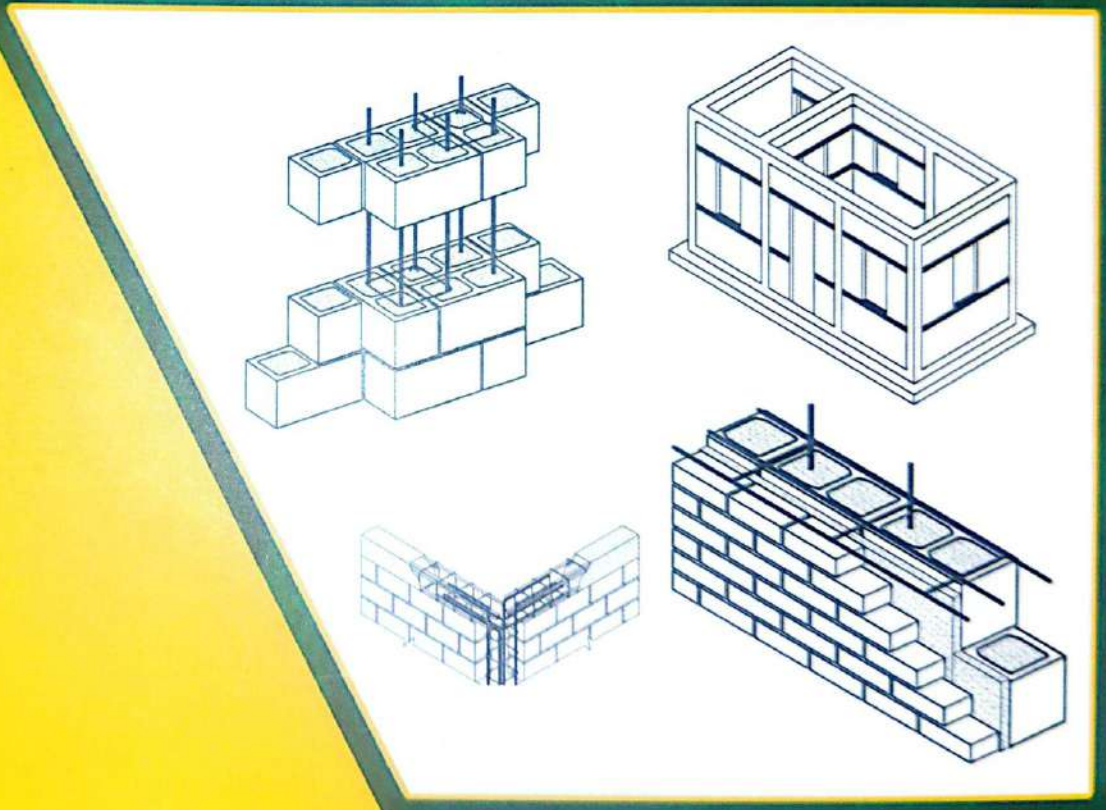
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
وزارت راه و شهرسازی

# راهنمای مبحث هشتم
# مقررات ملّی ساختمان ایران

## (طرح و اجرای ساختمان های با مصالح بنایی)

## بر اساس ویرایش ۹۸ مبحث هشتم



دفتر تدوین مقررات ملّی ساختمان

شماره نشر: ک- ۹۱۰

# ۸-ر-۵ راهنمای فصل پنجم
# (ساختمان‌های بنایی با کلاف)

## ۸-ر-۵-۱ کلیات

*ساختمان بنایی با کلاف، ساختمانی است که با آجر، بلوک سیمانی و یا سنگ ساخته شده و در آن تمام و یا قسمتی از بارهای قائم و تمام بار جانبی در هر دو امتداد اصلی ساختمان توسط دیوارهای بنایی غیرمسلح تحمل می‌شوند. در این ساختمان‌ها، جهت حفظ انسجام و پیوستگی اعضای اصلی ساختمان، شامل دیوارها، سقف و شالوده، از کلاف‌بندی استفاده می‌شود.*

ساختمان بنایی با کلاف (*Confined masonry*) اساسا یک ساختمان بنایی غیر مسلح است که برای حفظ انسجام و پیوستگی اعضای اصلی ساختمان تحت بارهای جانبی ناشی از زلزله توسط یک سیستم پیوسته کلاف‌بندی قائم و افقی تقویت و مهار می‌شود. در زمان وقوع زلزله، چنان‌چه عناصر اصلی ساختمان مانند دیوارها به شکست برسند، سیستم کلاف‌بندی علاوه بر حفظ انسجام ساختمان می‌تواند به عنوان یک سیستم مقاوم ثانویه موقت، با قابلیت بازپخش نیروها، جلوی فروریزش کف‌ها و سقف را بگیرد. رفتار ساختمان‌های بنایی با کلاف که بر اساس ضوابط آیین نامه‌ای ساخته شده‌اند در زلزله‌های گذشته ایران مناسب بوده است. این مسئله، به‌ویژه برای ساختمان‌های یک‌طبقه مشهود می‌باشد. با ضوابط جدیدی که در ویرایش سوم مبحث هشتم برای ساختمان‌های دوطبقه و یا با زیرزمین در نظر گرفته شده است، از جمله کلاف گوشه (دوبل) و محدودیت‌ها و ضوابط کنترل پیچش، انتظار می‌رود با تمهیدات جدید ساختمان‌های دوطبقه و دارای زیرزمین نیز تحت بار زلزله رفتار مطلوب‌تری داشته باشند.

## ۸-ر-۵-۲ محدوده کاربرد

*این فصل از مبحث هشتم مقررات ملّی ساختمان شامل حداقل ضوابط برای اجرای ساختمان‌های بنایی با کلاف می‌باشد. رعایت محدودیت ارتفاع، تعداد طبقات و پلان ساختمان طبق ضوابط بند ۸-۵-۴ الزامی است.*

تعداد طبقات ساختمان‌های بنایی با کلاف، بر اساس ضوابط بند ۸-۵-۴، به دو طبقه به‌علاوه حداکثر یک طبقه زیرزمین و ارتفاع آن به ۸ متر محدود شده است. ساخت این نوع ساختمان، بر اساس ضوابط ارائه شده در این فصل، در کلیه مناطق با خطرهای نسبی زلزله متفاوت و برای کلیه گروه‌های ساختمان به‌لحاظ اهمیت، مجاز می‌باشد.

## ۸-ر-۵-۳ مصالح

*مصالح مصرفی باید با کلیه مقررات و ضوابط ارائه شده در مبحث پنجم مقررات ملّی ساختمان و فصل دوم این مبحث مطابقت داشته باشد.*

به راهنمای فصل دوم مبحث رجوع شود.

## ۸-ر-۵-۴ الزامات معماری

### ۸-ر-۵-۴-۱ پلان ساختمان

*پلان ساختمان باید واجد ویژگی‌های زیر باشد:*

*۱- طول ساختمان از سه برابر عرض آن یا ۲۵ متر بیشتر نباشد.*

*۲- نسبت به هر دو محور اصلی تقریباً قرینه باشد.*

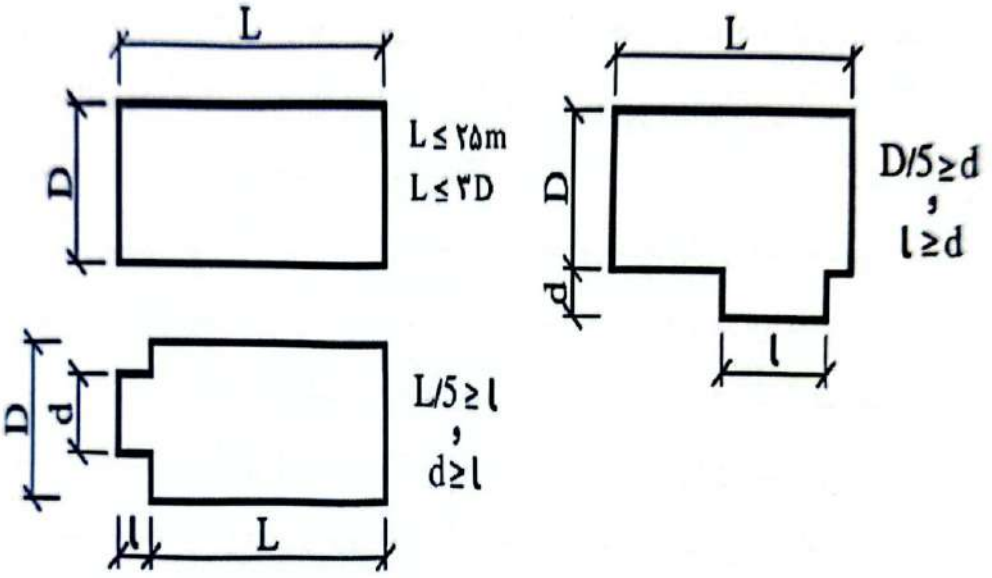
*۳- پیشامدگی‌های آن الزامات زیر را برآورده نماید:*

*الف- اندازه پیشامدگی در هر راستا نباید از یک‌پنجم بُعد ساختمان در همان راستا بیشتر باشد. علاوه بر آن، بعد دیگر پیشامدگی نباید از مقدار پیشامده کمتر باشد.*

*ب- چنان‌چه اتصال قسمت پیشامده با ساختمان، بیش از نصف بُعد ساختمان در آن راستا باشد، این قسمت پیشامدگی تلقی نمی‌شود و در این صورت محدودیتی برای بُعد دیگر وجود ندارد مشروط بر آن که پلان ساختمان نامتقارن نشود.*

*در صورت نداشتن هر یک از الزامات فوق، باید با ایجاد درز لرزه‌ای، مطابق بند ۸-۳-۳-۲، ساختمان را به قطعات مناسب تقسیم نمود، به‌گونه‌ای که هر قطعه واجد شرایط یاد شده باشد. لازم نیست که درز لرزه‌ای در پی ساختمان ادامه یابد.*

الزامات این بند عمدتا برای جلوگیری از تشکیل لنگرهای پیچشی قابل توجه در ساختمان در اثر اعمال نیروهای جانبی، مانند نیروی زلزله می‌باشد. برای این منظور، پلان ساختمان باید نسبت به هر دو محور اصلی تقریبا متقارن باشد. محدودیت نسبت طول به عرض ساختمان نیز در همین مقوله می‌گنجد. این محدودیت و محدودیت‌های مربوط به پیش‌آمدگی (عدم تقارن) در پلان ساختمان در شکل ۸-ر-۵-۱ نشان داده شده است.




**شکل ۸-ر-۵-۱ محدودیت پیش‌آمدگی در پلان ساختمان**

چنان‌چه هر کدام از الزامات بند ۸-۵-۴-۱ برآورده نشود، لازم است با استفاده از درز انقطاع (درز لرزه‌ای)، مطابق بند ۸-ر-۳-۳-۲، ساختمان به قسمت‌های مجزا تقسیم شود.

### ۸-ر-۵-۴-۲ ارتفاع و تعداد طبقات ساختمان

*در مورد ساختمان‌های مشمول این فصل رعایت نکات زیر الزامی است:*

*۱- حداکثر تعداد طبقات بدون احتساب زیرزمین به دو محدود می‌شود.*

*۲- در احتساب تعداد طبقات، تراز روی سقف زیرزمین نباید نسبت به متوسط تراز زمین مجاور بیش از ۱/۵ متر باشد، در غیر این صورت، زیرزمین نیز به‌عنوان طبقه‌ای از ساختمان منظور می شود. به‌علاوه، تفاوت تراز سقف زیرزمین با تراز زمین در پایین دست ساختمان نباید از ۲ متر بیشتر باشد. در غیر این صورت، این طبقه نیز به‌عنوان یک طبقه منظور می‌شود.*

*۳- حداکثر تعداد طبقات زیرزمین یک طبقه می‌باشد.*

*۴- تراز روی بام نسبت به متوسط تراز زمین مجاور نباید بیش از ۸ متر باشد.*

*۵- ارتفاع طبقه (از روی کلاف زیر دیوار یا پی بتنی تا زیر سقف) نباید از ۴ متر بیشتر باشد. چنان‌چه ارتفاع طبقه بیشتر از این مقدار در نظر گرفته شود، باید یک کلاف افقی اضافی در داخل دیوارها و در تراز حداکثر ۴ متر بالاتر از روی کلاف زیر دیوار تعبیه شود. در صورت اخیر می‌توان ارتفاع طبقه را تا حداکثر ۶ متر افزایش داد.*

*۶- حداکثر ارتفاع زیر زمین، از روی پی بتنی یا کلاف زیر دیوار تا زیر سقف زیرزمین، ۲/۵ متر می‌باشد.*

در این بند، ارتفاع بام از تراز متوسط زمین مجاور به ۸ متر و حداکثر تعداد طبقات ساختمان به دو، به‌علاوه حداکثر یک طبقه زیرزمین، محدود شده است.

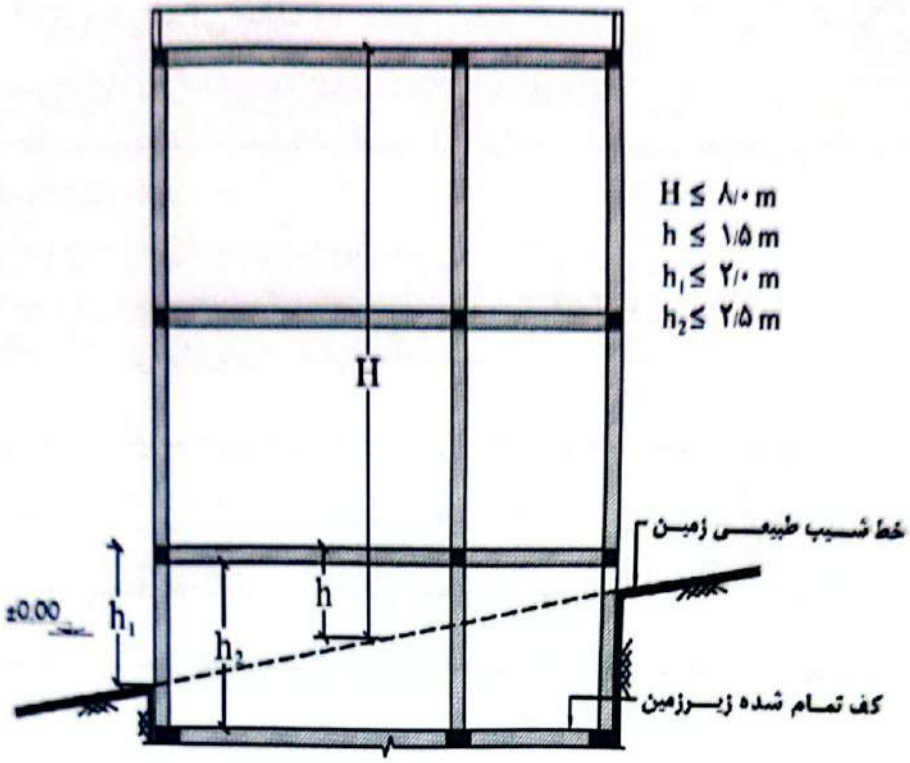
۱- منظور از زمین مجاور، زمین طبیعی متراکم و یا زمین دست‌ریز کوبیده شده و یا زمین زیرسازی شده با مصالح بنایی یا بتنی است که دور تا دور ساختمان و کاملا چسبیده به آن قرار داشته باشد. در زمین‌های شیب‌دار یا در صورتی‌که زمین های مجاور دارای اختلاف سطح باشند، تراز زمین مجاور، میانگین ترازهای زمین پیرامون ساختمان درنظر گرفته می‌شود.

۲- چنانچه ساختمان دارای زیرزمین باشد و زمین مجاور به دیوارهای پیرامونی زیرزمین کاملا چسبیده نباشد، ارتفاع بام از تراز کف تمام شده زیرزمین لحاظ می‌شود (به شکل ۸-ر-۵-۲ رجوع شود).

۳- زیرزمین به طبقه‌ای گفته می‌شود که تراز کف تمام‌شده آن پایین‌تر از تراز متوسط زمین مجاور بوده و تراز روی سقف آن حداکثر ۱/۵ متر بالاتر از تراز متوسط زمین مجاور باشد. هم‌چنین، دیوارهای زیرزمین باید کاملا به زمین مجاور چسبیده باشند. چنان‌چه هر کدام از شرایط فوق برقرار نباشد، زیرزمین به عنوان یک طبقه کامل درنظر گرفته می‌شود (شکل ۸-ر-۵-۲).

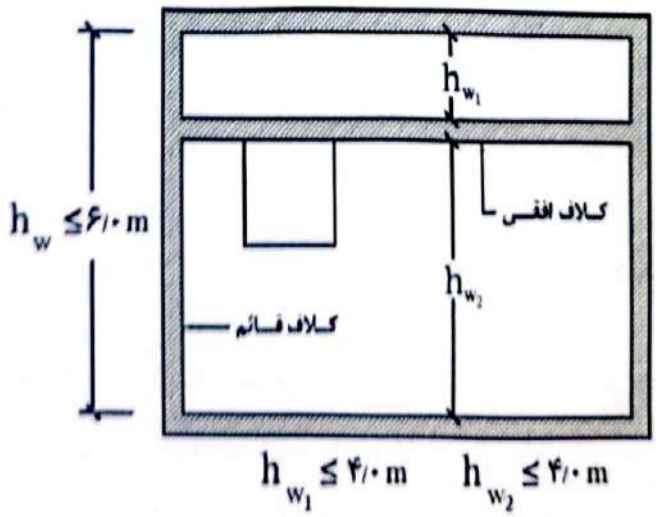
۴- هم‌چنین، چنان‌چه پیش بینی شود پس از ساخت ساختمان، به علت گودبرداری زمین مجاور برای احداث ساختمان یا ساختمان‌های دیگر، شرایط فوق دیگر برقرار نباشد، لازم است زیرزمین به عنوان یک طبقه کامل درنظر گرفته شود.

۵- حداکثر ارتفاع زیرزمین، از روی پی بتنی، یا کلاف زیر دیوار، تا زیر سقف زیرزمین، ۲/۵ متر می باشد.




**شکل ۸-ر-۵-۲ ضوابط تعداد طبقات و ارتفاع ساختمان**

۶- حداکثر ارتفاع هر طبقه، از روی کلاف زیر دیوار آن طبقه تا زیر سقف آن طبقه، ۴ متر می‌باشد. در صورت نیاز به افزایش ارتفاع طبقه تا حداکثر ۶ متر، لازم است یک کلاف افقی سرتاسری در ترازی حداکثر ۴ متر بالاتر از کلاف افقی زیر دیوار طبقه تعبیه گردد (شکل ۸-ر-۵-۳).




**شکل ۸-ر-۵-۳ ضوابط ارتفاع طبقه**

## ۸-ر-۵-۴-۳ پیش‌آمدگی سقف

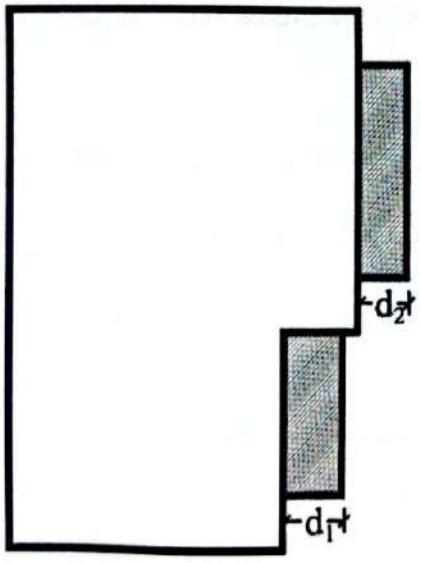
*در صورت وجود پیش‌آمدگی سقف لازم است ضوابط زیر رعایت شوند:*

*۱- طول پیش‌آمده طره در مورد بالکن‌های سه طرف باز از ۱/۲ متر و برای بالکن‌های دو طرف باز از ۱/۵ متر بیشتر نباشد.*

*۲- طره‌ها باید بخوبی در سقف طبقه مهار شوند.*

*۳- روی هیچ قسمت پیش‌آمدگی ساختمان نباید دیواری ساخته شود ولی ساخت جان‌پناه بنایی تا ارتفاع ۵۰۰ میلی‌متر از روی کف تمام شده مجاز است.*

پیشامدگی سقف به‌صورت طره برای اجرای بالکن در صورتی مجاز است که طول پیش‌آمدگی برای بالکن‌های سه‌طرف باز از ۱/۲ متر و برای بالکن‌های دوطرف باز از ۱/۵ متر بیشتر نباشد (به شکل ۸-ر-۵-۴ رجوع شود). در بالکن دوطرف باز، لبه بسته پیش‌آمدگی عمود بر امتداد پیش‌آمدگی، باید به سقف مجاور کاملا متصل باشد. در غیر این‌صورت، یک بالکن سه‌طرف باز محسوب می‌شود.

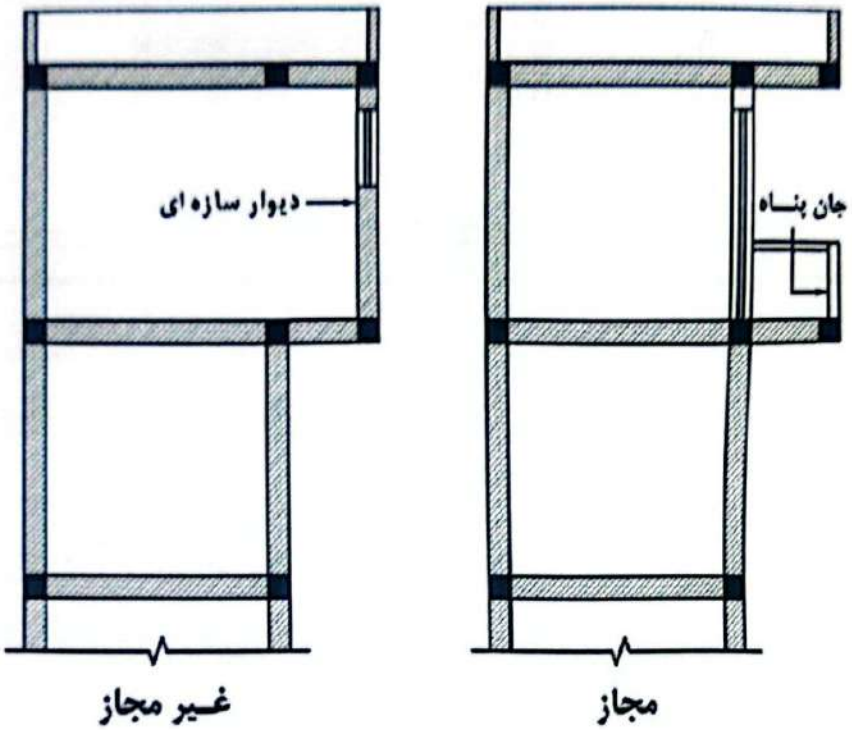



$d_1 \leq ۱/۵\ m$ ، $d_2 \leq ۱/۲\ m$

**شکل ۸-ر-۵-۴ ضوابط پیش‌آمدگی سقف در پلان ساختمان**

هم‌چنین، مطابق شکل ۸-ر-۵-۵، که مقطع قائم یک ساختمان را نشان می‌دهد، روی هیچ قسمت پیش‌آمدگی سقف نباید دیواری ساخته شود، ولی ساخت جان‌پناه بنایی بر روی پیش‌آمدگی، به ارتفاع حداکثر ۵۰۰ میلی‌متر با توجه به الزامات بند ۸-۵-۵-۷ مجاز می‌باشد. ارتفاع جان‌پناه را

می‌توان با استفاده از نرده فلزی و یا چوبی افزایش داد. در این صورت، لازم است نرده به جان‌پناه بنایی به‌نحو مناسب وصل گردد.

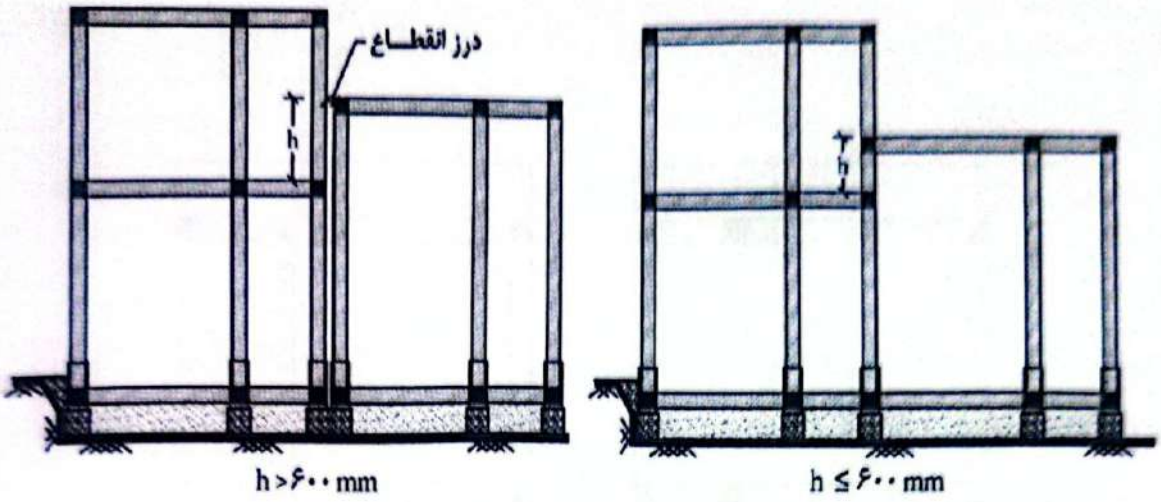



**شکل ۸-ر-۵-۵ عدم اجرای دیوار بر روی قسمت پیش‌آمده**

### ۸-ر-۵-۴-۴ اختلاف سطح سقف در طبقه

*حتی‌المقدور از ایجاد اختلاف سطح در طبقه پرهیز شود چنان‌چه اختلاف سطح در طبقه بیشتر از ۶۰۰ میلی‌متر نباشد، باید در انتهای هر قسمت از سقف یک کلاف افقی مجزا در دیوار، حد فاصل دو قسمتی که اختلاف سطح دارند، اجرا شود و یا اینکه دو قسمت ساختمان به‌وسیله درز لرزه‌ای از یکدیگر جدا شوند. چنان‌چه اختلاف سطح بیش از ۶۰۰ میلی‌متر باشد، لازم است دو قسمت ساختمان بوسیله درز لرزه‌ای از یکدیگر جدا شوند.*

وجود اختلاف سطح در سقف طبقه و یا اجرای نیم‌طبقه باعث نامنظمی ساختمان در ارتفاع گردیده و لنگر برون‌صفحه قابل توجهی به دیوار مشترک وارد می‌کند. لذا، تعبیه کلاف افقی مجزا در انتهای هر قسمت سقف در دیوار مشترک و یا ایجاد درز انقطاع در ساختمان، براساس ضوابط مندرج در بند ۸-۵-۴-۴ الزامی است (به شکل ۸-ر-۵-۶ رجوع شود).




**شکل ۸-ر-۵-۶ اختلاف سطح در طبقه**

## ۸-ر-۵-۵ الزامات سازه‌ای

### ۸-ر-۵-۵-۱ الزامات عمومی

*در مورد ملاحظات سازه‌ای ساختمان‌های مشمول این فصل، رعایت موارد کلی زیر الزامی است:*

*۱- تمامی اعضای ساختمان باید به‌گونه مناسبی به هم پیوسته باشند تا ساختمان در برابر نیروهای وارده به طور یک‌پارچه عمل‌کند. به‌ویژه سقف باید با حفظ انسجام خود به صورت یک‌پارچه، علاوه بر تحمل و انتقال نیروی ثقلی، نیروی ناشی از زلزله را نیز به اعضای قائم منتقل نماید.*

*۲- ساختمان باید دارای تقارن سازه‌ای مناسب باشد، در غیر این صورت باید از درز لرزه‌ای استفاده شود.*

*۳- از قرار دادن اجزای ساختمانی، تأسیسات و یا اجسام سنگین روی طره‌ها، اعضای لاغر، دهانه‌های بزرگ و بام پرهیز شود.*

اعضای سازه‌ای یک ساختمان بنایی با کلاف، شامل اعضای افقی و قائم، به شرح زیر می‌باشند:

**الف) اعضای افقی** (به شکل ۸-ر-۵-۷ رجوع شود):

۱- شالوده: برای انتقال مطلوب‌تر نیروی دیوار و پی به خاک

۲- کرسی: برای رسیدن به تراز مطلوب جهت اجرای پی و دیوار

۳- پی بتنی: برای انتقال نیروی دیوار به شالوده و یا خاک

۴- کلاف افقی زیر دیوار: بجای پی بتنی، برای انتقال نیروی دیوار به شالوده و جزئی از سیستم کلاف‌بندی

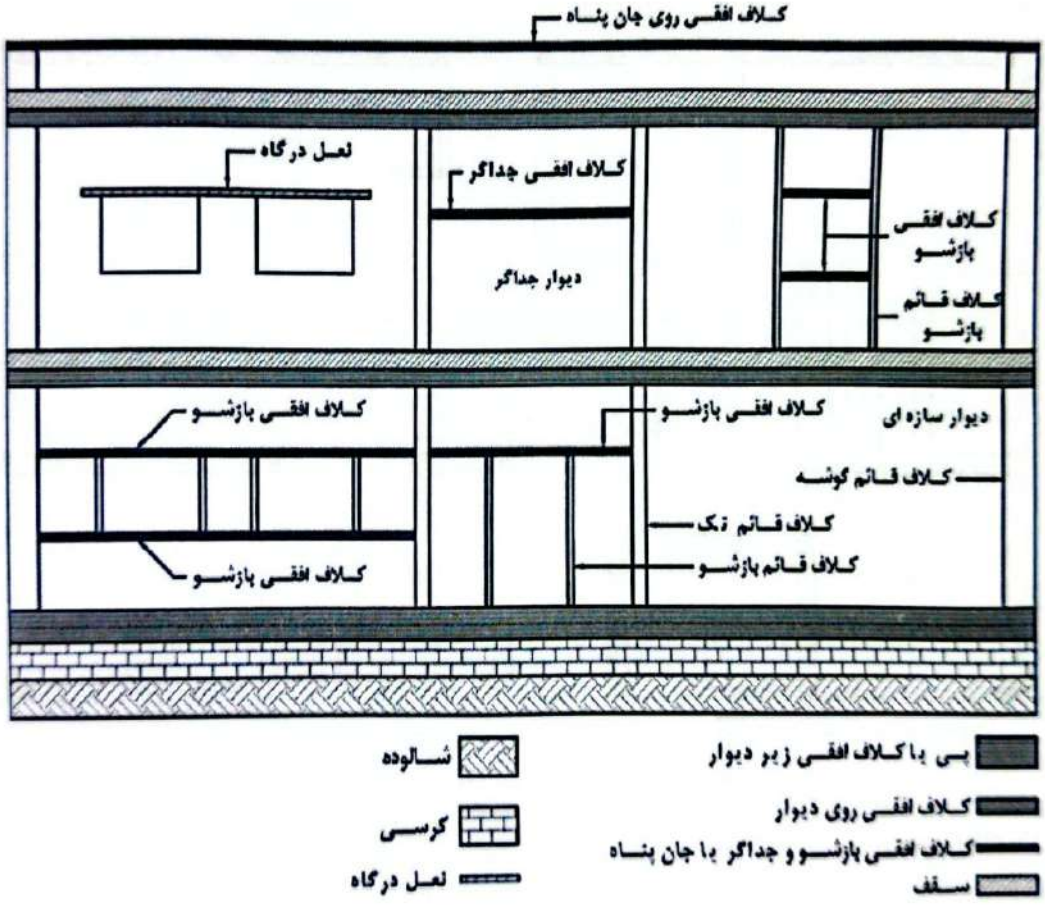
۵- کلاف افقی روی دیوار: برای انتقال نیروی کف سقف به دیوار و جزئی از سیستم کلاف‌بندی

۶- کلاف افقی بازشو: برای مهار و تقویت لبه‌های افقی بازشو و بجای نعل درگاه

۷- کلاف افقی دیوار جداگر: برای مهار و تقویت لبه افقی آزاد دیوار جداگر

۸- کلاف افقی روی جان‌پناه: برای مهار و تقویت لبه آزاد بالای جان‌پناه

۹- نعل درگاه: معادل یک تیر، برای انتقال بار دیوار و سقف بالای بازشو




**شکل ۸-ر-۵-۷ اعضای سازه‌ای افقی ساختمان بنایی با کلاف**

**ب) اعضای قائم** (به شکل ۸-ر-۵-۸ رجوع شود):

۱- دیوار سازه‌ای باربر: برای انتقال بارهای ثقلی

۲- دیوار سازه‌ای برشی: برای تحمل بارهای جانبی ناشی از زلزله و قابل استفاده در محاسبه دیوار نسبی

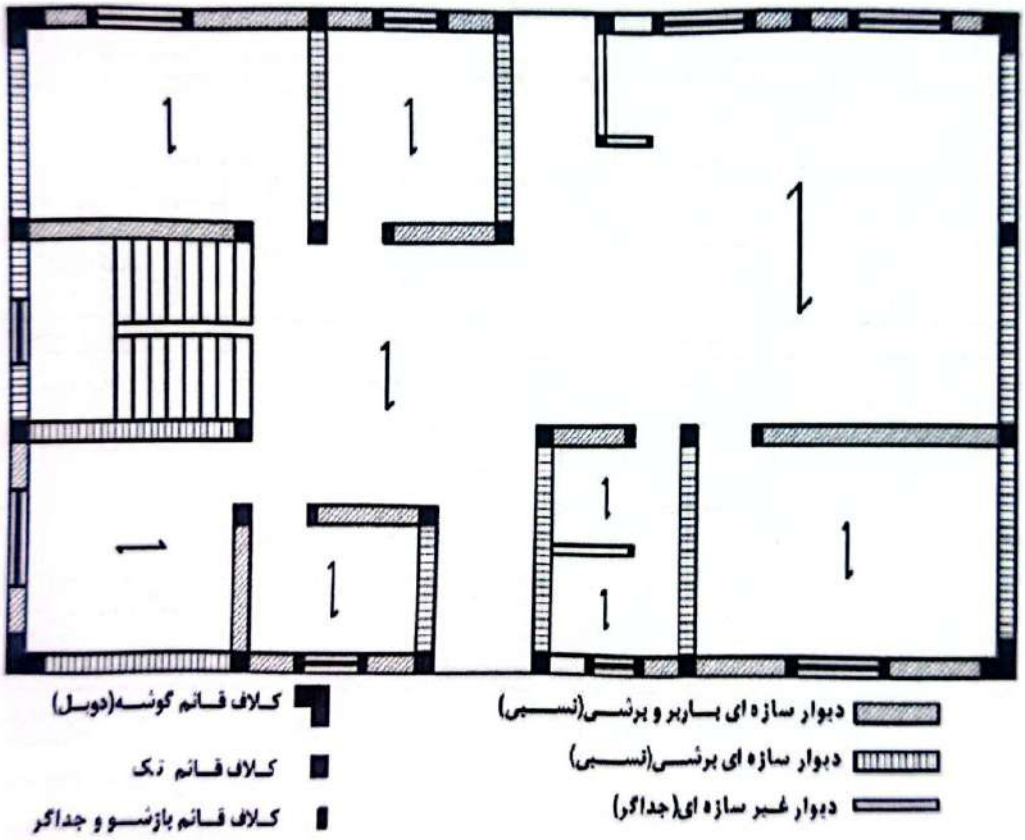
۳- دیوار غیرسازه ای جداگر: برای جدا کردن فضاهای داخل ساختمان

۴- کلاف قائم گوشه: جزئی از سیستم کلاف‌بندی در گوشه‌های ساختمان

۵- کلاف قائم تک: جزئی از سیستم کلاف‌بندی ساختمان

۶- کلاف قائم بازشو: برای مهار و تقویت لبه قائم بازشو

۷- کلاف قائم دیوار جداگر: برای مهار و تقویت لبه آزاد دیوار جداگر




**شکل ۸-ر-۵-۸ اعضای قائم ساختمان بنایی با کلاف**

## ۸-ر-۵-۵-۲ شالوده و پی

*پی ساختمان‌های مشمول این فصل می‌تواند از نوع بتن مسلح و یا ترکیب کرسی‌چینی و کلاف بتنی زیر دیوار باشد. شالوده و پی ساختمان‌های مشمول این فصل لازم است با رعایت ضوابط زیر ساخته شوند:*

پی باید در یک تراز ساخته شود. در زمین‌های شیب‌دار برای اجرای پی بتنی یا کلاف زیر دیوار می‌توان با کرسی‌چینی به تراز مورد نظر دست یافت. چنان‌چه، به هر دلیل، ساخت پی یا شالوده ساختمان در یک تراز ممکن نباشد، می‌توان آن را در چند بخش و در ترازهای مختلف، با رعایت ضوابط مورد ۲ بند ۸-۵-۵-۲-۱ اجرا کرد.

### ۸-ر-۵-۵-۲-۱ شالوده

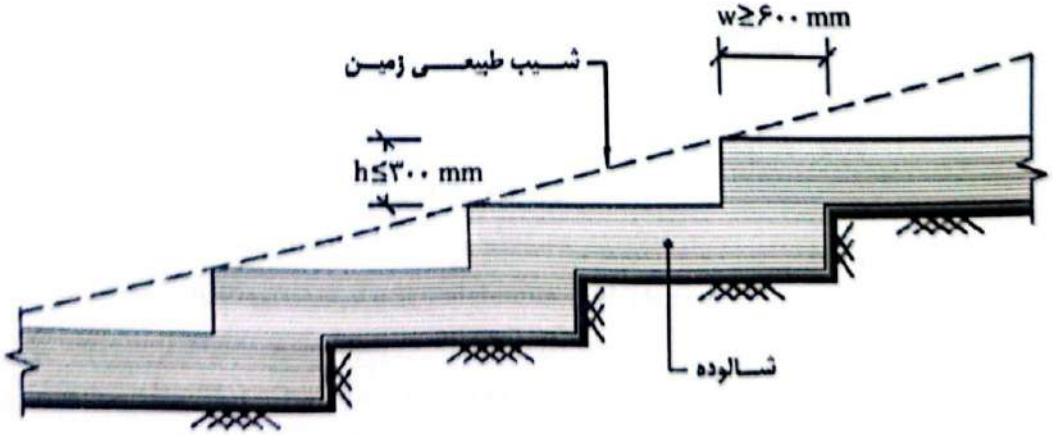
*شالوده قسمتی از پی‌سازی است که زیر پی بتنی و یا کلاف بتنی زیر دیوار اجرا می‌شود. در ساخت شالوده الزامات زیر باید رعایت شوند.*

شالوده به منظور پخش مناسب‌تر بار ساختمان بر روی سطح وسیع‌تری از زمین زیر پی و یا کلاف زیر دیوار اجرا می‌شود.

*۱- شالوده باید در یک تراز ساخته شود و هر گاه احداث شالوده، به هر دلیل، در یک تراز ممکن نباشد، هر بخش از شالوده باید به‌صورت افقی در یک تراز قرار گیرد.*

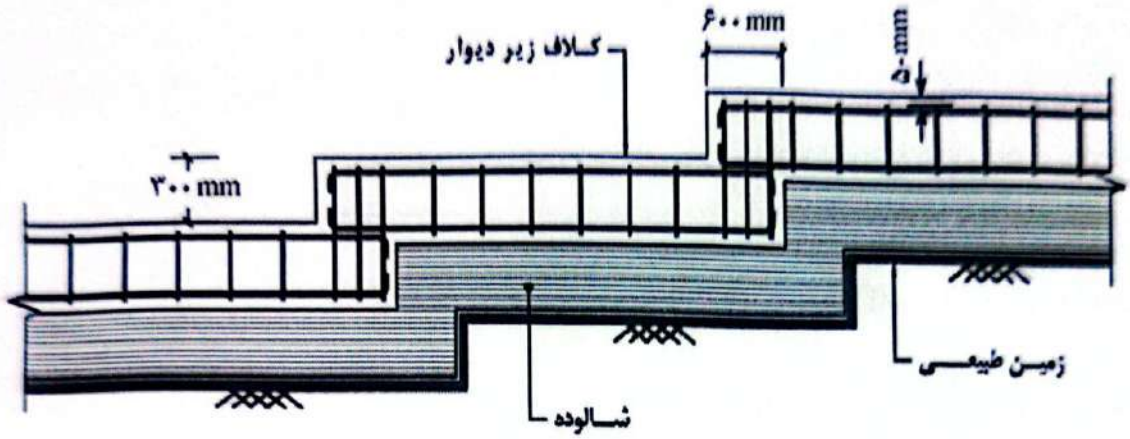
*۲- ساخت شالوده شیب‌دار مجاز نیست. در زمین‌های شیب‌دار چنان‌چه ساخت شالوده ساختمان در یک تراز ممکن نباشد باید از شالوده پلکانی استفاده شود، به‌طوری که قسمت‌های مختلف شالوده در امتداد افقی حداقل ۶۰۰ میلی‌متر هم‌پوشانی داشته و ارتفاع هر پله نباید بیش از ۳۰۰ میلی‌متر باشد.*

چنان‌چه، به هر دلیل، ساخت پی یا شالوده ساختمان در یک تراز ممکن نباشد، می‌توان آن‌را در چند بخش و در ترازهای مختلف، با رعایت ضوابط مورد ۲ بند ۸-۵-۵-۲-۱ اجرا کرد. در این صورت، هر بخش از پی یا شالوده باید مطابق شکل ۸-ر-۵-۹ به‌صورت افقی اجرا شود.




**شکل ۸-ر-۵-۹ اجرای شالوده در چند تراز (پلکانی)**

لازم است پی بتنی و یا کلاف زیر دیوار در ترازهای مختلف به‌نحو مناسب به یکدیگر متصل شوند. برای اتصال بخش‌های مختلف کلاف زیر دیوار می‌توان از جزئیات ارائه شده در شکل ۸-ر-۵-۱۰ استفاده نمود.




**شکل ۸-ر-۵-۱۰ اجرای کلاف زیر دیوار بر روی شالوده پلکانی**

*۳- برای اجرای شالوده، پی‌کنی باید تا رسیدن به لایه خاک مقاوم انجام شود. همچنین، عمق پی‌کنی نباید از ۸۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

بدنه پی‌کنی باید به‌صورت قائم و زاویه‌های کنج آن باید ۹۰ درجه باشند.

*۴- عمق شالوده نباید از ۵۰۰ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین، عرض شالوده نباید از ۱/۵ برابر عرض کرسی‌چینی یا عرض دیوار (در صورت عدم وجود کرسی‌چینی) کمتر باشد.*

*۵- در زمین‌های سنگی، که پی‌کنی بدون استفاده از دستگاه‌های ضربه‌ای دشوار می‌باشد، اجرای شالوده الزامی نیست.*

در این صورت، پس از تسطیح سنگ زیر پی، مطلوب است بتن تسطیح (مگر) به ضخامت حداقل ۱۰۰ میلی‌متر اجرا شود.

*۶- شالوده باید به یکی از روش‌های زیر اجرا شود:*

*الف- شفته آهکی، با عیار حداقل ۳۵۰ کیلوگرم آهک در مترمکعب.*

*ب- سنگ لاشه غوطه‌ای در بتن با عیار ۲۵۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب*

*پ- سنگ‌کاری با ملات ماسه-سیمان یا باتارد*

*ت- بتن با عیار ۲۵۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب*

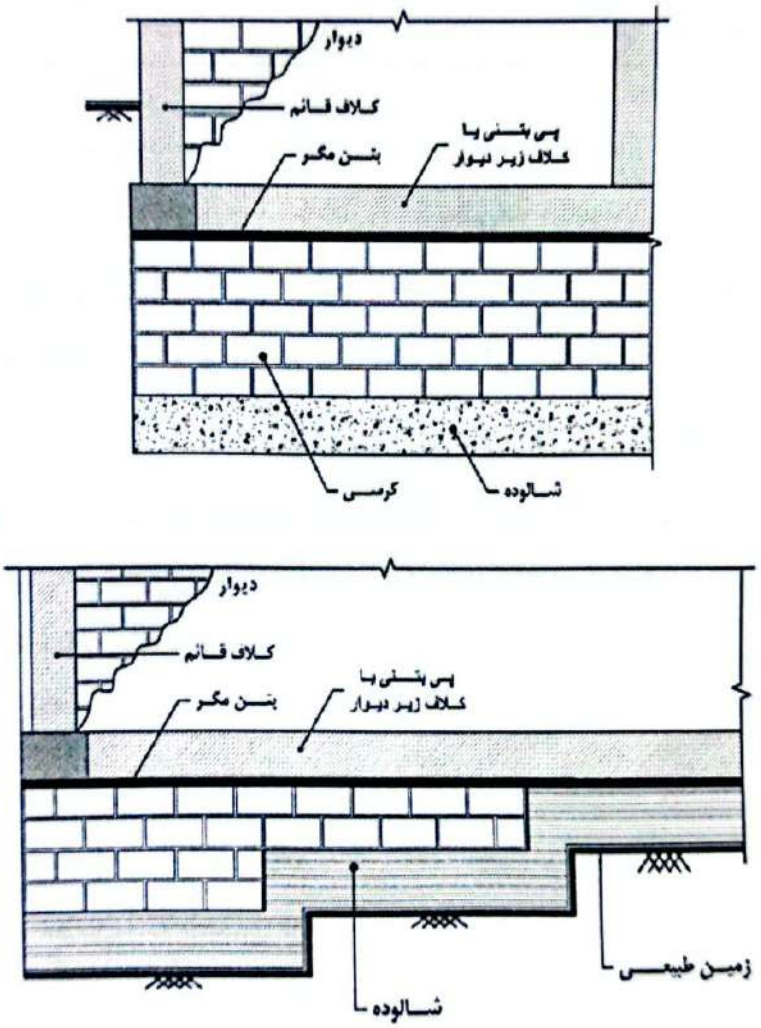
*۷- اجرای شالوده به صورت خشکه‌چینی با سنگ مجاز نمی‌باشد.*

### ۸-ر-۵-۵-۲-۲ کرسی‌چینی

کرسی قسمتی از پی‌سازی است که به منظور رسیدن به تراز مورد نظر برای اجرای پی یا کلاف زیر دیوار انجام می‌شود. در کرسی‌چینی رعایت موارد زیر الزامی است.

۱- کرسی‌چینی باید از روی سطح بتن یا شفته آهک تسطیح روی شالوده تا پی بتنی و یا کلاف زیر دیوار ادامه داشته باشد.

می‌توان کرسی‌چینی را، مطابق شکل ۸-ر-۵-۱۱، در یک تراز و یا چند تراز به‌صورت پله‌ای اجرا نمود




**شکل ۸-ر-۵-۱۱ کرسی‌چینی در یک تراز و یا چند تراز**

۲- عرض کرسی در تراز روی شالوده، نباید از بیشترین دو مقدار زیر کمتر باشد.

الف- نصف ارتفاع کرسی

ب- مقادیر مندرج در جدول ۸-۵-۱، بر حسب تعداد طبقات و نوع خاک ساختگاه.

جدول ۸-۵-۱ حداقل عرض کرسی‌چینی

| نوع خاک محل ساخت | تعداد طبقات (با احتساب زیر زمین) | | |
|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ |
| | عرض کرسی‌چینی (میلی‌متر) | | |
| خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها بیش از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باشد | ۳۰۰ | ۴۰۰ | ۶۰۰ |
| خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها بین ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باشد | ۳۵۰ | ۵۰۰ | ۷۰۰ |
| خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها بین ۱ تا ۱/۵ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باشد | ۴۰۰ | ۷۰۰ | ۱۰۰۰ |

*۳- عرض کرسی در تراز زیر دیوار باید حداقل ۱۰۰ میلی‌متر بیشتر از عرض دیوار باشد.*

عرض کرسی‌چینی در تراز بالای آن باید حداقل ۱۰۰ میلی‌متر از عرض پی بتنی و یا کلاف افقی زیر دیوار، که بر روی آن قرار می‌گیرند، بیشتر باشد. این اضافه عرض باید برای دیوارهای میانی ساختمان به‌صورت قرینه در دو سمت منظور شده و برای دیوارهای بیرونی سمت معبر و یا همسایه، به‌واسطه مسائل مالکیتی، تماما در سمت داخل اجرا شود (شکل ۸-ر-۵-۱۲).

*۴- لازم است کرسی‌چینی با ۲۰ میلی‌متر ملات ماسه-سیمان با نسبت سیمان به ماسه یک به دو پوشانده شود.*

*۵- لازم است کرسی‌چینی با استفاده از سنگ لاشه، آجر یا بلوک سیمانی توپر و ملات ماسه-سیمان، یا ماسه-سیمان-آهک، تعریف شده در فصل دوم این مبحث، اجرا شود.*

*۶- در صورت استفاده از بلوک سیمانی حفره‌دار، لازم است حفره‌ها از بتن یا ملات کاملا پر شوند.*

می‌توان کرسی‌چینی را به یکی از روش‌های زیر انجام داد.

۱- آجر توپر با ملات ماسه-سیمان و یا باتارد.

۲- بلوک سیمانی با ملات ماسه-سیمان که حفره‌های آن کاملا با ملات یا بتن پر شده باشد.

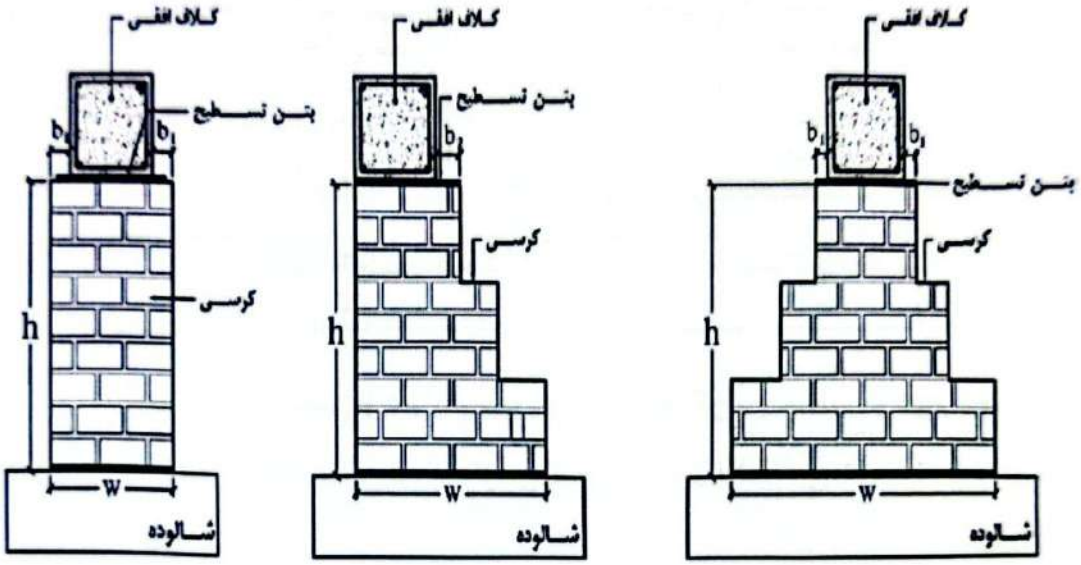
۳- سنگ لاشه غوطه‌ای در بتن با عیار ۲۵۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب.

*۷- در زمین‌های مرطوب، در صورت استفاده از آجر در کرسی‌چینی، مصرف آجرهای ماسه آهکی یا رسی مرغوب (مهندسی) الزامی است.*

در زمین‌های مرطوب مصرف آجرهای ماسه آهکی یا آجر فشاری مرغوب با حداقل مقاومت فشاری ۵ مگاپاسکال الزامی است. در چنین زمین‌هایی، استفاده از آجر فشاری یا گری سنتی با کیفیت پایین که در آن مقادیری آهک یا گچ زنده (نشکفته) وجود داشته باشد مناسب نمی‌باشد.

*۸- در صورت نیاز، می‌توان کرسی‌چینی را در مقطع به صورت پله‌ای (هرمی) و با رعایت موارد فوق در رابطه با حداقل عرض در تراز زیر و بالای کرسی، اجرا کرد.*

نمونه‌هایی از اجرای کرسی به‌صورت وجه قائم، وجه پله‌ای یک‌طرفه و وجه پله‌ای دوطرفه در شکل ۸-ر-۵-۱۲ نشان داده شده است.

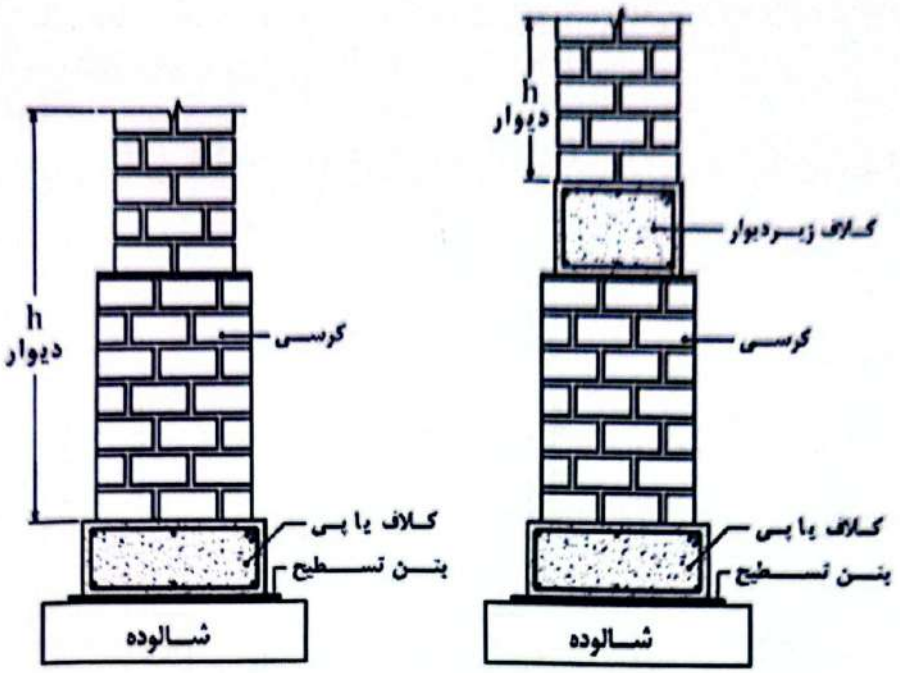



$W \geq \frac{1}{2} h$ و $b_1 \geq ۵۰mm$ و $b_2 \geq ۱۰۰mm$

**شکل ۸-ر-۵-۱۲ نمونه‌هایی از اجرای کرسی**

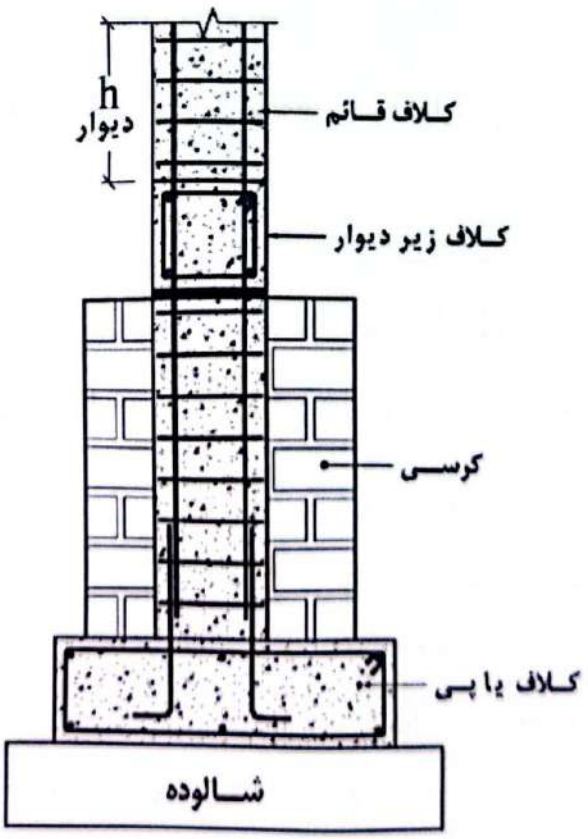
چنان‌چه، به هر دلیل، کرسی‌چینی زیر دیوار، بر روی پی بتنی و یا کلاف افقی پی اجرا شود، این کرسی به عنوان قسمتی از دیوار به‌حساب آمده و در محاسبه ارتفاع دیوار (فاصله روی پی بتنی یا کلاف افقی زیر دیوار تا زیر سقف) باید در نظر گرفته شود (به شکل ۸-ر-۵-۱۳-ب رجوع شود).

چنان‌چه پس از اجرای کرسی، زمین دو طرف آن متراکم شود، آن قسمت از کرسی‌چینی که محصور شده است بخشی از دیوار به‌حساب نیامده، مشروط بر آن‌که در تراز بالای قسمت محصور شده یک کلاف افقی تعبیه گردد. در این صورت، ارتفاع دیوار از روی کلاف تعبیه شده محاسبه می‌شود. در هر صورت، کلاف قائم باید از درون کرسی‌چینی، تا پی بتنی و یا کلاف افقی پی ادامه داشته و به آن وصل شود (به شکل ۸-ر-۵-۱۴ رجوع شود).




(الف) کرسی قسمتی از دیوار نیست (ب) کرسی قسمتی از دیوار است

شکل ۸-ر-۵-۱۳ کرسی‌چینی بر روی کلاف یا پی




شکل ۸-ر-۵-۱۴ امتداد کلاف قائم تا پی و یا پایین‌ترین کلاف

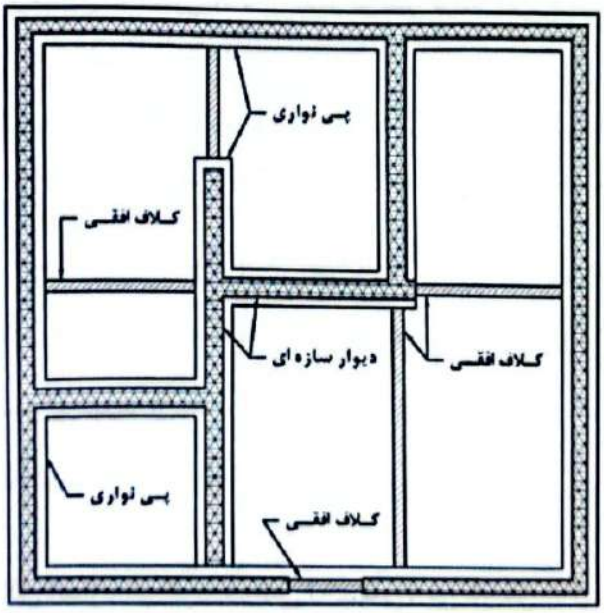
### ۸-ر-۵-۵-۲-۳ پی بتن آرمه

*در صورتی‌که از پی بتن‌آرمه استفاده شود، رعایت موارد زیر الزامی است:*

*۱- مقاومت فشاری (مشخصه) بتن مورد استفاده در پی حداقل ۲۰ مگاپاسکال باشد.*

*۲- مقاومت کششی میلگرد مورد استفاده در پی حداقل ۲۴۰ مگاپاسکال باشد.*

چنان‌چه برای حمل بار دیوارهای سازه‌ای ساختمان از پی بتنی استفاده شود، این پی باید به‌صورت پی نواری در زیر کلیه دیوارهای سازه‌ای باربر اجرا شود. در زیر دیوارهای بیرونی ساختمان لازم است پی نواری به‌صورت پیوسته اجرا شود. چنان‌چه هر کدام از دیوارهای سازه‌ای داخل ساختمان در هر امتداد تا دیوار بیرونی عمود بر آن ادامه پیدا نکند، می‌توان پی نواری آن دیوار را ۱۰۰ میلی‌متر فراتر از انتهای دیوار قطع کرده و در امتداد آن از کلاف بتنی استفاده نمود. این کلاف بتنی باید تا پی بیرونی عمود بر آن و یا پی دیوار سازه‌ای مجاور ادامه یابد (به شکل ۸-ر-۵-۱۵ رجوع شود). هم‌چنین، مناسب است زیر کلیه دیوارهای غیرسازه‌ای و جداگر کلاف بتنی اجرا شود.

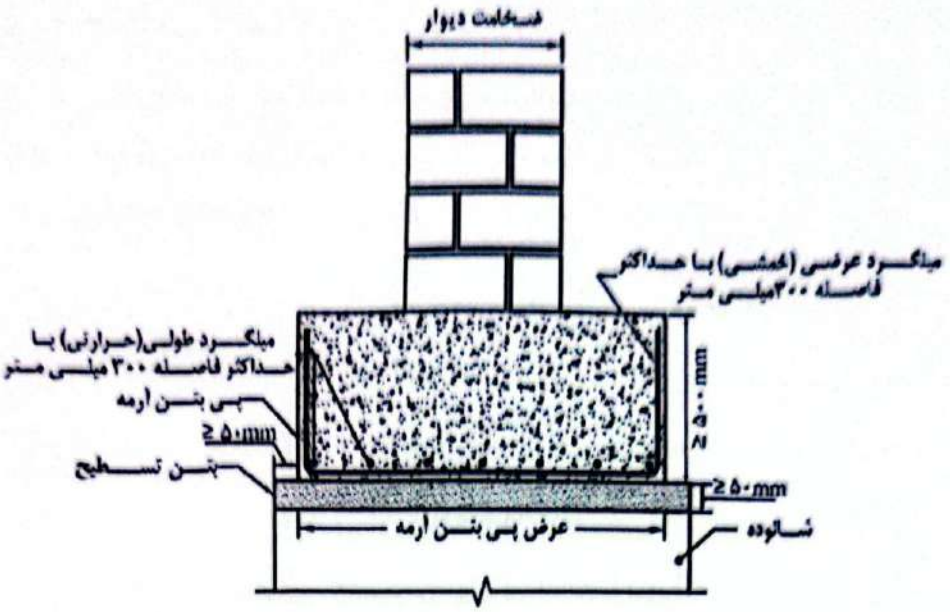



**شکل ۸-ر-۵-۱۵ اجرای پی نواری و کلاف افقی اتصال**

*۳- در زیر پی، بتن تسطیح به عرض حداقل ۱۰۰ میلی‌متر بیشتر از عرض پی و ضخامت حداقل ۵۰ میلی‌متر اجرا شود.*

*۴- عرض پی نباید از ۱/۵ برابر عرض دیوار و یا ۶۰۰ میلی‌متر، هر کدام که بیشتر است، کمتر باشد. همچنین عمق پی نباید از ۵۰۰ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود*

*برای جزئیات به شکل ۸-ر-۵-۱۶ رجوع شود.*




**شکل ۸-ر-۵-۱۶ جزئیات پی بتن آرمه**

*۵- میلگرد عرضی پی بر مبنای میزان میلگرد خمشی مورد نیاز یک پی نواری بتنی جهت انتقال نیروی محوری دیوار محاسبه شده و نباید از مقادیر مندرج در جدول ۸-۵-۲ کمتر در نظر گرفته شود. همچنین، فاصله بین میلگردهای عرضی نباید از ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.*

*۶- میلگرد طولی پی بر مبنای میزان میلگرد حرارتی مورد نیاز یک پی نواری بتنی در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور می‌توان از میلگردهای به قطر ۱۲ میلی‌متر با حداکثر فاصله ۳۰۰ میلی‌متر استفاده نمود.*

طراحی پی نواری بتنی طبق الزامات مندرج در مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان انجام می‌شود. میلگرد عرضی پی بر مبنای میزان میلگرد خمشی مورد نیاز یک پی نواری بتنی جهت انتقال نیروی محوری دیوار محاسبه شده و نباید از مقادیر مندرج در جدول ۸-۵-۲ کمتر در نظر گرفته شود. برخی الزامات پی بتن‌آرمه در شکل ۸-ر-۵-۱۶ نشان داده شده است.

**جدول ۸-۵-۲ حداقل اندازه میلگرد عرضی (خمشی) پی در هر ۳۰۰ میلی‌متر طول دیوار**

| نوع خاک محل ساخت | تعداد طبقات (با احتساب زیر زمین) | | |
|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ |
| | حداقل اندازه میلگرد عرضی (خمشی) | | |
| خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها بیش از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باشد | Φ ۱۲ | Φ ۱۲ | Φ ۱۲ |
| خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها بین ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد | Φ ۱۲ | Φ ۱۲ | Φ ۱۴ |
| خاک‌هایی که مقاومت آن‌ها بین ۱ تا ۱/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد | Φ ۱۲ | Φ ۱۴ | Φ ۱۴ |

*۷- در مناطق سردسیر و دارای یخبندان، لازم است تراز روی پی حداقل ۴۰۰ میلی‌متر زیر سطح زمین قرار گیرد.*

در مناطق سردسیر و دارای یخبندان، همچنین در مناطقی که امکان خوردگی بتن و میلگرد ناشی از غلظت بالای سولفات و کلراید در هوا وجود داشته باشد، لازم است سطح روی پی بتنی حداقل ۴۰۰ میلی‌متر پایین‌تر از سطح زمین پیرامون ساختمان باشد. همچنین، حداقل پوشش بتن برای پی بتنی ۷۵۰ میلی‌متر می‌باشد.

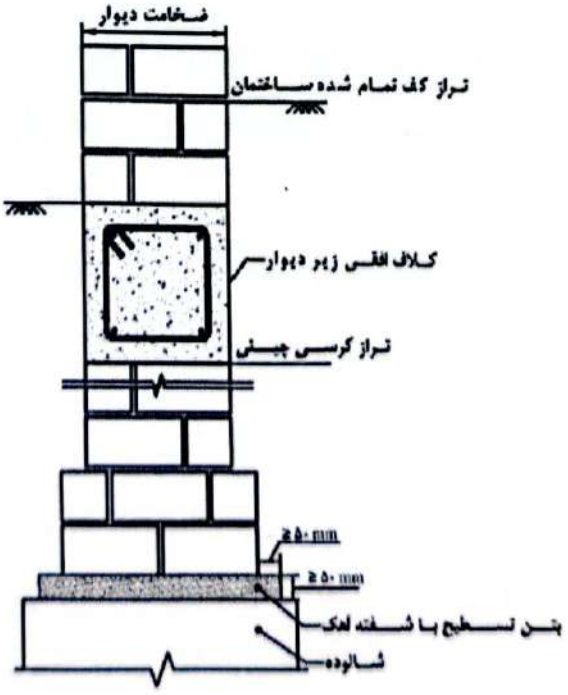
### ۸-ر-۵-۵-۲-۴ شالوده کرسی‌چینی و کلاف بتنی

*به جای پی بتنی می‌توان از شالوده کرسی‌چینی و کلاف بتنی استفاده کرد. چنان‌چه از شالوده کرسی‌چینی و کلاف بتنی استفاده شود، رعایت موارد زیر الزامی است.*

*۱- کرسی‌چینی بر مبنای ضوابط مندرج در بند ۸-۵-۵-۲-۲ اجرا شود.*

*۲- روی کرسی، کلاف بتنی زیر دیوار بر مبنای ضوابط مندرج در بند ۸-۵-۵-۶-۱ اجرا شود.*

شالوده کرسی‌چینی و کلاف بتنی، شامل شالوده (مطابق بند ۸-ر-۵-۵-۲-۱)، کرسی‌چینی (مطابق بند ۸-ر-۵-۵-۲-۲) و کلاف بتنی (مطابق بند ۸-ر-۵-۵-۶-۱) می‌باشد. برخی جزئیات اجرایی در شکل ۸-ر-۵-۱۷ نشان داده شده است.




**شکل ۸-ر-۵-۱۷ شالوده کرسی چینی و کلاف بتنی**

چنان‌چه کرسی‌چینی بر روی کلاف بتنی اجرا گردد، عرض کلاف بتنی باید حداقل برابر با عرض کرسی‌چینی در تراز روی کلاف باشد.

مناسب است کلاف زیر دیوار از نوع بتن مسلح، با عیار ۳۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب ساخته شود. مقاومت فشاری مشخصه بتن کلاف، در هر حال، نباید از ۲۰ مگاپاسکال کمتر باشد. میلگردگذاری کلاف باید مطابق ضوابط بند ۸-۵-۵-۶-۱ انجام شود.

کلاف بتنی پی باید بدون انقطاع به‌صورت یک شبکه پیوسته در هر دو امتداد ساختمان زیر کلیه دیوارهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای اجرا شود.

*۳- برای جلوگیری از نفوذ رطوبت، لازم است لایه عایق رطوبتی مناسب بر روی کلاف زیر دیوار و یا در تراز مناسب در درز بستر دیوار اجرا شود*

لایه عایق رطوبتی مناسب بر روی کلاف زیر دیوار و یا در تراز مناسب در درز بستر دیوار باید مطابق با ضوابط بند ۸-۳-۵-۱۱ اجرا گردد (به بند ۸-ر-۳-۵-۱۱ این راهنما رجوع شود).

*۴- در مناطق سردسیر و دارای یخبندان، لازم است تراز روی کلاف بتنی زیر دیوار حداقل ۴۰۰ میلی‌متر زیر سطح زمین قرار گیرد.*

در مناطق سردسیر و دارای یخبندان، همچنین در مناطقی که امکان خوردگی بتن و میلگرد ناشی از غلظت بالای سولفات و کلراید در هوا وجود داشته باشد، لازم است سطح روی کلاف بتنی حداقل ۴۰۰ میلی‌متر پایین‌تر از سطح زمین پیرامون ساختمان باشد. همچنین، حداقل پوشش بتن برای کلاف بتنی ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

## ۸-ر-۵-۵-۳ دیوار

*دیوارهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان‌های مشمول این فصل باید با رعایت ضوابط زیر اجرا شوند:*

در ساختمان‌های بنایی از دیوار به منظور تحمل بار ثقلی (وزن)، تحمل بار جانبی (زلزله، باد، ...) و جداسازی فضاها استفاده می‌شود. به دیوارهایی که بار ثقلی و (یا) بار جانبی را تحمل می‌کنند، دیوار سازه‌ای و به دیوارهایی که برای جداسازی فضاها مورد استفاده قرار می‌گیرند، دیوار جداگر (غیر سازه‌ای) اطلاق می‌شود.

## ۸-ر-۵-۵-۳-۱ دیوار سازه ای

*۱- دیوار سازه‌ای به دیواری اطلاق می‌شود که بار ثقلی و (یا) بار جانبی (مانند زلزله) را حمل کند.*

به دیوار سازه‌ای که بار ثقلی را حمل می‌کند، دیوار باربر و به دیوار سازه‌ای که بار جانبی (مانند زلزله) را حمل می‌کند، دیوار برشی گفته می‌شود. یک دیوار سازه‌ای می‌تواند هم‌زمان باربر و برشی باشد.

*۲- دیوار سازه‌ای می‌تواند با واحدهای بنایی آجر، سنگ و یا بلوک سیمانی اجرا شود چنان‌چه از بلوک سیمانی حفره‌دار برای ساخت دیوار استفاده شود، لازم است که حفره‌های واحد بنایی در حین اجرا با بتن و یا ملات فشرده کاملا پر شود.*

واحدهای مصالح بنایی مورد استفاده در دیوار سازه‌ای از هر نوع، باید حداقل مقاومت فشاری تعریف شده برای آجر در بند ۸-۲-۴-۴-۱ (۵ مگاپاسکال) را تامین کنند. هم‌چنین، ملات مورد استفاده در چینش دیوار سازه‌ای نیز باید حداقل مقاومت ملات نوع متوسط (M۱۰) مندرج در بند ۸-۲-۲-۶-۳ (۱۰ مگاپاسکال) را برآورده کند. دلیل این امر این است که، ضوابط تجویزی ارائه شده در این فصل، از جمله محدودیت‌های هندسی اعضا و میزان حداقل دیوار نسبی مندرج در بند ۸-۵-۵-۳-۲ بر مبنای حداقل مقاومت‌های بیان شده درنظر گرفته شده‌اند. بنابراین، در ساخت اعضای سازه‌ای مانند دیوار می‌توان از هر نوع واحد مصالح بنایی (از جمله انواع خشت) و یا هر نوع ملاتی که الزامات فوق را برآورده کند، استفاده کرد. هم‌چنین، سنگ مورد استفاده در ساخت دیوار سازه‌ای باید سنگ تراش با سطوح افقی مسطح باشد. از سوی دیگر، چون ضوابط تجویزی ارائه شده در این فصل بر اساس دیوار کاملا توپر تنظیم شده‌اند، در صورت استفاده از آجر سوراخ‌دار و یا بلوک سیمانی حفره‌دار، کلیه سوراخ‌ها و حفره‌ها باید با استفاده از بتن، ملات و یا دوغاب پر شوند.

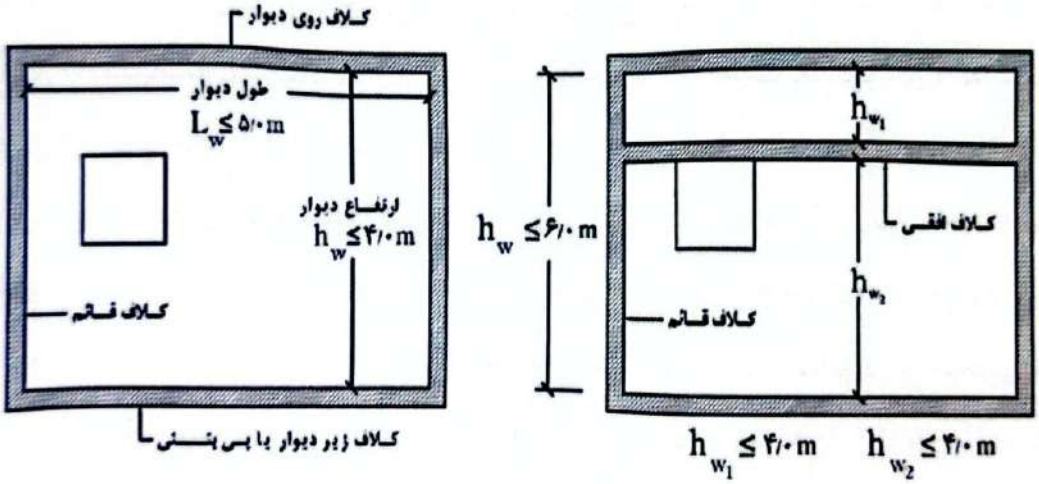
*۳- حداکثر طول مجاز دیوار محصور بین دو کلاف قائم ۵ متر می‌باشد.*

طول دیوار سازه‌ای (دارای بازشو و یا بدون بازشو)، فاصله آزاد بین دو کلاف قائم در نظر گرفته شده و به حداکثر ۵/۰ متر محدود می‌گردد.

*۴- ارتفاع دیوارهای سازه‌ای باید با مفاد بند ۸-۵-۴-۲ تطبیق نماید.*

*۵- حداکثر نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار سازه‌ای ۱۵ می‌باشد. همچنین، ضخامت دیوار سازه‌ای در طبقات نباید از ۲۰۰ میلی‌متر و در زیرزمین از ۳۲۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

ارتفاع دیوار سازه‌ای، فاصله آزاد بین کلاف زیر دیوار یا پی بتنی و کلاف روی دیوار در نظر گرفته شده و به ۱۵ برابر ضخامت دیوار (بدون احتساب نازک‌کاری) و یا ۴/۰ متر، هر کدام کمتر است، محدود می‌گردد. چنان‌چه لازم باشد به‌واسطه ارتفاع طبقه (موضوع مورد ۵ بند ۸-۵-۴-۲)، ارتفاع دیوار بیش از این مقدار درنظر گرفته شود، باید یک کلاف افقی اضافی در سرتاسر طول دیوار در ترازی تعبیه گردد که ارتفاع هیچ‌کدام از قسمت‌های دیوار، چه زیر و یا روی کلاف تعبیه شده، از ۴/۰ متر بیشتر نباشد (شکل ۸-ر-۵-۱۸). این کلاف باید به کلاف‌های قائم دوطرف دیوار مهار شود. هم‌چنین، حداقل ضخامت دیوار سازه‌ای به‌گونه‌ای تعریف شده است که ضخامت دیوار در طبقات شامل حداقل یک آجر کله و یا بلوک سیمانی استاندارد و در زیرزمین شامل حداقل یک آجر کله و یک آجر راسته استاندارد باشد.




**شکل ۸-ر-۵-۱۸ ضوابط ابعاد دیوار سازه‌ای**

*۶- دیوارهای سازه‌ای طبقات باید در امتداد قائم پیوسته بوده و تا روی پی ادامه داشته باشند.*

دیوارهای سازه‌ای (باربر و برشی) مجاری قائم انتقال نیرو از کف‌ها و سقف به پی و زمین می‌باشند. بنابراین لازم است که برای انتقال نیروها این مجاری به‌صورت پیوسته تا روی پی ادامه داشته باشند. به عبارت دیگر، هر دیوار سازه‌ای در یک طبقه باید بتواند نیروی خود را به دیوار مشابهی در طبقه زیرین خود منتقل کند. دیوارهای غیرسازه‌ای جداگر سبک از این قاعده مستثنی می‌باشند.

*۷- دیوارهای سازه‌ای باید به طور یک‌نواخت در دو امتداد عمود بر هم توزیع شوند.*

توزیع یک‌نواخت دیوارهای سازه‌ای در دو امتداد عمود بر هم، برای محدود کردن میزان پیچش ساختمان در اثر بارهای جانبی می‌باشد. الزامات مربوط به این توزیع و محدودیت‌های کمی مربوط به آن در قسمت مربوط به دیوار نسبی (بند ۸-۵-۵-۳-۲) آورده شده است.

### ۸-ر-۵-۵-۳-۲ دیوار نسبی

*دیوار نسبی، به نسبت سطح مقطع دیوارهای سازه‌ای برشی یک طبقه در هر امتداد، که در برابر بار ناشی از زلزله در آن امتداد مقاومت می‌کنند، به کل مساحت طبقه اطلاق می‌شود.*

سختی و مقاومت ساختمان‌های بنایی با کلاف در برابر بار افقی زلزله در هر امتداد توسط کنش درون صفحه دیوارهای سازه‌ای برشی واقع در آن امتداد تامین می‌شود. نسبت سطح مقطع دیوارهای سازه‌ای برشی که در هر طبقه و در هر یک از دو امتداد اصلی در این کنش سهیم می‌شوند به مساحت کل طبقه، دیوار نسبی آن طبقه در آن امتداد نامیده می‌شود (به شکل۸-ر-۵-۱۹ رجوع شود). در شکل ۸-ر-۵-۱۹، دیوارهای $W_{xi}$ و $W_{yi}$، دیوارهای سازه‌ای برشی قابل استفاده در محاسبه دیوار نسبی، به ترتیب برای امتدادهای $x$ و $y$ می‌باشند.

*ـ موارد زیر در محاسبه دیوار نسبی به‌حساب نمی‌آیند.*

*۱- دیوارهای غیرسازه ای (جداگر)*

*۲- دیوارهایی که ضخامت آنها از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

*۳- دیوارهایی که طول آنها از یک‌سوم ارتفاع آنها کمتر باشد.*

*۴- دیوارهایی که طول آنها از ۱/۰ متر کمتر باشد.*

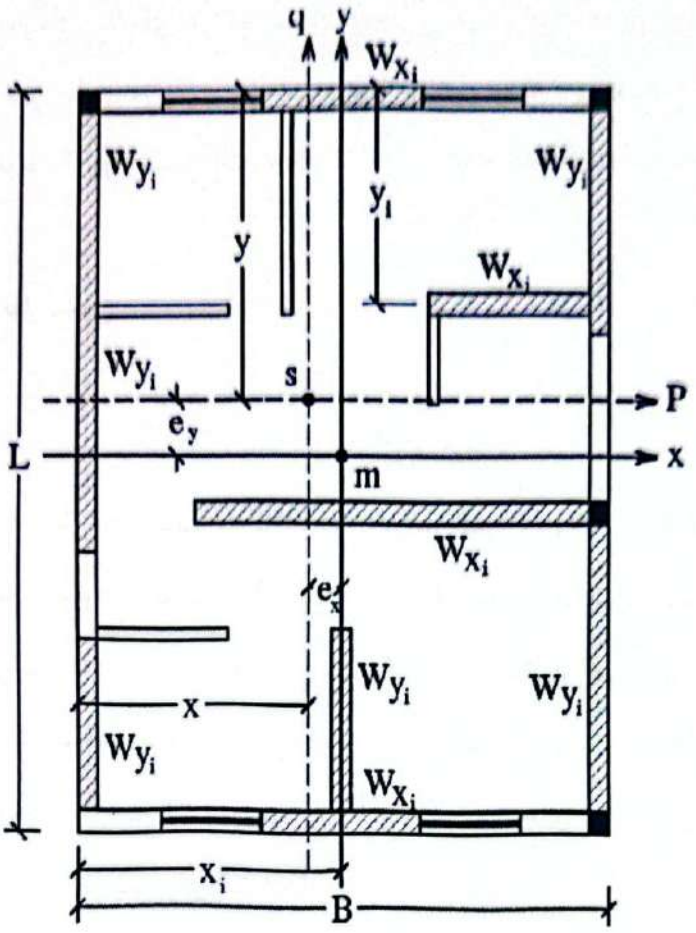
*۵- ستون‌ها و جرزهای کنار و بین بازشوها که نسبت طول به ارتفاع موثر آنها از یک‌سوم کمتر باشد.*

در این مورد، ارتفاع موثر ستون یا جرز، برابر است با ارتفاع بلندترین بازشوی دو طرف ستون یا جرز (شکل ۸-ر-۵-۲۰). همچنین، در محاسبه طول دیوار بین دو بازشو می‌توان ضخامت کلاف‌های قائم بازشو را لحاظ نمود.

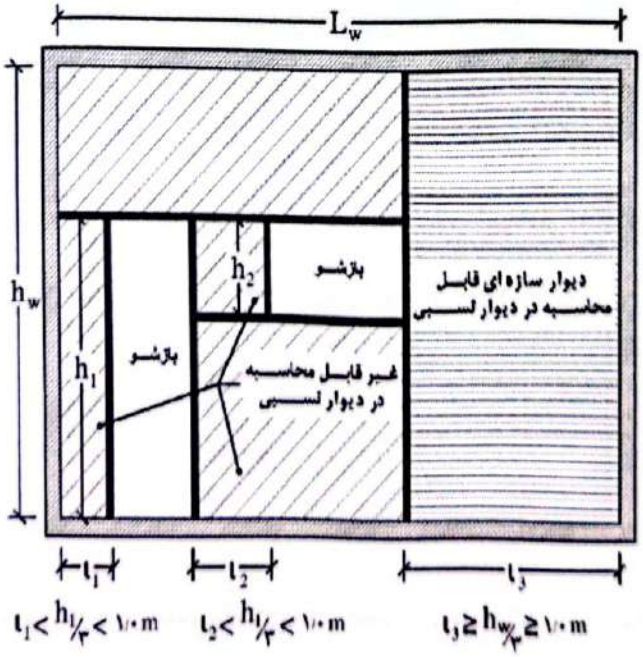
*۶- بخش‌هایی از دیوار که در بالا و پایین بازشوها قرار دارند.*

به شکل ۸-ر-۵-۲۰ رجوع شود

*۷- دیوارهایی که پس از اجرای سقف ساخته شده و به‌نحو مناسب به سقف وصل نگردیده باشند.*




**شکل ۸-ر-۵-۱۹ دیوار نسبی در امتداد $x$ و $y$ برای مقابله با بارهای جانبی و پیچشی طبقه**




**شکل ۸-ر-۵-۲۰ قسمت‌هایی از دیوار که نباید در محاسبه دیوار نسبی منظور شوند**

*در ساختمان های موضوع این فصل در رابطه با دیوار نسبی الزامات زیر باید رعایت شوند*

*۱- در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان، مقدار دیوار نسبی مورد نیاز در هر طبقه، متناظر با خطر نسبی زلزله، مندرج در آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، نباید از مقادیر داده شده در جدول ۸-۵-۳ کمتر باشد.*

**جدول ۸-۵-۳ حداقل دیوار نسبی سازه‌ای در هر امتداد ساختمان بنایی با کلاف (٪)**

| نوع دیوار و تعداد طبقات | | خطر نسبی زلزله | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | خطر نسبی بسیار زیاد و زیاد | | | خطر نسبی متوسط و کم | | |
| | | زیرزمین | طبقه اول | طبقه دوم | زیرزمین | طبقه اول | طبقه دوم |
| دیوار آجری | یک طبقه | ۶ | ۴ | - | ۵ | ۳ | - |
| | دو طبقه | ۸ | ۶ | ۴ | ۶ | ۵ | ۳ |
| دیوار بلوک سیمانی | یک طبقه | ۱۰ | ۶ | - | ۸ | ۵ | - |
| | دو طبقه | ۱۲ | ۱۰ | ۶ | ۹ | ۸ | ۵ |
| دیوار سنگی | یک طبقه | ۶ | ۵ | - | ۵ | ۴ | - |
| | دو طبقه | ۸ | ۸ | ۵ | ۶ | ۶ | ۴ |

جدول ۸-۵-۳، حداقل مقدار دیوار نسبی مورد نیاز در هر طبقه و در هر امتداد جهت مقابله با نیروهای جانبی ناشی از زلزله طرح برای احداث ساختمان در مناطق با خطرهای نسبی زلزله متفاوت را نشان می‌دهد. این مقادیر بر مبنای حداقل مقاومت واحدهای مصالح بنایی، برابر با ۵ مگاپاسکال و حداقل مقاومت ملات، برابر با ۱۰ مگاپاسکال محاسبه شده‌اند. چنان‌چه به هر دلیل، از جمله الزام به استفاده از مصالح سنتی مانند خشت در ساخت دیوار، حداقل مقاومت‌های یاد شده تامین نشوند، باید حداقل مقدار دیوار نسبی، به نسبت کمبود مقاومت مصالح، افزایش داده شود، به‌صورتی که کل مقاومت دیوارها در هر طبقه و هر امتداد از کل مقاومتی که بر مبنای دیوارهای نسبی مندرج در جدول ۸-۵-۳ و مصالح با حداقل مقاومت‌های ذکر شده به‌دست می‌آید، کمتر نباشد.

*۲- دیوارهای سازه‌ای قابل استفاده در محاسبه دیوار نسبی در هر طبقه و در هر امتداد باید به طور یکنواخت و قرینه در سطح طبقه پخش شوند، به‌گونه‌ای که فاصله بین مرکز سطح یک طبقه و مرکز سطح دیوارهای نسبی آن طبقه (خروج از مرکزیت) در هر امتداد از ۵٪ بعد ساختمان در آن امتداد بیشتر نباشد. چنان‌چه این فاصله در هر کدام از دو امتداد از ۵٪ بیشتر شود، لازم است به*

*ازای هر یک درصد خروج از مرکزیت مازاد، مقادیر حداقل دیوار نسبی مندرج در جدول ۸-۵-۳ به اندازه یک درصد افزایش یابند (در ۱/۰۱ ضرب شوند). در هر صورت، در هر طبقه و در هر امتداد، خروج از مرکزیت بیش از ۳۰٪ مجاز نمی‌باشد.*

هدف از پخش یک‌نواخت و قرینه دیوارهای برشی در دو امتداد ساختمان، کاهش پیچش در طبقه می‌باشد. در ویرایش سوم مبحث هشتم، چگونگی پخش یک‌نواخت و قرینه دیوارهای برشی قابل استفاده در محاسبه دیوار نسبی، به‌صورت فوق ضابطه‌مند شده است. برای این منظور، چنان‌چه خروج از مرکزیت طبقه در هر دو امتداد ساختمان ($e_x$, $e_y$) از ۵٪ بعد ساختمان در امتداد مربوطه کمتر باشد، نیازی به در نظر گرفتن اثر پیچش نمی‌باشد. هم‌چنین، میزان خروج از مرکزیت طبقه در هر امتداد نباید بیش از ۲۰٪ بعد ساختمان در آن امتداد باشد (به شکل ۸-ر-۵-۱۹ رجوع شود). از سوی دیگر، چنان‌چه خروج از مرکزیت در هر کدام از دو امتداد بین ۵٪ و ۲۰٪ بعد ساختمان در آن امتداد باشد، لازم است اثر پیچش در قالب افزایش دیوار نسبی در هر دو امتداد ساختمان در نظر گرفته شود. برای در نظر گرفتن اثر پیچش، در جهت اطمینان، کافی است به ازای هر یک درصد خروج از مرکزیت، یک درصد به حداقل دیوار نسبی مورد نیاز ارائه شده در جدول ۸-۵-۳ افزوده شود (یا به عبارت دیگر، مقادیر جدول در ۱/۰۱ ضرب شوند).

برای محاسبه خروج از مرکزیت طبقه، لازم است مرکز جرم طبقه ($m$) و مرکز سختی طبقه ($s$) به‌دست آیند. برای سهولت محاسبات و در جهت اطمینان، مرکز هندسی طبقه می‌تواند به‌عنوان مرکز جرم طبقه ($m$) در نظر گرفته شود. با توجه به این‌که، توزیع جرم کف‌ها عمدتا یک‌نواخت بوده و دیوارها نیز باید تقریبا به‌صورت متقارن توزیع شده باشند، چنین فرضی قابل توجیه است. از سوی دیگر، مرکز سختی طبقه ($s$) را می‌توان با گرفتن لنگر از سطح دیوارهای برشی قابل استفاده در محاسبه دیوار نسبی طبقه در هر امتداد به‌دست آورد (به شکل ۸-ر-۵-۱۹ رجوع شود). فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی هر طبقه در هر امتداد، میزان خروج از مرکزیت طبقه در آن امتداد ($e_x$, $e_y$) است.

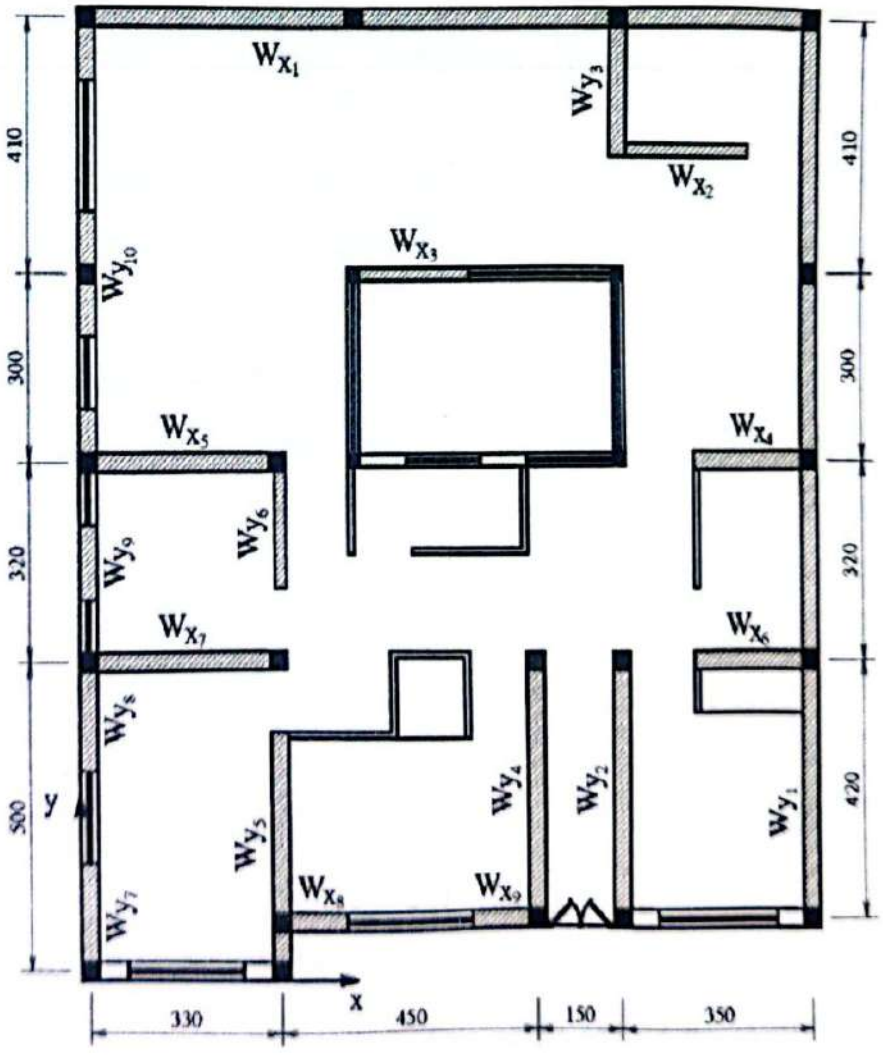
**مثال (۱):** مطلوب است بررسی رعایت الزامات بند ۸-ر-۵-۵-۳-۲ در ساختمان مسکونی یک طبقه (بدون زیر زمین) آجری با پلان معماری نشان داده شده در شکل ۸-ر-۵-۲۱. مساحت کل زیر بنا

($A_{total}$) برابر ۱۹۳ مترمربع، ارتفاع دیوارها ۳/۰ متر، ارتفاع پنجره‌ها ۱/۵ متر و ارتفاع درب‌ها ۲/۲ متر می‌باشد. ساختمان در منطقه با خطر نسبی بسیار زیاد قرار دارد.

**محاسبات:**

**۱- کنترل الزامات میزان دیوارهای برشی (دیوار نسبی):**

دیوارهای سازه‌ای، که بر اساس ضوابط بند ۸-۵-۳-۳-۲ در محاسبه دیوار نسبی قابل استفاده می‌باشند، در شکل ۸-ر-۵-۲۱ با هاشور مشخص شده‌اند. محاسبات مربوط به دیوار نسبی در دو امتداد $X$ و $Y$ در جدول ۸-ر-۵-۱ آورده شده است.




**شکل ۸-ر-۵-۲۱ پلان ساختمان مسکونی یک طبقه مثال ۱ (واحدها به سانتی‌متر)**

**جدول ۸-ر-۵-۱ محاسبات الزامات مورد ۱ بند ۸-۵-۵-۳-۲ (میزان دیوار نسبی- مثال ۱)**

| امتداد X | | | | امتداد Y | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شماره دیوار (یا بخشی از دیوار) | طول (m) | عرض (ضخامت) (m) | مساحت مقطع $(A_{xi})$ $(m^2)$ | شماره دیوار (یا بخشی از دیوار) | طول (m) | عرض (ضخامت) (m) | مساحت مقطع $(A_{yi})$ $(m^2)$ |
| $W_{x1}$ | 12.80 | 0.35 | 4.48 | $W_{y1}$ | 14.85 | 0.35 | 5.20 |
| $W_{x2}$ | 2.00 | 0.22 | 0.44 | $W_{y2}$ | 4.55 | 0.35 | 1.59 |
| $W_{x3}$ | 1.80 | 0.22 | 0.40 | $W_{y3}$ | 2.35 | 0.35 | 0.82 |
| $W_{x4}$ | 2.00 | 0.35 | 0.70 | $W_{y4}$ | 4.55 | 0.35 | 1.59 |
| $W_{x5}$ | 3.65 | 0.35 | 1.27 | $W_{y5}$ | 4.00 | 0.35 | 1.40 |
| $W_{x6}$ | 2.00 | 0.35 | 0.70 | $W_{y6}$ | 2.20 | 0.22 | 0.48 |
| $W_{x7}$ | 3.65 | 0.35 | 1.27 | $W_{y7}$ | 1.65 | 0.35 | 0.57 |
| $W_{x8}$ | 1.40 | 0.35 | 0.49 | $W_{y8}$ | 1.65 | 0.35 | 0.57 |
| $W_{x9}$ | 1.40 | 0.35 | 0.49 | $W_{y9}$ | 1.20 | 0.35 | 0.42 |
| | | | | $W_{y10}$ | 2.00 | 0.35 | 0.70 |
| جمع $(\Sigma A_{xi})$ | | | **10.24** | جمع $(\Sigma A_{yi})$ | | | **13.34** |

با توجه به نتایج جدول ۸-ر-۵-۱ و ضوابط مندرج در مورد ۱ بند ۸-۵-۳-۳-۲ داریم:

دیوار نسبی در امتداد $X$: $\Sigma A_{xi}/A_{total}$ = ۱۰/۲۴/۱۹۳ = ۰/۰۵۳ > ۰/۰۴ مناسب است

دیوار نسبی در امتداد $Y$: $\Sigma A_{yi}/A_{total}$ = ۱۳/۳۴/۱۹۳ = ۰/۰۶۹ > ۰/۰۴ مناسب است

**۲- کنترل الزامات توزیع دیوارهای برشی:**

برای بررسی رعایت الزامات توزیع دیوارهای برشی، یا به عبارت دیگر، کنترل میزان پیچش در ساختمان، محاسبات بر اساس بند ۸-۵-۳-۳-۲ (مورد ۲) به شرح جدول ۸-ر-۵-۲ انجام می‌شود.

با توجه به نتایج جدول ۸-ر-۵-۲ و ضوابط مندرج در مورد ۲ بند ۸-۵-۳-۳-۲ داریم:

*محاسبه فاصله مرکز سطح طبقه $(m)$ و مرکز سطح دیوارهای برشی طبقه $(s)$ در امتداد $X$ $(e_x)$ :*

فاصله مرکز سطح دیوارهای برشی از محور $Y$: $x_{(s)} = \Sigma A_{yi}x_i/\Sigma A_{yi}$ = ۷/۹۲ متر

فاصله مرکز سطح طبقه از محور $Y$: $x_{(m)}$ = ۶/۱۶ متر

$e_x = x_{(s)} - x_{(m)}$ = ۱/۷۶ متر

اثر پیچش درنظر گرفته شود $\rightarrow$ $e_x/B$ = ۱/۷۶ / ۱۲/۸۰ = ۰/۱۳۸ : ۰/۲۰ > ۰/۱۳۸ > ۰/۰۵

$\rightarrow$ ۰/۱۳۸ - ۰/۰۵ = ۰/۰۸۸ $\rightarrow$ ۰/۰۴×۱/۰۸۸ = ۰/۰۴۴ < ۰/۰۶۹

نیازی به افزودن دیوار برشی در امتداد $Y$ نیست.

محاسبه فاصله مرکز سطح طبقه $(m)$ و مرکز سطح دیوارهای برشی طبقه $(s)$ در امتداد $Y$ $(e_y)$ :

فاصله مرکز سطح دیوارهای برشی از محور $X$: $y_{(s)} = \Sigma A_{xi}y_i/\Sigma A_{xi}$ = ۱۰/۳۲ متر

فاصله مرکز سطح طبقه از محور $X$: $y_{(m)}$ = ۷/۹۴ متر

$e_y = y_{(s)} - y_{(m)}$ = ۲/۳۸ متر

اثر پیچش درنظر گرفته شود ← ۰/۰۵ < ۰/۱۶ < ۰/۲۰ : $e_y/L$ = ۲/۳۸ / ۱۴/۸۵ = ۰/۱۶

۰/۱۶ - ۰/۰۵ = ۰/۱۱ ← ۰/۰۴×۱/۱۱ = ۰/۰۴۵ < ۰/۰۵۳ ←

نیازی به افزودن دیوار برشی در امتداد $X$ نیست.

**جدول ۸-ر-۵-۲ محاسبات الزامات مورد ۲ بند ۸-ر-۵-۵-۳-۲ (توزیع دیواهای برشی- مثال ۱)**

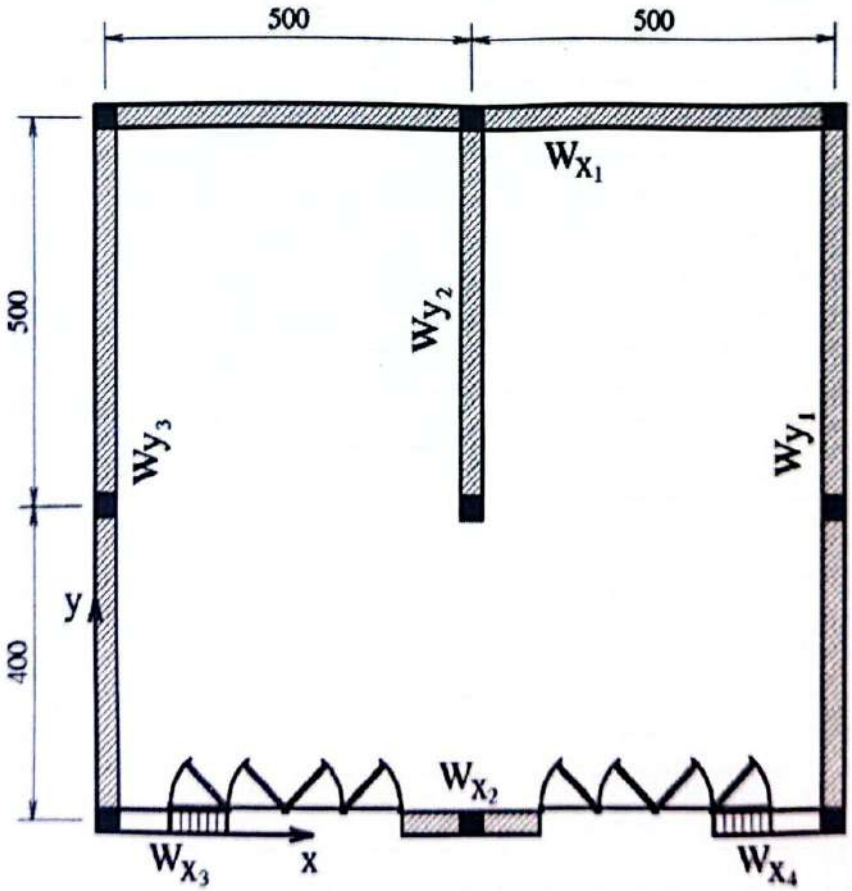
| شماره دیوار (یا بخشی از دیوار) | مساحت مقطع $(A_i)$ ($m^2$) | فاصله دیوار تا محور $X$ $(y_i)$ (m) | فاصله دیوار تا محور $Y$ $(x_i)$ (m) | مساحت مقطع × فاصله ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| امتداد $X$ | | | | $A_{xi}y_i$ |
| $W_{x1}$ | 4.48 | 15.30 | - | 68.54 |
| $W_{x2}$ | 0.44 | 13.30 | - | 5.85 |
| $W_{x3}$ | 0.40 | 11.20 | - | 4.48 |
| $W_{x4}$ | 0.70 | 8.20 | - | 5.74 |
| $W_{x5}$ | 1.27 | 8.20 | - | 10.41 |
| $W_{x6}$ | 0.70 | 5.00 | - | 3.50 |
| $W_{x7}$ | 1.27 | 5.00 | - | 6.35 |
| $W_{x8}$ | 0.49 | 0.80 | - | 0.39 |
| $W_{x9}$ | 0.49 | 0.80 | - | 0.39 |
| جمع $(\Sigma A_{xi})$ | **10.24** | | جمع $(\Sigma A_{xi}y_i)$ | **105.65** |
| امتداد $Y$ | | | | $A_{yi}x_i$ |
| $W_{y1}$ | 5.20 | - | 12.45 | 64.74 |
| $W_{y2}$ | 1.59 | - | 9.30 | 14.78 |
| $W_{y3}$ | 0.82 | - | 9.30 | 7.62 |
| $W_{y4}$ | 1.59 | - | 7.80 | 12.40 |
| $W_{y5}$ | 1.40 | - | 3.30 | 4.62 |
| $W_{y6}$ | 0.48 | - | 3.30 | 1.58 |
| $W_{y7}$ | 0.57 | - | 0 | 0 |
| $W_{y8}$ | 0.57 | - | 0 | 0 |
| $W_{y9}$ | 0.42 | - | 0 | 0 |
| $W_{y10}$ | 0.70 | - | 0 | 0 |
| جمع $(\Sigma A_{yi})$ | **13.34** | | جمع $(\Sigma A_{yi}x_i)$ | **105.74** |

**مثال (۲):** مطلوب است بررسی رعایت الزامات بند ۸-ر-۵-۵-۳-۲ در ساختمان تجاری یک طبقه (بدون زیر زمین) آجری با پلان معماری نشان داده شده در شکل ۸-ر-۵-۲۲. مساحت کل زیر بنا ($A_{total}$) برابر ۹۶/۸ مترمربع، ارتفاع دیوارها و درب‌ها ۳/۰ متر می‌باشد. ساختمان در منطقه با خطر نسبی زیاد قرار دارد.

**محاسبات:**

**۱- کنترل الزامات میزان دیوارهای برشی (دیوار نسبی):**

دیوارهای سازه‌ای، که بر اساس ضوابط بند ۸-۵-۳-۳-۲ در محاسبه دیوار نسبی قابل استفاده می‌باشند، در شکل ۸-ر-۵-۲۲ با هاشور مورب مشخص شده‌اند. محاسبات مربوط به دیوار نسبی در دو امتداد $X$ و $Y$ در جدول ۸-ر-۵-۳ آورده شده است.




**شکل ۸-ر-۵-۲۲ پلان ساختمان تجاری یک طبقه مثال ۲ (واحدها به سانتی‌متر)**

**جدول ۸-ر-۵-۳ محاسبات الزامات مورد ۱ بند ۸-۵-۵-۳-۲ (میزان دیوار نسبی- مثال ۲)**

| امتداد $X$ | | | | امتداد $Y$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شماره دیوار (یا بخشی از دیوار) | طول (m) | عرض (ضخامت) (m) | مساحت مقطع $(A_{xi})$ $(m^2)$ | شماره دیوار (یا بخشی از دیوار) | طول (m) | عرض (ضخامت) (m) | مساحت مقطع $(A_{yi})$ $(m^2)$ |
| $W_{1x}$ | 10.35 | 0.35 | 3.62 | $W_{1y}$ | 9.35 | 0.35 | 3.27 |
| $W_{2x}$ | 1.35 | 0.35 | 0.47 | $W_{2y}$ | 5.35 | 0.22 | 1.18 |
| | | | | $W_{3y}$ | 9.35 | 0.35 | 3.27 |
| جمع $(\Sigma A_{xi})$ | | | **4.09** | جمع $(\Sigma A_{yi})$ | | | **7.72** |

با توجه به نتایج جدول ۸-ر-۵-۳ و ضوابط مندرج در مورد ۱ بند ۸-۵-۳-۳-۲ داریم:

دیوار نسبی در امتداد $X$: مناسب است $\rightarrow$ $\Sigma A_{xi}/A_{total}$ = ۴/۰۹/۹۶/۸ = ۰/۰۴۲ > ۰/۰۴

دیوار نسبی در امتداد $Y$: مناسب است $\rightarrow$ $\Sigma A_{yi}/A_{total}$ = ۷/۷۲/۹۶/۸ = ۰/۰۷۹ > ۰/۰۴

**۲- کنترل الزامات توزیع دیوارهای برشی:**

برای بررسی رعایت الزامات توزیع دیوارهای برشی، یا کنترل میزان پیچش در ساختمان، محاسبات بر اساس بند ۸-۵-۳-۳-۲ (مورد ۲) به شرح جدول ۸-ر-۵-۴ انجام می‌شود.

**جدول ۸-ر-۵-۴ محاسبات الزامات مورد ۲ بند ۸-ر-۵-۵-۳-۲ (توزیع دیواهای برشی- مثال ۲)**

| شماره دیوار (یا بخشی از دیوار) | مساحت مقطع $(A_i)$ $(m^2)$ | فاصله دیوار تا محور $X$ $(y_i)$ (m) | فاصله دیوار تا محور $Y$ $(x_i)$ (m) | مساحت مقطع × فاصله $(m^3)$ |
|---|---|---|---|---|
| امتداد $X$ | | | | $A_{xi}y_i$ |
| $W_{x1}$ | 3.62 | 9.175 | - | 33.21 |
| $W_{x2}$ | 0.47 | 0.175 | - | 0.08 |
| جمع $(\Sigma A_{xi})$ | **4.09** | | جمع $(\Sigma A_{xi}y_i)$ | **33.29** |
| امتداد $Y$ | | | | $A_{yi}x_i$ |
| $W_{y1}$ | 3.27 | - | 10.175 | 33.27 |
| $W_{y2}$ | 1.18 | - | 5.175 | 6.10 |
| $W_{y3}$ | 3.27 | - | 0.175 | 0.57 |
| جمع $(\Sigma A_{yi})$ | **7.72** | | جمع $(\Sigma A_{yi}x_i)$ | **39.94** |

با توجه به نتایج جدول ۸-ر-۵-۴ و ضوابط مندرج در مورد ۲ بند ۸-۵-۳-۳-۲ داریم:

*محاسبه فاصله مرکز سطح طبقه (m) و مرکز سطح دیوارهای برشی طبقه (s) در امتداد X ($e_x$) :*

فاصله مرکز سطح دیوارهای برشی از محور Y: $x_{(s)} = \Sigma A_{yi}x_i/\Sigma A_{yi}$ = ۵/۱۷۵ متر

فاصله مرکز سطح طبقه از محور Y: $x_{(m)}$ = ۵/۱۷۵ متر

$e_x = x_{(s)} - x_{(m)}$ = ۰/۰ متر , $e_x/B$ = ۰/۰ < ۰/۰۵ → نیازی به اثر دادن پیچش نیست

*محاسبه فاصله مرکز سطح طبقه (m) و مرکز سطح دیوارهای برشی طبقه (s) در امتداد Y ($e_y$) :*

فاصله مرکز سطح دیوارهای برشی از محور X: $y_{(s)} = \Sigma A_{xi}y_i/\Sigma A_{xi}$ = ۸/۱۴ متر

فاصله مرکز سطح طبقه از محور X: $y_{(m)}$ = ۴/۶۷۵ متر

$e_y = y_{(s)} - y_{(m)}$ = ۳/۴۶۵ متر

$e_y/L$ = ۳/۴۶۵ / ۹/۳۵ = ۰/۳۷ > ۰/۲۰ → غیر قابل قبول

لازم است با افزودن دیوار برشی در امتداد X در محل درب‌های ورود و یا نزدیک به آنها، میزان پیچش در محدوده قابل قبول قرار گیرد. با افزودن دو دیوار برشی به طول هر کدام یک متر در دو انتهای ورودی ساختمان (شکل ۸-ر-۵-۲۲)، از ظرفیت دیوارهای کم عرض موجود، که به لحاظ طول محدود قابل استفاده در محاسبه دیوار نسبی نبودند، استفاده شده و طول موثر هرکدام از این دیوارها ۱/۸۵ متر در نظر گرفته می‌شود. با افزودن این دو دیوار، محاسبات برای امتداد X تکرار می‌شود.

**جدول ۸-ر-۵-۵ محاسبات الزامات مورد ۲ بند ۸-ر-۵-۵-۳-۲ (مثال ۲- تکرار)**

| شماره دیوار (یا بخشی از دیوار) | مساحت مقطع ($A_i$) ($m^2$) | فاصله دیوار تا محور X ($y_i$) (m) | فاصله دیوار تا محور Y ($x_i$) (m) | مساحت مقطع × فاصله ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| امتداد X | | | | $A_{xi}y_i$ |
| $W_{x1}$ | 3.62 | 9.175 | - | 33.21 |
| $W_{x2}$ | 0.47 | 0.175 | - | 0.08 |
| $W_{x3}$ | 0.65 | 0.175 | - | 0.11 |
| $W_{x4}$ | 0.65 | 0.175 | - | 0.11 |
| جمع ($\Sigma A_{xi}$) | **5.39** | | جمع ($\Sigma A_{xi}y_i$) | **33.51** |

$\Sigma A_{xi} = ۵/۳۹$ ,  $\Sigma A_{xi}/A_{total} = ۵/۳۹/۹۶/۸ = ۰/۰۵۵ > ۰/۰۴$ → مناسب است

محاسبه فاصله مرکز سطح طبقه $(m)$ و مرکز سطح دیوارهای برشی طبقه $(s)$ در امتداد $Y$ $(e_y)$ :

فاصله مرکز سطح دیوارهای برشی از محور $X$: $y_{(s)} = \Sigma A_{xi}y_i/\Sigma A_{xi} =$ ۶/۲۲ متر

فاصله مرکز سطح طبقه از محور $X$: $y_{(m)} =$ ۴/۶۷۵ متر

$e_y = y_{(s)} - y_{(m)} =$ ۱/۵۴۵ متر

اثر پیچش درنظر گرفته شود → $۰/۰۵ < ۰/۱۶۵ > ۰/۲۰$ :  $e_y/L =$ ۱/۵۴۵ / ۹/۳۵ = ۰/۱۶۵

→ $۰/۰۴\times۱/۱۱۵ = ۰/۰۴۵ < ۰/۰۵۵$ → $۰/۱۶۵ - ۰/۰۵ = ۰/۱۱۵$

نیازی به افزودن دیوار برشی، مازاد بر دو دیوار اضافه شده، در امتداد $X$ نیست.

### ۸-ر-۵-۵-۳-۳ دیوار زیرزمین

*رعایت موارد زیر برای دیوار زیرزمین الزامی است:*

*۱- ارتفاع دیوار زیرزمین، از روی کلاف زیر دیوار تا زیر سقف، به ۲/۵ متر محدود می‌شود.*

محدودیت جدید ارتفاع زیرزمین، به همراه سایر محدودیت‌های مندرج در بند ۸-۵-۴-۲ برای این است که طبقه زیرزمین در طول عمر ساختمان، زیرزمین باقی مانده و به عنوان مثال، در اثر خاک‌برداری اطراف ساختمان برای ساخت ساختمان‌های مجاور، این طبقه تبدیل به یک طبقه کامل نگردد.

*۲- ضخامت دیوار زیرزمین نباید از ۳۲۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

ضخامت ۳۲۰ میلی‌متر به اندازه قرار دادن یک کله و یک راسته آجر استاندارد در عرض دیوار می‌باشد.

*۳- ضخامت دیوار زیرزمین نباید از ضخامت دیوار طبقه هم‌کف کمتر باشد.*

با توجه به این‌که، میزان برش طبقه در زیرزمین بیشتر از طبقه هم‌کف می‌باشد، لذا قاعدتا میزان دیوار نسبی و در نتیجه ضخامت دیوار در زیرزمین نباید کمتر از طبقه فوقانی آن باشد.

*۴- کلیه نعل درگاه‌ها در طبقه زیرزمین باید از بتن درجا و یا بنایی مسلح ساخته شده و به کلاف‌های قائم مجاور متصل شوند. استفاده از نعل درگاه فولادی در زیرزمین مجاز نمی‌باشد.*

به علت رطوبت موجود در زیرزمین و احتمال خوردگی فولاد در اثر این رطوبت، استفاده از نعل درگاه فولادی در زیرزمین مجاز دانسته نشده است.

*۵- دیوارها باید در برابر نفوذ آب و رطوبت عایق‌کاری شوند.*

لایه عایق رطوبتی دیوار زیرزمین باید سطح بیرونی دیوار، تا سطح زمین را نیز پوشش دهد (به جزئیات شکل ۸-ر-۳-۱۹ رجوع شود).

### ۸-ر-۵-۵-۳-۴ دیوار غیرسازه‌ای (جداگر)

*دیوار غیرسازه‌ای باید، علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۸-۳-۵-۱، الزامات زیر را نیز برآورده نماید:*

*۱- دیوار غیرسازه‌ای منحصراً به منظور جداسازی فضاهای ساختمان به‌کار می‌رود. وزن این دیوار یا مستقیماً به وسیله شالوده یا با واسطه کف‌ها توسط دیوارهای سازه‌ای تحمل می‌شود.*

*۲- لازم است کلیه لبه‌های افقی و قائم دیوار غیرسازه‌ای توسط عناصر افقی و قائم محصور و مهار شوند. این عناصر می‌توانند دیوار متعامد، پشت‌بند، دال، پی و یا کلاف باشند.*

به بند ۸-ر-۳-۵-۱ این راهنما رجوع شود.

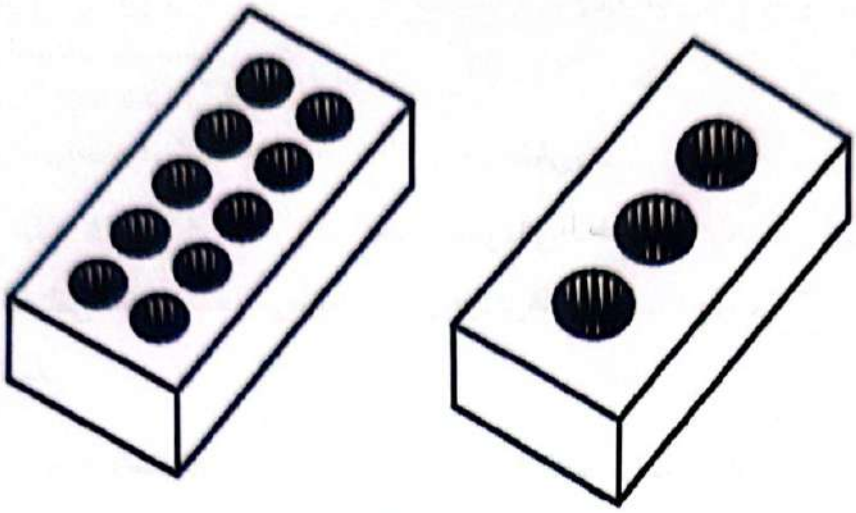
### ۸-ر-۵-۵-۳-۵ اجرای دیوار

*در اجرای دیوارهای بنایی غیرمسلح سازه‌ای و غیرسازه‌ای رعایت نکات زیر الزامی است:*

*۱- در ساخت دیوار از یک نوع واحد مصالح بنایی استفاده شود.*

*۲- استفاده از آجرهای توپر که به‌صورت سنتی تولید می‌گردند (آجر فشاری یا گری)، بجز برای کرسی‌چینی و ساخت دیوار سازه‌ای زیرزمین، در چینش دیوار سازه‌ای و یا غیرسازه‌ای مجاز نمی‌باشد.*

استفاده از آجرهای توپر که به صورت سنتی تولید می‌گردند (آجر فشاری یا گری)، بجز برای کرسی‌چینی و ساخت دیوار سازه‌ای زیرزمین، در چینش دیوار سازه‌ای و یا غیرسازه‌ای مجاز نمی‌باشد. این آجرها بواسطه وزن زیاد، قابلیت جذب آب بالا و عدم یک‌دستی در مقاومت برای دیوارچینی مناسب نمی‌باشند. توصیه می‌شود از آجرهای رسی سوراخ‌دار، مطابق شکل ۸-ر-۵-۲۳، برای این منظور استفاده شود.



**شکل ۸-ر-۵-۲۳ آجرهای رسی سوراخ‌دار استاندارد**

*۳- قبل از اجرا، لازم است واحدهای مصالح بنایی زنجاب شوند تا آب ملات را به خود جذب نکنند.*

قابلیت چسبندگی بین ملات و واحدهای مصالح بنایی و در نتیجه مقاومت دیوار، رابطه مستقیم با میزان رطوبت داخل واحدهای بنایی دارد. واحدهای خشک و یا نیمه اشباع، آب ملات را به خود جذب نموده و در نتیجه هیدراسیون مناسب سیمان در محل تماس بین ملات و واحد مصالح بنایی انجام نگرفته و چسبندگی بین ملات و واحد شدیدا کاهش می‌یابد. زنجاب کردن واحدهای مصالح بنایی برای جلوگیری از این ضعف می‌باشد. زنجاب کردن به معنی اشباع کردن داخل واحدها از آب است، به‌گونه‌ای که واحد مصالح بنایی توان جذب آب بیشتر را نداشته باشد. برای این منظور، مناسب‌ترین روش، شناور کردن واحدهای مصالح بنایی در آب، قبل از استفاده آنها در چینش دیوار می‌باشد. پاشیدن آب بر روی واحدهای مصالح بنایی برای اشباع کردن آنها توصیه نمی‌گردد.

*۴- دیوارچینی باید با ملات ماسه- سیمان یا ملات ماسه- سیمان- آهک (باتارد) با نسبت اختلاط مندرج در بند ۸-۲-۲-۶ و با اطمینان از تأمین مقاومت فشاری تعیین شده در این بند انجام شود.*

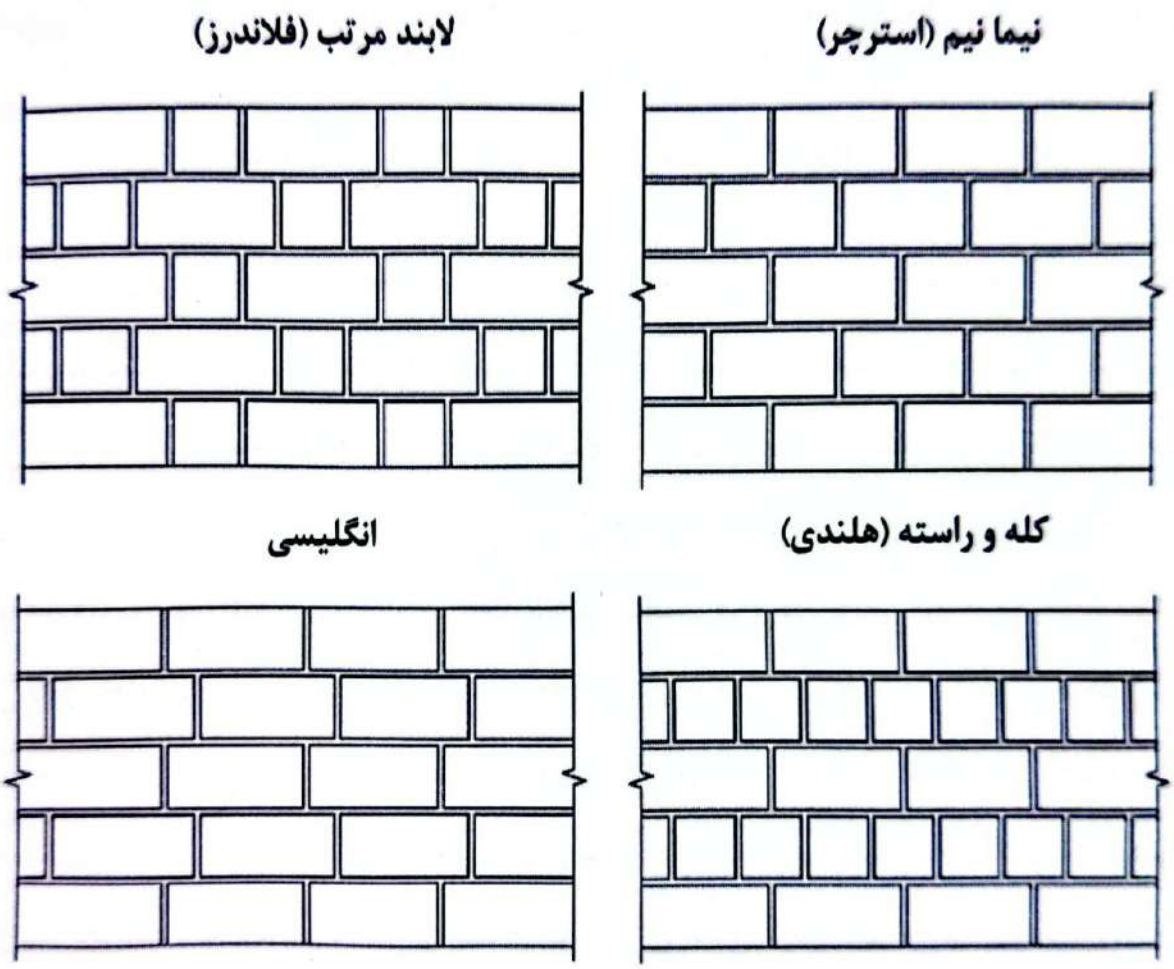
طبق ضوابط مندرج در فصل دوم مبحث هشتم و مطابق با استانداردهای بین‌المللی، در تهیه ملات استاندارد لازم است از ماسه‌بادی و یا ریزدانه با بزرگترین اندازه دانه سنگی برابر با ۲ میلی‌متر استفاده شود. استفاده از ماسه یا ریزدانه بتنی برای تهیه ملات توصیه نمی‌گردد. چنانچه به هر دلیل، استفاده از ماسه بادی مقدور نمی‌باشد، می‌توان از ریزدانه بتنی با دانه‌بندی استاندارد و حداکثر اندازه دانه سنگی برابر با ۵ میلی‌متر استفاده نمود.

۵- در چینش دیوار، هر واحد مصالح بنایی حداقل به اندازه یک‌چهارم طول خود با واحدهای رگ قبلی هم‌پوشانی داشته باشد.

۶- امتداد رگ‌ها کاملاً افقی باشد.

۷- بندهای قائم در دو رگ متوالی، در یک امتداد نبوده و شاقولی باشند.

با توجه به موارد ۵ تا ۷ این بند، برای ایجاد هم‌پوشانی مناسب در واحدهای مصالح بنایی، چینش‌های مختلفی قابل استفاده می‌باشند. برخی چینش‌های مناسب دیوار، در شکل ۸-ر-۵-۲۴ نشان داده شده‌اند.




**شکل ۸-ر-۵-۲۴ انواع چینش دیوار بنایی**

۸- ضخامت بندهای افقی و قائم نباید کمتر از ۱۰ میلی‌متر و بیشتر از ۱۵ میلی‌متر باشد. چنان‌چه میلگرد بستر در بند قرار داده شود، می‌توان ضخامت بند را، با توجه به قطر میلگرد و حداقل ۶ میلی‌متر پوشش ملات، حداکثر تا ۲۰ میلی‌متر افزایش داد.

با توجه به توضیحات مورد ۴ در رابطه با نوع ریزدانه مورد استفاده در ساخت ملات استاندارد، ضخامت بند بنایی به اندازه ۱۰ میلی‌متر کاملا استاندارد می‌باشد. با توجه به رایج بودن استفاده از

بتن ریزدانه (سیمان و ماسه)، بجای ملات استاندارد (سیمان و ماسه بادی) در ایران، در مبحث هشتم، استفاده از ماسه (ریزدانه بتنی) استاندارد با بزرگترین دانه سنگی ۵ میلی‌متر مجاز دانسته شده است. رعایت محدودیت ۱۰ میلی‌متر و ۱۵ میلی‌متر به‌عنوان کمترین و بیشترین ضخامت بند ملات، برای ملات با ریزدانه بتنی نیز الزامی می‌باشد. چنان‌چه از میلگرد بستر در بند ملات استفاده شود، می‌توان ضخامت بند را تا ۲۰ میلی‌متر افزایش داد.

*۹- بندهای قائم باید از ملات پر شوند.*

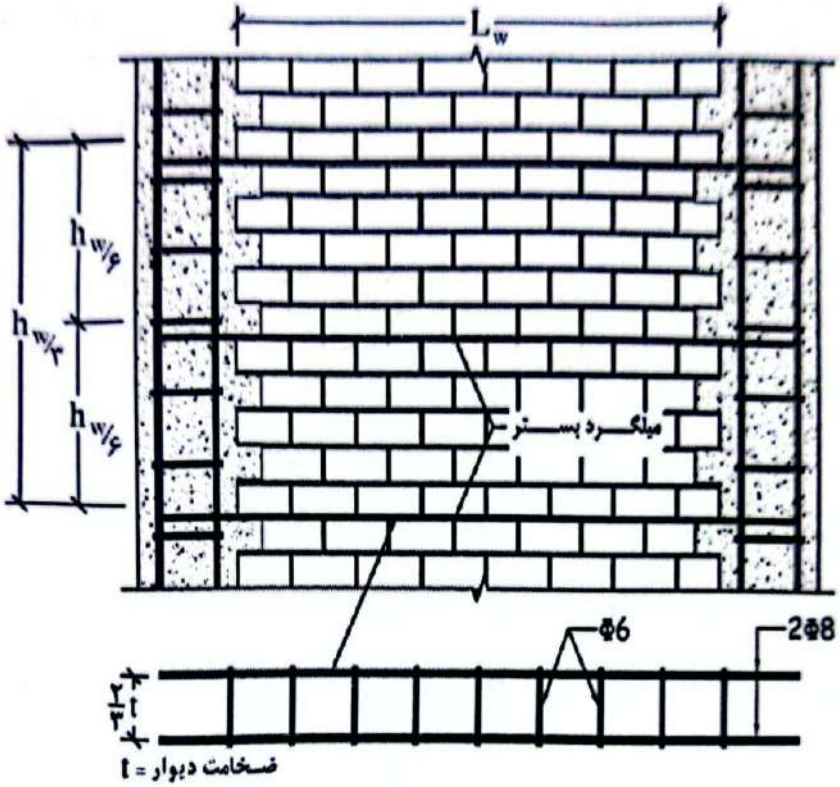
در حین چیدن دیوار، باید دقت شود که بندهای قائم بین واحدهای مصالح بنایی با ملات کاملا پر شوند. برای این منظور، مناسب‌ترین روش، اعمال مقداری ملات به وجه عمودی واحد در دست، قبل از قرار دادن آن در کنار واحد کار گذاشته شده و فشار دادن آن دو به هم برای اطمینان از پر شدن کامل درز ملات می‌باشد. خالی گذاشتن بند قائم در زمان چینش دیوار و سعی در پر کردن این بندها با ملات بند افقی بستر پس از چینش یک رگ، به هیچ عنوان توصیه نمی‌گردد.

*۱۰- در هر دیوار سازه‌ای بدون بازشو، که طول آن از ۲/۵ متر بیشتر باشد، لازم است در سه تراز مختلف در ناحیه یک‌سوم میانی ارتفاع دیوار از میلگرد بستر استفاده شود. میلگرد بستر باید شامل حداقل دو میلگرد طولی، هر کدام به قطر حداقل ۸ میلی‌متر، که در فاصله‌ای برابر دوسوم ضخامت دیوار از یکدیگر به‌صورت قرینه در بند بستر قرار می‌گیرند، باشد. این میلگردها باید توسط میلگردهای عرضی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر و در فواصل حداکثر ۲۵۰ میلی‌متر به یکدیگر متصل شوند. میلگردهای بستر باید بدون انفصال در سرتاسر دیوار تا محل کلاف‌های قائم ادامه یافته و در داخل آن‌ها مهار شوند.*

در هر دیوار سازه‌ای بدون بازشو که طول آن از ۲/۵ متر بیشتر باشد، برای افزایش مقاومت خمشی برون صفحه دیوار، لازم است در سه تراز مختلف در ناحیه یک‌سوم میانی ارتفاع دیوار، مطابق شکل ۸-ر-۵-۲۵، از میلگرد بستر استفاده شود. میلگرد بستر، از دو میلگرد آجدار، هرکدام به قطر حداقل ۸ میلی‌متر که در فاصله‌ای برابر دوسوم ضخامت دیوار از یکدیگر به‌صورت قرینه در بند بستر قرار می‌گیرند، تشکیل می‌شود. توصیه می‌شود میلگردهای بستر توسط میلگردهایی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر به صورت نردبانی و یا زیگزاگ با اتصال جوش به‌هم وصل گردند (شکل ۸-ر-۳-۶).

چنان‌چه در دیوار سازه‌ای دارای بازشو، کلاف‌های افقی پایین و بالای بازشو در سرتاسر دیوار ادامه داشته و در کلاف‌های قائم مهار شده باشند، نیازی به اجرای میلگرد بستر نمی‌باشد. در غیر این

صورت، باید در قسمت پیوسته دیوار، چنان‌چه طول آن بیش از ۲/۵ متر باشد، میلگرد بستر تعبیه شده و در کلاف‌های قائم بازشو و دیوار مهار شوند.



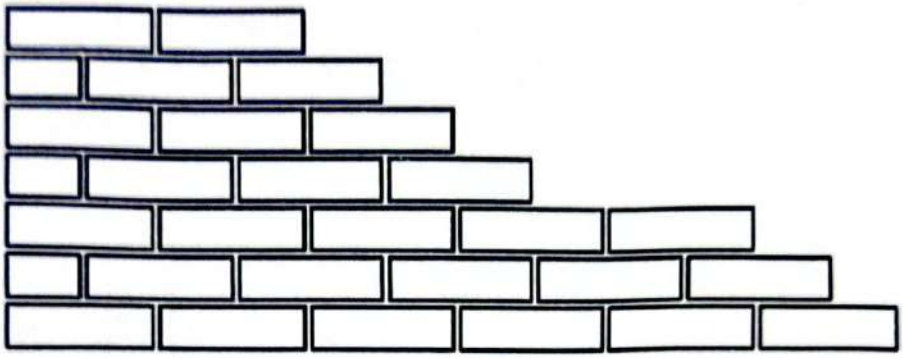

**شکل ۸-ر-۵-۲۵ میلگرد بستر در یک‌سوم میانی دیوار**

*۱۱- هر رگ دیوارچینی باید در کلیه دیوارهای ساختمان هم‌زمان اجرا شده و در یک سطح بالا آورده شود. هم‌چنین، استفاده از روش هشت‌گیر در ساخت دیوارهای ممتد و متقاطع مجاز نمی‌باشد.*

*۱۲- اگر دیوارچینی به طور هم‌زمان میسر نباشد، می‌توان قسمت‌هایی از دیوار را به صورت لاریز ساخت.*

برای هم‌پوشانی مناسب واحدهای مصالح بنایی در رگ‌های پیوسته دیوار، به‌ویژه در محل اتصال دیوارها و دیگر عناصر سازه‌ای به یکدیگر، هر رگ دیوار باید هم‌زمان و به‌صورت پیوسته برای کلیه دیوارهای ساختمان اجرا شده و دیوارها در یک سطح بالا آورده شوند. برای این منظور، جهت دسترسی هم‌زمان به کلیه دیوارها، باید داربست مناسب تعبیه شود. چنان‌چه، به هر دلیل از جمله کمبود داربست، اجرای هم‌زمان دیوارها مقدور نباشد، می‌توان از روش لاریز استفاده کرد (شکل ۸-ر-۵-۲۶). در چینش دیوار به روش لاریز باید از هم‌پوشانی واحدها در رگ‌های مختلف به‌ویژه در

اتصالات اعضای بنایی اطمینان حاصل نمود. در هر صورت، برای متصل کردن دیوارها و یا قسمت‌های مختلف دیوار به‌یکدیگر به‌هیچ عنوان نباید از روش هشت‌گیر استفاده کرد. استفاده از روش دندانه‌ای یا هشت‌گیر برای متصل کردن دیوار به کلاف بتنی قائم (مورد ۱۴) بلامانع است.



**شکل ۸-ر-۵-۲۶ چینش دیوار به روش لاریز**

*۱۳- دیوارچینی باید کاملاً شاقولی باشد.*

*۱۴- دیوار در محل اجرای کلاف‌های قائم بتن مسلح باید به صورت دندانه‌دار (هشت‌گیر) اجرا شود در این حالت حداقل فاصله بین آجرهای هشت‌گیر نباید از بعد لازم کلاف کمتر باشد. به‌جای استفاده از هشت‌گیر می‌توان در هنگام اجرای دیوار با تعبیه دو میلگرد افقی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر در هر ۵۰۰ میلی‌متر ارتفاع دیوار، اتصال بین دیوار و کلاف را تأمین نمود. لازم است میلگردهای اتصال در هر طرف از کلاف قائم به اندازه ۳۰۰ میلی‌متر درون بند بستر ادامه یابند.*

برای درگیری مناسب دیوار و کلاف، دیوار در محل اجرای کلاف قائم بتن مسلح باید به یکی از دو صورت زیر به کلاف متصل شود.

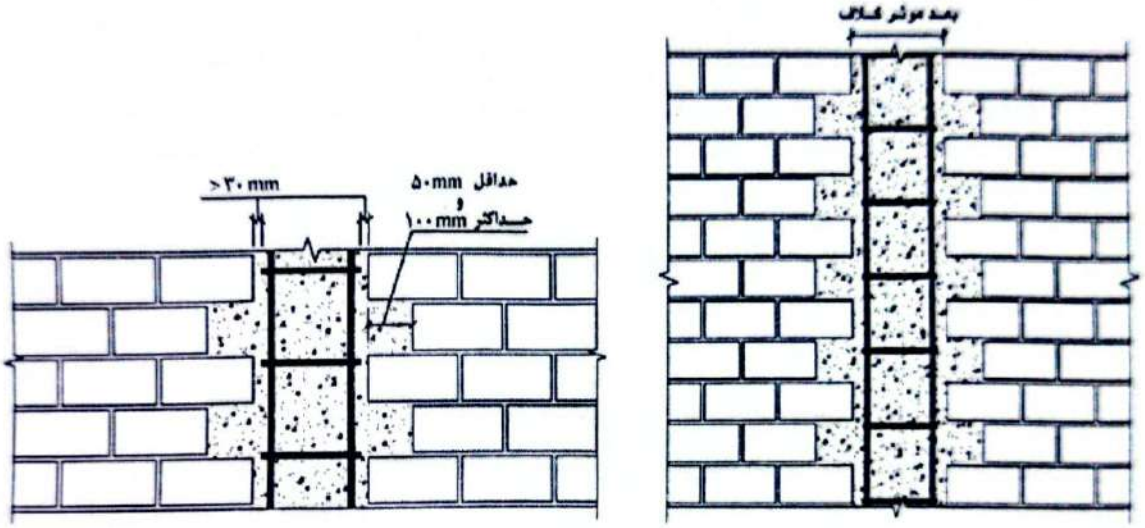
**۱- هشت گیر کردن کلاف و دیوار:**

در این روش، مطابق شکل ۸-ر-۵-۲۷-الف، نخست واحدهای مصالح بنایی دیوار به‌صورت دندانه‌ای (هشت‌گیر) اجرا شده، سپس کلاف بتن‌ریزی می‌شود. اندازه دندانه، حداقل ۵۰ میلی‌متر و حداکثر ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد. در این روش، حداقل فاصله بین آجرهای دندانه‌دار شده نباید از بعد لازم برای کلاف کمتر باشد. همچنین، پوشش بتن نباید از ۳۰ میلی‌متر کمتر باشد. لازم است با استفاده از روش‌های مناسب مانند: لرزاندن بتن، کوبیدن بتن یا ضربه زدن به قالب، از پر شدن دندانه‌ها از بتن اطمینان حاصل شود.

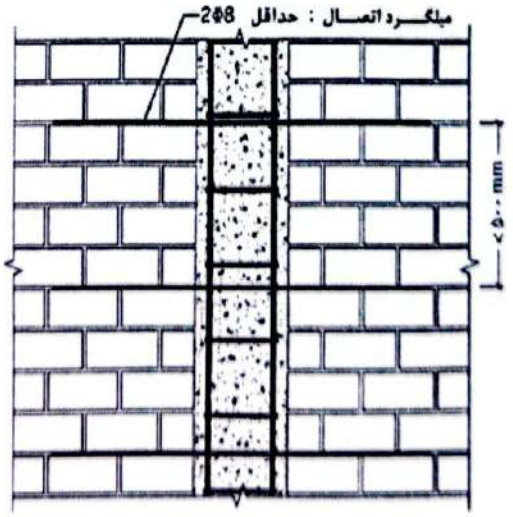
**۲- اتصال کلاف و دیوار با میلگرد بستر:**

در این روش، مطابق شکل ۸-ر-۵-۲۷-ب، لازم است دو میلگرد آج‌دار به قطر حداقل ۸ میلی‌متر، در فواصلی حداکثر برابر ۵۰۰ میلی‌متر در ارتفاع دیوار از درون کلاف قائم عبور داده شده و از هر طرف حداقل به اندازه ۳۰۰ میلی‌متر درون دیوار در ملات بستر ادامه یابند. این میلگردهای بستر باید از داخل میلگردهای قائم کلاف و چسبیده به آنها، عبور داده شوند.

**(الف)**




**(ب)**




**شکل ۸-ر-۵-۲۷ اتصال دیوار به کلاف**

*۱۵- دیوارها باید پس از اجرا حداقل به مدت سه روز به‌صورت ممتد مرطوب نگه داشته شوند.*

به توضیحات مورد ۱۵ بند ۸-ر۴-۵ رجوع شود.

## ۸-ر-۵-۵-۴ بازشو

*علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۸-۳-۴-۷، رعایت ضوابط زیر در ساختمان‌های موضوع این فصل الزامی است:*

*۱- بازشو نباید سبب قطع کلاف شود*

*۲- مجموع سطح بازشوها در هر دیوار سازه‌ای نباید از یک‌سوم سطح آن دیوار بیشتر باشد.*

*۳- مجموع طول بازشوها در هر دیوار سازه‌ای نباید از یک‌دوم طول دیوار بیشتر باشد.*

*۴- فاصله اولین بازشو از ابتدای طول دیوار نباید از دوسوم ارتفاع بازشو و یا ۷۵۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

*۵- فاصله دو بازشو نباید از دوسوم ارتفاع کوچکترین بازشوی طرفین خود و همچنین از یک‌ششم مجموع طول آن دو بازشو کمتر باشد. در غیر این صورت جرز بین دو بازشو جزئی از بازشو منظور می‌شود و نباید آن را به عنوان دیوار سازه‌ای به حساب آورد.*

*۶- هیچ‌یک از ابعاد بازشو نباید از ۲ متر بیشتر باشد.*

*۷- چنان‌چه هر کدام از موارد ۲ تا ۶ برآورده نشود، لازم است اطراف بازشوهای مربوطه، بر اساس ضوابط بند ۸-۵-۵-۶-۳، کلاف بازشو تعبیه شود.*

برای رفتار مناسب‌تر یک دیوار سازه‌ای تحت بارهای جانبی ناشی از زلزله، مطلوب است که اطراف کلیه بازشوهای موجود در آن دیوار کلاف بازشو، مطابق بند ۸-۵-۵-۶-۳، تعبیه شود. چنان‌چه بازشوها شرایط هندسی موارد ۲ تا ۶ فوق را، مطابق شکل ۸-ر-۵-۲۸، رعایت نمایند، الزامی به تعبیه کلاف بازشو نمی‌باشد.

چنان‌چه هر کدام از موارد فوق برآورده نگردد، لازم است اطراف بازشوهای مربوطه، به شرح زیر کلاف بازشو تعبیه شود.

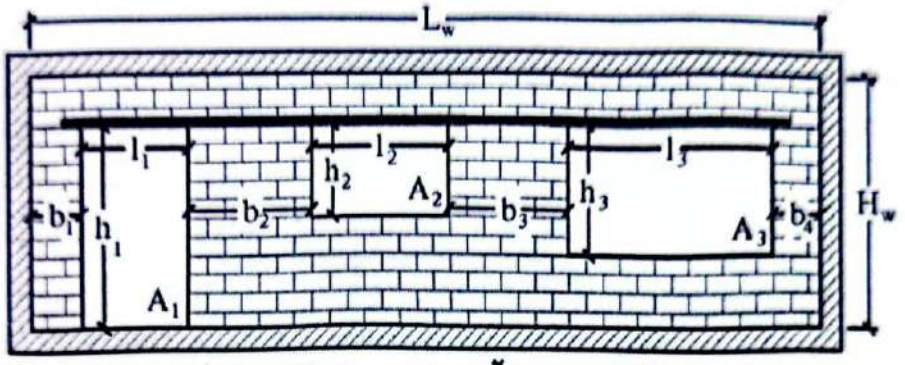
۱- چنان‌چه، مجموع سطح بازشوها در هر دیوار سازه‌ای از یک سوم سطح آن دیوار بیشتر باشد، لازم است اطراف کلیه بازشوها کلاف بازشو تعبیه شود.

۲- چنان‌چه، مجموع طول بازشوها در هر دیوار سازه‌ای از یک دوم طول دیوار بیشتر باشد، لازم است اطراف کلیه بازشوها کلاف بازشو قرار داده شود.

۳- چنان‌چه، فاصله اولین بازشو از ابتدای طول دیوار از دوسوم ارتفاع بازشو و یا ۷۵۰ میلی‌متر کمتر باشد، لازم است در لبه ابتدایی آن بازشو، کلاف قائم بازشو (از کف تا سقف) قرار داده شود.

۴- چنان‌چه، فاصله دو بازشو از دوسوم ارتفاع کوچکترین بازشوی طرفین خود و هم‌چنین از یک‌ششم مجموع طول آن دو بازشو کمتر باشد، لازم است در دو طرف جرز بین دو بازشو، کلاف قائم بازشو (از کف تا سقف) قرار داده شود.

۵- چنان‌چه، هر کدام از ابعاد یک بازشو از ۲/۰ بیشتر باشد، لازم است در اطراف آن بازشو، کلاف بازشو تعبیه شود.




$A_1+A_2+A_3 \le \frac{1}{3}(L_w \times H_w)$

$l_1+l_2+l_3 \le \frac{1}{2} L_w$

$h_1 \le ۲/۰ \text{ m}$

$l_1 \le ۲/۰ \text{ m}$

$b_1 \ge \frac{2}{3} h_1$ ، $\ge ۷۵۰ \text{ mm}$

$b_2 \ge \frac{2}{3} h_2$ ، $\ge \frac{1}{6}(l_1+l_2)$

$b_3 \ge \frac{2}{3} h_2$ ، $\ge \frac{1}{6}(l_2+l_3)$

$b_4 \ge \frac{2}{3} h_3$ ، $\ge ۷۵۰ \text{ mm}$

**شکل ۸-ر-۵-۲۸ شرایط عدم لزوم به استفاده از کلاف بازشو**

### ۸-ر-۵-۵-۵ نعل درگاه

*در اجرای نعل درگاه، علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۸-۳-۴-۸، رعایت موارد زیر الزامی است:*

*۱- در صورت استفاده از کلاف‌های قائم در اطراف بازشو، نعل درگاه باید به‌نحو مناسبی به آن‌ها متصل شود.*

*۲- عرض نعل درگاه باید مساوی ضخامت دیوار باشد.*

*۳- نعل درگاه روی بازشوهای مجاور باید به‌صورت یک‌سره اجرا شده و ضوابط طول تکیه‌گاه مندرج در مورد ۳ بند ۸-۳-۴-۸ را نیز برآورده نماید.*

در اجرای نعل درگاه باید به موارد زیر توجه شود.

۱- نعل درگاه را می‌توان از مصالحی مانند بنایی مسلح، فولاد، بتن مسلح درجا و یا بتن مسلح پیش‌ساخته ساخت. در طبقه زیرزمین، استفاده از نعل درگاه فولادی مجاز نمی‌باشد.

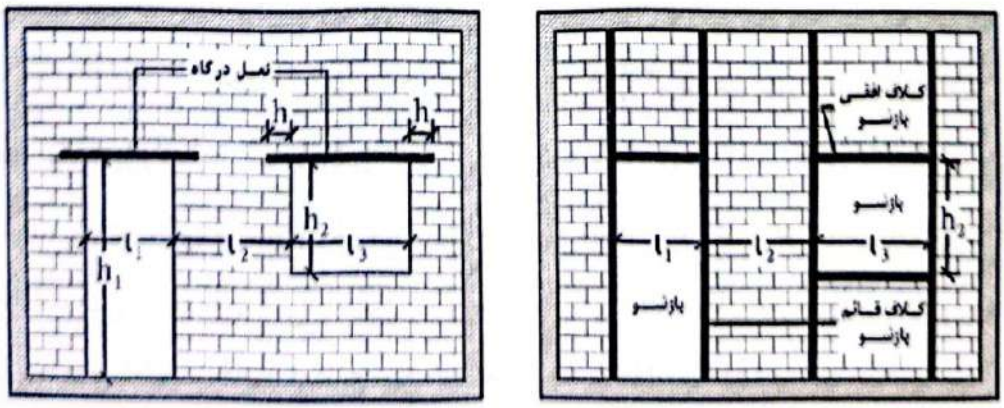
۲- نعل درگاه باید بر اساس بار وارد بر آن تحلیل و طراحی شود. بار وارد بر نعل درگاه عبارت است از بخشی از دیوار مثلثی شکل که اضلاع جانبی آن با افق زاویه ۶۰ درجه می‌سازد. تمام بار مثلث به اضافه کف‌ها و تیرها بایستی در طراحی نعل درگاه در نظر گرفته شوند (به بند ۸-ر-۳-۴-۸ رجوع شود).

۳- در دیوارهایی که بازشوهای آنها محدودیت‌های شکل ۸-ر-۵-۲۸ را برآورده می‌نمایند، لازم است موارد زیر درنظر گرفته شوند.

الف) طول تکیه‌گاه تیر نعل درگاه در هر طرف بازشو (محاسبه شده از بر دیوار) باید حداقل ۳۵۰ میلی‌متر یا یک‌دهم طول دهانه بازشو، هر کدام بیشتر است، در نظر گرفته شود.

ب) در بازشوهای مجاور هم تراز، لازم است که نعل درگاه به صورت پیوسته بالای هر دو یا چند بازشوی مجاور ادامه یابد. چنان‌چه، موارد $b_2$ و $b_3$ شکل ۸-ر-۵-۲۸ در مورد جرز بین دو بازشو برقرار باشد، می‌توان نعل درگاه را بر روی هرکدام از بازشوها به‌صورت مجزا اجرا نمود (شکل ۸-ر-۵-۲۸).

۴- در دیوارهایی که بازشوهای آنها محدودیت‌های شکل ۸-ر-۵-۲۸ را برآورده نمی‌کنند، لازم است اطراف بازشوها، مطابق بند ۸-ر-۵-۳-۳، از کلاف قائم و افقی بازشو استفاده نمود (شکل ۸-ر-۵-۲۹). در این صورت، کلاف افقی روی بازشو جایگزین نعل درگاه شده و لازم است برای بار وارده تحلیل و طراحی شود.




$l_2 < \frac{2}{3}h_2$ ، $l_2 < \frac{1}{4}(l_1+l_3)$

$l_2 \geq \frac{2}{3}h_2$ ، $l_2 \geq \frac{1}{4}(l_1+l_3)$

$h \geq 350mm$ ، $h \geq \frac{1}{10}l_3$

شکل ۸-ر-۵-۲۹ ضوابط اجرای نعل درگاه و کلاف بازشو

### ۸-ر-۵-۵-۶ کلاف‌بندی

*کلاف‌بندی ساختمان‌های موضوع این فصل، جهت حفظ انسجام و پیوستگی اعضای اصلی ساختمان شامل دیوارها، کف ها و پی، الزامی است. کلاف‌بندی باید بر اساس ضوابط زیر انجام گیرد. همچنین، لازم است کلیه کلاف‌های افقی و قائم از بتن مسلح، با مقاومت مشخصه ۲۰ مگاپاسکال ساخته شوند.*

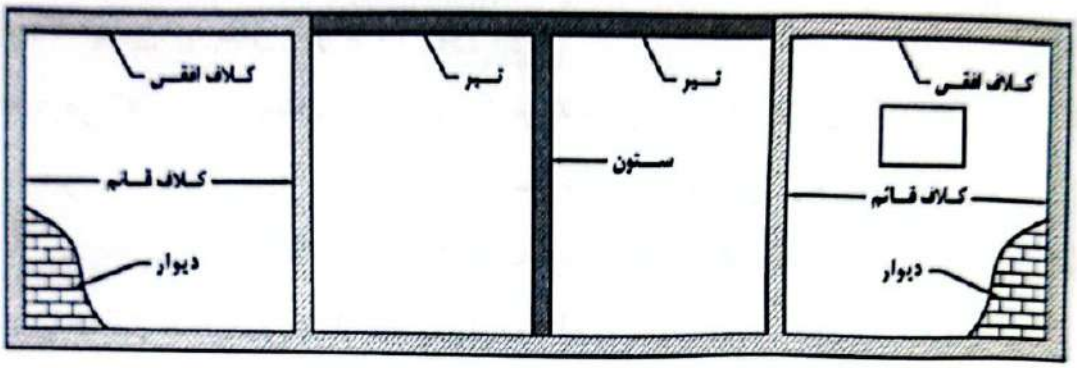
در رابطه با سیستم کلاف‌بندی ساختمان باید به موارد زیر توجه شود.

۱- کلاف‌بندی ساختمان با استفاده از کلاف‌های قائم و افقی، به منظور حفظ انسجام و پیوستگی اعضای اصلی ساختمان، شامل دیوارها، کف‌ها و پی می‌باشد. هر چند این اعضای بتن‌آرمه علاوه بر حفظ انسجام ساختمان، باعث افزایش مقاومت و سختی ساختمان نیز می‌گردند، ولی این اضافه مقاومت در میزان باربری ساختمان و اعضای آن منظور نمی‌گردد. از سیستم کلاف‌بندی، هم‌چنین به عنوان سیستم مقاوم لرزه‌ای ثانویه (موقت) استفاده می‌شود. به این منظور که اگر تحت بار زلزله، هر قسمت از عناصر اصلی باربر، مانند دیوار، دچار زوال و فروپاشی گردید، سیستم کلاف پیوسته، مشابه یک سیستم قابی موقت عمل نموده و این امکان را فراهم آورد که بار کف از ناحیه زوال یافته به سایر نواحی سالم انتقال یابد و موقتا از فرو ریزش ساختمان جلوگیری شود. لذا پیوستگی سیستم کلاف‌بندی، چه به‌لحاظ حفظ انسجام ساختمان و چه به عنوان سیستم مقاوم ثانویه، الزامی است.

۲- هر کلاف قائم باید حداقل از یک طرف به یک دیوار سازه‌ای منتهی شود، در غیر این صورت کلاف قائم محسوب نگردیده و لازم است مشابه یک ستون و بسته به مورد، بر اساس مباحث ۹ و۱۰ مقررات ملی ساختمان، مورد تحلیل و طراحی قرار گیرد. هم‌چنین، هر کلاف افقی باید بر روی یک دیوار سازه‌ای و یا روی زمین قرار داشته باشد (بجز کلاف افقی بازشو)، در غیر این صورت کلاف افقی محسوب نگردیده ولازم است مانند یک تیر و بر اساس مباحث ۹ و ۱۰ مقررات ملی ساختمان، مورد تحلیل و طراحی قرار گیرد (به شکل ۸-ر-۵-۳۰ رجوع شود).

۳- کلاف های افقی و قائم، از نوع بتن مسلح درجا با مقاومت فشاری مشخصه‌ای برابر با ۲۰ مگاپاسکال می‌باشند. لازم است با استفاده از روش‌های مناسب مانند: لرزاندن بتن، کوبیدن بتن یا ضربه زدن به قالب، از تراکم بتن داخل کلاف اطمینان حاصل شود.

۴- ساختمان‌های موضوع این فصل از مقررات ملی ساختمان، صرفا ساختمان‌های بنایی با دیوار باربر می‌باشند و ساختمان‌های ترکیبی بنایی- قابی موضوع این فصل نمی‌باشند. چنان‌چه به هر دلیل، از جمله اجرای دهانه‌ها و فضاهای بزرگتر، نیاز به اجرای سیستم ترکیبی دیوار باربر- قاب باشد، مطلوب است که با تعبیه درز لرزه‌ای قسمت قابی از قسمت دیوار باربر (بنایی) جدا شده و مستقلا بر اساس مبحث نهم و یا دهم مقررات ملی ساختمان تحلیل و طراحی گردد.




**شکل ۸-ر-۵-۳۰ تفاوت کلاف افقی و قائم با تیر و ستون به‌لحاظ رفتار سازه‌ای**

### ۸-ر-۵-۵-۶-۱ کلاف‌بندی افقی

***الف) مشخصات و محل قرار دادن کلاف افقی:***

*در کلیه دیوارهای باربر، کلاف افقی باید در تراز زیر و تراز روی دیوار با رعایت ضوابط زیر ساخته شود:*

*۱- در تراز زیر دیوار: عرض کلاف نباید از عرض دیوار و یا ۲۵۰ میلی‌متر و ارتفاع آن نباید از دوسوم عرض دیوار و یا ۲۵۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

*۲- در تراز روی دیوار: عرض کلاف نباید از عرض دیوار کمتر باشد، مگر در دیوارهای بیرونی که به منظور نماسازی می‌توان عرض کلاف را حداکثر تا ۵۰ میلی‌متر از عرض دیوار کمتر اختیار نمود، ولی در هر حالت عرض کلاف افقی نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد. ارتفاع کلاف نیز نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد. هنگام اجرای کلاف سقف، تدابیر لازم برای اتصال مناسب آن به تیرهای سقف اتخاذ شود. همچنین، چنان‌چه سقف از تاوه تخت بتن مسلح درجا ساخته شود، نیازی به کلاف افقی اضافی در تراز سقف نیست.*

در کلیه دیوارهای سازه‌ای، کلاف افقی بتن‌آرمه باید در تراز زیر دیوار (تراز پی) و تراز روی دیوار (تراز سقف) ساخته شود. چنان‌چه از پی نواری بتن‌آرمه پیوسته استفاده شود، می‌توان کلاف زیر

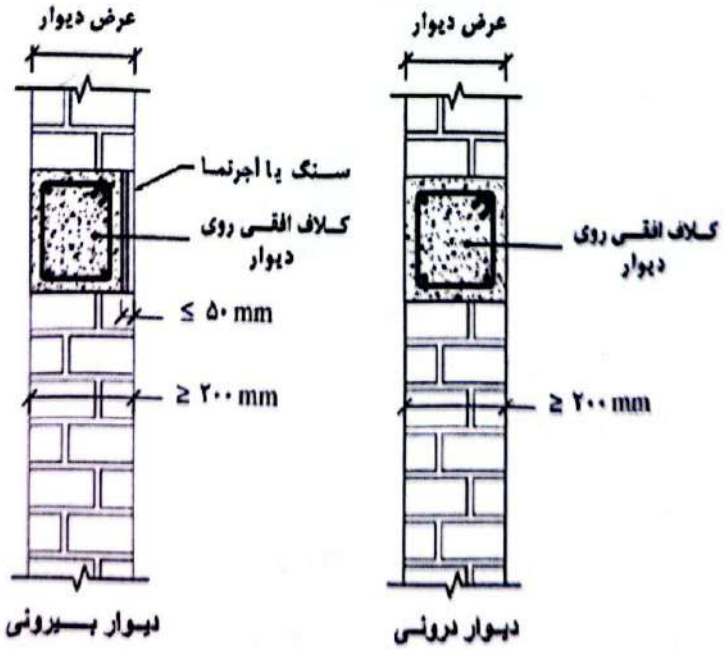
دیوار طبقه زیرین را اجرا نکرد. هم‌چنین، چنانچه سقف از تاوه تخت بتن مسلح درجا و یا دال تیرچه بلوک ساخته شود، نیازی به اجرای کلاف افقی اضافی در تراز زیر سقف نیست. لازم است هنگام اجرای کلاف افقی سقف، تدابیر لازم برای اتصال مناسب آن به تیرهای سقف اتخاذ شود. کلاف افقی نباید در هیچ جا منقطع باشد. در صورت نیاز به عبور لوله، قطر آن نباید بیش از یک‌ششم عرض کلاف باشد. عبور لوله نباید باعث قطع و یا جابجایی میلگردها گردد. همچنین لوله آب گرم باید با عایق حرارتی پوشانده شود.

**الزامات ابعادی:** (به شکل ۸-ر-۵-۳۱ رجوع شود)

۱- عرض کلاف افقی نباید از عرض دیوار کمتر باشد. در دیوارهای بیرونی، اگر نماسازی برای کل دیوار و کلاف‌ها مورد نظر باشد، لازم است عرض کلاف افقی برابر عرض دیوار باشد، ولی چنان‌چه نماسازی فقط برای قسمت کلاف درنظر گرفته شود، می‌توان عرض کلاف روی دیوار را حداکثر تا ۵۰ میلی‌متر از عرض دیوار کمتر اختیار نمود.

۲- عرض کلاف افقی زیر دیوار (تراز پی) نباید از ۲۵۰ میلی‌متر و عرض کلاف افقی روی دیوار نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.

۳- ارتفاع کلاف زیر دیوار (تراز پی) نباید از دوسوم عرض دیوار و یا ۲۵۰ میلی‌متر کمتر باشد. هم‌چنین، ارتفاع کلاف روی دیوار نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.




شکل ۸-ر-۵-۳۱ نسبت عرض کلاف افقی به عرض دیوار

*ب) مشخصات و محل قرار دادن میلگردها در کلاف افقی بتنی:*

*۱- میلگردهای طولی باید از نوع آجدار با حداقل قطر ۱۲ میلی‌متر باشند.*

*۲- میلگردهای طولی باید حداقل چهار عدد بوده و در چهار گوشه کلاف با پوشش بتنی مناسب قرار گیرند. در صورتی که عرض کلاف از ۳۵۰ میلی‌متر فراتر رود تعداد میلگردهای طولی باید به ۶ عدد و یا بیشتر افزایش داده شود به گونه‌ای که فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.*

*۳- میلگردهای طولی باید با تنگ‌هایی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر به یکدیگر بسته شوند. فاصله تنگ ها از یکدیگر نباید از ۲۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. فاصله تنگ‌ها در طولی برابر با ۴۵۰ میلی‌متر از بر کلاف قائم، که ناحیه بحرانی نامیده می‌شود، باید به ۱۰۰ میلی‌متر کاهش یابد. در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلاف‌ها به یکدیگر، نباید میلگرد وصله شود.*

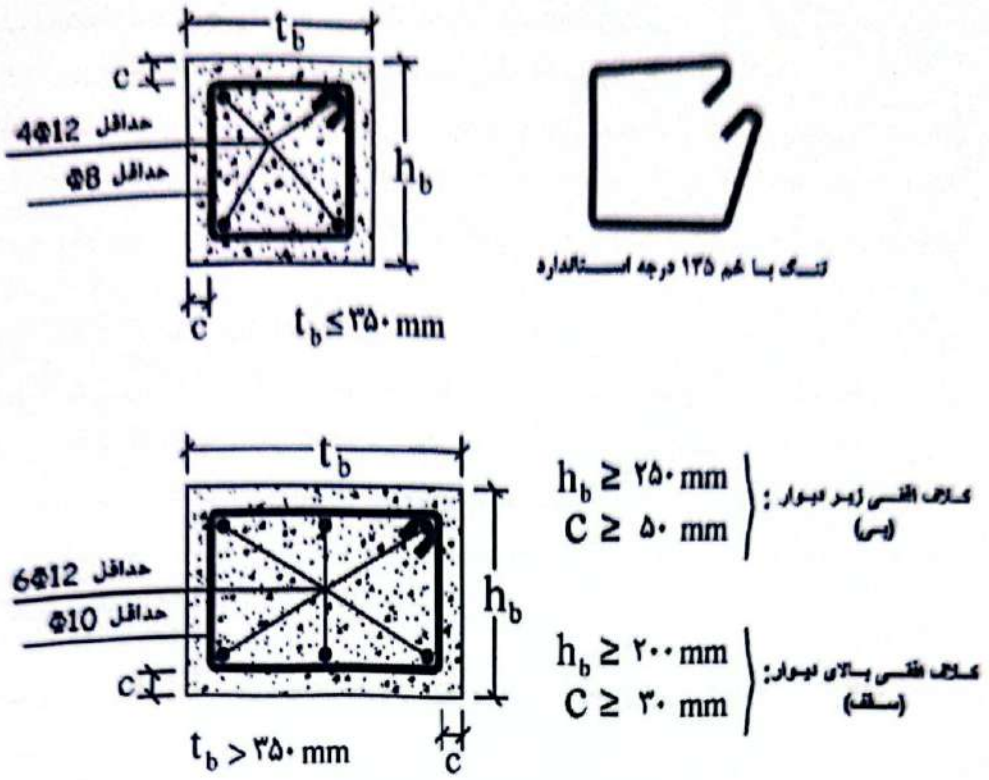
*۴- پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی نباید در مورد کلاف زیر دیوار از ۵۰ میلی‌متر و در مورد کلاف سقف از ۳۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

مشخصات و محل قرار گرفتن میلگردها در کلاف افقی به شرح زیر و مطابق شکل‌های ۸-ر-۵-۳۲ و ۸-ر-۵-۳۳ می‌باشد.

۱- میلگردهای طولی کلاف افقی باید حداقل چهار عدد میلگرد آجدار با حداقل قطر ۱۲ میلی‌متر بوده و در چهار گوشه کلاف با پوشش بتنی مناسب قرار گیرند. در صورتی که عرض کلاف از ۳۵۰ میلی‌متر تجاوز نماید تعداد میلگردهای طولی باید به ۶ عدد و یا بیشتر افزایش داده شود به‌گونه‌ای که فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.

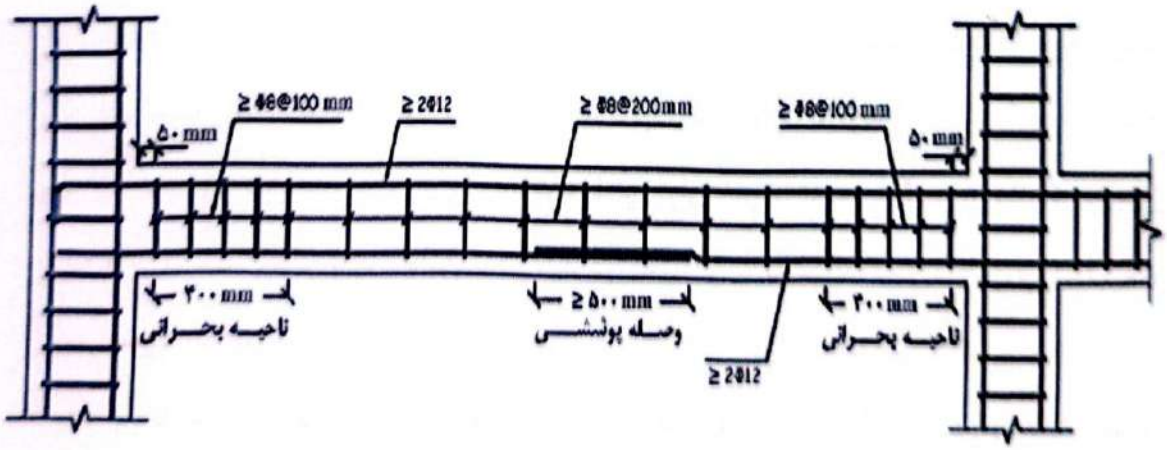
۲- پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی (c، در شکل ۸-ر-۵-۳۲) نباید در مورد کلاف زیر دیوار (پی) از ۵۰ میلی‌متر و در مورد کلاف روی دیوار (سقف) از ۳۰ میلی‌متر کمتر باشد.

۳- میلگردهای طولی باید با تنگ‌هایی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر با خم استاندارد ۱۳۵ درجه بسته شوند (شکل ۸-ر-۵-۳۲). در این رابطه، چیدمان تنگ‌ها باید به‌گونه ای باشد که گوشه‌های قلاب شده دو تنگ متوالی روی یک میلگرد طولی قرار نگیرند. فاصله تنگ‌ها از یکدیگر نباید از ۲۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. اولین تنگ باید در فاصله‌ای برابر با ۵۰ میلی‌متر از بر کلاف قائم اجرا شود. در دو طرف کلاف افقی، در طولی برابر با ۴۵۰ میلی‌متر از بر کلاف قائم، که ناحیه بحرانی نامیده می‌شود، فاصله تنگ‌ها باید به ۱۰۰ میلی‌متر کاهش یابد (در مجموع ۵ تنگ در هر طرف اتصال).




**شکل ۸-ر-۵-۳۲ جزئیات مقطع کلاف افقی**

۴- میلگردهای طولی نباید در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلاف‌ها به یکدیگر، وصله شوند. مناسب‌ترین محل وصله میلگرد طولی در یک‌سوم میانی دهانه کلاف می‌باشد. طول وصله میلگرد نباید از ۵۰۰ میلی‌متر کمتر باشد (شکل ۸-ر-۵-۳۳).




**شکل ۸-ر-۵-۳۳ جزئیات میلگردگذاری کلاف افقی**

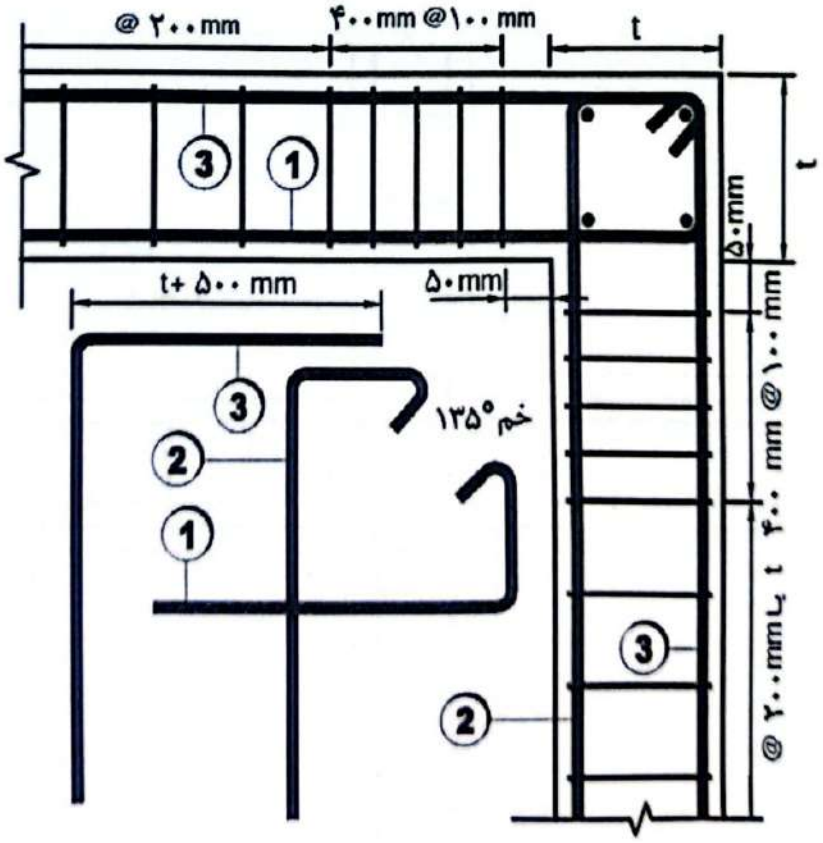
*پ) اتصال کلاف‌های افقی:*

*۱- در هر تراز، کلاف‌ها باید به یکدیگر متصل شوند تا کلاف‌بندی به‌صورت یک شبکه به‌هم پیوسته باشد.*

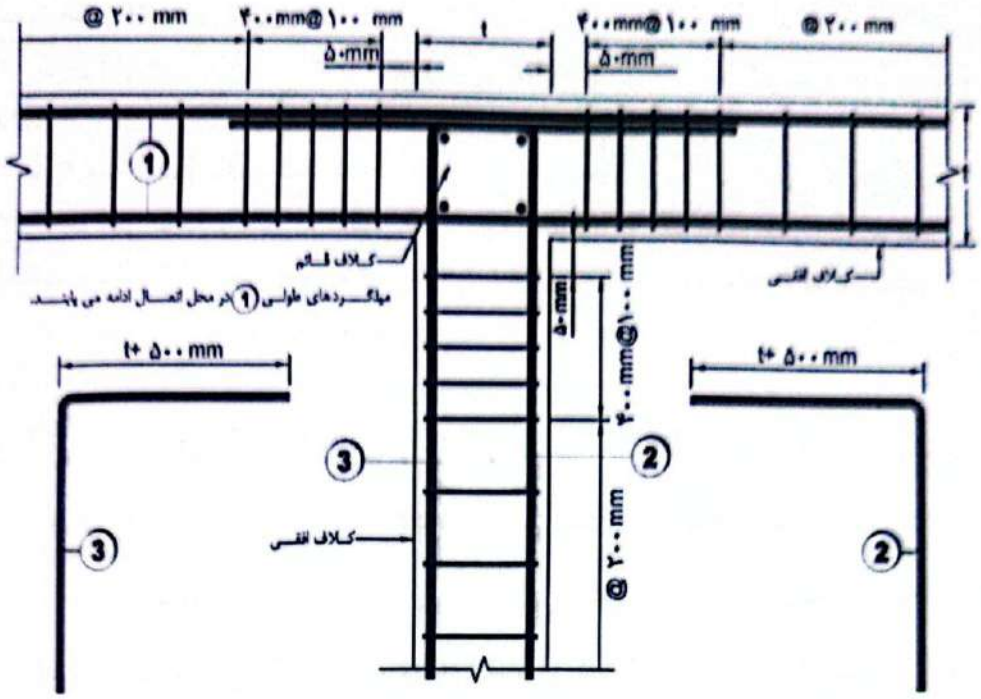
*۲- میلگردها در محل تلاقی کلاف‌ها باید حداقل به اندازه ۵۰۰ میلی‌متر هم‌پوشانی داشته باشند.*

*۳- کلاف افقی نباید در هیچ جا منقطع باشد. در صورت نیاز به عبور لوله، قطر آن نباید بیش از یک‌ششم عرض کلاف باشد. عبور لوله نباید باعث قطع و یا جابجایی میلگردها شود. همچنین لوله آب گرم باید با عایق حرارتی پوشانده شود.*

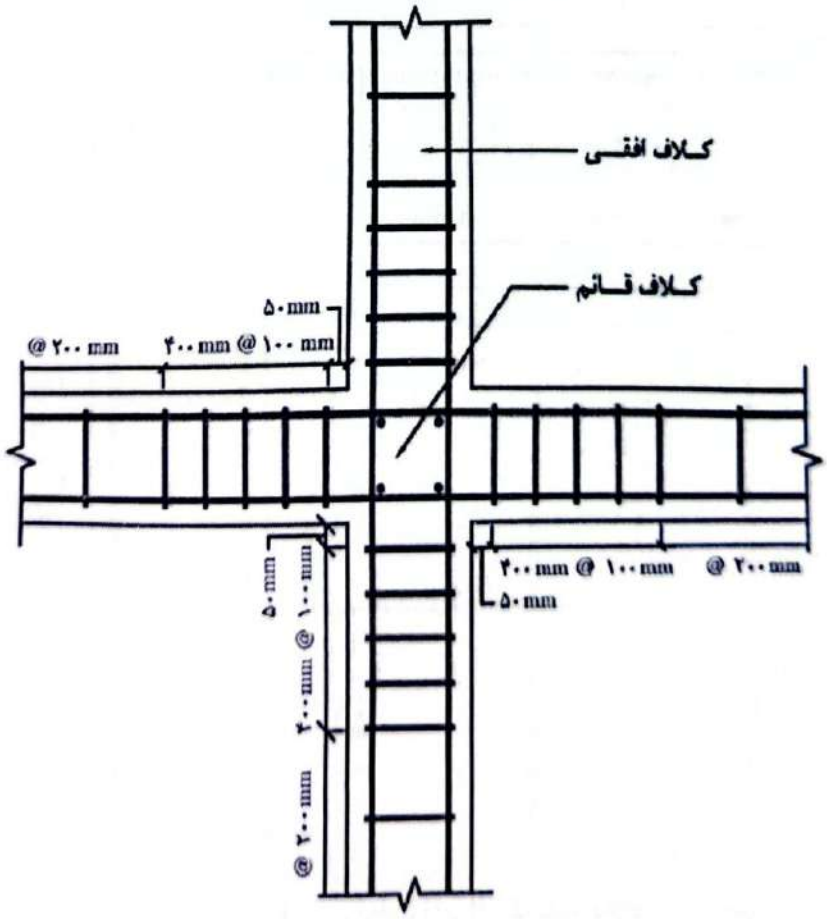
کلاف‌های افقی موجود در یک تراز باید به یکدیگر متصل شوند تا کلاف‌بندی به صورت یک شبکه به‌هم پیوسته درآید. در محل تلاقی کلاف‌ها، میلگردها باید حداقل به اندازه ۵۰۰ میلی‌متر هم‌پوشانی داشته باشند. نمونه‌های مناسبی از اتصال گوشه، اتصال متعامد و اتصال متقاطع کلاف‌های افقی، به ترتیب در شکل‌های ۸-ر-۵-۳۴، ۸-ر-۵-۳۵ و ۸-ر-۵-۳۶ نشان داده شده‌اند.




شکل ۸-ر-۵-۳۴ جزئیات اتصال گوشه کلاف‌های افقی




**شکل ۸-ر-۵-۳۵ جزئیات اتصال متعامد کلاف‌های افقی**




**شکل ۸-ر-۵-۳۶ جزئیات اتصال متقاطع کلاف‌های افقی**

### ۸-ر-۵-۵-۶-۲ کلاف‌بندی قائم

*الف) مشخصات و محل قرار دادن کلاف قائم*

*۱- کلاف‌های قائم بتن مسلح باید در محل تقاطع دیوارهای سازه‌ای تعبیه شوند. در صورتی که طول دیوار بین دو کلاف بیشتر از ۵ متر باشد باید کلاف‌های قائم اضافی با توزیع یک‌نواخت در فواصل حداکثر ۵ متر در داخل دیوار، تعبیه شود*

*۲- عرض کلاف قائم نباید از عرض دیوار مجاور در هر جهت کمتر باشد، مگر در دیوارهای بیرونی که به منظور نماسازی می‌توان عرض کلاف را حداکثر تا ۵۰ میلی‌متر از عرض دیوار کمتر اختیار نمود، ولی در هر حالت هیچ یک از ابعاد مقطع کلاف قائم نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

*۳- در ساختمان‌های دو طبقه و یا ساختمان‌های دارای زیرزمین، لازم است در کلیه گوشه‌های بیرونی ساختمان از کلاف قائم گوشه (دوبل)، مطابق مورد (ب) در زیر استفاده نمود.*

*۴- طول کلاف قائم گوشه در هر امتداد گوشه، نباید از ۵۰۰ میلی‌متر و یا عرض دیوار متعامد به‌علاوه ۲۰۰ میلی‌متر، هر کدام بیشتر است، کمتر باشد.*

کلاف‌های قائم بتن مسلح باید در محل تقاطع دیوارهای سازه‌ای، مطابق الزامات بند ۸-۵-۵-۶-۲، تعبیه گردند. در صورتی‌که طول دیوار بین دو کلاف بیشتر از ۵ متر باشد باید کلاف‌های قائم اضافی با توزیع یک‌نواخت در فواصل حداکثر ۵ متر در داخل دیوار، تعبیه گردد. کلاف‌های قائم باید به‌طور مناسب به کلاف‌های افقی متصل گردند. کلاف قائم نباید در هیچ جا منقطع باشد. در صورت نیاز به عبور لوله از کلاف، قطر آن نباید بیش از یک‌ششم عرض کلاف باشد. عبور لوله نباید باعث قطع و یا جابجایی میلگردها گردد. همچنین لوله آب گرم باید با عایق حرارتی پوشانده شود. در ساختمان‌های دو طبقه و یا ساختمان‌های دارای زیرزمین، لازم است در گوشه‌های بیرونی ساختمان از کلاف قائم گوشه (دوبل) استفاده نمود (شکل ۸-ر-۵-۸).

*ب) مشخصات و محل قرار دادن میلگردها در کلاف قائم بتنی تک*

*۱- میلگردهای طولی باید از نوع آج‌دار با حداقل قطر ۱۲ میلی‌متر باشد.*

*۲- حداقل چهار میلگرد طولی باید در چهار گوشه کلاف با پوشش بتنی مناسب قرار گیرند و به‌نحو مناسبی با میلگردهای طولی کلاف افقی مهار شوند.*

*۳- میلگردهای طولی باید با تنگ‌هایی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر به یکدیگر بسته شوند. فاصله تنگ ها از یکدیگر نباید از ۲۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. حداکثر فاصله تنگ‌ها در ناحیه بحرانی بالا و پایین کلاف باید به ۱۰۰ میلی‌متر کاهش یابد. طول ناحیه بحرانی در کلاف قائم از بر داخلی کلاف افقی محاسبه می‌شود و بزرگترین دو مقدار زیر می‌باشد.*

*الف) یک‌پنجم فاصله محور تا محور کلاف‌های افقی بالا و پایین دیوار*

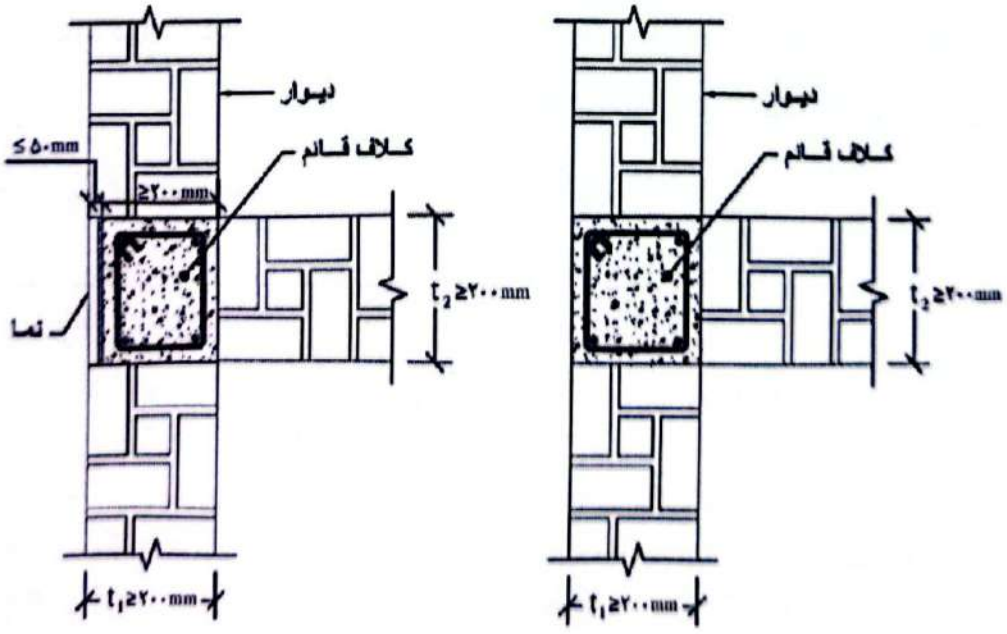
*ب) دو برابر ضخامت کلاف قائم در راستای عمود بر دیوار*

۴- در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلاف‌ها به یکدیگر، نباید میلگرد وصله شود.
۵- پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی نباید از ۳۰ میلی‌متر کمتر باشد.
۶- در صورتی که حداقل عرض مقطع کلاف از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد، تعداد میلگردهای طولی باید به ۶ عدد و یا بیشتر افزایش داده شود، به‌طوری که فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.
۷- میلگردهای طولی کلاف قائم طبقه زیرین باید حداقل به اندازه ۲۵۰ میلی‌متر به‌صورت قائم و یا خم ۹۰ درجه، حداقل ۲۰۰ میلی‌متر در داخل پی یا کلاف زیر دیوار مهار شوند.

کلیه کلاف‌های قائم ساختمان‌های یک طبقه و کلاف‌های قائم ساختمان‌های دوطبقه و ساختمان‌های دارای زیرزمین، بجز در گوشه‌های ساختمان، از نوع کلاف تک می‌باشند.

**الزامات ابعادی:** (شکل ۸-ر-۵-۳۷)

عرض کلاف قائم تک نباید از عرض دیوار کمتر باشد. در دیوارهای بیرونی، اگر نماسازی برای کل دیوار و کلاف‌ها مورد نظر باشد، لازم است عرض کلاف قائم برابر عرض دیوار باشد، ولی چنان‌چه نماسازی فقط برای قسمت کلاف درنظر گرفته شود، می‌توان عرض کلاف قائم را حداکثر تا ۵۰ میلی‌متر از عرض دیوار کمتر اختیار نمود، ولی در هر حالت، هیچ یک از ابعاد مقطع کلاف قائم تک نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.



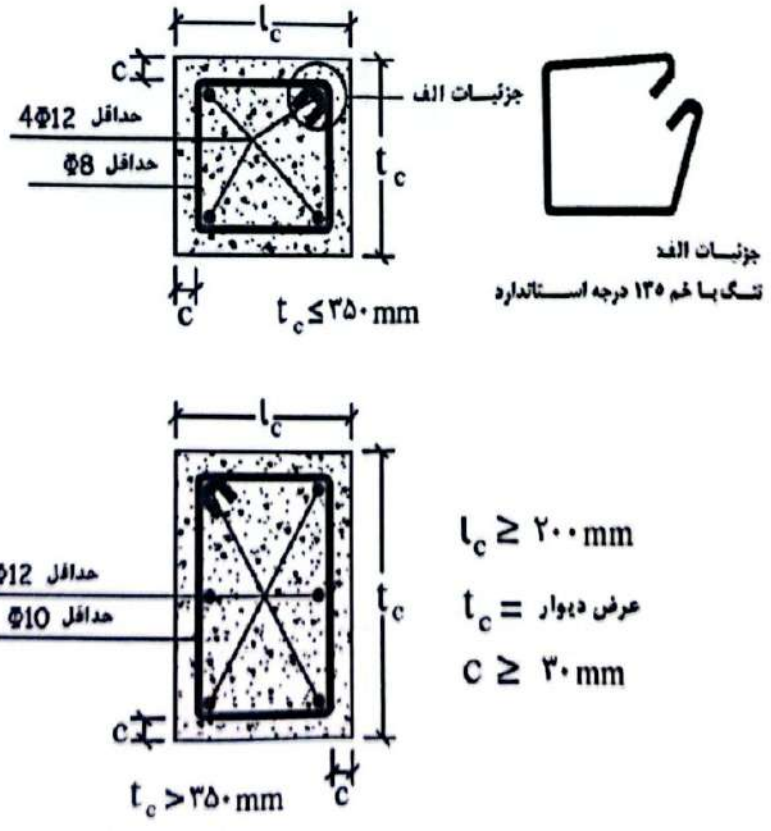

شکل ۸-ر-۵-۳۷ نسبت ابعاد کلاف قائم به عرض دیوار

**مشخصات و محل قرار دادن میلگردها:**

۱- میلگردهای طولی کلاف قائم تک باید حداقل چهار عدد میلگرد آجدار با حداقل قطر ۱۲ میلی متر بوده و در چهار گوشه کلاف با پوشش بتنی مناسب قرار گیرند. در صورتی که عرض کلاف از ۳۵۰ میلی‌متر تجاوز نماید، تعداد میلگردهای طولی باید به ۶ عدد و یا بیشتر افزایش داده شود به‌گونه‌ای که فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر نباشد (شکل ۸-ر-۵-۳۸).

۲- پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی نباید از ۳۰ میلی‌متر کمتر باشد.

۳- میلگردهای طولی باید با تنگ‌هایی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر با خم استاندارد ۱۳۵ درجه بسته شوند (شکل ۸-ر-۵-۳۸). در این رابطه، چیدمان تنگ‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که گوشه‌های قلاب شده دو تنگ متوالی روی یک میلگرد طولی قرار نگیرند. فاصله تنگ‌ها از یکدیگر نباید از ۲۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. اولین تنگ باید در فاصله‌ای برابر با ۵۰ میلی‌متر از بر کلاف افقی یا پی اجرا شود.

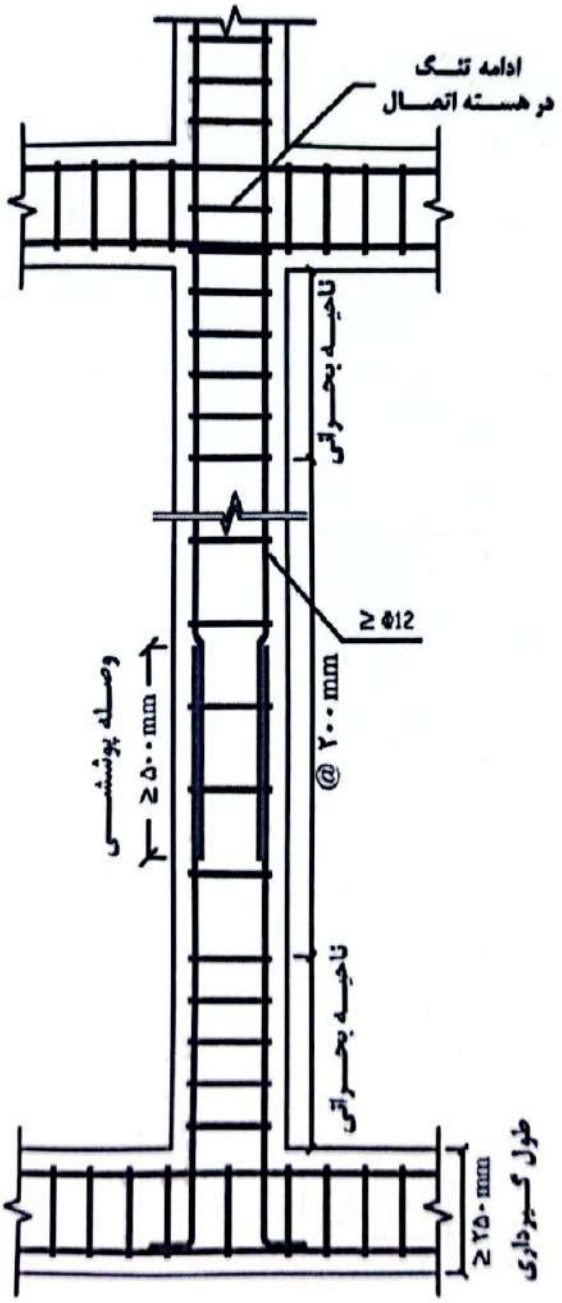



**شکل ۸-ر-۵-۳۸ جزئیات مقطع کلاف قائم**

۴- در قسمت بالا و پایین کلاف قائم (ناحیه بحرانی)، فاصله تنگ‌ها در طول ناحیه بحرانی که برابر با بزرگترین مقادیر زیر می‌باشد، باید به ۱۰۰ میلی‌متر کاهش یابد (به شکل ۸-ر-۵-۳۹ رجوع شود). طول ناحیه بحرانی در کلاف قائم از بر کلاف افقی محاسبه می‌شود.

الف) یک پنجم فاصله محور تا محور کلاف‌های افقی بالا و پایین دیوار

ب) دو برابر ضخامت کلاف قائم در راستای عمود بر دیوار.




شکل ۸-ر-۵-۳۹ جزئیات میلگردگذاری کلاف قائم

۵- میلگردهای طولی نباید در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلاف‌ها به یکدیگر، وصله شوند. مناسب‌ترین محل وصله میلگرد طولی در یک‌سوم میانی دهانه کلاف می‌باشد. طول وصله میلگرد نباید از ۵۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.

۶- میلگردهای طولی کلاف قائم طبقه زیرین باید حداقل به اندازه ۲۵۰ میلی‌متر به صورت قائم و با خم ۹۰ درجه، حداقل ۲۰۰ میلی‌متر در داخل پی بتنی یا کلاف زیر دیوار مهار شوند (شکل ۸-ر-۵-۴۱).

***پ) مشخصات و محل قرار دادن میلگردها در کلاف قائم بتنی گوشه (دوبل)***

*۱- میلگردهای طولی باید از نوع آجدار با حداقل قطر ۱۲ میلی‌متر باشد.*

*۲- حداقل هشت میلگرد طولی باید با آرایشی مطابق بند ۸-ر-۵-۵-۶-۲ راهنمای این مبحث و با پوشش بتنی مناسب قرار گیرند و به‌نحو مناسبی به میلگردهای طولی کلاف افقی مهار شوند.*

*۳- میلگردهای طولی باید با تنگ‌هایی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر به یکدیگر بسته شوند. فاصله تنگ ها از یکدیگر نباید از ۲۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. حداکثر فاصله تنگ‌ها در ناحیه بحرانی بالا و پایین کلاف باید به ۱۰۰ میلی‌متر کاهش یابد. طول ناحیه بحرانی در کلاف قائم از بر داخلی کلاف افقی محاسبه می‌شود و بزرگترین دو مقدار زیر می‌باشد.*

*الف) یک‌پنجم فاصله محور تا محور کلاف‌های افقی بالا و پایین دیوار*

*ب) دو برابر ضخامت کلاف قائم در راستای عمود بر دیوار*

*۴- در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلاف‌ها به یکدیگر، نباید میلگرد وصله شود.*

*۵- پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی نباید از ۳۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

*۶- چنان‌چه عرض کلاف در هر امتداد از ۳۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد، تعداد میلگردهای طولی در آن امتداد و در هر ردیف باید به ۳ عدد و یا بیشتر افزایش داده شود، به‌گونه‌ای که فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.*

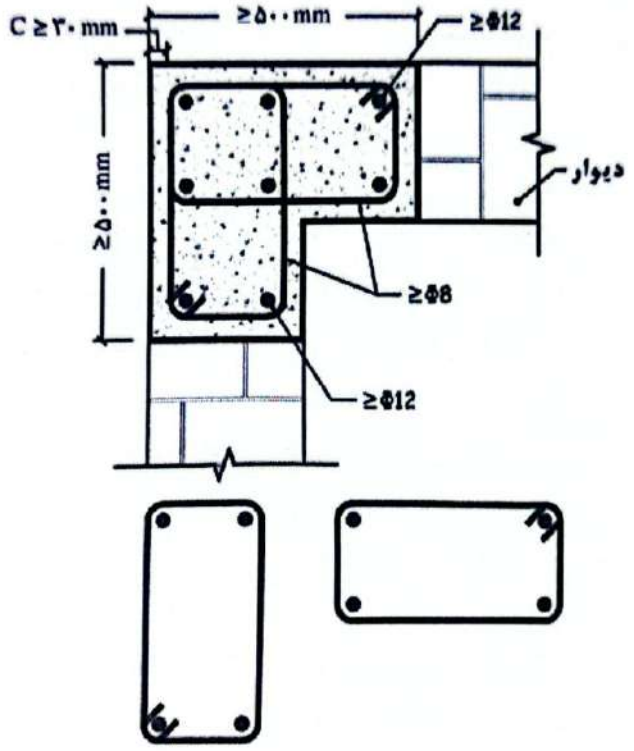
*۷- میلگردهای طولی کلاف قائم طبقه زیرین باید حداقل به اندازه ۲۵۰ میلی‌متر به‌صورت قائم و با خم ۹۰ درجه، حداقل ۳۰۰ میلی‌متر در داخل پی یا کلاف زیر دیوار مهار شوند.*

کلیه کلاف‌های قائم گوشه‌های بیرونی ساختمان‌های دوطبقه و دارای زیرزمین، از نوع کلاف گوشه و یا کلاف دوبل می‌باشند.

**الزامات ابعادی:** (به شکل ۸-ر-۵-۴۰ رجوع شود)

۱- طول کلاف قائم گوشه در هر امتداد گوشه، نباید از ۵۰۰ میلی‌متر و یا عرض دیوار متعامد به‌علاوه ۲۰۰ میلی‌متر، هر کدام بیشتر است، کمتر باشد.

۲- عرض کلاف قائم گوشه در هر امتداد، نباید از عرض دیوار در آن امتداد کمتر باشد. در دیوارهای بیرونی، اگر نماسازی برای کل دیوار و کلاف‌ها مورد نظر باشد، لازم است عرض کلاف قائم گوشه برابر عرض دیوار باشد، ولی چنان‌چه نماسازی فقط برای قسمت کلاف درنظر گرفته شود، می‌توان عرض کلاف قائم را حداکثر تا ۵۰ میلی‌متر از عرض دیوار کمتر اختیار نمود، ولی در هر حالت، هیچ یک از ابعاد مقطع کلاف قائم گوشه نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.




**شکل ۸-ر-۵-۴۰ جزئیات کلاف گوشه (دوبل)**

**مشخصات و محل قرار دادن میلگردها:**

۱- میلگردهای طولی کلاف قائم گوشه باید حداقل هشت عدد میلگرد آجدار با حداقل قطر ۱۲ میلی‌متر بوده و باید با آرایشی مطابق شکل ۸-ر-۵-۴۰ و با پوشش بتنی مناسب اجرا شوند. این میلگردها لازم است به‌نحو مناسب با میلگردهای طولی کلاف افقی مهار شوند. در صورتی که عرض کلاف در هر امتداد از ۳۵۰ میلی‌متر تجاوز نماید، تعداد میلگردهای طولی در آن امتداد و در هر ردیف باید به ۳ عدد و یا بیشتر افزایش داده شود، به‌گونه‌ای که فاصله هر دو میلگرد مجاور از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.

۲- پوشش بتن اطراف میلگردهای طولی نباید از ۳۰ میلی‌متر کمتر باشد.

۳- میلگردهای طولی باید با تنگ‌هایی به قطر حداقل ۸ میلی‌متر با خم استاندارد ۱۳۵ درجه بسته شوند (شکل ۸-ر-۵-۴۰). در این رابطه، چیدمان تنگ‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که گوشه‌های قلاب شده دو تنگ متوالی روی یک میلگرد طولی قرار نگیرند. فاصله تنگ‌ها از یکدیگر نباید از ۲۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. اولین تنگ باید در فاصله‌ای برابر با ۵۰ میلی‌متر از بر کلاف افقی یا پی اجرا شود.

۴- در قسمت بالا و پایین کلاف قائم گوشه (ناحیه بحرانی)، فاصله تنگ‌ها در طولی برابر با بزرگترین مقادیر زیر، باید به ۱۰۰ میلی‌متر کاهش یابد. طول ناحیه بحرانی در کلاف قائم از بر کلاف افقی محاسبه می‌شود.

الف) یک پنجم فاصله محور تا محور کلاف‌های افقی بالا و پایین دیوار

ب) دو برابر ضخامت کلاف قائم در راستای عمود بر دیوار

۵- میلگردهای طولی نباید در ناحیه بحرانی و در محل اتصال کلاف‌ها به یکدیگر، وصله شوند. مناسب‌ترین محل وصله میلگرد طولی در یک‌سوم میانی دهانه کلاف می‌باشد. طول وصله میلگرد نباید از ۵۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.

۶- میلگردهای طولی کلاف قائم طبقه زیرین باید حداقل به اندازه ۲۵۰ میلی‌متر در امتداد قائم و با خم ۹۰ درجه، حداقل ۳۰۰ میلی‌متر در داخل پی بتنی یا کلاف زیر دیوار، مطابق شکل ۸-ر-۵-۴۱، مهار شوند.

*ت) اتصال کلاف‌های قائم*

*کلاف‌های قائم باید به‌نحو مناسب به کلاف‌های افقی متصل شوند. در نقاط تقاطعی که کلاف قائم ادامه می‌یابد، میلگردهای طولی کلاف قائم باید بدون قطع شدن از درون کلاف افقی عبور نمایند. در نقاط تقاطعی که کلاف قائم ادامه نمی‌یابد، میلگردهای طولی کلاف قائم باید تا روی میلگردهای فوقانی کلاف افقی ادامه یافته و با خم ۹۰ درجه حداقل به اندازه ۵۰۰ میلی‌متر در داخل کلاف افقی مهار شوند. همچنین، کلاف‌های قائم باید به‌نحو مناسب به یکدیگر و به پی یا کلاف زیر دیوار متصل شوند.*

جزئیات اتصال مناسب کلاف قائم به دیوار، پی، کلاف‌های افقی و به یکدیگر به شرح زیر می‌باشد:

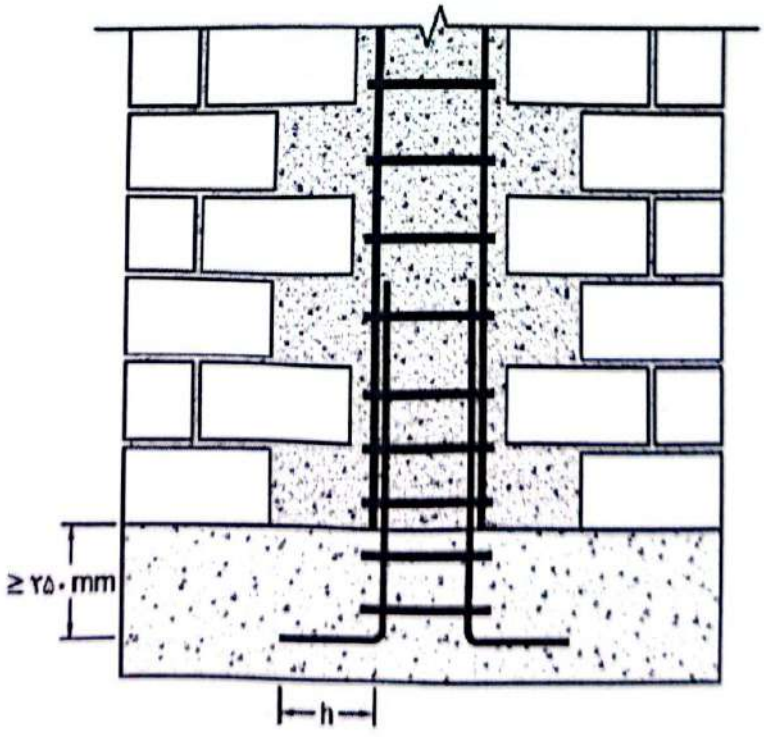
**الف) اتصال کلاف قائم به دیوار**

اتصال کلاف قائم به دیوار، به یکی از دو روش دندانه‌ای (هشت‌گیر) و میلگرد بستر انجام می‌شود. جزئیات این اتصالات در توضیحات مربوط به مورد ۱۴ بند ۸-ر-۵-۵-۳-۵ آورده شده است.

**ب) اتصال کلاف‌های قائم به پی و یا به یکدیگر**

در نقاط تقاطعی که کلاف قائم ادامه می‌یابد، میلگردهای طولی کلاف قائم باید بدون قطع شدن از درون کلاف افقی عبور نمایند. در نقاط تقاطعی که کلاف قائم ادامه نمی‌یابد، میلگردهای طولی کلاف قائم باید تا روی میلگردهای فوقانی کلاف افقی ادامه یافته و با خم ۹۰ درجه حداقل به اندازه ۵۰۰ میلی‌متر در داخل کلاف افقی مهار گردند (به اتصال کلاف قائم و افقی رجوع شود).

برای اتصال کلاف قائم به پی بتنی یا کلاف زیر دیوار، میلگردهای طولی کلاف قائم باید حداقل به اندازه ۲۵۰ میلی‌متر داخل پی یا کلاف زیر دیوار ادامه یافته و با خم ۹۰ درجه، به اندازه حداقل ۲۰۰ میلی‌متر = $h$ برای کلاف قائم تک و حداقل ۳۰۰ میلی‌متر = $h$ برای کلاف قائم گوشه، در پی یا کلاف زیر دیوار مهار شود (به شکل ۸-ر-۵-۴۱ رجوع شود).



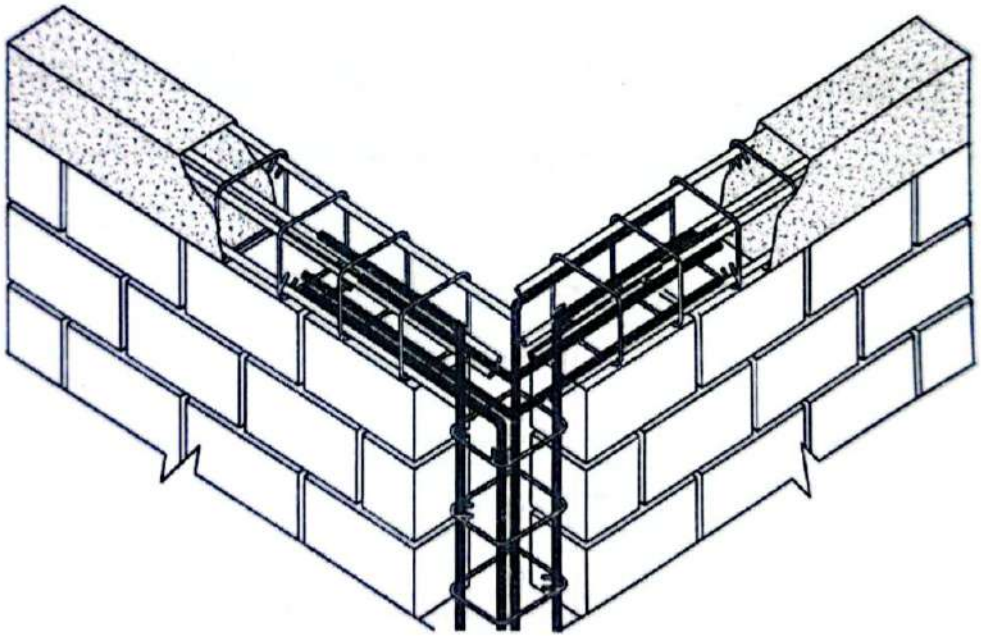

**شکل ۸-ر-۵-۴۱ اتصال کلاف قائم به پی یا کلاف افقی زیر دیوار**

**پ) اتصال کلاف‌های قائم و افقی**

۱- در همه اتصالات کلاف افقی و قائم، هسته اتصال به عنوان ناحیه بحرانی کلاف قائم در نظر گرفته شده و تنگ‌های ناحیه بحرانی کلاف قائم در هسته اتصال نیز ادامه می‌یابند.

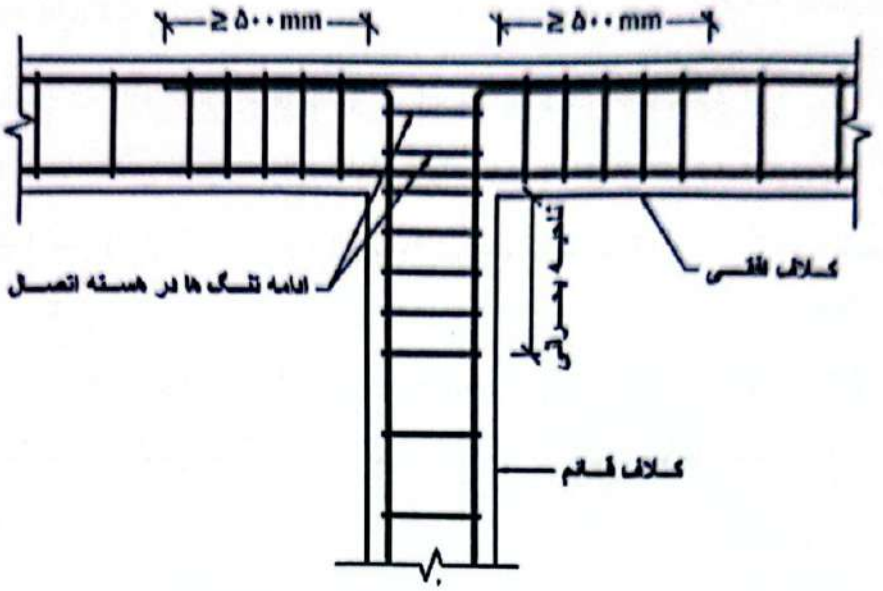
۲- در همه اتصالات، اولین تنگ (خاموت) کلاف‌های افقی باید در فاصله ای برابر ۵۰ میلی‌متر از بر اتصال شروع شود.

۳- در اتصالی که کلاف قائم و کلاف افقی هر دو ادامه پیدا نمی‌کنند، لازم است، مطابق شکل ۸-ر-۵-۴۲، میلگردهای طولی هر کلاف با خم ۹۰ درجه به طول حداقل ۵۰۰ میلی‌متر در کلاف دیگر ادامه یابد.



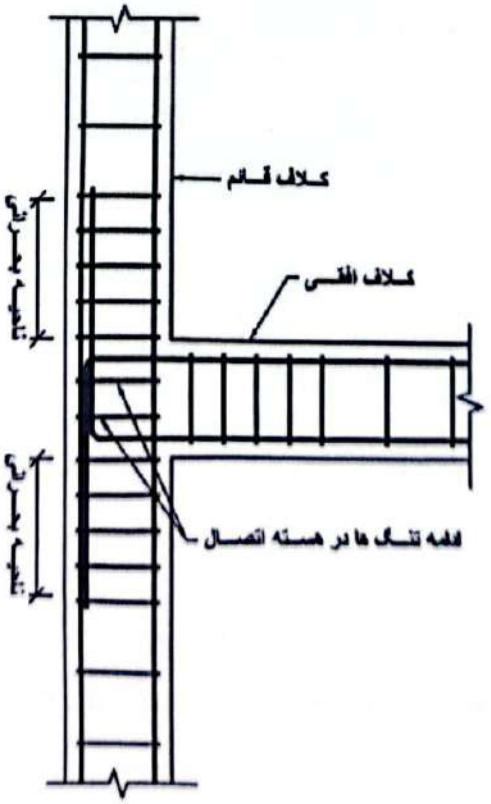
**شکل ۸-ر-۵-۴۲ اتصال کلاف افقی و قائم در گوشه**

۴- در اتصالی که کلاف قائم ادامه ندارد ولی کلاف افقی ادامه دارد، لازم است، مطابق شکل ۸-ر-۵-۴۳، میلگردهای طولی کلاف قائم با خم ۹۰ درجه به طول حداقل ۵۰۰ میلی‌متر در کلاف افقی مهار شوند.



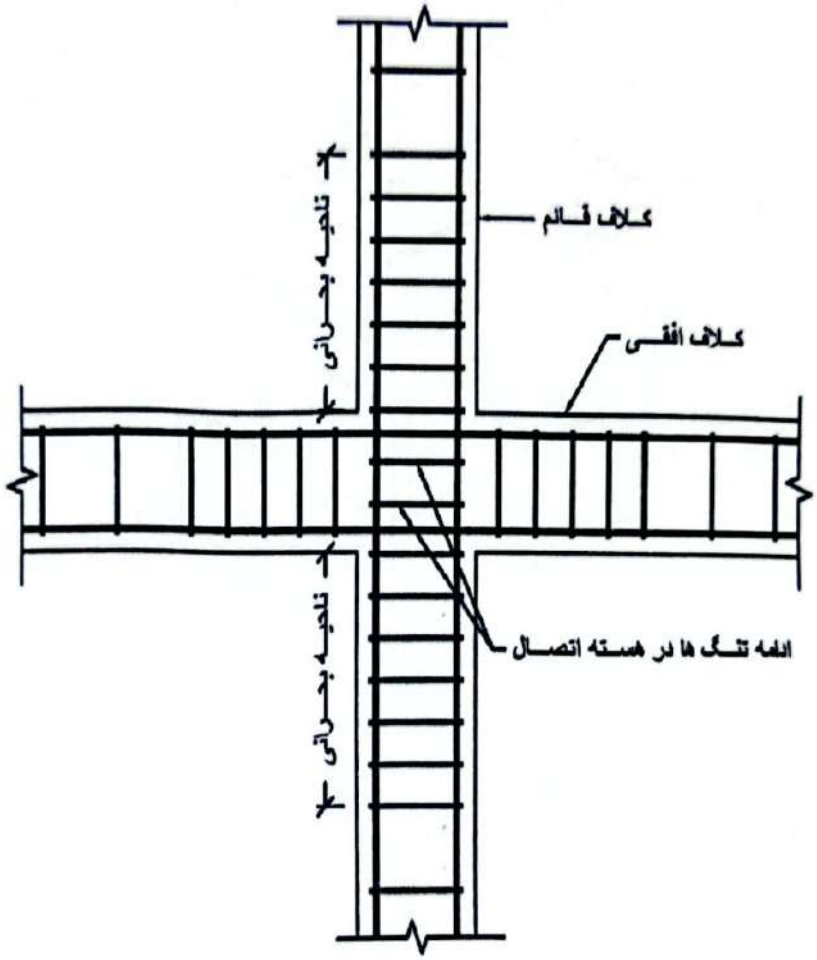

**شکل ۸-ر-۵-۴۳ اتصال کلاف قائم غیر ممتد به کلاف افقی ممتد**

۵- در اتصالی که کلاف افقی ادامه ندارد ولی کلاف قائم ادامه دارد، لازم است، مطابق شکل ۸-ر-۵-۴۴، میلگردهای طولی کلاف افقی با خم ۹۰ درجه به طول حداقل ۵۰۰ میلی‌متر در کلاف قائم مهار شوند.




**شکل ۸-ر-۵-۴۴ اتصال کلاف قائم ممتد به کلاف افقی غیرممتد**

۶- در اتصالی که کلاف قائم و کلاف افقی هر دو ادامه پیدا می‌کنند، لازم است، مطابق شکل ۸-ر-۵-۴۵، میلگردهای طولی هر دو کلاف بدون انقطاع از درون اتصال عبور کنند.



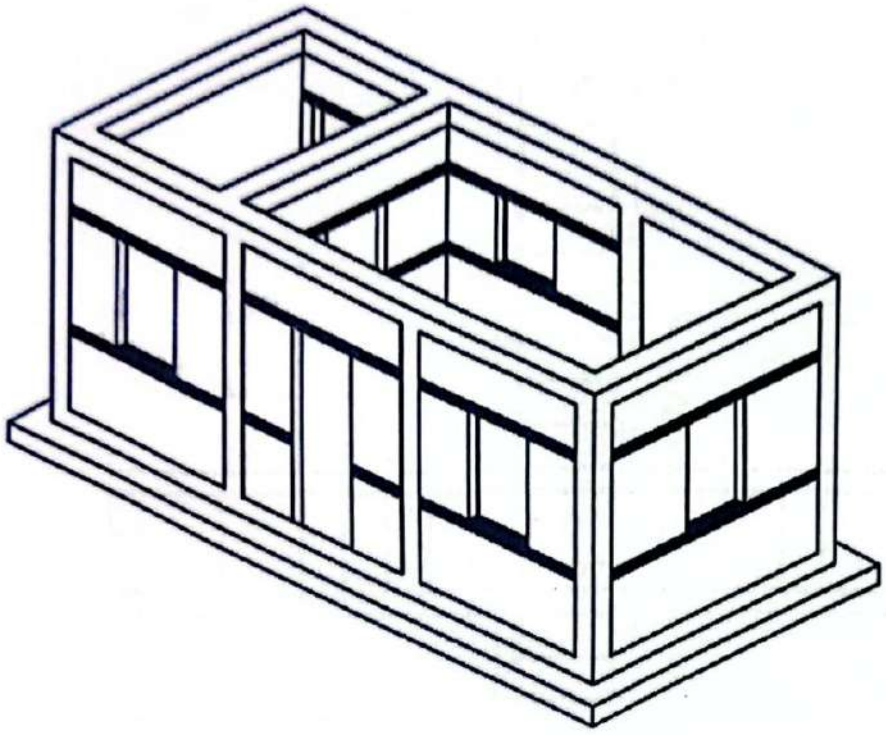

**شکل ۸-ر-۵-۴۵ اتصال متقاطع کلاف قائم و کلاف افقی**

### ۸-ر-۵-۶-۳ کلاف بازشو

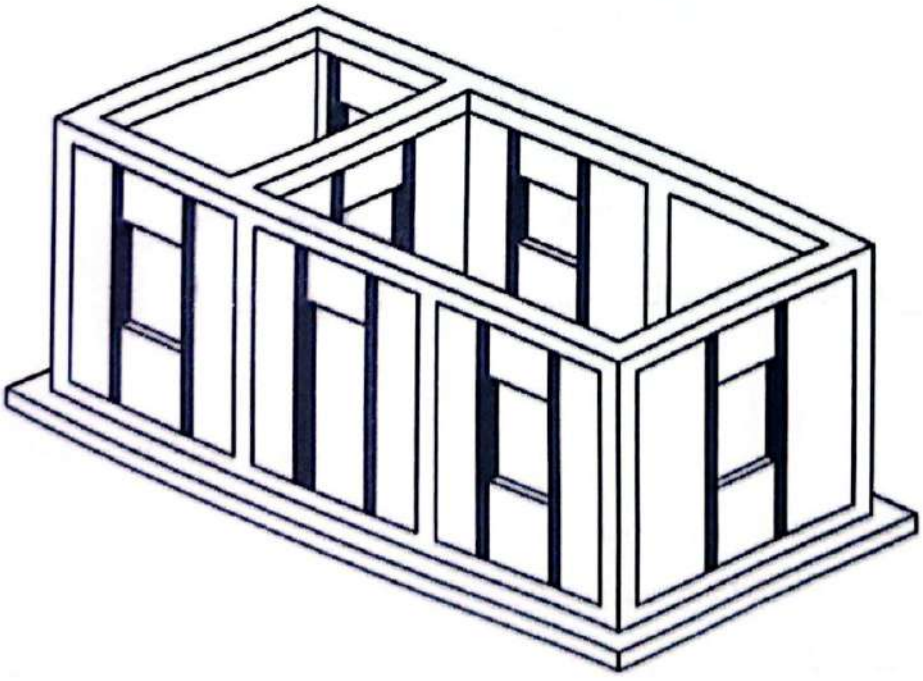
*چنانچه بازشوها شرایط هندسی موارد ۲ تا ۶ بند ۸-۵-۴ را نداشته باشند، لازم است اطراف آنها کلاف بازشو اجرا شود. کلاف بازشو می‌تواند از جنس بتن‌آرمه و یا فولاد باشد.*

چنان‌چه بازشوها شرایط هندسی موارد ۲ تا ۶ بند ۸-۵-۴ را مطابق شکل ۸-ر-۵-۲۸ رعایت نکنند، لازم است اطراف بازشوها کلاف بازشو تعبیه شود.

کلاف‌های بازشو به دو صورت: پیوسته افقی و پیوسته قائم، مطابق شکل ۸-ر-۵-۴۶ قابل اجرا هستند.



پیوسته افقی



پیوسته قائم

شکل ۸-ر-۵-۴۶ سیستم‌های پیوسته افقی و پیوسته قائم کلاف‌بندی بازشوها

*الف) کلاف بازشوی بتن‌آرمه:*

*کلاف بازشوی بتن‌آرمه باید ضوابط زیر را برآورده سازد.*

*۱- بعد کلاف بازشوی بتنی افقی و قائم، در امتداد دیوار، نباید از ۱۰۰ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین، عرض کلاف بازشو باید برابر با عرض دیوار باشد.*

*۲- مقاومت فشاری بتن کلاف بازشوی بتن‌آرمه نباید از ۲۰ مگاپاسکال کمتر باشد.*

*۳- لازم است کلاف بازشوی بتنی توسط دو میلگرد، هرکدام به قطر حداقل ۱۰ میلی‌متر که در فواصل حداکثر ۲۰۰ میلی‌متر توسط میلگردهای عرضی، به قطر حداقل ۶ میلی‌متر بسته شده باشند، مسلح شود. چنانچه عرض دیوار از ۳۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد، لازم است از سه عدد و یا بیشتر میلگرد در عرض استفاده نمود، به‌گونه‌ای که فاصله بین میلگردها از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.*

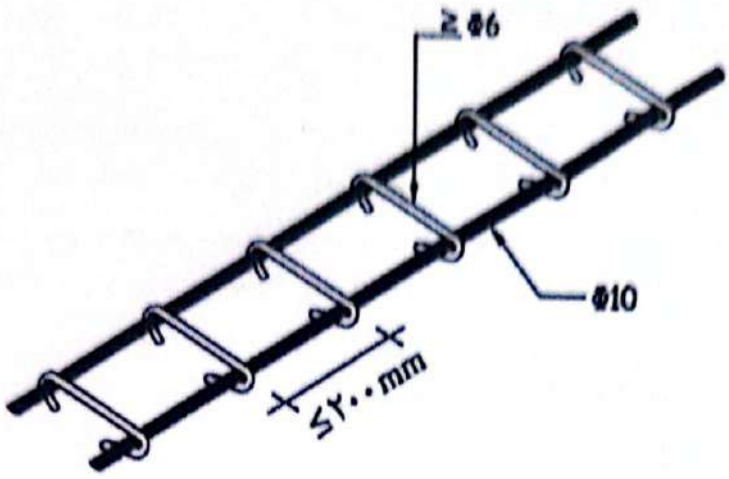
*۴- لازم است کلاف بازشوی قائم، به‌وسیله یکی از دو روش دندانه‌ای و یا اتصال میلگرد بستر به دیوار متصل شود.*

*۵- لازم است کلاف‌های افقی وقائم بتنی بازشو به‌نحو مناسب به یکدیگر و به کلاف‌های قائم و افقی دیگر (کلاف ساختمان و کلاف بازشو) متصل گردند.*

کلاف بازشوی بتنی، از نظر حداقل ابعاد و تعداد میلگردها، نصف کلاف بتنی ساختمان می‌باشد. بعد کلاف بازشوی بتنی افقی و قائم، در امتداد دیوار، نباید از ۱۰۰ میلی‌متر کمتر و عرض آن برابر با عرض دیوار می‌باشد.

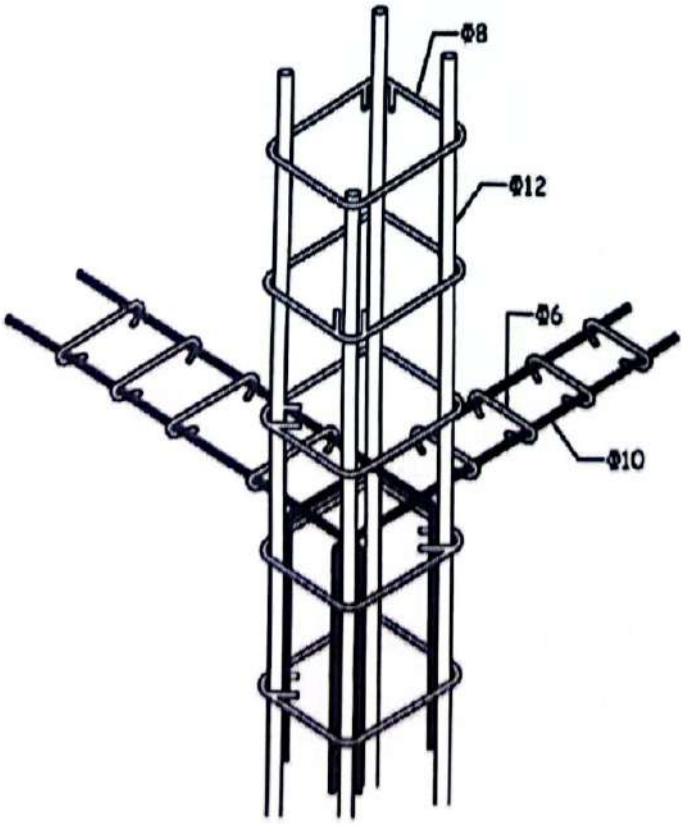
کلاف بازشوی بتنی توسط دو میلگرد، هرکدام به قطر حداقل ۱۰ میلی‌متر که در فواصل حداکثر ۲۰۰ میلی‌متر توسط میلگردهای عرضی (سنجاقک یا رکابی)، به قطر حداقل ۶ میلی‌متر بسته شده باشند، مسلح می‌گردد (به شکل ۸-ر-۵-۴۷ رجوع شود). چنان‌چه عرض دیوار از ۳۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد، لازم است از سه عدد و یا بیشتر میلگرد در عرض استفاده نمود، به‌گونه ای که فاصله بین میلگردها از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر نباشد. می‌توان بجای جزئیات شکل ۸-ر-۵-۴۷، از خرپاهای جوش شده میلگرد بستر (شکل ۸-ر-۳-۸) با حداقل تعداد و قطر میلگردهای طولی و عرضی بیان شده استفاده نمود.

برای درگیر کردن مناسب کلاف قائم بازشوی بتنی به دیوار، مشابه کلاف قائم ساختمان، این کلاف نیز باید به یکی از دو روش دندانه‌ای (هشت‌گیر) و یا میلگرد بستر، مطابق شکل ۸-ر-۵-۲۷، به دیوار متصل گردد.

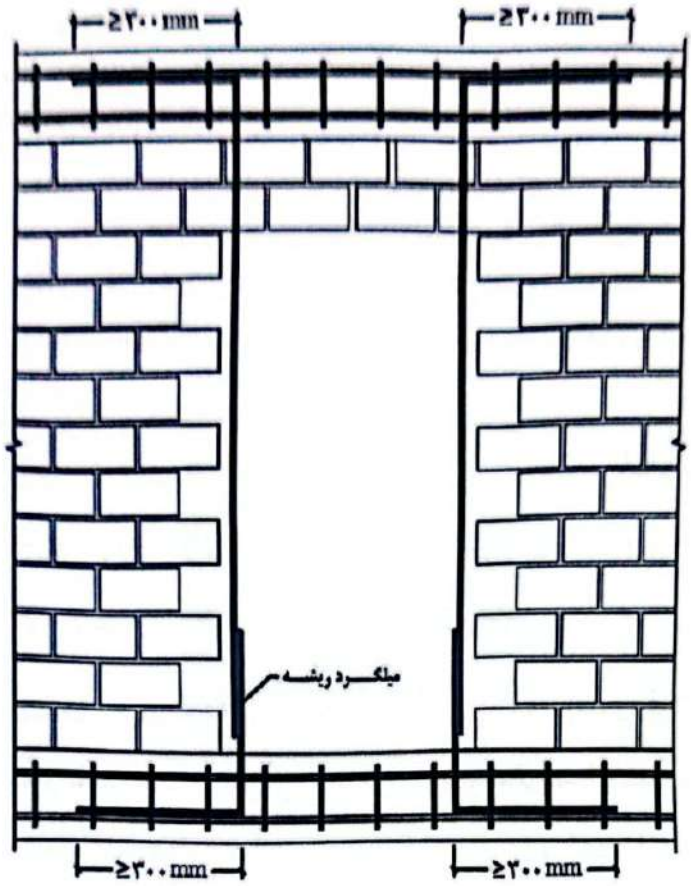



**شکل ۸-ر-۵-۴۷ جزئیات شبکه میلگرد کلاف بازشوی بتنی**

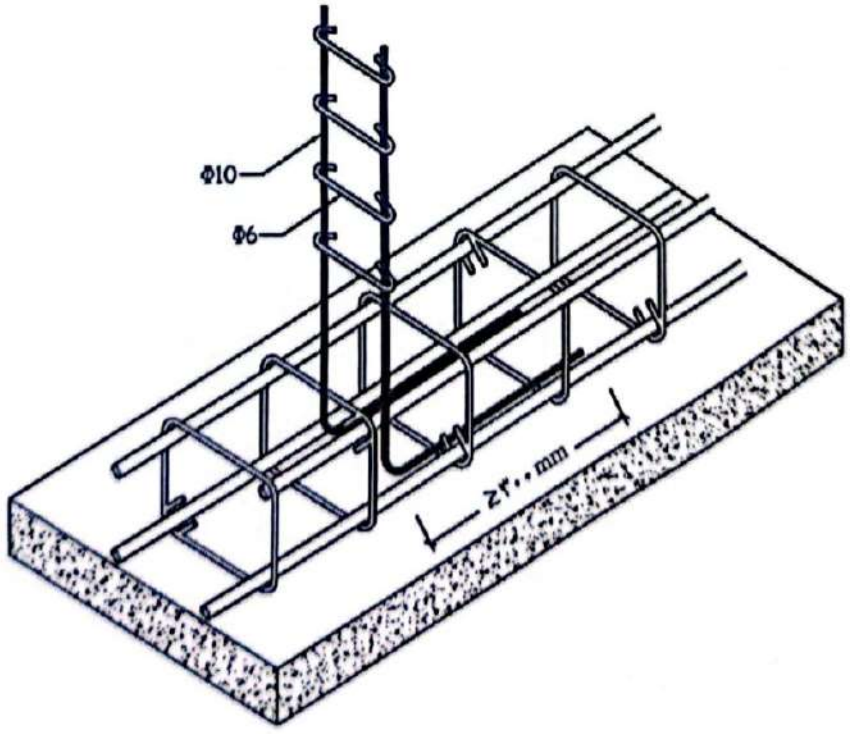
لازم است کلاف‌های افقی بازشو، مطابق جزئیات شکل ۸-ر-۵-۴۸، به یکدیگر و به کلاف قائم و کلاف‌های قائم بازشو و مطابق جزئیات شکل ۸-ر-۵-۴۹ و ۸-ر-۵-۵۰، به کلاف افقی زیر دیوار (یا پی بتنی) و کلاف افقی روی دیوار متصل گردند.




**شکل ۸-ر-۵-۴۸ جزئیات اتصال کلاف بازشوی افقی به کلاف قائم ساختمان**




**شکل ۸-ر-۵-۴۹ جزئیات اتصال کلاف بازشوی قائم به کلاف افقی ساختمان**




**شکل ۸-ر-۵-۵۰ جزئیات اتصال کلاف بازشوی قائم به کلاف افقی زیر دیوار و پی**

*ب) کلاف بازشوی فولادی:*

*بجای استفاده از کلاف بازشوی بتنی، می‌توان از کلاف بازشوی فولادی مناسب استفاده نمود. در اجرای کلاف بازشوی فولادی، رعایت ضوابط زیر الزامی است.*

*۱ - سطح مقطع کلاف بازشوی فولادی نباید از ۸۰۰ میلی‌متر مربع کمتر باشد.*

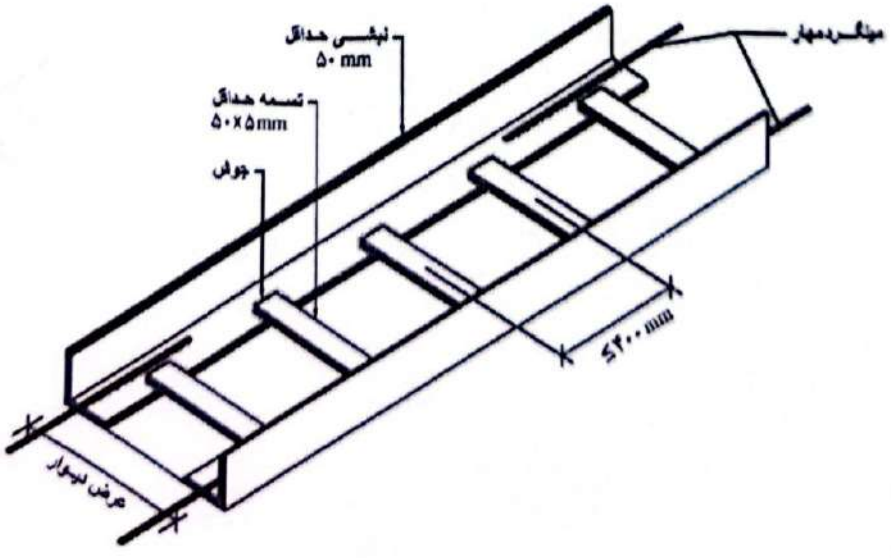
*۲ - لازم است کلاف بازشوی فولادی قائم، در فواصل حداکثر برابر با ۴۰۰ میلی‌متر، توسط دو شاخه میلگرد بستر به قطر حداقل ۱۰ میلی‌متر و به طول حداقل ۳۰۰ میلی‌متر، به دیوار مجاور مهار شود.*

*۳ - لازم است کلاف‌های بازشوی افقی و قائم فولادی به‌نحو مناسب به یکدیگر و به کلاف‌های قائم و افقی بتنی متصل شوند.*

استفاده از کلاف بازشوی فولادی به‌جای کلاف بازشوی بتنی مجاز می‌باشد. به لحاظ سهولت و سرعت اجرا، در بسیاری موارد اجرای کلاف بازشوی فولادی می‌تواند مناسب‌تر از اجرای کلاف بازشوی بتنی باشد. در اجرای کلاف بازشوی فولادی موارد زیر باید رعایت شود.

۱- سطح مقطع کل نیم‌رخ‌های فولادی استفاده شده در کلاف بازشوی فولادی نباید از ۸۰۰ میلی‌متر مربع کمتر باشد. باید حداقل از دو نیم‌رخ به‌صورت قرینه که تمام ضخامت موثر دیوار را پوشش داده و توسط تسمه‌های فولادی به یکدیگر وصل شده باشند، استفاده شود.

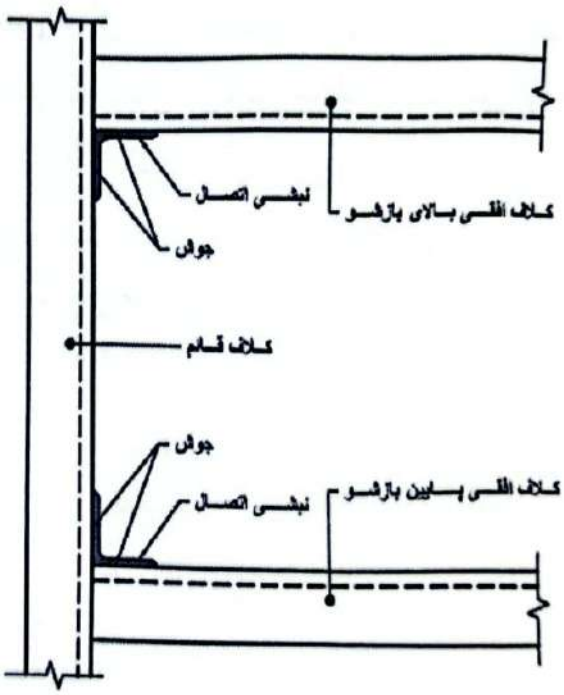
۲- مناسب‌ترین روش اجرای کلاف بازشوی افقی و قائم فولادی استفاده از دو نیم‌رخ نبشی به اندازه حداقل ۵۰ میلی‌متر (نبشی ۵) می‌باشد. این نیم‌رخ‌ها، مطابق شکل ۸-ر-۵-۵۱، در فواصل حداکثر ۴۰۰ میلی‌متر توسط تسمه‌هایی به عرض حداقل ۵۰ میلی‌متر و ضخامت حداقل ۵ میلی‌متر به یکدیگر وصل می‌شوند.




**شکل ۸-ر-۵-۵۱ جزئیات کلاف بازشوی فولادی**

۳- کلاف بازشوی فولادی قائم، در فواصل حداکثر ۴۰۰ میلی‌متر (در محل تسمه های اتصال)، توسط دو شاخه میلگرد بستر به قطر حداقل ۱۰ میلی‌متر و به طول حداقل ۳۰۰ میلی‌متر، به دیوار مجاور مهار شود.

۴- لازم است کلاف‌های بازشوی افقی و قائم فولادی توسط اتصال نبشی، مطابق جزئیات شکل ۸-ر-۵-۵۲، به یکدیگر متصل شوند. هم‌چنین، لازم است که کلاف‌های بازشوی افقی و قائم فولادی، که تا کلاف های بتنی دیوار ادامه می‌یابند، با استفاده از میلگرد مهار در این کلاف‌ها مهار شوند (شکل ۸-ر-۵-۵۱).




**شکل ۸-ر-۵-۵۲ اتصال کلاف بازشوی فولادی افقی و قائم به یکدیگر**

## ۸-ر-۵-۵-۷ جان‌پناه

*در ساخت جان‌پناه، الزامات زیر باید رعایت شوند:*

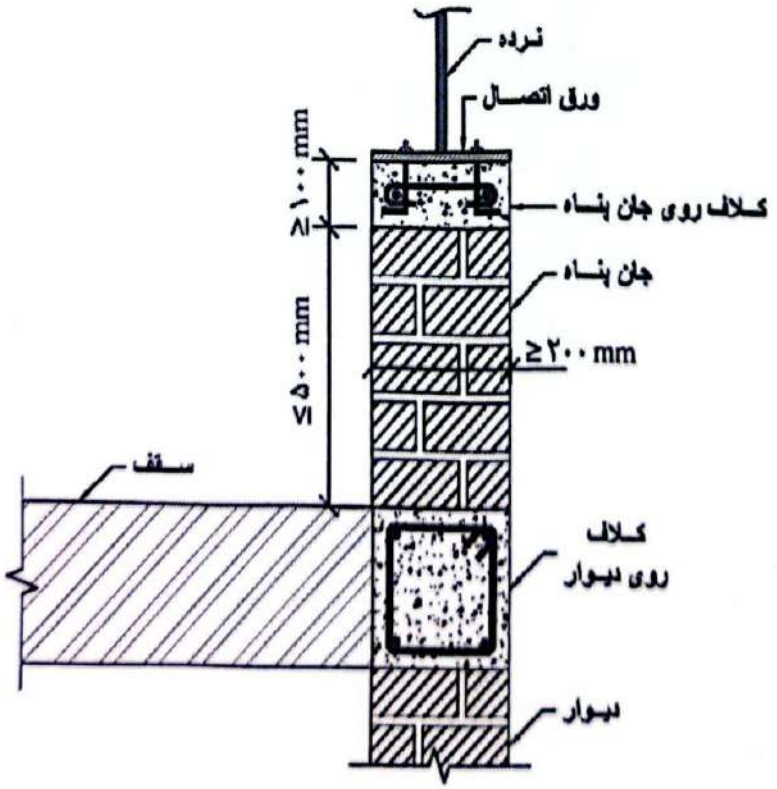
*۱- ارتفاع جان‌پناه اطراف بام و بالکن‌ها از کف تمام شده نباید از ۵۰۰ میلی‌متر بیشتر و ضخامت آن نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

*۲- لازم است دیوار جان‌پناه در فواصل حداکثر ۵ متر توسط کلاف‌های قائم دیوار، که از طبقه زیر جان‌پناه ادامه می‌یابند، مهار شود.*

*۳- لازم است بر روی جان‌پناه یک کلاف افقی بتن‌آرمه، به عمق حداقل ۱۰۰ میلی‌متر و عرضی برابر با عرض جان‌پناه، که با حداقل ۲ میلگرد افقی به قطر ۱۰ میلی‌متر مسلح می‌شود، اجرا شود*

*بجای استفاده از کلاف افقی بتن‌آرمه، می‌توان از کلاف افقی فولادی، مطابق بند ۸-۵-۵-۶-۳-ب استفاده نمود*

جان‌پناه، به‌واسطه ساختار هندسی آزاد و ناپایدار آن و قرار داشتن در ارتفاع، جایی که شدت شتاب ناشی از زلزله در آن بالا است، در برابر نیروهای جانبی ناشی از زلزله شدیدا آسیب‌پذیر می‌باشد. به این دلیل، ارتفاع جان‌پناه بنایی غیر مسلح در اطراف بام و بالکن‌ها نباید از ۵۰۰ میلی‌متر نسبت به کف تمام شده بیشتر و ضخامت آن نباید از ۲۰۰ میلی‌متر کمتر باشد. برای مهار جان‌پناه باید از کلاف‌های قائم و افقی استفاده کرد. کلاف‌های قائم جان‌پناه، در عمل، امتداد کلاف‌های قائم ساختمان و کلاف‌های قائم بازشو در جان‌پناه می‌باشند. علاوه بر آن، لازم است بر روی جان‌پناه یک کلاف افقی بتن‌آرمه، به عمق حداقل ۱۰۰ میلی‌متر و عرضی برابر با عرض جان‌پناه، که با حداقل ۲ میلگرد افقی به قطر ۱۰ میلی‌متر مسلح می‌گردد (مشابه کلاف افقی بازشو)، تعبیه شود (شکل ۸-ر-۵-۵۳). به‌جای استفاده از کلاف افقی بتن‌آرمه، می‌توان از کلاف افقی فولادی، مطابق مورد (ب) بند ۸-ر-۵-۵-۶-۳ (شکل ۸-ر-۵-۵۱) استفاده نمود. کلاف افقی روی جان‌پناه باید به‌نحو مناسب (مشابه اتصال کلاف افقی بازشو) به کلاف‌های قائم متصل گردد.




**شکل ۸-ر-۵-۵۳ ضوابط مربوط به جان‌پناه**

برای تامین ارتفاع بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر برای جان‌پناه، می‌توان ارتفاع افزون بر ۵۰۰ میلی‌متر را با نرده اجرا نمود. در این صورت، پایه نرده باید مستقیما و یا با دستک به کلاف افقی جان‌پناه مهار شود (شکل ۸-ر-۵-۵۳).

### ۸-ر-۵-۵-۸ سقف

*سقف ساختمان‌های مشمول این فصل می‌تواند به‌صورت تخت، شیب‌دار و قوسی با رعایت شرایط زیر ساخته شود*

*۱- در زیر سقف، یک کلاف افقی مطابق بند ۸-۵-۵-۶-۱ اجرا شود. هنگام اجرای کلاف سقف، تدابیر لازم برای اتصال مناسب آن به تیرهای سقف اتخاذ شود.*

*۲- بخش طره‌ای سقف باید هم‌زمان با سقف اجرا شده و تیرهای آن ادامه تیرهای سقف باشد.*

*۳- طراحی و اجرای سقف از هر نوع باید بر اساس ضوابط صحیح بوده به‌گونه‌ای که انسجام سقف و اتصال آن به کلاف زیر سقف حفظ شود. در ادامه، ضوابط مربوط به اجرای سقف‌های موضوع این فصل آورده شده است.*

کف‌ها و سقف ساختمان‌های بنایی با کلاف می‌توانند به صورت تخت، شیب‌دار و یا قوسی و از انواع بتن آرمه، تیرچه بلوک، تاق‌ضربی، آجری، چوبی و یا هر نوع کف و یا سقف دیگری که طبق ضوابط مهندسی استفاده از آنها در ساختمان‌های قابی (موضوع مباحث نهم و دهم مقررات ملی ساختمان) مجاز می‌باشد، بوده و لازم است با رعایت موارد زیر ساخته شوند.

۱- کلیه کف‌ها وسقف‌ها باید به سیستم کلاف‌بندی ساختمان متصل گردند.

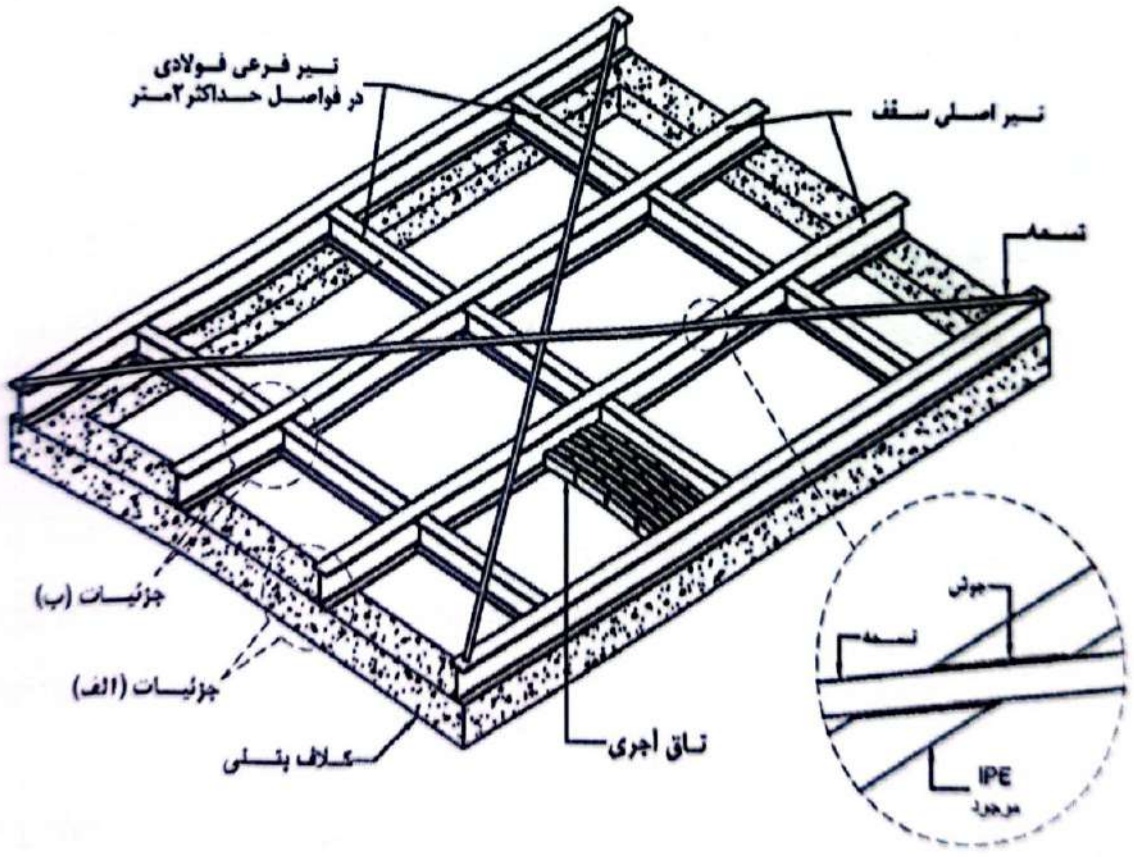
۲- کف‌ها و سقف‌ها باید پیوسته باشند. در صورت وجود بازشو در سقف، مانند محل پلکان و نورگیر، لازم است اطراف بازشو با کلاف‌بندی مناسب تقویت شده تا گسستگی در انتقال نیروهای سقف به‌وجود نیاید.

### ۸-ر-۵-۵-۸-۱ سقف تاق‌ضربی

*در طراحی و اجرای سقف تاق‌ضربی رعایت موارد زیر الزامی است.*

سقف تاق‌ضربی از دو عنصر اصلی تیرآهن و تاق آجری تشکیل شده است. تاق‌های آجری با خیز کم، نیروهای ثقلی ناشی از بار وارده و وزن خود را به‌صورت فشاری از خود عبور داده و به تیرهای حامل منتقل می‌کنند. تیرآهن‌های حامل نیز به نوبه خود، نیروی وارد از تاق‌های آجری را به‌صورت

خمشی و برشی به تکیه‌گاه‌های خود که دیوارهای باربر باشند منتقل می‌کنند (شکل ۸-ر-۵-۵۴).
سقف تاق‌ضربی، برای نخستین بار در اواسط قرن نوزدهم میلادی در کشور انگلستان برای پوشاندن سقف کارگاه‌های بزرگ ابداع گردید و پس از آن نیز در بسیاری کشورهای دیگر ازجمله، کشورهای آمریکای شمالی، اروپای شرقی و هند مورد استفاده قرار گرفت [۱۸]. در اوایل قرن بیستم، این سیستم پوشش سقف وارد ایران گردید و علیرغم این‌که با پیدایش دال‌های بتن‌آرمه و تیرچه‌بلوک، سقف تاق‌ضربی در کشورهای دیگر کم‌کم منسوخ شد، ولی با توجه به سرعت و سهولت اجرا و عدم نیاز به توان‌مندی‌های جدید، به‌سرعت توسط بناهای سنتی در ایران رواج پیدا کرد و هم‌اکنون نیز به‌عنوان یکی از رایج‌ترین انواع پوشش سقف مورد استفاده قرار می‌گیرد.




**شکل ۸-ر-۵-۵۴ اجرای سقف تاق‌ضربی**

*۱- تیرآهن‌های سقف باید بر اساس روش تنش مجاز و برای بارهای خدمت ساکن، سربار و زلزله (عمود بر صفحه سقف) طراحی شوند. به‌جای بار زلزله می‌توان بار ساکن را ۵۰٪ افزایش داد.*

*سقف تاق‌ضربی*، اساسا یک دال یک‌طرفه است که باید برای بارهای ثقلی و قائم زلزله (عمود بر *صفحه*) تحلیل و طراحی شود. با توجه به این‌که هر کدام از تیرآهن‌های حامل (اصلی) از هر طرف، بار نیمی از تاق‌های آجری مجاور خود را حمل می‌کنند، بنابراین در تحلیل و طراحی دال کافی است که کل بار خدمت (مرده، زنده و زلزله) وارد بر هر کدام از تاق‌های آجری به‌عنوان بار یک‌نواخت وارد به تیر در نظر گرفته شده و حداکثر لنگر خمشی وسط دهانه (با فرض ساده بودن تکیه‌گاه‌های تیر در جهت اطمینان) و حداکثر برش انتهای تیر به‌عنوان نیروهای طراحی در نظر گرفته شوند. به‌جای بار زلزله، می‌توان بار مرده را ۵۰٪ افزایش داد و تنش مجاز فولاد تیرآهن‌های حامل را نیز می‌توان $0.6f_y$ درنظر گرفت. برای طراحی و اجرای دال تاق‌ضربی دوطرفه مهندسی می‌توان به منبع [ ۱۸] رجوع کرد.

*۳- فاصله بین تیرآهن‌های سقف نباید از ۱ متر بیشتر باشد.*

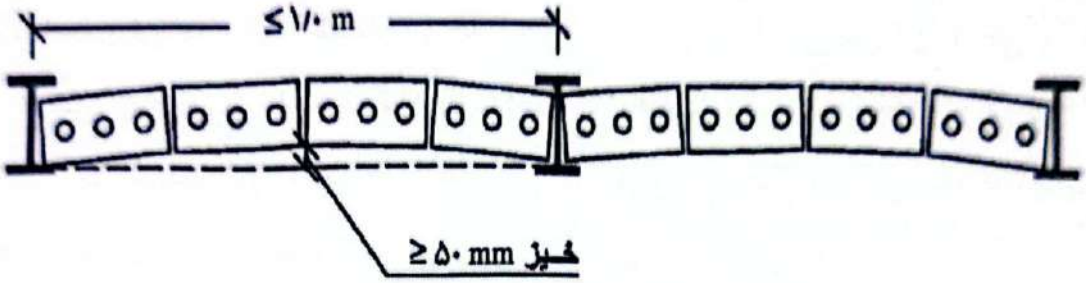
لازم است تیرآهن های اصلی سقف در فواصلی حداکثر برابر ۱ متر از یکدیگر، به صورت موازی و بدون انفصال سراسر دهانه دال را پوشانده و بر روی (یا داخل) کلاف های افقی بالای دیوار قرار داده شوند. فاصله بین دو تیرآهن، برابر عرض تاق آجری می‌باشد. با توجه به این‌که، عرض بیش از ۱/۰ متر برای تاق آجری می‌تواند باعث ناپایداری و شکست تاق آجری، به‌ویژه تحت بارهای رفت و برگشتی زلزله، گردد، فاصله بیش از ۱/۰ متر بین تیرها مجاز نیست. از سوی دیگر، فاصله های کم نیز به‌لحاظ اقتصادی مناسب نمی‌باشد. مطالعات نشان داده است که مقدار بهینه فاصله بین تیرآهن‌های سقف ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

*۳- خیز تاق آجری نباید از ۵۰ میلی‌متر کمتر باشد.*

با توجه به اینکه، تاق آجری نیروی‌های وارد به خود را با عمل قوسی‌شکل و به‌صورت فشاری منتقل می‌کند، لذا قوس تاق باید دارای یک حداقل خیز باشد که باعث ناپایداری تاق نشود. این میزان خیز به عرض دهانه تاق بستگی دارد. با توجه به حداکثر عرض دهانه تعریف شده، حداقل خیز تاق (شکل ۸-ر-۵-۵۵) برای هر اندازه دهانه تاق، برابر ۵۰ میلی‌متر تعیین شده است.

*۴- طول نشیمن تیرهای اصلی سقف بر روی کلاف افقی باید برابر عرض کلاف باشد.*

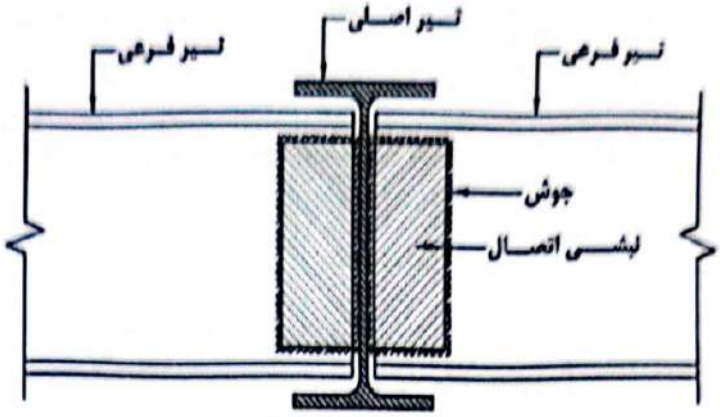
تکیه‌گاه کافی برای انتهای تیرآهن‌های اصلی سقف باید فراهم باشد. این تکیه‌گاه برابر عرض کلاف افقی می‌باشد.




**شکل ۸-ر-۵-۵۵**

*۵- تیرآهن‌های سقف باید در فواصل حداکثر ۲ متر توسط تیرآهن‌های عرضی (حداکثر یک شماره کمتر از تیرآهن اصلی) که در دل تیرآهن‌های سقف قرار می‌گیرند، به یکدیگر متصل شوند. لازم است تیرآهن‌های عرضی در محل تقاطع تیرآهن‌های اصلی با دیوار باربر (روی کلاف افقی) نیز اجرا شوند.*
*۶- لازم است تیرآهن‌های عرضی با استفاده از اتصال مناسب نبشی و تسمه به تیرآهن‌های اصلی سقف و در صورت پیوسته بودن، با استفاده از صفحه اتصال فولادی به کلاف بتنی متصل شوند.*

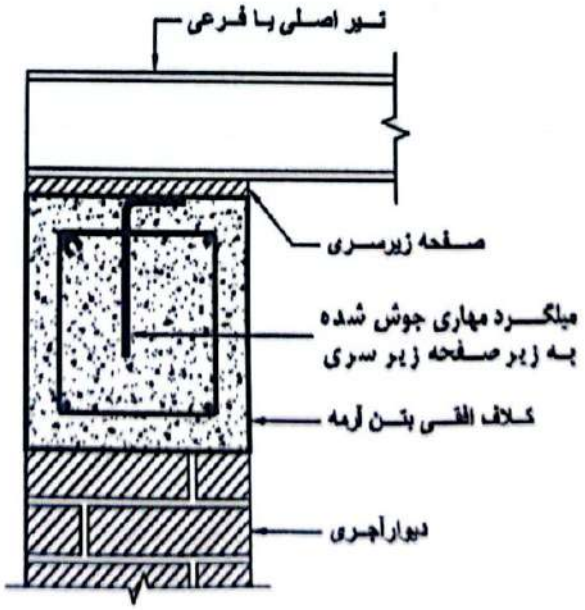
تیرآهن‌های عرضی (فرعی) سقف برای مهار کردن تیرآهن‌های طولی (اصلی) سقف تعبیه می‌شوند. ترکیب تیرآهن‌های عرضی و طولی سقف یک شبکه پیوسته فولادی را تشکیل می‌دهند که علاوه بر افزایش انسجام و یک‌پارچگی سقف باعث افزایش سختی و توان باربری درون صفحه سقف نیز می‌شود. اندازه تیرآهن‌های عرضی سقف باید برابر با تیرآهن‌های طولی و یا حداکثر یک شماره کوچکتر از آنها باشد. این تیرآهن‌ها باید مطابق شکل ۸-ر-۵-۵۴، در فواصل حداکثر ۲ متر در دل تیرآهن‌های اصلی سقف قرار گرفته و با استفاده از اتصال نبشی، مطابق جزئیات شکل ۸-ر-۵-۵۶، به آنها متصل گردند. لازم است تیرآهن های عرضی در محل تقاطع تیرآهن های اصلی با دیوار باربر (روی کلاف افقی) نیز اجرا گردند. در انتهای سقف مناسب‌تر است تیرآهن عرضی به‌صورت پیوسته بر روی کلاف اجرا شده و تیرآهن های اصلی با اتصال نبشی به آن جوش شوند.




**شکل ۸-ر-۵-۵۶ جزئیات اتصال تیر فرعی به تیر اصلی (جزئیات (ب) شکل ۸-ر-۵-۵۴)**

*۷ -لازم است تیرآهن‌های اصلی سقف با استفاده از صفحه اتصال فولادی به سطح بالایی کلاف افقی متقاطع متصل شوند.*

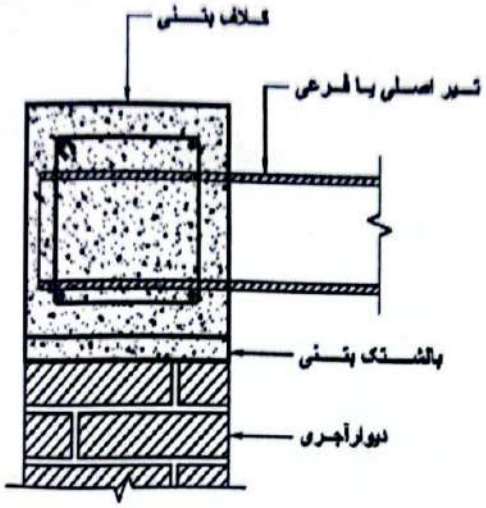
در اتصال غیر هم‌سطح سقف به دیوار، لازم است تیرآهن‌های اصلی و عرضی سقف، مطابق جزئیات شکل ۸-ر-۵-۵۷، با استفاده از صفحه اتصال فولادی به سطح بالایی کلاف افقی متقاطع متصل شوند.




**شکل ۸-ر-۵-۵۷ اتصال غیر هم‌سطح سقف تاق‌ضربی به کلاف (جزئیات الف شکل ۸-ر-۵-۵۴)**

*۸- چنان‌چه سقف تاق‌ضربی در تراز کلاف افقی اجرا شود، انتهای تیرآهن‌های اصلی سقف باید در تمام عرض کلاف بتنی، درون شبکه میلگرد کلاف قرار گرفته و به‌نحو مناسب به آن متصل شود.*

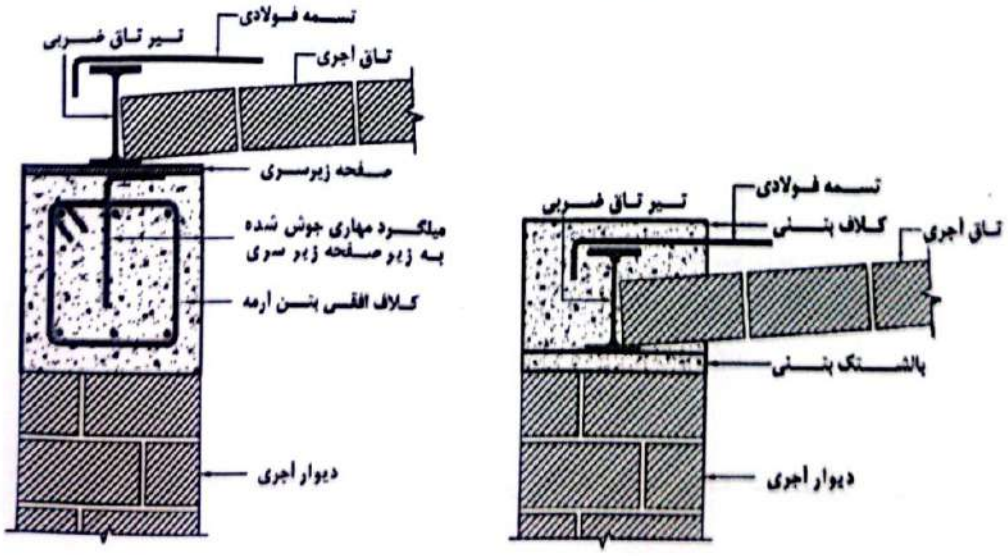
چنان‌چه، سقف تاق ضربی در تراز کلاف افقی اجرا می‌گردد (اتصال هم‌سطح سقف به دیوار)، انتهای تیرآهن‌های اصلی سقف باید، مطابق جزئیات شکل ۸-ر-۵-۵۸، در تمام عرض کلاف بتنی متقاطع، درون شبکه میلگرد کلاف قرار گرفته و به‌نحو مناسب به آن متصل گردند.




**شکل ۸-ر-۵-۵۸ اتصال هم‌سطح سقف تاق‌ضربی به کلاف**

*۹- تکیه‌گاه مناسبی برای پاتاق آخرین دهانه تاق‌ضربی تعبیه شود. این تکیه‌گاه می‌تواند با قرار دادن یک نیمرخ فولادی و اتصال آن با کلاف زیر خود یا با جاسازی در کلاف بتنی تأمین شود.*

برای پاتاق هم‌سطح و غیر هم‌سطح به جزئیات شکل ۸-ر-۵-۵۹ رجوع شود.




**شکل ۸-ر-۵-۵۹ پاتاق هم‌سطح و غیر هم‌سطح آخرین دهانه تاق‌ضربی**

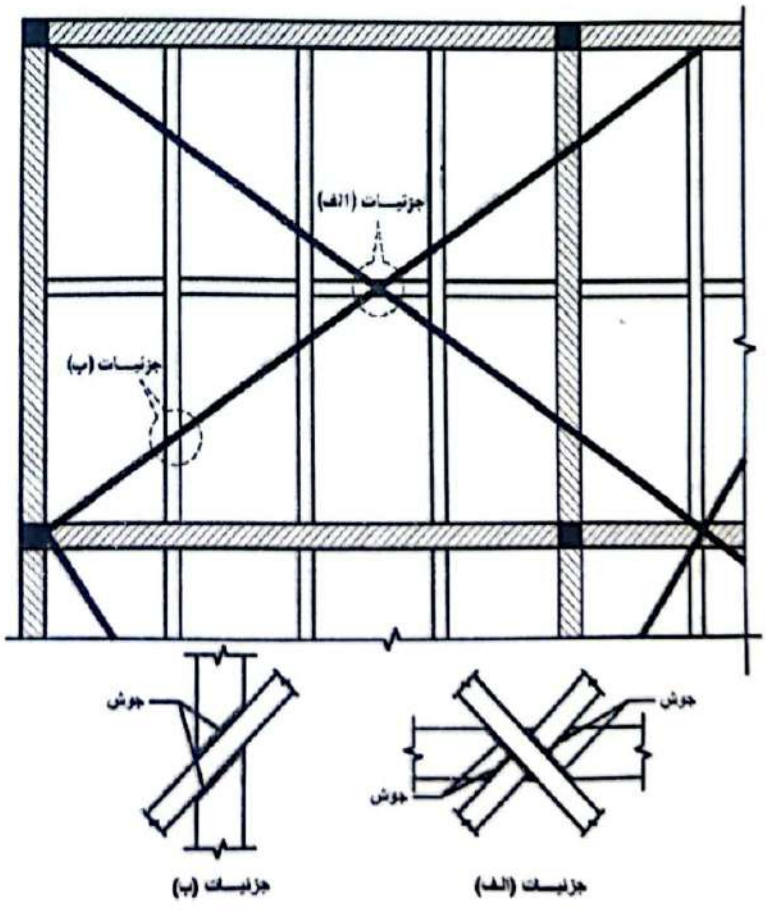
*۱۰- لازم است تیرآهن‌های اصلی سقف با استفاده از تسمه فولادی، به عرض حداقل ۵۰ میلی‌متر و ضخامت حداقل ۵ میلی‌متر، به‌صورت ضربدری مهار شوند.*

برای افزایش سختی درون‌صفحه دال تاق‌ضربی، لازم است شبکه تیرآهن سقف توسط تسمه فولادی، به‌صورت ضربدری به شرح زیر مهاربندی شود (شکل ۸-ر-۵-۶۰). استفاده از میلگرد بجای تسمه فولادی مجاز نمی‌باشد.

۱- عرض تسمه فولادی نباید از ۵۰ میلی‌متر و قطر آن نباید از ۵ میلی‌متر کمتر باشد.

۲- مهاربند ضربدری باید به‌گونه‌ای باشد که طول مستطیل ضربدری بیش از ۱/۵ برابر عرض آن نباشد، هم‌چنین، مساحت تحت پوشش هر ضربدری نباید از ۲۵ مترمربع تجاوز کند.

۳- مهاربندی ضربدری بر روی سقف (بال فوقانی تیرهای اصلی) و یا زیر سقف (زیر بال تحتانی تیرهای اصلی) قابل اجرا می‌باشد. لازم است مهاربند با جوش کامل تسمه‌ها به کلیه بال‌های متقاطع تیرهای اصلی، به شبکه تیرآهن سقف متصل گردد.




**شکل ۸-ر-۵-۶۰ مهاربندی دال تاق‌ضربی با تسمه فولادی**

*۱۱- برای اجرای تاق آجری لازم است از آجر سوراخ‌دار و ملات گچ و خاک، مطابق بند ۸-۲-۲-۶-۱، استفاده شود*

در اجرای تاق آجری موارد زیر باید در نظر گرفته شود.

۱- پس از جوش‌کاری اتصالات تیرآهن‌ها و تسمه‌های سقف و قبل از اجرای تاق آجری، قطعات فولادی سقف، شامل تیرآهن‌ها و تسمه‌ها باید کاملا تمیز بوده و با ضدزنگ مرغوب پوشانده شوند.

۲- عرض تاق (فاصله تیرآهن‌های اصلی) نباید از یک متر و خیز تاق نباید از ۵۰ میلی‌متر کمتر باشد (شکل ۸-ر-۵-۵۵).

۳- برای اجرای تاق آجری لازم است از آجر سوراخ‌دار و ملات گچ و خاک استفاده شود (به راهنمای فصل دوم مبحث رجوع شود).

۴- برای تسطیح روی سقف، تا سطح بال فوقانی تیرهای اصلی یا بالاترین تراز تاق آجری، از ملات گل و گچ استفاده شود. سپس، شیب‌بندی با مصالح سبک برروی گل و گچ اجرا گردد.

۵- تکیه‌گاه مناسبی برای پاطاق آخرین دهانه تاق‌ضربی تعبیه گردد. این تکیه‌گاه می‌تواند با قرار دادن یک نیمرخ فولادی و اتصال آن با کلاف زیر خود یا با جاسازی در کلاف بتنی تأمین شود.

**مثال: طراحی سقف تاق‌ضربی**

مطلوب است طراحی سقف تاق‌ضربی به ابعاد ۳/۸ متر در ۵ متر. تیرریزی در امتداد کوتاه‌تر (۳/۸ متر) انجام شده و بجز دو تاق انتهایی که به عرض ۹۰۰ میلی‌متر می‌باشند، عرض تاق‌های آجری (فاصله تیرهای اصلی) ۸۰۰ میلی‌متر تعیین شده است. سقف حامل بار مرده‌ای، شامل وزن سقف و کف‌سازی، برابر ۵/۰ کیلونیوتن بر مترمربع و بار زنده‌ای برابر ۲/۰ کیلونیوتن بر مترمربع می‌باشد. تنش تسلیم فولاد، ۲۴۰ مگاپاسکال می‌باشد.

**حل:**

**۱- بارگذاری:**

با توجه به بارهای داده شده و درنظر گرفتن بار قائم زلزله معادل ۵۰٪ بار مرده (مورد ۱، بند ۸-۵-۵-۸-۱)، بار خدمت در متر مربع به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$U = (1 + 0.5)D + L = 1.5 \times 5.0 + 2.0 = 9.5\ \text{kN/m}^2$$

با توجه به عرض متفاوت تاق‌های آجری، بحرانی‌ترین تیر اصلی، تیری است که در مجاورت دهانه‌های ۸۰۰ میلی‌متری و ۹۰۰ میلی‌متری قرار دارد. لذا، بار خدمت وارد به تیر در واحد طول تیر از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$W = (0.45 + 0.40)U = 0.85 \times 9.5 = 8.1\ \text{kN/m}^2$$

**۲- تحلیل**

بیشینه لنگر در تیرهای اصلی: در جهت اطمینان، با فرض دوسر آزاد بودن تیرهای اصلی سقف:

$$M = \frac{WL^2}{8} = \frac{8.1 \times 3.8^2}{8} = 14.62\ \text{kN.m}$$

بیشینه برش در تیرهای اصلی:

$$V = \frac{WL}{2} = \frac{8.1 \times 3.8}{2} = 15.4\ \text{kN}$$

**۳- طراحی تیرهای اصلی**

بر مبنای طراحی به روش تنش مجاز، ظرفیت خمشی مجاز مقطع تیر باید از بیشینه لنگر مقطع بیشتر باشد:

$$0.6 f_y S \geq M \rightarrow S \geq \frac{M}{0.6 f_y}$$

$$S = \frac{14.62 \times 10^4\ (\text{kg.cm})}{0.6 \times 240 \times 10\ (\text{kg/cm}^2)} = 101.5\ \text{cm}^3$$

بنابراین، استفاده از تیرآهن IPE160 با اساس مقطع الاستیک $S =$ ۱۰۹ برای لنگر مناسب است.

کنترل برش مقطع: ظرفیت برشی مقطع باید از بیشینه برش مقطع بیشتر باشد:

$$0.4 f_y A_w \geq V \rightarrow A_w = \frac{V}{0.4 f_y} = 15.4 \times 10^2 / 0.4 \times 240 \times 10 = 1.60\ \text{cm}^2$$

بنابراین، استفاده از تیرآهن IPE160 با سطح مقطع $A_w$ = ۲۰/۱ سانتی‌مترمربع برای برش مناسب است.

**۴- کنترل ضوابط تجویزی**

الف- فاصله تیرهای اصلی: فاصله تیرهای اصلی ضابطه مورد ۲ بند ۸-۵-۵-۸-۱ را برآورده می‌کند.

ب- تیرهای فرعی: در خصوص موارد ۵ و ۶ بند ۸-۵-۵-۸-۱، با توجه به طول تیرهای اصلی برابر با ۳/۸ متر، استفاده از یک ردیف تیر فرعی (عرضی) از نوع IPE160 و یا حداقل IPE140، که در وسط دهانه قرار گرفته و با اتصال نبشی مطابق شکل ۸-ر-۵-۵۶ به تیرهای اصلی وصل می‌شود، کفایت می‌کند.

ت- مهاربندهای ضربدری: با توجه به مورد ۱۰ بند ۸-۵-۵-۸-۱، با توجه به این‌که مساحت سقف از ۲۵ مترمربع کمتر می‌باشد، کافی است دو تسمه پیوسته فولادی به عرض حداقل ۵۰ میلی‌متر و ضخامت حداقل ۵ میلی‌متر در موقعیت دو قطر سقف قرار داده شده و به بال‌های فوقانی تیرهای اصلی و فرعی جوش شوند.

### ۸-ر-۵-۵-۸-۲ سقف تیرچه بلوک

*طراحی سقف تیرچه بلوک باید بر مبنای دستورالعمل‌ها و استانداردهای معتبر انجام پذیرد. در اجرای سقف تیرچه بلوک، رعایت ضوابط بند ۸-۴-۶-۱۳-۱ الزامی است. همچنین، لازم است با استفاده از میلگردهای اتصال، تیرچه‌های سقف به‌نحو مناسب به کلاف افقی متصل شوند.*

برای جزئیات مربوط به طراحی و اجرای سقف تیرچه بلوک به بند ۸-ر-۴-۶-۱۳-۱ این راهنما رجوع شود.

### ۸-ر-۵-۵-۸-۳ سقف بتن‌آرمه

*در ساختمان‌های بنایی با کلاف، لازم است طراحی و اجرای کف‌ها و سقف بتن‌آرمه بر اساس ضوابط مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و با توجه به الزامات زیر انجام گیرد.*

*۱- با توجه به نوع سیستم باربری این گونه ساختمان‌ها، در تحلیل دال بتن‌آرمه، لازم است شرایط تکیه‌گاهی دال به‌صورت صلب در نظر گرفته شود*

نظر به اینکه سیستم سازه‌ای ساختمان‌های بنایی با کلاف، سیستم دیوار باربر می‌باشد و دیوارها به‌عنوان تکیه‌گاه‌های دال بتن‌آرمه غیر قابل انعطاف می‌باشند، در تحلیل دال بتن‌آرمه، تکیه‌گاه‌های دال به‌صورت صلب در نظر گرفته می‌شوند.

*۲- لازم است بتن‌ریزی دال بتن‌آرمه و کلاف افقی به‌صورت هم‌زمان اجرا شود*

برای اتصال دال به سیستم کلاف‌بندی مناسب است، به لحاظ اجرایی و جزئیات میلگردگذاری، سیستم کلاف‌بندی مشابه یک سیستم قابی (تیر و ستون) در نظر گرفته شود. همچنین، لازم است، مشابه اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه، بتن‌ریزی دال و کلاف افقی به‌صورت هم‌زمان اجرا شود.

*۳- در صورت اجرای دال بتن‌آرمه تخت، ضمن رعایت کلیه ضوابط طراحی و اجرای این نوع دال، می‌توان کلاف افقی سقف را اجرا نکرد، مشروط بر آن که اتصال مناسب بین کلاف‌های قائم دیوار و بازشو و دال تخت اجرا شود*

مشابه مورد ۲، برای اتصال کلاف‌بندی و دال تخت می‌توان، به‌لحاظ اجرایی و جزئیات میلگردگذاری، سیستم کلاف‌بندی را مشابه یک سیستم قابی (تیر و ستون) در نظر گرفت.

### ۸-ر-۵-۵-۸-۴ سقف شیب‌دار

*سقف شیب‌دار متشکل از خرپاهای چوبی یا فلزی، تیرچه‌های فرعی و پوشش مناسب روی تیرچه‌های فرعی می‌باشد. در اجرای این نوع سقف رعایت ضوابط زیر الزامی است:*

*۱- حداکثر فاصله خرپاها از یکدیگر ۴/۵ متر می‌باشد.*

*۲- خرپاهای سقف شامل اعضای فوقانی، تحتانی و اعضای مورب و یا قائم متصل‌کننده اعضای فوقانی و تحتانی می‌باشند.*

*۳- در خرپاهای چوبی، اعضای فوقانی و تحتانی باید از چوب‌هایی با قطر حداقل ۸۰ میلی‌متر باشند.*

*۴- در سقف‌های شیب‌دار چوبی، اعضای مورب و یا قائم باید از چوب‌هایی با قطر حداقل ۵۰ میلی‌متر و طول حداکثر ۱/۲ متر باشند.*

*۵- فاصله مرکز به مرکز تقاطع‌های موجود روی اعضای فوقانی و تحتانی حداکثر ۱/۲ متر باشد.*

*۶- اعضای مورب باید به‌طور مناسبی به اعضای فوقانی و تحتانی متصل شوند. همواره باید امتداد کلیه اعضا در یک اتصال از یک نقطه به نام مفصل بگذرد.*

*۷- تیرچه‌ها باید به‌نحو مناسبی به اعضای فوقانی متصل شوند.*

*۸- فاصله محور به محور تیرچه‌ها نباید بیشتر از ۶۰۰ میلی‌متر باشد.*

*۹- حداقل قطر تیرچه‌های چوبی براساس جدول ۸-۵-۴ به‌دست می‌آید.*