به نام خدا

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

بهسازی لرزه ای نسبی
راهکاری فنی و اقتصادی برای برون رفت از بن بست پروژه های مقاوم سازی کشور

تیمور هنربخش

مهندسین مشاور سرزمین

27/اردیبهشت/1390

جامعه مهندسان مشاور ایران

مهندسین مشاور سرزمین SARZAMIN Consulting eng.

www.sarzamin-eng.com

SARZAMIN Consulting Eng.

فهرست مندرجات

- چکیده
- بررسی ریاضی دوره بازگشت دو سوم سطح خطر (۱)
- هدف بهسازی پیشنهادی
- عوامل آسیب پذیری در ساختمانهای بنایی متداول
- ارزیابی ظرفیت پایداری ساختمان بنایی متداول در زلزله هدف
- جزئیات بهسازی لرزه ای نسبی
- عملکرد ساختمان با بهسازی نسبی در زلزله
- بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای اسکلت دار
- تدوین دستورالعملهای تجویزی برای بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای متداول

SARZAMIN Consulting Eng.

چکیده

با آسیب شناسی علل توقف پروژه های بهسازی لرزه ای در کشور و بررسی چالشهای موجود، ملاحظه می شود که اگرچه علل گوناگونی در این ناکامی نقش دارند، لیکن مهمترین عامل توقف چنین پروژه مهم و حیاتی، نوع نگاه به موضوع بهسازی لرزه ای است که در صدد رفع کلیه ضعفها و ظرفیت سازی برای عملکردهای بدون خسارت و یا خسارت جزئی در ساختمان در زلزله های بزرگ است که نتیجتاً هزینه هنگفتی را به پروژه تحمیل می نماید.

لذا ضرورت دارد با بازنگری در"هدف بهسازی"، به صورتی کاملاً علمی هدف بهسازی مناسبی در سطحی پایین تر از هدف بهسازی مبنا تعیین شود تا بهسازی با هزینه و در زمان بمراتب کمتری انجام پذیرد و موجب کاهش قابل ملاحظه خسارات ناشی از زلزله، علی الخصوص تلفات جانی، شود.

چنین نگاهی به موضوع باعث تنظیم منطقی و موجه بودجه پروژه خواهد شد و برداشتن گامی مؤثر در کاهش خطر پذیری در سطح کشور را ممکن خواهد ساخت.

این نگرش همچنین امکان آن را فراهم می سازد تا بتوان برنامه ای عملی جهت ارتقاء ظرفیت باربری جانبی ساختمانهای مسکونی آسیب پذیر در کشور، علی الخصوص در شهرهای بزرگ نظیر تهران و تبریز که پتانسیل زلزله خیزی شدیدی دارند، تدوین نمود.

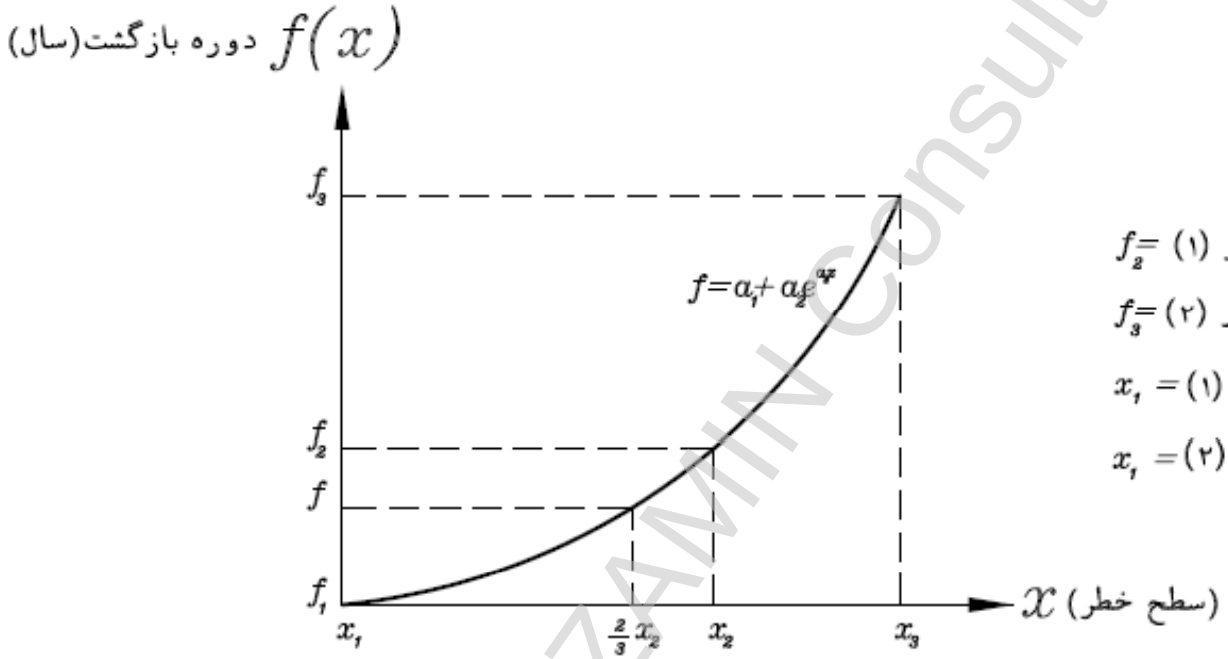
در این مقاله هدف بهسازی انتخاب شده و نتایج بررسیهائی که طبق آن برروی ساختمانهای بنائی و اسکلت دار انجام پذیرفته و سهولتی که برای امکان تحقق آن ایجاد نموده، ارائه شده است.

در اینجا لازم میداند از حمایت های سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، علی الخصوص جناب آقای دکتر مازیار حسینی رئیس سابق سازمان، که با پشتیبانی های خود انجام آزمایش ها را ممکن ساختند، تشکر و قدردانی نماید.

SARZAMIN Consulting Eng.
مهندسین مشاور SARZAMIN Consulting eng.

بررسی ریاضی دوره بازگشت دو سوم سطح خطر (۱)

برای تعیین حدود دوره بازگشت زلزله دو سوم سطح خطر (۱) یک تابع نمایی که از سطوح خطر (۱) و (۲) عبور، داده شده است.



f_2= (۱) سطح خطر زلزله بازگشت دوره=475 سال

f_3= (۲) سطح خطر زلزله بازگشت دوره=2475 سال

x_1 = (۱) سطح خطر

x_1 = (۲) سطح خطر = $1.5x_2$

$$f(x)=19.43\left[e^{(3.24/x_2)x}-1\right]$$

SARZAMIN Consulting Eng.

ملاحظه می شود که دوره بازگشت زلزله ها دو سوم سطح خطر (۱) حدود ۱۵۰ سال است.
و این در حالی است که موضوع زلزله تهران، که نگرانی بسیاری ایجاد نموده، دارای دوره برگشتی در همین حدود است. بعبارت دیگر زلزله دو سوم سطح خطر (۱) زلزله بزرگی است که علی الخصوص برای بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود کافی بنظر میرسد.
در این ارتباط اشاره به تجربیات جهانی نیز مفید می باشد.
در کشور نیوزیلند، که در زمینه مهندسی زلزله در زمره پیشروترین کشورها است، در حال حاضر طبق قانون ساختمان (Building ACT) در صورتیکه ساختمانی دو سوم سطح خطر طبق آئین نامه نیوزیلند را پاسخگو باشد، نیازی به مقاوم سازی ندارد. البته اگر مالک ساختمان قصد ارتقاء ظرفیت باربری جانبی ساختمان را داشته باشد، موضوع دیگری است.لذا ملاحظه می شود که سطح خطر پیشنهادی، سطح خطر موجهی بنظر میرسد.

SARZAMIN Consulting Eng.

هدف بهسازی پیشنهادی

سطح خطر مطابق آنچه قبلا ذکر شد ، دو سوم سطح خطر یک مورد نظر است.
برای صیانت جان ساکنین ساختمان، سطح عملکرد CP بعنوان حداقل سطح عملکرد قابل قبول میتواند منظور شود.

لذا هدف بهسازی کاهش یافته مورد نظر؛

" سطح عملکرد آستانه فرو ریزش در سطح خطر دو سوم سطح خطر (۱) "

می باشد.

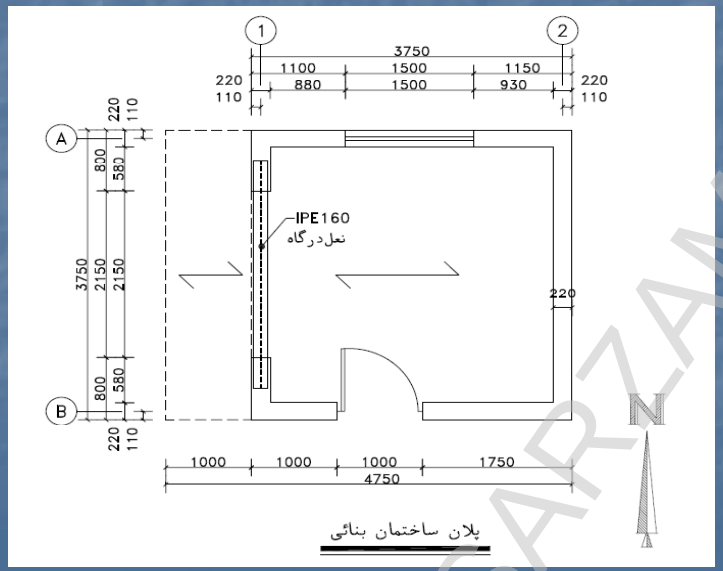
SARZAMIN Consulting Eng.

عوامل آسیب پذیری در ساختمانهای بنایی متداول

- عدم انسجام سقف های طاق ضربی
- عدم اتصال مناسب سقف به دیوارها
- عدم وجود کلافهای افقی و قائم
- عدم تناسب پیش آمدگی در پلان و ارتفاع
- عدم تقارن در پلان و توزیع نامناسب دیوارها در پلان
- عدم تناسب ابعاد بازشوها در دیوارها
- عدم فاصله کافی بازشو ها تا بر دیوار
- عدم فاصله کافی بین بازشو ها
- عدم تناسب ارتفاع دیوار با ضخامت آن
- عدم اجرای مناسب آجر چینی و بند کشی
- عدم کفایت برشی ملات در آجر چینی
- عدم وجود پی مناسب با توجه به نوع زمین

SARZAMIN Consulting Eng.

ارزیابی ظرفیت پایداری ساختمان بنایی متداول در زلزله هدف



- عدم انسجام سقف طاق ضربی
- عدم اتصال مناسب سقف طاق ضربی به دیوارهای باربر
- عدم وجود سیستم کلافبندی کامل سه بعدی
- عدم تطبیق مشخصات بازشو غربی ساختمان با ضوابط آیین نامه ای
- عدم تقارن در پلان و توزیع نامناسب دیوارها در پلان
- عدم اجرای مناسب آجر چینی و بند کشی
- عدم کفایت برشی ملات در آجر چینی

SARZAMIN Consulting Eng.

عدم انسجام سقف طاق ضربی و عدم اتصال مناسب سقف طاق ضربی به دیوارهای باربر

عدم وجود اتصال مناسب بین اجزاء سقف

اتصال نامناسب بین دیوار وسقف

- سقف فاقد انسجام است و عملکرد دیافراگمی ندارد
- اتصال مناسب بین دیوارهای باربر و سقف طبقات وجود ندارد

SARZAMIN Consulting Eng.

عدم تطبیق مشخصات بازشو غربی ساختمان با ضوابط آیین نامه ای

- وجود فاصله کم بین کنار بازشو و لبه دیوار
- عریض بودن بازشو
- سطح زیاد بازشو

دیوارهایی با مشخصات فوق الذکر دیوار سازه ای محسوب نمی شوند

SARZAMIN Consulting Eng.

عدم کفایت برشی ملات در آجر چینی

نتایج آزمایشات مشخص می سازد که در بسیاری از موارد مقاومت برشی ملات در دیوارها بسیار کم است

لذا مقاومت برشی دیوارها برای تحمل نیروهای ناشی از زلزله کافی نمی باشد

SARZAMIN Consulting Eng.

با توجه به موارد فوق الذکر

در غالب موارد، ساختمانها در برابر زلزله **آسیب پذیر** و یا **بسیار آسیب پذیر** هستند

SARZAMIN Consulting Eng.

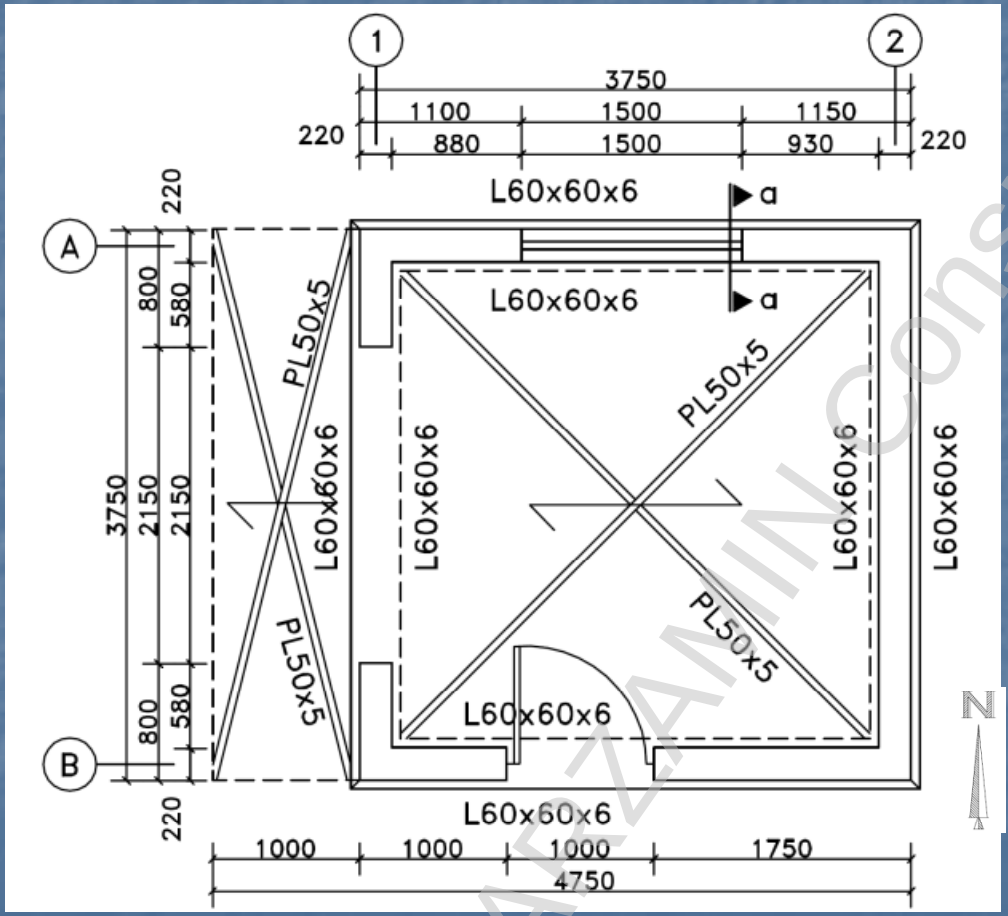
SARZAMIN Consulting Eng

جزئیات بهسازی لرزه ای نسبی

- انسجام بخشی سقف های طاق ضربی با استفاده از تسمه های فولادی ضربدری
- اتصال سقف طاق ضربی به دیوار با نبشی و میلگرد
- تقویت قطعاتی از دیوارهای شمالی و جنوبی با استفاده از تسمه های فولادی ضربدری

SARZAMIN Consulting Eng.

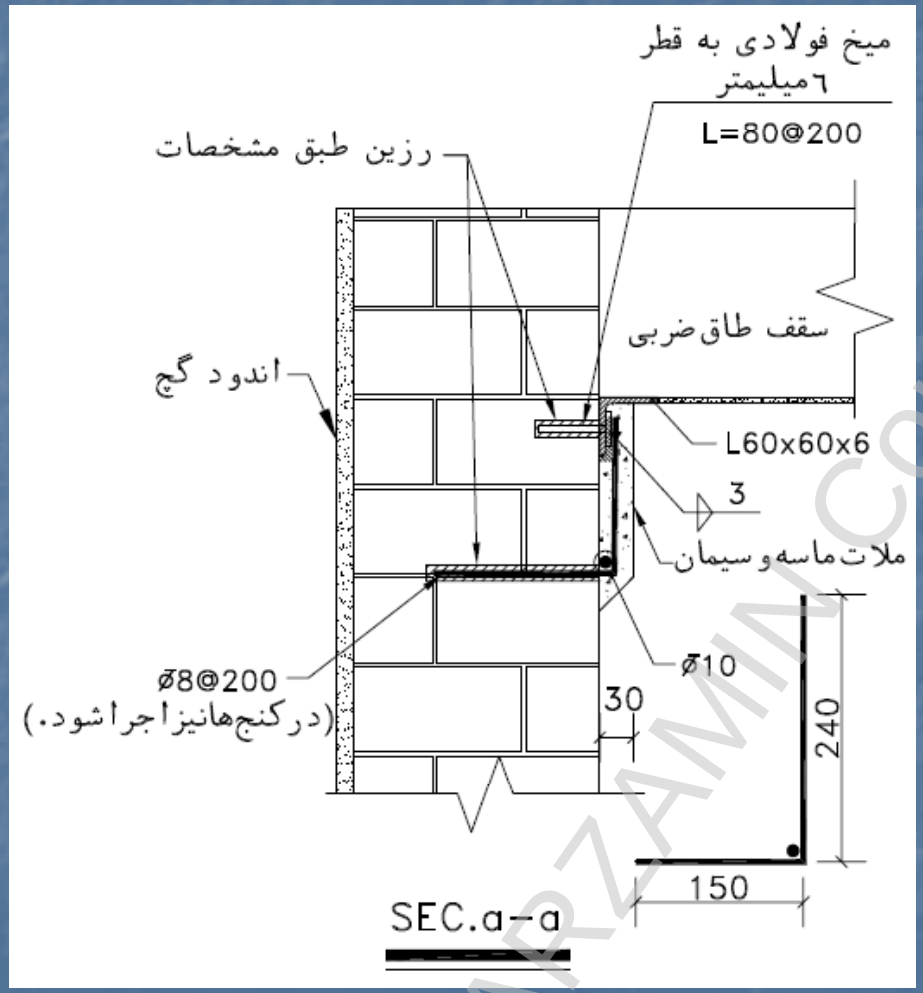
انسجام بخشی سقف های طاق ضربی با استفاده از تسمه های فولادی ضربدری



در دانشگاه تربیت مدرس عملکرد مطلوب انسجام بخشی سقف های طاق ضربی باتسمه های فولادی ضربدری با انجام آزمایشهای مختلف به تایید رسیده است.

SARZAMIN Consulting Eng.

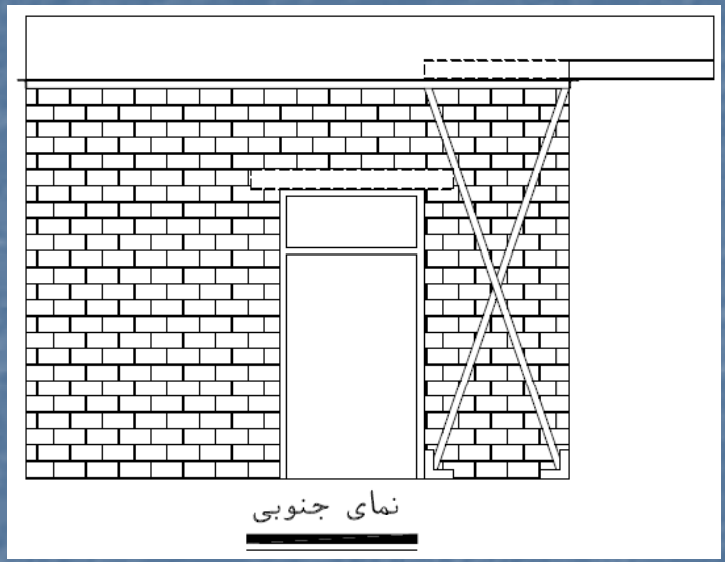
اتصال سقف طاق ضربی به دیوار با نبشی و میلگرد

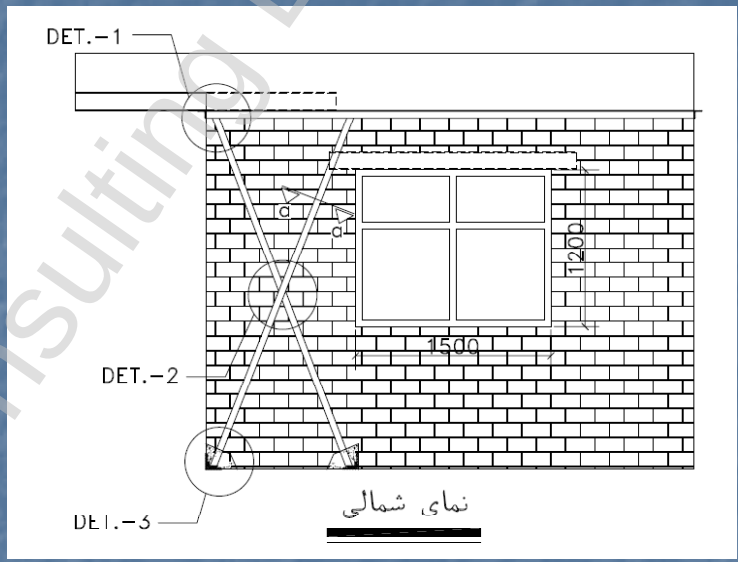


در آزمایشگاه میز لرزه دانشگاه صنعتی شریف عملکرد مطلوب جزئیات اتصال سقف های به دیوارها تایید رسیده است.

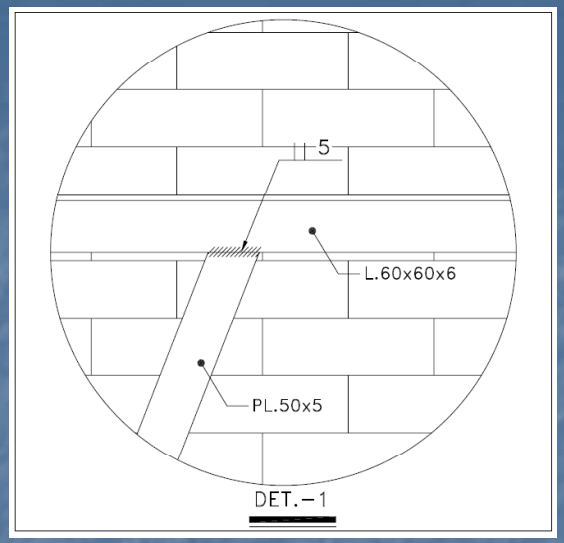
SARZAMIN Consulting Eng.

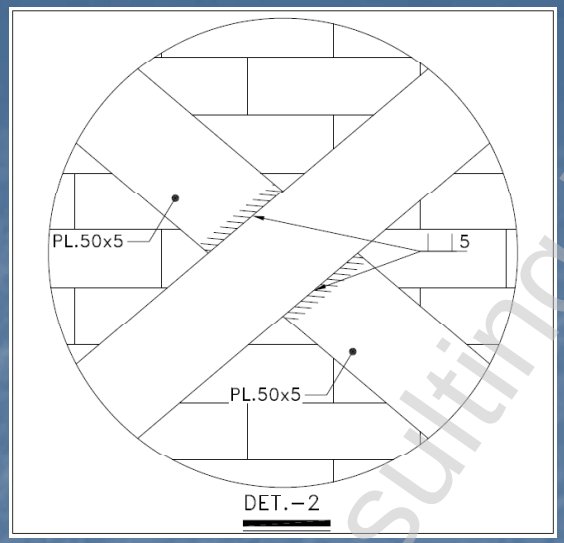
تقویت قطعاتی از دیوارهای شمالی و جنوبی با استفاده از تسمه های فولادی ضربدری

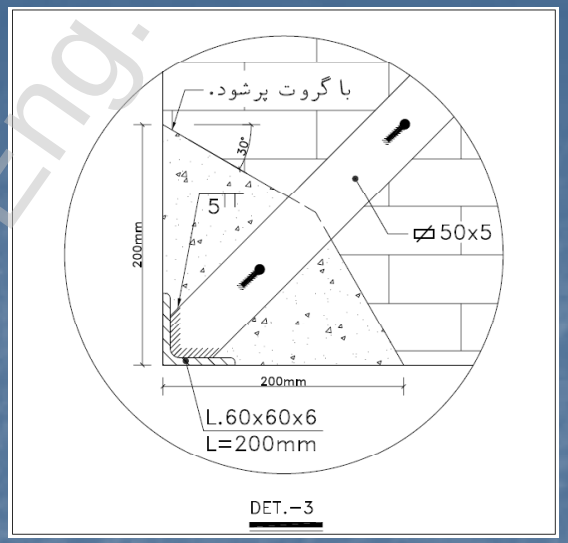


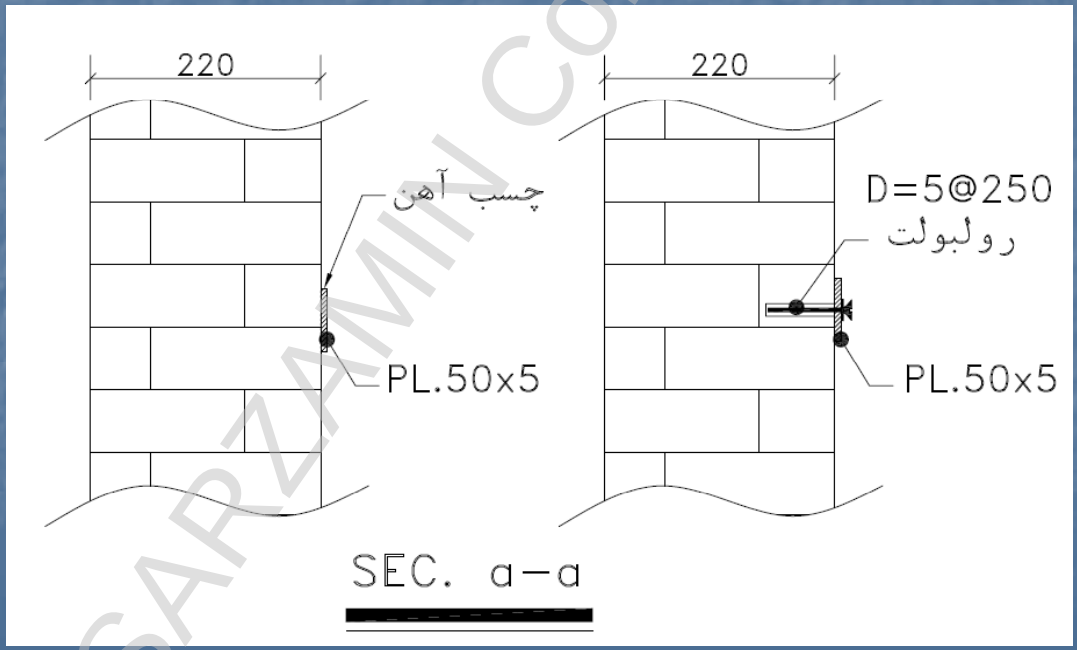


SARZAMIN Consulting Eng.









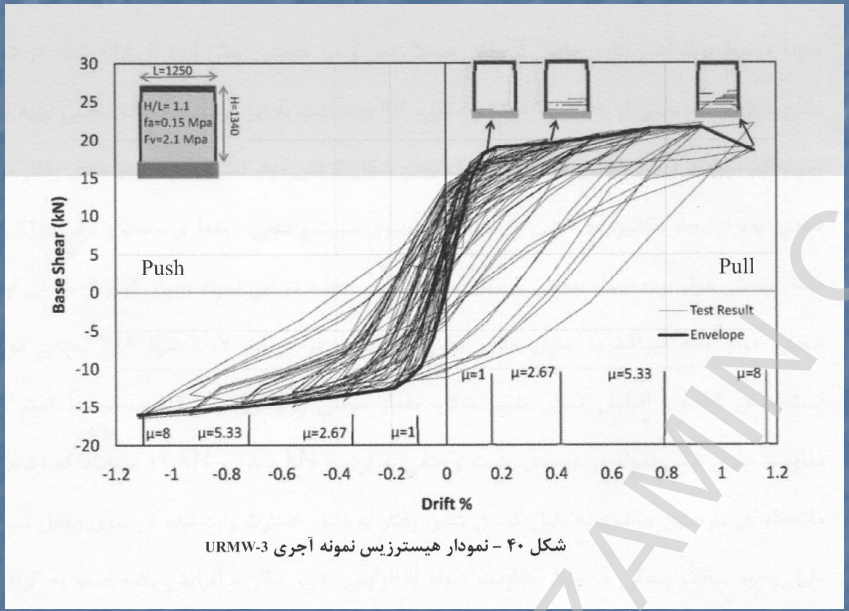
SARZAMIN Consulting Eng.

نتایج آزمایشهای دینامیکی کف قوی

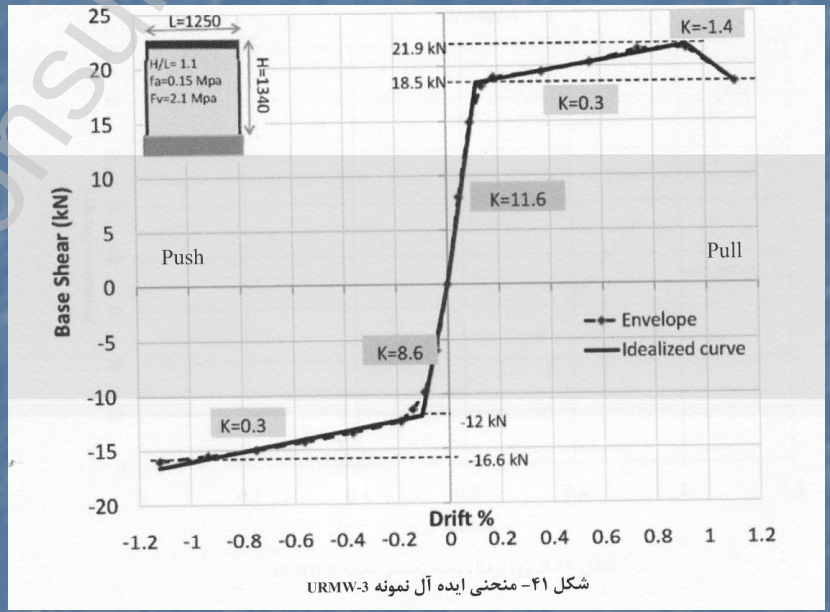
درآزمایشگاه کف قوی دانشکده فنی دانشگاه تهران عملکرد مطلوب تقویت دیوار باتسمه های فولادی به تایید رسیده است.

SARZAMIN Consulting Eng.

دیوار بنایی غیر مسلح به ابعاد
250×280×35 cm با مقیاس 1:2



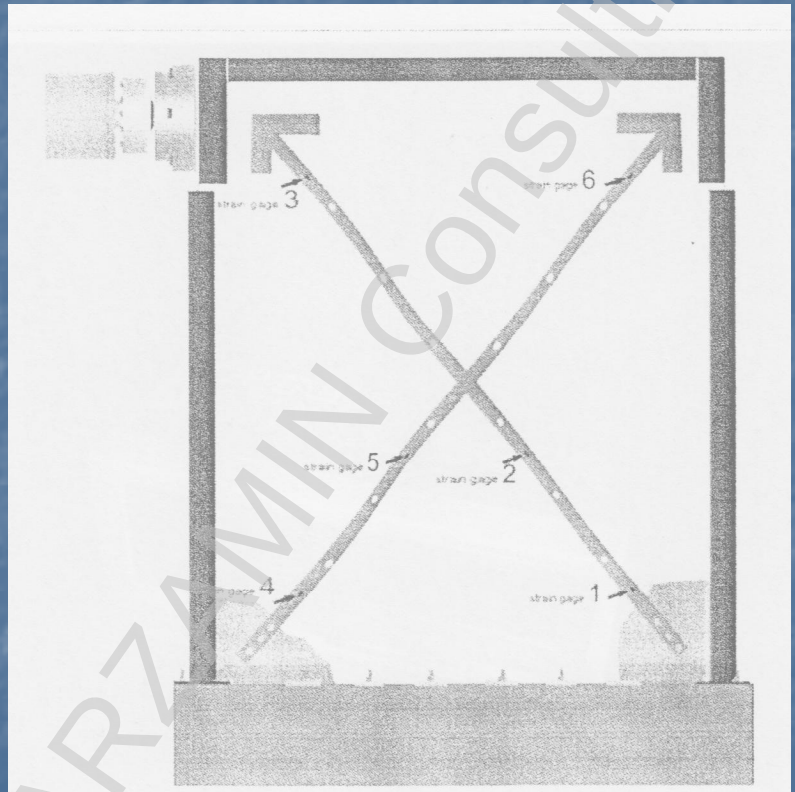
شکل ۴۰ – نمودار هیسترزیس نمونه آجری URMW-3



شکل ۴۱– منحنی ایده آل نمونه URMW-3

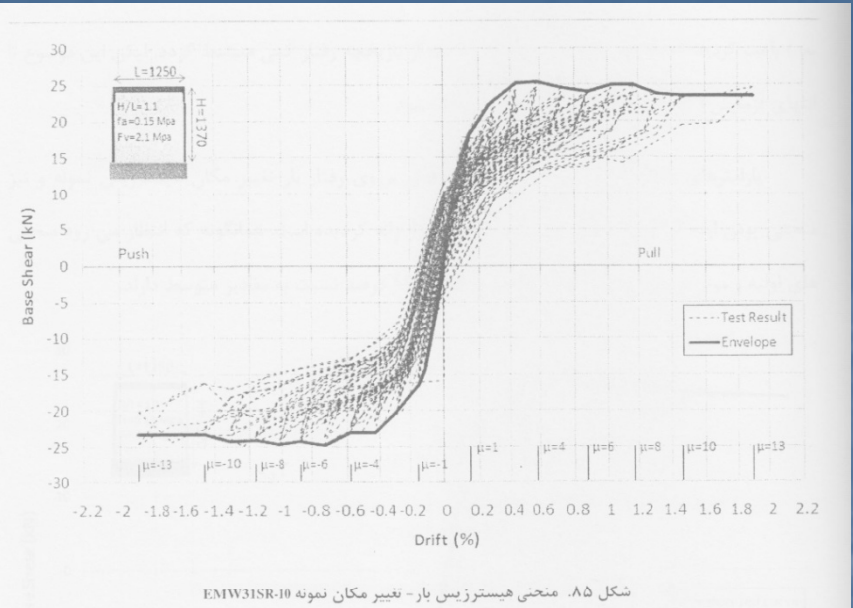
SARZAMIN Consulting Eng.

دیوار تسلیح شده یکطرفه به ابعاد 250×280×35cm
با تسمه فولادی 50x5 mm2 قطری و پنجه بتنی
با مقیاس 1:2

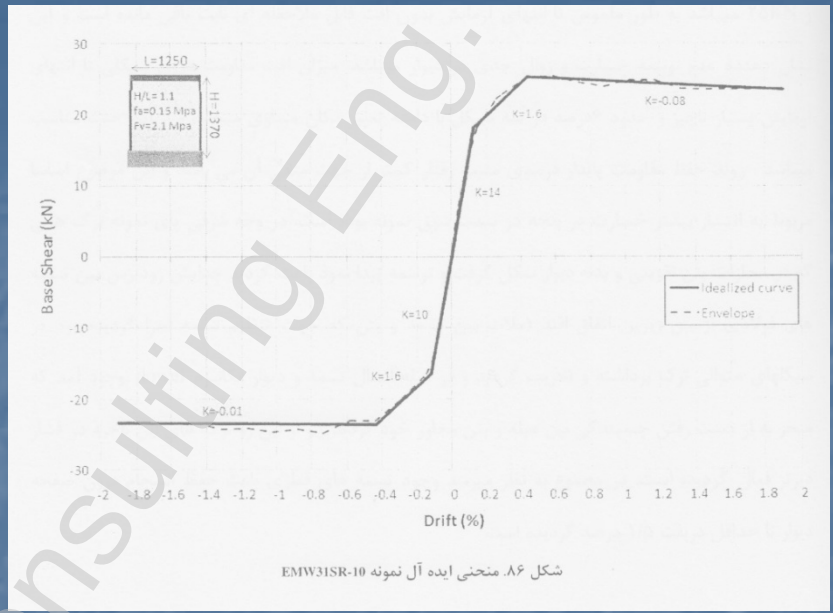


شکل ۳۶. کروکی قرار گیری کرنش سنج ها در نمونه EMW31SR-10

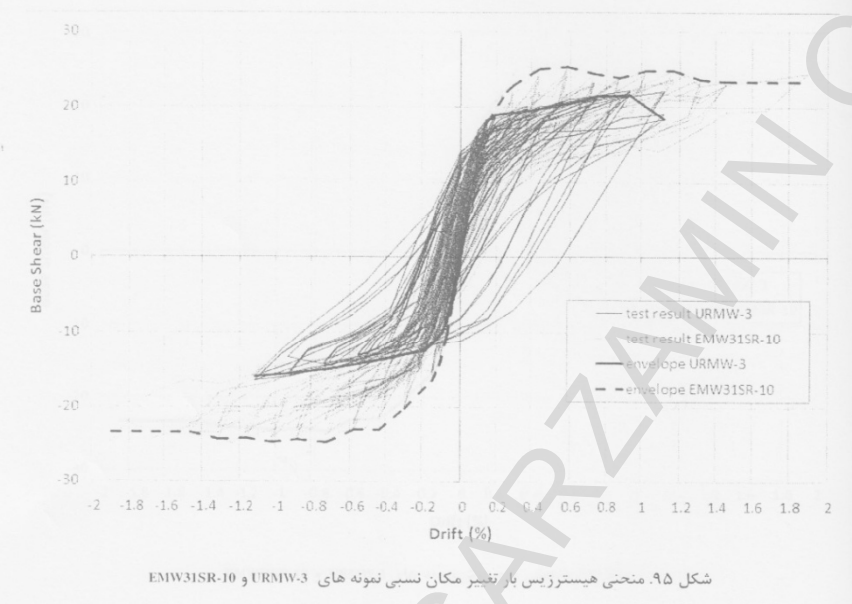
SARZAMIN Consulting Eng.



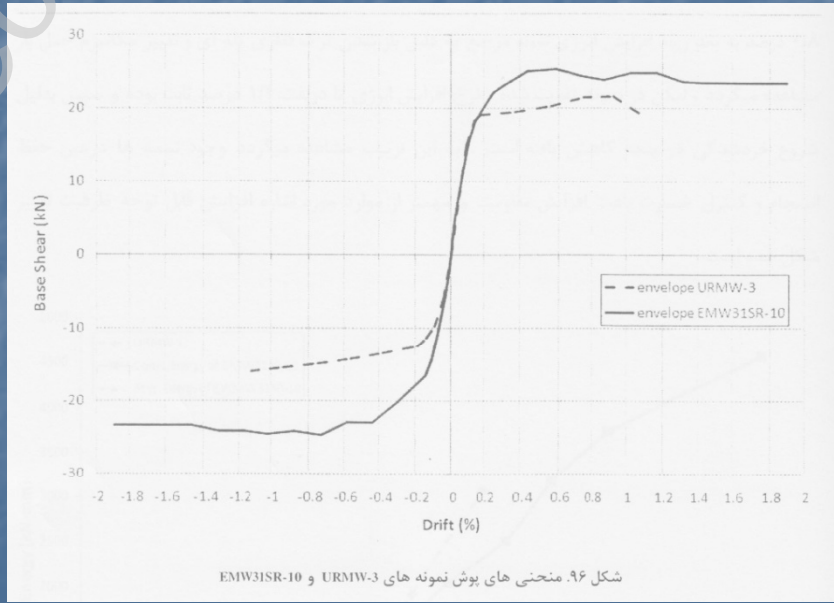
شکل ۸۵. منحنی هیسترزیس بار- تغییر مکان نمونه EMW31SR-10



شکل ۸۶. منحنی ایده آل نمونه EMW31SR-10



شکل ۹۵. منحنی هیسترزیس بار تغییر مکان نسبی نمونه های URMW-3 و EMW31SR-10



شکل ۹۶. منحنی های پوش نمونه های URMW-3 و EMW31SR-10

SARZAMIN Consulting Eng.
مهندسین مشاور SARZAMIN Consulting eng.
www.sarzamin-eng.com

عملکرد ساختمان با بهسازی نسبی در زلزله

آزمایش نشان داد که با رفع ۳ اشکال از میان ۷ اشکال موجود، میتوان عملکرد یکپارچه سازه را ممکن ساخت و با استفاده از ظرفیت کلیه اعضای سازه از فرو ریزش آن، که به مثابه جلوگیری از تلفات سنگین انسانی در زلزله است، جلوگیری نمود.

SARZAMIN consulting Eng

عملکرد ساختمان با بهسازی نسبی در زلزله

SARZAMIN Consulting Eng.

عملکرد ساختمان با بهسازی نسبی در زلزله

SARZAMIN Consulting Eng.

عملکرد ساختمان با بهسازی نسبی در زلزله

SARZAMIN Consulting Eng.

عملکرد ساختمان با بهسازی نسبی در زلزله

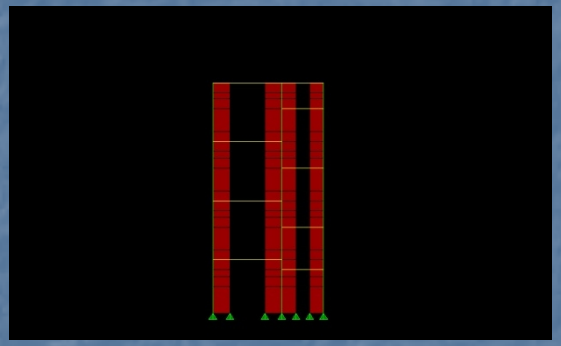
SARZAMIN Consulting Eng.

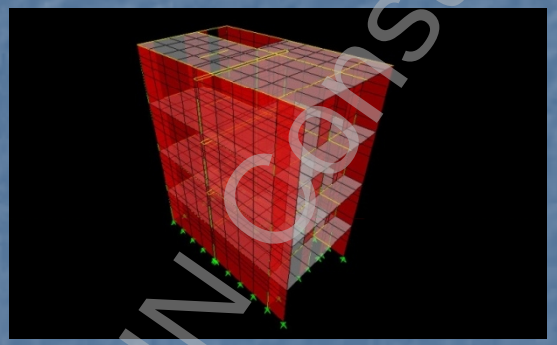
عملکرد ساختمان با بهسازی نسبی در زلزله

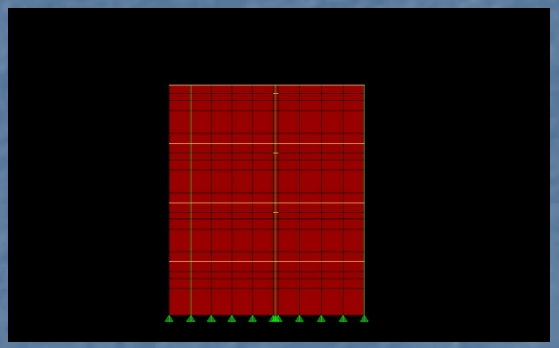
SARZAMIN Consulting Eng.

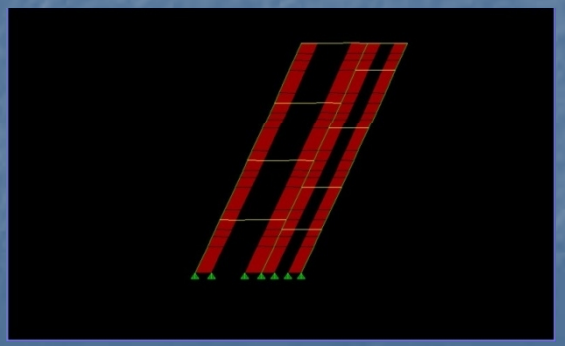
عامل اصلی در آسیب پذیری در ساختمانهای اسکلت دار متداول

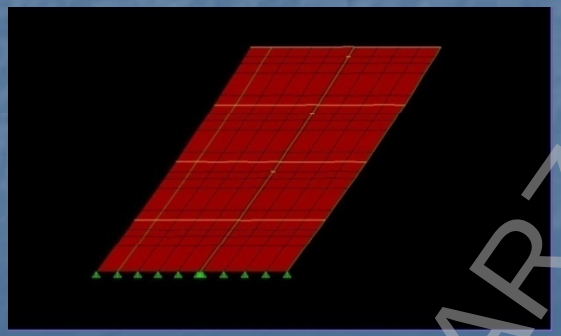
- عدم وجود سیستم باربر جانبی در هر دو امتداد
- ضعف در اتصالات











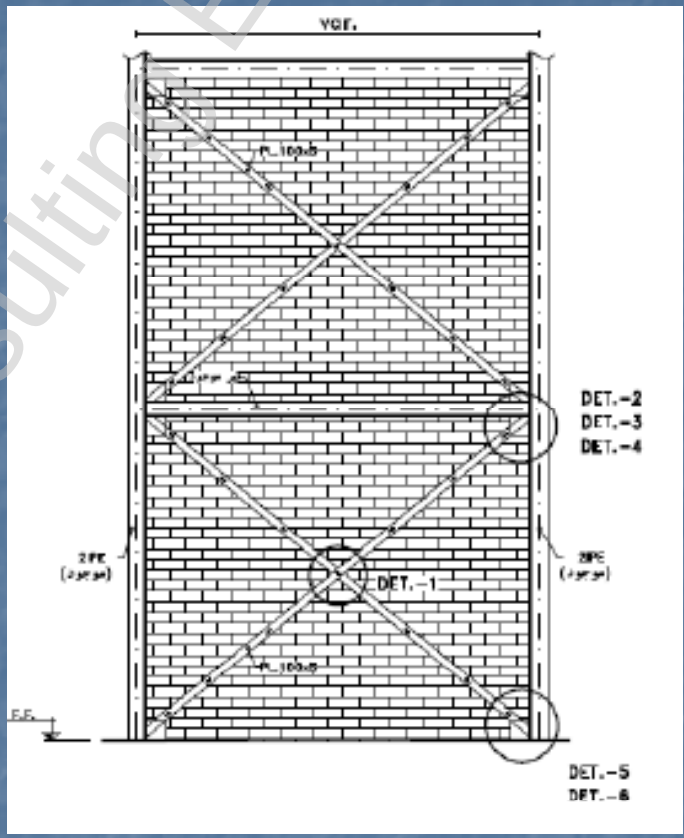
امتداد عرضی

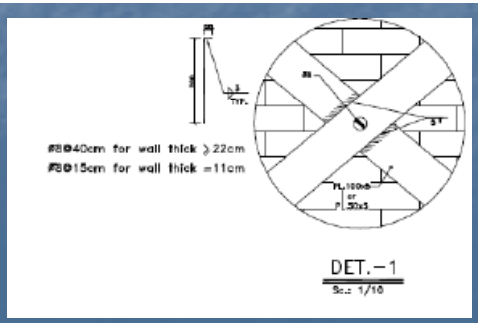
امتداد طولی

SARZAMIN Consulting Engi

بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای اسکلت دار

- جزئیات بهسازی لرزه ای در امتداد طولی تقویت میانقابهای ساختمان با استفاده از تسمه های فولادی ضربدری

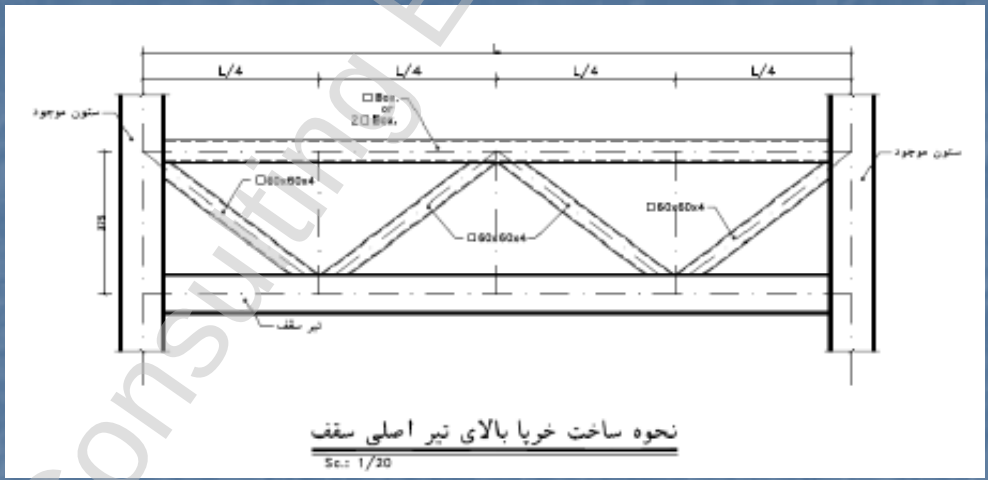




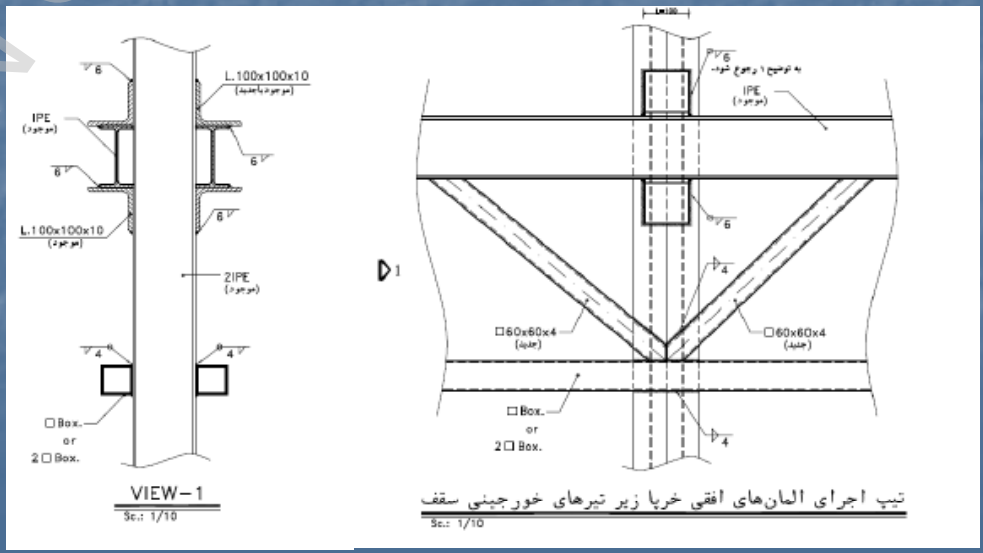
SARZAMIN Consulting Eng.

بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای اسکلت دار

- جزئیات بهسازی لرزه ای در امتداد عرضی ایجاد خرپاهای ظریف فولادی با استفاده از اعضای سازه موجود



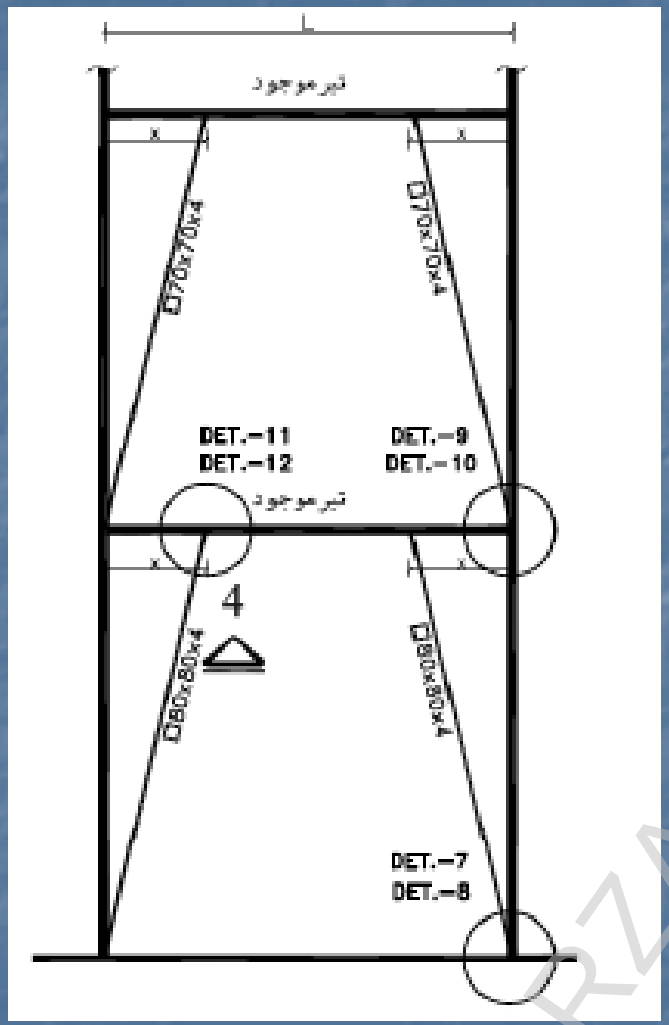
نحوه ساخت خرپا بالای تیر اصلی سقف
Sc.: 1/20

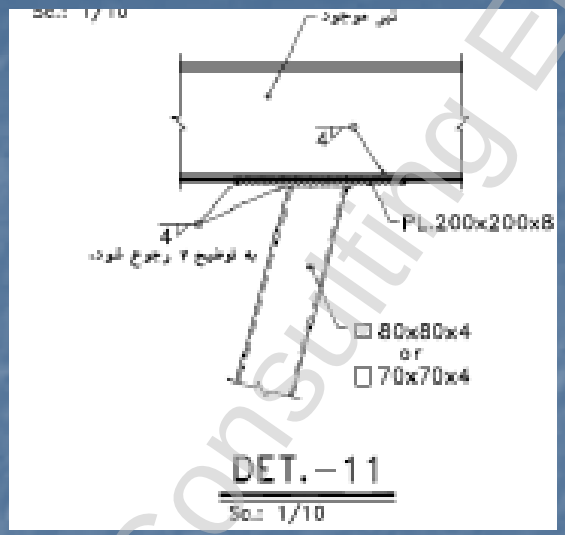


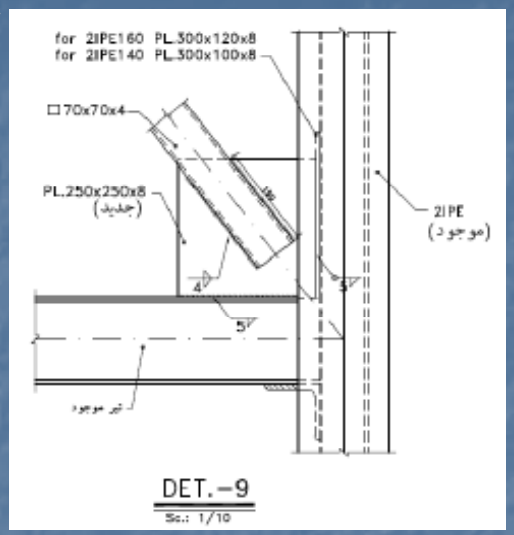
VIEW-1
Sc.: 1/10
تیپ اجرای المان‌های افقی خرپا زیر تیرهای خورجینی سقف
Sc.: 1/10

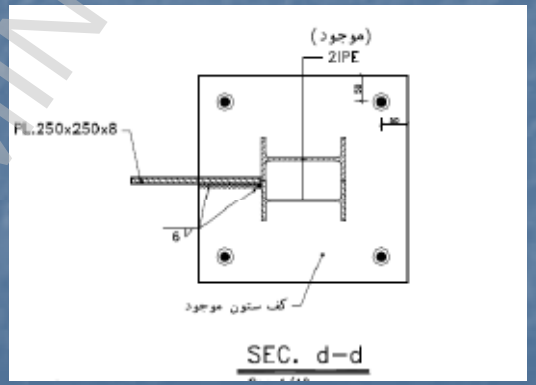
SARZAMIN Consulting Eng.

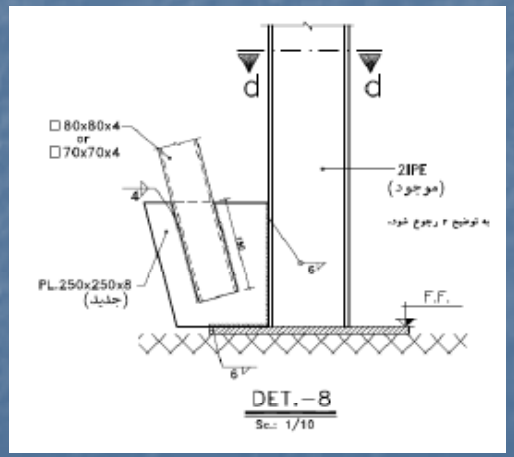
بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای اسکلت دار









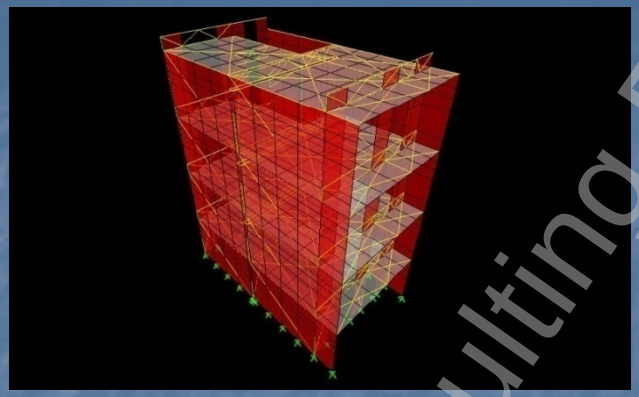


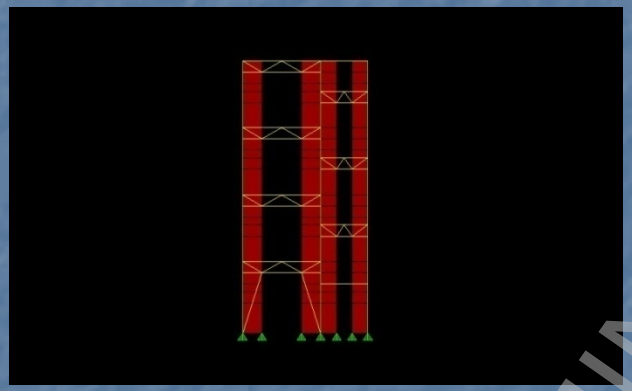
جزئیات بهسازی لرزه ای در امتداد عرضی

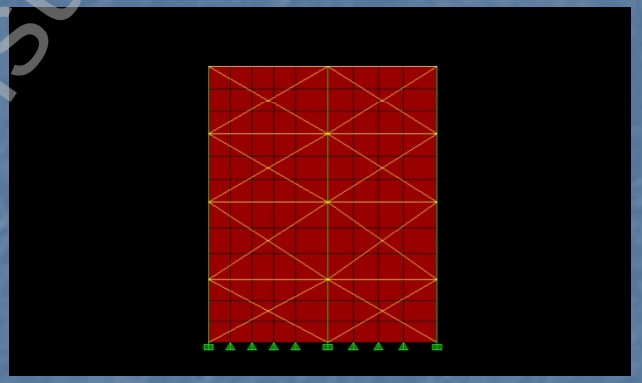
اضافه نمودن دستک با استفاده از اعضای سازه موجود

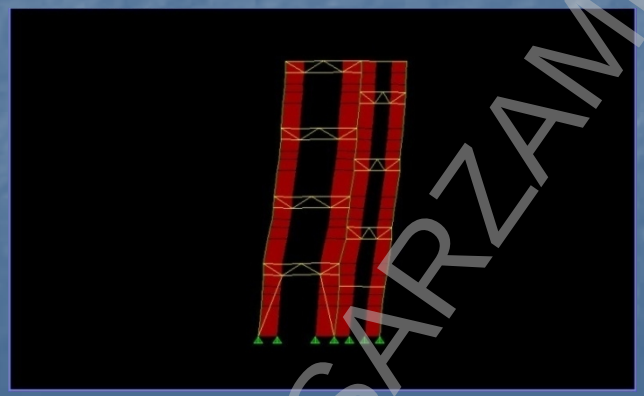
SARZAMIN Consulting Eng.

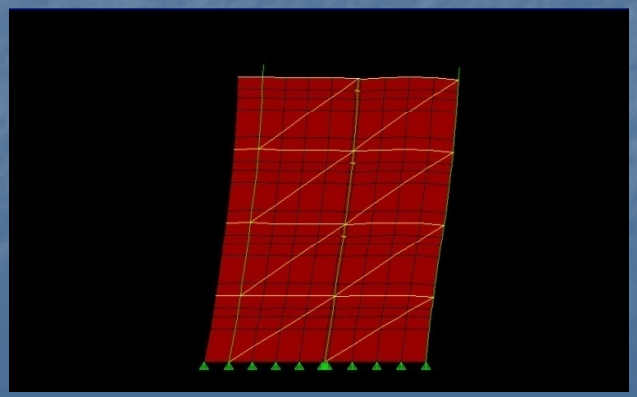
بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای اسکلت دار











امتداد عرضی

امتداد طولی

SARZAMIN Consulting Eng.

بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای اسکلت دار

نکته مهم:

با توجه به توزیع سیستم باربر جانبی در پلان، تمرکز نیرو در تراز پی ایجاد نمی شود و لذا لزومی برای بهسازی پی – که ضمن ایجاد اختلال در بهره برداری از ساختمان ، اصولا عملیاتی مشکل ، زمان بر و هزینه بر است–وجود ندارد.

SARZAMIN Consulting Eng.

تدوین دستورالعملهای تجویزی برای بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای متداول

با بررسی هایی که انجام شده است، با استفاده از دستورالعملهای تجویزی و بدون نیاز به انجام آزمایش، مدلسازی و تحلیل – که زمانبر و هزینه بر هستند- امکان بهسازی لرزه ای نسبی ساختمانهای متداول وجود دارد که می تواند در کاهش تلفات انسانی در زلزله های متوسط بسیار موثر باشد.

در چارچوب یک برنامه ریزی ملی و با مشارکت مردم، میتوان با سرعت مطلوبی در ارتقاء ظرفیت ساختمانهای متداول تا آستانه فروریزش در زلزله هایی مشابه آنچه در تهران با دوره بازگشت حدود ۱۷۵ سال انتظار می رود، اقدام نمود و خطر پذیری ناشی از زلزله را کاهش و تلفات جانی را به حداقل رسانید.

SARZAMIN Consulting Eng.

با تشکر از حسن توجه شما

SARZAMIN Consulting Eng.