

بررسی تجربی روشهای افزایش مقاومت بتن کفی

علیرضا کیانی

مربی گروه مهندسی عمران - دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر
kiani349@yahoo.com

سید محمد جواد فاطمی

استادیار دانشکده فنی دانشگاه شیراز
mjfatemi@yahoo.com

چکیده

بتن کفی نوعی بتن می باشد که با افزودن ماده کف زا به مخلوط بتن ساخته می شود این عمل باعث ایجاد و تثبیت حبابهای هوا در جریان مخلوط نمودن بتن می شود، در نتیجه پس از سخت شدن ملات، خلل و فرجهایی در آن تولید می گردد و بتن سبک کفی تولید می گردد. این نوع بتن در ساخت تیغه، دیوار سبک، شیب بندی بامها و اجزای ساختمانی با بار کم و همچنین برای صدابندی و گرمابندی مصرف می شود. در جاهایی که ماسه بادی وجود دارد مانند کناره دریای مازندران، کناره خلیج فارس، خوزستان و کناره های کویر می توان بتن کفی را تولید کرد. در این پروژه تحقیقی هدف افزایش مقاومت فشاری یک نوع بتن سبک اسفنجی (بتن کفی) تجارتمی موجود در بازار با توجه به حفظ خصوصیات کلی این نوع بتن بوسیله تصحیح دانه بندی و بهبود طرح اختلاط بوده است. جهت این امر از مصالح با دانه بندی مختلف که از ماسه شکسته تهیه شده بود استفاده گردیده و بجز تغییر در اندازه دانه ها، تاثیر تغییرات عیار سیمان و نیز وزن مخصوص های مختلف بر روی مقاومت فشاری نمونه ها به روش تجربی، مشاهده و نتایج بدست آمده مورد بررسی قرار گرفته است.

کلید واژه ها: بتن سبک - بتن کفی - مقاومت فشاری

مهمی که باعث شده تا کمتر مورد استقبال قرار گیرد، می توان مقاومت فشاری کم آنرا ذکر نمود. همچنین گرانتیتم بودن آن به دلیل بالا بودن عیار سیمان نیز قابل ذکر است. یکی از مهمترین خصوصیات بتن مقاومت فشاری آن می باشد که نقش بسیار حساسی در کاربرد آن ایفا می کند. هدف از این تحقیق بررسی روشهای افزایش مقاومت فشاری یک نوع بتن سبک (فوم بتن) بوده که از طریق بهبود طرح اختلاط و اصلاح دانه بندی مصالح صورت گرفته است به نحوی که با حفظ سبکی مقاومت بتن افزایش یابد. البته همانطور که در تشریح این پروژه ذکر خواهد شد بررسی افزایش مقاومت فشاری نمونه ها برای بتنهای تا وزن مخصوص ۱۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب انجام پذیرفته ولی با توجه به نتایج نهایی می توان دید که در همین محدوده های

۱- مقدمه:

تلاش محققین برای بهبود خواص بتن و برآورده کردن نیازهای مختلف ساخت و ساز منجر به تولید انواع بتن با کاربریهای مختلف شده است. این تولیدات متنوع با تغییر در نوع سنگدانه ها، سیمان، تناسب مقدار مواد در مخلوط و یا استفاده از انواع افزودنیهای مجاز، امکان پذیر شده است. در مورد استفاده از بتن کفی (فوم بتن) به عنوان یک ماده سبک باید گفت مدت زمانی است که این بتن برای ساخت اعضای غیر سازه ای در ساختمانها مانند کف سازی و یا دیواره های جدا کننده بکار گرفته می شود لیکن هنوز هم چندان مورد استقبال واقع نشده در حالیکه با توجه به صوصیات خوب آن جا دارد استفاده از این نوع بتن بیشتر مدنظر قرار گیرد از عوامل

یک مدت زمان مشخص اختلاط توسط دستگاه انجام می گرفت. بنابراین برای کلیه نمونه ها نحوه تهیه فوم و بتن کاملاً کنترل شده و یکسان در نظر گرفته شده است. آماده سازی نمونه های مکعبی ۵ در ۵ سانتیمتر بر طبق استاندارد انجمن آمریکایی برای آزمایش و مواد (ASTM C109-90) انجام گرفت. با توجه به ابعاد نمونه ها امکان استفاده از دستگاه مقاومت فشاری نمونه های استاندارد وجود نداشت زیرا دستگاه مورد بحث توانایی اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه هایی را که کمتر از ۷۰۰ کیلوگرم نیرو تحمل می کردند را نداشت. بنابر این غلبه بر این مشکل از یک دستگاه آزمایش مقاومت تک محوری استفاده گردید. و در انجام آزمایش هدف میزان نیروی بود که هر نمونه می توانست تا مرز گسیختگی تحمل نماید برای اندازه گیری این نیرو از یک حلقه اعمال نیرو (load ring) استفاده شده که با توجه به نیروی وارده به نمونه از طرف دستگاه مقاومت تک محوری عقربه این دستگاه در هر زمان نیروی وارده را نشان می دهد. دستگاه کالیبره گردیده و در نهایت با تقسیم نیروی گسیختگی بر سطح نمونه میزان مقاومت گسیختگی نمونه مشخص شده است. آزمایش مقاومت فشاری در سن ۴ و ۲۸ روزه انجام گرفته و پس از عمل آوری، نمونه از آب بیرون آورده شده و پس از خشک کردن سطح و تعیین وزن جهت بدست آوردن چگالی اشباع مورد آزمایش قرار گرفته و یک نمونه جهت تعیین چگالی خشک به مدت ۲۴ ساعت در هوای گرم (حدود ۶۰ درجه سانتیگراد) قرار گرفته است.

۳- نتایج آزمایش

در این قسمت نتایج آزمایشات مقاومت فشاری آورده شده است نام گذاری نمونه ها با توجه به چگالی، عیار سیمان و نیز درشتی مصالح مورد استفاده انجام گرفت. به طور مثال نمونه با مشخصه 9A50 بیانگر این موضوع است که چگالی مورد نظر در ساخت نمونه ۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، عیار سیمان مورد استفاده ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب و بالاخره از مصالح مانده بر الک ۵۰ در ساخت نمونه استفاده شده است. در این تحقیق آزمایشگاهی ۱۰۸ نمونه ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت. در جهت ارائه هرچه بهتر نتایج و به منظور تفکیک پارامترهای متغیر در این آزمایشها نتایج به صورت جداگانه تفسیر شده است:

چگالی مورد مطالعه نتایج مثبتی از افزایش مقاومت فشاری با توجه به چگالی کم این نمونه ها مشاهده شده است ادامه این روند منجر به افزایش مقاومت فشاری نمونه هایی از این بتن خواهد شد که دارای چگالی بمراتب بالاتری جهت استفاده سازه ای هستند.

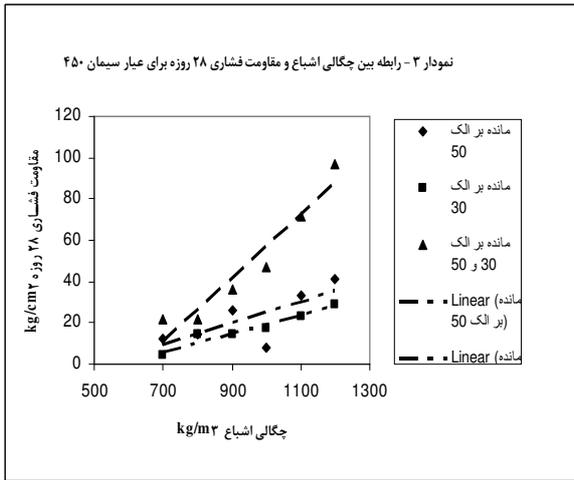
۲- کار تجربی

روش کار مشتمل بر ساخت ۱۰۸ نمونه مکعبی ۵ در ۵ سانتیمتر از نسبتهای مختلف سیمان و مصالح بوده است که در همگی آنها نسبت آب به سیمان ۰/۴ رعایت گردید. دلیل استفاده از این نمونه دقت بیشتر در تولید کف و بتن، کم کردن مصرف مصالح و همچنین توانایی اختلاط بتن با دستگاه همزن کوچک آزمایشگاهی می باشد. جهت دستیابی به حداکثر مقاومت فشاری نمونه ها با وزن مخصوص های مختلف، عیارهای مختلف سیمان و مصالح با دانه بندی مختلف ساخته شد و نمونه های ساخته شده مورد آزمایش قرار گرفت بطوریکه وزن مخصوص های ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب با عیار سیمان ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ (C, B, A) و مصالح مانده بر روی الک ۱۶، ۳۰، ۵۰ و ۸۰ در ساخت نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت. مصالح مانده بر روی الک ۸ و ۱۶ بدلیل سنگینی این دانه ها و عدم توانایی کف در نگهداری و در نتیجه نشست آنها در داخل بتن پس از آزمایشات اولیه کنار گذاشته شده و ادامه کار با مصالح مانده بر الک های ۳۰ و ۵۰ صورت گرفت. خلاصه پارامترهای متغیر مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: پارامترهای متغیر مورد استفاده در آزمایشها

چگالی های مورد مطالعه	عیارهای سیمان مورد استفاده	اندازه دانه مورد استفاده
۷۰۰		مانده بر الک ۳۰
۸۰۰	۳۵۰	
۹۰۰		مانده بر الک ۵۰
۱۰۰۰	۴۰۰	
۱۱۰۰		مخلوط مانده بر
۱۲۰۰	۴۵۰	الک ۳۰ و ۵۰

روش ساخت نمونه ها بدین ترتیب بود که مقدار مشخصی فوم جهت تولید کف در دستگاه همزن ریخته شده و به مدت مشخصی مخلوط می شد سپس کف تولید شده در همان دستگاه با مقادیر مشخصی آب، مصالح و سیمان با توجه به چگالی مورد نیاز و طرح اختلاط های مختلف مخلوط شده و در

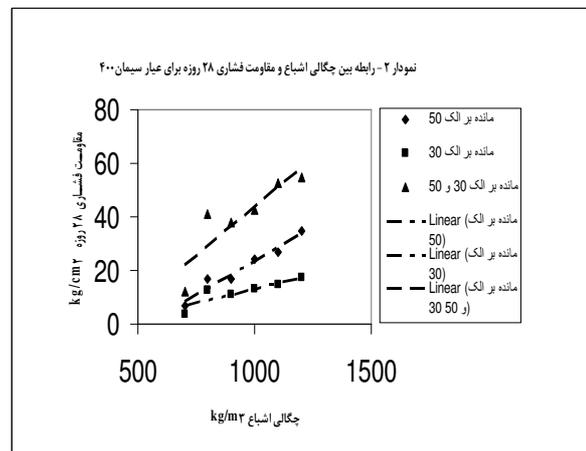
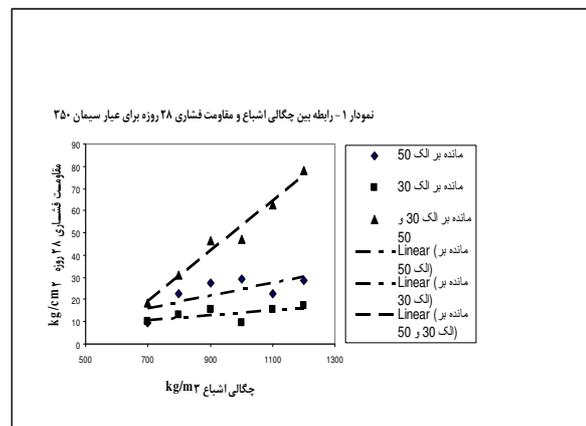
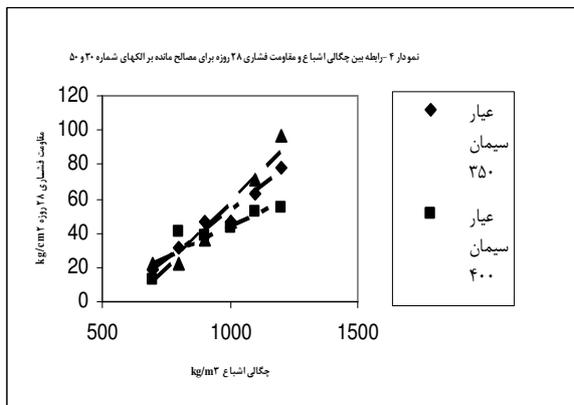


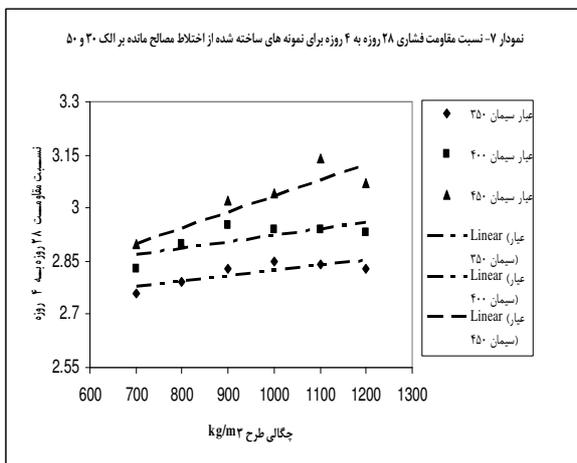
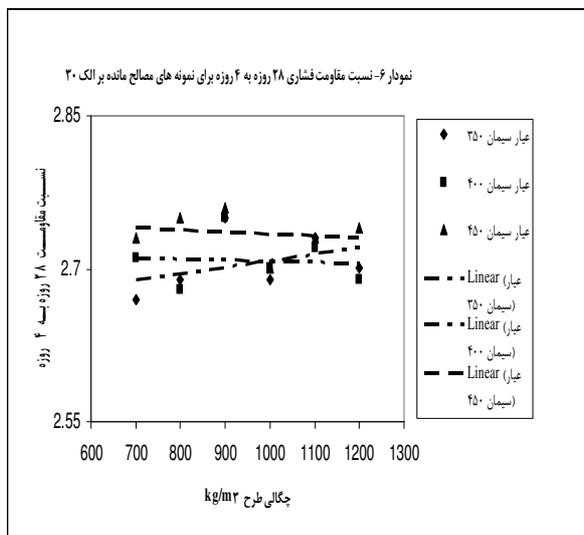
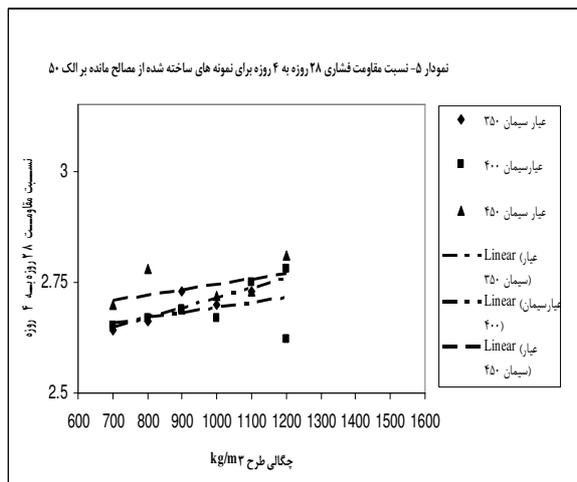
۳-۱ تاثیر دانه بندی مصالح مورد استفاده بر مقاومت فشاری نمونه ها

در انجام آزمایشات مقاومت فشاری نمونه ها از مصالح مختلف از جمله مصالح مانده بر الک شماره ۵۰، مانده بر الک شماره ۳۰ و ۳۰ و اختلاط به نسبت مساوی از مصالح مانده بر الکهای ۳۰ و ۵۰ استفاده شد. جهت درک بهتر نتایج تاثیر نوع دانه بندی مصالح بر روی افزایش یا کاهش مقاومت با توجه به عیارهای مختلف سیمان برای چگالی اشباع نمونه ها نمودارهای ۱ الی ۳ ارائه شده است. بررسی این منحنیها نشان دهنده این موضوع است که نمونه های ساخته شده از اختلاط مصالح مانده بر الکهای ۳۰ و ۵۰ از نظر مقاومت فشاری جواب بهتری را نسبت به نمونه های ساخته شده از مصالح مانده بر الک های ۳۰ و ۵۰ به تنهایی می دهند. این موضوع در عیارهای مختلف سیمان صادق است. تامین ساختمان درونی بهتر از نظر ایجاد اصطکاک لازم بین دانه ها ی ریز و درشت می تواند دلیلی بر افزایش مقاومت باشد. همچنین مقاومت فشاری نمونه های ساخته شده از مصالح مانده بر الک شماره ۵۰ نسبت به نمونه های ساخته شده از مصالح مانده بر الک ۳۰ در تمام عیارها بیشتر بوده است نکته دیگر این است که با بالا رفتن چگالی نمونه ها ی تحت آزمایش اختلاف بین نتایج مقاومت فشاری نیز افزایش می یابد.

۳-۲ تاثیر عیار سیمان بر مقاومت فشاری نمونه ها

با توجه به نتیجه گیری از بخش قبل مشخص گردید اختلاط مصالح مانده بر الکهای ۳۰ و ۵۰ به نسبت مساوی نتیجه بهتری را خواهد داد بنابراین در بررسی تاثیر عیار سیمان از این نوع مصالح استفاده گردید. در آزمایش نمونه های ساخته شده با سه عیار مختلف ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم در متر مکعب سیمان و آزمایش نمونه ها مشخص گردید که با استفاده از عیار ۴۵۰ ماکزیمم مقاومت فشاری نمونه حاصل خواهد شد این روند افزایش مقاومت در تمام نمونه های ساخته شده با عیار ۴۵۰ سیمان نسبت به سایر نمونه ها دیده می شود در این بخش نیز با افزایش چگالی نمونه روند اختلاف بین نمونه ها سیر صعودی داشته و با افزایش چگالی تاثیر عیار سیمان بیشتر خود را نمایان می سازد. نمودار شماره ۴ که با توجه به نتایج بدست آمده ترسیم شده است نمایانگر این موضوع می باشند.





۳-۳ تاثیر چگالی طرح بر مقاومت فشاری نمونه ها

در این پروژه تحقیقی چگالی های مختلف برای تولید بتن، مورد نظر بوده و از چگالی ۷۰۰ الی ۱۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب برای طراحی و ساخت نمونه ها استفاده شده است. با مراجعه به نمودارهای نشان داده شده مشخص می گردد با افزایش چگالی در عیارهای مختلف سیمان و برای مصالح مانده بر الک شماره ۳۰ و ۵۰ مقاومت فشاری نیز افزایش می یابد.

۳-۴ بررسی کاهش مقاومت فشاری نمونه ها در

صورت استفاده از عیار ۴۰۰ سیمان

نکته جالب توجه در این پروژه کاهش مقاومت فشاری نمونه های ساخته شده با عیار سیمان ۴۰۰ نسبت به نمونه های ساخته شده با عیار سیمان ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب می باشد. به طور طبیعی با افزایش مقدار سیمان در اختلاط بایستی انتظار مقاومت فشاری بیشتری از نمونه بتنی را داشت ولی در این تحقیق و در مورد این نوع بتن این مسئله در حالت کلی دیده نشد بطوریکه نمونه های ساخته شده با عیار سیمان ۳۵۰ بدون توجه به نوع دانه بندی مورد استفاده و چگالی نمونه، تقریباً همگی مقاومت فشاری بیشتری را نسبت به نمونه های ساخته شده با عیار ۴۰۰ سیمان بخصوص در نمونه های با چگالی بالا از خود نشان دادند. این امر می تواند بیانگر این موضوع باشد که برای این نوع بتن پارامترهای مختلفی را باید به طور همزمان مورد بررسی قرار داد و طرح اختلاط بهتر را صرفاً به عیار سیمان نمی توان محدود نمود.

۳-۵ رابطه بین مقاومت فشاری ۴ و ۲۸ روزه نمونه ها

مورد قابل بررسی دیگر در این تحقیق امکان برقراری رابطه ای بین مقاومت فشاری نمونه ها در سنین ۴ و ۲۸ روزه می بود. مطالعه نتایج نشان دهنده افزایش قابل ملاحظه مقاومت فشاری در سن ۲۸ روزه نسبت به ۴ روزه می باشد. جهت تعیین رابطه ای میان مقاومت فشاری در این دو سن و برای این نوع بتن با توجه به داده های موجود در عیارهای سیمان مورد استفاده و همچنین دانه بندی مصالح به کار گرفته شده نمودارهای ۵، ۶ و ۷ ترسیم شده اند.

با بررسی این نمودارها مشاهده می شود که ضریب افزایش مقاومت فشاری برای نمونه هایی که در ساخت آنها از اختلاط مصالح مانده بر الک ۳۰ و ۵۰ به تنهایی استفاده شده است بیشتر از سایر نمونه ها می باشد.

نکته قابل توجه دیگر افزایش نسبت مقاومت فشاری ۲۸ روزه به ۴ روزه با بالا رفتن عیار سیمان در نمونه ها می باشد بطوریکه بیشترین ضریب مربوط به عیار سیمان ۴۵۰ می باشد.

نسبتهای مناسبی از اجزاء متشکله بتن را مد نظر قرار داد.

۳- استفاده از مصالح با قطر تقریبی بین ۰/۳ تا ۰/۶ بصورت مخلوط جواب بهتری را از نظر تامین مقاومت فشاری بیشتر نسبت به مصالح با قطر یکسان می دهد. این امر با توجه به افزایش قابل ملاحظه مقاومت فشاری در صورت استفاده از اختلاط مصالح مانده بر الکهای شماره ۳۰ و ۵۰ در ساخت نمونه ها نتیجه می شود.

۴- استفاده از مصالح با قطر تقریبی بزرگتر از ۱/۲ میلی متر برای ساخت این نوع بتن مناسب نیست این نتیجه بدلیل عدم توانایی کف در نگهداری آنها و ته نشین شدن مصالح مانده بر الک شماره ۱۶ در حین انجام آزمایشات بدست می آید.

۵- مقاومت فشاری این نوع بتن کفی با افزایش چگالی، افزایش می یابد و این افزایش مقاومت تقریباً به صورت خطی است.

۶- اختلاف مقاومت فشاری نمونه های ساخته شده از این نوع بتن که در ساخت آنها از عیار سیمان و یا دانه بندی مختلف استفاده شده باشد در چگالی های بالاتر از ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب بهتر خود را نمایان می سازد.

۷- مراجع

- ۱- ج. دیلمی عضدی، فوم بتن (بتن کفی) ، کنفرانس بین المللی بتن ، ۱۳۶۹ ، صفحه ۱۰۲.
۲. محمد رضا شاه نظری و محمد قاسم سحاب ، دستور العمل های آزمایشگاه بتن ، انتشارات پرهام ، ۱۳۷۴ ، صفحات ۲۴ و ۱۷۵.
- 3-Farmington Hills ; 1995 , Mich . ACI Committee 318 , Bulding Code Requirements For Reinforced Concrete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318 R-95) , American Concrete InSTITUTE , 369.

۴- ع . ر رهایی ، اصلاح خواص بتن هوازا با استفاده از الیاف و محیط گازکربنیک ، کنفرانس بین المللی بتن ، ۱۳۷۱ ، صفحه ۳۰۶.

۵- علی اکبر رمضانپور و محمد رضا شاه نظری ، تکنولوژی بتن ، انتشارات پرهام ، ۱۳۷۴.

۶-هرمز فامیلی و شادمان جهانفر ، دستیابی به مقاومت زیاد در بتن سبک با استفاده از میکروسلیس ، مجموعه

در انتهای این قسمت جهت استفاده های عملی ضرایب تقریبی تبدیل مقاومت فشاری ۴ به ۲۸ روزه برای این نوع بتن سبک در جدول شماره ۲- خلاصه شده است.

۳-۶- ارتباط چگالی طرح با چگالی اشباع و

خشک نمونه ها

با توجه به اینکه در ساخت قطعات بتنی به دلیل مسائل بار گذاری باید تخمین خوبی از میزان وزن بتن ساخته شده در حالت تر و خشک انجام گیرد. در این تحقیق ارتباط بین چگالی طرح و چگالی های تر و خشک نمونه های ساخته شده از این بتن با توجه به منحنی ها مورد بررسی قرار گرفته و نتایج در جدول شماره (۳) خلاصه شده است.

جدول ۲: ضرایب تبدیل مقاومت فشاری ۴ به ۲۸ روزه

عیار سیمان ۴۰۰ Kg/m3	عیار سیمان ۳۵۰ Kg/m3	عیار سیمان ۴۵۰ Kg/m3	دانه بندی مصالح مورد استفاده
۲/۶۴	۲/۸۳	۲/۷۴	مصالح مانده بر الک ۳۰
۲/۷۲	۲/۷۱	۲/۷۴	مصالح مانده بر الک ۵۰
۲/۹۳	۲/۸۲	۳/۰۴	مصالح مانده بر الکهای ۳۰ و ۵۰

جدول ۳: ضرایب تبدیل چگالی طرح به چگالی های اشباع و خشک

ضریب تبدیل به چگالی خشک	ضریب تبدیل به چگالی اشباع	چگالی طرح Kg/m3
۰/۸۸	۱/۲۱	۷۰۰
۰/۸۹	۱/۱۰	۸۰۰
۰/۹۱	۱/۱۰	۹۰۰
۰/۹۲	۱/۰۷	۱۰۰۰
۰/۹۲	۱/۰۸	۱۱۰۰
۰/۹۳	۱/۰۸	۱۲۰۰

۴- نتیجه گیری

۱- برای تمامی نمونه ها و برای چگالی دلخواه مورد مطالعه مشخص شد استفاده از عیار سیمان ۴۵۰ کیلوگرم در متر مکعب در اختلاط باعث افزایش مقاومت فشاری به نسبت استفاده از سایرعیارهای سیمان خواهد شد.

۲- در مورد این نوع بتن مشاهده گردید که جهت دستیابی به مقاومت بالاتر نمی توان تنها افزایش عیار سیمان را ملاک قرار داد بلکه باید استفاده از

- مقالات سمینار بین المللی کاربرد میکروسلیس در بتن ،
۱۳۷۶ ، ۱۶۱.
- ۷- نورالدین صدرالدینی مهرجردی ، شناخت. طرح و
کاربرد بتن سبک در ساختمان ، انتشارات مرکز تحقیقات
ساختمان و مسکن ، ۱۳۶۸.
- 8-. Khaloo. Ali. 1999 , R. ;Kim. N, Effect of
Curing Condaton on Strength and Elastic
Modulus of Light Weight High-Strenght
Concrete , ACI Material Journal , July-
August , 485.
- 10-.Farmington Hills ; 1995 , Mich , ACI
Committee 318 , Bulding Code Requirements For
Rinforced Concrete (ACI 318-95) and
Commentary (ACI 318 R-95)" / American
Concrete Inestitute, 369.
- 11-. Slate. F . O.; 1986 , Nilson. A. h. ;and
Martinez. S. , Mechanical properties of High-
Strength Light weight Concrete , ACI Materials
Jornal , July-Agu , 606.
- ۱۲- محمد رضا شاه نظری و محمد قاسم سحاب دستور
العمل های آزمایشگاه بتن ، انتشارات پرهام ، ۱۳۷۴ ،
صفحات ۲۴ و ۱۷۵.

Selected of the best mixture and Application of areated concrete

ALIREZA KIANI

Boshehr Azad Islamic University
kiani349@yahoo.com

MOHAMMAD JAVAD FATEMI

Civil Engineering faculty , shiraz university
mjfatemi@yahoo.com

Abstract

An application of areated concrete (foam concrete) was experimentally studied . In this study the compressive strength of the proposed concrete was measured the effect of parameters such as aggregate size of broken stone , quantity of cement and various densities were experimentally studied , and the best mixture was selected . These prepared mixtures are practically useful to optimize the consumption of cement and superior strength in every dry density in nonstructural application . The compressive strength was varied from 18.19 kg/cm² to 97.20 kg/cm² for 100 to 1200 kg/m³ of dry densities during 28 days test . The result of this study showed that the strength capability of the proposed mixture increased . the information given in this project can be taken into consideration while building nonstructural pieces such as wall blocks and roofs in order to decrease the dead load of building .

Keyword : foam concrete, cement strength capability non structural optimize