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

امکان‌سنجی ساخت بتن سبک با استفاده از سبکدانه پیت نیشکر خوزستان

مهرداد ضیایی[۱]، سیدفتح اله ساجدی[۲]

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

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

Archive of SID

چکیده

در این تحقیق با مطالعات آزمایشگاهی امکان‌سنجی ساخت بتن سبک با کاربرد سبکدانه پیت نیشکر خوزستان بررسی شد. به این منظور ۱۰ طرح اختلاط با نسبت‌های آب به سیمان ۰/۳ و ۰/۴ به‌طور مساوی ساخته شدند. برای این نسبت‌های آب به سیمان، علاوه بر طرح اختلاط بتن مرجع، طرح‌های بتن سبک حاوی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان، با جایگزینی درصدهای۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ ساخته شدند. سپس بر روی نمونه‌های مکعبی استاندارد در سنین ۷و 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 ۲۸روز در آب صورت گرفت. آزمایش ضریب ارتجاعی استاتیکی نیز بر روی نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد که به مدت ۲۸روز در آب عمل‌آوری شدند، انجام شد. در طرح‌های حاوی سبکدانه پیت در سن ۲۸روزه، با افزایش درصد جایگزینی، مقاومت‌های فشاری و کششی نسبت به بتن مرجع دارای روند نزولی بودند، ولی وزن مخصوص بتن با افزایش درصد جایگزینی روند کاهشی مناسبی داشت. به‌طورکلی و بر اساس نتایج، خواص مکانیکی و وزن مخصوص طرح‌های حاوی سبکدانه پیت ٪۴۰ و ۳۰٪، با نسبت آب به سیمان ۰/۳ به‌عنوان طرح‌های بهینه بتن سبک معرفی می‌شوند.

کلمات کلیدی: بتن سبک، سبکدانه پیت، مقاومت فشاری، مقاومت کششی دونیم شدن، ضریب ارتجاعی استاتیکی، نیشکر دعبل خزاعی خوزستان.

۱. مقدمه

نیاز گسترده و روزافزون به ساختمان و ضرورت استفاده از روش‌ها و مصالح جدید به‌منظور افزایش سرعت ساخت، سبک‌سازی و درعین‌حال مقاوم نمودن ساختمان در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است. برای این کار نیاز به بتنی است که علاوه بر کاهش بار مرده ساختمان، از نیروی وارد برسازه در اثر شتاب زلزله کاسته و در صورت تخریب وزن آوار حاصل را نیز کاهش دهد. امروزه گسترش صنایع و گام به‌سوی صنعتی شدن ایجاب می‌نماید که برای کاهش مشکلات آینده تحقیقات جامعی بر روی مصرف ضایعات کشاورزی، معدنی و صنعتی صورت گیرد. از جمله این ضایعات کشاورزی، سبکدانه پیت نیشکر خوزستان می‌باشد. پیت نیشکر خوزستان یکی از تولیدات جانبی نیشکر است که پس از عصاره‌گیری نیشکر به‌صورت قطعات پودر چوب تولید می‌شوند. در این تحقیق، در نگاهی نو، سبکدانه پیت جایگزین ریزدانه استفاده شده و تأثیر آن بر خواص مکانیکی بتن، شامل مقاومت فشاری، مقاومت کششی دونیم شدن و ضریب ارتجاعی استاتیکی بررسی گردیده است.

از دلایل توجیهی استفاده از سبکدانه پیت نیشکر خوزستان جهت تولید بتن سبک با توجه به تولید سالانه بیش از یک‌میلیون تن باگاس و پیت نیشکر در استان خوزستان می‌توان به‌وفور دسترسی و ارزانی این مواد اشاره نمود[۱]. موتمن در تحقیق خود، عنوان نمود که بتن سبک به سه روش استفاده از سبکدانه، سبک کردن خمیر سیمان و حذف ریزدانه از مخلوط بتن ساخته

www.SID.ir

می‌شود، اما فقط بتن سبکدانه دارای مقاومت مطلوب می‌باشد. به علت ویژگی منحصر به‌فرد مصالح سنگی سبک که عموما متخلخل می‌باشند، امروزه مهندسان در امر سبک‌سازی سازه‌ها از بتن سبک استفاده می‌نمایند. این بتن همانند بتن معمولی بوده با این تفاوت که وزن مخصوص پایین‌تری دارد، زیرا در ساخت آن از سنگدانه‌های سبک‌وزن استفاده می‌شود [۲].جاکوبسون و همکاران[۱] در پژوهش خود نشان دادند که جذب آب بتن با سبکدانه مرطوب، بیش‌تر از سبکدانه خشک است. هم‌چنین به این نتیجه دست یافتند که تشکیل ترک‌ها در حالت بتن سبکدانه با لیکا در مقایسه با بتن پرمقاومت با سنگدانه معمولی کم‌تر است. ترک‌ها در اطراف این سنگدانه‌ها تشکیل می‌شوند[۳]. دباغ و همکاران با استفاده از مصالح سبکدانه اسکریا در معدن قروه استان کردستان توانستند به تولید بتن سبک با وزن مخصوص ۱۷۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و مقاومت‌های فشاری، کششی و خمشی به ترتیب ۲,۹،۱۴و۳,۸ مگاپاسکال دست یابند[۴]. چویی و همکاران[۲] در تحقیق خود به این مطلب دست یافتند که با کاهش وزن بتن، اثر دانه‌بندی بر مقاومت کششی بتن محسوس‌تر می‌شود[۵]. بوگاس و بریتو[۳] با بررسی بلندمدت، مشخصات بتن سبک تولیدشده با مواد بازیافتی دریافتند که می‌توان با استفاده از بازیافت بتن سبک، بتن سبک سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساخت که دارای چگالی کم‌تر از ۲۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد[۶]. حسین و همکاران[۴] در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که بتن حاوی پومیس برای پایین آوردن هزینه ساخت به‌خصوص در مناطق کوهستانی به‌صرفه و مناسب می‌باشد[۷]. چاکو و همکاران[۵]در پژوهش‌های خود به این مطلب دست یافتند که اضافه نمودن هوا به میزان نیم تا یک درصد باعث سبک‌تر شدن بتن سبک می‌شود، اما مقاومت را پایین می‌آورد. هم‌چنین دریافتند بتن سبک ساخته‌شده با پلی‌استایرن دارای مقاومت بالاتر و وزن سبک‌تر از بتن ساخته‌شده با زئولیت می‌باشد[۸]. شاکری و همکاران در تحقیق خود با ساخت ۲۰ طرح اختلاط بتن سبک سازه‌ای و ۱۰ طرح اختلاط بتن سبک غیرسازه‌ای و مقایسه آن‌ها با بتن معمولی به این نتیجه دست یافتند که در صورت استفاده از بتن سبک در سازه‌ها علاوه بر نیروی زلزله کم‌تر، کاهش چشم‌گیری در مقدار فولاد مقاطع بتن‌آرمه به وجود خواهد آمد که شرایط اقتصادی این سازه را بهبود می‌بخشد[۹]. زایچنکو و همکاران[۶] در تحقیق خود با بررسی تأثیر آب اضافی در بتن سبک برای سه حالت، اشباع با سطح خشک، خشک‌شده در کوره و خشک‌شده در کوره با آب سطحی به این نتایج دست یافتند که زمانی که آب اضافی در بتن سبک دارای سنگدانه‌های خشک‌شده در کوره استفاده می‌شود، تا مدت‌زمان ۶۰ دقیقه می‌تواند از افت اسلامپ جلوگیری نماید. هم‌چنین اکثر آب اضافه شده به بتن سبک دارای سنگدانه‌های اشباع شده داخلی به‌عنوان آب داخلی برای عمل‌آوری خمیر سیمان بتن و پس از آن‌جهت افزایش خواص بتن مانند مقاومت فشاری و جلوگیری از انقباض می‌شود[۱۰]. والراون[۷]در کتاب خود برای ساخت بهترین بتن سبک سه نکته زیر را معرفی نموده است:۱- مقاومت بالا ۲- وزن مخصوص پایین ۳- نسبت آب به سیمان پایین (تولید خوب) هم‌چنین در آزمایشگاه به این نتیجه رسیده است که بهترین کار برای تولید بتن سبک بسیار خوب، لزوما استفاده از سنگدانه‌های باکیفیت می‌باشد[۱۱]. لرکی در پژوهش خود این مطلب را بیان نمود که طبق آن، بتن سبک سازه‌ای باید دارای چگالی خشک‌شده در کوره کم‌تر از ۲۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد. برای ساخت بتن سبک سازه‌ای علاوه بر مقایسه وزن بتن سبک با بتن معمولی باید به مقدار آب، سیمان و سنگدانه‌ها نیز توجه نمود[۱۲]. مشکینی و علی‌شاه در تحقیق خود بر روی تولید بتن سبک با پومیس، با انجام ۷ طرح اختلاط با درصدهای ٪۵-٪۳۰ پومیس جایگزین سیمان انجام داده و خواص تازه و سخت شده بتن سبک خود تراکم را بررسی نمودند. نتایج بتن تازه حاکی از آن بود که بتن حاوی ٪۱۰ پومیس در مقایسه با نمونه مرجع و هم‌چنین دیگر درصدهای اختلاط عملکرد بهتری در رسیدن به کارایی بالاتر از خود نشان داد. هم‌چنین نتایج آزمایش‌های مکانیکی حاکی از کاهش مقاومت فشاری در نمونه‌های حاوی پومیس به مقدار اندکی می‌باشد[۱۳].

---

[1] Jacobson et al.
[2] Choi et al.
[3] Bogas and Brito
[4] Hossain et al.
[5] Schackow et al.
[6] Zaichenko et al.
[7] Walraven

Archive of SID

www.SID.ir

۲-۱- مشخصات مصالح مصرفی

۲-۱-۱- سنگدانه‌های مورداستفاده

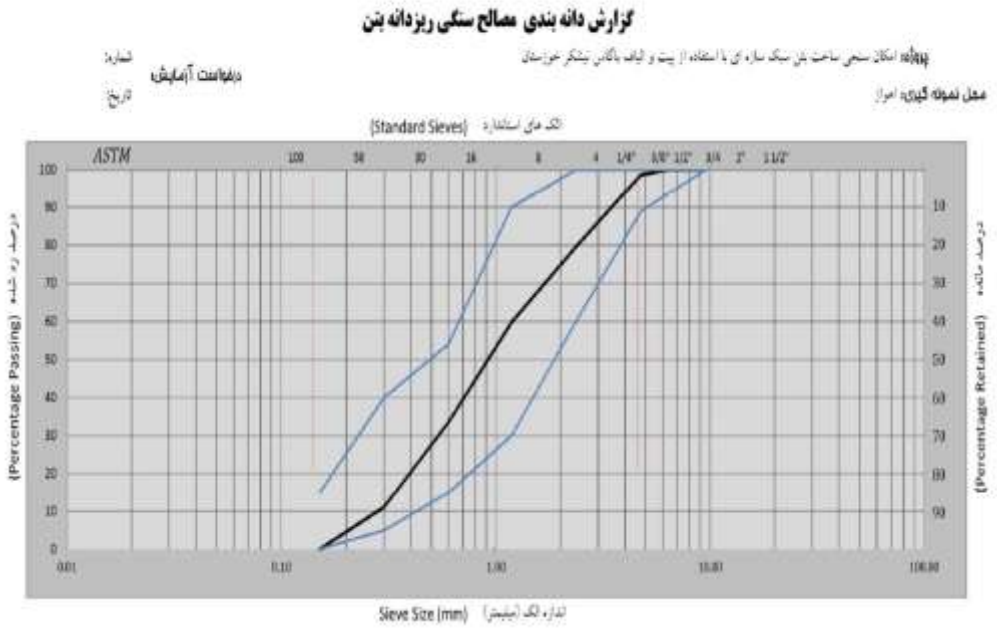
در طرح اختلاط‌ها و ساخت نمونه‌ها از شن رودخانه‌ای با دانه‌بندی یکنواخت و حداکثر اندازه دانه ۱۹ میلی‌متر، وزن مخصوص ۱۷۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب و ماسه رودخانه‌ای به وزن مخصوص ۱۵۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب، جذب آب ۱/۴٪ و مدول نرمی ۲/۹۴ و دانه‌بندی یکنواخت استفاده گردید. دانه‌بندی شن و ماسه مطابق استاندارد ASTM C33[8] بوده و از معدن شهرستان شوشتر تهیه شده است.

۲-۱-۲- سیمان

سیمان استفاده شده در این پژوهش، 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[9] در آزمایشگاه شیمیایی شرکت صنایع فولاد اهواز، ویژگی‌های شیمیایی سیمان مورد استفاده در تحقیق به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی سیمان استفاده 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



نمودار ۱- منحنی دانه‌بندی ریزدانه‌های مصرفی در تحقیق

[8] American Society for Testing and Materials (ASTM)
[9] X-ray Flourcence (XRF)

.SID.ir

نمودار۲- منحنی دانه‌بندی درشت‌دانه مصرفی در تحقیق

۲-۱-۳- آب

آب استفاده شده در ساخت و عمل‌آوری نمونه‌های بتنی، آب شرب شهر اهواز بوده است.

۲-۱-۴- سبکدانه پیت

سبکدانه پیت مصرفی در تحقیق از شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی واقع در کیلومتر ۲۵ جاده اهواز- آبادان تهیه گردید.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی سبکدانه پیت		
رنگ	زرد	
شکل فیزیکی	پودر مانند	
وزن مخصوص (کیلوگرم بر مترمکعب)	متراکم	غیرمتراکم
	۱۱۰	۸۰

شکل ۱- نمایی از محل دپوی سبکدانه پیت استفاده شده در تحقیق

۲-۱-۵- فوق روان کننده

در این تحقیق از فوق روان‌کننده بر پایه پلی‌کربوکسیلات که از شرکت سراپوش شیمی تهیه شده و دارای مشخصات فنی ارائه شده در جدول ۳ می‌باشد، استفاده گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

۲-۲- طرح اختلاط، ساخت و عمل‌آوری

طرح اختلاط بتن مرجع مطابق با جدول ۴ و آیین‌نامه بتن آمریکا[10] انجام پذیرفته است. هم‌چنین جزئیات سایر طرح اختلاط‌ها که مربوط به بتن سبک حاوی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان هستند، در جدول ۴ ارائه شدند. با توجه به جذب آب بالای

جدول ۳- مشخصات فوق روان‌کننده 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 سانتی مترمکعب در ۲۵ درجه سانتی‌گراد
اسیدیته(pH)	۶/۵
مقدار کلر	حداکثر ۷۰۰ ppm
مقدار نیترات	فاقد نیترات
پایه شیمیایی	پلی کربوکسیلات اتر با حالت نوترال
شرایط نگهداری	از دمای ۵+ تا ۳۵+
مدت نگهداری	حداکثر ۸ ماه
بسته‌بندی	در بشکه‌های ۲۲، ۳۳ و ۲۴۰ لیتری

سبکدانه پیت نیشکر خوزستان و به جهت حفظ روانی و رسیدن به اسلامپ موردنظر (۸± سانتی‌متر) از فوق روان‌کننده بر پایه پلی کربوکسیلات استفاده گردید. هدف از انجام این تحقیق بررسی جایگزینی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان به‌جای ریزدانه بتن می‌باشد. لذا سبکدانه پیت نیشکر خوزستان به‌صورت حجمی و با درصدهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ در نسبت‌های آب به سیمان ۰/۳ و ۰/۴ در طرح‌های اختلاط، جایگزین ریزدانه‌های بتن شده است. به‌طور کلی از ۱۰طرح اختلاط در این تحقیق استفاده گردید. مخلوط‌های بتن پس از اختلاط در سه لایه درون قالب ریخته شده و هر لایه با ۲۵ ضربه توسط میله استاندارد متراکم شدند. نمونه‌ها پس از گذشت ۲۴ ساعت از قالب بیرون آورده شده و در حوضچه آب عمل‌آوری شدند و در سنین ۷ و ۲۸ روزه مورد آزمایش های لازم قرار گرفتند.

جدول۵- نتایج مقاومت‌های فشاری در نمونه‌های مکعبی استاندارد (MPa)

[10] American Concrete Institute (ACI)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴- جزئیات طرح اختلاط‌های استفاده شده در تحقیق

نام طرح	w/c	اسلامپ (cm)	وزن مخصوص (kg/m³)	در سن ۲۸ روزه		مقدار مواد و مصالح (kg/m³) در سن ۷ روزه					
				۵۳		۴۵					
				فوق روان‌کننده (%)*	درصد پیت	شن	ماسه		سیمان	آب	
Ref	۰/۳	۹	۲۳۷۰	۰/۶۹	–	۷۸۰	۵۵۰	۱۹/۵	۳۵۰	۱۰۸	
P10	۰/۳۳	۷/۵	۲۱۹۵	۰/۶۵	۱۰	۷۳۰	۶۰۰	۱۶	۳۵۰	۱۱۶	
P20	۰/۳۳	۸	۲۱۳۰	۱/۰۸	۲۰	۷۳۰	۶۰۰	۱۳/۵	۳۵۰	۱۱۶	
P30	۰/۳۳	۸	۱۹۹۵	۱/۴	۳۰	۷۳۰	۶۰۰	۱۲/۶	۳۵۰	۱۱۶	
P40	۰/۳۵	۷/۵	۱۹۶۰	۱/۸	۴۰	۷۳۰	۶۰۰	۲۸/۵	۳۵۰	۱۲۳/۸	
Ref	۰/۴	۸/۵	۲۳۹۰	۰/۱	–	۷۸۰	۵۵۰	۱۸/۵	۳۵۰	۱۴۰	
P10	۰/۴	۱۲/۵	۲۲۰۷	۰/۳	۱۰	۷۳۰	۶۰۰	۱۵/۶	۳۵۰	۱۵۰	
P20	۰/۴	۱۰/۵	۲۱۳۷	۰/۳	۲۰	۷۳۰	۶۰۰	۱۳/۱	۳۵۰	۱۵۰	
P30	۰/۴۳	۸/۵	۲۰۳۰	۰/۳۵	۳۰	۷۳۰	۶۰۰	۷/۸	۳۵۰	۱۵۰	
P40	۰/۴	۸	۱۹۸۳	۰/۴	۴۰	۷۳۰	۶۰۰		۳۵۰	۱۴۰	

Ref: بتن مرجع، P: بتن حاوی پیت

*: فوق‌روان‌کننده برحسب درصد وزنی عیار سیمان مصرفی، استفاده گردید.

Ref: بتن مرجع، P: بتن حاوی سبکدانه پیت

*: فوق‌روان‌کننده برحسب درصد وزنی عیار سیمان مصرفی است.

Archive of SID

۳- آزمایش‌ها

۳-۱- آزمایش‌های بتن تازه

۳-۱-۱- آزمایش اسلامپ

برای سنجش حالت بتن‌های تازه از آزمایش اسلامپ بر اساس استاندارد ASTM C143 استفاده می‌شود. این آزمایش برای اندازه‌گیری لزجت مخلوط در حالت تازه مطرح می‌شود. این آزمایش به دلیل سادگی به‌طور وسیع در کارگاه‌های ساختمانی

www.SID.ir

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

شکل۲- نمایی از انجام آزمایش اسلامپ در بتن تر

۳-۱-۲- آزمایش وزن مخصوص

جهت تعیین وزن مخصوص بتن تازه، پس از آماده شدن مخلوط بتنی، اقدام به نمونه‌گیری از آن مطابق استاندارد ASTM C172 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 ۳کیلو نیوتن برثانیه، بر اساس استاندارد BS 188 بر روی نمونه‌ها در حالت اشباع با سطح خشک انجام پذیرفت. هر طرح اختلاط در هر سن دارای ۳نمونه بوده که نتایج نهایی میانگین مقاومت سه نمونه بر اساس استاندارد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۳- انجام آزمایش مقاومت فشاری با استفاده از جک بتن‌شکن

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 برثانیه، بر اساس استاندارد ASTM C496 بر روی نمونه‌ها در حالت اشباع با سطح خشک انجام پذیرفت. هر طرح اختلاط در هر سن دارای دو نمونه بود، که نتایج نهایی مقاومت میانگین دو نمونه بر اساس استاندارد می‌باشند. مقدار مقاومت کششی به روش دونیم شدن از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{2P}{\pi LD} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، P نیروی شکست نمونه برحسب نیوتن، L طول نمونه استوانه‌ای برحسب میلی‌متر و D قطر نمونه برحسب میلی‌متر می‌باشند.

شکل ۴- نمایی از روند انجام آزمایش مقاومت کششی به روش دونیم شدن

Archive of SID
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، در روی 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 نمونه‌ها

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 کرنش 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:

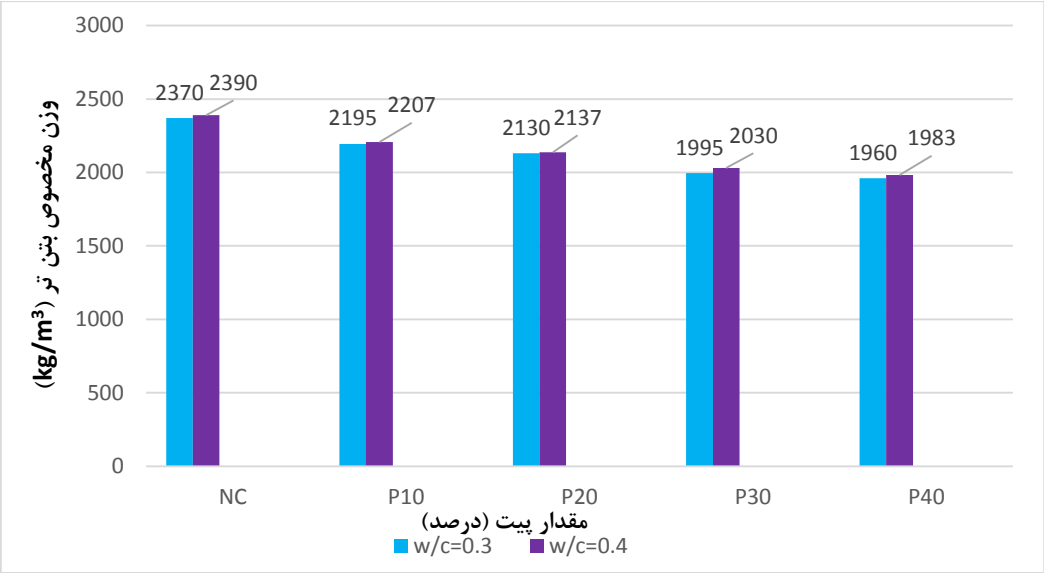
$$E = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\varepsilon_2 - 0.000050} \qquad (۲)$$

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.

۴- نتایج و تفسیر داده‌ها

۴-۱- نتایج آزمایش وزن مخصوص

Archive of SID
www.SID.ir

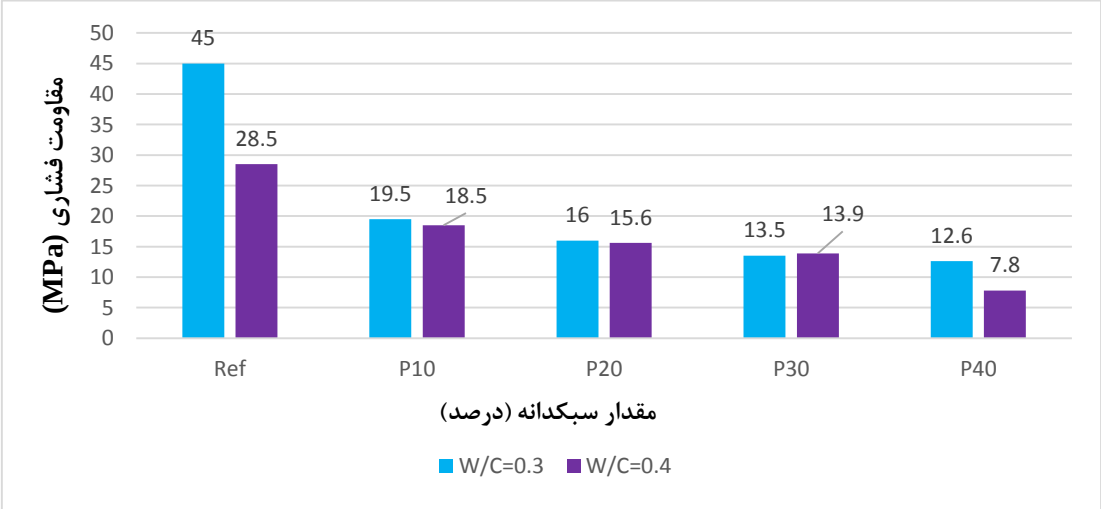


نمودار ۳- مقایسه وزن مخصوص تر طرح اختلاط‌های تحقیق

همان‌گونه که از نمودار ۳ مشاهده می‌شود با افزایش درصد سبکدانه پیت 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 و جایگزینی سبکدانه پیت به جای ریزدانه بتن تلقی می‌شود. هم‌چنین با توجه به جدول ۶ به دلیل افت رطوبت، وزن مخصوص بتن سخت‌شده از بتن تر کم‌تر شد.

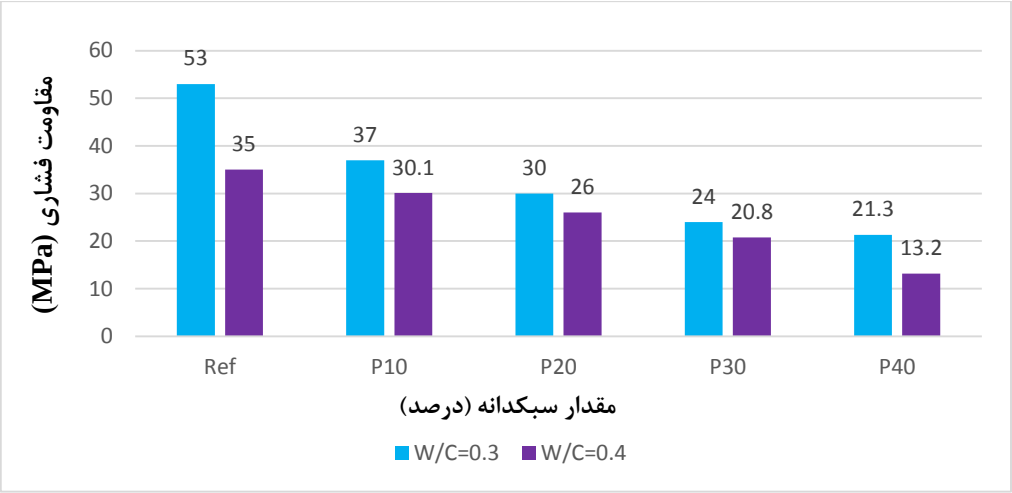
جدول۶- وزن مخصوص بتن‌های سبکدانه و بتن مرجع در حالت سخت شده

نام طرح	Ref	P10	P20	P30	P40
وزن مخصوص سخت شده (kg/m^3)	۲۳۴۸	۲۱۷۸	۲۱۱۸	۱۹۸۳	۱۹۵۲

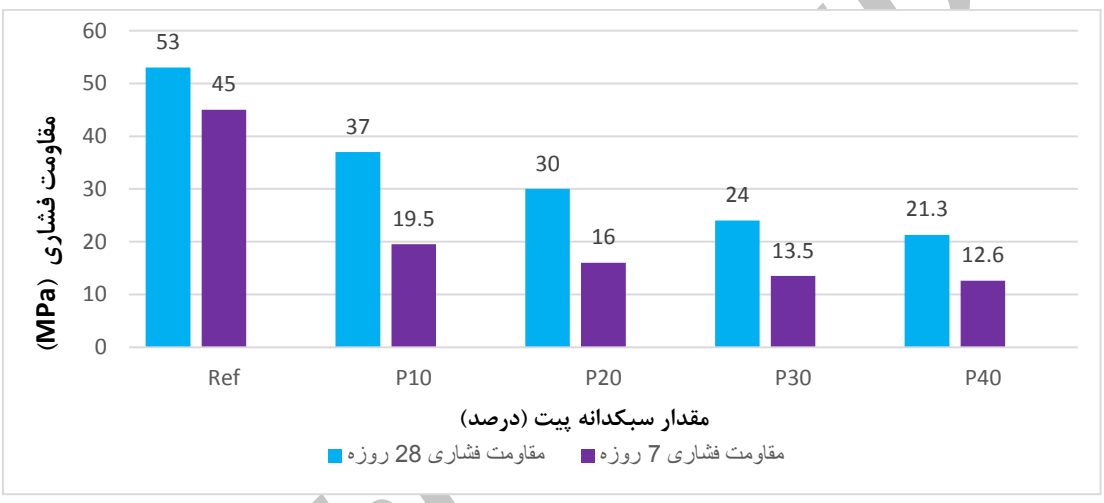


نمودار ۴- مقایسه مقاومت فشاری طرح اختلاط‌ها در نسبت‌های آب به سیمان متفاوت در سن ۷ روزه

www.SID.ir



نمودار ۵- مقایسه مقاومت فشاری طرح اختلاط‌ها در نسبت‌های آب به سیمان متفاوت در سن ۲۸ روزه



نمودار ۶- مقایسه مقاومت فشاری طرح اختلاط‌ها در سنین ۷و۲۸ روزه با نسبت آب به سیمان ۰/۳

۴- نتایج و تفسیر داده‌ها

۴-۱- مقاومت فشاری

با توجه به نمودارهای ۳ و ۴ و جداول ۴ و ۵، می‌توان مشاهده نمود که در طرح‌های با نسبت آب به سیمان ۰/۴ نتایج مطلوبی برای مقاومت فشاری و وزن مخصوص حاصل نشده و لذا برای آزمایش‌های مقاومت کششی و ضریب ارتجاعی استاتیکی و هم‌چنین مقاومت فشاری، طرح‌های با نسبت آب به سیمان ۰/۳را مقایسه و بررسی نموده و طرح مناسب معرفی شده است. با افزایش درصد جایگزینی سبکدانه پیت، مقاومت فشاری با کاهش مواجه گردید. هم‌چنین درصد جایگزینی ۴۰٪ برای سبکدانه پیت حداکثر مقداری است که می‌توان استفاده نمود. زیرا با انجام آزمایش‌هایی با درصد جایگزینی بالاتر از این درصد، حاصل شد که به دلیل جذب آب بالای این ماده سبکدانه، عملا بتن به گیرش اولیه خود نمی‌رسد. کلا با توجه به وزن مخصوص بتن و مقاومت‌های فشاری و کششی می‌توان طرح‌های حاوی پیت ۳۰٪ و ۴۰٪ را بتن سبک نامید. هم‌چنین با توجه به نمودار مقاومت‌های فشاری می‌توان متوجه شد که در بتن‌های سبک حاوی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان، در مقاومت فشاری ۷ روزه بر خلاف 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 مناسب و نهایی خود رسیده است.

Archive of SID
www.SID.ir

۴-۲- مقاومت کششی دونیم شدن

در نمودار ۷ نتایج آزمایش کششی به روش دونیم‌شدن برای بتن مرجع و تمام طرح‌های بتن سبک حاوی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان در سن ۲۸ روزه نشان داده شده است. بر اساس نمودار مشهود است که مقاومت کششی بتن‌های سبکدانه حاوی پیت با توجه به وزن مخصوص پایین‌تر از بتن مرجع دارای شرایط مناسبی هستند؛در تمام طرح‌های حاوی پیت مقاومت کششی از بتن مرجع کم‌تر می‌باشد که احتمالا این موضوع به دلیل دانه‌ای بودن این مواد سبکدانه است. به‌طور کلی در طرح‌های بتن سبکدانه حاوی پیت بیش‌ترین مقاومت کششی را طرح پیت ۲۰٪ دارا می‌باشد.

نمودار ۷- مقایسه مقاومت کششی دونیم شدن طرح اختلاط‌های تحقیق

جدول۷- معرفی و مقایسه مقاومت کششی دونیم شدن طرح اختلاط‌های تحقیق

ردیف	نام طرح	وزن مخصوص تر (kg/m^3)	$\frac{W}{C}$	اسلامپ (cm)	مقاومت کششی ۲۸روزه (MPa)
۱	Ref	۲۳۷۰	۰/۳	۸/۵	۳/۴
۲	P10	۲۱۹۵	۰/۳۳	۷/۵	۲/۳
۳	P20	۲۱۳۰	۰/۳۳	۸	۳/۱۸
۴	P30	۱۹۹۵	۰/۳۳	۸	۳/۰۴
۵	P40	۱۹۶۰	۰/۳۳	۷/۵	۱/۸

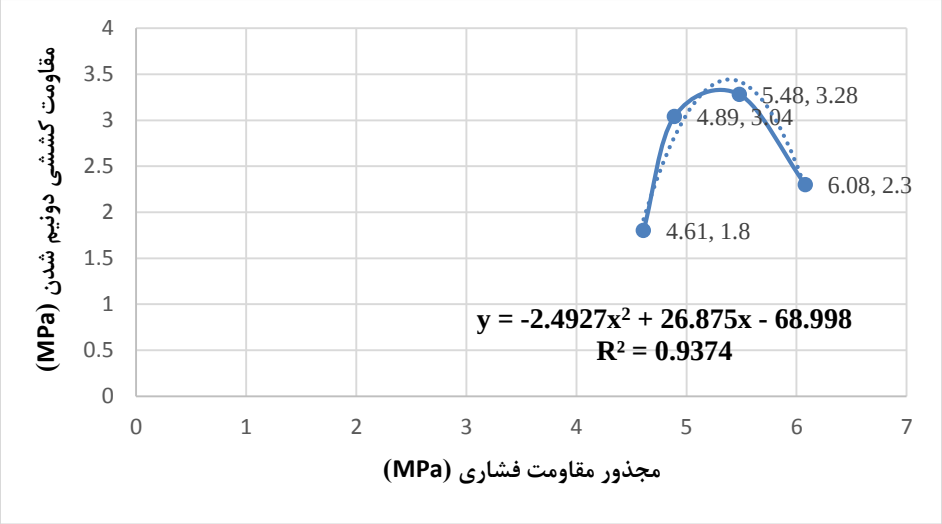
*: قابل ذکر است که فوق‌روان‌کننده برحسب درصد وزن سیمان مصرفی، استفاده گردید.

با توجه به وزن مخصوص تر نمونه‌ها می‌توان دید که بیش‌ترین درصد کاهش وزن طرح‌های بتن سبک حاوی سبکدانه پیت در مقایسه با بتن مرجع، مربوط به طرح حاوی ۴۰٪ سبکدانه پیت با ۱۷/۳٪کاهش می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

۴-۲-۱- تعیین روابط میان مقاومت‌های فشاری و کششی بتن سبک

در نمودار ۸ رابطه میان مقاومت‌های فشاری و کششی در طرح‌های حاوی پیت نیشکر خوزستان نشان داده شده است. این رابطه در بتن سبک حاوی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان طبق رابطه ۳ پیشنهاد می‌شود.



نمودار ۸- رابطه بین مقاومت فشاری و مقاومت کششی دونیم شدن در بتن حاوی سبکدانه پیت

$$f_{c_t} = -2.4927\sqrt{f_c}^2 + 26.875\sqrt{f_c} - 68.998 \qquad (۳)$$

نتایج آزمایشگاه

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

تجزیه و تحلیل منحنی

براساس نتایج در تمام طرح‌های جایگزینی سبکدانه پیت با ماسه، مقاومت‌های فشاری و کششی نسبت به بتن مرجع کاهش داشتند، ولی وزن مخصوص این طرح‌ها نیز نسبت به بتن مرجع کاهش قابل قبولی داشته است. با توجه به هدف این تحقیق که دست‌یابی به بتن سبک بوده، در طرح حاوی پیت ۴۰٪ جایگزین ماسه، این هدف به خوبی محقق شده است.

۴-۳- ضرایب ارتجاعی استاتیکی بتن‌های سبک و مرجع و مقایسه نتایج آزمایشگاهی، آبا و ACI با یکدیگر

مقایسه نتایج ضریب ارتجاعی استاتیکی آزمایشگاهی طرح‌های بتن سبک حاوی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان با مقادیر آیین‌نامه‌ای داده شده در جدول ۱۰، نشان می‌دهند که مقادیر ضریب ارتجاعی استاتیکی بیش‌تر از آیین‌نامه به‌دست آمدند. به‌طور کلی در تمام طرح‌های بتن سبک و بتن مرجع، ضریب ارتجاعی استاتیکی به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر از مقدار آیین‌نامه به‌دست آمد. چنین نتیجه‌ای به دلیل مرطوب بودن مورد توجه است. فرمول‌های پیشنهادی آیین‌نامه‌های آبا و ACI برای تعیین ضریب ارتجاعی استاتیکی با افزایش یا کاهش مقاومت فشاری تاثیر مستقیم دارند. اما نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، نمونه‌های بتن مرجع به دلیل نسبت آب به سیمان پایین و هم‌چنین استفاده از فوق روان‌کننده که باعث نگه داشتن رطوبت در نمونه بتنی شده، و هم‌چنین در بتن‌های سبک به دلیل جذب آب بالای سبکدانه‌های پیت، بر خلاف کاهش در مقاومت فشاری، ضریب ارتجاعی بیش‌تری دارند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۰- جزئیات ضرایب ارتجاعی استاتیکی بتن‌های سبک و بتن مرجع							
شماره نمونه	مقاومت فشاری نمونه مکعبی استاندارد در سن ۲۸ روزه (kg/cm^2)	مقاومت کششی **نمونه استوانه‌ای استاندارد در سن** ۲۸روزه (kg/cm^2)	$\frac{F_{ct}}{F_{cu}}$ **ناشی از** آزمایش	$\frac{E}{F_{cu}}$ **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
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[۴].							

۵- نتایج

- طرح‌های حاوی سبکدانه پیت ٪۳۰و ٪۴۰ با توجه وزن مخصوص و مقاومت فشاری و هم‌چنین مقاومت کششی دونیم شدن مناسب، به‌عنوان طرح‌های بتن سبک معرفی می‌شوند.
- مقاومت فشاری بتن سبک با جایگزینی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان در تمام طرح‌ها نسبت به بتن مرجع دچار افت گردید.
- مقادیر ضرایب ارتجاعی استاتیکی در تمام طرح‌ها از مقادیر آیین‌نامه‌ای بیش‌تر شدند.
- ضریب ارتجاعی استاتیکی یک سازه متاثر از ضریب ارتجاعی استاتیکی اجزای سازنده آن است، لذا با توجه به این که سبکدانه پیت نیشکر خوزستان دارای جذب آب بالایی بوده و به نوعی سلولوزی است، دارای ضریب ارتجاعی استاتیکی بالایی نیز هست و در نتیجه ضریب ارتجاعی استاتیکی بتن سبک حاوی این نوع سبکدانه از ضریب ارتجاعی استاتیکی بتن معمولی بیش‌تر شده است [۱۴،۱۵].
- نسبت مقاومت کششی به مقاومت فشاری در طرح‌های حاوی ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد پیت از همین نسبت در بتن مرجع بیش‌تر شده، که این نتیجه ناشی از تأثیر جایگزینی سبکدانه پیت نیشکر خوزستان می‌باشد.

مراجع

[1] http://iscrti.ir.

[۲] طواف موتمن، سعید، ۱۳۹۳، بررسی و مقایسه خواص مهندسی بتن سبک حاوی لیکا با افزودنی‌های میکروسیلیس و متاکائولین با و بدون الیاف پلی پروپلین، پایان‌نامه، گیلان.

[3] Jacobson, S., Hammer, T.A., Sellevold, E.J., 1995, Frost Testing of High Strength Lightweight Aggregate CoRefrete, International Cracking vs Saling proc., Int. symp. Structural Lightweight Aggregate CoRefrete, pp. 541-554.

[۴] دباغ، هوشنگ، اکبرپور، سوده، بابامرادی، کوروش، ۱۳۹۴، بررسی خصوصیات مکانیکی بتن سبک سازه‌ای حاوی اسکریا قروه، کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، شماره۶.

Archive of SID

www.SID.ir

[5] Choi, S., Hyeok,Y., Sim, K., Jeong choi, J., 2014, Direct tensile strength of lightweight coRefrete with different specimen depths and aggregate sizes, Construction and Building Materials, 63, pp. 132-141.

[6] Bogas, A., Brito, J., Cabaco, J., 2014, Long-term behaviour of coRefrete produced with recycled lightweight expanded clay aggregate coRefrete, Construction and Building Materials, 65, pp. 470-479.

[7] Hossain, K., Ahmed, S., Lachemi, M., 2011, Lightweight coRefrete iReforporating pumice based blended cement and aggregate: mechanical and durability characteristics, Construction and Building Materials, 25, 3, pp. 1186-1195.

[8] Schachow, A., Effting, C., Flgueras, V., Marilena G. S., Mendos, A. G., 2014, Mechanical an thermal properties of lightweight coRefretes with Vermiculite and EPS using air-entraining agent, Construction and Building Materials, 57, pp. 190-197.

[۹] شاکری، اقبال، بهمن‌زاده، فرناز، ذوالفقاری‌نسب، آرش، ۱۳۹۰، ارزیابی اقتصادی ناشی از کاهش وزن و احجام سازه‌ها با استفاده از بتن سبک در ساختمان، کنفرانس ملی بتن سبک، شماره ۱.

[10] Zaichenko, M., Lakhtaryna, S., Korsun, A., 2015, The InflueRefe of Extra Mixing Water on the Properties of Structural Lightweight Aggregate CoRefrete, Procedia Engineering, 117, pp. 1036-1042.

[11] Walraven, J., 2000, Light Weight Aggregate CoRefrete, International Federation for Structural Concrete (fib), Switzerland, 8.

[12] L. larke, J., 2005, Structural Lightweight Aggregate CoRefrete, Blackie Academic & Professional, London, 9.

[۱۳] مشکینی، امیر، پیرمحمدی علیشاه، فرهاد، ۱۳۹۶، خواص بتن سبک خودمتراکم حاوی پومیس به‌عنوان جایگزین سیمان، کنفرانس بین‌المللی علوم مهندسی، شماره ۳.

[۱۴]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.

[۱۵] ثمریها، احمد، ۱۳۹۶، اثر مقدار آرد باگاس و سازگار کننده بر مدول الاستیسیته چند سازه ساخته شده 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 Pit sugarcane Khuzestan

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

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

Abstract

In this research, a feasibility study was carried out on the construction of lightweight aggregate concrete using Khuzestan sugarcane Pit. To this end, 10 mixing designs were constructed with w/c ratios of 0.3 and 0.4 equally. For these w/c ratios, in addition to the reference concrete mixing, lightweight concrete designs of Pit produced from Khuzestan sugarcane were constructed with the replacement of percentages 10, 20, 30 and 40. Then, compressive strength test was carried out on standard cubic specimens at the age of 7 and 28 days, and a tensile strength test was carried out on standard cylindrical specimens for 28 days in water. The static elasticity modulus test was also performed on standard cylindrical specimens that were cured in water for 28 days. In the designs containing Pit at the age of 28 days, with increasing replacement percentage, compressive and tensile strengths were lower than the reference concrete, but the specific gravity of the concrete had a decreasing trend with increasing replacement percentage. In general, based on the results, the mechanical properties and specific gravity of the designs containing 40% and 30% Pit, with a w/c ratio of 0.3, are presented as lightweight concrete designs.

Keywords: Lightweight Concrete, Lightweight Pit, Compressive Strength, Tensile Strength, Static elasticity modulus, Sugarcane's Dabal Khazaei Khuzazan.

Archive of SID

www.SID.ir