بررسی نحوهٔ اجرای وال‌پست‌ها

طبق پیوست ششم آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰

آذرنگ جواهری
کارشناس ارشد عمران–سازه

سیدکاوه شریعت
کارشناس ارشد عمران–سازه

جهت دریافت نسخه کامل مقاله، بارکد روبرو را با تلفن هوشمند خود اسکن نمایید

چکیده

عدم‌رعایت اصول اجرایی صحیح در اتصالات میان دیوار و سازه باعث تغییرشکل‌های بیش از حد دیوار و شکست انفجاری آن خواهد شد. ازآنجاکه در تمامی ساختمان‌ها میان‌قاب‌ها وجود داشته و در اکثر مواقع اتصال مناسبی با قاب اصلی ندارند و همچنین در مدل‌سازی و طراحی ساختمان‌ها لحاظ نمی‌شوند، می‌بایستی مورد توجه ویژه قرار گیرند؛ چراکه تجربه‌های کسب‌شده از زلزله‌های گذشته نشان داده است که عملکرد میان‌قاب‌ها موجب ضعف رفتار و افزایش تلفات انسانی شده است.(۱) باتوجه‌به اهمیت این موضوع، اخیراً در پیوست ششم آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰، ضوابط جدیدی جهت اجرای دیوارهای داخلی و خارجی اضافه که در این مقاله به جزئیات اتصال دیوارها به سازهٔ اصلی و جداسازی آن به‌وسیلهٔ وال‌پست و چگونگی اجرای آن پرداخته شده است. هدف از اجرای وال‌پست‌ها در ساختمان، محافظت دیوار در برابر نیروهای عمود بر سطح بوده به‌طوری که در راستای موازی با سطح بتواند آزادانه بدون هیچ اندرکنشی حرکت نماید.

واژگان کلیدی: وال‌پست، میان‌قاب، مهار دیوار، اتصالات

مقدمه

در قرن اخیر زلزله‌های بزرگ و ویرانگر موجب خسارات جانی و مالی فراوانی شده است. مشاهدات انجام‌شده در طی زلزله‌های گذشته به‌خصوص زلزلهٔ کرمانشاه در سال ۹۶ و همچنین تحقیقات صورت‌گرفته در سال‌های اخیر نشان‌دهندهٔ آن است که قاب‌های میان‌پر باعث افزایش چشمگیر سختی و مقاومت و همچنین کاهش شکل‌پذیری سازه نسبت به سازهٔ بدون میان‌قاب شده و درنتیجه دارای پاسخ متفاوتی به حرکات زمین خواهند بود.

امروزه تعریف ساختمان ایمن، تنها به سالم‌ماندن افراد محدود نشده؛ بلکه پس از زلزله انتظار می‌رود که تجهیزات و وسایل داخل ساختمان نیز سالم بمانند تا کمترین خسارت مالی و جانی را داشته باشد. در بسیاری از موارد اجرای صحیح والپست‌ها در دیوارهای داخلی و پیرامونی یکی از مهم‌ترین قسمت‌های اجرای ساختمان ایمن می‌باشد. همان‌طور که مستحضر هستید، در زلزلهٔ سال ۹۶ کرمانشاه در اکثر موارد، سازهٔ اصلی ساختمان‌ها دچار آسیب جدی نشده و بیشترین تلفات مربوط به عدم‌اجرای نادرست اجزای غیرسازه‌ای بود که در آن دیوارهای داخلی و پیرامونی ساختمان دچار فروریزش شده بودند؛ درصورتی‌که در زلزله‌های بم و جویبار سازهٔ اصلی ساختمان‌ها دچار مشکل شده بود.(۲) با تصحیح آیین‌نامه‌ای و اجرای صحیح سازه‌ها بعد از زلزلهٔ کرمانشاه، عملکرد سازه‌ها بهتر شده ولی هنوز تکمیل نشده است؛ چراکه می‌توان با رعایت یک سری از حداقل‌های مهندسی (اجرای درست اجزای غیرسازه‌ای) از فروریزش ساختمان‌ها جلوگیری کرد.

تأثیر میان‌قاب در مدل‌سازی و نتایج تحلیل سازه

در گذشته دیوارهای میان‌قاب توسط ملات یا نازک‌کاری به قاب سازه که همان ستون‌ها و تیرها هستند، به‌طور مستقیم متصل می‌شد؛ ولی تجربهٔ زلزله‌های اخیر نشان داد که این روش جوابگو نیست؛ به این معنی که اندرکنش سازه و دیوارها باعث واردشدن نیروهای متقابلی به هر دو می‌شود؛ به این ترتیب بر اثر نیروهای زلزله یا باد، دریفت ایجادشده در اعضای سازه باعث ایجاد تنش در دیوارهای میان‌قاب شده و متقابلاً عکس‌العمل این نیروها باعث ایجاد تنش در سازه می‌گردد که اولین اثر آن جابه‌جایی مرکز سختی سازه و رفتار غیرقابل‌پیش‌بینی در آن خصوصاً در زمان وقوع زلزله می‌باشد.(۶) تأثیر میان‌قاب‌ها در ساختمان را می‌توان به دو صورت در طراحی درنظر گرفت. اگر میان‌قاب‌ها در طراحی سازه دیده نشوند، باید در اجرا نیز همانند مدل‌سازی، تمهیدات لازم برای جداسازی میان‌قاب‌ها از قاب اصلی درنظر گرفته شود و اگر میان‌قاب‌ها مانع حرکت قاب شوند، با افزایش سختی سازه و کاهش پریود، زلزلهٔ ورودی افزایش یافته که این تأثیر در آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ با کاهش ٪۲۰ در زمان تناوب ساختمان دیده شده است که اعمال این ضریب، هم ازنظر منطقی و هم ازنظر اقتصادی به ضرر پروژه می‌باشد.(۳) در طراحی سازه‌ها اصولاً میان‌قاب‌ها دیده نشده که این امر اجرای اجزای غیرسازه‌ای (والپست‌ها) را ضروری می‌کند. در پیوست ششم آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ اخیراً نحوهٔ اجرای صحیح والپست‌ها آورده شده است که توجه به آن می‌تواند باعث عملکرد مناسب سازه و اجزای غیرسازه‌ای و بهبود ساختمان‌ها شود.

والپست و ضوابط اجرای آن در آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰

والپست‌ها اجزایی غیرسازه‌ای هستند که باعث جداسازی دیوار از قاب اصلی سازه شده و با پایدارکردن دیوار در هنگام زلزله از فروریزش آن جلوگیری می‌کنند. این اجزا اگر به‌درستی با سازه اتصال داشته باشند، هنگام زلزله سختی اضافه‌ای به سازه اعمال نشده و نیروی زلزلهٔ کمتری به سازه وارد می‌شود. اجرای درست والپست‌ها بر این اصل استوار است که می‌بایستی دیوار کاملاً از سازه مجزا بوده و در هنگام جابه‌جایی بدون اعمال هیچ نیرویی به سازهٔ اصلی، با حفظ پایداری خود به‌راحتی حرکت نماید؛ به این ترتیب که بین دیوار و سازه یعنی ستون‌ها و تیر فاصله‌ای درنظر گرفته شود. این فاصله برحسب ارتفاع سازه و میزان نیروهای وارده محاسبه می‌گردد که اندازهٔ آن به‌طور معمول ۲/۵ تا ۵ سانتی‌متر درنظر گرفته می‌شود. این فاصله می‌بایست با مصالح نرم و قابل‌ارتجاع پر شود تا اولاً نیروهای متقابل سازه و دیوار را جذب نماید؛ ثانیاً امکان اجرای نازک‌کاری را به‌وجود آورد. حال باوجود این فاصله، نحوهٔ اتصال دیوار به سازه باید طوری طراحی شود تا دیوار را در برابر نیروهای عمود بر سطح محافظت نموده ولی در راستای موازی با سطح آزاد بگذارد؛ به‌طوری‌که هیچ اندرکنشی باهم نداشته باشند.

در آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰، ویرایش چهارم، در بند ۷ـ۵ـ۳ ضوابط مربوط به اجرای دیوارهای غیرسازه‌ای مورد بحث واقع شده است. باتوجه‌به این بند، در حالتی که حداقل یکی از شروط زیر وجود داشته باشد، نیاز به اجرای والپست قائم خواهیم داشت:

الف. طول دیوار بیشتر از ۶ متر باشد ($L \geq 6m$). لازم به ذکر است که این فاصله در برخی دستورالعمل‌ها ۴ متر ذکر شده است.

ب. طول دیوار بیشتر از ۴۰ برابر ضخامت دیوار باشد ($L \geq 40t$).

درارتباط‌با والپست افقی نیز در آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ اشاره شده درصورتی‌که ارتفاع دیوار از ۳/۵ متر بیشتر شود، والپست افقی باید اجرا شود. دراین‌رابطه هم علاوه‌بر مورد اول، برخی دستورالعمل‌ها محدودیت ۳۰ برابر ضخامت دیوار را منظور کرده‌اند.

نحوهٔ اجرای والپست طبق ابلاغیهٔ پیوست ششم آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰

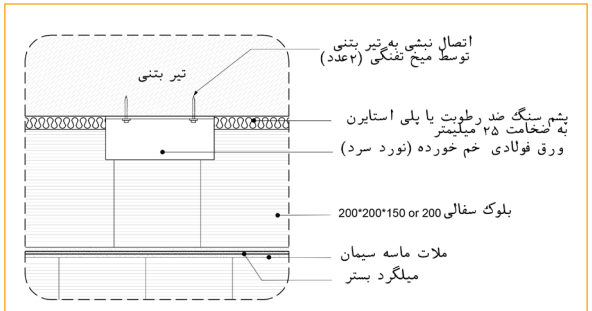
علی‌رغم اهمیت اجرای این المان در سازه‌ها، اجرای والپست در سازه‌های شهری در ایران پیشینهٔ چندانی نداشته و تقریباً محدود به یک دههٔ اخیر می‌گردد؛ بااین‌حال، همچنان در بسیاری از سازه‌هایی که در کشورمان ساخته می‌شوند، اجرای والپست، یا انجام نمی‌شود یا محاسبه و اجرای آن همراه با نقاط ضعف اساسی صورت می‌گیرد. والپست‌ها می‌توانند مقاطع مختلفی ازجمله نبشی،

قوطی، ناودانی، IPE و... داشته باشند که باتوجه‌به موقعیت قرارگیری دیوار، طول دیوار، ضخامت دیوار، جنس دیوار، ارتفاع دیوار، میزان باد و لرزه‌خیزی منطقه و تعداد طبقات می‌توان مقطع مناسب والپست را انتخاب کرد. اتصالات دیوار به والپست‌ها و اجزای سازه‌ای که موضوع بحث این مقاله می‌باشد، دارای جزئیات زیادی است که به‌طور خلاصه به هریک از آن‌ها اشاره می‌شود.(۴)

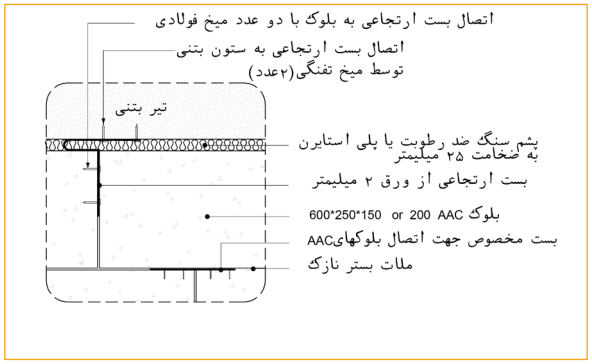
اتصالات دیوارهای خارجی

مهار دیوارها در لبه‌های مجاور سقف

در ویرایش قبلی آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ به مهرکردن قسمت بالایی دیوار به تیر اشاره شده بود؛ به‌طوری‌که دیوار کاملاً با تیر از قسمت بالا درگیر شده که همین امر سختی زیادی به سازه اعمال می‌کرد. خوشبختانه در ویرایش جدید به این امر توجه گردیده و با ایجاد اتصال کشویی بین دیوار و تیر از ایجاد سختی در سازه جلوگیری شده است. اتصال دیوار به زیر سقف به‌صورت لغزشی و بدون اتصال مستقیم دیوار به سقف بوده که درجهت مهار دیوار به لبه‌های مجاور سقف، نیاز به اجرای اتصال به‌صورت کشویی یا ارتجاعی با استفاده از نبشی یا ناودانی برای بلوک‌های سیمانی، سفالی، لیکا و آجری (شکل۱) یا بست‌های فلزی برای بلوک‌های AAC (شکل۲) می‌باشد. نکتهٔ مهم اینکه این اجزا به‌هیچ‌عنوان نباید به دیوار یا والپست پیچ، میخ یا جوش شوند تا امکان حرکت آزادانهٔ دیوار در درون صفحه وجود داشته باشد و بر اثر انقباض اجزا، جابه‌جایی نسبی طبقه یا سایر عوامل تنش در دیوار ایجاد نشود. محل اتصال دیوار می‌بایستی با تیر فاصله داشته و این فاصله با اجزای انعطاف‌پذیر مثل پلی‌استایرن یا پشم‌سنگ پر شود. این اتصالات باتوجه‌به نوع اتصال و جنس دیوار در فواصل مناسب نصب می‌گردند.



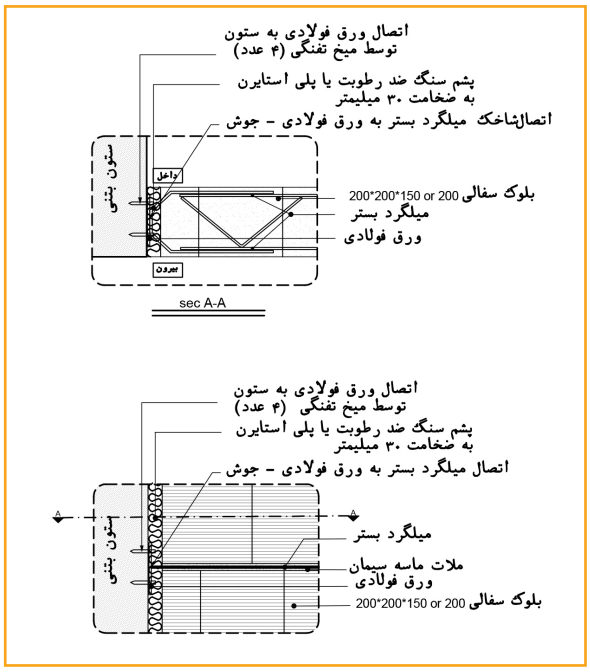
تصویر ۱ نحوهٔ مهار دیوار سفالی به سقف



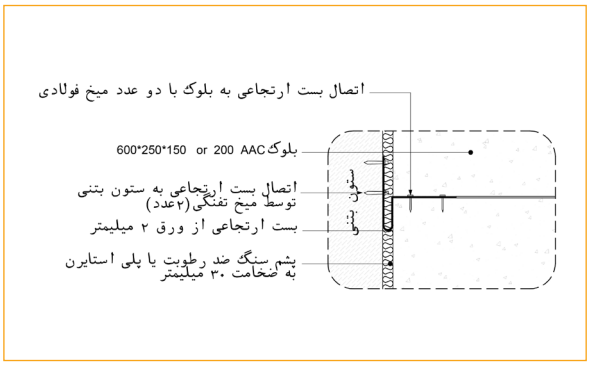
تصویر ۲ نحوهٔ مهار دیوار AAC به سقف

مهار دیوار در لبه‌های مجاور قاب اصلی

این اتصال به‌وسیلهٔ نبشی، ناودانی، شاخک میلگرد بستر و بست فلزی اجرا می‌گردد. در صورت استفاده از میلگرد بستر (شکل ۳) در بلوک‌های سیمانی، سفالی، لیکا و آجری، مهار دیوار در مجاورت قاب اصلی به‌وسیلهٔ جوش شاخک میلگرد بستر به پلیت در سازه‌های بتنی و به قاب اصلی در سازه‌های فلزی و در بلوک‌های AAC، به‌وسیلهٔ میخ تفنگی در اتصال بست فلزی به قاب اصلی تأمین می‌شود (شکل ۴). بست‌های ارتجاعی و شبکه‌های خرپایی می‌بایستی به فاصلهٔ حداکثر ۵۰ سانتی‌متر (یک رج در میان) در ارتفاع اجرا گردند. دقت شود که شاخک و میلگرد بستر نبایستی به یکدیگر جوش شوند تا سختی در سازه ایجاد نشود و امکان حرکت آزادانه بین شاخک و شبکهٔ خرپایی وجود داشته باشد.



تصویر ۳ مهار دیوار سفالی در لبهٔ مجاور قاب اصلی



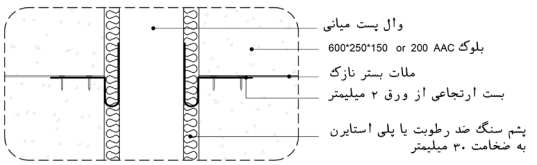
تصویر ۴ مهار دیوار AAC در لبهٔ مجاور قاب اصلی

مهار دیوارها در لبه‌های مجاور والپست

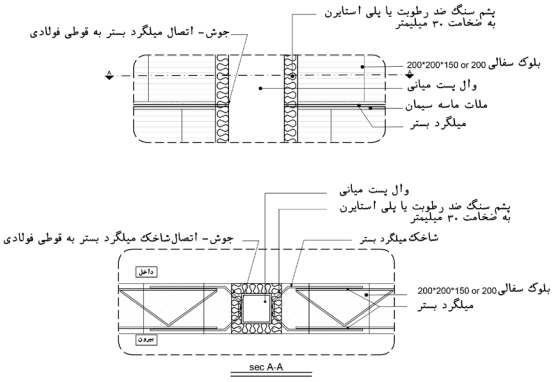
این اتصال به‌صورت کشویی یا ارتجاعی با استفاده از بست‌های فلزی با حداقل سطح مقطع ۰/۶ سانتی‌متر مربع در بلوک‌های AAC (شکل ۵) یا با استفاده از میلگرد بستر در دیوارهای سفالی (شکل ۶) با فاصلهٔ حداکثر ۵۰ سانتی‌متر (یک رج در میان) در ارتفاع دیوار اجرا می‌گردند. فاصلهٔ بین

دیوار و والپست به‌میزان ۳ سانتی‌متر بایستی با مصالح نرم و منعطف‌پذیر مثل پلی‌استایرن یا پشم‌سنگ پر شود.

تصویر ۵ نحوهٔ مهار دیوار AAC در لبهٔ مجاور والپست



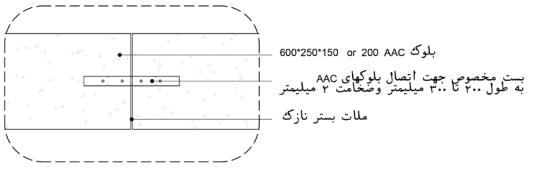
تصویر ۶ نحوهٔ مهار دیوار سفالی در لبهٔ مجاور والپست



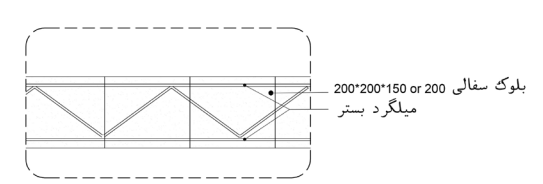
■ **تسلیح دیوارها برای تحمل بارهای خارج از صفحه**

عدم‌تسلیح دیوارها به‌شدت عملکرد مناسب دیوارها را در هنگام اعمال بار خارج از صفحه کاهش می‌دهد. تسلیح دیوارها به دو صورت بست فلزی ساده در بلوک های AAC (شکل ۷) و شبکهٔ خرپایی (میلگرد بستر) در بلوک‌های سیمانی، سفالی، لیکا و آجری (شکل ۸) در فواصل ۵۰ سانتیمتری (یک رج در میان) انجام می‌پذیرد. عرض شبکه‌های خرپایی می‌بایستی از عرض دیوار ۳ سانتی‌متر کمتر باشد.

شکل ۷ نحوهٔ تسلیح دیوار AAC



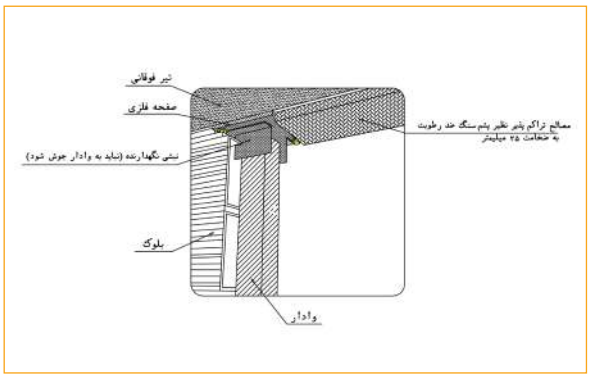
شکل ۸ نحوهٔ تسلیح دیوار سفالی



■ **نحوهٔ اتصال والپست‌های میانی به تیر بالا**

به‌طورکلی دیوارها می‌بایستی توانایی حرکت جانبی در داخل صفحهٔ دیوار را داشته و والپست‌ها به‌هیچ‌وجه نباید به نبشی‌های تعبیه‌شده در تیرها که با هدف جلوگیری از حرکت خارج از صفحهٔ دیوار نصب شده‌اند، جوش شوند (شکل ۹).

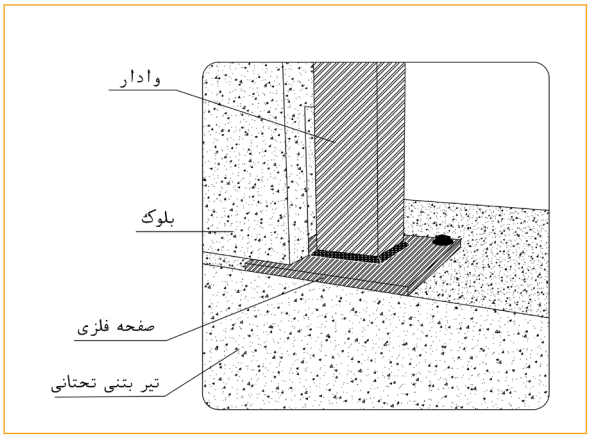
تصویر ۹ نحوهٔ اتصال والپست‌های میانی به تیر بالا



■ **نحوهٔ اتصال والپست‌های میانی به زمین**

در این اتصال می‌بایستی والپست به‌صورت سرتاسری روی صفحهٔ فلزی کف در سازه‌های بتنی و به قاب اصلی در سازه‌های فلزی جوش داده شود (شکل ۱۰).

تصویر ۱۰ نحوهٔ اتصال والپست‌های میانی به زمین



■ **اتصالات مربوط به وجود بازشو (اجرای نعل درگاه)**

در بازشوهای بزرگ‌تر از ۲/۵ متر، نیاز به اجرای کلاف افقی و قائم در کنار بازشو می‌باشد؛ ولی در بازشوهای کوچک‌تر از ابعاد ذکرشده، درصورتی‌که از قاب فلزی مناسبی استفاده شود که پاسخگوی بارهای وارده باشد، احتیاجی به تعبیهٔ والپست در کنار بازشو نمی‌باشد. باید به این نکته توجه داشت که برای اتصال دیوار به قاب پنجره یا والپست، شاخک میلگردهای بستر یا بست‌های ارتجاعی در محل تلاقی با این قاب‌ها قرار داده شود.(۵)

اتصالات دیوار داخلی

■ **اتصال دیوار داخلی به دیوار پیرامونی**

این اتصال به دو صورت، یکی با استفاده از بست‌های ارتجاعی و دیگری با استفاده از والپست‌های قائم در محل اتصال دو دیوار انجام می‌پذیرد. به‌منظور پایداری دیوار می‌بایستی دیوار داخلی را نیز با استفاده از میلگرد بستر یا

بست‌های فلزی تسلیح کرد.

- **اتصال انتهای آزاد دیوار داخلی**

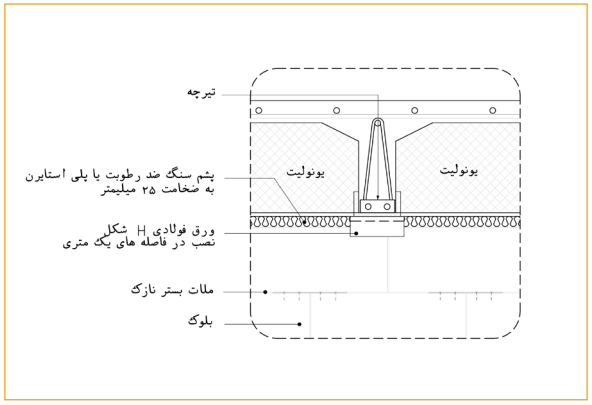
انتهای آزاد هر دیوار داخلی می‌بایستی توسط والپست قائم در برابر حرکت جانبی مقید شده و اجازهٔ حرکت به دیوار داده نشود؛ به همین دلیل حتماً بایستی در اتصال دیوار به سقف، نبشی اتصال به والپست جوش گردد.

- **اتصال دیوارداخلی به سقف**

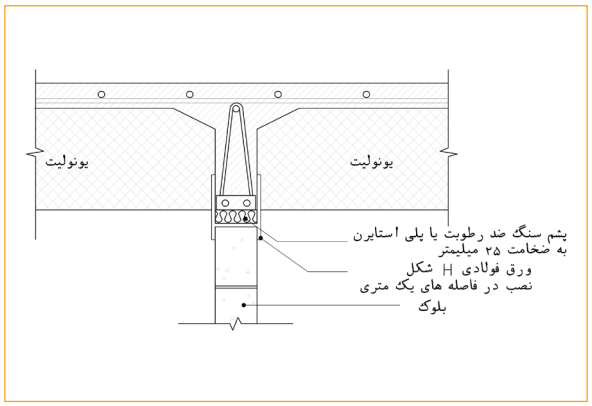
دیوار داخلی باتوجه‌به معماری ساختمان ممکن است به سه طریق قرار گیرد:

- عمود بر جهت تیرها
- موازی با جهت تیرچه‌ها و دقیقاً زیر تیرچه‌ها
- موازی با جهت تیرچه‌ها ولی بین تیرچه‌ها (در محل فوم‌ها)

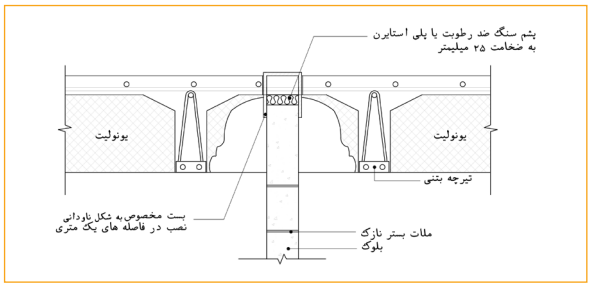
چنانچه دیوار درجهت عمود بر تیرچه‌ها اجرا گردد، می‌بایستی در محل‌های برخورد دیوار به تیرچه، با استفاده از دو ناودانی پشت‌به‌هم و درجهت هم (شکل۱۱) حرکت دیوار را درجهت عمود بر صفحهٔ آن مقید کرد. چنانچه دیوار درجهت تیرچه‌ها و دقیقاً زیر تیرچه قرار داشته باشد، می‌بایستی با استفاده از دو ناودانی پشت‌به‌هم و موازی هم (شکل۱۲) اتصال کشویی بین تیرچه و دیوار را در فواصل مناسب ایجاد نمود؛ ولی چنانچه دیوار درجهت تیرچه‌ها و بین تیرچه‌ها قرار داشته باشد (شکل۱۳)، ابتدا می‌بایستی فوم را تا قسمت بتن برداشته و سپس به‌کمک دستگاه شیارزن، روی سقف محل اجرای ناودانی، برای اتصال به دیوار شیار داده شود. ارتفاع ناودانی برای اجرا برابر با ارتفاع بتن سقف به‌علاوهٔ ۷ سانتی‌متر می‌باشد تا کاملاً بتواند دیوار را نگه دارد.



تصویر ۱۱ نحوهٔ اتصال دیوار داخل درجهت عمود بر تیرچه



تصویر ۱۲ نحوهٔ اتصال دیوار داخل درجهت تیرچه و عیناً زیر آن



تصویر ۱۳ نحوهٔ اتصال دیوار داخل درجهت تیرچه و بین فوم‌ها

نتیجه‌گیری

در این مقاله با بررسی زلزله‌های قبل به اهمیت اجرای والپست‌ها و تأثیر آن در رفتار سازه هنگام زلزله پرداخته شد. عدم‌اجرای والپست‌ها می‌تواند باعث آسیب‌های جانی و مالی فراوانی در پروژه شده و نحوهٔ عملکرد سازه را نیز تحت شعاع قرار دهد. وجود یا نبود والپست‌ها و سختی و مقاومتی که به‌علت وجود آن در سازه ایجاد می‌شود، می‌بایستی در طراحی سازه‌ها مد نظر قرار گیرد که ضوابط آن در آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ گفته شد. باتوجه‌به اینکه در اکثر موارد میان‌قاب‌ها در مدل‌سازی و طراحی سازه مد نظر قرار نمی‌گیرند، می بایستی به نحوهٔ اجرای آن‌ها در ساختمان نیز دقت کرد تا به‌طور کامل از سازهٔ اصلی جدا شده و هنگام زلزله سختی اضافه‌ای به سازه اعمال نکند و سازه طبق طراحی انجام‌شده عملکرد خود را در مقابل زلزله به‌درستی نشان دهد.

ضوابط طراحی والپست‌ها در پیوست ششم آیین‌نامه ۲۸۰۰ بررسی و دیتیل‌های اجرایی اتصال میان دیوارهای پیرامونی و سازهٔ اصلی در کف و سقف و مجاور والپست‌ها و همچنین اتصالات میان دیوارهای داخلی به دیوارهای پیرامونی و سقف برای دیوارهای سفالی و AAC که از رایج‌ترین بلوک‌های مورداستفاده در ساختمان‌ها می‌باشد، با ارائهٔ اشکالی توضیح داده شد.

دیتیل‌های داده‌شده در این مقاله منطبق بر دستورالعمل جدید پیوست ششم آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ بوده و در آن سعی شده تا با توضیح اتصالات و علل ایجاد آن‌ها هرچند به‌طور مختصر، درک شما خوانندهٔ گرامی از نحوهٔ اجرای دستوالعمل جدید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی بالا برده شود. امید است با ارائهٔ این مقاله گامی هرچند کوچک درجهت ارتقاء کیفیت ساخت‌وساز برداشته شود.

منابع

۱. نیکزاد، خ، ه، منیری امیرسپهر، آثار مطلوب و نامطلوب میان‌قاب‌های آجری بر روی رفتار لرزه‌ای قاب‌های بتنی، پژوهشنامهٔ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی، سال ششم، شماره دوم، ۱۳۷۶.

۲. مهدوی، پ، س، ظهیرصالحی، بررسی عوامل تخریب نماهای ساختمانی در زلزله‌های اخیر کرمانشاه با محوریت بیان اشکالات آیین‌نامه‌ای و اجرایی، دومین کنگرهٔ بین‌المللی علوم مهندسی، آلمان، دانشگاه هامبورگ، ۱۳۹۷.

۳. آیین‌نامهٔ طراحی ساختمان در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ویرایش چهارم، ۱۳۹۳.

۴. راهنمای طراحی سازه‌ای جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه‌ای، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۷.

۵. طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزای غیرسازه‌ای معماری، استاندارد ۲۸۰۰، پیوست ششم، ویرایش چهارم، ۱۳۹۸.

6. Dolˇsek, M, Fajfar, P, 2007, “The effect of masonary infills on the seismic response of a four-story reinforced concrete frame”, a probabilistic approach, Engineering Structures, submitted for publicatio