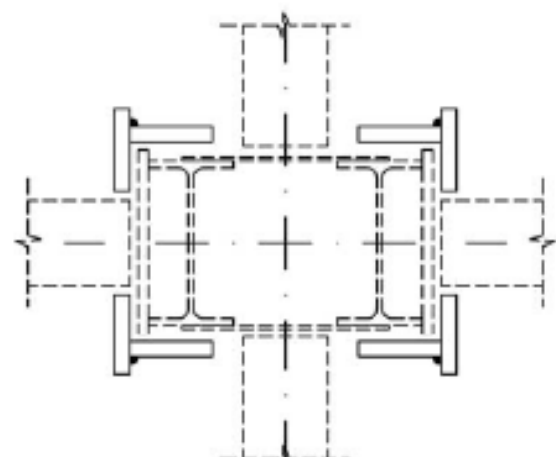
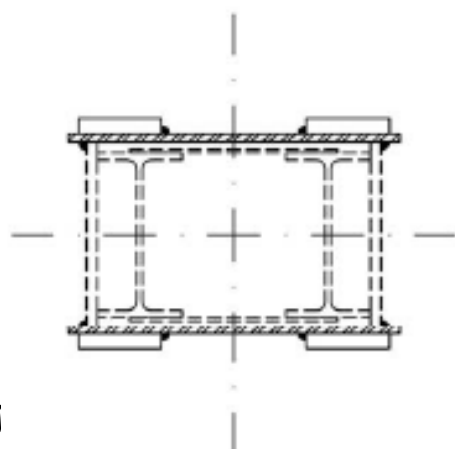
پژوهشگاه



جزئیات
b1
SC. 1:10



رفی
1
SC. 1:5



لرضا سروقد مقدم

پژوهشگاه

اقتصادی تر کردن بهسازی

یافتن گزینه بهسازی مناسب

استفاده از روش تحلیل مناسب

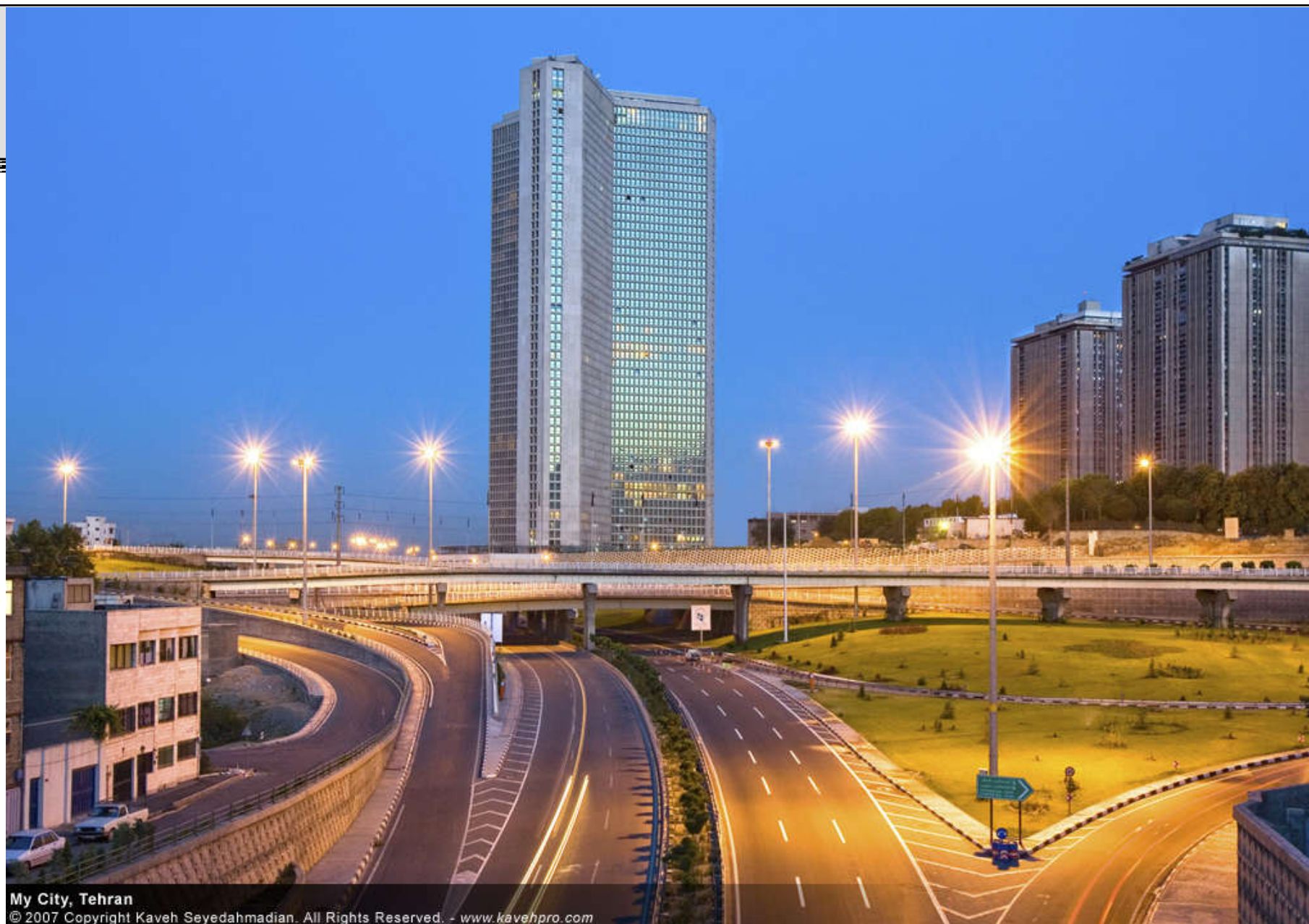
...

تفاوت آیین نامه طراحی سازه جدید با بهسازی
سازه موجود محافظه کاری و سادگی

اهمیت بکارگیری روشهای مختلف تحلیل و
ضوابط دستورالعمل: اصلی غیر اصلی ...



تأثیر نحوه و روش ارزیابی بر طرح بهسازی نمونه هایی از پروژه های بزرگ بهسازی در کشور



My City, Tehran
© 2007 Copyright Kaveh Seyedahmadian. All Rights Reserved. - www.kavehpro.com

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ————— عبدالرضا سروقدمقدم

پروژه بهسازی لرزه ای ساختمان شماره یک وزارت جهاد کشاورزی

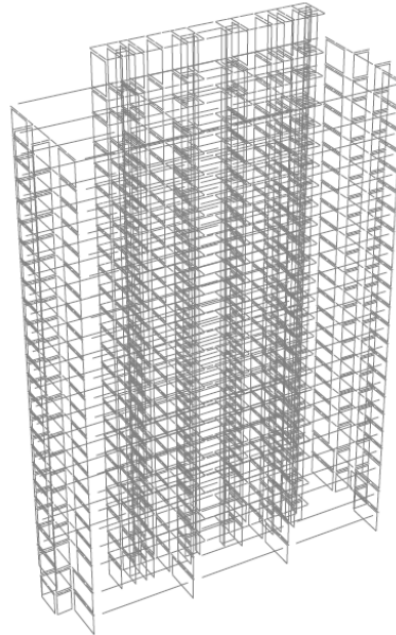
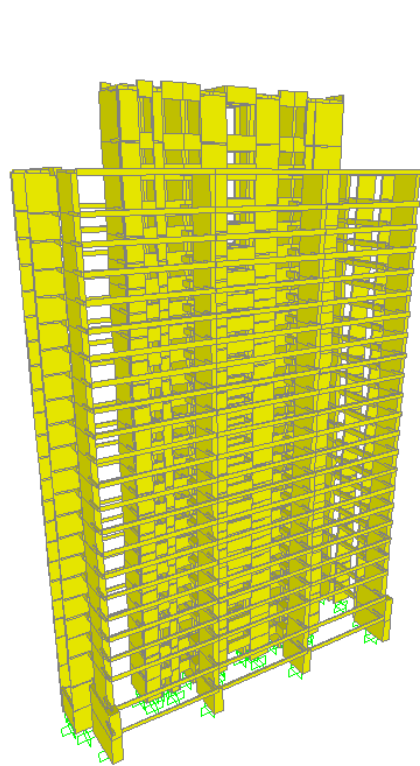


عبدالرضا سروقدمقدم

پژوهشگاه ب

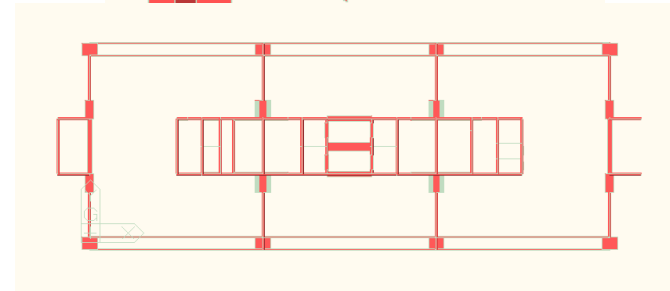
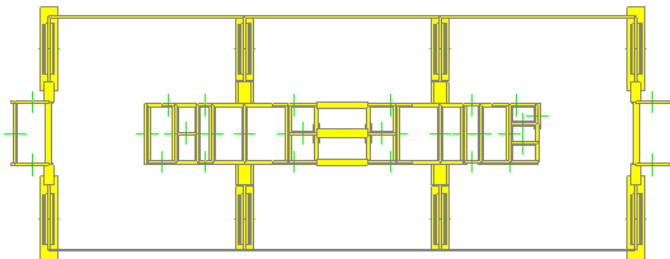


پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ————— عبدالرضا سروقدمقدم

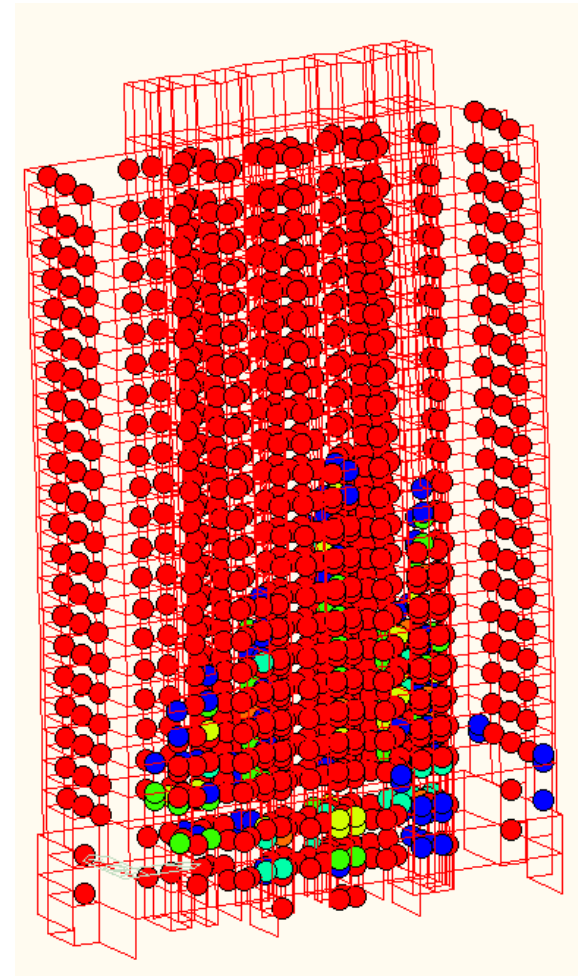
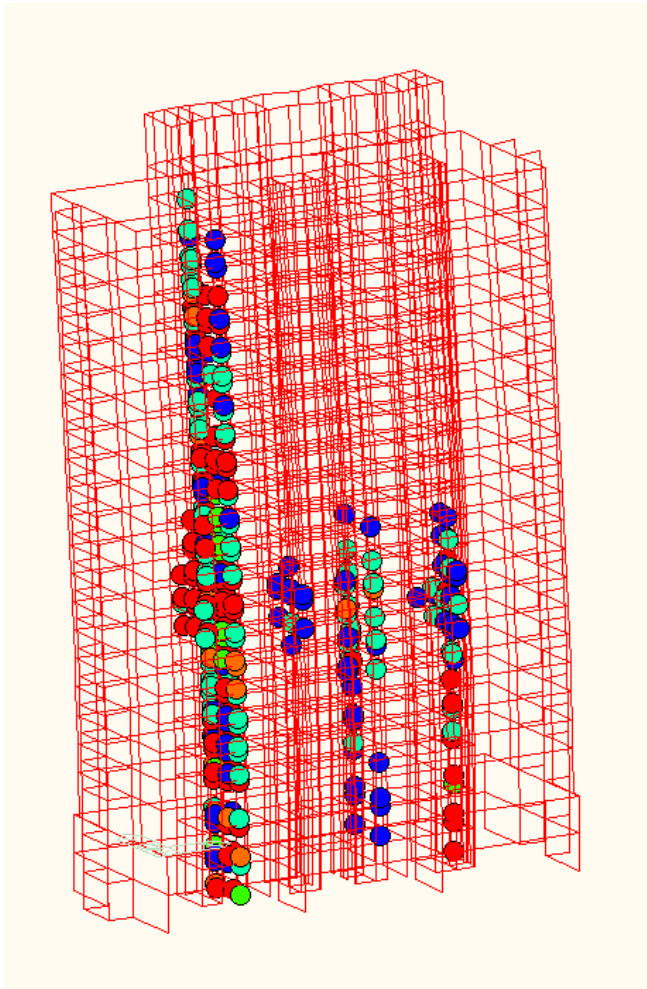


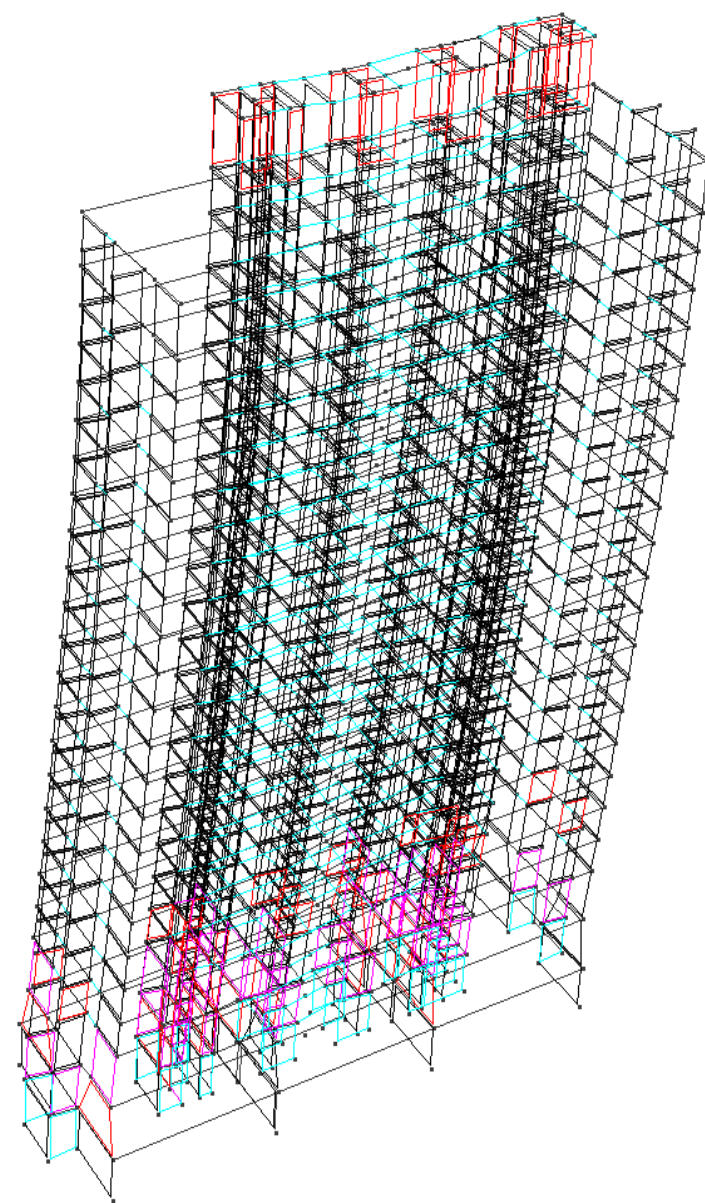
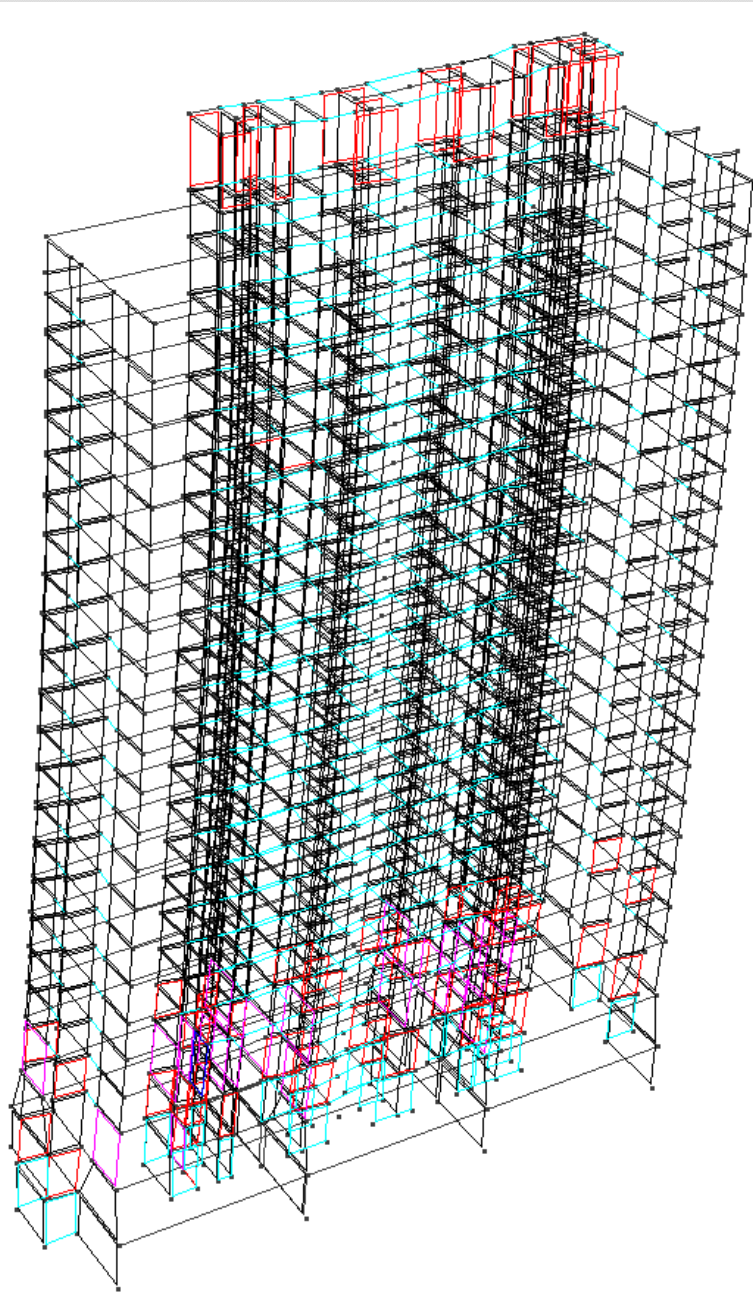
Structure = Jahad (Jahadi)
Current Frame = Entire structure

شکل ۴: نمای سه بعدی مدل ساخته شده از ساختمان در نرم افزار *PERFORM*



عملکرد اجزای سازه با توجه به معیارهای پذیرش





روشهای تحلیل سازه

۱- روشهای خطی :

□ استاتیکی

□ دینامیکی

۲- روشهای غیر خطی :

□ استاتیکی

□ دینامیکی

۳- روشهای منطقی دیگر بر پایه اصول مهندسی



روشهای تحلیل سازه

تفاوت این روشها برای ساختمانهای
موجود با روشهای متداول برای
ساختمانهای جدید؟

۱- روشهای خطی :

□ استاتیکی

□ دینامیکی

۲- روشهای غیر خطی :

□ استاتیکی

□ دینامیکی

۳- روشهای منطقی دیگر بر پایه اصول مهندسی



روند متداول طراحی سازه جدید

$$A \times B \times I \times W$$

□ محاسبه نیروی زلزله

$$\frac{A \times B \times I}{R} \times W$$

□ محاسبه نیروی زلزله طرح با اعمال

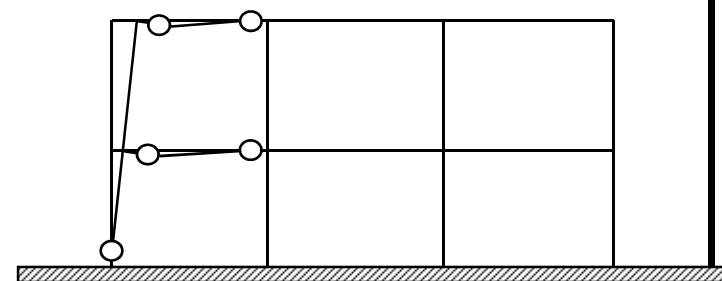
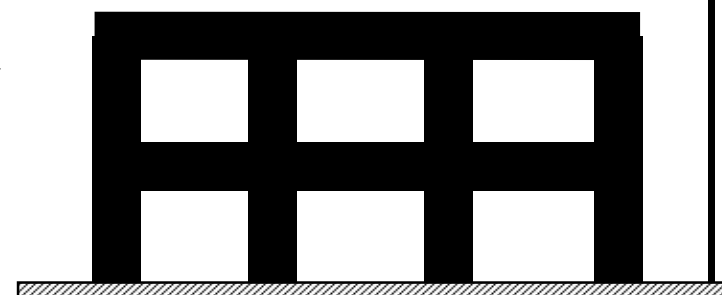
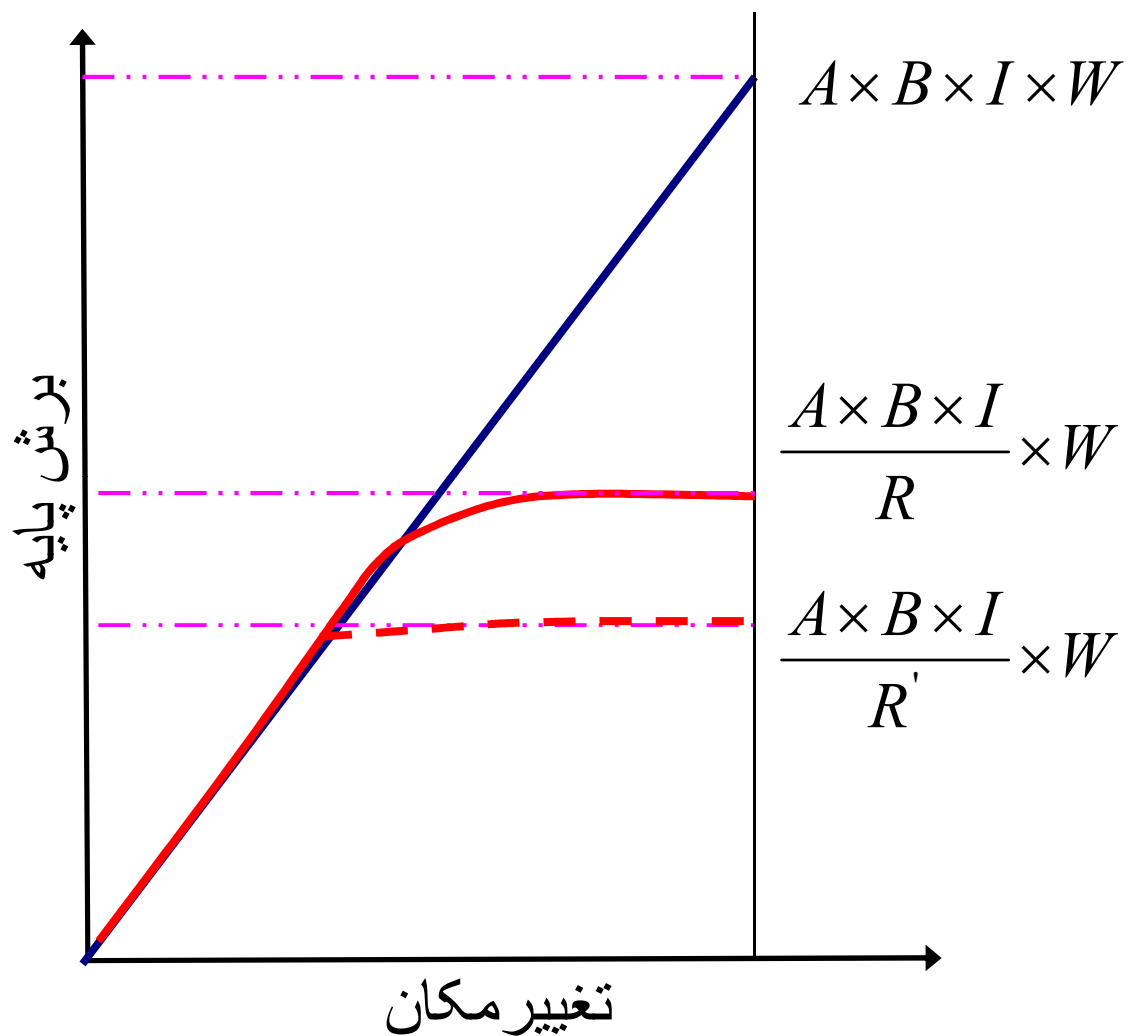
ضریب رفتار

□ توزیع نیرو در ساختمان

□ انجام طراحی اعضا

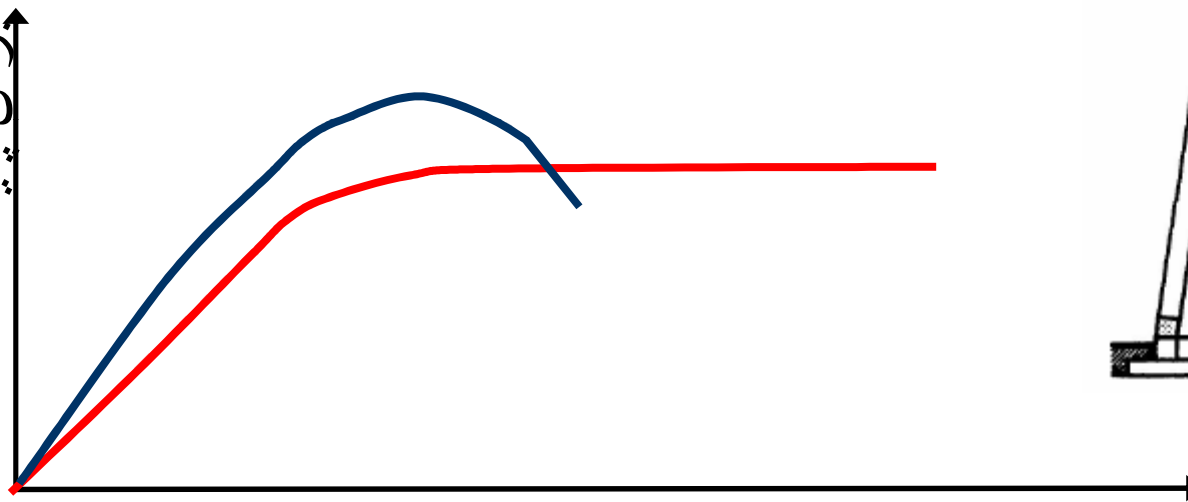


رابطه ضریب رفتار و میزان خسارت در زلزله طرح

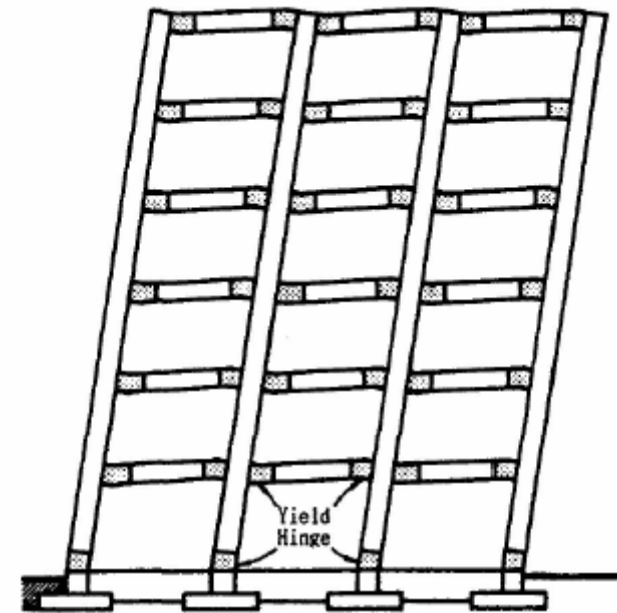


شکل پذیری (Ductility)

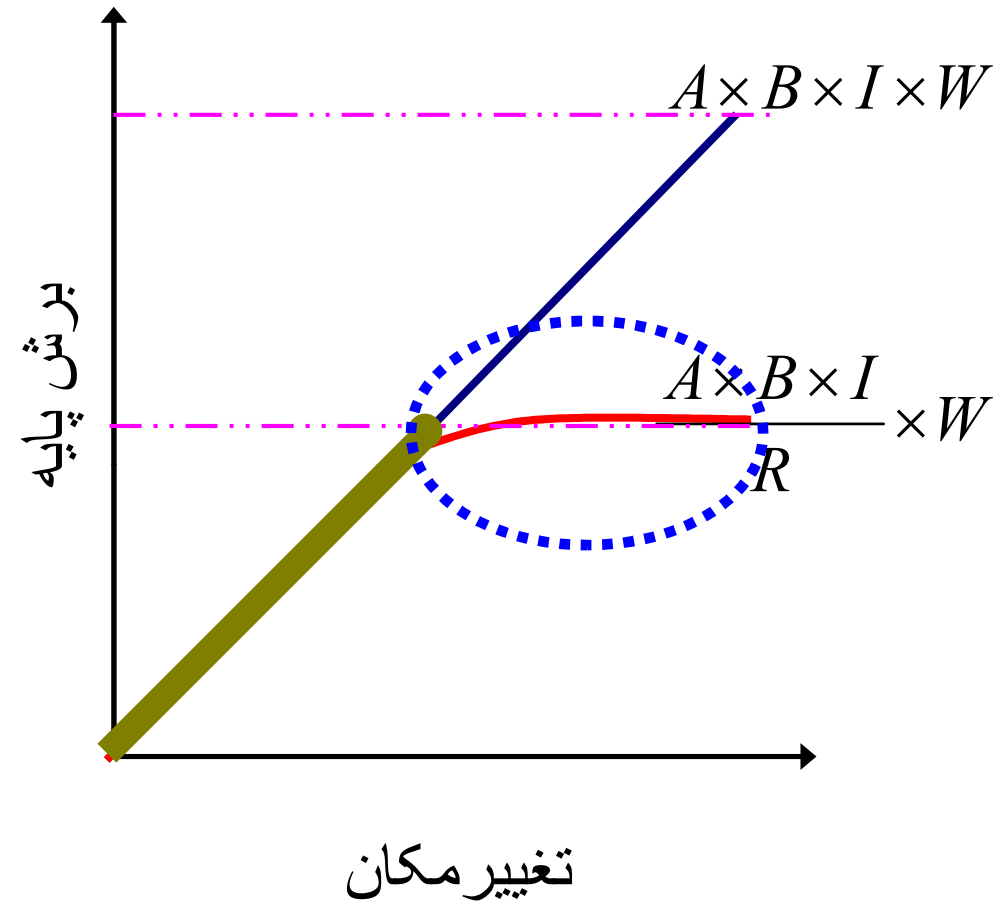
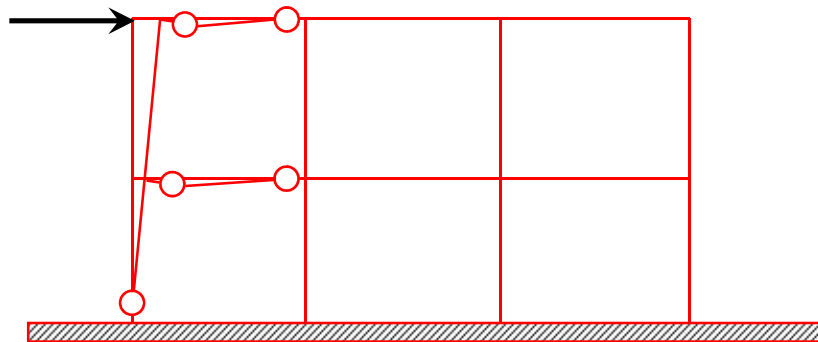
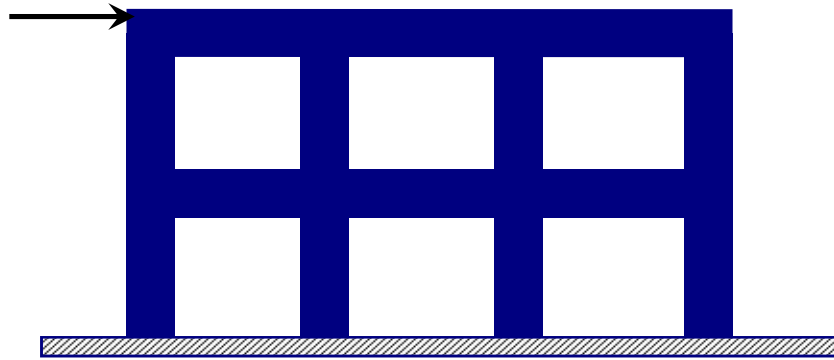
برش پایه



تغییر مکان



طراحی لرزه ای



مقایسه روند "طراحی سازه جدید" با "ارزیابی سازه موجود"

✓ طراحی سازه جدید :

□ محاسبه نیروی زلزله $A \times B \times I \times W$

□ محاسبه نیروی زلزله طرح با اعمال

ضریب رفتار $\frac{A \times B \times I}{R} \times W$

□ توزیع نیرو در ساختمان

□ انجام طراحی اعضا

نیرو در تمام اعضا تقسیم بر R میگردد

✓ ارزیابی سازه موجود :

□ محاسبه نیروی زلزله

□ توزیع نیرو در ساختمان

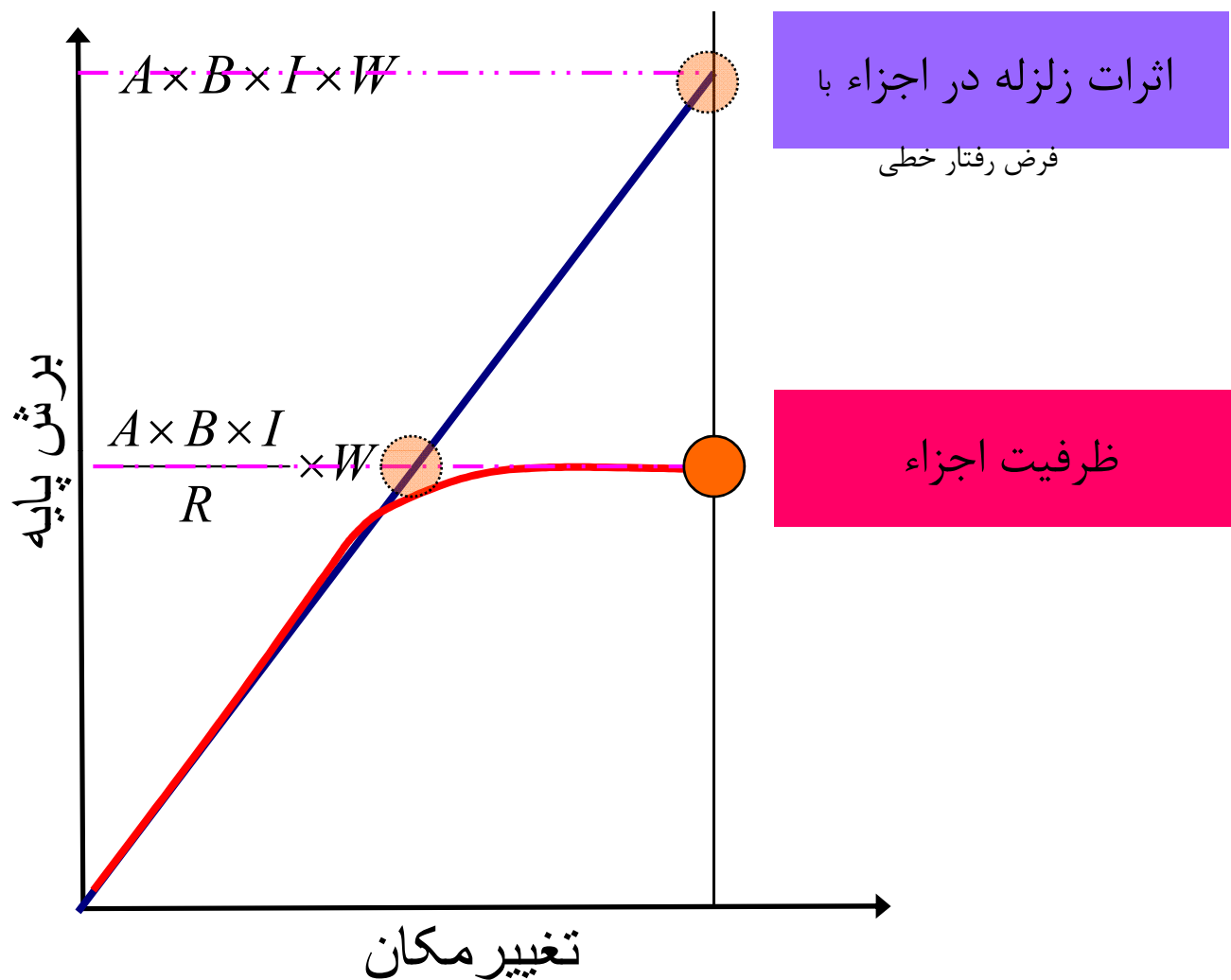
□ روش خطی: مقایسه نیرو در

اعضا با m برابر ظرفیت اعضا

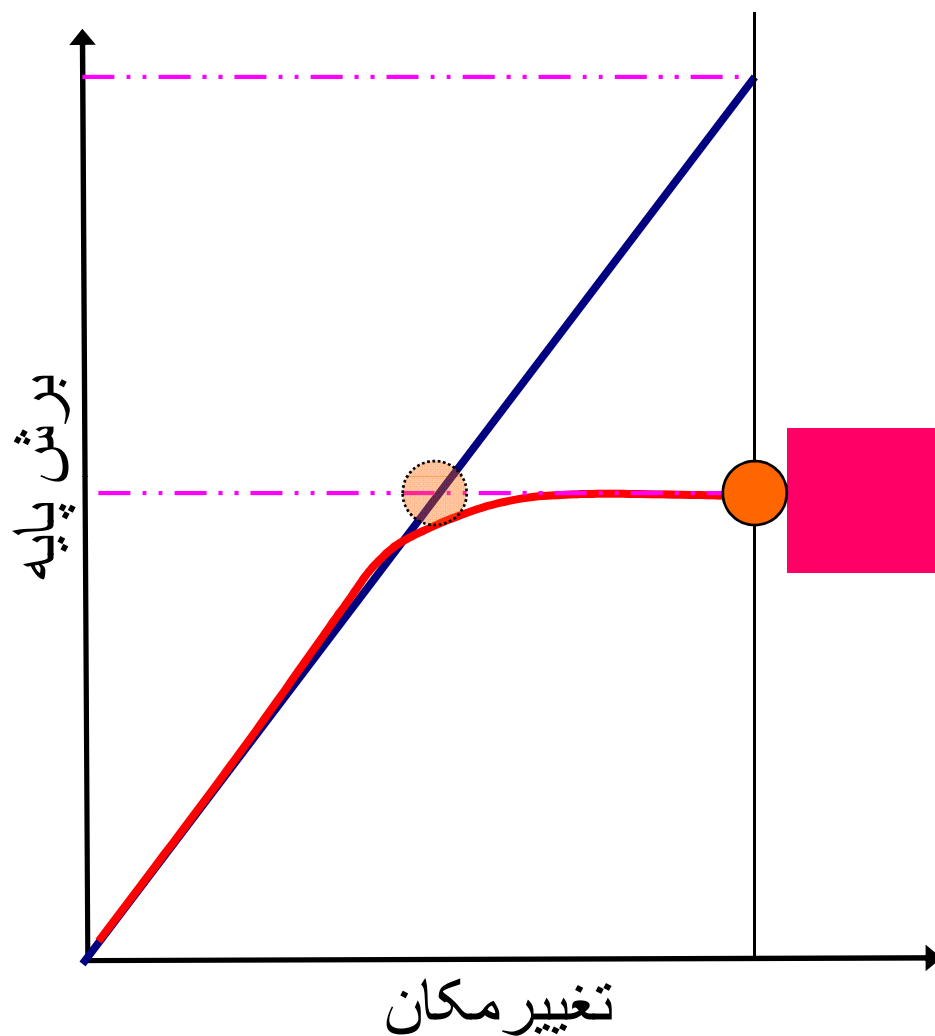
ظرفیت هر عضو بنا به شرایط آن در یک m
خاص آن عضو ضرب میگردد



روند کنترل سازه با تحلیل خطی



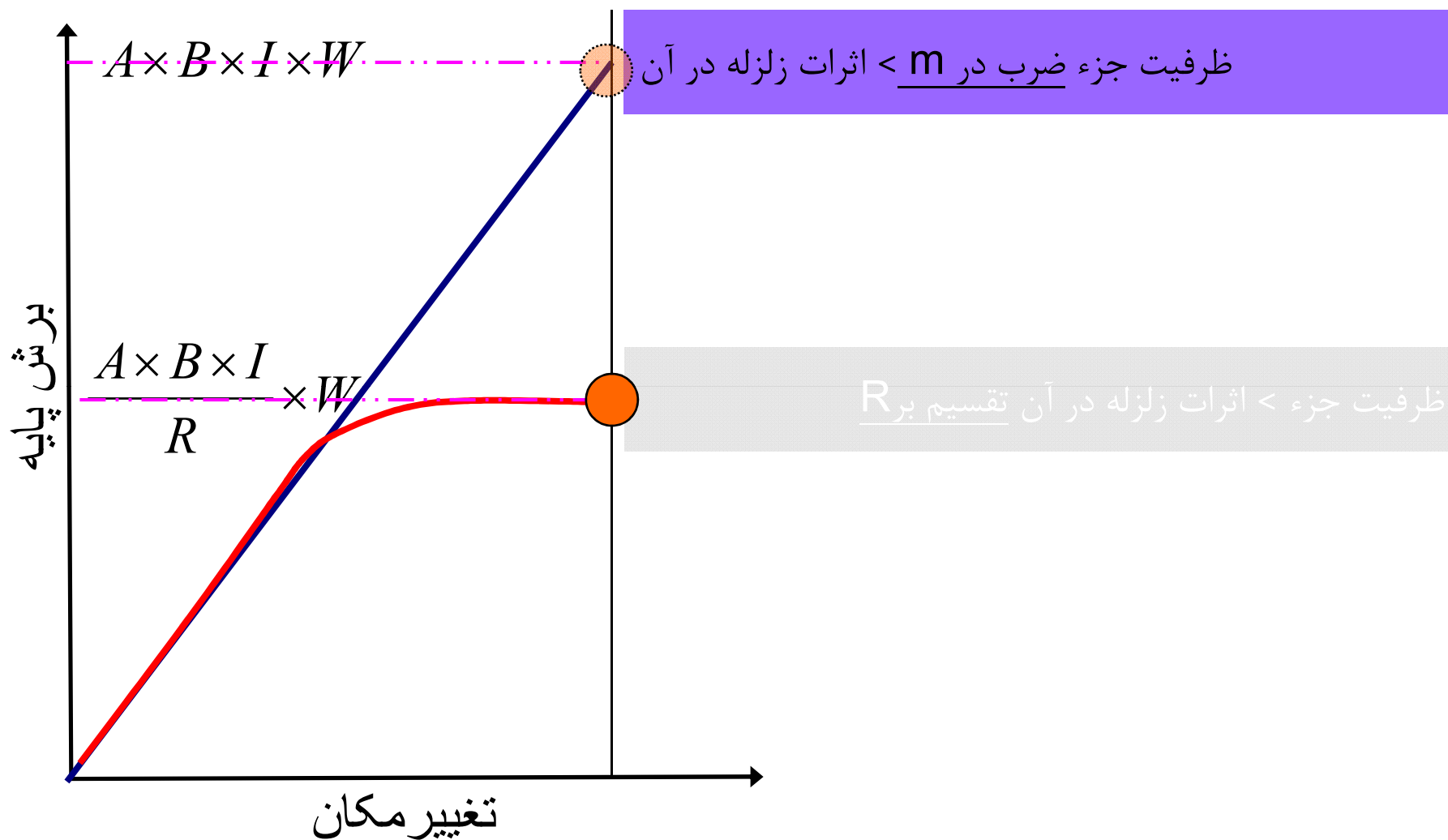
روند متداول کنترل سازه با تحلیل خطی



ظرفیت جزء < اثرات زلزله در آن تقسیم بر R



روند پیشنهادی کنترل سازه با تحلیل خطی



تفاوت تحلیل خطی در روشهای متداول و روش پیشنهادی

Z کنترل:

ظرفیت هر جزء < اثرات زلزله در آن جزء

یک R برای کل سازه

روشهای متداول:

ظرفیت هر جزء < اثرات زلزله در آن جزء تقسیم بر R

یک m برای هر جزء

Z روشهای پیشنهادی:

ظرفیت هر جزء ضرب در < اثرات زلزله در آن جزء



دامنه کاربرد آئین نامه در طراحی لرزه ای

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن / ۲۱

سطح زلزله از پیش تعیین

۱-۱ هدف

سطح عملکرد از پیش تعیین

شده

هدف این آئین نامه تعیین ضوابط
ناشی از زلزله است بطوریکه :

مجموعه ای
از
ضوابط
برای
تامین
"ایمنی
جانی"

الف : با حفظ ایستائی ساختمان در زلزله های شدید^۱، تلفات جانی به حداقل برسد.

ب : ساختمانهای با "اهمیت زیاد" (مطابق گروه ۲ در بند ۱-۵) در زمان وقوع زلزله های خفیف و متوسط زلزله^۲ و بعد از آنها قابلیت بهره برداری خود را حفظ نمایند و در سایر ساختمانها خسارات سازه ای و غیر سازه ای به حداقل برسد.

پ : "بناهای ضروری" (مطابق دسته الف گروه ۱ در بند ۱-۵) پس از وقوع زلزله های شدید بدون آسیب عمده سازه ای قابل استفاده باقی بمانند.

با رعایت این آئین نامه انتظار می رود ساختمانها در برابر زلزله های خفیف و متوسط بدون وارد شدن آسیب عمده سازه ای و در برابر زلزله های شدید بدون فرو ریختن، قادر به مقاومت باشند.



انتخاب هدف بهسازی

سطوح عملکرد مختلف

آئین نامه های
مبتنی بر عملکرد

سطوح زلزله مختلف

	Operational Performance Level (1-A)	Immediate Occupancy Performance Level (1-B)	Life Safety Performance Level (3-C)	Collapse Prevention Performance Level (5-E)
50%/50 year	a	b		d
20%/50 year	e	f		h
BSE-1 (~10%/50 year)	i	j	k	l
BSE-2 (~2%/50 year)	m	n	o	p

آئین نامه های متداول:

با رعایت ضوابط آنها،
در یک زلزله مشخص
(زلزله طرح)
سازه عملکردی معین
(ایمنی جانی)
خواهد داشت.



تبدیل سطوح عملکرد و زلزله از کیفی به کمی

سطوح عملکرد مختلف

معیارهای پذیرش

Operational Performance
Level (1-A)

Immediate Occupancy Performance
Level (1-B)

Life Safety Performance
Level (3-C)

Collapse Prevention Performance
Level (5-E)

50%/50 year

a

b



d

20%/50 year

e

f



h

BSE-1
(~10%/50 year)

i

j



l

BSE-2
(~2%/50 year)

m

n

o

p

برش پایه در روش
تحلیل خطی

سطوح زلزله مختلف



مقایسه روند "طراحی سازه جدید" با "ارزیابی سازه موجود"

✓ طراحی سازه جدید :

□ محاسبه نیروی زلزله $A \times B \times I \times W$

□ محاسبه نیروی زلزله طرح با اعمال

ضریب رفتار $\frac{A \times B \times I}{R} \times W$

□ توزیع نیرو در ساختمان

□ انجام طراحی اعضا

✓ ارزیابی سازه موجود :

□ محاسبه نیروی زلزله

□ توزیع نیرو در ساختمان

□ روش خطی: مقایسه نیرو در

اعضا با m برابر ظرفیت اعضا

□ روش غیر خطی: مقایسه تغییر

شکل پلاستیک اعضا با مقادیر

مجاز



۱- تحلیل استاتیکی خطی :

الف - فرضیات:

- رفتار مصالح خطی است.
- بارهای ناشی از زلزله ثابت (استاتیکی) است .
- کل نیروی وارد بر سازه ضریبی از جرم ساختمان است .

ب- بر آورد نیروها و تغییر شکلها :

$$V = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W$$

□ نیروی جانبی زلزله:

$$F_i = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^h W_j h_j^k} V$$

□ توزیع نیرو در ارتفاع:

$$k=0.5 T+0.75$$



برش پایه استاتیکی

$$V = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W$$



پارامترهای فرمول برش پایه استاتیکی

$$V = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W$$

تغییر مکان حداکثر غیرالاستیک به تغییر مکان حداکثر الاستیک مرتبط می کند

یک راه محاسبه این ضریب:

$$T < 0.1 \quad = 1.5$$

$$T \geq T_s \quad = 1.0$$



پارامترهای فرمول برش پایه استاتیکی

$$V = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W$$

اثرات باریک شدن منحنی رفتاری و کاهش سختی و مقاومت را بر تغییر مکان حداکثر نشان میدهد

برای روشهای خطی مقدار یک برای این ضریب قابل استفاده است.



پارامترهای فرمول برش پایه استاتیکی

$$V = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W$$

اثرات $P-\Delta$ را بر تغییر مکان حداکثر نشان میدهد

$$\theta_i < 0.1 \quad = 1$$

$$\theta_i \geq 0.1 \quad = 1 + \frac{5(\theta - 0.1)}{T}$$



پارامترهای فرمول برش پایه استاتیکی

$$V = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W$$

اثرات موده‌های بالاتر را مدل میکند.

$$T > 1.0 \quad = 1.0$$

استفاده از مقادیر جدول بسته به نوع سیستم باربر جانبی سازه و تعداد طبقه



معیارهای پذیرش در روشهای خطی

✓ پارامتر کنترل شونده توسط نیرو

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C_1 C_2 C_3 J} \quad \square \text{ ترکیب بار}$$

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L)$$

$$Q_G = 0.9Q_D$$

$$kQ_{CL} > Q_{UF} \quad \square \text{ رابطه کنترل}$$

✓ پارامتر کنترل شونده توسط تغییر شکل

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E \quad \square \text{ ترکیب بار}$$

$$mkQ_{CE} > Q_{UD} \quad \square \text{ رابطه کنترل}$$



معیارهای پذیرش در روشهای خطی

✓ پارامتر کنترل شونده توسط نیرو

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C_1 C_2 C_3 J} \quad \square \text{ ترکیب بار}$$

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L)$$

$$Q_G = 0.9Q_D$$

$$kQ_{CL} > Q_{UF} \quad \square \text{ رابطه کنترل}$$

✓ پارامتر کنترل شونده توسط تغییر شکل

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E \quad \square \text{ ترکیب بار}$$

$$mkQ_{CE} > Q_{UD} \quad \square \text{ رابطه کنترل}$$



m ضریب افزایش ظرفیت در روش خطی (بر مبنای رفتار غیر خطی):

□ تیرها:

		سطح عملکرد		نوع عضو			
		اصلی		غیر اصلی			
شرایط		IO	LS	CP	LS	CP	
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	آرماتور عرضی	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$					
≤ 0.0	C	≤ 3	3	6	7	6	10
≤ 0.0	C	≥ 6	2	3	4	3	5
≥ 0.5	C	≤ 3	2	3	4	3	5
≥ 0.5	C	≥ 6	2	2	3	2	4
≤ 0.0	NC	≤ 3	2	3	4	3	5
≤ 0.0	NC	≥ 6	1.25	2	3	2	4
≥ 0.5	NC	≤ 3	2	3	3	3	4
≥ 0.5	NC	≥ 6	1.25	2	2	2	3



معیارهای پذیرش

۱- روشهای خطی:

✓ پارامتر کنترل شونده توسط نیرو

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C_1 C_2 C_3 J} \quad \square \text{ ترکیب بار}$$

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L)$$

$$Q_G = 0.9Q_D$$

$$kQ_{CL} > Q_{UF} \quad \square \text{ رابطه کنترل}$$

✓ پارامتر کنترل شونده توسط تغییر شکل

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E \quad \square \text{ ترکیب بار}$$

$$mkQ_{CE} > Q_{UD} \quad \square \text{ رابطه کنترل}$$



m ضریب افزایش ظرفیت در روش خطی (بر مبنای رفتار غیر خطی) :

□ ستونها :

				سطح عملکرد			
				نوع عضو			
				اصلي		غير اصلي	
	شرایط		IO	LS	CP	LS	CP
$\frac{P}{A_g f'_C}$	آرماتور عرضي	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_C}}$					
≤ 0.1	C	≤ 3	2	3	4	4	5
≤ 0.1	C	≥ 6	2	2.4	3.2	3.2	4
≥ 0.4	C	≤ 3	1.25	2	3	3	4
≥ 0.4	C	≥ 6	1.25	1.6	2.4	2.4	3.2
≤ 0.1	NC	≤ 3	2	2	3	2	3
≤ 0.1	NC	≥ 6	2	1.6	2.4	1.6	2.4
≥ 0.4	NC	≤ 3	1.25	1.5	2	1.5	2
≥ 0.4	NC	≥ 6	1.25	1.5	1.75	1	1.6



شرایط عدم کاربرد روشهای خطی

آیا یکی از نامنظمی های زیر وجود دارد؟

۱. تغییر چشمه سیستم باربر جانبی

۲. تغییر صفحه سیستم باربر جانبی

۳. طبقه ضعیف

۴. نامنظمی ناشی از مقاومت پیچشی

آیا هیچ عضوی DCR بزرگتر از ۲ دارد؟



شرایط عدم کاربرد روش استاتیکی خطی

آیا یکی از شرایط زیر وجود دارد؟

۱. تغییر زیاد جرم یا سختی
۲. سیستم باربر جانبی غیر متعامد
۳. زمان تناوب بزرگ
۴. تغییر زیاد بعد طبقه
۵. نامنظمی سختی پیچشی



انتخاب هدف بهسازی

سطوح عملکرد مختلف

آئین نامه های
مبتنی بر
عملکرد

سطوح زلزله مختلف

	Operational Performance Level (1-A)	Immediate Occupancy Performance Level (1-B)	Life Safety Performance Level (3-C)	Collapse Prevention Performance Level (5-E)
50%/50 year	a	b		d
20%/50 year	e	f		h
BSE-1 (~10%/50 year)	i	j	k	l
BSE-2 (~2%/50 year)	m	n	o	p

آئین نامه های
متداول:

با رعایت ضوابط آنها،
در یک زلزله مشخص
(زلزله طرح)
سازه عملکردی معین
(ایمنی جانی)
خواهد داشت.



تبدیل سطوح عملکرد و زلزله از کیفی به کمی

سطوح عملکرد مختلف

معیارهای پذیرش

Operational Performance
Level (1-A)

Immediate Occupancy Performance
Level (1-B)

Life Safety Performance
Level (3-C)

Collapse Prevention Performance
Level (5-E)

50%/50 year

a

b

c

d

20%/50 year

e

f

g

h

BSE-1
(~10%/50 year)

i

j

k

l

BSE-2
(~2%/50 year)

m

n

o

p

تغییر مکان هدف در
روش تحلیل
استاتیکی غیر خطی

سطوح زلزله مختلف

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله



نیاز به روش‌های تحلیل غیرخطی

طراحی بر اساس عملکرد



عملکرد سازه در زلزله غیر خطی است

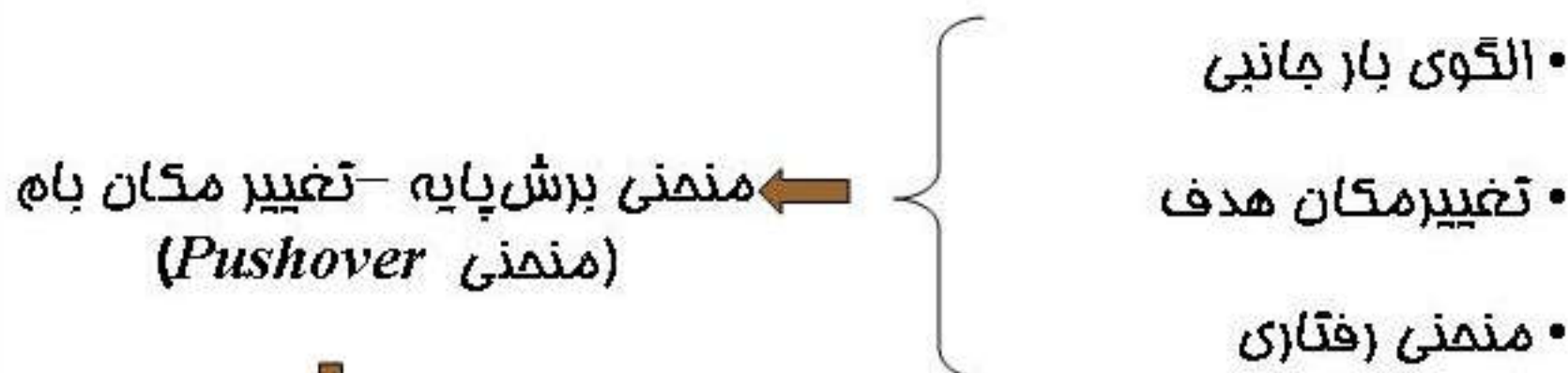


برای بررسی رفتار سازه و برآورد میزان و نحوه توزیع خسارت
در آن نیاز به روش‌های تحلیل غیرخطی است



خلاصه روند تحلیل استاتیکی غیرخطی (*Pushover*)

✓ یک مدل غیرخطی از سازه تحت الگوی بار جانبی قرار گرفته و این بار جانبی با آهنگ ثابتی افزایش پیدا می‌کند تا سازه به یک تغییر مکان هدف از پیش تعیین شده برسد

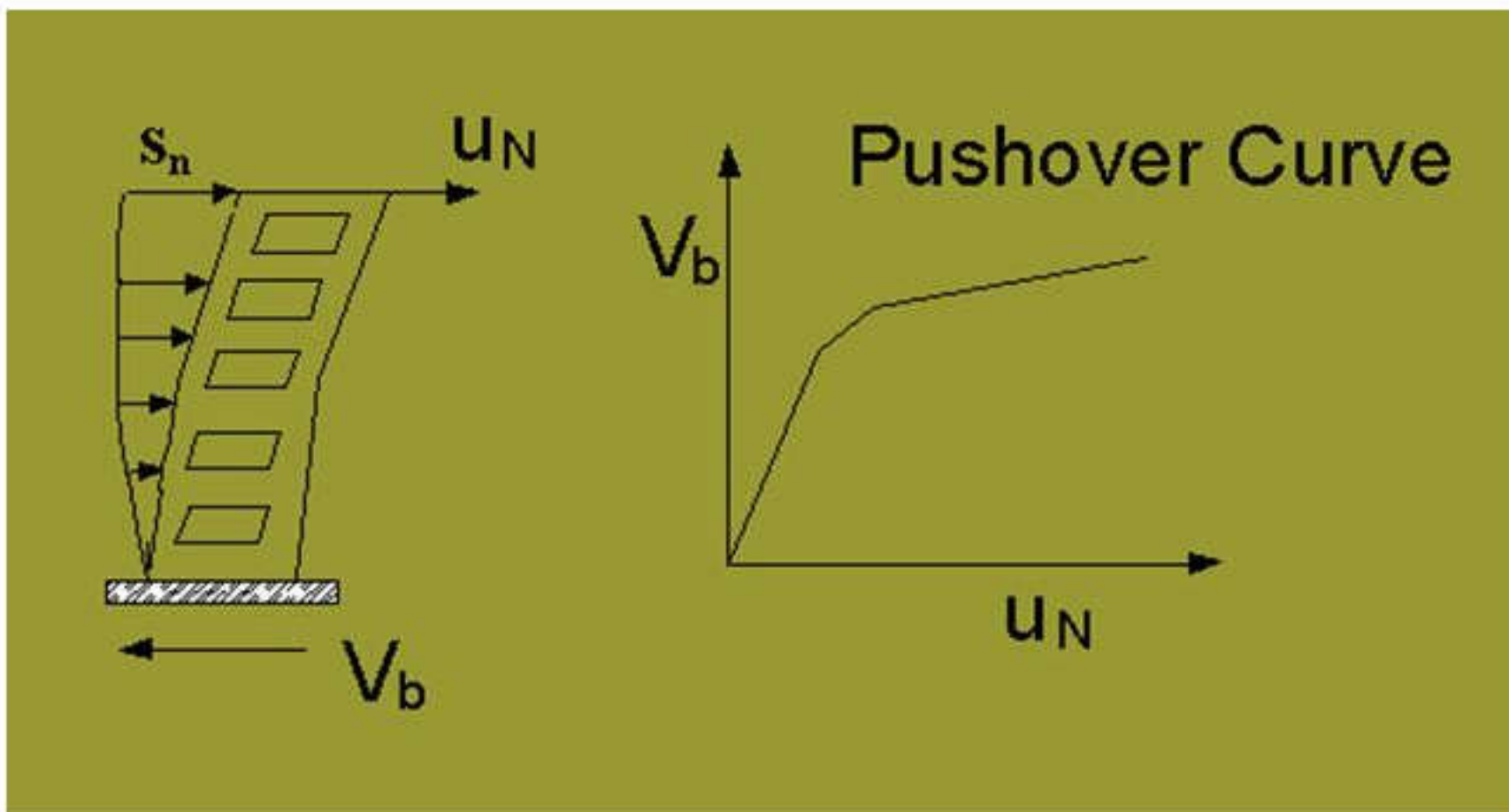


↓

منحنی ظرفیت (Capacity Curve)

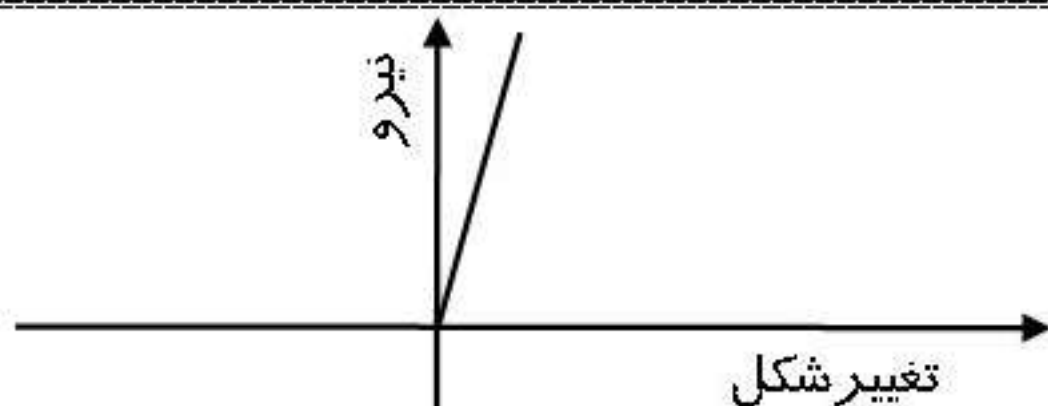


روند تحلیل استاتیکی غیرخطی

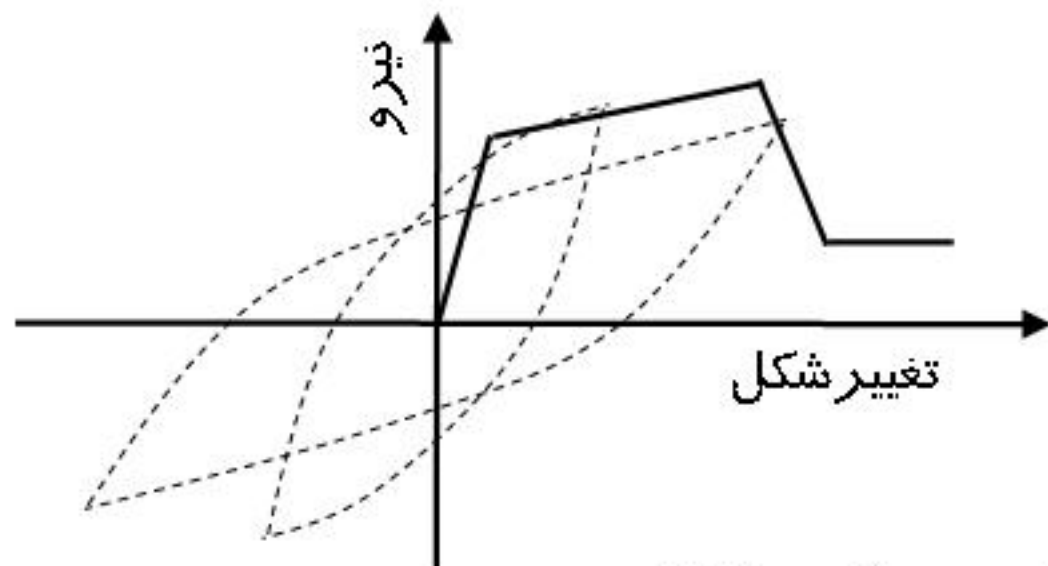


نیاز به منحنی رفتاری مقاطع و اعضا در تحلیل غیرخطی

در تحلیل خطی



در تحلیل غیر خطی



اجزای تحلیل استاتیکی غیر خطی

الف - نقطه کنترل :

□ مرکز جرم بام سازه بعنوان نقطه کنترل فرض می شود .

ب - توزیع بار جانبی :

□ توزیع نوع اول

✓ متناسب با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی

$$F_i = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{j=1}^h w_j h_j^k} V$$

حداقل 75٪ جرم در مود اول

✓ متناسب با مود اول حداقل 75٪ جرم در مود اول

✓ متناسب با نیروی برش طبقات حاصل از تحلیل طیفی

تعداد مود آنقدر که مجموع جرم آنها حداقل 90٪ جرم سازه

تنها روش برای
سازه با زمان
تناوب اصلی
بزرگتر از یک
ثانیه



□ توزیع نوع دوم

✓ توزیع یکنواخت

✓ توزیع متغیر بر حسب وضعیت رفتار غیر خطی مدل سازه

ب- بر آورد نیروها و تغییر شکلها :

□ تغییر مکان هدف

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

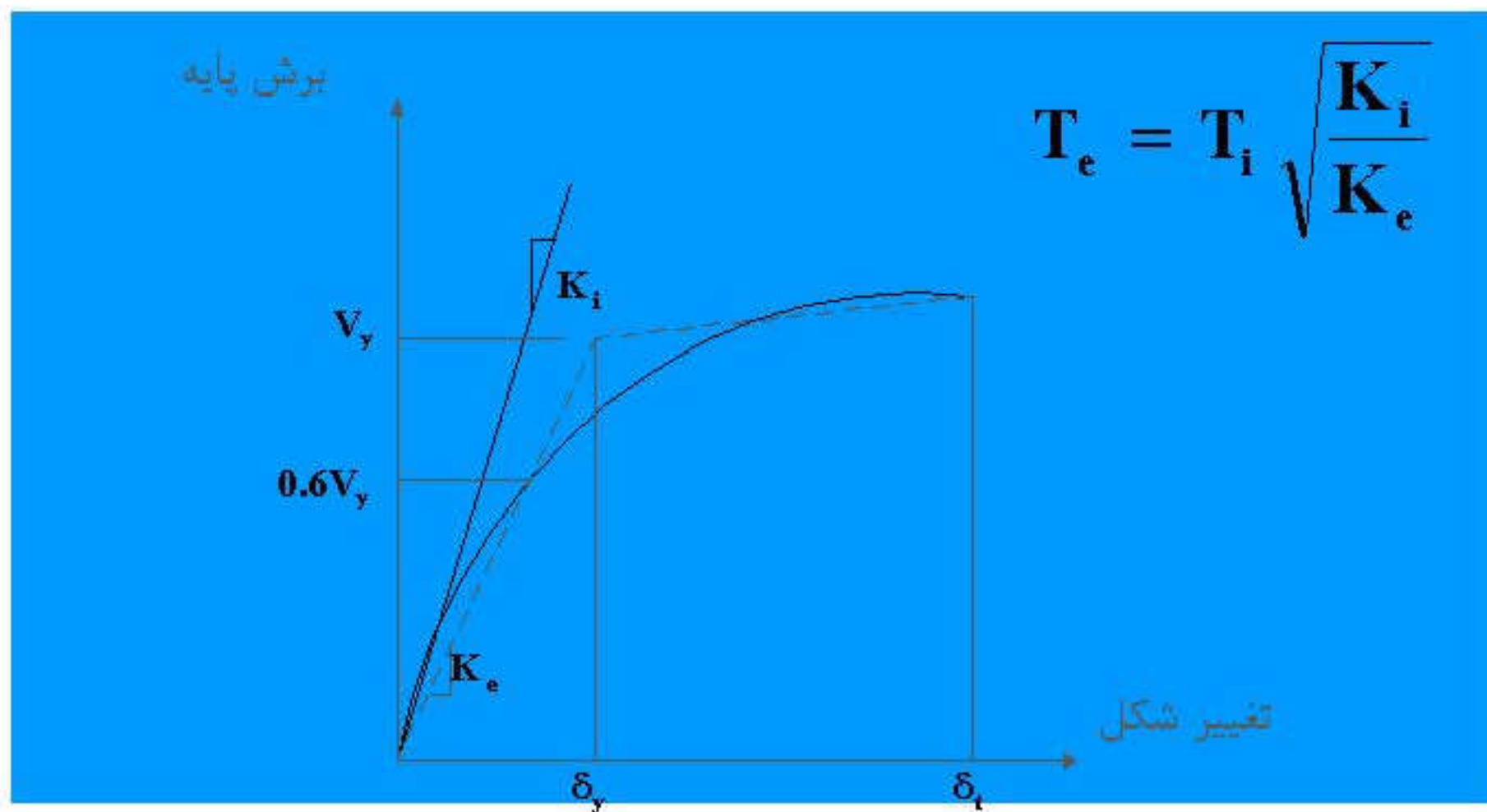
□ در تحلیل استاتیکی غیر خطی، از $1/5$ برابر مقدار فوق استفاده می شود.

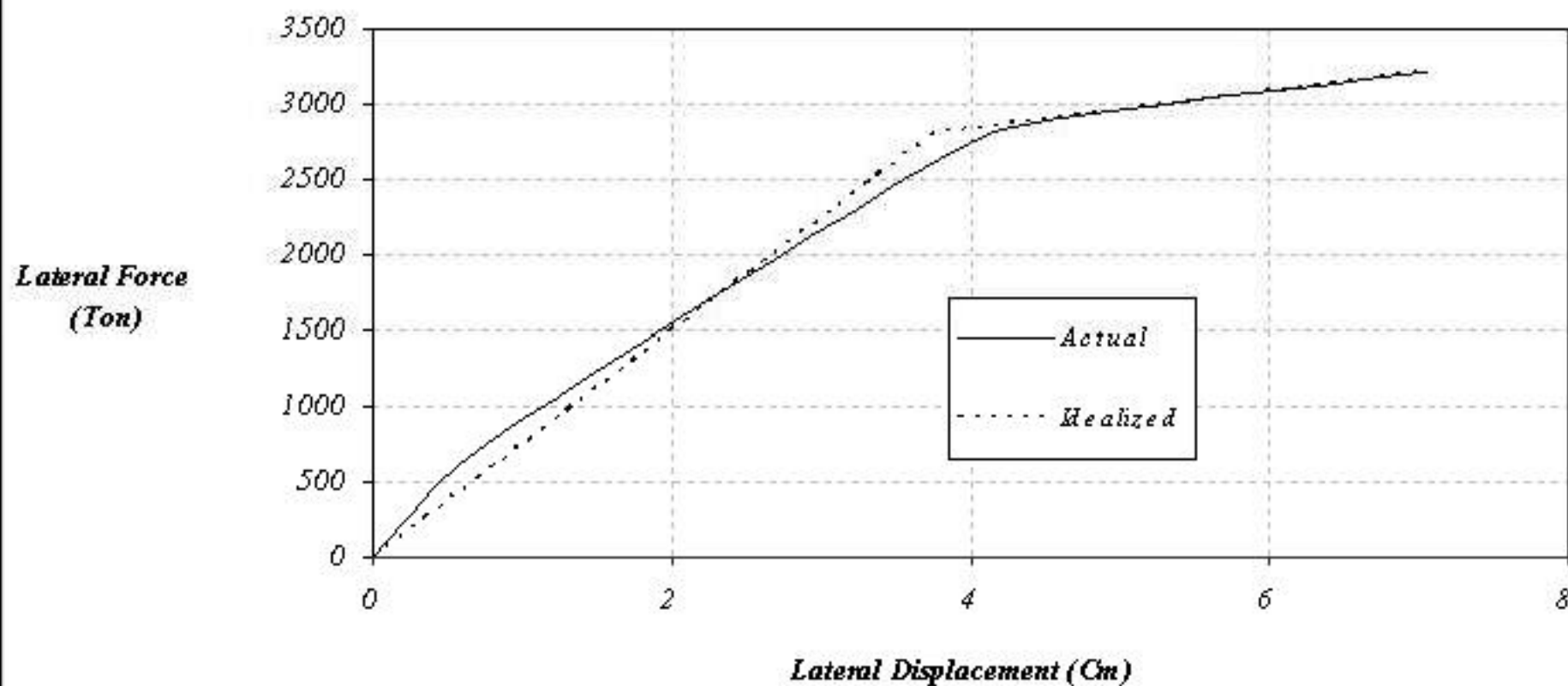
□ T_e زمان تناوب اصلی مؤثر

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$



مدل رفتاری دوخطی سازه و محاسبه زمان تناوب اصلی موثر





پارامترهای فرمول تغییر مکان هدف

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

■ **C.** تغییر مکان طیفی سیستم یکدرجه آزاد را به تغییر مکان بام سازه مرتبط می کند

ضریب مشارکت مود اول

استفاده از مقادیر جدول بسته به نوع سازه (برشی یا خیر) توزیع بار و تعداد طبقه



جدول (۲-۳): مقدار ضریب C_0

تعداد طبقات ساختمان	ساختمان‌های برشی *		سایر ساختمان‌ها
	توزیع نوع اول مطابق بند (۳-۱-۲-۲-۳)	توزیع بار یکنواخت	هر نوع توزیع بار
۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴
۱۰ و بیشتر	۱/۳	۱/۲	۱/۵

منظور از ساختمان ریشه، ساختمان است که در آن، α و β در $\mathcal{A}$ و $\mathcal{B}$ قرار دارند.



پارامترهای فرمول تغییر مکان هدف

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

■ **C₁** تغییر مکان حداکثر غیرالاستیک به تغییر مکان حداکثر الاستیک مرتبط می‌کند

$$T_e \geq T_0 \quad = 1$$

$$T_e < T_0 \quad = \frac{\left[1 + (R-1) \frac{T_0}{T_e} \right]}{R}$$



$$R = \frac{S_a}{V_y/W} \cdot C_m$$



پارامترهای فرمول تغییر مکان هدف

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

■ **C_۲** اثرات باریک شدن منحنی رفتاری و کاهش سختی و مقاومت را بر تغییر مکان حداکثر نشان میدهد

استفاده از مقادیر جدول بسته به نوع قاب (بیش از 30٪ بار توسط سیستمی که صدمه خواهد خورد حمل می شود یا خیر) سطح عملکرد و زمان تناوب



جدول (۳-۳): مقادیر ضریب C_2

$T \geq T_0$		$T \leq 0.1$		سطح عملکرد مورد نظر
قاب نوع دو	قاب نوع یک	قاب نوع دو	قاب نوع یک	
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	قابلیت استفاده بی وقفه
۱/۰	۱/۱	۱/۰	۱/۳	ایمنی جانی
۱/۰	۱/۲	۱/۰	۱/۵	آستانه فرو ریزش



پارامترهای فرمول تغییر مکان هدف

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

■ **C₃** اثرات P-Δ را بر تغییر مکان حداکثر نشان میدهد

$$\alpha \geq 0 \quad = 1$$

$$\alpha < 0 \quad = 1 + \frac{|\alpha|(R-1)^{1/5}}{T_e}$$



معیارهای پذیرش

2- روشهای غیرخطی:

✓ پارامتر کنترل شونده توسط نیرو (مثل نیروی برشی)

رابطه کنترل □ $kQ_{CL} > Q_{UF}$

✓ پارامتر کنترل شونده توسط تغییر شکل (مثل لنگر خمشی)

□ کنترل از طریق محدودیتهای تغییر شکلی انجام می شود .



زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی :

□ تیرها :

	شرایط		سطح عملکرد				
			نوع عضو				
			اصلی		غیر اصلی		
			IO	LS	CP	LS	CP
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	آرما تور عرضی	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$					
≤ 0.0	C	≤ 3	0.01	0.02	0.025	0.02	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6	0.005	0.01	0.02	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6	0.005	0.005	0.15	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.0015	0.005	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.005	0.01	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.0015	0.005	0.005	0.005	0.01



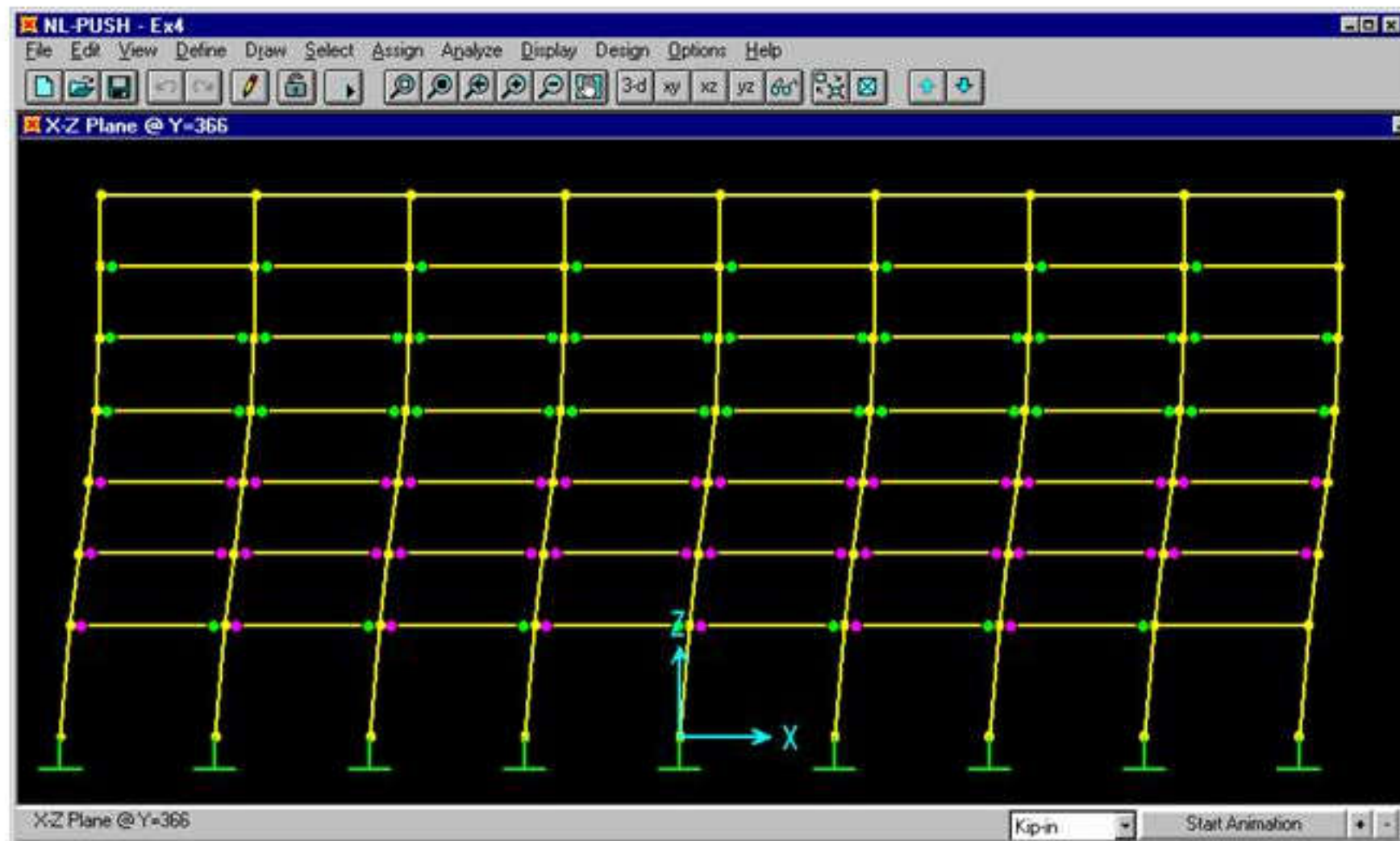
زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی :

□ ستونها :

				سطح عملکرد			
				نوع عضو			
				اصلی		غیر اصلی	
	شرایط		IO	LS	CP	LS	CP
$\frac{P}{A_g f'_c}$	آرما تور عرضی	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$					
≤ 0.1	C	≤ 3	0.015	0.015	0.002	0.02	0.03
≤ 0.1	C	≥ 6	0.012	0.012	0.016	0.016	0.024
≥ 0.4	C	≤ 3	0.012	0.012	0.015	0.018	0.025
≥ 0.4	C	≥ 6	0.01	0.01	0.012	0.013	0.02
≤ 0.1	NC	≤ 3	0.005	0.005	0.006	0.01	0.015
≤ 0.1	NC	≥ 6	0.004	0.004	0.005	0.008	0.012
≥ 0.4	NC	≤ 3	0.002	0.002	0.003	0.006	0.01
≥ 0.4	NC	≥ 6	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008



انجام ارزیابی با کمک نرم افزار



Define Frame Hinge Properties

Defined Hinge Props

Default-M3

Default-P

Default-PMM

Default-V2

Click to:

Define New Property >>

Modify/Show Property >>

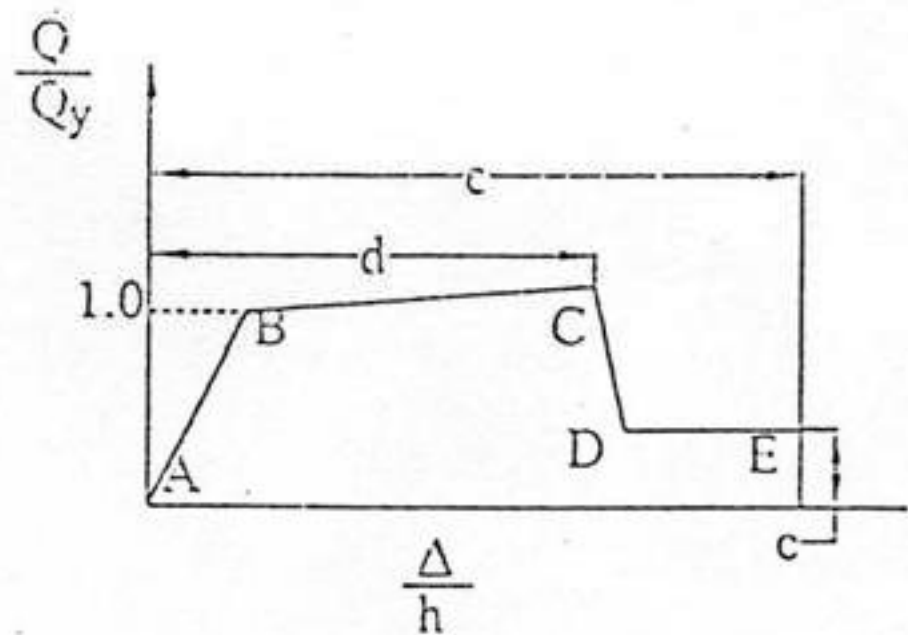
Delete Property

OK

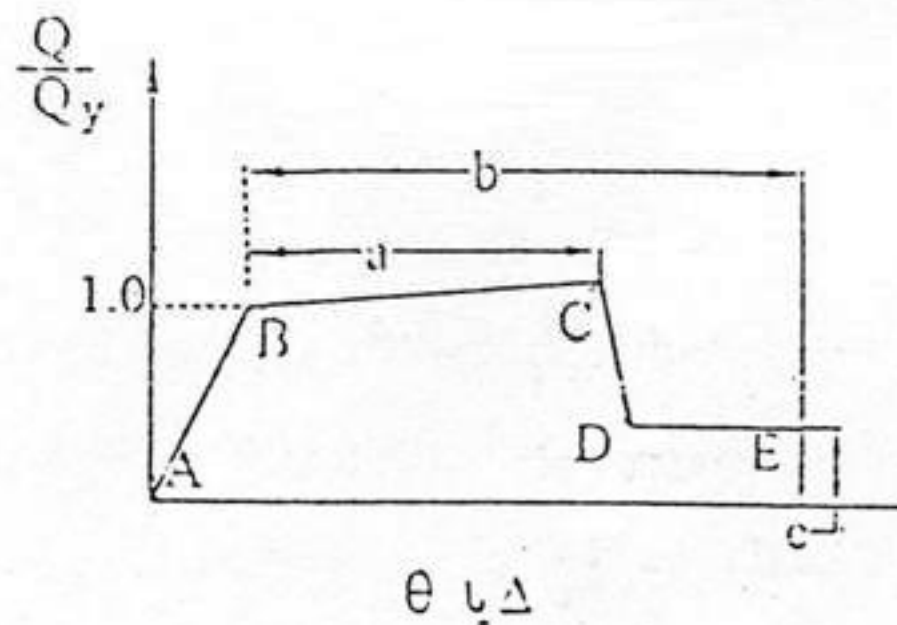
Cancel

☐ Show Generated Props





ب) نسبت تغییر شکل



الف) تغییر شکل



Frame Hinge Property Data

Property Name

FH1

Hinge Properties

Hinge Type	Default	Properties
☐ Axial P	☐	Modify/Show for P >>
☐ Shear V2	☐	Modify/Show for V2 >>
☐ Shear V3	☐	Modify/Show for V3 >>
☐ Torsion T	☐	Modify/Show for T >>
☐ Moment M2	☐	Modify/Show for M2 >>
☐ Moment M3	☐	Modify/Show for M3 >>
☐ P-M2-M3	☐	Modify/Show for PMM >>

OK

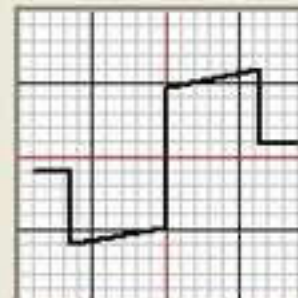
Cancel



Frame Hinge Property Data for FH1 - M3

Edit

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-7
D-	-0.2	-5
C-	-1.25	-5
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.25	5
D	0.2	5
E	0.2	7



- ☒ Hinge is Rigid Plastic
☒ Symmetric

Scaling for Moment and Rotation

	Positive	Negative
☒ Use Yield Moment	Moment SF	
☒ Use Yield Rotation	Rotation SF	

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	2	
Life Safety	4	
Collapse Prevention	6	

OK

Cancel



Static Nonlinear Case Data

Static Nonlinear Case Name

PUSH1

Options

☐ Load to Level Defined by Pattern

☒ Push to Disp. Magnitude 0.634

☒ Use Conjugate Displ. for Control

Monitor UX C11 TOP

Start from Previous Case

☒ Save Positive Increments Only

Minimum Saved Steps

10

Maximum Null Steps

50

Maximum Total Steps

200

Maximum Iterations/Step

10

Iteration Tolerance

1.000E-04

Event Tolerance

0.01

Member Unloading Method

Unload Entire Structure

Geometric Nonlinearity Effects

P-Delta

Load Pattern

Load

Scale Factor

DEAD

1

Add

Modify

Delete

Active Structure

Stage

Active Group

1

ALL

Add

Modify

Insert

Delete

☐ Loads Apply to Added Elements Only

OK

Cancel



PUSHOVER CURVE

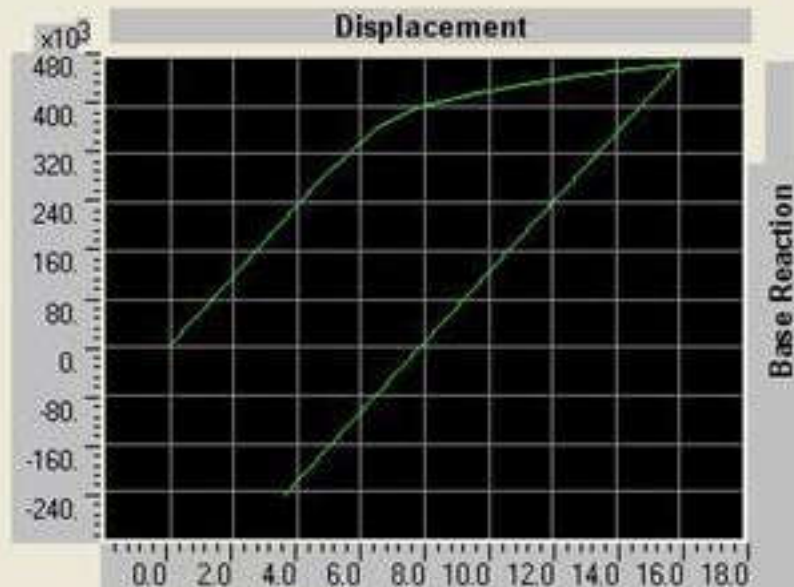
File

Step	Displacement	Base Force	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	TOTAL
0	-0.0086	0.0000	1228	0	0	0	0	0	0	0	1228
1	1.7014	100148.9922	1228	0	0	0	0	0	0	0	1228
2	3.4114	200297.6563	1227	1	0	0	0	0	0	0	1228
3	4.7133	276547.4063	1201	27	0	0	0	0	0	0	1228
4	6.4326	361533.9375	1169	57	2	0	0	0	0	0	1228
5	7.8609	398340.9688	1145	63	20	0	0	0	0	0	1228
6	9.5970	422008.2813	1129	60	31	8	0	0	0	0	1228
7	11.4643	440211.4063	1118	52	39	19	0	0	0	0	1228
8	13.3989	453955.9688	1111	43	45	29	0	0	0	0	1228
9	15.1987	464401.3750	1109	40	48	30	0	1	0	0	1228
10	15.9567	468487.2813	1106	43	48	28	0	2	1	0	1228
11	3.5151	-248164.4219	1228	0	0	0	0	0	0	0	1228



PUSHOVER CURVE - CASE PUSH3XX

File



Cursor Location

(-4.196E-02,

Performance Point (V,D)

Performance Point (Sa,Sd)

Performance Point (Teff,Jeff)

Additional Notes for Printed Output

Override Axis Labels/Range >>>

Display

Done

Static Nonlinear Case

PUSH3XX

Plot Type

☒ Resultant Base Shear vs Monitored Displacement

☐ Capacity Spectrum

Color



Demand Spectrum

Seismic Coefficient, Ca

0.4

Seismic Coefficient, Cv

0.4

☒ Show Family of Demand Spectra

Color



Damping Ratios

0.05

0.1

0.2

0.5

☒ Show Single Demand Spectrum
(Variable Damping)

Color



☒ Show Constant Period Lines at

Color



0.05

0.1

0.2

0.5

Damping Parameters

Inherent + Additional Damping

0.05

Structural Behavior Type

☐ A

☒ B

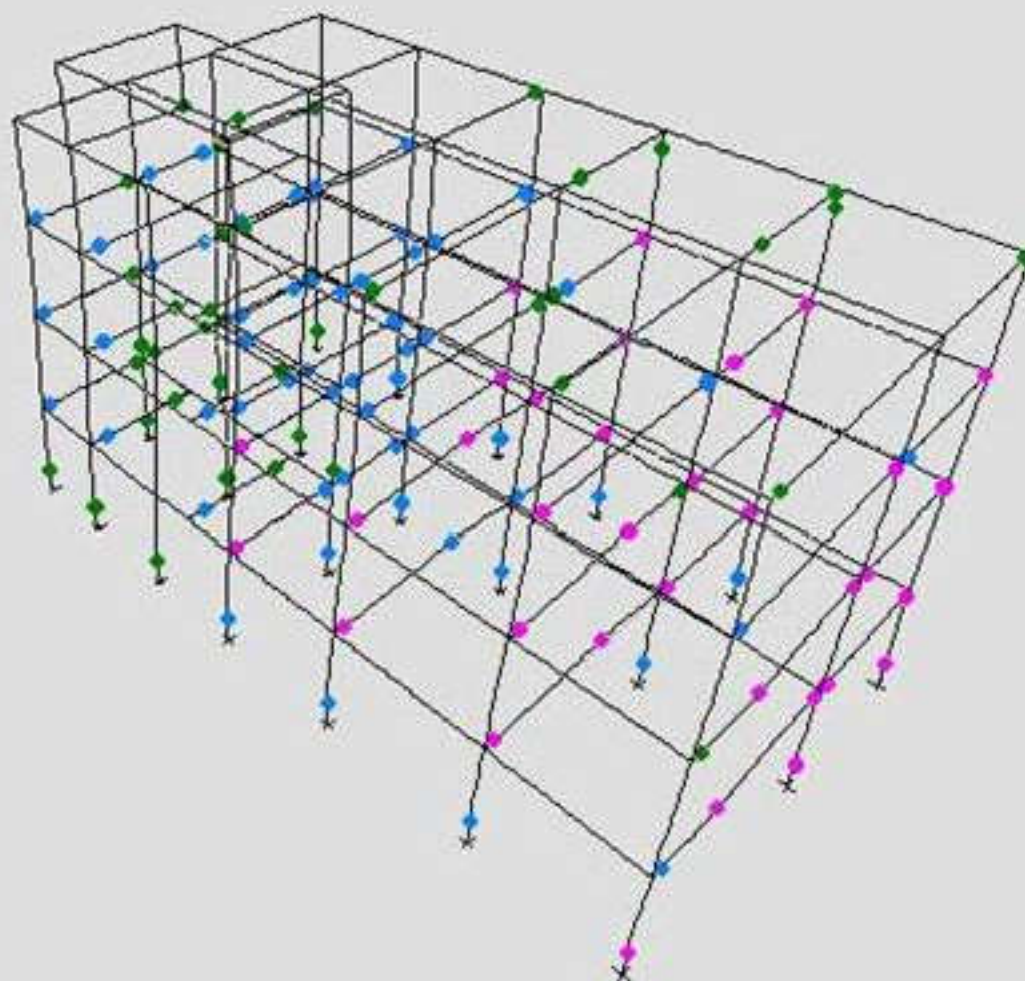
☐ C

☐ User

Modify/Show >>>

Reset Default Colors





0 10 LS CP C D E

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله



فصل ۶ بهسازی سازه های بتنی

کلیات

۶-۴- سیستم های سازه ای
بتنی

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی

۶-۵- اجزای سازه ای
بتنی

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی



فصل ششم: بهسازی سازه‌های بتنی

۶-۱ - محدوده کاربرد

۶-۲ - مشخصات مصالح و ارزیابی وضعیت موجود ساختمان

۶-۳ - ملزومات و فرضیات طراحی

۶-۴ - سیستم‌های سازه‌ای

۶-۵ - اجزای سازه‌ای بتنی



مقاومت‌های مصالح برای تعیین ظرفیت اعضا

- مقاومت‌های کرانه پایین = مقاومت مشخصه بتن و فولاد در نقشه و دفترچه محاسبه

- مقاومت موردانتظار (از آزمایش یا ...)

بتن = ۱.۵ برابر مقاومت مشخصه بتن

آرماتور = ۱.۲۵ برابر مقاومت مشخصه آرماتور



آزمایش‌های متعارف

بتن

- از هر عضو دو مغزه، در کل حداقل شش عدد

آرماتور

- از تنش طراحی موجود استفاده شود
- تنش طراحی موجود نباشد، حداقل ۲ نمونه آرماتور



Table 6-1 Tensile and Yield Properties of Concrete Reinforcing Bars for Various Periods

Year ³	Grade	Structural ¹	Intermediate ¹	Hard ¹	60	70	75
		33	40	50			
	Minimum Yield ² (psi)	33,000	40,000	50,000	50,000	60,000	75,000
	Minimum Tensile ² (psi)	55,000	70,000	80,000	90,000	80,000	100,000
1911-1959		x	x	x			
1959-1966		x	x	x	x		x
1966-1972			x	x	x		
1972-1974			x	x	x		
1974-1987			x	x	x	x	
1987-present			x	x	x	x	x



آزمایش‌های جامع

- بتن

- نتایج آزمایش و مقاومت طراحی موجود باشد از هر نوع عضو حداقل سه مغزه برای هر طبقه، هر ۲۰۰ مترمکعب بتن با ۷۰۰ مترمربع (سطح؟) زیربنا در صورت یکنواختی تعداد کاهش میابد:

- اگر نتایج ۳ آزمایش اول با نتایج موجود تطبیق داشت، تعداد آزمایش لازم ثلث شود. (در هر حال تعداد کل برای یک ساختمان = ۶)



آزمایش‌های جامع

- بتن

- نتایج آزمایش نباشد ولی مقاومت طراحی موجود باشد:

از هر نوع عضو حداقل ۳ معزّه برای هر طبقه، هر ۲۰۰ مترمکعب بتن یا هر ۷۰۰ مترمربع زیربنا



آزمایش‌های جامع

- بتن

- نتایج آزمایش و مقاومت طراحی موجود نباشد:

از هر نوع عضو حداقل شش مغزه برای هر طبقه، هر ۲۰۰ مترمکعب بتن با
۷۰۰ مترمربع زیربنا



آزمایش‌های جامع

- بتن

- تخفیف در مورد نیرو و دال:

می‌توان تعداد آزمایش را نصف کرد اگر از آزمایش غیرمخرب هم استفاده شود

هر کاهش = ۵ آزمایش غیرمخرب

(پراکندگی نتایج مطالعه شود)



آزمایش‌های جامع

-آرماتور

- نوع فولاد در مدارک مشخص باشد: از هر نوع عضو حداقل سه نمونه

- اگر مدارک موجود نباشد ولی یک نوع آرماتور استفاده شده باشد: از هر نوع عضو سه نمونه برای هر سه طبقه

- اگر مدارک موجود نباشد یک نوع آرماتور مورد تردید باشد: از هر نوع عضو شش نمونه برای هر سه طبقه



ارزیابی وضعیت موجود ساختمان

- ارزیابی عینی

پیکربندی

- ارزیابی جامع

پیکربندی و آرماتوربندی



ارزیابی عینی

- در هر طبقه ۲۰٪ اعضا اجزا و اتصالات
- اگر آسیب و ضعف دیده شد: در هر طبقه ۴۰٪ اعضا اجزا و اتصالات



ارزیابی وضعیت موجود ساختمان

- ارزیابی عینی

پیکربندی

- ارزیابی جامع

پیکربندی و آرماتوربندی

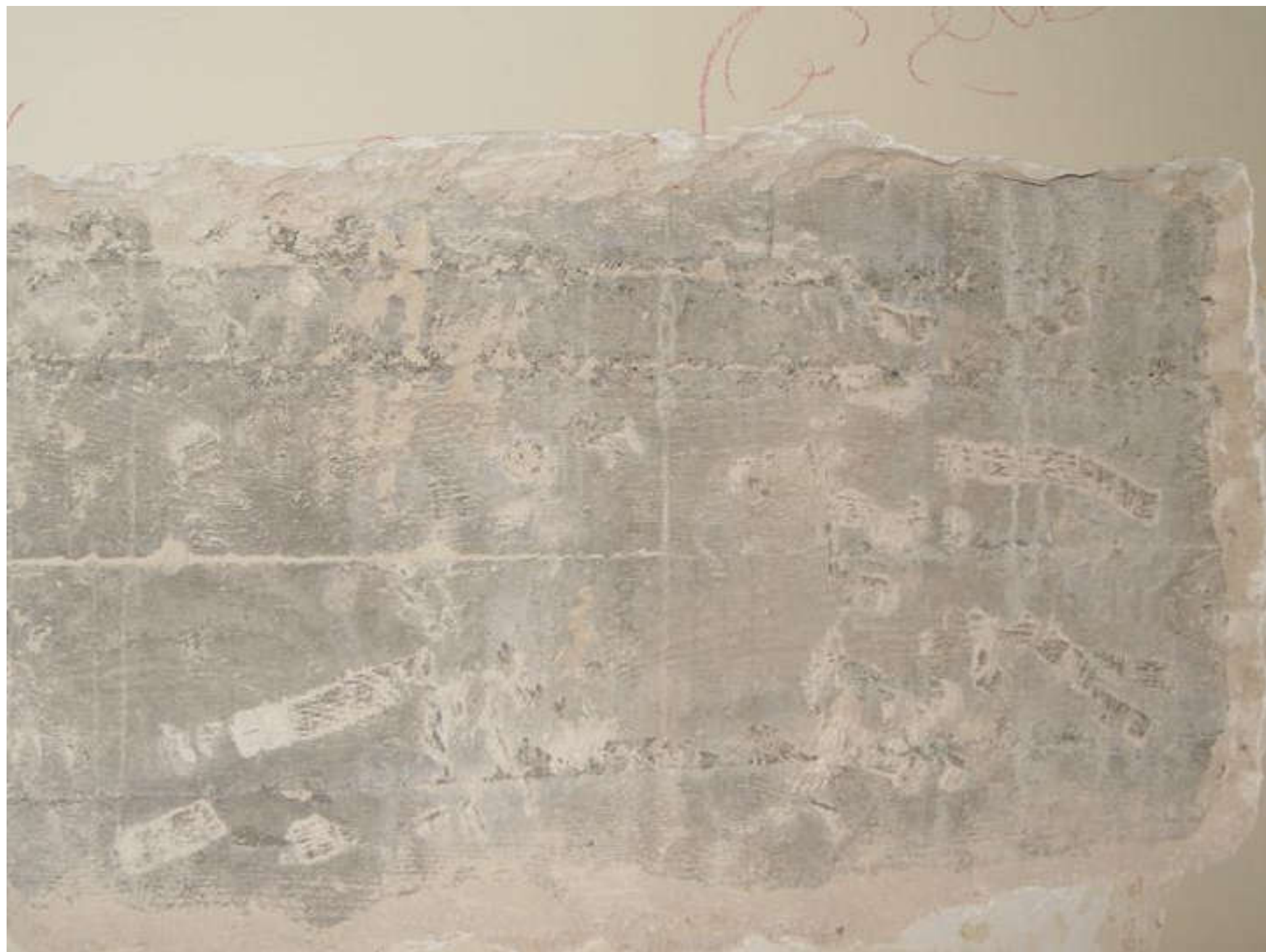


ارزیابی جامع

- اگر بعضی نقشه های اجرایی موجود است: از هر نوع اتصال اصلی یک نمونه - اگر متفاوت با نقشه ۵٪ آن نوع اتصال
- اگر نقشه های اجرایی موجود نیست: از هر نوع اتصال اصلی سه نمونه - اگر متفاوت با هم تعداد بیشتر از آن نوع اتصال

















200150

200149























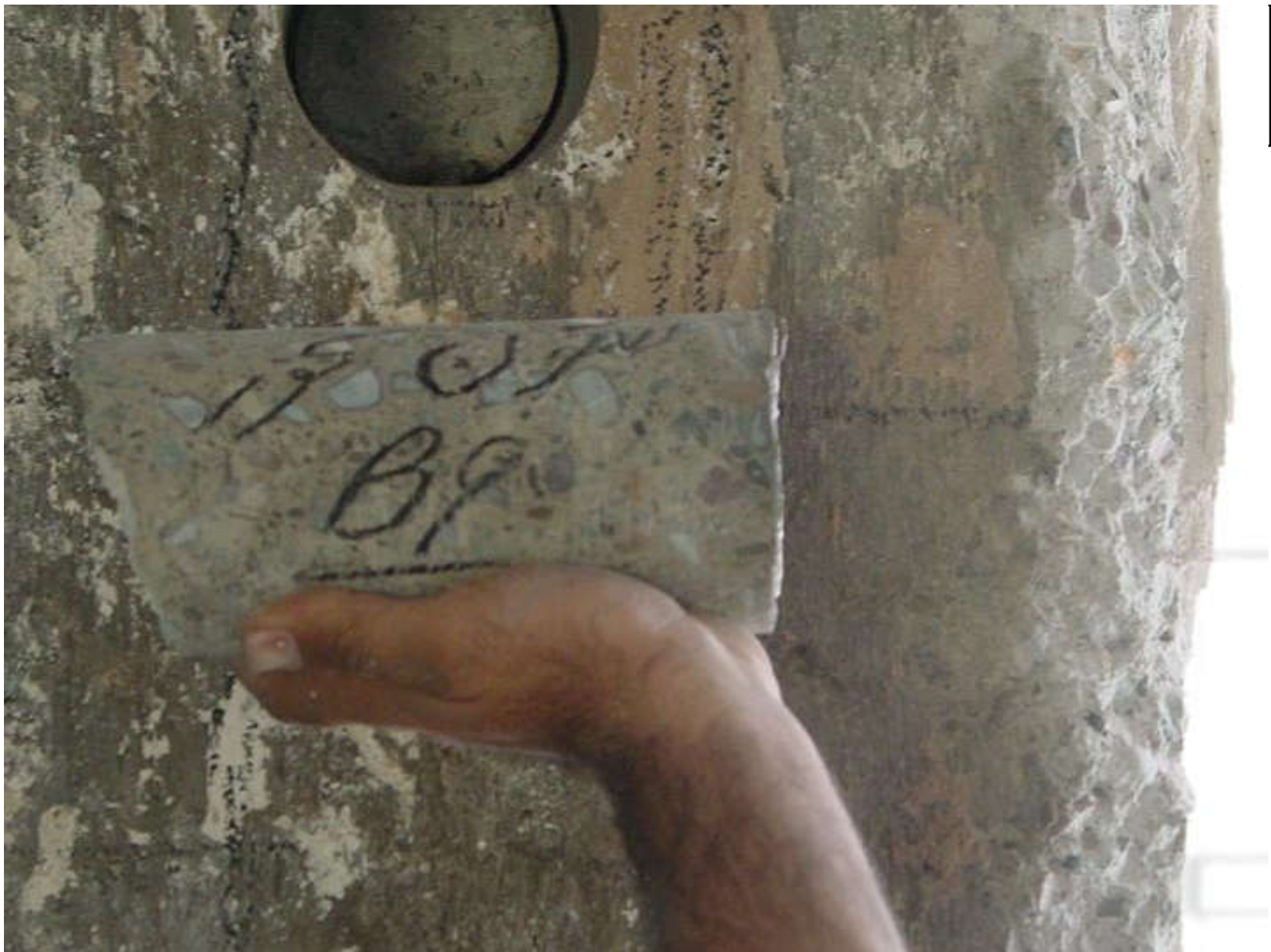














مکتبہ گنجیہ لکھنؤ (از ولسلہ)
لکھنؤ

B

O



مختبر لیس (از لیستون) (از ویتنام)

لیستون



B

O

ساخته شده است

Box 6 1970

Special Club -













2 کو

۵ -

سید حسن دینو













فصل ششم: بهسازی سازه‌های بتنی

۶-۱ - محدوده کاربرد

۶-۲ - مشخصات مصالح و ارزیابی وضعیت موجود ساختمان

۶-۳ - ملزومات و فرضیات طراحی

۶-۴ - سیستم‌های سازه‌ای

۶-۵ - اجزای سازه‌ای بتنی



جدول (۶-۲): مقادیر سختی‌های مؤثر

عضو	سختی محوری	سختی برشی	سختی خمشی
تیر غیرپیش تنیده	—	$\bullet/4 E_c A_w$	$\bullet/25 E_c I_g$
تیرپیش تنیده	—	$\bullet/4 E_c A_w$	$E_c I_g$
ستون با بار محوری فشاری ناشی از بار نقلی طراحی بزرگتر از $\bullet/5 A_g f_c$	$E_c A_g$	$\bullet/4 E_c A_w$	$\bullet/7 E_c I_g$
ستون با بار محوری کششی یا با بار محوری فشاری کمتر از $\bullet/3 A_g f_c$	$E_s A_s$	$\bullet/4 E_c A_w$	$\bullet/5 E_c I_g$
دیوار بدون ترک	$E_c A_f$	$\bullet/4 E_c A_w$	$\bullet/7 E_c I_g$
دیوار با ترک	$E_c A_g$	$\bullet/4 E_c A_w$	$\bullet/25 E_c I_g$
دال تخت غیرپیش تنیده	—	$\bullet/4 E_c A_g$	$\bullet/25 E_c I_g$
دال تخت پیش تنیده	—	$\bullet/4 E_c A_g$	$\bullet/25 E_c I_g$

توضیح:

می‌توان مقدار I_g برای تیرهای T شکل را دو برابر مقدار I_g برای جان آنها در نظر گرفت. در غیراین صورت محاسبه I_g باید با در نظر گرفتن پهنای مؤثر مطابق بند (۶-۳-۱-۳) انجام شود. در سختی برشی مقدار $\bullet/4 E_c$ بیانگر مدول برشی بتن می‌باشد. برای ستونها با بار محوری مابین حدود داده شده در جدول می‌توان از درون یایی خطی استفاده کرد یا مقدار بحرانی‌تر را اختیار کرد.



جدول ۶-۳: طبقه بندی نیاز شکل پذیری اعضا

نیاز شکل پذیری	حداکثر مقدار DCR یا نسبت شکل پذیری
کم	کوچکتر از ۲
متوسط	بین ۲ تا ۴
زیاد	بزرگتر از ۴



۶-۳-۴- برش و پیچش

مقاومت‌های برشی و پیچشی باید مطابق ضوابط آئین نامه بتن ایران محاسبه شوند مگر در مواردی که در این دستورالعمل اشاره شود.

درون نواحی جاری شده اجزا با نیاز شکل پذیری متوسط یا بالا، مقاومت برشی و پیچشی باید مطابق با روشهای مربوط به اعضای شکل پذیر (مثلاً ضوابط فصل بیستم آئین نامه بتن ایران) محاسبه شود. داخل نواحی جاری شده اعضای دارای نیاز شکل پذیری کم و خارج نواحی جاری شده برای اعضای با هر سطح از نیاز شکل پذیری، مقاومت برشی طراحی ممکن است با روشهای معمول (مثلاً ضوابط فصل دوازدهم آئین نامه بتن ایران) برای پاسخهای ارتجاعی مؤثر محاسبه شوند.



اگر فاصله آرماتورهای عرضی زیاد باشد و یا شکل آنها شرایط لازم را نداشته باشد، نمی توان تمام آرماتورهای عرضی را مؤثر فرض کرد. در موارد زیر فرض می شود آرماتور عرضی حداکثر ۵۰٪ در تحمل برش یا پیچش مؤثر است:

۱- فاصله طولی آرماتورهای عرضی بیش از نصف عمق مؤثر عضو، اندازه گیری شده در جهت برش باشد؛

۲- در تیرها و ستونهایی که تنگ ها دارای وصله ریشی هستند یا قلابها به اندازه کافی در هسته بتن مهار نشده اند اگر تنگ ها در محدوده ای از عضو با نیاز شکل پذیری متوسط واقع باشد.

در صورتیکه این شرایط در محدوده ای از عضو با نیاز شکل پذیری زیاد برقرار باشد آرماتورهای عرضی بی اثر فرض می شوند.

اگر فاصله طولی آرماتورهای عرضی بیش از اندازه عمق مؤثر قطعه در راستای برش اعمالی باشد، این آرماتورهای عرضی در محاسبه مقاومت برشی و پیچشی بی اثر فرض می گردند.

مقاومت برشی و پیچشی در محاسبه مقاومت برشی و پیچشی بی اثر فرض می گردند.



فصل ۶ بهسازی سازه های بتنی

کلیات

۶-۴- سیستم های سازه ای
بتنی

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی

۶-۵- اجزای سازه ای
بتنی

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی

۶-۴- سیستم های سازه ای بتنی

■ ۶-۴-۱- قابهای خمشی بتنی

■ ۶-۴-۲- قابهای بتنی پیش ساخته

■ ۶-۴-۳- قابهای بتنی با میانقاب

■ ۶-۴-۴- قابهای بتنی مهاربندی شده

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی



فصل ۶ بهسازی سازه های بتنی

کلیات

۶-۴- سیستم های سازه ای
بتنی

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی

۶-۵- اجزای سازه ای
بتنی

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی



قاب خمشی بتنی

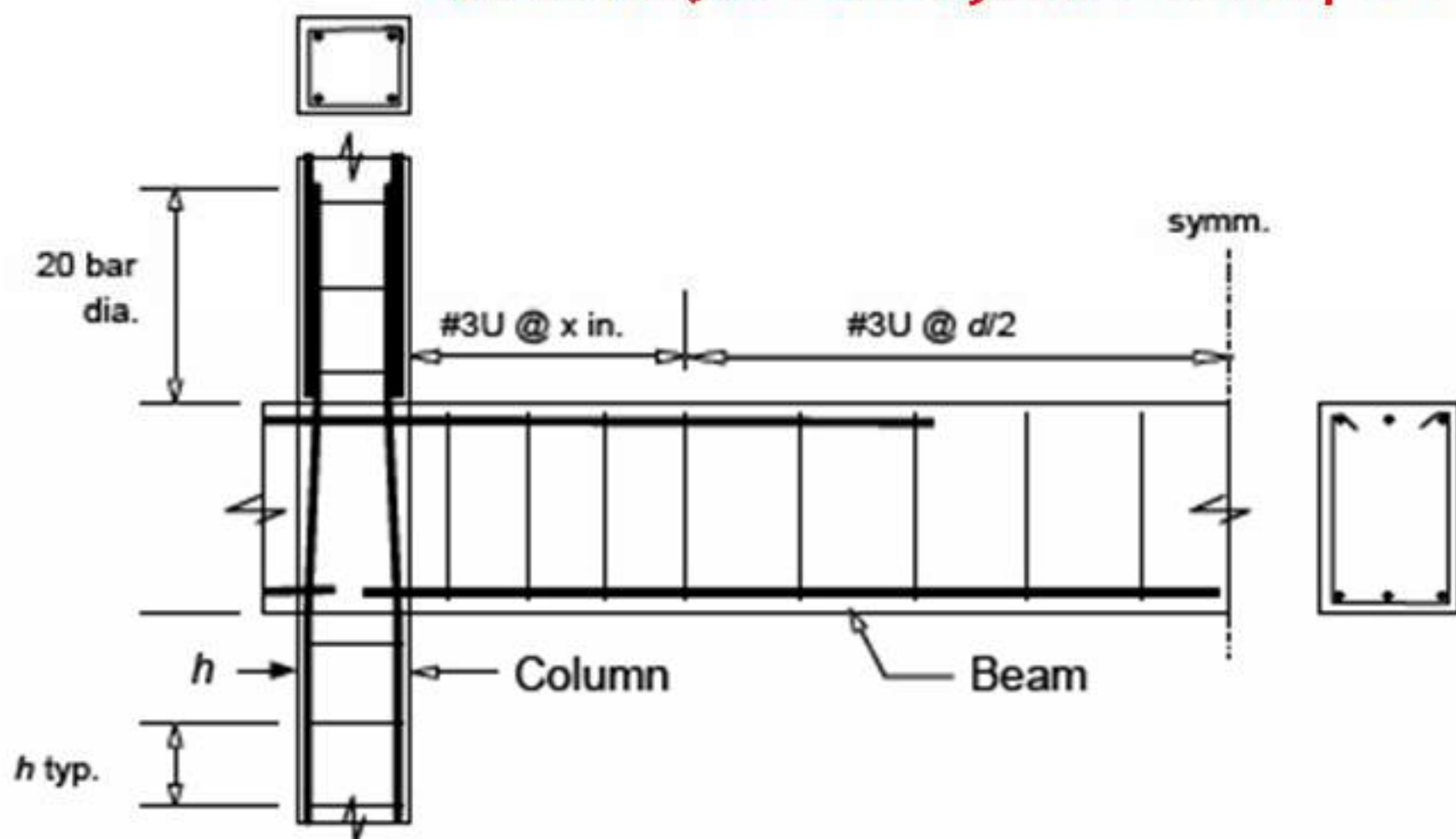
اجزای اصلی:

- اعضای قابی افقی تیرها و دالها
- اعضای قابی عمودی ستونها
- اتصالات



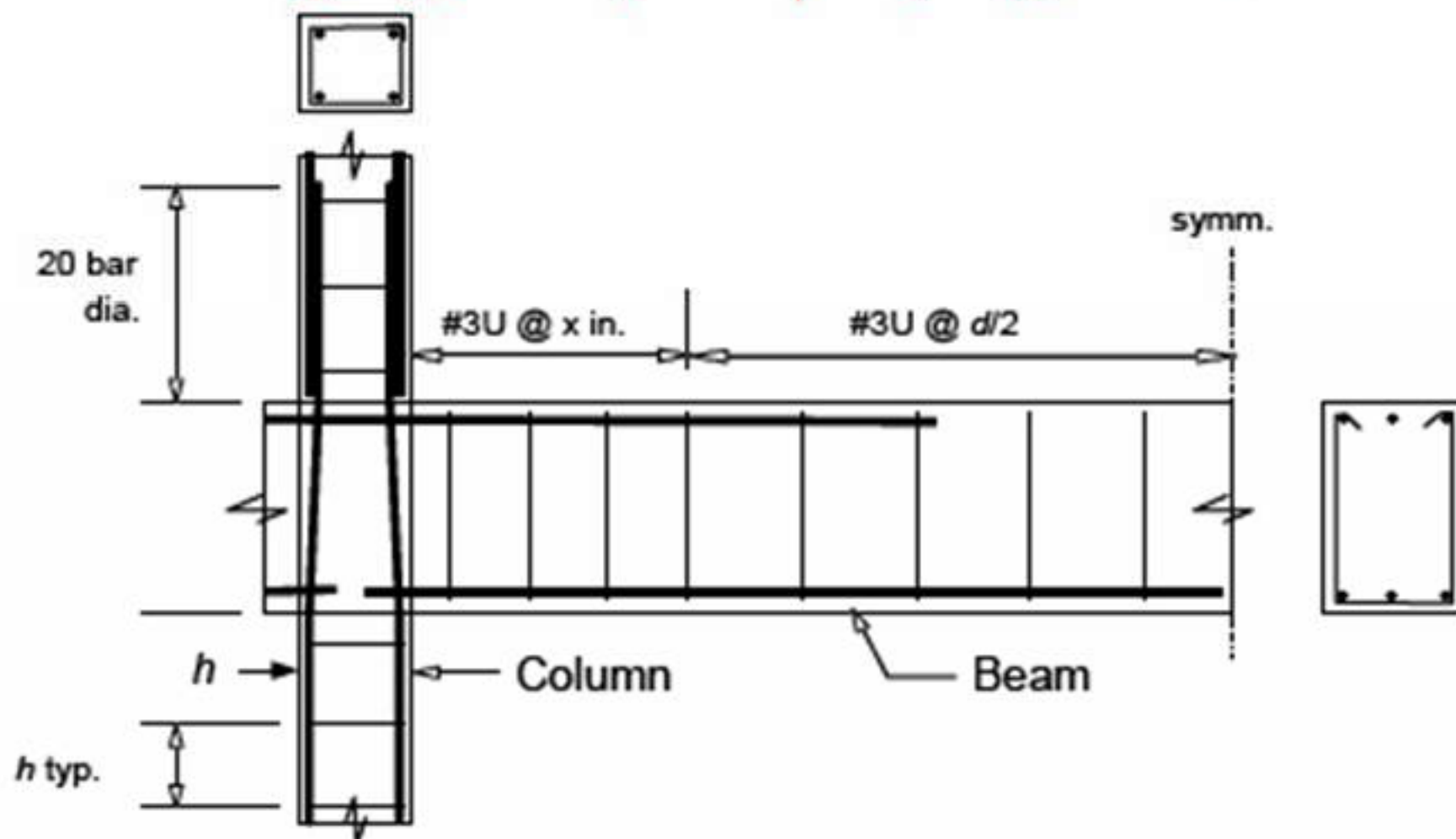
برخی نقایص متداول قابهای بتنی

■ عدم امتداد آرماتور مثبت تیر در اتصال



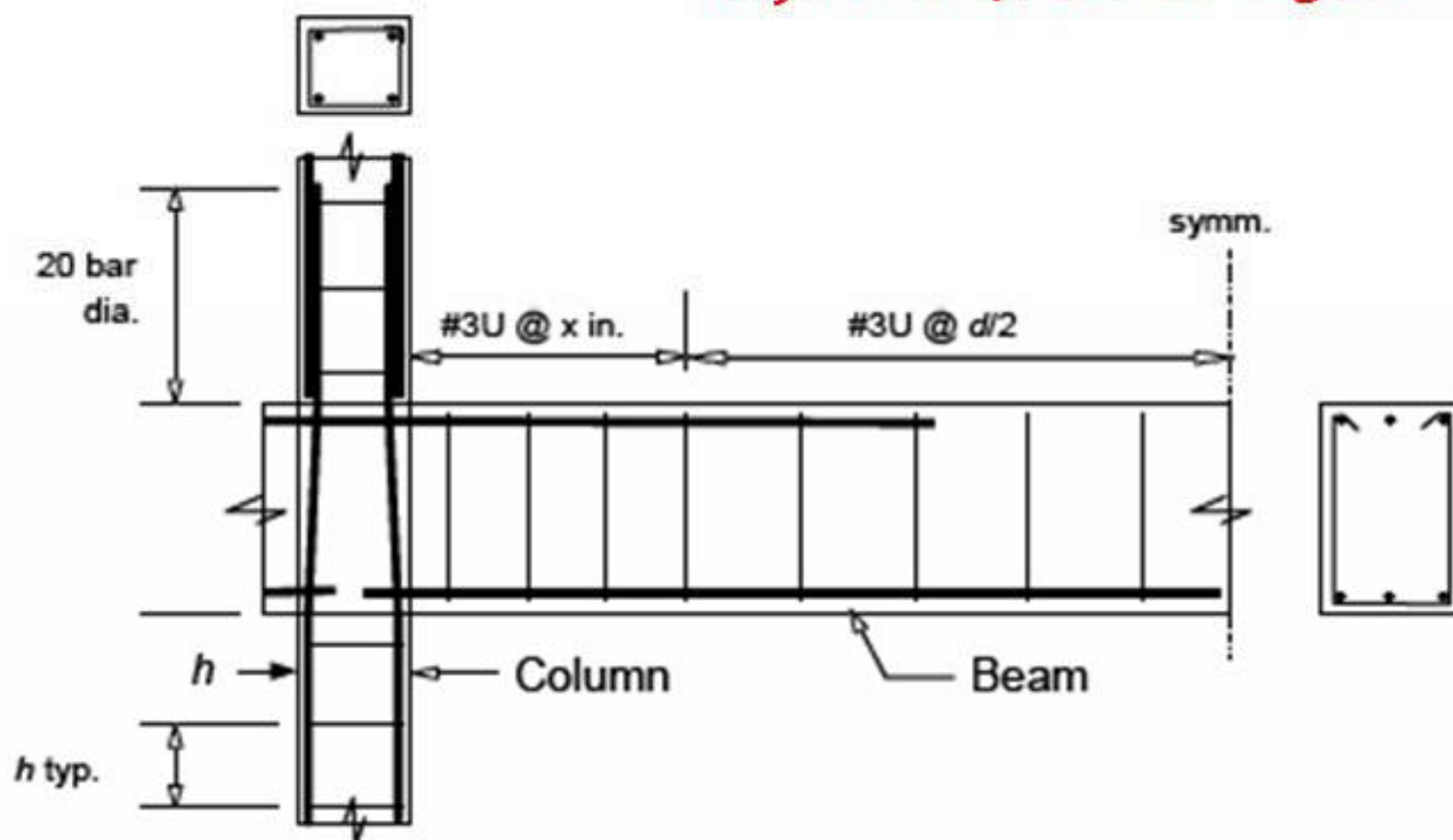
برخی نقایص متداول قابهای بتنی

فاصله زیاد خاموتها و عدم محصور شدن گسستگی بتن



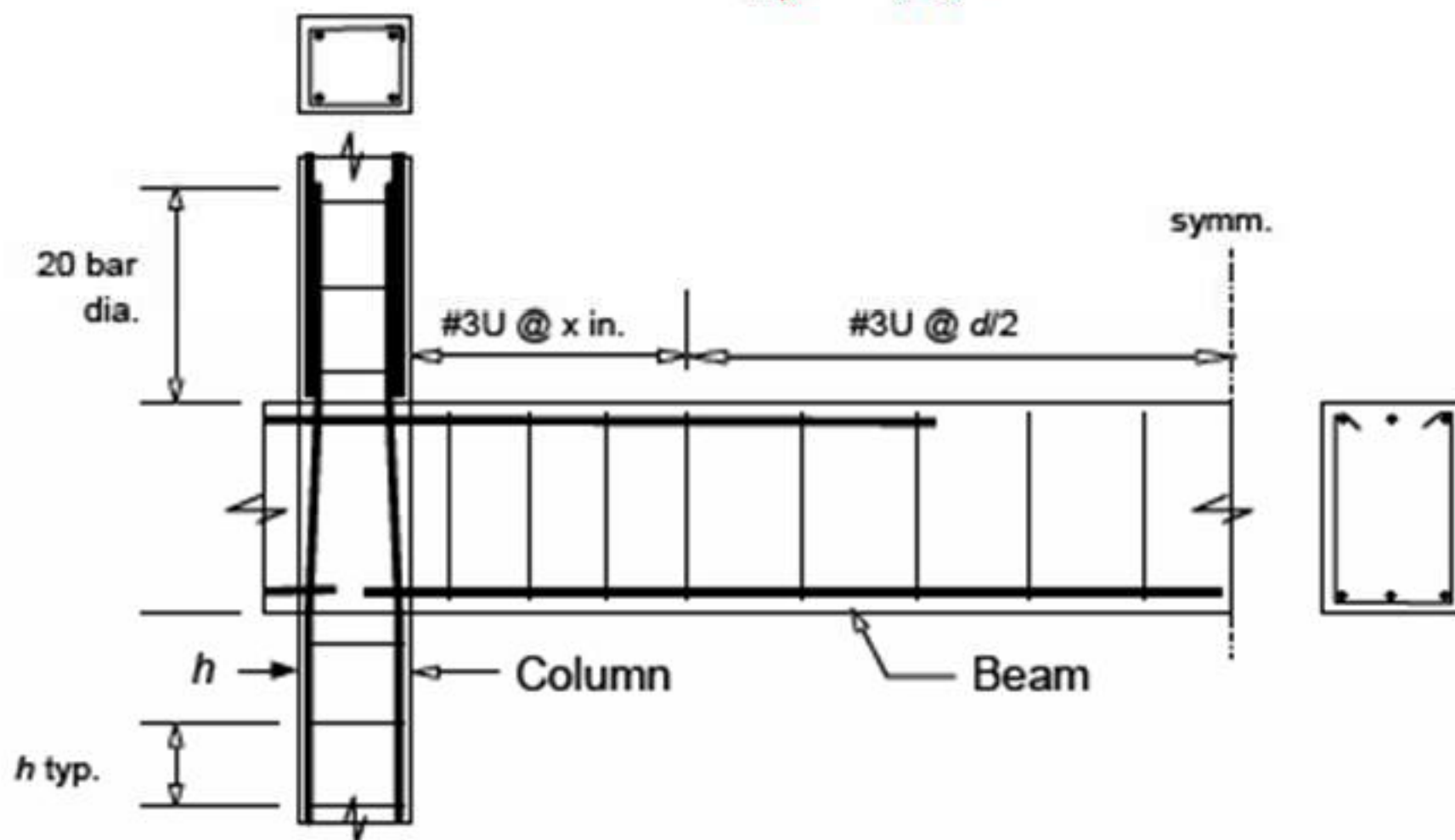
برخی نقایص متداول قابهای بتنی

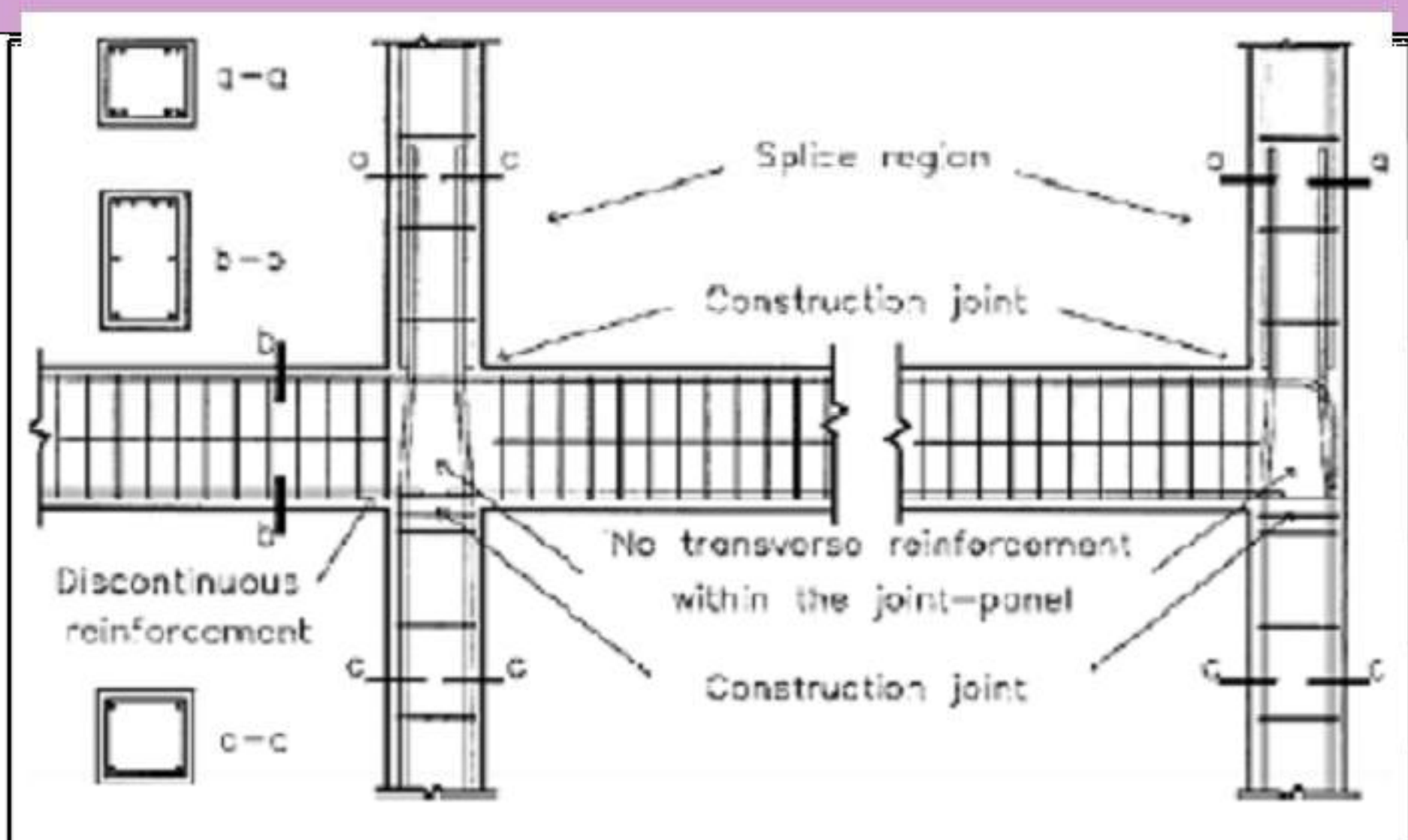
محل نامناسب وصله ستون



برخی نقایص متداول قابهای بتنی

نسبت نامناسب تیر و ستون





۶-۴-۱- قابهای خمشی بتنی

- قابهای خمشی بتن مسلح تیر - ستونی
- قابهای پیش تنیده (پس کشیده) تیر - ستونی
- قابهای خمشی دال - ستونی



۶-۴-۱- قایمهای خمشی بتنی

۶-۴-۱-۲-۲- سختی

۶-۴-۱-۲-۲-۱- روشهای استاتیکی و دینامیکی خطی

در مدلسازی تیرها سختی خمشی و سختی برشی در نظر گرفته شوند و در صورتیکه ساخت قاب یکپارچه با تیرها بوده، تأثیر دال به عنوان بال تیر مطابق بند (۶-۳-۱-۳) در نظر گرفته شود. در مورد ستونها باید سختیهای خمشی، برشی و محوری در نظر گرفته شود. اتصالات را می توان صلب فرض نمود. محاسبه سختیهای مؤثر طبق ضوابط بند (۶-۳-۱-۲) انجام می گیرد.



۶-۴-۱- قایمهای خمشی بتنی

در صورتیکه مقدار متوسط DCR برای ستونها در یک تراز از مقدار متوسط DCR برای تیرها در همان تراز متجاوز گردد و نیز از مقادیر ۱ و نصف متوسط مقادیر m برای تمام ستونها بیشتر گردد، آن تراز باید به عنوان تراز دارای یک سیستم باربر جانبی با ستون ضعیف در نظر گرفته شود. در اینحالت، یکی از شرایط



۶-۴-۱- قایم‌های خمشی بتنی

- ۱- تمام اعضای اصلی و نیز اعضای غیر اصلی در تراز مربوطه مدل شده و مجدداً مقادیر متوسط DCR کنترل شوند. اگر مقدار متوسط DCR برای اجزای عمودی از مقدار متوسط برای اجزای افقی در آن تراز بیشتر باشد و مقدار آن از ۲ نیز بیشتر باشد، ساختمان باید یا توسط یک روش غیرخطی مجدداً تحلیل گردد و یا ساختمان باید به نحوی بهسازی گردد که نقص آن مرتفع گردد؛
- ۲- ساختمان باید با استفاده از روش استاتیکی غیرخطی و یا روش دینامیکی غیرخطی فصل ۳ مجدداً تحلیل شود؛
- ۳- ساختمان باید به نحوی بهسازی شود که نقص طبقه ضعیف مرتفع گردد.



معیارهای پذیرش

۱- روشهای خطی:

✓ پارامتر کنترل شونده توسط نیرو

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C_1 C_2 C_3 J} \quad \square \text{ ترکیب بار}$$

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L)$$

$$Q_G = 0.9Q_D$$

$$kQ_{CL} > Q_{UF} \quad \square \text{ رابطه کنترل}$$

✓ پارامتر کنترل شونده توسط تغییر شکل

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E \quad \square \text{ ترکیب بار}$$

$$mkQ_{CE} > Q_{UD} \quad \square \text{ رابطه کنترل}$$



m ضریب افزایش ظرفیت در روش خطی (بر مبنای رفتار غیر خطی):

□ تیرها:

			سطح عملکرد				
				نوع عضو			
				اصلی		غیر اصلی	
	شرایط		IO	LS	CP	LS	CP
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	آرما تور عرضی	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$					
≤ 0.0	C	≤ 3	3	6	7	6	10
≤ 0.0	C	≥ 6	2	3	4	3	5
≥ 0.5	C	≤ 3	2	3	4	3	5
≥ 0.5	C	≥ 6	2	2	3	2	4
≤ 0.0	NC	≤ 3	2	3	4	3	5
≤ 0.0	NC	≥ 6	1.25	2	3	2	4
≥ 0.5	NC	≤ 3	2	3	3	3	4
≥ 0.5	NC	≥ 6	1.25	2	2	2	3



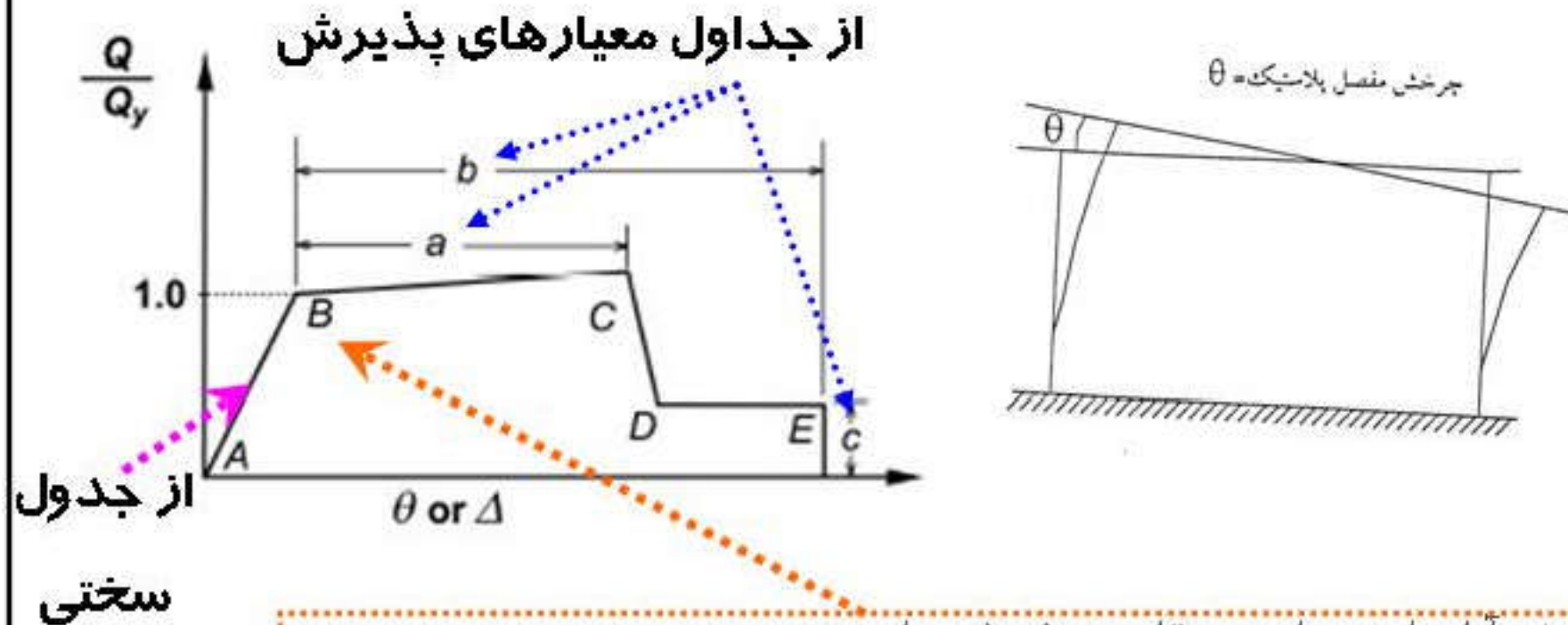
m ضریب افزایش ظرفیت در روش خطی (بر مبنای رفتار غیر خطی):

□ ستونها :

				سطح عملکرد			
				نوع عضو			
				اصلی		غیر اصلی	
	شرایط		IO	LS	CP	LS	CP
$\frac{P}{A_g f'_c}$	آرماتور عرضی	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$					
≤ 0.1	C	≤ 3	2	3	4	4	5
≤ 0.1	C	≥ 6	2	2.4	3.2	3.2	4
≥ 0.4	C	≤ 3	1.25	2	3	3	4
≥ 0.4	C	≥ 6	1.25	1.6	2.4	2.4	3.2
≤ 0.1	NC	≤ 3	2	2	3	2	3
≤ 0.1	NC	≥ 6	2	1.6	2.4	1.6	2.4
≥ 0.4	NC	≤ 3	1.25	1.5	2	1.5	2
≥ 0.4	NC	≥ 6	1.25	1.5	1.75	1	1.6



مدلسازی منحنی رفتار غیر خطی تیر



□ روند آبا برای محاسبه مقاومت خمشی با

$$f_c = 1.5 f_c^{nominal} \quad f_y = 1.25 f_y^{nominal} \quad \text{ضوابط زیر:}$$

ضرایب ایمنی جزئی بتن و فولاد = 1



معیارهای پذیرش

۲- روشهای غیرخطی:

✓ پارامتر کنترل شونده توسط نیرو (مثل نیروی برشی)

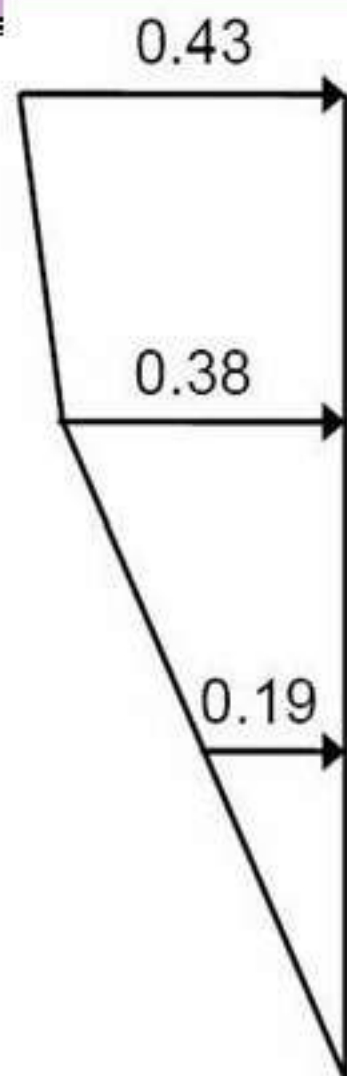
رابطه کنترل □ $kQ_{CL} > Q_{UF}$

✓ پارامتر کنترل شونده توسط تغییر شکل (مثل لنگر خمشی)

□ کنترل از طریق محدودیتهای تغییر شکلی انجام می شود .



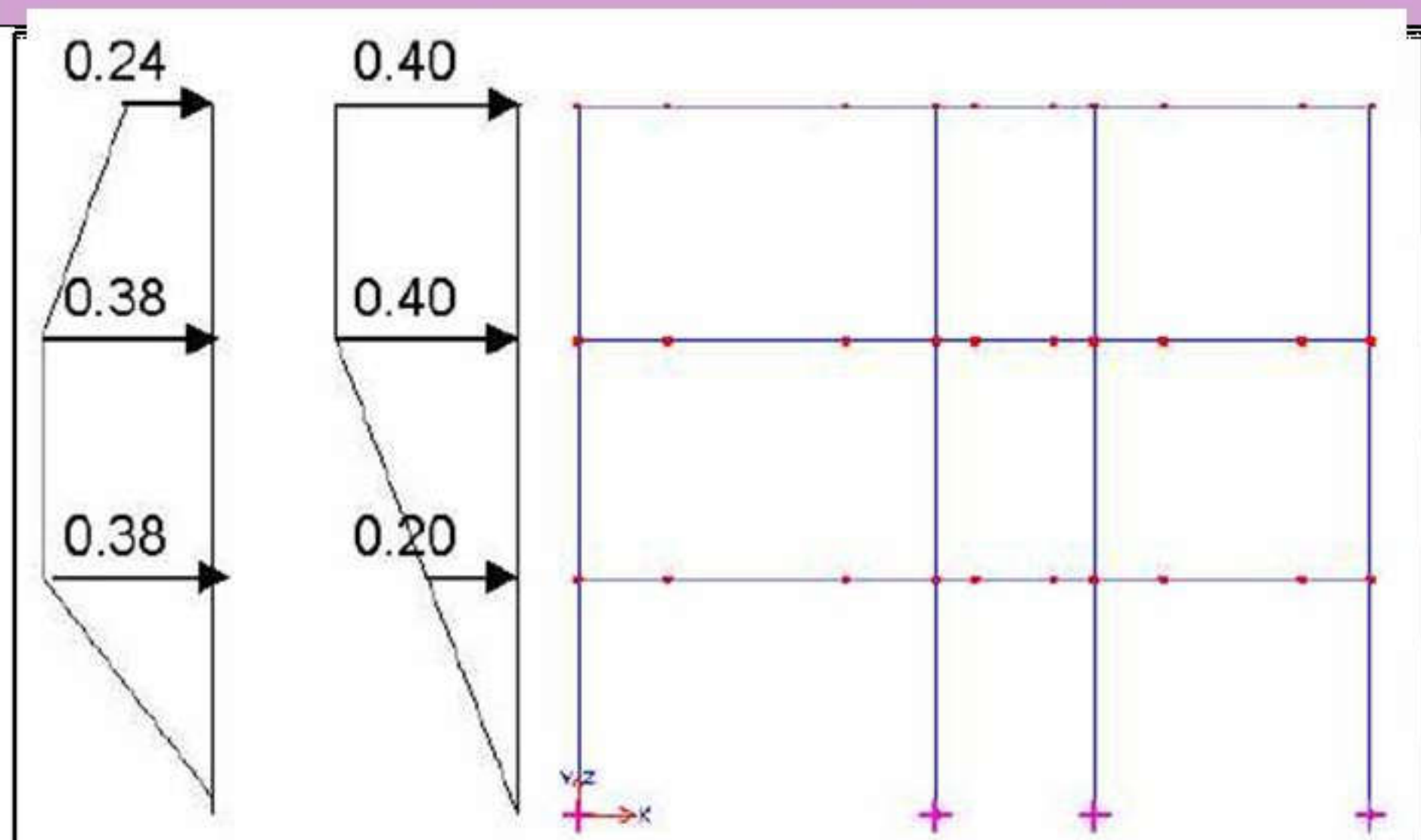
روش استاتیکی خطی: توزیع بار جانبی



	1	2	3	4	5	6
9	9		10		11	12
		12		15		18
1	1	2	3	4	5	6
8	5		6		7	8
		11		14		17
1	1	2	3	4	5	6
7	1		2		3	4
		10		13		16



روش استاتیکی غیر خطی: توزیع بارهای جانبی



زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی :

□ تیرها :

جدول (۶-۷): پارامترهای مدلسازی و معیارهای کمی پذیرش برای روشهای غیرخطی - تیرهای بتن مسلح

معیارهای پذیرش ^۱				پارامترهای مدلسازی ^۱			شرایط	
زاویه دوران خمیری، رادیان				نسب مقاومت باقیمانده	زاویه دوران خمیری، رادیان			
سطح عملکرد								
نوع عضو								
غیر اصلی		اصلی		IO	c	b		a
CP	LS	CP	LS					

الف - تیرهایی که با خمش کنترل می‌شوند^۲.

								$3.77 \frac{V}{b_w d \sqrt{f_c}}$	آرماتور ^۳ عرضی	$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$
۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۱۰	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۲۵	≤ 3	C	$\leq 0/0$
۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۴	۰/۰۲	≥ 6	C	$\leq 0/0$
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۲	≤ 3	C	$\geq 0/5$
۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۱۵	≥ 6	C	$\geq 0/5$
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۲	≤ 3	NC	$\leq 0/0$
۰/۰۱۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱۵	۰/۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱	≥ 6	NC	$\leq 0/0$
۰/۰۱۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱	≤ 3	NC	$\geq 0/5$
۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱۵	۰/۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵	≥ 6	NC	$\geq 0/5$



زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی :

□ تیرها :

جدول (۶-۷): پارامترهای مدلسازی و معیارهای کمی پذیرش برای روشهای غیرخطی - تیرهای بتن مسلح

معیارهای پذیرش ^۱				پارامترهای مدلسازی ^۱			شرایط	
زاویه دوران خمیری، رادیان				نسب مقاومت باقیمانده	زاویه دوران خمیری، رادیان			
سطح عملکرد								
نوع عضو								
غیر اصلی		اصلی		IO	c	b		a
CP	LS	CP	LS					

ب - تیرهایی که با برش کنترل می‌شوند^۲.

۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۱۵	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۰۳۰	$d/2 \leq$ فاصله خاموتها
۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۱۵	۰/۲	۰/۰۱	۰/۰۰۳۰	$d/2 >$ فاصله خاموتها

ج - تیرهایی که توسط طول گیرایی یا وصله کنترل می‌شوند^۲.

۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۱۵	۰/۰	۰/۰۲	۰/۰۰۳۰	$d/2 \leq$ فاصله خاموتها
۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۱۵	۰/۰	۰/۰۱	۰/۰۰۳۰	$d/2 >$ فاصله خاموتها

د - تیرهایی که توسط طول گیرایی در اتصال تیر - ستون کنترل می‌شوند^۲.

۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۱۵	
------	------	-------	------	------	-----	------	-------	--



زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی :

□ ستونها :

جدول (۶-۸): پارامترهای مدل سازی و معیارهای کمی پذیرش برای روشهای غیرخطی - ستونهای بتن مسلح

معیارهای پذیرش ^۱				پارامترهای مدل سازی ^۱			شرایط	
زاویه دوران خمیری، رادیان				نسب مقاومت باقیمانده	زاویه دوران خمیری، رادیان			
سطح عملکرد								
نوع عضو								
غیر اصلی		اصلی		10	c	b		a
CP	LS	CP	LS					

الف - ستونهایی که با خمش کنترل می شوند^۲.

								$3.77 \frac{V}{b_w d \sqrt{f_c}}$	آرماتور عرضی ^۲	$\frac{P}{A_g f_c}$
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۲	≤ ۳	C	≤ ۰/۱
۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	≥ ۶	C	≤ ۰/۱
۰/۰۲۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳	۰/۲	۰/۰۲۵	۰/۰۱۵	≤ ۳	C	≥ ۰/۴
۰/۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۱۲	≥ ۶	C	≥ ۰/۴
۰/۰۱۵	۰/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	≤ ۳	NC	≤ ۰/۱
۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	≥ ۶	NC	≤ ۰/۱
۰/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۲	۰/۰۱	۰/۰۰۳	≤ ۳	NC	≥ ۰/۴
۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	≥ ۶	NC	≥ ۰/۴



زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی :

□ ستونها :

جدول (۶-۸): پارامترهای مدلسازی و معیارهای کمی پذیرش برای روشهای غیرخطی - ستونهای بتن مسلح

معیارهای پذیرش ^۱				پارامترهای مدلسازی ^۱			شرایط
زاویه دوران خمیری، رادیان				نسب مقاومت باقیمانده	زاویه دوران خمیری، رادیان		
سطح عملکرد							
نوع عضو							
غیر اصلی		اصلی					
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a

ب - ستونهایی که با برش کنترل می شوند^۲ و^۵.

تمام حالات ^۴	—	—	—	—	—	—	—	—
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

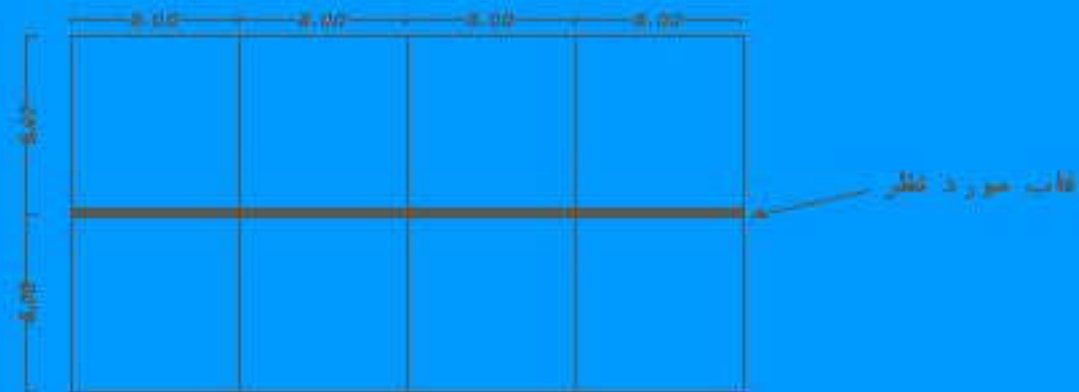
ج - ستونهایی که توسط طول گیرایی یا وصله کنترل می شوند^۲ و^۵.

$d/2 \leq$ فاصله تنگها	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
$d/2 >$ فاصله تنگها	۰/۰	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱

د - ستونهایی که نیروی محوری آنها از $70\% P_o$ متجاوز است^۲ و^۵.

در تمام طول ستون تنگها، واجد شرایط هستند	۰/۰۱۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
بقیه حالات	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰





قابهای بتنی مسلح با شکل پذیری متوسط با تعداد طبقات :

□ ۴ طبقه

□ ۶ طبقه

□ ۸ طبقه

□ ۱۰ طبقه



روشهای تحلیل سازه در این مطالعه :

۱- روشهای خطی :

□ استاتیکی

□ دینامیکی

۲- روشهای غیر خطی :

□ استاتیکی

□ دینامیکی



نتایج ارزیابی مدلها:

✓ روش های خطی

□ لنگر خمشی

• رابطه کنترل

$$mkQ_{CE} > Q_{UD}$$

$$Q_{CE} \rightarrow M_{CE}$$

$$Q_{UD} \rightarrow M_{UD}$$

+ نیاز به بهسازی نمی باشد $\Rightarrow mkM_{CE} \geq M_{UD}$

× نیاز به بهسازی می باشد $\Rightarrow mkM_{CE} < M_{UD}$

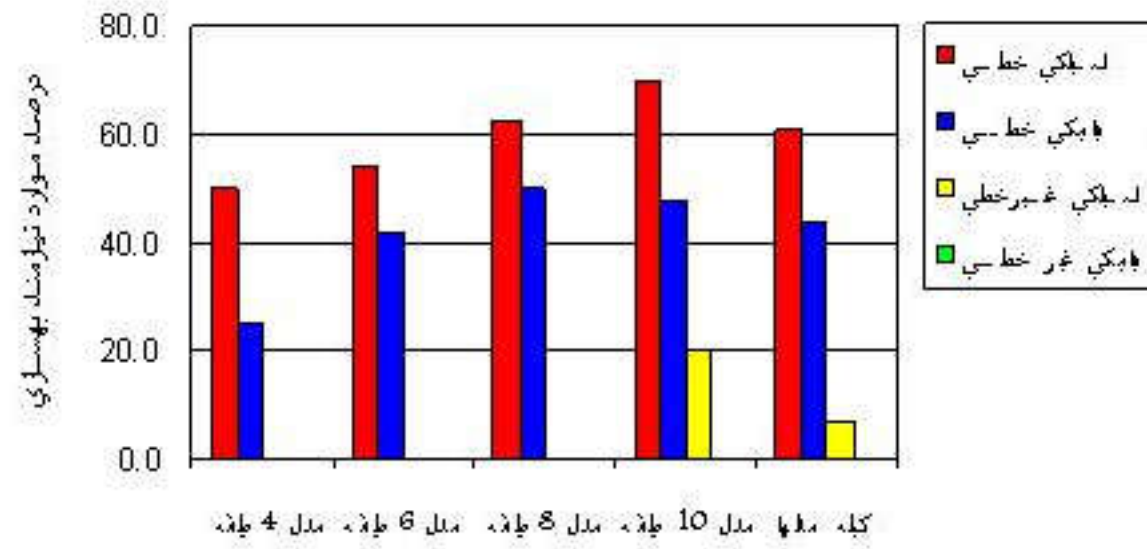


• نتایج بررسی در روش های خطی

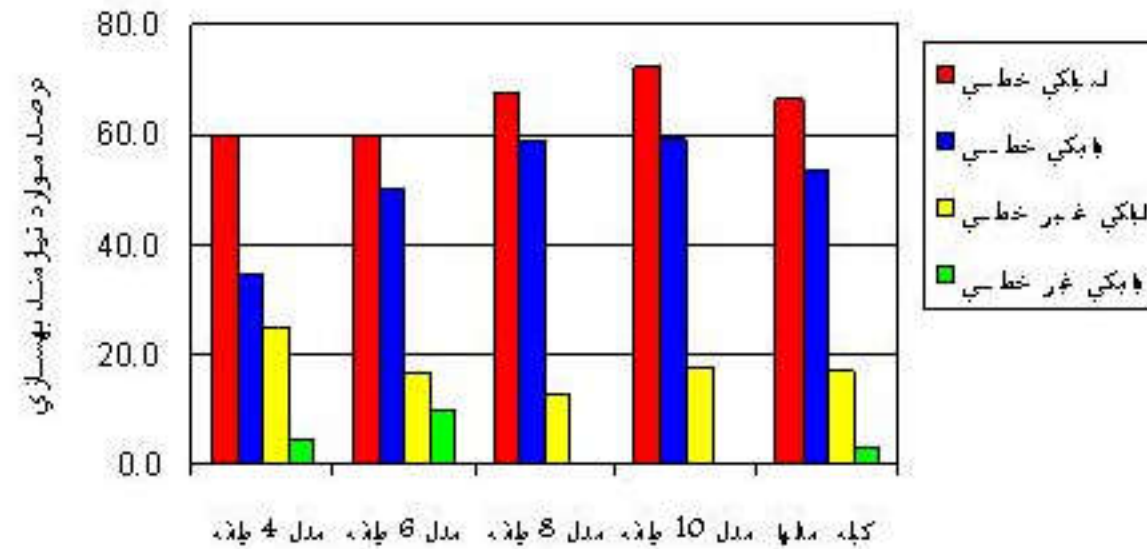
انتهای				ابتدای											
لگر خمشی مویی				لگر خمشی مویی				لگر خمشی مویی				لگر خمشی مویی			
لج، کیزل	m	md	md/m	لج، کیزل	m	md	md/m	لج، کیزل	m	md	md/m	لج، کیزل	m	md	md/m
طابق	شماره عنصر														
x	2.00	2.52	1.26	+	6.00	5.80	0.97	x	2.10	2.93	1.40	x	2.10	2.49	1.19
x	2.08	2.53	1.22	+	6.00	5.78	0.96	x	2.12	2.78	1.31	x	2.12	2.48	1.17
+	4.26	2.27	0.53	+	6.00	4.44	0.74	+	2.53	2.40	0.95	+	2.70	2.22	0.82
+	4.01	1.56	0.39	+	6.00	1.48	0.25	+	4.28	2.04	0.48	+	3.79	1.55	0.41
x	2.10	2.52	1.20	+	6.00	5.73	0.96	x	2.10	2.49	1.19	x	2.10	2.49	1.19
x	2.12	2.48	1.17	+	6.00	5.53	0.92	x	2.12	2.48	1.17	x	2.12	2.48	1.17
+	2.70	2.19	0.81	+	6.00	4.13	0.69	+	2.70	2.22	0.82	+	2.70	2.22	0.82
+	4.32	1.33	0.31	+	6.00	1.52	0.25	+	4.28	2.04	0.48	+	3.79	1.55	0.41



□ تیرها :



□ ستونها :



نتیجه گیری :

۱- دستورالعمل بهسازی ، تعدادی از اعضای سازه های بررسی شده را نیازمند بهسازی معرفی می کند .

۲- کمترین نقاط ضعف در سازه ها در روش **دینامیکی غیر خطی** دیده میشود ، روشهای استاتیکی غیر خطی و دینامیکی خطی پس از آن قرار داشته و **بیشترین** نقاط ضعف در روش **استاتیکی خطی** دیده می شود .



فصل ۶ بهسازی سازه های بتنی

کلیات

۶-۴- سیستم های سازه ای
بتنی

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی

۶-۵- اجزای سازه ای
بتنی

ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی

دیوارهای برشی بتنی

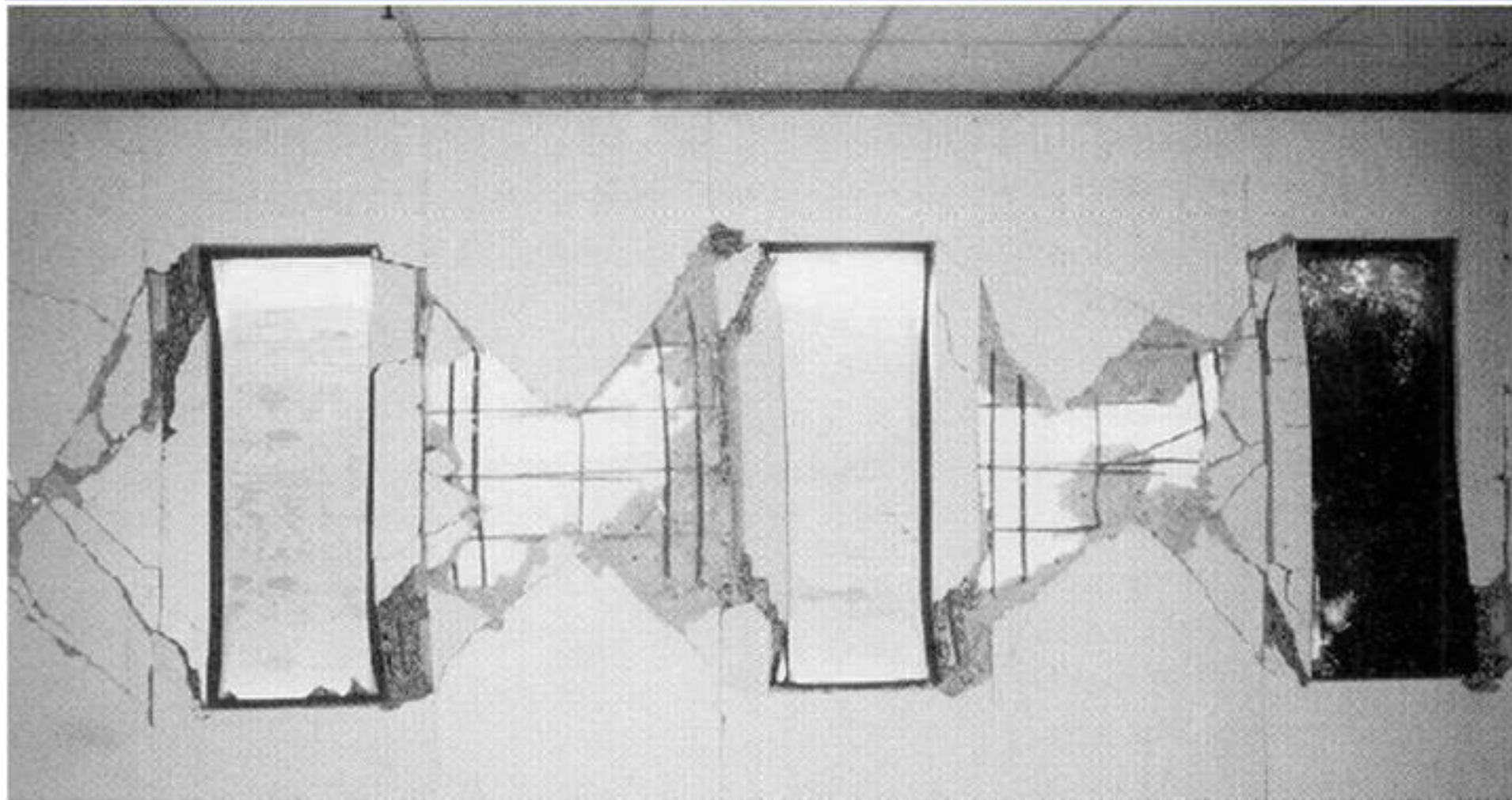
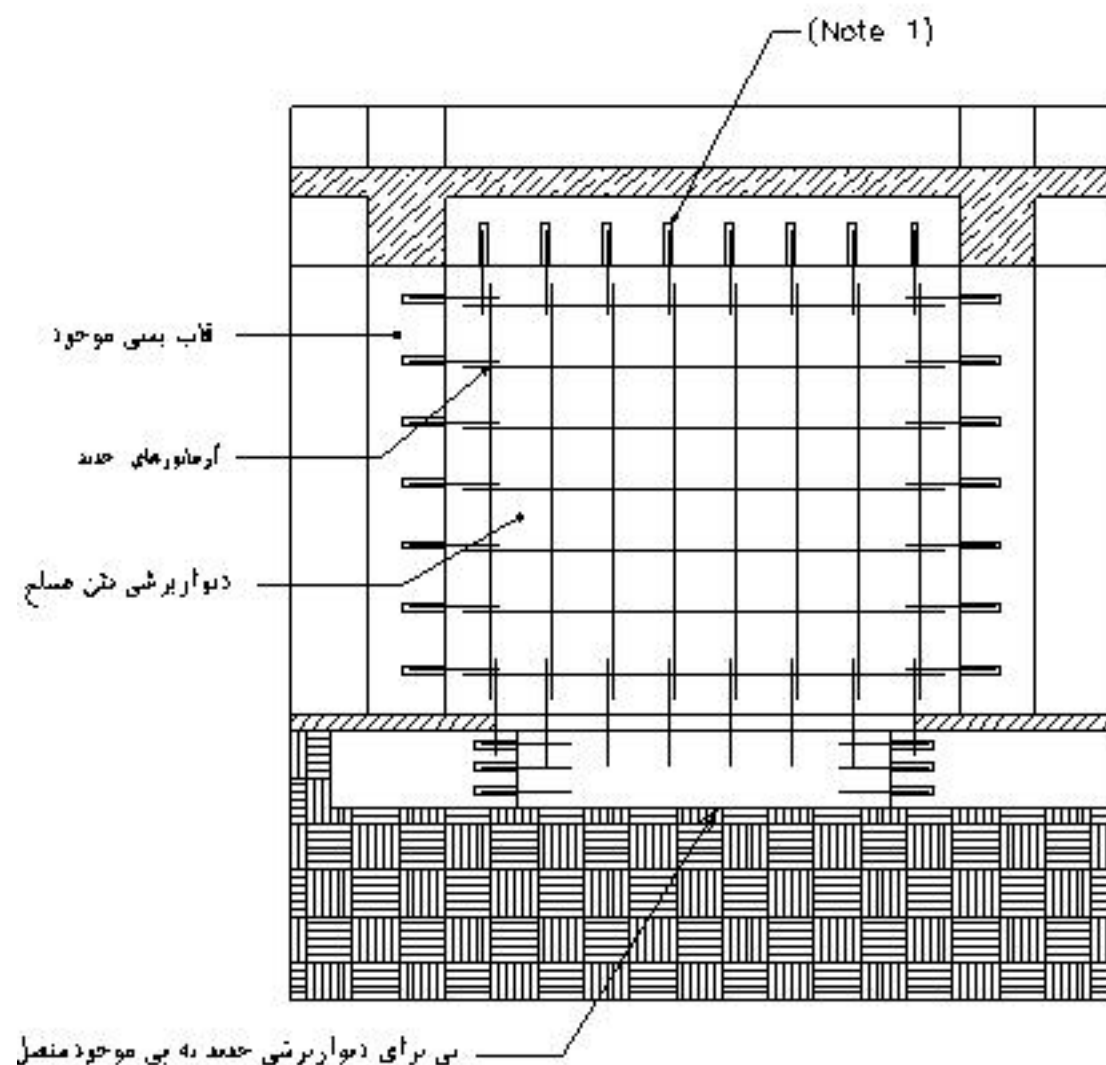


Figure 4. Damaged concrete shear wall (Osteraas and Somers 1996).

توضیحات :

۱- آرماتورهای ریشه جدید با استفاده از ابوکسی در سوراخهایی که ایجاد شده اند قرار گیرند .

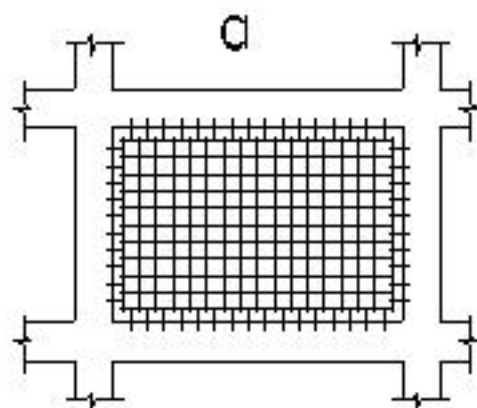
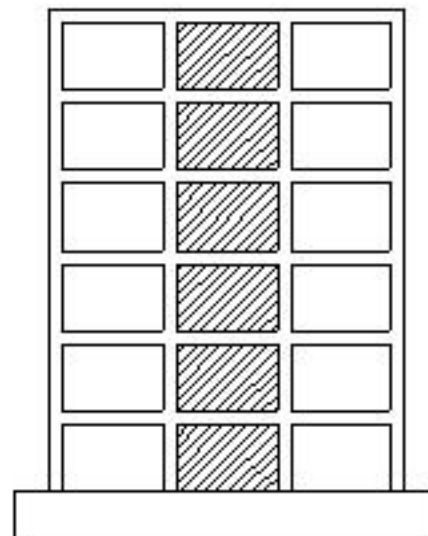
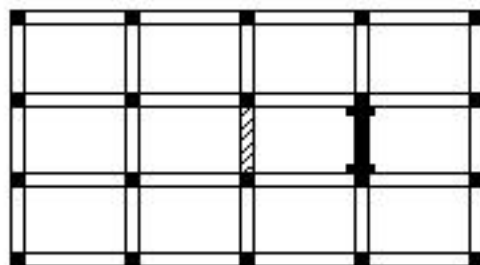


اصافه کردن دیوار برشی جدید در یک قاب بتنی موجود [1]

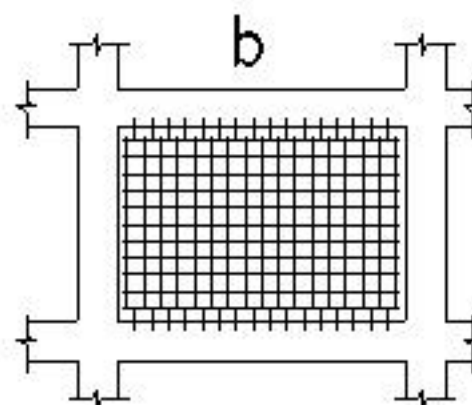
شماره نقشه :

۷ - ۲

توضیحات :



دیواربرکننده متصل به ستونها



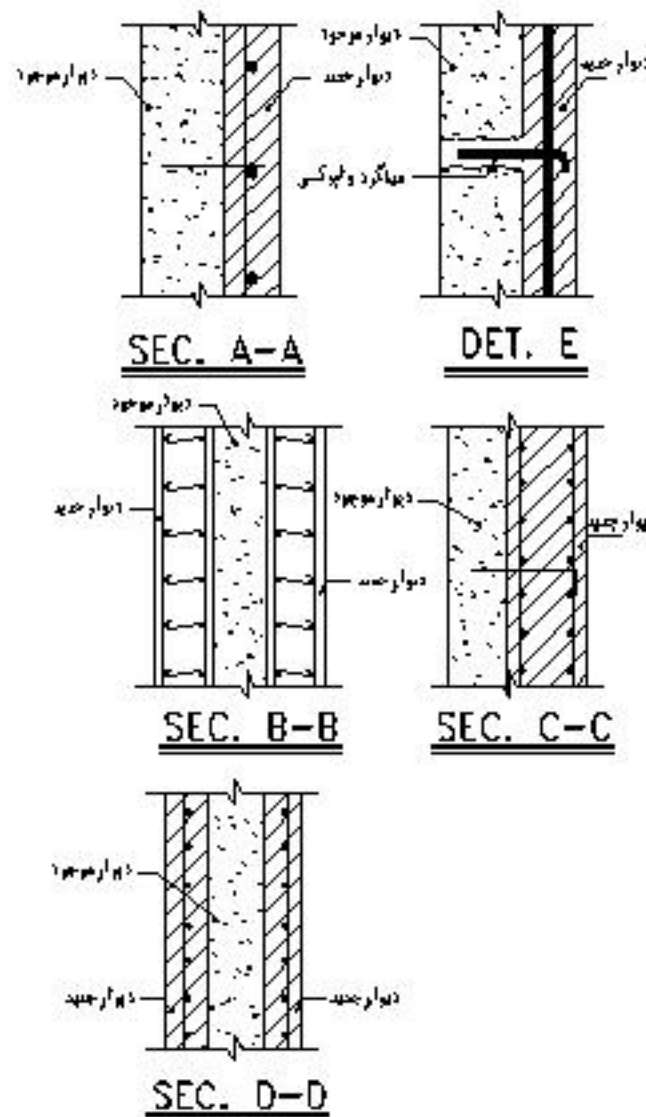
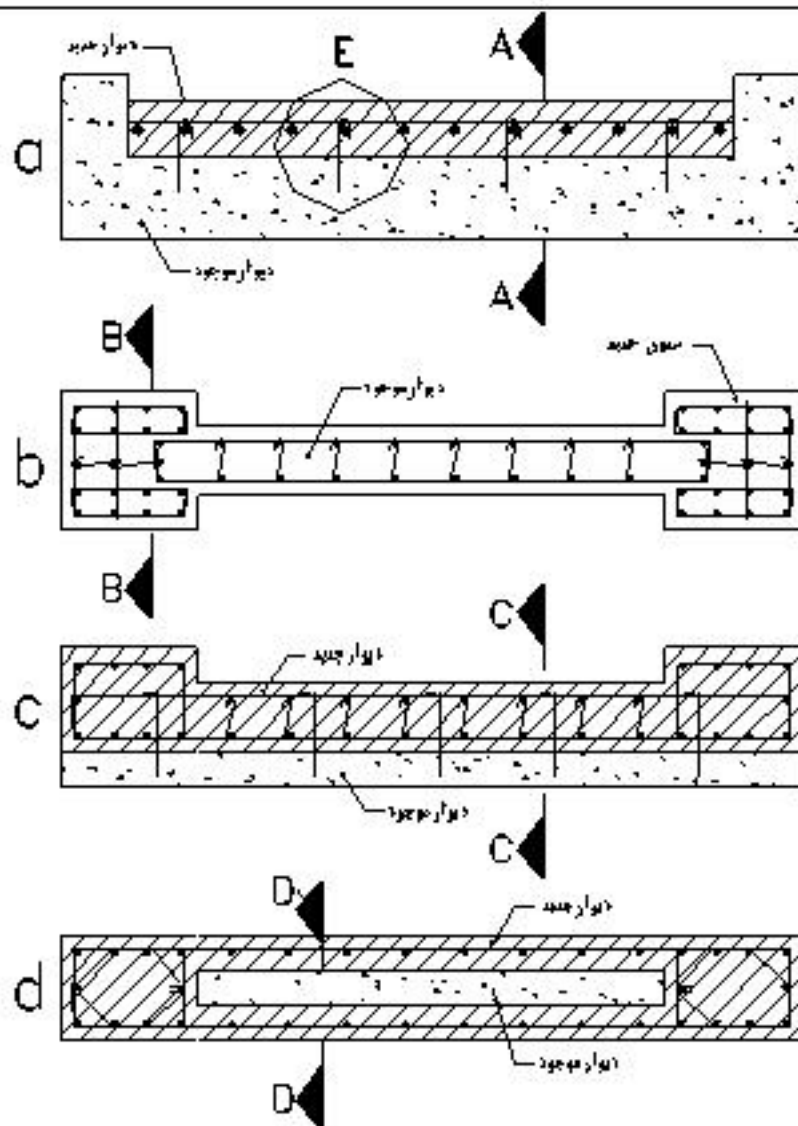
دیواربرکننده منفصل از ستونها

استفاده از دیوارهای پرکننده [2]

شماره نقشه :

۹ - ۲

توضیحات :



بهسازی دیوارهای برشی و ستونهای طرفین آن از یک یاد و طرف [2]

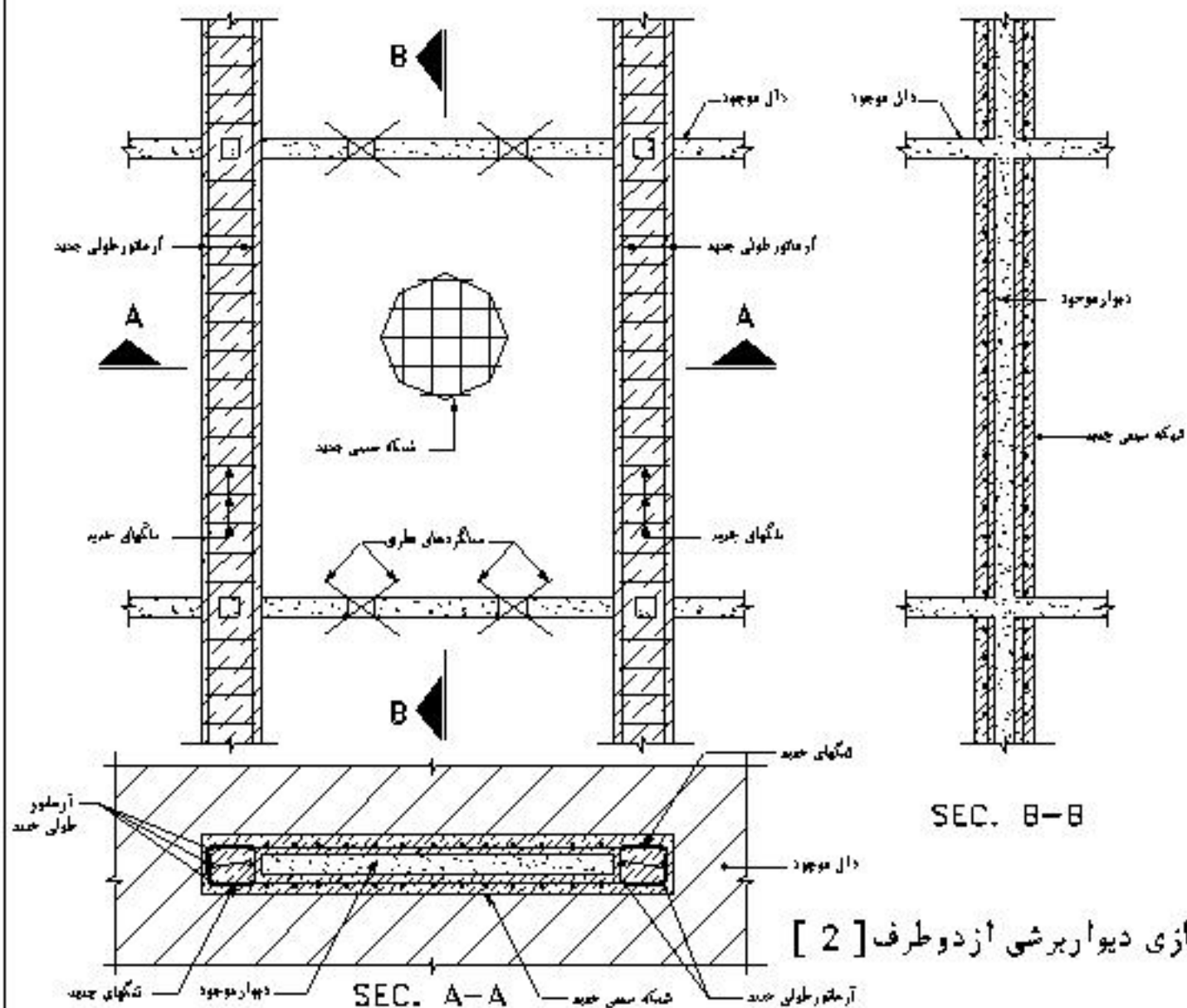
شماره نقشه :

۱۴ - ۲

توضیحات :

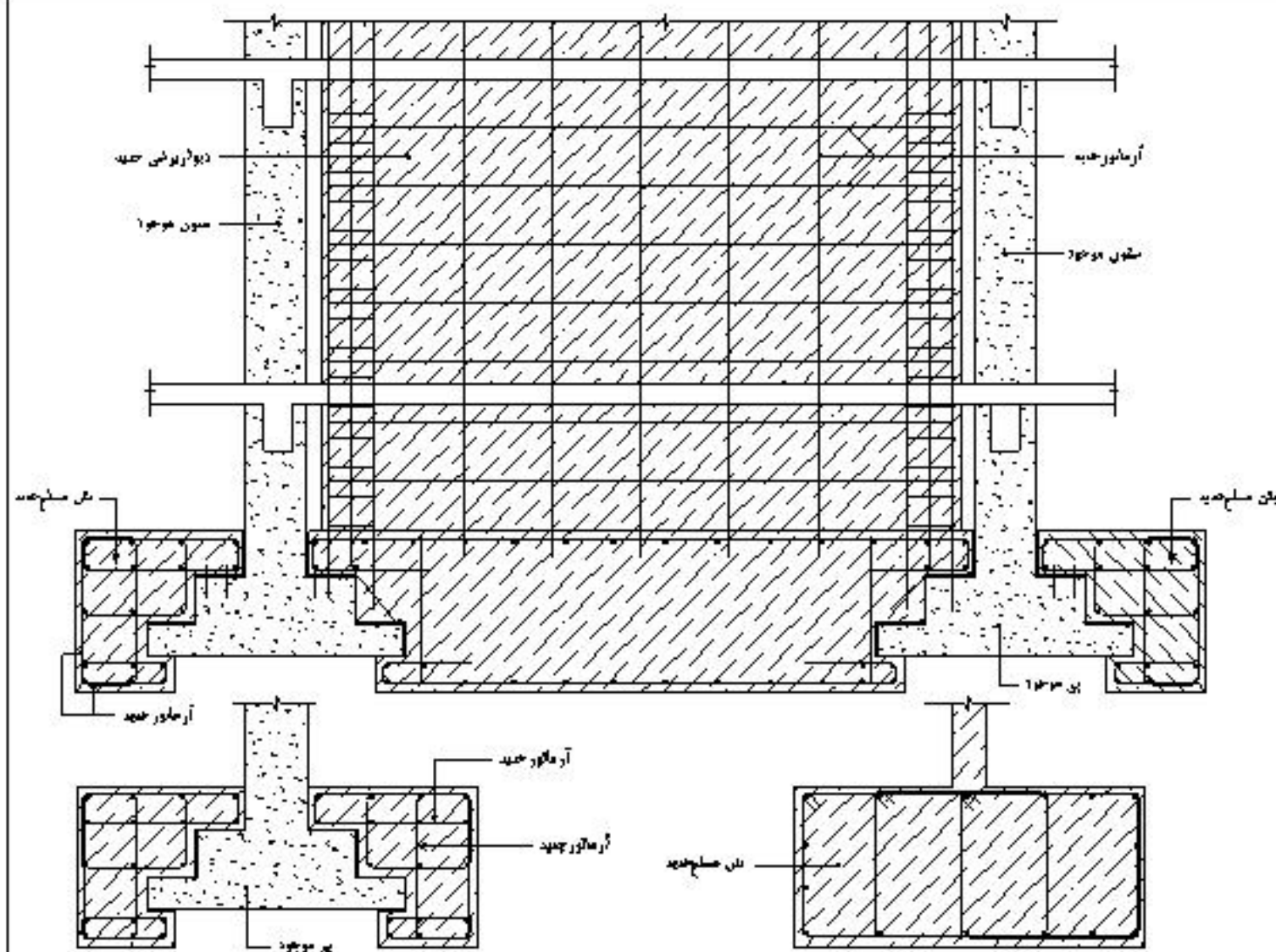
شماره نقشه :

۱۵ - ۲



بهسازی دیواربرشی از دو طرف [2]

توضیحات :



بهسازی پی برای دیوار برشی جدید [2]

شماره نقشه :

۴۵ - ۲

- دیوارهای برش یکپارچه و قطعات دیوار؛
- ستونهای بتن مسلحی که دیوارهای برشی ناپیوسته بر آنها اتکا دارند؛
- تیرهای کوپله بتن مسلح.

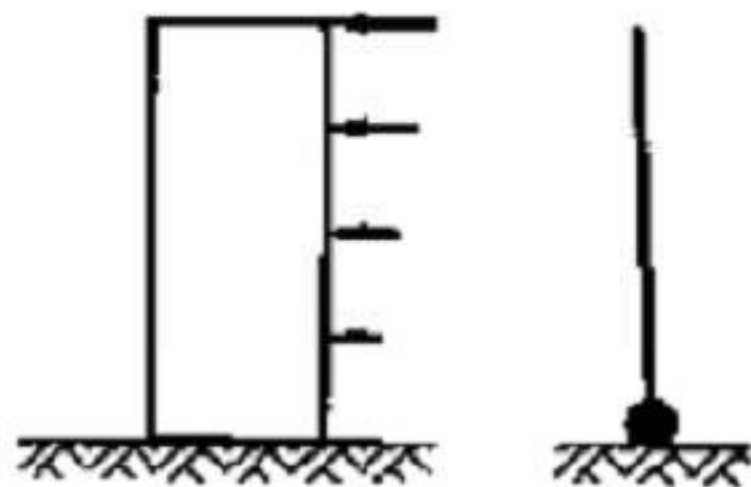
ملاحظات کلی
سختی
مقاومت
معیارهای پذیرش
معیارهای بهسازی



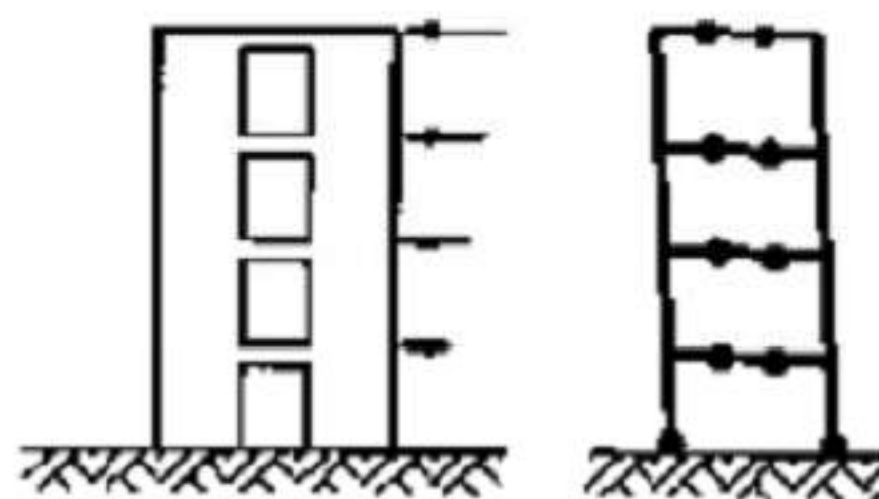
ملاحظات کلی در ارزیابی دیوارها

- (۱) اگر نیروی محوری فشاری دیوار بیشتر از $0.35 P_0$ باشد (P_0 ظرفیت فشاری نهایی دیوار در غیاب لنگر خمشی است)، این دیوار در سیستم باربر جانبی در نظر گرفته نمی‌شود.
- (۲) حداکثر فاصله افقی و عمودی آرماتورهای دیوار نباید از 45 cm بیشتر باشد.
- (۳) نسبت آرماتور افقی و نسبت آرماتور قائم دیوار برشی نباید از 0.0025 کوچکتر باشد مگر اینکه فاصله آرماتورها در دو جهت از 45 cm کمتر بوده و نیروی برشی نهایی موجود از مقاومت برشی اسمی دیوار کمتر باشد.
- (۴) دیوار برشی را می‌توان بصورت المان تیر - ستون و با در نظر گرفتن اثر کنش نیروی محوری و لنگر خمشی مدل نمود.





*Cantilever structural walls
and mechanism*



*Coupled structural walls
and mechanism*

Walls of Structural Concrete



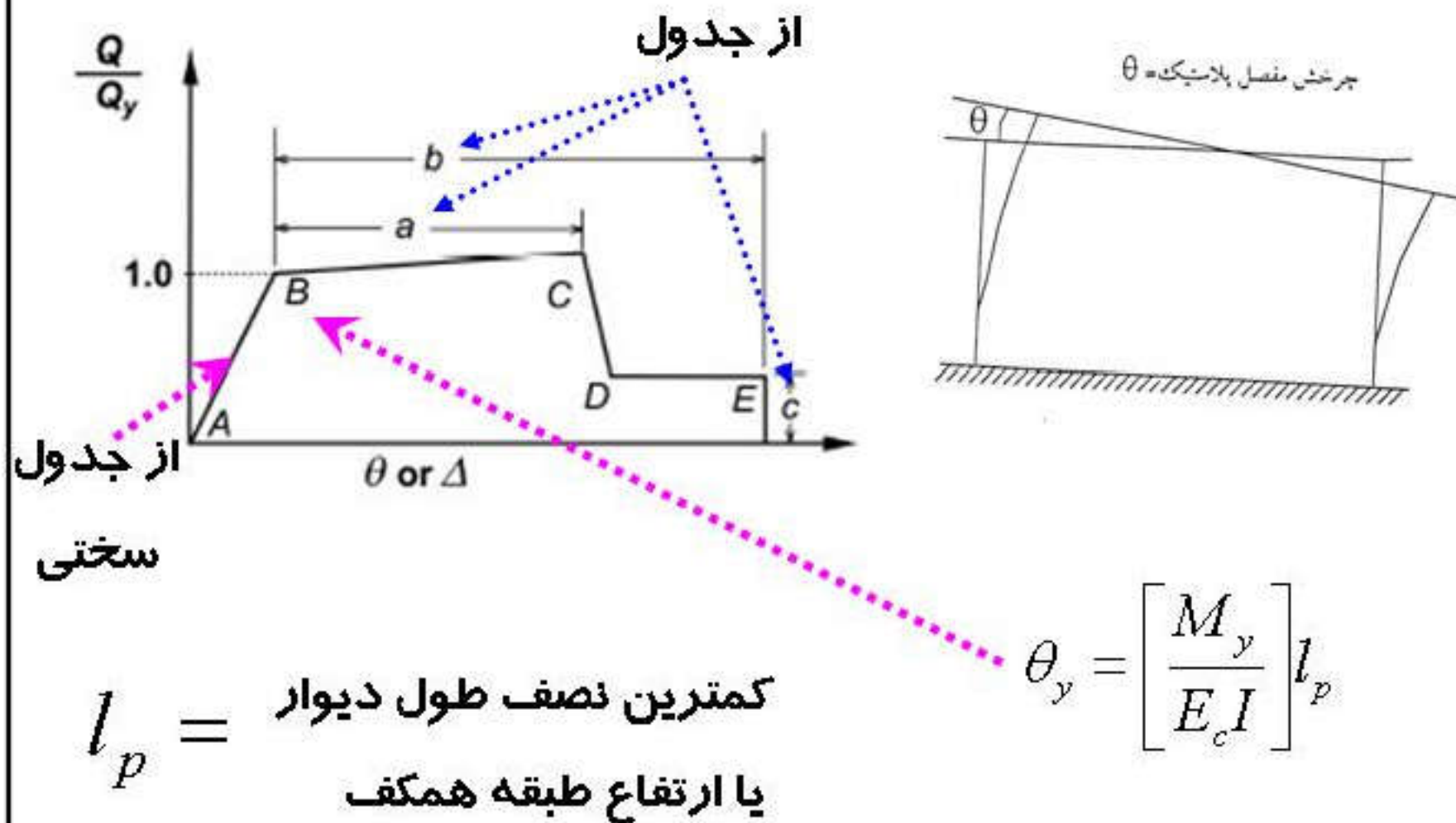
۵) اگر نسبت ارتفاع دیوار به طول آن در صفحه دیوار بیشتر از ۳ باشد، دیوار برشی «لاغر» در نظر گرفته می‌شود. اگر این نسبت کوچکتر از ۱/۵ باشد، دیوار برشی، «کوتاه» فرض می‌گردد.

۶) رفتار دیوارهای برشی لاغر، کنترل‌شونده توسط خمش است یعنی بروز رفتار غیرخطی در آنها با رفتار غیرخطی خمشی شروع می‌شود.

۷) رفتار دیوارهای برشی کوتاه کنترل‌شونده توسط برش است یعنی بروز رفتار غیرخطی در آنها با رفتار غیرخطی برشی شروع می‌شود.



مدلسازی منحنی رفتار دیوار در روش استاتیکی غیرخطی: کنترل با **خمش**



زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی: □ اعضای کنترل شونده با خمش

جدول (۶-۱۶): پارامترهای مدلسازی و معیارهای کمی پذیرش برای روشهای غیرخطی - اعضای کنترل شونده با خمش

معیارهای پذیرش				پارامترهای مدل‌سازی ^۱			شرایط
زاویه دوران خمیری، رادیان				نسبت مقاومت باقیمانده	زاویه دوران خمیری، رادیان		
سطح عملکرد							
نوع عضو		IO					
غیر اصلی ^۲	اصلی						
CP	LS	CP	LS	c	b	a	

الف - دیوارهای برشی										
								معصورشدگی مرزی	$3.77 \frac{\text{shear}}{I_w I_w \sqrt{f_c}}$	$\frac{(A_g - A'_g)f_y + P}{I_w I_w f_c}$
۰/۰۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۷۵	۰/۰۲۰	۰/۰۱۵	بله	≤ 3	$\leq 0/1$
۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۴۰	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	بله	≥ 6	$\leq 0/1$
۰/۰۱۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۶۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹	بله	≤ 3	$\geq 0/25$
۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۵	۰/۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	بله	≥ 6	$\geq 0/25$
۰/۰۱۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۶۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۸	خیر	≤ 3	$\leq 0/1$
۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	خیر	≥ 6	$\leq 0/1$
۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۲۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	خیر	≤ 3	$\geq 0/25$
۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	خیر	≥ 6	$\geq 0/25$



زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی: □ اعضای کنترل شونده با خمش

جدول (۶-۱۶): پارامترها مدلسازی و معیارهای کمی پذیرش برای روشهای غیر خطی - اعضای کنترل شونده با خمش

معیارهای پذیرش				پارامترهای مدلسازی ^۱			شرایط
زاویه دوران خمیری، رادپان				نسبت مقاومت باقیمانده	زاویه دوران خمیری، رادپان		
سطح عملکرد					a		
نوع عضو							
غیر اصلی ^۲		اصلی					
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a

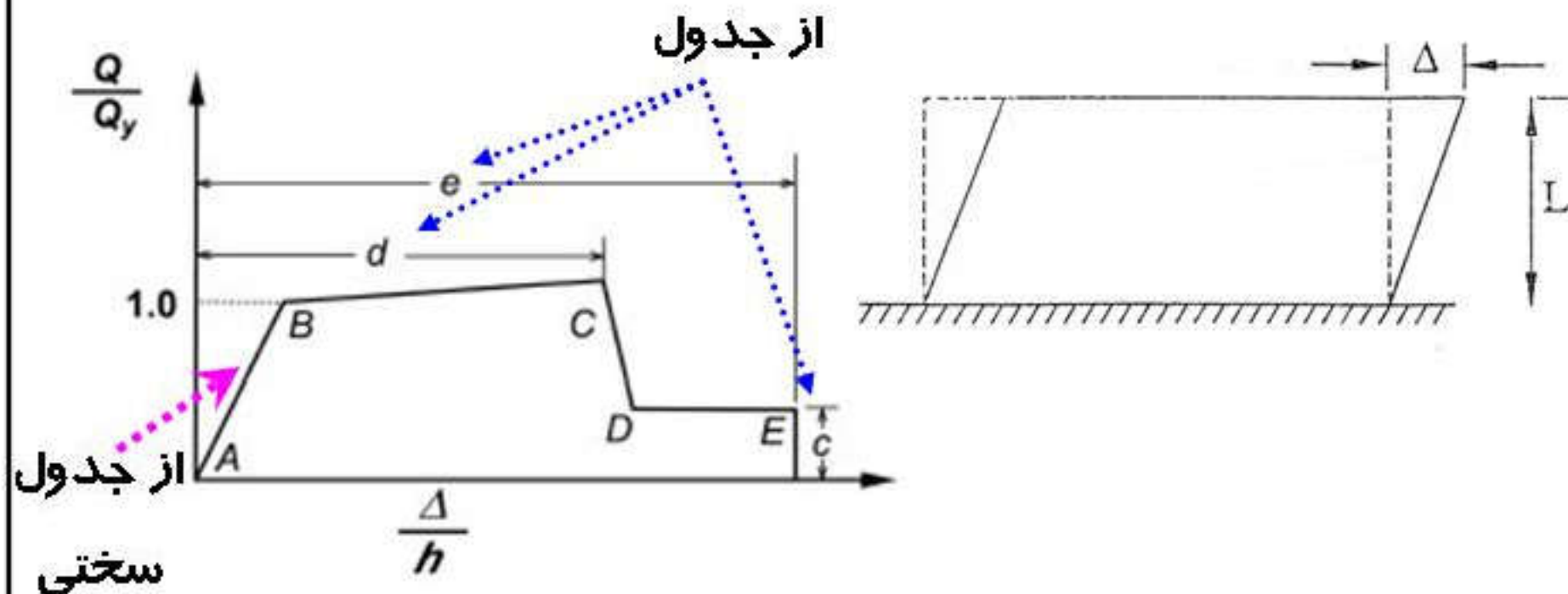
آرمانتور عرضی ^۳							
—	—	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰
—	—	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰

ج - تیرهای کوپله کننده دیوارهای برشی

								$3.77 \frac{\text{shear}}{t_w l_w \sqrt{f_c}}$	آرمانتورهای طولی و عرضی ^۴
۰/۰۵۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۱۰	۰/۷۵	۰/۰۵۰	۰/۰۲۵	≤ 3	آرمانتورهای طولی بهرزه
۰/۰۴۰	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۲	≥ 6	آرمانتور عرضی و یکدشرابط
۰/۰۳۵	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	۰/۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۲۰	≤ 3	آرمانتورهای طولی بهرزه
۰/۰۲۵	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۱۰	≥ 6	آرمانتور عرضی فاقدشرابط
۰/۰۵۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۱۸	۰/۰۰۶	۰/۸۰	۰/۰۵۰	۰/۰۳۰	—	آرمانتور قطری



مدلسازی منحنی رفتار دیوار در روش استاتیکی غیرخطی: کنترل با **برش**



زاویه مجاز دوران پلاستیک در روشهای غیر خطی: □ اعضای کنترل شونده با برش

جدول (۶-۱۷): پارامترها مدلسازی و معیارهای کمی پذیرش برای روشهای غیرخطی - اعضای کنترل شونده با برش

تغییر مکان نسبی کل مجاز (%) یا دوران عضو، رادیان ^۱				پارامترهای مدلسازی			شرایط
				نسبت مقاومت باقیمانده	تغییر مکان نسبی کلی (%) یا دوران عضو، رادیان ^۱		
سطح عملکرد							
نوع عضو							
غیر اصلی		اصلی		IO	c	e	d
CP	LS	CP	LS				

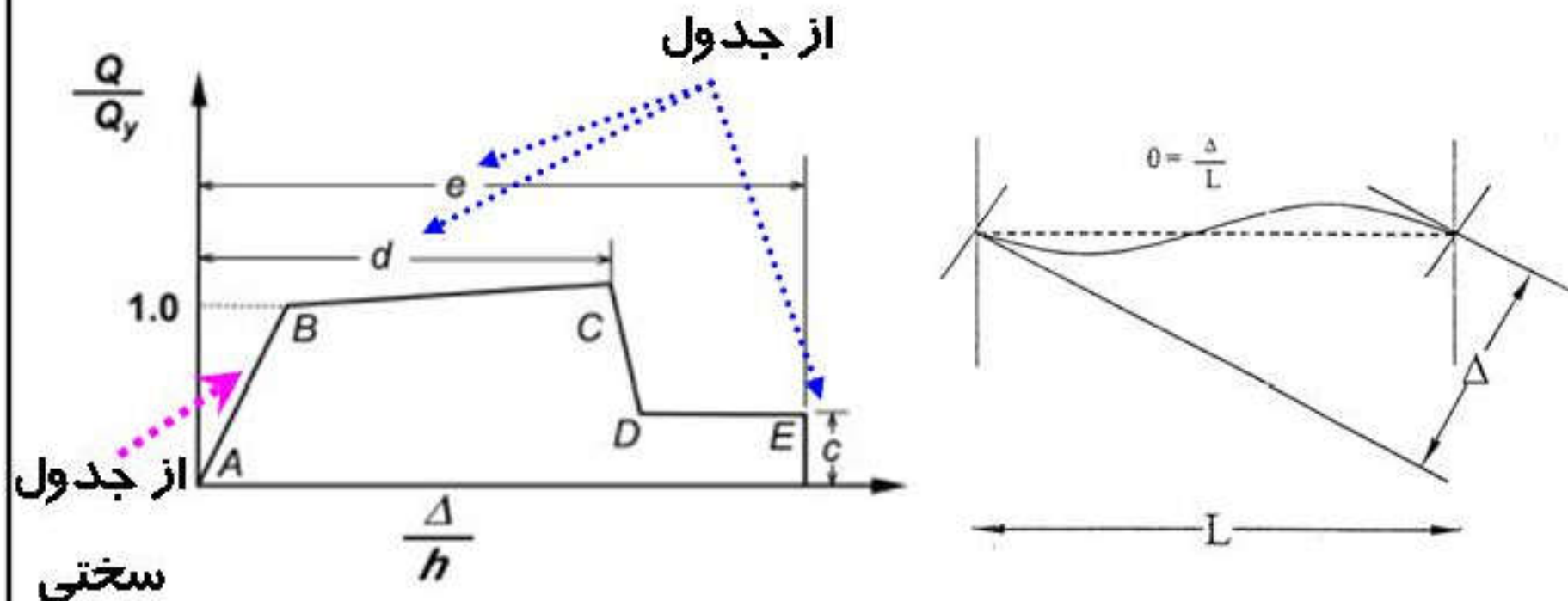
الف - دیوارهای برشی یا قطعات دیوار

۱/۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۲/۰	۰/۷۵	همه دیوارهای برشی و قطعات دیوار ^۲
-----	------	------	------	------	------	-----	------	--

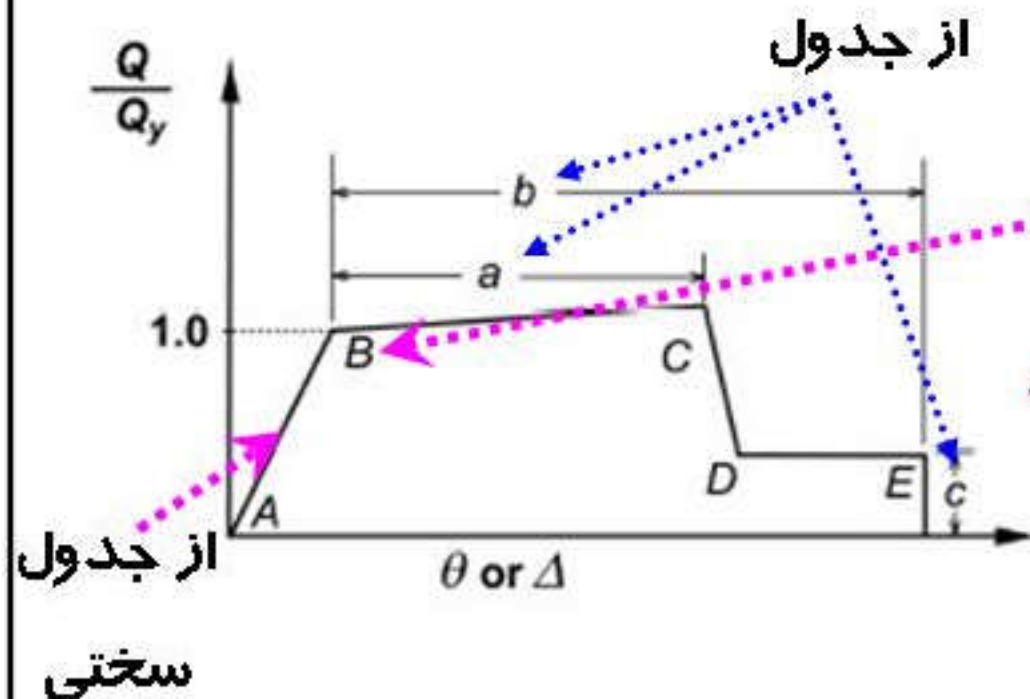
ب - تیرهای کوپله کننده دیوارهای برشی^۳

								$3.77 \frac{\text{shear}}{t_w l_w \sqrt{f_c}}$	آرماتورهای طولی و عرضی ^۴
۰/۰۳۰	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	۰/۶۰	۰/۰۲۰	۰/۰۰۲	≤ 3	آرماتور طولی
۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	۰/۳۰	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	≥ 6	محصور
۰/۰۲۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۴۰	۰/۰۲۵	۰/۰۱۲	≤ 3	آرماتور طولی
۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۲۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	≥ 6	محصور نشده

مدلسازی منحنی رفتار تیرهای کوپله در روش استاتیکی غیرخطی



مدلسازی منحنی رفتار دیوار در روش استاتیکی غیرخطی: کنترل با **خمش**



$$\theta_y = \left[\frac{M_y}{E_c I} \right] l_p$$

• در نقطه B تنها میلگرد در

عضو مرزی یا ۲۵٪ انتهای

مقطع

• در نقطه C تمام میلگردها

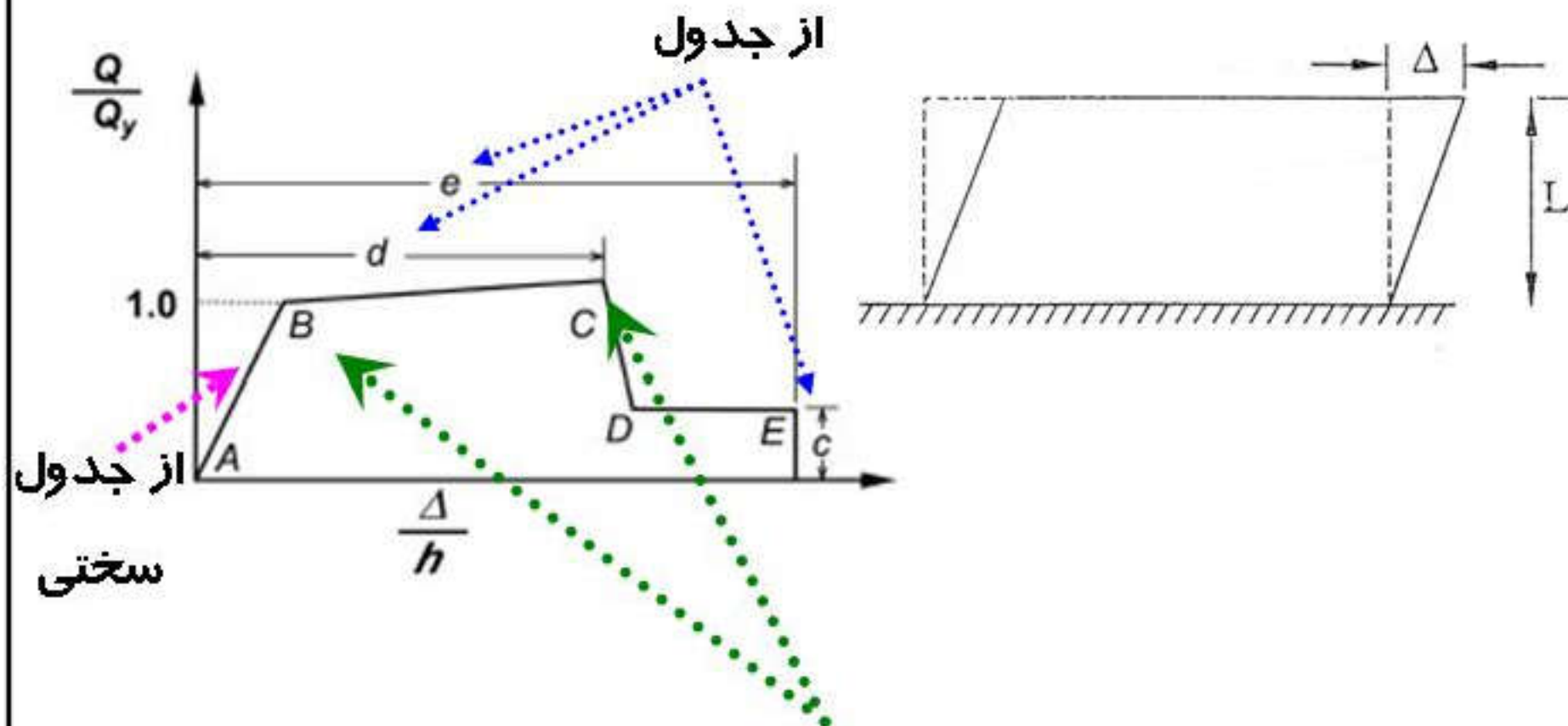
شامل میلگرد جان

• عرض موثر دیوار طبق آبا

$l_p =$ کمترین نصف طول دیوار
یا ارتفاع طبقه همکف



مدلسازی منحنی رفتار دیوار در روش استاتیکی غیرخطی: کنترل با **برش**

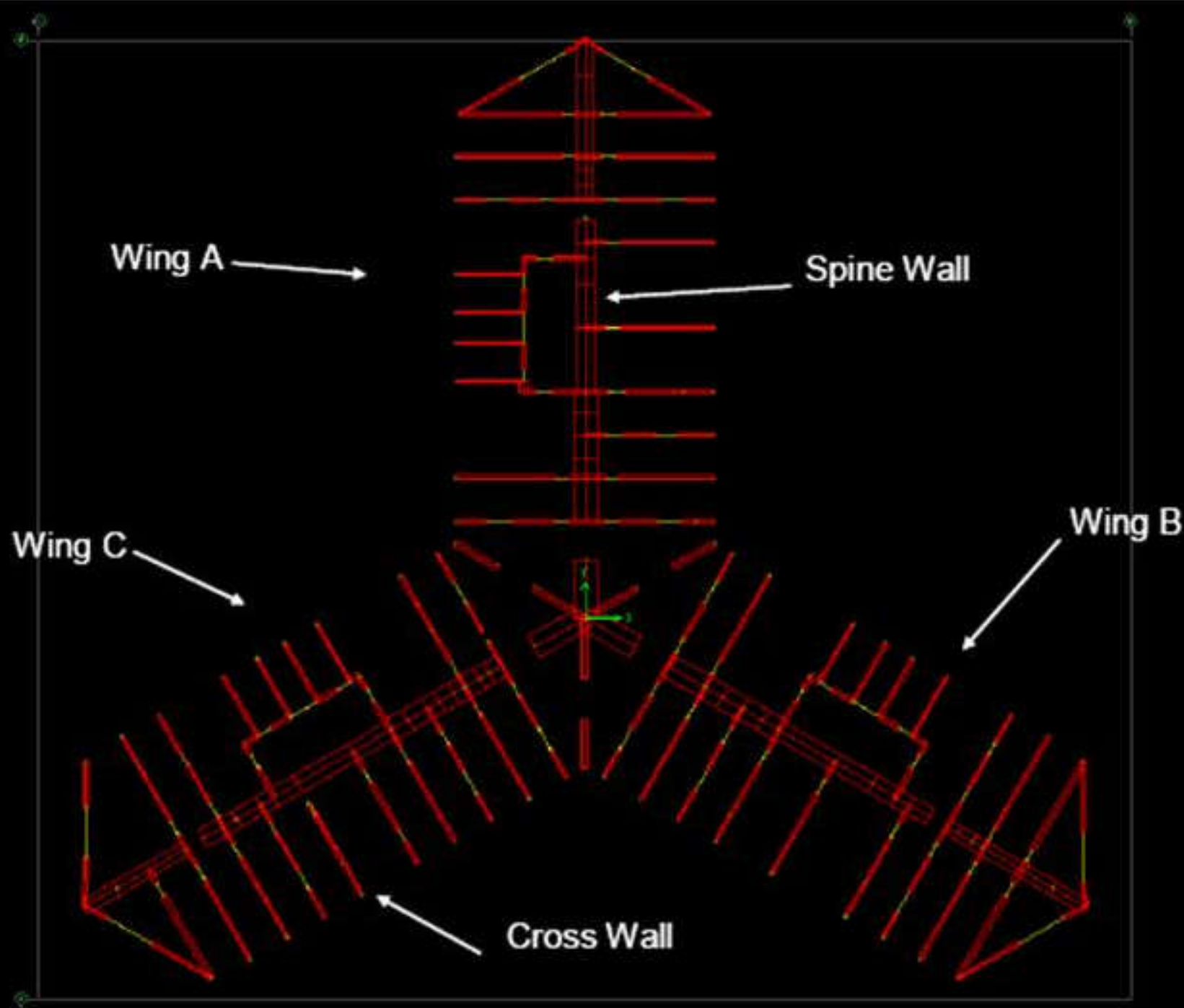


مطالعه موردی یک ساختمان بلند
(برج مسکونی)

با دیوار برشی



پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ————— عبدالرضا سروقدمقدم



مطالعه موردی یک ساختمان بلند (برج مسکونی) با دیوار برشی

(۱) در ساختمانهای با دیوار برابر، تمام دیوارها را می‌توان یا بدون ترک و یا ترک‌خورده فرض کرد. در ساختمانهایی که مقاومت در برابر بار جانبی یا توسط دیوارها به تنهایی و یا توسط ترکیبی از دیوار و قاب تأمین می‌گردد، تمام دیوارهای برشی باید بصورت ترک‌خورده فرض شوند. حالت اخیر با ساختمان برج مطابقت دارد.

(۲) دیوارهای ترک‌خورده یا بدون ترک سختی‌های برشی و محوری بدون تغییر و به ترتیب برابر با $0.4E_cA_w$ و E_cA_g می‌باشند (E_c مدول ارتجاعی بتن، A_w سطح مقطع افقی دیوار و I_g ممان اینرسی مقطع بتن دیوار حول محور عرضی آن می‌باشد). در دیوارهای ترک‌خورده سختی خمشی برابر $0.35E_cI_g$ و در دیوارهای ترک‌نخورده برابر $0.7E_cI_g$ فرض شدند.

(۳) با توجه به تأمین مقاومت جانبی بطور کامل توسط دیوارها، دیوارهای ساختمان برج همگی بصورت ترک‌خورده فرض شده‌اند.

محاسبه مقاومت‌های خمشی، فشاری و برشی

۱) مقدار مقاومت خمشی اسمی دیوارهای برشی با در نظر گرفتن اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی و طبق ضوابط آئین نامه بتن و با فرض ضرایب کاهش مقاومت برابر یک محاسبه می‌گردد.

۲) برای محاسبه مقاومت خمشی نهایی اسمی دیوار، تمام میلگردهای طولی مقطع کل دیوار به حساب آورده می‌شوند.

۳) در محاسبه مقاومت خمشی نهایی اسمی دیوار که کنترل‌شونده توسط تغییر شکل است از مقاومت‌های موردانتظار مصالح استفاده می‌شود. مقاومت موردانتظار بتن برابر متوسط مقادیر حاصل از آزمایش است که مساوی $1/5$ برابر مقاومت مشخصه آن فرض می‌شود. مقاومت موردانتظار فولاد برابر $1/25$ برابر مقاومت اسمی تسلیم آن می‌باشد که این ضریب برای در نظر گرفتن اثر اضافه مقاومت و سخت‌شدگی کرنش بکار می‌رود.

۴) در محاسبه مقاومت فشاری یا کششی نهایی اسمی دیوار که کنترل‌شونده توسط نیرو است، از کرانه پائین مقاومت مصالح استفاده می‌شود. کرانه پائین مقاومت مصالح برابر متوسط منهای یک انحراف معیار مقادیر مقاومت می‌باشد که مساوی f_c برای بتن و f_y برای فولاد فرض می‌گردد. ضرایب کاهش مقاومت بتن و فولاد در این محاسبه برابر یک فرض می‌شود.

۵) مقاومت برشی اسمی دیوار برشی طبق ضوابط آئین نامه بتن تعیین می‌شود.

محاسبه نیروهای داخلی طراحی دیوارها

نیروهای داخلی خمشی و برشی طراحی (Q_{UD}):

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E$$

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L) \quad \text{یا} \quad Q_G = 0.9Q_D$$

Q_{UD} = نیروی داخلی خمشی یا برشی طراحی دیوار؛

Q_E = نیروی داخلی ناشی از زلزله؛

Q_G = نیروی داخلی ناشی از بارهای ثقلی،

Q_D = نیروی داخلی ناشی از بارهای مرده،

Q_L = نیروی داخلی ناشی از ۲۵ درصد بار زنده آیین‌نامه‌ای بدون اثر کاهش سربار.

نیروهای داخلی فشاری طراحی دیوار (Q_{UF})

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C_1 C_2 C_3 J}$$

در رابطه فوق J ضریب کاهش بار است. بطور ساده J را می‌توان در مناطق با خطر نسبی زلزله بسیار زیاد و زیاد برابر ۲، در مناطق با خطر نسبی متوسط برابر ۱/۵ و در مناطق با خطر نسبی کم برابر ۱ اختیار نمود. در صورتیکه اعضای که بار را به دیوار موردنظر منتقل می‌کنند لوتجاعی باقی بمانند، J باید برابر ۱ در نظر گرفته شود. برای محاسبه Q_{UF} می‌توان از حداکثر نیرویی که توسط سازه می‌تواند به دیوار وارد شود یا از ظرفیت اعضای مجاور نیز استفاده کرد.

۴-۱-۴- روابط ترکیب بار

باتوجه به حالات مختلف موجود و اثر متعامد زلزله، ۱۶ رابطه ترکیب بار به شرح زیر موجود می باشد که در صورت در نظر گرفتن پیشش انفاقی، تعداد ترکیبات بار به ۶۴ عدد افزایش می یابد.

$$1) 1.1 (DL + LL) + E_X + 0.3 E_Y$$

$$2) 1.1 (DL + LL) - E_X + 0.3 E_Y$$

$$3) 1.1 (DL + LL) + E_X - 0.3 E_Y$$

$$4) 1.1 (DL + LL) + E_X - 0.3 E_Y$$

$$5) 0.9 DL + E_X + 0.3 E_Y$$

$$6) 0.9 DL - E_X + 0.3 E_Y$$

$$7) 0.9 DL + E_X - 0.3 E_Y$$

$$8) 0.9 DL - E_X - 0.3 E_Y$$

$$9) 1.1 (DL + LL) + 0.3 E_X + E_Y$$

$$10) 1.1 (DL + LL) - 0.3 E_X + E_Y$$

$$11) 1.1 (DL + LL) + 0.3 E_X - E_Y$$

$$12) 1.1 (DL + LL) - 0.3 E_X - E_Y$$

$$13) 0.9 DL + 0.3 E_X + E_Y$$

$$14) 0.9 DL - 0.3 E_X + E_Y$$

$$15) 0.9 DL + 0.3 E_X - E_Y$$

$$16) 0.9 DL - 0.3 E_X - E_Y$$

۵- معیارهای پذیرش دیوارهای عرضی

(۱) کنترل دیوار تحت اثر لنگر خمشی و نیروی محوری:

$$P_{UF} \leq 0.35 P_o \quad M_{UD} / M_{CE} \leq m$$

P_{UF} و M_{UD} نیروی محوری و لنگر خمشی اسمی طراحی تحت اثر ترکیب بار موردنظر و P_o و M_{CE} کرانه پائین مقاومت محوری (بدون انحراف) و مقاومت خمشی موردانتظار (با انحراف) دیوار می‌باشد.

(۲) کنترل دیوار تحت اثر نیروی برشی:

$$DCR = \frac{V_{UD}}{V_{CE}} \leq m$$

V_{UD} نیروی برشی اسمی طراحی تحت اثر ترکیب بار موردنظر و V_{CE} مقاومت برشی اسمی موردانتظار دیوار می‌باشد. ضرایب m در روابط فوق از جدول استخراج شده و عموماً برابر ۲ می‌باشند.

۶- نتایج ارزیابی

۱) برای آنکه حساسیت نیروها به تعداد دیوارهای باربر جانبی مشخص گردد، دو مدل از ساختمان بطور جداگانه ارزیابی شده‌اند. در مدل Full کلیه دیوارهای عرضی در مدل وارد شده‌اند درحالی‌که در مدل Main بعضی از دیوارهای عرضی با رعایت ضوابط سختی جانبی از مدل کنار گذاشته شده‌اند.

۲) ارزیابی خطی دیوارهای عرضی ساختمان از طریق تهیه یک برنامه کامپیوتری انجام گردید که الگوریتم آن به شکل اسلاید بعد می‌باشد.

الگوریتم برنامه ارزیابی دیوارهای برشی عرضی

دریافت اطلاعات ورودی شامل، ابعاد مقاطع، آرایش آرماتورها، مشخصات مصالح

کنترل آرایش آرماتورها و میزان آرماتورهای حداقل مقطع

جستجو در فایل‌های خروجی تحلیل و استخراج نیروهای داخلی ناشی از بارهای ثقیلی و بارهای لرزه‌ای

محاسبه ترکیب بارها در حالات مختلف (۱۶ یا ۶۴ ترکیب بار)

کنترل مقطع در برابر نیروی محوری وارده $P \leq 0.35 P_0$

محاسبه منحنی اندرکنش نیروی محوری - لنگر خمشی دیوار

محاسبه پارامتر DCR لنگر خمشی و نیروی محوری دیوار

محاسبه ظرفیت برشی دیوار

محاسبه پارامتر DCR برشی دیوار

تکرار برای سایر حالات ترکیب بار

مقایسه DCRها و محاسبه حداکثر DCR اندرکنشی و برشی بین ترکیبات بار مختلف

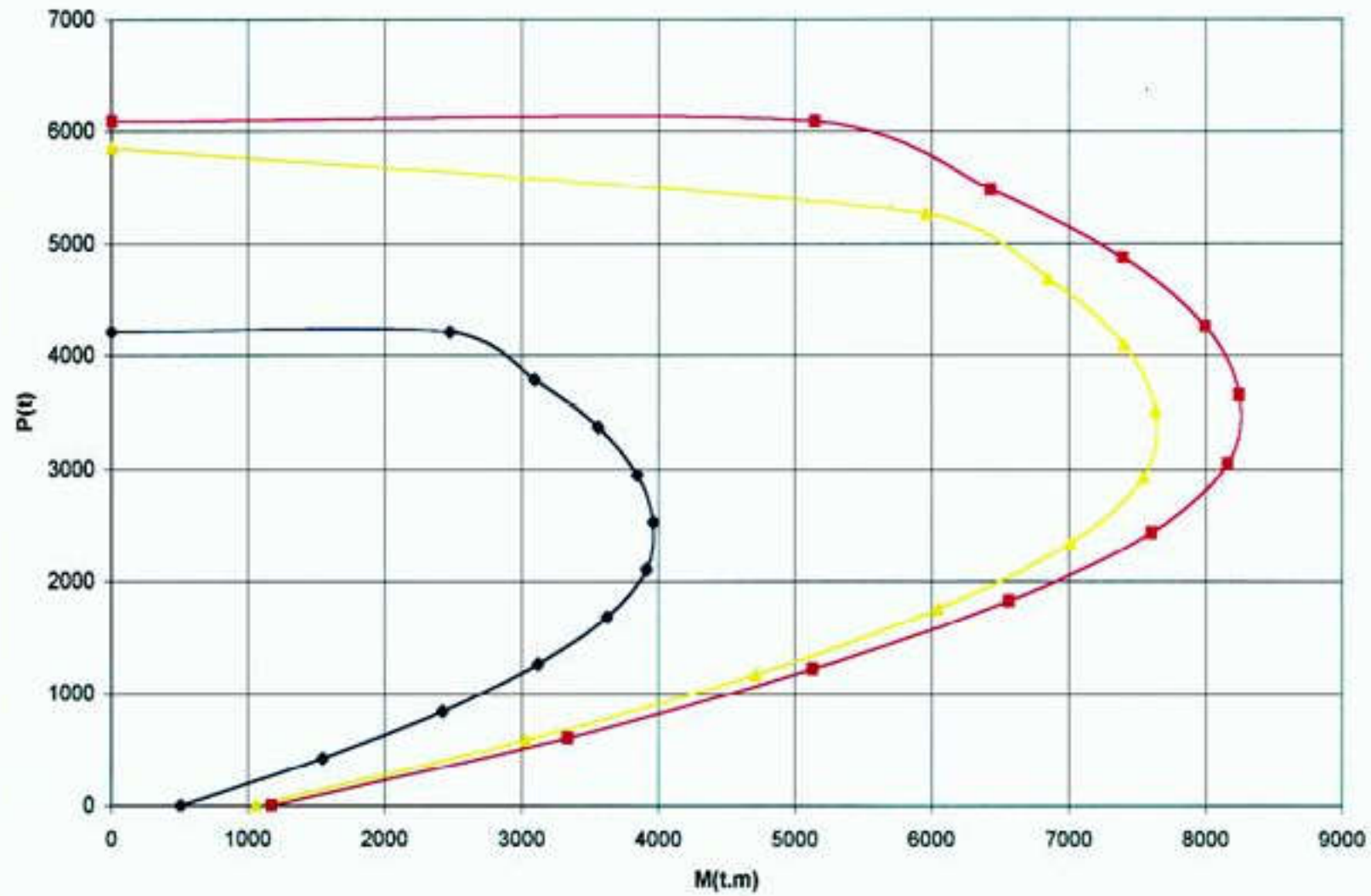
چاپ نتایج



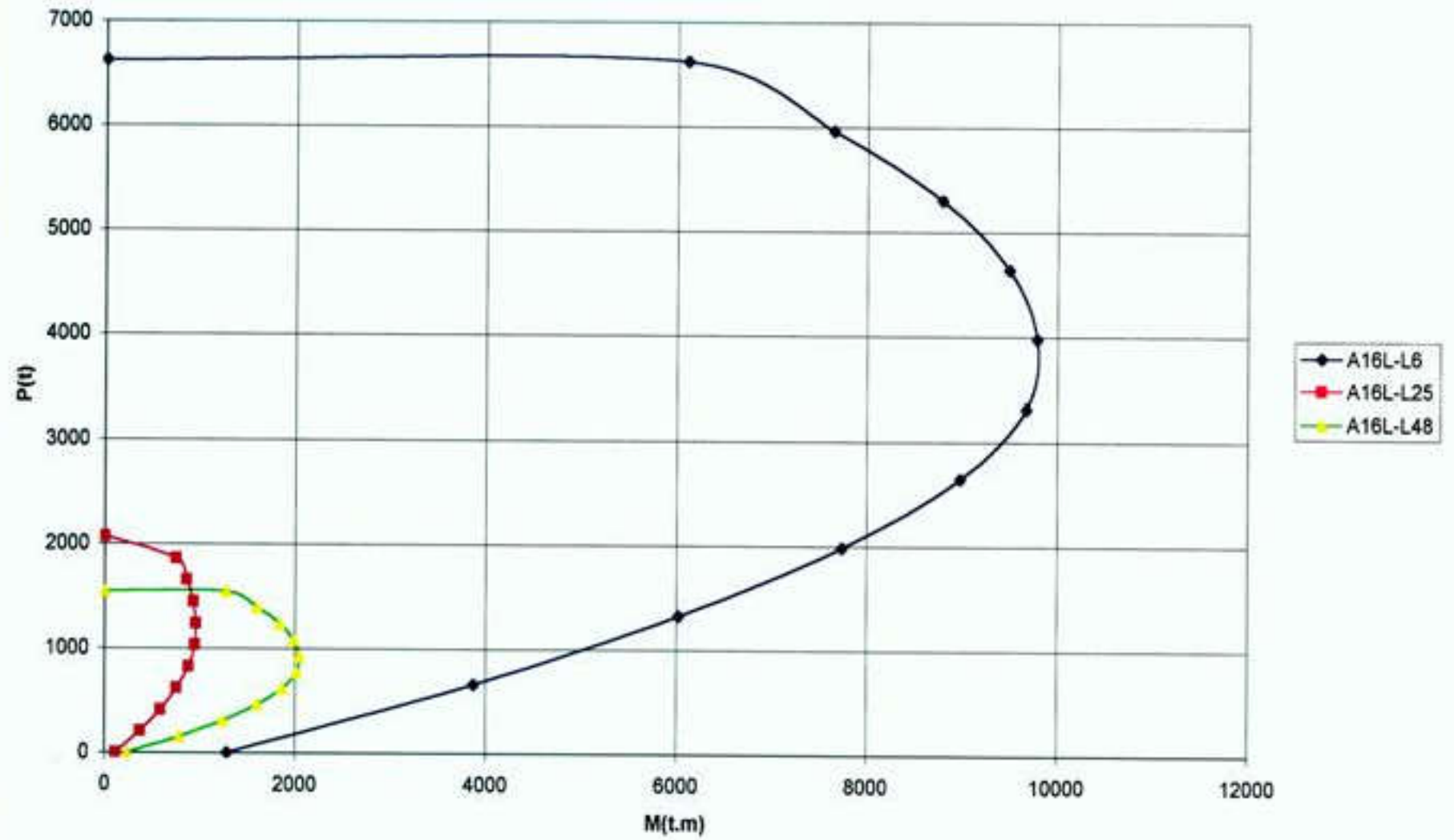
الگوریتم محاسبه منحنی اندر کنش دیوار



Intearaction-A4R

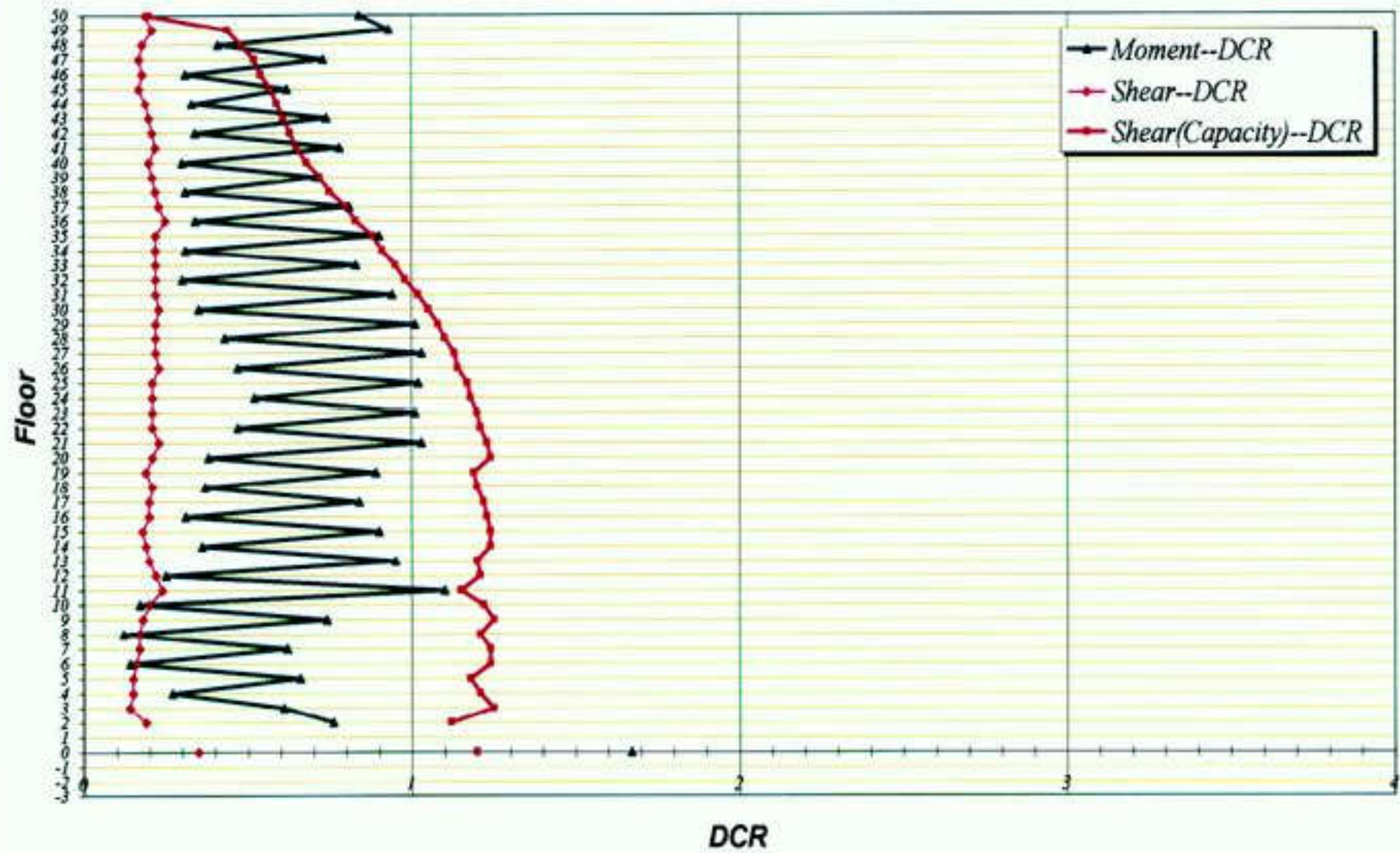


Intearaction-A16L-L



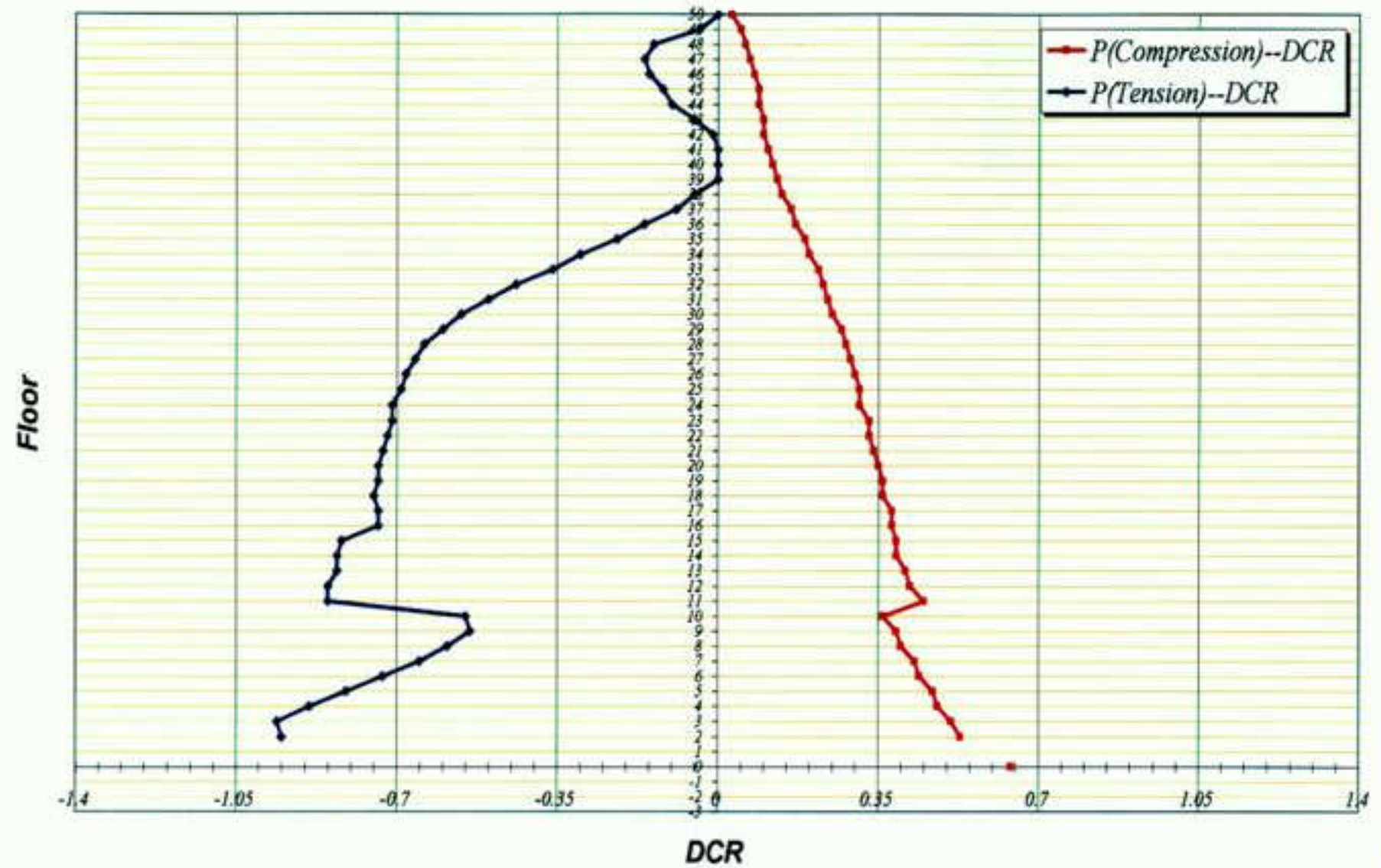
Main Model

A14LL



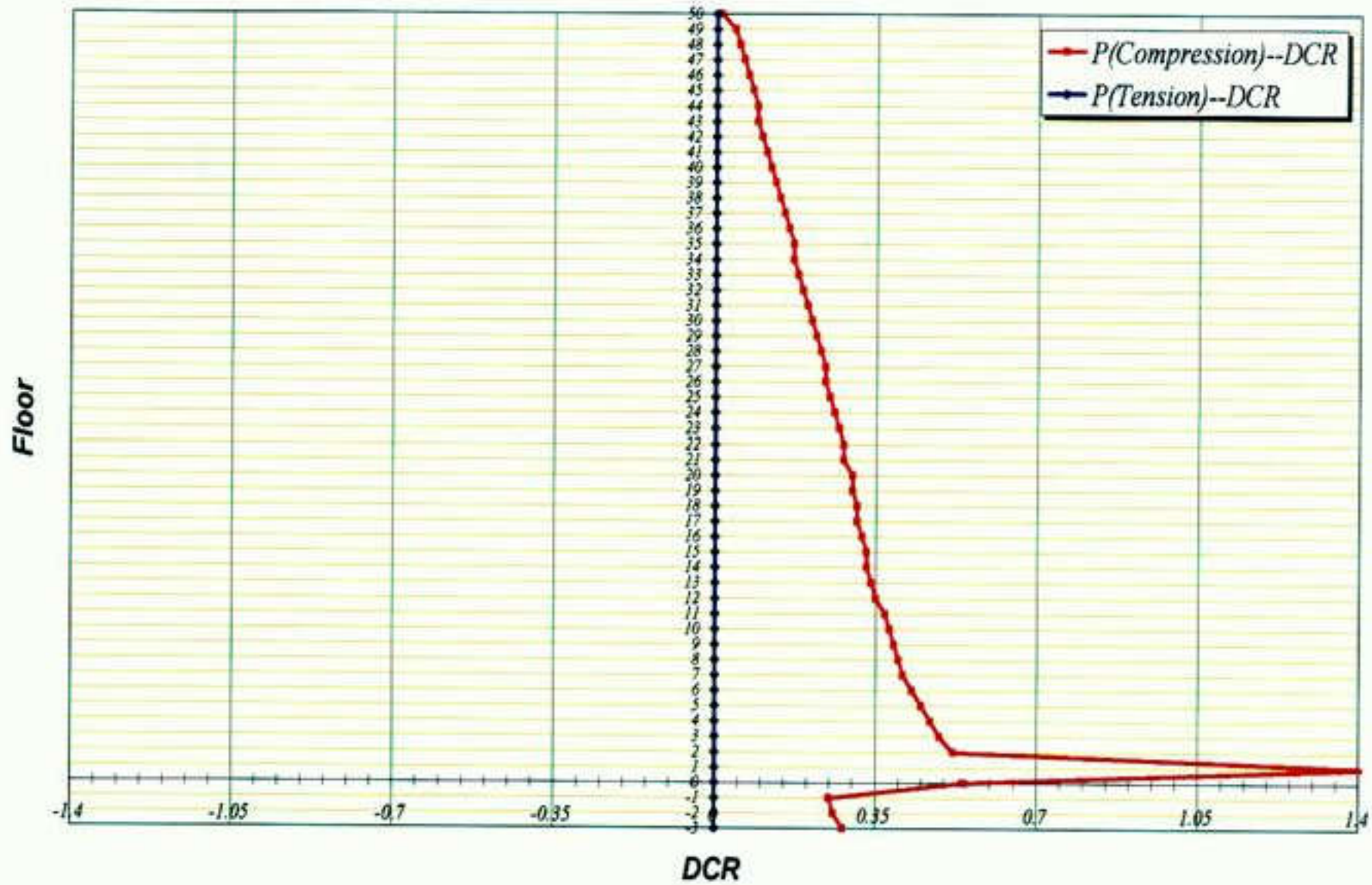
Main Model

A14LL



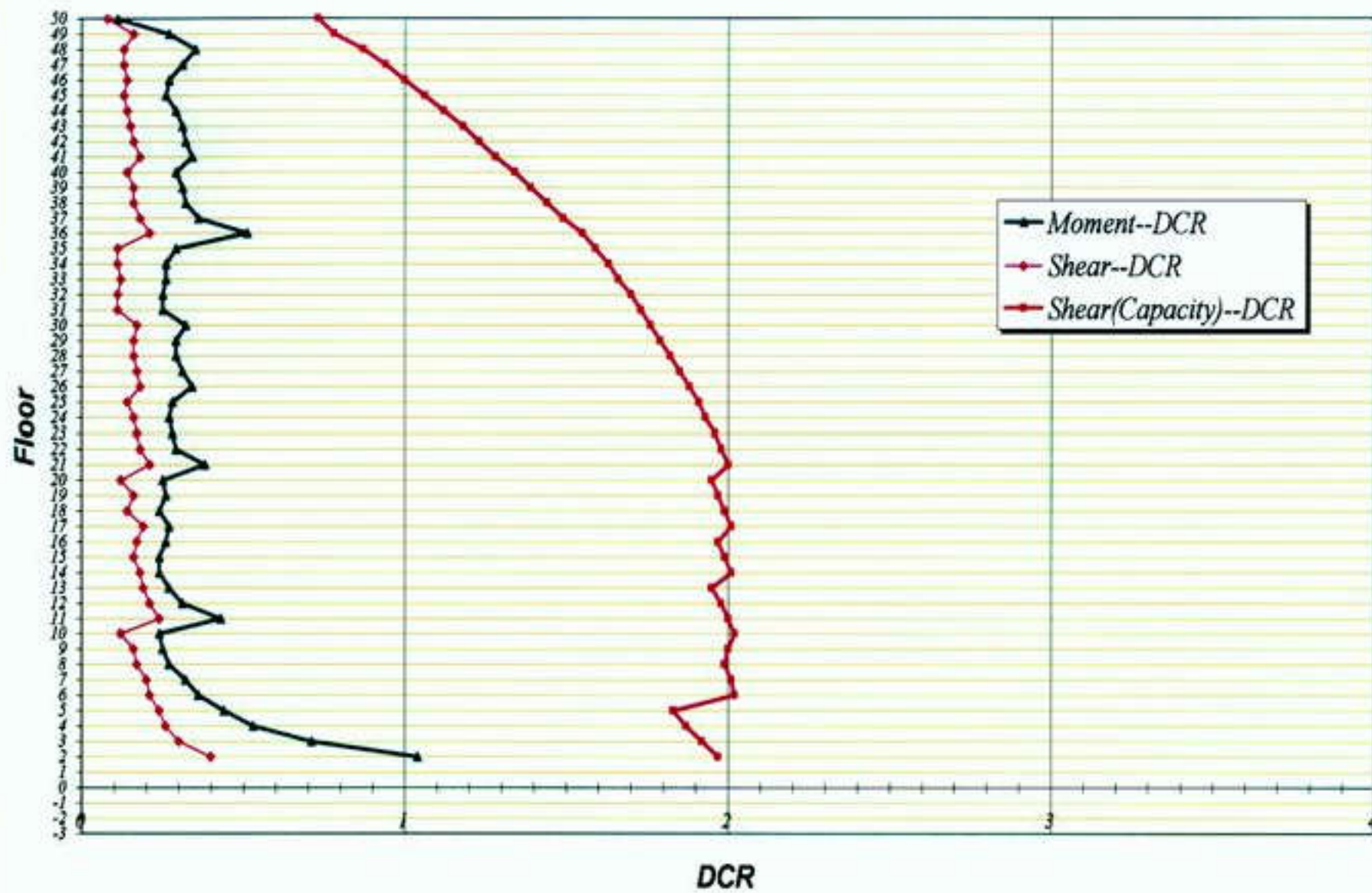
Main Model

C4R



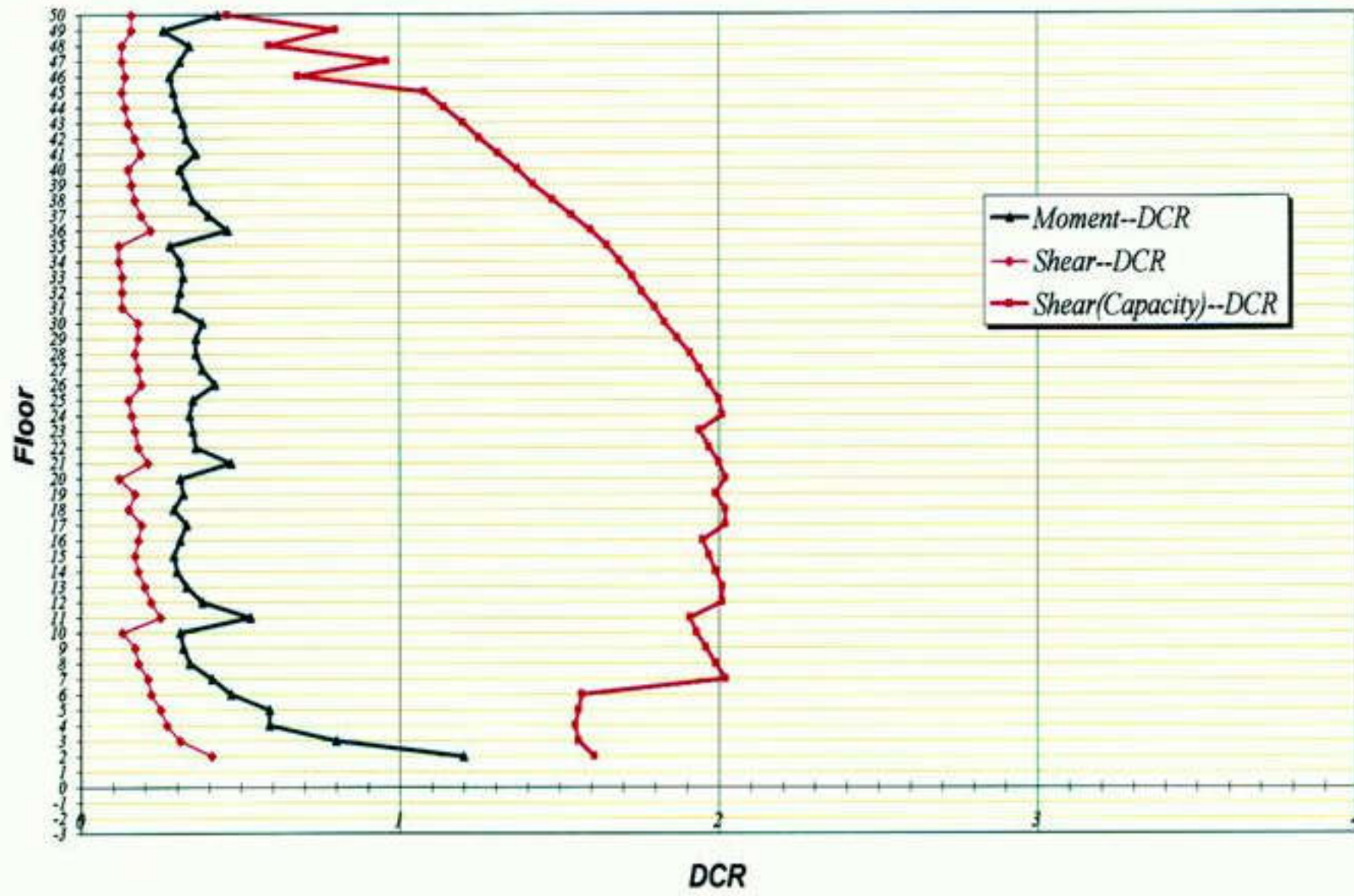
Full Model

A7RR



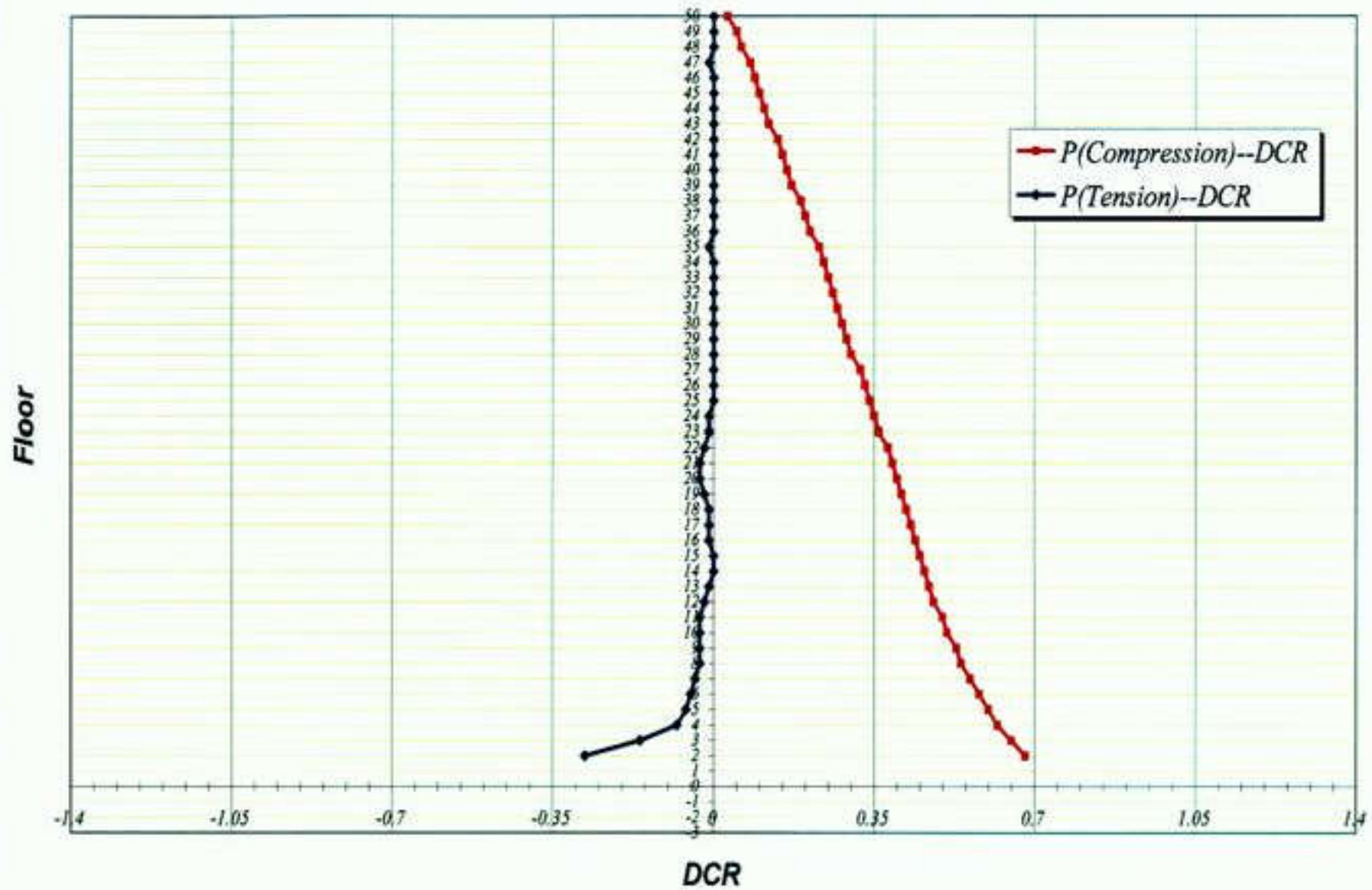
Full Model

A15RR

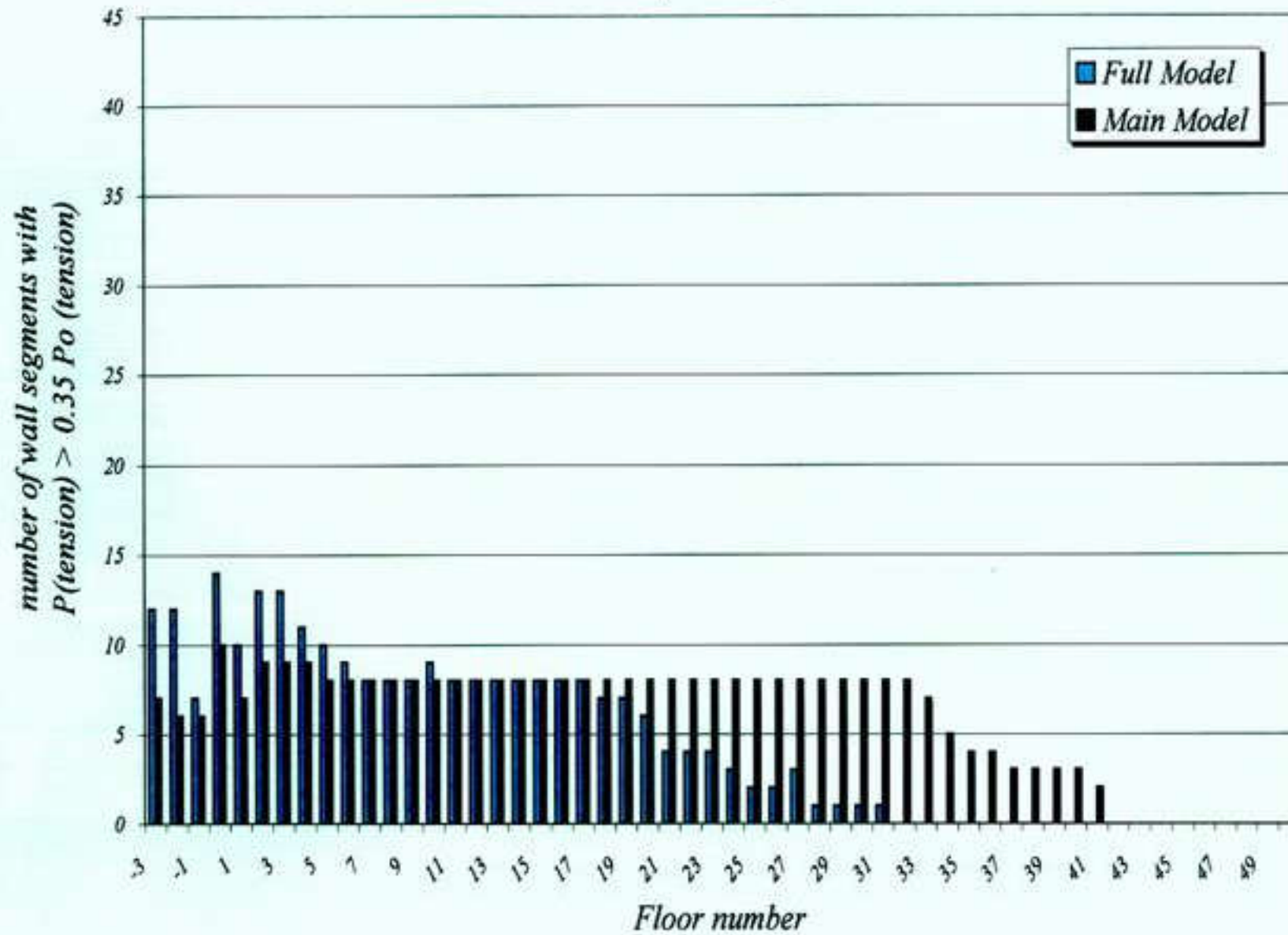


Full Model

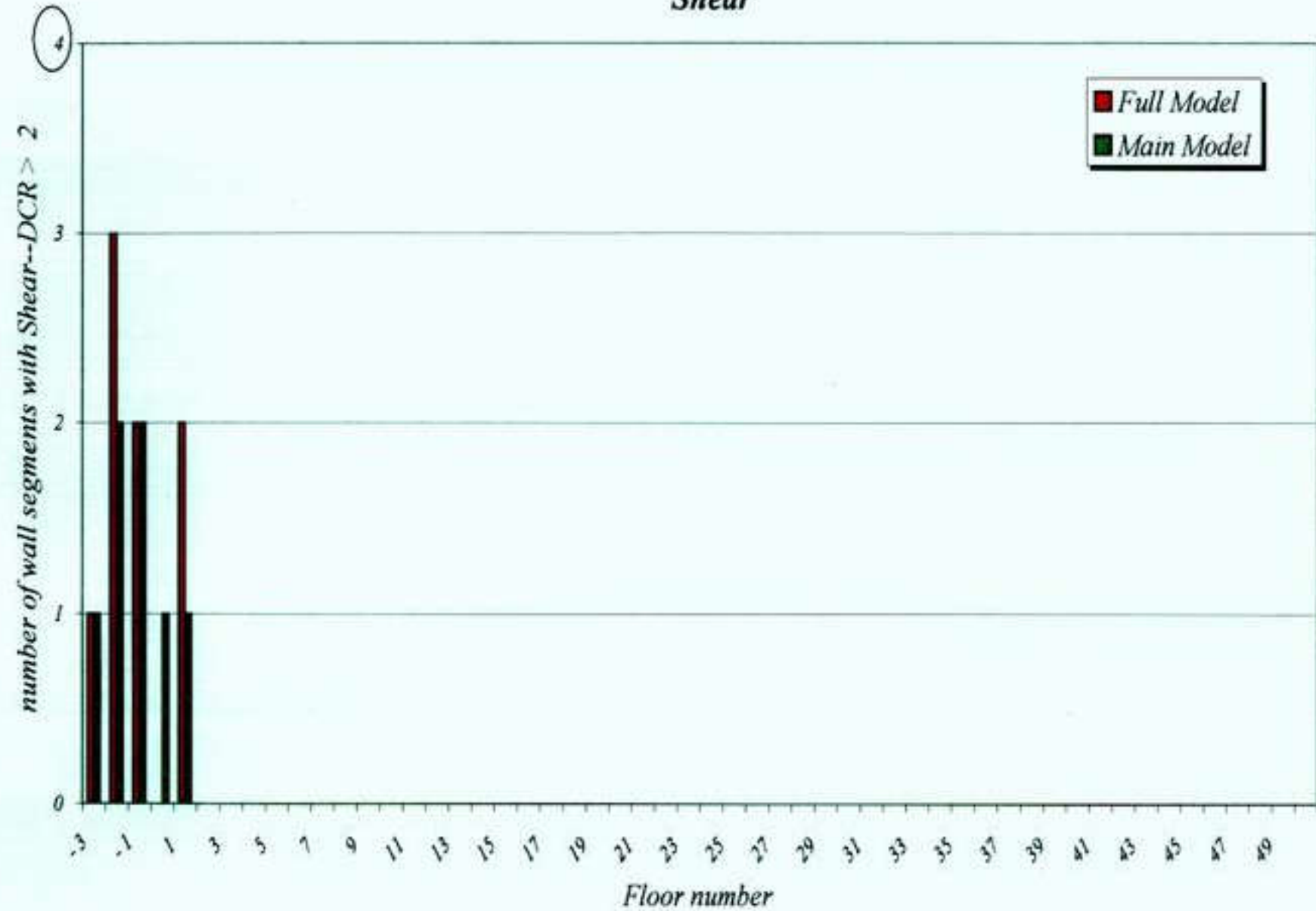
A15RR



$P(tension)$

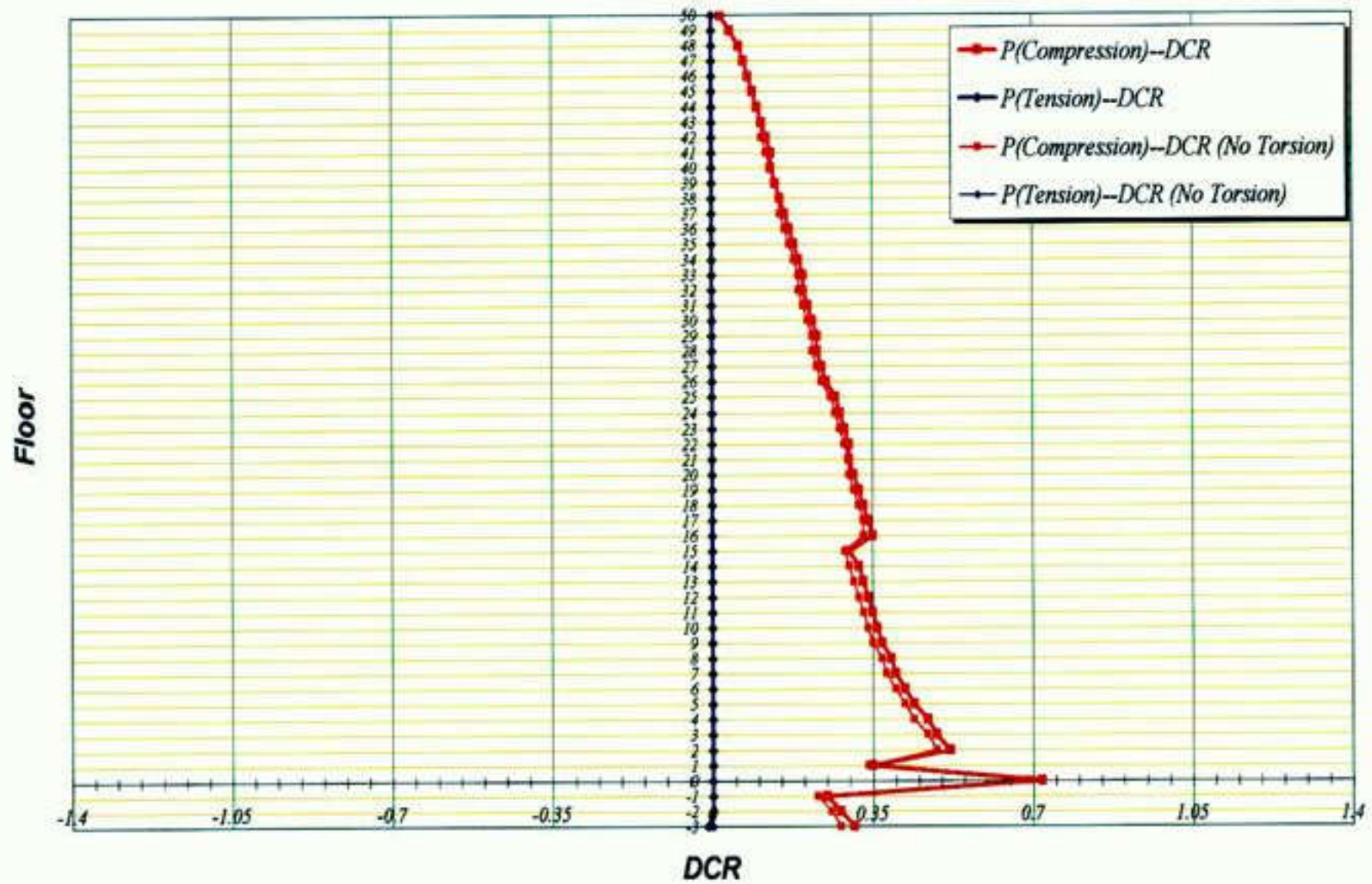


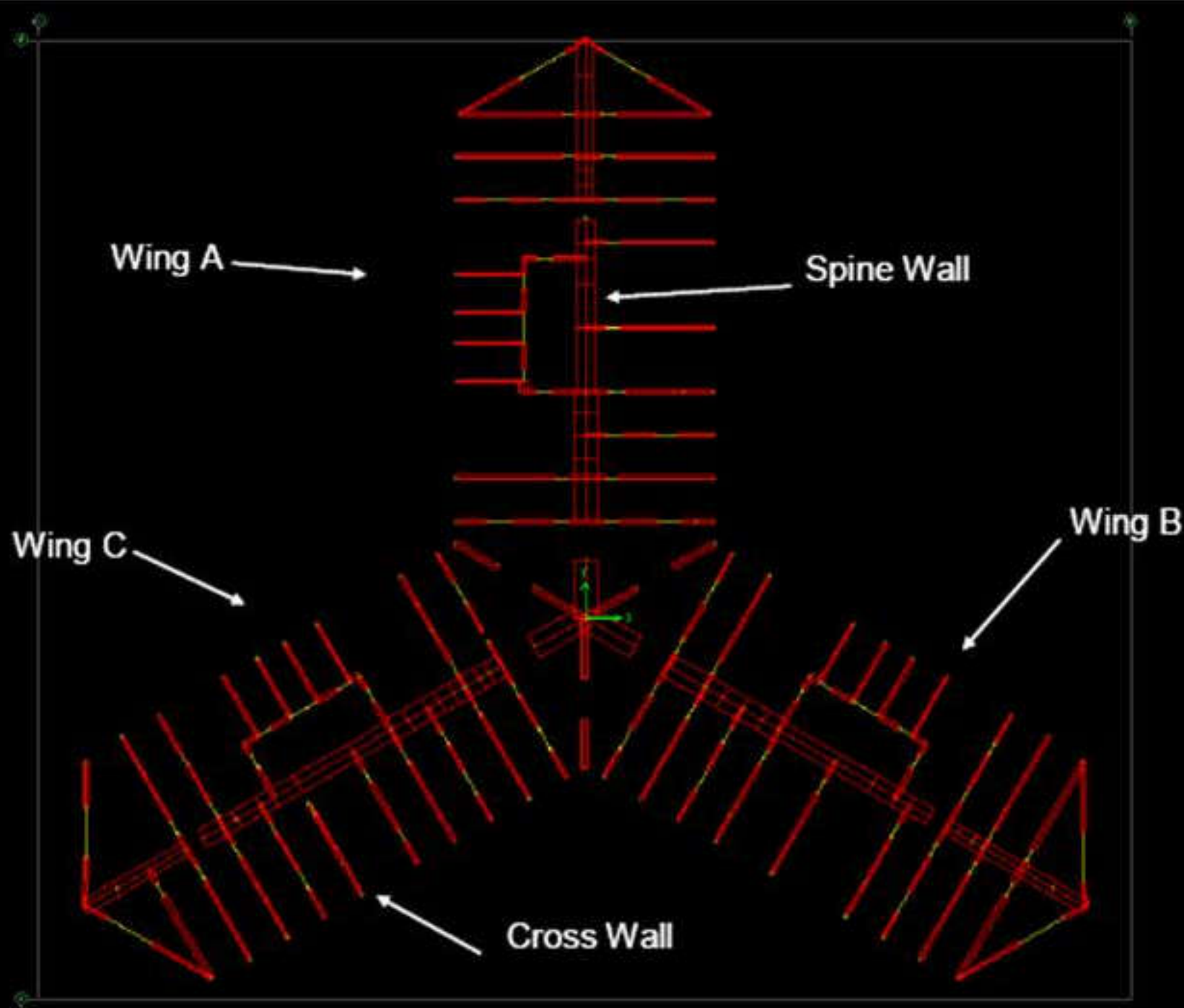
Shear



Full Model

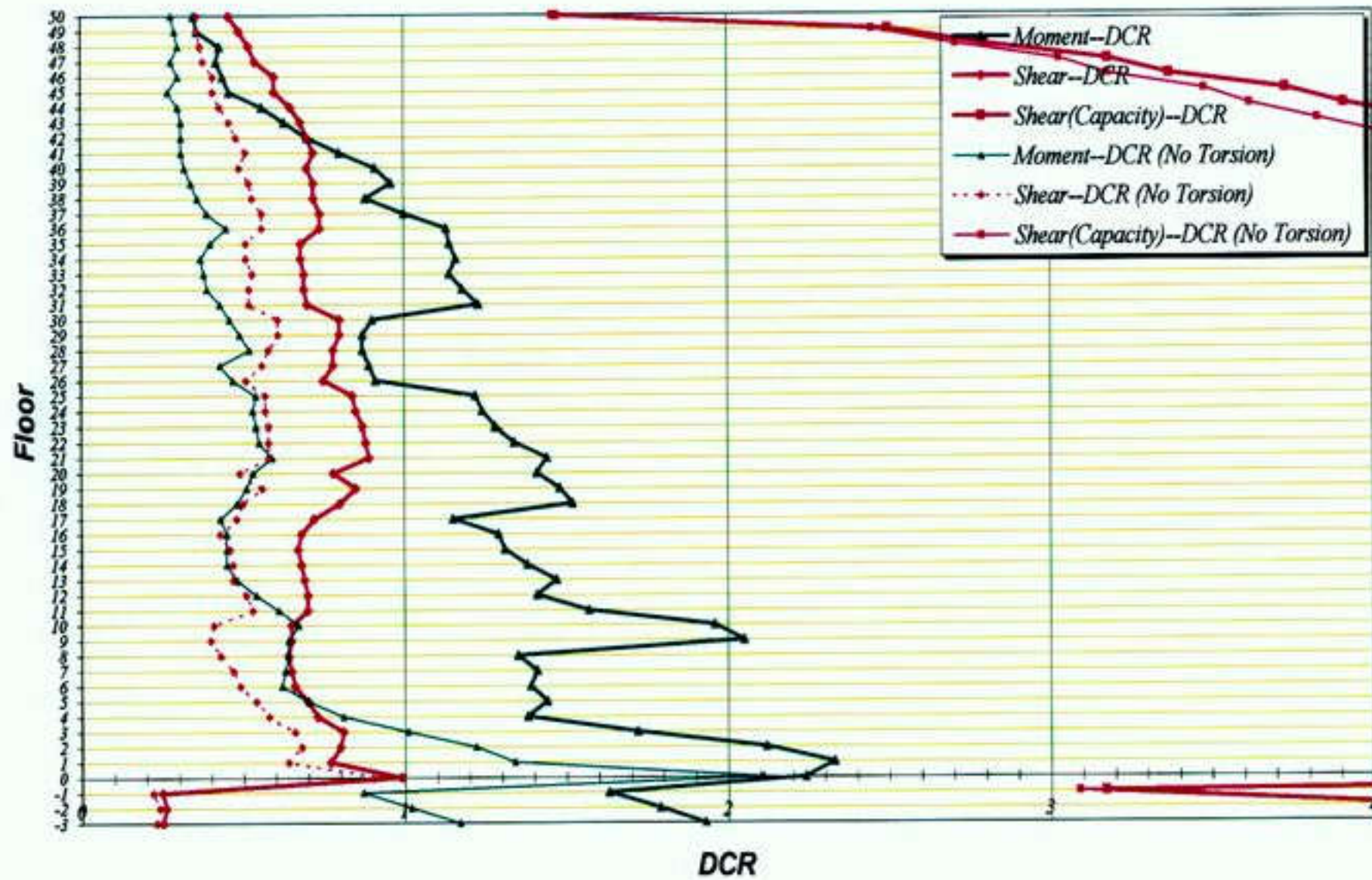
C3R

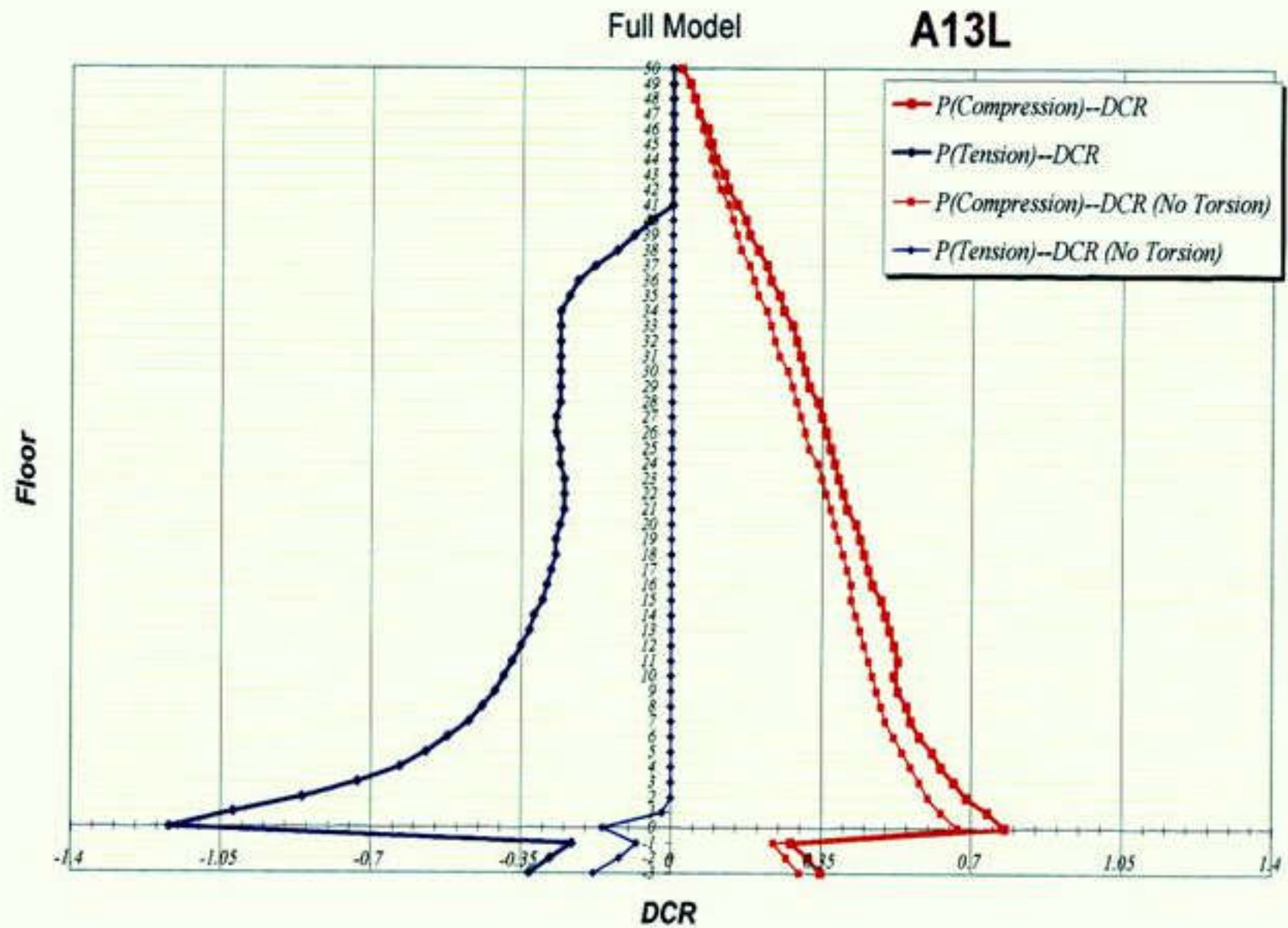


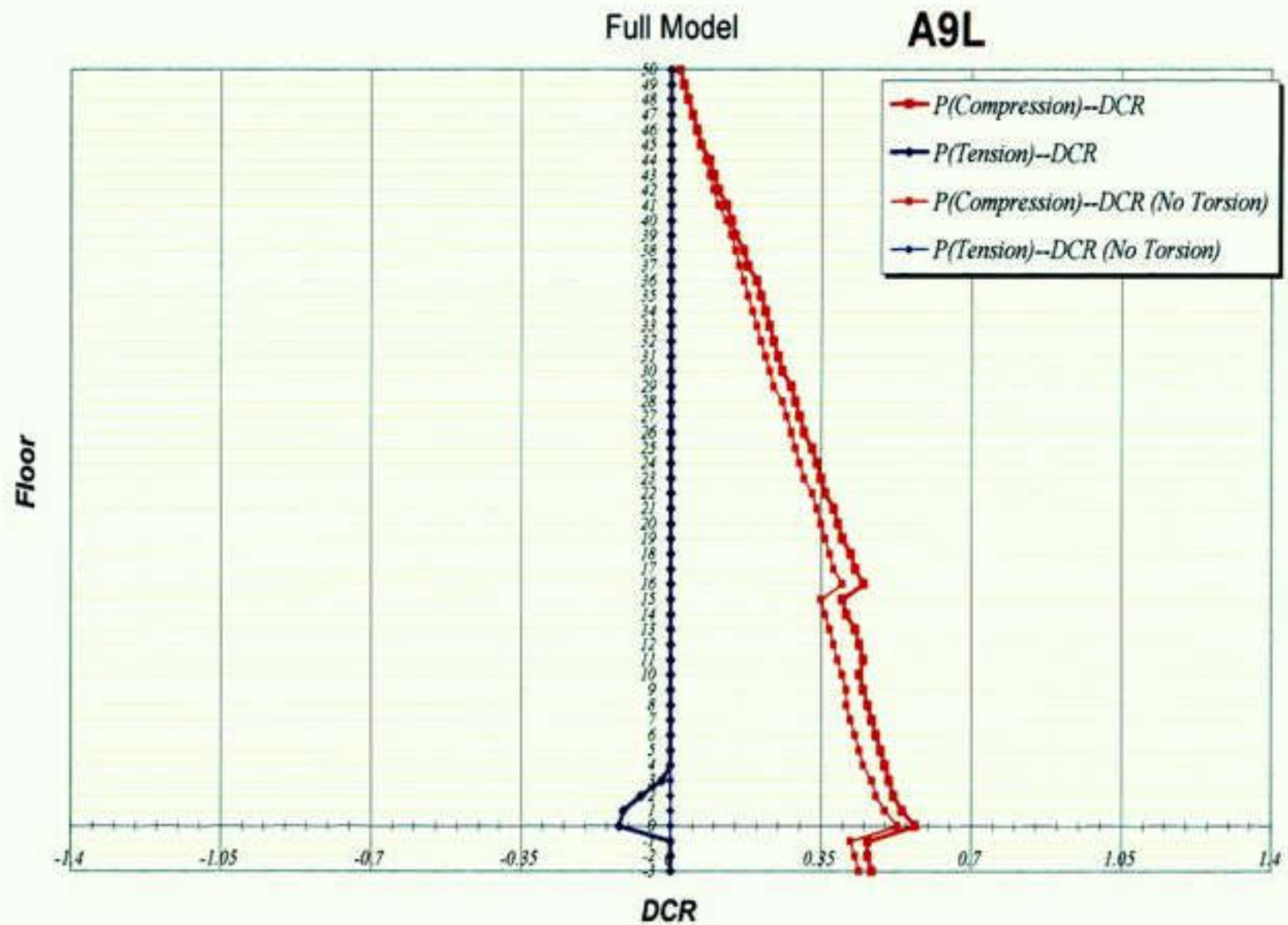


Full Model

A18R







بعضی نتایج ارزیابی دیوارها

(۱) در اکثر دیوارهای عرضی در هر دو مدل، DCRهای خمشی و برشی در حد قابل قبول می باشد. اشکال عمده دیوارها زیاد بودن DCR محوری است که عموماً در ۲۰ تا ۲۵ طبقه پائین دیوارها روی می دهد.

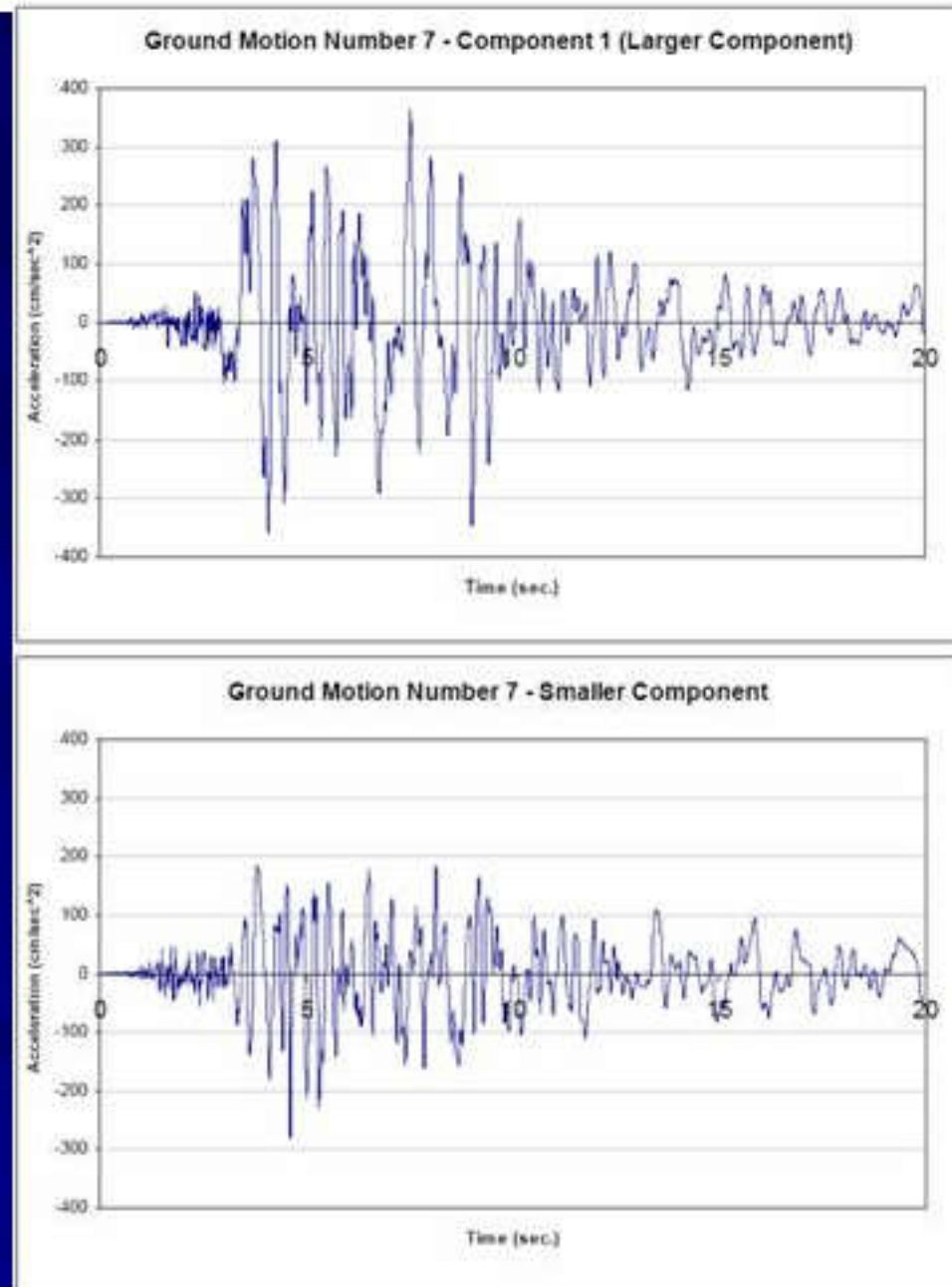
(۲) بطور کلی تعداد دیوارهای با DCR محوری بیشتر از حد قابل قبول در طبقات بالاتر مدل Full کمتر از مدل Main می باشد.

(۳) بیشترین اثرات پیچش، در دیوارهای عرضی واقع در ۱/۳ انتهایی هر بال دیده می شود که بصورت افزایش DCR نیروی محوری کششی و لنگر خمشی روی می دهد. این اثر در مورد DCR نیروی محوری کششی شدیدتر و تعیین کننده تر است.

۴) لوزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای دیوارهای عرضی برای سطح زلزله $0.37g$ متناظر با سطح عملکرد ایمنی جهانی (LS) انجام گرفت. برای کنترل سطح عملکرد آستانه فروریزش (CP)، سطح زلزله طبق تحلیل خطر زلزله در محل به $0.45g$ افزایش داده شده و در نتیجه به علت خطی بودن آنالیز، نیروهای داخلی دیوارها حاصل از آن در نسبت $0.45g$ به $0.37g$ یعنی $1/2$ ضرب می‌شوند. در مقابل نسبت DCR قابل قبول در سطح عملکرد CP برای تلاش‌های کنترل‌شونده توسط تغییر شکل در دیوارها از 2 به 3 یعنی به نسبت $1/5$ افزایش می‌یابد. در نتیجه برای این تلاشها کنترل سطح عملکرد ایمنی جهانی بحرانی‌تر است. اما DCR نیروی محوری در بسیاری از طبقات در دیوارهای عرضی در زلزله $0.37g$ از حد قابل قبول گذشته‌اند که با افزایش سطح زلزله به $0.45g$ تعداد اینگونه دیوارها افزایش خواهد یافت.

Nonlinear Time History Analyses

Site-Specific Design Spectrum and Ground Motion Time Histories



Site-Specific Design Spectrum and Ground Motion Time Histories

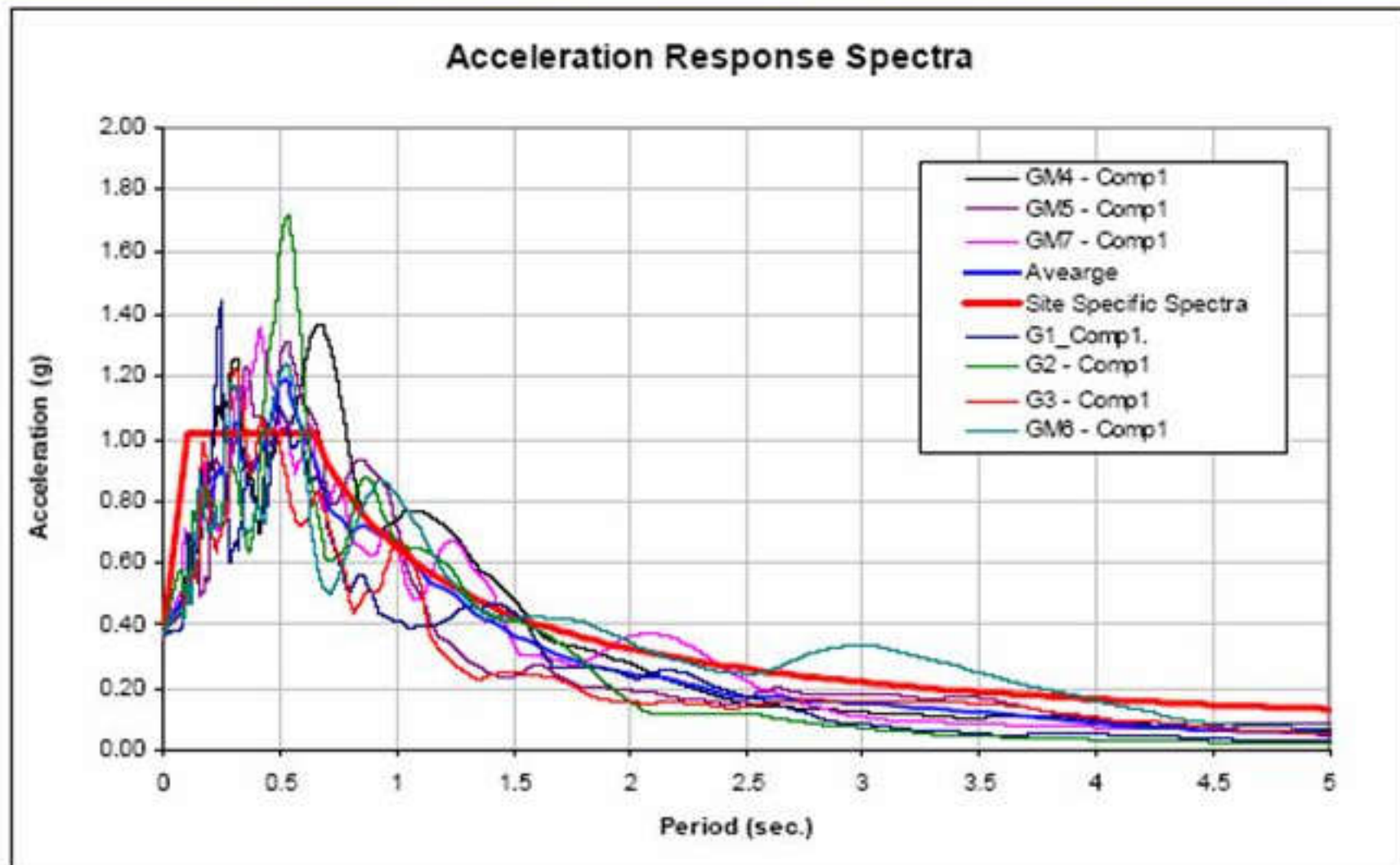
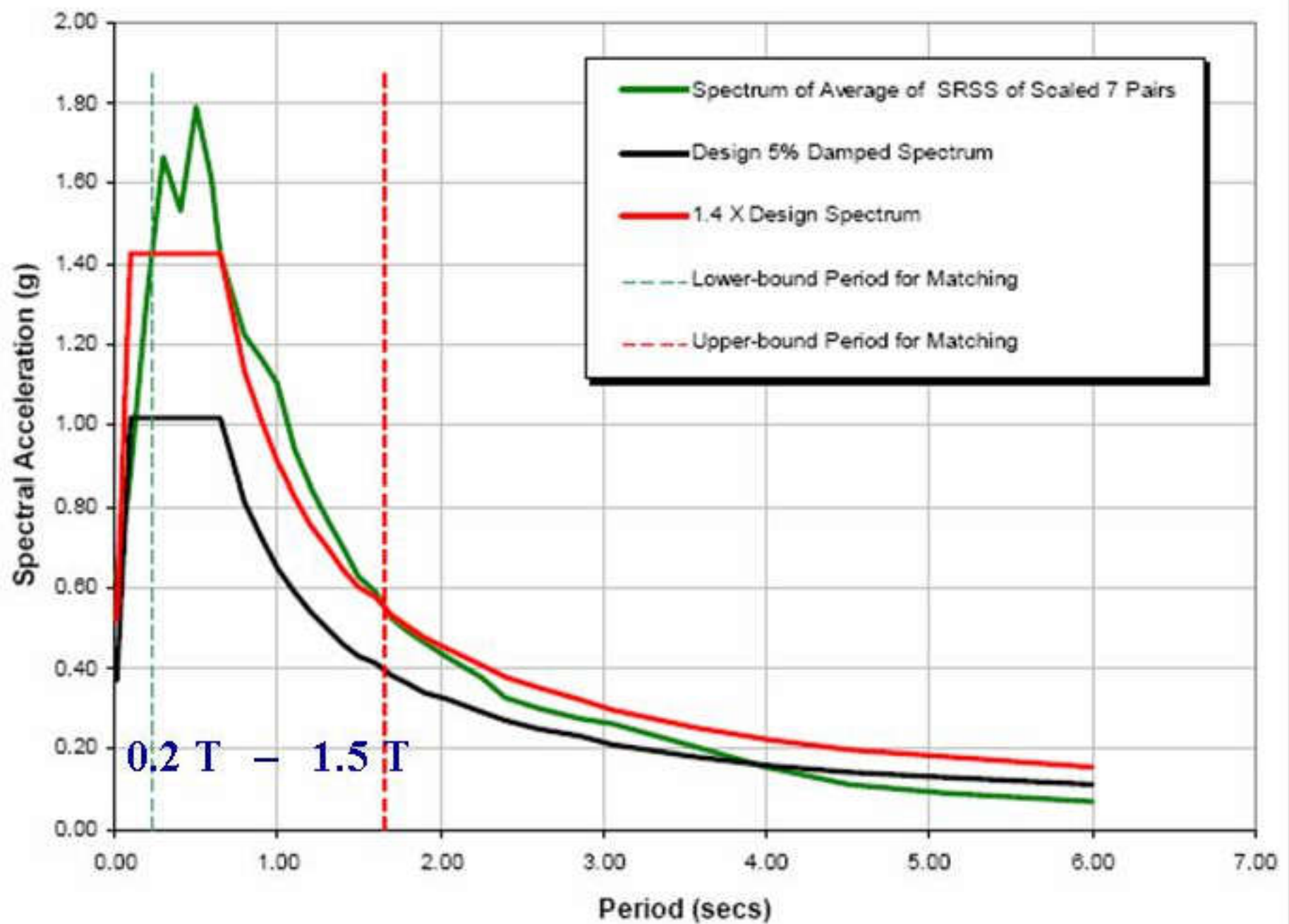


Figure 7-8. Average of Large Components Superimposed on Design Spectrum.

Site-Specific Design Spectrum and Ground Motion Time Histories

Scaling of Time Histories

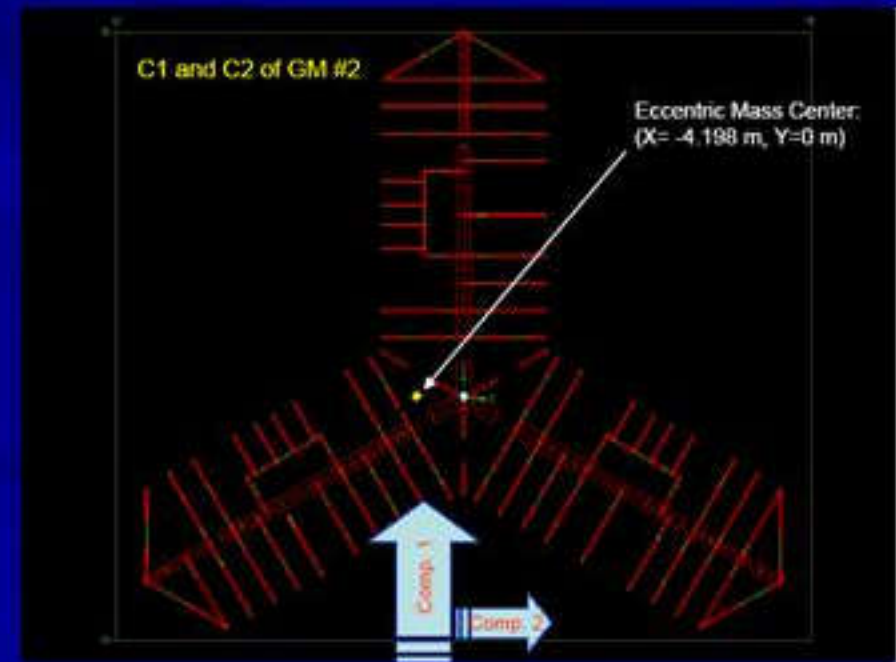
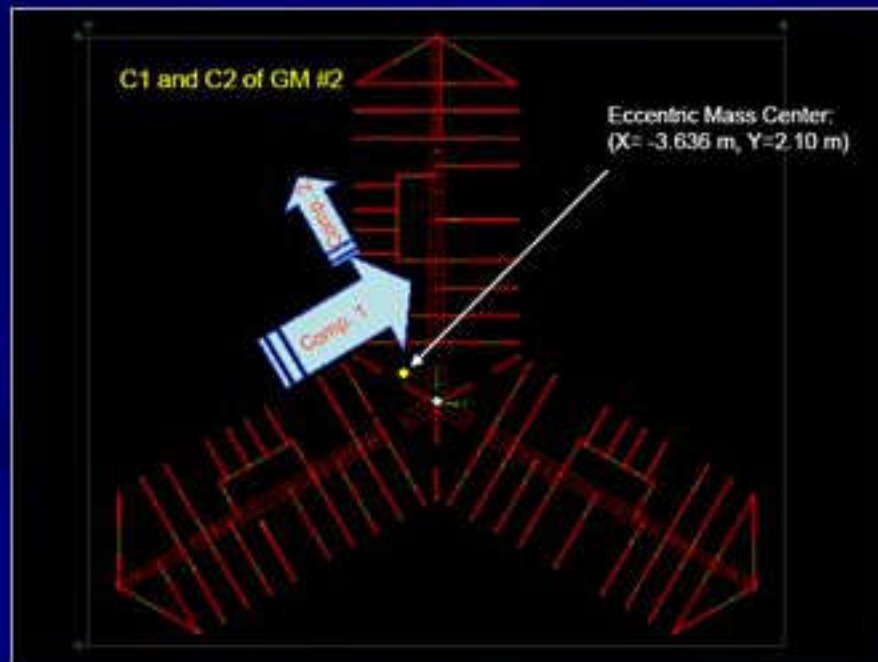
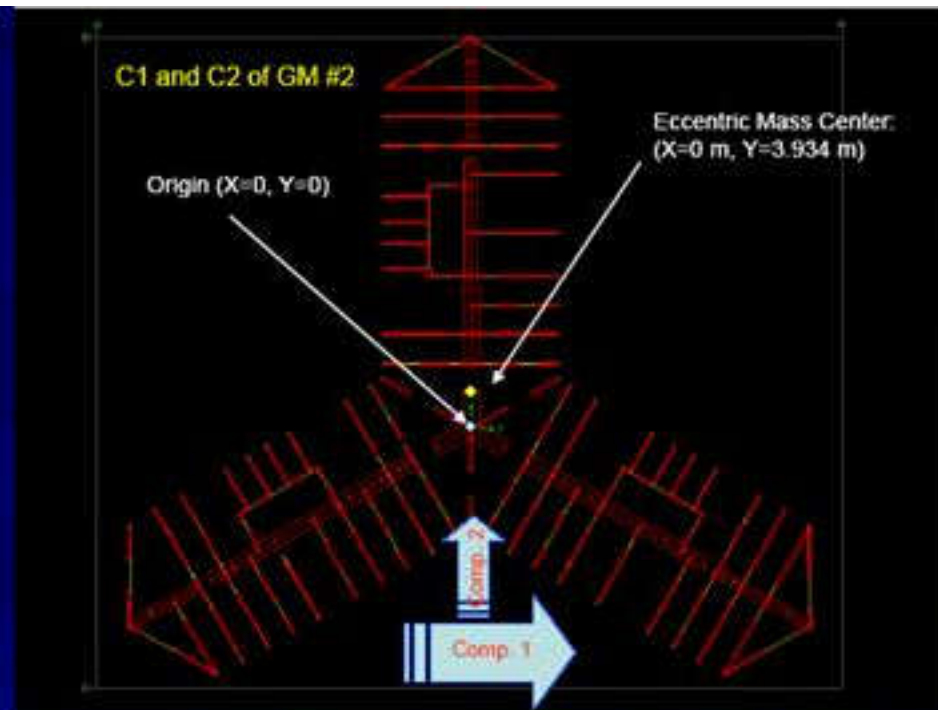
<i>Ground Motion No.</i>	<i>Scaling Factor</i>	<i>Ground Motion No.</i>	<i>Scaling Factor</i>
<i>1</i>	1.25	<i>5</i>	1.36
<i>2</i>	1.00	<i>6</i>	1.24
<i>3</i>	1.30	<i>7</i>	1.24
<i>4</i>	1.39		



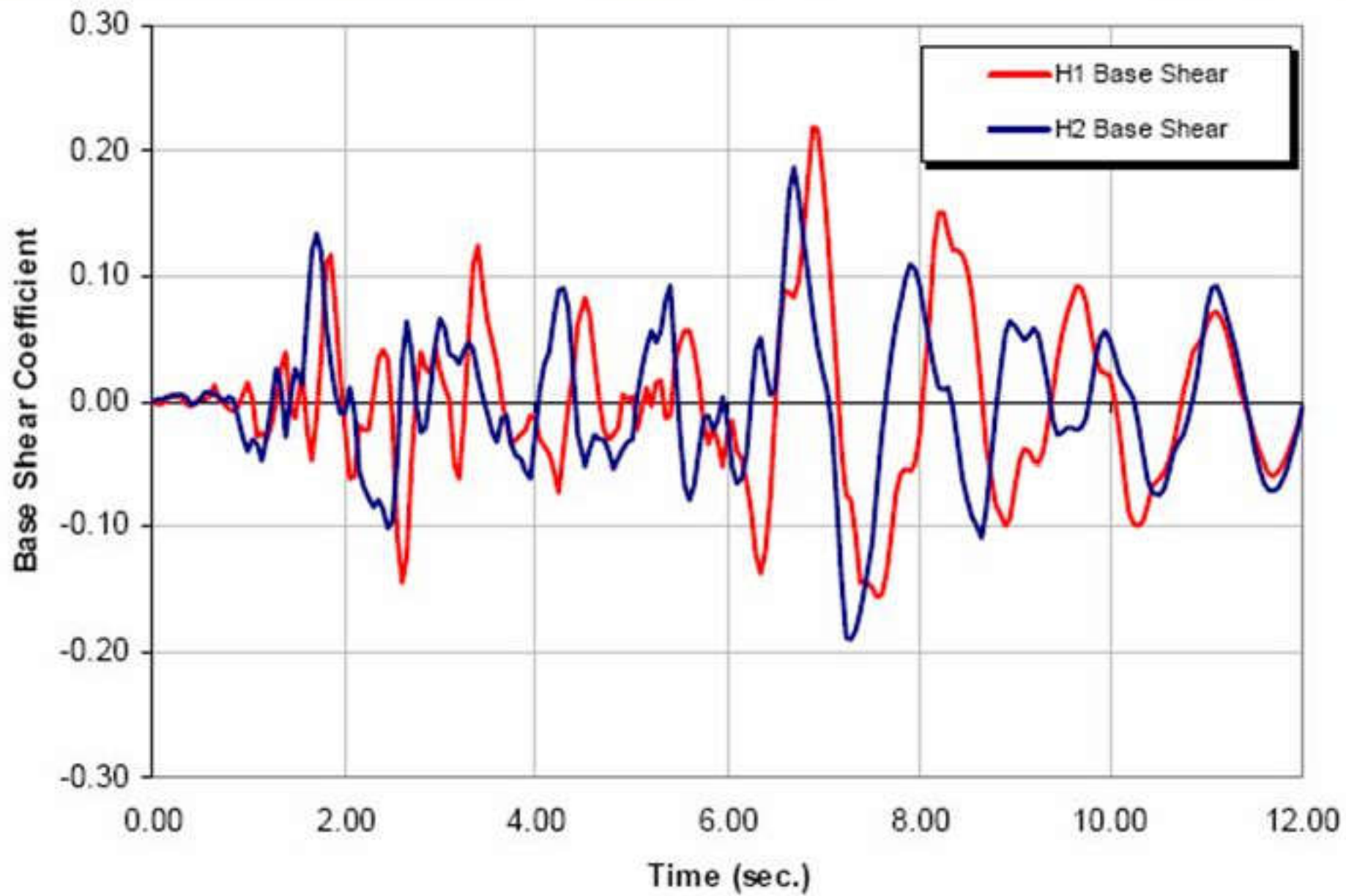
Site-Specific Design Spectrum and Ground Motion Time Histories

Scaling of Time Histories

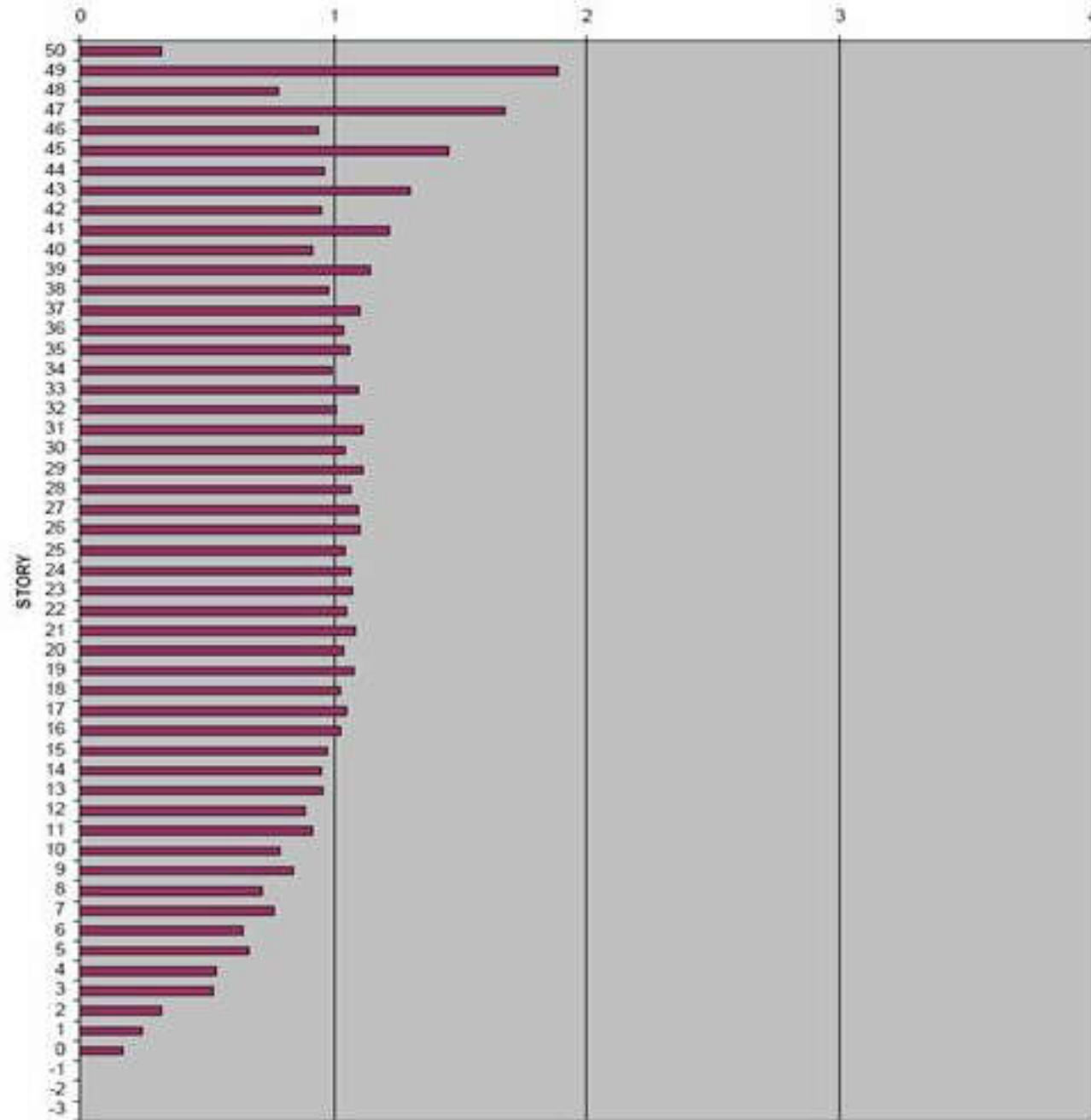
<i>Ground Motion No.</i>	<i>Scaling Factor</i>	<i>Ground Motion No.</i>	<i>Scaling Factor</i>
<i>1</i>	1.25	<i>5</i>	1.36
<i>2</i>	1.00	<i>6</i>	1.24
<i>3</i>	1.30	<i>7</i>	1.24
<i>4</i>	1.39		



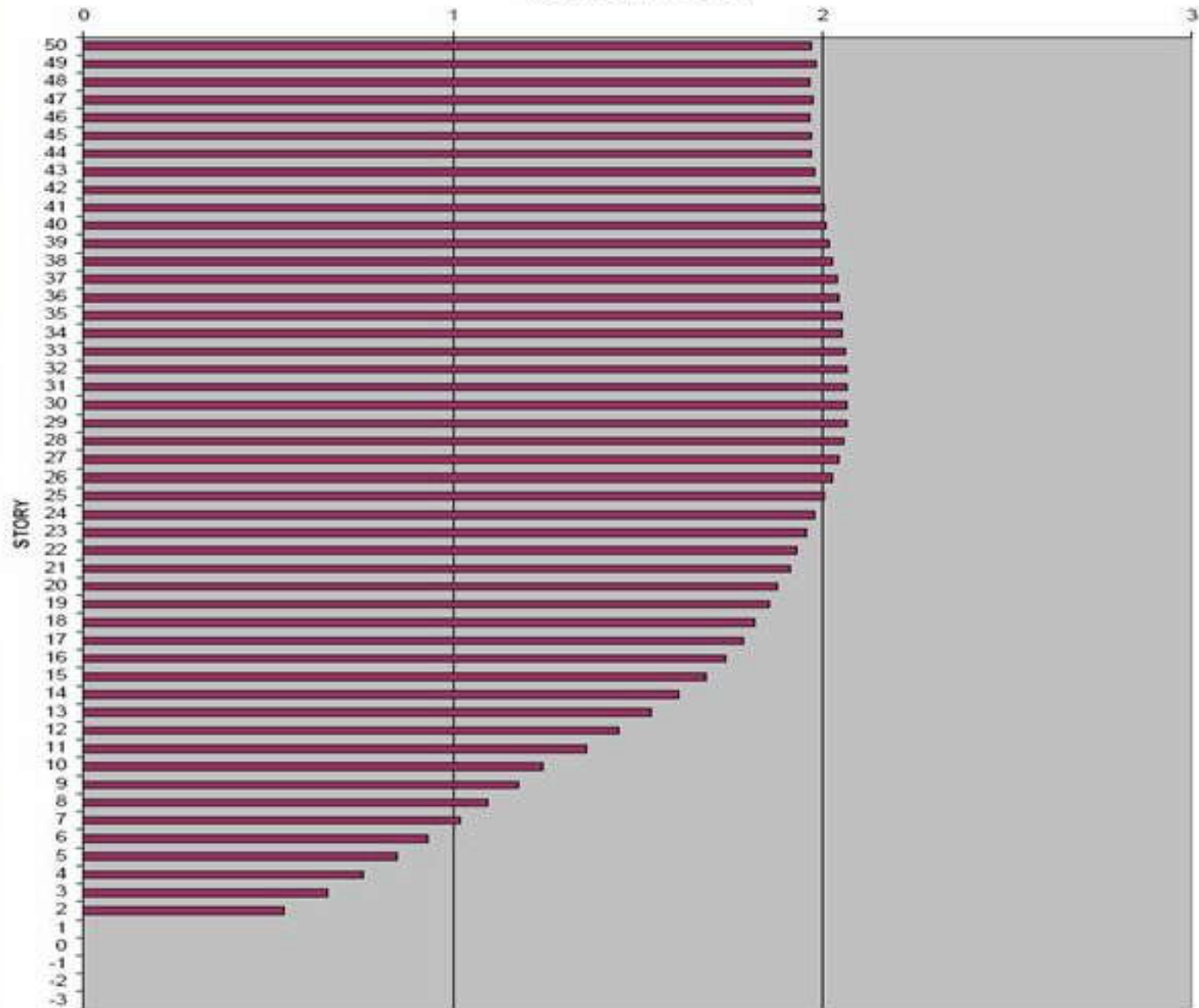
Run Number	Base Shear Coefficient	
	X-Direction	Y-Direction
Run11 (GM2)	0.22	0.19
Run12 (GM4)	0.27	0.26
Run 13 (GM6)	0.25	0.23
Run 14 (GM1)	0.22	0.22
Run15 (GM3)	0.21	0.22
Run16 (GM5)	0.26	0.23
Run17 (GM7)	0.29	0.02



Maximum Spine Walls Shear Deformation LS D/C Ratios
SPINE C



Lintel Beam Shear Deformation LS D/C Ratios
Wall ID: A7 & B7





۱- انتخاب روش تحلیل

۲- ضریب آگاهی

هدف بهسازی		مطلوب یا پایین تر		ویژه	
سطح اطلاعات		حداقل	متعارف	متعارف	جامع
نوع تحلیل		تحلیل خطی	هر نوع تحلیل	هر نوع تحلیل	هر نوع تحلیل
ضریب آگاهی k	فولادی	۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱
	بتنی	۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱
	بنایی	۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱

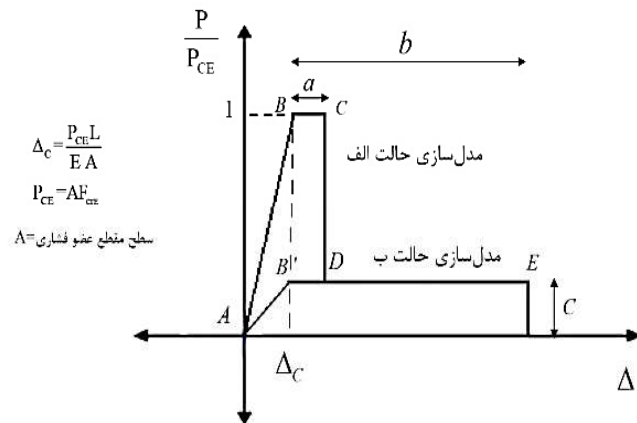
۳- تحلیل خطر و طیف طراحی



۴- محاسبه بارهای مرده و زنده

۵- معرفی مشخصات مفاصل غیر خطی

۵-۱- مهاربندها



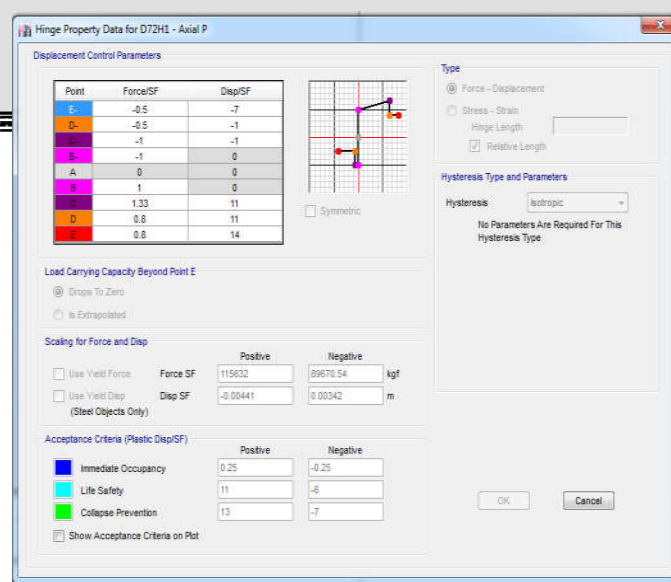
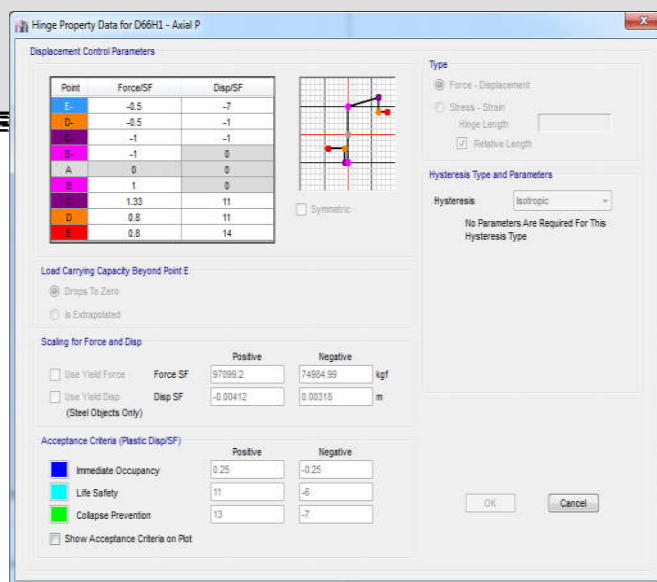
منحنی نیرو تغییرشکل برای مهاربند فشاری فولادی

معیارهای پذیرش					پارامترهای مدل سازی ^{۱ و ۲}			جزء / تلاش
تغییر شکل خمیری					نسبت			
اعضای اصلی ^۶					تغییر شکل خمیری			
اعضای غیر اصلی					تنش پس ماند			
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a	
$7 \Delta_T$	$6 \Delta_T$	$5 \Delta_T$	$3 \Delta_T$	$1/25 \Delta_T$	$1/10$	$7 \Delta_T$	$5 \Delta_T$	
ها و ستون ها در کشش (به استثنای وستون های قاب یا مهاربندی و اگر)								
مهاربند فشاری (به استثنای مهاربندهای و اگر) ^۵								
$\frac{K L}{r} \geq 4.2 \sqrt{\frac{E}{F_{y e}}}$								
$1/10 \Delta_C$	$8/10 \Delta_C$	$8/10 \Delta_C$	$6/10 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/3$	$1/10 \Delta_C$	$1/5 \Delta_C$	
$9/10 \Delta_C$	$7/10 \Delta_C$	$7/10 \Delta_C$	$5/10 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/3$	$9 \Delta_C$	$1/5 \Delta_C$	
$1/10 \Delta_C$	$8/10 \Delta_C$	$8/10 \Delta_C$	$6/10 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/3$	$1/10 \Delta_C$	$1/5 \Delta_C$	
$9/10 \Delta_C$	$7/10 \Delta_C$	$7/10 \Delta_C$	$5/10 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/3$	$9 \Delta_C$	$1/5 \Delta_C$	
زوج نبشی و زوج فولادی کشش داخل صفحه ^۳								
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
زوج نبشی و زوج فولادی کشش خارج صفحه ^۳								
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
مقطع I یا Z								
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
مقطع فولادی و مقاطع فولادی شکل								
$\frac{K L}{r} \leq 2.1 \sqrt{\frac{E}{F_{y e}}}$								
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
زوج نبشی و زوج فولادی کشش داخل صفحه ^۳								
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
زوج نبشی و زوج فولادی کشش خارج صفحه ^۳								
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
مقطع I یا Z								
$8 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$7 \Delta_C$	$5 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$8 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
$7 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$6 \Delta_C$	$4 \Delta_C$	$1/25 \Delta_C$	$1/5$	$7 \Delta_C$	$1/10 \Delta_C$	
مقطع فولادی و مقاطع فولادی شکل								
$2.1 \sqrt{\frac{E}{F_{y e}}} < \frac{K L}{r} < 4.2 \sqrt{\frac{E}{F_{y e}}}$								
$13 \Delta_T$	$11 \Delta_T$	$9 \Delta_T$	$7 \Delta_T$	$1/25 \Delta_T$	$1/8$	$14 \Delta_T$	$11 \Delta_T$	
مهاربند کششی (به استثنای مهاربندهای و اگر) ^۷								

۱- Δ_C تغییر شکل محوری در بار کماتنی مورد انتظار می باشد.

۲- Δ_T تغییر شکل محوری در بار نظیر کششی حد تسلیم (بار لهدگی مورد انتظار) می باشد.

پارامترهای مدلسازی و معیارهای پذیرش در روش غیر خطی



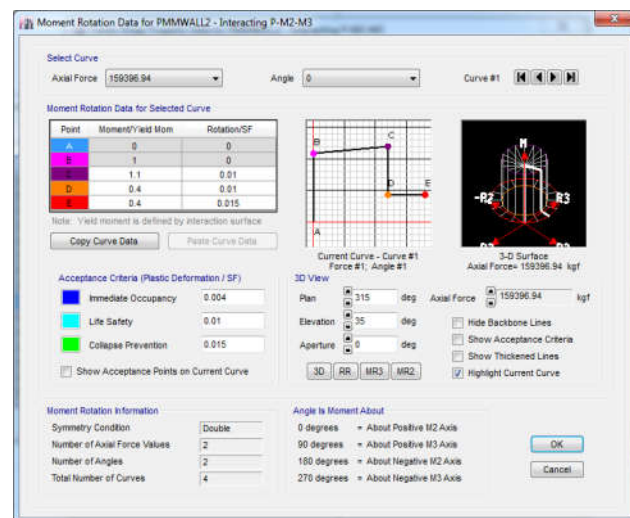
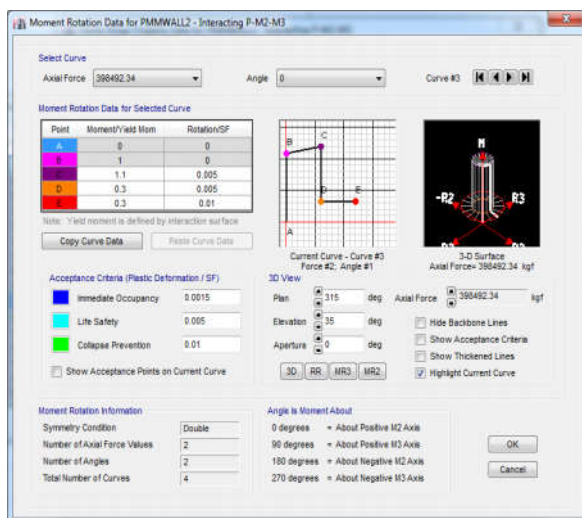
مشخصات برخی از مفاصل پلاستیک مهاربندهای هم‌محور معرفی شده در نرم‌افزار

۵-۲- دیوار برشی

به دلیل عدم توانایی نرم‌افزار در مدل‌سازی غیرخطی دیوار برشی و اختصاص مفاصل پلاستیک به آن در تحلیل‌های غیرخطی عموماً از جایگزینی دیوار برشی با ستون معادل استفاده می‌شود.

معیارهای پذیرش ^{۸،۷}				پارامترهای مدل سازی			شرایط			
زاویه‌ی دوران خمیری، رادیان				نسبت مقاومت باقیمانده	زاویه‌ی دوران خمیری، رادیان					
سطح عملکرد										
نوع عضو										
غیر اصلی		اصلی								
CP	LS	CP	LS	IO	c	b		a		
الف – دیوارهای برشی										
								محصور شدگی مرزی ^۱	$\frac{12V}{t_w l_w \sqrt{f_c}} \leq 4$	$\frac{[A_s - A'_s] f_{yt} + P}{t_w l_w f_{cl}} \leq 1$
۰/۰۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۷۵	۰/۰۲۰	۰/۰۱۵	بله	≤ 4	≤ 1
۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۴۰	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	بله	≤ 6	≤ 1
۰/۰۱۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۶۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹	بله	≤ 4	$\geq 1/25$
۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۵	۰/۰۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	بله	≥ 6	$\geq 1/25$
۰/۰۱۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۶۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۸	خیر	≤ 4	≤ 1
۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	خیر	≥ 6	≤ 1
۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	خیر	≤ 4	$\geq 1/25$
۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	خیر	≥ 6	$\geq 1/25$

پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش در روش غیرخطی (جدول ۶-۱۷ دستورالعمل)



مشخصات مفصل اختصاص داده شده به دیوار برشی

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ————— عبدالرضا سروقد مقدم

مشخصات مفاصل اختصاص یافته به ستون‌ها

۶-توزیع بار جانبی

➤ توزیع نوع اول: توزیع متناسب با شکل مود اول ارتعاش در جهت موردنظر

➤ توزیع نوع دوم: توزیع یکنواخت که در آن بار جانبی متناسب با وزن هر طبقه محاسبه می‌شود.

۷- بررسی اثرات هم زمان مؤلفه های زلزله

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. $PUSHXG1+0.3PUSHYG1$ | 9. $PUSHYG1+0.3PUSHXG1$ |
| 2. $PUSHXG2+0.3PUSHYG2$ | 10. $PUSHYG2+0.3PUSHXG2$ |
| 3. $PUSHXG1-0.3PUSHYG1$ | 11. $PUSHYG1-0.3PUSHXG1$ |
| 4. $PUSHXG2-0.3PUSHYG2$ | 12. $PUSHYG2-0.3PUSHXG2$ |
| 5. $-PUSHXG1+0.3PUSHYG1$ | 13. $-PUSHYG1+0.3PUSHXG1$ |
| 6. $-PUSHXG2+0.3PUSHYG2$ | 14. $-PUSHYG2+0.3PUSHXG2$ |
| 7. $-PUSHXG1-0.3PUSHYG1$ | 15. $-PUSHYG1-0.3PUSHXG1$ |
| 8. $-PUSHXG2-0.3PUSHYG2$ | 16. $-PUSHYG2-0.3PUSHXG2$ |

۸- نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی در سطح عملکرد C-3:

۸-۱- محاسبه تغییر مکان هدف

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

$$C_1 = 1 + \frac{R_u - 1}{a T_e^2}$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R_u - 1}{T_e} \right)^2$$

$$R_u = \frac{S_a}{V_{y/W}} C_m$$

تعیین ضریب C_0

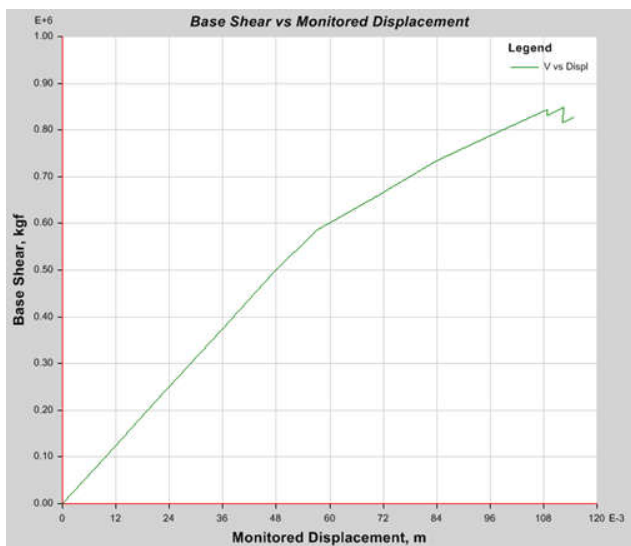
تعداد طبقات ساختمان	ساختمان‌های برشی ^۲		سایر ساختمان‌ها
	توزیع نوع اول	توزیع نوع دوم	هر نوع توزیع بار
۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۲	۱/۳
۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴
۱۰ و بیشتر	۱/۳	۱/۲	۱/۵

تعیین ضریب a

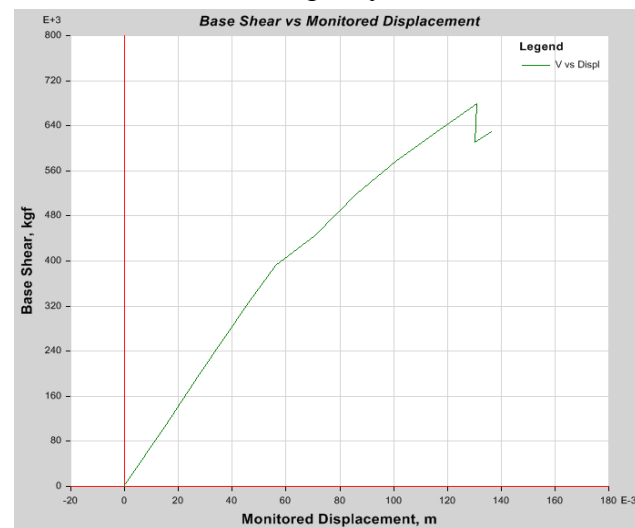
IV	II	I	نوع زمین
60	90	130	a

۸-۲- ارزیابی سطح عملکرد ساختمان

pushxG1



pushyG1



وضعیت تشکیل مفاصل در هر گام بارگذاری در حالت pushx-G1

Step	Monitored Displ (m)	Base Force (ton)	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total Hinges
0	0.00004	0	575	0	0	0	0	575	0	0	0	575
1	0.01174	122467.7	575	0	0	0	0	575	0	0	0	575
2	0.020785	217142.64	574	1	0	0	0	575	0	0	0	575
3	0.035655	372575.06	571	4	0	0	0	575	0	0	0	575
4	0.047355	494725.76	571	4	0	0	0	575	0	0	0	575
5	0.057141	585116.14	564	11	0	0	0	575	0	0	0	575
6	0.071104	661228.34	563	12	0	0	0	575	0	0	0	575
7	0.083707	731687.92	558	17	0	0	0	573	2	0	0	575
8	0.096594	790736.99	548	27	0	0	0	566	9	0	0	575
9	0.10813	840553.61	541	34	0	0	0	561	14	0	0	575
10	0.10885	843653.93	541	33	1	0	0	561	14	0	0	575
11	0.108851	831611.55	541	33	0	1	0	561	14	0	0	575
12	0.112528	848835.86	539	34	1	1	0	560	15	0	0	575
13	0.112326	815539.61	536	35	1	2	1	558	17	0	0	575
14	0.114793	827329.45	536	34	2	2	1	557	18	0	0	575

