پایین آوردن وزن ساختمان در نماسازی

مهندس حسین مظفری ترشیزی*

چکیده:

چون کشور ما ایران بر روی کمربند زلزله قرار دارد، و تقریباً تمام نقاط آن زلزله‌خیز است، و یکی از راههای مقابله با اثرات زلزله بر ساختمان پایین آوردن وزن ساختمان است، بنابراین در این طرح تحقیقاتی پایین آوردن وزن نماسازی ساختمان‌ها بررسی و مطالعه می‌شود. در ابتدا می‌بایستی روش‌های متداول نماسازی که برمبنای عادت، مصالح موجود و قابل دسترسی، و فن‌آوری‌های موجود طراحی و اجرا می‌گردد شناسایی و مورد بررسی قرار گیرد. سپس بررسی و مطالعه بر روی آخرین فن‌آوری‌ها و مصالح ساختمانی که در نماسازی بکار برده می‌شود و در کتابهای فن‌آوری ساختمان قابل دسترسی است انجام گردیده، و نمونه‌هائی ارائه می‌گردد. در هریک از این روش‌ها محاسبه وزن بار مرده نماسازی‌ها محاسبه شده است. در نهایت، انتخابی از روش‌های اجرایی و فن‌آوری نماسازی با پایین آوردن وزن بار مرده انجام شده و پیشنهاد می‌شود.

بدیهی است مصالحی که پیشنهاد می‌شود می‌بایستی از داخل یا خارج کشور به راحتی در دسترس باشد، و فن‌آوری اجرای آن نیز به شکل قابل درک و فهم برای مجریان و پیمانکاران ساختمانی معرفی گردد.

کلید واژه:

وزن، ساختمان، نماسازی، سَبُک، ضریب انتقال حرارتی، عایق، پانل ساندویچی، Drywall، رابیتس‌بندی، بار مرده

---

* مربی گروه آموزشی معماری، دانشکده هنرهای زیبا ـ دانشگاه تهران.

مقدمه

نمای ساختمان دارای عملکرد پوششی و بستن اطراف ساختمان است و می‌بایستی از نفوذ هوا، تبادل حرارتی، و ورود سروصدا جلوگیری نموده، و در عین حال امکان ورود نور به اندازه کافی در آن وجود داشته و در نهایت با حفظ مجموعه خصوصیات فوق زیبائی مورد نظر را نیز به ساختمان بدهد.

هریک از عملکردهای نماسازی ساختمان خود جای بحث و بررسی مفصل دارد، که گاه با یکدیگر نیز در تعارض قرار می‌گیرند. بخصوص توجه به هریک از عملکردها به تنهائی بر روی جنبه زیبائی پوشش ساختمان تأثیر مستقیم دارد. در قسمت داخلی ساختمانها معمولاً شرایطی است و اتفاقاتی افتاده است که نمای ساختمان همه آنها را پوشانده و نه‌تنها از بیرون ساختمان نمی‌توان متوجه عملکردهای داخلی شد، بلکه نمای ساختمان جنبه یک پوشش زیبا را داشته و به ساختمان جنبه هنری داده است.

از نمای اغلب ساختمان‌های جدید نمی‌توان به عملکرد آن پی‌برد، و یا نحوه قرار گرفتن سازه و رابطه آن را با معماری متوجه شد. اما ساختمانهائی نیز اجرا می‌شوند که سازه آنها مشخص بوده و نوع عملکرد و مصرف ساختمان نیز از نماسازی آن پیدا است.

هریک از ساختمان‌های فوق‌الذکر، و نماسازی آنها دارای وزن و جرم خاصی است، و از نظر جغرافیائی و زلزله متناسب با مناطق معینی است. آنچه مورد نظر است، مطالعه این نماسازیها و پوشش‌های ساختمانی است، و انتخاب انواع سبک‌تر آن برای کشور زلزله‌خیز ایران، که در عین حال بتواند اهداف یک پوشش و نمای ساختمانی را پاسخگو باشد، و خصوصیات و عملکردهای دیگر نمای ساختمان را حفظ نماید.

۱. چرا باید وزن ساختمان، و بخصوص نماسازی را پایین آورد؟

۱ـ۱. زیرا هرچه جرم ساختمان بیشتر باشد، اثر زلزله برآن بیشتر است و تخریب و تلفات بیشتر. کشور ایران بر روی کمربند زلزله آلپ ـ هیمالیا قرار دارد، و هر از چندی، زلزله‌های مخرب، بخشی از این سرزمین را ویران ساخته و تلفات بسیاری به بار می‌آورد. برای تخفیف تلفات و خسارات ناشی از زلزله، ساختمان‌ها باید طبق اصول پیشرفته مهندسی طراحی و اجرا گردند، و در این راستا ضرورت دارد مطالعات ویژه برای طراحی جزئیات و بکار بردن مصالح مناسب انجام گردد. **هدف این مطالعات پایین آوردن اثرات مخرب زلزله بر ساختمان‌ها است.** توصیه‌های ایمنی زیر نشان دهنده اهمیت این موضوع است.

توصیه‌های ایمنی در مقابل زلزله:

از نکاتی که در طراحی ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله توصیه می‌شوند:

- از قرار دادن بارها و تأسیسات سنگین در طبقات فوقانی خودداری شود، تا مرکز جرم ساختمان در پائین‌ترین سطح ممکن قرار گیرد.
- با بکار بردن مصالح سازه‌ای با مقاومت زیاد و مصالح غیرسازه‌ای سبک (مانند نماسازی) وزن ساختمان به حداقل رسانده شود.
- دیوارهای جان پناه و روکاریهای تزیینی در معرض سقوط به خیابان‌اند. همچنین دیوارها و گوشه‌های انتهایی شیروانیها که بهم متصل نشده باشند نیز خطر ریزش دارند.
- ساختمانهایی که طبقات همکف آنها سنگین و طبقه بالایی (در صورت وجود) و بام آنها سبک ساخته می‌شود بهتر از بناهایی که با دیوارهای سبک و بام‌های سنگین احداث می‌شوند از خود مقاومت نشان می‌دهند.
- نماسازیهایی که یکپارچه با دیوار اجرا نمی‌شوند، مانند دیوارهای روکار، اکثراً فاقد قفل و بست کامل با دیوار پشت کار هستند. همچنین عدم همزمانی چیدن دیوار روکار و پشت‌کار، باعث ایجاد شکافهای عمیق در سطح تماس دو دیوار به هنگام وقوع زلزله شده است.

۲ـ۱. زیرا هرچه وزن ساختمان کمتر باشد، بار مرده کمتر بوده، و تأثیر مستقیم در شالوده و پی‌سازی و اسکلت ساختمان داشته و در نهایت با کم کردن ابعاد مقاطع ستون‌ها، تیرها و شالوده، صرفه‌جوئی قابل توجهی در مصالح بکار برده می‌شود. بنابراین، از نظر اقتصادی، قیمت تمام شده ساختمان پایین می‌آید.

بررسی نکات فوق، و توصیه‌های ایمنی اجرای ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله، ما را به پایین آوردن هرچه بیشتر وزن بار مرده ساختمان رهنمود می‌شود. پایین آوردن وزن ساختمان شامل کم کردن بار مرده در تمام سطوح افقی و دیوارهای داخلی و نماسازیها می‌گردد، که در اینجا فقط به بررسی پایین آوردن بارمرده و وزن نماسازی ساختمانها پرداخته می‌شود.

۲. چگونه می‌توان وزن نماسازی ساختمان را پایین آورد؟

برای پاسخ دادن به سؤال فوق ابتدا می‌بایستی روش‌های متداول نماسازی مورد بررسی قرار گیرد، و سپس نماسازی با استفاده از مصالح سبک را مطالعه نموده، آنچه قابل تطبیق و استفاده در روش‌های اجرایی کنونی می‌باشد به عنوان پیشنهاد ارائه گردد. نکته دیگری که باید توجه داشت، عملکرد نمای ساختمان در جلوگیری از تبادل حرارتی است، و صرفه‌جوئی در مصرف انرژی. بنابراین باید بررسی نمود چگونه می‌توان با رعایت این نکته، نماسازی سبک انجام داد، و وزن بار مرده نما و ضریب انتقال حرارتی آن را همزمان پایین آورد.

۱ـ۲. بررسی روش‌های متداول نماسازی در ایران: روش‌های متداول اجرایی و بخصوص نماسازیها را می‌توان از نظر نوع ساختمان و سازه آن به‌شرح زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱ـ۱ـ۲. ساختمان‌های بدون اسکلت و با دیوارهای باربر.

۲ـ۱ـ۲. ساختمان‌های با اسکلت فلزی یا بتنی که خود به دو نوع تقسیم می‌شوند.

الف ـ ساختمان‌های با اسکلت و سازه‌ای که ردیف اوّل ستونها درون دیوار خارجی و نماسازی قرار دارند.

ب ـ ساختمان‌های با اسکلت و سازه‌ای که ردیف اول ستونها از دیوار خارجی و نماسازی فاصله داشته و لذا بار دیوار خارجی در هر طبقه بر روی سقف طبقه پایین وارد می‌آید، و بار دیوار طبقه همکف بر روی شالوده وارد می‌شود.

۳ـ۱ـ۲. ساختمان‌های بدون اسکلت و با دیواهای باربر: در این دیوارها و نماسازیها، از نظر نماسازی دو حالت مختلف مشاهده می‌گردد:

- هنگامی که نماسازی جزئی از دیوار است، و هنگام اجرای دیوار، نماسازی هم همراه با آن اجرا می‌گردد.
- هنگامی که دیوار گری‌چینی شده و نماسازی بعداً به آن اضافه می‌شود.

در این ساختمانها وزن دیوار و وزن سقف روی آن، در مجموع جرم ساختمان را بوجود آورده و معمولاً یک تا سه طبقه اجرا شده و وزن کل نما به‌علاوه وزن قسمت‌هایی از سقف بر روی شالوده و پی‌سازی دیوار بیرونی ساختمان وارد می‌شود.

در این نوع نماسازیها به‌دلیل باربر بودن دیوار، مقدار قابل توجهی از وزن نماسازی‌ها را نمی‌توان کم نمود، در عین حال جهت پایین آوردن وزن، و توجه به نکات و توصیه‌های مربوط به اثر زلزله به جرم ساختمان نکات زیر را به عنوان توصیه می‌توان مطرح نمود:

- در نقاط زلزله‌خیز بالا و نزدیک به گسل‌های شناخته شده، نماسازی با سنگ پلاک انجام نشود، زیرا در اثر زلزله، نماسازی به دلیل نداشتن قابلیت انعطاف و عدم یکپارچگی با بقیه اجزاء دیوار خورد شده، ریزش نموده و خطرات جانی برای افرادی که در آن نزدیکی هستند، بوجود می‌آورد.

ضمن آنکه مجموع ضخامت اضافه شده بوسیله سنگ و دوغاب پشت آن به حدود ۷ سانتیمتر می‌رسد، و اگر وزن مخصوص آن را با وزن مخصوص دیوار گری‌چینی و ملات حداقل مساوی بگیریم، (در حالی که بیشتر است) نسبت به ضخامت ۳۵ سانتیمتری دیوار، ۲۰ درصد افزایش وزن خواهیم داشت. این افزایش وزن، بخصوص در طبقات بالا می‌تواند اثرات تعیین کننده در هنگام زلزله داشته باشد. بدیهی است همین تفاوت وزن، در پی‌سازی و شالوده هم مؤثر خواهد بود، و مقدار بیشتری بتن و میلگرد به آن اضافه خواهد شد.

- در صورتی که بر روی دیوار گری نماسازی سیمانی انجام شود، این نماسازی حداقل ۳/۵ سانتیمتر است، که نسبت به ضخامت دیوار باز هم ۱۰ درصد افزایش و اضافه وزن خواهد داشت.
- در صورتی که قرار باشد دیوار با آجر نما اجرا شود، ضخامت آجر نما و پشت کار باید یکی انتخاب شود، تا انسجام و یکپارچگی داشته و هنگام زلزله از یکدیگر جدا نشوند.
- روش دیگری که برای این مناطق و اجرای دیوار باربر همراه با نماسازی می‌توان توصیه نمود، استفاده از بلوک سیمانی نمادار و به ضخامت ۲۰ سانتیمتر است.

لازم به ذکر است که بلوک‌های سیمانی متداول و موجود در بازار که با مقدار سیمان خیلی پایین و مقاومت فشاری کم تولید می‌شوند، هرگز توصیه نمی‌گردد. بلکه بلوک سیمانی باید به تنهائی مقاومت فشاری و استحکام بیشتری از آجر داشته باشد.

در صورتی که بلوک‌های سیمانی با کیفیت خوب و مقاومت بالا و ظرافت لازم برای نماسازی تولید شود، دیوار اجرا شده با این بلوک‌های سیمانی همراه با شناژهای افقی و قائم و نیز اتصال‌های خاص می‌تواند به عنوان دیوار باربر همراه با نما و حداقل وزن مورد استفاده قرار گیرد.

دیوار باربر با بلوک سیمانی، و نازک‌کاری داخلی، و حتی نماسازی سیمانی ضخامتی حداکثر حدود ۲۵ سانتیمتر خواهد داشت.

۴ـ۱ـ۲. ساختمان‌های دارای اسکلت بتنی یا فلزی: این ساختمان‌ها خود به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف ـ نمای ساختمان‌هائی که ردیف اول ستونهای آن در درون دیوار قرار دارند.

همانطور که در جزئیات تیپ پیداست، تیرها و ستونها ساختمان را به قاب‌های متعددی تقسیم نموده‌اند. بنابراین، دیوار شامل قاب‌هایی است که فاصله بین تیرها و ستون‌ها را می‌پوشاند، صرف نظر از آنکه ستون‌ها و تیرها دیده شوند یا نه، Expose باشند یا نباشند.

ب ـ نمای ساختمان‌هایی که ردیف اول ستونهای آن در فاصله با دیوار خارجی قرار دارند.

همانطور که در جزئیات تیپ دیده می‌شود، دیوار خارجی هر طبقه بر روی دال و تیرهای همان طبقه قرار گرفته که از ستونها بیرون زده و حالت طرّه را دارد.

در این نوع ساختمان‌ها عملاً بار دیوار طبقه اول بر روی شناژ و شالوده دیوار وارد شده و بار دیوار طبقات بعدی بر روی اسکلت همان طبقه وارد می‌شود.

هرچه بار مرده دیوار نما بیشتر باشد، تیرهای اصلی و دال کف طبقه صرف نظر از نوع مصالح آن، باید برای تحمل آن بر محاسبه شود، و بار مجموعه بر روی ابعاد و اندازه‌های ستونها و شالوده تأثیر خواهد گذاشت.

در این نماسازیها، باید سطح نما باز هم به ابعاد یا قاب‌هایی تقسیم گردد، تا هریک از قسمت‌ها جداگانه اتصال کامل و محکمی به سازه داشته باشد.

توصیه‌ها:

نماسازی و قاب‌های پر کننده فاصله ستون‌ها در این ساختمان‌ها باید دارای شرایط زیر باشند:

- اتصال کامل و محکمی به سازه داشته باشند.
- از نظر تبادل حرارتی، مقاومت لازم را در مقابل انتقال گرما و سرما داشته باشند. به عبارت دیگر ضریب انتقال حرارتی پائین‌تری داشته باشند.
- از نظر تبادل حرارتی، مقاومت لازم را در مقابل انتقال گرما و سرما داشته باشند.
- در محل نورگیرها و پنجره‌ها اتصالات خوب و کامل بین قاب پنجره و سازه ایجاد شود.
- مهمتر از همه اینکه، حتی‌الامکان، با حفظ شرایط دیگر، وزن این نماسازی پایین باشد، تا جرم ساختمان را در مجموع پایین آورده و اثرات زلزله و نیروهای برشی را بر آن کم نماید.

۲ـ۲. بررسی وزن هر مترمربع نماسازی در روش‌های متداول و ضریب انتقال حرارتی آنها: لازم به ذکر است که انواع مختلف دیوارگری از تیغه، ۱۰ سانتی سفال توخالی، ۱۱ سانتی و غیره که بعداً نمای سنگی آنها را می‌پوشاند در روش‌های اجرائی کنونی کشور ما وجود دارد؛ اما آنچه در این مجموعه مورد بررسی قرار می‌گیرد، از ضخامت ۲۲ سانت آجرکاری و بیشتر است که از نظر ایستائی و ضریب انتقال حرارتی و صرفه‌جوئی انرژی در حد قابل قبول باشد.

با توجه به جزئیات تیپ، وزن هر مترمربع نماسازی در اشکال و حالات مختلف و همچنین ضریب انتقال حرارتی این دیوارها به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

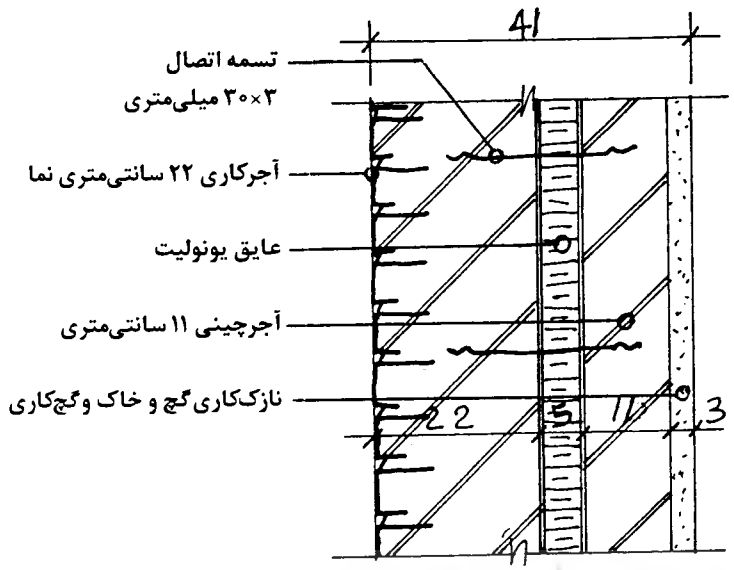
- وزن یک مترمربع دیوار ۲۲ سانتی‌متری آجرنما: ۴۴۴/ـ کیلوگرم و ضریب انتقال حرارتی آن عبارتند از:
$k = ۲/۰۶۲ \ [W/m^2K]$
- وزن یک مترمربع دیوار ۲۲ سانتی‌متری با نمای سیمانی: ۵۴۴/ـ کیلوگرم و ضریب انتقال حرارتی آن عبارت است از: $k = ۱/۷۹ \ [W/m^2K]$
- وزن یک مترمربع دیوار ۲۲ سانتی‌متری با نمای سنگ تراورتن: ۵۵۶/ـ کیلوگرم و ضریب انتقال حرارتی آن عبارت است از:

$k = ۱/۸۵ \ [W/m^2K]$

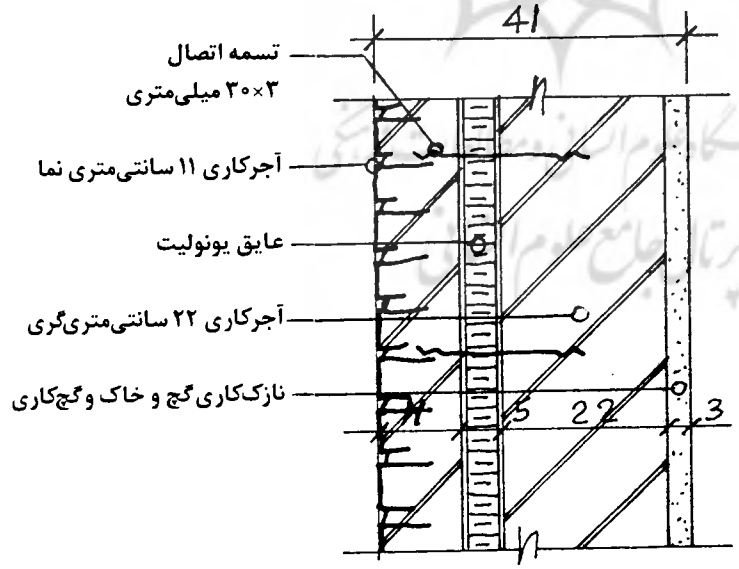
دیوارهای فوق با وجود داشتن وزن زیاد، از نظر ضریب انتقال حرارتی نیز غیرقابل قبول‌اند.

محاسبه نشان می‌دهد که وزن یک مترمربع دیوار ۳۵ سانتی‌متری در شرایط مختلف به قرار زیر است:

- وزن یک مترمربع دیوار ۳۵ سانتی‌متری آجرنما: ۶۷۸/ـ کیلوگرم و ضریب انتقال حرارتی آن:
$k = ۱/۷۸ \ [W/m^2K]$
که غیر قابل قبول است.
- وزن یک مترمربع دیوار ۳۵ سانتی‌متری با نمای سیمانی:
۷۷۸/ـ کیلوگرم
که ضریب انتقال حرارتی آن:
$k = ۱/۳۸ \ [W/m^2K]$



شکل ۱. دیوار دوجداره
با نمای آجری ۲۲ سانتی‌متری



شکل ۲. دیوار دوجداره
با نمای آجری ۱۱ سانتی‌متری

که در حد گروه ۳ ساختمان‌های با صرفه‌جوئی انرژی قابل قبول است.

● وزن یک مترمربع دیوار ۳۵ سانتی‌متری با نمای سنگ:

۷۹۰/- کیلوگرم

و ضریب انتقال حرارتی آن:

$k = ۱/۴۲ \ [W/m^2K]$

که در حد گروه ۳ ساختمان‌های با صرفه جوئی انرژی قابل قبول است.

یکی از روش‌هایی که اخیراً رایج گردیده و مهندسین معماری که قصد دارند در مورد صرفه‌جویی در انرژی اقدام عملی نمایند از آن روش استفاده می‌کنند، اجرای دیوار دوجداره است که یک جداره آن ۲۲ سانتی‌متری و یک جداره آن ۱۱ سانتی‌متری است، و بین آنها حداقل ۵ سانتی متر عایق حرارتی (یونولیت یا پشم سنگ) قرار می‌دهند. این نوع دیوارها به دو شکل زیر اجرا می‌گردند که از نظر ضریب انتقال حرارتی تفاوتی ندارند، و در صورتی که نمای سنگی بر روی جدار خارجی اضافه شود، تفاوتی از نظر انتقال حرارتی ایجاد نمی‌نماید، و فقط وزن هر مترمربع نما را در حدود ۱۱۲ کیلوگرم اضافه می‌نماید:

(شکل ۱ و ۲)

● محاسبه وزن هر متر مربع این دیوارها بشرح زیر است:

۶۷۸ کیلوگرم = وزن نازک‌کاری + وزن یک مترمربع دیواره ۳۵ سانتی نما

● محاسبه ضریب انتقال حرارتی دیوار دو جداره فوق بشرح زیر است:

عایق یونولیت $R = \frac{۰/۰۵}{۰/۰۳۸} = ۱/۳۱$

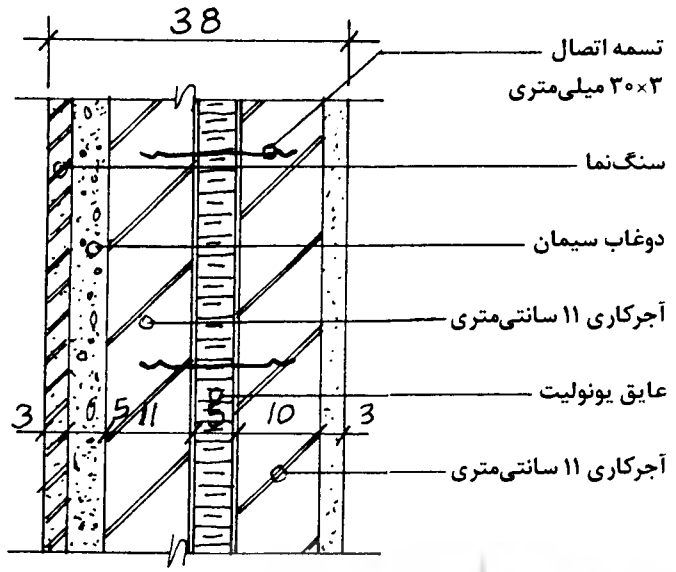
۵ سانتی‌متری

$R = ۰/۱۷ + ۰/۴۴ + ۱/۳۱ + ۰/۰۴ = ۱/۹۶$

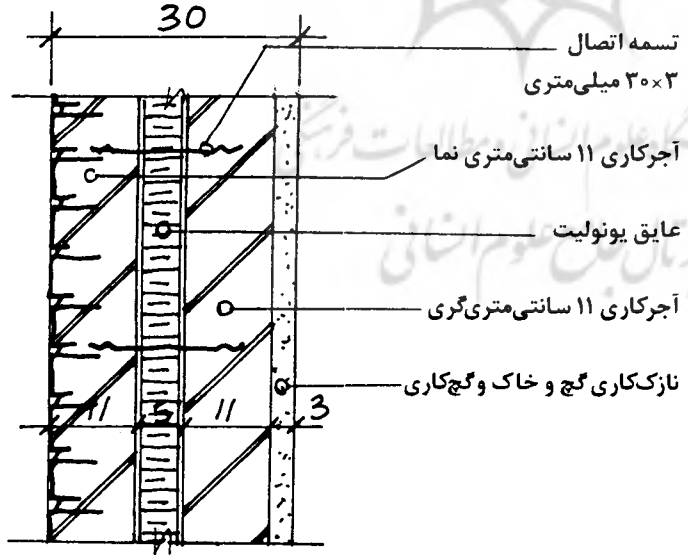
$k = ۰/۵۲$

این دیوار با وجود وزن زیاد و هر مترمربع ۶۷۸ کیلوگرم، از ضریب انتقال حرارتی پایین برخوردار است، و از گروه ۱ با صرفه‌جوئی انرژی زیاد هم بهتر است.

در بعضی ساختمانها نیز مشاهده شده است که از دیوار دو جداره و عایق استفاده شده، اما هر دو جداره دیوار ۱۱ سانتی‌متری بوده و بر روی جداره خارجی نمای سنگی اجرا شده است. مشابه جزئیات شکل ۳.



شکل ۳. دیوار دوجداره با نمای سنگی



شکل ۴. دیوار دوجداره با آجر نما

● محاسبه وزن هر مترمربع دیوار فوق به شرح زیر است:

وزن یک متر دیوار و جداره با نمای سنگی
۵۰۸ = ۱۱۲ + ۳۹۶ کیلو

● محاسبه ضریب انتقال حرارتی دیوار دو جداره فوق به‌شرح زیر است:

$R = ۰/۱۷۵ + ۰/۱۷ + ۰/۰۴ + ۱/۳۱ =$
$۱/۷۹۵ + ۰/۰۵۶ = ۱/۸۵۱$

$k = \frac{۱}{۱/۸۵۱} = ۰/۵۴$

دیوارمشابه جزئیات فوق هم از ضریب انتقال حرارتی پایین برخوردار است، و از گروه ۱ با صرفه‌جوئی انرژی زیاد هم بهتر است، ضمن آنکه وزن هر مترمربع آن ۵۰۸ کیلوگرم است.

این جزئیات از جزئیات قبلی که با استفاده از دیوار دو جداره ۱۱ سانتی‌متری و ۲۲ سانتی‌متری اجرا شده بود سبک‌تر است (هر مترمربع ۱۷۰ کیلوگرم سبک‌تر) و همچنین از نظر ضریب انتقال حرارتی نزدیک به آن. بنابراین، این جزئیات نسبت به جزئیات قبلی ارجح است.

حتی اگر دیوار دو جداره‌ای که هرکدام ۱۱ سانتی‌متر آجرکاری باشد، و یکی از آنها آجرنما بکار رود، با توجه به حذف سنگ نما و دوغاب آن، وزن هر مترمربع این دیوار (مطابق شکل ۴) ۳۹۶ کیلوگرم یعنی باز هم هر مترمربع ۱۱۲ کیلوگرم کمتر خواهد بود، در حالی‌که ضریب انتقال حرارتی آن باز هم پائین‌تر از حد گروه ۱ با صرفه‌جوئی انرژی زیاد است.

تنها نکته‌ای که باید توجه داشت این است که در بکار بردن جزئیات شکل ۴ اتصال و ارتباط بین دو جداره ۱۱ سانتی‌متری و سازه ساختمان باید مورد توجه قرار گیرد.

۳ـ۲. بررسی روش‌های نماسازی سبک و ضریب انتقال حرارتی آنها

چون برمبنای توصیه‌های تنظیم شرایط محیط و صرفه‌جوئی در انرژی، دیوار خارجی ساختمان و نماسازی باید حداکثر ضریب انتقال حرارتی ۱/۴ را داشته باشد، لذا روش‌های نماسازی را که حداقل ضریب انتقال حرارتی فوق را ایجاد می‌نمایند مورد بررسی قرار می‌دهیم. به گروه‌بندی و اطلاعات زیر که از مقررات ملی ساختمان ایران ــ مبحث ۱۹ ــ استخراج شده است توجه شود:

حداکثر ضریب انتقال حرارتی دیوارهای پوسته خارجی ساختمان به‌شرح زیر گروه‌بندی شده‌اند:

گروه ۱. ساختمان‌های با صرفه‌جویی انرژی زیاد و حداکثر ضریب انتقال حرارتی
$k = ۰/۷ \ [W/m^2K]$

گروه ۲. ساختمان‌های با صرفه‌جویی انرژی متوسط و حداکثر ضریب انتقال حرارتی
$k = ۱/۲ \ [W/m^2K]$

گروه ۳. ساختمان‌های با صرفه‌جویی انرژی قابل قبول و حداکثر ضریب انتقال حرارتی
$k = ۱/۴ \ [W/m^2K]$

باید توجه داشت که:

$\frac{۱}{U} = \frac{۱}{k} = R + (\frac{۱}{\alpha i} + \frac{۱}{\alpha o})$

$\frac{۱}{\alpha i} + \frac{۱}{\alpha o} = ۰/۱۷$

۰/۱۷ = مقاومت حرارتی هوای خارج
+ مقاومت حرارتی هوای داخل

$R = R_۱ + R_۲ + R_۳ \ldots +$

$(\frac{۱}{\alpha i} + \frac{۱}{\alpha o})$

$R = \frac{\text{ضخامت مصالح}}{\delta \text{ آن مصالح}}$

$k = \frac{۱}{R}$

$\frac{۱}{\text{مقاومت حرارتی}} = \text{ضریب انتقال حرارتی}$

۱ـ۳ـ۲. دیوارهای نما از نوع باربر:

چون سبک‌ترین نوع دیوار باربر دیوار آجری ۳۵ سانتی‌متری با آجر نما است، در صورتی که بخواهیم چنین دیواری از نظر ضریب انتقال حرارتی مورد قبول باشد، می‌توان از جزئیات شکل ۵ استفاده نمود:

در این جزئیات نشان داده شده که در جدار داخلی دیوار ۳۵ سانتی‌متری به‌جای استفاده از گچ و خاک و گچ‌کاری، از زیرسازی با چوب‌های چهار تراش ۵ سانتی‌متری استفاده شده و بین آنها با عایق یونولیت یا پشم سنگ پر شده است. سپس ورقه گچی (Drywall) روی آن نصب شده است.

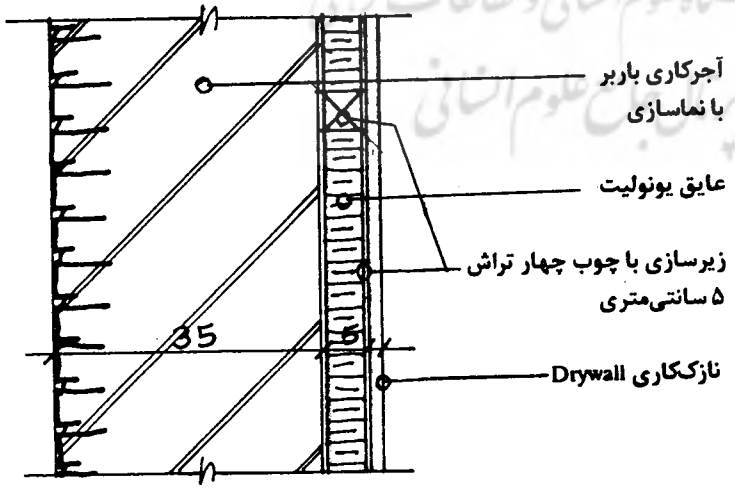
وزن هر مترمربع این دیوار، ۶۷۸ کیلوگرم و ضریب انتقال حرارتی آن،
$k = ۰/۵۲ \ [W/m^2K]$

در نتیجه، ضمن آنکه یک دیوار باربر اجرا شده است و حداقل وزن یک دیوار باربر را دارد، ضریب انتقال حرارتی آن از گروه ۱ با صرفه‌جوئی انرژی زیاد هم بهتر است.

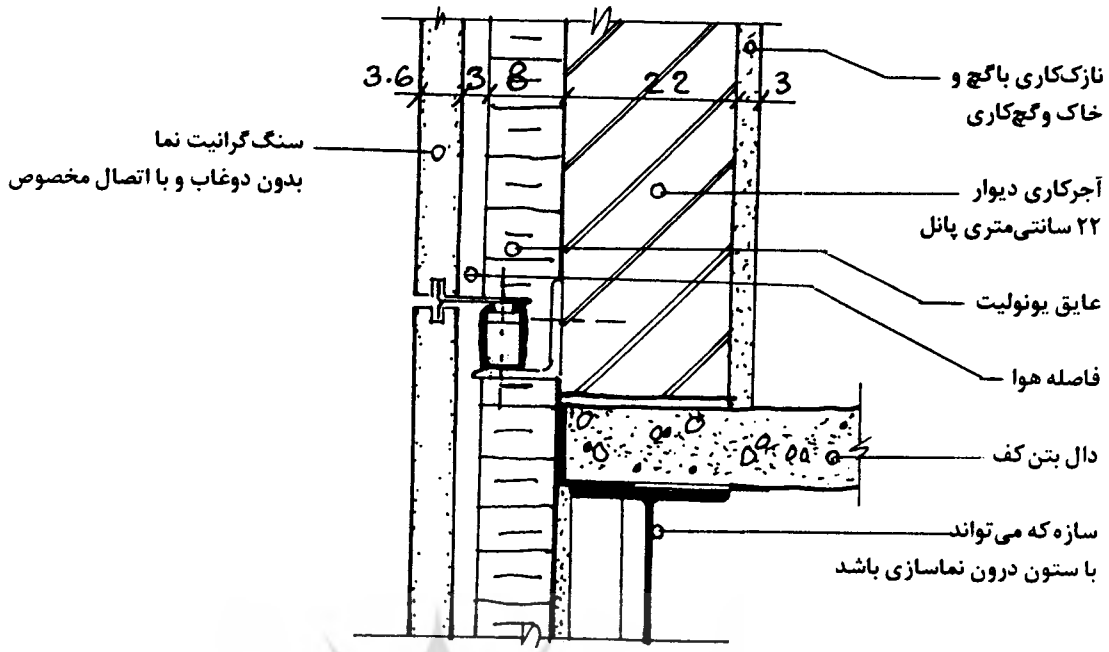
۲ـ۳ـ۲. دیوارهای غیر باربر نما:

این دیوارها علاوه بر نقش پوشش ساختمان و نماسازی، نقش دیوارهای پرکننده بین سازه فلزی یا بتنی را نیز ایفا می‌نمایند.

بار این دیوارها مستقیماً برروی تیرهای اصلی قرار گرفته بین ستونها و سپس به ستونها که کل بار سقف‌ها و دیوارها را باید تحمل نمایند، و بوسیله ستونها به شالوده و پی‌سازی وارد می‌شوند. در صورتی که ستونها از بر ساختمان فاصله داشته باشند، این دیوارها به عنوان پوشش و نماسازی بر روی لبه طرّه و بوسیله دال سقف، و تیرهای اصلی باز هم به ستونها وارد می‌گردد.



شکل ۵. دیوار باربر ۳۵ سانتی‌متری با عایق حرارتی



شکل ۶. دیوار دوجداره با نمای سنگ گرانیت

برای پایین آوردن وزن بار مرده این نوع دیوارها استفاده از جزئیات شکل ۶ و روش‌های زیر توصیه می‌شود.

۱ـ۲ـ۳ـ۲. نماسازی با سنگ

گرانیت: به‌کار بردن سنگ تراورتن به دلیل نرمی و عدم استحکام لازم برای این جزئیات توصیه نمی‌شود.

توضیحات(تصویر ۶): هنگامی که نماسازی با سنگ مطرح باشد، جزئیات و نحوه اجرای فوق توصیه می‌شود. در اینجا باید توجه شود که سنگ‌های نسبتاً نرم ساختمانی را با روش فوق نمی‌توان بکار برد، و سنگ‌هایی با سختی گرانیت قابل استفاده در این روش می‌باشند.

در اینجا دیوار نگهدارنده سنگ‌نما، که دیوار حایل و پرکننده نیز هست، ۲۲ سانت آجرچینی است که اتصال کامل به دال بتنی و ستونها دارد.

بار این سنگ‌ها در اصل بر روی دال سقف همان طبقه وارد می‌شود، و دیوار حایل نگهدارنده سنگ نما در جهت افقی‌است، و بارهای وارده از باد و زلزله را به اسکلت بنا منتقل می‌نماید.

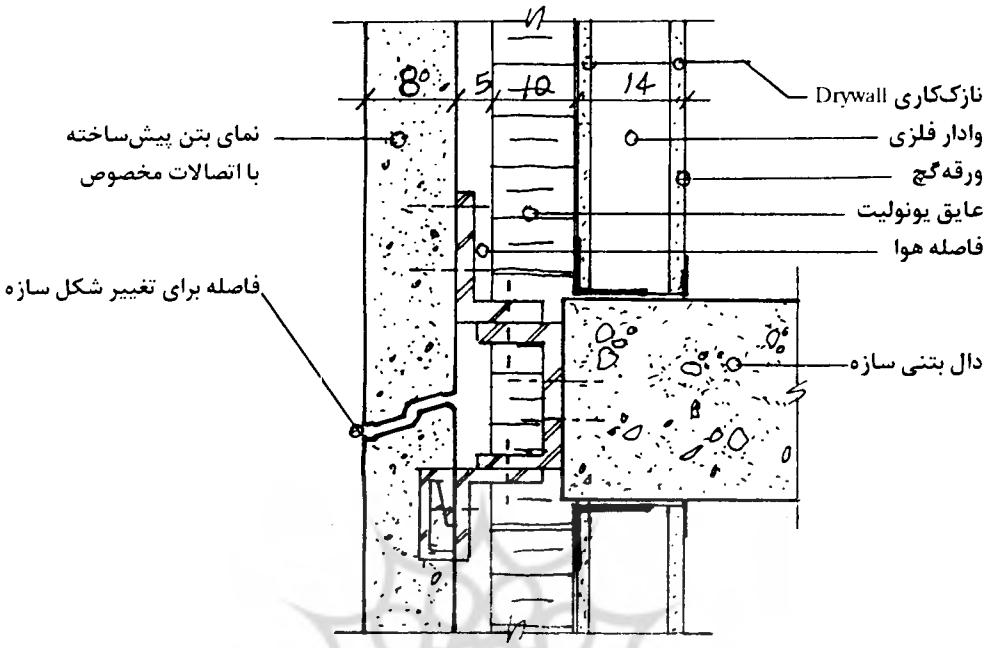
برای بدست آوردن عایق حرارتی مورد نظر، از ۸ سانتیمتر عایق پشم شیشه استفاده می‌شود. برای آنکه این عایق کارآیی لازم را داشته باشد، در زیر آن سطح صاف و استفاده از سد هوا ضروری است. عایق پشم شیشه باید کاملاً به سطح عایق سدّ هوا چسبیده باشد تا کارآیی و مقاومت حرارتی آنرا به حداکثر برساند.

- وزن هر متر مربع این نماسازی با یک سانت سیمان‌کاری زیر سد هوا و سه سانت نازک‌کاری عبارتست از: Kg ۶۵۰ = ۱۶ + ۹۰ + ۵۴۴

و ضریب انتقال حرارتی آن عبارتست از: $k = ۰/۴۳ [W/m^2K]$

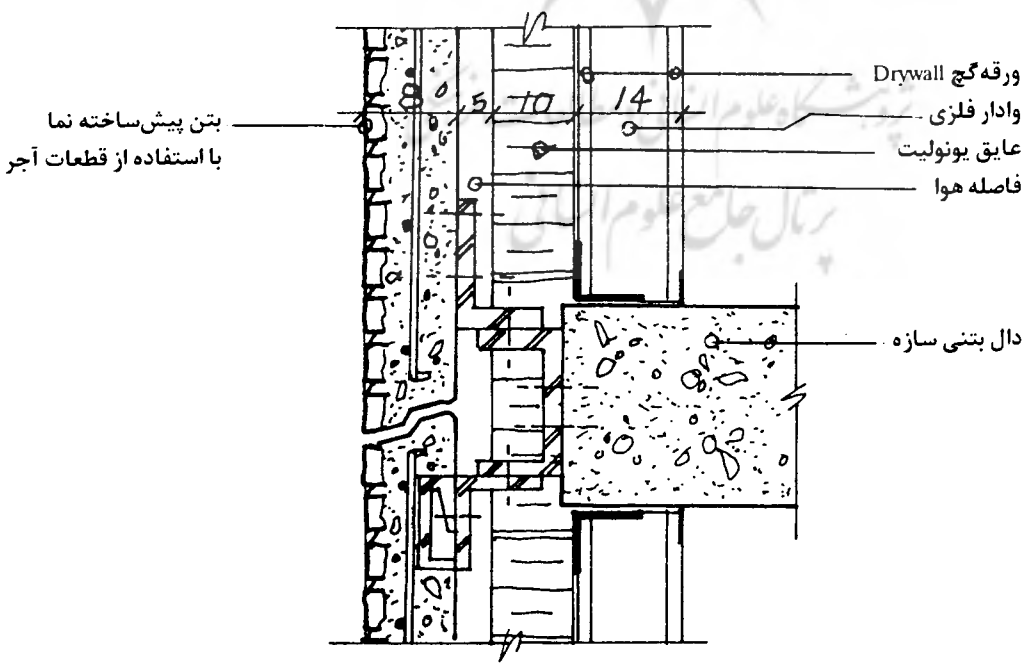
که از گروه ۱ با صرفه جوئی انرژی زیاد به مراتب بهتر است.

۲ـ۲ـ۳ـ۲. نماسازی با قطعات پیش‌ساخته بتنی:



شکل ۷. دیوار دوجداره شامل Drywall و بتن پیش‌ساخته

۳ـ۲ـ۳ـ۲. نماسازی با قطعات پیش‌ساخته بتنی ـ آجری:



شکل ۸. دیوار دوجداره شامل Drywall و بتن پیش‌ساخته با نمای آجری

توضیحات: (شکل ۷)

همانگونه که سنگ‌های گرانیت نما در کارخانه بریده شده و شیارهای لازم برای اتصال به نما در آنها ایجاد می‌شود، در قطعات پیش‌ساخته بتنی نما نیز هنگام ساخت، اتصال لازم پیش‌بینی شده و امکان نصب نبشی‌های ثابت و قابل تنظیم در آنها ایجاد می‌گردد.

هر قطعه بتنی دارای چهار محل اتصال است که دو عدد آن در گوشه‌های پایینی قرار دارد و اتصال ثابت را می‌سازند. دو عدد از بست‌ها در گوشه‌های بالا قرار گرفته و ضمن اتصال به اسکلت ساختمان، امکان حرکت دادن و تنظیم در جهت افقی و شاقول نمودن در آنها وجود دارد.

بار هریک از قطعات بتنی بر یکی از سقف‌ها (کف همان طبقه) وارد می‌شود، و ضمن آنکه ارتفاع هر قطعه تا دال بتنی سقف بالا ادامه دارد، اتصال به سقف بالا حالت نگهدارنده و تنظیم کننده قطعه پیش‌ساخته را دارد.

- وزن هر متر مربع این نماسازی عبارتست از حدود ۲۰۰ کیلوگرم

و ضریب انتقال حرارتی آن عبارتست از: $k = ۰/۳۵ \ [W/m^2K]$

که از نظر صرفه‌جوئی در انرژی بسیار خوب است.

توضیحات: (شکل ۸)

جزئیات فوق مشابه جزئیات قبل می‌باشد، و نشان دهندهٔ آنست که با همان فن و روش می‌توان نمای آجری با هر نوع آجر که مورد نظر باشد بوجود آورد، و تا ارتفاع زیاد چندین طبقه آنرا اجرا نمود. در این جزئیات از همان روش اتصالات استفاده می‌شود.

هنگام ساختن قطعه پیش‌ساخته در داخل قالب افقی قطعات آجر را با ضخامت مورد نظر چیده، میلگرد گذاری نموده و بتن می‌ریزند. هنگامی که قطعه پیش‌ساخته را از قالب خارج می‌کنند، نمای آجری را تمیز و بندکشی نموده و اتصالات لازم را کامل می‌نمایند.

ساختمان اجرا شده با این قطعات پیش‌ساخته، ضمن آنکه نماسازی آجری دارد، اما وزن کم قطعات با ضخامت کم بتنی پیش‌ساخته و استحکام و دوام این روش و فن‌آوری را دارد.

اتصالات این قطعات پیش ساخته از نوع خشک و بدون جوشکاری است. زیرا اتصالات را برای ایجاد دوام و عمر طولانی‌تر بایستی گالوانیزه (Hot Deep) نموده باشند، و اگر این نبشی‌ها و اتصالات جوشکاری شود، حالت گالوانیزه در محل جوشکاری از بین می‌رود، و امکان لکه‌گیری این محل‌ها وجود ندارد. لذا در همین محل‌ها زنگ‌زدگی شروع شده و عمر و دوام اتصالات را پایین می‌آورد.

وزن هر مترمربع این نماسازی نیز کمتر از ۲۰۰/- کیلوگرم و ضریب انتقال حرارتی آن عبارتست از: $k = ۰/۳۵ \ [W/m^2K]$ که از نظر صرفه‌جوئی در انرژی از گروه ۱ نیز به مراتب بهتر است.

توضیحات: (شکل ۹)

در این جزئیات نشان داده شده که با وجود استفاده از دیوار حائل بلوک سیمانی، با افزودن ۱۰ سانتیمتر عایق حرارتی و استفاده از ورق‌های فرم داده شده برای نما، عایق حرارتی بیشتری ایجاد شده و نماسازی بسیار سبکتری از نماسازی با سنگ، آجر، و یا سیمان به اجرا در آمده است.

در صورتی که از ناودانی‌ها و ورق‌های ۲ میلیمتر ضحامت استفاده شده باشد مجموعاً در هر مترمربع دیوار ۳ مترمربع ورق ۲ میلی‌متری و ۳ سانتی‌متر ورقه گچی استفاده شده است.

- وزن هر متر مربع این نماسازی عبارت است از حدود ۱۰۰ کیلوگرم

و ضریب انتقال حرارتی آن: $[W/m^2K]$

$k = ۰/۴۰$

توضیحات: (شکل ۱۰)

این نماسازی با استفاده از ورق فلزی گالوانیزه انجام می‌شود. سطح بیرونی ورق می‌تواند با رنگ پخته لعابی پوشیده شده باشد. پانل‌های این نما قبلاً در کارخانه ساخته شده و در درون آن پلی‌اورتان تزریق شده است. رویه داخلی این پانل‌ها نیز با رنگ اپوکسی پوشیده می‌شود.

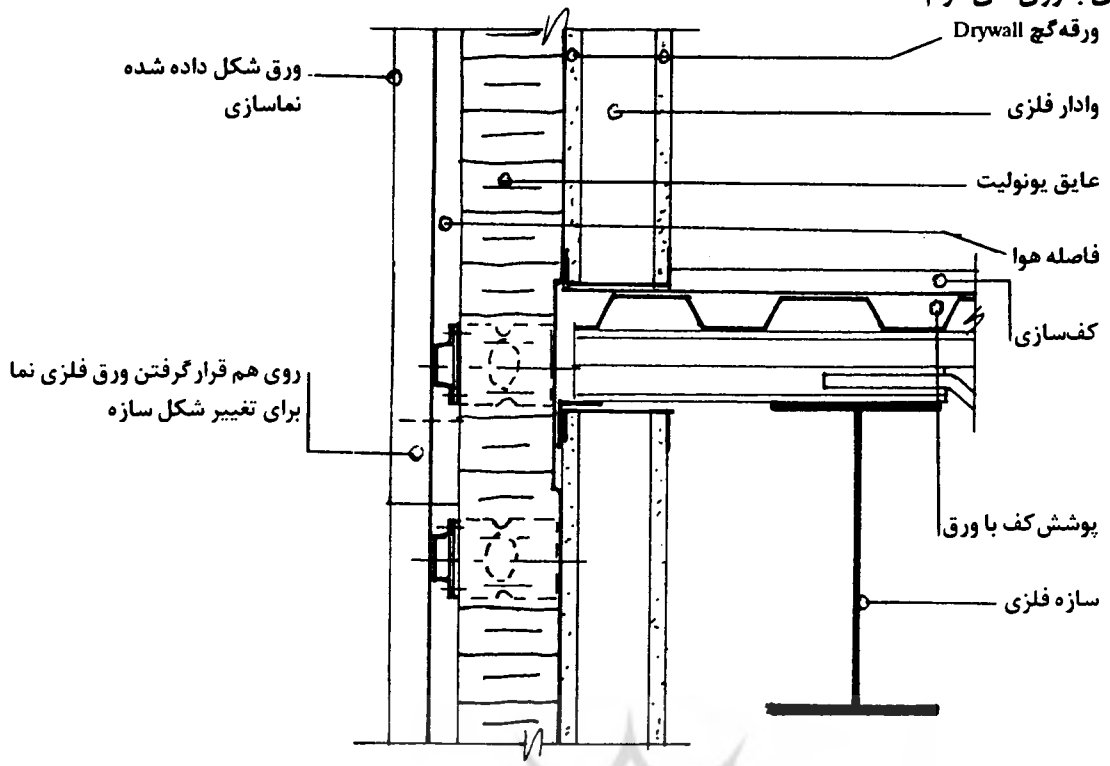
اتصال پانل‌ها به دال بتنی سقف و کف با نبشی انجام می‌شود. سرعت اجرا و نصب زیاد است، و نمای داخلی و نازک کاری با استفاده از سیستم Drywall تعویض می‌شود، که هیچگونه تفاوتی با سایر نازک‌کاری‌ها ندارد.

- وزن هر متر مربع این نماسازی کمتر از ۵۰ کیلوگرم است.

و ضریب انتقال حرارتی با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر پلی‌اورتان عبارتست از: $K = ۰/۵۰ \ [W/m^2K]$

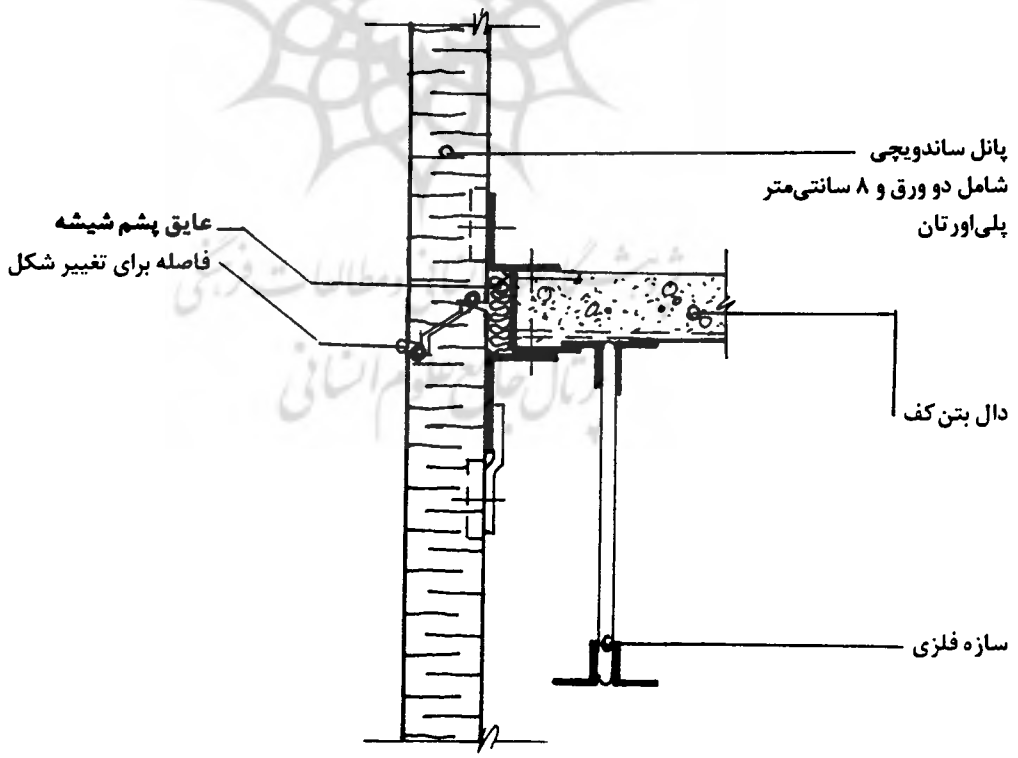
این نوع پوشش نما برای سالن‌های نمایشگاهها، انبارها و کارخانجات می‌تواند بدون استفاده از قسمت Drywall داخلی مورد استفاده قرار گیرد. این نوع دیوارسازی برای ساختمان‌های اداری و مسکونی در مناطق مختلف قابل استفاده است، و پوشش بسیار سبک و قابل نصب در زمان بسیار کم ایجاد می‌نماید.

۴ـ۲ـ۳ـ۲. نماسازی با ورق‌های فرم داده شده:



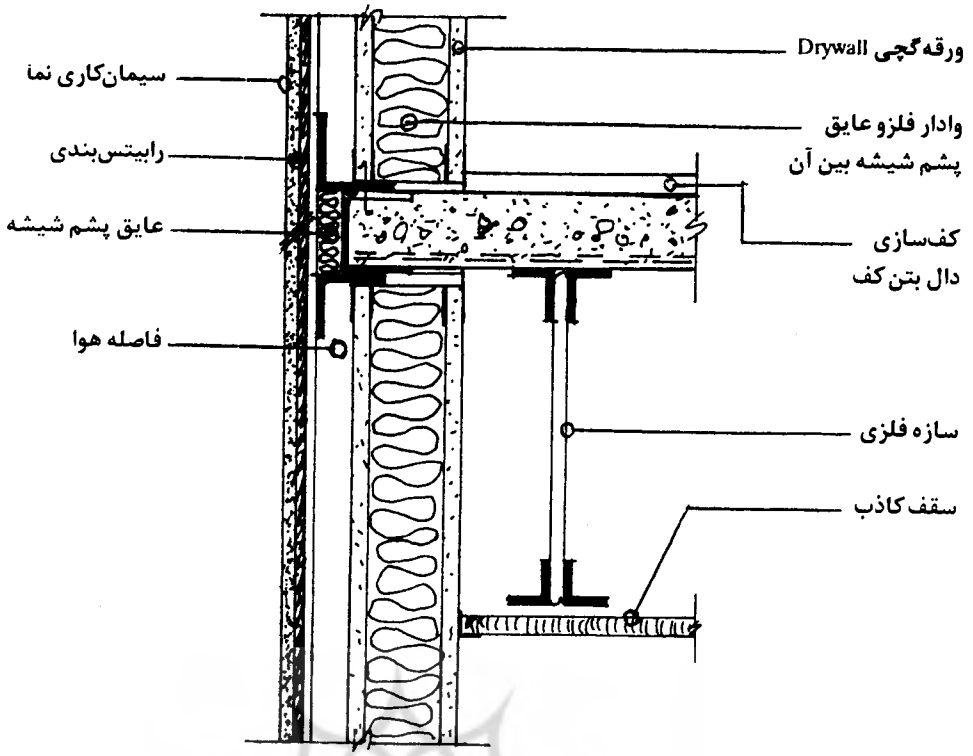
شکل ۹. دیوار دوجداره شامل: Drywall و ورق شکل داده شده نماسازی

۵ـ۲ـ۳ـ۲. استفاده از پانل‌های پیش‌ساخته فلزی (ساندویچ پانل):

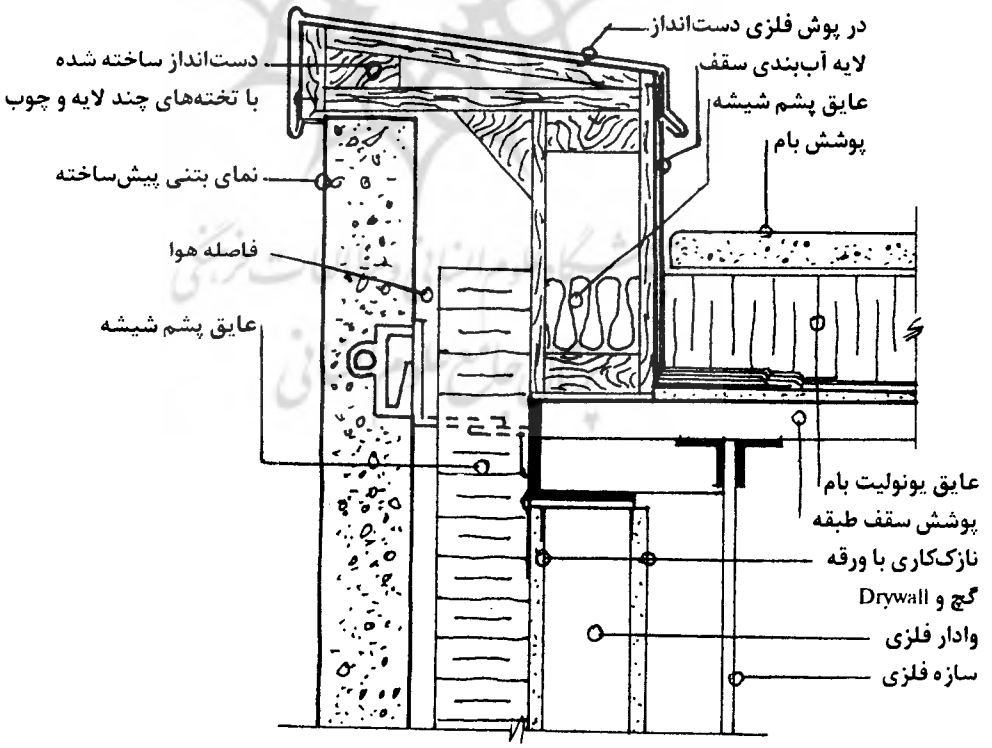


شکل ۱۰. دیوار نماسازی با پانل ساندویچی

۶ـ۲ـ۳ـ۲. نماسازی با سیمان برروی رابیتس:



شکل ۱۱. نماسازی با رابیتس و سیمان‌کاری و Drywall



شکل ۱۲. دست‌انداز بام با دیوار دو جداره

توضیحات: (شکل ۱۲)

در این جزئیات به جای هر نوع مصالح دیگر، بر روی وادارهای فلزی با شبکه‌بندی میلگرد و رابیتس امکان سیمان کاری را می‌توان بوجود آورد، و دولایه آستر و رویه سیمان‌کاری اجرا نمود.

- وزن تقریبی هر مترمربع نماسازی عبارتست از: کمتر از ۶۰ کیلوگرم
و ضریب انتقال حرارتی عبارت است از:
حداکثر $k = ۰/۵۰ \ [w/m^2 k]$

۷ـ۲ـ۳ـ۲. دست‌انداز سبک برای لبه بام:

برای پایین آوردن وزن ساختمان یکی از محل‌هائی که بایستی در جزئیات اجرائی آن تجدید نظر بعمل آید، دست‌انداز بام است. برای این منظور و متناسب با جزئیات پیشنهادی دو نوع اجرای دست‌انداز زیر توصیه می‌شود. بطور تقریب می‌توان گفت وزن هر متر طول دست‌انداز به کمتر از یک‌دهم روش‌های اجرائی جاری تقلیل می‌یابد.

بدیهی است از این جدول و مقایسه ارقام آن می‌توان متناسب با اهداف خود از نظر اثرات نیروهای افقی زلزله و صرفه‌جوئی در انرژی، جزئیات خاص را انتخاب نمود.

۳. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

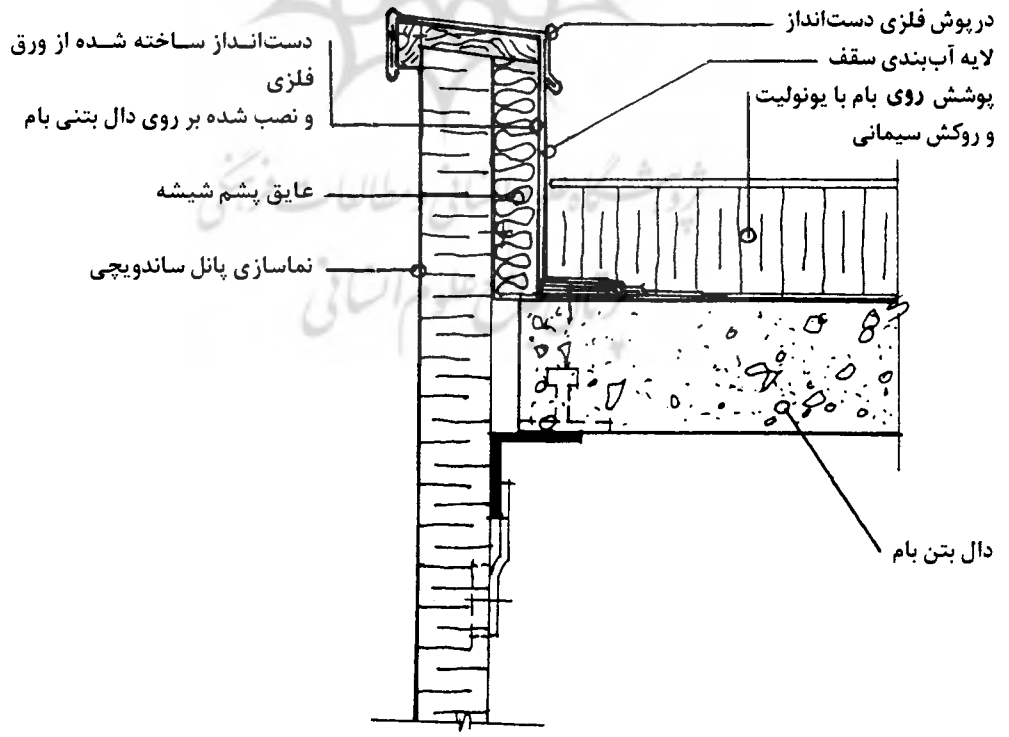
مطالعه دقیق جدول ۴ـ۲ نشان می‌دهد که ردیف‌های ۱ تا ۶ نه از نظر وزن و نه از نظر ضریب انتقال حرارتی قابل قبول نیستند. در صورتی که نمای ساختمان بدون اسکلت و ستون اجرا شود، و دیوارها باربر نباشند باید از ردیف‌های ۱۰ و ۱۱ استفاده نمود، تا ضریب انتقال حرارتی پایین و در نتیجه صرف جوئی در انرژی وجود داشته باشد.

ردیف‌های ۷ تا ۱۱ از نظر وزن پایین قابل قبول، و از نظر ضریب انتقال حرارتی نیز قابل قبول‌اند. بنابراین، پیشنهاد این طرح تحقیقاتی آن است که حتی‌الامکان از این نوع نماسازی‌ها استفاده شود.

بدیهی است با توجه به وزن بسیار پایین ردیف‌های ۱۰ و ۱۱ و همچنین ضریب انتقال حرارتی پائین، بهترین حالت و نمونه پیشنهادی این دو ردیف و استفاده از جزئیات اجرایی آنها است.

سایر نکات و نتایج بدست آمده عبارتند از:

- تغییر در فن‌آوری و دانش اجرای ساختمانی در کشور ضرورت دارد، و باید با دید تازه‌ای به این مسایل نگریست. زیرا کشور ما بر روی کمربند زلزله قرار دارد، و یکی از عوامل تشدید اثرات زلزله، وزن تمام شده ساختمان‌ها است.
- بیش از آنچه که در قسمت‌های دیگر بنا باید به پایین آوردن وزن توجه شود، این کار برای اجرای نماسازی‌ها ضرورت دارد. زیرا هنگام زلزله نمای سنگین بنا، بخصوص اگر درست اجرا نشده باشد، برای افراد داخل بنا و خارج از آن خطرات جدی را ایجاد می‌نماید.
- استفاده از دانش و فن‌آوری جدید و بکار بردن مصالح تازه با توجه به پایین آوردن وزن و ضریب انتقال حرارتی دیوار خارجی بنا هر دو، همزمان بایستی انجام شود.
- با توجه به ضریب انتقال حرارتی پایین پانل‌های پیش ساخته و Drywall با استفاده از این مصالح و روش‌های اجرائی آن، وزن نمای ساختمان به $\frac{۱}{۱۰}$ تا $\frac{۱}{۲۰}$ کاهش می‌یابد.
- توجه به جزئیات پیشنهادی نشان می‌دهد که با استفاده از این روش، ضمن پایین آوردن وزن نماسازی و ضریب انتقال حرارتی که باعث صرفه‌جوئی زیاد در انرژی می‌شود، نماهای مورد نظر با استفاده از سنگ، آجر و قطعات بتنی پیش‌ساخته را می‌توان طراحی و اجرا نمود به عبارت دیگر، پایین آوردن وزن و ضریب انتقال حرارتی برای داشتن ساختمان‌هائی با نماهای مورد نظر محدودیت ایجاد نمی‌نماید.



شکل ۱۳. دست‌انداز بام با پانل ساندویچی