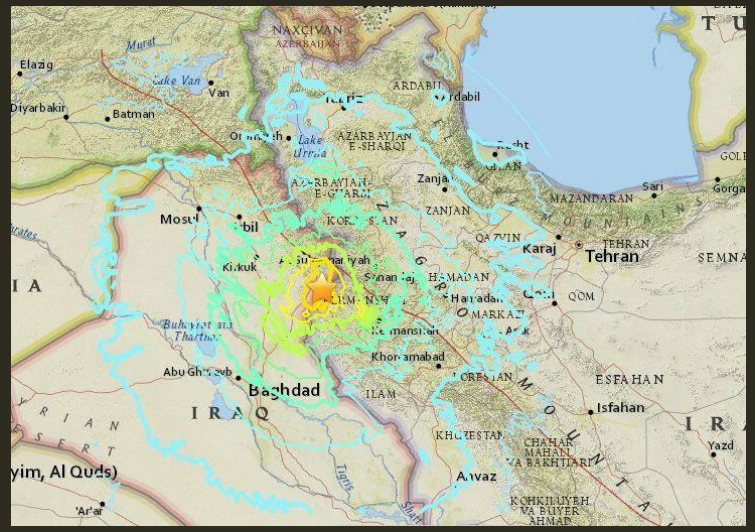
سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران

حوزه معاونت پیشگیری و کاهش خطرپذیری

بررسی عملکرد لرزه ای ساختمان ها در زلزله ۷,۳ ازگله کرمانشاه



...

زلزله بم: ۵ دیماه ۱۳۸۲

زلزله اهر ورزقان: ۲۱ مرداد ۱۳۹۱

زلزله ازگله کرمانشاه: ۲۱ آبان ۱۳۹۶

زلزله تهران: ؟؟؟؟؟؟؟؟؟

فهرست

- مشخصات کلی زمین لرزه
- سازه های فولادی
- سازه های بتنی
- سازه های بنایی
- اجزاء غیرسازه ای

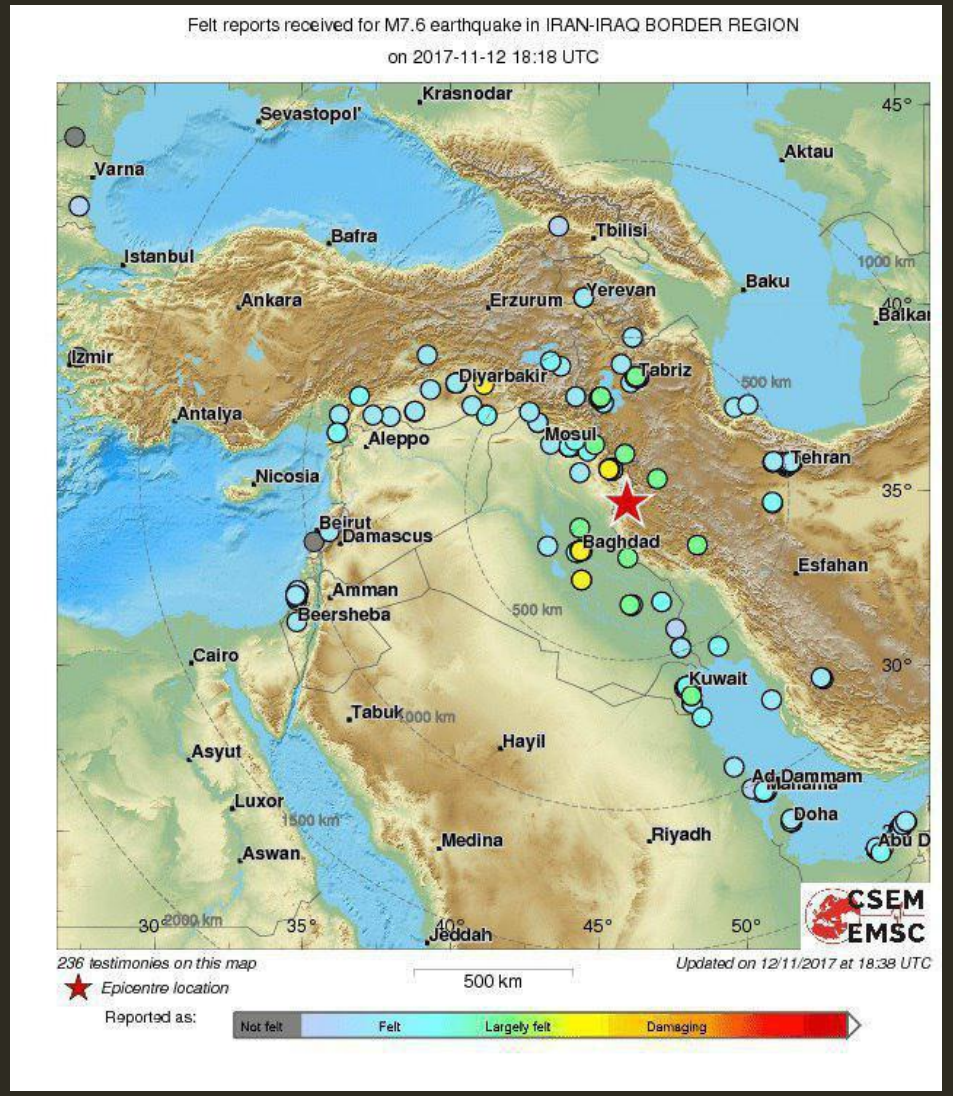
بررسی مشخصات کلی زلزله

مشخصات کلی زلزله

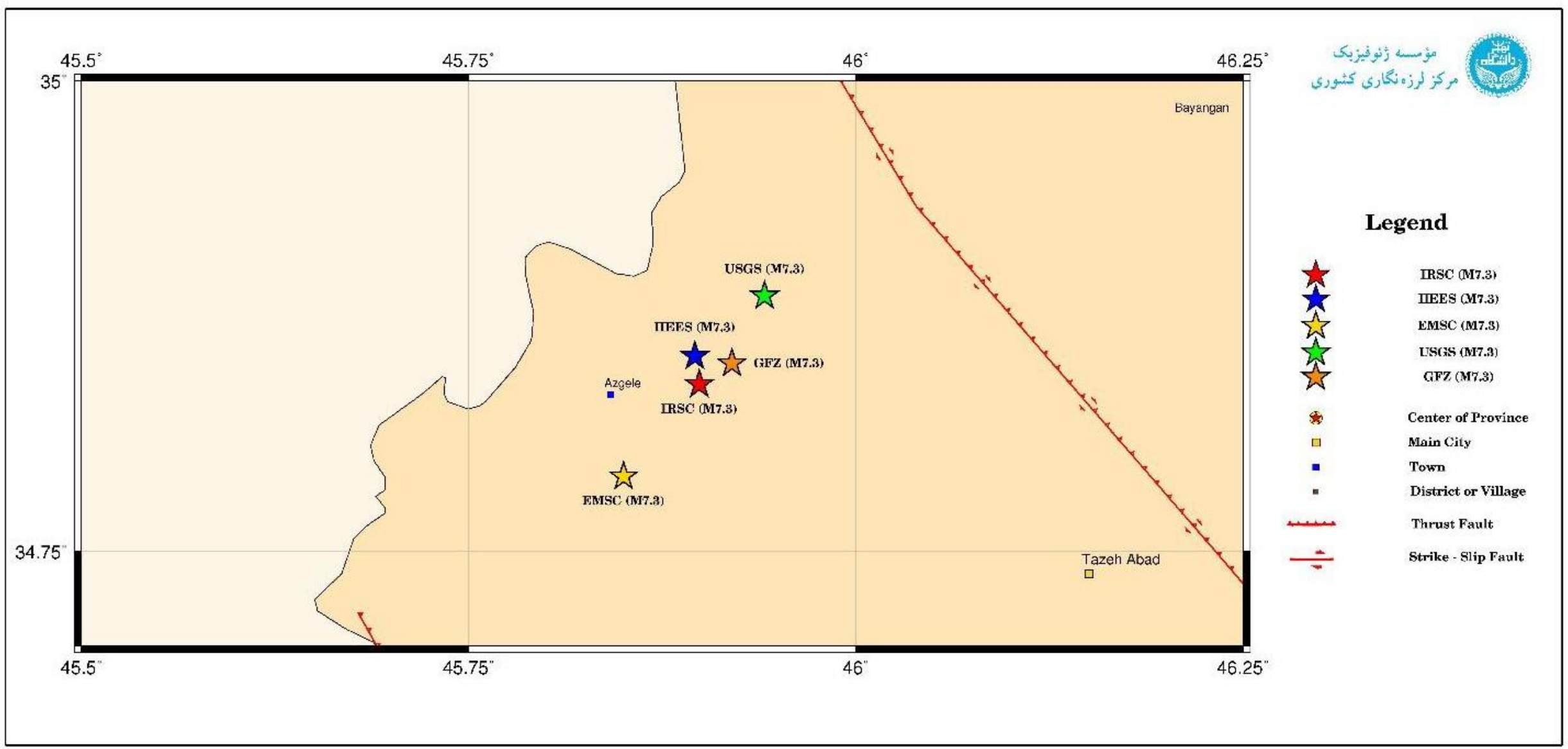
- بزرگی ۷٫۳ در مقیاس بزرگای گشتاوری
- شامگاه یکشنبه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ در نزدیکی ازگله، استان کرمانشاه
- کانون زمین‌لرزه ۵ کیلومتری شهر ازگله کرمانشاه بود
- بر طبق گفته رئیس مرکز لرزه‌نگاری ایران چندین پیش لرزه قبل از زلزله ۷٫۳ ریشتری حوالی ساعت ۲۱ تا ۲۱:۴۸ اتفاق افتاده که موجب هشیاری مردم شد که بزرگترین این پیش لرزه‌ها به قدرت ۴/۵ ریشتر ثبت شد.
- شهر ازگله نزدیک‌ترین شهر به کانون زلزله (۵ کیلومتر) بود.
- عمق زمین لرزه ۱۱ کیلومتر بوده که به علت عمق کم و مدت زیاد در کل منطقه شمال غرب کشور احساس شد
- این زلزله در جنوب شرق ترکیه و حتی کویت و شمال عربستان سعودی هم احساس شده‌است.

مشخصات کلی زلزله

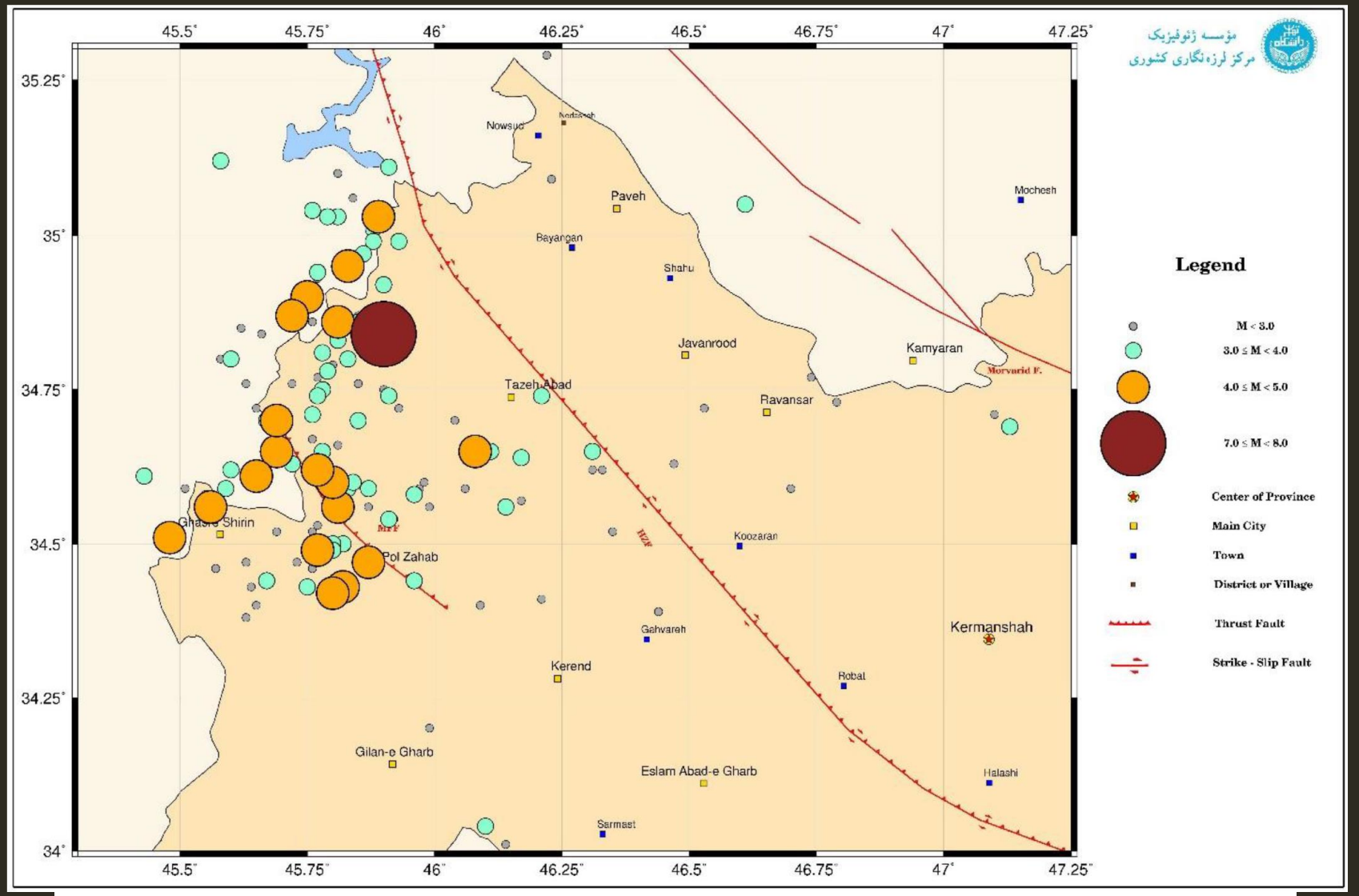
مرجع	زمان وقوع (GMT)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	عمق	بزرگی
IRSC	2017/11/12 18:18:16.4	34.839	45.899	11.4	7.3
IIEES	2017/11/12 18:18:18.2	34.854	45.896	15	7.3
EMSC	2017/11/12 18:18:17.0	34.790	45.850	24	7.3
USGS	2017/11/12 18:18:17.0	34.886	45.941	23.2	7.3
GFZ	2017/11/12 18:18:17.0	34.850	45.920	22	7.3



مشخصات کلی زلزله

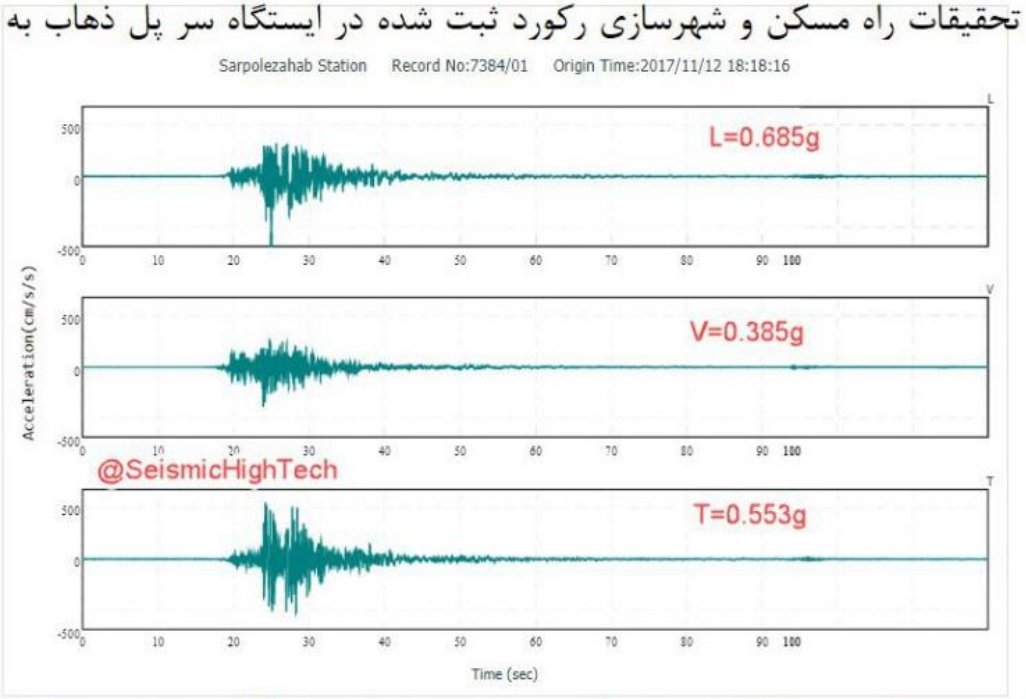


مشخصات کلی زلزله



توزیع مکانی رومرکز زمین‌لرزه ۷/۳ ازگله کرمانشاه به همراه پیشلرزه‌ها و پسلرزه‌های آن

به گزارش مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی رکورد ثبت شده در ایستگاه سر پل ذهاب به شکل زیر است:



▼▼شتاب بیشینه این رکورد بیش از دو برابر "نسبت شتاب مبنای طرح" آیین نامه ۲۸۰۰ برای این منطقه میباشد. اگرچه تا به این لحظه رکورد سرعت این زلزله در دسترس قرار نگرفته است، میتوان انتظار داشت اثر جهت پذیری در این ناحیه وجود داشته باشد.

▼▼مقدار شتاب قائم بسیار شدید در این زلزله مشاهده میشود. نسبت شتاب قائم بیشینه به شتاب حداکثر افقی تقریبا برابر ۰.۶ میباشد که این مقدار با مقادیر ذکر شده در آیین نامه مطابقت دارد.(البته با فرض اینکه جهت **L** دستگاه شتابنگار، در راستای بحرانی باشد).

▼▼مقدار شتاب افقی بصورت تواما در هر دو جهت قابل ملاحظه می‌باشد که هر دو بیش از شتاب **0.3g** مفروض آئین نامه برای این منطقه و نسبت آنها بیش از نسبت ۱۰۰-۳۰ برای زلزله در دو راستای عمود بر هم می‌باشد.

▼▼با توجه به سرعت موج برشی در خاک، این ایستگاه بر روی نوع خاک **II** بنا شده است.

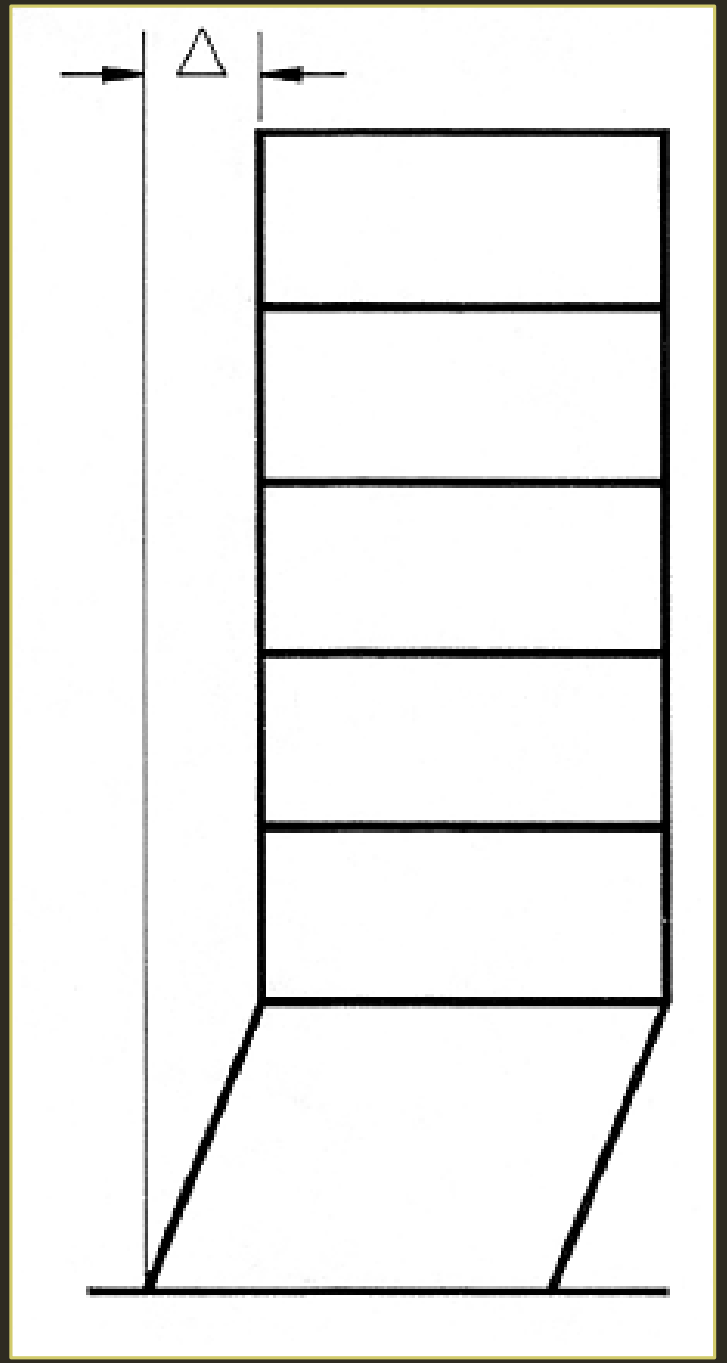
بررسی عملکرد لرزه ای تعدادی از ساختمان های فولادی

مکانیسم طبقه نرم

ث- نامنظمی سختی جانبی: در مواردی که سختی جانبی هر طبقه کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی‌های جانبی سه طبقه روی خود باشد. چنین طبقه‌ای اصطلاحاً "طبقه نرم" نامیده می‌شود.

در مواردی که مقادیر فوق به ترتیب به ۶۰ درصد و ۷۰ درصد کاهش پیدا کنند، طبقه اصطلاحاً "طبقه خیلی‌نرم" توصیف می‌شود.

مکانیسم طبقه نرم



مکانیسم طبقه نرم

مقاومت و سختی کم ستون های دوبل نورد شده با بست های موازی

ناکافی بودن نامعینی سیستم و تشکیل مکانیسم طبقه نرم پس از کمانش مهاربندهای هم محور

- عدم وجود سیستم باربرجانبی مشخص در ساختمان
- ضعف شدید در اتصالات فولادی

عملکرد سیستم های مهاربندی هم محور

عملکرد سیستم های مهاربندی هم محور

- سختی کم و عملکرد ضعیف ستون های دوبل نورد شده

- مطابق با بند ۳-۳-۲-۲ ویرایش چهارم آیین نامه ۲۸۰۰ در سازه های منظم در پلان در صورتی که در طرفین مرکز جرم حداقل دو دهانه باربر جانبی وجود داشته باشد نامعینی سیستم کافی تلقی می گردد. نظر به وجود تنها یک دهانه مهاربندی در طرفین ساختمان و عدم وجود مسیر انتقال بار جانبی جایگزین و با توجه به آسیب جدی دهانه مهاربندی، طبقه اول در شرف ناپایداری قرار دارد.

- تشکیل طبقه نرم پس از حذف مهاربند هم محور طبقه اول از سیستم

عملکرد سیستم های مهاربندی هم محور

- اختلال درسیستم باربر جانبی
- ضعف در اتصالات مهاربندی هم محور، حذف مهاربند از سیستم و به دنبال آن ناپایداری طبقه

عملکرد سیستم های مهاربندی هم محور

عدم حصول سطح عملکرد مورد نظر طراحی به دلیل رعایت نکردن اصول طراحی سیستم EBF

- به طور کلی دیدگاه سازندگان با دانش فنی ضعیف در استفاده از سیستم EBF تعبیه در و یا پنجره می باشد.
- این در حالی است که قابلیت اتلاف انرژی و شکل پذیری مناسب این سیستم زمانی حاصل می گردد که رفتار **برش کنترل** در تیر پیوند حاکم بوده و با جزئیات بندی مناسب اجازه رخداد مودهای گسیختگی ترد به تیر پیوند داده نشود.
- در روند طراحی لرزه ای این سیستم مقرر می گردد مهاربندها، ستون ها و تیر خارج از پیوند به صورت الاستیک باقی بمانند.
- مطابق با بند ۱۰-۳-۱۲-۳ از مقررات ملی ساختمان مبحث دهم می بایست ستون های دهانه مهاربندی فشرده لرزه ای باشند. ستون های دوبل نورد شده پا باز با بست عملاً نمی توانند به صورت فشرده عمل کنند. همان طور که مشاهده می گردد ستون های طبقه اول تحت اثر تغییر مکان های زیادی قرار گرفته اند.

عدم حصول سطح عملکرد مورد نظر طراحی به دلیل رعایت نکردن اصول طراحی سیستم EBF

- با تسلیم موضعی اتفاق افتاده در تیر پیوند و خارج شدن دهانه مهاربندی طبقه اول از سیستم، سختی طبقه به شدت افت کرده و شروع مکانیسم طبقه نرم قابل مشاهده می باشد.

- مطابق با بند ۳-۳-۲-۲ ویرایش چهارم آیین نامه ۲۸۰۰ در سازه های منظم در پلان در صورتی که در طرفین مرکز جرم حداقل دو دهانه باربر جانبی وجود داشته باشد نامعینی سیستم کافی تلقی می گردد. نظر به وجود تنها یک دهانه مهاربندی در طرفین ساختمان و عدم وجود مسیر انتقال بار جانبی جایگزین و با توجه به آسیب جدی دهانه مهاربندی، طبقه اول در شرف ناپایداری قرار دارد.

رخداد مود گسیختگی موضعی در تیر پیوند به علت عدم رعایت جزئیات بندی تیر پیوند منطبق بر بند ۱۰-۳-۱۲ مبحث دهم

۱۰-۳-۱۲-۱۰-۱ سخت‌کننده‌های تیرهای پیوند I شکل

الف) سخت‌کننده‌های انتهایی

سخت‌کننده‌های انتهایی در محل اتصال دو انتهای مهاربندی به تیر پیوند باید به صورت یک جفت در دو طرف جان و در تمام ارتفاع آن تعبیه گردند. پهنای هریک از این سخت‌کننده‌ها نباید از $(\frac{1}{2}b_f - t_w)$ و ضخامت آنها نباید از $0/75t_w$ یا ۱۰ میلی‌متر، کمتر اختیار شود. که در آن، b_f پهنای بال تیر پیوند و t_w ضخامت جان مقطع تیر پیوند است.

ب) سخت‌کننده‌های میانی

سخت‌کننده‌های میانی باید دارای شرایط زیر باشند.

(۱) در مواردی‌که طول تیر پیوند از $1/6M_p / V_p$ کوچکتر باشد، فاصلهٔ سخت‌کننده‌های میانی نباید بیشتر از $(30t_w - d/5)$ برای تیرهای پیوند با زاویه دوران ۰/۰۸ رادیان و $(52t_w - d/5)$ برای تیرهای پیوند با زاویه دوران ۰/۰۲رادیان در نظر گرفته شود. برای تیرهای پیوند با زاویهٔ دوران بین دو مقدار ۰/۰۲ و ۰/۰۸ رادیان می‌توان از درون‌یابی‌خطی بین دو مقدار مذکور استفاده نمود.

(۲) در مواردی‌که طول تیر پیوند در محدودهٔ $2/6M_p/V_p \le e \le 5M_p / V_p$ باشد، تعبیهٔ یک سخت‌کننده به فاصله $1/5b_f$ در هریک از دو انتهای تیر پیوند الزامی است.

(۳) در مواردی که طول تیر پیوند در محدودهٔ $1/6M_p / V_p \le e \le 2/6M_p / V_p$ باشد، سخت‌کننده‌های میانی باید الزامات هر دو شرط (۱) و (۲) در فوق را تأمین نمایند.

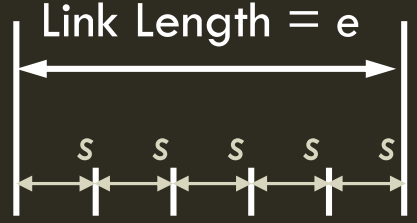
(۴) در مواردی‌که طول تیر پیوند بزرگتر از $5M_p / V_p$ باشد، تعبیهٔ سخت‌کننده‌های میانی در طول تیر پیوند الزامی نیست.

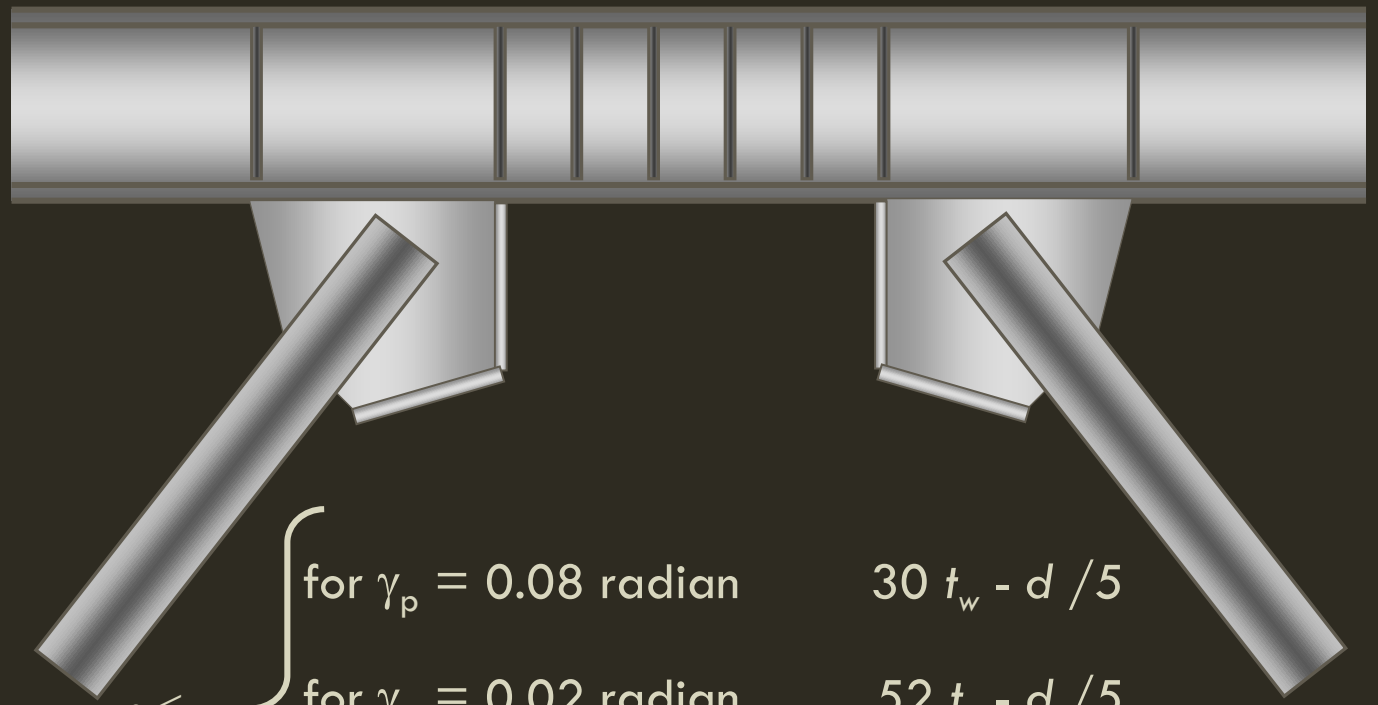
(۵) سخت‌کننده‌های مورد نیاز در شرایط (۱) تا (۳) در فوق، باید در تمام ارتفاع تیر پیوند تعبیه شوند. این سخت‌کننده‌ها در تیرهای با ارتفاع ۶۰۰ میلی‌متر و بیشتر باید به صورت جفت و در دو سمت جان تعبیه شوند. در تیرهای با ارتفاع کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر می‌توان این سخت‌کننده‌ها را به صورت تکی و در یک سمت جان تیر پیوند تعبیه نمود.

(۶) پهنای هریک از سخت‌کننده‌ها نباید از $(\frac{1}{2}b_f - t_w)$ و ضخامت آنها نباید از t_w یا ۱۰ میلی‌متر کمتر اختیار شود.

نمونه ای از اجرای صحیح جزئیات سخت کننده های تیر پیوند

$e \leq 1.6\ M_p / V_p$
(Shear Yielding Links)

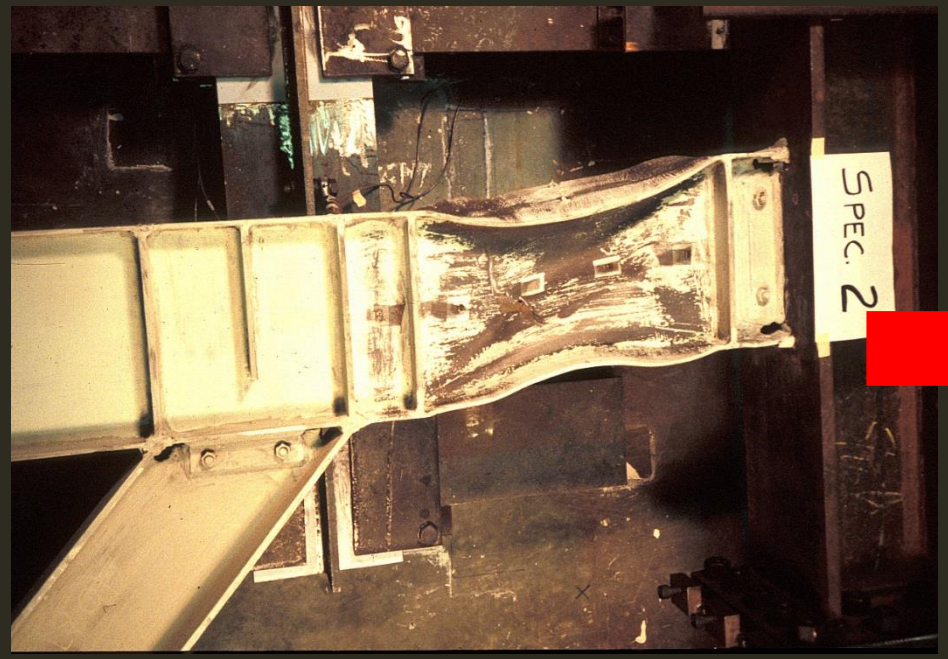




$$s \leq \begin{cases} \text{for } \gamma_p = 0.08 \text{ radian} & 30\ t_w - d/5 \\ \text{for } \gamma_p = 0.02 \text{ radian} & 52\ t_w - d/5 \\ \text{for } 0.02 < \gamma_p < 0.08 \text{ radian} & \text{interpolate} \end{cases}$$

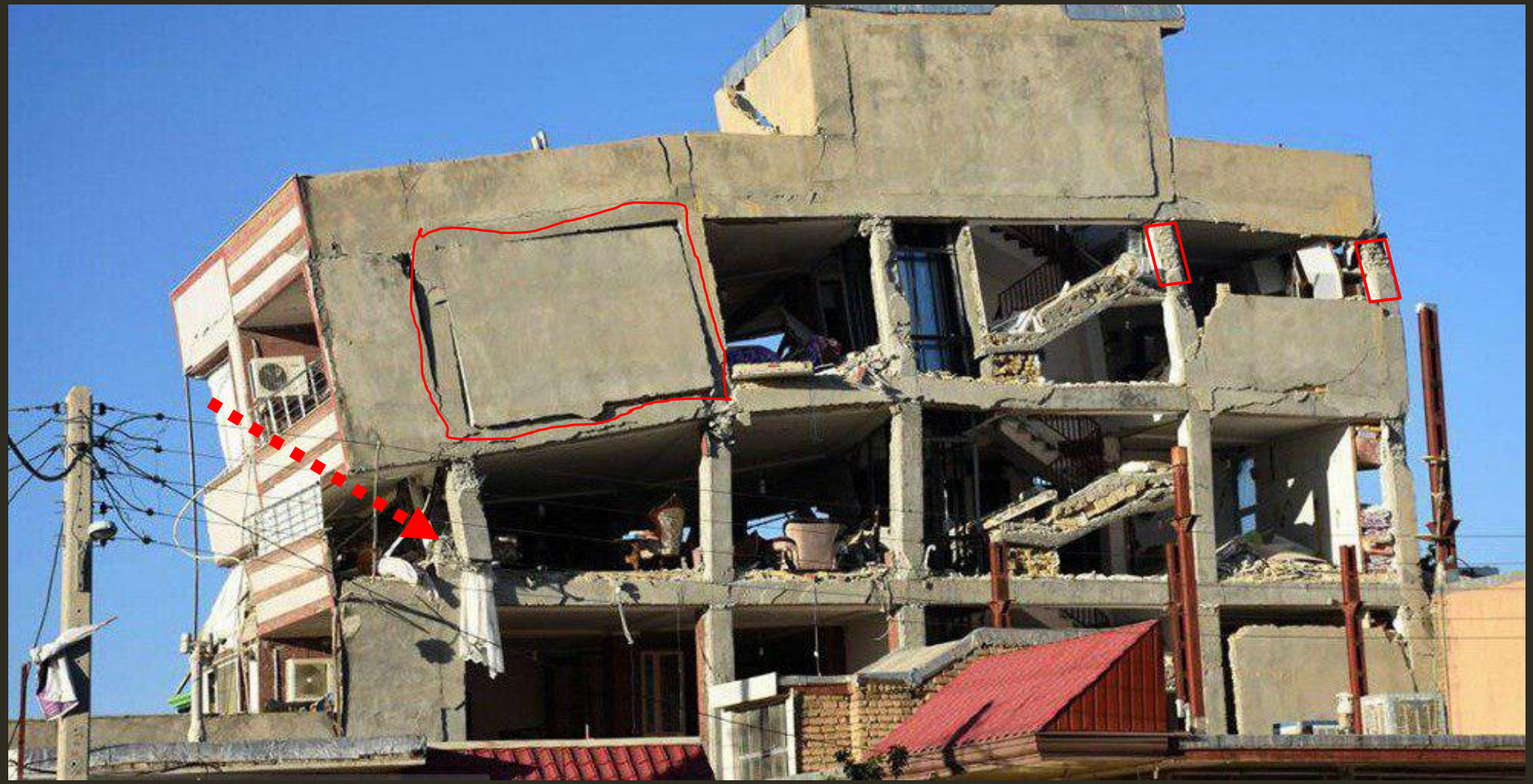
t_w = link web thickness d = link depth

در شرایطی که آثار عدم اجرای صحیح جزئیات تیر پیوند در آزمایشگاه های سازه به اثبات رسیده و رعایت این ضوابط توسط آیین نامه لازم الاجرا گشته، عدم رعایت آن که در درجه اول ناشی از کمبود دانش فنی مهندسین دست اندر کار این ساختمان می باشد تخلف محسوب شده که باید با آن برخورد گردد. البته چنین صحنه هایی در ساختمان های تهران و سراسر کشور به وفور یافت می شود که از چشم نهادهای نظارتی پنهان مانده است.



بررسی عملکرد لرزه ای تعدادی از ساختمان های بتن آرمه

- از دست رفتن باربری قائم به دلیل اضافه بار وارد بر ستون ها ناشی از بار زلزله
- مکانیسم ستون کوتاه
- ناپایداری خارج از صفحه دیوارهای پیرامونی



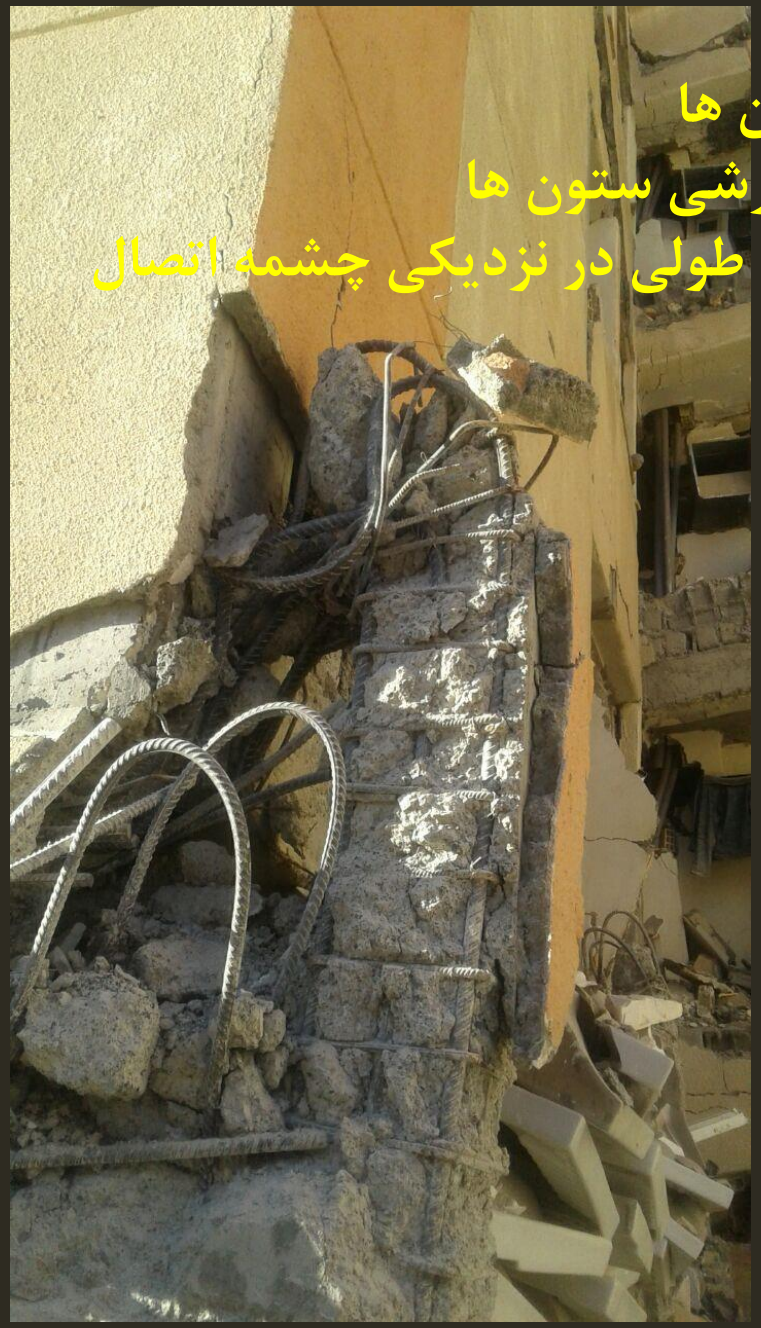
تمرکز تسلیم در چشمه اتصال و تاثیر آن بر عملکرد سازه

ارتفاع کم طبقه
↓
سختی بالای ستون ها
↓
عدم کفایت مقاومت به نسبت سختی

طبقه ضعیف

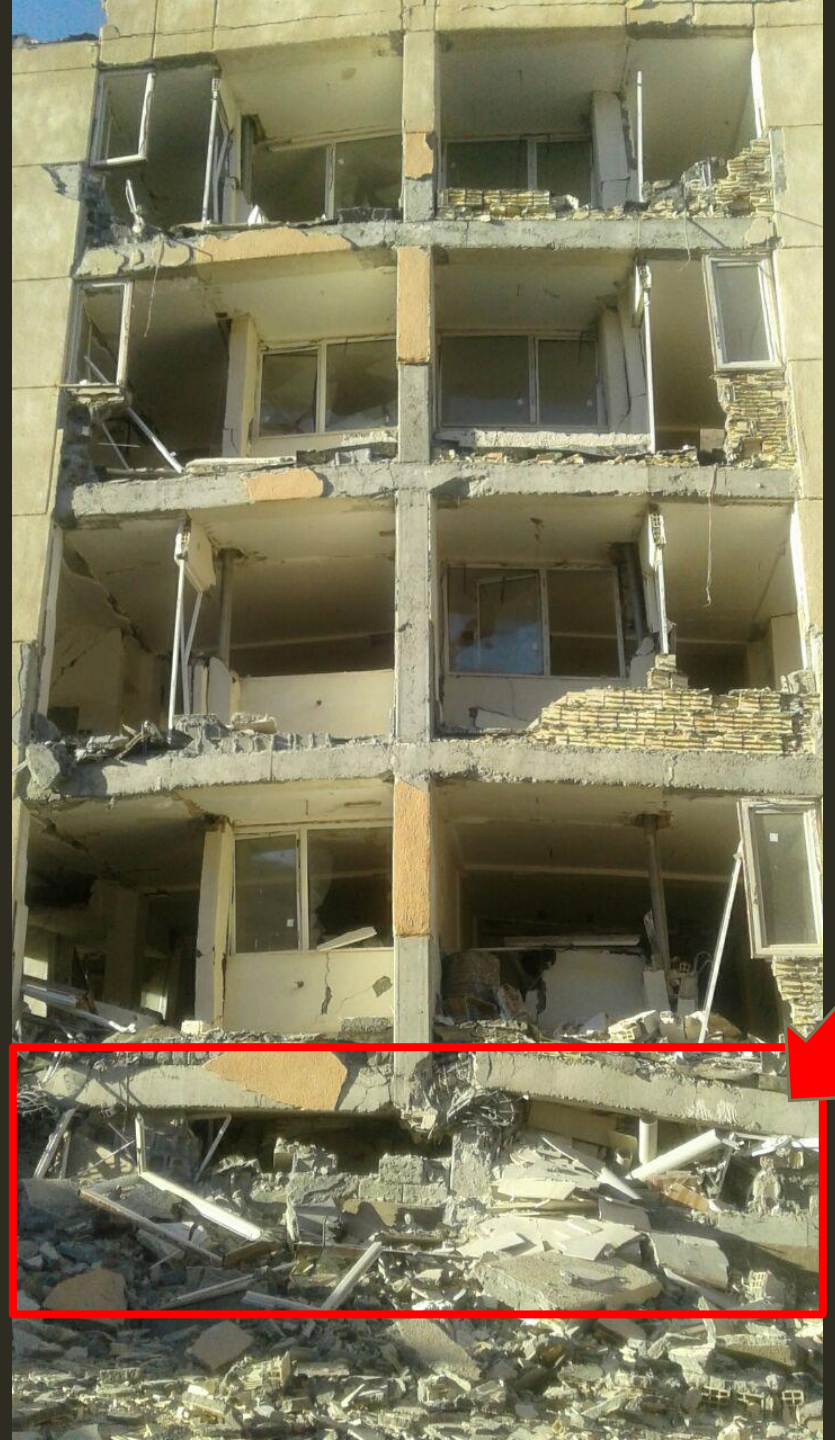
طبقه ضعیف

ت- نامنظمی مقاومت جانبی: در مواردی که مقاومت جانبی طبقه از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود کمترباشد، چنین طبقه‌ای اصطلاحاً "طبقه ضعیف" نامیده می‌شود. در مواردی که مقدار فوق به ۶۵ درصد کاهش یابد، طبقه اصطلاحاً "طبقه خیلی ضعیف" توصیف می‌شود.



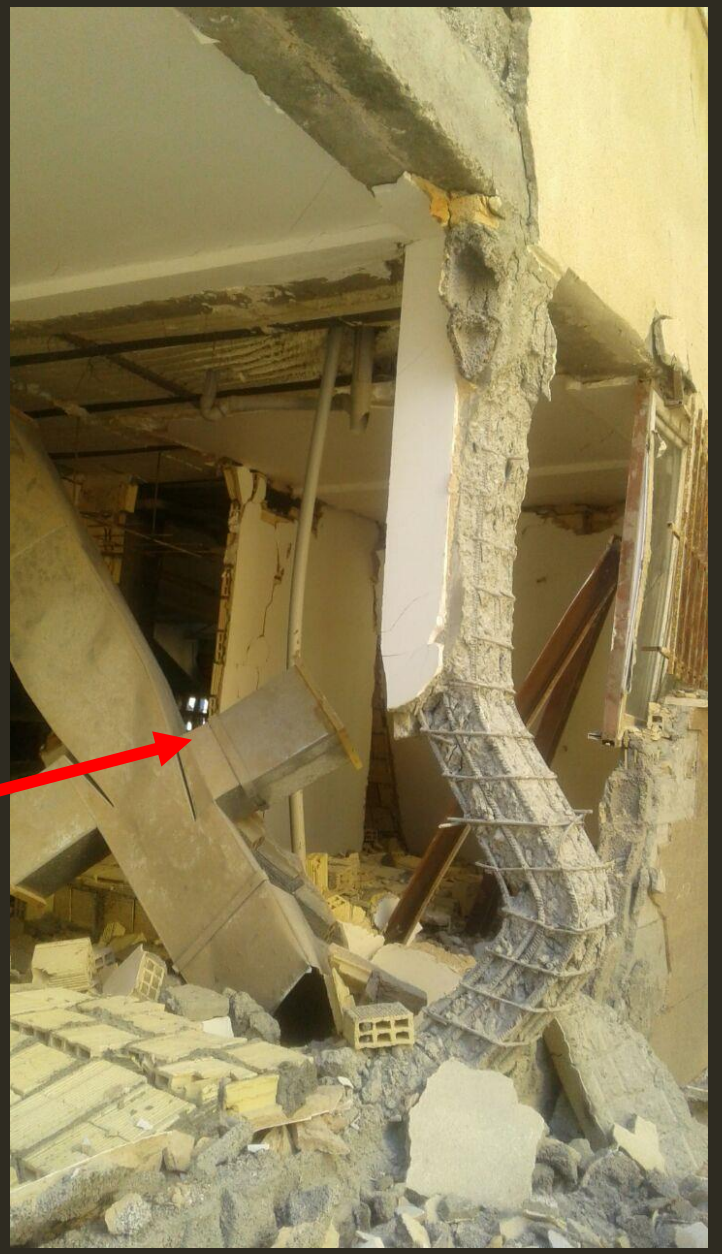
علل:

- کمبود مقامت ستون ها
- ضعف در مقاومت برشی ستون ها
- کمانش آرماتورهای طولی در نزدیکی چشمه اتصال

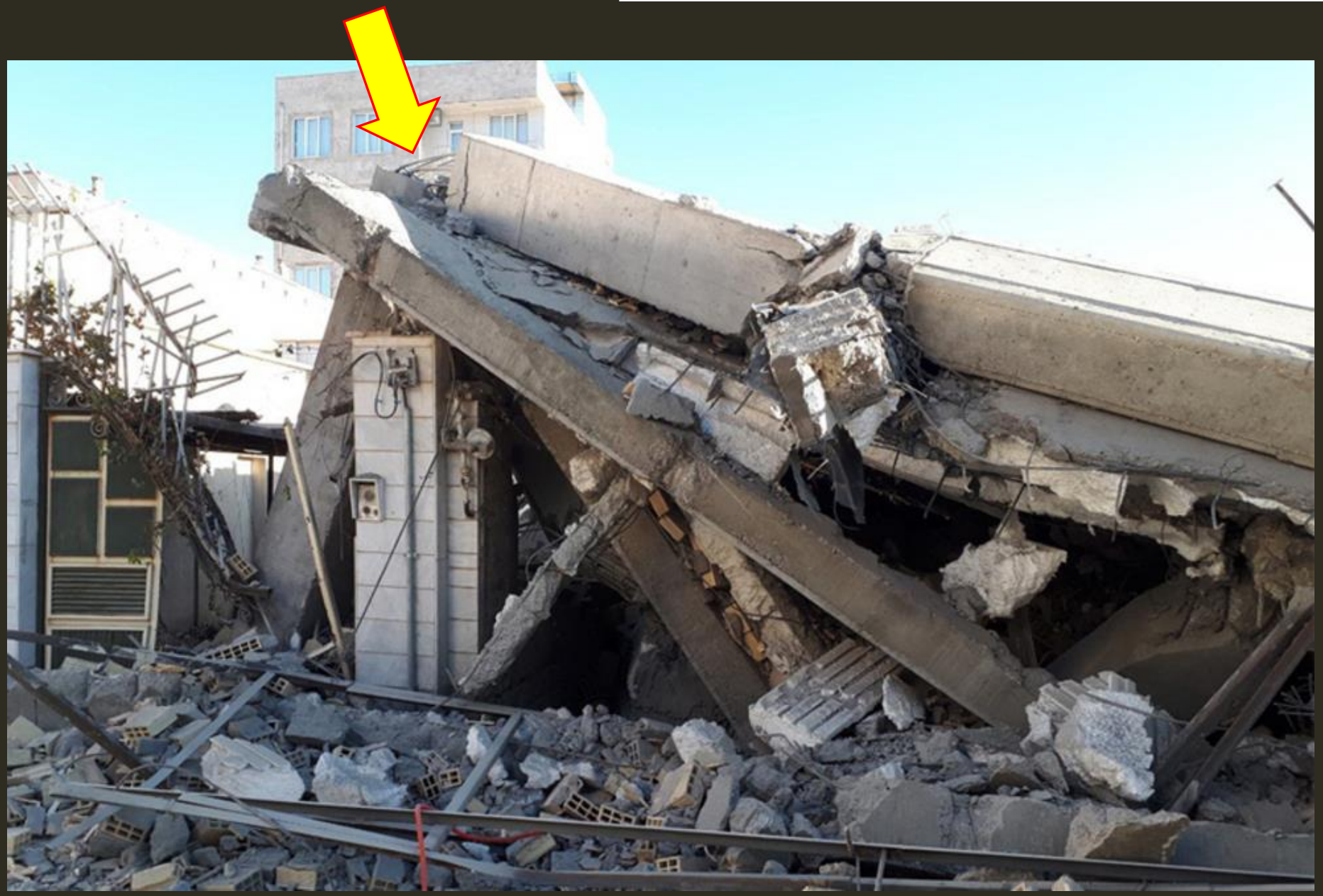


طبقه ضعیف

کمانش ستون های طبقه به علت کمبود مقاومت محوری ستون



ناپایداری طبقات به علت رخداد شکست در چشمه اتصال تیر به ستون



مکانیسم تیر قوی-ستون ضعیف

مکانیسم تیر قوی-ستون ضعیف

تیرها در وضعیت الاستیک

وضعیت ستون ها ؟؟؟

Pancake-Collapse

Faradeed.ir

مکانیسم تیر قوی-ستون ضعیف

Pancake-Collapse

مکانیسم تیر قوی-ستون ضعیف-پانچ سقف توسط ستون

وضعیت ستون ها ؟؟؟

بررسی عملکرد لرزه ای تعدادی از ساختمان های بنایی

رخداد شکست برشی در دیوارها

- ناپایداری خارج از صفحه دیوارهای پیرامونی حیاط
- ضعف شدید در اجرای دیوار و مقاومت ملات

کم بودن ظرفیت تغییر شکلی ساختمان های بنایی غیرمسلح و مخاطره آمیز بودن آن ها

پایداری ساختمان اسکلت داری که حداقل های آیین نامه را برآورده نموده در مقایسه با یک ساختمان بنایی غیرمسلح

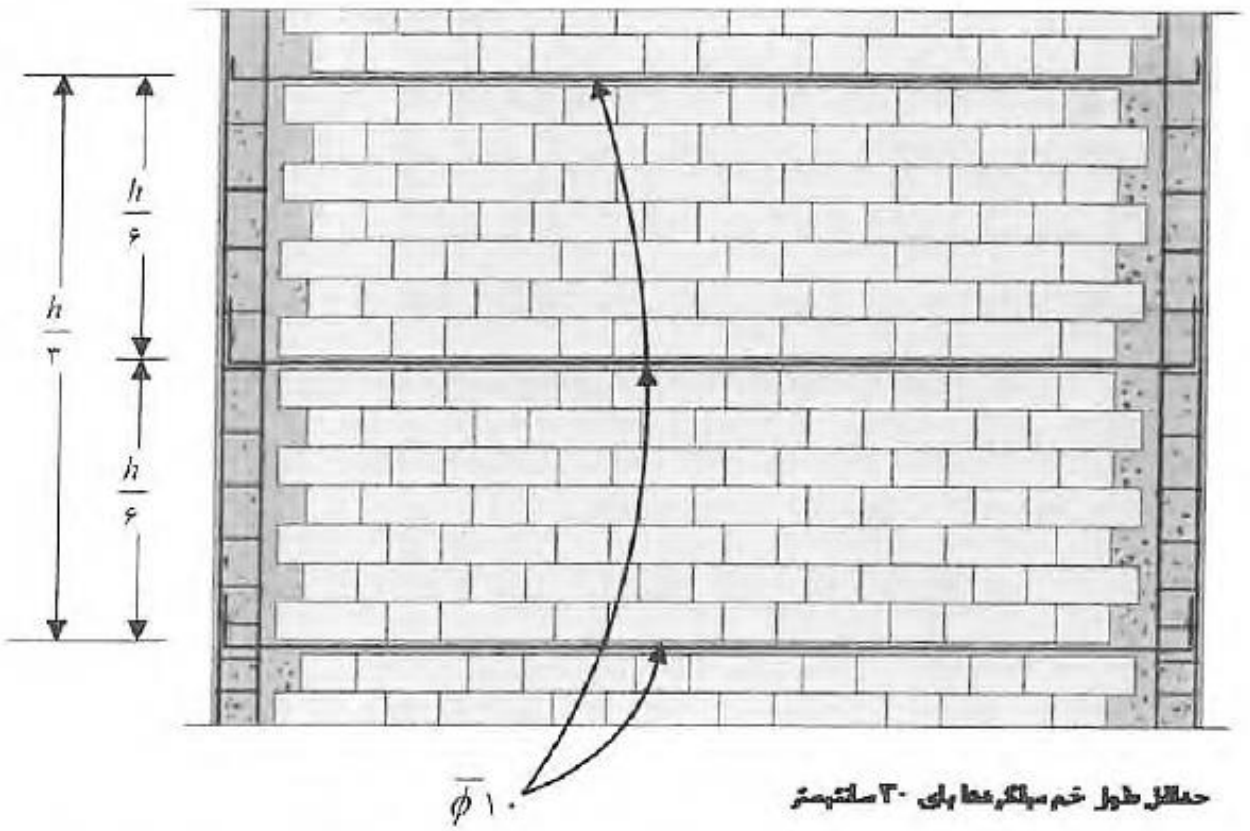
بررسی وضعیت دیوارهای پیرامونی و اجزاء نما

عدم حصول ایمنی جانی ساختمان ها در اثر عدم مهار اجزای نمای ساختمان

عدم حصول ایمنی جانی ساختمان ها در اثر عدم مهار اجزای نمای ساختمان

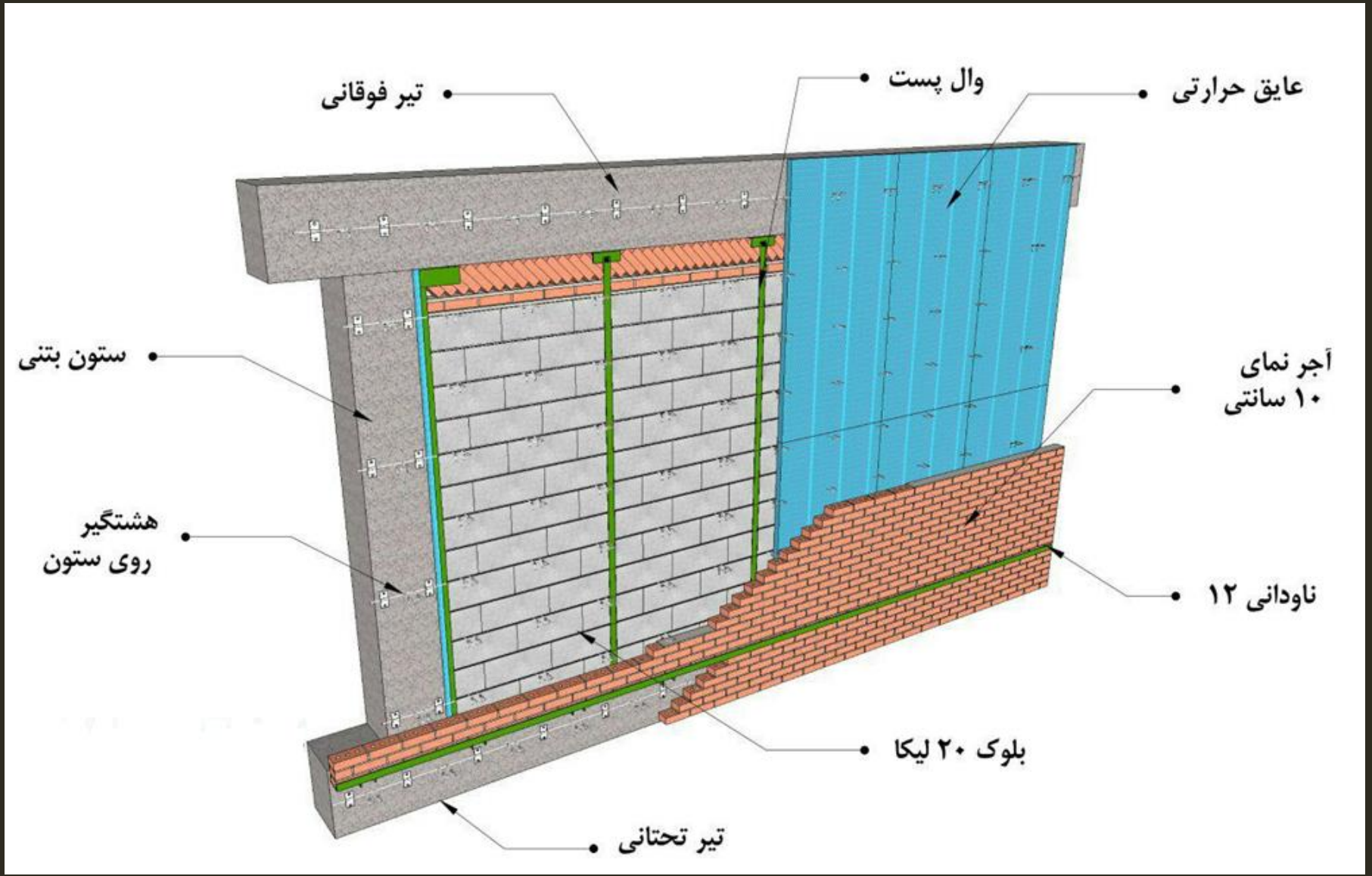
عدم حصول ایمنی جانی ساختمان ها در اثر عدم مهار اجزای نمای ساختمان

توجه به برخی از ضوابط در جهت پیشگیری از تکرار ناپایداری دیوارهای غیر سازه ای

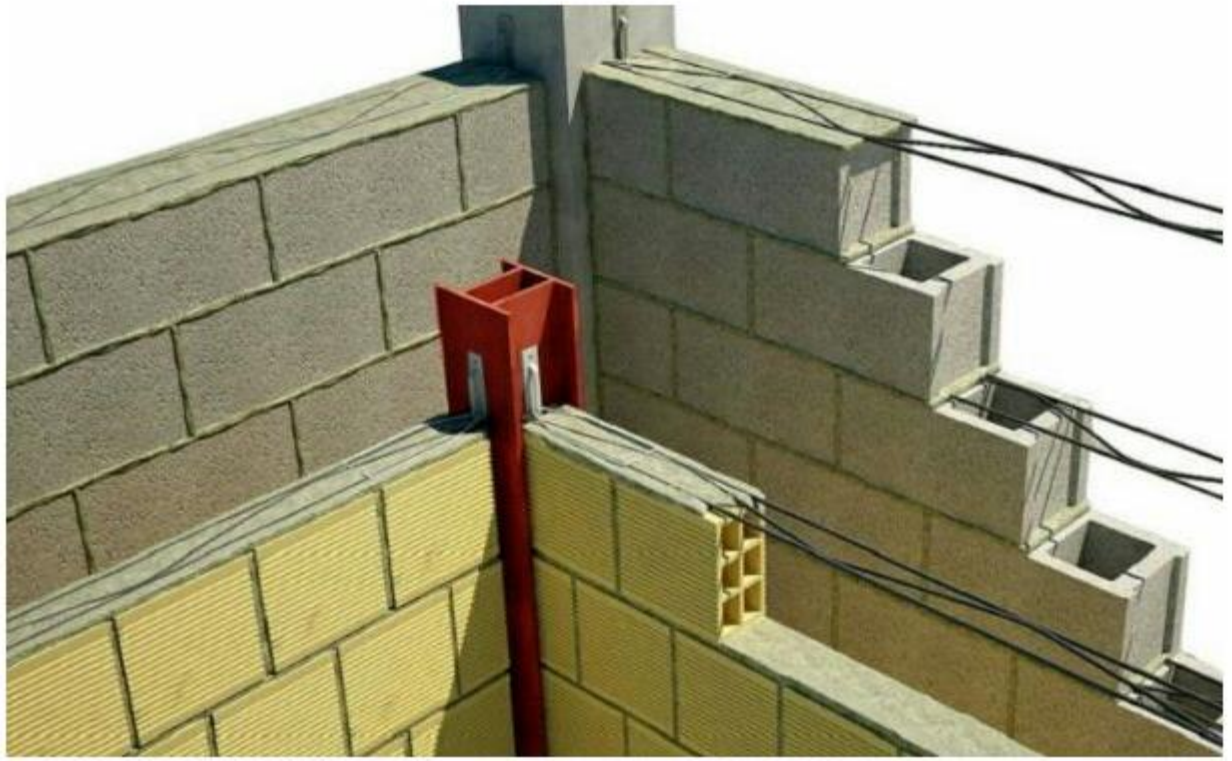


شکل ۷-۱۳ نحوه تعبیه میلگردهای ناحیه یک سوم میانی ارتفاع دیوار(h) و اتصال به کلاف قائم

توجه به برخی از ضوابط در جهت پیشگیری از تکرار ناپایداری دیوارهای غیر سازه ای



توجه به برخی از ضوابط در جهت پیشگیری از تکرار ناپایداری دیوارهای غیر سازه ای



توجه به برخی از ضوابط در جهت پیشگیری از تکرار ناپایداری دیوارهای غیر سازه ای

توجه به ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ در جهت پیشگیری از تکرار ناپایداری دیوارهای غیر سازه ای

فصل چهارم

ضوابط طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای

۴-۵-۳ دیوارهای خارجی

دیوارهای خارجی باید علاوه بر نیروها قادر به پذیرش تغییر مکان‌های نسبی مطابق بند (۴-۳) همراه با تغییرشکل‌های ناشی از دمای محیط باشند. این دیوارها یا باید مستقیماً توسط اعضای سازه‌ای نگهداری شوند و یا به وسیله اتصالاتی با شرایط زیر به سازه متصل گردند:

الف- اتصالات قطعات نما به سازه و همچنین درز بین قطعات باید به گونه‌ای باشند که بتوانند تغییرمکان نسبی لرزه‌ای، D_P، طبق بند (۴-۳) یا ۱۵ میلی‌متر، هر کدام که بزرگ‌تر است، را پذیرا باشند.

ب- برای تأمین امکان حرکت جانبی نسبی بین دیوار و سازه باید از ادوات لغزشی مانند صفحات فولادی با سوراخ‌های لوبیایی و یا سوراخ‌های دایره‌ای با قطر

توجه به ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ در جهت پیشگیری از تکرار ناپایداری دیوارهای غیر سازه ای

بزرگ و یا صفحات فلزی خم‌شده که دارای مقاومت و شکل‌پذیری کافی هستند، استفاده نمود.

پ- کلیه وسایل نگهدارنده و اتصالات آنها باید برای نیروهای بند (۴-۲) طراحی شوند. توجه شود که این نیروها در مرکز جرم جزء غیرسازه‌ای وارد می‌شود.

ت- در مواردی که اتصال دیوار به سازه توسط تسمه‌هایی در داخل بتن یا مصالح بنایی تأمین می‌شود، باید اطمینان حاصل کرد که این تسمه‌ها داخل بتن یا مصالح بنایی به طور کامل مهار می‌گردند. در این موارد مخصوصاً باید به قلوه‌کن‌شدن بتن یا مصالح بنایی توجه داشت.

ث- نماهایی که با دیوارها به‌طور چسبان اجرا می‌شوند، باید به نحو مناسبی در داخل دیوارها مهار شوند. در این موارد استفاده از ملات به تنهایی کافی نیست.

۴-۵-۴ دیوارهای داخلی-تیغه‌ها

دیوارهای داخلی یا تیغه‌های با ارتفاع بیشتر از ۱/۸ متر باید به نحو مناسبی، مانند استفاده از وادارها و...، از نظر جانبی به سازه مهار شوند.

توجه به ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ در جهت پیشگیری از تکرار ناپایداری دیوارهای غیر سازه ای

۴-۵-۶ دیوارهای شیشه‌ای نماها

دیوارهای شیشه‌ای نماها باید به نحو مناسبی به سازه اصلی متصل شوند. در این دیوارها باید علاوه بر الزامات این فصل به لحاظ نیرو و تغییر مکان، جزئیات اجرایی توصیه‌شده توسط یک استاندارد معتبر و شناخته شده که در آن ملاحظات مربوط به زلزله مورد توجه بوده، رعایت شود. در این مورد می‌توان از نشریه "دستورالعمل مقاوم‌سازی اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها" به شماره ض- ۶۲۸ چاپ سال ۱۳۹۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی نیز استفاده نمود.

با تشکر