

# معرفی پانل 3D و کاربرد آن در سازه های فولادی و بتنی

امین مشتاق<sup>۱</sup>، حدیث اکرم<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی عمران، دانشکده عمران، دانشگاه سمنان

پست الکترونیکی: [moshtagh\\_amin@yahoo.com](mailto:moshtagh_amin@yahoo.com)

۲. دانشجوی کارشناسی عمران، دانشکده عمران، دانشگاه سمنان

خلاصه:

با پیشرفت صنعت ساخت و ساز در دنیا با بالا بردن سطح کیفی کار و بهره وری بیشتر، نوآوری هایی صورت گرفته است و با توجه به رشد تکنولوژی های روز دنیا و پیشرفت مصالح ساختمانی و نیاز کشور به اینگونه مصالح، لازم است روشهای استفاده از اینگونه مصالح متناسب با نیاز و ویژگی های خاص منطقه ای تدوین و مورد استفاده قرار گیرد. یکی از این مصالح نوین 3D پانل ها هستند. که در این مقاله سعی شده است به معرفی، بیان نحوه ساخت، کاربرد در ساختمان و ویژگی های آن پرداخته شود. در انتها با توجه به اهمیت رفتار لرزه ای، کاهش وزن، افزایش سرعت اجرای ساختمان، استفاده از این پانل ها در ساختمان های در حال ساخت و همچنین اسکان موقت آسیب دیدگان حوادث غیر متقربه، توصیه گردیده است.

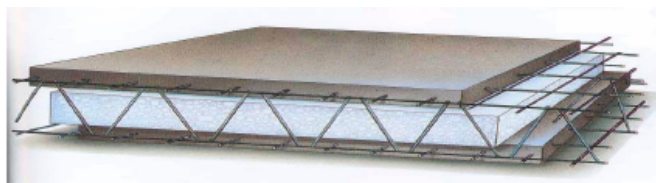
واژه های کلیدی: 3D Panel، پانل های باربر، پانل های غیر باربر، پانل های سقفی

مقدمه:

ده ها سال است که صنعت ساختمان سازی در کشورهای پیشرفته دنیا از حالت سنتی خارج گردیده و روند صنعتی به خود گرفته و سعی شده است که خصوصیات چون سبکی، مقاومت، یکپارچگی، عایق بودن، سرعت در نصب، سهولت در اجرا و ... در مصالح مصرفی به کار گرفته شود. کشور ایران به دلیل شرایط اقلیمی، فرهنگی و اجتماعی خاص و بالاخص قرار داشتن نقاط کشور در کمربند زلزله خیز جهانی و کمبود شدید مسکن بواسطه رشد جمعیت و جوان بودن بافت جمعیتی ایران و نیز کم بودن سرعت ساخت ساختمان، لازم است که از مصالح بهینه و سیستم صنعتی ساخت مسکن استفاده نماییم. حدوداً ۴۰ سال است که استفاده از پانل های سه بعدی در کشورهای صنعتی متداول گردیده است و در دهه ۵۰ در ایران مطرح گردید که به دلایلی تا اواسط دهه ۷۰ پیشرفت زیادی نداشته است اما اخیراً توجه زیادی به آن شده است که یکی از آنها 3D Panel است. این سیستم 3D اولین بار در سال ۱۹۶۷ در آمریکا مورد استفاده قرار گرفت و به ثبت رسید. در حال حاضر اتریش به عنوان سازنده و متولی این نوع محصول و ساختمان های ساخته شده با آن مطرح شده است و کشور ایتالیا کارخانه بزرگ تولید این پانل ها را دارد که به AWM معروف است و در کشورهای دیگر نمایندگی دارد. از سال ۱۳۷۵ در ایران شرکت هایی به سازمان مسکن و شهرسازی مراجعه کردند و خواستار تولید این نوع محصول شده اند. با این حال هنوز ساختمان های اجرا شده با این محصول نسبت به ساختمان های سنتی خیلی کمتر است.

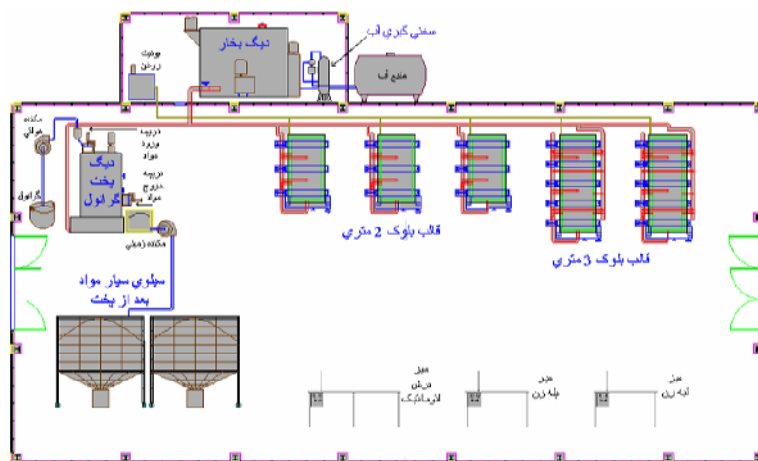
متن کامل مقاله:

3D Panel ها (شکل ۱) یک المان از پیش ساخته است که متشکل از دو لایه بتن مسلح شده و یک هسته عایق پلی استایرن، پلی اورتان و یا عایق پشم سنگ با ضخامت های متغیر ۴-۱۰ سانتی متر برای تامین ویژگی های مورد نیاز با توجه به ساختمان می باشد و همچنین دو لایه شبکه مفتولی تقویت کننده (مش) در طرفین که برای اطمینان از استحکام مکانیکی بالای پانل ها توسط مفتول های قطری بصورت مورب بطور مناسبی به هم جوش شده اند (جوش های مورد استفاده در اتصال مفتول ها نقطه ای یا مقاومتی می باشد) که این مش ها به ضخامت ۳ یا ۴ میلی متر و چشمه های ۸ در ۸ سانتی متری داراست و این دو شبکه به فاصله ۱ تا ۲ سانتی متری از هسته مرکزی خود قرار دارند و با یک بست ویژه به یکدیگر متصل می شوند و این پانل ها در کارخانه به ابعاد مورد لزوم که نوع دیواری آن معمولاً ۱ در ۳ و ۰/۸ در ۳ متری می باشد، تولید می شود. البته فاصله مفتول ها و چشمه ها با توجه به کاربرد در ساختمان های مختلف می تواند با انجام محاسبات کامپیوتری گوناگون تولید شود.



شکل ۱- شماتیکی از 3D Panel

برای تولید آن، با توجه به نقشه معماری ساختمان ها، محاسبه لازم انجام شده و نقشه های اجرایی را در اختیار خط تولید (شکل ۲) قرار می دهند. در این نقشه ها اندازه، قطر و شکل هندسی پانل ها و اتصالات مربوطه به دقت محاسبه و طراحی شده است. برای ساخت آن ابتدا میلگرد ۸ تا ۱۰ میلی متری توسط ماشین های کشش (شکل ۳) سرد و تا ۴ میلی متر کشیده شده و سپس در کوره انیل به اندازه لازم نرم شده و مجدداً دو مرحله کشش انجام می شود که بر طبق آزمایشات انجام شده، ایده آل برای پانل های 3D می باشد. این مفتول ماده اولیه ماشین های مش و پنل می باشد. کار سرد شدن و کشیدن فولاد باعث می شود که مشخصات فولاد عوض شود و باید عملیات باز پخت (کوره انیل) بر روی فولاد انجام شود تا خواص فولاد بر گردد و در غیر این صورت فولادی داریم با مقاومت بالا و ناحیه پلاستیک کم، که در ایران این مرحله مورد توجه قرار نمی گیرد.



شکل ۲ - نمای شماتیک از خط تولید یک کارخانه ساخت پانل

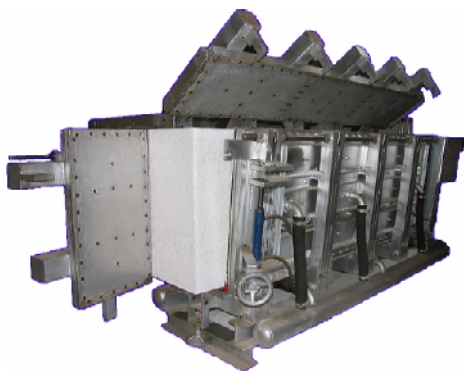


شکل ۴ - گرانول



شکل ۳ - ماشین کشش

در مرحله تولید فوم، دانه های گرانول (شکل ۴۳) شبیه شکر، گریدهای ۱۰۰ تا ۳۰۰ در ماشین اکسپندر (شکل ۴) پخته و شکفته شده و به سیلوهای خود منتقل شده و پس از ۱ روز مجدداً دانه های شکفته شده که حجمشان زیاد می شوند به قالبها منتقل و تحت فشار و حرارت تبدیل به بلوکهای پلی استایرن میشوند (شکل ۵) که پس از برش به اندازه های لازم، جهت مصرف پانل به ماشین پنل داده میشود.

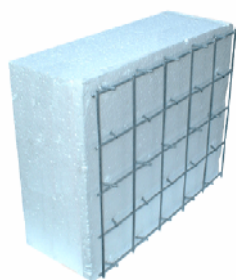


شکل ۵ - قالبهای فشار و حرارتی



شکل ۴ - ماشین اکسپندر (ماشین پخت مواد)

برای ساخت شبکه مش، مفتول های تولید شده در قرقره های ماشین مش (شکل ۶) برای تار مش و در ماشینهای شاخه کن برای پود به اندازه های مشخص صاف و بریده می شود. سپس با جوش های مداوم و سریع تارها به پودها، نوار مش تولید شده و به دو صورت شیت و کلاف جمع آوری می شود. در تولید پانل، دو صفحه شبکه مش از کلافهای تهیه شده وارد ماشین تولید پانل میشود این ماشین اتصالات عرضی را از داخل فوم رد کرده و ۲ شبکه مش در طرفین را به همدیگر جوش می دهد (شکل ۷) که همه آنها توسط کامپیوتر و نرم افزارهای مربوط انجام می شود که متاسفانه در برخی از کارگاه های ایران، این عملیات توسط دست انجام می شود که مسلما به استانداردها و مشخصات لازم نخواهد رسید. لازم به ذکر است در کلیه مراحل بالا بایستی مشخصات مفتول با استاندارد ASTM A82 تطابق داشته باشد. [1]



شکل ۷ - نصب شبکه های مش بر روی پانل



شکل ۶ - ماشین تولید مش

با استفاده از پانل های باربر (شکل ۸)، می توان ساختمانهایی تا ارتفاع ۳ طبقه و بدون داشتن اسکلت فلزی یا بتنی ساخت. این ساختمان ها توانایی مقاومت در برابر زمین لرزه های ۷ ریشتری را دارد که در دیوار سوله ها، ساختمانهای صنعتی، دیوارهای محوطه، ساختمانهای بدون استفاده از سازه های فلزی یا بتن آرمه (که معمولا ۱ یا ۲ طبقه برای انبوه سازی ها) می باشند و ... استفاده می کنند. پی در جاهایی که پانل های دیواری باربر می باشند، همانند DETAIL، پیوست شناژ افقی ریخته می شود. در محل تقاطع دیوارهای باربر استفاده از شناژ قائم طبق DETAIL الزامی است. بعد از اجرای پی، پانلهای دیواری با میلگردهای انتظار جا گذاری شده، به پی متصل می شوند. پس از اتصال، با مهار کردن پانل ها به وسیله پشت بند، شاقول و تراز می گردد.



شکل ۹ - پانل غیر باربر



شکل ۸ - پانل باربر



شکل ۱۰ - پانل سقفی

پانل های غیر باربر (شکل ۹) که از بقیه متداولتر است. در دیوارهای داخلی و خارجی کلیه ساختمان های که دارای سازه فلزی یا بتنی هستند اجرا می شوند و به خاطر ویژگی هایش، در دیوارهای برج ها و سوله ها فراوان کاربرد دارد. تفاوتی از نظر شکل و قطر مفتولهای بکار رفته در پانل های باربر و غیرباربر وجود ندارد و فقط در میلگردهای اتصال و تقویتی و نوع شناژ افقی و عمودی نوع باربر، با یکدیگر تفاوت دارند.

پانل های سقفی (شکل ۱۰) نیز بصورت تیرچه و پانل استفاده می شود که عرض پانلهای سقفی بین ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی متر است و ضخامت آنها معمولا بین ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر است. از آنجا که یکی از مهمترین هزینه های یک ساختمان را اجرای سقف ها به خود اختصاص می دهند، طراحان ساختمان برای اقتصادی کردن آنها از لحاظ صرفه جویی در مصرف بتن و فولاد، کاهش یا حذف قالب بندی، کاهش وزن و افزایش سرعت اجرا درصدد ابداع روش های نوینی می باشند. به دلیل آن که در اجرای سقف های تیرچه بلوک، بلوک ها نقش قالب را دارند و باری تحمل نمی کنند، بهتر است از بلوک های پانلی استفاده کرد. به طور مثال یک بلوک سقفی ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری می تواند جایگزین ۱۰ عدد بلوک سقفی سفالی شود که این جایگزینی کاهش وزن حداقل ۱۱۰ کیلوگرم در هر متر مربع از وزن ساختمان را در بر خواهد داشت.

سازه های ساخته شده با پانل های مورد نظر، مجموعه ای از پانلهای دیواری باربر و سقفی به همراه کلافهای افقی و عمودی، تشکیل دهنده باربر ثقلی و جانبی این نوع ساختمان ها می باشد که بعد از بتن پاشی روی دیوارها و بتن ریزی روی سقف ها، مجموعه پانلها بصورت جعبه درآمده به طوریکه به اینگونه پانلها BOX TYPE می گویند که صلبیت بیشتری خواهد داشت. از مزایای ساختمان ساخته شده نسبت به اسکلت فلزی یا بتن ارمه متصل بودن تمامی دیوارها و سقف ها به یکدیگر است.

در ساخت سازه های بتن آرمه یا فلزی با پانل ها پس از اجرای اسکلت فلزی یا بتن آرمه، ابتدا سقف ها بر اساس نقشه های اجرا بی مربوط، اجرا می گردد سپس جهت اجرای دیوارها با اتصال میلگرد ۸ یا ۱۰، طبق جزئیات اجرایی به دور تا دور قالب ها یا محل اتصال دیوار یا سازه ساختمان، پانل ها با سیم آرماتوربندی به میلگردهای اتصال، پس از تراز و شاقول کردن، محکم بسته می شوند و پس از اجرای لوله کشی های تاسیساتی، با بتن ریزدانه به ضخامت حدود ۳ سانتی متر بتن پاشی می گردد. در این سیستم دیوارها غیر باربر است ولی همه دیوارها و سقف ها به یکدیگر متصل اند.

برای اتصال پانل ها به ساختمان فلزی ابتدا دور تا دور یک دهانه فرضی ساختمان را با میلگرد ۸ یا ۱۰ ترجیحا آجدار به طول حدودا ۵۰ سانتی متر و به شکل L ۱۰ و ۴۰ سانتی متری و به فاصله حدود هر ۴۰ سانتی متری، میلگردها را به بدنه اسکلت جوش می دهند، این میلگردها بایستی در یک صفحه فرضی قرار گیرد که فاصله آن بر سازه ساختمان توسط طراح مشخص می شود. سپس آرماتورها با سیم آرماتوربندی، بعد از تراز و شاقول کردن، به این میلگردها جوش خورده و بسته می شوند.

در ساختمان ها با اسکلت بتنی نیز معمولا پلیت های انتظار را در ستون ها یا زیر پله ها و همچنین در کف قرار می دهند و سپس مانند ساختمان فلزی، میلگردهای اتصال را جوش می دهند. اما اگر پلیت های انتظار کار گذاشته نشود به فاصله هر ۴۰ سانتی متر با مته شماره ۸ یا ۱۰ سوراخ هائی به عمق ۱۰ سانتی متر در دیوار ایجاد می کنیم و میلگرد آجدار ۸ یا ۱۰ را در داخل حفره می کوبند. سپس پانل های سه بعدی دیواری را پس از عملیات تراز و شاقول به میلگردها می بندند.

جهت نصب درب و پنجره در موقع نصب پانل های سه بعدی به اندازه ابعاد پنجره یا در به اضافه قاب پنجره و در، محل نصب آنها را خالی می گذارند. بعد از نصب پانل ها، قاب پنجره و در را در محل ایجاد شده نصب نموده و محکم می کنند و برای استحکام بیشتر در ۳ یا ۴ طرف آن از اتصال استفاده می نمایند. البته می توان قبل از نصب پانل، پیش بینی فضای نصب در و پنجره را کرد. بهتر است قبل از بتن پاشی، قاب پنجره و چهارچوب فلزی درها را در محل مورد نظر تراز و شاقول و محکم نموده و بعد بتن پاشی شود.

برای نصب تاسیسات ساختمانی نیز قبل از بتن پاشی روی پانل ها، لوله های آب و فاضلاب در دیوارها کار گذاشته می شود. بنا براین ابتدا در محل مورد نظر به عرض و ارتفاع لازم مفتول های مش یک طرف پانل با قیچی بریده می شود و سپس با استفاده از یک اره یا تیغه اره آهن از عایق پلی استایرن آن محل برداشته شده و لوله های مورد نظر در داخل پانل کار گذاشته می شود. سپس عملیات پلاستر با ملات سیمان انجام می شود که مسلما در موقع تعمیریه راحتی انجام می پذیرد. سیم های برق، تلفن، کلید و پریرز را قبل از بتن پاشی از صفحات فولادی مش و عایق پلی استایرن عبور داده می شود

ولازم است در طول مسیر لوله ها و به اندازه قطر لوله و به عمق لازم گود گردد. قوطی کلید پریرها نیز در داخل چشمه ها و با بریدن قسمتی از مفتول ها کار گذاشته می شود.

پس از نصب تراز کردن وشاقول کردن 3D Panel و رد کردن لوله ها و جوش دادن و اتصال به دیوارها و ستون های جانبی ، می توان عملیات بتن پاشی ریزدانه به دو صورت تر و خشک را شروع کرد. هر چند چسبندگی بتن ریزدانه با عایق پلی استایرن به اندازه آجر یا بلوک سیمانی نیست ولی به لحاظ اینکه فاصله صفحات مش در ۲ طرف پانل ها با عایق پلی استایرن حدود ۱ سانتی متر است، لذا بتن پاشی به دلیل حائل شدن مفتول های افقی از ریزش بتن ریزدانه جلوگیری می کند و به راحتی انجام می شود. همچنین لازم است ابتدا کرم بندی و شمشه گذاری روی پانل ها دیواری انجام شود و سپس از بالا به پایین بتن پاشی انجام شود که ۳ سانتی متر در طرفین پانل صورت می گیرد و در نوع سقفی بین ۵ تا ۷ سانتی متر صورت می گیرد و عملیات بتن پاشی باید به صورت تر انجام می شود. مرحله بتن پاشی دیوارها تا یک سوم ارتفاع دیوارها انجام می شود و سپس آماده نصب پانل های سقفی می گردد. قابل ذکر است در بتن ریزی به روش خشک مصالح بتن به صورت خشک و با آب مخلوط نشده، داخل لوله حرکت می کند و در هنگام پاشیدن، هوا و آب به این مواد افزوده می شود. ولی در روش تر ملات بتن در مخزن ساخته می شود و در محل خروج با فشار هوا این ملات تر پاشیده می شود.

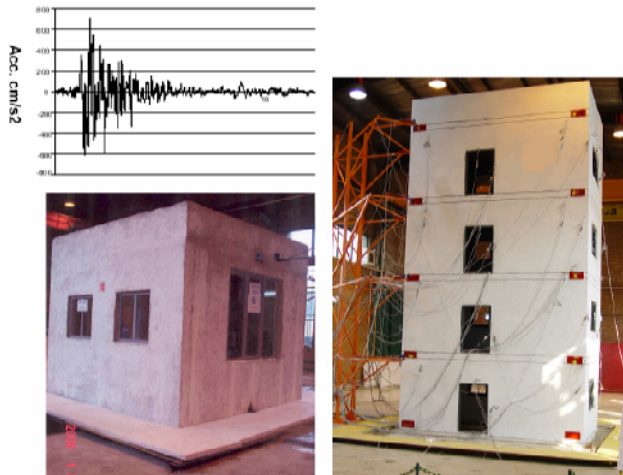
در نما سازی بیرونی ، اگر نما سنگ یا آجر یا مشابه آن باشد، به ردیف آجر یا سنگ با اسکوپ لازم به فاصله حدود ۲ سانتی متر جلوی پانل های دیواری چیده می شود و سپس ملات لازم طبق مشخصات قشه ها پشت آن ریخته می شود. اگر قصد انجام نمای سیمانی یا شسته و ... را باشد، پس از کرم بندی روی پانل ها به ضخامت ۲ تا ۳ سانتی متر با بتن ریز دانه (سیمان کاری) از پایین به بالا همراه با تراز کرم بندی پر می گردد که بعد از سخت شدن آن، روی آن نما سازی یا شسته یا تگری و... انجام می گردد.

در نمای دیوارهای داخلی مانند روش دوم نمای بیرونی با بتن سبک انجام می گردد و یا با گچ و خاک اندود می گردد. سپس با ضخام حدود ۰/۵ سانتی متر با گچ اندود می گردد.

### ویژگی های 3D Panel

به لحاظ قرار داشتن کشور عزیزمان در کمربند زلزله خیز جهانی و اتفاقات چند ساله اخیر بخصوص در شهر بم، احداث ساختمان های سبک و مقاوم در برابر زلزله در دستور کار مهندسان قرار گرفته است و هر چه سازه سبکتر باشد اولاً مصالح کمتری مصرف می شود. به طور مثال اگر از 3D Panel استفاده کنیم در ساختمان های حمال با حذف ستون ها و تیر و سبکتر کردن فونداسیون و در ساختمان های بتن آرمه و اسکلت فلزی، با کم کردن تعداد و قطر آرماتورهای به کار رفته در پی و ساختمان حدود ۳۰٪ هزینه ها کمتر از ساختمان های سنتی می شود. ثانیاً هر چه وزن ساختمان کمتر باشد با توجه به فرمول  $F=ma$  در اثر زلزله نیروی کمتری به آن وارد می شود و مقاومتش در برابر زلزله وقتی شانکریت(بتن پاشی) می شود، به دلیل پیوستگی، فوق العاده زیاد می شود .

خسارت های ناشی از زلزله بر اثر ریزش آوار است. در این سیستم نوع سازه ها کاملاً پیوسته است و خرابی موضعی نخواهد داشت. چسبندگی مصالح سنتی مانند سفال و... به اسکلت ساختمان و به خود ملات بین آنها بستگی دارد و پر واضح است که در برابر زلزله با شدت متوسط به بالا، چندان مقاومتی نداشته و فرو خواهد ریخت ولی 3D به غیر از اینکه تمام اجزا به وسیله میلگردهای ۸ یا ۱۰ به بدنه ساختمان مستحکم شده اند و با بتن پاشیده شده روی آن در دو طرف دیوار، در واقع دو صفحه بتنی مسلح در دو طرف دیوار به وجود آورده اند که استحکام بسیار زیادی به آن داده است. به طور مثال جهت تضمین مقاومت در برابر زلزله آزمایشاتی (شکل ۱۱) در مراکز تحقیقات انجام شده ، که یکی از آنها از مدل آزمایشی بنای 3D در مقیاس ۱/۶ در دانشگاه تانجی در دانشگاه چین است این مدل از پانل هایی در مترها ۴۰۰ در ۲۰۰ در ۳۰۰ mm تشکیل شده است. پوشش مش قدرت تحمل  $2 \text{ N/mm}^2$  در ۲۱۰ را داراست و قدرت مکعب میکرو بتنی  $2 \text{ N/mm}^2$  ۱۰ اندازه گیری شده است. این مدل در معرض زلزله با شدتهای متفاوت که از ۷ ریشتر شروع شد ، قرار گرفت و تا ۹ ریشتری ادامه داشت. در هنگام زلزله ۷ ریشتری هیچگونه شکافی در بنا بوجود نخواهد آمد و ساختمان به حالت الاستیکی عمل می کند. در هنگام زمین لرزه ۸ ریشتری ، شکاف های اندکی در بالای میله تیر سقف از طبقه اول ظاهر می شود و در حین سایر زمین لرزه ها شیارها به تدریج ظاهر می شود و در نتیجه پیشرفت آنها بسیار فشرده می باشد. در ۹ ریشتری ، مدل ، قدرت تحمل بارهای بعدی را نخواهد داشت. مسلماً سایر ساختمان ها نیز بعد از پایان زلزله از استحکام اولیه ان کاسته می شود و مقاومت سازه در برابر زلزله در محاسبات انجام شده برای مقابله با اولین زلزله می باشد.



شکل ۱۱ - آزمایش مقاومت در برابر زلزله در دانشگاه امیر کبیر

به طور کلی وزن ساختمان اسکلت فلزی کمتر از بتن آرمه در ابعاد مساوی است ولی با اجرای این سیستم وزن ساختمان بتن آرمه کمتر از اسکلت فلزی می شود. در مقایسه وزن ۱ متر مربع دیوار سفالی ۲۰ سانتی متری با دو طرف سیمانکاری به ضخامت ۳ سانتی متر حدود ۳۲۰ kg می باشد در حالیکه وزن ۱ متر مربع دیوار با پانل سه بعدی به انضمام ۲ طرف بتن پاشی و به ضخامت ۳ سانتی متر حدود ۱۴۰ کیلو گرم است. وزن ۱ متر مربع سقف با تیرچه و پانل حداقل ۱۰۰ kg کمتر از سقف تیرچه با سفال است.

می دانیم که هر چه سطح مصالح صاف و صیقلی تر باشد، میزان تراکم مصالح بیشتر باشد و هوابندی و مسدود کردن منافذ به طور کامل در بنا، مصالح امواج صوتی را بیشتر منعکس می کنند. میزان عایق بودن بلوک های سیمانی و سفالی در برابر صوت بسته به نوع این پانل ها و تراکم ساختار آنها متفاوت است. با توجه به این که می توان میزان تراکم موجود در پانل ها را تا حد زیادی افزایش داد. همچنین به مراتب، سطح این پانل ها صاف تر از سایر بلوک ها بوده و از آنجائی که این پانل ها از نظر مشخصات فنی و ابعاد آنها در وضعیت نسبتاً یکسان تر از بلوک های سیمانی و سفالی هستند و مسدود کردن منافذ و اتصالات از کیفیت بیشتری برخوردارند، عایق صوتی مناسب تری نسبت به سایر بلوک ها هستند و با افزایش کیفیت آنها می توان این میزان را به حدود ۱۰٪ نزدیک نمود.

این سیستم موجب صرفه جوئی ویژه ای در مصرف سوخت می شود و عایق صوتی مناسبی است که با توجه به دلیل جا نیفتادن فرهنگ آپارتمان نشینی و ایجاد سر و صدا، گزینه مناسبی می باشد. آمارها نشان می دهد حدود ۴۰٪ مصرف سوخت کشور ما، صرف گرمایش و سرمایش در ساختمان ها می گردد که با توجه به گرانی قیمت سوخت و گرانتز شدن و محدود شدن آن در آینده، اهمیت عایق حرارتی ساختمان ها مشخص می گردد. در گذشته نه چندان دور و به خصوص در شهرهای کویری و جنوب کشور ما و در مناطق سرد سیر، برای حفظ حرارت مطلوب، ساختمانها از دیوارهای قطور آجری یا خشتی استفاده می کردند و حتی در بسیاری از ساختمان ها قطر دیوار به ۶۰ تا ۸۰ سانتی متر می رسید. در سقفها سعی می گردید تا آنجا که تیرها جواب می داد ضخامت سقف را با کاه گل اضافه نمایند. طبق دفترچه مقررات ملی ساختمان بخش ضرائب حرارتی اغلب مصالح آورده شده است که در آن ضریب حرارتی سفال عدد ۱ تا ۱٫۳۵، و برای عایق پلی استایرن عدد ۰٫۰۴۱ تا ۰٫۰۴۷ است. به عبارتی در دیواری که با پانل ۶ سانتی متری ساخته شده، عملکرد حرارتی آن بیش از یک دیوار آجری بضخامت ۶۰ سانتی است. به طور مثال ساختمان های ساخته شده از این سیستم در ایتالیا با سوال از اهالی، به این نتیجه رسیده اند که فقط ۲ ساعت روشن بودن سیستم گرمایش، برای ۲۴ ساعت شبانه روز کافی است و گرما و سرما در ساختمان باقی می ماند و تلف نمی شود.

همانطور که می دانیم پانل ها قبل از بتن پاشی خیلی سبک، در حدود ۵ تا ۸ کیلوگرم، هستند و به خاطر سبکی و شکل ویژه آن به راحتی می توان حمل و نقل کرد. به طور مثال در مناطق کوهستانی و مناطق روستائی و دور از مرکز، خصوصاً مناطق صعب العبور که امکان تامین نیروی کار مناسب، تهیه مصالح استاندارد و حمل به منطقه با مشکل مواجه است و امکان پوشش موقت آن توسط کاهگل وجود دارد، خیلی راحت تر می توان آنرا جابجا کرد تا سفال و... ارزش آن بیشتر مشخص می شود.

این پانل ها برای نصب به کمک زائده هایی در هم قفل می شوند. طبق اظهارات یک شرکت آمریکائی حتی اگر یک کارگر ناوارد به مونتاژ این پانل ها گماشته شود ساخت یک خانه ۱۱۰ متر مربعی با سه اتاق خواب و ۲ حمام از این پانل ها بیش از ۱ روز طول نمی کشد البته بدون عملیات بتن پاشی. بطور مقایسه در ایران سرعت اجرا یک گروه ۴ نفری در یک شیفت برای دیوار ۶ سانتی متری پلی استایرن ۱۱۲ متر مربع با بتن پاشی و دیوار ۲۰ سانتی متری سفالی ۵۶ متر مربع و دیوار آجری ۲۲ سانتی متری ۲۸ متر مربع، انجام می پذیرد، این ارقام کاملاً دقیق نیست و همچنین موجب کاهش زمان اجرای ساختمان در حدود ۵۰٪ می شود.

با توجه به محدود بودن زمین و ساخت زمین های کوچک ۵۰ تا ۷۰ متری، به خصوص در شهرهای بزرگ، هدر رفتن و پرت نشدن فضای خانه خیلی مهم است. به طور کلی فضای مفید قابل استفاده در بناهای با پانل، بین ۵ تا ۱۰ درصد بیشتر از بناهای تولید شده با سفال یا بلوک است. از ویژگی پانل ها این است که فقط در شکل های تخت کار برد ندارد و می توان شکل های خاص نیز با آن اجرا کرد. به طور مثال سقف های گنبدی را می توان با این پانل ها اجرا کرد (شکل ۱۲). مثلا در یک بالکن بیضی شکل، پانل ها را می توان با یک اره به شکل بیضی در آورد و برای ساختن آن بالکن، از آنها استفاده کرد. ولی اگر بخواهیم از بلوک های سیمانی یا سفالی استفاده کنیم، باید این بلوک ها را شکسته و با خرده های این بلوک ها بالکن را به شکل بیضی در آورد که هم مشکل است و هم اجرای این بالکن به زیبایی اجرای بالکن با پانل نیست.



شکل ۱۲ - شکل پذیری پانل ها به صورت بیضی

با توجه به این که پارتیشن های معماری همگی از پانل های بتنی هستند و سطح نسبتا همواری دارند لذا عملیات گچ و خاک حذف می گردد و دیوار آماده گچ کاری می گردد و این باعث عدم نیاز به نعل درگاهی و ایجات تسهیلات در لوله کشی ساختمان می شود. به دلیل ایجاد حدود ۳ سانتی متر بتن ریزدانه در ۲ روی پانل، آن را می توان غیر قابل اشتعال دانست (خود پلی استایرن ضد آتش نیست) و گسترش شعله در داخل و خارج پانل رخ نمی دهد. مضافا اینکه می توان مقاومت حداقلی ۳۰ دقیقه تا ۲ ساعت را در برابر آتش سازه در نظر گرفت. وضمننا این پلی استایرن ها شعله ور نمی شوند بلکه ذوب می شوند. البته ۲ نوع قابل اشتعال و غیر قابل اشتعال دارد. نوع قابل اشتعال که روی آن پوشش نسوزی بنام گوتینگ می کشند باید از نوع غیر قابل اشتعال استفاده کرد ولی این نوع تولید دود خطرناکی می کند که در بعضی موارد، ساختمان را تخریب می کند. در جاهایی که امکان آتش سوزی زیاد می باشد که به تدابیر شدید در برابر حریق نیاز دارد مانند سیلو ها، انبارهای مهمات و علوفه و ... سعی می شود از عایق پشم سنگ استفاده کرد. برای ذوب شدن پلی استایرن باید آتش سوزی وحشتناکی رخ دهد چرا که پلی استایرن در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد آتش می گیرد که اگر در یک ساختمان دما به ۴۰۰ درجه سانتی گراد برسد تمام آرماتورهای ستون ها تغییر شکل می دهند و به اصطلاح کج می شوند همچنین تمام قسمت های گچی پودر می شوند و ساختمان از وضعیت عادی خود خارج می شود. پس مساله ذوب شدن پانل ها اهمیت چندانی ندارد و اگر رخ دهد تازه دیواری خواهیم داشت ۲ جداره ومانند دیوارهای سفالی بابلوکی ولی با قطر کمتر.

پلی استایرن به علت عدم جذب آب و داشتن ضریب نفوذپذیری اندک در عایق کاری فراوان مورد استفاده قرار می گیرد و در آب متورم نمی شوند و به علت بسته بودن ساختار دانه ای پلی استایرن، جذب آب در این محصول صفر است.

تجربه های زلزله های گذشته نشان داده که یکی از اساسی ترین مشکلات پس از زلزله، موضوع اسکان موقت آسیب دیدگان زلزله می باشد چرا که بازماندگان حادثه زمین لرزه مدت ها در شرایط نامناسب و در چادر یا کانتینر های غیر استاندارد زندگی کرده اند. پانل های سه بعدی به علت سرعت بالای اجرا و... تولید و دپوی آن برای موقع اضطرار می تواند یکی از گزینه های اسکان موقت باشد، خصوصا با توجه به درجه عایق بودن در برابر حرارت، در چنین مواقعی که تامین کننده انرژی سرمایشی و گرمایشی با مشکل مواجه است می تواند انتخاب مناسبی تلقی گردد.

نتیجه گیری :

با توجه به مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان استفاده از این مصالح در صنعت ساختمان نقش بسزایی در بهینه سازی مصرف انرژی دارد، استفاده از این مصالح به عنوان دیوارهای غیر باربر، علاوه بر نقش عایق صوتی و حرارتی خود، نقش بسیاری در سبک سازی ساختمان دارد. استفاده از پانل های 3D می توان در وقت و نیروی کاری انسانی صرفه جویی کرد. از این نوع بلوک می توان در ساختمان هایی که امکان گسترش آتش سوزی در حد وسیع وجود ندارد استفاده کرد.

منابع :

۱. معاونت فنی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، راهنمای اجرای سقف های تیرچه بلوک، انتشارات سازمان برنامه و بودجه
۲. محمد زمان کبیر، علیرضا رهایی و یحیی نصیرا، مطالعه آزمایشگاهی سیستم ترکیبی قاب فولادی و دیوار برشی پیش ساخته 3D تحت بارگذاری لرزه ای سیکلی، دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه، اردیبهشت ۱۳۸۴.
۳. امید رضایی فر، بررسی غیر خطی دینامیکی سازه های ترکیبی تحت بارهای سیکلی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، پایان نامه کارشناسی ارشد ۱۳۸۲.

۴. آیین نامه طراحی لرزه ای سازه ها در برابر زلزله ، آیین نامه ۲۸۰۰ ، کمیته دائمی بازنگری آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله ، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، ویرایش سوم ۱۳۸۴ .
۵. محسن گرامی ، سید علیرضا کابلی ، بررسی کاربرد سیستم نوین پانل 3D در بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود ، مجموعه مقالات اولین همایش بین المللی مقاوم سازه ای لرزه ای ، صفحه ۱۸۱ ، اردیبهشت ۱۳۸۵ .
۶. علی اکبر فامیلی ، مصالح شناسی ساختمان و تکنولوژی مواد ، انتشارات دانش تایپ .
۷. تجلیل ، اجرا ساختمان ، نشریه دانشکده تکنولوژی ، دانشگاه آذر آبادگان ، شماره ۲۱ ، (۵۵-۱۳۵۴)
۸. سایت باشگاه مهندسان ایرانی
۹. سید علیرضا کابلی ، سمینار کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر گرامی ، کاربرد پانلهای سه بعدی در ساختمان ، دانشگاه سمنان ، پائیز ۱۳۸۴

10. ER 5618 , "Legacy report on the 1997 Uniform Building Code" , ICC Evaluation Service includes , 2000.
11. Plantema , F. J. (1966) . Sandwich Construction , John Wiley , New York.