بررسی روش های اجرایی مرسوم دیوارهای غیر سازه ای، طراحی وترسیم جزئیات

مجری: علی محمدی

تابستان ۱۴۰۲

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۴

۱-۱- معرفی اجزای غیر سازه ای ۴

۱-۲- تفاوت اجزای سازه ای و غیرسازه ای ۴

۱-۳- اثر زلزله براجزای غیرسازه ای ۵

۱-۴- تجربه زلزلههای گذشته و عملکرد مورد انتظار ۹

۱-۵- اهمیت اجزای غیرسازهای از نظر اقتصادی ۱۴

فصل دوم: رفتار و عملکرد اجزای غیرسازه‌ای در برابر زلزله ۱۵

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- بارهای وارده ۱۵

۲-۳- پاسخ سازه بر اساس مدهای طبیعی سازه و اجزای غیرسازهای ۱۶

۲-۴- بررسی مشخصات رفتاری اجزای سازهای و غیرسازهای ۱۷

۲-۵- بررسی اثر زلزله بر ساختمان ۱۷

۲-۶- انواع سیستمهای سازهای و اثرات آنها بر اجزای غیرسازهای ۱۹

۲-۷- دسته بندی اجزای غیرسازهای بر اساس رفتار ۲۰

۲-۸- روشهای مهار اجزای غیرسازهای ۲۱

۲-۹- مفهوم پاسخ تغییر مکان ۲۴

فصل سوم: مروری بر سوابق آیین نامه‌ها ۲۵

۳-۱- مقدمه ۲۵

۳-۲- توسعه آئین نامه ها و دستوالعمل های ارائه شده برای اجزای غیر سازه ای ۲۵

۳-۳- مهندسی زلزله در اجزا غیرسازهای ۲۷

۳-۴- محدوده کاربرد مراجع الزامآور ۲۷

۳-۴-۱- استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۲۷

۳-۴-۲- روش طراحی دیوارها در برابر زلزله طبق استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۲۸

۳-۴-۳- ضریب اهمیت ۲۹

۳-۴-۴- نیروهای وارد بر دیوارها ۳۰

۳-۴-۵- تغییرمکان جانبی ۳۰
۳-۵- مهار اجزای غیرسازه ای ۳۱
۳-۵-۱- ضوابط خاص اجزای معماری ۳۱
۳-۵-۲- پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۳۲
ضوابط و الزامات لرزه ای اجزای غیرسازه ای ۳۲
۳-۵-۳- روش های اتصال دیوار به اعضای قائم سازه ای ۴۲
۳-۶- روش های نوین مهار دیوار ۴۶
۳-۷- نتایجی از طراحی دیوارها ۴۸
۳-۸- الزامات طراحی دیوارها مطابق نشریه ۷۲۹ ..... ۴۸
۳-۸-۱- میلگرد بستر ۴۸
۳-۸-۲- الزامات طراحی دیوارها ۴۹
۳-۸-۳- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی مسلح ۵۰
۳-۸-۴- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی دارای میلگرد بستر ۵۱
۳-۸-۵- الزامات عمومی لرزه ای ۵۲
۳-۸-۶- کنترل بر اساس معیارهای بهره برداری ۵۳
۳-۸-۷- عوامل موثر بر تقاضای وارد بر دیوار ۵۴
۳-۸-۸- بررسی مقاومت خمشی دیوار و عوامل موثر بر آنها ۵۴
فصل چهارم: بررسی روشهای مهار اجزا با تاکید بر شرایط شهری قم ۶۳
۴-۱- مقدمه ۶۳
۴-۲- بررسی نمونه‌های اجرا شده در سطح شهر ۶۵
فصل پنجم: جداول ۸۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱- معرفی اجزای غیر سازه ای

ایمنی افراد در ساختمان به توانایی سازه در مقابله با زلزله و ارتعاشات آن و پایداری سازه پس از زلزله وابسته است. حتی در صورت پایداری سازه، ایمنی جانی افراد به واسطه موارد دیگری چون ملحقات (اجزای معماری، تاسیسات، لوله ها و ...) ممکن است به خطر بیفتد. به طور کلی، تمام توجهات به سمت ایمنی و پایداری المان های سازه ای در حین زلزله می باشد و توجهی به اثرات و وقایع ثانویه آن نیست. بنابراین ممکن است ایمنی جانی افراد در صورت عدم محافظت ملحقات سازه در برابر زلزله به خطر بیفتد. درکشورهایی که صرفا به دنبال کاهش خسارات جانی تنها با جلوگیری از خرابی ها در سازه هستند، از محافظت ملحقات ساختمان در برابر زلزله غافل شده اند. این مهم خود باعث ایجاد خسارات فراوانی خواهد شد. در ساخت سازه، ابتدا المان های بتن آرمه و یا فولادی ساخته شده و سپس سازه با افزوده شدن اجزای غیرسازه ای به اتمام می رسد. در بیشتر موارد، اجزای غیرسازه ای مربوط به نازک کاری ها می باشد. ملحقات و اجزای غیرسازه ای به المان های سازه‌ای بتن آرمه یا فولادی تکیه کرده کرده یا محکم شده اند.

۱-۲- تفاوت اجزای سازه ای و غیرسازه ای

هنگام وقوع زمین لرزه، نیروهای داخلی در هر نقطه ای از سازه به دلیل وجود جرم ایجاد می‌شوند. نیروهای داخلی در سازه از طریق المان های عمودی و افقی جریان یافته و نهایتا به فونداسیون و خاک زیر آن منتقل می‌شوند. زنجیره المان‌های سازه ای مسیری برای حرکت و جریان نیروهای داخلی از نقطه شروع تا خاک زیر پی را ایجاد می نمایند که به آن مسیر بار می گویند. در امتداد مسیر بار، المان هایی که در انتقال نیروهای داخلی مشارکت می کنند، اجزای سازه ای نامیده می شوند. به طور مثال در یک قاب خمشی؛ سقف ها، تیرها، ستون ها تمام نیروهای داخلی ایجاد شده حین زلزله را به فونداسیون منتقل می کنند و به عنوان اجزای سازه ای در نظر گرفته می شوند. هر چه درجات نامعینی سازه بیشتر باشد و یا به عبارتی المان های سازه ای بیشتری به هم متصل شده باشند نهایتا مسیر بارهای متعددی هم وجود خواهد داشت.

المان های سازه ای که مسیر بار را تعیین می کنند عبارتند از:

- دیافراگم افقی
- اعضای قائم و یا مورب (ستون ها، دیوارهای برشی، بادبندها و...)
- شالوده

- اتصالات

درصورت انتقال نیروهای داخلی به صورت مستقیم و بدون قطعی در مسیر بار، سازه بهترین عملکرد را خواهد داشت، در نتیجه مطابق رفتار، خسارات سازه ای در نواحی قابل پیش بینی اتفاق خواهد افتاد. اگر مسیر بارها و یا نیروهای داخلی قطع شوند، خسارات در المان ها و اجزایی رخ خواهد داد که مطلوب نخواهد بود. درصورتی وجود بازشویی بزرگ در دیافراگم ها، خرابی در سقف ها ایجاد خواهند شد. در صورتی که مسیر بارها و یا نیروها قطع شوند، نیروهای بزرگ مجبور به انحراف و انتقال از مسیری دیگر و دورتر به فونداسیون خواهند بود و خسارات در المان هایی که مطلوب نیست اتفاق خواهد داد. در ساختمان ها علاوه بر المان های سازه ای که نیروهای داخلی ناشی از زلزله را به فونداسیون منتقل می نمایند، ملحقاتی وجود دارد که توسط المان های سازه ای نگه داری می شوند و نیروی آن ها توسط المان های سازه ای به فونداسیون منتقل می شوند. به طور کلی به ملحقات داخل ساختمان که در باربری لرزه ای مشارکت ندارد، اجزای غیرسازه ای گفته می شود و در ادبیات فنی از عناوین دیگری چون Non-Structural Element (NSE) استفاده می شود.

با افزایش جرم اجزای غیرسازه ای و افزایش سختی و مقاومت اتصال اجزای سازه ای و غیرسازه ای، تاثیر اجزای غیرسازه ای روی المان های سازه ای بیشتر می شود.

۱-۳- اثر زلزله براجزای غیرسازه ای

لرزش زمین در حین زلزله سه اثر مهم روی اجزای غیرسازه‌ای دارد:

- آثار زلزله روی خود اجزای غیرسازه‌ای (ناشی از وزن)
- تحمیل تغییرشکل‌های ساختمان به اجزای غیرسازه‌ای متصل به آن
- تاثیر ضربه و حرکات متفاوت در فصل مشترک ساختمان‌های مجاور

به طور معمول اجزای غیرسازه ای مدلسازی نمی شوند و فرض بر عدم باربری اجزای غیرسازه ای است. درحالی که برخی المان ها در رفتار لرزه ای ساختمان ها مؤثرند. اجزای غیرسازه ای در مدلسازی و تحلیل و طراحی در نظر گرفته نمی شوند اما در انتقال نیروهای داخلی به فونداسیون مشارکت دارند.

در نظرگرفتن اثر اجزای غیرسازه ای در سختی و مقاومت سازه می تواند مؤثر باشد. در این حالت سازه در حالت واقعی تر تحلیل و طراحی می شود.

اجزا سازه‌ای نیروهای حاصل از زلزله را تحمل و به فونداسیون منتقل می‌کنند اجزا بسیار زیادی در ساختمان وجود دارند که به المان های سازه ای متصل هستند. با افزایش وزن این اعضا می بایست اتصال این اجزا با سازه قوی‌تر شود علت این امر افزایش پاسخ لرزه‌ای اجزا غیرسازه‌ای می باشد. این امر در تمامی ساختمان اثرگذار می باشد. در اثر آسیب‌دیدگی اجزای غیرسازه‌ای، ممکن است کارایی ساختمان دچار وقفه گردد و حتی در بعضی موارد امکان استفاده از ساختمان وجود نداشته باشد (اثرات اولیه و ثانویه).

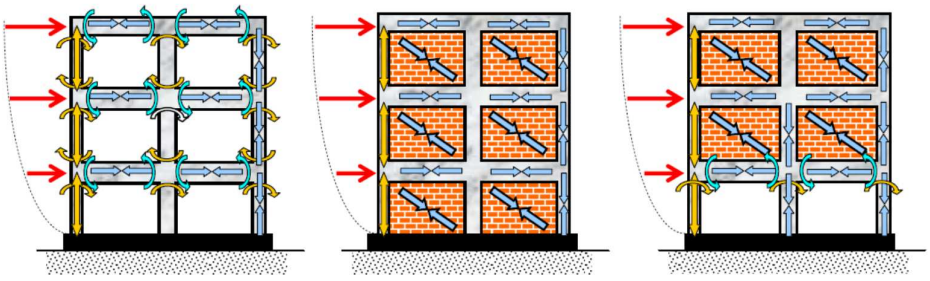
در شناسایی اجزای غیرسازه ای می بایست دقت مضاعفی به عمل آید. در برخی از مواقع اجزای غیرسازه ای و سازه ای به اشتباه تفکیک می گردند. در ادامه به بعضی از این موارد اشاره می گردد.

الف- دیوارهای بنایی پرکننده غیرمسلح:

یکی از رایج ترین فرضیات مهندسین طراح، در نظر گرفتن دیوارهای بنایی غیرمسلح در ساختمان های قاب خمشی است. دیوارهای بنایی غیرمسلح بعد از ساخت قاب ها ساخته می شوند، بنابراین بار مرده ناشی از آنها توسط المان های سازه ای زیر آن تحمل می شوند، به همین دلیل طراحان آن را به عنوان جزء غیرسازه ای در نظر می گیرند. اما در زمان وقوع زمین لرزه این المان ها در مسیر نیروهای اعمالی به اعضای قاب (المان های سازه ای) قرار دارند و مانع از تغییرمکان جانبی سازه شده و به نوعی با افزایش سختی و مقاومت سازه در انتقال نیروهای داخلی به فونداسیون مشارکت می کنند. بنابراین این المان ها هر چند که برای بارهای قائم عملکردی چون اجزای غیرسازه ای دارند اما در برابر بارهای جانبی همچون المان های سازه ای رفتار می نمایند.

رفتار سازه با در نظر گرفتن اثر دیوارهای بنایی غیر مسلح بسیار متفاوت از رفتار سازه بدون میانقاب های آن است. این اثرات می توانند مثبت یا منفی باشند.

درصورتی که میانقاب ها به طور یکنواخت در سازه اجرا شده باشند، باعث افزایش سختی، مقاومت سازه و کاهش تغییرمکان علی الخصوص در سازه های کوتاه می شوند، اما اگر میانقاب به صورت غیریکنواخت بوده و در برخی دهانه ها اجرا شوند، باعث عملکرد ضعیف سازه می شوند البته به طور کلی وجود میانقاب ها می تواند باعث کاهش زمان تناوب طبیعی، شکست برشی ستون، و ناحیه اتصال، ایجاد طبقه نرم، ایجاد ستون کوتاه و به هم خوردن توزیع سختی و ایجاد آثار پیچشی بزرگ در سازه گردند. به طور کلی عدم لحاظ اثر میانقاب ها یا استفاده از میان قاب ها به صورتی که منجر به نامنظمی شود می تواند اثرات منفی بر روی سازه داشته باشد. (شکل ۱-۱ تا ۱-۴)



الف ب ج

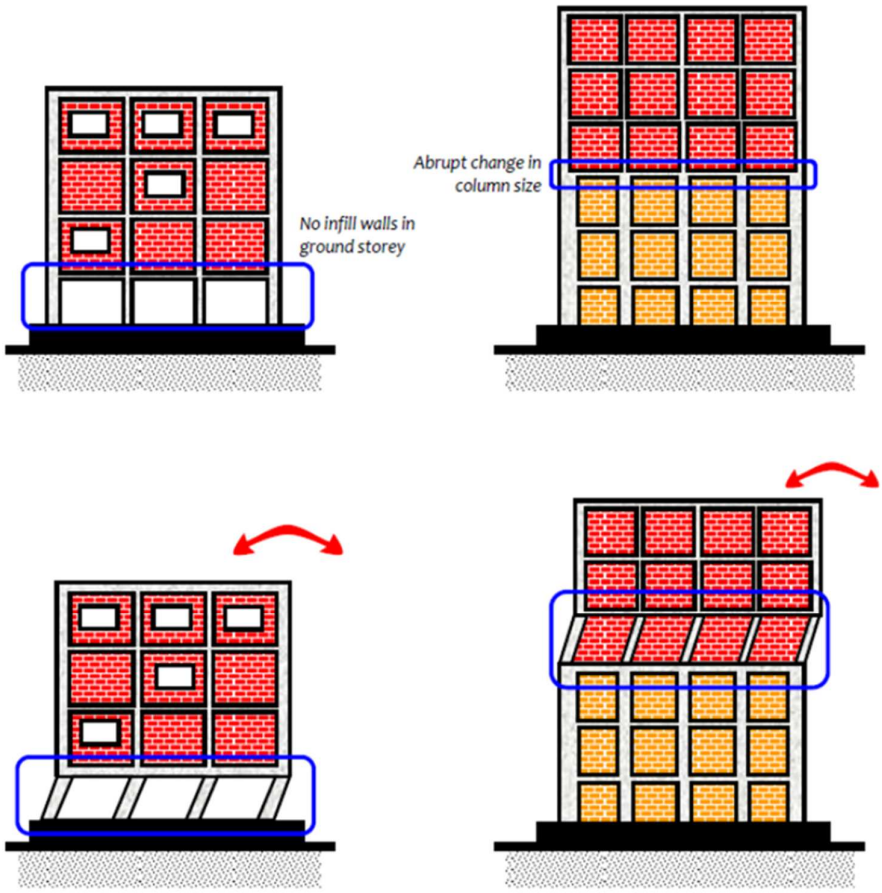
عملکرد قاب بدون اثر میانقاب عملکرد قاب با دیوارهای میانقاب عملکرد ترکیبی قاب

شکل ۱-۱

الف)رفتار واقعی سازه در برابر بارهای جانبی بدون مشارکت میان قاب ها

ب) مشارکت میان قاب ها در تحمل نیروهای جانبی با فرض استفاده از میانقاب در تمامی دهانه ها

ج)ترکیب حالت الف و ب

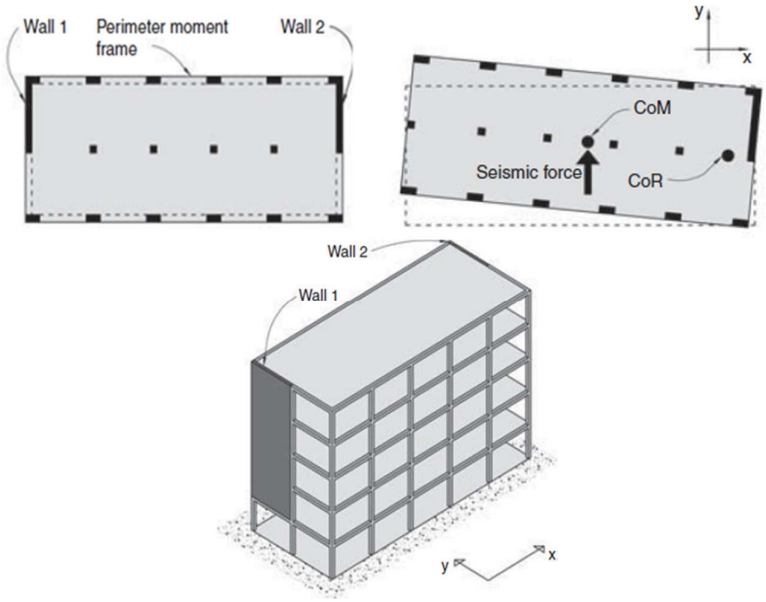


شکل ۱-۲

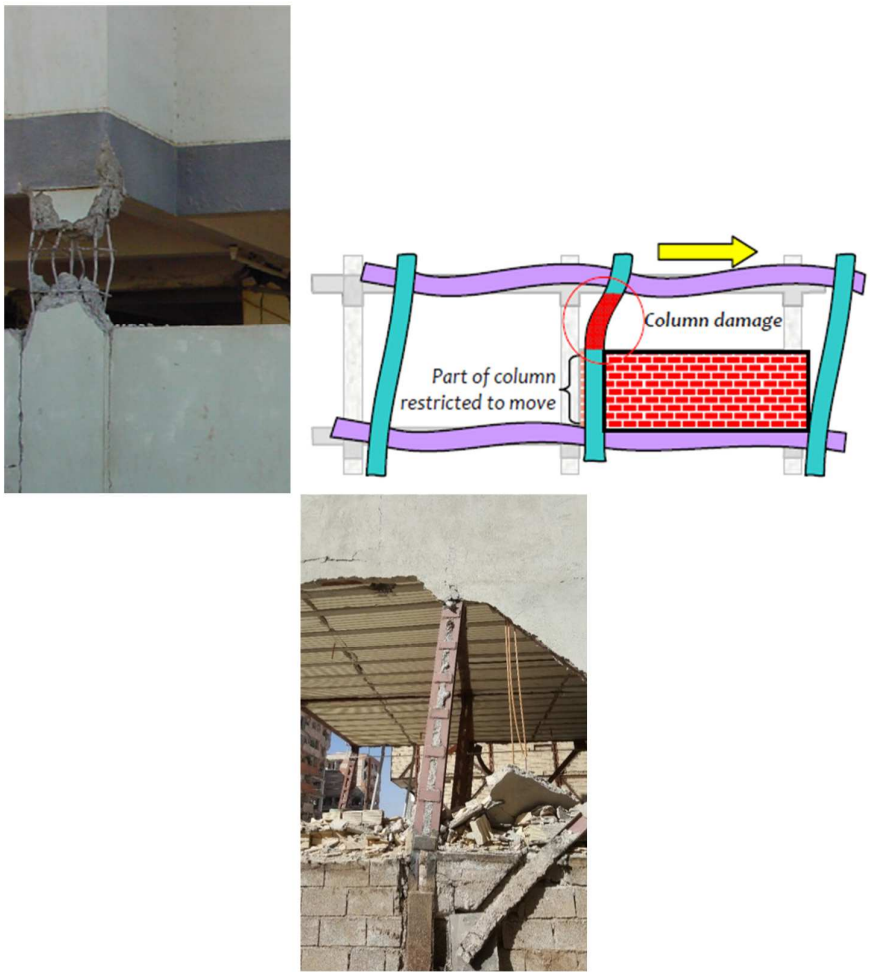
الف)رفتار واقعی سازه در برابر بارهای جانبی بدون مشارکت میان قاب ها

ب) مشارکت میان قاب ها در تحمل نیروهای جانبی با فرض استفاده از میانقاب در تمامی دهانه ها

ج)ترکیب حالت الف و ب



شکل ۱-۳ امکان تغییرمرکز جرم سازه در صورت مشارکت میان قاب ها



شکل ۱-۴ میان قاب منجر به ایجاد ستون کوتاه در سازه شده است.

ب- مخازن آب در بام

دو نوع رایج تانکرهای آب با حجم کم در بام وجود دارد:

۱. مخازن پلاستیکی با چگالی بالا که مستقیما روی بام قرار می گیرند.
۲. مخازن بتنی مسلح که روی پایه های بتنی و یا بنایی قرار می گیرند.

در صورتی که جرم مخازن در حالتی که پر هستند زیاد باشد، حین زلزله نیروی اینرسی زیادی جذب می کنند. اگر مخزن و پایه ها متصل نباشند، نسبت به هم حرکت خواهند داشت. این نوع مخازن بدون اتصال خسارت های جانبی زیادی دارند. این تانکرها ممکن است دارای ظرفیت کمی باشند اما باید مدل و طراحی شوند. این مخازن جدای از آسیب ها، همچون کنسول عمل کرده و توانایی جذب انرژی ندارند.

ت- دال پله و تیرها

در بیشتر سازه های بتنی، پله های بتن مسلح به صورت پیوسته با سازه ساخته می شوند. المان های پله در حین زلزله همچون مهاربندهای قطری عمل می کنند. اعضای سازه ای به همراه اجزای پله به صورت نامتقارن سختی و مقاومت ایجاد می نمایند. المان‌های پله در زلزله‌های شدید در مسیر بار قرار می گیرند و نیروی زلزله بزرگی را جذب می کنند و نهایتا آسیب می بینند، بنابراین می بایست جزء اجزای سازه ای درنظرگرفته شوند. اجزای سازه ای که به پله ها متصل اند برای سختی و مقاومت کافی طراحی نشده اند بنابراین گسیخته می شوند و علت آن عدم پیوستگی در مسیر انتقال بار زلزله می باشد. به عبارتی درصورت اجرای پیوسته و یکپارچه پله با سازه عملکرد پله ها به صورت جز سازه ای می باشد. می توان با درنظرگرفتن تمهیداتی اثر مشارکت پله در باربری جانبی را حذف نموده و از پله به عنوان جز غیرسازه ای نام برد.

۱-٤- تجربه زلزله‌های گذشته و عملکرد مورد انتظار

با توجه به گستردگی اسیبهای وارد شده به اجزای غیرسازه ای در زلزله ها، به چندمورد بصورت نمونه اشاره می گردد.

- **نیوزیلند**

در نیوزیلند در ۴ سپتامبر ۲۰۱۰ زمین لرزه ای به بزرگای ۷.۱ ریشتر در منطقه جزیره جنوبی رخ داد. عمق این زلزله ۱۲ کیلومتر بود. ده ها کشته و حدودا ۴.۶ میلیارد دلار خسارت مالی بر جای گذاشت. همچنین در تاریخ ۲۲ فوریه ۲۰۱۱ و به فاصله پنج ماه از زلزله قبلی، زلزله دیگری به بزرگای ۶.۳ ریشتر در این کشور به وقوع پیوست. مرکز این زمین لرزه در حومه جنوبی شهر و فاصله ۱۰ کیلومتری مرکز کرایست چرچ و عمق آن در کمتر از ۵ کیلومتری سطح زمین قرار داشت. همچنین به علت عمق کمتر و نزدیکی بیشتر به مرکز شهر و هم زمانی با اوج ساعت ترافیک خسارات گسترده تری از جمله حدودا ۱۸۱ تن کشته و ۱۲.۵ میلیارد دلار آسیب های مالی به همراه داشت. همچنین قدرت این زمین لرزه علی رغم کوچکتر بودن آن دو برابر زلزله قبلی بود. از جمله نتایجی که این دو زلزله به همراه داشتند میتوان موارد زیر را نام برد:

- ✓ خرابی و شکست در (URM دیوارهای بنایی غیرمسلح)
- ✓ روانگرایی شدید
- ✓ خرابی های گسترده در اجزا غیرسازه‌ای: خسارت های اجزا غیرسازه‌ای منجر به خسارات مالی سنگینی بوده و مسائل تجاری را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
- ✓ رفتار مناسب سازه‌های مهندسی ساز

- **زلزله شیلی**

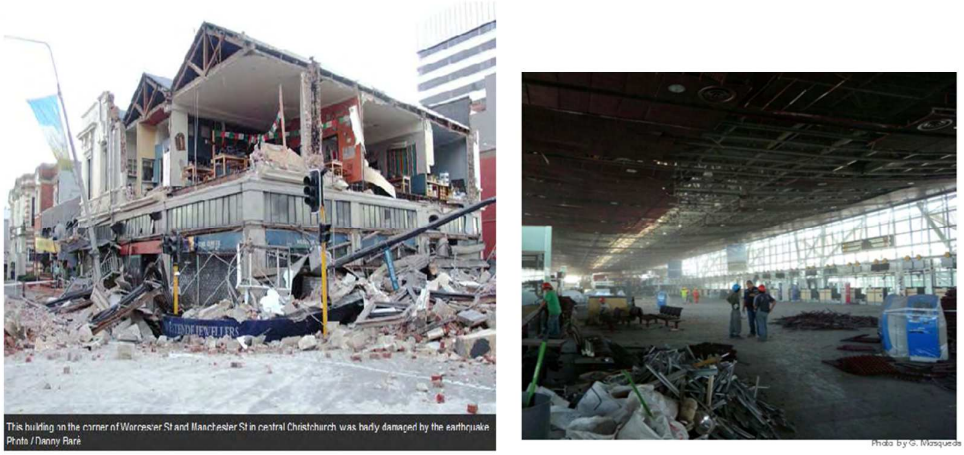
زمین لرزه شیلی، زمین لرزه ۸.۸ ریشتری بود که در ۲۷ فوریه ۲۰۱۰ در کشور شیلی دست کم ۵۲۵ نفر تلفات، ۸۰۰ هزار بی خانمان، ۴.۶ میلیارد دلار خسارت، بر جای گذاشت و ۸۰ درصد جمعیت را تحت تاثیر خود قرار داد. مرکز این زلزله در ۱۱۵ کیلومتری شمال شرقی کنسپیسون و ۳۲۵ کیلومتری جنوب غربی سانتیاگو، پایتخت شیلی بود.

از جمله خساراتی این زمین لرزه به اجزای غیرسازه ای در بیمارستان های این کشور می توان به موارد زیر را نام برد:

- ✓ بیمارستان به دلیل ازکارافتادن اجزا غیرسازه‌ای به طورکامل تعطیل شد.
- ✓ خرابی مبلمان و تجهیزات
- ✓ خرابی ناشی از اتصالات و مهار تجهیزات سقف کاذب و درب‌ها
- ✓ ۱۳۰ بیمارستان متاثر شدند.
- ✓ ۱۸ درصد از تخت‌های بیمارستان‌های دولتی به مدت یک ماه از دسترس خارج بودند.
- ✓ ۲۸۰۰ میلیون دلار آمریکا برای بازسازی هزینه شد.

همچنین از جمله خسارات وارد به اجزای غیرسازه ای در فرودگاه ها نیز می توان به موارد زیر اشاره نمود::

- ✓ تعطیلی فرودگاه بین المللی
- ✓ ۴۰ میلیون دلار خسارت اجزای غیرسازه‌ای
- ✓ ۱۰ میلیون دلار خسارت وارد به شبکه شیلی
- ✓ دو سوم ترافیک هوایی شیلی قطع شد



شکل ۱-۵ میان قاب منجر به ایجاد ستون کوتاه در سازه شده است.

- **زلزله ژاپن**

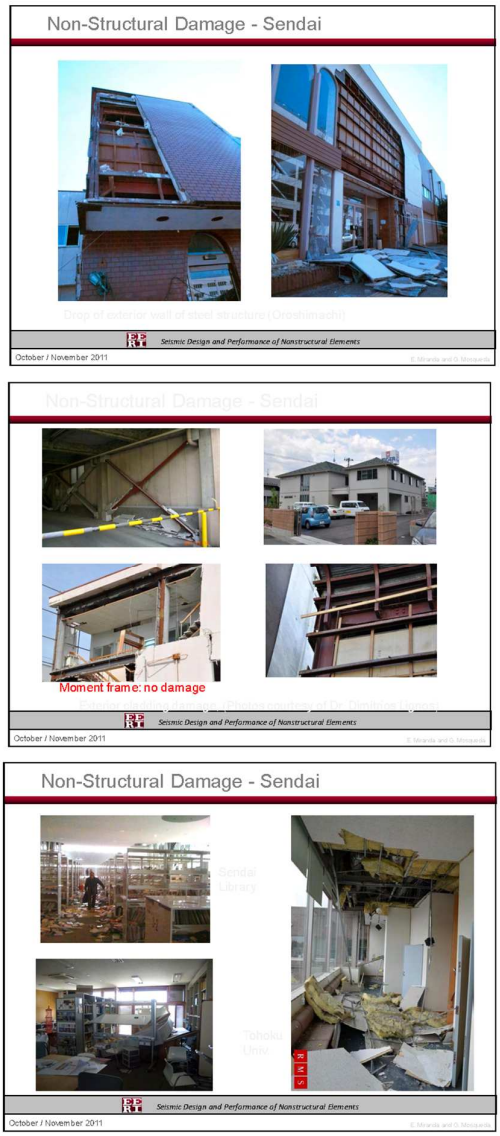
زمین لرزه و سونامی ۲۰۱۱ توهوکو در ۱۱ مارس ۲۰۱۱ به قدرت ۹ ریشتر در نزدیکی سندای در استان میاگی در شمال شرقی ژاپن رخ داد. مرکز سطحی زمین لرزه در ۱۳۰ کیلومتری شرق ناحیه توهوکو با کانون ژرفی به عمق ۲۴ کیلومتر گزارش شده است. زمین لرزه سبب گردید در تمامی مناطق ساحلی ژاپن در کنار اقیانوس آرام هشدار سونامی و درخواست تخلیه این مناطق اعلام شود. بیش از ۲۵۰۰۰ نفر تلفات و ۱۵۱۰۰۰ نفر بی خانمان و ۳.۹ میلیارد دلار ضرر اقتصادی و ۲۱۵ میلیارد دلار خسارت به همراه داشت.

از جمله خسارت هایی که این زلزله به همراه داشت می توان موارد زیر را نام برد:

- ✓ تعداد کمی از سازه‌ها با خرابی کامل مواجه شدند.

✓ عمده خرابی‌ها در شهرهای بزرگ شامل اجزای غیرسازه‌ای بود که به چندین مورد اشاره می گردد:

۱. خرابی کامل سقف‌های کاذب
۲. خرابی کامل نماها
۳. واژگونی محتویات
۴. خرابی نمای ساختمان‌ها
۵. خرابی کامل سالن کنسرت توکیو
۶. خراب نازک‌کاری‌ها



شکل ۱-۶ خسارات گسترده اجزای غیرسازه ای در زلزله ژاپن

- **زلزله در شهرستان های اهر، ورزقان، هریس(۲۱ مرداد ۹۱، ۶.۴ ریشتر)**

در تاریخ ۲۱ مرداد ۱۳۹۱، زمین لرزه ای به بزرگای ۶.۴ ریشتر در شهرستان های اهر، ورزقان، هریس رخ داد. بر اثر این زمین‌لرزه، ۳۰۶ نفر کشته و بیش از ۵۰۰۰ نفر مجروح شدند. در مجموع ۱۵۵ هزار نفر دچار حادثه

شدند که در اهر ۶۷ هزار نفر، ورزقان ۴۲ هزار نفر، هریس ۴۰ هزار نفر و تبریز شش هزار نفر را دربرمی‌گیرد. بیشترین تلفات انسانی از روستاهای «باجه باج»، «گوردره» و «دبنو» و همچنین شهر ورزقان بوده‌است. با گذشت سه روز از زمین‌لرزه، مأموران امداد و نجات هلال احمر، زنی را در روستای سرخاگو از توابع شهرستان ورزقان زنده از زیرآوار بیرون کشیدند. این در حالی است که با گذشت یک روز از زمین‌لرزه اعلام شد که عملیات آواربرداری به اتمام رسیده و تمامی افراد از زیرآوار بیرون کشیده شده و مجروحان به بیمارستان منتقل شدند.

- **زمین‌لرزه ایران – عراق (کرمانشاه)**

زمین‌لرزه ۱۳۹۶ ایران - عراق به بزرگی ۷.۳ در مقیاس بزرگای گشتاوری شامگاه یکشنبه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ در نزدیکی ازگله، استان کرمانشاه در نزدیکی مرز ایران و عراق، در ۳۲ کیلومتری جنوب غربی شهر حلبچه عراق رخ داد. کانون زمین‌لرزه ۵ کیلومتری شهر ازگله کرمانشاه بود و زلزله نگاری آمریکا کانون این زلزله را ۳۲ کیلومتری حومه شهر عراقی حلبچه اعلام کرد.

بر طبق گفته رئیس مرکز لرزه‌نگاری ایران چندین پیش‌لرزه قبل از زلزله ۷.۳ ریشتری حوالی ساعت ۲۱ تا ۲۱:۴۸ اتفاق افتاده که موجب هشیاری مردم شد که بزرگترین این پیش‌لرزه‌ها به قدرت ۵/۴ ریشتر ثبت شد تعداد کشته‌ها در ایران به ۶۲۰ نفر رسید و همچنین ۹۳۸۸ نفر نیز زخمی شده‌اند و حدود ۷۰هزار نفر بی‌خانمان شدند.

- **زلزله ورزقان**

در زلزله کرمانشاه، متاسفانه بیمارستان‌های سرپل ذهاب و اسلام آباد غرب از مدار عملکردی خارج شدند. تصور بر این است که بیمارستان ها باید در لحظات وقوع زلزله و بعد آن به سرویس‌دهی ادامه دهند، بر عکس تصور، زودتر از سایر ساختمان ها از کار باز ایستادند. در مورد بیمارستان اسلام آباد سرفصل درس دیگری را باید عنوان کرد اما در مورد بیمارستان سرپل ذهاب، اتفاق بسیار ساده و پیش‌پا افتاده موجب توقف عملکرد بیمارستان درآن لحظات حیاتی و ارزشمند می‌شود. در بازدید از آسیب های ساختمانی بیمارستان سرپل ذهاب مشاهده شد که ساختمان مجزای تاسیسات برقی بیمارستان دارای دیواربنایی با ارتفاع حدود ۵ متر هیچگونه اتصالی به تیرها و ستون‌ها نداشته است. علاوه بر آن، کابل برق معمولی و اضطراری بیمارستان نیز متصل به همین دیوار و از سمت بالای آن به ساختمان بیمارستان کشیده شده بود. در اولین ارتعاش زلزله، دیوار مرتفع و بنایی اتاق تاسیسات برقی بیمارستان فرو می‌ریزد و کابل‌های برق معمولی و اضطراری پاره و درنتیجه برق کل ساختمان بیمارستان قطع می‌شود. قطعی برق همراه با اثر زلزله بر روی ساختمان یک طبقه بیمارستان که شامل ترک‌خوردگی و کنده شده کاشی‌های دیوار و ریزش سقف کاذب در بعضی از قسمت‌های بیمارستان بود، موجب حاکم شدن فضای وحشت در بیمارستان می‌شود، بیماران بدحال و عمل جراحی شده توسط کادر بیمارستان در تاریکی مطلق دمادم زلزله با مرارت، بیرون آورده شده و در محوطه بیمارستان خوابانده می‌شوند. در آن لحظات، بیمارستان قادر به مداوای مجروحان زلزله نیست و متاسفانه این امر موجبات کاهش قابل ملاحظه سطح خدمت‌رسانی به نیازمندان و زلزله‌زدگان منطقه می‌شود. اگر کابل برق اضطراری بیمارستان از مسیر زیرزمینی و کم‌خطری به ساختمان بیمارستان کشیده می‌شد هرگز مشکلات توقف عملکردی بیمارستان سرپل ذهاب اتفاق نمی افتاد. باید با اقدامات بسیار ساده، از اتفاقات مشابه در سایر بیمارستان‌های کشور جلوگیری شود.

شکل ۱-۷ خسارات گسترده اجزای غیرسازه ای در زلزله ورزقان

- تاثیری که این زمین لرزه بر روی دیوارهای محیطی بر جای گذاشت بیشتر به دلیل عدم اجرای وال پست و نمای سنگین آجری می باشد.
- قطع شدن کابل برق اضطراری در اثر فروریزش دیوارهبنایی اتاق تاسیسات برق بیمارستان سرپل ذهاب
- باید به قطع برق بویژه در بیمارستان‌ها توجه ویژه‌ای شود. گسیختگی کابل برق اضطراری در اثر زلزله، ولو اینکه ساختمان بیمارستان آسیب جدی هم ندیده باشد، ادامه کارکرد بیمارستان را مختل خواهد کرد.
- کابل‌های اصلی برق معمولی و اضطراری نباید به دیوارهای فاقد استحکام کافی متصل شوند.
- اتاق و یا ساختمان تاسیسات برقی بیمارستان‌ها با هدف تاب‌آوری در برابر زلزله در اسرع وقت مورد بازبینی کارشناسانه قرار گیرند.
- توجه به استحکام دیوارهای جانبی، حائل و اجزای غیرسازه‌ای

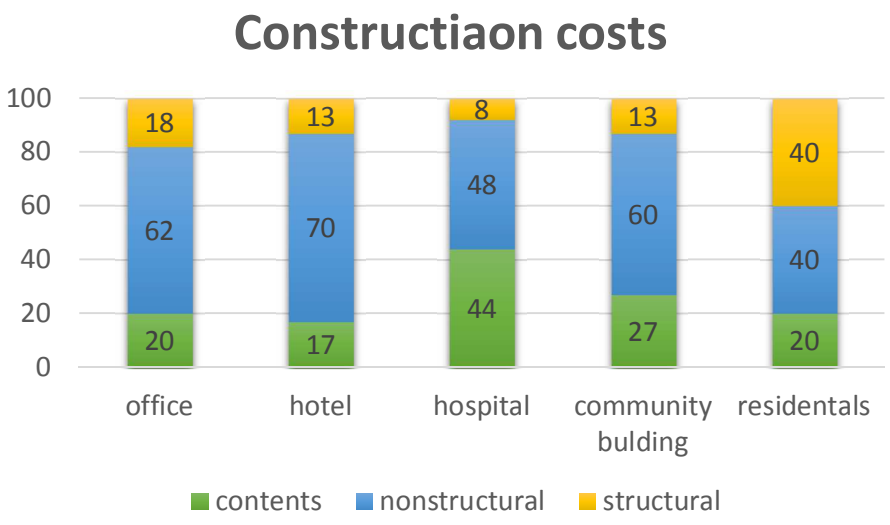
در زلزله کرمانشاه به طور متواتر مشاهده شده است که آسیب‌دیدگی ساختمان‌ها اغلب شامل تخریب، ترک-خوردگی و آسیب‌دیدگی دیوارهای جانبی و حائل بوده است. اتصال این دیوارها به تیرها، ستون‌ها، سقف وکف بخوبی

صورت نگرفته بود و در اغلب ساخت و سازهای کشور نیز روال به همین گونه است. این امر موجب وحشت ساکنان، ناایمنی ساختمان‌ها بویژه در پس‌لرزه‌ها می‌شود که لازم است به طور جدی تمهیدات مهندسی در مورد نحوه استحکام این دیوارها و اجزاء غیرسازه‌ای به کار برده شود. این ضعف بطور واضح در ساختمان مسکن مهر شهید شیرودی (ساختمان‌های هفت طبقه مسکن مهر که به نوعی نماد زلزله کرمانشاه شدند)، خود را نشان داد و چهره رعب‌آوری برای مردم به وجود آورد. هشتمین درس زلزله کرمانشاه، توجه جدی به نحوه اتصال دیوارهای حائل و جانبی به اطراف و جوانب آنها است. از دیدگاه سازه‌ای شاید در مورد پایداری ساختمان، رفتار اسکلت سازه بیشتر مورد توجه باشد اما در رویداد زلزله‌ها، آنچه مهم است امکان ادامه اسکان مردم ساکن در خانه‌های خودشان مطرح می‌شود که مسلما باخرابی و آسیب دیدگی اجزای غیرسازه‌ای این امر محقق نمی‌شود. در ساخت و سازها باید دیوارهای جانبی و حائل با رعایت تمهیدات مهندسی مستحکم شود. تجربه زلزله کرمانشاه و سایر زلزله های ایران نشان می‌دهد در این زمینه، اجزای غیرسازه‌ای ضعیف عمل کرده و ساختمان را از درجه انتفاع خارج می‌کنند.

- نتایج تجربی از زلزله‌های اخیر
- مقادیر زیادی از خسارت‌ها اجزا غیرسازه‌ای بوده است.
- زلزله‌های بررسی شده عمدتا در کشورهایی بوده که سابقه طولانی در بروز زلزله دارند.
- خسارت‌های سازه‌ای بسیار کم بوده و عموم سازه‌ها بر اساس کدهای اخیر طراحی شده بوده‌اند.
- خسارات غیرسازه‌ای عمدتا بر اثر مشکلات مهاری بوده‌اند.
- در بسیاری از موارد، شکست ناشی از تغییرشکل ارتعاش و ضربه اجزا به یکدیگر بوده‌اند.
- زلزله‌ها نیاز به طراحی بر اساس عملکرد را برجسته می‌کنند.

۱-۵- اهمیت اجزای غیرسازه‌ای از نظر اقتصادی

برآورد ریالی و هزینه‌های اجرای اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نشان می دهد که نسبت هزینه های اجزای عیرسازه‌ای در مقایسه با سازه بسیار قابل توجه است. این موضوع در مورد سازه‌های با اهمیت زیاد نمود بیشتری دارد.



شکل ۱-۸ تفکیک هزینه های ساخت در ساختمان ها با کاربری های مختلف

فصل دوم

رفتار و عملکرد اجزای غیرسازه‌ای در برابر زلزله

۲-۱- مقدمه

ساختمان های معمول برای رفتارهای خطی تحت بارهای زنده و مرده و باد طراحی می شوند ولی همین ساختمان ها برای رفتار غیرخطی تحت ارتعاشات زلزله طراحی می شوند. اگر تحمل جابجایی در المان های سازه قابل تشخیص باشد المان های غیرسازه ای که به صورت ایمن به المان سازه ای متصل است ممکن است آسیب ببینند. تفکیک خرابی در المان های غیرسازه ای وابسته به ارتعاش زمین و رفتار المان های سازه ای می باشد. بنابراین سطوح عملکرد مورد انتظار برای اعضای سازه ای و غیرسازه ای باید بحث شود.

فلسفه طراحی مقاومت لرزه ای که اخیراً به صورت بین المللی تایید شده است به شرح زیر بیان می‌شود:

- ارتعاشات لرزه ای ضعیف بدون آسیب در اعضای سازه ای و غیرسازه ای
- ارتعاشات متوسط با آسیب کم در المان های سازه ای و آسیب متوسط در اعضای سازه ای
- ارتعاشات شدید با آسیب در المان های سازه ای بدون فروریزش المان های غیرسازه ای

۲-۲- بارهای وارده

بارهای وارد بر اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای به طور کلی شامل بارهای ثقلی و جانبی می‌شود. بارهای ثقلی با توجه به کاربری ساختمان مطابق مقررات ملی تعیین می گردند. با توجه به تاثیر مستقیم و اهمیت بارهای زلزله بر اجزای غیرسازه‌ای می بایست بررسی بیشتری پیرامون بارهای زلزله انجام شود.

عوامل موثر بر نیروی زلزله وارد بر ساختمان و اجزای غیرسازه‌ای‌ها به شرح زیر است.

۱.زمان تناوب سازه

۲. موقعیت سازه از نظر منطقه زلزله‌خیزی و نوع خاک

۳. جرم سازه

سختی سازه (ابعاد و خواص مصالح) و ارتفاع ساختمان و میانقاب‌ها و جرم‌های متصل به سازه، سه عامل مهم در برآورد زمان تناوب اصلی سازه می‌باشند. میانقاب ها و تیغه ها در صورت اتصال به قاب باعث تغییر در زمان تناوب سازه می گردند و به همین دلیل طراحان سازه در همان ابتدا باید نحوه اجرا و اتصال دیوارها به سازه را مشخص کنند. درساختمان‌های متعارف که توزیع جرم و سختی در ارتفاع آنها عمدتا به صورت متناسب تغییر می‌کند زمان تناوب اصلی نوسان را می‌توان از روابط تجربی زیر به‌دست آورد. در ادامه به نحوه محاسبه زمان تناوب در استاندارد ۲۸۰۰ اشاره می گردد.

الف- برای ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی

١- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد ننماید:

-در قاب‌های فولادی

$$T = 0.08H^{0.75}$$

-در قاب‌های بتن‌آرمه

$$T = 0.05H^{0.9}$$

٢- درمواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نماید:

مقدارTبایدبرابربا٨٠درصدمقادیرعنوان شده دربالا درنظرگرفته شود.

ب- برای ساختمان‌های با سیستم مهاربندی واگرا، مشابه قاب‌های فولادی

پ-برای ساختمان‌های با سایرسیستم‌های مندرج درجدول(٣-٥)، به غیرازسیستم کنسولی، با یا بدون وجود جداگرهای میانقابی:

$$T = 0.05H^{0.75}$$

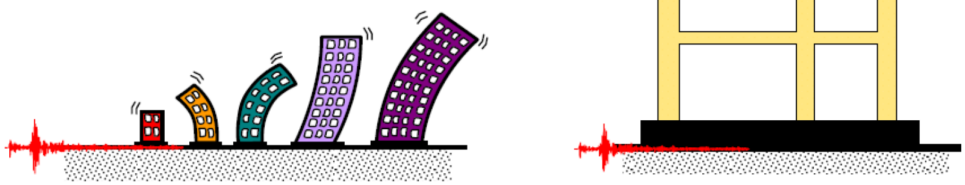
همانگونه که مشاهده می گردد نحوه اتصال میانقاب ها بر زمان تناوب و به تناسب آن بر نیروی زلزله وارد بر سازه موثر است.

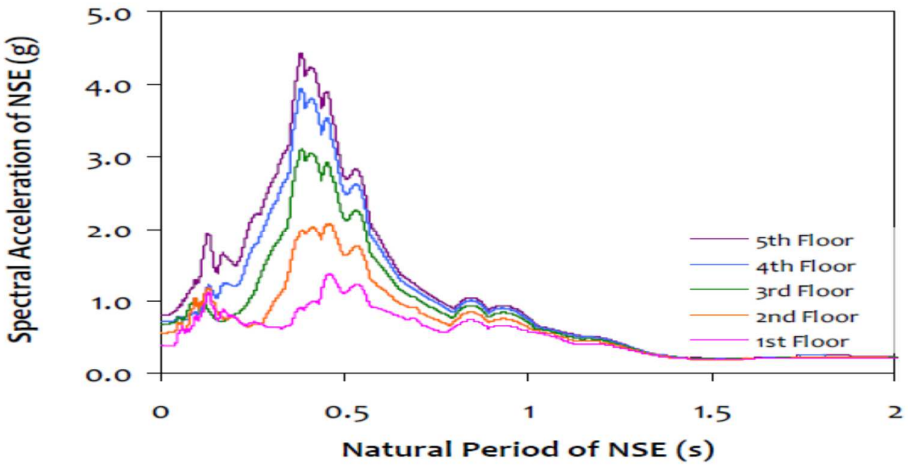
٢-٣- پاسخ سازه بر اساس مدهای طبیعی سازه و اجزای غیرسازه‌ای

پارامترهای مهم و تاثیرگذار بر مدهای طبیعی اجزا عبارتند از:

میرایی، زمان تناوب و موقعیت (ارتفاع طبقه و ارتفاع از کف).

در شکل شماره ٢-١رابطه زمان تناوب با شتاب وارده بر اجزای غیرسازه ای در طبقات مختلف مشاهده می شود.





شکل ۲-۱ رابطه زمان تناوب با شتاب وارده بر اجزای غیرسازه ای در تراز های ارتفاعی مختلف

۲-٤- بررسی مشخصات رفتاری اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای

اجزای غیر سازه ای حین زلزله با دو چالش روبه رو می شوند:

۱-افزایش نیروی اینرسی در المان های سازه ای که المان های غیرسازه‌ای روی آنها قرار دارند و به آنها متکی اند.

۲-تغییرشکل های ایجاد شده در المان غیرسازه‌ای هنگامی که جابجایی نسبی در اتصال المان های سازه ای و غیرسازه‌ای وجود داشته باشد.

علت نگرانی ها در خصوص اجزای غیرسازه ای وزن بالا، لاغری و بلند بودن آنها می باشند و از طرفی در چند نقطه به المان های سازه ای متصل اند. هر دو چالش ذکر شده در بالا، مسائلی چون جرم، ارتفاع، لاغری چند تکیه گاهی را مطرح می‌کنند. از این اثرات یکی از آنها بسیار اهمیت دارد که با عنوان اثرات اولیه می باشند و مابقی به عنوان اثرات ثانویه درنظرگرفته می شوند. وقتی عضو غیرسازه ای با جرم زیاد و ارتفاع بالا به صورت ساده روی سطحی قرار بگیرد و سطح به آرامی بلرزد، المان ممکن است در محل خود باقی بماند ویا ممکن است شروع به لرزش نماید. زمانی که ابعاد سطح بزرگ باشند و ارتعاشات متوسط باشند، المان نمی لرزد بلکه دچار لغزش می شود. زمانی که ارتعاشات بزرگ باشند، المان هم می لرزد و هم می لغزد. اما زمانی که ارتعاشات بسیار شدید هستند المان واژگون می شود.

اینکه کدام حالت رخ می دهد بر اساس ابعاد المان غیرسازه ای، جرم آن، شدت ارتعاشات و ضریب اصطکاکی بین المان غیرسازه ای و سازه ای تعیین می شود.

۲-۵- بررسی اثر زلزله بر ساختمان

حین زلزله ساختمان ها نوسان می کنند و نوسان آنها باعث ایجاد شتاب، سرعت و جابه جایی در طبقات می شوند. شدت و زمان دوام ارتعاشات و مقدار شتاب، سرعت و تغییرمکان در هر طبقه به خصوصیات ارتعاش زمین و خصوصیات دینامیکی سازه وابسته است. معمولا شتاب، سرعت و تغییرمکان ایجاد شده در هر طبقه با طبقات دیگر متفاوت اند.

خصوصیات ارتعاش زمین شامل:

۱. فاصله محل وقوع زلزله تا ساختمان
۲. محتوای فرکانسی و دامنه و مدت دوام زلزله

۳. خصوصیات دینامیکی سازه چون: دوره تناوب طبیعی سازه در امتداد ارتعاشات، مودهای ارتعاشی که براساس توزیع جرم و سختی اند.

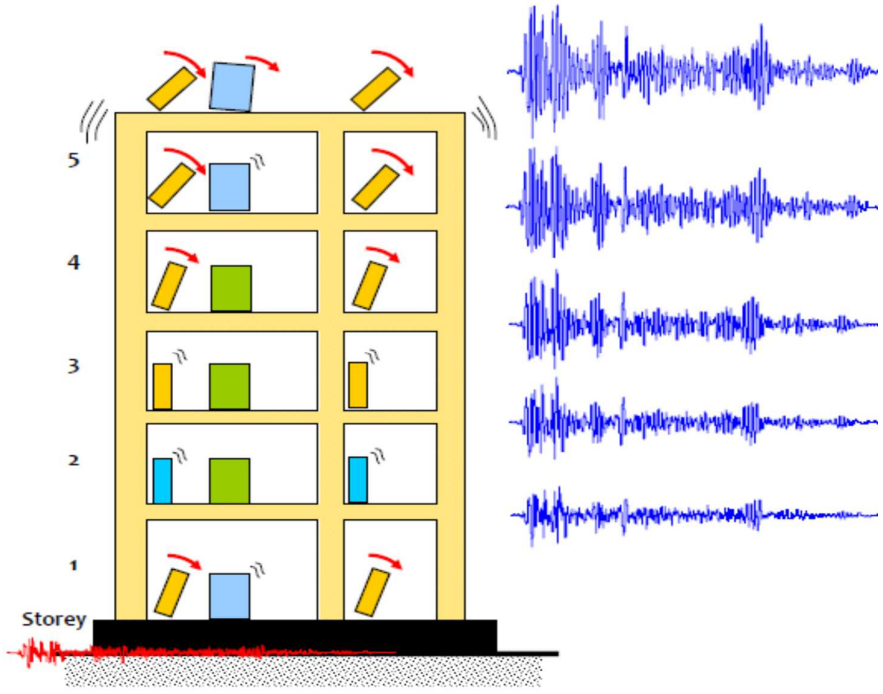
زمانی که سازه شروع به لرزش و نوسان می کند انتظار می رود اجزای غیر سازه ای نیز دچار نوسان و لرزش شوند اما آیا نوسان و ارتعاش عضو غیرسازه ای بر سازه موثر است؟

اگر ارتعاش عضو غیرسازه ای بر سازه موثر است، به آن عضو سیستم سازه ای ثانویه گفته می شود.

اگر ارتعاش عضو غیرسازه ای بر سازه موثر نیست، به آن عضو سیستم غیرسازه ای ثانویه گفته می شود.

اگر جرم اجزای غیر سازه ای در مقایسه با جرم سازه و یا طبقه متصل به آن کم باشد، نیروی اینرسی ایجاد شده در آن ها بسیار کم بوده و اثری روی پاسخ سازه ندارند. اما اگر جرم اجزای غیرسازه ای به جرم طبقه متصل به آن یا سازه قابل چشم پوشی نباشد، نیروی اینرسی ایجاد شده در آن، موثر بر پاسخ دینامیکی سازه است که در این صورت این اجزا به عنوان سیستم سازه ای ثانویه محسوب می شوند. در صورتی که جرم عضو غیرسازه ای کمتر از یک درصد سازه ای که آن را نگه می دارد باشد، اثری روی پاسخ لرزه ای سازه نخواهد گذاشت. اما با افزایش جرم عضو غیرسازه ای، اندرکنش عضو سازه ای و غیرسازه ای افزایش می‌یابد و اگر این اندرکنش ها بسیار شدید باشند، سازه باید با در نظر گرفتن هر دو المان های سازه ای و غیرسازه‌ای مدلسازی شوند. خصوصیات دینامیکی سازه به صورت ترکیب المان های سازه ای و غیرسازه‌ای ممکن است از خصوصیات دینامیکی اعضای سازه ای و غیرسازه‌ای به صورت مجزا کمتر باشد.

در نظر گرفتن اعضای سازه ای و غیرسازه ای می‌توانند گاهی نتایجی بسیار محافظه‌کارانه و گاهاً نتایجی بدون محافظه کاری به دست دهند. با افزایش و غیر خطی بودن سازه، ممکن است نیاز لرزه ای اجزای غیر سازه ای کاهش یا افزایش یابد و با افزایش رفتار غیرخطی، دوره تناوب طبیعی سازه افزایش یافته و امکان پدیده تشدید سازه به همراه جز غیرسازه ای وجود دارد.



شکل ۲-۲ رابطه زمان تناوب با شتاب وارده بر اجزای غیرسازه ای در تراز های ارتفاعی مختلف

با بررسی رفتار اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای به طور خلاصه مشخصات رفتاری آنها را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱.پاسخ یک المان غیرسازه‌ای به خصوصیات دینامیکی و پاسخ سازه‌ای که به آن متصل می‌شود وابسته است.

۲. پاسخ یک المان غیرسازه‌ای به مکان قرارگیری آن در داخل ساختمان دارد.

۳. المان‌های غیرسازه‌ای دارای اندرکنش متقابلی با اجزای سازه می‌باشند.

۴. المان‌های غیرسازه‌ای که در چند نقطه به سازه متصل می‌شوند با حرکت‌های متفاوتی روبرو می‌شوند.

۵.میرایی موجود در غیرسازه‌ای‌ها کمتر است.

۶.ممکن است پدیده تشدید در غیرسازه‌ای ها رخ دهد.

۲-۶- انواع سیستم‌های سازه‌ای و اثرات آنها بر اجزای غیرسازه‌ای

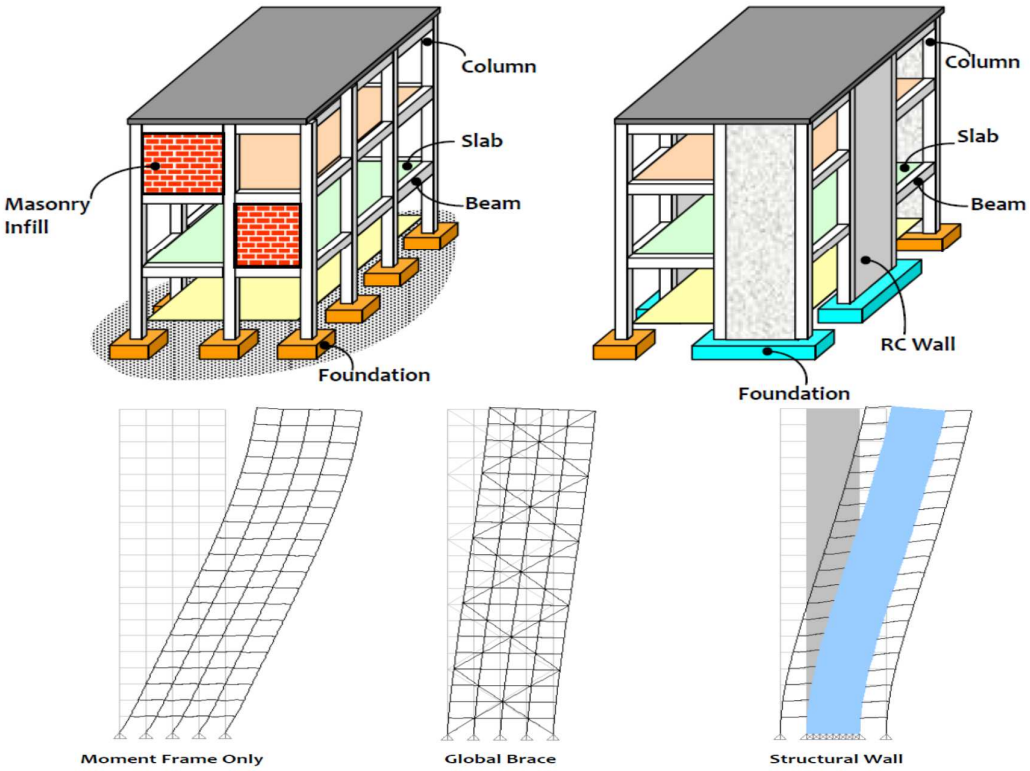
با توجه به عوامل موثر بر رفتار اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله سیستم های باربر جانبی در تعیین روش و ضوابط طراحی آنها بسیار موثر است. سیستمهای باربر جانبی در دو عامل سختی و مقاومت با هم متفاوتند. تغییر شکل جانبی هر کدام از سیستم ها بر پایداری اجزای غیرسازه ای اثر مستقیمی دارد. سیستمهای باربر جانبی را میتوان به سه دسته کلی تقسیم کرد:

- سیستم دیوارهای باربر
- سیستم قاب خمشی
- سیستم قاب ساده ساختمانی

I. دیوارهای برشی

II. مهاربند فولادی

III. سیستم دوگانه یا ترکیبی



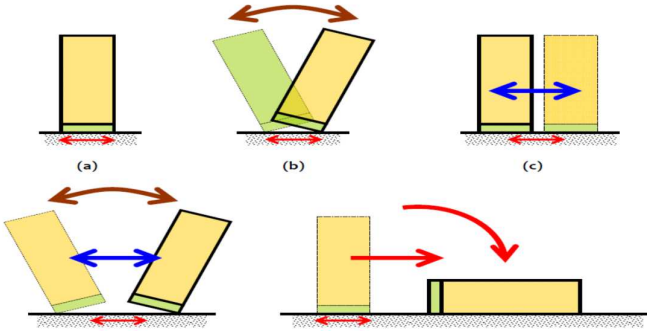
شکل ۲-۳ سیستم های سازه ای مختلف و اثرات انها بر خرابی اجزای غیرسازه ای

سیستم های دارای سختی بیشتر مانند دیوارهای برشی تغییرشکل جانبی کمتری را تجربه می کنند و قاب های خمشی تغییرشکل بیشتری را تجربه می نمایند. اجزای سازه ای در صورت وجود تغییرشکل جانبی بیشتر، آسیب پذیری بیشتری در برابر بارهای جانبی خواهند داشت.

۲-۷- دسته بندی اجزای غیرسازه‌ای بر اساس رفتار

۱. **حساس به شتاب:** منظور از شتاب، شتابی است که ناشی از نیروی اینرسی که بر اثر زلزله از اجزا سازه‌ای به غیرسازه‌ای منتقل می‌شود. المان هایی که می توانند بلغزند، بلرزند و یا واژگون شوند می‌توانند در هر ارتفاعی از ساختمان قرار گیرند، و می توان ایمنی آنها را با اتصال به المان‌های سازه ای (المان های سازه ای قائم، ستون ها، دیوارها) و المان های افقی (سقف ها و تیرها) تامین نمود. در واقع این المان های سازه ای قرار است نیروی اینرسی آنها را تحمل کرده و به فونداسیون انتقال دهند.برای طراحی اتصال المان سازه ای و غیرسازه ای با توجه به نوع اتصال به سازه، محاسبات مجزایی مورد نیاز می باشد:

- تنها متصل به المان سازه ای قائم
- تنها متصل به المان سازه ای افقی
- متصل به هر دو



شکل ۲-۴ اجزای غیرسازه ای حساس به شتاب

۲. **حساس به تغییرشکل:** منظور از حساسیت عضو غیرسازه ای به تغییرشکل‌هایی (اصولا جابجایی اما گاها چرخش) که متاثر از سازه است. عضو غیرسازه‌ای را یک عضو بلند که در چندین نقطه به سازه متصل شده است درنظربگیرید. زمانی که نقاط اتصال هرکدام به صورت جداگانه در حال لغزش باشند در آن زمان عضو تحت تاثیر جابجایی نسبت به ابتدا و انتها خود قرار می‌گیرد. در سازه‌های کوتاه در هنگام زلزله زمانی که زلزله پی سازه را می‌لرزاند لوله‌ها در جهت عکس حرکت می‌کنند و این باعث آسیب به اجزا می‌شود.

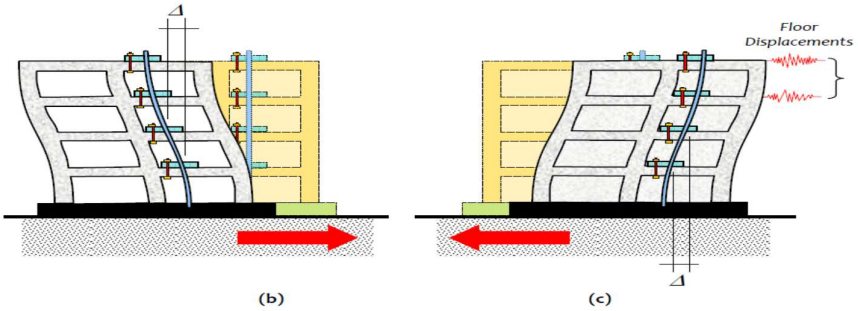
جابجایی در دوران های بزرگ المان های سازه ای هنگام زلزله موجب حرکت و تاب خوردن المان های غیرسازه ای حساس به جابجایی که به آن متصل اند، می شوند. جابجایی نسبی المان های غیرسازه ای در سه حالت افزایش می یابد: زمانی که المان غیرسازه ای بین:

۱-دو المان سازه ای در یک ساختمان اما در ترازهای ارتفاعی متفاوت باشد.

۲-دوالمان سازه ای که مستقل از هم می‌لرزند، قرار داشته باشد.

۳-المان سازه ای و زمین باشد.

طراحی اتصالات سازه ای و غیرسازه ای باید در نظر گرفته شوند تا مطمئن شویم که جابجایی های نسبی بین المان ها به صورت آزادانه رخ می دهد و مانعی از این بابت وجود ندارد.



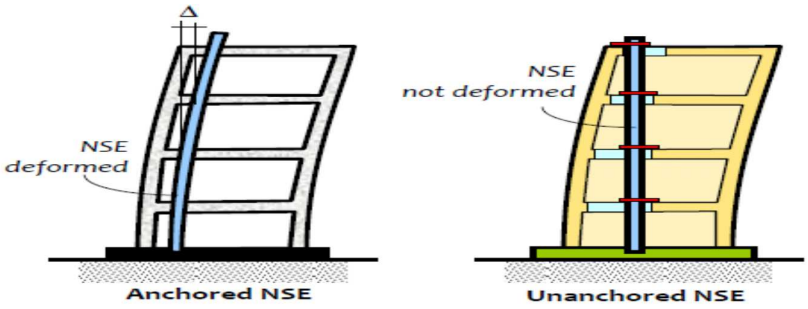
شکل ۲-۵ اجزای غیرسازه ای حساس به تغییرمکان

۲-۸- روش‌های مهار اجزای غیرسازه‌ای

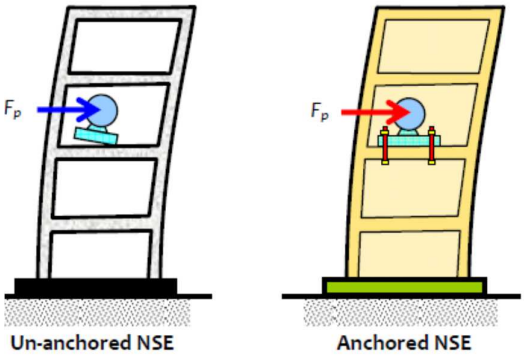
۱. غیرمهندسی: فقط شکل کلی داده می‌شود و بعضی اوقات هم مشکل دارد.

۲. تجویزی: که توسط افراد متخصص طراحی و پیشنهاد و یا در آئین نامه ها قرار داده شده است.

۳. مهندسی: نیازمند طراحی می باشد.



شکل ۲-۶ مهار وعدم تاسیسات مکانیکی در ساختمان ها



شکل ۲-۷ اجزای غیرسازه (همچون کمد و....) در حالت مهار و غیر مهار در برابر نیروهای جانبی زلزله

- **مفهوم پاسخ شتاب لرزه ای طبقه**

هنگامی که سازه تحت اثر زلزله قرار می‌گیرد نتایج حاصل در طبقات مختلف متفاوت‌اند. تاریخچه زمانی شتاب این طبقات با شتاب لرزه‌ای خود زلزله تفاوت دارند. تاریخچه شتاب هر طبقه نیز خود شتاب خاص وارده به یک عضو غیر سازه‌ایست. از این رو تحقیق در مورد تاریخچه زمانی طبقه بر ای طراحی اجزا غیرسازه‌ای بسیار اهمیت دارد. طراحی لرزه ای اتصال بین اعضای غیرسازه‌ای حساس به نیرو و اعضای سازه ای بر اساس حداکثر نیروی ایجاد شده در عضو

غیرسازه ای انجام می‌گیرد و این نیروها از شتاب ایجاد شده در طبقه ای که عضو غیرسازه ای در آن است حاصل می شود. نیروی عضو غیرسازه ای به دو روش محاسبه می شود:

۱-نیروی اینرسی

$$F = ma$$

۲-نیروی ارتجاعی (الاستیک)

$$F = kx$$

محاسبه نیروی المان های غیرسازه ای به روش های فوق به دلیل تفاوت جرم، سختی، شتاب طبقات و.... کار خسته کننده ای است بنابراین می‌توان تهیه طیف پاسخ برای المان های غیرسازه‌ای با دوره تناوب های متفاوت تحت یک زلزله خاص تهیه کرد و این نیرو را برای آنها محاسبه کرد.

- **مشخص کردن پاسخ شتاب طبقه**

در طراحی لرزه‌ای یک راه آسان برای درنظرگرفتن تاثیرات زلزله تخمین زدن بیشترین میزان نیروی وارده به سازه است. در نتیجه اولین قدم برای طراحی لرزه‌ای اجزا غیرسازه‌ای مشخص کردن شتاب طبقه است. مولفه‌هایی که پاسخ شتاب طبقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، ارتفاع سازه و سیستم سازه‌ای اصلی‌ترین عامل موثر در پاسخ شتاب لرزه‌ای سازه‌اند. ارتفاع پریود طبیعی سازه را مشخص می‌کند و هرچه سازه بلندتر می‌شود در مقابل بارهای جانبی شکل پذیرتر می‌شود. ساختار و سیستم سازه نیز تاثیرات فراوانی بر پاسخ‌های لرزه‌ای می‌گذارد. در کل سازه‌ها با ارتفاع کم و با پریود کوچک زمان زلزله در مود اصلی خود بیشتر نوسان می‌کنند، مودهای بالاتر با سختی بیشتر و شرکت پذیری کمتری در پاسخ‌های دینامیکی شرکت می‌کنند. این موضوع موجب پدیده افزایش دامنه همراه با افزایش ارتفاع سازه می‌شود اما در ساختمان‌های بلند مودهای بالاتر دارای پریود طبیعی اصلی بزرگتر هستند در نتیجه به راحتی در زمان زلزله می لرزند. همچنین مود طبیعی سازه در لرزش یک سازه تحت تاثیر مشخصات زلزله در پی است. به طور معمول یک زلزله ترکیب کاملی از انواع امواج در فرکانس‌های مختلف است. میرایی نیز یکی از مشخصات بسیار پراهمیت هر سازه است. میرایی زیاد باعث پاسخ کم سازه به زلزله می‌شود همچنین میرایی همراه با افزایش خسارت سازه افزایش می‌یابد. به صورت تجربی مهندسین عموما بر مقدار ۵ درصد میرایی برای سازه توافق دارند.

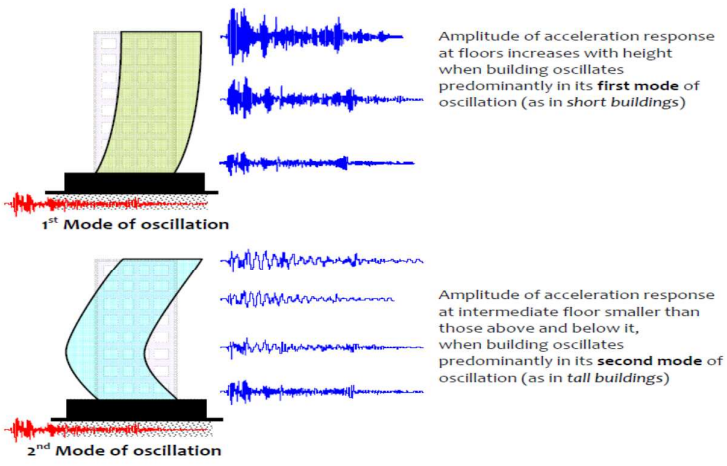
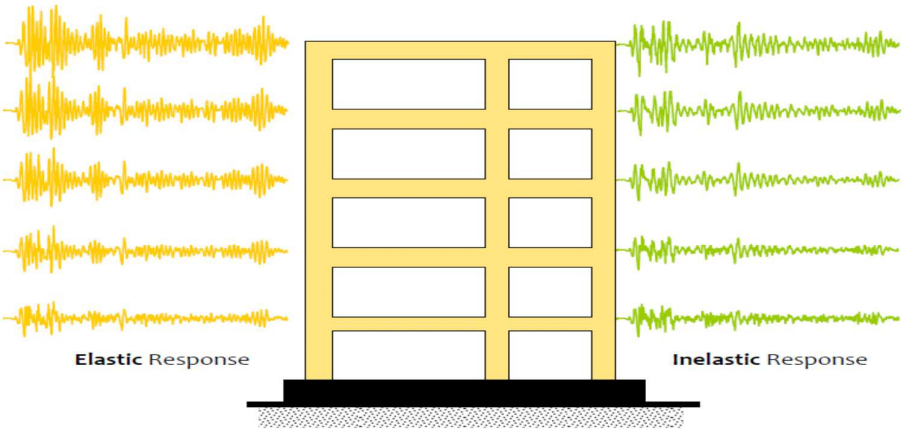


Figure 3.4: *Floor Acceleration Response*: Acceleration response at a floor is affected by building height and by degree of participation of different modes of oscillation of the building

شکل ۲-۸ شتاب پاسخ هر طبقه متاثر از ارتفاع سازه و شمارکت مودهای مختلف می باشد.

مبحث بالا بر اساس رفتار الاستیک سازه در هنگام زلزله شکل گرفته‌است. پاسخ شتاب لرزه‌ای طبقه مستقیما با تغییرشکل‌پذیری سازه در هنگام زلزله‌های شدید تغییر می‌کند. در ساختمان‌هایی که طراحی مناسبی دارند (مفصل) شکل‌پذیری در انتهای تیرها در طبقات پایین اتفاق می‌افتد با افزایش حجم لرزه‌ها در طبقات بالاتر نیز اتفاق می‌افتد. در سازه‌هایی که طراحی حرفه‌ای ندارند و دارای طبقه نرم هستند عدم شکل‌پذیری فقط به صورت موضعی در یک طبقه رخ می‌دهد. در هر دو حالت میرایی و نوسان سازه با عدم شکل‌پذیری تغییر می‌کند. در کل مشخصات پاسخ شتاب طبقه در طول مدت زلزله تغییر می‌کند.



gure 3.5: *Floor Acceleration Response*: Inelastic response significantly different from elastic response

شکل ۲-۹ شتاب پاسخ هر طبقه : پاسخ غیرالاستیک سازه بسیار متفاوت از پاسخ الاستیک طبقه می باشد.

به نسبت بیشترین مقدار شتاب ایجادشده درطبقه نسبت به بیشترین مقدار زلزله وارده ضریب تشدید شتاب طبقه گفته می‌شود.که تمام فاکتورهای موثر در پاسخ شتاب زلزله طبقه در این نسبت نیز تاثیرگذارند در اکثر قوانین موجود بازه مقدار این نسبت به صورت خطی با توجه به ارتفاع سازه قابل تخمین است.

$$Afloor = (1 + \alpha \frac{Z}{H})$$

این مقدار همیشه الزاما صحیح نیست و مقدار پاسخ لرزه‌ای می تواند کمتر نیز باشد.

- **ضریب تشدید شتاب طبقه**

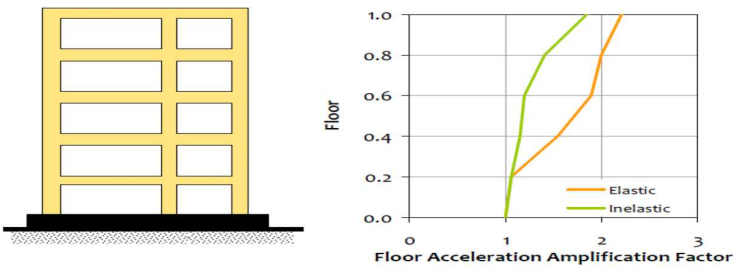
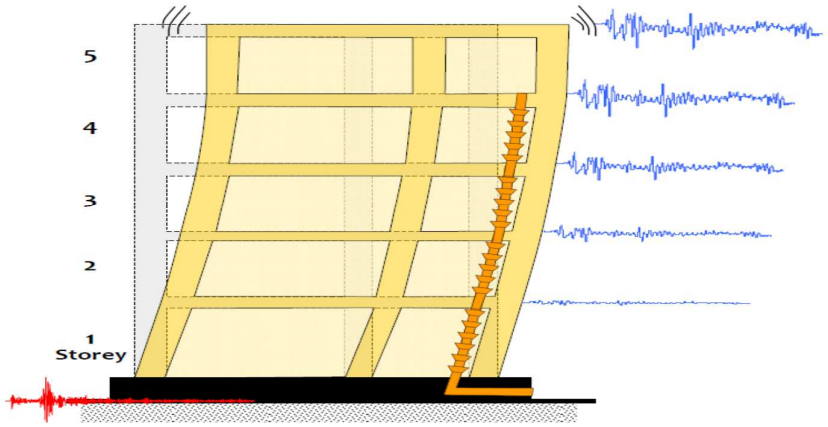


Figure 3.6: *Floor Acceleration Amplification Factor*: Normalised maximum floor acceleration at different floors in a five storey RC building

شکل ۲-۱۰مقایسه ضریب بزرگنمایی شتاب در حالت الاستیک و غیر الاستیک

۲-۹- مفهوم پاسخ تغییر مکان

تاریخچه تغییرمکان در طبقات می‌توانند مانند شتاب طبقه مشخص شوند. تغییرمکان طبقات در سطوح مختلف ارتفاع متفاوت‌اند و با جابجایی‌های لرزه‌ای زلزله در پی ساختمان متفاوت‌اند. با توجه به این مطلب اجزا غیرسازه‌ای که بین دو یا چند طبقه قراردارند در هنگام زلزله دچار اختلال خواهند شد. در هنگام زلزله، المان غیرسازه ای گاها در امتداد المان سازه ای مرتعش می‌شود و گاها توسط المان های سازه ای مهار شده و نمی توانند به صورت آزادانه مرتعش شوند. از طرفی المان های غیرسازه‌ای شکننده وگران هستند بنابراین در هنگام زلزله دچار خرابی شده وگاهاآسیب های جانی وارد می کنند. بنابراین محافظت از اعضای غیرسازه‌ای حساس به جابجایی اهمیت دارد و تخمین جابجایی نسبی بین المان غیرسازه ای و سازه ای اهمیت دارد.



شکل ۲-۱۱مقایسه پاسخ تغییرمکان در طبقات مختلف ساختمان پنج طبقه بتن مسلح

فصل سوم

مروری بر سوابق آیین نامه‌ها

۳-۱- مقدمه

دستورالعمل های پایه مهندسی برای ایمنی اجزای غیرسازه ای به دو روش کلی تهیه می شوند:

۱. روش پاسخ طیفی طبقه: روشی که تحلیل اجزای غیر سازه ایاجزای غیر سازه ای مجزا از سازه انجام می گیرد. محاسبات بر اساس شتاب برای طراحی اتصالات اعضای سازه ای و غیرسازه ای استفاده می کنند.
۲. روش مدل کامل: روشی که در آن المان های غیرسازه ای و اتصالات آنها به اعضای سازه ای به همراه سازه مدل می‌شوند و اثرات لرزه ای آنها حین زلزله به همین روش محاسبه می شوند.

دستورالعمل های بین المللی، روش پاسخ طیف طبقه را به دلیل سادگی و صرفه جویی در زمان می پذیرند. در طی سال ها، تلاش زیادی برای اطمینان از ایمنی سازه در مقایسه با ایمنی اجزای غیر سازه ایاجزای غیر سازه ای انجام شده است.

کشورهایی که با زلزله های شدید رو به رو شده اند، در طی سال ها ایمنی اجزای غیر سازه ایاجزای غیر سازه ای را مورد توجه قرار داده اند. در سطح بیرونی ساختمان ها اشیاء بدون مهار که احتمال سقوط آنها وجود دارد (مانند گلدان ها) در ارتفاعی چون لبه پنجره ، بالکن ها و طاقچه ها و ... قرار نمی گیرند. در ساختمان های بلند این موارد کاملا محدود شده اند. برآمدگی بالکن ها باعث افزایش نیروهای باد شده و از این رو در چنین کشورهایی، معماران از بالکن ها استفاده نمی کنند. با نبود بالکن و یا دسترسی به بالکن ها، امکان قرار دادن اشیاء بدون مهار توسط کاربر وجود ندارد. اما هنوز هم خرابی ها و خسارات زیادی درون ساختمان ها به دلیل آسیب اجزای غیر سازه ای رخ می دهد. در این بخش، تلاش ها انجام شده تنها به منظور بررسی مقصود دستورالعمل های ارائه شده انجام می گیرد.

۳-۲- توسعه آئین نامه ها و دستوالعمل های ارائه شده برای اجزای غیر سازه ای

بررسی توسعه دستورالعمل های طراحی تهیه شده برای اجزای غیر سازه ای در مطبوعات و نشریات قابل دسترسی اند. مسیر تکاملی ضوابط با توسعه تدریجی دستورالعمل ها انجام گرفته است. دستورالعمل های ارائه شده توسط ایالات متحده آمریکا برای اجزای غیر سازه ای نیرو کنترل در Uniform Building Code 1937 معرفی شد و در ویرایش سال های ۱۹۶۱،۱۹۷۶،۱۹۸۸،۱۹۹۴،۱۹۹۷ بهبود یافت. دستورالعمل های ارائه شده برای اجزای غیر سازه ای تغییر شکل کنترل در UBC1991 معرفی شد و نسخه ویرایش شده آن توسط ASCE-7 در سال ۱۹۹۵ منتشر شد و IBC نیز از آن برای طراحی اجزای غیر سازه ای جابه جایی کنترل استفاده می کند.

دستورالعمل های ارائه شده برای هر دو اجزای غیر سازه ای نیرو کنترل و تغییرشکل کنترل در بند بعدی بحث می شوند.

الف) طراحی نیروهای جانبی برای اجزای غیر سازه ای

به طور کلی دستورالعمل های طراحی فراهم شده شامل ۳ ورودی مهم می باشند:

۱. محاسبات اصلاح شدت حرکات زمین در طراحی برای پی ساختمان برای هر نوع خاک
۲. افزایش شدت حرکات زمین در امتداد ارتفاع ساختمان
۳. سطوح افزایش (به دلیل انعطاف پذیری اعضا) و کاهش (به دلیل اضافه مقاومت و شکل پذیری اتصالات اعضای سازه ای و غیرسازه ای)

ب) طراحی جابه جایی جانبی نسبی برای اجزای غیر سازه ای :

بیشتر دستورالعمل های ارائه شده برای تخمین نیروهای جانبی طراحی برای اجزای غیر سازه ای نیرو کنترل اند و دستورالعمل ها برای تخمین جابه جایی جانبی طراحی بین دو نقطه انتهایی اجزای غیر سازه ای جابه جایی کنترل ، پس از زلزله نورتریج در آمریکا ارائه شدند.

سه اثر جابه جایی محتمل در اجزای غیر سازه ای:

الف) تغییر شکل نسبی بین دو نقطه انتهایی عضو غیرسازه ای در مرز ساختمان و زمین بیرون

ب) تغییر شکل نسبی بین دو نقطه انتهایی عضو غیرسازه ای بین دو سقف از ساختمان

پ) تغییر شکل نسبی بین دو نقطه انتهایی عضو غیرسازه ای در مرز دو ساختمان یا در مرز دو بخش از ساختمان که نسبت به هم حرکت می کنند.

دو روش برای تخمین تغییر شکل های نسبی طراحی داریم:

۱. روش تحلیل غیرخطی
۲. روش تقریبی

روش تحلیل غیرخطی نیازمند آن است که طراح تحلیل غیرخطی سازه را انجام دهد. ذهنیتی در مدلسازی سازه و تحلیل غیر خطی مبنی بر انتخاب حرکات زمین برای تخمین تغییر شکل های غیرارتجاعی سازه آن وجود دارد.

روش دوم، روشی غیرمستقیم برای تخمین تغییرشکل های غیرخطی از روی تغییرشکل های خطی سازه تحت بارجانبی زلزله و ضریب کاهش پاسخ (R) است. این روش، روشی ساده تر و مفیدتر برای مهندسانی ست که تخصص لازم در زمینه طراحی لرزه ای غیرخطی را ندارند. و این روش در هند نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

مراجع کلی در رابطه با اجزای غیرسازه ای عبارتند از :

- ASCE 7
- ACI 530
- EUROCODE 6
- FEMA E74

- استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم
- پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰
- مبحث هشتم مقررات کلی ساختمان
- دستورالعمل مقاوم سازی اجزای غیرسازه ای ساختمان ها
- دستوالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه ای اجزای غیرسازه ای ساختمان ها

- دستوالعمل طراحی سازه ای و الزامات و ضوابط عملکردی اجرایی نمای خارجی ساختمان ها (ضابطه ۷۱۴)
- راهنمای طراحی لرزه ای دیوارهای بنایی غیرسازه ای مسلح به میلگردبستر (ضابطه۷۲۹)
- راهنمای روش ها و شیوه های بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود و جزئیات اجرایی (نشریه ۵۲۴)
- دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای غیرسازه ای (سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس کشور)
- کاهش خسارات اجزای غیرسازه ای ساختمان ها در اثر زلزله

۳-۳- مهندسی زلزله در اجزا غیرسازه‌ای

- امروز لزوم توجه بر اجزای غیرسازه‌ای علاوه بر مهندسین زلزله برای سایر کسانی که به نحوی با طراحی و اجرای ساختمان در ارتباط هستند نیز روشن شده است.
- اختصاص بخش ویژه در ضوابط برای اجزای غیرسازه‌ای شاهد آشکاری بر اهمیت این موضوع است.
- این موضوع در حال حاضر نه تنها مورد توجه کدها و سازمان‌های استاندارد که تولیدکنندگان صنعت ساخت و ساز صاحبان نظران رشته طراحی و IT می‌باشد.
- شرایط خاص اجزای غیرسازه‌ای
- آسیب پذیری اجزا در برابر زلزله‌های خفیف
- نتایج زلزله بهترین مدرس ما هستند.

۳-٤- محدوده کاربرد مراجع الزام‌آور

۱. **مبحث ۸** : شامل ضوابط طراحی مهندسی و ساخت ساختمان‌های بنایی است و برای آن دسته از اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای تدوین شده است که در ساخت آنها از مصالح بنایی استفاده می‌شود.

۲. **استاندارد ۲۸۰۰ و پیوست ۶:** برای طراحی کلیه اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای انواع ساختمان‌ها در برابر زلزله

۳. **دستورالعمل مقاوم‌سازی اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها:** برای مقاوم‌سازی تاسیسات مکانیکی و برقی و دیوارهای شیشه‌ای نما و سایر اجزای غیرسازه‌ای در ساختمان‌های ساخته شده (برای اجزای غیرسازه‌ای نصب شده در ساختمان‌های جدید هم می‌توان از این دستورالعمل استفاده کرد).

۳-۴-۱- استاندارد ۲۸۰۰

فلسفه طراحی بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ به شرح زیر می‌باشد.

هدف این آیین نامه تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان‌ها در برابر اثرهای ناشی از زلزله است، به طوری که با رعایت آن انتظار می‌رود:

۱- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده‌ی سازه‌ای و غیرسازه‌ای نبینند و تلفات جانی درآن‌ها حداقل باشد.

۲- ساختمان‌های با "اهمیت زیاد" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده نبینند، به طوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.

۳- ساختمان‌های با "اهمیت خیلی زیاد"، در اثر زلزله طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نداشته باشند، به طوری که بهره برداری از آنها امکان‌پذیر باشد.

۴- کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰متر و یا بیشتر از ۱۵طبقه و نیز کلیه ساختمان‌های بااهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره‌برداری آسیبی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.

۳-۴-۲- روش طراحی دیوارها در برابر زلزله طبق استاندارد ۲۸۰۰

ضوابط فصل چهارم کلیه ساختمان‌های بااهمیت خیلی زیاد، زیاد و ساختمان‌های بااهمیت متوسط با تعداد طبقات هشت و بیشتر، بجز موارد عنوان شده در زیر، را شامل می‌شود:

الف- اجزای غیرسازه‌ای با وزن بیشتراز۲۵ درصد وزن موثر لرزه‌ای کل سازه (وزن اجزای غیرسازه‌ای و سازه نگهدارنده). این اجزاء درگروه سازه‌های غیرساختمانی قرار می‌گیرند و مشمول ضوابط فصل پنجم آیین‌نامه می‌گردند.

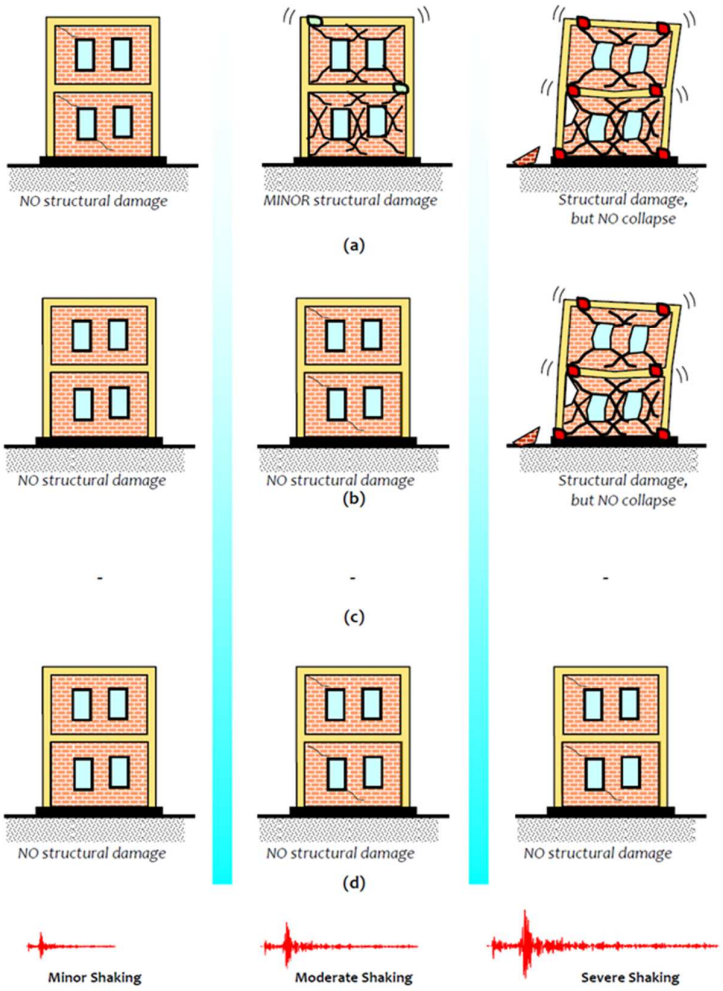
ب-اجزای مکانیکی و برقی با شرایط زیر:

-جزء درگروه اهمیت جزء I_P= ۱.۰ موضوع بند(۴-۱-۳)، قرارداشته باشد.

-اتصالات بین جزء و ملحقات آن انعطاف پذیر باشد.

-وزن جزء کمتراز۱۰کیلوگرم، و یا درمورد خطوط تاسیساتی، وزن آن کمتراز۱۰کیلوگرم برمتر باشد. اگر ارتفاع جزء درکف طبقه استقرار کمتراز۱.۲ متر باشد وزن آن می‌تواند تا ۲۰۰کیلوگرم افزایش داشته باشد.

تبصره: دیوارهای داخلی در ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر از هشت، مشمول ضوابط فصل هفتم آیین‌نامه می-گردند.



شکل ۳-۱ خسارات و خرابی وارده متناسب با سطح زلزله مورد نظر

۳-۴-۳- ضریب اهمیت

اجزای غیرسازه ای برحسب میزان آسیب رسانی ناشی از خرابی آن ها به دو گروه تقسیم و در تعیین نیروی جانبی زلزله برای هر یک "ضریب اهمیت جزء I_p" خاص در نظر گرفته می شود. این ضریب برای اجزاء زیر برابر با ۱.۴ و برای سایر اجزا برابر۱.۰می باشد:

الف- جزء در داخل و یا متکی به سازه با اهمیت خیلی زیاد بوده و حفظ آن برای خدمت رسانی بی وقفه سازه لازم باشد.

ب- محتوای جزء مواد خطرزا با امکان ایجاد مسمومیت زیاد و یا انفجار باشد.

پ- خدمت رسانی جزء برای تامین عملکرد ایمنی جانی پس از زلزله لازم باشد، مانند سیستم اطفای حریق و پلکان فرار

۳-۴-۴- نیروهای وارد بر دیوارها

۱. نیروهای ثقلی

۲. نیروی ناشی از باد $Vwind = Iw.q.Cp.Cg.Ce.Cd$

۳. نیروی زلزله

- نیروی جانبی زلزله

الف. روش تحلیل استاتیکی معادل $Vpu = \frac{0.4.ap.A.(1+S).Wp.Ip}{Rpu}.(1+2\frac{Z}{H})$

ب. روش تحلیل طیفی $Vpu = Aj.\frac{ai.ap.Wp.Ip}{Rpu}$

- مؤلفه قائم نیروی زلزله $Fpu = 0.2.A.(1+S).Ip.Wp$

۳-۴-۵- تغییرمکان جانبی

اجزای غیرسازه‌ای که در دو یا چند نقطه به سازه متکی هستند، باید قادر به پذیرش تغییر مکان‌های نسبی بین این نقاط باشند. تغییر مکان نسبی، D_P ، بین دو نقطه A وB با استفاده از ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف-دو نقطه برروی یک سازه قراردارند:

$$Dp = \delta xA - \delta xB$$

در مواردی که از روش تحلیل طیفی برای تعیین اثر زلزله درسازه استفاده می‌شود. مقدارDp باید برای هر مود محاسبه و نتایج به صورت آماری ترکیب گردند.

مقدار Dpلزومی ندارد بیشتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$Dp = \frac{(\mathrm{hx}-\mathrm{hy})\Delta \mathrm{aA}}{\mathrm{hsx}}$$

ب-دونقطه برروی دوسازه قراردارند:

$$Dp = |\delta xA| + |\delta xB|$$

مقدارDp ازاین رابطه لازم نیست بیشتراز مقدار رابطه زیر درنظرگرفته شود:

$$Dp = \frac{hx\Delta aA}{hsx} + \frac{hy\Delta aB}{hsx}$$

که درآن:

Dp=تغییرمکان نسبی جانبی زلزله که جزء باید برای پذیرش آن طراحی شود.

δxA=تغییرمکان جانبی غیرخطی ساختمان درترازx سازه A

δyA=تغییرمکان جانبی غیرخطی ساختمان درتراز y سازه A

δyB= تغییرمکان جانبی غیرخطی ساختمان درتراز y سازهB

hx=ارتفاع تراز x (مربوط به اتصال بالایی)

hy=ارتفاع تراز y (مربوط به اتصال پایینی)

ΔaA= تغییرمکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازهA

ΔaB= تغییرمکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازهB

hsx=ارتفاع طبقه به کاررفته درتعریف تغییرمکان جانبی نسبی مجازطبقه

۳-۵- مهار اجزای غیرسازه ای

الف- اجزای غیرسازه ای و تکیه گاه های آنها باید به گونه ای به سازه مهارشوند که بتوانند نیروهای جزء غیرسازه ای را به سازه منتقل کنند وتغییرشکل های ایجاد شده درآنها را پذیرا باشند. مسیر انتقال بار در این اجزاء باید دارای مقاومت و سختی کافی بوده و محل اتصال به سازه توانایی تحمل اثر موضعی بارها را داشته باشد. استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی و نظایر آنها مجاز است ولی نباید از مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی استفاده شود.

نیروهای ایجادشده درتکیه گاه ها و اتصالات آنها برابر با نیروهای خود اجزاء هستند. تنها درمواردی که R_{pu} بزرگتر از۶.۰ می باشد باید مقدار آن به ۶.۰ کاهش داده شود.

ب- مهار اتصالات اجزای غیرسازه ای دراعضای فولادی، بتن آرمه و مصالح بنایی باید طبق ضوابط آیین نامه های طراحی صورت گیرد و در مواردی که دستورالعمل مشخصی ارائه نشده با انجام دادن آزمایش های مناسبی از کافی بودن مقاومت مهارها و نیز ظرفیت تغییر شکل پذیری آنها اطمینان حاصل شود.

۳-۵-۱- ضوابط خاص اجزای معماری

کلیه اجزای معماری، نگهدارنده ها و اتصالات آنها باید ضوابط این بند را رعایت کنند، مگر اینکه با زنجیر یا وسیله دیگری به سازه آویزان بوده و شرایط زیر را دارا باشند:

الف- وسیله نگهدارنده جزء قادر به تحمل وزن $1.4Wp$ هم زمان با بار جانبی برابر با همین مقدار در هر جهت باشد.

ب- امکان حرکت اتصال جزء درصفحه افقی به اندازه ۳۶۰ درجه باشد.

- **نیروها و تغییر مکان ها**

کلیه اجزای معماری، نگهدارنده ها و اتصالات آنها باید برای نیروی عنوان شده طراحی شوند. طراحی برای تغییرمکان ها برای همه اجزا الزامی نیست، مگر آنکه احتمال خطر جانی در آنها وجود داشته باشد. اجزایی که در زیر قطعات سازه ای طره ای قرار دارند باید قادر به تحمل تغییرمکان های قائم ناشی از چرخش تکیه گاهشان باشند.

- **دیوارهای خارجی**

دیوارهای خارجی باید علاوه بر نیروها قادر به پذیرش تغییرمکان های نسبی مطابق همراه با تغییرشکل های ناشی از دمای محیط باشند. این دیوارها یا باید مستقیما توسط اعضای سازه ای 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 گونه ای باشند که بتوانند تغییرمکان نسبی لرزه ای، Dp ، یا ۱۵ میلی متر، هرکدام که بزرگتر است، راپذیرا باشند.

ب- برای تامین امکان حرکت جانبی نسبی بین دیوار و سازه باید از ادوات لغزشی مانند صفحات فولادی با سوراخ های لوبیایی و یا سوراخ های دایره ای با قطر بزرگ و یا صفحات فلزی خم شده که دارای مقاومت و شکل پذیری کافی هستند، استفاده نمود.

پ- کلیه وسایل نگهدارنده و اتصالات آنها باید برای نیروهای وارده طراحی شوند. توجه شود که این نیروها در مرکز جرم جزء غیرسازه ای وارد می شود.

ت- درمواردی که اتصال دیواربه سازه توسط تسمه هایی در داخل بتن یا مصالح بنایی تامین می شود، باید اطمینان حاصل کرد که این تسمه ها داخل بتن یا مصالح بنایی به طور کامل مهار می گردند. در این موارد مخصوصا باید به قلوه کن شدن بتن یا مصالح بنایی توجه داشت.

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

- **دیوارهای داخلی- تیغه ها**

دیوارهای داخلی یا تیغه های با ارتفاع بیشتر از ۱.۸ متر باید به نحو مناسبی، مانند استفاده از وادارها و ...، از نظر جانبی به سازه مهار شوند.

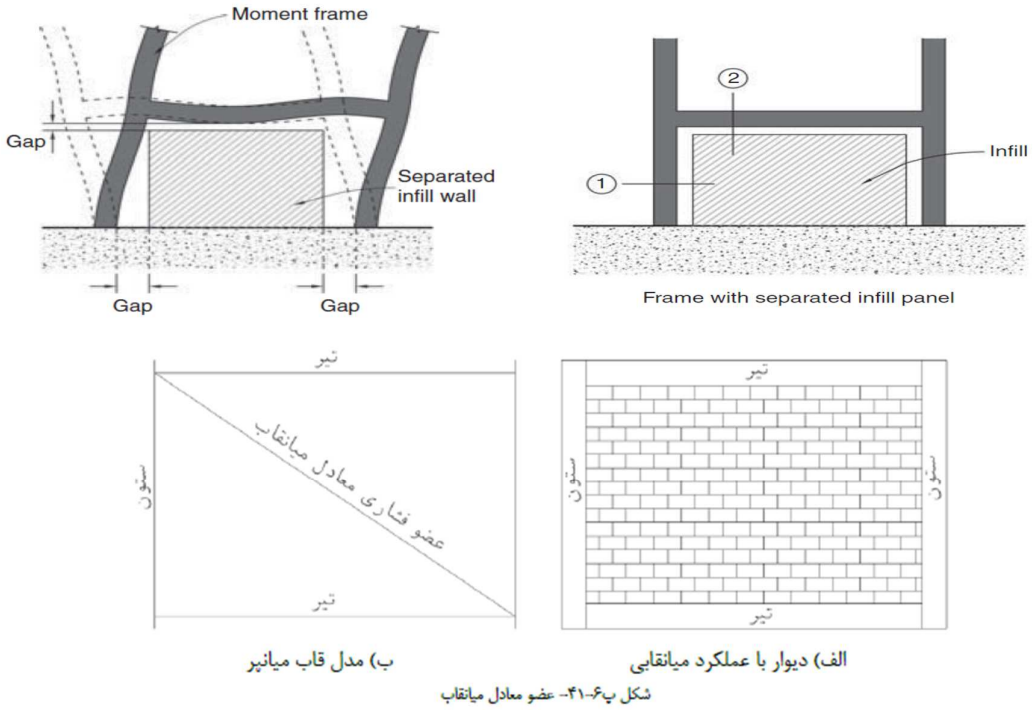
۳-۵-۲- پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰

- در فصل چهارم این استاندارد ضوابط طراحی مهار لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها بیان شده است.
- در این پیوست راهکارهایی برای طراحی و مهار لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای معماری ارائه شده است.
- رعایت جزییات ارائه شده در این پیوست الزامی است
- مهندس طراح می‌تواند از سایر راهکارها، در صورتی که محاسبات مربوط به طراحی و مهار لرزه‌ای براساس ضوابط فصل چهارم انجام شود و اهداف این پیوست را برآورده نماید، استفاده کند.
- در نشریه نمونه‌هایی از جزییات مهار لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای مکانیکی، الکتریکی و بیمارستانی نشریه ۷۴۳سازمان برنامه و بودجه کشور ارائه شده است.

ضوابط و الزامات لرزه ای اجزای غیرسازه ای

- **دیوارها**

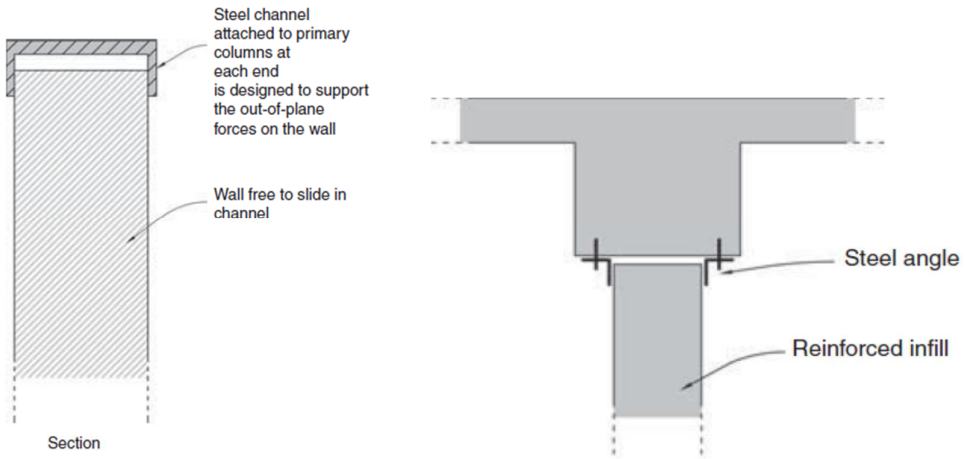
در این بند ضوابط و الزامات دیوار، بسته به نوع کاربرد آن ارائه شده است. دیوارها را می توان به دو صورت غیرپیوسته (جداسازی شده از سازه اصلی) و یا چسبانده شده به دیوار (میانقابی) طراحی و اجرا نمود. دیوارهای غیر پیوسته به دیواری اطلاق می شود که بجز در کف ها با پیش بینی درز انقطاع از سازه باربر جانبی جداشده و در سختی آن دخالت ندارند و مزاحمتی برای رفتار سازه ایجاد نمی کنند. در دیوارهای غیر پیوسته لازم است دیوار و اتصالات آن صرفا تحت اثر نیروهای اینرسی خارج صفحه کنترل شوند. الزامات لازم برای جداسازی مطابق جزییات ارائه شده در این بند باید در کلیه ساختمان های بلندتر از چهارطبقه و نیز در ساختمان های با اهمیت بسیار زیاد و با طبقات کمتر از چهار طبقه رعایت شود. دیوارهای چسبانده شده به سازه (میانقابی) در سختی آن دخالت دارند و باید در برآورد نیروهای وارد بر آن طبق بخش پیوست ۶-۲ این دستورالعمل دخالت داده شوند. در این صورت باید رفتار و عملکرد میانقابی دیوار و نیروهای وارد بر تیر و ستون و خود دیوار - بر اثر این رفتار- براساس ضوابط ارائه شده در آن بخش در محاسبات لحاظ شود.

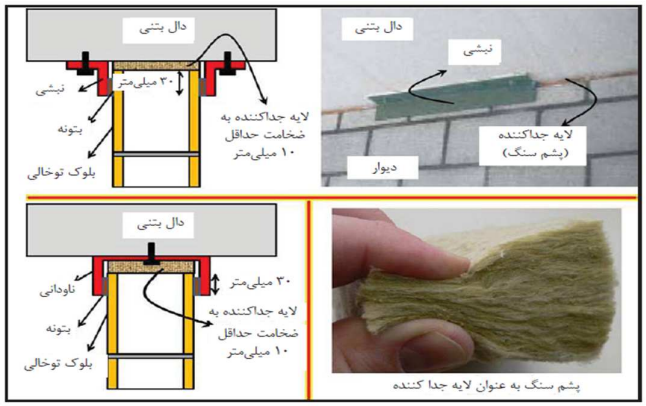


شکل ۳-۲ دیوار با عملکرد میانقاب و بدون عملکرد میانقاب

- **دیوارهای خارجی**

دیوارهای خارجی را می توان با ایجاد درز پیوسته بین آنها و سازه محیطی غیر پیوسته کرد. برای این دیوارها باید اتصالاتی در نظر گرفت که قابلیت حرکت داخل صفحه و مهارخارج از صفحه را به دیوار بدهند (بندهای ۱-۵-۸ و ۴-۵-۳ پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰). فواصل جداسازی دیوارها از قاب باید توسط مواد تراکم پذیر مناسب از قبیل پشم سنگ ضد رطوبت پر شوند. توصیه می شود برای جلوگیری از ترک خوردگی در نازک کاری از یک لایه شبکه الیاف یا رابیتس بر روی مواد تراکم پذیر استفاده شود. در بیمارستان ها ساختمان ها برای جلوگیری از ایجاد ترک خوردگی در نازک کاری، در گوشه های دیوار در هنگام زلزله لازم است از اتصالات کشویی سرتاسری در کناره ها و تراز سقف استفاده شود. در سایرساختمان های با اهمیت بسیار زیاد استفاده از این ضابطه توصیه می شود.

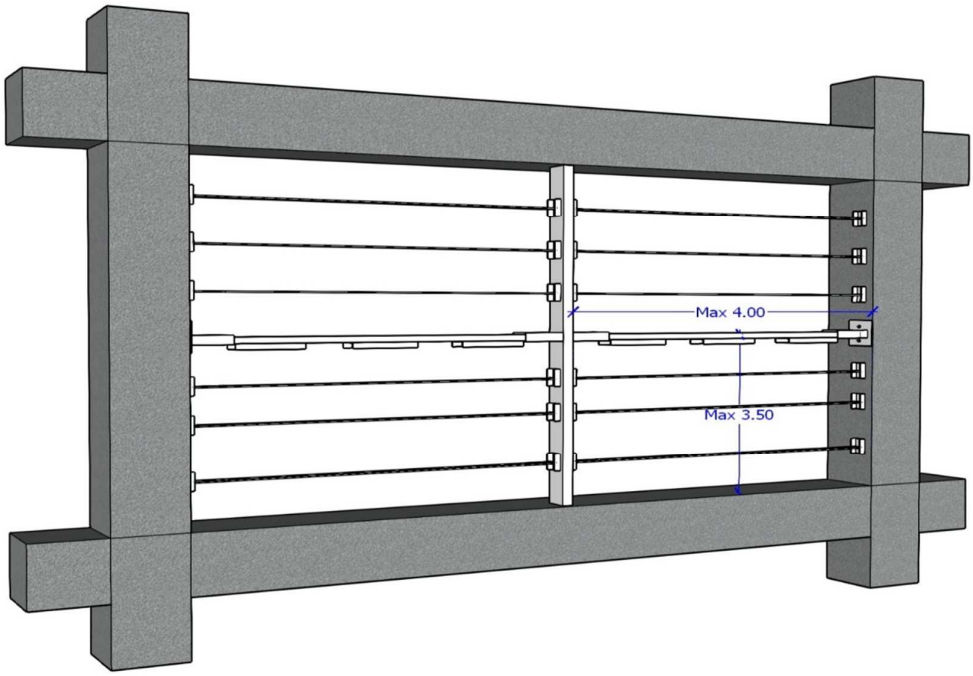




شکل ۳-۳ نحوه جداسازی و اتصال دیوار به سقف

- **محدودیت ابعاد هندسی**

طول آزاد دیوار خارجی در پلان نباید از ۴ متر و ارتفاع آزاد آن نباید از ۳/۵ متر بیشتر در نظر گرفته شود. در دیوارهای با طول بیشتر از ۴ متر باید از عضو قائم با مقطع فولادی یا بتنی به عنوان تکیه گاه جهت مهار خارج از صفحه دیوار (وادار) و در دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر باید با استفاده از عضو افقی با مقطع فولادی یا بتنی (تیرک) ارتفاع آزاد را کاهش داد. در دیوارهای پانلی کارخانه ای ارتفاع دیوار می تواند تا حدی که برای برش و خمش عمود بر صفحه طراحی شده، در نظر گرفته شود.



شکل ۳-۴محدودیت ابعاد هندسی در مهار دیوارها

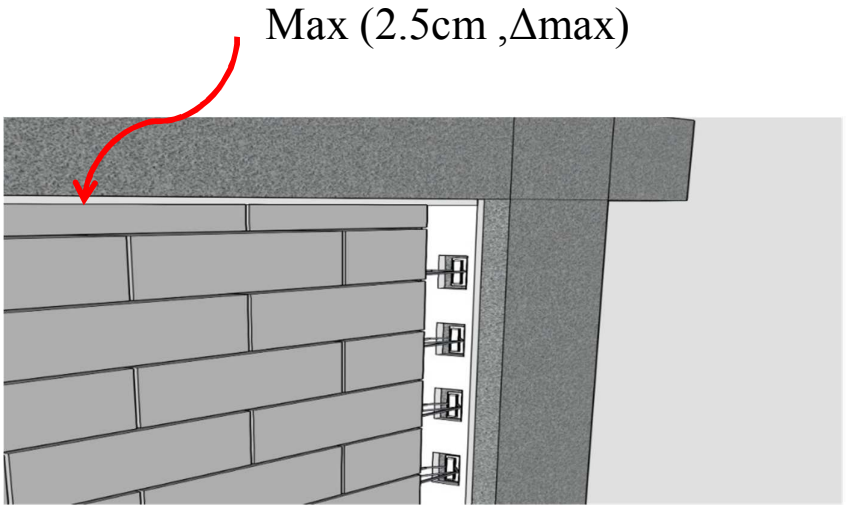
- **طراحی دیوارها**

دیوارها باید برای بارهای اینرسی ایجاد شده در آن ها، در جهت داخل صفحه و در جهت عمود بر صفحه طراحی شوند. در جهت داخل صفحه دیوار تحت تاثیر برش و خمش و در جهت عمود بر صفحه تحت تاثیر بار محوری ناشی از وزن دیوار و برش و خمش خارج از صفحه عمودی و افقی قرار می گیرد.

تبصره۱ : دیوارهای خارجی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی دهند (دیوار کوتاه)، بخصوص در ساختمان های بتنی، همواره باید از قاب سازه ای جدا شوند. زیرا در غیر اینصورت می تواند باعث تشکیل "ستون کوتاه" در سازه شود.

- **عرض درزهای انقطاع (فاصله جداسازی)**

فاصله جداسازی دیوار از ستون ها به اندازه ۰.۰۱ ارتفاع کف تا کف طبقه و فاصله جداسازی از سقف برابر با بیشترین دو مقدار ۲۵ میلی متر و حداکثر خیز درازمدت تیر می باشد.



شکل ۳-۵ فاصله جداسازی

- **دیوارهای پانلی**

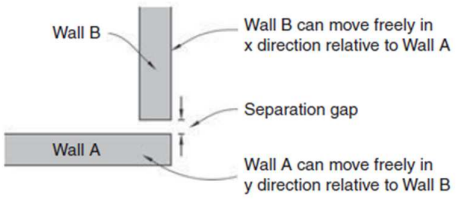
دیوارهای پانلی کارخانه ای که به صورت نوارهای قائم در طول دیوار نصب می شوند مجاز به استفاده در ساختمان ها به عنوان دیوار خارجی، می باشند. در این حالت دیوار به صورت یک دال یک طرفه عمل می کند. دیوار باید با استفاده از نبشی یا المان مشابه در جهت خارج از صفحه، در تراز سقف و کف مهار شود. در این حالت باید اتصال پانل دیوار در تراز سقف با نبشی به صورت کشویی بوده و دیوار اجازه جابجایی داخل صفحه را داشته باشد. در این نوع دیوارها نیازی به اجرای وادار نمی باشد. در صورتی که ارتفاع دیوار به اندازه ای باشد که پانل، قابلیت تحمل بار خمشی وارد برآن را نداشته باشد، باید از تیرک در تراز میانی و وادار انتهایی استفاده نمود. تیرک مورد استفاده به وادار متصل می شود و باید از اتصال آن به ستون ها پرهیز شود. دیوارهای پانلی ای مجاز به استفاده در صنعت ساختمان هستند که دارای گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشند. استفاده از دیوارهای خارجی پانلی در بیمارستانها موکدا توصیه می شود.

- **دیوارهای داخلی (تیغه ها)**

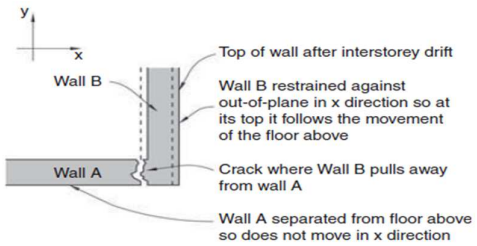
خرابی تیغه ها در زلزله یکی از عوامل اصلی آسیب رسان بوده است. به علاوه در حالاتی که از تیغه ها به عنوان مهار جانبی برای لوله کشی، اتاقک های الکتریکی، قفسه ها یا دیگر اعضای غیرسازه ای استفاده می شود، خرابی تیغه ها ممکن است باعث آسیب رساندن به این تاسیسات شود. تیغه های داخلی باید مانند دیوارهای خارجی از سقف و ستون ها جداسازی شوند. فواصل جداسازی دیوارها از قاب باید توسط مواد تراکم پذیر مناسب از قبیل پشم سنگ ضد رطوبت پر شود. مانند دیوارهای خارجی در دیوارهای داخلی نیز توصیه می شود برای جلوگیری از ترک خوردگی در نازک کاری از یک لایه شبکه الیاف یا رابیتس بر روی مواد تراکم پذیر استفاده شود. در بیمارستان ها برای جلوگیری از ایجاد ترک خوردگی در نازک کاری، در گوشه های دیوار در هنگام زلزله لازم است از اتصالات کشویی سرتاسری در کناره ها و تراز سقف استفاده شود. در سایر ساختمان های با اهمیت بسیار زیاد استفاده از این ضابطه توصیه می شود.

تبصره۱ : در صورتی که از تیغه به عنوان مهار جانبی دیگر اعضای غیرسازه ای استفاده شود، تیغه و مهارهای لازم باید برای بار وارده کنترل شوند.

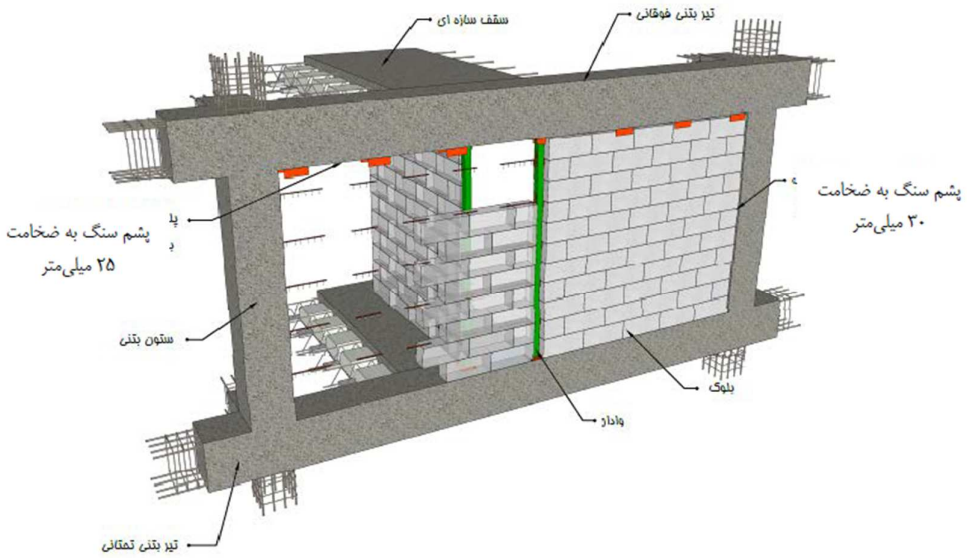
تبصره۲ :تیغه هایی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی دهند (دیوار کوتاه) مانند دیوارهای خارجی بخصوص در ساختمان های بتنی همواره باید از قاب سازه ای جدا شوند.

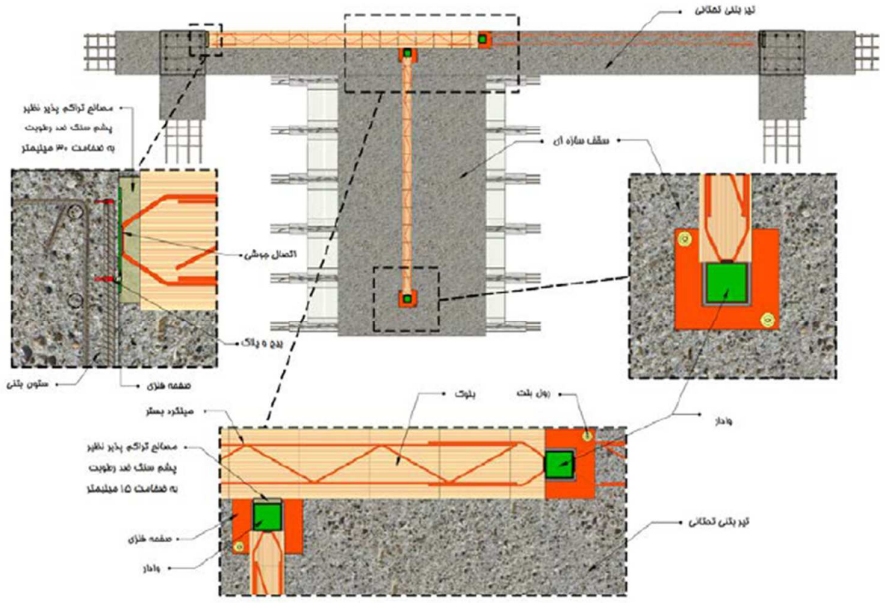


(b) Separated corner detail



شکل ۳-۶ عدم هشتگیر دیوارها به منظور جلوگیری بروز ترک های کششی و تخریب دیوارها در موقع زلزله

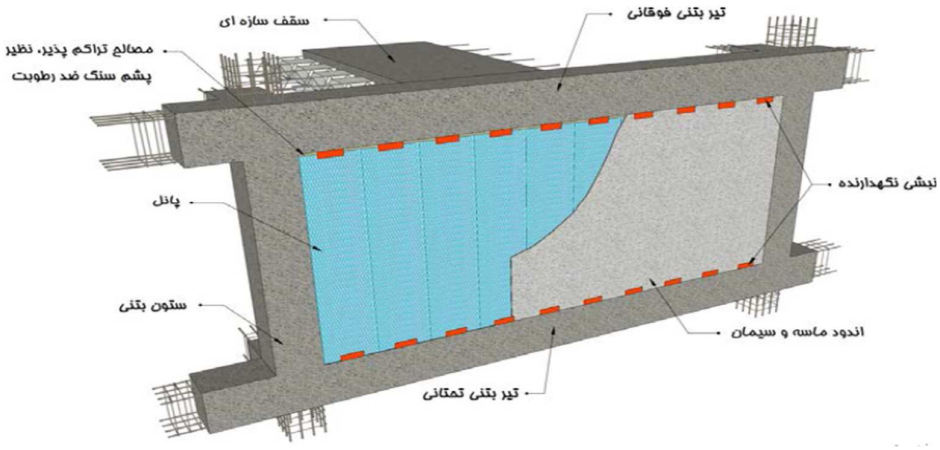




شکل ۳- ۷ مطابق ضوابط پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ می بایست دیوار های متعامد از یک دیگر جدا اجرا شوند.

- **تیغه پانلی**

در تیغه های پانلی قائم، دیوار به صورت یک دال یک طرفه طراحی می شود و دیوار باید با استفاده از قطعات نبشی یا قطعه اتصال مشابه در جهت خارج از صفحه در تراز سقف و کف مهار شود. در این حالت باید اتصال پانل دیوار در تراز سقف با نبشی یا ناودانی به صورت کشویی بوده و دیوار اجازه جابجایی داخل صفحه را داشته باشد. در این نوع دیوارها نیازی به وادار انتهایی یا میانی نمی باشد. پوشش نما و یا پاشش سیمان بر روی سطوح تیغه های پانلی باید به نحوی اجرا شود که موجب چسبیدن و اتصال نبشی به تیغه پانلی نشود و از حرکت آن در داخل صفحه جلوگیری ننماید. در صورتی که ارتفاع دیوار به اندازه ای باشد که پانل قابلیت تحمل بار خمشی وارد بر آن را نداشته باشد، باید از تیرک در تراز میانی و وادار انتهایی استفاده نمود. توجه شود که تیرک باید به وادار متصل شود و از اتصال آن به ستون ها پرهیز شود. استفاده از دیوارهای داخلی پنلی در بیمارستان ها موکدا توصیه می شود. در تیغه های ساخته شده از LSF باید توجه شود که تیرک پانل سرد نورد نباید به سقف متصل شود. در این حالت می توان از تیرک تغییرشکل دهنده (دو تیرک قرار گرفته در درون هم که به صورت کشویی امکان جابجایی دارند و تیرک بالا به سقف متصل بوده و تیرک پایین به قاب سرد نورد متصل است) استفاده نمود.

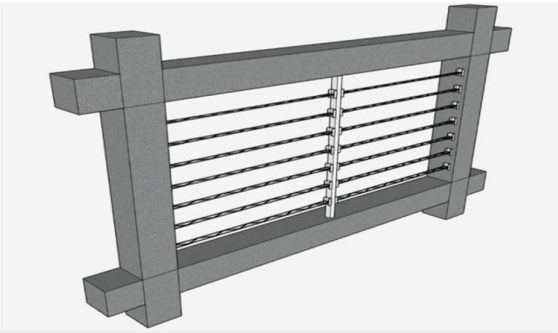


شکل ۳- ۸ مهارخارج از صفحه پانل توسط نبشی یا ناودانی

دیوارهای پانلی کارخانه‌ای به صورت نوارهای قائم درطول دیوار نصب می‌شوند مجاز به استفاده به عنوان دیوار خارجی، می باشند.

- **تیغه بلوکی**

در تیغه های بلوکی، دیوار مشابه با یک پوسته و دال دو طرفه طراحی می شود. جداسازی در جهت داخل صفحه و مهار در جهت خارج از صفحه می تواند توسط قطعات نبشی فولادی، بستهای U شکل و یا قطعات مشابه آن ها، متصل به سازه در تراز سقف و متصل به ستون ها در دو انتهای (طرفین) دیوار و وادارهای میانی، انجام شود. قطعات اتصال می توانند منقطع یا پیوسته باشند که باید برای نیروی خارج از صفحه طراحی شوند. در این دیوارها باید از المان مسلح کننده میلگرد بستر خرپایی یا نردبانی برای دیوارهای دارای ملات ماسه سیمان و از بستهای فولادی منقطع یا پیوسته برای دیوارهای دارای ملات بستر نازک جهت یکپارچه سازی و حفظ پیوستگی دیوار استفاده کرد. در دیوارهای با ارتفاع کمتر از ۳/۵ متر لزومی به اجرای وادار انتهایی در نزدیکی ستون نمی باشد.



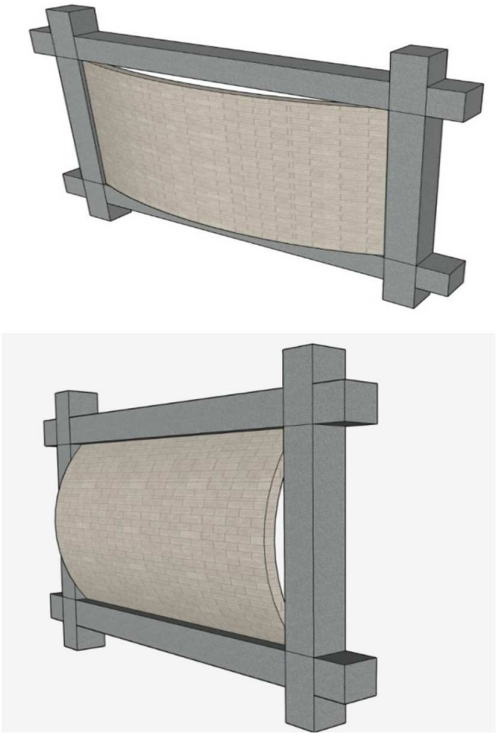
شکل ۳- ۹ مهارخارج از صفحه پانل توسط نبشی یا ناودانی

- **عملکرد کلی دیوار**

به صورت کلی دیوارها در برابر بارهای وارده در داخل و خارج صفحه رفتار متفاوتی خواهند داشت. درصورت جداسازی دیوارها از ستون و سقف دیوارها مشارکتی در باربری جانبی نداشته و نیرویی در داخل صفحه متحمل نمی شوند. در خارج از صفحه در متناسب با تکیه مورد استفاده از قاب عملکرد دیوار می تواند یک طرفه یا دو طرفه باشد.

- **عملکرد درون صفحه**

عملکرد خارج صفحه



شکل ۳- ۱۰ عملکرد دیوارها در داخل و خارج صفحه

- **وادارها**

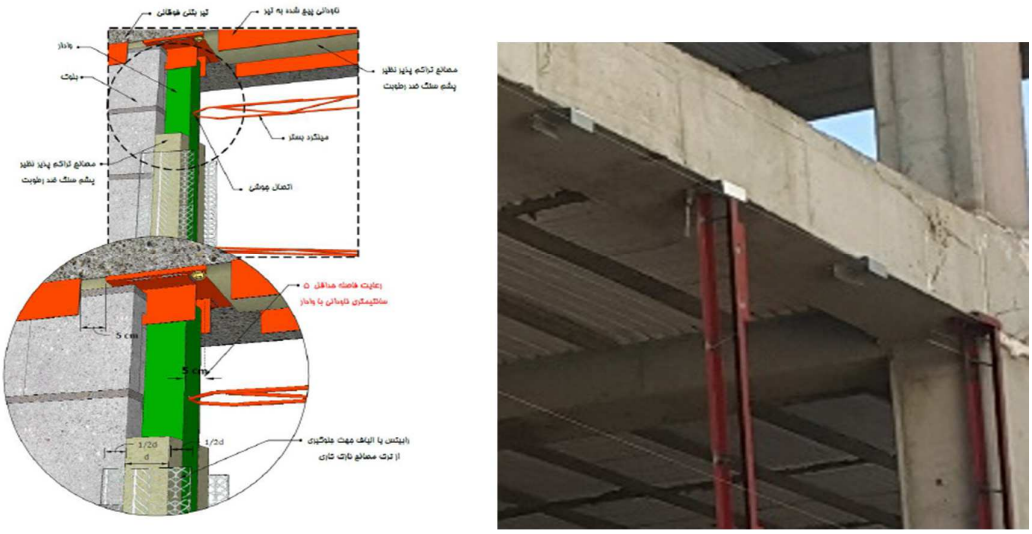
در صورتی که طول دیوار از مقادیر مجاز براساس طراحی (حداکثر ۴ متر) بیشتر شود، از عضو قائم با مقطع فولادی یا بتنی (وادار) به عنوان تکیه گاه جهت مهار خارج از صفحه دیوار و اجزای مسلح کننده آن استفاده می شود. وادار باید به نحو مناسبی به کف سازه با اتصال به صورت مفصلی متصل شود ولی اتصال آن در زیر تراز سقف باید در راستای داخل صفحه به صورت کشویی باشد تا امکان جابجایی درون صفحه دیوار فراهم شود. در دیوارهای خارجی روی سطح وادار باید به وسیله پشم سنگ ضد رطوبت برای عایق بندی پوشانده شود و بر روی آن یک لایه مش الیافی یا رابیتس برای جلوگیری از ترک خوردگی نازک کاری اجرا شود.

- **اتصال به وادارها**

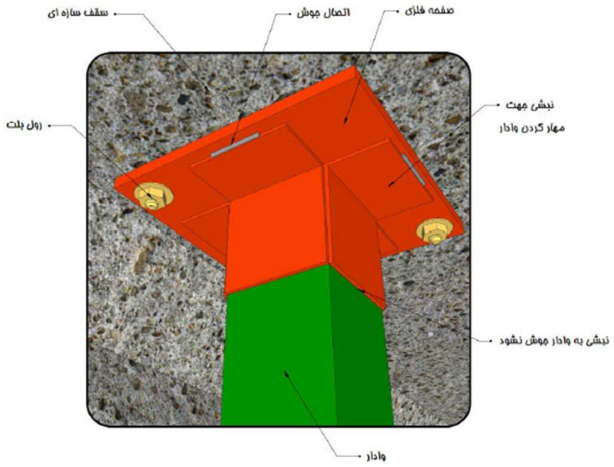
در دیوارهای غیرسازه ای در فواصل بین ستون ها برای مهار خارج از صفحه دیوارها بسته به نوع و طول دیوار، ممکن است نیاز به وادار باشد. برای انتقال بار به وادار استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی و نظایر آنها به وادار مجاز است ولی نباید از مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی استفاده شود. دیوار با توجه به بارهای وارده و شرایط لبه های آن در بالا (زیر سقف) و دو لبه قائم دو طرف دیوار و شرایط مرزی زیر (روی کف) کنترل شوند و بر این اساس حداقل طول دیوار که نیاز به مهار با استفاده از وادار دارد محاسبه شود. فواصل وادارها را می توان بر پایه محاسبه ظرفیت خمشی پانل دیوار با فرض شرایط تکیه گاهی لبه ها و با اعمال بار وارد بر دیوار تعیین نمود. باید توجه نمود که جزییات ارایه شده در این پیوست شرایط مفصلی را تأمین می کند.

- **اتصال وادار به قاب سازه ای**

در دیوارهای بلوکی که نیاز به وادار دارند به منظور تامین حرکت جانبی داخل صفحه دیوارها، مجموعه دیوار و وادار همزمان از آزادی در حرکت جانبی برخوردارند. وادارها نباید به نبشی های تعبیه شده در تیرها که تنها جهت جلوگیری از حرکت خارج از صفحه نصب شده اند جوش شوند (شکل پ۶-۶ -الف). با توجه به اتصال کشویی وادار نیازی به رعایت فاصله جداسازی دیوار در مجاورت وادارها نمی باشد و دیوار می تواند از بر وادار چیده شود.



شکل ۳- ۱۱ مهار وادارها با استفاده از اتصالات کشویی

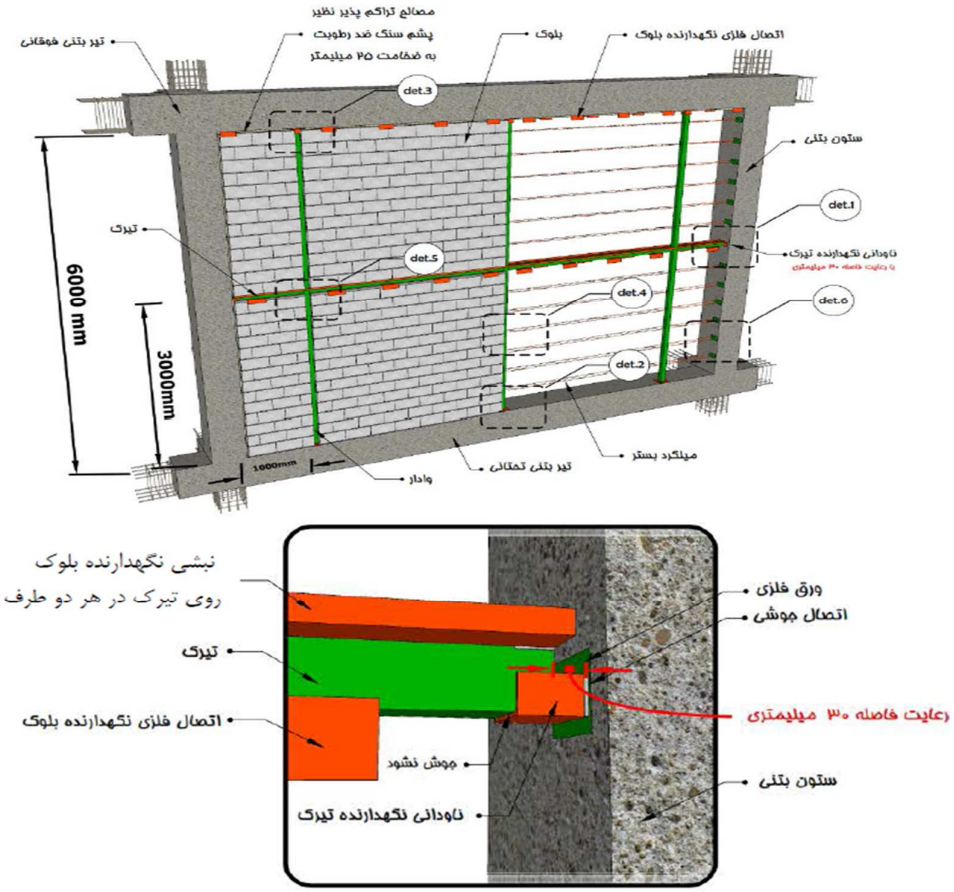


شکل ۳- ۱۲ مهار وادارها با استفاده از اتصال تلسکوبی برای دیوارهای متعامد

تبصره: در دیوارهای واقع در خارج قاب، وادارهای دو انتهای دیوار باید در برابر حرکت جانبی در هر دو جهت مقید (به صورت اتصال تلسکوپی) شوند و به دیوار اجازه حرکت داده شود. در این حالت جزییات اتصال دیوار به این وادارها مانند اتصال به ستون ها می باشد در این فاصله جداسازی ۱ ٪بین وادار و دیوار باید رعایت شود.

- **تیرک ها (دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر)**

در دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر باید با استفاده از عضو افقی با مقطع فولادی یا بتنی (تیرک) ارتفاع آزاد دیوار را کاهش داد. در این حالت برای اینکه جداسازی دیوار از قاب سازه ای به نحو مناسب انجام شود، نیاز به اجرای وادار انتهایی برای نگه داشتن تیرک می باشد. نحوه اجرای تیرک به این صورت است که تیرک باید به صورت کامل بر روی دیوار بنشیند و بار ثقلی دیوار فوقانی نباید به تیرک منتقل شود.

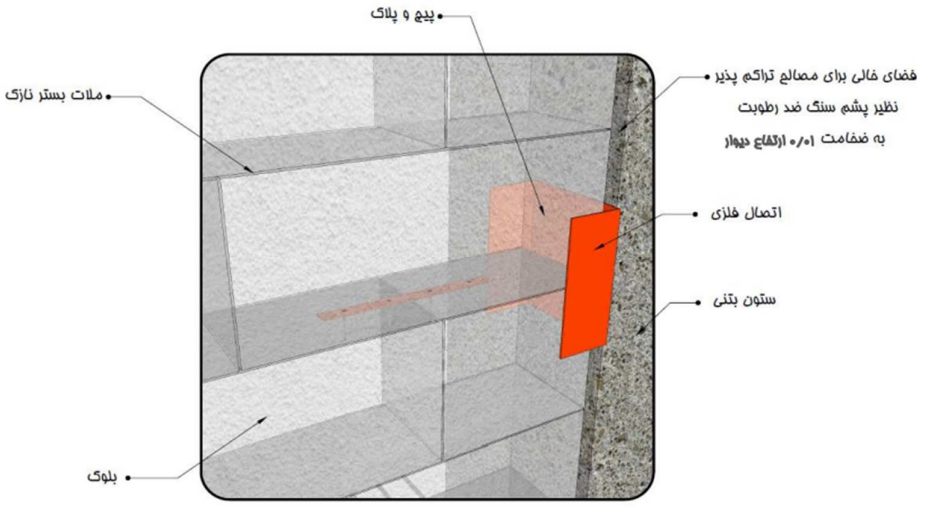


شکل ۳- ۱۳ مهار وادارها با ارتفاع بیشتر از ۳.۵ متر

۳-۵-۳- روش های اتصال دیوار به اعضای قائم سازه ای

الف- اتصال کشویی با استفاده از دو نبشی یا ناودانی

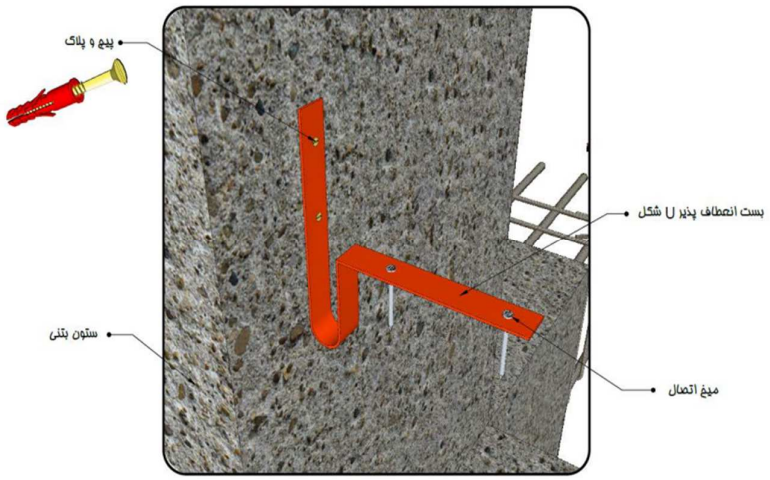
یکی از روش های مناسب برای اتصال دیوار به عضو قائم سازه ای، استفاده از اتصال کشویی در محل تماس، به وسیله نبشی یا ناودانی منقطع یا پیوسته می باشد. در این حالت استفاده از نبشی و یا ناودانی های گرم نورد یا سرد نورد شده فولادی در طرفین دیوار که به نحو مناسبی به عضو قائم سازه ای اتصال داده می شود، توصیه می شود.



شکل ۳- ۱۴ اتصال کشویی با استفاده از دوبل نبشی یا ناودانی

ب- اتصال با بست های انعطاف پذیر U شکل

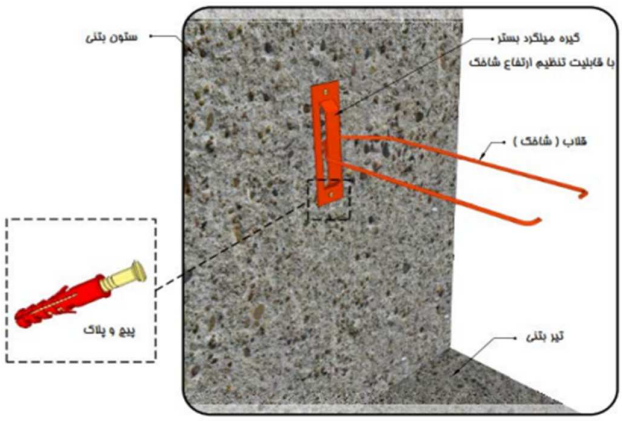
از اتصالات U شکل لغزشی برای مهار خارج از صفحه و در عین حال تامین آزادی حرکت در درون صفحه دیوار می توان استفاده نمود .



شکل ۳- ۱۵ اتصال با بست انعطاف پذیر U شکل

ج-شاخک انتهایی

در صورت استفاده از میلگرد بستر از شاخک انتهایی آن جهت اتصال دیوار به ستون در جهت خارج می توان استفاده نمود و نیازی به استفاده از نبشی یا ناودانی نمی باشد.



شکل ۳- ۱۶ اتصال با شاخک انتهایی

- **اتصال دیوار به زیر سقف**

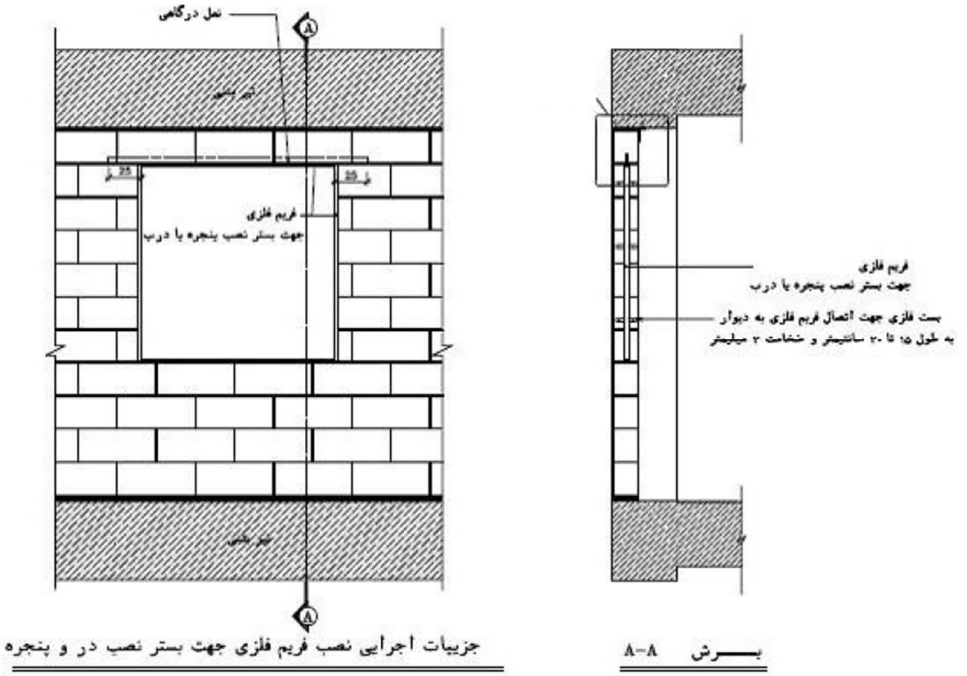
اتصال دیوار به زیر سقف باید به صورت اتصال لغزشی بدون اتصال مستقیم دیوار به سقف و با استفاده از مهار خارج از صفحه دیوار با قطعاتی از قبیل نبشی یا ناودانی اجرا شود. انتخاب نوع اتصال بستگی به وضعیت دیواری دارد که بین اعضای قائم شامل ستون، دیوار و یا وادار مهار شده است. در سازه های بتنی چنانچه بر اساس نوع سقف امکان پیش بینی اتصالات مناسب لغزشی در زمان ساخت عضو سازه ای برای بالای دیوار نباشد می توان این اتصال را با کاشت میل مهار پس از اجرای تیر انجام داد. باید توجه شود که در این صورت کاشت میل مهار باید در هسته تیر بتنی انجام شود و کاشت و اتصال به پوشش بتن مجاز نمی باشد. حداقل فاصله بالای دیوار تا زیر سقف برابر با بیشترین دو مقدار ۲۵ میلیمتر و حداکثر خیز دراز مدت سقف در امتداد دیوار در نظر گرفته شود. لبه بالایی دیوار را می توان با استفاده از دو نبشی و یا ناودانی که به طریق مناسب به سقف سازه متصل می شود مهار نمود. ناودانی و یا نبشی ها نباید به دیوار یا وادار پیچ، میخ و یا جوش شوند. با این اتصال امکان حرکت آزادانه دیوار در درون صفحه تامین می شود. فاصله بالای دیوار تا سقف باید در حدی باشد که تیر بتواند آزادانه خیز داده و اتصالی با دیوار پیدا ننماید. نبشی ها به ترتیب ابتدا در یک سمت اجرا و پس از دیوارچینی و قرارگیری بالاترین بلوک دیوار، نبشی دوم متصل می شود. نبشی می تواند به صورت سرد نورد یا گرم نورد و به شکل منقطع یا پیوسته باشد. می توان به جای مهار خارج از صفحه دیوار در تراز سقف، آخرین ردیف دیوار را با استفاده از میلگرد یا بست مسلح نمود. در این صورت توجه شود که در محاسبات دیوار به صورت یک صفحه یک طرفه لحاظ شود و کل بار جانبی وارده به دیوار در طراحی وادارها و المانهای مسلح کننده دیوار لحاظ شود.

در اجرای دیوارهای داخلی به خصوص در انواع سقف های دارای تیرچه یا تیر یا هر نوع سقف مختلط که در آنها تیری در راستای دیوار نباشد، مانند دیوارهای خارجی می توان رج انتهایی دیوار یا رج ماقبل آنرا با میلگرد بستر یا بست مسلح کرد.

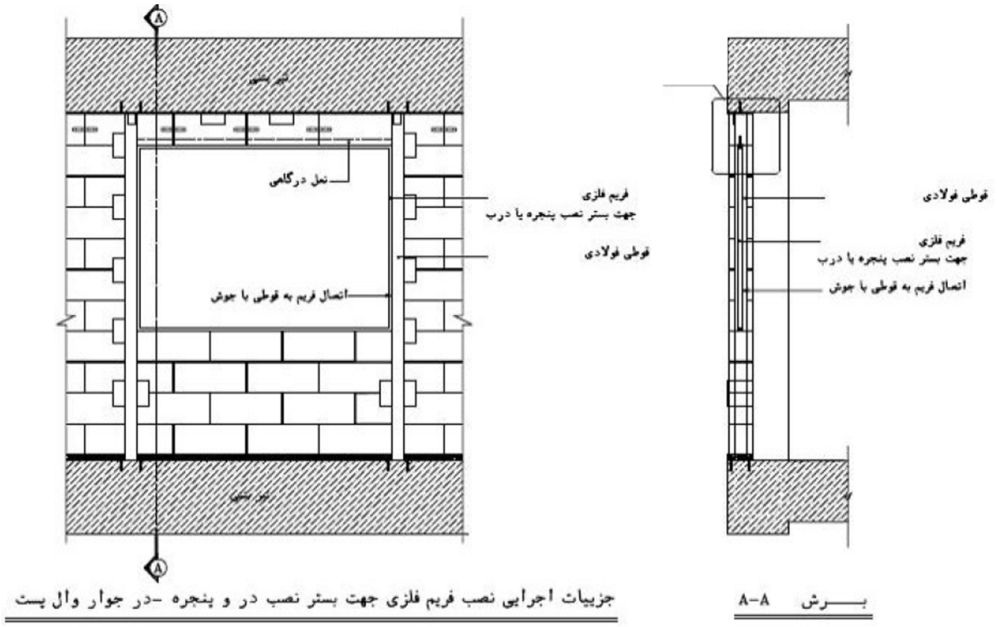
- **اجرای نعل درگاه و نصب پنجره**

در شرایطی که دیوارها دارای درب یا پنجره باشند، اجرای نعل درگاه و نصب پنجره یا درب باید با رعایت جزئیات مشابه شکل ۳-۱۷ انجام شود. برای بازشوهای بزرگتر از ۲/۵ متر، نیاز به اجرای وادار و نعل درگاه در کنار بازشو می باشد. در بازشوهای کوچکتر از این اندازه، در صورتی که از چهارچوب فلزی مناسب که پاسخگوی بارهای وارده باشد

استفاده شود و المان های مسلح کننده دیوار به قاب متصل شوند (می توانند جوش داده شوند)، احتیاجی به تعبیه وادارد‌رکنار بازشو نمی باشد، در غیر اینصورت باید برای این دهانه ها نیز وادار تعبیه نمود.



نحوه اجرای فریم و نعل درگاه در اطراف بازشو



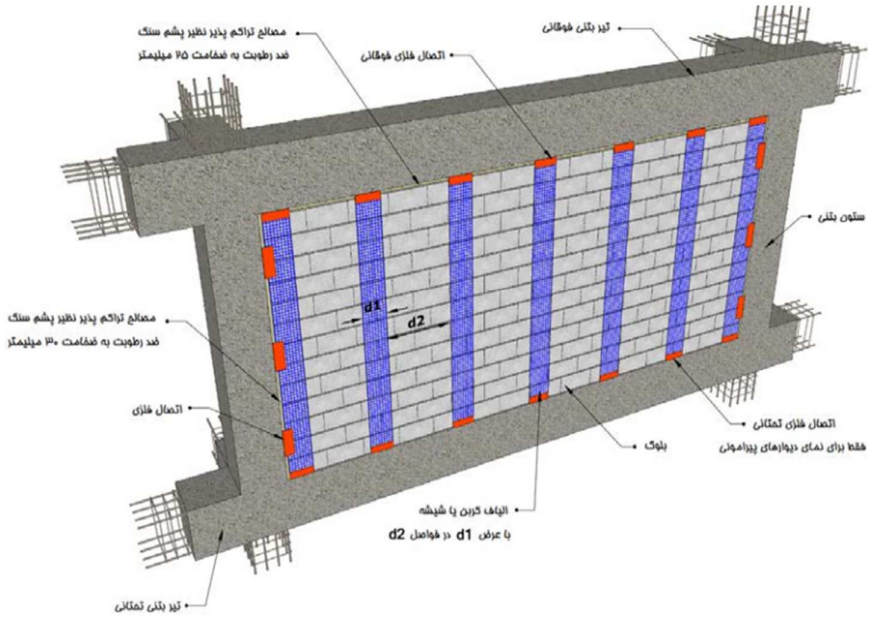
نحوه اجرا وادار در دو طرف بازشو در صورت نیاز

شکل ۳- ۱۷جزئیات اجرای بازشود در دیوارها

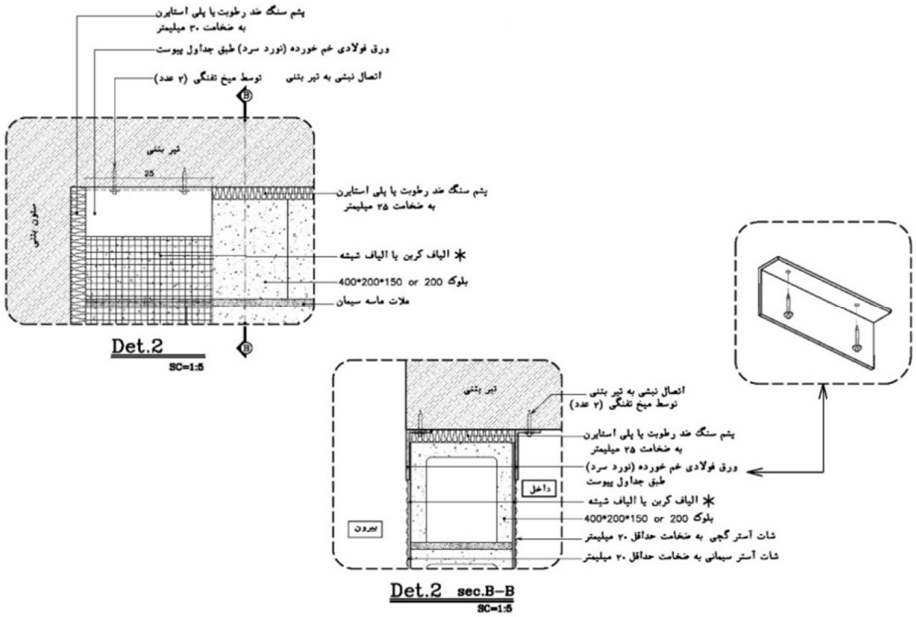
۳-٦- روش های نوین مهار دیوار

- **مسلح کردن دیوار با شبکه الیاف**

یک روش مهار لرزه ای دیوارها مسلح کردن آن با شبکه الیاف می باشد. در این روش خمش دیوار، یک طرفه و در راستای قائم می باشد بنابراین دیوار نیازی به وادار ندارد و محدودیتی در طول دیوار وجود ندارد. توجه شود که در این حالت در لبه های دیوار و کنار بازشوها باید بر روی دیوار از نوار شبکه الیاف استفاده نمود. در این روش نوارهای شبکه ساخته شده از الیاف کربن یا شیشه بر روی دیوار قرار داده شده و نازک کاری بر روی آن به صورت دستی پاشیده می شود. بعد از انجام لایه اول پاشش باید نبشی مهار خارج صفحه دیوار در بالا و پایین دیوار اجرا شده و لایه نهایی نازک کاری دیوار بر روی نبشی اجرا شود (توجه شود که نباید پاشش بر روی نبشی اجرا شود و از حرکت داخل صفحه دیوار جلوگیری نماید). در صورت وجود حداقل ۵۰ میلیمتر کف سازی که پایین دیوار در داخل آن قرار گیرد نیازی به اجرای نبشی پایینی نمی باشد. این روش با توجه به حذف وادارها می تواند نسبت به سایر روش ها از هزینه کمتری برخوردار بوده و برای ساختمان های موجود نیز قابل کاربرد می باشد.



شکل ۳- ۱۸نمای سه بعدی اجرای الیاف



شکل ۳- ۱۹ تکیه دیوار در زیر سقف با استفاده از دوبل نبشی

شبکه الیاف می تواند دارای ساختار یک جهته یا دو جهته باشد. ساختار یک جهته به معنای این است که نخ ها در یک راستا از مقاومت کششی مناسبی برخوردار هستند اما در جهت دیگر مقاومت کمتری داشته و نخ های ضعیف تر تنها برای اتصال و کنار هم نگهداشتن نخ های قوی تر استفاده شده اند؛ لذا در طراحی و کاربرد باید جهت قوی ملاک باربری باشد. در مش دوطرفه در هر دو جهت نخ ها از مقاومت کششی بالایی برخوردار می باشند. فاصله بین چشمه ها (یک نخ تا نخ مجاور) در ساختار شبکه ای بنا به طراحی می تواند متفاوت باشد. اما این فاصله نباید از ۵ میلیمتر کمتر باشد.

- **جلوگیری از آسیب به سازه های بتنی درحین اجرای اتصالات مهار دیوارها**

_کلیه اتصالات به سازه های بتنی یا با استفاده از میخ و پیچ انجام می شود و یا در هنگام اجرای اسکلت سازه بتنی صفحات دارای گل میخ یا میلگرد جوش شده دارای خم انتهایی در مکان ها و مقاطع مورد نظر جایگذاری می شوند.

_محل میخ یا پیچ در لبه قطعات باید به فاصله ای از لبه اجرا شود که موجب قلوه کن شدن پوشش بتنی اعضای سازه نشود.

_ استفاده از میخ های کاشت به صورت ضربه ای ممنوع می باشد و می توان از روش کاشت چرخشی استفاده نمود.

_الزاماً زاویه نصب پیچ یا میخ در اجرای اتصالات بر سطوح اعضای سازه به صورت قائم می باشد.

_پیشنهاد می شود محل قرارگیری پیچ و یا میخ بر روی قطعات اتصال توسط مته مناسب و با یک شماره کمتر، از قبل سوراخ شود.

شکل ۳- ۲۰ اتصال نامناسب در سازه های بتن مسلح

درمواردی که اتصال دیوار به سازه توسط تسمه‌هایی درداخل بتن یا مصالح بنایی تامین می‌شود، باید اطمینان حاصل کرد که این تسمه‌ها داخل بتن یا مصالح بنایی به طور کامل مهارمی‌گردند. دراین موارد مخصوصا بایدبه قلوه‌کن شدن بتن یامصالح بنایی توجه داشت.

۳-۷- نتایجی از طراحی دیوارها

- برای دیوارها بویژه وال‌پست‌ها می‌توان از جزئیات متنوعی استفاده کرد.(استفاده از ناودانی و سپری و....)
- استفاده از دیوارهای مصالح پیوسته توصیه می‌گردد.
- استفاده از اتصالات مناسب و مطمئن و دارای کنترل کیفی مصالح و از سازنده قابل اعتماد
- طراحی در ابعاد و اتصالات و بهینه کردن مقاطع بسیار موثر است.
- در نقشه‌ها باید جزئیات و نتیجه محاسبات قرارداده شود.
- در خصوص دیوارهای دارای بازشو نیز می‌توان محاسبات را انجام داد .
- توجه به تغییرمکان نسبی طبقه و ارتباط آن با جداسازی از سازه و نوع سازه باربر جانبی(دیوار برشی و قاب خمشی و یا بادبندی)

۳-۸- الزامات طراحی دیوارها مطابق نشریه ۷۲۹

۳-۸-۱- میلگرد بستر

میلگرد بستر، المانی فولادی است که در بند بستر دیوار قرار می گیرد. اگر چه میلگرد بستر می تواند یک میلگرد آجدار معمولی باشد، لیکن معمولا میلگردهای بستر به صورت دو مفتول ساده و یا آجدار می باشند که توسط یک مفتول میانی به یکدیگر متصل هستند.

اگر مفتول میانی به شکل ۷ و۸ باشد، میلگرد بستر از نوع خرپایی بوده و اگر به شکل عمود بر مفتول های طولی باشد، میلگرد بستر از نوع نردبانی خواهد بود. میلگرد های بستر خرپایی از سختی بیش تری برخوردار بوده و

استفاده از آن نسبت به میلگردهای بستر نردبانی اولویت دارد. لازم است میلگرد بستر به شکل کامل در داخل ملات بستر مدفون شود تا از طریق ملات، پیوستگی میان میلگرد بستر و واحدهای بنایی برقرار گردد. همچنین لازم است در فواصل حداکثر برابر با۴۰۰ میلیمتر مفتول های طولی میلگرد بستر به مفتول میانی متصل شوند.

مشخصات فنی

- حداقل قطر مفتول ها ۴میلیمتر و حداکثر قطر مفتول ها برابر نصف ملات بستر می باشد.
- حداقل سطح مقطع قطعه مسلح کننده ۰/۰۰۰۳سطح مقطع موثر دیوار در برش خارج از صفحه می‌باشد.
- حداکثر فاصله قائم قطعات مسلح‌کننده در ارتفاع دیوار یک متر می‌باشد که باید قطعه براساس آن طراحی و محاسبه شود.
- سایز مفتول‌های میلگرد بستر عموماً بین ۳ تا ۴ میلیمتر برای زمانی است که یک رج در میان اجرا شود و در صورتیکه مقرر شود هر یک متر به یک متر اجرا شود، قطر میلگرد ۸ میلیمتر خواهد شد به شرطی که سختی آهن از سختی بلوک بیشتر نشود، لذا برای این حالت پیشنهاد می شود از بلوک‌های سیمانی استاندارد استفاده شود. سطح مقطع موثر دیوار برابر است با ضخامت دیوار ضربدر محور تا محور عمودی میلگرد بستر.

شکل ۳- ۲۱ نمونه میلگردبستر خرپایی اجراشده

۳-۸-۲- الزامات طراحی دیوارها

۱. طراحی لرزه ای براساس معیارهای مقاومتی

۲-۵مقاومت خمشی دیوارهای بنایی غیر مسلح

- ✓ درتعیین مقاومت خمشی دیوارهای بنایی غیرمسلح فرضیات زیر در نظر گرفته شده اند.
- ✓ مقطع موثر دیوار ترک نخورده باقی می ماند و کشش ناشی از خمش توسط واحد بنایی، ملات و دوغاب (در صورت وجود)تحمل می شود.
- ✓ کرنش ها در مقطع موثر دیوار به صورت خطی به فاصله از تار خنثی وابسته هستند.
- ✓ کشش ناشی از خمش به صورت خطی به کرنش متناظر خود وابسته است.
- ✓ دیوار فاقد نیروی محوری می باشد.

- **مقاومت خمشی اسمی**

مقاومت خمشی اسمی دیوارهای بنایی غیرسازه ای (شامل دیوارهای با بلوک رسی، سیمانی وAAC) با استفاده از رابطه زیر به دست می آید.

$$Mn = \frac{1000.fr.ts.(h-ts)^2}{h} \quad (N.\frac{mm}{m}) \qquad Mn = fr.s \quad s = \frac{Ig}{c\prime} \qquad Md = \varphi Mn$$

مقاومت خمشی طراحی با Md و ضریب کاهش مقاومت با φ نشان داده شده است که مقدار آن برای دیوارهای بنایی غیر مسلح برابر۰.۶ می باشد.

۳-۸-۳- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی مسلح

فرضیات

درتعیین مقاومت خمشی دیوارهای بنایی مسلح فرضیات زیر در نظر گرفته می شوند:

- ✓ مقطع موثر دیوار ترک خورده بوده وکشش ناشی از خمش تنها توسط میلگردها (تسلیحات) تحمل می شود(مدول گسیختگی قسمت بنایی دیوار صفر در نظر گرفته می شود).
- ✓ مابین میلگرد، دوغاب، ملات و واحدهای بنایی تطابق کرنش وجود داشته و هیچ لغزشی مابین آن ها رخ نخواهد داد.
- ✓ حداکثر کرنش فشاری قابل قبول در دیوارهای ساخته شده از واحدهای رسی برابر ۰.۰۰۳۵، برای دیوارهای ساخته شده از واحدهای سیمانی برابر ۰.۰۰۲۵ و برای دیوارهای ساخته شده از واحدهایAAC برابر۰.۰۰۳ می باشد.
- ✓ کرنش میلگرد و مصالح بنایی به طور مستقیم و خطی به فاصله از تار خنثی وابسته است.
- ✓ تنش های کششی ایجادشده در فولاد برابر مدول الاستیک فولاد و کرنش ایجاد شده در آن می باشد. این تنش در هر صورت نباید بیشتر از fy (مقاومت تسلیم فولاد)در نظر گرفته شود.
- ✓ از تنش های فشاری ایجاد شده در فولاد صرف نظر می شود.

- از بلوک مستطیلی برای بیان رابطه تنش و کرنش فشاری به ترتیب زیر استفاده می شود.
- برای دیوارهای ساخته شده از واحدهای رسی و سیمانی فرض می شود که تنش فشاری برابر$0.8f'm$ به طور یکنواخت در بلوک تنش مستطیلی توزیع شده است به نحوی که عمق این مستطیل برابر$0.8c$ باشد. پارامتر c عبارت است از فاصله دورترین تار فشاری تا تار خنثی.
- برای دیوارهای ساخته شده از واحدهای AAC فرض می شود که تنش فشاری برابر$0.85f'm$ به طور یکنواخت در بلوک تنش مستطیلی توزیع شده است به نحوی که عمق این مستطیل برابر$0.67c$ می باشد. پارامتر c عبارت است از فاصله دورترین تار فشاری تا تار خنثی.

مقاومت خمشی اسمی

مقاومت اسمی خمشی مقطع دیوار در واحد طول را می توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$C = \frac{AS.fy}{\beta.f'm.a.B}$$

$$Mn = \frac{1000.As.fy}{B}(d - \frac{a.c}{2})$$

مقاومت خمشی طراحی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$Md = \varphi Mn$$

مقاومت خمشی طراحی با Md و ضریب کاهش مقاومت با φ نشان داده شده است که مقدار آن برای دیوارهای بنایی غیرسازه ای مسلح برابر۰.۹ می باشد.

۳-۸-۴- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی دارای میلگرد بستر

در خصوص دیوارهای بنایی غیرسازه ای که در جهت افقی دارای میلگردهای بستر می باشند، لازم است ظرفیت خمشی قائم آن ها مطابق بند ۵-۲ و ظرفیت خمشی افقی آن ها مطابق بند ۵-۳ مشخص شود.

مسلح کردن دیوار با استفاده از میلگرد آجدار

- ✓ کلیه میلگردها لازم است توسط ملات و یا دوغاب با واحدهای بنایی به طور مرکب عمل کنند.
- ✓ استفاده از میلگرد با قطر بیش از ۳۶ میلی متر مجاز نمی باشد. همچنین قطر میلگرد نباید از نصف کوچک ترین بعد حفره ای که میلگرد درآن قراردارد، تجاوز کند.
- ✓ دو وصله مجاور یکدیگر لازم است حداقل فاصله ای برابر ۲۵ میلی متر داشته باشد. در هر صورت این فاصله نباید بیش از ۲۰۰ میلی متر باشد.
- ✓ لازم است ما بین میلگرد و جدار داخلی حفره به میزان حداقل ۱۰ میلی متر (با حداکثر قطر سنگدانه های دوغاب) فضای خالی وجود داشته باشد.
- ✓ حداقل پوشش لازم برای میلگردهایی که تحت سیکل های ترشدگی و خشک شدگی قراردارد برابر ۳۰ میلی متر(برای میلگردهای با قطر کمتر از ۱۶ میلی متر) و۵۰ میلی متر (برای میلگردهای با قطر بیش از ۱۶ میلی متر) می باشد.
- ✓ در صورتی که میلگرد تحت سیکل های رطوبتی قرار نداشته باشد، حداقل پوشش لازم برابر ۳۰ میلی متر می باشد. این پوشش توسط ملات، دوغاب، واحد بنایی و یا ترکیبی از آن ها تامین می شود.
- ✓ در مورد میلگرد های بستر مصرفی در دیوارهای ساخته شده با واحدهای رسی یا سیمانی، حداقل قطر مفتول مصرفی ۴ میلی متر و حداکثر قطر آن برابر نصف ضخامت بند بستر (افقی) می باشد.
- ✓ میلگردهای بستر لازم است از نوع گالوانیزه بوده و در صورتی که دیوار تحت سیکل های رطوبتی قرارداشته باشند، حداقل پوشش آن ها برابر ۱۵ میلی متر و در غیر اینصورت حداقل پوشش برابر ۱۰ میلی متر می باشد. این پوشش توسط ملات بستر تامین خواهد شد. به بیان دیگر پهنای میلگردهای بستر لازم است از هر طرف حداقل به میزان پوشش مورد نیاز کوچک تر از ضخامت دیوار باشد.
- ✓ حداقل پوشش مورد نیاز برای میلگرد بستر در شرایطی که دیوار در معرض خاک یا هوا قرار ندارد ۱۰ میلی متر و در غیر این صورت ۱۵ میلی متر می باشد.
- ✓ حداقل طول همپوشانی در محل وصله میلگردهای بستر ۷۵ برابر قطر مفتول می باشد. درصورتی که میلگردهای وصله شده در دو بند بستر متوالی قرارداشته باشند، لازم است حداقل طول وصله ۵۴ برابر قطر مفتول به علاوه ۲ برابر فاصله دو بند بستر درنظر گرفته شود. در شرایطی که از میلگرد بستر تنها به منظور حفظ انسجام (حداقل میلگرد بستر براساس الزامات لرزه ای) و نیز کنترل ترک های دیوار استفاده شده باشد، می توان حداقل طول همپوشانی لازم را۵۰ برابر قطر مفتول یا ۱۵۰ میلی متر (هر کدام که بیش تر باشد) در نظر گرفت.

- ✓ در محل وصله دو میلگرد بستر، برش مفتول میانی (مفتول ۷ و ۸) بلامانع می باشد.
- ✓ وصله دو میلگرد بستر متوالی نباید دریک امتداد باشد.
- ✓ برای سهولت در قرار دادن میلگرد بستر و نیز فراهم شدن پوشش لازم، باید عرض میلگرد بستر حداقل ۳۰ میلی متر کم تر از ضخامت دیوار اتخاذ شود.
- ✓ میلگرد بستر لازم است در محل درزهای دیوار (درزهای جداکننده، حرارتی و انقطاع) قطع شود به طوری که دیوار بتواند آزادانه در محل درز تغییر شکل دهد.
- ✓ حداکثر فاصله میلگردهای بستر ۴۵۰ میلی متر و یا یک ردیف در میان (هرکدام که بیش تر بود) می باشد به هر حال این فاصله نباید از ۵۰۰ میلی متر تجاوز کند.
- ✓ لازم است در اولین بند بستر در بالا و پایین بازشوهای با بعد کوچک بزرگ تر ار ۰.۵ متر، از میلگرد بستر استفاده شود.
- ✓ میلگردهای بستر باید عاری از هر گونه روغن، گرد و خاک و یا سایر پوشش هایی باشند که ممکن است اثر مخربی در چسبندگی فولاد و ملات داشته باشد.
- ✓ میلگرد بستر بهتر است قبل از پخش ملات بر روی واحد های بنایی قرارداده شده و سپس ملات بر روی آن و واحدهای بنایی پخش شود. به دلیل سطح نامنظم واحدهای بنایی، ملات کاملا اطراف میلگرد بستر را پر کرده و پیوند آن را با واحدهای بنایی برقرار خواهد نمود. قراردادن میلگرد بستر بر روی ملات بستر و فشار دادن آن در داخل ملات روند مناسبی نبوده و منجر به ایجاد فضای خالی ما بین میلگرد بستر و ملات خواهد شد. همچنین قراردادن میلگرد بستر ما بین دو لایه نازک ملات نیز روش مناسبی نمی باشد چرا که لایه های نازک به سرعت آب خود را از دست داده و چسبندگی خوبی مابین دو لایه ملات و واحد های بنایی ایجاد نخواهد شد.
- ✓ سایر وسایل فولادی که به منظور اتصالات دیوار استفاده می شوند (بست ها، قلاب ها و...) اگر در معرض سیکل های رطوبتی شدید (بیش از ۷۵٪) باشند، لازم است گالوانیزه و یا از فولاد ضد زنگ ساخته شده باشند.

۳-۸-۵- الزامات عمومی لرزه ای

دیوارهای غیر سازه ای داخلی و پیرامونی باید از سیستم باربر جانبی به نحو مناسبی جدا شوند، به طوری که تنها نیروی وارده به آن ها در حین زلزله، نیروی ناشی از اینرسی خود دیوار باشد.

در صورتی که دریفت غیر الاستیک طبقه (در امتداد صفحه دیوار) در زلزله طرح از ۰.۰۰۳ تجاوز نکند، اتصال مستقیم دیوارهای غیر سازه ای به سازه اصلی بلامانع است.

دیوارهای غیر سازه ای لازم است در جهت افقی و یا در جهت قائم (نه هر دو) دارای حداقل تسلیحات به صورت زیر باشند:

- دیوار در جهت افقی دارای حداقل میلگرد بستر خرپایی یا نردبانی با قطر مفتول ۴ میلی متر باشد به طوری که میلگردهای بستر در فواصلی حداکثر برابر ۵۰۰ میلی متر یا دو ردیف (هر کدام کمتر بود) در ارتفاع دیوار توزیع شده باشند.

- تعبیه میلگرد قائم به قطر حداقل ۱۳ میلی متر و توزیع آن در هر ۱۲۰۰ میلی متر از طول دیوار. لازم است در محدوده ۴۰۰ میلی متری انتهایی دیوار نیز میلگرد قائم تعبیه گردد. به جای میلگرد می توان از میلگرد بستر قائم نیز استفاده شود به شرطی که نسبت آرماتور آن معادل نسبت آرماتور فوق باشد.

برای دیوارهای ساخته شده از بلوک AAC تعبیه میلگرد حداقل ضرورت ندارد مگر اینکه محاسبات وجود تسلیحات را لازم بداند.

در دیوارهایی که دهانه آن ها صرفا به صورت افقی است لازم است ازمیلگرد بستر حداقل و در دیوارهایی که دهانه آن ها صرفا به صورت قائم است، باید از آرماتور حداقل قائم استفاده شود. در صورتی که دیوار دارای عملکرد دو طرفه باشد (وجود تکیه گاه در سه یا چهار لبه دیوار)، استفاده از هر یک از آرماتورهای حداقل قائم یا افقی مجاز می باشد.

۳-۸-۶- کنترل بر اساس معیارهای بهره برداری

لازم است دیوارهای غیرسازه ای معیارهای بهره برداری را نیز فراهم آورند. معیارهایی همچون :

- ✓ اعمال محدودیت در تغییر شکل و لرزش دیوار در جهت خارج از صفحه
- ✓ مقاومت در برابر نفوذ رطوبت
- ✓ مقاومت در برابر انتقال صوت و حرارت
- ✓ مقاومت در برابر آتش
- ✓ طراحی اتصالات

- **اتصال دیوار به کف**

به منظور حصول اتصال مناسب مابین دیوار و کف لازم است قبل از ریختن اولین ملات بستر، سطح کف عاری از هر گونه آلودگی و گرد و خاک باشد. همچنین به منظور جلوگیری از مکش آب ملات، کف بتنی باید مرطوب باشد. از ریختن اولین لایه ملات برروی سطوح کاملا صاف و آیینه ای باید اجتناب شود. در اینگونه موارد توصیه می شود با قلم و چکش سطح کف را از حالت آیینه ای خارج نمود. در محاسبات لازم است اتصال دیوارهای غیر سازه ای داخلی و پیرامونی به کف به صورت مفصلی در نظر گرفته شود. در صورت استفاده از اتصالات مکانیکی با جزییات خاص می توان اتصال دیوار به کف را به صورت گیردار در نظر گرفت. بدیهی است که در اتصالات گیردار لازم است مقاومت خمشی اتصال (در امتداد خارج از صفحه دیوار) از مقاومت خمشی مقطع موثر دیوار در ترازهای بالاتر کم تر نباشد بر این اساس ابعاد و فواصل میلگردهای خم شده به دست می آیند. لازم است در اتصال گیردار دیوار به کف، میلگردهای خم شده از نوع آجدار باشند. بدیهی است که واحد بنایی ای که میلگرد خم شده درآن قرار گرفته است باید با دوغاب پر شود. توصیه می شود در اولین ردیف (اولین رج) کلیه واحدهای بنایی با دوغاب پر شوند.

- **اتصال دیوار به سقف یا تیر**

اتصال دیوار به سقف یا تیر سقف لازم است به صورت مفصلی باشد بدین ترتیب ظرفیت تغییر شکلی دیوار در جهت عمود برصفحه بیش تر شده و به واسطه ی دریفت طبقه (در امتداد عمود بر صفحه دیوار)، مفصل پلاستیک در بالای دیوار تشکیل نخواهد شد. لازم است دیوار غیرسازه ای متاثر از تغییرمکان سقف نبوده و به دلیل خیز سقف تحت بارهای ثقلی یا تغییرشکل آن در حین زلزله، هیچ نوع بار محوری بر دیوار تحمیل نشود. لذا لبه بالایی دیوار نباید به طور مستقیم به سقف متصل شده و لازم است لایه ای جداکننده ما بین آن ها قرار گیرد. لایه

جداکننده باید نه تنها بسیار نرم باشد بلکه از نظر انتقال صوت و حرارت نیز مشخصات مناسبی داشته باشد. استفاده از پشم سنگ و یا پشم شیشه بدین منظور مناسب است. پشم سنگ نسبت به پشم شیشه ارجعیت دارد. نبشی و یا ناودانی مصرفی باید از فولاد گالوانیزه بوده و قادر به تحمل برش سهم لبه فوقانی دیوار باشد. نیازی به تعبیه نبشی و یا ناودانی در سرتاسر طول دیوار نبوده و در اغلب موارد تعبیه قطعه نبشی یا ناودانی کافی خواهد بود. فواصل نبشی ها و ناودانی های منقطع نباید از ۱.۵ متر تجاوز کند.

- **اتصال دیوار به ستون و یا به دیوار سازه ای**

لازم است فاصله ما بین دیوار و ستون به اندازه حداکثر دریفت غیر الاستیک طبقه در زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) اتخاذ گردیده و این فاصله با لایه جدا کننده نرمی همانند پشم سنگ پر شود. برای سازه های متعارف، معمولا فاصله ما بین دیوار و ستون بین ۲۰ تا ۶۰ میلی متر می باشد. اتصال دیوار به ستون باید به نحوی باشد که اتصال هیچ قیدی در برابر نیروهای داخل صفحه دیوار فراهم نکند. بدین ترتیب در هنگام زلزله، جابجایی سیستم باربر جانبی تقاضای اضافه ای را بر دیوار اعمال نخواهد کرد. در عین حال لازم است اتصال قادر به تحمل نیروهای خارج از صفحه دیوار نیز باشد. سه روش برای جداسازی دیوار از ستون یا دیوارهای سازه ای عبارتند از: اتصال جدا شده با استفاده از قلاب با پوشش جدا کننده، اتصال جداشده با استفاده از قلاب آکاردئونی، اتصال جدا شده با استفاده از نبشی و یا ناودانی.

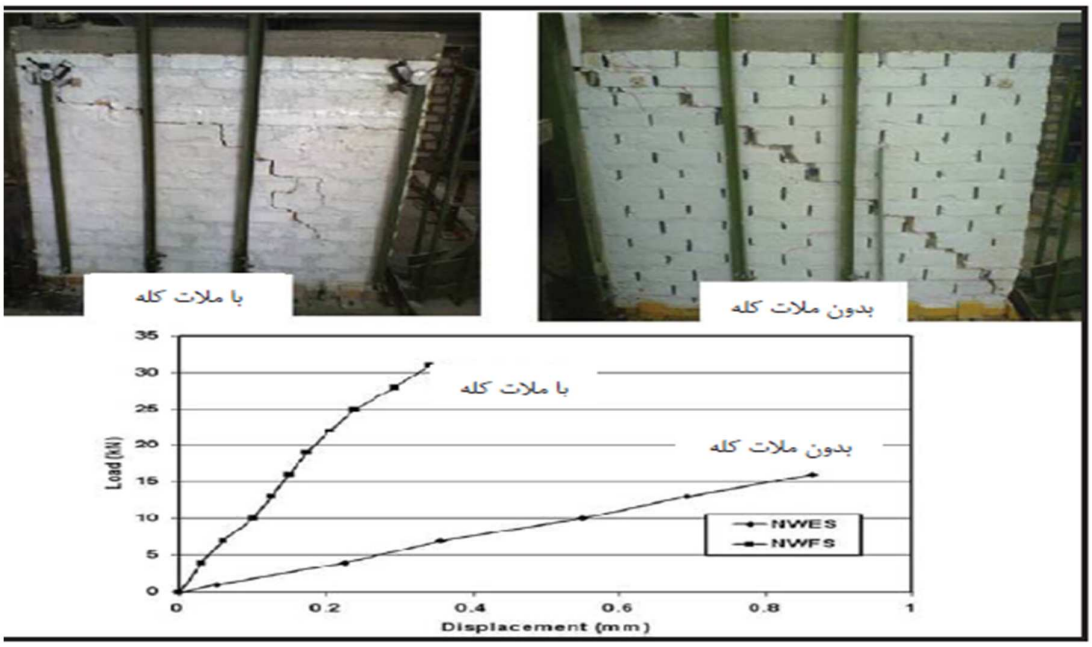
۳-۸-۷- عوامل موثر بر تقاضای وارد بر دیوار

۱. نوع زمین
۲. اهمیت جز غیرسازه‌ای
۳. پهنه‌ها با خطرلرزه‌ای متفاوت
۴. نوع سیستم مهار اجزاء غیرسازه‌ای
۵. نسبت ابعادی دیوار
۶. تراز ارتفاعی دیوار
۷. محل قرارگیری دیواردرپلان
۸. نحوه چیدمان دیوارها در پلان
۹. ارتفاع دیوارها
۱۰. بار باد

۳-۸-۸- بررسی مقاومت خمشی دیوار و عوامل موثر بر آن‌ها

۱۱. ملات کله قائم
۱۲. نوع ملات
۱۳. مقاومت فشاری دیوار ساخته شده با ...
۱۴. مدول گسیختگی دیوارهای بنایی
۱۵. عمل‌آوری

۱. ملات کله قائم



شکل ۳- ۲۲ اثر ملات قائم برمقاومت دیواربنایی

۲. نوع ملات

متناسب با طرح اختلاط ملات مقاومت فشاری و خواص ملات درنظرگرفته می شود.

جدول ۳- ۱ طرح اختلاط حجمی ملات های نوع S و N

	نوع ملات	سیمان پورتلند	آهک	سیمان بنایی- ۵ مگاپاسگال	سیمان بنایی-۱۲/۵ مگاپاسگال	ماسه	حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه
ملات با ترکیب سیمان پرتلند و آهک	N	۱	۱	-		۶	۶ مگاپاسگال
	S	۱	۰/۵	-		۴/۵	۱۴مگاپاسگال
ملات با سیمان بنایی	N	-	-	۱	-	۳	۶ مگاپاسگال
	S	-	-	-	۱	۳	۱۴مگاپاسگال

*مقدار دقیق آب بنا به تجربه بنا، میزان کارآیی لازم و شرایط محیطی می‌تواند قدری با مقدار پیشنهادی فوق متفاوت باشد.

۳. مقاومت فشاری دیوار ساخته شده

جدول ۳- ۲ مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با استفاده از واحدهای سیمانی

مقاومت فشاری دیوار بر اساس سطح مقطع موثر - f'_m (MPa)	مقاومت فشاری بلوک رسی بر اساس سطح مقطع خالص بلوک (MPa)	
	ملات نوع N	ملات نوع S
۹	۱۳	-
۱۰	۱۵	۱۳
۱۴	۲۱	۱۹
۱۷	۲۸	۲۶
۲۱	۳۶	۳۳

جدول ۳- ۲ مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با استفاده از واحدهای رسی (خشتی یا سفالی)

جدول ۲-۲- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با استفاده از واحدهای رسی (خشتی یا سفالی)

مقاومت فشاری دیوار بر اساس سطح مقطع موثر – f'_m (MPa)	مقاومت فشاری بلوک رسی بر اساس سطح مقطع خالص (MPa)	
	ملات نوع N	ملات نوع S
۷	۱۴	۱۲
۱۰	۲۹	۲۳
۱۴	۴۳	۳۴
۱۷	۵۷	۴۵
۲۱	۷۱	۵۷
۲۴	-	۶۸
۲۸	-	۷۹

۴. مدول گسیختگی دیوارهای بنایی

متناسب با نوع ملات و نوع واحد بنایی مدول گسیختگی دیوار در هر راستای بدست می آید.

		ملات ساخته شده با ترکیب سیمان پرتلند و آهک		ملات ساخته شده با سیمان بنایی	
		ملات نوع N	ملات نوع S	ملات نوع N	ملات نوع S
در امتداد عمود بر بند بستر	واحد توپر	۰/۵۲	۰/۶۹	۰/۲۶	۰/۴۱
	واحد توخالی فاقد دوغاب	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۱۶	۰/۲۶
	واحد توخالی پرشده با دوغاب	۱/۰۹	۱/۱۲	۱	۱/۰۵
در امتداد موازی بند بستر در دیوارهای با پیوند ممتد	واحد توپر	۱/۰۳	۱/۳۸	۰/۵۲	۰/۸۳
	واحد توخالی فاقد دوغاب	۰/۶۶	۰/۸۶	۰/۳۳	۰/۵۲
	واحد توخالی پرشده با دوغاب*	۱/۰۳	۱/۳۸	۰/۵۲	۰/۸۳
در امتداد موازی بند بستر در دیوارهای با پیوند غیرممتد	مقطع پرشده با دوغاب در امتداد بند بستر**	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۷
	سایر موارد	صفر	صفر	صفر	صفر

*در صورتی که تنها بخشی از حفره‌ها با دوغاب پر شده باشد، می‌توان بر اساس درصد حفره‌های پر شده با دوغاب مدول گسیختگی را از درون‌یابی بین حالت فاقد دوغاب و پرشده با دوغاب به دست آورد.

۵. عمل‌آوری

-نگهداری (کیورینگ دیوار): رفتار ملات بستر ونیز ملات کله به نحوه ی نگهداری (Curing) آن‌ها بستگی شدیدی دارد. براساس نتایج گزارش شده توسط ماهری و همکاران درصورت عدم نگهداری صحیح دیوار، ظرفیت خمشی خارج ازصفحه آن می‌تواند تا۴۰٪کاهش یابد.

سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای ساختمان شامل پنج سطح عملکرد به شرح زیر است:

- خدمت‌رسانی بی‌وقفه(A -1): در این سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله دچار آسیب بسیارجزئی می‌شوند، به گونه‌ای که خدمت‌رسانی اجزاء غیرسازه‌ای به طور پیوسته پس از زلزله انجام شود.

- قابلیت استفاده بی وقفه(B -2): در این سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله دچار آسیب جزئی شوند، به گونه‌ای که در حین زلزله و پس از آن راه‌های دسترسی و فرار مانند درها، راهروها، پله‌ها، آسانسورها و روشنایی آنها مختل نشده و استفاده بی وقفه از ساختمان میسر باشد.
- ایمنی جانی(C -3): در این سطح خرابی اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله نباید خطر جدی برای جان ساکنین به وجود آورد. در این سطح عملکرد، علی رغم خرابی‌های قابل توجه و هزینه بر در اجزای غیرسازه‌ای، احتمال جداشدگی و سقوط این اجزاء به داخل یا خارج ساختمان وجود ندارد.
- ایمنی محدود(D -4): در این سطح، خرابی اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله باید به اندازه‌ای باشد که سبب حداقل خسارت جانی گردد. در این سطح عملکرد، به اجزای غیرسازه‌ای آسیب جدی وارد شده و احتمال خطرسقوط بعضی از قطعات آنها وجود دارد.
- لحاظ نشده(E -5):این حالت وقتی رخ می‌دهد که در مقاوم سازی ساختمان، فقط عملکرد سازه ای آن مد نظر قرار گرفته و برای اجزای غیرسازه‌ای تصمیمی گرفته نشده باشد.

پارامترهای زیادی بر رفتار کلی سازه در حین زلزله حاکم اند.

تعیین سطح عملکرد مطلوب سازه با وجود پارامتر های کمی کار ساده ای نیست. از طرفی هیچ تعریف کمی مورد پذیرشی برای رفتار IO ,LS,CP وجود ندارد.

- **کنترل عملکرد اجزاء غیرسازه‌ای برای عملکرد خدمت رسانی بی‌وقفه**

برای کنترل رفتار اجزای غیرسازه‌ای برای تامین عملکرد خدمت رسانی بی‌وقفه، علاوه بر کنترل ضوابط مهارها در سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه، باید با استفاده از یکی از روش‌های زیر، از سالم ماندن تجهیزات مورد نظر برای سرویس دهی بعد از زلزله سطح خطر انتخابی اطمینان حاصل شود:

۱. آزمایش میز لرزه مطابق ضوابط معتبر بین المللی

۲. داده‌های تجربی و تاریخی

۳.ارائه مدارک معتبرفنی توسط شرکت سازنده مبنی برعدم آسیب پذیری سیستم در برابر جابجایی ها و نیروهای سطح
زلزله مورد نظر.

- **سطوح خطر لرزه‌ای**

سطوح خطر لرزه‌ای مورد استفاده دراین دستورالعمل به شرح زیر است:

۱- سطح خطر-۱:این سطح خطر براساس۱۰٪احتمال فراگذشت در۵۰سال عمرمفید ساختمان که معادل دوره‌ی بازگشت ۴۷۵سال است، تعیین می‌شود. سطح خطر-۱ "زلزله طرح" (Design Basis Earthquake, DBE) نامیده می‌شود.

۲- سطح خطر-۲:این سطح خطربراساس۲٪احتمال فراگذشت در۵۰ سال عمرمفید سازه که معادل دوره‌ی بازگشت ۲۴۷۵ سال است، تعیین می‌شود. سطح خطر-۲به عنوان "بیشینه زلزله‌ی در نظرگرفته شده" (Maximum Considered Earthquake, MCE) نامیده می‌شود.

۳- سطح خطرخدمت‌رسانی: این سطح خطر براساس ۵۰٪ احتمال فراگذشت در۵۰ سال عمرمفید سازه که معادل دوره بازگشت ۷۲سال است، تعیین می‌شود.

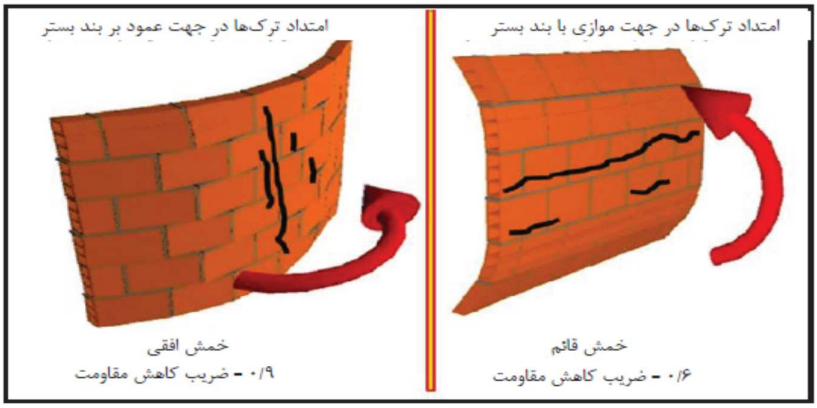
- **طراحی دیوار و مهار آن ها**

محاسبه لنگر مقاوم دیوار در جهت قائم (غیرمسلح) $\varphi M_{n1} = M_{d1}$

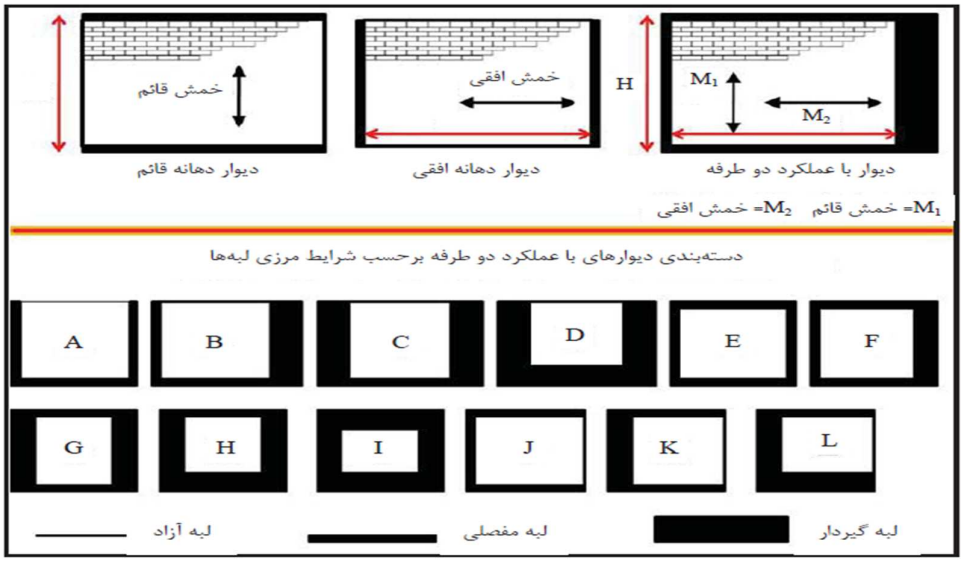
محاسبه لنگر مقاوم دیوار در جهت افقی (مسلح) $\varphi M_{n2} = M_{d2}$

محاسبه لنگر محرک دیوار در جهت قائم $M_{u2} = \alpha_2 w_u L^2$

محاسبه لنگر محرک دیوار در جهت افقی $M_{u1} = \mu M_{u2}$



شکل ۳- ۲۳ ضرایب کاهش مقاومت متناسب با خمش وارده بردیوار



شکل ۴-۱- دیوارهای دهانه افقی، دهانه قائم و دیوارهای با عملکرد دوطرفه

شکل ۳- ۲۴ ضرایب کاهش مقاومت متناسب با خمش وارده بردیوار

مثال۱- طراحی وال‌پست و مهار دیوار با استفاده از میلگرد بستر

در زیر یک نمونه محاسبات برای میلگرد بستر برای طبقه دوم یک ساختمان دو طبقه آورده شده است. در این نمونه یک دیوار پیرامونی با ضخامت ۱۵ سانتیمتر و وزن ۲۱۰ کیلوگرم برمترمربع درنظر گرفته شده است. همچنین عرض بارگیری درنظر گرفته شده ۴ متر می باشد.

الف) طراحی میلگرد بستر:

$frH := .66 \cdot 0.5MPa = 0.33 \cdot MPa$ مدول گسیختگی در راستای موازی بندبستر

$fm := 4\frac{N}{mm^2}$ مقاومت فشاری موثردیوار

$W := 2.1\frac{kN}{m^2}$ weight of wall $h := 150mm$ ضخامت دیوار

$ts := 15mm$ ضخامت واحد بنایی

$TotalHeigth := 7.2m$ $Length := 4m$

$H := 3.1m$ ارتفاع طبقه

$Mnh := \frac{frH \cdot ts \cdot (h - ts)^2}{h} = 601.425\,N \cdot \frac{m}{m}$ لنگرمقاوم غیرمسلح در راستای افقی برای هر متر دیوار

$\Phi Mnh := 0.9 \cdot Mnh = 541.283\,N$

$A := 0.3$ Seismic Category II $ap := 1$ $Ru := 2.5$ $S := 1.5$ $Ip := 1$

$Z := TotalHeigth - \frac{H}{2} \cdot 1 - 0 \times 3.6m = 5.65\,m$

$$Vseismic := \max\left[0.3A \cdot (1 + S) Ip \cdot W, \frac{0.4 \cdot A \cdot ap \cdot (S + 1) \cdot Ip}{Ru} \cdot \left(1 + 2\frac{Z}{TotalHeigth}\right) \cdot W\right] = 647.5\,Pa$$

$Iw := 1.6$ $q := 0.47\frac{kN}{m^2}$ $Cp := 0.9$ $Cg := 2.5$ $Cd := 0.85$

$$Ce := \max\left[0.7, \left(\frac{Z}{12m}\right)^{0.3} \cdot 0.7\right] = 0.7$$

$Vwind := Iw \cdot q \cdot Cp \cdot Cg \cdot Ce \cdot Cd = 1.007 \times 10^3\,Pa$

$V := \max(Vwind, Vseismic) = 1.007 \times 10^3\,Pa$ $0.3A \cdot (1 + S) Ip \cdot W = 472.5\,Pa$

$drebar := 6mm$ $As := \frac{\pi \cdot drebar^2}{4} = 2.827 \times 10^{-5}\,m^2$ $\beta := 0.8$

$B := 420mm$ فاصله میلگردهای بستر $fy := 450MPa$ تنش تسلیم میلگردبستر

$d := 0.125m$

$Mnr := \frac{As \cdot fy}{B} \cdot \left(d - \frac{As \cdot fy}{2\beta \cdot fm \cdot B}\right) = 3.643 \times 10^3\,N \cdot \frac{m}{m}$ $\Phi Mnr := 0.9 \cdot Mnr = 3.279 \times 10^3\,N$

$\alpha := 0.125$

$Muh := \alpha \cdot V \cdot Length^2 = 2.013 \times 10^3\,N \cdot \frac{m}{m}$ $\frac{Muh}{\Phi Mnr} = 0.614$ نسبت نیرو به ظرفیت در خمش افقی

ب) طراحی مقطع وال پست:

$$L = 4m$$

$$W = 100.7\frac{kg}{m^2}$$

$$H = 3.1m$$

$$q = WL = 100.7 \times 4 = 402.8\frac{kg}{m}$$

$$M_u = \frac{qH^2}{8} = \frac{402.8 \times 3.1^2}{8} = 483.864kg.m = 48386.4kg.cm$$

$$M_u \le \varphi M_n \rightarrow 48386.4 \le 0.9 \times 2400 \times z \rightarrow z \ge 22.4cm^3 \rightarrow Box\,120 \times 120 \times 5mm$$

$$\triangle = \frac{5qH^4}{384EI} = \frac{5 \times 402.8 \times \frac{310^4}{100}}{384 \times 2 \times 10^6 \times 507.9} = 0.477cm \le \frac{H}{240} = \frac{310}{240} = 1.29cm \boxed{OK}$$

ج) طراحی اتصال وال پست:

Connection

tangle := 6mm fy := 230MPa e := 50mm P := 0.5V·H·Length = 6.242×10^3·N

b := 200mm

$$I := \frac{b \cdot tangle^3}{12} = 3.6 \times 10^{-9}\,m^4 \qquad y := \frac{tangle}{2} = 3 \times 10^{-3}\,m$$

$$z := \frac{b \cdot tangle^2}{4} = 1.8 \times 10^{-6}\,m^2 \cdot m$$

$$Se := \frac{I}{y} = 1.2 \times 10^{-6}\,m^2 \cdot m$$

Mu1 := P·e = 312.089 m·N

ϕMn1 := 0.9·z·fy = 372.6 m·N

ϕMn2 := 1.6·Se·fy = 441.6 m·N

ϕMnfinal := min(ϕMn1, ϕMn2) = 372.6 m·N

"OK" if Mu1 < ϕMnfinal = "OK"
"NOT OK" otherwise

مثال۲- طراحی وال‌پست و مهار دیوار با استفاده از وال پست قائم

در زیر یک نمونه محاسبات برای مهار دیوار با استفاده از وال پست قائم برای طبقه دوم یک ساختمان دو طبقه آورده شده است. در این نمونه یک دیوار پیرامونی با ضخامت ۱۵ سانتیمتر و وزن ۲۱۰ کیلوگرم برمترمربع درنظر گرفته شده است.

الف) محاسبه فاصله بین وادارها (Length)

$frH := .33 \cdot 0.5MPa = 0.165 \cdot MPa$ مدو ل گسیختگی در راستای موازی بندبستر

$fm := 4\frac{N}{mm^2}$ مقاومت فشاری موثردیوار

$W := 2.1\frac{kN}{m^2}$ weight of wall $h := 150mm$ ضخامت دیوار

$ts := 15mm$ ضخامت واحد بنایی

$TotalHeigth := 7.2m$ $Length := 1.4m$

$H := 3.1m$ ارتفاع طبقه

$Mnh := \frac{frH \cdot ts \cdot (h - ts)^2}{h} = 300.713\,N \cdot \frac{m}{m}$ لنگرمقاوم غیرمسلح در راستای افقی برای هر متردیوار

$\Phi Mnh := 0.9 \cdot Mnh = 270.641\,N$

$A := 0.3$ Seismic Category II $ap := 1$ $Ru := 2.5$ $S := 1.5$ $Ip := 1$

$Z := TotalHeigth - \frac{H}{2} \cdot 1 - 0 \times 3.6m = 5.65\,m$

$$Vseismic := \max\left[0.3A \cdot (1 + S)Ip \cdot W, \frac{0.4 \cdot A \cdot ap \cdot (S + 1) \cdot Ip}{Ru} \cdot \left(1 + 2\frac{Z}{TotalHeigth}\right) \cdot W\right] = 647.5\,Pa$$

$Iw := 1.6$ $q := 0.47\frac{kN}{m^2}$ $Cp := 0.9$ $Cg := 2.5$ $Cd := 0.85$

$$Ce := \max\left[0.7, \left(\frac{Z}{12m}\right)^{0.3} \cdot 0.7\right] = 0.7$$

$Vwind := Iw \cdot q \cdot Cp \cdot Cg \cdot Ce \cdot Cd = 1.007 \times 10^3\,Pa$

$V := \max(Vwind, Vseismic) = 1.007 \times 10^3\,Pa$

$\alpha := 0.125$

$Muh := \alpha \cdot V \cdot Length^2 = 246.651\,N \cdot \frac{m}{m}$ $\frac{Muh}{\Phi Mnh} = 0.911$ نسبت نیرو به ظرفیت در خمش افقی

ب) طراحی مقطع وال پست

$$L = 1.4m$$

$$W = 100.7\frac{kg}{m^2}$$

$$H = 3.1m$$

$$q = WL = 100.7 \times 1.4 = 140.98\frac{kg}{m}$$

$$M_u = \frac{qH^2}{8} = \frac{140.98 \times 3.1^2}{8} = 169.353kg.m = 16935.3kg.cm$$

$$M_u \le \varphi M_n \rightarrow 16935.3 \le 0.9 \times 2400 \times z \rightarrow z \ge 7.84cm^3 \rightarrow 4L\,40 \times 40 \times 4mm$$

$$\Delta = \frac{5qH^4}{384EI} = \frac{5 \times 140.98 \times \frac{310^4}{100}}{384 \times 2 \times 10^6 \times 519.398} = 0.164cm \le \frac{H}{240} = \frac{310}{240} = 1.29cm \boxed{OK}$$

ج) طراحی اتصال وال پست

Connection

tangle := 4mm fy := 230MPa e := 50mm P := 0.5V·H·Length = 2.185×10^3·N

b := 150mm

$$I := \frac{b \cdot tangle^3}{12} = 8 \times 10^{-10}\,m^4 \qquad y := \frac{tangle}{2} = 2 \times 10^{-3}\,m$$

$$z := \frac{b \cdot tangle^2}{4} = 6 \times 10^{-7}\,m^2 \cdot m$$

$$Se := \frac{I}{y} = 4 \times 10^{-7}\,m^2 \cdot m$$

Mu1 := P·e = 109.231 m·N

ϕMn1 := 0.9·z·fy = 124.2 m·N

ϕMn2 := 1.6·Se·fy = 147.2 m·N

ϕMnfinal := min(ϕMn1, ϕMn2) = 124.2 m·N

"OK" if Mu1 < ϕMnfinal = "OK"
"NOT OK" otherwise

فصل چهارم

بررسی روشهای مهار اجزا با تاکید بر شرایط شهری قم

٤-١- مقدمه

بررسی های میدانی درسطح شهر نشان می دهد از لحاظ کمی، استفاده از مهار دیوارها نسبت به سایر استان ها رواج بیشتری دارد. اما بررسی جزییات مهار دیوارها حاکی از وجود نقص هایی در طرح و اجرای مهار دیوار دارد. به صورت کلی روش های اجرای دیوارها در سطح استان قم شامل مهار دیوارها با استفاده از مهارهای قائم و صلیبی و یا مهار دیوارها با میلگرد بستر می باشد. به صورت کلی برخی از مشکلات موجود در اکثر ساختمان ها دیده می شود و با آموزش می توان، سطح کیفی مهار دیوارها را افزایش دهد. از جمله اشکالات عمده می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- در اجرای وادارهای قائم در صورتی که همراه با استفاده از میلگرد بستر باشد می توان فاصله وادارهای قائم را تا ۴ متر(در صورتی که در طراحی جوابگو باشد.) افزایش داد. به عبارتی فاصله وادارها درفقط در صورتی می تواند در حدود ۱.۵ متر تا ۴ متر باشد که توسط میلگرد بسترمسلح شده باشد.

۲- در روش میلگرد بستر کیفیت میلگردهای مورد استفاده می بایست کنترل شوند. از جمله این موارد می توان به کنترل قطر میلگرد، تنش تسلیم، آجدار بودن، جوش نقطه ای مناسب اشاره نمود. در مورد سایر ملحقات همچون گیره می بایست ضخامت و عرض گیره مورد استفاده مطابق پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و نشریه ۷۲۹ باشد.

۳- همانطور که در این تحقیق عنوان شده است در تسلیح دیوارها با میلگرد بستر متناسب با موقعیت دیوار و بارهای وارده فاصله وادار، وجود یا عدم وجود نبشی در رج آخر تعیین می شود. بررسی ها نشان می دهد اشتباها بدون در نظرگرفتن موقعیت دیوارها وبارهای وارده در رج آخر دیوارها صرفا از میلگرد بستر استفاده می شود.

۴- مطابق پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، حداکثر فاصله وادارهای قائم، در صورت استفاده از میلگرد بستر ۴ متر می باشد. در بازدیدهای صورت گرفته فاصله وادارها تا ۵ یا ۶ متر نیز مشاهده شده است که صحیح نمی باشد. تنها در صورتی می توان فاصله وادارها را افزایش داد که علاوه بر طراحی و کنترل مقاومت نسبت به کنترل تغییر مکان دیوار نیز اطمینان حاصل نمود.

۵- مشاهدات نشان می دهد یکی از مهم ترین اشکالات در مهار دیوارها، جوش دادن یا به عبارتی فیکس نمودن وال پست ها در زیر سقف می باشد. مطابق پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، دیوار در صفحه می بایست امکان

حرکت آزادانه داشته باشد، به عبارتی اتصال دیوار باید به صورت کشویی اجرا شود. با اتصال کشویی امکان حرکت دیوار در داخل صفحه فراهم می شود. این اتصال می بایست در خارج از صفحه نیز موجب مهار دیوار گردد.

۶- نبشی های مورد استفاده در رج آخر دیوارها یا نبشی هایی که برای مهار وادارهای قائم استفاده می شود می بایست حداقل ارتفاعی برابر۷۵ میلی متر داشته باشد تا پس از رعایت فاصله زیر سقف امکان مهار و نگهداری دیوار نیز فراهم شود. متاسفانه استفاده از نبشی های ۴۰X۴۰X۴ میلی متر برای این مهم بسیار مرسوم می باشد که اکیدا توصیه نمی شود.

۷- مطابق پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ دیوارهای عمود بر هم می بایست کاملا از هم جدا شوند. استفاده از هشتگیر برای این نوع دیوارها ممنوع می باشد و فقط در صورتی که دیوارها برای این حالت طراحی شده باشند امکان پذیر می باشد.

۸- همانطور که در مقررات ملی عنوان شده است می بایست فاصله ای برابر۰.۰۱ ارتفاع از کنار ستون ها و دیوارهای متقاطع جهت جلوگیری از برخورد و ضربه به دیوارها در نظر گرفته شود. این فاصله می بایست با مواد انعطاف پذیرمثل یونولیت، پشم سنگ و ... پر شود. گاها مشاهده می شود این فاصله رعایت نمی شود یا در حین اجرای نازک کاری توسط ملات ها پر می شود.

۹- یکی از مشکلات رایج در اجرای جانپناه ها استفاده از فاصله نا مناسب وادارهای قائم و اتصال نامناسب در پی وادار می باشد. با توجه به این که بار باد وارده به دیوارهای جانپناه بسیار بزرگتر از دیوارهای متداول می باشد رعایت اتصالات و فاصله وادارها بسیار حائز اهمیت می باشد.

۱۰-در روش مهار دیوارها با استفاده از وادارهای قائم و افقی (صلیبی)، عضو افقی نباید جوش شود و می بایست امکان حرکت آزادانه مخصوصا در کنار ستون ها را داشته باشد. مکررا مشاهده می شود به منظور سهولت در اجرا مستقیما المان های افقی جوش می شوند.

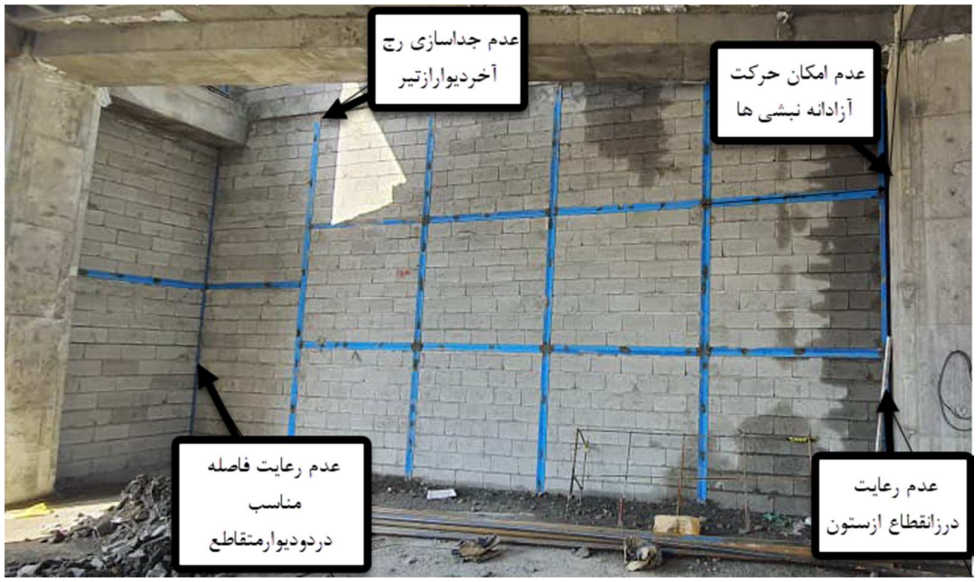
۱۱-مطابق پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، استفاده از وادارهای قائم در محل مفاصل پلاستیک تیر(حدودا یک متراز بر ستون) مجاز نمی باشد. بررسی ها نشان می دهد این مسئله به اشتباه بسیار رایج می باشد.

۱۲-در برخی پروژه ها دیده شده است به منظورسهولت و کاهش هزینه ها، برای نصب وادارها و اتصالات آن ها در محل تیرچه ها، تخریب صورت می گیرد و به میلگرد تیرچه ها جوش می شود. انجام این مورد ضعف در مقاومت میلگرد می شود و اکیدا توصیه نمی شود.

۱۳-از جمله مواردرایج مخصوصا در ساختمان های بتن آرمه عدم اجرای دیوار هر طبقه روی تیر آن طبقه می باشد. به عبارتی بنابر ملاحظات معماری یا اشکال در اجرای سقف ها، تمام دیوار یا بخشی از دیوار دارای نشیمن گاه مناسبی نمی باشد. در این موارد حتما می بایست با مشورت و دریافت طرح از محاسب نسبت به ایجاد تکیه گاه مناسب برای دیوارها اقدام نمود.

۱۴- همانطور که در شکل های زیر مشاهده می نمایید، در نبشی های نما که به عنوان تکیه گاه ومهار دیوارها نیز مورد استفاده قرار می گیرد، نبشی ها به صورت سرتاسری در چندین طبقه ادامه پیدا می کنند. با توجه به توضیحات در مقررات ملی و بسط آن در این پژوهش موکدا می بایست از انجام این مهم خودداری نمود. به عبارتی دیوار هر طبقه و نمای آن مخصوص همان طبقه بوده و نباید با سایر طبقات ارتباطی داشته باشد.

٤-٢- بررسی نمونه‌های اجرا شده در سطح شهر

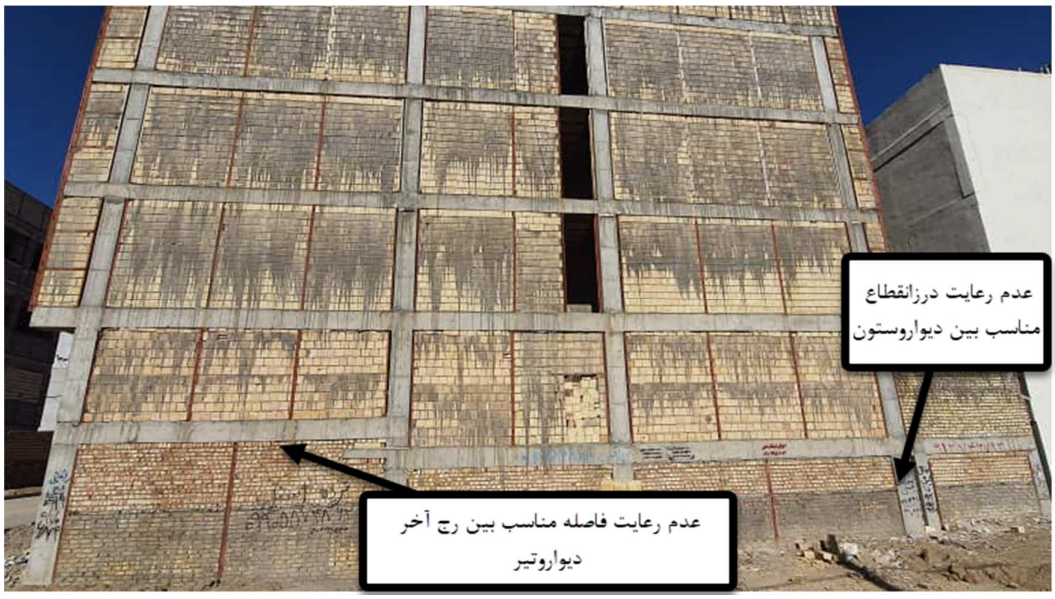


شکل ۴-۱ عدم رعایت جداسازی صحیح دیوار از اطراف

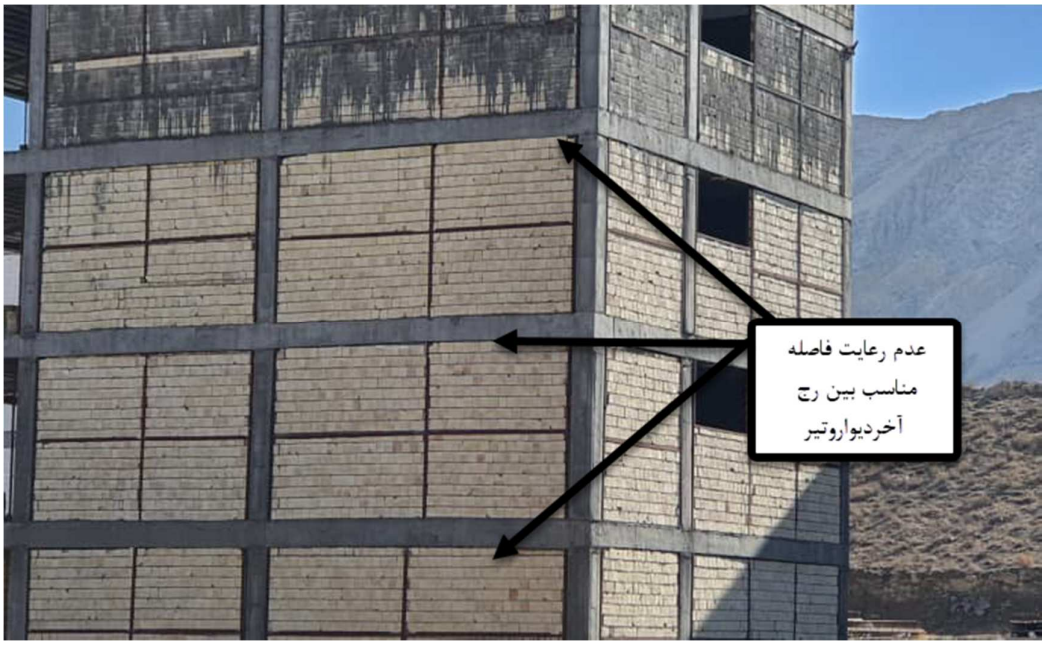
شکل ۴-۲ عدم رعایت جداسازی صحیح دیوار از اطراف

شکل ۴-۳ اجرای نامناسب دیوار داخلی

شکل ۴-۴عدم رعایت جداسازی صحیح دیوار از اطراف



شکل ۴-۵عدم رعایت جداسازی صحیح دیوار از اطراف



شکل ۴-۶عدم رعایت جداسازی صحیح دیوار از اطراف

شکل ۴-۷ عدم استفاده از اتصال کشویی برای مهار وادار قائم

شکل ۴-۸ عدم استفاده از اتصال کشویی برای مهار وادار قائم

شکل ۴-۹ عدم استفاده از اتصال کشویی برای مهار وادار قائم و افقی

شکل ۴-۱۰ عدم استفاده از اتصال کشویی برای مهار وادارافقی

شکل ۴-۱۱ تکیه گاه نامناسب دیوار

شکل ۴-۱۲تکیه گاه های نامناسب در دیوار

شکل ۴-۱۳استفاده از وادارافقی بیش تر از ۳.۵ متر

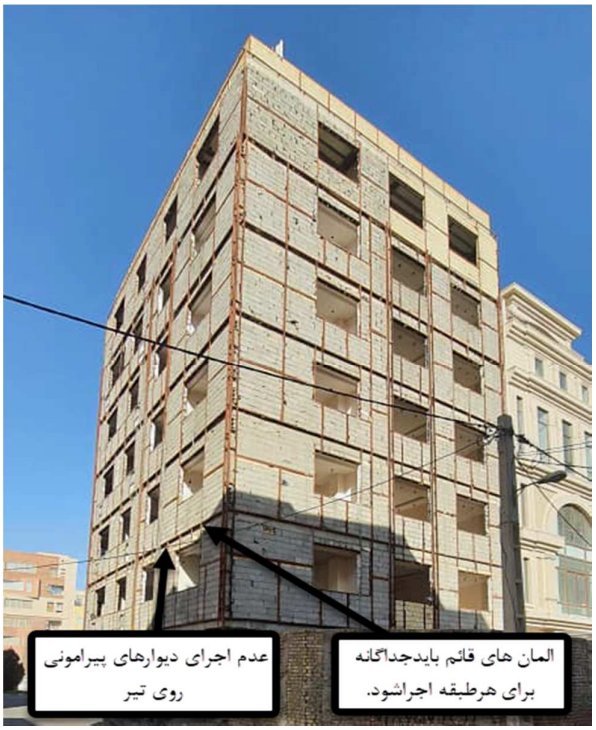
شکل ۴-۱۴عدم رعایت جداسازی صحیح دیوار از طرفین

شکل ۴-۱۵اجرای دیوار خارج از تیر

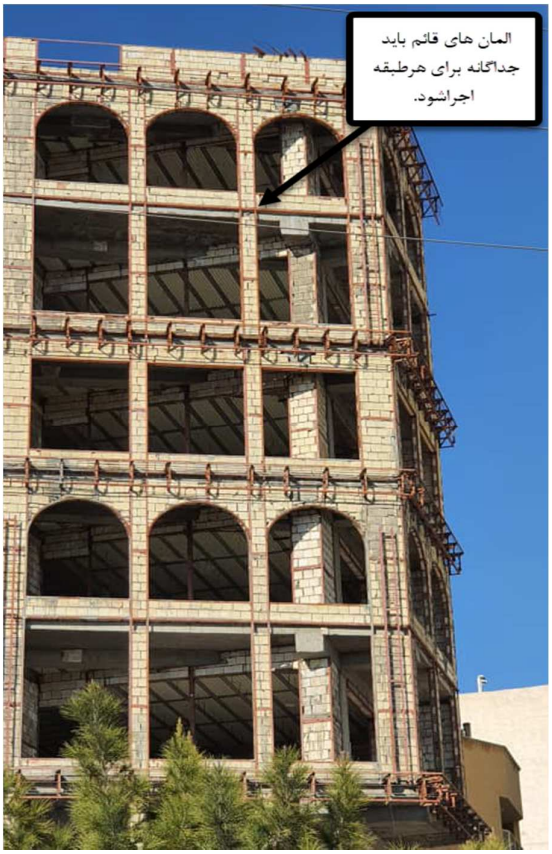
شکل ۴-۱۶استفاده از اتصال کشویی متناسب با طراحی

شکل ۴-۱۷عدم استفاده از اتصال صحیح برای تکیه سقف

شکل ۴-۱۸استفاده از تکیه گاه مناسب برای دیوارهای اجراشده خارج تیر تگیه گاهی



شکل ۴-۱۹ پیوستگی نما و دیوارهای اجراشده در طبقات



شکل ۴-۲۰ پیوستگی نما و دیوار های اجرا شده در طبقات

شکل ۴-۲۱عدم جداسازی صحیح دیوار

شکل ۴-۲۲دیوارهای محیطی با مهاربندی مناسب

شکل ۴-۲۳ نمای کلی از مهار دیوارها بصورت عمودی و افقی با استفاده از نبشی و سپری جهت مهار خارج از صفحه

شکل ۴-۲۴ مهار دیوار در جهت خارج از صفحه و لغزش آزاد درون صفحه

شکل ۴-۲۵ آماده سازی اتصال لوبیایی نبشی ها وسپری‌هایی که از لغزش آزادانه درون صفحه ای برخوردار است

شکل ۴-۲۶ گرفتن آویز میلگرد یا سپری در وسط نعل درگاه پنجره ها و یا درب ها

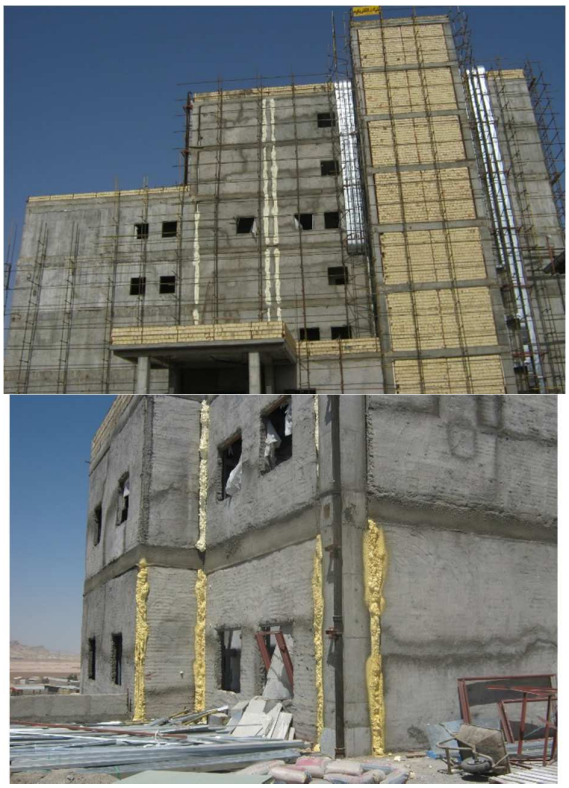
الف

ب

شکل ۴-۲۷مهار دیوار اطراف پنجره در جهت خارج از صفحه

الف) اجرای صحیح مهار دیوار در جهت خارج صفحه در پایین پنجره

ب) عدم اجرای صحیح مهار دیوار در جهت خارج صفحه در پایین پنجره



شکل ۴-۲۸ پرکردن درزها با مصالح انعطاف پذیر

شکل ۴-۲۹ اشکالات ناشی از اجرای وال پست

۴-۳۰روش اصلاحی و ابتکاری برای جلوگیری از ترک شکل

شکل ۴-۳۱ نمونه اتصالات وال پست به سقف

شکل ۴-۳۲نمونه اتصال وادار قائم

شکل ۴-۳۳نمونه اتصالات وال پست به کف

شکل ۴-۳۴ اتصال نامناسب وال پست به کف و سقف زلزله کرمانشاه

شکل ۴-۳۵ آسیب پذیری زیاد دیوارهای محیطی به دلیل تغییر مکان نسبی طبقه

شکل ۴-۳۶نمونه نبشی کشی مناسب

فصل پنجم

جداول

مهار دیوارها با توجه به موقعیت قرارگیری و بارهای وارده بر آن ها مطابق با پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ با روش های زیر صورت گرفته است که عبارتند از:

- مهار دیوارها با استفاده وادار+ میلگرد بستر
- مهار دیوارها با استفاده از مهارهای قائم
- مهار دیوارها با استفاده از وادارهای افقی و قائم (صلیبی)

که هر کدام از این روش ها به صورت جداگانه مطابق با پیوست و برای خاک نوع II و نوع III طراحی و محاسبه شده اند.