جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

# دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC)

## نشریه شماره ۳۲۶

آخرین ویرایش: ۲۰-۰۵-۱۳۹۹

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
nezamfanni.ir

وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
bhrc.ac.ir

۱۳۹۹

**همکار و سرور گرامی**

در نظر است تا پس از مدتی چند ماهه، این نشریه که حاصل سال‌ها مطالعه و تجربه در سطح کشور و مراجع معتبر بین‌المللی است، به عنوان ضابطه لازم‌الاجرا ابلاغ شود. لذا خواهشمند است ضمن مطالعه دقیق و استفاده از آن، نظرات ارزشمند خود را به نشانی زیر ارسال فرمایید تا قبل از ابلاغ، اصلاحات مورد نیاز انجام پذیرد:

nezamfanni@mporg.ir

Nezamfanni.ir

# اصلاح مدارک فنی

**خواننده گرامی:**

امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

***۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir***

***۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.***

***۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.***

***۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.***

***۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.***

***۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.***

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

**نشانی برای مکاتبه:** تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱
سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
**Email: nezamfanni@mporg.ir** **web: nezamfanni.ir**

**باسمه تعالی**

## پیشگفتار

در سال‌های اخیر، ا ستفاده از بلوک‌های بتن سبک اتوکلاو شده (AAC)، به جهت برخورداری از ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی مطلوب و سرعت اجرای زیاد، به طور گسترده‌ای در ساخت دیوارهای غیرسازه‌ای مورد توجه قرار گرفته‌است. اگرچه تجربه زلزله‌های اخیر موید این مطلب است که جدی‌ترین ضعف دیوارهای ساخته‌شده با این بلوک‌ها، همانند اغلب دیوارهای غیرسازه‌ای بلوکی دیگر، ناشی از عملکرد نامناسب اتصالات آنها به قاب سازه‌ای است. از این رو، ارائه جزئیات اجرایی متناسب با ضوابط طراحی موجود که نیازهای عملکردی این دیوارها را به درستی تامین نماید، ضروری است.

در همین راستا، پژوهشی با درخواست و حمایت "انجمن صنفی کارفرمائی تولیدکنندگان بتن سبک اتوکلاوشده" و توسط اعضای هیئت علمی و کارشناسان بخش سازه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش، در قالب «دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای ساخته‌شده از بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC)»، به ارائه مشخصات فنی بلوک‌های AAC جهت استفاده در دیوارهای غیرسازه‌ای و راهکارهای محاسباتی- اجرایی مناسب برای بهبود رفتار لرزه‌ای این دیوارها می‌پردازد. این ضابطه پس از تهیه و کسب نظر عوامل ذینفع نظام فنی و اجرایی کشور به سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال شد که پس از بررسی، براساس نظام فنی اجرایی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران منتشر گردید.

امید است نتایج حاصل از این پژوهش، ضمن ارتقاء دانش جامعه مهندسی در خصوص مشخصات مکانیکی و عملکردی بلوک‌های AAC، به توسعه گستره بهره‌گیری از این دیوارها منجر شود.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردید، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن ضابطه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از این رو، همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

**حمیدرضا عدل**

**معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی**

**تابستان ۱۳۹۹**

**تهیه و کنترل « دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای ساخته شده از بلوک های بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC)» [ضابطه شماره ۳۲۶ ]**

**مجری :**

| | | |
|---|---|---|
| نادر خواجه‌احمد عطاری | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی سازه/زلزله |

**اعضاء کمیته تهیه کننده متن اصلی:**

| | | |
|---|---|---|
| نادر خواجه احمد عطاری | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی سازه/زلزله |
| مژده زرگران | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی شیمی |
| محمدرضا بیات | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | فوق لیسانس مهندسی زلزله |
| کیان خلیلی جهرمی | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | فوق لیسانس مهندسی سازه |
| مجتبی شابدین | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی زلزله |
| عاطفه جهان‌محمدی | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی سازه |
| وحید کیانی | مهندسین مشاور | فوق لیسانس معماری |
| منوره کدخدا اول | مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | فوق لیسانس مهندسی زلزله |

**اعضای کمیته داوری فنی پروژه :**

| | | |
|---|---|---|
| محمد شکرچی زاده | دانشگاه تهران و رییس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی | دکترای مهندسی سازه |
| عبدالرضا سروقد مقدم | پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله | دکترای مهندسی سازه |
| محسن تدین | دانشگاه بوعلی سینا همدان و رئیس هیات مدیره انجمن بتن ایران | دکترای مهندسی سازه |
| عبدالرحیم محمدی | دبیر انجمن صنفی کارفرمائی تولیدکنندگان بتن سبک اتوکلاوشده | فوق لیسانس حقوق |
| صمد صومی | مسئول کمیته فنی انجمن صنفی کارفرمائی تولیدکنندگان بتن سبک اتوکلاوشده | فوق لیسانس مدیریت ساخت |

با تشکر از همکاری نمایندگان شرکت‌های تولیدکننده عضو انجمن

**اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):**

| | |
|---|---|
| علیرضا توتونچی | معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران |
| محمدرضا سیادت | کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران |

# فهرست مطالب

عنوان صفحه


**مقدمه** ---------- أ

**فصل اول کلیات** ---------- ۱

۱-۱-هدف ---------- ۱

۱-۲- دامنه کاربرد ---------- ۱

۱-۳- مصالح مورد استفاده در بلوک $AAC$ ---------- ۱

۱-۴- ملات مصرفی ---------- ۷

۱-۴-۱-ملات متعارف ---------- ۹

۱-۴-۲- ملات اصلاح‌شده پلیمری ---------- ۹

۱-۵-حمل و نگهداری ---------- ۱۱

۱-۵-۱- حمل و جابجایی ---------- ۱۱

۱-۵-۲-تخلیه بلوک‌ها ---------- ۱۱

۱-۵-۳-انبار و نگهداری ---------- ۱۲

**فصل دوم: ماده چسباننده و الزامات آن** ---------- ۱۳

۲-۱- مقدمه ---------- ۱۵

۲-۲- الزامات ملات متعارف ---------- ۱۵

۲-۳- الزامات ملات اصلاح شده پلیمری ---------- ۱۵

۲-۳-۱- الزامات مواد سیمانی و سنگدانه ---------- ۱۶

۲-۳-۲- الزامات آب مورد استفاده ---------- ۱۶

۲-۳-۳- الزامات مواد افزودنی ---------- ۱۶

۲-۳-۴- الزامات ملات و آزمایش‌های لازم ---------- ۱۶

۲-۴ مقاومت گسیختگی کششی ---------- ۱۹

**فصل سوم: بارهای وارد بر دیوار AAC و ضوابط طراحی آن** ---------- ۲۳

۳-۱- مقدمه ---------- ۲۵

۳-۱-۱- سطوح اهمیت ساختمان ---------- ۲۵

۳-۱-۲- سطح خطر لرزه‌ای ---------- ۲۵

۳-۱-۳-ضریب اهمیت دیوار غیر سازه‌ای ---------- ۲۵

۳-۱-۴- ملاحظات کلی ---------- ۲۵

۳-۲- بار ثقلی ---------- ۲۶

۳-۳- بارها و اثرات ناشی از زلزله ---------- ۲۶

۳-۳-۱- محاسبه نیروها و تغییرشکل‌های وارد به دیوار ---------- ۲۷

۳-۳-۱-۱- نیروی افقی وارد به دیوار ---------- ۲۷

۳-۳-۱-۲- محاسبه تغییرمکان ---------- ۲۹

۳-۳-۱-۳- ضرایب $a_P$ و $R_P$ ---------- ۳۰

۳-۳-۲- ضوابط و الزامات لرزه‌ای دیوار AAC ---------- ۳۰

۳-۳-۲-۱- دیوارهای خارجی ---------- ۳۱

۳-۳-۲-۱-۱- فاصله جداسازی دیوار از قاب ---------- ۳۲

۳-۳-۲-۲- تیغه‌ها (دیوارهای داخلی) ---------- ۳۲
۳-۳-۲-۲-۱- فاصله جداسازی و تغییر مکان های مجاز ---------- ۳۳
۳-۳-۲-۳- نمای داخلی ---------- ۳۳
۳-۳-۲-۳-۱- معیارهای پذیرش ---------- ۳۳
۳-۳-۲-۴-نمای خارجی ---------- ۳۴
۳-۳-۲-۴-۱- نماهای چسبانده شده ---------- ۳۴
۳-۳-۲-۴-۲-نماهای مهار شده ---------- ۳۴
۳-۳-۳-ظرفیت دیوارهای AAC مسلح شده با الیاف در برابر بار زلزله ---------- ۳۴
۳-۴- بار باد وارده بر دیوارهای خارجی ساخته شده از بلوک *AAC* ---------- ۳۵
۳-۴-۱- فشار یا مکش ناشی از باد بر سطح دیوار ---------- ۳۶
۳-۴-۲-معیار پذیرش دیوار خارجی برای بار باد ---------- ۳۸
۳-۴-۲-۱- معیار پذیرش دیوار در برابر نیروهای ناشی از بار باد ---------- ۳۹
۳-۴-۲-۲ معیار پذیرش دیوار های خارجی در برابر تغییر شکل ناشی از بار باد ---------- ۳۹
۳-۴-۲-۳ روش آزمون و تعیین ظرفیت قطعات ساخته شده از بلوک AAC ---------- ۳۹
۳-۴-۳- روابط تبدیل بیشینه سرعت باد لحظه‌ای به سرعت باد طراحی مبحث ۶ ---------- ۴۰
۳-۴-۴-ظرفیت دیوارهای AAC در برابر بار باد ---------- ۴۱
۳-۵- ارزیابی دیوارهای خارجی ساختمان در مقابل بارهای ضربه‌ای ---------- ۴۱
۳-۵-۱- مقدمه ---------- ۴۱
۳-۵-۲- آزمون ضربه ---------- ۴۲
۳-۵-۲-۱-ضربه‌های اجسام سخت ---------- ۴۲
۳-۵-۲-۲- ضربه جسم نرم بزرگ ---------- ۴۲
۳-۵-۳- گروه بندی عملکردی دیوار خارجی و نما برای تعیین انرژی ضربه ---------- ۴۴
۳-۵-۳-۱- گروه‌بندی عملکردی ---------- ۴۴
۳-۵-۳-۲- تعیین انرژی ضربه ---------- ۴۴
۳-۵-۳-۳- ارتفاع سقوط وزنه و کیسه در آزمون‌های ضربه ---------- ۴۴
۳-۵-۴- موقعیت ضربات روی دیوار ---------- ۴۵
۳-۵-۵- معیار پذیرش ---------- ۴۵
۳-۵-۵-۱ حفظ سطح خدمت‌پذیری دیوار و نمای متصل به آن ---------- ۴۶
۳-۵-۵-۲- حفظ ایمنی افراد ---------- ۴۶
۳-۵-۶-ظرفیت دیوارهای AAC در برابر بار ضربه ---------- ۴۶
۳-۶- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری ---------- ۵۱
۳-۶-۱- ترکیب بار برای کنترل تکیه‌گاه اجزاء نما ---------- ۵۱
۳-۷- یک نمونه مثال برای محاسبه بار زلزله وارده برتیغه‌های *AAC* ---------- ۵۱
۳-۷-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازهای ---------- ۵۲
۳-۷-۲- تعیین پارامترهای طیف طرح ---------- ۵۲
۳-۷-۳- ارزیابی ---------- ۵۲
**فصل چهارم: جزئیات اجرائی ---------- ۵۹**
۴-۱-اتصالات ---------- ۶۱
۴-۲-اتصال دیوار به ستون بتن آرمه و فولادی ---------- ۶۱
۴-۲-۱-اتصال کشویی با استفاده از نبشی ---------- ۶۱

۴-۲-۲- اتصال با بست‌های ارتجاعی ---- ۶۳
۴-۳-اتصال دیوار به دیوار ---- ۶۴
۴-۴-اتصال دیوار به زیر سقف ---- ۶۵
۴-۴-۱- اتصال کشویی با استفاده از نبشی ---- ۶۶
۴-۴-۲- اتصال با بست ارتجاعی ---- ۶۷
۴-۵- اتصال به وادارها ---- ۶۷
۴-۶- اجرای نعل درگاه و نصب پنجره ---- ۶۸
۴-۷- اتصال وادارهای نگهدارنده دیوارهای *AAC* به قاب ---- ۶۸
۴-۸-اتصال دیوار به سقف در نمونه‌های تقویت شده با مش الیاف ---- ۷۲
**فصل پنجم: جزئیات نصب نما ---- ۷۷**
۵-۱-انواع سیستم نما ---- ۷۸
۵-۲ اجرای نمای سنگی ---- ۷۸
۵-۲-۱- انواع سنگ‌های نما ---- ۷۸
۵-۲-۲ ویژگی‌ها و مشخصات فنی سنگ نما ---- ۷۹
۵-۲-۳ انواع مهار نمای سنگی ---- ۷۹
۵-۲-۴ انواع مهار در نمای سنگی چسبانده شده ---- ۷۹
۵-۲-۴-۱ مهار پیش‌ساخته ---- ۷۹
۵-۲-۴-۲ مهارهای سیمی ---- ۸۰
۵-۲-۴-۳ مهارهای سطحی برای نماهای موجود فاقد مهار ---- ۸۰
۵-۲-۵ جزئیات مهار در نمای سنگی مهار شده ---- ۸۱
۵-۳- اجرای نمای آجری ---- ۸۵
۵-۳-۱ نماهای مهار شده ---- ۸۶
۵-۳-۱-۱- تکیه‌گاه جانبی نماهای بنایی مهار شده ---- ۸۶
۵-۳-۱-۲- الزامات لرزه‌ای ---- ۸۹
۵-۳-۲ نمای چسبانده شده ---- ۸۹
۵-۳-۳ الزامات کلی اجرایی ---- ۹۱
۵-۳-۳-۱ اتصالات برای تحمل بار جانبی ---- ۹۱
۵-۳-۳-۲ تکیه‌گاه برای تحمل بار ثقلی ---- ۹۲
۵-۳-۴ مشخصات نمای بنایی آجری متصل به دیوار بتنی یا بلوکی ---- ۹۶
۵-۴ اجرای نمای سیمانی ---- ۱۰۰
۵-۴-۱ مشخصات ملات سیمانی برای نما ---- ۱۰۰
۵-۴-۲ اجرای نما بر روی سطوح AAC ---- ۱۰۰
۵-۵ اجرای نمای سرامیک ---- ۱۰۲
**منابع و مراجع ---- ۱۰۷**

# فصل ۱

# کلیات

## ۱-۱-هدف

با گسترش صنعت ساختمان، استفاده از مصالح سبک و مقاوم در تولید اجزاء پرکننده سازه‌ای و غیرسازه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. در همین راستا، فناوری بتن‌های هوادار اتوکلاوشده یا بتن‌های گازی که با علامت اختصاری AAC شناخته می‌شود، معرفی شد. فارغ از فرآیند تولید که سرعت و سهولت قابل ملاحظه‌ای را به همراه دارد، مجموعه‌ای از ویژگی‌های فیزیک ساختمان، این قطعات را در زمره پرکاربردترین اجزاء متداول قرار می‌دهد. همین مسئله سبب شده است تا بهره‌گیری از این قطعات در اجزاء غیرسازه‌ای باربر و غیرباربر مورد توجه قرار گیرد.

بلوک‌ها و پانل های AAC از جمله قطعاتی هستند که وسعت کاربرد آنها به شدت در حال توسعه است. علاوه بر این، مشخصه‌های این قطعات در سازگاری با شرایط زیست محیطی، پایداری و دوام، وزن کم و ویژگی‌های عملکردی به عنوان عایق حرارت، حریق و صوت، این قطعات را به عنوان جایگزین مناسبی برای مصالح متداول مورد استفاده در سازه‌های ساختمانی تبدیل می‌نماید. ضمناً، قابلیت تهیه این بلوک‌ها و پانل ها در فرم‌های متفاوت، سهولت انجام برش در این قطعات و همچنین، نصب ساده آنها با استفاده از دستورالعمل‌های موجود، بر میزان این محبوبیت می‌افزاید.

در این دستورالعمل نحوه طراحی و اجرای قطعات بلوکی و پانلی AAC بیان شده است. براساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ استفاده از دیوارهای پانلی که دیوارهای پانلی AAC نیز از آن جمله است در ساختمانهای با اهمیت بسیار زیاد از جمله بیمارستانها اکیدا توصیه می شوند.

## ۱-۲- دامنه کاربرد

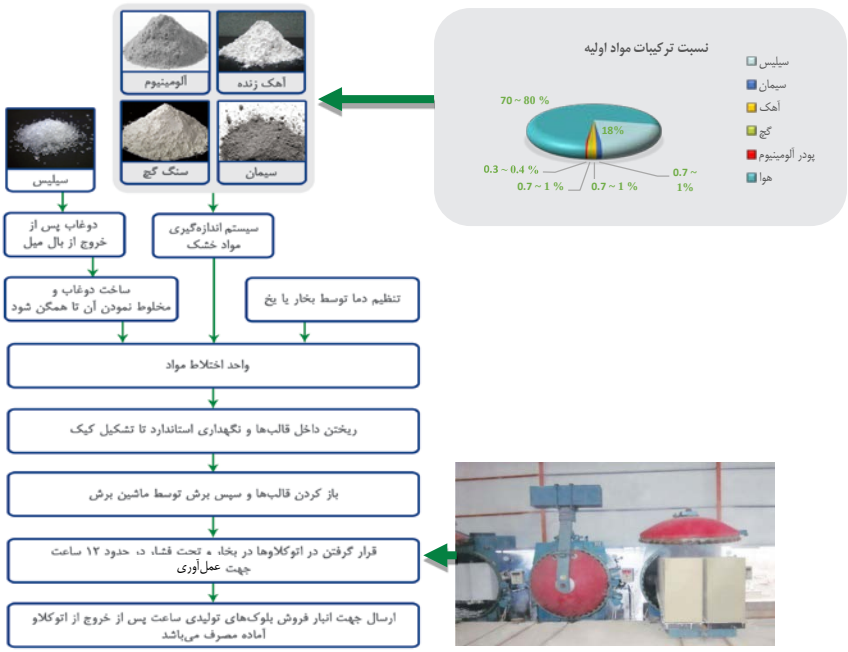
دیوارهای ساخته‌شده از بلوک‌ها یا پانل های AAC می‌تواند به عنوان دیوارهای تیغه و دیوارهای پیرامونی مورد استفاده قرار گیرد. دیوارهای پیرامونی تحت اثر بار باد و زلزله قرار داشته و باید برای اثر بارهای ضربه پاسخگو باشند در حالیکه دیوارهای تیغه، از اثر زلزله تاثیر می‌پذیرند و باید برای بار ضربه کوچکتری پاسخگو باشند. بر همین اساس، ضوابط مربوط به طراحی و اجرای این دیوارها متفاوت می‌باشد که در این دستورالعمل به آن اشاره شده است.

## ۱-۳- مصالح مورد استفاده

### ۱-۳-۱-بلوک های AAC

بلوک‌های AAC ساخته شده از سیلیس، سیمان، گچ، آهک، پودر آلومینیوم و آب می‌باشند که حاصل ترکیب این مصالح وجود میلیون‌ها سلول ریز هوا است که ویژگی سبک وزنی و عایق حرارتی بودن بلوک را به دنبال دارد. در شکل (۱-۱) فرآیند تولید بلوک‌های AAC ارائه شده است.

بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC) هم از نظر روش تولید و هم از نظر ترکیبات نهایی با بتن متعارف متفاوت است. بتن متعارف عموماً مخلوطی از سیمان (یا با محصولات دیگر نظیر روباره آهن‌گدازی یا خاکستر بادی)، آب و سنگدانه ریز و درشت است. با هیدراته شدن سیمان کسب مقاومت کرده و پس از حدود یکماه به مقاومت مطلوب می‌رسد. در مقابل، AAC نسبت به بتن متعارف، دانسیته بسیار کمتری دارد. واکنش‌های شیمیایی تشکیل دهنده محصولات هیدراته در طول اتوکلاو شدن انجام شده لذا زمانی که از اتوکلاو بیرون آمده و خنک می‌شود، بلوک‌ها آماده استفاده هستند. در AAC تمامی ترکیبات اصلی مخلوط حتی ماسه آسیاب شده که در بتن متعارف واکنشی نمی‌باشد، به دلیل فشار و دمای زیاد اتوکلاو مانند یک پوزولان عمل کرده و واکنش می‌دهد.




**شکل ۱-۱- فرآیند تولید بلوک‌های AAC**

بتن هوادار اتوکلاو شده می‌تواند با استفاده از دامنه وسیعی از محصولات سیمانی تولید شود. دو نوع متداول آنها به قرار زیر است:

- سیمان پرتلند، آهک و خاکستر بادی
- سیمان پرتلند، آهک و ماسه سیلیسی ریز دانه که معمولاً برای رسیدن به ریزی مطلوب آسیاب می‌شود.

معمولاً یک مقدار گچ نیز افزوده می‌شود.

فرایند تولید AAC در کارخانجات مختلف ممکن است از نظر جزئیات متفاوت باشد اما اصول کلی شبیه است. مواد اولیه با یکدیگر مخلوط شده و پودر آلومینیوم نیز برای ایجاد یک ساختار متخلخل به مواد دوغابی اضافه می‌شود. دانسیته AAC با توجه به مقدار پودر آلومینیوم می‌تواند متفاوت باشد. سپس دوغاب در قالب‌ها ریخته می‌شود شکل (۱-۲).

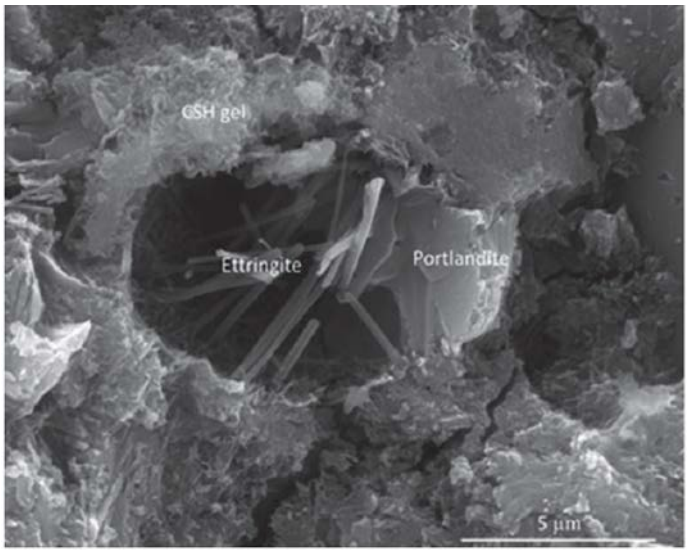
در طول فرایند تولید در دمای عادی، سیمان شروع به هیدراته شدن کرده و هیدرات‌های مشابه بتن متعارف نظیر هیدرات سیلیکات کلسیم (C-S-H)، هیدروکسید کلسیم (C-H)، اترینگایت و/یا منوسولفات تولید می‌شود. واکنش تولید C-S-H و اترینگایت در زیر آورده شده است. ساختار میکروسکوپی هیدرات‌های سیمان در دمای عادی در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.

**شکل۱ -۲- ریختن دوغاب به درون قالب‌ها**

$$2\,(3CaO.\,SiO_2) + 6\,H_2O \longrightarrow \underset{(C\text{-}S\text{-}H)}{3CaO.2SiO_2.3H_2O} + \underset{(C\text{-}H)}{3Ca(OH)_2} + heat$$

$$2\,(2CaO.\,SiO_2) + 4\,H_2O \longrightarrow \underset{(C\text{-}S\text{-}H)}{3CaO.2SiO_2.\,H_2O} + \underset{(C\text{-}H)}{Ca(OH)_2} + heat$$

$$3CaO.\,Al_2O_3 + 3CaSO4.2H_2O + 26H_2O \rightarrow 3CaO{\bullet}Al_2O_3{\bullet}3CaSO_4{\bullet}32H_2O$$
(ettringite)




**شکل ۱-۳- تصویر میکروسکوپی هیدرات‌های سیمان در دمای عادی**

مخلوط به تدریج سفت‌تر شده تا ماده‌ای که به نام کیک خام[1] شناخته می‌شود حاصل شود. کیک خام به دلیل تولید گاز هیدروژن حاصل از واکنش بین ذرات آلومینیوم و دوغاب قلیایی متورم شده و افزایش حجم می‌دهد (شکل ۱-۴). این واکنش در زیر نشان داده شده است.

$$2Al + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O \longrightarrow \underset{\text{(Hydrogarnet)}}{3CaO.Al_2O_3.6H_2O} + 3H_2$$

زمانی که کیک خام به ارتفاع مورد نظر رسید، به اندازه دلخواه برش داده می‌شود. در مرحله برش، بلوک‌ها هنوز خام هستند (شکل ۱-۵). بلوک‌های برش داده شده به اتوکلاو هدایت می‌شوند و تحت فشار، پخت (عمل‌آوری) می‌شود (شکل ۱-۶). بخار به اتوکلاو با فشار زیاد (بعضاً تا ۱۲۰۰KPa) و دمای ۱۸۰-۲۰۰°C تغذیه می‌شود. در حدود ۱۰ الی ۱۲ ساعت در اتوکلاو باقی می‌مانند. برای افزایش نسبت دانسیته به مقاومت، ممکن است از زمان‌های طولانی‌تر استفاده شود.

**شکل ۱-۴- افزایش حجم کیک خام در قالب**

دراتوکلاو بعد از دو ساعت که فشار و دما افزایش می‌یابد، محصولات معمول حاصل از هیدراته شدن سیمان که در مرحله قبل از اتوکلاو تشکیل شده بود از بین رفته و سنگدانه قابلیت واکنش پیدا می‌کند و C-S-H(I) حاصل می‌شود. زمانی که واکنش سنگدانه پیش می‌رود، کلسیم حاصل از آهک و از هیدراته شدن سیمان برای ادامه تولید C-S-H(I) مصرف می‌شود. با ادامه فرایند اتوکلاو، توبرموریت ۱٫۱ نانومتر[2] ($C_5S_6H_5$) از C-S-H(I) شروع به بلوری شدن می‌کند. نسبت کلی C-S-

1 Green cake
2 1.1 nm tobermorite

H(I) شروع به کم شدن و نسبت توبرموریت ۱٫۱ نانومتر شروع به افزایش می‌کند. بنابراین C-S-H(I) یک محصول حد واسط است.

**شکل ۱-۵- برش کیک خام**

**شکل ۱-۶- بلوک‌های خام به درون اتوکلاو تغذیه می‌شوند**

پس از اتوکلاو شدن، به دلیل فشار و دمای زیاد، به طور معمول توبرموریت محصول واکنشی نهایی اصلی می‌باشد. مقادیر کم از دیگر محصولات هیدراته در محصول نهایی وجود دارد. به علاوه، فازهای هیدراته در اتوکلاو به طور خاص C-S-H(I) به عنوان محصولات حد واسط تشکیل می شود. این محصول نسبت به هیدرات سیلیکات کلسیم که در بتن متعارف نیز تشکیل می شود و به صورت ژل است، بلوری‌تر است و نسبت کلسیم به سیلیکات آن بین ۰٫۸ <C/S<۱٫۵ می‌باشد اما نسبت ۰٫۸ تا ۱ برای تولید توبرموریت ۱٫۱ نانومتر مناسب‌تر است.

لازم به توضیح است سه نوع متفاوت توبرموریت شامل توبرموریت ۱٫۱ نانومتر ($5CaO.6SiO_2.5H_2O$)، توبرموریت ۱٫۴ نانومتر ($5CaO.6SiO_2.9H_2O$) و توبرموریت ۰٫۹ نانومتر ($5CaO.6SiO_2.H_2O$) وجود دارد. اما توبرموریت ۱٫۱ نانومتر مهم‌ترین و متداول‌ترین نوع آن است و مقاومت AAC نهایی به این ماده بستگی دارد. همچنین توبرموریت ۱٫۱ نانومتر با

توجه به نوع مواد اولیه AAC خود انواع مختلفی دارد که زمانی که حرارت داده می‌شـــوند رفتار متفاوتی از خود نشـــان می‌دهند. ســـاختار بلوری توبرموریت ۱٫۱ نانومتر به صـــورت ورقه لایه لایه اســـت که در بین لایه‌ها یون‌های کلســـیم و مولکول‌های آب وجود دارد. با حرارت دادن، آب بین لایه‌ای از بین رفته و به توبرموریت ۰٫۹ نانومتر تبدیل می‌شـــود. درنتیجه در برخی از انواع توبرموریت ۱٫۱ نانومتر که به نام توبرموریت ۱٫۱ نانومتر نرمال[1] شناخته می شود، جمع شدگی رخ می‌دهد.

توبرموریت ۱٫۴ نانومتر در دمای معمولی تشکیل می شود و در دمای $55^{\circ}C$ به توبرموریت ۱٫۱ نانومتر تبدیل می شود لذا در AAC نهایی وجود ندارد.

با توجه به این مطالب محصولات نهایی هیدراته شدن در AAC اساساً شامل توبرموریت ۱٫۱ نانومتر، بقایای C-S-H(I) و هیدروگارنت[2] است. سنگدانه واکنش نداده نیز ممکن است در محصول نهایی باقی مانده باشد. همچنین ممکن است مقداری هیدروکسید کلسیم و دیگر مواد باقی مانده باشد.

مساله اساسی واکنش مقدار کافی سیلیس موجود در سنگدانه برای تشکیل توبرموریت ۱٫۱ نانومتر از هیدروکسید کلسیم موجود از آهک و ســـیمان اســـت. این امر به عواملی مختلفی از جمله قدرت واکنشـــی ذاتی مواد، ریزی ذرات (به ویژه ســـنگدانه) و دما و فشـــار بســـتگی دارد. اگر زمان اتوکلاو کوتاه باشـــد میزان توبرموریت به حداکثر نمی‌رســـد و مقداری هیدروکسید کلسیم واکنش نداده باقی خواهد ماند و مقاومت بلوک‌ها از مقدار بهینه کمتر خواهد شد. اگر زمان اتوکلاو بسیار طولانی باشد محصولات هیدراته دیگری ممکن است تشکیل شود که برای مقاومت مضر است و یک هزینه انرژی غیر ضروری تحمیل می‌شود.

به طور کلی انواع محصولاتِ هیدرات سیلیکات کلسیم که در AAC وجود دارد شامل: توبرموریت ۱٫۱ نانومتر ($C_5S_6H_5$) است که عموماً زمانی که از سیمان، آهک و ماسه در تولید AAC استفاده می‌شود، محصول اصلی می‌باشد. C-S-H(I) که

1 1.1nm tobermorite normal
2 Hydrogarnet

بلوری‌تر از C-S-H بتن متعارف اســت و ۰/۸ <C/S<۱/۰. همچنین زونوتلیت[۱] ($C_6S_6H$) که در اثر افزایش زمان اتوکلاو شدن یا دمای بیشتر، تشکیل می‌شود و معمولاً مطلوب نیست.
ساختار بلوری توبرموریت و زونوتلیت در شکل (۱-۷) نشان داده شده است.

هنگامی که بلوک‌ها از اتوکلاو خارج شده و سرد شوند به مقاومت نهایی خود رسیده و آماده بسته‌بندی و حمل و نقل می‌باشند.

**شکل ۱-۷- ساختار بلوری توبرموریت و زونوتلیت**

به منظور کنترل کیفیت بلوک‌های AAC از اســتاندارد ملی ایران به شــماره ۸۵۹۳ اســتفاده می‌شــود. در این اســتاندارد ویژگی‌های مربوط به مقاومت فشاری، جرم حجمی، ابعاد، هدایت حرارتی، جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن، مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن و همچنین روش‌های ارزیابی یکنواختی تولیدات بیان شده است. روش‌های استاندارد انجام این آزمون‌ها در جدول (۱-۱) آورده شده است.

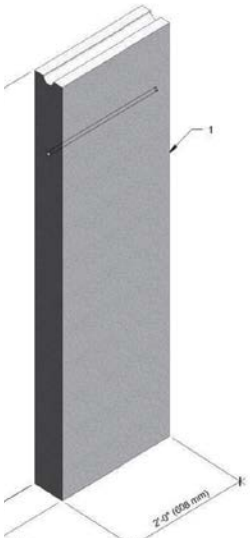
**جدول ۱-۱- روش‌های آزمون استاندارد بلوک AAC**

| ویژگی | مقاومت فشاری | جرم حجمی | ابعاد | جمع شدگی ناشی از خشک شدن | مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن |
|---|---|---|---|---|---|
| شماره استاندارد ملی | ۸۵۹۶ | ۸۵۹۵ | ۸۵۹۳ | ۸۵۹۲ | ۸۵۹۳ |

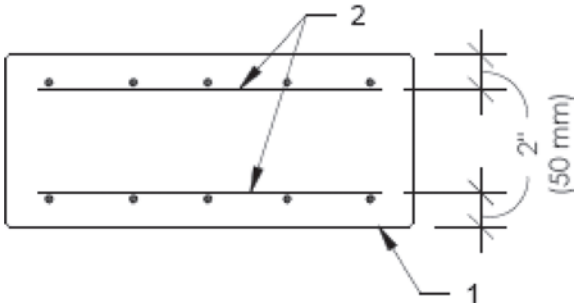
### ۱-۳-۲-پانل های AAC

منظور از پانل AAC، پانل های مسلح AAC پیش ساخته در کارخانه می باشد که کاربردهای مختلفی دارند. یکی از این کاربردها استفاده از آنها به عنوان دیوار داخلی و خارجی می باشد. ماتریس این پانل ها بتن هوادار اتوکلاو شرح داده شده

در بند ۱-۳-۱ می باشد و المان مسلح کننده آنها عموما دولایه شبکه میلگرد فولادی می باشد( شکل ۱-۸). به طور کلی، مقاومت برشی درون صفحه پانل AAC به مقاومت برشی AAC غیر مسلح محدود می شود. بنابراین ظرفیت برشی داخل صفحه این پانل ها به طور قابل توجهی کمتر از بتن معمولی است و بنابراین پانل های AAC برای تحمل بارهای جانبی داخل صفحه دارای محدودیت می باشند. در رفتار خمشی خارج از صفحه نیز پیوستگی بین میلگرد و بتن سبک توسط لهیدگی بتن در تماس با میلگردهای عمود مش تامین می شود بنابراین آج دار بودن یا بدون آج بودن میلگرد در این پانل ها تفاوتی از لحاظ طراحی ندارد.



1. AAC WALL PANEL
2. PANEL REINFORCING




شکل ۱-۸- پانل های AAC و نحوه آرمانورگذاری آنها

1 Xonotlite

## ۱-۴- ملات مصرفی

### ۱-۴-۱-ملات متعارف

دو نوع متداول ملات، ملات پایه سیمانی و ملات آهکی می‌باشد. در برخی موارد به ملات پایه آهکی، مقداری سیمان افزوده می‌شود تا مقاومت آن افزایش یابد و گیرش آن تسریع شود. استفاده از ملات پایه سیمانی در مواردی که دستیابی به مقاومت نهایی بشتری مورد نیاز است، توصیه می‌شود. امروزه در صنعت ساختمان ملات آهکی، سیمانی یا سیمان لایه نازک در دسترس است. در چنین موقعیت‌هایی انتخاب درست ملات برای انواع مختلف مصالح بنایی بسیار مهم است.

### ۱-۴-۲- ملات اصلاح‌شده پلیمری

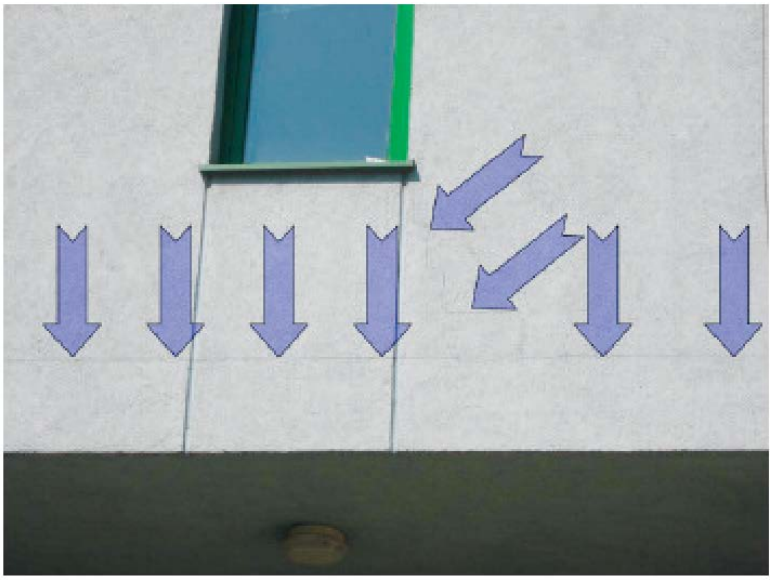
ملات‌های لایه نازک اصلاح شده پلیمری، نوع خاصی از ملات‌های واحدهای بنایی هستند که برای بلوک‌های AAC نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاهش ضخامت ملات به ۱ تا ۳ میلی‌متر در مقایسه با زمانی که از ملات متعارف با ضخامت ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر استفاده می‌شود یکی از ویژگی‌های این نوع ملات‌هاست. از طرف دیگر، به هرحال درز نازک سبب می‌شود بسیاری از جنبه‌های مثبت درز ضخیم از جمله خاصیت لایی[1] بودن و زه‌کش بودن آن از بین برود. اگر ملات لایه نازک بر پایه سیمان و با مقاومت زیاد (به طور معمول بیش از ۱۰MPa) باشد، سبب ناسازگاری و ترک خوردن آسان

[1] pad

دیوار به ویژه در ناحیه زیر پنجره‌ها و مکان‌هایی که درز بین مصالح با خواص فیزیکی متفاوت وجود دارد می شود ( شکل ۱-۹).

ملاک اساسی در انتخاب ملات باید چسبندگی آن به واحد بنایی مورد نظر و خواص الاستیکی آن باشد. هرچه مدول الاستیسیته ملات و واحد بنایی به هم نزدیکتر باشد، سازگاری بهتر و درنتیجه پارامترهای مکانیکی بهتری بدست می‌آید. در برخی استانداردها اساس انتخاب ملات‌ها دوام آنهاست. در برخی دیگر یک پارامتر بسیار مهم ملات سخت شده، چسبندگی آن به زمینه است. استفاده از ملات با دوام و مقاوم به یخ زدن ولی با چسبندگی نامناسب نمی‌تواند تضمین کننده دوام یک ساختمان با بلوک AAC باشد. بنابراین در زمان انتخاب ملات باید به چسبندگی ملات توجه ویژه‌ای شود. ارزیابی چسبندگی ملات به زمینه شامل سه جنبه است: وسعت چسبندگی که بیانگر سطح تماس بین ملات و بلوک AAC است، دوام که بیانگر مدت زمان ماندگاری چسبندگی موثر بین ملات و واحد بنایی است و مقاومت که امروزه بر اساس مقاومت برشی محل اتصال واحدهای بنایی تخمین زده می‌شود.

هرچه ملات سفت‌تر شود، مقاومت، مقاومت به یخبندان و مقاومت به نفوذ آب بیشتر می شود. در ساختارهای بنایی لازم نیست ملات همانند بتن، متراکم، سخت، صلب، و غیر قابل نفوذ نسبت به آب باشد. این خواص چندان مفید نیستند و در برخی موارد ممکن است مضر نیز باشند. گواه این امر مشاهده ساختمان‌هایی است که پس از گذشت مدت زمان کمی از بهره‌برداری نیازمند کار بازسازی هستند.



**شکل ۱-۹- ترک در محل درز پنجره‌ها**

ملات در لابلای درزهای افقی و قائم واحد بنایی استفاده می‌شود و بنا به خاصیت جذب آب واحد بنایی می‌تواند آب را از ملات به سمت خود بکشد و لذا آب کافی در ملات باقی نمی‌ماند. این امر به خصوص در بلوک‌های AAC و ملات سیمانی یا سیمان آهکی با ضخامت ۱۰ میلی‌متر و ۱۵ میلی‌متر مشهودتر است. سرعت از دست دادن آب توسط ملات، می‌تواند سبب کاهش کارایی و در نتیجه افت کیفیت اتصال ملات می‌شود.

برای هر نوع واحد بنایی، خواص ملات باید با دقت انتخاب شود. زمانی که اجزای ملات انتخاب می شوند باید به این نکته توجه داشت که ملات به جز چسباندن قطعات به یکدیگر وظایف دیگری نیز دارد. قابلیت جذب آب واحد بنایی به طور خاص مهم است چراکه رفتار مناسب ملات را تخمین می‌زند.

تو صیه می شود در حین اجرای دیوارهای ساخته شده از واحدهای AAC، علاوه بر اجرای ملات در درزهای افقی بین دو ردیف بلوک AAC، اجرای ملات در درزهای قائم نیز به جهت حفظ یکپارچگی قطعات و پرشدن فاصله خالی بین دو قطعه مورد توجه قرار گیرد.

## ۱-۵-حمل و نگهداری

### ۱-۵-۱- حمل و جابجایی

جهت حمل بلوک‌ها از چرخ دستی یا وسایل مکانیکی مناسب و متناسب با ابعاد و شرایط کارگاه استفاده شود. در هنگام حمل با دست توصیه می‌شود، تعداد قطعات با توجه به وزن آن‌ها انتخاب شود، به گونه‌ای که در هنگام حمل و جابجایی، امکان سقوط قطعات به حداقل کاهش یابد (شکل‌های ۱-۱۰ و ۱-۱۱). حمل و جابحایی پانل ها حتما باید در بسته بندی هایی به صورت ایستاده ( عرض یا ارتفاع پانل) انجام پذیرد. حمل و نقل پانل ها با دست در کارگاه نیز به این صورت و ترجیحا به صورت ایستاده در را ستای عر ضی پانل انجام شود.بسته بندی، نگهداری و حمل پانل در را ستای ضخامت آن ممنوع می باشد.

### ۱-۵-۲-تخلیه

در هنگام استفاده از وسایل مکانیکی برای بلند کردن پالت‌ها، باید ظرفیت دستگاه کنترل شود. به جهت جلوگیری از آسیب‌دیدگی در هنگام تخلیه با جرثقیل یا تاورکرین توصیه می‌شود یک قاب فلزی در قسمت بالای پالت قرار گرفته شود تا فشار طناب سبب شکستگی بلوک نگردد. پالت‌های حاوی بلوک باید در نزدیک‌ترین مکان نسبت به محل نصب تخلیه شوند تا راندمان کار افزایش یابد و تعداد دفعات جابجایی به حداقل کاهش یابد. جابجایی‌های مکرر احتمال آ سیب دیدن بلوک‌ها را افزایش می‌دهد. پیش از تخلیه در طبقات و بر روی سقف‌ها باید هماهنگی‌های لازم با مهندس سازه انجام گیرد. در پالت های حاوی پانل AAC با توجه به مسلح بودن پانل ها به میلگرد خظر شکستگی پانل وجود ندارد اما باید مراقبت های لازمه در هنگام تخلیه جهت جلوگیری از آسیب دیدن لبه ها و گوشه های پانل به عمل آید.

**شکل ۱-۱۰- حمل پالت‌های انتقال بلوک‌های AAC**

### ۱-۵-۳-انبار و نگهداری

کلیه بلوک‌ها و پانل ها بهتر است در جای خشک و سرپوشیده نگهداری شوند. باید تمهیدات لازم برای جلوگیری از آسیب دیدن بلوک‌ها به خصوص سطوح و لبه‌ها اجرا شود.

باید توجه شود تا بلوک ها یا پانل ها مستقیما روی زمین سخت و مسلح نگهداری شوند. حداکثر تعداد پالت‌ها یا بندیل‌های حاوی بلوک یا پانل که می‌تواند روی هم قرار گیرد باید به ۲ محدود شود. مهندس ناظر در خصوص محل نگهداری و چیدمان پالت‌ها باید نظارت داشته باشد. به منظور ایجاد یک سطح هموار و مسطح برای انبار کردن پالت‌ها می‌توان از وسایل و روش‌های مناسب مانند آسفالت، کفپوش بتنی، سازه‌های موقت، چهار تراش چوبی و ... استفاده کرد.

**شکل ۱-۱۱- انتقال پالت‌های بلوک‌های AAC در کارگاه**

# فصل ۲

# ماده چسباننده و الزامات آن

## ۲-۱- مقدمه

عموماً ساختمان‌ها پس از ساخت و در حین بهره‌برداری به دلیل نشست یا تاثیرات آب و هوایی و حرارتی در معرض تغییر شکل و جابجایی قرار می‌گیرند. آسیب‌پذیری ساختمان در اثر این عوامل به پارامترهای متعددی بستگی دارد که یکی از عمده‌ترین پارامترها، نوع و خواص ملات استفاده شده است. ملاتی که خواص آن به خوبی با واحد بنایی سازگار است به طور موثری از آسیب به دیوار جلوگیری می‌کند. از طرف دیگر ملاتی که خواص آن با مصالح بنایی سازگار نیست ممکن است فرایند آسیب به دیوار را شدت بخشد. استفاده از مصالح بنایی نوین به ویژه بلوک‌های AAC، نشان می‌دهد که ملات باید بسیار با دقت انتخاب شود زیرا در بسیاری حالات استفاده از یک نوع ملات نادرست، نتایج منفی به دنبال دارد.

ملات اصلاح شده پلیمری مخلوطی از یک چسباننده (آلی یا غیرآلی)، پلیمر، پرکننده و آب است که در اثر واکنش‌های شیمیایی یا فیزیکی با چسباننده سخت می شود. در برخی متون، ملات نقش بیشتری از چسباننده دو واحد بنایی دارد. این امر به ویژه در دو دهه اخیر با ورود افزودنی‌های شیمیایی مختلف به ملات به سرعت افزایش داشته است.

انتخاب ملات بر اساس طبیعت کار و نوع واحد بنایی استفاده شده، تاثیرات وسیعی دارد. زمانی که ملات می‌خواهد انتخاب شود، تمامی جنبه‌های مرتبط با ساختمانی که طراحی شده است باید مورد توجه قرار گیرد و بین خواص فیزیکی مکانیکی مورد نیاز و جنبه های اقتصادی، توازنی برقرار شود.

## ۲-۲- الزامات ملات متعارف

به منظور ارزیابی خواص ملات‌های متعارف از استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۰۶ استفاده می شود. در این استاندارد برای ملات تازه، عمر کارایی[۷]، مقدار کلرید، میزان هوای موجود، چگالی باید مشخص شود. برای ملات‌های سخت شده مقاومت فشاری، چسبندگی و چگالی باید گزارش شود.

## ۲-۳- الزامات ملات اصلاح شده پلیمری

این الزامات درخصوص ملات‌های اصلاح شده پلیمری قابل استفاده در ساخت و سازهای تقویت شده و تقویت نشده AAC است. استفاده از ملات با مقاومت فشاری بیشتر، زمانی‌که استفاده از ملات با مقاومت فشاری پایین‌تر توصیه شده است، مجاز نیست.

[7] Workability life

### ۲-۳-۱- الزامات مواد سیمانی و سنگدانه

الزامات مواد و مصالح مورد استفاده در ساخت ملات اصلاح شده پلیمری شامل مواد سیمانی و سنگدانه باید مطابق با استاندارد ملی ایران باشد.

### ۲-۳-۲- الزامات آب مورد استفاده

آب مورد استفاده باید تمیز و فاقد هرگونه روغن، اسید، قلیایی، نمک، مواد آلی و موادی باشد که سبب آسیب رساندن به ملات یا فلز به کار رفته در ساخت و ساز شود.

### ۲-۳-۳- الزامات مواد افزودنی

استفاده از مواد افزودنی در ملات مجاز نیست مگراینکه در طرح مخلوط لحاظ شده باشد. میزان کلر محلول ماده افزودنی نباید از ۰٫۰۰۹ درصد کل محتوای کلر ملات بیشتر باشد. ماده افزودنی نباید سبب آسیب به ملات، فلز استفاده شده و واحدهای بنایی شود.

در بیشینه مقدار توصیه شده استفاده از پلیمر در تهیه ملات، میزان کلر محلول پلیمر نباید از ۰٫۰۰۹ درصد کل محتوای کلر ملات بیشتر باشد. پلیمر مورد استفاده نباید سبب آسیب به ملات، فلز استفاده شده و واحدهای بنایی شود.

زمانی که از کلرید کلسیم به عنوان تسریع‌کننده در ساخت ملات استفاده شود مقدار آن نباید از ۱درصد وزنی سیمان بیشتر شود.

نکته- درصورتی که از کلرید کلسیم استفاده شود در مصرف آن باید احتیاط نمود چراکه اثرات زیانباری بر فلزات و نازک کاری دیوار ممکن است ایجاد کند.

### ۲-۳-۴- الزامات ملات و آزمایش‌های لازم

ویژگی‌های ملات‌های آماده در استانداردملی‌ایران شماره ۲-۷۰۶ آورده شده است. همچنین در استانداردهای بین‌المللی ضوابط و الزامات ملات‌های لایه نازک آورده شده است. از این استانداردها می‌توان در موارد زیر برای ملات اصلاح شده پلیمری استفاده کرد.

- در ملات تازه، عمر کارایی، مقدار کلرید، میزان هوای موجود، چگالی و زمان تصحیح[8] باید مشخص شود. برای ملات‌های سخت شده مقاومت فشاری، چسبندگی و چگالی باید گزارش شود.

- در این ملات میزان کلرید، نباید بیشتر از ۰٫۱ درصد وزنی خشک ملات باشد. همچنین لازم است موارد زیر نیز درخصوص ملات مورد بررسی قرار گیرد:

- نسبت اجزای متشکل و ارتباط با مقاومت یا رده، جذب آب، نفوذپذیری بخار آب، ضریب هدایت حرارتی، دوام، حداکثر اندازه سنگدانه، زمان تصحیح و میزان مواد آلی

[8] Correction time

* ملات‌های بنایی که از نظر درصد وزنی یا حجمی (هرکدام بیشتر است)، دارای ۱ درصد یا کمتر مواد آلی باشند، بدون نیاز به آزمون، در دسته A1 واکنش در برابر آتش دسته‌بندی می‌شود.

* ملات‌های بنایی که دارای بیش از ۱ درصد وزنی یا حجمی (هر کدام که بیشتراست) از مواد آلی می‌باشند، باید مطابق بند ۳-۱۳ استاندارد ۲-۷۰۶ دسته‌بندی شده و دسته مناسب واکنش در برابر آتش اظهار شود.

- برای ملات‌های طراحی شده، مقاومت فشاری باید توسط تولیدکننده اظهار شود. تولیدکننده ممکن است رده مقاومت فشاری را مطابق جدول (۲-۱) اظهار کند که در آن مقاومت فشاری با علامت "M"و حداقل رده مربوط نیز به دنبال آن برحسب نیوتن بر میلی‌مترمربع مشخص شده است. چنانچه میزان آهک هوایی (محاسبه شده براساس هیدروکسید کلسیم)، موجود در ملات برابر یا بیشتر از ۵۰ درصد مقدار کل جرم چسباننده باشد، باید اظهار شود.

هنگامی که ملات از یک محموله نمونه‌برداری شده و مورد آزمون قرار می‌گیرد، خصوصیات آن نباید کمتر از خصوصیات اظهار شده باشد.

- برای ملات‌های طراحی شده، مورد استفاده در اجزایی که برای آنها انتظارات سازه‌ای وجود دارد، مقاومت چسبندگی ملات باید در ارتباط با قطعه بنایی براساس مقاومت برشی اولیه مشخصه اظهار شود.

- هنگامی‌که هیچگونه اظهاری بر مبنای آزمون، انجام نمی‌شود مقاومت برشی اولیه مشخصه ملات طراحی شده در ارتباط با بلوک AAC، باید ۰٫۳ نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد. ملات تهیه شده باید الزامات جدول (۲-۲) را برآورده کند.

**جدول ۲-۱- مقاومت فشاری ملات**

| رده | M۵ | M۱۰ | M۱۵ |
|---|---|---|---|
| مقاومت فشاری – حداقل (نیوتن بر میلی‌مترمربع) | ۵ | ۱۰ | ۱۵ |

**جدول ۲-۲- الزامات ملات اصلاح شده پلیمری**

| نوع ملات | متوسط مقاومت فشاری ۲۸ روزه (MPa) | نگهداشت آب دقیقه ٪ | بیشینه میزان هوا ٪ | نسبت سنگدانه |
|---|---|---|---|---|
| M | ۱۷ | ۷۵ | ۱۸ | نباید کمتر از ۲/۲۵ و بیشتر از ۳/۵ برابر حجم مواد سیمانی باشد |
| N | ۱۲ | ۷۵ | ۱۸ | |
| S | ۵ | ۷۵ | *۲۰ | |
| O | ۲ | ۷۵ | *۲۰ | |

*زمانی که از تقویت‌کننده سازه‌ای در AAC استفاده می‌شود، حداکثر هوای موجود نباید از ۱۸ درصد فراتر رود.

*در ملات سیمانی بدون هوا عموماً مقدار هوای مجاز زیر ۸ درصد است.

مقادیر مقاومت فشاری بدست آمده از آزمون در محل ملات‌های اصلاح شده بیانگر مقاومت فشاری ملات آزمون شده در آزمایشگاه یا ملات دیوار نیست. خواص فیزیکی نمونه ملات آزمون شده در محل نباید برای برآورده شدن الزامات این دستورالعمل و معیاری برای رد یا پذیرش ملات باشد. چرا که مقدار آب استفاده شده در ساخت ملات در آزمایشگاه کمتر از مقدار آب استفاده شده در ساخت ملات در محل است. آب استفاده شده در آزمایشگاه برای حالتی است که میزان

روانی روی میز جریان ۵±۱۱۰ درصـــد شـــود. اما در عمل و در محل برای ایجاد کارایی لازم و جبران مکش AAC لازم است مقدار آب بیشتر انتخاب شود. مقادیر مقاومت فشاری بدست آمده در آزمایشگاه مطابق جدول (۲-۱) با لحاظ شدن این کاهش مقاومت در اثر افزودن آب در ملات ساخته شده در محل ا ست. به طور معمول میزان جریان ملات در محل بین ۱۳۰ تا ۱۵۰ درصد است. هیچ‌گونه تغییری در مقدار مواد تشکیل دهنده ملاتی که خصوصیات آن تایید شده به غیر از تغییر میزان آب مجاز نیست.

تبصره- در صورت تغییر مقدار مواد متشکله ملات، آزمون‌های کنترل کیفی باید مجدداً برای ملات با ترکیب درصد(های) جدید انجام شود.

سنگدانه مورد ا ستفاده در ساخت ملات آزمایشگاهی باید خشک (Oven Dry) و همدما با دمای آزمایشگاه با شد. مقدار سنگدانه ۱۴۴۰ گرم و مواد سیمانی با توجه به طرح مخلوط تعیین می شود. میزان آب مورد نیاز تا حدی ا ست که روانی ۱۱۰درصد فراهم شود.

درصد هوای موجود در ملات اصلاح شده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + V_w)}{\frac{W_1}{P_1} + \frac{W_2}{P_2} + \frac{W_3}{P_3} + \frac{W_4}{P_4} + V_w}$$

$$A = 100 - \frac{W_m}{4D}$$

D: دانسیته ملات بدون هوا $gr/cm^3$

$W_1$ تا $W_3$: وزن مواد سیمانی استفاده شده gr

$W_4$: وزن سنگدانه خشک gr

Vw: حجم milt یا وزن gr آب استفاده شده

$P_1$ تا $P_3$: دانسیته مواد سیمانی استفاده شده $gr/cm^3$

$P_4$: دانسیته سنگدانه خشک $gr/cm^3$

A: حجم هوا ٪

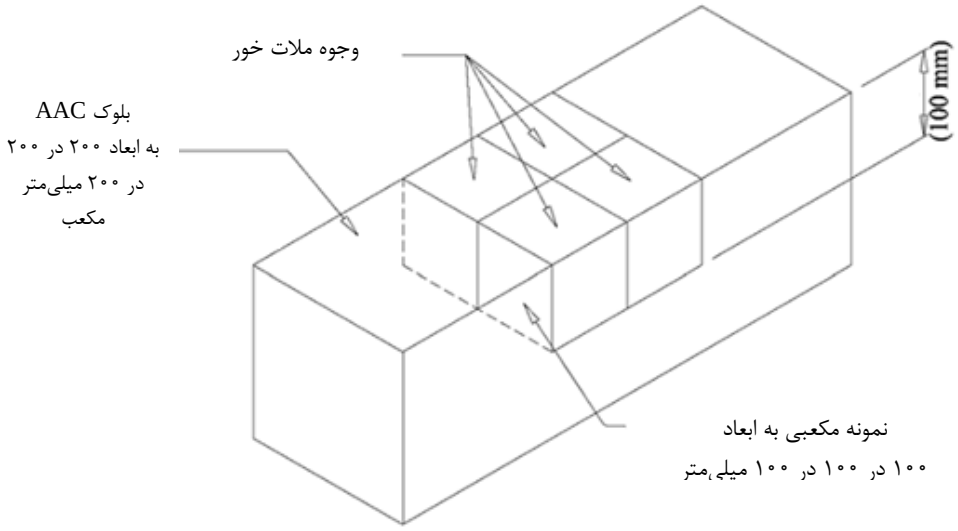
$W_m$: وزن ۴۰۰ میلی‌لیتر از ملات (gr)

بلافا صله پس اندازه‌گیری میزان روانی و توزین ۴۰۰ میلی‌لیتر از ملات، ملات به ظرف مخلوط کن برگردانده شده و برای ۱۵ دقیقه دیگر همزده شود. باید توجه داشت زمان اختلاط، اندازه‌گیری روانی، میزان هوا و شروع قالب‌گیری باید حداکثر در طول ۸ دقیقه انجام شود.

## ۲-۴ مقاومت گسیختگی کششی

نمونه ملات و بلوک AAC مورد استفاده برای آزمون باید به گونه‌ای انتخاب شود که نماینده ملات و بلوک مورد استفاده در پروژه باشد.

آزمون‌ها روی ۵ جفت از آزمونه‌ها انجام می‌شود. هر جفت از آزمونه باید از یک بلوک کامل مطابق شکل (۲-۱) بریده شود. ابعاد بلوک بریده شده باید (±۶mm) ۱۰۰ در ۱۰۰ در ۱۰۰ میلی‌متر مکعب و عاری از هرگونه گرد و غبار باشد.

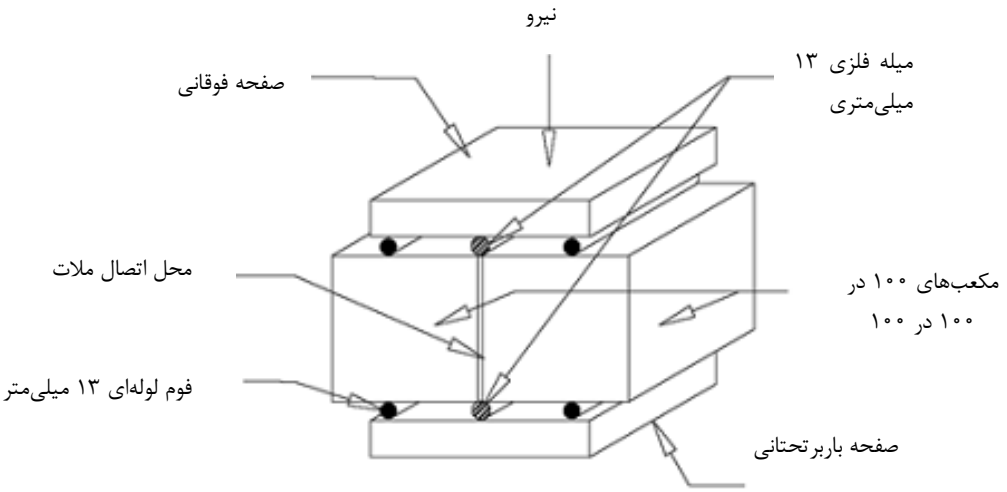



**شکل ۲-۱- نحوه تهیه آزمونه**

هر جفت آزمونه به نحوی تهیه شود که وجه ملات خور سمتی باشد که برش داده نمی‌شود. ملات با ضخامت ۲ تا ۳ میلی‌متر روی سطح اعمال شده و دو جفت بعدی به نحوی روی ملات قرار گیرند که وجه برش نخورده بالا، در تماس با ملات قرار گیرد. آزمونه‌ها کمی با دست فشار داده شوند و یک سطح صاف و یکنواخت در طول محل اتصال باید بوجود

آید. در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۰ درصد، حداقل به مدت ۲۸ روز یا زمانی که سازنده ملات مشخص کرده است نمونه‌ها عمل‌آوری شود.

میله‌های فلزی به طول ۱۰۰ میلی‌متر در بالا و پایین نمونه مطابق شکل زیر چسبانده شود. نیروی فشاری تا اعمال گسیختگی وارد شود (شکل ۲-۲).




**شکل ۲-۲- آزمون مقاومت گسیختگی کششی**

مقدار مجاز گسیختگی کششی با توجه به رده مقاومتی بلوک AAC از رابطه زیر بدست آمده و در جدول (۲-۳) نشان داده شده است.

$$f_{tAAC} = 0.2\sqrt{f'_{AAC}}$$

**جدول ۲-۳- حداقل مقاومت گسیختگی کششی آزمونه**

| رده مقاومتی AAC | مقاومت فشاری مشخصه AAC $f'_{AAC}$ (MPa) | حداقل مقاومت گسیختگی کششی نمونه $f_{tAAC}$ (MPa) |
|---|---|---|
| AAC2 | ۲ | ۰/۲۸ |
| AAC4 | ۴ | ۰/۴۰ |
| AAC6 | ۶ | ۰/۴۹ |

تبصره۱- استفاده از تمام رده‌های مقاومتی در دیوارهای داخلی ساختمان مجاز می‌باشد. در دیوارهای خارجی ساختمان حداقل مقاومت فشاری بلوک **AAC**، باید ۳ مگاپاسکال باشد.

تبصره ۲-در پانل های **AAC** رده مقاومتی فشاری باید حداقل ۴ مگا پاسکال باشد.

# فصل ۳

# بارهای وارد بر دیوار AAC و ضوابط طراحی آن

## ۳-۱- مقدمه

در این فصل انواع بارهای وارد بر دیوارهای غیر باربر ساخته شده از بلوک یا پانل AAC شامل بار ثقلی، زلزله، باد و اثرات ضربه تعریف و ضوابط موجود در تعیین بار، نحوه ترکیب و معیارهای ارزیابی آن ارائه می‌شود.

### ۳-۱-۱- سطوح اهمیت ساختمان

سازه‌ها برا ساس آیین نامه طراحی سازه ها در برابر زلزله (ا ستاندارد ۲۸۰۰) به لحاظ سطوح اهمیت در ۴ درجه اهمیت ب سیار زیاد، زیاد، متو سط و کم طبقه‌بندی می‌گردند. سطح اهمیت کم، ساختمان‌هایی را دربر می‌گیرد که خرابی آنها، خطر کمی برای جان انسان‌ها ایجاد می‌کند. سطح اهمیت بسیار زیاد، ساختمان‌هایی را دربر می‌گیرد که ضروری و حیاتی ه ستند. این طبقه‌بندی در ف صل اول آیین‌نامه طراحی سازه‌ها در برابر زلزله (ا ستاندارد ۲۸۰۰) برای کاربری‌های ساختمان‌های مختلف ارائه شده ا ست. برا ساس پیو ست ش شم ا ستاندارد ۲۸۰۰ اکیدا تو صیه می شود که دیوارهای ساختمانهای با اهمیت بسیار زیاد بخصوص بیمار ستانها از نوع دیوارهای پانلی با شند که دیوارهای پانلی AAC نیز از آن جمله می باشند.

### ۳-۱-۲- سطح خطر لرزه‌ای

سطح خطر لرزه‌ای مورد نیاز برای طراحی دیوارهای غیر سازه‌ای، سطح خطر-۱ «زلزله طرح» می‌باشد که این سطح خطر براساس ۱۰٪ احتمال فراگذشت در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان که معادل دورهٔ بازگشت ۴۷۵ سال است، تعیین می‌شود. بدین منظور می‌توان از طیف طرح ارتجاعی آیین‌نامه طراحی سازه‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران (A.B)، استفاده نمود.

### ۳-۱-۳-ضریب اهمیت دیوار غیر سازه‌ای

ضریب اهمیت دیوار غیر سازه‌ای در سازه‌های با اهمیت بسیار زیاد برابر ۱٫۴ =$I_P$ و ضریب اهمیت دیوار غیر سازه‌ای در سازه‌های با اهمیت زیاد یا متوسط، برابر ۱ =$I_P$ در نظر گرفته می شود. برای سازه‌های با اهمیت کم نیاز به طرح لرزه ای دیوار نمی‌باشد. مقدار ضریب اهمیت دیوارهای اطراف راه پله در تمام ساختمان‌ها برابر با ۱٫۴ در نظر گرفته شود.

### ۳-۱-۴- ملاحظات کلی

لازم ا ست دیوارهای غیر سازه‌ای AAC ب سته به نوع قرارگیری آن، در مقابل بارهای وارده نا شی از ف شار و مکش باد و نیروها و جابجایی‌های زلزله و بارهای نا شی از ضربه به نحوه صحیح مهار شوند. همچنین باید توجه شود در هر دو نوع دیوارهای بلوکی و پانلی جزییات مهار نباید به گونه ای با شد که تغییر شکل و رفتار دیوار مقید به تغییر شکل ثقلی تراز کفی که دیوار بر روی آن اجرا شده ا ست و یا تراز سقف بالای دیوار شود و در دیوار های بلوکی نباید جزییات مهار دیوار

به گونه ای باشد که بار ثقلی سقف به دیوار وارد شود. در دیوار های پانلی در صورت نیاز می توان پانل را برای تحمل بار ثقلی همراه با بار جانبی طراحی نمود که البته باعث غیر اقتصادی شدن تسلیح و مقطع پانل ها می شود.

در طراحی دیوارهای AAC در برابر بارهای وارده سه عامل به شرح زیر باید مورد بررسی و کنترل قرار گیرد:

- اتصال دیوار به تکیه‌گاه باید قادر به تحمل نیروهای خارج از صفحه وارده به دیوار ناشی از بار باد، زلزله و اثرات ضربه باشد.
- دیوار باید در راستای داخل صفحه از سازه جدا شود.
- دیوار باید قادر به تحمل جابه‌جایی نسبی و تغییرشکل‌های تعریف شده در این دستورالعمل باشد.

قیود مورد نیاز برای مهار دیوار AAC براساس اندازه و وزن قطعات آن تعیین می شود. در انتخاب و نصب قیود نکات زیر باید رعایت شود:

- مهار نصب شده برای دیوار با مهار نصب شده برای سیستم‌های دیگر تداخل پیدا نکند.
- در صورت نیاز به سوراخ‌کردن سقف یا در مواردی که تجهیزات دیگری در مسیر انتقال بار مهار قرار داشته باشند، باید تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفته شود.
- انتهای مهار لرزه‌ای همواره باید به قطعه‌ای متصل باشد که مقاومت کافی در برابر بار طراحی ناشی از بارهای زلزله، باد و ضربه را داشته باشد.
- ادوات اتصال دیوار بلوکی یا پانلی به سازه باید برای نیروی لرزه ای برابر با حداقل سه برابر نیروی لرزه ای وارد بر دیوار طراحی شوند.

## ۳-۲- بار ثقلی

بارهای ثقلی وارد بر دیوار شامل وزن دیوار، نما یا پوشش متصل به آن است که بر اساس مبحث ششم مقررات ملی باید محاسبه شوند. تاثیر بارهای ثقلی ناشی از نما و پوشش‌های متصل بر دیوار بر روی تغییر شکل‌های دیوار ساخته شده از بلوک AAC باید مورد محاسبه قرار گیرد. همچنین تاثیر این بار بخصوص در دهانه‌های بزرگ بر روی خیزهای سقف باید مورد توجه قرار گیرد. برای عدم اعمال بار ثقلی به دیوار ساخته شده از بلوک AAC و عدم ایجاد ترک در آن باید بین دیوار و سقف به اندازه خیز دراز مدت محتمل در سقف فاصله وجود داشته باشد. حداقل این فاصله برابر با ۲٫۵ سانتی‌متر باید در نظر گرفته شود. این فاصله باید با پشم سنگ یا مواد انعطاف پذیر مشابه پر شود و بر روی آن یک لایه مش الیاف یا رابیتس برای جلوگیری از ترک خوردگی نازک کاری اجرا شود.

## ۳-۳- بارها و اثرات ناشی از زلزله

دیوار های غیر سازه‌ای علاوه براینکه باید برای نیروهای اینر سی نا شی از شتاب وارده بر خود قطعه، پایدار بمانند، ح ساس به جابجایی‌های نسبی نیز می‌باشند. این اجزاء باید علاوه بر نیروهای طراحی لرزه‌ای طبق بند (۳-۳-۱-۱)، برای تغییرشکل ناشی از جابجایی نسبی جانبی طبقات در زلزله نیز طبق بند (۳-۳-۱-۲) کنترل شوند. در صورت جداسازی دیوار از قاب طبق ضوابط این دستورالعمل پایداری دیوار در برابر جابجایی های نسبی تامین می شود و نیازی به کنترل تغییر شکل های ناشی از جابجایی نسبی جانبی طبقات نمی‌باشد.

نیاز به ارزیابی لرزه‌ای دیوارهای AAC و نمای متصل به آن بسته به داخلی یا خارجی بودن دیوار و انواع مختلف نما متصل به آن در جدول (۳-۲) ارائه شده است. لازم به ذکر است ترازهای لرزه‌خیزی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مورد استفاده در جدول (۳-۲) مطابق تقسیم‌بندی آیین نامه طراحی سازه‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) می‌باشد. در صورتیکه دیوار نیاز به ارزیابی لرزه‌ای دا شته با شد باید خود و اتصالاتش برای نیروهای محاسبه شده در بند ۳-۳-۱-۱ و جابجایی نسبی محاسبه شده در بند ۳-۳-۱-۲ کنترل شود.

## ۳-۳-۱- محاسبه نیروها و تغییرشکل‌های وارد به دیوار

### ۳-۳-۱-۱- نیروی افقی وارد به دیوار

نیروی افقی زلزله وارده به دیوار مطابق رابطهٔ (۳- ۱) محاسبه می‌شود.

$$F_P = \frac{0.4 a_P \, AB_S \, W_P I_P}{R_P}\left(1+2\frac{x}{h}\right) \qquad (۱-۳)$$

نیروی افقی زلزله وارد بر دیوار لازم نیست بزرگتر از مقدار زیر اختیار گردد:

$$F_P = 1.6\, AB_S W_P I_P \qquad (۲-۳)$$

همین‌طور نیروی افقی زلزله وارد بر دیوار نباید کمتر از مقدار زیر شود:

$$F_P = 0.3\, AB_S W_P I_P \qquad (۳-۳)$$

که در این روابط:

$F_P$: نیروی لرزه‌ای افقی طراحی وارده بر دیوار که در مرکز ثقل آن وارد می‌شود.

$I_P$: ضریب اهمیت بر اساس ضوابط بند ۳-۱-۳ می‌باشد

$A$: شتاب مبنای طرح براساس بند ۳-۱-۲

$B_S$: ضریب بازتاب برای زمان تناوب‌های کوتاه (در محدوده ۰/۲ ثانیه) که با توجه به نوع خاک براساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران تعیین می‌شود.

$a_P$: ضریب ت شدید اجزاء، این ضریب معیاری ا ست برای سنجش مقدار نزدیک بودن زمان تناوب طبیعی ساختمان و دیوار. هرچه زمان تناوب طبیعی ساختمان و دیوار به هم نزدیک‌تر با شند، $a_P$ بزرگتر خواهد بود. برعکس، هر اندازه زمان

تناوب طبیعی دیوار و سازه از هم فاصله داشته باشند، $a_p$ کوچکتر خواهد بود. مقادیر این ضریب برای انواع مختلف دیوار و اجزای متصل به آن در جدول (۳-۳) ارائه شده است.

$W_P$: وزن بهره‌برداری دیوار است که برابر با مجموع وزن نماو پوشش دیوار، خود دیوار و اتصالات آن می‌باشد.

**جدول ۳-۲- ملزومات طراحی لرزه‌ای دیوار های غیر سازه‌ای و نمای متصل به آن**

| نوع جزء | ساختمانهای با اهمیت زیاد و بسیار زیاد | لرزه‌خیزی زیاد و خیلی زیاد | لرزه‌خیزی کم و متوسط |
|---|---|---|---|
| | ساختمانهای با اهمیت متوسط و کم | | |
| **۱-دیوار AAC** | | | |
| ۱-۱-دیوار خارجی | + | + | + |
| ۱-۲-پارتیشن داخلی | + | + | + |
| **۲-نماهای خارجی متصل به دیوار AAC** | | | |
| ۲-۱- هر نوع نمای خارجی | + | + | + |
| **۳- نمای داخلی** | | | |
| ۳-۱-پوشش گچی | + | + | - |

+ : کنترل لرزه‌ای لازم است.

- : کنترل لرزه‌ای لازم نیست.

$R_P$: ضریب اصلاح پاسخ (ضریب رفتار) که بین ۱/۵ تا ۲/۵ بوده و براساس داخلی یا خارجی بودن دیوار متغیر است. این ضریب معیاری برای سنجش میزان شکل‌پذیری و شکنندگی دیوار و متعلقات آن است. مقادیر $R_P$ برای دیوارهای مختلف و اجزای متصل به آن در جدول (۳-۳) مشخص شده است.

$x$ : ارتفاع نصب اتصالات دیوار در ساختمان نسبت به تراز پایه ساختمان.

$h$ : ارتفاع بام ساختمان که از تراز پایه ساختمان اندازه‌گیری می‌شود.

ضریب $\left(1+2\frac{x}{h}\right)$ نمایانگر این است که پاسخ کف و طبقه‌ای که دیوار در آن قرار دارد با افزایش ارتفاع از سطح تراز پایه تشدید شده و افزایش می‌یابد.

نیروی افقی زلزله باید به صورت مستقل به دیوار، اعمال شود. این نیرو باید همراه با بارهای مرده و سرویس مورد انتظار به دیوار اعمال شده و به صورتی باشد که بیشترین تنش را در تکیه‌گاه‌ها و مهارهای آنها ایجاد کند.

به جای محاسبه نیرو از رابطه (۳-۱) می‌توان شتاب را در هر تراز با روش تحلیل طیفی بیان شده در استاندارد ۲۸۰۰ بدست آورد. نیروهای زلزله در این حالت از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_P = \frac{a_i a_p W_p I_p}{R_P} A_x \qquad (۴-۳)$$

که در آن $a_i$ مقدار شتاب در تراز $i$ بدست آمده از تحلیل طیفی و $A_x$ فاکتور بزرگنمایی پیچشی حاصل از رابطه زیر می‌باشد.

$$A_x = \left( \frac{\delta_{\max}}{1.2\delta_{avg}} \right)^2 \qquad (۵-۳)$$

که در آن :

$\delta_{\max}$: بیشترین تغییر مکان در تراز $x$ که با فرض $A_x = 1$ محاسبه شده است.

$\delta_{avg}$: متوسط مقادیر تغییر مکان در نقاط انتهایی سازه در تراز $x$ که با فرض $A_x = 1$ محاسبه شده است.

لازم به یادآوری است که فاکتور بزرگنمایی پیچش نباید کمتر از ۱ منظور شده و در ضمن لازم نیست بیش از ۳ در نظر گرفته شود. در محاسبه $F_P$ به این روش نیز، حد بالا و پائین حاصل از روابط ۳-۲ و ۳-۳ برقرار است.

### ۳-۳-۱-۲- محاسبه تغییرمکان

با توجه به جزییات ارائه شده در این د ستورالعمل و جدا سازی دیوار از قاب و م سلح کردن دیوار در فوا صل ارتفاعی کم کنترل تغییر مکان برای دیوارهای AAC اجرا شده برا ساس ضوابط این د ستوالعمل نیاز نمی با شد. در صورتی که برای دیوار خاصی نیاز به کنترل جابجایی های نسبی خارج از صفحه وجود داشته باشد. مقادیر این تغییرمکان نسبی ناشی از زلزله $(D_p)$ ، باید براساس روابط این بند محاسبه شوند. با توجه به اینکه دیوار، دو سقف واقع در ترازهای x و y در یک ساختمان یا سیستم سازه‌ای را به هم متصل می نماید، باید از رابطهٔ (۳-۶) استفاده شود.

$$D_P = I_p \left( \delta_{xA} - \delta_{yA} \right) \qquad (۶-۳)$$

در محاسبه تفاوت تغییر مکان طبقه در رابطه بالا می‌توان با استفاده از روش طیفی معرفی شده در استاندارد ۲۸۰۰ تغییر مکان هر طبقه برای هر مود را محاسبه و ترکیب نمود.

در این حالت نیاز نیست $D_P$ از مقدار محاسبه شده از رابطه (۳-۷) بیشتر اختیار شود:

$$D_P = I_p \frac{(h_x - h_y)\Delta_{aA}}{h_{sx}} \qquad (۷-۳)$$

اگر دیوار، دو نقطهٔ هم تراز در دو بلوک (مجزا از نظر سازه‌ای) از یک ساختمان را به هم و صل نماید باید از رابطهٔ (۳-۸) استفاده شود.

$$D_p = I_p (|\delta_{xA}| + |\delta_{xB}|) \qquad (۸-۳)$$

در این حالت نیاز نیست $D_P$ از مقدار محاسبه شده در رابطه (۳-۹) بیشتر اختیار شود:

$$D_P = I_p \left( \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aB}}{h_{sx}} \right) \qquad (۹-۳)$$

در این روابط:

$D_p$ = تغییرمکان نسبی جانبی که دیوار باید برای تطابق با آن طرح شود

$h_x$ = ارتفاع اتصال تکیه‌گاه فوقانی (تراز x ) نسبت به تراز پایه.

$h_y$ = ارتفاع اتصال تکیه‌گاه تحتانی (تراز $y$ ) نسبت به تراز پایه.

$\delta_{xA}$ = تغییرمکان جانبی غیر خطی سازه A در تراز x، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰

$\delta_{yA}$ = تغییرمکان جانبی غیر خطی سازه A در تراز $y$، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰

$\delta_{xB}$ =تغییرمکان جانبی غیر خطی سازه B در تراز x، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰

$\Delta_{aA}$ =تغییر مکان نسبی مجاز طبقه سازه A مطابق استاندارد ۲۸۰۰

$\Delta_{aB}$ =تغییر مکان نسبی مجاز طبقه سازه B مطابق استاندارد ۲۸۰۰

$h_{sx}$ =ارتفاع طبقه که در محاسبه جابجایی نسبی مجاز ( $\Delta_{aA}$ و $\Delta_{aB}$ ) مورد استفاده قرار گرفته است.

اثر تغییرمکان‌های نسبی لرزه‌ای باید در ترکیب با تغییرمکان‌های ناشی از دیگر بارها در نظر گرفته شوند.

### ۳-۳-۱-۳- ضرایب $a_P$ و $R_P$

دیوارهای AAC و تکیه‌گاه‌های آن یک سیستم ارتعاشی را تشکیل می‌دهد که زمان تناوب طبیعی ارتعاش آن به جرم آن جزء و سختی تکیه‌گاه‌ها وابسته است. ضریب تشدید دیوار ( $a_P$ ) معیاری برای سنجش میزان نزدیک بودن زمان تناوب جزء غیرسازه‌ای به زمان تناوب طبیعی ساختمان است (جدول ۳-۳). ضریب اصلاح پاسخ دیوار (ضریب رفتار) $R_P$ معیاری است برای سنجش اینکه چه مقدار انرژی توسط دیوار و تکیه‌گاه‌ها و اتصالات آن بدون آسیب‌دیدگی قابل ملاحظه جذب می‌گردد. این ضریب با شکل‌پذیری مجموعه جزء و اتصالات آن ارتباط دارد.

### ۳-۳-۲- ضوابط و الزامات لرزه‌ای دیوار AAC

چنانچه طبق جدول (۳-۲)، کنترل لرزه‌ای ضرورت داشته باشد، دیوار و اتصالات آن باید تحت اثر نیروهای اینرسی کنترل شود. در صورت جداسازی دیوار از قاب طبق ضوابط این دستورالعمل نیازی به کنترل تغییر شکل های ناشی از جابجایی نسبی جانبی طبقات نمی‌باشد.

اتصالات دیوار باید با روش‌های مناسب که در این دستورالعمل ارائه شده است، طراحی و اجرا گردند.

**جدول ۳-۳- ضرایب تشدید و اصلاح پاسخ، $a_p$ و $R_P$، برای دیوار و اجزای متصل به آن**

| نوع قطعه | $a_p$ | $R_p$ |
|---|---|---|
| ۱- دیوار خارجی **AAC** | | |
| ۱-۱- از سقف جدا بوده و در تراز سقف در راستای خارج از صفحه مهار شود | ۱ | ۲٫۵ |
| ۲-پارتیشن **AAC** | | |
| ۲-۱- از سقف جدا بوده و در تراز سقف در راستای خارج از صفحه مهار شود | ۱ | ۲٫۵ |
| ۳- دیوارهای داخلی غیرسازه‌ای بدون هرگونه اتصال و مهار در سقف و همچنین جان پناه ها | ۲٫۵ | ۲٫۵ |
| ۴-اجزای سیستم اتصال دیوار | ۱ | ۲٫۵ |
| ۵- پیچ‌های سیستم اتصال دیوار | ۱٫۲۵ | ۱ |
| ۶- نمای متصل به دیوار | | |
| ۶-۱- سنگ یا سرامیک چسبانده شده | ۱ | ۱٫۵ |
| ۶-۲- سنگ، سرامیک یا آجر با اتصال خشک | ۱ | ۲٫۵ |
| ۶-۳- اندود سیمانی | ۱ | ۱٫۵ |
| ۶-۴-اجزای سیستم اتصال نما | ۱ | ۲٫۵ |
| ۶-۵-پیچ‌های سیستم اتصال نما | ۱ | ۱ |

### ۳-۳-۲-۱- دیوارهای خارجی

دیوارهای خارجی ساخته شده از بلوک AAC در صورتی‌که از بالا و پایین به کف طبقات متصل شوند، تحت اثر بارگذاری ناشی از تغییر شکل‌های سرویس بارهای ثقلی و بارگذاری داخل صفحه ناشی از زلزله قرار می گیرند این مسئله در این دیوارها با توجه به اتصال نمای خارجی به آنها و انتقال بار آن به دیوار حساس‌تر بوده و بر اثر تغییرشکل‌های به وجود آمده در سازه، ممکن است دیوار دچار ترک‌خوردگی برشی، تاب‌خوردگی و شکست شود و نمای قرا گرفته بر روی آن ممکن است از دیوار جدا گردد.

این دیوارها را می‌توان با ایجاد درز پیوسته بین آنها و سازه محیطی محافظت کرد. برای این دیوارها باید اتصالاتی در نظر گرفت که قابلیت حرکت داخل صفحه و گیرداری خارج از صفحه را به دیوار بدهند .

با توجه به توضیحات فوق دیوارهای خارجی ساخته شده از بلوک AAC باید در جهت خارج از صفحه مقید شده و در جهت درون صفحه دارای اتصال آزاد باشند. این امر می‌تواند توسط نبشی‌های فولادی و یا بست‌های ویژه ارائه شده در این دستورالعمل متصل به دال سازه‌ای در تراز سقف و نبشی یا بست‌های ویژه ارائه شده در این دستورالعمل متصل به ستون‌ها یا وادار ها در دو انتهای دیوار انجام گردد. نبشی‌های فولادی می‌توانند منقطع باشند که باید برای نیروی خارج از صفحه طراحی شوند حداکثر فاصله آزاد بین نبشی‌های منقطع یک متر می‌باشد. در صورت استفاده از بست‌های ارائه شده در دستورالعمل نیز باید حداکثر فواصل آنها در اتصال به ستون و سقف با استفاده از محاسبات تعیین شود. حداکثر مقدار مجاز این فاصله در اتصال به ستون ۵۰ سانتی‌متر و در اتصال به سقف ۱۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. فواصل جداسازی

دیوارها از قاب باید توسط مواد تراکم‌پذیر مناسب از قبیل پشم سنگ پر شوند. توصیه می شود برای جلوگیری از ترک خوردگی در نازک کاری از یک لایه شبکه الیاف بر روی مواد تراکم پذیر استفاده شود. در بیمارستانها و ساختمان‌های مهم برای جلوگیری از ایجاد ترک خوردگی در نازک کاری در گوشه های دیوار در هنگام زلزله می توان از اتصالات کشویی سرتاسری در کناره ها و تراز سقف استفاده نمود.

می توان به جای مهار خارج از صفحه دیوار در تراز سقف، آخرین ردیف دیوار را به وسیله بست مسلح نمود. در این صورت توجه شود که در محاسبات دیوار به صورت یک صفحه یکطرفه لحاظ شود و کل بار جانبی وارده به دیوار در طراحی وادارها و المان های مسلح کننده دیوار لحاظ شود.

**۳-۳-۲-۱-۱- فاصله جداسازی دیوار از قاب**

با توجه به مجاز نبودن ساخت دیوار میانقابی با بلوک AAC براساس بند پ۶-۲ استاندارد ۲۸۰۰ ( طراحی و اجرای اجزای غیر سازه ای معماری). باید فاصله جداسازی از ستون‌ها به اندازه حداقل ۰/۰۱ ارتفاع آزاد دیوار بین دیوار و ستون اجرا شود. فاصله جداسازی از سقف برابر با بیشترین دو مقدار ۲۵ میلی‌متر و حداکثر خیز دراز مدت تیر می‌باشد.

**۳-۳-۲-۲- تیغه‌ها (دیوارهای داخلی)**

تیغه‌های نیز در صورتی‌که از بالا و پایین به کف طبقات متصل شوند، تحت اثر بارگذاری ناشی از تغییر شکل‌های سرویس بارهای ثقلی و بارگذاری داخل صفحه ناشی از زلزله قرار می‌گیرند و بر اثر تغییر شکل‌های به وجود آمده در سازه، ممکن است دچار ترک‌خوردگی برشی، تاب‌خوردگی و شکست شوند و سطح اندودکاری روی آنها ممکن است ترک خورده یا از دیوار جدا گردد.

در حالاتی که از پارتیشن‌ها به عنوان مهار جانبی برای لوله‌کشی، اتاقک‌های الکتریکی، قفسه‌ها یا دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌گردد، خرابی پارتیشن ممکن است باعث آسیب دیدگی به این اعضا گردد بنابراین پارتیشن‌های داخلی نیز باید مانند دیوارهای خارجی از سقف و ستون‌ها جداسازی شوند. . فاصله جداسازی از ستون‌ها به اندازه حداقل ۰/۰۱ ارتفاع آزاد دیوار باشد. فاصله جداسازی از سقف برابر با بیشترین دو مقدار ۲۵ میلی‌متر و حداکثر خیز دراز مدت تیر می‌باشد.

**الف**-دیوارهای داخلی ساخته شده از بلوک AAC باید در جهت خارج از صفحه مقید شده و در جهت درون صفحه دارای اتصال آزاد باشند. این امر می‌تواند توسط نبشی‌های فولادی متصل به دال سازه‌ای در تراز سقف و نبشی متصل به ستون‌ها یا وادارها در دو انتهای دیوار انجام گردد. نبشی‌های فولادی می‌توانند پیوسته یا منقطع باشند این امر می‌تواند توسط نبشی‌های فولادی و یا بست‌های ویژه ارائه شده در این دستورالعمل متصل به دال سازه‌ای در تراز سقف و نبشی یا بست‌های ویژه ارائه شده در این دستورالعمل متصل به ستون‌ها یا وادارها در دو انتهای دیوار انجام گردد. نبشی‌های فولادی می‌توانند منقطع باشند که باید برای نیروی خارج از صفحه طراحی شوند حداکثر فاصله آزاد بین نبشی‌های منقطع یک متر می‌باشد.

در صورت استفاده از بست‌های ارائه شده در دستورالعمل در پارتیشن‌های با بلوک ۱۰ و ۱۲ سانتی‌متر باید حداکثر فواصل آنها در اتصال به ستون ۵۰ سانتی‌متر و در اتصال به سقف ۱۲۰ سانتی‌متر باشد.

می‌توان به جای مهار خارج از صفحه دیوار در تراز سقف، آخرین ردیف دیوار را به وسیله بست مسلح نمود. در این صورت توجه شود که در محاسبات دیوار به صورت یک صفحه یکطرفه لحاظ شود و کل بار جانبی وارده به دیوار در طراحی وادارها و المان‌های مسلح کننده دیوار لحاظ شود.

فواصل جداسازی دیوارها از قاب باید توسط مواد تراکم‌پذیر مناسب از قبیل پشم سنگ پر شوند. توصیه می‌شود برای جلوگیری از ترک‌خوردگی در نازک کاری از یک لایه شبکه الیاف بر روی مواد تراکم پذیر استفاده شود. در بیمارستان‌ها و ساختمان‌های مهم برای جلوگیری از ایجاد ترک‌خوردگی در نازک‌کاری در گوشه‌های دیوار در هنگام زلزله می‌توان از اتصالات کشویی سرتاسری در کناره‌ها و تراز سقف استفاده نمود.

**ب**- در صورتی که از پارتیشن به عنوان مهار جانبی دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌شود، پارتیشن و مهارهای لازم باید برای بار وارده کنترل شوند.

**ج**- توجه شود که پارتیشن‌هایی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهند (دیوار کوتاه) باید از قاب سازه‌ای جدا شوند، زیرا در غیر این‌صورت باعث تشکیل "ستون کوتاه" در سازه و خرابی آن می‌شود .

### ۳-۳-۲-۲-۱- فاصله جداسازی و تغییر مکان های مجاز

میزان فاصله جداسازی و تغییر مکان های مجاز دیوارهای داخلی، مشابه معیارهای دیوارهای خارجی در بند ۳-۳-۲-۱-۱ می‌باشد.

### ۳-۳-۲-۳- نمای داخلی

نماهای داخلی، حساس به جابجایی محسوب می شوند. این اجزاء می‌توانند دچار ترک‌های داخل صفحه و جداشدگی از دیوار شوند. همچنین ممکن است بر اثر شتاب، مستقیماً دچار تغییرمکان یا جداشدگی خارج صفحه‌ای گردند در صورت رعایت الزامات جداسازی دیوار و نمای اراائه شده در این دستورالعمل نیازی به کنترل یا محدود کردن جابجایی های نسبی نمی باشد در غیر اینصورت، باید تغییرمکان جانبی نسبی طبقات را محدود کرد.

### ۳-۳-۲-۳-۱- مقدار جابجایی نسبی مجاز سازه

مقدار جابجایی نسبی مجاز سازه برای نما در صورت عدم رعایت الزامات این دستورالعمل به شرح زیر است

الف- ساختمان‌های با اهمیت متوسط: حداکثر تغییرمکان نسبی مجاز برابر با ۰/۰۲ می‌باشد.

ب- ساختمان‌های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد: حداکثر تغییرمکان نسبی مجاز برابر با ۰/۰۱ می‌باشد.

**۳-۳-۲-۴-نمای خارجی**

**۳-۳-۲-۴-۱- نماهای چسبانده شده**

این نوع نما شامل نماهای سنگی، آجری و سرامیکی چسبانده شده، نمای اتیکس، نمای سیمانی و نمای EIFS می‌باشد. در نماهای چسبانده شده، اتصال و مهار پشت‌بندی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای افقی محاسبه شده طبق بند ۳-۳-۱-۱ باشند.

با توجه به اینکه نماهای چسبانده شده حساس به جابجایی محسوب می‌شوند، ممکن است در اثر تغییرشکل لایه زیرین ترک خورده یا از جای خود بیرون رانده شوند. در صورتی‌که این اجزاء به طور مستقیم روی دیوارهای برشی یا اعضای سازه‌ای که تحت جابجایی بزرگ قرار می‌گیرند، نصب شوند، در زلزله آسیب‌پذیر خواهند بود. در نماهای چسبانده شده در صورتی‌که اتصال نما ضعیف باشد (خوب نچسبیده باشد)، ممکن است در اثر شتاب مستقیم، اتصال از بین برود و قطعه آزاد گردد. این امر می‌تواند به دلیل نفوذ آب در طول زمان یا خرابی لایه زیرین نیز رخ دهد.

در نماهای چسبانده شده خرابی داخل صفحه نما معمولاً بر اثر تغییر شکل سازهٔ دربرگیرندهٔ دیواری که نما بر روی آن چسبانده شده است رخ می‌دهد که باعث به وجود آمدن ترک و گسترش آن می‌شود. خرابی خارج از صفحه که به صورت بیرون افتادن نما رخ می‌دهد، مستقیماً به دلیل شتاب می‌باشد. بدین منظور باید جزئیات ارائه شده در این دستورالعمل، اتصال دیوار پشتیبان به سازه محیطی را جدا نمود.

**۳-۳-۲-۴-۲-نماهای مهار شده**

نماهای مهار شده شامل نماهای آجری و سنگی مهار شده، نماهای سرامیکی خشک و تخته‌های سیمانی می شود.. در نمای مهار شده اتصالات باید بارهای ثقلی ناشی از وزن نما به همراه بارهای لرزه‌ای ناشی از شتاب افقی داخل صفحه، خارج صفحه و قائم زلزله را تحمل نمایند.

در ساختمان‌های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد با توجه به هدف کاربردی نماهای مهار شده، سازه باید به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به ۰/۰۱ ارتفاع طبقه محدود گردد. در ساختمان‌های با اهمیت متوسط برای نماهای مهار شده، سازه باید به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به ۰/۰۲ ارتفاع طبقه محدود شود.

**۳-۳-۳-ظرفیت دیوارهای AAC مسلح شده با الیاف در برابر بار زلزله**

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمون‌های انجام شده بر روی میزلرزان، دیوارهای با ضخامت ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متری ساخته شده از بلوک AAC، با الیاف شیشه با میزان حداقل ۷۵ گرم بر متر مربع سطح دیوار در هر سمت آن (نوع الیاف شیشه مورد استفاده در نمای سیمان باید الیاف شیشه مقاوم به قلیا (AR-Glass) باشد ولی در پوشش گچی می‌توان از الیاف شیشه معمولی (E-Glass) استفاده نمود. حداقل مقاومت کششی الیاف مورد استفاده باید ۱۰۰۰ مگاپاسکال باشد)

یا الیاف کربن با میزان حداقل ۷۵ گرم بر متر مربع سطح دیوار در هر سمت آن (حداقل مقاومت کششی الیاف کربن باید ۳۰۰۰ مگاپاسکال باشد تا ارتفاع دیوار حداکثر سه متر) براساس جزییات داده شده در این دستورالعمل در برابر بارهای ناشی از باد و زلزله از پایداری مناسب برخوردار می‌باشند. برای ارتفاع دیوار بیش از سه متر باید نسبت به طراحی دیوار برای بارهای وارده اقدام نمود.

در صورت استفاده از نوارهای الیاف شیشه یا کربن همراه با اجرای جزییات پیشنهادی این دستورالعمل برای اتصال به سقف، در طول دیوار خارجی قابل اجرا محدودیتی وجود نداشته و احتیاج به کلاف قائم نمی باشد. در صورت عدم استفاده از الیاف باید در فواصل تعیین شده براساس محاسبات از وادار (وادارهای قائم) برای مهار دیوار استفاده نمود (حداکثر طول مجاز دیوار بدون وادار ۴ متر می‌باشد). اتصال وادار به سقف در راستای داخل صفحه باید به صورت کشویی باشد. نیازی نیست که جزییات جدا سازی دیوار از ستون برای وادار نیز اجرا گردد و دیوار می تواند به والدار چسبانده شود.

در ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد براساس تقسیم‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ توصیه می‌شود که از الیاف شیشه یا کربن با مشخصات ذکر شده در بند ۳-۳-۳ برای مسلح‌کردن دیوارهای AAC استفاده شود.

تبصره: در دیوارهای واقع در خارج قاب، وادارهای دو انتهای دیوار باید در برابر حرکت جانبی مقید شوند و به دیوار اجازه حرکت داده شود. در این حالت جزییات اتصال دیوار به این وادارها مانند اتصال به ستون‌ها می‌باشد در این فاصله جداسازی ۱٪ بین وادار و دیوار باید رعایت شود.

## ۳-۴- بار باد وارده بر دیوارهای خارجی ساخته شده از بلوک یا پانل AAC

ساختمان‌ها به طور کلی و دیوار خارجی به عنوان جزء در معرض باد باید به صورت مستقل برای اثرات ناشی از باد طراحی و اجرا شوند. این اثر بر روی دیوار خارجی باید با توجه به میانگین سرعت باد در منطقه، ارتفاع، شکل هندسی ساختمان‌ها، میزان پوشش وگرفتگی که موانع مجاور برای آنها ایجاد می‌کنند محاسبه شود. جهت تعیین اثر ناشی از باد فرض می‌شود که باد به صورت افقی و در هر یک از امتدادها و به طور غیر همزمان به ساختمان اثر می‌کند. این اثر با بار زلزله جمع نمی‌شود و دیوار خارجی و کلیه اجزای آن باید برای اثر آن، طراحی شوند. بسته به نوع نما، دیوار باید برای اثرات مکشی باد یا اثرات مکش و فشار باد هر کدام به تنهایی طراحی شود در دیوارهایی که نما بر روی آن چسبانده شده دیوار باید برای بارهای مکش و فشار باد طراحی شود ولی در دیوارهای دارای نماهای پرده ای بار باد به نما وارد می‌شود و از طریق سازه نما به تیرها و ستون‌ها منتقل می شود و دیوار نیازی به طراحی برای بار باد ندارد. جدول (۳-۴) بار بادی که دیوار باید برای آن کنترل شود را نشان می‌دهد.

**جدول ۳-۴- راستای بار بادی که باید دیوار برای آن کنترل شود**

| عضو غیر سازه‌ای | مکش | فشار |
|---|---|---|
| دیوار خارجی دارای نمای پرده‌ای | - | - |
| دیوار خارجی دارای سایر انواع نما | + | + |
| نمای چسبانده شده به دیوار | + | - |
| نمای پرده‌ای | + | + |
| اجزای سیستم اتصال دیوار در نماهای پرده‌ای | - | - |
| اجزای سیستم اتصال دیوار در سایر انواع نما | + | + |

### ۳-۴-۱- فشار یا مکش ناشی از باد بر سطح دیوار

**الف-روش استاتیکی**

این روش برای اکثر موارد شامل طراحی سازه و ساختمان‌های با ارتفاع کم و متوسط و نیز نما و دیوار خارجی مناسب می‌باشد. (اثرات دینامیکی باد توسط بارهای استاتیکی معادل می‌شود). در روش استاتیکی، فشار خارجی یا مکش تحت اثر باد بر دیوار یا نمای آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$p = I_w q C_e C_g C_t C_p C_d \qquad (۱۰-۳)$$

که در این رابطه :

$I_w$ = ضریب اهمیت بارباد طبق جدول ۶-۱-۲ مبحث ششم مقررات ملی

$p$ =فشار خارجی که به صورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح در حالت فشار وارد بر سطح یا مکش به سمت خارج عمل می‌کند. حداقل مقدار فشار خارجی وارده به دیوار یا نمای آن ۰/۷۷ ($KN/m^2$) می‌باشد.

$q$ = فشار مبنای باد که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$q = 0.000613V^2 \ (KN/m^2) \qquad (۱۱-۳)$$

در رابطه فوق سرعت بر حسب m/s می‌باشد.

این فشار بر مبنای سرعت باد که امکان تجاوز از این مقدار در سال ۲ درصد می‌باشد و به طور متعارف با دوره بازگشت ۵۰ ساله بیان می‌شود، به دست می‌آید.

$V$ =سرعت مبنای باد طبق جدول (۶-۱۰-۱) مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان بر حسب m/s

$C_e$ =ضریب بادگیری طبق بند ۶-۱۰-۶ مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان

$C_g$ =ضریب اثر جهشی باد که برای دیوارهای خارجی و اجزا نما برابر با ۲/۵ می‌باشد.

$C_t$ = ضریب پستی و بلندی زمین طبق بند ۶-۱۰-۷ مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان

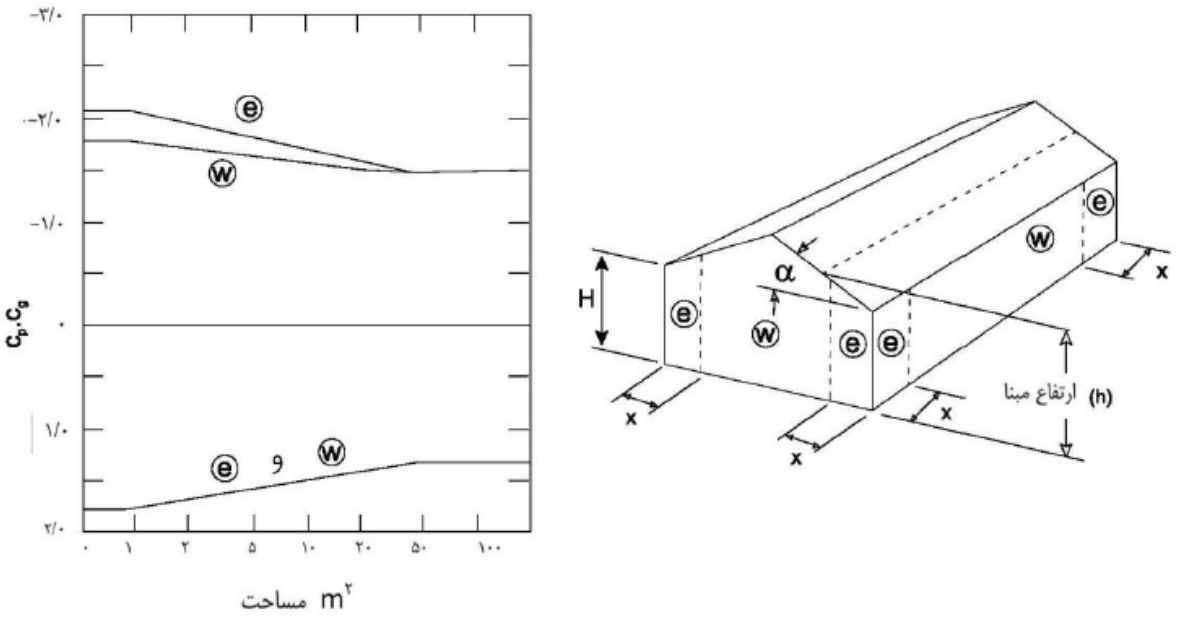
$C_d$ =ضریب هم راستایی باد که مقدار آن برای دیوارها و نماهای خارجی برابر با ۰/۸۵ می‌باشد.

h: ارتفاع ساختمان از سطح زمین

$C_p$: ضریب فشار که نسبت بی بعد فشارهای ایجاد شده توسط باد روی سطح ساختمان به فشار سرعتی باد در ارتفاع مبنا می‌باشد. اثرات جهت وزش در بارهای ضریب‌دار لحاظ شده‌اند و نباید کاهش مجددی اعمال شود.

برای طراحی نما و دیوار خارجی مقدار $C_p$ می تواند برابر با ۰/۹ ± در نظر گرفته شود اما در نزدیک گوشه‌ها $C_p$ برابر با ۱/۲ است.

برای ساختمان‌های به ارتفاع کمتر از ۲۰ متر و نسبت ارتفاع به عرض کوچکتر ساختمان کمتر از ۱، به جای استفاده از ضرایب $C_p$ و $C_g$ فوق‌الذکر می‌توان از ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی $C_pC_g$ برای طراحی نما و دیوار خارجی که در شکل (۳-۱) ارائه شده است استفاده نمود. باید توجه شود که در شکل ۳-۱ ضریب ترکیبی بر اساس مساحت بلوک دیوار یا قطعه نما تعیین می‌شود، که این مساحت برای بلوک یا قطعه نما، مساحت آن قطعه یا بلوک بوده و برای پیچ یا اتصالات مساحت قسمتی از دیوار A که بار آن به پیچ وارد می‌شود است.




**شکل ۳-۱- ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی $C_pC_g$ برای دیوار خارجی و نما**

در شکل ۳-۱ ضرایب برای هر شیب بام برقرار می‌باشد و به موارد زیر در مورد این شکل باید توجه شود:

۱-در شکل ۳-۱ محور افقی در نمودار مساحت نمای مورد طراحی در ناحیه مشخص شده است.

۲- عرض ناحیه انتهایی z برابر ۱۰٪ کمترین بعد افقی یا ۴۰٪ ارتفاع H هر کدام کوچکتر باشد است. این عرض نباید از ۴٪ بعد افقی کوچکتر یا ۱ متر اختیار شود.

۳- ترکیب فشار خارجی و داخلی باید برای دست‌یابی به بحرانی‌ترین حالت بارگذاری ارزیابی شود.

۴- ضرایب مثبت نشان‌دهنده نیروهای رو به سطح هستند. در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند. هر قطعه سازه‌ای باید برای هر دوی این نیروها طراحی شود.

۵- ضرایب فشار می‌تواند معمولا برای نما به کار رود با این حال هنگامی که اعضای عمودی سازه عمیق‌تر از ۱ متر روی نما قرار می‌گیرند $C_pC_g$=-2.8 باید به منطقه e اعمال شود.

**ب- روش تجربی**

این روش شامل آزمایش تونل باد یا سایر روش‌های تجربی می‌باشد که می‌تواند جایگزین برای روش استاتیکی باشد. مواردی که استفاده از تونل باد اجباری می‌باشد براساس بند ۶-۱۰-۱-۴ مبحث ششم مقررات ملی می‌باشد.

آزمایش تونل باد برای تعیین بار باد وارده بر دیوار خارجی و نما در تمام انواع سازه‌ها، مجاز می‌باشد و در صورتیکه ساختمان دارای نامنظمی‌های شدید در فرم سه بعدی خود باشد یا امکان ایجاد اثرات اغتشاش و یا ایجاد کانل جریان هوا در اطراف سازه وجود داشته باشد انجام آزمایش تونل باد برای ارزیابی نیروهای وارده بر دیوارهای خارجی و نما توصیه می‌شود. این روش، دقیق‌ترین روش تعیین بارهای وارده ناشی از باد بر این اجزا می‌باشد. آزمایش تونل باد یا آزمایش‌های دیگری که از سیال به غیر از هوا در آنها استفاده می‌شود باید با شرایط زیر برقرار باشد:

الف-شرایط اتمسفری واقعی باید برای مدل‌سازی تغییرات سرعت باد در ارتفاع مدل شود.

ب- مقیاس‌سازی توربولانس قطعات طولی باید با مقیاس مشابه با آنچه برای مدل‌سازی سازه به کار می‌رود، انجام شود.

ج- ساختمان مدل سازی شده و ساختمان‌های اطراف و و ضعیت جغرافیایی و مکانی آن باید م شابه ساختار واقعی آن باشد.

د- سطح مقطع راستای تحت آزمایش مدل ساختمان و سازه‌های اطراف آن باید کمتر از ۸ درصد سطح مقطع کل تونل باشد مگر آنکه ضرایب اصلاحی جهت سد مسیر باد در نتایج ضرب شود.

ه- گرادیان فشار طولی در مقطع آزمایش در تونل باد باید گزارش شود.

و- اثر عدد رینولدز بر روی فشار و نیرو باید به حداقل رسانده شود.

ز- مشخصات ابزارگذاری در تونل باد باید به گونه‌ای باشد که بارهای وارده بر دیوارهای خارجی و اجزای نما بخصوص در کناره‌های ساختمان و اطراف بازشوها را رصد نماید.

ط- مقادیر بدست آمده از تونل باد نباید کمتر از ۸۰ درصد مقادیر بدست آمده از نتایج تحلیل استاتیکی باشد.

**۳-۴-۲- معیار پذیرش دیوار خارجی برای بار باد**

دیوارهای خارجی و نمای متصل به آن در ساختمان باید مقاومت کافی در مقابل بار باد را دارا باشد . دیوار خارجی و نمای متصل به آن هر کدام باید مقاومت کافی برای انتقال نیروهای ناشی از بار باد به تکیه‌گاه‌ها را دارا بوده و معیار

پذیرش مورد نظر را تامین نمایند. باید توجه شـود که در نماهای پرده‌ای کل بار باد توسـط نما و اجزای آن باید تحمل شده و به اسکلت سازه‌ای انتقال یابد و به دیوار خارجی باری وارد نمی‌شود.

**۳-۴-۲-۱- معیار پذیرش دیوار در برابر نیروهای ناشی از بار باد**

دیوار خارجی و اتصالات آن و همچنین نماهای متصل به آن باید توانایی تحمل در برابر نیروهای ناشی از بار باد را داشته باشند. تنش‌های خمشی ایجاد شده در دیوار باید با ظرفیت تنش خمشی دیوار به روش ذکر شده در بند ۳-۴-۲-۳ یا روش‌های محاسباتی بر اساس مکانیک مهندسی و با اعمال ضریب ایمنی ۲٫۵ مقایسه شود. همچنین تنش‌های برشی، فشاری و کششی ایجاد شده در اتصالات دیوار به سازه نیز باید از نظر ظرفیت تنش قابل تحمل در اتصالات کنترل شود. لازم به ذکر است بار باد بدون ضریب بدست آمده از مبحث ۶ مقررات ملی در ضریب ۰٫۷ ضرب می شود و با این مقدار باید مقایسه شود.

**۳-۴-۲-۲ معیار پذیرش دیوار های خارجی در برابر تغییر شکل ناشی از بار باد**

تغییر مکان‌های ناشـی از بار باد در دیوار خارجی و اتصـالات آن و همچنین نماهای متصـل به آن از جمله نما با قطعات چسبیده یا مهار شده باید در محدوده معینی باشد. محدودیت‌های تغییر شکل شامل اعمال بار باد به صورت مکش و فشار می‌باشد.

برای دیوار خارجی ساخته شده از بلوک AAC حد تغییر شکل مجاز خارج از صفحه L/۲۴۰ می‌باشد.

برای نمای سیمانی حد مجاز تغییر شکل خارج از صفحه نما L/۳۶۰ می‌باشد. برای سایر انواع نما چنانچه مصالح نما از نوع شکننده و ترد باشد حد مجاز تغییر شکل خارج از صفحه نما L/۲۴۰ و چنانچه از مصالح انعطاف پذیر استفاده شده باشد حد مجاز این تغییر شکل L/۱۲۰ می‌باشد. $L$ فاصله بین تکیه‌گاه‌های جدار بیرونی است. لازم به ذکر است که این مقدار با ۰٫۷ بار باد بدون ضریب مبحث ۶ مقررات ملی باید مقایسه شود. برای ارزیابی این مسئله می‌توان از مدل سازی دقیق اجزای محدود که در برگیرنده دیوار، اجزای نما و اتصالات آن می‌باشد و یا از آزمون‌های آزمایشگاهی استفاده نمود.

**۳-۴-۲-۳ روش آزمون و تعیین ظرفیت قطعات ساخته شده از بلوک AAC**

جهت تعیین ظرفیت دیوارهای خارجی و قطعات و پانل‌های نما می‌توان از آزمون آزمایشگاهی به شرح زیر بهره برد.

آزمون باید تحت اثر افزایشی تدریجی سربار تا میزان مساوی یا بیش از دو برابر سربار طراحی قرار گیرد. بار آزمون باید ۲۴ ساعت حفظ شود. آزمایش در صورتیکه پس از باربرداری بیش از ۷۵ درصد تغییر مکان‌ها بازگردد رضایتبخش تلقی می شود. در ادامه آزمونه مجدداً باید تحت سربار افزایشی قرار گیرد تا اینکه یا خرابی رخ دهد یا بار سربار مساوی ۲٫۵ برابر باری باشـد که محدودیت تغییر مکان جدول (۳-۵ ) در آن رخ داده یا اینکه بار به معادل ۲٫۵ برابر نیروی سـربار طراحی برسـد. در مواردی که معیارهای تغییر مکان جدول (۳-۵ ) به هر دلیل، مبنا قرار نگیرد، بارگذاری تا خرابی یا

حصول ۲٫۵ برابر نیروی سربار طراحی ادامه داده می‌شود. در اینجا مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه معادل کمترین مقدار حاصل از بندهای زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱- نیرو در تغییرمکان برابر جدول (۳-۵)

۲- نیروی خرابی تقسیم بر ۲٫۵

۳- بیشترین بار اعمال شده تقسیم بر ۲٫۵

**جدول ۳-۵- محدوده قابل قبول تغییر شکل**

| دیوارهای خارجی | تحت بار باد |
|---|---|
| دیوار خارجی از بلوکAAC | L/۲۴۰ |
| دیوار خارجی از بلوکAAC + نمای سیمانی | L/۳۶۰ |
| دیوار خارجی از بلوکAAC + نما با مصالح شکننده | L/۲۴۰ |
| دیوار خارجی از بلوکAAC + نما با مصالح شکل‌پذیر | L/۱۲۰ |
| دیوار خارجی از پانل AAC | L/۱۲۰ |

بار باد مجاز به میزان ۰٫۷ بار باد وارده بر اجزای نما برای تعیین محدوده تغییر مکان مجاز منظور شود.

### ۳-۴-۳- روابط تبدیل بیشینه سرعت باد لحظه‌ای به سرعت باد طراحی مبحث ۶

براساس مطالب ارائه شده در بند ۳-۴، مبنای طراحی برای بار باد مبحث ششم مقررات ملی است. تعیین بار باد در این مبحث براساس مجموعه‌ای از مشخصات مرتبط با ارتفاع و سطح باربر نما و اطلاعات در دسترس برای سرعت متوسط باد در منطقه صورت می‌پذیرد. تعیین سرعت متوسط باد از این جهت حائز اهمیت است که مقدار آن عموماً براساس گزارشات ثبت شده برای یک شهر و گاه برای نواحی پیرامون صورت می‌پذیرد و ممکن است با فاصله‌ای قابل توجه از میزان دقیق آن تخمین زده شود. با توجه به ارتباط مستقیم میزان بار باد با سرعت متوسط باد، به نظر می‌رسد روشی برای تعیین میزان دقیق این سرعت مورد نیاز باشد. به همین منظور، آئین‌نامه‌های طراحی بین‌المللی ضوابطی برای تعیین مقدار متوسط سرعت براساس حداکثر مقادیر ثبت‌شده برای سرعت در یک منطقه ارائه نموده‌اند که با بهره‌گیری از این روابط، امکان کاهش مقدار خطای ناشی از تقریب غیردقیق سرعت متوسط فراهم می‌شود.

با توجه به اینکه در اغلب گزارش‌های هواشناسی کشور، مشخصه‌ای با عنوان بیشینه سرعت باد ارائه می شود، امکان استفاده از روابط بین‌المللی متناسب با این موضوع نیز فراهم خواهد بود، به همین دلیل در این بخش، به ارائه این روابط و مبانی مرتبط با آن پرداخته می‌شود. همچنین، مشخصات شهرهای مورد بررسی در این پروژه نیز براساس مطالب ذکرشده اصلاح خواهد شد.

سرعت متوسط مورد نیاز برای تعیین بار باد براساس مبحث ششم مقررات ملی کشور، سرعت متوسط ۱ ساعته است که برای تخمین آن، دوره بازگشتی برابر با ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود. از طرف دیگر، بهره‌گیری از سرعت حداکثر لحظه‌ای در ۳ ثانیه برای تعیین مقدار دقیق بار باد، از سوی آئین‌نامه‌های بین المللی توصیه می‌شود. براساس مطالعات موجود و تحقیقات صورت‌گرفته، نسبت این دو سرعت با رابطه (۳-۱۲) تعریف می‌شود.

$$\text{سرعت متوسط یک ساعته باد} = \frac{\text{بیشینه سرعت باد در ۳ ثانیه}}{۱٫۵۲۵} \qquad (۱۲-۳)$$

با استفاده از این رابطه ساده، با در دسترس بودن سرعت بیشینه باد برای هر منطقه، امکان تخمین دقیق میزان سرعت متوسط و بار باد حاصله فراهم خواهد شد.

### ۳-۴-۴-ظرفیت دیوارهای AAC در برابر بار باد

با توجه به نتایج بد ست آمده دیوار ساخته شده با بلوک ۱۵ سانتی‌متری AAC (بدون ا ستفاده از الیاف) توان تحمل بار باد بدون ضریب، براساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، تا ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع را دارد(ارتفاع سه متر). نتایج آزمون نشان می‌دهد این مقدار در دیوار ساخته شده با بلوک ۱۵ سانتی‌متری مسلح شده به یک لایه الیاف شیشه ۷۵ گرم بر متر مربع به صورت سرتاسری تا بار باد ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و با یک لایه الیاف شیشه ۱۲۰ گرم بر متر مربع به صورت سرتاسری تا بار باد ۵۰۰ کیلوگرم بر متر مربع افزایش می یابد. در صورت نیاز به تحمل بارهای شدیدتر استفاده از الیاف شیشه با تراکم بیشتر توصیه می‌گردد. ذکر این نکته ضروری است که این مشخصات با رعایت جزییات جداسازی از سقف ذکر شده در این دستورالعمل و اجرای قطعات ارائه شده برای مهار خارج از صفحه برای دیوارهای AAC می‌باشد.

## ۳-۵- ارزیابی دیوارهای خارجی ساختمان در مقابل بارهای ضربه‌ای

### ۳-۵-۱- مقدمه

یکی از الزامات در طراحی دیوارهای خارجی و نمای ســـاختمان، تحمل آن در مقابل ضـــربات در طول دوره بهره‌برداری ا ست. این ضربات می‌تواند شامل ضربات سنگین اتومبیل‌ها، ضربات نا شی از برخورد افراد یا سایر اج سام با شد. بنابر رویکرد ا ستانداردها به طور معمول جدار خارجی ساختمان مورد ارزیابی در مقابل ضربه قرار می‌گیرد. این جدار می‌تواند شامل دیوار خارجی و نمای چسبیده به آن بوده یا شامل نمای پرده‌ای و سازه مجزای نگهدارنده نما که به آن متصل است باشد. از آنجا که معیارهای پذیرش مبتنی بر امکان ادامه بهره‌برداری ایمن از قطعات است، لذا این آزمون‌ها برای دیوارهای خارجی و نمای ســاختمان الزامی اســت. در حالتی که نمای ســاختمان از طریق یک ســازه نگهدارنده به قطعات ســازه‌ای متصل باشد (نمای پرده‌ای)، آزمون‌های ضربه فقط بر روی آن انجام می‌شود.

بدین منظور دو راهکار وجود دارد:

الف- مدل‌سازی اجزای محدود دیوار و نما با جزییات و اتصالات آن و انجام تحلیل عملکرد تحت اثر بار دینامیکی ضربه

ب-در صورت عدم انجام تحلیل دیوار در برابر بارهای ضربه‌ای، انجام آزمایش بر روی نمونه دیوار و نما ساخته شده از جنس مورد نظر بر اساس ضوابط این بخش

روش عمومی انجام آزمون‌های ضربه بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۷۲ با عنوان "اجزای قائم ساختمان- آزمون مقاومت در برابر ضربه-اجسام ضربه‌ای و روش‌های عمومی آزمون" می‌باشد. ضربات مورد بررسی در این فصل شامل ضربه‌های ایجادکننده شوک در انواع مشخصی از دیوارها و ضربه‌های ناشی از حرکت با سرعت زیاد یک شیء (مانند پرتابه اسلحه گرم یا چکش) نمی‌شود.

### ۳-۵-۲- آزمون ضربه

آزمون‌های ضربه شامل جسم ضربه‌زننده‌ای است که مانند آونگ روی سطح نمونه قائم دیوار که در یک قاب جاسازی شده است، سقوط می‌کند. در هنگام برگشت، جسم ضربه‌زننده عقب نگهداشته می‌شود و اصابت مجدد صورت نمی‌گیرد. برای دیوار و نمایی متصل به آن دو نوع آزمون شامل ضربه اجسام سخت و ضربه اجسام نرم بزرگ در نظر گرفته می‌شود.

#### ۳-۵-۲-۱-ضربه‌های اجسام سخت

ضربه اجسام سخت فقط حاصل ضربه‌هایی است که از جابجایی یا پرتاب اشیاء غیر قابل تغییرشکل حاصل می‌شود (به طور مثال پرتاب یک قطعه سخت یا یک تکه سنگ).

ابزار اعمال این آزمون، گوی فولادی ساده است. جهت ارزیابی حفظ قابلیت خدمت‌رسانی قطعات نما (بند۳-۵-۵-۱) جسم سخت یک گوی فولادی پانصد گرمی به قطر ۵۰ میلی‌متر است که جرم آن با مهره اتصال حدود g(۵±۵۰۰) خواهد بود ضربه‌هایی که با این نوع گلوله اعمال می‌شود با علامت H1 شناخته می‌شود. جهت ارزیابی حفظ معیار ایمنی ساکنین (بند۳-۵-۵-۲) جسم سخت یک گوی فولادی یک کیلوگرمی به قطر ۶۲٫۵ میلی‌متر است که جرم آن با مهره اتصال حدود g (۱۰±۱۰۰۰) خواهد بود، ضربه‌هایی که با این نوع گلوله اعمال می‌شود با علامت H2 شناخته می‌شود.

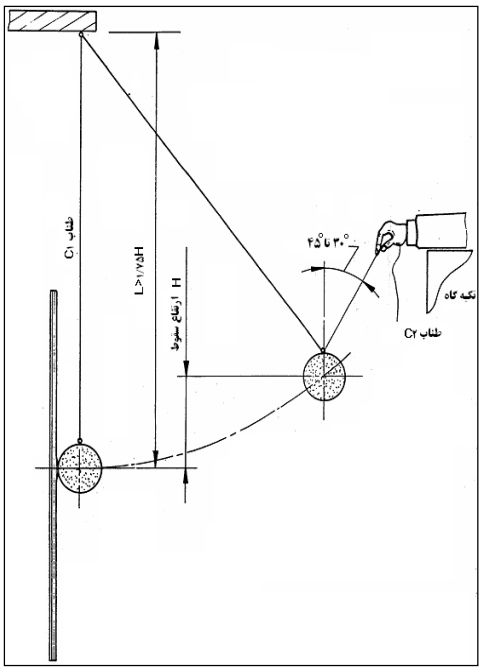
در شکل (۳-۳) روش انجام آزمون نمایش داده شده است. ارتفاع سقوط بر مبنای انرژی ضربه‌ای تعیین می شود. این ارتفاع بر اساس انرژی ضربه موجود در جدول (۳-۶) تعیین می‌شود.

#### ۳-۵-۲-۲- ضربه جسم نرم بزرگ

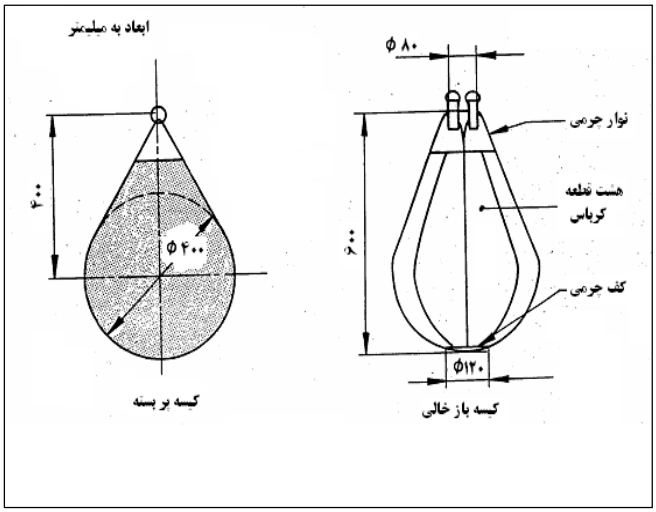
ضربه جسم نرم بزرگ حاصل ضربه‌هایی است که از برخورد بدن انسان روی سطح اتفاق می‌افتد (به طور مثال ضربه شانه، ضربه حاصل از دویدن و برخورد به دیوار و یا ضربه حاصل از نردبان مورد استفاده به دیوار).

جسم ضربه‌زننده یک کیسه کروی مخروطی به جرم kg ۵۰ است. این کیسه از هشت قطعه پارچه کرباسی قیراندود که به هم دوخته شده‌اند، تشکیل یافته است. کیسه با گلوله‌های شیشه‌ای به قطر سه میلی‌متر پر شده است. جرم کیسه (

۵۰±۰/۵Kg) است. ضربه‌هایی که با این کیسه اعمال می‌شود با علامت S2 نمایش داده می‌شود. در شکل (۳-۴) نمایی از کیسه مورد استفاده در آزمون نشان داده شده است.




**شکل ۳-۲- انجام آزمایش ضربه جسم سخت**




**شکل ۳-۳- کیسه کروی مخروطی پنجاه کیلوگرمی**

ضربه به‌وسیله سقوط آونگی کیسه کروی مخروطی که در بالا شرح داده شده است، اعمال می‌شود. ابزاری که برای کنترل سقوط کیسه به کار می‌رود، در شکل (۳-۲) نشان داده شده است. قرقره و چرخ بالابر به کار گرفته شده در صفحه سقوط کیسه قرار می‌گیرند.

کیسه وقتی بالا برده می شود در موقعیت قائم قرار می‌گیرد. ارتفاع سقوط H با به‌کارگیری میله اندازه‌گیری قائم که روی زمین افقی تکیه دارد، اندازه‌گیری می‌شود. ارتفاع سقوط برابر با تفاوت بین تراز خط افقی مشخص شده در مرکز کیسه تا

تراز محل برخورد بر روی دیوار ا ست ( شکل ۳-۵). ارتفاع سقوط مطابق بند ۳-۵-۳-۳ و مبتنی بر انرژی ضربه‌ای که در جدول (۳-۷) ارائه شده است تعیین می‌شود.

### ۳-۵-۳- گروه بندی عملکردی دیوار خارجی و نما برای تعیین انرژی ضربه

ضربه اعمال شده بر روی سطح خارجی تابع موقعیت قرارگیری در ساختمان و میزان در معرض ضربه بودن آن قطعه است. به این منظور گروه‌بندی عملکردی برای قطعات پیرامونی یک ساختمان تعیین می‌شود.

#### ۳-۵-۳-۱- گروه‌بندی عملکردی

با توجه به موقعیت یک دیوار در ساختمان و تنوع عملکردهایی که در اطراف ساختمان امکان‌پذیر است، دامنه وسیعی از حالات ممکن است این دامنه به ۶ گروه اصلی تقسیم می‌شود. گروه های A تا D مربوط به موقعیت‌های تا ۱٫۵ متر بالاتر از سطح پیاده‌رو بوده و بالاتر از این تراز با توجه به کاهش خطرات ضربه به دو گروه دیگر تقسیم می‌شود. تعاریف این گروه‌ها در جدول (۳-۶ ) ارائه شده است.

#### ۳-۵-۳-۲- تعیین انرژی ضربه

انرژی ضربه جسم سخت و جسم نرم بزرگ بر اساس گروه عملکردی در جدول (۳-۷) ارائه شده است.

#### ۳-۵-۳-۳- ارتفاع سقوط وزنه و کیسه در آزمون‌های ضربه

در جدول (۳-۷) انرژی ضربه برای حالات مختلف ارائه شده است در زیر بر اساس انرژی ضربه و وزن گلوله یا کیسه، ارتفاع رهاسازی ارائه شده است:

الف- ضربات جسم سخت

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۱۰Nm یک گلوله فولادی با قطر ۶۲٫۵mm و با جرم ۱٫۰kg از ارتفاع ۱۰۲۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۶Nm یک گلوله فولادی با قطر ۵۰ mm و با جرم ۰٫۵kg از ارتفاع ۱۲۲۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۳Nm یک گلوله فولادی با قطر ۵۰ mm و با جرم ۰٫۵kg از ارتفاع ۶۱۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

ب- ضربات جسم نرم

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۵۰۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۱۰۲۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۳۵۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۷۱۵mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۱۲۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۲۴۵mm به صورت آونگی رها می‌شود.

**جدول ۳-۶- گروه بندی سطوح در معرض ضربه در ساختمان‌ها**

| گروه | شرح | مثال | |
|---|---|---|---|
| A | در دسترس عموم و افرادی که انگیزه ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض نفوذهای خرابکارانه و یا اعمال خشن. | دیوار منازل مسکونی یا ساختمان‌های عمومی در مناطق با احتمال خرابکاری | ناحیه ای از دیوار ۱٫۵ متر بالاتر از سطح پیاده رو یا کف |
| B | در دسترس عموم و افرادی که انگیزه‌ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض بروز تصادفات یا سوء استفاده. | دیوارهای مجاور پیاده راه کنار شاهراه‌ها و یا مجاور زمین بازی که در گروه A نگنجد. | |
| C | عمدتاً در دسترس افراد دارای انگیزه ملاحظه کاری. احتمال وقوع تصادف و سوء استفاده وجود دارد. | دیوارهای مجاور فضای سبز خصوصی و دیوارهای عقب بالکن‌ها. | |
| D | تنها در دسترس افراد دارای ملاحظه‌کاری و دور از مسیرهای عبور . احتمال کم بروز تصادفات یا سوء استفاده. | دیوارهای مجاور فضای سبز محصور بدون راه عبور | |
| E | بالاتر از ناحیه با احتمال ضربه از سوی افراد ولی با احتمال برخورد اشیاء پرتابی | در ارتفاع ۱٫۵ متر تا ۶ متر در نواحی گروه A و B | |
| F | نواحی بالاتر از ناحیه با احتمال ضربه از سوی افراد و بدون احتمال برخورد اشیاء پرتابی | نواحی با ارتفاع بیش از ۶ متر که به طور معمول با تجهیزات خاص قابل دسترس است. | |

**جدول ۳-۷- تعیین انرژی ضربه**

| گروه عملکردی | انرژی ضربه‌ای جسم سخت $N.m$ | | انرژی ضربه‌ای جسم نرم بزرگ $N.m$ | |
|---|---|---|---|---|
| | معیار حفظ شرایط عملکردی دیوار | معیار حفظ ایمنی افراد | معیار حفظ شرایط عملکردی دیوار | معیار حفظ ایمنی افراد |
| A | به توضیحات (الف) مراجعه شود | | | |
| B | (H2) ۱۰ | (H2)۱۰ | (S1)۱۲۰ | (S1) ۵۰۰ |
| C | (H1) ۶ | (H2)۱۰ | (S1)۱۲۰ | (S1) ۵۰۰ |
| D | (H1) ۶ | (H2)۱۰ | (S1)۱۲۰ | (S1) ۵۰۰ |
| E | (H1) ۶ | (H2)۱۰ | - | (S1) ۳۵۰ |
| F | (H1) ۳ | - | - | (S1) ۳۵۰ |

الف- برای این دسته از دیوارها هیچ معیاری ارائه نمی‌شود و با توجه به سطح و شدت خرابکاری محتمل باید ارزیابی صورت گیرد

### ۳-۵-۴- موقعیت ضربات روی دیوار

موقعیت ضـربات باید به گونه‌ای تعیین شـود که احتمال وقوع بدترین اثرات به لحاظ ترک‌خوردگی یا جداشـدگی مهار از دیوار یا قطعه نما وجود داشته باشد.

### ۳-۵-۵- معیار پذیرش

برای دیوار و نمای متصـــل به آن معیارهای پذیرش مقاومت در برابر ضـــربه برای دو ســـطح عملکرد حفظ شـــرایط خدمت‌پذیری دیوار و نما و معیار حفظ ایمنی افراد به ترتیب، متناسب با ضربه سطح متوسط و ضربه شدید باید کنترل شود.

**۳-۵-۵-۱ حفظ سطح خدمت‌پذیری دیوار و نمای متصل به آن**

دیواری که تحت ضربه سطح متوسط قرار می‌گیرد نباید کاهش سطح عملکرد داشته باشد. ارزیابی وضعیت سطح نمای دیوار پس از اعمال ضربه به صورت کیفی صورت می‌گیرد. در مورد مصالح ترد و شکننده هیچگونه صدمه‌ای قابل قبول تلقی نمی‌شود. در مورد مصالح غیر ترد بروز سوراخ یا حفره باعث رد نمونه بوده و فرورفتگی گرچه تابع اثرات خرابی بر زیبایی نما ا ست اما می‌تواند با معیار عمق فرورفتگی ارزیابی شود. در مورد خود دیوار AAC نیز هیچگونه صدمه‌ای قابل قبول نمی‌باشد.

به طور مثال در مورد نمای سنگ، یکپارچگی سنگ و مهارهای آن، بعد از یک ضربهٔ با سطح متوسط، باید در نظر گرفته شود. هیچ‌گونه آسیبی به سنگ در اثر آزمایش ضربه سطح خدمت‌پذیری مورد قبول نیست.

**۳-۵-۵-۲- حفظ ایمنی افراد**

ضربه شدید نباید باعث هرگونه آسیب سازه‌ای یا ناپایداری شود و نباید باعث جداشدگی بخش‌هایی از دیوار و بروز صدمه به ساکنین یا افراد خارج ساختمان باشد. هیچ‌یک از ادوات اعمال ضربه نباید از دیوار رد شود. با توجه به شدت ضربه برای ارزیابی دیوار و نمای مت صل به آن در این و ضعیت، خ سارت به دیوار و نما در این حالت قابل قبول تلقی می شود و بروز تغییر شکل دائمی در سمت دیگر دیوار امکان‌پذیر است.

به طور نمونه در مورد نمای سنگی در اثر آزمایش ضربه نباید پانل‌های سنگی به گونه‌ای ترک بخورند که بخش‌های بزرگی از آن به سمت زمین سقوط کند و اینکه مهاربندها و سنگ‌های اطراف نقاط مهاربند آسیب ببینند.

**۳-۵-۶-ظرفیت دیوارهای AAC در برابر بار ضربه**

با توجه به آزمایش‌های انجام شده، دیوارهای AAC با بلوک به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر و بیشتر برای پارتیشن‌های داخلی و بلوک با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر با یک لایه الیاف شیشه به تراکم ۷۵ گرم بر متر مربع یا بلوک به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر برای دیوارهای خارجی، پاسخگوی بارهای ضربه وارده می‌باشند. ذکر این نکته ضروری است که این مشخصات با رعایت جزییات جداسازی از سقف ذکر شده در این دستورالعمل برای دیوارهای AAC می‌باشد.

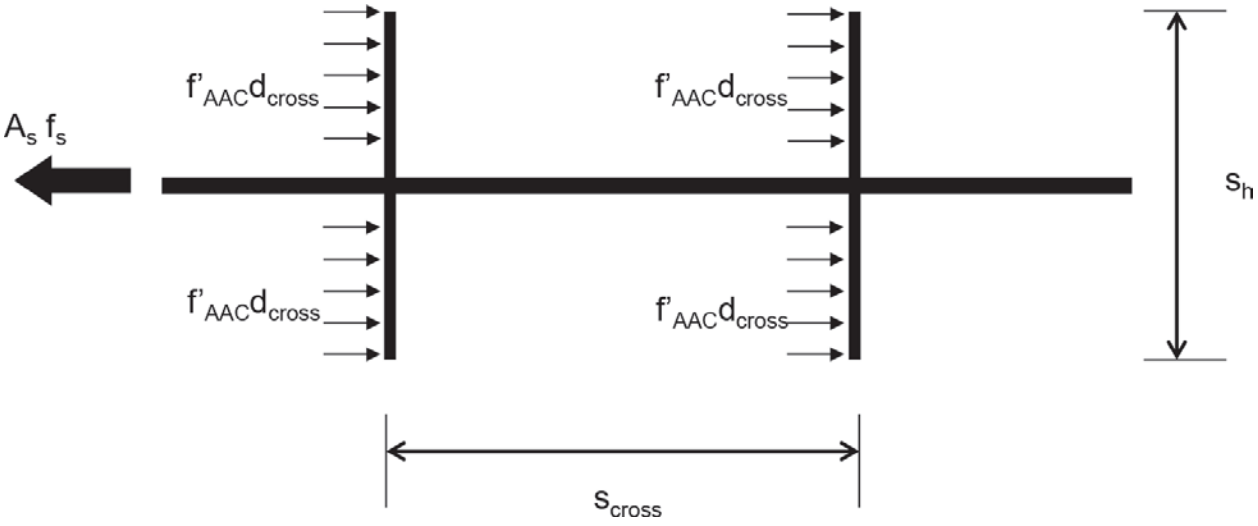
## ۳-۶- طراحی دیوارهای پانلی AAC

منظور از پانل AAC، پانل های مسلح AAC پیش ساخته در کارخانه می باشد که کاربردهای مختلفی دارند. یکی از این کاربردها استفاده از آنها به عنوان دیوار داخلی و خارجی می باشد.

به طور کلی ، مقاومت برشی درون صفحه پانل AAC اساسا به مقاومت برشی AAC غیر مسلح محدود می شود. بنابراین ظرفیت برشی داخل صفحه این پانل ها به طور قابل توجهی کمتر از بتن معمولی است و بنابراین پانل های AAC برای تحمل بارهای جانبی دارای محدودیت است.

### ۳-۶-۱- اصول اولیه طراحی

اصول طراحی پانل های AAC مسلح بر مبنای همان اصولی است که برای طراحی مقاومتی المان های بتن مسلح معمولی استفاده می‌شود : سازگاری کرنش بین AAC و تسلیح ( آرماتور ) ، رفتار تنش-کرنشی AAC و آرماتور، و تعادل نیروها.
مقاومت طراحی AAC در فشار بر مبنای مقاومت فشاری مشخصه طراحی $f'_{AAC}$ می باشد.
مقاومت فشاری مشخصه به وسیله آزمایش مقاومت فشاری مکعب های AAC مطابق با فصل اول این دستورالعمل در هنگام ساخت پانل های AAC باید صحت سنجی شود . مقاومت طراحی AAC در کشش به صورت تابعی از مقاومت فشاری مشخصه آن در نظر گرفته می شود. مقاومت تسلیم مشخصه آرماتور به عنوان مقاومت طراحی آرماتور در کشش در نظر گرفته می شود.




شکل ۳-۴- مکانیزم پیوستگی شبکه تسلیح فولادی در AAC .

### ۳-۶-۲- ترکیب نیروی محوری و خمشی

پانل های AAC با استفاده از اصول مشابه با بتن مسلح معمولی و رایج، برای ترکیبی از خمش و بارمحوری طراحی می شوند. ظرفیت اسمی با فرض مقاطع صفحه ای محاسبه می شود؛ کرنش در آرماتور کششی به اینکه مقطع کشش کنترل است یا فشار کنترل بستگی دارد، تنش در آرماتور فشاری بر مبنای کرنش و رفتار تنش-کرنشی آن محاسبه می شود، و توزیع تنش فشاری در AAC با یک بلوک تنش مستطیلی معادل که ارتفاع آن $0.85f'_{AAC}$ و مقدار $\beta$ 0.67 است تقریب زده می شود. در محاسبه ظرفیت اسمی تنش در آرماتور فشاری باید نادیده گرفته شود.
از آنجایی که پانل های مسلح AAC معمولا مساحت های برابری از آرماتورهای کششی و فشاری دارند، ظرفیت خمشی آن ها عموما کشش -کنترل است. وقتی فولاد فشاری به یک پانل اضافه می شود محور خنثی به سمت تار فشاری انتهایی جا به‌جا می شود. چون کرنش فشاری در تار فوقانی ثابت است بنابراین کرنش در دورترین فولاد کششی افزایش می یابد.

با استفاده از فولاد کششی و فشاری برابر، با فرض اینکه بلوک تنش فشاری برای ۳۰ درصد کل نیرو فشاری محاسبه شود، محور خنثی به فاصله ای کمتر از ۲ برابر کاور بتن جابجا می شود. این منجر به ایجاد کرنش به مقدار:

$0.003 \times ( d - 2cover)/2cover$

در آرماتور کششی می شود. تا زمانی که نسبت $(d - 2\ cover)/2\ cover$ از مقدار $\frac{0.005}{0.003} = 1.67$ بیشتر باشد مقطع کشش کنترل خواهد بود. برای یک پانل مسلح با ضخامت ۲۰۰ میلی متر و کاور ۲۵ میلی متر (d برابر با ۱۷۵ میلی متر) مقدار این نسبت ۲/۵ می باشد که بزرگ تر از ۱/۶۷ است. اگر عمق پانل افزایش پیدا کند این نسبت بیشتر می شود.

### ۳-۶-۳-تامین طول پیوستگی و مهار آرماتور ( ادوات تسلیح )

تسلیح در پانل های AAC عموما شامل شبکه ای از مفتول های فولادی است که در زمان تولید پانل نصب می شوند . الزامات پیوستگی و مهار برای شبکه مفتول های فولادی مدفون شده در AAC کاملا متفاوت از الزامات بتن معمولی می باشد. از آنجایی مفتول فولادی صاف است و یک پوشش مقاوم در برابر خوردگی دارد، مقاومت پیوستگی بین مفتول روکش دار و خود AAC ناچیز است و مقاومت پیوستگی، ناشی از مقاومت لهیدگی AAC در برابر مفتول های متقاطع است. برای فاصله معمولی و متداول مفتول‌های متقاطع ( $S_{cross}$ در شکل ۳-۴ ) می توان فرض کرد خرد شدگی موضعی AAC در زیر مفتول های متقاطع که تنش های مقاوم را در زیر آن ها باز توزیع میکند، منجر به مقاومت یکنواخت $f'_{AAC}$ زیر هر مفتول متقاطع می شود. تنش‌ها در ابتدا به دلیل سختی بیشتر جوش، در محل جوش بیشتر هستند. مقاومت جوش باید الزامات ASTM C1694 را برآورده کند. پس از اینکه تغییر شکل های موضعی در جوش اتفاق افتاد، فرض می شود که بخش انعطاف پذیر تر مفتول ها باری را که به صورت یک نواخت توزیع شده را تحمل میکند.

ضرب این تنش در تعداد مفتول های متقاطع و سطح تحمل هر مفتول متقاطع، ماکزیمم نیرویی که می‌تواند در شبکه مفتول فولادی توسعه یابد را مشخص می کند. فرض طراحی محافظه کارانه نادیده گرفتن و صرف نظر کردن از مشارکت شبکه مفتولی جوش شده در مقاومت درون صفحه پانل های AAC است که در معرض بارهای چرخه ای معکوس شونده قرار دارند مثل مواردی که پانل ها بارهای برشی درون صفحه را در دیوارهایی که در معرض بار باد یا بار لرزه ای قرار دارند، تحمل می‌کنند. بنابراین بهتر است که پانل ها دیواری به صورت میانقابی اجرا نشوند در غیر اینصورت باید ضرایب اطمینان نیروها را افزایش داد.

### ۳-۶-۴- برش

مشابه با المان های بتن آرمه معمولی و متداول، مقاومت برشی پانل های AAC دیواری به صورت مجموع مقاومت برشی خود ACC ( $V_{AAC}$ ) و مقاومت برشی تسلیح در جهت موازی با برش می باشد . مقاومت برشی المان های خمشی با استفاده از روش ترک خوردگی برشی جان ارزیابی می شود. مقاومت در برابر برش $AAC$ برابر است با.

$$V_{AAC} = 0.066 \times \sqrt{f_{AAC}}\, b_w \times d \qquad (SI) \qquad (۱۳-۳)$$

در محاسبات مقاومت برشی پانل ها از مقاومت برشی میلگردها صرفنظر شده و فقط به مقاومت برشی AAC تکیه می‌شود.

### ۳-۶-۵- طاقت و تحمل

برای ممانعت و جلوگیری از خردشدگی موضعی AAC، تنش های اسمی در آن به $0.65f'_{AAC}$ محدود می شود. ضریب فوق عامل کاهش قدرت تحمل و طاقت است.

### ۳-۶-۶- رفتار خمشی پانل های AAC تقویت شده

برای هر پانل، فاصله بین لایه های شبکه مفتولی جوش شده مطابق شکل (۳-۵) به عنوان بازو لنگر خمشی در نظر گرفته می شود. به دلیل مقاومت فشاری کم AAC ، این بازو کمی کوتاهتر از مقدار مرسوم $0.9d$ که اغلب در طراحی بتن مسلح معمولی فرض می شود، می باشد. همانطور که در شکل (۳-۵) نشان داده شده است نیروی کششی موجود در تسلیح کششی به وسیله ظرفیت تحمل AAC در محل مفتول های متقاطع محدود شده است. معادلات پیش بینی تقاضا در لایه کششی فولاد ( مفتول ) و مقاومت بر مبنای تحمل مفتول های متقاطع به ترتیب در معادلات ۳-۱۴ و۳-۱۵ ارائه شده است. در معادله ظرفیت $n_{cross}$ تعداد مفتول های متقاطع و $d_{cross}$ قطر آن ها می باشد. مقاومت اصطکاکی اضافی محتمل در عکس العمل تکیه گاهی با حاصل ضرب مقدار عکس العمل تکیه گاه در ضریب اصطکاک 0.5 که بر پایه قضاوت مهندسی انتخاب شده است، به دست می آید.

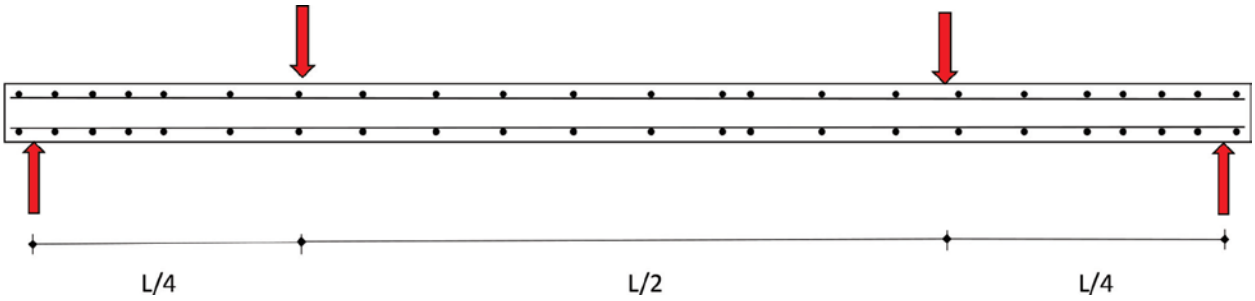
$$T_{demand} = \frac{V \times L}{4 \times arm} \qquad (۱۴-۳)$$

$$T_{capacity} = n_{cross} d_{cross} l_{cross} f_{AAC} \qquad (۱۵-۳)$$

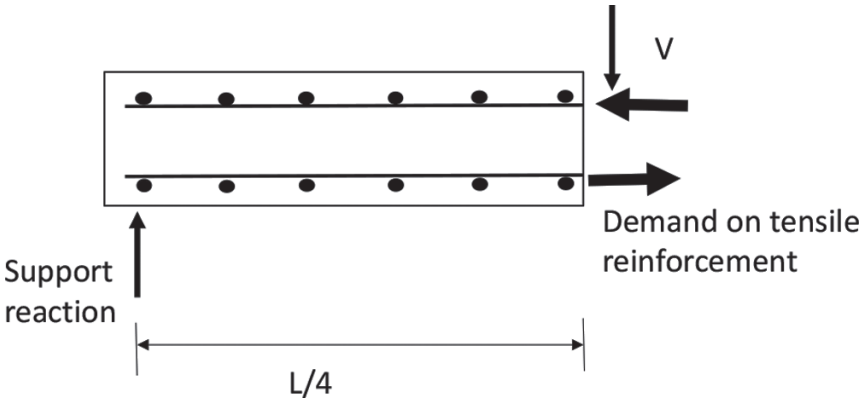
معادله۳-۱۶ تنش پیوستگی میانگین ( $U_{ave}$ ) را به تغییر در نیرو در مفتول ( $\Delta T$ ) مرتبط می کنند. عبارت $d_{long}$ قطر آرماتور کششی یا طولی است، و $n_{long}$ تعداد مفتول های طولی است. در مورد شکل(۳-۶)، $\Delta T$ نیروی کششی در آرماتور یا $T_{demand}$ ، و $d_x$ طول $L/4$ است. با جایگزین کردن این مقادیر در معادله (۳-۱۶) یک رابطه بین برش و تنش پیوستگی میانگین را می‌توان از نظر برشی بیان کرد ( معادله ۳-۱۷).

$$\frac{\Delta T}{dx} = u_{ave} \times d_{long} \times \pi \qquad (۱۶-۳)$$

$$\frac{V}{n_{long} \times \pi \times d_{long} \times arm} = u_{ave} \qquad (۱۷-۳)$$




شکل ۳-۵ -پانل AAC تقویت شده در معرض بارهای خمشی .




شکل ۳-۶ دیاگرام جسم آزاد مقطع پانل .

در حالت برش یکنواخت، مثل آزمایش‌های پانل مسلح که در معرض خمش در یک چهارم دهانه قرار دارند، تنش فشاری روی AAC یکنواخت است. ظرفیت پانل مرتبط با این حالت حدی را می‌توان بر اساس خردشدگی موضعی AAC مقید با مفتول های متقاطع ( یعنی خرد شدگی بخشی از AAC که با مفتول های متقاطع مسلح شده است. ) پیش بینی کرد. حداکثر نیرو در ادوات تسلیح کششی منجر به خردشدگی موضعی مفتول متقاطعی می‌شود که در برابر AAC که در مقاومت فشاری کامل است، تاب می‌آورد. با افزایش بار ، مفتول های متقاطعی که به طور کامل تحت تاثیر AAC نیستند تنش فشاری بیشتری را تحمل می کنند. با چنین بازتوزیعی ، نیرو می تواند افزایش پیدا کند تا زمانی که همه ی مفتول های متقاطع به طور یکسان مشارکت کنند. در مواردی که برش در مقطع غیر یکنواخت است، ابتدا مفتول های متقاطع نزدیک تکیه گاه شدیدا تحت فشار و تنش قرار می گیرد زیرا برش در آنجا ماکزیمم است. به محض اینکه AAC در تحمل تنش ها خرد می شود، تنش های فشاری در مجاورت مفتول های متقاطع افزایش می یابد. در صورتی که تنش پیوستگی یکنواخت باشد، نیرو کششی مورد نیاز در ادوات تسلیح را می توان بر اساس تعادل تعیین کرد، و مقاومت موجود را می‌توان برای جلوگیری از خرابی در محل اتصال پیش بینی کرد

## ۳-۷- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری

به منظور بررسی عملکرد دیوار و اتصالات آن پس از محاسبه نیروهای وارده شامل بار ثقلی، بار زلزله، باد و ضربه و تعیین عکس‌العمل‌ها، باید با انجام تحلیل و ترکیب بارهای وارده نسبت به بررسی نیروهای وارده بر مهارها اقدام شده و با میزان تحمل آنها مقایسه شود. کنترل مهارها و خود دیوار باید برای موارد زیر انجام شود که عبارتند از:

اتصالات باید قابلیت تحمل نیروی برشی ناشی از بارهای جانبی را داشته باشند

دیوار باید قابلیت تحمل نیروی برشی و خمشی خارج از صفحه وارده بر آن را داشته باشد

دیوار و اتصالات آن باید قابلیت تحمل نیرو های وارده از نما و اتصالات آن را داشته باشند

نیروی زلزله باید در جهت افقی به مرکز جرم دیوار وارد شود و با نیروهای بهره‌برداری وارد به آن ترکیب شود.

در مورد طراحی اتصالات، روش LRFD به کار گرفته می‌شود. ظرفیت بسیاری از اجزاء استاندارد مانند میل‌مهارها، پیچ‌ها و با استفاده از روش ASD مشخص شده است. برای اجزائی که ظرفیت آنها براساس روش ASD به دست می‌آیند می‌توان بارهای حاصل از روش LRFD طبق روابط (۳-۱) الی (۳-۸) را با ۱٫۴ برابر ظرفیت به دست آمده براساس روش ASD مقایسه کرد.

### ۳-۷-۱- ترکیب بار برای کنترل تکیه‌گاه اجزاء نما

$$
\begin{aligned}
&1)\ 1.4D\\
&2)\ 1.2D+1.6L\\
&3)\ 1.2D+L+1.0E\\
&4)\ 0.9D+E\\
&5)0.9D+1.6W\\
&6)1.2D+1.6W+L
\end{aligned}
\qquad (۳-۱۵)
$$

که در این روابط، D : بار مرده؛ L : بار زنده ،W : بار باد ، E : بار زلزله می‌باشد.

## ۳-۸- یک نمونه مثال برای محاسبه بار زلزله وارده برتیغه‌های AAC

تیغه‌های مشخص شده در طبقهٔ پنجم و اول یک ساختمان ۵ طبقه واقع در شهر تهران با پلان و نمای شکل (۳-۷) با اهمیت متوسط را ارزیابی نمایید. اتصال دیوار در جهت خارج از صفحه برای منطقه با خاک نوع III به تیرهای بالا و پایین مفصلی فرض می‌گردد.

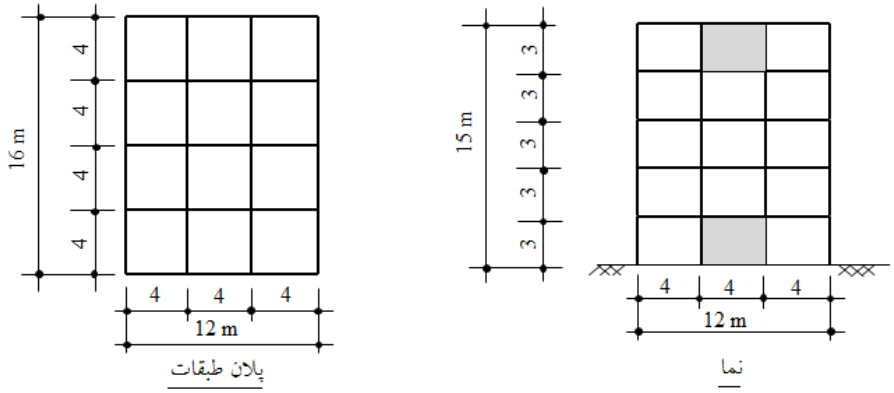
محاسبه وزن یک متر مربع دیوار:

دیوار با بلوک ۲۰ سانتی‌متر از جنس AAC $0.2\times400=80Kg$

گچ به ضخامت ۱٫۵ سانتی‌متر در داخل $0.015\times1300=20\ Kg$

| | |
|---|---|
| ملات پشت سنگ به ضخامت ۳ سانتی‌متر | 0.03×2100=63Kg |
| سنگ به ضخامت ۲ سانتی‌متر | 0.02×2500=50Kg |
| جمع | 213Kg |

تیغه با ضخامت ۲۰۰ میلی‌متر بوده و وزن آن ۲۱۳ کیلوگرم می‌باشد.




**شکل ۳-۷- نما و پلان ساختمان مورد نظر**

### ۳-۸-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازه‌ای

تیغه‌ها (پارتیشن‌ها)، حساس به جابجایی و شتاب محسوب می‌شوند. تیغه‌هایی که از بالا و پایین به کف طبقات متصل شده‌اند و تحت اثر بارگذاری داخل صفحه می‌باشند، بر اثر تغییرشکل‌های به وجود آمده در سازه، ممکن است دچار ترک‌خوردگی برشی، تاب‌خوردگی و شکست شوند و سطح اندودکاری می‌تواند از دیوار جدا گردد. این تیغه‌ها تحت اثر بارگذاری خارج از صفحه ممکن است دچار ترک‌خوردگی خمشی، خرابی محل اتصال دیوار به سازه و فروپاشی شوند.

با توجه به جدول (۳-۱) تیغه‌ها جزء اجزای غیرسازه‌ای حساس به تغییرمکان می‌باشند و علاوه بر نیروهای طراحی لرزه‌ای طبق بندهای (۳-۳-۱) و (۳-۲-۲) باید برای تغییرشکل‌های بند ۳-۲-۳ نیز کنترل شوند.

### ۳-۸-۲- تعیین پارامترهای طیف طرح

با توجه به اینکه اطلاعاتی در زمینهٔ تحلیل خطر ارائه نشده است، برای زلزله «سطح خطر-۱» از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ استفاده می‌گردد.

با توجه به خاک تیپ III، مشخصات طیف زلزله به صورت زیر می‌باشد:

$T_0 = 0.15$ , $T_S = 0.7$ , $S = 1.75$

$B_S = S + 1 = 2.75$ «سطح خطر-۱»

$A = 0.35$ منطقه با لرزه‌خیزی خیلی زیاد

### ۳-۸-۳- ارزیابی

محاسبه نیروهای لرزه‌ای

$$F_P = \frac{0.4\,a_P AB_S W_P}{(R_P/I_P)}\left(1+2\frac{x}{h}\right)$$

$W_P = 213\times 4\times 3 = 2556\ daN = 25.56\,kN$

$B_S = S+1 = 2.75$ «سطح خطر-۱»

$a_P = 1$ , $R_P = 1.5$ با توجه به جدول (۳-۲)

$I_P = 1$ با توجه به اهمیت متوسط ساختمان

برای تیغه طبقه اول

$$\frac{x}{h} = 0.0$$

$$F_P = \frac{0.4\times 1\times 0.35\times 2.75\times 25.56}{1.5/1.0}(1+2\times 0) = 6.56\,kN$$

$$F_P \le 1.6AB_S I_P W_P = 1.6\times 0.35\times 2.75\times 1.0\times 25.56 = 39.36\,kN$$

$$F_P \ge 0.3AB_S I_P W_P = 0.3\times 0.35\times 2.75\times 1.0\times 25.56 = 7.38\ \ kN$$

$$\Rightarrow F_P = 7.38\,kN \Rightarrow \omega = \frac{F_P}{L} = 2.46\,kN/m, M_{\max} = \frac{\omega L^2}{8} = 2.77\,kN.m$$

$$\sigma_t = \frac{M.c}{I} - \sigma_g = \frac{2.77\times 10^6\times 100}{\frac{1}{12}\times 4000\times 200^3} - \frac{25.56/2\times 10^3}{4000\times 200} =$$

$$= 0.087\,MPa \cong 0.87\,kgf/cm^2$$

$$\sigma_c = \frac{M.c}{I} + \sigma_g = \frac{2.77\times 10^6\times 100}{\frac{1}{12}\times 4000\times 200^3} + \frac{25.56/2\times 10^3}{4000\times 200} =$$

$$= 0.12\,MPa \cong 1.2\,kgf/cm^2$$

برای تیغه طبقه پنجم

$$\frac{x}{h} = \frac{12}{15} = 0.8$$

$$F_P = \frac{0.4\times 1\times 0.35\times 2.75\times 25.56}{1.5/1.0}(1+2\times 0.8) = 17.05\,kN$$

$$\Rightarrow F_P = 17.05\,kN \Rightarrow \omega = \frac{F_P}{L} = 5.68\,kN/m, M_{\max} = \frac{\omega L^2}{8} = 6.38\,kN.m$$

$$\sigma_t = \frac{M.c}{I} - \sigma_g = \frac{6.38\times 10^6\times 100}{\frac{1}{12}\times 4000\times 200^3} - \frac{25.56/2\times 10^3}{4000\times 200} =$$

$$= 0.223\,MPa \cong 2.23\,kgf/cm^2$$

$$\sigma_c = \frac{M.c}{I} + \sigma_g = \frac{6.38\times 10^6\times 100}{\frac{1}{12}\times 4000\times 200^3} + \frac{25.56/2\times 10^3}{4000\times 200} =$$

$$= 0.254\,MPa \cong 2.54\,kgf/cm^2$$

با توجه به اینکه دیوار فقط از بالا و پایین به قاب متصل شده است، این نیرو باید عمود بر صفحه دیوار وارد گردد.تنش‌های کششی و فشاری ناشی از لنگر باید با مقادیر قابل تحمل توسط دیوار که برای دیوار AAC به ترتیب برابر ۴ و ۴۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشند مقایسه گردد.

کنترل تغییرمکان:

**در صورت جداسازی دیوار کنترل این بخش ضرورت ندارد.**

طبق بند ۳-۳-۲-۱ مقدار تغییرمکان نسبی مجاز برای تیغه‌های سنگین در سطح عملکرد ایمنی جانی برابر ۰/۰۱ می‌باشد.

$$D_r = \frac{(\delta_{xA} - \delta_{yA})}{(X - Y)} = \frac{\delta_5 - \delta_4}{3} \le 0.01 \rightarrow \delta_5 - \delta_4 \le 30\,\text{mm}$$

در صورتی که تحت زلزله سطح خطر-۱، اختلاف تغییرمکان طبقات پنجم و چهارم بیشتر از ۳۰ میلی‌متر باشد، دریفت طبقات باید کاهش داده شود.

## ۳-۹- یک نمونه مثال برای طراحی پانل AAC

طراحی پانل دیواری عمودی باربر که در معرض بار ثقلی خارج از مرکز و نیروی خارج از صفحه باد قرار دارد :

مفروضات :

استفاده از AAC-4

$f'_{AAC} = 4\ \text{Mpa}$

$f_y = 551.58\text{Mpa}$

$q = 2900\ \frac{N}{m}$

$\text{چگالی} = 704\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\text{وزن} = 1381pa$

برای آرماتور طولی و عرضی از میلگرد با قطر ۶ میلیمتر با کاور۲۵ میلیمتر استفاده شده است.

مقطع دیوار باربر AAC که باید طراحی شود.

$e = 63.5\ mm = 0.0635m$

ضخامت اسمی $= 203.2\ mm$ ضخامت موثر $= 200mm$

ارتفاع دیوار $= 4.2m$

$P_{Dl} = 58400\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

$P_{ll} = 19000\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

از آن جایی که ظرفیت خمشی با نیرو محوری و نیرو باد بیشتر از نیروهای ثقلی افزایش پیدا می کند، بحرانی ترین ترکیب بارگذاری احتمالا $0.9D + w$است. طراحان لازم است کلیه ترکیبات بارگذاری بحرانی را چک کنند.

لنگر ناشی از نیرو باد $M = \frac{q \times h^2}{8} = \frac{2900 \times (4.2^2)}{8} = 6394\ \frac{\mathrm{N}.m}{\mathrm{m}}$

$M_{Dl} = \frac{Pe}{2} = \frac{58400 \times 0.0635}{2} = 1854 \frac{\mathrm{N.m}}{\mathrm{m}}$

$M_u = 0.9D + w = 0.9 \times 1854 + 1 \times 6394 = 8062 \frac{\mathrm{N.m}}{\mathrm{m}}$

$P_u = 0.9 \times 58400 + 0.9 \times \left(\frac{4.2}{2}\right) \times 1381 = 55170\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

کنترل لاغری :

$\frac{kh}{r} = \frac{h}{r} = \frac{4200}{\left(\frac{200}{\sqrt{12}}\right)} = 72.7 < 99\ o.k$

ضریب $= \left(1 - \left(\frac{h}{140r}\right)^2\right) = \left(1 - \left(\frac{4200}{140 \times \frac{200}{\sqrt{12}}}\right)^2\right) = 0.73$

این ضریب لاغری بر ظرفیت محوری خالص پانل تاثیر می گذارد. دیاگرام اندرکنش در مقدار $0.73P_n$ .....

با نیروهای طراحی ضریب دار ادامه می دهیم :

$P_{u\ final} = 55170\ \frac{N}{m}\ , M_{u\ final} = 8062 \frac{N.m}{m}$

با در نظر گرفتن هشت آرماتور با قطر ۶ میلی متر برای فولاد طولی و کاور ۲۵ میلی متر:

$A = \frac{\pi \times (6)^2}{4} = 28.27\ mm^2$

$A_s = 8 \times 28.27 = 226.16\ mm^2$

$d = h - cover - \frac{d_b}{2} = 200 - 25 - 3 = 172\ mm$

$A_{s\ min} = \frac{0.2 \times 1.15\sqrt{f'_{AAC}} \times b_w \times d}{0.7 \times f_y}\ \ (SI) = \frac{0.2 \times 1.15 \times \sqrt{4} \times 1000 \times 172}{0.7 \times 551.58} = 204.91\ mm^2 \quad o.k$

بارهای ضریب دار را با دیاگرام اندرکنش مقاومت مقایسه می کنیم :

همانطور که در دیاگرام اندرکنش خمشی – محوری برای دیوار باربر AAC با ضخامت اسمی ۸ اینچ با دو آرماتور طولی به قطر ۶ میلیمتر نشان داده شده است، بارهای ضریب دار از مقاومت های اسمی ضریب دار کمتر هستند .

نیروهای بحرانی در وسط ارتفاع دیوار برابر است با :

$$P_u = 55170\frac{N}{m}\ , M_u = 8062\ \frac{N.m}{m}$$

منحنی اندرکنش نیروی محوری- لنگر

| | c/d | C | $C_{AAC}$ | $f_s$ | ϕ | $\phi M_n$ | $\phi P_n$ | $\phi P_u$ with 0.721 cap |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Points controlled by steel | 0.01 | 0.0696 | 276 | –80,000 | 0.90 | 22,316 | –6808 | –6808 |
| | 0.1 | 0.696 | 2759 | –80,000 | 0.90 | 30,536 | –4573 | –4573 |
| | 0.2 | 1.392 | 5517 | –80,000 | 0.90 | 38,569 | –2090 | –2090 |
| | 0.2842 | 1.978 | 7840 | –80,000 | 0.90 | 44,435 | 0 | 0 |
| | 0.4 | 2.784 | 11,035 | –80,000 | 0.86 | 48,794 | 2742 | 2742 |
| | 0.5 | 3.48 | 13,794 | –80,000 | 0.73 | 45,403 | 4366 | 4366 |
| | 0.521 | 3.626 | 14,372 | –80,000 | 0.71 | 44,799 | 4659 | 4659 |
| Points controlled by AAC | 0.600 | 4.176 | 16,552 | –58,000 | 0.65 | 38,462 | 7065 | 7065 |
| | 0.7 | 4.872 | 19,311 | –37,286 | 0.65 | 36,091 | 10,177 | 10,177 |
| | 0.8 | 5.568 | 22,070 | –21,750 | 0.65 | 33,882 | 12,960 | 12,960 |
| | 1 | 6.96 | 27,587 | 0 | 0.65 | 28,752 | 17,932 | 17,932 |
| | 1.15 | 8.004 | 31,726 | 0 | 0.65 | 25,853 | 20,622 | 18,547 |
| | 1.3 | 9.048 | 35,864 | 0 | 0.65 | 21,072 | 23,311 | 18,547 |
| | 1.43 | 9.9528 | 39,450 | 0 | 0.65 | 15,406 | 25,643 | 18,547 |
| Pure axial load | | | | | | 0 | 25,724 | 18,547 |

نیروهای مورد نیاز ( $P_u$ ، $M_u$ ) در اندرکنش نیرو محوری و خمشی هستند و اگر اثرات $P$-$\Delta$ در نظر گرفته نشود ، طرح رضایت بخش است.

کنترل لنگر های ثانویه براساس ACI530/530.1 بخش 11.3.5.5 ( اثر $P$-$\Delta$ )

اگر $M_u < M_{cr}$

محاسبه خصوصیات مقطع برای این پانل با فرض اینکه مقطع ترک نخورده است.

$$f_r = 2 \times f_t\ = 2 \times 0.2 \times \sqrt{f_{AAC}} = 0.4\ \times \sqrt{f_{AAC}}\ \ (SI\ ) = 0.4\ \times\ \sqrt{4}\ = 0.8\ Mpa$$

$$f_r + \frac{P_u}{A} = 800000 + \frac{55170}{1\ \times 0.2} = 1075850\ Pa$$

تعیین ممان اینرسی مقطع معادل ترک نخورده $I_{ut}$ و لنگر ترک خوردگی :

$$E_{AAC} = 887.8\ \times (\ f_{AAC})^{0.6}\ \ (SI\ )$$

$$E_{AAC} = 887.8\ \times (\ 4\ )^{0.6} = 2039\ Mpa$$

$$E_s = 200000\ Mpa$$

$$n = \frac{E_s}{E_{AAC}} = \frac{200000}{2039} = 98$$

$$(\ n - 1\ ) \times A_s = (\ 98 - 1\ ) \times 226.16 = 21944\ mm^2$$

از آنجایی که فولاد فشاری از نظر جانبی پشتیبانی و ساپورت نمی‌شود، از آن در محاسبات صرف نظر می‌شود. در ادامه ممان اینرسی مقطع معادل ترک نخورده حول محور خنثی محاسبه می شود.

$$d = h - cover - \frac{d_b}{2} = 200 - 25 - 3 = 172\ mm$$

$$I_{ut} = \frac{bh^3}{12} + \left( (n-1) \times\ A_s \times \left( \frac{h}{2} - d_c \right)^2 \right)$$

$$I_{ut} = \frac{1000 \times (200)^3}{12} + (21944 \times (100 - 0.028)^2) = 8.86 \times 10^{-4} m^4$$

$$M_{cr} = \left(\frac{I_{ut}}{\frac{h}{2}}\right) \times \left(f_{AAC} + \frac{P_u}{A}\right) = \left(\frac{8.86 \times 10^{-4}}{0.1}\right) \times 1075850 = 9532 \ \frac{N.m}{m}$$

$$M_u < M_{cr} \rightarrow 8062 \ N.\frac{m}{m} < 9532 \ N.\frac{m}{m}$$

بر اساس ACI530/530.1 بخش برای محاسبه لنگر ناشی از اثرات P-Δ : 11.3.5.4.3 :

$$P_e = \frac{\pi^2 \times E_{AAC} \times I_{ut}}{h^2} = \frac{\pi^2 \times 2039.62 \times 886 \times 10^6}{4267.2^2} = 979482 \ N$$

$$\emptyset = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_e}} = \frac{1}{1 - \frac{55170}{979482}} = 1.059 \cong 1.06$$

$$M_u = \emptyset \, M_{u,0} = 1.06 \times 8062 = 8545 \ \frac{N.m}{m}$$

تعیین الزامات ( anchorage ) فولاد تقویت کننده :

$$M_u = 8545 \frac{N.m}{m}$$

$$T = A_s F_y = 226.16 \times 551.58 = 124745 \ N/m$$

$$T = C = 0.85 \times f'_{AAC} \times a \times b_w = 0.85 \times 4 \times a \times 1000 = 3400a \ \frac{N}{mm.m}$$

$$a = 36.68 \ mm$$

از آنجایی که آرماتور درونی AAC صاف است، پیوستگی با مقاومت و تحمل مفتول های ( آرماتورهای ) متقاطع ایجاد می شود و گسترش می یابد. محاسبه تعداد آرماتورهای ( مفتول های ) متقاطع احتیاج دارد به اینکه نیرو کششی T= 124745 N در عرض یک متر توسعه یابد و ایجاد شود.

$$T_{demand} = \frac{T_u}{\emptyset} = \frac{124745}{0.9} = 138605N$$

تعداد کل ۱۰ آرماتور متقاطع در کل پانل یا ۵ آرماتور در میانه پانل بر اساس معادله ( 6-2-3f ) در نظر میگیریم. هر آرماتور متقاطع ۴ میلی متر قطر و ۹۵۰ میلی متر طول دارد .

$$T_{capacity} = n_{cross} \times d_{cross} \times l_{cross} f_{AAC} = 10 \times 4 \times 950 \times 4 = 152000N$$

حداقل ۵۰ درصد آرماتورهای متقاطع باید در هر ناحیه انتهایی قرار گیرد. برای این طراحی سه آرماتور متقاطع در ناحیه انتهایی مورد نیاز است و دو آرماتور دیگر بین ناحیه انتهایی و مرکز پانل مورد نیاز است.

طول ناحیه انتهایی :

$$2h = 2 \times 200 = 400 \ mm$$

ظرفیت برشی :

از آنجا که بیشتر برش از باد ناشی می شوند، از ترکیب بار $0.9D + 1W$ استفاده کنید.

$$V_{wind} = \frac{1}{2} \times 2872.81 \times (4.2672) = 6129.42 \ \frac{N}{m}$$

$$V_{eccentric} = \frac{Pe}{l} = \frac{58375.61 \times 0.0635}{4.2672} = 868.68 \ \frac{N}{m}$$

$$V = 0.9D + 1W = (0.9 \times 868.68) + (1 \times 6129.42) = 6911.23\ \frac{N}{m}$$
$$V_n = 0.066\sqrt{f_{AAC}}\, b_w d\ (SI) = 0.066 \times \sqrt{4} \times 1000 \times 172 = 22704\ N$$
$$\emptyset V_n = 0.75 \times 22704 = 17028N$$
$$V_u = 6911.23\ N \leq \emptyset V_n = 17028\ N$$

ظرفیت برشی قابل قبول است.

کنترل تغییر شکل ها در سطح بارهای سرویس :

از آنجایی که بارهای جانبی بارهای پایدار نیستند، از خزش طولانی مدت صرف نظر می شود. لنگر حد سرویس را در میانه ارتفاع دیوار ارزیابی کنید. در این حالت، تغییر شکل ها به دلیل خروج از مرکزیت بارهای ثقلی بزرگتر از باد ، بار بحرانی است. از آنجا که بار باد به طور قابل توجهی بالاتر از بارهای ثقلی است، شدیدترین ترکیب بار D + 0.6 W است. طراحان باید موارد بار متناوب مانند D + 0.75Lr + 0.75 (0.6W) را در نظر بگیرند.

$$M_{wind} = 0.6 \times 6538.87 = 3923.32\ \frac{N.m}{m}$$
$$M_{Dl} = 1853.42\frac{N.m}{m}$$

لنگر بار مرده در میانه ارتفاع دیوار .

$$M_a = 0.6 \times (M_{wind}) + M_{Dl} = 0.6 \times 3923.32 + 1853.42 = 4207.41\ \frac{N.m}{m}$$
$$M_a = 4207.41\frac{N.m}{m} < 9532.96\frac{N.m}{m} = M_{cr}$$

استفاده از ممان اینرسی ترک نخورده $I_{ut}$ :

$$\delta = \frac{5wl^4}{384E_{AAC}I_{eff}} + \frac{Pel^2}{16E_{AAC}I_{eff}}$$
$$\delta = \frac{5 \times 0.6 \times 2872.81 \times (4.2672)^4}{384 \times 2039.62 \times 10^6 \times 8.86 \times 10^{-4}} + \frac{58375.61 \times 0.0635 \times (4.2672)^2}{16 \times 2039.62 \times 10^6 \times 8.86 \times 10^{-4}}$$

$$= 4.11 \times 10^{-3} + 2.33 \times 10^{-3} = 6.44 \times 10^{-3}m = 6.44\ mm$$
$$\delta_{allow} = \frac{l}{240} = \frac{4267.2}{240} = 17.78\ mm$$
$$\delta = 6.44\ mm < 17.78\ mm = \delta_{allow}$$

تغییر شکل ها قابل قبول است.

# فصل ۴

# جزییات اجرایی

### ۴-۱-اتصالات

اتصالات دیوار متشکل از بلوک‌های AAC باید به نحوی انجام گیرد که عملکرد مورد نظر قطعه دیوار در پدیده‌هایی چون خیز دراز مدت (خزش) تیرها و سقف، جابجایی نسبی طبقات، عوامل وارد آورنده نیروی خارج از صفحه از جمله باد، ضربه حین بهره‌برداری و زلزله تامین شود. به واسطه مقاومت کششی پایین تر بلوک‌های AAC نسبت به ملات مورد استفاده در آنها (مقاومت چسب مورد استفاده بیش از ۱۰ MPa می‌باشد) ضروری است جزییات اجرایی اتصالات با دقت اجرا شود. باید توجه شود که به علت اتصال بلوک AAC با چسب به یکدیگر و مقاومت و چسبندگی زیاد این چسب به بلوک در مقایسه با اتصال ملات ماسه سیمان به سایر انواع بلوک‌های مصالح بنایی این حساسیت در دیوارهای AAC از سایر انواع دیوارهای مصالح بنایی بیشتر می‌باشد. در ادامه نمونه‌هایی از اتصالات که با توجه به مجموع جنبه‌های فوق الذکر و با در نظر گرفتن ضوابط پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ (طراحی و اجرای اجزای غیر سازه ای معماری) می‌تواند تامین کننده اهداف طرح اتصال باشد ارایه شده است.

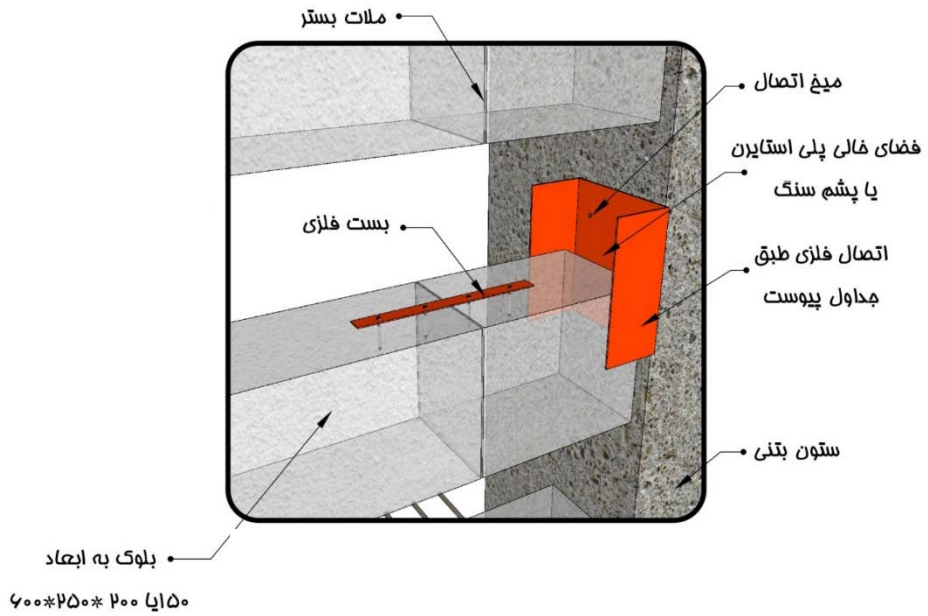
### ۴-۲-اتصال دیوار به ستون بتن آرمه و فولادی

با توجه به ضوابط بند پ۶-۲ استاندارد ۲۸۰۰، دیوارهای ساخته شده از بلوک AAC غیر مسلح نمی توانند به عنوان دیوار میانقابی در نظر گرفته شوند بنابراین طراحی آنها باید براساس بند پ۶-۱ استاندارد ۲۸۰۰ با فرض عدم مشارکت دیوارهای جداکننده و پیرامونی در سختی سازه انجام می‌شود. بر این اساس اتصال لبه قائم دیوارها به ستون‌ها و دیوارهای برشی ساختمان یا هر قطعه باربر قائم دیگری در سازه باید به گونه‌ای باشد که ممانعتی در برابر این جابجایی نسبی ایجاد نکند. اتصال دیوار AAC به ستون‌ها و سایر قطعات مشابه باید با نوعی از اتصال که تامین‌کننده این فرض طراحی باشد انجام شود.

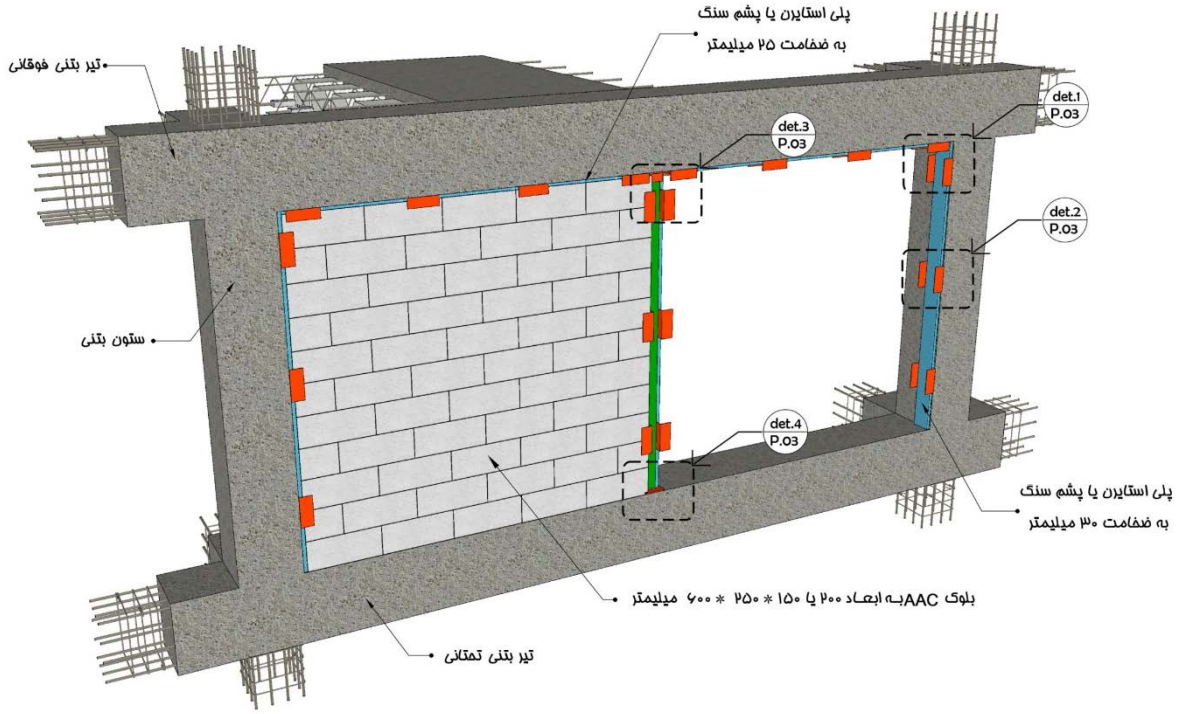
#### ۴-۲-۱-اتصال کشویی با استفاده از نبشی

یکی از روش‌های مناسب برای اتصال دیوار به ستون‌ها به صورت استفاده از اتصال کشویی در محل تماس با استفاده از نبشی منقطع می‌باشد. در مورد این اتصال نکات زیر حائز اهمیت است:

- قطعات نبشی می‌تواند از ورق فولادی گالوانیزه خم خورده باشد (سرد نورد)
- هیچگونه اتصالی اعم از پیچ و میخ بین بال نبشی و دیوار AAC نباید اجرا شود.
- فاصله بین دیوار تا ستون با مواد انعطاف‌پذیر از قبیل پشم سنگ یا پلی استایرن پر شود.
- در مواردی که ستون فولادی باشد بال نبشی به ستون جوش می‌شود.




شکل ۴-۱- جزییات اتصال کشویی دیوار AAC به ستون



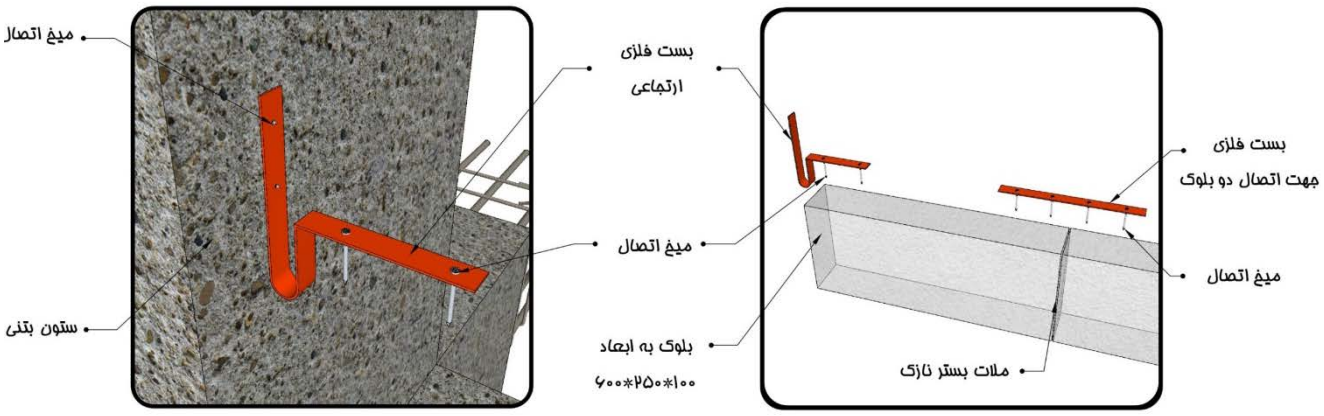

**شکل ۴-۳- جزییات اجرای دیوار AAC با استفاده از نبشی انتهایی**

### ۴-۲-۲- اتصال با بست‌های ارتجاعی

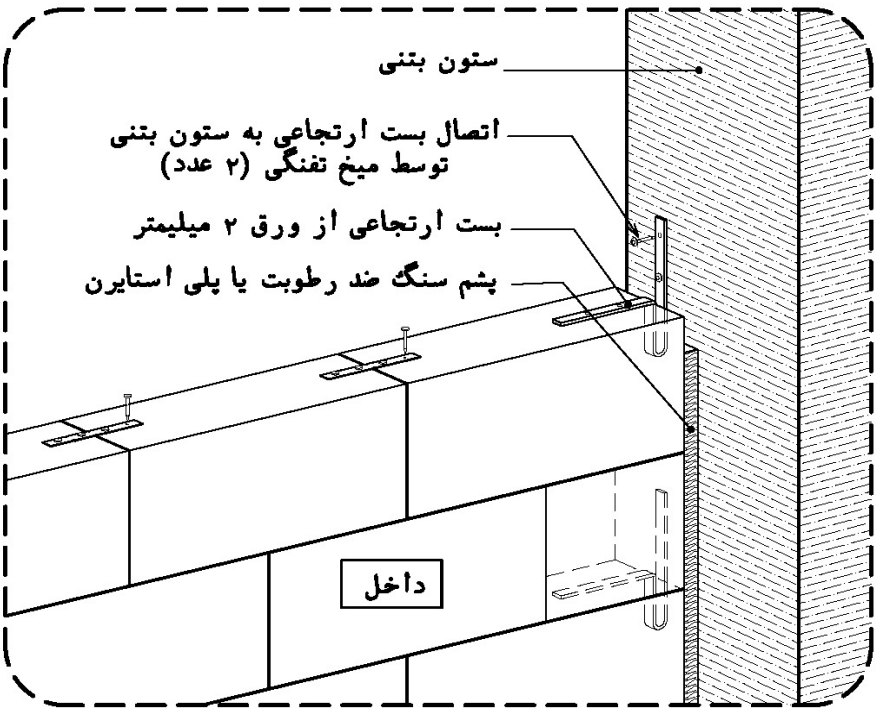
از جمله اتصالاتی که در موارد مشابه قابل توصیه است استفاده از اتصالات لغزشی برای مهار خارج از صفحه و در عین حال تامین آزادی حرکت در درون صفحه می‌باشد. در این حالت استفاده از نبشی‌های سرد نورد شده فولادی در طرفین دیوار که به نحو مناسب به ستون بتن آرمه یا ستون فولادی اتصال داده می‌شود توصیه می‌شود.

در خصوص اتصال فوق نکات زیر لازم به یادآوری است:

- در دیوارهای داخلی به ازای هر سه ردیف بلوک باید از یک بست ارتجاعی استفاده نمود.
- در دیوارهای خارجی به ازای هر دو ردیف بلوک باید از یک بست ارتجاعی استفاده نمود.
- استفاده از بست دارای خم خوردگی(ارتجاعی) جهت تامین امکان جابجایی محدود دیوار در راستای افقی ضروری بوده و اتصالات با قطعات به فرم نبشی متداول نمی‌تواند از ترک‌های ناشی از خمش و یا سایر تغییر شکل‌ها جلوگیری نماید.
- بست ارتجاعی مورد استفاده باید دارای حداقل عرض ۳۰ میلی متر، حداقل ضخامت ۲ میلی متر و حداقل طول ۲۰۰ میلی متر باشند.
- اتصال بست‌ها به ستون فولادی با جوش و به ستون بتونی با پیچ و رول پلاک انجام می‌شود.



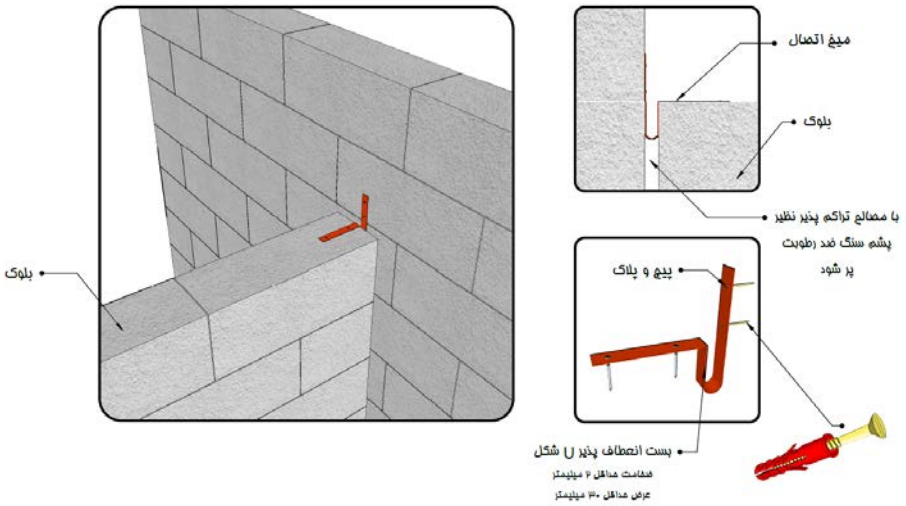

**شکل ۴-۳- اتصال دیوار AAC به ستون با استفاده از بست ارتجاعی**



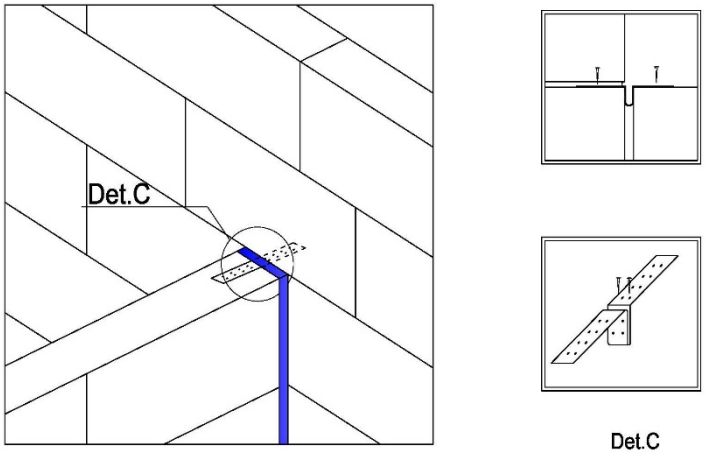

**شکل ۴-۴- جزییات اجرای بست انتهایی و بست های میانی در دیوار AAC**

## ۴-۳-اتصال دیوار به دیوار

در محل اتصال دیوارهای غیر سازه‌ای اگر چه در ادبیات فنی همواره توصیه می‌شود چفت و بست کافی در قطعات واحد بنایی دیوارهای متعامد ایجاد شود اما در اتصال دیوارهای AAC توصیه آن است که به دلیل امکان بروز تنش‌های کششی در درون صفحه دیوارهای متعامد، از بست‌های فلزی مشابه آنچه در مورد اتصال به ستون به کار برده شد (شکل ۴-۵) و یا شکل بست ارائه شده در شکل ( ۴-۶) استفاده شود.




**شکل ۴-۵- جزییات اتصال دیوار به دیوار با استفاده از بست ارتجاعی**



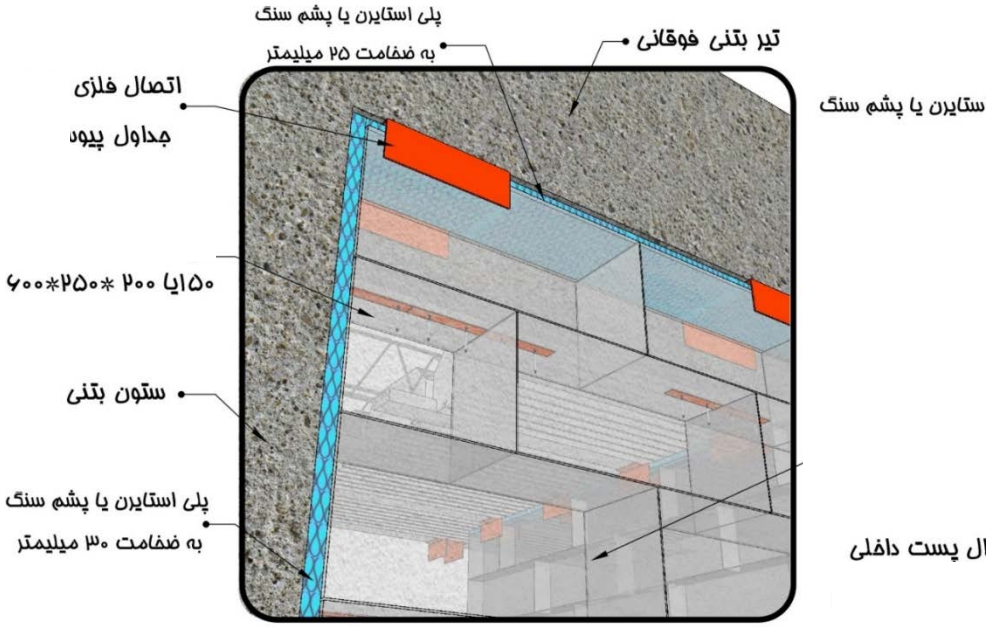

شکل ۴-۶- نمونه دیگری از جزییات پیشنهادی اتصال دیوار به دیوار

## ۴-۴-اتصال دیوار به زیر سقف

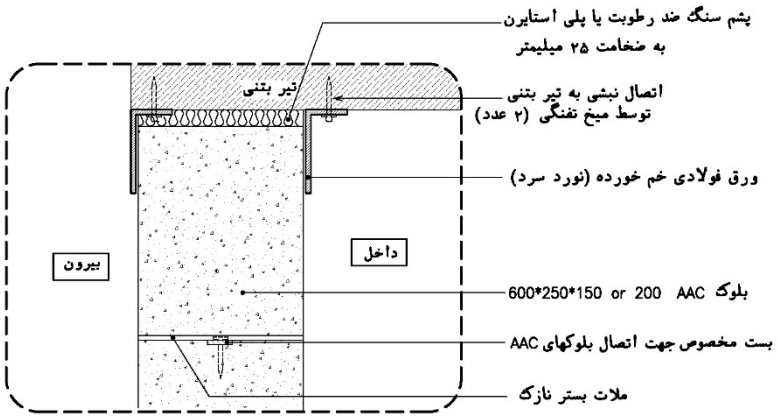
اتصال دیوار به زیر سقف می‌تواند به صورت اتصال لغزشی یا اساساً بدون اتصال مستقیم دیوار به سقف و با استفاده از مهار خارج از صفحه دیوار با نبشی اجرا شود. انتخاب نوع اتصال بستگی به وضعیت پانلی دارد که بین قطعات قائم شامل ستون، دیوار و یا وادار مهار شده است. چنانچه بر اساس نوع سقف امکان پیش بینی اتصالات مناسب لغزشی بالای دیوار نباشد در صورت ایجاد وادار در فواصل مناسب که مطابق تحلیل دیوار حاصل می‌شود، می‌توان اتصال با عملکرد مکانیکی بین سقف و لبه فوقانی دیوار فراهم نمود. در این‌حالت حداقل فاصله بالای دیوار تا زیر سقف باید از خیز حداکثر سقف در امتداد دیوار بیشتر در نظر گرفته شود. اتصال دیوار به سقف در بالا به طرق زیر امکان‌پذیر است:

### ۴-۴-۱- اتصال کشویی با استفاده از نبشی

لبه بالایی دیوار را می‌توان با استفاده از دو نبشی که به طریق مناسب به سقف سازه متصل می‌شود مهار نمود. نبشی‌ها نباید به بلوک‌های AAC پیچ یا میخ شوند. با این اتصال امکان حرکت آزادانه دیوار در درون صفحه وجود دارد و در اثر انقباض، جابجایی نسبی طبقه و سایر عوامل تنشی در دیوار ایجاد نمی‌شود و لذا آزادانه خیز داده و اتصالی با دیوار پیدا ننماید. نبشی‌ها به ترتیب ابتدا در یک سمت اجرا و پس از دیوارچینی و قرارگیری بالاترین بلوک دیوار، نبشی دوم متصل می‌شود. در شکل (۴-۷) حالت اجرای دیوار پیرامونی نمایش داده شده است. این جداسازی مانع از ایجاد ترک در دیوار بر اثر تغییر شکل تیر سقف می‌شود. فاصله بالای دیوار تا سقف باید برابر با حداکثر مقدار ۲٫۵ سانتی‌متر یا خیز تیر باشد.




الف- تصویر سه بعدی

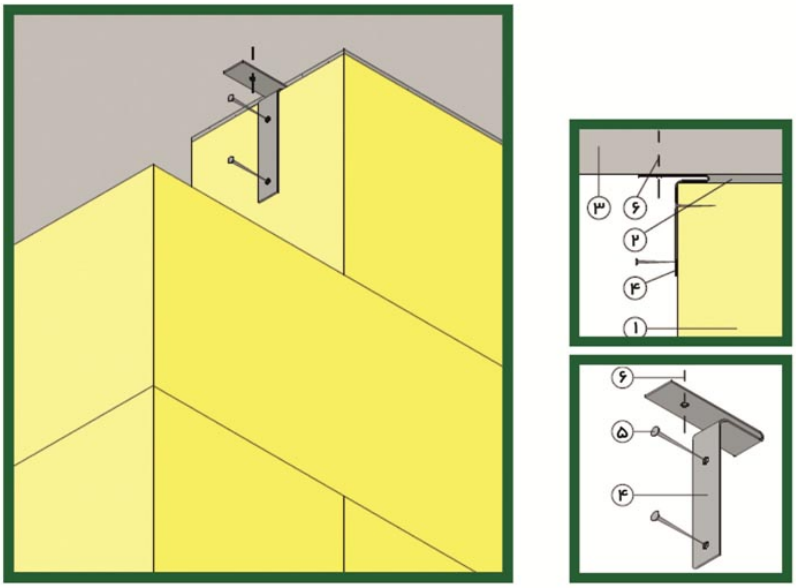



ب- برش دیوار در محل اتصال به سقف

شکل ۴-۷- جزییات اتصال کشوئی دیوار خارجی از طریق نبشی به سقف سازه

### ۴-۴-۲- اتصال با بست ارتجاعی

یک روش دیگر اتصال به سقف استفاده از بست ارتجاعی مشابه بست اتصال دیوار به ستون برای اتصال و مهار خارج از صفحه دیوار به سقف مطابق شکل( ۴-۸) است.




۱- دیوار AAC
۲- مصالح تراکم پذیر به ضخامت حداکثر خیز دراز مدت تیر یا سقف ( حداقل ۲۵ میلی متر)
۳-سقف
۴-بست ارتجاعی
۵-میخ
۶- متصل کننده به سقف

**شکل ۴-۷- جزییات اتصال کشوئی دیوار خارجی از طریق بست ارتجاعی به سقف سازه**

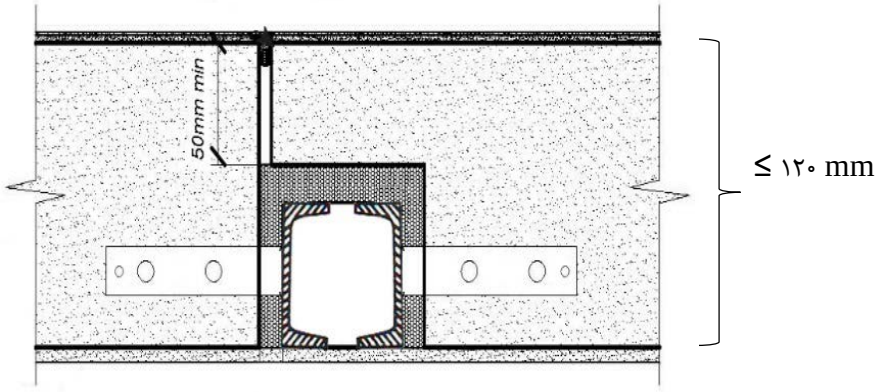
### ۴-۵- اتصال به وادارها

مطابق پیوست ششم آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله ( ضوابط طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای معماری) اجزای غیر سازه‌ای و تکیه‌گاه‌های آنها باید به گونه‌ای به سازه مهار شوند که بتوانند نیروهای جزء غیر سازه‌ای را به سازه منتقل کنند و تغییر شکل‌های ایجاد شده در آنها را پذیرا باشند. مسیر انتقال بار در این اجزا باید دارای مقاومت و سختی کافی بوده و محل اتصال به سازه توانایی تحمل اثر موضعی بارها را داشته باشد. استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی و نظایر آنها مجاز است ولی نباید از مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی استفاده شود. بر اساس این بند پانل‌های دیوار از نوع AAC با توجه به بارهای وارده و شرایط لبه‌های پانل در بالا (زیر سقف) و دو لبه قائم دو طرف پانل و شرایط مرزی زیر (روی کف) کنترل شوند و بر این اساس طول قابل مهار پانل محاسبه شود. فواصل وادارها را می‌توان بر پایه محاسبه ظرفیت خمشی پانل دیوار با فرض شرایط تکیه‌گاهی لبه‌ها و با اعمال بار وارد بر دیوار تعیین نمود. باید توجه نمود در

تعریف شرایط تکیه‌گاهی جزییات ارایه شده در فصل اتصالات با شرایط مفصلی باید مدل شود و چنانچه دیوار به زیر سقف و یا اعضای قائم مثل ستون و یا دیوار اتصالی ندارد باید با شرایط آزاد مدل گردد.

اجرای وادار شامل مراحل زیر است:

- ابتدا محل ورق‌های اتصال به کف و سقف مطابق با محل پیش بینی شده در نقشه‌ها مشخص می‌شود.
- پس از نصب ورق‌های اتصال، وادار فلزی به ورق پایینی و ورق بالایی جوش داده می‌شود.
- در یک طرف، بلوک به صورت کامل و در طرف دیگر جای وادار از داخل بلوک توسط اره ایجاد می‌شود.
- پس از قرارگیری بلوک‌ها توسط بست ارتجاعی (رجوع شود به بخش Wall Connection) بلوک‌ها در هر دو یا سه ردیف به وادار متصل می‌گردند.
- باید توجه داشت که فاصله‌ی زیاد یا حفره بزرگی در محل اتصال باقی نماند.




**شکل ۴-۸- جزییات اتصال دیوار به وادار**

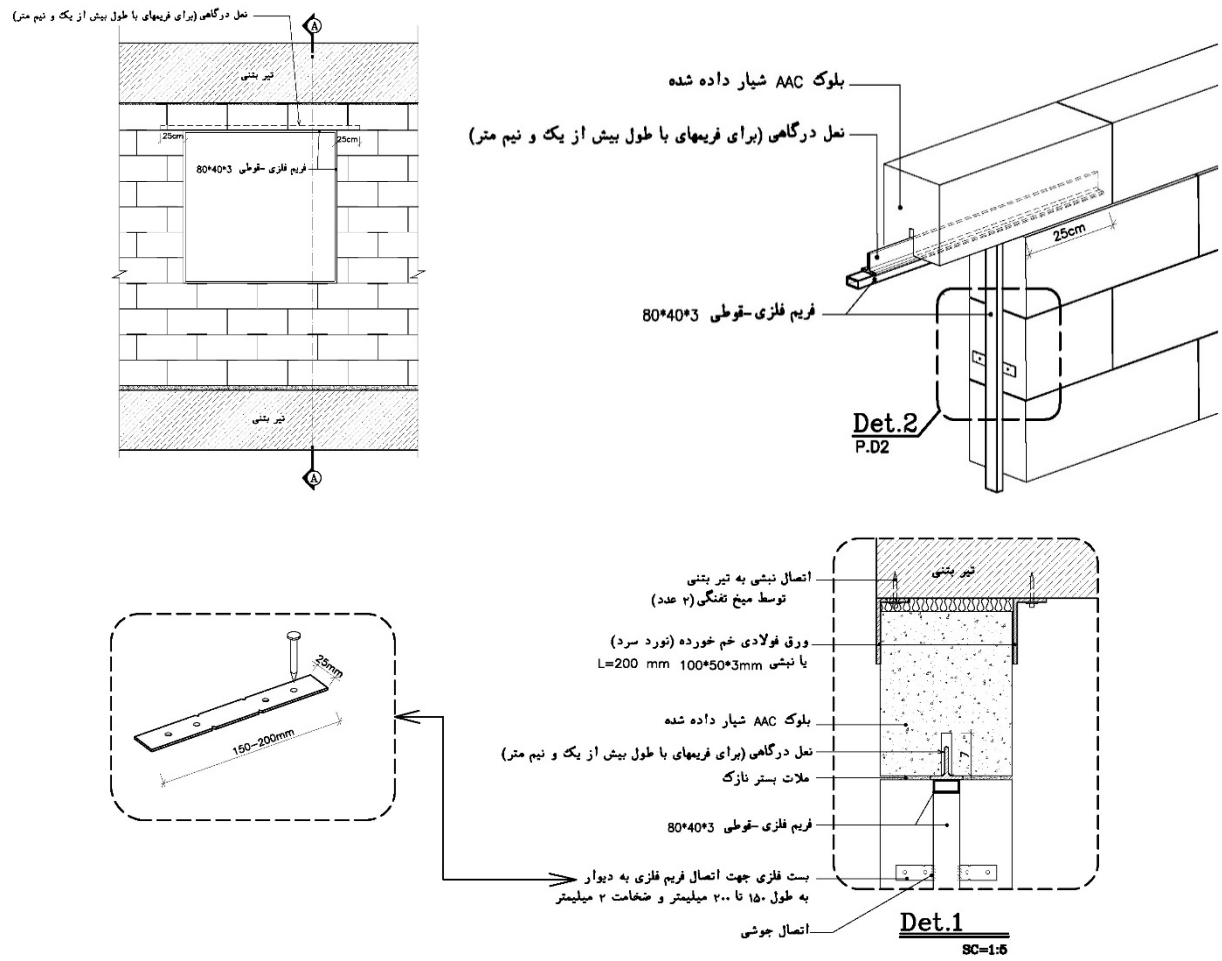
## ۴-۶- اجرای نعل درگاه و نصب پنجره

در شرایطی که دیوارهای AAC پیرامونی شامل درب یا پنجره باشند، اولاً اجرای نعل درگاه و ثانیاً نصب پنجره یا در باید با رعایت جزئیات زیر انجام شود. برای باز شوهای بزرگتر از ۲٫۵ متر، مطابق با آئین‌نامه ۲۸۰۰ نیاز به اجرای کلاف افقی و قائم در کنار بازشو می‌باشد.

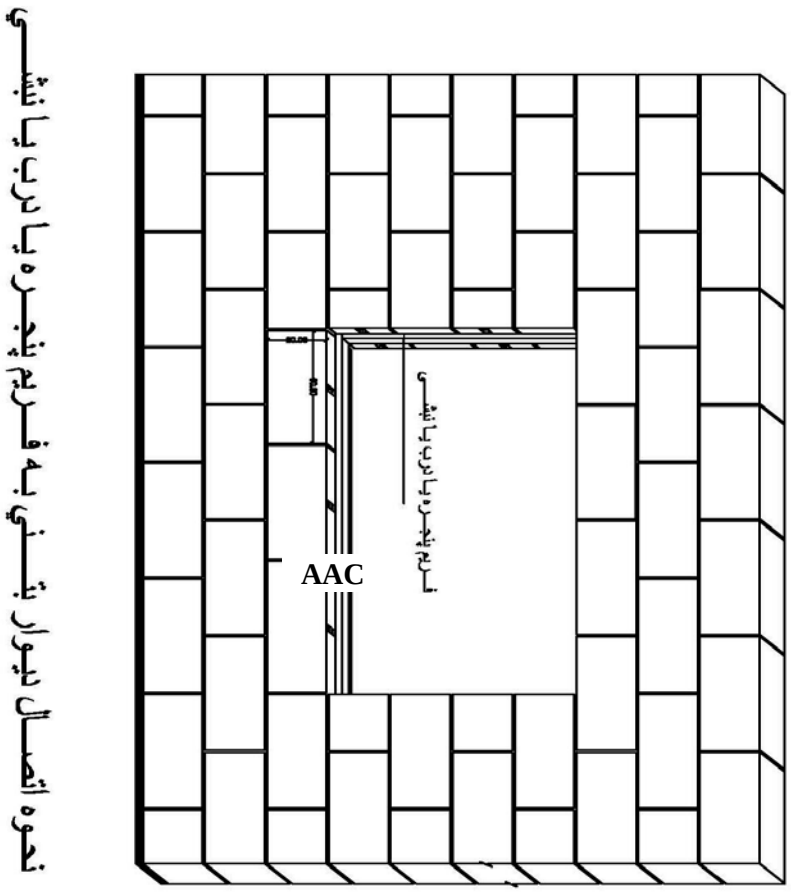
## ۴-۷- اتصال وادارهای نگهدارنده دیوارهای AAC به قاب

به منظور حصول عملکرد لرزه‌ای مناسب توسط دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های AAC جزئیات زیر برای اتصال وادارهای نگهدارنده ارائه می شود. لازم به ذکر است به منظور تامین حرکت جانبی داخل صفحه دیوارها، مجموعه دیوار و

وادار باید از آزادی در حرکت جانبی برخوردار باشـــند و در طرح دوم، وادار در برابر حرکت جانبی مقید شـــده و به دیوار اجازه حرکت داده می‌شود. روش دوم فقط برای وادارهای انتهایی در دیوارهای خارج از قاب مجاز می‌باشد.




**شکل ۴-۹- جزییات بازشو در دیوار AAC**




نحوه اتصال دیوار بتنی به فریم پنجره یا درب یا نبشی

با توجه به ابعاد بلوکها بهر اتصال یکواخت ودرن بلوکها به ردیفهای زیرین رعایت موارد زیر الزامی می باشد:

۱- در ساخت دیوارها ، بندهای قائم در دو رگ متوالی نباید در یک امتداد باشد و حد المقدور سعی شود بندهای قائم هررگ در وسط بلوکهای زیرین قرار گیرد.

۲- در ساخت دیوارهای امتداد رگ ها کاملا افقی باشد

۳- دیوار چینی باید شاقول باشد.

۴- حداقل ضخامت چسب بلوک یا ملات خشک 3mm است.

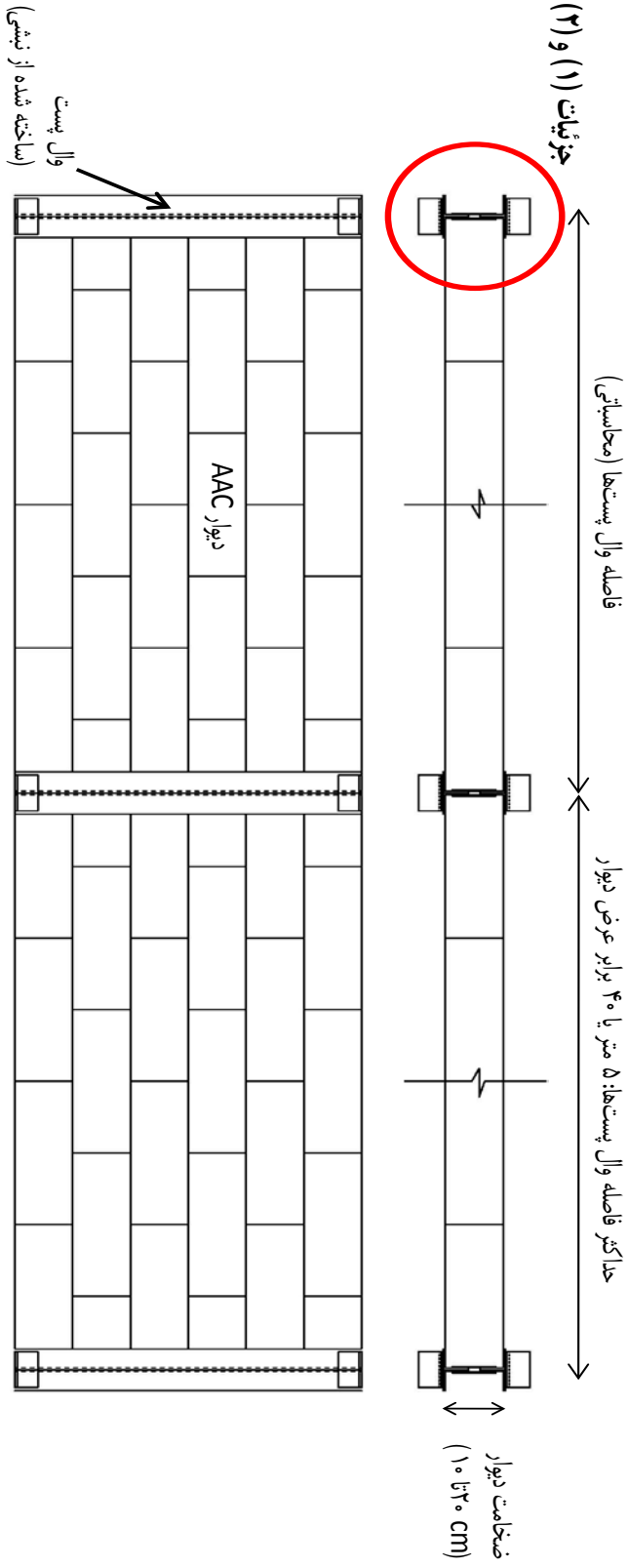
توضیح:

الف) قبل از شروع به کار کروم بندی به ضخامت حداکثر 5 سانتی متر لازم است.

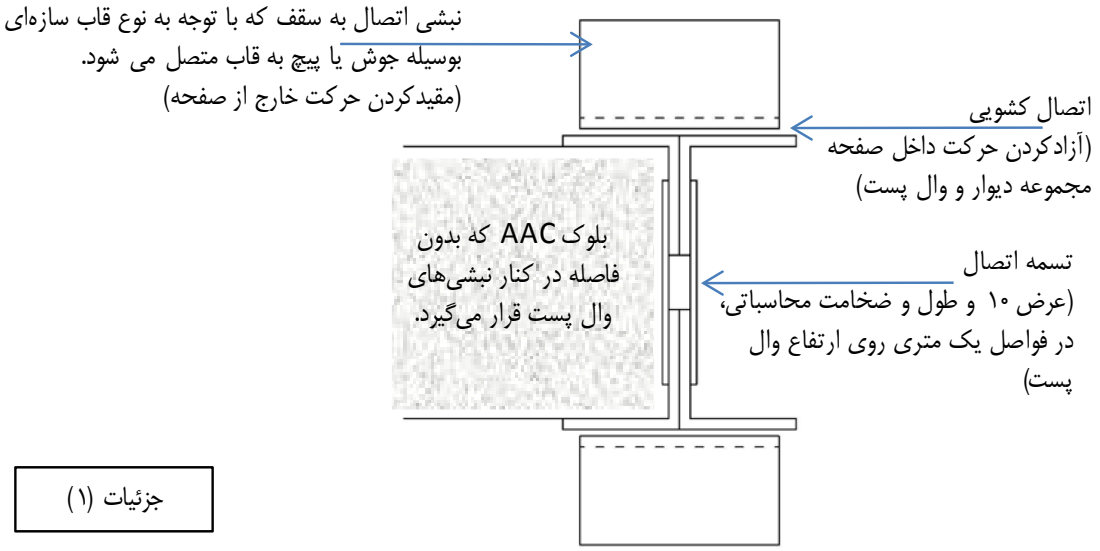
ب) در صورت استفاده از ملات ماسه و سیمان از ماسه ریز یا ملات آماده استفاده گردد.

۵- انتهای آزاد دیوارهای داخلی طبق آیین نامه 2800 و ضابطه 729 باید توسط وال پست بسته شود.

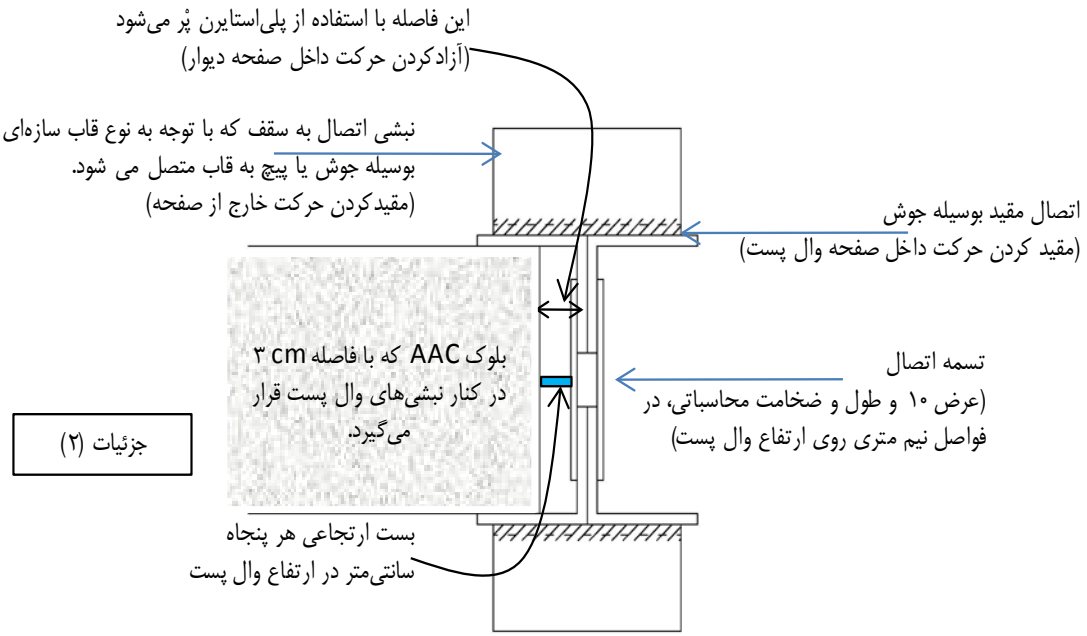
شکل ۴-۱۰- جزییات نصب قاب پنجره بر روی دیوار AAC




**شکل ۴-۱۱- جزییات اتصال وادارهای نگهدارنده دیوار AAC**




**شکل ۴-۱۲- تامین آزادی حرکت جانبی برای مجموعه دیوار و وادار**



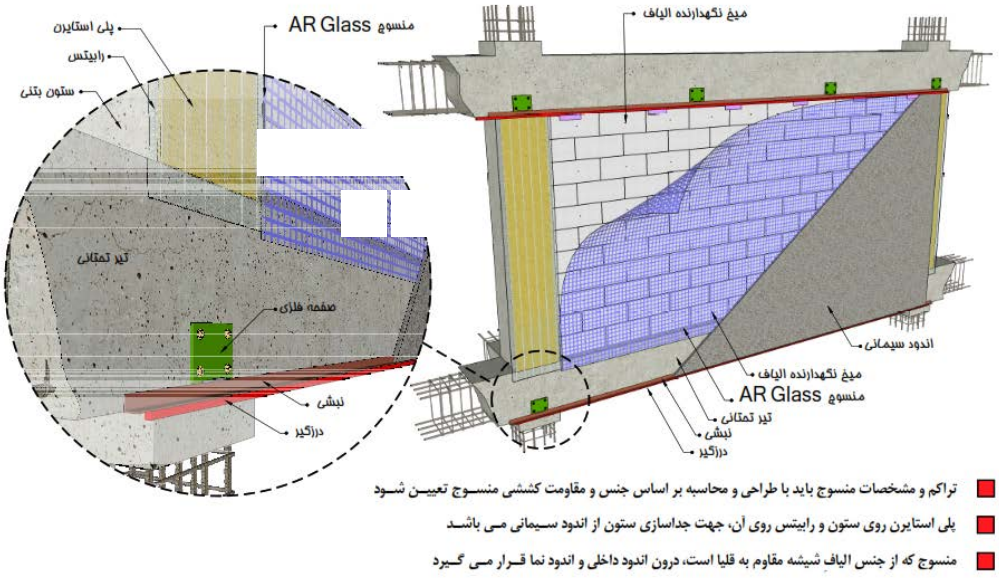

**شکل ۴-۱۳- تامین آزادی حرکت جانبی برای دیوار به تنهایی**

## ۴-۸-اتصال دیوار به سقف در نمونه‌های تقویت شده با مش الیاف

در شرایطی که دیوار AAC با الیاف تقویت شده باشد، جزئیات زیر برای اتصال دیوار به سقف پیشنهاد می شود. در این شرایط، در صورتیکه نازک‌کاری روی دیوار از جنس سیمان انتخاب شده باشد، الیاف ARGlass مناسب بوده و در صورتی‌که نازک‌کاری از جنس گچ منظور شده باشد، استفاده از الیاف E-Glass مجاز می‌باشد. در هر دو صورت، مقدار

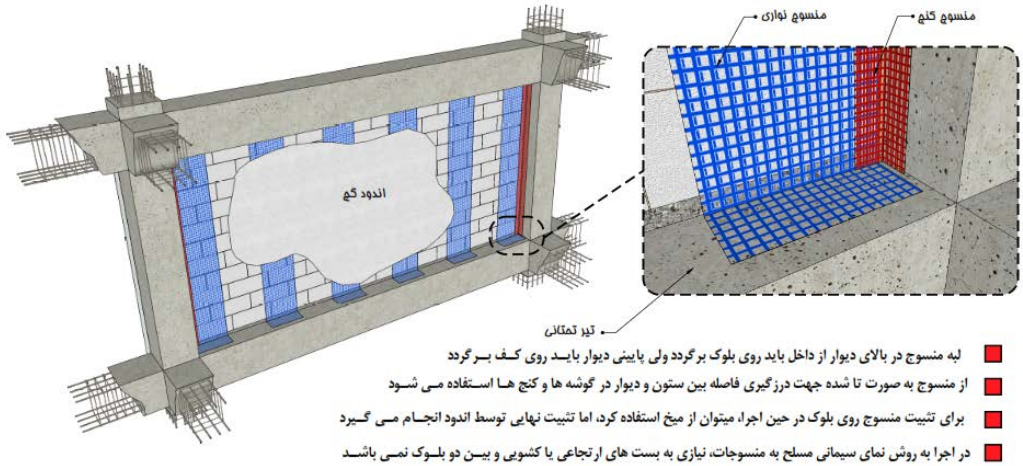
الیاف مورد نیاز با توجه به م شخ صات آنها و ارتفاع دیوار و موقعیت دیوار باید طراحی شود. جزییات این روش در شکل های ۴-۱۴ الی ۴-۱۶ برای دیوارهای خارجی و داخلی ارائه شده است.

**جزئیات نمای TRC ( نمای سیمانی مسلح شده با منسوجات ) روی بلوک AACبرای دیوار رو به گـذر**
**( نمای دیوار بیرونی و جزئیات اتصال نبشی جهت نشیمن و جداسازی نمای سیمانی)**




- تراکم و مشخصات منسوج باید با طراحی و محاسبه بر اساس جنس و مقاومت کششی منسـوج تعییـن شـود
- پلی استایرن روی ستون و رابیتس روی آن، جهت جداسازی ستون از اندود سـیمانی مـی باشـد
- منسوج که از جنس الیاف شیشه مقاوم به قلیا است، درون اندود داخلی و اندود نما قـرار مـی گـیرد

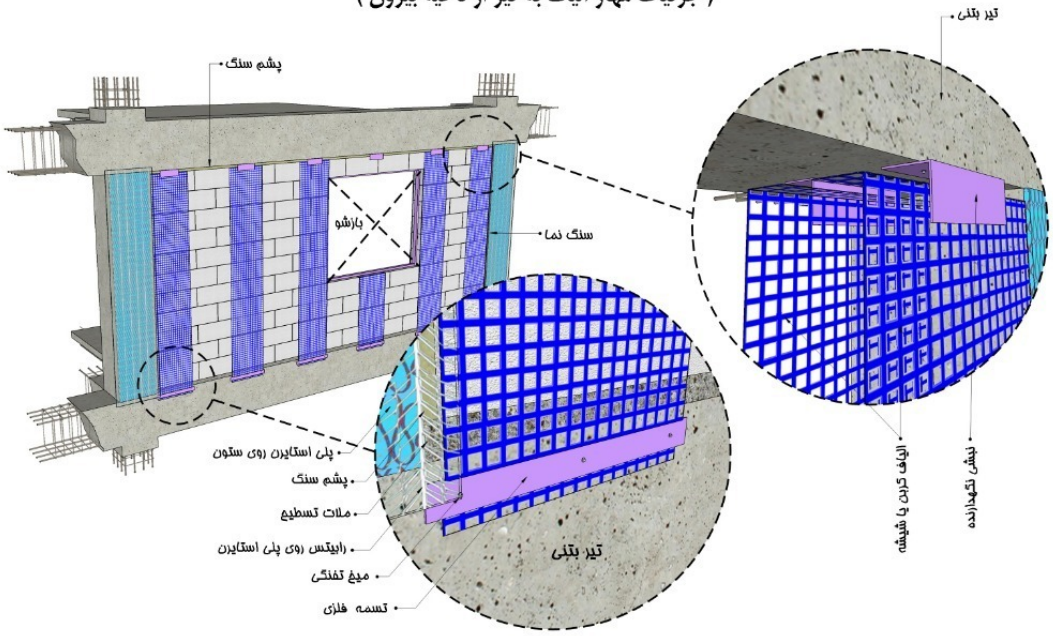
**جزئیات نمای TRC ( نمای سیمانی مسلح شده با منسوجات ) روی بلوک AACبرای دیوار رو به گـذر**
**(نمای درونی و اندود گچ و جزئیات اتصال منسوج روی کف و کنج)**



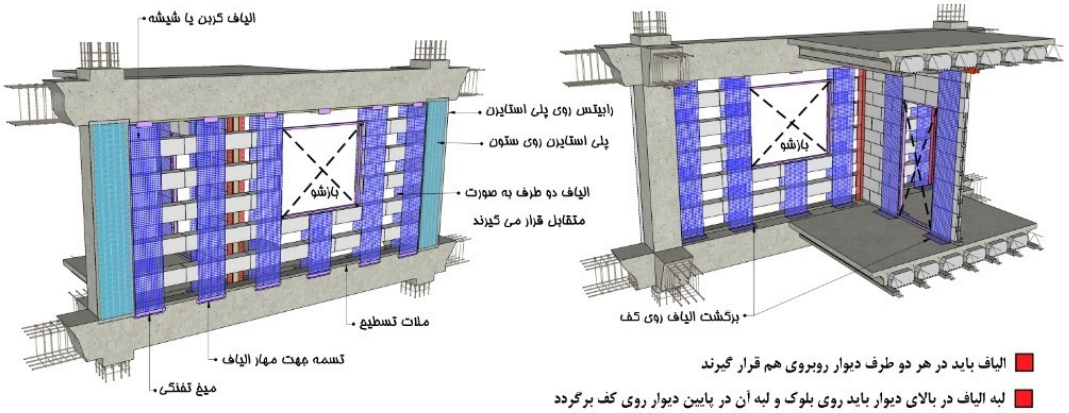

- لبه منسوج در بالای دیوار از داخل باید روی بلوک برگردد ولی پایینی دیوار بایـد روی کـف بـرگردد
- از منسوج به صورت تا شده جهت درزگیری فاصله بین ستون و دیوار در گوشه ها و کنج هـا اسـتفاده مـی شـود
- برای تثبیت منسوج روی بلوک در حین اجرا، میتوان از میخ استفاده کرد، اما تثبیت نهایی توسط اندود انجـام مـی گـیرد
- در اجرا به روش نمای سیمانی مسلح به منسوجات، نیازی به بست های ارتجاعی یا کشویی و بیـن دو بلـوک نمـی باشـد
- تراکم و مشخصات منسوج باید با طراحی و محاسبه بر اساس جنس و مقاومت کششی منسـوج تعییـن شـود
- برای جلوگیری از ترک، و مهار منسوج در نمای بیرونی ، نیاز به تسمه نگهدارنده نیست اما در فضای داخل مهار منسوج به کـف تـیر متصـل مـی شـود
- در صورت نیاز می توان از یک لایه عایق سخت روی دیوار که با میخ و سر پلاستیکی به دیوار مهار میشود، اسـتفاده کـرد، و سـپس نمـای TRC روی آن اجـرا شـود

**شکل ۴-۱۴- جزئیات تسلیح دیوار خارجی با مش الیاف**

**جزئیات مهار دیوار با الیاف کربن یا شیشه روی بلوک AAC برای دیوار پیرامونی و داخلی دارای بازشو**
**( جزئیات مهار الیاف به تیر از ناحیه بیرون )**



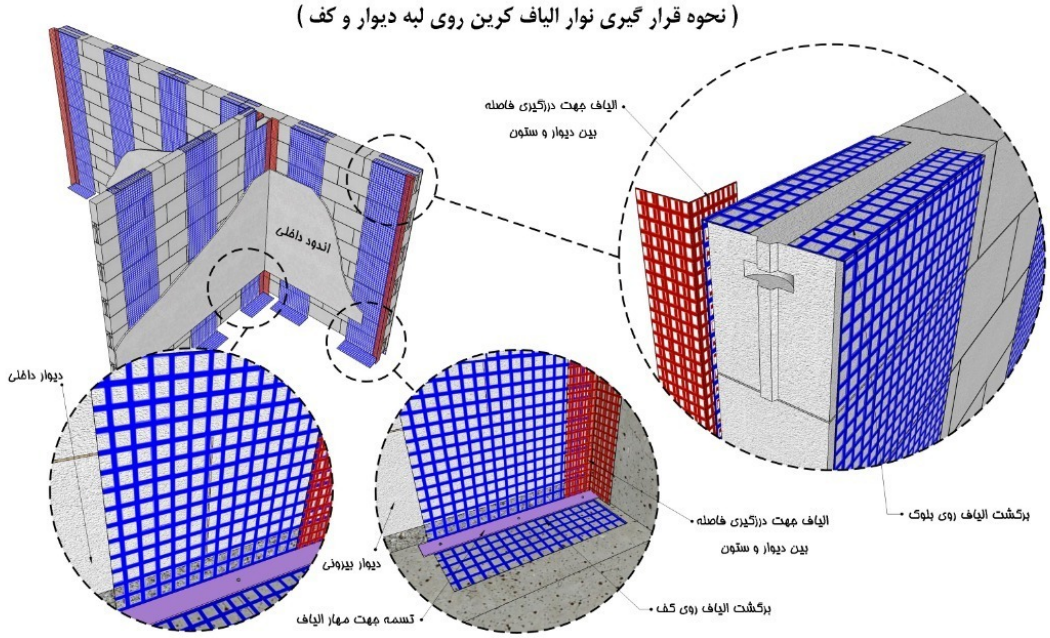

**جزئیات مهار دیوار با الیاف کربن یا شیشه روی بلوک AAC برای دیوار پیرامونی و داخلی دارای بازشو**
**(نحوه قرار گیری متقابل نوار الیاف نسبت به هم و استقرار در لبه بازشو)**



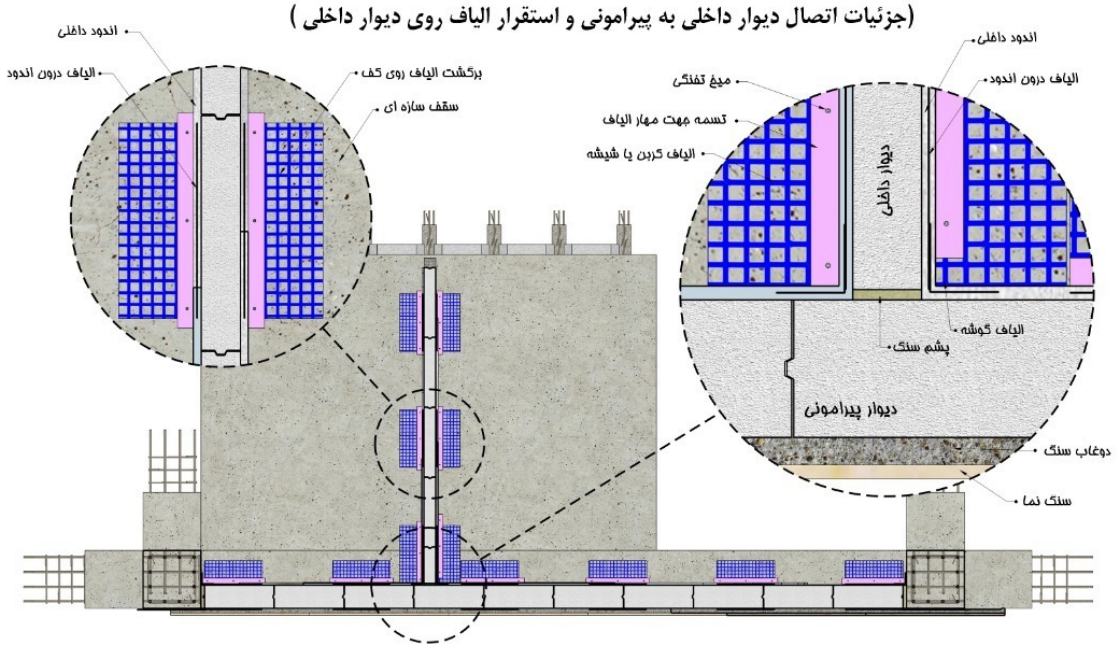

- الیاف باید در هر دو طرف دیوار روبروی هم قرار گیرند
- لبه الیاف در بالای دیوار باید روی بلوک و لبه آن در پایین دیوار روی کف برگردد
- در دیوارهایی که بازشو وجود دارد، در طرفین لبه بازشو، باید الیاف قرار گیرد
- برای تثبیت الیاف روی بلوک در حین اجرا، میتوان از میخ استفاده کرد، اما تثبیت نهایی توسط اندود نازک کاری انجام می گیرد
- در اجرا به روش الیاف کربن یا شیشه، نیازی به بست های ارتجاعی یا کشویی و بین دو بلوک نمی باشد
- تراکم و مشخصات الیاف باید با طراحی و محاسبه بر اساس جنس و مقاومت کششی الیاف تعیین شود
- برای مهار الیاف در خارج و داخل، نیاز به تسمه هست، در فضای داخل مهار الیاف به کف و در نما به تیر متصل می شود
- از الیاف به صورت تا شده جهت درزگیری فاصله بین ستون و دیوار استفاده می شود

**شکل ۴-۱۵-جزییات مهار دیوار دارای بازشو با مش الیاف**

جزئیات مهار دیوار با الیاف کربن یا شیشه روی بلوک AAC برای دیوار پیرامونی و داخلی متصل به آن
( نحوه قرار گیری نوار الیاف کرین روی لبه دیوار و کف )




جزئیات مهار دیوار با الیاف کربن یا شیشه روی بلوک AAC برای دیوار پیرامونی و داخلی متصل به آن
(جزئیات اتصال دیوار داخلی به پیرامونی و استقرار الیاف روی دیوار داخلی )




شکل ۴-۱۶ جزییات مهار داخلی با مش الیاف

# فصل ۵

# جزئیات نصب نما

### ۵-۱-انواع سیستم نما

اجرای نماهای ساختمانی در دو قالب نماهای پرده‌ای (Curtain walls) و نماهای دیواره‌ای (Veneer walls) مرسوم است. در این بخش به معرفی جزئیات مرتبط با اجرای نماهای سنگی، آجری، سیمانی و سرامیکی بر روی دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های AAC که قابلیت اجرا در قالب نماهای دیواره‌ای (Veneer wall) را دارند پرداخته می‌شود. ضمناً، اجرای نماهای پرده‌ای بر روی این دیوارها باید با رعایت موارد مندرج در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها" صورت پذیرد.

### ۵-۲ اجرای نمای سنگی

سیستم نمای سنگی، دارای پنج بخش اصلی مرتبط به هم است که در هنگام طراحی سیستم پوشش باید مدنظر قرار گیرد:

الف) قطعات یا پانل‌های سنگی که پوشش نما هستند.

ب) مهار، که پوشش نما را به پشت‌بند متصل می‌کند.

پ) قاب‌های فرعی، که زمانی‌که مهار مستقیماً به ساختمان متصل نیست، به صورت واسط، نما را به سازه ساختمان متصل می‌کند.

ت) درزهای بین قطعات یا پانل‌های سنگی

ث) دیوار پشتیبان یا سازه اصلی ساختمان (بسته به نوع سیستم نما) که بارهای وارده به سنگ توسط مهارها یا چسباننده‌ها به آن انتقال داده می‌شود.

#### ۵-۲-۱- انواع سنگ‌های نما

از نظر زمین‌شناسی سنگ‌ها به سه دسته سنگ‌های رسوبی، سنگ‌های آذرین و سنگ‌های دگرگون تقسیم‌بندی می‌شوند که هر دسته نیز به نوبه خود برحسب خصوصیات سنگ شناسی و کانی شناسی، به دسته‌های کوچکتر تقسیم می‌شود. عمده سنگ‌های مورد استفاده در نما عبارتند از گرانیت (سنگ آذرین)، سنگ آهک، تراورتن و ماسه‌سنگ (سنگ رسوبی)، سنگ لوح، ماربل و کوارتزیت (سنگ دگرگون). مشخصات این سنگ‌ها به طور کامل در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور ارائه شده است.

### ۵-۲-۲ ویژگی‌ها و مشخصات فنی سنگ نما

برای نماسازی ساختمان‌ها باید از سنگ‌هایی استفاده کرد که مشخصات خاصی از نظر بافت، ظاهر، دوام، مقاومت در برابر شرایط جوی و مقاومت در برابر بارهای وارده برخوردار باشند. جزئیات مرتبط با این مشخصات به تفصیل در نشریه ۷۱۴ معرفی شده است.

### ۵-۲-۳ انواع مهار نمای سنگی

اجرای نمای سنگی پیش ساخته از لحاظ نوع مهار نما، در دسته بندی نمای دیوار پرده‌ای (Curtain wall) قرار می‌گیرد که جزئیات آن در نشریه ۷۱۴ در دسترس است. سایر حالات نصب مهار سنگی که در دسته بندی دیوار نما ( Veneer wall) قرار می‌گیرد، به شرح زیر برای اجرا در دیوارهای AAC درنظر گرفته می شود. در سیستم دیوار نما، نمای سنگی به دیوار پشتیبان مهار می شود. شیوه مهار دیوار نما به دیوار پشتیبان به دو طریق، به شرح زیر است:

الف-نمای سنگی چسبانده شده: نماهایی هستند که در آن از چسب یا ملات به همراه وسایل اتصال برای اتصال سنگ نما به دیوار پشتیبان استفاده می‌شود. وسایل اتصال به عنوان مهار نگهدارنده بوده و نقش باربری ندارند. در این حالت نقش ماده چسباننده، تنها مهار بار ثقلی بوده و به منظور تحمل بار جانبی باید مهار مناسب مکانیکی به کار برده شود.

ب-نمای سنگی مهارشده: نماهایی هستند که در آن از اجزای باربر یا سازه پشت‌بند برای اتصال سنگ نما به دیوار پشتیبان استفاده می‌شود و بار ثقلی و جانبی توسط مهار تحمل می‌شود. نوع مهار، شکل قرارگیری و تعداد آنها بستگی به عوامل زیر دارد:

۱) سنگ مورد استفاده

۲) ضخامت و سطح رویهٔ قطعات سنگ

۳)جنس دیوار خارجی

۴) بارهای وارد شده به هر مهار مانند بار مرده، بار چرخه‌ای یا ترکیبی از هر دو

جزئیات مرتبط با این سبک از اجرای نما در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه به تفصیل بحث شده است لذا در این بخش از ارائه آن صرفنظر می‌شود.

### ۵-۲-۴ انواع مهار در نمای سنگی چسبانده شده

#### ۵-۲-۴-۱ مهار پیش‌ساخته

میخ‌پرچ‌های صاف، مفتول‌های سیمی، پیچ‌ها یا میله‌های حدیده شده به عنوان مهارهای اتصال‌دهنده سنگ نما به بلوک های AAC قابل ا ستفاده ا ست. مهار در صفحه افقی یا قائم می‌تواند بارهای ثقلی و جانبی را تحمل کند. توجه شود که پس از کار گذاری میل مهار ملات پشت سنگ اجرا می شود. می‌توان از چسب‌های سازگار با سنگ همراه با این مهارها

استفاده نمود. هرچند اتکا به چسب، برای نگهداری سنگ به تنهایی مجاز نیست. در این حالت نیز ملات پشت سنگ در آخرین مرحله اجرا می‌شود.

### ۵-۲-۴-۲ مهارهای سیمی

مهارهای سیمی به کار رفته روی قطعات سنگ قائم تنها به منظور تحمل بارهای جانبی در نظر گرفته می‌شوند. وزن قطعات سنگی قائم باید توسط لبه[1]، نشیمن[2]، شکاف[3]، سایبان[4] یا لقمه پشتیبان بصورت جدا از گیره‌ها تحمل شود.

مهارهای سیمی همراه با ملات با پایه سیمان پرتلند می‌توانند جهت اتصال سنگ نما به دیوار خارجی AAC در سطوح خارجی استفاده شوند.

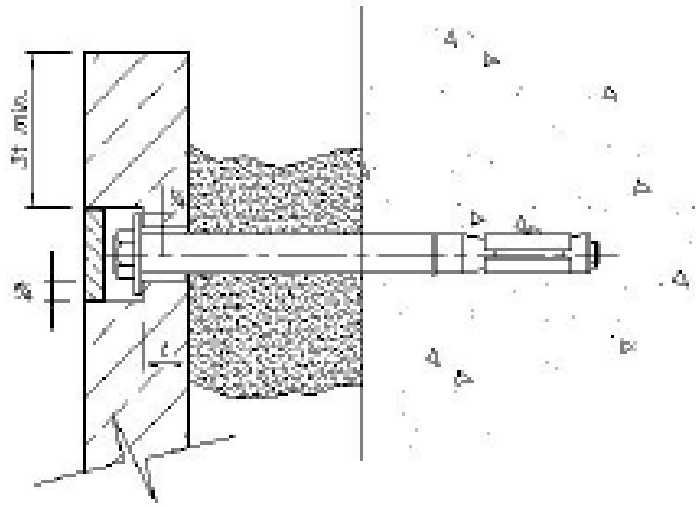
مهارهای سیمی می‌توانند به لبه‌های قطعات سنگ نما قلاب شوند یا در درون شیارهای متقاطع ایجاد شده در کنار یا پشت سنگ یا هردو پیچیده شوند. حلقه کردن بست‌های سیمی درون سوراخ‌های متقاطع پشت سنگ این امکان را فراهم می‌کند که مهارها پنهان بمانند. مهارهای سیمی باید یا به صورت قلاب در دیوار خارجی مهار شوند یا به صورت مکانیکی در درون پشت‌بند بسته شوند تا در نتیجه بتوان به عملکرد بصورت بست کششی اعتماد نمود. به منظور انتقال نیروی فشاری لازم است مابین سنگ و دیوار خارجی با ملات یا اندود پر شود. سوراخ مهارها نیز باید با اپوکسی یا ملات با پایه سیمان پرتلند پر شود. می‌توان از اندود در کاربری‌های داخلی برای محکم نگه داشتن سیم در داخل سنگ استفاده نمود. سنگ و مهارهای سیمی قبل از گیرش محل‌های ملات یا اندود باید تنظیم شود.

تعداد سیم‌ها باید حداقل ۲ و حداکثر ۴ عدد برای هر قطعه سنگ نما باشد. حداقل قطر توصیه شده برای سیم در نما ۲ میلی‌متر است.

### ۵-۲-۴-۳ مهارهای سطحی برای نماهای موجود فاقد مهار

مهارهای سطحی اساساً از نوع پیچی بوده و کاربرد اصلی آن‌ها به عنوان تقویت‌کننده برای سنگ‌هایی است که مهار آنها آسیب دیده یا نماهای اجرا شده که در کل فاقد مهار بوده‌اند. در این حالت یک فرورفتگی روی سطح سنگ ایجاد می‌شود که روی فرورفتگی با یک صفحه تزئینی به صورت نمایان در رویه خارجی سنگ، پوشانده می‌شود. داخل فرورفتگی یک پیچ تعبیه می‌شود که سنگ نما را به دیوار پشت‌بند متصل می‌کند. پیچ باید به صورت بازشونده باشد که اتصال مناسب با دیوار پشت‌بند برقرار سازد (شکل ۵-۱).

1 Ledge
2 Corbel
3 Slot
4 Shelf



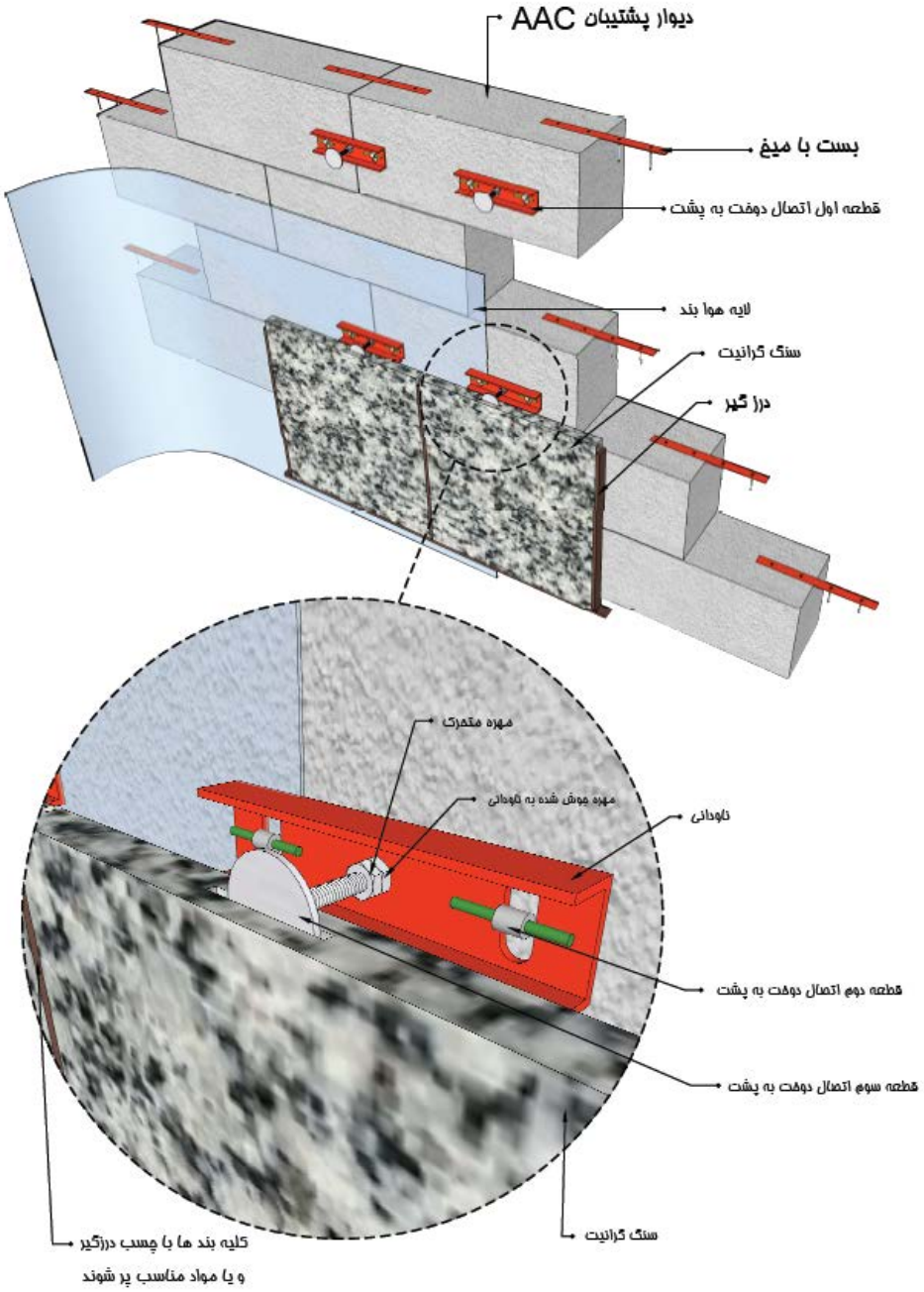
**شکل ۵-۱- مهار سطحی**

## ۵-۲-۵ جزئیات مهار در نمای سنگی مهار شده

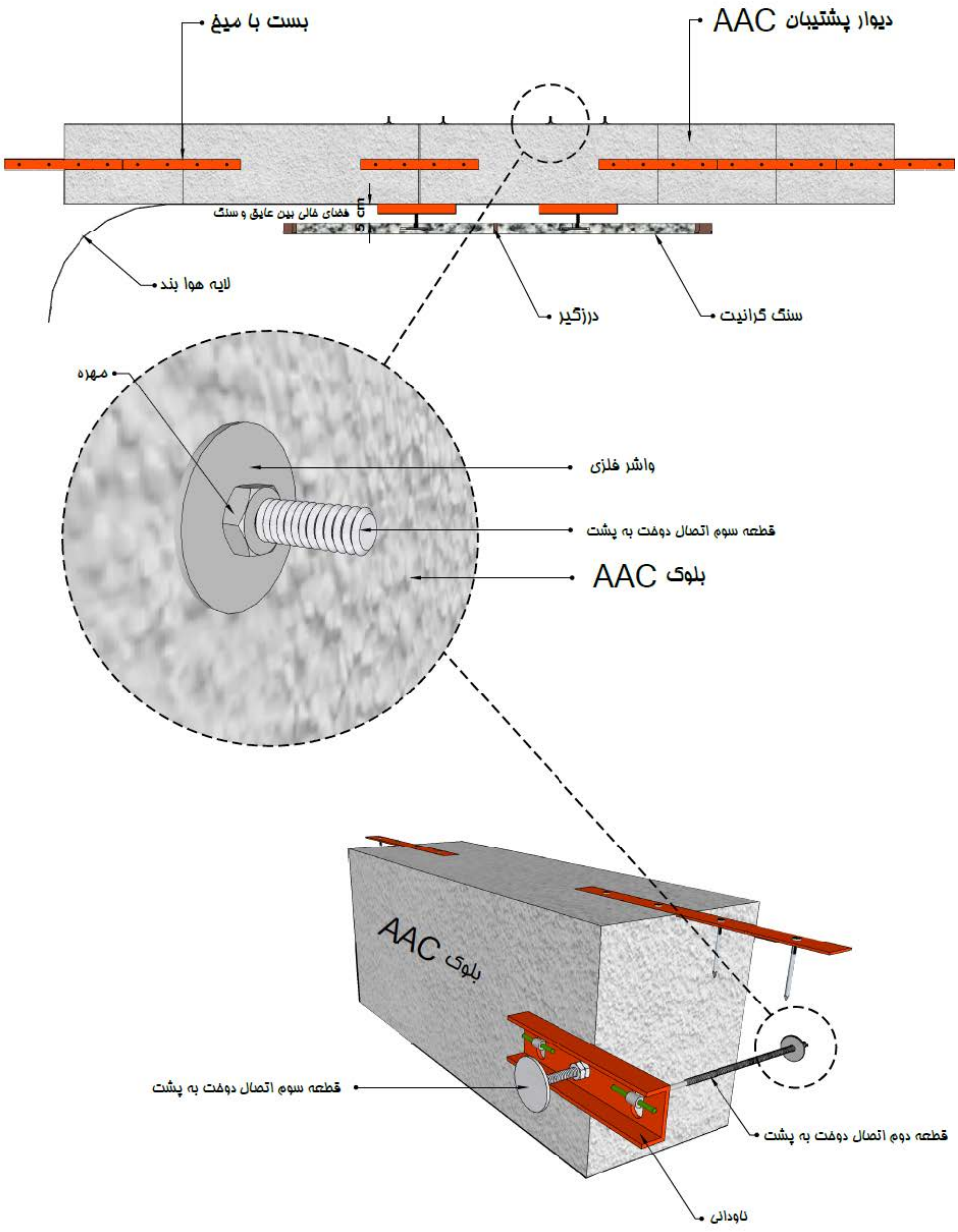
روش‌های متفاوتی برای اجرای مهار در نمای سنگی مهارشده وجود دارد. این جزئیات را می‌توان با رویکردهای زیر اجرا کرد:

- روش‌های نصب مستقیم، که در آن هر یک از سنگ‌های نما جهت تحمل بارهای ثقلی و جانبی به صورت مستقیم به دیوار پشتیبان متصل می‌شود. جزییات این روش در شکل های ۵-۱ الی ۵-۳ نمایش داده شده است.
- روش نصب قطعات سنگ نما به وسیله قطعات ناودانی شکل عمودی

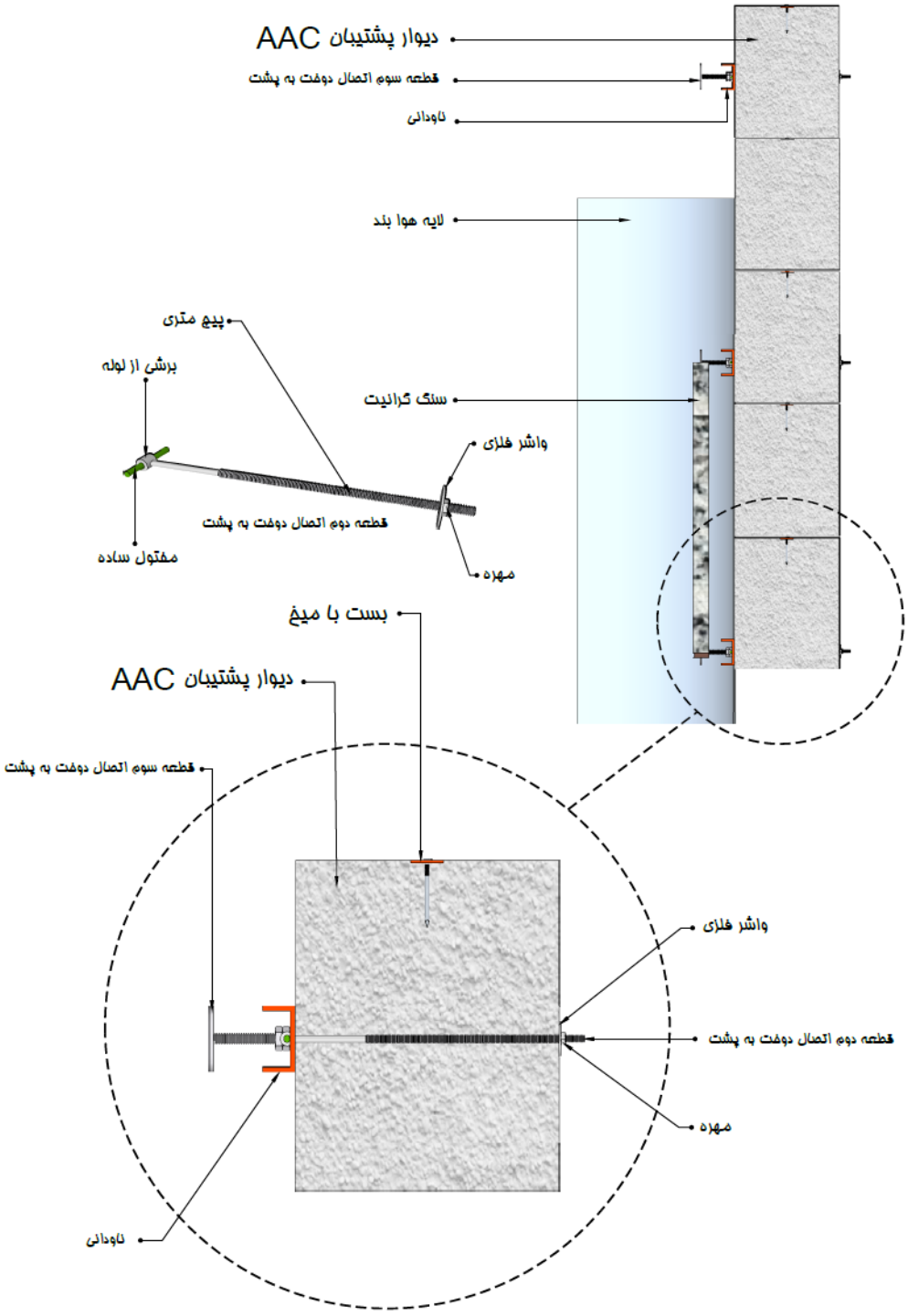
جزئیات و ملاحظات اجرایی مرتبط با هر یک از روش‌های مذکور به طور کامل در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور ارائه شده است. با توجه به اینکه دیوار AAC عایق حرارتی مناسبی می باشد عموما نیازی به اجرای عایق حرارتی جداگانه بین دیوار و نما در این نوع سیستم نمی باشد.




**شکل ۵-۱- نمای سه بعدی اجرای نمای سنگی خشک به صورت مستقیم بر روی دیوار AAC**



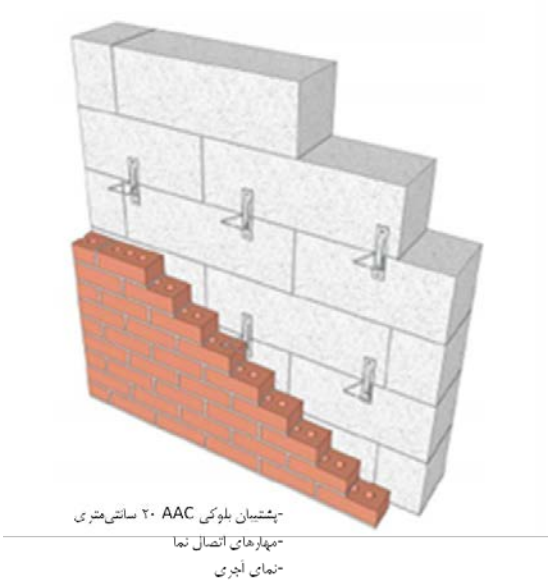

**شکل ۵-۱- جزییات اجرای نمای سنگی خشک به صورت مستقیم بر روی دیوار AAC**




شکل ۵-۳-نحوه اتصال قطعه دوخت نما به دیوار AAC

## ۵-۳- اجرای نمای آجری

نماهای آجری شامل دیوار آجری یک لایه، با ضخامت حداکثر ۱۰ سانتی‌متر، می‌باشند. دیوار پشتیبان که نمای آجری بر روی آن نصب می‌شود ممکن است باربر یا غیر باربر باشد. در ساختمان‌های حداکثر تا سه طبقه (۱۰ متر) دیوارهای پشتیبان می‌تواند باربر باشد در غیر این حالت دیوار پشتیبان غیرباربر است. نمایی از دیوارهای پشتیبان از نوع بتن مسلح یا AAC در شکل (۵-۴) نشان داده شده است. با توجه به اینکه دیوار AAC عایق حرارتی مناسبی می باشد عموما نیازی به اجرای عایق حرارتی جداگانه بین دیوار و نما در این نوع سیستم نمی باشد.




**شکل ۵-۴- اتصال نمای آجری به دیوار بلوک AAC**

آجرهای مورد استفاده در نمای ساختمانی به انواع آجر رسی، آجر ماسه آهکی، آجر مارنی و آجر بتنی تقسیم‌بندی می شوند که هر کدام از آنها می‌توانند به صورت توپر، سوراخ‌دار یا صفحات نازک (پلاک) باشند. رده‌بندی آجر بر اساس مقاومت آنها در مقابل چرخه‌های یخبندان و در دو دسته SW و MW تعریف می‌شود و قطعه نما باید براساس الزامات مورد نیاز انتخاب شود. جزیئات مربوط به این موضوع در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه ارائه شده است.

برای اجرای نمای آجری دو روش مهار شده و چسبانده مورد استفاده قرار می‌گیرد که جزئیات مربوط به آن در دیوارهای AAC به طور خلاصه در ادامه ارائه می‌شود.

### ۵-۳-۱- نماهای مهار شده

در این شرایط، واحدهای بنایی مورد استفاده باید حداقل ۶۷ میلی‌متر ضخامت داشته باشد. تکیه‌گاه ثقلی در این نما باید به نحوی انتخاب شود که وزن نمای بنایی مهار شده به شالوده بتنی منتقل شود. کنترل خیز قطعات مهار در برابر بارهای ثقلی ضروری است.

در نماهای بنایی که به پشت بندهای بتنی متصل می‌شوند، اتصال نما به نگهدارنده‌های بتنی باید به وسیله مهارهای قابل تنظیم انجام شود. حداکثر فاصله سطح داخلی نما و سطح خارجی نگهدارنده بتنی باید ۱۱۵ میلی‌متر باشد. حداقل فاصله ۲۵ میلی‌متر برای فضای هوا باید در نظر گرفته شود.

#### ۵-۳-۱-۱- تکیه‌گاه جانبی نماهای بنایی مهار شده

نمای آجری باید توسط بست‌هایی با ضوابط زیر به تکیه‌گاه مهار شود:

الف- ورق‌های فلزی کنگره‌دار

- ورق‌های فولادی کنگره‌دار باید حداقل ۲۲ میلی‌متر عرض و ۰٫۸ میلی‌متر ضخامت باشند و طول موج کنگره‌ها باید بین ۷٫۵ میلی‌متر تا ۱۲٫۵ میلی‌متر و ارتفاع آنها بین ۱٫۵ تا ۲٫۵ میلی‌متر باشد.

ورق‌های فولادی کنگره‌دار باید به صورت زیر در نمای بنایی مهار شده قرار گیرند:

ـــــ در دیوار با آجرهای توپر و توخالی ورق فولادی کنگره‌دار باید در داخل درز ملات نما یا دوغاب کار گذا شته شود به طوری که حداقل به مقدار ۳۸ میلی‌متر در داخل دیوار نما قرار دا شته با شد و حداقل دارای ۱۶ میلی‌متر پو شش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

ب- بست‌های شامل ورق‌های فلزی

- ورق های فلزی حداقل باید ۲۲ میلی‌متر عرض و ۱٫۵ میلی‌متر ضخامت داشته باشند و باید:

دارای کنگره‌هایی مطابق بند الف یا خمیده، بریده شده یا سوراخ شده با شند تا بتوانند عملکرد یک سانی در حالت‌های کشش و فشار داشته باشند.

- بست‌های شامل ورق‌های فلزی باید به صورت زیر در نمای بنایی مهار شده قرار گیرند.

- در دیوارهای با آجر توپر یا توخالی ورق فولادی کنگره‌دار باید در داخل درز ملات نما یا دوغاب کار گذاشته شود به طوری که حداقل به مقدار ۳۸ میلی‌متر در داخل نما قرار دا شته با شد و حداقل دارای ۱۶میلی‌متر پو شش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

ج- بست‌های مفتولی

-بست‌های مفتولی باید حداقل دارای قطر ۴ میلی‌متر بوده و در دو انتها خم شوند به طوری‌که طول خم‌شدگی حداقل برابر با ۵۰ میلی‌متر باشد.

-بست‌های مفتولی باید به صورت زیر در نماهای بنایی مهار شده قرار گیرند:

- در دیوارهای با آجر توپر یا توخالی، ورق فولادی کنگره‌دار، باید در داخل درز ملات نما با دوغاب کار گذاشته شود به طوری که حداقل به مقدار ۳۸ میلی‌متر در داخل نما قرار داشته باشد و حداقل دارای ۱۶میلی‌متر پوشش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

د- مسلح کننده درز ملات

-در درز ملات نماهای بنایی مهار شده استفاده از مسلح کننده نردبانی یا زبانه‌ای مجاز می‌باشد. مفتول‌های عرضی که به عنوان بست در نماهای بنایی مهار شده به کار می‌روند باید حداقل دارای قطر ۴ میلی‌متر باشند و حداکثر در فاصله ۴٫۵ میلی‌متر از یکدیگر قرار گیرند. مفتول‌های عرضی باید به مفتول‌های طولی با قطر ۴ میلی‌متر جوش شوند.

- مفتول‌های طولی باید در داخل درز ملات طوری قرار گیرند که حداقل از هر طرف ۱۶ میلی‌متر پوشش روی آنها وجود داشته باشد.

هـ- بست‌های تنظیم شونده

هـ -۱-ورق‌های فلزی و قطعات مفتول بست‌های تنظیم شونده باید الزامات این بند یا هـ -۲ را برآورده کنند. بست‌های تنظیم شونده با مسلح کننده‌های درز ملات نیز باید الزامات بند هـ -۳ را برآورده کنند.

هـ -۲-بست‌های تنظیم شونده باید دارای جزئیاتی باشند تا مانع ازهم گسیختن آنها شود.

هـ -۳- میله لولای بست‌ها باید حداقل دارای دو ساق یا مفتول به قطر ۴ میلی‌متر باشد و فاصله بین آنها نباید بیش از ۳۲ میلی‌متر باشد.

هـ -۴-بیشترین فاصله آزاد بین بخش‌های متصل شده بست‌ها باید ۱٫۶ میلی‌متر باشد.

هـ -۵-بست‌های تنظیم کننده‌ای که دارای مقاومت و سختی برابر با مقادیر مشخص شده در بندهای هـ-۱ تا هـ-۴ می‌باشد قابل استفاده در نماهای بنایی مهار شده می‌باشد.

هـ -۶-فاصله بست‌ها

هـ -۶-۱-بست‌های تنظیم شونده، بست‌های مفتولی با قطر ۴ میلی‌متر، ورق‌های فلزی کنگره‌دار ۰٫۸ میلی‌متر به ازای هر ۰٫۲۵ متر مربع از سطح دیوار باید حداقل یک عدد نصب شود.

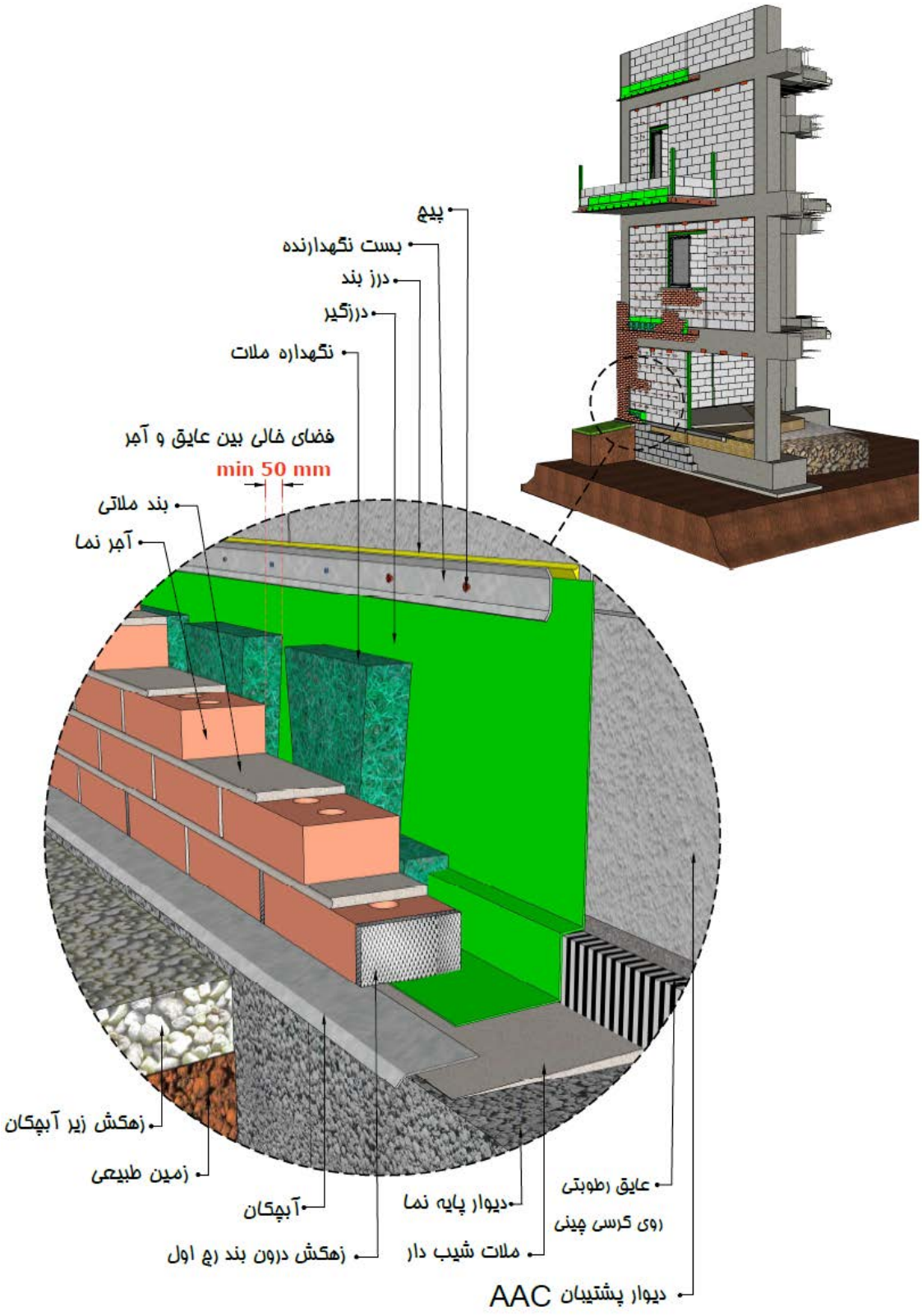
هـ -۶-۲-در سایر انواع بست‌ها باید به ازای هر ۰٫۳۳ متر مربع از دیوار حداقل یک بست نصب شود.

هـ -۶-۳-فاصله قائم و افقی بست‌ها نباید از مقادیر ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌متر بیشتر شود.

هـ -۶-۴-اطراف باز شوهای با ابعاد بزرگتر از ۴۰۰ میلی‌متر باید بست‌های تقویتی نصب شود. بست‌ها در اطرف محیط بازشو باید حدکثر دارای فاصله ۰٫۹ متر باشند. بست‌ها باید در فاصله ۳۰۰ میلی‌متر از بازشو قرار گیرند.

هـ -۷- ضخامت درز ملات باید حداقل دو برابر ضخامت بست مدفون شده در آن باشد.

جزییات اجرای نمای آجری مهار شده در شکل ۵-۵ ارائه شده است.




**شکل ۵-۵-نمای کلی اجرای نمای آجری بر روی دیوار AAC**

**۵-۳-۱-۲- الزامات لرزه‌ای**

با توجه به موقعیت قرارگیری پروژه‌های ساختمانی و مشخصات لرزه‌ای منطقه، ضروری است الزامات لرزه‌ای مورد اشاره در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور مورد توجه قرار گیرد.

**۵-۳-۲ نمای چسبانده شده**

الزامات زیر درخصوص این نما باید در نظر گرفته شود .

الف: بارها از نما به دیوار پشتیبان به وسیله اتصالات مکانیکی مناسب انتقال یابد.

ب: خمش خارج از صفحه برای جلوگیری از جدایی نما از دیوار پشتیبان باید محدود شود.

از جمله الزامات این نما می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

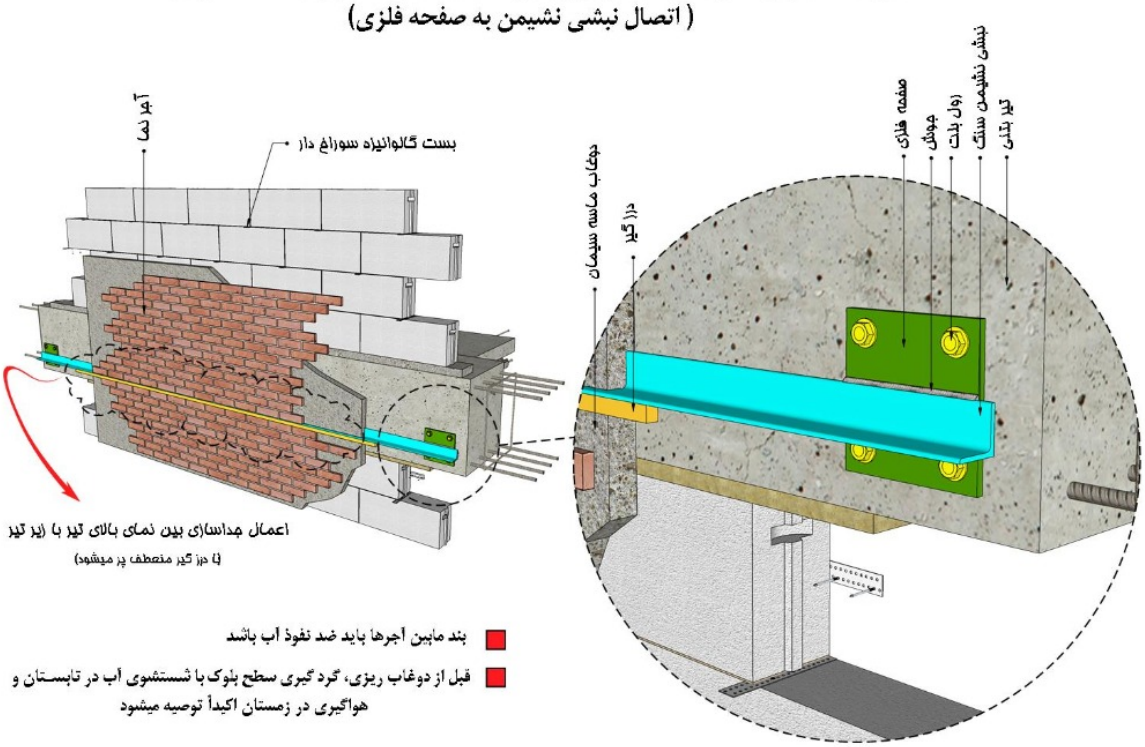
- ابعاد، ضخامت هر یک از واحدهای بنایی نمای چسبانده شده نباید بیشتر از ۶۵ میلی‌متر و هر کدام از ابعاد آن نباید بیشتر از ۹۰۰ میلی‌متر و مساحت آن نباید بیشتر از ۰/۴۵ متر مربع و وزن آن در واحد سطح نباید بیشتر از ۷۰۰ نیوتن بر متر مربع باشد.

- ابعاد دیوار، ارتفاع، طول و مساحت نماهای چسبیده به جز در مواردی که نیاز به کنترل تنش‌های بین نما و دیوار پشتیبان آن می‌باشد دارای محدودیت نمی‌باشند.

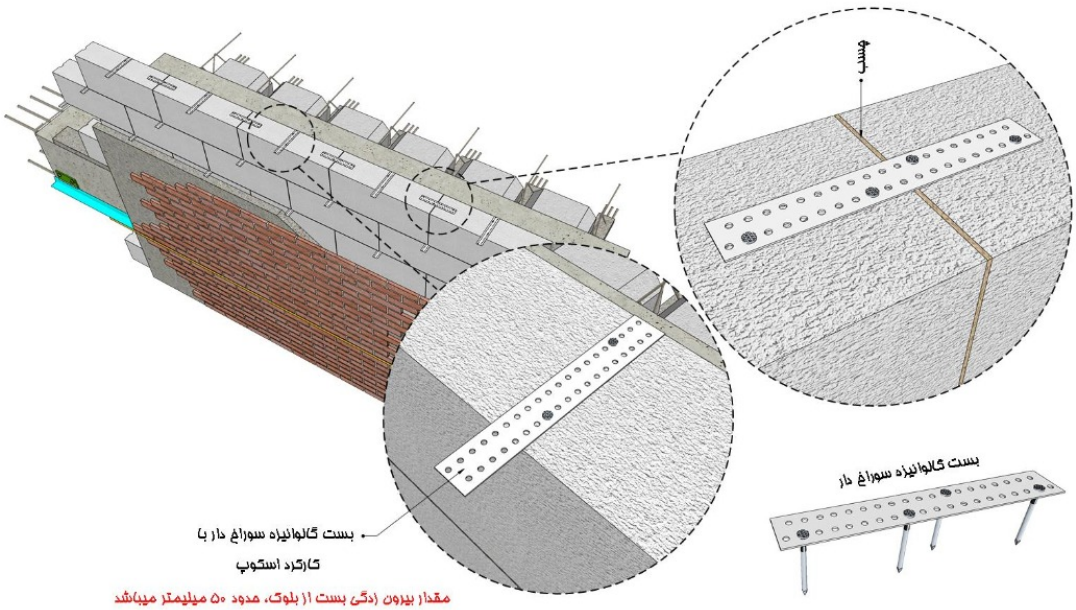
- دیوار پشتیبان باید سطحی پیوسته، مقاوم در برابر رطوبت برای چسباندن نما ایجاد نماید. پیش از نصب نما، یک لایه ملات سیمان پرتلند بر روی سطح دیوار پشتیبان اعمال می‌شود.

- جزییات اجرای این نما در شکل (۵-۶) ارائه شده است

جزئیات اجرای نمای آجر دوغابی روی بلوک AAC با اسکوپ بست گـالوانیزه
( اتصال نبشی نشیمن به صفحه فلزی)




جزئیات اجرای نمای آجر دوغابی روی بلوک AAC با اسکوپ بست گـالوانیزه
(اسکوپ با بست گالوانیزه سوراخ دار)

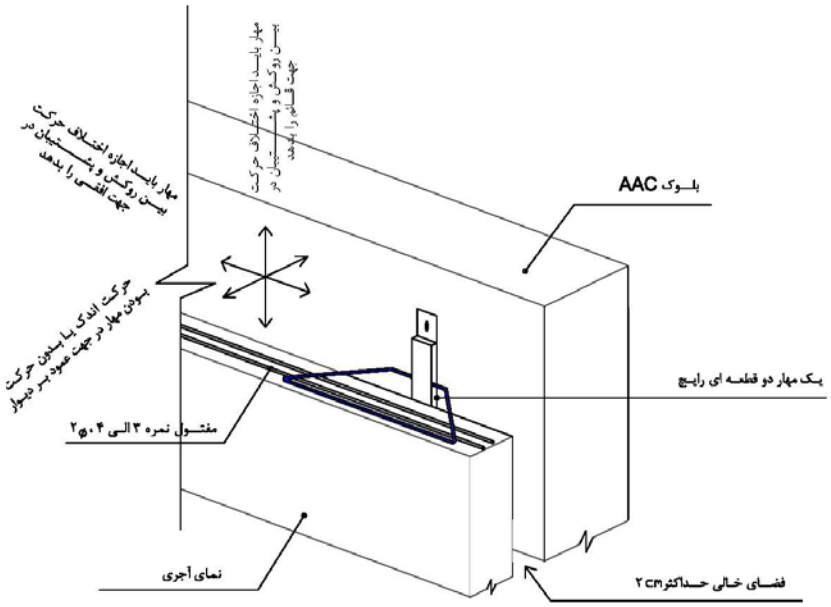



شکل ۵-۶- نمای چسبانده شده به دیوار پشتیبانAAC

## ۵-۳-۳ الزامات کلی اجرایی

### ۵-۳-۳-۱ اتصالات برای تحمل بار جانبی

در اتصال نما آجری به دیوار پشتیبان از گیره‌های فولادی استفاده می‌شود که نقش این گیره ها انتقال بار جانبی از نما به دیوار پشتیبان می‌باشد. به هنگام انتقال بار، بسته به اینکه دیوار تحت فشار یا مکش باشد، گیره‌های متصل کننده ممکن است تحت نیروی محوری فشاری و یا کششی قرار بگیرند. اتصالات باید از درجه صلبیت زیادی برخوردار باشند، به گونه‌ای که اجازه حرکت در صفحه عمود بر دیوار را نداشته باشند. به همین دلیل، از آنجایی که نما و دیوار پشتیبان هر دو به طور عادی دچار انبساط و انقباض متفاوتی در صفحه خود می‌باشند، طراحی اتصالات برای جابجایی‌های رو به بالا، پایین و جانبی باید با دقت زیادی انجام شود.

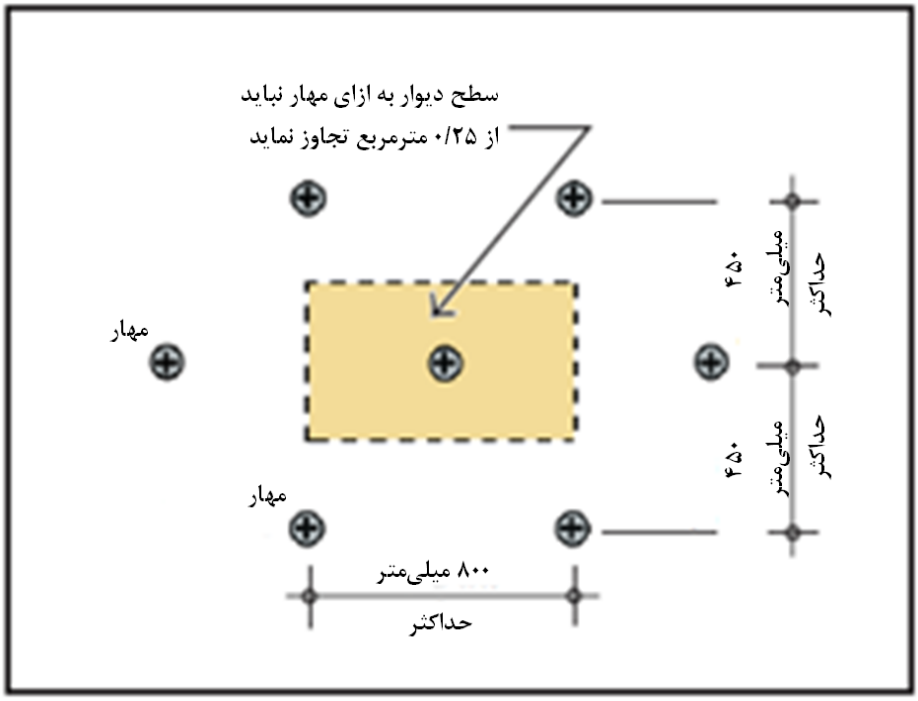



**شکل ۵-۷- تنظیم‌شوندگی مورد نیاز در جهت‌های مختلف بست دو تکه**

اجزایی که در اتصال نما آجری به دیوار استفاده می‌شوند، شامل دو قطعه متصل شده به هم می‌باشند. یکی از این قطعه‌ها به دیوار پشتیبان متصل شده و دیگری در درز افقی نما که از ملات پر شده است جاسازی می‌شود و قرار می‌گیرد. اتصالات دو جزیی تنظیم شونده باید به گونه‌ای باشند که به نما اجازه حرکت در راستا موازی صفحه دیوار پشتیبان داده شود و از حرکت دیوار در راستای عمود بر صفحه دیوار جلوگیری کند.

مهارها معمولا از نوع فولاد گالوانیزه شده می‌باشند ولی توصیه می‌شود در مواردی که دوام از درجه اهمیت زیادی برخوردار است و یا محیط بیش از حد معمول خورنده است فولاد ضد زنگ مورد استفاده قرار گیرد.

فاصله‌گذاری اتصالات باید بر اساس بار جانبی و مقاومت بست‌ها محاسبه شود. اما به طور کلی بیشترین فاصله مهار های مفتولی تنظیم شونده دو تکه در آیین‌نامه‌ها مشخص شده است به طوری که به ازای هر $1200 cm^2$ نما، حداقل یک بست لازم است. بیشترین فاصله افقی و عمودی بست‌ها به ترتیب نباید از ۸۰ cm و ۴۵ cm بیشتر اختیار شود.



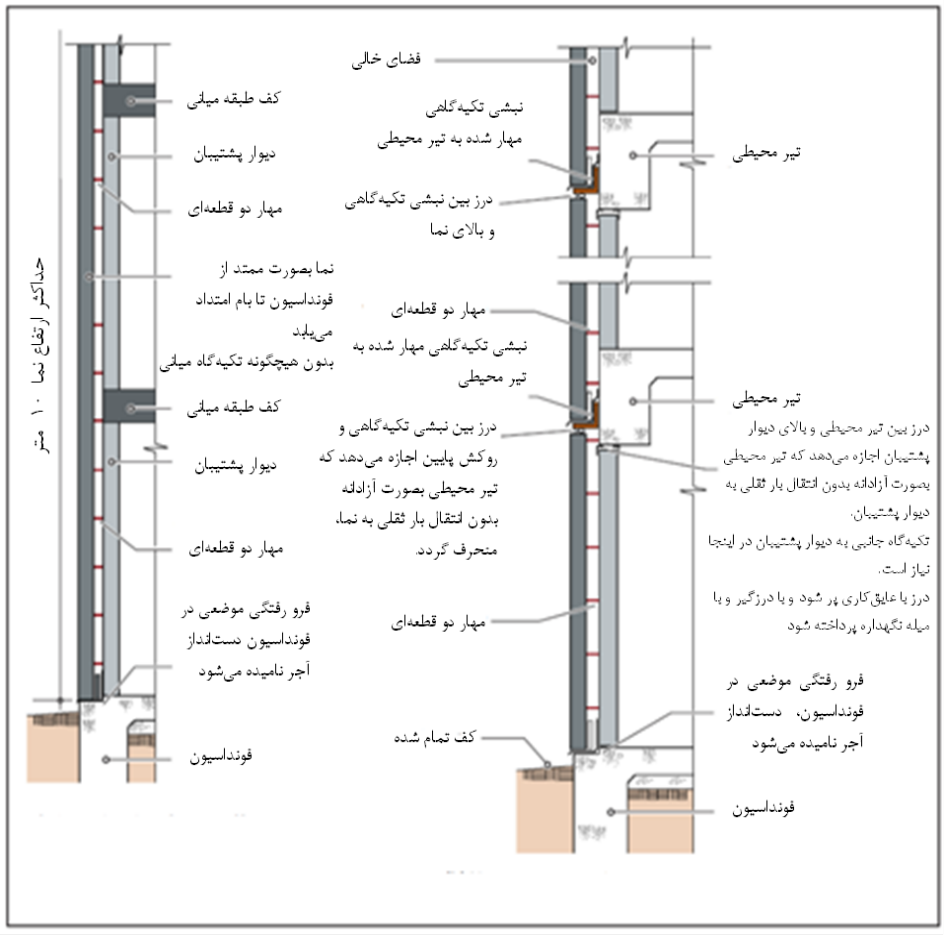

**شکل ۵-۸- بیشینه فاصله مجاز بست‌های نما**

### ۵-۳-۳-۲ تکیه‌گاه برای تحمل بار ثقلی

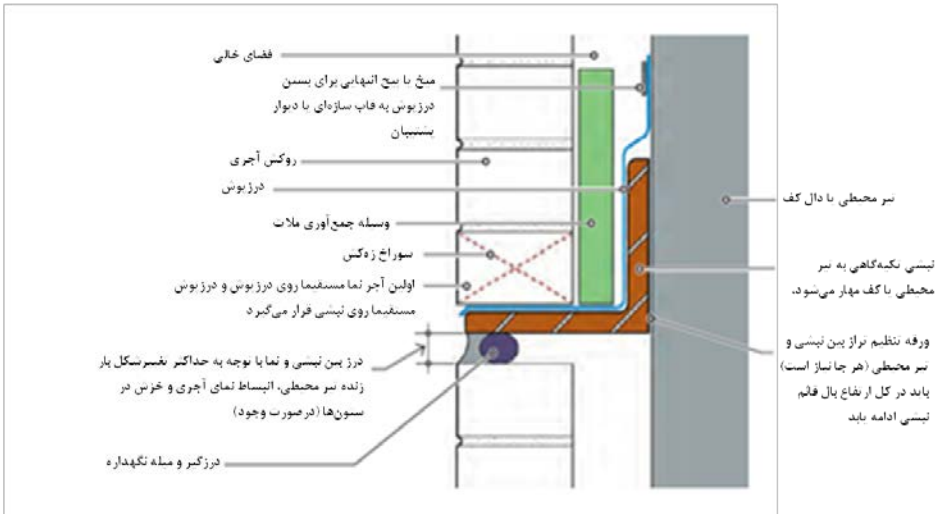
بار مرده نما آجری، در ساختمان‌های با بیشینه ارتفاع ۱۰متر (سه طبقه) از سطح زمین، بدون هیچ تکیه‌گاهی در طبقات میانی می‌تواند به وسیله پی تحمل شود (شکل ۵-۹). در این ساختمان‌ها فضای خالی که برای هوا در نظر گرفته می‌شود به صورت پیوسته از کف پی تا سقف پشت بام ادامه می‌یابد و تمام بار ثقلی نما توسط پی تحمل می‌شود. معمولا بر روی پی فرو رفتگی در حدود 4cm ایجاد می‌کنند که لبه آجر نامیده می‌شود و برای ردیف اول آجرهای نما می‌باشد. در ساختمان‌های متوسط و بلند مرتبه باید در هر طبقه از نبشی‌های تکیه‌گاهی فولادی برای تحمل بار نمای همان طبقه استفاده شود. این نبشی‌ها نیز به سازه متصل شده و توسط آن پشتیبانی می‌شوند. در سازه قابی، نبشی‌های تکیه‌گاهی به وسیله جوش و یا پیچ به تیرهای محیطی سازه متصل می شوند. در ساختمان‌هایی با سیستم دیوار باربر، نبشی‌های تکیه‌گاهی به دیوارهای خارجی متصل می‌شوند.

در اجرای نبشی‌های تکیه‌گاهی فوقانی باید فاصله‌ای بین قسمت فوقانی نما و بال تحتانی نبشی وجود داشته باشد. این فاصله جهت انبساط قائم نما و نیز خیز تیر پیرامونی سازه بر اثر اعمال بارهای زنده می‌باشد و باید با محاسبه تغییر مکان کوتاه مدت و خزش دراز مدت تیر بدست آید. این فضای خالی همانطور که در شکل های (۵-۱۰) و ( ۵-۱۱) نیز نمایش

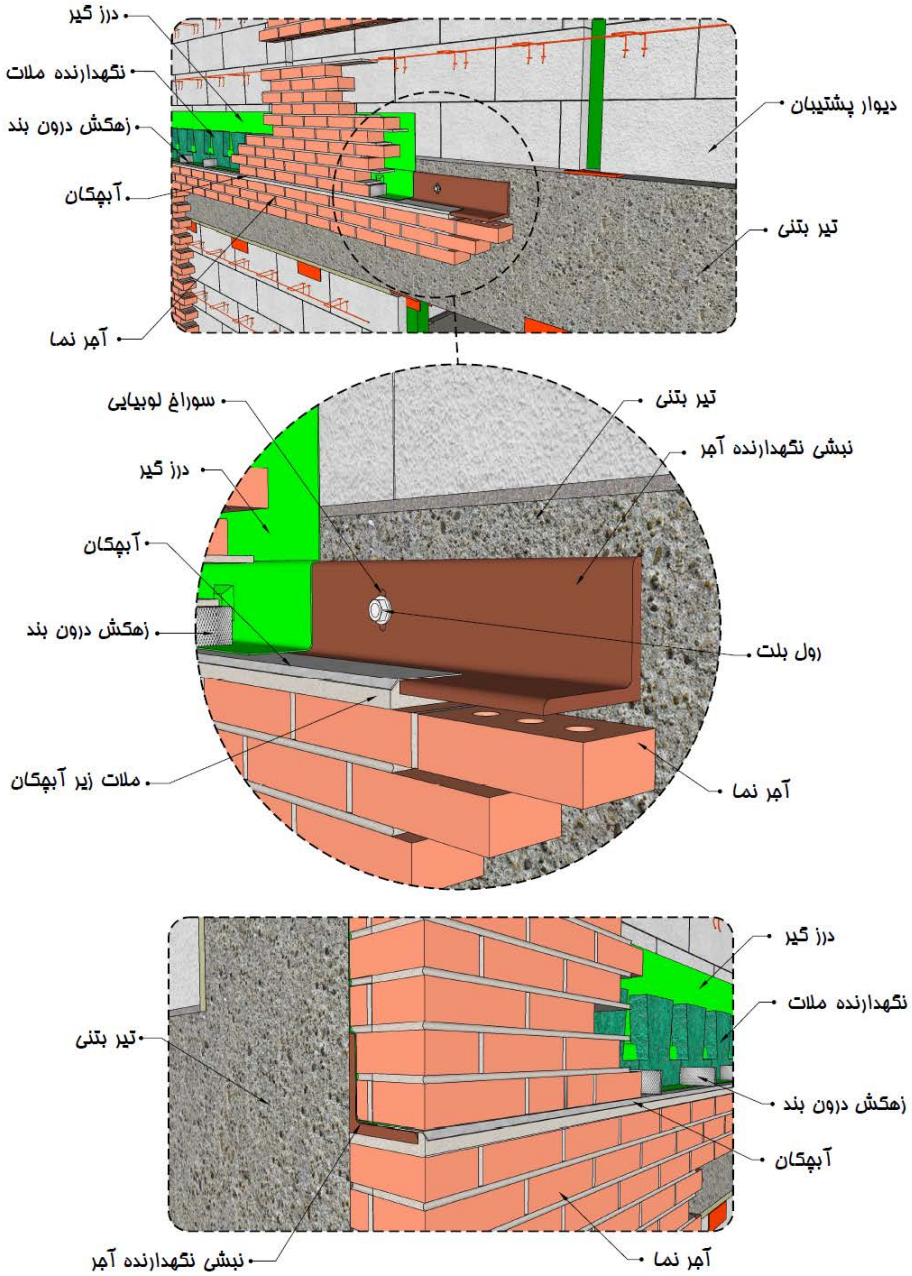
داده شده است با استفاده از یک درزگیر پوشانده می‌شود. نبشی‌های تکیه‌گاهی نباید سرتاسری باشند و بیشینه طول آنها به ۶ متر محدود می‌شود.




**شکل ۵-۹- تکیه‌گاه‌ها جهت تحمل بار ثقلی نما**

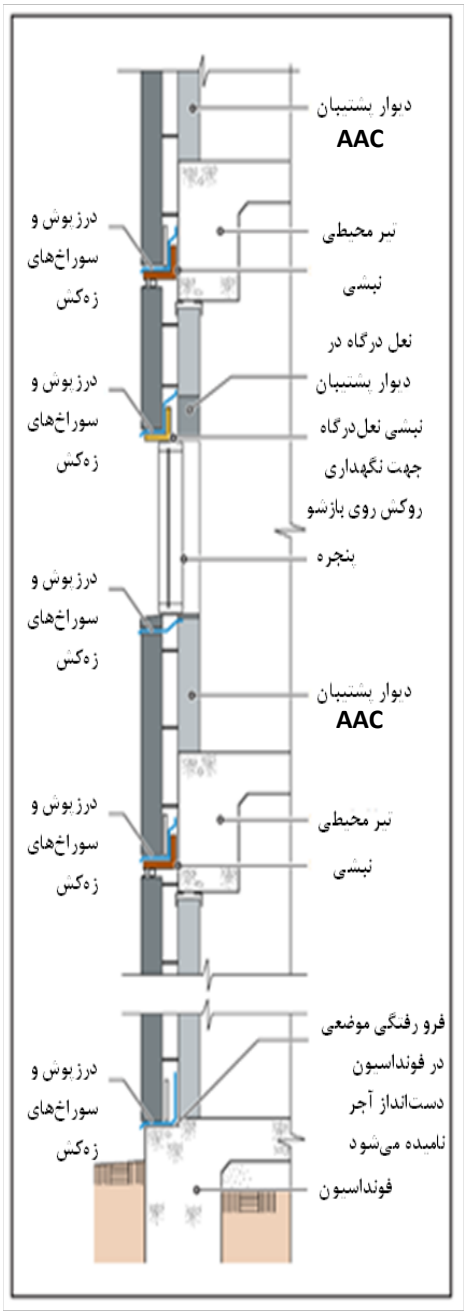



**شکل ۵-۱۰- جزئیات شماتیک نبشی تکیه‌گاهی**



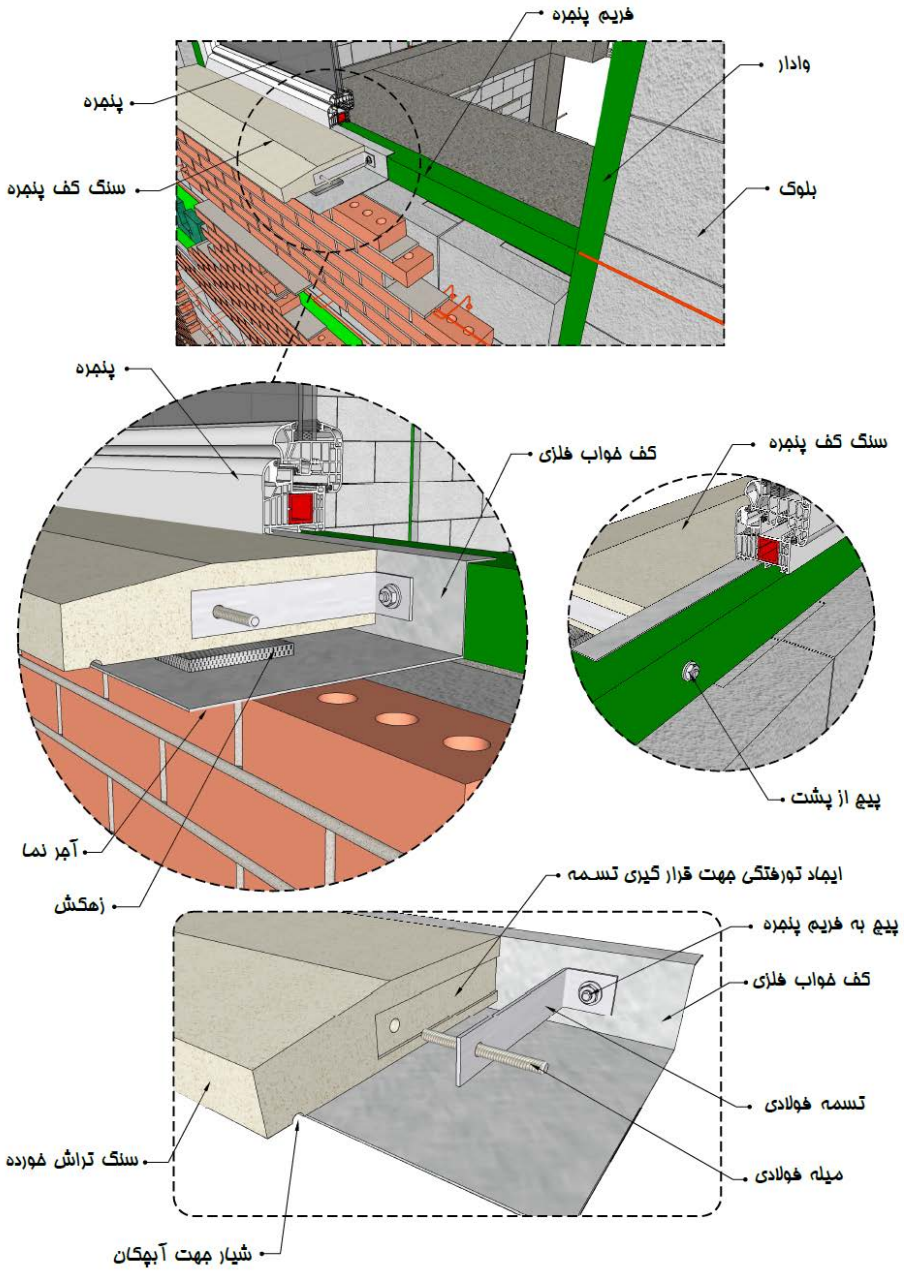

**شکل ۵-۱۱- اجرای نبشی نشیمن نگهدارنده نما در تراز طبقات**

در نقاطی که بازشوها (در و پنجره‌ها و ...) در نمای ساختمان وجود دارند به تکیه‌گاه‌هایی علاوه بر موارد ذکر شده احتیاج می‌باشد. همانطور که در شکل( ۵-۱۲) نمایش داده شده است، در نماهای آجری از نبشی‌های فولادی به عنوان تیرهای نعل درگاهی استفاده می‌شود. برخلاف نبشی‌های تکیه‌گاهی، تیرهای نعل درگاهی به منظور تامین امکان جابجایی نسبی به سازه متصل نمی‌شوند، بلکه به صورت ساده بر روی نما قرار می‌گیرند.




**شکل ۵-۱۲- نمای شماتیک از قرارگیری نبشی‌های تکیه‌گاهی و نعل درگاهی و درزگیرها**

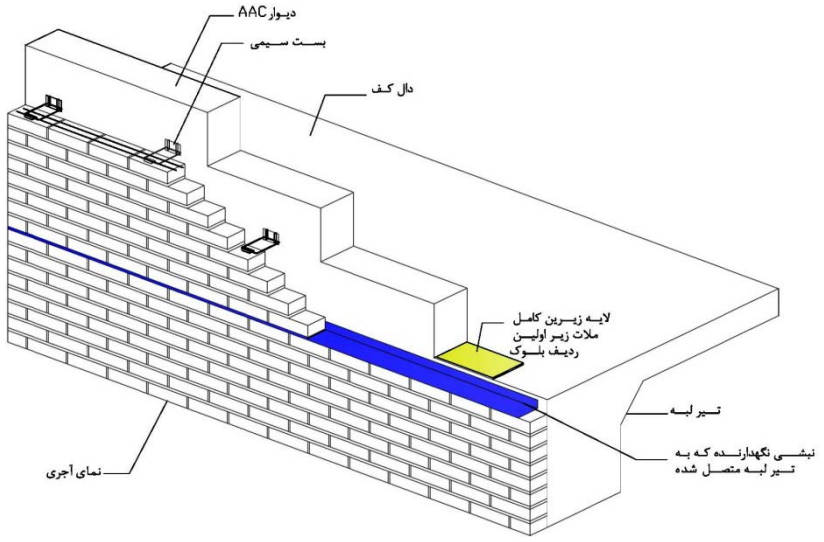
جهت آزاد گذاشتن حرکت نسبی نما و تیر نعل درگاهی، در محل اتکای تیر نعل درگاهی به نما نباید از ملات استفاده شود. همانند نبشی‌های تکیه‌گاهی در تیرهای نعل درگاهی نیز باید حفره‌های زه‌کشی تعبیه شوند. در شکل ۵-۱۳ جزییات اجرای آبچکان و زهکش در اطراف بازشو در نمای آجری نمایش داده شده است.




**شکل ۵-۱۳- جزییات اجرای آبچکان و زه‌کش در اطراف بازشو در نمای آجری**

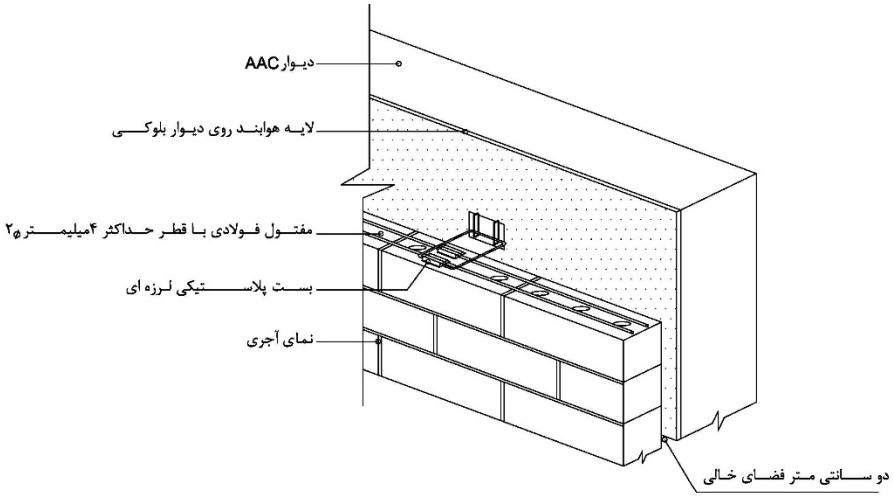
## ۵-۳-۴ مشخصات نمای بنایی آجری متصل به دیوار بتنی یا بلوکی

شکل (۵-۱۴) تصویر کلی نمای آجری نصب شده بر روی دیوار پشتیبان بلوکی را نشان می‌دهد. اتصالات فولادی که برای متصل کردن نما به دیوار استفاده شده‌اند از نوع بست‌های مفتولی دو تکه می‌باشند. قطعه اول نقش مسلح‌کننده درز ملات را دارد و در دیوار پشتیبان جا داده می‌شود و قطعه دوم، نما را به قطعه اول که در دیوار پشتیبان جاسازی شده است، متصل می‌کند.

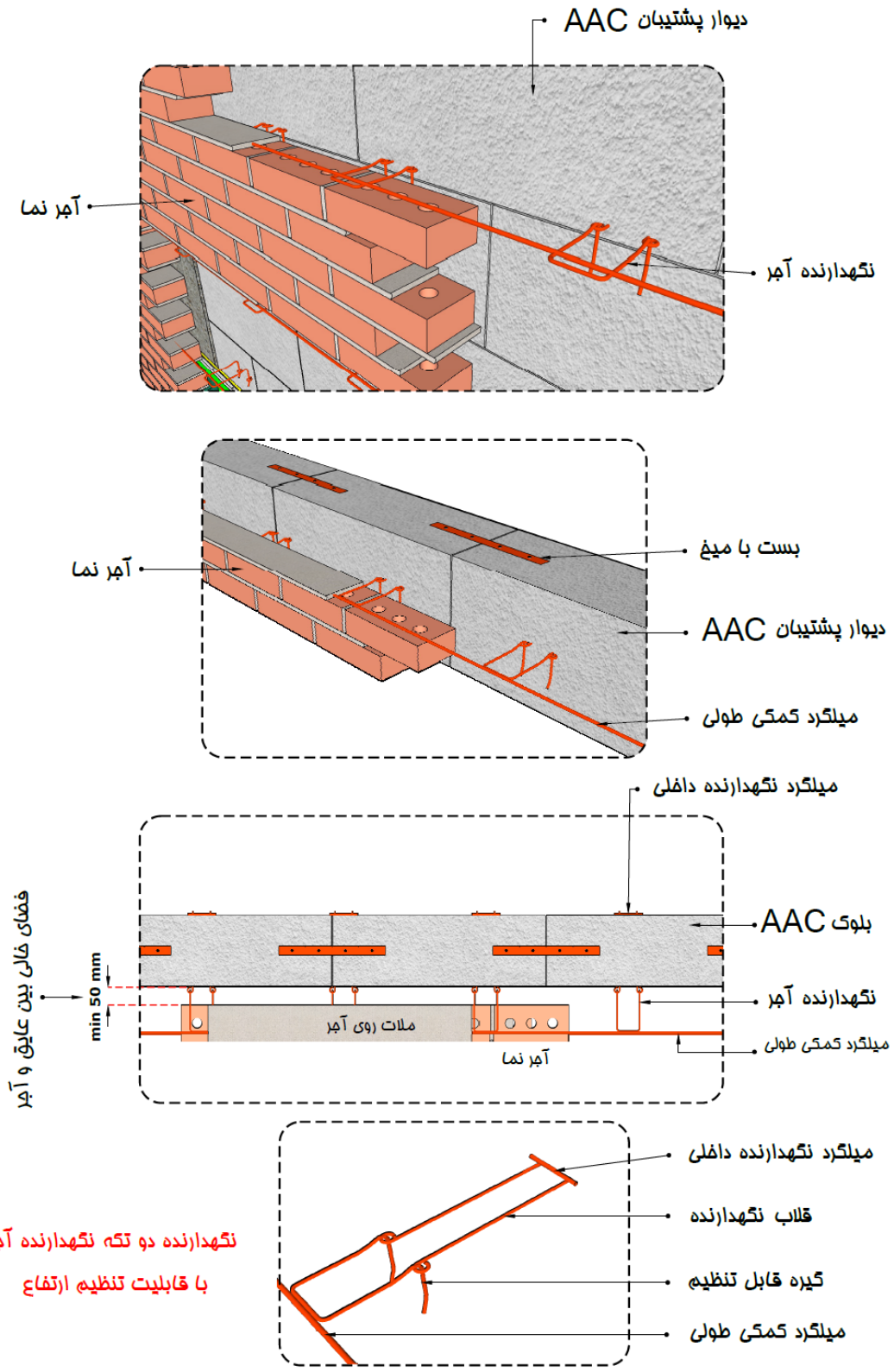



**شکل ۵-۱۴- نمای بنایی آجری متصل به دیوار پشتیبان بلوک AAC**

در مناطق لرزه‌خیز باید از بست‌های لرزه‌ای استفاده شود. بست لرزه‌ای باعث اتصال مفتول پیوسته مسلح‌کننده به نما می‌شود. مفتول مسلح‌کننده نما و بست‌های لرزه‌ای در درون درز ملات نمای آجری جاسازی می‌شوند. در شکل های (۵-۱۵) و ( ۵- ۱۶۹ نمونه هایی از این بست‌ها نشان داده شده است.

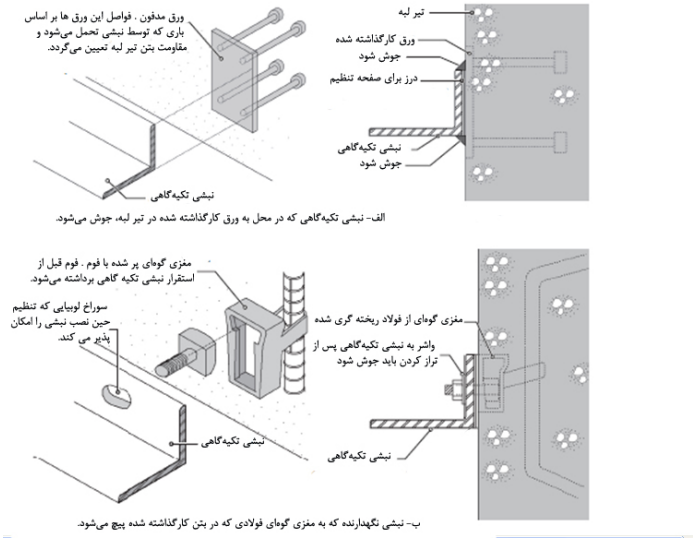



**شکل ۵-۱۵- بست لرزه‌ای در نمای آجری. بست به همراه مفتول مسلح کننده در درز ملات تعبیه می‌شود**




شکل ۵-۱۶- جزییات مهار نما به کمک دیوار AAC

شکل‌های (۵-۱۷) و (۵-۱۸) دو روش اتصال نبشی تکیه‌گاهی به تیر بتن مسلح محیطی ساختمان را نشان می‌دهد. در روش اول که بیشتر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد، نبشی‌های تکیه‌گاهی مربوط به هر طبقه باید قبل از اجرای نمای زیر آن نصب شوند. در روش دوم می‌توان نبشی‌های تکیه‌گاهی را بعد از اجرای نمای زیر آنها نصب کرد. این روش، زمانی که نما شامل سنگ‌های طبیعی بزرگ و یا پانل‌های پیش ساخته سنگی می‌باشد به کار می‌رود.




**شکل ۵-۱۷- جزئیات اجرایی اتصال نبشی تکیه‌گاهی به دیوار پشتیبان**

**شکل ۵-۱۸- دو روش متداول برای ایجاد مقاومت در برابر بار جانبی در قسمت فوقانی دیوارهای پشتیبان بلوک AAC**

در ساختمان‌ها با دیوار پشتیبان بلوک AAC، به دلیل وجود تماس جداره بیرونی دیوار با آب و هوا، دیوار باید از مقاومت خوبی در برابر نفوذ این عوامل برخوردار باشد. در همین راستا مواد ویژه‌ای به منظور آب‌بندکردن دیوار به کار برده می‌شود.

## ۵-۴ اجرای نمای سیمانی

### ۵-۴-۱ مشخصات ملات سیمانی برای نما

اندود برای قرن‌ها به عنوان یک آستر نهایی دیوار داخلی، خارجی و سقف مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع نما، صاف و قابل رنگ‌آمیزی بوده و اندودکاری، سطوح آن را در برابر نفوذ آب و هوا مقاوم می‌نماید، عایق‌بندی صوتی را بهبود داده و سطوح نما را در برابر آتش سوزی مقاوم‌تر می‌کند. مواد متشکله اندود، مشابه مخلوط ملات بنائی و شامل مصالح سیمانی، ماسه و آب است. در برخی از اندودها، الیاف نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندود سیمان پرتلند می‌تواند برای سطوح داخلی و سطوح خارجی مورد استفاده قرار گیرد. غالب کاربرد اندود سیمان پرتلند به عنوان آستر نهایی دیوار خارجی می‌باشد. اندود سیمان پرتلند خارجی به نام استاکو[1] نامیده می‌شود.

با توجه به آنکه مصالح اصلی نمای سیمانی، سیمان پرتلند می‌باشد، اجرای آن نیازمند شرایط دمایی مناسب است. توصیه می‌شود، نمای سیمانی زمانی اجرا شود که دمای محیط حداقل ۵ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر باشد.

لایه‌های نمای سیمانی باید دارای مشخصه‌های خاصی از نظر دوام و کیفیت باشند به همین منظور، طرح مخلوط ملات مناسب برای نمای سیمانی باید در انطباق با جزئیات معرفی شده در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه باشد.

### ۵-۴-۲ اجرای نما بر روی سطوح AAC

دیوارهای با پایه AAC، لایه زیرین مناسبی برای نمای سیمانی محسوب می شود چراکه از صلبیت مطلوبی برخوردار است. علاوه بر این، زبری و خلل و فرج مصالح بنایی سبب ایجاد اتصال مناسب بین نمای سیمانی و دیوار پشتیبان می‌شود. بنابراین، برای اجرای نمای سیمانی بر روی دیوارهای AAC به توری فلزی نیازی نیست. اتصال بین نمای سیمانی و دیوار AAC به طور ذاتی قوی است چراکه هردو دارای مصالح سیمانی می‌باشند.

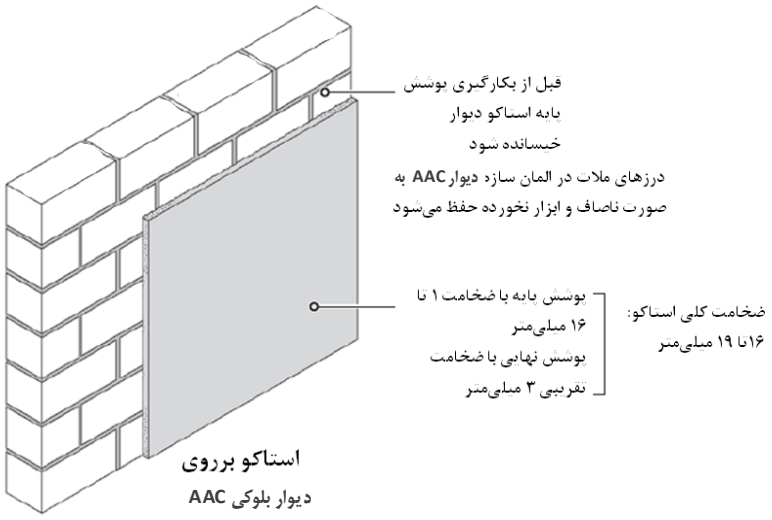
نمای سیمانی اجرایی بر روی دیوار AAC معمولاً متشکل از دو لایه (یک لایه پایه برای صاف نمودن هر گونه حفره بر روی سطح دیوار و یک لایه نهایی) به ضخامت کلی ۱۶ تا ۱۹ میلی‌متر است (شکل ۵-۱۹). به منظور حفظ زبری طبیعی

[1] stucco

بلوک AAC، درزهای ملات در دیوار بنایی ابزار زده نمی‌شود. به وضوح، سطح دیوار باید تمیز و عاری از نقص‌هایی باشد که اتصال بین نمای سیمانی و مصالح پشتیبان را با اختلال همراه سازد. با توجه به آنکه سطح بیرونی دیوارهای AAC

متخلخل می‌باشند، ممکن است آب را از مخلوط جذب نموده و آب کافی در نمای سیمانی باقی نماند. بنابراین، سطح دیوار باید قبل از اجرای لایه پایه خیسانده شود.

در اجرای نمای سیمانی روی دیوارهای AAC، درزهای کنترل می‌تواند با فاصله بیشتری در نظر گرفته شود. مساحت پیشنهادی سطح نمای سیمانی بین درز کنترل در این حالت ۲۲/۵ مترمربع می‌باشد و سایر الزامات آن قابل استخراج بر اساس نشریه ۷۱۴ است. تا جایی که ممکن است درزهای کنترل و درزهای انبساط در نمای سیمانی باید در موقعیت‌های یکسانی متناظر با درزهای لایه زیرین قرار گیرند. درزهای کنترل و سایر زوارها با استفاده از میخ‌های فولادی به دیوار متصل می‌شوند.

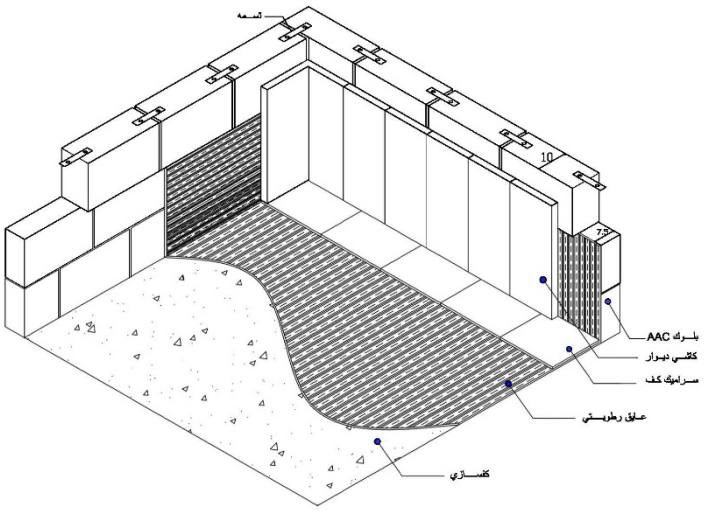



**شکل ۵-۱۹- ساختمان یک پوشش نمای سیمانی بر روی دیوار بلوکی AAC**

## ۵-۵ اجرای نمای سرامیک

اجرای نمای خارجی سرامیک به صورت خشک بر روی دیوارهای AAC، در قالب روش‌های اجرایی نمای پرده‌ای قابل دسته‌بندی است. در این شرایط با رعایت ضوابط مندرج در نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه امکان اجرای این نما وجود خواهد داشت.

در صورتیکه اجرای سرامیک به عنوان نمای داخلی یا پوشش سطوح داخلی مدنظر باشد، استفاده از چسب کاشی یا سرامیک و یا ملات AAC مناسب خواهد بود (شکل ۵-۲۰).




**شکل ۵-۲۰- جزییات اجرای سرامیک داخلی بر روی دیوار AAC**

# منابع و مراجع

۱- دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها، ضابطه شماره ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۵

۲- دستورالعمل ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای اجزای غیر سازه‌ای ساختمان‌ها، ضابطه شماره ۷۴۳ سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۶

۳- آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۴

۴- بتن سبک-تعیین جمع شدگی ناشی از خشک شدگی بتن هوا دار اتو کلاو شده-روش آزمون، استاندارد ملی ایران، ۸۵۹۲، سال ۱۳۸۴

۵- بتن سبک-قطعات بتنی هوا دار اتوکلاو شده- ویژگی‌ها استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۳، ۱۳۸۴

۶- بتن سبک-تعیین جرم حجمی خشک بتن هوادار اتو کلاو شده - روش آزمون، استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۴، ۱۳۸۴

۷- بتن سبک-تعیین ابعاد قطعات بنایی-روش آزمون، استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۵، ۱۳۸۴

۸- بتن سبک-تعیین مقاومت فشاری بتن هوادار اتوکلاوشده-روش آزمون، استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۶، ۱۳۹۶

۹- ملات بنایی -قسمت ۱- ملات اندودکاری بیرونی و داخلی –ویژگی‌ها، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۷۰۶، ۱۳۹۲

۱۰- ملات بنایی-قسمت ۲- ملات برای کارهای بنایی-ویژگی‌ها، استاندارد ملی ایران شماره ۲-۷۰۶، ۱۳۹۲

۱۱- بارهای وارد بر ساختمان، مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران، دفتر تدوین مقررات ملی ایران، وزارت راه و شهرسازی

12- ASTM (2000), “Standard practice specification for precast autoclaved aerated concrete (PAAC) wall”, C 1386

13- ASTM (2014), “Standard Specification for Mortar for Unit Masonry”, C270

14- ASTM (2012), “Standard Specification for Admixtures for Masonry Mortars”, C1384−12a

15- ASTM (2010), “Standard Specification for Thin-bed Mortar for Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Mortar”, C1660

16- Bonaccorsi E., Merlino S., Kampf A. R., (2005) “The Crystal Structure of Tobermorite 14 Å (Plombierite), a C–S–H Phase”, Journal of the American Ceramic Society, 88(3), 505-512

17- El-Didamony H., Abd El-Aleem S., El-Rahman Ragab A., (2016) “Hydration Behavior of Composite cement containing fly Ash and Nanosized-$SiO_2$” American Journal of Nano Research and Applications, 4(2), 6-16

18- EN (2003), “Specification for masonry units- Autoclaved aerated concrete masonry units”, 771-4

19- Ettringite Formation and the Performance of Concrete, Portland Cement Association, IS417- 01-IS417-17, 2001

20- Frıas M., Rodriguez O, de la Villa R. V., (2015) Garcıa R., Ramirez S. M., Carrasco L. J. F., and Vegas I, “The Influence of Activated Coal Mining Wastes on the Mineralogy of Blended Cement Pastes”, *Journal of the American Ceramic Society*, 1-8

21- Galvánková L., Másilko J., Solný T., ŠtČpánková E., (2016) “Tobermorite synthesis under hydrothermal conditions”, Procedia Engineering, 151, 100 – 107

22- https://www.understanding-cement.com/autoclaved-aerated-concrete.html

23- Merlino S., Bonaccorsi E. and Armbruster T., (2001) “The real structure of tobermorite 11Å: normal and anomalous forms, OD character and polytypic modifications”, Eur. J. Mineral, 13, 577–590

24- Ungkoon Y., Sittipunt C., Namprakai P., Jetipattaranat W., Kim K., and Charinpanitkul T., (2007) “Analysis of Microstructure and Properties of Autoclaved Aerated Concrete Wall Construction Materials”, Journal ofIndustrial and Engineering Chemistry, 13(7), 1103-1108

# Guideline for Design and Construction of AAC Block Walls [No.326]

**Author & Contributors Committee:**


| | | |
|---|---|---|
| Nader Khajeh Ahmad Attari | Road, Housing and Urban Development Research Center | Ph.D. of Structural/Earthquake Eng. |
| Mojdeh Zargaran | Road, Housing and Urban Development Research Center | Ph.D. of Chemical Eng. |
| Mohammad Reza Bayat | Road, Housing and Urban Development Research Center | M.Sc. of Earthquake Eng. |
| Kian Khalili Jahromi | Road, Housing and Urban Development Research Center | M.Sc. of Structural Eng. |
| Mojtaba Shabdin | Road, Housing and Urban Development Research Center | Ph.D. of Earthquake Eng. |
| Atefeh Jahan Mohammadi | Road, Housing and Urban Development Research Center | Ph.D. of Structural Eng. |
| Vahid Kiani | Consulting Engineers | M.Sc. of Architectural Eng. |
| Monavareh Kadkhoda Aval | Road, Housing and Urban Development Research Center | Ph.D. of Earthquake Eng. |


**Supervisory & Confirmation Committee:**


| | | |
|---|---|---|
| Mohammad Shekarchizadeh | University of Tehran and Head of Road, Housing and Urban Development Research Center | Ph.D. of Structural Eng. |
| Abdolreza Sarveghad Moghadam | International Institute of Earthquake Engineering and Seismology | Ph.D. of Structural Eng. |
| Mohsen Tadayon | Bu-Ali Sina University, Iranian Concrete Institute | Ph.D. of Structural Eng. |
| Abdolrahim Mohammadi | Iranian Autoclaved Aerated Concrete Producers Association | lawyer |
| Samad Somi | Iranian Autoclaved Aerated Concrete Producers Association | M.Sc. of Construction Management Eng. |


**Steering Committee (Plan and Budget Organization):**


| | |
|---|---|
| Alireza Toutounchi | Deputy of Technical and Executive Affairs Department |
| Mohammad Reza Siadat | Expert in Architecture, Technical and Executive Affairs Department |

## Abstract:

In recent years, the use of autoclaved aerated concrete blocks (AAC), due to its desirable mechanical and physical properties and high speed construction, has been widely considered in the construction of non-structural walls. However, the experience of recent earthquakes confirms that the most serious weakness of walls built with these blocks, like most other non-structural walls, is due to the improper performance of their connections to the structural frame. Therefore, it is necessary to provide executive details in accordance with the existing design criteria that properly meet the functional needs of these walls.

In this regard, a study was conducted at the request and with the support of the "Association of Employers of Autoclaved Lightweight Concrete Manufacturers" by faculty members and experts in the construction department of the Road, Housing and Urban Development Research Center. The results of this study, in the form of "Instructions for design and implementation of walls made of autoclaved aerated concrete blocks (AAC)", provide the technical specifications of AAC blocks for use in non-structural walls and appropriate computational-executive solutions to improve the seismic behavior of these walls.

**Islamic Republic of Iran**
**Plan and Budget Organization**

# Guideline for Design and Construction of AAC Block Walls

## No.326

**Last Edition: 10-08-2020**


Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs

Ministry of Road & Urban Development

Department of Technical & Executive affairs, Consultants and Contractors

Road, Housing & Urban Development Research Center

**nezamfanni.ir**

**www.bhrc.ac.ir**

**2020**

**این ضابطه**

با عنوان «**دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای ساخته‌شده از بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC)**» که به ارائه مشخصات فنی بلوک های AAC جهت استفاده در دیوار های غیرسازه‌ای و راهکارهای محاسباتی- اجرایی مناسب برای بهبود رفتار لرزه‌ای این دیوار ها می‌پردازد در پنج فصل تدوین شده که شامل: کلیات، ماده چسباننده و الزامات آن، بارهای وارد بر دیوارهای AAC و ضوابط طراحی آن، جزئیات اجرایی و جزئیات نصب نما می‌باشد.