همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری
Conference on Recent Research in Science and Technology

امکان‌سنجی ساخت بتن سبک با استفاده از الیاف باگاس نیشکر خوزستان

مهرداد ضیایی[1]، سیدفتح اله ساجدی[2]*

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
mehrdadziyaei@yahoo.com

[2]دانشیار گروه عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
: Corresponding author, Email: f_sajedi@yahoo.com, sajedi@iauahvaz.ac.ir

چکیده

در این تحقیق با مطالعات آزمایشگاهی امکان‌سنجی ساخت بتن سبک با کاربرد الیاف باگاس نیشکر خوزستان بررسی شد. به این منظور ۱۰ طرح اختلاط با نسبت‌های آب به سیمان ۰/۳ و ۰/۴ به طور مساوی ساخته شدند. علاوه بر طرح اختلاط بتن مرجع، طرح‌های بتن سبک حاوی الیاف باگاس نیشکر خوزستان، با جایگزینی درصدهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تهیه گردیدند. سپس بر روی نمونه‌های مکعبی استاندارد در سنین ۷ و ۲۸ روزه با عمل‌آوری در آب آزمایش مقاومت فشاری انجام گردید، هم‌چنین آزمایش مقاومت کششی به روش دونیم شدن بر روی نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد و عمل‌آوری شده به مدت ۲۷ روز در آب صورت گرفت. آزمایش ضریب ارتجاعی استاتیکی نیز بر روی استوانه‌های استاندارد که به مدت ۲۷ روز در آب عمل‌آوری شدند، انجام گردید. در طرح‌های حاوی الیاف باگاس در سن ۲۸ روزه، با افزایش درصد جایگزینی، مقاومت فشاری روند نزولی نشان داد، وزن مخصوص بتن نیز کاهش پیدا نمود. در مقاومت کششی با افزایش درصد باگاس تا ٪۳۰ جایگزینی، روند این مقاومت افزایشی بود. وزن مخصوص بتن با افزایش درصد جایگزینی روند کاهشی مناسبی داشت. به‌طورکلی و بر اساس نتایج، خواص مکانیکی و وزن مخصوص طرح بتن حاوی الیاف باگاس ٪۴۰، به‌عنوان طرح بهینه بتن سبک معرفی می‌شود.

کلمات کلیدی: بتن سبک، الیاف باگاس، مقاومت فشاری، مقاومت کششی دونیم شدن، ضریب ارتجاعی استاتیکی، نیشکر دعبل خزاعی خوزستان

۱-مقدمه

بتن در مفهوم بسیار وسیع به هر ماده یا محصولی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن، تشکیل‌شده باشد، اتلاق می‌شود. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان، پوزولان‌ها، سرباره کوره‌ها، مواد مضاف، گوگرد، مواد افزودنی، پلیمرها، الیاف و غیره تهیه شود. هم‌چنین در نحوه ساخت آن ممکن است حرارت، بخارآب، اتوکلاو، خلأ، فشارهای هیدرولیکی و متراکم کننده‌های مختلف استفاده شود. با توجه به گسترش و پیشرفت علم و پیدایش فن‌آوری‌های فراوان در قرن اخیر، شناخت بتن و خواص آن نیز توسعه فراوانی داشته است، به‌نحوی‌که امروزه کاربرد انواع مختلف بتن با مصالح مختلف وجود دارد که هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود می‌باشد. بتن یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی بوده که ویژگی اصلی آن، ارزانی و در دسترس بودن مواد اولیه می‌باشد. به‌طورکلی بتن محصولی است که عموماً حاصل

Archive of SID
www.SID.ir

فعل‌وانفعال اختلاط سیمان‌های هیدرولیکی و آب و سنگدانه‌های مختلف بوده که در اثر واکنش آب باسیمان در شرایط محیطی خاصی حاصل می‌شود و دارای ویژگی‌های خاص است. بتن باگذشت بیش از ۱۷۰ سال از پیدایش سیمان پرتلند به‌صورت کنونی دست‌خوش تحولات و پیشرفت شگرفی شده است. در دسترس بودن مصالح بتن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت‌وسازهای فراوان سازه‌های بتنی چون ساختمان‌ها، سازه‌ها، سدها، پل‌ها، تونل‌ها و راه‌ها، این ماده را بسیار پرمصرف نموده است. بتن سبکدانه نوآوری جدید در فن‌آوری بتن محسوب نمی‌شود و این مصالح از زمان‌های قدیم شناخته‌شده است. شواهدی از ساخت این نوع بتن در هزاره سوم قبل از میلاد وجود دارد که در آن‌ها مواد آتشفشانی مثل پومیس و اسکریا به‌کاررفته است. در عصر صنعتی شدن و هم‌زمان با توسعه فن‌آوری، بتن‌های سبکدانه درکشورهای مختلف خصوصاً در کشورهای پیشرفته گسترش بیش‌تری یافت و امروزه سازه‌های متعددی وجود دارد که با بتن سبکدانه ساخته‌شده‌اند. سبکدانه‌ها در کشور ما عمدتاً در مواد غیر یا نیمه، برای کاربردهایی نظیر شیب بندی و بلوک‌های بتنی به مصرف می‌رسند. الیاف باگاس نیشکر خوزستان یکی از تولیدات جانبی نیشکر است که پس از عصاره‌گیری نیشکر به‌صورت قطعات ریزتراشه چوب تولید می‌شوند. اکثر تحقیقات انجام‌شده بر روی باگاس در بتن، استفاده از آن به‌عنوان جایگزین سیمان جهت بهبود ملات بتن است. در این تحقیق، در نگاهی متفاوت و نو، الیاف باگاس به‌عنوان جایگزین سنگدانه‌های درشت استفاده‌شده و تأثیر آن بر خصوصیات مکانیکی بتن، شامل مقاومت فشاری، مقاومت کششی دونیم شدن و ضریب ارتجاعی استاتیکی بررسی می‌شود. از دلایل توجیهی استفاده از الیاف باگاس نیشکر خوزستان جهت تولید بتن سبک با توجه به تولید سالانه بیش از یک‌میلیون تن باگاس در استان خوزستان می‌توان به‌وفور دسترسی و ارزانی این مواد اشاره نمود[۱]. سیرینی واسان[1] در پژوهش خود به این مطلب دست‌یافت، زمانی که از ضایعات کشاورزی مانند الیاف درخت نارگیل و الیاف باگاس در بتن استفاده می‌کنیم، برای بهتر شدن کارایی باید از مواد فوق روان کننده استفاده نماییم. یکی از بهترین ضایعات کشاورزی برای تولید بتن سبک با استفاده از مصالح سبکدانه استفاده از الیاف باگاس می‌باشد[۲]. باهورودین و همکاران[2]در تحقیق خود به این مطلب دست‌یافتند که باگاس خام دارای ارزش پوزولانی کمتری نسبت به مقدار تعریف‌شده در استاندارد می‌باشد[۳]. حاجتی و شیخی با استفاده از الیاف بازالت به طول شش میلی‌متر و به میزان۰/۱، ۰/۲و۰/۳درصد از حجم کل مخلوط بتن و انجام آزمایش‌های خواص مکانیکی بتن به تأثیر مثبت الیاف در بهبود مقاومت‌های مکانیکی دست‌یافتند[۴]. پور حکیمی و جواهر زاده در پژوهش خود با اضافه نمودن مقادیر مختلف صفرتا ۱/۵ درصد الیاف فورتا به بتن سبک و هم‌چنین تأثیر الیاف فورتا در بهبود کیفیت بتن سبک مورد بررسی قرار داده‌اند، که بخش نخست آن شامل انجام آزمایش و بخش دوم آن ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی بتن الیافی بوده است. با انجام این مراحل به این نتیجه دست‌یافتند که افزودن الیاف به این طرح اختلاط‌ها باعث افزایش چشم‌گیر مقاومت فشاری بتن سبک نسبت به بتن شاهد بدون الیاف شده است[۵]. ساجدی و شفیق درتحقیقات خود نشان دادند که استفاده از پودر آهک در بتن سبک باعث کاهش تخلخل و افزایش مقاومت می‌شود، هم‌چنین نتایج مشخص نموده که با استفاده از لیکا در ساخت بتن سبک با مقاومت بالا می‌توان به مقاومت فشاری ۶۷-۳۴ مگاپاسکال دست‌یافت[۶]. قربانی شمشاد سرا و همکاران با استفاده از الیاف فولادی به مقدار ۰/۴و۰/۸ درصد و الیاف پلی پروپلین به مقدار ۰/۲و۰/۴ درصد حجم بتن و هم‌چنین با استفاده از الیاف نانو سلیس به مقدار ۳و۵ درصد طرح‌های حاوی الیاف و میکروسیلیس دریافتندکه درصد بهینه نانو سیلیس برای بهبود خواص مکانیکی ۳ درصد و هم‌چنین اثر الیاف فولادی به‌مراتب بهتر از اثر الیاف پلی‌پروپلین می‌باشد[۷]. شفیق و همکاران با تحقیق بر روی الیاف پالم برای تولید بتن سبک با مقاومت بالا به این مطلب دست‌یافتند که اضافه کردن پودر آهک باعث از دست رفتن شدید اسلامپ و کارایی می‌شود[۸]. دباغ و همکاران با استفاده از مصالح سبکدانه اسکریا در معدن قروه استان کردستان توانستند به تولید بتن سبک با وزن مخصوص ۱۷۵۰ کیلوگرم‌برمترمکعب و مقاومت‌های فشاری، کششی و خمشی به ترتیب ۲,۹،۱۴و۳,۸ مگاپاسکال دست یابند[۹]. هاما[3] در تحقیق خود با استفاده از الیاف پلاستیکی برای ساخت بتن سبک به این نتیجه رسید که بهترین نتیجه در مقایسه با بتن‌های معمولی در کسب مقاومت فشاری و کششی مربوط به استفاده یک درصدی از این الیاف برای ساخت بتن سبک می‌باشد. هم‌چنین با استفاده از پوسته تخم مرغ و پودر شیشه در سایز های مختلف، جایگزین پودر سیمان در مقادیر ۰، ۱۰، ۵، ۱۵ و ۲۰ درصدی و تست خواص مکانیکی آن از قبیل: مقاومت فشاری، کششی، چگالی، جذب آب

[1] Sirinivasan
[2] Bahurdeen et al.
[3] Hama

www.SID.ir

و ضریب ارتجاعی استاتیکی و با مقایسه این خواص نسبت به بتن معمولی به این نتیجه رسیدند که با استفاده ٪۱ از الیاف پلاستیک و ٪۵ از پوسته تخم‌مرغ می‌توان خواص مکانیکی بتن سبک را بهبود بخشید. هم‌چنین با استفاده از ترکیب ٪۱ الیاف پلاستیک و ٪۲۰ پودر شیشه می‌توان به بهبود خواص مکانیکی بتن سبک اذعان نمود[۱۰].گوناوان و ستینیو[1] در تحقیق خود با استفاده از الیاف گاوالیوم در تولید فوم بتن سبک، توانستند به بتن سبک با چگالی کم‌تر از ۱۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و افزایش مقاومت‌های فشاری و کششی و ضریب ارتجاعی استاتیکی به ترتیب ۳۴- ۴۷/۳۷ و ۲۵/۸۱ درصد نسبت به بتن معمولی دست پیدا کنند[۱۱]. افشین و همکاران در تحقیق خود به این نتیجه دست‌یافتند که پیش‌بینی‌های تاگوچی[2] با نتایج حاصل از آزمایش‌ها هم‌خوانی دارد و روش تاگوچی می‌تواند به‌عنوان روشی مناسب جهت پیش‌بینی خواص بتن سبک‌دانه سازه‌ای مورداستفاده قرار بگیرد[۱۲]. حقیقی و همکاران در تحقیق خود به این مطلب دست‌یافتند که استفاده از زئولیت تا پانزده درصد باعث افزایش مقاومت فشاری در سنین اولیه می‌شود[۱۳]. باهورودین و همکاران[3]در تحقیق خود به این مطلب دست‌یافتند که باگاس خام دارای ارزش پوزولانی کمتری نسبت به مقدار تعریف‌شده در استاندارد می‌باشد[۱۴]. نصیری‌فر و رکرک در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که می‌توان با جایگزین نمودن بیست درصد الیاف باگاس به‌جای سنگدانه‌ها به مقاومت فشاری قابل قبولی دست‌یافت. هم‌چنین با توجه به کاهش وزن مخصوص بتن در این حالت می‌توان شاهد افزایش مقاومت فشاری بتن نیز بود[۱۵]. نجفی اناری و همکاران در تحقیقات خود به این نتیجه دست‌یافتند که در صورت ترکیب بیست درصد خاکستر باگاس با هشتاد درصد سیمان یک ترکیب معدنی موثر جهت تولید بتن سبک حاصل می‌شود[۱۶]. حاجتی و شیخی با استفاده از الیاف بازالت به طول شش میلی‌متر و به میزان۰/۱ ۰/۲و۰/۳ در صد از حجم کل مخلوط بتن و انجام آزمایش‌های خواص مکانیکی بتن به تأثیر مثبت الیاف در بهبود مقاومت‌های مکانیکی دست‌یافتند[۱۷]. گانسان و همکاران[4] در پژوهش خود با تحقیق بر روی تاثیر خاکستر باگاس به عنوان جایگزین سیمان بر روی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بتن سبک سخت‌شده دریافتند که خاکستر باگاس یک ماده معدنی سودمند است که مقدار بهینه جایگزین آن با سیمان ٪۲۰ می‌باشد[۱۸].

۲-۱- مشخصات مصالح مصرفی

۲-۱-۱- سنگدانه‌های مورداستفاده

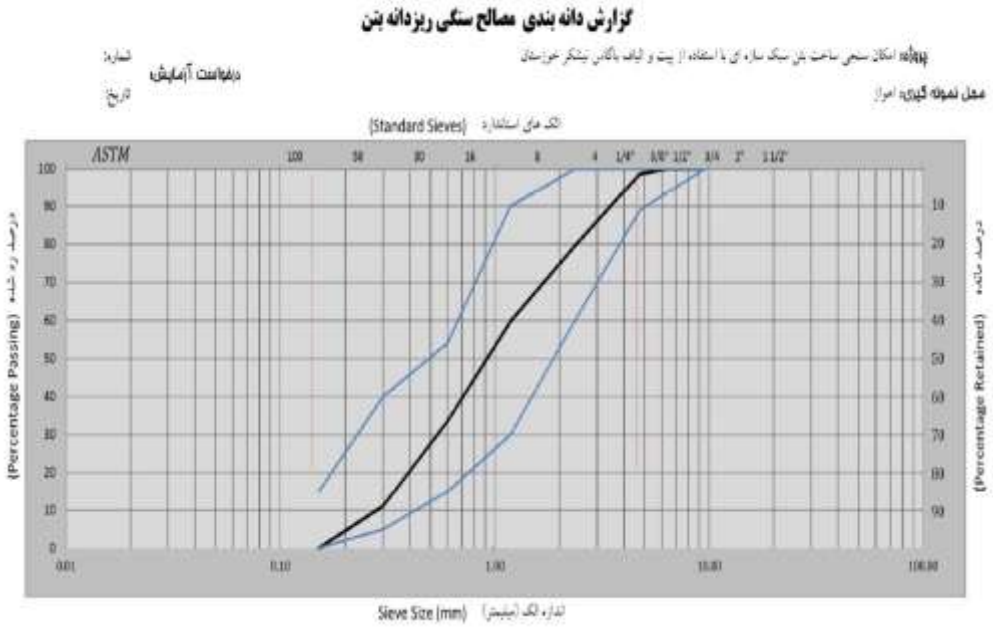
در ساخت نمونه‌ها از شن رودخانه‌ای با دانه‌بندی یکنواخت و حداکثر اندازه دانه ۱۹ میلی‌متر، وزن مخصوص ۱۷۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب و ماسه رودخانه‌ای به وزن مخصوص ۱۵۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب، جذب آب ٪۱/۴ و مدول نرمی ۲/۹۴ و دانه‌بندی یکنواخت استفاده گردید. دانه‌بندی شن و ماسه مطابق بر استاندارد ASTM C33[5] بوده و از معدن شهرستان شوشتر تهیه شده است.

۲-۱-۲- سیمان

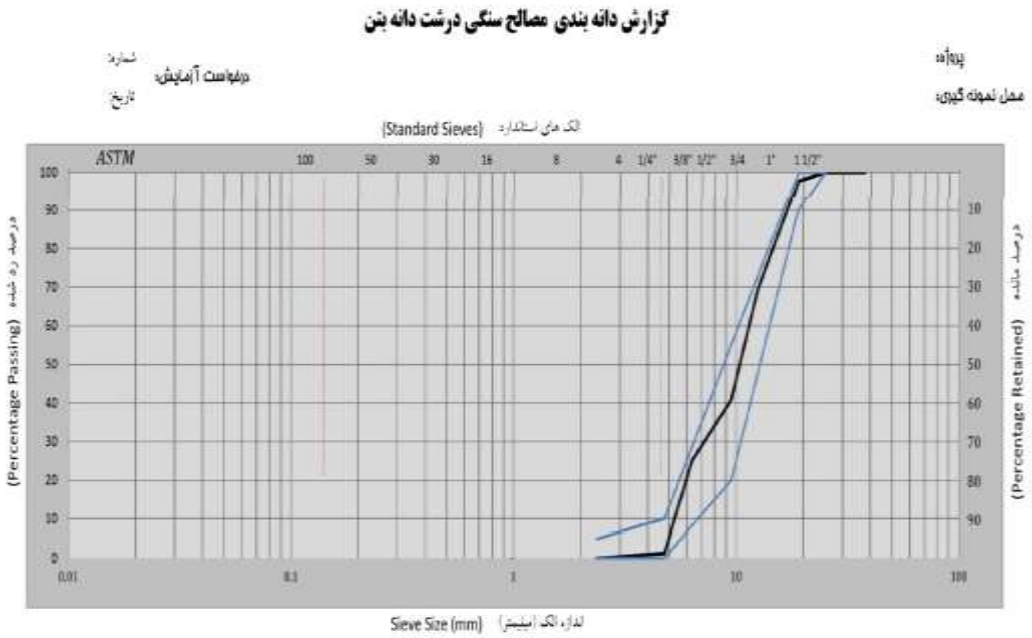
سیمان استفاده شده در تحقیق، از نوع سیمان پرتلند نوع ۲ خوزستان بوده، که خواص آن مطابق با استاندارد شماره ۳۸۹ ملی ایران می‌باشد. به روش تعیین مشخصات شیمیایی مواد[6] در آزمایشگاه شیمیایی شرکت صنایع فولاد اهواز، ویژگی‌های شیمیایی سیمان مصرفی در تحقیق به شرح جدول ۱ می‌باشند.

[1] Gunawan and setiono
[2] Taguchi
[3] Bahurdeen et al.
[4] Ganesan et al.
[5] American Society for Testing and Materials (ASTM)
[6] X-ray Flourcence (XRF)

www.SID.ir



نمودار ۱- منحنی دانه‌بندی ریزدانه مصرفی در بتن و مقایسه آن با نمونه استاندارد



نمودار ۲- منحنی دانه‌بندی درشت‌دانه مصرفی در بتن و مقایسه آن با نمونه استاندارد

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی سیمان مصرف شده در تحقیق						
CaO	SiO_2	Al_2O_3	S	Fe_2O_3	MgO	P
۶۳/۶۵	۱۷/۱۶	۳/۶۴	۱/۹۴	۲/۷۷	۲/۶۷	۰/۰۴۵

www.SID.ir

۲-۱-۳- آب

آب مصرفی برای ساخت و عمل‌آوری نمونه‌های بتنی، آب شرب شهر اهواز بوده است.

۲-۱-۴- الیاف باگاس

باگاس استفاده‌شده در این تحقیق از شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی واقع در کیلومتر ۲۵ جاده اهواز- آبادان تهیه‌شده که مشخصات شیمیایی و فیزیکی آن در جدول شماره ۲ می‌باشد.

جدول۲- تجزیه وتحلیل شیمیایی خاکستر باگاس (٪)

مواد	SiO_2	Al_2O_3	Fe_3O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
درصد	۶۴/۱۲	۸/۹۴	۵/۴۶	۸/۱۳	۲/۸۳	۰/۹۱	۱/۳۴

شکل۱- نمایی از الیاف باگاس استفاده‌شده در تحقیق

۲-۱-۵- فوق روان‌کننده

در این تحقیق از فوق روان‌کننده بر پایه پلی‌کربوکسیلات که از شرکت سراپوش شیمی تهیه‌شده و دارای مشخصات فنی داده شده در جدول ۵ است، استفاده گردید.

۲-۲- طرح اختلاط، ساخت و عمل‌آوری

طرح اختلاط بتن مرجع مطابق با جدول ۳ و ۴ و آیین‌نامه بتن آمریکا[1] انجام پذیرفته است. هم‌چنین جزئیات سایر طرح اختلاط‌ها که مربوط به بتن سبک حاوی الیاف باگاس نیشکر خوزستان هستند، نیز در این جدول داده شدند. با توجه به جذب آب بالای الیاف باگاس نیشکر خوزستان و به جهت حفظ روانی و رسیدن به اسلامپ موردنظر از فوق روان‌کننده بر پایه پلی‌کربوکسیلات استفاده شد. هدف از انجام این تحقیق بررسی جایگزینی الیاف باگاس نیشکر خوزستان با درشت‌دانه مصرفی در بتن می‌باشد. الیاف باگاس نیشکر به‌صورت حجمی و با درصدهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ جایگزین سنگدانه‌های درشت بتن شدند. به‌صورت کلی از ۱۰ طرح اختلاط در تحقیق استفاده گردید که جزئیات آن ها در جدول ۴ ارائه شده است.

[1] American Concrete Institute (ACI)

www.SID.ir

جدول۳- جزئیات طرح اختلاط‌های تحقیق

نام طرح	w/c	اسلامپ (cm)	وزن مخصوص (kg/m^3)	مقدار مواد و مصالح (kg/m^3)					
				فوق روان‌کننده (٪)*	درصد پیت	شن	ماسه	سیمان	آب
۱	Ref	۰/۴	۸/۵	۲۳۹۰	۰/۱	-	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
۲	B10	۰/۴	۸	۲۱۶۰	۰/۱۶	۱۰ ب	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
۳	B20	۰/۴	۹	۲۱۱۲	۰/۲۱	۲۰ ب	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
٤	B30	۰/۴	۸/۵	۲۰۲۱	۰/۲۶	۳۰ ب	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
٥	B40	۰/۴	۷/۵	۲۰۰۳	۰/۳۵	۴۰ ب	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
٦	Ref	۰/۳	۸/۵	۲۳۹۰	۰/۱	-	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
۷	B10	۰/۳	۸	۲۱۵۰	۰/۴	۱۰ ب	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
۸	B20	۰/۳	۱۰/۵	۲۱۰۸	۰/۴۶	۲۰ ب	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
۹	B30	۰/۳	۱۰/۵	۲۰۱۵	۰/۹	۳۰ ب	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰
۱۰	B40	۰/۳	۹	۱۹۹۸	۰/۸۶	۴۰ ب	۷۸۰	۵۵۰	۳۵۰

Ref: بتن مرجع، P: بتن حاوی پیت؛ *: فوق‌روان‌کننده برحسب درصد وزنی عیار سیمان مصرفی، استفاده گردید.

جدول ۵- مشخصات فوق‌روان کننده مصرفی در تحقیق

بر پایه استاندارد مرجع ASTM C494 TYPE F	
محصول شرکت	سراپوش شیمی
نام تجاری	SPC-N1
حالت فیزیکی	مایع
رنگ	طیفی از زرد تا قرمز(قهوه‌ای)
وزن مخصوص	۱/۱ گرم در سانتی‌متر مکعب در ۲۵ درجه سانتی گراد
اسیدیته(pH)	۶/۵
مقدار کلر	حداکثر ۷۰۰ ppm
مقدار نیترات	فاقد نیترات
پایه شیمیایی	پلی کربوکسیلات اتر باحالت نوترال
شرایط نگه‌داری	از دمای ۵+ تا ۳۵+
مدت نگه داری	حداکثر ۸ ماه
بسته‌بندی	در بشکه‌های ۲۲، ۳۳ و ۲۴۰ لیتری

جدول۴- نتایج مقاومت‌های فشاری در نمونه‌های مکعبی استاندارد (MPa)

نام طرح	مکعبی استاندارد در سن ۲۸روزه	مکعبی استاندارد در سن ۷ روزه
Ref	**۳۵**	۲۸/۵
B10	۲۷	۱۴
B20	۲۱	۱۲
B30	۱۶	۱۱
B40	۱۴/۸	۱۰
Ref	۵۳	۲۸/۵
B10	۴۱	۲۱
B20	۳۷	۱۹
B30	۲۸	۱۴
B40	۳۱	۱۹

Ref: بتن مرجع، B: بتن حاوی الیاف باگاس
*: فوق‌روان‌کننده برحسب درصد وزنی عیار سیمان مصرفی است.

۳- آزمایش‌ها

۳-۱- آزمایش‌های بتن تازه

۳-۱-۱- آزمایش اسلامپ

برای سنجش حالت بتن تازه از آزمایش اسلامپ بر اساس استاندارد ASTM C143 استفاده شد. این آزمایش برای اندازه‌گیری لزجت مخلوط در حالت تازه مطرح می‌شود. این آزمایش به دلیل سادگی به میزان وسیع در کارگاه‌های ساختمانی نقاط مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

دنیا استفاده می‌شود. آزمایش اسلامپ کارایی بتن را نمی‌سنجد، بلکه می‌توان آن را به‌صورت سنجشی از روانی بتن توصیف کرد و برای پی بردن به تغییرات در یکنواختی مخلوط بتن با نسبت‌های اسمی معین، مفید است.

شکل ۲- نمایی از روند انجام آزمایش اسلامپ بتن

۳-۱-۲- آزمایش وزن مخصوص

پس از آماده شدن مخلوط بتنی، اقدام به نمونه‌گیری از آن مطابق استاندارد ASTM C172 و تعیین وزن مخصوص بتن تازه بر اساس استاندارد ASTM C138 گردید.

۳-۲- آزمایش‌های بتن سخت شده

۳-۲-۱- آزمایش مقاومت فشاری

نمونه‌های مکعبی استاندارد پس از عمل‌آوری در آب به مدت ۶ و ۲۷ روز مطابق استاندارد ASTM C511 از حوضچه عمل‌آوری خارج شدند و آزمایش تعیین مقاومت فشاری، با جک هیدرولیکی بتن‌شکن، با سرعت بارگذاری ۳کیلونیوتن بر ثانیه، بر اساس استاندارد BS 188 بر روی نمونه‌ها در حالت اشباع با سطح خشک انجام پذیرفت، هر طرح اختلاط در هر سن دارای ۳ نمونه بود، که نتایج نهایی میانگین مقاومت سه نمونه بر اساس استاندارد می‌باشند.

www.SID.ir

شکل ۳- نمایی از جک بتن شکن استفاده شده در تحقیق

۳-۲-۲- آزمایش مقاومت کششی به روش دونیم شدن

نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد پس از ۲۷ روز عمل‌آوری در آب مطابق استاندارد ASTM C511 از حوضچه عمل‌آوری خارج شدند و آزمایش تعیین مقاومت کششی، با جک هیدرولیکی بتن‌شکن، با سرعت بارگذاری ۰/۹۴کیلونیوتن بر ثانیه، بر اساس استاندارد ASTM C496 بر روی نمونه‌ها در حالت اشباع با سطح خشک انجام پذیرفت. هر طرح اختلاط در هر سن دارای ۳ نمونه بود که نتایج نهایی، میانگین مقاومت ۳ نمونه بر اساس استاندارد می‌باشند. مقدار مقاومت کششی از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{2P}{\pi LD} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، P حداکثر نیروی وارده به نمونه برحسب کیلوگرم، L ارتفاع نمونه استوانه‌ای برحسب سانتی‌متر و D قطر نمونه استوانه‌ای برحسب سانتی‌متر می‌باشد.

شکل۴- نمایی از انجام آزمایش مقاومت کششی به روش دونیم شدن

www.SID.ir

۳-۲-۳- آزمایش ضریب ارتجاعی استاتیکی

برای انجام این آزمایش ابتدا باید نمونه استوانه‌ای استاندارد مناسبی از هر طرح اختلاط بتن سبک تهیه شود. سپس نمونه را که دستگاه کرنش‌سنج به آن متصل است، درروی قطعه فلزی پایین ماشین آزمون گذاشته و به‌دقت، محور نمونه در امتداد محور نیروی وارده (قسمت کروی در بالا) قرار داده شود.

شکل۵- نمایی از انجام آزمایش ضریب ارتجاعی استاتیکی بتن

قرائت‌ها باید در شرایط زیر انجام شوند:

بار باید به‌طور مداوم و یکنواخت و بدون ضربه وارد گردد و سپس باید بدون قطع بارگذاری بار وارده و کرنش را در مراحل ذیل قرائت نمود:

الف- وقتی تغییرطول نسبی 50×10^{-6} می‌باشد.

ب- موقعی که بار وارده، برابر با ٪۴۰ بار نهایی است.

ضریب ارتجاعی استاتیکی براساس استاندارد ملی شماره ۵۲۵ ایران با دقت ۲۰۰ مگاپاسکال از رابطه (۲) به‌دست می‌آید:

$$E = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\varepsilon_2 - 0.000050} \qquad (۲)$$

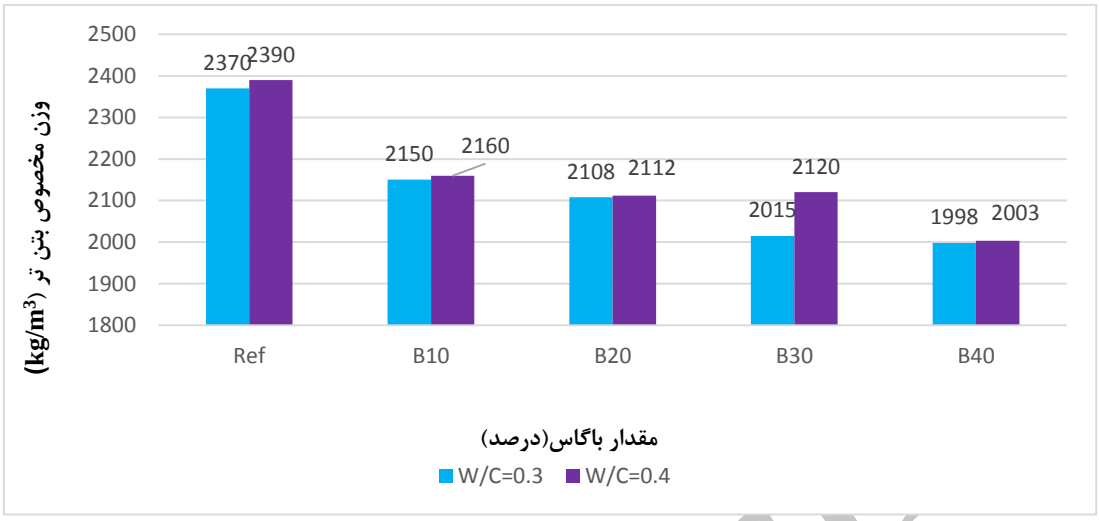
در رابطه (۲)، E ضریب ارتجاعی استاتیکی برحسب مگاپاسکال، δ_2 ٪۴۰ حداکثر تنش وارده برحسب مگاپاسکال، δ_1 تنش وارده برحسب مگاپاسکال به ازاء کرنش برابر با 50×10^{-6} و ε_2 کرنش به ازاء ٪۴۰ حداکثر تنش وارده می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

۴- نتایج و تفسیر داده‌ها

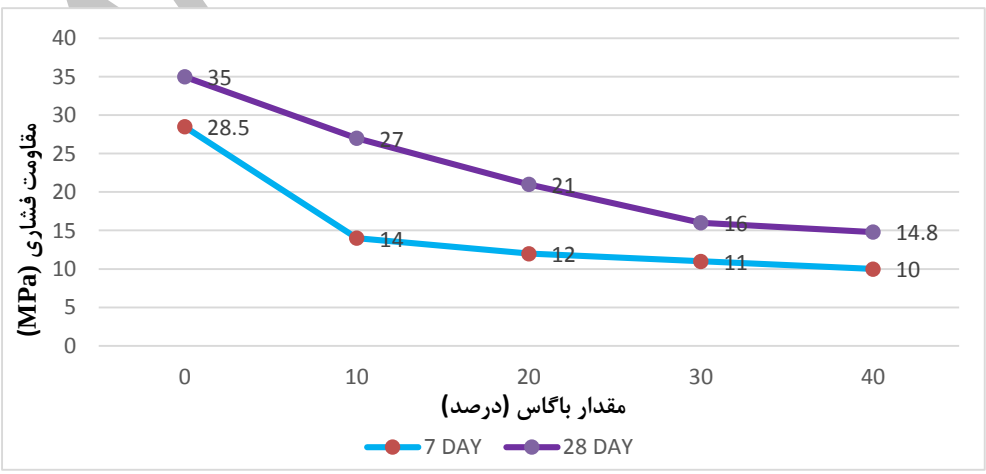
۴-۱- نتایج آزمایش وزن مخصوص بتن تر



نمودار ۳- بررسی و مقایسه وزن مخصوص تر طرح‌های اختلاط تحقیق

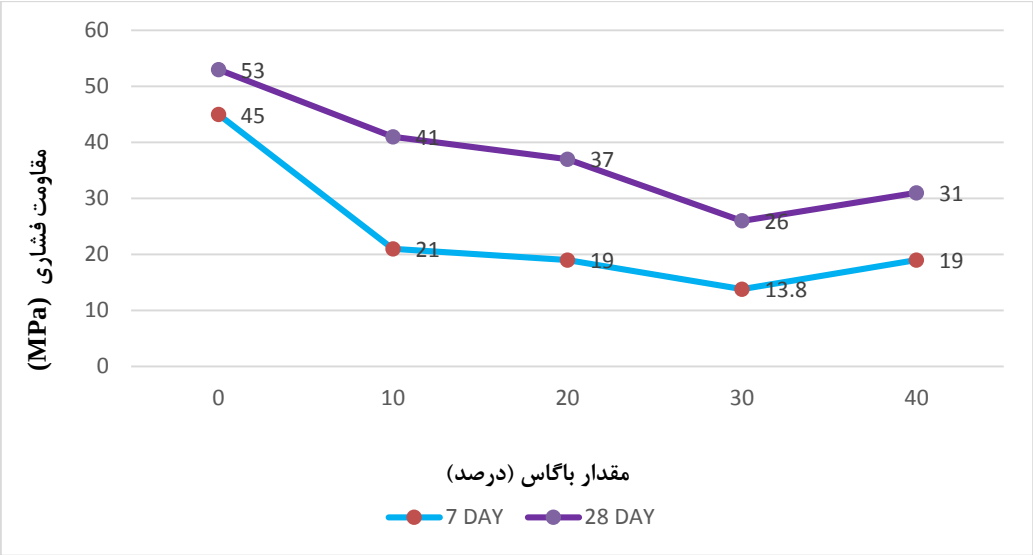
جدول۶- وزن مخصوص سخت شده بتن‌های سبکدانه و بتن مرجع					
نام طرح	Ref	B10	B20	B30	B40
وزن مخصوص سخت شده (kg/m^3)	۲۳۴۸	۲۱۳۶	۲۰۹۸	۲۰۰۷	۱۹۸۷

همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش درصد الیاف باگاس نیشکر خوزستان و هم‌چنین با کاهش نسبت آب به سیمان، وزن مخصوص بتن نیز کاهش یافته که از اثرات مثبت کاهش نسبت آب به سیمان تلقی می‌شود. هم‌چنین با توجه به جدول ۶ به دلیل از بین رفتن رطوبت وزن مخصوص بتن سخت شده از وزن مخصوص بتن تر کم‌تر شده است.



نمودار ۴- بررسی تأثیر افزودن باگاس بر مقاومت فشاری بتن با نسبت آب به سیمان۰/۴

www.SID.ir



نمودار ۵- بررسی تأثیر افزودن باگاس بر مقاومت فشاری بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۳

با توجه به نمودارهای ۴ و ۵ می‌توان متوجه شد که به دلیل جایگزینی الیاف باگاس با سنگدانه‌ها، هرچه درصد باگاس در مخلوط بتن افزایش یافته، مقاومت فشاری کاهش پیدا کرده و شیب این خط پس از باگاس ٪۳۰، افزایشی شده که این افزایش احتمالاً به دلیل وجود مقدار زیادی الیاف باگاس و جلوگیری از خرد شدن بتن می‌باشد، هم‌چنین با توجه به مقاومت فشاری و وزن مخصوص بتن در طرح باگاس ٪۴۰ با نسبت آب به سیمان ۰/۳، در نمودار ۵ می‌توان این بتن را بتن سبک نامید.

۴-۱-۲- نتایج مقاومت فشاری

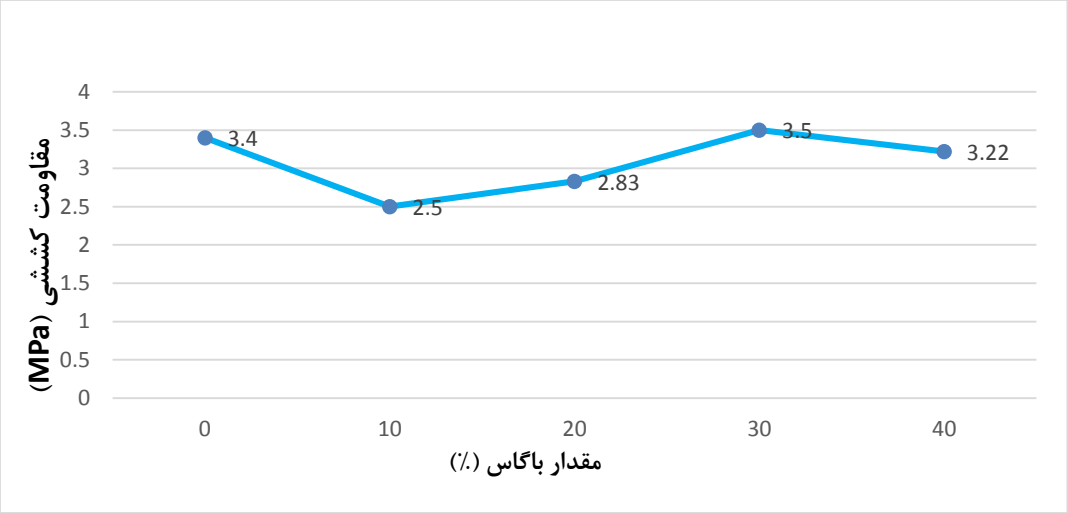
با توجه به نمودار شماره۳و۴ و جدول شماره ۳، می‌توان مشاهده نمود که در طرح‌های با نسبت آب به سیمان ۰/۴ به نتیجه مطلوبی به لحاظ مقاومت فشاری و وزن مخصوص رسیده نشده و لذا برای مقاومت فشاری، مقاومت کششی و ضریب ارتجاعی استاتیکی، طرح‌های با نسبت آب به سیمان ۰/۳را مقایسه و بررسی نموده و طرح مناسب، معرفی شده است. با افزایش درصد جایگزینی الیاف باگاس ، مقاومت فشاری با کاهش مواجه شده است. هم‌چنین درصد جایگزینی ٪۴۰ برای الیاف باگاس آخرین مقداری است که می‌توان استفاده نمود. زیرا با انجام آزمایش‌هایی با درصد جایگزینی بالاتر از این مقدار، دیده شد که به دلیل جذب آب بالای این مواد سبکدانه، عملاً بتن ساخته نشد و به گیرش اولیه خود نیز نرسید. به‌صورت کلی با توجه به وزن مخصوص بتن و مقاومت‌های فشاری و کششی می‌توانیم طرح حاوی الیاف باگاس٪۴۰ را بتن سبک نامید. هم‌چنین با توجه به نمودار مقاومت‌های فشاری متوجه شد که در بتن‌های سبک حاوی الیاف باگاس نیشکر خوزستان، مقاومت فشاری ۷ روزه برخلاف بتن معمولی، مقاومت بتن به دلیل جذب آب بالا، در سنین اولیه دارای مقاومت فشاری پایین‌تر از بتن معمولی می‌باشد، ولی این مقاومت در سن ۲۸ روزه به مقاومت نهایی خود می‌رسد.

۴-۱-۳- نتایج مقاومت کششی

در نمودار شماره ۶ نتایج آزمایش کششی به روش دونیم‌شدن برای بتن مرجع و تمام طرح‌های بتن حاوی الیاف باگاس نیشکر خوزستان در سن ۲۸ روزه را نشان داده شده. بر اساس نمودار مقایسه مقاومت کششی می‌توان مشاهده نمود که مقاومت کششی بتن‌های سبکدانه حاوی الیاف باگاس نیشکر خوزستان، با توجه به وزن مخصوص پایین‌تر از بتن مرجع، دارای شرایط مناسبی به لحاظ مقاومت کششی هستند، در تمام طرح‌های حاوی پیت مقاومت کششی از بتن مرجع کمتر می‌باشد که این موضوع به دلیل دانه‌ای بودن این مواد سبکدانه می‌باشد، به‌صورت کلی در طرح‌های بتن سبکدانه حاوی الیاف باگاس، بیشترین مقاومت کششی

www.SID.ir

را طرح باگاس ۳۰٪ دارا می‌باشد. ولی در طرح بتن سبک حاوی ۴۰٪ باگاس نیز مقاومت کششی مناسب و قابل قبولی به‌دست آمده است.



نمودار ۶- بررسی تأثیر باگاس بر مقاومت کششی بتن

جدول۷- مقایسه و معرفی مقاومت کششی طرح‌های اختلاط در تحقیق

ردیف	نام طرح	وزن مخصوص (kg/m^3)	w/c	اسلامپ (cm)	مقاومت کششی۲۸روزه(MPa)
۱	Ref	۲۳۷۰	۰/۳	۸/۵	۳/۴
۲	B10	۲۱۵۰	۰/۳	۸	۲/۵
۳	B20	۲۱۰۸	۰/۳	۱۰/۵	۲/۸۳
۴	B30	۲۰۱۵	۰/۳	۱۰/۵	۳/۵
۵	B40	۱۹۹۸	۰/۳	۹	۳/۲۲

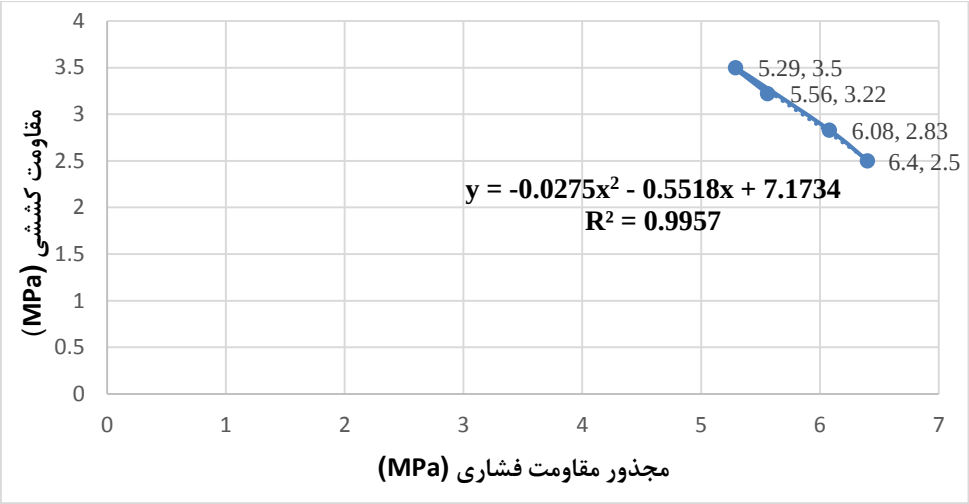
*: فوق‌روان‌کننده برحسب درصد وزن سیمان مصرفی، استفاده شده است.

۴-۱-۴- تعیین روابط میان مقاومت‌های فشاری و کششی بتن سبک

با توجه به جدول ۷ طرح جایگزینی ۳۰٪ باگاس با درشت‌دانه، دارای بیش‌ترین مقاومت کششی بوده که این افزایش مقاومت کششی، به دلیل وجود الیاف در طرح می‌باشد. اما مقاومت‌های فشاری در این طرح‌ها به دلیل جایگزینی باگاس با درشت‌دانه و با هدف کاهش وزن بتن دچار افت شده‌اند. هم‌چنین با توجه به مقاومت‌های فشاری، کششی و وزن مخصوص بتن طرح ۴۰٪ می‌توان این طرح را به عنوان بتن سبک معرفی نمود.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۷- به‌دست آوردن ضریب میان مقاومت فشاری و کششی بتن حاوی الیاف باگاس

$$f_{c_t} = -0.0275\sqrt{f_c}^2 - 0.5518\sqrt{f_c} + 7.1734 \quad (۳)$$

نتایج آزمایشگاه

در رابطه ۳، مقاومت‌های کششی و فشاری هر دو بر حسب مگاپاسکال هستند.

۴-۲- جزئیات ضرایب ارتجاعی استاتیکی بتن‌های سبک و بتن مرجع و مقایسه نتایج آزمایشگاهی، آبا و ACI

مقایسه نتایج ضریب ارتجاعی استاتیکی آزمایشگاهی طرح‌های بتن سبک حاوی الیاف باگاس نیشکر خوزستان با مقادیر آیین‌نامه‌ای، در جدول ۸، نشان می‌دهند که مقادیر ضریب ارتجاعی استاتیکی بیش‌تر از آیین‌نامه به‌دست آمده است. به‌طورکلی در تمام طرح‌های بتن سبک حاوی الیاف باگاس و بتن مرجع، ضریب ارتجاعی استاتیکی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیش‌تر از مقدار آیین‌نامه به‌دست آمدند. این نتیجه می‌تواند ناشی از رطوبت باشد. فرمول‌های پیشنهادی آیین‌نامه‌های آبا و ACI برای تعیین ضریب ارتجاعی استاتیکی با افزایش یا کاهش مقاومت فشاری رابطه مستقیم دارند. البته نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نمونه‌های بتن مرجع به دلیل نسبت آب به سیمان پایین و هم‌چنین استفاده از فوق روان‌کننده که باعث وجود رطوبت در نمونه بتنی می‌شود و هم‌چنین در بتن‌های سبک به دلیل جذب آب زیاد الیاف باگاس نیشکر خوزستان، لذا برخلاف کاهش مقاومت فشاری، ضریب ارتجاعی بیش‌تری حاصل گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- جزئیات ضرایب ارتجاعی استاتیکی بتن‌های سبک و مرجع

شماره نمونه	F_{cu} استاندارد در سن ۲۸ روزه (kg/cm^2)	F_{ct} **استاندارد در سن** ۲۸روزه (kg/cm^2)	F_{ct}/F_{cu} ناشی از آزمایش	E/F_{cu} ناشی از آزمایش	نتایج ضریب ارتجاعی استاتیکی (GPa)		
					ACI	آبا	آزمایش
					$E = \gamma^{1.5} * C * \sqrt{f'_c}$	$E = 5000\sqrt{f'_c}$	$E = \frac{(\delta_2 - \delta_1)}{(\varepsilon_2 - 0.00005)}$
Ref	۵۳۰	۳۴	۰/۰۶۴	۰/۲۰۳	۳۰/۰۵۱	۳۲/۵۵۷	۱۰۸
B30	۲۸۰	۳۵	۰/۱۲۵	۰/۳۱۰	۱۶/۳۰۳	۲۳/۷۱۷	۸۶/۹۳
B40	۳۱۰	۳۲/۲	۰/۱۰۴	۰/۴۱۲	۱۶/۹۶۸	۲۵	۱۲۸
P30	۲۴۰	۳۰/۴	۰/۱۲۷	۰/۴۸۴	۱۴/۸۳۷	۲۱/۹۰۸	۱۱۶/۱۶
P40	۲۱۳	۱۸	۰/۰۸۵	۰/۲۹۱	۱۳/۶۱۱	۲۰/۶۱۵	۶۱/۹

ضریب C در فرمول ACI برای مقاومت فشاری تا ۳۵ مگاپاسکال برابر با ۰/۰۳۸ و برای بالای ۳۵ مگاپاسکال برابر با ۰/۰۴ می‌باشد [۹].

۵- نتایج

- طرح حاوی ۴۰٪ الیاف باگاس نیشکر خوزستان، با توجه به وزن مخصوص و مقاومت فشاری و هم‌چنین مقاومت کششی مناسب، به‌عنوان طرح بتن سبک معرفی می‌گردد.
- مقاومت فشاری بتن سبک با جایگزینی الیاف باگاس نیشکر خوزستان در تمام طرح‌ها کاهشی بود.
- مقدار ضریب ارتجاعی استاتیکی در تمام طرح‌ها از مقدار آیین‌نامه‌ای بیش‌تر به دست آمده است.
- پس از انجام آزمایش‌های متعدد حاصل شد که الیاف باگاس جایگزین سنگدانه‌های درشت در طرح‌های بتن سبک این تحقیق، دارای جذب آب بسیار زیادی بوده و پس از اختلاط و ساخت بتن و هم‌چنین سخت‌شدن نمونه‌ها در قالب، نمونه‌های بتنی آب ذخیره‌شده در خود را به خمیر سیمان و جسم بتن انتقال داده و باعث شدند تا باوجود گذشت چند روز از قالب‌گیری و عمل‌آوری بتن، هنوز هم بتن دارای مقداری رطوبت باشد، که همین رطوبت در آزمایش ضریب ارتجاعی استاتیکی باعث گردید تا کرنش نمونه‌ها کم‌تر شده و علی‌رغم کاهش مقاومت فشاری، ضریب ارتجاعی استاتیکی افزایش یابد. از آنجایی که ضریب ارتجاعی استاتیکی یک سازه متأثر از ضریب ارتجاعی استاتیکی اعضای سازنده آن است، بنابراین چون الیاف باگاس نیشکر جذب آب زیادی دارند و به‌نوعی سلولوزی هستند، لذا دارای ضریب ارتجاعی استاتیکی بیش‌تری دارند و به تبع آن ضریب ارتجاعی استاتیکی بتن سبک حاوی الیاف باگاس دارای ضریب ارتجاعی استاتیکی بیش‌تری از بتن معمولی می‌باشند[۱۹،۲۰].

مراجع

[1] http://iscrti.ir.

[2] Sirinivasan, R., Arunachalam, K., Rajaskar,A., 2015, Experimental investigation on the behavior of ultra-high strength concrete with agro waste, International journal of engineering research and technology, 4, 4, pp. 186-190.

[3] Bahurudeen, A., Marckson, A., Kishre, A., Santhanam, M., 2014, Development of sugarcane bagasse ash based Portland pozzolana cement and evaluation of compatibility with super-plasticizers, Construction and building materials, 68, pp. 465-475.

[۴] حاجتی مدارایی، عطااله، شیخی محسن، ۱۳۹۵، بررسی تأثیر الیاف بازالت بر خواص مکانیکی بتن سبک، نو آوری مای اخیر مهندسی عمران معماری و شهرسازی، شماره ۳.

www.SID.ir

[۵] عبدالرحیم پورحکیمی، نوید، جواهرزاده، سعید، ۱۳۹۴، اثر الیاف فورتا بر مقاومت فشاری بتن سبک و تعیین درصد بهینه برای این نوع الیاف، کنفرانس بین‌المللی معماری، شهرسازی، عمران، هنر و محیط زیست، افق‌های آینده، نگاه به گذشته.

[6] Sajedi, F., Shafigh, P., 2010, High-Strength Light Weight Concrete Using LECA, Silica Fume and Limestone, Arabian Journal for Science and Engineering, 37, pp. 1885-1893.

[۷] قربانی شمشادسرا، یاسر، قاسم زاده موسوی نژاد، سیدحسین، گنجه خسروی، بنیامین، شاکری، سبحان،۱۳۹۴، ارزیابی اثر الیاف و نانو سیلیس بر خواص بتن سبک، کنفراس ملی سالیانه بتن ایران، شماره ۷.

[8] Shafigh, P., Zamin, J., Mohd, M., 2011, Oil palm shell as a light weight aggregate for production high strength light weight concrete, Construction and building materials, 25,4, pp. 1848-1853.

[۹] دباغ، هوشنگ، اکبرپور، سوده، بابامرادی، کوروش، ۱۳۹۴، بررسی خصوصیات مکانیکی بتن سبک سازه‌ای حاوی اسکریا قروه، کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، شماره ۷.

[10] Hama, S.M., 2017, improving mechanical properties of lightweight Porecelanite aggregate concrete using different waste material, International Journal of Sustainable Built Environment, 6, pp. 81-90.

[11] Gunawan, P., 2014, Foamed lightweight concrete tech using galvalum Az 150 fiber, Procedia Engineering, 95, pp. 433-441.

[۱۲] افشین، حسن، بابالو، علی‌اکبر، اجلالی، افشین، ۱۳۸۵، یافتن طرح اختلاط بهینه بتن‌های سبکدانه سازه‌ای با استفاده از روش تاگوچی، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران.

[۱۳] حقیقی، حمزه، مدندوست، رحمت، رشیدی‌فرد، ابراهیم، ۱۳۹۴، ارزیابی خواص مهندسی بتن خودتراکم حاوی پودر سفال و زئولیت، کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، شماره ۷.

[14] Bahurudeen, A., Marckson, A., Kishre, A., Santhanam, M., 2014, Development of sugarcane bagasse ash based Portland pozzolana cement and evaluation of compatibility with super-plasticizers, Construction and Building Materials, 68, pp. 465-475.

[۱۵] نصیری‌فر، مهدی، کرک، اعظم،۱۳۹۱، ارزیابی تأثیر باگاس بر روی مقاومت فشاری و کششی بتن سبک، همایش ملی عمران و توسعه پایدار، شماره ۲.

[۱۶] نجفی‌اناری، سعید، زکیئی، جلال، قادر، آسیه، ۱۳۸۷، ارزیابی خاکستر باگاس به‌عنوان مواد مکمل بتن، کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع تجدید شونده در کشاورزی، شماره ۳.

[۱۷] حاجتی مدارایی، عطا اله، شیخی، محسن، ۱۳۹۵، بررسی تأثیر الیاف بازالت بر خواص مکانیکی بتن سبک، نو آوری‌های اخیر مهندسی عمران معماری و شهرسازی، شماره ۳.

[18] Ganesan, K., Rajago, P., Thangavel, K., 2007, Evaluation of bagasse Ash as Supplementary cementitious Material, Cement Concrete Composites, pp. 515-524.

[۱۹]مقصودی، علی‌اکبر، قلی‌زاده، وحید، باقری، محمدجواد، ۱۳۹۲، مدول الاستیسیته، مقاومت‌های فشاری و کششی بتن‌های معمولی و خودتراکم مقاومت بالا (خط۲ قطار شهری مشهد) و ارزیابی آیین‌نامه‌ای، کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، شماره ۵.

[۲۰] ثمریها، احمد، ۱۳۹۶، اثر مقدار آرد باگاس و سازگار کننده بر مدول الاستیسیته چند سازه ساخته‌شده از آرد باگاس- پلی پروپلین، کنگره ملی زیست‌شناسی و علوم طبیعی ایران، شماره ۴.

Archive of SID

www.SID.ir

Feasibility study of lightweight concrete construction using Khuzestan sugarcane bagasse fiber

Mehrdad Ziyaei
M.Sc. student, Department of Civil Engineering, Ahvaz Branch, IAU, Ahvaz, Iran
Email: mehrdadziyaei@yahoo.com

Seyed Fathollah Sajedi*
Associate professor, Department of Civil Engineering, Ahvaz Branch, IAU, Ahvaz, Iran
*: Corresponding author; Email: f_sajedi@yahoo.com, sajedi@iauahvaz.ac.ir

Abstract

In this research, the feasibility study of lightweight concrete with the use of sugarcane bagasse fiber in Khuzestan was investigated. 10 mixing designs were constructed with w/c ratios of 0.3 and 0.4 equally. In addition to the reference concrete mixing, lightweight concrete designs containing sugarcane bagasse fiber were prepared by replacing percentages of 10, 20, 30 and 40. A compressive strength test was carried out on standard cubic specimens at the ages of 7 and 28 days, and a tensile strength test was carried out using standard cylindrical specimens which cured for 27 days in water. The static elasticity modulus test was also performed on standard cylinders, which cured in water for 27 days. In designs containing bagasse fibers at the age of 28 days, with increasing replacement percentage, the compressive strength showed a downward trend; concrete specific weight also decreased. The trend of tensile strength variations was incremental with increasing bagasse percentage up to 30% replacement. The specific gravity of concrete was associated with an increase in replacement percentage. In general, based on the results, the mechanical properties and specific gravity of the concrete design containing 40% bagasse fibers are presented as an optimum lightweight concrete design.

Keywords: Lightweight concrete, Bagasse fibers, Compressive strength, Tensile strength, Static elasticity modulus, Sugurcane Dabale Khazaei in Khuzestan.

Archive of SID

www.SID.ir