

بررسی عملکرد چسب در اتصال بلوک‌های سبک پیش ساخته ACC

میلاذ امانیان^۱، فرید کفیلی علمداری^۲، محمدرضا توکلی زاده^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

drt@um.ac.ir

چکیده

با توجه به کاربرد اجباری بلوک‌های بتن سبک AAC در دیوار ساختمان‌ها، لزوم بهره‌برداری مناسب و جلوگیری از عدم اتلاف مصالح به لحاظ دوباره‌کاری در اصلاح و مرمت ترک‌خوردگی در این مصالح و استفاده بهینه با عملکرد بالا از چسب در این پژوهش مد نظر قرار گرفت. ابتدا مقاومت فشاری بلوک توسط آزمایش نمونه‌های مکعبی با ابعاد ۲۰۰ میل‌متر اندازه‌گیری شد. نتایج مبین مقدار مقاومت فشاری حداقل و حداکثر ۲/۴ و ۳/۱ با میانگین ۲/۷ مگاپاسکال بودند. جهت تعیین ضریب کشسانی، تعداد ۵ نمونه مکعبی به ابعاد ۱۰۰ میلیمتر نیز تحت بارگذاری فشاری همراه با اندازه‌گیری تغییر شکل محوری نمونه قرار گرفت. روند کسب مقاومت چسب بلوک با آزمایش ۲۸ نمونه منشوری به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۲۰۰ میلیمتر که دو به دو توسط چسب بلوک به یکدیگر چسبانده شده بود در زمان‌های مشخص از ۸ ساعت تا ۳۵ روز تحت آزمایش خمش سه نقطه‌ای قرار گرفت. سپس نتایج با ۴ نمونه مبنا به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۴۰۰ میلیمتر مقایسه گردید. نتایج نشان داد که پس از گذشت زمان ۴۸ ساعت مقاومت چسبندگی چسب از مقاومت گسیختگی بلوک فراتر می‌رود.

کلمات کلیدی: بلوک AAC، مقاومت چسبندگی، ظرفیت خمشی، چسب اتصال‌دهنده بلوک.

۱. مقدمه

نیاز گسترده و روز افزون جامعه به ساختمان و مسکن، ضرورت استفاده از روش‌ها و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک‌سازی، عایق‌سازی و نیز طراحی بهینه ساختمان در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است. حل مشکلاتی نظیر زمان طولانی اجرا، عمر مفید کم و یا هزینه زیاد اجرای ساختمان‌ها نیازمند ارائه راهکارهایی به منظور استفاده عملی از روش‌های نوین و مصالح ساختمانی جدید جهت کاهش وزن و کاهش زمان ساخت، دوام بیشتر و نهایتاً کاهش هزینه اجرا است. سبک‌سازی یکی از مباحث نوین در علم ساختمان است که روز به روز در حال گسترش و پیشرفت می‌باشد. این فن‌آوری عبارت از کاهش وزن تمام شده ساختمان با استفاده از تکنیک‌های نوین ساخت مصالح جدید و بهینه‌سازی روش‌های اجرا می‌باشد. کاهش وزن ساختمان علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه، زمان و انرژی، زیان‌های ناشی از حوادث طبیعی مانند زلزله را کاهش داده و صدمات ناشی از وزن زیاد ساختمان را به حداقل می‌رساند.

در دنیای پیشرفته امروزی و با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه‌های مختلف علمی صنعت بتن نیز دچار تحول گردیده که تولید بتن سبک نیز حاصل همین پیشرفت‌ها می‌باشد. بتنی که علاوه بر کاهش بار مرده ساختمان از نیروی وارد به سازه در اثر شتاب زلزله می‌کاهد و در صورت تخریب وزن آوار حاصل نیز کاهش می‌یابد و امروزه آن را به عنوان بتن قرن می‌نامند. بتن سبک با توجه به ویژگی‌هایی که دارد دارای کاربردهای مختلفی است که برحسب وزن مخصوص و مقاومت فشاری آن تفکیک می‌گردد [۱].

بتن سبک اتوکلاو شده با علامت اختصاری AAC (Autoclaved Aerated Concrete) در سال ۱۹۲۴ میلادی توسط یک مهندس آرشیتکت سوئدی اختراع و به جامعه مهندسی معرفی گردید. تولید بلوک سبک AAC در صنعت ساختمان ایران در سال ۱۳۶۷ شروع شده است. این محصول امتیازات ویژه‌ای نیز نسبت به دیگر مصالح دارد از جمله این که عایق مناسب حرارتی و صدا می‌باشد، در برابر فشار مقاوم است، با ابزار معمولی به آسانی بریده می‌شود و می‌توان آن را به هر شکل تراشید، سوراخ کرد و یا تغییر شکل داد. در موقعیت کنونی بتن سبک بهترین ماده برای ساخت ساختمان‌های کوچک و بزرگ مسکونی، خدماتی، صنعتی و کشاورزی به ویژه در مناطق زلزله خیز می‌باشد [۲].

از مسائل و دغدغه‌های مهم مهندسان عمران در امر طراحی، محاسبه و ساخت پروژه‌های عمرانی وزن سازه به منظور طراحی بهینه در برابر نیروی زلزله است. از آنجایی که امروزه تمامی ساختمان‌ها به صورت اسکلت فلزی و یا بتنی اجرا می‌شوند، پارتیشن‌ها و دیوارهای داخلی فقط نقش جداکننده فضا را برعهده دارند و هرچه مصالح بکار رفته شده در این اجزا سبک‌تر باشد تاثیر مستقیمی در کاهش وزن سازه دارد. از این رو جایگزینی بلوک‌های AAC به جای آجرهای معمولی و سفال بسیار تاثیر گذار می‌باشد [۴]. در دنیای پیشرفته امروزی و با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه‌های مختلف علمی، صنعت بتن دچار تحول گردیده است، تولید بلوک سبک AAC حاصل همین پیشرفت‌ها می‌باشد [۵].

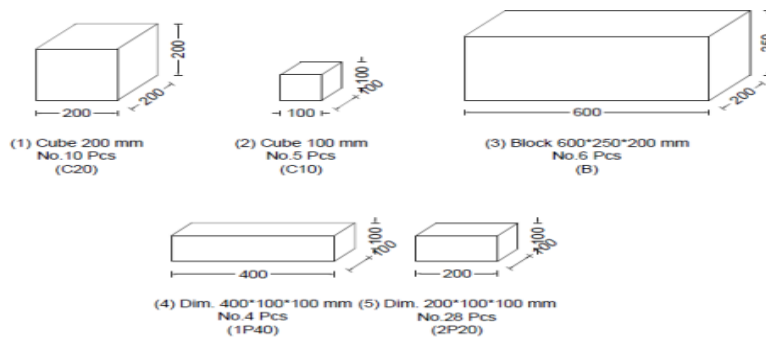
طراحان و سازندگان از دیرباز، به دلیل حفاظت از جنگل‌ها و همچنین قیمت بالای چوب، به دنبال مصالح ساختمانی بودند که بتوان آن را جایگزین چوب نمود. محصولی که به همان اندازه عایق و شکل‌پذیر بوده و در عین حال در برابر موربانه، آتش‌سوزی و پوسیدگی مقاومت بیشتری از خود نشان دهد. در این ساختار متخلخل، میلیون‌ها حباب هوا وجود داشته که در کنار ساختار توپر یک کلسیم هیدروسیلیکات، بتن هوادار اتوکلاو شده را به وجود آورده‌اند. عایق حرارتی، صوتی، سبکی، مقاومت در برابر حریق و مقاومت در مقابل پوسیدگی، از خواص منحصر به فرد بتن هوادار اتوکلاو شده به حساب می‌آید. این بتن با دارا بودن خواص مذکور توانست به سادگی جایگزین چوب شده و به دلیل طبیعی بودن مواد تشکیل دهنده آن نظیر سیلیس، گچ و آهک به سرعت گسترش پیدا کند. در کارهای ساختمانی بتنی، وزن خود بتن قسمت عمده‌ای از کل بار وارده بر سازه را تشکیل می‌دهد و لذا امتیازهای قابل توجهی در کاهش وزن آن وجود خواهد داشت. مهمترین این امتیازها امکان استفاده از مقاطع کوچکتر و کاهش مربوطه در اندازه پی‌ها است. بعلاوه در بتن سبک قالب‌ها فشار کمتری را از حالت بتن معمولی باید تحمل نمایند و همچنین کل وزن مصالحی که باید جابجا گردد کاهش می‌یابد که سبب افزایش تولید خواهد شد. همچنین بتن سبک از لحاظ انتقال حرارت عایق بهتری از بتن معمولی است. حدود عملی وزن مخصوص‌های بتن سبک تقریباً بین ۳۰۰ تا ۱۸۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد [۶].

از آن جایی که پیوستگی سبیری برای انتقال نیرو می‌باشد، لذا کلیه روش‌های آماده‌سازی سطحی، کیفیت چسباندن‌ها و نحوه اجرا به جهت رسیدن به مقاومت پیوستگی مناسب جهت عملکرد مورد انتظار مقاوم‌سازی تأمین گردد. اهمیت پیوستگی از آن جهت است که اگر اتصال بین بتن و مواد مرکب از بین برود، حتی اگر این مصالح سالم بماند، سیستم عملکرد یکپارچه و مورد انتظار را نخواهد داشت. ماندگاری پیوستگی از بحرانی‌ترین مسایل در رابطه با استفاده از این مصالح است و آماده‌سازی سطح از تاثیر گذارترین عامل‌ها در بررسی پیوستگی می‌باشد [۳].

۲. برنامه آزمایشگاهی

۲-۱- آماده‌سازی بلوک‌ها برای تهیه نمونه‌های آزمایش

مطابق شکل (۱) قطعاتی به تعداد و ابعاد نمایش داده شده توسط برش بااره دستی برای ساخت نمونه‌های آزمایش فراهم گردید. برای آزمایش‌های مقاومت فشاری نمونه شماره (۱) به تعداد ۱۰ عدد مکعب ۲۰۰ میلیمتری بریده شد. نمونه شماره (۲) مکعبی به ابعاد ۱۰۰ میلیمتر به تعداد ۵ عدد تهیه گردید تا برای تعیین ضریب کشسانی مورد آزمایش قرار گیرد. نمونه شماره (۳) نیز تعداد ۶ عدد بلوک برای تعیین مدول گسیختگی مد نظر قرار گرفت که یکی از نمونه‌ها به منظور کنترل شرایط تکیه‌گاهی و نحوه بارگذاری دستگاه آزمایش در نظر گرفته شده بود. نمونه شماره (۴) به ابعاد ۴۰۰×۱۰۰×۱۰۰ میلیمتر تهیه و به عنوان نمونه کنترل برای مقایسه مدول گسیختگی و روند کسب مقاومت چسب بلوک با نمونه‌های شماره (۵) مورد مقایسه قرار گیرد. نمونه شماره (۵) به ابعاد ۲۰۰×۱۰۰×۱۰۰ میلیمتر دو به دو به یکدیگر چسبانده شد تا روند کسب مقاومت چسب بلوک مشخص شود. نام نمونه آزمایش ساخته شده از هر قطعه در زیر آن نوشته شده است. نام گذاری نمونه‌ها در بخش ۲-۳ آورده شده است.



شکل ۱- تعداد و ابعاد قطعه‌های مورد استفاده در تهیه نمونه‌های آزمایش

۲-۲- پارامترهای مورد بررسی

آزمایش‌ها در ۵ گروه بر روی نمونه‌های شکل (۱) بر اساس جدول (۱) انجام گرفت.

جدول ۱- پارامترهای مورد بررسی در آزمایش‌ها

آزمایش‌های انجام شده					شماره نمونه
مدول گسیختگی	روند سخت شدن چسب	ضریب کشسانی	تغییر شکل	مقاومت فشاری	
—	—	—	—	√	۱
—	—	√	√	√	۲
√	—	—	—	—	۳
√	√	—	—	—	۴ و ۵

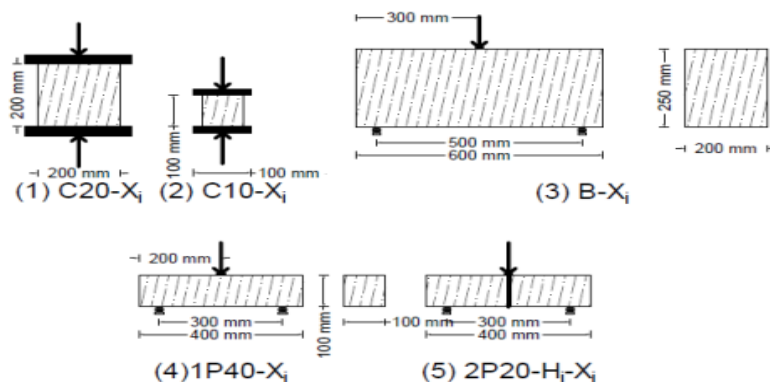
۳-۲- چیدمان آزمایش

در آزمایش‌های پیش‌رو نمونه‌های ۱ تا ۵ مطابق شکل (۲) تحت آزمایش‌های مقاومت فشاری، خمش سه نقطه‌ای قرار گرفتند. نمونه‌های شماره (۵) به تعداد ۱۴ عدد هر نمونه شامل دو قسمت به ابعاد $200 \times 100 \times 100$ میلیمتر که توسط چسب بلوک به یکدیگر چسبیده‌اند و نمونه‌ای به طول ۴۰۰ میلیمتر را تشکیل می‌دهند، با نماد $2P20-H_i-X_i$ نشان داده شده‌اند. H_i معرف مدت زمان بعد از اتصال توسط چسب تا زمان آزمایش و بر حسب ساعت و X_i شمارنده آن می‌باشد. در هر مدت زمان مد نظر دو آزمون مورد آزمایش قرار گرفت. به طور مثال آزمون اول با مدت زمان ۸ ساعت به صورت $2P20-8h-1$ نمایش داده شده است که در جدول (۲) آمده‌اند.

جدول ۲- نام‌گذاری پارامتری نمونه‌های آزمایش

شماره نمونه	نام‌گذاری	تعداد نمونه	مشخصات	پارامترها
۱	$C20-X_i$	۱۰	مکعب به بعد ۲۰۰ میلیمتر	X_i شماره نمونه
۲	$C10-X_i$	۵	مکعب بعد ۱۰۰ میلیمتر	X_i شماره نمونه
۳	$B-X_i$	۵	بلوک AAC	X_i شماره نمونه
۴	$1P40-X_i$	۴	ابعاد قطعه (میلیمتر مکعب) $400 \times 100 \times 100$	X_i شماره نمونه
۵	$2P20-H_i-X_i$	۱۴	ابعاد قطعه (میلیمتر مکعب) $400 \times 100 \times 100$	H_i مدت زمان X_i شماره نمونه

در آزمایش خمش سه نقطه‌ای در شکل (۹) وزن ورق فوقانی ۱۲۹۰ گرم و وزن میله‌های محل اعمال نیرو ۴۷۰ گرم می‌باشد. وزن صفحه فولادی در شکل (۴) در آزمایش نمونه‌های شماره (۲) ۴۸۵۰ گرم است. به دلیل کم بودن مقاومت فشاری و مدول گسیختگی بلوک AAC نسبت به بتن معمولی سرعت بارگذاری در نمونه‌های شماره (۱) کمترین مقدار دستگاه آزمایش به مقدار ۲۵۰۰ نیوتن در دقیقه انتخاب گردید. سرعت بارگذاری برای سایر نمونه‌ها که در دستگاه دیگری آزمایش شده‌اند نیز این مقدار در نظر گرفته شد.



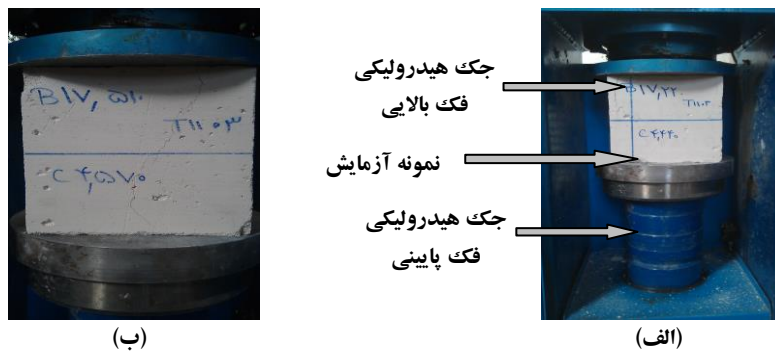
شکل ۲- ابعاد نمونه‌های آزمایش و نحوه قرارگیری در دستگاه و نحوه نام‌گذاری

۳. بحث نتایج

۳-۱-۱- آزمایش‌های مقاومت فشاری

۳-۱-۱-۱-۱- تعیین مقاومت فشاری بلوک‌های AAC

جهت تعیین مقاومت فشاری بلوک‌های AAC تعداد ۱۰ مکعب به بعد ۲۰۰ میلیمتر بریده شده و چنانچه در شکل (۳) مشاهده می‌گردد در زیر دستگاه آزمایش قرار می‌دهیم.



شکل ۳- تعیین مقاومت فشاری بلوک AAC (الف) قبل از شکست (ب) بعد از شکست

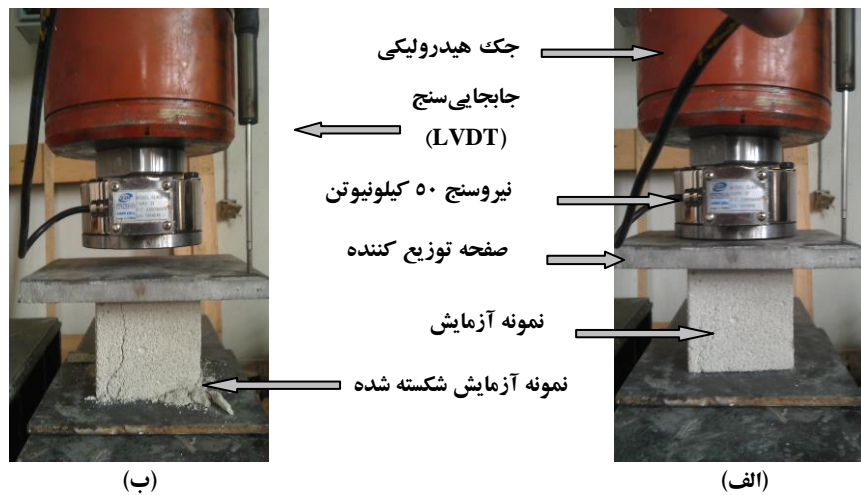
آزمایش مقاومت فشاری تعداد ۱۰ عدد بلوک AAC در جدول (۳) آمده است. حداقل و حداکثر مقاومت فشاری به ترتیب ۲/۴ و ۳/۱ مگاپاسکال، میانگین مقاومت فشاری ۲/۷ مگاپاسکال می‌باشد.

جدول ۳- نتایج مقاومت فشاری بلوک AAC

مقاومت فشاری (مگاپاسکال)	نیرو (نیوتن)	وزن نمونه (گرم)	نام نمونه	ردیف
۲/۵	۹۸۶	۴۵۸۰	C10-1	۱
۲/۹	۱۱۴۴	۴۳۹۰	C10-2	۲
۲/۷	۱۰۶۵	۴۵۷۰	C10-3	۳
۲/۴	۹۶۷	۴۶۷۰	C10-4	۴
۲/۶	۱۰۲۶	۴۴۴۰	C10-5	۵
۳/۱	۱۲۴۳	۴۶۸۰	C10-6	۶
۲/۸	۱۱۰۵	۴۵۷۰	C10-7	۷
۳/۰	۱۱۸۴	۴۷۶۰	C10-8	۸
۲/۴	۹۶۷	۴۵۹۰	C10-9	۹
۲/۶	۱۰۲۶	۴۸۷۰	C10-10	۱۰
۲/۷	۱۰۷۱	۴۶۱۲	میانگین مقادیر	
۰/۲	۹۵	۱۴۲	انحراف معیار	

۳-۱-۲ آزمایش تعیین ضریب کشسانی بلوک‌های AAC

در این مرحله نمونه‌هایی مکعبی به بعد ۱۰۰ میلیمتر از بلوک‌ها بریده و به تعداد ۵ نمونه مطابق شکل (۴) تحت آزمایش فشاری قرار گرفت. ضریب کشسانی از محاسبه شیب خط واصل از تنش صفر تا تنش $0.45 \times f_c$ به دست آمده است [۷].



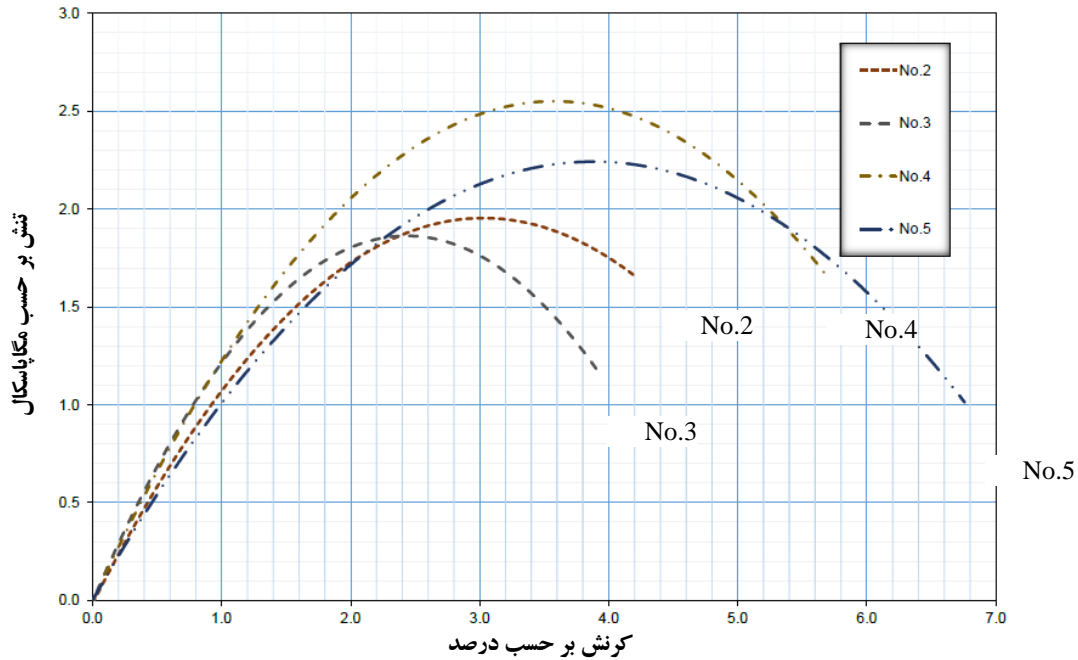
شکل ۴- آزمون C10-Xi تحت فشار با اندازه‌گیری تغییرمکان (الف) قبل از شکست (ب) بعد از شکست

همزمان با اعمال فشار، تغییر مکان نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج به دست آمده از تعداد ۵ عدد نمونه مطابق جدول (۴) نشان می‌دهد که میانگین نیرو، مقاومت فشاری و ضریب کشسانی به ترتیب $27/1$ کیلونیوتن، $2/77$ مگاپاسکال و 83 مگاپاسکال می‌باشد.

جدول ۴- نمونه‌های C10-Xi تحت فشار همراه با اندازه‌گیری تغییرمکان

شماره نمونه	نام نمونه	نیرو کیلونیوتن	تنش مگاپاسکال	ضریب کشسانی مگاپاسکال
۱	C10-1	۲۷/۱	۲/۷۷	حذف گردید
۲	C10-2	۲۹/۰	۲/۹۶	۶۸
۳	C10-3	۲۱/۹	۲/۲۳	۹۵
۴	C10-4	۲۹/۴	۳/۰	۹۰
۵	C10-5	۲۸/۳	۲/۸۹	۷۹
	میانگین	۲۷/۱	۲/۷۷	۸۳
	انحراف معیار	۳/۱	۰/۳۱	۱۲

شکل (۵) نمودار تغییرات تنش- کرنش را نشان می‌دهد. نمودار نمونه C10-1 که دارای رفتاری خطی تا لحظه شکست بوده، حذف گردید.

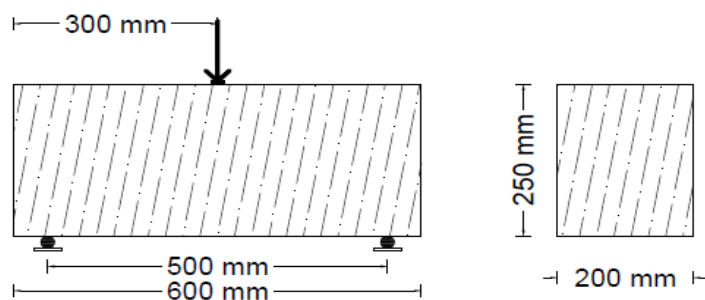


شکل ۵- رابطه تنش-کرنش نمونه‌های C10-Xi

۲-۳- آزمایش‌های مقاومت خمشی

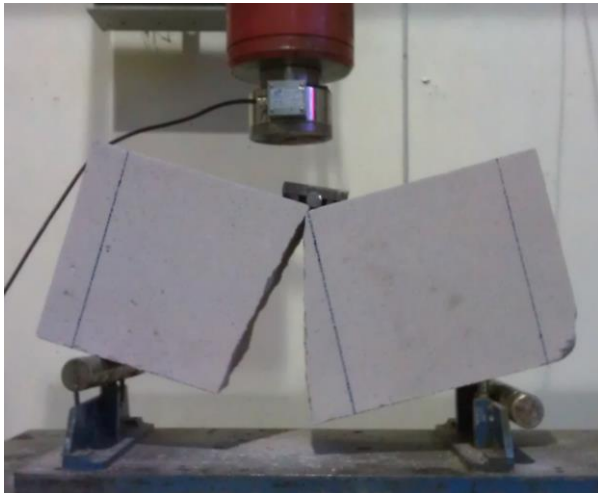
۱-۲-۳- آزمایش تعیین مدول گسیختگی بلوک‌های AAC

در این آزمایش تعداد ۵ عدد بلوک به ابعاد $600 \times 250 \times 200$ میلیمتر مکعب مطابق شکل (۶) تحت آزمایش خمش سه نقطه‌ای قرار گرفتند. هدف تعیین مدول گسیختگی بلوک‌های AAC می‌باشد.

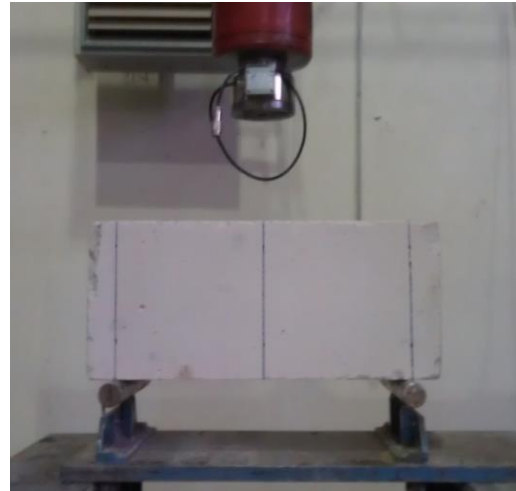


شکل ۶- ابعاد نمونه بلوک AAC جهت تعیین مدول گسیختگی (نمونه B-Xi)

شکل (۷) آزمایش مدول گسیختگی نمونه B-2، قبل از بارگذاری و بعد از شکست نشان می دهد.



(ب)



(الف)

شکل ۷- آزمایش مدول گسیختگی نمونه B-2 (الف) قبل از بارگذاری (ب) بعد از شکست

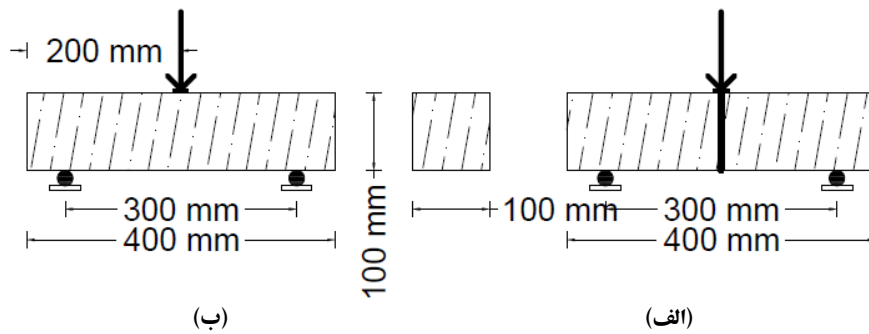
نتایج آزمایش تعداد ۵ عدد نمونه به دست آمده در جدول (۵) نشان می دهد که حداقل و حداکثر مدول گسیختگی بلوک ۴۹۰ و ۶۹۰ کیلوپاسکال و میانگین آن ۵۹۲ کیلوپاسکال می باشد.

جدول ۵- نتایج شکست بلوک AAC و تعیین مدول گسیختگی (نمونه B-Xi)

شماره نمونه	وزن نمونه گرم	نیرو نهایی نیوتن	مدول گسیختگی کیلوپاسکال
۱	۱۷۳۱۰	۸۵۷۰	۵۱۰
۲	۱۷۸۷۰	۱۰۰۲۰	۶۰۰
۳	۱۷۲۲۰	۸۱۷۰	۴۹۰
۴	۱۷۵۱۰	۱۱۵۲۰	۶۹۰
۵	۱۷۹۱۰	۱۱۲۲۰	۶۷۰
	میانگین	۹۹۰۰	۵۹۲
	انحراف معیار	۱۵۱۲	۹۱

۳-۲-۱ روند کسب مقاومت چسب بلوک AAC

چسب بلوک ملات خشک آماده‌ای است که بر پایه سیمان تیپ ۲ و افزودنی‌هایی خاص به جهت بهبود خواص چسبندگی، کارایی و جذب آب با بزرگترین اندازه سنگدانه ۱/۲ میلیمتر به رنگ سفید و خاکستری در کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی به بازار عرضه می‌گردد. مقدار آب مورد نیاز طبق توصیه سازنده بین ۷/۵ تا ۸/۵ لیتر برای یک کیسه ۲۵ کیلوگرمی است. در این آزمایش‌ها مقدار آب مورد نیاز جهت ساخت ملات مقدار میانگین توصیه شده یعنی ۸ لیتر به ازای ۲۵ کیلوگرم در نظر گرفته شده لذا نسبت وزنی آب به پودر خشک چسب ۰/۳۲ برای تمامی آزمایش‌ها ثابت خواهد بود. مطابق شکل (۸) -ب تعداد ۴ عدد نمونه به ابعاد $400 \times 100 \times 100$ میلیمتر مکعب از بلوک‌ها بریده شدند و به عنوان نمونه کنترل (IP40-Xi)، مبنای مقایسه با نمونه‌های 2P20-Hi-Xi قرار گرفتند.



شکل ۸- قطعه مورد آزمایش (الف) نمونه 2P20-Hi-Xi (ب) نمونه IP40-Xi

مطابق شکل (۹) نمونه‌ها تحت آزمایش خمش سه نقطه‌ای قرار گرفتند. نتایج این آزمایش در مقایسه با نمونه‌های 2P20-Hi-Xi مورد ملاحظه قرار گرفت.



(ب)



(الف)

شکل ۹- آزمایش خمش سه نقطه‌ای (الف) نمونه IP40-1 (ب) شکست نمونه IP40-2

در این آزمایش همه نمونه‌ها مطابق شکل (۱۰) از وسط دچار گسیختگی شدند.



شکل ۱۰- سطح شکست نمونه 1P40-1 تحت خمش سه نقطه‌ای

در ادامه آزمایش تعیین مدت زمان رسیدن مقاومت چسب بلوک به مقدار بیش از مدول گسیختگی بلوک، قرار خواهد گرفت، نمونه‌هایی به ابعاد $100 \times 100 \times 200$ میلیمتر مکعب از بلوک AAC بریده شدند. تعداد ۲۸ عدد قطعه به دست آمده را دو به دو از مقطع 100×100 میلی‌متر مربع به یکدیگر می‌چسبانیم. تعداد ۱۴ عدد نمونه به دست می‌آید که برای آزمایش در زمان‌های ۸ ساعت، یک روز، ۲ روز، ۳ روز، ۷ روز، ۱۴ روز و ۳۵ روزه هر کدام دو نمونه در نظر گرفته شد. در نهایت نمونه‌ها را تحت آزمایش خمش سه نقطه‌ای مطابق شکل (۱۱) قرار می‌دهیم.



شکل ۱۱- نمونه آزمایش روند کسب مقاومت چسب بلوک تحت خمش سه نقطه‌ای (1P20-72h-1)

در شکل (۱۲) موقعیت شکست نمونه‌ها از محل اتصال، و از نزدیک محل اتصال ارائه شده است.



شکل ۱۲- آزمایش روند کسب مقاومت چسب بلوک (الف) نمونه 2P20-72h-2 (ب) نمونه 2P20-336h-2

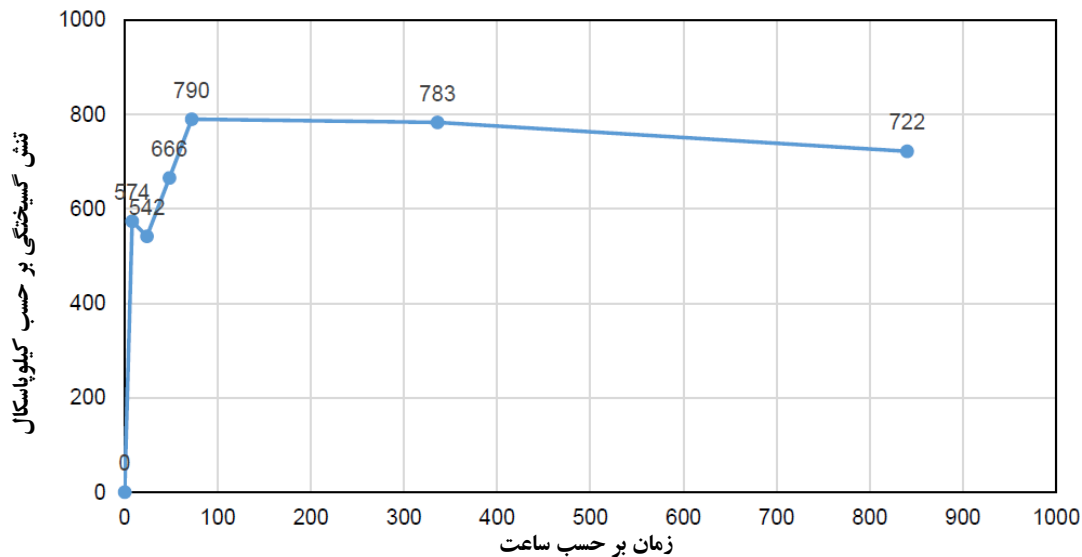
در ۵۰ درصد نمونه‌ها شکست از محل اتصال رخ نداد و در صورت شکست از محل اتصال ملات در دو مقطع باقی ماند. نتایج روند کسب مقاومت

چسب بلوک در جدول (۶) آمده است.

جدول ۶- نتایج آزمایش تعیین روند کسب مقاومت چسب بلوک

ردیف	نام نمونه	وزن نمونه گرم	مدول گسیختگی کیلوپاسکال	میانگین مدول گسیختگی کیلوپاسکال
۱	1P40-1	۲۱۹۰	۵۶۳	۶۶۴
۲	1P40-2	۲۲۱۰	۷۲۰	
۳	1P40-3	۲۲۱۰	۷۱۱	
۴	1P40-4	به دلیل شکست زودهنگام حذف گردید		
۵	2P20-8h-1	۲۱۹۰	۵۵۴	۵۷۴
۶	2P20-8h-2	۲۲۰۰	۵۹۴	
۷	2P20-24h-1	۲۲۴۰	۵۸۱	۵۴۲
۸	2P20-24h-2	۲۴۱۰	۵۰۴	
۹	2P20-48h-1	۲۴۲۰	۶۵۳	۶۶۶
۱۰	2P20-48h-2	۲۴۶۰	۶۸۰	
۱۱	2P20-72h-1	۲۳۲۰	۸۰۶	۷۹۰
۱۲	2P20-72h-2	۲۳۸۰	۷۷۴	
۱۳	2P20-336h-1	۲۲۶۰	۷۴۷	۷۸۳
۱۴	2P20-336h-2	۲۲۶۰	۸۱۹	
۱۵	2P20-840h-1	۲۲۷۰	۵۹۴	۷۲۲
۱۶	2P20-840h-2	۲۲۲۰	۸۵۱	

نمودار روند کسب مقاومت چسب بلوک در آزمایش مدول گسیختگی همانند شکل (۱۳) می باشد.



شکل ۱۳- روند کسب مقاومت چسب بلوک در آزمایش مدول گسیختگی

۴. نتیجه گیری:

در این بررسی آزمایش‌های مقاومت فشاری، تعیین ضریب کشسانی، تعیین مدول گسیختگی، تغییر شکل، مدول گسیختگی و روند سخت شدن چسب بر روی بلوک‌های AAC مورد ارزیابی قرار گرفته است و طبق بررسی‌های انجام شده می‌توان نتایج زیر را گرفت:

۱. روند کسب مقاومت چسب بلوک طی دو روز اول صعودی بوده و از مقاومت گسیختگی بلوک فراتر می‌رود. مدول گسیختگی نمونه ۲ و ۳ روزه به ترتیب ۶۷۰ و ۷۹۰ کیلوپاسکال بوده و نسبت به مدول گسیختگی نمونه کنترل به مقدار ۶۶۰ کیلوپاسکال ۱/۵ و ۱۹/۷ درصد رشد را نشان می‌دهد.
۲. با توجه به نمودار روند کسب مقاومت چسب بلوک بهترین زمان برای زیر بار قرار دادن بلوک‌ها ۷۲ ساعت پس از چسباندن آن‌ها به یکدیگر می‌باشد.
۳. حداقل و حداکثر مقاومت فشاری به ترتیب ۲/۴ و ۳/۱ مگاپاسکال، میانگین مقاومت فشاری ۲/۷ مگاپاسکال می‌باشد.
۴. همزمان با اعمال فشار، تغییر مکان نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میانگین نیرو، تنش و ضریب کشسانی به ترتیب ۲۷/۱ کیلونیوتن، ۲/۷۷ مگاپاسکال و ۸۳ مگاپاسکال می‌باشد.

۵. مراجع:

- [۱] مهتا، ک.، مونته نیرو، پ.، رضانیان پور، ع.ا.، قدوسی، پ.، گنجیان، ا.، (۱۳۸۸). "ریز ساختار، خواص و اجزای بتن (تکنولوژی بتن پیشرفته)". ویرایش اول، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- [۲] شکرچی زاده، م. و همکاران. (۱۳۹۳). "راهنمای کاربردی بتن سبکدانه سازه ای". ویرایش اول، انتشارات علم و ادب.
- [۳] علی پور، ع.، توکلی زاده، م.ر.، (۱۳۹۲). "بررسی تاثیر روش های مختلف آماده سازی سطح بر روی پیوستگی بین ورق های FRP و بتن". پایان نامه کارشناسی ارشد گروه سازه دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، بهمن.
- [4] Cox, J., Freeman, C. (2011). "Promoting AAC Solution for Sustainable Construction Challenge in Europe". 5th International Conference on AAC, Poland, Bydgoszcz, September, pp.14-17.
- [۵] "فناوری های نوین ساختمانی". ویرایش پنجم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، (۱۳۸۸).
- [۶] نویل، مترجم: فامیلی، ه.، (۱۳۹۱). "ویژگی های بتن (خواص بتن)". ویرایش ششم، انتشارات ندای آریانا.
- [7] ACI 318R-14, (2014). "Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete".
- [8] ASTM C1693-09, (2009). "Standard Specification for Autoclaved Aerated Concrete (AAC)".
- [9] ASTM C331.05, (2005). "Standard Specifications for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units".
- [۱۰] استاندارد ملی ایران ۸۵۹۳، (۱۳۸۴). "بتن سبک - قطعات بتنی هوادار اتوکلاو شده - ویژگی ها".
- [۱۱] استاندارد ملی ایران ۸۵۹۳، (۱۳۸۴). "بتن سبک - تعیین جرم حجمی خشک بتن هوادار اتوکلاو شده - روش آزمون".
- [۱۲] استاندارد ملی ایران ۸۵۹۳، (۱۳۸۴). "بتن سبک - تعیین مقاومت فشاری بتن هوادار اتوکلاو شده - روش آزمون".
- [۱۳] اشتري، پ.، میررحیمی، م.س.، (۱۳۸۹). "بررسی طرح اختلاط پیشنهادی بتن سبک سازه ای با سبکدانه پرلیت". کنفرانس بین المللی سبک سازی و زلزله، ۱ و ۲ اردیبهشت.
- [۱۴] کیفیلی علمداری، ف.، توکلی زاده، م.ر.، (۱۳۹۶). "بررسی مقاومت پیوستگی بین ورق های FRP و سطح بلوک های بتنی AAC". پایان نامه کارشناسی ارشد گروه سازه دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، بهمن.
- [15] EN 771-4, (2011). "Specification for Masonry Units. Autoclaved Aerated Concrete Masonry Units".