تحقیقات بتن
سال هفتم، شمارهٔ دوّم
پاییز و زمستان ۹۳
ص ۱۵ – ۷
تاریخ دریافت: ۱۸ /۹۳/۹
تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۱۰

بررسی ویژگی‌های مکانیکی پانل‌های پیش ساخته تولید شده با بتن سبک‌دانه الیافی

حمید ناصری[G]
کارشناس ارشد مهندسی عمران، گرایش سازه، دانشگاه صنعتی سهند تبریز
حسن افشین
دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سهند تبریز
آیدین طوفانی میلانی
کارشناس ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

چکیده
بتن سبک یکی از عمده‌ترین مصالح مورد استفاده در ساخت سازه‌های بتنی می‌باشد. از معایب اصلی بتن سبک، می‌توان به مقامت فشاری، خمشی و کششی کم آن اشاره کرد. یکی از روش‌های غلبه بر این مشکل مسلح نمودن بتن به الیاف مناسب می‌باشد. بتن سبک‌دانه الیافی می‌تواند به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین مصالح در ساخت عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای کاربرد داشته باشد. در این تحقیق مشخصات مکانیکی پانل‌های پیش ساخته بتن سبک‌دانه الیافی مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفته و مناسب بودن این پانل‌ها برای کاربرد در ساخت عناصر ساختمانی به‌صورت پیش ساخته مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که این نوع بتن سبک‌دانه الیافی دارای مقاومت فشاری، خمشی و شکل‌پذیری کافی بوده و پانل‌های پیش ساخته تهیه شده از آن نیز دارای مقاومت برشی، خمشی و شکل‌پذیری کافی می‌باشند لذا می‌توانند برای ساخت اجزای ساختمانی به‌کار روند.

واژه‌های کلیدی: **بتن سبک، بتن الیافی، مشخصات مکانیکی، پانل‌های پیش ساخته.**

*نویسنده مسؤول: hamid_n6710@yahoo.com

۱- مقدمه

بسیاری از شهرهای ایران در منطقه‌ای با خطر وقوع زمین لرزه بالا واقع شده‌اند. در چنین مناطقی نیروی جانبی ناشی از زلزله قسمت عمده نیروهای وارد بر ساختمان را تشکیل می‌دهد. لذا یکی از موارد مهم طراحی در چنین مناطقی، کاهش وزن اجزای ساختمانی می‌باشد. به همین علت استفاده از مصالح مناسب که دارای وزن کمتری می‌باشند ضروری می‌باشد[۱].

کاهش در وزن ساختمان شامل کم کردن بار مرده در تمام عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای می‌باشد. کاهش وزن عناصر غیر سازه‌ای شامل کم کردن وزن کف سازی و نازک کاری سقف و دیوارهای داخلی و خارجی می‌باشد. همچنین کاهش در وزن عناصر سازه‌ای شامل کم کردن وزن تیر، ستون و سقف می باشد[۲]. کاهش در وزن عناصر غیر سازه‌ای ارتباط مستقیمی با کاهش در وزن عناصر سازه‌ای دارد. به طور مثال به علت تأثیر زیاد وزن دیوارهای غیر سازه‌ای در وزن کلی ساختمان، کاهش در وزن اجزای غیر سازه‌ای می‌تواند تاثیر زیادی در کاهش وزن ساختمان و کاهش نیروهای زلزله داشته باشد.

در این تحقیق به بررسی خواص مکانیکی و همچنین امکان استفاده از پانل‌های پیش ساخته تهیه شده از بتن سبک الیافی در ساخت عناصر ساختمانی پرداخته شده است. پانل‌های مذکور در مقایسه با انواع دیگر پانل‌های ساخته شده از بتن معمولی دارای وزن کم می‌باشند. مقاومت خمشی و همچنین قابلیت جذب انرژی و شکل پذیری این پانل‌ها با چند نوع الیاف و مش مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفته تا الیاف یا مش مناسب جهت تأمین شکل پذیری پانل تعیین گردد.

۱-۱- تحقیقات انجام یافته

روفن لو[1] در مقاله‌ای به بررسی مقاومت برشی پانل‌های پیش‌ساخته سبک بتنی با الیاف شیشه‌ای تقویت شده با پلیمر (GFRP[2]) پرداخت[۳]. در پژوهش ایشان ، نتایج آزمایشگاهی با فرمول بدست آمده از آئین نامهACI 440.IR [۴] برای پانل‌های ساخته شده با بتن سبک و بتن معمولی که هر دوی پانل‌ها با GFRP تقویت شده بودند مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج آزمایش نشان داد که ظرفیت برشی آزمایشگاهی با ظرفیت برشی بدست آمده از آیین نامه ACI 440.IR اختلاف دارد و این اختلاف به علت لحاظ نکردن نوع بتن در ارزیابی مقاومت برشی در آئین‌نامه می‌باشد. بنابراین آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در فرمول به‌دست آمده از آئین نامه باید یک ضریب کاهنده اعمال گردد[۵]. سیجو[3] در تحقیقی به بررسی اثرات فشار و بار جانبی بر روی اتاقک ساخته شده از پانل‌های پیش ساخته تهیه شده از بتن متخلخل الیافی پرداخت[۹-۶]. نتایج آزمایش صورت گرفته بر روی ساختمان نشان داد که شکست سازه در فشاری معادل ۰/۲۲کیلوگرم بر سانتی متر مربع که معادل با سرعت بادی در حدود ۸۵۶ کیلومتر بر ساعت می باشد، به‌صورت ناگهانی و غیر منتظره افتاد. همچنین نتایج نشان داد که پانل‌هایی که با بتن سبک الیافی ساخته شده‌اند نسبت به پانل‌هایی که با بتن معمولی ساخته شده‌اند دارای انعطاف بیشتری می‌باشند.

آریسوی[4] و همکاران در تحقیقی به بررسی عملکردپانل‌های ساخته شده با بتن سبک الیافی پرداختند[۱۰].

سه نوع پانل ساخته شده با بتن الیافی با مصالح سبک (FRLWAC[5]) و پانل ساخته شده با بتن هوادار الیافی(FRAEC[6]) و پانل ساخته شده با بتن الیافی متشکل از ماده هوازا و سنگدانه سبک (FRLWAAEC[7]) مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفتند[۱۱و۱۲]. آنان به این نتیجه رسیدند که پانل‌های سبک ساخته شده با الیاف و با ضخامت‌های کم، ظرفیت باربری و جذب انرژی مناسبی را دارا می‌باشند.

باروز[8] و همکاران در مقاله ای به بررسی پانل‌های سبک ساخته شده با بتن خود تراکم که با الیاف فولادی تقویت شده بود، پرداختند[۱۳و۱۴].

پانل به صورت ساندویچی با مصالح پلی استایرن در وسط پانل ساخته شده بود[۱۵]. برای ارزیابی رفتار خمشی، پانل ساخته شده با بتن خود تراکم با الیاف فولادی در سن ۷ روزه مورد آزمایش

[1] Ruifen Liu
[2] Glass Fiber Reinforced Polymer

[3] Francheska Seijo
[4] B. Arisoy
[5] Fiber reinforced lightweight aggregate concrete
[6] Fiber reinforced aerate concrete
[7] Fiber reinforced lightweight aggregate aerated linear variable differential transformerhybrid concrete
[8] Joaquim Barros

قرار گرفت. پانل در چهار نقطه تحت بارگذاری قرار گرفته که در هر چهار نقطه LVDT[1] برای اندازه گیری انحنا پانل نصب شده بود.
نتایج آزمایش نشان داد که برای اجتناب از نرم شوندگی در انحنای بالای ۳میلی‌متر مقدار قابل توجهی الیاف مورد نیاز می‌باشد.

۲- برنامه آزمایش‌ها

هدف اصلی تحقیق انجام یافته، بررسی تأثیر الیاف و مش‌های مختلف بر عملکرد پانل‌های پیش ساخته سبک است . پارامترهای مهم که در این تحقیق در نظر گرفته شده است، عبارت‌اند از : ۱- شکل پذیری مناسب ۲- وزن مخصوص کم. برای حصول به وزن مخصوص کم از مصالح سبک استفاده شد و نیز برای رسیدن به شکل پذیری مناسب از مش و الیاف مختلف استفاده شد. برای تعیین مقاومت خمشی و شکل‌پذیری، پانل‌ها تحت آزمایش خمش سه نقطه‌ای قرار گرفتند. لازم به ذکر است که آزمایش‌ها در آزمایشگاه بتن و سازه دانشگاه صنعتی سهند تبریز انجام گرفته‌اند.

۲-۱- مصالح مصرفی و ارائه طرح اختلاط

مصالح مصرفی در ساخت این پانل‌ها شامل سیمان، ماسه، درشت دانه سبک (لیکا)، الیاف یا مش برای تقویت و آب می‌باشد.

۲-۱-۱- ماسه

از ماسه طبیعی رد شده از الک نمره ۸ به عنوان ریزدانه در تهیه بتن استفاده شد.

۲-۱-۲- سیمان

سیمان مصرفی در این پروژه سیمان تیپ ۲ کارخانه سیمان صوفیان می‌باشد.

۲-۱-۳- لیکا (Leca)

از سنگدانه‌های سبک برای تولید بلوک‌های سبک، پانل‌های دیواری و نیز تولید مصالح پیش ساخته بتنی استفاده می‌شود. سنگدانه‌های سبک به دو نوع سنگدانه‌های مصنوعی مانند لیکا و سنگدانه‌های طبیعی مانند پوکه معدنی تقسیم می‌شوند.
لیکا به معنی دانه رس سبک منبسط شده[2] می‌باشد. این دانه‌ها از انبساط خاک رس در کوره‌های گردان با حرارتی حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد بدست می‌آیند. از لیکا به عنوان درشت دانه استفاده گردید که دارای وزن مخصوص کم(حدود ۳۳۰ تا ۴۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب) می‌باشد[۱۶]. شکل ۱ لیکای مورد استفاده در ساخت پانل‌ها را نشان می‌دهد.

۲-۱-۴- تسلیح

شکل‌پذیری یکی از معیارهای مهم در طراحی عناصر سازه‌ای و غیر سازه‌ای می‌باشد. شکل پذیری ظرفیت جذب انرژی سازه را افزایش داده و عملکرد سازه را در مقابل نیروهای جانبی بهبود می‌بخشد. برای تأمین شکل‌پذیری از سه نوع تسلیح استفاده شده است.

۲-۱-۴-۱- الیاف نایلون

الیاف نایلون از جنس پلی پروپیلن می‌باشد. از این الیاف برای تولید پارچه‌های پلاستیکی و نخ گونی استفاده می‌شود. شکل و ویژگی‌های الیاف به‌ترتیب در شکل۲ و جدول ۱ ارائه شده است.
نمودار بار تغییر مکان بدست آمده از نتایج آزمایش کشش بر روی نمونه های الیاف نایلون در شکل ۳ ارائه شده است.

۲-۱-۴-۲- شبکه های فولادی

شبکه‌های فولادی از جمله پرکاربردترین مصالح مورد استفاده برای مصارف عمومی و صنعتی می‌باشند. قطر مفتول‌ها در حدود ۰/۸ میلی متر می‌باشد و طول چشمه‌های مربعی شکل آن ۱ سانتیمتر می باشد(شکل۴). مفتول ها درآزمایشگاه تحت آزمایش کشش قرار گرفتند. نمودار بار تغییرمکان مفتول ها در شکل ۵ ارائه شده است.

۲-۱-۴-۳- ژئوگرید

ژئوگریدها گروهی از خانواده ژئوسنتیک‌ها می باشند که از جنس پلی‌استر و پلی‌اتیلن و یا ترکیبی از این مواد و یا سایر مواد مشابه بوده و در ضخامت، سایز و ابعاد مختلف به صورت ورق‌های

[1] linear variable differential transformer

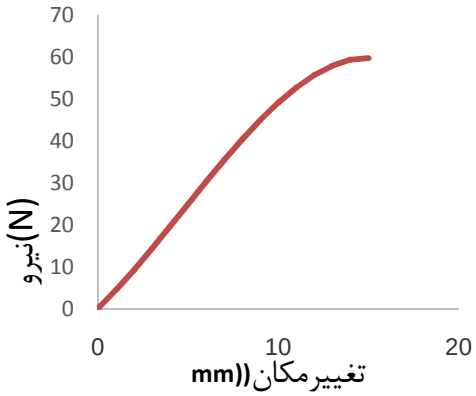
[2] Light expanded clay aggregate

شکل۱- لیکای مورد استفاده

شکل ۲- الیاف نایلون

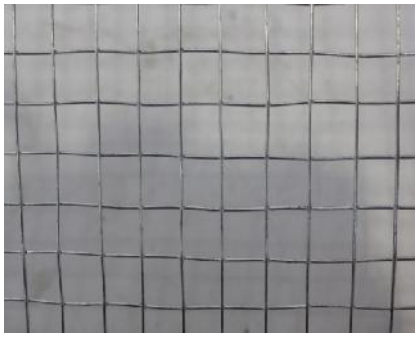
جدول ۱- مشخصات الیاف نایلون

٪۹۵	پلی پروپیلن
٪۴	کلسیم کربنات
٪۰/۵	رنگ
٪۰/۵	پلی اتیلن
۰/۱۶ gr/m	وزن
۰/۰۱ mm	ضخامت
٪۲۰	کشش نخ در نقطه پارگی
۶۰N	مقاومت کششی

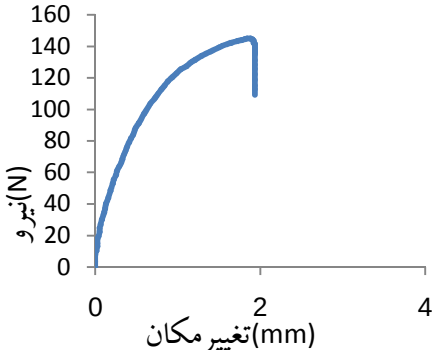


شکل۳- نمودار بار تغییرمکان الیاف نایلون

مشبک تولید می‌شوند. ژئوگریدها به عنوان تقویت‌کننده‌های مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرند زیرا آنها دارای مقاومت کششی بالا و قفل شدگی قابل توجهی با خاک‌ها هستند. نمونه دارای عرض مقطع۳ میلی‌متر و ضخامت۱ میلی‌متر و دارای چشمه های مربعی به طول ۲ سانتی‌متر می‌باشد (شکل۶). نتایج آزمایش کشش بر روی نمونه های ژئوگرید در شکل ۷ ارائه شده است.



شکل۴- شبکه فولادی مورد استفاده



شکل۵- نمودار بار تغییر مکان مفتول های فولادی

۲-۱-۵- طرح اختلاط

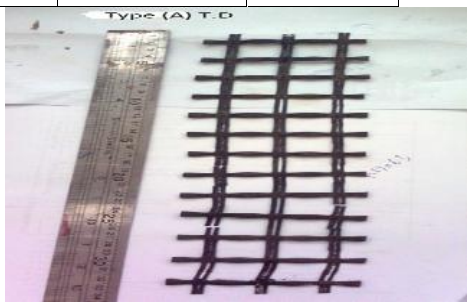
اختلاط بتن حاوی مصالح سنگی سبک وزن به دلیل وجود تنوع پارامترها دارای روشی متفاوت با بتن معمولی می‌باشد. قبل از اجرای بتن ریزی باید درشت‌دانه‌های مصرفی (لیکا) اشباع شود تا آب موجود در بتن را جذب نکند وکارایی بتن را کاهش ندهد. جدول ۲ طرح اختلاط‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد. وزن مخصوص نشان داده شده در جدول وزن مخصوص بتن تازه می‌باشد، وزن مخصوص خشک شده در هوای آزاد بتن حدود ۱۳۰۰ و خشک شده در اون حدود ۱۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. مقادیر نشان داده شده در جدول مقادیر اصلاح شده بعد از اعمال ضرایب اصلاح می‌باشند.

۲-۲- بتن ریزی و عمل‌آوری

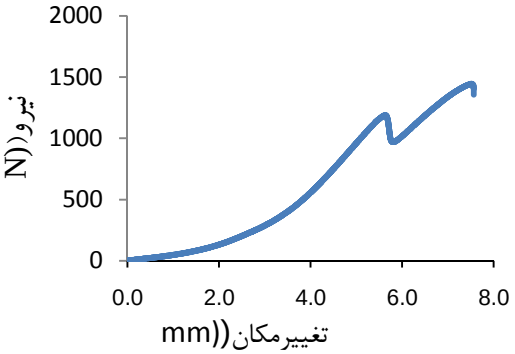
پانل‌های اجرا شده در این پژوهش دارای ابعاد ۸*۵۰*۲۳۰ سانتیمتر می‌باشد. نکته مهـــــمی که در اجرای پانل‌ها باید مد نظر

جدول ۲- طرح اختلاط‌های مورد استفاده

نتایج			واحد وزن (kg/m^3)				
مقاومت فشاری (mpa)	وزن مخصوص (kg/m^3)	اسلامپ (cm)	سیمان	آب	ماسه	لیکا	شماره
۱۲	۱۴۱۰	۵	۴۵۰	۲۵۰	۴۲۰	۲۹۰	۱
۱۱	۱۳۱۵	۴	۴۲۰	۲۳۵	۳۹۰	۲۷۰	۲
۱۱/۲	۱۳۰۰	۳	۴۰۰	۲۶۰	۳۸۰	۲۶۰	۳
۱۰/۷	۱۳۰۵	۲/۵	۴۱۰	۲۴۵	۳۸۰	۲۷۰	۴
۱۰/۴	۱۳۰۳	۴	۴۲۰	۲۱۰	۴۰۰	۲۷۰	۵
۱۱	۱۳۵۵	۴	۴۳۰	۲۳۰	۴۰۰	۲۸۰	۶
۱۰	۱۳۲۵	۳	۴۲۰	۲۵۰	۳۹۰	۲۷۰	۷



شکل۶- ژئوگرید



شکل۷- نمودار بار تغییر مکان ژئوگرید

جدول ۳- تعداد و نوع پانل‌ها

تعداد	نوع پانل
۳	پانل غیرمسلح
۳	پانل با الیاف نایلون $5kg/m^3$
۳	پانل با مش فولادی دولایه
۳	پانل با مش فولادی تک لایه
۳	پانل با مش ژئوگرید دولایه

شکل۸- کار گذاشتن مش فولادی و اجرای بتن ریزی

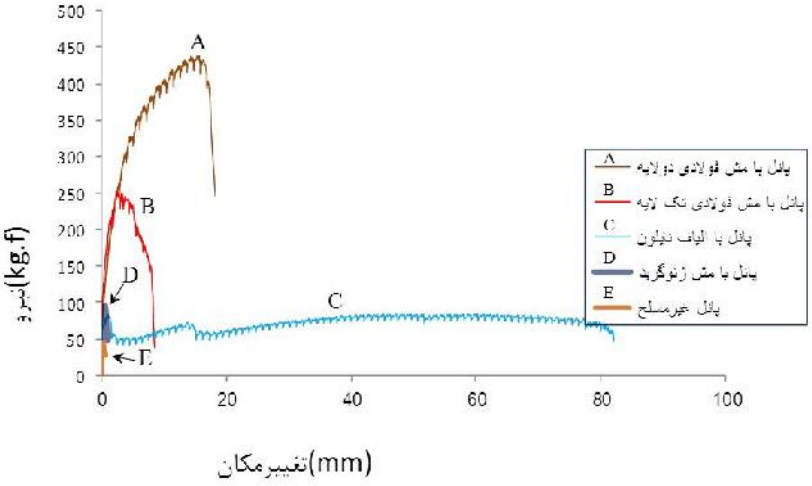
قرار داد این است که نباید زمان ویبره از مقدار معینی تجاوز کند که علت آن را می‌توان به سبک بودن مصالح نسبت داد. بعد از بتن ریزی و اجرای مش یا الیاف (شکل ۸)، پانل‌ها با پارچه‌ای مرطوب پوشانده شده و در دمای ۲۳ درجه و رطوبت حدود ۶۳٪ عمل آوری می شوند و بعد از ۲۴ ساعت قالب برداری شده و دوباره با پارچه مرطوب به مدت ۲۷ روز پوشانده می شود. تعداد و نوع پانل‌های ساخته شده در جدول ۳ آمده است.بعد از سپری شدن ۲۸ روز از ساخت، پانل‌هاتحت آزمایش خمش سه نقطه‌ای قرارگرفتند (شکل۹). اعمال بار توسط نیروسنج فشاری (Load Cell) ۵ تنی انجام گردید همچنین انحنا وسط پانل توسط یک جابجایی سنج ۱۰۰ میلی متری اندازه گیری شد. آزمایش بصورت کنترل بار (Load control) انجام گرفته و بارگذاری تا زمان وقوع ترک های عمیق و بارز ادامه یافت.

۳- نتایج

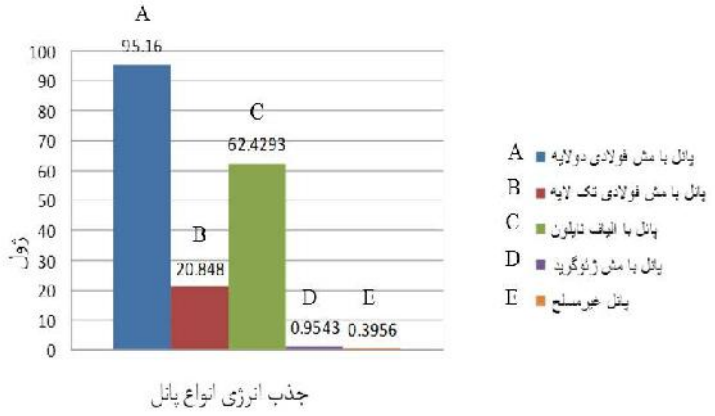
درشکل ۱۰ نتایج حاصل از آزمایش خمشی انجام یافته بر روی پانل‌ها نشان داده شده است. از نمودار می توان به این نتیجه دست یافت که با مسلح نمودن پانل با الیاف یا مش مناسب می‌توان ظرفیت باربری و شکل پذیری پانل را به مقدار قابل توجهی

افزایش داد. همانطور که نمودار نشان می‌دهد شکل پـذیری پانـل مسلح با الیاف نایلون بیشتر از بقیه پانل‌ها می‌باشد. این امر به علت شکل‌پذیری مناسب الیاف نایلون می باشد که از شکست ناگهانی پانل جلوگیری کرده در نتیجه شکسـت پانـل هـا بـه‌صـورت نـرم اتفاق می‌افتد. عیب عمده تسلیح با الیاف نایلون ظرفیت تحمل بار کم آن نسبت به انواع دیگر پانل‌های مسلح مـی‌باشـد. از مزایـای استفاده از شبکه های فولادی تک لایه و دولایه در پانل می توان به ظرفیت باربری قابل ملاحظه آن نسبت به انواع دیگر پانـل‌هـای مسلح اشاره کرد. عیـب عمـده ایـن نـوع تسـلیح کننـده‌هـا شـکل پذیری نسبتا کم آنها مـی باشـد در نتیجـه باعـث مـی گـردد کـه پانـل‌هـا بصـورت تـرد و ناگهـانی فـرو بریزنـد لـذا بـا اسـتفاده از مش‌هایی از جنس فولاد نرم می توان شکل‌پذیری این نوع پانل‌ها را افزایش داد. از نحوه شکست پانل‌ها تحت بارگذاری می تـوان نتیجه گرفت که بتن سبک مورد استفاده در ساخت پانل‌هـا هنـوز دارای ظرفیت باربری می باشند لذا با استفاده از الیاف و یـا مـش مناسب که دارای تحمل بار و شـکل پـذیری مناسـب مـی باشـند، می‌توان خواص مکانیکی پانل‌های بتنی را بهبود بخشید.

شکل ۹- آزمایش خمش سه نقطه ای



شکل ۱۰- نمودار بار تغییر مکان برای پانل‌های مختلف



شکل ۱۱- جذب انرژی برای پانل های مختلف

۲-۳- بررسی کاربرد پانل‌ها به عنوان سقف بام

آزمایش‌ها بر روی پانل‌ها به‌صورت اعمال بار خطی در راستای مرکز پانل انجام می‌گیرد. در حالی که بار برف و باد بصورت توزیع بار گسترده می‌باشد لذا برای اینکه بتوان از نتایج بدست آمده از آزمایشات برای قضاوت در مورد مقاومت پانل‌ها در برابر باد و برف استفاده کرد باید ممان‌های خمشی ناشی از بار متمرکز در وسط دهانه (M_C) و بار گسترده در طول دهانه (M_d)، را مساوی قرار داد که منجر به ارائه رابطه (۱) که مقدار بار گسترده معادل بار متمرکز را نشان می دهد، خواهد شد:

$$q = \frac{4P}{L} \qquad (۱)$$

P بیشینه نیروی بدست آمده از آزمایش خمش سه نقطه‌ای برای هر کدام از پانل‌ها، q بار گسترده و L دهانه بارگذاری می‌باشد. بار گسترده (q) برای هریک از پانل‌ها در جدول ۴ ارائه شده است:

مقدار بار موجود در سقف بام از مجموع مقدار بار برف (مناطق کوهستانی) و وزن قیرگونی برای اندود بام بدست می‌آید[۱۷].

جدول۴- ظرفیت باربری انواع پانل

بار گسترده (kg/m^2)	نوع پانل
۸۱	پانل غیرمسلح
۱۵۴	پانل مسلح با الیاف نایلون
۴۵۶	پانل مسلح با شبکه فولادی تک لایه
۷۹۰	پانل مسلح با شبکه فولادی دو لایه
۱۷۵	پانل مسلح با ژئوگرید

مقدار بار موجود در سقف برابر $q=۲۶۰\ kg/m^2$ بدست می‌آید. با مقایسه ظرفیت باربری پانل‌ها با مقدار بار موجود در سقف می‌توان نتیجه گرفت که پانل مسلح با شبکه فولادی دولایه و پانل مسلح با شبکه فولادی تک لایه برای کاربرد در سقف مناسب می‌باشند.

۲-۴- بررسی تأثیر نیروی باد بر پانل‌های دیوار

نیروی باد یک نیروی خارجی وارد بر صفحه دیوار می‌باشد. فشار یا مکش ناشی از باد بر روی سطوح طبق مبحث ششم بارگذاری محاسبه می‌شود[۱۷]. مقدار فشار برابر مقدار زیر می‌باشد:

$P=۱۰۵ kg/m^2$

با مقایسه فشار باد با ظرفیت باربری هر یک از پانل‌ها مطابق جدول ۴ می‌توان نتیجه گرفت که همه پانلهای مسلح به الیاف و مش جوابگوی فشار ناشی از باد نیز می‌باشند.

با توجه به اینکه شکست پانل در خمش ناشی از گسیختگی کششی بوده و در پانل‌های مورد آزمایش خمش، شکست فشاری بتن ملاحظه نگردیده است پس می‌توان نتیجه گرفت که هنوز از ظرفیت فشاری بتن به‌کار رفته در پانل‌ها به‌صورت کامل استفاده نشده است لذا می توان با اعمال بار درون صفحه ای و محوری بر پانل‌ها میزان تنش کششی به‌وجود آمده در اثر خمش را کاهش داد و در نتیجه بر ظرفیت خمشی آن افزود. پس می‌توان نتیجه گرفت که پانل‌هایی که تحت تاثیر خمش به همراه بار محوری درون صفحه‌ای قرار دارند رفتار بهتری از پانل‌های تحت اثر خمش خالص خواهند داشت که این موضوع بایستی در تحقیقات آتی مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد.

۲-۵- مقایسه جذب انرژی پانل‌ها

ظرفیت جذب انرژی در کاربردهای مهندسی مانند قطعات ضربه گیر، کلاه‌های ایمنی و نیز صنایع بسته‌بندی از اهمیت بسیاری برخوردار است. در سازه‌های ساختمانی، جذب انرژی تاثیر نیروهای جانبی را کاهش می دهد. مقدار این انرژی از محاسبه سطح زیر منحنی نیرو تغییرمکان برای سازه‌های مختلف بدست می‌آید. نمودار جذب انرژی پانل‌ها با الیاف و مش های مختلف در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

با توجه به شکل فوق می‌توان نتیجه گرفت که با مسلح نمودن پانل با الیاف و مش‌های مناسب می‌توان جذب انرژی پانل‌ها را افزایش داد.

۳- نتیجه‌گیری

بر مبنای نتایج بدست آمده از آزمایش خمش بر روی پانل‌ها نتایج زیر بدست آمد.

-شکل پذیری پانل مسلح با الیاف نایلون بیشتر از بقیه پانل‌ها می‌باشد. این امر به علت شکل‌پذیری مناسب الیاف نایلون

می‌باشد که از شکست ناگهانی پانل جلوگیری کرده در نتیجه شکست پانل ها به‌صورت نرم اتفاق می‌افتد. عیب عمده تسلیح با الیاف نایلون ظرفیت تحمل بار کم آن نسبت به دیگر پانل‌های مسلح می‌باشد.

- از مزایای استفاده از شبکه های فولادی تک لایه و دولایه در پانل می توان به ظرفیت باربری قابل ملاحظه آن نسبت به انواع دیگر پانل‌های مسلح اشاره کرد. عیب عمده این نوع تسلیح کننده ها شکل پذیری نسبتا کم آنها می باشد در نتیجه باعث می گردد که پانل‌ها به‌صورت ترد و ناگهانی فرو بریزند لذا با استفاده از مش هایی که از جنس فولاد نرم ساخته شده اند می توان شکل‌پذیری این نوع پانل‌ها را افزایش داد.

-از نحوه شکست پانل ها تحت بارگذاری می توان نتیجه گرفت که بتن سبک مورد استفاده در ساخت پانل‌ها هنوز دارای ظرفیت باربری می باشند، لذا با استفاده از الیاف و یا مش مناسب که دارای تحمل بار و شکل پذیری مناسب می باشند، می‌توان خواص مکانیکی پانل‌های بتنی را بهبود بخشید.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که پانل‌های ترکیبی دارای الیاف نایلون و مش‌های فولادی دولایه می‌توانند عملکرد مناسبی از لحاظ مقاومت و جذب انرژی داشته باشند.

۴- مراجع

[۱]. مهدی طارق. "نحوه کاربرد مصالح مختلف در سبک سازی غیر سازه‌ای". اولین همایش بین المللی زلزله و سبک سازی ساختمان، صفحه ۱۶۸-۱۷۵،۱۳۸۴

-[۲].خالو علیرضا. " بررسی حداکثر مقدار ممکن کاهش وزن سازه با استفاده از مصالح مختلف موجود در کشور و ارائه راهکارهایی جهت نیل به کاهش بیشتر". گزارش میانکار، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۱.

[3]. Ruifen Liu- chris P.Pantelides. "Shear strength of GFRP reinforced precast lightweight concrete panels". constr build mater,48, 51–58, 2013.

[4]. American Concrete Institute (ACI440.1R-06). Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP bars. Farmington Hills, Michigan, USA: American Concrete Institute; 2006.

[5]. American Concrete Institute (ACI 318–11). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-11) and commentary (318 R-11). Farmington Hills, Michigan, USA: American Concrete Institute; 2011.

[6]. Francheska Seijo,"Building Pressure Tests of Fiber-Reinforced Foam-Based Lightweight Concrete Precast Wall Panels", department of civil engineering, Texas University. 2008.

[7]. Ginger, John D."Internal Pressures and Cladding Net Wind Loads on Full-Scale Low-Rise Building". ASCE.; 538-543, 2000

[8]. Balaguru, P., & Foden Andrew. "Properties of Fiber Reinforced Structural Lightweight Concrete". ACI Structural Journal; 62-78, 1996.

[9]. Ginger, John D, "Internal Pressures and Cladding Net Wind Loads on Full-Scale Low-Rise Building". Journal of Structural Engineering.; pp.538-543. 2000.

[10]. Arisoy and H.C.Wu."performance of a fiber-reinforced lightweight concrete panel". Institution of civil engineering,; 157–162, 2008.

[11]. ARISOY B. and WU H. C. "Material characteristics of high performance lightweight concrete with PVA". Journal of Construction and Building Materials, 22, No. 4, 635–645. 2008.

[12]. ARISOY B. "Development and Fracture Evaluation of High Performance Fiber Reinforced Lightweight Concrete". PhD thesis, Department of Civil & Environmental Engineering, Wayne State University, Detroit, MI, USA, 2002.

[13]. Joaquim barros:Eduardo Pereira and Simao santos. Lightweight panels of steel fiber-reinforced self-compacting concrete. Journal of materials in civil engineering © ASCE.; 19:295-304. 2007.

[14]. Gomes, P. C. C. "Optimization and characterization of high-strength self-compacting concrete." Ph.D. thesis, UPC, Barcelona, Spain. 2002.

[15]. Barros, J. A. O., Pereira, E. B., Cunha, V. M. C. F., Ribeiro, A. F., Santos, S. P. F., and Queirós, P. A. A. A. V. 2005a. "PABERFIA—Lightweight sandwhich panels in steel fiber reinforced self-compacting concrete." Technical Rep. No. 05-DEC/E-29, Dept. of Civil Engineering, School Engineering, Univ. of Minho, 63.

[16]. M.J. Shannag, "Characteristics of lightweight concrete containing mineral admixtures",constr build mater.;25: 658–662. 2010.

[۱۷].مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران، بارهای وارد بر ساختمان،۱۳۸۸.

Investigation into Mechanical Properties of Fibers Reinforced Lightweight Concrete Precast Panels

H. Naseri[G]
M.s, Faculty of Civil Engineering, Sahand University of technology
H. Afshin
Associate Professor of Structural Engineeing, Sahand University of technology
A. Tufani milani
M.s, Faculty of Civil Engineering, Sahand University of technology

Abstract

Lightweight Concrete is one of the most important materials in the construction of concrete structures. The main disadvantages of lightweight concrete are their low compressive, flexural and tensile strength. To solve this problem, fibers can be used to reinforce concrete. Fibers reinforced lightweight concrete can be used as an excellent building material in the construction of structural /nonstructural elements. In this study the mechanical properties of fibers reinforced lightweight concrete precast panels and their suitability for use in manufacturing precast building elements have been studied experimentally. The results show that fiber reinforced lightweight concrete has sufficient compressive and flexural strength and also suitable ductility and it can be used for construction of precast structural/nonstructural elements.

Keywords: lightweight concrete, fiber reinforced concrete, mechanical properties, precast panels.

* Corresponding author: hamid_n6710@yahoo.com