

بررسی کاربرد ، ویژگی ها و مزایا و معایب 3D پانل ها و مقایسه آن با دیگر مصالح

امین مشتاق^۱، حدیث اکرم^۲

۱. دانشجوی کارشناسی عمران ، دانشکده عمران ، دانشگاه سمنان

پست الکترونیکی: moshtagh_amin@yahoo.com

۲. دانشجوی کارشناسی عمران ، دانشکده عمران ، دانشگاه سمنان

چکیده :

با توجه به استفاده روزافزون از مصالح ساختمان سبک جهت سبک سازی سازه ها ، بر آن شدیم تا در این مقاله به بررسی کاربرد ، ویژگی ها ، مزایا و معایب یکی از مصالح نوین ساختمان، یعنی 3D پانل ها بپردازیم. امروزه سعی می شود از مصالحی که در مقایسه با مصالح پیشین سبک تر و کارا تر و حتی ارزان تر هستند استفاده شود که موضوع این مقاله بر روی بلوک های یونولیتی که یکی از انواع مختلف مصالح سبک است متمرکز گردیده است. در این مقاله دلایل استفاده از 3D پانل ها بجای دیگر سازه های بنایی از قبیل آجر ، سنگ ، خشت ، گل و ... بیان شده است و به مقایسه بین این پانل ها و بلوک های سیمانی و تولیدات مشابه که تاکنون در ساخت و ساز به کار می رفته است از لحاظ مقاومت در برابر زلزله ، حرارت ، رطوبت و ... ، عایق بودن در برابر صوت ، حرارت و ... ، کاهش هزینه ها و دیگر موارد پرداخته شده است و نیز راهکاری برای استفاده بیشتر از این مصالح پیشنهاد شده است.

واژه های کلیدی: سازه های بنایی ، 3D پانل ها ، سبک سازی ، شاتکریت ، طبقه نرم

مقدمه :

دیوارهای بنایی از آجر، سنگ، خشت و ملات و یا بتن غیر مسلح و گل به عنوان چسب یا اتصال دهنده آنها تشکیل شده اند. باتوجه به سابقه کاربرد این دیوارها در سازه ها و پیشینه تاریخی استفاده از آنها در کشورمان و بخصوص در ابنیه تاریخی می بایست عملکرد آنها در سازه ها را مورد بررسی قرار داد. ساختمانهای بنایی اکثرا دارای ضعف در مقاومت برشی داخل صفحه و کماتش خارج از صفحه می باشند و همچنین دارای شکل پذیری مطلوب نمی باشند. از اینرو در برابر نیروهای جانبی و قائم به شدت آسیب پذیر می باشند و زندگی ساکنین آنها به خطر انداخته اند و زیانهای مالی و جانی فراوانی پدید می آورند. از نشانه های خرابی سازه های بنایی بوجود آمدن ترک در آنها می باشد که می توان به تخریب سازه های بنایی در زلزله ترکیه (۱۹۹۹) یا تخریب سازه های بنایی آجری و سنگی در ایتالیا تحت بارهای ثقلی گسترده و یا متمرکز تیر ریزی سقف ها اشاره نمود. دهها سال است که صنعت ساختمان سازی در کشورهای پیشرفته دنیا از حالت سنتی خارج گردیده و روند صنعتی بخود گرفته است و بر آن است که خصوصیات سبکی، مقاومت، یکپارچگی، عایق بودن، سرعت در نصب، سهولت در اجرا و ... در مصالح مصرفی بکار گرفته شود. استفاده از دیوارها و پانل ها طی سال های گذشته در اروپا و آمریکا رشد روزافزونی یافته است. این دیوارها که برای ساخت خانه های پیش ساخته طراحی شده اند، به دلیل داشتن مزایایی از قبیل دوام، عملکرد محیطی خوب، وزن کم، قابلیت مونتاژ سریع و افزایش راندمان انرژی در ساختمان مورد توجه بسیاری از پیشتازان صنعت ساختمان سازی قرار گرفته اند. رشد جمعیت در ایران و افزایش نیاز برای مسکن و فضای سکونت باعث شده است تا تقاضا برای هرچه کوچکتر، سریعتر و ارزانتر ساختن بنا افزایش یابد. رواج یافتن پارتیشن ها، سقفها و دیوارهای کاذب در طی چند سال اخیر، موید این ادعاست. طی سال های گذشته فعالیت هایی از سوی چند شرکت کوچک و بزرگ برای ساخت پانل ها صورت گرفته است.

متن کامل مقاله :

در گذشته باتوجه به کاربرد فراوان مصالح بنایی در سازه ها و وجود بیشتر سازه های بنایی تحقیقات زیادی بر روی آنها انجام شده است. بارهای متمرکز وارد بر آنها، بارهای گسترده، بارهای قطری، نیروهای زلزله و... همگی باعث تخریب و آسیب رساندن به این سازه ها می شد. لذا تستهایی با هدف بررسی مقاومت آنها در برابر این آسیبها انجام شد. از جمله این تحقیقات میتوان به تحقیقات **Johnson ، Thompson ، Fattal ، Drysdale ، Yokel** اشاره کرد، که در این میان **Henry و Samarasinghe** موفق به بدست آوردن یک سطح شکست با $(\theta, \sigma_p, \sigma_c)$ آن شدند. سپس **A.W Page** به بررسی سطح شکست برای پانل آجری تحت حالت تنش کشش - کشش اصلی پرداخت. بدلیل نزدیک بودن این دو تحقیق و نتایج آن به یکدیگر، شکل سطح شکسته شده بیانگر این موضوع می باشد که ناحیه بحرانی برای شکست در زیر بار، به زاویه قرارگیری اتصالات و بار وارده و رابطه بین مقاومت کششی و مقاومت برشی اتصالات بستگی دارد. بنا به انتشار نتایج مؤسسه استاندارد استرالیا **SAA (Standard Association of Australia)** نیز زاویه قرارگیری اتصالات افقی نقش چندان مهمی را برای شکست در حالت تنشهای اصلی تا زمانیکه در نمونه شکاف کامل پدید نیاید ایفا نمی کند. با این حال زمانیکه یک تنش اصلی حاکم باشد، زاویه اتصالات افقی اهمیت پیدا می کند و ترک در اتصالات و یا آجرها شروع به پیشروی می کند. هنوز تحقیقات معتبری در رابطه با حالت فشاری - فشاری تنشهای اصلی انجام نگرفته است. مقاومت فشاری مصالح بنایی بستگی به عوامل زیادی از جمله مقاومت فشاری واحدهای بنایی (آجر)، مقاومت فشاری ملات مصرفی، خروج از محوریت بار قائم وارد به مصالح بنایی و چسبندگی ملات به واحدهای بنایی دارد. در صورتی که مقاومت کششی و برشی مصالح بنایی فقط به چسبندگی ملات مصرفی بستگی دارد و درصد کمی از مقاومت فشاری را تشکیل می دهد. هرچه مقدار نسبت سیمان و آهک ملات به ماسه بالاتر باشد میزان مقاومت کششی و برشی مصالح بنایی افزایش خواهد یافت. معمولاً مقاومت فشاری، کششی و برشی مصالح بنایی را با آزمایش بر روی یک نمونه شامل دو آجر و یک لایه ملات تعیین می کنند. همانطور که میدانیم سازه های بنایی در مقاومت برشی داخل صفحه و کماتش خارج صفحه ضعیف هستند و از شکل پذیری نا مطلوبی برخوردار هستند که همه این عوامل سبب شکست پانل های بنایی علی الخصوص در دیوار برشی می شوند. مصالح بنایی موادی ترد و شکننده می باشند، از اینرو تحت بارهای وارده دچار ترک خوردگی می شوند ولی ترک خوردگی لزوماً دال بر گسیختگی نمی باشد، چرا که المانهایی که در کشش ترک برداشته اند هنوز قابلیت باربری فشاری خود را از دست نداده اند. از سوی دیگر رفتار غیر خطی مصالح بنایی پس از مشاهده اولین ترک آغاز می شود. از جمله عوامل موثر بر مقاومت فشاری آجرچینی میتوان به مقاومت خشت ، ابعاد خشت ، مقاومت ملات ، سختی خشت وملات ، کلفتی بندها ، میزان جذب آب توسط خشت و... اشاره کرد که جزء محاسن این نوع مصالح محسوب می شوند که گاه به طور غیر مستقیم سبب آسیب به ساختمان و دیگر مصالح میشود که به طور جداگانه قابل بحث می باشد. شکست نمونه های فشاری به صورت ایجاد یک ترک کششی در راستای بارگذاری اتفاق می افتد. از آزمایشهای فشاری روی آجرچینی نتایج زیر به دست می آید:

الف - مقاومت فشاری آجرچینی از مقاومت اسمی آجر کمتر و از مقاومت فشاری ملات بیشتر است.

ب - مقاومت فشاری آجرچینی با ریشه دوم مقاومت آجر و ریشه سوم یا چهارم مقاومت ملات متناسب است.

ج - ترک کششی که در امتداد بارگذاری ظاهر می شود در نتیجه مقاومت ضریب پواسون آجر و ملات است که منجر به آغاز ترک در ملات شده است و نهایتاً در آجرها هم ظاهر می شود.

د - مقاومت ملات در آجر چینی به خاطر محصور بودن آن، بیش از مقاومت اسمی آن (آزمایش مکعب) است. آزمایشهای موری نشان داد که هر قدر جنس لایه های بین آجرها (جنس بندها) سخت تر شود، مقاومت آجرچینی بیشتر می شود.

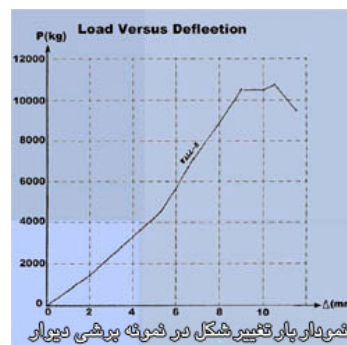
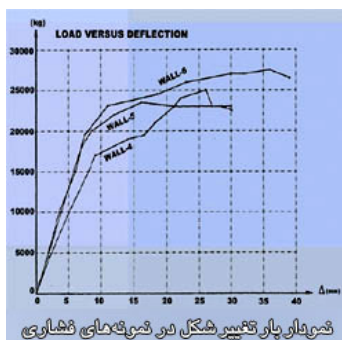
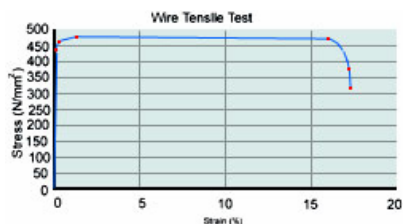
براساس نظریه هیلسدورف با اعمال تنش فشاری، تنشهای عرضی کششی در داخل نمونه به وجود می آید تا بالاخره به خط شکست ماکزیمم برسد. در این لحظه ترک آغاز می شود. با افزایش بار، ترکهای دیگر نیز به وجود می آید. ضریب پواسون ملات بیش از آجر است و بنابراین تمایل ملات به انبساط عرضی بیش از آجر بوده و عملاً می خواهد از بین آجرها خارج شود و در نتیجه تنش برشی به آجرها وارد می شود که نهایتاً به شکست نهائی منجر می شود. این دلایل سبب می شود تا محققان به فکر جایگزینی مصالح نوینی چون پانل های 3D بجای آجر و دیگر مصالح بنایی باشند. لازم به ذکر است که بی شک مواد اولیه ساخت مصالح بنایی در سرتاسر دنیا یکسان نیست ، برای مثال در ایتالیا بیشترین مناطق لرزه ای در **Apennines** هستند که در نواحی روستایی آن مصالح بنایی نامرغوبی وجود دارند. در ناحیه **Umbrian-Marchigian** ی **Apennines** خاکهای غیر چسبنده ای وجود دارد که برای ساخت آجر از آن استفاده می شود. این مصالح از معادن شن و ماسه در نزدیکی مناطق شهری بدست می آیند که این عامل باعث می شود که در زمان انجام محاسبات نتوان بر داده های آزمایش های انجام شده اطمینان کرد که خود از معایب این مصالح محسوب می شوند. مطابق تجربیات **Umbria** و **Marche** خسارات وارده بر بسیاری از سازه های بنایی (1997-1998) در اثر عدم چیدمان صحیح مصالح و نامناسب بودن مصالح است. در اکثر ساختمانهای آسیب دیده ای که در مراکز تاریخی ایتالیا وجود دارند و اکثراً خانه های ردیفی هستند، این مسئله موجب کاهش مقاومت آنها در برابر بارهای وارده شده است که خود یک مانع در تسریع ساختمان سازی است. همچنین شناسایی روند به وجود آمدن ترک در سازه های بنایی بسیار مشکل است زیرا این سازه ها از دو ماده ترد و شکننده (آجر و ملات) با خصوصیتی کاملاً متفاوت تشکیل شده اند. این سازه ها المان ضعیف ملات است و ترک عموماً در آن ایجاد می شود ولی اینترکها می توانند

در آجر هم بوجود بیابند. اتصالات (ملات) بعنوان مسیره‌های عمودی و افقی به شمار می‌آیند که ترک در آنها امکان گسترش می‌یابد. به طور معمول سه نوع شکست در پانل‌های بنایی امکان رخ دادن دارند که عبارتند از:

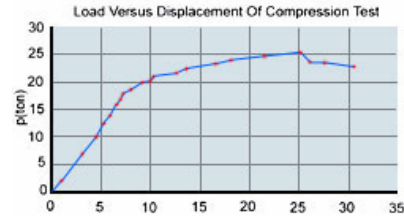
- ۱- شکست بندها در سطح مشترک آجر و ملات هنگامی اتفاق می‌افتد که تنش قائم (نرمال) که به سطح مشترک وارد می‌شود کششی باشد.
 - ۲- ترک خوردن کششی ملات یا آجر هنگامی اتفاق می‌افتد که وضعیت تنش یکی از دو حالت کشش دو محوره یا کشش - فشار دو محوره باشد.
 - ۳- خرد شدن آجر یا ملات که در زیر تنشهای فشاری رخ می‌دهد (هر کدام از فشارهای یک محوره یا دو محوره).
- از جمله تست‌ها و آزمایشات انجام شده بر روی مصالح بنایی می‌توان به فشار تک محوره با نمونه استوانه‌ای، شکاف دادن نمونه‌های آجر و ملات، تست فشاری - فشاری، تست فشاری - کششی، تست فشاری - برشی و تست کششی - برشی اشاره کرد. قابل ذکر است در آزمایشات انجام شده در مدل مصالح، ارتباط بین اجزاء و نیروهای ارتباطی آنها قبل از هرگونه شکست محلی در سازه بوجود می‌آید و در آن پدیده‌های وابسته به زمان و خصوصیات هندسی مصالح موثرند. با توجه به آزمایشات انجام شده می‌توان به نتایج زیر اشاره کرد:
- ۱- با توجه به مدل اصلاح شده تست‌های انجام شده، باری که موجب بوجود آمدن اولین ترک می‌شود تا زمانیکه معیار ترک تغییر نیافته، ثابت است. این طور به نظر می‌رسد که الگوی شکست تغییر نیافته است. اما بار نهایی پیش‌بینی شده بسیار حائز اهمیت می‌باشد مخصوصاً برای نسبت‌های بارگذاری بالاتر. در این مدل اصلاح شده همخوانی بیشتری بین بار در حالت مرکزی و بار خروج از مرکز بدست آمد.
 - ۲- با تغییرات زیاد خروج از مرکزیت بار، شاهد تغییرات زیادی در نقطه ماکزیمم ممان نخواهیم بود. مقدار پراکندگی زیاد در نتایج آزمایشات را برای خروج از مرکزیت‌های ۵۰ و ۶۰ سانتیمتر برای هر ۱ متر عرض مشاهده می‌نماییم که در آن در پانل آجری بیشترین مقدار خرابی را خواهیم داشت.
 - ۳- هنگامیکه خروج از مرکزیت افزایش می‌یابد تاثیر عکس‌العمل مقطع کاهش یافته و مقداری مقاومت بیشتر را شاهد خواهیم بود.
 - ۴- در خروج از مرکزیت‌های بسیار بزرگ، تنها به مقدار خروج از مرکزیت نمی‌پردازیم بلکه نسبت خروج از مرکزیت به تغییر شکل و خرابی، برای ما اهمیت می‌یابد که می‌توانیم در آن پدیده تمرکز تنش در اطراف نقاط خرابی را بررسی کنیم.
 - ۵- در پانل بنایی بتنی مقدار خروج از مرکزیت ۳۵ سانتیمتر در پانل ۱ متری، مقدار بحرانی پانل و موجب بیشترین خرابی و ترک گردید.
 - ۶- علت رفتار غیرخطی مصالح بنایی ترک خوردن آنها می‌باشد.

در ساختمان تیرچه بلوک، از بلوک‌ها به عنوان قالب دائمی برای قالب بندی گونه جان تیر T شکل و همچنین قالب ریزی بتن پوششی در جا استفاده شده و همواره به عنوان قالب‌های دائمی و مصالح پرکننده محسوب می‌شوند و این بلوک‌ها باید قادر به تحمل ضربه‌های ناشی از حمل و نقل متعارف و نیروهای ناشی از عبور و مرور در زمان بتن ریزی باشند و لازم به ذکر است که بلوک‌ها در محاسبات مقاومت سقف به حساب نمی‌آیند.

اما در کنار این مصالح بنایی، مصالح نوینی چون پانل‌های 3D در صنعت ساخت و ساز بکار گرفته می‌شوند که با توجه به پیچیدگی اثر متقابل بین اجزاء مختلف این سیستم و عدم وجود روش جامع و کامل در مدلسازی، تحلیل و طراحی سازه‌های ساخته شده با پانل، ارزیابی عملکرد این سازه‌ها از طریق بررسی رفتار تجربی و آزمایشگاهی بسیار مفید می‌باشد. در این ارتباط محققین مختلف (در کشور و دنیا) نسبت به انجام آزمایش و بررسی تجربی رفتار اینگونه سازه‌ها اقدام نموده‌اند. بیشتر کارهای تجربی بر روی بار مقاوم شامل برش، کشش مفتول، فشار پانل و یا آزمایشات خمشی می‌شود. آزمایش برش بخاطر شناسایی نیروهای برشی در لایه‌های بتنی و همچنین به منظور یافتن قابلیت برش اتصالات انجام می‌شود. از آزمایشات انجام شده در ایران و سایر کشورها می‌توان به تست دینامیکی غیر خطی بر روی مدل ساختمان ۴ طبقه پانلی توسط محققین دانشگاه صنعتی امیرکبیر، آزمایشات دینامیکی پانل‌ها و اتصالات سازه‌ای در پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، آزمایش ارتعاشات محیطی و بارگذاری ثقلی بر روی ساختمان ۴ طبقه پانلی جهت بررسی مشخصات دینامیکی سازه و مقاومت خمشی دال پانلی، آزمایش بررسی رفتار لرزه‌ای قاب فولادی پر شده با پانل، بررسی آزمایشگاهی 3D پانل بر روی میز لرزان در شانگ‌های و تحقیق بر روی بهینه‌سازی در کارایی حرارتی و سازه‌ای پانل‌های مرکب اشاره کرد. که نتایج آن در شکل‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ نشان داده شده است.

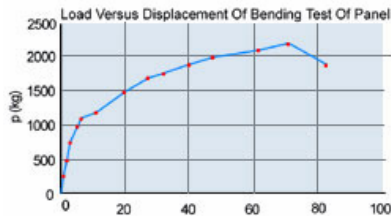


شکل ۱



شکل ۴

شکل ۳



شکل ۵

برای مثال جهت تضمین مقاومت در برابر زلزله آزمایشاتی 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 پانلهایی در مترها $300 \times 200 \times 400 \text{ mm}$ تشکیل شده است. پوشش مش، قدرت تحمل 210 N/mm^2 را داراست و قدرت مکعب میکرو بتنی 10 N/mm^2 اندازه گیری شده است. این مدل در معرض زلزله با شدتهای متفاوت که از ۷ ریشتر شروع شد قرار گرفت و تا ۹ ریشتر 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 هنگام زلزله ۹ ریشتری، مدل قدرت تحمل بارهای بعدی را نخواهد داشت که مسلما در سایر ساختمانها نیز بعد از پایان زلزله، از استحکام اولیه آنها و مقاومت سازه در برابر زلزله کاسته می شود این درحالی است که محاسبات انجام شده، برای مقابله با اولین زلزله می باشد. نتایج حاصل از آزمایشات، سختی نسبتا بالای این سیستم را نشان می دهد. ترک های برشی در اطراف باز شو ها از عوامل مهم در آسیب این سازه ها می باشد که برای تقویت این گونه سازه ها از آرماتور های تقویتی در کنار باز شوها و یا اتصالات U شکل استفاده می کنند. در ایران سیستم سقف ها در گذشته به صورت گلی، پوشش کاه، سقف های سفالی و طاق قوسی بوده است که این سقف ها به علت سنگینی زیاد، خطر آتش سوزی، عدم مقاومت در برابر نیروهای جانبی و ... اکنون تنها در برخی از روستاهای کشور به کار برده می شود. امروزه در ایران سقف های متداول به کار رفته به صورت طاق های ضربی، تیرچه بلوک، دال های بتن آرمه و سقف های سبک می باشد. به لحاظ قرار داشتن کشور عزیزمان در کمربند زلزله خیز جهانی و اتفاقات چند ساله اخیر بخصوص در شهر بم و با توجه به گران تمام شدن افزایش صلبیت ساختمان و عدم توانایی در ساخت ساختمانی با صد در صد صلبیت، احداث ساختمانهای سبک و مقاوم در برابر زلزله در دستور کار مهندسان قرار گرفته است هر چه سازه سبکتر باشد مصالح کمتری مصرف می شود که با استفاده از 3D Panel در ساختمانهای حمال، با حذف ستون ها و تیر و سبکتر کردن فونداسیون و نیز در ساختمانهای بتن آرمه و اسکلت فلزی، با کم کردن تعداد و قطر ارماتورهای به کار رفته در پی و ساختمان، حدودا ۳۰٪ هزینه ها کمتر از ساختمانهای سنتی می شود و هر چه وزن ساختمان کمتر باشد با توجه به فرمول $F=ma$ ، در اثر زلزله نیروی کمتری به آن وارد می شود و همچنین مقاومتش در برابر زلزله به دلیل پیوستگی در شاکریت فوق العاده زیاد می شود. خسارتهای ناشی از زلزله بر اثر ریزش آوار (دیوار یا پرتاب قطعات آجر) است. در این سیستم نوع سازه ها کاملا پیوسته و یکپارچه است و خرابی موضعی نخواهد داشت، حال آنکه چسبندگی مصالح سنتی مانند سفال و... به اسکلت ساختمان و به 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 در 3D، به غیر از اینکه تمام اجزا به وسیله میلگردهای ۸ یا ۱۰ به بدنه ساختمان مسکوم شده اند، 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 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 نتیجه استفاده از بلوک های یونولیتی در سقف، بار مرده سقف و در نهایت بار نهایی به میزان ۱۵۰ کیلو گرم بر متر مربع کاهش می یابد. در مقایسه، وزن ۱ متر مربع دیوار سفالی ۲۰ سانتی متر 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. همانطور که می دانیم پانل ها قبل از بتن پاشی خیلی سبک هستند و به خاطر سبکی و شکل ویژه آن، براحتی قابل حمل و نقل هستند. به طور مثال در مناطق کوهستانی یا صعب العبور خیلی راحت تر می توان آنها را جابجا کرد تا سفال و ... و ارزش آن بیشتر مشخص می شود. همچنین در بلوک های سفالی و سیمانی، معمولا شکستگی ها و درزهای زیادی وجود دارد که در هنگام بتن ریزی، این شکستگی ها و درزها با

بتن پر می شوند و در نتیجه مصرف بتن افزایش می یابد اما در بلوک های یونولیتی چون به ندرت شکستگی اتفاق می افتد و درزی ندارد ، این مقدار از مصرف بتن کاهش می یابد.

این پانل ها برای نصب به کمک زائده هائی در هم قفل می شوند و همچنین به دلیل اینکه طول آنها از طول بلوک های سفالی و سیمانی بیشتر است کارگران به راحتی و در مدت زمان کمتری می توانند آنها را نصب کنند. 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 بدون عملیات بتن پاشی بیش از ۱ روز طول نمی کشد. 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 برابر است. استفاده از این پانل ها موجب کاهش اجرای ساختمان در حدود ۵۰٪ می شود که سبب استفاده از این مصالح جهت اسکان موقت آسیب دیدگان بجای چادر و کانتینرهای غیر استاندارد می شود. با توجه به محدود بودن زمین و ساخت زمین های کوچک ۵۰ تا ۷۰ متری به خصوص در شهرهای بزرگ ، به هدر نرفتن 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. البته عدم امکان ایجاد فضاهای با وسعت زیاد بدون دیوار و عدم امکان منظور نمودن پارکینگ از محدودیت های این سیستم می باشد که راه حل این مشکل ترکیب سازه در ارتفاع (قاب در پایین و پانل در طبقات بالا) می باشد. عدم امتداد دیوارها در طبقه پایین در این حالت موجب ایجاد طبقه نرم می گردد که برای جلوگیری از عدم ایجاد طبقه نرم و ایجاد سختی برابر در دو طبقه ، لازم است ۵۷٪ از مساحت جانبی کل طبقه اول توسط پانل پوشش داده شود.

بلوک های سیمانی و سفالی تا حد زیادی در برابر رطوبت عایق هستند. یونولیت به علت عدم جذب آب و داشتن ضریب نفوذ پذیری اندک در عایق کاری مورد استفاده فراوان دارد. بلوک های یونولیتی در آب متورم نمی شوند و به علت بسته بودن ساختار دانه ای یونولیت و وجود پوشش مخصوص ، جذب آب در این محصول صفر است و عایق بسیار مناسبی برای رطوبت می باشد. لازم به ذکر است EPS ها مانع جذب آب می شوند که با استفاده از پوشش کوتینگ، پیوندی پایدار و همیشگی با کلیه مصالح ساختمانی بر روی سطح آن ایجاد می کند.

این سیستم عایق صوتی مناسبی است و با توجه به دلیل جان نیتان فرهنگ آپارتمان نشینی و ایجاد سر و صدا گزینه مناسبی می باشد. همانطور که می دانیم هر چه سطح مصالح صاف و صیقلی تر باشد، میزان تراکم مصالح بیشتر باشد و هوا بند و مسدود کردن منافذ به طور کامل صورت گرفته باشد، در بنا امواج صوتی را بیشتر منعکس می کنند. میزان عایق بودن بلوک های سیمانی و سفالی در برابر صوت، بسته به نوع این بلوک ها و تراکم ساختار آنها متفاوت است. می توان میزان تراکم مواد در بلوک های یونولیتی را تا حد زیادی افزایش داد و همچنین به مراتب سطح این بلوک ها صاف تر از سایر بلوک ها است که این موارد در انعکاس صوت تاثیر دارد. از آنجایی که این بلوک ها از نظر مشخصات فنی و ابعاد آنها در وضعیت نسبتا یکسان تر از بلوک های سیمانی و سفالی هستند و مسدود کردن منافذ و اتصالات از کیفیت بیشتری برخوردار است ، عایق صوتی مناسب تری نسبت به سایر بلوک ها هستند و حتی می توان با بهبود کیفیت آنها این میزان را به حدود ۱۰۰٪ نزدیک نمود. این سیستم موجب صرفه جوئی ویژه ای در مصرف سوخت می شود ، 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 ساختمانها قطر دیوار به ۶۰ تا ۸۰ سانتی متر می رسید و نیز 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 مصالح ، که ضرائب حرارتی اغلب مصالح آورده شده است، ضریب حرارتی سفال عدد ۱ تا ۱،۳۵ ، عایق پلی استایرن عدد ۰،۰۴۱ تا ۰،۰۴۷ است. به عبارتی در دیواریکه با پانل ۶ سانتی متری ساخته شده ، عملکرد حرارتی آن بیش از یک دیوار آجری ضخامت ۶۰ سانتی متری است. به طور مثال در ساختمان های ساخته شده از این سیستم در ایتالیا، با سوال از اهالی به این نتایج 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. در جدول ۱ مقایسه انتقال حرارت بین یونولیت و تیرچه بلوک انجام پذیرفته است که بنا به مقایسه انتقال حرارت از سقف یونولیتی ۷۲ درصد کمتر از سقف تیرچه و بلوک قدیمی است.

مقاومت حرارتی (R) deg F per BtU/h sg ft (R)					
سقف با جزئیات بلوک یونولیتی		سقف با جزئیات بلوک سیمانی			
قسمت بلوکها	قسمت تیرچه ها	قسمت بلوکها	قسمت تیرچه ها	شرح	ردیف
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	مقاومت فیلم هوا در خارج 7/5 Mph	۱
۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	ایزوگام	۲
۱/۲۷	۱/۲۷	۱/۲۷	۱/۲۷	پوکه سبک شیب بندی ۷/۵ Cm	۳
۰	۰	۳/۲۰	۰	بلوک سیمانی به ضخامت ۲۰ Cm	۴
۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	بتن روی سقف- تیرچه و بلوک ۵ Cm	۵

جدول ۱- مقایسه انتقال حرارت بین یونولیت و تیرچه بلوک

۰	۰/۶۴	۰	۰/۶۴	بتن تیرچه ها ۸ × ۲۰	۶
۱۹/۶۴	۰	۰	۰	بلوک پلاستو فوم به ضخامت ۱۷/۵ Cm	۷
۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	گچ زیر سقف ۱ Cm	۸
۰	۰	۰	۰	رابیس گالوانیزه ۵ mm	۹
۰/۹۲	۰	۰	۰	هوای محبوس ۲/۵ Cm	۱۰
۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	مقاومت فیلم هوای داخل	۱۱
۲۳/۳۹	۳/۴۷	۶/۰۳	۳/۴۷	جمع	

الف: سقف با جزئیات تیرچه ۱۰ سانتی متری و بلوک ۴۰ سانتی متری

$$U_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{0.05 + 0.03 + 0.17 + \frac{0.20}{5.18} + 0.03} = 0.1812$$

ضریب انتقال حرارت $U_1 = 1/R_1 = 0.1812$

ب: سقف با جزئیات تیرچه ۱۰ سانتی متری و بلوک ۵۰ سانتی متری

$$U_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{0.05 + 0.03 + 0.17 + \frac{0.20}{5.18} + 0.03} = 0.276$$

ضریب انتقال حرارت $U_2 = 1/R_2 = 0.276$

$$U_2 < U_1, \quad U_2/U_1 = \frac{0.276}{0.1812} = 1.523$$

شاید تنها عیب این بلوک ها ، مقاومت آنها در برابر حریق و آتش سوزی باشد. بلوک های سیمانی و سفالی به خاطر مواد اولیه خود مقاومت خوبی در برابر آتش سوزی دارند ولی بلوک های یونولیتی به سرعت آتش می گیرند. مواد اولیه این بلوک ها که EPS نام دارند به صورت نسوز و یا قابل اشتعال در

پتروشیمی تولید می شوند. بیشترین خطر آتش سوزی در اجرا یک ساختمان عمدتا در حین جوشکاری ، سیم کشی و یا در نتیجه بی احتیاطی افرادی که در حال کار هستند ایجاد می شود. از پوشش نسوز کوتینگ بر روی این بلوک ها استفاده شد که به دلیل هزینه زیاد همه ابعاد با کوتینگ پوشش نمی یابند. نکته قابل توجه این است که از لحاظ گازهای ایجاد شده در اثر حریق، مقایسه ای بین این نوع بلوک ها با چوب استاندارد صورت گرفته که نتایج آن در جدول ۲ بیان می شود.

جدول ۲ - گازهای ایجاد شده از سوختن چوب استاندارد و بلوک یونولیتی

نام گاز	چوب استاندارد	بلوک یونولیتی
کلرید هیدروژن	۰	۰
آلدئید اسکول	۰	۰
آمونیاک	۰	۰
مونوکسید کربن	۱۱۹	۱۰
دی اکسید کربن	۱۳۵۰۰	۵۰۰
اکسید نیتروژن	۱۰	۴
سیانید هیدروژن	۰	۰

همچنین می توان از مواد اولیه نسوز استفاده کرد که به دلیل واردات آن از کشورهای خارج به داخل ایران ، قیمت این بلوک ها ۱/۸ برابر هزینه بلوک های تولید شده با مواد اشتعال زا در ایران است. 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 مقاومت حداقلی در برابر آتش، ۳۰ دقیقه تا ۲ ساعت را برای سازه در نظر گرفت. ضمنا این پلی استایرن ها شعله ور نمی شوند و ذوب می شوند. البته ۲ نوع قابل اشتعال و غیر قابل اشتعال وجود دارد که باید از غیر قابل اشتعال استفاده کرد ولی دود خطرناکی تولید می کند که در بعضی موارد ، ساختمان را تخریب می کنند و همچنین در جاهائی که امکان آتش سوزی زیاد می باشد سعی می شود از عایق پشم سنگ استفاده کرد. پس از ذوب شدن پلی استایرن باید آتش سوزی وحشتناک رخ دهد که تازه در این حالت دیواری ۲ جداره و مانند دیوارهای سفالی یا بلوکی ولی با قطر کمتر خواهیم داشت. شایان ذکر است این بلوک ها در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد آتش می گیرند و اگر در یک ساختمان درجه حرارت به ۴۰۰ درجه سانتیگراد برسد ، تمام آرما توره های ستون ها تغییر شکل می دهند و به اصطلاح کج می شوند. همچنین تمام قسمت های گچی پودر می شوند در نتیجه ساختمان از وضع عادی خود خارج می شود پس از این لحاظ مساله آتش گرفتن این بلوک ها اهمیت چندانی ندارد ولی با این حال در جاهائی که امکان آتش سوزی زیاد می باشد مانند ساختمان های خاص که به تدابیر شدید در برابر حریق نیاز دارد مانند سیلو ها، انبارهای مهمات و علفه و... سعی می شود از عایق پشم سنگ استفاده کرد. برای جلوگیری از آتش سوزی ناشی از اتصالات برقی ، سیم های برقی را از کانال های عایق عبور می دهند تا خطرات اینگونه آتش سوزی ها از بین برود.

همچنین استفاده از این پانل ها سبب افزایش درجه نامعینی نسبت به سیستم های قابی و باز توزیع بهتر نیروها و نیز عدم خرابی کامل سازه در صورت تشکیل مفاصل پلاستیک موضعی در بخشی از سازه می شود و امکان مدل سازی میان قاب ها در سازه های پانلی به روش اجزای محدود، و آنالیز دقیق تر سازه و کاهش معضل تمرکز تنش، امکان بلند شدگی (uplift) نسبت به سیستم های قابی (در اعضای اطراف دیوار برشی و بادبند) و امکان توزیع یکنواخت تر نیروها در سطح را به ما می دهد. عملکرد سه بعدی سازه پانلی به صورت یک المان در تحمل نیروها ، سبب افزایش سختی و رفتار نسبتا مناسب آنها می شود. کاهش معضلات اتصالات ، نسبت به برخی سیستم های پیش ساخته ، با توجه به اجرای بتن دیوارها و اتصالات بصورت یکپارچه ، شکل پذیری مناسب ، عدم نیاز به نعل درگاه ، ایجاد تسهیلات در لوله کشی ساختمان، عدم نیاز به کنده کاری در نصب تاسیسات مکانیکی و الکتریکیال و درگیر بودن با قاب پیرامون ، باربری سازه ای ، نیاز نداشتن به بادبند و گچ و خاک و انبارداری مناسب، حمل و نقل و اتصال خوب، عدم ایجاد ترک در دیوار ها بعد از گذر زمان و ... از دیگر محاسن این مصالح ساختمانی است. همچنین در بلوک های سیمانی و سفالی مقداری از آب بتن جذب می شود ، این در حالی است که در بلوک های یونولیتی به دلیل آنکه سطح مجاور بلوک ها با بتن با کوتینگ پوشیده نشده ، این آب توسط بلوک ها جذب نمی شود و بر روی بتن باقی می ماند و در نتیجه بتن دیرتر خشک شده و کیفیت آن افزایش می یابد.

با توجه به ویژگی های گفته شده از این مصالح ، هم اکنون ۲ نوع از این پانل ها تولید می شود. نوع موجود single panel (پانل تک) نام دارد. نوع دیگر تولیدی که مشابه همین است ، double panel گفته می شود که در واقع پانل دوبله هستند و یک لایه خالی در وسطشان وجود دارد که آرما تور بندی می شود (مثل دیوار برشی عمل می کند). در سیستم double panel ، ساختمانهای تا ۲۰ و ۲۵ طبقه اجازه ساخت داده شده است. شایان ذکر است هم اکنون در داخل ایران نرم افزاری جهت تحلیل و بررسی این نوع پانل ها وجود ندارد و نمونه های خارجی این نرم افزار ها بسیار گران هستند.

از معایب این بلوک ها می توان به کیفیت پایین تولید این بلوک ها اشاره کرد، زیرا به دلیل ماشینی نبودن فرآیند تولید ، محصول یکنواختی نخواهیم داشت چرا که در برخی از کارگاهها ی ایران ، عملیات جوش دو شبکه مش توسط دست انجام می شود که مسلما به استانداردها و مشخصات لازم نخواهد رسید. همچنین کار سرد شدن و کشیدن فولاد در مرحله تولید آن 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 و جزء عمده مشکلات این محصول به حساب می آید. از دیگر مشکلات پیش روی این محصول جدید قیمت بالای آن است که به دلیل کم بودن کارخانه های تولید اینگونه فوم ها در داخل ایران است، به طوری که در مقایسه با یک دیوار آجری، قیمت این سیستم بسیار گرانتر است (چند برابر)، اما هنگامی که از این المان ها به عنوان المان باربر استفاده می شود یعنی تیر و ستون را حذف می کنیم و فندانسیون را سبک می کنیم، ادعا می شود که قیمت ساختمان با این سیستم حدود ۲۰ درصد ارزان تر از ساختمان های سنتی است. که در جداول ۳ و ۴ به مقایسه هزینه بین یونولیت و تیرچه بلوک پرداخته شده است.

جدول ۳ - قیمت تیرچه بلوک سیمانی با اجرا در سازه بتنی

ردیف	شرح	واحد	قیمت جزء(ریال)	قیمت کل(ریال)
۱	کل آهن آلات مصرفی	۳۴۳۷۳۰۳ Kg	۳۱۰۰	۱۰۶۵۵۷۲۳۰
۲	میزان بلوک سیمانی مورد نظر بادر نظر گرفتن شکستگی	۱۴۰۰ m ²	۱۶۵۰۰	۲۳۱۰۰۰۰۰
۳	دستمزد چیدن بلوک ها با یک کارگر	۲۴۰h	۴۳۷۵	۱۰۵۰۰۰۰
جمع				۱۳۰۷۰۷۲۳۰

جدول ۴ - قیمت تیرچه بلوک یونولیتی با اجرا در سازه بتنی

ردیف	شرح	واحد	قیمت جزء(ریال)	قیمت کل(ریال)
۱	کل آهن آلات مصرفی	۲۴۹۲۵/۵ Kg	۳۱۰۰	۷۷۲۶۹۰۵۰
۲	میزان بلوک یونولیتی مورد استفاده	۱۴۰۰ m ²	۳۲۴۵۰	۴۵۴۳۰۰۰۰
۳	دستمزد چیدن بلوک ها با یک کارگر	۲۴۰h	۴۳۷۵	۸۷۵۰۰
جمع				۱۲۲۷۸۶۵۵۰

قیمت تمام شده با بلوک سیمانی: ۱۳۰۷۰۷۲۳۰ ریال
 قیمت تمام شده با بلوک یونولیتی: ۱۲۲۷۸۶۵۵۰ ریال
 صرفه جویی در هر مترمربع: ۳۴ / ۳۶۹۰ ریال
 کل صرفه جویی: ۷۹۲۰۶۸۰ ریال

قیمت بلوک های یونولیتی از بلوک های سیمانی و سفالی بیشتر است اما با توجه به کمتر هزینه بردن نیروی انسانی ، استفاده کمتر از میلگرد و مصالح دیگر و مواردی که قبلا ذکر شده همچنین صرفه جویی در مصرف سوخت و افزایش فضای مفید ساختمان، در مجموع سقف اجرا شده با بلوک یونولیتی در مقایسه با سقف اجرا شده با بلوک سیمانی و سفالی هزینه کمتری نیاز دارد. این سازه مورد مقایسه یک سازه بتنی کاملا متقارن و ۵ طبقه می باشد که زیر بنای هر طبقه ۴۰۰ متر مربع است. البته این یک نمونه مورد بررسی قرار داده شده است و به طور دقیق نمی توان راجع به یک متر مربع اظهار نظر کرد. از طرفی به دلیل اینکه این پانل ها در کار گاه های کوچک که تکنولوژی در آنها ابتدائی است و متکی به کارگر است نمی تواند جوابگوی نیاز رو به گسترش بازار باشد ، سرعت تولید آنها مسئله مشکل زایی برای این محصول شده است. مجموعه این معایب را می توان در پایین بودن سطح تکنولوژی دانست که بالا بردن سطح تکنولوژی واحدهای تولیدی داخلی و انجام تحقیقات کاربردی گامی در جهت ارتقای جایگاه این قبیل محصولات در کشور است. از معایب دیگر این محصول می توان به محدود کردن فضا برای پیلوت ها ، پارکینگ و زیر زمین اشاره کرد. برای رفع این مشکل می توان از ترکیب سازه و دیوار استفاده کرد که پیشتر به آن اشاره شد. از دلایل دیگر استقبال کم از این یونولیت ها فرهنگ سازی غلط در جامعه است، همچنین آموزش کافی در زمینه سبک سازی ، مهارت فنی در طرح بهینه سازه وجود ندارد. مهندسين، کار محاسباتی سازه را چند بار به منظور پیدا کردن بهترین المان انجام نمی دهند و در حین اجرا

دانش فنی به کار گرفته نمی شود. در بحث بهینه سازی ساختمان، توجه به فلسفه های جدید طرح لرزه ای ضروری است. در قدیم مصطلح بود که ساختمانی خوب است که مقاومتش در برابر زلزله خوب باشد. اگر قصد مقاومسازی یک ساختمان را داشتند، از مهاربند استفاده می کردند. این ایده در حال حاضر یک ایده غلط است. اگر مقاومت یک سازه را زیاد کنند، به همان میزان نیروی زلزله هم بیشتر وارد می شود. در ایده های جدید در بحث لرزه ای، از ساختمان با مقاومت بالا صحبت نمی شود. اگر در بحث مطالعات فاز یک، انتخاب صحیح نوع اسکلت، انتخاب سیستم مقاوم لرزه ای، انتخاب مناسب مصالح، به درستی طرح بشود، بسیاری از مشکلات طرح برطرف می شود. در فاز ۲، حوصله در طرح و بهینه کردن اجزای سازه ای، از مواردی است که باید انجام شود. امروزه در مبحث مقاوم سازی، مقاوم کردن سازه ها مطرح نیست بلکه دنبال شکل پذیر کردن ساختمان هستند. سازه ضعیف است، اشکال ندارد ولی طوری طراحی شود که اگر جابجا شد، اجزایش از هم جدا نشود. بالا بردن مقاومت سازه، به منظور عدم تکان خوردن، مطرح نیست. این مسئله هزینه بر است و سازه را سنگین می کند. در ژاپن زلزله رخ می دهد، طبقه بالای ساختمان یک متر هم جابجا می شود ولی هیچ اتفاقی هم نمی افتد. بعد از این مرحله به سمت طراحی سازه سبک می روند.

از نمونه پروژه های انجام شده در دنیا می توان به اتفاقی اشاره کرد که در اکتبر سال ۱۹۹۶ رخ داد. سدی در نزدیکی کانتری کلاب و زمین گلف کابو، در مکزیکو در اثر طوفان شدید در هم شکست و نیروی آب جاری شده بسیاری از تاسیسات پایین خود را از بین برد. سدی که بر روی آب دریاچه زده شده بود، از قسمت نزدیک حفره پانزدهم شکسته شد و توده عظیمی از آب جاری شد و این طغیان به سمت اقیانوس ادامه داشت. در ساختمان های پایین دست با وجود اینکه از قسمتهای پایه ای تقویت نشده بودند تغییری ایجاد نشد. تنها بتن کاری های مختصری که زیر ستون ها و تراشه ها انجام شده بود باعث شد ساختمان پابرجا بماند. مالکان این خانه ها مطمئن هستند که در مقابل هر حادثه طبیعی در آینده، خانه های آنها محفوظ است. خانه ای ساخته شده با پانلهای 3D که بعضی به بناهای یکپارچه مربوط می شدند، بار دیگر ثابت کردند که نه تنها توانایی ایستایی در مقابل طوفان با سرعت ۲۵۰ کیلومتر در ساعت را دارند، بلکه به همان خوبی در مقابل سیل شدید نیز مقاومت می کنند. در این حالت، ساختمانهای 3D Panel حتی در مقابل گردباد (Faust) نیز مقاومت می کند. با توجه به اینکه در طبقه دوم کنسولی به طول ۴/۳ متر وجود دارد، ساختمان های 3D Panel در حین طوفان متحمل هیچ شکاف یا شیار داخلی و یا خارجی نمی شود. این طور به نظر می آید که ساختمانهای یکپارچه بسیار محکم هستند به طوری که سقف بنا فونداسیون را تقویت می کند.

همچنین در ژانویه سال ۱۹۹۲، سیستم پانلهای فولادی 3D جهت استفاده در ساختار تمام دیوارهای حمال خارجی در ۴ ساختمان بنا شده در صحرای Mojave در کوههای گرانیته کالیفرنیا انتخاب شدند. این طرح بی نظیر جهت ساخت منطقه کویری دانشگاه کالیفرنیا طراحی شده است، تا به استفاده از 3D Panel بتواند در شرایط سخت حرارتی تا ۹۶٪ صرفه جویی انرژی داشته باشد. این پروژه، توسط انجمن ملی علوم، انجمن ادیسون کالیفرنیا جنوبی و دانشگاه کالیفرنیا، سرمایه گذاری شده بود. در ۲۸ ژوئن سال ۱۹۹۲، این منطقه از کالیفرنیا دو بار زلزله هایی به مقیاس ۶/۵ و ۶/۹ ریشتر قرار گرفت. (دومین زمین لرزه، شدیدترین زلزله در ۴۰ سال گذشته بوده است). کانون این زمین لرزه فقط ۱۱۰ - ۸۰ کیلومتر از مرکز تحقیقات فاصله داشت. با توجه به بیانات دکتر فلیپ کوهن که شخصاً در مرکز تحقیقات اقامت داشت، این مرکز به مدت یک دقیقه کامل در حال لرزش از نقطه ای به نقطه ای دیگر بود. به طرز باور نکردنی در این چهار ساختمان مرکز تحقیقات که بعضی دیوارهای آن به طول بیش از ۷/۳ متر است، علی رغم وجود قسمتهای شیشه ای هیچگونه نشانه ای از آسیب دیده نشد.

تمام آنالیزهای ساختاری بنا، بعنوان یک شاهد برجسته از قدرت و استحکام پانلهای 3D در مقاله ای که نوشته مهندسان معمار است، منتشر شد.

نتیجه گیری :

با توجه به مقایسه های انجام شده بین بلوک های یونولیتی و سفالی و سیمانی و بیان ویژگی ها و مزایا و معایب استفاده از این مصالح و سعی بر استفاده روز افزون از مصالح نوین و به روز دنیا، امید است دست اندرکاران صنعت ساخت و ساز به استفاده از مصالحی که همگام با تکنولوژی پیش می روند بپردازند. استفاده از یونولیت ها یکی از مباحث مهم سبک سازی و مقاوم سازی سازه ها به حساب می آید که با رفع نقایص آن و معرفی آن به بازار صنعت ساختمان و تدوین و اصلاح آیین نامه های موجود سعی بر استفاده بیش از پیش این نوع مصالح است. در پایان برای جمع بندی در جدول ۵ به مقایسه بین دیوار یونولیتی و دیوار سفالی و دیوار آجر می پردازیم.

جدول ۵ - مقایسه بین آجر و بلوک سفالی و بلوک یونولیتی

ردیف	نوع محصول	دیوار ۱۰ سانتی یونولیتی	دیوار ۲۰ سانتی سفالی	دیوار ۲۲ سانتی آجر
۱	وزن	۱۲۰ Kg/m ²	۲۰۰ Kg/m ²	۴۹۸ Kg/m ²
۲	ضریب انتقال حرارت	۰/۰۴۴	۱/۱	۱/۰۵
۳	ضریب انتقال صوت	۴۳ db	۲۸ db	۳۵ db
۴	ضریب ماشین ۶ چرخ	۳۵۰ m ²	۹۰ m ²	۸۵ m ²
۵	سرعت اجرا یک گروه ۴ نفری در یک شیفت	۱۱۲ m ²	۵۶ m ²	۲۸ m ²
۶	باربری سازه	دارد	ندارد	ندارد
۷	نیاز به گچ و خاک	ندارد	دارد	دارد
۸	نیاز به نعل درگاه	ندارد	دارد	دارد
۹	تحمل بار جانبی	دارد	ندارد	ندارد
۱۰	پرت مصالح	ندارد	دارد	دارد
۱۱	نیاز به بادبن	ندارد	دارد	دارد
۱۲	پایداری در برابر آتش	دارد	دارد	دارد
۱۳	درگیری با قاب پیرامون	دارد	ندارد	ندارد

قدردانی :

جا دارد که در آخر از شرکت پارس پنل و شرکت ماموت به دلیل همکاری بی دریغ تشکر نماییم.

مراجع:

۱. میلاد کریمیان ، سمینار کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر کریمی ، بررسی رفتار پانلهای بنایی غیر مسلح تحت بار متمرکز خارج از مرکز ، دانشگاه سمنان ، بهمن ۱۳۸۶
۲. امید رضایی فر ، بررسی غیر خطی دینامیکی سازه های ترکیبی تحت بارهای سیکی ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، پایان نامه کارشناسی ارشد ۱۳۸۲.
۳. محمد زمان کبیر ، علیرضا رهایی و یحیی نصیرا ، مطالعه آزمایشگاهی سیستم ترکیبی قاب فولادی و دیوار برشی پیش ساخته ۳D تحت بارگذاری لرزه ای سیکی ، دومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه ، اردیبهشت ۱۳۸۴
۴. علی اکبر فامیلی ، مصالح شناسی ساختمان و تکنولوژی مواد ، انتشارات دانش تایپ.
۶. تجلیل ، اجرا ساختمان ، نشریه دانشکده تکنولوژی ، دانشگاه آذر آبادگان ، شماره ۲۱ ، (۵۵-۱۳۵۴)
۷. سید علیرضا کابلی ، سمینار کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر گرامی ، کاربرد پانلهای سه بعدی در ساختمان ، دانشگاه سمنان ، پائیز ۱۳۸۴
۸. مجله کامپوزیت ، شماره ۱
۹. ماهنامه ساختمان و کامپیوتر ، شماره هشتم

۱۰. کارگاه آموزش سبک سازی ساختمان ، دکتر محسن گرامی ، عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان، پژوهشگر فوق دکترای سازه

۱۱. سایت www.tifac.org.in

12. M.S.Karimi,Ph.D.,Dept. of Civil Eng.,Semnan University,"Masonry Panel Under Point Load "

13.Plantema , F. J. (1966) . Sandwich Construction , John Wiley , New York