

امکان سنجی آزمایشگاهی نوعی پانل کامپوزیت معدنی مسلح برای کاربرد به عنوان دیوار باربر

محمد رضا تابش پور

هیأت علمی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف

tabeshpour@sharif.edu

چکیده

در این مقاله نتایج آزمایشگاهی مربوط به نوعی ماده مرکب مسلح معدنی برای ساخت دیوار باربر، ارائه می شود. بر اساس آزمایشهای انجام شده نتیجه گرفته می شود که ترکیب این خمیره با پلاستیکهای تسلیح کننده، ماده مرکب بسیار مناسبی برای تحمل انواع نیروهای وارده به دیوار ایجاد می کند. مقایسه های اولیه نشان می دهد که هر چند وزن واحد مساحت دیوار تقریباً بین دو تا سه برابر کم می شود ضمناً مقاومت ها نسبت به مصالح سنتی تقریباً دو برابر بیشتر است در نتیجه می توان گفت که نسبت مقاومت به وزن حدود سه تا شش برابر مصالح سنتی بوده و در نتیجه مطلوبیت زیادی برای استفاده در صنعت ساختمان دارد. نتایج آزمایشگاهی اولیه نشان می دهد که مقاومت فشاری دیوار حدود ۲۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است که کاملاً برای دیوار باربر مناسب است.

کلمات کلیدی: دیوار باربر، پانل سبک، ماده مرکب مسلح

۱. مقدمه

با بررسی دقیق تاریخ و توجه به سازه هایی که در گذشته ساخته شده اند می توان گفت که هر چند اجداد ما در طول قرون گذشته دستاوردهای فراوانی در صنعت ساخت و ساز داشته اند و اکنون ما آثار باستانی متعددی داریم که در طول چند صد یا چند هزار سال شرایط محیطی، رطوبت، بارهای باد و زلزله و غیره را تحمل کرده و هنوز استوار و پای برجا این توانمندی ارزشمند اجداد ما را به رخ می کشند اما متأسفانه در حال حاضر کیفیت ساخت و ساز در کشور ما نه تنها بر ملاحظات زیست محیطی استوار نیست، ضمناً به علت اشکالات فنی متعدد در اجرا، در برابر زلزله های احتمالی آینده شدیداً آسیب پذیر هستند. آمار بالای تلفات جانی و خسارات هنگفت مالی در زلزله های گذشته تایید کننده این مطلب است. ضروری است بر اساس تکیه به داشته های تاریخی و استفاده از منابع سرشار معدنی و بهره گیری از تجارب متخصصان، به طور هدفمند برای رفع نیازهای صنعت ساختمان اقدام شود. انجام آزمایش های روش مند و هدف مند برای تعیین پارامترهای مورد نیاز در طراحی مهندسی، جزو اساسی ترین کارها در طی فرآیند علمی و دانش - بنیان می باشد. در این مقاله نحوه تنظیم، چیدمان و نتایج حاصل از آزمایش های مورد نیاز برای طراحی و کنترل پارامترهای مورد نیاز در رفتار دیوارهای باربر تحت بارهای ثقل، لرزه ای و باد ارائه می شود.

۲. آزمایش ها

برای تعیین خواص مکانیکی و مقاومتی این مصالح و استخراج نتایج مورد نیاز برای انجام محاسبات طراحی تحت بارهای زلزله و باد، مجموعه کاملی از آزمایش های مناسب برای تعیین مقاومت های کششی، خمشی، برشی و محوری در آزمایشگاه مقاومت مصالح دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف انجام شده است. این آزمایشگاه مجهز به دستگاه های کالیبره شده با دقت مناسبی می باشد. از آنجاکه در تعیین پارامترهای میانگین با دقت مناسب، تعداد آزمایش ها اهمیت می یابد این کار به نحوی انجام شده است که پراکندگی مربوط به آزمایش ها مورد نظر قرار گرفته و نتایج برای کار طراحی، قابل قبول باشد.

این آزمایش ها طوری تنظیم شده است که تمامی اطلاعات لازم برای طراحی المان ها، قطعات، پانل ها، اتصالات، چسب و نوار را در اختیار قرار دهد. در این مقاله قسمتهایی از نتایج حاصل از این آزمایشها ارائه می شود.

۳. نتایج آزمایش‌ها

در جدول زیر به‌طور شماتیک قطعه مورد آزمایش و مود نیروی وارده نشان داده شده است. این آزمایش‌ها طوری تنظیم شده است که تمامی اطلاعات لازم برای طراحی المان‌ها، قطعات، پانل‌ها، اتصالات، چسب و نوار را در اختیار قرار دهد.

یکی از مباحث بسیار مهم در خصوص استفاده از محصولات ایزی‌وال، قابلیت کاربرد آن در پروژه‌های به‌سازی لرزه‌ای می‌باشد. از آنجاکه می‌توان از این نوع چسب و تورهای پلیمری پلاستیکی برای افزایش مقاومت خمشی خارج از صفحه دیوارها و جلوگیری از ترک گوشه و اتصال سقف به دیوارها استفاده کرد، در نتیجه بعضی از آزمایش‌هایی که در جدول زیر ارائه شده است برای تعیین میزان مقاومت ایجاد شده توسط این مصالح در به‌سازی لرزه‌ای سازه‌های موجود است.

فرآیند آزمایش‌ها در سه فاز متوالی انجام شده است:

۱. المان‌ها و اجزای کوچک به عنوان بخشی از دیوار (کشش مصالح پایه، خمش، فشار، برش مصالح، برش چسب، کشش مصالح تسلیم) - فاز اول

۲. قطعات بزرگ پانل (خمش عضو، برش عضو، فشار عضو) - فاز دوم

۳. آزمایش تمام مقیاس (خمش دیوار، برش دیوار، برش اتصال تکیه‌گاه به سقف، نبشی تکیه‌گاهی)

در اینجا نتایج مربوط به المان‌ها و اجزای کوچک در مودهای مختلف ارائه می‌شود. در جدول ۱ بطور شماتیک هندسه و بارگذاری نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آزمایش‌های فاز اول در جدول ۲ مشاهده می‌شود. یکی از مهم‌ترین دستاوردهای حاصل از این آزمایش‌ها، منحنی تنش کرنش با شکل‌پذیری بسیار بالا مطابق شکل ۱ است.

در جدول ۳ مشخصات ابعادی و نتایج حاصل از انواع آزمایش‌ها ارائه شده است. در فصل بعد با استفاده از این نتایج، محاسبات عددی مربوط به طراحی خمش خارج از صفحه و کنترل‌های مربوطه برای دیوارهای داخلی و پیرامونی تحت بارهای باد و زلزله ارائه خواهد شد.

یکی از شاخص‌های مهم در انتخاب مصالح، نسبت مقاومت به وزن می‌باشد. با توجه به سبک بودن این نوع دیوار، نسبت مقاومت به وزن آن بسیار بالاست.

همچنین در انبوه‌سازی، سرعت اجرا از اهمیت خاصی برخوردار است. این سرعت از دو بابت اهمیت دارد:

- جلوگیری از خواب سرمایه

- کاهش هزینه‌های پرسنلی نصب و اجرا

در این فاز، بعد از تعیین خواص مکانیکی و مقاومتی براساس المان‌ها و اجزای پانل ایزی‌وال، مجموعه‌ای از آزمایش‌های فشاری، خمشی و برشی بر روی مقطع پانل انجام می‌شود.

در شکل‌های ۱ تا ۵ نمونه‌هایی از آزمایش‌های موردنظر نشان داده شده است. در جدول‌های ۱ تا ۳ نتایج حاصل از این آزمایش‌ها ارائه شده است.



شکل ۲ شکست مطلوب شکل‌پذیر در خمش در تیر دارای مصالح تسلیم در بال و جان



شکل ۱ شکست نامطلوب برشی در صورت عدم وجود تسلیم (توجه شود در محصولات ایزی‌وال این تسلیم وجود دارد).



شکل ۴ رفتار نامطلوب فشاری در پانل در صورت عدم وجود تسلیح (توجه شود در محصولات ایزی وال این تسلیح وجود دارد).



شکل ۳ شکست خمشی بسیار شکل پذیر در قطعه‌ای از پانل به علت وجود تسلیح کششی



شکل ۵ رفتار مطلوب (لهیدگی پایه) در فشار بر روی پانل

جدول ۱ نتایج آزمایش‌های فشاری

ردیف	اسم نمونه (فشار)	طول نمونه‌ها (cm)	مقدار نیروی شکست (kg)	بیشترین نیروی قابل تحمل (kg)	ضخامت متوسط بال نمونه‌ها (mm)	ضخامت متوسط جان نمونه‌ها (mm)	سطح مقطع (cm ²)	میزان تنش (Kg/cm ²)
۱	W-F-COMPO	145	5500	-	17.75	14.87	213.57	25.75
۲	F-COMPO	146	6000	6000	17.25	14.87	209.57	28.63
۳	NON-NON	140	4800	-	17.25	15.25	210.85	22.76
۴	NON-COMPO	145	5300	-	17	16.62	213.57	24.82

W-F-COMPO: وجود مش توری در بال و جان نمونه به همراه الیاف
 F-COMPO: وجود مش توری فقط در بال به همراه الیاف در کل نمونه
 NON-NON: عدم وجود مش توری و الیاف در کل نمونه
 NON-COMPO: عدم وجود مش توری در نمونه و وجود الیاف در نمونه

جدول ۲ نتایج آزمایش‌های خمشی

ردیف	اسم نمونه (خمش)	طول نمونه- ها (cm)	مقدار نیروی شکست (kg)			بیشترین نیروی قابل تحمل (kg)		ضخامت متوسط بال نمونه‌ها (mm)	ضامت متوسط جان نمونه‌ها (mm)
			تحت بار گسترده	تحت بار متمرکز	تحت بار گسترده	تحت بار متمرکز	تحت بار گسترده		
۱	W-F-COMPO	60	360	270	360	-	17.75	14.87	
۲	F-COMPO	60	360	240	360	-	17.25	14.87	
۳	NON-NON	60	240- 360	360	-	360	17.25	15.25	
۴	NON-COMPO	60	240	240	-	-	17	16.62	

W-F-COMPO: وجود مش توری در بال و جان نمونه به همراه الیاف
F-COMPO: وجود مش توری فقط در بال به همراه الیاف در کل نمونه
NON-NON: عدم وجود مش توری و الیاف در کل نمونه
NON-COMPO: عدم وجود مش توری در نمونه و وجود الیاف در نمونه

جدول ۳ نتایج آزمایش‌های برشی

ردیف	اسم نمونه (برش)	طول نمونه (cm)	ارتفاع نمونه (cm)	مقدار نیروی شکست (kg)	بیشترین نیروی قابل تحمل (kg)
۱	W-F-COMPO	15	15	450	-
۲	F-COMPO	15	15	500	500
۳	NON-NON	15	15	360	-
۴	NON-COMPO	15	15	360	-

W-F-COMPO: وجود مش توری در بال و جان نمونه به همراه الیاف
F-COMPO: وجود مش توری فقط در بال به همراه الیاف در کل نمونه
NON-NON: عدم وجود مش توری و الیاف در کل نمونه
NON-COMPO: عدم وجود مش توری در نمونه و وجود الیاف در نمونه

در فاز بعدی آزمایش‌ها برای صحت‌سنجی و تکمیل آزمایش‌های مربوط به خمش برون‌صفحه پانل دیوار، روش ساده‌ای برای آزمایش تمام‌مقیاس اتخاذ شد و در آن علاوه بر کنترل کفایت مقاومت برشی میخ اتصال نبشی به سقف، مقاومت خمش برون‌صفحه پانل به طول ۳ و ۳/۵ متر مورد بررسی قرار گرفته است.

در شکل ۶ اتصال نبشی تکیه گاهی در آزمایش تمام‌مقیاس مشاهده می‌شود. برای مدل‌سازی توزیع گسترده بار در امتداد پانل، مطابق شکل ۷ از مقاطع لوله‌ای در فواصل مساوی استفاده شده است. توجه شود که در این حالت پانل در حال تحمل وزن خود می‌باشد. این حالت شبیه‌سازی اعمال بار گسترده جانبی با شتاب g است. در شکل های ۸ تا ۱۰ ادامه روند بارگذاری به صورت وزن خود پانل نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که این محصول به راحتی می‌تواند چندبرابر وزن خود را تحمل کند. این موضوع تاییدکننده دو مطلب است:

- سبکی پانل
- مقاومت زیاد پانل

اگر بخواهیم هر دو خاصیت بالا را در یک پارامتر جمع کنیم به خاصیت «نسبت مقاومت به وزن» می‌رسیم. این نسبت برای محصول ایزی‌وال بسیار بالاست.



شکل ۶ اتصال نبشی تکیه گاهی



شکل ۷ چیدن لوله برای شبیه سازی بار گسترده یکنواخت در طول پانل (توجه شود که در این تصویر دیوار وزن خود را در خمش خارج از صفحه تحمل می کند.)



شکل ۸ تحمل دو برابر وزن دیوار در خمش خارج از صفحه



شکل ۹ تحمل پنج برابر وزن دیوار در خمش خارج از صفحه



شکل ۱۰ شروع شکست در هنگام قرار دادن قطعه ششم



شکل ۱۱ ایجاد ترک در نزدیک تکیه‌گاه هنگامی که پنج برابر وزن دیوار به آن بار وارد شده است.

۳. نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش بر روی نوعی محصول کامپوزیت مسلح برای استفاده در دیوار جداکننده و پیرامونی ارائه شد. به نظر می‌رسد خصوصیات لازم برای رفتار مطلوب تحت بارهای زلزله و باد در این محصول وجود دارد.

۴. قدردانی

از شرکت بنای رسیس (مبتکر و سازنده محصولات دیوار ایزی‌وال) به خاطر همکاری در ارائه تصاویر آموزشی روش اجرا و نصب پانل ایزی‌وال تشکر می‌شود.

۵. مراجع

- [۱]. شرکت بنای رسیس، مبتکر و تولیدکننده پانل سبک ایزی‌وال به صورت کامپوزیت مسلح: (<http://www.easywall.ir>).
 - [۲]. آئین‌نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، "استاندارد ۸۴-۲۸۰۰"، ویرایش سوم، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴.
 - [۳]. طرح و اجرای ساختمانهای با مصالح بنایی، میث هشتم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۴.
 - [۴]. تابش پور، محمدرضا؛ «دیوار پرکننده آجری در قاب‌های سازه‌ای»، انتشارات فدک ایساتیس، تهران، ۱۳۸۸.
- [5]. Andrew Charleson, "SEISMIC DESIGN FOR ARCHITECTS", 2008 Elsevier.